



湖南-贵州电力灵活互济工程

环境影响报告书

建设单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司
贵州电网有限责任公司
国家电网有限公司华中分部

评价单位：中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司

2025年11月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	D6096
建设项目名称	湖南—贵州电力灵活互济工程
建设项目类别	55—161输变电工程
环境影响评价文件类型	报告书
一、建设单位情况	
单位名称 (盖章)	中国南方电网有限责任公司超高压输电公司
统一社会信用代码	91440000719289001F
法定代表人 (签章)	李庆江
主要负责人 (签字)	赵胜计
直接负责的主管人员 (签字)	庞臻
单位名称 (盖章)	贵州电网有限责任公司
统一社会信用代码	91520000214402515L
法定代表人 (签章)	吴国沛
主要负责人 (签字)	陈飞
直接负责的主管人员 (签字)	章珂
单位名称 (盖章)	国家电网有限公司华中分部
统一社会信用代码	91420000055404336X
法定代表人 (签章)	田博
主要负责人 (签字)	王春明
直接负责的主管人员 (签字)	汪辰
二、编制单位情况	
单位名称 (盖章)	中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司
统一社会信用代码	91510100768614747H

三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
于超	03520240551000000014	BH 002208	于
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
于超	第1、2、3章	BH 002208	于
朱俊玮	第7、8章	BH 003782	朱
蔡宏宇	第9、10章	BH 002205	蔡
王黎	第4、5、6章	BH 057813	王

目 录

1 前言	1
1.1 建设项目的特点	1
1.2 设计工作过程	3
1.3 环境影响评价的工作过程	3
1.4 关注的主要环境问题	4
1.5 分析判定情况	4
1.6 环境影响报告书主要结论	5
2 总则	7
2.1 编制依据	7
2.2 评价因子与评价标准	13
2.3 评价工作等级	14
2.4 评价范围	17
2.5 环境保护目标	18
2.6 评价重点	31
3 建设项目概况与分析	32
3.1 项目概况	32
3.2 项目占地和土石方	63
3.3 施工工艺和方法	64
3.4 主要经济指标	69
3.5 选址选线环境合理性分析	69
3.6 环境影响因素识别与评价因子筛选	138
3.7 生态环境影响途径分析	142
3.8 设计采取的环境保护措施	142
4 环境现状调查与评价	147
4.1 区域概况	147
4.2 自然环境	147
4.3 电磁环境现状评价	152
4.4 声环境现状评价	162
4.5 生态环境现状评价	172

4.6 水环境现状评价	172
5 施工期环境影响评价	175
5.1 生态环境影响评价	175
5.2 声环境影响分析	175
5.3 大气影响分析	180
5.4 固体废物影响分析	182
5.5 地表水环境影响分析	184
6 运行期环境影响评价	190
6.1 电磁环境影响预测与评价	190
6.2 声环境影响预测与评价	361
6.3 地表水环境影响分析	377
6.4 固体废物影响分析	378
6.5 环境风险分析	379
6.6 对环境保护目标的影响分析	383
7 生态环境影响评价	394
7.1 生态环境影响评价生态环境评价概述	394
7.2 生态环境现状调查与评价	407
7.3 生态环境影响预测与评价	475
7.4 生态保护措施	490
7.5 生态环境影响评价结论	499
8 环境保护设施、措施分析与论证	501
8.1 环境保护设施、措施分析	501
8.2 环境保护设施、措施论证	501
8.3 环境保护设施、措施及投资估算	501
9 环境管理与监测计划	517
9.1 环境管理	517
9.2 环境监测	520
10 评价结论与建议	522
10.1 工程概况	522
10.2 环境现状	522

10.3 环境影响预测与评价	527
10.4 选址选线环境合理性分析	531
10.5 环境保护措施分析	532
10.6 公众意见采纳与否的说明	534
10.7 环境管理与监测计划	534
10.8 综合结论	534

1 前言

为深入贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想，落实习近平总书记关于规划建设新型能源体系，协同推进省市间电力互济重要指示，进一步加快构建新型电力系统，促进电力资源优化配置，增强电力供应保障能力，国家能源局在充分研究论证基础上，提出加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设。湖南—贵州电力灵活互济工程属于 12 项电力灵活互济工程之一，国家“十四五”电力规划中期滚动调整将湖南—贵州电力灵活互济工程列为新增的提前储备类跨省区重点工程之一。

结合湖南、贵州电网近年来实际运行情况，两省电网冬季寒潮冰冻灾害均时有发生，电网安全稳定运行面临一定风险。结合年负荷特性和电力平衡分析，湖南、贵州两省具备一定的季节间电力互济潜力。本项目的建设可提升湖南、贵州电网紧急事故下的支援能力，缓解贵州迎峰度冬、湖南迎峰度夏期间电力供需矛盾，通过加强联合调度可以为两网负荷错峰供电以及新能源联合消纳创造条件，本项目已列入国家“十四五”电力发展规划，工程建设是必要的。

1.1 建设项目的特点

湖南—贵州电力灵活互济工程主要建设内容包括：湘黔背靠背换流站新建工程（含站外外接电源）、牌楼 500kV 变电站扩建工程、边城 500kV 变电站间隔扩建工程、铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程、换流站～牌楼 500kV 线路工程、换流站～边城 500kV 线路工程和 220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改工程。

本项目建设地点位于贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县及怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳苗族自治县，涉及 2 个省、3 个地级市（州）、8 个区县（市）。

本项目静态总投资 521459 万元，环保设施及措施投资约 8055.9 万元，环保投资占工程总投资的 1.54%。

本项目计划于 2027 年 8 月建成投运。

（一）湘黔背靠背换流站新建工程

（1）地理位置

湘黔背靠背换流站站址位于贵州省铜仁市万山区茶店街道，距离铜仁城区约 10km。站址内整体较为平坦，为树枝状分布的峰丛地貌，整体地势东南侧偏高，西北侧偏低，站址区域范围内地面高程在 641～697m，相对高差约 56m。场地内中部为耕地，其余为乔木林地。进站道路经南部茶店街道服务中心的市政道路引接，引接长度约 981m，宽 6.0m。

（2）建设内容及规模

1）直流部分

额定直流电压： $\pm 280\text{kV}$ ；

额定换流容量： $2 \times 1500\text{MW}$ ；

联接变网侧交流电压等级：湖南侧和贵州侧均为 500kV ；

建设规模：新建 2 个背靠背直流单元，每个单元采用柔性直流、对称单极接线；联接变压器 $(12+1) \times 575\text{MVA}$ （其中 1 台备用），采用单相双绕组有载调压；桥臂电抗器采用干式空心电抗器，两侧共 $(24+1)$ 台（其中 1 台备用），额定电感值 55mH 。

2）交流部分

500kV 主变规模：贵州侧远期建设 $3 \times 1000\text{MVA}$ ，本期无主变。

交流 500kV 出线：贵州侧远期出线 8 回，本期出线 4 回，湖南侧远期出线 2 回，本期出线 2 回。

交流 220kV 出线：贵州侧远期出线 14 回，本期不出线。

无功补偿：本期在换流站至边城变电站 1 回 500kV 出线侧装设 1 组 120Mvar 高压并联电抗器及中性点小电抗；贵州侧远期每组主变低压侧预留 5 组低压无功补偿设备场地。

融冰装置：换流站贵州侧装设融冰装置 1 套。

3）外接电源

站外电源线路自开天 220kV 变电站引接，开天 220kV 变电站扩建 110kV 间隔 1 回，新建开天变～换流站 110kV 站外电源线路约 5km ，均位于贵州省铜仁市万山区境内。

（二）牌楼 500kV 变电站扩建工程

牌楼 500kV 变电站位于湖南省怀化市中方县中方镇牌楼村，于 2007 年建成投运。

牌楼 500kV 变电站本期扩建 500kV 出线间隔 1 个，新增 1 组 90Mvar 高抗， 35kV 侧新增 2 组 60Mvar 低压电抗器。

（三）边城 500kV 变电站间隔扩建工程

边城 500kV 变电站位于湖南省湘西土家族苗族自治州吉首市河溪镇张排村，于 2022 年建成投运。

边城 500kV 变电站本期扩建 500kV 出线间隔 1 个。

（四）铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程

工程起于铜仁～碧江 500kV 甲、乙线路工程开断点，止于拟建湘黔背靠背换流站，途经贵州省铜仁市万山区、碧江区，新建线路长度 $2 \times 15\text{km}$ ，其中，碧江侧 $2 \times 6.5\text{km}$ ，铜仁侧 $2 \times 8.5\text{km}$ ，除换流站出线采用双回终端塔外，其余均采用两个单回路架设。

（五）换流站～牌楼 500kV 线路工程

换流站～牌楼 500kV 线路工程起于拟建湘黔背靠背换流站，止于牌楼 500kV 变电站，途经贵州省铜仁市万山区及湖南省怀化市芷江侗族自治县、中方县，线路长度 99.5km（其中贵州段 29km、湖南段 70.5km），全线除 4.1km 与已建边城～牌楼 500kV 线路按同塔双回路架设外，其余均采用单回架设。

（六）换流站～边城 500kV 线路工程

换流站～边城 500kV 线路工程起于拟建湘黔背靠背换流站，止于边城 500kV 变电站，途经贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省怀化市麻阳苗族自治县，湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县，线路长度为 118.5km（其中贵州段线路长度 37km、湖南段线路长度 81.5km），线路全线单回架设。

（七）220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改工程

本期迁改 220kV 边格 I 回和边峒 II 回双回线路，路径长度约 0.6km，在#4-#5 档中间新建 1 基耐张塔，全线位于湖南省湘西州吉首市。

1.2 设计工作过程

本项目可研设计由中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司、湖南经研电力设计有限公司合作完成。

2024 年 10 月，本项目启动可行性研究工作。

2025 年 7 月，电力规划设计总院、电力规划总院有限公司以电规电网〔2025〕1370 号文报送了本项目可行性研究报告评审意见。

2025 年 7 月，中国南方电网有限责任公司、国家电网有限公司以南方电网规划〔2025〕68 号文对本项目可行性研究报告进行批复。

2025 年 11 月，国家发展改革委以发改能源〔2025〕1459 号文对本项目进行了核准。

目前，正在进行初步设计工作。

1.3 环境影响评价的工作过程

2024 年 7 月，中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司（以下简称“西南院”）、湖南省湘电试验研究院有限公司、核工业二四〇研究所作为环评中标单位，承担湖南—贵州电力灵活互济工程环境影响评价工作，其中西南院为主持编制的汇总单位。本项目环境影响评价工作分工及责任见下表。

表 1.3-1 环境影响评价分工责任表

序号	环评工作分工		单位	备注
1	湘黔背靠背换流站新建工程		西南院	(1) 广西壮族自治区辐射环境监督管理站负责湘黔背靠背换流站新建工程电磁环境和声环境现状监测； (2) 贵州科正环安检测技术有限公司负责贵州省境内 500kV 线路电磁环境和声环境监测； (3) 湖南省湘电试验研究院有限公司负责湖南省境内电磁环境和声环境现状监测； (4) 中南林业科技大学负责湖南省境内生态环境影响专题评价； (5) 四川智慧云图环境科技有限公司负责贵州省境内生态环境影响专题评价。
2	牌楼 500kV 变电站扩建工程		湖南省湘电试验研究院有限公司	
3	边城 500kV 变电站间隔扩建工程			
4	输电线路	湖南段线路		
5		贵州段线路	核工业二四〇研究所	
6	环评汇总		西南院	

接受环评任务后，在建设单位和主体设计单位的大力配合下，环评单位收集了项目可行性研究报告及相关资料，对项目沿线地区进行了现场踏勘，对项目所经区域自然环境、生态环境、电磁环境和声环境保护目标等进行了调查，委托监测单位对项目沿线的电磁、声环境现状进行了监测。环评过程中，环评单位向项目沿线生态环境主管部门征求了本项目环境保护方面的相关意见和建议，并向湖南省生态环境厅和贵州省铜仁市生态环境局征询了本项目环境影响评价标准。在此基础上，环评单位对资料和数据进行了处理和分析，在类比分析和理论计算的基础上，对本项目环境影响进行了分析与评价，于 2025 年 11 月，编制完成了本项目环境影响报告书。

1.4 关注的主要环境问题

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）及输变电工程施工期、运行期环境影响特性，本项目关注的主要环境问题包括：

施工期主要是项目涉及的生态敏感目标和穿（跨）越生态敏感区、水环境敏感区的影响，以及施工扬尘、噪声、废水、固体废物对周围环境的影响。

运行期主要是本项目产生的电磁环境影响（合成电场、工频电场、工频磁场）以及噪声等对周围环境及环境保护目标的影响。

1.5 分析判定情况

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“第一类鼓励类”——第四条“电力”——“电力基础设施建设：跨区电网互联工程技术开发与应用”项目，符合国家产业政策。本项目属于《“十四五”电力发展规划中期滚动调整意见》（发改能源〔2023〕1688 号）中跨省跨区输电通道重点项目之一，项目建设符合国家电力发展规划。

本项目属于国家重大战略项目中的线性基础设施，符合国家电力发展“十四五”规划，属于《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》中生态保护红线内允

许的建设项目，满足贵州省、湖南省生态环境分区管控动态更新成果的相关要求。《湖南省国土空间规划（2021-2035年）》《贵州省国土空间规划（2021-2035年）》均提出保障能源电力基础设施及特高压输电通道建设的要求，项目用地符合国土空间规划管控规则，并已取得湖南省、贵州省用地预审与选址意见书。

在采取各项环境保护措施和生态保护措施后，本项目换流站、输电线路的生态、电磁、噪声、废水等环境影响可满足国家相关环境标准要求。本项目符合国家产业政策、国家电力发展规划以及相关环境标准。

1.6 环境影响报告书主要结论

（1）项目主要建设内容包括：湘黔背靠背换流站新建工程（含站外外接电源）、牌楼 500kV 变电站扩建工程、边城 500kV 变电站间隔扩建工程、500kV 线路工程和 220kV 线路迁改工程。

（2）项目为跨区电网互联工程技术开发与应用项目，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励项目，符合国家产业政策。根据《“十四五”电力发展规划中期滚动调整意见》，项目属“十四五”期间新增的提前储备类跨省区重点工程之一，符合国家电力发展规划。项目换流站及输电线路均已取得项目所在地自然资源部门对选址、选线的原则同意意见，项目用地符合国土空间规划管控规则。项目符合“三区三线”及沿线生态环境分区管控要求，涉及的环境敏感区均取得了主管部门原则同意意见，其建设符合环境敏感区保护要求。

（3）项目共穿（跨）越生态敏感区 5 处，水环境敏感区 2 处，电磁环境保护目标 96 处，声环境保护目标 94 处。穿（跨）越生态敏感区包括线路穿（跨）越湖南吉首峒河国家湿地公园、湖南中方溇水国家湿地公园、谢桥河国家级水产种质资源保护区、湖南省生态保护红线、贵州省生态保护红线；穿（跨）越水环境敏感区包括谢桥河国家级水产种质资源保护区和铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区。湘黔背靠背换流站评价范围内有 2 处电磁环境和 3 处声环境保护目标；牌楼 500kV 变电站间隔扩建工程涉及 2 处电磁环境保护目标和 2 处声环境保护目标；边城 500kV 变电站间隔扩建工程不涉及电磁环境保护目标，涉及 1 处声环境保护目标；开天 220kV 变电站评价范围内有 1 处电磁环境和 6 处声环境保护目标；换流站～牌楼 500kV 线路工程涉及 48 处电磁环境环境保护目标（其中湖南省境内 43 处、贵州省境内 5 处）和 47 处电磁环境环境保护目标（其中湖南省境内 42 处、贵州省境内 5 处）；换流站～边城 500kV 线路工程涉及 32 处电磁环境保护目标（其中湖南省境内 24 处、贵州省境内 8 处）和 25 处声环境保护目标（其中湖南省境内 18 处、贵州省境内 7 处）；铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程涉及 8 处

电磁环境和声环境保护目标；湘黔背靠背换流站站外 110kV 电源线路评价范围内有 3 处电磁环境和 2 处声环境保护目标；220kV 线路迁改工程评价范围内无电磁环境和声环境保护目标。

（4）项目评价范围内生态环境良好，电磁环境和声环境监测值均满足标准限值要求。

（5）经预测分析，项目在设计、施工、运行阶段分别采取一系列环境保护措施后，项目施工期产生的噪声、扬尘、固废、废污水和项目运行期产生的合成电场、工频电场、工频磁场、噪声、废污水、固废等对环境的影响能够满足有关环境保护标准限值要求。

在落实了报告提出的各项环境保护措施和要求后，项目建设环境可行。

2 总则

2.1 编制依据

2.1.1 国家法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日起修订版施行）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日起修正版施行）；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日起修正版施行）；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日起修正版施行）；
- (5) 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日起施行）；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日起修订版施行）；
- (7) 《中华人民共和国森林法》（2020 年 7 月 1 日起修订版施行）；
- (8) 《中华人民共和国草原法》（2021 年 4 月 29 日起修正版施行）；
- (9) 《中华人民共和国湿地保护法》（2022 年 6 月 1 日起施行）；
- (10) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日起修正版施行）；
- (11) 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月 1 日起修正版施行）；
- (12) 《中华人民共和国城乡规划法》（2019 年 4 月 23 日起修正版施行）；
- (13) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日起修订版施行）；
- (14) 《中华人民共和国野生动物保护法》（2023 年 5 月 1 日起施行）；
- (15) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日起修订版施行）；
- (16) 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017 年 10 月 7 日起修订版施行）；
- (17) 《中华人民共和国野生植物保护条例》（2017 年 10 月 7 日起修订版施行）；
- (18) 《中华人民共和国基本农田保护条例》（2011 年 1 月 8 日起修订版施行）；
- (19) 《中华人民共和国电力设施保护条例》（2011 年 1 月 8 日起修改版施行）；
- (20) 《古树名木保护条例》（2025 年 3 月 15 日起施行）；
- (21) 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2017 年 2 月印发）；
- (22) 《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2019 年 6 月印发）；
- (23) 《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2019 年 11 月印发）；
- (24) 《关于进一步加强生物多样性保护的意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅

2021 年 10 月印发）；

（25）《关于加强生态环境分区管控的意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅 2024 年 3 月印发）；

（26）《国务院关于<湖南省国土空间规划（2021—2035 年）>的批复》（国函〔2023〕136 号）；

（27）《国务院关于<贵州省国土空间规划（2021—2035 年）>的批复》（国函〔2023〕151 号）。

2.1.2 部委规章及规范性文件

（1）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令 2020 年第 16 号）；

（2）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令 2019 年第 9 号）；

（3）《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令 2018 年第 4 号）；

（4）《生态环境部审批环境影响评价文件的建设项目目录（2019 年本）》（生态环境部公告 2019 年第 8 号）；

（5）《全国生态功能区划（修编）》（原环境保护部、中国科学院公告 2015 年第 61 号）；

（6）《国家危险废物名录（2025 年版）》（生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令 2024 年第 36 号）；

（7）《危险废物转移管理办法》（生态环境部、公安部、交通运输部令 2021 年第 23 号）；

（8）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令 2023 年第 7 号）；

（9）《电力设施保护条例实施细则》（国家发展和改革委员会令 2024 年第 11 号）；

（10）《国家重点保护野生动物名录》（国家林业和草原局 农业农村部公告 2021 年第 3 号）；

（11）《国家重点保护野生植物名录》（国家林业和草原局 农业农村部公告 2021 年第 15 号）；

（12）《陆生野生动物重要栖息地名录（第一批）》（国家林业和草原局公告 2023 年第 23 号）；

（13）《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》（国家林业和草原局公告 2023 年第 17 号）；

（14）《水产种质资源保护区管理暂行办法》（原农业部令 2016 年第 3 号）；

- (15) 《“十四五”噪声污染防治行动计划》（环大气〔2023〕1号）；
- (16) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77号）；
- (17) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98号）；
- (18) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》（环办〔2013〕103号）；
- (19) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》（环发〔2015〕162号）；
- (20) 《关于印发2023年生态环境分区管控成果动态更新工作方案的通知》（环办环评函〔2023〕81号）；
- (21) 《关于印发生态环境分区管控管理暂行规定的通知》（环环评〔2024〕41号）；
- (22) 《生态环境部关于印发生态保护红线生态环境监督办法（试行）的通知》（国环规生态〔2022〕2号）；
- (23) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142号）；
- (24) 《自然资源部关于深化规划用地“多审合一、多证合一”改革的通知》（自然资发〔2023〕69号）；
- (25) 《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启动“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地依据的函》（自然资办函〔2022〕2080号）；
- (26) 《自然资源部办公厅关于辽宁等省启动“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地依据的函》（自然资办函〔2022〕2341号）；
- (27) 《国家林草局关于印发国家级自然公园管理办法（试行）的通知》（林保规〔2023〕4号）；
- (28) 《国家林业和草原局关于进一步做好林草要素保障工作的通知》（林办发〔2024〕64号）；
- (29) 《国家林业和草原局关于印发<全国鸟类迁徙通道保护行动方案（2021-2035年）>的通知》（林护发〔2022〕122号）；
- (30) 《国家发展改革委 财政部 国家林草局关于印发<候鸟迁飞通道保护修复中国行动计划（2024-2030年）>的通知》（发改农经〔2024〕798号）。

2.1.3 地方性法规及规划

2.1.3.1 贵州省

- (1) 《贵州省生态环境保护条例》（2019年8月1日起施行）；
- (2) 《贵州省大气污染防治条例》（2018年11月29日修正）；
- (3) 《贵州省水污染防治条例》（2018年11月29日修正）；

- (4) 《贵州省环境噪声污染防治条例》（2023 年 11 月 29 日修正）；
- (5) 《贵州省固体废物污染环境防治条例》（2024 年 9 月 25 日修正）；
- (6) 《贵州省水土保持条例》（2018 年 11 月 29 日修正）；
- (7) 《贵州省水功能区划》（黔府函〔2015〕30 号）；
- (11) 《贵州省饮用水水源环境保护办法》（黔府发〔2018〕29 号）；
- (12) 《省人民政府办公厅关于印发贵州省生态环境分区管控方案的通知》（黔府办函〔2024〕67 号）；
- (13) 《贵州省生态保护红线监管办法（试行）》（黔自然资发〔2023〕4 号）；
- (14) 《贵州省生态环境厅关于印发贵州省生态环境管控单元分类图等的通知》（黔环综合〔2024〕63 号）；
- (15) 《铜仁市人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（铜府发〔2020〕10 号）；

2.1.3.2 湖南省

- (1) 《湖南省环境保护条例》（2024 年 11 月 29 日第四次修订）；
- (2) 《湖南省大气污染防治条例》（修正版 2020 年 6 月 12 日起施行）；
- (3) 《湖南省野生动植物资源保护条例》（修正版 2020 年 3 月 31 日起施行）；
- (4) 《湖南省公益林管理办法》（2013 年 12 月 30 日起施行）；
- (5) 《湖南省野生动植物资源保护条例》（2020 年 3 月 31 日修正）；
- (6) 《湖南省湿地保护条例》（2021 年 3 月 31 日修订版）；
- (7) 《湖南省水环境功能区划（修编）》（湘政函〔2014〕183 号）；
- (8) 《湖南省县级以上地表水集中式饮用水水源保护区划定方案》（湘政函〔2016〕176 号）；
- (9) 《湖南省自然资源厅、湖南省生态环境厅、湖南省林业局联合印发<关于加强全省生态保护红线管理的通知（试行）>》（湘自然资规〔2024〕1 号）；
- (10) 《湖南省林业局 湖南省农业农村厅关于调整<湖南省地方重点保护野生动物命令><湖南省地方重点保护野生植物>的通知》（湘林护〔2023〕9 号）；
- (11) 《湖南省湿地公园管理办法（试行）》（湘林护〔2016〕16 号）；
- (12) 《湖南省自然资源厅关于正式启用“三区三线”划定成果的通知》（2022 年 11 月 15 日印发）；
- (13) 《湖南省生态环境厅关于公布湖南省生态环境分区管控更新成果（2023 版）的公告》（2024 年 10 月 22 日发布）；

（14）《怀化市生态环境局关于发布怀化市生态环境分区管控动态更新成果（2023 年版）的通知》（怀环发〔2024〕28 号）；

（15）《关于发布湘西自治州生态环境分区管控更新成果（2023 版）的通知》（州环函〔2024〕24 号）。

2.1.4 评价技术导则及规范

- （1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- （2）《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）；
- （3）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- （4）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；
- （5）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；
- （6）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- （7）《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ 2034-2013）；
- （8）《固体废物处理处置工程技术导则》（HJ 2035-2013）；
- （9）《废矿物油回收利用污染控制技术规范》（HJ 607-2011）；
- （10）《输变电建设项目环境保护技术要求》（HJ 1113-2020）；
- （11）《生态环境状况评价技术规范》（HJ 192-2015）；
- （12）《自然保护区生态环境调查与观测技术规范》（HJ 1311-2023）；
- （13）《全国植物物种资源调查技术规定（试行）》（原环境保护部公告 2010 年第 27 号）；
- （14）《全国动物物种资源调查技术规定（试行）》（原环境保护部公告 2010 年第 27 号）；
- （15）《外来物种环境风险评估技术导则》（HJ 624-2011）；
- （16）《生物多样性观测技术导则 陆生维管植物》（HJ 710.1-2014）；
- （17）《生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物》（HJ 710.3-2014）；
- （18）《生物多样性观测技术导则 两栖动物》（HJ 710.6-2014）；
- （19）《生物多样性观测技术导则 爬行动物》（HJ 710.5-2014）；
- （20）《生物多样性观测技术导则 鸟类》（HJ 710.4-2014）；
- （21）《生物多样性观测技术导则 红外相机技术》（HJ 710.15-2023）；
- （22）《生态保护红线监管技术规范生态状况监测（试行）》（HJ 1141-2020）；
- （23）《全国生态状况调查评估技术规范—生态系统遥感解译与野外核查》（HJ 1166-2021）。

2.1.5 工程设计程规范

- （1）《高压直流换流站设计规范》（GB/T 51200-2016）；

- (2) 《220kV~750kV 变电站设计技术规程》(DL/T 5218-2012)；
- (3) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545-2010)；
- (4) 《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB 50229-2019)；
- (6) 《变电站噪声控制技术导则》(DL/T 1518-2016)。

2.1.6 标准与测量方法

- (1) 《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》(GB 39220-2020)；
- (2) 《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)；
- (3) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)；
- (4) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)；
- (5) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)；
- (6) 《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)；
- (7) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)；
- (8) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)；
- (9) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)；
- (10) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599-2020)；
- (11) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)；
- (12) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)；
- (13) 《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)；
- (14) 《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ 681-2013)。

2.1.7 工程资料

(1) 《湖南—贵州电力灵活互济工程可行性研究报告(收口版)》(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司、湖南经研电力设计有限公司, 2025年6月)；

(2) 《关于报送湖南—贵州电力灵活互济工程可行性研究报告评审意见的报告》(电规电网〔2025〕1370号)；

(3) 《关于印发湖南-贵州电力灵活互济工程可行性研究报告评审意见的通知》(南方电网规划〔2025〕68号)；

(4) 《国家发展改革委关于湖南-贵州建立灵活互济工程核准的批复》(发改能源〔2025〕1459号)。

2.1.8 生态环境部门关于本项目环境影响评价执行标准的意见

(1) 贵州省铜仁市生态环境局关于《湖南-贵州电力灵活互济工程(铜仁段)环境影

响评价执行标准请示的复函》

(2) 湖南省生态环境厅《关于湖南—贵州电力灵活互济工程（湖南段）环境影响评价执行标准的复函》（湘环函〔2025〕76号）。

2.2 评价因子与评价标准

2.2.1 评价因子

2.2.1.1 施工期

声环境：昼间、夜间等效 A 声级， L_{eq} 。

生态环境：物种分布范围、种群数量、种群结构和行为，生境面积、质量、连通性，生物群落物种组成、群落结构，生态系统植被覆盖度、生产力、生物量、生态系统功能，生物多样性物种丰富度、均匀度、优势度，生态敏感区主要保护对象、生态功能，景观多样性、完整性等。

地表水环境：pH、COD、BOD₅、NH₃-N、石油类。

2.2.1.2 运行期

声环境：昼间、夜间等效 A 声级， L_{eq} 。

地表水环境：pH、COD、BOD₅、NH₃-N、石油类。

电磁环境：合成电场、工频电场、工频磁场。

生态环境：物种分布范围、种群数量、种群结构，生境连通性，生态系统植被覆盖度、生产力、生物量、生态系统功能，生物多样性物种丰富度、均匀度、优势度，景观多样性、完整性等。

2.2.2 评价标准

根据项目沿线环境功能区划、环境特征和同类输变电项目环境影响特点，并结合湖南省生态环境厅、贵州省铜仁市生态环境局等生态环境部门出具的环评执行标准复函和扩建工程前期环评报告及其批复文件，本项目环境影响评价执行标准如下。

表 2.2-1 电磁环境影响评价标准

评价因子	评价标准	标准来源
合成电场	为控制合成电场所致公众曝露，换流站周边环境合成电场强度 E_{95} 限值为 25kV/m，且 E_{80} 限值为 15kV/m；	GB39220-2020 及生态环境部门意见
工频电场	(1) 为控制工频电场所致公众曝露，换流站、变电站周边和交流输电线路沿线电磁环境敏感目标工频电场强度限值为 4000V/m； (2) 交流架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度控制限值为 10kV/m，且应给出警示和防护指示标志。	GB8702-2014 及生态环境部门意见
工频磁场	为控制工频电场所致公众曝露，换流站、变电站周边和交流输电线路沿线电磁环境敏感目标工频磁感应强度限值为 100 μ T。	

表 2.2-2 声环境、地表水环境、固体废物评价标准

类别	评价标准			标准来源
声环境	环境质量标准	湘黔背靠背换流站	换流站站界外声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。	GB3096-2008、GB12348-2008、GB12523-2011、生态环境部门意见及前期工程环评批复
		边城变电站	变电站站界外声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。	
		牌楼变电站	变电站站界外声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。	
		开天变电站	变电站站界外声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。	
		输电线路	输电线路经过居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公区执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类标准；经过居民、商业、工业混杂区时执行 2 类标准；经过工业区附近执行 3 类标准；交通干线两侧相应范围内执行 4 类标准。	
	排放标准	湘黔背靠背换流站	换流站站界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准。	
		边城变电站	变电站站界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准。	
		牌楼变电站	变电站站界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准。	
		开天变电站	变电站站界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准。	
	施工噪声排放标准		《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准	
水环境	水环境质量标准		《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）相应标准	GB 3838-2002、GB 8978-1996、生态环境部门意见及前期工程环评批复
	运行期污水排放标准		（1）生活污水：湘黔背靠背换流站、边城变电站、牌楼变电站、开天变电站生活污水经污水处理装置处理后，回用或由环卫部门定期清运，不外排； （2）阀冷废水：湘黔背靠背换流站阀冷废水满足《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）后自建排水管道就近接入市政污水管网，最终进入茶店街道生活污水处理厂处理，不外排。	
	施工期污水排放标准		执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。	
固体废物	排放标准		（1）一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）相应标准； （2）危险废物贮存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中相关标准。	GB 18599-2020、GB 18597-2023 及生态环境部门意见

2.3 评价工作等级

2.3.1 电磁环境影响评价

本项目包含多个电压等级，换流站电压等级为 $\pm 280\text{kV}$ ，交流侧电压等级为 500kV ，迁改工程电压等级为 220kV ，站外电源线路电压等级为 110kV ；交流 500kV 变电站、 220kV 变电站均为户外式变电站；交流 500kV 新建线路采用架空方式设计，边导线地面投影外两侧各 20m 范围内有电磁环境保护目标。迁改工程电压等级为 220kV ，采用架空方式设计，边导线地面投影外两侧各 15m 范围内无电磁环境保护目标。站外电源线路电压等

级为 110kV，采用架空方式设计，边导线地面投影外两侧各 10m 范围内有电磁环境保护目标。根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），本项目电磁环境影响评价工作等级为一级。

2.3.2 声环境影响评价

本项目湘黔背靠背换流站所在区域无声环境功能区划，根据铜仁市生态环境局出具的环评执行标准回函，换流站执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准，换流站评价范围内有声环境保护目标，受噪声影响人口数量未显著增加，项目建成后环境保护目标处噪声级增量小于 5dB(A)。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），换流站声环境影响评价工作等级为二级。

本项目边城变电站、牌楼变电站、开天变电站为扩建工程，根据前期项目环评报告及其批复文件，变电站均执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准，牌楼变电站、开天变电站评价范围内有声环境保护目标，受噪声影响人口数量未显著增加，项目建成后环境保护目标处噪声级变化不大。根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），边城变电站、牌楼变电站、开天变电站声环境影响评价工作等级为二级。

线路工程沿线按功能区分分别执行 1 类、2 类和 4a 类标准，项目建设前后部分环境保护目标处噪声级增量小于 5dB(A)，受噪声影响的人口数量增加相对较多，输电线路声环境影响评价工作等级为二级。

综上，本项目声环境影响评价工作等级为二级。

2.3.3 生态环境影响评价

本项目为输电类线性项目，项目涉及自然公园、生态保护红线等生态敏感区，永久占地面积 36.99hm²、临时占地面积 142.81hm²，共计占地 179.80hm²。根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），建设项目生态影响评价等级的判定原则包括：

“6.1.2 a）涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境时，评价等级为一级；

b）涉及自然公园时，评价等级为二级；

c）涉及生态保护红线时，评价等级不低于二级；

d）当同时符合多种情形，则采用其中最高的评价等级；

e）根据 HJ 610、HJ 964 判断地下水水位或土壤影响范围内分布有天然林、公益林、湿地等生态保护目标的建设项目，生态影响评价等级不低于二级；

f）当工程占地规模大于 20 km²时（包括永久和临时占用陆域和水域），评价等级不低于二级；改扩建项目的占地范围以新增占地（包括陆域和水域）确定；

g）除本条 a）、b）、c）、d）、e）、f）以外的情况，评价等级为三级；

h）当评价等级判定同时符合上述多种情况时，应采用其中最高的评价等级。

6.1.6 线性工程可分段确定评价等级。线性工程地下穿越或地表跨越生态敏感区，在生态敏感区范围内无永久、临时占地时，评价等级可下调一级。”

依据上述判定原则，分段确定本项目生态影响评价等级见下表。

表 2.3-1 生态影响评价工作等级

项目涉及区域		位置关系	评价等级	评价依据
自然 公园	湖南中方澧水国家湿地公园	换流站~牌楼 500kV 线路穿越保育区约 0.65km，不在湿地公园范围内新建塔基，利用 2 基原边城~牌楼 500kV 线路已建双回塔，本次只挂导线	二级	HJ 19-2022 6.1.2 b)
	湖南吉首峒河国家湿地公园	换流站~边城 500kV 线路穿越保育区约 0.35km，在湿地公园保育区范围内新建 2 基塔	二级	HJ 19-2022 6.1.2 b)
	湖南麻阳锦江国家湿地公园	换流站~边城 500kV 线路工程线路东侧约 0.18km	二级	HJ 19-2022 6.1.2 c)、h)
	湖南麻阳西晃山省级森林公园	换流站~边城 500kV 线路工程线路西侧约 0.06km	二级	
	贵州万山汞都-夜郎谷风景名胜区	换流站~牌楼 500kV 线路南侧约 0.164km	二级	
	湖南九龙洞国家级风景名胜区	换流站~边城 500kV 线路北侧约 0.96km	二级	
	贵州万山长寿湖国家湿地公园	换流站~碧江 500kV 线路北侧约 0.4km	二级	
生态 保护 红线	贵州省生态保护红线	输电线路穿越长度 31.67km，立塔 80 基	二级	HJ 19-2022 6.1.2 c)
	湖南省生态保护红线	输电线路穿越长度 12.68km，立塔 35 基	二级	HJ 19-2022 6.1.2 c)
其他 关注 对象	谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	换流站~碧江 500kV 线路一档跨越核心区约 2×15m，不立塔	三级	HJ 19-2022 6.1.2 b)， 6.1.6
其余区段			三级	HJ 19-2022 6.1.2 g)

注：线路涉及两种及两种以上多种情况重合区域时，采用其重合区域中最高评价等级进行定级。

本项目属于线性工程，分段确定生态评价等级，具体如下：

(1) 线路穿越湖南吉首峒河国家湿地公园、湖南中方澧水国家湿地公园、贵州省生态保护红线、湖南省生态保护红线范围内生态评价等级为二级；

(2) 临近湖南麻阳锦江国家湿地公园、湖南麻阳西晃山省级森林公园、贵州万山汞都-夜郎谷风景名胜区、九龙洞国家级风景名胜区、贵州万山长寿湖国家湿地公园时，线路虽未穿越上述敏感区，但穿越了生态保护红线，根据 HJ 19-2022 6.1.2 c)，该段线路生态评价等级定为二级。由于前述生态敏感区位于该段线路的生态评价范围内，根据 HJ 19-2022 6.1.2 h)前述生态敏感区评价等级也定为二级；

(3) 跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区段生态影响评价等级为三级；

(4) 项目换流站、变电站和其余段线路生态影响评价等级均为三级。

2.3.4 地表水环境影响评价

本项目废污水主要是换流站内工作人员的生活污水及阀冷废水，输电线路运行期不产生废污水。湘黔背靠背换流站、边城 500kV 变电站、牌楼 500kV 变电站、开天 220kV 变电站生活污水经处理后回用或定期清运，不外排；湘黔背靠背换流站阀外冷却系统采用水冷方案，阀冷废水最大日排放量约为 1000m³/d，阀冷废水经站内管道汇流入站内降温调节池后就近接入市政污水管网，最终进入茶店街道生活污水处理厂处理，不排放到外环境。根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018），本项目水环境影响评价工作等级为三级 B。

2.4 评价范围

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）、《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）、《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）、《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），确定本项目评价范围。

2.4.1 电磁环境

- （1）换流站、500kV 变电站：站界外 50m 范围内。
- （2）220kV 变电站：站界外 40m 范围内。
- （3）500kV 交流架空线路：边导线地面投影外两侧各 50m 范围内。
- （4）220kV 交流架空线路：边导线地面投影外两侧各 40m 范围内。
- （5）110kV 交流架空线路：边导线地面投影外两侧各 30m 范围内。

2.4.2 声环境

- （1）换流站、变电站：站界外 200m 范围内。
- （2）500kV 交流架空线路：边导线地面投影外两侧各 50m 范围内。
- （3）220kV 交流架空线路：边导线地面投影外两侧各 40m 范围内。
- （4）110kV 交流架空线路：边导线地面投影外两侧各 30m 范围内。

2.4.3 生态环境

- （1）换流站、变电站：站界外 500m 范围内。
- （2）交流线路：穿越生态敏感区的输电线路段，生态环境影响评价范围为线路穿越段向两端外延 1km、边导线地面投影向两侧外延 1km 的带状区域；其余输电线路段生态环境影响评价范围为线路边导线地面投影两侧各 300m 的带状区域，其中边界根据水文单元、生态单元、地理单元界限为参照边界进行局部调整。本项目生态影响评价范围总面积为 23611.58hm²。

2.4.4 地表水环境

本项目换流站、变电站生活污水经处理后回用或定期清运，湘黔背靠背换流站阀冷废水排入污水处理厂处置。本项目地表水环境仅进行依托污水处理设施环境可行性分析。

2.5 环境保护目标

本项目环境影响评价工作在项目设计前期阶段即启动，将环境敏感区作为优先保护重点对象，设计单位按照优先避让环境敏感区的原则，在前期规划和选址选线阶段，尽量避让自然保护区、自然公园、生态保护红线、饮用水水源保护区等环境敏感区。经多方案比选和多次优化，换流站占地范围完全避让生态敏感区和水环境敏感区；输电线路路径尽可能避让沿线的环境敏感区，但沿线涉及区域众多、自然环境复杂，受自然地形地质条件、工程安全稳定性、城镇规划范围、密集矿区、集中居民区分布等因素的限制，仍无法完全避让各类环境敏感区。对于受自然条件限制或避让重要设施等因素而确实无法避让的湿地公园、水产种质资源保护区、生态保护红线、饮用水水源地等环境敏感区域，本项目输电线路的建设在满足相关法律法规和管理要求的前提下，尽可能采取一档跨越等无害化方式通过。本项目输电线路 1km 范围内避让的生态敏感区和水环境敏感区见下表。

表 2.5-1 本项目 1km 范围内已避让的生态敏感区和水环境敏感区

分类	行政区	名称	与项目位置关系
生态敏感区	湖南省怀化市	湖南南华山国家森林公园	换流站～边城 500kV 线路工程线路西侧约 0.55km
	湖南省湘西州	湖南麻阳锦江国家湿地公园	换流站～边城 500kV 线路工程线路东侧约 0.18km
	湖南省怀化市	湖南麻阳西晃山省级森林公园	换流站～边城 500kV 线路工程线路西侧约 0.06km
	贵州省铜仁市	万山汞都-夜郎谷风景名胜区	换流站～牌楼 500kV 线路工程线路南侧约 0.164km
	贵州省铜仁市	贵州万山长寿湖国家湿地公园	换流站～碧江 500kV 线路工程线路北侧约 0.4km
	贵州省铜仁市	九龙洞国家级风景名胜区	换流站～边城 500kV 线路工程线路北侧约 0.96km
水环境敏感区	湖南省湘西州	湘西自治州吉首市双塘街道大兴村地下水饮用水源保护区	换流站～边城 500kV 线路工程线路东侧约 0.76km
	湖南省湘西州	湘西自治州凤凰县水打田乡水打田村下李氏冲地下水饮用水源保护区	换流站～边城 500kV 线路工程线路东侧约 0.52km
	湖南省怀化市	怀化市麻阳县尧市镇上罗坪村黑眼溪饮用水源保护区	换流站～边城 500kV 线路工程线路西侧约 0.22km
	贵州省铜仁市	万山区敖寨乡正冲湾集中式饮用水水源保护区	换流站～边城 500kV 线路工程线路距离二级保护区南侧约 0.045km
	贵州省铜仁市	万山区鱼塘乡彭水流集中式饮用水水源保护区	换流站～铜仁 500kV 线路工程线路距离二级保护区南侧约 0.547km
	贵州省铜仁市	万山区茶店办事处土麻山集中式饮用水水源保护区	换流站～牌楼 500kV 线路工程距离一级保护区北侧约 0.791km
	贵州省铜仁市	万山区下溪乡两岔河集中式饮用水水源保护区	换流站～牌楼 500kV 线路工程线路距离二级保护区西侧约 0.7km

注：自然保护地位置关系均按照整合优化前范围进行确定。

2.5.1 生态保护目标

本项目生态保护目标主要为沿线可能受影响的重要物种和生态敏感区，详见下表。

表 2.5-2 本项目生态保护目标

类别	生态保护目标
生态系统	森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统
重要野生植物	国家二级保护野生植物： 野大豆、中华猕猴桃 古树： 评价区范围内有古树 389 棵，其中湖南段分布有古树 33 棵、贵州段 356 棵
重要野生动物	国家二级保护野生动物： 16 种：红隼、凤头鹰、松雀鹰、普通鵟、黑鸢、斑头鸺鹠、草鸮、红腹锦鸡、画眉、豹猫、中华草龟、斑林狸、橙翅噪鹛、红嘴相思鸟、红腹角雉、脆蛇蜥 省级保护野生动物： 湖南段涉及湖南省级野生保护动物 159 种，贵州段不涉及贵州省级保护动物 极危： 1 种：原矛头蝮 濒危： 14 种：中华草龟、脆蛇蜥、虎纹蛙、普通鵟、红隼、凤头鹰、松雀鹰、红腹角雉、斑头鸺鹠、草鸮、红腹锦鸡、画眉、橙翅噪鹛、红嘴相思鸟 易危： 10 种：红点齿蟾、中华鳖、股鳞蜓蜥、赤链华游蛇、环纹华游蛇、黑眉锦蛇、银环蛇、舟山眼镜蛇、猪獾、蓝翡翠 中国特有： 20 种：中华蟾蜍、武陵掌突蟾、华西雨蛙、中华湍蛙、花臭蛙、黄岗臭蛙、湖北侧褶蛙、峨眉林蛙、棘腹蛙、棘胸蛙、山溪后棱蛇、赤链华游蛇、横纹斜鳞蛇、刘氏白环蛇、龙胜小头蛇、烟腹毛脚燕、栗背短脚鹳、松鸦、紫啸鸫、灰眶雀鹛
生态敏感区	项目评价范围内的生态敏感区见表 2.5-3

本项目评价范围内共涉及生态敏感区 10 处，其中穿（跨）越 5 处，评价范围内涉及但未穿（跨）越 5 处。

输电线路在湖南省穿越湖南中方溇水国家湿地公园、湖南吉首峒河国家湿地公园、湖南省生态保护红线，此外评价范围内涉及但未穿（跨）越湖南麻阳锦江国家湿地公园、麻阳西晃山省级森林公园。

输电线路在贵州省跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，穿越贵州省生态保护红线，此外评价范围内涉及但未穿（跨）越万山汞都-夜郎谷风景名胜区、九龙洞国家级风景名胜区、万山长寿湖国家湿地公园。

表 2.5-3 本项目评价范围内的生态敏感区

序号	类别	名称	行政区	级别	主管部门	批复情况	主要保护对象（类型）	与本项目的位置关系	备注
1	自然 公园	湖南中方 溇水国家 湿地公园	湖南省 怀化市 中方县	国家级	湖南省林 业局	林湿发 (2016) 174 号	河流湿地生态系统及野 生动植物资源	换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖 南段）利旧 500kV 牌边线交流线路 穿越湿地公园保育区约 0.65km，本 次利用原已建双回路铁塔单边挂 线，不新建杆塔（优化调整前后位 置未变化，涉及一般控制区约 0.65km，不新建杆塔）	本次在溇水湿地公园内 利用已建 500kV 牌边线 双回路 2 基铁塔单边挂 线，本期不新建杆塔
2		湖南吉首 峒河国家 湿地公园	湖南省 湘西州 吉首市	国家级	湖南省林 业局	林湿发 (2009) 297 号	沅水流域支流峒河及八 仙湖水库水质，恢复湿 地鸟类生物多样性；保 护武陵山生态区。	换流站~边城 500kV 线路工程（湖 南段）线路穿越湿地公园保育区约 0.35km，立塔 2 基（优化调整前后 位置未变化，涉及一般控制区约 0.35km，立塔 2 基）	/
3		湖南麻阳 锦江国家 湿地公园	湖南省 怀化市 麻阳县	国家级	湖南省林 业局	林湿发 (2022) 126 号	保护河流湿地生态系统 及野生动植物资源	换流站~边城 500kV 线路工程线路 东侧距离保育区约 0.18km（优化调 整前后位置未变化，距一般控制区 约 0.18km）	位于生态评价范围内， 未穿（跨）越，不在敏 感区内立塔
4		湖南麻阳 西晃山省 级森林公 园	湖南省 怀化市 麻阳县	省级	湖南省林 业局	2009 年 11 月，湖南省 人民政府批 准成立	保护森林生态系统、生 物多样性及重点保护动 植物	换流站~边城 500kV 线路工程线路 西侧距离生态保育区约 0.06km（优 化调整前后位置未变化，距一般控 制区约 0.06km）	位于生态评价范围内， 未穿（跨）越，不在敏 感区内立塔
5		贵州万山 汞都-夜郎 谷风景名 胜区	贵州省 铜仁市 万山区	省级	贵州省林 业局	黔府函 (2017) 37 号	峡谷景观	换流站~牌楼 500kV 线路工程线路 南侧距离中华山景区边界约 0.164km（优化调整前后位置关系无 变化）	位于生态评价范围内， 未穿（跨）越，不在敏 感区内立塔
6		贵州九龙 洞国家 级风景名 胜区	贵州省 铜仁市 碧江区	国家级	贵州省林 业局	国函 (2004) 5 号	自然与文化景观	换流站~边城 500kV 线路工程线路 北侧距离保护区三级景区边界约 0.96km（优化调整前后位置关系无 变化）	该处敏感区与生态保护 红线重叠，由于涉及生 态保护红线，评价范围

序号	类别	名称	行政区	级别	主管部门	批复情况	主要保护对象（类型）	与本项目的位置关系	备注
7		贵州万山长寿湖国家湿地公园	贵州省铜仁市万山区	国家级	贵州省林业局	林湿发〔2013〕243号	水体、湖岸线、湿地植被	换流站～碧江 500kV 线路工程线路北侧距离保育区边界约 0.4km（优化调整前后位置关系无变化）	需扩大至 1km，因此评价范围涵盖了此敏感区，将其列为本工程生态敏感目标。线路不在敏感区内立塔。
8	水产种质资源保护区	谢桥河特有鱼类水产种质资源保护区	贵州省铜仁市万山区	国家级	农业农村部	中华人民共和国原农业部 2015 年公告第 2322 号	鲇、小口白甲鱼、鳊	换流站～碧江 500kV 线路一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区核心区 2×15m	同为水环境保护目标，一档跨越，线路不在敏感区内立塔。
9	生态保护红线	湖南省生态保护红线	湘西州凤凰县，怀化市麻阳县、芷江县、中方县	/	湖南省自然资源厅	自然资办函〔2022〕2080 号	水源涵养和生物多样性维护	输电线路穿越生态保护红线约 12.68km，立塔 35 基	/
10		贵州省生态保护红线	铜仁市万山区	/	贵州省自然资源厅	自然资办函〔2022〕2341 号	水源涵养	输电线路穿越生态保护红线约 31.67km，立塔 80 基	/

注：1）自然保护地位置关系按照整合优化前范围进行确定；2）水产种质资源保护区等同时也是水环境保护目标。

2.5.2 水环境保护目标

本项目水环境保护目标主要为项目穿（跨）越的水产种质资源保护区、饮用水水源保护区等，水产种质资源保护区情况详见表 2.5-3，饮用水水源保护区情况见下表。

表 2.5-4 本项目穿（跨）越的饮用水水源保护区

序号	名称	行政区	批复情况	主管部门	类型	与本项目的地理位置关系
1	铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区	贵州省铜仁市万山区	已评审通过上报省政府，暂未批复	铜仁市生态环境局万山分局	地表水（湖库型）	湘黔背靠背换流站站外电源开天变电站位于其准保护区内，换流站站外电源线路穿越其准保护区约 1262m，立塔 7 基；换流站至边城线路跨越水源保护区准保护区约 50m，不在准保护区内立塔

2.5.3 电磁环境和声环境保护目标

项目共涉及电磁环境保护目标 96 处，声环境保护目标 94 处。湘黔背靠背换流站评价范围内有 2 处电磁环境和 3 处声环境保护目标；牌楼 500kV 变电站间隔扩建工程涉及 2 处电磁环境保护目标和 2 处声环境保护目标；边城 500kV 变电站间隔扩建工程不涉及电磁环境保护目标，涉及 1 处声环境保护目标；开天 220kV 变电站评价范围内有 1 处电磁环境和 6 处声环境保护目标；换流站～牌楼 500kV 线路工程涉及 48 处电磁环境环境保护目标（其中湖南省境内 43 处、贵州省境内 5 处）和 47 处电磁环境环境保护目标（其中湖南省境内 42 处、贵州省境内 5 处）；换流站～边城 500kV 线路工程涉及 32 处电磁环境保护目标（其中湖南省境内 24 处、贵州省境内 8 处）和 25 处声环境保护目标（其中湖南省境内 18 处、贵州省境内 7 处）；铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程涉及 8 处电磁环境和声环境保护目标；湘黔背靠背换流站站外 110kV 电源线路评价范围内有 3 处电磁环境和 2 处声环境保护目标；220kV 线路迁改工程评价范围内无电磁环境和声环境保护目标。

湘黔背靠背换流站、牌楼 500kV 变电站、开天 220kV 变电站、交流输电线路电磁和声环境保护目标见表 2.5-5～表 2.5-10。

表 2.5-5 湘黔背靠背换流站电磁和声环境保护目标

序号	行政区	名称（村组）	功能	空间相对位置/m			距厂界最近距离/m	户数	评价范围内房屋结构/最近房屋结构	环境影响因子	声环境保护要求	备注
				X	Y	Z						
1	贵州省铜仁市万山区茶店街道	红岩村甘塘组 1#	居民点	10	-36	6	SE33m	13 户	1~4F 平顶、1~4F 坡顶/3F 平顶	Es、E、B、N	2 类	
2		红岩村甘塘组 2#	沙湾佛堂	134	105	9	SE37m	1 户	1F 坡顶/1F 坡顶	Es、E、B、N	2 类	
3		红岩村甘塘组 3#	居民点	127	-58	6	SE122m	5 户	1F~3F 坡、3F 平、4F 平/4F 平	N	2 类	

注：1）X，Y，Z 原点坐标选取换流站西南角（偏南侧）围墙拐点；

2）本项目环境保护目标为根据当前设计阶段站址范围调查的环境保护目标，可能随工程设计阶段的不断深化而有所变化；

3）表中所列距离均为换流站围墙距环境保护目标最近距离；

4）影响因子释义：Es—合成电场，E—工频电场，B—工频磁场，N—噪声，下同；

5）位于站址东南侧 168m 远的贵州省铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组高速服务区汽修厂无人居住，且本身为声源，因此不作为声环境敏感目标。

表 2.5-6 牌楼 500kV 变电站电磁和声环境保护目标

序号	行政区	名称（村组）		功能	空间相对位置/m			距厂界最近 距离/m	户数	评价范围内房屋结构/最近房屋结构	环境影响因子	声环境保护 要求	备注
					X	Y	Z						
1	湖南省 怀化市 中方县 中方镇	牌楼村岩垅口组 1# （东北侧中方县禽类合作社）		养殖厂	118	430	5	NE36m	1 户	1F 坡顶/1F 坡顶	E、B	/	
2		牌楼村 岩垅口 组 2#	站址西 侧	居民点	-86	303	5	NW55m	6 户	1F 坡顶/1F 坡顶	N	2 类	
			站址西南 侧	养殖棚	-54	45	5	SW26m	1 户	1F 坡顶/1F 坡顶	E、B	/	
3		牌楼村跃进组（站址南侧）		居民点	207	-56	5	SE142m	2 户	1F 坡顶/1F 坡顶	N	2 类	

注：1）X，Y，Z 原点坐标选取变电站西南角围墙地面拐点

2）表中所列距离均为变电站围墙距环境敏感目标最近距离；

3）影响因子释义：E—工频电场，B—工频磁场，N—噪声。

表 2.5-7 边城 500kV 变电站电磁和声环境保护目标

序号	行政区	名称（村组）	功能	空间相对位置/m			距厂界最近距离/m	户数	评价范围内房屋结构/最近房屋结构	环境影响因子	声环境保护要求	备注
				X	Y	Z						
1	湖南省湘西州吉首市河溪镇	张排村中岩二组	居民点	-175	-69	5	SW198m	1 户	1F 坡顶/1F 坡顶	N	2 类	

注：1) X, Y, Z 原点坐标选取变电站西南角围墙地面拐点
 2) 表中所列距离均为变电站围墙距环境敏感目标最近距离；
 3) 影响因子释义：N—噪声。

表 2.5-8 开天 220kV 变电站电磁和声环境保护目标

序号	行政区	名称（村组）	功能	空间相对位置/m			距厂界最近距离/m	户数	评价范围内房屋结构/最近房屋结构	环境影响因子	声环境保护要求	备注
				X	Y	Z						
1	贵州省铜仁市万山区仁山街道	开天村禾梨塘组 1#	居民点	12	-46	2	SW25m	1 户	4 层平顶/4 层平顶	E、B、N	2 类	
2		开天村禾梨塘组 2#	居民点	-35	243	3	NW108m	1 户	1~3 层坡顶/1~3 层坡顶	N	2 类	多栋房屋均为同一户居民房屋
3		开天村禾梨塘组 3#	居民点	249	290	-14	NE155m	5 户	1~4 层平顶，3 层坡顶/1F 平顶	N	2 类	
4		开天村禾梨塘组 4#	居民点	283	-88	-3	SE155m	4 户	1~2 层坡顶，4F 平顶/4F 平顶	N	4a 类	距离国道 G242 约 20m
5		开天村禾梨塘组 5#	居民点	227	-128	-2	SE128m	1 户	4 层平顶	N	2 类	
6		塘边村桃树寨组	居民点	-75	-159	-3	SW175m	2 户	4 层坡顶，1 层坡顶/4 层坡顶	N	2 类	

注：1) X, Y, Z 原点坐标选取变电站西南角围墙拐点
 2) 表中所列距离均为变电站围墙距环境敏感目标最近距离；
 3) 影响因子释义：E—工频电场，B—工频磁场，N—噪声。

表 2.5-9 输电线路电磁和声环境保护目标（贵州省境内）

序号	行政区	名称（村组）	功能	户数	建筑物楼层及结构	最近建筑物楼层及结构	最近建筑物与线路位置关系	环境影响因子	声环境保护要求	备注
一、换流站～边城 500kV 线路工程（贵州段）										
1	铜仁市万山区茶店街道	红岩村红岩组	居民点	2 户	4 层平顶	4 层平顶	NE25m	E、B、N	2 类	距 G242 省道约 154m，距铜大高速约 168m。具体见注 5。
2	铜仁市万山区茶店街道	红岩村矮山坪组 1	汽车修理厂	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	换流站～边城线路 SW25m，换流站～牌楼线路 NE45m	E、B	/	导线中心线间距 130m。同为换流站～牌楼线路敏感目标
3	铜仁市万山区谢桥街道	瓦屋坪村陈家组	居民点	6 户	1 层坡顶、2 层平顶	1 层坡顶	N10m	E、B、N	1 类	
4	铜仁市万山区敖寨乡	杨家寨村杉树坪组	居民点	3 户	1 层坡顶、1 层平顶	1 层平顶	NW15m	E、B、N	1 类	楼顶不可达
5		两河口村黄泥塘组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	S50m	E、B、N	1 类	
6	铜仁市万山区下溪乡	青龙村十一组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NW25m	E、B、N	1 类	
7	铜仁市碧江区瓦屋乡	溪坎村溪坎组	居民点	4 户	1 层坡顶、2 层平顶	1 层坡顶	NW20m/SE50m	E、B、N	1 类	
8		司前村一组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NW30m	E、B、N	1 类	
二、换流站～牌楼 500kV 线路工程（贵州段）										
9	铜仁市万山区茶店街道	红岩村矮山坪组 2	居民点	1 户	4 层平顶	4 层平顶	换流站～牌楼线路 NE15m，换流站～边城线路 SW55m	E、B、N	4a 类	导线中心线间距 130m，距 G242 省道约 25m
10	铜仁市万山区茶店街道	瓦屋坪村具陆冲组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	S50m	E、B、N	1 类	
11	铜仁市万山区敖寨乡	中华山村进山湾组	居民点	2 户	1 层坡顶、3 层平顶	3 层平顶	NE10m	E、B、N	1 类	

序号	行政区	名称（村组）	功能	户数	建筑物楼层及结构	最近建筑物楼层及结构	最近建筑物与线路位置关系	环境影响因子	声环境保护要求	备注
12	铜仁市万山区黄道乡	马黄村杨家组	居民点	3 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	E10m	E、B、N	1 类	
13		马黄村腊溪组	居民点	3 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW25m/NE45m	E、B、N	1 类	
三、铜仁～碧江开端接入换流站 500kV 线路工程										
14	铜仁市万山区丹都街道	大坡村温溪江组	居民点	2 户	2 层平顶、2 层坡顶	2 层坡顶	NE25m	E、B、N	1 类	
15	铜仁市万山区丹都街道	大坡村大坡老组	居民点	5 户	2~4 层平顶	3 层平顶	SW20m	E、B、N	1 类	
16	铜仁市万山区鱼塘乡	红伍村白岩山组	居民点	1 户	3 层平顶	3 层平顶	S50m	E、B、N	1 类	楼顶不可达
17	铜仁市万山区丹都街道	旗屯村桑树坪组	居民点	2 户	1 层坡顶	1 层坡顶	S30m	E、B、N	1 类	
18	铜仁市万山区茶店街道	梅花村土地坡组	看护房	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	S30m	E、B、N	1 类	楼顶不可达
19		茶店村响水洞组	居民点	1 户	1 层平顶	1 层平顶	SW10m	E、B、N	1 类	
20	铜仁市万山区丹都街道	旗屯村上加坡组 1	办公房	1 户	2 层平顶	2 层平顶	N10m	E、B、N	1 类	
21	铜仁市万山区丹都街道	旗屯村上加坡组 2	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	换流站~铜仁乙线 S20m、换流站~铜仁甲线 N35m	E、B、N	1 类	导线中心线间距 100m
四、换流站～开天 110kV 线路工程										
22	铜仁市万山区仁山街道	塘边村桃树寨组	居民点、看护房	6 户	1 层平、1 层坡顶、3F 平	1 层平顶	SW10m	E、B、N	1 类	
23	铜仁市万山区仁山街道	塘边村大院子组	居民点	1 户	3 层坡顶	3 层坡顶	SE35m	E、B、N	1 类	
24	铜仁市万山区茶店街道	红岩村红岩组	厂房	3 户	1 层坡顶	1 层坡顶	线下	E、B	/	

注：1）本项目环境保护目标为根据当前设计阶段线路路径调查的环境保护目标，可能随工程设计阶段的不断深化而变化，下同。

2）表中环境保护目标与工程的位置关系，为当前设计阶段输电线路边导线垂直投影与该敏感目标建筑物的最近距离，其中最近距离可能随工程设计阶段的不断深化而变化，下同。

3）根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）和《关于印发〈输变电建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》（环办辐射〔2016〕84 号），500kV 交流线路边导线与建筑物之间的最小水平距离不应小于 5m，边导线投影外 5m 以内范围为工程拆迁范围，在此范围内的住宅、学校、医院、办公楼、工厂等有公众居住、工作或学习的建筑物不列为环境敏感目标，不进行评价。

4）影响因子释义：E—工频电场，B—工频磁场，N—噪声；

5）根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）“7.2 乡村声环境功能的确定 b) 村庄原则上执行 1 类声环境功能区要求，工业活动较多的村庄以及有交通干线经过的村庄（指执行 4 类声环境功能区要求以外的地区）可局部或全部执行 2 类声环境功能区要求”。保护目标 1（铜仁市万山区茶店街道红岩村红岩组）距 G242 省道约 154m，距铜大高速约 168m，在交通干线影响范围内，属于有交通干线经过的村庄且在 4 类声环境功能区以外，执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准要求。

表 2.5-10 输电线路电磁和声环境保护目标（湖南省境内）

序号	行政区	名称（村组）	功能	户数	建筑物楼层及结构	最近建筑物楼层及结构	最近建筑物与线路位置关系	环境影响因子	声环境保护要求	备注
一、换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）										
1	湘西土家族苗族自治州吉首市河溪镇	张排村	厂房	1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	N10m	E、B	/	
2	湘西土家族苗族自治州吉首市双塘街道	联兴村 3 组	居民点	8 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	NW15m	E、B、N	1 类	
3		坨丰村 2 组	居民点	11 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	SE10m、NW10m	E、B、N	1 类	
4	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡	利略村 5 组	寺庙	1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	NW20m	E、B、N	1 类	
5		利略村 6 组	居民点	2 户	1~3 层坡顶	1 层坡顶	SE 45m	E、B、N	1 类	
6		利略村花木基地	养殖房	2 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	SW10m	E、B	/	
7		都蛮村 3 组	居民点	2 户	2~3 层坡顶	3 层坡顶	NW15m	E、B、N	1 类	
8		都蛮村村委会	办公楼	2 栋	1~3 层坡顶	1 层坡顶	NW15m	E、B、N	1 类	
9		都蛮村 5 组	居民点、养殖房	1 户、1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	SE30m	E、B、N	1 类	
10	湘西土家族苗族自治州凤凰县木江坪镇	大管冲村 3 组	居民点	1 户	2 层坡顶	2 层坡顶	NW35m	E、B、N	1 类	
11		中寨村 5 组	养殖房	1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	NW10m	E、B	/	
12	湘西土家族苗族自治州凤凰县沱江镇	黄栗村 3 组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SE 45m	E、B、N	1 类	
13		庄上村 12 组	居民点	6 户	1~3 层坡顶、1 层平顶	2 层坡顶	E10m、W25m	E、B、N	4a 类	紧邻省道 253，楼顶不可达
14		庄上村 3 组●	居民点	1 户	3 层坡顶	3 层坡顶	NW50m	E、B、N	1 类	
15		杜田村 15 组●	养殖房	1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	E35m	E、B	/	
16		杜田村 11 组●	居民点	1 户	2 层坡顶	2 层坡顶	E50m	E、B、N	1 类	
17	湘西土家族苗族自治州凤凰县水打田乡	红星村 5 组	居民点	17 户	1 层平顶、1~3 层坡顶	3 层坡顶	W10m\E10m	E、B、N	1 类	
18	怀化市麻阳县石羊哨乡	松溪坪村 3 组	居民点	1 户	2 层坡顶	2 层坡顶	E15m	E、B、N	1 类	

序号	行政区	名称（村组）	功能	户数	建筑物楼层及结构	最近建筑物楼层及结构	最近建筑物与线路位置关系	环境影响因子	声环境保护要求	备注
19	湘西土家族苗族自治州凤凰县水打田乡	五林村 6 组	居民点	6 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	NW10m	E、B、N	1 类	
20		水田村 1 组	居民点	1 户	1 层平顶	1 层平顶	NW35m	E、B、N	1 类	楼顶不可达
21		坪溪山村 8 组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SE50m	E、B、N	1 类	
22	怀化市麻阳县锦和镇	西冲山村 2 组	养殖房	1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	SE40m	E、B	/	
23		黄土田村 2 组	养殖房	1 栋	1 层坡顶	1 层坡顶	SE25m	E、B	/	
24	怀化市麻阳苗族自治县尧市镇	柑子坪村 2 组	居民点	4 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SE10m\ NW30m	E、B、N	1 类	
二、换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）										
1	怀化市中方县中方镇	牌楼村岩垅口组※	养殖场	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	N40m	E、B	/	距 500kV 牌楼变电站围墙 120m，双回路段，距牌边线 20m
2		牌楼村窑上组※	居民点	5 户	1~3 层坡顶	1 层坡顶	S10m/N35m	E、B、N	1 类	双回路段，距牌边线 N10m/S30m
3		牌楼村双冲组※	居民点	3 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	S10m	E、B、N	1 类	双回路段，距牌边线 35m
4		站坪村梅子坳组 1※	居民点	3 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE40m	E、B、N	1 类	双回路段，距牌边线 10m
		站坪村梅子坳组 2	居民点	3 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE35m	E、B、N	1 类	
5	怀化市中方县桐木镇	宝寨村早禾田组	居民点	3 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SE15m/NW40m	E、B、N	1 类	
6		宝寨村土塘组	居民点	2 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SE25m	E、B、N	1 类	
7		丰坡村烂泥冲组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NW10m	E、B、N	1 类	
8	怀化市芷江县罗卜田乡	罗卜田村洋火坪组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE25m	E、B、N	1 类	
9		罗卜田村蒲家冲组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW45m	E、B、N	1 类	

序号	行政区	名称（村组）	功能	户数	建筑物楼层及结构	最近建筑物楼层及结构	最近建筑物与线路位置关系	环境影响因子	声环境保护要求	备注
10		罗卜田村板栗湾组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW15m	E、B、N	1 类	
11	怀化市芷江县晓坪乡	兰水村蒙溪组	居民点	3 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	N20m	E、B、N	1 类	
12		兰水村毛坪界组	居民点	2 户	1 层坡顶	1 层坡顶	N15m/S15m	E、B、N	1 类	
13		兰水村土桥冲组	居民点	7 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SE10m/NW15m	E、B、N	1 类	
14		小冲村小塘冲组	居民点	4 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	NW15m	E、B、N	1 类	
15		小冲村雷响坪组	居民点	6 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NW15m	E、B、N	1 类	
16		岩背村梓木冲组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NW10m	E、B、N	1 类	
17		岩背村泥塘界组	居民点	2 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	N35m	E、B、N	1 类	
18		岩背村大艮坡组	居民点	2 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	S40m/N40m	E、B、N	1 类	
19	怀化市芷江县楠木坪镇	联合村进山冲组	居民点	2 户	1 层坡顶	1 层坡顶	S10m	E、B、N	1 类	
20		联合村矮下冲组	居民点	5 户	1 层坡顶	1 层坡顶	S15m/N15m	E、B、N	1 类	
21		联合村黄獭塘组	居民点	6 户	1 层坡顶	1 层坡顶	N15m/S15m	E、B、N	1 类	
22		联合村半冲组	居民点	4 户	1 层坡顶	1 层坡顶	N10m/S50m	E、B、N	1 类	
23		翁塘村旧禾冲组	居民点	4 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE25m	E、B、N	1 类	
24	怀化市芷江县芷江镇	桥边村下路坡组	居民点	4 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE30m/SW45m	E、B、N	1 类	
25		周坪村四田湾组	居民点	2 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE15m/SW20m	E、B、N	1 类	
26		沙溪村蒋家垠组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE50m	E、B、N	1 类	
27	怀化市芷江县土桥镇	洞下村倒塘组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW25m	E、B、N	1 类	
28		土桥村麦园组	居民点	3 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	NE20m/SW20m	E、B、N	1 类	
29		土桥村井冲垅组	居民点	5 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW25m	E、B、N	1 类	
30		富家团村盐井组	居民点	6 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE30m	E、B、N	1 类	
31		富家团村荷花坪组	居民点	4 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	NE10m	E、B、N	1 类	
32		富家团村鼓楼冲组	居民点	2 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE35m	E、B、N	1 类	
33		两户村寸子湾组	居民点	6 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	NE15m、SW40m	E、B、N	1 类	

序号	行政区	名称（村组）	功能	户数	建筑物楼层及结构	最近建筑物楼层及结构	最近建筑物与线路位置关系	环境影响因子	声环境保护要求	备注
34		冷水铺村祖坪组	居民点	5 户	1~2 层坡顶	2 层坡顶	NE35m/SW10m	E、B、N	1 类	
35		冷水铺村桐木湾组	居民点	4 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	NE50m/SW15m	E、B、N	1 类	
36		冷水铺村小关组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	E20m	E、B、N	4a 类	距国道 G320 约 10m
37	怀化市芷江县新店坪镇	白马铺村狮子坪组	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE40m	E、B、N	1 类	
38		新城坪村 2 组	居民点	2 户	2~3 层坡顶	2 层坡顶	NE40m	E、B、N	4a 类	距 G320 国道约 10m
39		黄双坪村邓家组	居民点	5 户	1~2 层坡顶	1 层坡顶	NE25m/SW25m	E、B、N	1 类	
40		黄双坪村回湾组	居民点	6 户	1 层坡顶	1 层坡顶	NE25m/SW10m	E、B、N	1 类	
41		白杉村枇杷湾组●	居民点	3 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW45m/NE45m	E、B、N	1 类	
42		园溪口村 15 组●	居民点	1 户	2 层坡顶	2 层坡顶	SW30m	E、B、N	1 类	
43		连心桥村 10 组●	居民点	1 户	1 层坡顶	1 层坡顶	SW10m	E、B、N	1 类	

注：1）本项目环境敏感目标为根据当前设计阶段线路路径调查的环境敏感目标，可能随工程设计阶段的不断深化而变化。

2）表中环境敏感目标与工程的位置关系，为当前设计阶段输电线路边导线垂直投影与该敏感目标建筑物的最近距离，其中最近距离可能随工程设计阶段的不断深化而变化。

3）根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）和《关于印发〈输变电建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》（环办辐射〔2016〕84 号），500kV 交流线路边导线与建筑物之间的最小水平距离不应小于 5m，边导线投影外 5m 以内范围为工程拆迁范围，在此范围内的住宅、学校、医院、办公楼、工厂等有公众居住、工作或学习的建筑物不列为环境敏感目标，不进行评价。

4）影响因子释义：E—工频电场，B—工频磁场，N—噪声。

5）※为双回路敏感目标，其余为单回路敏感目标；●为 20mm 冰区敏感目标，其余为 15mm 冰区。

2.6 评价重点

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），各要素评价等级在二级及以上时，应作为评价重点。

根据本项目的环境影响评价工作等级，本项目施工期评价重点为生态环境影响，运行期评价重点为换流站、输电线路的电磁环境、声环境影响。

3 建设项目概况与分析

3.1 项目概况

3.1.1 项目一般特性

湖南—贵州电力灵活互济工程主要建设内容包括：湘黔背靠背换流站新建工程（含站外外接电源）、牌楼 500kV 变电站扩建工程、边城 500kV 变电站间隔扩建工程、500kV 线路工程和 220kV 线路迁改工程。

项目一般特性见下表。

表 3.1-1 本项目一般特性表

工程名称		湖南—贵州电力灵活互济工程	
建设性质		新建、扩建、改建	
建设地点		贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县及怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳县	
建设单位		中国南方电网有限责任公司超高压输电公司，负责换流站工程 贵州电网有限责任公司，负责贵州段线路 国家电网有限公司华中分部，负责湖南段线路和变电站扩建工程	
设计单位		中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司、湖南经研电力设计有限公司	
主要建设内容		(1) 湘黔背靠背换流站新建工程 (2) 牌楼 500kV 变电站扩建工程 (3) 边城 500kV 变电站间隔扩建工程 (4) 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程 (5) 换流站～牌楼 500kV 线路工程 (6) 换流站～边城 500kV 线路工程 (7) 220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改工程	
换流站工程	建设规模	地理位置	贵州省铜仁市万山区茶店街道
		额定直流电压	$\pm 280\text{kV}$
		额定换流容量	$2 \times 1500\text{MW}$
		直流部分	新建 2 个背靠背直流单元，每个单元采用柔性直流、对称单极接线； 联接变压器 $(12+1) \times 575\text{MVA}$ （其中 1 台备用），采用单相双绕组有载调压； 桥臂电抗器 $(24+1) \times 55\text{mH}$ （其中 1 台备用），采用干式空心电抗器
		交流部分	500kV 主变规模：贵州侧远期建设 $3 \times 1000\text{MVA}$ ，本期无主变； 交流 500kV 出线：贵州侧远期出线 8 回，本期出线 4 回，湖南侧远期出线 2 回，本期出线 2 回； 交流 220kV 出线：贵州侧远期出线 14 回，本期不出线； 无功补偿：本期在换流站至边城变电站 1 回 500kV 出线侧装设 1 组 120 兆乏高压并联电抗器及中性点小电抗。贵州侧远期每组主变低压侧预留 5 组低压无功补偿设备场地； 融冰装置：换流站贵州侧装设融冰装置 1 套
		占地面积	换流站总用地面积约 20.24hm^2 ，其中围墙内约 12.90hm^2
		临时占地规划及面积	占地面积 8.76hm^2

	站外电源	地理位置		贵州省铜仁市万山区茶店街道	
		建设内容		开天 220kV 变电站扩建 110kV 间隔 1 回至湘黔背靠背换流站	
	外接电源线路	地理位置		贵州省铜仁市万山区茶店街道、仁山街道	
		电压等级		110kV	
		线路长度		5.0km	
		导地线型号		导线：1×JL/LB20A-150/25 铝包钢芯铝绞线； 地线：2×OPGW-36B1-50 通信光缆。	
		塔杆形式和数量		新建铁塔 19 基，其中单回路直线塔 4 基、单回路转角塔 15 基	
牌楼 500kV 变电站扩建工程		地理位置		湖南省怀化市中方县中方镇牌楼村	
		电压等级		500kV	
		本期扩建内容		扩建 500kV 出线间隔 1 个，新增 1 组 90Mvar 高抗，35kV 侧新增 2 组 60Mvar 低压电抗器	
		环保措施	事故油池	主变区事故油池 2 座，总有效容积 80m ³ （利旧）；低抗区事故油池 1 座，有效容积 15m ³ （利旧）；高抗区域 1 座，有效容积 25m ³ （利旧）；高抗区域本期新增 1 座事故油池，有效容积 25m ³	
			污水处理装置	地埋式一体化污水处理装置 1 套（利旧）	
边城 500kV 变电站间隔扩建工程		地理位置		湘西自治州吉首市河溪镇张排村	
		电压等级		500kV	
		本期扩建内容		扩建 500kV 出线间隔 1 个	
		环保措施	事故油池	事故油池 1 座，有效容积 100m ³ （利旧）	
			污水处理装置	地埋式一体化污水处理装置 1 套（利旧）	
500kV 线路工程		铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程			
		电压等级		500kV	
		路径长度		2×15km	
		架设方式		除换流站出线采用双回终端塔外，其余均采用单回路架设	
		线路所经行政区		贵州省铜仁市万山区、碧江区	
		导线型号		4×JL/LB20A-400/50 型铝包钢芯铝绞线	
		规划杆塔数量		68 基	
		塔基占地面积		2.21hm ²	
		临时占地规划及面积		共 15.67hm ² ，其中牵张场 1.2hm ² ，塔基施工场地 7.07hm ² ，施工道路 5.41hm ² ，跨越场 0.28hm ²	
		换流站～牌楼 500kV 线路工程			
		电压等级		500kV	
		路径长度		约 99.5km	
		架设方式		约 4.1km 利旧 500kV 牌边线双回共塔挂线，双回路共 15 基塔，其中新建 1 基，利旧 14 基。其余均采用单回路架设。	
		线路所经行政区		贵州省铜仁市万山区，湖南省怀化市中方县、芷江县	
		导线型号		贵州段：4×JL/LB20A-630/45 型铝包钢芯铝绞线；湖南段：4×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线、4×JL3/G1A-630/55 型钢芯高导电率铝绞线	
		规划杆塔数量		243 基	
		塔基占地面积		共计 6.32hm ² ，其中贵州段：1.9hm ² ，湖南段：4.42hm ²	

	临时占地规划及面积	共计：54.45hm ² 贵州段：牵张场 0.87hm ² ，塔基施工场地 6.5hm ² ，施工道路 4.21hm ² ，跨越场 0.38hm ² 湖南段：牵张场 1.56hm ² ，塔基施工场地 20.97hm ² ，施工道路 17.88hm ² ，跨越场 2.08hm ²
	换流站～边城 500kV 线路工程	
	电压等级	500kV
	路径长度	约 118.5km
	架设方式	均采用单回路架设
	线路所经行政区	贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省湘西州吉首市、泸溪县、凤凰县、怀化市麻阳县
	导线型号	贵州段：4×JL/LB20A-630/45 型铝包钢芯铝绞线；湖南段：4×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线、4×JL3/G1A-630/55 型钢芯高导电率铝绞线
	规划杆塔数量	288 基
	塔基占地面积	共计 7.55hm ² ，其中贵州段：2.21hm ² ，湖南段：5.34hm ²
	临时占地规划及面积	共计：65.60hm ² 贵州段：牵张场 1.05hm ² ，塔基施工场地 7.66hm ² ，施工道路 6.57hm ² ，跨越场 0.38hm ² 湖南段：牵张场 1.44hm ² ，塔基施工场地 25.16hm ² ，施工道路 21.86hm ² ，跨越场 1.48hm ²
220kV 线路迁改工程	220kV 边格 I 回、边峒 II 回迁改工程	
	电压等级	220kV
	路径长度	约 0.6km
	架设方式	双回路架设
	线路所经行政区	湖南省湘西州吉首市
	导线型号	2×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线
	规划杆塔数量	1 基
	塔基占地面积	0.02hm ²
	临时占地规划及面积	不另设牵张场和跨越施工场地，塔基施工区和临时施工道路占地约 0.04hm ²
工程总投资		521459 万元
计划工期		计划 2027 年 7 月投产

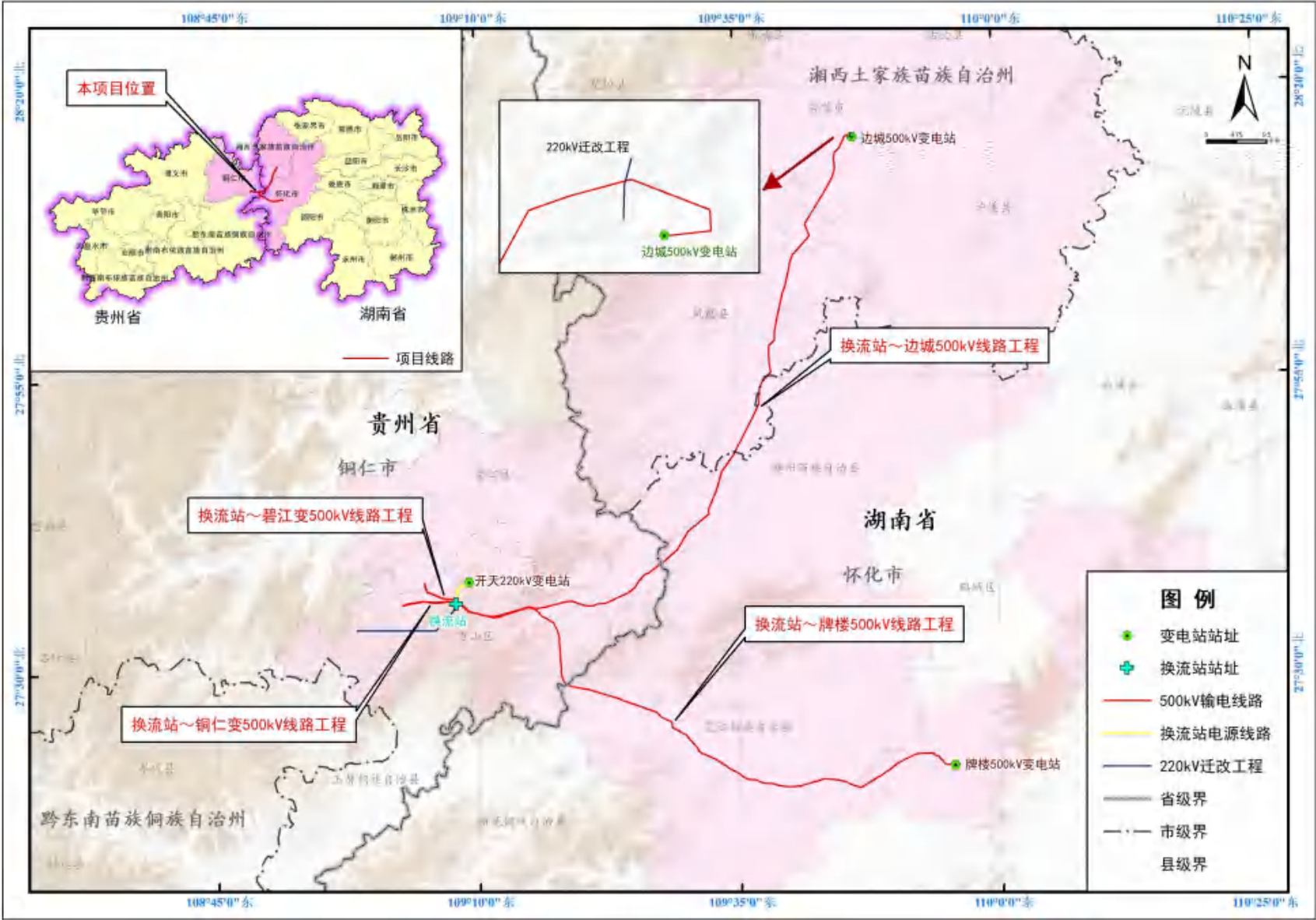


图 3.1-1 本项目地理位置示意图

3.1.2 湘黔背靠背换流站新建工程

3.1.2.1 站址概况

湘黔背靠背换流站站址位于贵州省铜仁市万山区茶店街道，距离铜仁城区约 10km。站址内整体较为平坦，为树枝状分布峰丛地貌，整体地势东南偏高，西北偏低，站址区域范围内地面高程在 641~697m。场地内中部为耕地，其余为乔木林地。进站道路经南部茶店街道服务中心的市政道路引接，引接道路长度约 981m，宽 6.0m。

3.1.2.2 建设内容及规模

1) 直流部分

额定直流电压：±280kV；

额定换流容量：2×1500MW；

联接变网侧交流电压等级：湖南侧和贵州侧均为 500kV；

建设规模：新建 2 个背靠背直流单元，每个单元采用柔性直流、对称单极接线。联接变压器 (12+1) × 575MVA (其中 1 台备用)，采用单相双绕组有载调压。桥臂电抗器采用干式空心电抗器，两侧共 (24+1) 台 (其中 1 台备用)，额定电感值 55mH。

2) 交流部分

500kV 主变规模：贵州侧远期建设 3×1000MVA，本期无主变。

交流 500kV 出线：贵州侧远期出线 8 回，本期出线 4 回，湖南侧远期出线 2 回，本期出线 2 回。

交流 220kV 出线：贵州侧远期出线 14 回，本期不出线。

无功补偿：本期在换流站至边城变电站 1 回 500kV 出线侧装设 1 组 120Mvar 高压并联电抗器及中性点小电抗。贵州侧远期每组主变低压侧预留 5 组低压无功补偿设备场地。

融冰装置：换流站贵州侧装设融冰装置 1 套。

3) 外接电源

站外电源线路自开天 220kV 变电站引接，开天 220kV 变电站扩建 110kV 间隔 1 回，新建开天变~换流站 110kV 站外电源线路约 5km。

3.1.2.3 总平面布置

本项目包含 2 个柔直阀厅，阀厅与主、辅控楼采用两厅两楼布置，换流单元按照“交流场—联接变压器及启动回路—阀厅—联接变压器及启动回路—交流场”的一字型布局。

根据站区总体规划，500kV 配电装置 (湖南侧) 布置在站区东北侧，向东北出线，终期出线 2 回，本期建成；阀厅及主辅控制楼位于站区中部，换流阀及直流设备均布置在阀厅内，联接变、启动回路、桥臂电抗器采用户外布置；500kV 配电装置 (贵州侧) 布置在

站区西北侧，向西、北两个方向出线，本期 4 回，终期 8 回；站址西南侧预留贵州侧 220kV 交流配电装置及主变位置，向西南侧出线；站前区布置在站区南侧，从南侧进站，进站道路从站址南侧村道引接，新建进站道路长度 981m。

换流站总用地面积约 20.24hm²，其中围墙内面积约 12.90hm²。平面布置见下图。

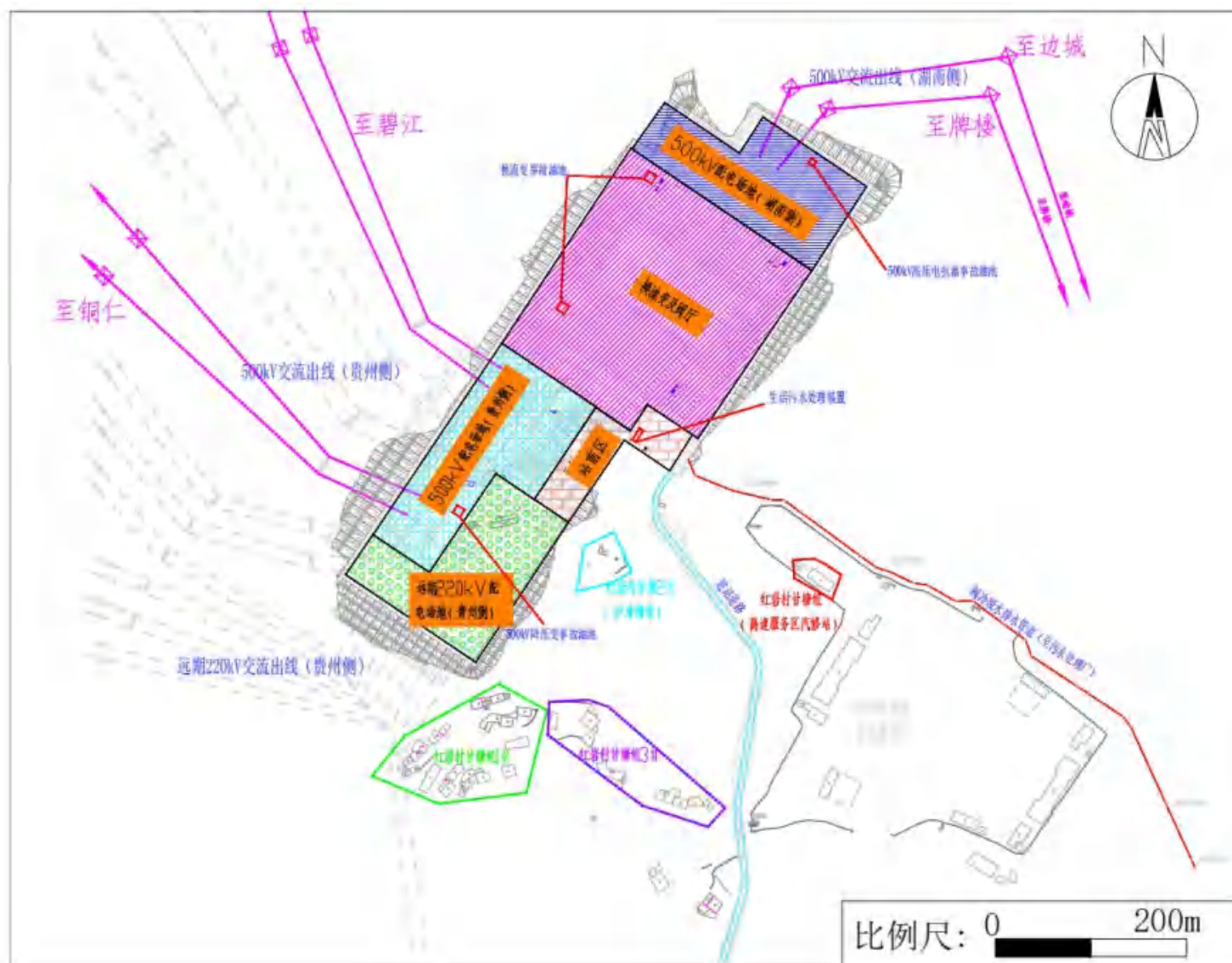


图 3.1-2 本项目换流站总平面布置图

3.1.2.4 公用工程和辅助设备

1) 供水系统

湘黔背靠背换流站采用两路供水管，一路管道从老茶店自来水厂引接，引接长度约4km，采用重力供水，供水管管径为DN300；另一路管道从新茶店水厂引接，引接长度约5km，采用重力供水，供水管管径为DN300；两管路站外均不设加压泵房。两路供水管道均独立满足换流站站内最大用水需求。

2) 排水系统

湘黔背靠背换流站采用分流制排水系统，包括生活污水、雨水、阀冷废水排水系统。

生活污水处理及回用系统：主辅控楼、综合楼、车库及消防、警传室等建筑物内的生活污水，通过管道收集并输送至埋地式一体化污水处理装置内进行生化处理，达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中的城市绿化水质标准后贮存在中水蓄水池内，回用于站区浇洒，无法回用部分定期清运，不外排。湘黔背靠背换流站设置1套处理能力1t/h生活污水处理装置和1座约30m³回用水池。

雨水排水系统：站内设置埋地雨水排水管网，室外地面雨水采用雨水口收集，通过室外埋地雨水管道最终分别接入站外排水沟。

阀冷废水排水系统：换流站阀外冷却系统采用水冷系统，最大外排水量约41.67m³/h，合约1000m³/d。阀冷废水在阀冷设备间地上层采用重力自流排放至室外阀冷排水管道，阀冷排水管道汇流入站内降温调节池后，通过独立的管道排入污水处理厂。根据万山区水务局关于换流站阀冷水排污水厂处理意见的复函，同意换流站阀冷尾水排至茶店污水处理厂。冷却水排水经重力流排至茶店污水处理厂，管道总长约1km。但目前茶店污水厂处理能力280m³/d，无法处理换流站排水，需扩建规模至1280m³/d。

根据设计单位与茶店污水厂沟通结果，茶店污水厂拟采取扩建措施接纳换流站阀冷尾水。需扩建茶店污水处理厂1000m³/d，污水厂最终设计规模为1280m³/d。处理工艺为：A/O+MBBR生物处理工艺，深度处理工艺采用滤布滤池工艺。主要建设内容包括扩建1座粗格栅、扩建1座调节池及配套提升泵、1套A/O+MBBR生物处理一体化设备（含配套沉淀池、接触消毒池及本身碳源加药设备等）、扩建出水计量槽、扩建1座污泥脱水间等建构物，技术可行。扩建涉及费用由换流站建设单位予以补偿，扩建相关审批及建设手续由水务公司负责，确保其合法合规。扩建完成后，换流站冷却水经管道排至茶店污水处理厂。

3) 事故油排蓄系统

换流站内油浸电气设备（包括换流变、站用变）的事故排油，经设备下部的油坑收集，

通过地下排油管道汇入布置在设备附近的事故油池内，油池具有油水分离功能，分离出的绝缘油由资质单位回收处理，不外排。换流变、主变等含油电气设备下方事故油坑容积均按不小于设备 20%油量确定，每座事故油池容积按照接入的最大一台设备 100%的油量确定，事故油坑、事故油池按照重点防渗区的要求进行防渗设计。

湘黔背靠背换流站设置 4 座事故油池，其中换流变区域共设置 2 座事故集油池，每座油池有效容积约 120m³；500kV 高压电抗器区域设置 1 座事故油池，有效容积约 30m³；500kV 降压变、融冰整流变区域设置 1 座事故油池，有效容积约 50m³。

3.1.2.5 职工情况

湘黔背靠背换流站站内正常值班人员约 20 人，考虑年度检修高峰期人员为 100 人。

3.1.2.6 换流站站用电源

湘黔背靠背换流站共设 3 回站用电源，其中工作电源 2 回，备用电源 1 回，每回电源均能满足全站负荷的需求。2 回工作电源分别从 500kV 高压站用变和 35kV 高压站用变引接，1 回 110kV 备用电源线路自开天 220kV 变电站引接，开天 220kV 变电站扩建 110kV 间隔 1 回，新建开天变~换流站 110kV 站外电源线路约 5.0km。

(1) 站外电源扩建工程概况

开天 220kV 变电站位于贵州省铜仁市万山区仁山街道开天村，于 2010 年建成投运。本项目对开天 220kV 变电站进行扩建，本期扩建 1 回 110kV 出线间隔至湘黔背靠背换流站。本期扩建工程在现有站区围墙内进行，不需新征用地、不改变变电站内平面布置，不新增劳动定员，不新增废水、固体废物等污染物，不改变站内现有环境保护设施。

表 3.1-2 开天 220kV 变电站建设规模一览表

项目	已建规模	本期规模	本期建设后规模
主变压器	2×180MVA	/	2×180MVA
220kV 进线	4 回	/	4 回
110kV 出线	6 回	1 回	7 回
10kV 并联电容器	5×7500kVar+5×8016kVar	/	5×7500kVar+5×8016kVar

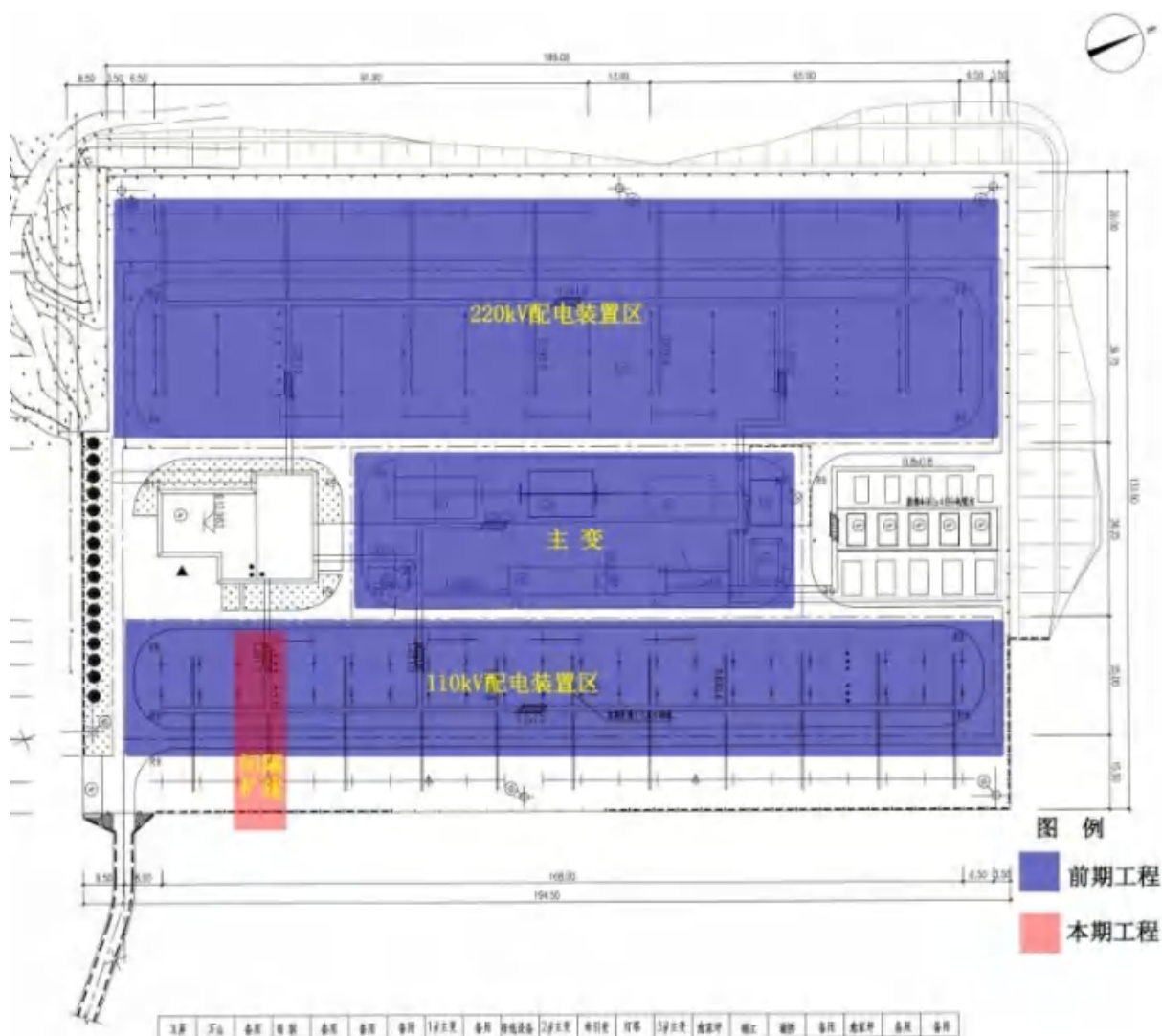


图 3.1-3 开天 220kV 变电站扩建总平面布置图

（2）站外电源线路概况

新建开天变~换流站 110kV 站外电源线路自 220kV 开天变出线穿越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区（已划定暂未批复），转西南走线，途经开天村、塘边村后转南走线，在跨越铜大高速公路后接入新建换流站。线路长度约 5.0km，曲折系数 1.25，均位于贵州省铜仁市万山区境内。

导线采用 $1\times\text{JL/LB20A-150/25}$ 型铝包钢芯铝绞线；地线采用 $2\times\text{OPGW-4B1-50}$ 的通信光缆。

线路使用杆塔共计 19 基，其中单回路直线塔 4 基、单回路转角塔 15 基；基础型式采用全掏挖基础、桩基础、机械挖孔基础。

(3) 开天 220kV 变电站现有工程概况

开天 220kV 变电站的总平面布置采用三列布置，主变户外布置。站区西北侧为 220kV 配电装置区，东南侧为 110kV 配电装置区，站区中部区域由西南向东北依次为主控楼、1#

主变、2#主变、10kV 配电装置间、消防泵房、电容器组区；进站道路由东南角道路引接进入，警传室位于进站大门左侧；事故油池位于 1#主变东南侧，化粪池位于警传室西北侧。变电站围墙内总占地面积 25730m²。本期在扩建 110kV 间隔 1 回至湘黔背靠背换流站。



图 3.1-4 开天 220kV 变电站俯瞰图

(4) 开天 220kV 变电站环保工程概况

1) 生活污水处理设施

220kV 开天变电站站内排水系统采用雨污分流。站内雨水经站内雨水管道收集后排至站外水沟；经现场调查，值守值班及巡检人员产生的少量生活污水通过站内化粪池的收集处理后定期清掏，不外排。

2) 固废收集设施

220kV 开天变电站内设有垃圾箱，站内工作人员产生的生活垃圾经收集后运至站外垃圾转运站，由当地环卫部门定期清运处置，不影响站外环境。

220kV 开天变电站运行期间定期检测蓄电池，寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换后回收处置，不随意丢弃，不在站内暂存。废旧蓄电池在更换、收集、运输时均严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，不会对周围环境产生影响。

3) 噪声防治设施

220kV 开天变电站内建筑物合理布置，各功能区分开布置，高噪声设备布置相对集中，充分利用场地空间以衰减和阻隔噪声，选用符合国家噪声标准的设备。

4) 环境风险防范设施

220kV 开天变电站前期工程已在站内设有事故排油系统，并制定严格的检修操作规程。

主变下方设有事故油坑，其内铺设一卵石层，四周设有排油管道与事故油池相连。一旦发生事故时排油或漏油，绝缘油将渗过卵石层并通过排油管道到达事故油池，不会外溢至外环境。

220kV 开天变电站前期工程建有 1 座具有油水分离功能的主变事故油池，有效容积约 95t，能够容纳主变全部油量，满足《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）相关要求。根据向建设单位了解，站内未发生过事故油泄漏污染事件。



事故油池



主变油坑



生活污水处理装置



生活垃圾收集设施

图 3.1-5 220kV 开天变电站主要环保措施照片

（5）现有工程环保手续履行情况及回顾性分析

1）环保手续履行情况

开天 220kV 变电站一期工程属于“铜仁开天 220kV 输变电工程”，于 2009 年 9 月取得环评批复（黔环辐表〔2009〕244 号），2012 年 1 月通过竣工环保验收（黔环函〔2012〕23 号）；最近一期扩建工程属于“开天 220 千伏变 2 号主变扩建工程”，于 2022 年 4 月取得环评批复（黔环辐表〔2022〕27 号），2024 年 9 月，贵州电网有限责任公司建设分公司完成了该工程的竣工环保验收工作。

2）现有工程回顾性分析

①竣工环境保护验收主要结论回顾

根据《开天 220 千伏变 2 号主变扩建工程竣工环境保护验收的审查意见》，主要结论如下：

本项目实施了环评阶段提出的一系列有针对性的生态保护措施，工程施工建设很好地落实了生态恢复和水土保持措施，施工临时占地均已恢复其原有土地利用类型，未发现施工弃土弃渣随意弃置。工程施工结束后，也未产生明显的水土流失现象。经现场调查确认，工程建设生态保护和恢复措施落实情况较好，对自然生态环境造成的影响较轻，未造成明显的生态破坏，产生的破坏也进行了有效的恢复。

根据验收调查报告表中的监测结果，变电站厂界及周边电磁环境敏感目标处的电磁环境满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中工频电场强度 4000V/m、工频磁感应强度 100 μ T 的标准限值要求。

该工程施工期加强了施工管理，未出现噪声扰民问题。验收监测结果表明，变电站厂界噪声监测结果满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)2 类标准限值要求，220kV 开天变电站周围声环境敏感目处噪声分别满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 和 4a 类区标准限值要求。

验收调查结果表明，工程建设对水环境未产生影响。

施工过程中产生的建筑垃圾已进行清运，施工人员产生的生活垃圾在站内收集后交由环卫部门指定地点处置。

本期拆除原有事故油池，原址建设有效容积 95t 事故油池，事故油池能满足最大单台设备 100%排油量需求。

②验收报告及审查结论

本工程在建设过程中认真执行了建设项目环保“三同时”制度，各项污染防治措施和生态保护措施基本达到环境影响报告表及批复要求。经检测变电站周边工频电场、工频磁感应强度、噪声等满足国家有关标准和要求。同意本项目通过竣工环境保护验收，验收调查报告可作备案材料上报备案。

③存在的环保问题

开天 220kV 变电站已按照环境影响报告及批复文件要求落实了各项环境保护措施，根据本次环评对变电站现有规模运行状态下电磁环境和声环境现状监测结果，电磁环境及声环境均满足相应环保标准要求，未发现环境污染及生态破坏问题，未发现环境遗留问题。从建设单位了解到，工程自建成投运以来未收到过有关输电线路的环保投诉意见。

3.1.3 牌楼 500kV 变电站扩建工程

3.1.3.1 站址概况

牌楼 500kV 变电站位于湖南省怀化市中方县中方镇牌楼村，市区以南 24km，站区东南侧有 G209 国道经过，交通便利。进站道路从站址南侧 G209 国道专用道路引接，长度约 500m，交通条件较好。

3.1.3.2 现有工程概况

(1) 现有工程建设规模

牌楼 500kV 变电站于 2007 年建成投运，为户外 AIS 变电站，现有工程建设规模如下：

表 3.1-3 牌楼变电站现有规模一览表

主要工程组成	建设规模
主变压器	3×1000MVA
500kV 出线	6 回
220kV 出线	12 回
500kV 高压电抗器	3×50Mvar
35kV 并联电容器	2×60Mvar
35kV 并联电抗器	5×60Mvar

(2) 总平面布置

牌楼 500kV 变电站采用户外布置形式，全站总征地面积 9.7665hm²，其中围墙内占地 6.9613hm²。牌楼 500kV 变电站采用户外布置形式，现有 3 组主变压器，位于变电站中部；500kV 配电装置布置在站区北侧；220kV 配电装置布置在站区南侧；主变压器事故油池布置于站区中部 500kV 配电装置场地；污水处理装置布置于主控楼靠主变一侧；主控通信楼布置在站区南侧中部，进站公路从变电站南侧进站。



图 3.1-6 牌楼变电站俯瞰图

（3）环保工程

1）生活污水处理设施

牌楼变电站已建有 1 座埋地式生活污水处理装置，处理能力 $12\text{m}^3/\text{d}$ ，运行人员产生的生活污水收集后经站内生活污水处理装置处理后约 2~3 年清掏一次，清掏后外运用作农肥，不外排。

2）固废收集设施

牌楼变电站内设有垃圾箱，站内工作人员产生的生活垃圾经收集后运至站外牌楼村垃圾转运站，由中方镇环卫部门定期清运，不影响站外环境。

牌楼变电站配 4 组蓄电池，其中 2 组通信蓄电池容量为 500Ah ，另外两组保护蓄电池容量为 400Ah ，运行期间定期检测蓄电池，寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换后回收处置，不随意丢弃，不在站内暂存。运维单位已与有资质的危废处置单位签订了废铅酸蓄电池的处置合同，废旧蓄电池在更换、收集、运输时均严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，不会对周围环境产生影响。

3）噪声防治设施

牌楼变电站内建筑物合理布置，各功能区分开布置，高噪声设备布置相对集中，充分利用场地空间以衰减和阻隔噪声，选用符合国家噪声标准的设备。

牌楼变电站东南侧围墙上加装高 0.5m 、长约 230m 的隔声屏障，在变电站西南侧部分围墙上加装高 0.5m 、长约 215m 的隔声屏障。

4）环境风险防范设施

牌楼变电站前期工程已在站内设有事故排油系统，并制定严格的检修操作规程。主变、高抗等电气设备下方设有事故油坑，其内铺设一卵石层，四周设有排油管道与事故油池相连。一旦发生事故时排油或漏油，绝缘油将渗过卵石层并通过排油管道到达事故油池，不会外溢至外环境。

牌楼变电站主变区建有 2 座串联的具有油水分离功能的主变事故油池，总有效容积约 80m^3 ；低抗区事故油池 1 座，有效容积 15m^3 ；高抗区域 1 座，有效容积 25m^3 ，站内未发生过事故油泄漏污染事件。



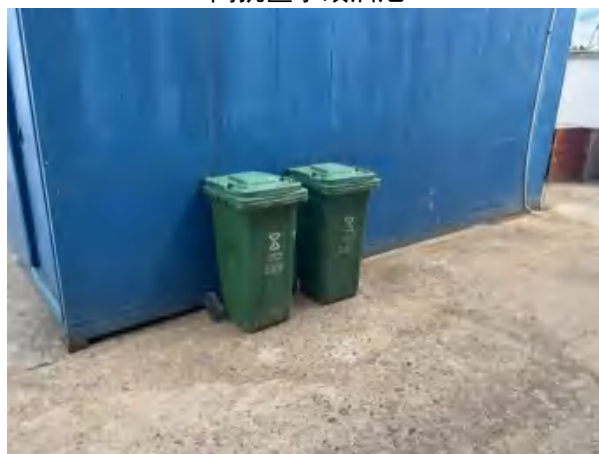
主变区事故油池



高抗区事故油池



生活污水处理装置



生活垃圾收集设施



主变防火墙



隔声屏障

图 3.1-7 牌楼 500kV 变电站主要环保措施照片

(4) 环保手续履行情况

牌楼 500kV 变电站一期工程属于“三板溪水电站送出 500kV 输变电工程”，于 2005 年 7 月取得环评批复（环审〔2005〕593 号），2008 年 3 月通过竣工环保验收（环验〔2008〕50 号）；最近一期扩建工程属于“湖南怀化牌楼 500 千伏变电站改扩建工程”，于 2024 年 11 月取得环评批复（湘环许决字〔2024〕536 号）予以批复，扩建工程已经建设完成，正在进行竣工环保验收。

（5）现有工程回顾性分析

1）竣工环境保护验收主要结论回顾

根据最近一期工程环保验收意见《关于印发星城~株洲南 II 回 500kV 输变电（送电线路）等 3 项工程竣工环境保护验收意见的通知》，主要结论如下：

①环境保护措施、设施落实情况

牌楼 500kV 变电站前期工程已在变电站内建设了化粪池和地埋式生活污水处理设施，本期扩建工程依托前期工程建设的生活污水处理设施。经现场检查，污水处理设施正常。

②工程对环境的影响

生态环境：施工单位在工程建设过程中严格控制施工占地，采取的工程防护措施和绿化措施有效。工程总工结束后，施工单位对临时占地进行了绿化恢复，未对工程周边生态环境造成显著影响。

电磁环境：根据监测结果，本工程变电站厂界及周边环境敏感目标处工频电场、工频磁场均分别满足 4kV/m、100 μ T 的评价标准限值要求。

声环境：根据监测结果，牌楼 500kV 变电站厂界昼、夜间噪声监测值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准限值要求；变电站周边环境敏感目标昼、夜间噪声均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准限值要求。

水环境：工程施工期产生的施工废水和生活污水已进行了综合回用或利用已有污水处理设施进行了有效处理，施工期对水环境影响很小。

固体废弃物：工程施工期和运行期产生的生活垃圾及其他固体废弃物能够得到妥善处置，不会污染周围环境。

环境管理：建设单位成立了环保工作管理机构，管理职责明确，对工程施工期和运营期的环境保护工作进行了全过程的监督和管理。

③验收结论

该项目环境保护手续齐全，落实了环境影响报告书及其批复的要求，各项环境保护设施合格，措施有效，监测结果达标，验收调查报告符合相关技术规范，验收组一致同意工程通过竣工环境保护验收。

2）存在的环保问题

牌楼变电站前期工程均已按照环境影响报告及其批复文件要求落实了各项环境保护措施和建设了相应环境保护设施，目前各项环境保护设施运行情况良好。

根据本次环评对牌楼变电站现有规模运行状态下电磁环境和声环境现状进行监测的结果，站界外电磁环境及声环境均满足相应环保标准要求，调查未发现环境污染及生态破坏

问题，未发现遗留环境问题。建设单位制定了环境风险防范措施，变电站自建成投运以来未发生过漏油事故。从建设单位了解到，变电站自建成投运以来未收到过有关变电站的环保投诉意见。

3.1.3.3 本期项目概况

(1) 建设内容及规模

牌楼 500kV 变电站本期扩建 500kV 出线间隔 1 个，采用第六串 5W 间隔至湘黔换流站，安装 2 台断路器；至换流站线路侧新增 1 组 90Mvar 高抗；35kV 侧新增 2 组 60Mvar 低压电抗器（1 号主变 1 组、3 号主变 1 组）；高抗区新增 1 座事故油池，有效容积 25m³。牌楼变电站本期及建成后规模见下表。

表 3.1-4 牌楼变电站本期及建成后规模

项目	前期规模	本期规模	建成后规模
主变压器	3×1000MVA	/	3×1000MVA
500kV 出线	6 回	1 回	7 回
220kV 出线	12 回	/	12 回
500kV 高压电抗器	3×50Mvar	90Mvar	150+90Mvar
35kV 并联电容器	2×60Mvar	/	2×60Mvar
35kV 并联电抗器	5×60Mvar	2×60Mvar	7×60Mvar

(2) 总平面布置

牌楼变电站本期扩建工程在牌楼变已有场地内完成，布置在变电站站内东北角，不需要新征地。总平面布置详见下图。

本期扩建场地设计标高与原场地设计标高一致，本站土石方平衡。

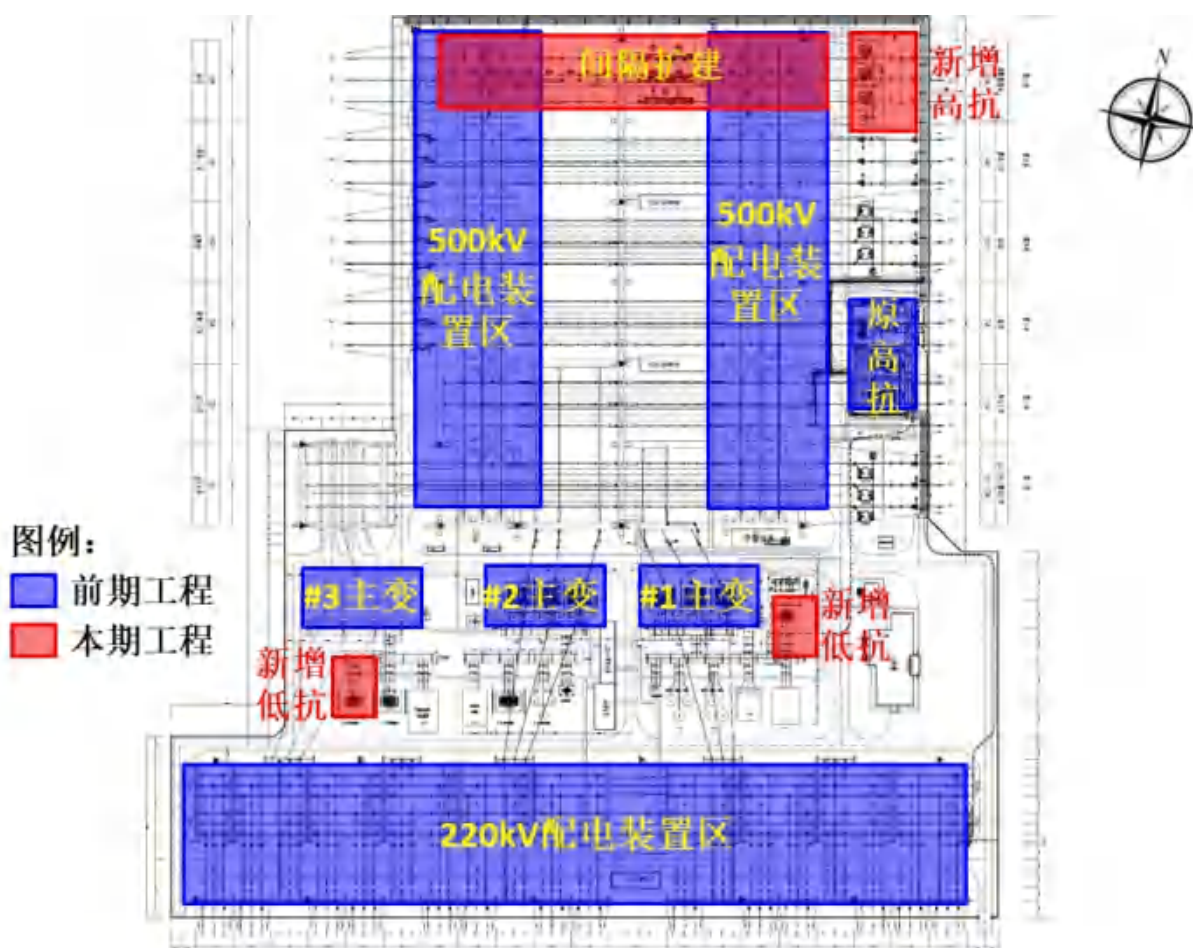


图 3.1-8 牌楼 500kV 变电站平面布置示意图

(3) 环保工程

噪声控制措施：选用低噪声设备，减少其对站区和周围环境的噪声影响；变电站前期已在部分围墙上方设置额隔声屏障，本期在北侧、东侧围墙上方设置隔声屏障，总长度 165m。

污水处理：牌楼变电站本期扩建不新增工作人员，不增加生活污水量，生活污水依托前期已建设投运生活污水处理设施，本期无新增。

固废处理：牌楼变电站本期扩建不新增工作人员，不增加生活垃圾量，生活垃圾依托前期站内已设置的生活垃圾收集设施，本期无新增。

环境风险防范措施：本期在高抗区新建 1 座事故油池，有效容积约 25m³，事故油池可容纳 500kV 高压电抗器单台设备最大事故油量，满足《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB50229-2019）要求。本期新建事故油池均具备油水分离功能，采取“抗渗混凝土+2mm HDPE 防渗膜”进行重点防渗，预埋套管处使用密封材料，具有防水、防渗漏功能。事故油池布置在室外且远离火源，设置有弯型呼吸孔，防杂质落入。高压电抗器发生事故时，事故油经设备下方的事故油坑及排油管道，排入相应的事故油池收集，经事故油池进行油水分离后，大部分事故油可回收利用，少量事故废油由有资质单位回收处置，不

外排。

(4) 本期扩建工程与前期工程的依托关系

本期扩建工程与前期工程的依托关系见下表。

表 3.1-5 本期变电站扩建工程与前期工程的依托关系一览表

项目		内容
站内永久设施	进站道路	依托现有进站道路
	生活污水处理装置	依托现有地埋式一体化污水处理装置
	雨水排水	依托现有雨水排水系统
	事故油池	油浸式低压电抗器依托现有低抗区事故油池
施工临时设施	施工用水、用电	施工用水和用电从站内接入

3.1.4 边城 500kV 变电站扩建工程

3.1.4.1 站址概况

边城 500kV 变电站为户外 GIS 变电站，站址位于湖南省湘西土家族苗族自治州吉首市河溪镇张排村，进站道路由站址南侧的专用道路引接，长度约 1.6km，交通条件较好。

3.1.4.2 现有工程概况

(1) 现有工程建设规模

边城 500kV 变电站属于湖南湘西 500kV 输变电工程中建设项目，一期工程于 2022 年 10 月建成投运，二期工程扩建于 2023 年 5 月建成投运，现有工程建设规模如下表所示：

表 3.1-6 边城变电站现有规模一览表

主要工程组成	建设规模
主变压器	1×1000MVA
500kV 出线	2 回
220kV 出线	10 回
500kV 高压电抗器	3×40Mvar
35kV 并联电容器	2×60Mvar
35kV 并联电抗器	3×60Mvar

(2) 总平面布置

边城 500kV 变电站南北方向长 252.5m，东西方向长 161.0m，站址总占地面积 10.296hm²，其中围墙内用地面积 3.67hm²。总平面布置为正南北，500kV 配电装置布置在站区东部，采用 GIS 设备，主变、35kV 配电装置、无功补偿装置布置在站区中部，220kV 配电装置布置在站区的西部，采用 GIS 设备，站前区布置在站区中部的南面，站前区内布置主控通信楼、污水处理装置等附属辅助建筑，500kV 保护小室设置在 500kV 配电装置内，220kV 保护小室设置在 220kV 配电装置内，进站道路从南面张社大道引接至站区。



图 3.1-9 边城变电站俯瞰图

(3) 环保工程

1) 生活污水处理设施

边城变电站已建有 1 座地埋式生活污水处理装置，处理能力 1t/h，行人员产生的生活污水收集后经站内生活污水处理装置处理后回用于站内绿化，不外排。

2) 固废收集设施

边城变电站内设有垃圾箱，站内工作人员产生的生活垃圾经收集后运至站外张排村垃圾转运站，由吉首市河溪镇环卫部门定期清运，不影响站外环境。

边城变电站配 2 组蓄电池，总容量 800Ah，运行期间定期检测蓄电池，寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换后回收处置，不随意丢弃，不在站内暂存。废旧蓄电池在更换、收集、运输时均严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，不会对周围环境产生影响。

3) 噪声防治设施

边城变电站内建筑物合理布置，各功能区分开布置，高噪声设备布置相对集中，充分利用场地空间以衰减和阻隔噪声，选用符合国家噪声标准的设备。

4) 环境风险防范设施

边城变电站前期工程已在站内设有事故排油系统，并制定严格的检修操作规程。主变、高抗等电气设备下方设有事故油坑，其内铺设一卵石层，四周设有排油管道与事故油池相连。一旦发生事故时排油或漏油，绝缘油将渗过卵石层并通过排油管道到达事故油池，不

会外溢至外环境。

边城变电站前期工程建有 1 座具有油水分离功能的主变事故油池，有效容积约 100m³，主变和高抗均接入此事故油池，投运至今站内未发生过事故油泄漏污染事件。



事故油池



生活污水处理装置



主变防火墙



生活垃圾收集设施

图 3.1-10 边城 500kV 变电站主要环保措施照片

(4) 环保手续履行情况

边城 500kV 变电站一期工程属于“湖南湘西 500kV 输变电工程”，于 2021 年 5 月取得环评批复（湘环评辐表〔2021〕21 号），2023 年 5 月国网湖南电力建设部已对该工程完成了竣工环保验收工作（建设〔2023〕46 号）；最近一期工程属于“湖南自治州—娄底西 500kV 线路工程”，2021 年 11 月取得环评批复（湘环评辐表〔2021〕62 号），2023 年 11 月国网湖南电力建设部已对该工程完成了竣工环保验收工作（建设〔2023〕98 号）。

(5) 现有工程回顾性分析

1) 竣工环境保护验收主要结论回顾

根据最近一期工程环保验收意见《湖南自治州—娄底西 500kV 线路工程竣工环境保护验收意见》，主要结论如下：

①环境保护措施、设施落实情况

本项目按照环境影响报告及其批复文件提出的要求，落实了污染防治和生态保护措施。

边城 500kV 变电站内设有地埋式污水处理设备，生活污水经站内地埋式污水处理设备处理后回用于站内绿化，不外排。符合环境影响报告及其批复文件要求。边城 500kV 变电站厂界噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》限值要求。

②项目建设对环境的影响

本项目采取了有效的生态保护措施，生态恢复状况良好，项目电磁环境和声环境监测值均符合相关标准要求。

③验收结论

本项目环境保护手续齐全，落实了环境影响报告及其批复文件要求，各项环境保护设施合格、措施有效，验收调查报告符合相关技术规范，验收组一致同意本项目通过竣工环境保护验收。

2) 存在的环保问题

边城变电站前期工程均已按照环境影响报告及其批复文件要求落实了各项环境保护措施和建设了相应环境保护设施，目前各项环境保护设施运行情况良好。

根据本次环评对边城变电站现有规模运行状态下电磁环境和声环境现状进行监测的结果，站界外电磁环境及声环境均满足相应环保标准要求，调查未发现环境污染及生态破坏问题，未发现遗留环境问题。建设单位制定了环境风险防范措施，变电站自建成投运以来未发生过漏油事故。从建设单位了解到，变电站自建成投运以来未收到过有关变电站的环保投诉意见。

3.1.4.3 本期项目概况

(1) 建设内容及规模

本期边城 500kV 变电站扩建 500kV 出线间隔 1 个至湘黔换流站，采用第四串 5W 间隔，将形成 2 个完整串和 1 个不完整串，安装 1 台断路器，间隔内设备采用 GIS 设备。边城变电站本期及建成后规模见下表。

表 3.1-7 边城变电站本期及建成后规模

项目	前期规模	本期规模	建成后规模
主变压器	1×1000MVA	/	1×1000MVA
500kV 出线	2 回	1 回	3 回
220kV 出线	10 回	/	10 回
500kV 高压电抗器	3×40Mvar	/	3×40Mvar
35kV 并联电容器	2×60Mvar	/	2×60Mvar
35kV 并联电抗器	3×60Mvar	/	3×60Mvar

(2) 总平面布置

边城变电站本期扩建工程布置在变电站站区北侧，在原有围墙内进行建设，本期无需征地。总平面布置详见下图。

边城变电站场地标高为 295.4m，本期扩建场地设计标高与原场地设计标高一致，本站土石方外运 50m³，挖方量很小，就地平衡到边城变电站附近新建塔基处，无弃方。

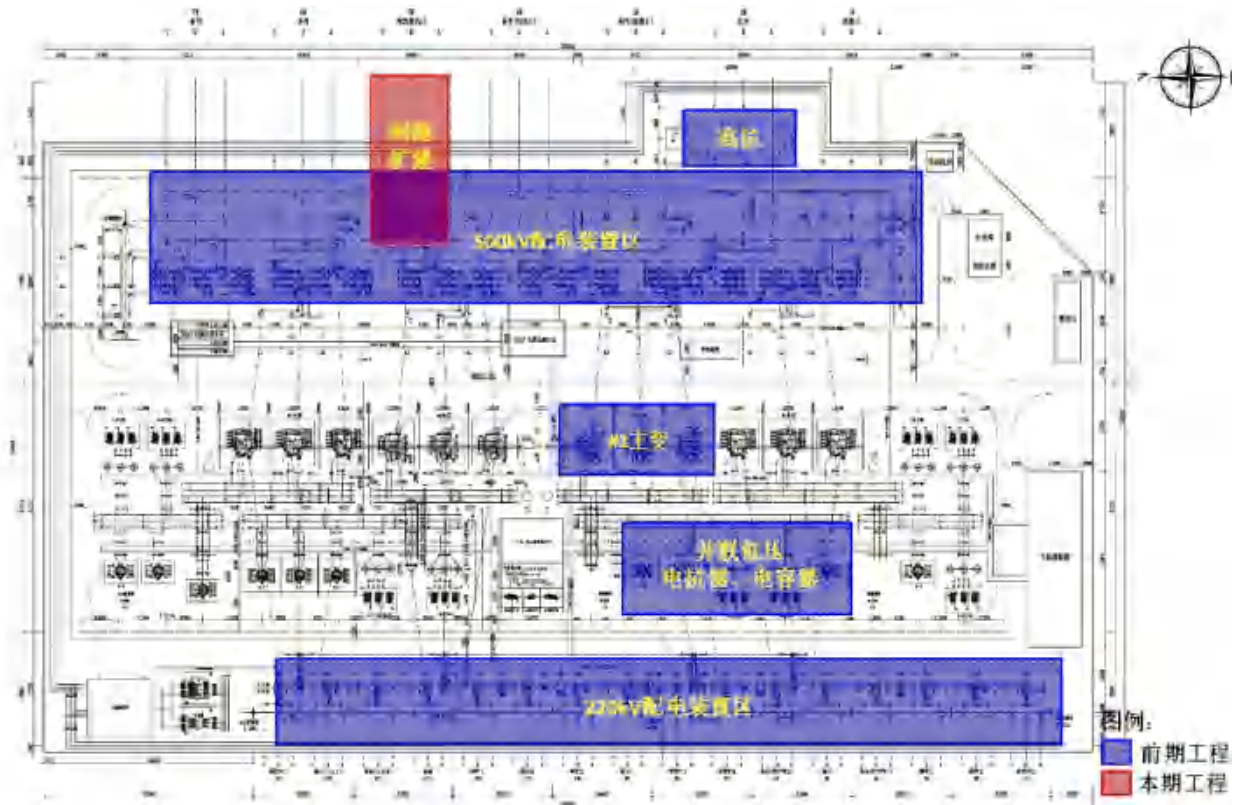


图 3.1-11 边城 500kV 变电站平面布置示意图

(3) 环保工程

噪声控制措施：选用低噪声设备，减少其对站区和周围环境的噪声影响。

污水处理：边城变电站本期扩建不新增工作人员，不增加生活污水量，生活污水依托前期已建设投运生活污水处理设施，本期无新增。

固废处理：边城变电站本期扩建不新增工作人员，不增加生活垃圾量，生活垃圾依托前期站内已设置的生活垃圾收集设施，本期无新增。

(4) 本期扩建工程与前期工程的依托关系

本期扩建工程与前期工程的依托关系见下表。

表 3.1-8 本期变电站扩建工程与前期工程的依托关系一览表

项目		内 容
站内永久设施	进站道路	依托现有进站道路
	生活污水处理装置	依托现有地理式一体化污水处理装置
	雨水排水	依托现有雨水排水系统
施工临时设施	施工用水、用电	施工用水和用电从站内接入

3.1.5 500kV 交流输电线路工程

3.1.5.1 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程

(1) 工程规模

拟建线路起于新建湘黔背靠背换流站，止于铜仁～碧江 500kV 甲、乙线路开断点，最终形成铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程，线路途经贵州省铜仁市万山区、碧江区，新建线路长度 $2 \times 15\text{km}$ ，其中，碧江侧 $2 \times 6.5\text{km}$ ，铜仁侧 $2 \times 8.5\text{km}$ ，除换流站出线采用双回终端塔外，其余均采用单回路架设。

(2) 线路路径方案

① 500kV 铜碧甲线开断接入新建换流站 500kV 线路

500kV 铜碧甲线开断接入新建换流站线路工程，线路长度 $8.5\text{km}+6.5\text{km}$ ，途经贵州省铜仁市万山区及碧江区。

至铜仁侧：线路起于铜仁市万山区茶店镇西侧新建换流站，向西出线，在响水洞村避让大坨水库，在桐木湾村附近先后跨越茶店-铜仁北燃气管道和 220kV 汞开 I 回线路，在旗屯村西北侧附近接至铜碧甲线#091 塔小号侧，最终形成换流站～铜仁 500kV 甲线，长约 48km，其中新建线路长度 8.5km。

至碧江侧：线路起于铜仁市万山区茶店镇西侧新建换流站，向西北出线，后转向西走线，在黄连溪村避让万山长寿湖国家湿地公园后，在何家场向后跨越 220kV 汞开 I 回线路、谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区（已取得贵州省农业农村厅专家审查意见），在何家场西北侧附近接至铜碧甲线#099 塔大号侧，最终形成换流站～碧江 500kV 甲线，长约 24km，新建线路长度 6.5km。

本次需拆除原铜碧甲线#091-#099 段，拆除段长度 4.9km，拆除塔 9 基。

② 500kV 铜碧乙线开断接入新建换流站 500kV 线路

500kV 铜碧乙线开断接入新建换流站线路工程， $8.5\text{km}+6.5\text{km}$ ，途经贵州省铜仁市万山区及碧江区。

至铜仁侧：线路起于铜仁市万山区茶店镇西侧新建换流站，向西出线，在响水洞村避让大坨水库，在桐木湾村附近先后跨越茶店-铜仁北燃气管道和 220kV 汞开 I 回线路，在旗屯村西侧附近接至铜碧乙线#087 塔小号侧，最终形成换流站～铜仁 500kV 乙线，长约 48km，其中新建线路长度 8.5km。

至碧江侧：线路起于铜仁市万山区茶店镇西侧新建换流站，向西北出线，后转向西走线，在黄连溪村避让万山长寿湖国家湿地公园后，在何家场向后跨越 220kV 汞开 I 回线路、谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，在舒家东侧附近先跨越茶店-铜仁北燃气管

道，后接至铜碧乙线#095 塔大号侧，最终形成换流站～碧江 500kV 乙线，长约 24km，其中新建线路长度 6.5km。

本次需拆除原铜碧乙线#087-#095 段，拆除段长度 4.7km，拆除塔 9 基。

（3）铜仁～碧江线路工程环保手续履行情况

铜仁～碧江甲乙线路环境影响评价属于“白岩 500kV 输变电工程”，于 2013 年 4 月取得环评批复（黔环审〔2013〕68 号），于 2019 年 6 月完成自主验收。

（4）铜仁～碧江线路工程回顾性分析

1）竣工环境保护验收主要结论回顾

根据《贵州碧江（大兴）500kV 输变电工程竣工环境保护验收调查报告》，主要结论如下：

①环境保护措施、设施落实情况

本工程的设计文件、环境影响报告书及批复文件均提出了相关的环保措施和建议，根据现场调查，工程在设计、施工及运行过程中已落实。

②项目建设对环境的影响

本项目采取了有效的生态保护措施，生态恢复状况良好，项目电磁环境和声环境监测值均符合相关标准要求。

③验收结论

贵州碧江（大兴）500kV 输变电工程在设计、建设和运行过程中均已采取了一系列的环境保护措施。通过对正常运行变电站及输电线路附近的电磁环境及声环境的监测、分析，本工程对当地居民的环境影响程度符合环境影响报告书中所批复执行的环境保护标准要求。

综上所述，贵州碧江（大兴）500kV 输变电工程在设计、施工和运营初期采取了行之有效的污染防治和生态防治措施，项目的环境影响报告书和各级环境保护主管机关的批复中要求的生态保护和污染控制措施已基本得到落实，通过竣工环境保护验收。

2）存在的环保问题

铜仁～碧江甲乙线已按照环境影响报告及批复文件要求落实了各项环境保护措施，根据本次环评对输电线路现有规模运行状态下电磁环境和声环境现状监测结果，线下电磁环境及声环境均满足相应环保标准要求，未发现环境污染及生态破坏问题，未发现环境遗留问题。从建设单位了解到，工程自建成投运以来未收到过有关输电线路的环保投诉意见。

3.1.5.2 换流站～牌楼 500kV 线路工程

（1）工程规模

新建换流站～牌楼单回 500kV 线路，途经贵州省铜仁市万山区及湖南省怀化市芷江侗

族自治县、中方县，线路长度 99.5km（其中贵州段 29km、湖南段 70.5km）。在湖南段有 4.1km 与已建边城~牌楼 500kV 线路按同塔双回路架设（本期仅挂线），同塔双回路共 15 基塔，其中新建 1 基，利旧 14 基；其他段均采用单回路架设。

（2）线路路径方案

线路于新建换流站向东北出线，后转向东南走线，跨越铜大高速，经红岩村、蚂蟥冲、辽见沟避让采石场、万山区谢桥办事处韭菜塘集中式饮用水水源保护区，线路在老屋场村附近跨越铜玉铁路后转向东，经六必冲、龙洞、榨桑坪、杨家寨村，避让万山汞都-夜郎谷风景名胜区、万山区敖寨乡正冲湾集中式饮用水水源保护区、在敖寨社区附近转向东南走线，经新寨湾、舒家坡、桐木坪、辽冲转向南走线，经桂花村、下黄茶、蒲家转向东南，避让万山区高楼坪风电场，在马黄村附近进入湖南境内。

湖南段线路起于怀化市芷江县新店坪镇茶坪村处省界分界点，向东南走线，在杨公庙乡向东南走线，避让芷江机场限高区，进入中方县。线路转向东北避让拾担井田、中方县芭蕉矿区金矿普查区后转向南走线，利用牌楼~边城 I 回 500kV 线路#1~#14 已建双回路塔单边挂线，在小元溪村附近跨越湖南省中方县中方溇水国家湿地公园后线路跨越牌楼~湾塘 II 回 220kV 线路、牌楼~湾塘 110kV 线路后转向西走线，接入牌楼 500kV 变电站。

（3）500kV 牌边线环保手续履行情况

500kV 牌边线属于“湖南湘西 500kV 输变电工程”，2021 年 5 月取得环评批复（湘环评辐表〔2021〕21 号），2023 年 5 月国网湖南电力建设部已完成工程竣工环保验收（建设〔2023〕46 号）。

（4）500kV 牌边线回顾性分析

500kV 牌边线已按照环境影响报告及批复文件要求落实了各项环境保护措施，根据本次环评对同塔段输电线路现有规模运行状态下电磁环境和声环境现状监测结果，线下电磁环境及声环境均满足相应环保标准要求，未发现环境污染及生态破坏问题，未发现环境遗留问题。从建设单位了解到，工程自建成投运以来未收到过有关输电线路的环保投诉意见。

3.1.5.3 换流站~边城 500kV 线路工程

（1）工程规模

新建换流站~边城单回 500kV 线路，途经贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省怀化市麻阳苗族自治县，湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县，线路长度为 118.5km（其中贵州段线路长度 37km、湖南段线路长度 81.5km），均采用单回路架设。

（2）线路路径方案

线路于铜仁市万山区茶店镇西侧新建换流站向东北出线，后转向东南走线，跨越铜大

高速，避让采石场、万山区谢桥办事处韭菜塘集中式饮用水水源保护区，线路在老屋场村附近跨越铜玉铁路（隧道上）后转向东，经六必冲、杨家寨村，避让万山汞都-夜郎谷风景名胜、万山区敖寨乡正冲湾集中式饮用水水源保护区，经中华山村、两河口村、深冲村，在溪坎村转向东北走线，在中罗水田西侧跨越铜怀高速后进入湖南境内。

湖南段线路起于怀化市麻阳县尧市镇柑子坪村处省界分界点，向东北走线，避让麻阳苗族自治县尧市镇柑子坪重晶石矿、大溪村黑眼溪饮用水水源保一级水源区，至茅铺转向东北，避让风电场，跨越锦江，避让湖南麻阳西晃山省级森林公园后，继续向东北走线进入凤凰县，至穿溪坑转向北走线，避让湖南锦江国家湿地公园、湖南南华山国家森林公园后进入泸溪县。线路避让解放岩乡大坪建筑用白云岩矿，跨越焦柳铁路（隧道）后进入吉首市，在边城 500kV 变电站附近穿越湖南吉首峒河国家湿地公园后接入边城 500kV 变电站。

3.1.5.4 220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改工程

本次换流站至边城 500 线路，在边城变附近需要跨越 4 回 220kV 线路，施工时将一次性停电 4 条 220 线路，对当地电力影响较大。因此为保障当地供电可靠性，需要将其中的 220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改一段距离，从而在 4 个 220kV 线路中间立 1 基 500kV 铁塔，确保在本线路施工时，可以分段施工，每次只停运 2 回 220kV 线，减少对当地电力的影响。

（1）工程规模

本期迁改 220kV 边格 I 回和边峒 II 回双回线路，路径长度约 0.6km，在#4-#5 档中间新建 1 基耐张塔，不拆除铁塔。

（2）线路路径方案

线路自 220kV 边格 I 回、边峒 II 双回线路#4 杆塔往北至#6 号杆塔。

（3）220kV 边格 I 回、边峒 II 回环保手续履行情况

220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路属于“湖南湘西自治州 500kV 变电站 220kV 送出工程”，2020 年 4 月取得环评批复（州环评辐表〔2020〕5 号），2023 年 11 月国网湖南电力建设部完成本工程环境环保验收工作（建设〔2023〕98 号）。

（4）500kV 牌边线回顾性分析

220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路已按照环境影响报告及批复文件要求落实了各项环境保护措施，根据本次环评对迁改段输电线路现有规模运行状态下电磁环境和声环境现状监测结果，线下电磁环境及声环境均满足相应环保标准要求，未发现环境污染及生态破坏问题，未发现环境遗留问题。从建设单位了解到，工程自建成投运以来未收到过有关输电线路的环保投诉意见。



图 3.1-12 220kV 边格 I 回、边峒 II 双回线路改线示意图

3.1.5.5 导线和地线

(1) 导线

铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路在 10mm 冰区和 15mm 冰区采用 $4 \times \text{JL/LB20A-400/50}$ 型铝包钢芯铝绞线，导线分裂间距均为 450mm。

换流站～牌楼 500kV 线路工程（贵州段）、换流站～边城 500kV 线路工程（贵州段）在 10mm 冰区、15mm 冰区和 20mm 冰区采用 $4 \times \text{JL/LB20A-630/45}$ 型铝包钢芯铝绞线，导线分裂间距均为 500mm。

换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）、换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）在 15mm 冰区采用 $4 \times \text{JL3/G1A-630/45}$ 型钢芯高导电率铝绞线，在 20mm 冰区采用 $4 \times \text{JL3/G1A-630/55}$ 型钢芯高导电率铝绞线，导线分裂间距均为 500mm。

迁改的 220kV 线路工程设计覆冰按 15mm 冰区设计，导线采用 $2 \times \text{JL3/G1A-630/45}$ 型钢芯高导电率铝绞线，导线分裂间距为 400mm。

(2) 地线

铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路普通地线采用 JLB27-150 型铝包钢绞线，OPGW 光缆采用 OPGW-150。

换流站～牌楼 500kV 线路工程（贵州段）、换流站～边城 500kV 线路工程（贵州段）在 15mm 及 10mm 冰区普通地线采用 JLB27-150 型铝包钢绞线，OPGW 光缆采用 OPGW-150；在 20mm 冰区普通地线采用 JLB20A-150 型铝包钢绞线，OPGW 光缆采用 OPGW-150。

换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）、换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）在 15mm 冰区地线 1 根采用 72 芯 OPGW-17-150-5 型 OPGW 复合光缆，另 1 根采用 JLB20A-150 铝包钢线；20mm 冰区地线采用 1 根采用 72 芯 OPGW-17-150-4 型 OPGW 复合光缆，另 1 根采用 JLB20A-150 铝包钢线。

迁改的 220kV 线路工程地线采用 72 芯 OPGW 复合光缆。

3.1.5.6 导线对地和交叉跨越距离

（1）导线对地距离

按照《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）规定的 110kV、220kV、500kV 交流导线对地面的最小距离符合下表规定。

表 3.1-9 导线对地面的最小距离

线路经过地区	最小距离（m）			计算条件
	110kV	220kV	500kV	
居民区	7.0	7.5	14	导线最大弧垂
非居民区	6.0	6.5	11	导线最大弧垂

（2）导线对建筑物距离

输电线路不应跨越屋顶为可燃材料的建筑物。对耐火屋顶的建筑物，如需跨越时应与有关方面协商同意，500kV 及以上输电线路不应跨越长期住人的建筑物。导线与建筑物之间的距离应符合下表规定。

表 3.1-10 导线对建筑物的最小距离

被跨越物名称		最小垂直距离（m）			计算条件
		110kV	220kV	500kV	
建筑物	垂直距离	5	6	9	最大计算弧垂情况下
	水平距离	2	2.5	5	无风情况下
	最小距离	4	5	8.5	最大计算风偏情况下

（3）导线跨越树木的高度

线路跨越树木时，导线与树木之间的距离应符合下表规定。

表 3.1-11 导线对树木的最小距离

序号	线路经过地区	最小距离（m）			计算条件
		110kV	220kV	500kV	
1	导线与树木之间(考虑自然生长高度)垂直距离	4.0	4.5	7.0	/
2	与树木之间净空距离	3.5	4.0	7.0	导线最大风偏时
3	与果树、经济作物、城市绿化灌木及街道树之间垂直距离	3	4.5	7.0	/

（4）其他交叉跨越

500kV 线路与铁路、道路、河流、管道及各种架空线路交叉跨越距离应符合下表规定。

表 3.1-12 对各种设施及各种障碍物的最小距离

序号	被跨越物名称			最小距离 (m)			计算条件
				110kV	220kV	500kV	
1	铁路	至轨顶	标准轨	7.5	8.5	14.0	/
			窄轨	7.5	7.5	13.0	
			电气轨	11.5	12.5	16.0	
		到承力索或接触线		3.0	4.0	6.0	/
2	公路	至路面		7.0	8.0	14.0	/
3	通航河流	至五年一遇水位		6.0	7.0	9.5	/
		至最高航行水位的最高船桅顶		2.0	3.0	6.0	/
4	不通航河流	至百年一遇洪水位		3.0	4.0	6.5	/
		冬季至冰面		6.0	6.5	11 (平)、 10.2 (三角)	/
5	弱电线路	至被跨越物		3.0	4.0	8.5	/
6	电力线路	至被跨越物		3.0	4.0	6.0 (8.5)	/
7	特殊管道	至管道任何部分		4.0	5.0	7.5	/
8	索道	至索道任何部分		3.0	4.0	6.5	/

3.1.5.7 杆塔和基础

(1) 杆塔

铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程共规划了 6 套杆塔系列，共 28 种塔型，其中直线塔 15 种、耐张塔 13 种，铁塔合计 68 基，其中单回路直线塔 34 基、单回路转角塔 32 基，双回路转角塔 2 基。本项目 10mm、15mm 冰区单回悬垂直线塔选用导线呈水平排列的酒杯型塔，单回耐张转角塔选用导线呈三角形排列的干字型塔；15mm 冰区双回路悬垂直线塔和耐张转角塔均为鼓型塔。

换流站～牌楼 500kV 线路工程、换流站～边城 500kV 线路工程（贵州段）共规划了 6 套杆塔系列，共 24 种塔型，其中直线塔 12 种、耐张塔 12 种，铁塔合计 140 基，其中单回路直线塔 72 基、单回路耐张塔 68 基。本项目 10mm、15mm、20mm 冰区单回悬垂直线塔选用导线呈水平排列的酒杯型塔，单回耐张转角塔选用导线呈三角形排列的干字型塔。

换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）、换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）铁塔全部采用自立式角钢塔，采用《国家电网有限公司 35～750kV 输变电工程通用设计、应用目录（2025 年版）》中 500-MC31D、500-MC31S 模块和自主设计的 562 模块，共 19 种塔型，铁塔合计 391 基，其中双回路 1 基，单回路直线塔 278 基，单回路耐张 112 基，其中单回路直线塔采用酒杯型，单回路耐张塔采用干字型，双回路直线塔、双回路耐张塔采用鼓型。

220kV 边格 I 回和边峒 II 回双回线路迁改工程新建 1 基双回路耐张塔。

(2) 基础

根据不同地形、地质条件，全线基础因地制宜分别采用挖孔基础、灌注桩基础、岩石嵌固基础、岩石锚杆基础、直柱板式基础等型式。

3.1.5.8 与其他线路交叉跨越情况

本项目拟建换流站～边城 500kV 线路工程在湘西土家族苗族自治州凤凰县木江坪镇大管冲村附近钻越±800kV 宾金线，不涉及交叉跨越其他 330kV 及以上线路。交叉处评价范围内无居民敏感目标。

3.1.5.9 线路的并行情况

本项目 500kV 交流线路不涉及与其他直流线路和其他交流线路（电压等级 330kV 及以上）中心线间距小于 100m 的并行架设情况，本项目子项目线路并行情况见下表。

表 3.1-13 本项目交流线路并行情况

序号	并行线路名称	最近距离 (中对中)	并行长度	并行段行政区划	并行线间是否有敏感目标
1	换流站至铜仁甲线、 换流站至铜仁乙线	42m	6.5km	贵州省铜仁市万山区、碧江区	有，详见表 2.5-9
2	换流站至碧江甲线、 换流站至碧江乙线	42m	6.0km	贵州省铜仁市万山区	无
3	换流站～牌楼 500kV 线路、换流站～边城 500kV 线路	44m	5.7km	贵州省铜仁市万山区	无

注：并行长度指并行线路中心对中心间距小于 100m 范围内的路径长度。

3.2 项目占地和土石方

本项目建设区占地面积为 179.80hm²，永久占地 36.99hm²，临时占地 142.81hm²。占地类型中公共设施占地 1.06hm²、农村道路占地 7.15hm²、乔木林地占地 82.85hm²、灌木林地占地 53.57hm²、旱地占地 20.31hm²、果园占地 12.68hm²、其他草地占地 2.18hm²。按行政区域划分，本项目贵州省境内占地 76.90hm²，湖南省境内占地 102.90hm²。

本项目施工过程中土石方挖方、填方最终平衡，无借方、弃方。本工程挖填方总量为 208.38 万 m³。工程总挖方 104.19 万 m³，其中表土剥离土方量约 9.68 万 m³，基础开挖土石方 94.51 万 m³。工程总填方 104.19 万 m³，其中表土回覆土方量约为 9.68 万 m³，基础回填土石方 94.51 万 m³，无借方，无弃方。

湘黔背靠背换流站工程挖方 83.50 万 m³，填方 83.50 万 m³，考虑站区、进站道路、施工生产生活区、站外供排水管区、站外电源设施区土石方挖填总体平衡。

牌楼 500kV 变电站土石方挖填主要来自扩建区域基础开挖，扩建区挖方 0.09 万 m³，填方 0.09 万 m³，土石方平衡。

边城 500kV 变电站土石方主要来自间隔扩建区基础开挖，挖方 0.02 万 m^3 ，填方 0.01 万 m^3 ，余方 0.01 万 m^3 运往变电站站外新建塔基永久占地范围内进行平衡消纳。

输电线路塔基土石方开挖填筑活动主要集中在基坑、接地槽和施工基面的开挖、填筑。牵张场占地区一般选择地形平缓的区域，仅对少量需要土地平整的区域进行土石方开挖或回填。跨越施工场地占地区一般依地形搭建木架，故跨越施工场地一般不涉及土石方挖填。施工道路及人抬便道主要是利用原有的道路和乡村小道，涉及土石方挖填主要是路面进行平整后就地回填，不产生大量土石方基础开挖和弃渣。线路工程挖方 20.58 万 m^3 ，填方 20.59 万 m^3 ，其中 0.01 万 m^3 基础土方来自边城变电站间隔扩建区，无外借土方，无弃方。

3.3 施工工艺和方法

3.3.1 换流站施工工艺及施工组织

(1) 换流站施工工艺流程及方法

换流站工程施工大体分为：施工场地四通一平、地基处理、建构筑物土石方开挖（包括配套管线和电缆）、土建施工、设备进场运输、设备及网架安装。在施工过程中均采用机械施工和人工施工相结合的方法。换流站工程主要施工工序、流程见下图。

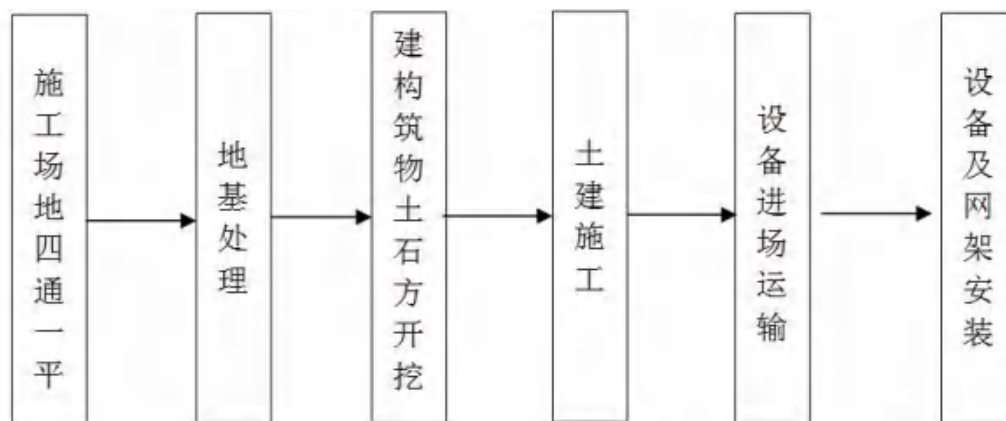


图 3.3-1 换流站工程主要施工工序和方法

(2) 施工组织

换流站施工区内的规划布置由施工单位自行决定，在“先土建，后安装”的原则下，可交叉使用施工场地。换流站施工生产生活区需在站外租地。

1) 施工场地布设

换流站施工场地主要用以堆放土建施工阶段的砂石、砖、钢筋、模板等材料，木工和钢筋加工场，以及安装阶段的构支架和电气设备材料堆场等。

施工生产区用地面积 1.60 hm^2 ，包括施工设备临时周转场地、材料堆场等，综合站内各施工标段施工时序安排，考虑在一些非关键节点场地临时布置并及时转换材料堆放区及加工区，本项目施工生产区充分利用站内空地灵活布置，不在站外布设施工生产场地。

工程施工生活临建区考虑站外布置。本项目临建办公区布设在站区进站大门左侧空闲地，占地面积 0.30hm^2 ，位于征地红线内，场平随站区一并考虑，占地也不再重复计列。临建生活区布置在站区东南侧进站道路旁空地，占地面积约 2.04hm^2 。

考虑到站内施工时序安排，站区临时堆土场分两处，一处用设在站区南侧 220kV 配电装置区，占地面积约 1.2hm^2 ，另一处设在站区中北部阀厅位置，占地面积约 1.0hm^2 。

2) 施工材料及大件设备运输

湘黔背靠背换流站施工材料均就近采购运输，通过站址附近的高速、国道、省道及县道、乡道运输至站址区。

湘黔背靠背换流站换流变等大件设备运输采用铁路+公路联运方案，大件从铜仁东货场经公路运输至站址，公路全程约 33km ，公路运输充分利用既有道路和本项目进站道路。

3) 施工力能供应

施工用水：施工临时供水从站址东南侧市政给水管道引接。

施工用电：施工用电由 220kV 开天变新建 10kV 架空线路引接。

施工用气：施工用氧气、氩气、乙炔等气体就近外购。

施工通讯：采用无线移动通讯的方式。

3.3.2 变电站扩建工程施工工艺及施工组织

(1) 变电站扩建工程施工工艺流程及方法

变电站扩建工程四通一平在前期已经完成，扩建工程施工主要包括高抗设备挖回填碾压处理、设备运输、设备安装、设备支架等。

(2) 施工场地设置

变电站扩建在围墙内预留场地内进行，施工生产区可在站区灵活布置，不在站外另行租地，施工生活区租用站址周边居民房屋。

(3) 土建施工

将场地有机物、表层耕植土、淤泥清除至指定地方综合利用，将填方区的填土分层夯实填平，整个场地按设计标高进行平整。挖方区按设计标高进行开挖，开挖宜从上到下分层分段依次进行，随时作一定的坡度以利泄水。

站区建筑物内的电气设备视土建部分进展情况机动进入，但须以保证设备安全为前提。

3.3.3 输电线路施工工艺及施工组织

3.3.3.1 新建输电线路施工工艺及施工组织

(1) 施工工艺流程及方法

线路工程施工主要有：施工准备、基础施工、铁塔组立、架线几个阶段；采用机械施

工与人工施工相结合的方法进行。

1) 基础施工

在基础施工中按照设计要求进行施工，特别注意隐藏部位浇筑和基础养护，专职质检员逐基对基坑进行验收。

在基础施工阶段，基面土方开挖时，结合铁塔不等腿及加高的配置情况和现场实际地形进行，不贸然大开挖；开挖基面时，上坡边坡一次按规定放足，避免在立塔完成后进行二次放坡；当减腿高度超过 3m 时，保护内边坡，尽量少挖土方，当内边坡放坡不足时砌挡土墙；尽量缩短基坑暴露时间，一般随挖随浇基础，同时做好基面及基坑排水工作，保证塔位和基坑不积水；对于岩石嵌固基础及全掏挖基础的基坑开挖，采用人工开挖或分层定向爆破，以及人工开挖和爆破二者相结合的方式，不采用大开挖、大爆破的方式，以保证塔基及附近岩体的完整性和稳定性。

2) 铁塔组立

铁塔组立按照线路施工规范要求要求进行施工。工程铁塔安装施工采用分解组塔的施工方法。在实际施工过程中，根据铁塔的形式、高度、重量以及施工场地、施工设备等施工现场情况，确定正装分解组塔或倒装分解组塔。利用支立抱杆，吊装铁塔构件，抱杆通过牵引绳的连接拉动，随铁塔高度的增高而上升，各个构件顶端和底部支脚采用螺栓连接。

线路杆塔组立及接地工程施工流程见下图。

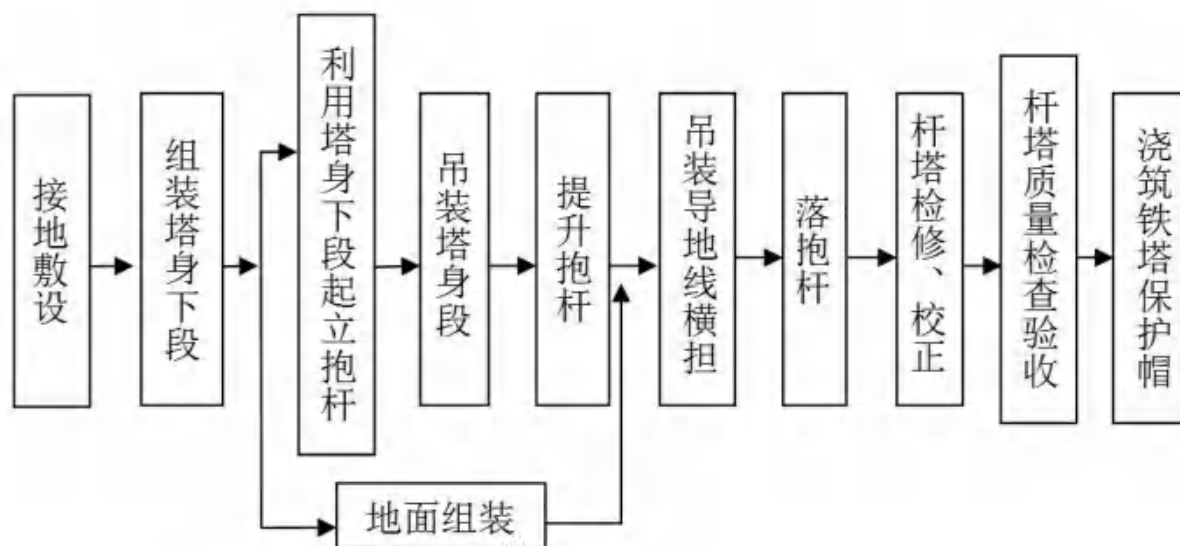


图 3.3-2 输电线路铁塔组立施工流程图

3) 架线

输电线路施工目前国内外普遍采用张力架线方式，该方法是指利用牵引机、张力机等施工机械展放导线，使导线在展放过程中离开地面和障碍物而呈架空状态，再用与张力放线相配合的工艺方法进行紧线、挂线及附件安装等。在展放导线过程中，通过无人机以小

牵大的方式，顺序展放导引绳、迪尼玛绳、小牵引绳、大牵引绳，展放过程中不需要对通道进行砍伐，对通道内的树木和农作物不产生影响。

架线施工流程见下图。

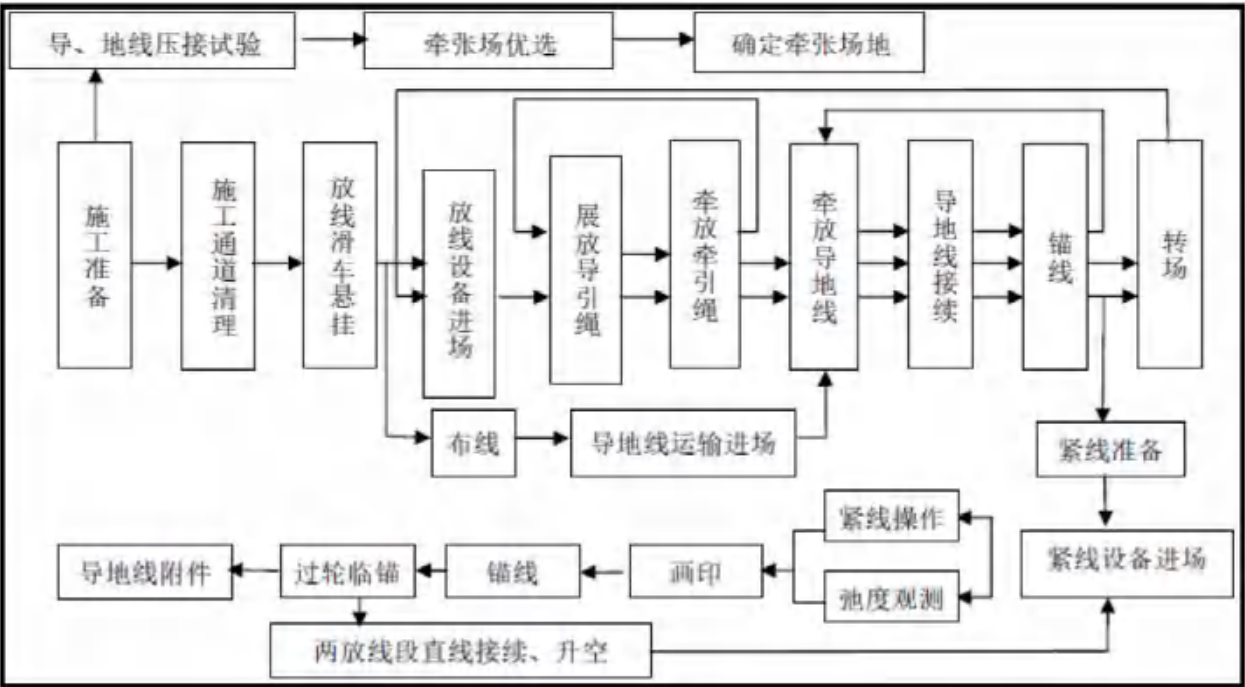


图 3.3-3 输电线路架线施工流程图

采用上述的张力架线方法，由于避免了导线与地面的机械摩擦，在减少了对农作物、树木损失的前提下，也可以有效减轻因导线损伤带来的运行中的电晕损失及对周围环境的电磁环境影响强度。

(2) 施工组织

输电线路工程施工场地主要包括塔基区的塔基施工临时场地，施工放线牵引的牵张场布置牵张场区，跨越铁路、公路、高架线路等重要设施的跨越施工场地区，和在缓坡处修建的进场的施工道路区。其中在生态敏感区范围内应尽量减少牵张场和跨越场等临时占地的设置，并尽量选择在方便施工、地势平坦的地段、非生态脆弱地点布设。施工简易道路布设尽量利用原有道路，尽量减少生态破坏；局部施工较陡地段采用架设索道的方式进行运输。

1) 塔基施工临时场地

输电线路由于塔基基础和组塔架线的需要，塔基周边需设置一定的区域作为塔基施工临时场地，用来临时堆置土方、砂石料、水、材料和工具等，以单个塔基为单位零星布置，施工结束后与塔基永久占地区域一并进行植被恢复。若采用灌注桩基础，则需在塔基设置泥浆沉淀池，用于临时沉淀塔基施工泥浆和钻渣。

本项目塔基施工临时占地面积按照塔基类型和不同组塔方式进行计列：交流输电线路

塔基永久占地 $130\text{m}^2\sim 535\text{m}^2$ ，塔基施工场地范围 $713\text{m}^2\sim 2554\text{m}^2$ 。

2) 牵张场

输电线路导线、地线一般采用张力放线施工方法，需用到牵引机、张力机等设备，布置设备及摆放线缆卷轴需设置牵张场，牵张场应满足牵引机、张力机能直接运达到位，地形应平坦，满足布置牵张设备、布置导线及施工操作等要求，同时尽量靠近公路，利用道路边植被相对稀疏的平地，减少林木的砍伐，避免施工运输道路的开辟。

本牵张场布设数量根据沿线地形、线路曲折系数、耐张段数量等因素确定，每隔 6~8km 设置一处牵张场地，平均每处牵张场占地面积约 1200m^2 。根据本项目沿线实际情况设牵张场 51 处，占地面积约 6.12hm^2 。

3) 跨越施工场地

输电线路跨越铁路、道路、电力线路、通航河流等设施需要搭设跨越架。跨越架一般有三种形式：①采用木架或钢管式跨越架；②金属格构式跨越架；③利用杆塔作支撑体，采用封网的方式跨越。通过调查同类输电工程，输电线路平均每处跨越架临时占地面积约 400m^2 。本项目共设置跨越施工场地 115 处，跨越施工场地占地面积约 4.60hm^2 。

4) 材料站

材料站按照不同施工标段进行设置，主要用于各包段塔材、钢材、线材、水泥、金具和绝缘子的集散，其地点一般由施工单位租用当地现有厂房或民房解决。材料站的使用方式主要为塔材的物资公司将材料运输到施工单位材料站，之后由施工班组在材料站申领材料，直接运输到塔基施工临时场地进行临时堆放进行组塔。

5) 施工生活场地

输电线路施工时由于线路塔基及牵张场较分散，施工周期短，因此工程临时施工生活用房采用租用民房的方式解决。

6) 施工道路本项目施工道路包括施工简易道路（新修、拓宽道路）、人抬道路和索道三部分，生态敏感区范围内施工期严格控制新建大型施工机械、设备道路，宜充分利用现有道路，或采用人抬道路和索道运输方式。

施工简易道路：当现有道路不能满足工程设施运输要求时，需要在原有的乡、村道路上拓宽或加固扩建以满足运行要求，扩建宽度为 2m；在无现有道路可利用的情况下，需开辟新的简易道路，新修的施工简易道路平均宽度为 5.5m（含新修道路上、下边坡宽度及临时排水沟宽度）。

人抬道路：地形坡度较缓时充分利用部分原有人抬道路，当与山下交通设施没有山间小路相接，可临时开辟人抬道路，以满足材料挑抬和畜力运输要求，道路宽度 1.5m。

索道：在不可避免穿越生态保护红线时，采用“人抬+索道运输”等绿色施工方式，尽量减少线路工程地表扰动。根据施工条件，本项目共计架设索道 22 条，门架 85 处，临时占地合计 1.29hm²。

本项目施工道路新修施工简易道路长度为 65km，拓宽施工道路 21.61km，新修人抬道路长度为 52.8km，利用已有人抬道路 153.5km，施工道路区总占地面积 55.95hm²。

3.3.3.2 拆除施工工艺及施工组织

线路拆除工程仅拆除线路的架空部分，包括铁塔、导地线和金具（绝缘子、线夹、间隔棒、防振锤等），不拆除塔基基础，无土石方工程量。

拆线方案：原则上以每个耐张段为单位，分段同步拆线。具体步骤如下：临时拉线：拆除导线前在需拆除的耐张段的外侧设置临时拉线，利用耐张塔松线开断回收；拆除跳线：将耐张段直线塔上导、地线翻入滑车；松线：松线选用钢丝绳做总牵引或用带绞盘拖拉机，拖拉机前用地锚固定，防止受力后倾；在地面开断导、地线。

拆塔施工方案：拆塔有三种方案，一种为整体倒塔方案，第二种为薄壁锰钢抱杆外拉线散吊拆除法，第三种为半倒。

①整体倒塔方案：自立式旧塔倒塔方向要求塔高范围内无任何障碍物，整基倒塔方法要求在杆塔倒塔方向两侧 30m 高处加装临时拉线，以控制杆塔沿规定方向倒落。杆塔腿部切割部位要求准确，施工人员及设备要求撤离倒塔范围，倒塔范围严禁闲杂人员进入，设专人巡视。

①散吊方法：首先自立式杆塔利用中横担拆下横担，地线支架拆上横担，同时检查地线支架锈蚀情况，必要时进行补强，塔身上因加装转向滑车以减轻地线支架及横担的下压力。

③半倒：即先在杆塔顶部和中部分别设置四条固定拉线(与整倒相同)，再将杆塔中部倒塔方向相反的两个包脚铁拆除，松开反向拉线，正向拉线牵引拉倒杆塔上部，最后将整基杆塔向合适的方向拉倒。

本工程铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程需拆除原铜碧甲、乙线合计长度约 9.6km，拆除塔 18 基。

3.4 主要经济指标

本项目动态投资总计 521459 万元，其中环保投资总计 8055.9 万元，占工程总投资的 1.54%。项目计划于 2025 年 12 月开工建设，2027 年 8 月建成投运。

3.5 选址选线环境合理性分析

3.5.1 选址选线环境合理性

3.5.1.1 湘黔背靠背换流站工程

根据电力系统的要求和区域电网结构、进出线走廊、地区建设规划、环境设施、交通运输等情况，结合湖南—贵州电力互济工程在电力系统中的作用和落点要求，湘黔背靠背换流站拟落点在贵州省铜仁市万山区，且应在靠近铜仁变与牌楼变连线的区域附近进行选址。结合系统落点推荐及地方政府意见，经建设单位组织设计、环评等单位多次实地踏勘和比较分析论证，最终确定茶店站址、大树林站址作为湘黔背靠背换流站比选站址。

两个站址环境现状及技术经济及环境条件比较如下。



茶店站址



大树林站址

图 3.5-1 湘黔背靠背换流站比选站址环境现状

表 3.5-1 湘黔背靠背换流站技术经济和环境条件比较

序号	项目	茶店站址（推荐站址）	大树林站址（比选站址）	比较
1	地理位置	位于铜仁市万山区茶店街道，位于万山区中部，距铜仁城区万山主城区城中心约 10km	位于铜仁市万山区中部高楼坪乡，距铜仁城区万山主城区城中心约 22km	相当
2	地形地貌	站址内整体较为平坦，场地内有小山（相对高差约 56m），整体地势东南侧偏高，西北侧偏低，站址区域范围内地面高程在 641~697m，场地内乔木林地和旱地为主	站址内地形较为陡峭，场地内高差较大（相对高差约 85m），西南侧地势各自走低，站址区域范围内地面高程在 736~821m，场地内以乔木林地为主	茶店优
3	地质条件	站址构造稳定区，无活动断裂，区域构造稳定	站址构造稳定区，无活动断裂，区域构造稳定	相当
4	不良地质	无	无	相当
5	防洪排水	站址不受百年一遇山洪的影响，排水条件较好	站址不受百年一遇山洪的影响，排水条件较好	相当
6	进站道路	进站道路可经南部茶店街道服务中心的市政道路引接，引接道路长度约 981m	进站道路可从 X582 县道路引接，引接长度约 600m，新建道路长度约 762m	茶店优
7	大件运输	大件运输采用铁路和公路联合运输的方案。大件设备通过铁路专列运输至站址附近铜仁东站，费用约为 2600 万元，卸车后公路运输至站址，费用约为 2346 万元	大件运输采用铁路和公路联合运输的方案。大件设备通过铁路专列运输至站址附近铜仁东站，费用约 2600 万元，卸车后公路运输至站址，费用约 2421 万元	茶店优
8	站外水源	采用两路供水管，一路管道从老茶店自来水厂引接，引接长度约	采用两路供水管，一路从西侧市政管道引接，引接长度约 0.8km，另外	大树林优

序号	项目	茶店站址（推荐站址）	大树林站址（比选站址）	比较
		4km；另一路管道从新茶店水厂引接，引接长度约 5km，均不设加压泵房	一路从东侧市政管道引接，引接长度约 1.km，均不设加压泵站	
9	站外电源	从 220kV 开天变引接 1 回 110kV 电源作为站用备用电源，线路长度约 5km	从 220kV 汞都变引接 1 回 110kV 电源作为站用备用电源，线路长度约 6km	茶店优
10	出线条件	场地开阔，出线方向无城镇规划区及其他敏感因素，周边无太多敏感因素出线条件较好	北、南邻近有城镇规划区，东侧邻近村庄，受到城镇开发边界及夜郎谷风景名胜等条件制约，进出线条件较差	茶店优
11	配套线路	配套交流线路长约 247km	配套交流线路长约 296km	茶店优
11	土石方	挖方 71 万 m ³ 、填方 78.42 万 m ³	挖方 177.37 万 m ³ 、填方 193.65 万 m ³	茶店优
12	边坡处理	填方边坡最高约 28m，挖方边坡最高约 32m，处理难度相对小	填方边坡最高约 60m，挖方边坡最高约 26m，处理难度相对大	茶店优
13	生态敏感区	站址未占用生态敏感区，附近无生态敏感区分布	站址未占用生态敏感区，附近分布有夜郎谷风景名胜区	茶店优
14	投资差额	0 万元	20816 万元	茶店优

（1）从工程技术经济角度

从工程进出线、电气设备布置、地形地貌、站外电源、站外水源等角度考虑，两站址均基本具备建站条件。其中茶店站址相比于大树林站址高差更小，土石方量更小，且出线条件更好，投资节约 20816 万元。因此，从技术经济角度考虑，推荐茶店站址为本项目推荐站址。

（2）从生态环境保护角度

两站址占地范围均不涉及生态敏感区，不存在环境保护方面的制约性因素。两处站址均为人居活动明显的农村区域，站址外环境相似；两站址占地面积相当，但是比选站址地面起伏更大，建设期间土石方挖填总量约 371.02 万方，是推荐站址 2.5 倍，对地表扰动强度高，且施工期临时堆土占地及可能产生的水土流失更大，对生态环境影响更大；同时，茶店站址进站道路、站外电源线路和配套建设的输电线路路径长度均较短，换流站配套工程占地更少，施工开挖及扰动量更小。另外比选站址附近分布有夜郎谷风景名胜区，进出线会受一定影响。因此，从环境保护角度考虑，推荐湘黔背靠背换流站采用茶店站址。

综上所述，两处站址所在区域的自然环境、地形地貌、建站条件等条件类似，茶店站址在技术经济、接入系统、大件运输、环境影响等方面均优于大树林站址。经综合比较，最终推荐茶店站址作为湘黔背靠背换流站站址。

3.5.1.2 新建线路工程

3.5.1.2.1 路径方案选择和优化原则

1) 根据贵州、湖南电力系统规划要求及本项目特点,综合考虑线路长度、地形地貌、城镇规划、环境保护、交通条件、运行和施工条件等因素,遵守法律法规、各行业设计和运行规程规范,进行多方案技术比较,使路径走向安全可靠、经济合理。

2) 路径选择应尽量避免避开军事设施、大型工矿企业及重要设施(管道、铁路、高速、地磁台)等,尽可能避让拟建或规划中的工程项目,并尽量减少对地方经济发展的影响。

3) 路径选择应尽量避免避开不良地质地带和采动影响区,当无法避让时,应采取必要的措施;路径选择应尽量避免避开重冰区及易舞动区、特殊大风区等影响安全运行的其他地区;应尽量避免避开原始森林、自然保护区、风景名胜区及文物保护区;应尽量减少对植被的砍伐,并宜与自然景观相协调。

4) 尽可能靠近现有公路,以改善施工、运行条件,同时应充分考虑地形、地质条件等因素对送电线路可靠性及经济性的影响。

5) 综合协调、兼顾好本项目与沿线已建、规划的电力线路及其它设施关系。

6) 尽可能避让自然保护区、风景名胜区、自然公园等自然保护地,减少林木砍伐、保护自然生态环境。

7) 尽可能避让沿线生态保护红线及基本农田,路径选择宜选择人烟相对稀少地区,尽量减少房屋拆迁。

3.5.1.2.2 线路架设方式合理性分析

(1) 换流站~牌楼 500kV 线路、换流站~边城 500kV 线路

换流站~牌楼 500kV 线路全长约 99.5km,除牌楼站进站段外均采用单回路架设方式。换流站~边城 500kV 线路全长约 118.5km,均采用单回路架设方式。两线中心线间距小于 100m 的单回并行架设段长 5.7km。

该项目为湖南和贵州电力互济的唯一线路,发挥着提升湖南、贵州电网紧急事故下的相互支援功能,可以缓解贵州迎峰度冬、湖南迎峰度夏期间电力供需矛盾,实现两网新能源联合消纳,有着十分重要的作用。

根据《电力系统安全稳定导则》(GB 38755-2019)4.2.3 节第二级安全稳定标准“正常运行方式下的电力系统受到下述较严重的故障扰动后,保护、开关及重合闸正确动作,应能保持稳定运行,必要时允许采取切机和切负荷、直流紧急功率控制、抽水蓄能电站切泵等稳定控制措施”。假设换流站至牌楼单回线路和换流站至边城单回线路采用同塔双回架设,当该段同塔双回线路发生故障情况下,换流站与湖南电网断开,无法发挥换流站在贵州和湖南之间的事故支援和互济能力。所以,换流站~牌楼 500kV 线路、换流站~边城 500kV 线路需采用单回架设方式。

另外，换流站～牌楼 500kV 线路、换流站～边城 500kV 线路并行段采用同走廊并行走线，减少了走廊的开辟。在保证技术安全的前提下，并行走线尽量缩小间距，中心线之间最小间距 44m，最大程度的减少了走廊宽度，降低了对沿线生态环境和居民的影响，从环境保护角度分析，是合理的。

（2）铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路

换流站至碧江甲线全长约 6.5km、换流站至碧江乙线全长约 6.5km，除在换流站出线侧采用 1 基双回路终端塔出线外，其余段均采用单回架设方式。两线中心线间距小于 100m 的单回并行架设段长约 6.0km。

换流站至铜仁甲线全长约 8.5km、换流站至铜仁乙线全长约 8.5km，除在换流站出线侧采用 1 基双回路终端塔出线外，其余段均采用单回架设方式。两线中心线间距小于 100m 的单回并行架设段长约 6.5km。

同样根据《电力系统安全稳定导则》（GB 38755-2019）4.2.3 节第二级安全稳定标准“正常运行方式下的电力系统受到下述较严重的故障扰动后，保护、开关及重合闸正确动作，应能保持稳定运行，必要时允许采取切机和切负荷、直流紧急功率控制、抽水蓄能电站切泵等稳定控制措施”。假设换流站至碧江双回采用同塔双回架设，当该段同塔双回线路发生线路故障情况下，铜仁南部、凯里北部及换流站仅由施秉至铜仁双回线路供电，该线路输送极限无法满足铜仁南部、凯里北部及换流站的送受电需求；假设换流站至铜仁双回采用同塔双回架设，当该段同塔双回线路发生故障情况下，铜仁北部及换流站仅由诗乡至铜仁西单回线路供电，该线路输送极限无法满足铜仁北部及换流站送受电需求。同时换流站需降低送受电力，影响贵州和湖南互济能力的发挥。

综上所述，为确保铜仁北部、铜仁南部、凯里北部用电需求以及湖南和贵州电力互济能力的充分发挥，铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路需采用单回架设方式。

另外，换流站至碧江甲线、换流站至碧江乙线采用同走廊并行走线，换流站至铜仁甲线、换流站至铜仁乙线采用同走廊并行走线，减少了走廊的开辟。在保证技术安全的前提下，并行走线尽量缩小间距，中心线之间最小间距 42m，最大程度的减少了走廊宽度，降低了对沿线生态环境和居民的影响，从环境保护角度分析，是合理的。

3.5.1.2.3 路径方案比选

（1）换流站～牌楼 500kV 线路工程

根据设计提资，换流站～牌楼 500kV 线路工程线路路径综合考虑沿线的交叉跨越、规划区、自然保护地等环境敏感因素，采用北方案（比选方案）、南方案（推荐方案）二个路径方案，二个方案对比分析情况详见下表。本工程线路比选示意图见图 3.5-2。

表 3.5-2 换流站~牌楼 500kV 线路工程南、北方案比选情况表

序号	比较项目	北方案	南方案	比较情况
1	路径长度 (km)	104.7km (贵州段 34+湖南段 70.7)	99.5km (贵州段 29+湖南段 70.5)	南方案更短
2	冰区	10mm 冰区: 14km 15mm 冰区: 55.6km 20mm 冰区: 25km 30mm 冰区: 10.1km	10mm 冰区: 12km 15mm 冰区: 72.5km 20mm 冰区: 15km	南方案更优
3	线路转角塔 (基)	91	83	南方案更优
4	铁塔使用数量 (基)	277 (直线塔 185, 耐张转角塔 91 基, 双回塔 1 基)	243 (直线塔 159, 耐张转角塔 83 基, 双回塔 1 基)	南方案更少
5	平均耐张段长度 (m)	1163	1213	基本相同
6	最高海拔	1000m 以下	1000m 以下	相同
7	地形地貌	丘陵、山地、高山大岭	丘陵、山地、高山大岭	相同
8	气象条件	V=25m/s, C=10mm V=25m/s, C=15mm V=25m/s, C=20mm V=25m/s, C=30mm V=27m/s, C=15mm V=27m/s, C=20mm V=27m/s, C=30mm	V=25m/s, C=10mm V=25m/s, C=15mm V=25m/s, C=20mm V=27m/s, C=15mm V=27m/s, C=20mm	南方案更优
9	污秽条件	c 级、d 级	c 级、d 级	相同
10	主要交叉跨越	高速公路 4 次、省道 2 次、国道 1 次、220kV 电力线 17 次、110kV 电力线 6 次、澧水 1 次、沱江 1 次	高速公路 3 次、省道 2 次、国道 1 次、220kV 电力线 16 次、110kV 电力线 5 次、澧水 2 次	南方案更优
11	城建规划	路径基本处于山地, 基本无影响	路径基本处于山地, 基本无影响	相同
12	矿产资源	无压覆矿	无压覆矿	相同
13	生态保护红线	穿越生态保护红线 31.6km	穿越生态保护红线 15.43km	南方案更优
14	自然保护地	穿越澧水国家湿地公园约 540m, 利用原已建双回路铁塔单边挂线, 不新建杆塔; 芷江三道坑省级自然保护区缓冲区约 7.3km, 立塔约 19 基	穿越中方澧水国家湿地公园保育区约 0.65km, 利用原已建双回路铁塔单边挂线, 不新建杆塔	南方案更优
15	饮用水水源保护区	已避让	已避让	相同
16	文物点	不涉及	不涉及	相同
17	交通条件	整体交通情况较差	整体交通情况较差	相同
18	军事设施	无	无	相同
19	民房拆迁	拆迁量约 12580m ²	拆迁量约 12120m ²	南方案更优
20	对电信线路的影响	满足规范要求	满足规范要求	相同

1) 从工程技术经济角度

北方案比其他方案路径更长，北方案经济性、安全性最差；南方案经济性、交通条件、后期运行维护均最优；南方案在后期运行维护、经济性方面更具优势，且建设协调难度更低，因此推荐南方案作为本工程路径方案。

2) 从生态环境角度

二个方案中南方案路径最短。湖南境内的南、北方案均利用旧 500kV 边牌线（仅挂线）穿越中方溇水国家湿地公园，北方案涉及芷江三道坑省级自然保护区，穿越生态保护红线长度更长。

南方案路径总长度较北方案更短，涉及的永久占地、临时占地也均会较北方案更少，线路对沿线生态环境影响也会更小。因此从生态环境角度分析，南方案更优。

综上所述，从工程技术经济、生态环境等综合考虑，换流站～牌楼 500kV 线路工程推荐南方案。



图 3.5-2 换流站～牌楼 500kV 线路路径比选方案示意图

(2) 换流站~边城 500kV 线路工程

根据设计提资，换流站~边城 500kV 线路工程线路路径综合考虑沿线的交叉跨越、规划区、自然保护区等环境敏感因素，采用东方案（推荐方案）和西方案（比选方案）两个路径方案，两个方案对比分析情况详见下表。本工程线路比选示意图见图 3.5-3。

表 3.5-3 换流站~边城 500kV 线路工程东、西方案比选情况表

序号	比较项目	东方案	西方案	比较情况
1	路径长度 (km)	118.5km (贵州段 37+湖南段 81.5)	139.2km (贵州段 77+湖南段 62.2)	东方案更短
2	冰区	10mm 冰区: 22km 15mm 冰区: 85.6km 20mm 冰区: 10.9km	10mm 冰区: 43km 15mm 冰区: 41.5km 20mm 冰区: 26.8km 30mm 冰区: 27.9km	东方案更优
3	线路转角塔 (基)	149	182	东方案更少
4	铁塔使用数量 (基)	288 (直线塔 139, 耐张转角塔 149 基)	341 (直线塔 159, 耐张转角塔 182 基)	东方案更少
5	平均耐张段长度 (m)	801	772	基本相同
6	最高海拔	1000m 以下	1000m 以下	相同
7	地形地貌	丘陵、山地、高山大岭	丘陵、山地、高山大岭	相同
8	气象条件	V=25m/s, C=10mm V=25m/s, C=15mm V=25m/s, C=20mm V=27m/s, C=15mm V=27m/s, C=20mm	V=25m/s, C=10mm V=25m/s, C=15mm V=25m/s, C=20mm V=25m/s, C=30mm V=27m/s, C=15mm V=27m/s, C=20mm V=27m/s, C=30mm	东方案更优
9	污秽条件	c 级、d 级	c 级、d 级	相同
10	主要交叉跨越	高速公路 2 次、铁路 1 次、省道 2 次、国道 1 次、220kV 电力线 14 次、110kV 电力线 5 次	钻越±800kV 宾金线 1 次、高速公路 2 次、铁路 1 次、跨越 500kV 输电线路 5 次、高速公路 1 次、省道 2 次、220kV 电力线 14 次、110kV 电力线 4 次	东方案更少
11	城建规划	路径基本处于山地，基本无影响。	路径基本处于山地，基本无影响。	相同
12	矿产资源	无压覆矿	江口县翁会钒矿详查（保留）；贵州省松桃县龙塘堡锰矿普查；贵州省松桃县普觉锰矿探矿权（保留）、压覆湘西土家族苗族自治州经开区观音山矿区 2.0km	东方案更优
13	生态保护红线	穿越生态保护红线 19.34km	穿越生态保护红线 28.9km	东方案更优
14	自然保护区	湖南吉首峒河国家湿地	一档跨越谢桥河特有鱼	东方案更优

序号	比较项目	东方案	西方案	比较情况
		公园保育区约 0.35km，立塔 2 基，避让了南华山国家级森林公园和西晃山省级森林公园	类国家级水产种质资源保护区、穿越凤凰风景名胜區约 723m，立塔 2 基；距离湖南凤凰国家级地质公园、凤凰省级自然保护区、黄石洞水库饮用水水源地等保护区较近	
15	饮用水水源保护区	一档跨越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区，跨越长度约 50m（规划暂未批复）	—	西方案更优
16	文物点	不涉及	不涉及	相同
17	交通条件	整体交通情况较差	整体交通情况较差	相同
18	军事设施	无	无	相同
19	民房拆迁	拆迁量 6820m ²	拆迁量约 10280m ²	东方案拆迁量更少
20	对电信线路的影响	满足规范要求	满足规范要求	相同

1) 从工程技术经济角度

西方案比东方案路径长约 21km，且西方案冰区较重，西方案 20mm 冰区比东方案长约 16km，30mm 冰区比东方案长约 28km，西方案经济性、安全性最差。东方案主要交叉跨越更少，铁塔总数量、转角塔数量和民房拆迁量更少，因此北方案综合投资规模更小，从工程技术经济角度分析，东方案更优。

2) 从生态环境角度

东方案一档跨越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区（规划暂未批复），西方案不通过水源保护区；但西方案穿越生态保护红线长度更长，一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区、穿越了湖南凤凰国家级风景名胜区，线路距离沿途的湖南凤凰国家级地质公园、凤凰省级自然保护区、黄石洞水库饮用水水源地等生态敏感区较近。东方案采用无害化、空中跨越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区，不占用水源保护区范围，且穿越生态保护红线长度较西方案短。东方案路径总长度更短，东方案涉及的永久占地、临时占地也均会更少，线路对沿线生态环境影响也会更小。因此从生态环境角度分析，东方案更优。

综上所述，从工程技术经济、生态环境等综合考虑，换流站～边城 500kV 线路工程推荐东方案。

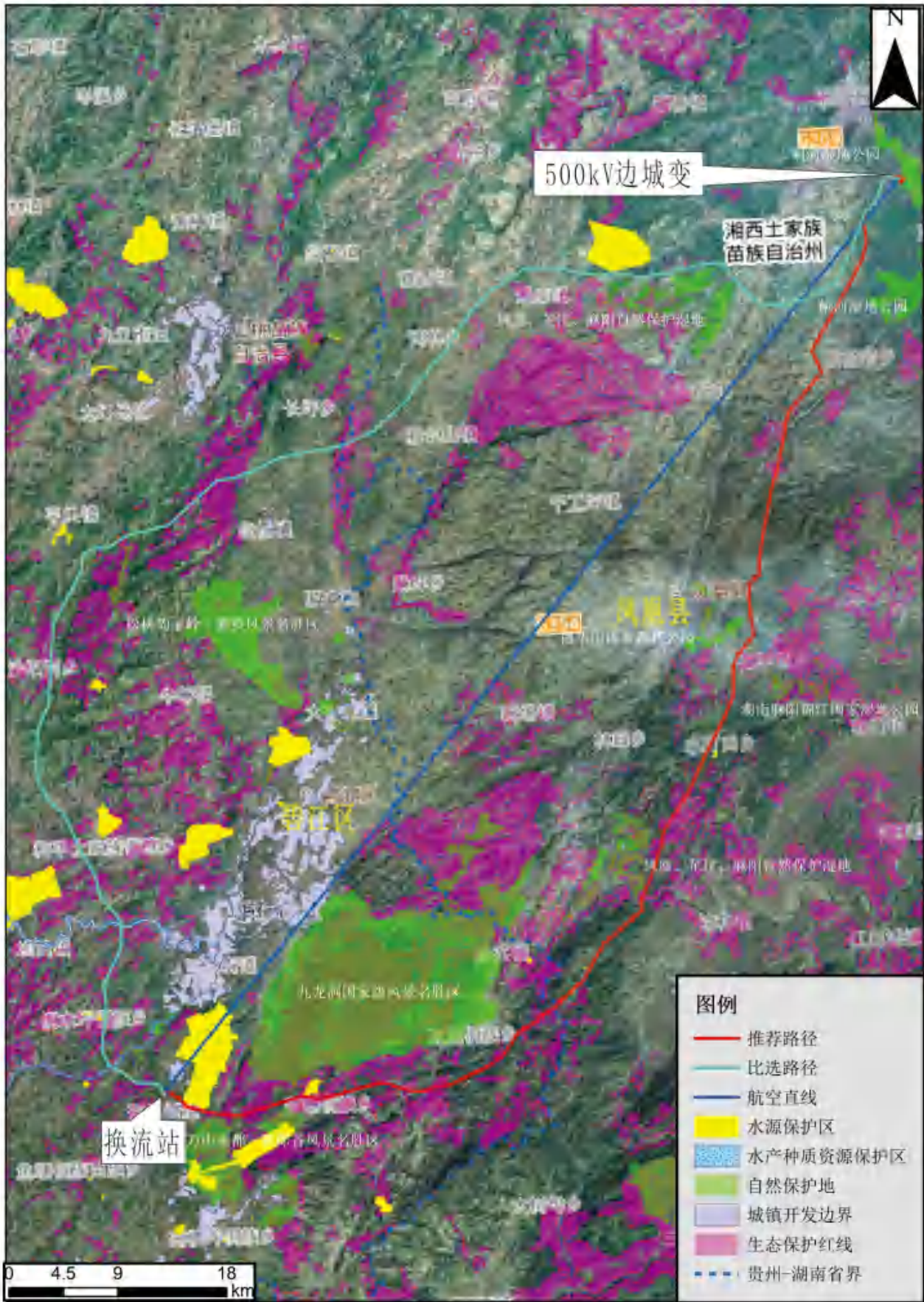


图 3.5-3 换流站～边城 500kV 线路路径比选方案示意图

(3) 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程

根据设计提资，铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路路径综合考虑沿线规划区、自然保护区等环境敏感因素，提出方案一（推荐方案）和方案二（比选方案）两个路径方案，两个方案对比分析情况详见下表。线路比选示意图见表 3.5-4。

表 3.5-4 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路方案比选情况表

序号	比较项目	方案一	方案二	比较情况
1	路径长度（km）	30	37.5	方案一更短
2	线路转角塔（基）	34	40	方案一更少
3	铁塔使用数量（基）	68（直线塔 34，耐张转角塔 34 基）	78（直线塔 38，耐张转角塔 40 基）	方案一更少
4	平均耐张段长度（m）	1250	938	方案一更优
5	海拔	1000m 以下	1000m 以下	相同
6	地形地貌	丘陵、山地	丘陵、山地	相同
7	气象条件	V=25m/s, C=10mm; V=25m/s, C=15mm。	V=27m/s, C=10mm; V=27m/s, C=15mm。	相同
8	污秽条件	c 级	c 级	相同
9	主要交叉跨越	220kV 汞都 I 回线 4 次、燃气管道 3 次	220kV 汞都 I 回线 4 次、燃气管道 4 次	方案一更少
10	城建规划	路径基本处于山地，基本无影响。	路径基本处于山地，基本无影响。	相同
11	矿产资源	无压覆矿	无压覆矿	相同
12	生态保护红线	穿越生态保护红线 9.6km	穿越生态保护红线 8.6km	方案二更优
13	自然保护地	一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	已避让谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	方案二更优
14	其他制约因素	山茶花种植基地	无	
15	饮用水水源保护区	已避让	已避让	相同
16	文物点	已避让	已避让	相同
17	交通条件	整体交通情况较差	整体交通情况较差	相同
18	军事设施	无	无	相同
19	民房拆迁	拆迁量约 3000m ²	拆迁量约 8000m ² （跨越 2 处房屋密集区）	方案一更优
20	对电信线路的影响	满足规范要求	满足规范要求	相同

1) 从工程技术经济角度

①π接通道规划

根据换流站出线间隔规划，换流站 500kV 规划 10 回出线间隔，第 1 至第 8 间隔向西北方向出线（贵州侧），第 9 和第 10 出线间隔向东北方向出线（湖南侧）。

500kV 铜碧甲线、铜碧乙线（两个单回路）开断接入换流站，最终形成换流站～铜仁 500kV 甲、乙线线路工程和形成换流站～碧江 500kV 甲、乙线线路工程。本次开断线路占

用换流站 4 个间隔，推荐方案占用自西南向东北第 1、2、7、8 间隔，比选方案占用自西南向东北第 1、2、3、4 间隔。如采用比选方案，远期方案建设需交叉跨越换流站～碧江 500kV 甲、乙线线路，造成流站～碧江 500kV 甲、乙线线路反复停电，运行期存在运行安全隐患，比选方案不合理。考虑远期 4 个备用间隔进出线问题（远期规划 4 回 500kV 线路），避免与本次开断线路产生多次多条 500kV 线路交叉跨越，避免系统运行安全隐患，因此，铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路采用自西南向东北第 1、2、7、8 间隔。

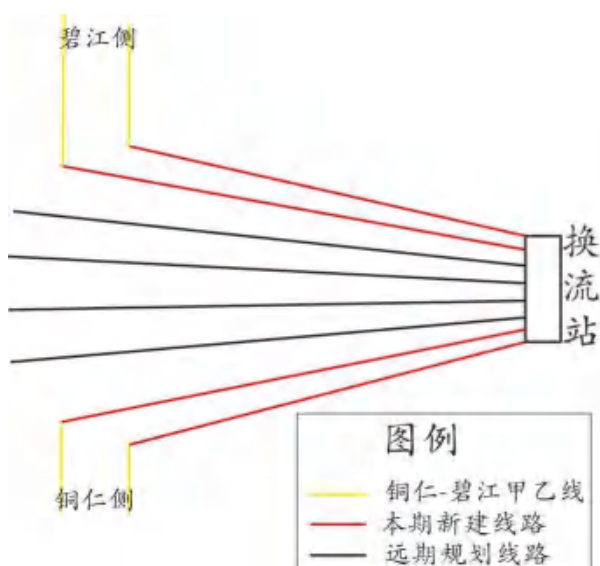


图 3.5-4 换流站出线通道规划示意图（推荐）

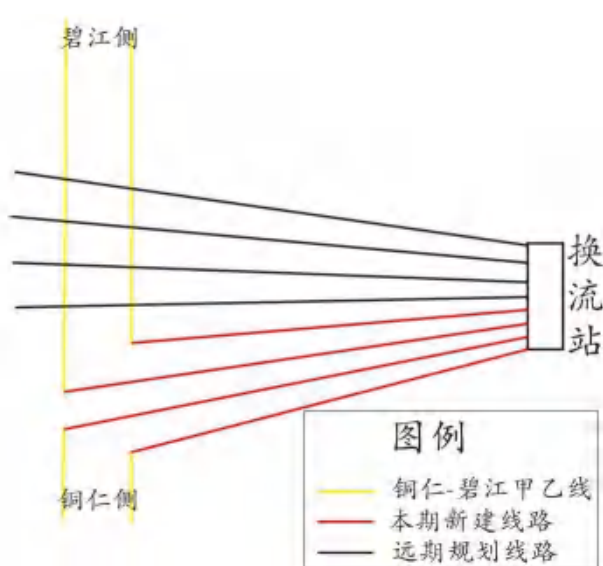


图 3.5-5 换流站出线通道规划示意图（比选）

② π 接点选择

至铜仁侧 π 接点选择：换流站与铜仁-碧江甲乙线之间南部分布有成片基本农田、房屋密集区、山茶花种植基地（规划风景区）、鱼塘乡规划区、成片风电规划区等限制性因素。在满足 π 接条件的前提下，规划了 2 个至铜仁侧 π 接点，接入南侧比选 π 接点的比选线路跨越了山茶花种植基地（规划风景区）、房屋密集区、占用生态保护红线、占用基本农田，且线路较长，立塔较多，占地面积较大。南侧比选 π 接点不合理，至铜仁侧 π 接点选择在鱼塘乡规划区的西北角，线路路径选择在鱼塘乡规划区的西北角 π 接点改接后向东走线，避让房屋密集区接入换流站。

至碧江侧 π 接点选择：在满足 π 接条件的前提下，规划了 2 个至碧江侧 π 接点，在鱼塘乡规划区附近的比选 π 接点的比选线路需跨越房屋密集区，通道与至铜仁侧推荐路径基本重叠，不可行。

根据南网生技函〔2022〕9 号《数字输电线路装备技术导则》密集输电通道：“宽度在 600m 以内、包含至少 2 回特高压直流线路或至少 5 回 500kV 及以上输电线路通道”，密集输电通道具有较大风险，主要风险包括输电线路之间的相互影响、自然灾害、设备故障和人为误操作等。密集输电通道中多条输电线路之间可能存在电磁干扰、电力损耗和电压波

动等问题，严重影响每条输电线路的电力质量和稳定性。

为避免远期规划 4 回与本期 4 回 500kV 线路形成密集输电通道，需对远期规划线路综合统筹规划路径，预留远期走廊通道，至碧江侧 π 接点需适当北移。又因分布有成片生态保护红线、万山区鱼塘乡彭水凼集中式饮用水水源保护区、房屋密集区，碧江侧 π 接点北移至蓑衣塘附近。即从工程技术经济角度分析，方案一更优。

2) 从生态环境角度

换流站与铜仁-碧江甲乙线之间南部分布有成片基本农田、生态保护红线、房屋密集区、山茶花种植基地（规划风景区）、鱼塘乡规划区、成片风电规划区，山茶花种植基地（规划风景区）、鱼塘乡规划区、成片风电规划区连接成片，无通道可供 500kV 线路走线，因此方案二线路需跨越山茶花种植基地，山茶花种植基地为规划风景区，当地政府部门建议避让该规划风景区。且方案二线路路径需跨越 2 处房屋密集区，拆迁量较大，当地居民及生态影响更大。另外方案二线路路径全长较长，新建塔基较多，占地面积较大，线路仍不可避免穿越生态保护红线 8.6km。

方案一避让了山茶花种植基地、居民集中区，但不可避免的穿越生态保护红线 9.6km，跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，不占用谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区范围。

综上所述，方案二路径总长度更长，涉及的永久占地、临时占地也均会更多，涉及跨越房屋密集区，拆迁量较大，对当地居民及生态影响更大。且方案二跨越山茶花种植基地，也是规划的风景区。因此综合从环境角度分析，方案二对当地居民环境、生态发展更不利，方案一从环保角度是更优的。

方案一跨越生态保护红线长约 9.6km，生态保护红线范围内立塔 26 基。本项目符合有限人为活动第六类中必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施，且该线路路径已取得贵州省自然资源厅核发的《建设项目用地预审与选址意见书》。本项目编制了《湖南-贵州电力灵活互济工程(贵州段交流工程)之 500kV 铜碧甲、乙线开断接入新建换流站 500kV 线路工程对谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区影响专题论证报告》并通过专家审查，审查意见显示“项目对保护区影响主要是施工噪声、振动、电磁辐射等，影响程度较小”。因此，方案一从环保角度是合理的，影响是可控的。

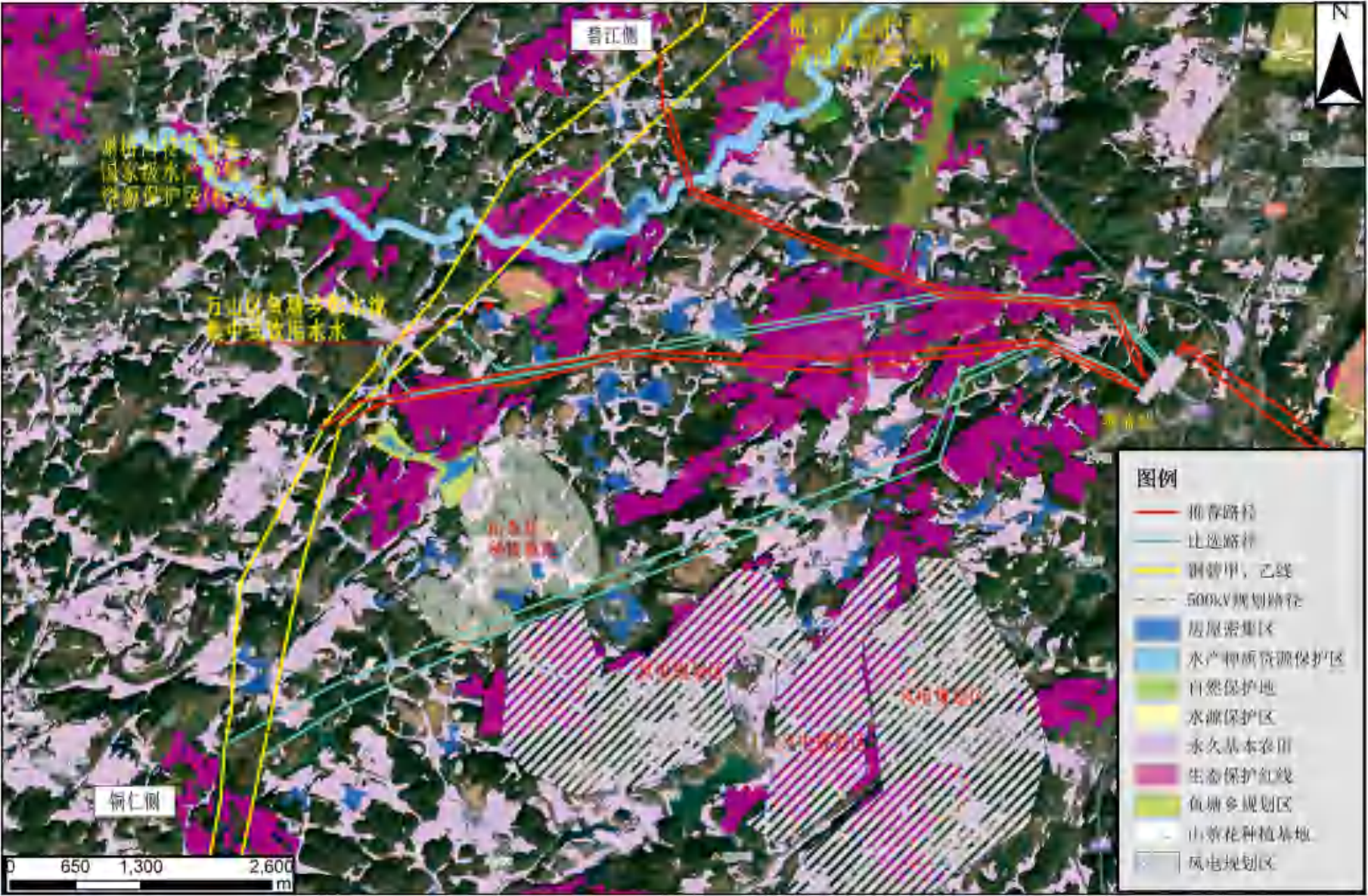


图 3.5-6 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路路径比选方案示意图

3.5.2 与产业政策的相符性分析

本项目是国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“第一类鼓励类”中的“电力基础设施建设：跨区电网互联工程技术开发与应用，”类项目，符合国家产业政策。

3.5.3 与电网规划的相符性分析

本项目属于国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一（国能发电力〔2024〕49 号），被列为新增的提前储备类跨省区重点工程之一。因此，本项目建设与电力发展规划相符。

3.5.4 与国土空间规划的相符性分析

本项目属于电力基础设施项目，不属于污染类建设项目，且选址选线已避让城镇规划区，尽量避让环境敏感区，受城镇规划、自然条件等因素限制，线路无法避让 3 处生态敏感区，穿越段不涉及相关法律法规规定的禁止建设区域。此外，部分线路穿越贵州省、湖南省生态保护红线，本项目属于生态保护红线内允许有限人为活动中的“必须且无法避让、符合县级以上国土空间总体规划的线性基础设施”类型，通过采取针对性的生态影响减缓和恢复措施，可将项目建设对生态保护红线的影响降低到可接受的程度，项目建设符合现行的生态保护红线相关管理要求。此外，本项目已取得了沿线自然资源厅核发的用地预审与选址意见书，项目建设符合沿线省级行政区国土空间规划的用途管制要求。

3.5.4.1 与《贵州省国土空间规划（2021-2035 年）》相符性分析

根据《贵州省国土空间规划（2021-2035 年）》，第三节 完善能源资源空间布局：保障重要能源运输通道建设。巩固拓展与滇、川、渝、桂、粤等周边省（自治区、直辖市）能源合作，协同落实国家“西电东送”通道建设，实现相邻电网互联互通，水火互济，稳定提升“黔电送粤”规模。本项目属于国家重大战略项目中的线性基础设施，国家“西电东送”通道重要组成项目，符合《贵州省国土空间规划（2021-2035 年）》。

3.5.4.2 与《湖南省国土空间规划（2021-2035 年）》相符性分析

本项目属于电力基础设施项目，不属于污染类建设项目，选址受城镇规划、自然条件等因素限制，线路无法避让 2 处湿地公园，穿越段不涉及相关法律法规规定的禁止建设区域。此外，部分线路穿越湖南省生态保护红线，本项目属于生态保护红线内允许有限人为活动中类型，通过采取针对性的生态影响减缓和恢复措施，可将项目建设对生态保护红线的影响降低到可接受的程度，项目建设符合现行的生态保护红线相关管理要求。此外，本项目已取得了湖南省自然资源厅核发的用地预审与选址意见书，项目建设符合湖南省国土空间规划的用途管制要求。

3.5.5 与地方城乡规划的相符性分析

本项目在选址、选线阶段，已充分征求所涉地区地方政府及规划等部门的意见，对换流站站址、输电线路路径进行了优化，避开了城镇发展区域，不影响当地土地利用规划和城乡发展规划；同时尽量避开居民集中区、自然公园、饮用水水源保护区等环境敏感区，以减少对所涉地区的环境影响。在可研阶段，本项目已取得工程所在地自然资源部门对选址、选线的原则性同意意见，与工程沿线区域的城乡规划不相冲突。相关协议文件内容详见下表。

表 3.5-5 本项目规划协议情况一览表

序号	协议单位	协议意见和要求	对意见的落实情况
(一) 湘黔背靠背换流站工程			
1	铜仁市万山区自然资源局	湖南-贵州电力灵活互济工程(直流背靠背换流站工程)拟在铜仁市万山区境内新建换流站一座，目前换流站拟选站址两处分别位于铜仁市万山区茶店镇铜大高速茶店服务区旁和铜仁市万山区高楼坪侗族乡大树林村。经核实，两处拟选站址均不占用永久基本农田、生态保护红线，不涉及城镇开发边界，该项目已纳入获批的《铜仁市国土空间总体规划(2021-2035 年)》重点项目清单；拟选址范围内无地灾隐患点；压覆矿情况需通过贵州省政务服务网或县级以上自然资源部门官方网站进入“压覆重要矿产资源查询系统”进行查询，获取压覆重要矿产资源情况查询结果表。初步同意两处换流站拟选站址，后续项目按程序办理用地审批相关手续后方可开工建设，	1.本项目换流站推荐站址为茶店站址，用地范围不占用永久基本农田、生态保护红线，不涉及城镇开发边界，该项目已纳入获批的《铜仁市国土空间总体规划(2021-2035 年)》重点项目清单，站址范围内无地灾隐患点。 2.经“压覆重要矿产资源查询系统”进行查询，项目选址未压覆矿产资源。 3.项目开工前，将严格履行项目用地审批相关手续。
(二) 输电线路（贵州段）			
1	贵州省自然资源厅	已取得建设项目用地预审与选址意见书（用字第 5206002025XS0003S00 号）	/
2	铜仁市万山区自然资源局	经核实，该线路跨越碧江区范围部分永久基本农田，生态保护红线，因塔基位置未确定，后期应避让永久基本农田和生态保护红线，依法依规按程序完善用地等相关手续。	已办理《铜仁市人民政府关于湖南-贵州电力灵活互济工程涉及生态保护红线属于“允许有限人为活动”审核意见的函》《建设项目用地预审与选址意见书》。

序号	协议单位	协议意见和要求	对意见的落实情况
3	铜仁市碧江区自然资源局	项目拟选路径不涉及城镇开发边界，但穿越永久基本农田，生态保护红线，后续按程序做好选址论证相关工作，并按程序办理用地预审，并要求取得规划相关论证意见，我局初步同意拟选路径。	已办理《铜仁市人民政府关于湖南-贵州电力灵活互济工程涉及生态保护红线属于“允许有限人为活动”审核意见的函》《建设项目用地预审与选址意见书》。
(三) 输电线路（湖南段）			
1	湖南省自然资源厅	已取得建设项目用地预审与选址意见书（用字第 4312002025XS0005S00 号）	/
2	吉首市自然资源局	经过审查，我局原则上同意该路径方案，请在开工建设前依法合规办理相关手续。	建设单位按程序办理用地、规划等相关手续，开工前办理好相关手续。
3	芷江侗族自治县自然资源局	1、原则上同意该项目线路方案。2、该线路经过芷江侗族自治县新店坪镇、土桥镇、芷江镇、晓坪乡、大树坳乡、三道坑镇、牛牯坪乡、公坪镇一带，选址选线需要符合现行国土空间规划或村庄规划，不得占用生态保护红线，不得占用基本农田，不得影响城镇、乡村后续建设发展需求。3、该项目建设在取得相关批复手续后，方可开工建设。	本项目塔基占地不涉及基本农田和城镇开发边界，涉及生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求，建设单位已取得建设项目用地预审与选址意见书和红线准入手续。
4	中方县自然资源局	一、原则同意该工程路径方案。二、建议按照以下意见优化细化工程方案。1、避开底线约束。在工程方案后期的深化细化阶段，原则上不得占用永久基本农田、生态保护红线、自然保护地、I 级保护林地，不占少占优质耕地，避开矿产资源开发区。确需占用永久基本农田且符合占用条件的，应落实国家现行有关政策要求；确无法避让生态保护红线且符合占用条件的，应取得不可避让论证意见或允许有限人为活动认定意见，确无法避让自然保护地的，应按规定取得林业主管部门或自然保护地管理机构出具的行政许可决定或同意意见。2、满足邻避安全。3、注重风貌协调。4、应与相关国土空间规划做好衔接。	本项目塔基占地不涉及基本农田和城镇开发边界，涉及生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求，建设单位已取得建设项目用地预审与选址意见书和红线准入手续。
5	麻阳苗族自治县自然资源局	原则同意该工程线路路径，并提出如下意见： 1、进一步优化线路，线路走线和塔基尽量避让生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界和农村居民点用地。 2、确需占用生态保护红线的，根据自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局《关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）文件，办理相关手续。 3、确需占用永久基本农田和农村居民点的，需按国家法律法规办理各项审批手续，进行充分论证。 4、确需占用城镇开发边界的，应充分论证对现状建筑和规划用地的影响。	本项目塔基占地不涉及基本农田和城镇开发边界，涉及生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求，建设单位已取得建设项目用地预审与选址意见书和红线准入手续。
6	凤凰县自然资源局	我局组织相关股室对贵单位提交的线行矢量数据进行核查。经核查，我局原则同意该工程线路路径方案,具体意见说明如下：1、建议优化线路，线路走线和塔基应尽量避让生态保护红线、永久基本农田、	经查询，本项目凤凰县不涉及生态保护红线和城镇开发边界，塔基占地不

序号	协议单位	协议意见和要求	对意见的落实情况
		城镇开发边界和农村居民点用地。2、确需占用生态保护红线的，根据自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局《关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》(自然资发〔2022〕142号)文件，办理相关手续。3、确需占用永久基本农田和农村居民点的，需按国家法律法规进行充分论证，办理各项审批手续。4、确需占用城镇开发边界的，应充分论证对现状建筑和规划用地的影响。5、对塔基等涉及新增建设用地的，应依法依规做好用地报批工作。6、涉及到现有规划的交通及水利基础设施项目，请贵单位与相关主管部门进行协商。本次意见不作为项目用地审批的依据，项目实施应依法依规办理相关用地审批手续。	涉及基本农田，建设单位已按照相关程序正在办理相关用地审批手续。
7	泸溪县自然资源局	按照贵公司提供的线路选址，经技术分析并研究，我局对该线路泸溪段提出以下意见:1.线路走向应结合“三区三线”最新成果，合理优化线路，原则上不占用生态保护红线，不占用基本农田。2.线路应优化并避开镇、村庄集中建设区，保证线路距离房屋距离符合国家法律法规要求。3.综上所述，原则支持该项目线路选址，请按法律法规、规范优化线路，保证线路的合法合规性。	1、本项目泸溪县境内不涉及生态保护红线、塔基不占用基本农田和镇、村集中建设区；2、线路设计符合设计标准

3.5.6 环评阶段对线路方案优化总体情况

按照建设单位提出的环评、设计深度沟通、协调一致的要求，环评单位在中标后随即对项目沿线环境敏感区资料进行复核，并向设计单位提出优化建议。设计单位根据环评单位建议项目穿越部分环境敏感区段方案进行了优化设计，并尽量减少立塔数量。优化后相较于原设计方案，本项目有 1 处森林公园、1 处湿地公园和 1 处饮用水水源保护区由穿越优化为完全避让。本项目环境敏感区内优化情况见下表。

表 3.5-6 本项目环境敏感区内塔基穿越及优化一览表

序号	生态敏感区	可研阶段与线路的位置关系	环评阶段线路优化后的位置关系
1	湖南南华山国家森林公园	穿越楼梯坳分区约 0.8km	避让森林公园范围，与保护区最近距离约 0.55km
2	湖南麻阳锦江国家湿地公园	穿越保育区约 0.2km	避让湿地公园范围，与保护区最近距离约 0.18km
3	湖南省怀化市尧市镇上罗坪村黑眼溪饮用水水源保护区	穿越二级陆域约 0.3km	避让水源保护区范围，与保护区最近距离约 0.22km
4	湖南省生态保护红线	穿越生态保护红线约 15.38km，立塔 41 基	优化塔基位置，穿越生态保护红线约 12.68km，立塔 35 基

3.5.7 进入环境敏感区环境合理性及相关法律法规相符性分析

3.5.7.1 贵州省境内穿（跨）越环境敏感区环境合理性分析

3.5.7.1.1 谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区

（1）谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区概况

谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区于 2015 年 11 月 17 日由中华人民共和国原农业部以《中华人民共和国农业部公告》（第 2322 号）批准成立，主要保护对象为鲇鱼、小口白甲、鳊鱼等物种。

保护区范围贯穿我区大坪、鱼塘、丹都三个乡镇（街道），全长河流长 25.8 千米，总面积 104 公顷。其中核心区河流长 17.3 千米、面积 69.2 公顷，核心区范围为：鱼塘乡新龙村杉木溪至谢桥办事处楚溪村三级电站大坝，占保护区面积的 66.54%；实验区河流长 8.5 千米、面积 34.8 公顷，大坪乡清塘村两叉溪至鱼塘乡新龙村杉木溪河段，占保护区面积的 33.46%。保护区内有急流、险滩、回水沱、深潭、静水，可以满足和维护多种水生生物物种的栖息、繁衍、生长。

（2）本项目与谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区位置关系

换流站~碧江 500kV 线路工程-甲线 J105-Z106 档一档跨越核心区约 15m，保护区内不立塔。两铁塔基础距离河岸垂直距离分别为 59m、138m；跨河铁塔距谢桥河两岸水平距离分别为 68m、264m；跨越处河道宽约 15m，输电线最低点距河面（按 10 年一遇洪水位计）垂直距离约 123m。

换流站~碧江 500kV 线路工程-乙线 J205-Z206 档，一档跨越核心区约 15m，保护区内不立塔。两铁塔基础距离河岸垂直距离分别为 61m、152m；跨河铁塔距谢桥河两岸水平距离分别为 97m、298m；跨越处河道宽约 15m，输电线最低点距河面（按 10 年一遇洪水位计）垂直距离约 121m。

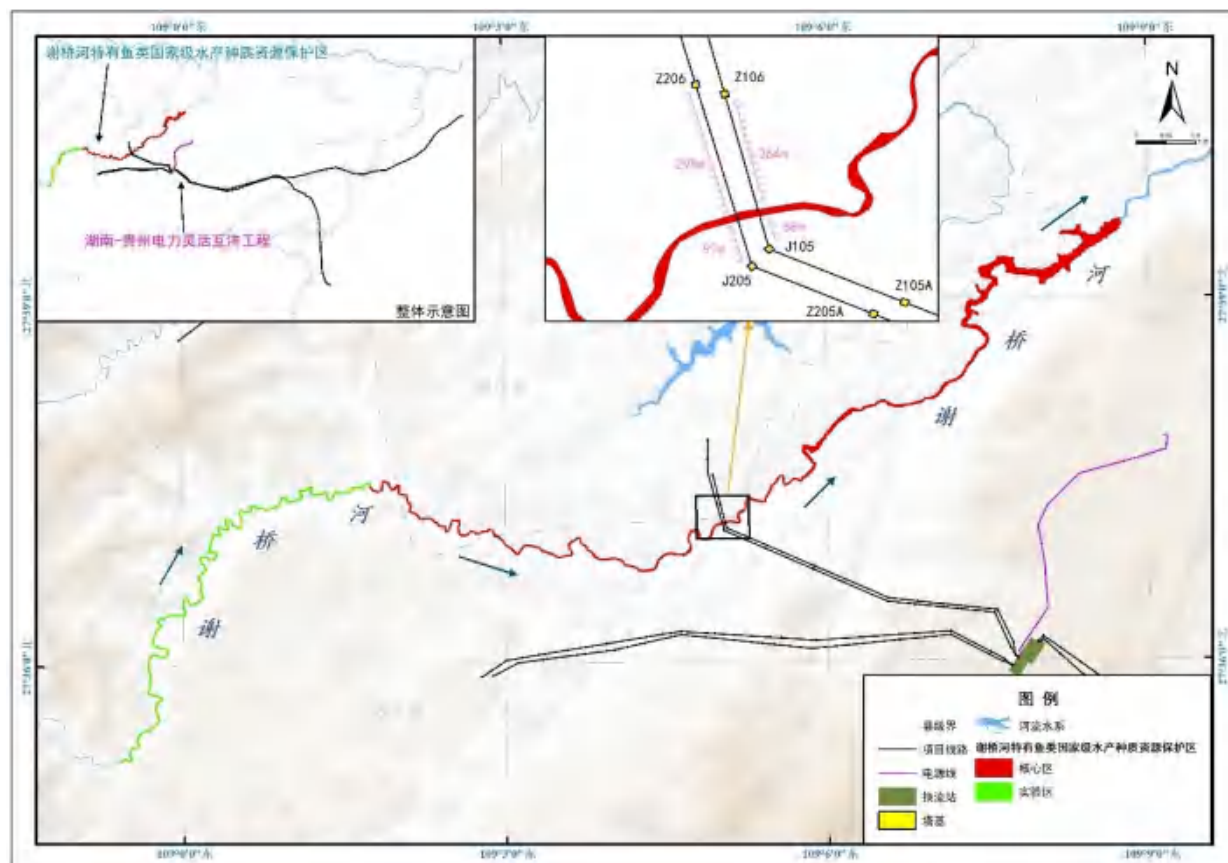


图 3.5-5 工程 500kV 线路与谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区位置关系图

(3) 路径不可避免性分析

根据铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程的路径比选方案，详见 3.5.1.2.3 节分析和图 3.5-6。 π 接线路选择受到成片基本农田、房屋密集区、山茶花种植基地（规划风景区）、鱼塘乡规划区、成片风电规划区等限制性因素影响；另外为避免远期规划 4 回与本期 4 回 500kV 线路形成密集输电通道，需对远期规划线路综合统筹规划路径，预留远期走廊通道，至碧江侧 π 接点需适当北移。因此至碧江侧 π 接点位于谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区西北，换流站位于谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区东南，换流站~碧江 500kV 线路工程（甲、乙线）不可避免的一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区。

换流站~碧江 500kV 线路工程线路从换流站出线后向西南方向走线，穿越万山区生态保护红线后避让贵州万山长寿湖国家湿地公园、万山区鱼塘乡彭水凼集中式饮用水水源保护区跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区后接入 500kV 铜碧甲乙线。换流站~

铜仁 500kV 线路工程线路从换流站出线后向西南方向走线，穿越万山区生态保护红线后接入 500kV 铜碧甲乙线。

推荐方案虽然一档跨越了谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，但是避让了房屋密集区，在生态保护红线较稀疏位置一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区和生态保护红线，减小了生态环境影响。可避免远期规划线路与本次建设换流站~碧江 500kV 甲、乙线线路产生交叉、避免与本期 4 回 500kV 线路形成密集通道（600m 内不得超 4 回）；可避免换流站~铜仁 500kV 线路与远期 14 回 220kV 出线线路产生交叉。

因此，从环境影响、技术经济、工程施工角度分析，换流站~碧江 500kV 线路工程（甲、乙线）跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区具有不可避免性。

（4）推荐方案环境合理性分析

本项目线路采用一档跨越的方式无害化跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，施工期间合理规划施工方案，严格控制施工范围，加强施工期间的管理，工程施工不会对保护区的生态环境产生影响。此外，跨越点附近人为活动频繁，工程施工和运行也不会切断保护区的生态环境的连通性，对区域的鲇鱼、小口白甲、鳊鱼等物种及生境影响较小。从环境保护角度分析，推荐路径方案合理。

（5）水产种质资源保护区主管部门意见

本项目线路一档跨越穿越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区的影响专题已通过贵州省农业农村厅组织的专家审查，并取得了相关审查意见。

3.5.7.1.2 铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区

（1）水源地概况

铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区属于地表水（水库）型水源地。2024 年 11 月由万山区人民政府确定了保护区划分方案并通过评审，目前已上报贵州省人民政府待批复，且已发挥水源地供水功能，服务人口约 26 万人，日均供水量 3.8 万立方米，为县级以上集中式饮用水水源地，供水区域为铜仁市中心城区。

铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区划分为一级保护区、二级保护区，水源保护区总面积为 7.49km²，其中一级、二级保护区面积分别为 0.15km²、7.34km²。同时划分了准保护区，准保护区面积为 16.28km²；取水点位于铜仁市万山区谢桥办事处龙门坳村，经纬度坐标为东经 109°10′54.40″，北纬 27°39′55.44″。

（2）本项目与水源地的位置关系

本项目扩建开天 220kV 变电站位于铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水

源保护区准保护区内，110kV 站外电源线路穿越准保护区约 1262m，立塔 7 基；换流站至边城线路跨越水源保护区准保护区约 50m，不在准保护区内立塔。

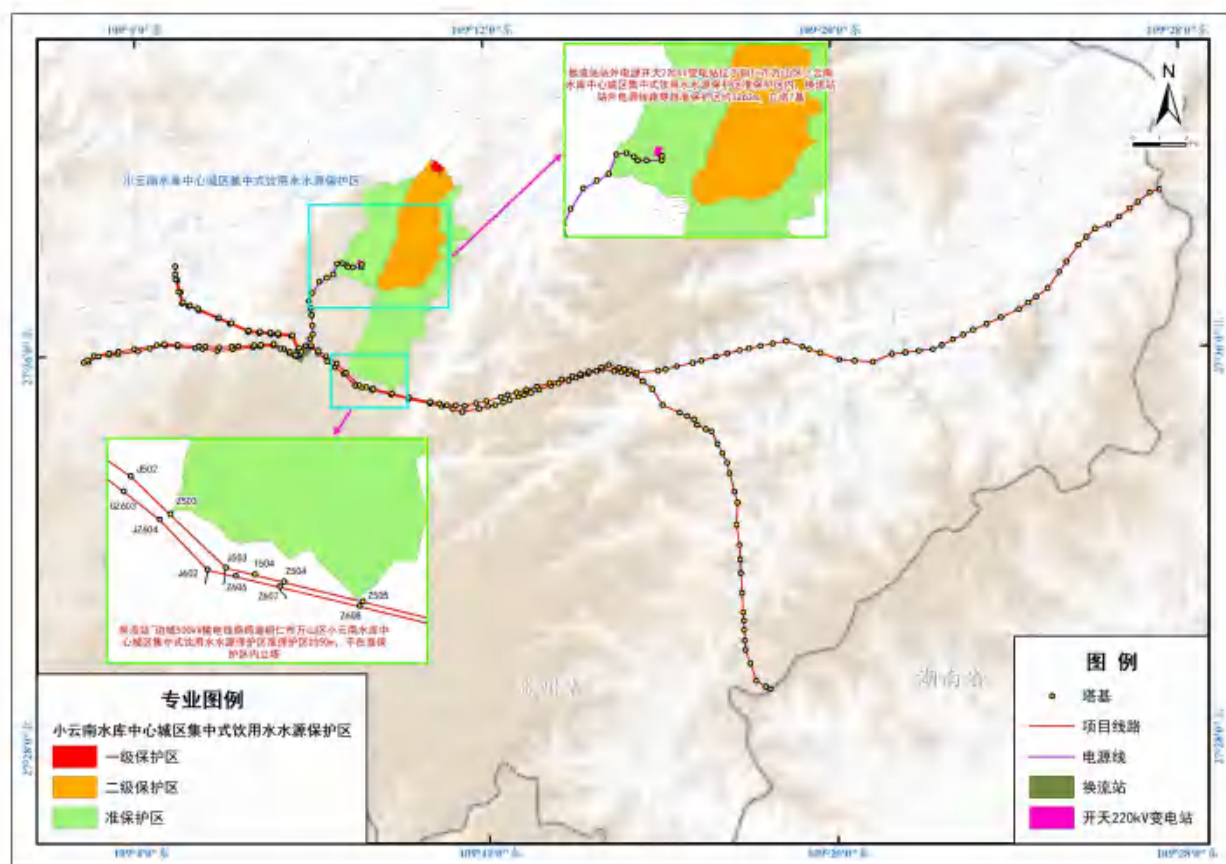


图 3.5-9 本项目与铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区位置关系图

(3) 路径不可避免性分析

1) 换流站 110kV 站外电源线路

根据电力行业标准《换流站站用电设计技术规定》（DL/T5460—2012）对站用电系统的规定，直流换流站应设置三回站用电源，并应从站内、站外各引接一回，另一回引接点需根据技术经济比较后确定。根据本项目换流站推荐站址的位置和周边既有变电站富余容量、可利用间隔情况，选择开天 220kV 变电站作为换流站站外备用电源点可靠性高、富余容量大、经济性好，满足换流站站用电电源引接要求，是站外电源最优且最合理选择。

根据调查，2024 年铜仁市万山区人民政府划定小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区时开天 220kV 变电站已建成投运，且变电站站址位于水库集水范围边缘，因此变电站不可避免的位于水源保护区准保护区内。由于换流站外接电源点位于铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区内，自变电站引接的 110kV 站外电源线路也不可避免穿越水源保护区准保护区。此外，110kV 电源线路自开天变电站出线后向西走线至水源保护区准保护区西侧边界，为避让塘边村桃树寨居民集中分布区线路转向西南走线，线路不可避免再次跨越水源保护区准保护区。110kV 站位电源线路自 110kV 间隔

引接后合理利用站外线路走廊，受站外居民集中分布区的制约，线路路径方案及走向合理且唯一。



图 3.5-10 换流站电源线路穿越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区路径示意图

2) 换流站~边城 500kV 线路

铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区分布面积较大，南北跨距约 9km，其北侧已紧邻铜仁市区，线路向北绕行避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区无法走线。

换流站~边城 500kV 线路跨越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区南侧分布有万山汞都-夜郎谷风景名胜区、生态保护红线、永久基本农田、规划建设区、高铁隧道口、密集房屋区等，线路在水源地附近段拟定了跨越方案和比选方案，各方案及周围限制性因素对比分析如下：

①向南绕行方案（比选方案）

换流站~边城 500kV 线路、换流站~牌楼 500kV 线路向南绕行方案，可避免跨越水源保护区范围。但线路需要增加 4 基杆塔，将穿越更多生态保护红线，生态保护红线范围内需增加 2 基杆塔，生态环境影响增加较大。

因此，从环境影响角度和工程安全角度考虑，向南绕行方案避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区的路径方案不合理。



图 3.5-11 500kV 线路跨越小云南水库中心城区饮用水水源保护区路径方案制约性因素及比选示意图

②改单回并行走线为同塔双回架设方案（比选方案）

根据前文线路架设方式合理性分析，假设换流站至牌楼单回线路和换流站至边城单回线路采用同塔双回架设避让水源保护区，当单回线路需要检修时，需要双回线路同时停电。当该段同塔双回线路同时停电或发生故障情况下，换流站与湖南电网断开，将无法实现湖南—贵州电力灵活互济。且存在运行安全隐患。

因此，从工程安全角度考虑，改单回并行走线为同塔双回架设方案避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区的路径方案不可行。

③换流站～边城 500kV 线路向南平移 10m 方案（比选方案）

换流站～边城 500kV 线路从换流站出线后向东南方向走线，穿越万山区生态保护红线后避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区、万山汞都-夜郎谷风景名胜景区后向东走线。换流站～牌楼 500kV 线路从换流站出线后向西南方向走线，穿越万山区生态保护红线后避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区、万山汞都-夜郎谷风景名胜景区后向东走线。

换流站～边城 500kV 线路路径较跨越水源保护区路径南移 10m，可避免跨越水源保护区范围。但由于该档线路位于山地区，两塔间档距 735m，弧垂大导致导线风偏大，为避免线路发生相间闪络，引发事故，根据《架空输电线路电气设计规程（DL/T 5582-2020）》

中 500kV 线路路径受限制地区杆塔同步排列边导线应满足 13m 的间距，换流站～边城 500kV 线路与南侧换流站～牌楼 500kV 线路需保持中心线间距至少 43m，因此，换流站～边城 500kV 线路无法向南移动，完全避开铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区。因此，从工程安全角度考虑，换流站～边城 500kV 线路较跨越水源保护区路径南移 10m 方案避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区的路径方案不可行。

④换流站～边城 500kV 线路、换流站～牌楼 500kV 线路同时向南平移 10m 方案（比选方案）

换流站～边城 500kV 线路、换流站～牌楼 500kV 线路向南平移 10m，可避免跨越水源保护区范围。但线路南移后 Z608 塔基距离铁路约 73m，不能满足《架空输电线路电气设计规程（DL/T 5582-2020）》中的相关要求。且换流站～牌楼 500kV 线路南移后涉及跨越一处规划建设区，对当地居民建设可能会产生不利影响。

从环境影响角度和工程安全角度考虑，换流站～边城 500kV 线路、换流站～牌楼 500kV 线路向南平移 10m 避让铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区的路径方案不可行。

因此，本项目在该处不可避免的此外，线路一档跨越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区，距离二级保护区约 3.5km，距离一级保护区约 3.7km。保护区内不立塔，无永久和临时占地，工程建设对铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区的水源涵养功能影响有限。因此，从环境影响、技术经济、工程安全角度分析，推荐方案均优于比选方案。

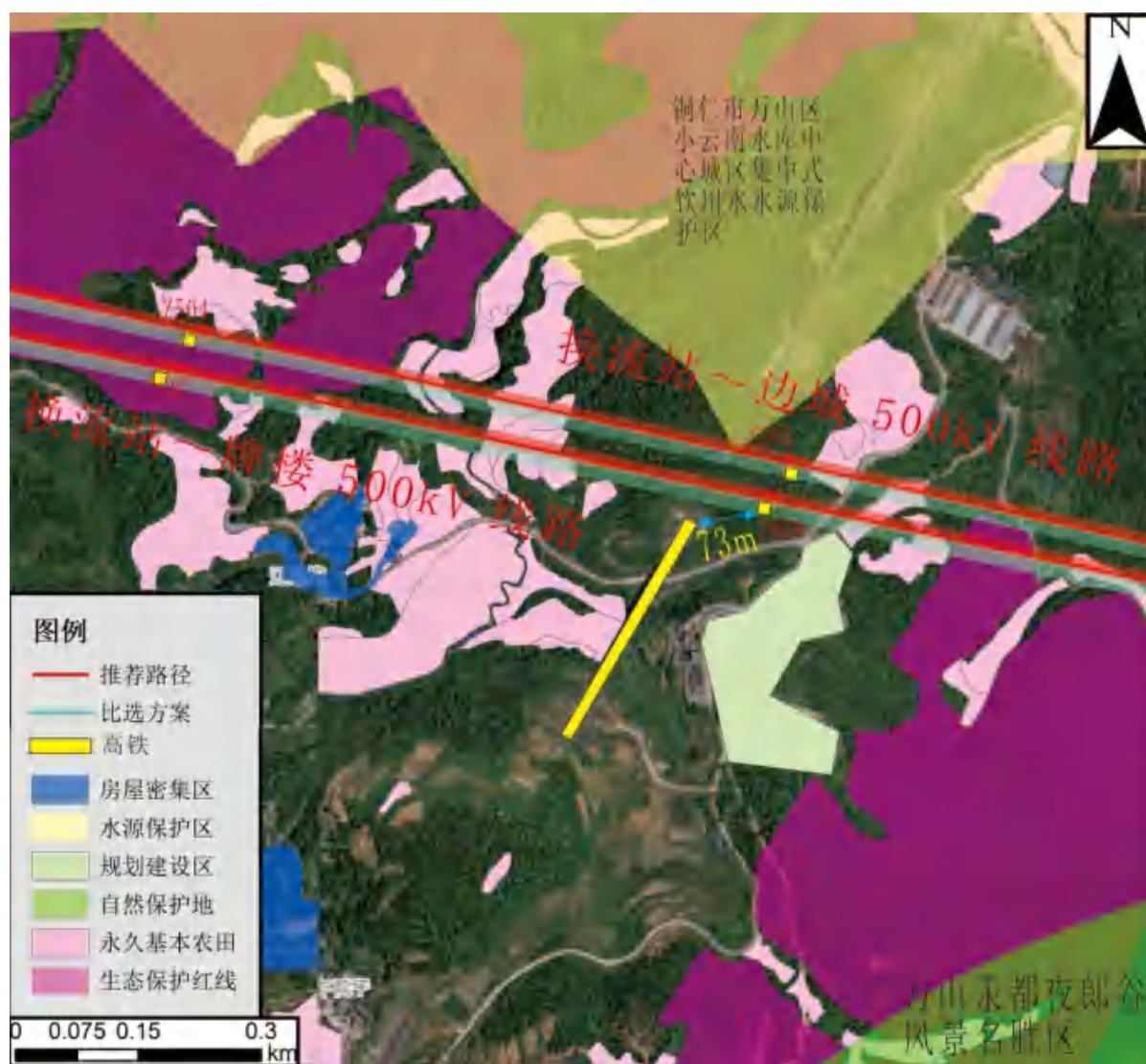


图 3.5-12 500kV 线路跨越小云南水库中心城区饮用水水源保护区路径方案制约性因素及比选示意图

(4) 推荐方案环境合理性分析

本项目换流站配套备用电源点位于铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区内，周边无其他适合电源接入点。为保证本项目换流站正常运行，本项目不可避免需自水源地准保护区内开天 220kV 变电站引接 110kV 输电线路作为备用电源，未穿跨越其一级、二级保护区范围。为了减小对水源保护区的影响，设计阶段从环保角度优化，通过合理选择塔基位置，减少水源保护区准保护区内立塔数量和穿越长度，施工可充分利用既有道路，可降低施工道路等临建设施的工程量，减少植被破坏和水土流失。

本项目换流站~边城 500kV 线路采用一档跨越的方式无害化跨越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区，施工期间合理规划施工方案，严格控制施工范围，加强施工期间的管理，工程施工不会对保护区的生态环境产生影响。此外，500kV 线路运行期无废水产生，不涉及砍伐林木，不会对水源保护区水源涵养功能产生显著不利影响。

本项目施工时将合理规划各线路的施工时序和施工布置，最大限度节约线路走廊和施

工场地占地面积，以降低工程建设对水源保护地的环境影响。总体而言，换流站站外电源线路及换流站～边城 500kV 线路建设对饮用水源保护区环境影响较小。从环境保护角度分析，推荐方案合理。

（5）水源地主管部门意见

本项目穿越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区的路径方案已取得铜仁市生态环境局万山分局的意见。

3.5.7.2 湖南省境内穿（跨）越环境敏感区环境合理性分析

3.5.7.2.1 湖南吉首峒河国家湿地公园

（1）湖南吉首峒河国家湿地公园概况

湖南吉首峒河国家湿地公园位于湖南省湘西州吉首市境内，主要包括吉首境内峒河沿线及八仙湖水库第一重山脊以内为湿地公园的范围。湿地公园由西向东呈带状分布，西起峒河源头小龙村，东到河溪镇与泸溪县交界处。2019 年由国家林草局以“林湿发〔2019〕297 号”批准湖南吉首峒河湿地公园为国家湿地公园，行政主管部门为吉首市峒河国家级湿地公园管理处。湿地公园规划总面积 9253.78hm²，其中湿地面积 612.24hm²，占公园总面积 30.81%。湿地公园规划为保育区、恢复重建区、合理利用区、宣教展示区和恢复重建区五个功能区。

（2）本项目与湖南吉首峒河国家湿地公园位置关系

换流站-边城 500kV 线路工程（湖南段）穿越湿地公园保育区约 0.35km，立塔 2 基。

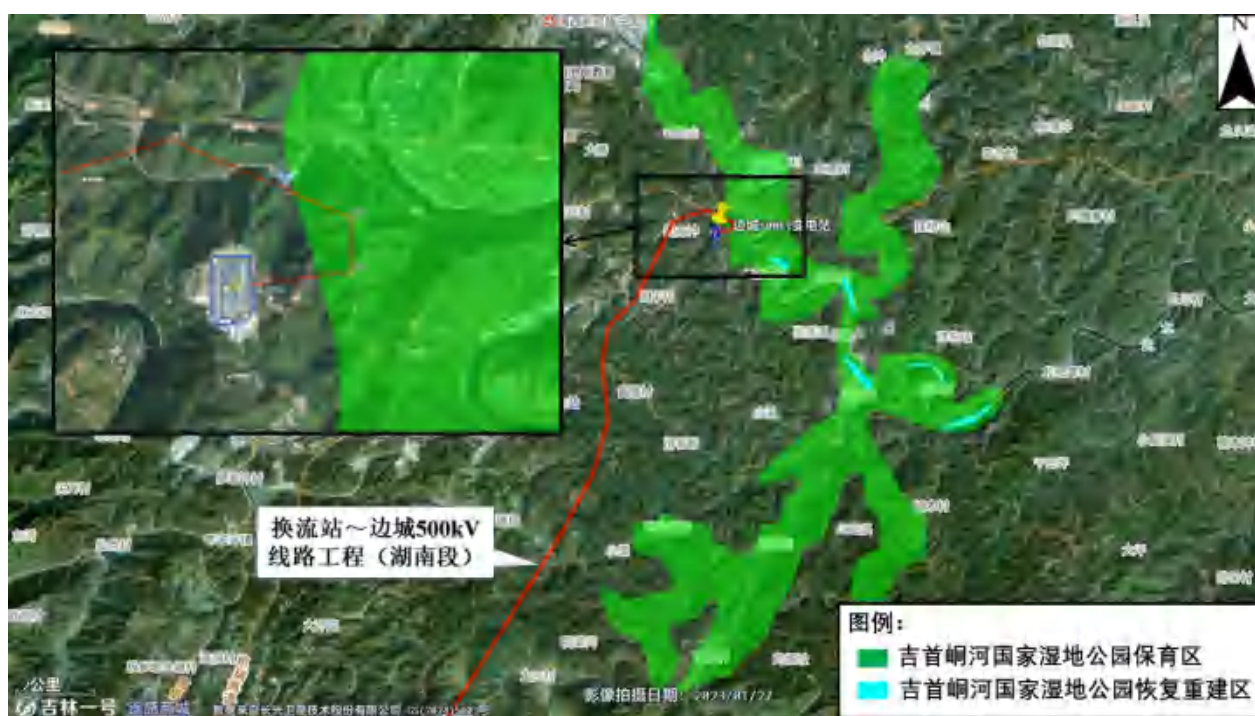


图 3.5-13 本项目与湖南吉首峒河国家湿地公园位置关系图

（3）路径不可避免性分析

边城 500kV 变电站位于山顶，500kV 出线位于站区东侧，吉首峒河国家湿地公园位于边城变东侧 240m，本期 500kV 出线间隔北侧区域均为山谷，地形坡度较大，且有在运 35kV 肖燕线，不具备立塔条件。本期 500kV 出线间隔南侧有 500kV 边牌和边红线，若向南走线需跨越 2 条 500kV 线路，其中 1 条线路检修时，会造成 3 条 500kV 线路均停电，边城变电站面临整站停电的风险，并影响红光和牌楼变电站的供电能力，对区域供电产生非常大的影响，技术上不可行；且跨越万溶江后距离居民密集区较近，施工期和运营期对附近居民的影响较大。所以，本期 500kV 出线避让山谷地形后，不可避免的进入到湿地公园，选择湿地公园边缘区域立塔，采用 2 个连续的大转弯后，先向北，后往西走线，穿越湿地公园保育区约 0.35km，立塔 2 基，最大程度的减少了在湿地公园内的路径长度和立塔数量。



图 3.5-14 线路穿越湖南吉首峒河国家湿地公园路径方案制约性因素

（4）方案环境合理性分析

本项目路径出线后为避让站址东侧山谷地形，选择进入峒河国家湿地公园后往北走线，连续转角后往西走线。线路路径穿越峒河国家湿地公园保育区路径短，线路穿越路径短，立塔数量少，此区域人为活动较频繁，工程建设对湿地公园的湿地生态系统及野生动植物资源影响有限，线路路径距离国道 G319 近，可充分利用既有道路进行施工，进而降低施工道路等临时工程设施的工程量，减少植被破坏和水土流失。同时，输电线路采用架空走线方式穿越，不会在地面形成阻隔，不会切断国家湿地公园内生境的连通性。此外，项目施工时将合理规划线路的施工时序和施工布置，最大限度节约线路走廊和施工临时占地面

积，以降低工程建设对国家湿地公园的生态影响。总体而言，路径方案对国家湿地公园的生态环境影响较小。

从环境保护角度分析，推荐路径方案合理。

（5）湖南吉首峒河国家湿地公园主管部门意见

本项目线路穿越湖南吉首峒河国家湿地公园的路径方案已取得主管部门湖南省林业局的书面同意意见。

3.5.7.2.2 湖南中方澧水国家湿地公园

（1）湖南中方澧水国家湿地公园概况

湖南省中方县澧水国家级湿地公园于 2016 年正式获国家林业局批准试点建设，公园位于湖南省中方县西南部，北起澧水中方县与鹤城区交界处，南至澧水中方县与洪江市交界处，以澧水中方段及两岸河洲漫滩、五龙溪水库和乌溪水库为主体，涵盖五龙溪和毛利溪两条入河溪流及周边部分山地，总面积 1120 hm²。湿地公园地处雪峰山脉西麓，地貌以丘陵、岗地和河谷平原为主。

（2）本项目与湖南中方澧水国家湿地公园位置关系

换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）利旧 500kV 牌边线交流线路穿越湿地公园保育区约 0.65km，本期仅挂线不新建杆塔，最近新建杆塔距湿地公园约 1.2km。



图 3.5-15 本项目与湖南中方澧水国家湿地公园位置关系图

（3）路径不可避免性分析及环境合理性分析

本项目在中方县由东向西走线，湖南中方澧水国家湿地公园保护区在中方县南北分布，南北向距离约 30km，保护区范围较大。若往南、北绕行，需开辟新的走廊避让中方县县城

和沿途房屋密集区，绕行距离远，对沿途生态环境和居民区造成的影响较大。因此，为保护沿途生态环境、避让中方县和民房密集区，不可避免穿越湖南中方澧水国家湿地公园，利用原有已建边牌线 2 基杆塔穿越湿地公园保育区约 0.65km，本项目仅挂线不新建杆塔。



图 3.5-16 线路穿越湖南中方澧水国家湿地公园路径方案制约性因素

(4) 路径环境合理性分析

本项目穿越湿地公园段选择利用 2 基已建 500kV 同塔双回牌边线（原来仅单边挂线），本项目仅挂线，不在保护区范围内新建杆塔，湿地公园内无永久占地，施工期不进行立塔作业，不设置牵张场和塔基施工区域临时施工用地，采用无人机挂线，减少对湿地公园的扰动，降低工程建设对国家湿地公园的生态影响。总体而言，路径方案对国家湿地公园的生态环境影响较小。

(5) 湖南中方澧水国家湿地公园主管部门意见

本项目线路穿越湖南中方澧水国家湿地公园的路径方案已取得主管部门湖南省林业局的书面同意意见。

3.5.7.3 与环境敏感区相关法律法规相符性分析

(1) 与《国家级自然公园管理办法（试行）》相符性分析

本项目不属于《国家级自然公园管理办法（试行）》（林保规〔2023〕4 号；2024.4.10）第十八条规定的禁止行为；根据第十八条规定：“禁止擅自在国家级自然公园内从事采矿、房地产、开发区、高尔夫球场、风力光伏电场等不符合管控要求的开发活动。禁止违规侵占国家级自然公园，排放不符合水污染物排放标准的工业废水、生活污水及其他的废水、污水，倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物等污染生态环境的行为。”本项目线

路经设计优化后仍无法避让湖南吉首峒河国家湿地公园、湖南中方澧水国家湿地公园，施工期对湿地公园的影响较小；且输变电路运营期无废水、废气产生，目前已取得湖南省林业局原则同意意见。综上所述，本项目建设符合《国家级自然公园管理办法（试行）》相关规定。

（2）与湿地保护相关法律、法规相符性分析

根据《中华人民共和国湿地保护法》第二十八条：“禁止下列破坏湿地及其生态功能的行为：1）开（围）垦、排干自然湿地，永久性截断自然湿地水源；2）擅自填埋自然湿地，擅自采砂、采矿、取土；3）排放不符合水污染物排放标准的工业废水、生活污水及其他污染湿地的废水、污水，倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物；4）过度放牧或者滥采野生植物，过度捕捞或者灭绝式捕捞，过度施肥、投药、投放饵料等污染湿地的种植养殖行为；5）其他破坏湿地及其生态功能的行为”。

根据《湖南省湿地保护条例》第十条：“严格控制开垦或者占用湿地。因重点建设等原因需要开垦或者占用湿地的，必须依法进行环境影响评价”。第十三条：“禁止违反环境保护法律、法规向湿地排放废水和倾倒固体废弃物等污染物”。第十四条：“禁止在湿地狩猎、捕捞、采集国家和本省保护的野生动植物。禁止捕杀候鸟。在候鸟越冬、越夏期，不得在候鸟主要栖息地进行捕鱼、捡拾鸟蛋等危及候鸟生存、繁衍的活动”。

本项目为《“十四五”电力发展规划中期滚动调整意见》中跨省跨区输电通道重点项目之一，项目输电线路在湖南省穿越2处国家湿地公园，不属于《中华人民共和国湿地保护法》《湖南省湿地保护条例》中禁止建设活动，对于占用的湿地范围，将按照“先补后占、占补平衡”的原则办理相关占补平衡及征用地手续。对于施工期占用的临时占地，占用期限仅约3个月左右、不会超过2年，施工结束后对施工临时占地按照原地貌植被类型进行生态恢复。目前，线路穿越湖南吉首峒河国家湿地公园、湖南中方澧水国家湿地公园已取得了湖南省林业局原则同意的意见。因此本项目建设符合《中华人民共和国湿地保护法》《湖南省湿地保护条例》等相关法律、法规规定的要求。

（3）与《水产种质资源保护区管理暂行办法（2016年修正本）》符合性分析

《水产种质资源保护区管理暂行办法（2016年修正本）》第十五条 农业部应当针对国家级水产种质资源保护区主要保护对象的繁殖期、幼体生长期等生长繁育关键阶段设定特别保护期。特别保护期内不得从事捕捞、爆破作业以及其他可能对保护区内生物资源和生态环境造成损害的活动。第十六条 在水产种质资源保护区内从事修建水利工程、疏浚航道、建闸筑坝、勘探和开采矿产资源、港口建设等工程建设的，或者在水产种质资源保护区外从事可能损害保护区功能的工程建设活动的，应当按照国家有关规定编制建设项目

对水产种质资源保护区的影响专题论证报告，并将其纳入环境影响评价报告书。

本项目为电网建设项目，拟建线路一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，不在水产种质资源保护区内立塔，工程在水产种质资源保护区的范围内无永久及临时占地；本项目线路一档跨越穿越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区的影响专题已通过贵州省农业农村厅组织的专家审查，并取得了相关审查意见。本项目与《水产种质资源保护区管理暂行办法（2016年修正本）》等水产种质资源保护区法律法规要求不冲突。

（4）与《中华人民共和国水污染防治法》《贵州省饮用水水源环境保护办法》符合性分析

根据《中华人民共和国水污染防治法》第五十八条：“禁止在饮用水水源一级保护区内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目；已建成的与供水设施和保护水源无关的建设项目，由县级以上人民政府责令拆除或者关闭”。第五十九条：“禁止在饮用水水源二级保护区内新建、改建、扩建排放污染物的建设项目”。

根据《贵州省饮用水水源环境保护办法》第十五条：“饮用水水源准保护区内禁止下列行为：新建、扩建在严重污染水体清单内的建设项目；改建增加排污量的建设项目；破坏水源涵养林、护岸林等与水源保护相关植被的活动；使用农药、丢弃农药、农药包装物或者清洗施药器械；炸鱼、电鱼、毒鱼，用非法渔具捕鱼；生产、销售、使用含磷洗涤剂；从事网箱养殖、围栏养殖、投饵养殖、施肥养殖；其他破坏水环境的行为”。

本项目选址选线时按照尽量避让饮用水水源保护区等环境敏感区的原则来开展。最终因地方规划、自然保护地范围、既有输变电位置、不良地质条件等设施对路径的影响，本项目输电线路确实无法避让饮用水水源保护区，需在饮用水水源准保护区立塔。工程输电线路在饮用水水源一级保护区、二级保护区水域和陆域范围内不立塔，无任何建设内容和地面设施。对于线路穿越的饮用水水源保护区，已取得铜仁市生态环境局万山分局的书面意见。架空输电线路本质上是一种电能传输介质，输电铁塔和架空线路运行期不会排放工业废水、废气、废渣等污染物，产生的电磁环境和声环境影响属于物理影响因子，也不会对附近区域水体产生影响。

本项目输电线路施工期不在水源保护区及其他地表水体周边不设置施工营地，在临近地表实体施工过程中，要求做好施工机具的隔离铺垫措施，施工废水经沉淀处理后回用，避免废水、废渣进入水源保护区水体；施工完成后按“工完、料尽、场地清”的要求及时清运建筑垃圾、生产垃圾等固体废弃物，按地方环卫部门要求进行处置，禁止在地表水体及内及周边弃渣。换流站邻近水源保护区准保护区，将采取严格的防渗措施和风险防范措施，以防止施工活动对水源保护区产生影响。在严格落实各项污染防治措施后，工程建设对饮

用水水源保护区等水体的环境影响较小，环境风险可控。

因此，项目建设与《中华人民共和国水污染防治法》等相关文件的要求不相冲突。

3.5.8 与生态保护红线相关政策的相符性分析

3.5.8.1 线路穿越贵州省生态保护红线不可避让性分析

3.5.8.1.1 贵州省生态保护红线概况及本项目穿越情况

2022年11月，自然资源部办公厅以《关于辽宁等省启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2341号）正式启用贵州省“三区三线”划定成果。

本项目输电线路在贵州省铜仁市境内穿越贵州省生态保护红线长度约31.67km，立塔约80基，为水源涵养类型，项目与贵州省生态保护红线位置相对关系见下图、下表。

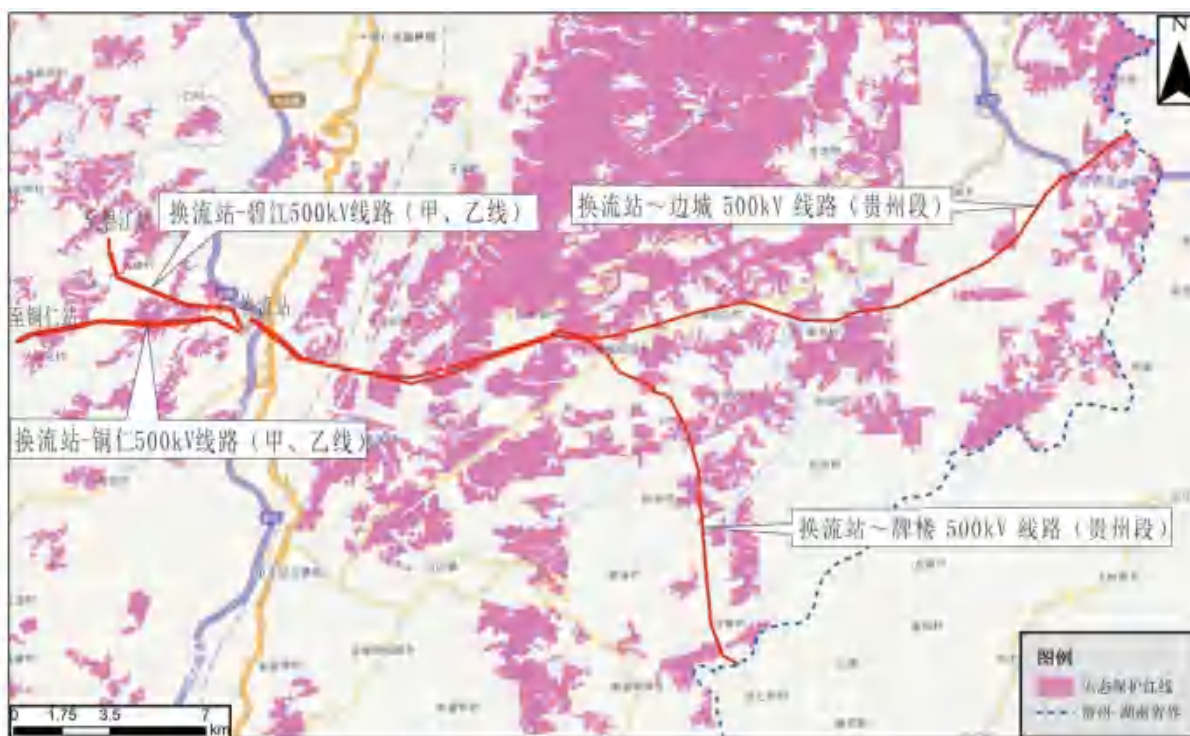


图 3.5-17 工程线路与贵州省铜仁市生态保护红线位置关系图

表 3.5-7 本项目穿越贵州省生态保护红线情况一览表

序号	行政区域	生态保护红线名称	类型	穿越长度（km）	立塔数量
1	贵州省 铜仁市	水源涵养生态保护红线	水源涵养	31.67km	80 基

3.5.8.1.2 路径不可避让性分析

（1）铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路

铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路沿线有谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区、贵州万山长寿湖国家湿地公园、万山区鱼塘乡彭水沱集中式饮用水水源保护区、房屋密集区、永久基本农田、鱼塘乡规划区、山茶花种植基地、风电规划区。经与主管部门对

接，为避让这些限制性因素 500kV 线路不可避免在铜仁市武陵山水源涵养生态保护红线。穿越生态保护红线长约 9.6km，生态保护红线范围内立塔 26 基。

①铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路至铜仁侧从换流站出线后向南避让生态保护红线范围，再避让山茶花种植基地（规划风景区）向北走线，可避让生态保护红线范围。但绕行线路为避免在基本农田内立塔需长档距走线，线路需 90° 转角，线路运行安全保障性较差，且不可避免跨越 3 处房屋密集区，电磁环境、声环境影响较大，避让线路不合理。

铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路至碧江侧从换流站出线后向北避让生态保护红线范围，再向西走线，可减少生态保护红线范围走线长度。但绕行线路需跨越贵州万山长寿湖国家湿地公园，线路较长、立塔较多，占地面积更大，且仍穿越生态保护红线，生态环境影响较大，避让线路不合理。

②在保证并行线路安全的前提下，铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路至铜仁侧改接后向北避让生态保护红线范围，然后向南走线避让生态保护红线范围，可避让生态保护红线范围。但绕行线路需较推荐线路 11 基塔基础上多新建 12 基塔，占地面积翻倍，且不可避免的跨越 1 处房屋密集区，生态环境、电磁环境、声环境影响较大，避让线路不合理。



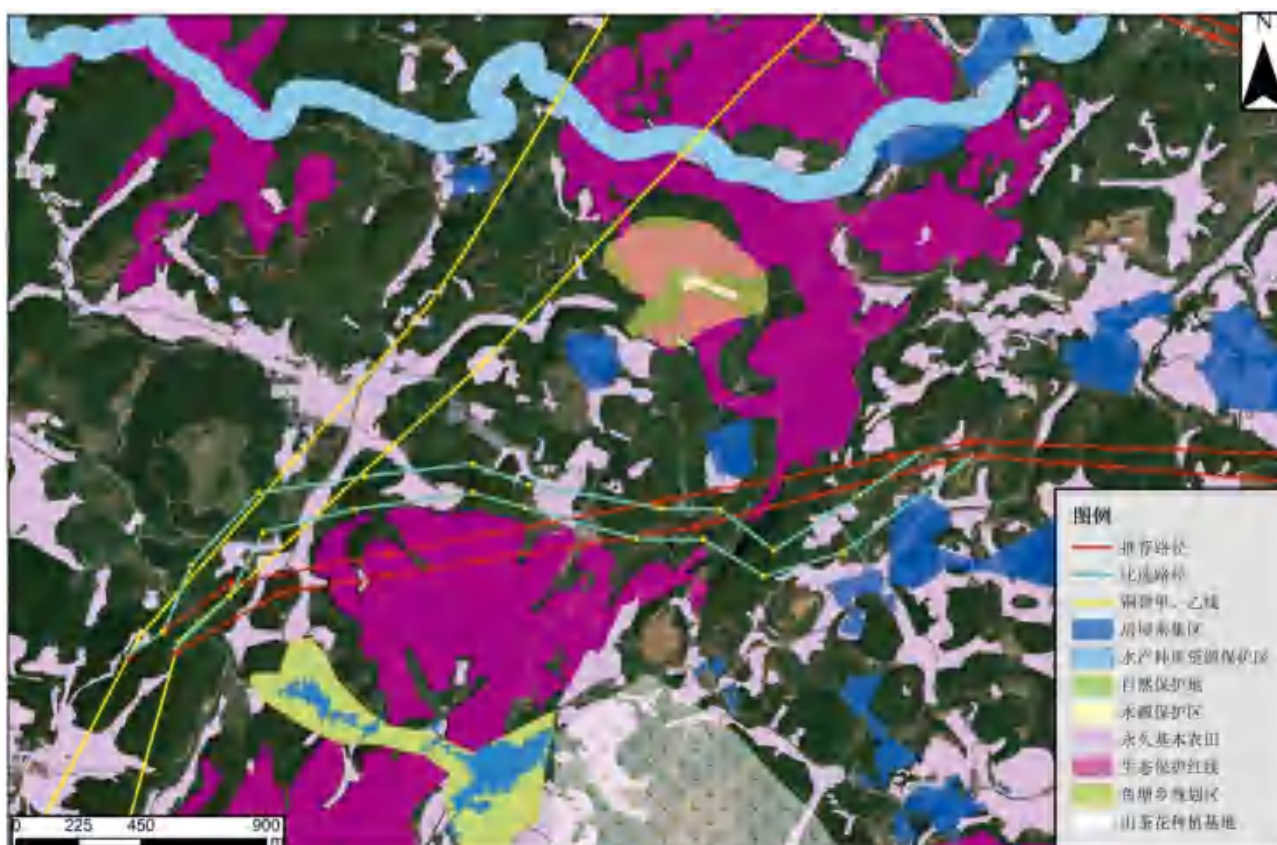


图 3.5-19 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路制约性因素位置关系图

③铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路至碧江侧从改接点附近跨谢桥河位置两侧分布有大面积成片生态保护红线，且两片中间有稀疏生态保护红线、谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区连接，且北侧分布有贵州万山长寿湖国家湿地公园，线路在此处不可避免的跨越生态保护红线范围，推荐线路在生态保护红线最稀疏处跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区及生态保护红线，生态环境影响相对较小，此处推荐线路路径方案合理。



图 3.5-20 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路制约性因素位置关系图

综上所述，从环境保护角度分析，铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路穿过生态保护红线路径具有不可避免性。

(2) 换流站～边城 500kV 线路（贵州段）

换流站～边城 500kV 线路（贵州段）沿线生态保护红线连片分布，沿线北侧有九龙洞风景名胜区、万山区敖寨乡正冲湾集中式饮用水水源保护区、铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区、矿区、房屋密集区等控制因素，沿线南侧有汞都-夜郎谷风景名胜区、高楼坪琴门水库集中式饮用水水源、矿区、矿区、房屋密集区等控制因素。经与主管部门对接，为避让这些限制性因素 500kV 线路不可避免穿越了铜仁市武陵山水源涵养生态保护红线。跨越生态保护红线长约 11.87km，生态保护红线范围内立塔 29 基。

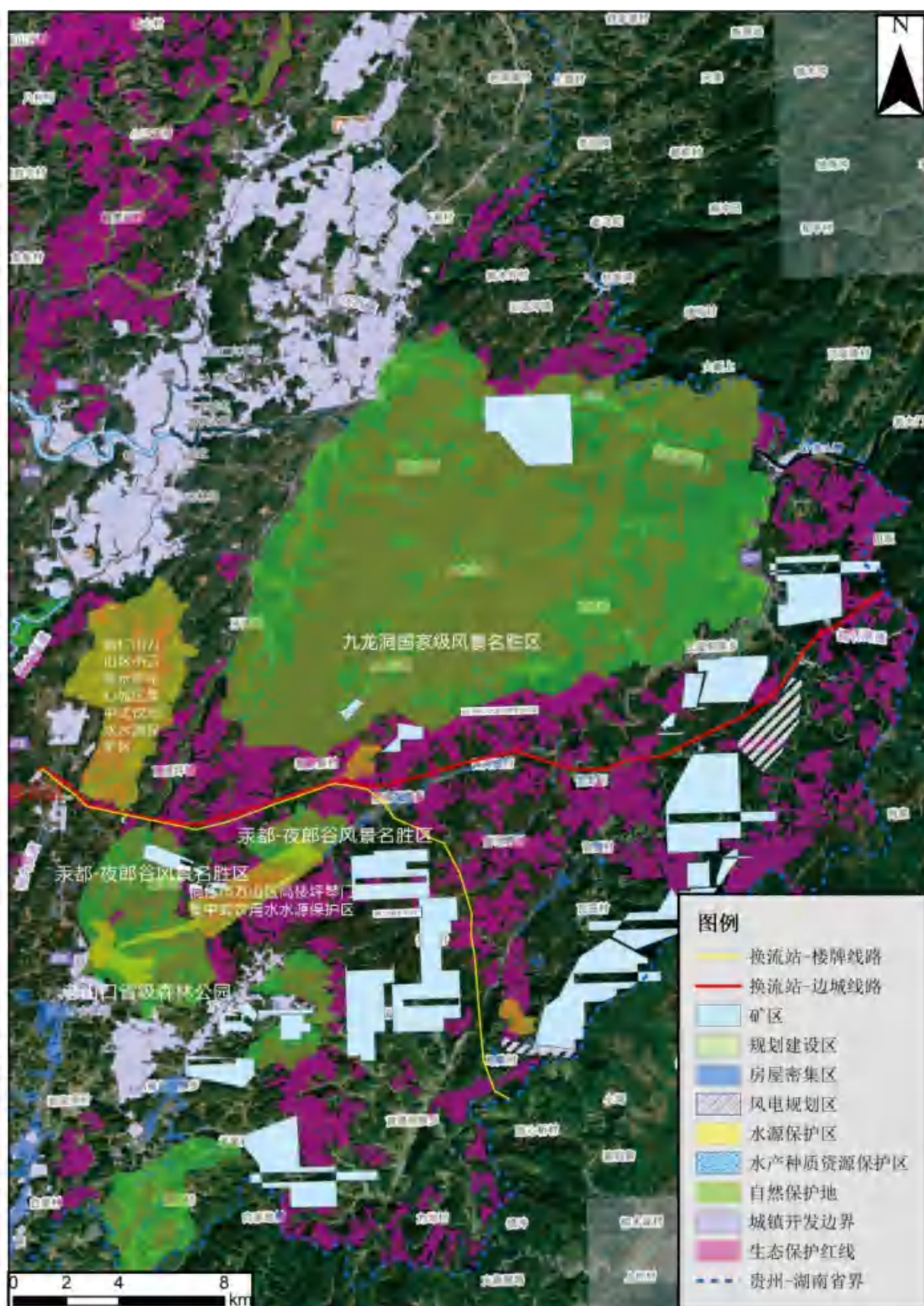


图 3.5-21 换流站~边城 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

换流站~边城 500kV 线路（贵州段）推荐线路沿线生态保护红线基本连片分布，仅两处线路南侧生态保护红线不连接，详见下图。

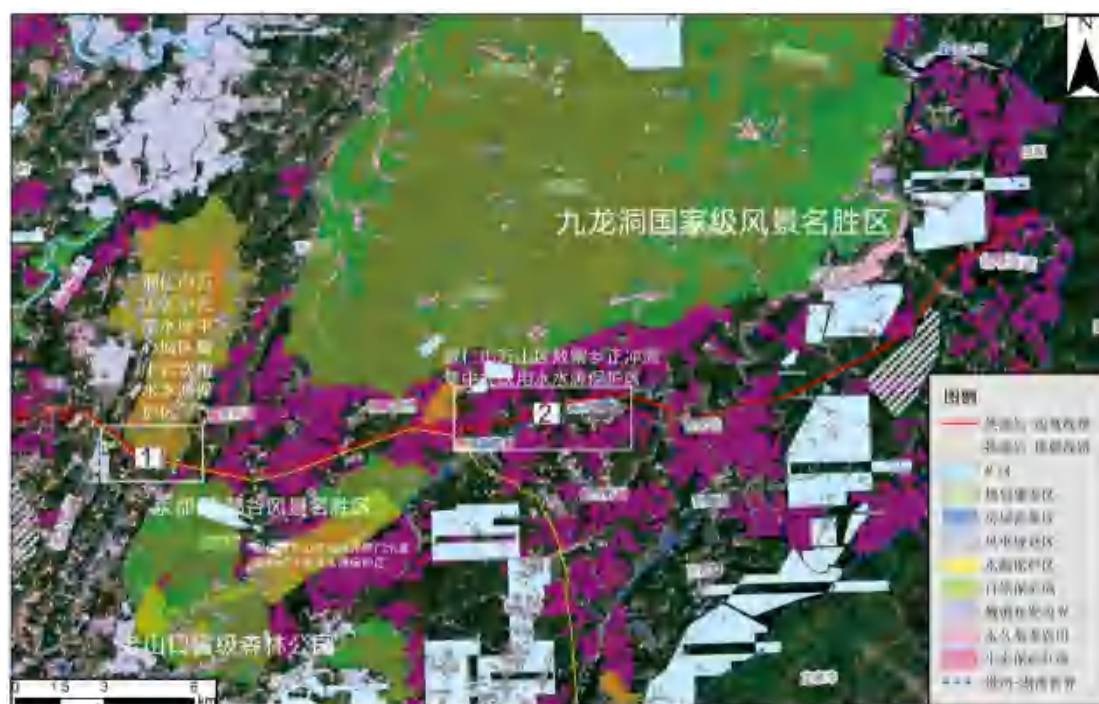


图 3.5-22 换流站~边城 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

①处为换流站~边城 500kV 线路（贵州段）与换流站~牌楼 500kV 线路（贵州段）并行段，比选线路从换流站出线后避让规划建设区后向南避让生态保护红线范围然后向东走线，避让房屋集中区、高铁、规划建设区后经生态保护红线后接入推荐线路，比选线路可减少在生态保护红线范围内线路长度。但该线路受房屋集中区、高铁、规划建设区制约无法完全避让生态保护红线范围，且在红线内立塔数不减少，比选线路需 90° 转角，线路运行安全保障性较差，且线路较推荐线路长，立塔数量多、占地面积，避让线路不合理。



图 3.5-23 换流站~边城 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

②处生态保护红线不连接，无生态保护红线处为山谷，为房屋密集区，无法走线，推荐线路在生态保护红线较稀疏处跨越生态保护红线，生态环境影响相对较小，此处推荐线路路径方案合理。



图 3.5-24 换流站～边城 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

综上所述，从环境保护角度分析，换流站～边城 500kV 线路（贵州段）穿过生态保护红线路径具有不可避让性。

（3）换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）

换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）沿线生态保护红线分布较广，沿线有九龙洞风景名胜区、万山汞都-夜郎谷风景名胜区、万山区敖寨乡正冲湾集中式饮用水水源保护区、万山区茶店办事处土麻山集中式饮用水水源保护区、万山区下溪乡两岔河集中式饮用水水源保护区、高楼坪琴门水库集中式饮用水水源、铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区、矿区、房屋密集区等控制因素。经与主管部门对接，为避让这些限制性因素 500kV 线路不可避免穿越了铜仁市武陵山水源涵养生态保护红线。跨越生态保护红线长约 10.2km，生态保护红线范围内立塔 25 基。



图 3.5-25 换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

①换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）自换流站出线至桐木坪段，沿线有九龙洞风景名胜区、万山汞都-夜郎谷风景名胜区、万山区敖寨乡正冲湾集中式饮用水水源保护区、万山区茶店办事处土麻山集中式饮用水水源保护区、铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区、高楼坪琴门水库集中式饮用水水源等连片分布，受这些限制性因素限制，线路不可避免的跨越生态保护红线范围。该段线路仅 1 处线路南侧生态保护红线不连接，为换流站～边城 500kV 线路（贵州段）与换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）并行段，受房屋集中区、高铁、规划建设区制约无法完全避让生态保护红线范围，详见下图。



图 3.5-26 换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

②线路自桐木坪出线贵州-湖南省界段，沿线有连片生态保护红线、连片矿区、万山区下溪乡两岔河集中式饮用水水源保护区、房屋密集区分布，在避让矿区、万山区下溪乡两岔河集中式饮用水水源保护区、房屋密集区后规划了一条向东绕行的比选路径，绕行段 11.5km，较推荐路径 4.9km 线路长度增加约 6.6km。比选路径立塔较多，永久占地和临时占地面积较大，生态环境影响较大，比选路径不合理。

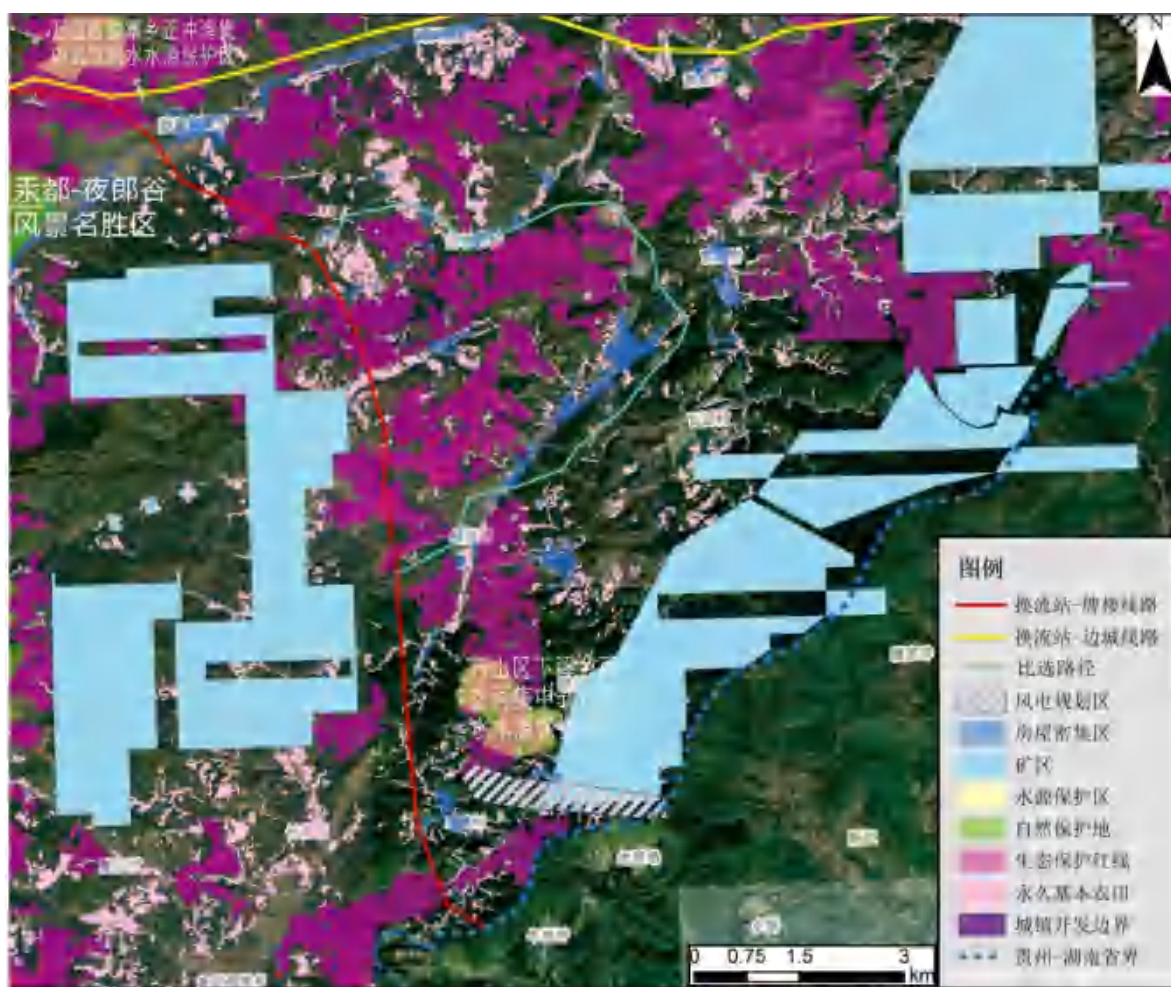


图 3.5-27 换流站~牌楼 500kV 线路（贵州段）制约性因素位置关系图

3.5.8.1.3 推荐方案环境合理性分析

项目施工时将合理规划线路的施工时序和施工布置，最大限度节约线路走廊和施工场地占地面积，以降低工程建设对生态保护红线内的生态影响。为了减小对生态保护红线的影响，设计上通过合理选择塔基位置，利用地形，加大档距等方式，以尽可能减少生态保护红线内的塔基数量。同时，输电线路采用架空走线、间隔占地的方式穿越红线范围，不会在地面形成阻隔，不会切断生态保护红线内生境的连通性。总体而言，推荐路径方案对生态保护红线内的生态环境影响较小。从环境保护角度分析，推荐路径方案合理。

3.5.8.1.4 生态保护红线主管部门意见

本项目已取得贵州省自然资源厅的建设项目用地预审与选址意见书。

3.5.8.2 线路穿越湖南省生态保护红线不可避免性分析

3.5.8.2.1 湖南省生态保护红线概况及本项目穿越情况

2022 年 9 月，自然资源部办公厅以《关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2080 号）正式启用湖南省“三区三线”划定成果。

本项目输电线路在湖南省怀化市、湘西土家族苗族自治州境内穿越湖南省生态保护红线长度约 12.68km，立塔约 35 基，类型为雪峰山和武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线。本项目与湖南省生态保护红线相对位置关系示意图见下图、下表。

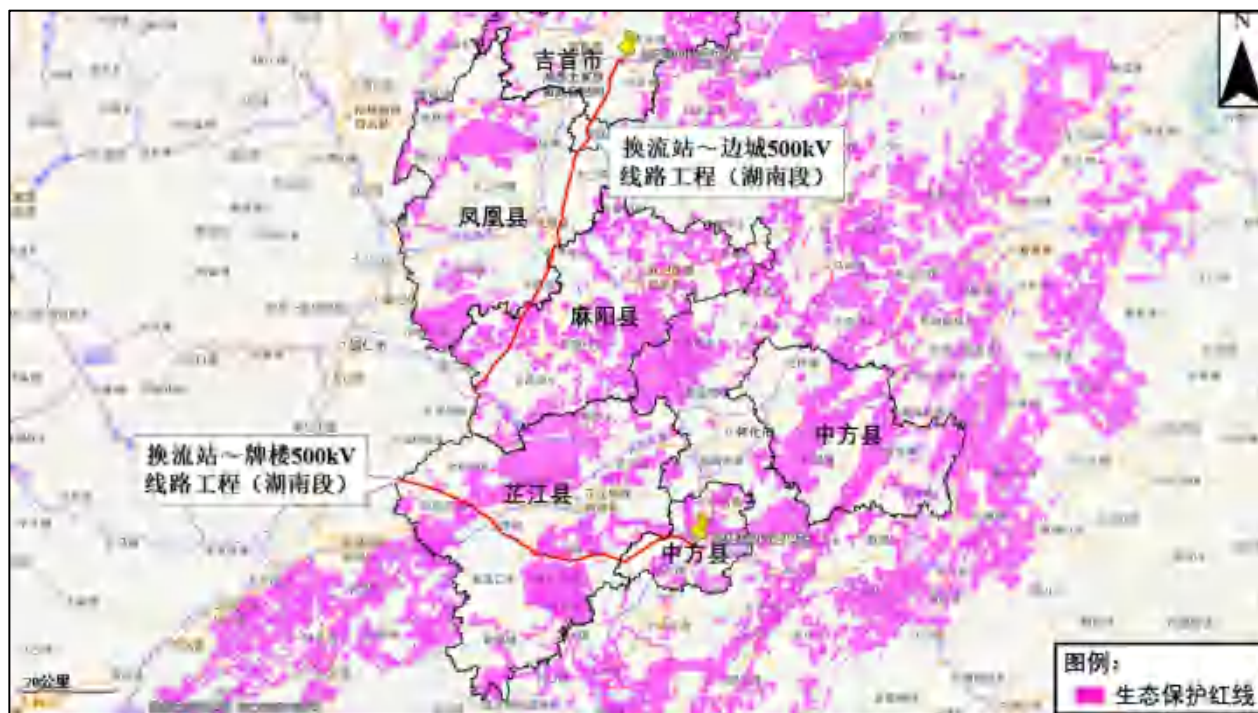


图 3.5-28 工程线路与湖南省怀化市、湘西州生态保护红线位置关系图

表 3.5-8 本项目穿越湖南省生态保护红线情况一览表

序号	行政区域	生态保护红线名称	类型	穿越长度（km）	立塔数量
换流站-边城 500kV 线路工程（湖南段）					
1	湘西州吉首市	武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线	生物多样性维护	约 7.45km（与峒河国家湿地公园重叠 0.35km）	20 基（其中 2 基位于峒河国家湿地公园）
2	怀化市麻阳县				
换流站-牌楼 500kV 线路工程（湖南段）					
3	怀化市芷江县	雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线	生物多样性维护	约 5.23km（与溇水国家湿地公园重叠 0.65km，本期仅挂线）	15 基
4	怀化市中方县				

3.5.8.2.2 路径不可避免性分析

(1) 湘西自治州吉首市段武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线

换流站-边城 500kV 线路工程 (湖南段) 在吉首市境内穿越武陵山水源涵养和生物多样性维护生态保护红线线，立塔 2 基，穿越长度约 0.35km，占地约 0.1164hm²，此段与湖南吉首峒河国家湿地公园重叠，路径不可避免性分析与穿越吉首峒河国家湿地公园一致。



图 3.5-17 工程线路与湘西州吉首市生态保护红线位置关系图

(2) 怀化市麻阳县段武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线

换流站-边城 500kV 线路工程（湖南段）在麻阳县境内穿越武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，立塔 18 基，穿越长度约 7.1km，占地面积约 0.4773hm²。



图 3.5-29 工程线路与怀化市麻阳县境内生态保护红线位置关系图

换流站-边城 500kV 线路工程（湖南段）在麻阳县段分布有麻阳西晃山省级森林公园、湿地公园、生态保护红线、饮用水水源保护区、风电场、城镇规划区和矿区等控制因素。武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线在麻阳县境内范围较广，成东至西向连片

分布，本项目线路为东北至西南走线，为避让西晃山省级森林公园、锦和镇、尧市镇、文昌阁乡和沿辰水河分布的房屋密集区、水源保护区、矿区、风电场等，不可避免的穿越了武陵山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，穿越长度约 7.1km，立塔 18 基。

（3）怀化市中方县段雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线

换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）在中方县境内穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，穿越长度约 0.65km。中方县段生态保护红线与中方澧水国家湿地公园重叠，利用原有已建边牌线 2 基杆塔穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线约 0.65km，本项目仅挂线不新建杆塔，路径不可避让性分析与穿越中方澧水国家湿地公园一致。



图 3.5-30 工程线路与怀化市中方县境内生态保护红线位置关系图

（4）怀化市芷江县段雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线

1) 换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）在怀化市芷江县水宽乡穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，立塔 3 基，穿越长度约 0.96km，占地面积约 0.0677hm²。

换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）在怀化市芷江县水宽乡附近分布有大范围的生态保护红线。若线路向北绕行，绕行长度增加约 10km 以上，相应的占用林地和耕地面积会更多，同时可能产生更多的居民房屋拆迁，对沿途生态环境和居民造成影响更大。另外，线路需跨越 500kV 边牌线和沪昆高速，不利于后期运行维护和区域电力稳定运行；若向南绕行，绕行长度增加约 5km 以上，相应的占用林地和耕地面积会更多，同时可能产

生更多的居民房屋拆迁，对沿途生态环境和居民造成影响更大，且需开辟新的走廊 2 次穿越中方澧水国家湿地公园，对湿地公园产生更多的影响。所以，本项目路径选择在生态保护红线分布较少区域中间走线，但由于线路沿线分布有中方县芭蕉矿区金矿和芷江县拾担井田（煤炭），且线路与矿区至少保持 500m 的安全距离，线路不可避免的穿越了雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，穿越长度约 0.96km，立塔 3 基。

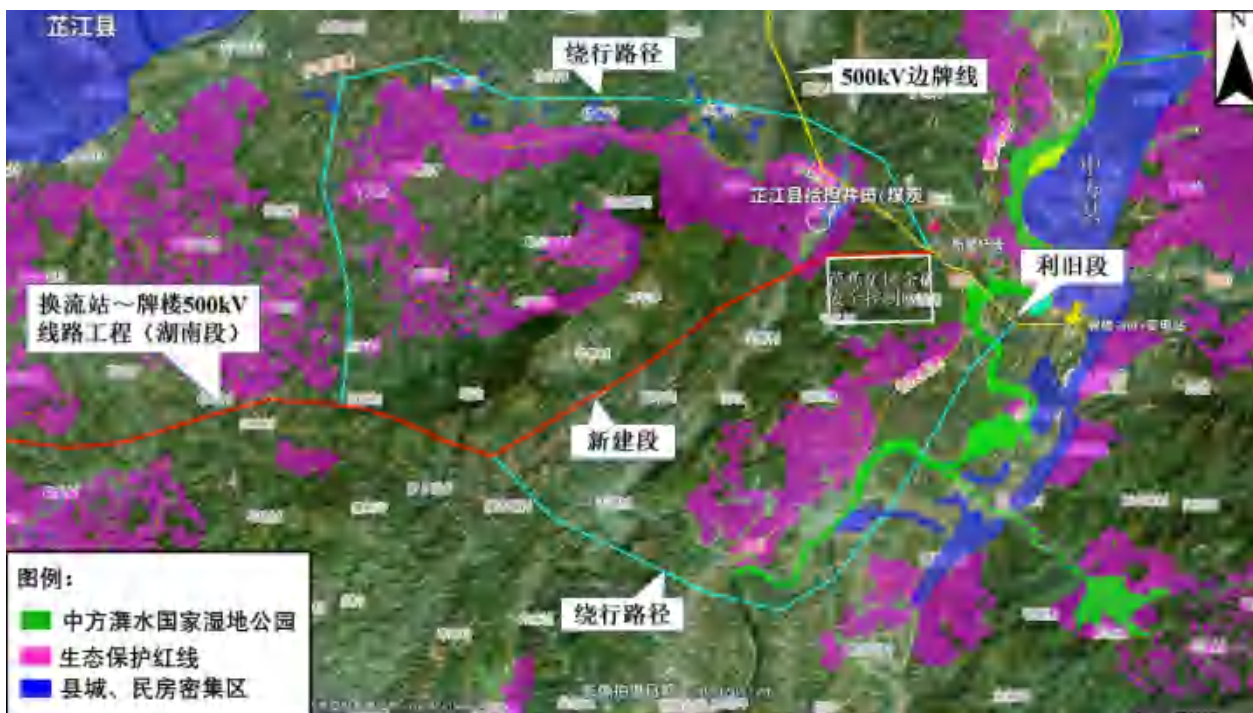


图 3.5-31 芷江县水宽乡段雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线选线限制性因素示意图

2) 换流站~牌楼 500kV 线路工程(湖南段)在怀化市芷江县楠木坪镇、芷江镇穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线,立塔 3 基,穿越长度约 0.7km,占地面积约 0.0355hm²。

换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）在怀化市芷江县楠木坪镇、芷江镇附近分布有大范围的生态保护红线，路径在南、北两大片生态保护红线中间走线。线路若往北侧绕行，将穿越芷江县城，且路径长度将增加较多，相应的占用林地和耕地面积会更多，同时可能产生更多的居民房屋拆迁，对沿途生态环境和居民造成影响更大；若往南绕行，生态保护红线范围广，路径长度将成倍增加，对沿途生态环境和居民造成影响更大。所以，本项目路径选择在生态保护红线分布中间区域走线，但由于此区域属于芷江机场净空管控，需控制立塔高度，线路南侧非红线区域有成片高山，海拔高，立塔后海拔高度将超过机场净空管控的高程，不满足净空管控要求。因此，，线路不可避免的穿越了雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，穿越长度约 0.7km，立塔 3 基。

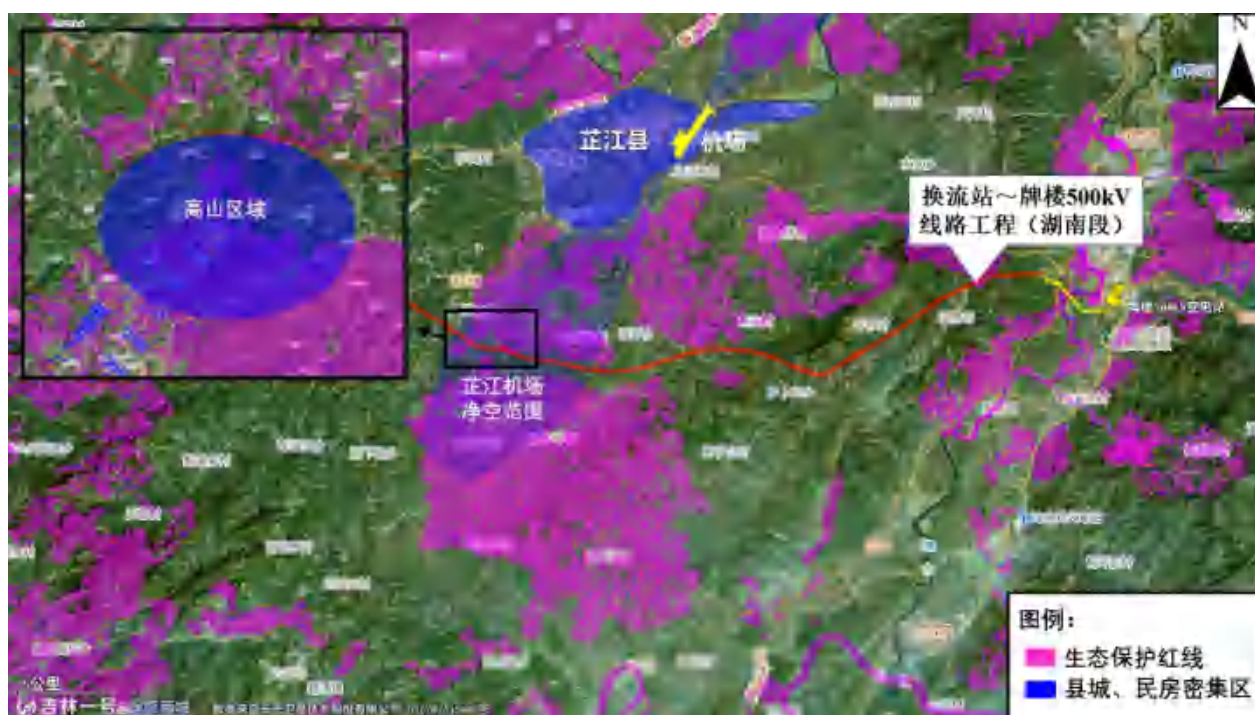


图 3.5-32 水楠木坪镇、芷江镇段生态保护红线选线限制性因素示意图

3) 换流站-牌楼 500kV 线路工程（湖南段）在怀化市芷江县土桥镇、新店坪镇穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，立塔 9 基，穿越长度约 2.92km，占地面积约 0.1582hm²。

怀化市芷江县土桥镇、新店坪镇段附近（穿越 1）生态保护红线由西南向东北沿澧水两侧成片分布，范围广，本项目线路路径由西北向东南走线，若向南、北绕行，绕行距离远，相应的占用林地和耕地的情况较现行方案会更多，同时可能产生更多的居民房屋拆迁，对沿途生态环境和居民造成影响更大；。所以，本项目不可避免在芷江县土桥镇、新店坪镇附近穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线。

白杉村（穿越 2）附近线路北侧生态保护红线狭长，呈岛屿式分布，若往北绕行路径长度将增加 1 倍，相应的占用林地和耕地的情况较现行方案会更多，同时可能产生更多的居民房屋拆迁，对沿途生态环境和居民造成影响更大。线路南侧分布有沪昆高铁、国道 320 和新店坪镇、白杉村、黄双坪村、荷叶塘村、桐木垅村等村镇，村庄较多，多为连片房屋，民房密集，若往南绕行，线路走线将会穿越村镇房屋密集区，对周围居民造成较大影响。所以，本项目不可避免在白杉村附近穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线。

综上所述，本项目在怀化市芷江县土桥镇、新店坪镇附近穿越雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线，穿越长度约 2.92km，立塔 9 基。

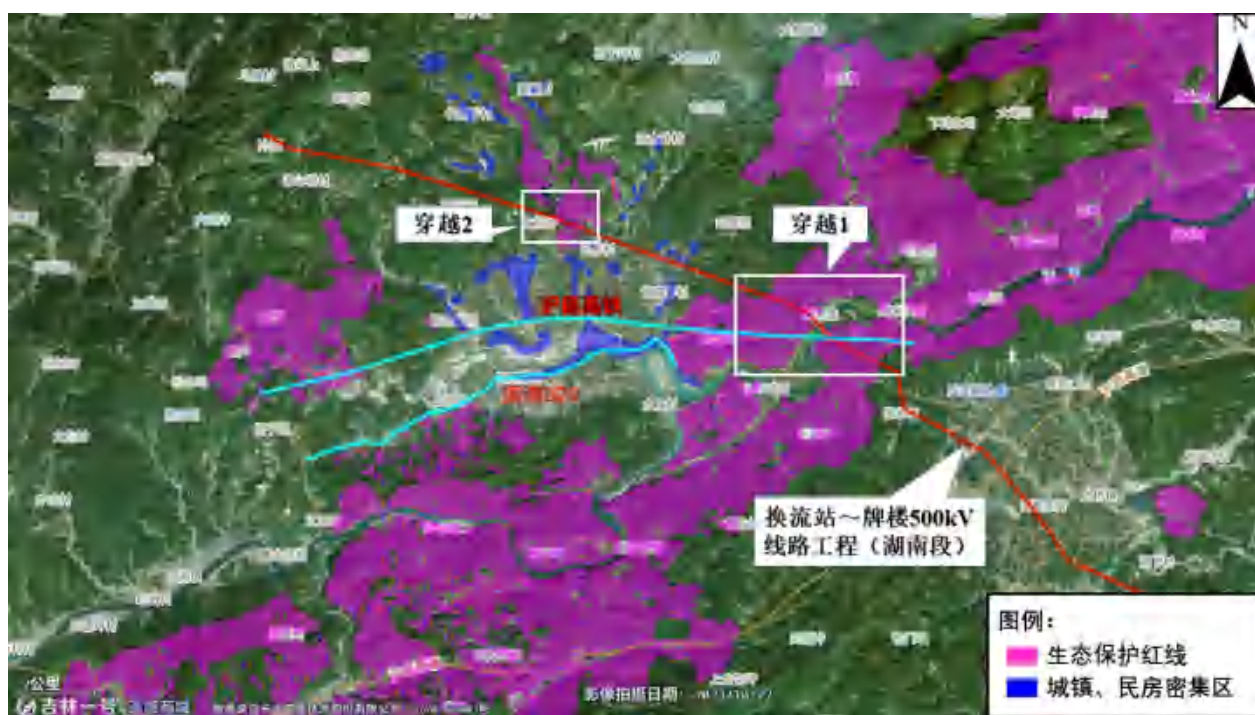


图 3.5-33 土桥镇、新店坪镇段雪峰山水源涵养、生物多样性维护生态保护红线选线限制因素示意图

3.5.8.2.3 推荐方案环境合理性分析

总体来说，本项目线路避让了城镇规划区及居民集中区域、矿区等严管区域以及地质条件不稳定区域，且尽可能避开了生态敏感区，在周围限制性因素的影响下穿越部分生态保护红线。

项目施工时将合理规划线路的施工时序和施工布置，最大限度节约线路走廊和施工场地占地面积，以降低工程建设对生态保护红线内的生态影响。为了减小对生态保护红线的影响，设计上通过合理选择塔基位置，利用地形，加大档距等方式，以尽可能减少生物多样性维护保护区内的塔基数量。同时，输电线路采用架空走线、间隔占地的方式穿越红线范围，不会在地面形成阻隔，不会切断生态保护红线内生境的连通性。总体而言，推荐路径方案对生态保护红线内的生态环境影响较小。从环境保护角度分析，推荐路径方案合理。

3.5.8.2.4 生态保护红线主管部门意见

本项目已取得湖南省自然资源厅建设项目用地预审与选址意见书。

3.5.8.3 与生态保护红线相关政策的相符性分析

3.5.8.3.1 与《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》的相符性分析

《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评〔2016〕150号）中第一（一）条：“…除受自然条件限制、确实无法避让的铁路、公路、航道、防洪、管道、干渠、通讯、输变电等重要基础设施项目外，在生态保护红线范围内，严控各类开发建设活动，依法不予审批新建工业项目和矿产开发项目的环评文件”。

本项目属于长距离、跨区域、高电压等级的输电基础设施项目，不属于工业项目和矿产开发等污染型项目，不属于严控的开发建设活动，因此本项目建设符合环环评〔2016〕150号文的相关要求。

3.5.8.3.2 与《关于生态环境领域进一步深化“放管服”改革，推动经济高质量发展的指导意见》的相符性分析

根据《关于生态环境领域进一步深化“放管服”改革，推动经济高质量发展的指导意见》（环规财〔2018〕86号）中第二（五）条：“…对审批中发现涉及生态保护红线和相关法定保护区的输气管线、铁路等线性项目，指导督促项目优化调整选线、主动避让；确实无法避让的，要求建设单位采取无害化穿（跨）越方式，或依法依规向有关行政主管部门履行穿越法定保护区的行政许可手续、强化减缓和补偿措施。”

本项目属于长距离、跨区域的线性基础设施项目，线路选线阶段在综合考虑地方规划、环境敏感区、重要矿床等多方限制性因素后，仍无法完全避让生态保护红线。基于输电线路塔基呈点状间隔占地的特点，对不可避让穿（跨）越生态保护红线的线路段，采取尽量缩短穿越生态保护红线长度、增大档距以减少生态保护红线内立塔数量及占地、优化基础型式、优化施工工艺、加强施工期和运行期管理、减小植被破坏、加强水土保持等减缓措施，采取植被恢复等补偿措施，可以无害化方式穿（跨）越生态保护红线，将项目建设对生态保护红线的影响降至最低，因此本项目建设与环规财〔2018〕86号文的要求相符。

3.5.8.3.3 与《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》的相符性分析

根据《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》（中共中央办公厅、国务院办公厅 厅字〔2019〕48号）中第二（四）条：“…生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，主要包括：…必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施建设、防洪和供水设施建设与运行维护…”

本项目作为国家“西电东送”战略部署的重点线性基础设施项目，不属于开发性、生产性建设项目；项目在选址选线 and 设计阶段进行了多次优化调整，尽可能地避让了沿线的生态保护红线、国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区等环境敏感区，但由于输电距离长、自然环境复杂、涉及地市众多，综合考虑地方规划、环境敏感区、重要矿床、军事设施等多方限制性因素后，仍无法完全避让生态保护红线。针对生态保护红线范围内涉及的各级各类自然保护地，本项目已征得相关行政主管部门的书面意见，因此本项目建设符合中共中央办公厅、国务院办公厅 厅字〔2019〕

48 号文的要求。

3.5.8.3.4 与《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》的相符性分析

根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）中第一（一）条：“…生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许以下对生态功能不造成破坏的有限人为活动。生态保护红线内自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等区域，依照法律法规执行…6.必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划的线性基础设施、通讯和防洪、供水设施建设和船舶航行、航道疏浚清淤等活动…”第一（二）条：“加强有限人为活动管理，上述生态保护红线管控范围内有限人为活动，涉及新增建设用地、用海用岛审批的，在报批农用地转用、土地征收、海域使用权、无居民海岛开发利用时，附省级人民政府出具符合生态保护红线内允许有限人为活动的认定意见；不涉及新增建设用地、用海用岛审批的，按有关规定进行管理，无明确规定的由省级人民政府制定具体监管办法。上述活动涉及自然保护地的，应征求林业和草原主管部门或自然保护地管理机构意见。”

本项目作为国家重大基础设施项目，不属于开发性、生产性建设活动；输电线路作为典型的线性工程，在选址选线阶段进行了多次优化调整，确实无法完全避让沿线的生态保护红线，对于穿跨越的生态敏感区、饮用水水源保护区等区域，本项目已征得相关行政主管部门的书面意见，符合相关法律法规要求。工程在设计前期已根据地方自然资源主管部门要求，将项目用地布局及规模衔接所在地国土空间规划，因此本项目建设符合自然资发〔2022〕142 号文的要求。

3.5.8.3.5 与《生态环境部关于印发生态保护红线生态环境监督办法（试行）的通知》的相符性分析

根据《生态环境部关于印发生态保护红线生态环境监督办法（试行）的通知》（国环规生态〔2022〕2 号）第七条：“生态保护红线内，自然保护地核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动”。

本项目作为国家重大基础设施项目，不涉及自然保护地核心保护区，不属于禁止开发性、生产性建设活动；输电线路作为典型的线性工程，属于生态保护红线内允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动，因此本项目建设符合国环规生态〔2022〕2 号文的要求。

综上分析，本项目为国家重大线性基础设施项目，是《“十四五”电力发展规划》中

期增补的国家重大基础设施项目，不属于开发性、生产性建设活动，属于不会对生态保护红线内的生态功能造成破坏的有限人为活动。项目选址选线阶段避让了各类自然保护地的核心保护区等禁止建设区，符合现行法律法规要求，通过采取针对性的生态影响减缓和恢复措施，可将项目建设对生态保护红线的影响降低到可接受的程度，项目建设符合现行的生态保护红线相关管理要求。

3.5.9 本项目穿（跨）越环境敏感区相关主管部门意见情况

本项目路径方案取得穿（跨）越环境敏感区相关行政主管部门的意见情况详见下表。

表 3.5-9 本项目穿（跨）越环境敏感区相关主管部门意见情况一览表

序号	环境敏感区名称	协议单位	协议意见	意见落实情况（建议）
贵州省				
1	谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	贵州省农业农村厅	项目对保护区影响主要是施工噪声、震动、电磁辐射等，影响程度较小，《专题报告》目的明确，评价方法合理，评价结论总体可信，专家组同意通过报告，根据专家意见修改完善后，按程序上报。	建设单位已委托咨询单位编制对水产种质资源保护区的影响专题论证报告，其结论纳入本项目环境影响评价报告书。
2	铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区	铜仁市生态环境局万山分局	本项目线路一档跨越穿越的路径方案已取得的意见，意见要求“据相关法律法规，输电等民生项目允许穿越集中式饮用水水源准保护区，但需严格按照环评要求做好相关保护工作，并做好项目后期覆土复绿，防止发生污染水源问题”。	本项目环境影响报告书对跨越该水源保护区提出了相应的保护措施，后续施工过程中将严格落实各项环境保护措施，确保不发生污染水源问题。
3	贵州省生态保护红线	贵州省自然资源厅	建设项目用地预审与选址意见书（用字第5206002025XS0003S00号）：根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设项目符合国土空间用途管制要求，核发此书。	/
湖南省				
1	湖南吉首峒河国家湿地公园	湖南省林业局	一、原则同意该工程穿越吉首峒河和中方澧水国家湿地公园的项目前期选址及开展前期相关工作 二、完善工程建设前相关手续。	建设单位已委托单位编制了生态专题报告，开工前依法依规办理好相关手续。
2	湖南中方澧水国家湿地公园			
3	湖南省生态保护红线	湖南省自然资源厅	建设项目用地预审与选址意见书（用字第4312002025XS0005S00号）：根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设项目符合国土空间用途管制要求，核发此书。	/

3.5.10 与生态环境分区管控政策的相符性分析

3.5.10.1 贵州省

2024年12月，贵州省人民政府以黔府办函〔2024〕67号发布贵州省生态环境分区管控方案成果。根据贵州省生态环境分区管控系统查询结果，本项目在贵州省境内主要涉及1个重点管控单元，4个优先保护单元，2个一般管控单元。本项目与贵州省生态环境分区的位置关系见下图。

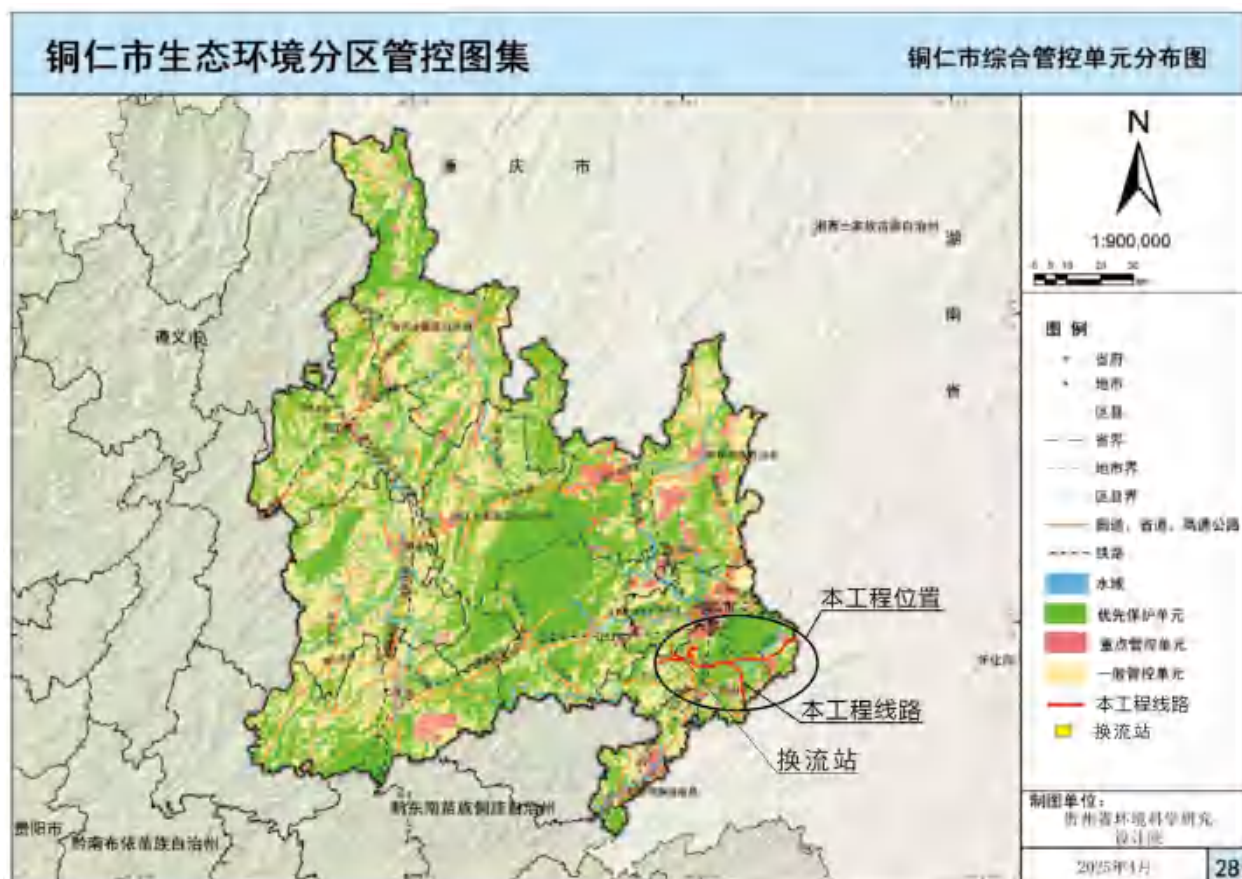


图 3.5-34 本项目与贵州省生态环境管控单元分布图的关系

表 3.5-10 本工程涉及的生态环境管控单元以及符合性对比分析表（贵州段）

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
ZH520602100 01 碧江区生态 保护红线	空间布局约束	按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中生态保护红线、评估区、天然林、公益林要求。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，前文已进行分析，本工程占用生态保护红线符合管控要求；本工程局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《省人民政府关于印发贵州省地方级公益林划定和管理办法的通知》（黔府发〔2023〕2号）的要求。	符合
	污染物排放管控	/	/	/
	环境风险防控	/	/	/
	资源开发效率要求	/	/	/
ZH520602100 10 碧江区优 先保护单元	空间布局约束	按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中公益林、天然林、评估区要求。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，前文已进行分析，本工程占用生态保护红线符合管控要求；本工程局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《省人民政府关于印发贵州省地方级公益林划定和管理办法的通知》（黔府发〔2023〕2号）的要求。	符合
	污染物排放管控	/	/	/
	环境风险防控	/	/	/
	资源开发效率要求	/	/	/
ZH520602300 01 碧江区一 般控单元	空间布局约束	1.涉及斑块按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中大气环境要素、水环境要素、土壤环境要素的相关要求执行。 2.按照贵州省、七大区域、铜仁市总体管控要求中普适性准入要求执行。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元。 输电线路施工期会产生施工扬尘，通过定期洒水抑尘，临时遮盖等措施降低施工扬尘产生，施工期对环境影响较小；运行期不产生大气污染物，符合管控要求。 输电线路施工期施工人员产生的生活污水利用租住	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
			民房既有的生活污水处理设施进行处置，不会对当地水环境造成影响；线路运行期不产生生产废水，符合管控要求； 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	
	污染物排放管控	涉及斑块按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中大气环境要素、水环境要素、土壤环境要素的相关要求执行。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元。 输电线路运行期不产生大气污染物，符合管控要求； 输电线路运行期不产生生产废水，符合管控要求； 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	环境风险防控	1.执行贵州省土壤污染风险防控普适性管控要求。2.涉及斑块按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中大气环境要素、水环境要素、土壤环境要素环境风险防控的相关要求执行。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	执行铜仁市资源开发利用效率普适性要求，万元国内生产总值能耗下降比例 13%。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合
ZH520603100 01 万山区生态保护红线	空间布局约束	按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中生态保护红线、评估区、天然林、公益林要求。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，前文已进行分析，本工程占用生态保护红线符合管控要求；本工程局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《省人民政府关于印发贵州省地方级公益林划定和管理办法的通知》（黔府发〔2023〕2号）的要求。	符合
	污染物排放管控	/	/	/
	环境风险防控	/	/	/
	资源开发效率要求	/	/	/
ZH520603100	空间布局约束	按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，前文已	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
07 万山区优先保护单元		求中公益林、天然林、评估区要求。	进行分析，本工程占用生态保护红线符合管控要求；本工程局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《省人民政府关于印发贵州省地方级公益林划定和管理办法的通知》（黔府发〔2023〕2号）的要求。	
	污染物排放管控	/	/	/
	环境风险防控	/	/	/
	资源开发效率要求	/	/	/
ZH520603200 04 万山区矿产资源重点管控单元	空间布局约束	1.煤炭参照《煤炭行业绿色矿山建设规范》（DZ/T0315-2018）；铝土矿参照《有色金属行业绿色矿山建设规范》（DZ/T0320-2018）建设、管理。限制开发高硫、高砷、高灰、高氟等对生态环境影响较大的煤炭资源。 2.煤矿矿区应对露天开采矿山的排土场进行复垦和绿化，矿区专用道路两侧因地制宜设置隔离绿化带，及时治理恢复矿山地质环境，复垦矿山占用土地和损毁土地。依法取缔城市周边非法采矿、采石和采砂企业。 3.煤炭参照《煤炭行业绿色矿山建设规范》（DZ/T0315-2018）；砂石矿参照《砂石行业绿色矿山建设规范》（DZ/T0316-2027）建设、管理。 4.煤矿矿区应对露天开采矿山的排土场进行复垦和绿化，矿区专用道路两侧因地制宜设置隔离绿化带，及时治理恢复矿山地质环境，复垦矿山占用土地和损毁土地。 5.合法露天开采的矿山企业在线视频监管工程。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，本工程属于输电线路工程不属于煤炭开采、煤炭加工、露天矿山行业。	符合
	污染物排放管控	1.煤炭开采执行《煤炭工业污染物排放标准》（GB20426—2006）；锌矿开采执行《铅、锌工业污染物排放标准》（GB25466-2010）；铁矿开采执行《铁矿采	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，本工程属于输电线路工程不属于煤炭开采、煤炭加工；本工程施工期及运行期均不涉及重金属污染源。	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
		<p>选工业污染物排放标准》（GB28661-2012）；其他执行贵州省大气污染物、水污染物排放普适性管控要求。</p> <p>2.大中型煤矿地面运煤系统、运输设备、煤炭贮存场所应全封闭，煤炭运输、贮存未达到全封闭管理的小型煤矿应设置挡风抑尘和洒水喷淋装置进行防尘。</p> <p>3.煤炭工业废水有毒污染物排放、采煤废水污染物排放、选煤废水污染物排放应符合 GB20426-2006 规定。</p> <p>4.控制重金属污染源，在重金属污染源区设置自动监测系统，有色金属矿山应符合 GB25467、GB25466、GB30700 规定的要求。5.露天开采矿山废石综合利用率不低于 3%，地下开采矿山废石综合利用率不低于 50%，矿山尾矿利用率不低于 50%。</p>		
	环境风险防控	<p>执行贵州省土壤污染风险防控普适性管控要求。</p> <p>1.煤矿矿区生产生活形成的固体废弃物应设置专用堆积场所，并符合《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《中华人民共和国地质灾害防治条例》、《煤矿安全监察条例》等安全、环保和监测的规定。</p> <p>2.煤矿矿区对地下水系统进行分层隔离，有效防治采空区水对资源性含水层的污染。</p>	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，本工程为输电线路工程不涉及煤矿矿区生活；不涉及地下水系统。	符合
	资源开发效率要求	执行铜仁市资源开发利用效率普适性要求，万元国内生产总值能耗下降比例 13%。	本工程仅贵州段新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合
ZH520603300 01 万山区一般管控单元	空间布局约束	<p>1.涉及斑块按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中大气环境要素、水环境要素、土壤环境要素的相关要求执行。</p> <p>2.按照贵州省、七大区域、铜仁市总体管控要求中普适性准入要求执行。</p>	<p>本工程换流站、开天站扩建及贵州段新建线路涉及该管控单元。</p> <p>施工期会产生施工扬尘，通过定期洒水抑尘，临时遮盖等措施降低施工扬尘产生，施工期对环境的影响较小；运行期不产生大气污染物，符合管控要求。</p> <p>换流站施工单位应根据实际施工规模对施工场地和施工生活区的生产废水和生活污水分别设置临时污水处理装置进行收集、处理后回用或定期清运，不外排。开天站扩建的生产废水设置临时污水处理装置进行收集，生活污水利用原有装置收集，处理后</p>	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
			回用或定期清运，不外排；输电线路施工期施工人员产生的生活污水利用租住民房既有的生活污水处理设施进行处置，不会对当地水环境造成影响。 换流站、变电站运行期生活污水经站内污水处理装置处理后回用，不外排；线路运行期不产生生产废水，符合管控要求。 换流站、变电站、输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	
	污染物排放管控	涉及斑块按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中大气环境要素、水环境要素、土壤环境要素的相关要求执行。	本工程换流站、开天站扩建、贵州段新建线路涉及该管控单元。 换流站、变电站、输电线路运行期不产生大气污染物，符合管控要求。 换流站、变电站运行期生活污水经站内生活污水处理设施处理后回用，阀冷废水排至污水处理厂处置不外排；输电线路运行期不产生生产废水，符合管控要求； 换流站、变电站、输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	环境风险防控	1.执行贵州省土壤污染风险防控普适性管控要求。2.涉及斑块按照贵州省省级及铜仁市市级生态空间普适性管控要求中大气环境要素、水环境要素、土壤环境要素环境风险防控的相关要求执行。	本工程换流站、开天站扩建、贵州段新建线路涉及该管控单元。 换流站、变电站内设置足够容量事故油池，并按照重点防渗采取相应措施，站内含油电气设备事故油能够暂存在事故油池内，其环境风险可控；输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	执行铜仁市资源开发利用效率普适性要求，万元国内生产总值能耗下降比例 13%。	本工程换流站、开天站扩建、贵州段新建线路涉及该管控单元，不涉及资源开发。	符合

3.5.10.2 湖南省

2024年12月，湘西土家族苗族自治州生态环境局以州环函〔2024〕24号发布湘西自治州生态环境分区管控更新成果，怀化市生态环境局以怀环发〔2024〕28号发布怀化市生态环境分区管控动态更新成果。2024年10月，湖南省生态环境厅发布湖南省生态环境分区管控动态更新成果。根据查询结果，本项目在怀化市境内主要涉及6个一般管控单元、6个重点管控单元和1个优先保护单元，在湘西土家族苗族自治州境内主要涉及4个一般管控单元，1个优先保护单元和1个重点管控单元。本项目与怀化市、湘西土家族苗族自治州生态环境分区的位置关系见下图。

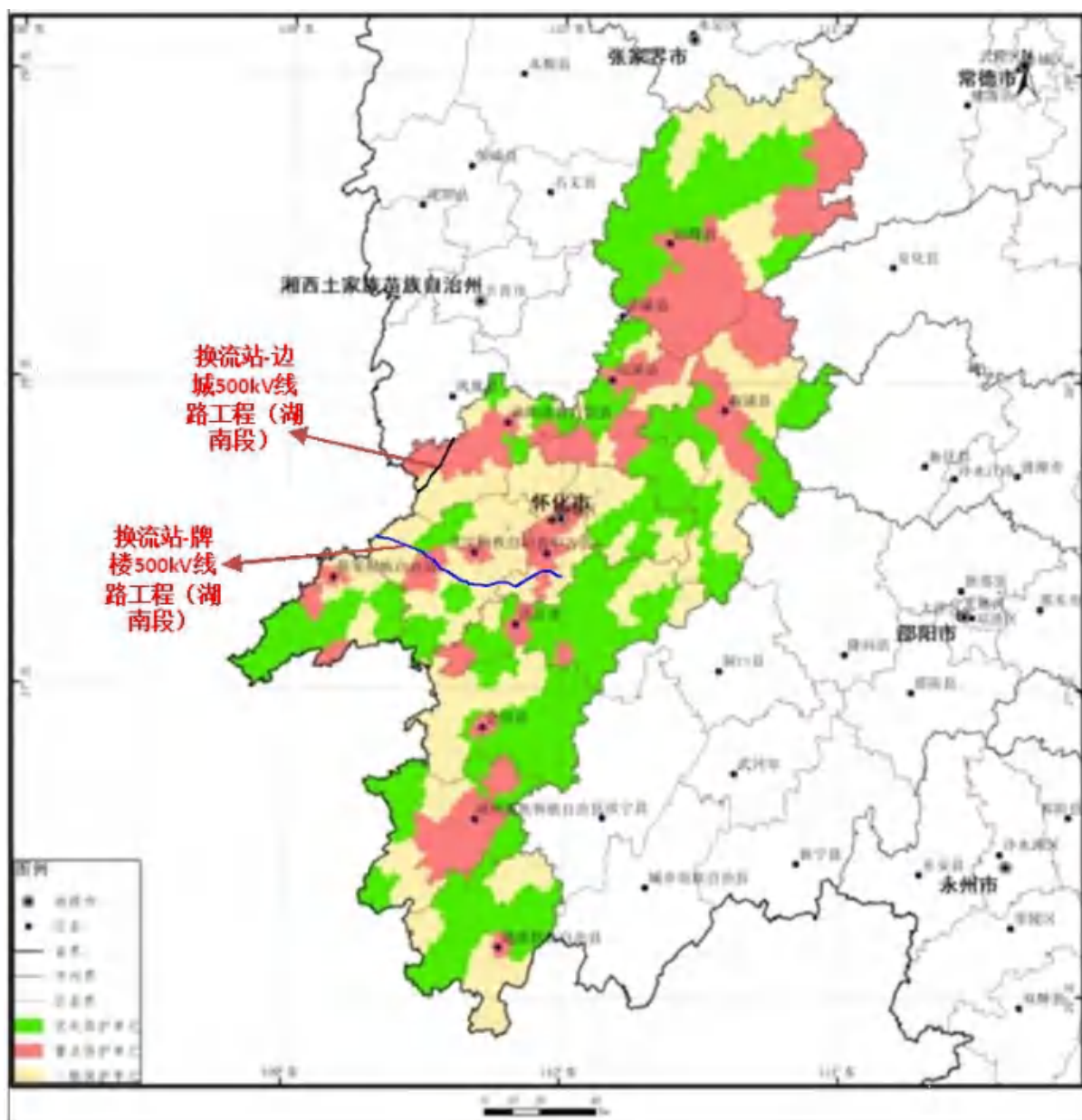


图 3.5-35 本项目与湖南省怀化市生态环境管控单元分布图的关系

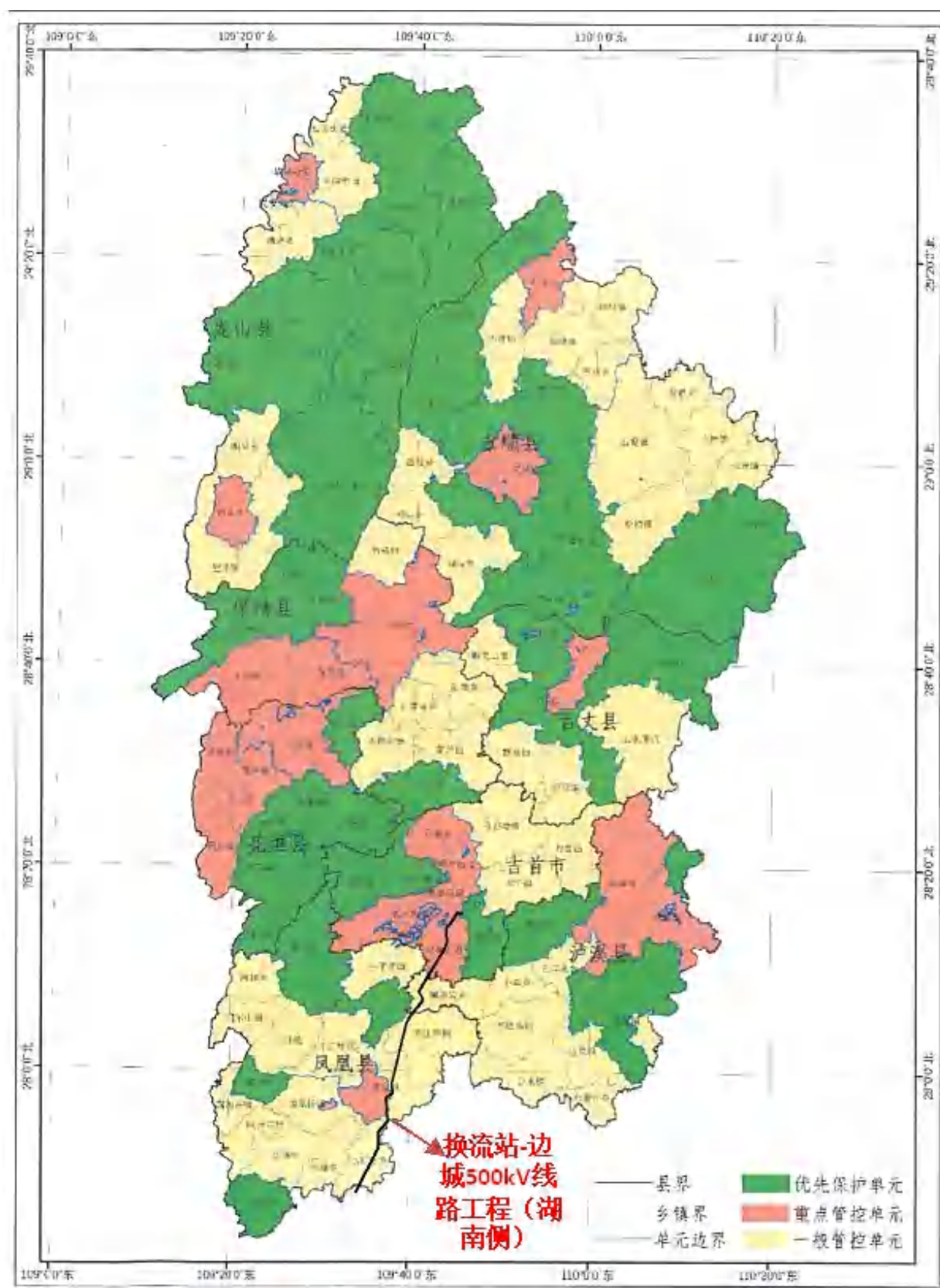


图 3.5-36 本项目与湖南省湘西土家族苗族自治州生态环境管控单元分布图的关系

表 3.5-11 本工程涉及的生态环境管控单元以及符合性对比分析表（湖南段）

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
ZH43122120001 怀化市中方县 重点管控单元	空间布局约束	按省级、市级生态环境准入总体清单中相关条文执行。	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）和牌楼变电站扩建工程涉及该管控单元。</p> <p>1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，利用边牌线单边挂线一档生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求。</p> <p>2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。</p> <p>3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。</p>	符合
	污染物排放管控	<p>1、“一江一水六溪”水环境整治，沅阳、新建区域重金属（土壤）治理三大重点。深入推进中方、沅阳、花桥、新建、铁坡等重点区域污染集中整治，推进太平溪、花桥溪等流域污染治理，加快推进退矿复绿。</p> <p>2、着力推进生态环境整治工程。全面推进农业面源污染防治、城乡生活污染治理、采石采砂秩序整顿等重点任务和沅阳、花桥、新建等区域集中整治，强化城中村、老旧城区和城乡结合部污水截流、收集。</p>	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）和牌楼变电站扩建工程涉及该管控单元。</p> <p>本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。</p>	符合
	环境风险防控	按省级、市级生态环境准入总体清单中与环境风险防控相关条文执行。	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）和牌楼变电站扩建工程涉及该管控单元。</p> <p>1、本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及耕地污染和土壤污染。</p> <p>2、牌楼变电站运行期更换的废旧蓄电池由有资质的厂家或有资质单位回收处理，废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》中有关规定；站内设置满足相关标准的事事故油池，并建立了风险应急预案。</p>	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
	资源开发效率要求	强化能源消费总量和强度双控”考核，积极推广居民改用天然气、液化石油气等清洁能源。	不涉及	符合
ZH43122810003 怀化市芷江侗族自治县优先保护单元	空间布局约束	按省级、市级生态环境准入总体清单中相关条文执行。	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。</p> <p>1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，涉及生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求。</p> <p>2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。</p> <p>3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。</p>	符合
	污染物排放管控	全面推进农村环境综合整治，重点实施农村污水、生活垃圾处理、畜禽养殖污染防治项目，改善农村脏、乱、差的状况。	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。</p> <p>本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。</p>	符合
	环境风险防控	按省级、市级生态环境准入总体清单中与环境风险防控相关条文执行。	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。</p> <p>输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。</p>	符合
	资源开发效率要求	构建农村现代能源体系。在农村地区推广太阳能热水器、太阳能路灯和小型光伏发电。推进农作物秸秆等能源化利用及沼气工程集中供气、发电上网等综合利用。	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。</p>	符合
ZH43122820002 怀化市芷江侗族自治县重点管控单元	空间布局约束	<p>1、按省级、市级生态环境准入总体清单中相关条文执行。</p> <p>2、省级园区核准范围外部分，参照省级以上园区清单执行。</p>	<p>本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。</p> <p>1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及工业园区，涉及生态保护红线，符</p>	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
			合现行生态保护红线管控要求。 2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。 3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进12项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。	
	污染物排放管控	全面推进农村环境综合整治，重点实施农村污水、生活垃圾处理、畜禽养殖污染防治项目，改善农村脏、乱、差状况。	本项目换流站~牌楼500kV线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。	符合
	环境风险防控	按省级、市级生态环境准入总体清单中与环境风险防控相关条文执行。	本项目换流站~牌楼500kV线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	构建农村现代能源体系。在农村地区推广太阳能热水器、太阳能路灯和小型光伏发电。推进农作物秸秆等资源化利用及沼气工程集中供气、发电上网等综合利用。	本项目换流站~牌楼500kV线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合
ZH43122830003 怀化市芷江侗族自治县一般管控单元	空间布局约束	1、按省级、市级生态环境准入总体清单中相关条文执行。 2、省级园区核准范围外部分，参照省级以上园区清单执行。	本项目换流站~牌楼500kV线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及工业园区，涉及生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求。 2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
			3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。	
	污染物排放管控	全面推进农村环境综合整治，重点实施农村污水、生活垃圾处理、畜禽养殖污染防治项目，改善农村脏、乱、差的状况。	本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。	符合
	环境风险防控	按省级、市级生态环境准入总体清单中与环境风险防控相关条文执行。	本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	构建农村现代能源体系。在农村地区推广太阳能热水器、太阳能路灯和小型光伏发电。推进农作物秸秆等资源化利用及沼气工程集中供气、发电上网等综合利用。	本项目换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合
ZH43122620002 怀化市麻阳苗族自治县重点管控单元	空间布局约束	省级园区核准范围外部分，参照省级以上园区清单执行。	<p>本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。</p> <p>1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及工业园区，涉及生态保护红线，符合现行生态保护红线管控要求。</p> <p>2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28 号）的要求。</p> <p>3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。</p>	符合
	污染物排放管控	1、加强对农村生活垃圾、生活污水、畜禽水产养殖的治理和管控，建设相关环保基础处理设施。2、全面	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
		落实乡村振兴战略，农村人居环境整治建设，推动乡镇垃圾处理，推进集镇污水处理厂设施建设，加强对农村饮用水源地的管控。3、加快推进工业企业向专业园区集中，企业废水必须经预处理达到集中处理要求，方可进入污水集中处理设施。完善污水收集配套管网等污染治理设施。	本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。	
	环境风险防控	按省级、市级生态环境准入总体清单中与环境风险防控相关条文执行	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	构建农村现代能源体系。全面完成农村电网改造，加快天然气管网设施建设，因地制宜推进太阳能、水能、风能、地热能等资源的开发利用，在农村地区推广太阳能热水器、太阳能路灯和小型光伏发电。推进农作物秸秆等能源化利用及沼气工程集中供气、发电上网等综合利用。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合
ZH43312330003 湘西土家族苗族自治州凤凰县一般管控单元	空间布局约束	产业准入应符合《凤凰县产业准入负面清单》，畜禽养殖产业布局应符合《凤凰县畜禽养殖禁养区调整方案》。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及生态保护红线。 2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。 3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。	符合
	污染物排放管控	1.完善集镇生活污水收集处理设施，实现污水达标排放。2.完善生活垃圾收集转运设施，禁止露天焚烧垃圾。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
			排放，不涉及管控中要求。	
	环境风险防控	可能发生突发环境事件的工矿企业应按相关要求编制并实施突发环境事件应急预案，认真落实各项环境风险事故防范措施。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	按湖南省生态环境总体管控要求、湘西自治州生态环境管控基本要求中相关规定执行。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合
ZH43312230001 湘西土家族苗族自治州泸溪县一般管控单元	空间布局约束	产业准入应符合《泸溪县产业准入负面清单》，畜禽养殖产业布局应符合《泸溪县 畜禽养殖“三区”划分方案》，水产养殖产业布局应符合《泸溪县养殖水域滩涂规划（2018-2030 年）》。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及生态保护红线。 2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28 号）的要求。 3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。	符合
	污染物排放管控	1.完善集镇生活污水收集处理设施，实现污水达标排放。2.完善生活垃圾收集转运设施，禁止露天焚烧垃圾。3.在适养区内推广生态养殖场，对养殖小区进行标准化改造，对未进行标准化改造或改造后不达标的养殖场依法依规进行处理。4.加快矿区尾渣治理，渣场区域禁止工业废物及生活垃圾堆放。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。	符合
	环境风险防控	可能发生突发环境事件的工矿企业应按相关要求编制并实施突发环境事件应急预案，认真落实各项环境风险事故防范措施。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	按湖南省生态环境总体管控要求、湘西自治州生态环	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
	求	境管控基本要求中相关规定执 行。	新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	
ZH43310110001 湘西土家族苗族 自治州 吉首 市 优先保护 单元	空间布局约束	1.产业准入应符合《吉首市产业准入负面清单》，畜禽养殖产业布局应符合《吉首市畜禽养殖“三区”划分方案》。2.吉首市城区饮用水水源保护区严格执行《湘西土家族苗族自治州吉首市城区饮用水水源保护条例》。3.德夯国家级风景名胜区严格按照风景名胜区规划实施分级管控，禁止从事开山、采石、开矿、挖沙等破坏性活动。4.矮寨镇：在保护好生态环境的前提下，加快推进大兴寨水库建设。5.协调好矿产开发与矮寨国家森林公园、德夯地质公园的关系，避免占用自然保护地。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）和边城变电站间隔扩建工程涉及该管控单元。 1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及德夯国家级风景名胜区、矮寨国家森林公园，涉及生保护红线，符合现行生态保护红线管控要求。 2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。 3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。	符合
	污染物排放管控	1.完善集镇生活污水收集处理设施，实现污水达标排放。2.完善生活垃圾收集转运设施，禁止露天焚烧垃圾。3.餐饮经营单位应按要求安装油烟净化设备。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）和边城变电站间隔扩建工程涉及该管控单元。 本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。	符合
	环境风险防控	可能发生突发环境事件的工矿企业应按相关要求编制并实施突发环境事件应急预案，认真落实各项环境风险事故防范措施。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）和边城变电站间隔扩建工程涉及该管控单元。 1、本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及耕地污染和土壤污染。 2、边城变电站运行期更换的废旧蓄电池由有资质的厂家或有资质单位回收处理，废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》中有关规定；站内设置满足相关标准的事事故油池，并建立了风险应急预案。	符合
	资源开发效率要求	高污染燃料禁燃区按《吉首市人民政府办公室关于划定吉首市高污染燃料禁燃区的通知》进行管控。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）和边城变电站间隔扩建工程涉及该管控单元，不	符合

环境管控单元 编码及名称	管控要求		本项目内容	符合性
			涉及其管控要求。	
ZH43310130001 湘西土家族苗族自治州吉首市一般管控单元	空间布局约束	产业准入应符合《吉首市产业准入负面清单》，畜禽养殖产业布局应符合《吉首市畜禽养殖“三区”划分方案》。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 1、本项目为线性基础建设项目，不占用永久基本农田，不涉及生态保护红线。 2、本项目局部占用天然林、公益林，本工程为输电线路，属于基础设施，符合《建设项目使用林地的审核审批管理办法》。施工前会按照要求办理林地占用手续，符合《湖南省公益林管理办法》（湘林资〔2013〕28号）的要求。 3、本项目为线性基础建设项目，属于“鼓励类”建设项目和国家能源局提出的加快推进 12 项电力灵活互济工程规划建设工程之一，符合国家产业政策和电网规划。	符合
	污染物排放管控	1.完善集镇生活污水收集处理设施，实现污水达标排放。2.完善生活垃圾收集转运设施，禁止露天焚烧垃圾。3.规模化畜禽养殖场要建设粪污收集、处理设施，散养密集区要实行畜禽粪污分户收集、集中处理和综合利用。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 本项目运行期无工业废水、工业废气、工业固废排放，不涉及管控中要求。	符合
	环境风险防控	可能发生突发环境事件的工矿企业应按相关要求编制并实施突发环境事件应急预案，认真落实各项环境风险事故防范措施。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元。 输电线路运营期不涉及排放土壤污染物，不会对土壤环境造成污染风险。	符合
	资源开发效率要求	按湖南省生态环境总体管控要求、湘西自治州生态环境管控基本要求中相关规定执行。	本项目换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）新建线路涉及该管控单元，输电线路不涉及资源开发。	符合

3.5.10.3 与生态环境分区管控政策相符性分析

本项目在前期规划选址选线阶段充分考虑了工程环境合理性，将生态保护红线、自然保护区、饮用水水源保护区等作为优先保护的重点进行避让；对于不可避让穿越优先保护单元的线路段，严格按照相关法律法规要求履行行政审批手续，针对塔基占地呈点状分布的特点，设计中部分线路段采取档距加大、采用紧凑塔型等措施，以无害化方式穿越生态保护红线，最大程度减小占用生态保护红线面积，确保工程环境合理性；同时，建设过程中除严格落实生态环境保护基本要求之外，结合生态保护红线具体类型，制定针对性的生态环境影响减缓措施和植被恢复等补偿措施，能够确保生态保护红线的生物多样性保护、水土保持、水源涵养等生态功能不降低，项目建设符合生态保护红线管控要求。本项目为输电工程，工程运行期不排放废气、废水，不属于污染类项目，工程建成运行后的主要环境影响为电磁、噪声影响，根据预测结果，工程建成后沿线电磁环境、声环境均满足相应标准要求，符合生态环境质量底线要求。本项目占地面积较小，运行期仅传输电能，本身不消耗其他自然资源，不存在资源过度利用现象，符合资源利用上线要求。

总体来说，本项目建设与《中共中央办公厅 国务院办公厅 关于加强生态环境分区管控的意见》《生态环境分区管控管理暂行规定》及沿线省级行政区生态环境分区管控的相关要求相符。

3.5.11 与《输变电建设项目环境保护技术要求》的相符性分析

《输变电建设项目环境保护技术要求》具体要求，本项目换流站选址时对自然保护区、生态保护红线、饮用水水源保护区等环境敏感区进行了避让；线路选线时尽可能对这些环境敏感区进行了避让，确实无法避让时对线路路径进行了生态环境比选论证，并尽量采取无害化方式通过；换流站工程在选址时按终期规模综合考虑进出线走廊规划，避免进出线进入自然保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区；本项目换流站选址及输电线路选线已尽量避开居民密集区域；输电线路尽可能与已建线路并行走线，减少新开辟走廊，优化线路并行间距；换流站站址及线路未涉及0类声环境功能区；换流站选址时考虑尽量减少土地占用，尽量减少植被扰动和弃土弃渣；输电线路路径尽量避让了集中林区，经过林木密集地段时根据树木生长高度采用高跨方式通过，以减少林木砍伐；因涉及自然公园、生态保护红线等生物多样性密集区域，本项目开展了生态环境现状调查，避让了保护对象的集中分布区。因此，本项目在选址选线时基本满足输变电建设项目环境保护技术的相关要求。

在本项目设计阶段，对于穿越环境敏感区的线路段，已采取进一步优化塔基定位、尽可能减少穿越敏感区长度、减少塔基占地面积、控制导线高度等措施以减小不利环境影响；换流站根据有关设计规范设置足够容量事故油池及防雨、防渗等措施，确保事故油不外排；输电线路因地制宜选择合适架设高度、杆塔塔型、导线参数、极性布置等，邻近环境保护

目标时，采取避让或增加导线高度等减少电磁环境影响；换流站尽量选择低噪声设备，优化总平面布置，对于声源上无法根治的噪声，采用隔声、吸声、消声、防振、减振等措施，确保厂界排放噪声和周围声环境保护目标均满足相应环保标准要求；本项目将按照避让、减缓、修复、补偿的次序提出生态影响防护与恢复措施；输电线路因地制宜合理选择塔基基础，在山丘区采用全方位长短腿与不等高基础设计，无法避让集中林区时将采取高跨设计，以减少林木砍伐，保护原生生态环境；对于进入敏感区输电线路，将根据生态环境现状调查结果，制定相应的保护方案。

在本项目施工阶段，将落实设计文件、环评文件及其审批部门审批文件中提出的环境保护要求；进入环境敏感区的输电线路，建设单位将加强施工过程的管理，开展环境保护培训，明确保护对象和保护要求，严格控制施工影响范围，确定适宜的施工方式，减少对环境保护对象的不利影响。

在本项目运行期，将做好环境保护设施维护和运行管理，换流站运行过程中产生的废矿物油和废铅蓄电池将交由有资质的单位回收处理，杜绝随意丢弃。

因此，本环评对于本项目的设计、施工、运行阶段也提出了相应的环境保护措施要求，推动环境保护“三同时”制度的落实，本项目建设符合《输变电建设项目环境保护技术要求》的相关规定。

3.6 环境影响因素识别与评价因子筛选

3.6.1 环境影响因素识别

3.6.1.1 施工期

本项目施工期的主要环境影响因素有：施工噪声、施工扬尘、施工废污水、施工固体废物、生态影响、土地占用等。

（1）施工噪声

各类施工机械噪声及施工车辆交通噪声可能对周围居民生活产生影响。

（2）施工扬尘

施工开挖造成土地裸露，可能引起二次扬尘对周围环境产生暂时性、局部性影响。

（3）施工废水

施工过程中产生的生活污水以及施工废水若处理不当，则可能对地表水环境以及周围其他环境要素产生不良影响。

（4）施工固体废物

施工过程中产生的建筑垃圾以及生活垃圾不妥善处理时可能对环境产生不良影响。

（5）生态影响

施工期工程永久及临时占地导致物种分布格局发生变化；导致生境面积减少和破坏，质量有所下降，施工道路对生境具有一定的阻隔影响；塔基及临时道路边缘效应等造成生物群落结构改变；工程占地对生态系统的植被覆盖度、生物量、生产力及功能等造成不利影响；工程占地及线路穿跨越生态敏感区对主要保护对象及功能和结构有一定的不利影响；工程建设对景观可视性及完整性有一定的影响。

（6）其他影响

施工时的土方开挖，土方平衡中的填土、弃土，以及建设过程中植被的破坏，导致水土流失问题。

3.6.1.2 运行期

本项目运行期的主要环境影响因素有：合成电场、工频电场、工频磁场、噪声、废污水、固废、事故油等。

（1）合成电场、工频电场、工频磁场

换流站内直流侧电气设备以及直流输电线路运行时产生合成电场，换流站内交流侧电气设备及交流输电线路运行时产生工频电场、工频磁场。

变电站内电气设备及 500kV 输电线路运行时产生工频电场、工频磁场。

（2）噪声

换流站内电气设备在运行时会产生各种噪声，主要有换流变压器、换流变风扇、500kV 高抗、桥臂电抗器等电气设备所产生的电磁噪声和冷却风扇产生的空气动力噪声，主要以中低频为主。

变电站变压器、高压电抗器等会产生连续性电磁、机械噪声，以中低频噪声为主。

牌楼 500kV 变电站本次扩建新增 1 组高压电抗器和 2 组低压电抗器。

输电线路运行噪声主要来源于导线、金具产生的电晕放电噪声。

（3）废水

换流站废水主要来源于值班人员产生的生活污水以及阀外冷却水排水。

边城 500kV 变电站、牌楼 500kV 变电站及开天 220kV 变电站扩建工程在现有站区内进行建设，扩建后不新增工作人员，运行期不新增生活污水量。

输电线路运行期无废水产生。

（4）固废

换流站、变电站内固体废物来源于值班人员、检修人员产生的生活垃圾，以及更换产生的废旧蓄电池。输电线路运行期无固体废物产生，仅巡检人员产生少量生活垃圾。

换流站内联接变、降压变、站用变、高压电抗器等电气设备为了绝缘和冷却的需要，

其外壳内装有矿物油，正常运行工况条件下，不会发生设备漏油、跑油的现象，亦无弃油产生；当发生事故时，有可能产生废油。

边城 500kV 变电站、牌楼 500kV 变电站及开天 220kV 变电站本期仅扩建间隔及电抗器，运行期不新增废旧蓄电池和事故油。

换流站内蓄电池达到使用寿命后更换会产生废旧蓄电池。

(5) 生态影响

输电线路运行产生的工频电磁、噪声对动物分布有一定的影响；输电线路对迁徙鸟类有一定的不利影响；输变电路下方乔木高度修剪造成生态系统的生物量下降；塔基对自然景观具有一定的不利影响。

3.6.2 评价因子筛选

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）、《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），结合本项目的特点，筛选出本项目的评价因子。

本项目的施工和运营会对周围生态环境产生一定影响，主要影响因素包括施工期换流站及线路塔基永久占地及施工便道等临时占地；施工废水、弃渣、施工噪声以及人为活动等；运行期的电磁、声和水环境影响，对鸟类的阻隔、对动物分布的影响等。生态影响评价因子筛选表见下表。

表 3.6-1 生态影响评价因子筛选表

受影响对象	评价因子	工程内容及影响方式	影响方式及性质	影响程度
施工期				
物种	分布范围	工程永久占地导致物种分布格局变化	直接影响、不可逆影响、长期影响	中
		工程临时占地导致物种分布格局变化	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
	种群数量、种群结构、行为	工程开挖、材料运输造成个体死亡	直接影响、不可逆影响、短期影响	中
生境	生境面积	永久占地导致生境丧失和破坏	直接影响、不可逆影响、长期影响	中
		临时占地导致生境丧失和破坏	直接影响、可逆影响、短期影响	中
	质量	施工人为活动、弃渣、扬尘、水土流失等对生物生境影响	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
	连通性	施工道路等对生境的阻隔影响	直接影响、可逆影响、短期影响	弱
生物群落	物种组成、群落结构	塔基处边缘效应等造成群落结构改变	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱
生态系统	植被覆盖度、生物量、生态系统功能	施工永久占地导致植被覆盖度降低、生物量降低、生态系统功能受到一定影响	直接影响、长期影响	弱
		施工临时占地导致植被覆盖度降低、生物量降低、生态系统功能受到一定影响	直接影响、可逆影响、短期影响	弱

受影响对象	评价因子	工程内容及影响方式	影响方式及性质	影响程度
生物多样性	物种丰富度、均匀度、优势度等	工程占地引起局部植被损失，造成植物物种个体和种群数量的减少；施工干扰驱使野生动物迁移，可能会使动物分布发生改变，使动物个体、种群数量减少，可能对局部区域生物多样性造成影响；施工人为活动增加外来入侵植物入侵风险，减少本土物种多样性	直接影响，可逆影响、短期影响	弱
生态敏感区	主要保护对象、生态功能等	工程对保护对象分布、活动的影响	间接影响、不可逆影响、长期影响	弱
自然景观	遗迹多样性、完整性等	工程建设造成景观面积变化	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱
运行期				
物种	分布范围、种群数量、种群结构	输电线路运行产生的合成场强、噪声对动物分布的影响	间接影响、可逆影响、长期影响	弱
生境	连通性	输电线路对鸟类迁徙的影响	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱
生态系统	植被覆盖度、生物量、生态系统功能	输电线路下方乔木高度修剪造成生产力下降、生物量下降	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱
生物多样性	物种丰富度、均匀度、优势度等	线路运维的人为活动对植物的影响以及对鸟类迁飞的影响	间接影响，可逆、长期影响	弱
生态敏感区	主要保护对象、生态功能等	运行期人为活动的影响	间接影响，可逆、长期影响	弱
自然景观	遗迹多样性、完整性等	塔基对自然景观的干扰	直接影响、不可逆影响、长期影响	弱

3.6.2.1 施工期

声环境：昼、夜间等效声级， Leq ；

生态环境：物种分布范围、种群数量、种群结构和行为，生境面积、质量、连通性，生物群落物种组成、群落结构，生态系统植被覆盖度、生产力、生物量、生态系统功能，生态敏感区主要保护对象、生态功能，景观多样性、完整性等。

地表水环境：pH、COD、BOD₅、NH₃-N、石油类。

3.6.2.2 运行期

(1) 电磁环境

换流站：合成电场、工频电场、工频磁场；

变电站、交流线路：工频电场、工频磁场。

(2) 声环境

昼、夜间等效声级， Leq 。

（3）地表水环境

pH、COD、BOD₅、NH₃-N、石油类。

（4）生态环境

生态环境：物种分布范围、种群数量、种群结构，生境连通性，生态系统植被覆盖度、生产力、生物量、生态系统功能，景观多样性、完整性等。

3.7 生态环境影响途径分析

本项目在施工过程中破坏地表，可能会产生水土流失隐患进而影响生态恢复。输电线路塔基等施工活动，会带来永久与临时占地，从而使微区域地表状态及场地地表植被发生改变，对区域生态造成不同程度影响。主要表现在以下几个方面：

（1）换流站建设、变电站扩建、输电线路塔基施工需进行挖方、填方、浇筑等活动，会对附近原生地貌和植被造成一定程度破坏，降低植被覆盖度，可能形成裸露疏松表土，导致土壤侵蚀；同时施工弃土、弃渣及建筑垃圾等如不进行必要的防护，可能会影响当地的植物生长，加剧土壤侵蚀与水土流失，导致生产力下降和生物量损失。

（2）杆塔的现场组立及牵张放线需占用临时用地，因施工需要会新修部分临时道路，工程土建施工弃渣的临时堆放也会占用少量场地。这些临时占地将改变原有土地利用方式，使部分植被和土壤遭到短期破坏，导致生产力下降和生物量损失。

（3）施工期间，施工人员出入、运输车辆来往、施工机械运行会对施工场地周边野生动物觅食、繁殖和发育等产生干扰，有可能限制其活动区域、觅食范围与栖息空间等。

（4）输电线路穿越生态敏感区、饮用水水源保护区可能对生态敏感区内植被与野生动物、水源保护区水质可能造成影响。

工程建成运行后，施工对周围生态环境造成的影响基本得到消除。可能造成生态影响主要包括工程永久占地对植被的影响，铁塔和导线对兽类、鸟类活动的影响，运维人员活动对生态的影响。

3.8 设计采取的环境保护措施

3.8.1 换流站工程

3.8.1.1 电磁环境

（1）换流站选址避让生态敏感区和居民密集区。

（2）换流站总平面布置设计时，合理布置电气设备，减少设备间电磁干扰。

（3）合理选择电气设备、导线、金具、绝缘子串等，提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。

(4) 对站内配电装置进行合理布局, 提高导线对地高度。

3.8.1.2 声环境

(1) 声源控制: 在设备选型时, 优先选择符合国家规定噪声标准的设备, 包括换流变、高压电抗器、桥臂电抗器等电气设备以及冷却风扇、阀外冷却系统等产生的空气动力噪声, 提出噪声水平限值, 从控制声源角度降低噪声影响。

(2) 优化站区总平面布置: 将换流站的最主要噪声设备区集中布置在站址的中心区, 并尽可能远离噪声敏感点, 将高噪声设备尽可能布置在远离敏感点的一侧。

(3) 隔声、吸声措施: 湘黔背靠背换流站站换流变均采用 Box-in (隔声罩) 封闭, 减少换流变对周围环境的影响; 换流变利用防火墙隔开, 有效控制噪声向侧面传播。阀厅采用全封闭方式, 并做好隔声措施; 500kV 高压电抗器采取加隔声罩(Box-in)措施; 北侧高抗处围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 45m); 东侧围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 290m); 东南侧围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 60m); 西北侧中部围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 75m); 西北侧偏北围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 90m)。

3.8.1.3 水环境

换流站采用雨污分流制排水系统, 换流站站区雨水经雨水管网导流至站外排水沟; 生活污水经一体化污水处理装置处理后排入站内回用水池, 用于站内冲洗及绿化喷洒, 无法回用时定期清运, 不外排; 阀冷系统废水收集后自建排水管道就近接入市政污水管网, 最终进入茶店街道生活污水处理厂处理, 不外排。

3.8.1.4 固废

换流站内设置垃圾分类收集箱(桶)等垃圾收集设施, 并由环卫部门定期清运, 统一处理, 不随意丢弃。

换流站运行期间, 将根据实际使用情况维护、更换蓄电池, 蓄电池使用寿命一般为 8~10 年, 寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换回收或处置, 不在站内暂存。废旧蓄电池在收集、运输、更换时, 严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定, 禁止在转移过程中擅自拆解、破碎、丢弃废旧蓄电池。

3.8.1.5 事故油排蓄系统

换流站内油浸电气设备(包括换流变、站用变)的事故排油, 经设备下部的油坑收集, 通过地下排油管道汇入布置在设备附近的事故油池内, 油池具有油水分离功能, 分离出的绝缘油由资质单位回收处理, 不外排。换流变、主变等含油电气设备下方事故油坑容积均按不小于设备 20%油量确定, 每座事故油池容积按照接入的最大一台设备 100%的油量确

定，事故油坑、事故油池按照重点防渗区的要求进行防渗设计。

湘黔背靠背换流站设置 4 座事故油池，其中换流变区域共设置 2 座事故集油池，每座油池有效容积约 120m³；500kV 高压电抗器区域设置 1 座事故油池，有效容积约 30m³；500kV 降压变、融冰整流变区域设置 1 座事故油池，有效容积约 50m³。

3.8.2 变电站扩建工程

3.8.2.1 电磁环境

(1) 合理布置电气设备，减少设备间电磁干扰。

(2) 合理选择电气设备、导线、金具、绝缘子串等，提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。

3.8.2.2 声环境

(1) 声源控制：高、低压电抗器设备选型时，优先选择符合国家规定噪声标准的设备，提出噪声水平限值，从控制声源角度降低噪声影响。

(2) 隔声、吸声措施：牌楼 500kV 变电站新增高压、低压电抗器利用防火墙隔开，有效控制噪声向侧面传播。牌楼变北侧、东侧围墙加高，并在围墙上方加装隔声屏障（加高至 4.3m 或 3.5m，总长度约 290m）。

3.8.2.3 水环境

牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站采用雨污分流制排水系统，站区雨水经雨水管网导流至站外，生活污水通过管道收集并输送至站内原有生活污水处理装置内进行处置。牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站扩建本期不新增运行人员，不新增污水排放量。

3.8.2.4 固废

牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站本期不新增运行人员，不新增固废量，可依托变电站前期垃圾收集设施，并由环卫部门定期清运，统一处理，不随意丢弃。

牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站运行期间定期检测蓄电池，寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换后回收处置，不随意丢弃，不在站内暂存。

3.8.2.5 事故油排蓄系统

本项目牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站均设置有事故油排蓄系统，站内油浸电气设备（包括主变、高抗等）下方设置有事故油坑，油坑内铺设卵石层，坑底四周设有排油管道并与事故油池相连。一旦设备发生事故时，所有的外泄绝缘

油或油水混合物将渗过卵石层，经事故油坑收集后通过事故排油管道排至事故油池，进入事故油池中的事故油由有资质的专业公司收集、运输、贮存及回收利用，不得随意丢弃、焚烧或简单填埋。

边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站本期为间隔扩建工程，不新增含油电气设备，本期不设置事故油池。

牌楼 500kV 变电站在新增高抗区设置 1 座事故油池，有效容积约 25m³ 事故油池，事故油池可容纳接入设备 100% 的油量。

3.8.3 输电线路工程

3.8.3.1 电磁环境和声环境

工程选线时充分征求沿线政府及规划等相关职能部门的意见，优化路径，尽量避让城镇规划区、学校、居民密集区。

严格按照相关规程及规范，结合项目区周围的实际情况和工程设计要求，确保评价范围内电磁环境保护目标和声环境保护目标处电磁环境、声环境满足标准限值要求。

合理选择导线直径及导线分裂数以降低线路电磁环境影响，要求导线、母线、均压环、管母线终端球和其他金具等提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。

合理选择导线截面和导线结构以降低线路的电晕噪声水平。

3.8.3.2 生态环境

尽量避自然保护区、风景名胜区、生态保护红线和饮用水水源保护区等环境敏感区及居民集中区，线路尽量远离居民点；尽量避让集中林区、少占耕地，线路经过林区时尽量采用高跨方式。对于评价范围内已避让的 5 处生态敏感区及已避让的 7 处水环境敏感区，线路路径务必与敏感区保持足够距离，确保工程不进入避让的敏感区范围内；合理规划施工方案和施工布局，最大程度减少施工扰动影响。

对于确实无法避让自然公园、生态保护红线和饮用水水源保护区等环境敏感区，合理设计路径走向，减少穿（跨）越线路长度；充分利用地形采用高跨方式通过，并采取加大档距、减少塔基数量等措施；线路经过水源保护区等水体时，结合敏感区地形和范围特点尽可能采取一档跨越方式通过，并优化路径、优选塔位，塔基设置尽量远离水域，避免靠近河岸，不在水体中立塔，最大限度减缓对生态环境的影响；对于穿（跨）越环境敏感区的线路段，应优化施工布局 and 施工方案，充分利用既有道路，减少新开辟施工道路长度；采用先进的线路展放线工艺，如牵张放线、无人机放线等；生态敏感区范围内尽可能少设或不设牵张场，对于因架线需要必须设置的牵张场，均尽量选择在植被稀疏或无植被区域，以降低植被破坏，减小生态环境影响。

杆塔设计时采用全方位高低腿铁塔，根据地形选用合理的基础形式，尽量减少占地、土石方开挖量；塔位有坡度时考虑修筑护坡、排水沟，尽量减少水土流失、保护生态环境。

输电线路跨越水体时，采用一档跨越的方式，不在水体中立塔。

4 环境现状调查与评价

4.1 区域概况

本项目建设地点位于贵州省（铜仁市万山区、碧江区）、湖南省（湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县，怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳苗族自治县），共计2省、3市（州）、8区县（市）。

4.2 自然环境

4.2.1 地形地貌

4.2.1.1 换流站工程

湘黔背靠背换流站站址内整体较为平坦，为树枝状分布的峰丛地貌，整体地势东南侧偏高，西北侧偏低，站址区域范围内地面高程在641~697m，相对高差约56m。场地内中部为耕地，其余为乔木林地。



图 4.2-1 换流站站址现状及周边地貌

4.2.1.2 变电站扩建工程

牌楼 500kV 变电站站址区域属低山丘陵地貌，场地为低山丘陵缓坡地貌，地势为缓坡，地形平缓。边城 500kV 变电站站址区域为丘陵地貌，地势开阔，由三个山包及其所夹冲沟组成。开天 220kV 变电站区域为剥蚀、溶蚀丘陵及溶蚀盆（谷）地地貌，场址周边分布以农田为主。



图 4.2-2 牌楼 500kV 变电站站址现状及周边地貌



图 4.2-3 边城 500kV 变电站站址现状及周边地貌



图 4.2-4 开天 220kV 变电站站址现状及周边地貌

4.2.1.3 线路工程

贵州段线路主要途经贵州省铜仁市，沿线地貌单元主要为高原型高中低山地貌形态，沿线海拔高程在 1000m 以下，地形条件相差较大，整体东部较高，西部较矮。



图 4.2-5 贵州省段线路沿线地貌现状照片

湖南段线路途经湖南省怀化市和湘西州，沿线地貌单元主要为低山、丘陵和剥蚀残丘地貌，地形起伏较大，海拔高程在 220~700m 之间。



图 4.2-6 湖南省段线路沿线地貌现状照片

4.2.2 地质

4.2.2.1 换流站工程

湘黔背靠背换流站场地内上覆第四系全新统残坡积（Q4el+dl）可塑状、软塑状粘土为主。站址区地震烈度为 VI 度，站址位于构造稳定地段，周边无全新世活动断裂分布，无不良地质现象。

4.2.2.2 变电站扩建工程

根据设计资料，牌楼 500kV 变电站站址为武陵山—雪峰山隆起带，参照《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2024 年版）及《中国地震动参数区划图》GB 18306-2015，站址场地抗震设防烈度为 VI 度，设计地震动加速度为 0.05g，设计地震分组为第一组，特征周期为 0.35s，新构造运动较微弱，区内地壳运动处于较稳定期。

根据设计资料，边城 500kV 变电站站址为武陵山早期华夏系褶皱带，参照《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2024 年版）及《中国地震动参数区划图》GB 18306-2015，站址地震基本烈度 VI 度，峰值加速度为 0.05g，特征周期为 0.35s，新构造运动较微弱，区内地壳运动处于较稳定期。

4.2.2.3 线路工程

（1）贵州省境内线路

线路沿线岩土主要为第四系土层及寒武系白云岩、石灰岩、泥页岩等。沿线出露岩层地基承载力高，工程特性较好，满足线路塔位承载力要求。线路沿线岩层倾角较缓，山体较稳定，未见有滑坡、泥石流、岩溶等不良地质作用。

（2）湖南省境内线路

湖南省境内线路沿线主要地层岩性为上覆第四系残坡积层（Qel+dl）的黏土、粉质黏土；下伏基岩主要为第三系（E）、白垩系（K2、K1）、寒武系中统敖溪组（E2a）、震旦系上统灯影组（Zbdn）及元古界板溪群五强溪组二段（Ptbnw2）等年代基岩，路径沿线岩性变化较大、岩性较杂，主要以粉砂岩、灰岩、白云岩、硅质板岩、凝灰岩为主。根据《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）、《建筑抗震设计规范》（GB/T 50011-2010）（2024 年版），结合区域地质资料，沿线周边存在微弱全新世活动断裂，区域构造相对稳定，抗震设防烈度为 6 度，基本地震动峰值加速度为 0.05g，设计地震分组为第一组，基本动反应谱特征周期为 0.35s。

4.2.3 水文特征

4.2.3.1 换流站工程

湘黔背靠背换流站站址区无河流通过，地表无长流不断的溪流，地表水系不发育，场

地地表水主要为大气降水，地表水受季节性影响较大。从站址区域地形地貌特征判断，站址区域地势较高，整体地势成西高东低走势，北侧有自然冲沟，为区域天然排水通道，场区无内涝情况，故站址也不受百年一遇内涝水位的影响。

4.2.3.2 变电站扩建工程

牌楼500kV变电站站区属沅江水系，站址西北侧700m河流为流澧水河。址场平标高远高于澧水河洪水位，故不受澧水河洪水影响。

边城500kV变电站站区属沅江水系，站址东侧600m河流为峒河，西侧河流为万溶江。站址场平标高远高于峒河和万溶江洪水位，故不受峒河和万溶江洪水影响，且站址位于山顶及山间坡地，无内涝影响。

4.2.3.3 线路工程

输电线路跨越主要地表水体情况见下表。

表 4.2-1 本项目输电线路跨越主要地表水体情况一览表

流域	河流名称	河流概况	所属工程
贵州省境内			
长江流域	谢桥河	谢桥河（锦江右岸一级支流），发源于大坪乡的炉山，河流自西南向西北方向流，流经大坪乡的炉山、清塘，鱼塘乡的红伍、大坡以及谢桥街道办事处的挹扒洞、楚溪屯等地，并在谢桥街道办事处的熊家屯汇入锦江。谢桥河全流域面积 198 平方千米，主河道长 41.7 千米，落差 288m。工程在万山区丹都街道大坡村跨越谢桥河，主河槽宽约 15m，河道窄且稳定，水流较小可一档跨越；跨越塔位可利于地势较高处，不受河流百年一遇洪水影响。	铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程
	瓦屋河	瓦屋河（锦江右岸一级支流），发源于万山区万山镇，河流自西南向东北方向流，流经万山镇、瓦屋乡、丁家溪村等地，并在漾头镇漾头社区汇入锦江。工程在万山区青龙村、桂花村跨越瓦屋河，主河槽宽约 90m，河道窄且稳定，水流较小可一档跨越；跨越塔位可利于地势较高处，不受河流百年一遇洪水影响。	换流站～边城 500kV 线路工程、换流站～牌楼 500kV 线路工程
	敖寨河	敖寨河（锦江右岸二级支流、瓦屋河一级支流），发源于万山区塘家田，河流自西南向东北方向流，流经敖寨乡、两河口等地，并在深冲村汇入瓦屋河。工程在万山区敖寨乡、新寨湾、两河口村跨越敖寨河，主河槽宽约 50m，河道窄且稳定，水流较小可一档跨越；跨越塔位可利于地势较高处，不受河流百年一遇洪水影响。	换流站～边城 500kV 线路工程、换流站～牌楼 500kV 线路工程
	石竹河	石竹河（锦江右岸一级支流），发源于万山区琴门村，河流自西南向东北方向流，流经六必冲、瓦屋坪、石竹社区、寨桂村等地，并在坪花园汇入锦江。工程在万山区六必冲跨越石竹河，主河槽宽约 16m，河道窄且稳定，水流较小可一档跨越；跨越塔位可利于地势较高处，不受河流百年一遇洪水影响。	换流站～边城 500kV 线路工程、换流站～牌楼 500kV 线路工程
湖南省境内			

流域	河流名称	河流概况	所属工程
长江流域	万溶江	万溶江是沅江二级支流、武水一级支流，发源于凤凰县古长坪，流经山江、吉信、三拱桥等乡镇，境内干流河长 59.0km，流域面积 522km ² ，其中凤凰县境内干流长度 39.6km。河流因岩溶洞水汇合得名，支流包括西门江、大田河、泡水河、湾溪等。工程在河溪镇跨越万溶江，跨越河段位于河道两侧山坡，高于历史最高洪水位淹没范围，不受河流洪水影响。	换流站～边城 500kV 线路工程
	沱江	沱江为湖南省凤凰县境最大的河流，为武水一级支流。沱江从西至东横贯凤凰县境中部地区，流经腊尔山、麻冲、落潮井、都里、千工坪镇、沱江镇、官庄、桥溪口、木江坪等 9 个乡镇，至吉首市河溪镇汇入峒河（武水），在泸溪县武溪镇汇入沅江。干流全长 131km。工程在沱江镇跨越沱江，跨越河段位于河道两侧山坡，高于历史最高洪水位淹没范围，不受河流洪水影响。	
	白泥江	白泥江（又名白岩江）发源于杨家寨，是流经湖南省凤凰县的重要河流，在县境内全长 36.1km，流域面积 340.26km ² 。该河因雨季冲击两岸石灰岩形成白色水体得名，流经阿拉镇、茶田镇、茨岩乡、新场乡、廖家桥镇、林峰乡、水打田乡等 7 个乡镇后注入锦江水系。工程在水打田乡跨越白泥江，跨越河段位于河道两侧山坡，高于历史最高洪水位淹没范围，不受河流洪水影响。	
	辰水	辰水，别名锦江、麻阳河，是沅江一级支流，发源于武陵山脉梵净山南麓，干流全长 289km，流域面积 7536km ² ，流经贵州省铜仁市及湖南省麻阳、辰溪两县，于辰溪县城注入沅江。工程在锦和镇跨越辰水，跨越河段位于河道两侧山坡，高于历史最高洪水位淹没范围，不受河流洪水影响。	
	澧水	澧水自贵州省瓮安县朱家山国家森林公园发源，流经贵州省的瓮安、黄平、施秉、镇远、岑巩、玉屏和湖南省的新晃、芷江、鹤城区、中方县、洪江 11 个县市区，在洪江市黔城镇汇入沅江，河长 444km，流域面积 10334km ² 。工程在中方镇和新店坪镇 2 次跨越澧水，跨越河段位于河道两侧山坡，高于历史最高洪水位淹没范围，不受河流洪水影响。	换流站～牌楼 500kV 线路工程
	杨溪河	杨溪为澧水一级支流，发源于新晃侗族自治县步头降苗族乡茶山界，干流流经芷江侗族自治县土桥镇、芷江镇，于芷江镇小河口村汇入澧水，流域面积 452km ² ，干流长 58.2km，工程在土桥镇跨越杨溪河，跨越河段位于河道两侧山坡，高于历史最高洪水位淹没范围，不受河流洪水影响。	

4.2.4 气候气象特征

贵州省铜仁市属中亚热带湿润气候区，气候受季风影响明显；其基本气候特征是：春温多变，绵雨较多；夏季炎热，日照充足；秋温速降，多阴多雨；冬少严寒，无霜期长。

湘西土家族苗族自治州地处低纬度地带，属亚热带季风湿润气候。其特点是受武陵山脉的地形地貌影响：冬季比较寒冷，夏季温高湿重，春夏之交阴湿多雨，天气多变，入秋天气转凉，气温下降，季风明显，四季分明。

怀化市属中亚热带湿润季风气候区，四季分明，冬无严寒，夏无酷暑，光热资源丰富，雨量充沛，山区立体气候明显。

根据工程沿线经过各行政区有代表性的气象站实测气象资料，气象特征见下表。

表 4.2-2 本项目沿线气象特征值一览表

省级行政区	市级行政区	多年平均气温(°C)	极端最高气温(°C)	极端最低气温(°C)	多年平均蒸发(mm)	多年平均降水量(mm)	多年平均风速及全年主导风向(m/s)
贵州省	铜仁市	13.8	34.3	-9.4	1176.3	1411.3	2.0 (NE)
湖南省	湘西州	16.4	40.6	-15.5	1108	1440.5	1.5 (SE)
湖南省	怀化市	16.9	41.9	-13	1205	1300.8	1.9 (NE)

4.3 电磁环境现状评价

4.3.1 监测因子

合成电场：换流站各监测点合成电场强度。

工频电场、工频磁场：换流站、牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站、500kV 输电线路、220kV 迁改线路及换流站 110kV 外接电源线路各监测点距离地面 1.5m 高处工频电场强度和工频磁感应强度。

4.3.2 布点原则

本项目电磁环境现状监测点位在现场踏勘调查沿线电磁环境保护目标的基础上确定，具体布点原则见下表。

表 4.3-1 本项目电磁环境监测布点原则一览表

序号	项目	布点原则
1	换流站	(1) 本项目换流站为新建站，站址的布点方法为在站址中心及站界四周布设 5 个监测点位，合成场强测点位于地面，工频电场工频磁场测点位于距离地面 1.5m 处。 (2) 对换流站电磁环境保护目标进行布点监测，监测点距离房屋 1m，合成场强测点位于地面，工频电场工频磁场距地面高度 1.5m。
2	变电站	(1) 在牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、220kV 开天变电站厂界四周均匀设置监测点位，监测点在距离围墙 5m 处布置、测点高度为距离地面 1.5m 处。 (2) 对变电站电磁环境保护目标均进行布点监测，监测点距离房屋 1m、距地面高度 1.5m。
3	输电线路	(1) 对线路沿线各电磁环境保护目标进行电磁环境现状监测，同一个自然村组选取最近户进行监测。在满足监测条件的前提下，在环境保护目标靠近输电线路一侧且距离建筑物 1m 处布点。若受环境保护目标周边地形及植被影响环境保护目标靠近输电线路一侧不具备监测条件，则在环境保护目标具备监测条件且距离建筑物 1m 处布点。 (2) 对于本项目输电线路与已建 ±800kV 宾金线交叉跨越点处和 220kV 迁改线路段均进行监测，监测点位在跨越点和迁改段。 (3) 对位于并行线路内侧的电磁环境保护目标，在电磁环境保护目标靠近输电线路的两侧分别布设监测点位。 (4) 对于铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程，在铜仁～碧江 500kV 输电线路开断点处设置监测点位。

4.3.3 监测频次

各监测点位监测 1 次。

4.3.4 监测时间、监测环境及运行工况

本项目电磁环境现状监测时间和监测环境情况见下表。

表 4.3-2 本项目电磁环境现状监测时间和气象参数一览表

序号	项目	测量日期	气象参数			
			温度 (℃)	湿度 (%)	风速（m/s）	
					昼间	夜间
一、换流站工程						
1	湘黔背靠背换流站	2025.9.17	28.5~34.6	50.2~64.2	1.0~1.8	1.0~1.2
二、变电站扩建工程						
1	牌楼 500kV 变电站	2025.8.19	31.5~34.7	61.8~64.5	0.5~0.9	0.5~0.6
		2025.11.16	13.6	59.4	0.8	1.7
2	边城 500kV 变电站	2025.11.17	8.4~12.4	58.3~69.8	0.8-1.1	1.5-1.7
3	开天 220kV 变电站	2025.9.17	26.6~30.2	52.1~54.2	0.6~1.1	0.6~1.0
三、线路工程（贵州省境内）						
1	铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程	2025.7.30.	24.8~32.1	46~49	1.2~2.4	1.5~2.2
		2025.7.31	22.6~31.4	47~50	1.1~2.1	1.1~1.8
		2025.8.1	23.5~30.6	47~48	1.3~1.8	1.4~1.7
		2025.9.8	23.8~30.6	44~47	0.9~1.8	0.9~1.6
		2025.9.9	21.2~26.9	45~49	1.1~2.1	1.1~2.0
2	换流站~牌楼 500kV 线路工程	2025.7.31	22.6~31.4	47~50	1.1~2.1	1.1~1.8
		2025.8.1	23.5~30.6	47~48	1.3~1.8	1.4~1.7
		2025.9.8	23.8~30.6	44~47	0.9~1.8	0.9~1.6
		2025.9.9	21.2~26.9	45~49	1.1~2.1	1.1~2.0
3	换流站~边城 500kV 线路工程	2025.7.31	22.6~31.4	47~50	1.1~2.1	1.1~1.8
		2025.8.1	23.5~30.6	47~48	1.3~1.8	1.4~1.7
		2025.9.8	23.8~30.6	44~47	0.9~1.8	0.9~1.6
		2025.9.9	21.2~26.9	45~49	1.1~2.1	1.1~2.0
4	换流站 110kV 电源线路工程	2025.9.17	32.8~35.1	56.2~60.1	1.0~1.2	0.8~1.0
四、线路工程（湖南省境内）						
1	换流站~边城 500kV 线路工程 （湖南段）	2025.7.7	31.8~32.7	41.2~42.7	0.3~0.6	0.2~0.3
2		2025.7.8	29.2~37.8	57.6~64.6	0.1~0.5	0.1~0.5
3		2025.7.9	30.8	59.3	0.5	0.2~0.4
4		2025.7.10	33.6~34.8	60.4~63.6	1.2~2.5	0.3
5		2025.7.11	/	/	/	0.3
6		2025.7.15	36.1	58.3	0.7	0.2
7		2025.7.16	35.8	49.2	0.8	0.2
8		2025.9.10	28.3~29.8	69.2~69.6	0.11~0.23	0.26~0.27
9		2025.9.11	32.0~33.8	65.3~69.8	0.24~0.37	0.10~0.42
10		2025.9.12	32.1~32.7	63.3~65.8	0.28~0.64	0.14~0.44
11		2025.9.13	28.6~29.2	70.3~71.7	0.17~0.34	0.18~0.24
12	换流站~牌楼 500kV 线路工程 （湖南段）	2025.6-25	33.7~34.1	60.9~61.0	0.48~0.49	0.88~0.98
13		2025.6-26	34.5~34.6	57.2~59.7	0.12~27	0.33~0.36

序号	项目	测量日期	气象参数			
			温度 (℃)	湿度 (%)	风速 (m/s)	
					昼间	夜间
14		2025.7.2	30.8	65.2	0.34	0.36
15		2025.7.8	33.2~34.9	60.4~64.1	0.17~0.35	0.53~0.56
16		2025.7.9	34.9~38.0	50.4~60.2	0.21~0.33	0.29~0.36
17		2025.7.10	34.5~36.8	61.8~63.5	0.35~0.38	0.43~0.45
18		2025.7.15	37.7~37.9	47.2~47.3	0.75~0.82	0.83~0.91
19		2025.7.16	34.4~34.5	61.6~62.3	0.35~0.41	0.90~1.01
20		2025.9.10	29.1	73.7	0.69	2.78
21		2025.9.11	31.9~32.8	56.8~58.0	1.68~1.73	1.82~1.85
22		2025.9.17	37.0~37.6	38.5~43.2	0.24~0.32	0.69~0.78
23		2025.9.18	28.5~30.0	61.5~62.7	0.72~1.11	1.24~1.27
24		2025.9.19	22.3~26.4	62.5~63.2	1.54~1.62	1.75~1.81
25		2025.9.20	20.9~23.4	63.1~63.3	0.87~0.98	1.56~1.99
26	220kV 线路迁改工程	2025.9.13	28.8	71.5	0.17	0.18

监测期间，牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站、铜仁～碧江 500kV 输电线路均正常运行，运行工况如下。

表 4.3-3 本项目电磁环境现状监测期间已建工程运行工况

检测时间	项目	电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率 (Mvar)
牌楼 500kV 变电站					
2025.8.19	1 号主变	538.8~544.7	21.29~213.01	-192.61~-12.18	15.98~48.72
	2 号主变	537.6~543.1	33.86~2173.31	-154.69~31.43	5.14~45.88
	3 号主变	538.1~542.5	36.456~166.94	-146.17~31.71	12.94~53.29
2025.11.16	1 号主变	533.6~537.7	29.7~228.5	7.9~208.2	26.2~43.7
	2 号主变	534.1~537.1	28.4~203.3	5.6~183.7	25.7~44.6
	3 号主变	534.6~537.6	30.5~205.4	-2.2~185.1	28.1~47.9
边城 500kV 变电站					
2025.11.17	2 号主变	532.8~538.2	98.1~298.3	-52.9~262.3	73.4~92.0
天开 220kV 变电站					
2025.9.17	1#主变	228.11~231.07	65.86~139.19	24.26~56.48	0.92~11.45
	2#主变	228.11~231.07	63.22~134.2	24.01~55.33	0.99~12.12
铜仁～碧江 500kV 输电线路					
2025.9.8	500kV 铜碧甲线	535.2~545.1	90.1~161.2	49.5~119.5	56.2~102.5
	500kV 铜碧乙线	535.3~545.1	89.2~163.1	50.6~121.2	57.1~102.2
2025.9.8	500kV 铜碧甲线	536.9~545.8	91.7~163.2	44.6~130.2	61.51~114.5

检测时间	项目	电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率 (Mvar)
	500kV 铜碧乙线	536.5~545.6	89.8~162.4	51.1~120.1	61.7~116.3
2025.9.13	220kV 边格 I 回	220	101.2	42.5	-3.8
	220kV 边峒 II 回	220	139.2	62.4	12.2

4.3.5 监测单位

本项目换流站、开天 220kV 变电站及换流站 110kV 外接电源线：广西壮族自治区辐射环境监督管理站

牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、500kV 输电线路（湖南境内）：湖南省湘电试验研究院有限公司

500kV 输电线路（贵州境内）：贵州科正环安检测技术有限公司

本项目各环境现状监测单位均通过了资质认证和计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。各监测单位质量管理体系包括：

1) 人员管理

2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。

本项目环境现状监测使用仪器都是经过计量检定部门检定的、在计量有效期内的监测仪器。从事环境现状监测的单位均具有从事环境监测的资质。

4.3.6 监测方法及仪器

4.3.6.1 监测方法

(1) 《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）；

(2) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）。

4.3.6.2 监测仪器

监测仪器参见下表。

表 4.3-4 电磁监测仪器一览表

序号	仪器设备名称	设备型号	设备编号	校/检单位	测量范围	仪器有效期至
广西壮族自治区辐射环境监督管理站						
1	STT-HDSW 高压直流电磁环境测量系统	HDEM-01	EM13033	中国计量科学研究院	±20kV/m, ±100kV/m	2026.3.24

序号	仪器设备名称	设备型号	设备编号	校/检单位	测量范围	仪器有效期至
2	电磁辐射测量仪	SEM-600	D-2285	华南国家计量测试中心	工频电场：10mV/m~100kV/m 工频磁场：1nT~10mT	2026.6.13
湖南省湘电试验研究院有限公司						
1	工频电磁场仪	SEM-600/LF-01	S-0012/G-0019	广州广电计量检测股份有限公司	电场强度：0.01V/m~100kV/m 磁感应强度：1nT~10mT	2026.4.7
2	电磁辐射分析仪	SEM-600/LF-04	D-1065/I-1065	广州广电计量检测股份有限公司	电场强度：0.01V/m~100kV/m 磁感应强度：1nT~10mT	2026.4.16
贵州科正环安检测技术有限公司						
1	电磁场探头/场强分析仪	EHP-50F/NB M-550	100WY70555/H-0400	中国计量科学研究院	电场强度：5mV/m~100kV/m 磁感应强度：0.3nT~10mT	2026.6.8

4.3.7 监测结果

本项目换流站、变电站扩建工程、交流线路各电磁环境现状监测结果如下。

表 4.3-5 换流站电磁环境现状监测结果

序号	监测点位名称	合成电场强度 (kV/m)		工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)	备注
		E ₈₀	E ₉₅			
1	站址中心	0.13	0.16	57.0	0.0924	东侧 70m 有 220kV 线路
2	换流站东侧	0.12	0.14	7.14	0.0126	/
3	换流站南侧	0.11	0.14	187	0.310	东侧 30m 有 220kV 线路，线高 26m
4	换流站西侧	0.12	0.15	199	0.348	西侧 17m 有 110kV 线路
5	换流站北侧	0.10	0.13	9.08	0.0136	/
6	铜仁市万山区红岩村甘塘组 1#	0.12	0.15	9.50	0.0350	/
7	铜仁市万山区红岩村甘塘组 2#	0.12	0.15	10.8	0.0137	/

表 4.3-6 变电站扩建工程电磁环境现状监测结果

测点编号	监测点位名称	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)	备注
(一) 牌楼 500kV 变电站扩建工程				
1	变电站南侧厂界 1	7.3	0.088	
2	变电站南侧厂界 2	318.1	1.011	
3	变电站西侧厂界 1	545.9	1.901	
4	变电站西侧厂界 2	830.4	2.597	
5	变电站北侧厂界 1	57.3	0.269	
6	变电站北侧厂界 2	120.6	0.360	

测点 编号	监测点位名称		工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)	备注
7	变电站东侧厂界 1		669.8	2.337	
8	变电站东侧厂界 2		862.6	1.694	
9	怀化市中方县中方镇 牌楼村岩垅口组	东北侧中方县禽类合 作社养殖厂	89.4	0.225	
10		西侧养殖棚	5.6	0.456	
(二) 边城 500kV 变电站扩建工程					
1	变电站东侧厂界（间隔扩建侧）		280.0	0.248	
2	变电站南侧厂界		66.0	0.092	
3	变电站西侧厂界		40.6	0.146	
4	变电站北侧厂界		12.7	0.060	
(三) 天开 220kV 变电站扩建工程					
1.	变电站东侧		3.45	0.0360	/
2.	变电站南侧		15.1	0.0347	/
3.	变电站西侧		68.1	0.201	/
4.	变电站北侧		2.63	0.0311	/
5.	变电站西南 侧衰减断面	变电站西南侧站界外 5m	440	0.542	变电站东南侧
6.		变电站西南侧站界外 10m	821	0.645	
7.		变电站西南侧站界外 15m	1.10×10 ³	0.689	
8.		变电站西南侧站界外 20m	1.14×10 ³	0.738	
9.		变电站西南侧站界外 25m	860	0.681	
10.		变电站西南侧站界外 30m	389	0.533	
11.		变电站西南侧站界外 35m	66.5	0.406	
12.		变电站西南侧站界外 40m	21.2	0.329	
13.		变电站西南侧站界外 45m	11.9	0.291	
14.		变电站西南侧站界外 50m	10.5	0.259	
15.	铜仁市万山区仁山街 道开天村	梨塘组 1#（1F）	2.46	0.0291	/
16.		梨塘组 1#（4F）	4.32	0.0260	/

表 4.3-7 输电线路电磁环境现状监测结果 (贵州境内)

测点编号	监测点位名称	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	备注
(一) 换流站~边城 500kV 线路工程 (贵州段)				
1	万山区茶店街道红岩村红岩组	0.608	0.0055	
2	万山区茶店街道红岩村矮山坪组 1	0.435	0.0070	
3	万山区谢桥街道瓦屋坪村陈家组	9.497	0.0158	
4	万山区敖寨乡杨家寨村杉树坪组	4.827	0.0086	
5	万山区敖寨乡两河口村黄泥塘组	0.738	0.0061	
6	万山区下溪乡青龙村十一组	7.546	0.0092	
7	碧江区瓦屋乡溪坎村溪坎组	10.29	0.0169	
8	碧江区瓦屋乡司前村一组	36.67	0.0272	

测点 编号	监测点位名称	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	备注
(二) 换流站~牌楼 500kV 线路工程 (贵州段)				
9	万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2	0.523	0.0070	
10	万山区谢桥街道瓦屋坪村具陆冲组	7.890	0.0202	
11	万山区敖寨乡中华山村进山湾组	2.819	0.0087	
12	万山区黄道乡马黄村杨家组	2.484	0.0131	
13	万山区黄道乡马黄村腊溪组	4.779	0.0070	
(三) 铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程				
14	万山区丹都街道大坡村温溪江组	3.927	0.0331	
15	万山区丹都街道大坡村大坡老组	0.518	0.0072	
16	万山区鱼塘乡红伍村白岩山组	3.405	0.0101	
17	万山区丹都街道旗屯村桑树坪组	1.090	0.0223	
18	万山区茶店街道梅花村土地坡组	0.576	0.0080	
19	万山区茶店街道茶店村响水洞组	18.40	0.0121	
20	万山区丹都街道旗屯村上加坡组 1	0.424	0.0064	
21	万山区丹都街道旗屯村上加坡组 2	1.173	0.0061	
22	500kV 铜碧乙线 95#~96#塔线路投影处	79.11	0.0848	
23	500kV 铜碧甲线 99#~100#塔线路投影处	53.04	0.0541	
24	500kV 铜碧乙线 87#~88#塔线路投影处	43.36	0.0561	
25	500kV 铜碧甲线 91#~92#塔线路投影处	46.88	0.0421	
(四) 换流站站外 110kV 电源线路工程				
1	铜仁市万山区仁山街道塘边村桃树寨组	122	0.0541	东南侧 22m 有 220kV 线路
2	铜仁市万山区仁山街道塘边村大院子组	0.518	0.0187	/
3	铜仁市万山区茶店街道红岩村红岩组	1.35	0.0348	/

表 4.3-8 输电线路电磁环境现状监测结果 (湖南省境内)

测点 编号	监测点位名称	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应 强度 (μ T)	备注
(一) 换流站~牌楼 500kV 线路工程 (湖南段)				
1	怀化市中方县中方镇牌楼村岩垅口组民房※	312.0	0.385	与 500kV 边牌双回路 共塔段
2	怀化市中方县中方镇牌楼村窑上组民房※	32.7	0.441	
3	怀化市中方县中方镇牌楼村双冲组民房※	51.9	0.297	
4	怀化市中方县中方镇站坪村梅子坳组民房※	43.4	0.164	
5	怀化市中方县桐木镇宝寨村早禾田组民房	1.1	0.006	
6	怀化市中方县桐木镇宝寨村土塘组民房	2.9	0.006	
7	怀化市中方县桐木镇丰坡村烂泥冲组民房	6.8	0.003	
8	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村洋火坪组民房	4.6	0.005	
9	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村蒲家冲组民房	4.0	0.006	
10	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村板栗湾组民房	0.3	0.005	
11	怀化市芷江县晓坪乡兰水村蒙溪组民房	1.0	0.005	

测点 编号	监测点位名称	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应 强度 (μT)	备注
12	怀化市芷江县晓坪乡兰水村毛坪界组民房	3.9	0.004	
13	怀化市芷江县晓坪乡兰水村土桥冲组民房	4.8	0.006	
14	怀化市芷江县晓坪乡小冲村小塘冲组民房	0.2	0.005	
15	怀化市芷江县晓坪乡小冲村雷响坪组民房	0.1	0.005	
16	怀化市芷江县晓坪乡岩背村梓木冲组民房	1.2	0.005	
17	怀化市芷江县晓坪乡岩背村泥塘界组民房	3.9	0.009	
18	怀化市芷江县晓坪乡岩背村大艮坡组民房	0.1	0.004	
19	怀化市芷江县楠木坪镇联合村进山冲组民房	0.1	0.004	
20	怀化市芷江县楠木坪镇联合村矮下冲组民房	0.2	0.007	
21	怀化市芷江县楠木坪镇联合村黄獭塘组民房	6.0	0.012	
22	怀化市芷江县楠木坪镇联合村半冲组民房	0.6	0.005	
23	怀化市芷江县楠木坪镇翁塘村旧禾冲组民房	3.3	0.005	
24	怀化市芷江县芷江镇桥边村下路坡组民房	2.8	0.005	
25	怀化市芷江县芷江镇周坪村四田湾组民房	1.4	0.005	
26	怀化市芷江县芷江镇沙溪村蒋家垠组民房	2.3	0.005	
27	怀化市芷江县土桥镇洞下村倒塘组民房	1.7	0.005	
28	怀化市芷江县土桥镇土桥村麦园组民房	0.6	0.004	
29	怀化市芷江县土桥镇土桥村井冲垅组民房	5.5	0.005	
30	怀化市芷江县土桥镇富家团村盐井组民房	4.5	0.005	
31	怀化市芷江县土桥镇富家团村荷花坪组民房	3.7	0.006	
32	怀化市芷江县土桥镇富家团村鼓楼冲组民房	8.6	0.031	
33	怀化市芷江县土桥镇两户村寸子湾组民房	1.0	0.004	
34	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村祖坪组民房	0.2	0.008	
35	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村桐木湾组民房	6.5	0.008	
36	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村小关组民房	3.2	0.049	
37	怀化市芷江县新店坪镇白马铺村狮子坪组民房	28.3	0.015	
38	怀化市芷江县新店坪镇新城坪村 2 组民房	35.6	0.079	
39	怀化市芷江县新店坪镇黄双坪村邓家组民房	4.9	0.009	
40	怀化市芷江县新店坪镇黄双坪村回湾组民房	3.7	0.005	
41	怀化市芷江县新店坪镇白杉村枇杷湾组民房	5.1	0.035	
42	怀化市芷江县新店坪镇园溪口村 15 组民房	0.2	0.005	
43	怀化市芷江县新店坪镇连心桥村 10 组民房	8.5	0.004	
(二) 换流站~边城 500kV 线路工程 (湖南段)				
1	湘西自治州吉首市河溪镇张排村厂房	0.6	0.258	
2	湘西自治州吉首市双塘街道联兴村 3 组民房	0.3	0.020	
3	湘西自治州吉首市双塘街道坨丰村 2 组民房	0.3	0.024	
4	湘西自治州泸溪县解放岩乡利略村 5 组寺庙	0.4	0.008	
5	湘西自治州泸溪县解放岩乡利略村 6 组民房	0.3	0.012	
6	湘西自治州泸溪县解放岩乡利略村花木基地	0.4	0.014	

测点 编号	监测点位名称	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应 强度 (μT)	备注
7	湘西自治州泸溪县解放岩乡都蛮村 3 组民房	2.2	0.023	
8	湘西自治州泸溪县解放岩乡都蛮村村委会	0.3	0.009	
9	湘西自治州泸溪县解放岩乡都蛮村 5 组民房	3.0	0.039	
10	湘西自治州凤凰县木江坪镇大管冲村 3 组民房	0.4	0.025	
11	湘西自治州凤凰县木江坪镇中寨村 5 组养殖房	0.4	0.008	
12	湘西自治州凤凰县沱江镇黄栗村 3 组民房	10.8	0.022	
13	湘西自治州凤凰县沱江镇庄上村 12 组民房	0.4	0.349	
14	湘西自治州凤凰县沱江镇庄上村 3 组民房	1.2	0.053	
15	湘西自治州凤凰县沱江镇杜田村 15 组养殖房	0.3	0.195	
16	湘西自治州凤凰县沱江镇杜田村 11 组民房	0.3	0.019	
17	湘西自治州凤凰县水打田乡红星村 5 组民房	0.5	0.023	
18	怀化市麻阳县石羊哨乡松溪坪村 3 组民房	0.4	0.008	
19	湘西自治州凤凰县水打田乡五林村 6 组民房	0.3	0.038	
20	湘西自治州凤凰县水打田乡水田村 1 组民房	0.4	0.008	
21	湘西自治州凤凰县水打田乡坪溪山村 8 组民房	0.3	0.014	
22	怀化市麻阳县锦和镇西冲山村 2 组养殖房	0.4	0.195	
23	怀化市麻阳县锦和镇黄土田村 2 组养殖房	1.8	0.024	
24	怀化市麻阳苗族自治县尧市镇柑子坪村 2 组民房	0.8	0.026	
25	本项目与 $\pm 800\text{kV}$ 宾金线交叉跨越处（凤凰县木江坪镇大管冲村）	0.6	0.015	
26	220kV 边格 I 回和边峒 II 回双回线路迁改段线下	10.2	0.109	

注：※代表同塔双回路敏感目标，下同。

4.3.8 电磁环境现状评价及结论

（1）湘黔背靠背换流站新建工程

湘黔背靠背换流站站址四周及中心的地面合成电场强度 E_{80} 监测结果为 $0.10\text{kV/m} \sim 0.13\text{kV/m}$ ， E_{95} 监测结果为 $0.13\text{kV/m} \sim 0.16\text{kV/m}$ ，合成场强分别小于 15kV/m (E_{80})、 25kV/m (E_{95}) 的标准限值；站址四周及中心的工频电场强度监测结果为 $7.14\text{V/m} \sim 199\text{V/m}$ ，工频磁感应强度监测结果为 $0.0924\mu\text{T} \sim 0.348\mu\text{T}$ ，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m 、 $100\mu\text{T}$ 的标准限值。

换流站电磁环境保护目标处地面合成电场强度 E_{80} 监测结果为 0.12kV/m ， E_{95} 监测结果为 0.15kV/m ，合成场强分别小于 15kV/m (E_{80})、 25kV/m (E_{95}) 的标准限值；换流站电磁环境保护目标处的工频电场强度监测结果为 $9.50\text{V/m} \sim 10.8\text{V/m}$ ，工频磁感应强度监测结果为 $0.0137\mu\text{T} \sim 0.0350\mu\text{T}$ ，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m 、 $100\mu\text{T}$ 的标准限值。

（2）牌楼 500kV 变电站扩建工程

牌楼 500kV 变电站厂界的工频电场强度监测结果为 7.3V/m~826.6V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.088 μ T~2.597 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

牌楼 500kV 变电站电磁环境敏感目标处的工频电场强度监测结果为 5.6V/m~86.4V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.225 μ T~0.456 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

(3) 边城 500kV 变电站扩建工程

边城 500kV 变电站间隔扩建侧厂界的工频电场强度监测结果为 12.7V/m~280.8V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.060~0.248 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

(4) 开天 220kV 变电站扩建工程

开天 220kV 变电站厂界的工频电场强度监测结果为 2.63~68.1V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.0311 μ T~0.201 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

开天 220kV 变电站断面监测的工频电场强度监测结果为 10.5V/m~1.14 $\times 10^3$ V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.259 μ T~0.738 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。开天 220kV 变电站电磁环境敏感目标的工频电场强度监测结果为 2.64~4.32V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.0260~0.0291 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

(5) 线路工程

铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测结果为 0.424V/m~18.4V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.061 μ T~0.0331 μ T, 铜仁~碧江 500kV 输电线路开断点处附近工频电场强度监测结果为 43.36V/m~79.11V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.0421 μ T~0.0848 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

换流站~边城 500kV 线路工程(贵州段)沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测结果为 0.608V/m~36.67V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.0055 μ T~0.0272 μ T; 换流站~边城 500kV 线路工程(湖南段)沿线电磁环境敏感目标处工频电场强度监测结果为 0.3V/m~10.8V/m, 工频磁感应强度监测结果为 0.008 μ T~0.349 μ T, 工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

换流站~牌楼 500kV 线路工程(贵州段)沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测

结果为 0.435V/m~7.89V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.007 μ T~0.0202 μ T；换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）沿线电磁环境敏感目标处工频电场强度监测结果为 0.1V/m~312.0V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.004 μ T~0.385 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

换流站~边城 500kV 线路工程（贵州段）沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测结果为 0.608V/m~36.67V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0055 μ T~0.0272 μ T；换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）沿线电磁环境敏感目标处工频电场强度监测结果为 0.3V/m~10.8V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.008 μ T~0.349 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

110kV 外接电源线路沿线电磁环境保护目标处的工频电场强度监测值范围为 0.518~122V/m、工频磁感应强度监测值为 0.0187~0.0541 μ T，均分别满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）4000V/m、100 μ T 的标准限值要求。

本项目与±800kV 宾金线交叉跨越处和 220kV 线路迁改工程线下工频电场强度监测结果分别为 0.6V/m、10.2V/m，工频磁感应强度监测结果分别为 0.015 μ T、0.109 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 10kV/m、100 μ T 的标准限值。

4.4 声环境现状评价

4.4.1 噪声源调查与分析

本工程开天 220kV 变电站、牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站扩建工程主要噪声源主要为站内已建主变、高抗等主要噪声设备，现有主要噪声源如下表所示。

表 4.4-1 开天 220kV 变电站主要设备噪声源调查清单（室外噪声）

序号	声源名称	空间相对位置			声源类型	声压级(dB(A))	数量(台)
		X	Y	Z			
1	1#主变	85	45	2.5	面声源	70 dB(A)/距设备 1m 处	1
2	2#主变	96	68	2.5	面声源	70 dB(A)/距设备 1m 处	1

注：1) X, Y, Z 原点坐标为站址西南侧围墙地面拐点。

表 4.4-2 牌楼变电站主要设备噪声源调查清单（室外噪声）

序号	声源名称	空间相对位置			声源类型	声压级(dB(A))	数量(台/组)
		X	Y	Z			
1	#1 主变 A 相	42-52	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	#1 主变 B 相	52.5-62.5	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	#1 主变 C 相	63-73	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
2	#2 主变 A 相	115-125	104-115	0-4	面源	75 /距设备	1 台

序号	声源名称	空间相对位置			声源类型	声压级 (dB(A))	数量 (台/组)
		X	Y	Z			
						1m 处	
	#2 主变 B 相	125.5-135.5	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	#2 主变 C 相	136-146	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
3	#3 主变 A 相	168-178	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	#3 主变 B 相	178.5-188.5	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	#3 主变 C 相	189-199	104-115	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
4	高压电抗器 A 相	238-248	133-142	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	高压电抗器 B 相	238-248	142.5-151.5	0-4	面源	1m 处	1 台
	高压电抗器 C 相	238-248	152-161	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台

注：1) X, Y, Z 原点坐标为站址西南侧围墙地面拐点。

本工程边城 500kV 变电站现有主要噪声源如下表所示。

表 4.4-3 边城变电站主要设备噪声源调查清单（室外噪声）

序号	声源名称	空间相对位置			声源类型	声压级 (dB(A))	数量 (台/组)
		X	Y	Z			
1	#1 主变 A 相	69-80	93.5-103.5	0-4	面源	77.2 距设备 1m 处	1 台
	#1 主变 B 相	69-80	104-114	0-4	面源	77.2 距设备 1m 处	1 台
	#1 主变 C 相	69-80	114.5-124.5	0-4	面源	77.2 距设备 1m 处	1 台
2	高压电抗器 A 相	140-149	73-81	0-4	面源	75 距设备 1m 处	1 台
	高压电抗器 B 相	140-149	81.5-89.5	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台
	高压电抗器 C 相	140-149	90-98	0-4	面源	75 /距设备 1m 处	1 台

注：1) X, Y, Z 原点坐标为站址西南侧围墙地面拐点。

4.4.2 监测因子

等效连续 A 声级 (L_{eq})。

4.4.3 布点原则

本项目声环境现状监测点位在现场踏勘调查沿线声环境保护目标的基础上确定，具体布点原则如下。

表 4.4-4 本项目声环境监测布点原则一览表

序号	项目	布点原则
1	换流站	(1) 本项目换流站为新建站, 站址的布点方法为在站址中心及站界四周布设 5 个监测点位, 测点位于距离地面 1.2m 高度处。 (2) 对换流站声环境保护目标进行布点监测, 测点距离墙壁或窗户 1m、距地面高度 1.2m。
2	变电站	(1) 牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站为已建站, 在厂界进行布点监测, 厂界的监测点应包括距噪声敏感建筑物较近以及受被测声源影响大的位置, 测点位于围墙外 1m、距离地面 1.2m 高度、距任一反射面距离不小于 1m 的位置, 变电站 200m 范围分布有声环境保护目标且厂界无噪声治理措施时, 厂界测点位于围墙外 1m, 高于围墙 0.5m 高度。 (2) 变电站评价范围内声环境保护目标均进行监测, 监测点距离墙壁或窗户 1m、距地面高度 1.2m 以上; 对于楼层为三层及以上的房屋, 对不同楼层分别进行监测。
3	输电线路	(1) 对线路沿线各声环境保护目标进行声环境现状监测, 同一个自然村组选取最近户进行监测, 在满足监测条件的前提下, 在环境保护目标靠近输电线路一侧且距离建筑物 1m 处布点。若受环境保护目标周边地形及植被影响环境保护目标靠近输电线路一侧不具备监测条件, 则在环境保护目标具备监测条件且距离建筑物 1m 处布点, 测点距离墙壁或窗户 1m、距地面高度 1.2m 以上。对于楼层为三层及以上的房屋, 对不同楼层分别进行监测。 (2) 对位于并行线路内侧的声环境保护目标, 在声环境保护目标靠近输电线路的两侧分别布设监测点位。 (3) 对于本项目输电线路与已建 330kV 及以上输电线路交叉跨越点处均进行监测, 监测点位在跨越点。 (4) 对于铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程, 在铜仁~碧江 500kV 输电线路开断点处设置监测点位。 (5) 当输电线路邻近交通干线且输电线路的声环境保护目标位于 4 类声环境功能区内时, 选择在声环境保护目标邻近交通干线一侧布设点位; 若同一处环境保护目标位于不同声环境功能区内, 应分别进行监测。

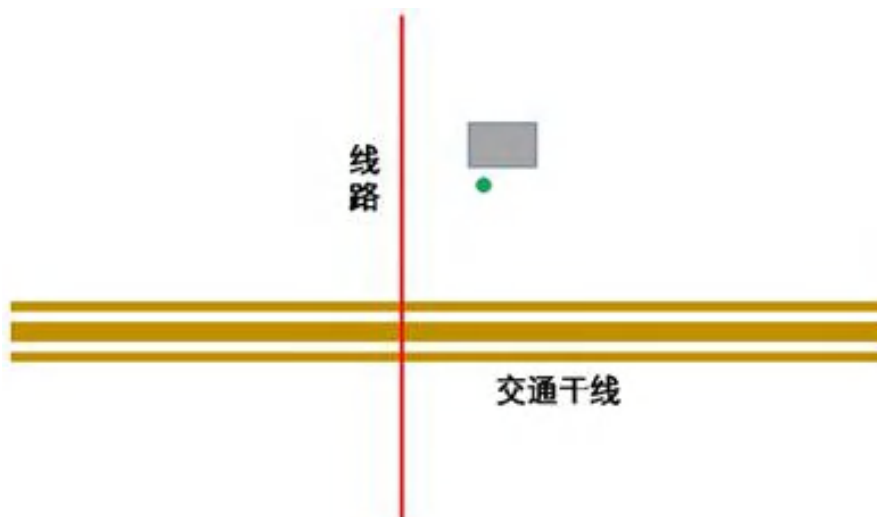


图 4.4-1 线路邻近交通干线时声环境现状布点示意图

4.4.4 监测频次

每个监测点位昼、夜各监测 1 次。

4.4.5 监测时间及监测环境及运行工况

本项目声环境现状监测时间和监测环境与电磁环境现状监测一致，详见表 4.3-2。

监测期间，牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站、铜仁～碧江 500kV 输电线路均正常运行，运行工况见表 4.3-3。

4.4.6 监测单位

本项目声环境现状监测单位与电磁环境一致。

4.4.7 监测方法及仪器

(1) 监测方法

按《声环境质量标准》（GB 3096-2008）、《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；中的监测方法进行，其中 4a 类声环境保护目标处测量 20min 等效声级 L_{eq} ，4b 类声环境保护目标处测量 1h 等效声级 L_{eq} ，并记录监测期间车流量信息。

(2) 监测仪器

本项目噪声监测所用仪器见下表。

表 4.4-5 噪声监测仪器一览表

序号	仪器设备名称	设备型号	设备编号	校/检单位	测量范围	仪器有效期至
广西壮族自治区辐射环境监督管理站						
1	多功能声级计	AWA6292	391453	广西计量检测研究院	20dB~143dB	2026.8.14
2	声校准器	AWA6021A	1023266	广西计量检测研究院	94dB/114dB	2026.1.13
湖南省湘电试验研究院有限公司						
1	声级计	AWA6292	922438	湖南省计量检测研究院	测量范围： 20dB~143dB 频率范围： 10Hz~20kHz	2026.4.15
2	声级计	AWA6292	905832	湖南省计量检测研究院	测量范围： 20dB~143dB 频率范围： 10Hz~20kHz	2026.06.23
3	声级计	AWA6292	903633	湖南省计量检测研究院	测量范围： 20dB~143dB 频率范围： 10Hz~20kHz	2026.6.23
2	声校准器	AWA6021A	1028553	湖南省计量检测研究院	94dB/114dB	2026.4.15
3	声校准器	AWA6021A	1010058	湖南省计量检测研究院	94dB/114dB	2026.6.23
4	声校准器	AWA6021A	1028577	湖南省计量检测研究院	94dB/114dB	2026.4.15

序号	仪器设备名称	设备型号	设备编号	校/检单位	测量范围	仪器有效期至
	器			测研究院		
贵州科正环安检测技术有限公司						
1	多功能声级计	AWA5688	10337128	贵州省计量测试院	28dB~133dB	2026.6.10
2	声校准器	AWA6022A	2019355	贵州省计量测试院	94.0dB/114dB	2026.6.12

4.4.8 监测结果

本项目换流站、直流线路、迁改交流线路各声环境现状监测结果如下。

表 4.4-6 换流站站址及敏感目标声环境现状监测结果 单位：dB(A)

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
1	站址中心	45.7	39.9	2 类	60	50
2	换流站东侧	42.3	39.1	2 类	60	50
3	换流站南侧	44.9	40.4	2 类	60	50
4	换流站西侧	43.6	39.6	2 类	60	50
5	换流站北侧	43.6	40.8	2 类	60	50
6	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 1#(1F)	42.7	39.5	2 类	60	50
	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 1#（2F）	43.9	40.1			
	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 1#（3F）	43.9	40.0			
	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 1#（3F 顶）	42.7	39.8			
7	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 2#	40.1	40.8	2 类	60	50
8	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 3#(1F)	42.6	38.4	2 类	60	50
	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 3#（2F）	41.0	/			
	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 3#（3F）	42.2				
	铜仁市万山区茶店街道红岩村甘塘组 3#（4F）	43.0				

注：甘塘组 3#夜间无法前往 2 楼及以上监测噪声。

表 4.4-7 变电站扩建工程及敏感目标声环境现状监测结果 单位：dB(A)

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
(一) 500kV 牌楼变电站扩建工程						
1	变电站南侧厂界 1	41.6	40.6	2 类	60	50
2	变电站南侧厂界 2	41.4	40.5	2 类	60	50
3	变电站西侧厂界 1	48.5	48.7	2 类	60	50
4	变电站西侧厂界 2	47.4	47.2	2 类	60	50
5	变电站北侧厂界 1	46.4	45.6	2 类	60	50
6	变电站北侧厂界 2	45.5	44.0	2 类	60	50
7	变电站东侧厂界 1	44.9	41.7	2 类	60	50
8	变电站东侧厂界 2	46.0	47.4	2 类	60	50

测点 编号	监测点位名称		监测结果		执行标准		
			昼间	夜间	类别	昼间	夜间
9	怀化市中方县中方镇 牌楼村岩垅口组	东北侧中方县禽类合 作社养殖厂	44.0	44.2	2类	60	50
10		西北侧1层民房	42.2	42.0	2类	60	50
11	怀化市中方县中方镇牌楼村跃进组 （南侧1层民房）		43.7	41.1	2类	60	50
(二) 边城 500kV 变电站扩建工程							
1	变电站东侧厂界（间隔扩建侧）		47.1	46.1	2类	60	50
2	变电站南侧厂界		50.7	47.9	2类	60	50
3	变电站西侧厂界		48.0	46.6	2类	60	50
4	变电站北侧厂界		42.2	40.6	2类	60	50
5	湘西州吉首市河溪镇张排村中岩二组		39.6	38.3	2类	60	50
(三) 天开 220kV 变电站扩建工程							
1	变电站东侧		44.0	39.4	2类	60	50
2	变电站南侧		45.2	39.6	2类	60	50
3	变电站西侧		40.3	38.6	2类	60	50
4	变电站北侧		44.5	40.0	2类	60	50
5	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 1#(1F)		41.7	39.7	2类	60	50
	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 1# （4F）		41.5	38.7			
6	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 2#		42.4	38.7	2类	60	50
7	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 3#		46.9	40.0	2类	60	50
8	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 4# （1F）		55.8	41.2	4a类	70	55
	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 4# （4F）		56.5	/			
9	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 5# （1F）		48.9	40.1	2类	60	50
	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 5#（4F 平台）		45.9	/			
10	铜仁市万山区仁山街道塘边村桃树寨组		46.2	40.0	2类	60	50

表 4.4-8 输电线路声环境现状监测结果(贵州省境内)

单位: dB(A)

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
(一) 换流站~边城 500kV 线路工程（贵州段）						
1	万山区茶店街道红岩村红岩组	56.4	47.7	2	60	50
3	万山区谢桥街道瓦屋坪村陈家组	48.6	40.8	1	55	45
4	万山区敖寨乡杨家寨村杉树坪组	43.7	39.2	1	55	45
5	万山区敖寨乡两河口村黄泥塘组	50.9	41.9	1	55	45
6	万山区下溪乡青龙村十一组	42.1	39.9	1	55	45
7	碧江区瓦屋乡溪坎村溪坎组	43.8	40.8	1	55	45
8	碧江区瓦屋乡司前村一组	49.6	43.6	1	55	45

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
(二) 换流站~牌楼 500kV 线路工程（贵州段）						
9-1	万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2	58.5	51.4	4a	70	55
9-2	万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2	60.1	51.6	4a	70	55
10	万山区谢桥街道瓦屋坪村具陆冲组	49.8	42.4	1	55	45
11	万山区敖寨乡中华山村进山湾组	49.1	42.3	1	55	45
12	万山区黄道乡马黄村杨家组	44.1	39.7	1	55	45
13	万山区黄道乡马黄村腊溪组	42.3	38.3	1	55	45
(三) 铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程						
14	万山区丹都街道大坡村温溪江组	42.4	38.3	1	55	45
15	万山区丹都街道大坡村大坡老组	49.4	41.3	1	55	45
16	万山区鱼塘乡红伍村白岩山组	50.2	41.9	1	55	45
17	万山区丹都街道旗屯村桑树坪组	47.7	40.0	1	55	45
18	万山区茶店街道梅花村土地坡组	48.9	41.2	1	55	45
19	万山区茶店街道茶店村响水洞组	44.4	39.4	1	55	45
20	万山区丹都街道旗屯村上加坡组	42.9	39.2	1	55	45
21	万山区丹都街道旗屯村上加坡组	43.3	39.3	1	55	45
22	500kV 铜碧乙线 95#~96#塔线路投影处	43.7	39.3	1	55	45
23	500kV 铜碧甲线 99#~100#塔线路投影处	43.1	39.7	1	55	45
24	500kV 铜碧乙线 87#~88#塔线路投影处	42.9	39.7	1	55	45
25	500kV 铜碧甲线 91#~92#塔线路投影处	44.0	39.9	1	55	45
(四) 换流站 110kV 站外电源线路工程						
1	铜仁市万山区仁山街道塘边村桃树寨组	39.5	40.4	1	55	45
2	铜仁市万山区仁山街道塘边村大院子组	39.6	39.2	1	55	45
3	铜仁市万山区茶店街道红岩村红岩组	44.9	39.7	厂房，不属于声环境目标		

表 4.4-9 输电线路声环境现状监测结果 (湖南省境内)

单位: dB(A)

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
(一) 换流站～牌楼 500kV 线路工程（湖南段）						
1	怀化市中方县中方镇牌楼村岩垅口组	43.3	41.6	养殖场，不属于声环境目标		
2	怀化市中方县中方镇牌楼村窑上组	44.5	42.0	1 类	55	45
3	怀化市中方县中方镇牌楼村双冲组	42.6	40.7	1 类	55	45
4	怀化市中方县中方镇站坪村梅子坳组	45.6	42.6	1 类	55	45
5	怀化市中方县桐木镇宝寨村早禾田组	45.0	41.1	1 类	55	45
6	怀化市中方县桐木镇宝寨村土塘组	44.2	43.3	1 类	55	45
7	怀化市中方县桐木镇丰坡村烂泥冲组	41.6	40.5	1 类	55	45
8	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村洋火坪组	44.4	43.4	1 类	55	45
9	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村蒲家冲组	41.2	40.4	1 类	55	45

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
10	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村板栗湾组	43.7	42.2	1类	55	45
11	怀化市芷江县晓坪乡兰水村蒙溪组	49.8	40.9	1类	55	45
12	怀化市芷江县晓坪乡兰水村毛坪界组	43.9	40.4	1类	55	45
13	怀化市芷江县晓坪乡兰水村土桥冲组	45.0	40.5	1类	55	45
14	怀化市芷江县晓坪乡小冲村小塘冲组	43.7	39.7	1类	55	45
15	怀化市芷江县晓坪乡小冲村雷响坪组	50.1	42.8	1类	55	45
16	怀化市芷江县晓坪乡岩背村梓木冲组	41.7	40.7	1类	55	45
17	怀化市芷江县晓坪乡岩背村泥塘界组	43.4	41.3	1类	55	45
18	怀化市芷江县晓坪乡岩背村大艮坡组	42.2	40.1	1类	55	45
19	怀化市芷江县楠木坪镇联合村进山冲组	41.6	39.6	1类	55	45
20	怀化市芷江县楠木坪镇联合村矮下冲组	37.1	36.9	1类	55	45
21	怀化市芷江县楠木坪镇联合村黄獭塘组	44.9	39.4	1类	55	45
22	怀化市芷江县楠木坪镇联合村半冲组	39.7	37.0	1类	55	45
23	怀化市芷江县楠木坪镇翁塘村旧禾冲组	40.8	40.3	1类	55	45
24	怀化市芷江县芷江镇桥边村下路坡组	44.4	40.4	1类	55	45
25	怀化市芷江县芷江镇周坪村四田湾组	46.1	39.9	1类	55	45
26	怀化市芷江县芷江镇沙溪村蒋家垠组	46.4	40.4	1类	55	45
27	怀化市芷江县土桥镇洞下村倒塘组	45.8	40.3	1类	55	45
28	怀化市芷江县土桥镇土桥村麦园组	43.9	40.4	1类	55	45
29	怀化市芷江县土桥镇土桥村井冲垅组	40.3	38.2	1类	55	45
30	怀化市芷江县土桥镇富家团村盐井组	43.7	40.9	1类	55	45
31	怀化市芷江县土桥镇富家团村荷花坪组	46.2	41.8	1类	55	45
32	怀化市芷江县土桥镇富家团村鼓楼冲组	45.0	42.1	1类	55	45
33	怀化市芷江县土桥镇两户村寸子湾组	42.9	41.1	1类	55	45
34	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村祖坪组	41.4	38.9	1类	55	45
35	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村桐木湾组	41.5	38.6	1类	55	45
36	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村小关组	63.6	44.4	4a类	70	55
37	怀化市芷江县新店坪镇白马铺村狮子坪组	44.3	40.8	1类	55	45
38	怀化市芷江县新店坪镇新城坪村2组	54.6	50.6	4a类	70	55
39	怀化市芷江县新店坪镇黄双坪村邓家组	44.4	42.1	1类	55	45
40	怀化市芷江县新店坪镇黄双坪村回湾组	41.2	39.3	1类	55	45
41	怀化市芷江县新店坪镇白杉村枇杷湾组	41.5	37.5	1类	55	45
42	怀化市芷江县新店坪镇园溪口村15组	41.9	38.7	1类	55	45
43	怀化市芷江县新店坪镇连心桥村10组	41.1	39.3	1类	55	45
(二) 换流站~边城 500kV 线路工程(湖南段)						
1	湘西自治州吉首市河溪镇张排村	50.0	40.1	厂房, 不属于声环境目标		
2	湘西自治州吉首市双塘街道联兴村3组	39.7	38.7	1类	55	45
3	湘西自治州吉首市双塘街道坨丰村2组	38.0	37.4	1类	55	45

测点 编号	监测点位名称	监测结果		执行标准		
		昼间	夜间	类别	昼间	夜间
4	湘西自治州泸溪县解放岩乡利略村 5 组	41.3	38.2	1 类	55	45
5	湘西自治州泸溪县解放岩乡利略村 6 组	41.4	42.2	1 类	55	45
6	湘西泸溪县解放岩乡利略村花木基地	43.0	41.2	养殖棚, 不属于声环境目标		
7	湘西自治州泸溪县解放岩乡都蛮村 3 组	41.4	40.8	1 类	55	45
8	湘西自治州泸溪县解放岩乡都蛮村村委会	39.0	39.4	1 类	55	45
9	湘西自治州泸溪县解放岩乡都蛮村 5 组	46.1	42.1	1 类	55	45
10	湘西自治州凤凰县木江坪镇大管冲村 3 组	38.1	38.1	1 类	55	45
11	湘西自治州凤凰县木江坪镇中寨村 5 组	42.7	42.1	养殖棚, 不属于声环境目标		
12	湘西自治州凤凰县沱江镇黄栗村 3 组	42.6	40.9	1 类	55	45
13	湘西自治州凤凰县沱江镇庄上村 12 组	63.9	49.1	4a 类	70	55
14	湘西自治州凤凰县沱江镇庄上村 3 组	49.1	41.1	1 类	55	45
15	湘西自治州凤凰县沱江镇杜田村 15 组	42.2	40.5	养殖棚, 不属于声环境目标		
16	湘西自治州凤凰县沱江镇杜田村 11 组	47.5	41.0	1 类	55	45
17	湘西自治州凤凰县水打田乡红星村 5 组	43.4	42.6	1 类	55	45
18	怀化市麻阳县石羊哨乡松溪坪村 3 组	48.6	43.1	1 类	55	45
19	湘西自治州凤凰县水打田乡五林村 6 组	44.2	39.5	1 类	55	45
20	湘西自治州凤凰县水打田乡水田村 1 组	43.8	36.1	1 类	55	45
21	湘西自治州凤凰县水打田乡坪溪山村 8 组	38.0	32.1	1 类	55	45
22	怀化市麻阳县锦和镇西冲山村 2 组	43.9	40.1	养殖棚, 不属于声环境目标		
23	怀化市麻阳县锦和镇黄土田村 2 组	44.5	42.1	1 类	55	45
24	怀化市麻阳苗族自治县尧市镇柑子坪村 2 组	38.3	38.1	1 类	55	45
25	220kV 边格 I 回和边峒 II 回双回线路迁改段线下	44.6	42.3	1 类	55	45

4.4.9 声环境现状评价及结论

(1) 湘黔背靠背换流站新建工程

湘黔背靠背换流站站址周围及中心的噪声昼间监测值为 42.3dB(A)~45.7dB(A), 夜间监测值为 39.1dB(A)~40.8dB(A), 满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。换流站声环境保护目标处噪声昼间监测值为 40.1dB(A)~43.9dB(A), 夜间监测值为 38.4dB(A)~40.8dB(A), 满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。

(2) 牌楼 500kV 变电站扩建工程

牌楼 500kV 变电站厂界噪声排放昼间监测值为 38.6dB(A)~49.2dB(A), 夜间监测值为 41.4dB(A)~48.5dB(A), 满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准要求。牌楼 500kV 变电站声环境保护目标处声环境昼间监测值为 42.2dB(A)~44.0dB(A), 夜间监测值为 41.1dB(A)~44.2dB(A), 满足《声环境质量标准》(GB3096-

2008) 中 2 类标准要求。

(3) 边城 500kV 变电站扩建工程

边城 500kV 变电站间隔扩建侧厂界噪声排放昼间监测值为 42.2~50.7dB(A)，夜间监测值为 40.6~47.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准要求。边城 500kV 变电站声环境保护目标处声环境昼间监测值为 39.6dB(A)，夜间监测值为 38.3dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准要求。

(4) 开天 220kV 变电站扩建工程

开天 220kV 变电站厂界噪声排放昼间监测值为 40.3dB(A)~45.2dB(A)，夜间监测值为 38.6dB(A)~40.0dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准要求。开天 220kV 变电站位于 2 类区的声环境保护目标处声环境昼间监测值为 41.5dB(A)~48.9dB(A)，夜间监测值为 38.7dB(A)~40.01dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类标准要求；位于 4a 类区的声环境保护目标处声环境昼间监测值为 55.8dB(A)~56.5dB(A)，夜间监测值为 41.2dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 4a 类标准限值要求。

(5) 线路工程

铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程线路沿线的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 42.4~50.2dB(A)，夜间监测值范围为 38.3~41.9dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准限值要求。铜仁~碧江 500kV 输电线路开断点处噪声昼间监测值范围为 42.9~44.0dB(A)，夜间监测值范围为 39.3~39.9dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准限值要求。

换流站~牌楼 500kV 线路工程(贵州段)线路沿线位于 1 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 42.3~49.8dB(A)，夜间监测值范围为 38.3~42.4dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准限值要求；位于 4a 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值为 58.5~60.1dB(A)，夜间监测值为 51.4~51.6dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 4a 类标准限值要求。换流站~牌楼 500kV 线路工程(湖南段)线路沿线位于 1 类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值范围为 37.1~50.1dB(A)，夜间监测值范围为 36.9~43.3dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准限值要求；位于 4a 类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值为 54.6~63.6dB(A)，夜间监测值为 44.4~50.6dB(A)，满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 4a 类标准限值要求。

换流站~边城 500kV 线路工程(贵州段)线路沿线位于 1 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 42.1~50.9dB(A)，夜间监测值范围为 39.2~43.6dB(A)，满足《声环境

质量标准》（GB3096-2008）1类标准限值要求；位于2类区的声环境保护目标（万山区茶店街道红岩村红岩组）处距G242省道约154m、距铜大高速约168m，受两条交通干线交通噪声影响，监测值较大，噪声昼间监测值为56.4dB(A)，夜间监测值为47.7dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准限值要求。换流站～边城500kV线路工程（湖南段）线路沿线位于1类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值范围为38.0～50.0dB(A)，夜间监测值范围为32.1～43.1dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准限值要求；位于4a类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值为63.9dB(A)，夜间监测值为42.3dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a类标准限值要求。

本项目220kV线路迁改工程线下噪声昼间监测值为44.6dB(A)，夜间监测值为42.3dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准限值要求。

110kV外接电源线路的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为39.5dB(A)～39.6dB(A)，夜间监测值范围为39.2dB(A)～40.4dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准限值要求。

4.5 生态环境现状评价

见报告书第7章《生态环境影响评价》专章。

4.6 水环境现状评价

（1）站址区域

换流站站址附近无大中型地表水体，且不涉及饮用水水源保护区。站址以北侧有自然冲沟，为区域天然排水通道，场区无内涝情况，故站址也不受百年一遇内涝水位的影响。

牌楼变电站：牌楼500kV变电站站区属沅江水系，根据现场调查，西北侧约0.7km为沅江一级支流澧水河。

边城变电站：边城500kV变电站站区属沅江水系，站址东侧600m河流为峒河，西侧河流为万榕江。

开天220kV变电站站址附近无大中型地表水体，位于新划定暂未批复的铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区内。站址以东侧有自然冲沟，为区域天然排水通道，场区无内涝情况，故站址也不受百年一遇内涝水位的影响。

（2）输电线路

根据各省公布的水体功能区划，本项目涉及的主要大中型地表水体概况见下表。

表 4.6-1 本项目输电线路经过的主要大中型地表水体概况

序号	名称		经过地点	经过水体方式	水功能区划	水质标准	是否涉及饮用水水源保护区
1.	贵州段	谢桥河	万山区丹都街道大坡村	一档跨越	谢桥河万山碧江保护区	Ⅲ类	否
2.		瓦屋河	万山区敖寨乡两河口村	一档跨越	瓦屋河万山碧江保留区	Ⅲ类	否
3.		敖寨河	万山区敖寨乡、新寨湾、两河口村	一档跨越	瓦屋河万山碧江保留区	Ⅲ类	否
4.		石竹河	万山区六必冲	一档跨越	石竹河万山碧江保护区	Ⅲ类	否
5.	湖南段	万溶江	湘西州吉首市河溪镇张排村	一档跨越	景观娱乐用水区	Ⅲ类	否
6.		沱江	湘西州凤凰县沱江镇庄上村	一档跨越	景观娱乐用水区	Ⅲ类	否
7.		白泥江	湘西州凤凰县水打田乡红星村	一档跨越	农业用水区	Ⅲ类	否
8.		辰水	怀化市麻阳县郭公坪镇小坡村	一档跨越	渔业用水区	Ⅲ类	否
9.		澧水	怀化市中方县中方镇牌楼村	一档跨越	渔业用水区	Ⅲ类	否
10.			怀化市芷江县新店坪镇新城坪村	一档跨越	景观娱乐用水区	Ⅲ类	否
11.		杨溪河	怀化市芷江县土桥镇茅坪村	一档跨越	农业用水区	Ⅲ类	否

(3) 饮用水水源保护区

本项目换流站~边城 500kV 线路和换流站 110kV 站外电源线路穿越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区，属于地表水（水库）型水源地。

铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区于 2024 年 11 月由万山区人民政府确定了保护区划分方案并通过评审，目前已上报贵州省人民政府待批复，且已发挥水源地供水功能，服务人口约 26 万人，日均供水量 3.8 万立方米，为县级以上集中式饮用水水源地，供水区域为铜仁市中心城区，目前水质为《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）III类。铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区划分为一级保护区、二级保护区，水源保护区总面积为 7.49km²，其中一级、二级保护区面积分别为 0.15km²、7.34km²。同时划分了准保护区，准保护区面积为 16.28km²；取水点位于铜仁市万山区谢桥办事处龙门坳村，经纬度坐标为东经 109°10'54.40"，北纬 27°39'55.44"。

工程线路穿（跨）越饮用水水源保护区的环境现状如下。



铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区

5 施工期环境影响评价

5.1 生态环境影响评价

见报告书第7章《生态环境影响评价》专章。

5.2 声环境影响分析

5.2.1 换流站工程

5.2.1.1 声源概况

换流站工程主要包括土建施工及设备安装等阶段。噪声源主要包括工地运输车辆的交通噪声以及桩基、土建、设备安装施工中各种机具的设备噪声。

施工机械设备一般露天作业，噪声经几何扩散衰减后到达预测点。主要施工设备与施工场界、周边敏感点之间的距离一般都大于 $2H_{\max}$ （ H_{\max} 为声源的最大几何尺寸）。因此，换流站工程施工期的施工设备可等效为点声源。

根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ 2034-2013），并结合工程特点，换流站施工常见施工设备噪声源声压级见下表。

表 5.2-1 施工期主要噪声源源强一览表

序号	阶段*	主要施工设备	声压级（距声源 5m，单位 dB(A)）
1	土建施工	静力压桩机	73
		液压挖掘机	86
		重型运输车	82
		商砼搅拌车	85
		混凝土振捣器	86
2	设备安装期	重型运输车	82

注：*设备及网架安装阶段施工噪声明显小于其他阶段，在此不单独预测；

**换流站施工所采用设备一般为中等规模，参考《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ 2034-2013），选用适中的噪声源源强值。

5.2.1.2 噪声影响预测

换流站施工噪声源主要有挖掘机、推土机、运输汽车等，设备 5m 处噪声级可达 73～86dB(A)。由于施工期场地空旷，且噪声源相对不固定，因此将施工噪声近似等效到场界内的点声源进行计算。

1) 土建施工期

土建施工期内的施工作业主要是站内功能性建筑和配套设施施工，预测模式采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4—2021）中点声源几何发散衰减模型（1）。该阶段按围墙尚未建成考虑，声源距施工场界按 20m 考虑。

$$L_A = L_0 - 20 \lg(r_A/r_0) \quad (1)$$

式中： L_A —预测点处声压级，dB(A)；

L_0 – 参考位置 r_0 处声压级, dB(A);

r_A – 预测点距声源的距离, m;

r_0 – 参考距离, 取 5m。

2) 设备安装期

该时期内的施工作业主要是将设备安装到位, 该时期内噪声源主要是大件设备运输噪声, 预测模式如同 (1)。该阶段设备基础、构架等均已建成, 施工主要为在已建成的设备基础和构架上进行设备安装。声源距站界距离按 5m 考虑, 围墙隔声量按 15 dB(A) 考虑。

表 5.2-2 换流站施工场界外施工噪声影响计算值

单位: dB(A)

场界距离 (m) 施工阶段	1	2	10	40	50	55	100	135	140	155	165
土建施工期	74.0	68.0	54.0	42.0	40.0	39.2	34.0	31.4	31.1	30.2	29.7
设备安装期	67.0	61.0	47.0	35.0	33.0	32.2	27.0	24.4	24.1	23.2	22.7

注: 1) 施工源强为距离施工机械 5m 处的最大声压级。

2) 施工场地修筑围墙 (或等效于围墙的临时围挡设施), 围墙隔声量按 15dB (A) 计算。

从上表可以看出, 换流站土建施工期, 在场界外 2m 处能够满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011) 昼间 70dB(A) 限值; 设备安装期, 场界位置最大贡献值为 67.0dB(A), 昼、夜间均满足 GB 12523-2011 的排放限值 (昼间: 70dB(A), 夜间: 55dB(A))。

换流站施工期间对声环境敏感目标的噪声影响按最不利阶段 (即施工准备期) 预测, 详见下表。

表 5.2-3 湘黔背靠背换流站施工对附近敏感点昼间噪声影响

单位: dB(A)

序号	敏感点名称		方位 距离	现状值		贡献值		预测值	
				昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1	铜仁市万山区茶店街道	红岩村甘塘组 1#	SE33m	42.7	39.5	43.6	43.6	46.2	45.0
2		红岩村甘塘组 2#	SE37m	40.1	40.8	42.6	42.6	44.5	44.8
3		红岩村甘塘组 3#	SE122m	42.6	38.4	32.3	32.3	43.0	39.4

由上表可知, 本项目湘黔背靠背换流站施工阶段换流站周边敏感点声环境均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类标准 (昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)) 要求。

5.2.1.3 拟采取的环保措施

为进一步降低施工噪声和振动对周围环境的影响, 本环评要求施工单位在施工期采取下列施工期噪声和振动防治措施:

(1) 加强施工期的环境管理, 并接受生态环境部门的监督管理。

(2) 换流站施工场地周围应尽早设围挡等遮挡设施。

(3) 施工设备噪声水平应满足国家相关标准, 鼓励优先采用低噪声施工设备, 或采用带隔声、消声设计的设备, 控制噪声源强。本环评建议施工作业应按《低噪声施工设备

指导名录（2024 年版）》（工业和信息化部 生态环境部 住房和城乡建设部 市场监管总局 四部门公告 2024 年第 40 号），优先选用低噪声施工设备和运输工具。

（4）施工电源由附近电力网线就近接入，避免使用柴油发电机。

（5）合理安排车辆运输路线，运输材料的车辆进入施工现场严禁鸣笛，装卸材料时应做到轻拿轻放。

（6）优化施工作业时间，采取减少振动、降低噪声的措施，尽量避免夜间施工。湘黔换流站周边居民较多，如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应当取得住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

（7）建设单位应当按照规定将噪声污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的噪声污染防治责任。施工单位应当按照规定制定噪声污染防治实施方案，采取有效措施，减少振动、降低噪声。建设单位应当监督施工单位落实噪声污染防治实施方案。

在采取上述噪声和振动防治措施后，本项目换流站施工期噪声和振动对周边声环境的影响较小，且施工期对周围环境的噪声和振动影响是短暂的，在施工结束后施工噪声和振动影响也将随之消失。综上所述，本项目换流站施工期间的噪声和振动影响可以满足相应排放标准要求。

根据现场调查，湘黔背靠背换流站评价范围内有 3 处声环境保护目标。在尽早修筑换流站施工围挡、合理安排施工时序、合理布置施工机械、依法限制夜间施工情况下，本项目施工期噪声对站外声环境保护目标的影响能够满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）相应限值要求。

5.2.2 变电站扩建工程

5.2.2.1 声源概况及噪声影响分析

开天 220kV 变电站扩建工程在站址场地内仅挂线进行，不涉及土石方工程，不会采用砼搅拌机等高噪声施工设备，对周围声环境影响较小。

牌楼、边城 500kV 变电站扩建工程在站址场地预留位置进行建设，施工期噪声源主要来源于扩建侧电气设备以及新增高、低压电抗器的土建、安装和运输过程中各类施工机械产生的噪声，如挖掘机、装载机、重型运输车等，不会采用砼搅拌机等高噪声施工设备，且施工周期短，对周围声环境影响较小。

5.2.2.2 噪声源强

边城 500kV 变电站、牌楼 500kV 变电站扩建工程在站址场地内进行，施工期噪声源主要来源于扩建间隔以及新增高、低压电抗器的土建、安装和运输过程中各类施工机械产

生的噪声，如挖掘机、装载机、重型运输车等，根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》（HJ2034-2013）并结合本项目特点，本项目变电站主要施工机械设备噪声源强见下表。

表 5.2-4 变电站扩建工程施工设备噪声源强 单位：dB（A）

序号	阶段	主要施工设备	声压级**（距声源 5m，单位 dB(A)）
1	土建施工	静力压桩机	73
		液压挖掘机	86
		重型运输车	82
		商砼搅拌车	85
		混凝土振捣器	86
2	设备安装期	重型运输车	82

5.2.2.3 施工期声环境影响分析

在只考虑几何发散衰减时，施工期噪声预测计算公式如下：

$$L_2 = L_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

式中， L_1 、 L_2 —为与声源相距 r_1 、 r_2 处的施工噪声级，dB（A）。

变电站扩建工程施工主要集中在站内扩建处，取最大施工噪声源值 86dB（A），在考虑围墙阻隔隔声量为 15dB（A），详见下表。

表 5.2-5 施工期噪声源噪声贡献值 单位：dB（A）

距变电站场界外距离(m)	1	5	10	20	30	40	50	100	200
有围墙噪声贡献dB(A)	55	52	50	46	44	42	40	35	30
施工场界噪声标准dB(A)	昼间70 dB(A)，夜间55 dB(A)								

从上表可以看出，边城、牌楼 500kV 变电站扩建工程在施工场界外 1m 处噪声最大贡献值为 55dB(A)，均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）昼间：70dB(A)，夜间：55dB(A)。

项目施工阶段对声环境敏感目标处的噪声预测结果见下表。

表 5.2-6 施工期声环境敏感目标处预测结果 单位：dB（A）

序号	敏感点名称		方位距离	现状值		贡献值	预测值	
				昼间	夜间		昼间	夜间
边城 500kV 变电站间隔扩建工程								
1	湘西州吉首市河溪镇张排村中岩二组		SW198m	39.6	38.3	30	40.1	38.9
牌楼 500kV 变电站扩建工程								
1	怀化市中方县中方镇牌楼村岩垅口组	北侧中方县禽类合作社养殖厂	N36m	44.0	44.2	41	45.8	45.9
2		西侧 1 层民房	W55m	42.2	42.0	38	43.6	43.5
3	怀化市中方县中方镇牌楼村跃进组	南侧 1 层民房	SE142m	43.7	41.1	33	44.1	41.7

由上表可知，边城、牌楼 500kV 变电站扩建工程周边敏感点声环境均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准（昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)）要求。施工期噪

声影响具有暂时性、可逆性，随着施工活动结束，施工噪声影响也就随之消除。

5.2.2.4 施工期噪声控制措施

(1) 加强施工期的环境管理，并接受生态环境部门的监督管理。

(2) 施工设备噪声水平应满足国家相关标准，鼓励优先采用低噪声施工设备，或采用带隔声、消声设计的设备，控制噪声源强。

(3) 合理安排车辆运输路线，运输材料的车辆进入施工现场严禁鸣笛，装卸材料时应做到轻拿轻放。

(4) 优化施工作业时间，采取减少振动、降低噪声的措施，尽量避免夜间施工。如因工艺特殊情况要求，需在夜间施工而产生环境噪声污染时，应当取得住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

5.2.3 线路工程

5.2.3.1 声源概况

输电线路工程在施工期的场地平整、挖土填方、钢结构及设备安装等几个阶段中，主要噪声源有挖掘机、桩机、商砼搅拌车、混凝土振捣器、吊车及交通运输噪声等，这些施工设备运行时会产生较高的噪声。此外，线路工程在架线施工过程中，各牵张场内的牵张机、绞磨机等设备也产生一定的机械噪声，其声压级水平一般小于 70dB(A)。

5.2.3.2 拟采取的环保措施

(1) 优化施工组织安排，合理安排工期，依法限制夜间施工，如因工艺特殊要求需在夜间施工时，应按《“十四五”噪声污染防治行动计划》《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，取得地方人民政府住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

(2) 施工设备噪声水平应满足国家相关标准，鼓励优先采用低噪声施工设备，或采用带隔声、消声设计的设备，控制噪声源强。本环评建议施工作业应按《低噪声施工设备指导名录（2024 年版）》（工业和信息化部生态环境部住房和城乡建设部市场监管总局四部门公告 2024 年第 40 号），优先选用低噪声施工设备和运输工具。

(3) 根据塔基区域周边噪声敏感建筑物分布情况，结合道路运输条件，尽量选择在昼间且噪声敏感建筑物分布少的路段进行运输，减少对噪声敏感建筑物的影响。

(4) 建设单位应当按照规定将噪声污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的噪声污染防治责任。施工单位应当按照规定制定噪声污染防治实施方案，采取有效措施，减少振动、降低噪声。建设单位应当监督施工单位落实噪声污染防治实施方案。

在采取以上噪声污染防治措施后，施工噪声对外环境的影响将被减至最低程度。根据输电线路塔基施工特点，各施工点施工量小，施工时间短，单塔累计施工时间一般在2个月以内。施工结束，施工噪声影响亦会结束。

5.3 大气影响分析

5.3.1 换流站工程

5.3.1.1 主要环境空气污染源分析

换流站施工期环境空气污染源主要来自施工场地内土方挖掘、物料运输和使用、运输车辆及机械设备行驶等产生的施工扬尘燃油尾气。由于污染源多且分散，源高一般在15m以下，属于无组织、间断性排放，主要影响施工区内局部的环境空气，同时受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性较大。

5.3.1.2 拟采取的措施

为尽量减少换流站建设期大气环境影响，建议采取如下扬尘污染防治措施：

- (1) 合理组织施工，尽量避免扬尘二次污染。
- (2) 施工临时堆土应集中、合理堆放，遇天气干燥时应进行人工控制定期洒水。施工场地应定期洒水抑尘，当出现风速过大等不利天气状况或重污染天气应急响应期间，应停止施工作业。
- (3) 加强材料转运与使用的管理，合理装卸，规范操作，以防止扬尘对环境空气质量的影响。
- (4) 对土、石料等可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。
- (5) 在施工现场周围建筑防护围挡，进出场地的车辆应限制车速。
- (6) 在项目施工过程中，应按照《中华人民共和国大气污染防治法》等法规要求，严格落实工地周边围挡、物料堆放覆盖、土方开挖湿法作业、路面硬化、出入车辆清洗、渣土车辆密闭运输，控制施工扬尘产生。
- (7) 加强施工期间移动源污染控制，项目施工期运输车辆采用新能源或国六及以上排放标准，非道路移动机械采用新能源或国三及以上排放标准。
- (8) 施工过程中需严格执行项目沿线各级政府、住建部门及生态环境部门对于扬尘治理的相关要求，确保工程不产生扬尘污染。
- (9) 施工期间采取抑尘措施后应符合相应的排放标准要求，施工期间应严格执行各省自治区对重污染天气应急预案中的相关规定。
- (10) 建设单位与施工单位签订施工合同，应当明确施工单位扬尘污染防治责任，将扬尘污染防治费用列入工程预算，施工单位应当制定具体的施工扬尘污染防治实施方案。

采取上述措施后，建设期对环境空气及附近居民的影响能得到有效控制。

5.3.2 变电站扩建工程

5.3.2.1 主要环境空气污染源分析

(1) 施工扬尘

施工扬尘主要来自于高抗、低抗及间隔基础等土建施工中的土方开挖，材料运输时产生的道路扬尘等，扬尘的主要污染物为 TSP。扬尘源多且分散，属无组织排放，受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性较大。

(2) 尾气

运输车辆、燃油机械的尾气排放，废气中的主要污染物有 NO_2 、 CO 、 SO_2 等。施工机械相对分散，尾气排放源强不大，表现为间歇性排放特征，且是流动无组织排放，对环境影响不大。

5.3.2.2 拟采取的措施

(1) 合理组织施工，尽量避免扬尘二次污染。

(2) 进站道路在车辆进出时洒水，保持湿润，减少或避免产生扬尘。

(3) 加强材料转运与使用的管理，合理装卸，规范操作，以防止扬尘对环境空气质量的影响。

(4) 使用符合国家排放标准的施工机械和车辆，并要求施工单位加强维护检修。

(5) 施工现场禁止将包装物、可燃垃圾等固体废物就地焚烧。

5.3.3 线路工程

5.3.3.1 主要环境空气污染源分析

输电线路的塔基在施工时，由于土地裸露产生的局部、少量二次扬尘，可能对周围环境产生暂时影响，但塔基建成后对裸露土地进行绿化即可消除。施工物料运输工具及机械设备运转产生的燃油尾气，其排放量小且间断性排放，在选择符合相关环保标准要求的施工机械和运输车辆进行作业，并定期进行检修保养后，可有效减少燃油废气的环境污染影响。另外，输电线路塔基在施工中，由于汽车运输使用临时施工道路，将使施工场地附近二次扬尘增加，但由于输电线路施工强度不大，基础开挖量小，且绝大部分施工点都远离居民住宅，因此线路工程施工对环境空气及附近居民的影响范围和程度小。

在项目的施工阶段，尤其是施工初期，土石方的开挖和道路运输都将产生扬尘污染，特别是久旱无雨的大风天气，扬尘污染更为突出。施工开挖、车辆运输等产生的粉尘短期内将使局部区域空气中的 TSP 明显增加。对土、石料、水泥等可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。

5.3.3.2 拟采取的措施

为尽量减少输电线路施工期扬尘影响，施工期应采取如下扬尘污染防治措施：

（1）施工过程中，应当加强对施工现场和物料运输的管理，保持道路清洁，管控料堆和渣土堆放，防止扬尘污染。施工场地应定期洒水抑尘，当出现风速过大等不利天气状况或重污染天气应急响应期间，应停止施工作业。

（2）施工过程中，对易起尘的临时堆土、运输过程中的土石方等应采用密闭式防尘布（网）进行苫盖，施工面集中且有条件的地方宜采取洒水降尘等有效措施，减少易造成大气污染的施工作业。

（3）施工过程中，建设单位应当对裸露地面进行覆盖；暂时不能开工的建设用地超过三个月的，应当进行绿化、铺装或者遮盖。

（4）施工现场禁止将包装物、可燃垃圾等固体废弃物就地焚烧。

（5）加强施工期间移动源污染控制，项目施工期运输车辆采用新能源或国六及以上排放标准，非道路移动机械采用新能源或国三及以上排放标准。

（6）施工过程中需严格执行项目沿线各级政府、住建部门及生态环境部门对于扬尘治理的相关要求，确保工程不产生扬尘污染。

（7）施工期间采取抑尘措施后应符合相应的排放标准要求，施工期间应严格执行各自治区对重污染天气应急预案中的相关规定。

（8）建设单位与施工单位签订施工合同，应当明确施工单位扬尘污染防治责任，将扬尘污染防治费用列入工程预算，施工单位应当制定具体的施工扬尘污染防治实施方案。

采取上述措施后，本项目施工期对环境空气及附近居民的影响能得到有效控制。

5.4 固体废物影响分析

5.4.1 换流站工程

5.4.1.1 主要污染源分析

建设期固体废弃物主要为施工过程中产生的土石方、施工人员产生的生活垃圾以及换流站工程拆迁产生的建筑垃圾。施工产生的土石方、建筑垃圾若不妥善处置则会产生水土流失等环境影响。项目施工人员高峰人数约 150 人，生活垃圾产生系数按 $1.0\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{d})$ 计，则生活垃圾产生量为 $150\text{kg}/\text{d}$ 。

5.4.1.2 拟采取的措施

（1）施工单位应按照水土保持方案开展施工，临时土石方应集中堆放、及时回填，以减少弃土弃渣产生。

(2) 为避免施工活动产生的建筑垃圾、生活垃圾对环境造成影响, 施工前应做好施工人员的环保培训, 施工单位不得擅自倾倒、抛撒或者堆放工程施工过程中产生的建筑垃圾, 施工过程中的建筑垃圾及生活垃圾应分开堆放, 并安排专人专车及时清运或定期运至环卫部门指定的地点处置, 换流站施工产生的建筑垃圾、生活垃圾处于可控状态。

5.4.2 变电站扩建工程

5.4.2.1 主要污染源分析

本项目施工期产生的固体废物主要包括施工过程中产生的建筑垃圾和弃土, 施工工人产生的生活垃圾等。

(1) 建筑垃圾

建筑垃圾来自变电站建造构筑物时产生的少量废料(施工废料), 主要为混凝土、砂浆、包装材料等, 边城和牌楼变需外运建筑垃圾共 360m³。

(2) 生活垃圾

项目施工人员约 10 人, 生活垃圾产生系数按 1.0kg/(人·d)计, 则生活垃圾产生量为 10kg/d。

(3) 弃土

边城和牌楼变将产生弃土约 550m³, 余土外运委托专业运输公司进行运至指定消纳场。

5.4.2.2 拟采取的措施

(1) 产生的高、低抗及间隔基槽余土集中堆放、覆盖, 尽量用于站内配套间隔场地回填减少弃土量。

(2) 施工场地定期洒水, 确保施工工地周围环境清洁, 遇到四级或四级以上大风天气, 停止土方作业。

(3) 加强材料转运与使用的管理, 运输车辆按照规划路线和时间进行物料、渣土等的运输, 控制车速, 采取遮盖、密闭措施, 合理装卸, 规范操作, 在易起尘的材料堆场, 采取密闭存储或采用防尘布苫盖。

(4) 在工程施工前应作好施工机构及施工人员的环保培训。明确要求施工过程中的建筑垃圾及生活垃圾应分开堆放, 并安排专人专车及时清运或定期运至环卫部门指定的地点处置, 使工程建设产生的垃圾处于可控状态。

5.4.3 输电线路工程

5.4.3.1 主要污染源分析

施工期固体废弃物主要为施工过程中产生的土石方、施工人员产生的生活垃圾等。对于混凝土块等建筑垃圾若处理不当, 不利于土地原有功能的恢复; 产生的生活垃圾若不妥

善处置，会污染环境。

5.4.3.2 拟采取的措施

为尽量减少输电线路施工期固体废物对环境的影响，施工期应采取如下防治措施：

（1）施工单位应按照水土保持方案开展施工，临时土石方应集中堆放、及时回填，以减少弃土弃渣的产生。施工期间做好表土、草皮的剥离保护利用，本项目剥离的表土、草皮全部回覆项目区表层用于植被恢复或复耕，严禁就地倾倒压占塔基征地范围外植被或顺坡溜弃。

（2）为避免施工及生活垃圾对环境造成影响，在工程施工现场应做好施工人员的环保培训，明确要求施工单位不得擅自倾倒、抛撒或者堆放工程施工过程中产生的建筑垃圾，施工过程中产生的生活垃圾、建筑垃圾分开收集，严禁混堆；生活垃圾应收集后交由当地环卫部门处置；建筑垃圾应及时清运出施工场地；严禁施工单位将生活垃圾、建筑垃圾作为农田区土方回填。

（3）施工现场原则上不设置施工营地，局部人烟稀少的路段可在塔基施工场地、牵张场临时占地范围内搭设临时施工工棚。施工人员的生活垃圾由施工人员自行收集后带回租住地，统一交由当地环卫部门清运，禁止在施工现场随意丢弃。

（4）输电线路施工中临时堆土点应远离水体，及时采取挡护措施；严禁向附近水体排放工程弃土、废泥浆、废弃的混凝土、生活垃圾等施工废物。

（5）施工临时占地采取隔离保护措施，如铺设彩条布、草垫或棕垫，防止施工活动破坏地表植被；施工结束后将多余砂石料、混凝土残渣等及时清除，以免影响后期土地功能和植被恢复，做到“工完、料尽、场地清”。

（6）施工结束后及时拆除施工机械和临时跨越架等设施设备，并做好建筑垃圾清运、场地清理和迹地恢复。

（7）旧线拆除过程中加强塔基区植被保护，尽可能不砍伐现有林木。原有塔基拆除后，地下基础保留，在表面进行覆土，在塔基基础周围进行土地平整，并对不可避免而造成的局部植被破坏区域采用当地乡土植被进行植被恢复，恢复原有土地利用功能，使其与周围景观协调一致。

（8）废旧导线、废旧塔材、绝缘子、间隔棒等废旧材料部分属于可重复利用材料，由施工单位现场收集交由相关单位回收。拆除后的基础保留，不进行破坏。施工完成后及时做好迹地清理工作，以免影响后期土地功能的恢复。

采取以上措施后，本项目施工期产生的固体废物对环境的影响可以接受。

5.5 地表水环境影响分析

5.5.1 换流站工程

5.5.1.1 主要污染源

换流站工程施工废污水包括施工生产废水和施工人员生活污水，其中施工生产废水主要在基础施工、设备清洗、物料清洗、进出车辆清洗等过程中产生，该废水主要污染物为 SS 和石油类；生活污水主要来自施工人员生活排水，主要污染物为 BOD₅、SS、NH₃-N 等。

5.5.1.2 拟采取的环保措施

为尽量减少施工期废水对水环境的影响，施工期应采取如下水污染防治措施：

（1）施工单位应根据实际施工规模对施工场地和施工生活区的生产废水和生活污水分别设置临时污水处理装置进行收集、处理后回用或定期清运，不外排；施工现场废污水处理装置应进行防渗漏处理。

（2）在不影响主设备区施工进度的前提下，合理开展施工组织作业，可先行修筑生活污水处理设施，对换流站施工人员生活污水进行处理后定期清运，不外排。

（3）将物料、车辆清洗废水、建筑结构养护废水集中收集后，处理达标后循环利用。

（4）做好施工场地周围的拦挡措施，尽量避免雨天开挖作业；同时要落实文明施工原则，施工期废污水不外排。

（5）建设单位和施工单位应加强自我检查和监督意识。建设单位应按照规定将水污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的水污染防治责任。施工单位在施工期间应贯彻“预防为主”的原则，应当按照规定建立完善的水环境保护制度，制定生产废水、生活污水污染防治实施方案，采取有效措施控制废污水对环境产生影响。建设单位应当监督施工单位落实生产废水、生活污水污染防治实施方案。

采取上述措施后，换流站的施工期废水对水环境影响能得到有效控制。

5.5.2 变电站扩建工程

5.5.2.1 主要污染源

施工污水包括施工生产废水和施工人员生活污水。其中生产废水主要在基础施工、设备清洗、进出车辆清洗及建筑结构养护等过程中产生；生活污水主要来自施工人员的生活排水。

本项目施工期平均施工人员约 10 人，参照《城市居民生活用水量标准》（GB/T 50331-2002），施工人员按每人每天 150L 用水量计算，生活污水产生量按总用水量的 80%计，则生活污水的产生量约 1.2m³/d，变电站内现有的生活污水处理装置处理能力为 12 m³/d，处理能力能够满足施工期需求，施工人员产生的生活污水经现有地理式污水处理设施处理后定期清理，不外排。

5.5.2.2 拟采取的环保措施

(1) 牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站施工期生活污水充分依托站内已有生活污水处理系统进行处理。

(2) 施工现场设置沉淀池，施工废水通过混凝沉淀后用于洗车用水、喷洒降尘，不外排。

(3) 施工过程中应加强对含油设施的管理，加强设备维护保养和巡查，防止油料跑、冒、滴、漏，避免油类物质进入土壤。

(4) 落实文明施工原则，不外排施工废水。

5.5.3 线路工程

5.5.3.1 主要污染源

线路施工过程的废水主要是基础施工生产废水和施工人员的生活污水。施工生产废水主要污染物为 SS 和石油类，生活污水主要污染物为 BOD₅、SS、NH₃-N 等，未合理处置进入附近土壤或者水体会引起土壤生产能力下降和水体服务功能减退等不良影响。

线路工程在施工期间，塔基建设可能对地表水产生的影响主要包括：塔基建设时，需要清理占地区域的植被；临时堆放的开挖土方或开挖面未及时采取防护措施，雨水冲刷后易造成水土流失，可能会影响水源保护区水质；施工过程产生的施工废水，主要污染物为悬浮物，若处理不当一旦流入水体，也可能影响其水质；施工迹地附近如未及时清理建筑垃圾或生活垃圾，也可能造成水体污染。

5.5.3.2 拟采取的保护措施

5.5.3.2.1 穿越饮用水水源保护区保护措施

本项目输电线路沿线穿（跨）越了 1 处饮用水水源保护区，为贵州省铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区。对本项目穿（跨）越的饮用水水源保护区拟采取的保护措施如下：

(1) 设计单位应优化设计方案，不在饮用水水源地一级保护区及二级保护区范围内立塔，尽量减少在准保护区内的立塔数量。对位于水源保护区内的塔基，尽量采用窄基塔和全方位高低腿塔，配合高低基础，减少塔基占地面积和开挖土石方工程量；塔基基础根据地形地质条件，选用掏挖基础及岩石嵌固基础等土石方工程量小的基础型式，减少土石方开挖回填量。

(2) 施工前，施工单位应对位于饮用水水源内塔基进行明确勘察定位和施工范围限界，杜绝由于施工管理疏忽，造成施工区域偏移；在饮用水水源准保护区内施工时，采用临时防护栏、彩带等材料先将塔基施工所需的范围进行临时围栏，严格限制施工活动范围，

设置水源保护区内施工活动的警示牌，标明施工注意事项。

(3) 加强施工期的环境管理，配备风险防范措施，施工单位应编制施工漏油等环境风险应急预案，并准备吸油毡等必要的应急材料。

(4) 饮用水水源保护区范围内均不得布置机械维修和冲洗设施，塔基采用商品混凝土，施工产生的极少量废水排入沉淀池处理后回用，不外排；输电线路施工人员租住周边民房，生活污水纳入驻地生活污水处理系统处置。

(5) 塔基施工过程中临时占地尽量利用植被稀疏处，尽量减少临时占地面积；施工过程应严格控制施工占地和植被破坏，对施工裸露地表采取设置截排水沟、彩条布覆盖临时拦挡和防护措施，防止水土流失造成的水体污染。

(6) 施工过程中建筑垃圾、生活垃圾等固体废弃物应分类收集、及时清运，余土在塔基占地范围内整平，施工结束后进行场地清理，并实施植被恢复。

(7) 加强施工期环境管理、环保培训工作，宣贯《中华人民共和国水污染防治法》《饮用水水源保护区污染防治管理规定》《贵州省饮用水水源保护管理条例》等相关法律法规，普及饮用水水源保护知识，提高施工人员水环境保护意识。

(8) 规范施工过程中的各主要环节和主要工序，合理安排工期，避免雨天施工，减少对饮用水水源保护区的影响。

由于本项目换流站站外电源线路穿越铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区 1262m，陆域范围立塔 7 基；换流站至边城线路跨越水源保护区准保护区 50m，不在准保护区内立塔。均无涉水工程，对水体功能基本无影响。在施工期采取前述针对性的保护措施，线路施工对饮用水水源保护区影响可以接受。

5.5.3.2.2 临近或跨越地表水体保护措施

本项目输电线路跨越主要河流 8 条，线路工程在施工期，对水环境的影响主要在线路塔基基础开挖和基础浇筑期间，一方面由于场地扰动，开挖面和临时堆土因未及时防护或防护不当可能产生水土流失；另一方面是施工人员在此期间产生生活污水；另外，由于未及时清理建筑垃圾或生活垃圾，也可能对附近水体造成污染。本项目线路在临近或跨越地表水体施工时拟采取如下措施：

(1) 加强施工期间人员管理，禁止将废污水和固体废物倾倒入河流、水库等水体。

(2) 各类施工场地要远离水体，并划定明确的施工范围，不得随意扩大施工范围，禁止侵占河道。

(3) 合理安排工期和施工工序，避免雨天施工。施工时应先设置拦挡措施，后进行工程建设。础施工阶段，开挖过程中的临时堆土、钻渣等应采取遮盖、铺垫和拦挡措施，

防止雨水冲刷、无组织径流污染河流水体。

(4) 线路尽可能采用一档跨越方式通过水体，不在河流水体中立塔。对于线路跨越的宽浅型季节性河流，由于河道管理范围较宽，直流线路部分塔基位于其河道管理范围内，塔基施工时应合理安排施工时序，选择非汛期施工，施工场地向水侧设置截排水沟，以减少对地表水体影响。线路架线时采用牵张放线和无人机放线等先进的展放工艺，避免涉水施工。

(5) 施工中临时堆土点应远离跨越的水体，不得在水体附近和河道范围内设置临时堆土点。

(6) 尽可能采用商品混凝土，如在施工现场拌合混凝土，应尽可能集中配置混凝土，在施工现场拌和混凝土，并对砂、石料冲洗废水经简易沉淀后回用，不外排。

在施工期采取前述针对性的保护措施，线路在临近或跨越地表水体施工影响可接受。

5.5.3.2.3 其余段线路的环保措施

(1) 输电线路的施工具有局地占地面积小、跨距长、点分散等特点，每个施工点的施工人员住地租用当地农村民房，不新建施工营地，施工人员产生的生活污水利用租住民房既有的生活污水处理设施进行处置，不会对当地水环境造成影响。

(2) 施工期间应合理安排工期，尽量避免雨天施工，确需在雨天施工的，做好雨天施工应急措施，施工期间在采取施工管理、文明施工、合理布置、防止漫排等环境管理措施和污染防治措施后，不会对线路附近地表水环境造成影响。

(3) 对于钻孔灌注桩等施工工艺过程中产生的泥浆水，施工单位应设置泥浆池，泥浆池原则上每个塔基设置一处，根据塔基所在的环境及地形条件因地制宜布设，原则上应尽量靠近塔基，泥浆池容积按能满足基础施工泥浆水不外排需要设置，对泥浆水进行沉淀澄清后循环利用，严禁未经处理直接排放

(4) 施工单位应加强对施工现场使用带油的机械器具的检修和维护，采取措施防止跑、冒、滴、漏油；设立施工机械漏油事故应急预案，配备必要的器材和设备，施工过程中如发生漏油事故时应立即启动应急预案，及时收集后妥善处置。

(5) 建设单位和施工单位应加强自我检查和监督意识。建设单位应按照规定将水污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的水污染防治责任；施工单位在施工期间应贯彻“预防为主”的原则，应当按照规定建立完善的水环境保护制度，制定生产废水、生活污水污染防治实施方案，采取有效措施控制废污水对环境产生影响。建设单位应当监督施工单位落实生产废水、生活污水污染防治实施方案。

由于输电线路属线性工程，单塔开挖工程量小，作业点分散，施工时间较短，单塔施

工周期一般在两个月内，影响区域较小。在采取前述环保措施后，线路工程施工期的地表水环境影响可以接受。

6 运行期环境影响评价

6.1 电磁环境影响预测与评价

6.1.1 预测及评价方法

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），本项目换流站、变电站电磁环境影响预测采用类比监测的方式；架空输电线路电磁环境影响预测采用类比监测和模式预测相结合的方式。

6.1.2 换流站工程电磁环境影响预测与评价

6.1.2.1 类比对象选择

（1）类比对象选择的原则

换流站电磁环境影响的主要因素为电压等级和布置形式，类比对象应选择电压等级相同，总平面布置、建设规模、环境条件等因素类似，运行稳定且已通过竣工环境保护验收的换流站。

（2）类比对象的选择

本项目拟建背靠背换流站直流电压等级为 $\pm 280\text{kV}$ ，换流阀输送功率为 3000MW ，12台联接变压器。国内暂没有同电压等级的背靠背换流站。根据上述类比对象选择原则，同时考虑到换流站电压等级、总平面布置、建设规模的差异性，按保守原则，本项目背靠背换流站选取直流电压等级更高的 $\pm 420\text{kV}$ 宜昌背靠背换流站和 $\pm 800\text{kV}$ 韶山换流站作为本项目换流站类比对象。宜昌背靠背换流站（曾用名北通道换流站，龙泉换流站）包含在“渝鄂直流背靠背联网工程”，2020年6月15日，国家电网有限公司以《关于印发渝鄂直流背靠背联网工程竣工环境保护验收意见的通知》（国家电网科〔2020〕352号）通过了该工程竣工环境保护验收。 $\pm 800\text{kV}$ 韶山换流站包含在“酒泉~湖南 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程”，2018年8月21日，国家电网有限公司以《关于印发酒泉~湖南 $\pm 800\text{kV}$ 特高压直流输电工程竣工环境保护验收意见的通知》（国家电网科〔2018〕740号）通过了该工程竣工环境保护验收。本项目换流站与类比换流站的可比性分析见下表。

表 6.1-1 本项目换流站与类比换流站可比性分析

项目	本项目换流站	宜昌背靠背换流站 (类比换流站)	韶山换流站 (类比换流站)	可比性分析
地理位置	贵州省铜仁市	湖北省宜昌市	湖南省湘潭市	/
站址地形	丘陵	丘陵	丘陵	一致
直流电压等级	$\pm 280\text{kV}$	$\pm 420\text{kV}$	$\pm 800\text{kV}$	本次新建换流站直流电压等级低于宜昌换流站和韶山换流站
交流电压等级	500kV	500kV	500kV	一致

项目	本项目换流站	宜昌背靠背换流站 (类比换流站)	韶山换流站 (类比换流站)	可比性分析
输出功率	3000MW	2500MW	8000MW	本期新建换流站功率大于宜昌换流站而小于韶山换流站
换流变 (联接变) 规模	12 台, 单台容量 575MVA; 另外备 用 1 台	12 台换流变, 单台 容量 450MVA; 另 外备用 1 台	24 台, 单台容量 378.6MVA; 另外备用 4 台	单台容量大于宜昌换 流站和韶山换流站, 换流台数小于韶山换 流站
换流变布 置形式	户外布置	户外布置	户外布置	一致
阀厅布置 形式	户内, 全封闭	户内, 全封闭	户内, 全封闭	一致
交流出线	6 回 500kV 出线	4 回 500kV 出线	7 回 500kV 出线	大于宜昌换流站, 小 于韶山换流站
500kV 配 电装置	GIS, 户内布置	GIS, 户外布置	GIS, 户内布置	本项目户内布置, 电 磁环境影响更小
交流滤波 器组	柔性直流方案	柔性直流方案	常规直流方案	与宜昌换流站相同
平面布置	站区中央为阀厅和 联接变区; 站前区 布置在站区南侧; 500kV 交流配电装 置布置在站区西北 侧、东北侧, 采用 户内 GIS	换流变和阀厅布置 在站区中央, 滤波 器组布置在换流变 和阀厅东西两侧	站区中央为阀厅和换 流变区; 站前区布置 在站区西侧; 直流场 区布置在站区南侧, 采用户外布置, ±800kV 直流线路向南 出线; 500kV 交流配电 装置布置在站区北 侧, 采用户内 GIS, 500kV 交流架空线路向 北出线; 交流滤波器 组布置在站区东侧; 调相机布置在站区东 南侧	总平面均为按照功能 区布置, 换流变居 中, 条件相似
围墙内占 地面积	12.90hm ²	6.65hm ²	15.90hm ²	本项目换流站占地大 于宜昌换流站, 小于 韶山换流站

(3) 类比对象的可比性分析

1) 本项目与类比对象的相似性:

①地形: 本项目换流站站址地形与类比对象相似, 均为丘陵, 具备可比性。

②交流电压等级: 本项目换流站与类比换流站交流电压等级均为 500kV, 完全一致, 具备可比性。

③布置形式: 联接变(换流变)布置形式: 三个换流站均为户外布置, 完全一致。阀厅布置形式: 三个换流站均为户内全封闭布置, 完全一致。

④平面布置: 三个换流站的平面布置均为按照功能区布置, 换流变居中, 条件相似。虽然具体布置细节有所不同, 但总体布局思路一致, 具备可比性。

2) 本项目与类比对象的主要差异为:

①直流电压等级: 背靠背换流站为 $\pm 280\text{kV}$, 宜昌换流站为 $\pm 420\text{kV}$, 韶山换流站为 $\pm 800\text{kV}$ 。本次新建换流站的直流电压等级小于类比换流站宜昌换流站和韶山换流站, 具有可比性。

②输出功率: 背靠背换流站的输出功率为 3000MW , 韶山换流站为 8000MW , 宜昌换流站的输出功率为 2500MW 。本次新建换流站的输出功率略高于宜昌换流站, 小于韶山换流站, 具有可比性。

③联接变(换流变)容量: 背靠背换流站为 12 台, 单台容量 575MVA ; 宜昌换流站为 12 台, 单台容量 450MVA ; 韶山换流站为 24 台, 单台容量 378.6MVA 。本次新建换流站的联接变单台数量与宜昌换流站相同, 但容量略高于宜昌换流站; 与韶山换流站相比, 单台容量比韶山换流站大, 但数量小于韶山换流站。总体来看, 具备一定的可比性。

④交流滤波器: 背靠背换流站采用柔性直流方案, 与宜昌换流站相同, 不同于韶山换流站, 具备一定的可比性。

⑤围墙内占地面积: 背靠背换流站占地 12.90hm^2 , 宜昌换流站占地 6.65hm^2 , 韶山换流站占地 15.90hm^2 。本次新建换流站占地面积大于宜昌换流站, 小于韶山换流站, 具备一定的可比性。

⑥交流出线: 背靠背换流站为 6 回 500kV 出线, 宜昌换流站为 4 回 500kV 出线, 韶山换流站为 7 回 500kV 出线。本次新建换流站的交流出线数量比宜昌换流站少, 比韶山换流站多, 出线电压等级一致, 具备一定的可比性。

根据国内外研究成果和已通过竣工环保验收的输变电工程分析, 换流站的电压等级和布置形式是电磁环境影响的主要因素。本次新建换流站的直流电压等级小于宜昌换流站和韶山换流站, 与类比换流站平面布置基本相同。从地理位置、地形、电压等级、输出功率、联接变规模、布置形式、滤波器组、平面布置、占地面积等方面来看, 本次新建换流站与宜昌换流站和韶山换流站具备较高的可比性。虽然在某些细节上存在差异, 但总体来看, 类比是可行的。

6.1.2.2 类比监测因子

合成电场、工频电场、工频磁场。

6.1.2.3 监测单位、方法及仪器

(1) 监测单位

宜昌换流站: 中国电力科学研究院有限公司。

韶山换流站: 电力系统电磁兼容和电磁环境研究与监测中心。

（2）监测方法

宜昌换流站：《直流换流站与线路合成场强、离子流密度测量方法》（DL/T1089-2008）、《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T988-2023）、《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）。合成电场监测方法也符合《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）的要求。

韶山换流站：《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB 39220-2020）、《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）。

（3）监测仪器

类比监测仪器情况见下表。

表 6.1-2 监测仪器信息一览表

监测项目	仪器名称	规格型号	测量范围	校准有效期至
±420kV 宜昌换流站				
工频电场、工频磁场	EFA-30 场强仪	C-0705 G-0705	10V/m~100kV/m 100nT~32mT	2020.04.17
合成电场	TEMS01 直流合成场强计	TFMS01	-100kV/m~+100kV/m	2020.04.25
±800kV 韶山换流站				
工频电场、工频磁场	场强测量仪	C-0705 G-0705	0.01V/m~100kV/m 1nT~10mT	2024.04.09
合成电场	直流合成场强计	TFMS01	-100kV/m~+100kV/m	2023.04.24

6.1.2.4 类比监测布点

在±420kV 宜昌换流站厂界共布设 14 个监测点，监测位置为围墙外 5m 处，另外布设 1 个直流侧衰减断面，监测布点方案具体见图 6.1-1。

在±800kV 韶山换流站厂界共布设 16 个监测点，监测位置为围墙外 5m 处，另分别布设 1 个直流侧衰减断面和 1 个交流侧衰减断面，监测布点方案具体见图 6.1-2。



图 6.1-1 类比换流站（宜昌换流站）电磁监测布点示意图

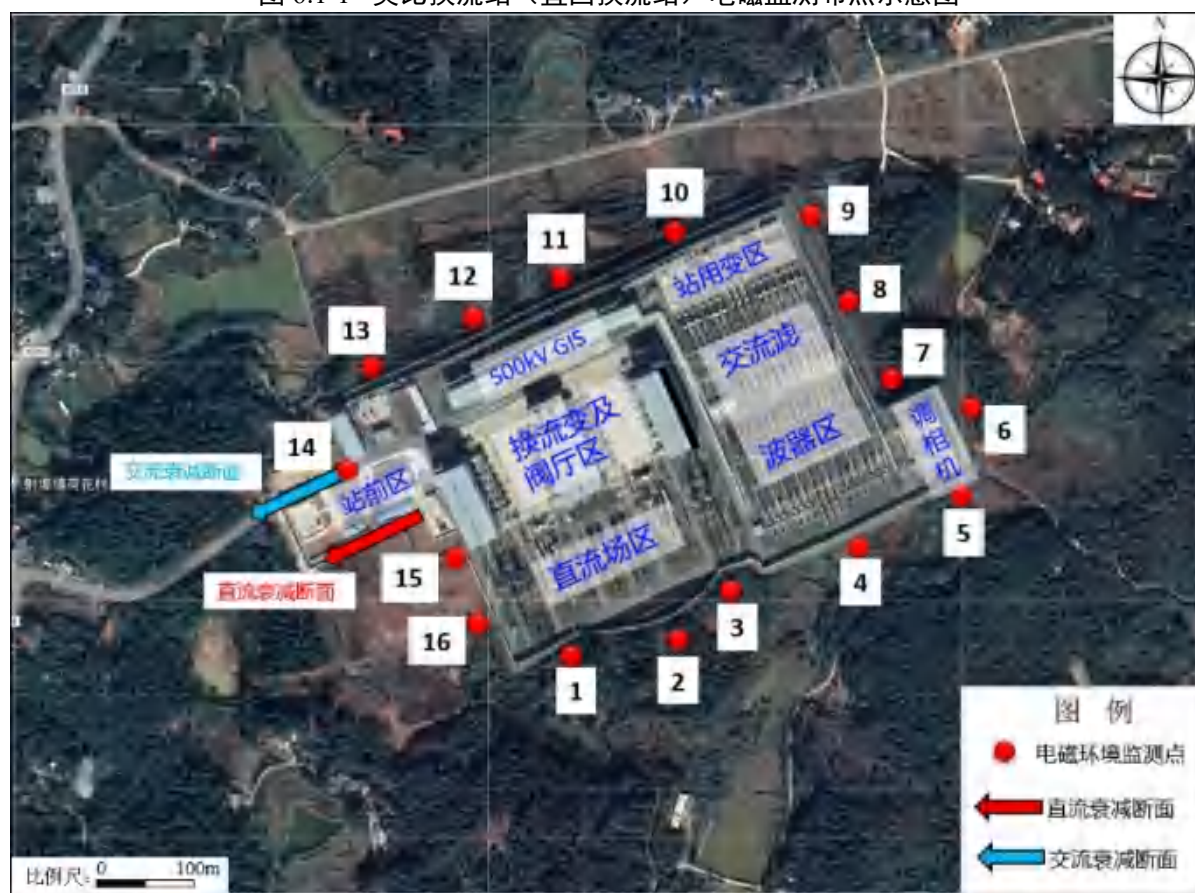


图 6.1-2 类比换流站（韶山换流站）电磁监测布点示意图

6.1.2.5 类比监测环境

宜昌换流站监测时间：2019 年 7 月 24 日~25 日；温度：26~32℃；湿度：55~76%；风速：0.5~1.2m/s。

韶山换流站监测时间：2023 年 4 月 14 日；温度：24~26℃；湿度：60~63%；风速：0.5~0.8m/s。

6.1.2.6 类比监测工况

类比换流站监测期间运行工况见下表。

表 6.1-3 类比宜昌换流站监测期间运行工况

监测时间	设备	电压 (kV)	电流 (A)
2019.7.24	盘宜 I 线	524~529	159~152
	盘宜 II 线	524~529	137~134
	单元 1	±420	160~162
	单元 2	±420	159~160
2019.7.25	盘宜 I 线	524~529	121~119
	盘宜 II 线	524~529	103~100
	单元 1	±420	160~162
	单元 2	±420	159~160

表 6.1-4 类比韶山换流站监测期间运行工况

设备名称	电压 (kV)	电流 (A)	有功 (MW)
直流极 1	760~784.7	1065~2456	831~1861
直流极 2	-786~-761	1064.4~2457.5	833~1865

6.1.2.7 类比监测结果

(1) 宜昌换流站

类比宜昌换流站厂界及断面监测结果见下表。

表 6.1-5 类比宜昌换流站厂界电磁环境监测结果

监测点位	合成电场强度（kV/m）		工频电场强度（kV/m）	工频磁感应强度（μT）
	<i>E</i> ₈₀	<i>E</i> ₉₅		
一、厂界				
测点 1#	0.30	0.32	1.81	1.19
测点 2#	0.23	0.25	0.23	0.62
测点 3#	0.27	0.29	0.04	0.57
测点 4#	0.22	0.23	0.02	0.35
测点 5#	0.19	0.22	0.02	0.33
测点 6#	0.18	0.22	0.01	0.42
测点 7#	0.21	0.23	0.92	0.64
测点 8#	0.22	0.25	0.08	1.38
测点 9#	0.28	0.30	1.36	1.22

监测点位	合成电场强度 (kV/m)		工频电场强度	工频磁感应强度
测点 10#	0.18	0.20	0.02	0.21
测点 11#	0.16	0.18	0.02	0.22
测点 12#	0.17	0.20	0.02	0.23
测点 13#	0.15	0.18	1.03	0.32
测点 14#	0.18	0.20	0.06	1.28
二、临近房屋电磁环境				
杨**宅	0.08	0.10	0.01	0.18
黄**宅	0.07	0.10	0.03	0.24
张**宅	0.10	0.12	0.01	0.18
秦**宅	0.11	0.13	0.01	0.19
陈**宅	0.13	0.15	1.75	0.48

由上表可知， $\pm 420\text{kV}$ 宜昌换流站厂界各测点合成电场 E_{80} 监测值为 $0.15\text{kV/m} \sim 0.30\text{kV/m}$ ，最大值为 $0.18\text{kV/m} \sim 0.32\text{kV/m}$ ，合成场强小于 15kV/m (E_{80}) 的标准限值；宜昌换流站合成电场最大值小于 25kV/m (E_{95}) 的标准限值，由此可知其合成电场 E_{95} 也可满足 25kV/m (E_{95}) 的标准限值。 $\pm 420\text{kV}$ 宜昌换流站厂界工频电场强度监测值为 $0.01\text{kV/m} \sim 1.81\text{kV/m}$ ；工频磁感应强度监测值为 $0.21\mu\text{T} \sim 1.38\mu\text{T}$ ，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m 、 $100\mu\text{T}$ 的标准限值。

宜昌换流站电磁环境影响评价范围内无电场环境保护目标。验收阶段对换流站相对较近的居民房进行了电磁环境现状监测。宜昌换流站相对较近的居民房各测点合成电场 E_{80} 监测值为 $0.07\text{kV/m} \sim 0.13\text{kV/m}$ ，最大值为 $0.10\text{kV/m} \sim 0.15\text{kV/m}$ ；合成场强小于 15kV/m (E_{80}) 的标准限值；居民房合成电场最大值小于 25kV/m (E_{95}) 的标准限值，由此可知其合成电场 E_{95} 也可满足 25kV/m (E_{95}) 的标准限值。工频电场强度监测值为 $0.01\text{kV/m} \sim 1.75\text{kV/m}$ ；工频磁感应强度监测值为 $0.18\mu\text{T} \sim 0.48\mu\text{T}$ ，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m 、 $100\mu\text{T}$ 的标准限值。

表 6.1-6 类比宜昌换流站电磁断面监测结果

监测点位	合成电场强度 (kV/m)	
	E_{80}	E_{95}
围墙外 5m	0.32	0.36
围墙外 10m	0.31	0.33
围墙外 15m	0.28	0.30
围墙外 20m	0.26	0.27
围墙外 25m	0.25	0.27
围墙外 30m	0.23	0.26
围墙外 35m	0.22	0.25
围墙外 40m	0.20	0.24

监测点位	合成电场强度 (kV/m)	
围墙外 45m	0.19	0.22
围墙外 50m	0.18	0.21

由上表可知, $\pm 420\text{kV}$ 宜昌换流站站外监测断面各测点处的合成电场 E_{80} 监测值最大为 0.32kV/m 、最大值为 0.36kV/m , 合成电场强度监测值均随距围墙距离的增加呈逐渐变小趋势。

(2) 韶山换流站

类比韶山换流站厂界监测结果见表 6.1-7, 换流站衰减断面监测结果见表 6.1-8。

表 6.1-7 类比韶山换流站厂界电磁环境监测结果

监测点位	合成电场强度 (kV/m)		工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)
	E_{80}	E_{95}		
测点 1#	8.56	9.37	0.02	0.08
测点 2#	0.13	0.17	0.01	0.06
测点 3#	4.76	5.16	0.01	0.08
测点 4#	0.13	0.15	0.01	0.05
测点 5#	0.26	0.35	0.01	0.05
测点 6#	0.19	0.26	0.01	0.08
测点 7#	0.33	0.37	0.02	0.15
测点 8#	0.34	0.39	0.05	0.56
测点 9#	0.21	0.31	0.14	1.03
测点 10#	0.23	0.34	0.13	1.15
测点 11#	0.12	0.16	0.14	1.63
测点 12#	0.21	0.28	0.97	7.25
测点 13#	0.14	0.19	0.04	0.12
测点 14#	0.18	0.24	0.02	0.04
测点 15#	0.42	0.46	0.01	0.04
测点 16#	0.64	0.73	0.02	0.15

由上表可知, $\pm 800\text{kV}$ 韶山换流站厂界各测点合成电场 E_{80} 监测值为 0.12kV/m ~ 8.56kV/m , 合成电场 E_{95} 监测值为 0.15kV/m ~ 9.37kV/m ; 工频电场强度监测值为 0.01kV/m ~ 0.97kV/m ; 工频磁感应强度监测值为 $0.04\mu\text{T}$ ~ $7.25\mu\text{T}$ 。

表 6.1-8 类比韶山换流站电磁断面监测结果

监测点位	合成电场强度 (kV/m)		工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)
	E_{80}	E_{95}		
围墙外 5m	0.83	0.96	0.02	0.04
围墙外 10m	0.92	1.06	0.02	0.04
围墙外 15m	0.82	0.94	0.02	0.04
围墙外 20m	0.87	0.93	0.02	0.04

监测点位	合成电场强度 (kV/m)		工频电场强度 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)
	E_{80}	E_{95}		
围墙外 25m	0.55	0.74	0.01	0.03
围墙外 30m	0.51	0.67	0.01	0.03
围墙外 35m	0.43	0.55	0.01	0.03
围墙外 40m	0.23	0.26	0.01	0.03
围墙外 45m	0.13	0.17	0.01	0.03
围墙外 50m	0.07	0.09	0.01	0.03

由上表可知，±800kV 韶山换流站站外监测断面各测点处的合成电场 E_{80} 监测值最大为 0.92kV/m、 E_{95} 监测值最大为 1.06kV/m，工频电场强度监测值最大为 0.02kV/m，工频磁感应强度监测值最大为 0.04 μT，各监测因子测值均随距围墙距离增加呈逐渐变小趋势。

6.1.2.8 本项目换流站电磁环境影响预测分析

类比换流站厂界及断面各测点合成电场强度 E_{80} 、 E_{95} 监测值分别小于 15kV/m、25kV/m，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100μT。根据前述类比可行性和类比监测结果可以推断，本项目换流站投入运行后，换流站厂界和电磁环境保护目标的合成电场强度、工频电场强度、工频磁感应强度均能够满足相应控制限值要求。

6.1.3 变电站扩建工程电磁环境影响预测与评价

6.1.3.1 类比对象选择

(1) 类比对象选择的原则

变电站电磁环境影响的主要因素为电压等级和布置形式，类比对象应选择电压等级相同，总平面布置、建设规模、环境条件等因素类似，运行稳定且已通过竣工环境保护验收的变电站。

(2) 类比对象的选择

根据上述类比对象选择原则，同时考虑到边城、牌楼 500kV 变电站建设规模、电压等级、总平面布置、容量、总平面布置的差异性。按保守原则，边城 500kV 变电站选取安宁 500kV 变电站作为类比对象，安宁 500kV 变电站包含在“湖南长沙宁乡 500kV 输变电工程”，2022 年 7 月 21 日，国网湖南电力建设部以《关于印发湖南永州宗元~紫霞第二回 500kV 线路工程等 67 个项目竣工环境保护验收意见的通知》（建设〔2022〕66 号）通过了该工程竣工环境保护验收。

牌楼 500kV 变电站选取岗市 500kV 变电站作为类比对象，岗市 500kV 变电站 2022 年 7 月 21 日国网湖南省电力有限公司以《关于印发湖南常德澧州 500 千伏变电站第二台主变扩建工程等 134 项工程竣工环境保护验收意见的通知》（湘电公司科网〔2021〕93 号）通过了该工程竣工环境保护验收。

开天 220kV 变电站为既有变电站，本期扩建后主变 2×180MVA，220kV 出线 4 回，110kV 出线 6 回。目前尚无与本项目变电站规模完全一致的类比变电站，根据上述类比对象选择原则，本项目选择 220kV 孙家坝变电站作为类比变电站。

表 6.1-9 本项目边城变扩建与类比变电站可比性分析

项目	边城 500kV 变电站 (本期扩建后)	安宁 500kV 变电站 (类比变电站)	可比性分析
电压等级 (kV)	500	500	一致
布置型式	户外布置	户外布置	一致
变压器容量 (MVA)	1×1000MVA	1×1000MVA	一致
35kV 无功补偿装置	低压电抗器组: 3×60Mvar 低压电容器组: 2×60Mvar	低压电抗器组: 2×60Mvar 低压电容器组: 3×60Mvar	低抗比类比站多, 电容少
500kV 出线	3	4	出线比安宁变少
总平面布置	主变布置在站区中间, 500kV GIS 配电装置区、 220kV GIS 配电装置区的户 外三列式布局	主变布置在站区中间, 500kV HGIS 配电装置区、 220kV GIS 配电装置区的户 外三列式布局	一致
占地面积 (围墙内)	3.67	4.82	小于安宁变
所在区域	湘西州吉首市	长沙宁乡市	/
地形	丘陵	丘陵	一致
变电站周边环境条件	周围较空旷, 乡村环境	周围较空旷, 乡村环境	一致
运行工况	-	正常运行	/

表 6.1-10 本项目牌楼变扩建与类比变电站可比性分析

项目	牌楼 500kV 变电站 (本期扩建后)	岗市 500kV 变电站 (类比变电站)	可比性分析
电压等级 (kV)	500	500	一致
布置型式	户外布置	户外布置	一致
变压器容量 (MVA)	3×1000MVA	3×1000MVA	一致
35kV 无功补偿装置	低压电抗器组: 7×60Mvar 低压电容器组: 2×60Mvar	低压电抗器组: 6×60Mvar 低压电容器组: 4×60Mvar	低抗比类比站多, 电容少
500kV 出线	7	5	出线比岗市变多
高压电抗器	2 组	2 组	一致
总平面布置	500kV 主变户外布置; 500kV 配电装置、主变压器、 220kV 配电装置呈三列式布 置	主变布置在站区中间, 500kV HGIS 配电装置区、 220kV GIS 配电装置区的户 外三列式布局	一致
占地面积 (围墙内)	6.96	9.79	小于岗市变
所在区域	怀化市中方县	常德市鼎城区	/
地形	丘陵	丘陵	一致
变电站周边环境条件	周围较空旷, 乡村环境	周围较空旷, 乡村环境	一致
运行工况	-	正常运行	/

表 6.1-11 本项目 220kV 变电站与类比变电站可比性分析

项目	开天 220kV 变电站	220kV 孙家坝变电站 (类比监测期间规模)	可比性分析
电压等级	220kV	220kV	相同
布置型式	户外布置	户外布置	相同
变压器容量	2×180MVA	2×180MVA	相同
220/110kV 出线数量	4 回/6 回	6 回/13 回	本项目出线回数更少
总平面布置	采用 220kV 配电装置—主变压器—110kV 配电装置三列式布置，主变压器位于站区中央，户外布置	采用 220kV 配电装置—主变压器—110kV 配电装置三列式布置，主变压器位于站区中央，户外布置	相同
出线形势	架空出线	架空出线	相同
占地面积（围墙内）	围墙内占地面积 25730m ²	围墙内占地 27100m ²	类似
所在区域	贵州省铜仁市	贵州省铜仁市	类似
变电站周边环境条件	乡镇、坡地、周边建筑较稀疏	郊区、低山丘陵	类似
运行工况	-	运行正常	/

（3）边城 500kV 变电站类比对象的可比性分析

1) 本项目与类比对象的相似性：

边城 500kV 变电站地形与类比对象在主变数量、容量、电压等级、布置形式、平面布置、地形、周边环境条件和运行工况等均一致，具备可比性。

2) 本项目与类比对象的主要差异为：

①围墙内占地面积：边城变电站占地 3.67hm²，安宁变电站占地 4.82hm²，占地面积小于安宁变电站，具备一定的可比性。

②500kV 出线：边城变电站出线为 3 回，安宁变电站出线为 4 回，本次安宁变电站大于边城变电站，具有可比性。

③35kV 无功补偿装置：本次边城变电站低压电抗器比类比站多 1 组，低压电容器少 1 组，具备一定的可比性。

（4）牌楼 500kV 变电站类比对象的可比性分析

1) 本项目与类比对象的相似性：

牌楼 500kV 变电站地形与类比对象在电压等级、主变数量、主变容量、高压电抗器数量、布置形式、平面布置、地形、周边环境条件和运行工况均一致，具备可比性。

2) 本项目与类比对象的主要差异为：

①围墙内占地面积：牌楼变电站占地 6.96hm²，岗市变电站占地 9.79hm²，占地面积小于岗市变电站，具备一定的可比性。

②500kV 出线：牌楼变电站出线为 7 回，岗市变电站出线为 5 回，本次岗市变电站小

于牌楼变电站，根据监测方法变电站监测点布点应选择在无进出线或远离进出线的围墙外，具有可比性。

③35kV 无功补偿装置：本次牌楼变电站低压电抗器比类比站多 1 组，低压电容器少 2 组，具备一定的可比性。

（5）开天 220kV 变电站类比对象的可比性分析

根据国内外研究成果和已通过竣工环保验收的输变电工程分析，变电站的电压等级和布置形式是电磁环境影响的主要因素。本项目变电站电压等级、主变容量、布置形式、总平面布置、出线形式均相同，从地理位置、周边环境条件、占地面积等方面来看，本项目开天 220kV 变电站和孙家坝 220kV 变电站具备较高的可比性。且本项目出线回路数比类比变电站更少，类比结果相对保守。因此，从总体来看，本项目选择孙家坝 220kV 变电站类比是可行的。

6.1.3.2 类比监测因子

工频电场、工频磁场。

6.1.3.3 监测单位、方法及仪器

（1）监测单位

安宁 500kV 变电站：长沙奥瑞工程咨询有限公司

岗市 500kV 变电站：湖南省湘电试验研究院有限公司

孙家坝 220kV 变电站：武汉中电工程检测有限公司。

（2）监测方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）。

（3）监测仪器

类比监测仪器情况见下表。

表 6.1-12 监测仪器信息一览表

监测项目	仪器名称	规格型号	测量范围	校准有效期至
安宁 500kV 变电站				
工频电场、工频磁场	工频电磁场测试仪	NBM-550/EHP-50F	电场强度：0.01V/m~100kV/m 磁感应强度：1nT~10mT	2023.03.10
岗市 500kV 变电站				
工频电场、工频磁场	工频电磁场测试仪	SEM-600/LF-04	电场强度：0.01V/m~100kV/m 磁感应强度：1nT~10mT	2026.04.16
孙家坝 220kV 变电站				
电磁辐射分析仪	电磁辐射分析仪	SEM-600/LF 04	电场强度：0.01V/m~100kV/m 磁感应强度：1nT~10mT 频率范围：1Hz~400kHz	2024.10.11- 2025.10.10

6.1.3.4 类比监测布点

(1) 500kV 变电站



(2) 孙家坝 220kV 变电站

变电站厂界：在变电站厂界四周分别布设测点，共 4 个测点。各测点布置在变电站围墙外 5m，距离地面 1.5m 高度处。

断面：断面监测路径以变电站西南侧电磁环境最大侧围墙为起点，在垂直于围墙的方向上布置，监测点间距为 5m，顺序测至距离围墙 50m 处为止。

孙家坝 220kV 变电站监测点位示意图见图 6.1-3。



图 6.1-5 类比孙家坝 220kV 变电站电磁监测布点示意图

6.1.3.5 类比监测环境

安宁 500kV 变电站：2022 年 4 月 18 日；温度：16.5~23.8℃；相对湿度：47.3%~61.2%；风速：0.8~0.9m/s。

岗市 500kV 变电站：2025 年 07 月 23 日；温度：27.3~31.4℃；相对湿度：64.7%~69.5%；风速：0.5~0.9m/s。

孙家坝 220kV 变电站：多云，环境温度 10.7~13.9℃；湿度：61.2~66.8%；风速：0.5~0.8m/s。

6.1.3.6 类比监测工况

类比换流站监测期间运行工况见下表。

表 6.1-13 类比变电站监测期间运行工况

设备名称	电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率 (MVar)
安宁 500kV 变电站				
#3 主变	534.8	424.9	378.1	63.2
岗市 500kV 变电站				
#1 主变	501.3	116.44	99.37	17.13
#2 主变	503.2	123.91	106.80	10.47
#3 主变	501.6	100.75	100.7	34.72
孙家坝 220kV 变电站				
#1 主变	231.24~232.67	228.86~229.67	92.07~92.13	-1.53~-1.50
#2 主变	231.48~233.08	224.78~226.20	90.23~90.97	-2.32~-2.24

6.1.3.7 类比监测结果

6.1.3.7.1 类比 500kV 变电站

类比变电站厂界监测结果见下表，衰减断面监测结果见下表。

表 6.1-14 类比 500kV 变电站厂界电磁环境监测结果

监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
安宁 500kV 变电站		
变电站东北侧厂界#1 号测点	18.4	0.211
变电站东北侧厂界#2 号测点	515.3	0.682
变电站西北侧厂界#3 号测点	33.3	0.297
变电站西北侧厂界#4 号测点	39.7	0.462
变电站西南侧厂界#5 号测点	248.9	1.078
变电站西南侧厂界#6 号测点	731.7	0.834
变电站东南侧厂界#7 号测点	1447	1.088
变电站东南侧厂界#8 号测点	63.6	0.233
岗市 500kV 变电站		
变电站南侧厂界 1 #1 号测点	36.2	0.067
变电站南侧厂界 2 #3 号测点	25.1	0.074
变电站西侧厂界 1 #4 号测点	365.2	0.221
变电站西侧厂界 2 #5 号测点	596.1	0.215
变电站北侧厂界 1 #8 号测点	224.2	0.314
变电站东侧厂界 1 #11 号测点	53.8	0.247
变电站东侧厂界 2 #12 号测点	106.4	0.443

由上表可知，类比安宁变电站厂界各测点工频电场强度监测值为 18.4V/m~1447V/m，工频磁感应强度监测值为 0.211 μ T~1.088 μ T；类比岗市变电站厂界各测点工频电场强度监测值为 25.1V/m~596.1V/m，工频磁感应强度监测值为 0.067 μ T~0.443 μ T。

表 6.1-15 类比 500kV 变电站电磁断面监测结果

监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
安宁 500kV 变电站 (西南侧厂界)		
距围墙 5m	753.8	0.788
距围墙 10m	697.8	0.716
距围墙 15m	626.5	0.676
距围墙 20m	508.6	0.620
距围墙 25m	462.6	0.604
距围墙 30m	394.6	0.574
距围墙 35m	345.4	0.544
距围墙 40m	283.9	0.520
距围墙 45m	197.7	0.518
距围墙 50m	91.7	0.475
岗市 500kV 变电站 (西侧厂界)		
距围墙 5m	293.8	0.104
距围墙 10m	268.3	0.159
距围墙 15m	240.8	0.115
距围墙 20m	136.0	0.091
距围墙 25m	84.3	0.079
距围墙 30m	70.8	0.077
距围墙 35m	68.3	0.059
距围墙 40m	46.2	0.060
距围墙 45m	50.9	0.054
距围墙 50m	51.8	0.051

由上表可知, 类比安宁变电站站外监测断面各测点处工频电场强度监测值最大为 753.8V/m, 工频磁感应强度监测值最大为 0.788 μT ; 类比岗市变电站站外监测断面各测点处工频电场强度监测值最大为 293.8V/m, 工频磁感应强度监测值最大为 0.159 μT , 各监测因子测值均随距围墙距离增加呈逐渐变小趋势。

6.1.3.7.2 类比 220kV 变电站

表 6.1-16 类比孙家坝 220kV 变电站厂界电磁环境监测结果

监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
厂界东北侧 2#	155.69	0.368
厂界东南侧 3#	197.24	0.399
厂界西南侧 5#	221.76	0.086
厂界西北侧 8#	77.50	0.341

由上表可知, 类比孙家坝 220kV 变电站厂界各测点工频电场强度监测值为 77.50V/m~221.76V/m; 工频磁感应强度监测值为 0.086 μT ~0.399 μT 。

表 6.1-17 类比孙家坝 220kV 变电站电磁断面监测结果

监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
西南侧厂界外 5m	221.76	0.086
西南侧厂界外 10m	130.96	0.064
西侧南厂界外 15m	89.61	0.063
西南侧厂界外 20m	86.04	0.065
西南侧厂界外 25m	94.57	0.072
西南侧厂界外 30m	41.14	0.063
西南侧厂界外 35m	14.77	0.059
西南侧厂界外 40m	10.93	0.057
西南侧厂界外 45m	19.59	0.055
西南侧厂界外 50m	17.46	0.053

由上表可知, 类比孙家坝 220kV 变电站站外监测断面各测点处工频电场强度监测值最大为 221.76V/m, 工频磁感应强度监测值最大为 0.086μT; 各监测因子测值均随距围墙距离增加呈逐渐变小趋势。

6.1.3.8 本项目变电站扩建工程电磁环境影响预测分析

类比变电站厂界及断面各测点工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100μT。根据前述类比可行性和类比监测结果可以推断, 本项目牌楼 500kV 变电站、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站扩建工程投入运行后, 厂界和电磁环境保护目标的工频电场强度、工频磁感应强度均能够满足相应控制限值要求。

6.1.4 交流线路工程电磁环境影响预测与评价

6.1.4.1 类比监测及评价

6.1.4.1.1 类比对象选择

(1) 类比对象选择

根据输电线路电压等级、架线型式、环境条件和运行工况等选取类比对象。本环评选择 500kV 雁船 II 线作为 500kV 单回线路类比对象, 选择 500kV 雁船 I、II 线同塔双回线路作为本项目 500kV 同塔双回线路的类比对象, 选择 220kV 宗庄 I、II 线作为 220kV 双回路迁改工程类比对象, 选择 110kV 杨东线作为本项目换流站站外 110kV 电源线路类比对象。

表 6.1-18 本项目 500kV 单回线路与类比线路相关情况一览表

项目	铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 单回线路	换流站~牌楼 500kV 单回线路、换流站~边城 500kV 单回线路	500kV 雁船 II 线 (类比线路)	可比性分析
电压等级 (kV)	500	500	500	一致
架设型式	单回架空架设	单回架空架设	单回架空架设	一致
导线排列方式	水平排列	水平排列	水平排列	相似

项目	铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 单回线路	换流站～牌楼 500kV 单回线路、换流站～边城 500kV 单回线路	500kV 雁船 II 线（类比线路）	可比性分析
导线结构	4×JL/LB20A-400/50 型	4×JL3/G1A-630/45 型	4×JL3/G1A-400/50 型	相似
导线分裂数	4 分裂导线	4 分裂导线	4 分裂导线	一致
导线分裂间距	450mm	500mm	500mm	铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 单回线路分裂间距小于类比线路，换流站～牌楼、换流站～边城 线路分裂间距与类比线路一致
导线外径	27.6mm	33.6mm	27.6mm	铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 单回线路导线外径一致，换流站～牌楼、换流站～边城 线路导线外径大于类比线路
导线对地距离	/11m/14m（设计对地最小线高）	11m/14m（设计对地最小线高）	18m（监测断面对地线高）	线高低于类比线路
所在区域	贵州省铜仁市	贵州省铜仁市、湖南省怀化市、湘西州	湖南省衡阳市	/
环境条件	主要途经丘陵、山地	主要途经丘陵、山地	监测断面周边为开阔农田	相似
运行工况	-	-	正常运行	/

表 6.1-19 本项目 500kV 同塔双回线路与类比线路相关情况一览表

项目	铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔双回段	换流站～牌楼 500kV 线路、牌楼～边城 500kV 线路同塔架设段	500kV 雁船 I、II 线	可比性分析
电压等级 (kV)	500/500	500/500	500/500	一致
架设型式	双回路架空	双回路架空	双回路架空	一致
导线排列方式	鼓形排列	鼓形排列	鼓形排列	一致
导线型号	4×JL/LB20A-400/50 型	4×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线	4×JL3/G1A-400/50 钢芯高导电率铝绞线	相似
导线分裂数	4 分裂导线	4 分裂导线	4 分裂导线	一致
导线分裂间距	450mm\450mm	500mm\500mm	500mm\500mm	铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔

项目	铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔双回段	换流站~牌楼 500kV 线路、牌楼~边城 500kV 线路同塔架设段	500kV 雁船 I、II 线	可比性分析
				双回段分裂间距小于类比线路，换流站~牌楼、牌楼~边城线路同塔双回段分裂间距与类比线路一致
导线外径	27.6mm\27.6mm	33.8cm\33.8cm	27.6mm\27.6mm	铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路导线外径一致，换流站~牌楼、牌楼~边城线路导线外径大于类比线路
导线对地距离	11m/14m（设计对地最小线高）	11m/14m（设计对地最小线高）	15m（监测断面处对地线高）	线高低于类比线路
所在区域	贵州省铜仁市	湖南省怀化市	湖南省衡阳市	\
环境条件	主要途经丘陵、山地	主要途经丘陵、山地	监测断面周边为开阔农田	\
运行工况	-	-	正常运行	/

表 6.1-20 本项目 220kV 线路与类比线路相关情况一览表

项目	220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改工程	220kV 宗庄 I、II 线	可比性分析
电压等级（kV）	220kV	220kV	相同
架设型式	双回架空	双回架空	相同
导线排列方式	垂直排列，逆相序	垂直排列，逆相序	相同
导线型号	2×JL3/G1A-630/45 型高导电率钢芯铝绞线	2×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线	相同
导线分裂数	双分裂	双分裂	相同
导线截面（mm ² ）	3.38	3.38	相同
导线对地距离	最低设计高度 20m	17m	类比线路高度更低
所在区域	湖南省湘西自治州	湖南省永州市	相似
环境条件	乡村	乡村	相同
运行工况	-	正常运行	一致

表 6.1-21 本项目 110kV 电源线路与类比线路相关情况一览表

项目	本项目 110kV 电源线路	110kV 杨东线	可比性分析
电压等级（kV）	110kV	110kV	相同
架设型式	单回架空	单回架空	相同
导线排列方式	水平/三角	水平	相同
导线型号	JL/LB20A-150/25	JL/G1A-240/40	相似

项目	本项目 110kV 电源线路	110kV 杨东线	可比性分析
导线分裂数	单分裂	单分裂	相同
导线截面 (mm ²)	172	278	本项目截面积更小
导线对地距离	6m、7m	7m	相似
所在区域	贵州省铜仁市	青海省西宁市	相似
环境条件	乡村	乡村	相同
运行工况	-	正常运行	/

(2) 类比对象可比性分析

类比对象依据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ24-2020)中的类比要求和《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)(HJ681-2013)》中的监测技术要求选择。

由上表可知, 500kV 线路类比对象与本项目线路电压等级、相序、导线分裂数、分裂间距、架设型式、导线排列方式、导线型号、导线外径和载流量等各方面均与本项目拟建各类别线路工程相类似或者在电磁环境影响方面更明显; 类比线路较拟建工程理论最低高度低, 从环境影响角度分析更保守。因此, 本次评价选择的类比对象具有可类比性。

由上表可知, 220kV 线路类比对象与本项目电压等级、线路架设型式、导线排列方式、分裂数、导线截面积、环境条件一致或相似, 因此线路运行时在其周围产生的电磁环境影响的变化规律具有相似性。本项目选择类比线路线高更低, 类比更保守。

由上表可知, 110kV 线路类比对象与本项目电压等级、线路架设型式、导线排列方式、分裂数、环境条件一致或相似, 因此线路运行时在其周围产生的电磁环境影响的变化规律具有相似性。类比对象和本项目均处于西部地区, 本项目所选导线截面积较类比对象截面积更小, 理论输送电流更小, 产生的磁感应强度比类比对象更小。

本次所选类比线路架设高度与本项目输电线路存在一定差异, 而类比线路架设高度为实际架设高度, 环评阶段本项目输电线路架设高度为《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010)中规定的导线对地最低理论高度, 实际架设时, 由于本项目涉及区域地形主要为丘陵, 塔基多位于山坡上, 铁塔经山包等自然地形抬升后导线对地实际高度一般会大于最低理论高度, 可与类比线路导线对地高度相当或更高, 在其它条件相同的情况下, 导线的对地高度会影响电场强度的大小, 但不会影响导线周围的电磁环境影响变化规律。考虑到类比对象与本项目线路设计情况的差异, 本环评进行了电磁模式验证性计算。根据后面类比测试与理论计算的结果来看, 本项目所选类比线路理论预测结果均比监测结果更保守, 因此, 类比线路的电磁环境监测结果能反映本项目输电线路建成投运后可能产生的电磁环境影响水平及分布规律, 具有可比性。

6.1.4.1.2 监测因子

离地面 1.5m 高度处的工频电场、工频磁场。

6.1.4.1.3 监测单位、方法及仪器

(1) 监测单位

500kV 雁船 II 线：武汉中电工程检测有限公司

500kV 雁船 I、II 线：武汉中电工程检测有限公司

220kV 宗庄 I、II 线：湖南省湘电试验研究院有限公司

110kV 杨东线：陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司。

(2) 监测方法

《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）。

(3) 监测仪器

类比监测仪器情况见下表。

表 6.1-22 类比监测仪器一览表

监测项目	仪器名称	规格型号	测量范围	校准有效期至
500kV 线路				
工频电场、工频磁场	智能场强仪	NBM-550/EHP-50F	电场强度：5mV/m~1kV/m	2022.06.28
	工频场强计	SEM-600/LFI-04	磁感应强度：0.3nT~100μT	2022.05.10
220kV 线路				
工频电场、工频磁场	工频场强计	SEM-600/LFI-04	频率范围：1Hz~100kHz 测量范围：5mV/m-100kV/m 0.1nT~10mT	2022.05.10
110kV 杨东线				
工频电场	场强仪	型号：SEM-600/L 仪器编号：QNC-YQ-009	频率范围：1Hz~100kHz 测量范围：5mV/m-100kV/m 0.1nT~10mT	2021.03.19-2022.03.18
工频磁场				2021.03.15-2022.03.14

6.1.4.1.4 类比监测条件

500kV 单回线路：类比监测点选择在 500kV 雁船 II 线的#34~#35 杆塔间线路导线的弧垂最低处，测点周围平坦开阔，无其它架空线，符合监测技术条件要求。测点处导线弧垂处离地距离约 18m。类比监测时间：2021 年 9 月 14 日；温度 36.3~38.7℃、湿度 36.5~44.5%，风速 0.5~1.6m/s。

500kV 同塔双回线路：类比监测点选择在 500kV 雁船 I 回线、雁船 II 回线#27~#28 杆塔间线路导线的弧垂最低处。测点周围平坦开阔，无其它架空线，符合监测技术条件要求。测点处导线弧垂处离地距离约 15m。类比监测时间：2021 年 9 月 15 日；温度 34.1~

36.5℃、相对湿度 51.0%~53.7%，风速 1.4~2.8m/s。

220kV 同塔双回线路：类比监测点选择在 220kV 宗庄 I、II 线#11~#12 杆塔间线路导线的弧垂最低处。测点周围平坦开阔，无其它架空线，符合监测技术条件要求。测点处导线弧垂处离地距离约 17m。类比监测时间：2021 年 8 月 20 日；温度 31.2-35.7℃、相对湿度 70.1%-73.5%，风速 0.3~1.0m/s。

110kV 单回线路：类比监测点选择在 110kV 杨东线 13#~14#塔间线路导线的弧垂最低处。测点周围平坦开阔，无其它架空线，符合监测技术条件要求。测点处导线弧垂处离地距离约 7m。比监测时间：2021 年 5 月 25 日；温度：2~18℃；湿度：30~51%；风速：1.0~1.2m/s。

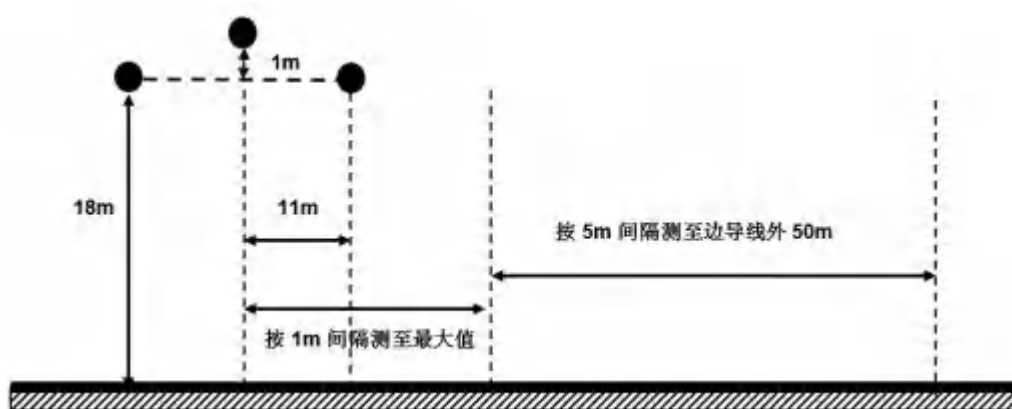


图 6.1-6 500kV 雁船 II 线电磁环境监测断面示意图

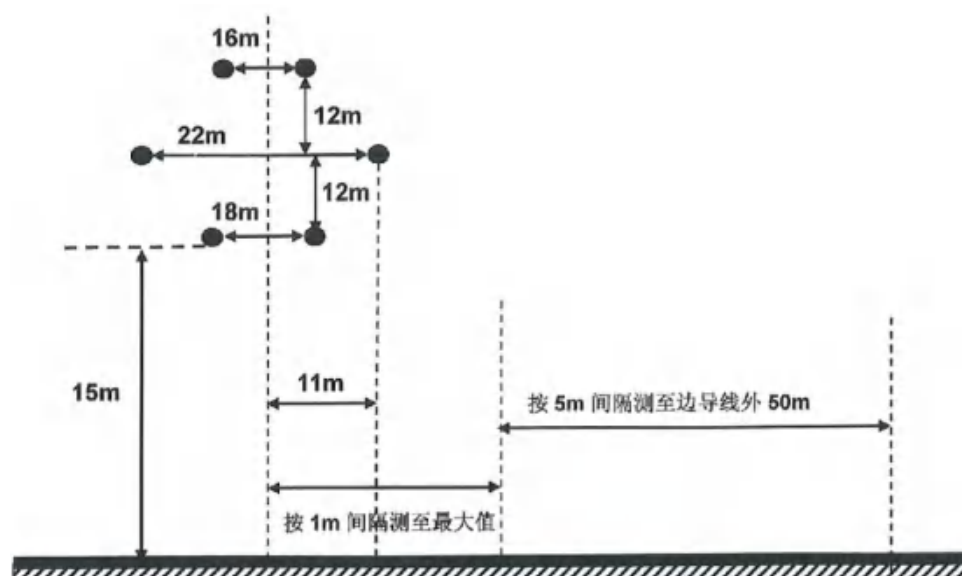


图 6.1-7 500kV 雁船 I、II 线同塔双回线路电磁环境监测断面示意图

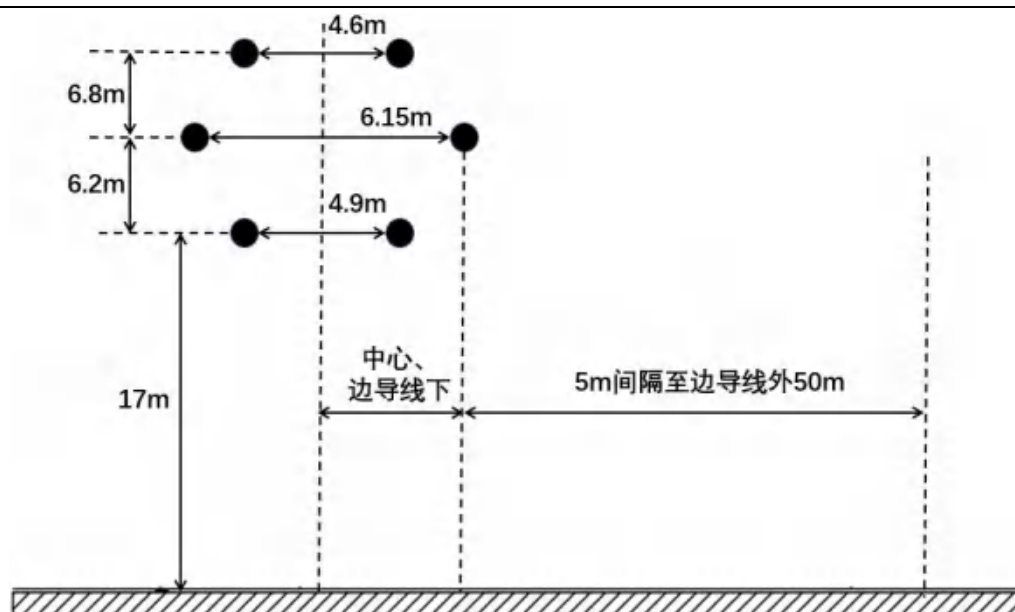


图 6.1-8 220kV 宗庄 I、II 线#11~#12 杆塔间电磁环境监测断面示意图

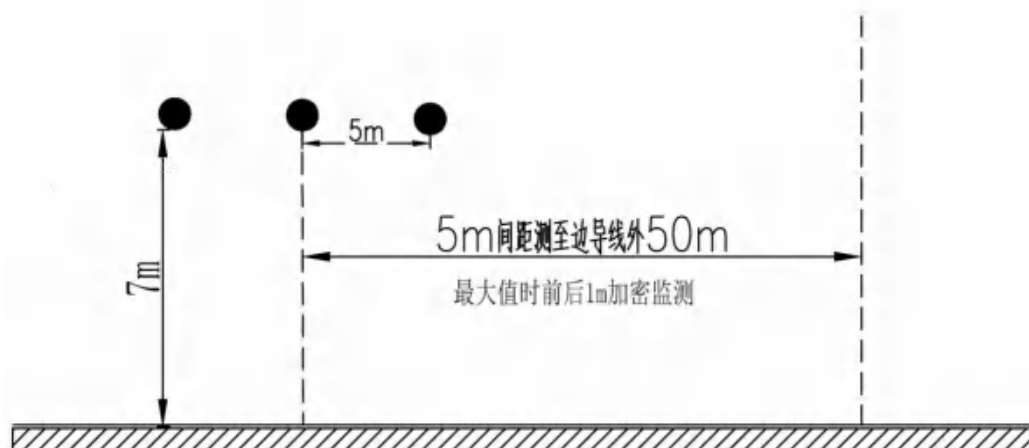


图 6.1-9 110kV 杨东线新建 13#~14#塔间线电磁环境监测断面示意图

类比监测期间运行工况情况见下表。

表 6.1-23 类比线路监测期间运行工况

检测时间	项目	电压 (kV)	电流 (A)	有功功率 (MW)	无功功率 (Mvar)
2021.9.14	500kV 雁船 II 线	536.1~538.4	151.9~153.7	-109.3~-114.1	-59.9~61.8
2021.9.15	500kV 雁船 I 线	535.1~536.7	152.4~154.7	-125.7~-127.2	-63.9~64.8
	500kV 雁船 II 线	536.4~537.9	150.4~152.9	-106.7~-109.2	-59.2~61.5
2021.8.20	220kV 宗庄 I 线	221.4	52.5	10.23	17.34
	220kV 宗庄 II 线	223.1	58.3	15.3	16.53
2021.05.25	110kV 杨东线	116.7~118.5	34.5~132.2	6.8~25.8	0.7~3.2

6.1.4.1.5 监测结果

(1) 500kV 线路

类比线路电磁环境监测结果见下表。

表 6.1-24 500kV 单回类比线路电磁环境监测结果

序号	监测点位	500kV 雁船 II 线（34#塔~35#塔）	
		工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（ μ T）
1	距中心线 0m	1254	0.559
2	距中心线 1m	1284	0.613
3	距中心线 2m	1449	0.639
4	距中心线 3m	1723	0.610
5	距中心线 4m	2068	0.543
6	距中心线 5m	2401	0.496
7	距中心线 6m	2706	0.532
8	距中心线 7m	3002	0.479
9	距中心线 8m	3244	0.487
10	距中心线 9m	3453	0.459
11	距中心线 10m	3036	0.473
12	距线路中心 11m（雁船 II 线边导线下）	3773	0.468
13	距边导线 1m	3891	0.466
14	距边导线 2m	4006	0.443
15	距边导线 3m	4005	0.417
16	距边导线 4m	4023	0.422
17	距边导线 5m	3936	0.383
18	距边导线 10m	3116	0.247
19	距边导线 15m	2491	0.223
20	距边导线 20m	1764	0.179
21	距边导线 25m	1282	0.147
22	距边导线 30m	939.0	0.120
23	距边导线 35m	772.3	0.101
24	距边导线 40m	574.7	0.092
25	距边导线 45m	466.3	0.077
26	距边导线 50m	343.7	0.061
27	衡阳市衡东县霞流镇鑫霞村赵某养殖房东南侧	2603	0.340
序号	监测点位	500kV 雁船 I 回线、雁船 II 回（27#塔~28#塔）	
		工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（ μ T）
1	距中心线 0m	2723	0.946
2	距中心线 1m	2794	0.991
3	距中心线 2m	2835	0.939
4	距中心线 3m	3208	0.900
5	距中心线 4m	3405	0.886
6	距中心线 5m	3849	0.856
7	距中心线 6m	4856	0.841

8	距中心线 7m	5141	0.869
9	距中心线 8m	4566	0.876
10	距中心线 9m	4582	0.812
11	距中心线 10m	5086	0.775
12	距中心线 11m (边导线下)	4912	0.735
13	距边导线 1m	4315	0.704
14	距边导线 2m	4271	0.645
15	距边导线 3m	4523	0.625
16	距边导线 4m	4126	0.567
17	距边导线 5m	3967	0.474
18	距边导线 10m	2305	0.316
19	距边导线 15m	1416	0.254
20	距边导线 20m	844.5	0.195
21	距边导线 25m	627.2	0.158
22	距边导线 30m	476.5	0.124
23	距边导线 35m	336.0	0.104
24	距边导线 40m	211.7	0.090
25	距边导线 45m	142.1	0.065
26	距边导线 50m	115.2	0.055
27	衡阳市衡东县霞流镇平田村七组民房西南侧	29.05	0.072

(2) 220kV 线路

类比线路电磁环境监测结果见下表。

表 6.1-25 220kV 类比线路电磁环境监测结果

序号	监测点位	220kV 宗庄 I、II 线 (11#塔~12#塔)	
		工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
1	中线下方	1114	0.375
2	边导线下方	1211	0.373
3	距边导线 5m	811.8	0.289
4	距边导线 10m	486.9	0.266
5	距边导线 15m	266.4	0.209
6	距边导线 20m	86.6	0.105
7	距边导线 25m	80.1	0.101
8	距边导线 30m	75.7	0.0914
9	距边导线 35m	61.3	0.0846
10	距边导线 40m	48.2	0.0816
11	距边导线 45m	40.9	0.0741
12	距边导线 50m	32.5	0.0682

(3) 110kV 线路

类比线路电磁环境监测结果见下表。

表 6.1-26 110kV 类比线路电磁环境监测结果

序号	监测点位	110kV 杨东线 13#-14#塔间	
		工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
1	中相导线投影点 0m	361	0.684
2	中相导线投影点外 4m	625	0.686
3	边导线下 0m (中心线外 5m)	724	0.645
4	边导线外 1m	715	0.612
5	边导线外 2m	641	0.531
6	边导线外 5m (中心线外 10m)	464	0.424
7	边导线外 10m (中心线外 15m)	261	0.239
8	边导线外 15m (中心线外 20m)	173	0.145
9	边导线外 20m (中心线外 25m)	72.4	0.0918
10	边导线外 25m (中心线外 30m)	30.7	0.0690
11	边导线外 30m (中心线外 35m)	21.5	0.0506
12	边导线外 35m (中心线外 40m)	16.9	0.0457
13	边导线外 40m (中心线外 45m)	14.8	0.0433
14	边导线外 45m (中心线外 50m)	8.47	0.0434
15	边导线外 50m (中心线外 55m)	6.33	0.0379

6.1.4.1.6 类比监测结果分析

(1) 500kV 线路类比监测结果分析

500kV 雁船 II 线工频电场强度最大值为 4023V/m，位于距边导线外 5m 处。在线路边导线 5m 外随着距离的增加，工频电场值呈降低的趋势。500kV 雁船 I、II 线同塔双回线路工频电场强度最大值为 5141V/m，位于边导线内侧距边导线 3m 处。从边导线下向边导线外随着距离的增加，工频电场值大体呈降低的趋势。

500kV 雁船 II 线工频磁感应强度最大监测值为 0.639 μ T，位于边导线内。500kV 雁船 I、II 线同塔双回线路工频磁感应强度最大值为 0.991 μ T，位于边导线内。

500kV 雁船 II 线#34~#35 杆塔间电磁环境敏感目标处工频电场强度监测值为 2603V/m，工频磁感应强度监测值为 0.340 μ T，分别满足 4000V/m、100 μ T 的标准限值要求。500kV 雁船 I、II 线#27~#28 杆塔间电磁环境敏感目标处工频电场强度监测值为 29.05V/m，工频磁感应强度监测值为 0.072 μ T，分别满足 4000V/m、100 μ T 的标准限值要求。

(2) 220kV 线路类比监测结果分析

由上表可知，220kV 双回路架设类比线路监测断面各测点处工频电场强度监测值最大为 1211V/m，工频磁感应强度监测值最大为 0.375 μ T，各监测因子测值均随距线路边导线距离增加呈逐渐变小趋势。

(3) 110kV 线路类比监测结果分析

由上表可知，110kV 水平类比线路监测断面各测点处工频电场强度监测值最大为 724V/m，工频磁感应强度监测值最大为 0.686 μ T，各监测因子测值均随距线路边导线距离增加呈逐渐变小趋势。

6.1.4.1.7 理论计算结果与类比监测结果对比情况

按照电磁环境类比监测时同样工况条件进行理论计算，并与实测值分析比较，以验证理论计算预测方案的可行性。

500kV 雁船 II 线（单回）理论计算结果与实测结果对比情况见下表、下图，500kV 雁船 I、II 线（同塔双回）理论计算结果与实测结果对比情况见下表、下图，110kV 线理论计算结果与实测结果对比情况见下表、下图。

表 6.1-27 500kV 雁船 II 线电磁环境实测结果与理论计算结果对比表

距线路中心距离 (m)	工频电场强度 (V/m)		工频磁感应强度 (μ T)	
	实测值	理论计算值	实测值	理论计算值
0	1254	1707.1	0.559	1.564
1	1284	1759.5	0.613	1.562
2	1449	1908.7	0.639	1.557
3	1723	2133.8	0.61	1.548
4	2068	2411.1	0.543	1.535
5	2401	2719.5	0.496	1.519
6	2706	3041.4	0.532	1.499
7	3002	3361.2	0.479	1.475
8	3244	3665.6	0.487	1.446
9	3453	3943.0	0.459	1.414
10	3606	4183.7	0.473	1.378
11 (边导线外)	3773	4380.3	0.468	1.339
边导线外 5	3936	4620.6	0.383	1.105
边导线外 10	3116	3934.1	0.247	0.862
边导线外 15	2491	2997.7	0.223	0.660
边导线外 20	1764	2192.0	0.179	0.508
边导线外 25	1282	1595.2	0.147	0.397
边导线外 30	939.0	1174.1	0.12	0.317
边导线外 35	772.3	879.3	0.101	0.258
边导线外 40	574.7	671.0	0.092	0.213

距线路中心距离（m）	工频电场强度（V/m）		工频磁感应强度（μT）	
	实测值	理论计算值	实测值	理论计算值
边导线外 45	466.3	521.4	0.077	0.178
边导线外 50	343.7	412.0	0.061	0.152

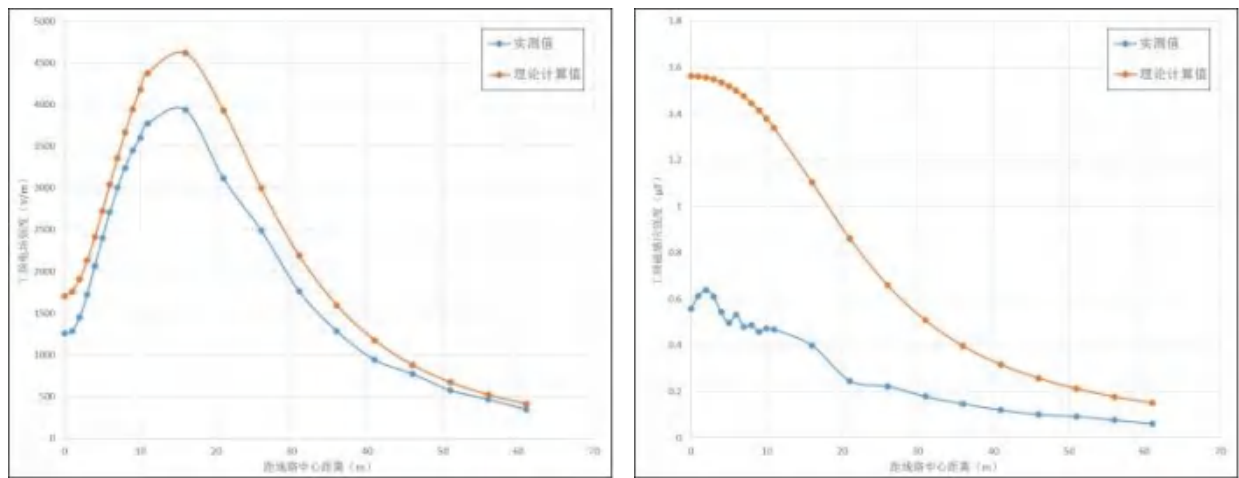


图 6.1-10 500kV 雁船 II 线工频电场强度、工频磁感应强度实测结果与理论计算结果对比图

表 6.1-28 500kV 雁船 I、II 线电磁环境实测结果与理论计算结果对比表

距线路中心距离（m）	工频电场强度（V/m）		工频磁感应强度（μT）	
	实测值	理论计算值	实测值	理论计算值
0	2723	3086.1	0.946	1.579
1	2794	3176.7	0.991	1.577
2	2835	3427.7	0.939	1.572
3	3208	3788.6	0.900	1.564
4	3405	4204.0	0.886	1.552
5	3849	4626.2	0.856	1.535
6	4856	5018.0	0.841	1.513
7	5141	5351.4	0.869	1.485
8	4566	5606.3	0.876	1.452
9	4582	5770.3	0.812	1.413
10	5086	5838.1	0.775	1.369
11（边导线外）	4912	5811.1	0.735	1.320
边导线外 5	3967	4630.9	0.474	1.035
边导线外 10	2305	2955.5	0.316	0.765
边导线外 15	1416	1719.6	0.254	0.558
边导线外 20	844.5	980.3	0.195	0.410
边导线外 25	627.2	565.3	0.158	0.306
边导线外 30	476.5	336.1	0.124	0.232
边导线外 35	336.0	212.6	0.104	0.179
边导线外 40	211.7	150.3	0.090	0.141
边导线外 45	142.1	121.4	0.065	0.112
边导线外 50	115.2	107.8	0.055	0.090

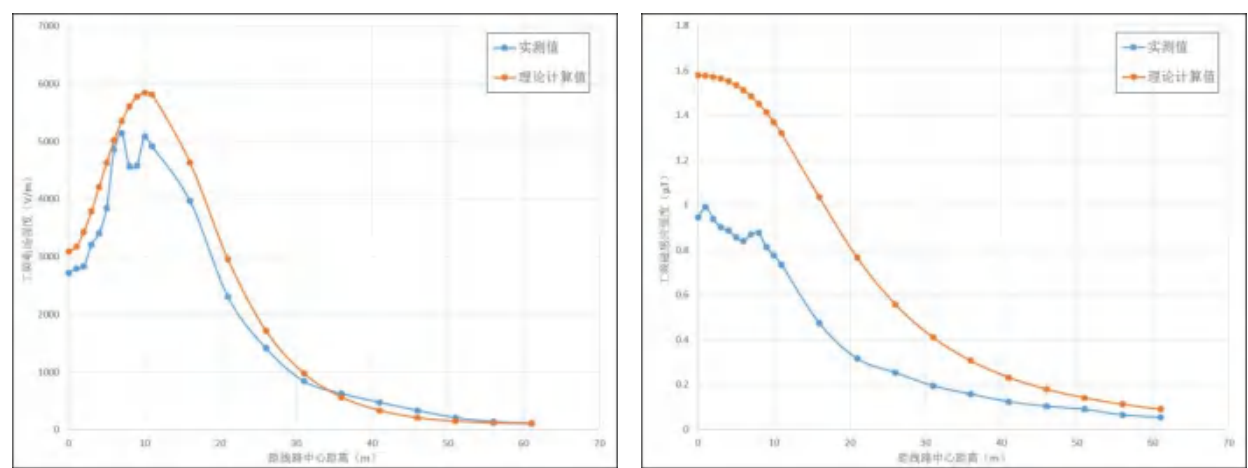


图 6.1-11 500kV 雁船 I、II 线工频电场强度、工频磁感应强度实测结果与理论计算结果对比图

表 6.1-29 220kV 宗庄 I、II 线电磁环境实测结果与理论计算结果对比表

距线路中心距离 (m)	工频电场强度 (V/m)		工频磁感应强度 (μT)	
	实测值	理论计算值	实测值	理论计算值
中线下方	1114	945.9	0.375	5.344
边导线下方	1211	1218	0.373	4.521
距边导线 5m	811.8	1058	0.289	3.605
距边导线 10m	486.9	666.3	0.266	2.524
距边导线 15m	266.4	353.7	0.209	1.723
距边导线 20m	86.6	168.7	0.105	1.185
距边导线 25m	80.1	70.0	0.101	0.832
距边导线 30m	75.7	20.8	0.0914	0.598
距边导线 35m	61.3	11.7	0.0846	0.441
距边导线 40m	48.2	20.9	0.0816	0.332
距边导线 45m	40.9	25.4	0.0741	0.256
距边导线 50m	32.5	26.6	0.0682	0.201

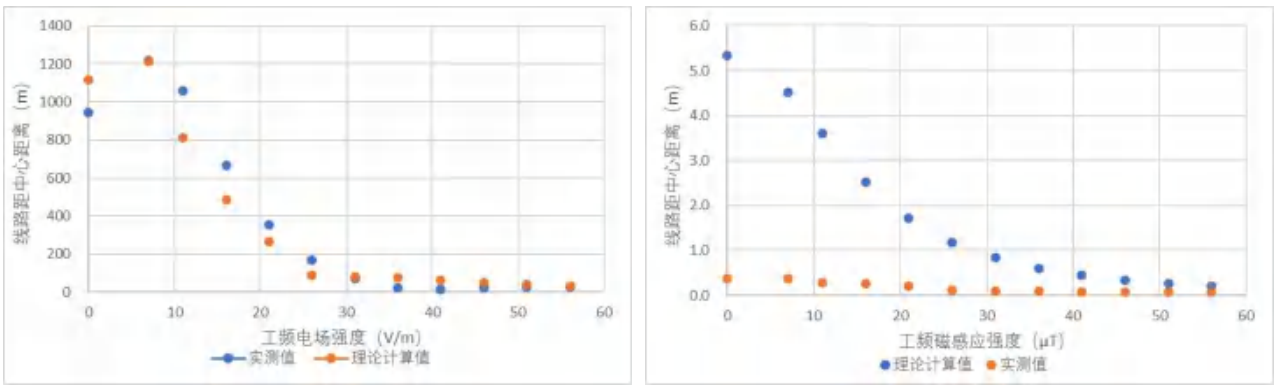


图 6.1-12 220kV 宗庄 I、II 线工频电场强度工频磁感应强度实测结果与理论计算结果对比图

表 6.1-30 110kV 线路电磁环境实测结果与理论计算结果对比表

距线路中心距离（m）	工频电场强度（V/m）		工频磁感应强度（μT）	
	实测值	理论计算值	实测值	理论计算值
0m	361	1514	0.684	3.92
4m	625	1533	0.686	3.71
5m	724	1690	0.645	3.56
6m	715	1817	0.612	3.34
7m	641	1853	0.531	3.06
10m	464	1445	0.424	2.07
15m	261	640	0.239	1.02
20m	173	294	0.145	0.58
25m	72.4	154	0.0918	0.37
30m	30.7	89	0.0690	0.25
35m	21.5	56	0.0506	0.19
40m	16.9	38	0.0457	0.14
45m	14.8	26	0.0433	0.11
50m	8.47	19	0.0434	0.09
55m	6.33	14	0.0379	0.07

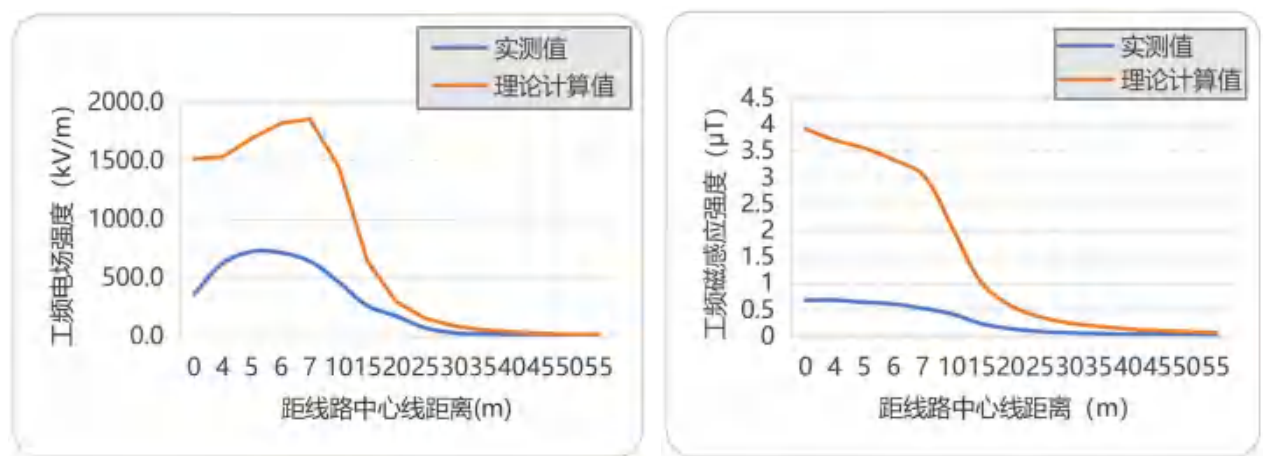


图 6.1-13 本项目 110kV 线路（水平排列）工频电场强度工频磁感应强度实测结果与理论计算结果对比图

由类比监测结果和模式预测结果的对比可知，输电线路工频电场强度理论计算值与实测值变化趋势一致、数据差别不大，理论预测值总体上大于实测值。因此，对线路运行产生的电磁环境采用模式预测计算结果是可信的。本报告将采用理论预测结果进行输电线路工程电磁环境预测及评价。

6.1.4.2 模式预测及评价

本项目交流输电线路的工频电场强度、工频磁感应强度影响预测根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）附录 C、D 推荐的计算模式进行。

6.1.4.2.1 计算参数

(1) 典型杆塔的选取

根据《环境影响评价技术导则输变电》（HJ24-2020）8.1.2.3“塔型选择时，可主要考虑线路经过居民区时的塔型，也可按保守原则选择电磁环境影响最大的塔型”，本环评按保守原则，选择电磁环境影响最大的杆塔进行电磁环境影响预测计算。

根据本项目导线排列方式分别有单回水平排列、单回三角排列和同塔双回排列3种排列方式。其中，单回三角排列仅应用于转角塔，该塔型在工程全线占比低，且现场不具备典型性。同时，依据过往同类工程实践经验，在导线参数、塔高、档距等同等条件下，三角排列的电磁影响水平通常低于水平排列。综合以上两点，为确保预测结果的代表性与保守性，本项目单回线路部分仅针对单回水平排列塔型开展模式预测。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站500kV线路工程单回路架设段水平排列选取5D1W2-Z5型、双回路架设段选择5D2W2-JD型塔为代表性塔型进行电磁环境影响预测。换流站～牌楼500kV线路（贵州段）、换流站～边城500kV线路（贵州段）单回路架设段水平排列选取5F1X3-Z2型为代表性塔型进行电磁环境影响预测。

换流站～牌楼500kV线路（湖南段）、换流站～边城500kV线路（湖南段）单回路架设段水平排列选取500-MC31D-ZBCK型（15mm冰区）、562-ZBC3型（20mm冰区）进行电磁环境影响预测，换流站～牌楼500kV线路（湖南段）与牌楼～边城500kV线路（湖南段）双回路架设段选择500-MC31S-ZC2型塔为代表性塔型进行电磁环境影响预测。

220kV双回路迁改工程选取220-HB31S-JC1型为代表性塔型进行电磁环境影响预测。

换流站110kV外接电源线路水平排列选取V3-1C1X5-Z3型塔为代表性塔型进行电磁环境影响预测。

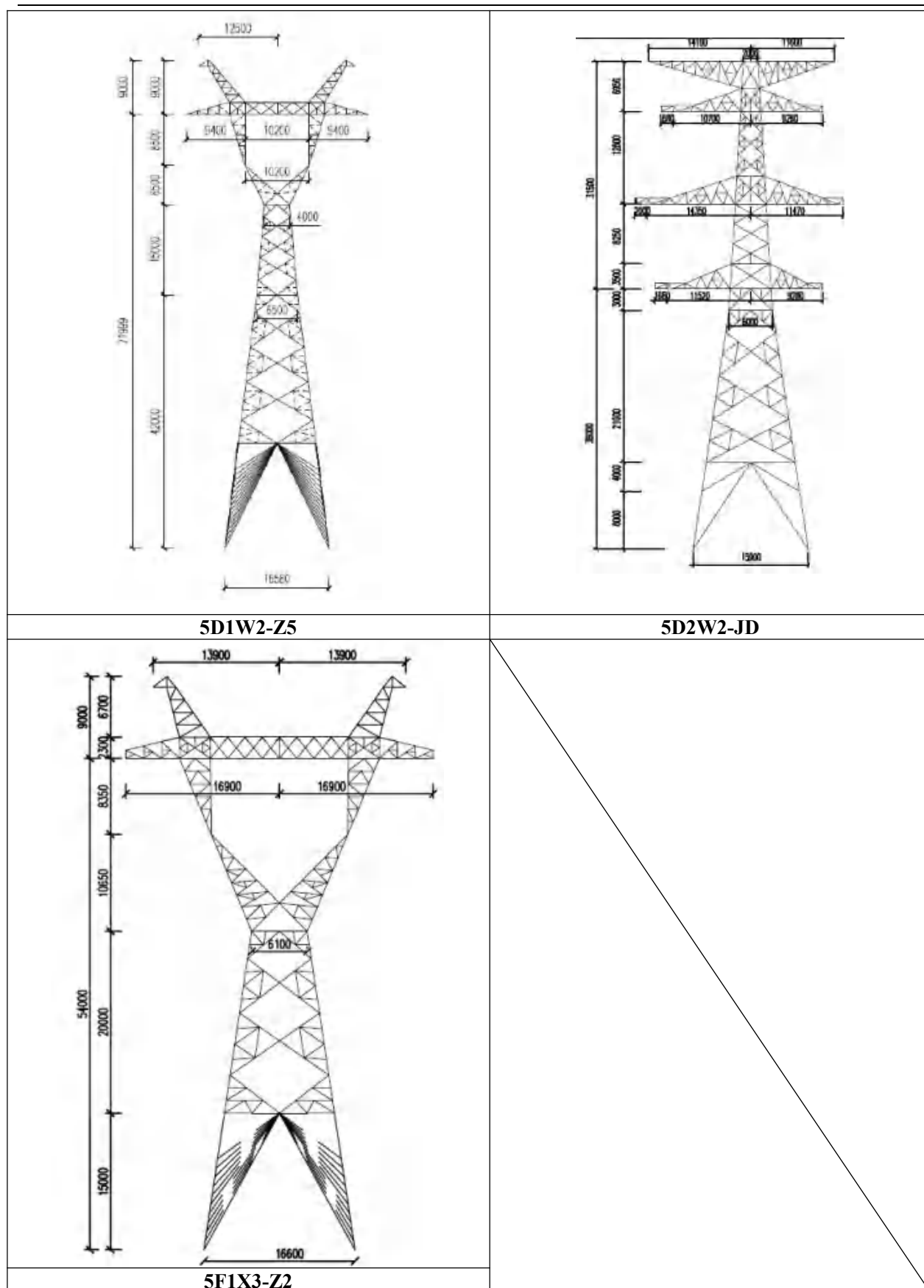
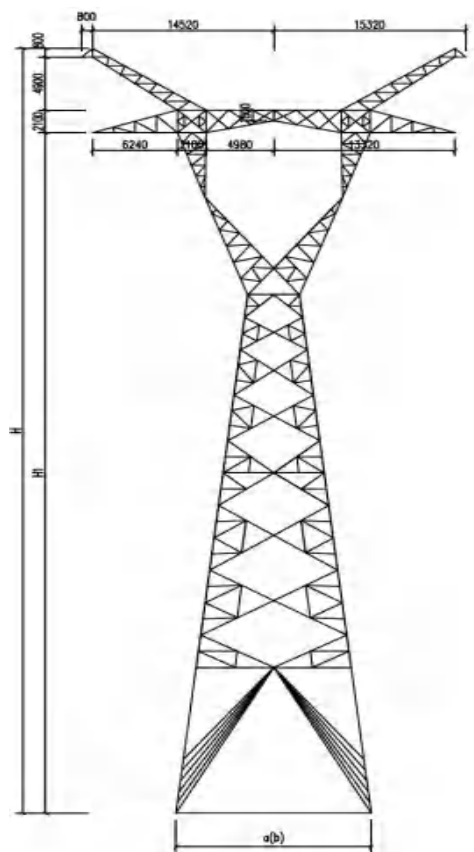
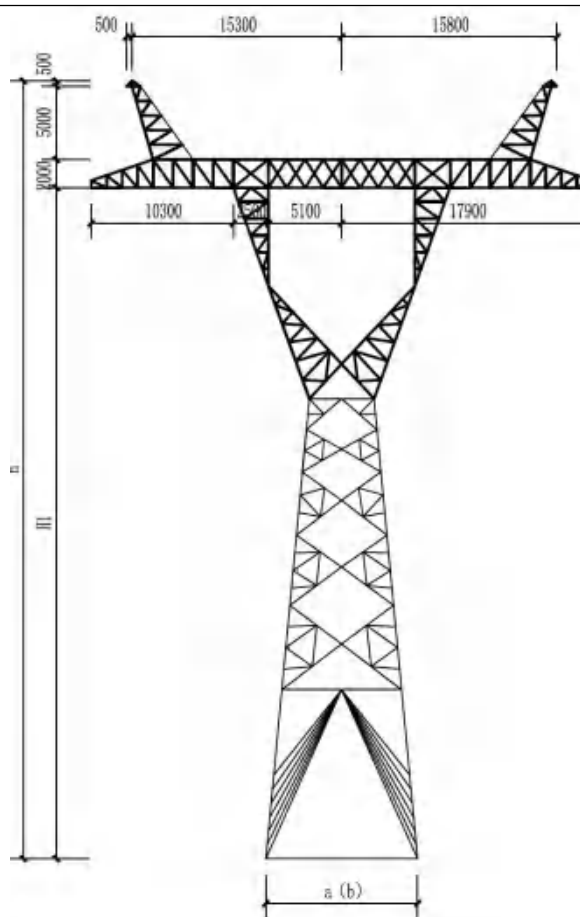


图 6.1-14 本项目 500kV 线路（贵州段）电磁环境预测选择的代表性塔型图



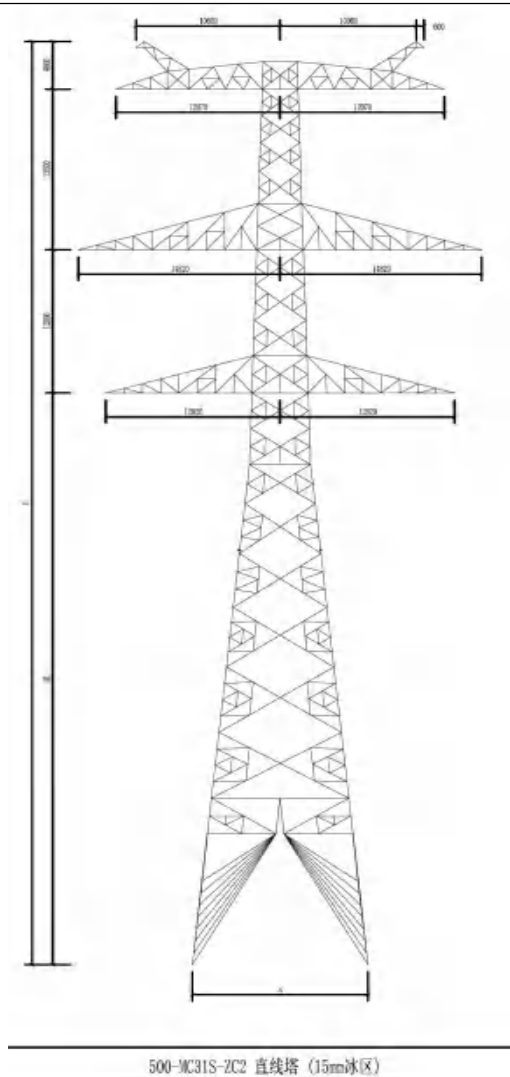
500-MC31D-ZBCK 直线塔 (15mm冰区)

500-MC31D-ZBCK (15mm 冰区)



562-ZBC3 直线塔 (20mm冰区)

562-ZBC3 直线塔 (20mm 冰区)



双回塔500-MC31S-ZC（15mm冰区）

图 6.1-15 本项目 500kV 线路（湖南段）电磁环境预测选择的代表性塔型图

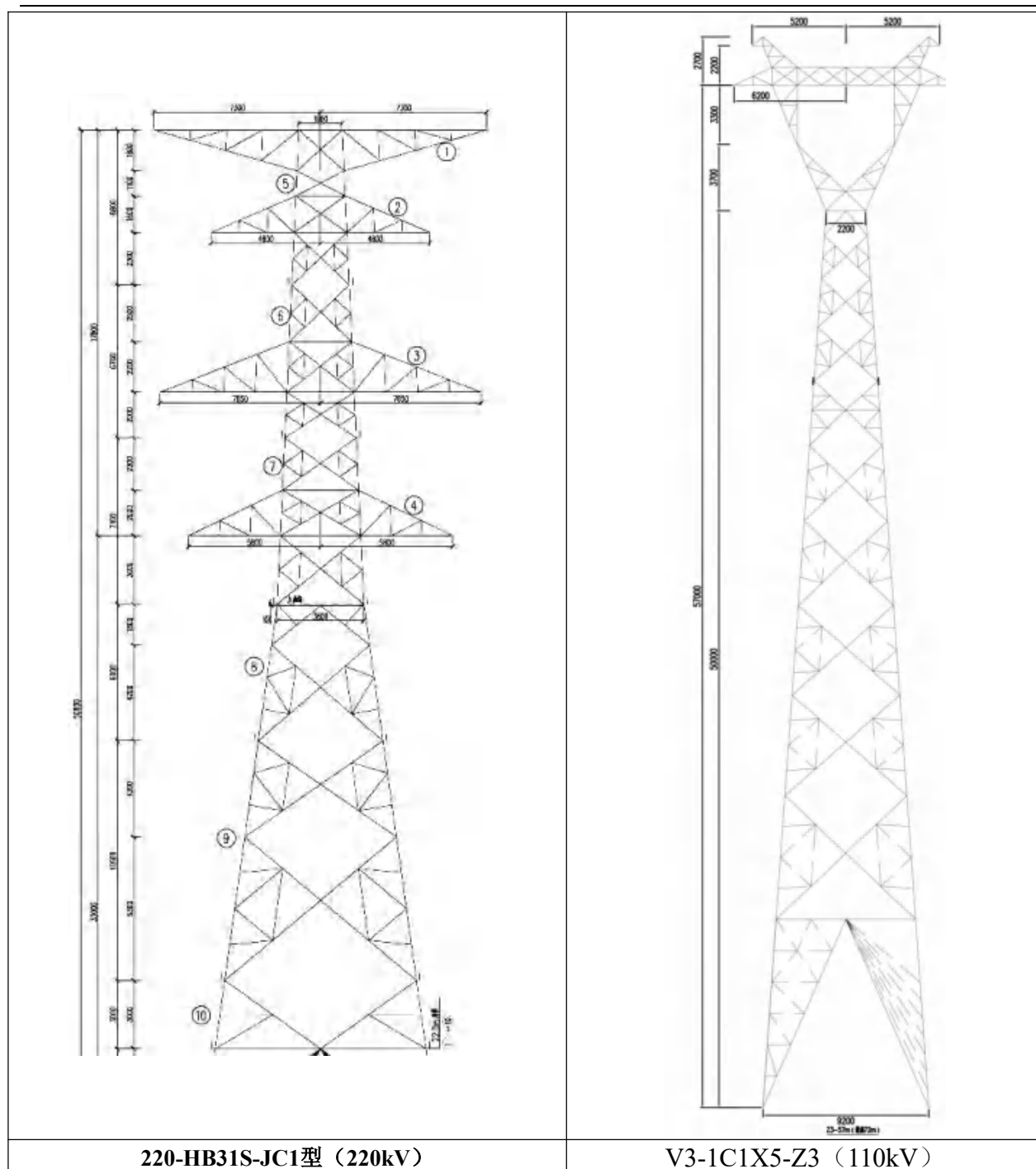


图 6.1-16 本项目 220kV 和 110kV 线路电磁环境预测选择的代表性塔型图

(2) 导线型号

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程采用 $4 \times \text{JL/LB20A-400/50}$ 型铝包钢芯铝绞线。

换流站～牌楼 500kV 线路（贵州段）、换流站～边城 500kV 线路（贵州段）采用 $4 \times \text{JL/LB20A-630/45}$ 型铝包钢芯铝绞线。

换流站～牌楼 500kV 线路（湖南段）、换流站～边城 500kV 线路（湖南段）15mm 冰区导线采用 JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线，20mm 冰区导线采用 $4 \times \text{JL3/G1A-}$

630/55 型钢芯高导电率铝绞线，每相 4 分裂。

220kV 边格 I 回、边峒 II 回双回迁改工程导线采用 $2 \times \text{JL3/G1A-630/45}$ 型钢芯高导电率铝绞线。

换流站 110kV 外接电源线路架空段采用 JL/LB20A-150/25 钢芯铝绞线。

(3) 导线对地距离

按照《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）要求导线最低对地高度进行预测计算。

(4) 计算高度

根据现场调查，本项目铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 单回线路评价范围内分布有 1 层平顶、1 层坡顶、2 层平顶、2 层坡顶、3 层平顶、4 层平顶电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m、4.5m、7.5m、10.5m、13.5m；500kV 双回线路评价范围内无电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m；500kV 单回线路并行线路中心线 100m 范围内分布有 1 层坡顶电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m。

本项目换流站~牌楼 500kV 线路（贵州段）、换流站~边城 500kV 线路（贵州段）评价范围内分布有 1 层平顶、1 层坡顶、2 层平顶、2 层坡顶、3 层平顶、4 层平顶电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m、4.5m、7.5m、10.5m、13.5m；并行线路中心线 100m 范围内无电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m。根据现场调查，工程贵州段双回线路段无环境保护目标，因此双回线路仅对地面 1.5m 处进行预测。

本项目换流站~牌楼 500kV 线路（湖南段）、换流站~边城 500kV 线路（湖南段）评价范围内分布有 1 层坡顶、2 层坡顶、3 层坡顶以及 1 层平顶电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m、4.5m、7.5m。

220kV 线路评价范围内无电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m。

110kV 站外电源线路工程评价范围内分布有 1 层坡顶、3 层坡顶电磁环境保护目标，预测高度为地面 1.5m、4.5m、7.5m。

根据设计最不利条件，计算线路两侧评价范围内的工频电场、工频磁感应强度影响程度。本项目交流线路电磁影响预测计算参数详见下表。

表 6.1-31 铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路预测参数一览表

线路名称	500kV 单回（水平排列）	500kV 同塔双回
导线型式	4×JL/LB20A-400/50 型铝包钢芯铝绞线	4×JL/LB20A-400/50 型铝包钢芯铝绞线
导线直径	27.6mm	27.6mm
分裂间距	4 分裂，450mm	4 分裂，450mm
导线排列方式	水平排列	垂直排列
导线对地距离/m	11（其他地区）、14、15……（居民区）	11（其他地区）
线路架设方式	单回架空	双回架空
输送功率	1000MW	1000MW
预测高度/m	1.5（一层坡顶）、4.5（一层平顶、二层坡顶）、7.5（二层平顶、三层坡顶）、10.5（三层平顶）、13.5（四层平顶）	1.5
杆塔型号	5D1W2-Z5	5D2W2-JD
挂线方式和相序		
线路名称	<u>500kV 单回并行（水平排列）</u>	
导线型式	4×JL/LB20A-400/50 型铝包钢芯铝绞线	
导线直径	27.6mm	
分裂间距	4 分裂，450mm	
导线排列方式	水平排列	
导线对地距离	11（其他地区）、14、15……（居民区）	
并行中心线最近距离	42m	
线路架设方式	单回架空	
输送功率	1000MW	
预测高度	1.5（一层坡顶）	
杆塔型号	5D1W2-Z5	
并行长度	6.5km	
并行线中心线小于 100m 时居民敏感目标	1 处（1 层坡顶房屋）	
挂线方式和相序		


表 6.1-32 换流站~牌楼 500kV 线路（贵州段）、换流站~边城 500kV 线路（贵州段）预测参数一览表

线路名称	500kV 单回（水平排列）
导线型式	4×JL/LB20A-630/45 型铝包钢芯铝绞线
导线直径	33.6mm
分裂间距	4 分裂，500mm
导线排列方式	水平排列
导线对地距离	11（其他地区）、14、15……（居民区）
并行中心线最近距离	42m
线路架设方式	单回架空
输送功率	3000MW
预测高度	1.5（一层坡顶）、4.5（一层平顶、二层坡顶）、7.5（二层平顶、三层坡顶）、10.5（三层平顶）、13.5（四层平顶）
杆塔型号	5F1X3-Z2
挂线方式和相序	
线路名称	500kV 单回并行（水平排列）
导线型式	4×JL/LB20A-630/45 型铝包钢芯铝绞线
导线直径	33.6mm
分裂间距	4 分裂，500mm
导线排列方式	水平排列
导线对地距离	11（其他地区）
线路架设方式	单回架空
输送功率	3000MW
预测高度	1.5
杆塔型号	5F1X3-Z2
并行长度	5.7km
最小中心线间距	44m
并行线路中心线间距小于 100m 时 有无居民敏感目标	无
挂线方式和相序	

表 6.1-33 换流站~牌楼、换流站~边城 500kV 线路（湖南段）、220kV 迁改线预测参数一览表

线路名称	500kV 单回（水平排列、15mm 冰区）	500kV 单回（水平排列、20mm 冰区）
导线型式	4×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线	4×JL3/G1A-630/55 型钢芯高导电率铝绞线
导线直径	33.8mm	34.3mm
分裂间距	4 分裂，500mm	4 分裂，500mm
导线排列方式		
导线对地距离	11m（其他地区）、14m、15m……（居民区）	11m（其他地区）、14m、15m……（居民区）
线路架设方式	单回架空	单回架空
输送功率	3000MW	3000MW
预测高度	1.5（一层坡顶）、4.5（一层平顶、二层坡顶）、7.5（二层平顶、三层坡顶）	1.5（一层坡顶）、4.5（一层平顶、二层坡顶）、7.5（二层平顶、三层坡顶）
线路名称	500kV 同塔双回	220kV 同塔双回
导线型式	4×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线	2×JL3/G1A-630/45 型钢芯高导电率铝绞线
导线直径	33.8mm	33.8mm
分裂间距	4 分裂，500mm	2 分裂，500mm
导线排列方式		
导线对地距离	11m（其他地区）、14m、15m……（居民区）	20m
线路架设方式	双回架空	双回架空
输送功率	3000MW	1368 MW
预测高度	1.5（一层坡顶）、4.5（一层平顶、二层坡顶）、7.5（二层平顶、三层坡顶）	1.5

表 6.1-34 本项目 110kV 交流线路预测参数一览表

线路名称	110kV 单回（水平排列）
导线型式	1×JL/LB20A-150/25 铝包钢芯铝绞线
导线直径	17.1mm
分裂间距	单分裂
导线排列方式	水平排列
导线对地距离	按设计最低高度要求考虑：h 为 6m（其他地区）；h 为 7m（居民区），抬高后 h 至 11m。
线路架设方式	单回架空
输送功率	20MW
预测高度 m	1.5、4.5、7.5
杆塔型号	V3-1C1X5-Z3
挂线方式和相序	

6.1.4.2.2 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路预测评价

（1）模式计算预测结果

本项目 500kV 单回水平排列线路段在地面 1.5m、地面 4.5m、地面 7.5m、地面 10.5m、地面 13.5m 高处的电磁环境强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-35 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路电磁环境预测结果（距地面 1.5m 高处）单位：kV/m、μT

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）																	
线间距离（m）		14.5+14.5																	
预测点高度（m）		地面 1.5m																	
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	11	12	14	15	16	17	18	19	20
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）									工频磁感应强度（μT）								
0	边导线内	8.71	7.35	5.34	4.58	3.95	3.42	2.97	2.59	2.27	27.07	24.35	20.04	18.3	16.76	15.4	14.18	13.1	12.12
1	边导线内	8.6	7.27	5.3	4.56	3.94	3.41	2.97	2.6	2.27	27.04	24.33	20.03	18.29	16.75	15.39	14.17	13.09	12.12
2	边导线内	8.28	7.05	5.19	4.49	3.9	3.4	2.97	2.6	2.29	26.96	24.28	19.99	18.25	16.72	15.36	14.15	13.06	12.09
3	边导线内	7.82	6.73	5.04	4.4	3.85	3.38	2.97	2.62	2.32	26.84	24.2	19.94	18.2	16.67	15.31	14.1	13.02	12.05
4	边导线内	7.29	6.36	4.89	4.3	3.8	3.37	2.99	2.66	2.38	26.7	24.09	19.86	18.13	16.6	15.24	14.04	12.96	11.99
5	边导线内	6.8	6.03	4.76	4.24	3.79	3.39	3.04	2.73	2.45	26.56	23.98	19.76	18.03	16.51	15.15	13.95	12.88	11.91
6	边导线内	6.47	5.82	4.72	4.25	3.83	3.45	3.12	2.82	2.56	26.42	23.85	19.64	17.91	16.39	15.04	13.84	12.77	11.82
7	边导线内	6.38	5.8	4.78	4.33	3.93	3.57	3.24	2.95	2.68	26.3	23.72	19.5	17.77	16.25	14.9	13.71	12.65	11.7
8	边导线内	6.59	6	4.96	4.51	4.1	3.73	3.4	3.1	2.83	26.18	23.57	19.32	17.59	16.08	14.74	13.56	12.51	11.57
9	边导线内	7.05	6.38	5.24	4.76	4.32	3.94	3.59	3.28	3	26.04	23.38	19.11	17.38	15.87	14.55	13.38	12.34	11.41
10	边导线内	7.7	6.9	5.59	5.06	4.59	4.17	3.8	3.47	3.17	25.84	23.14	18.85	17.13	15.63	14.32	13.17	12.15	11.24
11	边导线内	8.41	7.46	5.97	5.37	4.86	4.41	4.01	3.65	3.34	25.56	22.82	18.53	16.83	15.35	14.06	12.93	11.93	11.04
12	边导线内	9.1	8.01	6.33	5.68	5.12	4.63	4.21	3.84	3.5	25.15	22.4	18.15	16.47	15.03	13.77	12.66	11.69	10.82
13	边导线内	9.68	8.47	6.65	5.95	5.35	4.84	4.39	4	3.65	24.58	21.86	17.69	16.06	14.66	13.44	12.36	11.42	10.58
14	边导线内	10.08	8.8	6.89	6.16	5.54	5	4.54	4.13	3.78	23.83	21.19	17.16	15.6	14.24	13.07	12.04	11.13	10.32
14.5	边导线下	10.20	8.91	6.98	6.24	5.61	5.07	4.60	4.19	3.83	23.38	20.80	16.87	15.34	14.02	12.87	11.86	10.97	10.18
15.5	边导线外 1m	10.27	9.00	7.07	6.34	5.71	5.16	4.69	4.28	3.91	22.35	19.94	16.24	14.80	13.55	12.46	11.50	10.65	9.89
16.5	边导线外 2m	10.12	8.92	7.07	6.35	5.74	5.20	4.74	4.33	3.97	21.18	18.98	15.56	14.21	13.04	12.01	11.11	10.31	9.59
17.5	边导线外 3m	9.78	8.69	6.98	6.30	5.71	5.19	4.74	4.34	3.99	19.91	17.94	14.83	13.59	12.50	11.55	10.70	9.95	9.27
18.5	边导线外 4m	9.29	8.34	6.80	6.17	5.62	5.14	4.71	4.32	3.98	18.59	16.86	14.07	12.94	11.95	11.07	10.28	9.58	8.95
19.5	边导线外 5m	8.71	7.90	6.55	5.99	5.48	5.03	4.63	4.27	3.95	17.26	15.77	13.31	12.29	11.39	10.58	9.86	9.21	8.62
20.5	边导线外 6m	8.07	7.41	6.25	5.76	5.30	4.90	4.53	4.19	3.89	15.97	14.69	12.54	11.64	10.82	10.09	9.43	8.83	8.28
21.5	边导线外 7m	7.41	6.88	5.92	5.49	5.09	4.73	4.39	4.09	3.81	14.75	13.66	11.79	10.99	10.26	9.60	9.00	8.45	7.95

22.5	边导线外 8m	6.76	6.35	5.57	5.20	4.86	4.54	4.24	3.96	3.70	13.60	12.69	11.07	10.36	9.72	9.12	8.58	8.08	7.62
23.5	边导线外 9m	6.14	5.84	5.21	4.90	4.61	4.33	4.07	3.82	3.59	12.54	11.77	10.38	9.76	9.19	8.66	8.16	7.71	7.29
24.5	边导线外 10m	5.57	5.34	4.85	4.60	4.36	4.12	3.89	3.67	3.46	11.57	10.92	9.73	9.19	8.68	8.21	7.76	7.35	6.97
25.5	边导线外 11m	5.04	4.88	4.51	4.30	4.10	3.90	3.70	3.51	3.33	10.69	10.14	9.12	8.64	8.20	7.77	7.38	7.01	6.66
26.5	边导线外 12m	4.56	4.45	4.17	4.01	3.85	3.68	3.51	3.35	3.19	9.88	9.43	8.55	8.13	7.74	7.36	7.01	6.67	6.36
27.5	边导线外 13m	4.12	4.06	3.86	3.74	3.60	3.46	3.32	3.18	3.04	9.16	8.77	8.01	7.65	7.30	6.97	6.65	6.35	6.07
28.5	边导线外 14m	3.73	3.70	3.57	3.47	3.37	3.26	3.14	3.02	2.90	8.50	8.17	7.52	7.20	6.90	6.60	6.32	6.05	5.79
29.5	边导线外 15m	3.38	3.38	3.29	3.23	3.14	3.06	2.96	2.86	2.76	7.91	7.63	7.06	6.79	6.52	6.25	6.00	5.76	5.52
30.5	边导线外 16m	3.07	3.08	3.04	2.99	2.93	2.86	2.79	2.70	2.62	7.37	7.13	6.64	6.40	6.16	5.93	5.70	5.48	5.27
31.5	边导线外 17m	2.79	2.82	2.81	2.78	2.74	2.68	2.62	2.55	2.48	6.88	6.68	6.25	6.04	5.83	5.62	5.42	5.22	5.03
32.5	边导线外 18m	2.54	2.58	2.60	2.58	2.55	2.51	2.46	2.41	2.35	6.44	6.26	5.89	5.70	5.51	5.33	5.15	4.97	4.80
33.5	边导线外 19m	2.32	2.36	2.40	2.39	2.38	2.35	2.31	2.27	2.22	6.04	5.88	5.56	5.39	5.22	5.06	4.90	4.74	4.58
34.5	边导线外 20m	2.12	2.17	2.22	2.22	2.22	2.20	2.17	2.14	2.10	5.67	5.53	5.25	5.10	4.95	4.81	4.66	4.52	4.37
35.5	边导线外 21m	1.94	2.00	2.06	2.07	2.07	2.06	2.04	2.02	1.99	5.34	5.22	4.96	4.83	4.70	4.57	4.44	4.31	4.18
36.5	边导线外 22m	1.79	1.84	1.91	1.92	1.93	1.93	1.92	1.90	1.88	5.03	4.92	4.70	4.58	4.47	4.35	4.23	4.11	3.99
37.5	边导线外 23m	1.64	1.70	1.77	1.79	1.80	1.81	1.80	1.79	1.77	4.75	4.65	4.46	4.35	4.25	4.14	4.03	3.93	3.82
38.5	边导线外 24m	1.51	1.57	1.65	1.67	1.69	1.69	1.69	1.69	1.68	4.49	4.41	4.23	4.14	4.04	3.95	3.85	3.75	3.66
39.5	边导线外 25m	1.40	1.45	1.53	1.56	1.58	1.59	1.59	1.59	1.58	4.25	4.18	4.02	3.94	3.85	3.76	3.68	3.59	3.50
40.5	边导线外 26m	1.29	1.35	1.43	1.46	1.48	1.49	1.50	1.50	1.50	4.03	3.96	3.82	3.75	3.67	3.59	3.51	3.43	3.35
41.5	边导线外 27m	1.20	1.25	1.33	1.36	1.38	1.40	1.41	1.42	1.42	3.83	3.77	3.64	3.57	3.50	3.43	3.36	3.29	3.21
42.5	边导线外 28m	1.11	1.16	1.24	1.27	1.30	1.32	1.33	1.34	1.34	3.64	3.58	3.47	3.41	3.35	3.28	3.22	3.15	3.08
43.5	边导线外 29m	1.04	1.08	1.16	1.19	1.22	1.24	1.25	1.26	1.27	3.46	3.42	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08	3.02	2.96
44.5	边导线外 30m	0.97	1.01	1.09	1.12	1.14	1.17	1.18	1.19	1.20	3.30	3.26	3.16	3.11	3.06	3.01	2.95	2.90	2.84
45.5	边导线外 31m	0.90	0.95	1.02	1.05	1.08	1.10	1.11	1.13	1.14	3.15	3.11	3.03	2.98	2.93	2.88	2.83	2.78	2.73
46.5	边导线外 32m	0.84	0.88	0.96	0.99	1.01	1.04	1.05	1.07	1.08	3.01	2.97	2.90	2.85	2.81	2.77	2.72	2.67	2.63
47.5	边导线外 33m	0.79	0.83	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00	1.01	1.02	2.88	2.84	2.77	2.74	2.70	2.66	2.61	2.57	2.53
48.5	边导线外 34m	0.74	0.78	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	2.75	2.72	2.66	2.62	2.59	2.55	2.51	2.47	2.43
49.5	边导线外 35m	0.69	0.73	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	2.64	2.61	2.55	2.52	2.49	2.45	2.42	2.38	2.34
50.5	边导线外 36m	0.65	0.69	0.75	0.78	0.80	0.83	0.84	0.86	0.87	2.53	2.50	2.45	2.42	2.39	2.36	2.33	2.29	2.26
51.5	边导线外 37m	0.61	0.65	0.71	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.83	2.43	2.40	2.36	2.33	2.30	2.27	2.24	2.21	2.18

52.5	边导线外 38m	0.58	0.61	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	2.33	2.31	2.27	2.24	2.21	2.19	2.16	2.13	2.10
53.5	边导线外 39m	0.54	0.58	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	2.24	2.22	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06	2.03
54.5	边导线外 40m	0.51	0.54	0.60	0.62	0.65	0.67	0.69	0.70	0.72	2.16	2.14	2.10	2.08	2.06	2.03	2.01	1.98	1.96
55.5	边导线外 41m	0.48	0.51	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	2.08	2.06	2.02	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.89
56.5	边导线外 42m	0.46	0.49	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	2.00	1.98	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.83
57.5	边导线外 43m	0.43	0.46	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.62	1.93	1.91	1.88	1.87	1.85	1.83	1.81	1.79	1.77
58.5	边导线外 44m	0.41	0.44	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	1.86	1.85	1.82	1.80	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71
59.5	边导线外 45m	0.39	0.42	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	1.80	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.69	1.68	1.66
60.5	边导线外 46m	0.37	0.40	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	1.73	1.72	1.70	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61
61.5	边导线外 47m	0.35	0.38	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	1.68	1.67	1.64	1.63	1.62	1.60	1.59	1.57	1.56
62.5	边导线外 48m	0.34	0.36	0.40	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.49	1.62	1.61	1.59	1.58	1.57	1.55	1.54	1.53	1.51
63.5	边导线外 49m	0.32	0.34	0.38	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	1.57	1.56	1.54	1.53	1.52	1.51	1.49	1.48	1.47
64.5	边导线外 50m	0.30	0.32	0.36	0.38	0.40	0.41	0.43	0.44	0.45	1.52	1.51	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.43	1.42
最大值		10.27	9	7.09	6.36	5.74	5.21	4.75	4.34	3.99	27.07	24.35	20.04	18.3	16.76	15.4	14.18	13.1	12.12
最大值处距线路走廊中心 距离(m)		15.5	15.5	16	16	16.5	17	17	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	1

表 6.1-36 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路电磁环境预测结果（距地面 4.5m 高处） 单位：kV/m、μT

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）															
线间距离（m）		14.5+14.5															
预测点高度（m）		地面 4.5m															
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	14	15	16	17	18	19	20	21
距线路中心 距离（m）	距线路边导线 距离（m）	工频电场强度（kV/m）								工频磁感应强度（μT）							
0	边导线内	7.1	6.09	5.25	4.56	3.98	3.49	3.07	2.71	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76	15.4	14.18
1	边导线内	7.06	6.06	5.24	4.55	3.97	3.48	3.07	2.71	27.04	24.33	22.03	20.03	18.29	16.75	15.39	14.17
2	边导线内	6.93	5.98	5.18	4.52	3.96	3.48	3.07	2.72	26.96	24.28	21.98	19.99	18.25	16.72	15.36	14.15
3	边导线内	6.75	5.86	5.11	4.48	3.94	3.48	3.09	2.75	26.84	24.2	21.92	19.94	18.2	16.67	15.31	14.1
4	边导线内	6.55	5.74	5.04	4.45	3.94	3.5	3.12	2.79	26.7	24.09	21.83	19.86	18.13	16.6	15.24	14.04
5	边导线内	6.39	5.64	5	4.44	3.95	3.53	3.16	2.84	26.56	23.98	21.73	19.76	18.03	16.51	15.15	13.95

6	边导线内	6.3	5.6	4.99	4.46	4	3.59	3.23	2.92	26.42	23.85	21.61	19.64	17.91	16.39	15.04	13.84
7	边导线内	6.31	5.64	5.05	4.53	4.08	3.68	3.32	3.01	26.3	23.72	21.47	19.5	17.77	16.25	14.9	13.71
8	边导线内	6.44	5.77	5.17	4.65	4.2	3.79	3.44	3.12	26.18	23.57	21.3	19.32	17.59	16.08	14.74	13.56
9	边导线内	6.67	5.97	5.35	4.82	4.35	3.93	3.57	3.24	26.04	23.38	21.09	19.11	17.38	15.87	14.55	13.38
10	边导线内	6.98	6.22	5.57	5.01	4.52	4.09	3.71	3.37	25.84	23.14	20.83	18.85	17.13	15.63	14.32	13.17
11	边导线内	7.33	6.5	5.81	5.21	4.69	4.24	3.85	3.5	25.56	22.82	20.51	18.53	16.83	15.35	14.06	12.93
12	边导线内	7.66	6.77	6.03	5.4	4.86	4.39	3.99	3.63	25.15	22.4	20.1	18.15	16.47	15.03	13.77	12.66
13	边导线内	7.94	7	6.22	5.57	5.01	4.53	4.11	3.74	24.58	21.86	19.6	17.69	16.06	14.66	13.44	12.36
14	边导线内	8.13	7.16	6.37	5.69	5.12	4.63	4.21	3.83	23.83	21.19	19	17.16	15.6	14.24	13.07	12.04
14.5	边导线下	8.18	7.21	6.41	5.74	5.17	4.67	4.24	3.87	23.38	20.80	18.67	16.87	15.34	14.02	12.87	11.86
15.5	边导线外 1m	8.19	7.24	6.45	5.79	5.22	4.73	4.30	3.93	22.35	19.94	17.94	16.24	14.80	13.55	12.46	11.50
16.5	边导线外 2m	8.08	7.18	6.42	5.77	5.22	4.74	4.33	3.96	21.18	18.98	17.13	15.56	14.21	13.04	12.01	11.11
17.5	边导线外 3m	7.85	7.02	6.31	5.71	5.18	4.72	4.32	3.96	19.91	17.94	16.26	14.83	13.59	12.50	11.55	10.70
18.5	边导线外 4m	7.53	6.79	6.15	5.59	5.10	4.66	4.28	3.94	18.59	16.86	15.37	14.07	12.94	11.95	11.07	10.28
19.5	边导线外 5m	7.15	6.51	5.93	5.43	4.97	4.57	4.21	3.89	17.26	15.77	14.46	13.31	12.29	11.39	10.58	9.86
20.5	边导线外 6m	6.73	6.18	5.68	5.23	4.82	4.45	4.12	3.82	15.97	14.69	13.56	12.54	11.64	10.82	10.09	9.43
21.5	边导线外 7m	6.29	5.83	5.40	5.00	4.64	4.31	4.01	3.73	14.75	13.66	12.68	11.79	10.99	10.26	9.60	9.00
22.5	边导线外 8m	5.84	5.46	5.10	4.76	4.45	4.15	3.88	3.63	13.60	12.69	11.84	11.07	10.36	9.72	9.12	8.58
23.5	边导线外 9m	5.41	5.10	4.80	4.51	4.24	3.98	3.74	3.51	12.54	11.77	11.05	10.38	9.76	9.19	8.66	8.16
24.5	边导线外 10m	4.99	4.75	4.50	4.26	4.02	3.80	3.58	3.38	11.57	10.92	10.31	9.73	9.19	8.68	8.21	7.76
25.5	边导线外 11m	4.60	4.41	4.21	4.01	3.81	3.61	3.43	3.25	10.69	10.14	9.62	9.12	8.64	8.20	7.77	7.38
26.5	边导线外 12m	4.23	4.08	3.93	3.76	3.60	3.43	3.27	3.11	9.88	9.43	8.98	8.55	8.13	7.74	7.36	7.01
27.5	边导线外 13m	3.89	3.78	3.66	3.53	3.39	3.25	3.11	2.97	9.16	8.77	8.39	8.01	7.65	7.30	6.97	6.65
28.5	边导线外 14m	3.58	3.50	3.40	3.30	3.19	3.07	2.95	2.83	8.50	8.17	7.84	7.52	7.20	6.90	6.60	6.32
29.5	边导线外 15m	3.29	3.24	3.17	3.08	2.99	2.90	2.80	2.69	7.91	7.63	7.34	7.06	6.79	6.52	6.25	6.00
30.5	边导线外 16m	3.03	3.00	2.95	2.88	2.81	2.73	2.65	2.56	7.37	7.13	6.88	6.64	6.40	6.16	5.93	5.70
31.5	边导线外 17m	2.80	2.77	2.74	2.69	2.64	2.57	2.50	2.43	6.88	6.68	6.46	6.25	6.04	5.83	5.62	5.42
32.5	边导线外 18m	2.58	2.57	2.55	2.51	2.47	2.42	2.36	2.30	6.44	6.26	6.08	5.89	5.70	5.51	5.33	5.15
33.5	边导线外 19m	2.38	2.38	2.37	2.35	2.32	2.28	2.23	2.18	6.04	5.88	5.72	5.56	5.39	5.22	5.06	4.90
34.5	边导线外 20m	2.20	2.21	2.21	2.20	2.17	2.14	2.11	2.07	5.67	5.53	5.39	5.25	5.10	4.95	4.81	4.66

35.5	边导线外 21m	2.04	2.05	2.06	2.05	2.04	2.02	1.99	1.96	5.34	5.22	5.09	4.96	4.83	4.70	4.57	4.44
36.5	边导线外 22m	1.89	1.91	1.92	1.92	1.91	1.90	1.88	1.85	5.03	4.92	4.81	4.70	4.58	4.47	4.35	4.23
37.5	边导线外 23m	1.75	1.78	1.79	1.80	1.80	1.79	1.77	1.75	4.75	4.65	4.56	4.46	4.35	4.25	4.14	4.03
38.5	边导线外 24m	1.63	1.66	1.67	1.68	1.69	1.68	1.67	1.66	4.49	4.41	4.32	4.23	4.14	4.04	3.95	3.85
39.5	边导线外 25m	1.52	1.54	1.56	1.58	1.58	1.59	1.58	1.57	4.25	4.18	4.10	4.02	3.94	3.85	3.76	3.68
40.5	边导线外 26m	1.41	1.44	1.46	1.48	1.49	1.49	1.49	1.49	4.03	3.96	3.90	3.82	3.75	3.67	3.59	3.51
41.5	边导线外 27m	1.32	1.35	1.37	1.39	1.40	1.41	1.41	1.41	3.83	3.77	3.71	3.64	3.57	3.50	3.43	3.36
42.5	边导线外 28m	1.23	1.26	1.29	1.31	1.32	1.33	1.33	1.33	3.64	3.58	3.53	3.47	3.41	3.35	3.28	3.22
43.5	边导线外 29m	1.15	1.18	1.21	1.23	1.24	1.26	1.26	1.26	3.46	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
44.5	边导线外 30m	1.08	1.11	1.14	1.16	1.17	1.19	1.19	1.20	3.30	3.26	3.21	3.16	3.11	3.06	3.01	2.95
45.5	边导线外 31m	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13	1.14	3.15	3.11	3.07	3.03	2.98	2.93	2.88	2.83
46.5	边导线外 32m	0.95	0.98	1.01	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	3.01	2.97	2.94	2.90	2.85	2.81	2.77	2.72
47.5	边导线外 33m	0.89	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	1.02	1.03	2.88	2.84	2.81	2.77	2.74	2.70	2.66	2.61
48.5	边导线外 34m	0.84	0.87	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	2.75	2.72	2.69	2.66	2.62	2.59	2.55	2.51
49.5	边导线外 35m	0.79	0.82	0.84	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	2.64	2.61	2.58	2.55	2.52	2.49	2.45	2.42
50.5	边导线外 36m	0.74	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	2.53	2.50	2.48	2.45	2.42	2.39	2.36	2.33
51.5	边导线外 37m	0.70	0.73	0.75	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84	2.43	2.40	2.38	2.36	2.33	2.30	2.27	2.24
52.5	边导线外 38m	0.66	0.69	0.71	0.74	0.75	0.77	0.79	0.80	2.33	2.31	2.29	2.27	2.24	2.21	2.19	2.16
53.5	边导线外 39m	0.63	0.65	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76	2.24	2.22	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08
54.5	边导线外 40m	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06	2.03	2.01
55.5	边导线外 41m	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.69	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.98	1.96	1.94
56.5	边导线外 42m	0.53	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	2.00	1.98	1.97	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87
57.5	边导线外 43m	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.63	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83	1.81
58.5	边导线外 44m	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	1.86	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.77	1.75
59.5	边导线外 45m	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	1.80	1.78	1.77	1.76	1.74	1.73	1.71	1.69
60.5	边导线外 46m	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69	1.67	1.66	1.64
61.5	边导线外 47m	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.51	0.53	1.68	1.67	1.66	1.64	1.63	1.62	1.60	1.59
62.5	边导线外 48m	0.40	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	1.62	1.61	1.60	1.59	1.58	1.57	1.55	1.54
63.5	边导线外 49m	0.38	0.40	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.51	1.49
64.5	边导线外 50m	0.36	0.38	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45

最大值	8.2	7.24	6.45	5.79	5.23	4.74	4.33	3.96	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76	15.4	14.18
最大值处距线路走廊中心距离(m)	15	15	15.5	16	16	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-37 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路电磁环境预测结果（距地面 7.5m 高处）单位：kV/m、μT

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）																			
线间距离（m）		14.5+14.5																			
预测点高度（m）		地面 7.5m																			
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）										工频磁感应强度（μT）									
0	边导线内	11.07	9.28	7.9	6.79	5.89	5.14	4.52	3.99	3.53	3.15	39.41	34.32	30.32	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76	15.4
1	边导线内	10.97	9.22	7.86	6.77	5.87	5.13	4.51	3.99	3.54	3.15	39.23	34.23	30.27	27.04	24.33	22.03	20.03	18.29	16.75	15.39
2	边导线内	10.69	9.06	7.76	6.71	5.84	5.12	4.5	3.99	3.54	3.16	38.74	33.97	30.13	26.96	24.28	21.98	19.99	18.25	16.72	15.36
3	边导线内	10.3	8.83	7.62	6.62	5.79	5.09	4.5	3.99	3.55	3.17	38.08	33.62	29.94	26.84	24.2	21.92	19.94	18.2	16.67	15.31
4	边导线内	9.9	8.58	7.47	6.53	5.74	5.07	4.49	4	3.57	3.2	37.41	33.25	29.72	26.7	24.09	21.83	19.86	18.13	16.6	15.24
5	边导线内	9.56	8.37	7.34	6.46	5.71	5.06	4.5	4.02	3.6	3.23	36.86	32.94	29.52	26.56	23.98	21.73	19.76	18.03	16.51	15.15
6	边导线内	9.34	8.24	7.27	6.43	5.71	5.08	4.53	4.06	3.64	3.28	36.51	32.72	29.36	26.42	23.85	21.61	19.64	17.91	16.39	15.04
7	边导线内	9.27	8.21	7.27	6.45	5.74	5.12	4.58	4.11	3.7	3.34	36.4	32.61	29.25	26.3	23.72	21.47	19.5	17.77	16.25	14.9
8	边导线内	9.37	8.3	7.35	6.53	5.81	5.19	4.65	4.18	3.77	3.41	36.52	32.62	29.18	26.18	23.57	21.3	19.32	17.59	16.08	14.74
9	边导线内	9.62	8.49	7.5	6.65	5.92	5.29	4.74	4.26	3.85	3.48	36.82	32.69	29.12	26.04	23.38	21.09	19.11	17.38	15.87	14.55
10	边导线内	10	8.76	7.71	6.81	6.05	5.4	4.84	4.35	3.93	3.56	37.21	32.78	29.02	25.84	23.14	20.83	18.85	17.13	15.63	14.32
11	边导线内	10.45	9.07	7.93	6.98	6.19	5.51	4.94	4.45	4.02	3.64	37.56	32.77	28.83	25.56	22.82	20.51	18.53	16.83	15.35	14.06
12	边导线内	10.89	9.37	8.14	7.14	6.32	5.62	5.03	4.53	4.09	3.72	37.68	32.57	28.48	25.15	22.4	20.1	18.15	16.47	15.03	13.77
13	边导线内	11.24	9.59	8.3	7.26	6.41	5.71	5.11	4.6	4.16	3.78	37.36	32.05	27.91	24.58	21.86	19.6	17.69	16.06	14.66	13.44
14	边导线内	11.39	9.69	8.37	7.32	6.47	5.76	5.16	4.65	4.21	3.83	36.43	31.14	27.07	23.83	21.19	19	17.16	15.6	14.24	13.07
14.5	边导线下	11.37	9.67	8.36	7.32	6.47	5.76	5.17	4.66	4.22	3.84	35.71	30.53	26.54	23.38	20.80	18.67	16.87	15.34	14.02	12.87
15.5	边导线外 1m	11.13	9.52	8.27	7.26	6.43	5.75	5.17	4.67	4.24	3.86	33.77	29.00	25.30	22.35	19.94	17.94	16.24	14.80	13.55	12.46
16.5	边导线外	10.65	9.21	8.05	7.11	6.33	5.68	5.12	4.64	4.23	3.86	31.33	27.15	23.85	21.18	18.98	17.13	15.56	14.21	13.04	12.01

	2m																				
17.5	边导线外 3m	10.00	8.76	7.74	6.89	6.18	5.57	5.04	4.59	4.19	3.84	28.61	25.11	22.26	19.91	17.94	16.26	14.83	13.59	12.50	11.55
18.5	边导线外 4m	9.25	8.23	7.36	6.61	5.97	5.41	4.93	4.50	4.13	3.80	25.85	23.01	20.61	18.59	16.86	15.37	14.07	12.94	11.95	11.07
19.5	边导线外 5m	8.47	7.65	6.93	6.29	5.72	5.22	4.78	4.39	4.04	3.73	23.21	20.95	18.98	17.26	15.77	14.46	13.31	12.29	11.39	10.58
20.5	边导线外 6m	7.71	7.07	6.48	5.94	5.45	5.01	4.62	4.26	3.94	3.65	20.80	19.01	17.41	15.97	14.69	13.56	12.54	11.64	10.82	10.09
21.5	边导线外 7m	7.00	6.50	6.02	5.58	5.16	4.78	4.43	4.11	3.82	3.56	18.64	17.24	15.94	14.75	13.66	12.68	11.79	10.99	10.26	9.60
22.5	边导线外 8m	6.34	5.96	5.58	5.22	4.87	4.54	4.24	3.95	3.69	3.45	16.74	15.63	14.58	13.60	12.69	11.84	11.07	10.36	9.72	9.12
23.5	边导线外 9m	5.75	5.46	5.16	4.86	4.57	4.30	4.03	3.79	3.55	3.33	15.08	14.20	13.35	12.54	11.77	11.05	10.38	9.76	9.19	8.66
24.5	边导线外 10m	5.21	5.00	4.76	4.53	4.29	4.05	3.83	3.61	3.41	3.21	13.63	12.93	12.24	11.57	10.92	10.31	9.73	9.19	8.68	8.21
25.5	边导线外 11m	4.73	4.57	4.40	4.21	4.01	3.82	3.63	3.44	3.26	3.09	12.37	11.81	11.24	10.69	10.14	9.62	9.12	8.64	8.20	7.77
26.5	边导线外 12m	4.31	4.19	4.06	3.91	3.75	3.59	3.43	3.27	3.11	2.96	11.27	10.81	10.35	9.88	9.43	8.98	8.55	8.13	7.74	7.36
27.5	边导线外 13m	3.92	3.84	3.74	3.63	3.50	3.37	3.23	3.10	2.96	2.83	10.30	9.93	9.55	9.16	8.77	8.39	8.01	7.65	7.30	6.97
28.5	边导线外 14m	3.58	3.53	3.46	3.37	3.27	3.16	3.05	2.93	2.81	2.70	9.46	9.15	8.83	8.50	8.17	7.84	7.52	7.20	6.90	6.60
29.5	边导线外 15m	3.28	3.25	3.19	3.13	3.05	2.96	2.87	2.77	2.67	2.57	8.71	8.46	8.19	7.91	7.63	7.34	7.06	6.79	6.52	6.25
30.5	边导线外 16m	3.00	2.99	2.95	2.91	2.85	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	8.05	7.83	7.61	7.37	7.13	6.88	6.64	6.40	6.16	5.93
31.5	边导线外 17m	2.76	2.75	2.74	2.70	2.66	2.60	2.54	2.48	2.40	2.33	7.46	7.28	7.09	6.88	6.68	6.46	6.25	6.04	5.83	5.62
32.5	边导线外 18m	2.54	2.54	2.54	2.51	2.48	2.44	2.39	2.34	2.28	2.21	6.93	6.78	6.62	6.44	6.26	6.08	5.89	5.70	5.51	5.33
33.5	边导线外 19m	2.34	2.35	2.35	2.34	2.32	2.29	2.25	2.21	2.16	2.10	6.46	6.33	6.19	6.04	5.88	5.72	5.56	5.39	5.22	5.06
34.5	边导线外 20m	2.16	2.18	2.19	2.18	2.17	2.15	2.12	2.08	2.04	2.00	6.04	5.92	5.80	5.67	5.53	5.39	5.25	5.10	4.95	4.81
35.5	边导线外 21m	1.99	2.02	2.03	2.04	2.03	2.02	1.99	1.97	1.93	1.90	5.65	5.56	5.45	5.34	5.22	5.09	4.96	4.83	4.70	4.57

36.5	边导线外 22m	1.85	1.88	1.89	1.90	1.90	1.89	1.88	1.86	1.83	1.80	5.30	5.22	5.13	5.03	4.92	4.81	4.70	4.58	4.47	4.35
37.5	边导线外 23m	1.71	1.74	1.76	1.78	1.78	1.78	1.77	1.75	1.73	1.71	4.99	4.92	4.83	4.75	4.65	4.56	4.46	4.35	4.25	4.14
38.5	边导线外 24m	1.59	1.62	1.65	1.66	1.67	1.67	1.67	1.66	1.64	1.62	4.70	4.64	4.57	4.49	4.41	4.32	4.23	4.14	4.04	3.95
39.5	边导线外 25m	1.48	1.51	1.54	1.56	1.57	1.57	1.57	1.57	1.56	1.54	4.44	4.38	4.32	4.25	4.18	4.10	4.02	3.94	3.85	3.76
40.5	边导线外 26m	1.38	1.41	1.44	1.46	1.47	1.48	1.48	1.48	1.47	1.46	4.20	4.15	4.09	4.03	3.96	3.90	3.82	3.75	3.67	3.59
41.5	边导线外 27m	1.29	1.32	1.35	1.37	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	3.97	3.93	3.88	3.83	3.77	3.71	3.64	3.57	3.50	3.43
42.5	边导线外 28m	1.20	1.24	1.26	1.29	1.30	1.32	1.32	1.33	1.32	1.32	3.77	3.73	3.69	3.64	3.58	3.53	3.47	3.41	3.35	3.28
43.5	边导线外 29m	1.13	1.16	1.19	1.21	1.23	1.24	1.25	1.26	1.26	1.25	3.58	3.55	3.51	3.46	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14
44.5	边导线外 30m	1.05	1.09	1.12	1.14	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.19	3.41	3.37	3.34	3.30	3.26	3.21	3.16	3.11	3.06	3.01
45.5	边导线外 31m	0.99	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13	1.13	1.13	3.25	3.22	3.18	3.15	3.11	3.07	3.03	2.98	2.93	2.88
46.5	边导线外 32m	0.93	0.96	0.99	1.01	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	3.09	3.07	3.04	3.01	2.97	2.94	2.90	2.85	2.81	2.77
47.5	边导线外 33m	0.87	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99	1.01	1.02	1.02	1.03	2.95	2.93	2.90	2.88	2.84	2.81	2.77	2.74	2.70	2.66
48.5	边导线外 34m	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	2.82	2.80	2.78	2.75	2.72	2.69	2.66	2.62	2.59	2.55
49.5	边导线外 35m	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	2.70	2.68	2.66	2.64	2.61	2.58	2.55	2.52	2.49	2.45
50.5	边导线外 36m	0.73	0.76	0.78	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88	0.89	2.59	2.57	2.55	2.53	2.50	2.48	2.45	2.42	2.39	2.36
51.5	边导线外 37m	0.69	0.72	0.74	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85	2.48	2.46	2.45	2.43	2.40	2.38	2.36	2.33	2.30	2.27
52.5	边导线外 38m	0.65	0.68	0.70	0.73	0.74	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	2.38	2.37	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.24	2.21	2.19
53.5	边导线外 39m	0.62	0.64	0.67	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.76	0.77	2.29	2.27	2.26	2.24	2.22	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11
54.5	边导线外 40m	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.70	0.72	0.73	0.74	2.20	2.19	2.17	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06	2.03
55.5	边导线外	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.67	0.68	0.70	0.70	2.11	2.10	2.09	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.98	1.96

	41m																				
56.5	边导线外 42m	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	0.66	0.67	2.04	2.03	2.01	2.00	1.98	1.97	1.95	1.93	1.91	1.89
57.5	边导线外 43m	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	1.96	1.95	1.94	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.85	1.83
58.5	边导线外 44m	0.47	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.77
59.5	边导线外 45m	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	1.82	1.82	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.74	1.73	1.71
60.5	边导线外 46m	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	1.76	1.75	1.74	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69	1.67	1.66
61.5	边导线外 47m	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	1.70	1.69	1.69	1.68	1.67	1.66	1.64	1.63	1.62	1.60
62.5	边导线外 48m	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	1.64	1.64	1.63	1.62	1.61	1.60	1.59	1.58	1.57	1.55
63.5	边导线外 49m	0.37	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.50	1.59	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.51
64.5	边导线外 50m	0.36	0.37	0.39	0.41	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	0.48	1.54	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46
最大值		11.39	9.69	8.37	7.32	6.47	5.76	5.17	4.67	4.24	3.87	39.41	34.32	30.32	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76	15.4
最大值处距线路走廊中心距离(m)		14	14	14	14	14	15	15	15	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-38 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路工频电场强度预测结果（距地面 10.5m 高处）单位：kV/m

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）											
线间距离（m）		14.5+14.5											
预测点高度（m）		地面 10.5m											
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）											
0	边导线内	21.29	16.32	13.11	10.84	9.16	7.84	6.79	5.94	5.22	4.62	4.11	3.67
1	边导线内	20.58	16.02	12.96	10.77	9.11	7.82	6.78	5.93	5.22	4.62	4.11	3.67
2	边导线内	18.91	15.24	12.56	10.55	8.99	7.75	6.74	5.91	5.21	4.62	4.11	3.68
3	边导线内	17.04	14.27	12.04	10.27	8.83	7.66	6.69	5.88	5.2	4.61	4.11	3.68
4	边导线内	15.45	13.35	11.52	9.97	8.66	7.56	6.64	5.85	5.19	4.62	4.12	3.7

5	边导线内	14.3	12.65	11.1	9.72	8.51	7.48	6.59	5.84	5.18	4.62	4.14	3.71
6	边导线内	13.61	12.2	10.82	9.55	8.42	7.43	6.57	5.83	5.19	4.64	4.16	3.74
7	边导线内	13.36	12.04	10.73	9.5	8.4	7.43	6.58	5.85	5.22	4.67	4.19	3.77
8	边导线内	13.51	12.15	10.81	9.57	8.45	7.48	6.62	5.89	5.25	4.7	4.23	3.81
9	边导线内	14.08	12.54	11.07	9.74	8.57	7.56	6.69	5.94	5.3	4.75	4.27	3.85
10	边导线内	15.06	13.18	11.48	10	8.74	7.68	6.77	6.01	5.36	4.8	4.31	3.89
11	边导线内	16.44	14.01	11.97	10.3	8.93	7.8	6.86	6.07	5.41	4.84	4.35	3.93
12	边导线内	18.13	14.92	12.47	10.58	9.09	7.9	6.92	6.12	5.45	4.87	4.39	3.96
13	边导线内	19.77	15.67	12.83	10.76	9.18	7.95	6.95	6.14	5.46	4.89	4.41	3.99
14	边导线内	20.67	15.98	12.92	10.77	9.16	7.92	6.93	6.12	5.45	4.89	4.41	3.99
14.5	边导线下	20.60	15.88	12.83	10.69	9.10	7.88	6.90	6.10	5.44	4.88	4.40	3.99
15.5	边导线外 1m	19.33	15.15	12.37	10.38	8.88	7.71	6.78	6.01	5.37	4.83	4.37	3.97
16.5	边导线外 2m	17.05	13.89	11.59	9.86	8.53	7.46	6.60	5.88	5.28	4.76	4.32	3.94
17.5	边导线外 3m	14.59	12.39	10.63	9.22	8.08	7.14	6.36	5.70	5.14	4.66	4.25	3.88
18.5	边导线外 4m	12.38	10.91	9.62	8.51	7.56	6.76	6.08	5.49	4.98	4.54	4.15	3.81
19.5	边导线外 5m	10.54	9.57	8.64	7.78	7.03	6.36	5.77	5.25	4.80	4.40	4.04	3.72
20.5	边导线外 6m	9.05	8.40	7.74	7.09	6.49	5.94	5.44	5.00	4.60	4.24	3.91	3.62
21.5	边导线外 7m	7.85	7.41	6.93	6.45	5.98	5.53	5.12	4.73	4.38	4.06	3.77	3.51
22.5	边导线外 8m	6.86	6.57	6.23	5.86	5.50	5.14	4.79	4.47	4.17	3.89	3.63	3.39
23.5	边导线外 9m	6.05	5.85	5.61	5.34	5.05	4.76	4.48	4.21	3.95	3.70	3.48	3.26
24.5	边导线外 10m	5.37	5.24	5.07	4.87	4.65	4.42	4.18	3.96	3.74	3.52	3.32	3.13
25.5	边导线外 11m	4.80	4.72	4.60	4.44	4.27	4.09	3.90	3.71	3.53	3.34	3.17	3.00
26.5	边导线外 12m	4.31	4.26	4.18	4.07	3.94	3.79	3.64	3.48	3.33	3.17	3.02	2.87
27.5	边导线外 13m	3.89	3.87	3.81	3.73	3.63	3.52	3.40	3.27	3.14	3.00	2.87	2.74
28.5	边导线外 14m	3.52	3.52	3.49	3.43	3.36	3.27	3.17	3.06	2.95	2.84	2.73	2.61
29.5	边导线外 15m	3.21	3.21	3.20	3.16	3.11	3.04	2.96	2.87	2.78	2.69	2.59	2.49
30.5	边导线外 16m	2.92	2.94	2.94	2.92	2.88	2.83	2.77	2.70	2.62	2.54	2.46	2.37
31.5	边导线外 17m	2.68	2.70	2.71	2.70	2.67	2.63	2.59	2.53	2.47	2.40	2.33	2.26
32.5	边导线外 18m	2.46	2.48	2.50	2.50	2.48	2.46	2.42	2.38	2.32	2.27	2.21	2.15
33.5	边导线外 19m	2.26	2.29	2.31	2.32	2.31	2.29	2.27	2.23	2.19	2.14	2.09	2.04

34.5	边导线外 20m	2.08	2.12	2.14	2.15	2.15	2.14	2.12	2.10	2.07	2.03	1.99	1.94
35.5	边导线外 21m	1.92	1.96	1.99	2.00	2.01	2.00	1.99	1.97	1.95	1.92	1.88	1.84
36.5	边导线外 22m	1.78	1.82	1.85	1.87	1.88	1.88	1.87	1.86	1.84	1.81	1.79	1.75
37.5	边导线外 23m	1.65	1.69	1.72	1.74	1.75	1.76	1.76	1.75	1.74	1.72	1.69	1.67
38.5	边导线外 24m	1.54	1.57	1.60	1.63	1.64	1.65	1.65	1.65	1.64	1.63	1.61	1.59
39.5	边导线外 25m	1.43	1.47	1.50	1.52	1.54	1.55	1.56	1.56	1.55	1.54	1.53	1.51
40.5	边导线外 26m	1.33	1.37	1.40	1.43	1.45	1.46	1.47	1.47	1.47	1.46	1.45	1.43
41.5	边导线外 27m	1.24	1.28	1.31	1.34	1.36	1.37	1.38	1.39	1.39	1.38	1.38	1.37
42.5	边导线外 28m	1.16	1.20	1.23	1.26	1.28	1.29	1.30	1.31	1.31	1.31	1.31	1.30
43.5	边导线外 29m	1.09	1.12	1.16	1.18	1.20	1.22	1.23	1.24	1.25	1.25	1.24	1.24
44.5	边导线外 30m	1.02	1.06	1.09	1.11	1.13	1.15	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18
45.5	边导线外 31m	0.96	0.99	1.02	1.05	1.07	1.09	1.10	1.11	1.12	1.12	1.13	1.12
46.5	边导线外 32m	0.90	0.93	0.96	0.99	1.01	1.03	1.04	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07
47.5	边导线外 33m	0.85	0.88	0.91	0.93	0.96	0.97	0.99	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02
48.5	边导线外 34m	0.80	0.83	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
49.5	边导线外 35m	0.75	0.78	0.81	0.83	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.93
50.5	边导线外 36m	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.89
51.5	边导线外 37m	0.67	0.70	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85
52.5	边导线外 38m	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81
53.5	边导线外 39m	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78
54.5	边导线外 40m	0.57	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74
55.5	边导线外 41m	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.67	0.69	0.70	0.70	0.71
56.5	边导线外 42m	0.51	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65	0.67	0.67	0.68
57.5	边导线外 43m	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65	0.65
58.5	边导线外 44m	0.46	0.49	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63
59.5	边导线外 45m	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60
60.5	边导线外 46m	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58
61.5	边导线外 47m	0.40	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.53	0.54	0.54	0.55
62.5	边导线外 48m	0.38	0.40	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53
63.5	边导线外 49m	0.37	0.38	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51

64.5	边导线外 50m	0.35	0.37	0.38	0.40	0.41	0.43	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49
最大值		21.29	16.32	13.11	10.84	9.18	7.95	6.95	6.14	5.46	4.89	4.41	3.99
最大值处距线路走廊中心距离 (m)		0	0	0	0	13	13	13	13	13	14	14	14

表 6.1-39 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路工频磁感应强度预测结果（距地面 10.5m 高处）单位：μT

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）											
线间距离（m）		14.5+14.5											
预测点高度（m）		地面 10.5m											
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频磁感应强度（μT）											
0	边导线内	71.11	55.92	46.21	39.41	34.32	30.32	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76
1	边导线内	69.06	55.09	45.84	39.23	34.23	30.27	27.04	24.33	22.03	20.03	18.29	16.75
2	边导线内	64.25	52.98	44.85	38.74	33.97	30.13	26.96	24.28	21.98	19.99	18.25	16.72
3	边导线内	58.98	50.4	43.56	38.08	33.62	29.94	26.84	24.2	21.92	19.94	18.2	16.67
4	边导线内	54.64	48.06	42.31	37.41	33.25	29.72	26.7	24.09	21.83	19.86	18.13	16.6
5	边导线内	51.65	46.31	41.33	36.86	32.94	29.52	26.56	23.98	21.73	19.76	18.03	16.51
6	边导线内	49.99	45.31	40.74	36.51	32.72	29.36	26.42	23.85	21.61	19.64	17.91	16.39
7	边导线内	49.57	45.06	40.59	36.4	32.61	29.25	26.3	23.72	21.47	19.5	17.77	16.25
8	边导线内	50.29	45.53	40.86	36.52	32.62	29.18	26.18	23.57	21.3	19.32	17.59	16.08
9	边导线内	52.15	46.69	41.5	36.82	32.69	29.12	26.04	23.38	21.09	19.11	17.38	15.87
10	边导线内	55.13	48.43	42.42	37.21	32.78	29.02	25.84	23.14	20.83	18.85	17.13	15.63
11	边导线内	59.17	50.57	43.41	37.56	32.77	28.83	25.56	22.82	20.51	18.53	16.83	15.35
12	边导线内	63.89	52.68	44.2	37.68	32.57	28.48	25.15	22.4	20.1	18.15	16.47	15.03
13	边导线内	68.08	54.05	44.38	37.36	32.05	27.91	24.58	21.86	19.6	17.69	16.06	14.66
14	边导线内	69.5	53.76	43.57	36.43	31.14	27.07	23.83	21.19	19	17.16	15.6	14.24
14.5	边导线下	68.45	52.77	42.72	35.71	30.53	26.54	23.38	20.80	18.67	16.87	15.34	14.02
15.5	边导线外 1m	62.74	49.16	40.16	33.77	29.00	25.30	22.35	19.94	17.94	16.24	14.80	13.55
16.5	边导线外 2m	54.18	44.05	36.76	31.33	27.15	23.85	21.18	18.98	17.13	15.56	14.21	13.04
17.5	边导线外 3m	45.43	38.49	32.98	28.61	25.11	22.26	19.91	17.94	16.26	14.83	13.59	12.50

18.5	边导线外 4m	37.87	33.25	29.24	25.85	23.01	20.61	18.59	16.86	15.37	14.07	12.94	11.95
19.5	边导线外 5m	31.76	28.67	25.79	23.21	20.95	18.98	17.26	15.77	14.46	13.31	12.29	11.39
20.5	边导线外 6m	26.93	24.83	22.75	20.80	19.01	17.41	15.97	14.69	13.56	12.54	11.64	10.82
21.5	边导线外 7m	23.10	21.63	20.12	18.64	17.24	15.94	14.75	13.66	12.68	11.79	10.99	10.26
22.5	边导线外 8m	20.04	18.99	17.87	16.74	15.63	14.58	13.60	12.69	11.84	11.07	10.36	9.72
23.5	边导线外 9m	17.56	16.79	15.95	15.08	14.20	13.35	12.54	11.77	11.05	10.38	9.76	9.19
24.5	边导线外 10m	15.53	14.96	14.31	13.63	12.93	12.24	11.57	10.92	10.31	9.73	9.19	8.68
25.5	边导线外 11m	13.85	13.41	12.91	12.37	11.81	11.24	10.69	10.14	9.62	9.12	8.64	8.20
26.5	边导线外 12m	12.43	12.09	11.70	11.27	10.81	10.35	9.88	9.43	8.98	8.55	8.13	7.74
27.5	边导线外 13m	11.24	10.97	10.65	10.30	9.93	9.55	9.16	8.77	8.39	8.01	7.65	7.30
28.5	边导线外 14m	10.21	9.99	9.74	9.46	9.15	8.83	8.50	8.17	7.84	7.52	7.20	6.90
29.5	边导线外 15m	9.33	9.15	8.94	8.71	8.46	8.19	7.91	7.63	7.34	7.06	6.79	6.52
30.5	边导线外 16m	8.56	8.41	8.24	8.05	7.83	7.61	7.37	7.13	6.88	6.64	6.40	6.16
31.5	边导线外 17m	7.88	7.76	7.62	7.46	7.28	7.09	6.88	6.68	6.46	6.25	6.04	5.83
32.5	边导线外 18m	7.29	7.19	7.07	6.93	6.78	6.62	6.44	6.26	6.08	5.89	5.70	5.51
33.5	边导线外 19m	6.76	6.68	6.58	6.46	6.33	6.19	6.04	5.88	5.72	5.56	5.39	5.22
34.5	边导线外 20m	6.29	6.22	6.14	6.04	5.92	5.80	5.67	5.53	5.39	5.25	5.10	4.95
35.5	边导线外 21m	5.87	5.81	5.74	5.65	5.56	5.45	5.34	5.22	5.09	4.96	4.83	4.70
36.5	边导线外 22m	5.50	5.44	5.38	5.30	5.22	5.13	5.03	4.92	4.81	4.70	4.58	4.47
37.5	边导线外 23m	5.16	5.11	5.05	4.99	4.92	4.83	4.75	4.65	4.56	4.46	4.35	4.25
38.5	边导线外 24m	4.85	4.81	4.76	4.70	4.64	4.57	4.49	4.41	4.32	4.23	4.14	4.04
39.5	边导线外 25m	4.57	4.53	4.49	4.44	4.38	4.32	4.25	4.18	4.10	4.02	3.94	3.85
40.5	边导线外 26m	4.31	4.28	4.24	4.20	4.15	4.09	4.03	3.96	3.90	3.82	3.75	3.67
41.5	边导线外 27m	4.07	4.05	4.01	3.97	3.93	3.88	3.83	3.77	3.71	3.64	3.57	3.50
42.5	边导线外 28m	3.86	3.84	3.81	3.77	3.73	3.69	3.64	3.58	3.53	3.47	3.41	3.35
43.5	边导线外 29m	3.66	3.64	3.61	3.58	3.55	3.51	3.46	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20
44.5	边导线外 30m	3.48	3.46	3.44	3.41	3.37	3.34	3.30	3.26	3.21	3.16	3.11	3.06
45.5	边导线外 31m	3.31	3.29	3.27	3.25	3.22	3.18	3.15	3.11	3.07	3.03	2.98	2.93
46.5	边导线外 32m	3.15	3.14	3.12	3.09	3.07	3.04	3.01	2.97	2.94	2.90	2.85	2.81
47.5	边导线外 33m	3.01	2.99	2.98	2.95	2.93	2.90	2.88	2.84	2.81	2.77	2.74	2.70

48.5	边导线外 34m	2.87	2.86	2.84	2.82	2.80	2.78	2.75	2.72	2.69	2.66	2.62	2.59
49.5	边导线外 35m	2.75	2.73	2.72	2.70	2.68	2.66	2.64	2.61	2.58	2.55	2.52	2.49
50.5	边导线外 36m	2.63	2.62	2.60	2.59	2.57	2.55	2.53	2.50	2.48	2.45	2.42	2.39
51.5	边导线外 37m	2.52	2.51	2.50	2.48	2.46	2.45	2.43	2.40	2.38	2.36	2.33	2.30
52.5	边导线外 38m	2.41	2.40	2.39	2.38	2.37	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.24	2.21
53.5	边导线外 39m	2.32	2.31	2.30	2.29	2.27	2.26	2.24	2.22	2.20	2.18	2.16	2.13
54.5	边导线外 40m	2.23	2.22	2.21	2.20	2.19	2.17	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06
55.5	边导线外 41m	2.14	2.13	2.12	2.11	2.10	2.09	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.98
56.5	边导线外 42m	2.06	2.05	2.05	2.04	2.03	2.01	2.00	1.98	1.97	1.95	1.93	1.91
57.5	边导线外 43m	1.98	1.98	1.97	1.96	1.95	1.94	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.85
58.5	边导线外 44m	1.91	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79
59.5	边导线外 45m	1.84	1.84	1.83	1.82	1.82	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.74	1.73
60.5	边导线外 46m	1.78	1.77	1.77	1.76	1.75	1.74	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69	1.67
61.5	边导线外 47m	1.72	1.71	1.71	1.70	1.69	1.69	1.68	1.67	1.66	1.64	1.63	1.62
62.5	边导线外 48m	1.66	1.66	1.65	1.64	1.64	1.63	1.62	1.61	1.60	1.59	1.58	1.57
63.5	边导线外 49m	1.60	1.60	1.60	1.59	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52
64.5	边导线外 50m	1.55	1.55	1.54	1.54	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47
最大值		71.11	55.92	46.21	39.41	34.32	30.32	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76
最大值处距线路走廊中心距离(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-40 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路工频电场强度预测结果（距地面 13.5m 高处）单位：kV/m

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）														
线间距离（m）		14.5+14.5														
预测点高度（m）		地面 13.5m														
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
距线路中心 距离（m）	距线路边导线 距离（m）	工频电场强度（kV/m）														
0	边导线内	148.94	49.62	29.64	21	16.15	13.01	10.81	9.16	7.89	6.86	6.03	5.33	4.74	4.23	3.8
1	边导线内	67.13	41.6	27.72	20.33	15.86	12.88	10.74	9.13	7.87	6.85	6.02	5.32	4.73	4.23	3.8
2	边导线内	37.28	30.7	23.84	18.75	15.14	12.52	10.56	9.03	7.81	6.82	6.01	5.32	4.73	4.23	3.8
3	边导线内	26.31	23.8	20.3	16.99	14.25	12.06	10.31	8.89	7.74	6.78	5.98	5.31	4.73	4.23	3.8
4	边导线内	21.04	19.78	17.74	15.51	13.42	11.6	10.05	8.75	7.66	6.74	5.96	5.3	4.73	4.24	3.81
5	边导线内	18.23	17.46	16.09	14.45	12.77	11.22	9.83	8.63	7.59	6.71	5.95	5.29	4.73	4.24	3.82
6	边导线内	16.8	16.22	15.16	13.81	12.37	10.97	9.69	8.55	7.55	6.69	5.94	5.29	4.74	4.25	3.83
7	边导线内	16.28	15.77	14.81	13.57	12.22	10.89	9.64	8.52	7.54	6.68	5.94	5.3	4.75	4.27	3.85
8	边导线内	16.54	16	15	13.71	12.32	10.95	9.69	8.56	7.56	6.7	5.96	5.32	4.76	4.28	3.86
9	边导线内	17.6	16.94	15.73	14.23	12.66	11.17	9.82	8.64	7.62	6.74	5.98	5.34	4.78	4.3	3.88
10	边导线内	19.72	18.74	17.06	15.12	13.22	11.5	10.02	8.75	7.68	6.78	6.01	5.35	4.79	4.31	3.89
11	边导线内	23.54	21.81	19.13	16.38	13.94	11.91	10.24	8.87	7.74	6.81	6.03	5.37	4.8	4.32	3.9
12	边导线内	30.79	26.9	22.04	17.9	14.72	12.29	10.43	8.96	7.78	6.82	6.03	5.36	4.8	4.32	3.9
13	边导线内	47.24	35.23	25.51	19.35	15.33	12.55	10.51	8.97	7.76	6.79	6	5.34	4.78	4.31	3.9
14	边导线内	101.22	45.34	28.04	20.07	15.5	12.53	10.44	8.88	7.68	6.72	5.94	5.29	4.74	4.28	3.88
14.5	边导线下	140.40	46.91	28.08	19.93	15.35	12.40	10.33	8.79	7.61	6.66	5.89	5.26	4.72	4.26	3.86
15.5	边导线外 1m	60.59	37.71	25.23	18.58	14.56	11.87	9.96	8.52	7.40	6.51	5.77	5.16	4.64	4.20	3.82
16.5	边导线外 2m	31.82	26.36	20.60	16.31	13.27	11.07	9.41	8.14	7.12	6.30	5.61	5.04	4.55	4.13	3.76
17.5	边导线外 3m	20.93	19.09	16.43	13.90	11.79	10.10	8.76	7.67	6.78	6.04	5.42	4.89	4.43	4.04	3.69
18.5	边导线外 4m	15.34	14.58	13.25	11.76	10.35	9.11	8.05	7.16	6.40	5.75	5.19	4.72	4.30	3.93	3.61
19.5	边导线外 5m	11.97	11.62	10.91	10.00	9.06	8.17	7.35	6.63	6.00	5.44	4.95	4.53	4.15	3.81	3.51

20.5	边导线外 6m	9.73	9.56	9.15	8.59	7.95	7.31	6.69	6.12	5.59	5.12	4.70	4.33	3.99	3.68	3.41
21.5	边导线外 7m	8.12	8.05	7.81	7.45	7.02	6.55	6.08	5.63	5.20	4.81	4.45	4.12	3.82	3.55	3.30
22.5	边导线外 8m	6.93	6.91	6.77	6.53	6.23	5.89	5.53	5.18	4.83	4.50	4.20	3.91	3.65	3.40	3.18
23.5	边导线外 9m	6.00	6.01	5.93	5.77	5.56	5.31	5.04	4.76	4.48	4.21	3.95	3.71	3.47	3.26	3.06
24.5	边导线外 10m	5.25	5.28	5.24	5.14	4.99	4.81	4.60	4.38	4.16	3.94	3.72	3.51	3.30	3.11	2.93
25.5	边导线外 11m	4.65	4.69	4.67	4.61	4.51	4.37	4.21	4.04	3.86	3.68	3.49	3.31	3.14	2.97	2.81
26.5	边导线外 12m	4.14	4.19	4.19	4.16	4.09	3.99	3.87	3.73	3.59	3.44	3.28	3.13	2.98	2.83	2.69
27.5	边导线外 13m	3.72	3.77	3.79	3.77	3.72	3.65	3.56	3.45	3.34	3.21	3.08	2.95	2.82	2.70	2.57
28.5	边导线外 14m	3.36	3.41	3.43	3.43	3.40	3.35	3.28	3.20	3.11	3.00	2.90	2.79	2.68	2.57	2.46
29.5	边导线外 15m	3.05	3.10	3.13	3.14	3.12	3.09	3.04	2.97	2.90	2.81	2.72	2.63	2.54	2.44	2.34
30.5	边导线外 16m	2.78	2.83	2.86	2.88	2.87	2.85	2.81	2.76	2.70	2.64	2.56	2.48	2.40	2.32	2.24
31.5	边导线外 17m	2.54	2.59	2.63	2.65	2.65	2.64	2.61	2.57	2.53	2.47	2.41	2.35	2.28	2.21	2.13
32.5	边导线外 18m	2.33	2.38	2.42	2.44	2.45	2.44	2.43	2.40	2.37	2.32	2.27	2.22	2.16	2.10	2.03
33.5	边导线外 19m	2.14	2.19	2.23	2.26	2.27	2.27	2.26	2.24	2.22	2.18	2.14	2.10	2.05	1.99	1.94
34.5	边导线外 20m	1.97	2.03	2.06	2.09	2.11	2.12	2.11	2.10	2.08	2.05	2.02	1.98	1.94	1.89	1.85
35.5	边导线外 21m	1.82	1.87	1.91	1.94	1.96	1.97	1.97	1.97	1.95	1.93	1.91	1.88	1.84	1.80	1.76
36.5	边导线外 22m	1.69	1.74	1.78	1.81	1.83	1.84	1.85	1.85	1.84	1.82	1.80	1.78	1.75	1.71	1.68
37.5	边导线外 23m	1.57	1.62	1.66	1.69	1.71	1.72	1.73	1.73	1.73	1.72	1.70	1.68	1.66	1.63	1.60
38.5	边导线外 24m	1.46	1.51	1.54	1.57	1.60	1.62	1.63	1.63	1.63	1.62	1.61	1.59	1.57	1.55	1.53
39.5	边导线外 25m	1.36	1.40	1.44	1.47	1.50	1.52	1.53	1.53	1.54	1.53	1.52	1.51	1.50	1.48	1.46
40.5	边导线外 26m	1.27	1.31	1.35	1.38	1.40	1.42	1.44	1.45	1.45	1.45	1.44	1.44	1.42	1.41	1.39
41.5	边导线外 27m	1.19	1.23	1.26	1.29	1.32	1.34	1.35	1.36	1.37	1.37	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33
42.5	边导线外 28m	1.11	1.15	1.19	1.22	1.24	1.26	1.28	1.29	1.30	1.30	1.30	1.29	1.29	1.28	1.27
43.5	边导线外 29m	1.04	1.08	1.11	1.14	1.17	1.19	1.21	1.22	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.22	1.21
44.5	边导线外 30m	0.98	1.01	1.05	1.08	1.10	1.12	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.16	1.16
45.5	边导线外 31m	0.92	0.95	0.99	1.01	1.04	1.06	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.10
46.5	边导线外 32m	0.86	0.90	0.93	0.96	0.98	1.00	1.02	1.03	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
47.5	边导线外 33m	0.81	0.85	0.88	0.90	0.93	0.95	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
48.5	边导线外 34m	0.77	0.80	0.83	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97
49.5	边导线外 35m	0.73	0.76	0.78	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.91	0.92	0.92	0.93	0.93

50.5	边导线外 36m	0.69	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.89
51.5	边导线外 37m	0.65	0.68	0.70	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85
52.5	边导线外 38m	0.61	0.64	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.77	0.79	0.79	0.80	0.81	0.81	0.81
53.5	边导线外 39m	0.58	0.61	0.63	0.65	0.68	0.69	0.71	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.77	0.78	0.78
54.5	边导线外 40m	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.70	0.72	0.73	0.73	0.74	0.74	0.75
55.5	边导线外 41m	0.52	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.71	0.72
56.5	边导线外 42m	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.68	0.69
57.5	边导线外 43m	0.47	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.63	0.64	0.64	0.65	0.66	0.66
58.5	边导线外 44m	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62	0.62	0.63	0.64
59.5	边导线外 45m	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.61
60.5	边导线外 46m	0.41	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.58	0.59
61.5	边导线外 47m	0.39	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.57
62.5	边导线外 48m	0.37	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54
63.5	边导线外 49m	0.36	0.37	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.52
64.5	边导线外 50m	0.34	0.36	0.37	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.45	0.47	0.47	0.48	0.49	0.50	0.50
最大值		148.94	49.62	29.64	21	16.15	13.01	10.81	9.16	7.89	6.86	6.03	5.37	4.8	4.32	3.9
最大值处距线路走廊中心距离(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	12	12	13

注：导线对地高度 14m，预测点距地面 13.5m，预测点位距离导线仅 0.5m，发生畸变导致预测值高。实际建设过程中，线路与房屋距离远大于该距离。

表 6.1-41 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路（水平排列）线路工频磁感应强度预测结果（距地面 13.5m 高处）

单位：μT

塔型		5D1W2-Z5（水平排列）														
线间距离（m）		14.5+14.5														
预测点高度（m）		地面 13.5m														
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频磁感应强度（μT）														
0	边导线内	486.29	162.84	98.51	71.11	55.92	46.21	39.41	34.32	30.32	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76
1	边导线内	220.06	137.05	92.47	69.06	55.09	45.84	39.23	34.23	30.27	27.04	24.33	22.03	20.03	18.29	16.75
2	边导线内	123.59	102.25	80.31	64.25	52.98	44.85	38.74	33.97	30.13	26.96	24.28	21.98	19.99	18.25	16.72
3	边导线内	88.69	80.56	69.39	58.98	50.4	43.56	38.08	33.62	29.94	26.84	24.2	21.92	19.94	18.2	16.67

4	边导线内	72.31	68.2	61.7	54.64	48.06	42.31	37.41	33.25	29.72	26.7	24.09	21.83	19.86	18.13	16.6
5	边导线内	63.9	61.32	56.9	51.65	46.31	41.33	36.86	32.94	29.52	26.56	23.98	21.73	19.76	18.03	16.51
6	边导线内	59.86	57.89	54.39	49.99	45.31	40.74	36.51	32.72	29.36	26.42	23.85	21.61	19.64	17.91	16.39
7	边导线内	58.77	56.96	53.72	49.57	45.06	40.59	36.4	32.61	29.25	26.3	23.72	21.47	19.5	17.77	16.25
8	边导线内	60.15	58.2	54.71	50.29	45.53	40.86	36.52	32.62	29.18	26.18	23.57	21.3	19.32	17.59	16.08
9	边导线内	64.16	61.7	57.4	52.15	46.69	41.5	36.82	32.69	29.12	26.04	23.38	21.09	19.11	17.38	15.87
10	边导线内	71.7	68.05	62.02	55.13	48.43	42.42	37.21	32.78	29.02	25.84	23.14	20.83	18.85	17.13	15.63
11	边导线内	85.02	78.58	68.96	59.17	50.57	43.41	37.56	32.77	28.83	25.56	22.82	20.51	18.53	16.83	15.35
12	边导线内	110.09	95.92	78.53	63.89	52.68	44.2	37.68	32.57	28.48	25.15	22.4	20.1	18.15	16.47	15.03
13	边导线内	166.88	124.01	89.69	68.08	54.05	44.38	37.36	32.05	27.91	24.58	21.86	19.6	17.69	16.06	14.66
14	边导线内	352.73	157.34	97.09	69.5	53.76	43.57	36.43	31.14	27.07	23.83	21.19	19	17.16	15.6	14.24
14.5	边导线下	485.86	161.57	96.49	68.45	52.77	42.72	35.71	30.53	26.54	23.38	20.80	18.67	16.87	15.34	14.02
15.5	边导线外 1m	206.74	127.95	85.33	62.74	49.16	40.16	33.77	29.00	25.30	22.35	19.94	17.94	16.24	14.80	13.55
16.5	边导线外 2m	107.06	88.13	68.57	54.18	44.05	36.76	31.33	27.15	23.85	21.18	18.98	17.13	15.56	14.21	13.04
17.5	边导线外 3m	69.50	62.92	53.87	45.43	38.49	32.98	28.61	25.11	22.26	19.91	17.94	16.26	14.83	13.59	12.50
18.5	边导线外 4m	50.35	47.44	42.85	37.87	33.25	29.24	25.85	23.01	20.61	18.59	16.86	15.37	14.07	12.94	11.95
19.5	边导线外 5m	38.87	37.37	34.81	31.76	28.67	25.79	23.21	20.95	18.98	17.26	15.77	14.46	13.31	12.29	11.39
20.5	边导线外 6m	31.28	30.41	28.87	26.93	24.83	22.75	20.80	19.01	17.41	15.97	14.69	13.56	12.54	11.64	10.82
21.5	边导线外 7m	25.92	25.38	24.39	23.10	21.63	20.12	18.64	17.24	15.94	14.75	13.66	12.68	11.79	10.99	10.26
22.5	边导线外 8m	21.95	21.60	20.93	20.04	18.99	17.87	16.74	15.63	14.58	13.60	12.69	11.84	11.07	10.36	9.72
23.5	边导线外 9m	18.91	18.67	18.20	17.56	16.79	15.95	15.08	14.20	13.35	12.54	11.77	11.05	10.38	9.76	9.19
24.5	边导线外 10m	16.51	16.34	16.00	15.53	14.96	14.31	13.63	12.93	12.24	11.57	10.92	10.31	9.73	9.19	8.68
25.5	边导线外 11m	14.58	14.45	14.20	13.85	13.41	12.91	12.37	11.81	11.24	10.69	10.14	9.62	9.12	8.64	8.20
26.5	边导线外 12m	13.00	12.90	12.71	12.43	12.09	11.70	11.27	10.81	10.35	9.88	9.43	8.98	8.55	8.13	7.74
27.5	边导线外 13m	11.67	11.60	11.45	11.24	10.97	10.65	10.30	9.93	9.55	9.16	8.77	8.39	8.01	7.65	7.30
28.5	边导线外 14m	10.56	10.50	10.38	10.21	9.99	9.74	9.46	9.15	8.83	8.50	8.17	7.84	7.52	7.20	6.90
29.5	边导线外 15m	9.61	9.56	9.46	9.33	9.15	8.94	8.71	8.46	8.19	7.91	7.63	7.34	7.06	6.79	6.52
30.5	边导线外 16m	8.78	8.75	8.67	8.56	8.41	8.24	8.05	7.83	7.61	7.37	7.13	6.88	6.64	6.40	6.16
31.5	边导线外 17m	8.07	8.04	7.98	7.88	7.76	7.62	7.46	7.28	7.09	6.88	6.68	6.46	6.25	6.04	5.83
32.5	边导线外 18m	7.45	7.42	7.37	7.29	7.19	7.07	6.93	6.78	6.62	6.44	6.26	6.08	5.89	5.70	5.51

33.5	边导线外 19m	6.89	6.87	6.83	6.76	6.68	6.58	6.46	6.33	6.19	6.04	5.88	5.72	5.56	5.39	5.22
34.5	边导线外 20m	6.41	6.39	6.35	6.29	6.22	6.14	6.04	5.92	5.80	5.67	5.53	5.39	5.25	5.10	4.95
35.5	边导线外 21m	5.97	5.95	5.92	5.87	5.81	5.74	5.65	5.56	5.45	5.34	5.22	5.09	4.96	4.83	4.70
36.5	边导线外 22m	5.58	5.56	5.54	5.50	5.44	5.38	5.30	5.22	5.13	5.03	4.92	4.81	4.70	4.58	4.47
37.5	边导线外 23m	5.23	5.21	5.19	5.16	5.11	5.05	4.99	4.92	4.83	4.75	4.65	4.56	4.46	4.35	4.25
38.5	边导线外 24m	4.91	4.90	4.88	4.85	4.81	4.76	4.70	4.64	4.57	4.49	4.41	4.32	4.23	4.14	4.04
39.5	边导线外 25m	4.62	4.61	4.59	4.57	4.53	4.49	4.44	4.38	4.32	4.25	4.18	4.10	4.02	3.94	3.85
40.5	边导线外 26m	4.36	4.35	4.33	4.31	4.28	4.24	4.20	4.15	4.09	4.03	3.96	3.90	3.82	3.75	3.67
41.5	边导线外 27m	4.12	4.11	4.10	4.07	4.05	4.01	3.97	3.93	3.88	3.83	3.77	3.71	3.64	3.57	3.50
42.5	边导线外 28m	3.90	3.89	3.88	3.86	3.84	3.81	3.77	3.73	3.69	3.64	3.58	3.53	3.47	3.41	3.35
43.5	边导线外 29m	3.69	3.69	3.68	3.66	3.64	3.61	3.58	3.55	3.51	3.46	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20
44.5	边导线外 30m	3.51	3.50	3.49	3.48	3.46	3.44	3.41	3.37	3.34	3.30	3.26	3.21	3.16	3.11	3.06
45.5	边导线外 31m	3.34	3.33	3.32	3.31	3.29	3.27	3.25	3.22	3.18	3.15	3.11	3.07	3.03	2.98	2.93
46.5	边导线外 32m	3.18	3.17	3.16	3.15	3.14	3.12	3.09	3.07	3.04	3.01	2.97	2.94	2.90	2.85	2.81
47.5	边导线外 33m	3.03	3.02	3.02	3.01	2.99	2.98	2.95	2.93	2.90	2.88	2.84	2.81	2.77	2.74	2.70
48.5	边导线外 34m	2.89	2.89	2.88	2.87	2.86	2.84	2.82	2.80	2.78	2.75	2.72	2.69	2.66	2.62	2.59
49.5	边导线外 35m	2.76	2.76	2.75	2.75	2.73	2.72	2.70	2.68	2.66	2.64	2.61	2.58	2.55	2.52	2.49
50.5	边导线外 36m	2.64	2.64	2.64	2.63	2.62	2.60	2.59	2.57	2.55	2.53	2.50	2.48	2.45	2.42	2.39
51.5	边导线外 37m	2.53	2.53	2.52	2.52	2.51	2.50	2.48	2.46	2.45	2.43	2.40	2.38	2.36	2.33	2.30
52.5	边导线外 38m	2.43	2.42	2.42	2.41	2.40	2.39	2.38	2.37	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.24	2.21
53.5	边导线外 39m	2.33	2.33	2.32	2.32	2.31	2.30	2.29	2.27	2.26	2.24	2.22	2.20	2.18	2.16	2.13
54.5	边导线外 40m	2.24	2.24	2.23	2.23	2.22	2.21	2.20	2.19	2.17	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06
55.5	边导线外 41m	2.15	2.15	2.15	2.14	2.13	2.12	2.11	2.10	2.09	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.98
56.5	边导线外 42m	2.07	2.07	2.06	2.06	2.05	2.05	2.04	2.03	2.01	2.00	1.98	1.97	1.95	1.93	1.91
57.5	边导线外 43m	1.99	1.99	1.99	1.98	1.98	1.97	1.96	1.95	1.94	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.85
58.5	边导线外 44m	1.92	1.92	1.92	1.91	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79
59.5	边导线外 45m	1.85	1.85	1.85	1.84	1.84	1.83	1.82	1.82	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.74	1.73
60.5	边导线外 46m	1.79	1.78	1.78	1.78	1.77	1.77	1.76	1.75	1.74	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69	1.67
61.5	边导线外 47m	1.72	1.72	1.72	1.72	1.71	1.71	1.70	1.69	1.69	1.68	1.67	1.66	1.64	1.63	1.62
62.5	边导线外 48m	1.67	1.66	1.66	1.66	1.66	1.65	1.64	1.64	1.63	1.62	1.61	1.60	1.59	1.58	1.57

63.5	边导线外 49m	1.61	1.61	1.61	1.60	1.60	1.60	1.59	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52
64.5	边导线外 50m	1.56	1.56	1.56	1.55	1.55	1.54	1.54	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47
最大值		486.29	162.84	98.51	71.11	55.92	46.21	39.41	34.32	30.32	27.07	24.35	22.04	20.04	18.3	16.76
最大值处距线路走廊中心距离 (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

注：导线对地高度 14m，预测点距地面 13.5m，预测点位距离导线仅 0.5m，发生畸变导致预测值高。实际建设过程中，线路与房屋距离远大于该距离。

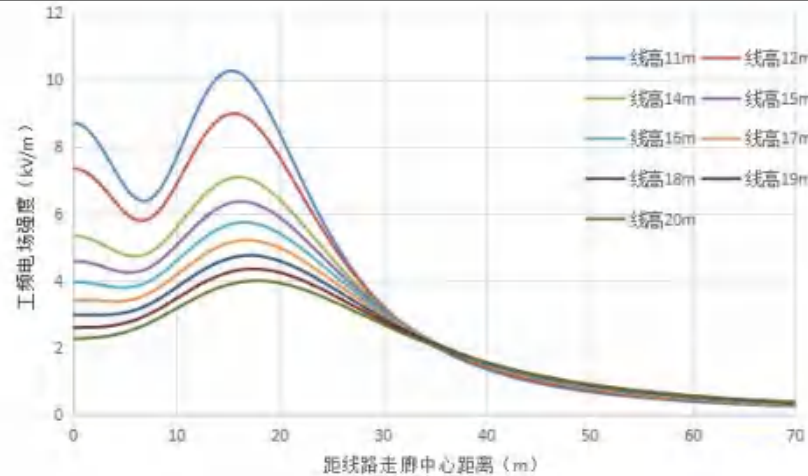


图 6.1-17 单回（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

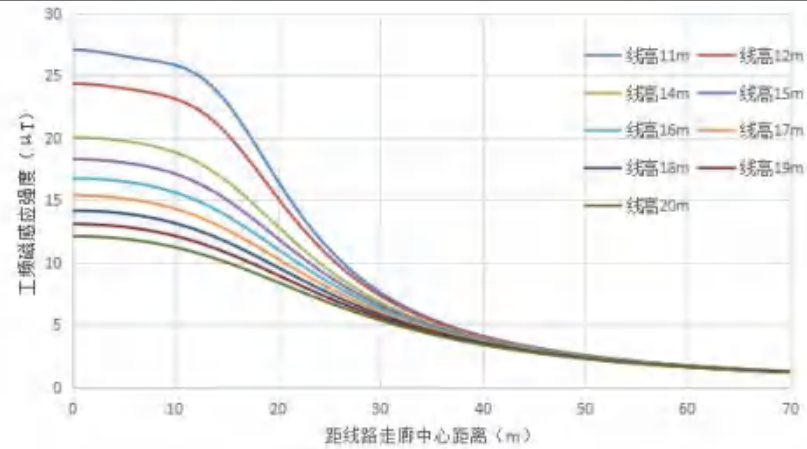


图 6.1-18 单回（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

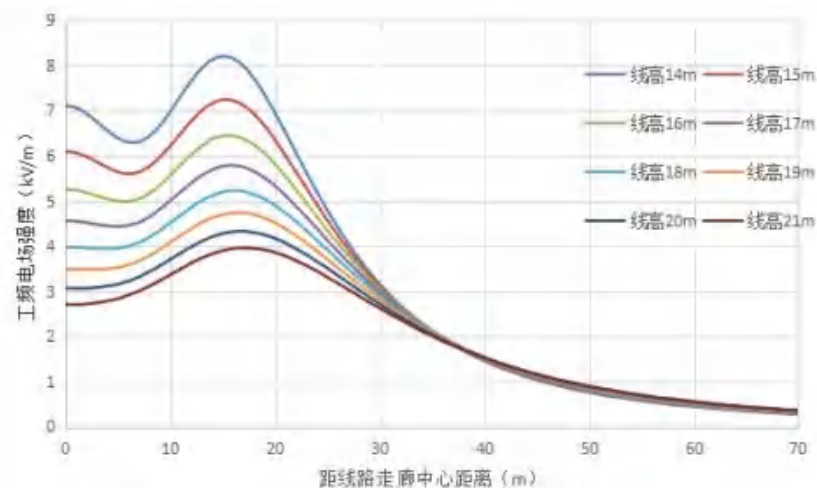


图 6.1-19 单回（水平排列）线路距地面 4.5m 高处工频电场预测图

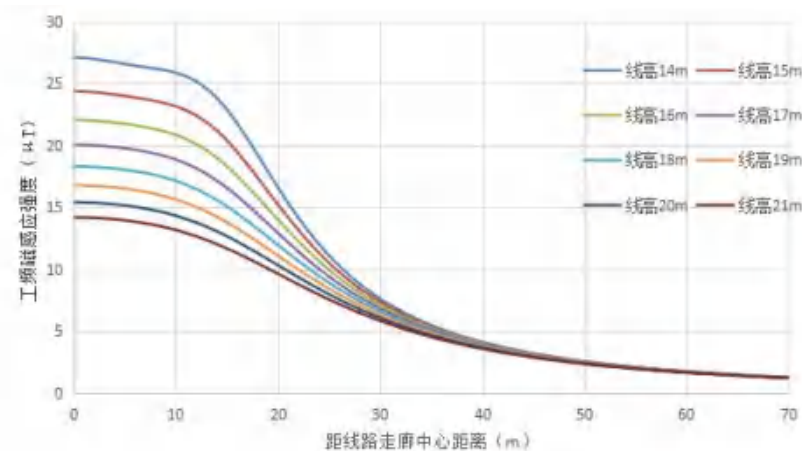


图 6.1-20 单回（水平排列）线路距地面 4.5m 高处工频磁场预测图

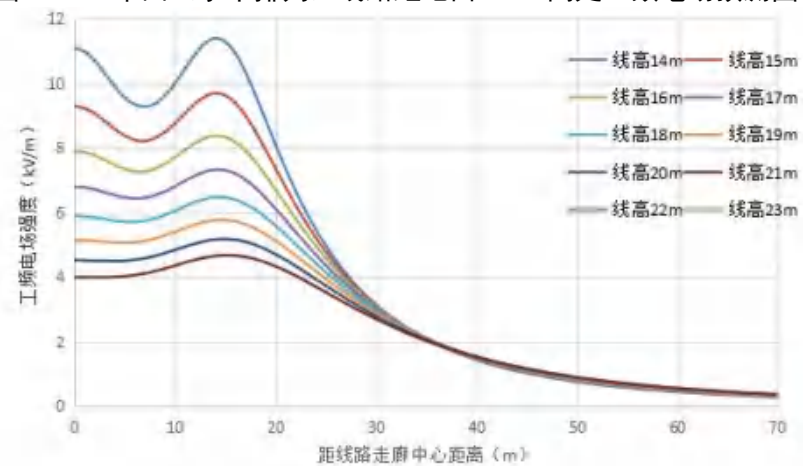


图 6.1-21 单回（水平排列）线路距地面 7.5m 高处工频电场预测图

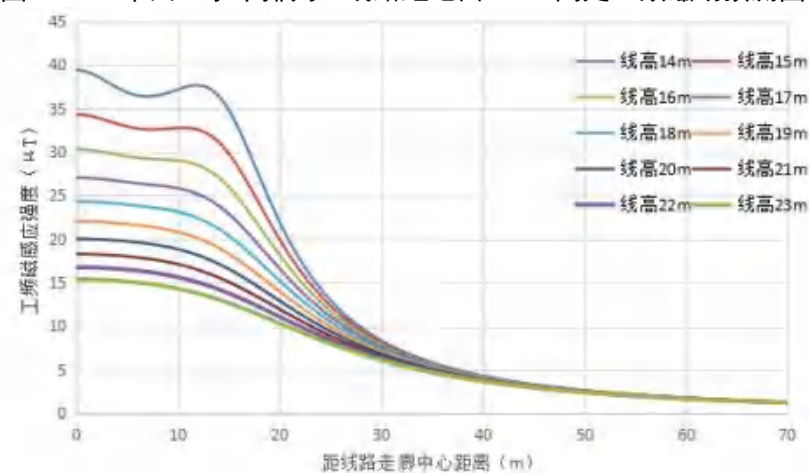


图 6.1-22 单回（水平排列）线路距地面 7.5m 高处工频磁场预测图

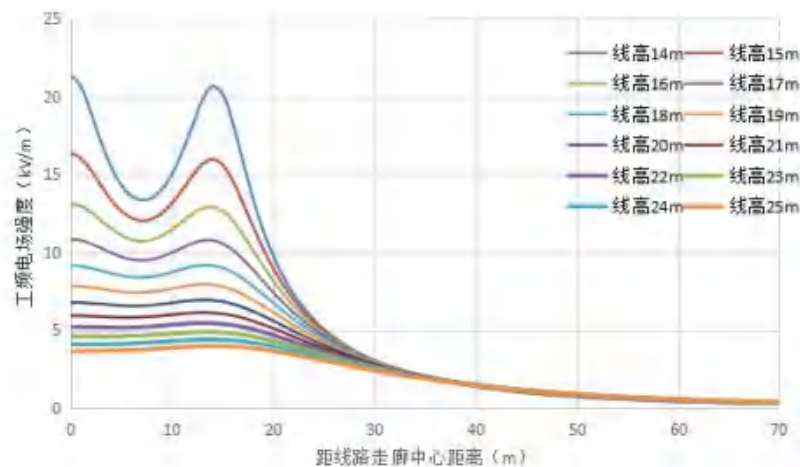


图 6.1-23 单回（水平排列）线路距地面 10.5m 高处工频电场预测图

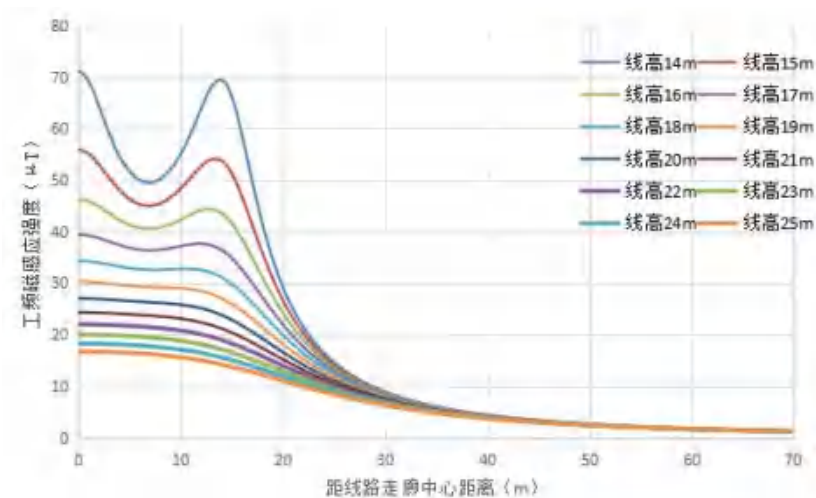


图 6.1-24 单回（水平排列）线路距地面 10.5m 高处工频磁场预测图

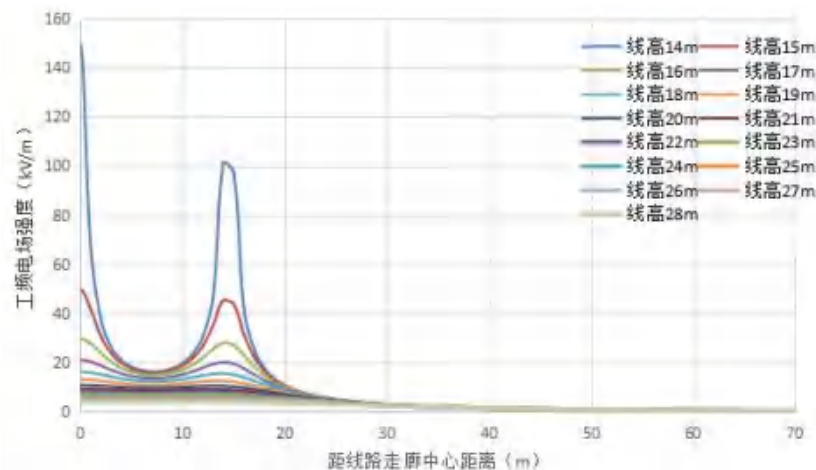


图 6.1-25 单回（水平排列）线路距地面 13.5m 高处工频电场预测图

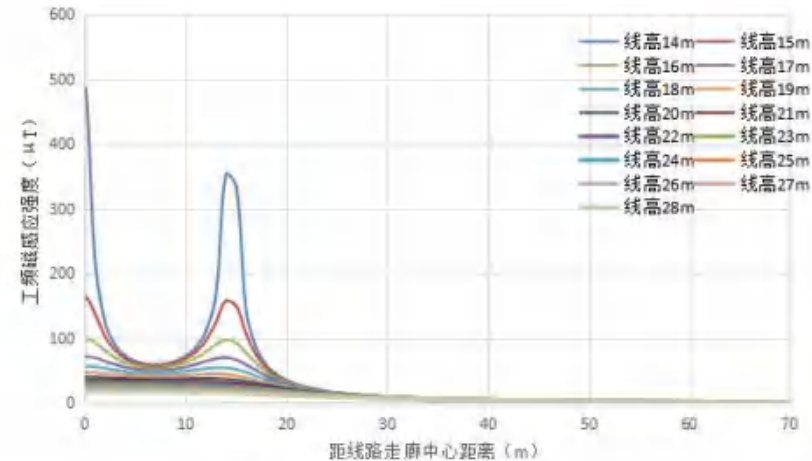


图 6.1-26 单回（水平排列）线路距地面 13.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 11m、采用 5D1W2-Z5 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.27 kV/m，出现在距线路走廊中心 15.5 m 处，不满足工频电场强度 10kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 17 m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 27.07 μ T，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9 kV/m，出现在距线路走廊中心 15.5m 处；1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 24.35 μ T，出现在线路走廊中心 0m 处，可满足地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m、采用 5D1W2-Z5 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 7.09 kV/m，出现在距线路走廊中心 16m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 28m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 20.04 μ T，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 20m 时，边导线投影外 5m 处地面 1.5m 高处工频电场强度为 3.95kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 8.62 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m、采用 5D1W2-Z5 塔时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 8.20 kV/m，出现在距线路走廊中心 15m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 28m 处；线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 27.07 μ T，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 21m 时，边导线投影外 5m 处地面 4.5m 高处工频电场强度为 3.89kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 9.86 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m、采用 5D1W2-Z5 塔时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 11.39kV/m，出现在距线路走廊中心 14m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 28m 处；线路附近地面 7.5m 高处工频

电场强度最大值为 $39.41\mu\text{T}$ ，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。当导线对地高度达到 23m 时，边导线投影外 5m 处地面 7.5m 高处工频电场强度为 3.73kV/m ，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 $10.58\mu\text{T}$ ，满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m 、采用 5D1W2-Z5 塔时，线路附近地面 10.5m 高处工频电场强度最大值为 21.29kV/m ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 28m 处；线路附近地面 10.5m 高处工频电场强度最大值为 $71.11\mu\text{T}$ ，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。当导线对地高度达到 25m 时，边导线投影外 5m 处地面 10.5m 高处工频电场强度为 3.72kV/m ，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 10.5m 高处工频磁感应强度最大值为 $11.39\mu\text{T}$ ，满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m 、采用 5D1W2-Z5 塔时，线路附近地面 13.5m 高处工频电场强度最大值为 148.94kV/m ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 27m 处；线路附近地面 13.5m 高处工频电场强度最大值为 $486.29\mu\text{T}$ ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 28m 处。当导线对地高度达到 27m 时，边导线投影外 5m 处地面 13.5m 高处工频电场强度为 3.81kV/m ，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 13.5m 高处工频磁感应强度最大值为 $11.29\mu\text{T}$ ，满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。

（3）指导性控制措施

鉴于本项目尚未完成施工图设计，本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回线路（水平排列）所经区域评价范围内的居民房屋尚不确定，根据初步设计阶段线路路径，结合现场踏勘，本项目评价范围内居民敏感目标主要包括 $1\sim 3$ 层坡顶和 $1\sim 4$ 层平顶房屋，为确保评价范围内居民房屋不同楼层处电场强度满足公众曝露控制限值 4kV/m 要求，应按照国家各居民房屋距离边导线水平距离的不同、楼层高度不同，相应控制线路与房屋水平距离或优化导线对地高度，具体见下表和下图。

表 6.1-42 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回线路（水平排列）在距边导线不同距离的居民房屋处达到 4kV/m 对应的导线对地最低高度

房屋距线路 边导线距离 (m)	导线对地高度 (m)				
	地面 1.5m 高处 1 层坡顶房屋	地面 4.5m 高处 1 层平顶及 2 层 坡顶房屋	地面 7.5m 高处 2 层平顶及 3 层 坡顶房屋	地面 10.5m 高 处 3 层平顶房 屋	地面 13.5m 高 处 4 层平顶房 屋
5	20	21	23	25	27
6	20	21	22	24	26
7	20	21	22	24	26
8	19	20	21	23	25
9	19	19	21	22	24
10	18	19	20	21	23
11	17	18	19	20	22
12	16	16	18	18	19
13	14	14	14	14	14
14	14	14	14	14	14
15	14	14	14	14	14

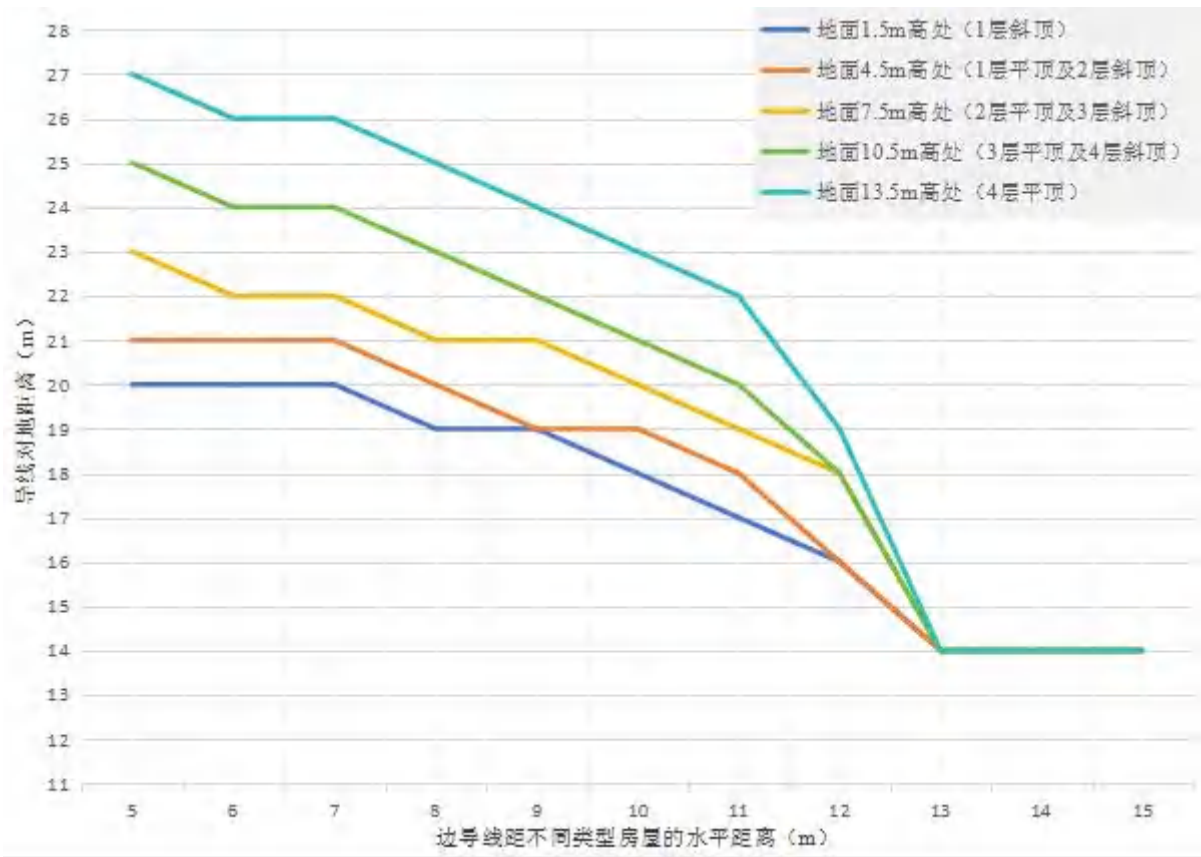


图 6.1-27 500kV 线路单回线路（水平排列）路线不同高度处工频电场强度 4kV/m 等值线图

6.1.4.2.3 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔双回线路预测评价

铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔双回线路仅出现在换流站出线侧，经调查，本段线路无居民敏感目标，因此本段线路仅预测非居民区在地面 1.5m 高处的工频电磁场强度，预测结果见下表和下图。

表 6.1-43 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔双回排列线路电磁环境预测结果

塔型		5D2W2-JD（同塔双回排列）			
线间距离（m）		10.7/14.35/11.52+9.26/11.47/9.28			
预测点高度（m）		地面 1.5m			
导线高度（m）		11	12	11	12
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）		工频磁感应强度（ μ T）	
-64.35	边导线外 50m	0.54	0.52	2.40	2.37
-63.35	边导线外 49m	0.55	0.52	2.47	2.44
-62.35	边导线外 48m	0.56	0.53	2.54	2.51
-61.35	边导线外 47m	0.56	0.54	2.62	2.59
-60.35	边导线外 46m	0.57	0.54	2.70	2.67
-59.35	边导线外 45m	0.58	0.55	2.79	2.75
-58.35	边导线外 44m	0.59	0.55	2.88	2.84
-57.35	边导线外 43m	0.59	0.56	2.97	2.93
-56.35	边导线外 42m	0.60	0.56	3.07	3.03
-55.35	边导线外 41m	0.61	0.57	3.17	3.13
-54.35	边导线外 40m	0.61	0.57	3.28	3.23
-53.35	边导线外 39m	0.62	0.57	3.39	3.34
-52.35	边导线外 38m	0.62	0.58	3.51	3.45
-51.35	边导线外 37m	0.63	0.58	3.63	3.57
-50.35	边导线外 36m	0.63	0.58	3.76	3.70
-49.35	边导线外 35m	0.63	0.58	3.90	3.83
-48.35	边导线外 34m	0.64	0.58	4.05	3.97
-47.35	边导线外 33m	0.64	0.58	4.20	4.12
-46.35	边导线外 32m	0.64	0.58	4.36	4.28
-45.35	边导线外 31m	0.64	0.57	4.53	4.44
-44.35	边导线外 30m	0.64	0.57	4.71	4.61
-43.35	边导线外 29m	0.64	0.56	4.90	4.79
-42.35	边导线外 28m	0.63	0.56	5.10	4.98
-41.35	边导线外 27m	0.63	0.56	5.31	5.18
-40.35	边导线外 26m	0.63	0.55	5.54	5.40
-39.35	边导线外 25m	0.63	0.55	5.77	5.62
-38.35	边导线外 24m	0.63	0.55	6.03	5.86
-37.35	边导线外 23m	0.63	0.56	6.30	6.12
-36.35	边导线外 22m	0.64	0.57	6.58	6.38
-35.35	边导线外 21m	0.66	0.60	6.88	6.67
-34.35	边导线外 20m	0.68	0.64	7.20	6.97
-33.35	边导线外 19m	0.73	0.69	7.55	7.29
-32.35	边导线外 18m	0.79	0.77	7.91	7.62
-31.35	边导线外 17m	0.87	0.87	8.30	7.98
-30.35	边导线外 16m	0.98	1.00	8.71	8.36
-29.35	边导线外 15m	1.12	1.15	9.15	8.76

-28.35	边导线外 14m	1.30	1.34	9.62	9.18
-27.35	边导线外 13m	1.51	1.57	10.11	9.63
-26.35	边导线外 12m	1.78	1.83	10.64	10.10
-25.35	边导线外 11m	2.09	2.14	11.20	10.59
-24.35	边导线外 10m	2.45	2.49	11.79	11.11
-23.35	边导线外 9m	2.88	2.89	12.41	11.64
-22.35	边导线外 8m	3.37	3.35	13.05	12.19
-21.35	边导线外 7m	3.94	3.86	13.72	12.75
-20.35	边导线外 6m	4.57	4.42	14.39	13.31
-19.35	边导线外 5m	5.27	5.03	15.07	13.86
-18.35	边导线外 4m	6.03	5.68	15.72	14.38
-17.35	边导线外 3m	6.82	6.34	16.33	14.85
-16.35	边导线外 2m	7.63	7.01	16.86	15.25
-15.35	边导线外 1m	8.41	7.64	17.27	15.55
-14.35	边导线下	9.12	8.21	17.52	15.72
-14	边导线内	9.34	8.39	17.57	15.75
-13	边导线内	9.87	8.82	17.54	15.71
-12	边导线内	10.22	9.11	17.27	15.49
-11	边导线内	10.36	9.26	16.76	15.1
-10	边导线内	10.31	9.27	16.04	14.56
-9	边导线内	10.09	9.14	15.13	13.89
-8	边导线内	9.73	8.92	14.11	13.13
-7	边导线内	9.3	8.64	13.03	12.32
-6	边导线内	8.85	8.33	11.95	11.53
-5	边导线内	8.42	8.02	10.96	10.79
-4	边导线内	8.06	7.76	10.09	10.16
-3	边导线内	7.78	7.56	9.43	9.68
-2	边导线内	7.62	7.44	9.02	9.38
-1	边导线内	7.57	7.41	8.9	9.3
0	边导线内	7.64	7.46	9.09	9.43
1	边导线内	7.83	7.6	9.55	9.77
2	边导线内	8.13	7.82	10.26	10.28
3	边导线内	8.51	8.09	11.16	10.94
4	边导线内	8.95	8.4	12.18	11.69
5	边导线内	9.4	8.7	13.25	12.49
6	边导线内	9.82	8.98	14.33	13.28
7	边导线内	10.15	9.18	15.33	14.03
8	边导线内	10.34	9.28	16.19	14.67
9	边导线内	10.35	9.24	16.87	15.18
10	边导线内	10.15	9.06	17.32	15.52
11	边导线内	9.76	8.73	17.52	15.7
11.47	边导线下	9.51	8.53	17.54	15.72
12.47	边导线外 1m	8.88	8.02	17.41	15.64
13.47	边导线外 2m	8.14	7.42	17.10	15.42
14.47	边导线外 3m	7.34	6.77	16.64	15.08
15.47	边导线外 4m	6.53	6.10	16.08	14.66
16.47	边导线外 5m	5.74	5.44	15.45	14.17
17.47	边导线外 6m	5.00	4.80	14.79	13.63
18.47	边导线外 7m	4.31	4.20	14.11	13.08

19.47	边导线外 8m	3.70	3.65	13.44	12.52
20.47	边导线外 9m	3.15	3.15	12.78	11.97
21.47	边导线外 10m	2.66	2.70	12.15	11.42
22.47	边导线外 11m	2.24	2.30	11.55	10.90
23.47	边导线外 12m	1.88	1.95	10.97	10.39
24.47	边导线外 13m	1.58	1.65	10.43	9.91
25.47	边导线外 14m	1.31	1.39	9.91	9.45
26.47	边导线外 15m	1.10	1.16	9.43	9.01
27.47	边导线外 16m	0.92	0.97	8.98	8.60
28.47	边导线外 17m	0.78	0.81	8.55	8.21
29.47	边导线外 18m	0.67	0.69	8.15	7.84
30.47	边导线外 19m	0.59	0.59	7.77	7.49
31.47	边导线外 20m	0.55	0.52	7.42	7.16
32.47	边导线外 21m	0.52	0.47	7.08	6.85
33.47	边导线外 22m	0.51	0.45	6.77	6.56
34.47	边导线外 23m	0.52	0.44	6.47	6.28
35.47	边导线外 24m	0.53	0.44	6.20	6.02
36.47	边导线外 25m	0.54	0.46	5.94	5.78
37.47	边导线外 26m	0.56	0.47	5.69	5.54
38.47	边导线外 27m	0.57	0.49	5.46	5.32
39.47	边导线外 28m	0.59	0.50	5.24	5.11
40.47	边导线外 29m	0.60	0.52	5.03	4.92
41.47	边导线外 30m	0.61	0.53	4.84	4.73
42.47	边导线外 31m	0.62	0.55	4.65	4.55
43.47	边导线外 32m	0.62	0.56	4.47	4.38
44.47	边导线外 33m	0.63	0.57	4.31	4.22
45.47	边导线外 34m	0.63	0.57	4.15	4.07
46.47	边导线外 35m	0.64	0.58	4.00	3.93
47.47	边导线外 36m	0.64	0.58	3.86	3.79
48.47	边导线外 37m	0.64	0.58	3.72	3.66
49.47	边导线外 38m	0.63	0.59	3.59	3.54
50.47	边导线外 39m	0.63	0.59	3.47	3.42
51.47	边导线外 40m	0.63	0.58	3.36	3.31
52.47	边导线外 41m	0.62	0.58	3.25	3.20
53.47	边导线外 42m	0.62	0.58	3.14	3.10
54.47	边导线外 43m	0.61	0.58	3.04	3.00
55.47	边导线外 44m	0.61	0.57	2.94	2.90
56.47	边导线外 45m	0.60	0.57	2.85	2.81
57.47	边导线外 46m	0.59	0.56	2.76	2.73
58.47	边导线外 47m	0.59	0.56	2.68	2.65
59.47	边导线外 48m	0.58	0.55	2.60	2.57
60.47	边导线外 49m	0.57	0.55	2.52	2.49
61.47	边导线外 50m	0.56	0.54	2.45	2.42
最大值		10.36	9.28	17.57	15.75
最大值处距线路走廊中心距离 (m)		-11	8	-14	-14

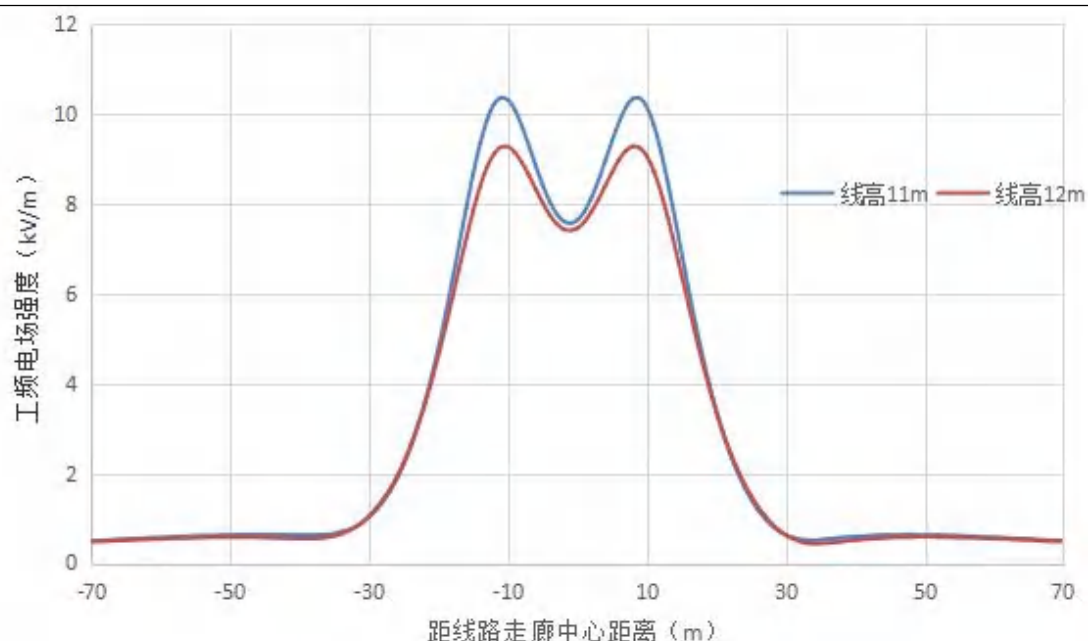


图 6.1-28 500kV 同塔双回线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

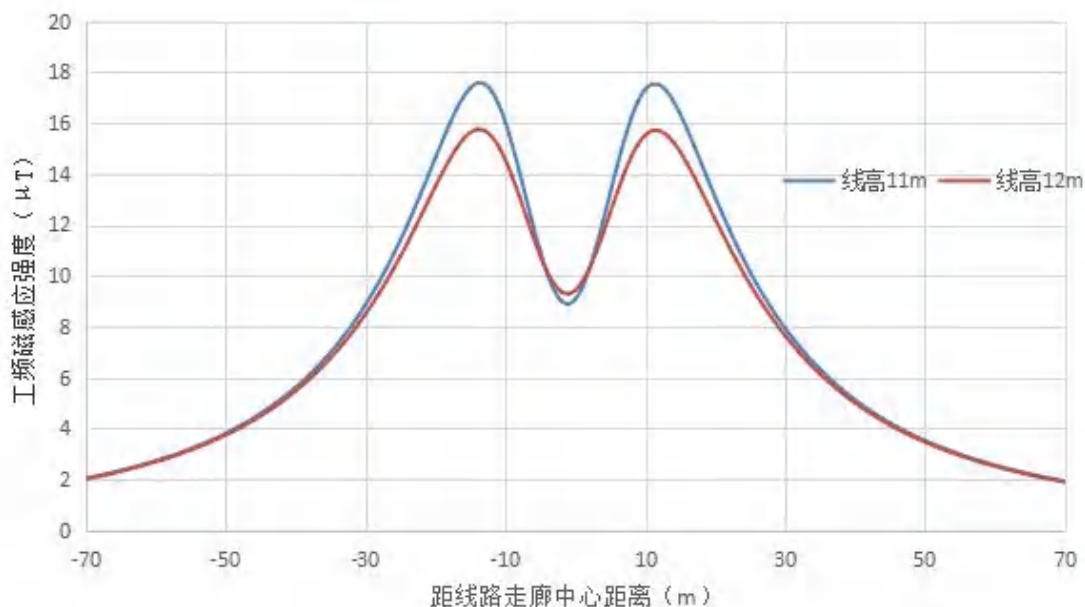


图 6.1-29 500kV 同塔双回线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路同塔双回段线路导线最低对地高度为 11m、采用 5D2W2-JD 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.36kV/m，出现在距线路走廊中心-11m 处，不满足工频电场强度 10kV/m 的公众暴露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外-13 m、11m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 17.57μT，出现在距线路走廊中心-14m 处，可满足工频磁感应强度 100μT 的限值要求。当导线对地高度达到 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值

为 9.28 kV/m，出现在距线路走廊中心 8m 处；1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 15.75 μ T，出现在线路走廊中心-14m 处，可满足地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

6.1.4.2.4 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）单回水平排列线路预测评价

（1）模式计算预测结果

本项目 500kV 单回水平排列线路段在地面 1.5m、地面 4.5m、地面 7.5m、地面 10.5m、地面 13.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-44 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路电磁环境预测结果（距地面 1.5m 高处） 单位：kV/m、μT

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）																					
线间距离（m）		16.9+16.9																					
预测点高度（m）		地面 1.5m																					
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）											工频磁感应强度（μT）										
0	边导线内	9.72	8.31	6.19	5.38	4.7	4.11	3.62	3.19	2.82	2.5	2.22	81.41	73.61	61.28	56.29	51.88	47.96	44.45	41.29	38.43	35.85	33.49
1	边导线内	9.6	8.22	6.14	5.34	4.67	4.1	3.61	3.18	2.82	2.5	2.22	81.29	73.54	61.25	56.26	51.86	47.94	44.43	41.27	38.42	35.83	33.47
2	边导线内	9.25	7.96	6	5.24	4.59	4.04	3.57	3.16	2.81	2.5	2.23	80.96	73.33	61.15	56.19	51.8	47.88	44.37	41.22	38.36	35.78	33.42
3	边导线内	8.73	7.58	5.78	5.08	4.48	3.97	3.52	3.13	2.79	2.5	2.24	80.47	73.03	61	56.06	51.69	47.78	44.28	41.12	38.27	35.69	33.34
4	边导线内	8.09	7.1	5.53	4.9	4.35	3.88	3.47	3.1	2.79	2.51	2.26	79.91	72.67	60.8	55.9	51.54	47.64	44.14	40.99	38.15	35.57	33.22
5	边导线内	7.42	6.61	5.26	4.71	4.23	3.8	3.42	3.09	2.79	2.53	2.29	79.35	72.29	60.57	55.69	51.35	47.46	43.97	40.82	37.98	35.41	33.07
6	边导线内	6.82	6.16	5.04	4.56	4.13	3.75	3.4	3.09	2.82	2.57	2.34	78.86	71.93	60.32	55.46	51.12	47.24	43.75	40.61	37.78	35.21	32.88
7	边导线内	6.37	5.85	4.9	4.48	4.09	3.74	3.42	3.13	2.87	2.63	2.42	78.49	71.62	60.05	55.19	50.85	46.97	43.49	40.36	37.53	34.98	32.66
8	边导线内	6.18	5.72	4.87	4.49	4.13	3.79	3.49	3.21	2.95	2.72	2.51	78.24	71.36	59.75	54.88	50.54	46.65	43.18	40.05	37.24	34.7	32.39
9	边导线内	6.28	5.83	4.98	4.6	4.24	3.91	3.61	3.33	3.07	2.83	2.62	78.11	71.13	59.42	54.52	50.16	46.28	42.81	39.7	36.9	34.37	32.09
10	边导线内	6.67	6.15	5.22	4.81	4.43	4.09	3.77	3.48	3.21	2.97	2.74	78.06	70.91	59.02	54.09	49.73	45.84	42.38	39.28	36.5	34	31.74

11	边导线内	7.28	6.65	5.56	5.1	4.68	4.3	3.96	3.65	3.37	3.11	2.88	78	70.64	58.54	53.58	49.2	45.33	41.88	38.81	36.05	33.58	31.34
12	边导线内	8.03	7.25	5.96	5.43	4.96	4.55	4.18	3.84	3.54	3.27	3.02	77.84	70.24	57.94	52.96	48.58	44.72	41.31	38.26	35.54	33.1	30.9
13	边导线内	8.82	7.87	6.38	5.78	5.26	4.8	4.39	4.03	3.71	3.42	3.16	77.47	69.63	57.19	52.2	47.85	44.02	40.65	37.65	34.97	32.57	30.41
14	边导线内	9.57	8.47	6.77	6.11	5.54	5.04	4.6	4.22	3.88	3.57	3.3	76.74	68.74	56.24	51.29	46.98	43.22	39.9	36.96	34.33	31.99	29.87
15	边导线内	10.2	8.98	7.12	6.4	5.78	5.25	4.79	4.38	4.02	3.7	3.42	75.53	67.49	55.08	50.21	45.98	42.3	39.06	36.19	33.63	31.35	29.29
16	边导线内	10.6 6	9.35	7.38	6.63	5.98	5.43	4.94	4.52	4.15	3.82	3.52	73.76	65.83	53.69	48.94	44.84	41.27	38.13	35.35	32.87	30.66	28.66
16.9	边导线下	10.8 9	9.55	7.54	6.77	6.11	5.54	5.05	4.62	4.24	3.90	3.60	71.64	63.97	52.24	47.66	43.70	40.25	37.21	34.53	32.13	29.99	28.06
17.9	边导线外 1m	10.9 2	9.61	7.62	6.85	6.19	5.62	5.13	4.69	4.31	3.97	3.67	68.75	61.52	50.42	46.07	42.30	39.02	36.12	33.55	31.26	29.21	27.35
18.9	边导线外 2m	10.7 3	9.49	7.59	6.84	6.20	5.64	5.16	4.73	4.35	4.02	3.71	65.37	58.72	48.41	44.34	40.80	37.70	34.96	32.52	30.34	28.38	26.61
19.9	边导线外 3m	10.3 5	9.23	7.46	6.76	6.15	5.62	5.15	4.73	4.36	4.03	3.73	61.65	55.67	46.26	42.49	39.20	36.30	33.73	31.44	29.38	27.52	25.84
20.9	边导线外 4m	9.82	8.84	7.26	6.61	6.04	5.54	5.09	4.69	4.34	4.02	3.73	57.73	52.47	44.01	40.57	37.54	34.86	32.46	30.32	28.39	26.64	25.05
21.9	边导线外 5m	9.19	8.37	6.98	6.40	5.88	5.41	5.00	4.63	4.29	3.98	3.71	53.77	49.21	41.70	38.60	35.84	33.38	31.17	29.17	27.37	25.73	24.24
22.9	边导线外 6m	8.51	7.84	6.65	6.14	5.68	5.26	4.87	4.53	4.21	3.93	3.67	49.89	45.98	39.40	36.62	34.13	31.88	29.86	28.02	26.34	24.82	23.42
23.9	边导线外 7m	7.82	7.28	6.29	5.85	5.44	5.07	4.72	4.41	4.12	3.85	3.60	46.18	42.86	37.13	34.66	32.43	30.40	28.55	26.86	25.31	23.90	22.59
24.9	边导线外	7.13	6.72	5.92	5.54	5.19	4.86	4.55	4.26	4.00	3.75	3.53	42.70	39.89	34.93	32.75	30.76	28.93	27.25	25.71	24.29	22.98	21.77

	8m																						
25.9	边导线外9m	6.48	6.17	5.53	5.22	4.92	4.63	4.36	4.11	3.87	3.64	3.44	39.46	37.10	32.82	30.91	29.13	27.49	25.98	24.57	23.27	22.07	20.95
26.9	边导线外10m	5.88	5.65	5.15	4.90	4.65	4.40	4.17	3.94	3.73	3.52	3.33	36.49	34.50	30.82	29.14	27.57	26.11	24.74	23.47	22.28	21.17	20.14
27.9	边导线外11m	5.32	5.17	4.79	4.58	4.37	4.17	3.96	3.77	3.58	3.40	3.22	33.78	32.10	28.93	27.46	26.08	24.77	23.54	22.39	21.31	20.30	19.35
28.9	边导线外12m	4.82	4.71	4.43	4.27	4.10	3.93	3.76	3.59	3.42	3.26	3.11	31.31	29.89	27.16	25.88	24.66	23.50	22.40	21.36	20.37	19.45	18.57
29.9	边导线外13m	4.36	4.30	4.10	3.98	3.84	3.70	3.56	3.41	3.27	3.13	2.99	29.07	27.86	25.52	24.39	23.32	22.28	21.30	20.36	19.47	18.62	17.82
30.9	边导线外14m	3.95	3.93	3.79	3.70	3.59	3.48	3.36	3.24	3.11	2.99	2.87	27.04	26.01	23.98	23.00	22.05	21.13	20.25	19.40	18.60	17.83	17.09
31.9	边导线外15m	3.59	3.58	3.50	3.44	3.35	3.26	3.17	3.06	2.96	2.85	2.75	25.20	24.32	22.56	21.70	20.86	20.04	19.26	18.49	17.76	17.06	16.39
32.9	边导线外16m	3.26	3.28	3.24	3.19	3.13	3.06	2.98	2.90	2.81	2.72	2.63	23.53	22.77	21.25	20.49	19.75	19.02	18.31	17.63	16.97	16.33	15.72
33.9	边导线外17m	2.97	3.00	2.99	2.96	2.92	2.87	2.80	2.74	2.66	2.58	2.51	22.01	21.36	20.03	19.36	18.71	18.06	17.42	16.81	16.21	15.63	15.07
34.9	边导线外18m	2.71	2.75	2.77	2.75	2.72	2.68	2.64	2.58	2.52	2.46	2.39	20.63	20.06	18.90	18.31	17.73	17.15	16.58	16.03	15.49	14.96	14.45
35.9	边导线外19m	2.47	2.52	2.56	2.56	2.54	2.51	2.48	2.43	2.39	2.33	2.27	19.37	18.88	17.86	17.34	16.82	16.30	15.79	15.29	14.80	14.32	13.85
36.9	边导线外20m	2.26	2.32	2.37	2.38	2.37	2.35	2.33	2.30	2.26	2.21	2.16	18.21	17.79	16.89	16.43	15.97	15.51	15.05	14.60	14.15	13.71	13.29

37.9	边导线外 21m	2.08	2.13	2.20	2.21	2.21	2.20	2.19	2.16	2.13	2.10	2.06	17.16	16.79	16.00	15.59	15.18	14.76	14.35	13.94	13.53	13.14	12.75
38.9	边导线外 22m	1.91	1.97	2.04	2.06	2.07	2.07	2.06	2.04	2.02	1.99	1.96	16.20	15.87	15.17	14.80	14.43	14.06	13.69	13.32	12.95	12.59	12.23
39.9	边导线外 23m	1.76	1.82	1.90	1.92	1.93	1.94	1.93	1.92	1.91	1.89	1.86	15.31	15.02	14.40	14.07	13.74	13.41	13.07	12.73	12.40	12.07	11.74
40.9	边导线外 24m	1.62	1.68	1.76	1.79	1.81	1.82	1.82	1.81	1.80	1.79	1.77	14.49	14.24	13.68	13.39	13.09	12.79	12.49	12.18	11.88	11.57	11.27
41.9	边导线外 25m	1.50	1.56	1.64	1.67	1.69	1.70	1.71	1.71	1.70	1.69	1.68	13.74	13.51	13.02	12.75	12.49	12.21	11.94	11.66	11.38	11.11	10.83
42.9	边导线外 26m	1.39	1.45	1.53	1.56	1.59	1.60	1.61	1.61	1.61	1.60	1.59	13.05	12.84	12.40	12.16	11.92	11.67	11.42	11.17	10.92	10.66	10.41
43.9	边导线外 27m	1.29	1.34	1.43	1.46	1.49	1.50	1.52	1.52	1.52	1.52	1.51	12.40	12.22	11.82	11.61	11.39	11.16	10.94	10.71	10.47	10.24	10.01
44.9	边导线外 28m	1.20	1.25	1.34	1.37	1.40	1.42	1.43	1.44	1.44	1.44	1.44	11.80	11.64	11.28	11.09	10.89	10.69	10.48	10.27	10.06	9.84	9.63
45.9	边导线外 29m	1.12	1.17	1.25	1.28	1.31	1.33	1.35	1.36	1.37	1.37	1.37	11.25	11.10	10.78	10.60	10.42	10.24	10.05	9.86	9.66	9.46	9.27
46.9	边导线外 30m	1.04	1.09	1.17	1.21	1.23	1.26	1.27	1.29	1.29	1.30	1.30	10.73	10.60	10.30	10.15	9.98	9.81	9.64	9.46	9.29	9.11	8.92
47.9	边导线外 31m	0.97	1.02	1.10	1.13	1.16	1.18	1.20	1.22	1.23	1.23	1.24	10.25	10.13	9.86	9.72	9.57	9.42	9.26	9.10	8.93	8.76	8.60
48.9	边导线外 32m	0.91	0.96	1.03	1.07	1.09	1.12	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	9.80	9.69	9.45	9.32	9.18	9.04	8.89	8.75	8.59	8.44	8.29
49.9	边导线外	0.85	0.90	0.97	1.00	1.03	1.06	1.07	1.09	1.10	1.11	1.12	9.38	9.28	9.06	8.94	8.81	8.68	8.55	8.41	8.28	8.13	7.99

	33m																						
50.9	边导线外 34m	0.80	0.84	0.92	0.95	0.97	1.00	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07	8.99	8.90	8.69	8.58	8.47	8.35	8.23	8.10	7.97	7.84	7.71
51.9	边导线外 35m	0.75	0.79	0.86	0.89	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.01	1.02	8.62	8.53	8.35	8.25	8.14	8.03	7.92	7.80	7.69	7.56	7.44
52.9	边导线外 36m	0.71	0.74	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	8.27	8.19	8.03	7.93	7.84	7.73	7.63	7.52	7.41	7.30	7.19
53.9	边导线外 37m	0.66	0.70	0.77	0.80	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	7.95	7.88	7.72	7.63	7.54	7.45	7.36	7.26	7.15	7.05	6.94
54.9	边导线外 38m	0.63	0.66	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	7.64	7.57	7.43	7.35	7.27	7.18	7.09	7.00	6.91	6.81	6.71
55.9	边导线外 39m	0.59	0.63	0.69	0.71	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	7.35	7.29	7.16	7.09	7.01	6.93	6.85	6.76	6.67	6.58	6.49
56.9	边导线外 40m	0.56	0.59	0.65	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.80	7.08	7.02	6.90	6.83	6.76	6.69	6.61	6.53	6.45	6.37	6.28
57.9	边导线外 41m	0.53	0.56	0.62	0.64	0.67	0.69	0.71	0.72	0.74	0.75	0.77	6.82	6.77	6.65	6.59	6.53	6.46	6.39	6.31	6.24	6.16	6.08
58.9	边导线外 42m	0.50	0.53	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.72	0.73	6.57	6.53	6.42	6.37	6.30	6.24	6.17	6.11	6.03	5.96	5.89
59.9	边导线外 43m	0.47	0.50	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.67	0.69	0.70	6.34	6.30	6.20	6.15	6.09	6.03	5.97	5.91	5.84	5.77	5.70
60.9	边导线外 44m	0.45	0.48	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.67	6.13	6.09	5.99	5.94	5.89	5.84	5.78	5.72	5.66	5.59	5.53
61.9	边导线外 45m	0.43	0.45	0.50	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	5.92	5.88	5.80	5.75	5.70	5.65	5.60	5.54	5.48	5.42	5.36
62.9	边导	0.41	0.43	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	5.72	5.69	5.61	5.56	5.52	5.47	5.42	5.37	5.31	5.26	5.20

	线外 46m																						
63.9	边导线外 47m	0.39	0.41	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	5.53	5.50	5.43	5.39	5.34	5.30	5.25	5.20	5.15	5.10	5.05
64.9	边导线外 48m	0.37	0.39	0.43	0.46	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	5.36	5.33	5.26	5.22	5.18	5.14	5.09	5.05	5.00	4.95	4.90
65.9	边导线外 49m	0.35	0.37	0.42	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	5.19	5.16	5.09	5.06	5.02	4.98	4.94	4.90	4.85	4.81	4.76
66.9	边导线外 50m	0.33	0.36	0.40	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.49	0.51	0.52	5.02	5.00	4.94	4.90	4.87	4.83	4.79	4.75	4.71	4.67	4.62
最大值		10.9 2	9.61	7.62	6.85	6.2	5.64	5.16	4.73	4.36	4.03	3.74	81.41	73.61	61.28	56.29	51.88	47.96	44.45	41.29	38.43	35.85	33.49
最大值处距线路走廊中心距离(m)		17.9	17.9	18	18	19	19	19	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-45 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路电磁环境预测结果（距地面 4.5m 高处） 单位：kV/m、μT

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）																	
线间距离（m）		16.9+16.9																	
预测点高度（m）		地面 4.5m																	
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）									工频磁感应强度（μT）								
0	边导线内	7.77	6.72	5.85	5.12	4.51	3.98	3.53	3.14	2.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96	44.45	41.29
1	边导线内	7.71	6.68	5.82	5.1	4.49	3.97	3.52	3.14	2.8	81.29	73.54	66.94	61.25	56.26	51.86	47.94	44.43	41.27
2	边导线内	7.55	6.56	5.74	5.04	4.45	3.95	3.51	3.13	2.8	80.96	73.33	66.81	61.15	56.19	51.8	47.88	44.37	41.22

3	边导线内	7.3	6.38	5.61	4.96	4.39	3.91	3.49	3.12	2.8	80.47	73.03	66.6	61	56.06	51.69	47.78	44.28	41.12
4	边导线内	7	6.17	5.46	4.85	4.33	3.87	3.47	3.12	2.81	79.91	72.67	66.35	60.8	55.9	51.54	47.64	44.14	40.99
5	边导线内	6.7	5.96	5.32	4.76	4.27	3.84	3.46	3.12	2.83	79.35	72.29	66.07	60.57	55.69	51.35	47.46	43.97	40.82
6	边导线内	6.45	5.79	5.2	4.69	4.23	3.82	3.46	3.15	2.86	78.86	71.93	65.78	60.32	55.46	51.12	47.24	43.75	40.61
7	边导线内	6.28	5.68	5.14	4.66	4.23	3.84	3.5	3.19	2.91	78.49	71.62	65.5	60.05	55.19	50.85	46.97	43.49	40.36
8	边导线内	6.23	5.66	5.15	4.68	4.27	3.89	3.56	3.25	2.98	78.24	71.36	65.22	59.75	54.88	50.54	46.65	43.18	40.05
9	边导线内	6.31	5.74	5.23	4.77	4.35	3.98	3.64	3.34	3.07	78.11	71.13	64.93	59.42	54.52	50.16	46.28	42.81	39.7
10	边导线内	6.51	5.92	5.39	4.91	4.49	4.1	3.76	3.45	3.17	78.06	70.91	64.6	59.02	54.09	49.73	45.84	42.38	39.28
11	边导线内	6.83	6.18	5.61	5.1	4.65	4.25	3.9	3.58	3.29	78	70.64	64.19	58.54	53.58	49.2	45.33	41.88	38.81
12	边导线内	7.21	6.49	5.87	5.32	4.84	4.42	4.04	3.71	3.41	77.84	70.24	63.66	57.94	52.96	48.58	44.72	41.31	38.26
13	边导线内	7.62	6.82	6.14	5.55	5.04	4.59	4.19	3.84	3.53	77.47	69.63	62.94	57.19	52.2	47.85	44.02	40.65	37.65
14	边导线内	8.02	7.14	6.4	5.77	5.22	4.75	4.34	3.97	3.65	76.74	68.74	62	56.24	51.29	46.98	43.22	39.9	36.96
15	边导线内	8.36	7.41	6.63	5.96	5.39	4.9	4.47	4.09	3.76	75.53	67.49	60.78	55.08	50.21	45.98	42.3	39.06	36.19
16	边导线内	8.6	7.62	6.8	6.11	5.52	5.01	4.57	4.19	3.85	73.76	65.83	59.25	53.69	48.94	44.84	41.27	38.13	35.35
16.9	边导线下	8.72	7.72	6.89	6.19	5.60	5.09	4.64	4.25	3.91	71.64	63.97	57.61	52.24	47.66	43.70	40.25	37.21	34.53
17.9	边导线外1m	8.72	7.74	6.92	6.23	5.64	5.13	4.69	4.30	3.96	68.75	61.52	55.50	50.42	46.07	42.30	39.02	36.12	33.55
18.9	边导线外2m	8.59	7.66	6.87	6.21	5.64	5.14	4.70	4.32	3.98	65.37	58.72	53.15	48.41	44.34	40.80	37.70	34.96	32.52
19.9	边导线外3m	8.34	7.48	6.75	6.13	5.58	5.10	4.69	4.31	3.98	61.65	55.67	50.61	46.26	42.49	39.20	36.30	33.73	31.44

20.9	边导线 外 4m	7.99	7.23	6.57	5.99	5.48	5.03	4.63	4.28	3.96	57.73	52.47	47.94	44.01	40.57	37.54	34.86	32.46	30.32
21.9	边导线 外 5m	7.58	6.92	6.33	5.81	5.34	4.92	4.55	4.22	3.92	53.77	49.21	45.22	41.70	38.60	35.84	33.38	31.17	29.17
22.9	边导线 外 6m	7.13	6.56	6.05	5.59	5.17	4.79	4.45	4.13	3.85	49.89	45.98	42.50	39.40	36.62	34.13	31.88	29.86	28.02
23.9	边导线 外 7m	6.66	6.19	5.75	5.34	4.97	4.63	4.32	4.03	3.77	46.18	42.86	39.85	37.13	34.66	32.43	30.40	28.55	26.86
24.9	边导线 外 8m	6.19	5.80	5.43	5.08	4.76	4.45	4.17	3.91	3.67	42.70	39.89	37.30	34.93	32.75	30.76	28.93	27.25	25.71
25.9	边导线 外 9m	5.73	5.42	5.11	4.81	4.53	4.27	4.02	3.78	3.56	39.46	37.10	34.88	32.82	30.91	29.13	27.49	25.98	24.57
26.9	边导线 外 10m	5.29	5.04	4.79	4.54	4.30	4.07	3.85	3.64	3.44	36.49	34.50	32.60	30.82	29.14	27.57	26.11	24.74	23.47
27.9	边导线 外 11m	4.88	4.68	4.48	4.27	4.07	3.87	3.68	3.49	3.32	33.78	32.10	30.48	28.93	27.46	26.08	24.77	23.54	22.39
28.9	边导线 外 12m	4.49	4.34	4.18	4.01	3.84	3.67	3.51	3.34	3.19	31.31	29.89	28.50	27.16	25.88	24.66	23.50	22.40	21.36
29.9	边导线 外 13m	4.13	4.02	3.89	3.76	3.62	3.48	3.33	3.19	3.05	29.07	27.86	26.68	25.52	24.39	23.32	22.28	21.30	20.36
30.9	边导线 外 14m	3.80	3.72	3.63	3.52	3.41	3.29	3.16	3.04	2.92	27.04	26.01	24.99	23.98	23.00	22.05	21.13	20.25	19.40
31.9	边导线 外 15m	3.50	3.45	3.37	3.29	3.20	3.10	3.00	2.89	2.79	25.20	24.32	23.44	22.56	21.70	20.86	20.04	19.26	18.49
32.9	边导线 外 16m	3.23	3.19	3.14	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	23.53	22.77	22.01	21.25	20.49	19.75	19.02	18.31	17.63
33.9	边导线 外 17m	2.98	2.96	2.92	2.88	2.82	2.75	2.68	2.61	2.53	22.01	21.36	20.70	20.03	19.36	18.71	18.06	17.42	16.81
34.9	边导线 外 18m	2.75	2.74	2.72	2.69	2.64	2.59	2.54	2.48	2.41	20.63	20.06	19.49	18.90	18.31	17.73	17.15	16.58	16.03
35.9	边导线 外 19m	2.54	2.54	2.53	2.51	2.48	2.44	2.40	2.35	2.29	19.37	18.88	18.37	17.86	17.34	16.82	16.30	15.79	15.29
36.9	边导线 外 20m	2.35	2.36	2.36	2.35	2.33	2.30	2.26	2.22	2.18	18.21	17.79	17.34	16.89	16.43	15.97	15.51	15.05	14.60
37.9	边导线 外 21m	2.18	2.19	2.20	2.20	2.18	2.16	2.14	2.10	2.07	17.16	16.79	16.40	16.00	15.59	15.18	14.76	14.35	13.94

38.9	边导线 外 22m	2.02	2.04	2.05	2.06	2.05	2.04	2.02	1.99	1.96	16.20	15.87	15.52	15.17	14.80	14.43	14.06	13.69	13.32
39.9	边导线 外 23m	1.88	1.90	1.92	1.93	1.93	1.92	1.91	1.89	1.86	15.31	15.02	14.71	14.40	14.07	13.74	13.41	13.07	12.73
40.9	边导线 外 24m	1.74	1.77	1.79	1.81	1.81	1.81	1.80	1.79	1.77	14.49	14.24	13.96	13.68	13.39	13.09	12.79	12.49	12.18
41.9	边导线 外 25m	1.62	1.66	1.68	1.69	1.70	1.70	1.70	1.69	1.68	13.74	13.51	13.27	13.02	12.75	12.49	12.21	11.94	11.66
42.9	边导线 外 26m	1.52	1.55	1.57	1.59	1.60	1.61	1.61	1.60	1.59	13.05	12.84	12.62	12.40	12.16	11.92	11.67	11.42	11.17
43.9	边导线 外 27m	1.41	1.45	1.47	1.49	1.51	1.52	1.52	1.52	1.51	12.40	12.22	12.02	11.82	11.61	11.39	11.16	10.94	10.71
44.9	边导线 外 28m	1.32	1.36	1.38	1.41	1.42	1.43	1.44	1.44	1.44	11.80	11.64	11.46	11.28	11.09	10.89	10.69	10.48	10.27
45.9	边导线 外 29m	1.24	1.27	1.30	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	1.36	11.25	11.10	10.94	10.78	10.60	10.42	10.24	10.05	9.86
46.9	边导线 外 30m	1.16	1.19	1.22	1.25	1.26	1.28	1.29	1.29	1.30	10.73	10.60	10.46	10.30	10.15	9.98	9.81	9.64	9.46
47.9	边导线 外 31m	1.09	1.12	1.15	1.17	1.19	1.21	1.22	1.23	1.23	10.25	10.13	10.00	9.86	9.72	9.57	9.42	9.26	9.10
48.9	边导线 外 32m	1.02	1.06	1.08	1.11	1.13	1.14	1.16	1.17	1.17	9.80	9.69	9.57	9.45	9.32	9.18	9.04	8.89	8.75
49.9	边导线 外 33m	0.96	0.99	1.02	1.05	1.07	1.08	1.10	1.11	1.12	9.38	9.28	9.17	9.06	8.94	8.81	8.68	8.55	8.41
50.9	边导线 外 34m	0.91	0.94	0.97	0.99	1.01	1.03	1.04	1.05	1.06	8.99	8.90	8.80	8.69	8.58	8.47	8.35	8.23	8.10
51.9	边导线 外 35m	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.01	8.62	8.53	8.44	8.35	8.25	8.14	8.03	7.92	7.80
52.9	边导线 外 36m	0.81	0.84	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	8.27	8.19	8.11	8.03	7.93	7.84	7.73	7.63	7.52
53.9	边导线 外 37m	0.76	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	7.95	7.88	7.80	7.72	7.63	7.54	7.45	7.36	7.26
54.9	边导线 外 38m	0.72	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	7.64	7.57	7.50	7.43	7.35	7.27	7.18	7.09	7.00
55.9	边导线 外 39m	0.68	0.71	0.73	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	7.35	7.29	7.23	7.16	7.09	7.01	6.93	6.85	6.76

56.9	边导线 外 40m	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	7.08	7.02	6.96	6.90	6.83	6.76	6.69	6.61	6.53
57.9	边导线 外 41m	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.76	6.82	6.77	6.71	6.65	6.59	6.53	6.46	6.39	6.31
58.9	边导线 外 42m	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.70	0.72	0.73	6.57	6.53	6.48	6.42	6.37	6.30	6.24	6.17	6.11
59.9	边导线 外 43m	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67	0.68	0.70	6.34	6.30	6.25	6.20	6.15	6.09	6.03	5.97	5.91
60.9	边导线 外 44m	0.52	0.55	0.57	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	0.67	6.13	6.09	6.04	5.99	5.94	5.89	5.84	5.78	5.72
61.9	边导线 外 45m	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	5.92	5.88	5.84	5.80	5.75	5.70	5.65	5.60	5.54
62.9	边导线 外 46m	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	5.72	5.69	5.65	5.61	5.56	5.52	5.47	5.42	5.37
63.9	边导线 外 47m	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	5.53	5.50	5.47	5.43	5.39	5.34	5.30	5.25	5.20
64.9	边导线 外 48m	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	5.36	5.33	5.29	5.26	5.22	5.18	5.14	5.09	5.05
65.9	边导线 外 49m	0.41	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	5.19	5.16	5.13	5.09	5.06	5.02	4.98	4.94	4.90
66.9	边导线 外 50m	0.39	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	0.52	5.02	5.00	4.97	4.94	4.90	4.87	4.83	4.79	4.75
最大值		8.72	7.74	6.92	6.23	5.64	5.14	4.7	4.32	3.98	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96	44.45	41.29
最大值处距线路 走廊中心距离 (m)		17	17.9	18	18	18	19	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-46 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路工频电场强度预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位: kV/m

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）										
线间距离（m）		16.9+16.9										
预测点高度（m）		地面 7.5m										
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
距线路中心 距离（m）	距线路边导线距离 （m）	工频电场强度（kV/m）										
0	边导线内	11.52	9.72	8.32	7.2	6.29	5.52	4.88	4.34	3.87	3.46	3.11
1	边导线内	11.4	9.64	8.27	7.17	6.26	5.51	4.87	4.33	3.87	3.46	3.11
2	边导线内	11.05	9.43	8.13	7.08	6.2	5.47	4.85	4.31	3.86	3.46	3.11
3	边导线内	10.57	9.12	7.93	6.94	6.11	5.41	4.81	4.29	3.84	3.46	3.12
4	边导线内	10.03	8.76	7.69	6.78	6	5.34	4.76	4.27	3.83	3.46	3.12
5	边导线内	9.52	8.42	7.46	6.62	5.9	5.27	4.73	4.25	3.83	3.46	3.14
6	边导线内	9.1	8.13	7.26	6.5	5.82	5.23	4.7	4.24	3.84	3.48	3.16
7	边导线内	8.82	7.94	7.14	6.42	5.78	5.21	4.7	4.26	3.86	3.51	3.2
8	边导线内	8.7	7.87	7.1	6.4	5.78	5.22	4.73	4.29	3.9	3.55	3.25
9	边导线内	8.76	7.92	7.16	6.46	5.84	5.28	4.79	4.35	3.96	3.61	3.3
10	边导线内	8.98	8.1	7.3	6.58	5.94	5.38	4.87	4.43	4.04	3.69	3.37
11	边导线内	9.36	8.39	7.52	6.76	6.09	5.5	4.98	4.53	4.12	3.77	3.45
12	边导线内	9.86	8.76	7.8	6.97	6.26	5.64	5.1	4.63	4.22	3.86	3.53
13	边导线内	10.43	9.17	8.1	7.21	6.44	5.79	5.23	4.74	4.32	3.94	3.61
14	边导线内	11.01	9.56	8.39	7.42	6.62	5.93	5.35	4.84	4.41	4.02	3.69
15	边导线内	11.49	9.89	8.63	7.6	6.76	6.05	5.45	4.93	4.48	4.09	3.75
16	边导线内	11.8	10.1	8.77	7.71	6.85	6.12	5.51	4.99	4.54	4.15	3.8
16.9	边导线下	11.85	10.13	8.80	7.74	6.88	6.15	5.55	5.02	4.58	4.18	3.84
17.9	边导线外 1m	11.64	10.00	8.71	7.69	6.84	6.14	5.54	5.03	4.59	4.20	3.86
18.9	边导线外 2m	11.16	9.68	8.50	7.54	6.74	6.07	5.49	5.00	4.57	4.19	3.86
19.9	边导线外 3m	10.49	9.22	8.18	7.31	6.57	5.95	5.41	4.94	4.53	4.16	3.84
20.9	边导线外 4m	9.72	8.67	7.78	7.01	6.35	5.78	5.28	4.84	4.45	4.11	3.80
21.9	边导线外 5m	8.91	8.07	7.33	6.67	6.09	5.58	5.12	4.72	4.36	4.04	3.75
22.9	边导线外 6m	8.12	7.46	6.85	6.30	5.80	5.35	4.94	4.58	4.25	3.95	3.68

23.9	边导线外 7m	7.37	6.86	6.38	5.92	5.49	5.10	4.74	4.42	4.12	3.84	3.59
24.9	边导线外 8m	6.69	6.30	5.91	5.54	5.18	4.85	4.53	4.24	3.97	3.72	3.49
25.9	边导线外 9m	6.07	5.77	5.47	5.17	4.87	4.59	4.31	4.06	3.82	3.59	3.39
26.9	边导线外 10m	5.51	5.29	5.05	4.81	4.57	4.33	4.10	3.87	3.66	3.46	3.27
27.9	边导线外 11m	5.01	4.85	4.67	4.47	4.27	4.08	3.88	3.69	3.50	3.32	3.15
28.9	边导线外 12m	4.56	4.44	4.31	4.16	4.00	3.83	3.67	3.50	3.34	3.18	3.03
29.9	边导线外 13m	4.16	4.08	3.98	3.86	3.73	3.60	3.46	3.32	3.18	3.04	2.91
30.9	边导线外 14m	3.80	3.75	3.68	3.59	3.49	3.38	3.26	3.14	3.02	2.90	2.79
31.9	边导线外 15m	3.48	3.45	3.40	3.33	3.25	3.17	3.07	2.97	2.87	2.77	2.66
32.9	边导线外 16m	3.19	3.18	3.15	3.10	3.04	2.97	2.89	2.81	2.72	2.64	2.55
33.9	边导线外 17m	2.93	2.93	2.92	2.88	2.84	2.79	2.72	2.66	2.58	2.51	2.43
34.9	边导线外 18m	2.70	2.71	2.70	2.69	2.65	2.61	2.56	2.51	2.45	2.38	2.32
35.9	边导线外 19m	2.49	2.51	2.51	2.50	2.48	2.45	2.41	2.37	2.32	2.26	2.21
36.9	边导线外 20m	2.30	2.33	2.34	2.33	2.32	2.30	2.27	2.24	2.20	2.15	2.10
37.9	边导线外 21m	2.13	2.16	2.17	2.18	2.17	2.16	2.14	2.11	2.08	2.04	2.00
38.9	边导线外 22m	1.98	2.01	2.03	2.04	2.04	2.03	2.02	2.00	1.97	1.94	1.91
39.9	边导线外 23m	1.83	1.87	1.89	1.90	1.91	1.91	1.90	1.89	1.87	1.84	1.81
40.9	边导线外 24m	1.71	1.74	1.77	1.78	1.79	1.80	1.79	1.78	1.77	1.75	1.73
41.9	边导线外 25m	1.59	1.62	1.65	1.67	1.68	1.69	1.69	1.69	1.68	1.66	1.64
42.9	边导线外 26m	1.48	1.52	1.55	1.57	1.58	1.59	1.60	1.59	1.59	1.58	1.56
43.9	边导线外 27m	1.38	1.42	1.45	1.47	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.50	1.49
44.9	边导线外 28m	1.29	1.33	1.36	1.38	1.40	1.42	1.43	1.43	1.43	1.43	1.42
45.9	边导线外 29m	1.21	1.25	1.28	1.30	1.32	1.34	1.35	1.35	1.36	1.36	1.35
46.9	边导线外 30m	1.14	1.17	1.20	1.23	1.25	1.26	1.28	1.28	1.29	1.29	1.29
47.9	边导线外 31m	1.07	1.10	1.13	1.16	1.18	1.20	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23
48.9	边导线外 32m	1.00	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17
49.9	边导线外 33m	0.94	0.98	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11
50.9	边导线外 34m	0.89	0.92	0.95	0.98	1.00	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.06
51.9	边导线外 35m	0.84	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02
52.9	边导线外 36m	0.79	0.82	0.85	0.87	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97

53.9	边导线外 37m	0.75	0.78	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93
54.9	边导线外 38m	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88	0.89
55.9	边导线外 39m	0.67	0.70	0.72	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
56.9	边导线外 40m	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81
57.9	边导线外 41m	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.77
58.9	边导线外 42m	0.57	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74
59.9	边导线外 43m	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.66	0.68	0.69	0.70	0.71
60.9	边导线外 44m	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.67	0.68
61.9	边导线外 45m	0.49	0.51	0.54	0.56	0.57	0.59	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65
62.9	边导线外 46m	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.61	0.62	0.63
63.9	边导线外 47m	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59	0.60
64.9	边导线外 48m	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58
65.9	边导线外 49m	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55
66.9	边导线外 50m	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53
最大值		11.85	10.13	8.8	7.74	6.88	6.15	5.55	5.03	4.59	4.2	3.86
最大值处距线路走廊中心距离(m)		16.9	17	17	17	17	17	17	18	18	18	19

表 6.1-47 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路工频磁感应强度预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位：μT

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）										
线间距离（m）		16.9+16.9										
预测点高度（m）		地面 7.5m										
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
距线路中心 距离（m）	距线路边导线距离 （m）	工频磁感应强度（μT）										
0	边导线内	117.43	102.45	90.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96	44.45
1	边导线内	116.75	102.09	90.6	81.29	73.54	66.94	61.25	56.26	51.86	47.94	44.43
2	边导线内	114.89	101.08	90.04	80.96	73.33	66.81	61.15	56.19	51.8	47.88	44.37
3	边导线内	112.32	99.65	89.22	80.47	73.03	66.6	61	56.06	51.69	47.78	44.28
4	边导线内	109.58	98.07	88.29	79.91	72.67	66.35	60.8	55.9	51.54	47.64	44.14
5	边导线内	107.1	96.6	87.4	79.35	72.29	66.07	60.57	55.69	51.35	47.46	43.97

6	边导线内	105.19	95.43	86.67	78.86	71.93	65.78	60.32	55.46	51.12	47.24	43.75
7	边导线内	104.02	94.68	86.16	78.49	71.62	65.5	60.05	55.19	50.85	46.97	43.49
8	边导线内	103.63	94.4	85.92	78.24	71.36	65.22	59.75	54.88	50.54	46.65	43.18
9	边导线内	104.02	94.57	85.92	78.11	71.13	64.93	59.42	54.52	50.16	46.28	42.81
10	边导线内	105.12	95.14	86.12	78.06	70.91	64.6	59.02	54.09	49.73	45.84	42.38
11	边导线内	106.8	95.99	86.41	78	70.64	64.19	58.54	53.58	49.2	45.33	41.88
12	边导线内	108.82	96.93	86.67	77.84	70.24	63.66	57.94	52.96	48.58	44.72	41.31
13	边导线内	110.84	97.7	86.71	77.47	69.63	62.94	57.19	52.2	47.85	44.02	40.65
14	边导线内	112.36	97.98	86.32	76.74	68.74	62	56.24	51.29	46.98	43.22	39.9
15	边导线内	112.75	97.4	85.3	75.53	67.49	60.78	55.08	50.21	45.98	42.3	39.06
16	边导线内	111.4	95.66	83.47	73.76	65.83	59.25	53.69	48.94	44.84	41.27	38.13
16.9	边导线下	108.38	92.95	81.07	71.64	63.97	57.61	52.24	47.66	43.70	40.25	37.21
17.9	边导线外 1m	103.01	88.70	77.60	68.75	61.52	55.50	50.42	46.07	42.30	39.02	36.12
18.9	边导线外 2m	95.99	83.39	73.43	65.37	58.72	53.15	48.41	44.34	40.80	37.70	34.96
19.9	边导线外 3m	88.03	77.41	68.78	61.65	55.67	50.61	46.26	42.49	39.20	36.30	33.73
20.9	边导线外 4m	79.83	71.18	63.89	57.73	52.47	47.94	44.01	40.57	37.54	34.86	32.46
21.9	边导线外 5m	71.94	65.03	59.01	53.77	49.21	45.22	41.70	38.60	35.84	33.38	31.17
22.9	边导线外 6m	64.67	59.20	54.28	49.89	45.98	42.50	39.40	36.62	34.13	31.88	29.86
23.9	边导线外 7m	58.13	53.82	49.83	46.18	42.86	39.85	37.13	34.66	32.43	30.40	28.55
24.9	边导线外 8m	52.35	48.95	45.72	42.70	39.89	37.30	34.93	32.75	30.76	28.93	27.25
25.9	边导线外 9m	47.28	44.59	41.97	39.46	37.10	34.88	32.82	30.91	29.13	27.49	25.98
26.9	边导线外 10m	42.86	40.70	38.57	36.49	34.50	32.60	30.82	29.14	27.57	26.11	24.74
27.9	边导线外 11m	38.99	37.25	35.51	33.78	32.10	30.48	28.93	27.46	26.08	24.77	23.54
28.9	边导线外 12m	35.60	34.19	32.75	31.31	29.89	28.50	27.16	25.88	24.66	23.50	22.40
29.9	边导线外 13m	32.62	31.47	30.28	29.07	27.86	26.68	25.52	24.39	23.32	22.28	21.30
30.9	边导线外 14m	30.00	29.05	28.06	27.04	26.01	24.99	23.98	23.00	22.05	21.13	20.25
31.9	边导线外 15m	27.69	26.90	26.06	25.20	24.32	23.44	22.56	21.70	20.86	20.04	19.26
32.9	边导线外 16m	25.63	24.97	24.26	23.53	22.77	22.01	21.25	20.49	19.75	19.02	18.31
33.9	边导线外 17m	23.80	23.24	22.64	22.01	21.36	20.70	20.03	19.36	18.71	18.06	17.42
34.9	边导线外 18m	22.16	21.68	21.17	20.63	20.06	19.49	18.90	18.31	17.73	17.15	16.58

35.9	边导线外 19m	20.68	20.28	19.83	19.37	18.88	18.37	17.86	17.34	16.82	16.30	15.79
36.9	边导线外 20m	19.35	19.00	18.62	18.21	17.79	17.34	16.89	16.43	15.97	15.51	15.05
37.9	边导线外 21m	18.15	17.85	17.52	17.16	16.79	16.40	16.00	15.59	15.18	14.76	14.35
38.9	边导线外 22m	17.06	16.80	16.51	16.20	15.87	15.52	15.17	14.80	14.43	14.06	13.69
39.9	边导线外 23m	16.07	15.84	15.58	15.31	15.02	14.71	14.40	14.07	13.74	13.41	13.07
40.9	边导线外 24m	15.16	14.96	14.74	14.49	14.24	13.96	13.68	13.39	13.09	12.79	12.49
41.9	边导线外 25m	14.33	14.15	13.96	13.74	13.51	13.27	13.02	12.75	12.49	12.21	11.94
42.9	边导线外 26m	13.57	13.41	13.24	13.05	12.84	12.62	12.40	12.16	11.92	11.67	11.42
43.9	边导线外 27m	12.87	12.73	12.57	12.40	12.22	12.02	11.82	11.61	11.39	11.16	10.94
44.9	边导线外 28m	12.22	12.10	11.96	11.80	11.64	11.46	11.28	11.09	10.89	10.69	10.48
45.9	边导线外 29m	11.62	11.51	11.39	11.25	11.10	10.94	10.78	10.60	10.42	10.24	10.05
46.9	边导线外 30m	11.07	10.97	10.86	10.73	10.60	10.46	10.30	10.15	9.98	9.81	9.64
47.9	边导线外 31m	10.56	10.46	10.36	10.25	10.13	10.00	9.86	9.72	9.57	9.42	9.26
48.9	边导线外 32m	10.08	10.00	9.90	9.80	9.69	9.57	9.45	9.32	9.18	9.04	8.89
49.9	边导线外 33m	9.63	9.56	9.47	9.38	9.28	9.17	9.06	8.94	8.81	8.68	8.55
50.9	边导线外 34m	9.22	9.15	9.07	8.99	8.90	8.80	8.69	8.58	8.47	8.35	8.23
51.9	边导线外 35m	8.83	8.76	8.69	8.62	8.53	8.44	8.35	8.25	8.14	8.03	7.92
52.9	边导线外 36m	8.46	8.41	8.34	8.27	8.19	8.11	8.03	7.93	7.84	7.73	7.63
53.9	边导线外 37m	8.12	8.07	8.01	7.95	7.88	7.80	7.72	7.63	7.54	7.45	7.36
54.9	边导线外 38m	7.80	7.75	7.70	7.64	7.57	7.50	7.43	7.35	7.27	7.18	7.09
55.9	边导线外 39m	7.50	7.45	7.40	7.35	7.29	7.23	7.16	7.09	7.01	6.93	6.85
56.9	边导线外 40m	7.21	7.17	7.13	7.08	7.02	6.96	6.90	6.83	6.76	6.69	6.61
57.9	边导线外 41m	6.94	6.91	6.86	6.82	6.77	6.71	6.65	6.59	6.53	6.46	6.39
58.9	边导线外 42m	6.69	6.66	6.62	6.57	6.53	6.48	6.42	6.37	6.30	6.24	6.17
59.9	边导线外 43m	6.45	6.42	6.38	6.34	6.30	6.25	6.20	6.15	6.09	6.03	5.97
60.9	边导线外 44m	6.22	6.20	6.16	6.13	6.09	6.04	5.99	5.94	5.89	5.84	5.78
61.9	边导线外 45m	6.01	5.98	5.95	5.92	5.88	5.84	5.80	5.75	5.70	5.65	5.60
62.9	边导线外 46m	5.81	5.78	5.75	5.72	5.69	5.65	5.61	5.56	5.52	5.47	5.42
63.9	边导线外 47m	5.61	5.59	5.56	5.53	5.50	5.47	5.43	5.39	5.34	5.30	5.25
64.9	边导线外 48m	5.43	5.41	5.38	5.36	5.33	5.29	5.26	5.22	5.18	5.14	5.09

65.9	边导线外 49m	5.26	5.23	5.21	5.19	5.16	5.13	5.09	5.06	5.02	4.98	4.94
66.9	边导线外 50m	5.09	5.07	5.05	5.02	5.00	4.97	4.94	4.90	4.87	4.83	4.79
最大值		117.43	102.45	90.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96	44.45
最大值处距线路走廊中心距离(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-48 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路工频电场强度预测结果（距地面 10.5m 高处）单位：kV/m

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）												
线间距离（m）		16.9+16.9												
预测点高度（m）		地面 10.5m												
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
距线路中心 距离（m）	距线路边导线距离 （m）	工频电场强度（kV/m）												
0	边导线内	21.57	16.59	13.37	11.11	9.42	8.11	7.06	6.21	5.49	4.88	4.37	3.92	3.53
1	边导线内	20.81	16.25	13.2	11.01	9.36	8.08	7.04	6.19	5.48	4.88	4.37	3.92	3.53
2	边导线内	18.99	15.36	12.72	10.74	9.2	7.98	6.98	6.15	5.46	4.87	4.36	3.92	3.53
3	边导线内	16.91	14.23	12.08	10.36	8.97	7.83	6.89	6.1	5.42	4.84	4.35	3.91	3.54
4	边导线内	15.08	13.13	11.41	9.95	8.71	7.67	6.79	6.03	5.38	4.82	4.34	3.91	3.54
5	边导线内	13.66	12.2	10.81	9.57	8.47	7.51	6.69	5.97	5.35	4.8	4.33	3.91	3.55
6	边导线内	12.66	11.5	10.34	9.26	8.27	7.38	6.6	5.92	5.32	4.79	4.33	3.92	3.56
7	边导线内	12.04	11.05	10.04	9.05	8.13	7.3	6.56	5.9	5.31	4.8	4.34	3.94	3.58
8	边导线内	11.77	10.86	9.9	8.97	8.08	7.28	6.55	5.9	5.32	4.81	4.36	3.96	3.61
9	边导线内	11.83	10.91	9.95	9.01	8.12	7.31	6.58	5.93	5.36	4.85	4.4	4	3.65
10	边导线内	12.22	11.21	10.17	9.17	8.25	7.41	6.66	6	5.41	4.9	4.45	4.05	3.69
11	边导线内	12.95	11.75	10.56	9.45	8.44	7.55	6.77	6.08	5.49	4.96	4.5	4.1	3.74
12	边导线内	14.04	12.51	11.08	9.81	8.69	7.73	6.9	6.18	5.57	5.03	4.56	4.15	3.79
13	边导线内	15.51	13.48	11.71	10.22	8.97	7.92	7.04	6.29	5.65	5.09	4.62	4.2	3.83
14	边导线内	17.32	14.56	12.36	10.62	9.23	8.09	7.16	6.37	5.71	5.15	4.66	4.24	3.87
15	边导线内	19.26	15.58	12.92	10.95	9.42	8.22	7.24	6.44	5.76	5.19	4.7	4.27	3.9
16	边导线内	20.76	16.24	13.24	11.11	9.51	8.27	7.27	6.46	5.78	5.21	4.72	4.29	3.92
16.9	边导线下	21.06	16.29	13.22	11.07	9.47	8.23	7.24	6.43	5.76	5.20	4.71	4.29	3.93

17.9	边导线外 1m	19.87	15.63	12.81	10.79	9.27	8.08	7.14	6.36	5.71	5.16	4.69	4.28	3.92
18.9	边导线外 2m	17.62	14.39	12.05	10.29	8.93	7.84	6.96	6.23	5.61	5.09	4.63	4.24	3.89
19.9	边导线外 3m	15.13	12.89	11.09	9.64	8.48	7.52	6.72	6.05	5.48	4.98	4.55	4.18	3.85
20.9	边导线外 4m	12.88	11.38	10.06	8.92	7.95	7.13	6.43	5.83	5.31	4.85	4.45	4.10	3.79
21.9	边导线外 5m	11.00	10.01	9.05	8.18	7.40	6.72	6.11	5.58	5.12	4.70	4.33	4.01	3.71
22.9	边导线外 6m	9.47	8.81	8.13	7.47	6.85	6.29	5.78	5.32	4.90	4.53	4.20	3.90	3.62
23.9	边导线外 7m	8.23	7.78	7.30	6.80	6.32	5.86	5.43	5.04	4.68	4.35	4.05	3.78	3.53
24.9	边导线外 8m	7.21	6.91	6.56	6.19	5.81	5.45	5.09	4.76	4.45	4.16	3.89	3.65	3.42
25.9	边导线外 9m	6.37	6.17	5.92	5.64	5.35	5.06	4.77	4.49	4.22	3.97	3.73	3.51	3.30
26.9	边导线外 10m	5.66	5.53	5.36	5.15	4.92	4.69	4.45	4.22	3.99	3.77	3.57	3.37	3.18
27.9	边导线外 11m	5.07	4.98	4.86	4.71	4.54	4.35	4.16	3.96	3.77	3.58	3.40	3.23	3.06
28.9	边导线外 12m	4.56	4.51	4.43	4.31	4.18	4.04	3.88	3.72	3.56	3.40	3.24	3.09	2.94
29.9	边导线外 13m	4.12	4.09	4.04	3.96	3.86	3.75	3.62	3.49	3.35	3.22	3.08	2.95	2.82
30.9	边导线外 14m	3.74	3.73	3.70	3.64	3.57	3.48	3.38	3.27	3.16	3.05	2.93	2.81	2.70
31.9	边导线外 15m	3.40	3.41	3.40	3.36	3.31	3.24	3.16	3.07	2.98	2.88	2.78	2.68	2.58
32.9	边导线外 16m	3.11	3.13	3.12	3.10	3.07	3.02	2.95	2.88	2.81	2.72	2.64	2.55	2.46
33.9	边导线外 17m	2.85	2.87	2.88	2.87	2.85	2.81	2.76	2.71	2.64	2.58	2.50	2.43	2.35
34.9	边导线外 18m	2.62	2.65	2.66	2.66	2.65	2.62	2.59	2.54	2.49	2.44	2.38	2.31	2.24
35.9	边导线外 19m	2.41	2.44	2.46	2.47	2.47	2.45	2.43	2.39	2.35	2.30	2.25	2.20	2.14
36.9	边导线外 20m	2.22	2.26	2.29	2.30	2.30	2.29	2.27	2.25	2.22	2.18	2.14	2.09	2.04
37.9	边导线外 21m	2.06	2.10	2.12	2.14	2.15	2.15	2.14	2.12	2.09	2.06	2.03	1.99	1.95
38.9	边导线外 22m	1.91	1.95	1.98	2.00	2.01	2.01	2.01	1.99	1.98	1.95	1.92	1.89	1.86
39.9	边导线外 23m	1.77	1.81	1.84	1.87	1.88	1.89	1.89	1.88	1.87	1.85	1.83	1.80	1.77
40.9	边导线外 24m	1.65	1.69	1.72	1.75	1.76	1.77	1.78	1.77	1.76	1.75	1.73	1.71	1.69
41.9	边导线外 25m	1.53	1.57	1.61	1.63	1.65	1.67	1.67	1.67	1.67	1.66	1.65	1.63	1.61
42.9	边导线外 26m	1.43	1.47	1.51	1.53	1.55	1.57	1.58	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.53
43.9	边导线外 27m	1.34	1.38	1.41	1.44	1.46	1.48	1.49	1.49	1.50	1.49	1.49	1.48	1.46
44.9	边导线外 28m	1.25	1.29	1.32	1.35	1.38	1.39	1.41	1.41	1.42	1.42	1.41	1.41	1.39
45.9	边导线外 29m	1.17	1.21	1.24	1.27	1.30	1.31	1.33	1.34	1.34	1.35	1.34	1.34	1.33
46.9	边导线外 30m	1.10	1.14	1.17	1.20	1.22	1.24	1.26	1.27	1.27	1.28	1.28	1.28	1.27

47.9	边导线外 31m	1.03	1.07	1.10	1.13	1.15	1.17	1.19	1.20	1.21	1.22	1.22	1.22	1.21
48.9	边导线外 32m	0.97	1.01	1.04	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16
49.9	边导线外 33m	0.92	0.95	0.98	1.01	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11
50.9	边导线外 34m	0.86	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06
51.9	边导线外 35m	0.82	0.85	0.88	0.90	0.93	0.95	0.96	0.98	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01
52.9	边导线外 36m	0.77	0.80	0.83	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97
53.9	边导线外 37m	0.73	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93
54.9	边导线外 38m	0.69	0.72	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89
55.9	边导线外 39m	0.65	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85
56.9	边导线外 40m	0.62	0.65	0.67	0.69	0.72	0.73	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81
57.9	边导线外 41m	0.59	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	0.76	0.77	0.77	0.78
58.9	边导线外 42m	0.56	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75
59.9	边导线外 43m	0.53	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72
60.9	边导线外 44m	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69
61.9	边导线外 45m	0.48	0.50	0.53	0.55	0.56	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.65	0.65	0.66
62.9	边导线外 46m	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64
63.9	边导线外 47m	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61
64.9	边导线外 48m	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59
65.9	边导线外 49m	0.40	0.42	0.44	0.45	0.47	0.49	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.56	0.56
66.9	边导线外 50m	0.38	0.40	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54
最大值		21.57	16.59	13.37	11.11	9.51	8.27	7.27	6.46	5.78	5.21	4.72	4.29	3.93
最大值处距线路走廊中心距离(m)		0	0	0	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17

表 6.1-49 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路工频磁感应强度预测结果（距地面 10.5m 高处） 单位：μT

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）												
线间距离（m）		16.9+16.9												
预测点高度（m）		地面 10.5m												
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
距线路中心 距离（m）	距线路边导线距离 （m）	工频磁感应强度（μT）												
0	边导线内	212.24	166.63	137.62	117.43	102.45	90.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96
1	边导线内	205.65	163.83	136.29	116.75	102.09	90.6	81.29	73.54	66.94	61.25	56.26	51.86	47.94
2	边导线内	190.01	156.66	132.73	114.89	101.08	90.04	80.96	73.33	66.81	61.15	56.19	51.8	47.88
3	边导线内	172.53	147.7	128	112.32	99.65	89.22	80.47	73.03	66.6	61	56.06	51.69	47.78
4	边导线内	157.53	139.16	123.17	109.58	98.07	88.29	79.91	72.67	66.35	60.8	55.9	51.54	47.64
5	边导线内	146.31	132.21	118.99	107.1	96.6	87.4	79.35	72.29	66.07	60.57	55.69	51.35	47.46
6	边导线内	138.78	127.26	115.89	105.19	95.43	86.67	78.86	71.93	65.78	60.32	55.46	51.12	47.24
7	边导线内	134.5	124.37	114.02	104.02	94.68	86.16	78.49	71.62	65.5	60.05	55.19	50.85	46.97
8	边导线内	133.1	123.45	113.43	103.63	94.4	85.92	78.24	71.36	65.22	59.75	54.88	50.54	46.65
9	边导线内	134.37	124.4	114.09	104.02	94.57	85.92	78.11	71.13	64.93	59.42	54.52	50.16	46.28
10	边导线内	138.26	127.17	115.91	105.12	95.14	86.12	78.06	70.91	64.6	59.02	54.09	49.73	45.84
11	边导线内	144.89	131.7	118.79	106.8	95.99	86.41	78	70.64	64.19	58.54	53.58	49.2	45.33
12	边导线内	154.47	137.87	122.49	108.82	96.93	86.67	77.84	70.24	63.66	57.94	52.96	48.58	44.72
13	边导线内	167.1	145.34	126.59	110.84	97.7	86.71	77.47	69.63	62.94	57.19	52.2	47.85	44.02
14	边导线内	182.29	153.24	130.38	112.36	97.98	86.32	76.74	68.74	62	56.24	51.29	46.98	43.22
15	边导线内	197.7	159.81	132.78	112.75	97.4	85.3	75.53	67.49	60.78	55.08	50.21	45.98	42.3
16	边导线内	207.8	162.42	132.54	111.4	95.66	83.47	73.76	65.83	59.25	53.69	48.94	44.84	41.27
16.9	边导线下	206.17	159.29	129.28	108.38	92.95	81.07	71.64	63.97	57.61	52.24	47.66	43.70	40.25
17.9	边导线外 1m	190.14	149.26	122.21	103.01	88.70	77.60	68.75	61.52	55.50	50.42	46.07	42.30	39.02
18.9	边导线外 2m	165.08	134.43	112.39	95.99	83.39	73.43	65.37	58.72	53.15	48.41	44.34	40.80	37.70
19.9	边导线外 3m	139.10	118.00	101.28	88.03	77.41	68.78	61.65	55.67	50.61	46.26	42.49	39.20	36.30
20.9	边导线外 4m	116.46	102.37	90.15	79.83	71.18	63.89	57.73	52.47	47.94	44.01	40.57	37.54	34.86
21.9	边导线外 5m	98.08	88.64	79.83	71.94	65.03	59.01	53.77	49.21	45.22	41.70	38.60	35.84	33.38
22.9	边导线外 6m	83.45	77.01	70.65	64.67	59.20	54.28	49.89	45.98	42.50	39.40	36.62	34.13	31.88

23.9	边导线外 7m	71.83	67.33	62.68	58.13	53.82	49.83	46.18	42.86	39.85	37.13	34.66	32.43	30.40
24.9	边导线外 8m	62.51	59.28	55.84	52.35	48.95	45.72	42.70	39.89	37.30	34.93	32.75	30.76	28.93
25.9	边导线外 9m	54.94	52.58	49.98	47.28	44.59	41.97	39.46	37.10	34.88	32.82	30.91	29.13	27.49
26.9	边导线外 10m	48.73	46.95	44.96	42.86	40.70	38.57	36.49	34.50	32.60	30.82	29.14	27.57	26.11
27.9	边导线外 11m	43.56	42.20	40.65	38.99	37.25	35.51	33.78	32.10	30.48	28.93	27.46	26.08	24.77
28.9	边导线外 12m	39.21	38.15	36.93	35.60	34.19	32.75	31.31	29.89	28.50	27.16	25.88	24.66	23.50
29.9	边导线外 13m	35.51	34.68	33.70	32.62	31.47	30.28	29.07	27.86	26.68	25.52	24.39	23.32	22.28
30.9	边导线外 14m	32.34	31.67	30.89	30.00	29.05	28.06	27.04	26.01	24.99	23.98	23.00	22.05	21.13
31.9	边导线外 15m	29.60	29.06	28.41	27.69	26.90	26.06	25.20	24.32	23.44	22.56	21.70	20.86	20.04
32.9	边导线外 16m	27.22	26.77	26.24	25.63	24.97	24.26	23.53	22.77	22.01	21.25	20.49	19.75	19.02
33.9	边导线外 17m	25.12	24.75	24.30	23.80	23.24	22.64	22.01	21.36	20.70	20.03	19.36	18.71	18.06
34.9	边导线外 18m	23.27	22.96	22.59	22.16	21.68	21.17	20.63	20.06	19.49	18.90	18.31	17.73	17.15
35.9	边导线外 19m	21.63	21.37	21.05	20.68	20.28	19.83	19.37	18.88	18.37	17.86	17.34	16.82	16.30
36.9	边导线外 20m	20.16	19.94	19.67	19.35	19.00	18.62	18.21	17.79	17.34	16.89	16.43	15.97	15.51
37.9	边导线外 21m	18.85	18.66	18.42	18.15	17.85	17.52	17.16	16.79	16.40	16.00	15.59	15.18	14.76
38.9	边导线外 22m	17.66	17.50	17.30	17.06	16.80	16.51	16.20	15.87	15.52	15.17	14.80	14.43	14.06
39.9	边导线外 23m	16.59	16.45	16.27	16.07	15.84	15.58	15.31	15.02	14.71	14.40	14.07	13.74	13.41
40.9	边导线外 24m	15.62	15.50	15.34	15.16	14.96	14.74	14.49	14.24	13.96	13.68	13.39	13.09	12.79
41.9	边导线外 25m	14.74	14.63	14.49	14.33	14.15	13.96	13.74	13.51	13.27	13.02	12.75	12.49	12.21
42.9	边导线外 26m	13.93	13.83	13.71	13.57	13.41	13.24	13.05	12.84	12.62	12.40	12.16	11.92	11.67
43.9	边导线外 27m	13.19	13.10	12.99	12.87	12.73	12.57	12.40	12.22	12.02	11.82	11.61	11.39	11.16
44.9	边导线外 28m	12.50	12.43	12.33	12.22	12.10	11.96	11.80	11.64	11.46	11.28	11.09	10.89	10.69
45.9	边导线外 29m	11.88	11.81	11.72	11.62	11.51	11.39	11.25	11.10	10.94	10.78	10.60	10.42	10.24
46.9	边导线外 30m	11.30	11.23	11.16	11.07	10.97	10.86	10.73	10.60	10.46	10.30	10.15	9.98	9.81
47.9	边导线外 31m	10.76	10.70	10.64	10.56	10.46	10.36	10.25	10.13	10.00	9.86	9.72	9.57	9.42
48.9	边导线外 32m	10.26	10.21	10.15	10.08	10.00	9.90	9.80	9.69	9.57	9.45	9.32	9.18	9.04
49.9	边导线外 33m	9.80	9.75	9.70	9.63	9.56	9.47	9.38	9.28	9.17	9.06	8.94	8.81	8.68
50.9	边导线外 34m	9.37	9.32	9.27	9.22	9.15	9.07	8.99	8.90	8.80	8.69	8.58	8.47	8.35
51.9	边导线外 35m	8.96	8.93	8.88	8.83	8.76	8.69	8.62	8.53	8.44	8.35	8.25	8.14	8.03
52.9	边导线外 36m	8.59	8.55	8.51	8.46	8.41	8.34	8.27	8.19	8.11	8.03	7.93	7.84	7.73

53.9	边导线外 37m	8.23	8.20	8.16	8.12	8.07	8.01	7.95	7.88	7.80	7.72	7.63	7.54	7.45
54.9	边导线外 38m	7.90	7.87	7.84	7.80	7.75	7.70	7.64	7.57	7.50	7.43	7.35	7.27	7.18
55.9	边导线外 39m	7.59	7.57	7.53	7.50	7.45	7.40	7.35	7.29	7.23	7.16	7.09	7.01	6.93
56.9	边导线外 40m	7.30	7.28	7.25	7.21	7.17	7.13	7.08	7.02	6.96	6.90	6.83	6.76	6.69
57.9	边导线外 41m	7.02	7.00	6.98	6.94	6.91	6.86	6.82	6.77	6.71	6.65	6.59	6.53	6.46
58.9	边导线外 42m	6.77	6.74	6.72	6.69	6.66	6.62	6.57	6.53	6.48	6.42	6.37	6.30	6.24
59.9	边导线外 43m	6.52	6.50	6.48	6.45	6.42	6.38	6.34	6.30	6.25	6.20	6.15	6.09	6.03
60.9	边导线外 44m	6.29	6.27	6.25	6.22	6.20	6.16	6.13	6.09	6.04	5.99	5.94	5.89	5.84
61.9	边导线外 45m	6.07	6.05	6.03	6.01	5.98	5.95	5.92	5.88	5.84	5.80	5.75	5.70	5.65
62.9	边导线外 46m	5.86	5.85	5.83	5.81	5.78	5.75	5.72	5.69	5.65	5.61	5.56	5.52	5.47
63.9	边导线外 47m	5.66	5.65	5.63	5.61	5.59	5.56	5.53	5.50	5.47	5.43	5.39	5.34	5.30
64.9	边导线外 48m	5.48	5.46	5.45	5.43	5.41	5.38	5.36	5.33	5.29	5.26	5.22	5.18	5.14
65.9	边导线外 49m	5.30	5.29	5.27	5.26	5.23	5.21	5.19	5.16	5.13	5.09	5.06	5.02	4.98
66.9	边导线外 50m	5.13	5.12	5.11	5.09	5.07	5.05	5.02	5.00	4.97	4.94	4.90	4.87	4.83
最大值		212.24	166.63	137.62	117.43	102.45	90.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96
最大值处距线路走廊中心距离(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-50 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）线路工频电场强度预测结果（距地面 13.5m 高处） 单位：kV/m

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）															
线间距离（m）		16.9+16.9															
预测点高度（m）		地面 13.5m															
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）															
0	边导线内	149.11	49.75	29.76	21.13	16.28	13.16	10.97	9.34	8.07	7.06	6.23	5.53	4.95	4.44	4.01	3.63
1	边导线内	67.03	41.6	27.77	20.41	15.97	13	10.88	9.29	8.04	7.04	6.22	5.53	4.94	4.44	4.01	3.63
2	边导线内	36.92	30.46	23.71	18.7	15.15	12.58	10.65	9.15	7.96	6.99	6.19	5.51	4.93	4.44	4	3.63
3	边导线内	25.7	23.31	19.93	16.75	14.12	12.01	10.32	8.96	7.85	6.92	6.15	5.49	4.92	4.43	4	3.63
4	边导线内	20.15	19.01	17.12	15.05	13.11	11.41	9.96	8.75	7.72	6.84	6.1	5.46	4.9	4.42	4	3.63
5	边导线内	17.03	16.37	15.18	13.74	12.27	10.88	9.63	8.54	7.59	6.77	6.05	5.43	4.89	4.42	4	3.64
6	边导线内	15.2	14.76	13.92	12.83	11.64	10.47	9.37	8.37	7.49	6.7	6.01	5.41	4.88	4.42	4.01	3.65

7	边导线内	14.18	13.84	13.17	12.26	11.24	10.2	9.2	8.26	7.42	6.66	5.99	5.4	4.88	4.42	4.02	3.66
8	边导线内	13.75	13.46	12.85	12.02	11.07	10.09	9.12	8.22	7.4	6.65	5.99	5.41	4.89	4.44	4.03	3.67
9	边导线内	13.83	13.53	12.91	12.08	11.12	10.13	9.16	8.25	7.42	6.67	6.01	5.43	4.91	4.45	4.05	3.69
10	边导线内	14.4	14.06	13.36	12.43	11.38	10.31	9.29	8.34	7.49	6.72	6.05	5.46	4.94	4.48	4.07	3.72
11	边导线内	15.57	15.11	14.22	13.08	11.85	10.64	9.51	8.49	7.59	6.8	6.1	5.5	4.97	4.51	4.1	3.74
12	边导线内	17.55	16.85	15.59	14.07	12.53	11.09	9.8	8.68	7.71	6.88	6.16	5.54	5	4.53	4.12	3.76
13	边导线内	20.83	19.61	17.6	15.41	13.38	11.61	10.13	8.88	7.84	6.96	6.22	5.58	5.03	4.56	4.14	3.78
14	边导线内	26.6	24.01	20.4	17.06	14.32	12.15	10.44	9.06	7.94	7.02	6.25	5.6	5.05	4.57	4.16	3.8
15	边导线内	38.33	31.18	23.99	18.8	15.19	12.59	10.66	9.18	8	7.05	6.27	5.61	5.05	4.57	4.16	3.8
16	边导线内	70.7	41.75	27.47	20.11	15.71	12.81	10.74	9.19	7.99	7.03	6.24	5.59	5.03	4.56	4.15	3.8
16.9	边导线下	141.65	47.42	28.46	20.26	15.66	12.70	10.63	9.09	7.90	6.95	6.18	5.54	5.00	4.53	4.13	3.78
17.9	边导线外 1m	61.61	38.41	25.75	19.02	14.94	12.23	10.30	8.85	7.72	6.81	6.07	5.45	4.93	4.48	4.09	3.75
18.9	边导线外 2m	32.55	27.01	21.15	16.79	13.70	11.46	9.78	8.48	7.45	6.61	5.92	5.33	4.84	4.41	4.03	3.71
19.9	边导线外 3m	21.53	19.66	16.95	14.37	12.22	10.50	9.13	8.02	7.11	6.36	5.72	5.18	4.72	4.32	3.96	3.65
20.9	边导线外 4m	15.86	15.09	13.73	12.21	10.77	9.50	8.42	7.51	6.73	6.07	5.50	5.01	4.58	4.21	3.87	3.58
21.9	边导线外 5m	12.42	12.07	11.34	10.42	9.46	8.54	7.71	6.97	6.32	5.75	5.25	4.81	4.43	4.08	3.77	3.50
22.9	边导线外 6m	10.12	9.96	9.55	8.97	8.33	7.67	7.03	6.44	5.91	5.43	4.99	4.61	4.26	3.95	3.66	3.41
23.9	边导线外 7m	8.48	8.41	8.17	7.81	7.36	6.89	6.41	5.94	5.51	5.10	4.73	4.39	4.08	3.80	3.54	3.31
24.9	边导线外 8m	7.25	7.23	7.09	6.86	6.55	6.20	5.84	5.47	5.12	4.78	4.47	4.17	3.90	3.65	3.42	3.20
25.9	边导线外 9m	6.29	6.30	6.23	6.07	5.86	5.60	5.33	5.04	4.76	4.48	4.21	3.96	3.72	3.50	3.29	3.10
26.9	边导线外 10m	5.52	5.56	5.52	5.42	5.27	5.08	4.87	4.65	4.42	4.19	3.96	3.75	3.54	3.34	3.16	2.98
27.9	边导线外 11m	4.90	4.94	4.93	4.87	4.76	4.63	4.47	4.29	4.11	3.92	3.73	3.54	3.36	3.19	3.03	2.87
28.9	边导线外 12m	4.37	4.43	4.43	4.40	4.33	4.23	4.11	3.97	3.82	3.66	3.51	3.35	3.19	3.04	2.90	2.76
29.9	边导线外 13m	3.93	3.99	4.01	3.99	3.95	3.87	3.78	3.67	3.56	3.43	3.30	3.16	3.03	2.90	2.77	2.65
30.9	边导线外 14m	3.56	3.61	3.64	3.64	3.61	3.56	3.49	3.41	3.31	3.21	3.10	2.99	2.87	2.76	2.65	2.54
31.9	边导线外 15m	3.23	3.29	3.32	3.33	3.32	3.28	3.23	3.17	3.09	3.01	2.92	2.82	2.72	2.63	2.53	2.43
32.9	边导线外 16m	2.95	3.01	3.04	3.06	3.05	3.03	3.00	2.95	2.89	2.82	2.75	2.67	2.58	2.50	2.41	2.32
33.9	边导线外 17m	2.70	2.76	2.80	2.82	2.82	2.81	2.79	2.75	2.70	2.65	2.59	2.52	2.45	2.37	2.30	2.22
34.9	边导线外 18m	2.48	2.53	2.58	2.60	2.61	2.61	2.59	2.57	2.53	2.49	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19	2.13
35.9	边导线外 19m	2.28	2.34	2.38	2.41	2.42	2.43	2.42	2.40	2.37	2.34	2.30	2.25	2.20	2.15	2.09	2.03

36.9	边导线外 20m	2.11	2.16	2.20	2.23	2.25	2.26	2.26	2.25	2.23	2.20	2.17	2.13	2.09	2.04	1.99	1.94
37.9	边导线外 21m	1.95	2.00	2.05	2.08	2.10	2.11	2.11	2.11	2.09	2.07	2.05	2.02	1.98	1.94	1.90	1.86
38.9	边导线外 22m	1.81	1.86	1.90	1.94	1.96	1.97	1.98	1.98	1.97	1.96	1.94	1.91	1.88	1.85	1.81	1.78
39.9	边导线外 23m	1.68	1.73	1.77	1.81	1.83	1.85	1.86	1.86	1.86	1.85	1.83	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70
40.9	边导线外 24m	1.56	1.61	1.66	1.69	1.71	1.73	1.75	1.75	1.75	1.74	1.73	1.72	1.70	1.68	1.65	1.62
41.9	边导线外 25m	1.46	1.51	1.55	1.58	1.61	1.63	1.64	1.65	1.65	1.65	1.64	1.63	1.62	1.60	1.57	1.55
42.9	边导线外 26m	1.36	1.41	1.45	1.48	1.51	1.53	1.55	1.56	1.56	1.56	1.56	1.55	1.54	1.52	1.50	1.48
43.9	边导线外 27m	1.28	1.32	1.36	1.39	1.42	1.44	1.46	1.47	1.48	1.48	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.42
44.9	边导线外 28m	1.20	1.24	1.28	1.31	1.34	1.36	1.38	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36
45.9	边导线外 29m	1.12	1.16	1.20	1.23	1.26	1.28	1.30	1.31	1.32	1.33	1.33	1.33	1.33	1.32	1.31	1.30
46.9	边导线外 30m	1.05	1.09	1.13	1.16	1.19	1.21	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.27	1.26	1.26	1.25	1.24
47.9	边导线外 31m	0.99	1.03	1.06	1.09	1.12	1.14	1.16	1.18	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.20	1.20	1.19
48.9	边导线外 32m	0.93	0.97	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.14
49.9	边导线外 33m	0.88	0.92	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09
50.9	边导线外 34m	0.83	0.87	0.90	0.92	0.95	0.97	0.99	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
51.9	边导线外 35m	0.79	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
52.9	边导线外 36m	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.88	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96
53.9	边导线外 37m	0.70	0.73	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92
54.9	边导线外 38m	0.67	0.70	0.72	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.88	0.89
55.9	边导线外 39m	0.63	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85
56.9	边导线外 40m	0.60	0.63	0.65	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.81	0.82
57.9	边导线外 41m	0.57	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.78	0.79
58.9	边导线外 42m	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.75	0.75
59.9	边导线外 43m	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.73
60.9	边导线外 44m	0.49	0.51	0.54	0.56	0.58	0.59	0.61	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.70
61.9	边导线外 45m	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	0.64	0.64	0.65	0.66	0.67	0.67
62.9	边导线外 46m	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.63	0.64	0.65
63.9	边导线外 47m	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.62
64.9	边导线外 48m	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	0.58	0.59	0.59	0.60
65.9	边导线外 49m	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.48	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58

66.9	边导线外 50m	0.37	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54	0.55	0.56
最大值		149.11	49.75	29.76	21.13	16.28	13.16	10.97	9.34	8.07	7.06	6.27	5.61	5.05	4.57	4.16	3.8
最大值处距线路走廊中心距离 (m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	15

表 6.1-51 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）（水平排列）线路工频磁感应强度预测结果（距地面 13.5m 高处）单位：μT

塔型		5F1X3-Z2（水平排列）															
线间距离（m）		16.9+16.9															
预测点高度（m）		地面 13.5m															
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
距线路 中心距 离（m）	距线路边导线 距离（m）	工频磁感应强度（μT）															
0	边导线内	1459.04	488	294.65	212.24	166.63	137.62	117.43	102.45	90.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96
1	边导线内	658.21	409.52	275.83	205.65	163.83	136.29	116.75	102.09	90.6	81.29	73.54	66.94	61.25	56.26	51.86	47.94
2	边导线内	366.32	302.89	237.69	190.01	156.66	132.73	114.89	101.08	90.04	80.96	73.33	66.81	61.15	56.19	51.8	47.88
3	边导线内	259.06	235.33	202.8	172.53	147.7	128	112.32	99.65	89.22	80.47	73.03	66.6	61	56.06	51.69	47.78
4	边导线内	207.12	195.57	177.31	157.53	139.16	123.17	109.58	98.07	88.29	79.91	72.67	66.35	60.8	55.9	51.54	47.64
5	边导线内	178.68	171.86	160.2	146.31	132.21	118.99	107.1	96.6	87.4	79.35	72.29	66.07	60.57	55.69	51.35	47.46
6	边导线内	162.63	157.9	149.45	138.78	127.26	115.89	105.19	95.43	86.67	78.86	71.93	65.78	60.32	55.46	51.12	47.24
7	边导线内	154.27	150.48	143.55	134.5	124.37	114.02	104.02	94.68	86.16	78.49	71.62	65.5	60.05	55.19	50.85	46.97
8	边导线内	151.47	148	141.6	133.1	123.45	113.43	103.63	94.4	85.92	78.24	71.36	65.22	59.75	54.88	50.54	46.65
9	边导线内	153.4	149.8	143.16	134.37	124.4	114.09	104.02	94.57	85.92	78.11	71.13	64.93	59.42	54.52	50.16	46.28
10	边导线内	160.13	155.92	148.24	138.26	127.17	115.91	105.12	95.14	86.12	78.06	70.91	64.6	59.02	54.09	49.73	45.84
11	边导线内	172.61	167.07	157.23	144.89	131.7	118.79	106.8	95.99	86.41	78	70.64	64.19	58.54	53.58	49.2	45.33
12	边导线内	193.17	184.94	170.97	154.47	137.87	122.49	108.82	96.93	86.67	77.84	70.24	63.66	57.94	52.96	48.58	44.72
13	边导线内	226.92	212.84	190.77	167.1	145.34	126.59	110.84	97.7	86.71	77.47	69.63	62.94	57.19	52.2	47.85	44.02
14	边导线内	286.02	257.1	218.08	182.29	153.24	130.38	112.36	97.98	86.32	76.74	68.74	62	56.24	51.29	46.98	43.22
15	边导线内	406.17	328.89	252.41	197.7	159.81	132.78	112.75	97.4	85.3	75.53	67.49	60.78	55.08	50.21	45.98	42.3

16	边导线内	737.9	433.44	284.25	207.8	162.42	132.54	111.4	95.66	83.47	73.76	65.83	59.25	53.69	48.94	44.84	41.27
16.9	边导线下	1458.08	485.18	290.11	206.17	159.29	129.28	108.38	92.95	81.07	81.07	71.64	63.97	57.61	52.24	47.66	43.70
17.9	边导线外 1m	624.69	386.83	258.21	190.14	149.26	122.21	103.01	88.70	77.60	77.60	68.75	61.52	55.50	50.42	46.07	42.30
18.9	边导线外 2m	325.42	267.98	208.69	165.08	134.43	112.39	95.99	83.39	73.43	73.43	65.37	58.72	53.15	48.41	44.34	40.80
19.9	边导线外 3m	212.37	192.33	164.79	139.10	118.00	101.28	88.03	77.41	68.78	68.78	61.65	55.67	50.61	46.26	42.49	39.20
20.9	边导线外 4m	154.57	145.70	131.66	116.46	102.37	90.15	79.83	71.18	63.89	63.89	57.73	52.47	47.94	44.01	40.57	37.54
21.9	边导线外 5m	119.84	115.24	107.40	98.08	88.64	79.83	71.94	65.03	59.01	59.01	53.77	49.21	45.22	41.70	38.60	35.84
22.9	边导线外 6m	96.81	94.16	89.43	83.45	77.01	70.65	64.67	59.20	54.28	54.28	49.89	45.98	42.50	39.40	36.62	34.13
23.9	边导线外 7m	80.51	78.86	75.82	71.83	67.33	62.68	58.13	53.82	49.83	49.83	46.18	42.86	39.85	37.13	34.66	32.43
24.9	边导线外 8m	68.42	67.32	65.28	62.51	59.28	55.84	52.35	48.95	45.72	45.72	42.70	39.89	37.30	34.93	32.75	30.76
25.9	边导线外 9m	59.12	58.36	56.92	54.94	52.58	49.98	47.28	44.59	41.97	41.97	39.46	37.10	34.88	32.82	30.91	29.13
26.9	边导线外 10m	51.77	51.23	50.18	48.73	46.95	44.96	42.86	40.70	38.57	38.57	36.49	34.50	32.60	30.82	29.14	27.57
27.9	边导线外 11m	45.83	45.43	44.66	43.56	42.20	40.65	38.99	37.25	35.51	35.51	33.78	32.10	30.48	28.93	27.46	26.08
28.9	边导线外 12m	40.95	40.65	40.05	39.21	38.15	36.93	35.60	34.19	32.75	32.75	31.31	29.89	28.50	27.16	25.88	24.66
29.9	边导线外 13m	36.87	36.64	36.18	35.51	34.68	33.70	32.62	31.47	30.28	30.28	29.07	27.86	26.68	25.52	24.39	23.32
30.9	边导线外 14m	33.42	33.24	32.87	32.34	31.67	30.89	30.00	29.05	28.06	28.06	27.04	26.01	24.99	23.98	23.00	22.05
31.9	边导线外 15m	30.47	30.32	30.03	29.60	29.06	28.41	27.69	26.90	26.06	26.06	25.20	24.32	23.44	22.56	21.70	20.86
32.9	边导线外 16m	27.93	27.80	27.57	27.22	26.77	26.24	25.63	24.97	24.26	24.26	23.53	22.77	22.01	21.25	20.49	19.75
33.9	边导线外 17m	25.71	25.61	25.41	25.12	24.75	24.30	23.80	23.24	22.64	22.64	22.01	21.36	20.70	20.03	19.36	18.71
34.9	边导线外 18m	23.76	23.68	23.51	23.27	22.96	22.59	22.16	21.68	21.17	21.17	20.63	20.06	19.49	18.90	18.31	17.73
35.9	边导线外 19m	22.04	21.97	21.83	21.63	21.37	21.05	20.68	20.28	19.83	19.83	19.37	18.88	18.37	17.86	17.34	16.82
36.9	边导线外 20m	20.51	20.45	20.34	20.16	19.94	19.67	19.35	19.00	18.62	18.62	18.21	17.79	17.34	16.89	16.43	15.97
37.9	边导线外 21m	19.15	19.10	19.00	18.85	18.66	18.42	18.15	17.85	17.52	17.52	17.16	16.79	16.40	16.00	15.59	15.18
38.9	边导线外 22m	17.92	17.88	17.79	17.66	17.50	17.30	17.06	16.80	16.51	16.51	16.20	15.87	15.52	15.17	14.80	14.43
39.9	边导线外 23m	16.82	16.78	16.70	16.59	16.45	16.27	16.07	15.84	15.58	15.58	15.31	15.02	14.71	14.40	14.07	13.74
40.9	边导线外 24m	15.81	15.78	15.72	15.62	15.50	15.34	15.16	14.96	14.74	14.74	14.49	14.24	13.96	13.68	13.39	13.09
41.9	边导线外 25m	14.91	14.88	14.82	14.74	14.63	14.49	14.33	14.15	13.96	13.96	13.74	13.51	13.27	13.02	12.75	12.49
42.9	边导线外 26m	14.08	14.05	14.00	13.93	13.83	13.71	13.57	13.41	13.24	13.24	13.05	12.84	12.62	12.40	12.16	11.92
43.9	边导线外 27m	13.32	13.29	13.25	13.19	13.10	12.99	12.87	12.73	12.57	12.57	12.40	12.22	12.02	11.82	11.61	11.39
44.9	边导线外 28m	12.62	12.60	12.56	12.50	12.43	12.33	12.22	12.10	11.96	11.96	11.80	11.64	11.46	11.28	11.09	10.89

45.9	边导线外 29m	11.98	11.96	11.93	11.88	11.81	11.72	11.62	11.51	11.39	11.39	11.25	11.10	10.94	10.78	10.60	10.42
46.9	边导线外 30m	11.39	11.37	11.34	11.30	11.23	11.16	11.07	10.97	10.86	10.86	10.73	10.60	10.46	10.30	10.15	9.98
47.9	边导线外 31m	10.84	10.83	10.80	10.76	10.70	10.64	10.56	10.46	10.36	10.36	10.25	10.13	10.00	9.86	9.72	9.57
48.9	边导线外 32m	10.34	10.32	10.30	10.26	10.21	10.15	10.08	10.00	9.90	9.90	9.80	9.69	9.57	9.45	9.32	9.18
49.9	边导线外 33m	9.86	9.85	9.83	9.80	9.75	9.70	9.63	9.56	9.47	9.47	9.38	9.28	9.17	9.06	8.94	8.81
50.9	边导线外 34m	9.43	9.42	9.40	9.37	9.32	9.27	9.22	9.15	9.07	9.07	8.99	8.90	8.80	8.69	8.58	8.47
51.9	边导线外 35m	9.02	9.01	8.99	8.96	8.93	8.88	8.83	8.76	8.69	8.69	8.62	8.53	8.44	8.35	8.25	8.14
52.9	边导线外 36m	8.64	8.63	8.61	8.59	8.55	8.51	8.46	8.41	8.34	8.34	8.27	8.19	8.11	8.03	7.93	7.84
53.9	边导线外 37m	8.28	8.27	8.26	8.23	8.20	8.16	8.12	8.07	8.01	8.01	7.95	7.88	7.80	7.72	7.63	7.54
54.9	边导线外 38m	7.94	7.94	7.92	7.90	7.87	7.84	7.80	7.75	7.70	7.70	7.64	7.57	7.50	7.43	7.35	7.27
55.9	边导线外 39m	7.63	7.62	7.61	7.59	7.57	7.53	7.50	7.45	7.40	7.40	7.35	7.29	7.23	7.16	7.09	7.01
56.9	边导线外 40m	7.34	7.33	7.32	7.30	7.28	7.25	7.21	7.17	7.13	7.13	7.08	7.02	6.96	6.90	6.83	6.76
57.9	边导线外 41m	7.06	7.05	7.04	7.02	7.00	6.98	6.94	6.91	6.86	6.86	6.82	6.77	6.71	6.65	6.59	6.53
58.9	边导线外 42m	6.80	6.79	6.78	6.77	6.74	6.72	6.69	6.66	6.62	6.62	6.57	6.53	6.48	6.42	6.37	6.30
59.9	边导线外 43m	6.55	6.54	6.53	6.52	6.50	6.48	6.45	6.42	6.38	6.38	6.34	6.30	6.25	6.20	6.15	6.09
60.9	边导线外 44m	6.31	6.31	6.30	6.29	6.27	6.25	6.22	6.20	6.16	6.16	6.13	6.09	6.04	5.99	5.94	5.89
61.9	边导线外 45m	6.09	6.09	6.08	6.07	6.05	6.03	6.01	5.98	5.95	5.95	5.92	5.88	5.84	5.80	5.75	5.70
62.9	边导线外 46m	5.88	5.88	5.87	5.86	5.85	5.83	5.81	5.78	5.75	5.75	5.72	5.69	5.65	5.61	5.56	5.52
63.9	边导线外 47m	5.69	5.68	5.67	5.66	5.65	5.63	5.61	5.59	5.56	5.56	5.53	5.50	5.47	5.43	5.39	5.34
64.9	边导线外 48m	5.50	5.49	5.49	5.48	5.46	5.45	5.43	5.41	5.38	5.38	5.36	5.33	5.29	5.26	5.22	5.18
65.9	边导线外 49m	5.32	5.31	5.31	5.30	5.29	5.27	5.26	5.23	5.21	5.21	5.19	5.16	5.13	5.09	5.06	5.02
66.9	边导线外 50m	5.15	5.14	5.14	5.13	5.12	5.11	5.09	5.07	5.05	5.05	5.02	5.00	4.97	4.94	4.90	4.87
最大值		1459.04	488	294.65	212.24	166.63	137.62	117.43	102.45	90.8	81.41	73.61	66.99	61.28	56.29	51.88	47.96
最大值处距线路走廊中心 距离(m)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
注：导线对地高度 14m，预测点距地面 13.5m，预测点位距离导线仅 0.5m，发生畸变导致预测值高。实际建设过程中，线路与房屋距离远大于该距离。																	

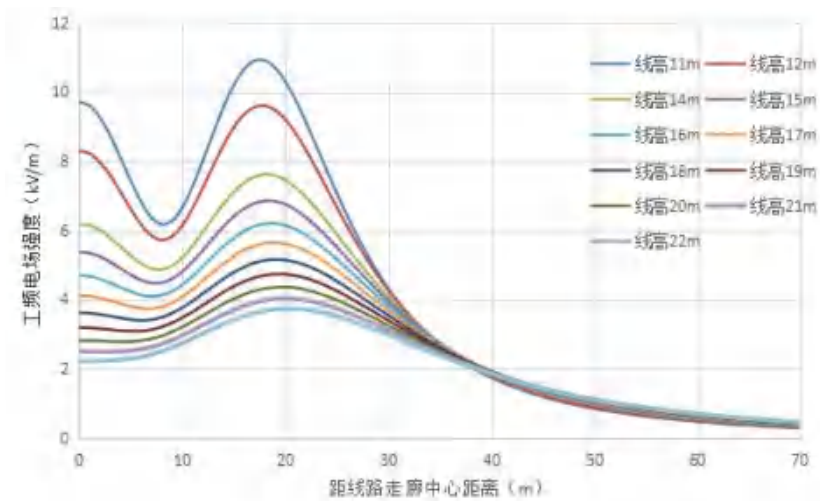


图 6.1-30 单回（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

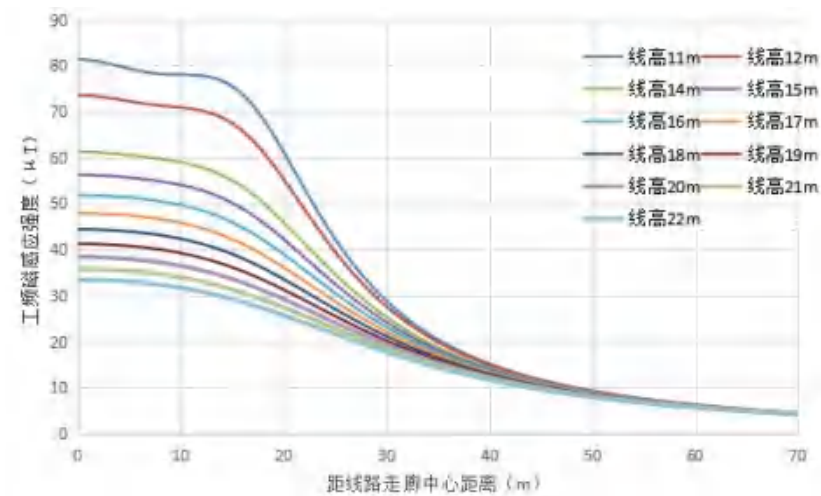


图 6.1-31 单回（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

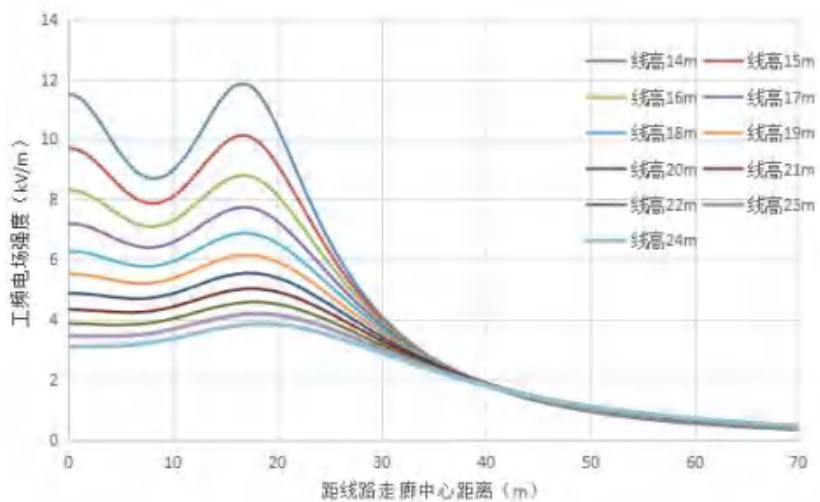


图 6.1-32 单回（水平排列）线路距地面 4.5m 高处工频电场预测图

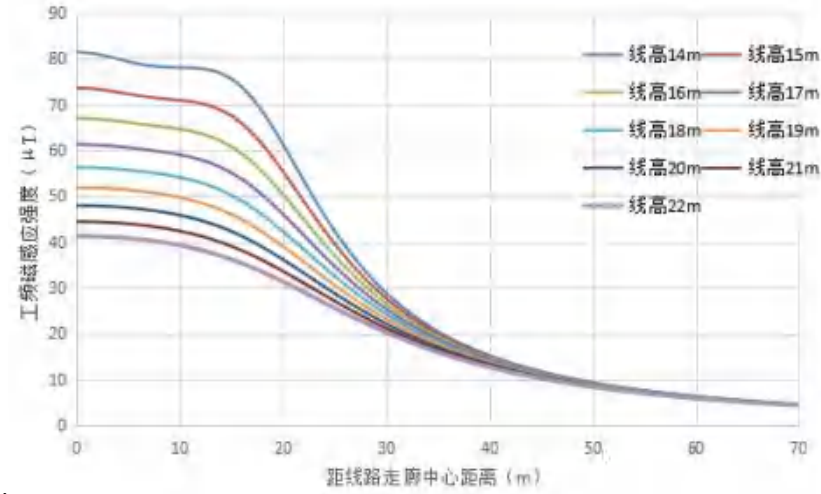


图 6.1-33 单回（水平排列）线路距地面 4.5m 高处工频磁场预测图

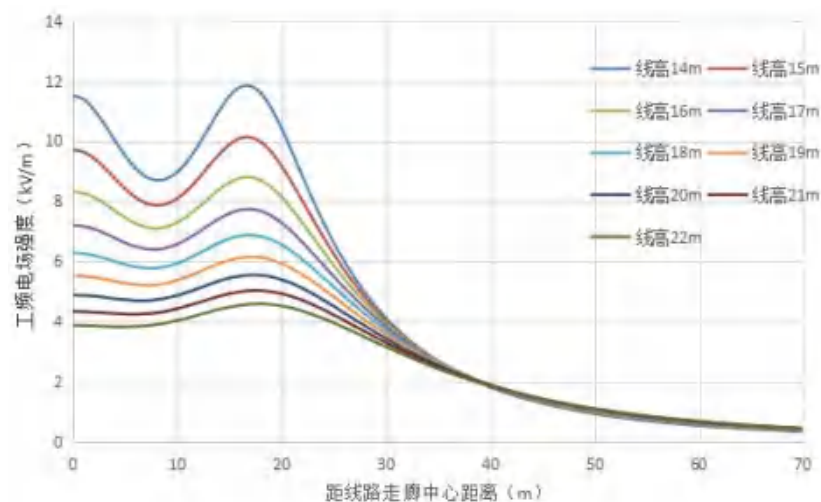


图 6.1-34 单回（水平排列）线路距地面 7.5m 高处工频电场预测图

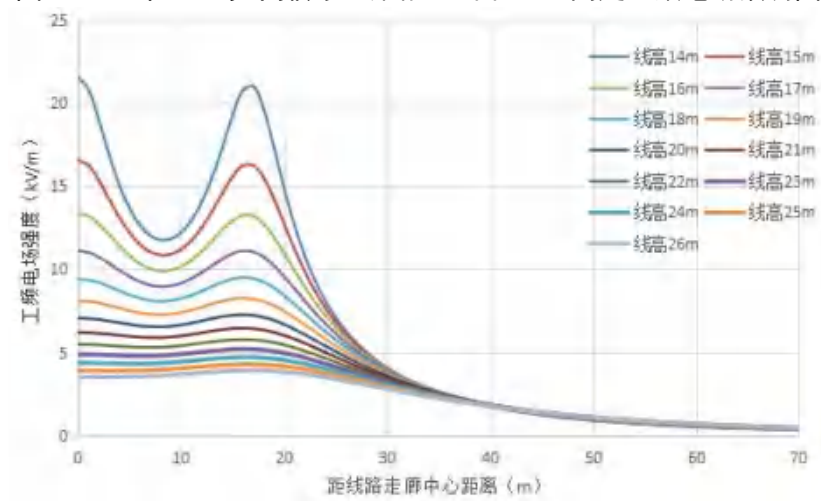


图 6.1-36 单回（水平排列）线路距地面 10.5m 高处工频电场预测图

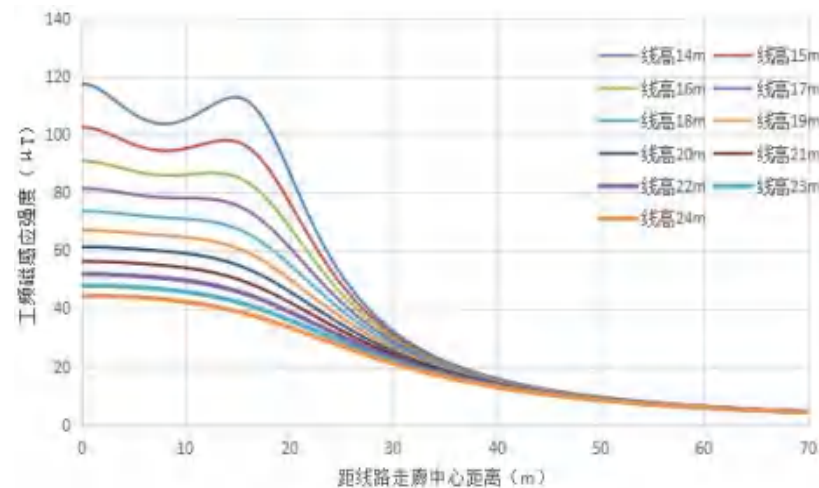


图 6.1-35 单回（水平排列）线路距地面 7.5m 高处工频磁场预测图

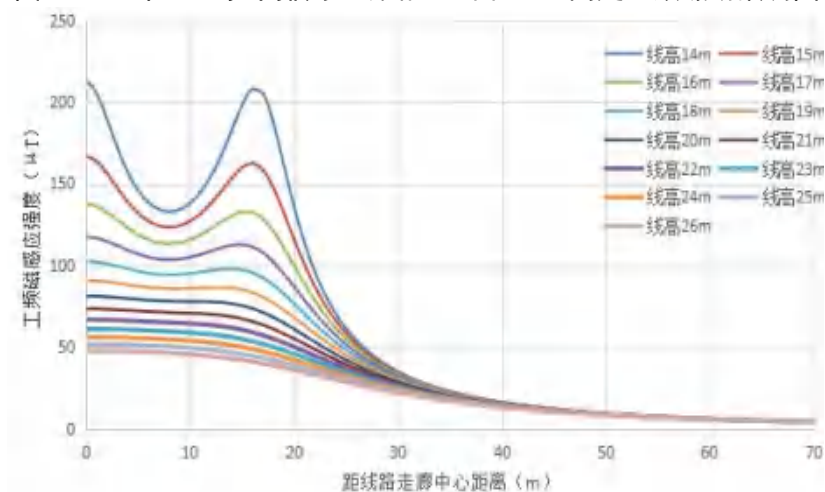


图 6.1-37 单回（水平排列）线路距地面 10.5m 高处工频磁场预测图

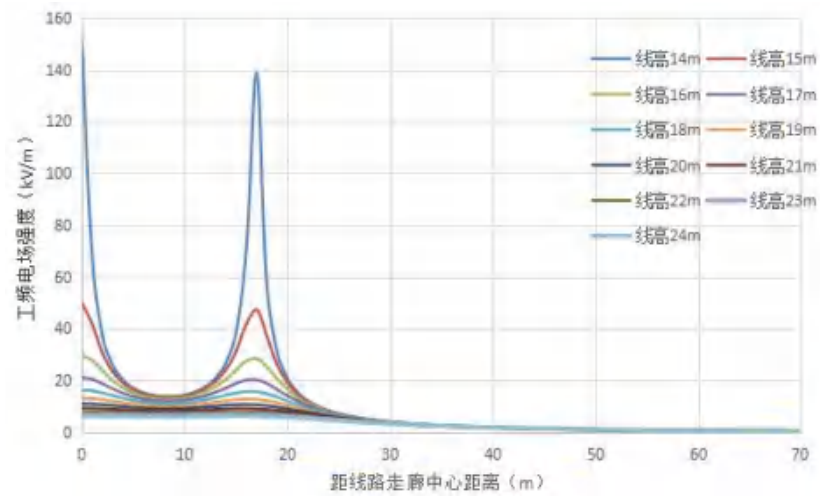


图 6.1-38 单回（水平排列）线路距地面 13.5m 高处工频电场预测图

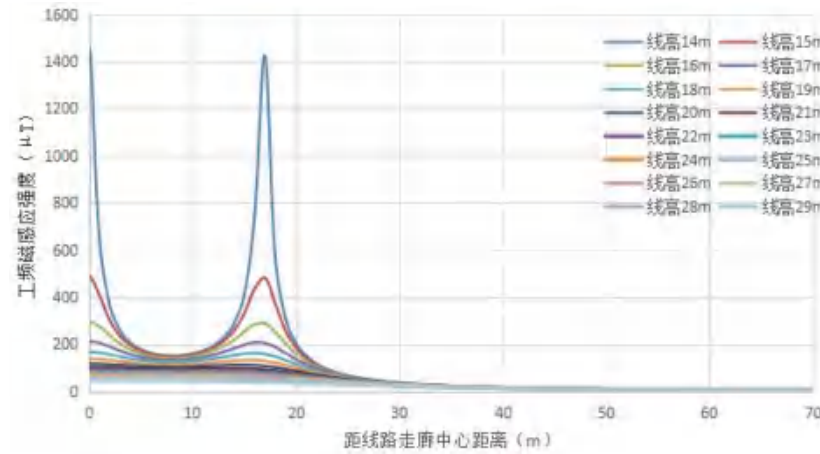


图 6.1-39 单回（水平排列）线路距地面 13.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 11m、采用 5F1X3-Z2 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.92 kV/m，出现在距线路走廊中心 17.9 m 处，不满足工频电场强度 10kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 21m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 81.41 μ T，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.61kV/m，出现在距线路走廊中心 17.9m 处；1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 73.61 μ T，出现在线路走廊中心 0m 处，可满足地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m、采用 5F1X3-Z2 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 7.62 kV/m，出现在距线路走廊中心 18m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 31m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 61.28 μ T，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 21m 时，边导线投影外 5m 处地面 1.5m 高处工频电场强度为 3.98kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 25.73 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m、采用 5F1X3-Z2 塔时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 8.72kV/m，出现在距线路走廊中心 17m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 31m 处；线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 81.41 μ T，出现在距线路走廊中心 0m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 22m 时，边导线投影外 5m 处地面 4.5m 高处工频电场强度为 3.92kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 29.17 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m、采用 5F1X3-Z2 塔时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 11.85kV/m，出现在距线路走廊中心 16.9m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 31m 处；线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最

大值为 $117.43\mu\text{T}$ ，出现在距线路走廊中心 0m 处，，不满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 19m 处。当导线对地高度达到 24m 时，边导线投影外 5m 处地面 7.5m 高处工频电场强度为 3.75kV/m ，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 $31.17\mu\text{T}$ ，满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。

本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m 、采用 5F1X3-Z2 塔时，线路附近地面 10.5m 高处工频电场强度最大值为 21.57kV/m ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 31m 处；线路附近地面 10.5m 高处工频电场强度最大值为 $212.24\mu\text{T}$ ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 22m 处。当导线对地高度达到 26m 时，边导线投影外 5m 处地面 10.5m 高处工频电场强度为 3.71kV/m ，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 10.5m 高处工频磁感应强度最大值为 $33.38\mu\text{T}$ ，满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。

本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 14m 、采用 5F1X3-Z2 塔时，线路附近地面 13.5m 高处工频电场强度最大值为 149.11kV/m ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 30m 处；线路附近地面 13.5m 高处工频电场强度最大值为 $1459.04\mu\text{T}$ ，出现在距线路走廊中心 0m 处，不满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 23m 处。当导线对地高度达到 28m 时，边导线投影外 5m 处地面 13.5m 高处工频电场强度为 3.77kV/m ，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 13.5m 高处工频磁感应强度最大值为 $38.60\mu\text{T}$ ，满足工频磁感应强度 $100\mu\text{T}$ 的限值要求。

（3）指导性控制措施

鉴于本项目尚未完成施工图设计，本项目牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回线路（水平排列）所经区域评价范围内的居民房屋尚不确定，根据初步设计阶段线路路径，结合现场踏勘，本项目评价范围内居民敏感目标主要包括 $1\sim 3$ 层坡顶和 $1\sim 4$ 层平顶房屋，为确保评价范围内居民房屋不同楼层处电场强度满足公众曝露控制限值 4kV/m 要求，应按照国家各居民房屋距离边导线水平距离的不同、楼层高度不同，相应控制线路与房屋水平距离或优化导线对地高度，具体见下表和下图。

表 6.1-52 牌楼、换流站～边城 500kV 线路单回线路（水平排列）在距边导线不同距离的居民房屋处达到 4kV/m 对应的导线对地最低高度

房屋距线路 边导线距离 (m)	导线对地高度 (m)				
	地面 1.5m 高处 1 层坡顶房屋	地面 4.5m 高处 1 层平顶及 2 层 坡顶房屋	地面 7.5m 高处 2 层平顶及 3 层 坡顶房屋	地面 10.5m 高 处 3 层平顶房 屋	地面 13.5m 高 处 4 层平顶房 屋
5	21	22	24	26	28
6	21	22	23	25	27
7	21	22	23	25	27
8	21	21	22	24	26
9	20	21	22	23	25
10	19	20	21	22	24
11	18	19	20	21	23
12	17	18	19	20	21
13	15	16	16	17	14
14	14	14	14	14	14
15	14	14	14	14	14

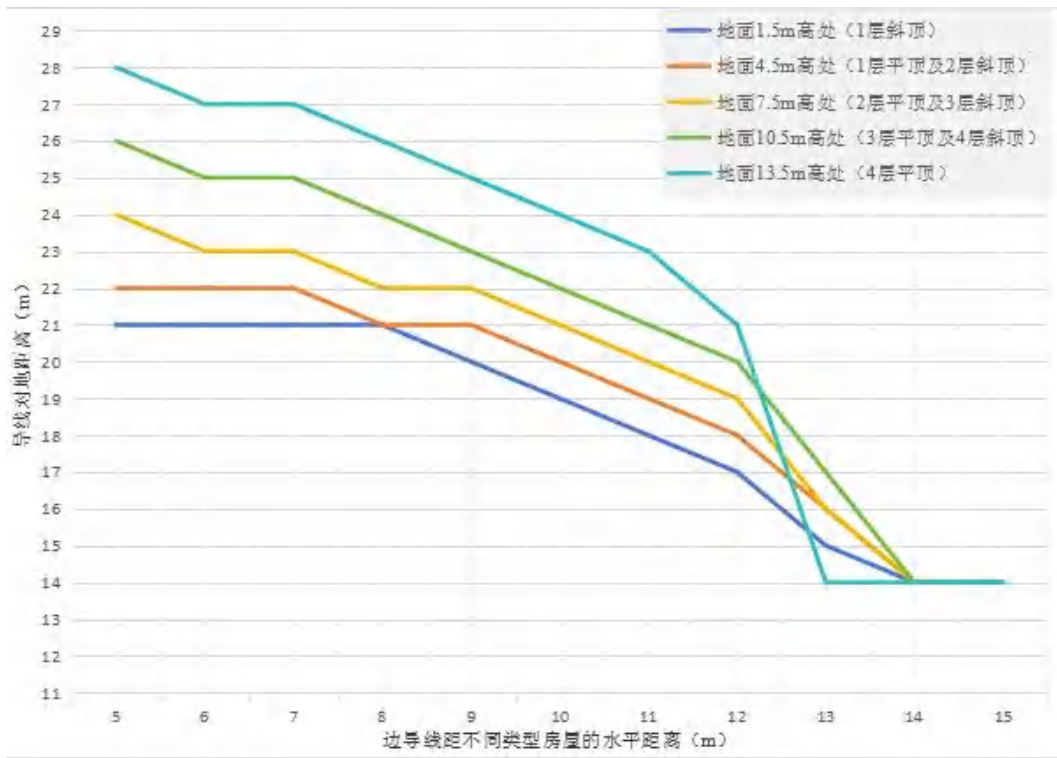


图 6.1-40 单回线路（水平排列）路线不同高度处工频电场强度 4kV/m 等值线图

6.1.4.2.5 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路间并行（水平排列）预测评价

本项目 500kV 单回水平排列线路段在地面 1.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表、下图。

表 6.1-53 铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路水平排列并行段电磁环境预测结果（距地面 1.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		5D1W2-Z5（水平排列单回并行）																			
线间距离（m）		14.5+14.5																			
预测点高度（m）		地面 1.5m																			
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）										工频磁感应强度（ μ T）									
0	并行线路中心	5.92	5.2	3.97	3.45	3	2.59	2.24	1.93	1.66	1.43	14.17	11.69	7.96	6.62	6.62	5.57	4.79	4.25	3.92	3.74
1.5	右侧边导线外 4m	6.22	5.41	4.07	3.53	3.05	2.63	2.26	1.95	1.67	1.43	14.47	11.96	8.20	6.84	5.79	5.00	4.44	4.08	3.88	3.79
2.5	右侧边导线外 3m	6.68	5.74	4.23	3.64	3.12	2.68	2.30	1.97	1.68	1.44	14.98	12.42	8.60	7.22	6.15	5.33	4.74	4.35	4.11	3.99
3.5	右侧边导线外 2m	7.20	6.11	4.42	3.77	3.22	2.74	2.34	1.99	1.70	1.44	15.68	13.05	9.15	7.74	6.63	5.78	5.16	4.72	4.43	4.26
4.5	右侧边导线外 1m	7.68	6.44	4.59	3.89	3.30	2.80	2.37	2.01	1.70	1.44	16.51	13.80	9.80	8.36	7.21	6.32	5.64	5.16	4.82	4.59
5.5	右侧边导线下	8.01	6.68	4.70	3.96	3.35	2.83	2.39	2.02	1.70	1.43	17.40	14.62	10.51	9.03	7.83	6.90	6.17	5.63	5.24	4.96
6	右侧边导线内	8.09	6.74	4.73	3.98	3.36	2.83	2.39	2.01	1.7	1.43	17.84	15.03	10.88	9.37	9.37	8.16	7.2	6.45	5.88	5.46
7	右侧边导线内	8.1	6.74	4.72	3.97	3.34	2.81	2.37	1.99	1.67	1.4	18.7	15.84	11.61	10.06	10.06	8.8	7.8	7	6.38	5.91
8	右侧边导线内	7.88	6.57	4.62	3.89	3.27	2.76	2.32	1.95	1.64	1.37	19.48	16.61	12.32	10.73	10.73	9.44	8.39	7.55	6.88	6.36
9	右侧边导线内	7.45	6.26	4.44	3.75	3.17	2.67	2.25	1.89	1.59	1.33	20.16	17.31	12.99	11.38	11.38	10.05	8.96	8.08	7.37	6.8
10	右侧边导线内	6.89	5.85	4.22	3.58	3.04	2.57	2.17	1.83	1.54	1.28	20.75	17.93	13.61	11.98	11.98	10.63	9.51	8.59	7.84	7.23

11	右侧边导线内	6.3	5.41	3.98	3.4	2.9	2.47	2.1	1.77	1.49	1.25	21.24	18.48	14.18	12.54	12.54	11.16	10.02	9.07	8.28	7.64
12	右侧边导线内	5.78	5.03	3.78	3.26	2.8	2.4	2.04	1.74	1.47	1.23	21.67	18.96	14.7	13.05	13.05	11.66	10.49	9.52	8.7	8.03
13	右侧边导线内	5.46	4.81	3.67	3.18	2.75	2.37	2.03	1.73	1.47	1.24	22.06	19.39	15.16	13.51	13.51	12.11	10.93	9.93	9.1	8.39
14	右侧边导线内	5.43	4.8	3.68	3.2	2.78	2.39	2.06	1.76	1.5	1.28	22.43	19.79	15.59	13.93	13.93	12.53	11.33	10.32	9.46	8.73
15	右侧边导线内	5.71	5.02	3.83	3.32	2.88	2.48	2.14	1.83	1.57	1.34	22.78	20.15	15.97	14.32	14.32	12.9	11.7	10.67	9.8	9.05
16	右侧边导线内	6.23	5.41	4.07	3.52	3.03	2.61	2.25	1.93	1.66	1.43	23.13	20.5	16.31	14.66	14.66	13.25	12.04	11	10.11	9.34
17	右侧边导线内	6.87	5.9	4.36	3.75	3.23	2.78	2.39	2.05	1.77	1.53	23.47	20.82	16.63	14.98	14.98	13.56	12.34	11.29	10.39	9.61
18	右侧边导线内	7.51	6.39	4.66	3.99	3.42	2.94	2.53	2.18	1.89	1.64	23.79	21.11	16.91	15.26	15.26	13.84	12.62	11.56	10.65	9.85
19	右侧边导线内	8.06	6.81	4.92	4.21	3.61	3.1	2.67	2.31	2.01	1.75	24.07	21.37	17.17	15.51	15.51	14.09	12.87	11.8	10.88	10.08
20	右侧边导线内	8.45	7.11	5.12	4.37	3.75	3.23	2.79	2.43	2.12	1.86	24.31	21.6	17.39	15.74	15.74	14.32	13.09	12.02	11.09	10.28
21	右线中心线	8.61	7.25	5.23	4.48	3.85	3.33	2.89	2.53	2.22	1.96	24.48	21.78	17.59	15.94	15.94	14.52	13.29	12.22	11.28	10.46
22	右侧边导线内	8.54	7.22	5.26	4.52	3.91	3.4	2.98	2.62	2.32	2.07	24.59	21.92	17.76	16.12	16.12	14.7	13.47	12.39	11.45	10.62
23	右侧边导线内	8.27	7.04	5.21	4.51	3.94	3.45	3.04	2.7	2.41	2.17	24.65	22.02	17.9	16.27	16.27	14.85	13.62	12.54	11.59	10.75
24	右侧边导线内	7.84	6.76	5.1	4.47	3.94	3.49	3.11	2.78	2.5	2.27	24.68	22.1	18.03	16.4	16.4	14.98	13.75	12.67	11.71	10.87
25	右侧边导线内	7.35	6.43	4.99	4.43	3.94	3.53	3.17	2.86	2.6	2.37	24.69	22.16	18.13	16.51	16.51	15.09	13.86	12.77	11.81	10.96
26	右侧边导线内	6.9	6.14	4.91	4.4	3.97	3.59	3.25	2.96	2.71	2.49	24.71	22.22	18.21	16.59	16.59	15.18	13.94	12.85	11.89	11.04
27	右侧边导线内	6.6	5.97	4.89	4.44	4.03	3.68	3.36	3.08	2.83	2.61	24.74	22.27	18.27	16.65	16.65	15.24	14	12.91	11.94	11.09
28	右侧边导线内	6.55	5.98	4.98	4.54	4.16	3.81	3.5	3.22	2.97	2.75	24.8	22.33	18.31	16.69	16.69	15.27	14.03	12.94	11.97	11.11

29	右侧边 导线内	6.77	6.19	5.17	4.73	4.33	3.98	3.66	3.37	3.12	2.89	24.87	22.37	18.33	16.7	16.7	15.27	14.03	12.94	11.97	11.12
30	右侧边 导线内	7.25	6.58	5.45	4.98	4.56	4.18	3.85	3.55	3.28	3.04	24.93	22.38	18.3	16.66	16.66	15.24	14	12.91	11.95	11.09
31	右侧边 导线内	7.88	7.09	5.8	5.27	4.81	4.41	4.05	3.73	3.44	3.19	24.95	22.35	18.23	16.59	16.59	15.17	13.93	12.84	11.89	11.04
32	右侧边 导线内	8.59	7.65	6.17	5.58	5.08	4.63	4.25	3.9	3.6	3.33	24.89	22.24	18.09	16.46	16.46	15.05	13.82	12.75	11.8	10.96
33	右侧边 导线内	9.27	8.18	6.52	5.88	5.33	4.85	4.43	4.07	3.75	3.47	24.71	22.03	17.89	16.27	16.27	14.88	13.67	12.61	11.68	10.86
34	右侧边 导线内	9.83	8.63	6.83	6.13	5.55	5.04	4.6	4.22	3.88	3.59	24.36	21.69	17.61	16.02	16.02	14.66	13.47	12.44	11.53	10.73
35	右侧边 导线内	10.22	8.95	7.06	6.33	5.72	5.19	4.74	4.34	4	3.69	23.83	21.22	17.25	15.71	15.71	14.38	13.24	12.23	11.35	10.56
35.5	右侧边 导线下	10.34	9.06	7.14	6.41	5.79	5.25	4.79	4.39	4.04	3.73	23.49	20.93	17.04	15.53	14.23	13.10	12.11	11.24	10.47	9.79
36.5	右侧边 导线外 1m	10.40	9.14	7.23	6.50	5.87	5.34	4.87	4.47	4.11	3.80	22.66	20.25	16.56	15.12	13.88	12.80	11.85	11.02	10.27	9.61
37.5	右侧边 导线外 2m	10.25	9.05	7.22	6.51	5.90	5.37	4.91	4.51	4.16	3.84	21.67	19.44	16.00	14.65	13.48	12.46	11.56	10.76	10.05	9.42
38.5	右侧边 导线外 3m	9.90	8.82	7.12	6.44	5.86	5.35	4.91	4.52	4.17	3.86	20.55	18.54	15.39	14.14	13.05	12.09	11.24	10.48	9.81	9.20
39.5	右侧边 导线外 4m	9.41	8.47	6.93	6.31	5.77	5.29	4.87	4.49	4.16	3.86	19.35	17.58	14.74	13.59	12.58	11.69	10.89	10.19	9.55	8.98
40.5	右侧边 导线外 5m	8.83	8.03	6.68	6.12	5.62	5.18	4.78	4.43	4.11	3.83	18.13	16.59	14.06	13.02	12.09	11.27	10.53	9.87	9.27	8.73
41.5	右侧边 导线外 6m	8.18	7.53	6.38	5.89	5.44	5.04	4.67	4.34	4.05	3.78	16.92	15.60	13.37	12.43	11.59	10.84	10.16	9.55	8.99	8.48
42.5	右侧边 导线外 7m	7.52	7.00	6.05	5.62	5.23	4.86	4.53	4.23	3.96	3.71	15.75	14.62	12.68	11.84	11.09	10.40	9.78	9.21	8.70	8.22

43.5	右侧边 导线外 8m	6.88	6.47	5.69	5.33	4.99	4.67	4.38	4.10	3.85	3.62	14.65	13.69	12.00	11.26	10.58	9.96	9.40	8.88	8.40	7.96
44.5	右侧边 导线外 9m	6.26	5.95	5.33	5.03	4.74	4.46	4.20	3.96	3.73	3.52	13.62	12.81	11.34	10.69	10.09	9.53	9.01	8.54	8.10	7.69
45.5	右侧边 导线外 10m	5.68	5.46	4.97	4.72	4.48	4.24	4.02	3.80	3.60	3.41	12.67	11.98	10.72	10.14	9.60	9.10	8.64	8.21	7.80	7.43
46.5	右侧边 导线外 11m	5.15	5.00	4.62	4.42	4.22	4.02	3.83	3.64	3.46	3.29	11.79	11.21	10.12	9.61	9.14	8.69	8.27	7.88	7.51	7.16
47.5	右侧边 导线外 12m	4.67	4.57	4.29	4.13	3.97	3.80	3.64	3.47	3.31	3.16	10.99	10.50	9.56	9.11	8.69	8.29	7.91	7.56	7.22	6.90
48.5	右侧边 导线外 13m	4.23	4.17	3.97	3.85	3.72	3.58	3.44	3.31	3.17	3.03	10.26	9.84	9.03	8.64	8.27	7.91	7.57	7.25	6.94	6.65
49.5	右侧边 导线外 14m	3.84	3.81	3.68	3.59	3.48	3.37	3.26	3.14	3.02	2.90	9.60	9.24	8.53	8.19	7.86	7.54	7.24	6.95	6.67	6.40
50.5	右侧边 导线外 15m	3.49	3.49	3.40	3.34	3.26	3.17	3.08	2.98	2.88	2.77	8.99	8.69	8.07	7.77	7.48	7.19	6.92	6.66	6.40	6.16
51.5	右侧边 导线外 16m	3.18	3.19	3.15	3.10	3.05	2.98	2.90	2.82	2.73	2.65	8.44	8.18	7.64	7.38	7.12	6.86	6.62	6.38	6.15	5.93
52.5	右侧边 导线外 17m	2.89	2.92	2.92	2.89	2.84	2.79	2.73	2.67	2.59	2.52	7.94	7.71	7.24	7.01	6.78	6.55	6.33	6.11	5.90	5.70
53.5	右侧边 导线外 18m	2.64	2.68	2.70	2.69	2.66	2.62	2.57	2.52	2.46	2.40	7.48	7.28	6.87	6.66	6.46	6.25	6.06	5.86	5.67	5.49
54.5	右侧边 导线外 19m	2.42	2.47	2.50	2.50	2.48	2.46	2.42	2.38	2.33	2.28	7.06	6.88	6.52	6.34	6.16	5.97	5.80	5.62	5.45	5.28
55.5	右侧边 导线外	2.22	2.27	2.32	2.33	2.32	2.30	2.28	2.25	2.21	2.17	6.67	6.52	6.20	6.04	5.87	5.71	5.55	5.39	5.23	5.08

	20m																				
56.5	右侧边 导线外 21m	2.04	2.09	2.16	2.17	2.17	2.16	2.14	2.12	2.09	2.06	6.31	6.18	5.90	5.76	5.61	5.46	5.32	5.17	5.03	4.89
57.5	右侧边 导线外 22m	1.88	1.93	2.01	2.02	2.03	2.03	2.02	2.00	1.98	1.95	5.99	5.87	5.62	5.49	5.36	5.23	5.10	4.97	4.84	4.71
58.5	右侧边 导线外 23m	1.73	1.79	1.87	1.89	1.90	1.90	1.90	1.89	1.87	1.85	5.69	5.58	5.36	5.24	5.13	5.01	4.89	4.77	4.65	4.53
59.5	右侧边 导线外 24m	1.60	1.66	1.74	1.76	1.78	1.79	1.79	1.79	1.78	1.76	5.41	5.32	5.12	5.01	4.91	4.80	4.69	4.58	4.47	4.37
60.5	右侧边 导线外 25m	1.49	1.54	1.62	1.65	1.67	1.68	1.69	1.69	1.68	1.67	5.15	5.07	4.89	4.80	4.70	4.60	4.51	4.41	4.31	4.21
61.5	右侧边 导线外 26m	1.38	1.43	1.52	1.55	1.57	1.58	1.59	1.59	1.59	1.59	4.91	4.84	4.68	4.59	4.51	4.42	4.33	4.24	4.15	4.06
62.5	右侧边 导线外 27m	1.28	1.34	1.42	1.45	1.47	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	4.69	4.62	4.48	4.40	4.33	4.24	4.16	4.08	4.00	3.91
63.5	右侧边 导线外 28m	1.19	1.25	1.33	1.36	1.39	1.40	1.42	1.43	1.43	1.43	4.48	4.42	4.29	4.22	4.15	4.08	4.01	3.93	3.85	3.78
64.5	右侧边 导线外 29m	1.11	1.16	1.25	1.28	1.30	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	4.29	4.24	4.12	4.06	3.99	3.92	3.86	3.79	3.72	3.65
65.5	右侧边 导线外 30m	1.04	1.09	1.17	1.20	1.23	1.25	1.27	1.28	1.29	1.29	4.11	4.06	3.95	3.90	3.84	3.78	3.72	3.65	3.59	3.52
66.5	右侧边 导线外 31m	0.97	1.02	1.10	1.13	1.16	1.18	1.20	1.21	1.22	1.23	3.94	3.90	3.80	3.75	3.69	3.64	3.58	3.52	3.46	3.40
67.5	右侧边 导线外 32m	0.91	0.96	1.04	1.07	1.09	1.12	1.13	1.15	1.16	1.17	3.78	3.74	3.66	3.61	3.56	3.51	3.45	3.40	3.35	3.29
68.5	右侧边	0.86	0.90	0.98	1.01	1.03	1.06	1.08	1.09	1.10	1.11	3.64	3.60	3.52	3.47	3.43	3.38	3.33	3.28	3.23	3.18

	导线外 33m																				
69.5	右侧边 导线外 34m	0.81	0.85	0.92	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.05	1.06	3.50	3.46	3.39	3.35	3.31	3.26	3.22	3.17	3.13	3.08
70.5	右侧边 导线外 35m	0.76	0.80	0.87	0.90	0.93	0.95	0.97	0.98	1.00	1.01	3.37	3.33	3.27	3.23	3.19	3.15	3.11	3.07	3.02	2.98
71.5	右侧边 导线外 36m	0.72	0.75	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	3.24	3.21	3.15	3.12	3.08	3.05	3.01	2.97	2.93	2.89
72.5	右侧边 导线外 37m	0.68	0.71	0.78	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	3.13	3.10	3.04	3.01	2.98	2.94	2.91	2.87	2.84	2.80
73.5	右侧边 导线外 38m	0.64	0.67	0.74	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	3.02	2.99	2.94	2.91	2.88	2.85	2.82	2.78	2.75	2.71
74.5	右侧边 导线外 39m	0.60	0.64	0.70	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	2.91	2.89	2.84	2.81	2.79	2.76	2.73	2.70	2.66	2.63
75.5	右侧边 导线外 40m	0.57	0.60	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	2.81	2.79	2.75	2.72	2.70	2.67	2.64	2.61	2.58	2.55
76.5	右侧边 导线外 41m	0.54	0.57	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.76	2.72	2.70	2.66	2.64	2.61	2.59	2.56	2.53	2.51	2.48
77.5	右侧边 导线外 42m	0.51	0.54	0.60	0.62	0.65	0.67	0.69	0.70	0.72	0.73	2.63	2.61	2.58	2.55	2.53	2.51	2.48	2.46	2.43	2.40
78.5	右侧边 导线外 43m	0.49	0.52	0.57	0.59	0.62	0.64	0.65	0.67	0.69	0.70	2.55	2.53	2.50	2.48	2.45	2.43	2.41	2.39	2.36	2.34
79.5	右侧边 导线外 44m	0.46	0.49	0.54	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.67	2.47	2.45	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29	2.27
80.5	右侧边 导线外 45m	0.44	0.47	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	2.39	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.21

81.5	右侧边 导线外 46m	0.42	0.45	0.49	0.52	0.54	0.55	0.57	0.59	0.60	0.61	2.32	2.31	2.28	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.17	2.15
82.5	右侧边 导线外 47m	0.40	0.43	0.47	0.49	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	2.25	2.24	2.21	2.20	2.18	2.16	2.14	2.13	2.11	2.09
83.5	右侧边 导线外 48m	0.38	0.41	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.57	2.18	2.17	2.15	2.13	2.12	2.10	2.09	2.07	2.05	2.03
84.5	右侧边 导线外 49m	0.37	0.39	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	2.12	2.11	2.09	2.07	2.06	2.04	2.03	2.01	2.00	1.98
85.5	右侧边 导线外 50m	0.35	0.37	0.41	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	2.06	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.94	1.93
最大值		10.4	9.14	7.24	6.51	5.9	5.37	4.92	4.52	4.17	3.86	24.95	22.38	18.33	16.7	16.7	15.27	14.03	12.94	11.97	11.12
最大值处距线路 走廊中心距离(m)		-36	36.5	37	-37	-37.5	-38	38	-38	-39	-39	-31	-30	-29	-29	-29	-29	-29	-29	-29	-29

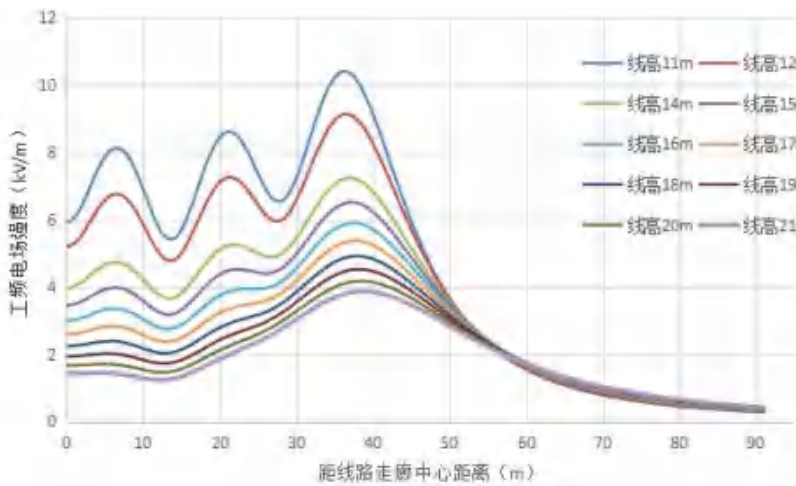


图 6.1-41 单回并行（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

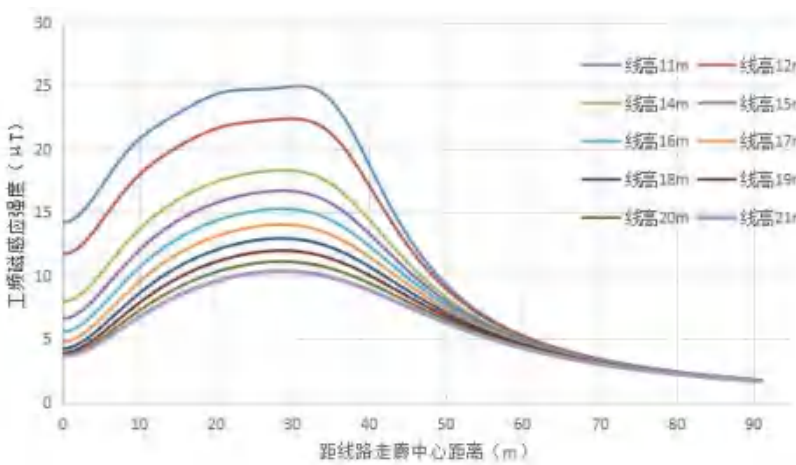


图 6.1-42 单回并行（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回并行（水平排列）段线路导线最低对地高度为 11m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.4 kV/m，出现在距线路走廊中心-36 m 处，不满足工频电场强度 10kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 39 m 处。

当导线对地高度达到 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.14kV/m，出现在距线路走廊中心 36.5m 处；1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 22.38 μ T，出现在线路走廊中心 30m 处，可满足地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路单回并行（水平排列）段线路导线最低对地高度为 14m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 7.24kV/m，出现在距线路走廊中心 37m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 48.5m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 18.33 μ T，出现在距线路走廊中心 29m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

当导线对地高度达到 21m 时，边导线投影外 5m 处地面 1.5m 高处工频电场强度为 3.83kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 13.5m 高处工频磁感应强度最大值为 8.73 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

6.1.4.2.6 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）间并行（水平排列）预测评价

本项目 500kV 单回水平排列线路在地面 1.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-54 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（贵州段）水平排列并行线路电磁环境预测结果

塔型		5F1X3-Z2（水平排列单回并行）			
线间距离（m）		16.9+16.9			
预测点高度（m）		地面 1.5m			
导线高度（m）		11	12	11	12
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）		工频磁感应强度（ μ T）	
0	并行线路中心	6.90	5.97	46.86	39.04
0.1	右线边导线外 5m	6.90	5.97	46.86	39.04
1.1	右线边导线外 4m	7.03	6.06	47.32	39.46
2.1	右线边导线外 3m	7.34	6.26	48.49	40.51
3.1	右线边导线外 2m	7.71	6.50	50.20	42.07
4.1	右线边导线外 1m	8.02	6.71	52.24	43.97
5.1	右侧边导线下	8.17	6.80	54.39	46.02
6	右侧边导线内	8.13	6.77	56.27	47.87
7	右侧边导线内	7.88	6.57	58.16	49.82
8	右侧边导线内	7.43	6.24	59.79	51.59
9	右侧边导线内	6.84	5.8	61.16	53.16
10	右侧边导线内	6.19	5.31	62.31	54.54
11	右侧边导线内	5.57	4.86	63.31	55.77
12	右侧边导线内	5.11	4.53	64.22	56.88
13	右侧边导线内	4.91	4.41	65.11	57.91
14	右侧边导线内	5.04	4.54	66.03	58.91
15	右侧边导线内	5.48	4.91	67.01	59.89
16	右侧边导线内	6.14	5.45	68.05	60.86
17	右侧边导线内	6.93	6.07	69.13	61.82
18	右侧边导线内	7.73	6.71	70.22	62.75
19	右侧边导线内	8.46	7.29	71.25	63.61
20	右侧边导线内	9.06	7.76	72.15	64.37
21	右侧边导线内	9.46	8.08	72.85	65
22	右线中心线下	9.63	8.21	73.31	65.48
23	右侧边导线内	9.54	8.17	73.53	65.8
24	右侧边导线内	9.23	7.95	73.53	65.99
25	右侧边导线内	8.74	7.6	73.39	66.09
26	右侧边导线内	8.13	7.16	73.2	66.14
27	右侧边导线内	7.5	6.7	73.02	66.2
28	右侧边导线内	6.93	6.29	72.95	66.29
29	右侧边导线内	6.53	6.01	73.02	66.46
30	右侧边导线内	6.36	5.92	73.25	66.69
31	右侧边导线内	6.49	6.04	73.63	66.99
32	右侧边导线内	6.88	6.37	74.11	67.31
33	右侧边导线内	7.49	6.86	74.64	67.61
34	右侧边导线内	8.22	7.45	75.09	67.8
35	右侧边导线内	9	8.06	75.36	67.81
36	右侧边导线内	9.74	8.65	75.29	67.53
37	右侧边导线内	10.36	9.14	74.75	66.9
38	右侧边导线内	10.81	9.5	73.64	65.83
38.9	右线边导线下	11.03	9.70	72.10	64.49
39.9	右线边导线外 1m	11.05	9.74	69.80	62.57
40.9	右线边导线外 2m	10.86	9.62	66.96	60.26

41.9	右线边导线外 3m	10.47	9.35	63.69	57.63
42.9	右线边导线外 4m	9.94	8.96	60.16	54.78
43.9	右线边导线外 5m	9.31	8.49	56.51	51.81
44.9	右线边导线外 6m	8.62	7.95	52.88	48.83
45.9	右线边导线外 7m	7.93	7.39	49.35	45.89
46.9	右线边导线外 8m	7.25	6.83	45.99	43.05
47.9	右线边导线外 9m	6.60	6.29	42.85	40.35
48.9	右线边导线外 10m	5.99	5.77	39.94	37.82
49.9	右线边导线外 11m	5.43	5.28	37.25	35.45
50.9	右线边导线外 12m	4.93	4.83	34.79	33.26
51.9	右线边导线外 13m	4.47	4.41	32.54	31.24
52.9	右线边导线外 14m	4.06	4.03	30.48	29.37
53.9	右线边导线外 15m	3.69	3.69	28.61	27.65
54.9	右线边导线外 16m	3.36	3.38	26.89	26.07
55.9	右线边导线外 17m	3.07	3.10	25.33	24.61
56.9	右线边导线外 18m	2.81	2.85	23.89	23.27
57.9	右线边导线外 19m	2.57	2.62	22.58	22.04
58.9	右线边导线外 20m	2.36	2.41	21.37	20.90
59.9	右线边导线外 21m	2.17	2.23	20.26	19.84
60.9	右线边导线外 22m	2.00	2.06	19.24	18.87
61.9	右线边导线外 23m	1.85	1.91	18.29	17.97
62.9	右线边导线外 24m	1.71	1.77	17.42	17.13
63.9	右线边导线外 25m	1.59	1.65	16.61	16.35
64.9	右线边导线外 26m	1.47	1.53	15.85	15.62
65.9	右线边导线外 27m	1.37	1.43	15.15	14.94
66.9	右线边导线外 28m	1.28	1.33	14.50	14.31
67.9	右线边导线外 29m	1.19	1.25	13.89	13.72
68.9	右线边导线外 30m	1.12	1.17	13.32	13.17
69.9	右线边导线外 31m	1.05	1.10	12.79	12.65
70.9	右线边导线外 32m	0.98	1.03	12.29	12.16
71.9	右线边导线外 33m	0.92	0.97	11.82	11.70
72.9	右线边导线外 34m	0.87	0.91	11.37	11.27
73.9	右线边导线外 35m	0.82	0.86	10.96	10.86
74.9	右线边导线外 36m	0.77	0.81	10.56	10.47
75.9	右线边导线外 37m	0.73	0.77	10.19	10.11
76.9	右线边导线外 38m	0.69	0.73	9.84	9.77
77.9	右线边导线外 39m	0.65	0.69	9.51	9.44
78.9	右线边导线外 40m	0.62	0.65	9.20	9.13
79.9	右线边导线外 41m	0.59	0.62	8.90	8.84
80.9	右线边导线外 42m	0.56	0.59	8.61	8.56
81.9	右线边导线外 43m	0.53	0.56	8.34	8.29
82.9	右线边导线外 44m	0.50	0.53	8.09	8.04
83.9	右线边导线外 45m	0.48	0.51	7.84	7.80
84.9	右线边导线外 46m	0.46	0.48	7.61	7.57
85.9	右线边导线外 47m	0.44	0.46	7.39	7.35
86.9	右线边导线外 48m	0.42	0.44	7.18	7.14
87.9	右线边导线外 49m	0.40	0.42	6.98	6.94
88.9	右线边导线外 50m	0.38	0.40	6.78	6.75
最大值		11.05	9.74	75.36	67.81
最大值处距线路走廊中心距离(m)		39.9	40	35	35

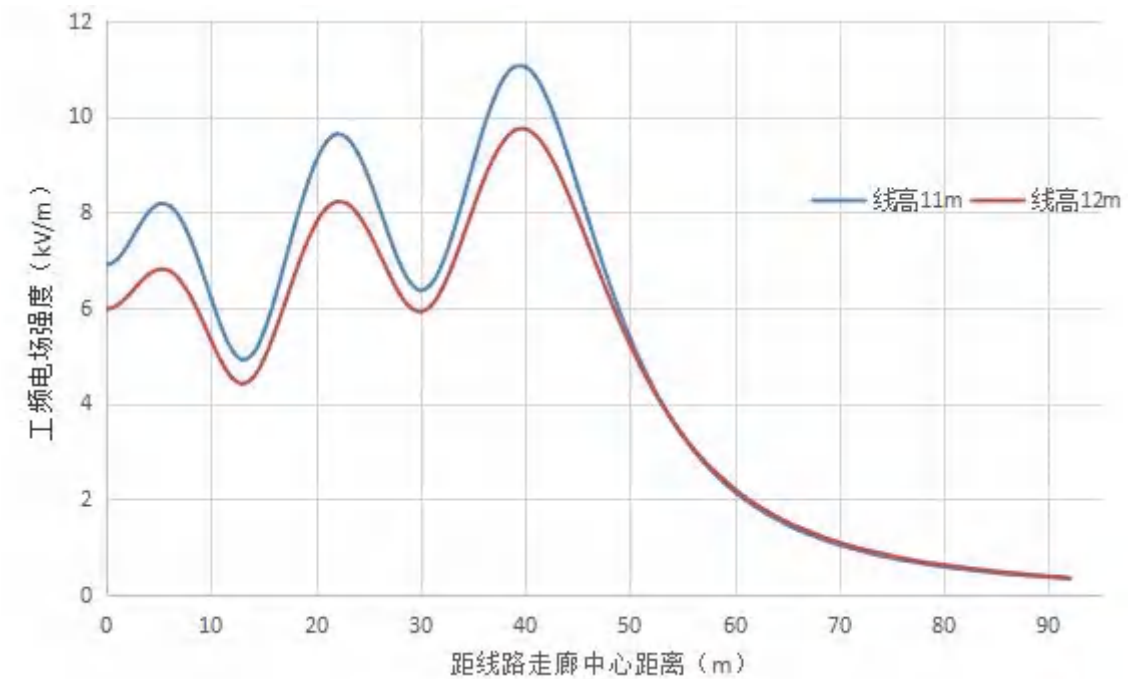


图 6.1-43 单回并行（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

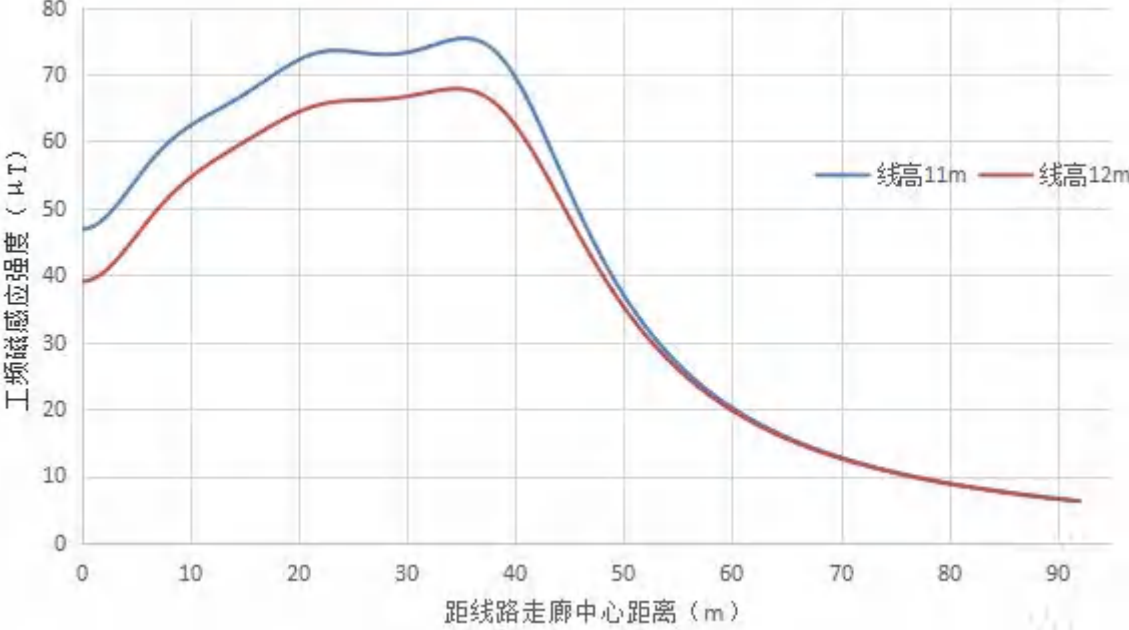


图 6.1-44 单回并行（水平排列）线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

本项目换流站～牌楼、边城 500kV 线路单回并行（水平排列）线路导线最低对地高度为 11m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 11.05 kV/m，不满足工频电场强度 10kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 43m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 75.36 μ T，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

当导线对地高度达到 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.74kV/m，出现在距线路走廊中心 40m 处，1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 67.81 μ T，

出现在线路走廊中心 35m 处，可满足地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

6.1.4.2.7 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（15mm 冰区）预测评价

（1）模式计算预测结果

本项目 500kV 单回线路段水平排列在地面 1.5m、地面 4.5m、地面 7.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表、下图。

表 6.1-55 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（15mm 冰区）电磁环境预测结果（距地面 1.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		500-MC31D-ZBCK（单回水平排列），15mm 冰区																	
线间距离（m）		13.32/13.32																	
预测点高度（m）		地面 1.5m																	
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	11	12	14	15	16	17	18	19	20
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）									工频磁感应强度（ μ T）								
0	线路走廊中心	8.53	7.14	5.10	4.35	3.72	3.20	2.76	2.39	2.08	1.81	1.58	77.03	69.05	56.39	51.28	46.79	42.83	39.32
1	边导线内	8.43	7.07	5.07	4.33	3.71	3.20	2.77	2.40	2.09	1.82	1.59	76.95	69.00	56.35	51.24	46.76	42.80	39.29
2	边导线内	8.12	6.87	4.99	4.29	3.70	3.20	2.78	2.43	2.12	1.86	1.64	76.74	68.84	56.23	51.13	46.65	42.70	39.19
3	边导线内	7.69	6.58	4.88	4.23	3.68	3.22	2.82	2.48	2.19	1.93	1.71	76.43	68.60	56.04	50.95	46.48	42.53	39.03
4	边导线内	7.23	6.28	4.79	4.20	3.70	3.26	2.89	2.56	2.28	2.03	1.81	76.05	68.29	55.77	50.69	46.23	42.29	38.81
5	边导线内	6.86	6.06	4.75	4.22	3.75	3.34	2.99	2.67	2.40	2.15	1.94	75.64	67.92	55.42	50.35	45.90	41.98	38.51
6	边导线内	6.69	5.99	4.81	4.31	3.86	3.47	3.12	2.81	2.54	2.30	2.08	75.21	67.47	54.98	49.91	45.48	41.59	38.15
7	边导线内	6.81	6.14	4.97	4.48	4.04	3.65	3.30	2.98	2.70	2.46	2.23	74.73	66.95	54.43	49.38	44.98	41.11	37.70
8	边导线内	7.22	6.48	5.25	4.73	4.27	3.86	3.50	3.17	2.88	2.62	2.39	74.17	66.30	53.76	48.74	44.37	40.54	37.18
9	边导线内	7.83	6.98	5.59	5.03	4.54	4.10	3.72	3.38	3.07	2.80	2.55	73.42	65.47	52.94	47.96	43.65	39.88	36.57
10	边导线内	8.53	7.53	5.97	5.35	4.82	4.35	3.94	3.58	3.25	2.97	2.71	72.40	64.41	51.95	47.05	42.81	39.12	35.88
11	边导线内	9.22	8.08	6.34	5.67	5.09	4.59	4.15	3.77	3.43	3.13	2.86	71.01	63.04	50.78	45.98	41.84	38.25	35.10
12	边导线内	9.80	8.55	6.66	5.94	5.33	4.80	4.34	3.94	3.59	3.27	3.00	69.14	61.33	49.40	44.75	40.75	37.27	34.23
13	边导线外*	10.19	8.88	6.91	6.16	5.52	4.97	4.50	4.08	3.72	3.40	3.11	66.77	59.26	47.82	43.36	39.53	36.20	33.29
14	边导线外 1m	10.37	9.04	7.06	6.30	5.65	5.10	4.62	4.20	3.83	3.50	3.21	63.90	56.84	46.05	41.84	38.20	35.04	32.27
15	边导线外 2m	10.31	9.04	7.10	6.36	5.72	5.17	4.69	4.27	3.90	3.57	3.28	60.60	54.12	44.11	40.18	36.78	33.80	31.18
16	边导线外 3m	10.04	8.87	7.05	6.34	5.72	5.19	4.72	4.31	3.94	3.62	3.33	57.00	51.17	42.06	38.43	35.27	32.50	30.05
17	边导线外 4m	9.60	8.56	6.91	6.24	5.66	5.16	4.71	4.31	3.96	3.64	3.36	53.23	48.10	39.91	36.61	33.71	31.15	28.87
18	边导线外 5m	9.04	8.15	6.69	6.09	5.55	5.08	4.65	4.28	3.94	3.64	3.36	49.42	44.98	37.73	34.75	32.12	29.77	27.67
19	边导线外 6m	8.41	7.67	6.41	5.87	5.39	4.96	4.56	4.21	3.89	3.61	3.34	45.71	41.91	35.56	32.89	30.52	28.38	26.46
20	边导线外 7m	7.74	7.15	6.09	5.62	5.19	4.80	4.45	4.12	3.82	3.55	3.31	42.16	38.94	33.42	31.06	28.93	27.00	25.25
21	边导线外 8m	7.08	6.62	5.74	5.34	4.97	4.62	4.30	4.01	3.73	3.48	3.25	38.83	36.12	31.35	29.27	27.38	25.65	24.06
22	边导线外 9m	6.44	6.09	5.38	5.05	4.73	4.42	4.14	3.87	3.63	3.40	3.18	35.76	33.47	29.38	27.55	25.87	24.32	22.89
23	边导线外 10m	5.84	5.58	5.02	4.74	4.47	4.21	3.96	3.73	3.51	3.30	3.10	32.94	31.02	27.50	25.91	24.43	23.04	21.76

24	边导线外 11m	5.28	5.10	4.67	4.44	4.22	3.99	3.78	3.57	3.37	3.19	3.01	30.38	28.76	25.75	24.36	23.05	21.82	20.67
25	边导线外 12m	4.77	4.65	4.33	4.15	3.96	3.77	3.59	3.41	3.24	3.07	2.91	28.05	26.69	24.10	22.89	21.74	20.65	19.62
26	边导线外 13m	4.32	4.24	4.00	3.86	3.71	3.56	3.40	3.25	3.10	2.95	2.80	25.95	24.80	22.58	21.52	20.50	19.54	18.61
27	边导线外 14m	3.90	3.86	3.70	3.59	3.47	3.34	3.21	3.08	2.95	2.82	2.70	24.05	23.08	21.16	20.24	19.34	18.48	17.66
28	边导线外 15m	3.53	3.52	3.41	3.33	3.24	3.14	3.03	2.92	2.81	2.70	2.58	22.34	21.50	19.85	19.04	18.26	17.49	16.76
29	边导线外 16m	3.21	3.21	3.15	3.09	3.02	2.94	2.86	2.76	2.67	2.57	2.47	20.78	20.07	18.64	17.93	17.24	16.56	15.91
30	边导线外 17m	2.91	2.93	2.91	2.87	2.82	2.76	2.69	2.61	2.53	2.45	2.36	19.38	18.77	17.52	16.90	16.29	15.69	15.10
31	边导线外 18m	2.65	2.68	2.69	2.66	2.63	2.58	2.53	2.46	2.40	2.33	2.25	18.10	17.58	16.49	15.95	15.40	14.87	14.34
32	边导线外 19m	2.41	2.46	2.48	2.47	2.45	2.41	2.37	2.32	2.27	2.21	2.15	16.95	16.49	15.54	15.06	14.58	14.10	13.63
33	边导线外 20m	2.21	2.25	2.30	2.29	2.28	2.26	2.23	2.19	2.15	2.10	2.04	15.89	15.50	14.66	14.24	13.81	13.39	12.96
34	边导线外 21m	2.02	2.07	2.12	2.13	2.13	2.11	2.09	2.06	2.03	1.99	1.94	14.93	14.58	13.85	13.48	13.09	12.71	12.34
35	边导线外 22m	1.85	1.90	1.97	1.98	1.99	1.98	1.97	1.94	1.92	1.88	1.85	14.05	13.75	13.10	12.77	12.43	12.09	11.75
36	边导线外 23m	1.70	1.76	1.83	1.84	1.85	1.85	1.85	1.83	1.81	1.79	1.76	13.25	12.98	12.41	12.11	11.81	11.50	11.19
37	边导线外 24m	1.57	1.62	1.70	1.72	1.73	1.74	1.73	1.73	1.71	1.69	1.67	12.51	12.27	11.76	11.50	11.23	10.95	10.67
38	边导线外 25m	1.44	1.50	1.58	1.60	1.62	1.63	1.63	1.63	1.62	1.60	1.58	11.83	11.62	11.17	10.93	10.68	10.44	10.18
39	边导线外 26m	1.34	1.39	1.47	1.49	1.51	1.53	1.53	1.53	1.53	1.52	1.50	11.21	11.02	10.61	10.40	10.18	9.95	9.73
40	边导线外 27m	1.24	1.29	1.37	1.40	1.42	1.43	1.44	1.45	1.44	1.44	1.43	10.63	10.46	10.10	9.90	9.71	9.50	9.30
41	边导线外 28m	1.15	1.20	1.28	1.31	1.33	1.35	1.36	1.36	1.37	1.36	1.36	10.09	9.94	9.62	9.44	9.26	9.08	8.89
42	边导线外 29m	1.07	1.11	1.19	1.22	1.25	1.27	1.28	1.29	1.29	1.29	1.29	9.60	9.46	9.17	9.01	8.85	8.68	8.51
43	边导线外 30m	0.99	1.04	1.12	1.15	1.17	1.19	1.21	1.22	1.22	1.22	1.22	9.14	9.02	8.75	8.61	8.46	8.31	8.15
44	边导线外 31m	0.92	0.97	1.05	1.08	1.10	1.12	1.14	1.15	1.16	1.16	1.16	8.71	8.60	8.36	8.23	8.10	7.96	7.82
45	边导线外 32m	0.86	0.91	0.98	1.01	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.10	1.10	8.31	8.21	8.00	7.88	7.75	7.63	7.50
46	边导线外 33m	0.81	0.85	0.92	0.95	0.98	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.05	7.94	7.85	7.65	7.55	7.43	7.32	7.20
47	边导线外 34m	0.75	0.80	0.86	0.89	0.92	0.94	0.96	0.97	0.99	0.99	1.00	7.60	7.51	7.33	7.23	7.13	7.02	6.91
48	边导线外 35m	0.71	0.75	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	7.27	7.20	7.03	6.94	6.85	6.75	6.65
49	边导线外 36m	0.66	0.70	0.77	0.79	0.82	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.91	6.97	6.90	6.75	6.66	6.58	6.49	6.39
50	边导线外 37m	0.62	0.66	0.72	0.75	0.77	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	6.68	6.62	6.48	6.40	6.32	6.24	6.15
51	边导线外 38m	0.59	0.62	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	6.41	6.35	6.23	6.16	6.08	6.01	5.93
52	边导线外 39m	0.55	0.59	0.64	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.77	0.78	6.16	6.11	5.99	5.92	5.86	5.79	5.71
53	边导线外 40m	0.52	0.55	0.61	0.63	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.75	5.92	5.87	5.76	5.71	5.64	5.58	5.51
54	边导线外 41m	0.49	0.52	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.68	0.69	0.70	0.71	5.70	5.65	5.55	5.50	5.44	5.38	5.32
55	边导线外 42m	0.47	0.49	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	5.49	5.44	5.35	5.30	5.25	5.19	5.13

56	边导线外 43m	0.44	0.47	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65	5.29	5.25	5.16	5.11	5.06	5.01	4.96
57	边导线外 44m	0.42	0.44	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.61	0.62	5.10	5.06	4.98	4.94	4.89	4.84	4.79
58	边导线外 45m	0.40	0.42	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	4.92	4.88	4.81	4.77	4.73	4.68	4.63
59	边导线外 46m	0.38	0.40	0.44	0.47	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	4.75	4.72	4.65	4.61	4.57	4.53	4.48
60	边导线外 47m	0.36	0.38	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.54	4.59	4.56	4.49	4.46	4.42	4.38	4.34
61	边导线外 48m	0.34	0.36	0.40	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	4.43	4.41	4.35	4.31	4.28	4.24	4.20
62	边导线外 49m	0.32	0.34	0.38	0.40	0.42	0.44	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	4.29	4.26	4.21	4.18	4.14	4.11	4.07
63	边导线外 50m	0.31	0.33	0.37	0.38	0.40	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	4.15	4.13	4.07	4.05	4.01	3.98	3.95
最大值		10.37	9.04	7.10	6.36	5.72	5.19	4.72	4.31	3.96	77.03	69.05	56.39	51.28	46.79	42.83	39.32	36.19	33.40
最大值处距线路走廊中心距离 (m)		14	15	15	15	16	16	16	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-56 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（15mm 冰区）电磁环境预测结果（距地面 4.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		500-MC31D-ZBCK（单回水平排列），15mm 冰区																	
线间距离（m）		13.32/13.32																	
预测点高度（m）		地面 4.5m																	
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）									工频磁感应强度（ μ T）								
0	线路走廊中心	7.07	6.03	5.17	4.47	3.88	3.38	2.96	2.60	2.30	77.03	69.05	62.25	56.39	51.28	46.79	42.83	39.32	36.19
1	边导线内	7.03	6.01	5.16	4.46	3.88	3.38	2.97	2.61	2.30	76.95	69.00	62.21	56.35	51.24	46.76	42.80	39.29	36.16
2	边导线内	6.93	5.94	5.13	4.45	3.88	3.40	2.99	2.63	2.33	76.74	68.84	62.08	56.23	51.13	46.65	42.70	39.19	36.07
3	边导线内	6.78	5.86	5.09	4.44	3.89	3.42	3.02	2.68	2.38	76.43	68.60	61.87	56.04	50.95	46.48	42.53	39.03	35.92
4	边导线内	6.64	5.79	5.06	4.44	3.92	3.46	3.08	2.74	2.45	76.05	68.29	61.59	55.77	50.69	46.23	42.29	38.81	35.71
5	边导线内	6.55	5.75	5.07	4.48	3.97	3.53	3.15	2.82	2.53	75.64	67.92	61.23	55.42	50.35	45.90	41.98	38.51	35.44
6	边导线内	6.55	5.78	5.12	4.55	4.06	3.63	3.25	2.92	2.63	75.21	67.47	60.78	54.98	49.91	45.48	41.59	38.15	35.10
7	边导线内	6.65	5.89	5.24	4.67	4.18	3.75	3.37	3.04	2.75	74.73	66.95	60.24	54.43	49.38	44.98	41.11	37.70	34.69
8	边导线内	6.85	6.08	5.41	4.83	4.33	3.89	3.51	3.17	2.87	74.17	66.30	59.56	53.76	48.74	44.37	40.54	37.18	34.21
9	边导线内	7.14	6.32	5.62	5.02	4.50	4.05	3.66	3.31	3.00	73.42	65.47	58.72	52.94	47.96	43.65	39.88	36.57	33.65
10	边导线内	7.46	6.59	5.85	5.22	4.68	4.21	3.80	3.45	3.13	72.40	64.41	57.67	51.95	47.05	42.81	39.12	35.88	33.03
11	边导线内	7.78	6.85	6.07	5.41	4.85	4.37	3.95	3.58	3.25	71.01	63.04	56.39	50.78	45.98	41.84	38.25	35.10	32.33

12	边导线内	8.05	7.07	6.26	5.58	5.00	4.50	4.07	3.69	3.36	69.14	61.33	54.85	49.40	44.75	40.75	37.27	34.23	31.56
13	边导线下	8.22	7.22	6.40	5.70	5.11	4.61	4.17	3.79	3.46	66.77	59.26	53.04	47.82	43.36	39.53	36.20	33.29	30.72
14	边导线外 1m	8.27	7.29	6.47	5.78	5.19	4.68	4.25	3.86	3.53	63.90	56.84	50.98	46.05	41.84	38.20	35.04	32.27	29.82
15	边导线外 2m	8.21	7.26	6.46	5.79	5.22	4.72	4.29	3.91	3.58	60.60	54.12	48.70	44.11	40.18	36.78	33.80	31.18	28.87
16	边导线外 3m	8.02	7.13	6.39	5.75	5.20	4.72	4.30	3.93	3.61	57.00	51.17	46.26	42.06	38.43	35.27	32.50	30.05	27.87
17	边导线外 4m	7.73	6.93	6.25	5.65	5.13	4.68	4.28	3.92	3.61	53.23	48.10	43.71	39.91	36.61	33.71	31.15	28.87	26.84
18	边导线外 5m	7.36	6.66	6.05	5.51	5.03	4.60	4.23	3.89	3.59	49.42	44.98	41.12	37.73	34.75	32.12	29.77	27.67	25.79
19	边导线外 6m	6.95	6.35	5.81	5.32	4.89	4.50	4.15	3.83	3.55	45.71	41.91	38.54	35.56	32.89	30.52	28.38	26.46	24.73
20	边导线外 7m	6.51	6.00	5.53	5.11	4.72	4.37	4.05	3.75	3.49	42.16	38.94	36.03	33.42	31.06	28.93	27.00	25.25	23.66
21	边导线外 8m	6.06	5.64	5.24	4.87	4.53	4.22	3.92	3.66	3.41	38.83	36.12	33.63	31.35	29.27	27.38	25.65	24.06	22.61
22	边导线外 9m	5.61	5.27	4.94	4.63	4.33	4.05	3.79	3.55	3.32	35.76	33.47	31.35	29.38	27.55	25.87	24.32	22.89	21.58
23	边导线外 10m	5.18	4.91	4.64	4.37	4.12	3.87	3.64	3.42	3.22	32.94	31.02	29.21	27.50	25.91	24.43	23.04	21.76	20.57
24	边导线外 11m	4.78	4.56	4.34	4.12	3.90	3.69	3.49	3.29	3.11	30.38	28.76	27.22	25.75	24.36	23.05	21.82	20.67	19.59
25	边导线外 12m	4.40	4.23	4.05	3.87	3.69	3.51	3.33	3.16	3.00	28.05	26.69	25.37	24.10	22.89	21.74	20.65	19.62	18.65
26	边导线外 13m	4.04	3.92	3.78	3.63	3.47	3.32	3.17	3.02	2.88	25.95	24.80	23.67	22.58	21.52	20.50	19.54	18.61	17.74
27	边导线外 14m	3.72	3.62	3.51	3.40	3.27	3.14	3.01	2.88	2.75	24.05	23.08	22.11	21.16	20.24	19.34	18.48	17.66	16.88
28	边导线外 15m	3.42	3.35	3.27	3.17	3.07	2.97	2.86	2.74	2.63	22.34	21.50	20.67	19.85	19.04	18.26	17.49	16.76	16.05
29	边导线外 16m	3.15	3.10	3.04	2.97	2.88	2.80	2.70	2.61	2.51	20.78	20.07	19.36	18.64	17.93	17.24	16.56	15.91	15.27
30	边导线外 17m	2.90	2.87	2.83	2.77	2.71	2.63	2.56	2.48	2.39	19.38	18.77	18.15	17.52	16.90	16.29	15.69	15.10	14.53
31	边导线外 18m	2.67	2.66	2.63	2.59	2.54	2.48	2.42	2.35	2.28	18.10	17.58	17.04	16.49	15.95	15.40	14.87	14.34	13.83
32	边导线外 19m	2.46	2.46	2.44	2.42	2.38	2.33	2.28	2.23	2.17	16.95	16.49	16.02	15.54	15.06	14.58	14.10	13.63	13.17
33	边导线外 20m	2.28	2.28	2.27	2.26	2.23	2.20	2.15	2.11	2.06	15.89	15.50	15.08	14.66	14.24	13.81	13.39	12.96	12.55
34	边导线外 21m	2.10	2.12	2.12	2.11	2.09	2.07	2.03	2.00	1.95	14.93	14.58	14.22	13.85	13.48	13.09	12.71	12.34	11.96
35	边导线外 22m	1.95	1.97	1.97	1.97	1.96	1.94	1.92	1.89	1.86	14.05	13.75	13.43	13.10	12.77	12.43	12.09	11.75	11.41
36	边导线外 23m	1.81	1.83	1.84	1.85	1.84	1.83	1.81	1.79	1.76	13.25	12.98	12.70	12.41	12.11	11.81	11.50	11.19	10.89
37	边导线外 24m	1.68	1.70	1.72	1.73	1.73	1.72	1.71	1.69	1.67	12.51	12.27	12.02	11.76	11.50	11.23	10.95	10.67	10.39
38	边导线外 25m	1.56	1.59	1.61	1.62	1.62	1.62	1.61	1.60	1.58	11.83	11.62	11.40	11.17	10.93	10.68	10.44	10.18	9.93
39	边导线外 26m	1.45	1.48	1.50	1.52	1.53	1.53	1.52	1.52	1.50	11.21	11.02	10.82	10.61	10.40	10.18	9.95	9.73	9.50
40	边导线外 27m	1.35	1.38	1.41	1.42	1.43	1.44	1.44	1.43	1.43	10.63	10.46	10.28	10.10	9.90	9.71	9.50	9.30	9.09
41	边导线外 28m	1.26	1.29	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	1.36	1.35	10.09	9.94	9.79	9.62	9.44	9.26	9.08	8.89	8.70
42	边导线外 29m	1.18	1.21	1.24	1.26	1.27	1.28	1.29	1.29	1.28	9.60	9.46	9.32	9.17	9.01	8.85	8.68	8.51	8.34
43	边导线外 30m	1.10	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.22	1.22	1.22	9.14	9.02	8.89	8.75	8.61	8.46	8.31	8.15	7.99

44	边导线外 31m	1.03	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.16	8.71	8.60	8.49	8.36	8.23	8.10	7.96	7.82	7.67
45	边导线外 32m	0.97	1.00	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.10	1.10	8.31	8.21	8.11	8.00	7.88	7.75	7.63	7.50	7.36
46	边导线外 33m	0.91	0.94	0.97	0.99	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	7.94	7.85	7.76	7.65	7.55	7.43	7.32	7.20	7.07
47	边导线外 34m	0.86	0.89	0.91	0.93	0.95	0.97	0.98	0.99	1.00	7.60	7.51	7.43	7.33	7.23	7.13	7.02	6.91	6.80
48	边导线外 35m	0.81	0.83	0.86	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	7.27	7.20	7.12	7.03	6.94	6.85	6.75	6.65	6.54
49	边导线外 36m	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	6.97	6.90	6.82	6.75	6.66	6.58	6.49	6.39	6.30
50	边导线外 37m	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	6.68	6.62	6.55	6.48	6.40	6.32	6.24	6.15	6.07
51	边导线外 38m	0.68	0.70	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.82	6.41	6.35	6.29	6.23	6.16	6.08	6.01	5.93	5.85
52	边导线外 39m	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.78	6.16	6.11	6.05	5.99	5.92	5.86	5.79	5.71	5.64
53	边导线外 40m	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74	5.92	5.87	5.82	5.76	5.71	5.64	5.58	5.51	5.44
54	边导线外 41m	0.57	0.60	0.62	0.64	0.66	0.67	0.69	0.70	0.71	5.70	5.65	5.60	5.55	5.50	5.44	5.38	5.32	5.25
55	边导线外 42m	0.54	0.57	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	0.67	0.68	5.49	5.44	5.40	5.35	5.30	5.25	5.19	5.13	5.07
56	边导线外 43m	0.51	0.54	0.56	0.58	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	5.29	5.25	5.21	5.16	5.11	5.06	5.01	4.96	4.90
57	边导线外 44m	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	5.10	5.06	5.02	4.98	4.94	4.89	4.84	4.79	4.74
58	边导线外 45m	0.46	0.49	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59	4.92	4.88	4.85	4.81	4.77	4.73	4.68	4.63	4.58
59	边导线外 46m	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57	4.75	4.72	4.68	4.65	4.61	4.57	4.53	4.48	4.44
60	边导线外 47m	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.53	0.54	4.59	4.56	4.53	4.49	4.46	4.42	4.38	4.34	4.30
61	边导线外 48m	0.40	0.42	0.44	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	4.43	4.41	4.38	4.35	4.31	4.28	4.24	4.20	4.16
62	边导线外 49m	0.38	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	4.29	4.26	4.24	4.21	4.18	4.14	4.11	4.07	4.04
63	边导线外 50m	0.36	0.38	0.40	0.41	0.43	0.44	0.45	0.47	0.48	4.15	4.13	4.10	4.07	4.05	4.01	3.98	3.95	3.91
最大值		8.27	7.29	6.47	5.79	5.22	4.72	4.30	3.93	3.61	77.03	69.05	62.25	56.39	51.28	46.79	42.83	39.32	36.19
最大值处距线路中心距离(m)		14	14	14	15	15	16	16	16	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-57 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（15mm 冰区）电磁环境预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		500-MC31D-ZBCK（单回水平排列），15mm 冰区																			
线间距离（m）		13.32/13.32																			
预测点高度（m）		地面 7.5m																			
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）										工频磁感应强度（ μ T）									
0	线路走廊中心	11.37	9.50	8.05	6.89	5.95	5.17	4.52	3.98	3.51	3.11	113.01	98.22	86.56	77.03	69.05	62.25	56.39	51.28	46.79	42.83
1	距中心 1m	11.28	9.45	8.02	6.87	5.94	5.17	4.52	3.98	3.52	3.12	112.56	98.00	86.43	76.95	69.00	62.21	56.35	51.24	46.76	42.80
2	距中心 2m	11.03	9.30	7.94	6.83	5.92	5.16	4.52	3.99	3.53	3.13	111.36	97.39	86.10	76.74	68.84	62.08	56.23	51.13	46.65	42.70
3	距中心 3m	10.69	9.11	7.82	6.77	5.89	5.15	4.53	4.00	3.55	3.16	109.77	96.56	85.62	76.43	68.60	61.87	56.04	50.95	46.48	42.53
4	距中心 4m	10.35	8.92	7.72	6.71	5.87	5.15	4.55	4.03	3.58	3.20	108.22	95.71	85.10	76.05	68.29	61.59	55.77	50.69	46.23	42.29
5	距中心 5m	10.10	8.77	7.64	6.68	5.87	5.17	4.58	4.07	3.63	3.25	107.04	95.00	84.60	75.64	67.92	61.23	55.42	50.35	45.90	41.98
6	距中心 6m	9.97	8.71	7.63	6.69	5.90	5.21	4.63	4.12	3.69	3.31	106.41	94.52	84.16	75.21	67.47	60.78	54.98	49.91	45.48	41.59
7	距中心 7m	10.01	8.76	7.68	6.75	5.96	5.28	4.70	4.19	3.76	3.38	106.37	94.28	83.78	74.73	66.95	60.24	54.43	49.38	44.98	41.11
8	距中心 8m	10.20	8.91	7.80	6.86	6.06	5.37	4.78	4.28	3.84	3.46	106.79	94.18	83.38	74.17	66.30	59.56	53.76	48.74	44.37	40.54
9	距中心 9m	10.52	9.14	7.97	7.00	6.17	5.48	4.88	4.37	3.92	3.54	107.44	94.06	82.84	73.42	65.47	58.72	52.94	47.96	43.65	39.88
10	距中心 10m	10.92	9.40	8.17	7.15	6.30	5.58	4.98	4.46	4.01	3.62	107.91	93.65	82.00	72.40	64.41	57.67	51.95	47.05	42.81	39.12
11	距中心 11m	11.30	9.66	8.35	7.29	6.41	5.68	5.06	4.54	4.08	3.69	107.66	92.63	80.68	71.01	63.04	56.39	50.78	45.98	41.84	38.25
12	距中心 12m	11.58	9.83	8.47	7.38	6.49	5.76	5.13	4.60	4.15	3.76	106.09	90.69	78.71	69.14	61.33	54.85	49.40	44.75	40.75	37.27
13	边导线下	11.65	9.88	8.51	7.42	6.53	5.79	5.18	4.65	4.20	3.80	102.76	87.65	76.01	66.77	59.26	53.04	47.82	43.36	39.53	36.20
14	边导线外 1m	11.48	9.76	8.44	7.38	6.51	5.79	5.18	4.67	4.22	3.83	97.55	83.45	72.56	63.90	56.84	50.98	46.05	41.84	38.20	35.04
15	边导线外 2m	11.04	9.48	8.25	7.25	6.43	5.74	5.16	4.65	4.22	3.84	90.79	78.30	68.49	60.60	54.12	48.70	44.11	40.18	36.78	33.80
16	边导线外 3m	10.41	9.06	7.96	7.05	6.29	5.64	5.09	4.61	4.20	3.83	83.08	72.51	63.99	57.00	51.17	46.26	42.06	38.43	35.27	32.50
17	边导线外 4m	9.66	8.53	7.58	6.78	6.09	5.50	4.99	4.54	4.15	3.80	75.11	66.47	59.27	53.23	48.10	43.71	39.91	36.61	33.71	31.15
18	边导线外 5m	8.87	7.96	7.16	6.46	5.85	5.32	4.85	4.44	4.07	3.74	67.41	60.51	54.56	49.42	44.98	41.12	37.73	34.75	32.12	29.77

19	边导线外 6m	8.08	7.36	6.70	6.11	5.59	5.11	4.69	4.32	3.98	3.67	60.30	54.86	50.00	45.71	41.91	38.54	35.56	32.89	30.52	28.38
20	边导线外 7m	7.33	6.77	6.24	5.75	5.30	4.89	4.51	4.17	3.87	3.58	53.93	49.65	45.73	42.16	38.94	36.03	33.42	31.06	28.93	27.00
21	边导线外 8m	6.64	6.21	5.79	5.38	5.00	4.65	4.32	4.02	3.74	3.48	48.31	44.95	41.78	38.83	36.12	33.63	31.35	29.27	27.38	25.65
22	边导线外 9m	6.02	5.69	5.35	5.02	4.71	4.40	4.12	3.85	3.60	3.37	43.40	40.75	38.19	35.76	33.47	31.35	29.38	27.55	25.87	24.32
23	边导线外 10m	5.45	5.20	4.94	4.68	4.42	4.16	3.91	3.68	3.46	3.25	39.13	37.03	34.95	32.94	31.02	29.21	27.50	25.91	24.43	23.04
24	边导线外 11m	4.95	4.76	4.56	4.35	4.13	3.92	3.71	3.51	3.31	3.13	35.42	33.73	32.04	30.38	28.76	27.22	25.75	24.36	23.05	21.82
25	边导线外 12m	4.50	4.36	4.21	4.04	3.86	3.69	3.51	3.33	3.16	3.00	32.18	30.82	29.44	28.05	26.69	25.37	24.10	22.89	21.74	20.65
26	边导线外 13m	4.09	4.00	3.88	3.75	3.61	3.46	3.31	3.16	3.01	2.87	29.36	28.25	27.11	25.95	24.80	23.67	22.58	21.52	20.50	19.54
27	边导线外 14m	3.73	3.67	3.58	3.48	3.37	3.25	3.12	3.00	2.87	2.74	26.88	25.97	25.02	24.05	23.08	22.11	21.16	20.24	19.34	18.48
28	边导线外 15m	3.41	3.37	3.31	3.23	3.14	3.04	2.94	2.83	2.72	2.62	24.70	23.95	23.15	22.34	21.50	20.67	19.85	19.04	18.26	17.49
29	边导线外 16m	3.12	3.10	3.06	3.00	2.93	2.85	2.77	2.68	2.59	2.49	22.78	22.15	21.48	20.78	20.07	19.36	18.64	17.93	17.24	16.56
30	边导线外 17m	2.86	2.85	2.83	2.79	2.74	2.67	2.60	2.53	2.45	2.37	21.07	20.54	19.97	19.38	18.77	18.15	17.52	16.90	16.29	15.69
31	边导线外 18m	2.63	2.63	2.62	2.59	2.55	2.51	2.45	2.39	2.32	2.25	19.54	19.10	18.61	18.10	17.58	17.04	16.49	15.95	15.40	14.87
32	边导线外 19m	2.42	2.43	2.43	2.41	2.39	2.35	2.31	2.26	2.20	2.14	18.18	17.80	17.39	16.95	16.49	16.02	15.54	15.06	14.58	14.10
33	边导线外 20m	2.23	2.25	2.25	2.25	2.23	2.20	2.17	2.13	2.08	2.03	16.96	16.63	16.27	15.89	15.50	15.08	14.66	14.24	13.81	13.39
34	边导线外 21m	2.06	2.08	2.09	2.09	2.08	2.07	2.04	2.01	1.97	1.93	15.85	15.57	15.26	14.93	14.58	14.22	13.85	13.48	13.09	12.71
35	边导线外 22m	1.91	1.93	1.95	1.95	1.95	1.94	1.92	1.90	1.87	1.83	14.86	14.61	14.34	14.05	13.75	13.43	13.10	12.77	12.43	12.09
36	边导线外 23m	1.77	1.80	1.82	1.83	1.83	1.82	1.81	1.79	1.77	1.74	13.95	13.74	13.50	13.25	12.98	12.70	12.41	12.11	11.81	11.50
37	边导线外 24m	1.64	1.67	1.69	1.71	1.71	1.71	1.70	1.69	1.67	1.65	13.13	12.94	12.74	12.51	12.27	12.02	11.76	11.50	11.23	10.95
38	边导线外 25m	1.52	1.56	1.58	1.60	1.61	1.61	1.61	1.60	1.58	1.57	12.38	12.21	12.03	11.83	11.62	11.40	11.17	10.93	10.68	10.44
39	边导线外	1.42	1.45	1.48	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.50	1.49	11.69	11.54	11.38	11.21	11.02	10.82	10.61	10.40	10.18	9.95

	26m																				
40	边导线外 27m	1.32	1.36	1.38	1.40	1.42	1.43	1.43	1.43	1.42	1.41	11.06	10.93	10.79	10.63	10.46	10.28	10.10	9.90	9.71	9.50
41	边导线外 28m	1.23	1.27	1.30	1.32	1.33	1.34	1.35	1.35	1.35	1.34	10.48	10.36	10.23	10.09	9.94	9.79	9.62	9.44	9.26	9.08
42	边导线外 29m	1.15	1.19	1.22	1.24	1.26	1.27	1.28	1.28	1.28	1.27	9.94	9.84	9.73	9.60	9.46	9.32	9.17	9.01	8.85	8.68
43	边导线外 30m	1.08	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21	1.21	1.21	9.45	9.36	9.25	9.14	9.02	8.89	8.75	8.61	8.46	8.31
44	边导线外 31m	1.01	1.04	1.07	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.15	1.15	8.99	8.91	8.81	8.71	8.60	8.49	8.36	8.23	8.10	7.96
45	边导线外 32m	0.95	0.98	1.01	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.09	1.10	8.56	8.49	8.41	8.31	8.21	8.11	8.00	7.88	7.75	7.63
46	边导线外 33m	0.89	0.92	0.95	0.97	0.99	1.01	1.02	1.03	1.04	1.04	8.17	8.10	8.03	7.94	7.85	7.76	7.65	7.55	7.43	7.32
47	边导线外 34m	0.84	0.87	0.90	0.92	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	7.80	7.74	7.67	7.60	7.51	7.43	7.33	7.23	7.13	7.02
48	边导线外 35m	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	7.46	7.40	7.34	7.27	7.20	7.12	7.03	6.94	6.85	6.75
49	边导线外 36m	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	7.14	7.09	7.03	6.97	6.90	6.82	6.75	6.66	6.58	6.49
50	边导线外 37m	0.70	0.73	0.76	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	6.84	6.79	6.74	6.68	6.62	6.55	6.48	6.40	6.32	6.24
51	边导线外 38m	0.66	0.69	0.72	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	6.56	6.51	6.47	6.41	6.35	6.29	6.23	6.16	6.08	6.01
52	边导线外 39m	0.63	0.65	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	6.29	6.25	6.21	6.16	6.11	6.05	5.99	5.92	5.86	5.79
53	边导线外 40m	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.75	6.04	6.01	5.97	5.92	5.87	5.82	5.76	5.71	5.64	5.58
54	边导线外 41m	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	5.81	5.78	5.74	5.70	5.65	5.60	5.55	5.50	5.44	5.38
55	边导线外 42m	0.53	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.67	0.68	5.59	5.56	5.52	5.49	5.44	5.40	5.35	5.30	5.25	5.19
56	边导线外 43m	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65	5.38	5.35	5.32	5.29	5.25	5.21	5.16	5.11	5.06	5.01
57	边导线外 44m	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	5.18	5.16	5.13	5.10	5.06	5.02	4.98	4.94	4.89	4.84
58	边导线外 45m	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	5.00	4.98	4.95	4.92	4.88	4.85	4.81	4.77	4.73	4.68
59	边导线外 46m	0.44	0.46	0.47	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	0.57	4.82	4.80	4.78	4.75	4.72	4.68	4.65	4.61	4.57	4.53

60	边导线外 47m	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.51	0.53	0.54	0.55	4.66	4.64	4.61	4.59	4.56	4.53	4.49	4.46	4.42	4.38
61	边导线外 48m	0.39	0.41	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	4.50	4.48	4.46	4.43	4.41	4.38	4.35	4.31	4.28	4.24
62	边导线外 49m	0.38	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48	0.49	0.50	4.35	4.33	4.31	4.29	4.26	4.24	4.21	4.18	4.14	4.11
63	边导线外 50m	0.36	0.38	0.39	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	4.21	4.19	4.17	4.15	4.13	4.10	4.07	4.05	4.01	3.98
最大值		11.65	9.88	8.51	7.42	6.53	5.79	5.18	4.67	4.22	3.84	113.01	98.22	86.56	77.03	69.05	62.25	56.39	51.28	46.79	42.83
最大值处距线路走廊中心距离(m)		13	13	13	13	13	13	13	14	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0

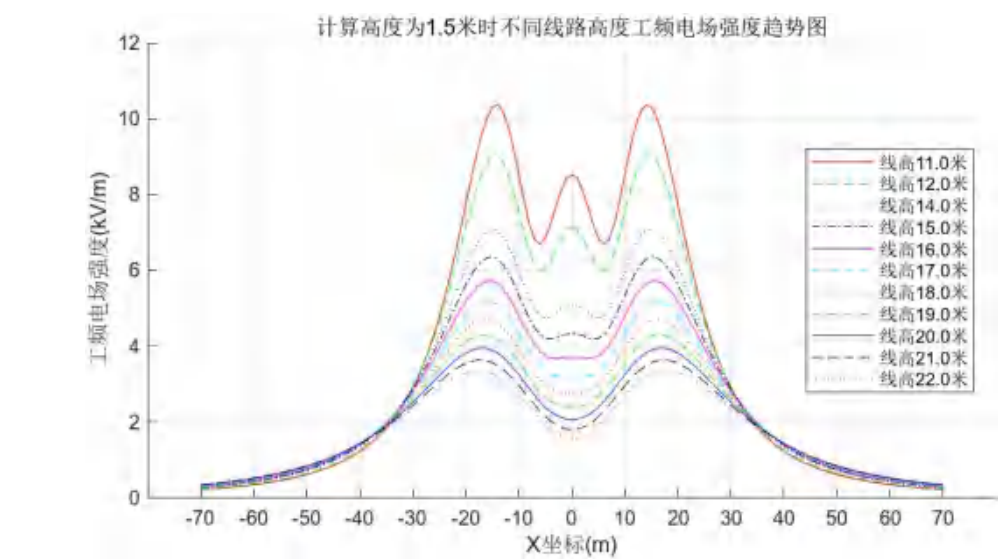


图 6.1-45 15mm 冰区单回水平线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

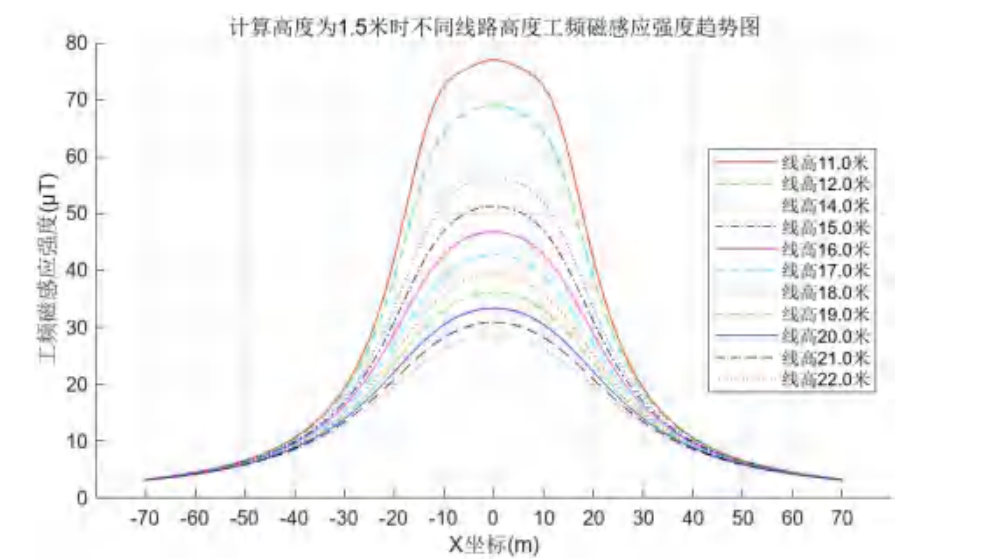


图 6.1-46 15mm 冰区单回水平线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

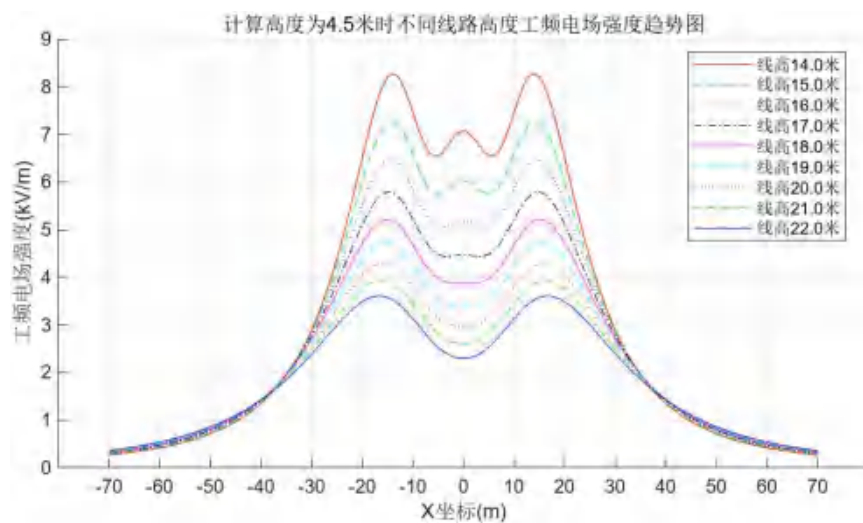


图 6.1-47 15mm 冰区单回水平线路距地面 4.5m 高处工频电场预测图

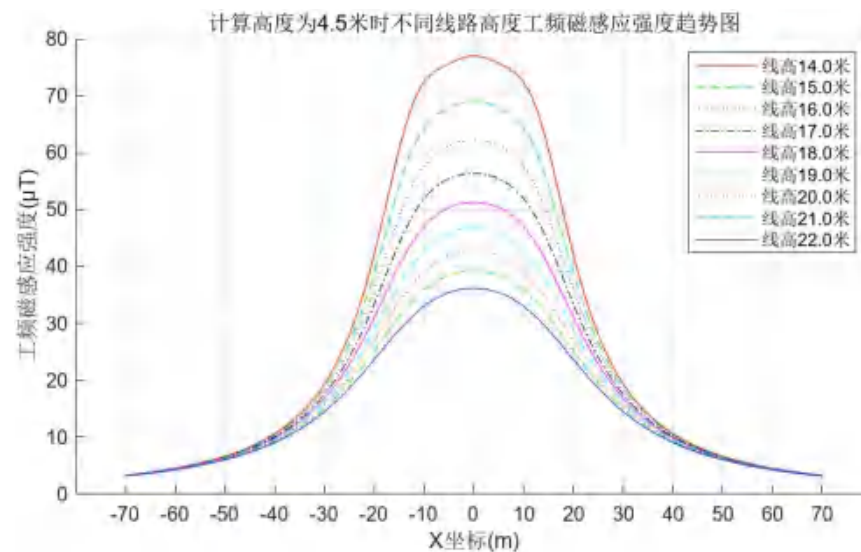


图 6.1-48 15mm 冰区单回水平线路距地面 4.5m 高处工频磁场预测图

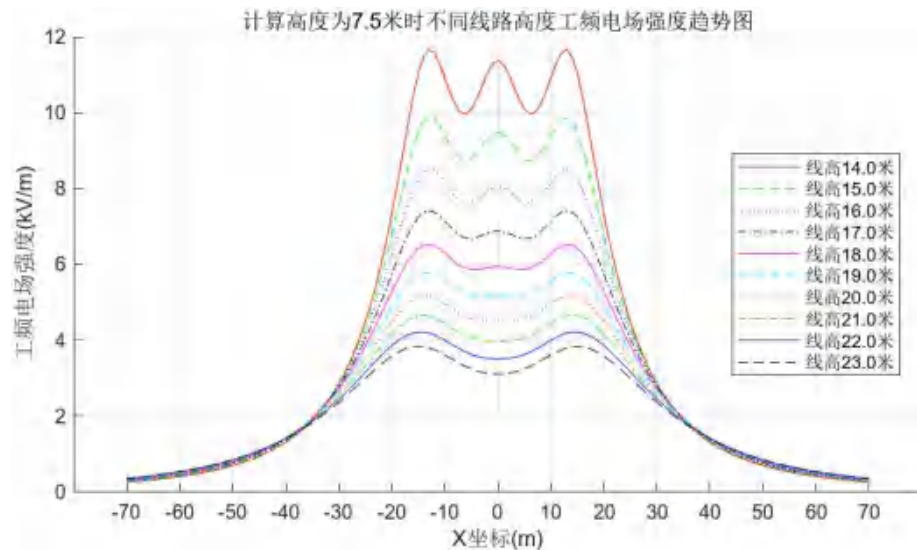


图 6.1-49 15mm 冰区单回水平线路距地面 7.5m 高处工频电场预测图

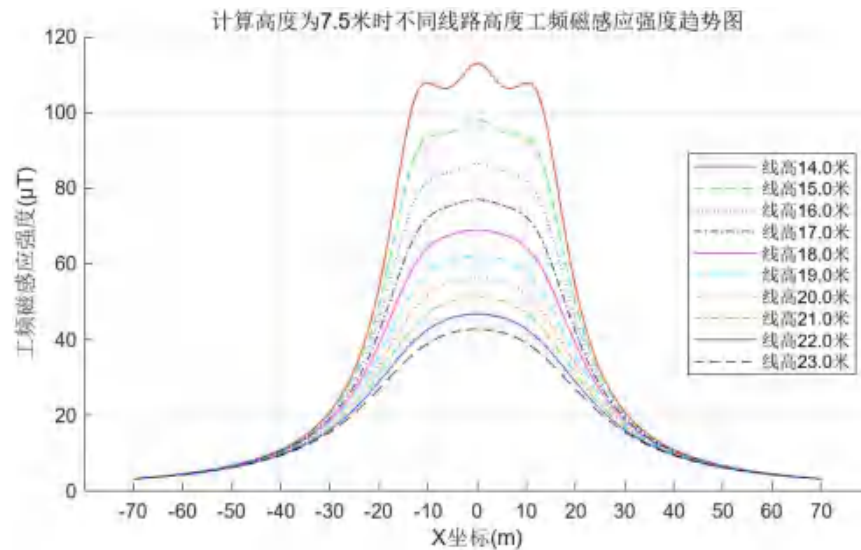


图 6.1-50 15mm 冰区单回水平线路距地面 7.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目单回路段线路导线设计最低对地高度为 11m，位于 15mm 冰区、采用 500-MC31D-ZBCK 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.37kV/m，出现在距线路走廊中 16m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 77.03 μ T，出现在线路走廊中心，工频电场强度不满足 10kV/m 限值要求。导线高度抬升至 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.04kV/m，出现在距线路走廊中 15m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 69.05 μ T，出现在线路走廊中心，地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目单回路段线路导线最低对地高度为 14m，位于 15mm 冰区、采用 500-MC31D-ZBCK 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 7.10 kV/m，出现在距线路走廊中心 15 m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 27 m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 56.39 μ T，出现在线路走廊中心处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 20 m 时，边导线投影外 5m 处地面 1.5m 高处工频电场强度为 3.94kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 27.67 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目单回路段线路导线设计最低对地高度为 14m，位于 15mm 冰区、采用 500-MC31D-ZBCK 塔时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 8.27kV/m，出现在距线路走廊中心 14 m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 27 m 处；线路附近地面 4.5m 高处工频磁场强度最大值为 77.03 μ T，出现在线路走廊中心处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 21m 时，边导线投影外 5m 处地面 4.5m 高处工频电场强度为 3.89kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 27.67 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目单回路段线路导线设计最低对地高度为 14m，位于 15mm 冰区、采用 500-MC31D-ZBCK 塔时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 11.65kV/m，出现在距线路走廊中心 13 m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 27m 处；线路附近地面 7.5m 高处工频磁场强度最大值为 113.01 μ T，出现在线路走廊中心处，不满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 14m 处。当导线对地高度达到 23m 时，边导线投影外

5m 处地面 7.5m 高处工频电场强度为 3.74kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 29.77μT，满足工频磁感应强度 100μT 的限值要求。

(3) 指导性控制措施

鉴于本项目尚未完成施工图设计，本项目单回线路所经区域评价范围内的居民房屋尚不确定，根据初步设计阶段线路路径，结合现场踏勘，本项目评价范围内居民敏感目标主要包括 1~3 层坡顶和 1~2 层平顶房屋，为确保评价范围内居民房屋不同楼层处电场强度满足公众曝露控制限值 4kV/m 要求，应按照各居民房屋距离边导线水平距离的不同、楼层高度不同，相应控制线路与房屋水平距离或优化导线对地高度，具体见下表和下图。

表 6.1-58 同塔双回段线路在距边导线不同距离的居民房屋处达到 4kV/m 对应的导线对地最低高度

房屋距线路边导线距离（m）	导线对地高度（m）		
	1 层坡顶房屋	1 层平顶及 2 层坡顶房屋	2 层平顶及 3 层坡顶房屋
5	20	21	23
6	20	21	22
7	20	21	22
8	20	20	22
9	19	20	21
10	18	19	20
11	17	18	19
12	16	17	18
13	15	15	16
14	14	14	14
15	14	14	14

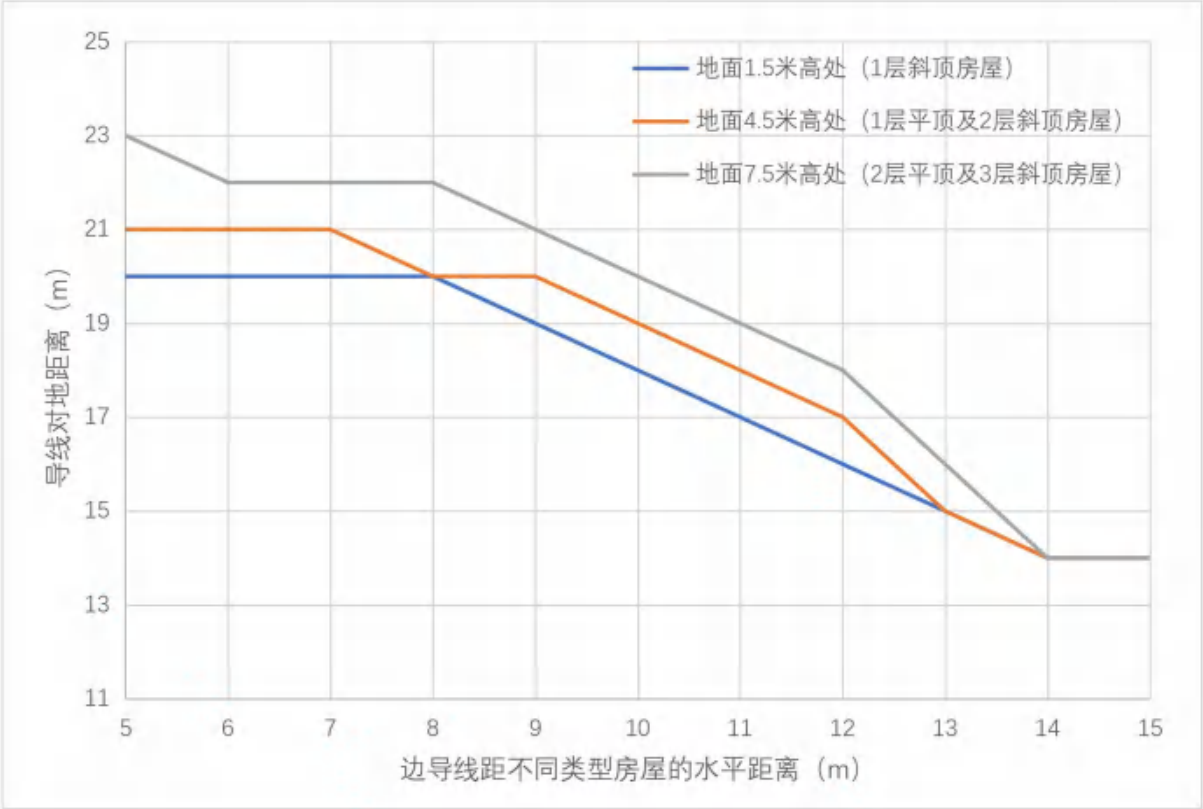


图 6.1-51 单回路路线不同高度处工频电场强度 4kV/m 等值线图

6.1.4.2.8 换流站～牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（20mm 冰区）预测评价

本项目 500kV 单回线路段水平排列在地面 1.5m 、地面 4.5m、地面 7.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-59 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（20mm 冰区）电磁环境预测结果（距地面 1.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		562-ZBC3 直线塔（单回水平排列），20mm 冰区																					
线间距离（m）		17.9/17.9																					
预测点高度（m）		地面 1.5m																					
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）											工频磁感应强度（ μ T）										
0	线路走廊中心	9.97	8.56	6.43	5.62	4.93	4.33	3.83	3.39	3.01	2.68	2.39	77.49	70.16	58.62	53.96	49.84	46.17	42.88	39.91	37.23	34.79	32.56
1	距中心 1m	9.85	8.47	6.38	5.58	4.90	4.31	3.81	3.38	3.00	2.67	2.39	77.36	70.09	58.59	53.93	49.81	46.15	42.86	39.90	37.21	34.77	32.55
2	距中心 2m	9.51	8.21	6.23	5.47	4.81	4.25	3.77	3.35	2.98	2.66	2.39	77.01	69.87	58.49	53.86	49.75	46.10	42.81	39.85	37.17	34.73	32.51
3	距中心 3m	8.97	7.81	6.01	5.30	4.69	4.16	3.70	3.30	2.96	2.65	2.38	76.49	69.55	58.34	53.74	49.66	46.01	42.73	39.77	37.09	34.66	32.44
4	距中心 4m	8.31	7.32	5.72	5.09	4.53	4.05	3.63	3.26	2.93	2.64	2.39	75.88	69.16	58.15	53.59	49.53	45.89	42.62	39.66	36.99	34.56	32.34
5	距中心 5m	7.61	6.78	5.42	4.86	4.37	3.94	3.55	3.21	2.91	2.64	2.40	75.26	68.75	57.93	53.41	49.36	45.74	42.47	39.52	36.85	34.42	32.21
6	距中心 6m	6.94	6.28	5.15	4.66	4.23	3.84	3.50	3.19	2.91	2.65	2.43	74.71	68.38	57.70	53.20	49.18	45.56	42.30	39.35	36.68	34.26	32.05
7	距中心 7m	6.39	5.87	4.93	4.52	4.14	3.79	3.48	3.19	2.93	2.69	2.47	74.29	68.06	57.47	52.98	48.96	45.34	42.08	39.14	36.48	34.06	31.86
8	距中心 8m	6.06	5.63	4.83	4.46	4.12	3.80	3.50	3.23	2.98	2.75	2.54	74.01	67.81	57.23	52.74	48.71	45.09	41.83	38.90	36.24	33.83	31.64
9	距中心 9m	6.00	5.61	4.86	4.51	4.17	3.87	3.58	3.31	3.07	2.84	2.63	73.89	67.64	56.98	52.46	48.42	44.80	41.54	38.61	35.96	33.56	31.38
10	距中心 10m	6.23	5.81	5.02	4.66	4.32	4.00	3.71	3.44	3.19	2.95	2.74	73.90	67.51	56.70	52.15	48.09	44.46	41.20	38.27	35.63	33.25	31.08
11	距中心 11m	6.73	6.22	5.31	4.90	4.53	4.19	3.88	3.59	3.33	3.09	2.87	73.98	67.40	56.38	51.78	47.70	44.06	40.80	37.88	35.26	32.89	30.75
12	距中心 12m	7.41	6.77	5.68	5.22	4.80	4.42	4.08	3.77	3.49	3.24	3.00	74.06	67.24	55.98	51.33	47.23	43.59	40.34	37.44	34.83	32.49	30.37
13	距中心 13m	8.19	7.40	6.10	5.57	5.09	4.68	4.30	3.97	3.66	3.39	3.14	74.05	66.96	55.46	50.78	46.67	43.03	39.81	36.93	34.35	32.04	29.95
14	距中心 14m	8.99	8.04	6.53	5.92	5.39	4.93	4.52	4.16	3.83	3.54	3.28	73.83	66.49	54.80	50.10	46.00	42.39	39.19	36.35	33.81	31.54	29.48
15	距中心 15m	9.74	8.64	6.92	6.25	5.67	5.17	4.73	4.34	4.00	3.69	3.41	73.26	65.73	53.95	49.27	45.20	41.64	38.49	35.70	33.21	30.98	28.97
16	距中心 16m	10.37	9.14	7.26	6.54	5.92	5.38	4.91	4.50	4.14	3.82	3.53	72.22	64.63	52.90	48.28	44.28	40.78	37.71	34.98	32.55	30.37	28.41
17	距中心 17m	10.81	9.50	7.52	6.76	6.11	5.55	5.07	4.64	4.26	3.93	3.63	70.63	63.13	51.61	47.11	43.22	39.82	36.83	34.19	31.83	29.72	27.81
18	边导线下*	11.04	9.70	7.68	6.91	6.24	5.67	5.18	4.74	4.36	4.02	3.71	68.46	61.20	50.11	45.77	42.02	38.75	35.87	33.32	31.05	29.01	27.17
19	边导线外 1m	11.04	9.73	7.74	6.97	6.31	5.74	5.24	4.81	4.42	4.08	3.78	65.72	58.89	48.39	44.26	40.70	37.58	34.83	32.39	30.21	28.26	26.50
20	边导线外 2m	10.81	9.59	7.69	6.95	6.31	5.75	5.26	4.83	4.45	4.12	3.81	62.52	56.24	46.48	42.62	39.26	36.32	33.72	31.40	29.33	27.47	25.78
21	边导线外 3m	10.40	9.30	7.55	6.85	6.24	5.71	5.24	4.82	4.45	4.12	3.83	58.98	53.34	44.43	40.87	37.74	34.99	32.55	30.37	28.41	26.65	25.04

22	边导线外 4m	9.85	8.89	7.32	6.68	6.12	5.62	5.18	4.78	4.42	4.11	3.82	55.26	50.30	42.29	39.03	36.16	33.61	31.34	29.30	27.46	25.80	24.28
23	边导线外 5m	9.21	8.40	7.04	6.46	5.95	5.49	5.07	4.70	4.37	4.06	3.79	51.51	47.20	40.10	37.16	34.54	32.20	30.10	28.20	26.49	24.93	23.50
24	边导线外 6m	8.52	7.86	6.70	6.19	5.74	5.32	4.94	4.60	4.28	4.00	3.74	47.82	44.14	37.90	35.27	32.91	30.77	28.85	27.10	25.50	24.05	22.71
25	边导线外 7m	7.82	7.29	6.33	5.90	5.49	5.12	4.78	4.47	4.18	3.91	3.67	44.30	41.17	35.74	33.41	31.28	29.35	27.59	25.99	24.51	23.16	21.92
26	边导线外 8m	7.13	6.73	5.95	5.58	5.23	4.91	4.60	4.32	4.06	3.81	3.59	40.99	38.34	33.65	31.58	29.69	27.95	26.35	24.88	23.53	22.28	21.12
27	边导线外 9m	6.48	6.18	5.56	5.25	4.96	4.68	4.41	4.16	3.92	3.70	3.49	37.92	35.69	31.64	29.82	28.14	26.58	25.13	23.80	22.56	21.41	20.34
28	边导线外 10m	5.88	5.66	5.17	4.93	4.68	4.44	4.21	3.99	3.77	3.57	3.39	35.10	33.21	29.73	28.13	26.64	25.25	23.95	22.74	21.60	20.55	19.56
29	边导线外 11m	5.32	5.17	4.80	4.60	4.40	4.20	4.00	3.81	3.62	3.44	3.27	32.52	30.93	27.93	26.53	25.21	23.97	22.80	21.70	20.67	19.71	18.80
30	边导线外 12m	4.82	4.72	4.45	4.29	4.13	3.96	3.79	3.63	3.46	3.31	3.15	30.17	28.83	26.24	25.02	23.86	22.75	21.70	20.71	19.77	18.89	18.05
31	边导线外 13m	4.37	4.31	4.12	4.00	3.87	3.73	3.59	3.45	3.30	3.17	3.03	28.04	26.90	24.67	23.60	22.57	21.59	20.65	19.75	18.90	18.09	17.33
32	边导线外 14m	3.96	3.93	3.81	3.72	3.61	3.50	3.39	3.27	3.15	3.03	2.91	26.10	25.13	23.20	22.27	21.36	20.48	19.64	18.84	18.06	17.33	16.63
33	边导线外 15m	3.59	3.59	3.52	3.45	3.38	3.29	3.19	3.09	2.99	2.89	2.78	24.35	23.51	21.84	21.02	20.22	19.44	18.69	17.96	17.26	16.59	15.95
34	边导线外 16m	3.27	3.29	3.25	3.21	3.15	3.08	3.01	2.92	2.84	2.75	2.66	22.75	22.03	20.58	19.86	19.15	18.46	17.78	17.13	16.50	15.89	15.30
35	边导线外 17m	2.98	3.01	3.01	2.98	2.94	2.89	2.83	2.76	2.69	2.61	2.54	21.30	20.68	19.41	18.78	18.15	17.53	16.93	16.34	15.77	15.21	14.67
36	边导线外 18m	2.72	2.76	2.78	2.77	2.74	2.71	2.66	2.61	2.55	2.48	2.42	19.98	19.44	18.33	17.77	17.22	16.66	16.12	15.59	15.07	14.56	14.07
37	边导线外 19m	2.48	2.53	2.57	2.57	2.56	2.53	2.50	2.46	2.41	2.36	2.30	18.77	18.30	17.33	16.84	16.34	15.85	15.36	14.88	14.41	13.95	13.50
38	边导线外 20m	2.27	2.33	2.39	2.39	2.39	2.37	2.35	2.32	2.28	2.24	2.19	17.67	17.26	16.41	15.97	15.52	15.08	14.64	14.21	13.78	13.36	12.95
39	边导线外 21m	2.09	2.14	2.21	2.23	2.23	2.22	2.21	2.19	2.16	2.12	2.08	16.66	16.30	15.55	15.16	14.76	14.36	13.97	13.58	13.19	12.81	12.43
40	边导线外 22m	1.92	1.98	2.05	2.07	2.08	2.08	2.08	2.06	2.04	2.01	1.98	15.73	15.42	14.75	14.40	14.05	13.69	13.33	12.98	12.63	12.28	11.94
41	边导线外 23m	1.77	1.83	1.91	1.93	1.95	1.95	1.95	1.94	1.93	1.91	1.88	14.88	14.60	14.01	13.70	13.38	13.06	12.74	12.41	12.09	11.78	11.46
42	边导线外	1.63	1.69	1.78	1.80	1.82	1.83	1.84	1.83	1.82	1.81	1.79	14.10	13.85	13.32	13.04	12.76	12.47	12.18	11.88	11.59	11.30	11.01

	24m																						
43	边导线外 25m	1.51	1.57	1.66	1.69	1.71	1.72	1.73	1.73	1.72	1.71	1.70	13.37	13.15	12.68	12.43	12.17	11.91	11.65	11.38	11.11	10.85	10.58
44	边导线外 26m	1.40	1.46	1.55	1.58	1.60	1.62	1.63	1.63	1.63	1.62	1.61	12.70	12.51	12.08	11.86	11.62	11.39	11.15	10.90	10.66	10.42	10.17
45	边导线外 27m	1.30	1.36	1.44	1.48	1.50	1.52	1.53	1.54	1.54	1.54	1.53	12.08	11.91	11.52	11.32	11.11	10.90	10.68	10.46	10.23	10.01	9.79
46	边导线外 28m	1.21	1.26	1.35	1.38	1.41	1.43	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	11.51	11.35	11.00	10.82	10.63	10.43	10.24	10.03	9.83	9.62	9.42
47	边导线外 29m	1.13	1.18	1.26	1.30	1.33	1.35	1.36	1.38	1.38	1.39	1.39	10.97	10.83	10.52	10.35	10.18	10.00	9.82	9.63	9.45	9.26	9.07
48	边导线外 30m	1.05	1.10	1.19	1.22	1.25	1.27	1.29	1.30	1.31	1.32	1.32	10.47	10.35	10.06	9.91	9.75	9.59	9.43	9.26	9.08	8.91	8.74
49	边导线外 31m	0.98	1.03	1.11	1.15	1.17	1.20	1.22	1.23	1.24	1.25	1.25	10.01	9.89	9.64	9.50	9.35	9.21	9.05	8.90	8.74	8.58	8.42
50	边导线外 32m	0.92	0.97	1.05	1.08	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18	1.19	1.19	9.57	9.47	9.24	9.11	8.98	8.84	8.70	8.56	8.41	8.27	8.12
51	边导线外 33m	0.86	0.91	0.98	1.02	1.04	1.07	1.09	1.11	1.12	1.13	1.13	9.17	9.07	8.86	8.74	8.62	8.50	8.37	8.24	8.10	7.97	7.83
52	边导线外 34m	0.81	0.85	0.93	0.96	0.99	1.01	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	8.79	8.70	8.51	8.40	8.29	8.17	8.06	7.94	7.81	7.68	7.56
53	边导线外 35m	0.76	0.80	0.87	0.90	0.93	0.96	0.98	0.99	1.01	1.02	1.03	8.43	8.35	8.17	8.08	7.97	7.87	7.76	7.65	7.53	7.42	7.30
54	边导线外 36m	0.71	0.75	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	8.10	8.02	7.86	7.77	7.68	7.58	7.48	7.37	7.27	7.16	7.05
55	边导线外 37m	0.67	0.71	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.90	0.91	0.93	0.94	7.78	7.71	7.56	7.48	7.39	7.30	7.21	7.11	7.02	6.92	6.81
56	边导线外 38m	0.64	0.67	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	7.48	7.42	7.28	7.21	7.13	7.04	6.96	6.87	6.78	6.68	6.59
57	边导线外 39m	0.60	0.63	0.70	0.72	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.84	0.85	7.20	7.14	7.02	6.95	6.87	6.80	6.72	6.63	6.55	6.46	6.37
58	边导线外 40m	0.57	0.60	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.81	6.94	6.88	6.77	6.70	6.63	6.56	6.49	6.41	6.33	6.25	6.17
59	边导线外 41m	0.54	0.57	0.63	0.65	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	6.69	6.64	6.53	6.47	6.41	6.34	6.27	6.20	6.13	6.05	5.97
60	边导线外 42m	0.51	0.54	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.74	6.45	6.40	6.30	6.25	6.19	6.13	6.06	6.00	5.93	5.86	5.79
61	边导线外 43m	0.48	0.51	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	6.23	6.18	6.09	6.04	5.98	5.93	5.87	5.80	5.74	5.67	5.61
62	边导线外 44m	0.46	0.49	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67	0.68	6.01	5.97	5.89	5.84	5.79	5.73	5.68	5.62	5.56	5.50	5.44

63	边导线外 45m	0.43	0.46	0.51	0.53	0.56	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64	0.65	5.81	5.78	5.69	5.65	5.60	5.55	5.50	5.45	5.39	5.33	5.27
64	边导线外 46m	0.41	0.44	0.49	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	5.62	5.59	5.51	5.47	5.42	5.38	5.33	5.28	5.23	5.17	5.12
65	边导线外 47m	0.39	0.42	0.46	0.49	0.51	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	5.44	5.41	5.34	5.30	5.26	5.21	5.17	5.12	5.07	5.02	4.97
66	边导线外 48m	0.37	0.40	0.44	0.46	0.48	0.50	0.52	0.53	0.55	0.56	0.57	5.26	5.24	5.17	5.13	5.09	5.05	5.01	4.97	4.92	4.87	4.82
67	边导线外 49m	0.36	0.38	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	5.10	5.07	5.01	4.98	4.94	4.90	4.86	4.82	4.78	4.73	4.68
68	边导线外 50m	0.34	0.36	0.40	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	4.94	4.92	4.86	4.83	4.79	4.76	4.72	4.68	4.64	4.60	4.55
最大值		11.04	9.73	7.74	6.97	6.31	5.75	5.26	4.83	4.45	4.12	3.83	77.49	70.16	58.62	53.96	49.84	46.17	42.88	39.91	37.23	34.79	32.56
最大值处距线路走廊中心距离(m)		19	19	19	19	20	20	20	20	20	21	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-60 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（20mm 冰区）电磁环境预测结果（距地面 4.5m 高处）

单位：kV/m、μT

塔型		562-ZBC3 直线塔（单回水平排列），20mm 冰区																					
线间距离（m）		17.9/17.9																					
预测点高度（m）		地面 4.5m																					
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）											工频磁感应强度（μT）										
0	线路走廊中心	7.94	6.89	6.02	5.29	4.67	4.14	3.68	3.28	2.94	2.63	77.49	70.16	63.96	58.62	53.96	49.84	46.17	42.88	39.91	37.23		
1	距中心 1m	7.88	6.85	5.99	5.27	4.65	4.12	3.67	3.28	2.93	2.63	77.36	70.09	63.91	58.59	53.93	49.81	46.15	42.86	39.90	37.21		
2	距中心 2m	7.70	6.72	5.90	5.20	4.60	4.09	3.65	3.26	2.93	2.63	77.01	69.87	63.77	58.49	53.86	49.75	46.10	42.81	39.85	37.17		
3	距中心 3m	7.44	6.53	5.75	5.10	4.53	4.04	3.61	3.24	2.92	2.63	76.49	69.55	63.56	58.34	53.74	49.66	46.01	42.73	39.77	37.09		
4	距中心 4m	7.11	6.29	5.58	4.97	4.44	3.98	3.58	3.22	2.91	2.64	75.88	69.16	63.30	58.15	53.59	49.53	45.89	42.62	39.66	36.99		
5	距中心 5m	6.77	6.04	5.40	4.85	4.36	3.93	3.55	3.21	2.91	2.65	75.26	68.75	63.01	57.93	53.41	49.36	45.74	42.47	39.52	36.85		
6	距中心 6m	6.47	5.82	5.25	4.74	4.29	3.89	3.53	3.21	2.93	2.67	74.71	68.38	62.73	57.70	53.20	49.18	45.56	42.30	39.35	36.68		
7	距中心 7m	6.23	5.66	5.14	4.67	4.25	3.87	3.53	3.23	2.96	2.71	74.29	68.06	62.47	57.47	52.98	48.96	45.34	42.08	39.14	36.48		
8	距中心 8m	6.11	5.58	5.09	4.65	4.25	3.89	3.57	3.27	3.01	2.76	74.01	67.81	62.23	57.23	52.74	48.71	45.09	41.83	38.90	36.24		
9	距中心 9m	6.11	5.60	5.13	4.70	4.31	3.95	3.63	3.34	3.08	2.84	73.89	67.64	62.02	56.98	52.46	48.42	44.80	41.54	38.61	35.96		
10	距中心 10m	6.25	5.72	5.24	4.81	4.41	4.05	3.73	3.43	3.17	2.92	73.90	67.51	61.80	56.70	52.15	48.09	44.46	41.20	38.27	35.63		

11	距中心 11m	6.51	5.94	5.43	4.97	4.56	4.19	3.85	3.55	3.27	3.02	73.98	67.40	61.56	56.38	51.78	47.70	44.06	40.80	37.88	35.26
12	距中心 12m	6.86	6.23	5.68	5.18	4.74	4.34	3.99	3.68	3.39	3.13	74.06	67.24	61.24	55.98	51.33	47.23	43.59	40.34	37.44	34.83
13	距中心 13m	7.28	6.57	5.95	5.41	4.94	4.52	4.15	3.81	3.51	3.25	74.05	66.96	60.81	55.46	50.78	46.67	43.03	39.81	36.93	34.35
14	距中心 14m	7.71	6.92	6.24	5.65	5.14	4.69	4.30	3.95	3.64	3.36	73.83	66.49	60.21	54.80	50.10	46.00	42.39	39.19	36.35	33.81
15	距中心 15m	8.12	7.25	6.51	5.88	5.33	4.86	4.44	4.08	3.75	3.46	73.26	65.73	59.38	53.95	49.27	45.20	41.64	38.49	35.70	33.21
16	距中心 16m	8.47	7.53	6.74	6.07	5.50	5.00	4.57	4.19	3.86	3.56	72.22	64.63	58.28	52.90	48.28	44.28	40.78	37.71	34.98	32.55
17	距中心 17m	8.71	7.73	6.91	6.22	5.63	5.12	4.68	4.29	3.95	3.64	70.63	63.13	56.88	51.61	47.11	43.22	39.82	36.83	34.19	31.83
18	边导线下	8.83	7.84	7.01	6.31	5.71	5.20	4.75	4.36	4.01	3.70	68.46	61.20	55.18	50.11	45.77	42.02	38.75	35.87	33.32	31.05
19	边导线外 1m	8.82	7.84	7.03	6.34	5.75	5.24	4.79	4.40	4.06	3.75	65.72	58.89	53.20	48.39	44.26	40.70	37.58	34.83	32.39	30.21
20	边导线外 2m	8.67	7.74	6.97	6.30	5.73	5.23	4.80	4.42	4.07	3.77	62.52	56.24	50.97	46.48	42.62	39.26	36.32	33.72	31.40	29.33
21	边导线外 3m	8.40	7.55	6.83	6.21	5.67	5.19	4.77	4.40	4.07	3.77	58.98	53.34	48.55	44.43	40.87	37.74	34.99	32.55	30.37	28.41
22	边导线外 4m	8.04	7.29	6.63	6.06	5.56	5.11	4.71	4.36	4.04	3.75	55.26	50.30	46.01	42.29	39.03	36.16	33.61	31.34	29.30	27.46
23	边导线外 5m	7.62	6.97	6.39	5.87	5.41	4.99	4.62	4.29	3.99	3.72	51.51	47.20	43.42	40.10	37.16	34.54	32.20	30.10	28.20	26.49
24	边导线外 6m	7.16	6.61	6.10	5.64	5.23	4.85	4.51	4.20	3.92	3.66	47.82	44.14	40.84	37.90	35.27	32.91	30.77	28.85	27.10	25.50
25	边导线外 7m	6.68	6.22	5.79	5.39	5.02	4.69	4.38	4.09	3.83	3.59	44.30	41.17	38.32	35.74	33.41	31.28	29.35	27.59	25.99	24.51
26	边导线外 8m	6.21	5.83	5.47	5.13	4.80	4.50	4.23	3.97	3.73	3.51	40.99	38.34	35.90	33.65	31.58	29.69	27.95	26.35	24.88	23.53
27	边导线外 9m	5.75	5.44	5.14	4.85	4.57	4.31	4.06	3.83	3.61	3.41	37.92	35.69	33.59	31.64	29.82	28.14	26.58	25.13	23.80	22.56
28	边导线外 10m	5.30	5.06	4.82	4.58	4.34	4.11	3.89	3.69	3.49	3.31	35.10	33.21	31.42	29.73	28.13	26.64	25.25	23.95	22.74	21.60
29	边导线外 11m	4.89	4.70	4.50	4.30	4.10	3.91	3.72	3.54	3.36	3.19	32.52	30.93	29.39	27.93	26.53	25.21	23.97	22.80	21.70	20.67
30	边导线外 12m	4.50	4.36	4.20	4.04	3.87	3.71	3.54	3.38	3.23	3.08	30.17	28.83	27.51	26.24	25.02	23.86	22.75	21.70	20.71	19.77
31	边导线外 13m	4.15	4.04	3.92	3.79	3.65	3.51	3.37	3.23	3.09	2.96	28.04	26.90	25.77	24.67	23.60	22.57	21.59	20.65	19.75	18.90
32	边导线外 14m	3.82	3.74	3.65	3.54	3.43	3.32	3.20	3.08	2.96	2.84	26.10	25.13	24.16	23.20	22.27	21.36	20.48	19.64	18.84	18.06
33	边导线外 15m	3.52	3.46	3.39	3.31	3.22	3.13	3.03	2.93	2.82	2.72	24.35	23.51	22.67	21.84	21.02	20.22	19.44	18.69	17.96	17.26
34	边导线外 16m	3.24	3.21	3.16	3.10	3.03	2.95	2.87	2.78	2.69	2.60	22.75	22.03	21.31	20.58	19.86	19.15	18.46	17.78	17.13	16.50
35	边导线外 17m	2.99	2.97	2.94	2.90	2.84	2.78	2.71	2.64	2.56	2.49	21.30	20.68	20.05	19.41	18.78	18.15	17.53	16.93	16.34	15.77
36	边导线外 18m	2.76	2.76	2.74	2.71	2.67	2.62	2.56	2.50	2.44	2.37	19.98	19.44	18.89	18.33	17.77	17.22	16.66	16.12	15.59	15.07
37	边导线外 19m	2.55	2.56	2.55	2.53	2.50	2.46	2.42	2.37	2.32	2.26	18.77	18.30	17.82	17.33	16.84	16.34	15.85	15.36	14.88	14.41
38	边导线外 20m	2.36	2.38	2.38	2.37	2.35	2.32	2.29	2.25	2.20	2.15	17.67	17.26	16.84	16.41	15.97	15.52	15.08	14.64	14.21	13.78
39	边导线外 21m	2.19	2.21	2.22	2.22	2.20	2.18	2.16	2.13	2.09	2.05	16.66	16.30	15.93	15.55	15.16	14.76	14.36	13.97	13.58	13.19
40	边导线外 22m	2.03	2.06	2.07	2.07	2.07	2.06	2.04	2.01	1.99	1.95	15.73	15.42	15.09	14.75	14.40	14.05	13.69	13.33	12.98	12.63
41	边导线外 23m	1.89	1.92	1.93	1.94	1.94	1.94	1.93	1.91	1.88	1.86	14.88	14.60	14.31	14.01	13.70	13.38	13.06	12.74	12.41	12.09
42	边导线外 24m	1.76	1.79	1.81	1.82	1.83	1.83	1.82	1.81	1.79	1.77	14.10	13.85	13.59	13.32	13.04	12.76	12.47	12.18	11.88	11.59

43	边导线外 25m	1.64	1.67	1.69	1.71	1.72	1.72	1.72	1.71	1.70	1.68	13.37	13.15	12.92	12.68	12.43	12.17	11.91	11.65	11.38	11.11
44	边导线外 26m	1.53	1.56	1.59	1.61	1.62	1.62	1.63	1.62	1.61	1.60	12.70	12.51	12.30	12.08	11.86	11.62	11.39	11.15	10.90	10.66
45	边导线外 27m	1.43	1.46	1.49	1.51	1.52	1.53	1.54	1.54	1.53	1.52	12.08	11.91	11.72	11.52	11.32	11.11	10.90	10.68	10.46	10.23
46	边导线外 28m	1.34	1.37	1.40	1.42	1.44	1.45	1.45	1.46	1.45	1.45	11.51	11.35	11.18	11.00	10.82	10.63	10.43	10.24	10.03	9.83
47	边导线外 29m	1.25	1.29	1.31	1.34	1.36	1.37	1.38	1.38	1.38	1.38	10.97	10.83	10.68	10.52	10.35	10.18	10.00	9.82	9.63	9.45
48	边导线外 30m	1.17	1.21	1.24	1.26	1.28	1.29	1.30	1.31	1.31	1.31	10.47	10.35	10.21	10.06	9.91	9.75	9.59	9.43	9.26	9.08
49	边导线外 31m	1.10	1.14	1.16	1.19	1.21	1.22	1.24	1.24	1.25	1.25	10.01	9.89	9.77	9.64	9.50	9.35	9.21	9.05	8.90	8.74
50	边导线外 32m	1.04	1.07	1.10	1.12	1.14	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	9.57	9.47	9.36	9.24	9.11	8.98	8.84	8.70	8.56	8.41
51	边导线外 33m	0.97	1.01	1.04	1.06	1.08	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	9.17	9.07	8.97	8.86	8.74	8.62	8.50	8.37	8.24	8.10
52	边导线外 34m	0.92	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08	1.08	8.79	8.70	8.61	8.51	8.40	8.29	8.17	8.06	7.94	7.81
53	边导线外 35m	0.87	0.90	0.92	0.95	0.97	0.99	1.00	1.02	1.03	1.03	8.43	8.35	8.26	8.17	8.08	7.97	7.87	7.76	7.65	7.53
54	边导线外 36m	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.97	0.98	0.99	8.10	8.02	7.94	7.86	7.77	7.68	7.58	7.48	7.37	7.27
55	边导线外 37m	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	7.78	7.71	7.64	7.56	7.48	7.39	7.30	7.21	7.11	7.02
56	边导线外 38m	0.73	0.76	0.78	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	7.48	7.42	7.35	7.28	7.21	7.13	7.04	6.96	6.87	6.78
57	边导线外 39m	0.69	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	7.20	7.14	7.08	7.02	6.95	6.87	6.80	6.72	6.63	6.55
58	边导线外 40m	0.66	0.68	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.81	0.82	6.94	6.88	6.83	6.77	6.70	6.63	6.56	6.49	6.41	6.33
59	边导线外 41m	0.62	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.77	0.78	6.69	6.64	6.59	6.53	6.47	6.41	6.34	6.27	6.20	6.13
60	边导线外 42m	0.59	0.62	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.75	6.45	6.40	6.36	6.30	6.25	6.19	6.13	6.06	6.00	5.93
61	边导线外 43m	0.56	0.59	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.70	0.71	0.72	6.23	6.18	6.14	6.09	6.04	5.98	5.93	5.87	5.80	5.74
62	边导线外 44m	0.53	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.66	0.68	0.69	6.01	5.97	5.93	5.89	5.84	5.79	5.73	5.68	5.62	5.56
63	边导线外 45m	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.62	0.64	0.65	0.66	5.81	5.78	5.74	5.69	5.65	5.60	5.55	5.50	5.45	5.39
64	边导线外 46m	0.48	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.61	0.62	0.63	5.62	5.59	5.55	5.51	5.47	5.42	5.38	5.33	5.28	5.23
65	边导线外 47m	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	5.44	5.41	5.37	5.34	5.30	5.26	5.21	5.17	5.12	5.07
66	边导线外 48m	0.44	0.46	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.56	0.57	0.58	5.26	5.24	5.20	5.17	5.13	5.09	5.05	5.01	4.97	4.92
67	边导线外 49m	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56	5.10	5.07	5.04	5.01	4.98	4.94	4.90	4.86	4.82	4.78
68	边导线外 50m	0.40	0.42	0.44	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.53	0.54	4.94	4.92	4.89	4.86	4.83	4.79	4.76	4.72	4.68	4.64
最大值		8.83	7.84	7.03	6.34	5.75	5.24	4.80	4.42	4.07	3.77	77.49	70.16	63.96	58.62	53.96	49.84	46.17	42.88	39.91	37.23
最大值处距线路走廊中心距离(m)		18	19	19	19	19	19	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.1-61 换流站~牌楼、边城 500kV 线路（湖南段）单回水平排列（20mm 冰区）电磁环境预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		562-ZBC3 直线塔（单回水平排列），20mm 冰区																									
线间距离（m）		17.9/17.9																									
预测点高度（m）		地面 7.5m																									
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）												工频磁感应强度（μT）													
0	线路走廊中心	11.58	9.79	8.40	7.29	6.38	5.62	4.98	4.43	3.96	3.56	3.20	2.89	111.53	97.34	86.34	77.49	70.16	63.96	58.62	53.96	49.84	46.17	42.88	39.91		
1	距中心1m	11.45	9.71	8.35	7.25	6.35	5.60	4.97	4.42	3.96	3.55	3.20	2.89	110.84	96.96	86.13	77.36	70.09	63.91	58.59	53.93	49.81	46.15	42.86	39.90		
2	距中心2m	11.09	9.48	8.20	7.15	6.28	5.55	4.93	4.40	3.94	3.54	3.20	2.89	108.94	95.91	85.53	77.01	69.87	63.77	58.49	53.86	49.75	46.10	42.81	39.85		
3	距中心3m	10.57	9.14	7.97	6.99	6.17	5.48	4.88	4.37	3.92	3.53	3.19	2.89	106.29	94.41	84.65	76.49	69.55	63.56	58.34	53.74	49.66	46.01	42.73	39.77		
4	距中心4m	9.99	8.75	7.70	6.81	6.05	5.39	4.82	4.33	3.90	3.52	3.19	2.90	103.41	92.73	83.65	75.88	69.16	63.30	58.15	53.59	49.53	45.89	42.62	39.66		
5	距中心5m	9.43	8.37	7.44	6.63	5.92	5.31	4.77	4.30	3.88	3.52	3.20	2.91	100.75	91.12	82.67	75.26	68.75	63.01	57.93	53.41	49.36	45.74	42.47	39.52		
6	距中心6m	8.95	8.03	7.20	6.46	5.81	5.23	4.72	4.27	3.88	3.52	3.21	2.93	98.61	89.78	81.82	74.71	68.38	62.73	57.70	53.20	49.18	45.56	42.30	39.35		
7	距中心7m	8.60	7.78	7.03	6.34	5.73	5.19	4.70	4.27	3.88	3.54	3.23	2.96	97.14	88.84	81.21	74.29	68.06	62.47	57.47	52.98	48.96	45.34	42.08	39.14		
8	距中心8m	8.40	7.64	6.93	6.29	5.70	5.18	4.70	4.28	3.91	3.57	3.27	3.00	96.43	88.36	80.87	74.01	67.81	62.23	57.23	52.74	48.71	45.09	41.83	38.90		
9	距中心9m	8.36	7.63	6.94	6.30	5.73	5.21	4.74	4.32	3.95	3.62	3.32	3.05	96.47	88.35	80.80	73.89	67.64	62.02	56.98	52.46	48.42	44.80	41.54	38.61		
10	距中心10m	8.50	7.74	7.03	6.39	5.80	5.28	4.81	4.39	4.02	3.68	3.38	3.11	97.23	88.79	80.99	73.90	67.51	61.80	56.70	52.15	48.09	44.46	41.20	38.27		
11	距中心11m	8.80	7.98	7.22	6.54	5.93	5.39	4.91	4.48	4.10	3.76	3.45	3.18	98.64	89.59	81.37	73.98	67.40	61.56	56.38	51.78	47.70	44.06	40.80	37.88		
12	距中心12m	9.24	8.31	7.48	6.75	6.10	5.53	5.03	4.59	4.19	3.84	3.53	3.25	100.57	90.65	81.84	74.06	67.24	61.24	55.98	51.33	47.23	43.59	40.34	37.44		
13	距中心13m	9.79	8.72	7.79	6.99	6.30	5.69	5.16	4.70	4.29	3.93	3.61	3.33	102.81	91.79	82.27	74.05	66.96	60.81	55.46	50.78	46.67	43.03	39.81	36.93		
14	距中心14m	10.40	9.16	8.12	7.24	6.49	5.85	5.30	4.82	4.40	4.02	3.70	3.40	105.02	92.75	82.48	73.83	66.49	60.21	54.80	50.10	46.00	42.39	39.19	36.35		

15	距中心 15m	11.01	9.59	8.43	7.48	6.68	6.00	5.42	4.92	4.49	4.11	3.77	3.47	106.74	93.23	82.27	73.26	65.73	59.38	53.95	49.27	45.20	41.64	38.49	35.70
16	距中心 16m	11.52	9.94	8.69	7.67	6.83	6.12	5.53	5.01	4.57	4.18	3.84	3.53	107.36	92.87	81.45	72.22	64.63	58.28	52.90	48.28	44.28	40.78	37.71	34.98
17	距中心 17m	11.85	10.16	8.84	7.79	6.93	6.21	5.60	5.08	4.63	4.24	3.89	3.58	106.31	91.39	79.84	70.63	63.13	56.88	51.61	47.11	43.22	39.82	36.83	34.19
18	边导线外 1m	11.91	10.20	8.88	7.82	6.96	6.24	5.63	5.11	4.66	4.27	3.93	3.62	103.19	88.60	77.37	68.46	61.20	55.18	50.11	45.77	42.02	38.75	35.87	33.32
19	边导线外 1m	11.67	10.05	8.78	7.76	6.92	6.22	5.62	5.11	4.67	4.28	3.94	3.64	98.05	84.56	74.08	65.72	58.89	53.20	48.39	44.26	40.70	37.58	34.83	32.39
20	边导线外 2m	11.18	9.72	8.55	7.60	6.81	6.14	5.57	5.08	4.65	4.27	3.94	3.64	91.35	79.50	70.12	62.52	56.24	50.97	46.48	42.62	39.26	36.32	33.72	31.40
21	边导线外 3m	10.50	9.25	8.22	7.36	6.63	6.01	5.48	5.01	4.60	4.24	3.92	3.63	83.78	73.83	65.70	58.98	53.34	48.55	44.43	40.87	37.74	34.99	32.55	30.37
22	边导线外 4m	9.71	8.69	7.81	7.06	6.41	5.84	5.35	4.91	4.52	4.18	3.87	3.60	76.03	67.92	61.07	55.26	50.30	46.01	42.29	39.03	36.16	33.61	31.34	29.30
23	边导线外 5m	8.90	8.08	7.36	6.71	6.14	5.63	5.18	4.78	4.42	4.10	3.81	3.55	68.57	62.09	56.44	51.51	47.20	43.42	40.10	37.16	34.54	32.20	30.10	28.20
24	边导线外 6m	8.11	7.47	6.88	6.33	5.84	5.40	5.00	4.63	4.31	4.01	3.74	3.49	61.70	56.58	51.96	47.82	44.14	40.84	37.90	35.27	32.91	30.77	28.85	27.10
25	边导线外 7m	7.37	6.87	6.40	5.95	5.53	5.15	4.79	4.47	4.17	3.90	3.65	3.42	55.53	51.50	47.75	44.30	41.17	38.32	35.74	33.41	31.28	29.35	27.59	25.99
26	边导线外 8m	6.69	6.31	5.93	5.57	5.22	4.89	4.58	4.29	4.02	3.77	3.55	3.33	50.08	46.89	43.85	40.99	38.34	35.90	33.65	31.58	29.69	27.95	26.35	24.88
27	边导线外 9m	6.07	5.78	5.49	5.19	4.90	4.62	4.36	4.10	3.87	3.64	3.44	3.24	45.29	42.76	40.29	37.92	35.69	33.59	31.64	29.82	28.14	26.58	25.13	23.80
28	边导线外 10m	5.51	5.30	5.07	4.83	4.60	4.36	4.13	3.91	3.70	3.51	3.32	3.14	41.10	39.08	37.06	35.10	33.21	31.42	29.73	28.13	26.64	25.25	23.95	22.74
29	边导线外 11m	5.01	4.86	4.68	4.49	4.30	4.11	3.91	3.72	3.54	3.36	3.20	3.04	37.44	35.80	34.15	32.52	30.93	29.39	27.93	26.53	25.21	23.97	22.80	21.70
30	边导线外 12m	4.57	4.46	4.32	4.18	4.02	3.86	3.70	3.54	3.38	3.22	3.07	2.93	34.22	32.90	31.54	30.17	28.83	27.51	26.24	25.02	23.86	22.75	21.70	20.71
31	边导线外 13m	4.17	4.09	3.99	3.88	3.76	3.63	3.49	3.35	3.21	3.08	2.95	2.82	31.40	30.31	29.19	28.04	26.90	25.77	24.67	23.60	22.57	21.59	20.65	19.75
32	边导线外 14m	3.81	3.76	3.69	3.61	3.51	3.40	3.29	3.17	3.06	2.94	2.82	2.71	28.91	28.01	27.07	26.10	25.13	24.16	23.20	22.27	21.36	20.48	19.64	18.84
33	边导线外 15m	3.49	3.46	3.42	3.35	3.28	3.19	3.10	3.00	2.90	2.80	2.70	2.60	26.71	25.96	25.17	24.35	23.51	22.67	21.84	21.02	20.22	19.44	18.69	17.96
34	边导线外 16m	3.20	3.19	3.16	3.12	3.06	2.99	2.92	2.84	2.75	2.67	2.58	2.49	24.75	24.12	23.45	22.75	22.03	21.31	20.58	19.86	19.15	18.46	17.78	17.13
35	边导线外	2.95	2.95	2.93	2.90	2.86	2.81	2.75	2.68	2.61	2.54	2.46	2.38	23.00	22.47	21.90	21.30	20.68	20.05	19.41	18.78	18.15	17.53	16.93	16.34

	17m																								
36	边导线外 18m	2.71	2.73	2.72	2.70	2.67	2.63	2.59	2.53	2.47	2.41	2.35	2.28	21.43	20.98	20.49	19.98	19.44	18.89	18.33	17.77	17.22	16.66	16.12	15.59
37	边导线外 19m	2.51	2.52	2.53	2.52	2.50	2.47	2.44	2.39	2.34	2.29	2.24	2.18	20.03	19.64	19.22	18.77	18.30	17.82	17.33	16.84	16.34	15.85	15.36	14.88
38	边导线外 20m	2.32	2.34	2.35	2.35	2.34	2.32	2.29	2.26	2.22	2.18	2.13	2.08	18.75	18.42	18.06	17.67	17.26	16.84	16.41	15.97	15.52	15.08	14.64	14.21
39	边导线外 21m	2.14	2.17	2.19	2.20	2.19	2.18	2.16	2.13	2.10	2.07	2.03	1.98	17.60	17.31	17.00	16.66	16.30	15.93	15.55	15.16	14.76	14.36	13.97	13.58
40	边导线外 22m	1.99	2.02	2.04	2.05	2.06	2.05	2.04	2.02	1.99	1.96	1.93	1.89	16.56	16.31	16.03	15.73	15.42	15.09	14.75	14.40	14.05	13.69	13.33	12.98
41	边导线外 23m	1.85	1.88	1.91	1.92	1.93	1.93	1.92	1.91	1.89	1.86	1.84	1.81	15.61	15.39	15.14	14.88	14.60	14.31	14.01	13.70	13.38	13.06	12.74	12.41
42	边导线外 24m	1.72	1.75	1.78	1.80	1.81	1.81	1.81	1.80	1.79	1.77	1.75	1.72	14.74	14.54	14.33	14.10	13.85	13.59	13.32	13.04	12.76	12.47	12.18	11.88
43	边导线外 25m	1.60	1.64	1.67	1.69	1.70	1.71	1.71	1.70	1.70	1.68	1.66	1.64	13.94	13.77	13.58	13.37	13.15	12.92	12.68	12.43	12.17	11.91	11.65	11.38
44	边导线外 26m	1.49	1.53	1.56	1.58	1.60	1.61	1.61	1.61	1.61	1.60	1.58	1.57	13.21	13.06	12.89	12.70	12.51	12.30	12.08	11.86	11.62	11.39	11.15	10.90
45	边导线外 27m	1.40	1.43	1.46	1.49	1.51	1.52	1.53	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	12.53	12.40	12.25	12.08	11.91	11.72	11.52	11.32	11.11	10.90	10.68	10.46
46	边导线外 28m	1.31	1.34	1.37	1.40	1.42	1.43	1.44	1.45	1.45	1.44	1.44	1.43	11.91	11.79	11.65	11.51	11.35	11.18	11.00	10.82	10.63	10.43	10.24	10.03
47	边导线外 29m	1.22	1.26	1.29	1.32	1.34	1.35	1.36	1.37	1.37	1.37	1.37	1.36	11.33	11.23	11.10	10.97	10.83	10.68	10.52	10.35	10.18	10.00	9.82	9.63
48	边导线外 30m	1.15	1.18	1.22	1.24	1.26	1.28	1.29	1.30	1.31	1.31	1.30	1.30	10.80	10.70	10.59	10.47	10.35	10.21	10.06	9.91	9.75	9.59	9.43	9.26
49	边导线外 31m	1.08	1.11	1.14	1.17	1.19	1.21	1.22	1.23	1.24	1.24	1.24	1.24	10.30	10.21	10.12	10.01	9.89	9.77	9.64	9.50	9.35	9.21	9.05	8.90
50	边导线外 32m	1.01	1.05	1.08	1.11	1.13	1.15	1.16	1.17	1.18	1.18	1.19	1.19	9.84	9.76	9.67	9.57	9.47	9.36	9.24	9.11	8.98	8.84	8.70	8.56
51	边导线外 33m	0.96	0.99	1.02	1.04	1.07	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.13	1.13	9.41	9.34	9.26	9.17	9.07	8.97	8.86	8.74	8.62	8.50	8.37	8.24
52	边导线外 34m	0.90	0.93	0.96	0.99	1.01	1.03	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	9.01	8.94	8.87	8.79	8.70	8.61	8.51	8.40	8.29	8.17	8.06	7.94
53	边导线外 35m	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	8.63	8.57	8.50	8.43	8.35	8.26	8.17	8.08	7.97	7.87	7.76	7.65
54	边导线外 36m	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	8.28	8.22	8.16	8.10	8.02	7.94	7.86	7.77	7.68	7.58	7.48	7.37
55	边导线外	0.76	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	7.95	7.90	7.84	7.78	7.71	7.64	7.56	7.48	7.39	7.30	7.21	7.11

	37m																								
56	边导线外 38m	0.72	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	7.64	7.59	7.54	7.48	7.42	7.35	7.28	7.21	7.13	7.04	6.96	6.87
57	边导线外 39m	0.68	0.71	0.73	0.76	0.78	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	7.34	7.30	7.25	7.20	7.14	7.08	7.02	6.95	6.87	6.80	6.72	6.63
58	边导线外 40m	0.64	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	7.07	7.03	6.99	6.94	6.88	6.83	6.77	6.70	6.63	6.56	6.49	6.41
59	边导线外 41m	0.61	0.64	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80	6.81	6.77	6.73	6.69	6.64	6.59	6.53	6.47	6.41	6.34	6.27	6.20
60	边导线外 42m	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	6.56	6.53	6.49	6.45	6.40	6.36	6.30	6.25	6.19	6.13	6.06	6.00
61	边导线外 43m	0.55	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.67	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	6.33	6.30	6.26	6.23	6.18	6.14	6.09	6.04	5.98	5.93	5.87	5.80
62	边导线外 44m	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	6.11	6.08	6.05	6.01	5.97	5.93	5.89	5.84	5.79	5.73	5.68	5.62
63	边导线外 45m	0.50	0.52	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65	0.66	0.67	5.90	5.87	5.84	5.81	5.78	5.74	5.69	5.65	5.60	5.55	5.50	5.45
64	边导线外 46m	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.59	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65	5.70	5.68	5.65	5.62	5.59	5.55	5.51	5.47	5.42	5.38	5.33	5.28
65	边导线外 47m	0.45	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	5.52	5.49	5.47	5.44	5.41	5.37	5.34	5.30	5.26	5.21	5.17	5.12
66	边导线外 48m	0.43	0.45	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59	0.60	5.34	5.32	5.29	5.26	5.24	5.20	5.17	5.13	5.09	5.05	5.01	4.97
67	边导线外 49m	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.54	0.55	0.56	0.57	5.17	5.15	5.12	5.10	5.07	5.04	5.01	4.98	4.94	4.90	4.86	4.82
68	边导线外 50m	0.40	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	5.01	4.99	4.97	4.94	4.92	4.89	4.86	4.83	4.79	4.76	4.72	4.68
最大值		11.91	10.20	8.88	7.82	6.96	6.24	5.63	5.11	4.67	4.28	3.94	3.64	111.53	97.34	86.34	77.49	70.16	63.96	58.62	53.96	49.84	46.17	42.88	39.91
最大值处距线路走廊中心距离(m)		18	18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

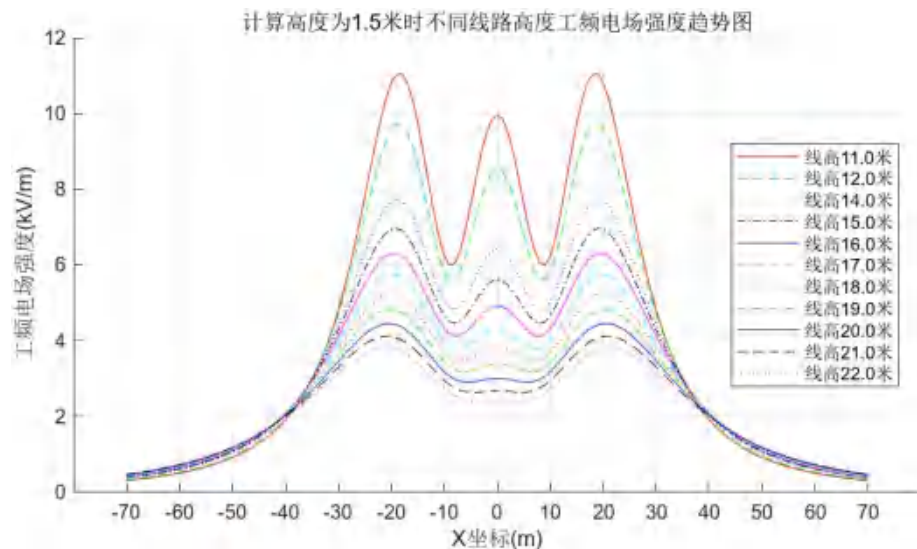


图 6.1-52 20mm 冰区单回水平线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

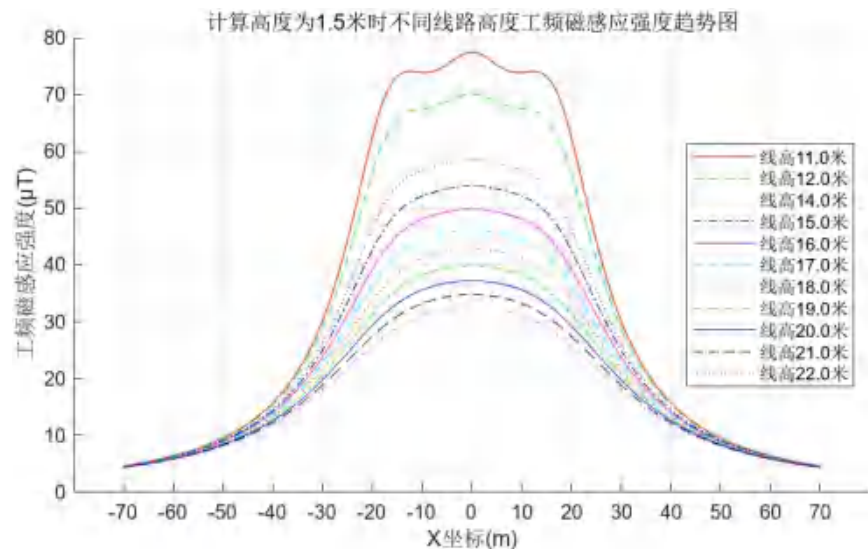


图 6.1-53 20mm 冰区单回水平线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

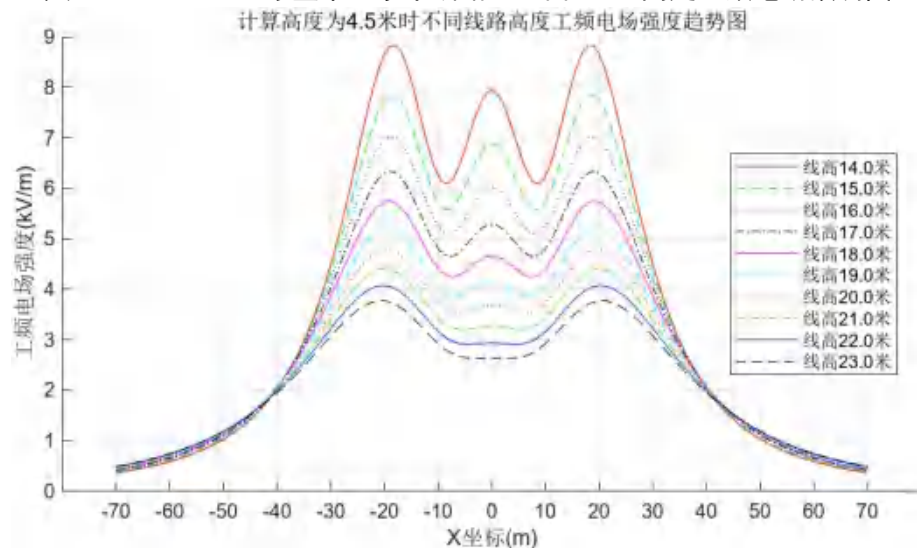


图 6.1-24 20mm 冰区单回水平线路距地面 4.5m 高处工频电场预测图

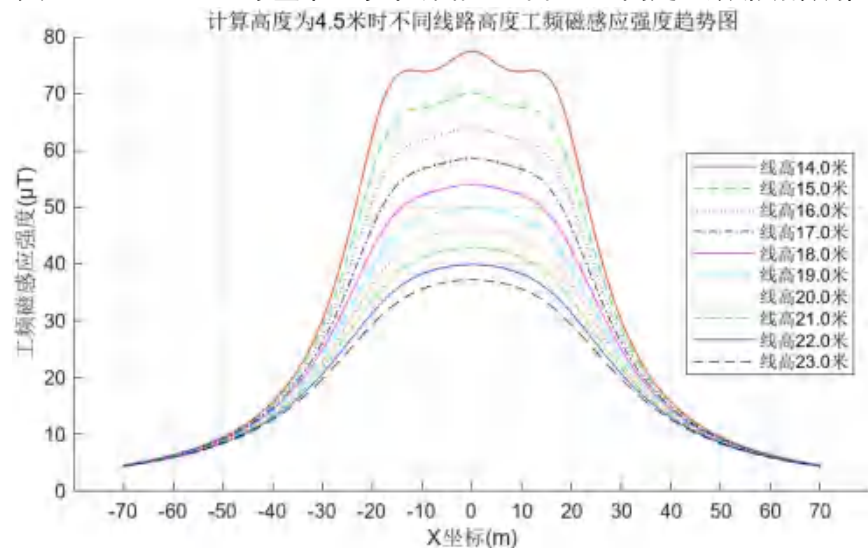


图 6.1-25 20mm 冰区单回水平线路距地面 4.5m 高处工频磁场预测图

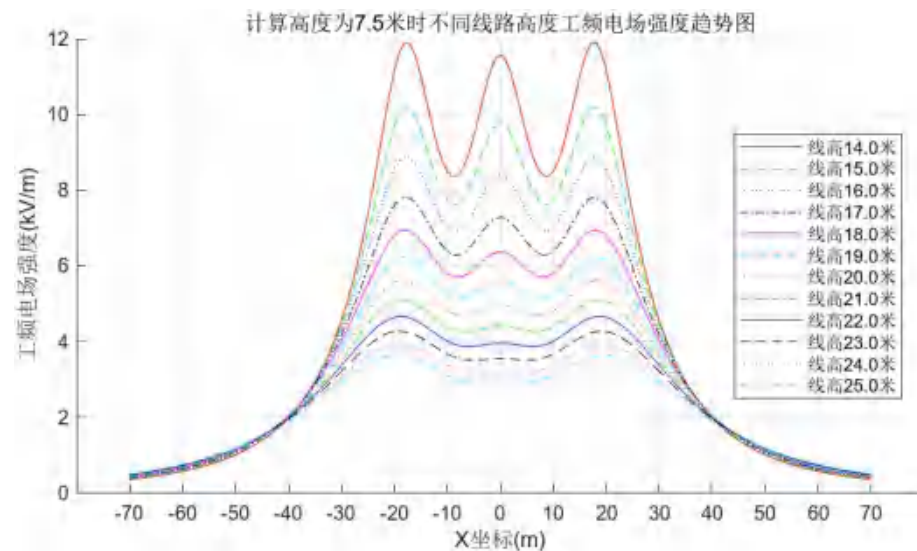


图 6.1-54 20mm 冰区单回水平线路距地面 7.5m 高处工频电场预测图

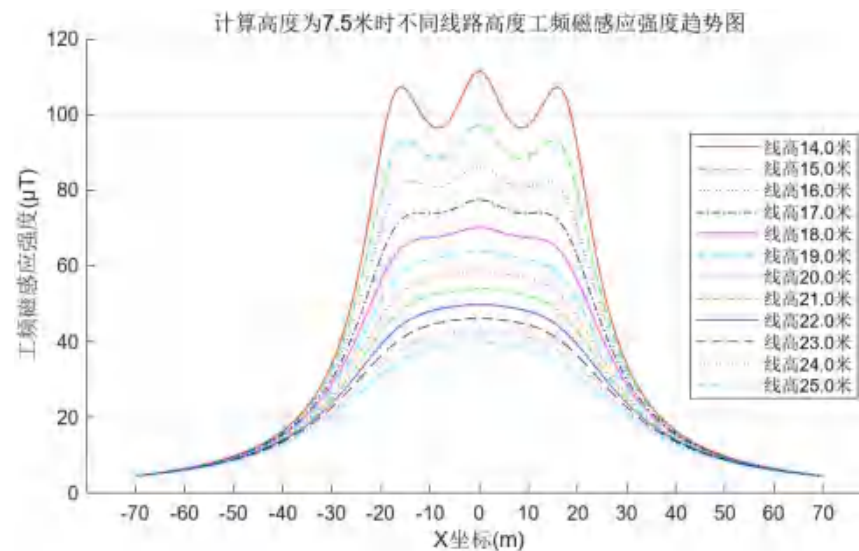


图 6.1-55 20mm 冰区单回水平线路距地面 7.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目单回路段线路导线设计最低对地高度为 11m，位于 20mm 冰区、采用 562-ZBC3 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 11.04kV/m，出现在距线路走廊中 18m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 77.49 μ T，出现在线路走廊中心，工频电场强度不满足 10kV/m 限值要求。导线高度抬升至 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.73kV/m，出现在距线路走廊中 19m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 70.16 μ T，出现在线路走廊中心，地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目单回路段线路导线最低对地高度为 14m，位于 20mm 冰区、采用 562-ZBC3 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 7.74kV/m，出现在距线路走廊中心 19m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 32m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 58.62 μ T，出现在线路走廊中心处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 22 m 时，边导线投影外 5m 处地面 1.5m 高处工频电场强度为 3.79kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 23.50 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目单回路段线路导线设计最低对地高度为 14m，位于 20mm 冰区、采用 562-ZBC3 塔时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 8.83kV/m，出现在距线路走廊中心 18m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 32m 处；线路附近地面 4.5m 高处工频磁场强度最大值为 77.49 μ T，出现在线路走廊中心处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 22m 时，边导线投影外 5m 处地面 4.5m 高处工频电场强度为 3.99kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 28.20 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目单回路段线路导线设计最低对地高度为 14m，位于 20mm 冰区、采用 562-ZBC3 塔时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 11.91kV/m，出现在距线路走廊中心 18m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 27m 处；线路附近地面 7.5m 高处工频磁场强度最大值为 113.53 μ T，出现在线路走廊中心处，不满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 19m 处。当导线对地高度达到 24m 时，边导线投影外 5m 处地面

7.5m 高处工频电场强度为 3.81kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 30.10 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

(3) 指导性控制措施

鉴于本项目尚未完成施工图设计，本项目同塔单回线路所经区域评价范围内的居民房屋尚不确定，根据初步设计阶段线路路径，结合现场踏勘，本项目评价范围内居民敏感目标主要包括 1~3 层坡顶和 1~2 层平顶房屋，为确保评价范围内居民房屋不同楼层处电场强度满足公众曝露控制限值 4kV/m 要求，应按照各居民房屋距离边导线水平距离的不同、楼层高度不同，相应控制线路与房屋水平距离或优化导线对地高度，具体见下表和下图。

表 6.1-62 单回段线路在距边导线不同距离的居民房屋处达到 4kV/m 对应的导线对地最低高度

房屋距线路边导线距离 (m)	导线对地高度 (m)		
	1 层坡顶房屋	1 层平顶及 2 层坡顶房屋	2 层平顶及 3 层坡顶房屋
5	22	23	24
6	22	23	24
7	21	23	23
8	21	21	23
9	20	21	22
10	19	20	21
11	19	19	20
12	17	18	19
13	16	16	16
14	14	14	14
15	14	14	14

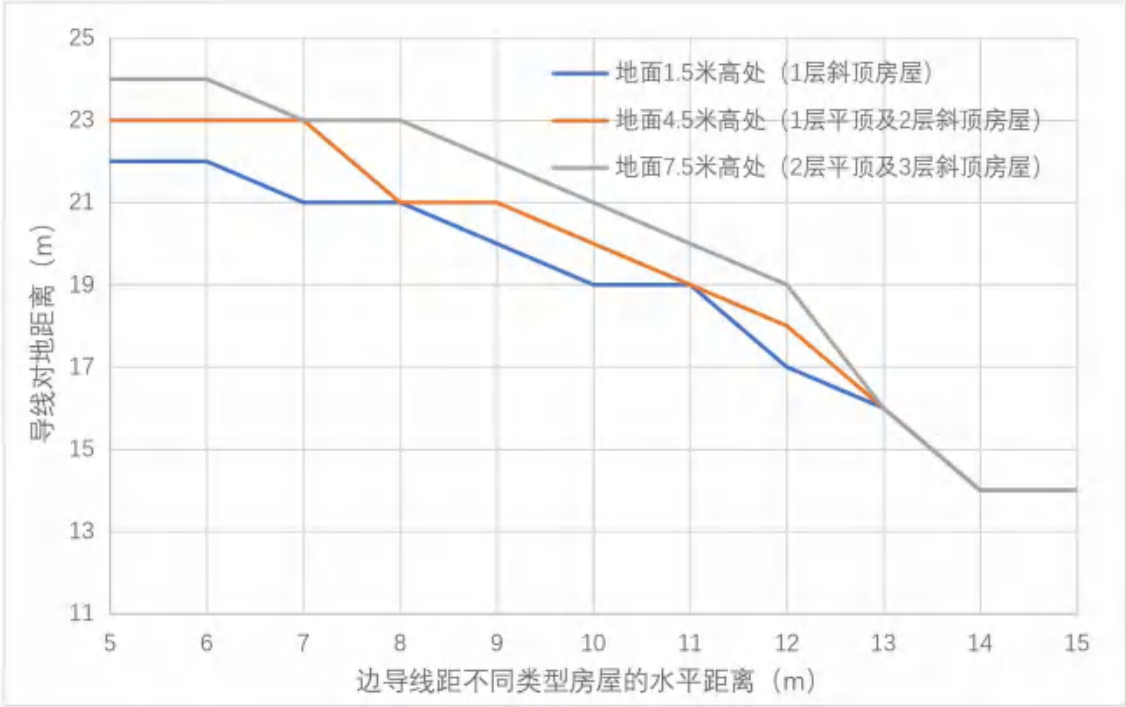


图 6.1-56 单回段路线不同高度处工频电场强度 4kV/m 等值线图

6.1.4.2.9 换流站～牌楼与牌楼～边城 500kV 线路同塔双回段预测评价

(1) 模式计算预测结果

本项目 500kV 双回线路段在地面 1.5m 、地面 4.5m、地面 7.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-63 换流站~牌楼、牌楼~边城 500kV 线路同塔双回段工频电场强度预测结果（距地面 1.5m 高处）单位：kV/m

塔型		500-MC31S-ZC（同塔双回排列），15mm 冰区													
线间距离（m）		12.07/14.82/12.82+12.07/14.82/12.82													
预测点高度（m）		地面 1.5m													
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）													
0	线路走廊中心	5.52	5.58	5.52	5.43	5.31	5.16	5.01	4.84	4.68	4.51	4.34	4.17	4.01	3.86
1	距中心 1m	5.58	5.63	5.55	5.45	5.32	5.18	5.02	4.85	4.68	4.51	4.34	4.17	4.01	3.85
2	距中心 2m	5.75	5.76	5.64	5.52	5.37	5.22	5.05	4.87	4.70	4.52	4.35	4.18	4.01	3.85
3	距中心 3m	6.02	5.99	5.77	5.62	5.46	5.28	5.09	4.90	4.72	4.53	4.35	4.18	4.01	3.85
4	距中心 4m	6.40	6.29	5.96	5.77	5.56	5.36	5.15	4.94	4.75	4.55	4.36	4.18	4.01	3.85
5	距中心 5m	6.87	6.66	6.18	5.93	5.69	5.45	5.22	4.99	4.78	4.57	4.37	4.19	4.01	3.84
6	距中心 6m	7.42	7.08	6.43	6.12	5.83	5.55	5.29	5.04	4.81	4.59	4.38	4.19	4.00	3.83
7	距中心 7m	8.02	7.54	6.69	6.31	5.97	5.65	5.35	5.08	4.83	4.60	4.38	4.18	3.99	3.81
8	距中心 8m	8.63	8.00	6.94	6.49	6.09	5.74	5.41	5.12	4.85	4.60	4.38	4.17	3.97	3.79
9	距中心 9m	9.22	8.43	7.16	6.65	6.20	5.81	5.46	5.14	4.86	4.60	4.36	4.15	3.95	3.76
10	距中心 10m	9.74	8.79	7.34	6.77	6.28	5.85	5.48	5.14	4.85	4.58	4.34	4.12	3.91	3.73
11	距中心 11m	10.12	9.05	7.45	6.84	6.31	5.86	5.47	5.12	4.82	4.54	4.30	4.07	3.87	3.68
12	距中心 12m	10.32	9.17	7.48	6.84	6.30	5.83	5.43	5.08	4.76	4.49	4.24	4.01	3.81	3.62
13	距中心 13m	10.31	9.14	7.42	6.77	6.22	5.76	5.35	5.00	4.69	4.41	4.16	3.94	3.74	3.56
14	距中心 14m	10.07	8.94	7.26	6.63	6.10	5.64	5.24	4.89	4.59	4.32	4.07	3.86	3.66	3.48
15	边导线下*	9.63	8.59	7.02	6.42	5.91	5.47	5.09	4.76	4.46	4.20	3.97	3.76	3.57	3.39
16	边导线外 1m	9.03	8.11	6.70	6.15	5.68	5.27	4.91	4.59	4.31	4.07	3.84	3.64	3.46	3.29
17	边导线外 2m	8.30	7.54	6.31	5.82	5.40	5.02	4.70	4.41	4.15	3.91	3.71	3.52	3.34	3.19
18	边导线外 3m	7.51	6.90	5.88	5.46	5.09	4.75	4.46	4.20	3.96	3.75	3.55	3.38	3.22	3.07
19	边导线外 4m	6.70	6.24	5.42	5.07	4.75	4.46	4.21	3.97	3.76	3.57	3.39	3.23	3.09	2.95
20	边导线外 5m	5.91	5.57	4.95	4.66	4.40	4.16	3.94	3.74	3.55	3.38	3.22	3.08	2.94	2.82
21	边导线外 6m	5.16	4.93	4.47	4.25	4.04	3.85	3.66	3.49	3.33	3.18	3.05	2.92	2.80	2.69
22	边导线外 7m	4.47	4.33	4.02	3.85	3.69	3.54	3.39	3.25	3.11	2.99	2.87	2.75	2.65	2.55

23	边导线外 8m	3.84	3.77	3.58	3.47	3.35	3.23	3.11	3.00	2.89	2.79	2.69	2.59	2.50	2.41
24	边导线外 9m	3.28	3.27	3.17	3.10	3.02	2.93	2.85	2.76	2.67	2.59	2.50	2.42	2.35	2.27
25	边导线外 10m	2.79	2.82	2.79	2.75	2.71	2.65	2.59	2.52	2.46	2.39	2.33	2.26	2.20	2.14
26	边导线外 11m	2.37	2.41	2.44	2.44	2.41	2.38	2.34	2.30	2.25	2.20	2.15	2.10	2.05	2.00
27	边导线外 12m	2.00	2.06	2.13	2.14	2.14	2.13	2.11	2.09	2.05	2.02	1.98	1.94	1.90	1.86
28	边导线外 13m	1.68	1.75	1.85	1.88	1.89	1.90	1.89	1.88	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73
29	边导线外 14m	1.42	1.48	1.60	1.63	1.66	1.68	1.69	1.69	1.69	1.68	1.66	1.65	1.63	1.61
30	边导线外 15m	1.19	1.26	1.37	1.42	1.45	1.48	1.50	1.51	1.52	1.52	1.52	1.51	1.50	1.48
31	边导线外 16m	1.01	1.06	1.17	1.22	1.27	1.30	1.33	1.35	1.36	1.37	1.38	1.38	1.37	1.37
32	边导线外 17m	0.86	0.90	1.00	1.05	1.10	1.14	1.17	1.20	1.22	1.23	1.24	1.25	1.25	1.25
33	边导线外 18m	0.74	0.76	0.85	0.90	0.94	0.99	1.02	1.06	1.08	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15
34	边导线外 19m	0.65	0.66	0.72	0.76	0.81	0.85	0.89	0.93	0.96	0.98	1.00	1.02	1.04	1.04
35	边导线外 20m	0.59	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.84	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95
36	边导线外 21m	0.56	0.52	0.52	0.55	0.58	0.62	0.66	0.70	0.74	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86
37	边导线外 22m	0.54	0.48	0.45	0.46	0.49	0.53	0.57	0.60	0.64	0.67	0.70	0.73	0.75	0.77
38	边导线外 23m	0.53	0.46	0.40	0.40	0.42	0.45	0.48	0.52	0.55	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69
39	边导线外 24m	0.53	0.46	0.36	0.35	0.36	0.38	0.41	0.44	0.47	0.51	0.54	0.57	0.59	0.62
40	边导线外 25m	0.54	0.46	0.35	0.32	0.31	0.32	0.34	0.37	0.40	0.43	0.47	0.50	0.52	0.55
41	边导线外 26m	0.55	0.47	0.34	0.30	0.28	0.27	0.29	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48
42	边导线外 27m	0.56	0.48	0.34	0.30	0.26	0.24	0.24	0.26	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.42
43	边导线外 28m	0.57	0.49	0.36	0.30	0.26	0.23	0.22	0.22	0.23	0.26	0.29	0.31	0.34	0.37
44	边导线外 29m	0.58	0.51	0.37	0.31	0.26	0.22	0.20	0.19	0.20	0.21	0.24	0.26	0.29	0.32
45	边导线外 30m	0.59	0.52	0.38	0.32	0.27	0.23	0.19	0.17	0.17	0.18	0.20	0.22	0.24	0.27
46	边导线外 31m	0.60	0.53	0.40	0.34	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23
47	边导线外 32m	0.61	0.54	0.41	0.36	0.30	0.25	0.21	0.17	0.15	0.13	0.13	0.15	0.16	0.19
48	边导线外 33m	0.61	0.55	0.43	0.37	0.32	0.27	0.22	0.18	0.15	0.13	0.12	0.12	0.13	0.15
49	边导线外 34m	0.62	0.55	0.44	0.39	0.33	0.29	0.24	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.11	0.12
50	边导线外 35m	0.62	0.56	0.45	0.40	0.35	0.30	0.26	0.21	0.18	0.14	0.11	0.10	0.09	0.10
51	边导线外 36m	0.62	0.56	0.46	0.41	0.36	0.32	0.27	0.23	0.19	0.16	0.12	0.10	0.08	0.08
52	边导线外 37m	0.62	0.57	0.47	0.42	0.37	0.33	0.29	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07

53	边导线外 38m	0.62	0.57	0.47	0.43	0.38	0.34	0.30	0.26	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.07
54	边导线外 39m	0.62	0.57	0.48	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.24	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08
55	边导线外 40m	0.61	0.57	0.48	0.44	0.40	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
56	边导线外 41m	0.61	0.57	0.49	0.45	0.41	0.37	0.33	0.30	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11
57	边导线外 42m	0.61	0.57	0.49	0.45	0.41	0.38	0.34	0.31	0.27	0.24	0.21	0.18	0.15	0.13
58	边导线外 43m	0.60	0.56	0.49	0.45	0.42	0.38	0.35	0.32	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.14
59	边导线外 44m	0.60	0.56	0.49	0.46	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.18	0.15
60	边导线外 45m	0.59	0.56	0.49	0.46	0.43	0.39	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.19	0.17
61	边导线外 46m	0.58	0.55	0.49	0.46	0.43	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	0.20	0.18
62	边导线外 47m	0.58	0.55	0.49	0.46	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.19
63	边导线外 48m	0.57	0.54	0.49	0.46	0.43	0.40	0.37	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24	0.22	0.20
64	边导线外 49m	0.56	0.54	0.48	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.25	0.23	0.21
65	边导线外 50m	0.56	0.53	0.48	0.45	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21
最大值		10.32	9.17	7.48	6.84	6.31	5.86	5.48	5.14	4.86	4.60	4.38	4.19	4.01	3.86
最大值处距线路走廊中心距离(m)		12	12	12	12	11	11	10	10	9	9	8	6	5	0

表 6.1-64 换流站~牌楼、牌楼~边城 500kV 线路同塔双回段工频磁感应强度预测结果（距地面 1.5m 高处）

单位：μT

塔型		500-MC31S-ZC（同塔双回排列），15mm 冰区													
线间距离（m）		12.07/14.82/12.82+12.07/14.82/12.82													
预测点高度（m）		地面 1.5m													
导线高度（m）		11	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频磁场强度（μT）													
0	线路走廊中心	14.17	15.98	18.28	18.89	19.22	19.33	19.27	19.07	18.78	18.41	17.99	17.53	17.04	16.55
1	距中心 1m	14.65	16.33	18.47	19.03	19.33	19.42	19.33	19.13	18.82	18.44	18.01	17.55	17.06	16.56
2	距中心 2m	16.01	17.32	19.04	19.46	19.66	19.67	19.53	19.28	18.94	18.53	18.08	17.60	17.10	16.59
3	距中心 3m	18.07	18.87	19.93	20.15	20.19	20.08	19.85	19.52	19.13	18.68	18.19	17.69	17.17	16.64
4	距中心 4m	20.64	20.86	21.11	21.06	20.90	20.63	20.27	19.85	19.38	18.88	18.35	17.80	17.25	16.70
5	距中心 5m	23.58	23.17	22.51	22.15	21.74	21.28	20.78	20.25	19.69	19.11	18.53	17.94	17.36	16.78

6	距中心 6m	26.77	25.69	24.06	23.36	22.69	22.02	21.36	20.69	20.03	19.38	18.73	18.10	17.48	16.87
7	距中心 7m	30.11	28.33	25.70	24.65	23.69	22.81	21.97	21.17	20.40	19.66	18.95	18.26	17.60	16.96
8	距中心 8m	33.49	31.01	27.36	25.95	24.71	23.61	22.59	21.66	20.78	19.95	19.17	18.43	17.73	17.05
9	距中心 9m	36.79	33.61	28.98	27.22	25.71	24.39	23.20	22.13	21.15	20.24	19.39	18.59	17.85	17.14
10	距中心 10m	39.87	36.04	30.48	28.41	26.65	25.12	23.78	22.58	21.49	20.50	19.59	18.74	17.96	17.22
11	距中心 11m	42.60	38.18	31.83	29.47	27.48	25.78	24.29	22.98	21.80	20.74	19.77	18.87	18.05	17.28
12	距中心 12m	44.83	39.95	32.95	30.36	28.19	26.34	24.73	23.31	22.06	20.93	19.91	18.98	18.12	17.32
13	距中心 13m	46.46	41.28	33.82	31.06	28.75	26.77	25.07	23.58	22.26	21.08	20.01	19.05	18.16	17.35
14	距中心 14m	47.42	42.11	34.40	31.54	29.13	27.08	25.31	23.76	22.39	21.17	20.08	19.08	18.18	17.34
15	边导线下	47.71	42.44	34.70	31.80	29.35	27.25	25.44	23.85	22.46	21.21	20.09	19.08	18.16	17.31
16	边导线外 1m	47.39	42.31	34.72	31.84	29.39	27.28	25.46	23.86	22.45	21.19	20.06	19.03	18.11	17.25
17	边导线外 2m	46.56	41.78	34.49	31.67	29.26	27.18	25.37	23.78	22.36	21.11	19.97	18.95	18.02	17.17
18	边导线外 3m	45.33	40.91	34.03	31.32	28.99	26.96	25.18	23.61	22.21	20.97	19.84	18.83	17.90	17.05
19	边导线外 4m	43.82	39.80	33.38	30.82	28.58	26.62	24.90	23.36	22.00	20.77	19.67	18.66	17.75	16.91
20	边导线外 5m	42.13	38.50	32.59	30.18	28.06	26.19	24.53	23.05	21.72	20.53	19.45	18.46	17.56	16.74
21	边导线外 6m	40.34	37.09	31.69	29.45	27.45	25.68	24.10	22.68	21.40	20.24	19.19	18.23	17.35	16.54
22	边导线外 7m	38.51	35.62	30.71	28.63	26.78	25.11	23.61	22.25	21.03	19.91	18.89	17.96	17.11	16.32
23	边导线外 8m	36.70	34.13	29.68	27.77	26.05	24.49	23.07	21.79	20.62	19.55	18.57	17.67	16.85	16.08
24	边导线外 9m	34.93	32.64	28.63	26.88	25.28	23.83	22.50	21.29	20.18	19.16	18.22	17.36	16.56	15.83
25	边导线外 10m	33.22	31.19	27.56	25.96	24.49	23.14	21.90	20.76	19.71	18.75	17.85	17.03	16.26	15.55
26	边导线外 11m	31.59	29.78	26.51	25.05	23.70	22.45	21.29	20.22	19.23	18.32	17.47	16.68	15.95	15.26
27	边导线外 12m	30.04	28.42	25.48	24.14	22.90	21.74	20.67	19.67	18.74	17.88	17.07	16.32	15.62	14.97
28	边导线外 13m	28.57	27.13	24.47	23.25	22.11	21.04	20.04	19.11	18.24	17.42	16.66	15.95	15.29	14.66
29	边导线外 14m	27.19	25.89	23.49	22.38	21.33	20.35	19.42	18.55	17.74	16.97	16.25	15.58	14.94	14.35
30	边导线外 15m	25.88	24.72	22.54	21.53	20.57	19.66	18.80	17.99	17.23	16.51	15.84	15.20	14.60	14.03
31	边导线外 16m	24.65	23.61	21.63	20.71	19.83	18.99	18.20	17.44	16.73	16.06	15.42	14.82	14.25	13.71
32	边导线外 17m	23.50	22.56	20.76	19.92	19.11	18.34	17.60	16.90	16.24	15.61	15.01	14.44	13.90	13.39
33	边导线外 18m	22.42	21.56	19.93	19.16	18.42	17.70	17.02	16.37	15.75	15.16	14.60	14.06	13.55	13.07
34	边导线外 19m	21.40	20.62	19.14	18.43	17.75	17.09	16.46	15.85	15.27	14.72	14.19	13.69	13.21	12.75
35	边导线外 20m	20.44	19.74	18.38	17.73	17.10	16.50	15.91	15.35	14.81	14.29	13.80	13.32	12.87	12.43

36	边导线外 21m	19.54	18.90	17.66	17.06	16.49	15.92	15.38	14.86	14.35	13.87	13.40	12.96	12.53	12.12
37	边导线外 22m	18.69	18.11	16.97	16.43	15.89	15.37	14.87	14.38	13.91	13.46	13.02	12.60	12.20	11.81
38	边导线外 23m	17.89	17.36	16.32	15.82	15.32	14.84	14.38	13.92	13.48	13.06	12.65	12.26	11.87	11.51
39	边导线外 24m	17.14	16.65	15.70	15.23	14.78	14.33	13.90	13.48	13.07	12.67	12.29	11.92	11.56	11.21
40	边导线外 25m	16.43	15.98	15.11	14.68	14.26	13.84	13.44	13.05	12.66	12.29	11.93	11.58	11.25	10.92
41	边导线外 26m	15.76	15.35	14.54	14.15	13.76	13.37	13.00	12.63	12.28	11.93	11.59	11.26	10.94	10.63
42	边导线外 27m	15.13	14.75	14.01	13.64	13.28	12.92	12.57	12.23	11.90	11.57	11.26	10.95	10.65	10.35
43	边导线外 28m	14.53	14.19	13.50	13.16	12.82	12.49	12.17	11.85	11.54	11.23	10.93	10.64	10.36	10.08
44	边导线外 29m	13.97	13.65	13.01	12.70	12.39	12.08	11.78	11.48	11.18	10.90	10.62	10.34	10.08	9.82
45	边导线外 30m	13.43	13.14	12.55	12.26	11.97	11.68	11.40	11.12	10.85	10.58	10.31	10.06	9.81	9.56
46	边导线外 31m	12.93	12.66	12.11	11.84	11.57	11.30	11.04	10.78	10.52	10.27	10.02	9.78	9.54	9.31
47	边导线外 32m	12.45	12.20	11.69	11.44	11.19	10.94	10.69	10.45	10.21	9.97	9.74	9.51	9.28	9.06
48	边导线外 33m	12.00	11.76	11.29	11.06	10.82	10.59	10.36	10.13	9.90	9.68	9.46	9.25	9.04	8.83
49	边导线外 34m	11.56	11.35	10.91	10.69	10.47	10.25	10.04	9.82	9.61	9.40	9.20	8.99	8.79	8.60
50	边导线外 35m	11.16	10.95	10.55	10.34	10.14	9.93	9.73	9.53	9.33	9.13	8.94	8.75	8.56	8.37
51	边导线外 36m	10.77	10.58	10.20	10.01	9.82	9.63	9.44	9.25	9.06	8.88	8.69	8.51	8.33	8.16
52	边导线外 37m	10.40	10.22	9.87	9.69	9.51	9.33	9.15	8.98	8.80	8.63	8.45	8.28	8.11	7.95
53	边导线外 38m	10.04	9.88	9.55	9.38	9.22	9.05	8.88	8.72	8.55	8.38	8.22	8.06	7.90	7.74
54	边导线外 39m	9.71	9.56	9.25	9.09	8.93	8.78	8.62	8.46	8.31	8.15	8.00	7.85	7.70	7.55
55	边导线外 40m	9.39	9.25	8.96	8.81	8.66	8.52	8.37	8.22	8.07	7.93	7.78	7.64	7.50	7.35
56	边导线外 41m	9.09	8.95	8.68	8.54	8.41	8.27	8.13	7.99	7.85	7.71	7.58	7.44	7.30	7.17
57	边导线外 42m	8.80	8.67	8.42	8.29	8.16	8.03	7.90	7.77	7.63	7.50	7.37	7.25	7.12	6.99
58	边导线外 43m	8.52	8.40	8.16	8.04	7.92	7.80	7.67	7.55	7.43	7.30	7.18	7.06	6.94	6.82
59	边导线外 44m	8.25	8.14	7.92	7.81	7.69	7.58	7.46	7.34	7.23	7.11	6.99	6.88	6.76	6.65
60	边导线外 45m	8.00	7.90	7.69	7.58	7.47	7.36	7.25	7.14	7.03	6.92	6.81	6.70	6.59	6.48
61	边导线外 46m	7.76	7.66	7.46	7.36	7.26	7.16	7.05	6.95	6.85	6.74	6.64	6.53	6.43	6.33
62	边导线外 47m	7.53	7.44	7.25	7.15	7.06	6.96	6.86	6.76	6.67	6.57	6.47	6.37	6.27	6.17
63	边导线外 48m	7.31	7.22	7.04	6.95	6.86	6.77	6.68	6.59	6.49	6.40	6.31	6.21	6.12	6.02
64	边导线外 49m	7.09	7.01	6.85	6.76	6.68	6.59	6.50	6.41	6.33	6.24	6.15	6.06	5.97	5.88
65	边导线外 50m	6.89	6.81	6.66	6.58	6.50	6.41	6.33	6.25	6.16	6.08	6.00	5.91	5.83	5.74

最大值	47.71	42.44	34.72	31.84	29.39	27.28	25.46	23.86	22.46	21.21	20.09	19.08	18.18	17.35
最大值处距线路走廊中心距离(m)	15	15	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	14	13

表 6.1-65 换流站~牌楼、牌楼~边城 500kV 线路同塔双回段工频电场强度预测结果（距地面 4.5m 高处）单位：kV/m

塔型		500-MC31S-ZC（同塔双回排列），15mm 冰区												
线间距离（m）		12.07/14.82/12.82+12.07/14.82/12.82												
预测点高度（m）		地面 4.5m												
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）												
0	线路走廊中心	5.00	5.02	4.99	4.92	4.83	4.71	4.58	4.44	4.30	4.15	4.00	3.86	
1	距中心 1m	5.05	5.06	5.02	4.94	4.84	4.73	4.59	4.45	4.30	4.16	4.01	3.86	
2	距中心 2m	5.18	5.16	5.10	5.01	4.89	4.76	4.62	4.47	4.32	4.16	4.01	3.86	
3	距中心 3m	5.40	5.33	5.23	5.11	4.97	4.82	4.66	4.50	4.34	4.18	4.02	3.87	
4	距中心 4m	5.69	5.56	5.41	5.24	5.07	4.89	4.72	4.54	4.36	4.19	4.03	3.87	
5	距中心 5m	6.04	5.83	5.62	5.40	5.19	4.98	4.78	4.58	4.39	4.21	4.04	3.87	
6	距中心 6m	6.43	6.13	5.85	5.57	5.32	5.07	4.85	4.63	4.42	4.23	4.05	3.87	
7	距中心 7m	6.85	6.45	6.09	5.75	5.45	5.17	4.91	4.67	4.45	4.24	4.05	3.87	
8	距中心 8m	7.28	6.77	6.32	5.92	5.57	5.25	4.97	4.71	4.47	4.25	4.05	3.86	
9	距中心 9m	7.67	7.05	6.52	6.07	5.67	5.32	5.01	4.73	4.48	4.25	4.04	3.84	
10	距中心 10m	8.01	7.29	6.69	6.18	5.74	5.36	5.03	4.73	4.47	4.23	4.01	3.82	
11	距中心 11m	8.25	7.45	6.80	6.25	5.78	5.38	5.03	4.72	4.45	4.20	3.98	3.78	
12	距中心 12m	8.37	7.53	6.84	6.26	5.77	5.36	5.00	4.68	4.40	4.16	3.93	3.73	
13	距中心 13m	8.36	7.50	6.80	6.21	5.72	5.30	4.94	4.62	4.34	4.09	3.87	3.67	
14	距中心 14m	8.21	7.36	6.67	6.10	5.61	5.20	4.84	4.53	4.26	4.01	3.79	3.60	
15	边导线下*	7.92	7.13	6.48	5.93	5.46	5.06	4.72	4.42	4.15	3.91	3.70	3.51	
16	边导线外 1m	7.52	6.81	6.21	5.70	5.27	4.89	4.57	4.28	4.02	3.80	3.59	3.41	
17	边导线外 2m	7.04	6.42	5.89	5.43	5.03	4.69	4.39	4.12	3.88	3.67	3.48	3.30	
18	边导线外 3m	6.51	5.98	5.53	5.12	4.77	4.46	4.19	3.94	3.72	3.52	3.35	3.18	

19	边导线外 4m	5.95	5.52	5.14	4.79	4.49	4.22	3.97	3.75	3.55	3.37	3.21	3.06
20	边导线外 5m	5.39	5.05	4.74	4.45	4.19	3.96	3.74	3.55	3.37	3.21	3.06	2.92
21	边导线外 6m	4.85	4.59	4.34	4.10	3.89	3.69	3.51	3.34	3.18	3.04	2.91	2.78
22	边导线外 7m	4.33	4.14	3.94	3.76	3.59	3.42	3.27	3.13	2.99	2.87	2.75	2.64
23	边导线外 8m	3.85	3.71	3.57	3.43	3.29	3.16	3.03	2.91	2.80	2.69	2.59	2.50
24	边导线外 9m	3.40	3.31	3.21	3.11	3.00	2.90	2.80	2.70	2.61	2.52	2.43	2.35
25	边导线外 10m	3.00	2.94	2.88	2.80	2.73	2.65	2.57	2.50	2.42	2.35	2.28	2.21
26	边导线外 11m	2.63	2.60	2.57	2.52	2.47	2.41	2.36	2.30	2.24	2.18	2.12	2.06
27	边导线外 12m	2.30	2.30	2.28	2.26	2.22	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
28	边导线外 13m	2.01	2.02	2.02	2.01	2.00	1.98	1.95	1.92	1.89	1.86	1.82	1.79
29	边导线外 14m	1.75	1.77	1.78	1.79	1.79	1.78	1.77	1.75	1.73	1.71	1.68	1.66
30	边导线外 15m	1.52	1.55	1.57	1.59	1.59	1.60	1.60	1.59	1.58	1.57	1.55	1.53
31	边导线外 16m	1.32	1.35	1.38	1.40	1.42	1.43	1.44	1.44	1.44	1.43	1.42	1.41
32	边导线外 17m	1.15	1.18	1.21	1.23	1.26	1.27	1.29	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
33	边导线外 18m	1.00	1.03	1.05	1.08	1.11	1.13	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19
34	边导线外 19m	0.87	0.89	0.92	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08	1.08
35	边导线外 20m	0.76	0.78	0.80	0.83	0.86	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.98	0.99
36	边导线外 21m	0.67	0.68	0.70	0.72	0.75	0.78	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.90
37	边导线外 22m	0.60	0.60	0.61	0.63	0.65	0.68	0.71	0.73	0.75	0.78	0.79	0.81
38	边导线外 23m	0.54	0.53	0.54	0.55	0.57	0.59	0.62	0.64	0.67	0.69	0.71	0.73
39	边导线外 24m	0.50	0.48	0.48	0.48	0.50	0.52	0.54	0.57	0.59	0.61	0.64	0.66
40	边导线外 25m	0.47	0.44	0.43	0.43	0.44	0.45	0.47	0.50	0.52	0.54	0.57	0.59
41	边导线外 26m	0.45	0.42	0.39	0.38	0.39	0.40	0.41	0.43	0.46	0.48	0.50	0.52
42	边导线外 27m	0.45	0.40	0.37	0.35	0.35	0.35	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46
43	边导线外 28m	0.44	0.39	0.36	0.33	0.32	0.31	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39	0.41
44	边导线外 29m	0.44	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.28	0.29	0.30	0.32	0.34	0.36
45	边导线外 30m	0.45	0.40	0.35	0.31	0.28	0.26	0.26	0.26	0.26	0.28	0.30	0.31
46	边导线外 31m	0.45	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.24	0.23	0.23	0.24	0.26	0.27
47	边导线外 32m	0.46	0.41	0.36	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.21	0.21	0.22	0.24
48	边导线外 33m	0.47	0.42	0.37	0.32	0.28	0.25	0.22	0.20	0.19	0.19	0.20	0.21

49	边导线外 34m	0.47	0.42	0.38	0.33	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
50	边导线外 35m	0.48	0.43	0.38	0.34	0.30	0.26	0.23	0.20	0.18	0.17	0.16	0.16
51	边导线外 36m	0.49	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.24	0.21	0.18	0.16	0.15	0.15
52	边导线外 37m	0.49	0.44	0.40	0.36	0.32	0.28	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
53	边导线外 38m	0.49	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.14
54	边导线外 39m	0.50	0.46	0.41	0.38	0.34	0.30	0.27	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14
55	边导线外 40m	0.50	0.46	0.42	0.38	0.35	0.31	0.28	0.24	0.22	0.19	0.16	0.14
56	边导线外 41m	0.50	0.46	0.42	0.39	0.35	0.32	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.15
57	边导线外 42m	0.50	0.46	0.43	0.39	0.36	0.33	0.29	0.26	0.23	0.21	0.18	0.16
58	边导线外 43m	0.50	0.47	0.43	0.40	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22	0.19	0.17
59	边导线外 44m	0.50	0.47	0.43	0.40	0.37	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	0.20	0.18
60	边导线外 45m	0.50	0.47	0.43	0.40	0.37	0.34	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19
61	边导线外 46m	0.50	0.47	0.44	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24	0.22	0.19
62	边导线外 47m	0.49	0.46	0.44	0.41	0.38	0.35	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.20
63	边导线外 48m	0.49	0.46	0.44	0.41	0.38	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21
64	边导线外 49m	0.49	0.46	0.44	0.41	0.38	0.36	0.33	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22
65	边导线外 50m	0.48	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.22
最大值		8.37	7.53	6.84	6.26	5.78	5.38	5.03	4.73	4.48	4.25	4.05	3.87
最大值处距线路走廊中心距离(m)		12	12	12	12	11	11	11	10	10	9	8	7

表 6.1-66 换流站~牌楼、牌楼~边城 500kV 线路同塔双回段工频磁感应强度预测结果（距地面 4.5m 高处）

单位：μT

塔型		500-MC31S-ZC（同塔双回排列），15mm 冰区											
线间距离（m）		12.07/14.82/12.82+12.07/14.82/12.82											
预测点高度（m）		地面 4.5m											
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频磁场强度（μT）											
0	线路走廊中心	14.17	15.98	17.33	18.28	18.89	19.22	19.33	19.27	19.07	18.78	18.41	17.99
1	距中心 1m	14.65	16.33	17.59	18.47	19.03	19.33	19.42	19.33	19.13	18.82	18.44	18.01

2	距中心 2m	16.01	17.32	18.33	19.04	19.46	19.66	19.67	19.53	19.28	18.94	18.53	18.08
3	距中心 3m	18.07	18.87	19.51	19.93	20.15	20.19	20.08	19.85	19.52	19.13	18.68	18.19
4	距中心 4m	20.64	20.86	21.04	21.11	21.06	20.90	20.63	20.27	19.85	19.38	18.88	18.35
5	距中心 5m	23.58	23.17	22.84	22.51	22.15	21.74	21.28	20.78	20.25	19.69	19.11	18.53
6	距中心 6m	26.77	25.69	24.82	24.06	23.36	22.69	22.02	21.36	20.69	20.03	19.38	18.73
7	距中心 7m	30.11	28.33	26.90	25.70	24.65	23.69	22.81	21.97	21.17	20.40	19.66	18.95
8	距中心 8m	33.49	31.01	29.01	27.36	25.95	24.71	23.61	22.59	21.66	20.78	19.95	19.17
9	距中心 9m	36.79	33.61	31.06	28.98	27.22	25.71	24.39	23.20	22.13	21.15	20.24	19.39
10	距中心 10m	39.87	36.04	32.98	30.48	28.41	26.65	25.12	23.78	22.58	21.49	20.50	19.59
11	距中心 11m	42.60	38.18	34.67	31.83	29.47	27.48	25.78	24.29	22.98	21.80	20.74	19.77
12	距中心 12m	44.83	39.95	36.08	32.95	30.36	28.19	26.34	24.73	23.31	22.06	20.93	19.91
13	距中心 13m	46.46	41.28	37.16	33.82	31.06	28.75	26.77	25.07	23.58	22.26	21.08	20.01
14	距中心 14m	47.42	42.11	37.86	34.40	31.54	29.13	27.08	25.31	23.76	22.39	21.17	20.08
15	边导线下	47.71	42.44	38.19	34.70	31.80	29.35	27.25	25.44	23.85	22.46	21.21	20.09
16	边导线外 1m	47.39	42.31	38.16	34.72	31.84	29.39	27.28	25.46	23.86	22.45	21.19	20.06
17	边导线外 2m	46.56	41.78	37.81	34.49	31.67	29.26	27.18	25.37	23.78	22.36	21.11	19.97
18	边导线外 3m	45.33	40.91	37.19	34.03	31.32	28.99	26.96	25.18	23.61	22.21	20.97	19.84
19	边导线外 4m	43.82	39.80	36.35	33.38	30.82	28.58	26.62	24.90	23.36	22.00	20.77	19.67
20	边导线外 5m	42.13	38.50	35.34	32.59	30.18	28.06	26.19	24.53	23.05	21.72	20.53	19.45
21	边导线外 6m	40.34	37.09	34.22	31.69	29.45	27.45	25.68	24.10	22.68	21.40	20.24	19.19
22	边导线外 7m	38.51	35.62	33.03	30.71	28.63	26.78	25.11	23.61	22.25	21.03	19.91	18.89
23	边导线外 8m	36.70	34.13	31.79	29.68	27.77	26.05	24.49	23.07	21.79	20.62	19.55	18.57
24	边导线外 9m	34.93	32.64	30.54	28.63	26.88	25.28	23.83	22.50	21.29	20.18	19.16	18.22
25	边导线外 10m	33.22	31.19	29.30	27.56	25.96	24.49	23.14	21.90	20.76	19.71	18.75	17.85
26	边导线外 11m	31.59	29.78	28.09	26.51	25.05	23.70	22.45	21.29	20.22	19.23	18.32	17.47
27	边导线外 12m	30.04	28.42	26.90	25.48	24.14	22.90	21.74	20.67	19.67	18.74	17.88	17.07
28	边导线外 13m	28.57	27.13	25.76	24.47	23.25	22.11	21.04	20.04	19.11	18.24	17.42	16.66
29	边导线外 14m	27.19	25.89	24.66	23.49	22.38	21.33	20.35	19.42	18.55	17.74	16.97	16.25
30	边导线外 15m	25.88	24.72	23.61	22.54	21.53	20.57	19.66	18.80	17.99	17.23	16.51	15.84
31	边导线外 16m	24.65	23.61	22.60	21.63	20.71	19.83	18.99	18.20	17.44	16.73	16.06	15.42

32	边导线外 17m	23.50	22.56	21.64	20.76	19.92	19.11	18.34	17.60	16.90	16.24	15.61	15.01
33	边导线外 18m	22.42	21.56	20.73	19.93	19.16	18.42	17.70	17.02	16.37	15.75	15.16	14.60
34	边导线外 19m	21.40	20.62	19.87	19.14	18.43	17.75	17.09	16.46	15.85	15.27	14.72	14.19
35	边导线外 20m	20.44	19.74	19.05	18.38	17.73	17.10	16.50	15.91	15.35	14.81	14.29	13.80
36	边导线外 21m	19.54	18.90	18.27	17.66	17.06	16.49	15.92	15.38	14.86	14.35	13.87	13.40
37	边导线外 22m	18.69	18.11	17.53	16.97	16.43	15.89	15.37	14.87	14.38	13.91	13.46	13.02
38	边导线外 23m	17.89	17.36	16.84	16.32	15.82	15.32	14.84	14.38	13.92	13.48	13.06	12.65
39	边导线外 24m	17.14	16.65	16.17	15.70	15.23	14.78	14.33	13.90	13.48	13.07	12.67	12.29
40	边导线外 25m	16.43	15.98	15.54	15.11	14.68	14.26	13.84	13.44	13.05	12.66	12.29	11.93
41	边导线外 26m	15.76	15.35	14.95	14.54	14.15	13.76	13.37	13.00	12.63	12.28	11.93	11.59
42	边导线外 27m	15.13	14.75	14.38	14.01	13.64	13.28	12.92	12.57	12.23	11.90	11.57	11.26
43	边导线外 28m	14.53	14.19	13.84	13.50	13.16	12.82	12.49	12.17	11.85	11.54	11.23	10.93
44	边导线外 29m	13.97	13.65	13.33	13.01	12.70	12.39	12.08	11.78	11.48	11.18	10.90	10.62
45	边导线外 30m	13.43	13.14	12.84	12.55	12.26	11.97	11.68	11.40	11.12	10.85	10.58	10.31
46	边导线外 31m	12.93	12.66	12.38	12.11	11.84	11.57	11.30	11.04	10.78	10.52	10.27	10.02
47	边导线外 32m	12.45	12.20	11.94	11.69	11.44	11.19	10.94	10.69	10.45	10.21	9.97	9.74
48	边导线外 33m	12.00	11.76	11.53	11.29	11.06	10.82	10.59	10.36	10.13	9.90	9.68	9.46
49	边导线外 34m	11.56	11.35	11.13	10.91	10.69	10.47	10.25	10.04	9.82	9.61	9.40	9.20
50	边导线外 35m	11.16	10.95	10.75	10.55	10.34	10.14	9.93	9.73	9.53	9.33	9.13	8.94
51	边导线外 36m	10.77	10.58	10.39	10.20	10.01	9.82	9.63	9.44	9.25	9.06	8.88	8.69
52	边导线外 37m	10.40	10.22	10.05	9.87	9.69	9.51	9.33	9.15	8.98	8.80	8.63	8.45
53	边导线外 38m	10.04	9.88	9.72	9.55	9.38	9.22	9.05	8.88	8.72	8.55	8.38	8.22
54	边导线外 39m	9.71	9.56	9.40	9.25	9.09	8.93	8.78	8.62	8.46	8.31	8.15	8.00
55	边导线外 40m	9.39	9.25	9.10	8.96	8.81	8.66	8.52	8.37	8.22	8.07	7.93	7.78
56	边导线外 41m	9.09	8.95	8.82	8.68	8.54	8.41	8.27	8.13	7.99	7.85	7.71	7.58
57	边导线外 42m	8.80	8.67	8.54	8.42	8.29	8.16	8.03	7.90	7.77	7.63	7.50	7.37
58	边导线外 43m	8.52	8.40	8.28	8.16	8.04	7.92	7.80	7.67	7.55	7.43	7.30	7.18
59	边导线外 44m	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.69	7.58	7.46	7.34	7.23	7.11	6.99
60	边导线外 45m	8.00	7.90	7.79	7.69	7.58	7.47	7.36	7.25	7.14	7.03	6.92	6.81
61	边导线外 46m	7.76	7.66	7.56	7.46	7.36	7.26	7.16	7.05	6.95	6.85	6.74	6.64

62	边导线外 47m	7.53	7.44	7.34	7.25	7.15	7.06	6.96	6.86	6.76	6.67	6.57	6.47
63	边导线外 48m	7.31	7.22	7.13	7.04	6.95	6.86	6.77	6.68	6.59	6.49	6.40	6.31
64	边导线外 49m	7.09	7.01	6.93	6.85	6.76	6.68	6.59	6.50	6.41	6.33	6.24	6.15
65	边导线外 50m	6.89	6.81	6.74	6.66	6.58	6.50	6.41	6.33	6.25	6.16	6.08	6.00
最大值		47.71	42.44	38.19	34.72	31.84	29.39	27.28	25.46	23.86	22.46	21.21	20.09
最大值处距线路走廊中心距离 (m)		15	15	15	16	16	16	16	16	16	15	15	15

表 6.1-67 换流站~牌楼、牌楼~边城 500kV 线路同塔双回段工频电场强度预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位：kV/m

塔型		500-MC31S-ZC（同塔双回排列），15mm 冰区												
线间距离（m）		12.07/14.82/12.82+12.07/14.82/12.82												
预测点高度（m）		地面 7.5m												
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）												
0	线路走廊中心	3.83	4.06	4.22	4.32	4.36	4.36	4.32	4.26	4.17	4.07	3.96	3.84	3.72
1	距中心 1m	3.91	4.13	4.28	4.36	4.40	4.39	4.34	4.27	4.18	4.08	3.97	3.85	3.72
2	距中心 2m	4.17	4.33	4.44	4.49	4.49	4.46	4.40	4.32	4.22	4.10	3.98	3.86	3.73
3	距中心 3m	4.57	4.65	4.69	4.69	4.65	4.58	4.49	4.39	4.27	4.14	4.01	3.88	3.74
4	距中心 4m	5.10	5.08	5.03	4.95	4.86	4.74	4.61	4.48	4.34	4.19	4.05	3.90	3.76
5	距中心 5m	5.74	5.59	5.44	5.27	5.10	4.93	4.76	4.59	4.42	4.25	4.09	3.93	3.78
6	距中心 6m	6.48	6.18	5.89	5.63	5.37	5.14	4.91	4.70	4.50	4.31	4.13	3.96	3.79
7	距中心 7m	7.30	6.81	6.38	6.00	5.66	5.35	5.07	4.82	4.59	4.37	4.17	3.98	3.81
8	距中心 8m	8.17	7.47	6.88	6.37	5.94	5.56	5.23	4.93	4.66	4.42	4.20	4.00	3.82
9	距中心 9m	9.05	8.11	7.35	6.72	6.19	5.75	5.36	5.02	4.73	4.46	4.23	4.01	3.82
10	距中心 10m	9.87	8.69	7.76	7.02	6.41	5.90	5.47	5.10	4.77	4.49	4.24	4.01	3.81
11	距中心 11m	10.54	9.15	8.08	7.24	6.56	6.00	5.53	5.14	4.79	4.49	4.23	4.00	3.79
12	距中心 12m	10.98	9.44	8.27	7.37	6.64	6.05	5.56	5.14	4.78	4.48	4.21	3.97	3.75
13	距中心 13m	11.10	9.51	8.31	7.38	6.64	6.03	5.53	5.11	4.75	4.43	4.16	3.92	3.70
14	距中心 14m	10.89	9.36	8.19	7.28	6.55	5.95	5.45	5.03	4.67	4.36	4.09	3.85	3.64

15	边导线下	10.39	9.01	7.93	7.07	6.38	5.80	5.32	4.92	4.57	4.27	4.00	3.77	3.56
16	边导线外 1m	9.68	8.50	7.54	6.77	6.13	5.60	5.15	4.77	4.44	4.15	3.89	3.67	3.47
17	边导线外 2m	8.86	7.88	7.08	6.40	5.83	5.35	4.94	4.59	4.28	4.01	3.77	3.56	3.37
18	边导线外 3m	8.00	7.22	6.56	5.99	5.49	5.07	4.70	4.38	4.10	3.85	3.63	3.43	3.25
19	边导线外 4m	7.16	6.55	6.02	5.55	5.13	4.76	4.44	4.16	3.90	3.68	3.47	3.29	3.12
20	边导线外 5m	6.36	5.90	5.48	5.10	4.75	4.44	4.17	3.92	3.69	3.49	3.31	3.14	2.99
21	边导线外 6m	5.64	5.29	4.96	4.66	4.38	4.12	3.89	3.67	3.48	3.30	3.14	2.99	2.85
22	边导线外 7m	4.98	4.72	4.47	4.24	4.01	3.80	3.61	3.43	3.26	3.10	2.96	2.83	2.71
23	边导线外 8m	4.39	4.20	4.02	3.83	3.66	3.49	3.33	3.18	3.04	2.91	2.79	2.67	2.56
24	边导线外 9m	3.86	3.73	3.60	3.46	3.32	3.19	3.06	2.94	2.83	2.72	2.61	2.51	2.42
25	边导线外 10m	3.40	3.31	3.21	3.11	3.01	2.91	2.81	2.71	2.62	2.53	2.44	2.35	2.27
26	边导线外 11m	2.99	2.93	2.86	2.79	2.72	2.64	2.57	2.49	2.41	2.34	2.27	2.20	2.13
27	边导线外 12m	2.63	2.59	2.55	2.50	2.45	2.39	2.34	2.28	2.22	2.16	2.11	2.05	1.99
28	边导线外 13m	2.31	2.29	2.27	2.24	2.20	2.16	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.86
29	边导线外 14m	2.03	2.02	2.01	2.00	1.98	1.95	1.93	1.90	1.87	1.83	1.80	1.76	1.73
30	边导线外 15m	1.79	1.79	1.79	1.78	1.77	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.63	1.60
31	边导线外 16m	1.58	1.58	1.58	1.59	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.52	1.50	1.48
32	边导线外 17m	1.40	1.40	1.41	1.41	1.42	1.42	1.42	1.41	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37
33	边导线外 18m	1.24	1.24	1.25	1.26	1.26	1.27	1.27	1.28	1.28	1.28	1.27	1.27	1.26
34	边导线外 19m	1.11	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
35	边导线外 20m	0.99	0.99	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.06
36	边导线外 21m	0.89	0.88	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97
37	边导线外 22m	0.81	0.80	0.79	0.79	0.80	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
38	边导线外 23m	0.75	0.73	0.72	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.78	0.79	0.80	0.81
39	边导线外 24m	0.69	0.67	0.65	0.64	0.65	0.65	0.66	0.67	0.68	0.70	0.71	0.72	0.74
40	边导线外 25m	0.65	0.62	0.60	0.59	0.58	0.59	0.59	0.60	0.61	0.63	0.64	0.65	0.67
41	边导线外 26m	0.62	0.58	0.56	0.54	0.53	0.53	0.53	0.54	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60
42	边导线外 27m	0.59	0.55	0.52	0.50	0.49	0.48	0.48	0.49	0.50	0.51	0.52	0.53	0.55
43	边导线外 28m	0.57	0.53	0.50	0.47	0.45	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45	0.47	0.48	0.49
44	边导线外 29m	0.56	0.52	0.48	0.45	0.43	0.41	0.40	0.40	0.40	0.41	0.42	0.43	0.44

45	边导线外 30m	0.55	0.51	0.47	0.43	0.40	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.39	0.40
46	边导线外 31m	0.54	0.50	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.36
47	边导线外 32m	0.54	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35	0.33	0.32	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32
48	边导线外 33m	0.54	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32	0.30	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29
49	边导线外 34m	0.54	0.49	0.45	0.41	0.37	0.34	0.32	0.29	0.28	0.27	0.26	0.26	0.27
50	边导线外 35m	0.53	0.49	0.45	0.41	0.37	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.25	0.24	0.24
51	边导线外 36m	0.53	0.49	0.45	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28	0.26	0.25	0.23	0.23	0.22
52	边导线外 37m	0.53	0.49	0.45	0.41	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21
53	边导线外 38m	0.53	0.49	0.45	0.41	0.38	0.34	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.20
54	边导线外 39m	0.53	0.49	0.45	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19
55	边导线外 40m	0.53	0.49	0.45	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27	0.24	0.22	0.20	0.19
56	边导线外 41m	0.53	0.49	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.27	0.25	0.22	0.20	0.19
57	边导线外 42m	0.52	0.49	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19
58	边导线外 43m	0.52	0.49	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19
59	边导线外 44m	0.52	0.49	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
60	边导线外 45m	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.34	0.31	0.29	0.26	0.24	0.22	0.20
61	边导线外 46m	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.34	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21
62	边导线外 47m	0.51	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
63	边导线外 48m	0.50	0.48	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22
64	边导线外 49m	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22
65	边导线外 50m	0.49	0.47	0.44	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.26	0.24	0.23
最大值		11.10	9.51	8.31	7.38	6.64	6.05	5.56	5.14	4.79	4.49	4.24	4.01	3.82
最大值处距线路走廊中心距离(m)		13	13	13	13	13	12	12	12	11	11	10	10	9

表 6.1-68 换流站~牌楼、牌楼~边城 500kV 线路同塔双回段工频磁感应强度预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位：μT

塔型		500-MC31S-ZC（同塔双回排列），15mm 冰区												
线间距离（m）		12.07/14.82/12.82+12.07/14.82/12.82												
预测点高度（m）		地面 7.5m												
导线高度（m）		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频磁场强度（μT）												
0	线路走廊中心	6.94	9.24	11.88	14.17	15.98	17.33	18.28	18.89	19.22	19.33	19.27	19.07	18.78
1	距中心 1m	8.53	10.29	12.57	14.65	16.33	17.59	18.47	19.03	19.33	19.42	19.33	19.13	18.82
2	距中心 2m	12.17	12.96	14.46	16.01	17.32	18.33	19.04	19.46	19.66	19.67	19.53	19.28	18.94
3	距中心 3m	16.70	16.58	17.21	18.07	18.87	19.51	19.93	20.15	20.19	20.08	19.85	19.52	19.13
4	距中心 4m	21.76	20.76	20.52	20.64	20.86	21.04	21.11	21.06	20.90	20.63	20.27	19.85	19.38
5	距中心 5m	27.25	25.35	24.23	23.58	23.17	22.84	22.51	22.15	21.74	21.28	20.78	20.25	19.69
6	距中心 6m	33.17	30.26	28.22	26.77	25.69	24.82	24.06	23.36	22.69	22.02	21.36	20.69	20.03
7	距中心 7m	39.51	35.44	32.40	30.11	28.33	26.90	25.70	24.65	23.69	22.81	21.97	21.17	20.40
8	距中心 8m	46.21	40.78	36.65	33.49	31.01	29.01	27.36	25.95	24.71	23.61	22.59	21.66	20.78
9	距中心 9m	53.09	46.12	40.84	36.79	33.61	31.06	28.98	27.22	25.71	24.39	23.20	22.13	21.15
10	距中心 10m	59.83	51.23	44.79	39.87	36.04	32.98	30.48	28.41	26.65	25.12	23.78	22.58	21.49
11	距中心 11m	65.95	55.80	48.29	42.60	38.18	34.67	31.83	29.47	27.48	25.78	24.29	22.98	21.80
12	距中心 12m	70.83	59.46	51.13	44.83	39.95	36.08	32.95	30.36	28.19	26.34	24.73	23.31	22.06
13	距中心 13m	73.94	61.94	53.13	46.46	41.28	37.16	33.82	31.06	28.75	26.77	25.07	23.58	22.26
14	距中心 14m	75.01	63.07	54.20	47.42	42.11	37.86	34.40	31.54	29.13	27.08	25.31	23.76	22.39
15	边导线下	74.15	62.90	54.35	47.71	42.44	38.19	34.70	31.80	29.35	27.25	25.44	23.85	22.46
16	边导线外 1m	71.77	61.62	53.69	47.39	42.31	38.16	34.72	31.84	29.39	27.28	25.46	23.86	22.45
17	边导线外 2m	68.41	59.54	52.38	46.56	41.78	37.81	34.49	31.67	29.26	27.18	25.37	23.78	22.36
18	边导线外 3m	64.53	56.93	50.60	45.33	40.91	37.19	34.03	31.32	28.99	26.96	25.18	23.61	22.21
19	边导线外 4m	60.50	54.05	48.53	43.82	39.80	36.35	33.38	30.82	28.58	26.62	24.90	23.36	22.00
20	边导线外 5m	56.53	51.08	46.29	42.13	38.50	35.34	32.59	30.18	28.06	26.19	24.53	23.05	21.72
21	边导线外 6m	52.75	48.14	44.01	40.34	37.09	34.22	31.69	29.45	27.45	25.68	24.10	22.68	21.40
22	边导线外 7m	49.22	45.30	41.74	38.51	35.62	33.03	30.71	28.63	26.78	25.11	23.61	22.25	21.03

23	边导线外 8m	45.95	42.62	39.53	36.70	34.13	31.79	29.68	27.77	26.05	24.49	23.07	21.79	20.62
24	边导线外 9m	42.96	40.09	37.42	34.93	32.64	30.54	28.63	26.88	25.28	23.83	22.50	21.29	20.18
25	边导线外 10m	40.21	37.74	35.41	33.22	31.19	29.30	27.56	25.96	24.49	23.14	21.90	20.76	19.71
26	边导线外 11m	37.70	35.56	33.52	31.59	29.78	28.09	26.51	25.05	23.70	22.45	21.29	20.22	19.23
27	边导线外 12m	35.41	33.54	31.75	30.04	28.42	26.90	25.48	24.14	22.90	21.74	20.67	19.67	18.74
28	边导线外 13m	33.30	31.67	30.09	28.57	27.13	25.76	24.47	23.25	22.11	21.04	20.04	19.11	18.24
29	边导线外 14m	31.37	29.93	28.54	27.19	25.89	24.66	23.49	22.38	21.33	20.35	19.42	18.55	17.74
30	边导线外 15m	29.60	28.33	27.09	25.88	24.72	23.61	22.54	21.53	20.57	19.66	18.80	17.99	17.23
31	边导线外 16m	27.97	26.84	25.73	24.65	23.61	22.60	21.63	20.71	19.83	18.99	18.20	17.44	16.73
32	边导线外 17m	26.47	25.46	24.47	23.50	22.56	21.64	20.76	19.92	19.11	18.34	17.60	16.90	16.24
33	边导线外 18m	25.08	24.18	23.29	22.42	21.56	20.73	19.93	19.16	18.42	17.70	17.02	16.37	15.75
34	边导线外 19m	23.79	22.98	22.18	21.40	20.62	19.87	19.14	18.43	17.75	17.09	16.46	15.85	15.27
35	边导线外 20m	22.60	21.87	21.15	20.44	19.74	19.05	18.38	17.73	17.10	16.50	15.91	15.35	14.81
36	边导线外 21m	21.49	20.84	20.18	19.54	18.90	18.27	17.66	17.06	16.49	15.92	15.38	14.86	14.35
37	边导线外 22m	20.46	19.87	19.28	18.69	18.11	17.53	16.97	16.43	15.89	15.37	14.87	14.38	13.91
38	边导线外 23m	19.50	18.96	18.43	17.89	17.36	16.84	16.32	15.82	15.32	14.84	14.38	13.92	13.48
39	边导线外 24m	18.61	18.12	17.63	17.14	16.65	16.17	15.70	15.23	14.78	14.33	13.90	13.48	13.07
40	边导线外 25m	17.77	17.32	16.88	16.43	15.98	15.54	15.11	14.68	14.26	13.84	13.44	13.05	12.66
41	边导线外 26m	16.99	16.58	16.17	15.76	15.35	14.95	14.54	14.15	13.76	13.37	13.00	12.63	12.28
42	边导线外 27m	16.25	15.88	15.50	15.13	14.75	14.38	14.01	13.64	13.28	12.92	12.57	12.23	11.90
43	边导线外 28m	15.56	15.22	14.88	14.53	14.19	13.84	13.50	13.16	12.82	12.49	12.17	11.85	11.54
44	边导线外 29m	14.91	14.60	14.29	13.97	13.65	13.33	13.01	12.70	12.39	12.08	11.78	11.48	11.18
45	边导线外 30m	14.31	14.02	13.73	13.43	13.14	12.84	12.55	12.26	11.97	11.68	11.40	11.12	10.85
46	边导线外 31m	13.73	13.47	13.20	12.93	12.66	12.38	12.11	11.84	11.57	11.30	11.04	10.78	10.52
47	边导线外 32m	13.19	12.95	12.70	12.45	12.20	11.94	11.69	11.44	11.19	10.94	10.69	10.45	10.21
48	边导线外 33m	12.68	12.46	12.23	12.00	11.76	11.53	11.29	11.06	10.82	10.59	10.36	10.13	9.90
49	边导线外 34m	12.20	11.99	11.78	11.56	11.35	11.13	10.91	10.69	10.47	10.25	10.04	9.82	9.61
50	边导线外 35m	11.75	11.55	11.35	11.16	10.95	10.75	10.55	10.34	10.14	9.93	9.73	9.53	9.33
51	边导线外 36m	11.31	11.13	10.95	10.77	10.58	10.39	10.20	10.01	9.82	9.63	9.44	9.25	9.06
52	边导线外 37m	10.91	10.74	10.57	10.40	10.22	10.05	9.87	9.69	9.51	9.33	9.15	8.98	8.80

53	边导线外 38m	10.52	10.36	10.21	10.04	9.88	9.72	9.55	9.38	9.22	9.05	8.88	8.72	8.55
54	边导线外 39m	10.15	10.01	9.86	9.71	9.56	9.40	9.25	9.09	8.93	8.78	8.62	8.46	8.31
55	边导线外 40m	9.80	9.67	9.53	9.39	9.25	9.10	8.96	8.81	8.66	8.52	8.37	8.22	8.07
56	边导线外 41m	9.47	9.35	9.22	9.09	8.95	8.82	8.68	8.54	8.41	8.27	8.13	7.99	7.85
57	边导线外 42m	9.16	9.04	8.92	8.80	8.67	8.54	8.42	8.29	8.16	8.03	7.90	7.77	7.63
58	边导线外 43m	8.86	8.75	8.63	8.52	8.40	8.28	8.16	8.04	7.92	7.80	7.67	7.55	7.43
59	边导线外 44m	8.57	8.47	8.36	8.25	8.14	8.03	7.92	7.81	7.69	7.58	7.46	7.34	7.23
60	边导线外 45m	8.30	8.20	8.10	8.00	7.90	7.79	7.69	7.58	7.47	7.36	7.25	7.14	7.03
61	边导线外 46m	8.04	7.95	7.85	7.76	7.66	7.56	7.46	7.36	7.26	7.16	7.05	6.95	6.85
62	边导线外 47m	7.79	7.70	7.62	7.53	7.44	7.34	7.25	7.15	7.06	6.96	6.86	6.76	6.67
63	边导线外 48m	7.55	7.47	7.39	7.31	7.22	7.13	7.04	6.95	6.86	6.77	6.68	6.59	6.49
64	边导线外 49m	7.32	7.25	7.17	7.09	7.01	6.93	6.85	6.76	6.68	6.59	6.50	6.41	6.33
65	边导线外 50m	7.11	7.04	6.97	6.89	6.81	6.74	6.66	6.58	6.50	6.41	6.33	6.25	6.16
最大值		75.01	63.07	54.35	47.71	42.44	38.19	34.72	31.84	29.39	27.28	25.46	23.86	22.46
最大值处距线路走廊中心距离(m)		14	14	15	15	15	15	16	16	16	16	16	16	15

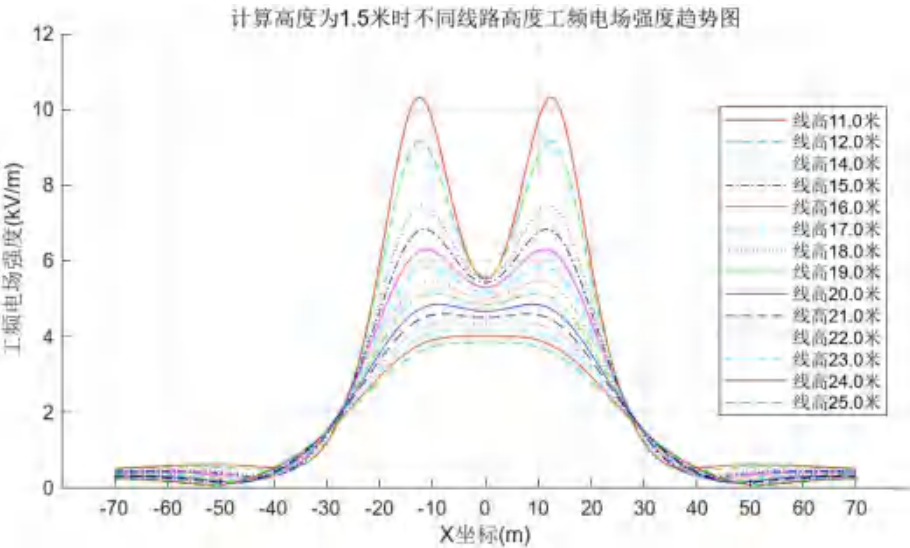


图 6.1-57 15mm 冰区双回共塔线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

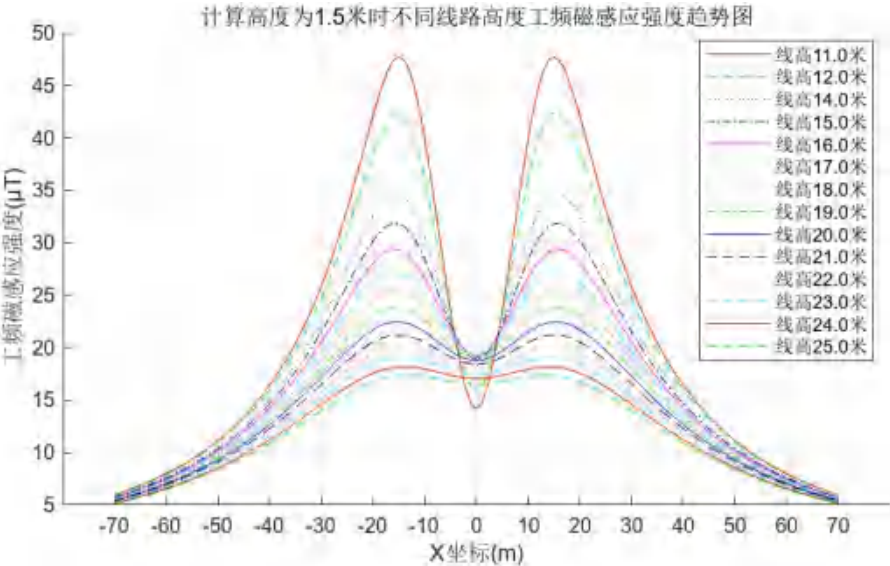


图 6.1-58 15mm 冰区双回共塔线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

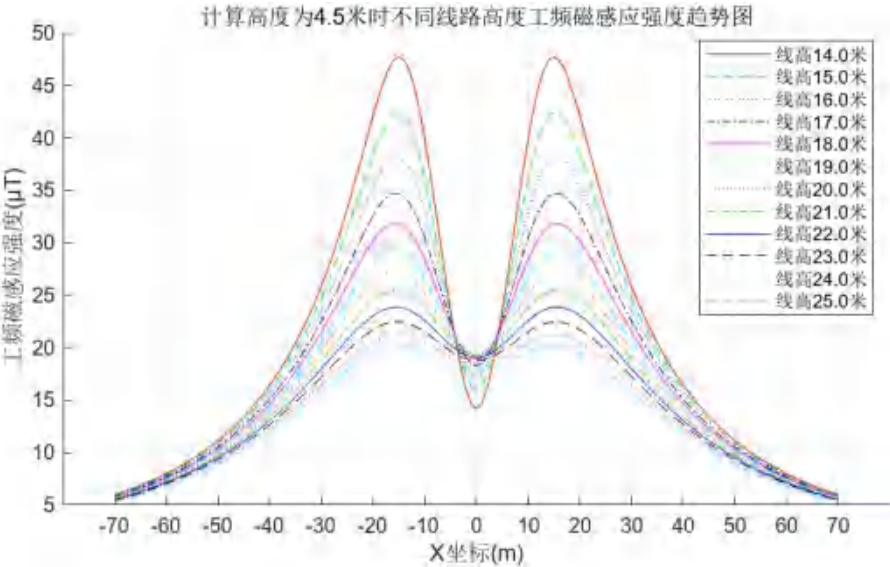
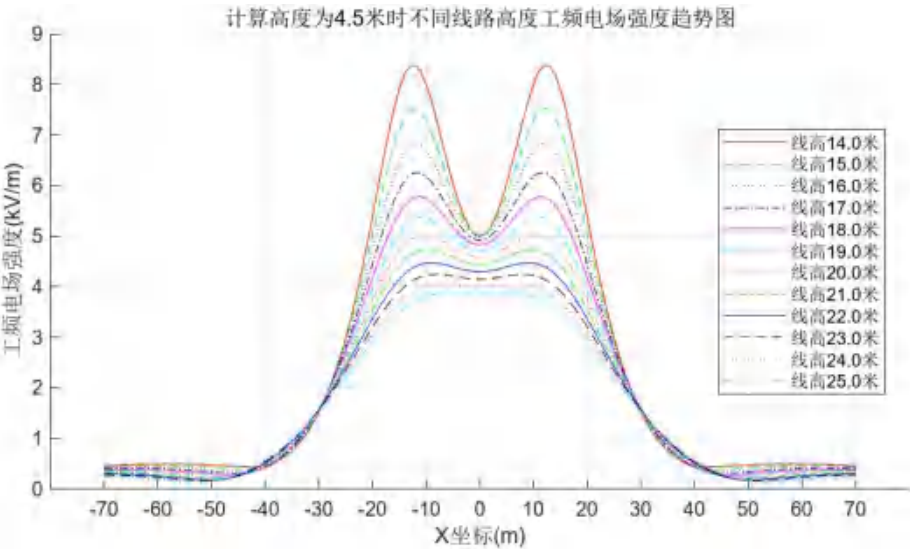


图 6.1-59 15mm 冰区双回共塔线路距地面 4.5m 高处工频电场预测图

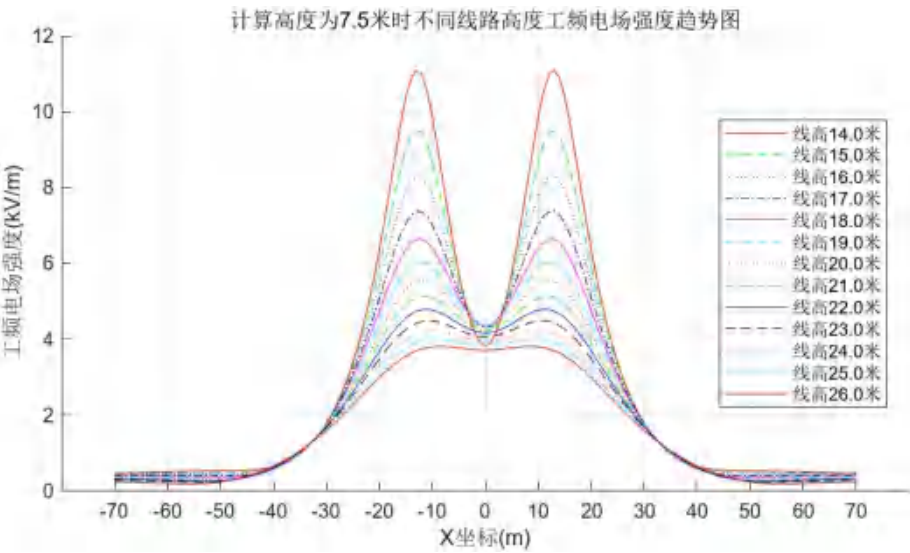


图 6.1-61 15mm 冰区双回共塔线路距地面 7.5m 高处工频电场预测图

图 6.1-60 15mm 冰区双回共塔线路距地面 4.5m 高处工频磁场预测图

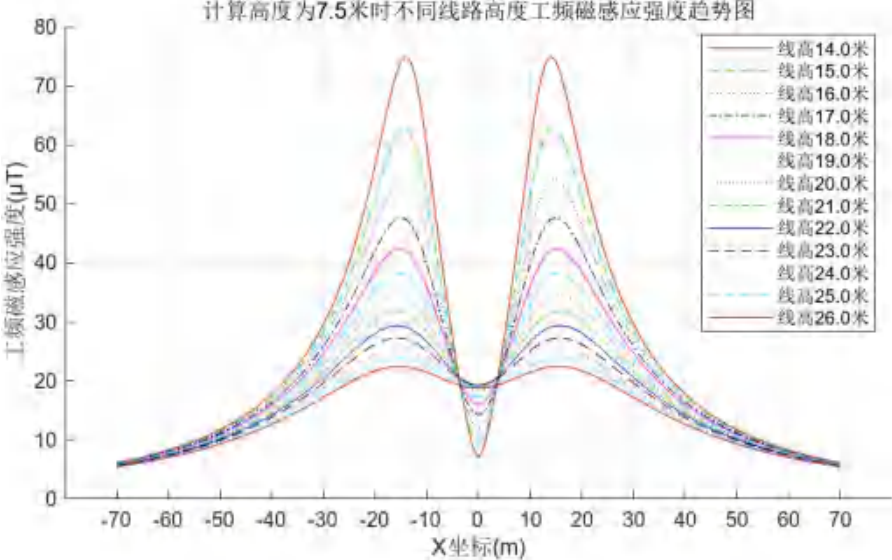


图 6.1-62 15mm 冰区双回共塔线路距地面 7.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目同塔双回段线路导线设计最低对地高度为 11m、采用 500-MC31S-ZC 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 10.32kV/m，出现在距线路走廊中 12m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 47.71 μ T，出现在距线路走廊中心 15m 处，工频电场强度不满足 10kV/m 限值要求。导线高度抬升至 12m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 9.17kV/m，出现在距线路走廊中 12m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 42.44 μ T，出现在距线路走廊中心 15m 处，地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目同塔双回段线路导线最低对地高度为 14m、采用 500-MC31S-ZC 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 7.48kV/m，出现在距线路走廊中心 12m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 23m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁场强度最大值为 34.72 μ T，出现在距线路走廊中心 16m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 18m 时，边导线投影外 5m 处地面 1.5m 高处工频电场强度为 3.94kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 24.53 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 25m 时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 3.86kV/m，出现在线路走廊中心处，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 17.35 μ T，出现在线路走廊中心 13m 处。

本项目同塔双回段线路导线最低对地高度为 14m、采用 500-MC31S-ZC 塔时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 8.37kV/m，出现在距线路走廊中心 13 m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 23m 处；线路附近地面 4.5m 高处工频磁场强度最大值为 47.71 μ T，出现在距线路走廊中心 15m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 19m 时，边导线投影外 5m 处地面 4.5m 高处工频电场强度为 3.96kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 28.06 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 25m 时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 3.87kV/m，出现在距线路走廊中心 8m 处，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 20.09 μ T，出现在线路走廊中心 15m 处。

本项目同塔双回段线路导线最低对地高度为 14m、采用 500-MC31S-ZC 塔时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 11.10 kV/m，出现在距线路走廊中心 13m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 24m 处；线路附近地面 7.5m 高处工频磁场强度最大值为 75.01 μ T，出现在距线路走廊中心 15m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 21m 时，边导线投影外 5m 处地面 7.5m 高处工频电场强度为 3.92kV/m，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；边导线投影外 5m 处 7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 30.18 μ T，满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 26m 时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 3.82kV/m，出现在距线路走廊中心 9m 处，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求。

(3) 指导性控制措施

鉴于本项目尚未完成施工图设计，本项目同塔双回线路所经区域评价范围内的居民房屋尚不确定，根据初步设计阶段线路路径，结合现场踏勘，本项目评价范围内居民敏感目标主要包括 1~3 层坡顶房屋，为确保评价范围内居民房屋不同楼层处电场强度满足公众曝露控制限值 4kV/m 要求，应按照各居民房屋距离边导线水平距离的不同、楼层高度不同，相应控制线路与房屋水平距离或优化导线对地高度，具体见下表和下图。

表 6.1-69 同塔双回段线路在距边导线不同距离的居民房屋处达到 4kV/m 对应的导线对地最低高度

房屋距线路边导线距离 (m)	导线对地高度 (m)		
	1 层坡顶房屋	2 层坡顶房屋	2 层平顶及 3 层坡顶房屋
5	18	20	21
6	17	18	20
7	15	16	19
8	14	14	17
9	14	14	14
10	14	14	14
11	14	14	14
12	14	14	14
13	14	14	14
14	14	14	14
15	14	14	14

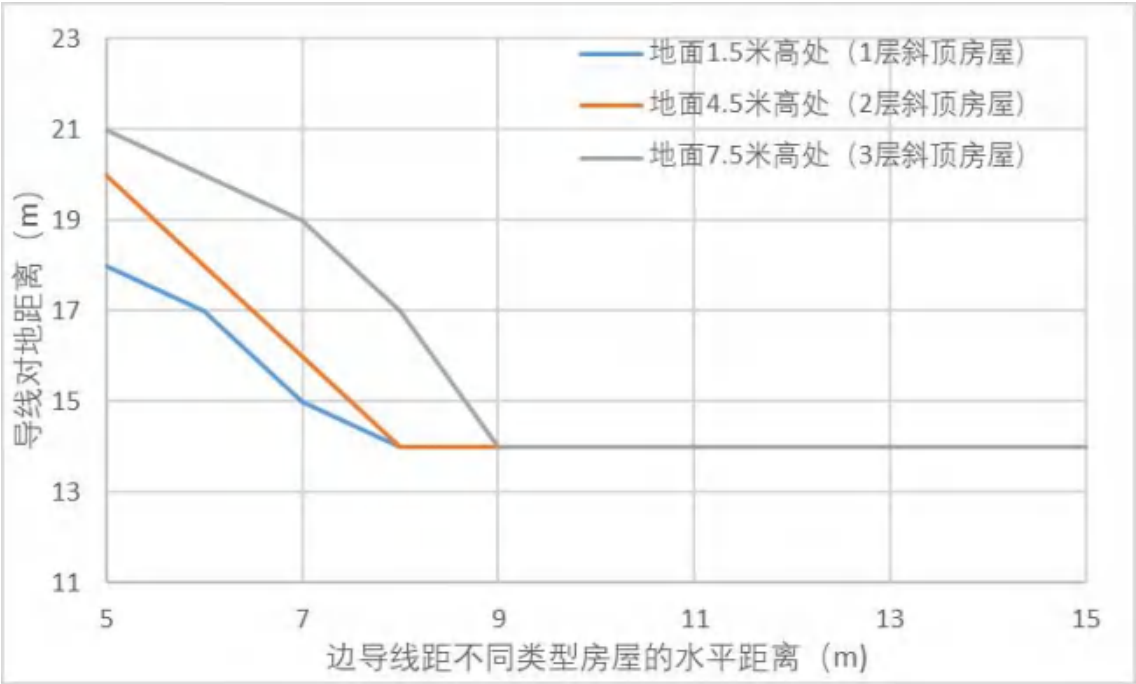


图 6.1-63 同塔双回路路线不同高度处工频电场强度 4kV/m 等值线图

6.1.4.2.10 本项目 220kV 线路预测评价

(1) 模式计算预测结果

本项目 220kV 同塔双回线路迁改工程架设高度为 20m，在地面 1.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-70 220kV 同塔双回线路工频电磁场预测结果（距地面 1.5m 高处）单位：kV/m、μT

塔型		220-HB31S-JC1	
线间距离（m）		4.8/7.05/5.8+4.8/7.05/5.8	
预测点高度（m）		地面 1.5m	
导线高度（m）		20m	20m
距线路中心距离（m）	距线路边导线距离（m）	工频电场强度（kV/m）	工频磁感应强度（μT）
-47	边导线外 40m	0.11	3.260
-42	边导线外 35m	0.08	3.866
-37	边导线外 30m	0.04	4.628
-32	边导线外 25m	0.06	5.586
-27	边导线外 20m	0.21	6.777
-22	边导线外 15m	0.45	8.207
-17	边导线外 10m	0.81	9.800
-16	边导线外 9m	0.90	10.121
-15	边导线外 8m	0.98	10.437
-14	边导线外 7m	1.07	10.744
-13	边导线外 6m	1.16	11.041
-12	边导线外 5m	1.25	11.323
-11	边导线外 4m	1.34	11.587
-10	边导线外 3m	1.43	11.832
-9	边导线外 2m	1.51	12.053
-8	边导线外 1m	1.59	12.251
-7	边导线下*	1.66	12.423
-6	边导线内	1.72	12.569
-5	边导线内	1.78	12.689

-4	边导线内	1.82	12.785
-3	边导线内	1.86	12.858
-2	边导线内	1.88	12.909
-1	边导线内	1.90	12.938
0	线路中心	1.90	12.948
1	边导线内	1.90	12.938
2	边导线内	1.88	12.909
3	边导线内	1.86	12.858
4	边导线内	1.82	12.785
5	边导线内	1.78	12.689
6	边导线内	1.72	12.569
7	边导线外*	1.66	12.423
8	边导线外 1m	1.59	12.251
9	边导线外 2m	1.51	12.053
10	边导线外 3m	1.43	11.832
11	边导线外 4m	1.34	11.587
12	边导线外 5m	1.25	11.323
13	边导线外 6m	1.16	11.041
14	边导线外 7m	1.07	10.744
15	边导线外 8m	0.98	10.437
16	边导线外 9m	0.90	10.121
17	边导线外 10m	0.81	9.800
22	边导线外 15m	0.45	8.207
27	边导线外 20m	0.21	6.777
32	边导线外 25m	0.06	5.586
37	边导线外 30m	0.04	4.628
42	边导线外 35m	0.08	3.866
47	边导线外 40m	0.11	3.260
最大值		1.90	12.948
最大值处距线路走廊中心距离(m)		走廊中心	走廊中心

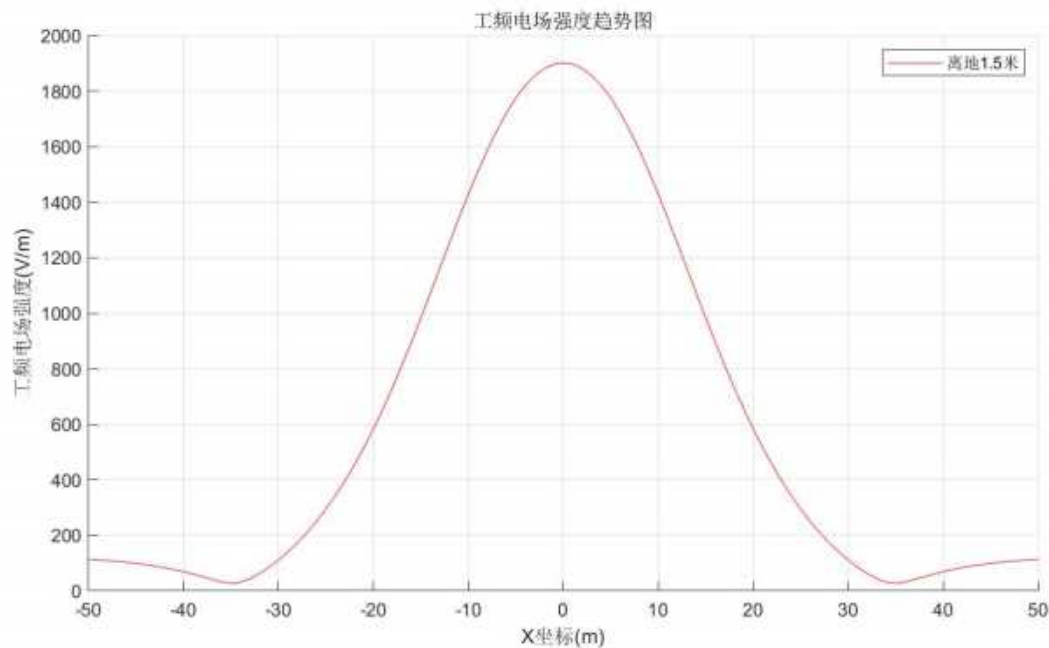


图 6.1-64 220kV 同塔双回线路迁改段距地面 1.5m 高处工频电场预测图

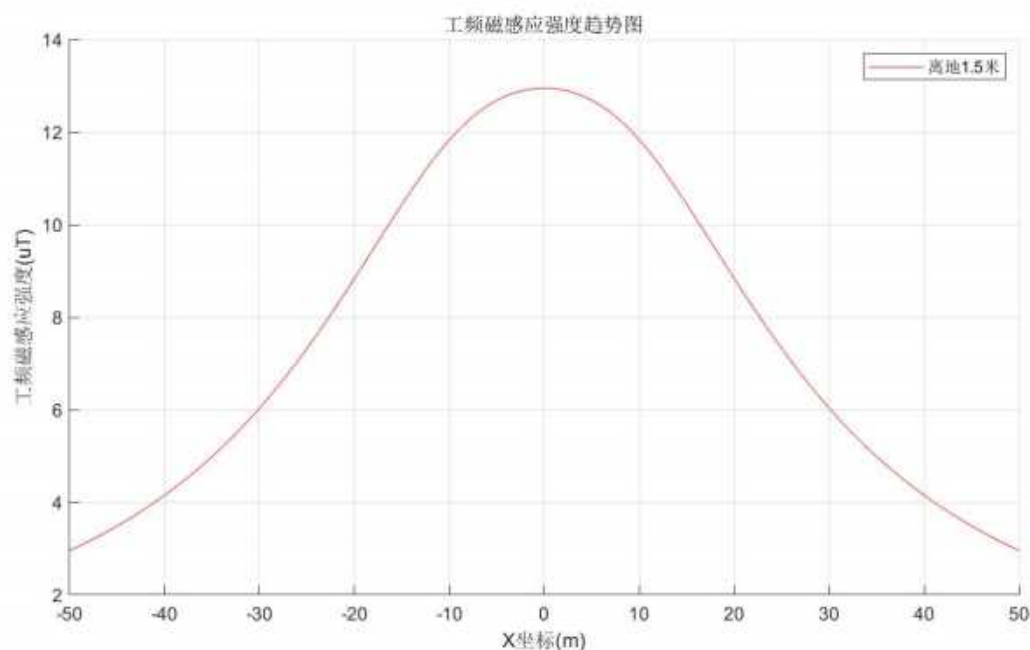


图 6.1-65 220kV 同塔双回线路迁改段距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目 220kV 同塔双回线路迁改工程导线最低对地高度为 20m、采用 220-HB31S-JC1 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度、工频磁感应强度最大值分别为 1.90 kV/m、12.948 μ T，出现在距线路走廊中心处，地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

6.1.4.2.11 本项目 110kV 线路预测评价

(1) 模式计算预测结果

本项目 110kV 水平排列线路段在地面 1.5m、地面 4.5m、地面 7.5m 高处的工频电磁场强度预测结果见下表和下图。

表 6.1-71 110kV 水平排列段线路电磁环境预测结果（距地面 1.5m 高处） 单位：kV/m、 μ T

塔型		V3-1C1X5-Z3（水平排列），15mm 冰区			
线间距离（m）		-6.2/0/6.2			
预测点高度（m）		地面 1.5m			
导线高度（m）		6	7	6	7
距线路中心距离	距线路边导线距	工频电场强度（kV/m）		工频磁感应强度（ μ T）	
0	线路中心线下	2.12	1.51	4.91	3.92
1	边导线内	2.04	1.49	4.89	3.9
2	边导线内	1.89	1.43	4.84	3.87
3	边导线内	1.82	1.43	4.78	3.81
4	边导线内	1.95	1.53	4.7	3.71
5	边导线内	2.19	1.69	4.54	3.56
6	边导线内	2.38	1.82	4.27	3.34
7	边导线外 1m	2.40	1.85	3.85	3.06
8	边导线外 2m	2.24	1.78	3.35	2.73
9	边导线外 3m	1.97	1.64	2.85	2.39
10	边导线外 4m	1.66	1.45	2.39	2.07
11	边导线外 5m	1.38	1.25	2.01	1.78
12	边导线外 6m	1.13	1.06	1.7	1.54
13	边导线外 7m	0.93	0.90	1.45	1.33
14	边导线外 8m	0.76	0.76	1.25	1.16
15	边导线外 9m	0.63	0.64	1.08	1.02
16	边导线外 10m	0.53	0.54	0.94	0.9
17	边导线外 11m	0.44	0.46	0.83	0.8
18	边导线外 12m	0.37	0.40	0.74	0.71
19	边导线外 13m	0.32	0.34	0.66	0.64
20	边导线外 14m	0.27	0.29	0.59	0.58
21	边导线外 15m	0.24	0.26	0.54	0.52
22	边导线外 16m	0.20	0.22	0.49	0.47
23	边导线外 17m	0.18	0.20	0.44	0.43
24	边导线外 18m	0.16	0.17	0.41	0.4
25	边导线外 19m	0.14	0.15	0.37	0.37
26	边导线外 20m	0.12	0.14	0.34	0.34
27	边导线外 21m	0.11	0.12	0.32	0.31
28	边导线外 22m	0.10	0.11	0.3	0.29
29	边导线外 23m	0.09	0.10	0.28	0.27
30	边导线外 24m	0.08	0.09	0.26	0.25
31	边导线外 25m	0.07	0.08	0.24	0.24
32	边导线外 26m	0.07	0.07	0.23	0.22
33	边导线外 27m	0.06	0.07	0.21	0.21
34	边导线外 28m	0.05	0.06	0.2	0.2
35	边导线外 29m	0.05	0.06	0.19	0.19
36	边导线外 30m	0.05	0.05	0.18	0.18
37	边导线外 31m	0.04	0.05	0.17	0.17
38	边导线外 32m	0.04	0.04	0.16	0.16
39	边导线外 33m	0.04	0.04	0.15	0.15
40	边导线外 34m	0.03	0.04	0.14	0.14
最大值		2.41	1.86	4.91	3.92
最大值处距线路走廊中心距离(m)		-6.6	-6.8	0.0	0.0

表 6.1-72 110kV 水平排列段线路电磁环境预测结果（距地面 4.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		V3-1C1X5-Z3（水平排列），15mm 冰区			
线间距离（m）		-6.2/0/6.2			
预测点高度（m）		地面 4.5m			
导线高度（m）		7	8	7	8
距线路中心距离	距线路边导线距	工频电场强度（kV/m）		工频磁感应强度（ μ T）	
0	线路中心线下	4.01	2.71	8.81	6.36
1	边导线内	3.82	2.65	8.53	6.30
2	边导线内	3.47	2.55	8.07	6.19
3	边导线内	3.31	2.50	7.9	6.11
4	边导线内	3.44	2.54	8.09	6.10
5	边导线内	3.74	2.63	8.41	6.02
6	边导线内	3.90	2.65	8.24	5.70
7	边导线外 1m	3.55	2.50	7.1	5.06
8	边导线外 2m	2.88	2.20	5.52	4.23
9	边导线外 3m	2.25	1.85	4.18	3.44
10	边导线外 4m	1.75	1.54	3.2	2.78
11	边导线外 5m	1.38	1.27	2.51	2.26
12	边导线外 6m	1.11	1.05	2.02	1.87
13	边导线外 7m	0.90	0.88	1.66	1.56
14	边导线外 8m	0.74	0.74	1.39	1.33
15	边导线外 9m	0.62	0.63	1.19	1.14
16	边导线外 10m	0.52	0.53	1.02	0.99
17	边导线外 11m	0.44	0.46	0.89	0.86
18	边导线外 12m	0.38	0.39	0.78	0.76
19	边导线外 13m	0.32	0.34	0.69	0.68
20	边导线外 14m	0.28	0.30	0.62	0.61
21	边导线外 15m	0.25	0.26	0.56	0.55
22	边导线外 16m	0.21	0.23	0.5	0.50
23	边导线外 17m	0.19	0.20	0.46	0.45
24	边导线外 18m	0.17	0.18	0.42	0.41
25	边导线外 19m	0.15	0.16	0.38	0.38
26	边导线外 20m	0.13	0.15	0.35	0.35
27	边导线外 21m	0.12	0.13	0.33	0.32
28	边导线外 22m	0.11	0.12	0.3	0.30
29	边导线外 23m	0.10	0.11	0.28	0.28
30	边导线外 24m	0.09	0.10	0.26	0.26
31	边导线外 25m	0.08	0.09	0.24	0.24
32	边导线外 26m	0.07	0.08	0.23	0.23
33	边导线外 27m	0.07	0.07	0.21	0.21
34	边导线外 28m	0.06	0.07	0.2	0.20
35	边导线外 29m	0.06	0.06	0.19	0.19
36	边导线外 30m	0.05	0.06	0.18	0.18
37	边导线外 31m	0.05	0.05	0.17	0.17
38	边导线外 32m	0.04	0.05	0.16	0.16
39	边导线外 33m	0.04	0.05	0.15	0.15
40	边导线外 34m	0.04	0.04	0.14	0.14
最大值		4.01	2.71	8.81	6.36
最大值处距线路走廊中心距离		0	0.0	0.0	0.0

表 6.1-73 110kV 水平排列段线路电磁环境预测结果（距地面 7.5m 高处）

单位：kV/m、 μ T

塔型		V3-1C1X5-Z3（水平排列），15mm 冰区									
线间距离（m）		-6.2/0/6.2									
预测点高度（m）		地面 7.5m									
导线高度（m）		7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
距线路中心距离	距线路边导线距离	工频电场强度（kV/m）					工频磁感应强度（ μ T）				
0	线路中心线下	20.40	20.60	6.79	3.97	2.72	42.12	42.12	14.34	8.81	6.36
1	边导线内	9.51	9.61	5.88	3.81	2.68	20.06	20.06	12.59	8.53	6.3
2	边导线内	5.87	5.97	4.79	3.53	2.61	13	13.00	10.59	8.07	6.19
3	边导线内	5.07	5.17	4.41	3.41	2.57	11.67	11.67	10.01	7.9	6.11
4	边导线内	5.75	5.81	4.71	3.50	2.58	13.09	13.09	10.71	8.09	6.1
5	边导线内	9.05	8.72	5.66	3.70	2.60	18.99	18.99	12.59	8.41	6.02
6	边导线内	19.83	18.92	6.47	3.73	2.53	39.89	39.89	14	8.24	5.7
7	边导线外 1m	9.90	9.76	5.27	3.30	2.31	20.31	20.31	11.16	7.1	5.06
8	边导线外 2m	4.43	4.48	3.54	2.63	1.99	9.3	9.30	7.36	5.52	4.23
9	边导线外 3m	2.64	2.70	2.43	2.03	1.66	5.61	5.61	4.99	4.18	3.44
10	边导线外 4m	1.80	1.86	1.76	1.58	1.37	3.85	3.85	3.6	3.2	2.78
11	边导线外 5m	1.32	1.38	1.35	1.26	1.14	2.85	2.85	2.73	2.51	2.26
12	边导线外 6m	1.02	1.07	1.06	1.02	0.95	2.22	2.22	2.15	2.02	1.87
13	边导线外 7m	0.81	0.86	0.86	0.85	0.81	1.79	1.79	1.74	1.66	1.56
14	边导线外 8m	0.66	0.70	0.72	0.71	0.69	1.47	1.47	1.45	1.39	1.33
15	边导线外 9m	0.55	0.58	0.60	0.60	0.59	1.24	1.24	1.22	1.19	1.14
16	边导线外 10m	0.46	0.49	0.51	0.52	0.51	1.06	1.06	1.05	1.02	0.99
17	边导线外 11m	0.39	0.42	0.44	0.45	0.45	0.92	0.92	0.91	0.89	0.86
18	边导线外 12m	0.34	0.36	0.38	0.39	0.39	0.8	0.80	0.8	0.78	0.76
19	边导线外 13m	0.29	0.32	0.33	0.34	0.35	0.71	0.71	0.71	0.69	0.68
20	边导线外 14m	0.25	0.28	0.29	0.30	0.31	0.63	0.63	0.63	0.62	0.61
21	边导线外 15m	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55
22	边导线外 16m	0.20	0.21	0.23	0.24	0.25	0.51	0.51	0.51	0.5	0.5
23	边导线外 17m	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.46	0.46	0.46	0.46	0.45
24	边导线外 18m	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41
25	边导线外 19m	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38
26	边导线外 20m	0.12	0.14	0.15	0.16	0.16	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35
27	边导线外 21m	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32
28	边导线外 22m	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.3	0.30	0.3	0.3	0.3
29	边导线外 23m	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
30	边导线外 24m	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
31	边导线外 25m	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24
32	边导线外 26m	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
33	边导线外 27m	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21
34	边导线外 28m	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.2	0.20	0.2	0.2	0.2
35	边导线外 29m	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
36	边导线外 30m	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
37	边导线外 31m	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
38	边导线外 32m	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
39	边导线外 33m	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
40	边导线外 34m	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
最大值		20.40	20.60	6.79	3.97	2.72	42.12	42.12	14.34	8.81	6.36
最大值处距线路走廊中心距离(m)		0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

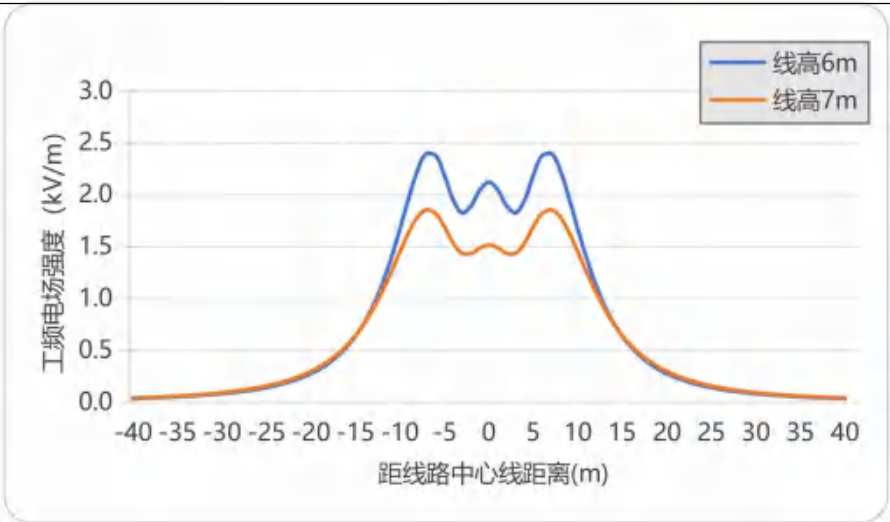


图 6.1-66 水平排列段线路距地面 1.5m 高处工频电场预测图

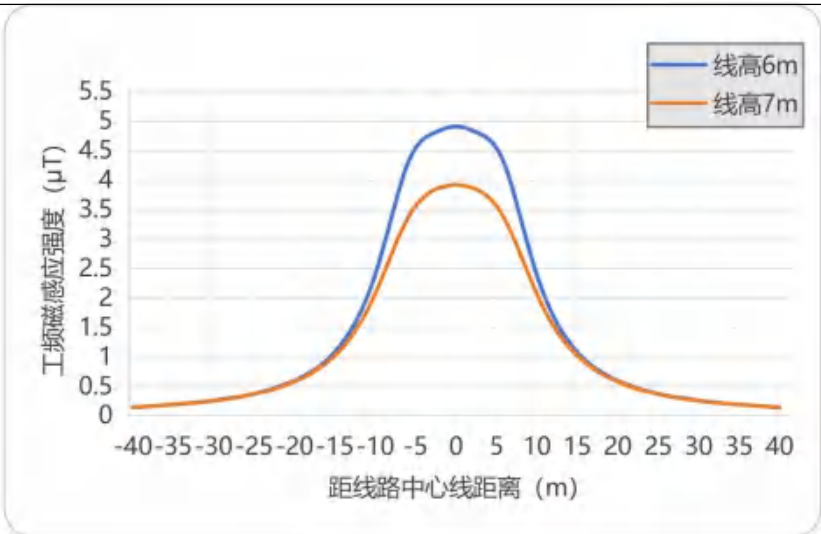


图 6.1-67 水平排列线路距地面 1.5m 高处工频磁场预测图

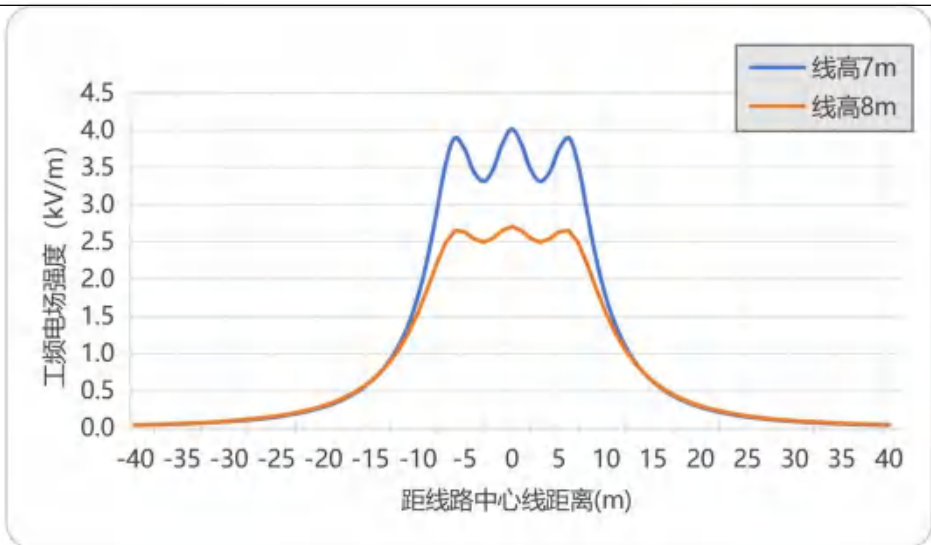


图 6.1-68 水平排列段线路距地面 4.5m 高处工频电场预测图

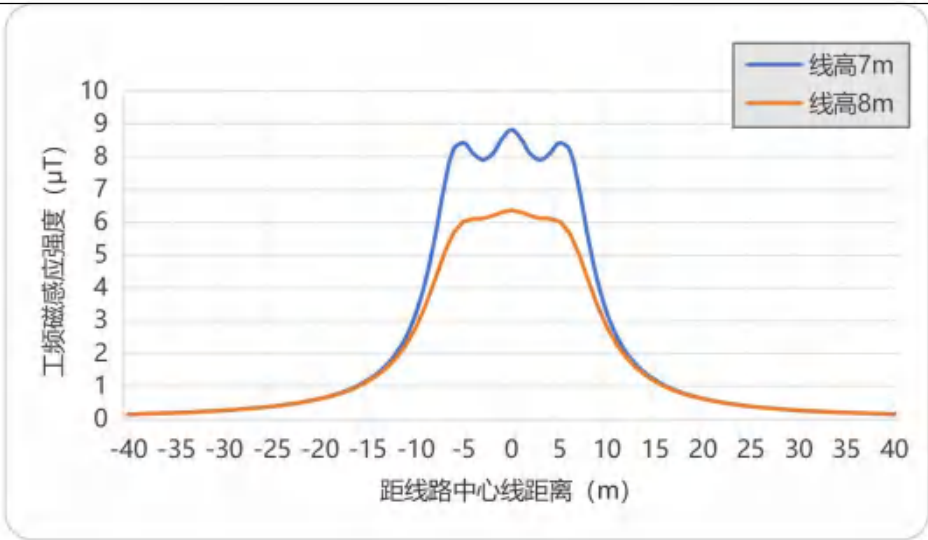


图 6.1-69 水平排列段线路距地面 4.5m 高处工频磁场预测图

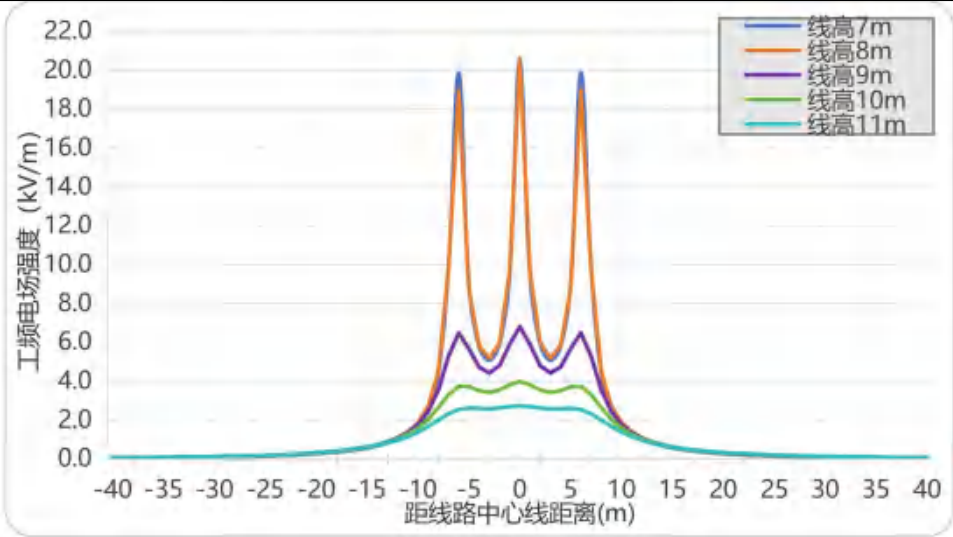


图 6.1-70 水平排列段线路距地面 7.5m 高处工频电场预测图

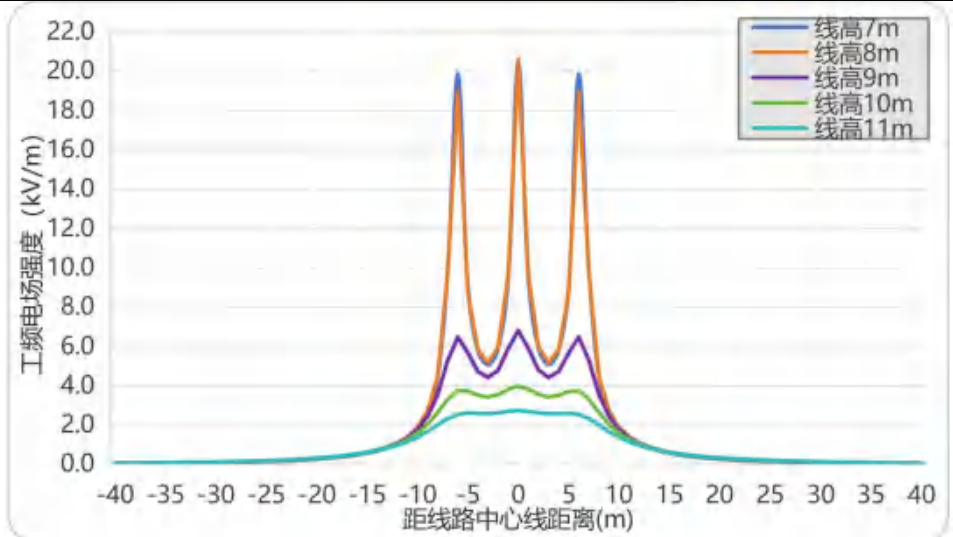


图 6.1-71 水平排列段线路距地面 7.5m 高处工频磁场预测图

(2) 预测结果评价

本项目站用电源 110 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 6m、采用 V3-1C1X5-Z3 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 2.40kV/m，出现在距线路走廊中心 7m 处；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 4.91 μ T，出现在距线路走廊中心 0 m 处，可满足地面 1.5m 高处预测值均满足架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所工频电场强度 10kV/m、工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求，且应给出警示和防护标志。

本项目站用电源 110 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 7m、采用 V3-1C1X5-Z3 塔时，线路附近地面 1.5m 高处工频电场强度最大值为 1.85kV/m，出现在距线路走廊中心 7 m 处，满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；线路附近地面 1.5m 高处工频磁感应强度最大值为 3.92 μ T，出现在距线路走廊中心 0 m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。

本项目站用电源 110 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 7m、采用 V3-1C1X5-Z3 塔时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 4.01kV/m，出现在距线路走廊中心 0 m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 1 m 处。线路附近地面 4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 8.81 μ T，出现在距线路走廊中心 0 m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 8 m 时，线路附近地面 4.5m 高处工频电场强度最大值为 2.71 kV/m，出现在距线路走廊中心 0 m 处，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；4.5m 高处工频磁感应强度最大值为 6.36 μ T，出现在线路走廊中心 0 m 处。

本项目站用电源 110 线路单回水平排列段线路导线最低对地高度为 7m、采用 V3-1C1X5-Z3 塔时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 20.40 kV/m，出现在距线路走廊中心 0 m 处，不满足工频电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求，符合限值要求的位置出现在线路走廊中心外 9 m 处；线路附近地面 7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 42.12 μ T，出现在距线路走廊中心 0 m 处，可满足工频磁感应强度 100 μ T 的限值要求。当导线对地高度达到 11 m 时，线路附近地面 7.5m 高处工频电场强度最大值为 2.72 kV/m，出现在距线路走廊中心 0 m 处，满足电场强度 4kV/m 的公众曝露限值要求；7.5m 高处工频磁感应强度最大值为 6.36 μ T，出现在线路走廊中心 0 m 处。

6.1.4.3 交流线路工程与其他线路交叉跨越和并行的电磁环境影响分析

6.1.4.3.1 并行

本项目不涉及与其他电压等级 330kV 及以上的架空输电线路并行情况。

6.1.4.3.2 本项目与 ± 800 kV 宾金线交叉跨越处电磁环境影响预测与评价

本项目拟建换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）在湘西土家族苗族自治州凤凰县木江坪镇大管冲村附近钻越±800kV 宾金线，钻越处为山地，无居民保护目标。本次评价对拟建线路与±800kV 宾金线钻越处工频电磁场环境现状进行了监测，监测结果中，钻越±800kV 宾金线处工频电场强度现状值为 0.6V/m，工频磁感应强度现状值为 0.015μT。

由于直流线路和交流线路电磁环境影响特点不同，电磁环境影响不会形成叠加影响。本项目建成投运后，与±800kV 宾金直流线路交叉跨越处 50Hz 下的工频电场强度和工频磁感应强度能够满足相关要求。

6.1.5 电磁环境影响评价结论

6.1.5.1 换流站电磁环境影响预测结论

经类比分析，可以预测本项目换流站投入运行后，站界外的合成电场、工频电场、工频磁场能够满足相应评价标准的要求。

6.1.5.2 变电站扩建工程电磁环境影响评价结论

经类比分析，本项目涉及变电站扩建完成投入运行后，站外的工频电场、工频磁场均能够满足相应评价标准的要求。

6.1.5.3 交流输电线路电磁环境影响评价结论

本项目涉及的 110kV、220kV 架空输电线路经过沿线的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所和沿线电磁环境敏感目标时，导线最小对地高度按设计值时满足工频电场强度标准要求。

500kV 架空输电线路经过沿线的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所和沿线电磁环境敏感目标时，导线最小对地高度按设计值时不完全满足工频电场强度标准要求，需采取相应的水平距离控制或导线高度垂直控制措施。

本项目涉及架空输电线路经过沿线电磁环境保护目标时，导线最小对地高度按设计值时不完全满足工频电场强度标准要求，需采取相应的水平距离控制或导线高度垂直控制措施。

6.2 声环境影响预测与评价

6.2.1 预测及评价方法

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），本项目换流站、变电站声环境影响预测采用模式预测的方式；输电线路声环境影响预测采用类比监测的方式。

6.2.2 换流站、变电站工程声环境影响预测和评价

6.2.2.1 边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站声环境影响预测和评价

（1）边城 500kV 变电站

本项目边城 500kV 变电站扩建间隔工程，在边城 500kV 变电站内扩建 1 个 500kV 出线间隔及相应的电气设备，但不新增主变压器、高抗、抵抗、风机等强噪声设备，新增其它电气设备的布置与前期工程规划的布置完全一致，并保持前期工程声源的布局不变，故其扩建后对周边声环境的影响与变电站建成后对周边声环境的影响基本一致，不会增加新的影响，扩建工程完成后变电站厂界噪声水平与变电站前期工程建成后的噪声水平相当。

根据边城站现状监测结果，边城 500kV 变电站噪声排放昼间监测值为 45.7~41.9dB(A)，夜间监测值为 40.3~44.0dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。边城 500kV 变电站声环境保护目标处声环境昼间监测值为 42.6dB(A)，夜间监测值为 40.6dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。因此，可以预测边城 500kV 变电站本期扩建间隔工程完成后，变电站厂界和敏感目标处噪声水平能够维持前期工程建成后的水平，并满足相应标准要求。

（2）开天 220kV 变电站

220kV 开天变电站本期扩建 110kV 配电装置前期已建设，原有设备满足本项目需求。本期无新增主变压器或电抗器等噪声源，不会增加噪声贡献值，对厂界噪声和环境敏感目标基本无影响，可以维持现有声环境质量水平。

根据本次变电站现状监测结果，开天 220kV 变电站厂界噪声排放昼间监测值为 40.3~45.2dB(A)，夜间监测值为 38.6~40.0dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。开天 220kV 变电站声环境保护目标处声环境昼间监测值为 41.5~56.5dB(A)，夜间监测值为 38.7~41.2dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。因此，可以预测开天 220kV 变电站本期扩建间隔工程完成后，变电站厂界和敏感目标处噪声水平能够维持前期工程建成后的水平，并满足相应标准要求。

6.2.2.2 湘黔背靠背换流站、牌楼 500kV 变电站声环境影响预测和评价

6.2.2.2.1 预测模式和预测软件

采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）中室外工业噪声预测计算模型。

6.2.2.2.2 计算条件

（1）预测时段

换流站 24h 连续运行，噪声源稳定，昼、夜间对周围环境的贡献值基本一致。

（2）衰减因素选取

噪声的预测计算过程中，在满足工程所需精度的前提下，采用较为保守的方法。本次评价主要考虑几何发散（Adiv）、空气吸收（Aatm）、地面效应（Agr）、声屏障（Abar）

引起的噪声衰减，而未考虑其他多方面效应（Amisc）引起的噪声衰减。

（3）预测参数

1）噪声源强参数及预测模型

本项目换流站运行期间的噪声主要来自换流变、换流变风扇、阀冷却塔、桥臂电抗器、融冰装置电抗器、500kV 高压电抗器等。参考国内已有的类似噪声设备类比监测数据及相关设计资料，并考虑设备本体已具有的噪声防治措施。湘黔背靠背换流站噪声模式预测源强参数见表 6.2-1。

变电站运行期间的噪声主要来自主变压器、高压电抗器等。根据《变电站噪声控制技术导则》（DL/T 1518-2016）及相关设计资料，牌楼变电站噪声模式预测源强参数见表 6.2-2。

2）预测高度

根据《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的规定，当厂界围墙外无受影响的噪声敏感建筑物时，厂界噪声选取围墙外 1m 处、地面之上 1.2m 高度处进行预测；当厂界围墙外存在受影响的噪声敏感建筑物时，厂界噪声选取围墙外 1m 处、围墙上方 0.5m 高度进行预测，但当厂界围墙设有声屏障时，按照围墙外 1m 处、地面之上 1.2m 高度处进行预测。根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）的规定噪声敏感目标的预测点选在其距墙壁或窗户 1m 处，距地面高度 1.2m 以上。

3）预测点位

厂界（即围墙）外 1m 处，敏感目标靠近本工程侧墙外 1m 处。

4）其他参数

建筑物墙面反射损耗系数取 1.0；围墙、防火墙反射损失取 1.0dB，隔声屏障反射损失取 4.0dB，地面吸声系数取 0.6。

（4）预测内容

预测换流站、变电站厂界及周边声环境保护目标的声环境影响。

表 6.2-1 换流站主要设备噪声源调查清单

序号	声源名称	型号	空间相对位置			声源类型	声功率级(dB(A))	声源高度(m)	数量(台)	距围墙最近距离(m)
			X	Y	Z					
1	换流变压器	—	200.6	292.6	2.5	面声源	107	2.5	12	49.5
2	换流变压器（BOX-in）	—	200.6	292.6	2.5	面声源	87	2.5	12	49.5
3	换流变压器风扇	—	200.0	291.8	2.5	线声源	95	1~5	12	49.5
4	500kV 高压并联电抗器	—	311.6	561.6	2	面声源	93	2	3	2.7
5	500kV 高压并联电抗器（BOX-in）	—	311.6	561.6	2	面声源	83	2	3	2.7
6	桥臂电抗器	—	222.1	309.4	8	点声源	95	8	24	49.9
7	阀冷却塔	—	243.4	281.2	6	面声源	88	6	4	17.4
8	融冰装置—电抗器	—	118.3	266.2	4	点声源	87	4	2	51.1

注：1) X, Y, Z 原点坐标为站址西南侧围墙地面拐点。
2) 本次换流站噪声源强为设计单位依据设备厂家资料取值。

表 6.2-2 牌楼变电站主要设备噪声源调查清单（室外噪声）

序号	声源名称		型号	空间相对位置			声源类型	声功率级(dB(A))	声源高度(m)	数量(台/组)	距围墙最近距离(m)
				X	Y	Z					
1	高压电抗器	A 相	BKD-30000/500	238~243	283~287	0~4	面声源	93.6	4	1 组	19.5
2		B 相		238~243	291~295	0~4	面声源	93.6	4		16.0
3		C 相		238~243	299~304	0~4	面声源	93.6	4		8.0
4	低压电抗器	1-3L	60Mvar, 油浸式铁芯	211~214	102~106	0~2.6	面声源	80.8	2.6	2 台	57
5		3-2L		62~65	72~76	0~2.6	面声源	80.8	2.6		21

注：1) X, Y, Z 原点坐标为站址西南侧围墙地面拐点。
2) 本次换流站噪声源强为设计单位依据设备厂家资料取值。

表 6.2-3 换流站主要噪声源倍频程中心频率的 A 计权声功率级

单位：dB(A)

设备名称	倍频程中心频率的 A 计权声功率级										总的 A 计权声功率级
	31Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	16000 Hz	
换流变压器	-	58.13	81.13	98.84	106.24	84.14	76.14	69.14	61.94	-	107
换流变压器（box-in）	-	38.13	61.14	78.84	86.24	64.14	56.14	49.14	41.94	-	87

设备名称	倍频程中心频率的 A 计权声功率级										总的 A 计
换流变压器风扇	72.00	74.00	77.00	83.00	87.00	90.00	90.00	85.00	77.00	68.00	95
500kV 高压并联电抗器	55.40	63.40	91.60	86.80	76.40	72.30	67.80	60.70	59.30	-	93
500kV 高压并联电抗器 (BOX-in)	45.40	53.40	81.60	76.80	66.40	62.30	57.80	50.70	49.30		83
桥臂电抗器	57.40	65.40	93.60	88.80	78.40	74.30	69.80	62.70	61.30	-	95
阀冷却塔	65.00	67.00	70.00	76.00	80.00	83.00	83.00	78.00	70.00	-	88
融冰装置—电抗器	65.00	67.00	82.00	74.00	82.00	80.00	77.00	52.00	65.00	-	87

表 6.2-4 牌楼变电站主要噪声源倍频程中心频率的 A 计权声功率级

单位：dB(A)

设备名称	倍频程中心频率的 A 计权声功率级									总的 A 计权 声功率级
	31 Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	
高压电抗器（A、B、C 相）	49.3	66.3	79.0	91.7	82.7	86.3	78.5	73.9	65.8	93.6
低压电抗器（1-3L、3-2L）	21.5	36.6	59.3	66.4	79.5	72.7	66.5	64.2	56.3	80.8

表 6.2-5 换流站主要建(构)筑物一览表

序号	建(构)筑物	轴线尺寸(m)		高(m)
		长	宽	
1	阀厅	144.4	75.5	29
2	主控楼	82	58	23.4
3	辅控楼	73	40	18.4
4	500kV GIS 室 1	241.1	17.5	15.3
5	500kV GIS 室 2	101.5	17.9	15.3
6	500kV 继电器小室 1	23.6	14.8	4.8
7	500kV 继电器小室 2	30.4	8.6	4.8
8	500kV 继电器小室 3	24.4	14.8	4.8
9	融冰阀室	21.2	12.2	6.3

序号	建(构)筑物	轴线尺寸(m)		高(m)
		长	宽	
10	10kV, 380V 配电室	29.2	12.1	5.1
11	综合泵房	36.5	10.4	6.0
12	实验室	20	12	6
13	综合楼	38.3	36.5	12
14	警传室	14.6	5.3	3.9
15	一次及阀备品库	41.2	35.4	19.3
16	二次及阀备品库	35.5	19.8	9.1
17	主变及 35kV 小室	26.6	6.0	4.8

表 6.2-6 牌楼变电站主要建(构)筑物一览表

序号	建(构)筑物	轴线尺寸(m)		高(m)
		长	宽	
1	主控通信楼	40	12	9.5
2	500kV 继电器室	18	7	4.5
3	220kV 继电器室	16	5	4.5
4	35kV 继电器室	20	5	4.5
5	防火墙	12	0.4	8
6	围墙	665(总长)	/	2.6

6.2.2.2.3 声环境影响预测结果

(1) 噪声控制措施

本项目换流站、变电站采取的主要噪声控制措施见下表、下图。

表 6.2-7 换流站、变电站噪声控制措施一览表

工程	主要措施
换流站	(1) 合理安排总平面布置，充分发挥建筑物的隔声作用，换流变之间均设有防火墙； (2) 12 台换流变压器采取加隔声罩(Box-in)措施，隔声量要求不低于 20dB(A)； (3) 500kV 高压电抗器采取加隔声罩(Box-in)措施，隔声量要求不低于 20dB(A)； (4) 北侧高抗处围墙加装隔声屏障（总高至 4m，长度约 45m）； (5) 东侧围墙加装隔声屏障（总高至 4m，长度约 290m）； (6) 东南侧围墙加装隔声屏障（总高至 4m，长度约 60m）； (7) 西北侧中部围墙加装隔声屏障（总高至 4m，长度约 75m）。 (8) 西北侧偏北围墙加装隔声屏障（总高至 4m，长度约 90m）。
牌楼变电站	(1) 合理安排总平面布置，充分发挥建筑物的隔声作用，主变、高抗和低抗之间均设有防火墙； (2) 前期工程在西、南侧围墙加装隔声屏障（加高至 3.3m 或 2.8m，总长度约 665m）； (3) 本期将北侧、东侧围墙加高，并在围墙上方加装隔声屏障（加高至 4.3m 或 3.5m，总长度约 290m）。

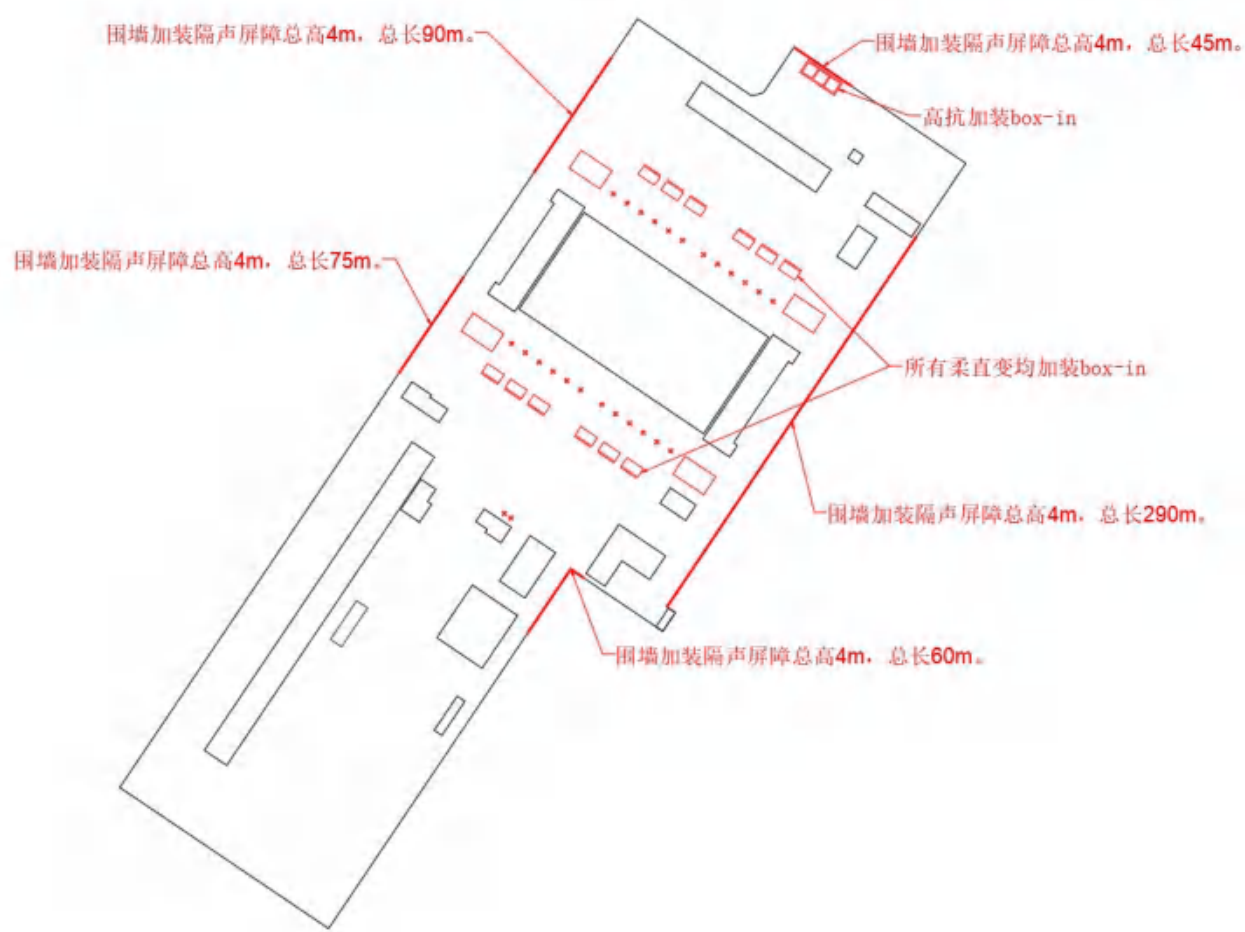


图 6.2-1 换流站隔声屏障措施布置示意图

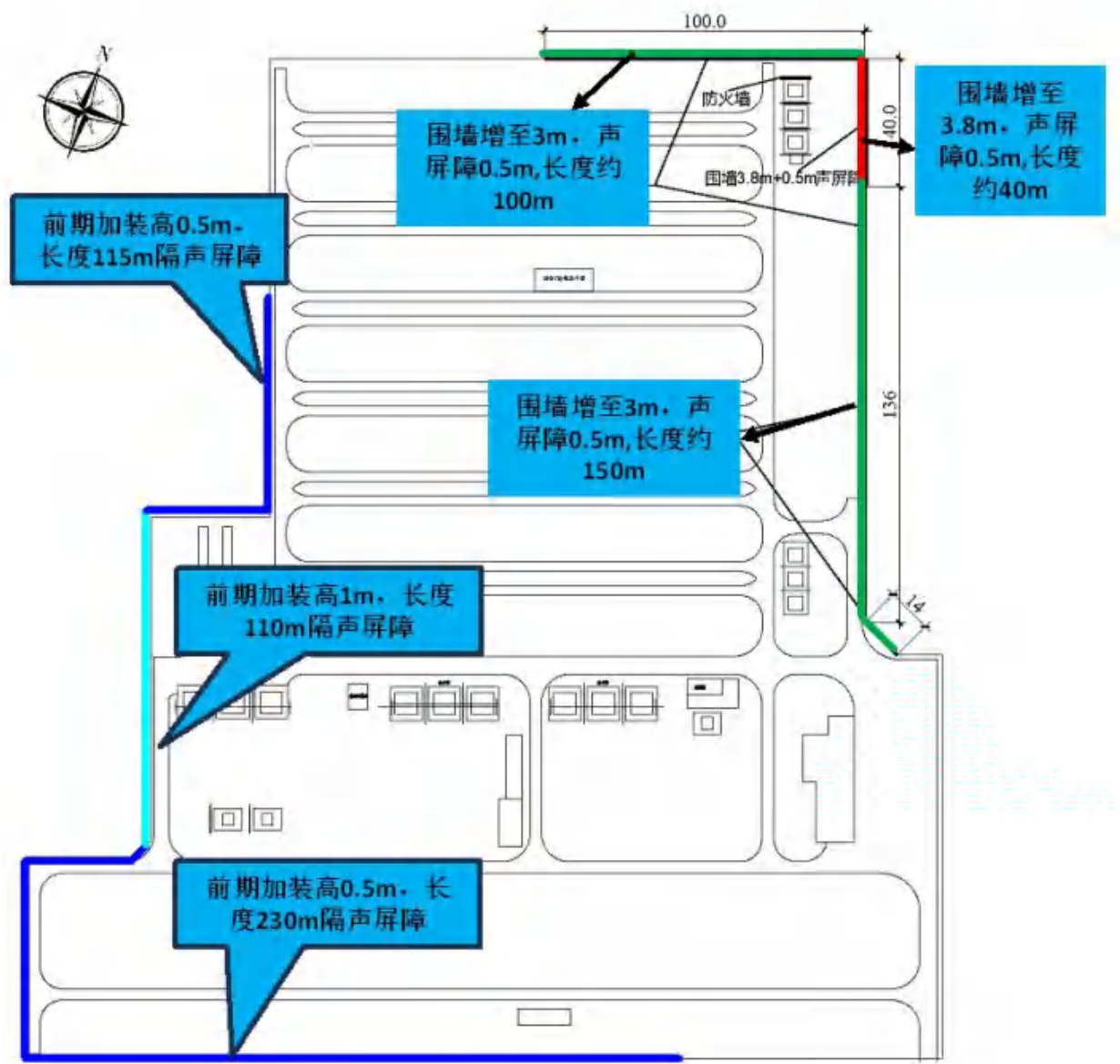


图 6.2-2 牌楼变电站隔声屏障措施布置示意图

(2) 噪声预测结果

1) 湘黔背靠背换流站

采取设计单位提出的上述降噪措施后，湘黔背靠背换流站对周围环境的贡献值等声级曲线预测图见图 6.2-3，厂界噪声预测结果见表 6.2-8，周围声环境保护目标噪声预测结果见表 6.2-9。

表 6.2-8 换流站采取噪声控制措施后厂界排放预测结果

编号	预测点位	噪声贡献值	噪声标准		超标和达标情况	
			昼间	夜间	昼间	夜间
1	东侧站界	36.6~48.6	60	50	达标	达标
2	南侧站界	28.9~35.7	60	50	达标	达标
3	西侧站界	32.6~45.8	60	50	达标	达标
4	北侧站界	38.9~47.2	60	50	达标	达标

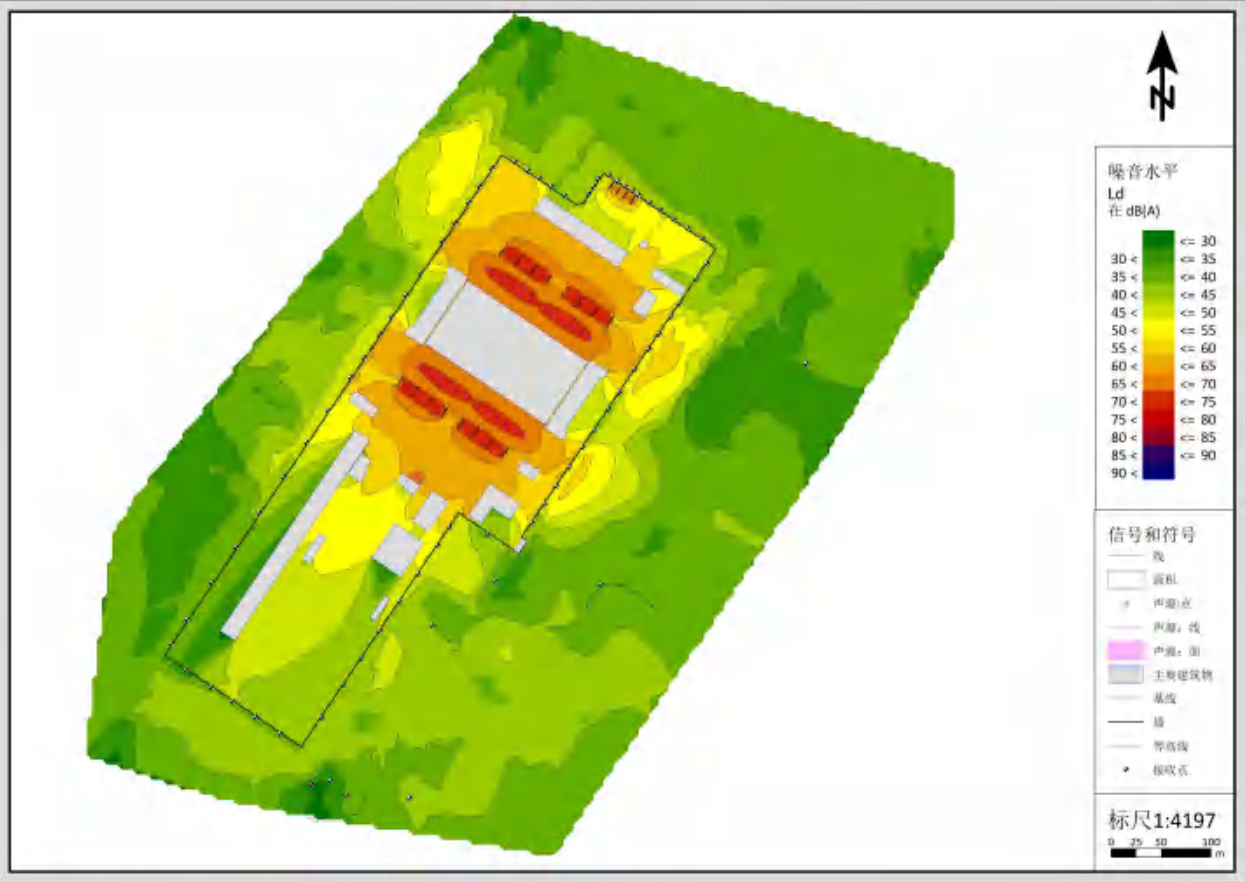


图 6.2-3 换流站对周围环境的贡献值等声级曲线预测图

表 6.2-9 换流站环境保护目标的预测结果

序号	声环境保护目标名称	空间相对位置			距厂界距离/m	噪声现状值/dB(A)		噪声标准		噪声贡献值/dB(A)	噪声预测值/dB(A)		较现状增量/dB(A)		超标和达标情况	
		X	Y	Z		昼间	夜间	/dB(A)			昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
								昼间	夜间							
1	红岩村甘塘组 1（1F）	10	-36	6	33m	42.7	39.5	60	50	35.9	43.5	41.1	0.8	1.6	达标	达标
	红岩村甘塘组 1（2F）					43.9	40.1	60	50	38.9	45.1	42.6	1.2	2.5	达标	达标
	红岩村甘塘组 1（3F）					43.9	40.0	60	50	39.7	45.3	42.9	1.4	2.9	达标	达标
	红岩村甘塘组 1（3F 顶）					42.7	39.8	60	50	40.8	44.9	43.3	2.2	3.5	达标	达标
2	红岩村甘塘组 2	134	105	9	37m	40.1	40.8	60	50	39.7	42.9	43.3	2.8	2.5	达标	达标
3	红岩村甘塘组 3（1F）	127	-58	6	122m	42.6	38.4	60	50	40.2	44.6	42.4	2	4	达标	达标
	红岩村甘塘组 3（2F）					41.0	/	60	50	40.5	43.8	/	2.8	/	达标	达标
	红岩村甘塘组 3（3F）					42.2	/	60	50	40.8	44.6	/	2.4	/	达标	达标
	红岩村甘塘组 3（4F）					43.0	/	60	50	41	45.1	/	2.1	/	达标	达标

注：X，Y，Z 原点为换流站西南角围墙地面拐点；

2) 牌楼 500kV 变电站

采取设计单位提出的上述降噪措施后，牌楼变电站对周围环境的贡献值等声级曲线预测图见图 6.2-4，厂界噪声预测结果见表 6.2-10，周围声环境保护目标噪声预测结果见表 6.2-11。

表 6.2-10 牌楼变电站采取噪声控制措施后厂界排放预测结果 单位：dB（A）

测点编号	预测点位	噪声贡献值	噪声现状值		噪声预测值		噪声标准		超标和达标情况	
			昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1	变电站南侧厂界1	30.4	41.6	40.6	41.9	41.0	60	50	达标	达标
2	变电站南侧厂界2	23.6	41.4	40.5	41.5	40.6	60	50	达标	达标
3	变电站西侧厂界1	25.7	48.5	48.7	48.5	48.7	60	50	达标	达标
4	变电站西侧厂界2	30.1	47.4	47.2	47.5	47.3	60	50	达标	达标
5	变电站北侧厂界1	39.2	46.4	45.6	47.2	46.5	60	50	达标	达标
6	变电站北侧厂界2	45.5	45.5	44.0	48.5	47.8	60	50	达标	达标
7	变电站东侧厂界1	45.4	44.9	41.7	48.2	46.9	60	50	达标	达标
8	变电站东侧厂界2	30.7	46.0	47.4	46.1	47.5	60	50	达标	达标

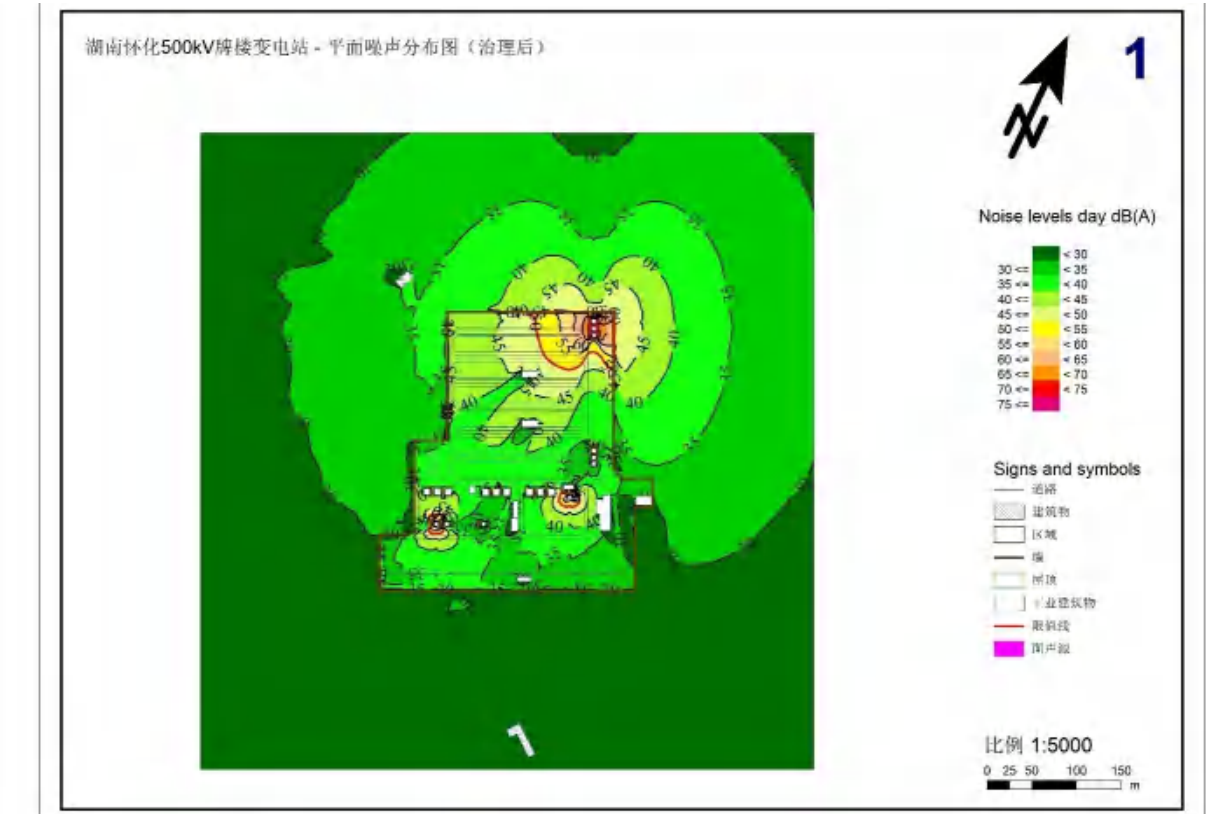


图 6.2-4 牌楼 500kV 变电站本期采取措施后噪声贡献值等值线分布图

表 6.2-11 牌楼变电站环境保护目标的预测结果

序号	声环境保护目标名称	空间相对位置			距厂界距离/m	噪声现状值/dB(A)		噪声标准/dB(A)		噪声贡献值/dB(A)		噪声预测值/dB(A)		较现状增量/dB(A)		超标和达标情况	
		X	Y	Z		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
1	牌楼村岩垅口组民房	-86	303	5	55	42.9	43.7	60	50	41.1	41.1	45.1	45.6	2.2	1.9	达标	达标
2	牌楼村跃进组民房	207	-56	5	142	43.8	42.2	60	50	42.0	42.0	46.0	45.1	2.2	2.9	达标	达标

注：X, Y, Z 原点为换流站西南角围墙地面拐点。

6.2.2.2.4 声环境影响评价结论

1) 湘黔背靠背换流站

由噪声预测结果可知，采取相应措施后，湘黔背靠背换流站各侧厂界噪声贡献值为 28.9dB(A)~48.6dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)2 类标准限值要求。

换流站外声环境评价范围内共 3 处敏感目标，声环境保护目标处昼间噪声预测值范围为 42.9~45.3dB(A)，夜间噪声预测值范围为 41.1~43.3dB(A)，均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准限值要求。

2) 牌楼 500kV 变电站

根据模式预测结果，牌楼 500kV 变电站本期在增加隔声屏障后，工程建成投运后厂界噪声昼间、夜间预测值范围分为 41.5~48.5dB(A)、40.6~48.7dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类排放标准限值要求。

变电站外声环境评价范围内共 2 处敏感目标，声环境保护目标处昼间噪声预测值为 45.1 dB(A)、46.0dB(A)，夜间噪声预测值为 45.1 dB(A)、45.6dB(A)，均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准限值要求。

6.2.3 交流线路工程声环境影响预测与评价

6.2.3.1 选择类比对象

根据《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ 24-2020)，本项目 500kV、220kV、110kV 架空交流线路工程声环境影响类比对象选择同电磁环境类比对象，类比对象监测点周边均无其他声源干扰，可反映线路运行噪声情况。本环评选择 500kV 雁船 II 线作为单回线路类比对象，选择 500kV 雁船 I、II 线同塔双回线路作为本项目双回线路的类比对象，

选择 220kV 宗庄 I、II 线作为 220kV 双回路迁改工程类比对象，选择 110kV 杨东线作为本项目换流站站外电源线路类比对象。本工程线路与类比线路相关情况一览表详见 6.1.4.1.1 节中表 6.1-16~19。

本次所选 500kV、220kV、110kV 线路类比对象的电压等级、相序、导线分裂数、分裂间距、架设型式、导线排列方式、导线型号、导线外径等各方面均与本项目拟建各类别线路工程相同或相类似；类比线路架设高度与本项目输电线路存在一定差异，而类比线路架设高度为实际架设高度，环评阶段本项目输电线路架设高度为《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）中规定的导线对地最低理论高度，实际架设时，由于本项目涉及区域地形主要为丘陵，塔基多位于山坡上，铁塔经山坡等自然地形抬升后导线对地实际高度一般会大于最低理论高度，可与类比线路导线对地高度相当或更高，在其它条件相同的情况下，导线周围的声环境影响变化规律相当。因此，类比线路的声环境监测结果能反映本项目输电线路建成投运后可能产生的声环境影响水平及分布规律，具有可比性。

6.2.3.2 类比监测环境条件

500kV 雁船 II 线：2021 年 9 月 14 日；温度 36.3~38.7℃、湿度 36.5~44.5%，风速 0.5~1.6m/s。

500kV 雁船 I、II 线：2025 年 3 月 11 日；相对湿度 58.4%~63.8%，阴，风速静风~1.84 m/s。

220kV 宗庄 I、II 线：2021 年 8 月 20 日；温度 31.2-35.7℃、相对湿度 70.1%-73.5%，风速 0.3~1.0m/s。

110kV 杨东线：2021 年 5 月 25 日；温度：2~18℃；湿度：30~51%；风速：1.0~1.2m/s。

6.2.3.3 类比监测工况

类比监测期间运行工况情况表 6.1-21。

6.2.3.4 类比监测单位、仪器及方法

（1）监测单位

500kV 雁船 II 线：武汉中电工程检测有限公司

500kV 雁船 I、II 线：湖南省湘电试验研究院有限公司。

220kV 宗庄 I、II 线：湖南省湘电试验研究院有限公司。

110kV 杨东线：陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司。

（2）监测方法

《声环境质量标准》（GB3096-2008）。

（3）监测仪器

监测仪器情况见下表。

表 6.2-12 类比监测仪器一览表

监测项目	仪器名称	规格型号	测量范围	校准有效期至
500kV 雁船 II 线				
噪声	声级计	AWA6228	低量程：（20~132）dB(A) 高量程：（30~142）dB(A)	2022.08.17
	声校准器	AWA6221A	（94.0/114.0）dB	2022.08.17
500kV 雁船 I、II 线				
噪声	声级计	AWA6292	低量程：（20~132）dB(A) 高量程：（30~142）dB(A)	2025.06.20
	声校准器	AWA6021A	（94.0/114.0）dB	2025.06.20
220kV 线路				
噪声	声级计	AWA5688	低量程：（20~132）dB(A) 高量程：（30~142）dB(A)	2021.08.23
	声校准器	AWA6221A	（94.0/114.0）dB	2022.04.28
110kV 杨东线				
噪声	AWA5636 声级计	QNJC-YQ-050	测量范围：30dB-130dB(A)	2021.08.12
	AWA6022A 声校准器	QNJC-YQ-051	测量范围：94dB/114dB	2021.08.12

6.2.3.5 监测布点

按《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的监测方法进行。

6.2.3.6 类比监测结果

输电线路噪声类比监测结果见下表。

表 6.2-13 500kV 线路类比线路声环境类比监测结果 单位：dB（A）

序号	与边导线距离	500kV 雁船 II 线（#34 塔~#35 塔）		500kV 雁船 I、II 线（#27 塔~#28 塔）	
		昼间（dB(A)）	夜间（dB(A)）	昼间（dB(A)）	夜间（dB(A)）
1	0m	41.6	38.6	40.5	41.2
2	5m	41.8	38.1	44.4	41.3
3	10m	41.1	37.9	43.0	40.5
4	15m	40.7	36.9	43.1	40.4
5	20m	40.0	37.2	42.0	40.1
6	25m	40.4	37.6	45.1	40.3
7	30m	41.2	38.1	42.6	40.4
8	35m	41.4	38.5	43.6	39.9
9	40m	40.6	37.9	42.5	39.7

序号	与边导线距离	500kV 雁船 II 线（#34 塔～#35 塔）		500kV 雁船 I、II 线（#27 塔～#28 塔）	
		昼间（dB(A)）	夜间（dB(A)）	昼间（dB(A)）	夜间（dB(A)）
10	45n	40.3	38.7	44.6	41.2
11	50n	40.5	38.1	41.9	41.3

表 6.2-14

220kV 迁改线路类比线路噪声监测结果

单位：dB（A）

序号	测点位置	220kV 宗庄 I、II 线（11#塔～12#塔）	
		昼间	夜间
1	中线下方	43.6	38.5
2	边导线下方	43.7	38.3
3	距边导线 5m	43.7	38.5
4	距边导线 10m	43.5	38.6
5	距边导线 15m	43.4	38.7
6	距边导线 20m	43.7	38.4
7	距边导线 25m	43.5	38.2
8	距边导线 30m	43.6	38.3
9	距边导线 35m	43.8	38.6
10	距边导线 40m	43.6	38.4
11	距边导线 45m	43.2	38.5
12	距边导线 50m	43.5	38.3

表 6.2-15 交流 110kV 架空线路类比线路噪声监测结果

序号	测点位置	110kV 杨东线（13#塔～14#塔）	
		昼间（dB(A)）	夜间（dB(A)）
1	中相导线投影点 0m	40.8	38.5
2	中相导线投影点外 4m	41.2	39.4
3	边导线外 0m（中心线外 5m）	40.5	38.7
4	边导线外 1m	41.3	39.5
5	边导线外 2m	40.6	38.8
6	边导线外 5m（中心线外 10m）	40.7	38.4
7	边导线外 10m（中心线外 15m）	40.5	38.9
8	边导线外 15m（中心线外 20m）	41.1	39.5
9	边导线外 20m（中心线外 25m）	40.9	38.6
10	边导线外 25m（中心线外 30m）	40.8	38.4
11	边导线外 30m（中心线外 35m）	41.2	39.5
12	边导线外 35m（中心线外 40m）	40.7	38.5
13	边导线外 40m（中心线外 45m）	40.7	38.2
14	边导线外 45m（中心线外 50m）	41.3	39.7
15	边导线外 50m（中心线外 55m）	40.5	38.8

6.2.3.7 类比监测结果评价

根据上述类比线路监测结果，500kV 单回类比线路的断面噪声检测值昼间为 40.0~41.8（dB(A)），夜间为 36.9~38.7（dB(A)），500kV 同塔双回路类比线路的断面噪声检测值昼间为 40.5~45.1（dB(A)），夜间为 39.7~41.3（dB(A)），均能够满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类标准要求。输电线路昼、夜噪声变化幅度不大，噪声水平随距离的增加而减小的趋势不明显，呈随机波动状态，表明噪声主要受背景噪声影响，类比线路本身的贡献值很小。

220kV 同塔双回路类比线路的断面噪声检测值昼间为 43.2~43.8（dB(A)），夜间为 38.2~38.7（dB(A)），均能够满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类标准要求。输电线路昼、夜噪声变化幅度不大，噪声水平随距离的增加而减小的趋势不明显，呈随机波动状态，表明噪声主要受背景噪声影响，类比线路本身的贡献值很小。

110kV 类比线路的断面噪声检测值昼间为 40.5~41.3（dB(A)），夜间为 38.2~39.7（dB(A)），均能够满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类标准要求。输电线路昼、夜噪声变化幅度不大，噪声水平随距离的增加而减小的趋势不明显，呈随机波动状态，表明噪声主要受背景噪声影响，类比线路本身的贡献值很小。

因此，由类比监测结果分析，本项目交流线路工程运行后所产生的声环境影响能够满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中相应标准要求。

6.2.4 声环境影响评价结论

6.2.4.1 换流站工程

根据预测结果，在采取相应的工程措施后，湘黔背靠背换流站厂界噪声贡献值能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准限值要求，周围声环境保护目标的噪声预测值能满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准限值要求。

6.2.4.2 变电站扩建工程

根据预测结果，牌楼 500kV 变电站扩建完成后厂界噪声预测值均能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准限值要求，周围声环境保护目标的噪声预测值能满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准限值要求。

通过分析，边城 500kV 变电站和开天 220kV 变电站扩建后厂界仍可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准要求，周边声环境保护目标处的噪声仍可满足《声环境质量标准》（GB 3069-2008）2 类标准的要求。

6.2.4.3 交流线路工程

通过类比分析，本项目各电压等级交流输电线路投运后对周围声环境质量的影响满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中相应标准要求。

6.3 地表水环境影响分析

6.3.1 换流站工程

换流站工程运行期对水环境的影响主要是运行期站内工作人员产生的生活污水，换流阀冷却系统产生的阀冷废水。

（1）生活污水

换流站人员值班人员按 20 人考虑，最大日使用人数（含调试及检修）按 100 人考虑，生活污水最大日产生量约 18.5t/d。站内设置一体化生活污水处理装置，处理能力 24t/d，处理能力大于生活污水产生量，生活污水处理装置选择规模合理。站内设置生活污水回用水池有效容积 30m³，生活污水回用不外排，无法回用时定期清运，不排入地表水体，对周围水环境影响较小。

（2）阀冷排水

本工程换流阀阀外冷却系统采用水冷系统，最大外排水量约 41.67m³/h，合约 1000m³/d。根据万山区水务局关于换流站阀冷水排污水厂处理意见的复函，同意换流站阀冷尾水排至茶店污水处理厂。冷却水排水经重力流排至茶店污水处理厂，管道总长约 1km。但目前茶店污水厂处理能力 280m³/d，无法接纳换流站阀冷废水，需扩建规模至 1280m³/d。

根据设计单位与茶店污水厂沟通结果，茶店污水厂拟采取扩建措施接纳换流站阀冷废水，需扩建茶店污水处理厂处理能力 1000m³/d，污水厂最终设计规模为 1280m³/d，茶店污水厂扩建后能够接纳本项目发冷废水排水量。扩建后处理工艺为：A/O+MBBR 生物处理工艺，深度处理工艺采用滤布滤池工艺。主要建设内容包括扩建 1 座粗格栅、扩建 1 座调节池及配套提升泵、1 套 A/O+MBBR 生物处理一体化设备（含配套沉淀池、接触消毒池及本身碳源加药设备等）、扩建出水计量槽、扩建 1 座污泥脱水间等建构筑物，技术可行。扩建后污水处理厂能够接纳处理换流站阀冷废水。扩建涉及费用由换流站建设单位予以补偿，扩建相关审批及建设手续由水务公司负责，确保其合法合规。扩建完成后，换流站冷却水经管道排至茶店污水处理厂。

综上所述，换流站阀外冷却系统排水接入茶店街道生活污水处理厂已取得铜仁市万山区水务局同意意见，污水处理厂扩建方案技术可行，换流站阀外冷却系统排水不会对附近水体造成不良影响。

6.3.2 变电站扩建工程

牌楼变电站和边城变电站的生活污水主要来源于值班人员，由于变电站平时只有数人

值班，产生的生活污水水量较少，其生活污水经站内已有地埋式污水处理装置处理达标后定期清掏处置，不外排。

220kV 开天变电站站内已建成有生活污水处理设施和处置体系，站内生活污水经化粪池收集处理后定期清掏，不外排。本期间隔扩建不增加运行人员、不新增生活污水排放量，对地表水环境不产生新的影响。

6.3.3 输电线路工程

本项目输电线路运行期间无废水产生，不会对线路附近水体环境产生影响。运行期巡视检修人员的固体废弃物应妥善收集，禁止随意丢弃至水体中，不会对输电线路附近水环境产生影响。

6.4 固体废物影响分析

本项目运行期主要固体废弃物为换流站、变电站运行管理人员产生的生活垃圾、废旧蓄电池，以及线路维修人员产生的生活垃圾，输电线路运行期无固体废物产生。

6.4.1 换流站工程

（1）生活垃圾

换流站内运行管理人员生活垃圾产生量约 32 吨/年，换流站内设有垃圾分类收集箱，生活垃圾经收集后送至站外垃圾转运站，由当地环卫部门定期清理处置；线路巡检人员一般产生生活垃圾较少，巡检完毕后将垃圾收集至当地指定转运点，由当地环卫部门定期清运，不会对当地环境产生影响。

（2）废旧蓄电池

换流站全站共 5 组蓄电池组，每组含 104 只蓄电池。运行期间，将根据实际使用情况维护、更换蓄电池，蓄电池使用寿命一般为 8~10 年。寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换回收或处置，不在站内暂存，不随意丢弃，不会对当地环境产生影响。废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，禁止在转移过程中擅自拆解、破碎、丢弃废旧蓄电池。

6.4.2 变电站扩建工程

（1）生活垃圾

变电站运行期固体废物主要为值班人员的少量生活垃圾，前期工程建设时站内设有垃圾桶等生活垃圾收集设施，扩建工程不新增运行人员，无新增固体废物，对环境不会增加新的影响。

（2）废旧蓄电池

牌楼、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站使用铅酸蓄电池作为站内备用电源，

其中牌楼变电站配 4 组蓄电池，边城变电站和开天变电站配 2 组蓄电池，每组 104 只，使用寿命一般为 8~10 年左右。变电站内蓄电池待使用寿命结束后，对照《国家危险废物名录（2025 版）》，废弃铅蓄电池回收加工过程中产生的废物，属于危险废物，废物类别为 HW31，废物代码为 900-052-31，危险特性为毒性和腐蚀性（T，C）。

牌楼、边城、开天变电站废旧蓄电池在寿命到期需要进行更换时，立即交有资质的单位处理处置，不在站内暂存。建设单位已与有资质的危废处置单位签订了废铅酸蓄电池的处置合同。本期间隔扩建工程不新增铅酸蓄电池，不增加废蓄电池产生量。

6.5 环境风险分析

6.5.1 环境风险识别

本项目建设可能发生的环境风险事故的隐患主要为换流变压器、主变压器、降压变压器和高压电抗器等含油设备在突发性事故情况下的油泄漏，如不安全收集处置会对环境产生影响。换流站及变电站正常运行状态下无油外泄，只有在换流变、主变、降压变和高抗等含油设备出现事故时才会有少量事故废油产生。

6.5.2 环境风险分析

6.5.2.1 换流站、变电站风险分析

本项目环境风险事故来源主要为换流站变压器、主变压器、降压变压器和高压电抗器等用油设备事故时泄漏的事故油和废旧蓄电池泄漏的电解液。

（1）废变压器油

换流变压器、主变压器、降压变压器和高压电抗器等含油设备为了绝缘和冷却的需要，其外壳内装有一定量的油。当其注入电气设备后，不用更新，使用寿命与设备同步。油的主要成分是烷烃、环烷族饱和烃、芳香族不饱和烃等化合物，为浅黄色透明液体，相对密度 0.895，凝固点 $<-45^{\circ}\text{C}$ ，闪点 $\geq 135^{\circ}\text{C}$ 。

换流站、变电站的用油电气设备发生事故时，事故油将排入事故油池，会有少量废变压器油产生，如不采取措施处理，将污染地下水及土壤。根据《国家危险废物名录（2025 年版）》（生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号），废变压器油属于 HW08 废矿物油与含矿物油废物，危险特性为毒性（T）和易燃性（I），废物代码 900-220-08。如若处置不当，可能引发废变压器油环境污染风险。

（2）废旧蓄电池

换流站、变电站内设备使用的蓄电池主要为免维护型阀控式密封铅酸蓄电池，电池中的正负两极，由铅制成格栅，正极表面涂有二氧化铅，负极表面涂有多孔具有可渗透性的

金属铅。通常还含有锑、砷、铋、镉、铜、钙和锡等化学物质，以及硫酸钡、炭黑和木质素等膨胀材料。阀控式铅酸蓄电池主要作为事故停电电源，使用寿命较长，可达近 8~10 年，待达到寿命周期后需进行更换。

根据《国家危险废物名录（2025 年版）》（生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号），废旧蓄电池属于 HW31 含铅废物，危险特性为毒性（T）和腐蚀性（C），废物代码 900-052-31。贮存风险主要发生在工作人员装卸过程中导致电池外壳损坏破裂导致电解液泄漏，造成环境危害；运输风险主要来自人工转运或交通事故造成车辆倾覆、废旧电池包装破损，继而使电池及其电解液散落到环境中，进入水体、土壤，从而对环境造成危害。

6.5.2.2 换流站、变电站风险防范措施

（1）废变压器油环境风险防范措施

本项目换流站、变电站内设置有污油排蓄系统。换流变、主变、高抗等含油设施设备下方设置有事故油坑，油坑内铺设卵石层，坑底四周设有排油槽并与事故油池相连。一旦设备发生事故时，所有的外泄绝缘油或油水混合物将渗过卵石层，经排油槽收集，通过事故排油管道排至事故油池，进入事故油池中的废油由具备资质的单位进行回收利用，少量含油固废及含油污水交由有资质的危险废物处置单位妥善处置，不得随意丢弃、焚烧或简单填埋。

根据设计资料，本项目换流站、变电站事故油池均参照《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）中“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定”要求，油池容积可分别满足其对应含油设备组中最大单台设备含油量 100%的油量要求。各换流站事故油池容积规模如下：

1）换流站

全站共设置 4 座事故油池。换流变压器区域设置 2 座有效容积均为 120m³ 的事故油池，用于收集换流变事故排油，参考同类型工程接入事故油池的换流变单台设备总油量约为 100t（换算体积约 112m³），换流变区域有效容积均为 120m³ 事故油池符合 GB50229-2019 中“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定”的要求。500kV 高压电抗器区域设置 1 座有效容积均为 30m³ 的事故油池，用于收集 500kV 高抗事故排油，参考同类型工程 500kV 高抗单台设备油重一般约为 20t，折算体积约为 22m³，500kV 高压电抗器区域有效容积为 30m³ 事故油池符合 GB50229-2019 中“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定”的要求。500kV 降压变、融冰整流变区域设置 1 座有效容积为 50m³ 的事故油池，用于收集 500kV 降压变、融冰整流变事故排油，参考同类型工程

500kV 降压变单台设备油重一般约为 40t，折算体积约为 45m³；融冰整流变单台设备油重一般约为 30t，折算体积约为 34m³，500kV 降压变、融冰整流变区域有效容积为 50m³ 事故油池符合 GB50229-2019 中“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定”的要求。

2) 牌楼变电站

牌楼变电站前期工程分别在主变区建设了 2 座（串联），总有效容量为 80m³；高压电抗器区建设了 1 座，有效容量为 25m³；油性低压电抗器区建设了 1 座，有效容量为 15m³ 具有油水分离功能的主变事故油池。根据设备铭牌，#1、#2、#3 主变油重分别为 55t、54.5t、59t，单台最大油量约 65.9m³；高压电抗器油量为 16t，油体积约 17.9m³；低压电抗器油量为 10.6t，油体积约 12.2m³，事故油池有效容积可满足前期建设时设计标准的要求，并已通过竣工环境保护验收。

牌楼变电站本期新增 1 组高压电抗器，在新增高压电器区新建 1 座具有油水分离功能的主变事故油池，有效容积 25m³，根据设计资料新上高抗油重为 20t，油体积约 22.3m³，满足设计标准的要求。本期新建油浸式低压电抗器配套新建集油坑、排油管等设施接入站内原低抗区事故油排蓄系统，根据设计资料低压电抗器油重为 10.6t，油体积约 12.2m³，原低抗区事故油池有效容积为 15m³，满足设计标准的要求。

本项目完工后站内主变事故油池、高压电器事故油池、低抗事故油池总有效容积分别能满足本期建成后单台最大主变及低抗油量 100%的容积要求，可有效防控事故油外泄的风险。

3) 边城变电站、开天变电站

边城变电站前期工程站内已建设了 1 座具有油水分离功能的主变事故油池，有效容量为 100m³。根据设备铭牌，主变油重 52t（约 58.1m³），事故油池有效容积可满足前期建设时设计标准的要求，并已通过竣工环境保护验收。

开天变电站前期工程站内已建设了 1 座具有油水分离功能的主变事故油池，有效容量为 70m³。根据设备铭牌，主变油重 36t（约 40m³），事故油池有效容积可满足前期建设时设计标准的要求，并已通过竣工环境保护验收。

边城、开天变电站本期仅间隔扩建，不新增含油电气设备，不新增事故油池。

本项目将事故油池、事故油坑等区域设置为重点防渗区，防渗措施应满足等效黏土防渗层厚度 $M_b \geq 6m$ ，渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-10} cm/s$ 。一旦设备发生事故时排油或漏油，事故油进入油池后，应及时委托具备资质的单位进行回收处置，确保事故油不会外泄或下渗污染土壤和地下水。对事故废油的收集、贮存、运输、利用、处置活动依据《废矿物油回收利

用污染控制技术规范》（HJ 607-2011）和《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025-2012）等规定，办理相应的经营许可证、设置危险废物识别标志、申报相关信息等，事故废油和含油废物转移按照《危险废物转移管理办法》要求填报转移联单，转移事故油时应当通过国家及地方相关信息管理系统报送危险废物收集、转移、处置等全过程电子信息，填写、运行危险废物电子转移联单，并依照国家有关规定公开危险废物转移相关污染防治信息。

为进一步控制、降低绝缘油外泄事故风险，建议加强施工管理和质量验评，严格落实相应环境风险控制措施和设施，运行期对事故油池定期巡检，维持正常运行。采取上述措施后，变电站绝缘油泄漏风险概率、风险水平较低，风险影响可有效控制。

（2）废旧蓄电池环境风险防范措施

换流站运行期间，损坏废旧蓄电池暂由具有危险废物处置资质的单位更换回收或处置，不在站内暂存，不随意丢弃。变电站运行期间，废旧蓄电池在寿命到期需要进行更换时，立即交由具有危险废物处置资质的单位处理处置，不在站内暂存。废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，禁止在转移过程中擅自拆解、破碎、丢弃废旧蓄电池。在采取环境风险防范措施后，废旧蓄电池环境风险影响可控。

6.5.2.3 输电线路环境风险防范措施及风险分析

输电线路运行期无环境风险事项。

6.5.3 环境风险应急预案

为进一步保护环境，环评提出本项目投运后，建设单位应针对换流站建立相应的事故应急管理部门，并制定相应环境风险应急预案，以应对可能突发的环境风险，并及时进行救援和减少环境影响。

按照《突发环境事件应急管理办法》（部令第34号）落实项目建设和运行过程中的突发环境事件应急管理，开展突发环境事件风险评估，完善突发环境事件风险防控措施，排查治理环境安全隐患，制定突发环境事件应急预案并备案、演练，加强环境应急能力保障建设。在《中国南方电网有限责任公司突发环境事件应急预案》和《国家电网有限公司突发环境事件应急预案（第3次修订-2021年）》的指导下，根据本项目工程特点，形成本项目的突发环境事件应急预案，按照《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）》（环发〔2015〕4号），进行备案管理，并定期演练，落实突发环境事件应急能力保障建设。

6.5.3.1 应急救援的组织

建设单位应成立应急救援指挥中心、应急救援抢救中心，各成员职责明确，各负其责。

指挥中心要有相应的指挥系统（报警装置和电话控制系统），各生产单元的报警信号应进入指挥中心。

6.5.3.2 应急预案的建立

建设单位及下属各级电力公司应配备相应的应急预案，如自然灾害类的《气象灾害处置应急预案》《地震地质等灾害处置应急预案》《设备事故处置应急预案》《突发环境事件应急预案》等。

6.6 对环境保护目标的影响分析

6.6.1 换流站、变电站环境保护目标预测结果

换流站、变电站环境保护目标电磁环境影响采用类比分析的结果，声环境影响采用理论预测的贡献值叠加背景值的预测结果。

220kV 开天变电站因本期无新增主变压器或电抗器等噪声源，本期不会增加噪声影响，声环境影响采用现状监测的结果。

换流站、变电站环境保护目标预测结果见表 6.6-1~表 6.6-2。

6.6.2 交流线路环境保护目标预测结果

交流输电线路沿线电磁环境保护目标根据理论预测结果所得，并以敏感目标处工频电场 3.6kV/m 为限值提出其附近的导线最低高度。声环境保护目标声环境采用类比线路断面相应距离监测值与现状监测值叠加所得。交流输电线路邻近民房时线路沿线各环境保护目标处的电磁环境和声环境预测结果见表 6.6-3。

6.6.3 环境保护目标影响结论

（1）合成电场强度预测结果

本项目换流站周边各电磁环境保护目标的合成电场强度预测结果满足最大值不超过 15kV/m 的标准限值要求。

（2）工频电场、工频磁场

本项目换流站、变电站及交流输电线路附近环境保护目标处的工频电场强度预测结果小于 4000V/m，工频磁感应强度小于 100 μ T 的标准限值要求。

（3）噪声预测结果

本项目换流站、变电站、输电线路沿线声环境保护目标均能满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）相应标准要求。

表 6.6-1 换流站周围环境保护目标预测结果

序号	环境保护目标名称			与工程方位及最近距离 (m)	影响因子	最近居民点预测值						声环境质量评价标准 (dB(A))		评价结果
						合成电场 (kV/m)		工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)	噪声预测值 (dB(A))		昼间	夜间	
						E ₈₀	E ₉₅			昼间	夜间			
1	铜仁市万山区茶店街道	红岩村甘塘组 1#	1F	SE33m	Es、E、B、N	0.51	0.67	0.01	0.03	43.5	41.1	60	50	达标
2F			45.1							42.6				
3F			45.3							42.9				
4F			44.9							43.3				
2		红岩村甘塘组 2# 1F		SE37m	Es、E、B、N	0.43	0.55	0.01	0.03	42.9	43.3			
3		红岩村甘塘组 3#	1F	SE122m	N	/	/	/	/	44.6	42.4			
			2F							43.8	/			
			3F							44.6	/			
			4F							45.1	/			

表 6.6-2 牌楼变电站周围环境保护目标预测结果

序号	环境敏感目标名称		与工程方位及最近距离	影响因子	最近居民点预测值			声环境质量 评价标准（dB(A)）		评价结果	
					工频电场 （V/m）	工频磁感应 强度（μT）	噪声预测值 （dB(A)）				
							昼间	夜间	昼间		夜间
1	牌楼村岩垅口组 1#（东北侧养殖厂）		36	E、B	122.9	0.238	/	/	/	/	达标
2	牌楼村岩垅口组 2#	（站址西侧）民房	55	N	/	/	45.1	45.6	60	50	达标
		西南侧养殖棚	26	N	84.5	0.463	/	/	/	/	达标
3	楼村跃进组民房（站址东南侧）		142	N	/	/	46.0	45.1	60	50	达标

表 6.6-3 边城变电站周围环境保护目标预测结果

序号	环境敏感目标名称	与工程方位及最近距离	影响因子	最近居民点预测值				声环境质量 评价标准（dB(A)）		评价结果
				工频电场 （V/m）	工频磁感应 强度（μT）	噪声预测值 （dB(A)）				
						昼间	夜间	昼间	夜间	
1	河溪镇张排村中岩二组	198	N	/	/	39.6	38.3	60	50	达标

注：边城变电站本期仅扩建出线间隔，无新增噪声源，敏感目标处噪声水平维持现状。

表 6.6-4 开天变电站周围环境保护目标预测结果

序号	环境保护目标名称		与工程方位 及最近距离 (m)	影响 因子	最近居民点预测值				声环境质量 评价标准（dB(A)）		评价 结果
					工频电场 (V/m)	工频磁感应 强度（μT）	噪声预测值 (dB(A))				
							昼间	夜间	昼间	夜间	
1	铜仁市万山区仁山街道开天村 禾梨塘组 1#	1F	25m	E、B、N	94.57	0.072	41.7	39.7	60	50	达标
		4F					41.5	38.7			
2	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 2#		108m	N	/	/	42.4	38.7	60	50	达标
3	铜仁市万山区仁山街道开天村禾梨塘组 3#		155m	N	/	/	46.9	40.0	60	50	达标
4	铜仁市万山区仁山街道开天村 禾梨塘组 4#	1F	155m	N	/	/	55.8	49.8	70	55	达标
		4F					56.5				
5	铜仁市万山区仁山街道开天村 禾梨塘组 5#	1F	128m	N	/	/	48.9	40.1	60	50	达标
		4F					45.9				
6	铜仁市万山区仁山街道塘边村桃树寨组		175m	N	/	/	46.2	40.0	60	50	达标

表 6.6-5 本项目交流线路沿线环境保护目标预测结果（贵州段 500kV 线路）

序号	环境保护目标名称	预测高度 (m)	与边导线最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
(一) 换流站～边城 500kV 线路工程（贵州段）														
1	万山区茶店街道红岩村红岩组	1.5	25	14	1.64	13.02	56.4	47.7	56.5	48.1	60	50	E、B、N	达标
		4.5			1.62	13.74								
		7.5			1.62	14.33								
		10.5			1.53	14.74								
		13.5			1.46	14.91								
2	万山区茶店街道红岩村矮山坪组 1	1.5	25	14	1.52	14.74	/	/	/	/	/	/	E、B	达标
3	万山区谢桥街道瓦屋坪村陈家组	1.5	10	21	3.52	21.17	48.6	40.8	49.3	42.6	55	45	E、B、N	达标
4	万山区敖寨乡杨家寨村杉树坪组	1.5	15	14	3.50	22.56	43.7	39.2	45.5	41.2	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.50	25.20								
5	万山区敖寨乡两河口村黄泥塘组	1.5	50	14	0.40	4.94	50.9	41.9	51.3	43.4	55	45	E、B、N	达标
6	万山区下溪乡青龙村十一组	1.5	25	14	1.64	13.02	42.1	39.9	44.3	41.9	55	45	E、B、N	达标
7	碧江区瓦屋乡溪坎村溪坎组	1.5	20	14	2.37	16.89	43.8	40.8	45.3	42.4	55	45	E、B、N	达标
8	碧江区瓦屋乡司前村一组	1.5	30	14	1.17	10.30	49.6	43.6	50.2	44.7	55	45	E、B、N	达标
(二) 换流站～牌楼 500kV 线路工程（贵州段）														
9	万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2	1.5	15	14	3.42	23.44	58.5	51.4	58.6	51.6	70	55	E、B、N	达标
		4.5			3.43	26.51	60.1	51.6	60.1	51.8	70	55	E、B、N	达标
		7.5			3.43	29.39								
		10.5			3.38	31.6								
		13.5			3.24	32.6								
10	万山区谢桥街道瓦屋坪村具陆冲组	1.5	50	14	0.4	4.94	49.8	42.4	50.3	43.8	55	45	E、B、N	达标
11	万山区敖寨乡中华山村进山湾组	1.5	10	24	2.99	18.27	49.1	42.3	49.7	43.6	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.08	21.17								
		7.5			3.27	24.74								
		10.5			3.57	29.14								

序号	环境保护目标名称	预测高度 (m)	与边导线最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μ T)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
12	万山区黄道乡马黄村杨家组	1.5	10	21	3.52	21.17	44.1	39.7	45.9	41.9	55	45	E、B、N	达标
13	万山区黄道乡马黄村腊溪组	1.5	25	14	1.64	13.02	42.3	38.3	44.5	41	55	45	E、B、N	达标
(三) 铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程														
14	万山区丹都街道大坡村温溪江组	1.5	25	14	1.53	4.02	42.4	38.3	44.5	41	55	45	E、B、N	达标
		4.5			1.52	4.25								
15	万山区丹都街道大坡村大坡老组	1.5	20	14	2.22	5.25	49.4	41.3	49.9	42.7	55	45	E、B、N	达标
		4.5			2.2	5.67								
		7.5			2.16	6.04								
		10.5			2.08	6.29								
16	万山区鱼塘乡红伍村白岩山组	1.5	50	14	0.36	1.49	50.2	41.9	50.6	43.4	55	45	E、B、N	达标
		4.5			0.36	1.52								
		7.5			0.36	1.54								
		10.5			0.35	1.55								
17	万山区丹都街道旗屯村桑树坪组	1.5	30	14	1.09	3.16	47.7	40	48.6	42.2	55	45	E、B、N	达标
18	万山区茶店街道梅花村土地坡组	1.5	30	14	1.09	3.16	48.9	41.2	49.6	42.9	55	45	E、B、N	达标
19	万山区茶店街道茶店村响水洞组	1.5	10	20	3.46	6.97	44.4	39.4	46.1	41.7	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.58	8.21								
20	万山区丹都街道旗屯村上加坡组 1	1.5	10	22	3.08	6.28	42.9	39.2	45.1	41.6	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.19	7.35								
		7.5			3.41	8.68								
21	万山区丹都街道旗屯村上加坡组 2	1.5	20（换流站~铜仁乙线）	14	1.93	5.99	43.3	39.3	44.5	41.8	55	45	E、B、N	达标
		1.5	35（换流站~铜仁甲）	14	0.61	4.62								

注：①保护目标 2（万山区茶店街道红岩村矮山坪组 1）为换流站~边城线路，换流站~牌楼线路之间保护目标，位于换流站~边城线路 SW25m、换流站~牌楼线路 NE45m，两线路导线中心线间距 130m，上表保护目标 2（万山区茶店街道红岩村矮山坪组 1）预测结果为考虑两条线共同影响的叠加影响结果。

②保护目标 9（万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2）为换流站~边城线路，换流站~牌楼线路之间保护目标，位于换流站~牌楼线路 NE15m，换流站~边城线路 NE55m，两线路导线中心线间距 130m，上表保护目标 9（万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2）预测结果为考虑两条线共同影响的叠加影响结果。

③保护目标 21（万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2）为换流站~铜仁乙线、换流站~铜仁甲线之间保护目标，位于换流站~铜仁乙线 S20m、换流站~铜仁甲线 N35m，两线路导线中心线间距 100m，上表保护目标 21（万山区茶店街道红岩村矮山坪组 2）预测结果为考虑两条线共同影响的叠加影响结果。

表 6.6-6 本项目交流线路沿线环境保护目标预测结果（湖南段 500kV 线路）

序号	环境敏感目标名称	预测高度 (m)	最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μT)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）														
1	湘西土家族苗族自治州吉首市河溪镇张排村	1.5	10m	20	3.51	19.46	50.0	40.1	/	/	/	/	E、B	达标
2	湘西土家族苗族自治州吉首市双塘街道联兴村 3 组	1.5	15m	14	3.41	19.85	39.7	38.7	43.2	40.9	55	45	E、B、N	达标
3	湘西土家族苗族自治州吉首市双塘街道坨丰村 2 组	1.5	10m	22	3.10	17.47	38.0	37.4	42.8	40.7	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.22	20.57								
4	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡利略村 5 组	1.5	20m	14	2.30	14.66	41.3	38.2	43.7	40.7	55	45	E、B、N	达标
5	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡利略村 6 组	1.5	45m	14	0.47	4.81	41.4	42.2	43.9	43.8	55	45	E、B、N	达标
6	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡利略村花木基地	1.5	10m	20	3.51	19.46	43.0	41.2	/	/	/	/	E、B	达标
7	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡都蛮村 3 组	1.5	15m	14	3.41	19.85	41.4	40.8	44.1	42.3	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.42	22.34								
		7.5			3.41	24.0								
8	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡都蛮村村委会	1.5	15m	14	3.41	19.85	39.0	39.4	42.9	41.3	55	45	E、B、N	达标
9	湘西土家族苗族自治州泸溪县解放岩乡都蛮村 5 组	1.5	30m	14	1.12	8.75	46.1	42.1	47.3	43.6	55	45	E、B、N	达标

序号	环境敏感目标名称	预测高度 (m)	最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μ T)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
10	湘西土家族苗族自治州凤凰县木江坪镇大管冲村 3 组	1.5	35m	14	0.81	7.03	38.1	38.1	43.1	41.3	55	45	E、B、N	达标
		4.5			0.81	7.27								
11	湘西土家族苗族自治州凤凰县木江坪镇中寨村 5 组	1.5	10m	20	3.51	19.46	42.7	42.1	/	/	/	/	E、B	达标
12	湘西土家族苗族自治州凤凰县沱江镇黄栗村 3 组	1.5	45m	14	0.47	4.81	42.6	40.9	44.6	42.9	55	45	E、B、N	达标
13	湘西土家族苗族自治州凤凰县沱江镇庄上村 12 组	1.5	10m	21	3.30	18.43	63.9	49.1	63.9	49.4	70	55	E、B、N	达标
		4.5			3.42	21.76								
14	湘西土家族苗族自治州凤凰县沱江镇庄上村 3 组●	1.5	50m	14	0.40	4.86	49.1	41.1	49.7	42.9	55	45	E、B、N	达标
		4.5			0.40	4.94								
		7.5			0.40	5.41								
15	湘西土家族苗族自治州凤凰县沱江镇杜田村 15 组●	1.5	35m	14	0.87	8.17	42.2	40.5	/	/	/	/	E、B	达标
16	湘西土家族苗族自治州凤凰县沱江镇杜田村 11 组●	1.5	50m	14	0.40	4.86	47.5	41.0	48.3	42.8	55	45	E、B、N	达标
		4.5			0.40	4.94								
17	湘西土家族苗族自治州凤凰县水打田乡红星村 5 组	1.5	10m	22	3.10	17.47	43.4	42.6	45.4	43.9	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.22	20.57								
		7.5			3.46	24.43								
18	怀化市麻阳县石羊哨乡松溪坪村 3 组	1.5	15m	14	3.41	19.85	48.6	43.1	49.3	44.0	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.42	22.34								
19	湘西土家族苗族自治州凤凰县水打田乡五林村 6 组	1.5	10m	20	3.51	19.46	44.2	39.5	45.9	41.8	55	45	E、B、N	达标
20	湘西土家族苗族自治州凤凰县水打田乡水田村 1 组	1.5	10m	20	3.51	19.46	43.8	36.1	45.7	40.1	55	45	E、B、N	达标
21	湘西土家族苗族自治州凤凰县水打田乡坪溪山村 8 组	1.5	50m	14	0.37	4.07	38.0	32.1	40.5	38.1	55	45	E、B、N	达标

序号	环境敏感目标名称	预测高度 (m)	最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μ T)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
22	怀化市麻阳县锦和镇西冲山村 2 组	1.5	40m	14	0.61	5.87	43.9	40.1	/	/	/	/	E、B	达标
23	怀化市麻阳县锦和镇黄土田村 2 组	1.5	25m	14	1.58	11.17	44.5	42.1	/	/	/	/	E、B	达标
24	怀化市麻阳苗族自治县尧市镇柑子坪村 2 组	1.5	15m	14	3.41	19.85	38.3	38.1	40.7	36.9	55	45	E、B、N	达标
换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）														
1	怀化市中方县中方镇牌楼村岩垅口组※	1.5	20m	14	0.61	18.38	/	/	/	/	/	/	E、B	达标
2	怀化市中方县中方镇牌楼村窑上组※	1.5	10m	14	2.79	27.56	44.5	42.0	46.8	44.3	55	45	E、B、N	达标
3	怀化市中方县中方镇牌楼村双冲组※	1.5	10m	14	2.79	27.56	42.6	40.7	45.8	43.6	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.00	33.22								
4	怀化市中方县中方镇站坪村梅子坳组※	1.5	10m	14	2.79	27.56	45.6	42.6	47.3	44.4	55	45	E、B、N	达标
5	怀化市中方县桐木镇宝寨村早禾田组	1.5	15m	14	3.41	19.85	45.0	41.1	46.4	42.5	55	45	E、B、N	达标
6	怀化市中方县桐木镇宝寨村土塘组	1.5	25m	14	1.58	11.17	44.2	43.3	45.7	44.3	55	45	E、B、N	达标
7	怀化市中方县桐木镇丰坡村烂泥冲组	1.5	10m	20	3.51	19.46	41.6	40.5	44.4	42.4	55	45	E、B、N	达标
8	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村洋火坪组	1.5	25m	14	1.58	11.17	44.4	43.4	45.9	44.4	55	45	E、B、N	达标
9	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村蒲家冲组	1.5	45m	14	0.47	4.81	41.2	40.4	43.8	42.6	55	45	E、B、N	达标
10	怀化市芷江县罗卜田乡罗卜田村板栗湾组	1.5	15m	14	3.41	19.85	43.7	42.2	45.5	43.3	55	45	E、B、N	达标
11	怀化市芷江县晓坪乡兰水村蒙溪组	1.5	20m	14	2.30	14.66	49.8	40.9	50.2	42.4	55	45	E、B、N	达标
		4.5			2.28	15.89								
12	怀化市芷江县晓坪乡兰水村毛坪界组	1.5	15m	14	3.41	19.85	43.9	40.4	45.6	42.0	55	45	E、B、N	达标
13	怀化市芷江县晓坪乡兰水村土桥冲组	1.5	10m	20	3.51	19.46	45	40.5	46.5	42.4	55	45	E、B、N	达标
14	怀化市芷江县晓坪乡小冲村小塘冲组	1.5	15m	14	3.41	19.85	43.7	39.7	45.5	41.5	55	45	E、B、N	达标

序号	环境敏感目标名称	预测高度 (m)	最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μ T)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
15	怀化市芷江县晓坪乡小冲村雷响坪组	1.5	15m	14	3.41	19.85	50.1	42.8	50.6	43.8	55	45	E、B、N	达标
16	怀化市芷江县晓坪乡岩背村梓木冲组	1.5	10m	20	3.51	19.46	41.7	40.7	44.4	42.5	55	45	E、B、N	达标
17	怀化市芷江县晓坪乡岩背村泥塘界组	1.5	35m	14	0.81	7.03	43.4	41.3	45.5	43.1	55	45	E、B、N	达标
		4.5			0.81	7.27								
18	怀化市芷江县晓坪乡岩背村大艮坡组	1.5	40m	14	0.61	5.87	42.2	40.1	44.5	42.1	55	45	E、B、N	达标
		4.5			0.60	5.92								
19	怀化市芷江县楠木坪镇联合村进山冲组	1.5	10m	20	3.51	19.46	41.6	39.6	44.4	41.8	55	45	E、B、N	达标
20	怀化市芷江县楠木坪镇联合村矮下冲组	1.5	15m	14	3.41	19.85	37.1	36.9	42.3	39.9	55	45	E、B、N	达标
21	怀化市芷江县楠木坪镇联合村黄獭塘组	1.5	15m	14	3.41	19.85	44.9	39.4	46.3	41.3	55	45	E、B、N	达标
22	怀化市芷江县楠木坪镇联合村半冲组	1.5	10m	20	3.51	19.46	39.7	37	43.5	40.5	55	45	E、B、N	达标
23	怀化市芷江县楠木坪镇翁塘村旧禾冲组	1.5	25m	14	1.58	11.17	40.8	40.3	43.6	42.2	55	45	E、B、N	达标
24	怀化市芷江县芷江镇桥边村下路坡组	1.5	35m	14	0.81	7.03	44.4	40.4	46.2	42.6	55	45	E、B、N	达标
25	怀化市芷江县芷江镇周坪村四田湾组	1.5	15m	14	3.41	19.85	46.1	39.9	47.2	41.7	55	45	E、B、N	达标
26	怀化市芷江县芷江镇沙溪村蒋家垠组	1.5	50m	14	0.37	4.07	46.4	40.4	47.4	42.4	55	45	E、B、N	达标
27	怀化市芷江县土桥镇洞下村倒塘组	1.5	25m	14	1.58	11.17	45.8	40.3	46.9	42.2	55	45	E、B、N	达标
28	怀化市芷江县土桥镇土桥村麦园组	1.5	20m	14	2.30	14.66	43.9	40.4	45.4	42.1	55	45	E、B、N	达标
		4.5			2.28	15.89								
29	怀化市芷江县土桥镇土桥村井冲垅组	1.5	25m	14	1.58	11.17	40.3	38.2	43.4	40.9	55	45	E、B、N	达标
30	怀化市芷江县土桥镇富家团村盐井组	1.5	30m	14	1.12	8.75	43.7	40.9	45.6	42.7	55	45	E、B、N	达标
31	怀化市芷江县土桥镇富家团村荷花坪组	1.5	10m	21	3.30	18.43	46.2	41.8	47.4	43.3	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.42	21.76								

序号	环境敏感目标名称	预测高度 (m)	最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (kV/m)	工频磁感应强度 (μ T)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
32	怀化市芷江县土桥镇富家团村鼓楼冲组	1.5	35m	14	0.81	7.03	45.0	42.1	46.6	43.7	55	45	E、B、N	达标
33	怀化市芷江县土桥镇两户村寸子湾组	1.5	15m	14	3.41	19.85	42.9	41.1	44.9	42.5	55	45	E、B、N	达标
34	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村祖坪组	1.5	10m	21	3.30	18.43	41.4	38.9	44.3	41.4	55	45	E、B、N	达标
		4.5			3.42	21.76								
35	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村桐木湾组	1.5	15m	14	3.41	19.85	41.5	38.6	44.1	40.8	55	45	E、B、N	达标
36	怀化市芷江县土桥镇冷水铺村小关组	1.5	20m	14	2.30	14.66	63.6	44.4	63.6	45.2	70	55	E、B、N	达标
37	怀化市芷江县新店坪镇白马铺村狮子坪组	1.5	40m	14	0.61	5.87	44.3	40.8	45.8	42.6	55	45	E、B、N	达标
38	怀化市芷江县新店坪镇新城坪村 2 组	1.5	40m	14	0.61	5.87	54.6	50.6	54.8	50.8	70	55	E、B、N	达标
		4.5			0.60	5.92								
39	怀化市芷江县新店坪镇黄双坪村邓家组	1.5	25m	14	1.58	11.17	44.4	42.1	45.9	43.4	55	45	E、B、N	达标
40	怀化市芷江县新店坪镇黄双坪村回湾组	1.5	10m	20	3.51	19.46	41.2	39.3	44.2	41.7	55	45	E、B、N	达标
41	怀化市芷江县新店坪镇白杉村枇杷湾组●	1.5	45m	14	0.51	5.69	41.5	37.5	44.0	41.2	55	45	E、B、N	达标
42	怀化市芷江县新店坪镇园溪口村 15 组●	1.5	30m	14	1.19	10.06	41.9	38.7	44.6	41.4	55	45	E、B、N	达标
		4.5			1.17	10.47								
43	怀化市芷江县新店坪镇连心桥村 10 组●	1.5	10m	22	3.39	19.56	41.1	39.3	44.1	41.7	55	45	E、B、N	达标

注：●代表同塔双回路敏感目标，下同。

表 6.6-7 本项目交流线路沿线环境保护目标预测结果（110kV 线路）

序号	环境保护目标名称	预测高度	最近距离 (m)	最低导线高度 (m)	工频电场 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)	噪声现状值 dB(A)		噪声预测值 (dB(A))		执行标准 (dB(A))		评价结果	
							昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	因子	结果
110kV 站外电源线路工程														
1	铜仁市万山区仁山街道塘边村桃树寨组	1.5m	10m	8	1247	1.79	39.5	40.4	43.2	42.5	60	50	E、B、N	达标
		4.5m			1536	2.78								
2	铜仁市万山区仁山街道塘边村大院子组	1.5m	35m	11	75	0.18	39.6	39.2	43.5	42.4	60	50	E、B、N	达标
		4.5m			75	0.18								
		7.5m			75	0.19								
3	铜仁市万山区仁山街道红岩村红岩组	1.5m	线下	7	1514	3.92	44.9	39.7	/	/	/	/	E、B	达标

7 生态环境影响评价

7.1 生态环境影响评价生态环境评价概述

7.1.1 评价时段

生态影响评价分为施工期和运行期两个时段。

7.1.2 生态环境现状调查和评价方法

在线路沿线开展了生态敏感区、生物资源等资料的收集工作以及生物资源的实地调查工作。调查内容依据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）。

利用野外调查和收集的资料，采用生态机理分析法、类比分析法、景观生态学评价法等进行评价分析。

7.1.2.1 基础资料收集

收集整理评价区现有的能反映生态现状或生态本底的资料，包括工程区的统计年鉴以及林业、环保、农业、国土资源等部门提供的相关资料，还参考了《中国植被》《中国高等植物图鉴》《〈中国植被志〉的植被分类系统、植被类型划分及编排体系》《湖南植被》《贵州植被》《中国森林生态系统的生物量与生产力》《中国常见灌木生物量模型手册》《中国动物地理》《中国陆生野生动物生态地理区划研究》《中国两栖动物检索及图解》《中国鸟类分类与分布名录》《中国鸟类图鉴》《中国鸟类特有种》《中国兽类图鉴》《贵阳市常见野生动物图鉴》《贵州两栖动物图鉴》等，该方法主要适合植物、两栖、爬行和鸟类、兽类物种资源调查，获得评价范围植被和脊椎动物的基本组成情况、了解动物的区系组成。

7.1.2.2 陆生生物资源调查

1、GPS 地面类型取样

GPS 样点是卫星遥感影像判读各种景观类型的基础，根据室内判读的植被与土地利用类型初图，现场核实判读的正误率，并对每个 GPS 取样点作如下记录：

- ①海拔表读出测点的海拔值和经纬度；
- ②记录样点植被类型，以群系为单位，同时记录坡向、坡度、土壤类型等；
- ③记录样点优势植物以及观察动物的活动的情况；
- ④拍摄典型植被外貌与结构特征。

2、植被和陆生植物调查

在对评价区生物资源历年资料检索分析的基础上，根据工程方案确定调查路线及调查时间。2025 年 8 月评价组相关专业技术人员对线路沿线植物及植被进行了现场调查，实地

调查采取样线与样方调查相结合的方法，同时参考了区域其他工程的调查材料，确定评价区植物种类、植被类型及群系等，对重点保护野生植物、古树名木的调查采取野外调查、民间访问和市场调查相结合的方法进行，对有疑问植物还采集了凭证标本并拍摄照片。

①调查路线选取

调查时以重点施工区域（如换流站站址、塔基、穿（跨）越敏感区等）为中心，向四周辐射调查。调查时采用线路调查与样方调查相结合的方式进行，即在评价区内按不同方向选择具有代表性的线路沿线进行调查，沿途记录植物种类、观察生境、测量胸径、目测盖度等，对集中分布的植物群落进行样方调查。

②样方布点原则

植被调查取样的目的是要通过样方的研究，准确地推测评价区植被的总体，所选取的样方应具有代表性，能通过尽可能少的抽样获得较为准确的有关总体的特征。在对评价区的植被进行样方调查中，采取的原则是：

本项目途经贵州省（铜仁市万山区、碧江区）和湖南省（湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县，怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳县），受沿线现有建（构）筑设施、地方城乡规划、矿区、已建线路、居民集中区、生态敏感区等制约因素影响，工程评价范围涉及生态敏感区共 10 处，穿（跨）越 5 处（其中自然公园 2 处、水产种质资源保护区 1 处、生态保护红线 2 处），避让但位于生态影响范围内的生态敏感区有 5 处（湖南麻阳锦江国家湿地公园、麻阳西晃山省级森林公园，贵州万山汞都-夜郎谷风景名胜区、九龙洞国家级风景名胜区、万山长寿湖国家湿地公园）。

考虑到工程线路较长，沿线生态环境受等多种因素的影响复杂多变，调查选取的植物样方点位应涵盖了重点施工区域（主要为塔基区、变电站及临时占地区）、植被良好的区域、生态敏感区及周边区域，不同海拔、坡度、坡向的植被，并考虑样方布点的均匀性，针对性地设置样方点。

工程主要位于我国湖南省和贵州省，整个评价区域处在我国中部区域，气候属亚热带季风气候区域，属于四季分明、气候温和、热量丰足、雨量充沛的气候特征，地形自西向东大体上呈现出山地~低山丘陵的趋势，各区域内植被生长状况受地形的影响较大，包含了针叶林、阔叶林、灌丛、草丛和水生植被，样方设置应包含上述所有的植被类型，且到达便于现场进行实地调查的可操作性。

1) 样点的设置应避免对同一种植被进行重复设点，对特别重要的植被，在群落内植物变化较大的情况，可进行增加设点。根据工程布置情况，评价区域横跨湖南省（芷江县、中方县、麻阳县、凤凰县、泸溪县、吉首市）和贵州省（铜仁市万山区、碧江区）等多个

县级行政区，针对不同区域的植被类型尽量做到不重复抽样，尽可能反映评价区植被状况。

2) 尽量避免非取样误差，避免选择路边易到之处；两人以上进行观察记录，消除主观因素。

3) 评价区由于涉及不同类型的敏感区，可根据不同的敏感区进行抽样调查，尽量反映敏感区内及周边植被分布状况。

以上原则保证了样方点布置的代表性，调查结果中的植被包括评价区分布最普遍、最主要的植被类型。

③调查时间的符合性

本项目于 2025 年 8 月 1 日~10 日，进行了陆生植物资源和植被的调查，符合植物生长旺盛季节的要求。

④植物种类调查

植物种类调查采取样线调查与重点调查相结合的方法，对一般区域采取样线调查，在生态敏感区、重点施工区及植被状况良好的区域进行重点调查；对重点保护野生植物、古树名木的调查中，向地方林业局及保护区管理部门查询工程沿线是否有分布，后对工程可能影响到的重点保护植物和古树名木进行现场实地调查、访问调查及复核调查。通过调查，明确评价区及占地区植物种类，明确重点保护野生植物和古树名木的种类、数量、分布、生存状况及其与工程的区位关系、工程影响方式等。

⑤植被及群系调查

在实地调查的基础上，结合评价区植被情况，确定典型的群落地段，采用典型样方法进行群落调查。根据评价区群落特点，乔木群落样方面积设置为 $20\text{m} \times 20\text{m}$ ，灌丛样方面积设置为 $10\text{m} \times 10\text{m}$ ，草本样方面积设置为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ （依据《生物多样性观测技术导则-陆生维管植物》5.3.2.3，大型草本植物观测，将样方设置为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ），记录样方内所有植物种类，选取的植物群落应涵盖针叶林、阔叶林、竹林、灌丛、草丛及水生植被等常见且具有代表性的类型。实地调查时并结合和参考评价区其他工程相关调查，在评价区内设置了多个样地及调查点，最终根据样地及调查点内植被情况，共设 127 个植物样方调查点，详见下表。

表 7.1-1 湖南段评价区内植物调查样方一览表

序号	植被群系	经纬度		海拔 (m)	坡度	坡向	坡位	样方面积	备注
		E	N						
1	马尾松林	109.8920	27.3695	234	15	西北	上	20m×20m	
2	杉木林	109.8974	27.3641	208	20	西	上	20m×20m	生态保护红线
3	杉木林	109.9099	27.3692	211	8	西北	中	20m×20m	生态保护红线
4	杉木林	109.8581	27.3845	300	6	西南	下	20m×20m	生态保护红线
5	樟树林	109.6319	27.3397	288	6	西	中	20m×20m	生态保护红线
6	樟树林	109.6459	27.3324	296	5	西	中	20m×20m	生态保护红线
7	樟树林	109.7238	27.3412	334	0	平地	下	20m×20m	生态保护红线
8	毛竹林	109.8976	27.3635	215	0	平地	下	20m×20m	
9	櫟木灌丛	109.8946	27.3677	240	0	平地	下	10m×10m	生态保护红线
10	櫟木灌丛	109.5948	27.3508	286	3	东	中	10m×10m	生态保护红线
11	櫟木灌丛	109.3935	27.4646	373	3	南	中	10m×10m	生态保护红线
12	黄荆灌丛	109.8532	27.3772	335	8	东南	下	10m×10m	
13	云实灌丛	109.5019	27.4059	343	5	南	下	10m×10m	
14	盐麸木灌丛	109.4685	27.4266	391	6	西北	中	10m×10m	
15	篾竹灌丛	109.9132	27.3698	207	3	东南	下	10m×10m	生态保护红线
16	篾竹灌丛	109.3974	27.4592	328	10	西	上	10m×10m	生态保护红线
17	篾竹灌丛	109.6360	27.3336	316	3	东	下	10m×10m	生态保护红线
18	一年蓬草丛	109.9301	27.3595	221	3	北	下	2m×2m	
19	芒草丛	109.8946	27.3663	226	8	北	下	2m×2m	
20	黑藻群落	109.6885	27.3344	283	0	平地	下	2m×2m	
21	喜旱莲子草群落	109.6861	27.3327	329	0	平地	下	2m×2m	
22	油茶园	109.5514	27.3709	462	5	西	中	10m×10m	
23	柑橘园	109.8492	27.3722	319	3	东北	中	10m×10m	
24	水稻群落	109.8493	27.3728	317	0	平地	下	2m×2m	
25	玉米群落	109.9137	27.3678	204	0	平地	下	2m×2m	
26	油菜群落	109.5130	27.3950	310	0	平地	下	2m×2m	
27	马尾松林	109.6533	28.0390	305	3	东北		20m×20m	生态保护红线
28	马尾松林	109.6658	28.0300	349	3	西	下	20m×20m	生态保护红线
29	马尾松林	109.6762	28.0632	470	4	东	下	20m×20m	生态保护红线
30	柏木林	109.5866	27.8159	281	3	北	中	20m×20m	生态保护红线
31	柏木林	109.6758	28.0857	340	4	南	中	20m×20m	生态保护红线

序号	植被群系	经纬度		海拔 (m)	坡度	坡向	坡位	样方面积	备注
		E	N						
32	柏木林	109.5718	27.7884	599	4	西南	中	20m×20m	生态保护红线
33	楝林	109.7637	28.2500	298	3	北	中	20m×20m	湖南吉首峒河国家湿地公园
34	栗林	109.4897	27.6692	358	2	西	下	20m×20m	
35	毛竹林	109.5825	27.8033	390	2	北	上	20m×20m	生态保护红线
36	毛竹林	109.6751	28.0785	370	6	东北	中	20m×20m	生态保护红线
37	毛竹林	109.7788	28.2626	182	4	北	中	20m×20m	生态保护红线
38	櫟木灌丛	109.6743	28.0371	284	3	北	上	10m×10m	
39	黄荆灌丛	109.5747	27.8085	426	6	东	下	10m×10m	生态保护红线
40	黄荆灌丛	109.5568	27.7699	423	6	西南	下	10m×10m	生态保护红线
41	黄荆灌丛	109.5826	27.8034	424	3	西	中	10m×10m	生态保护红线
42	盐麸木灌丛	109.6048	27.8425	257	0	平地	下	10m×10m	
43	一年蓬草丛	109.7411	28.1881	421	0	平地	下	2m×2m	
44	芒草丛	109.5959	27.8363	272	3	西	中	2m×2m	
45	香丝草草丛	109.6561	28.0077	554	0	平地	下	2m×2m	
46	黑藻群落	109.5321	27.7302	207	0	平地	下	2m×2m	生态保护红线
47	黑藻群落	109.5398	27.7256	200	0	平地	下	2m×2m	生态保护红线
48	黑藻群落	109.5492	27.7269	208	0	平地	下	2m×2m	生态保护红线
49	菰群落	109.7009	28.1083	343	0	平地	下	2m×2m	
50	喜旱莲子草群落	109.6312	27.9177	409	0	平地	下	2m×2m	
51	柑橘园	109.5891	27.8265	284	3	东	下	10m×10m	
52	李园	109.7510	28.2197	293	2	西	中	10m×10m	
53	猕猴桃园	109.5873	27.8223	273	0	平地	下	10m×10m	
54	水稻群落	109.6694	28.0387	276	0	平地	下	2m×2m	
55	玉米群落	109.5749	27.8109	461	0	平地	下	2m×2m	
56	楝林	109.7853	28.2507	285	5	西	中	20m×20m	湖南吉首峒河国家湿地公园
57	楝林	109.7831	28.2570	293	4	南	下	10m×10m	湖南吉首峒河国家湿地公园
58	櫟木灌丛	109.8992	27.3758	250	5	西	下	10m×10m	湖南省中方澧水国家级湿地公园
59	櫟木灌丛	109.8887	27.3757	321	2	东	下	10m×10m	湖南省中方澧水国家级湿地公园
60	黑藻群落	109.9063	27.3590	196	0	平地	无	2m×2m	湖南省中方澧水国家级湿地公园
61	黑藻群落	109.8920	27.3695	200	0	平地	无	2m×2m	湖南省中方澧水国家级湿地公园

序号	植被群系	经纬度		海拔（m）	坡度	坡向	坡位	样方面积	备注
		E	N						
62	黑藻群落	109.9177	26.36802°N	200	0	平地	无	2m×2m	湖南省中方澧水国家级湿地公园
63	芒草丛	109.5454	27.3712	408	5	东北	下	2m×2m	
64	喜旱莲子草群落	109.6709	27.3321	304	3	东	下	2m×2m	
65	香丝草草丛	109.6536	28.0030	494	2	东	下	2m×2m	
66	香丝草草丛	109.6582	28.0129	481	0	平地	无	2m×2m	
67	盐麸木灌丛	109.6015	27.8416	261	3	东	下	10m×10m	
68	一年蓬草丛	109.7413	28.1854	401	0	平地	无	2m×2m	
69	云实灌丛	109.5009	27.4073	345	5	东南	下	10m×10m	
70	云实灌丛	109.4951	27.4099	348	4	南	下	10m×10m	

表 7.1-2 贵州段评价区内植物调查样方一览表

样方 序号	植被群系	经纬度		海拔（m）	坡度	坡向	坡位	样方面积（m*m）	备注
		E	N						
1	柏木群系	109.0624	27.6016	454	20	东北	上	20*20	生态保护红线
2	柏木群系	109.0568	27.5956	454	17	东南	中	20*20	
3	柏木群系	109.1087	27.6089	498	23	西北	下	20*20	生态保护红线
4	马尾松群系	109.0482	27.5996	491	28	东北	下	20*20	
5	马尾松群系	109.0902	27.5971	584	20	南	上	20*20	生态保护红线
6	马尾松群系	109.2864	27.5584	557	6	东北	下	20*20	
7	杉木群系	109.4154	27.6221	305	17	南	上	20*20	生态保护红线
8	杉木群系	109.4425	27.6396	296	26	南	下	20*20	
9	杉木群系	109.2401	27.6030	690	8	东南	上	20*20	生态保护红线、九龙洞风景名胜 区
10	桉木群系	109.1062	27.6056	479	24	西南	中	20*20	生态保护红线
11	桉木群系	109.0559	27.6053	436	14	西	中	20*20	
12	桉木群系	109.3042	27.4857	613	16	西南	下	20*20	
13	樟+黑壳楠群系	109.0960	27.6111	470	29	北	上	20*20	生态保护红线
14	樟+黑壳楠群系	109.1209	27.6004	625	21	西	中	20*20	
15	樟+黑壳楠群系	109.2660	27.5835	426	28	北	下	20*20	
16	粗叶悬钩子群系	109.2999	27.5419	459	28	西	上	10*10	

样方 序号	植被群系	经纬度		海拔（m）	坡度	坡向	坡位	样方面积（m*m）	备注
		E	N						
17	粗叶悬钩子群系	109.1635	27.5777	639	10	南	中	10*10	万山汞都-夜郎谷风景名胜区、生态保护红线
18	粗叶悬钩子群系	109.3398	27.5995	321	26	南	下	10*10	生态保护红线
19	插田蕨群系	109.4584	27.6492	516	27	西北	下	10*10	
20	插田蕨群系	109.3868	27.6052	386	15	东北	下	10*10	
21	插田蕨群系	109.3419	27.5940	353	19	东北	下	10*10	
22	盐麸木群系	109.1990	27.5736	650	28	西	中	10*10	生态保护红线
23	盐麸木群系	109.2952	27.6020	362	21	西南	下	10*10	
24	盐麸木群系	109.3707	27.5977	283	15	西北	上	10*10	
25	黄荆群系	109.1073	27.6151	386	25	西	下	10*10	贵州万山长寿湖国家湿地公园、生态保护红线
26	黄荆群系	109.0773	27.6223	446	14	东	下	10*10	
27	黄荆群系	109.2987	27.5053	625	8	西	下	10*10	
28	葛群系	109.2897	27.5973	365	20	东南	下	10*10	
29	葛群系	109.1312	27.6176	682	15	东南	上	10*10	
30	葛群系	109.1662	27.5892	591	17	西南	下	10*10	
31	小果蔷薇+钩藤群系	109.1161	27.6036	596	12	北	上	10*10	生态保护红线
32	小果蔷薇+钩藤群系	109.1575	27.5855	613	4	北	下	10*10	
33	小果蔷薇+钩藤群系	109.0831	27.6187	314	20	东南	下	10*10	谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区
34	白背叶群系	109.4505	27.6419	339	25	西	下	10*10	
35	白背叶群系	109.2960	27.4922	495	23	东南	上	10*10	
36	白背叶群系	109.1927	27.5839	655	9	东南	中	10*10	
37	苦竹群系	109.1723	27.5770	353	14	东南	下	10*10	万山汞都-夜郎谷风景名胜区
38	苦竹群系	109.2368	27.5853	722	15	东北	中	10*10	生态保护红线、万山汞都-夜郎谷风景名胜区
39	苦竹群系	109.1300	27.6000	654	27	西	下	10*10	
40	斑茅群系	109.4381	27.6425	291	16	西	上	2*2	
41	斑茅群系	109.3324	27.5981	315	23	西南	上	2*2	生态保护红线
42	斑茅群系	109.2800	27.5941	369	28	东南	下	2*2	
43	芒群系	109.4189	27.6234	272	7	北	上	2*2	

样方 序号	植被群系	经纬度		海拔（m）	坡度	坡向	坡位	样方面积（m*m）	备注
		E	N						
44	芒群系	109.2226	27.5898	662	19	西北	上	2*2	
45	芒群系	109.0856	27.6044	417	19	西北	下	2*2	
46	狗尾草群系	109.1319	27.6011	652	11	东	下	1*1	
47	狗尾草群系	109.0715	27.5983	483	7	南	下	1*1	
48	狗尾草群系	109.3112	27.6040	354	18	西南	下	1*1	生态保护红线
49	白茅群系	109.4248	27.6321	258	24	东	下	1*1	
50	白茅群系	109.3929	27.6084	442	19	东南	中	1*1	项目占地
51	白茅群系	109.3441	27.5991	367	16	东南	上	1*1	
52	苍耳群系	109.2903	27.5429	545	11	南	下	1*1	生态保护红线
53	苍耳群系	109.1172	27.5962	649	19	北	下	1*1	
54	苍耳群系	109.3694	27.5962	286	7	东南	下	1*1	
55	艾群系	109.1384	27.5998	606	7	西北	上	1*1	
56	艾群系	109.2637	27.5859	368	18	西南	下	1*1	
57	艾群系	109.4268	27.6311	280	10	西南	中	1*1	

3、陆生动物调查方法

动物调查方法主要有实地调查法、访问法和资料查询。调查内容包括两栖类、鱼类、爬行类、鸟类和兽类等。

(1) 实地调查

两栖类与爬行类活动能力相对较差，调查时主要有在水域之处及其它适合其生存的生境中采用样点法，观察其种类与数量；鸟类主要采用样线法，根据生境类型及其面积的大小设计样线，边走边进行观察，统计鸟类数量与名称，确定种类时借助望远镜。无法设置样线的地方则采用样点法：以一个中心点为圆心，调查周围能见距离内的鸟类数量与种类；兽类主要采用现场调查，野外踪迹调查，包括：足迹链、窝迹、粪便，再结合访问调查确定种类及数量等。湖南段调查时间分别为 2025 年 8 月 10-22 日和 10 月 31 日-11 月 6 日，贵州段调查时间分别为 2025 年 8 月 4-10 日和 10 月 30 日-11 月 2 日。本评价区内共布设样线 57 条，其中湖南段 27 条，贵州段 30 条。

表 7.1-3 湖南段评价区内动物调查样线一览表

编号	生境类型	样线起点坐标		样线终点坐标		海拔差 (m)	长度 (m)
		E	N	E	N		
1	湿地-灌丛-农田	109.9122	27.3613	109.9245	27.3672	1696	238
2	森林-草地-农田	109.5972	27.3542	109.5961	27.3361	2099	294
3	农田-森林-草地	109.8664	27.3847	109.8528	27.3647	2711	481
4	农田-灌丛-湿地	109.6238	27.3376	109.6505	27.3378	2675	304
5	农田-灌丛-湿地	109.4525	27.4301	109.4808	27.4211	3556	348
6	湿地-森林-草地	109.5646	27.8042	109.5925	27.8154	3403	429
7	森林-灌丛-农田	109.6562	28.0350	109.6776	28.0331	2420	334
8	森林-草地-农田	109.6631	28.0822	109.6872	28.0797	2647	384
9	湿地-森林-草地	109.9083	27.3799	109.8976	27.3708	1934	258
10	湿地-森林-灌丛	109.8924	27.3836	109.8801	27.3763	1514	298
11	湿地-森林-农田	109.8340	27.3686	109.8415	27.3623	1044	404
12	湿地-农田-城镇	109.8244	27.3607	109.8223	27.3581	382	373
13	湿地-草地-灌丛	109.5654	27.7865	109.5630	27.7834	417	340
14	森林-草地-农田	109.5638	27.7679	109.5606	27.7645	485	407
15	森林-草地-湿地	109.5623	27.7973	109.5586	27.7952	440	516
16	森林-森林-城镇	109.5906	27.8245	109.5875	27.8212	492	336
17	森林-农田-城镇	109.7405	28.2425	109.7654	28.2444	2512	339
18	湿地-森林-农田	109.7496	28.2107	109.7443	28.2072	655	343
19	湿地-森林-农田	109.7446	28.2230	109.7394	28.2197	639	329
20	湿地-森林-灌丛	109.6238	27.9141	109.6302	27.9102	768	344
21	森林-灌丛-城镇	109.6358	27.9380	109.6379	27.9347	421	425
22	森林-湿地-城镇	109.6219	27.8954	109.6241	27.8933	323	225
23	森林-灌丛-草地	109.6342	27.9557	109.6315	27.9522	473	412
24	森林-灌丛-草地	109.6042	27.8770	109.6343	27.8779	3934	219
25	农田-森林-湿地	109.5078	27.7098	109.5379	27.7092	3850	447
26	湿地-森林-农田	109.4678	27.6696	109.4824	27.6597	1825	545
27	湿地-草地-农田	109.5755	27.3620	109.5705	27.3536	1080	499

表 7.1-4 贵州段评价区内动物调查样线一览表

编号	生境类型	样线起点坐标		样线终点坐标		海拔差 (m)	长度 (m)
		E	N	E	N		
1	森林-灌丛-农田	109.0482	27.5996	109.0566	27.6061	80	1750
2	森林-草地-农田	109.0482	27.5996	109.0566	27.6061	80	1750
3	森林-草地-农田	109.1604	27.5818	109.1676	27.5904	63	1350
4	森林-灌丛-农田	109.1719	27.5757	109.1809	27.5927	53	2300
5	森林-灌丛-湿地	109.3708	27.5928	109.3756	27.5993	23	1450
6	灌丛-森林-草地	109.0605	27.5962	109.0629	27.6034	69	1250
7	灌丛-森林-农田	109.0754	27.6190	109.0803	27.6216	85	1100
8	灌丛-草地-农田	109.2368	27.5853	109.2367	27.5928	67	1150
9	灌丛-森林-草地	109.2894	27.5573	109.2850	27.5615	31	1250
10	灌丛-森林-灌丛	109.4030	27.6149	109.4042	27.6231	50	1250
11	草地-森林-农田	109.0826	27.5982	109.0867	27.6061	59	1550
12	草地-农田-城镇	109.1233	27.5984	109.1189	27.6013	83	1000
13	草地-灌丛-湿地	109.2989	27.5371	109.3000	27.5420	88	1550
14	草地-森林-农田	109.3868	27.6052	109.3929	27.6084	104	1450
15	草地-森林-湿地	109.4222	27.6360	109.4301	27.6296	80	1550
16	湿地-森林-城镇	109.0751	27.6147	109.0846	27.6176	33	1350
17	湿地-农田-城镇	109.2556	27.5822	109.2660	27.5835	83	1700
18	湿地-森林-农田	109.2799	27.5942	109.2897	27.5973	38	1300
19	湿地-森林-农田	109.3112	27.6043	109.3234	27.6032	68	1550
20	湿地-森林-灌丛	109.3317	27.5986	109.3429	27.5983	65	1800
21	农田-灌丛-城镇	109.1312	27.6176	109.1358	27.6219	66	1600
22	农田-湿地-城镇	109.1394	27.6031	109.1444	27.5887	103	2500
23	农田-灌丛-草地	109.2399	27.6031	109.2450	27.5982	52	1150
24	农田-灌丛-草地	109.2959	27.4923	109.3063	27.4981	80	1600
25	农田-森林-湿地	109.4319	27.6488	109.4381	27.6425	95	1700
26	城镇-森林-农田	109.0668	27.5972	109.0808	27.6014	25	1750
27	城镇-草地-农田	109.1371	27.6295	109.1544	27.6303	39	1850
28	城镇-湿地-农田	109.2643	27.5914	109.2794	27.5929	37	1850
29	城镇-草地-农田	109.2829	27.5508	109.3019	27.5576	43	2150
30	城镇-森林-农田	109.0947	27.5944	109.1050	27.5989	89	1800

(2) 红外相机拍摄法

对评价区部分点位采用红外相机进行记录，可对区域内数量稀少、地栖性或夜行性为主、在野外很难见到实体的鸟类及大型哺乳类采用红外相机触发法进行调查。所安装的红外相机应牢固固定在树干等自然物体上，确保相机不能非人为脱落，不能轻易被非工作人员取走；相机高度宜 0.3~0.8 m，镜头宜与地面平行，应避免阳光直射镜头；相机宜选择全天拍摄模式。待相机固定后，应反复进行测试，确保相机正常工作；相机安装完毕后，应对现场进行清理，还原当地自然环境。湖南段布设时间：2025 年 8 月 10 日-11 月 6 日；贵州段布设时间：2025 年 8 月 4 日-11 月 2 日。

表 7.1- 5 评价区内红外相机布设一览表

红外 相机 序号	经纬度		海拔 (m)	坡 度	坡 向	坡 位	备注	涉及 线路
	E	N						
1	109.08016	27.616961	325	14	北	中	谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	贵州 段
2	109.107483	27.615459	388	25	西	中	生态保护红线、贵州万山长寿湖国家湿地公园	
3	109.173417	27.577655	378	19	北	下	生态保护红线、万山汞都-夜郎谷风景名胜	
4	109.240137	27.602963	690	2	南	上	生态保护红线、九龙洞风景名胜区	
5	109.302354	27.541501	468	28	南	中	生态保护红线	
6	109.45083	27.64283	331	27	西北	中	生态保护红线	
7	109.08016	27.616961	215	14	北	中	中方澧水国家湿地公园	湖南 段
8	109.66737	28.29488	310	30	南	中	吉首峒河国家湿地公园	
9	109.69396	27.63449	300	20	北	中	西晃山省级森林公园	

(3) 访问调查

在项目重点评估区域及其周边地区通过对当地有野外经验的农民进行访问和座谈，与当地林业部门的相关人员进行交谈，了解当地动物的分布及数量情况。

(4) 查阅相关资料

查阅当地的有关科学研究和野外调查资料。比照相应的地理纬度和海拔高度，对照相关的研究资料，核查和收集当地及相邻地区的相关资料。

综合实地调查、访问调查和资料汇总，通过分析归纳和总结，从而得出施工区及周边地区的动物物种、种群数量和分布资料，为评价和保护当地动物提供科学的依据。



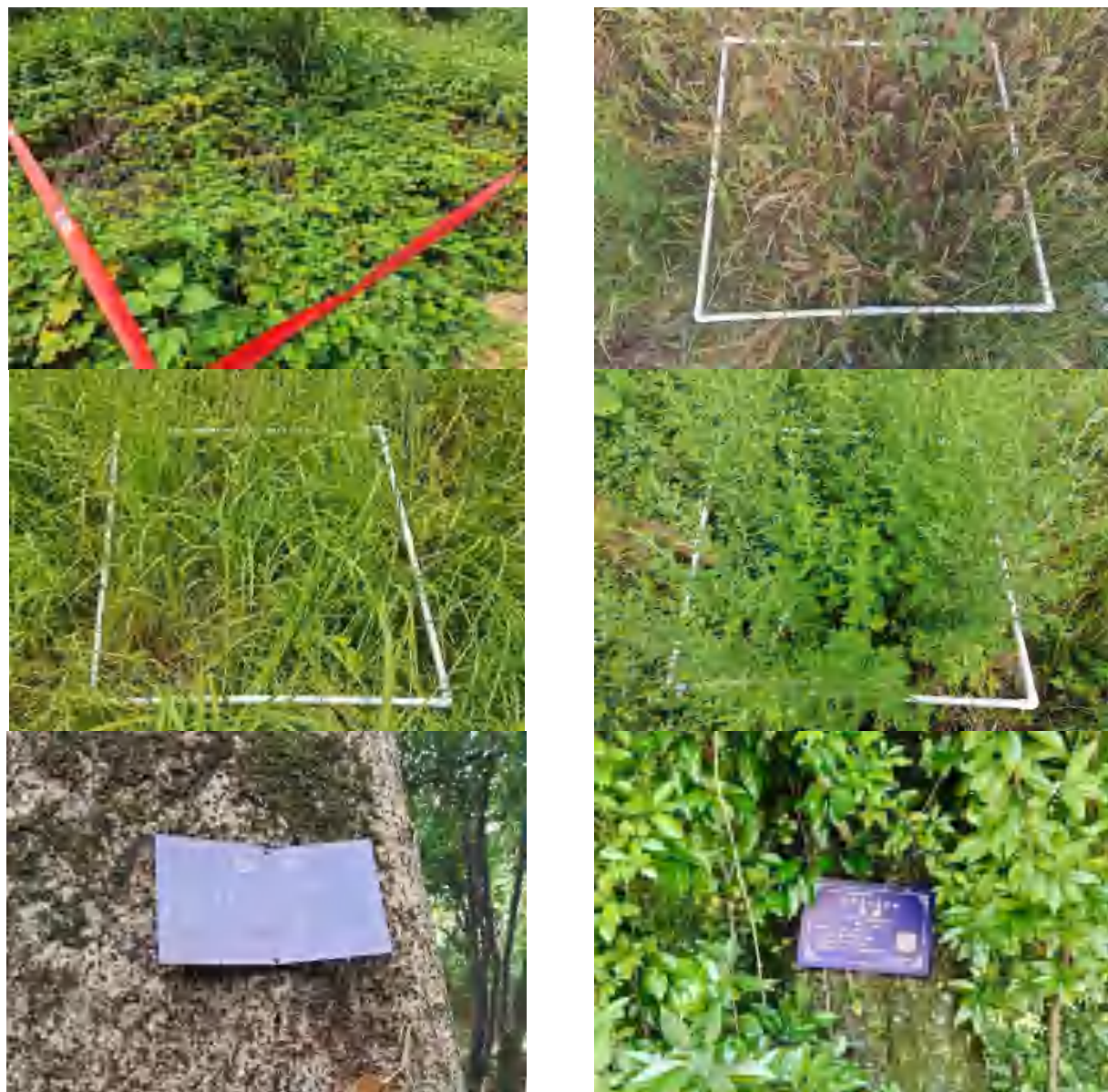


图 7.1-1 部分植被现场调查图

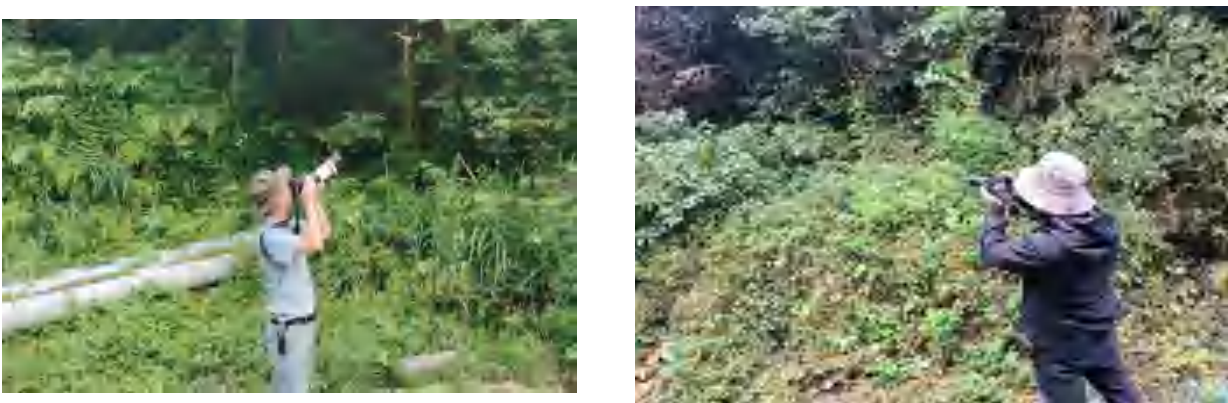




图 7.1-2 部分动物现场调查图

7.1.2.3 主要评价方法

1、生态制图

生态制图主要用 3S 和遥感解译法。该方法采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的空间信息技术，进行地面类型的数字化判读，在地面调查和历史植被基础上进一步进行综合判读，采用监督分类的方法赋予生态学的含义，最终完成数字化的植被类型图和土地利用类型图，以此进行景观质量和生态质量的定性和定量评价。

评价区遥感影像选用 2025 年 8 月的数据，地面精度为 15 m，以反映地面植被特征的 6、5、4 波段合成卫星遥感影像，其中植被影像主要反映为绿色。植被类型不同，色彩和色调发生相应变化，因此可区分出植被亚型以上的植被类型以及农田、居民地等地面类型。此外，植被类型的确定需结合不同植被类型分布的生态学特征，不单纯依靠色彩进行划分，结合地面的 GPS 样点和等高线、坡度、坡向等信息，对植被图进行目视解译校正，得到符合精度要求的植被图。在植被图的基础上，进一步合并有关地面类型，得到土地利用类型图。遥感处理分析的软件采用 ENVI5.3；制图、空间分析软件采用 ArcGIS10.5。

2、植被覆盖度估算方法

植被覆盖度可用于定量分析评价范围内的植被现状。基于遥感影像估算植被覆盖度包括植被指数法、回归模型、机器学习法等几种方法。

本次植被覆盖度计算采用植被指数法，通过对各像元中植被类型及分布特征的分析，

建立植被指数与植被覆盖度的转换关系。采用归一化植被指数（NDVI）估算植被覆盖度的方法如下：

$$FVC = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s)$$

式中：FVC——所计算像元的植被覆盖度；NDVI——所计算像元的NDVI值；NDVI_v——纯植物像元的NDVI值；NDVI_s——完全无植被覆盖像元的NDVI值。

3、生物量的测定与估算

生物量是指一定地段面积内某个时期生存着的活有机体的重量。不同生态系统的生物量测定方法不同，可采用实测与估算相结合的方法。

基于评价范围内主要植被类型样方调查测定的参数，结合《立木材积表》（LY/T 1353-1999）、《中国常见灌木生物量模型手册》《生态影响评价技术》（中国环境出版社，2017）等计算公式，估算出评价区各植被类型的生物量。

4、植物影响预测

在获得植物现状资料之后，根据工程特点分区和分时段进行分析。预测包括两个部分，即施工期和运营期对植物的影响。施工期对植物的影响包括施工区对植物的影响。

5、动物影响预测

根据环境及植被变化趋势，采用生态机理分析方法预测。

6、生态影响预测

结合工程的影响方式预测分析重要物种的分布、种群数量、生境状况等变化情况；分析施工活动和运行产生的噪声、灯光等对重要物种的影响；分析工程施工和运行对迁徙行为的阻隔影响；分析工程占用的生态系统类型、面积及比例；结合生物量、生产力、生态系统功能等变化情况预测分析建设项目对生态系统的影响；结合工程施工和运行引入外来物种的主要途径、物种生物学特性以及区域生态环境特点分析建设项目实施可能导致外来物种造成生态危害的风险。

7.2 生态环境现状调查与评价

7.2.1 生态功能定位

7.2.1.1 全国生态功能区划

根据《全国生态功能区划（修编）》，评价区拟建线路涉及1个生态功能一级区、1个生态功能二级区、1个生态功能三级区。评价区所涉及的生态功能区见下表。

表 7.2-1 评价区内生态功能区划

生态功能一级区	生态功能二级区	生态功能三级区	规划区涉及县市	主要生态环境问题	生态保护主要方向
生态调节功能区	生物多样性保护重要区	武陵山区生物多样性保护与水源涵养重要区	贵州省铜仁市	森林资源不合理开发利用带来生态功能退化问题较为突出，主要表现为水土流失加重、石漠化问题突出、地质灾害增多、野生动植物栖息地破坏较严重。	(1)加强自然保护区群建设，扩大保护范围； (2)坚持自然恢复，恢复常绿阔叶林的乔、灌、草植被体系，优化森林生态系统结构； (3)继续实施退耕还林、还草工程，以及石漠化治理工程； (4)加强地质灾害的监督与预防。
			湖南省怀化市麻阳苗族自治县、芷江侗族自治县、中方县；湘西土家族苗族自治州凤凰县、泸溪县、吉首市		

7.2.1.2 省级生态功能区划

项目所涉及的生态功能区见下表。项目拟建线路涉及 3 个生态区，贵州省 1 个生态区和湖南省 2 个生态区，3 个生态亚区。

表 7.2-2 评价区内湖南段和贵州段生态功能区划

生态功能分区单元			所在区域	域概自然特征	主要生态环境问题	主要生态系统服务功能	保护措施及发展方向
生态区	生态亚区	生态功能区					
I 东部湿润亚热带常绿阔叶林生态区	I 2 黔东南深切割低山、低丘常绿灌丛、针叶林水源涵养与人居保障生态功能亚区	I 2-6 铜仁中等城镇群人居保障生态功能小区	铜仁市中部和万山特区西北部地区	面积 459.8 平方公里；以浅中丘和深切割低山为主，年降雨量约为 1282 毫米，年均温约 13.7 摄氏度，植被类型以针叶林和人工植被为主，主要发育石灰土和黄红壤	森林覆盖率低，土壤中度侵蚀以上比例为 12.3%，中度石漠化强度以上比例为 1.8%，水土流失严重	以人居保障生态功能极重要	加快城市环境保护设施建设，加强城乡环境综合整治；建设生态城市，控制城镇工业和生活污染，发展循环经济，推性节能减排
I 湘西北山地生态保育与红色砂岩生态旅游生态功能区	I 3 西部石漠化和矿区治理恢复亚区	/	湘西土家族苗族自治州南部	地处中国地势第二级阶梯向第三级阶梯的过渡地带，属于典型的湘西丘陵山区，地貌以山地丘陵为主，属亚热带季风湿润气候，森林覆盖率较高，是我国重要的南方集体林区之一，生物多样性丰富，盛产多种林木、中药材等	该区域广泛分布着易溶蚀的碳酸盐岩（石灰岩），属于喀斯特地貌。上层土壤薄，一旦植被破坏，土壤极易流失，基岩大面积裸露，形成类似荒漠的景象，水土流失严重，地质灾害频发	生物多样性维护生态功能极重要	筑牢生态安全屏障，强化生态修复；严格环境污染防治，守护碧水蓝天；构建自然保护地体系，保护生物多样性
I 湘西北山地生态保育与红色砂岩生态旅游生态功能区	I 4 南部水源涵养保育亚区	/	怀化市北部	该区域属云贵高原东缘的延伸部分，整体地势由西向东、由南向北倾斜，呈现出典型的山地丘陵地貌。其最显著的特征是深受沅水（沅江）干流及其众多支流的切割，形成山河相间、岭谷交错的地形。中亚热带季风湿润气候，原生植被为典型的亚热带常绿阔叶林，树种丰富。	该区域地质灾害频发且风险高，地形陡峭、降雨强度大、土壤抗蚀性较差。	水源涵养生态功能极重要	该区域的生态保护必须聚焦于地质灾害防治、水土流失治理和水环境保护，并通过调整林业结构、发展生态农业、完善环保设施等综合性措施，推动人地关系走向和谐。

7.2.1.3 项目与生态功能区划的协调性分析

本项目所涉及的生态功能区主要为生物多样性保护重要区，其主要生态环境问题是森林资源不合理开发利用带来生态功能退化问题较为突出，主要表现为水土流失加重、石漠化问题突出、地质灾害增多、野生动植物栖息地破坏较严重等。

本项目不属于高污染工业项目。根据输电工程的项目特点，本项目的影响范围主要为塔基开挖的间断式影响，此类相对较小。根据塔基占地面积推断，工程占用植被面积较小，植被生物量损失不大，对动物生境占用影响较小；另一方面，通过优化工程选线，尽量避让区域生态敏感区域，降低对区域生态系统的影响，整体上工程对植被破坏、生物多样性等生态功能的影响较小。但在施工中需加强水土流失的控制工作，施工结束后对临时占地进行植被恢复等。

因此，本项目在严格执行水土保持和生态恢复措施的前提下不会对所在生态功能区生态环境产生较大影响。本项目与生态功能区划整体协调。

7.2.2 土地利用现状

评价区域土地利用现状调查基于高分辨率遥感影像利用 GIS 软件进行人工目视解译，遥感影像采用影像分辨率为 10 m 哨兵二号(Sentine1-2)L2A 级数据产品，同时结合区域天地图、谷歌地图 0.5 m 分辨率影像分辨率卫星影像作为解译基础底图。按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）要求，通过人工目视判读及部分现场调查数据，将评价范围内的土地利用类型按 GB/T21010-2017 土地利用分类体系进行分类，形成土地利用现状矢量数据库，并以二级类型作为基础制图单位制作评价区域土地利用现状图。

对评价范围内各土地利用类型面积进行统计分析，结果如下表 7.2-3 所示。根据统计结果，评价范围面积 23611.58 hm²，湖南省和贵州省内的评价区土地类型类似，以林地为主，面积为 16734.93 hm²，面积占比为 70.88%，其中湖南段面积为 9108.11 hm²，面积占比为 38.57%；贵州段面积为 7626.82 hm²，面积占比为 32.30%。其次为耕地，面积为 3188.92 hm²，面积占比分别为 13.51%，其中湖南段面积为 1702.42 hm²，面积占比为 7.21%；贵州段面积为 1486.50 hm²，面积占比为 6.30%，其他土地类型较少。

表 7.2-3 评价区域土地利用现状类型

项目	湖南		贵州		合计	
	面积 (hm ²)	占比 (%)	面积 (hm ²)	占比 (%)	面积 (hm ²)	占比 (%)
林地	9108.11	38.57	7626.82	32.30	16734.93	70.88
草地	31.25	0.13	755.19	3.20	786.44	3.33
耕地	1702.42	7.21	1486.50	6.30	3188.92	13.51
水域及水利设施	390.92	1.66	147.53	0.62	538.45	2.28

项目	湖南		贵州		合计	
	面积 (hm ²)	占比 (%)	面积 (hm ²)	占比 (%)	面积 (hm ²)	占比 (%)
用地						
住宅用地	216.25	0.92	145.47	0.62	361.72	1.53
交通运输用地	224.52	0.95	206.23	0.87	430.75	1.82
园地	1185.42	5.02	236.69	1.00	1422.11	6.02
其他	27.09	0.11	121.17	0.51	148.26	0.63
合计	12885.99	54.57	10725.60	45.43	23611.58	100.00

7.2.3 陆生植物现状调查与评价

7.2.3.1 植物区系

湖南—贵州电力灵活互济工程途经贵州省（铜仁市万山区、碧江区）和湖南省（湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县，怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳县）。根据《中国种子植物区系地理》（吴征镒等 2011 年）中的中国植物区系分区系统示意图与本项目的线路叠图，项目穿越 1 个植物区、1 个植物亚区、1 个植物地区和 1 个植物亚地区，具体情况详见下表。

表 7.2-4 评价范围植被类型分区

区	亚区	地区	亚地区	主要特征	线路涉及市/州/县
东亚植物区	中国—日本森林植物亚区	华中地区	川、黔、湘亚地区	植物种类丰富，特有属、特有种比例高。区系成分古老性，孑遗植物广布，第四纪冰期影响显著	湖南省：吉首市、泸溪县、凤凰县、麻阳苗族自治县、芷江县、中方县 贵州省：铜仁市碧江区、万山区

该区为川、鄂、湘接壤地区，包括川东、川东南、黔东南、湘西南及鄂西南山地。境内植被垂直带明显，自下而上为常绿阔叶林—常绿与落叶阔叶混交林—落叶阔叶林—亚高山针叶林—亚高山灌丛草甸。植物种类丰富，有 300 余本亚地区特有种，如水杉属、银杉属、崖白菜属、湖南参属、喜雨草属等 7 个特有属。水杉属、银杉属、鹅掌楸属、金钱槭属、水青树属是著名的孑遗植物，在本区广泛分布，足以说明区系起源的古老。台湾杉属、冷杉属在本区的残留则反映了在第四纪冰期和间冰期的交替对本地植物的迁移和分化，产生了重大影响。

本区植物以北温带性分布为主，但也有一些典型的热带分布型属如任豆属、鱼藤属、红豆属、伞花木属、西番莲属等显示了与岭南热带植物有许多交汇，十齿花属、猫儿屎属等属的存在，正反映了第四纪冰期中，喜马拉雅成分向东部的扩散。

7.2.3.2 植被区划

依据《中国植被》、《湖南植被》和《贵州植被》中植被区划，本项目评价范围属 1 个植被区域，1 个植被亚地区带，1 个植被地带，3 个植被区，具体情况详见下表。

表 7.2-5 评价范围植被类型分区

区域	亚区域	地带	植被区	线路涉及行政区域
亚热带常绿阔叶林区域	东部（湿润）常绿阔叶林亚区域	中亚热带常绿阔叶林地带	湘西北山原山地及河谷盆地栲栳林、亮叶水青冈林、马尾松林、柏木林、油桐林植被区	湖南省吉首市、凤凰县
			湘西山地栲栳林、马尾松林、杉木林、油茶林植被区	湖南省吉首市、麻阳苗族自治县、芷江县
			黔东南低山丘陵常绿樟栲林及油桐油茶林地区	湖南省芷江县
				贵州省铜仁市碧江区、万山区

7.2.3.3 主要植被类型

根据《中国植被》确定的植物群系学—生态学分类原则，采用植被型组、植被型、群系等基本单位，以《中国植被》的分类系统为主，参考《湖南植被》、《贵州植被》等书籍文献资料，在对现存植被进行考察的基础上，结合区域内现有植被中群系组成的建群种与优势种的外貌，以及群系的环境生态与地理分布特征等分析，将评价区自然植被划分为 4 个植被型组 7 个植被型 11 个植被亚型 33 个群系。

表 7.2-6 评价区域自然植被类型

植被型组	植被型	植被亚型	群系中文名	群系拉丁名	分布
I. 森林	一、常绿针叶林	（一）暖性常绿针叶林	（1）马尾松林	<i>Form. Pinus massoniana</i>	广泛分布
			（2）杉木林	<i>Form. Cunninghamia lanceolata</i>	广泛分布
			（3）柏木林	<i>Form. Cupressus funebris</i>	凤凰县、麻阳县、碧江区、万山区
	二、常绿阔叶林	（二）典型常绿阔叶林	（4）樟树林	<i>Form. Cinnamomum camphora</i>	广泛分布
			（5）樟+黑壳楠混交林	<i>Form. Camphora officinarum+Lindera megaphylla</i>	碧江区、万山区
	三、落叶阔叶林	（三）典型落叶阔叶林	（6）楝林	<i>Form. Melia azedarach</i>	吉首市
			（7）栗林	<i>Form. Castanea mollissima</i>	麻阳县
			（8）枹木林	<i>Form. Alnus cremastogyne</i>	碧江区、万山区
	四、竹林	（四）暖性竹林	（9）毛竹林	<i>Form. Phyllostachys edulis</i>	广泛分布
II. 灌丛	五、阔叶灌丛	（五）典型常绿阔叶灌丛	（10）檵木灌丛	<i>Form. Loropetalum chinense</i>	广泛分布
		（六）暖性落叶阔叶灌丛	（11）黄荆灌丛	<i>Form. Vitex negundo</i>	麻阳县、芷江县、碧江区、万山区
			（12）云实灌丛	<i>Form. Caesalpinia decapetala</i>	芷江县
			（13）盐麸木灌丛	<i>Form. Rhus chinensis</i>	广泛分布
			（14）粗叶悬	<i>Form. Rubus</i>	碧江区、万山区

植被型组	植被型	植被亚型	群系中文名	群系拉丁名	分布
			钩子灌丛	<i>alceifolius</i>	
			(15) 插田蔗灌丛	<i>Form. Rubus coreanus</i>	碧江区、万山区
			(16) 葛灌丛	<i>Form. Pueraria montana var. lobata</i>	碧江区、万山区
			(17) 白背叶灌丛	<i>Form. Mallotus apelta</i>	碧江区、万山区
		(七) 暖性常绿阔叶灌丛	(18) 小果蔷薇+钩藤灌丛	<i>Form. Rosa cymosa+Uncaria rhynchophylla</i>	碧江区、万山区
		(八) 竹丛	(19) 篾竹群系	<i>Form. Phyllostachys nidularia</i>	芷江县、中方县、碧江区、万山区
Ⅲ.草丛	六、灌草丛	(九) 暖性灌草丛	(20) 一年蓬草丛	<i>Form. Erigeron annuus</i>	广泛分布
			(21) 芒草丛	<i>Form. Miscanthus sinensis</i>	广泛分布
			(22) 香丝草草丛	<i>Form. Erigeron bonariensis</i>	广泛分布
			(23) 斑茅草丛	<i>Form. Saccharum arundinaceum</i>	碧江区、万山区
			(24) 狗尾草草丛	<i>Form. Setaria viridis</i>	碧江区、万山区
			(25) 白茅草丛	<i>Form. Imperata cylindrica</i>	碧江区、万山区
			(26) 苍耳草丛	<i>Form. Xanthium strumarium</i>	碧江区、万山区
			(27) 艾草丛	<i>Form. Artemisia argyi</i>	碧江区、万山区
Ⅳ.水生植被	七、水生植被	(十) 沉水水生植被	(28) 黑藻群落	<i>Form. Hydrilla verticillata</i>	麻阳县、芷江县、广泛分布
		(十一) 挺水水生植被	(29) 菰群落	<i>Form. Zizania latifolia</i>	泸溪县
			(30) 水麻群落	<i>Form. Debregeasia orientalis</i>	碧江区、万山区
			(31) 水蓼群落	<i>Form. Polygonum hydropiper</i>	广泛分布
			(32) 芦苇群落	<i>Form. Phragmites australis</i>	广泛分布
			(33) 喜旱莲子草群落	<i>Form. Alternanthera philoxeroides</i>	广泛分布
人工植被					
植被型组	植被型		群系	分布	
Ⅴ.木本类	1.经济林型		(35) 油茶园	广泛分布	
			(36) 石楠、桂（木樨）苗圃	碧江区、万山区	
	2.果木林型		(37) 柑橘园	凤凰县、芷江县、碧江区、万山区	
			(38) 李园	吉首市	
			(39) 猕猴桃	泸溪县	

植被型组	植被型	植被亚型	群系中文名	群系拉丁名	分布
			园		
VI.草本类	3.粮食作物型		(40) 水稻作物		广泛分布
			(41) 玉米作物		广泛分布
			(42) 红薯作物		广泛分布
	4.油料作物型		(43) 油菜作物		广泛分布

表 7.2-7 评价区域自然植被结构特征表

植被类型				分布	建群种 (优势种)	乔木层			灌木层			草本层			其他 植物 特点
						郁闭 度	优势种及 常见种	高度 (m)	盖度 /%	优势种及 常见种	高度 (m)	盖度 /%	优势种及 常见种	高度 (m)	
森林	常绿针叶林	暖性常绿针叶林	马尾松林	广泛分布	马尾松	0.7	马尾松、樟、冬青	8	30	櫟木、胡枝子	1.4	20	高粱泡、狗尾草、金星蕨、莎草、乌菰莓、苎草	0.2	
			杉木林	广泛分布	杉木	0.4	杉木、泡桐	9	1.5	白背叶、女贞、构树、櫟木、白马骨	1.5	30	狗尾草、芒、野菊、忍冬、鳞毛蕨	0.5	
			柏木林	凤凰县、麻阳县、碧江区、万山区	柏木	0.6	柏木、马尾松	12	0.3	白马骨、牡荆、棕榈、构树、芒、算盘子	1.8	0.3	薄叶卷柏、狗脊、沿阶草、竹叶草	0.3	
	常绿阔叶林	典型常绿阔叶林	樟树林	广泛分布	樟	0.5	樟、杉木	9	20	黄荆、山莓	2	20	狗尾草、狗脊、络石	0.5	
			樟+黑壳楠混交林	碧江区、万山区	樟、黑壳楠	0.9	樟、黑壳楠	10	30	山鸡椒、油茶、光叶石楠、山药、油茶、深裂锈毛莓	3	25	渐尖毛蕨、芒萁、鸭跖草	0.3	
	落叶阔叶林	典型落叶阔叶林	楝林	吉首市	楝	0.5	楝、毛竹、樟	7	25	櫟木、黄荆、构树、山茶	1.8	30	蕨、芒、乌菰莓、小飞蓬、狼尾草	0.3	
			栗林	麻阳县	栗	0.53	栗	7	20	化香树、竹叶花椒、盐麸木、黄荆	1.5	25	芒、垂序商陆、渐尖毛蕨、蛇莓、车前	0.3	
			桤木林	碧江区、万山区	桤木	0.6	桤木	10	30	银木荷、牛耳枫、银木荷、	2.3	30	芒、乌毛蕨、华南毛	0.4	

植被类型				分布	建群种 (优势种)	乔木层			灌木层			草本层			其他 植物特点
						郁闭度	优势种及常见种	高度(m)	盖度/%	优势种及常见种	高度(m)	盖度/%	优势种及常见种	高度(m)	
										黄连木、小果蔷薇			蕨、海金沙、金丝草、苎草		
	竹林	暖性竹林	毛竹林	广泛分布	毛竹	0.6	毛竹、杉木	8	30	冬青、构树、满树星、杜茎山	1.5	35	接骨草、一年蓬、堇菜、薄荷、野菊、雀稗、狗尾草	0.3	
灌丛	阔叶灌丛	典型常绿阔叶灌丛	櫟木灌丛	广泛分布	櫟木				50	櫟木、杜鹃	1.2	20	葎草、龙葵、狗尾草、求米草	0.3	
		暖性落叶阔叶灌丛	黄荆灌丛	麻阳县、芷江县、碧江区、万山区	黄荆				60	黄荆、灰白毛莓、华东葡萄、小果蔷薇	1.2	20	芒、夏枯草、狗尾草	0.4	
			云实灌丛	芷江县	云实				40	云实、黄荆、灰白毛莓、盐麸木	1.1	10	芒、夏枯草	0.3	
			盐麸木灌丛	广泛分布	盐麸木				30	盐麸木、小蜡、櫟木、石岩枫、火棘	2.2	20	芒、夏枯草、狗牙根	0.3	
			粗叶悬钩子灌丛	碧江区、万山区	粗叶悬钩子				90	粗叶悬钩子、盐麸木、马桑、构、水麻	3	30	芒、白茅、贯众、狗尾草、艾	0.25	
			插田蔗灌丛	碧江区、万山区	插田蔗				90	插田蔗、锈毛莓、高粱蔗、小果蔷薇	2.5	40	芒、白茅、贯众、狗尾草、艾	0.25	
			葛灌丛	碧江区、万山区	葛				95	葛	1.5	10	芒、狗尾草、艾	0.3	
			白背叶灌	碧江区、	白背叶				75	白背叶、小果	2.5	10	华南毛蕨、	0.4	

植被类型				分布	建群种 (优势种)	乔木层			灌木层			草本层			其他 植物 特点
						郁闭度	优势种及 常见种	高度 (m)	盖度 /%	优势种及 常见种	高度 (m)	盖度 /%	优势种及 常见种	高度 (m)	
			丛	万山区						蔷薇、高粱 蔗、粗叶悬钩 子			芒、井栏边 草、野菊		
		暖性 常绿 阔叶 灌丛	小果蔷薇 +钩藤灌 丛	碧江区、 万山区	小果蔷薇、 钩藤				85	小果蔷薇、钩 藤、菝葜、盐 麸木	2.3	10	芒、肾蕨、 华南毛蕨	0.3	
		竹丛	簇竹灌丛	芷江县、 中方县	簇竹				0.6	簇竹、构树	3	20	狗尾草、节 节草、一年 蓬	0.2	
草 丛	灌 草 丛	暖性 灌草 丛	一年蓬草 丛	广泛分布	一年蓬							30	一年蓬、小 蓬草、香丝 草、龙葵、 野菊	0.4	
			芒草丛	广泛分布	芒							40	芒、荩草、 一年蓬、鬼 针草、狗牙 根	0.3	
			香丝草草 丛	广泛分布	香丝草								香丝草		
			斑茅草丛	碧江区、 万山区	斑茅							78	斑茅、白 茅、艾	2.5	
			狗尾草草 丛	碧江区、 万山区	狗尾草							86	狗尾草、野 胡萝卜、艾	0.30	
			白茅草丛	碧江区、 万山区	白茅							92	白茅、繁 缕、救荒野 豌豆	0.5	
			苍耳草丛	碧江区、 万山区	苍耳							90	苍耳、青 蒿、长萼鸡 眼草	0.5	
			艾草丛	碧江区、	艾							90	艾、狗尾	0.4	

植被类型				分布	建群种 (优势种)	乔木层			灌木层			草本层			其他植物特点
						郁闭度	优势种及常见种	高度(m)	盖度/%	优势种及常见种	高度(m)	盖度/%	优势种及常见种	高度(m)	
				万山区									草、蛇莓		
水生植被	水生植被	沉水水生植被	黑藻群落	麻阳县、芷江县	黑藻							0.5	黑藻、狐尾藻	0.3	
		挺水水生植被	黑藻群落	泸溪县	黑藻								黑藻		
			水麻群落	碧江区、万山区	水麻							70	水麻	0.6	
			水蓼群落	广泛分布	水蓼							60	水蓼	0.4	
			芦苇群落	广泛分布	芦苇							70	芦苇	1.5	
			喜旱莲子草群落	广泛分布	喜旱莲子草							0.4	喜旱莲子草、节节草、一年蓬、鬼针草、狗牙根、葎草、凤眼蓝	0.2	

7.2.3.4 古树名木

根据国家林业局公布的《古树名木鉴定规范》（LY/T2737-2016）、《古树名木普查技术规范》（LY/T2738-2016）（2017年1月1日实施）、《古树名木保护条例》（2025年3月15日起施行），同时对项目所在区域的村民进行访问调查，并进行现场实际调查核实，评价区范围内有古树 389 棵，工程施工均不占用，其中湖南段分布有古树 33 棵、贵州段 356 棵，具体见表 7.2-8。

表 7.2-8 评价范围内古树一览表

贵州段							
序号	树种名称	数量	生长状况	树龄 (年)	经纬度	海拔 (m)	工程占用情况（是/ 否）
1	柏木	74	树高：17.8m 胸围：180	200	109.291518E; 27.566667N	420	否，距线路直线距离 181m
2	糙叶树	3	树高：17.9m 胸围：260	270	109.271757E; 27.587506N	362	否，距线路直线距离 689m
3	翅荚香槐	1	树高：25m 胸围：140	100	109.060278E; 27.594461N	441	否，距 Z409 塔基直 线距离 723m
4	杜梨	1	树高：14.5m 胸围：200	150	109.288939E; 27.553979N	511	否，距线路直线距离 526m
5	多脉榆	1	树高：17.8m 胸围：190	150	109.102691E; 27.595694N	534	否，距线路直线距离 724m
6	鹅耳枥	1	树高：23.3m 胸围：285	150	109.25808E; 27.583368N	365	否，距 J609 塔基直 线距离 714m
7	枫香树	60	树高：27.2m 胸围：280	250	109.175952E; 27.585564N	349	否，距线路直线距离 149m
8	高山锥	3	树高：13.6m 胸围：180	150	109.288922E; 27.553899N	510	否，距线路直线距离 530m
9	革叶槭（樟 叶槭）	3	树高：18.9m 胸围：175	180	109.101318E; 27.596362N	529	否，距线路直线距离 636m
10	光皮楸木	1	树高：10.1m 胸围：160	120	109.102952E; 27.594933N	533	否，距线路直线距离 810m
11	光叶石楠	1	树高：23.6m 胸围：216	130	109.40401E; 27.619274N	400	否，距 Z544 塔基直 线距离 582m
12	红豆杉	2	树高：16.2m 胸围：220	150	109.297081E; 27.567761N	462	否，距 T629 塔基直 线距离 727m
13	猴樟	2	树高：19.1m 胸围：240	160	109.102525E; 27.595944N	539	否，距线路直线距离 693m
14	槐	1	树高：18.6m 胸围：150	150	109.288875E; 27.55421N	504	否，距线路直线距离 526m
15	黄连木	36	树高：20.5m 胸围：173	340	109.118347E; 27.60255N	568	否，距线路直线距离 97m
16	黄樟	3	树高：15.6m 胸围：230	160	109.152505E; 27.582884N	618	否，距线路直线距离 647m
17	榉树	2	树高：18.2m 胸围：425	160	109.337415E; 27.595994N	290	否，距线路直线距离 59m
18	栲	14	树高：22.5m 胸围：225	180	109.175833E; 27.585554N	342	否，距线路直线距离 145m
19	柯	1	树高：19.6m	150	109.268911E;	498	否，距线路直线距离

			胸围：200		27.579346N		196m
20	榔榆	3	树高：23.4m 胸围：320	260	109.119082E； 27.602199N	567	否，距线路直线距离 120m
21	栗	10	树高：12.5m 胸围：240	200	109.292764E； 27.565767N	411	否，距 T629 塔基直 线距离 242m
22	马尾松	7	树高：18.5m 胸围：200	150	109.291633E； 27.566699N	420	否，距线路直线距离 191m
23	楠木	4	树高：22m 胸围：554	505	109.077101E； 27.624088N	460	否，距线路直线距离 484m
24	女贞	4	树高：18.5m 胸围：203	150	109.174607E； 27.586398N	347	否，距线路直线距离 214m
25	朴树	24	树高：19.3m 胸围：225	190	109.118972E； 27.602242N	569	否，距线路直线距离 120m
26	漆（漆树）	1	树高：14.6m 胸围：250	200	109.101474E； 27.596298N	532	否，距线路直线距离 648m
27	青冈	34	树高：13.6m 胸围：184	140	109.129492E； 27.596662N	649	否，距换流站直线距 离 102m
28	青檀	5	树高：16.2m 胸围：380	300	109.288301E； 27.552034N	506	否，距线路直线距离 641m
29	榕树	1	树高：18m 胸围：190	100	109.0514E； 27.607283N	423	否，距线路直线距离 741m
30	石楠	2	树高：8.6m 胸围：200	150	109.289699E； 27.55293N	495	否，距线路直线距离 480m
31	酸枣	1	树高：19m 胸围：450	500	109.052652E； 27.60746N	432	否，距线路直线距离 741m
32	乌桕	6	树高：15.5m 胸围：140	250	109.077243E； 27.623984N	460	否，距线路直线距离 474m
33	响叶杨	2	树高：19.3m 胸围：255	170	109.101554E； 27.596248N	534	否，距线路直线距离 650m
34	小叶青冈	5	树高：18.3m 胸围：251	170	109.10171E； 27.595956N	533	否，距线路直线距离 684m
35	银杏	10	树高：15.8m 胸围：243	160	109.275511E； 27.596815N	366	否，距线路直线距离 163m
36	皂荚	3	树高：16.5m 胸围：150	100	109.17452E； 27.586337N	349	否，距线路直线距离 205m
37	樟	23	树高：19.3m 胸围：270	280	109.117389E； 27.6028N	577	否，距线路直线距离 62m
38	樟叶槭	1	树高：20m 胸围：180	200	109.060179E； 27.594525N	438	否，距 Z409 塔基直 线距离 715m
合计		356					
湖南段							
1	桢楠	1	树高：15.6 m 胸围:226 cm	180	109.4697834E； 27.65159761N	549	否，距离线路直线距 离 218 m
2	银杏	1	树高：24 m 胸围:214 cm	500	109.4776327E； 27.65652054N	529	否，距离线路直线距 离 382 m
3	糙叶树	1	树高：17 m 胸围:279 cm	400	109.6290115E； 27.88508334N	211	否，距离线路直线距 离 252 m
4	樟树	1	树高：26.6 m 胸围:380cm	500	109.6225587E； 27.33981591N	335	否，距离线路直线距 离 293 m
5	秧青	1	树高：40 m 胸围:176 cm	300	109.7945297E； 27.33812032N	547	否，距离线路直线距 离 108 m

6	枫香树	1	树高: 32 m 胸围:414 cm	300	109.8420401E; 27.36428517N	334	否, 距离线路直线距离 90 m
7	圆柏	1	树高: 7 m 胸围: 176 cm	138	109.6730655E; 28.03570028N	287	否, 距离线路直线距离 360 m
8	樟树	1	树高: 24.1 m 胸围:380 cm	320	109.3874098E; 27.46923987N	397	否, 距离线路直线距离 466 m
9	柞木	1	树高: 15 m 胸围:173 cm	200	109.5221611E; 27.3884455N	316	否, 距离线路直线距离 249 m
10	甜槠	1	树高: 14 m 胸围:210 cm	300	109.840667E; 27.36533121N	337	否, 距离线路直线距离 135 m
11	五角枫	1	树高: 17.8 m 胸围:270 cm	380	109.922368E; 27.36148823N	214	否, 距离线路直线距离 194 m
12	青冈	1	树高: 20 m 胸围:195cm	120	109.4845608E; 27.66669875N	426	否, 距离线路直线距离 108 m
13	枫杨	1	树高: 25 m 胸围:214cm	145	109.4952798E; 27.67590912N	326	否, 距离线路直线距离 136 m
14	黄连木	1	树高: 30 m 胸围:333 cm	180	109.5578444E; 27.76657189N	309	否, 距离线路直线距离 147 m
15	枫香树	1	树高: 23 m 胸围:201 cm	130	109.5825725E; 27.80525389N	481	否, 距离线路直线距离 295 m
16	黄连木	1	树高: 28 m 胸围:188 cm	133	109.6133376E; 27.86097687N	236	否, 距离线路直线距离 136 m
17	黄连木	1	树高: 16 m 胸围:176 cm	161	109.6250701E; 27.90227681N	235	否, 距离线路直线距离 131 m
18	朴树	1	树高: 19 m 胸围: 257 cm	221	109.6429328E; 27.965026N	300	否, 距离线路直线距离 193 m
19	黄连木	1	树高: 23 m 胸围:182 cm	211	109.6806041E; 28.08529812N	397	否, 距离线路直线距离 271 m
20	青冈栎	1	树高: 10 m 胸围:248 cm	311	109.7049688E; 28.11048022N	341	否, 距离线路直线距离 214 m
21	毛豹皮樟	1	树高: 26 m 胸围:147 cm	111	109.7412198E; 28.18811622N	420	否, 距离线路直线距离 173 m
22	榉树	1	树高: 30 m 胸围:502 cm	501	109.7740514E; 28.25893226N	245	否, 距离线路直线距离 147 m
23	枫香树	1	树高: 38.1 m 胸围:408 cm	200	109.5036819E; 27.40307387N	326	否, 距离线路直线距离 136 m
24	苦槠	1	树高: 30.1 m 胸围:261 cm	200	109.5075803E; 27.40138076N	333	否, 距离线路直线距离 126 m
25	樟树	1	树高: 17.1 m 胸围:283cm	100	109.5076311E; 27.40114483N	332	否, 距离线路直线距离 130 m
26	柏木	1	树高: 21.1 m 胸围:132 cm	100	109.5083825E; 27.40048288N	331	否, 距离线路直线距离 142 m
27	小叶青冈	1	树高: 16 m 胸围:254 cm	200	109.5307027E; 27.37809094N	304	否, 距离线路直线距离 134 m
28	苦槠	1	树高: 18.1 m 胸围:308 cm	300	109.5160402E; 27.3923505N	319	否, 距离线路直线距离 142 m
29	樟树	1	树高: 32 m 胸围:317 cm	150	109.5385562E; 27.37661231N	334	否, 距离线路直线距离 159 m
30	枫香树	1	树高: 17 m 胸围:220 cm	120	109.5720854E; 27.35874262N	455	否, 距离线路直线距离 111 m
31	鹿角锥	1	树高: 18 m	220	109.583576E; 27.35155613N	377	否, 距离线路直线距离

			胸围:220 cm				离 120 m
32	樟树	1	树高: 9.2 m 胸围:220 cm	140	109.8574461E; 27.37318667N	356	否, 距离线路直线距 离 151 m
33	枫香树	1	树高: 28 m 胸围:308 cm	170	109.8995625E; 27.37243729N	250	否, 距离线路直线距 离 138 m
合计			33				

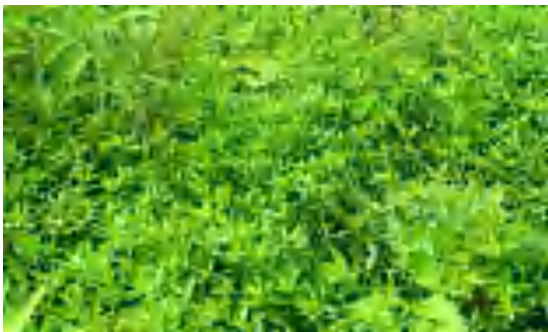
7.2.3.5 外来入侵种

依据《中国外来入侵物种名单》（第一批，2003 年）、《中国外来入侵物种名单》（第二批，2010 年）、《中国外来入侵物种名单》（第三批，2014 年）、《中国外来入侵物种名单》（第四批，2016 年），参考《湖南林草入侵物种普查识别图册》，以《湖南省森林草原湿地生态系统外来入侵物种普查名单》、《湖南省森林草原湿地生态系统重点外来入侵物种名单》、《重点管理外来入侵物种名录》（农业农村部 自然资源部 生态环境部 住房和城乡建设部 海关总署 国家林草局公告第 567 号）作为开展普查的主要对象。根据资料收集结合现场调查，评价范围内调查到 20 种，分别为苍耳、香丝草、小蓬草、一年蓬、鬼针草、藿香蓟、鳢肠、钻叶紫菀、垂序商陆、喜旱莲子草、青葙、凤眼蓝、野胡萝卜、苏门白酒草、苦苣菜、凹头苋、皱果苋、球序卷耳、刺槐、水茄。评价范围内的外来物种均为零散分布，未在区域形成单一优势群落，对当地的生态系统和物种尚未发现产生不利影响。

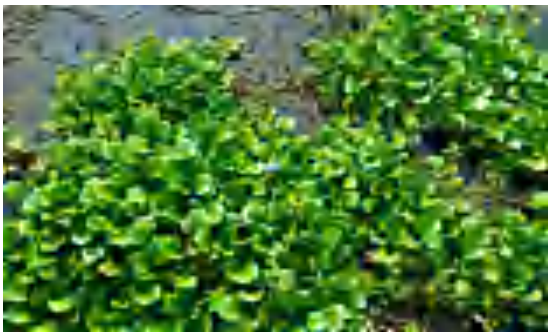
表 7.2-9 评价区外来入侵物种调查汇总表

编号	入侵物种名称	学名	科	入侵种批次	分布情况
1	苍耳	<i>Xanthium strumarium</i>	菊科 Compositae	逾 500 种	草地、路旁、荒坡
2	香丝草	<i>Erigeron bonariensis</i>	菊科 Compositae	逾 500 种	草地、路旁、园地
3	小蓬草	<i>Erigeron canadensis</i>	菊科 Compositae	第三批	草地、路旁、园地
4	一年蓬	<i>Erigeron annuus</i>	菊科 Compositae	第三批	草地、路旁、园地
5	鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	菊科 Compositae	第三批	草地、路旁、园地
6	藿香蓟	<i>Ageratum conyzoides</i>	菊科 Compositae	第四批	荒坡、草地、园地
7	鳢肠	<i>Eclipta prostrata</i>	菊科 Compositae	逾 500 种	草地、路旁、园地
8	钻叶紫菀	<i>Symphyotrichum subulatum</i>	菊科 Compositae	第三批	草地、路旁、园地、 荒坡零散分布
9	垂序商陆	<i>Phytolacca americana</i>	商陆科 Phytolaccaceae	第四批	草地、路旁、园地
10	喜旱莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	苋科 Amaranthaceae	第一批	荒地、路旁、水沟、 低洼的渍水田
11	青葙	<i>Celosia argentea</i>	苋科 Amaranthaceae	逾 500 种	草地、路旁、园地
12	凤眼蓝	<i>Eichhornia crassipes</i>	雨久花科 Pontederiaceae	第一批	水沟、池塘区、低洼 的渍水田、河道、江 岸边
13	野胡萝卜	<i>Daucus carota</i>	伞形科 Apiaceae	逾 500 种	草地、路旁、荒坡、 园地

编号	入侵物种名称	学名	科	入侵种批次	分布情况
14	苏门白酒草	<i>Conyza sumatrensis</i>	菊科 Compositae	第三批	草地、路旁、园地、荒坡
15	苦苣菜	<i>Sonchus oleraceus</i>	菊科 Compositae	逾 500 种	草地、路旁、荒地、园地
16	凹头苋	<i>Amaranthus blitum</i>	苋科 Amaranthaceae	逾 500 种	草地、路旁、田间、园地
17	皱果苋	<i>Amaranthus viridis</i>	苋科 Amaranthaceae	逾 500 种	草地、路旁、田间、荒地
18	球序卷耳	<i>Cerastium glomeratum</i>	石竹科 Caryophyllaceae	逾 500 种	草地、路旁、荒坡、林下
19	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i>	豆科 Fabaceae	逾 500 种	山地、路旁、荒地、造林地
20	水茄	<i>Solanum torvum</i>	茄科 Solanaceae	第四批	荒坡、草地、路旁、园地、沟谷边



喜旱莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*)
拍摄时间：2025 年 8 月 1 日
拍摄地点：109.70496882°E, 28.11048022°N



凤眼蓝 (*Eichhornia crassipes*)
拍摄时间：2025 年 8 月 1 日
拍摄地点：109.67306551°E, 28.03570028°N



垂序商陆 (*Phytolacca americana*)
拍摄时间：2025 年 8 月 1 日
拍摄地点：109.62507012°E, 27.90227681°N



鳢肠 (*Eclipta prostrata*)
拍摄时间：2025 年 8 月 1 日
拍摄地点：109.55784439°E, 27.76657189°N



青葙 (*Celosia argentea*)
拍摄时间：2025 年 8 月 1 日
拍摄地点：109.50368185°E, 27.40307387°N



一年蓬 (*Erigeron annuus*)
拍摄时间：2025 年 8 月 1 日
拍摄地点：109.62255871°E, 27.33981591°N



鬼针草 (*Bidens pilosa*)
拍摄时间：2025 年 8 月 4 日
拍摄地点：109.131232°E，27.600940°N



藿香蓟 (*Ageratum conyzoides*)
拍摄时间：2025 年 8 月 6 日
拍摄地点：109.131176°E，27.601004°N



小蓬草 (*Erigeron canadensis*)
拍摄时间：2025 年 8 月 7 日
拍摄地点：109.330845°E，27.598548°N



垂序商陆 (*Phytolacca americana*)
拍摄时间：2025 年 8 月 8 日
拍摄地点：109.421483°E，27.635931°N

图 7.2-1 外来入侵植物现场调查照片

7.2.4 陆生动物现状调查与评价

7.2.4.1 陆生动物区划

根据《中国动物地理》（张荣祖，2011 年）及《中国陆生野生动物生态地理区划研究》（何杰坤等，2018 年），工程线路涉及到贵州省东部以及湖南省的西部区域，其评价区内的动物地理区划属东洋界-华中区-西部山地高原亚区-黔桂湘低山丘陵省。

黔桂湘低山丘陵省的范围包括广西北部、贵州东部、湖南西部和重庆东南部，以岩溶性山地地貌为主，海拔主要为 200~1000m，主要分布有低山丘陵亚热带林灌-农田动物群。黔桂湘低山丘陵省属于中亚热带季风气候，年均气温 10~21℃，夏季(6~8 月)平均气温 19~28℃，冬季(12~2 月)平均气温 0~12℃；年均降水量 1150~1800mm，雨季降水量 480~910mm，旱季降水量 80~190mm。黔桂湘低山丘陵省的地带性土壤类型是黄壤和红壤，还零星分布有紫色土和石灰土黄壤分布于黔桂湘低山丘陵省的大部分地区，在沅江和柳江上游河谷分布有部分红壤。在沅江的部分河段还分布有紫色土和石灰土。黔桂湘低山丘陵省以人工植被为主要植被类型，约占 26%；其次为亚热带、热带常绿阔叶、落叶阔叶灌丛

（茅栗、白栎灌丛；雀梅藤、小果蔷薇、火棘、龙须藤灌丛、竹叶椒、荚蒾灌丛），约占25%；还分布有亚热带针叶林和亚热带、热带草丛等植被类型。

7.2.4.2 陆生动物物种组成与分布特征

通过野外调查并整理相关文献资料得知，在评价区内分布有脊椎动物 27 目 96 科 317 种，其中两栖类动物为 1 目 7 科 34 种，爬行类动物共 2 目 15 科 51 种，鸟类 18 目 56 科 190 种，哺乳动物有 6 目 18 科 42 种。从区系组成来看，其中，属东洋界的有 215 种，占总数的 67.82%；属古北界的有 57 种，占总数的 17.98%；属广布种的有 45 种，占总数的 14.20%。说明评价区内野生动物区系以东洋界为主。

表 7.2- 10 评价区陆生脊椎动物组成

纲	目	科	种	东洋界	古北界	广布种
两栖纲	1	7	34	31	/	3
爬行纲	2	15	51	31	/	20
鸟纲	18	56	190	123	50	17
哺乳纲	6	18	42	30	7	5
合计	27	96	317	215	57	45

7.2.4.3 两栖类

（1）物种类型

通过实地调查并结合历史资料和相关文献，该项目评价区范围内两栖类共记录 34 种，隶属于 1 目 7 科。其中，以蛙科种类数最多，共 13 种。价区国家二级重点保护两栖动物有 1 种，为虎纹蛙。湖南段涉及湖南省级野生保护动物两栖类 15 种，贵州段不涉及省级野生保护动物。在区系结构上，评价区两栖动物以东洋界为主。

两栖动物的繁殖离不开各类水体，且部分种类成体上岸后也不能远距离离开水体或者湿润环境。本项目施工区域所占生境主要为河流、溪流、稻田以及次生林，总体来说，项目施工区域水资源比较丰富，是两栖动物的适宜生境。

（2）区系类型

从区系组成看有 3 种，其中东洋界 31 种、广布种 3 种。

（3）生态类型

静水型：生活在静水环境中觅食，静水型物种最多，其中包括黑斑侧褶蛙、湖北侧褶蛙、弹琴蛙、峨眉林蛙、镇海林蛙、寒露林蛙、阔褶水蛙、泽陆蛙、川村陆蛙、小弧斑姬蛙、饰纹姬蛙、粗皮姬蛙 12 种。主要在评价区内水流较缓的水域，如水塘、水洼、稻田中生活。

陆栖-静水型：（在静水或缓流中活动觅食）：包括无斑雨蛙、华西雨蛙 2 种。主要

在评价区内的池塘、水库及稻田等静水水体中生活，与人类活动关系较密切。

流水型：成体多为陆栖，但繁殖或幼体阶段则依赖静水环境，有崇安湍蛙、中华湍蛙、绿臭蛙、黄岗臭蛙、大绿臭蛙、竹叶蛙、棘腹蛙、棘胸蛙、隆肛蛙、小棘蛙 10 种。溪流型两栖类的种群数量以及物种多样性随着海拔的高低而不同。

陆栖型：成体多为陆栖，但繁殖或幼体阶段则依赖流水环境，有中华蟾蜍、虎纹蛙 2 种。它们主要在评价区内离水源不远的陆地上如草地、石下、田埂间等生境内活动，与人类活动关系较密切。中华蟾蜍在评价区分布较为广泛。

树栖型（主要在树干上或者植物叶片上活动觅食）：包括斑腿泛树蛙、大树蛙、布氏泛树蛙、经甫树蛙共 4 种。主要分布于评价区沿线生境较好的河流附近，在树上、庄稼叶片上或水塘周边矮灌丛上活动。

穴居型（大部分时间生活于地下或洞穴中，形态特化）：包括崇安髭蟾、棘疣角蟾、武陵掌突蟾、红点齿蟾 4 种。

7.2.4.4 爬行类

（1）物种类型

通过实地调查并结合历史资料和相关文献，该项目评价区范围内共有爬行动物 51 种，隶属于 2 目 15 科，其中以游蛇科的物种数最多，有 26 种。评价区国家二级重点保护物种 2 种，分别为中华草龟和脆蛇蜥。湖南段涉及湖南省级野生保护动物爬行类 42 种，贵州段不涉及省级野生保护动物。

（2）区系类型

在区系结构上，评价区两栖动物均系属东洋界和广布种。

（3）生态类型

在生态类型上，评价区爬行动物共存在 7 种生态类型：

住宅型（在住宅区的建筑物中筑巢、繁殖、活动的爬行类）：只有多疣壁虎 1 种。主要在评价区的居民点活动、亦可在草堆及石缝等处发现。

水生/半水生型（生活于河流、湖泊、池塘等淡水水域）：乌龟、中华鳖、山溪后棱蛇、乌华游蛇、环纹华游蛇、赤链华游蛇、渔游蛇、红纹滞卵蛇 8 种。

林栖型：（喜栖息于山区森林的落叶层和土壤中，夜晚活动，习性隐蔽）黑脊蛇、钝尾两头蛇、灰腹绿锦蛇、紫灰锦蛇、黑眉锦蛇、玉斑锦蛇、翠青蛇、王锦蛇、刘氏白环蛇、黑背白环蛇、绞花林蛇、台湾小头蛇、龙胜小头蛇、饰纹小头蛇、黑头剑蛇、紫沙蛇、白头蝰、尖吻蝮、短尾蝮、原矛头蝮、台湾烙铁头蛇、福建竹叶青蛇、平鳞钝头蛇共 23 种。

林栖傍水型（主要在评价区有河流的区域活动）：包括虎斑颈槽蛇、草腹链蛇、锈链

腹链蛇、大眼斜鳞蛇、横纹斜鳞蛇、赤链蛇、乌梢蛇、银环蛇、舟山眼镜蛇 9 种。主要在评价区灌草丛、草丛和河流、水塘、农田生境中。

穴居型（营穴居生活，栖息于潮湿的土穴或石缝中）：脆蛇蜥 1 种，外形似蛇，实为蜥蜴。

树栖型（主要在灌木或树木上生活，善于攀爬）：滑鼠蛇、灰鼠蛇 2 种。

农田/草栖型（主要生活在农田、灌草丛、荒地等开阔环境中）包括中国石龙子、蓝尾石龙子、铜蜓蜥、宁波滑蜥、股鳞蜓蜥、北草蜥、黄链蛇 7 种。

依据这些物种普遍接受的典型生态习性，部分物种的生态位可能存在重叠或在不同地区有差异。从划分结果来看，林栖型是物种数量最多的类群，这反映了该名单中的物种多适应于森林环境。林栖傍水型也占据了很大比例，体现了爬行动物分布与水源的密切关系。评价区爬行动物多集中分布在评价区水量相对充沛的农田水塘及其周边，项目施工区域爬行动物以蜥蜴目种类为主，蛇目种类亦常游走于施工区域。

7.2.4.5 鸟类

（1）物种类型

根据实地调查并结合历史资料和相关文献，该项目评价区范围内鸟类共记录物种 190 种，隶属 18 目 56 科，以雀形目的鸟类物种数最多，为优势类群，共有 33 科 124 种。评价区鸟类区系以东洋界为主，古北界成分也较大。评价区分布国家二级重点保护野生动物 9 种，分别为普通鵟（*Buteo japonicus*）、黑鸢（*Milvus migrans*）、红隼（*Falco tinnunculus*）、画眉（*Garrulax canorus*）、红腹角雉（*Tragopan temminckii*）、草鹛（*Tyto longimembris*）、斑头鸺鹠（*Glaucidium cuculoides*）、橙翅噪鹛（*Garrulax elliotii*）和红嘴相思鸟（*Leiothrix lutea*）。湖南段涉及湖南省级野生保护动物鸟类 77 种，贵州段不涉及省级野生保护动物。

（2）区系类型

按照区系类型分，可将评价区内的鸟类分为 3 种，其中东洋界 123 种、古北界 50 种、广布种 17 种。

（3）生态类型

在生态类型上，评价区鸟类共存在 6 种生态类型：

鸣禽（鸣管和鸣肌特别发达。一般体形较小，体态轻捷，活泼灵巧，善于鸣叫和歌唱，且巧于筑巢）。包括雀形目的所有鸟类，共 125 种。鸣禽生境丰富多样，广泛分布于评价区各类生境中。

攀禽（嘴、脚和尾的构造都很特殊，善于在树上攀缘）。包括普通夜鹰、小白腰雨燕、

白腰雨燕、大鹰鹃、四声杜鹃、大杜鹃等共 24 种。多集中分布于评价区林地及林缘灌草丛生境中。

涉禽（嘴、颈和脚都比较长，脚趾也很长，适于涉水行进，不会游泳，常用长嘴插入水底或地面取食）。包括白鹭、池鹭、夜鹭、牛背鹭、普通秧鸡、黑水鸡等共 18 种，主要生活在农田和河流边。

游禽（喜欢在水中取食和栖息，擅长游泳和潜水，双脚位于身体后侧，具有带蹼的双足的鸟类）。包括小鸕鶿、凤头鸕鶿、绿翅鸭、绿头鸭、斑嘴鸭、赤膀鸭、白骨顶、普通秋沙鸭、普通鸬鹚等 9 种，主要栖息于水塘和河流。

陆禽（体格结实，嘴坚硬，脚强而有力，适于挖土，多在地面活动觅食）。包括灰胸竹鸡、环颈雉、山斑鸠和珠颈斑鸠共 7 种。其中环颈雉、灰胸竹鸡主要分布于评价区林地及林缘灌草丛，山斑鸠和珠颈斑鸠分布广泛，各类生境均有分布。

猛禽（具有弯曲如钩的锐利嘴和爪，翅膀强大有力，能在天空翱翔或滑翔，捕食空中或地下活的猎物）。包括普通鵟、红隼、草鹞和斑头鸺鹠等 7 种。可偶见活动于沿岸林地和林缘灌丛、灌草丛上空。

评价区中，涉禽主要集中分布于河流两侧及稻田；陆禽主要集中分布于人为干扰较少的林地及林缘灌丛，但鸬鹚科鸟类分布广泛，各生境均可见；隼形目猛禽营巢于植被较好的林中，并盘旋于周边沟谷等开阔地带觅食；部分攀禽（如大斑啄木鸟等）多见于生境较好的林地；鸣禽因其种类繁多，生境复杂，在整个评价区分布广泛。

（4）居留型

鸟类迁徙是鸟类随着季节变化进行的，方向确定的，有规律的和长距离的迁居活动。根据鸟类迁徙的行为，可将评价区的鸟类分成以下 4 种居留型：

留鸟：留鸟占比高达 57.9%，构成了评价区鸟类的绝对主体。这一特征具有多重生态学含义：栖息地适应性与稳定性：留鸟能够全年在本地完成生活史，表明评价区提供了相对稳定、全年可用的食物资源（常年开花结果的植物、丰富的无脊椎动物等）、适宜的巢址以及有效的庇护所。这通常与发育良好、结构复杂的森林生态系统密切相关，评价区有鹎科、鸦科、山雀科、莺鹟科、噪鹛科等典型林鸟。群落结构复杂，高比例的留鸟意味着评价区内存在着稳定的种内和种间关系，如领域行为、竞争与共存机制等。这类群落对外界干扰的抵抗力相对较强，系统弹性较高。区域特殊性为鸡形目、鸽形目、鹰形目、鸱形目等多数种类为留鸟，说明该区域可能包含了这些类群的关键栖息地，对于维持区域性的顶级捕食者（鹰、鸱）和部分地栖性鸟类的种群稳定具有至关重要的作用。

夏候鸟：占比 16.8%，是迁徙鸟类中最主要的组成部分。这表明评价区是许多鸟类重

要的繁殖地。资源季节性高峰利用表现为夏候鸟（如鸻形目、燕科、柳莺科）的到来，是为了利用评价区夏季丰富的昆虫资源、适宜的气候和巢址进行繁殖。它们的加入极大地丰富了评价区春夏季的鸟类多样性，并提升了生态系统的功能（如害虫控制）。这些夏候鸟将评价区与遥远的越冬地（可能在中国南方或东南亚地区）联系起来，成为连接南北的生态枢纽。评价区的生态环境质量直接影响其繁殖成功率，进而影响整个种群的健康发展。高达 84.5%的繁殖鸟（留鸟+夏候鸟）占比，强有力地证明了该区域在鸟类繁殖生态中的核心地位。

冬候鸟：冬候鸟占比 15.3%，这可能由气候因素导致：评价区本身冬季气候可能较为寒冷，食物资源（如昆虫、开放水域中的鱼类）匮乏，对大多数来自更北地区的鸟类缺乏吸引力。地理屏障与位置：该地区可能不处于主要越冬水鸟（如雁鸭类、鹤类）的飞行路径上，或者周边存在更优越的越冬地（如大型湖泊、沿海湿地），形成了“虹吸效应”。同时，评价区以森林为主，而许多冬候鸟偏好开阔的农田、湿地或草原。白腰草鹬（依赖湿地）和普通鳊（依赖开阔地捕食）的存在，恰好印证了评价区内存在小片符合其需求的生境，但规模有限。

旅鸟：旅鸟占比 10.0%，主要包括彩鹬类和部分雀形目种类。这表明评价区位于部分鸟类迁徙路线上，但可能并非核心的“加油站”或停歇地。彩鹬类多依赖湿地等生境，其种类和数量较少，可能评价区内此类生境面积有限或质量不高，未能吸引更多迁徙水鸟停歇。

7.2.4.6 哺乳类

（1）物种类型

通过实地调查并结合历史资料和相关文献，该项目评价区范围内共有哺乳动物 42 种，隶属于 6 目 18 科。评价区无国家一级重点保护动物，有 2 种为国家二级重点保护物种，分别为斑林狸（*Prionodon pardicolor*）、豹猫（*Prionailurus bengalensis*），湖南段涉及湖南省级野生保护动物哺乳类 25 种，贵州段不涉及省级野生保护动物。

（2）区系类型

在区系结构上，评价区依然是以东洋界为主，有 30 种，古北界有 7 种，广布种 5 种。

（3）生态类型

在生态类型上，评价区哺乳动物共存在 3 种生态类型：

地下生活型（主要在地面活动觅食，栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下寻找食物）：包括银星竹鼠、中华竹鼠 2 种。

半地下生活型（穴居型，主要在地面活动觅食、栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下

寻找食物）：包括东北刺猬、褐家鼠等 17 种。主要分布在评价区村落周边林地、灌丛中。

岩洞栖息型（在岩洞中倒挂栖息的小型哺乳动物）：包括中华菊头蝠、东方蝙蝠等 11 种。主要集中栖息在评价区居民区的屋檐、墙隙中并于傍晚出来觅食。









树栖型（主要在树上栖息、觅食）：包括赤腹松鼠、红腿长吻松鼠、隐纹花松鼠、珀氏长吻松鼠 4 种。









林栖地面生活型：包括花面狸、豹猫和小鹿等 8 种，主要生活在远离居民区的林地里。

调查结果显示，评价区哺乳动物资源一般，部分种类种群数量少，本项目评价区哺乳动物以啮齿目鼠类（如褐家鼠、小家鼠）为主，为评价区优势种类，种群规模较大，食肉目动物黄鼬、猪獾较为常见，而花面狸、豹猫、小鹿等在评价区种群数量少，可偶见于离居民区较远的林地生境中。

7.2.4.7 部分现场调查照片

	
爬行动物名称：铜蜓蜥	两栖动物名称：中华蟾蜍
	
鸟种名称：红嘴蓝鹊	鸟种名称：白鹭

	
鸟种名称：小鸊鷉	鸟种名称：麻雀
	
鸟种名称：白颊噪鹛	鸟种名称：喜鹊
	
鸟种名称：黑水鸡	鸟种名称：黄臀鹎
	
鸟种名称：白头鹎	鸟种名称：栗背伯劳

	
鸟种名称：鹊鸂	鸟种名称：山斑鸠
	
鸟种名称：珠颈斑鸠	鸟种名称：领雀嘴鹎
	
鸟种名称：中白鹭	鸟种名称：黑卷尾
	
鸟种名称：夜鹭	鸟种名称：牛背鹭

	
鸟种名称：丝光棕鸟	鸟种名称：灰胸竹鸡
	
鸟种名称：白鹡鸰	鸟种名称：白顶溪鸲
	
鸟种名称：矶鹬	鸟种名称：褐胁雀鹬
	
鸟种名称：苍鹭	鸟种名称：红尾水鸲



	
鸟种名称：灰背燕尾	鸟种名称：白腰文鸟

图 7.2-2 评价区部分鸟类拍摄图






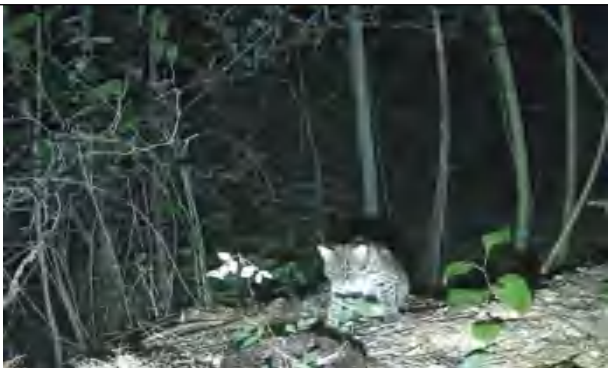
	
野猪	野猪
	
红腹角雉	斑林狸
	
豹猫	豹猫



图 7.2-3 红外相机拍摄图

7.2.5 重要物种

7.2.5.1 重要植物

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），重要物种是在生态影响评价中需要重点关注、具有较高保护价值或保护要求的物种，包括国家及地方重点保护野生动植物名录所列的物种，《中国生物多样性红色名录（2020）》（2023 年 5 月）中列为极危（Critically Endangered）、濒危（Endangered）和易危（Vulnerable）的物种，国家和地方政府列入拯救保护的极小种群物种，特有种以及古树名木等。根据相关资料记录和野外调查结果，本项目经过贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省湘西土家族苗族州吉首市、凤凰县、泸溪县及怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳县，涉及 2 个省、3 个地级市（州）、8 个区县（市），线路涉及的区域地势起伏大，环境条件复杂，评价区域发现国家二级重点保护野生植物两种，即野大豆和中华猕猴桃；不涉及地方重点保护野生植物；不涉及极危、濒危、易危野生植物；不涉及极小种野生植物。

表 7.2-11 评价范围内重要野生植物调查结果统计表

序号	物种名称（中文名/拉丁名）	保护级别	濒危等级	特有种（是/否）	极小种群野生植物（是/否）	分布区域	资料来源	工程占用情况（是/否）
1	野大豆 <i>Glycine soja</i>	国家二级	无危 (LC)	是	否	地点：凤凰县林峰乡红星村 经纬度：109.62334156°E， 27.90008950°N	现场调查	否
						地点：铜仁万山区瓦屋河 经纬度：109.300643°E， 27.535746°N	现场调查	否
						地点：碧江区石竹河 经纬度：109.178918°E， 27.589264°N	现场调查	否
						地点：万山区黄连溪 经纬度：109.105664°E， 27.605527°N	现场调查	否
2	中华猕猴桃 <i>Actinidia chinensis</i>	国家二级	无危 (LC)	是	否	地点：凤凰县吉信镇茶罗村 经纬度：109.69065017°E， 28.09146854°N	现场调查	否
						地点：凤凰县吉信镇茶罗村 经纬度：109.67604461°E， 28.07604878°N	现场调查	否
						地点：凤凰县吉信镇茶罗村 经纬度：109.68377403°E， 28.07719997°N	现场调查	否
						地点：万山区便水溪 经纬度：109.295929°E， 27.492267°N	现场调查	否
						地点：万山区敖寨乡 经纬度：109.238436°E， 27.589791°N	现场调查	否
						地点：万山区船溪湾 经纬度：109.311162°E， 27.604307°N	现场调查	否

 <p>野大豆 (<i>Glycine soja</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 1 日 拍摄地点：109.60486551°E, 27.92071884°N</p>	 <p>中华猕猴桃 (<i>Actinidia chinensis</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 1 日 拍摄地点：109.60486551°E, 27.92071884°N</p>
 <p>中华猕猴桃 (<i>Actinidia chinensis</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 1 日 拍摄地点：109.60486551°E, 27.92071884°N</p>	 <p>中华猕猴桃 (<i>Actinidia chinensis</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 1 日 拍摄地点：109.60486551°E, 27.92071884°N</p>
 <p>野大豆 (<i>Glycine soja</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 4 日 拍摄地点：109.300643°E, 27.535746°N</p>	 <p>野大豆 (<i>Glycine soja</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 5 日 拍摄地点：109.178918°E, 27.589264°N</p>
 <p>中华猕猴桃 (<i>Actinidia chinensis</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 7 日 拍摄地点：109.295929°E, 27.492267°N</p>	 <p>中华猕猴桃 (<i>Actinidia chinensis</i>) 拍摄时间：2025 年 8 月 8 日 拍摄地点：109.311162°E, 27.604307°N</p>
图 7.2-4 评价区国家重点保护野生植物现场调查	

7.2.5.2 重要动物

本项目经过贵州省和湖南省，地形起伏较大，地形地貌复杂、植被类型较丰富，为区域内野生动物创造了良好栖息环境。根据资料搜集情况及访问调查，评价区湖南段和贵州段共有国家二级重点保护野生动物 16 种，包括：红隼 *Falco tinnunculus*、凤头鹰 *Accipiter trivirgatus*、松雀鹰 *Accipiter virgatus*、普通鵟 *Buteo japonicus*、黑鸢 *Milvus migrans*、斑头鸺鹠 *Glaucidium cuculoides*、草鸺 *Tyto longimembris*、红腹锦鸡 *Chrysolophus pictus*、画眉 *Garrulax canorus*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、中华草龟 *Mauremys reevesii*、斑林狸 *Prionodon pardicolor*、橙翅噪鹛 *Trochalopteron elliotii*、红嘴相思鸟 *Leiothrix lutea*、红腹角雉 *Tragopan temminckii*、脆蛇蜥 *Ophisaurus formosensis*（表 7.2-12）。湖南段涉及湖南省级野生保护动物 159 种，贵州段不涉及贵州省级保护动物。

表 7.2-12 重要野生动物调查结果统计表

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
1.	红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	二级	LC	否	活动范围较大，在评价区主要分布在山地森林和林缘地带，在村落附近也有分布，也见于山地平原和丘陵地带的疏林和小块林内。	现场调查 历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
2.	凤头鹰 <i>Accipiter trivirgatus</i>	二级	NT	否	活动范围较大，主要栖息于针阔混交林、季风常绿阔叶林及马尾松林。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
3.	松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	二级	LC	否	主要栖息于茂密的针叶林和常绿阔叶林以及开阔的林缘疏林地，冬季常下到山脚和平原地带的小块丛林、竹园与河谷地带；也出现于低山丘陵、草地和果园。松雀鹰常单独或成对在林缘和丛林边等较为空旷处活动和觅食	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
4.	普通鵟 <i>Buteo japonicus</i>	二级	LC	否	活动范围较大，主要栖息于山地森林和林缘地带，从海拔 400 m 的山脚阔叶林到 2000 m 的混交林和针叶林地带均有分布，常见在开阔平原、荒漠、旷野、开垦的耕作区、林缘草地和村庄上空盘旋翱翔。	现场调查 历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
5.	黑鸢 <i>Milvus migrans</i>	二级	LC	否	活动范围较大，主要栖息于开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
6.	斑头鸺鹠 <i>Glaucidium cuculoides</i>	二级	LC	否	活动范围较大，主要栖息于从平原、低山丘陵到海拔 2000 m 左右的中山地带的阔叶林、混交林、次生林和林缘灌丛。	现场调查 历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
7.	草鸮 <i>Tyto longimembris</i>	二级	LC	否	活动范围较大，主要栖息于从平原、低山丘陵到海拔 2000 m 左右的中山地带的阔叶林、混交林、次生林和林缘灌丛。	现场调查 历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
8.	红腹锦鸡 <i>Chrysolophus pictus</i>	二级	NT	是	活动范围较大，主要栖息于海拔 500—2500 米的阔叶林、针阔叶混交林和林缘疏林灌丛地带，也出现于岩石陡坡的矮树丛和竹丛地带，冬季也常到林缘草坡、耕地活动和觅食。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
9.	画眉 <i>Garrulax canorus</i>	二级	NT	否	主要分布在山丘的灌丛以及竹林中。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
10.	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	二级	LC	否	豹猫主要栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近。分布的海拔高度可从低海拔海岸带一直分布到海拔 3000 m 高山林区。豹猫的窝穴多在树洞、土洞、石块下或石缝中。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
					主要为地栖，但攀爬能力强，在树上活动灵敏自如。夜行性，晨昏活动较多。独栖或成对活动。善游水，喜在水塘边、溪沟边、稻田边等近水之处活动和觅食。		
11.	中华草龟 <i>Mauremys reevesii</i>	二级	EN	否	生活于江河、湖泊、水库、池塘等	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
12.	斑林狸 <i>Prionodon pardicolor</i>	二级	LC	否	在中国大陆的分布多见于海拔 2000 米以下的阔叶林边缘灌丛以及亚热带稀树灌丛或高草丛附近。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
13.	橙翅噪鹛 <i>Trochalopteron elliotii</i>	二级	LC	是	生活在海拔 1500 至 3400 米的山地和高原森林及灌丛中，活动范围广泛，既能在林下灌丛中跳跃穿梭，也能在开阔地带觅食。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
14.	红嘴相思鸟 <i>Leiothrix lutea</i>	二级	LC	否	栖息于海拔从海平面至 2000 米的山地，偏好常绿阔叶林、常绿和落叶混交林中的灌丛或竹林，偶尔在林缘活动。在非繁殖季节更为群居和游荡，曾观察到上百只的大群。鸣唱全年持续，尤其在繁殖季节和就寝前最为频繁。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
15.	红腹角雉 <i>Tragopan temminckii</i>	二级	LC	否	红腹角雉栖息于海拔 1000-3500 米的密集常绿或混合森林中，偏好有长流水的沟谷、山涧及潮湿悬崖下的环境。主要食物包括各种植物的嫩芽、叶子、浆果和种子，偶尔也会食用昆虫。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
16.	脆蛇蜥 <i>Ophisaurus formosensis</i>	二级	LC	否	多见于人迹罕至的原始森林底层以及平常可到落叶层中	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
17.	中华蟾蜍 <i>Bufo gargarizans</i>	湘	LC	否	栖息在离水源不太远的陆地上或阴暗有一定湿度的丘陵地带的林间草丛中。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
18.	崇安髭蟾 <i>Vibrissaphora liui</i>	湘	NT	否	栖息于山区溪流、石缝或潮湿的林地底层，常见于水质清澈的溪流环境。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
19.	棘疣角蟾 <i>Megophrys tuberogranulatus</i>	湘	LC	否	常见于山区森林地带的湿润落叶层或溪边石缝中。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
20.	武陵掌突蟾 <i>Leptobrachella wulingensis</i>	湘	LC	是	栖息于山区溪流旁的潮湿石缝或落叶层中。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
21.	红点齿蟾 <i>Oreolalax rhodostigmatus</i>	湘	VU	否	生活于山区石灰岩洞穴或溪流旁的潮湿环境中，夜间活动。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
22.	黑斑侧褶蛙 <i>Pelophylax nigromaculatus</i>	湘	LC	否	常见于水田、池塘、沼泽等静水环境，喜在水边草丛中活动。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
23.	寒露林蛙 <i>Rana hanluica</i>	湘	LC	否	常见于水田、池塘、沼泽等静水环境，喜在水边草丛中活动。	历史资料访问	否，适宜生境较多，活动能力强
24.	竹叶蛙 <i>Odorrana versabilis</i>	湘	LC	否	生活于山区竹林、溪流旁的潮湿环境中，体色与竹叶相似。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
25.	大树蛙 <i>Rhacophorus dennysi</i>	湘	LC	是	喜居于山区竹林或树林内。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
26.	斑腿泛树蛙 <i>Polypedates megacephalus</i>	湘	LC	否	栖息于海拔 80~1600m 的丘陵地带及山区灌丛、水塘杂草或稻田等环境中。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
27.	经甫树蛙 <i>Rhacophorus chenfui</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林中的树干或叶片上，繁殖期进入静水水体。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
28.	棘腹蛙 <i>Ouasipaa boulengeri</i>	湘	LC	是	生活于山区溪流、山涧石缝中，喜清澈流动的水体。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
29.	棘胸蛙 <i>Quasipaa spinosa</i>	湘	VU	否	栖息于深山老林的山涧和溪沟的源流处。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
30.	隆肛蛙 <i>Feirana quadranus</i>	湘	LC	否	常见于山区溪流、水坑旁的潮湿石缝或落叶层中。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
31.	小棘蛙 <i>Ouasipaa exilis spinosa</i>	湘	LC	否	栖息于山区溪流石缝中，体型较小，喜隐蔽于石下。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
32.	中华鳖 <i>Pelodiscus sinensis</i>	湘	VU	否	生活于河流、湖泊、池塘等淡水水体。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
33.	多疣壁虎 <i>Gekko japonicus</i>	湘	LC	否	栖息在建筑物的缝隙中，野外岩缝中、石下、树上及柴草堆内亦常见。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
34.	中国石龙子 <i>Plestiodon chinensis</i>	湘	LC	否	生活于农田或林缘的草丛中。常活动于石堆中，受惊则躲入石缝。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
35.	铜蜓蜥 <i>Sphenomorphus indicus</i>	湘	LC	否	栖息在荒坡、路边、阴湿乱石堆。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
36.	北草蜥 <i>Takydromus</i>	湘	LC	是	栖息于丘陵灌丛中，也见于农田、茶园、溪边、路边。	现场调查	否，适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
	<i>septentrionalis</i>						多, 活动能力强
37.	黑脊蛇 <i>Achalinus spinalis</i>	湘	LC	否	生活于河流、湖泊、池塘等淡水水体。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
38.	钝尾两头蛇 <i>Calamaria septentrionalis</i>	湘	LC	否	生活于河流、湖泊、池塘等淡水水体。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
39.	山溪后棱蛇 <i>Opisthotropis latouchii</i>	湘	LC	是	生活于河流、湖泊、池塘等淡水水体。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
40.	虎斑颈槽蛇 <i>Rhabdophis tigrinus</i>	湘	LC	否	生活于河流、湖泊、池塘等淡水水体。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
41.	乌华游蛇 <i>Sinonatrix percarinata</i>	湘	LC	否	生活于山区溪流、水田等水域附近, 以鱼类、两栖类为食。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
42.	草腹链蛇 <i>Amphiesma stolatum</i>	湘	LC	否	广泛生活在平原、丘陵、谷地的草丛和农耕区。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
43.	环纹华游蛇 <i>Sinonatrix aequifasciata</i>	湘	VU	是	栖息于山区溪流、水田等水域环境。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
44.	赤链华游蛇 <i>Sinonatrix annularis</i>	湘	VU	是	常见于山区溪流、水田等湿润环境。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
45.	锈链腹链蛇 <i>Hebius craspedogaster</i>	湘	LC	否	生活于山区林地、溪边草丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
46.	大眼斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon macrops</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
47.	横纹斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon bambusicola</i>	湘	LC	是	常见于山区竹林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
48.	灰腹绿锦蛇 <i>Rhadinophis fienatus</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
49.	紫灰锦蛇 <i>Oreocryptophis porphyraceus</i>	湘	DD	否	栖息于山区森林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
50.	黑眉锦蛇 <i>Elaphe</i>	湘	VU	否	生活于低海拔的平原、丘陵、山地等处, 喜活动于林地、	现场调查	否, 适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
	<i>taeniura</i>				农田、草地、灌丛、坟地、河边及住宅区附近。		多, 活动能力强
51.	玉斑锦蛇 <i>Euprepophis mandarinus</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
52.	翠青蛇 <i>Cyclophiops major</i>	湘	LC	否	多活动在耕作区的地面或树上, 或隐居于石下, 也栖息于 山地阔叶林和次生林。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
53.	红纹滞卵蛇 <i>Oocatochus rufodorsatus</i>	湘	LC	否	常见于山区林地、水边草丛中。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
54.	王锦蛇 <i>Elaphe carinata</i>	湘	VU	否	生活于平原、丘陵和山地。在平原的河边、库区及田野均 有栖息。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
55.	黑背白环蛇 <i>Lycodon ruhstrati</i>	湘	LC	否	生活于山区森林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
56.	滑鼠蛇 <i>Plyas mucosa</i>	湘	LC	否	栖息于农田、林地、水边等多种环境。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
57.	灰鼠蛇 <i>Ptyas korros</i>	湘	NT	否	常见于农田、林地、灌丛中。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
58.	赤链蛇 <i>Lycodon rufozonatus</i>	湘	LC	否	生活于海拔 1000m 以下的丘陵地区、平原田野, 亦常见于 住宅周围。居民点附近。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
59.	黄链蛇 <i>Lycodon flavozonatum</i>	湘	DD	否	生活于山区林地、灌丛中。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
60.	乌梢蛇 <i>Ptyas dhumnades</i>	湘	VU	否	生活于平原、丘陵和山区, 常见于田野、林下、河岸旁、 溪边、灌丛、草地、民宅等处。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
61.	绞花林蛇 <i>Boiga kraepelini</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
62.	台湾小头蛇 <i>Oligodon formosanus</i>	湘	LC	否	常见于山区林地、石缝中。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
63.	饰纹小头蛇 <i>Oligodon ornatus</i>	湘	LC	否	生活于山区林地、草丛中。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
64.	黑头剑蛇 <i>Sibinophis chinensis</i>	湘	LC	否	栖息于山区林地、灌丛中。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
65.	紫沙蛇	湘	LC	否	常见于山区沙地、石缝中。	历史资料	否, 适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
	<i>Psammodynastes puberulentus</i>						多, 活动能力强
66.	银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	湘	VU	否	生活在平原、山地或近水沟的丘陵地带, 常出现于住宅附近。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
67.	舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	湘	VU	否	栖息于农田、林地、村庄附近。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
68.	白头蝭 <i>Azemiops kharini</i>	湘	DD	否	生活于山区森林、灌丛中。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
69.	尖吻蝭 <i>Deinagkistrodon acutus</i>	湘	UV	否	常见于山区石缝、灌丛中。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
70.	短尾蝭 <i>Gloydius brevicaudus</i>	湘	LC	否	栖息于农田、林地、水边等多种环境。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
71.	原矛头蝭 <i>Protobothrops mucrosquamatus</i>	湘	LC	否	常见于地势较平坦的竹林、茶山和溪边, 也到居民耕作地、住宅附近的草丛、垃圾堆、柴草、石缝间活动, 甚至进入室内。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
72.	台湾烙铁头蛇 <i>Ovophis makazayazaya</i>	湘	LC	否	生活于山区森林、石缝中。	历史资料	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
73.	福建竹叶青蛇 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	湘	LC	否	常见于山区竹林、灌丛中。	历史资料 访问	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
74.	小鸺鹠 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	湘	LC	否	主要生活于低山和平原地带的湖泊、水库和沿海港湾。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
75.	夜鹭 <i>Nycticorax nycticorax</i>	湘	LC	否	夜行性, 白天多隐藏于林中或沼泽间, 晚间活动。营群巢。常集群巢于松、杂木林	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
76.	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	湘	LC	否	栖息于沼泽、稻田、蒲塘等地。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
77.	牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	湘	LC	否	栖息于平原、低山脚下的沼泽、稻田、荒地等地。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
78.	苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	湘	LC	否	栖息于沼泽、海滩、江河、湖岸边的浅水处。	现场调查	否, 适宜生境较 多, 活动能力强
79.	白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	湘	LC	否	栖息于水田、池塘、江河、湖泊、水库和溪流等处的浅水	现场调查	否, 适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
					中。		多, 活动能力强
80.	中白鹭 <i>Ardea intermedia</i>	湘	LC	否	栖息和活动于河流、湖泊、沼泽、河口、海边和水塘岸边浅水处及河滩上, 也常在沼泽和水稻田中活动。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
81.	普通夜鹰 <i>Caprimulgus indicus</i>	湘	LC	否	栖息于海拔 3000m 以下的阔叶林和针阔叶混交林; 也出现于针叶林、林缘疏林、灌丛和农田地区竹林和丛林内。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
82.	灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracicus</i>	湘	LC	是	栖息于低山灌丛、竹林和杂草丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
83.	环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>	湘	LC	否	栖息于灌木丛、小竹簇、草丛、山谷草甸及林缘、近山耕地和苇塘内。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
84.	中华鹧鸪 <i>Francolinus pintadeanus</i>	湘	LC	否	栖息于丘陵、山地灌丛、草丛中。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
85.	白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	湘	LC	否	栖息于长有芦苇或杂草的沼泽地和有灌木的高草丛、湿灌木、水稻田、甘蔗田中, 以及河流、湖泊、灌渠和池塘边, 也生活在人类住地附近。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
86.	黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	湘	LC	否	栖息于富有芦苇和水生挺水植物的淡水湿地、沼泽、湖泊、水库、苇塘、水渠和水稻田中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
87.	红脚苦恶鸟 <i>Amaurornis akool</i>	湘		否	生活于沼泽、稻田、水边草丛中。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
88.	白骨顶 <i>Fulica atra</i>	湘	LC	否	常见于湖泊、水库、沼泽等开阔水域。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
89.	凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>	湘	NT	否	栖息于农田、沼泽、草地等开阔环境。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
90.	长嘴剑鸻 <i>Charadrius placidus</i>	湘	LC	否	生活于河滩、沙滩、水田等开阔地带。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
91.	白腰草鹬 <i>Tringa ochropus</i>	湘	LC	否	喜小水塘及池塘、沼泽地及沟壑。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
92.	山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	湘	LC	否	栖于平原和山地树林间, 冬季活动在农田里。以各种浆果及种子为食。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
93.	珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	湘	LC	否	栖息于丘陵山地树林和多树的平原郊野、农田附近, 秋季通常结成小群活动。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
94.	大鸨 <i>Hierococcyx</i>	湘	LC	否	多见于山林中, 高至海拔 1600m, 冬天常到平原地带。	历史资料	否, 适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
	<i>sparverioides</i>						多, 活动能力强
95.	四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	湘	LC	否	多栖息于高大森林中。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
96.	大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	湘	LC	否	栖息于山地、丘陵和平原地带的森林中, 有时也出现于农田和居民点附近高的乔木树上。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
97.	中杜鹃 <i>Cuculus saturatus</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、林缘地带。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
98.	小杜鹃 <i>Cuculus poliocephalus</i>	湘	LC	否	常见于山区森林、灌丛中。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
99.	噪鹛 <i>Eudynamys scolopaceus</i>	湘	LC	否	栖息于山地, 丘陵, 山脚平原地带林木茂盛的地方。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
100.	白腰雨燕 <i>Apus pacificus</i>	湘	LC	否	栖息于山区岩壁、建筑物缝隙。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
101.	小白腰雨燕 <i>Apus nipalensis</i>	湘	LC	否	生活于山区、城镇建筑物缝隙。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
102.	普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	湘	LC	否	栖息于海拔 3800m 以下的水域附近。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
103.	蓝翡翠 <i>Halcyon pileata</i>	湘	LC	否	喜大河流两岸、河口及红树林。栖于悬于河上的枝头。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
104.	三宝鸟 <i>Eurystomus orientalis</i>	湘	LC	否	栖息于针阔叶混交林和阔叶林林缘路边及河谷两岸高大的乔木树上。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
105.	戴胜 <i>Upupa epops</i>	湘	LC	否	栖息在开阔的田园、园林、郊野的树干上。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
106.	大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i>	湘	LC	否	常见于森林、林地。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
107.	灰头绿啄木鸟 <i>Picus canus</i>	湘	LC	否	栖息于小片林地及林缘, 亦见于大片林地。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
108.	星头啄木鸟 <i>Dendrocopos canicapillus</i>	湘	LC	否	栖息于山地和平原阔叶林、针阔叶混交林和针叶林中。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
109.	斑姬啄木鸟 <i>Picumnus innominatus</i>	湘	LC	否	栖息于竹林或低矮的小树、灌丛枝条上。	历史资料	否, 适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
							多, 活动能力强
110.	家燕 <i>Hirundo rustica</i>	湘	LC	否	常在田间回翔, 尤喜在刚犁过的田地上空结群飞行和捕食昆虫。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
111.	金腰燕 <i>Cecropis daurica</i>	湘	LC	否	与家燕相似。含泥做窝, 窝呈葫芦状。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
112.	赤红山椒鸟 <i>Pericrocotus flammeus</i>	湘	LC	否	栖息于低山丘陵地带的杂木林和山地森林中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
113.	领雀嘴鹎 <i>Spizixos semitorques</i>	湘	LC	否	通常栖息于次生植被及灌丛。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
114.	白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	湘	LC	否	栖于平原至丘陵的竹林灌丛及疏林地带。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
115.	黄臀鹎 <i>Pycnonotus xanthorrhous</i>	湘	LC	否	栖息于中低山和山脚平坝与丘陵地区的次生阔叶林、栎林、混交林和林缘地区。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
116.	黑短脚鹎 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>	湘	LC	否	树栖鸣禽, 多栖息于平原和山区树林中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
117.	虎纹伯劳 <i>Lanius tigrinus</i>	湘	LC	否	栖息于开阔林地、灌丛中。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
118.	红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	湘	LC	否	栖息于低山丘陵和山脚平地地带的灌丛、疏林和林缘地带。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
119.	棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	湘	LC	否	栖息于农田、村旁、林边及河谷等处。常单个活动, 捕食昆虫、蛙类。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
120.	牛头伯劳 <i>Lanius bucephalus</i>	湘	LC	否	生活于开阔林地、农田边缘, 头大, 捕食小型动物。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
121.	黑枕黄鹂 <i>Oriolus chinensis</i>	湘	LC	否	栖于开阔林、人工林、园林、村庄及红树林。成对或以家族为群活动。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
122.	黑卷尾 <i>Dicrurus macrocercus</i>	湘	LC	否	栖息于平原、低山的阔叶林内。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
123.	发冠卷尾 <i>Dicrurus hottentottus</i>	湘	LC	否	常见于山区森林、林缘。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
124.	灰卷尾 <i>Dicrurus leucophaeus</i>	湘	LC	否	栖息于开阔林地、农田。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
125.	八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	湘	LC	否	栖息于阔叶林、竹林、果树林中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
126.	松鸦 <i>Garrulus glandarius</i>	湘	LC	否	栖息在针叶林、针阔叶混交林、阔叶林等森林中。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
127.	灰喜鹊 <i>Cyanopica cyanus</i>	湘	LC	否	生活于林地、园林、村庄附近。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
128.	红嘴蓝鹊 <i>Urocissa erythroryncha</i>	湘	LC	否	栖于山区森林, 也见于竹林、林缘疏林和村旁、地边树上。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
129.	喜鹊 <i>Pica pica</i>	湘	LC	否	栖息于山地村落、平原林中。常在村庄、田野、山边林缘活动。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
130.	白颈鸦 <i>Corvus pectoralis</i>	湘	LC	否	常见于农田、村庄、林地。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
131.	红胁蓝尾鸲 <i>Tarsiger cyanurus</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、灌丛中。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
132.	小燕尾 <i>Enicurus scouleri</i>	湘	LC	否	生活于山区溪流旁的岩石上。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
133.	灰背燕尾 <i>Enicurus schistaceus</i>	湘	LC	否	常立于林间多砾石的溪流旁。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
134.	白额燕尾 <i>Enicurus leschenaulti</i>	湘	LC	否	常见于山区溪流、瀑布旁。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
135.	紫啸鸫 <i>Myophonus caeruleus</i>	湘	LC	否	主要栖息于海拔 3800m 以下的山地森林溪流沿岸, 尤以阔叶林和混交林中多岩的山涧溪流沿岸较常见。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
136.	乌鸫 <i>Turdus merula</i>	湘	LC	否	栖息于平原草地或园圃间, 筑巢于乔木的枝梢上。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
137.	斑鸫 <i>Turdus eunomus</i>	湘	LC	否	栖息于林地、灌丛、农田。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
138.	黑脸噪鹛 <i>Garrulax perspicillatus</i>	湘	LC	否	活动于浓密灌丛、竹丛、芦苇地、田地及城镇公园。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
139.	黑领噪鹛 <i>Garrulax pectoralis</i>	湘	LC	否	栖息于海拔 1500m 以下的低山、丘陵和山脚平地带的阔叶林中, 也出入于林缘疏林和灌丛。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
140.	棕颈钩嘴鹛	湘	LC	否	栖于山地或平原阔叶林等处。	历史资料	否, 适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>						多, 活动能力强
141.	暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonicus</i>	湘	LC	否	栖于果树、柳树或其它阔叶树及竹林间。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
142.	红头长尾山雀 <i>Aegithalos concinnus</i>	湘	LC	否	栖息于灌丛或乔木间。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
143.	黄腹山雀 <i>Parus venustus</i>	湘	LC	是	栖息于海拔 2000m 以下的山地各林木中, 冬季多下到低山和山脚平地地带的次生林、人工林和林缘疏林灌丛地带。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
144.	大山雀 <i>Parus cinereus</i>	湘	LC	否	栖息于平原、丘陵、山区的林间。常单个或成对活动。不甚怕人。食昆虫。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
145.	绿背山雀 <i>Parus monticolus</i>	湘	LC	否	生活于山区森林、林地。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
146.	蓝喉太阳鸟 <i>Aethopyga gouldiae</i>	湘	LC	否	常见于山区花丛、灌丛。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
147.	叉尾太阳鸟 <i>Aethopyga christinae</i>	湘	LC	否	栖于山沟、山溪旁和山坡的原始或次生茂密阔叶林边缘, 也见于村寨附近的灌树丛中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
148.	金翅雀 <i>Chloris sinica</i>	湘	LC	否	多栖息在低山疏林地, 河谷次生杂林。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强
149.	普通秋沙鸭 <i>Mergus merganser</i>	湘	LC	否	栖息于湖泊、河流等开阔水域。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
150.	斑嘴鸭 <i>Anas zonorhyncha</i>	湘	LC	否	主要栖息于水生植物丰富的湖泊、河流、池塘、沼泽等水域中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
151.	东北刺猬 <i>Erinaceus europaeus</i>	湘	LC	否	生活于林地、灌丛、农田。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
152.	中华菊头蝠 <i>Rhinolophus sinicus</i>	湘	LC	否	栖息于洞穴、建筑物缝隙。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
153.	皮氏菊头蝠 <i>Rhinolophus pearsoni</i>	湘	LC	否	常见于山区洞穴。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
154.	中菊头蝠 <i>Rhinolophus affinis</i>	湘	LC	否	生活于洞穴、隧道。	历史资料、访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
155.	亚洲长翼蝠 <i>Miniopterus fuliginosus</i>	湘	NT	否	栖息于洞穴、建筑物缝隙。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
156.	东方蝙蝠 <i>Vespertilio sinensis</i>	湘	LC	否	常见于建筑物、树洞，群居。	历史资料、访问	否，适宜生境较多，活动能力强
157.	东亚伏翼 <i>Pipistrellus abramus</i>	湘	LC	否	生活于城镇、村庄建筑物缝隙。	访问	否，适宜生境较多，活动能力强
158.	大蹄蝠 <i>Hipposideros armiger</i>	湘	LC	否	栖息于洞穴、隧道。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
159.	华南兔 <i>Lepus sinensis</i>	湘	LC	否	主要栖息在山麓的浅草坡和灌丛地带及农田附近。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
160.	马来豪猪 <i>Hystrix brachyura</i>	湘	LC	否	常见于山区森林、灌丛中。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
161.	小泡巨鼠 <i>Leopoldamys edwardsi</i>	湘	LC	否	生活于山区林地、灌丛中。	访问	否，适宜生境较多，活动能力强
162.	银星竹鼠 <i>Rhizomys pruinosus</i>	湘	LC	否	栖息于竹林、山地草丛。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
163.	中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>	湘	LC	否	栖息于竹林、马尾松林及山地阳坡草丛下	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
164.	赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	湘	LC	否	栖息于热带和亚热带森林，亦见于次生林、砍伐迹地以及丘陵台地	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
165.	隐纹花松鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	湘	LC	否	常见于山区森林、灌丛。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
166.	红背鼯鼠 <i>Petaurista petaurista</i>	湘	LC	否	生活于山区森林，夜行性。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
167.	红白鼯鼠 <i>Petaurista alborufis</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
168.	黄鼬 <i>Mustela sibirica</i>	湘	LC	否	栖息于山地和平原，见于林缘、河谷、灌丛和草丘中、也常出没在村庄附近。	现场调查	否，适宜生境较多，活动能力强
169.	黄腹鼬 <i>Mustela kathiah</i>	湘	LC	否	常见于山区林地、灌丛，以小型动物为食。	历史资料访问	否，适宜生境较多，活动能力强
170.	鼬獾 <i>Melogale moschata</i>	湘	LC	否	生活于山区森林、灌丛，夜行性。	历史资料	否，适宜生境较多，活动能力强
171.	亚洲狗獾 <i>Meles</i>	湘	NT	否	丘陵、高山森林、灌丛。	现场调查	否，适宜生境较

序号	物种名称 (中文/拉丁名)	保护 级别	濒危 等级	特有种 (是/否)	分布区域	资料来源	工程占用情况 (是/ 否)
	<i>leucurus</i>						多, 活动能力强
172.	猪獾 <i>Arctonyx collaris</i>	湘	NT	否	栖息于高、中低山区阔叶林、针阔混交林、灌草丛、平原、丘陵等环境中。	现场调查	否, 适宜生境较多, 活动能力强
173.	花面狸 <i>Paguma larvata</i>	湘	LC	否	栖息于山区森林、灌丛, 夜行性。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
174.	食蟹獾 <i>Herpestes urva</i>	湘	LC	否	常见于水边、林地, 群居。	访问	否, 适宜生境较多, 活动能力强
175.	小鹿 <i>Muntiacus reevesi</i>	湘	LC	否	生活于山区森林、灌丛, 独居。	历史资料	否, 适宜生境较多, 活动能力强

7.2.6 换流站现状调查与评价

植物现状：2025 年 5 月，根据现场调查，该区域布设植物样方 2 个（贵州段样方 39、贵州段样方 46），站址占地范围内植被主要以农田为主，天然植被主要有箬竹群系、狗尾草群系，少量分布有柏木群系、马尾松群系，其他常见植物有毛桐、云实、薯蓣、山鸡椒、油茶、鸭跖草、芒、野菊、冷水花、狗尾草、乌毛蕨、芒萁、淡竹叶、蛇莓、柳叶菜等，现场未发现国家重点保护野生植物。

动物现状：在换流站设置 2 条动物调查样线（贵州段样线 22），根据 2025 年 8 月现场调查情况，站址占地范围内常见爬行动物常见的有铜蜓蜥、中国石龙子等灌丛石隙型种类；鸟类常见有麻雀、白头鹎等小型鸣禽；以及昆虫等动物。未发现易危级别以上珍稀濒危物种和国家级保护物种。



图 7.2-5 换流站航拍图

7.2.7 工程涉及的生态敏感区现状调查与评价

本项目为电力线建设项目。根据项目推荐方案跨越“三区三线”划定成果，项目线路穿越生态保护红线、峒河湿地公园和湖南省中方县溇水国家级湿地公园和谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区。具体穿越情况如下：

表 7.2- 13 项目穿（跨）越敏感区情况表

生态敏感区名称	与工程位置关系	工程是否占用	保护目标
贵州省生态保护红线	输变电路穿越长度为 31.67km，分布有 80 个塔基	是	水源涵养生态保护红线
湖南省生态保护红线	线路穿越长度约 12.68km，立塔约 35 基	是	生物多样性维护水源涵养生态保护红线
湖南吉首峒河国家湿地公园	换流站-边城 500kV 线路工程（湖南段）线路穿越湿地公园	是	沅水流域支流峒河及八仙湖水库水质，恢

	保育区约 0.35km，立塔 2 基		复湿地鸟类生物多样性；保护武陵山生态区
湖南省中方澧水国家湿地公园	换流站-牌楼 500kV 线路工程（湖南段）利旧 500kV 牌边线交流线路穿越湿地公园保育区约 0.65km，不新建杆塔	否	河流湿地生态系统及野生动植物资源
谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	本项目跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区核心区河段 1 次 2×15m，不占用保护区范围	否	主要保护对象为鲢、小口白甲鱼、鳊，其他保护对象包括黄颡鱼、泉水鱼、花鲮、圆筒吻鮡、华鲮、蛇鮡、宽鳍鱲、马口鱼等

7.2.7.1 贵州生态保护红线

评价范围内分布有生态保护红线 3214.47 公顷，其生态功能主要为水源涵养生态保护红线。生态保护红线内分布有 80 个塔基，塔基占用面积为 1.63 hm²，输变电路穿越长度为 31.67 km。

植被及植物现状：根据 2025 年 8 月现状调查资料，本项目穿越贵州段的生态保护红线评价范围内共布设了 16 个植物样方点位（贵州样方 1、3、5、7、9、10、13、17、18、22、25、31、38、41、48、52），线路穿越贵州生态保护红线区域主要植被群系有柏木群系、马尾松群系、杉木群系、桉木群系、樟+黑壳楠群系、粗叶悬钩子群系、盐麸木群系、黄荆群系、小果蔷薇+钩藤群系、苦竹群系、斑茅群系、狗尾草群系、苍耳群系等，其他常见植物有楝、黄荆、莢蒾、铁仔、菝葜、黄连木、牛耳枫、棕榈、化香树、盐麸木、铁仔、光叶海桐、野花椒、中华草沙蚕、画眉草、海金沙、井栏边草、江南卷柏、金星蕨、沿阶草、青绿藁草、渐尖毛蕨等。

表 7.2- 14 贵州生态保护红线段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔（m）	坡度	坡向	坡位
1	贵州 1	柏木群系	铜仁万山区	109.0624E； 27.6016N	454	20	东北	上
2	贵州 3	柏木群系	铜仁万山区	109.1087E； 27.6089N	498	23	西北	下
3	贵州 5	马尾松群系	铜仁万山区	109.0902E； 27.5971N	584	20	南	上
4	贵州 7	杉木群系	铜仁万山区	109.4154E； 27.6221N	305	17	南	上
5	贵州 9	杉木群系	铜仁万山区	109.2401E； 27.603N	690	8	东南	上
6	贵州 10	桉木群系	铜仁万山区	109.1062E； 27.6056N	479	24	西南	中
7	贵州 13	樟+黑壳楠群系	铜仁碧江区	109.096E； 27.6111N	470	29	北	上

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔（m）	坡度	坡向	坡位
8	贵州 17	粗叶悬钩子群系	铜仁万山区	109.1635E；27.5777N	639	10	南	中
9	贵州 18	粗叶悬钩子群系	铜仁万山区	109.3398E；27.5995N	321	26	南	下
10	贵州 22	盐麸木群系	铜仁万山区	109.199E；27.5736N	650	28	西	中
11	贵州 25	黄荆群系	铜仁万山区	109.1073E；27.6151N	386	25	西	下
12	贵州 31	小果蔷薇+钩藤群系	铜仁万山区	109.1161E；27.6036N	596	12	北	上
13	贵州 38	苦竹群系	铜仁万山区	109.2368E；27.5853N	722	15	东北	中
14	贵州 41	斑茅群系	铜仁万山区	109.3324E；27.5981N	315	23	西南	上
15	贵州 48	狗尾草群系	铜仁万山区	109.3112E；27.604N	354	18	西南	下
16	贵州 52	苍耳群系	铜仁万山区	109.2903E；27.5429N	545	11	南	下

动物现状：根据 2025 年 8 月 4-10 日和 10 月 30 日-11 月 2 日现场调查情况，本项目穿越贵州段的生态保护红线评价范围内共调查了 30 条动物样线，安装了 6 台红外相机，区域常见物种以鸟类山麻雀、白头鹎、白鹡鸰等鸟类为主。

7.2.7.2 湖南省生态保护红线

评价范围内分布有生态保护红线 1994.1818 公顷，其生态功能主要为生物多样性维护、水源涵养生态保护红线。生态保护红线内分布有 35 个塔基，塔基占用面积为 0.8551hm²，输变电线路穿越长度为 12.68 km。

植被及植物现状：根据 2025 年 8 月现状调查资料，本项目穿越湖南段的生态保护红线评价范围内共布设了 26 个植物样方点位（贵州样方 2、3、4、5、6、7、9、10、15、16、17、27、28、29、30、31、32、37、39、40、41、46、47、48），线路穿越湖南生态保护红线区域主要植被群系有柏木群系、马尾松群系、毛竹群系、杉木群系、篾竹群系、黄荆群系、櫟木群系、黑藻群系等，其他常见植物有樟、冬青、泡桐、白背叶、女贞、构树、白马骨、胡颓子、高粱泡、狗尾草、金星蕨、乌蕨莓、苎草、芒、野菊、忍冬、阔鳞鳞毛蕨、画眉草、海金沙、井栏边草、江南卷柏、青绿藁草、渐尖毛蕨等。

表 7.2- 15 湖南生态保护红线段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔（m）	坡度	坡向	坡位
1	湖南 2	杉木群系	芷江县新店坪镇附近	109.8973E,27.3641N	208	20	西	上
2	湖南 3	杉木群系	芷江县新店坪镇附近	109.9098E,27.3691N	211	8	西北	中

3	湖南 4	杉木群系	芷江县楠木坪乡附近	109.8581E,27.3844 N	300	6	西南	下
4	湖南 5	樟群系	芷江县楠木坪乡附近	109.6319E,27.3397 N	288	6	西	中
5	湖南 6	樟群系	芷江县楠木坪乡附近	109.6458E,27.3324 N	296	5	西	中
6	湖南 7	樟群系	芷江县晓坪乡附近	109.7238E,27.3411 N	334	0	平地	下
7	湖南 9	櫟木群系	芷江县水宽乡附近	109.8945E,27.3676 N	240	0	平地	下
8	湖南 10	櫟木群系	芷江县水宽乡附近	109.5948E,27.3507 N	286	3	东	中
9	湖南 15	篾竹群系	中方县牌楼镇附近	109.9131E,27.3697 N	207	3	东南	下
10	湖南 16	篾竹群系	芷江县新店坪镇附近	109.3973E,27.4592 N	328	10	西	上
11	湖南 17	篾竹群系	芷江县楠木坪乡附近	109.6359E,27.3336 N	316	3	东	下
12	湖南 27	马尾松群系	凤凰县木江坪镇附近	109.6533E,28.0389 N	305	3	东北	中
13	湖南 28	马尾松群系	凤凰县木江坪镇附近	109.6658E,28.0299 N	349	3	西	下
14	湖南 29	马尾松群系	凤凰县木江坪镇附近	109.6761E,28.0631 N	470	4	东	下
15	湖南 30	柏木群系	麻阳县锦和镇附近	109.5866E,27.8158 N	281	3	北	中
16	湖南 31	柏木群系	凤凰县水田乡附近	109.6757E,28.0857 N	340	4	南	中
17	湖南 32	柏木群系	麻阳县锦和镇附近	109.5718E,27.7883 N	599	4	西南	中
18	湖南 37	毛竹群系	麻阳县锦和镇附近	109.7788E,28.2626 N	182	4	北	中
19	湖南 39	黄荆群系	麻阳县锦和镇附近	109.5746E,27.8085 N	426	6	东	下
20	湖南 40	黄荆群系	麻阳县锦和镇附近	109.5568E,27.7698 N	423	6	西南	下
21	湖南 41	黄荆群系	麻阳县锦和镇附近	109.5826E,27.8034 N	424	3	西	中
22	湖南 46	黑藻群系	麻阳县锦和镇附近	109.5321E,27.7302 N	207	0	平地	下
23	湖南 47	黑藻群系	麻阳县锦和镇附近	109.5398E,27.7255 N	200	0	平地	下
24	湖南 48	黑藻群系	麻阳县锦和镇附近	109.5492E,27.7269 N	208	0	平地	下

动物现状：根据 2025 年 8 月和 11 月的现场调查情况，本项目穿越湖南段的生态保护红线评价范围内共调查了 27 条动物样线，安装了 5 台红外相机，区域常见物种以鸟类白头鹎、白鹭、池鹭等鸟类为主。

7.2.7.3 湖南吉首峒河国家湿地公园

湖南吉首峒河国家湿地公园位于沅水二级支流锦江流域，总面积 1918.8hm²，湿地率

达 81.6%。该公园于 2016 年 12 月获批试点，2022 年 12 月通过国家级验收，涵盖锦江、尧里河、黄土溪水库等水域及周边生态区域，划分保育区、恢复重建区等 5 个功能区。

湖南吉首峒河国家湿地公园内记录有维管束植物 121 科 423 属 1119 种，其中国家二级保护植物 4 种。动物资源包含鸟类 16 目 46 科 175 种，其中国家一级保护鸟类 2 种，鱼类 6 目 14 科 42 种，形成以白鹭、苍鹭为主的候鸟栖息群落。2025 年观测到越冬候鸟种群数量较试点前显著增长，黄土溪水库作为核心组成部分，形成稳定的水域生态系统与栎类植被鸟类栖息地。

评价范围内分布有吉首峒河湿地公园 204.307 公顷，其生态功能主要为水源保护、生物多样性维护。换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）线路穿越湿地公园保育区约 0.35km，立塔 2 基，占地面积约 0.1164 hm²。

植被及植物现状：2025 年 8 月，根据现场调查，峒河湿地公园附近布设植物样方 3 个（湖南段样方 33、湖南段样方 56、湖南段样方 57），湿地公园范围内人工植被主要以农田为主，其他未形成群系的常见植物有毛竹、构树、桑、云实、油茶、芒、野菊、狗尾草、竹叶草、狗脊、芒萁、乌毛蕨、鸭跖草、柳叶菜等，现场未发现国家重点保护野生植物。

表 7.2- 16 湖南峒河湿地公园段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔（m）	坡度	坡向	坡位
1	湖南 33	棟群系	吉首市河溪镇附近	109.7636E, 28.2499N	298	3	北	中
2	湖南 56	棟群系	吉首市河溪镇附近	109.7852E,28.2507°N	285	5	西	中
3	湖南 57	棟群系	吉首市河溪镇附近	109.7830E,28.2570°N	293	4	南	下

动物现状：2025 年 8 月和 11 月在吉首峒河国家湿地公园段评价范围内共调查了 5 条动物样线两次，区域内主要动物有白鹭、灰胸竹鸡、苇莺、白胸苦恶鸟、黑翅长脚鹬、池鹭、苍鹭等。

表 7.2- 17 湖南吉首峒河国家湿地公园动物样线调查点位统计表

序号	样线编号	小地名		经度	纬度	海拔	样线长度	主要生境	调查时间
1	湖南 05	起点	倒西冲	109.5972	27.3542	280	3.1km	农田	2025 年 8 月 和 11 月
		终点	岩下	109.5961	27.3361				
2	湖南 06	起点	张家坡	109.4808	27.4211	383	3.0km	湿地	
		终点	油坊那	109.4517	27.4300				
3	湖南 18	起点	坪朗西	109.9052	28.2552	215	2.7km	湿地	
		终点	坪朗东	109.9301	28.2571				
4	湖南 19	起点	河溪镇	109.9503	28.2352	203	2.5km	湿地	
		终点	河溪镇	109.9556	28.2387				
5	湖南 20	起点	矮寨镇	109.8802	28.2653	220	2.6km	湿地	
		终点	灌渠	109.8854	28.2686				

7.2.7.4 湖南省中方澧水国家级湿地公园

湖南省中方澧水国家级湿地公园于 2016 年正式获国家林业局批准试点建设，公园位于湖南省中方县西南部，北起澧水中方县与鹤城区交界处，南至澧水中方县与洪江市交界处，以澧水中方段及两岸河洲漫滩、五龙溪水库和乌溪水库为主体，涵盖五龙溪和毛利溪两条入河溪流及周边部分山地，总面积 1120hm²。湿地公园地处雪峰山脉西麓，地貌以丘陵、岗地和河谷平原为主。湿地公园属中亚热带季风湿润气候，年均气温 16.0℃，年均日照时数 1489 h 以上，年均无霜期 290 d，年均降水量 1455 mm。

据不完全统计，湖南省中方澧水国家级湿地公园共记录种子植物 138 科 419 属 648 种。其中湿地植物有 64 科 163 属 231 种；国家二级重点保护野生植物 5 种，分别为金荞麦、中华猕猴桃、野大豆、大叶榉树和中华结缕草；湖南省地方重点保护植物 2 种，即湖南山核桃、香蒲。

湿地公园内森林植被主要分布在乌溪水库和五龙溪水库两岸山体，植被类型上，马尾松林和杉木林占绝对优势，常形成单优势种群落；樟树林、栲树林、檫木林、枫香林等次生阔叶林交错分布在马尾松林和杉木林之间，常形成小面积的优势群落；杨梅林、湖南山核桃林、毛竹林和桂竹林主要分布在居民点周边。

评价范围内分布有湖南省中方澧水国家级湿地公园 87.0379 公顷，其生态功能主要为水源保护、生物多样性维护。换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）利旧 500kV 牌边线交流线路穿越湿地公园保育区约 0.65km，本期仅挂线不新建杆塔，最近新建杆塔距湿地公园约 1.2km。

植被及植物现状：2025 年 8 月，根据现场调查，在邻近湖南省中方澧水国家级湿地公园范围内布设植物样方 6 个(湖南段样方 11、湖南段样方 58、湖南段样方 59、湖南段样方 60、湖南段样方 61、湖南段样方 62)，湿地公园范围内植物主要以水生植物为主，其周边主要的自然植被为櫟木群系，其他未形成群系的常见植物有毛竹、杉木、柏木、云实、黄荆、满树星、鸡屎藤、地榆、车前、截叶铁扫帚、穗状狐尾藻、水筛、喜旱莲子草等，现场未发现国家重点保护野生植物。

表 7.2- 18 湖南省中方澧水国家级湿地公园植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔(m)	坡度	坡向	坡位
1	湖南 11	櫟木群系	中方县牌楼镇附近	109.3934°E；27.4645°N	373	3	南	中
2	湖南 58	櫟木群系	中方县牌楼镇附近	109.8992°E，27.3758°N	250	5	西	下

3	湖南 59	櫟木群系	中方县牌楼镇附近	109.8887°E, 27.3757°N	321	2	东	下
4	湖南 60	黑藻群系	中方县牌楼镇附近	109.9063°E, 27.3590°N	196	0	平地	无
5	湖南 61	黑藻群系	中方县牌楼镇附近	109.8920°E, 27.3695°N	200	0	平地	无
6	湖南 62	黑藻群系	中方县牌楼镇附近	109.9177°E, 26.36802°N	200	0	平地	无

动物现状：2025 年 8 月和 11 月在中方澧水国家级湿地公园段评价范围内共调查了 2 条动物样线两次，区域内主要动物有白头鹎、乌鸫、小鸊鷉、丝光椋鸟、池鹭、黑卷尾、白鹭、王锦蛇等。

表 7.2- 19 湖南省中方澧水国家级湿地公园动物样线调查点位统计表

序号	编号	小地名		经度	纬度	海拔	样线长度	主要生境	调查时间
1	湖南01	起点	野羊冲	109.9239	27.3625	166	2.8km	湿地	2025 年 8 月和 11 月
		终点	白泡塘	109.9116	27.3566				
2	湖南02	起点	倒西冲	109.5972	27.3542	260	2.5km	森林	
		终点	驻马溪	109.5961	27.3361				
3	湖南10	起点	荆坪古村	109.9359	27.4025	198	2.8km	湿地	
		终点	舞水河口	109.9466	27.4116				
4	湖南11	起点	中方湿地	109.9559	27.4405	201	2.9km	湿地	
		终点	龙井村	109.9686	27.4476				
5	湖南12	起点	桐木镇	109.8682	27.4314	208	2.7km	湿地	
		终点	熊家湾	109.8757	27.4251				
6	湖南13	起点	陈家湾	109.9892	27.4606	198	2.6km	湿地	
		终点	河心洲	109.9913	27.4632				

7.2.7.5 谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区

1、谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区概况

2015 年 11 月，原农业部公告第 2322 号《农业部办公厅关于公布第九批国家级水产种质资源保护区面积范围和功能分区的通知》批准设立谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区。保护区位于贵州省铜仁市谢桥河，范围在东经 108°59'25"~109°08'44"，北纬 27°35'12"~27°39'34"之间，河流长 25.8 km，总面积 104 hm²，主要保护对象为鲇、小口白甲鱼、鳊，其他保护对象包括黄颡鱼、泉水鱼、花鲢、圆筒吻鮰、华鲮、蛇鮈、宽鳍鱲、马口鱼等，特别保护期为每年 2 月 1 日~7 月 31 日。

保护区根据自然生态环境和保护对象的资源状况，划分为核心区和实验区。核心区位于鱼塘乡新龙村杉木溪（109°01'46"E，27°37'31"N）至谢桥办事处楚溪村三级水电站大坝以上（109°08'44"E，27°39'34"N）河段，河流长度 17.3km，面积 69.2 hm²，占保护区面积的 66.54%。实验区位于大坪乡清塘村两叉溪（108°59'25"E，27°35'12"N）至鱼塘乡新龙村

杉木溪（109°01'46"E,27°37'31"N）河段，河流长度 8.5 km，面积 34.8 hm²，占保护区面积的 33.46%。

2、工程与保护区位置关系

本项目工程换流站至碧江 500kV 甲、乙线路于温溪江附近一档跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区核心区 2 次。本项目在保护区范围内不设置塔基，亦未设置临时占地，跨河塔基之间有现有的乡镇道路，在保护区范围内无新建施工道路，不占用保护区范围。根据农业农村部办公厅关于印发《国家级水产种质资源保护区边界确定技术审查要点》的通知，“没有洪水位或防洪设计水位的，按 10 年内平均水位确定保护区边界”，本项目保护区边界采用 10 年一遇洪水位。

J105-Z106 档，跨河处两铁塔跨越距离约 347 m，两铁塔基础距离河岸水平距离分别为 68 m、264 m，跨越处河道宽约 15 m，垂直距离分别为 59m、138m，输电线最低点距河面（按 1/10 洪水位计）垂直距离约 123 m。采取人机放线工艺实施一跨而过，不占用保护区。

J205-Z206 档，跨河处两铁塔跨越距离约 410 m，两铁塔基础距离河岸水平距离分别为 97m、298m，跨越处河道宽约 15m；垂直距离分别为 61m、152m；输电线最低点距河面（按 1/10 洪水位计）垂直距离约 121m。采取人机放线工艺实施一跨而过，不占用保护区。

表 7.2- 20 项目塔基与保护区位置关系表

跨越位置	塔位	坐标	距河岸垂直距离	距河岸水平距离	输电线距河面最小垂直距离
温溪江	J105	E109°05'20.38" N27°36'55.13"	59 m	68 m	123 m
	Z106	E109°05'17.03" N27°37'6.71"	138 m	264 m	
	J205	E109°05'19.09" N27°36'53.85"	61 m	97 m	121 m
	Z206	E109°05'14.85" N27°37'7.42"	152 m	298 m	

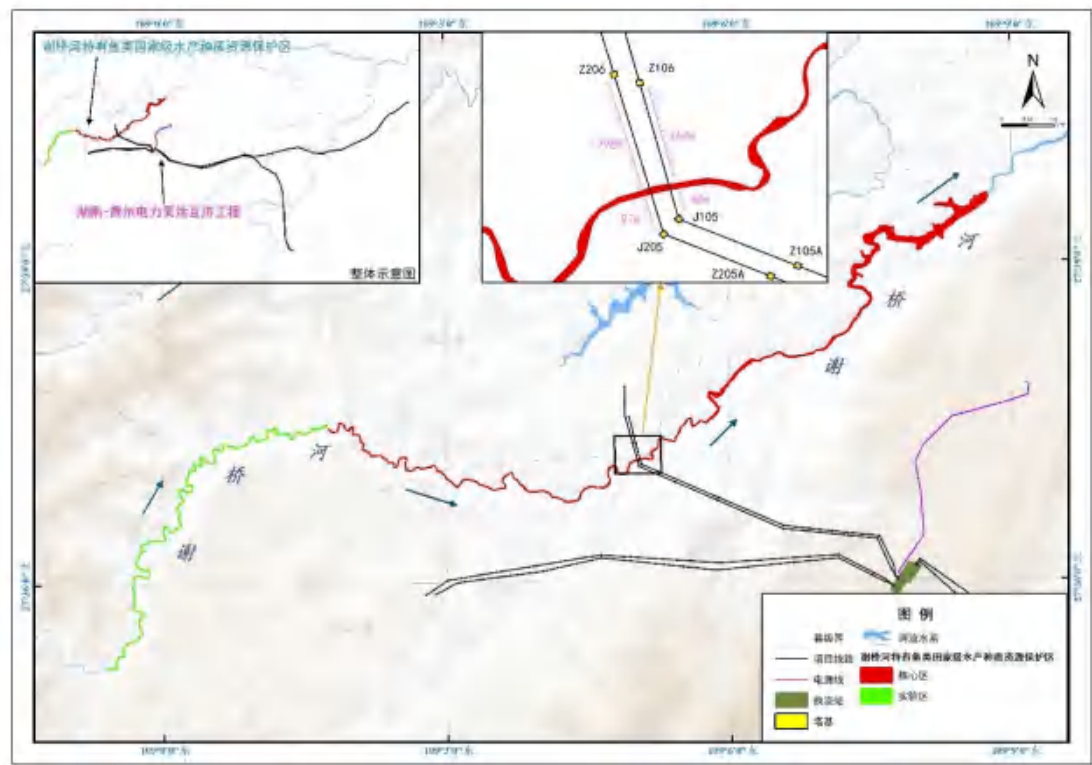


图 7.2-6 本项目线路与谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区位置关系图

3、水产种质资源保护区资源概况

评价区内河流水域的浮游植物以适应流水环境的硅藻门最多，常见种类有直链藻、脆杆藻、舟形藻、桥弯藻等；浮游动物种类数以原生动物和轮虫类居多，例如表壳虫、砂壳虫和臂尾轮虫；底栖动物种类以节肢动物中的水生昆虫为主；水生植物主要种类有水蓼、水麻、斑茅及律草等；评价范围保护区河段有鱼类 58 种，以鲤形目中马口鱼、鲫和麦穗鱼为优势种；在评价范围内河段无规模化的鱼类产卵场、索饵场、越冬场及洄游通道。

4、植物及植被现状

2025 年 8 月，在邻近谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区评价范围内布设 1 个植物样方点位（贵州样方 33），其周边主要为自然植被群落小果蔷薇+钩藤灌丛，还分布有其他未形成群系的常见植物柏木、插田蕨、粗叶悬钩子、马桑、盐麸木、斑茅、芒等。

表 7.2-21 谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔(m)	坡度	坡向	坡位
1	贵州 33	小果蔷薇+钩藤群系	谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	109.0831E; 27.6187N	314	20	东南	下

5、动物现状

2025 年 8 月、10 月在谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区评价范围内共调查了 1 条动物样线（贵州样线 16），现场调查未记录到重要保护动物，区域常见动物有白鹭、鸬鹚、白顶溪鸲、山麻雀、白头鹎、黄臀鹎、暗绿绣眼鸟、白鹡鸰等。

表 7.2-22 谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区段动物样线调查一览表

序号	样线编号	地点	起止点海拔差 /m	样线长度 /m	主要生境	调查时间
1	贵州 16	谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区	33	1350	湿地-森林-城镇	2025.08 2025.10

7.2.8 本项目评价范围内避让的生态敏感区

本项目为电力线建设项目。根据项目推荐方案跨越“三区三线”划定成果，评价范围内分布有贵州万山长寿湖国家湿地公园、九龙洞风景名胜区、万山汞都-夜郎谷风景名胜区、生态保护红线、谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区。项目避让了贵州万山长寿湖国家湿地公园、九龙洞风景名胜区、万山汞都-夜郎谷风景名胜区。具体情况如下：

表 7.2-23 项目评价范围内避让的生态敏感区情况表

生态敏感区名称	与工程位置关系	工程是否占用	保护目标
贵州万山长寿湖国家湿地公园	工程不占用，与项目边界最近距离约为 400m	否	以长寿湖、龙生水库及木杉河为主体，保育区的保护目标为动植物和湿地生态系统
九龙洞风景名胜区	工程不占用，与项目边界最近距离约为 960m	否	天然喀斯特溶洞
万山汞都-夜郎谷风景名胜区	工程不占用，与项目边界最近距离约为 164m	否	万山汞矿遗址及喀斯特峡谷景观
湖南麻阳锦江国家湿地公园	工程不占用，与项目边界最近距离约为 0.18km	否	保护锦江湿地生态系统及候鸟栖息地，维护生物多样性
湖南麻阳西晃山省级森林公园	工程不占用，与项目边界最近距离约为 0.06km	否	维护生物多样性，重点保护银杏、水杉、楠木等国家重点保护植物及穿山甲、小髯、虎纹蛙等 20 余种国家/省级保护动物

7.2.8.1 贵州万山长寿湖国家湿地公园

(1) 概况

万山长寿湖国家湿地公园位于铜仁市万山区谢桥街道办事处挹扒洞村境内，距铜仁市区 10.2 公里，距万山新城区不足 5 公里，地理坐标为东经 109° 05′ 46″ ～109° 08′ 48″，北纬 27° 37′ 15″ ～27° 39′ 38″，素有“长寿福地、世外桃源”之称，是铜仁市民公认的“南郊花园”。公园呈西南沿东北走向带状分布于山川河谷之间，规划面积为 480.12 公顷。境内有维管植物 107 科、248 属、321 种；有针叶林、阔叶林、灌草丛及水生植被等多种植被类型。境内分布有鱼类 27 种；陆生野生脊椎动物 143 种、其中包括大鲵、鸳鸯等国家Ⅱ级保护动物 10 种。

公园以长寿湖、龙生水库及木杉河为主体，湿地率 33.1%，水质达二类以上标准。域内分布维管植物 321 种、陆生脊椎动物 143 种，包括大鲵、鸳鸯等 10 种国家Ⅱ级保护动物。地貌以山川台地与深切河谷为主，植被覆盖针叶林、阔叶林等多种类型。

西南部挹扒洞村因 50 年间涌现 37 位百岁老人，被认定为“贵州长寿第一村”。依托生态资源与长寿文化，该区域已成为生态旅游及康养探秘的热门目的地。

（1）植物及植被现状

2025 年 8 月，在邻近湿地公园评价范围内共布设了 1 个植物样方点位（贵州样方 25），评价区分布的主要为自然植被群落黄荆群系，还有其他未形成群系的常见植物粗叶悬钩子、篌竹、杉木、马尾松、柏木、盐麸木、芒等。

表 7.2-24 贵州万山长寿湖国家湿地公园段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔（m）	坡度	坡向	坡位
1	贵州 25	黄荆群系	贵州万山长寿湖国家湿地公园	109.1073E; 27.6151N	386	25	西	下

（3）动物现状

2025 年 8 月、10 月在工程避让贵州万山长寿湖国家湿地公园段评价范围内共调查了 1 条动物样线（贵州样线 2），现场调查未记录到重要保护动物，区域常见动物有山麻雀、白头鹎、黄臀鹎、暗绿绣眼鸟、白鹡鸰、珀氏长吻松鼠等。

表 7.2-25 贵州万山长寿湖国家湿地公园段动物样线调查一览表

序号	样线编号	地点	起止点海拔差/m	样线长度/m	主要生境	调查时间
1	贵州 2	贵州万山长寿湖国家湿地公园	80	1750	森林-草地-农田	2025.08 2025.10

7.2.8.2 九龙洞风景名胜區

（1）概况

九龙洞风景名胜区，位于贵州省铜仁市碧江区，地处武陵山脉六龙山区北缘，沅水支流锦江南岸。景区范围为自铜仁市坝黄白花浪景区沿锦江而下，至铜仁市漾头镇，流程 59.8 公里，总面积 245 平方公里。景区交通便利，有公路贯通全景区，距省会贵阳 450 公里，距湘黔铁路怀化站 150 公里，玉屏站 80 公里，距梵净山 60 公里，张家界 310 公里。

九龙洞风景区自然条件优越，气候宜人，拥有多个自然和人文景观。九龙洞是一个大型天然喀斯特溶洞，洞内钟乳石林立，五光十色，晶莹剔透，千姿百态。有钟乳石柱高达 39.98m，直径 16.4m。锦江的风景、东山寺、明清民居古建筑等人文景观与洞连成一片。

（2）植物及植被现状

2025 年 8 月，在邻近风景名胜区评价范围内共布设了 1 个植物样方点位（贵州样方 9），评价区分布的主要为自然植被群落杉木群系，还有其他未形成群系的常见植物马尾松、柏木、粗叶悬钩子、盐麸木、插田蕨、黄荆、芒、白茅等。

表 7.2-26 九龙洞风景名胜区段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔（m）	坡度	坡向	坡位
1	贵州 9	杉木群系	九龙洞风景名胜区	109.2401E; 27.603N	690	8	东南	上

(3) 动物现状

2025 年 8 月、10 月在工程避让九龙洞风景名胜区段评价范围内共调查了 1 条动物样线（贵州样线 23），现场调查未记录到重要保护动物，区域常见动物有山麻雀、白头鹎、黄臀鹎、暗绿绣眼鸟、白鹡鸰、珀氏长吻松鼠等。

表 7.2-27 九龙洞风景名胜区段动物样线调查一览表

序号	样线编号	地点	起止点海拔差/m	样线长度/m	主要生境	调查时间
1	贵州 23	九龙洞风景名胜区	52	1150	农田-灌丛-草地	2025.08 2025.10

7.2.8.3 万山汞都-夜郎谷风景名胜区

(1) 概况

万山汞都-夜郎谷风景名胜区是位于湖南省新晃侗族自治县与贵州省铜仁市万山区交界处的喀斯特峡谷景区，呈“V”字形，全长 15 公里，谷深 200—650m，最窄处仅 6.8m。峡谷由河流侵蚀和地壳抬升作用形成，分布峰崖壁立的喀斯特地貌，拥有夜郎王峰、悬棺洞及多条瀑布等自然景观，溪水富含负氧离子，被誉为“三十里幽谷画廊”。谷内设有 1072 级“千步云梯”及漂流项目，后者因落差明显成为特色体验。2000 年新晃方家屯乡与万山高楼坪乡联合开发漂流项目，2002 年由海南洋汇旅业公司建设游道、拦水坝等设施。2012 年新晃县政府与湖南玖联公司签署“夜郎古国”文旅合作协议，现免费开放并增设安全标识。2017 年列入省级万山汞都-夜郎谷风景名胜区，规划面积 40 平方公里，包含峡谷风光、汞都文化等 4 个景区，核心景区禁止无关建设且日接待量控制在 1.5 万人次以内。

(1) 植物及植被现状

2025 年 8 月，在邻近风景名胜区评价范围内共布设了 3 个植物样方点位（贵州样方 17、37、38），评价区分布的主要为自然植被群落粗叶悬钩子群系、篾竹群系，还有其他未形成群系的常见植物杉木、马尾松、柏木、黄荆、盐麸木、芒等。

表 7.2-28 万山汞都-夜郎谷风景名胜区段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔(m)	坡度	坡向	坡位
1	贵州 17	粗叶悬钩子群系	万山汞都-夜郎谷风景名胜区	109.1635E; 27.5777N	639	10	南	中
2	贵州 37	苦竹群系	万山汞都-夜郎谷风景名胜区	109.1723E; 27.577N	353	14	东南	下
3	贵州 38	苦竹群系	万山汞都-夜郎谷风景名胜区	109.2368E; 27.5853N	722	15	东北	中

(3) 动物现状

2025 年 8 月、10 月在工程避让万山汞都-夜郎谷风景名胜区段评价范围内共调查了 3 条动物样线（贵州样线 2、4、8），现场调查未记录到重要保护动物，区域常见动物有山

麻雀、白头鹎、黄臀鹎、暗绿绣眼鸟、白鹡鸰、珀氏长吻松鼠等。

表 7.2-29 万山汞都-夜郎谷风景名胜区段动物样线调查一览表

序号	样线编号	地点	起止点海拔差/m	样线长度/m	主要生境	调查时间
1	贵州 2	贵州万山长寿湖国家湿地公园	80	1750	森林-草地-农田	2025.08 2025.10
2	贵州 4	贵州万山长寿湖国家湿地公园	53	2300	森林-灌丛-农田	2025.08 2025.10
3	贵州 8	贵州万山长寿湖国家湿地公园	67	1150	灌丛-草地-农田	2025.08 2025.10

7.2.8.4 湖南麻阳西晃山省级森林公园

(1) 概况

西晃山省级森林公园位于麻阳县城西南部,距县城 46 km，是贵州米贡山的一大支脉，距渝怀铁路锦和站 15 km 南与芷江县五郎溪林场分水为界，包括大桥乡、文昌阁乡及尧市镇一部分,公园总面积 3821 hm²。森林公园所属自然区系。西晃山森林公园植被属于亚热带东部(湿润)常绿阔叶林亚区域，中亚热带常绿阔叶林北部亚地带。公园共有木本植物 82 科 178 属 571 种。其中乔木 220 种、灌木 242 种、木质藤本 43 种、竹类 12 种；草本植物 31 科、212 种，蕨类、地衣 20 余种。本区特有科分布银杏科 1 科；中国特有属有 10 个，占本区系非世界总属数的 2.53%，占湖南省特有属(70 属)的 14.39%。西晃山森林公园境内野生动物资源十分丰富。园内共记录陆生脊椎动物 150 多种，隶属 4 纲 26 目 67 科，国家级保护动物有 17 种。

(2) 植物及植被现状

2025 年 8 月，根据现场调查，在邻近西晃山省级森林公园范围内布设植物样方 3 个(湖南段样方 34、湖南段样方 35、湖南段样方 36)，湿地公园范围内生态系统主要以森林生态系统为主，植被类型主要有毛竹群系、马尾松群系、栗群系、櫟木群系、香丝草群系，其他常见植物有杉木、楝、桑、黄檀、化香树、竹叶花椒、苧麻、芒、垂序商陆、渐尖毛蕨、蛇莓、车前草、牛筋草、节节草、小蓬草等，现场未发现国家重点保护野生植物。

表 7.2-30 湖南麻阳西晃山省级森林公园段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔(m)	坡度	坡向	坡位
1	湖南 34	栗群系	麻阳县尧市乡附近	109.4896°E; 27.6691°N	358	2	西	下
2	湖南 35	毛竹群系	麻阳县尧市乡附近	09.5825°E; 27.8033°N	390	2	北	下
3	湖南 36	毛竹群系	麻阳县尧市乡附近	109.6750°E; 28.0785°N	370	6	东北	中

(3) 动物现状

2025 年 8 月和 2025 年 11 月在工程避让湖南西晃山省级森林公园段评价范围内共调查了 6 条动物样线两次，区域内主要动物有白鹭、池鹭、珠颈斑鸠、黑翅长脚鹬、池鹭、黑卷尾、红腹锦鸡、牛背鹭等。

表 7.2-31 湖南麻阳西晃山省级森林公园段动物样线调查一览表

序号	样线编号	小地名		经度	纬度	海拔	样线长度	主要生境	调查时间
1	湖南 03	起点	拾担村	109.8664	27.3847	260	2.5km	农田	2025 年 8 月和 11 月
		终点	早禾田	109.8528	27.3647				
2	湖南 04	起点	矮下冲	109.6492	27.3319	280	3.1km	农田	
		终点	火家溪	109.6225	27.3317				
3	湖南 14	起点	防空哨	109.8504	27.7507	810	2.9km	森林	
		终点	早禾田	109.8528	27.7537				
4	湖南 15	起点	红岩洞	109.8453	27.7451	602	3.1km	森林	
		终点	菩王古寨	109.8485	27.7484				
5	湖南 16	起点	林场	109.8402	27.7603	712	3.1km	森林	
		终点	水库	109.8439	27.7624				
6	湖南 17	起点	坳田	109.8351	27.7552	554	2.3 km	森林	
		终点	溪谷	109.8383	27.7585				

7.2.8.5 湖南麻阳锦江国家湿地公园

(1) 概况

湖南麻阳锦江国家湿地公园位于湖南省怀化市麻阳苗族自治县，地理坐标为东经 109°37'15"~110°03'05"、北纬 27°48'02"~27°55'04"，总面积 918.8hm²，公园内湿地面积 1566.1hm²，湿地率为 81.6%，该公园于 2016 年 12 月获批试点，2022 年 12 月通过国家级验收，规划保育区、恢复重建区等五大功能区，其中保育区面积占比 42.8%。

湖南麻阳锦江国家湿地公园以我国武陵山区自然河流锦江为主体，以其重要支流和库塘为补充，以典型的山区河流和沙洲为特色，其生态系统在我国南方山区具有较强的典型性和代表性。其水质维持在《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类水质标准，湿地公园共有维管束植物 115 科、272 属、556 种（含部分栽培），蕨类植物 11 科 11 属 27 种，裸子植物 3 科 5 属 6 种，被子植物 101 科 256 属 523 种，其中湿地公园范围内有国家Ⅱ级重点保护植物 2 种，为金荞麦（*Fagopyrum dibotrys*）和野大豆（*Glycine soja*）。湿地公园及周边野生脊椎动物共记录有 5 纲 28 目 82 科 259 种。湿地公园的植物类群主要有 6 个，即常绿针、阔叶林；常绿、落叶阔叶林；落叶阔叶护岸林；洲滩竹林；湿生植物；两岸经济果木林。

(2) 植物及植被现状

2025 年 8 月，根据现场调查，在湖南麻阳锦江国家湿地公园范围内布设植物样方 1 个（湖南段样方 50），湿地公园范围内生态系统主要以水生生态系统为主，植被类型主要有篾

竹群系、喜旱莲子草群系、黑藻群系，其他常见植物有桑、构树、香丝草、黑藻、节节草、一年蓬、鬼针草、小蓬草等，现场未发现国家重点保护野生植物。

表 7.2- 32 湖南麻阳锦江国家湿地公园段植物样方调查点位统计表

序号	样方编号	群系	地点	经纬度	海拔 (m)	坡度	坡向	坡位
1	湖南 50	喜旱莲子草群系	凤凰县官庄乡附近	109.6311° E; 27.9176° N	409	0	平地	下

(3) 动物现状

2025 年 8 月和 2025 年 11 月在工程避让麻阳锦江国家湿地公园段评价范围内共调查了 4 条动物样线两次，区域内主要动物有白胸苦恶鸟、翠鸟、画眉、黑翅长脚鹬、池鹭、斑头鸕鹚、白鹭等。

表 7.2- 33 湖南麻阳锦江国家湿地公园段动物样线调查一览表

序号	样线编号	小地名		经度	纬度	海拔	样线长度	主要生境	调查时间
1	湖南 09	起点	烂草坳	109.6631	28.0822	259	3.1km	湿地	2025 年 8 月和 11 月
		终点	大管冲村	109.6872	28.0797				
2	湖南 25	起点	黄土溪西	109.6803	27.9001	190	2.6km	农田	
		终点	黄土溪东	109.7104	27.9009				
3	湖南 26	起点	兰里镇	109.7501	27.9208	180	2.5km	湿地	
		终点	花园村	109.7803	27.9201				
4	湖南 27	起点	太平溪	109.8305	27.9502	170	2.4km	湿地	
		终点	锦江	109.8451	27.9403				

7.2.9 生态系统现状调查与评价

7.2.9.1 生态系统类型

基于卫星遥感影像、现场调查核实，按照《全国生态状况调查评估技术规范—生态系统遥感解译与野外核查》（HJ1166—2021）要求，对评价区域生态系统开展遥感解译与调查，同时结合区域土地利用现状、植被类型等解译和调查结果，将评价范围内生态系统分为森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统等。经过人机交互遥感解译、野外核查和精度验证，评价范围各生态系统面积见。

表 7.2- 34 评价范围生态系统面积统计表

生态系统分类		湖南段		贵州段		合计	
一级类	二级类	面积 (hm ²)	占比 (%)	面积 (hm ²)	占比 (%)	面积 (hm ²)	占比 (%)
1 森林生态系统	11 阔叶林	5496.76	23.28	778.48	3.30	1412.38	59.84
	12 针叶林	4771.83	20.21	3081.32	13.05		
2 灌丛生态系统	21 阔叶灌丛	224.27	0.95	3767.02	15.95	3991.29	16.90
3 草地生态系统	33 草丛	15.02	0.06	755.19	3.20	770.21	3.26



4 湿地生态系统	42 湖泊	78.35	0.33	3.4	0.01	489.16	2.07
	43 河流	276.40	1.17	131.01	0.55		
5 农田生态系统	51 耕地	1361.70	5.77	1536.48	6.51	3431.45	14.53
	52 园地	296.58	1.26	236.69	1.00		
6 城镇生态系统	61 居住地	186.05	0.79	186.67	0.79	798.93	3.38
	63 工矿交通	178.11	0.75	248.1	1.05		
8 其他	82 裸地	0.92	0.00	1.24	0.01	2.16	0.01
合计		12885.99	54.57	10725.6	45.43	23611.58	100.00

根据统计结果，评价区内城森林态系统面积最大，面积占比为 59.84%，其中针叶林面积占比为 33.26%；灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统面积占比分别为 16.90%、3.26%、2.07%、14.53%、3.38%。其中：灌丛生态系统和草地生态系统主要分布在贵州段。

7.2.9.2 生态系统结构和功能

7.2.9.2.1 森林生态系统

根据现场踏勘结合遥感图片解译，评价区内森林生态系统的面积为 14128.38 hm²，占评价区总面积的 59.84%，其中：湖南段森林生态系统的面积为 10268.58 hm²，贵州段森林生态系统的面积为 3859.8 hm²，分别占评价区总面积的 43.49%和 16.35%。

	
森林生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；湖南	森林生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；贵州

①植被现状

评价区内森林生态系统属于亚热带森林生态系统，森林生态系统植被类型以柏木、马尾松、杉木为主的暖性常绿针叶林，桉木为主的暖性落叶阔叶林，以樟+黑壳楠为主的暖性常绿阔叶林，森林在评价区沿线山地呈大片状连续分布。

森林生态系统在群落垂直结构上一般由乔木层、灌木层和草本层组成这些植物群落构

成了区内相对稳定的生态系统。乔木层以柏木、马尾松、杉木、桉木、樟+黑壳楠等为优势种。乔木层林间密度小，林下灌木层、草本层较丰富。灌丛层主要为一些林间空地分布为主，灌木层主要有楸、黄荆、茱萸、铁仔、菝葜、黄连木、牛耳枫、棕榈、化香树、盐麸木、铁仔、光叶海桐、野花椒、小果蔷薇等。草本层植物主要为肾蕨、乌毛蕨、海金沙、芒、金丝草、贯众、鸭跖草、海金沙、山麦冬、渐尖毛蕨、芒萁、香附子、淡竹叶、沿阶草、扇叶铁线蕨、鸭跖草等。

②动物现状

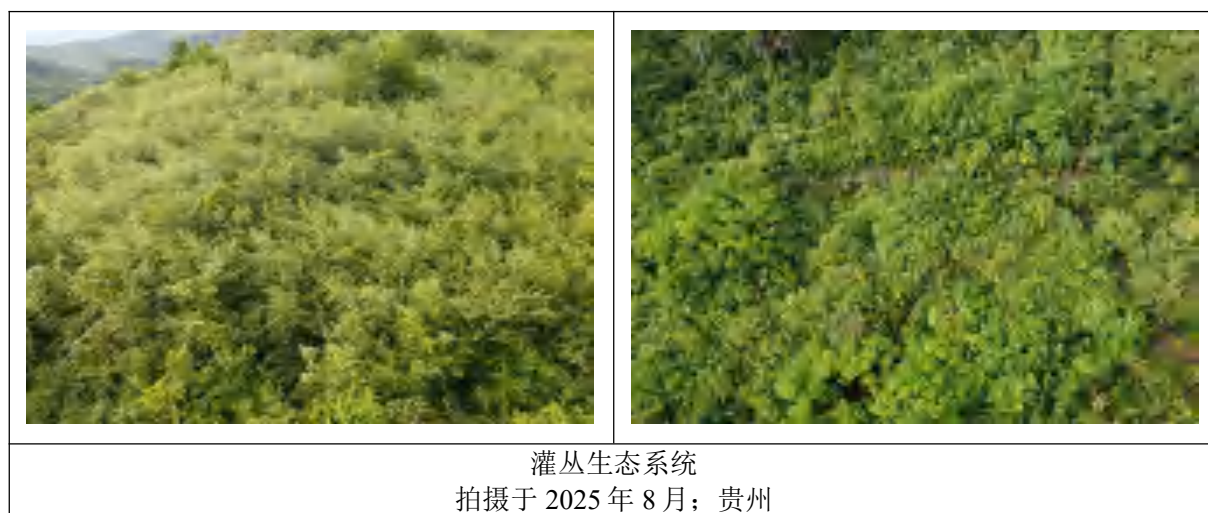
评价区内分布的动物大部分在森林生态系统内有分布，包括两栖类中的陆栖型种类，如中华蟾蜍、黑斑侧褶蛙等；爬行类的林栖傍水型的种类，如铜蜓蜥、翠青蛇等；兽类中的大部分种类在森林中分布比较多，兽类主要以小型兽类为主，如黑线姬鼠、蒙古兔等。鸟类以常见有山麻雀、白头鹎等。

③生态系统功能

森林生态系统比地表其他生态系统更加具有复杂的空间结构和营养链式结构，有助于提高系统自身调节适应能力。其生态服务功能包括光能利用、调节大气、涵养水源、改良土壤、防风固沙、水土保持，控制水土流失、孕育和保存生物多样性等。

7.2.9.2.2 灌丛生态系统

根据现场踏勘结合遥感图片解译，评价区的灌丛生态系统面积为 3991.29 hm²，占评价区总面积的 16.90%，主要分布在贵州段人为干扰大的林缘、道路、农田附近。



①植被现状

评价区分布的灌丛植被类型主要为苦竹灌丛，伴生种主要有毛桐、云实、薯蓣、山鸡椒、油茶、光叶海桐等；草本层鸭跖草、芒、野菊、冷水花、狗尾草、乌毛蕨、芒萁、淡竹叶、蛇莓、柳叶菜等。

②动物现状

灌丛生态系统为小型动物提供食物和栖息的场所，因此灌丛生态系统中也分布着较为丰富的动物。灌丛生态系统内分布的动物大部分在森林生态系统内有分布，爬行动物常见的有铜蜓蜥、中国石龙子等灌丛石隙型种类；鸟类常见有麻雀、白头鹎等小型鸣禽；以及昆虫等动物共同构成。

③生态系统功能

灌丛生态系统与森林生态系统一样，是地球上最重要的陆地生态系统类型之一。灌丛生态系统的生态功能主要表现为侵蚀控制、土壤形成、营养循环、生物控制、基因资源等。

7.2.9.2.3 草地生态系统

根据现场踏勘结合遥感图片解译，评价区内草地生态系统面积为 770.21 hm²，占评价范围总面积的 3.26%，主要分布于贵州段路边或农田旁。



①植被现状

评价区内草地生态系统主要的群系为斑茅、芒、狗尾草、白茅、苍耳、艾草地、一年蓬、香丝草，其伴生植被包括伴生有蛇莓、野菊、地锦、酢浆草、野胡萝卜、黄花蒿、繁缕、救荒野豌豆、苎草、长萼鸡眼草、青蒿、小鱼仙草、紫菀等。

②动物现状

评价区内的草地生态系统由于植被类型单一，水资源相对匮乏，陆生动物多样性亦比较单一。两栖类中的陆栖型种类，如中华蟾蜍、泽陆蛙等，爬行类的石隙型的种类，如中国石龙子、北草蜥等；兽类中的蒙古兔、黑线姬鼠等，鸟类中的陆禽、鸣禽等也活动于草丛中。

③生态系统功能


草地生态系统通常与灌丛生态系统、森林生态系统互相依存，单独的草地生态系统较

为脆弱，生态功能主要表现为涵养水源、水土保持、防风固沙等。

7.2.9.2.4 湿地生态系统

湿地是地球上具有多功能的独特生态系统，是自然界生物多样性较高的生态景观和人类最重要的生存环境之一，其生物群落由水生和陆生种类组成，物质循环、能量流动和物种迁移与演变活跃，具有较高的生态多样性、物种多样性和生物生产力。

评价区内湿地生态系统面积为 489.16 hm²，占评价区总面积的 2.07%。其中：湖南段湿地生态系统面积为 354.75 hm²，占评价区总面积的 1.50%，主要分布位于湖南省中方县溇水国家级湿地公园和峒河湿地公园，及其周边区域；贵州段湿地生态系统面积为 134.41 hm²，占评价区总面积的 0.57%，主要分布于水库、坑塘、河流。

	
湿地生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；湖南	湿地生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；贵州

①植被现状

评价区内湿地生态系统主要含有多种挺水植物、浮叶植物、漂浮植物、沉水植物，其中挺水植物有荷花、芦苇、香蒲、菰等，浮叶植物有眼子菜、睡莲、萍蓬草等，漂浮植物有浮萍、凤眼莲、大藻等，沉水植物有黑藻、狐尾藻等。

②动物现状

湿地生态系统为野生动物提供栖息、繁衍、迁徙、越冬场所等，是评价区内野生动物的重要栖息地。评价区内湿地生态系统中，两栖动物种类丰富、数量较多，常见黑斑侧褶蛙、泽陆蛙、沼蛙等；爬行动物常见虎斑颈槽蛇、赤链蛇铜蜓蜥等；鸟类种类繁多，水鸟为该系统重要的组成结构，常见水鸟有白鹭、牛背鹭、黑水鸡等，还有普通翠鸟、红尾水鸂等傍水型鸟类；兽类中的啮齿目动物也需要到湿地取水，因此湿地是野生动物在评价区内不可或缺的栖息条件。



③生态系统功能

湿地生态系统服务功能不仅包括提供大量资源产品，而且具有大的环境调节功能和环

境效益，在调蓄洪水、调节气候、控制土壤等多方面发挥着重要作用。同时，湿地还是重要的遗传基因库，拥有丰富的动植物群落和珍稀的濒危物种。

7.2.9.2.5 农田生态系统

评价区由一定农业地域内相互作用的生物因素和非生物因素构成的功能整体，是人类生产活动干预下形成的人工生态系统。构建合理的评价区，对于农业资源的有效利用、农业生产的持续发展以及维护良好的人类生存环境都有重要作用。评价区内农田生态系统面积为 3431.45 hm²，占评价区总面积的 7.02%。其中：湖南段农田生态系统面积为 1658.28 hm²，占评价区总面积的 0.94%，主要位于电网沿线的丘陵地带；贵州段农田生态系统面积为 1773.17 hm²，占评价区总面积的 7.51%，主要位于低山平原区域。

	
农业生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；湖南	农业生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；贵州

①植被现状

农田生态系统多为人工植被，为栽培、种植的农作物、人工经济林和用材林等。评价区内，有粮食作物水稻、玉米、薯类等；经济作物有油菜等。此外还有经济林柑橘、柚子、胡桃等和用材林石楠、桂（木樨）等。

②动物现状

农田生态系统植被均为人工植被，生境相对简单，陆生动物多样性相对单一。评价区内，两栖动物偶见中华蟾蜍、泽陆蛙等；爬行动物常见种类如北草蜥、银环蛇等；鸟类主要为白鹭、喜鹊、麻雀；兽类以小型啮齿目为主，如北社鼠等，可偶见黄鼬等中小型食肉目动物。

③生态系统功能

评价区的主要生态功能体现在农产品及副产品生产和林产品提供等，包括为人们提供农产品，为现代工业提供加工原料，以及提供生物资源等。此外，评价区也具有土壤保持、养分循环、水分调节、传粉播种、病虫害控制、生物多样性及基因资源以及餐饮、娱乐、

文化等功能。

7.2.9.2.6 城镇生态系统

城镇生态系统面积为 798.93 hm²，占评价区总面积的 3.38%。城镇、村落是一个高度复合的人工化生态系统，与自然生态系统在结构和功能上都存在明显差别。工程线路尽可能避开村镇，评价区内有零星分布少量村落。其中：湖南段城镇生态系统面积为 364.16 hm²，占评价区总面积的 1.54%；贵州段城镇生态系统面积为 434.77 hm²，占评价区总面积的 1.84%。

	
城镇生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；湖南	城镇生态系统 拍摄于 2025 年 8 月；贵州

①植被现状

城镇生态系统中的植被以人工种植的绿化植被为主，按绿化区域的不同可将主要的植被类型划分为 7 种：公共绿地、居住地绿地、单位附属绿地、道路绿地、园林生产绿地、防护绿地和风景绿地。城镇/村落生态系统中工程沿线的植被类型主要是居住地绿地和道路绿地，其常用的构建绿地植被的植物种类有：木犀、樟、杉木、油茶、柑橘等。

②动物现状

城镇生态系统的植被主要为人工种植，人为活动频繁，在此类生态系统下的陆生动物主要为喜与人伴居的种类。评价范围内的城镇生态系统中，两栖爬行动物种类较为单一，主要有中华蟾蜍、泽陆蛙等；鸟类以麻雀、白鹡鸰等为优势种；兽类以啮齿目鼠科种类为优势种，如褐家鼠、小家鼠等。

③生态系统功能

城镇生态系统的服务功能主要包括三大类：①提供生活和生产物质的功能，包括食物生产、原材料生产；②满足人类精神生活需求的功能，包括娱乐文化。

7.2.9.3 生态系统质量现状

7.2.9.3.1 自然体系生物量现状

生物量是指一定地段面积内某个时期生存着的活有机体的重量。不同生态系统的生物量测定方法不同，可采用实测与估算相结合的方法。

本项目乔木、灌丛和草丛植被的生物量计算依据现场测量进行估算，园地和耕地植被的生物量和生产力计算依据贵州铜仁市统计年鉴中农作物产量等数据结合访问当地农民和村社干部得出园地和耕地数据。本项目评价区各种植被类型的面积、平均单位面积生产量和总生产量如下表。

表 7.2-35 评价范围内不同植被类型生物量

生态系统分类	平均单位面积生物量 (t/hm ²)		面积 (hm ²)		合计	
	湖南省	贵州省	湖南省	贵州省	面积	生物量 (t)
1 森林生态系统	79.68	105.38	10268.58	3859.80	14128.38	1224946.17
2 灌丛生态系统	21.74	25.72	224.27	3767.02	3991.29	101763.38
3 草地生态系统	3.12	3.04	15.02	755.19	770.21	2342.64
4 湿地生态系统	0.75	0.30	354.75	134.41	489.16	306.38
5 农田生态系统	12.87	10.12	1658.28	1773.17	3431.45	39286.54
6 城镇生态系统	/	/	364.16	434.77	798.93	/
8 其他	/	/	0.92	1.24	2.16	/
合计	/	/	12885.98	10725.60	23611.58	1368645.12

由上表可知，本项目评价区总面积 23611.58 hm²，总生物量 1368645.12t，其中以森林生态系统为主，生物量达 1224946.17t，占评价区总生物量的 89.50%；其次为灌丛生态系统，生物量达 101763.38t，占评价区总生物量的 7.44%。

7.2.9.3.2 景观格局现状

景观是拥有很强的空间异质性的区域，它是由大量不同形状、大小的斑块依据一定的规律组合而成的，一般来说，景观格局主要指景观在空间散布上的特征，具体反映出景观的异质性特征，各种类型的生态过程在不同尺度上的功能在这里体现出来，包含组成单元类别、数目、分布和空间上的组合。景观格局变化对生物多样性产生直接而强烈影响，其主要原因是生境丧失和破碎化。在景观格局的研究中，经常会用到景观指数分析方法。景观格局指数是一种并不复杂的定量指标，可以充实景观格局的内容，展现其组织构成和空间形态组合。景观指数是用来可量测和描述单个以及一些类别的斑块，或者是定量指标空间结构的整个景观，它的主要价值在于配置可以用来比较不同种类的景观。景观指数分为

三个级别，代表三种不同的应用尺度，即斑块级别指数、斑块类型级别指数和景观级别指数，可根据需要选取相应的指标，采用 FRAGSTATS 等景观格局分析软件进行计算分析。常用的景观指数如下：

斑块类型面积 Class area（CA）：斑块类型面积是度量其他指标的基础，其值的大小影响以此斑块类型作为生境的物种数量及丰度。

斑块所占景观面积比例 Percent of landscape（PLAND）：某一斑块类型占整个景观面积的百分比，是确定优势景观元素重要依据，也是决定景观中优势种和数量等生态系统指标的重要因素。

最大斑块指数 Largest patch index（LPI）：某一斑块类型中最大斑块占整个景观的百分比，用于确定景观中的优势斑块，可间接反映景观变化受人类活动的干扰程度。

香农多样性指数 Shannon's diversity index（SHDI）：反映景观类型的多样性和异质性，对景观中各斑块类型非均衡分布状况较敏感，值增大表明斑块类型增加或各斑块类型呈均衡趋势分布。

蔓延度指数 Contagion index（CONTAG）：高蔓延度值表明景观中的某种优势斑块类型形成了良好的连接性，反之则表明景观具有多种要素的密集格局,破碎化程度较高。

散布与并列指数 Interspersion juxtaposition index（IJI）：反映斑块类型的隔离分布情况，值越小表明斑块与相同类型斑块相邻越多，而与其他类型斑块相邻的越少。

聚集度指数 Aggregation index（AI）：基于栅格数量测度景观或者某种斑块类型的聚集程度。

景观指数是量化景观格局的一种简单且直观的方法，包含区域大多数景观局信息，能够一定程度反映景观结构组成以及空间配置特征，清楚表达区域内景观单元类型及其排布方式，反映景观空间异质性。

评价区的景观类型包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇、其他等 7 类型。运用 ArcGIS 地理信息系统软件，根据野外植被调查情况，利用 ArcGIS 和 Fragstats 的统计分析功能可以得到各类景观要素的指数信息，结果见下表。

表 7.2-36 评价范围景观指数统计表

景观类型	森林	灌丛	草地	湿地	农田	城镇	其他
斑块总面积 CA（hm ² ）	14128.38	3991.29	770.21	489.16	3431.45	798.93	2.16
斑块所占景观面积比例 PLAND（%）	57.84	18.43	3.58	2.00	14.71	3.44	0.01
最大斑块指数 LPI（%）	4.9	3.225	0.74	0.58	0.66	0.2	0.01
散布与并列指数 IJI	75.20	66.69	72.73	85.58	76.03	69.14	57.57

景观类型	森林	灌丛	草地	湿地	农田	城镇	其他
聚集度指数 AI	94.46	86.9	82.25	64.01	80.79	57.8	66.19
香农多样性指数 SHDI	1.32						
蔓延度指数 CONTAG	52.12						
散布与并列指数 IJI	72.42						
聚集度指数 AI	80.65						

从表可以看出，评价区内主要为森林景观，面积为 1418.38 hm²，斑块占景观面积的 57.84%，最大斑块指数为 4.9%，散布与并列指数为 75.20，聚集度指数为 94.46。评价范围内的优势板块为森林景观，集中度较高。

根据 Fragstats 的统计分析，评价区域内香农多样性指数为 1.32，蔓延度指数为 52.12，散布与并列指数为 72.42，聚集度指数为 80.65。总的来看，区域内景观生态体系的质量现状因区域内的自然环境、生物及人类社会之间复杂的相互作用而决定。本项目评价区景观整体上以森林景观为主。

7.3 生态环境影响预测与评价

7.3.1 评价区土地利用变化

本项目占地包括永久占地和临时占地，总占地面积为 179.80hm²，其中永久占地 36.99hm²，为换流站及塔基脚占地；临时占地 142.81hm² 为塔基施工场地、牵张场区、临时道路等。其中：湖南段永久占地面积 10.43hm²、临时占地面积 92.47hm²，共计占地 102.90hm²；贵州段永久占地面积 26.56hm²、临时占地面积 50.34hm²，共计占地 76.90hm²。

项目建设对土地的占用包括临时占用和永久占用两类，两类用地对土地利用类型和土地功能的影响不同。

（1）施工期临时占地对土地利用的影响分析

在工程建设过程中，临时占地只发生在工程施工期间。这些临时占地如发生在作物和植被生长期，则可能会破坏一部分农作物、林地和灌丛，对农、林业生产带来一定损失，也会使其他自然植被遭到一定程度的损伤。但工程结束后，临时占地均可恢复原有土地利用功能，土地利用类型不会发生改变。

（2）运行期永久占地对土地利用的影响分析

本项目永久占地主要指输电线路塔基占地、换流站等工程的永久占地约 36.99hm²。永久占地区的土地将永久变为建设用地。

由于临时占地施工结束后可以进行植被恢复，影响是短期的，因此，本评价着重分析永久占地对生态完整性的影响。

本项目建设后，评价范围内林地、草地、耕地、水域及水利设施用地和其他用地面积都有不同程度地减少，但是变化较小。因此本项目建设对评价范围内的土地利用类型变化影响很小。

7.3.2 陆生植物的影响分析

7.3.2.1 施工期对陆生植物的影响分析

工程建设对陆生植物影响主要为变电站及塔基施工场地、临时道路、牵张场等占地对植被的直接影响，其次是施工中产生的扬尘、废水、固体废物对周边植被的间接影响。

7.3.2.1.1 工程占地的影响

（1）永久占地的影响

工程区永久占地约 36.99hm²，占评价范围面积 0.16%。永久占地对植物的影响是长期的、不可逆的。永久占地区施工将使区域内土地利用类型发生改变，植物个体损失，植被生物量减少。根据现场调查，受工程建设永久占地影响的植物均为常见种，因此工程建设永久占地对植物影响较小，仅为个体损失和植被生物量减少，对区域生物量变化影响不大。因此，工程建设永久占地对占地区植物种类、植被类型及生物量的影响较小。

（2）临时占地对植物及植被的影响

工程临时占地主要为牵张场及临时道路等对占地区植物及植被的影响，但影响是暂时的、可恢复的。工程临时占地面积很小。占地范围内的植被主要为柏木林、马尾松林、杉木林、櫟木灌丛、盐麸木灌丛、黄荆灌丛、芒草丛、苍耳草丛等常见种和农业植被，在施工前占地范围内的植被将会清除，会直接造成植被的损失。由于本项目占地面积较小，且占地范围内的植被均为当地的常见植被，不会造成植物种类的减少，且临时占地损失的植被将会在运行期进行植被恢复。在施工前加强施工人员的宣传教育，施工过程中严格控制施工范围等措施实施后，施工占地对植被的影响较小。

（2）对植被覆盖度的影响

永久占地硬化地面植被覆盖度将变为 0，但永久占地占评价范围面积 0.16%，占比极小，对区域的植被覆盖度影响较小。施工期应严格控制永久占地范围，在永久占地范围内进行施工的施工场地应尽量布置在永久占地范围内，尽量减小对植被破坏。

临时占地在线路安装完成后及时对该地段将进行植被恢复，短期内（1 年-2 年）能恢复原有植被覆盖度现状水平。临时占地对植被覆盖度的影响是暂时的，随着施工结束，植被将逐渐恢复至原有水平，对区域植被覆盖度的影响较小。

7.3.2.1.2 施工扰动的影响

①运输扰动

工程建设过程中，塔基等运输将对公路沿路的植被产生扰动。根据工程可研，工程运输主要采用公路铁路联运形式。

工程线路的选择已考虑到材料运输的问题，工程沿线可利用高速、国道以及各省内的省道、县道等，道路附近主要为人工种植的绿化植被，工程运输对附近人工绿化植被扰动影响较小。部分塔基需要开辟临时道路，地表原有植被遭到破坏，但在工程施工结束后可恢复原有植被类型，在恢复植被的情况下影响相对较小，且是短暂的。

②场地平整、开挖、临时材料堆放等影响

工程换流站等场地进行平整作业、塔基基础开挖，以及沙石料运输过程中的漏撒等行为，可能会对环境空气质量造成暂时性和局部性的影响。此外，开挖作业会对土壤层产生扰动，改变土壤的紧实度，从而可能导致水土流失。为了减少这些影响，工程可采取铺垫、拦挡、覆盖等措施，降低水土流失的风险。

③废水、固体废弃物等影响

工程施工过程中将产生一定的生活污水以及施工生产废水，将会对施工区周围水环境造成一定影响。同时，也将产生一定的固体废弃物，对周围环境产生污染，最终影响周围植物的生长发育，但这种影响通过一定的管理措施可以得到减缓，施工过程中废水通过回收利用、固体废物通过收集处理后，工程施工对沿线植被产生影响较小。

④人为活动

施工期，施工人员随意活动、乱砍滥伐、乱堆乱放等行为的发生会对区域内植被造成直接的损害，需加强施工人员环保意识，严格监管施工人员行为，可防止甚至避免这种影响的发生。

7.3.2.1.3 外来入侵植物的影响

根据现场调查，评价范围内目前已发现苍耳、香丝草、小蓬草、一年蓬、鬼针草、藿香蓟、鳢肠、钻叶紫菀、垂序商陆、喜旱莲子草等 20 种入侵植物。评价范围内入侵植物入侵机制大都具有种子量大、抗逆性强、适应性广的特征，扩散方式均为以人类农业生产活动扩散、动物传播或随水流及风力传播的特点。评价区位于我国的亚热带地区，气候条件适宜，上述入侵植物在评价区内均表现出良好的适应性。

本项目为线性工程，东西跨度较大，施工期全线人流、车流量加大，人员活动及材料的运输等传播途径可能带来一些外来物种，外来物种在一定范围内若形成优势群落，将对土著物种产生一定的排斥，使区域内植被类型受到一定的影响。例如一年蓬、小蓬草等枯死后形成大量干燥易燃物，在高温或雷击条件下可能引发山火，威胁线路安全。总之，外来入侵物种一方面会严重影响线路区域内植被恢复，同时其大量繁殖还会对线路安全造成

一定的威胁。

因此，对已经存在外来入侵植物必须进行严格监管，严格执行《国家林业局关于加强外来有害生物防范和管理工作的通知》文件精神，加强对施工材料的植物检疫工作，避免带入新的外来入侵物种。在施工过程中遇到入侵物种植株或者群落及时进行处理，如在春夏季未结果前全部铲除，对一年生植物采用烧毁的方式，对多年生植物进行连根清除或者用化学药剂等方式。

本项目建设所需的施工材料、混凝土等基本可采购于当地，与外界频繁交流的几率变小。再加上工程沿线涉及人口居住区，长期以来对人为干扰具有一定的适应，因此小范围的低强度扰动不会为外来种提供有利生境，潜在外来物种带入对本底植被群落影响较小。塔基基础施工结束后可对施工裸露区域采用绿网覆盖，施工结束后及时对临时占地区域进行植被恢复。通过采取相应措施可尽量减小入侵植物的蔓延风险。

7.3.2.1.4 病虫害

项目经过湖南省和贵州省区域分布有相对面积较大的自然及人工种植的马尾松林。工程建设施工过程中施工机械、施工人员的活动及施工材料运输可能引起松材线虫病的传播，因此在施工过程中避免长距离的横向施工，选用本地区域的施工车辆、施工人员、施工机械，避免横向传播；同时对施工用木材、木质包装进行严格的检验检疫，降低松材线虫病在区域内爆发的可能性，并建立预警机制，一旦发现应立即上报上级主管部门，并采取防治措施。此外，对于工程施工木材、木质包装应在施工结束后集中外运，集中处置，进一步降低松材线虫病在区域内爆发的可能性。

7.3.2.2 运行期对陆生植物的影响分析

输电工程在运行期内，对灌丛、灌草丛植被及植物资源没有影响。工程运行期间，尽量减少对导线下方森林群落的修砍；如由于安全原因确需对导线下方高度较高的树木需要修剪，则将对该区域植被产生一定影响。

根据相关规定，输电线路运行过程中，要对导线下方与树木垂直距离小于 7 m 树木的树冠进行定期修剪，保证输电导线与林区树木之间的垂直距离足够大，以满足输电线路正常运行的需要。但工程设计时，铁塔塔位一般选择在山腰、山脊或山顶，这些区域树木高度一般低于 15 m，由于山腰、山脊或山顶等有利地形形成的高差原因，在塔位附近，树冠与导线之间的垂直距离超过 10 m，不需要定期修剪树冠。山坳中的林木高度较半山、山脊和山顶处虽然更高，但是由于位置低凹，导线与山坳处的乔木树冠之间的垂直距离更大，故不需砍伐通道。且设计时已考虑了沿线树木的自然生长高度，采取在林区加高杆塔高度的措施，以最大程度的保护线路附近树木与导线的垂直距离超过 7 m 的安全要求。因

此可以预测，运行期需砍伐树木的量较少，且为局部砍伐，故对森林植物群落组成和结构影响微弱，对植物生态环境的影响程度较小。

7.3.2.3 对重要野生植物的影响分析

评价范围内发现有国家二级保护野生植物野大豆、中华猕猴桃，在评价区道路旁、林缘偶有分布，野大豆、中华猕猴桃均为调查区域的常见植物，野大豆、中华猕猴桃在道路旁有分布，工程运输车辆的扬尘及人为干扰可能会对其产生一定的不利影响。扬尘可通过洒水除尘及对运输车辆加盖帆布等措施进行避免及减缓，从而减缓工程施工对其造成的不利影响，人为干扰主要为施工人员可能对具有观赏及经济价值的保护野生植物等进行采挖，可通过加强宣教、制定规范及严格监管等可避免及减缓。因此，在落实上述相关措施后本项目施工建设对评价范围内的重点保护野生植物的影响较小。

7.3.2.4 对古树名木的影响分析

工程施工占地内未发现古树名木，评价范围内的古树与塔基的最近距离为 582m，与直流线路的最近距离为 90m，换流站距古树最近距离为 102m。工程施工占地对古树名木的影响较小。距离工程较近的古树名木在工程施工时扬尘及人为干扰可能会对其产生一定的不利影响，可通过在施工前对评价区内距离工程较近的古树名木进行围栏保护，可有效避免及减缓、工程施工建设对古树的不利影响。

7.3.3 陆生动物的影响分析

7.3.3.1 施工期对陆生动物的影响分析

（1）对两栖类的影响

1) 施工占地的影响

本项目塔基数量较多，山体较多，塔基布设于山腰、山顶区域，塔基基本避开水域，基本不占用河道内两栖类生境。单个塔基占地面积较小，施工期间因此对两栖类生境占用影响较小。

施工简易道路、布线施工区临时占地可能占用山溪、沟渠、池塘等两栖类生境，随着施工结束、临时占地区植被生长，对其生境占用影响将逐渐减少。

2) 水污染的影响

换流站的场地平整等造成的水土流失、跨越河流等水域两岸塔基开挖、建设产生的废水、施工人员生活污水、施工机械机修及工作时油污跑冒滴漏产生的含油污水等，不当处理会随雨水流入河流、坑塘或农田，造成局部生境污染和水质的破坏。石灰、水泥、渣料等溶于水会造成水体 pH 值、无机盐浓度的改变，这对于皮肤是透水性的、能通过表皮吸水的两栖类来说，影响较大。水体 pH 值、无机盐浓度的改变会破坏其体内的水盐平衡，

将导致其大量失水和积累盐分而死亡。但是，废水排放、油气污染等不利影响是暂时的，施工期间严格落实水污染防治措施，当工程结束后，水体的自净作用能够使水体的清洁度基本恢复，水体环境恢复到稳定水平后，这种影响也会消失。

3) 施工噪声、人为活动干扰

蛙类主要通过鸣声求偶，施工期噪声会对其求偶造成一定的干扰，降低其求偶繁殖率。蛙类求偶时间一般为晚上或凌晨，工程主要在白天施工，且水域边施工工程量较小，施工噪声对其影响较小。

另外施工区域人为活动增加，将驱赶两栖类向周围相似生境迁移。从大范围来看，本项目建设基本属于点线型，在基塔附近造成极小范围的片状改变，因此没有显著改变两栖类在该区域的生境条件。施工活动结束后，随着自然生态环境的恢复和重建，同时消除土石方工程对溪流、小集水处的持续影响，工程建设两栖类物种的影响逐步消失。

(2) 对爬行类的影响

1) 施工占地的影响

工程换流站、塔基等永久占地，施工便道、牵张场地等临时占地占用林地、灌草地等生境将占用爬行类生境，施工便道将造成生境破碎化程度增加，导致施工影响区内爬行动物离开原有的生境，它们会迁移到施工区以外替代生境中，由于评价区内及周边区域替代生境多，因此工程占地对其生存不会造成大的威胁。

2) 水污染的影响

爬行类中如林栖傍水型等对水环境也有一定依赖性，施工期间土石方作业带来的水体污染对其生境会造成一定程度的影响。但是，这些影响暂时的，施工过程也将严格执行各项水污染防治措施。当短暂的施工过程结束后，评价区内水体的自净作用也能够使水体的清洁度基本恢复，当水体环境恢复到稳定水平后，这种影响即会消失。

3) 施工噪声、人为活动干扰

施工活动产生的噪声和震动、施工人员活动会干扰蛇类捕食和对其造成惊吓，迫使其迁出施工区域。换流站工程量相对较大，施工车辆行驶、渣土倾倒等可能会造成爬行类个体因躲避不及而死亡的偶发情况。

(3) 对鸟类的影响

1) 施工占地的影响

工程主要占用林地、耕地、草地。换流站、塔基、施工简易道路、材料堆场、施工区域等占地对植被破坏的同时也破坏了喜栖于其中的鸟类生境，导致鸟类生境减少。在丘陵、山地中架设铁塔需要砍伐林地，在鸟类繁殖季节可能危害鸟卵、幼鸟。受影响的种类主要

为常见的鸣禽和陆禽。生境破坏使其活动和觅食范围减小，但由于工程永久占地面积占评价区的比例很小，永久占地面积占评价区总面积的 0.16%，鸟类活动能力较强，且这些鸟类很容易在附近区域找到替代生境，因此工程占地对鸟类的影响较小。

2) 噪声的影响

鸟类对噪声比较敏感，施工噪声会对栖息在施工区域及其邻近区域的鸟类产生一定的趋避作用。施工期间，噪声源主要为施工作业机械和交通运输车辆产生的，受施工机械噪声影响，施工场地一定范围内将不适合鸟类的栖息。但由于鸟类的活动范围很大，可以较轻松地就近寻找到其它适于栖息的地方。且单个塔基的施工时间约半个月左右，时间较短，因此施工噪声对鸟类的影响很小。

3) 水污染的影响

输电线路及水域边塔基工程施工期废水如不采取有效措施随意排放，可能会污染周边水体，从而影响湿地鸟类和傍水型鸟类的栖息环境，间接影响到鸟类的取水或取食。可能受影响的种类主要为游禽、涉禽、傍水型鸟类，如部分攀禽和鸣禽中喜在水边生活的种类的影响。

4) 施工活动的影响

施工期人为活动增加，会对栖息在施工区域及其邻近区域的鸟类产生一定的驱赶作用。但鸟类迁移能力较强，且施工区附近相似生境较多，鸟类很容易找到类似生境活动。

以上影响将使大部分鸟类远离施工区域，小部分地栖如灰胸竹鸡等灌木林栖鸟类由于栖息地的丧失而迁移，工程评价区内鸟类的种类和数量暂时性地有所减少。但由于大多数鸟类会通过短距离的迁移来避免伤害，且本项目的施工点较分散，所以工程建设对鸟类的影响不大。施工结束后，植被恢复、重建使得栖息地功能逐步恢复，影响生存的人为活动因素消失，在项目区活动的鸟类会重新分布，因此本项目建设对鸟类的长期影响较小。

(4) 对兽类的影响

1) 施工占地的影响

换流站对兽类影响主要为施工机械噪声等干扰兽类栖息地生境；施工中，施工人员活动留下的食物残渣和垃圾会吸引啮齿类在施工区域聚集；受施工噪声影响迁移到他处的兽类将争夺有限的生存空间，自然选择强度加大，降低了生存能力相对较差种群的可持续发展能力。兽类的迁移能力将使其避免施工造成的直接伤害。

输电线路塔基永久占地、牵张场和施工便道等临时占地占用部分兽类的生境，使部分兽类向周围扩散分布。输电线路为点状占地，塔基占地面积较小，对区域兽类生境占用影响较小，且在占地区周边有许多兽类的替代生境，兽类活动能力强，周边替代生境多，其

能够较容易找到替代生境。施工活动结束后对线路施工场地和附近生态环境进行恢复，迁移或迁徙至他处的兽类可能会回归，因此工程建设对兽类的短期影响不可避免，但长期影响很小。

2) 施工活动及噪声的影响

施工人员的施工活动，如施工便道、施工机械噪声等干扰兽类栖息地生境。迁移到他处的兽类将争夺有限的生存空间，自然选择强度加大，降低了生存能力相对较差种群的可持续发展能力；施工人员可能捕杀兽类。兽类的迁移能力将使其避免施工造成的直接伤害；施工活动结束后对线路施工场地和附近生态环境进行恢复和重建后，原有栖息地生态条件得以重建、生境破碎化因素消除，迁移或迁徙至他处的兽类可能会回归，因此工程建设对兽类的短期影响不可避免，但长期影响很小。

7.3.3.2 运行期对陆生动物的影响分析

(1) 对两栖爬行及兽类的影响

输电线路对兽类和两栖爬行类等陆生动物的生境和活动起着一定的阻碍作用，陆生动物的时空活动范围受到限制。小型陆生动物因本身的生物学特性，其活动的时空范围有限，因而受到的限制作用会更大。塔基占地会对一些小型兽类的栖息地造成不可逆的破坏。正面效应为人类的活动会为小型陆生动物如伴随人类居住生活的啮齿类动物带来更多的食物来源。

输电线路工程的分离和阻隔作用不同于公路和铁路项目，由于其塔基为点状分布，两塔之间距离根据地形一般为 300~800 m 左右，杆塔之间的区域为架空线路，不会对迁移动物的生境和活动产生真正的阻隔。工程运行后，陆生动物仍可自由活动和穿梭于线路两侧。输电线路运营期人为活动很少，仅为线路安全运行考虑配置有巡线工人，且巡线工人数量少，其巡线活动有一定的时间间隔，不会因为人类活动频繁而影响陆生动物的栖息和繁衍。

(2) 对鸟类的影响

项目进入运行期后，主要是输电线路对鸟类的影响。输电线路为架空布设，本项目塔杆大多位于山顶高度较高，可能会对线路附近飞行高度较低的鸟类迁徙和飞行造成一定的影响。

1) 对迁徙鸟类的影响

评价范围内不涉及湖南省和贵州省候鸟迁徙通道重点保护区域。本项目沿线大部分地区人类活动集中，鸟类受到伤害发生地点较少，也不是鸟类主要迁徙通道，且输电线路的杆塔较高，鸟类一般具有很好的视力，它们很容易发现并躲避障碍物，在飞行途中遇到障碍物都会在大约 100m~200m 的距离下避开。在天气晴好的情况下，鸟类误撞输电线路的

几率很小；鸟类迁徙过程中，可能会在输电线路进行短暂停留，因此输电线路可能会对鸟类产生影响。根据《输电线路鸟害研究及驱鸟装置的研制》（范作杰，2006），输电线路活动的鸟类常见的有鸢形目、隼形目、鹤形目、鹄形目、鸽形目、雨燕目及雀形目的鸟类，其中容易引起输电线路事故的为鸢形目鸢科、鸢科，隼形目鹰科、隼科，鹤形目鹤科，鸽形目鸠鸽科及雀形目鸦科鸟类，但出现线路电击鸟类的现象较少。项目输电线不会对迁徙鸟类造成影响。

2) 对留鸟的影响

评价区留鸟种类较多，本项目塔基线路大多沿山顶区域布设，沿线林地集中区留鸟可能在输电线铁塔以及下方树木上筑巢，可以采用感应式声光驱鸟装置、防鸟刺等装置防止鸟类在铁塔及线路附近活动。此外，本项目换流站~边城 500kV 线路工程和换流站~牌楼 500kV 线路工程等经过林地集中地区，评价区留鸟可能在铁塔或输电线下方树木上筑巢，线路下方乔木修剪可能会破坏鸟类巢穴。考虑到线路周边具备较多相似生境，在实施林木修剪过程中如发现鸟巢，可将其就近转移至周边同类生境中，由于运行期工作人员线路检修频率不高，时间可以避开鸟类繁殖期，且区段检修时间短、检修人员较少，实际需修剪的乔木数量有限，周边活动的留鸟多为当地常见物种，对鸟类干扰很小。因此，总体来看本项目输电线路对评价区留鸟的影响相对较小。

7.3.3.3 对重要动物的影响

评价区湖南段和贵州段共有国家二级重点保护野生动物 16 种，包括：红隼 *Falco tinnunculus*、凤头鹰 *Accipiter trivirgatus*、松雀鹰 *Accipiter virgatus*、普通鵟 *Buteo japonicus*、黑鸢 *Milvus migrans*、斑头鸺鹠 *Glaucidium cuculoides*、草鸺 *Tyto longimembris*、红腹锦鸡 *Chrysolophus pictus*、画眉 *Garrulax canorus*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、中华草龟 *Mauremys reevesii*、斑林狸 *Prionodon pardicolor*、橙翅噪鹛 *Trochalopteron elliotii*、红嘴相思鸟 *Leiothrix lutea*、红腹角雉 *Tragopan temminckii*、脆蛇蜥 *Ophisaurus formosensis*。湖南段涉及省级野生保护动物 159 种，贵州段不涉及省级保护动物。

（1）对保护鸟类的影响

凤头鹰、松雀鹰、普通鵟、黑鸢、红隼、红腹锦鸡、画眉等鸟类，在评价区内偶见，其活动能力较强。由于上述鸟类对噪声敏感且喜远离人群活动，项目施工区域内的人为活动、施工产生的噪声会对评价范围内的重点保护鸟类造成驱赶，导致鸟类数量有所降低，但这种影响是暂时的，施工结束后噪声和人为活动影响将消失。施工结束后，施工区域保护鸟类数量将恢复到原来水平。因此，本项目施工对上述重点保护鸟类正常的生存状产生影响较小。

（2）对保护爬行类的影响

评价区域的保护爬行类主要为中华草龟、脆蛇蜥，湖南段涉及湖南省级野生保护动物 42 种，根据爬行类的生活习性，它们的活动范围较广，林下、农田、草地、水域附近都可作为其生境，受施工占地和施工活动影响可能会迫使其到其他区域活动。施工沿线生境大多为林地，爬行动物能够比较容易找到新的栖息场所，由于爬行动物具有较强的运动迁徙能力，对外界环境的适应能力较强，工程建设可能会使一部分爬行动物迁徙栖息地，但对种群数量影响较小，施工活动结束后，影响逐步消失。

（3）对两栖类的影响

评价区域的湖南段涉及湖南省级野生保护动物 15 种，贵州段不涉及省级野生保护动物。中华蟾蜍、黑斑侧褶蛙、竹叶蛙等偶见于评价区的水库、河流、山溪附近，项目施工对水域采取跨越的方式，在水域内没有占地，项目施工不占用其重要栖息地，不会对保护动物造成影响。

（3）对兽类的影响

食肉目具有发达的大脑和灵敏的感觉器官，嗅觉、视觉和听力发达，猎物多以有蹄类、各种鼠类、鸟类以及某些大型昆虫等为主，评价区共有国家二级重点保护野生动物兽类两种，其中豹猫在评价区广泛分布，主要栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近，斑林狸主要分布于常绿阔叶林、林缘及灌木林等生境中。湖南段涉及湖南省级野生保护动物 25 种，包括东北刺猬、华南兔、马来豪猪等，主要栖息于山区森林、灌丛等环境。本项目的建设对评价区食肉目的影响主要是塔基的占地造成其栖息地的破碎化以及施工便道、施工机械噪声等干扰其栖息和活动。

因塔基占地面积较小，食肉目动物活动能力强，周边替代生境多，不会对该区域活动的食肉目动物造成阻隔影响。受施工噪声影响迁移到它处的物种将争夺有限的生存空间，自然选择强度加大，降低了生存能力相对较差种群的可持续发展能力，这些动物的迁移能力将使其避免施工造成的直接伤害，施工活动结束后对线路施工场地和附近生态环境进行恢复，迁移至他处的物种可能会回归，因此工程建设对这些哺乳动物的短期影响不可避免，但长期影响很小。施工结束后，受影响种群将会慢慢恢复，因此在大的区域内，不会对其生存和种群数量产生大的影响。

7.3.4 对生态敏感区的影响分析

7.3.4.1 对生态保护红线的影响

7.3.4.1.1 对湖南省生态保护红线的影响

拟建线路在湖南省境内穿越生态保护红线长度约 12.68km，立塔约 35 基，主要以生

生物多样性维护及水源涵养生态为主，自然生态系统和野生动植物生境良好，生物多样性保护功能强。

施工期，线路塔基建设等活动，会对附近原生地貌和植被造成一定程度破坏，降低覆盖度，可能形成裸露疏松表土，导致土壤侵蚀；施工弃土、弃渣及建筑垃圾等，如果不进行必要防护，可能会影响植被生长，加剧生态保护红线的土壤侵蚀与水土流失，导致生产力下降和生物量损失。铁塔的架设及牵张场需占用临时用地；为施工和运行检修方便，会新修部分临时道路，工程土建施工弃渣的临时堆放也会占用少量场地。这些临时占地将改变原有土地利用方式，使生态保护红线内部分植被和土壤遭到短期破坏，导致生产力下降和生物量损失，但具有可逆性。施工人员活动、施工车辆通行会对生态保护红线周边动物觅食、迁徙等产生干扰，有可能限制其活动区域、觅食范围、栖息空间等。

线路工程建成后，施工期生态影响基本消除，但塔基占地对其是永久影响。穿越生态保护红线长度约 12.68km，设计阶段尽量已对生态保护红线尽可能避让，但受多方面因素无法完全避让，导致塔基永久用生态保护红线土地，但占用面积较小，占地区周围植被可以恢复，对生态保护红线的生态环境影响不大。

7.3.4.1.2 对贵州省生态保护红线的影响

1、施工期工程生态敏感区的影响

项目穿越的生态保护红线为水源涵养生态保护红线，水源涵养生态保护红线主导功能为水源涵养，保障区域内饮用水水源安全，农业灌溉，兼顾水土保持和洪水调蓄。本项目涉及穿越 31.67 km 的水土保持生态保护红线，80 基铁塔位于生态保护红线内。

影响分析：对于水源涵养生态保护红线区域，影响主要来源于施工期生产废水以及工作人员的生活废水，因此施工期间产生的废水需要简易沉淀处理后回用；施工人员生活污水宜尽量依托周边乡镇或者租用就近居民现有生活设施进行处理，不外排，最大限度保障水体安全，尽可能减小对水源涵养生态保护红线区域的影响。

（1）对水源涵养功能的影响

植被破坏与水源涵养能力下降：塔基建设通常需要占用一定面积的土地，并进行土地挖掘和混凝土浇筑等活动。这些活动会直接破坏原有植被，导致地表裸露，水源涵养能力下降。植被的破坏会减少地表覆盖，增加水土流失的风险，从而影响水源涵养区的生态功能。

土壤扰动与水质污染：塔基建设过程中的土壤扰动可能导致土壤侵蚀和养分流失，这些流失的土壤和养分可能进入水体，对水质造成污染。此外，施工期间产生的废水、泥浆等也可能直接排入水体，进一步影响水质。

生态结构破坏与生态功能退化：水源涵养生态保护红线的主要目的是保护区域内的水源涵养功能和生物多样性。塔基建设可能破坏这一生态平衡，导致生态结构破坏和生态功能退化。这将对区域内的水资源保护和可持续利用产生不利影响。

（2）对生态环境的影响

生物多样性减少：塔基建设可能破坏原有植被，导致生物栖息地丧失或改变。这将直接影响区域内的生物多样性，可能导致某些物种数量减少甚至灭绝。同时，施工期间的噪声、振动等也可能对野生动物造成干扰和惊吓，影响它们的正常生活和繁殖。生态景观破碎化：塔基建设可能导致生态景观的破碎化，即原本连续的生态系统被分割成多个小块。这将影响生态系统的连通性和稳定性，对区域内的生物多样性和生态平衡产生不利影响。

2、运行期生态保护红线的影响

项目穿越的生态保护红线为水源涵养生态保护红线，本项目运行期间，本身不会排放任何的污染物，对周边水库、河流等水源的正常运行不会产生影响，水源涵养生态保护红线原有的水源安全、农业灌溉、调蓄洪水和水土保持等主要功能均能维持原有状态。

7.3.4.2 对湿地公园的影响

本项目施工期，在湿地公园内只涉及的塔基占地，塔基占地选择植被稀疏的陆地区域，不会对湿地区域造成影响，施工期严格规范施工活动，对湖南中方澧水国家湿地公园和峒河国家湿地公园动植物、陆生生态影响较小。在运营期，输变电线不利于迁徙季节湿地鸟类上下活动觅食，因此需要加强对该湿地公园迁徙季节鸟类影响的监测。

根据现场调查情况，工程穿越的湖南中方澧水国家湿地公园和峒河国家湿地公园，现场调查未见集群候鸟迁飞情况。

在评价区内的鸟类主要为常见的雀形目鸟类、鹃形目和部分鹈形目鸟类，如白头鹎、乌鸫、池鹭、棕背伯劳、白鹡鸰、栗背短脚鹎、大山雀、珠颈斑鸠、北红尾鸲等。这些鸟类为评价区内常见鸟类，主要在河道两岸的灌草丛迁飞活动，迁飞高度较低，本项目的建设和运营不会对这些鸟类的迁飞造成明显不利影响。

7.3.4.3 对谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区的影响

本项目线路跨越谢桥河处为谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区核心区。本项目线路在保护区上空走线，在保护区内不立塔，不占用保护区的面积，无涉水工程，塔基距河道最近距离约 68 m。对保护区的影响主要是近岸施工活动和运输车辆产生的噪声和振动等因素可能使鱼类受到惊吓或干扰而转移到保护区其他水域，

施工期和运营期均满足相应声环境和电磁环境控制限值，工程建设和运营期间对保护区的水生生物和保护区结构功能影响很小。

7.3.4.4 对避让的生态敏感区的影响分析

本项目已避让湖南麻阳锦江国家湿地公园、西晃山省级森林公园贵州万山长寿湖国家湿地公园、九龙洞风景名胜区、万山汞都-夜郎谷风景名胜区等生态敏感区。

(1) 对植被和保护物种的影响

施工期将加强管理，禁止施工人员进入已避让的生态敏感区，禁止采集植物，不会造成物种数量减少。项目建设不会在已避让的生态敏感区占地，生态敏感区内土地利用类型不会发生变化，植被生物量和生产力也不受影响。项目运行期不会在已避让的生态敏感区开展活动，不会对区域内植被和保护植物物种产生影响。在设计深化过程中，应对重点关注已避让的生态敏感区，确保线路塔基及其扰动范围不落入已避让的生态敏感区内；施工中严格限制施工范围。因此，在采取一定的生态保护措施后，项目建设对已避让生态敏感区内植被和保护物种的影响可以接受。

(2) 对野生动物和保护物种的影响

线路建设不在已避让的生态敏感区内立塔，施工期不在已避让的生态敏感区内开挖土方，不会在敏感区内设置施工营地，不向敏感区排放污水，不会对敏感区内的湿地和河流环境造成破坏。虽然施工中会对周边临近生境造成轻微干扰，但周边的替代生境会为鸟类等野生动物提供可靠的栖息地。施工期间建设单位会加强教育，向施工人员普及生态保护的重要性，禁止施工人员捕猎和捕捞。敏感区内活动的动物大多为常见种，项目建设不会导致敏感区内生物多样性下降。综上所述。项目建设对已避让生态敏感区内野生动物的影响可以接受。

(3) 对生态系统的影响

项目建设不在已避让生态敏感区内施工，不会破坏敏感区的自然群落结构，通过采取有效的生态保护措施，不会影响生态系统的结构，不会明显影响生态系统的水源涵养、水土保持、生物多样性维护等生态功能。本项目为点状线性工程，单点施工时间较短，工程施工规模较小，随着施工结束，施工期对生态环境的影响将随之消失。

7.3.5 对生态系统的影响分析

7.3.5.1 对生态系统组成的影响

评价区内生态系统由自然生态系统和人工生态系统组成，具体包括森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、农田生态系统、湿地生态系统、城镇生态系统。

本项目施工活动主要集中在塔基附近区域，其影响也主要集中在塔基周围且呈点状分布。本项目施工期材料运输及塔基开挖等施工活动会使局部地表受到破坏，导致局部地表水分、土壤等非生物环境改变以及原有地表植被消失或扰动，会导致部分生活在地表土壤

中的生物缺乏生存、穴居和繁衍的庇护地而逐渐消亡，但其影响仅局限于塔基周围和临时扰动区域。本项目占地区主要是森林生态系统、灌丛生态系统，而评价区内森林生态系统和灌丛生态系统面积大，工程为点状线性工程，占地范围仅为塔基占地，施工后对临时占地进行恢复施工痕迹，因此本项目施工期对区域生态系统完整性影响较小。

1、对森林生态系统的影响分析

森林生态系统在评价区内分布较为广泛，其生物多样性丰富，生态功能突出。因此施工期输电线路架设塔基、空中架线时不可避免地要砍伐树木。

(1) 直接占地影响：工程施工塔基建设将直接占用部分林地，导致林地面积的减少，间接地占用森林中动物的生境，使其远离施工区域。

(2) 在施工期间，工作人员进出评价区，工程建筑材料及其车辆的进入，会有意无意地将外来物种带进入施工区域，由于外来物种适应环境的能力较强，扎根生长繁殖后还会影响原本土植物的正常生长和繁殖，可能会导致森林生态系统内当地生存的物种的衰退。与此同时，施工活动等也会影响动物的栖息、觅食、繁殖等，从而影响森林中动物的正常活动。

(3) 施工产生的扬尘，机械排放的有害气体等会使森林环境变差，影响植物光合作用和呼吸作用而导致植物受到伤害；施工的废水影响系统内的水域水质将会对系统内的两栖爬行觅食以及生存繁衍造成一定影响；施工噪声将对森林鸟类以及兽类产生一定驱赶作用。

(4) 施工人员的活动包括施工和生活、机械操作、不文明施工等也会造成对周边森林环境的破坏，如对沿线植被乱砍滥伐，随意践踏，构造物的基础开挖、取土、填土等，开挖土方乱堆乱放占压林地，毁坏植被；生活垃圾处理不善等也会对森林资源造成很大的危害。

(5) 运营期为满足输电线路正常运行需对导线下方与树冠垂直距离小于 7m 的树木进行定期修剪，使森林生态系统植被生物量减少。

2、对灌丛、草地生态系统的影响分析

评价区内灌丛、草地沿线均有分布。输电项目对该系统主要是占地的影响。

(1) 占地影响：工程塔基建设将直接占用部分灌丛、草地，导致灌丛、草地面积的减少。另外在施工期间，工作人员进出评价区，工程建筑材料及其车辆的进入，会碾压部分草地，导致草地面积的较少。

(2) 工程占用草地导致原有的灌草地面积减小，将间接影响草食性动物的觅食；施工扬尘等附着在草原植被的叶面上将导致植物的光合作用减弱，同时也会威胁到以草为食

的动物的生存；施工噪声将对灌丛鸟类以及兽类产生一定的驱赶作用。

(3) 施工人员的活动包括施工和生活、机械操作、不文明施工等也会造成对周边灌草地环境的破坏，如对沿线灌草地随意践踏，开挖土方乱堆乱放占压灌草地，生活垃圾处理不善等。由于架设塔基较分散，塔基占地以及施工占地面积较小，因此工程对灌丛、草地生态系统的影响较小。

3、对湿地生态系统的影响分析

拟建项目评价区内的湿地生态系统主要为分布在沿线的河流以及湖泊水库。评价区内除少数河流作为自然保护区被保护之外，大部分的河流两岸分布为村落、农田，因此评价区内的湿地生态系统本身人为干扰较大。工程对湿地生态系统的影响主要如下：

塔杆基础的开挖、塔杆组立、架线等施工过程中洒落的填土、边坡防护不及时导致的水土流失等会对评价区的河流水质产生影响。

本输电项目大多是通过高空架设方式直接跨过河流、湖库的，塔基布置处距离河流岸边尚有一定距离，因此拟建项目对湿地生态系统影响较小。只要在施工前注意对施工人员进行环保意识的宣传教育，在施工期避免或尽量减少垃圾和污水的排放，拟建项目对评价区内的湿地生态系统影响可控。

4、对农田生态系统的影响分析

工程施工期，工程对农业生产的影响主要来自塔基、换流站占地。塔基基础的开挖、换流站处场地平整，占地处的农作物将被清除，使农作物产量减少，农作物的损失以成熟期最大；另外塔基挖掘、土石堆放、人员的践踏、施工机具的碾压，亦会伤害部分农作物，同时还会伤及附近植物的根系，影响农作物的正常生长。换流站工程量相对较大，运输车辆沙石料运输漏撒等造成扬尘，附着在附近农作物上，也会影响其光合作用，可能造成农作物减产；换流站处人员生活污水、施工废水若不经处理直接排放，将影响周边农作物生长。固体废物随意堆放也会对农业生态系统中的农作物及动物生境造成一定的不利影响。

此外，塔基开挖、换流站场地平整将扰乱土壤耕作层，除开挖部分受到直接破坏以外，塔基土石方混合回填、换流站处临时施工生产生活区、临时道路区占地结束后，亦改变了土壤层次、紧实度和质地，影响土壤发育，降低土壤耕作性能，造成土壤肥力的降低，影响作物生长。同时，随着农业机械化程度的提高，工程立塔于农田中对农业丰收期大面积的机械耕作也造成了一定的影响，但由于单塔占地面积相对较小，两塔间的距离较长，导线对地距离高，对联合收割机的通行不会形成阻隔。本项目永久占用农田生态系统面积非常小，且单个塔基施工时间短，可以避开农作物收获期，严格控制临时用地范围、加强施

工管理等措施可将对农业生态系统影响降到最低。

5、对城镇生态系统的影响分析

施工期施工人员的进入，导致人口集中，建筑材料、生活垃圾等随意堆放及人类活动干扰均会对城镇/村落生态系统内的动植物产生一定的不利影响。但根据输电线路塔基施工特点，各塔基施工点施工量小，施工时间短，各工程段施工的施工人员相对较少，因此，影响较小。此外，施工前注意对施工人员进行环保意识的宣传教育，在施工期避免或尽量减少垃圾和污水的排放，拟建项目对评价范围内的城镇生态系统影响较小。

7.3.5.2 对生态系统完整性的影响分析

生态系统完整性是在生物完整性概念基础上发展起来的，且因“系统”的特性，其内涵更加丰富。从系统的角度考察完整性，包括三个层次：一是组成系统的成分是否完整，即系统是否具有本生的全部物种，二是系统的组织结构是否完整，三是系统的功能是否健康。

从第一个层次来看，本项目建设主要占地为换流站站址。其他占地范围均为点状的塔基占地，占地范围较小，对周边环境的侵占和干扰较弱，生态系统内的物种组成不会发生改变，因此项目建设前后生态系统组成成分具有完整性。

从第二个层次来看，项目建设后，除塔基和换流站永久占地内的植物群落环境发生改变外，生态系统的绝大部分区域原有生境不变，以这一生境为依托的动植物关系、生物与非生物环境关系、食物链及能流渠道都没有发生变化，因此生态系统总体的组织结构仍然完整。

从第三个层次来看，本项目建设仅对评价区生态系统的局部区域带来侵占和干扰影响，本次新建输电线路直接侵占区域面积占生态系统面积的比重很小，因此输电线路建设的侵占和干扰不会导致整个生态系统功能崩溃，且生态系统仍然具有良好的自我调控能力。综上所述，本项目建设不会破坏生态系统的完整性。

7.4 生态保护措施

7.4.1 生态影响的防护原则

根据本项目的特点，结合《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）的规定，本项目生态影响的防护原则是：

（1）自然资源损失的补偿原则：评价区内自然资源（主要指乔、灌、草等植被资源和土壤资源）会由于项目施工和运行受到一定程度的耗损，属于景观组分中的环境资源部分，具备一定的环境效益和社会效益，因而必须执行自然资源损失的补偿原则。

（2）自然系统中受损区域恢复原则：项目实施后，改变局部区域用地格局，影响了

原有自然系统的功能，同时还会引起水土流失，因此应采取措施减少这种功能损失。

(3) 凡涉及敏感地区和珍稀濒危物种等类生态因子发生不可逆影响时必须提出可靠的保护措施和方案。

(4) 凡涉及需要保护的生物物种和敏感地区，需制定补偿措施加以保护。

7.4.2 生态影响的保护措施

本项目的实施可能对项目建设区域的生态环境产生一定的影响，对于可能出现的生态问题，应该积极采取避让、减缓、补偿和重建等措施。按照生态恢复的原则其优先次序应遵循“避让→减缓→补偿和重建”的顺序，能避让的尽量避让，对不能避让的情况则采取措施减缓，减缓不能生效的，就应有必要的补偿和重建方案。

7.4.2.1 设计阶段生态保护措施

(1) 路径方案设计时综合考虑沿线各生态敏感区的分布，尽量少占用永久基本农田、天然林、公益林、生态敏感区、植被覆盖茂密等区域，尽量从环境影响相对较小的区域通过，对未能避让的林区采用高跨的方式通过。

(2) 杆塔设计时尽量选用档距大、根开小的塔型；在保证线路运行安全的前提下，适当增加档距，减少杆塔数量。

(3) 山丘区输电线路采用全方位高低腿铁塔、改良型基础、紧凑型设计，尽量少占土地、减少土石方开挖量及水土流失，保护生态环境。

(4) 严格执行尽量不占、少占基本农田的用地原则，在下一设计阶段优化工程塔基用地，进一步降低占用的基本农田数量。

(5) 确实无法避让林地或耕地时，应按照相关法律法规办理相关审批手续。

(6) 强化对线路涉及的生态敏感区段的塔基优化工作。例如线路通过湿地或河流时，塔位应尽量选择靠近水体一侧山体的外侧等；杆塔和基础型式选型时应尽量采用掏挖式基础，避免使用大板基础，减少施工扰动强度；杆塔定位时，应尽量选择植被稀疏处。

(7) 导线垂悬弧度设计应与树木森林保持一定的水平与垂直防护距离。

(8) 施工前加强现场踏勘，优化施工场地范围、牵张场、材料场等布局，优化施工便道设计，充分利用现有道路，减少新建施工临时便道。

(9) 施工结束后及时恢复施工临时占地的原有土地功能。

7.4.2.2 植物保护措施

7.4.2.2.1 避让措施

(1) 合理选线和选择建设地点

工程线路在设计时已尽量避开生态敏感区及林分较好的区域。在修建塔基基础平台应

尽量利用山头的自然地势和环境，对山头进行平整时，严格按照施工征地红线进行规范施工，尽量避免对林地造成多余的破坏，一般应选择在山势较为平缓的山脊顶部建设为宜。

（2）合理划定施工范围

合理规划施工便道、牵引场地、材料堆放处等临时场地，合理划定施工范围和人员、车辆的行走路线，避免对施工范围之外的区域的植被造成碾压和破坏。

（3）优化工程布置

根据工程布置情况及现场调查，在进行临时工程布置时可根据现场情况利用现有道路，减少对自然植被的破坏。

7.4.2.2.2 减缓措施

（1）合理开挖，保留表层土

开挖时应将表层土与下层土分开，暂时保存表层土用于今后的回填，以恢复土壤理化性质，利于植被的恢复和农田复耕，临时表土堆场应采取设土袋挡护、拍实、表层覆盖草垫或苫盖纤维布等临时防护措施。

（2）挡护坡面坡脚，防止水土流失

评价区大部分位于亚热带季风气候区，在夏季降水量较大，因此尽量避免在坡度 $>15^{\circ}$ 以上的山地区域设置杆塔，若的确需要在坡度大于 15° 的地区设置杆塔的区域，施工时应及时在坡脚处设置草袋挡土墙挡护或坡面种植草本植等防护措施加以防护，以减少水土流失现象发生。

（3）施工垃圾及时清理

对于施工区域及周边存在的建筑垃圾，以及施工人员产生的生活垃圾应及时清理，同时由于施工人员、施工车辆及施工材料压占临时占地区而改变其土壤紧实度，会影响植被的自然生长，工程施工结束后及时进行翻耕和植被恢复。

7.4.2.2.3 恢复与补偿措施

（1）及时进行植被恢复

工程施工完成后，应进行塔基占地区周边、临时占地区附近植被的恢复，采用当地的土著种，根据当地原生植被类型进行恢复，尽量与周围植被及植物种类保持协调，对栽种的树木和植被要进行人工深度养护，确保树木、植被的成活率。

（2）收集表层土充分利用，及时复垦

对于占用林地、耕地部分的表层土予以收集保存，施工结束后及时清理、松土、覆盖表层土，尽量还原土壤结构，复耕或选择当地适宜植物及时恢复绿化。

3、管理措施

（1）积极进行环保宣传，严格管理监督

工程线施工前应印发环境保护手册，组织专业人员对施工人员进行环保宣传教育，施工期严格施工红线，严格行为规范，进行必要的管理监督，禁止破坏植被的情况发生。

（2）积极采取有效措施预防火灾

在林地分布较为集中的区段，工程建设期更应加强防护，如在施工区及周围山上竖立防火警示牌，划出可生火范围、巡回检查、搞好消防队伍及设施的建设等，以预防和杜绝火灾发生。

（3）预防外来入侵物种的入侵和扩散

1）使用当地车辆进行施工作业，同时加强检验检疫工作，防止施工过程中因车辆和人员活动产生入侵物种的扩散和新的外来物种的侵入。

2）施工过程中对遇到的外来入侵物种应予以铲除，应在植株种子未成熟前进行，若植株种子已成熟，在铲除时先用尼龙网袋套住种子部位后进行清除，同时对种子部位进行烧毁处理，防止种子扩散，造成入侵物种的进一步扩散。

（4）预防病虫害的爆发

本项目建设可能造成松材线虫病传播，松材线虫是松树“癌症”，主要侵染松科植物。其致病过程具有明确的生物学规律：线虫通过松墨天牛等媒介昆虫侵入松树后，会在树体内大量繁殖并扩散至木质部。它们破坏松树的输导组织，导致树木水分和养分运输受阻，最终使松树在短时间内枯萎死亡。

松材线虫病的传播具备显著的人为驱动特征。线虫可在松木及其制品中存活数月甚至数年，即使木材经过简单加工，只要未彻底除害，仍可能携带活线虫或虫卵。电线电缆滚子的生产、运输、使用涉及多个区域，调运范围广、流转环节多，一旦使用松木制作，将直接导致线虫跨区域传播，打破自然传播的地理限制。

从传播路径来看，松木电缆滚子的全生命周期均存在风险点。生产环节中，若原材料为疫木或带虫松木，线虫会随木材加工留存于滚子中；运输过程中，滚子表面或内部的线虫可能随媒介昆虫转移，感染沿途松林；使用环节中，工程施工区域多涉及山林地带，滚子废弃后若随意丢弃或拆解，带虫松木将直接接触本地松科植物，引发新的疫情。

数据显示，我国松材线虫病疫情扩散案例中，通过木质包装、工程用材等人为传播的占比超过 60%，其中电缆盘等工程物资携带传播占比显著。松木的材质特性也增加了防控难度，其纹理疏松、油脂丰富，为线虫提供了适宜的生存环境，常规储存和运输条件难以抑制线虫存活，即使经过干燥处理，也无法完全排除传播风险。

1）本项目施工前期做好宣传教育工作，强调松材线虫病的危害，施工时采用的木材

尽量在本地区进行购买，在施工过程中可能会使用到的机器或仪器的底座和包装箱要避免使用松材，如果不可避免要使用溴甲烷熏蒸或磷化铝进行严格处理，同时在施工区域把松木电缆滚子、木质包装等进行焚烧，彻底切断松材线虫传播途径，保障生态环境。

2) 使用当地车辆进行施工作业，加强检验检疫，防止携带传染源的车辆、人员和施工工具及材料进入评价区，造成病虫害爆发或扩散。

3) 加强检验和检疫，防止产生新的疫病区与和现有疫病区域松材线虫病爆发。若有松材线虫病的传播和爆发，应及时上报地方林业部门。

7.4.2.2.4 古树名木保护措施

评价区内古树名木有 356 棵，古树与塔基的最近距离为 582m；与直流线路的最近距离为 90m，换流站距古树最近距离为 102 m，主要受施工活动的影响，只要加强施工期管理，控制扬尘，工程不会对其造成直接影响，因此可采取就地保护措施。

(1) 对评价范围内的古树进行挂牌，并设置警示牌。

(2) 加强施工期管理，控制扬尘，树立“古树名木”的警示标识，加强施工人员的环保教育，使其自觉保护国家珍稀植物资源。

(3) 建立项目分包领导负责制，同入住该生活区的项目分包领导签定古树名木保护协议，古树名木一旦遭到人为损伤和破坏，追究其负责人责任。

7.4.2.2.5 公益林、天然林保护措施

(1) 结合本项目生态评价范围公益林、天然林分布情况，项目已优化线路走向，尽量绕避或少占了公益林、天然林林地。减少因林地征占对其生态功能产生不利影响，也降低企业森林植被恢复补偿费用。注意在施工期管理，在规定范围内施工，不要因施工管理不当破坏公益林、天然林。

(2) 涉及公益林、天然林征占采伐的，按照规定应依法办理林木采伐手续。

(3) 建议开展环境监理，在严格执行设计规定的施工作业宽度的基础上，在满足施工条件下，监理提出缩减作业带宽度建议，降低公益林、天然林林地征占面积。

7.4.2.3 动物保护措施

7.4.2.3.1 避让措施

(1) 优化输电线路路径，综合比选，尽量避开沿线植被较好区域，靠近生态敏感区施工时，缩短施工时间，降低施工活动对区域动物多样性的影响。

(2) 提高施工人员的保护意识，严禁捕猎野生动物。施工人员必须遵守《中华人民共和国野生动物保护法》，禁止猎杀野生动物，尤其是陆禽、蛙类、蛇类等易被当成捕捉目标的经济动物。

(3) 在塔基施工和线路架设过程中，施工过程要在征地红线内进行，避免干扰到征地红线外野生动物的正常生活。

(4) 做好施工污水的回收处理工作，严禁将施工废水随意排放污染野生动物生境，严禁排入水体或动物生境污染环境。

(5) 施工材料要堆放在临时占地范围内，尤其是粉状材料与有害材料，运输时要注意不能被雨水或风吹至水体中，以免对动物的生境造成污染。

(6) 施工过程中减少施工噪声，避免对野生动物活动的影响。野生鸟类和兽类大多是晨昏外出觅食，正午休息。为了减少施工噪声对野生动物的惊扰，合理安排施工方式和时间，避免在晨昏和正午进行噪声较大的施工活动。

(7) 施工采用低噪声设备，加强日常维修保养，使施工机械保持良好状态，避免超过正常噪声运转。对高噪声设备，应在其附近加设可移动的简单围障，以降低其噪音辐射。

7.4.2.3.2 减缓措施

(1) 施工过程中，遇到的幼兽、幼鸟、卵等未发育、未成熟个体，应在林业局或其他保护部门的专业人员指导下妥善安置。

(2) 修建施工道路经过溪流地段要顺溪流设置小型桥梁和涵洞，以确保两栖和爬行动物通道畅通；牵张场、索道等临时施工占地，应根据实际情况优先选择现有道路或者闲置空地作为临时占地区。

(3) 为减缓施工队伍对野生动植物的影响，要标明施工活动区，严令禁止到非施工区域活动，尤其是敏感区内，要严令禁止在施工区外生火、狩猎等。

(4) 塔位有坡度时，应修筑护坡、排水沟；施工场地应恢复自然植被，确保不发生塌方及水土流失现象。

(5) 夜间是两爬和兽类部分物种主要活动觅食的时间，应禁止夜间施工，减少施工区的灯照时间，降低灯光亮度，降低对施工区外野生动物的光照影响。

7.4.2.3.3 恢复与补偿措施

对塔基、施工布置区以及牵张场、索道、施工道路等占地区，应及时做好植被恢复工作，降低对动物造成的不利影响，有利于动物适应新的生境。

7.4.2.3.4 管理措施

1、建设单位、当地政府以及野生动物保护主管部门应联合起来采取多种方式，打击偷猎和野生动物贸易等违法行为。充分利用各种机会，采用广播、电视、墙报和黑板报、张贴标语、散发宣传单、出动宣传车、印制动物保护小册子等多种形式，向施工人员和当地居民宣传国家的《中华人民共和国野生动物保护法》（2018年修订）、《国家重点保护

野生动物名录》（2021 年公布）等有关对野生动物保护的法律法规中的保护规定和法律责任。宣传野生动物的知识及保护的意义，保护野生动物的栖息环境，禁止非法狩猎、诱捕、毒杀野生动物，有效控制其它威胁野生动物生息繁衍的活动，使施工人员与当地的居民能够自觉地保护当地的野生动物。规范施工人员行为，降低对动物种群动态的人为干扰。

2、在项目区内特别是在敏感区林区内设置告示牌和警告牌，提醒大家保护野生动物及其栖息地环境，加强公众的野生动物保护意识教育，严禁捕猎野生动物和破坏动物生境的行为。特别是对于本项目评价范围内分布的保护动植物，制定宣传牌，详细说明识别特点，并对国家的相关处罚规定进行说明。

3、规范输电线路维护人员的行为，禁止维护人员乱丢生活垃圾，减轻维护人群对野生动物及其栖息地环境的影响。

4、加强对主要保护对象影响的监测和补偿，要做好工程对保护对象等的影响监测评估工作。一旦主要保护对象受到较大的影响后，需结合主要保护对象的珍稀程度及具体受影响情况，合理确定补偿标准和补偿办法，将其不利影响降至最低。

7.4.2.4 生态敏感区的保护措施

7.4.2.4.1 线路穿越湿地公园的保护措施

湿地是大部分水鸟栖息、觅食的重要生境，本项目涉及 2 处湿地公园，为湖南中方澧水国家湿地公园和湖南吉首峒河国家湿地公园，但输电线路架空过湿地时，对迁徙鸟类会造成一定影响，因此需要加强对该湿地公园迁徙季节鸟类影响的监测，便于提出进一步优化保护措施方案。具体保护措施如下：

（1）施工前注意对施工人员进行环保意识的宣传教育，严格规范施工活动，限制施工区域；

（2）植被种植：施工结束后在塔基周边播撒草籽，种植植被后不仅可以为鸟类提供食物，还能作为筑巢材料和隐蔽场所；

（3）监测巡护：在湿地内科学布设监测样点，安装高清监测设备，对鸟类的种类、数量、分布和活动情况进行定期监测；

（4）日常巡护：组织专业人员和志愿者对鸟类栖息地进行日常巡护，及时发现并制止非法猎捕、破坏栖息地等行为，同时，密切关注鸟类的健康状况，发现受伤或患病的鸟类及时进行救护；

（5）政策法规：严格执行相关的法律法规，加强对湿地和鸟类的保护。制定鸟类保护管理办法，明确保护责任和措施，确保鸟类保护工作有法可依、有章可循。

7.4.2.4.2 线路跨越水产种质资源保护区的保护措施

本项目输电线路跨越谢桥河特有鱼类国家级水产种质资源保护区，在保护区内均无永久和临时占地。现对保护区的保护措施如下：

（1）施工前注意对施工人员进行环保意识的宣传教育，设置警示牌及宣传标语，不得进入河道捕鱼及破坏水生植被。

（2）加强施工生产与生活废水的监督管理，优先利用周边村落和城镇的配套设施解决，远离保护区，避免施工废水和生活污水排入水体，避免其对保护区内水体和水质造成影响。

（3）施工期严格控制噪声，用低噪声设备，将高噪声设备做好消声隔声处理。

（4）线路架线时采用牵张放线和无人机放线等先进的展放工艺，避免涉水施工。

7.4.2.4.3 线路穿越生态保护红线的保护措施

本项目在选址选线 and 设计阶段进行了多次优化，已最大限度地避让了沿途各种生态环境敏感区，但由于路径长、跨度大，受城镇规划、自然条件等因素的限制无法完全避让生态保护红线。在后期工程实施时，应持续跟踪和落实国家和地方关于生态保护红线的相关保护和管理要求，加强生态保护红线内有限人为活动监管，同时采取如下保护措施：

（1）生态保护红线区域内不单独布设材料堆放场地，尽量减少塔基临时占地、临时道路占地等临时占地。

（2）生态保护红线内控制施工作业带宽度，尽量少破坏植被，少占用土地资源，以免造成评价区的植被资源减少，破坏动物栖息地。

（3）按照设计图纸施工，控制高填方路段坡脚及深挖路段尖顶范围；高填深挖路段采用分层、分段开挖方式，表土进行剥离并存放用于绿化；边坡及时开挖边沟和截排水沟，并进行防护防治顺坡溜渣等造成植被的破坏。

（4）严格遵守科学文明施工要求，禁止野蛮作业，加强施工人员的野生动物保护宣传和执法管理。

（5）禁止在生态保护红线范围内堆放生活垃圾和建筑垃圾，多余土方在塔基占地范围内摊平，并进行植被恢复。

（6）施工结束后进行土地整治与生态恢复，并加强后期维护。

7.4.2.4.4 对线路避让生态敏感区的保护措施

（1）严格划定施工活动范围，禁止滥砍乱伐，减少施工活动对邻近敏感区的影响；

（2）加强工程施工管理，在避让生态敏感区附近施工时，应严格施工限界，以防施工活动进入避让生态敏感区内；禁止随意向水体中排放污水、废水等，避免施工产生的“三废”进入邻近敏感区；

(3) 洒水除尘，在邻近敏感区段施工时应洒水除尘避免及减缓施工扬尘对敏感区内植被的不利影响。

7.4.2.5 生态系统的保护措施

7.4.2.5.1 森林生态系统保护措施

(1) 进一步优化杆塔设计和线路走廊宽度，减少永久占地。

(2) 严格按照《中华人民共和国森林法》的规定，在施工中对施工人员进行教育和监督，严禁在植被较好的区域毁林采石、采砂、采土以及其他毁林行为。

(3) 统筹规划施工布置，减少施工临时占地，尽可能选择植被稀疏处，并禁止施工人员随意砍伐施工场地外的林木。施工结束后对施工临时道路、牵张场、塔基施工临时占地等恢复原有土地功能。

(4) 塔基施工时应尽量保存塔基开挖处的熟化土和表层土，并将表层熟土和生土应分开堆放，回填时应按照土层的顺序回填，松土、施肥，缩短植被恢复时间和增加恢复效果。

(5) 植被恢复时，应根据当地土壤和气候条件，选择当地乡土植物对施工扰动区进行恢复，杜绝引进外来物种。

(6) 运营期为满足输电线路正常运行需对导线下方与树木垂直距离小于 7m 的树冠进行定期修剪，保障输电线路的安全。

7.4.2.5.2 灌丛/草地生态系统保护措施

(1) 设计单位在下一阶段设计中进一步优化塔形设计、减少灌草地占地面积。

(2) 运输含尘量大的物质时必须有篷布遮盖，减少粉尘飞扬。

(3) 加强对施工队伍的管理，严格遵守各项规章制度，加强对施工人员的环境保护教育，提高环保意识，避免施工机械、人员对占用场地周围其他灌草地的破坏。

(4) 及时植被恢复。施工结束后，及时进行植被恢复，并选用当地的优势灌草丛进行恢复，如牡荆、构树等。

7.4.2.5.3 湿地生态系统保护措施

(1) 严禁向工程附近的水体排放施工废水；要求施工机械和车辆尽量到专门的清洗点或修理点进行清洗和修理，防止对湿地生态系统造成污染。

(2) 及时清除水域周边的施工废弃物，减少对水体的影响。

(3) 施工期制定环境风险应急预案，若出现机械倾覆漏油等风险事故，须及时对油污进行处置，防止对评价区水体造成污染。

(4) 油料等物料不得随意堆放，并采取防范措施，防止雨水冲刷进入水体。

7.4.2.5.4 农田生态系统保护措施

(1) 为了保护耕地，应进一步优化塔形设计、减少耕地占地面积，且占用耕地要以边角田地为主。

(2) 及时复耕。对于占用的农业用地，在施工中应保存表层的土壤，分层堆放，用于新开垦耕地，劣质地或者其他耕地的土壤改良。施工结束后，及时复耕。

(3) 占用农田的补偿措施。占用基本农田时，应按照《基本农田保护条例》的有关规定办理相关的征地手续，并缴纳耕地开垦费，由当地人民政府按土地法规修改土地利用总体规划，并按照“占多少，垦多少”的原则，补充划入数量和质量相当的基本农田。

(4) 加强对施工队伍的管理。严格各项规章制度，教育施工人员注意保护环境、提高其环保意识，避免施工机械、人员对占用场地周围其他农田的破坏。

7.4.2.5.5 城镇生态系统保护措施

(1) 工程占用城镇生态系统时，应严格控制在规划范围内，对原有的植被和动物栖息地破坏的应及时恢复。

(2) 施工前应对施工人员进行环保知识和意识的宣传教育，在施工期尽量减少垃圾和污水的排放，并妥善处理。

7.5 生态环境影响评价结论

施工期：拟建工程施工期间对生态环境的影响主要是换流站及塔基施工场地、施工便道、索道牵张场等占地的开挖和平整引起自然地貌的改变和地表自然及人工植被的破坏，进而导致土地利用的改变、植被损失、植被覆盖度降低、生物量和生产力的变化；施工场地扬尘、施工废水、固体废物等对周边植被的间接影响；施工设备和运输车辆产生的噪声、振动以及灯光等对占地附近的动物造成的影响。本项目占地面积较小，对土地利用格局和植被损失量的影响较小；施工过程中产生的扬尘将随着施工结束而结束；施工弃土堆放和土方清运应进行遮盖；土方的开挖和回填应避开雨季施工，施工材料和器械应距离水体较远，避免施工废水浸入土壤和水体对生态环境造成影响；施工废水经沉淀池沉淀处理后可用于工程养护、机具清洗和场地降尘，施工废水和污水不外排；生活垃圾和施工弃渣应堆放在指定位置，定期清运至环卫部门指定地点。区域人类活动较为频繁，主要以蛙类、鸟类、鼠类等小型野生动物为主，未发现国家和地方重点保护野生动物的固定栖息地和集中分布区。评价区的生境相似，受到干扰后会寻找到替代生境，因此占地不会使种群数量发生明显波动。整体来说，本项目施工对生态环境的影响较小，在采取措施的基础上，可进一步降低对生态环境的影响。本项目实施对生态环境的影响可接受。

运行期：拟建工程运行期对生态环境的影响主要为换流站及塔基永久占地造成的植被

损失、架空线路对鸟类的影响。本项目的永久用地将造成换流站及塔基永久占地范围内的植被损失，但占地面积较小，对评价区植被影响较小。输电线路不涉及鸟类迁徙通道，不会对迁徙鸟类造成影响；沿线林地集中区留鸟可能在输电线铁塔以及下方树木上筑巢，可以采用感应式声光驱鸟装置、防鸟刺等装置防止鸟类在铁塔及线路附近活动，由于输电线路检修频率不高，时间段，修剪的乔木数量有限，对鸟类干扰很小。工程建成后不会对整个评价区的生态完整性产生影响，生物多样性的影响也很小，属可接受范围。本项目采取生态保护措施后，可使工程对生态环境的影响大大降低至可接受程度。

综上，通过采取相应生态环境保护措施，本项目建设及运行对周围生态环境影响是可以接受的，项目建设可行。

8 环境保护设施、措施分析与论证

8.1 环境保护设施、措施分析

本项目设计拟采取的环保措施详见本报告书第 7.4 节。这些措施符合环境影响评价技术导则中环境保护措施“预防、减缓、补偿、恢复”的基本原则，并体现了“预防为主、环境友好”的设计理念。本报告书将根据工程环境影响特点、工程区域环境特点、环境影响评价过程中发现的问题，补充相应的环境影响预防、减缓、补偿、恢复及环境管理措施，以保证本项目的建设符合国家环境影响评价、环境保护的法律法规、环境保护技术政策、国家环境保护产业政策的要求。

8.2 环境保护设施、措施论证

本项目设计拟采取的环保措施是根据本项目的特点、工程设计技术规范、环境保护要求拟定的。这些保护措施大部分是在已投产的换流站、变电站及交流输电工程的设计、施工、运行经验的基础上，不断加以分析、改进，并结合本项目的特点确定的。通过类比同类工程，这些措施均具备了可靠性和有效性。

现阶段，本项目拟采取的环境保护措施投资都已纳入工程投资预算，在可研评审过程中，本项目的可研环保措施投资已通过了技术经济领域的专家审查。

因此，本项目所采取的环保措施技术可行，经济合理，可使工程产生的环境影响符合国家有关环境保护法规、环境保护标准的要求。

8.3 环境保护设施、措施及投资估算

8.3.1 换流站工程和变电站扩建工程环境保护措施

8.3.1.1 电磁环境影响控制措施

(1) 换流站选址应避让人口密集区。

(2) 为限制电晕产生的电磁环境影响，在设备订货时应要求导线、母线、均压环、管母线终端球和其他金具等提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。

(3) 对站内配电装置进行合理布局，尽量避免电气设备上方露出软导线；增加导线对地高度。

8.3.1.2 声环境影响控制措施

8.3.1.2.1 设计阶段

(1) 换流站工程

1) 合理安排总平面布置，充分发挥建筑物的隔声作用，换流变之间均设有防火墙；

- 2) 12 台换流变压器采取加隔声罩(Box-in)措施, 隔声量要求不低于 20dB(A);
- 3) 500kV 高压电抗器采取加隔声罩(Box-in)措施, 隔声量要求不低于 20dB(A);
- 4) 北侧高抗处围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 45m);
- 5) 东侧围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 290m);
- 6) 东南侧围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 60m);
- 7) 西北侧围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 75m)。
- 8) 西北侧围墙加装隔声屏障(总高至 4m, 长度约 90m)。

(2) 牌楼变电站

1) 合理安排总平面布置, 充分发挥建筑物的隔声作用, 主变、高抗和低抗之间均设有防火墙;

2) 前期工程在西、南侧围墙加装隔声屏障(加高至 3.3m 或 2.8m, 总长度约 665m);

3) 本期将北侧、东侧围墙加高, 并在围墙上方加装隔声屏障(加高至 4.3m 或 3.5m, 总长度约 290m)。

(3) 边城变电站

本次在站内预留位置扩建 1 个出线间隔, 不新增高噪声源设备。

(4) 开天变电站

本次在站内预留位置扩建 1 个出线间隔, 不新增高噪声源设备。

8.3.1.2.2 施工阶段

本环评要求施工单位在施工期采取下列施工期噪声防治措施:

- (1) 加强施工期的环境管理, 并接受生态环境部门的监督管理。
- (2) 换流站施工场地周围应尽早设围挡等遮挡设施。
- (3) 施工设备噪声水平应满足国家相关标准, 鼓励优先采用低噪声施工设备, 或采用带隔声、消声设计的设备, 控制噪声源强。
- (4) 施工电源由附近电力网线就近接入, 避免使用柴油发电机。
- (5) 合理安排车辆运输路线, 运输材料的车辆进入施工现场严禁鸣笛, 装卸材料时应做到轻拿轻放。
- (6) 优化施工作业时间, 采取减少振动、降低噪声的措施, 尽量避免夜间施工。湘黔换流站周边居民较多, 如因工艺特殊情况要求, 需在夜间施工而产生环境噪声污染时, 应当取得住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定部门的证明, 并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。
- (7) 建设单位应当按照规定将噪声污染防治费用列入工程造价, 在施工合同中明确

施工单位的噪声污染防治责任。施工单位应当按照规定制定噪声污染防治实施方案，采取有效措施，减少振动、降低噪声。建设单位应当监督施工单位落实噪声污染防治实施方案。

8.3.1.2.3 运行阶段

根据《中华人民共和国噪声污染防治法》的有关规定，换流站在运行期间未经所在地县级以上生态环境主管部门批准，不得擅自拆除或闲置环境噪声污染防治设施，必须保持防治环境噪声污染设施的正常使用。

8.3.1.3 大气环境影响控制措施

(1) 合理组织施工，尽量避免扬尘污染。

(2) 施工临时堆土应集中、合理堆放，遇天气干燥时应进行人工控制定期洒水。施工场地应定期洒水抑尘，当出现风速过大等不利天气状况或重污染天气应急响应期间，应停止施工作业。

(3) 加强材料转运与使用的管理，合理装卸，规范操作，以防止扬尘对环境空气质量的影响。

(4) 对土、石料等可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。

(5) 在施工现场周围建筑防护围挡，进出场地的车辆应限制车速。

(6) 在项目施工过程中，应按照《中华人民共和国大气污染防治法》等法规要求，严格落实工地周边围挡、物料堆放覆盖、土方开挖湿法作业、路面硬化、出入车辆清洗、渣土车辆密闭运输，控制施工扬尘产生。

(7) 加强施工期间移动源污染控制，项目施工期运输车辆采用新能源或国六及以上排放标准，非道路移动机械采用新能源或国三及以上排放标准。

(8) 施工过程中需严格执行项目沿线各级政府、住建部门及生态环境部门对于扬尘治理的相关要求，确保工程不产生扬尘污染。

(9) 施工期间采取抑尘措施后应符合相应的排放标准要求，施工期间应严格执行各省自治区对重污染天气应急预案中的相关规定。

(10) 建设单位与施工单位签订施工合同，应当明确施工单位扬尘污染防治责任，将扬尘污染防治费用列入工程预算，施工单位应当制定具体的施工扬尘污染防治实施方案。

8.3.1.4 水环境影响控制措施

8.3.1.4.1 设计阶段

换流站生活污水经一体化污水处理装置处理达到杂用水水质标准后用于站内回用，无法回用部分定期清运；站内阀冷废水经本项目自建排水管道就近接入市政污水管网，最终进入茶店街道生活污水处理厂处理，不外排。

牌楼变电站和边城变电站的生活污水经站内已有地埋式污水处理装置处理达标后定期清掏处置，不外排。

开天 220kV 变电站为已投运变电站，站址位于铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区准保护区内。本期无新增设备，不涉及土建施工，故变电站施工期不对饮用水水源保护区产生新的影响。

8.3.1.4.2 施工阶段

(1) 换流站施工单位应根据实际施工规模对施工场地和施工生活区的生产废水和生活污水分别设置临时污水处理装置进行收集、处理后回用或定期清运，不外排；变电站施工期生活污水充分依托站内已有生活污水处理系统进行处理。施工现场废污水处理装置应进行防渗漏处理。

(2) 换流站在不影响主设备区施工进度的前提下，合理开展施工组织作业，可先行修筑生活污水处理设施，对换流站施工人员生活污水进行处理后定期清运，不外排。

(3) 将物料、车辆清洗废水、建筑结构养护废水集中，经过沉砂处理后循环利用。

(4) 做好施工场地周围的拦挡措施，尽量避免雨天开挖作业；同时要落实文明施工原则，施工期废污水不外排。

(5) 施工过程中应加强对含油设施的管理，加强设备维护保养和巡查，防止油料跑、冒、滴、漏，避免油类物质进入土壤。

(6) 建设单位和施工单位应加强自我检查和监督意识。建设单位应按照规定将水污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的水污染防治责任。施工单位在施工期间应贯彻“预防为主”的原则，应当按照规定建立完善的水环境保护制度，制定生产废水、生活污水污染防治实施方案，采取有效措施控制废污水对环境产生影响。建设单位应当监督施工单位落实生产废水、生活污水污染防治实施方案。

8.3.1.5 固体废弃物影响控制措施

8.3.1.5.1 施工阶段

(1) 施工单位应按照水土保持方案开展施工，临时土石方应集中堆放、及时回填，以减少弃土弃渣的产生。施工期间做好表土、草皮的剥离保护利用，本项目剥离的表土、草皮全部回覆项目区表层用于植被恢复或复耕，严禁就地倾倒压占塔基征地范围外植被或顺坡溜弃。

(2) 为避免施工及生活垃圾对环境造成影响，在工程施工现场应做好施工人员的环保培训，明确要求施工单位不得擅自倾倒、抛撒或者堆放工程施工过程中产生的建筑垃圾，施工过程中产生的生活垃圾、建筑垃圾分开收集，严禁混堆；生活垃圾应收集后交由当地

环卫部门处置；建筑垃圾应及时清运出施工场地；严禁施工单位将生活垃圾、建筑垃圾作为农田区土方回填。

（3）施工现场原则上不设置施工营地，局部人烟稀少的路段可在塔基施工场地、牵张场临时占地范围内搭设临时施工工棚。施工人员的生活垃圾由施工人员自行收集后带回租住地，统一交由当地环卫部门清运，禁止在施工现场随意丢弃。

（4）输电线路施工中临时堆土点应远离水体，及时采取挡护措施；严禁向附近水体排放工程弃土、废泥浆、废弃的混凝土、生活垃圾等施工废物。

（5）施工临时占地采取隔离保护措施，如铺设彩条布、草垫或棕垫，防止施工活动破坏地表植被；施工结束后将多余砂石料、混凝土残渣等及时清除，以免影响后期土地功能和植被恢复，做到“工完、料尽、场地清”。

（6）施工结束后及时拆除施工机械和临时跨越架等设施设备，并做好建筑垃圾清运、场地清理和迹地恢复。

（7）旧线拆除过程中加强塔基区植被保护，尽可能不砍伐现有林木。原有塔基拆除后，地下基础保留，在表面进行覆土，在塔基基础周围进行土地平整，并对不可避免而造成的局部植被破坏区域采用当地乡土植被进行植被恢复，恢复原有土地利用功能，使其与周围景观协调一致。

（8）废旧导线、废旧塔材、绝缘子、间隔棒等废旧材料部分属于可重复利用材料，由施工单位现场收集交由相关单位回收。拆除后的基础保留，不进行破坏。施工完成后及时做好迹地清理工作，以免影响后期土地功能的恢复。

8.3.1.5.2 运行阶段

换流站站内设有分类垃圾收集箱，生活垃圾经收集后送至站外垃圾转运站，由当地环卫部门定期清理处置；蓄电池使用寿命一般为8~10年，待寿命到期后交由具有危险废物处置资质的单位更换、收集及处置。

牌楼、边城500kV变电站前期工程建设时站内设有垃圾桶等生活垃圾收集设施，扩建工程不新增运行人员，无新增固体废物。蓄电池使用寿命一般为8~10年，待寿命到期更换后立即交有资质的单位处理处置，不在站内暂存。

8.3.1.6 环境风险控制措施

8.3.1.6.1 废变压器油环境风险防范措施

（1）设计阶段

本项目换流站、变电站事故油池均参照《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）中“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定”要求，油

池容积可分别满足其对应含油设备组中最大单台设备含油量 100%的油量要求，并留有一定裕度。

湘黔背靠背换流站设置 4 座事故油池，其中换流变区域共设置 2 座事故集油池，每座油池有效容积约 120m³；500kV 高压电抗器区域设置 1 座事故油池，有效容积约 30m³；500kV 降压变、融冰整流变区域设置 1 座事故油池，有效容积约 50m³。

牌楼变电站前期工程在主变区建有 2 座串联的主变事故油池，总有效容积约 80m³；低抗区建有事故油池 1 座，有效容积为 15m³；高抗区域建有事故油池 1 座，有效容积为 25m³。本期扩建在新增高压电器区新建 1 座主变事故油池，有效容积为 25m³，

边城变电站前期工程站内已建设了 1 座主变事故油池，有效容量为 100m³，本期不新增事故油池。

由于本项目换流变、站用变等含油电气设备还未招采，设备油重未最终确定，本项目事故油池有效容积应根据最终招采的设备进行调整，有效容积须满足《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定，并设置油水分离装置”的要求。

（2）施工阶段

对于施工阶段变压器油外泄的风险可以通过加强施工管理、避免野蛮施工、按操作规程施工等方式从源头上控制；同时在含油设备的装卸、安装、存放区域设置围挡和排导系统，确保意外事故状态下泄漏的变压器油导入事故油池，避免通过漫流或雨水排水系统进入外环境。

（3）运行阶段

加强对事故油池及其排导系统的巡查和维护，做好运行期间的管理工作。

8.3.1.6.2 废旧蓄电池环境风险防范措施

换流站运行期间，废旧蓄电池交由具有危险废物处置资质的单位回收或处置，不随意丢弃。废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》有关规定，禁止在转移过程中擅自拆解、破碎、丢弃废旧蓄电池。

8.3.1.7 环境管理措施

（1）强化施工期的环境保护管理工作。成立专门的环保组织体系，对施工人员进行文明施工和环境保护培训，加强施工期的环境管理和环境监控工作。

（2）强化施工期环境监理工作。建设单位根据本环评提出的各项环保措施，由环境监理单位专门负责本项目的环境监理工作，分别针对设计单位、监理单位和施工单位提出相应的验收标准及细则，并在合同条文中列入，确保环境监理工作正常开展，以保证各项

环保措施在工程建设阶段得以顺利实施，保证环保设施与主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”。

(3) 及时进行竣工验收。换流站工程和变电站扩建工程投运后，应进行竣工环境保护验收调查工作，确保合成电场、工频电场、工频磁感应强度及噪声满足相关标准要求。

8.3.2 输电线路工程环境保护措施

8.3.2.1 电磁环境影响控制措施

8.3.2.1.1 交流输电线路电磁环境影响控制措施

(1) 贵州段线路

本项目涉及的输电线路经过沿线的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所时，将最低设计线高提升至 12m，线路运行时产生的电磁环境影响满足相应标准限值要求，且应给出警示和防护指示标志。

对于铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路，4kV/m 的水平控制范围：线路水平排列最小对地高度 14m 时，1 层、2 层、3 层、4 层、4 层平顶高的电磁环境保护目标需分别位于线路边导线 13m、13m、13m、13m、13m 外区域才能满足工频电场强度值小于 4kV/m；垂直控制措施：导线对地高度需分别达到 20m、21m、23m、25m、27m 时，评价区域才能满足电磁环境保护目标处工频电场强度小于 4kV/m。

对于换流站～牌楼、边城 500kV 线路（贵州段），4kV/m 的水平控制范围：线路水平排列最小对地高度 14m 时，1 层、2 层、3 层、4 层、4 层平顶高的电磁环境保护目标需分别位于线路边导线 14m、14m、14m、14m、13m 外区域才能满足工频电场强度值小于 4kV/m；垂直控制措施：导线对地高度需分别达到 21m、22m、24m、26m、28m 时，评价区域才能满足电磁环境保护目标处工频电场强度小于 4kV/m。

对于铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路间并行（水平排列），4kV/m 的水平控制范围：线路水平排列最小对地高度 14m 时，1 层坡顶的电磁环境保护目标需分别位于线路走廊外侧边导线 13m 外区域才能满足工频电场强度值小于 4kV/m；垂直控制措施：导线对地高度需达到 21m 时，评价区域才能满足电磁环境保护目标处工频电场强度小于 4kV/m。

(2) 湖南段线路

1) 本项目涉及的输电线路经过沿线的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所时，500kV 单、双回路架设线路需将最低设计线高提升至 12m，线路运行时产生的电磁环境影响满足相应标准限值要求；220kV 线路评价范围内无电磁环境敏感目标，在最低设计高度为 20m 时，线路运行时产生的电磁环境影响满足相应标准限值要求，且

应给出警示和防护指示标志。

2) 500kV 线路单、双回路架设线路穿越 15mm、20mm 冰区，当导线对地高度为设计允许通过居民区最小对地高度 14m 时，边导线外 5m 处的工频电场强度存在大于 4kV/m 标准限值的情况，可分别采用拆迁超标范围内的敏感构筑物或抬升导线对地高度的处理方式，确保工程线路附近环境敏感保护目标处的电磁环境影响能够满足相关标准限值要求。

①500kV 线路单回路架设线路穿越 15mm 冰区

达标范围：对于 500-MC31D-ZBCK 塔型，当导线对地高度为设计允许通过居民区最小对地高度 14m 时，1 层、2 层、3 层高的对应的达标控制距离，需分别位于边导线 14m、14m、14m 外区域。

垂直控制措施：对于 500-MC31D-ZBCK 塔型，为确保边导线 5m 外区域电磁环境保护目标处电磁环境达标，1 层、2 层、3 层高的电磁环境保护目标处，导线最小对地高度应分别抬升至 20m、21m、23m。

②500kV 线路单回路架设线路穿越 20mm 冰区

达标范围：对于 562-ZBC3 塔型，当导线对地高度为设计允许通过居民区最小对地高度 14m 时，1 层、2 层、3 层高的对应的达标控制距离，需分别位于边导线 14m、14m、14m 外区域。

垂直控制措施：对于 562-ZBC3 塔型，为确保边导线 5m 外区域电磁环境保护目标处电磁环境达标，1 层、2 层、3 层高的电磁环境保护目标处，导线最小对地高度应分别抬升至 22m、23m、24m。

③500kV 线路双回路架设线路穿越 15mm 冰区

达标范围：对于 500-MC31S-ZC 塔型，当导线对地高度为设计允许通过居民区最小对地高度 14m 时，1 层、2 层、3 层高的对应的达标控制距离，需分别位于边导线 8m、8m、9m 外区域。

垂直控制措施：对于 500-MC31S-ZC 塔型，为确保边导线 5m 外区域电磁环境保护目标处电磁环境达标，1 层、2 层、3 层高的电磁环境保护目标处，导线最小对地高度应分别抬升至 18m、20m、21m。

(3) 站外电源线路

对于站外电源方案涉及的 110kV 线路，4kV/m 的水平控制范围：线路水平排列最小对地高度 7m 时，2 层、3 层高的电磁环境保护目标需分别位于中心线 1m、9m 外区域才能满足工频电场强度值小于 4kV/m；垂直控制措施：导线对地高度需分别达到 8m、11m 时，评价区域才能满足电磁环境保护目标处工频电场强度小于 4kV/m。线路三角排列最小对地

高度 7m 时，3 层高的电磁环境保护目标需分别位于中心线 7m 外区域才能满足工频电场强度值小于 4kV/m；垂直控制措施：导线对地高度需达到 10m 时，评价区域才能满足电磁环境保护目标处工频电场强度小于 4kV/m。

(4) 设立各种警告、防护标识，避免意外事故发生。

(5) 定期开展环境监测，确保线路周围工频电场、工频磁场、噪声排放符合国家标准要求，并及时解决公众合理的环境保护诉求。

(6) 加强对线路巡检人员的环境教育工作，提高其环保意识；巡检过程中应关注环保问题。

8.3.2.1.2 输电线路设计优化

设计单位应重点关注合成电场强度预测值较大的电磁环境保护目标，在塔基定位时适当远离，应结合环境保护目标的分布情况，控制好导线对地高度或线路距离敏感目标的水平距离，最大程度减小本项目的电磁环境影响。

8.3.2.2 声环境影响控制措施

(1) 合理选择导线截面和极导线结构以降低线路的电晕噪声水平。

(2) 线路后续优化时应尽量向远离敏感目标的方向调整，尽可能增加线路与敏感目标的距离。

(3) 优化施工组织安排，合理安排工期，依法限制夜间施工，如因工艺特殊要求需在夜间施工时，应按《“十四五”噪声污染防治行动计划》《中华人民共和国噪声污染防治法》的规定，取得地方人民政府住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

(4) 施工设备噪声水平应满足国家相关标准，鼓励优先采用低噪声施工设备，或采用带隔声、消声设计的设备，控制噪声源强。本环评建议施工作业应按《低噪声施工设备指导名录（2024 年版）》（工业和信息化部 生态环境部 住房和城乡建设部 市场监管总局 四部门公告 2024 年第 40 号），优先选用低噪声施工设备和运输工具。

(5) 根据塔基区域周边噪声敏感建筑物分布情况，结合道路运输条件，尽量选择在昼间且噪声敏感建筑物分布少的路段进行运输，减少对噪声敏感建筑物的影响。

(6) 建设单位应当按照规定将噪声污染防治费用列入工程造价，在施工合同中明确施工单位的噪声污染防治责任。施工单位应当按照规定制定噪声污染防治实施方案，采取有效措施，减少振动、降低噪声。建设单位应当监督施工单位落实噪声污染防治实施方案。

8.3.2.3 大气环境影响控制措施

(1) 合理组织施工，尽量避免扬尘二次污染。

(2) 施工临时堆土应集中、合理堆放，遇天气干燥时应进行人工控制定期洒水。施工场地应定期洒水抑尘，当出现风速过大等不利天气状况或重污染天气应急响应期间，应停止施工作业。

(3) 加强材料转运与使用的管理，合理装卸，规范操作，以防止扬尘对环境空气质量的影响。

(4) 对土、石料等可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。

(5) 在施工现场周围建筑防护围挡，进出场地的车辆应限制车速。

(6) 在项目施工过程中，应按照《中华人民共和国大气污染防治法》等法规要求，严格落实工地周边围挡、物料堆放覆盖、土方开挖湿法作业、路面硬化、出入车辆清洗、渣土车辆密闭运输，控制施工扬尘产生。

(7) 加强施工期间移动源污染控制，项目施工期运输车辆采用新能源或国六及以上排放标准，非道路移动机械采用新能源或国三及以上排放标准。

(8) 施工过程中需严格执行项目沿线各级政府、住建部门及生态环境部门对于扬尘治理的相关要求，确保工程不产生扬尘污染。

(9) 施工期间采取抑尘措施后应符合相应的排放标准要求，施工期间应严格执行各自治区对重污染天气应急预案中的相关规定。

(10) 建设单位与施工单位签订施工合同，应当明确施工单位扬尘污染防治责任，将扬尘污染防治费用列入工程预算，施工单位应当制定具体的施工扬尘污染防治实施方案。

8.3.2.4 水环境影响控制措施

(1) 穿（跨）越饮用水水源保护区保护措施

本项目输电线路沿线穿（跨）越了1处饮用水水源保护区，为贵州省铜仁市万山区小云南水库中心城区集中式饮用水水源保护区。对本项目穿（跨）越的饮用水水源保护区拟采取的保护措施如下：

1) 设计单位应优化设计方案，不在饮用水水源地一级保护区及二级保护区范围内立塔，尽量减少在准保护区内的立塔数量。对位于水源保护区内的塔基，尽量采用窄基塔和全方位高低腿塔，配合高低基础，减少塔基占地面积和开挖土石方工程量；塔基基础根据地形地质条件，选用掏挖基础及岩石嵌固基础等土石方工程量小的基础型式，减少土石方开挖回填量。

2) 施工前，施工单位应对位于饮用水水源一级保护区及二级保护区附近的塔基进行明确勘察定位和施工范围限界，杜绝由于施工管理疏忽，造成偏移而进入一级保护区及二级保护区内；在饮用水水源准保护区内施工时，采用临时防护栏、彩带等材料先将塔基施

工所需的范围进行临时围栏，严格限制施工活动范围，设置水源保护区内施工活动的警示牌，标明施工注意事项。

3) 加强施工期的环境管理，配备风险防范措施，施工单位应编制施工漏油等环境风险应急预案，并准备吸油毡等必要的应急材料。

4) 饮用水水源保护区范围内均不得布置机械维修和冲洗设施，塔基采用商品混凝土，施工产生的极少量废水排入沉淀池处理后回用，不外排；输电线路施工人员租住周边民房，生活污水纳入驻地生活污水处理系统处置。

5) 塔基施工过程中临时占地尽量利用植被稀疏处，尽量减少临时占地面积；施工过程应严格控制施工占地和植被破坏，对施工裸露地表采取设置截排水沟、彩条布覆盖临时拦挡和防护措施，防止水土流失造成的水体污染。

6) 施工过程中建筑垃圾、生活垃圾等固体废弃物应分类收集、及时清运，余土在塔基占地范围内整平，施工结束后进行场地清理，并实施植被恢复。

7) 加强施工期环境管理、环保培训工作，宣贯《中华人民共和国水污染防治法》《饮用水水源保护区污染防治管理规定》《贵州省饮用水水源保护管理条例》等相关法律法规，普及饮用水水源保护知识，提高施工人员水环境保护意识。

8) 规范施工过程中的各主要环节和主要工序，合理安排工期，避免雨天施工，减少对饮用水水源保护区的影响。

(2) 临近或跨越地表水体保护措施

1) 加强施工期间人员管理，禁止将废污水和固体废物倾倒入河流、湖泊等水体。

2) 各类施工场地要远离水体，并划定明确的施工范围，不得随意扩大施工范围，禁止侵占河道。

3) 合理安排工期和施工工序，避免雨天施工。施工时应先设置拦挡措施，后进行工程建设。础施工阶段，开挖过程中的临时堆土、钻渣等应采取遮盖、铺垫和拦挡措施，防止雨水冲刷、无组织径流污染河流水体。

4) 线路尽可能采用一档跨越方式通过水体，不在河流水体中立塔。对于线路跨越的宽浅型季节性河流，由于河道管理范围较宽，直流线路部分塔基位于其河道管理范围内，塔基施工时应合理安排施工时序，选择非汛期施工，施工场地向水侧设置截排水沟，以减少对地表水体影响。线路架线时采用牵张放线和无人机放线等先进的展放工艺，避免涉水施工。

5) 施工中临时堆土点应远离跨越的水体，不得在水体附近和河道范围内设置临时堆土点。

6) 尽可能采用商品混凝土, 如在施工现场拌合混凝土, 应尽可能集中配置混凝土, 在施工现场拌和混凝土, 并对砂、石料冲洗废水经简易沉淀后回用, 不外排。

(3) 其余段线路的环保措施

1) 输电线路的施工具有局地占地面积小、跨距长、点分散等特点, 每个施工点的施工人员住地租用当地农村民房, 不新建施工营地, 施工人员产生的生活污水利用租住民房既有的生活污水处理设施进行处置, 不会对当地水环境造成影响。

2) 施工期间应合理安排工期, 尽量避免雨天施工, 确需在雨天施工的, 做好雨天施工应急措施。施工期间在采取施工管理、文明施工、合理布置、防止漫排等环境管理措施和污染防治措施后, 不会对线路附近地表水环境造成影响。

3) 对于钻孔灌注桩等施工工艺过程中产生的泥浆水, 施工单位应设置泥浆池, 泥浆池原则上每个塔基设置一处, 根据塔基所在的环境及地形条件因地制宜布设, 原则上应尽量靠近塔基, 泥浆池容积按能满足基础施工泥浆水不外排需要设置, 对泥浆水进行沉淀澄清后循环利用, 严禁未经处理直接排放。

4) 施工单位应加强对施工现场使用带油的机械器具的检修和维护, 采取措施防止跑、冒、滴、漏油; 设立施工机械漏油事故应急预案, 配备必要的器材和设备, 施工过程中如发生漏油事故时应立即启动应急预案, 及时收集后妥善处置。

5) 建设单位和施工单位应加强自我检查和监督意识。建设单位应按照规定将水污染防治费用列入工程造价, 在施工合同中明确施工单位的水污染防治责任; 施工单位在施工期间应贯彻“预防为主”的原则, 应当按照规定建立完善的水环境保护制度, 制定生产废水、生活污水污染防治实施方案, 采取有效措施控制废污水对环境产生影响。建设单位应当监督施工单位落实生产废水、生活污水污染防治实施方案。

8.3.2.5 固废影响控制措施

(1) 施工单位应按照水土保持方案开展施工, 临时土石方应集中堆放、及时回填, 以减少弃土弃渣的产生。施工期间做好表土、草皮的剥离保护利用, 本项目剥离的表土、草皮全部回覆项目区表层用于植被恢复或复耕, 严禁就地倾倒压占塔基征地范围外植被或顺坡溜弃。

(2) 为避免施工及生活垃圾对环境造成影响, 在工程施工现场应做好施工人员的环保培训, 明确要求施工单位不得擅自倾倒、抛撒或者堆放工程施工过程中产生的建筑垃圾, 施工过程中产生的生活垃圾、建筑垃圾分开收集, 严禁混堆; 生活垃圾应收集后交由当地环卫部门处置; 建筑垃圾应及时清运出施工场地; 严禁施工单位将生活垃圾、建筑垃圾作为农田区土方回填。

(3) 施工现场原则上不设置施工营地，局部人烟稀少的路段可在塔基施工场地、牵张场临时占地范围内搭设临时施工工棚。施工人员的生活垃圾由施工人员自行收集后带回租住地，统一交由当地环卫部门清运，禁止在施工现场随意丢弃。

(4) 输电线路施工中临时堆土点应远离水体，及时采取挡护措施；严禁向附近水体排放工程弃土、废泥浆、废弃的混凝土、生活垃圾等施工废物。

(5) 施工临时占地采取隔离保护措施，如铺设彩条布、草垫或棕垫，防止施工活动破坏地表植被；施工结束后将多余砂石料、混凝土残渣等及时清除，以免影响后期土地功能和植被恢复，做到“工完、料尽、场地清”。

(6) 施工结束后及时拆除施工机械和临时跨越架等设施设备，并做好建筑垃圾清运、场地清理和迹地恢复。

(7) 旧线拆除过程中加强塔基区植被保护，尽可能不砍伐现有林木。原有塔基拆除后，地下基础保留，在表面进行覆土，在塔基基础周围进行土地平整，并对不可避免而造成的局部植被破坏区域采用当地乡土植被进行植被恢复，恢复原有土地利用功能，使其与周围景观协调一致。

(8) 废旧导线、废旧塔材、绝缘子、间隔棒等废旧材料部分属于可重复利用材料，由施工单位现场收集交由相关单位回收。应定期清运至当地政府部门指定地点处置。施工完成后及时做好迹地清理工作，以免影响后期土地功能的恢复。本项目拆除线路的基础保留，不拆除，以减少对地表的扰动。

8.3.2.6 生态环境影响控制措施

线路工程拟采取的生态环境保护措施见报告 7.4 章节。

8.3.2.7 环境管理措施

(1) 强化施工期的环境保护管理工作。组建环境管理组织体系，对施工人员进行文明施工和环境保护培训，加强施工期的环境管理工作。

(2) 强化施工期环境监理工作。建设单位根据本环评提出的各项环保措施，分别针对设计、监理和施工单位提出相应的验收标准及细则，并在合同条文中列入，确保环境监理工作正常开展，以保证各项环保措施在工程建设阶段得以顺利实施，重点关注生态敏感区生态功能状况及其变化和临时占地的恢复情况。

(3) 及时进行竣工验收。工程投运后，应进行竣工环境保护验收调查工作，确保沿线各环境保护目标处的电磁环境和声环境满足相关标准要求。

(4) 对当地群众进行有关高压送电工程方面的环境宣传工作，做好公众沟通工作。

(5) 加强对线路巡检人员的环境教育工作，提高其环保意识，巡检过程中关注环保

问题；生态类保护目标范围内尽量减少线路巡检和维护时的人员和车辆，减少对生态环境的影响。

8.3.3 环境保护措施责任主体及实施方案

建设单位中国南方电网有限责任公司超高压输电公司、贵州电网有限责任公司、国家电网有限公司华中分部是本项目环境保护措施的责任主体，设计单位、建设管理单位、施工单位、运行管理单位负责落实各建设阶段的具体环境保护措施。

施工期的环境管理工作由施工单位和建设管理单位共同负责。施工单位项目部对施工项目环境保护工作进行日常管理，建设单位对施工单位环保工作进行监督管理。工程施工采取招标制，将工程环保要求纳入投标文件中，将环境保护措施和要求落实到施工方案确定、设备安装等各个环节。建设单位定期对施工单位环保管理情况进行督查。

工程竣工后，建设单位应组织自验收，对环境保护措施进行验收，验收合格后方可投入运行。运行期环境保护工作由国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司相关部门按照职责范围进行管理，定期对环保设施进行检查、维护，确保环保设施正常工作，做好应急准备和应急演练。

8.3.4 环保措施投资估算

本项目环境保护设施、措施投资估算额见表 8.3-1～表 8.3-4，环境保护资金由建设单位出资，已纳入工程预算中。

本项目工程动态投资总计 521459 万元，环保投资总计 8055.9 万元，环保投资占工程总投资的 1.54%。

表 8.3-1 换流站工程环保投资估算一览表

序号	项目	环保措施内容	费用（万元）
1	大气环境保护	密目网苫盖	30
		洒水抑尘	11
2	水环境保护	移动厕所、移动式生活污水处理装置	70
		临时沉沙池	1
		生活污水处理系统	65
		阀冷废水处理系统	1000
3	声环境保护	隔声罩（Box-in）	450
		隔声屏障	115
4	固体废物处置	事故油系统	120
		垃圾箱	3
		垃圾清运	20
5	土壤环境保护	土工布/吸油毡/彩条布隔离等	200
6	生态环境保护	站区绿化、播撒草籽	2630.18
		护坡、排水沟	1326.27
7	环境管理	环境保护宣传栏/宣传册/环境保护培训	4
小计			6045.45

表 8.3-2 变电站扩建工程环保投资估算一览表

序号	项目	环保措施内容	费用（万元）		
			牌楼变电站	边城变电站	合计
1	大气环境保护	密目网苫盖	6	3	9
		洒水抑尘	4	1	5
2	水环境保护	临时沉沙池	1	1	2
3	声环境保护	隔声屏障	20.9	/	20.9
		高、低压电抗器防火墙	24.9	/	24.9
4	固体废物处置	事故油系统	10.5	/	10.5
		弃土、垃圾清运	5	1	6
5	土壤环境保护	土工布/吸油毡/彩条布隔离等	4	2	6
6	环境管理	环境保护宣传栏/宣传册/环境保护培训	2	1	3
小计			78.3	9	87.3

表 8.3-3 线路工程环保投资估算一览表

序号	项目	环保措施内容	费用（万元）
1	大气环境保护	密目网苫盖	144.4
		洒水抑尘	13
2	水环境保护	沉淀池	10
		简易旱厕等生活污水处理设施	14
3	固体废物处置	建筑垃圾清运	75
		生活垃圾清运	15
		垃圾箱	5
4	土壤环境保护	彩条布铺垫、吸油毡/接油盒等	45
5	生态环境保护	植被保护及恢复	207.55
		动物保护/基坑盖板/警示球等	57
		彩条旗等围栏限界	89
		护坡、挡墙	397.2
		铺垫保护	31
6	环境管理	环境保护宣传栏/宣传册/环境保护培训	30
合计			1133.15

表 8.3-4 环保总投资估算汇总表

序号	项目	费用（万元）
1	换流站工程环保措施费用	6045.45
2	变电站扩建工程环保措施费用	87.3
3	线路工程环保措施费用	1133.15
4	环境影响评价费用	190
5	施工期环境监理费	230

6	环境保护竣工验收费用	220
7	环境监测费用	150
环境保护总投资		8055.9
工程动态总投资		521459 万元
环保投资占总投资比例 (%)		1.54%

8.3.5 经济损益分析

8.3.5.1 工程建设的社会、经济和环境效益

(1) 可满足电网负荷发展的需要，缓解供电紧张局面，提高供电可靠性，并满足地区供电需求，对当地的经济发展具有显著的效益。

(2) 在工程施工中有大量的劳动力输入到工程经过的地方。这些人员的进入增加了当地对社会商品和服务业的消费和需求，促进当地服务业的发展。

(3) 工程在当地建设，施工人员中有部分人员来自当地，他们参加一些技术要求不高的工作（如材料运输），实际上给当地创造了就业机会，这促进了当地经济的发展和居民生活水平的提高。

(4) 在工程建设和运行中，业主对当地居民开展的环保宣传活动，对于增强公众的环境意识，促进当地环境保护工作的深入开展有积极意义。

8.3.5.2 工程建设所付出的社会、经济和环境代价

在社会经济方面，暂时和短期代价包括：工程施工造成公路拥挤，建设期间的施工噪声和美学上的影响、公用事业负担加重等。长期代价包括：输电线塔基占地及架设的导线降低了一些美学和风景价值等。在环境方面的代价包括：改变工程所在地区的局部生态环境和水土流失状况、工程运行产生的噪声改变当地的声学环境、工程运行产生的工频电场和工频磁场可能影响人和动、植物的生活和生长环境。

8.3.5.3 减缓不利影响的措施

在工程的设计、施工和运行中均考虑了减缓这些不利影响的措施：选择合理优化的路径方案，使所选路径占地面积最少；选择合理的导线和金具使输电线的电晕可听噪声降到最低；采用先进的施工手段和施工方式，以减少线路施工对周围生态环境的影响；严格按照要求组织施工，做好施工完成后的环境恢复工作等。这些环境保护措施大部分在主体工程设计中已落实，工程建设中还遗留的一些环保问题在下一阶段应采取措施治理。通过治理使工程对环境的影响得到有效的控制。

9 环境管理与监测计划

本项目的建设将会不同程度地对工程所在地附近的自然环境和社会环境造成一定的影响。施工期和运行期应加强环境管理、执行环境监测计划，掌握工程建设前后、运行前后实际产生的环境影响变化情况，确保各项环境保护措施的有效落实，并根据管理、监测中发现的信息及时解决相关问题，尽可能降低、减少工程建设及工程运行对环境带来的负面影响，力争做到经济、社会、环境效益的统一和可持续发展。

9.1 环境管理

9.1.1 环境管理机构

建设单位或运行单位应在其管理机构内配备必要的环境保护专职或兼职人员，负责环境保护管理工作。

9.1.2 施工期环境管理

本项目的施工将采取招投标制。施工招标中应对投标单位提出施工期间的环保要求，并应要求监理单位做好施工期环境监理工作。在施工设计文件中详细说明施工期应注意的环保问题，如对沿线树木砍伐、野生动植物保护、森林植被恢复、生态敏感区和饮用水源保护区内施工范围控制和临时占地生态恢复等情况均应按设计文件执行的同时做好记录，并按标段记录整理成册，严格要求施工单位按设计文件施工，特别是按环保设计要求施工，履行相应的环保职责。环境监理人员对施工中的每一道工序都应严格检查是否满足要求，并不定期地对施工点进行监督、抽查、检查。

施工前对施工人员和监理人员进行生态保护教育，尤其是在生态敏感区进行施工前，应加强对施工人员进行国家级自然公园公园管理办法、湿地保护法、野生动物保护法等法律法规的培训，规范施工队伍行为和施工现场管理。

施工期环境监理、环境管理的职责和任务包括：

- 1) 贯彻执行国家的各项环境保护方针、政策、法规和各项规章制度。
- 2) 制定本项目施工中的环境保护计划，负责工程施工过程中各项环境保护措施实施的监督和日常管理。
- 3) 收集、整理、推广和实施工程建设中各项环境保护的先进工作经验和技术。
- 4) 组织和开展对施工人员进行施工活动中应遵循的环保法规、知识的培训，提高全体员工文明施工的认识。
- 5) 负责日常施工活动中的环境监理工作，做好工程用地区域的环境特征调查，并应掌握环境保护目标的相关情况，特别是湿地公园及生态保护红线内生态功能状况及其变化

情况。

6) 在湖南中方溇水国家湿地公园、湖南吉首峒河国家湿地公园等生态敏感区施工时，施工人员应注意对野生动植物的保护。施工前应邀请敏感区专业人员对施工区及施工可能涉及的国家重点保护野生植物进行普查，普查结果应予以记录。如发现散生的国家一、二级保护野生植物应进行挂牌和标记，并进行避让。如无法避让，工程施工过程中应进行迁地保护，迁地保护由当地林业部门负责实施和管理，迁地要遵守就近保护原则，并保证迁地保护野生植物的成活率。施工时禁止猎杀兽类、鸟类和捕蛇捉蛙，施工过程中遇到鸟、蛇等动物的卵（蛋）应妥善移植到附近类似的环境中。

7) 在施工计划中应适当计划设备运输道路，以避免影响当地居民生活，施工中应考虑保护生态和避免水土流失，合理组织施工以减少占用临时施工用地。

8) 做好施工中各种环境问题的收集、记录、建档和处理工作。

9) 监督施工单位，确保施工工作完成后的耕地恢复和补偿，环保设施、水保设施等各项保护工程同时完成。

10) 工程竣工后，组织进行竣工环境保护验收。

9.1.3 竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》以及《建设项目竣工环境保护验收技术规范 输变电》（HJ 705-2020）相关法规、规范要求，本建设项目正式投产运行前，建设单位需组织自验收。验收的主要内容为项目对污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度的落实情况，工程竣工环境保护验收内容见下表。

表 9.1-1 工程竣工环境保护验收一览表

序号	验收对象	验收内容
1	相关资料、手续	项目相关环保批复文件是否齐备，环境保护档案是否齐全。
2	各类环境保护设施是否按报告中要求落实	工程设计及本环评提出的设计、施工及运行阶段的电磁环境、声环境、水环境等保护措施落实情况、实施效果。
3	环境保护设施安装质量	环境保护设施安装质量是否符合国家和有关部门规定，包括电磁环境保护设施、生活污水处理设施、声环境保护设施。例如：换流站内是否采取相应的隔声措施；换流站的生活污水经污水处理装置处理后是否回用。
4	环境保护设施正常运转条件	各项环保设施是否有合格的操作人员、操作制度。
5	污染物排放及总量控制	合成电场、工频电场、工频磁场、噪声水平是否满足评价标准要求。
6	生态保护措施	是否落实施工期的表土防护、植被恢复等生态保护措施。线路涉及的生态敏感区域的生态影响防护措施、水土流失防治措施和植被恢复措施是否落实到位。
7	生态恢复措施落实情况	是否按照前述生态影响恢复措施的原则和具体要求进行植被恢复，并根据基本原则评估生态恢复效果。

序号	验收对象	验收内容
8	环境监测	落实环境影响报告书中环境管理内容，实施环境影响报告书监测计划。竣工验收中，应该对所有的环境影响因子（合成电场强度、工频电场、工频磁场、噪声）进行监测，对出现超标情况的环境保护目标必须采取措施；对换流站厂界噪声进行监测，发现超标问题及时采取控制措施，确保厂界噪声达标排放。
9	环境保护目标的环境影响验证	监测换流站附近环境保护目标的合成电场、工频电场、工频磁场、噪声等环境影响指标是否与预测结果相符；监测变电站及交流线路附近环境保护目标的工频电场、工频磁场、噪声等环境影响指标是否与预测结果相符；工程涉及的生态敏感区与环评阶段是否一致。

9.1.4 运行期环境管理

环境管理部门应配备相应专业的管理人员。环保管理人员应在各自的岗位责任制中明确所负的环保责任。监督国家法规、条例的贯彻执行情况，制订和贯彻环保管理制度，监控本项目主要污染源，对各部门、操作岗位进行环境保护监督和考核。

环境管理的职能为：

- 1) 制定和实施各项环境管理计划。
- 2) 建立合成电场、工频电场、工频磁场、噪声环境监测、生态环境现状数据档案及生态信息网络，并定期向当地生态环境行政主管部门申报。
- 3) 不定期地巡查线路各段，特别注意保护生态保护目标，关注环境敏感区内施工临时占地恢复及生态功能的变化情况，保护生态环境不被破坏，保证生态与工程运行相协调。
- 4) 掌握项目所在地周围的环境特征和环境保护目标情况。
- 5) 检查治理设施运行情况，及时处理出现的问题，保证治理设施的正常运行。
- 6) 协调配合上级生态环境主管部门所进行的环境调查，生态调查等活动。
- 7) 做好公众沟通和环境保护科普宣传，及时解决公众提出的合理环境诉求，主动接受社会监督。

9.1.5 环境管理培训

应对与工程项目有关的主要人员，包括施工单位、运行单位、受影响区域的公众，进行环境保护技术和政策方面的培训与宣传，从而进一步增强施工、运行单位的环保管理的能力，减少施工和运行产生的不利环境影响，并且能够更好地参与和监督本项目的环保管理；提高人们的环保意识，加强公众的环境保护和自我保护意识。具体的环境管理培训计划见下表。

表 9.1-2 环境管理培训计划

项目	参加培训对象	培训内容
环境保护知识和政策	换流站、直流输电线路、交流输电线路附近的企业员工及其他相关人员	1.电磁环境影响的有关知识 2.声环境质量标准 3.电力设施保护条例 4.其他有关的国家和地方的规定
环境保护管理培训	建设单位或运行单位、施工单位及其他相关人员	1.中华人民共和国环境保护法 2.中华人民共和国水土保持法 3.中华人民共和国野生动物保护法 4.中华人民共和国野生植物保护条例 5.建设项目环境保护管理条例 6.其他有关的管理条例、规定
水土保持和野生动植物保护	施工及其他相关人员	1.中华人民共和国水土保持法 2.中华人民共和国野生动物保护法 3.中华人民共和国野生植物保护条例 4.国家重点保护野生植物名录 5.国家重点保护野生动物名录 6.其他有关的地方管理条例、规定

9.2 环境监测

9.2.1 环境监测任务

根据输变电工程的环境影响特点，主要进行运行期的环境监测和环境调查。运行期的环境影响因子主要包括合成电场、工频电场、工频磁场和噪声，针对上述影响因子，拟定环境监测计划如下。

（1）电磁环境监测

监测项目：合成电场、工频电场、工频磁场。

监测方法：《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》（GB39220-2020）、《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）。

监测频次及时间：项目正式投运后结合竣工环境保护验收监测 1 次。

监测布点：换流站监测点布置在站址四周围墙外，在直流场附近布置合成电场衰减断面监测点，交流场附近布置工频电磁场衰减断面监测点；变电站监测点布置在站址四周围墙外及附近的环境敏感目标，衰减断面避开出线，以变电站围墙周围的工频电场和工频磁场监测最大值处为起点，在垂直于围墙的方向上布置；输电线路监测点可在环境敏感目标列表中选择有代表性的对象进行监测，选择代表性对象时宜主要考虑已进行了现状监测的环境敏感目标，并兼顾不同的行政区划及地形地貌特点，同时在合适位置布置线路衰减断面。

（2）声环境监测

监测项目：昼、夜间等效 A 声级。

监测方法：《声环境质量标准》（GB 3096-2008）、《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）。

监测频次及时间：项目正式投运后结合竣工环境保护验收监测 1 次。

监测布点：同电磁环境。

（3）生态环境监测与调查

监测与调查范围：换流站和变电站周边区域、输电线路走廊附近区域。

监测与调查时期：施工期分阶段监督检查环境敏感区、项目正式投运后结合竣工环境保护验收调查 1 次。

监测与调查内容：施工期重点监测施工活动干扰下生态保护目标受影响状况，以及土地利用状况、生态功能的变化、临时占地恢复、建设区域内植被恢复情况；运行期重点监测对生态保护目标的实际影响，生态保护对策措施的有效性以及生态修复效果等。

重点调查对象：项目涉及的生态敏感区、古树名木、鸟类迁徙通道、动物重要生境。

9.2.2 监测技术要求

运行期换流站、变电站、输电线路附近的合成电场、工频电场、工频磁场、声环境监测工作可委托相关资质单位完成。

监测范围应与项目实际建设的影响区域一致，监测位置与频次除按前述要求外，还应满足生态环境主管部门对于建设项目竣工环保验收监测的相关规定。

监测方法与技术要求应符合国家现行的有关环境监测技术规范和环境监测标准分析方法；监测单位应对监测成果的有效性负责。

10 评价结论与建议

10.1 工程概况

湖南—贵州电力灵活互济工程主要建设内容包括：湘黔背靠背换流站新建工程（含站外外接电源）、牌楼 500kV 变电站扩建工程、边城 500kV 变电站间隔扩建工程、铜仁～碧江开断接入换流站 500kV 线路工程、换流站～牌楼 500kV 线路工程、换流站～边城 500kV 线路工程和 220kV 边格 I 回、边峒 II 回线路迁改工程。

本项目建设地点位于贵州省铜仁市万山区、碧江区，湖南省湘西土家族苗族自治州吉首市、凤凰县、泸溪县及怀化市芷江侗族自治县、中方县、麻阳苗族自治县，涉及 2 个省、3 个地级市（州）、8 个区县（市）。

本项目静态总投资 510754 万元，环保设施及措施投资约 8055.9 万元，环保投资占工程总投资的 1.54%。

本项目计划于 2027 年 8 月建成投运。

10.2 环境现状

10.2.1 自然环境现状

湘黔背靠背换流站站址内整体较为平坦，为树枝状分布的峰丛地貌，整体地势东南侧偏高，西北侧偏低，站址区域范围内地面高程在 641~697m，相对高差约 56m。场地内中部为耕地，其余为乔木林地。

牌楼 500kV 变电站站址区域属低山丘陵地貌，场地为低山丘陵缓坡地貌，地势为缓坡，地形平缓。边城 500kV 变电站站址区域为丘陵地貌，地势开阔，由三个山包及其所夹冲沟组成。开天 220kV 变电站区域为剥蚀、溶蚀丘陵及溶蚀盆（谷）地地貌，场址周边分布以农田为主。

贵州段线路主要途经贵州省铜仁市，沿线地貌单元主要为高原型高中低山地貌形态，沿线海拔高程在 1000m 以下，地形条件相差较大，整体东部较高，西部较矮。湖南段线路途经湖南省怀化市和湘西州，沿线地貌单元主要为低山、丘陵和剥蚀残丘地貌，地形起伏较大，海拔高程在 220~700m 之间。

10.2.2 生态环境现状

（1）生态系统现状

评价区内的生态系统划分为 7 类，分别为：森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统和其他，其中农田生态系统和森林生态系统为评价区内主要生态系统。

（2）生态完整性现状

根据影像解译结果，评价区内土地利用的拼块类型分为林地、草地、耕地、水域及水利设施用地、住宅用地、交通运输用地、园地、其他土地 8 类，湖南省和贵州省内的评价区土地类型类似，以林地为主，面积为 16734.93 hm²，面积占比为 70.88%。其次为耕地，面积为 3188.92 hm²，面积占比分别为 13.51%。通过计算评价区总生物量 1368645.12t，其中以森林生态系统为主，生物量达 1224946.17t。

（3）植被与植物多样性现状

评价区植被区划可划分为 1 个植物区、1 个植物亚区、1 个植物地区和 1 个植物亚地区，将评价区自然植被初步划分为 4 个植被型组、7 个植被型、11 个植被亚型、33 个群系。现阶段在评价区内现场调查到国家二级重点保护野生植物两种，分别为野大豆和中华猕猴桃；评价区范围分布有古树 389 棵，其中湖南段分布有古树 33 棵、贵州段 356 棵；入侵植物 20 种。

（4）陆生动物现状

评价区内动物地理区划可划分为 1 个区、1 个亚区、1 个地理动物省。调查范围内分布的陆生脊椎动物有 4 纲 27 目 96 科 317 种。评价区湖南段和贵州段共有国家二级重点保护野生动物 16 种。湖南段涉及湖南省级野生保护动物 159 种，贵州段不涉及贵州省级保护动物。

（5）生态敏感区现状

受沿线现有建（构）筑设施、地方城乡规划、矿区、已建线路、居民集中区、军事设施、生态敏感区等制约因素影响，本项目线路评价范围内涉及生态敏感区 11 处，其中不可避免穿（跨）越生态敏感目标 5 处，含自然公园 2 处、水产种质资源保护区 1 处、生态保护红线 2 处。

10.2.3 电磁环境现状

（1）湘黔背靠背换流站新建工程

湘黔背靠背换流站站址四周及中心的地面合成电场强度 E_{80} 监测结果为 0.10kV/m～0.13kV/m， E_{95} 监测结果为 0.13kV/m～0.16kV/m，合成场强分别小于 15kV/m（ E_{80} ）、25kV/m（ E_{95} ）的标准限值；站址四周及中心的工频电场强度监测结果为 7.14V/m～199V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0924μT～0.348μT，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100μT 的标准限值。

换流站电磁环境保护目标处地面合成电场强度 E_{80} 监测结果为 0.12kV/m， E_{95} 监测结果

为 0.15kV/m，合成场强分别小于 15kV/m (E_{80})、25kV/m (E_{95}) 的标准限值；换流站电磁环境保护目标处的工频电场强度监测结果为 9.50V/m~10.8V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0137 μ T~0.0350 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

牌楼 500kV 变电站厂界的工频电场强度监测结果为 7.3V/m~826.6V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.088 μ T~2.597 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

牌楼 500kV 变电站电磁环境敏感目标处的工频电场强度监测结果为 5.6V/m~86.4V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.225 μ T~0.456 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

(3) 边城 500kV 变电站扩建工程

边城 500kV 变电站间隔扩建侧厂界的工频电场强度监测结果为 12.7V/m~280.8V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.060~0.248 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

(4) 开天 220kV 变电站扩建工程

开天 220kV 变电站厂界的工频电场强度监测结果为 2.63~68.1V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0311 μ T~0.201 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

开天 220kV 变电站断面监测的工频电场强度监测结果为 10.5V/m~1.14 $\times 10^3$ V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.259 μ T~0.738 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。开天 220kV 变电站电磁环境敏感目标的工频电场强度监测结果为 2.64~4.32V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0260~0.0291 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

(5) 线路工程

铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测结果为 0.424V/m~18.4V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.061 μ T~0.0331 μ T，铜仁~碧江 500kV 输电线路开断点处附近工频电场强度监测结果为 43.36V/m~79.11V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0421 μ T~0.0848 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

换流站~边城 500kV 线路工程（贵州段）沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测

结果为 0.608V/m~36.67V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0055 μ T~0.0272 μ T；换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）沿线电磁环境敏感目标处工频电场强度监测结果为 0.3V/m~10.8V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.008 μ T~0.349 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

换流站~牌楼 500kV 线路工程（贵州段）沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测结果为 0.435V/m~7.89V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.007 μ T~0.0202 μ T；换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）沿线电磁环境敏感目标处工频电场强度监测结果为 0.1V/m~312.0V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.004 μ T~0.385 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

换流站~边城 500kV 线路工程（贵州段）沿线电磁环境保护目标处工频电场强度监测结果为 0.608V/m~36.67V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.0055 μ T~0.0272 μ T；换流站~边城 500kV 线路工程（湖南段）沿线电磁环境敏感目标处工频电场强度监测结果为 0.3V/m~10.8V/m，工频磁感应强度监测结果为 0.008 μ T~0.349 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 4000V/m、100 μ T 的标准限值。

110kV 外接电源线路沿线电磁环境保护目标处的工频电场强度监测值范围为 0.518~122V/m、工频磁感应强度监测值为 0.0187~0.0541 μ T，均分别满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）4000V/m、100 μ T 的标准限值要求。

本项目与±800kV 宾金线交叉跨越处和 220kV 线路迁改工程线下工频电场强度监测结果分别为 0.6V/m、10.2V/m，工频磁感应强度监测结果分别为 0.015 μ T、0.109 μ T，工频电场强度、工频磁感应强度分别小于 10kV/m、100 μ T 的标准限值。

10.2.4 声环境现状

（1）湘黔背靠背换流站新建工程

湘黔背靠背换流站站址周围及中心的噪声昼间监测值为 42.3dB(A)~45.7dB(A)，夜间监测值为 39.1dB(A)~40.8dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。换流站声环境保护目标处噪声昼间监测值为 40.1dB(A)~43.9dB(A)，夜间监测值为 38.4dB(A)~40.8dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

（2）牌楼 500kV 变电站扩建工程

牌楼 500kV 变电站厂界噪声排放昼间监测值为 38.6dB(A)~49.2dB(A)，夜间监测值为 41.4dB(A)~48.5dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。牌楼 500kV 变电站声环境保护目标处声环境昼间监测值为 42.2dB(A)~

44.0dB(A)，夜间监测值为 41.1dB(A)~44.2dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

（3）边城 500kV 变电站扩建工程

边城 500kV 变电站间隔扩建侧厂界噪声排放昼间监测值为 42.2~50.7dB(A)，夜间监测值为 40.6~47.9dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。边城 500kV 变电站声环境保护目标处声环境昼间监测值为 39.6dB(A)，夜间监测值为 38.3dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准要求。

（4）开天 220kV 变电站扩建工程

开天 220kV 变电站厂界噪声排放昼间监测值为 40.3dB(A)~45.2dB(A)，夜间监测值为 38.6dB(A)~40.0dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。开天 220kV 变电站位于 2 类区的声环境保护目标处声环境昼间监测值为 41.5dB(A)~48.9dB(A)，夜间监测值为 38.7dB(A)~40.01dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求；位于 4a 类区的声环境保护目标处声环境昼间监测值为 55.8dB(A)~56.5dB(A)，夜间监测值为 41.2dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值要求。

（5）线路工程

铜仁~碧江开断接入换流站 500kV 线路工程线路沿线的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 42.4~50.2dB(A)，夜间监测值范围为 38.3~41.9dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求。铜仁~碧江 500kV 输电线路开断点处噪声昼间监测值范围为 42.9~44.0dB(A)，夜间监测值范围为 39.3~39.9dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求。

换流站~牌楼 500kV 线路工程（贵州段）线路沿线位于 1 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 42.3~49.8dB(A)，夜间监测值范围为 38.3~42.4dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求；位于 4a 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值为 58.5~60.1dB(A)，夜间监测值为 51.4~51.6dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值要求。换流站~牌楼 500kV 线路工程（湖南段）线路沿线位于 1 类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值范围为 37.1~50.1dB(A)，夜间监测值范围为 36.9~43.3dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求；位于 4a 类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值为 54.6~63.6dB(A)，夜间监测值为 44.4~50.6dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值要求。

换流站～边城 500kV 线路工程（贵州段）线路沿线位于 1 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 42.1~50.9dB(A)，夜间监测值范围为 39.2~43.6dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求；位于 2 类区的声环境保护目标处噪声昼间监测值为 56.4dB(A)，夜间监测值为 47.7dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准限值要求。换流站～边城 500kV 线路工程（湖南段）线路沿线位于 1 类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值范围为 38.0~50.0dB(A)，夜间监测值范围为 32.1~43.1dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求；位于 4a 类区的声环境敏感目标处噪声昼间监测值为 63.9dB(A)，夜间监测值为 42.3dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准限值要求。

110kV 外接电源线路的声环境保护目标处噪声昼间监测值范围为 39.5dB(A)~39.6dB(A)，夜间监测值范围为 39.2dB(A)~40.4dB(A)，满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类标准限值要求。

10.3 环境影响预测与评价

10.3.1 电磁环境影响评价结论

10.3.1.1 换流站工程电磁环境影响评价结论

经类比分析，可以预测本项目换流站投入运行后，站界外的合成电场、工频电场、工频磁场能够满足相应评价标准的要求。

10.3.1.2 变电站扩建工程电磁环境影响评价结论

经类比分析，可以预测本项目换变电站扩建工程投入运行后，站界外的工频电场、工频磁场能够满足相应评价标准的要求。

10.3.1.3 交流输电线路电磁环境影响评价结论

本项目涉及的 110kV、220kV 架空输电线路经过沿线的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所和沿线电磁环境敏感目标时，导线最小对地高度按设计值时满足工频电场强度标准要求。500kV 架空输电线路经过沿线的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所和沿线电磁环境敏感目标时，导线最小对地高度按设计值时不完全满足工频电场强度标准要求，需采取相应的水平距离控制或导线高度垂直控制措施。本项目涉及架空输电线路经过沿线电磁环境保护目标时，导线最小对地高度按设计值时不完全满足工频电场强度标准要求，需采取水平距离控制或导线高度垂直控制措施。

10.3.2 声环境影响评价结论

10.3.2.1 换流站工程

根据预测结果，在采取相应的工程措施后，换流站厂界噪声贡献值能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准限值要求，周围声环境保护目标的噪声预测值能满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2类标准限值要求。

10.3.2.2 变电站扩建工程

根据预测结果，变电站扩建完成后厂界噪声预测值均能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2类标准限值要求，周围声环境保护目标的噪声预测值能满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2类标准限值要求。

10.3.2.3 交流线路工程

通过类比分析，本项目各电压等级交流输电线路投运后对周围声环境质量的影响满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中相应标准要求。

10.3.3 生态环境影响预测与评价结论

施工期：拟建工程施工期间对生态环境的影响主要是变电站及塔基施工场地、施工便道、索道牵张场等占地的开挖和平整引起自然地貌的改变和地表自然及人工植被的破坏，进而导致土地利用的改变、植被损失、植被覆盖度降低、生物量和生产力的变化；施工场地扬尘、施工废水、固体废物等对周边植被的间接影响；施工设备和运输车辆产生的噪声、振动以及灯光等对占地附近的动物造成的影响。本项目占地面积较小，对土地利用格局和植被损失量的影响较小；施工过程中产生的扬尘将随着施工结束而结束；施工弃土堆放和土方清运应进行遮盖；土方的开挖和回填应避开雨季施工，施工材料和器械应距离水体较远，避免施工废水浸入土壤和水体对生态环境造成影响；施工废水经沉淀池沉淀处理后可用于工程养护、机具清洗和场地降尘，施工废水和污水不外排；生活垃圾和施工弃渣应堆放在指定位置，定期清运至环卫部门指定地点。区域人类活动较为频繁，主要以蛙类、鸟类、鼠类等小型野生动物为主，未发现国家和地方重点保护野生动物的固定栖息地和集中分布区。评价区的生境相似，受到干扰后会寻找到替代生境，因此占地不会使种群数量发生明显波动。整体来说，本项目施工对生态环境的影响较小，在采取措施的基础上，可进一步降低对生态环境的影响。本项目实施对生态环境的影响可接受。

运行期：拟建工程运行期对生态环境的影响主要为变电站及塔基永久占地造成的植被损失、架空线路对鸟类的影响。本项目的永久用地将造成变电站及塔基永久占地范围内的植被损失，但占地面积较小，对评价区植被影响较小。输电线路不涉及鸟类迁徙通道，不会对迁徙鸟类造成影响；沿线林地集中区留鸟可能在输电线铁塔以及下方树木上筑巢，可以采用感应式声光驱鸟装置、防鸟刺等装置防止鸟类在铁塔及线路附近活动，由于输电线

路检修频率不高，时间段，修剪的乔木数量有限，对鸟类干扰很小。工程建成后不会对整个评价区的生态完整性产生影响，生物多样性的影响也很小，属可接受范围。本项目采取生态保护措施后，可使工程对生态环境的影响大大降低至可接受程度。

综上，通过采取相应生态环境保护措施，本项目建设及运行对周围生态环境影响是可以接受的，项目建设可行。

10.3.4 水环境影响评价结论

10.3.4.1 生活污水

换流站人员编制按 90 人考虑，最大日使用人数（含调试及检修）按 100 人考虑，生活污水最大日产生量约 18.5t/d。站内设置一体化生活污水处理装置，处理能力 24t/d，处理能力大于生活污水产生量，生活污水处理装置选择规模合理。站内设置生活污水回用水池有效容积 30m³，生活污水回用不外排，无法回用时定期清运，不排入地表水体，对周围水环境影响较小。

牌楼变电站和边城变电站的生活污水主要来源于值班人员，由于变电站平时只有数人值班，产生的生活污水水量较少，其生活污水经站内已有地理式污水处理装置处理达标后定期清掏处置，不外排。

220kV 开天变电站站内已建成有生活污水处理设施和处置体系，站内生活污水经化粪池收集处理后定期清掏，不外排。本期间隔扩建不增加运行人员、不新增生活污水排放量，对地表水环境不产生新的影响。

10.3.4.2 阀冷废水水

本工程换流阀阀外冷却系统采用水冷系统，最大外排水量约 41.67m³/h，合约 1000m³/d。根据万山区水务局关于换流站阀冷水排污水厂处理意见的复函，同意换流站阀冷尾水排至茶店污水处理厂。冷却水排水经重力流排至茶店污水处理厂，管道总长约 1km。但目前茶店污水厂处理能力 280m³/d，无法处理换流站排水，需扩建规模至 1280m³/d。

根据茶店污水厂扩建方案，需扩建茶店污水处理厂 1000m³/d，污水厂最终设计规模为 1280m³/d。处理工艺为：A/O+MBBR 生物处理工艺，深度处理工艺采用滤布滤池工艺。主要建设内容包括扩建 1 座粗格栅、扩建 1 座调节池及配套提升泵、1 套 A/O+MBBR 生物处理一体化设备（含配套沉淀池、接触消毒池及本身碳源加药设备等）、扩建出水计量槽、扩建 1 座污泥脱水间等建构物。扩建涉及费用由换流站建设单位予以补偿，扩建相关审批及建设手续由水务公司负责，确保其合法合规。扩建完成后，换流站冷却水经管道排至茶店污水处理厂。

综上所述，换流站阀外冷却系统排水接入茶店街道生活污水处理厂已取得铜仁市万山区水务局同意意见，污水处理厂扩建方案技术可行，换流站阀外冷却系统排水不会对附近水体造成不良影响。

10.3.5 固体废物影响分析

10.3.5.1 换流站工程

（1）生活垃圾

换流站内运行管理人员生活垃圾产生量约 32 吨/年，换流站内设有垃圾分类收集箱，生活垃圾经收集后送至站外垃圾转运站，由当地环卫部门定期清理处置；线路巡检人员一般产生生活垃圾较少，巡检完毕后将垃圾收集至当地指定转运点，由当地环卫部门定期清运，不会对当地环境产生影响。

（2）废旧蓄电池

换流站运行期间，将根据实际使用情况维护、更换蓄电池，蓄电池使用寿命一般为 8~10 年。寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池交由具有危险废物处置资质的单位更换回收或处置，不在站内暂存不随意丢弃，不会对当地环境产生影响。废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，禁止在转移过程中擅自拆解、破碎、丢弃废旧蓄电池。

10.3.5.2 变电站扩建工程

（1）生活垃圾

变电站运行期固体废物主要为值班人员的少量生活垃圾，前期工程建设时站内设有垃圾桶等生活垃圾收集设施，扩建工程不新增运行人员，无新增固体废物，对环境不会增加新的影响。

（2）废旧蓄电池

牌楼、边城 500kV 变电站、开天 220kV 变电站使用铅酸蓄电池作为站内备用电源，其使用寿命一般为 8~10 年左右。变电站内蓄电池待使用寿命结束后，对照《国家危险废物名录（2025 版）》，废弃铅蓄电池回收加工过程中产生的废物，属于危险废物，废物类别为 HW31，废物代码为 900-052-31，危险特性为毒性和腐蚀性（T，C）。

牌楼、边城、开天变电站废旧蓄电池在寿命到期需要进行更换时，立即交有资质的单位处理处置，不在站内暂存。建设单位已与有资质的危废处置单位签订了废铅酸蓄电池的处置合同。本期间隔扩建工程不新增铅酸蓄电池，不增加废蓄电池产生量。

10.3.6 环境风险分析

本项目换流站、变电站内设置有污油排蓄系统，各事故油池容积可分别满足其对应其接入含油设备组中最大单台设备含油量 100%的油量要求，事故油池容积满足运行期环境风险控制需要，事故油坑、事故油池须按照重点防渗区的要求进行防渗设计。

对于施工阶段变压器油外泄的风险可以通过加强施工管理、避免野蛮施工等方式从源头上控制。同时在含油设备的装卸、安装、存放区域设置围挡和排导系统，确保意外事故状态下泄漏的变压器油导入事故油池，避免通过漫流或雨水排水系统进入外环境。

10.4 选址选线环境合理性分析

10.4.1 与涉及地区的相关规划的相符性分析

本项目已经纳入国家“十四五”电力发展规划重点项目，项目建设符合贵州省、湖南省国土空间规划的准入要求，能够与国土空间规划进行充分衔接。在选址、选线阶段，已充分征求所涉地区地方政府及规划等部门的意见，对站址、路径进行了优化，避开了城镇发展区域，不影响当地土地利用规划和城乡发展规划；同时尽量避开了居民集中区、自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等环境保护目标，以减少对所涉地区的环境影响。在可研阶段，本项目已取得项目所在地自然资源部门对选址、选线的原则性规划意见，与项目沿线区域的城乡规划不相冲突。

10.4.2 与生态环境敏感区相关法规的相符性分析

本项目进入的湿地公园，尽量采用一档跨越的方式通过，确实无法避让、需在保护区内立塔时，通过增加档距、优化设计等措施，减少湿地公园内的立塔数量和占地面积，加强施工管理，不会对其生态功能产生破坏。本项目进入森林公园和湿地公园段路径方案已取得相应省级林业行政主管部门原则同意意见。因此，项目建设与《国家级自然公园管理办法（试行）》的相关要求不冲突。

本项目输电线路一档跨越 1 处水产种质资源保护区，不在保护区范围立塔，项目建设不会损害保护区功能。项目将加强对施工队伍的管理和水域保护管理，不在保护区水域捕鱼，保护区两侧塔基附近划定施工范围，并制定相应的风险防范措施等保护措施的情况下，该项目的建设不会对跨越的水产种质资源保护区产生影响，项目建设与《水产种质资源保护区管理暂行办法》的相关规定不冲突。

本项目作为重点线性基础设施项目，由于输电距离长、自然环境复杂、涉及地市众多，综合考虑地方规划、环境敏感区、重要矿床及其它重要设施等多方限制性因素后，仍无法完全避让贵州省、湖南省生态保护红线。项目为生态保护红线内允许有限人为活动中的“必须且无法避让、符合县级以上国土空间总体规划的线形基础设施”类型，路径方案取

得了生态保护红线主管部门的意见。因此，项目建设与《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局 关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》的相关要求不冲突。

10.4.3 与水环境敏感区相关法规的相关性分析

本项目输电线路穿（跨）越饮用水水源保护区的准保护区，其路径方案均已取得各饮用水水源保护区行政主管部门的书面意见。架空输电线路本质上是一种电能传输介质，运行期不会排放工业废水、废气、固体废物，产生的电磁环境和声环境影响属于物理影响因素，也不会对水环境构成影响。因此，项目建设与《中华人民共和国水污染防治法》等文件相关要求不相冲突。

10.5 环境保护措施分析

（1）电磁环境

换流站选址避让生态敏感区和居民密集区；合理选择电气设备、导线、金具、绝缘子串等，提高加工工艺，防止尖端放电和起电晕。

输电线路路径避让居民集中区域，同时严格执行《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）等规范，并严格落实线路经过居民区时导线抬升措施以降低电磁环境影响，确保电磁环境满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）。

（2）声环境

换流站合理安排总平面布置，充分发挥建筑物的隔声作用，换流变之间均设防火墙；换流变、500kV 高压电抗器均采取加隔声罩（Box-in）措施，隔声量要求不低于 20dB(A)；厂界部分围墙采取加装隔声屏障的措施。

牌楼 500kV 变电站在前期工程在西、南侧围墙加装隔声屏障，本期将北侧、东侧围墙加高，并在围墙上方加装隔声屏障。

输电线路合理选择导线截面和极导线结构以降低线路的电晕噪声水平合理选择导线截面和极导线结构以降低线路的电晕噪声水平。

（3）大气环境

施工期合理组织施工，尽量避免扬尘污染。临时堆土应集中、合理堆放，遇天气干燥时应进行人工控制定期洒水。加强材料转运与使用的管理，合理装卸，规范操作，以防止扬尘对环境空气质量的影响。对土、石料等可能产生扬尘的材料，在运输时用防水布覆盖。在施工现场周围建筑防护围挡，进出场地的车辆应限制车速。加强施工期间移动源污染控制，项目施工期运输车辆采用新能源或国六及以上排放标准，非道路移动机械采用新能源或国三及以上排放标准。施工期间采取抑尘措施后应符合相应的排放标准要求，施工期间

应严格执行各省自治区对重污染天气应急预案中的相关规定。建设单位与施工单位签订施工合同，应当明确施工单位扬尘污染防治责任，将扬尘污染防治费用列入工程预算，施工单位应当制定具体的施工扬尘污染防治实施方案。

（3）水环境

换流站站内设置一体化生活污水处理装置和回用水池，生活污水回用不外排，无法回用时定期清运，不排入地表水体。站内阀冷废水经本项目自建排水管道就近接入市政污水管网，最终进入茶店街道生活污水处理厂处理，不外排。

牌楼变电站和边城变电站的生活污水主要来源于值班人员，由于变电站平时只有数人值班，产生的生活污水水量较少，其生活污水经站内已有地理式污水处理装置处理达标后定期清掏处置，不外排。

220kV 开天变电站站内已建成有生活污水处理设施和处置体系，站内生活污水经化粪池收集处理后定期清掏，不外排。本期间隔扩建不增加运行人员、不新增生活污水排放量，对地表水环境不产生新的影响。

输电线路施工人员产生的生活污水利用租住民房既有的生活污水处理设施进行处置。

（4）固体废物

换流站内设有垃圾分类收集箱，生活垃圾经收集后送至站外垃圾转运站，由当地环卫部门定期清理处置；

换流站全站共 5 组蓄电池组，牌楼变电站配 4 组蓄电池，边城变电站和开天变电站配 2 组蓄电池，每组 104 只。运行期间，将根据实际使用情况维护、更换蓄电池，蓄电池使用寿命一般为 8~10 年。寿命到期或损坏更换的废旧蓄电池由具有危险废物处置资质的单位更换回收或处置，不在站内暂存，不随意丢弃，不会对当地环境产生影响。废旧蓄电池在收集、运输、更换时，严格执行《危险废物转移管理办法》的有关规定，禁止在转移过程中擅自拆解、破碎、丢弃废旧蓄电池。

本项目换流站、变电站事故油池均参照《火力发电厂与变电站设计防火标准》（GB 50229-2019）中“总事故贮油池的容量应按其接入的油量最大的一台设备确定”要求，油池容积可分别满足其对应含油设备组中最大单台设备含油量 100%的油量要求，并留有一定裕度。

线路巡检人员一般产生生活垃圾较少，巡检完毕后将垃圾收集至当地指定转运点，由当地环卫部门定期清运，不会对当地环境产生影响。

（5）生态环境

本工程拟采取的生态环境保护措施见报告 7.4 章节。

本项目设计拟采取的环保措施是根据本项目的特点、工程设计技术规范、环境保护要求拟定的。这些保护措施大部分是在已投产的换流站、变电站及交流输电工程的设计、施工、运行经验的基础上，不断加以分析、改进，并结合本项目的特点确定的。通过类比同类工程，这些措施均具备了可靠性和有效性。

现阶段，本项目拟采取的环境保护措施投资都已纳入工程投资预算，在可研评审过程中，本项目的可研环保措施投资已通过了技术经济领域的专家审查。

因此，本项目所采取的环保措施技术可行，经济合理，可使工程产生的环境影响符合国家有关环境保护法规、环境保护标准的要求。

10.6 公众意见采纳与否的说明

本项目按照《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）相关要求，开展了环境影响评价信息公开，截止目前，未收到与本项目环境影响和环境保护措施有关的建议和意见。

10.7 环境管理与监测计划

建设单位应在其管理机构内配备必要的环境保护专职或兼职人员，负责环境保护管理工作。施工期和运行期应加强环境管理、执行环境监测计划，掌握项目建设前后、运行前后实际产生的环境影响情况，确保各项环境保护措施、设施的有效落实，并根据管理、监测中发现的信息及时解决相关问题，尽可能降低、减少项目建设及项目运行对环境带来的负面影响，力争做到经济、社会、环境效益的统一和可持续发展。

10.8 综合结论

湖南—贵州电力灵活互济工程的可提升湖南、贵州电网紧急事故下的支援能力，缓解贵州迎峰度冬、湖南迎峰度夏期间电力供需矛盾，通过加强联合调度可以为两网负荷错峰供电以及新能源联合消纳创造条件，有利于实现更大范围电力资源优化配置。

本项目与电力发展规划、国土空间规划、生态环境分区管控和其他规划不冲突。

本项目在设计、施工、运行过程中按照国家相关环境保护要求，分别采取了一系列的环境保护措施，使项目产生的电磁环境、声环境等影响符合国家有关环境保护法规、环境保护标准的要求。本项目的生态环境保护措施有效可行，在落实项目设计和本项目环境影响报告中提出的相关生态环境保护措施和水土流失防治措施后，可将项目施工带来的负面影响减轻到满足国家有关规定的要求。

因此，从环境保护的角度，本项目的建设是可行的。