

广东廉江核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

（选址阶段）

（公示版）

国核湛江核电有限公司

二〇二五年八月

广东廉江核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(选址阶段)

(公示版)



国核湛江核电有限公司

法定代表人：张震

地址：广东省湛江市赤坎区海滨大道北 121 号

邮编：524000

广东廉江核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(选址阶段)

(公示版)



上海核工程研究院股份有限公司编制

广东廉江核电厂 3、4 号机组
环境影响报告书
(选址阶段)
(公示版)

Rev.B

批准:



审定:



上海核工程研究设计院股份有限公司编制

打印编号: 1754009984000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	e5k6yh		
建设项目名称	广东阳江核电3、4号机组环境影响报告书(选址阶段)		
建设项目类别	55--167核动力厂(核电站、核热电厂、核供汽供热厂等); 反应堆(研究堆、实验堆、临界装置等); 核燃料生产、加工、贮存、后处理设施; 放射性污染治理项目		
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)	阳江核电有限公司		
统一社会信用代码	91440800MA4ULXP48M		
法定代表人(签字)	张震		
主要负责人(签字)	张震		
直接负责的主管人员(签字)	付震		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	上海核工程研究院设计股份有限公司		
统一社会信用代码	91310104132672722V		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证件管理号	信用编号	签字
傅小斌	2013035310350000003512310342	BH021941	傅小斌
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
傅小斌	第一、二、四、六、八、十章	BH021941	傅小斌
江一峰	第四章	BH063764	江一峰
程硕	第七章	BH068807	程硕
董文娟	第八章	BH059243	董文娟

姜宇	第二章	BH076576	姜宇
沙正峰	第四章	BH058193	沙正峰
王兴悦	第七章	BH062905	王兴悦
钱大勇	第四章	BH076993	钱大勇
韩鹏	第四、七章	BH051345	韩鹏
李艺彤	第四章	BH077004	李艺彤
杨爽	第二章	BH073047	杨爽
杨靖	第二章	BH032619	杨靖
谈文姬	第四、七章	BH076980	谈文姬
陈明	第三、五章	BH063334	陈明
顾俊杰	第六章	BH063685	顾俊杰
黄若漪	第二章	BH056617	黄若漪
侯晓勇	第九章	BH077025	侯晓勇
毛婕	第四、七章	BH070920	毛婕
周鹏	第九章	BH075952	周鹏
万策	第四、七章	BH063712	万策
欧洋	第三、五、六、八章	BH056615	欧洋
鲜浩扬	第四章	BH070247	鲜浩扬

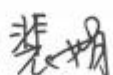
广东廉江核电厂 3、4 号机组

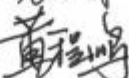
环境影响报告书

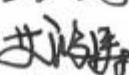
(选址阶段)

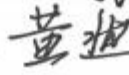
上海核工程研究设计院股份有限公司编制

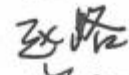
审核:

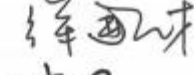
裴娟  环境影响评价人员信用编号 BH010699

黄程鹏 

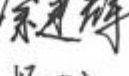
艾鸿涛 

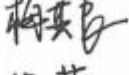
黄然 

赵路 

徐进财 

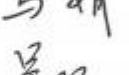
付鹏 

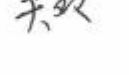
余建辉 

梅其良  核安全工程师注册证编号 ZSNDC40-1909

杨萍  核安全工程师注册证编号 ZSNDA191-1909

武心壮 

马娟 

吴双 

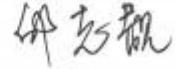
广东廉江核电厂 3、4 号机组

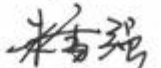
环境影响报告书

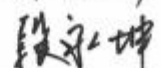
(选址阶段)

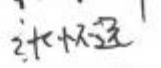
上海核工程研究设计院股份有限公司编制

校核:

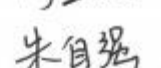
邱志靓  环境影响评价人员信用编号 BH021034

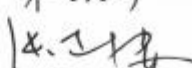
朱雪强  环境影响评价人员信用编号 BH037614

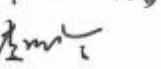
段永坤 

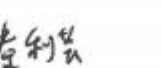
张怀远 

付亚茹  核安全工程师注册证编号 ZSNDC39-1909

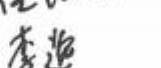
朱自强 

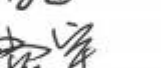
张正楼 

李天吟 

秦利芸 

倪依雨 

李逸 

党宇 

杨晓龙 

目 录

第一章 概述

- 1.1 核电厂名称和建设性质
- 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划
- 1.3 建设项目经费和环保设施投资
- 1.4 建设目的
- 1.5 建设项目的进度
- 1.6 环境影响报告书编制依据
- 1.7 评价标准
- 1.8 工程组成
- 1.9 环境保护措施
- 1.10 评价范围

第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布与饮食习惯
- 2.3 土地利用和资源概况
- 2.4 气象
- 2.5 水文
- 2.6 地形地貌

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统

- 4.4 输电系统
- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物管理系统和源项
- 4.7 非放射性废物处理系统
- 4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

- 6.1 散热系统的环境影响
- 6.2 正常运行的辐射影响
- 6.3 其它环境影响

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

- 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
- 7.2 场内运输事故
- 7.3 其他事故
- 7.4 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

- 8.1 辐射监测
- 8.2 其它监测
- 8.3 监测设施
- 8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

9.3 结论

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 承诺

第一章 概述

1.1 核电厂名称和建设性质

本建设项目名称为“广东廉江核电厂 3、4 号机组”，业主单位为国核湛江核电有限公司，承担项目业主责任，负责工程建设和运行管理。

广东廉江核电厂 3、4 号机组建设性质为扩建项目，将在前期批准建设的 1、2 号机组工程基础上，建设 2 台国和一号先进三代压水堆核电机组。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

广东廉江核电项目规划建设 2 台 CAP1000 和 4 台国和一号先进三代压水堆核电机组，一次性规划，分期建设。2022 年 9 月 13 日，国务院核准一期工程的建设 2 台 CAP1000 核电机组。2023 年 9 月 25 日，国家核安全局颁发广东廉江核电项目 1、2 号机组建造许可证，项目正式开工建设。厂址现场各项工作正按计划实施。本期工程为广东廉江核电厂 3、4 号机组，拟建设 2 台国和一号压水堆核电机组。国和一号机组反应堆堆芯额定热功率为 4040MWt，机组额定电功率为 1506MW。

廉江核电厂在厂区布置、场地建设和取排水设施等方面兼顾全厂容量进行规划。厂区内按照“一址多堆”的核电基地规划，进行群堆管理，对核电厂所有机组与生态环境保护相关的设施统筹安排，包括：

- 设立统一的非居住区边界和规划限制区边界；
- 整个厂区的总平面规划中功能分区明确，统一合理规划放射性区域和非放射性区域和设施；整个厂址区内建设统一的放射性中低放固体废物处理设施和暂存库；
- 针对所有机组实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境监测设施和应急指挥中心等。

本报告书将针对广东廉江核电厂 3、4 号机组 2 台国和一号核电机组进行环境影响评价。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

本工程拟由国家电力投资集团公司控股投资建设经营，由项目法人根据各股

东出资比例筹集，项目资本金以外资金拟通过银行融资解决。

1.4 建设目的

核电作为一种清洁、安全的能源，已被纳入到国家未来能源发展的战略中，2020年9月习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论会上郑重宣布我国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。中央经济工作会议对“碳达峰”、“碳中和”工作提出了明确要求。这为我国应对气候变化、走绿色低碳发展的道路明确了目标、指明了方向，注入了强大动力。为保证碳排放如期达峰，国家将采取更加有力的措施控制化石能源消费，大力发展非化石能源，加快推动可再生能源发展。核电作为唯一可以大规模替代化石能源的低碳清洁能源，是我国能源绿色发展的支柱。

1) 进一步发展核能，符合国家能源政策

通过发展核电，可避免过分依赖石油、煤炭、天然气等不可再生能源，实现能源供应多元化，提高能源的安全性。长期以来，我国煤炭消费占能源消费总量的比例一直较高，在75%以上。同时，由于石油消费的不断增长，1993年我国已从石油净出口国变为净进口国，石油消费对外部的依赖成为现实。我国有必要把进一步发展核电作为推行能源多元战略的组成部分，避免增加对煤炭、进口石油等传统能源的依赖，保障未来的能源安全供给。

从国家能源发展看，广东发展核能，符合国家能源政策。国家发展改革委、国家能源局于2022年3月印发的《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210号）明确，在确保安全的前提下，积极有序推动沿海核电项目建设，保持平稳建设节奏，合理布局新增沿海核电项目。

2025年3月17日，国家能源局印发《广东廉江核电（扩建）项目前期工作座谈会议纪要》（国能综纪核电〔2025〕4号）。会议认为，积极安全有序发展核电是广东贯彻落实习近平总书记对广东工作系列重要讲话、重要指示批示精神要求，推动“双碳”目标实现的长远战略选择。廉江核电扩建工程将为广东提供清洁低碳电力，对保障广东能源电力安全供给、优化能源电力结构具有积极意义，当前启动项目前期工作是必要的。

2) 合理开发利用核能，是解决广东一次能源缺乏的战略措施

广东的常规能源供应主要有三种途径，省内供应，外省供应及国外进口，就

广东本身来说，其常规能源不论是在储量或生产能力方面，都极为有限，即广东常规能源的自给能力差；而省外供应方面，预计在未来十几年内，调入广东的发电用煤难有大幅度增长，且受到环保容量限制省内煤电建设空间有限。在其他能源未成规模化利用及常规能源供不应求的情况下，决定了广东必须走能源多样化道路，降低能源风险，合理开发利用核能，必将一定程度上补充广东能源资源的不足。近几年，广东省已明确要加快核电发展，规模化发展核电，将广东省打造为“核电特区”，大力发展核电已成为改善广东能源供应结构、提高能源自给率，解决广东省能源缺乏的战略举措。

根据《广东省国民经济和社会第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，提出“安全高效发展核电”，廉江核电已纳入“十四五”时期广东省能源保障体系重点建设工程。广东省人民政府办公厅于2022年3月印发的《广东省能源发展“十四五”规划》（粤府办〔2022〕8号）明确，在确保安全的前提下，积极有序推动陆丰核电、廉江核电等项目开工，并推动后续一批项目开展前期工作。

3) 促进湛江经济发展，提高粤西电力供应能力

广东廉江核电项目已列入《北部湾城市群建设“十四五”实施方案》、《粤港澳大湾区发展规划纲要》、《广东省能源发展“十四五”规划》等国家和广东能源电力发展规划，作为广东重要的基荷能源和保障能源电力安全的重要力量，对支持广东西部、海南自由贸易区和北部湾城市群建设，加快电力结构调整，构建清洁低碳、安全高效的能源体系具有重要意义。

在今后的经济发展中，广东东西两翼将根据各自的产业特色、地域特点和资源优势，承接和发展相关产业，实现珠三角资金、管理、信息、品牌与山区及东西两翼土地、自然资源等方面优势互补。通过推动珠江三角洲产业向山区和东西两翼梯度转移，缩小欠发达地区与发达地区的差距，以促进区域经济协调发展。根据《广东省东西两翼地区经济发展专项规划》的相关意见，拟在东西两翼地区建设一批沿海大型骨干电厂，把两翼发展成为广东省电力供应基地。适时建设廉江核电项目对提高广东省内电力供应能力，促进省政府“区域协调发展战略”，加快粤西经济发展具有积极意义。

2022年9月19日，湛江市政府召开重点项目推进会，要求国核湛江核电有限公司要提前谋划项目扩建工程建设，提前获批项目扩建工程建设路条，保障扩建工程顺利推进。

4) 有助于保护生态环境，节能降耗

目前，广东省能源消费主要以煤炭消费为主，根据习近平总书记提出的“碳中和碳达峰”目标，广东省能源结构调整，使用清洁能源已刻不容缓。

在各种类型的电厂中，核电是清洁能源，污染小，无二氧化碳、氮氧化物、二氧化硫、重金属、灰渣、污水及废气等向环境排放，放射性物质的排放亦有极其严格控制，在相同的负荷水平下，建设核电的结果必将减少其它类型电源的建设，就广东实际而言，廉江核电的建设，实际上相当于减少了同等容量火电厂的建设，全年节省标煤约 560 万吨，减少 SO₂ 排放量约 6000 吨/年，减轻广东省在生态环境保护方面的压力，具有显著的环境效益和社会效益。

5) 满足广东电力需求发展需要

未来广东电力需求仍将继续保持快速发展。根据广东“十四五”及中长期规划研究成果，预计 2030 年，全社会用电量和全社会用电最高负荷分别为 10500 亿 kWh 和 203000MW，“十五五”用电最高负荷年均增长率为 2.4%。根据电力平衡结果，全省在仅考虑在运、已核准电源以及规划新能源的情况下，气电出力不足，2030 年、2035 年电力缺口分别达到 10816MW、28429MW。

综上所述，本工程投产以后，将成为广东电网的主力电源之一，在系统中承担带基荷、备用的作用，符合国家能源发展战略，有助于优化广东省能源结构，缓解一次能源紧张供应形势，提高广东能源自给率；对于适应改善环境质量，促进广东节能环保、可持续发展有重要作用；同时能够适应广东省中长期电力需求增长的需要，且能促进广东节能环保、可持续发展。

1.5 建设项目的进度

本工程单台机组建设周期为 60 个月。本工程 3 号机组计划于 2027 年 4 月底浇灌核岛第一罐混凝土，4 号机组计划于 2028 年 2 月底浇灌核岛第一罐混凝土，两台机组间隔 10 个月。工程设计寿期为 60 年。具体建设时间按照项目申请报告核准、建造许可证获批等要求执行。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 厂址所在区域规划

1) 区域发展规划

根据廉江市工业规划，厂址所在区域属于龙头沙临港产业区。规划将充分利用港口条件和区位优势，大力发展能源、化工、装备制造、海洋生物等临港产业，重点推动湛江-北海粤桂北部湾经济合作区建设，打造廉江临港产业区的支柱产业。形成能源、重化工业产业链，即海岸线+港口+石化、钢铁下游配套产业+临港产业园（装备制造、塑料、精细化工等）+物流海运。

从廉江市的工业发展定位看，廉江核电项目属于大力发展的能源项目，与规划相容。

2) 环保相关区划、规划

本工程与一期工程的取排水口位于同一位置。根据《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址排水口位于工矿通信用海区，见图 1.6-1。本工程用海需求与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整湛江市廉江局部岸段近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2020〕556 号），调整后，厂址排水口所在海域位于龙头沙三类区，水质保护目标为 III 级，厂址排水口周边的近岸海域环境功能区划见图 1.6-2。

3) 生态红线及三线一单符合性

本项目厂区、取排水管线、取排水口均不涉及生态保护红线，厂址半径 10km 范围涉及广东部分的陆域生态保护红线，为粤西沿海丘陵台地水土保持生态保护红线，主要是分布在洗米河、高桥河等河流的入海口边坡，与红树林生态保护区衔接，海域生态保护红线主要为广东湛江红树林保护区。厂址半径 10km 范围涉及广西部分的生态保护红线主要为广西山口红树林国家级自然保护区红线区。厂址与廉江市生态红线的位置关系如图 1.6-3 所示。厂址与北海市生态保护红线位置关系图如图 1.6-4 所示。

根据《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知（湛府〔2021〕30 号）、《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》（2024 年 2 月 8 日），厂址及取排水管线均位于“青平-车板-高桥镇重点管控单元”（管控单元编号 ZH44088120026）；项目排水口位于一般管控单元英罗港-海康港农渔业区（HY440800300012）。厂址及排水口与附近环境管控单元位置关系图，如图 1.6-5 及图 1.6-6 所示。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则以及专题报告

1) 主要法规、条例

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）
- 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日施行）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修订）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修订）
- 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日修订）
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2023 年 10 月 24 日修订）
- 《中华人民共和国土地管理法》（2019 年 8 月 26 日修订）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月 16 日修订，国务院令 第 682 号）
- 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日施行，国务院令 第 562 号）
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订，国务院令 第 449 号）
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年 1 月 1 日）
- 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，2011）
- 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101，2023）
- 《核动力厂设计安全规定》（HAF102，2016）
- 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997）
- 《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501，1987）
- 《放射性物品运输安全许可管理办法》（HAF 701，2010）
- 《环境空气质量监测规范（试行）》（原国家环境保护总局公告 2007 年第 4 号）
- 《广东省水污染防治条例》（2021 年 9 月 29 日修正）
- 《广东省民用核设施核事故预防和应急管理条例》（2024 年 9 月 1 日施行）

- 《广东省环境保护条例》（2022 年 11 月 30 日修正）
- 《广东省固体废物污染环境防治条例》（2022 年 11 月 30 日修正）
- 《广东省大气污染防治条例》（2022 年 11 月 30 日修正）

2) 技术标准和导则

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-1989）
- 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）
- 《海水水质标准》（GB3097-1997）
- 《声环境质量标准》（GB3096-2008）
- 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）
- 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告，2018 年第 29 号）
- 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）
- 《海洋监测规范》系列（GB17378-2007）
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）
- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
- 《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）
- 《城镇燃气设计规范》（GB50028-2006）（2020 年版）
- 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-1993）
- 《密封放射源一般要求和分级》（GB 4075-2009）
- 《密封放射源的泄漏检验方法》（GB 15849-1995）
- 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018）
- 《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）

- 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）
- 《核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）
- 《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》（GB/T17230-1998）
- 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）
- 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）
- 《近岸海洋生态健康评价指南》（GB/T 42631-2023）
- 《海水冷却水排放要求》（GB/T39361-2020）
- 《海洋调查规范》系列（GB/T12763-2007）
- 《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》（GB/T10246-2014）
- 《工业循环水冷却设计规范》（GB/T 50102-2014）
- 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987.11.20）
- 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03，1987.11.20）
- 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04，1989.11.28）
- 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05，1991.04.26）
- 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06，1991.04.26）
- 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09，1990.05.19）
- 《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10，1991.04.26）
- 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11，1991.04.26）
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01，2019）
- 《地方政府对核动力厂的应急准备》（HAD002/02，1990）
- 《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（HAD 102/15，2021）
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）
- 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）
- 《地表水监测技术规范》（HJ91.2-2022）
- 《地下水监测技术规范》（HJ164-2020）
- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）
- 《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ194-2017）

- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）
- 《核动力厂运行前本底调查技术规范》（HJ969-2018）
- 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ 972-2018）
- 《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法（试行）》（HJ 1151-2020）
- 《辐射环境保护管理导则—电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）
- 《核电厂外部人为事件调查与评价技术规范》（NB/T20200-2013）
- 《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20182-2012）
- 《反应堆放射性流出物常规排放所致公众剂量的估算方法》（NB/T20186-2012）
- 《滨海核电厂液态流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20199-2013）
- 《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T 20374-2016）
- 《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011）
- 《核电厂水工设计规范》（NB/T 25046-2015）
- 《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T20307-2014）
- 《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017）
- 《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）
- 《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）
- 《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）
- 《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB44/2367-2022）

3) 专题报告

建设单位非常重视环境保护工作，在本工程推进过程中开展了大量的专题研究，本报告主要依据以下专题成果编制：

- 中国辐射防护研究院，《广东廉江核电项目扩建工程可行性研究阶段

环境资料调查报告》，2024 年 10 月

- 中国辐射防护研究院，《广东廉江核电项目陆生生态调查专题（2022-2023 年度）报告》，2023 年 11 月
- 核工业航测遥感中心，《广东廉江核电项目非放射性环境监测专题报告》，2025 年 6 月
- 生态环境部华南环境科学研究所，《广东廉江核电项目施工期邻近海域环境生态监测报告（2023 夏季-2024 年春季）》，2024 年 7 月
- 深圳中检联检测有限公司，《广东廉江核电项目一期工程厂址陆域施工期环境监测》系列监测报告
- 浙江国辐环保科技有限公司，《广东廉江核电项目一期工程运行前辐射环境本底调查专题季度调查报告》，2024 年 10 月
- 中国辐射防护研究院，《国核廉江核电项目大气扩散特性试验研究总结报告》，2015 年 5 月
- 中国辐射防护研究院，《广东廉江核电项目二期工程温排水及液态流出物数值模拟计算专题技术服务成果报告》，2025 年 7 月
- 中国辐射防护研究院，《广东廉江核电项目厂址气象延续观测报告（2023.5.1~2024.4.30）》，2024 年 10 月
- 广东省水利水电科学研究院，《国核廉江核电项目可研阶段岸滩稳定性分析及泥沙数值模拟计算分析专题报告》，2020 年 6 月
- 中国辐射防护研究院，《国家电投广东廉江核电项目可行性研究阶段邻近海域沉积物中核素吸附特性研究报告》，2017 年 6 月
- 国核电力规划设计研究院有限公司，《核电厂超大型海水冷却塔飘滴谱及盐沉积分布研究成果报告》，2024 年 10 月
- 自然资源部第四海洋所，《广东廉江核电项目施工期邻近海域环境生态监测海草生态监测专题报告》，2023 年 12 月
- 上海勘测设计研究院有限公司，《广东廉江核电项目海工工程海洋环境影响评价专题》，2020 年 12 月

1.6.3 许可文件和其它批准文件

2025 年 3 月 17 日，国家能源局印发《广东廉江核电（扩建）项目前期工作座谈会议纪要》（国能综纪核电〔2025〕4 号）。会议认为，积极安全有序发展

核电是广东贯彻落实习近平总书记对广东工作系列重要讲话、重要指示批示精神要求，推动“双碳”目标实现的长远战略选择。廉江核电扩建工程将为广东提供清洁低碳电力，对保障广东能源电力安全供给、优化能源电力结构具有积极意义，当前启动项目前期工作是必要的。

2023 年，获得电力规划设计总院《关于广东廉江核电项目规划容量复核初步可行性研究报告的评审意见》（电规发电〔2023〕712 号）。经对接入系统、厂址场地、交通运输、地震与地质、工程水文、取排水条件、环境与安全、工程投资与经济评价等因素初步综合分析，原则同意广东廉江核电项目初步可行性研究报告推荐意见，田螺岭厂址具备建设 6 台第三代百万千瓦级核电机组的条件。

2023 年 9 月 25 日，中华人民共和国生态环境部《关于广东廉江核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》。

2024 年 12 月 11 日，湛江市生态环境局廉江分局《关于确认广东廉江核电项目非辐射环境影响评价标准的复函》。

广东省文物局《广东省文物局关于国核廉江核电项目工程用地范围内文物考古工作已经完成的通知》（粤文物审〔2017〕145 号）。同意在已完成文物考古调查、勘探的项目建设用地范围内进行工程建设。2021 年，获得湛江市文化广电旅游体育局《关于广东廉江核电项目海域、部分陆域文物考古调查及勘探工作已完成的通知》（湛文广旅体〔2021〕367 号）。

广东省国土资源厅《关于国核廉江核电项目建设项目用地是否压覆重要矿产资源的查询意见》（粤国土资矿查〔2018〕35 号）。建设项目用地无压覆重要矿产资源。

2022 年 11 月 17 日，廉江市人民政府印发《关于设置和管理广东廉江核电项目非居住区的复函》，明确同意广东廉江核电项目设置非居住区，区域内严禁有常驻居民，项目寿期内按照《核动力厂环境辐射防护规定》等有关规定进行有效管控，任何公民及其组织在非居住区内开展影响核电厂运行或影响应急预案实施活动，报湛江核电审核同意后方可进行。

广东省人民政府印发《广东省人民政府关于划定廉江核电厂规划限制区的批复》（粤府函〔2025〕80 号）。同意以廉江核电厂 1 号至 6 号机组核岛为中心、5 公里为半径的包络区域划定为规划限制区。

原廉江市环境保护局《关于车板镇人民政府大件运输道路工程环境影响报告表的批复》（廉环审〔2018〕24号）。同意项目建设。

2019年，获得国家核事故应急办公室《国家核事故应急办公室关于国核廉江核电厂址区域核应急方案审查意见的通知》（国核应办〔2019〕55号）。

2019年，获得廉江市水务局《关于国核廉江核电项目工程防洪评价报告的批复函》（廉水函〔2019〕230号）。

2019年，获得广东省地质灾害防治协会《广东省湛江市国核廉江核电项目建设用地地质灾害危险性评估报告评审意见书》（粤地协地评审字〔2019〕339号）。

2020年12月25日，获得《广东省生态环境厅关于同意调整湛江市廉江局部岸段近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2020〕556号）。

2020年，中国民用航空中南地区管理局复函《民航中南局关于广东廉江核电项目厂址附近民用航线位置及距离等信息的复函》（民航中南局函〔2020〕178号）。

2021年，广东省能源局发函《广东省能源局关于南部战区关于广东廉江核电项目厂址军事影响意见的函》（粤能电力函〔2021〕158号）。

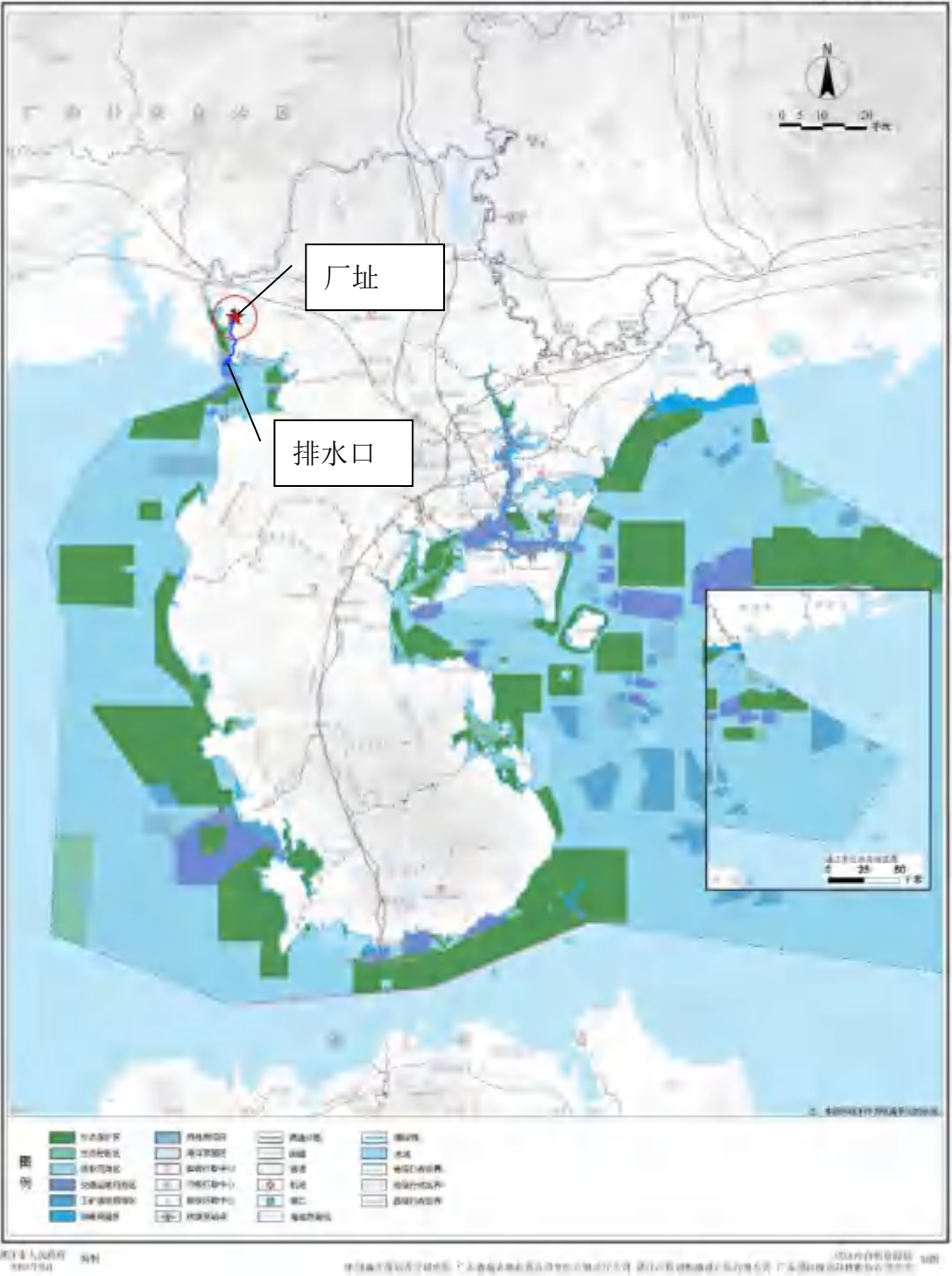




图 1.6-2 厂址近岸海域环境功能区划



图 1.6-3 厂址与廉江市生态保护红线位置关系图

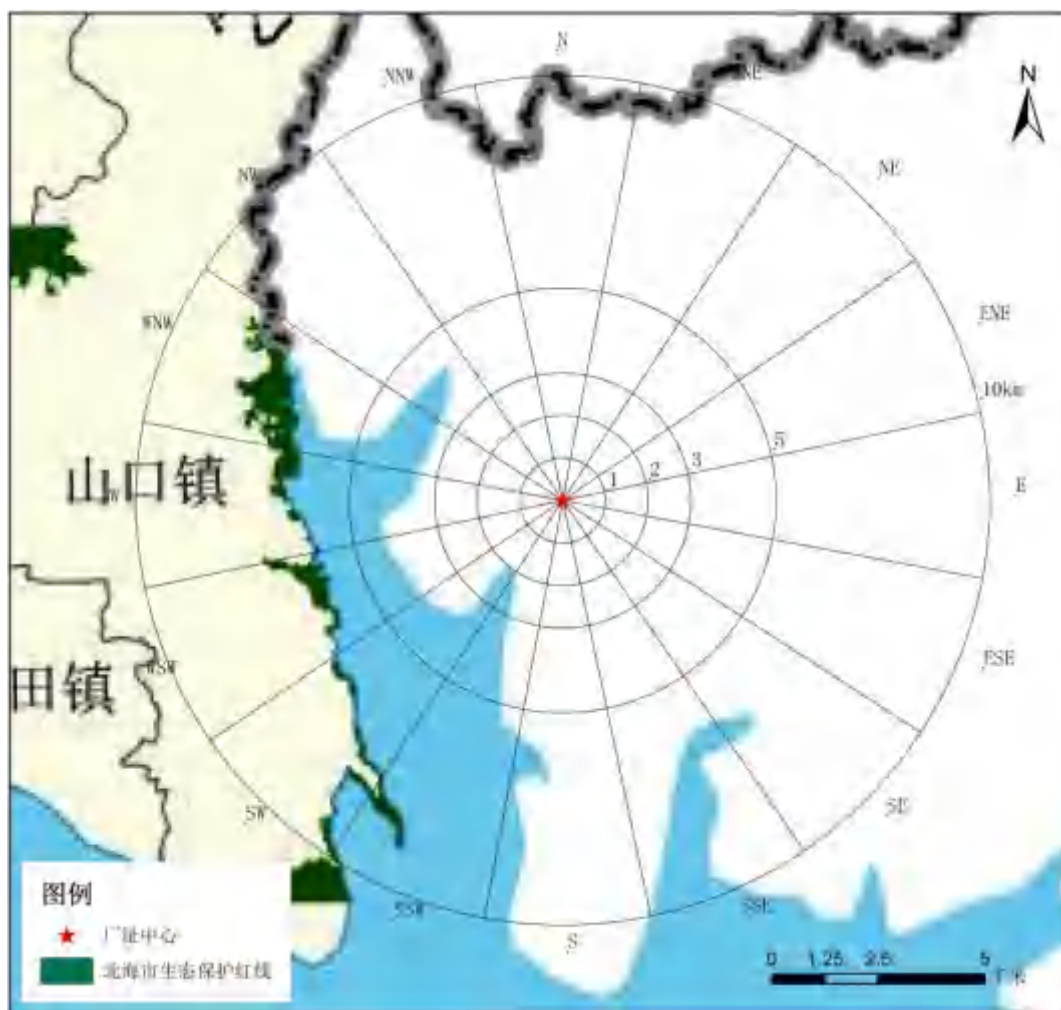


图 1.6-4 厂址与北海市生态保护红线位置关系图

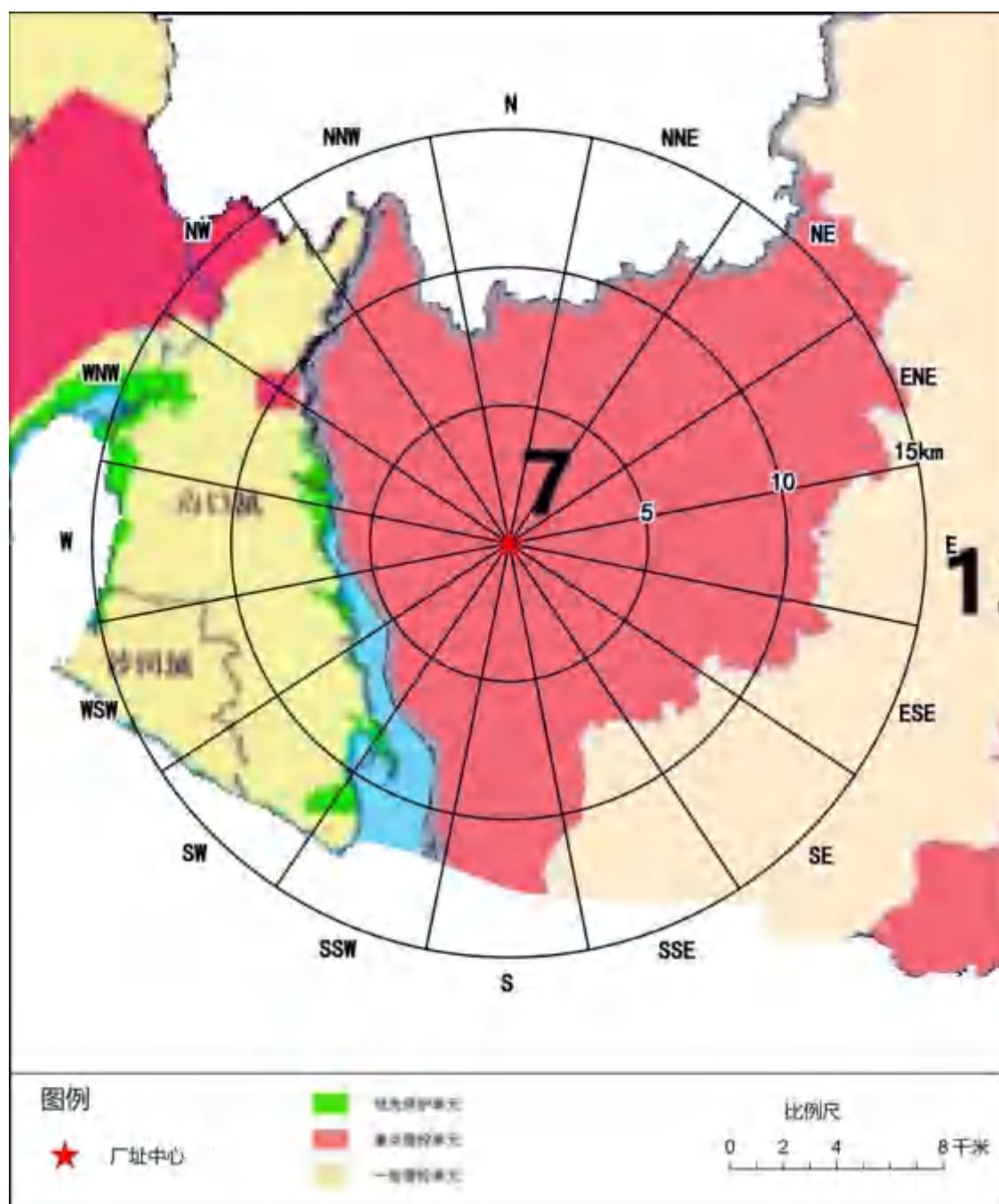


图 1.6-5 厂址所在管控单元的位置示意图

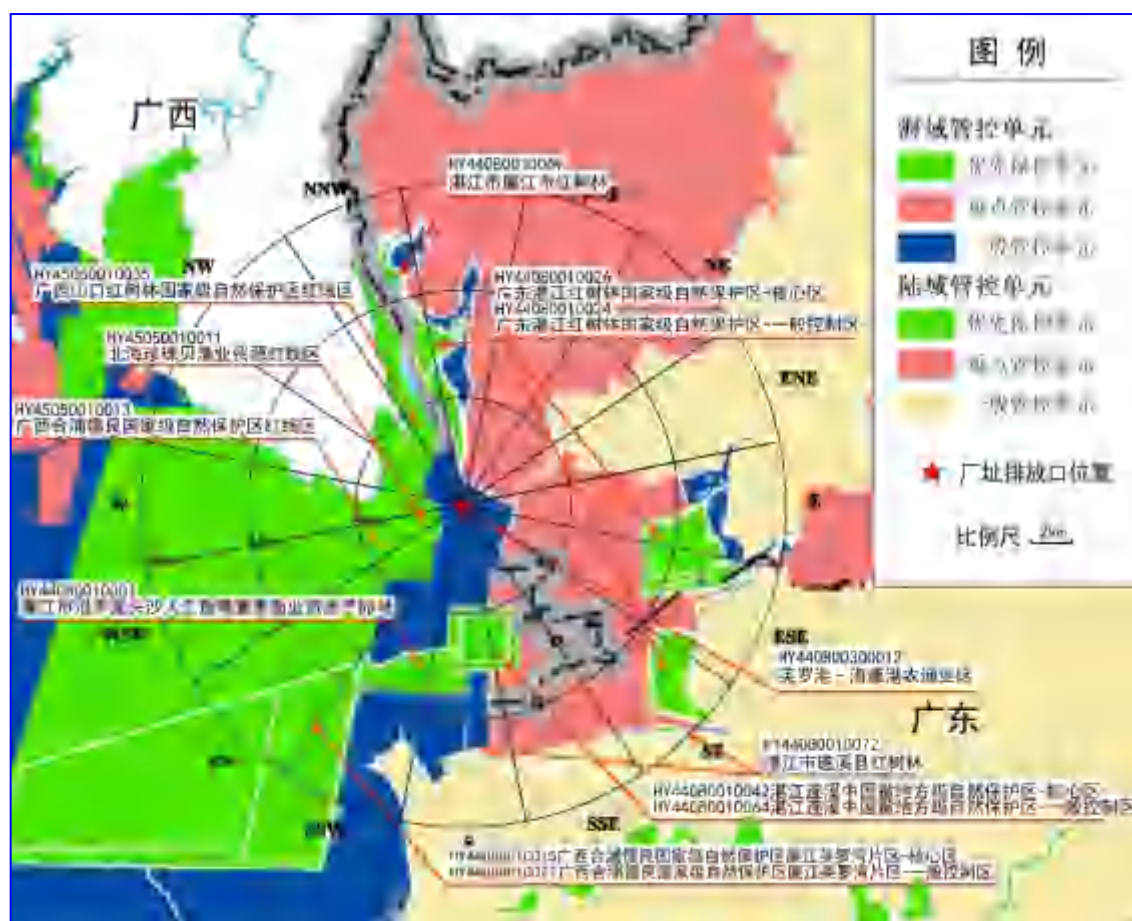


图 1.6-6 排水口所在管控单元的位置示意图

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1) 正常运行状态（包括预计运行事件）的剂量约束值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）6.1 条款的规定，任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。

根据《广东廉江核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）》，广东廉江核电项目 1、2 号机组 2 台 CAP1000 核电机组向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量需小于 0.07mSv/a。考虑到广东廉江核电项目规划及一期工程 1、2 号机组评价情况，本工程 2 台机组向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量需小于 0.09mSv/a。

2) 事故状态下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）5.10 条款的规定，在评价选址假想事故后果时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv，规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 2×10^4 人 · Sv。

3) 液态流出物排放口的浓度

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的规定：对于接纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 3×10^7 Bq/L，碳-14 的活度浓度不应超过 3×10^3 Bq/L，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L，各核素活度浓度应满足表 1.7-1 的要求。

4) 海水中的放射性核素浓度

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，本工程运行期间接纳水体海水中的放射性核素浓度控制值为：

— ^{60}Co : 0.03Bq/L

— ^{90}Sr : 4.0Bq/L

— ^{134}Cs : 0.6Bq/L

— ^{137}Cs : 0.7Bq/L

— ^{106}Ru : 0.2Bq/L

5) 年排放量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 6.2条款和6.3条款,核动力厂必须按每堆实施流出物年排放量控制,对于3000MW热功率的反应堆,其控制值如表1.7-2所示。除小型模块化核动力厂之外的核动力厂反应堆,单堆流出物年排放量控制值可根据其功率进行适当调整。对于多堆场址,所有反应堆的流出物年排放总量控制值如表1.7-2所示。

正常运行工况下,本工程单台国和一号核电机组气态流出物和液态流出物的设计排放量见表1.7-2。由表1.7-2可见,本工程单台国和一号核电机组的流出物年排放量低于《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)第6.2条款的规定限值;广东廉江核电项目两台CAP1000和两台国和一号核电机组流出物总量低于《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)第6.3条款的规定限值。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1) 国土空间总体规划、近岸海域环境功能区划与执行的海水水质标准

本工程与一期工程的取排水口位于同一位置。根据《湛江市国土空间总体规划(2021-2035年)》的内容,厂址排水口位于工矿通信用海区。本工程用海需求与《湛江市国土空间总体规划(2021-2035年)》相符。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整湛江市廉江局部岸段近岸海域环境功能区划的函》(粤环函〔2020〕556号),调整后,厂址排水口位于龙头沙三类区,水质保护目标为III级,项目建设与近岸海域环境功能区划相符。执行的海水水质标准为:

水温(℃): 人为造成的海水温升不超过当时当地4℃

悬浮物质(mg/L): 人为增加的量 ≤ 100

pH: 6.8-8.8, 同时不超出该海域正常变动范围的0.5pH单位

溶解氧(mg/L): >4

化学需氧量(mg/L): ≤ 4

无机氮(以N计)(mg/L): ≤ 0.40

2) 空气、水、噪声执行标准

建设单位已向湛江市生态环境局廉江分局发函确定本项目建设期及运行期

需执行的环境标准。湛江市生态环境局廉江分局复函确认本项目评价过程中执行的标准如下：

(1) 环境空气质量

核电厂附近环境敏感点的环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的二级标准。

(2) 大气污染物排放

核电厂施工期大气污染物排放执行《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中的第二时段二级标准。

(3) 生产废水

核电厂施工期和运行期生产废水排放执行《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)一级标准。

(4) 噪声

核电厂施工期的场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，昼间70dB(A)、夜间55dB(A)；运行期的厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的3类标准：昼间65dB(A)、夜间55dB(A)。

核电厂附近环境敏感点的声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准：昼间60dB(A)、夜间50dB(A)。

(5) 生活污水

核电厂施工期和运行期生活污水执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中城市绿化、道路清扫相关标准，不外排。

3) 工业固体废物和危险废物

危险废物贮存需满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)相关要求。

4) 电磁辐射

核电厂电磁辐射的环境影响执行《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ24-2020)和《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)的相关限值：

- 工频电场限值：4kV/m；
- 工频磁场限值：0.1mT。

表 1.7-1 液态流出物中的放射性核素活度浓度推荐值

放射性核素	推荐值 (Bq/L)	放射性核素	推荐值 (Bq/L)
^{55}Fe	190	^{106}Ru	45
^{63}Ni	90	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	70
^{90}Sr	10	^{124}Sb	20
^{51}Cr	40	^{125}Sb	60
^{54}Mn	15	^{134}Cs	20
^{58}Co	200	^{137}Cs	30
^{59}Fe	10	^{131}I	10
^{60}Co	120	^{133}I	10
^{65}Zn	10		

表 1.7-2 广东廉江核电项目正常运行工况下的排放量

单位：Bq/a

项目 \ 设计值	气态流出物					液态流出物		
	惰性气体	碘	粒子 (T _{1/2} ≥8d)	碳 14	氚	氚	碳 14	其余核素
正常运行下的排放量								
单台国和一号机组	6.17E+13	1.71E+09	4.00E+09	4.59E+11	4.87E+12	4.38E+13	3.06E+10	2.75E+09
GB6249-2025 规定								
6.2 条规定 (单台)	1.00E+14	3.00E+09	9.00E+09	7.00E+11	1.50E+13	7.50E+13	1.50E+11	9.00E+09
6.3 条规定 (全厂址)	6.00E+14	2.00E+10	5.00E+10	2.80E+12	6.00E+13	3.00E+14	6.00E+11	5.00E+10
占比								
2 台 CAP1000 和 2 台国和一号机组	75.90%	84.70%	67.60%	60.93%	32.93%	59.27%	24.80%	40.76%

注：2 台 CAP1000 机组设计排放量采用已批复的《广东廉江核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）》结果。

1.8 工程组成

本工程主要由主厂房建筑群和厂区内与环境相关的重要辅助设施组成。工程每台机组由核岛与常规岛组成。核岛根据工艺要求，主要包括：反应堆厂房、辅助厂房、附属厂房、放射性废物厂房；常规岛建构筑物包括：汽机厂房和变压器区域构筑物。本工程核岛、常规岛及其密切相关的辅助厂房（如核岛除盐水储存箱等）有机地组成一个综合体，这个综合体即为本工程的主厂房建筑群。厂区内相关的重要辅助设施包括厂址废物处理设施、大型自然通风冷却塔、500kV 开关站、循环水泵房、循环水处理室、动力辅助厂房、放射性废物区、非放废水处理厂房、生活污水处理站、应急指挥中心等构成。其中，厂址废物处理设施、含氨废水处理系统、生活污水处理站、应急指挥中心等为全厂共用设施，已在一期工程开展建设。

本工程厂外涉及的重件码头工程（大件码头、栈桥等）、气象观测站、进场道路、应急道路、大件道路、淡水取水设施、核电厂环境监测站和辐射环境现场监督站为全厂共用设施，海水取排水工程（包括海水取水泵房、取排水管线、取排水口及暗涵工程等）为一期工程、本工程共用设施，已在一期工程完成评价。本工程相关配套工程依托一期工程，进场道路、应急道路、大件道路、重件码头工程（大件码头、栈桥等）、淡水取水设施等均已建设完毕。

1.9 环境保护措施

为了尽可能减少核电厂运行过程中对环境的影响，本项目采取一系列的环境保护措施。

对于放射性污染物，工程配置有放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性气体废物处理系统（WGS）、放射性固体废物处理系统（WSS）、乏燃料贮存系统、厂址废物处理设施。

放射性液体废物处理系统（WLS）用于控制、收集、处理、输送、贮存和处置正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液，并可控制地向环境排放。处理后的液态流出物放射性水平和年排放总量符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的限值。

放射性气体废物处理系统（WGS）的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放，处理后的气态流出物排放量低

于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的限值。

放射性固体废物处理系统（WSS）用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器过滤介质、活性炭、水过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和放射性废物厂房内，后送往厂址废物处理设施进一步处理和中间贮存。

乏燃料贮存系统贮存设施包括乏燃料贮存水池和乏燃料贮存格架，反应堆换料时，从堆芯卸出的乏燃料组件贮存在核岛辅助厂房的燃料操作区域的乏燃料水池中，采用水下布置和贮存的方式。

厂址废物处理设施是一个集中式放射性废物处理设施。本工程与一期工程共用厂址废物处理设施。它作为核岛三废处理系统的补充，提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的放射性废液与放射性固体废物，厂址废物处理设施内处理达标的液态流出物将送至临近机组的厂区排放总管进行排放。经该设施处理后的废物均采用统一包装容器进行包装，并送往厂址废物处理设施内的废物暂存库进行暂存。

对于非放污染物，本工程将继续采用广东廉江核电项目一期工程同类环保措施，确保非放污染物收集、处理和排放符合环保要求。在核电厂非控制区及厂外附属、辅助区产生的非放射性固体生活垃圾按规定收集暂存并送到指定的垃圾场处理。核电厂产生的生活污水由生活污水处理设施处理达标后回用，产生的非放废水经非放废水处理厂房处理达标后部分回用。运行期间产生的危险废物主要包括废试剂、废油、废油漆、废涂料、废电池等在非放危险废物库内存放。

本工程二次循环冷却塔采用高位收水塔，具有节水，降低噪声，减少盐雾影响等优点。同时，取排水量小，循环水排水温升高。

液态流出物厂内通过管沟排放，防止泄漏，厂外采用双套管方案排放，管线沿线设有监测井和巡检路线，定期巡检并进行取样监测，确保管线泄漏后能及时发现。

广东廉江核电项目一期工程已开工建设，目前正在建立全面的核安全体系和核应急体系，本工程将按照全厂址统一应急管理的要求，继续补充完善核安全体系和核应急体系。

广东廉江核电项目正在开展流出物监测设施和环境监测设施设计和建造工作，本工程将按照全厂址统一环境监测的要求，继续补充完善流出物监测设施和

环境监测设施设计优化工作，确保广东廉江核电项目配备有系列的流出物监测设施和环境监测设施，监测方式包括在线连续监测和取样监测。

采取上述环境保护措施后，广东廉江核电项目所产生的各类污染物均能得到有效的控制，满足环保要求。

1.10 评价范围

本次评价中，辐射环境影响评价的范围为以 3 号反应堆为中心，半径 80km 范围内的区域，包括气态和液态流出物排放对 80km 范围内公众的辐射影响。

对于非辐射环境影响评价：

- 大气

本项目的环境空气评价范围为厂址中心半径 2.5km，包括施工厂界和有关敏感点。主要关注核电厂施工期废气无组织排放影响。管线工程评价范围为管线中心两侧各 200m 范围。

- 海水

海水评价范围为冷却塔排水温升 0.5℃ 以上影响区域范围。重点考虑取排水口附近海域及相关功能区的管理要求，以及环境敏感目标的环保要求。

- 声环境

本项目声环境影响的评价范围为厂界外 1m，并适当扩大至环境敏感点处。

- 生态环境

本次评价范围主要为受影响的核电厂及取排水管线永久占地和临时施工占地范围，并考虑附近自然保护区和生态敏感区范围。

- 电磁环境

参考《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020），本项目电磁辐射环境影响评价范围为：厂内开关站界外 50m；厂址范围内涉及的输电线路边导线地面投影外两侧各 50m。

对于冷却塔环境影响评价：

冷却塔环境影响评价相关评价因子包括：冷却塔对受纳水体的影响，包括排水温升，余氯，盐度影响；冷却塔对声环境的影响，主要为噪声；冷却塔对大气环境的影响，包括雾羽和荫屏，飘滴和沉降，盐份沉积，下雾与结冰。

冷却塔对受纳水体的影响评价范围为：冷却塔排水温升 0.5°C 以上影响区域范围。

冷却塔对声环境的影响评价范围为：厂界外 1m，并适当扩大至环境敏感点处。

冷却塔对大气环境的影响评价范围为：冷却塔半径 5km 范围。

海水取排水工程（包括海水取水泵房、海水取排水管线、取排水口及暗涵工程等）为一期工程、本工程共用设施，已在一期工程完成评价并开展建设，液态流出物排放管线为本工程新建设施。参考《广东廉江核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）》，对于海水取排水管线和液态流出物排放管线的环境影响评价：

大气环境评价范围为管线占地边界两侧 200m 范围。

地下水环境评价范围为管线占地边界两侧 200m 范围。

声环境评价范围为管线占地边界两侧 200m 范围及敏感点。

生态环境评价范围为管线占地边界以外 300m 区域。

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

广东廉江核电项目厂址位于广东省湛江市廉江市车板镇大坝村，位于车板镇镇区北约 4km 处，东距廉江市区约 48km，东南距湛江市市区约 65km，厂址西南邻近英罗港海域。

广东廉江核电项目规划建设 2 台 CAP1000 核电机组和 4 台国和一号核电机组，一次规划、分期建设。2023 年 9 月 25 日，国家核安全局颁发广东廉江核电项目 1、2 号机组建造许可证，项目正式开工建设。9 月 29 日，国家电投广东廉江核电 1 号机组核岛反应堆第一罐混凝土浇筑（FCD）圆满完成。本工程为广东廉江核电厂 3、4 号机组工程，计划建设 2 台国和一号核电机组。

本工程3号机组位于1号机组NNE方位0.5km处。厂址地理位置见图2.1-1。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

广东廉江核电项目总用地面积为 267.30hm²，厂址拟征（租）地范围内主要为林地。一期工程已完成征地 100.61hm²，本期工程新增征地 103.562hm²（含海水管线阀门井 0.246 hm²）。

2022 年 11 月 17 日，廉江市人民政府印发《关于设置和管理广东廉江核电项目非居住区的复函》，明确同意广东廉江核电项目设置非居住区，区域内严禁有常驻居民，项目寿期内按照《核动力厂环境辐射防护规定》等有关规定进行有效管控，任何公民及其组织在非居住区内开展影响核电厂运行或影响应急预案实施活动，报湛江核电审核同意后方可进行。厂址非居住区的边界为：距 1、2 号核岛 SSW 方位 900 米、SW 方位 1000 米、WSW 方位 850 米、W 方位 1050 米、WNW 方位 900 米，其余方位 800 米；距 3~6 号核岛 S 方位 950 米、SSW 方位 1050 米、SW 方位 1150 米、WSW 方位 1000 米、W 方位 1250 米、WNW 方位 1050 米，其余方位 800 米构成的封闭区域，不涉及海域。

车板镇大坝村的黄京埗自然村位于项目非居住区范围内，村民将搬迁至移民安置点，安置点位于厂址 E 方位 1.6km 处。移民安置点计划 2025 年 10 月底具

备村民进场建房条件，2026 年 8 月竣工验收，黄京埗自然村计划于 2026 年 3 月完成全部村场拆除工作。本期工程无新增需搬迁居民点。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国核安全法》和《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的要求，在本工程所在厂址周围将设置半径为 5km 的规划限制区。2025 年 6 月 12 日，广东省人民政府出具《广东省人民政府关于划定廉江核电厂规划限制区的批复》（粤府函〔2025〕80 号），同意以廉江核电厂 1 号至 6 号机组核岛为中心、5 公里为半径的包络区域划定为规划限制区。湛江市人民政府要落实规划限制区各项管控要求，国核湛江核电有限公司要落实对当地经济发展的扶持措施。

规划限制区内必须限制人口的机械增长，对该区域内的新建和扩建的项目应加以引导或限制，以考虑事故应急状态下采取适当防护措施的可能性。截止 2022 年，厂址半径 5km 范围共计 42272 人，陆域平均人口密度为 638 人/km²。厂址半径 5km 规划限制区内没有监狱，无人口集中地区。厂址半径 5km 范围内无难以撤离的人群，但在制定核应急预案时，需重点关注厂址烟羽应急计划区内范围内的学校学生、敬老院人员和医院病人的撤离。

2.1.3 厂址取排水方案

本工程拟采用自然通风海水冷却塔的二次循环冷却方案，本工程为 2 台国和一号核电机组，每台机组拟设置一座循环水泵房，和相适应的自然通风高位集水冷却塔，两条循环水压力进、回水母管。

海水补充水取自距离厂址约 10km 的龙头沙海域。

本项目一期工程已按照规划容量（6 台机组总取水量）考虑了取水头部和引水箱涵，可以满足本期用水要求，本期工程无需新增海域取水工程。一期取水工程采用大件码头东侧局部开挖并抛石护底作为取水区，取水区底部标高-6.30m，与回旋水域相接，取水口采用喇叭口式，正面进水，出水侧与 3 孔取水暗涵连接，喇叭口式取水口沿水流方向长为 27m。喇叭口式取水口正面进水的进水窗共 6 个，规划容量取水量下进水窗的进水流速 0.5m/s。取水泵房设置在大件码头东侧陆域，引水暗涵接至取水泵房前池。引水暗涵出水侧与泵房前池衔接处设有液压平板钢闸门。

本项目一期工程已按照 4 台机组考虑了排水箱涵，本期工程无需新增海域排水工程。一期排水工程设有一条共壁双孔自流排水箱涵及排水喇叭口，排水箱涵长约 1420m，单孔尺寸 1.8m×1.8m，可满足 1~4#机组排水需求。

本项目一期工程已按照 4 台机组考虑了取水泵房至厂区的补给水管和厂区至排放口的排水管。一期工程取水泵房至厂区的补给水管按 1~4#机组容量共设置了 2 条 DN2000 玻璃钢管，厂区至排放口闸门井的排水管按 1~4#机组排水需求设置 4 条 DN1400 的 HDPE 排水管。厂外海水取排水管线，从海水取水泵房区域开始，海水取水管道与海水排水管道共线敷设，至新村仔村进行独立排水、独立取水分线敷设，在那腮村又进行共线敷设至核电站，单根管线总长约 11km。

本期工程新增厂外液态流出物管线，初步设计 2 根（1 用 1 备）液态流出物管线，采用管中管（双层管）方案：内管管径为 DN280，管材为 HDPE 塑料给水管，热熔连接；外管管径为 DN400，管材为焊接钢管（Q235B），焊接连接；内管外壁设有支撑卡箍件，把内管支撑固定在外管内。目前该方案为初步方案，后续将进一步优化。液态流出物管线与排水管线共线敷设。液态流出物进入双层管排放管线后，与一定量的海水冷却水排水混合，通过掺混降低双层管排放管线内放射性活度浓度。液态流出物管线内外管均设置有泄漏监测系统，并设置检漏井监测管线泄漏。



图 2.1-1 广东廉江核电厂厂址地理位置图

2.2 人口分布与饮食习惯

人口资料收集和统计的基准年为 2022 年，本节资料均以本工程 3 号机组地理位置坐标为基准点。

厂址人口统计按照 16 个方位，以及 0~1、1~2、2~3、3~5、5~10、10~20、20~30、30~40、40~50、50~60、60~70、70~80km 12 个距离间隔段划分的 192 个子区域进行统计。

厂址半径 5km 范围的居民食谱及生活习惯调查，采用发放调查表的方式及取样统计等方式。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 15km 范围内常住人口

厂址半径 5km 范围内涉及车板镇、青平镇、高桥镇以及红江农场，共 4 个乡镇（镇、农场）101 个自然村（居民点、农场生产队），共计 42272 人，陆域平均人口密度为 638 人/km²。

车板镇大坝村的黄京埚自然村因核电建设村民将搬迁至移民安置点，安置点位于厂址 E 方位 1.6km 处。移民安置点计划 2025 年 10 月底具备村民进场建房条件，2026 年 8 月竣工验收，黄京埚自然村计划于 2026 年 3 月完成全部村场拆除工作。

厂址半径 5km 范围无连片行政村，无风景旅游区、商业中心等人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内无万人以上人口集中地区。

厂址 ENE 方位 2.5km 处拟新建和橙旅馆，用于项目施工人员居住，预计居住人口上限 5000 人。厂址半径 5km 范围内无万人以上城镇发展规划及工业发展规划。

厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇。

厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇发展规划。

厂址半径 15km 范围内共有 339460 人，陆域平均人口密度为 602 人/km²。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内暂住人口

厂址半径 5km 范围内流入人口总计 23757 人。其中，居住期半年以上的人口（包括部分外地嫁过来没有办理户籍迁入的人员）有 4023 人，主要是从事商业、水产养殖活动，流入时间一般在春节后；居住期在一月至半年的有 6067 人，

主要是从事商业、水产养殖和其它劳务活动，流入时间一般在春节后或下半年；居住期在一个月以下的人口有 13667 人，来此目的主要是探亲访友、旅游，主要出现在春节、清明节、中秋节、国庆节等传统节假日期间。

厂址半径 5km 范围内流出人口总计 23445 人。外出以务工为主，目的地在珠三角地区，少量到外省。外出人口高峰期出在春节后。

厂址半径 5km 范围内流入人口高于流出人口，核电建设对当地人员流入做出了贡献，随着核电建设启动，核电建设人员相继进场。

厂址半径 15km 范围内流入人口总计 111007 人。其中，居住期半年以上的人口（包括部分外地嫁过来没有办理户籍迁入的人员）有 25994 人，主要是从事商业、水产养殖等活动，流入时间一般在春节后；居住期在一月至半年的有 19918 人，主要是从事商业、水产养殖和其它劳务活动，流入时间一般在春节后或下半年；居住期在一个月以下的人口有 65095 人，来此目的主要是探亲访友、旅游、经商和短期务工等，主要出现在春节、清明节、中秋节、国庆节等传统节假日期间。流入人口高峰期主要出现在春节及节后期间，主要是春节期间的探亲访友、旅游人员和节后的务工人员，高峰期人口有 35927 人。

厂址半径 15km 范围内流出人口总计 167028 人。外出以务工为主，目的地以周边大城市和广东的珠三角地区为主。外出人口高峰期出在春节后。

厂址半径 15km 范围内人员流动，以人员流出为主，主要是劳务输出，当地发以农业为主，经济来源相对较少，外出务工是主要的收入来源。目前核电建设带来的流动人口还改变不了厂址半径 15km 范围内的人口流动趋势。

2.2.1.4 厂址半径 10km 范围特殊人群分布

厂址半径 10km 范围内没有监狱。

厂址半径 10km 范围内有养老院（敬老院）有 12 所。

厂址半径 10km 范围内有共有学校 84 所，其中，有中学 6 所，小学 50 所，幼儿园 28 所（其中附属幼儿园 8 所）。

厂址半径 10km 范围内有 6 家医院。

厂址半径 10km 范围内有事业单位 8 家。

厂址半径 10km 范围内有规上企业 9 家、规下企业 2 家。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的现有人口分布

2022 年，厂址半径 80km 范围现有人口 10415294 人（户籍人口），平均人口密度为 676 人/km²（陆域密度），低于 2022 年广东省人口密度值 704 人/km²，高于同期湛江市人口密度 530 人/km²，高于廉江市同期人口密度 480 人/km²。

厂址半径 80km 范围内共有万人以上城镇 69 个，其中十万人以上的城镇有 6 个。

厂址半径 80km 范围各子区现有人口统计结果见表 2.2-1。

厂址半径 50km 范围内无百万人以上大城市发展规划。

依据《廉江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，廉江市规划构建“一主两副四轴带”的城镇开发格局。规划 2035 年常住人口 157 万人左右，其中城镇人口 98.93 万人，城镇化率达到 63%；中心城区常住人口 49.46 万人左右。规划构建“中心城区—县域副中心—重点镇—一般镇”四级城镇等级体系。

中心城区：包括罗州街道、城南街道、城北街道及石城镇、吉水镇、新民镇部分地区，按照 I 型小城市标准进行建设，到 2035 年规划城镇人口为 40-50 万人。县域副中心：包含安铺-横山、石岭镇，到 2035 年规划城镇人口为 5-15 万人。重点镇：包含良垌镇、塘蓬镇、青平镇、车板镇、河唇镇共五个镇，到 2035 年规划城镇人口为 2-5 万人。一般镇：包含石角镇、和寮镇、长山镇、石颈镇、雅塘镇、高桥镇、营仔镇、新民镇、石城镇、吉水镇，到 2035 年规划城镇人口为 1-3 万人。

车板镇老镇区位于厂址 SSE 方位 4.1km 处，老镇区即车板居委会人口仅 3398 人。依据《廉江市车板镇总体规划（2016-2035 年）》，车板镇规划镇区将向南发展为主，有控制地向东、西沿河、沿路呈带状发展，控制其向北发展，即“南拓、北控、东西优化”。车板镇城镇中心将南移至临港新区，规划新镇区将南车板镇多浪村附近，在厂址 S 方位约 8km 处，成为人口最集中地区。

综上所述，厂址半径 5km 范围内无万人以上城镇发展规划及工业发展规划，厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇发展规划。厂址半径 50km 范围内无百万人以上大城市发展规划。本工程建设运行与《廉江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相容。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口

广东廉江核电厂规划容量为 2 台 CAP1000+4 台国和一号压水堆核电机组，一次性规划，分期建设。本工程建设 2 台国和一号机组。3 号机组暂按 2027 年 4

月底开工建设，浇灌核岛第一罐混凝土（FCD），4号机组与3号机组开工建设的时间间隔为10个月；3号机组计划2032年4月投产，4号机组计划2033年2月投产。本工程3、4号机组的具体开工时间以国家核准的开工建设时间为准。

厂址半径80km范围内包括广东省和广西壮族自治区。从广东、广西、湛江、廉江、北海、玉林2014年~2023年度的人口自然增长率变化情况看：（1）厂址所在地廉江市人口自然增长率除2020年低于湛江市外，其它年份均高于广东、湛江同期人口自然增长率；湛江市近十年的人口自然增长率高于同期广东的结果；廉江市人口自然增长率除2014、2015年外，其它年份均高于广西、北海市和玉林市同期人口自然增长率；湛江市人口自然增长率除2014、2015、2016年外其它年份均高于广西、北海市和玉林市同期人口自然增长率。相较其它地区，湛江市、廉江市人口自然增长还处在相对较高状态。（2）玉林市人口自然增长率高于广西同期人口自然增长率；北海市人口自然增长率除2014年外其它年份均高于广西同期人口自然增长率；玉林市和北海市同期人口自然增长率相差不大。（3）廉江市人口自然增长率在2014至2019年呈振荡上升的趋势，以后呈振荡下降的趋势；广东、广西、湛江、北海、玉林的人口自然增长率在2014至2017年呈振荡上升的趋势，以后呈振荡下降的趋势。我国的全面二孩政策是2016年1月1日全面实施，三孩政策开放时间是2021年5月31日，2016年、2017年人口自然增长率有所增长，之后又开始下降，三孩政策对人口增长率的影响还有待进一步观察。

《新时代的中国人口》系列丛书由国务院第七次全国人口普查领导小组办公室组织编写，以第七次全国人口普查资料为主，辅以历次人口普查数据和相关资料文献，从不同视角、不同层次进行了全面深入的分析，探讨并展望了未来中国人口发展趋势，对中国人口的可持续发展提出了相应的对策建议，是现阶段人口预测最新和权威的成果。《新时代的中国人口（广东卷）》（广东省第七次全国人口普查领导小组办公室，2024年）以下简称“广东卷”预测方案、《新时代的中国人口（广西卷）》（广西壮族自治区第七次全国人口普查领导小组办公室，2024年）以下简称“广西卷”采用队列分要素预测法进行人口预测，以2020年第七次全国人口普查数据为基点，根据第七次全国人口普查的年龄分组、出生性别比、生育水平、死亡水平等数据，对未来30年内即2021-2050年的人口总数、主要人口结构、出生率、死亡率等数据进行预测。

根据厂址所在地湛江市、廉江市和广西地区北海市、玉林市 2014-2023 年近十年来户籍人口和常住人口的变化情况，厂址所在湛江市、廉江市和玉林市户籍人口高于同期常住人口，说明评价区内人口以外流为主；总体来看，评价区内影响人口增长的主要因素为人口自然增长。预期人口自然增长率是进行评价区人口预测的关键参数。本次人口预测采用了“广东卷”和“广西卷”中 2021-2050 年预期人口自然增长率结果。

从广东、湛江、廉江 2014 年~2023 年人口自然增长率来看，湛江市和廉江市的人口自然增长率均高于同期广东省人口自然增长率，湛江市、廉江市十年平均人口自然增长率为广东省的 1.30 和 1.55 倍，出于预测的保守考虑，湛江市、廉江市 2023-2050 年预测人口增长率分别在“广东卷”预测结果上乘以 1.3 和 1.6 的系数。根据预测，2039 年以后年份人口增长率为负值，出于人口预测保守考虑，2039 年以后人口增长率按“0”考虑。

从广西、北海、玉林 2014 年~2023 年人口自然增长率来看，北海市、玉林市的人口自然增长率均高于同期广西人口自然增长率，北海市、玉林市十年平均人口自然增长率为广西的 1.16 和 1.27 倍，出于预测的保守考虑，北海市、玉林市 2023-2050 年预测人口增长率分别在“广西卷”预测结果上乘以 1.2 和 1.3 的系数。根据预测，2046 年以后人口增长率为负值，出于人口预测保守考虑，2046 年以后人口增长率按“0”考虑。

表 2.2-2 给出了广东省和广西壮族自治区 2023 年至 2090 年的预期人口年均增长率。

按照下式计算预期人口：

$$N = N_0(1+r)^n$$

其中：N—预期人口数；

N_0 —现有人口数；

n—N 与 N_0 之间的时间长度，年；

r—t 时间段内的人口自然增长率。

根据上述人口预期增长率，计算得到 3 号机组预计投产年 2032 年以及其后每 10 年厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布，见表 2.2-3 至表 2.2-5。预测

结果表明,到 2032 年,厂址半径 80km 范围内的总人口数为 10786436 人,至 2045 年到人口最大年,2045 年及以后的总人口数为 10901509 人。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

厂址半径 5km、80km 以及排水口半径 5km 范围内四个不同年龄组别 ≤ 1 岁婴儿组、1~7 岁(含 7 岁)儿童组、7~17 岁(含 17 岁)青少年组和 >17 岁成人组的人口比例见表 2.2-6。

根据不同子区所在地理位置,按照上述年龄组构成比例,计算得到厂址半径 80km 范围内 2045 年及以后(人口最大年)各年龄组的分布情况分别列于表 2.2-7~表 2.2-10。

2.2.3.2 居民饮食习惯和生活习惯

厂址半径 80km 范围内居民食物消费量数据来自广东和广西 2023 年统计年鉴及湛江市国家调查队整理提供的湛江市、廉江市城镇居民和农村居民 2022 年食品消费情况。按城乡居民饮食习惯给出广东省、广西壮族自治区以及厂址周边的婴儿、儿童、青少年、成人(包括农村及城市居民)等四个不同年龄组居民的年平均食物消耗量和最大消耗量。厂址半径 80km 范围内不同年龄组居民的食物消费量调查结果见表 2.2-11。

2.2.4 厂址人口分布类别

根据国家核安全导则《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》(HAD101/03)附录 I.2 推荐的人口密度法,根据广东省 2022 年度的统计资料,广东省人口密度为 704 人/ km^2 ,以此人口密度作为评价基准人口密度,对厂址进行人口分布分类,分类表见 2.2-12,分类结果如下:

——环形地带人口分布评价结果

厂址半径 0-2km 为 II 类厂址、2-5km 内为 II 类厂址,5-10km 内为 I 类厂址、10-20km 内为 I 类厂址。

——扇形地带人口分布评价结果

厂址半径 2-5km 扇面内为 II 类厂址,厂址半径 5-20km 扇面内为 I 类厂址。

根据厂址环形地带人口分布和扇形地带人口分布评价结果,确定为 I~II 类厂址。

综上所述，厂址周围人口分布符合广东省 I~II 类厂址条件，厂址的人口分布现状能满足核电厂的厂址条件。

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内总人口分布（2022 年）

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人口累计
N	0	621	109	1725	4086	20506	47200	36064	135067	82058	53453	166327	547216
NNE	0	405	187	2121	10255	15780	46981	64745	57762	96649	194390	364866	854141
NE	0	0	631	1110	9011	14752	38854	156858	83563	248576	187024	342606	1082985
ENE	0	597	293	1550	6034	68057	60025	140082	88769	114013	75247	115661	670328
E	0	149	862	584	8463	17337	59046	63368	230912	80281	194500	309169	964671
ESE	0	217	448	1210	4711	5544	137559	139966	91664	255625	422057	193933	1252934
SE	0	0	1165	1625	15451	24123	147924	31145	57840	31085	14772	683388	1008518
SSE	0	387	587	4389	3489	278	103962	58955	21157	289026	116219	575712	1174161
S	0	378	496	3941	8453	6806	7580	113051	38496	41087	158533	60669	439490
SSW	0	0	528	711	0	0	0	0	3849	5775	0	0	10863
SW	0	0	1284	681	4321	17875	0	0	0	0	0	0	24161
WSW	0	398	240	2371	7985	8432	16211	51537	6693	4505	40547	17865	156784
W	0	664	1920	180	5365	12411	59436	65690	93322	0	263221	350322	852531
WNW	0	265	850	2291	13815	23234	0	33560	39445	58477	54538	29768	256243
NW	0	0	793	1405	10017	14280	268318	29523	122319	89409	36887	85293	658244
NNW	0	283	241	1380	5917	67705	43353	15457	53939	38518	58000	177231	462024
各环形段人口合计	0	4364	10634	27274	117373	317120	1036449	1000001	1124797	1435084	1869388	3472810	10415294
半径区内人口累计	0	4364	14998	42272	159645	476765	1513214	2513215	3638012	5073096	6942484	10415294	

表 2.2-2 2023~2090 年预期人口年均增长率

时间段	预期人口年均增长率（‰）			
	广东		广西	
	湛江市	廉江市	北海市	玉林市
2023~2030	5.26	6.48	1.67	1.81
2031~2038	1.08	1.33	1.75	1.90
2039~2040	0	0	1.75	1.90
2041~2045	0	0	0.12	0.13
2046~	0	0	0	0

表 2.2-3 厂址半径 80km 范围内 2032 年人口分布

距离(km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内 人口累计
N	0	655	115	1821	4314	20883	48069	36728	137556	83570	54438	169392	557541
NNE	0	0	197	2239	10827	16070	47846	65938	58826	98430	197972	371590	869935
NE	0	0	666	1171	9514	15575	41023	165616	88228	253157	190471	348920	1114341
ENE	0	630	309	1636	6370	71856	63376	147903	93725	120378	79448	122118	707749
E	0	584	910	616	8935	18304	62342	66906	243804	84763	205359	326431	1018954
ESE	0	229	473	1277	4974	5853	145239	147780	95799	267157	441098	202682	1312561
SE	0	0	1230	1715	16313	25469	154597	32550	60449	32487	15438	714220	1054468
SSE	0	408	619	4634	3683	293	108652	61614	22111	302065	121462	601686	1227227
S	0	399	523	4161	8924	7186	7921	118151	40232	42940	165685	63406	459528
SSW	0	0	557	750	0	0	0	0	4022	6035	0	0	11364
SW	0	0	1355	719	4394	18178	0	0	0	0	0	0	24646
WSW	0	420	253	2503	8120	8575	16486	52412	6806	4581	41235	18168	159559
W	0	701	2027	190	5456	12621	60445	66805	94907	0	267692	356273	867117
WNW	0	279	897	2418	14049	23628	0	34130	40115	59470	55464	30273	260723
NW	0	0	837	1483	10576	14522	272876	30024	124397	90927	37513	86741	669896
NNW	0	298	254	1457	6247	68952	44152	15741	54933	39227	59069	180497	470827
各环形段 人口合计	0	4603	11222	28790	122696	327965	1073024	1042298	1165910	1485187	1932344	3592397	10786436
半径区内 人口累计	0	4603	15825	44615	167311	495276	1568300	2610598	3776508	5261695	7194039	10786436	

表 2.2-4 厂址半径 80km 范围内 2042 年人口分布

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人 口累计
N	0	660	116	1835	4348	21209	48818	37300	139697	84871	55285	172029	566168
NNE	0	0	199	2257	10914	16320	48591	66964	59742	99962	201054	377374	883377
NE	0	0	671	1181	9590	15700	41351	166942	88935	257098	193435	354351	1129254
ENE	0	635	311	1649	6421	72432	63883	149087	94475	121342	80084	123096	713415
E	0	589	917	621	9007	18451	62841	67441	245756	85442	207003	329044	1027112
ESE	0	230	476	1287	5013	5900	146402	148964	96422	268893	443964	203999	1321550
SE	0	0	1239	1729	16444	25673	155602	32761	60842	32698	15538	718860	1061386
SSE	0	411	624	4671	3713	295	109358	62015	22255	304028	122251	605595	1235216
S	0	402	527	4194	8996	7243	7973	118919	40494	43219	166762	63818	462547
SSW	0	0	561	756	0	0	0	0	4048	6074	0	0	11439
SW	0	0	1366	724	4457	18439	0	0	0	0	0	0	24986
WSW	0	423	255	2523	8237	8698	16722	53163	6904	4647	41826	18428	161826
W	0	706	2043	191	5534	12802	61311	67763	96267	0	271528	361378	879523
WNW	0	282	904	2438	14251	23967	0	34619	40689	60322	56259	30707	264438
NW	0	0	843	1495	10660	14730	276786	30454	126179	92230	38051	87984	679412
NNW	0	301	256	1468	6297	70026	44839	15986	55788	39838	59988	183307	478094
各环形段 人口合计	0	4639	11308	29019	123882	331885	1084477	1052378	1178493	1500664	1953028	3629970	10899743
半径区内 人口累计	0	4639	15947	44966	168848	500733	1585210	2637588	3816081	5316745	7269773	10899743	

表 2.2-5 厂址半径 80km 范围内 2045 年及以后人口分布

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人口累计
N	0	660	116	1835	4348	21217	48837	37314	139752	84904	55307	172096	566386
NNE	0	0	199	2257	10914	16327	48610	66990	59765	100001	201132	377522	883717
NE	0	0	671	1181	9590	15700	41351	166942	88935	257198	193511	354489	1129568
ENE	0	635	311	1649	6421	72432	63883	149087	94475	121342	80084	123096	713415
E	0	589	917	621	9007	18451	62841	67441	245756	85442	207003	329044	1027112
ESE	0	230	476	1287	5013	5900	146402	148964	96422	268893	443964	203999	1321550
SE	0	0	1239	1729	16444	25673	155602	32761	60842	32698	15538	718860	1061386
SSE	0	411	624	4671	3713	295	109358	62015	22255	304028	122251	605595	1235216
S	0	402	527	4194	8996	7243	7973	118919	40494	43219	166762	63818	462547
SSW	0	0	561	756	0	0	0	0	4048	6074	0	0	11439
SW	0	0	1366	724	4458	18445	0	0	0	0	0	0	24993
WSW	0	423	255	2523	8239	8701	16728	53182	6906	4648	41841	18435	161881
W	0	706	2043	191	5536	12807	61333	67787	96302	0	271626	361508	879839
WNW	0	282	904	2438	14256	23975	0	34631	40704	60344	56279	30718	264531
NW	0	0	843	1495	10660	14736	276886	30465	126224	92264	38064	88016	679653
NNW	0	301	256	1468	6297	70053	44856	15993	55809	39854	60011	183378	478276
各环形段人口合计	0	4639	11308	29019	123892	331955	1084660	1052491	1178689	1500909	1953373	3630574	10901509
半径区内人口累计	0	4639	15947	44966	168858	500813	1585473	2637964	3816653	5317562	7270935	10901509	

表 2.2-6 厂址半径 80km 范围内人口的年龄构成（2022 年）

区域	人数/占比	四个年龄段			
		≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁
厂址半径 80km	人数（人）	97295	864258	1596364	7857377
	所占比例（%）	0.93	8.30	15.33	75.44
厂址半径 5km	人数（人）	407	3125	6372	32368
	所占比例（%）	0.96	7.39	15.08	76.57
排水口半 径 5km	人数（人）	146	1182	2293	11737
	所占比例（%）	0.95	7.70	14.93	76.42

表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内≤1 岁人口分布（2045 年及以后）

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人 口累计
N	0	9	1	25	60	267	615	470	1760	1069	696	2168	7140
NNE	0	0	2	31	152	205	612	844	753	1260	2534	4756	11149
NE	0	0	9	16	134	219	578	2337	1245	3240	2438	4466	14682
ENE	0	8	4	23	89	1014	894	2087	1322	1698	1121	1723	9983
E	0	8	12	8	126	258	879	944	3440	1196	2898	4606	14375
ESE	0	3	6	18	70	82	2049	2085	1320	3683	6082	2794	18192
SE	0	0	17	24	230	359	2131	448	833	447	212	9848	14549
SSE	0	5	8	65	51	4	1498	849	304	4165	1674	8296	16919
S	0	5	7	58	125	101	109	1629	554	592	2284	874	6338
SSW	0	0	7	10	0	0	0	0	55	83	0	0	155
SW	0	0	19	10	56	232	0	0	0	0	0	0	317
WSW	0	5	3	35	103	109	210	670	87	58	527	232	2039
W	0	9	28	2	69	161	772	854	1213	0	3422	4555	11085
WNW	0	3	12	34	179	302	0	436	512	760	709	387	3334
NW	0	0	11	20	149	185	3488	383	1590	1162	479	1109	8576
NNW	0	4	3	20	88	882	565	201	703	502	756	2310	6034
各环形段人 口合计	0	59	149	399	1681	4380	14400	14237	15691	19915	25832	48124	144867
半径区内人 口累计	0	59	208	607	2288	6668	21068	35305	50996	70911	96743	144867	

表 2.2-8 厂址半径 80km 范围内 1~7 岁（含 7 岁）人口分布（2045 年及以后）

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人 口累计
N	0	83	14	231	547	1690	3892	2973	11138	6766	4407	13716	45457
NNE	0	0	25	284	1375	1301	3874	5339	4763	7970	16030	30088	71049
NE	0	0	84	148	1208	1978	5210	21034	11205	20498	15422	28252	105039
ENE	0	80	39	207	809	9126	8049	18784	11903	15289	10090	15510	89886
E	0	74	115	78	1134	2324	7917	8497	30965	10765	26082	41459	129410
ESE	0	28	59	162	631	743	18446	18769	11705	32643	53897	24765	161848
SE	0	0	156	217	2071	3234	18890	3977	7386	3969	1886	87269	129055
SSE	0	51	78	588	467	37	13276	7528	2701	36908	14841	73519	149994
S	0	50	66	528	1133	912	967	14436	4915	5246	20244	7747	56244
SSW	0	0	70	95	0	0	0	0	491	737	0	0	1393
SW	0	0	172	91	355	1470	0	0	0	0	0	0	2088
WSW	0	53	32	317	656	693	1333	4238	550	370	3334	1469	13045
W	0	88	257	24	441	1020	4888	5402	7675	0	21648	28812	70255
WNW	0	35	113	307	1136	1910	0	2760	3244	4809	4485	2448	21247
NW	0	0	106	188	1343	1174	22067	2428	10060	7353	3033	7014	54766
NNW	0	37	32	184	793	5583	3575	1274	4447	3176	4782	14615	38498
各环形段人 口合计	0	579	1418	3649	14099	33195	112384	117439	123148	156499	200181	376683	1139274
半径区内人 口累计	0	579	1997	5646	19745	52940	165324	282763	405911	562410	762591	1139274	

表 2.2-9 厂址半径 80km 范围内 7~17 岁（含 17 岁）人口分布（2045 年及以后）

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人 口累计
N	0	99	17	277	657	2853	6568	5018	18796	11419	7438	23146	76288
NNE	0	0	30	341	1650	2195	6538	9010	8038	13450	27052	50776	119080
NE	0	0	101	178	1450	2373	6252	25241	13446	34593	26027	47678	157339
ENE	0	96	47	249	970	10951	9659	22541	14284	18346	12108	18612	107863
E	0	89	138	93	1361	2789	9501	10197	37158	12918	31298	49751	155293
ESE	0	34	71	194	757	892	22135	22523	13634	38021	62776	28845	189882
SE	0	0	187	261	2486	3881	22002	4632	8603	4623	2197	101646	150518
SSE	0	62	94	706	561	44	15463	8768	3146	42989	17286	85631	174750
S	0	60	79	634	1360	1095	1127	16815	5725	6111	23580	9023	65609
SSW	0	0	84	114	0	0	0	0	572	858	0	0	1628
SW	0	0	206	109	599	2480	0	0	0	0	0	0	3394
WSW	0	63	38	381	1108	1170	2249	7152	928	625	5627	2479	21820
W	0	106	308	28	744	1722	8249	9117	12952	0	36533	48622	118381
WNW	0	42	136	368	1917	3224	0	4657	5474	8116	7569	4131	35634
NW	0	0	127	226	1611	1981	37241	4097	16977	12409	5119	11838	91626
NNW	0	45	38	221	952	9422	6033	2151	7506	5360	8071	24664	64463
各环形段人 口合计	0	696	1701	4380	18183	47072	153017	151919	167239	209838	272681	506842	1533568
半径区内人 口累计	0	696	2397	6777	24960	72032	225049	376968	544207	754045	1026726	1533568	

表 2.2-10 厂址半径 80km 范围内>17 岁人口分布（2045 年及以后）

距离 (km) 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	扇形区内人 口累计
N	0	469	84	1302	3084	16407	37762	28853	108058	65650	42766	133066	437501
NNE	0	0	142	1601	7737	12626	37586	51797	46211	77321	155516	291902	682439
NE	0	0	477	839	6798	11130	29311	118330	63039	198867	149624	274093	852508
ENE	0	451	221	1170	4553	51341	45281	105675	66966	86009	56765	87251	505683
E	0	418	652	442	6386	13080	44544	47803	174193	60563	146725	233228	728034
ESE	0	165	340	913	3555	4183	103772	105587	69763	194546	321209	147595	951628
SE	0	0	879	1227	11657	18199	112579	23704	44020	23659	11243	520097	767264
SSE	0	293	444	3312	2634	210	79121	44870	16104	219966	88450	438149	893553
S	0	287	375	2974	6378	5135	5770	86039	29300	31270	120654	46174	334356
SSW	0	0	400	537	0	0	0	0	2930	4396	0	0	8263
SW	0	0	969	514	3448	14263	0	0	0	0	0	0	19194
WSW	0	302	182	1790	6372	6729	12936	41122	5341	3595	32353	14255	124977
W	0	503	1450	137	4282	9904	47424	52414	74462	0	210023	279519	680118
WNW	0	202	643	1729	11024	18539	0	26778	31474	46659	43516	23752	204316
NW	0	0	599	1061	7557	11396	214090	23557	97597	71340	29433	68055	524685
NNW	0	215	183	1043	4464	54166	34683	12367	43153	30816	46402	141789	369281
各环形段人 口合计	0	3305	8040	20591	89929	247308	804859	768896	872611	1114657	1454679	2698925	8083800
半径区内人 口累计	0	3305	11345	31936	12186 5	369173	1174032	1942928	2815539	3930196	5384875	8083800	

表 2.2-11 厂址半径 80km 内不同年龄组人群食物消费量调查结果

单位: kg/人•a

食物种类		≤1 岁		1~7 岁		7~17 岁		城镇		农民		厂址半径 80km 范围内比例 (%)
		年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大	
粮食	米	9.3	10.0	29.0	50.5	56.4	81.4	73.1	93.8	112.3	144.3	90
	面	2.7	2.9	4.8	9.0	8.0	14.0	16.7	21.1	16.7	25.4	5
	其它	3.0	2.5	7.1	12.2	12.8	21.5	20.5	26.3	33.4	45.9	100
蔬菜	叶类	6.2	6.6	30.5	46.8	44.1	68.9	62.6	80.4	61.7	72.0	100
	根茎类	3.4	3.7	12.2	19.5	26.2	42.5	24.2	31.0	23.0	32.0	90
	果实类	3.7	3.8	10.5	18.5	21.1	37.5	14.7	18.9	19.5	28.3	100
	水生类	0.2	0.2	0.8	1.7	0.7	1.2	1.2	1.5	1.0	1.5	90
肉类	猪肉	6.5	7.0	26.3	27.2	24.3	29.5	42.3	54.3	43.0	61.8	100
	羊肉	0.0	0.0	0.2	0.5	0.3	0.8	0.7	0.9	0.4	0.8	10
	牛肉	0.8	0.8	1.7	3.7	1.3	2.5	3.0	3.7	1.7	5.1	90
	其它肉类及制品	0.5	0.5	2.0	2.0	1.9	1.9	3.8	3.8	3.2	3.2	80
禽类	鸡肉	3.2	3.3	17.7	19.2	12.3	20.2	20.2	25.9	17.8	32.0	100
	鸭肉	0.3	0.3	7.4	9.8	4.3	7.4	5.1	6.8	6.9	9.1	100
	其它禽类及制品	0.7	0.7	3.5	3.8	2.5	3.9	4.4	4.8	3.1	3.4	100
水产品	鱼类	1.6	1.7	3.3	6.1	6.0	10.7	16.2	20.8	11.9	19.4	100
	甲壳类	1.8	1.8	4.8	8.8	5.0	9.8	7.5	9.6	4.6	7.2	100
	软体类	0.2	0.2	3.1	8.5	2.4	4.4	3.1	4.0	2.0	6.9	100
	藻类	0.0	0.0	0.3	0.6	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4	2.5	40
蛋类		6.9	8.2	8.4	13.1	7.6	13.6	7.0	9.1	6.7	10.1	100
奶类及其制品		103.7	128.1	25.0	38.9	12.2	19.4	6.5	8.9	3.3	6.2	30
水果		7.7	8.2	43.6	78.1	29.7	49.2	37.2	45.9	31.6	48.4	80

表 2.2-12 厂址半径 20km 范围内人口分布分类比较

厂址 名称	评 价 方法	评价范围		人口数（人）	平均人口密 度（人/km ² ）	厂址 类别
		距离半径	方位			
廉江 厂址	环 形 地 带 评价	0~2km	——	4364	347	II
		2~5km	——	37908	575	II
		5~10km	——	117373	498	I
		10~20km	——	317120	337	I
	扇 形 地 带 评价	2~5km	SSE	4976	1207	II
			S	4437	1077	II
		5~20km	ENE	74091	1007	I
			NNW	73622	1000	I

2.3 土地利用和资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用情况

1) 土地利用现状

厂址所在地位于廉江市车板镇。根据廉江市第三次全国国土调查主要数据公报，廉江市耕地 60576.52 公顷，其中，水田 48627.53 公顷，占 80.27%；水浇地 1983.01 公顷，占 3.27%；旱地 9965.98 公顷，占 16.46%。园地 36365.75 公顷，其中，果园 29542.53 公顷，占 81.24%；茶园 222.86 公顷，占 0.61%；橡胶园 1350.99 公顷，占 3.71%；其他园地 5249.37 公顷，占 14.44%。林地 104558.98 公顷；湿地 8232.23 公顷；城镇村及工矿用地 31894.37 公顷；交通运输用地 6310.93 公顷；水域及水利设施用地 30874.51 公顷。

厂址半径 10km 范围内土地利用情况见表 2.3-1 及图 2.3-1，厂址半径 10km 范围内基本农田保护区范围如图 2.3-2 所示。

广东廉江核电项目总用地面积为 267.30hm²，厂址拟征（租）地范围内主要为林地。一期工程已完成征地 100.61hm²，本期工程新增征地 103.562hm²（含海水管线阀门井 0.246 hm²）。用地范围内无工业、商业和矿产资源，也无公共娱乐设施、无名胜古迹及风景旅游区，不涉及水体占用，西南侧的广东湛江红树林国家级自然保护区边界距离厂区边界大于 2km。厂址征地范围内主要为林地，存在部分基本农田。目前已落实农田占补平衡工作。

2) 土地利用规划

2020 年廉江市耕地保有量 90169 公顷，基本农田面积 81120 公顷，建设用地总规模 38225 公顷，其中城乡建设用地规模 24614 公顷，城镇工矿用地规模 4510 公顷，交通水利等其他用地规模 13611 公顷。新增建设用地规模 4610 公顷，建设占用农用地规模 4328 公顷，建设占用耕地规模 1092 公顷，土地开发整理补充耕地规模 1092 公顷，厂址半径 10km 土地利用规划见图 2.3-3。

厂址半径 10km 范围三区三线如图 2.3-4 所示，本工程位于城镇空间，建设运行与规划相容。

2.3.1.2 水体利用情况

1) 地表水利用情况

厂址半径 15km 范围涉及广东省湛江市的廉江市、广西壮族自治区玉林市的博白县和北海市的合浦县。廉江市包括车板镇、高桥镇、营仔镇、青平镇；博白县的大坝镇；合浦县包括白沙镇、山口镇和沙田镇。

廉江市境内河流众多，水系散布均匀，没有湖泊。厂址半径 15km 范围内主要有高桥河、青平河。

高桥河为独流入海河流，位于厂址中心 NW 方向，距厂址最近直线距离为 4.3km。高桥河发源于广西博白县沙陂镇沙陂村，由北向南经沙陂镇、大坝镇和高桥镇，于高桥镇德耀村注入北部湾，河流全长 33km，流域面积 163km²，其中在廉江市境内河长 38km，河流中下游水质污染严重，多为农用水。

青平河为独流入海河流，位于厂址中心 ENE 方向，距厂址最近直线距离为 3.8km。青平河发源于廉江市青平镇横桠埗村，由北向南流经车板镇，于车板镇龙头沙村注入北部湾，河流全长 28km，流域面积 164km²，整条河流水质较好，下游设有车板水厂。

厂址半径 15km 范围内广东部分有一级水功能区 2 个，为高桥河廉江开发利用区和青平河廉江开发利用区。二级功能区在一级开发区进行划分，为高桥河高桥饮用农业用水区、青平河青平饮用农业用水区，详见表 2.3-2 和表 2.3-3。

湛江市级河流一级水功能区划见图 2.3-5、湛江市级河流二级水功能区划见图 2.3-6。

厂址半径 15km 范围内广西部分有一级水功能区 1 个，为白沙河合浦开发利用区。白沙河合浦开发利用区位于白沙河，起始断面在合浦、博白交界处的博白县龙潭镇白路岭，终止断面在白沙河入海口，全长 18.0km，水质现状 III~IV 级，主要功能为饮用、农业、渔业。该区又分为 2 个二级水功能区，分别为白沙河白沙饮用水源区和白沙河白沙农业、渔业用水区，白沙河白沙饮用水源区起始断面在合浦、博白交界处的博白县龙潭镇白路岭，终止断面在合浦县白沙镇虎塘村，全长 7.0km，水质现状 III~IV 级，主要功能为饮用、景观、农业，白沙河白沙农业、渔业用水区起始断面在合浦县白沙镇虎塘村，终止断面在白沙河入海口，全长 11.0km，水质现状 III~IV 级，主要功能为农业、渔业。

廉江市级水库水功能一级区划全部为开发利用区，这些水库承担着城镇农村生活用水、农业灌溉用水、工业用水和景观娱乐等多种需求。厂址附近水库共有 2 个

一级开发利用区，即过水塘水库和山佳水库。水库的二级功能区划均为农业用水区，详见表 2.3-4 和表 2.3-5。

湛江市级水库一级水功能区划见图 2.3-7，湛江市级水库二级水功能区划见图 2.3-8。

厂址半径 15km 范围内广东省廉江市境内的部分共有水库 28 座，分布见图 2.3-9，主导功能均为农业灌溉与防洪。

2) 地下水利用情况

厂址半径 15km 范围内地下水主要取水用途以乡村生活用水居多，也有部分用于城镇生活、农业灌溉、工业用水等。城乡生活用水（自来水）供水的取水口有一个，为车板镇自来水公司取水口。车板镇自来水公司取水口位于厂址 NE 方位，约 8.6km 处，年取水量 16 万立方米，供水人口 19600 人。

根据廉江市水务局提供的居民饮用水资料结合现场实地踏勘调查，调查范围内居民饮用水基本实现集中供水（称作自来水），水源为地表水和地下水两种；还有一种是居民自家打的井（称作自备井），自备井使用分两种情况，一是村中尚未实现集中供水，还没有通自来水，只能使用自备井供水；另一种情况是虽然村已通自来水，出于经济、供水量和饮水习惯影响，部分居民还使用自备井。

3) 水域环境功能区划及水质保护目标

本工程与一期工程的取排水口位于同一位置。根据《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址排水口位于工矿通信用海区，见图 2.3-10。本工程用海需求与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整湛江市廉江局部岸段近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2020〕556 号），厂址排水口所在海域位于龙头沙三类区，水质保护目标为 III 级，厂址排水口设置与近岸海域环境功能区划相符。厂址周边的近岸海域环境功能区划见图 2.3-11。

2.3.1.3 自然保护区、历史古迹、风景名胜区等

1) 文物及风景名胜区

厂址半径 15km 范围内有省级以上文物保护单位 1 处，有市级文物保护单位 1 处，县级文物保护单位有 22 处。

省级以上文物保护单位为大士阁，位于广西壮族自治区北海市合浦县山口镇永安村，位于厂址 W 方位 13.5km 处，占地面积为 205.66 平方米。大士阁因供奉观音

大士而得名。俗称“四牌楼”，位于合浦县山口镇永安村的永安古城内。永安城是明朝洪武年间为防倭寇在沿海修建的二十七个卫所之一。大士阁坐落在永安城正中四城门相连的十字街交叉点上，坐北朝南，由前阁和后阁相连组成。其中，前阁为穿斗式木构架，后阁为抬梁式木构架，底层无围护，木柱均为梭柱造，有宋元两代的建筑遗风。阁内梁架上施以彩绘，取材丰富。大士阁的始建年代及名称史籍无明确记载，从建筑特点和永安城的历史考证，应为明朝初年的建筑。由于结构独特及鲜明的南方建筑特色，一九八八年一月十三日，国务院公布为全国重点文物保护单位。

厂址半径 15km 范围内没有国家 A 级旅游景区，分布有 2 个非国家 A 级景区，分别是高桥红树林旅游风景区和高桥镇平山岗村广东省文化和旅游特色村。

高桥红树林旅游风景区，位于广东湛江红树林国家级自然保护区内，在厂址 W 方位 5.3km 处。高桥红树林旅游风景区是全国大陆连片面积最大的红树林，面积达到 2467 公顷。区内的红树林是我国大陆海岸线的典型代表，林相好，结构独特，有的树龄高达数百年。野生红树有木榄、秋茄、红海榄、桐花树、海桑等珍贵品种，引进的外国红树有无瓣辛海蛄桑、木果楝、海莲、正红树等 5 种，还有其他罕见高等植物，浮游植物，底栖硅藻，鱼类，贝类，虾、蟹，浮游动物，林中鸟类 170 种数十万只。2023 年接待游客 16.78 万人次，2024 年 1-7 月，接待游客 13.4 万人次。高峰期人口出现在春节期间，2024 年春节期间日均约 3300 人，日高峰约 3500 人。

高桥镇平山岗村广东省文化和旅游特色村位于厂址 N 方位 8.7km，位于廉江市高桥镇东部处于粤桂交界处，是北部湾上的粤西传统古村落。该村围绕“一溪一河一湖”（桃花溪、高桥河、大塘水库），发展乡村休闲特色旅游。平山岗村是湛江市廉江市的美丽乡村建设示范村，广东省文化和旅游特色村，2020 年获得广东贫困村创建名村称号。2023 年接待游客约 11 万人次，2024 年 1-7 月，接待游客约 7 万人次。高峰期人口出现在春节期间，2024 年春节期间日均约 1500 人，日高峰约 1700 人。

另外，根据廉江市旅游规划、合浦县旅游规划，厂址半径 15km 范围涉及合浦县山口自然生态体验旅游组团（山口文化观光海洋探奇旅游）和廉江市南部滨海旅游区（滨海休闲旅游线路）的 7 个景点，均不为 A 级旅游景区，均在厂址半径 5km 范围外。其中距离厂址最近的旅游景区为 W 方位 5.6km 的南部滨海旅游区（滨海休闲旅游线路）湛江红树林。相关资料见表 2.3-6。

2) 自然保护区

厂址半径 15km 范围内有 3 处自然保护区,分别为广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口国家级红树林生态自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区。其中广东湛江红树林国家级自然保护区位于厂址 WNW~S 方位,其边界距离厂址最近处位于厂址 SSW 方位约 2.3km 处;保护区位于排水口 NNW~N, E~S 方位,最近距离约 1.6km。广西山口红树林国家级自然保护区位于厂址的 SSW~WNW 方位,最近距离约 5.3km;保护区位于排水口 W~NNW 方位,最近距离约 3.1km。广西合浦儒艮国家级自然保护区位于厂址的 SSW~WSW 方向,距离厂址最近约 8.1km 处;保护区位于排水口 SW~WNW 方位,最近距离约 1.5km。厂址周边自然保护区情况如表 2.3-7 所示。

(1) 广东湛江红树林国家级自然保护区

广东湛江红树林自然保护区位于中国大陆最南端——广东省西南部的湛江市,由 68 个保护小区组成,呈带状间断式分布于广东省雷州半岛沿海滩涂,总面积 20278.81hm²。保护区地理坐标为东经 109°40′~110°35′,北纬 20°14′~21°35′。其中:西北片以高桥为主,地理坐标为东经 109°45′9″~109°48′10″,北纬 21°28′19″~21°35′15″;东北片以官渡为主,地理坐标为东经 110°21′51″~110°27′19″,北纬 21°18′29″~21°27′27″;东片以湖光、太平、附城为主,地理坐标为东经 110°6′35″~110°35′19″,北纬 20°48′5″~21°17′53″;东南片以和安、调风为主,地理坐标为东经 110°17′49″~110°27′40″,北纬 20°34′11″~20°43′48″;西南片以角尾、南山、北和为主,地理坐标为东经 109°45′20″~110°12′15″,北纬 20°14′6″~20°43′19″。保护区分为核心区、缓冲区和试验区,详见图 2.3-12。

高桥红树林区是广东湛江红树林国家级自然保护区的重要区域,地处北部湾英罗港东侧、湛江市廉江高桥镇沿海滩涂上,保护区总面积 1202hm²,其中红树林 934hm²。

保护区内海洋生物丰富,丰富的红树林资源为林内的海生动物提供了良好的生境。保护区有贝类 3 纲 38 科 76 属 110 种,有鱼类 15 目 58 科 100 属 127 种。贝类以帘蛤科种类最多,达 20 种。鱼类以鲈形目居绝对优势,有 27 科 49 属 65 种。有重要经济价值的种类中贝类有 28 种、鱼类有 32 种。保护区既是留鸟的重要栖息繁殖地,又是候鸟迁徙的主要停留觅食地。

保护区的主要保护对象为：a) 热带红树林湿地生态系统及其生物多样性，包括红树林资源、邻近滩涂、水面和栖息于林内的野生动物，其中鸟类属于国家一级保护有 1 种（国际公约将游隼定为一级保护，我国也将其作为一级保护对待），属于国家二级保护有 32 种；b) 海岸和红树林的典型自然景观。

（2）广西山口国家级红树林生态自然保护区

广西山口国家级红树林生态自然保护区由广西合浦县东南部沙田半岛的东西两侧海岸及海域组成，东邻广东省湛江红树林保护区，地域跨越合浦县的山口、沙田和白沙三镇。保护区管理处设于广西北海市，保护区管理处在英罗、沙田和白沙设三个保护站。

广西山口国家级红树林生态自然保护区由沙田半岛东侧和西侧的沿岸陆域和海域组成，分为英罗港分区和丹兜海分区两大部分。英罗港分区位于沙田半岛东侧的英罗港，陆域北起广西广东陆上交界的洗米河口，向南经山口镇的山东、高坡、北界，至英罗村止，跨 4 个村委，海岸线总长 21.7km；海域为广西广东海上分界线以西，向南止于 $21^{\circ}28'22''$ 的海域。丹兜海分区位于沙田半岛西侧的丹兜海湾，陆域东起上新村、向北经永安、丹兜和山角，至白沙镇的那郊后向南经那江、那潭、和荣，最后止于沙尾，跨 11 个村，海岸线总长 19.2km；海域范围为向南止于 $21^{\circ}31'40''$ 的丹兜海域（如图 2.3-13）。

广西山口国家级红树林生态自然保护区由合浦县沙田半岛东侧的英罗港和西侧的丹兜海两个区域组成，总岸线长 40.9km，其中英罗港 19.2km，丹兜海 21.7km；保护区总面积 8000hm^2 ，其中英罗港 2865.4hm^2 ，丹兜海 5134.6hm^2 。各功能区的面积分别是：核心区 824.1hm^2 ，缓冲区 3600.4hm^2 ，实验区 3575.5hm^2 。保护区总面积中海域面积 4970.5hm^2 。陆地 3029.5hm^2 ，分别占保护区总面积的 62.1% 和 37.9%。保护区各功能区边界及重要拐点情况见图 2.3-14。

广西山口国家级红树林生态自然保护区的主要保护对象是红树林生态系统。其中最重要的保护对象为：（1）我国连片面积最大、最古老的港湾红海榄林，木榄群林、连片的白骨壤林；（2）经济价值或科研价值较高的底栖动物自然种群，以及全球濒危鸟类黑脸琵鹭和其它珍稀鸟类及其栖息地。其中鸟类列入国家二级保护名录的共有白琵鹭（*Platalea leucorodia*）、黑脸琵鹭（*P. minor*）等 13 种。

（3）广西合浦儒艮国家级自然保护区

1986 年，广西壮族自治区人民政府以桂政办函〔1986〕122 号文和桂编〔1986〕192 号文批准成立自治区级合浦儒艮自然保护区；1992 年 10 月，国务院国函〔1992〕166 号文批准成立广西合浦儒艮国家级自然保护区。保护区位于广西北海市合浦县沙田镇附近海域，东起山口镇英罗港，西至沙田镇海域，海岸线全长 43km，其界线为：地理坐标（109°38'30"，21°30'）、（109°46'30"，21°30'）、（109°34'30"，21°18'）、（109°44'，21°18'）四点连线内的海域。保护区总面积 350km²，其中核心区面积 132km²，缓冲区面积为 110km²，实验区面积 108km²。保护区地理位置及功能区划如图 2.3-15 所示。

广西合浦儒艮国家级自然保护区的主要保护对象是儒艮和中华白海豚等珍稀物种及其栖息环境——海草床生态系统。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业概况

厂址所在地为廉江市，相邻市主要为北海市和玉林市。

根据《2023 年湛江国民经济和社会发展统计公报》，2023 年全年粮食作物播种面积 28.34 万公顷，糖蔗播种面积 11.17 万公顷，花生播种面积 6.55 万公顷；蔬菜播种面积 16.662 万公顷。全年粮食产量 151.90 万吨，糖蔗产量 996.24 万吨，蔬菜产量 468.90 万吨，园林水果总产量 340.93 万吨。

根据《2023 年廉江市国民经济和社会发展统计公报》，2023 年全年完成农林牧渔业总产值 229.83 亿元。其中，农业产值 130.34 亿元；林业产值 8.00 亿元；畜牧业产值 46.83 亿元；渔业产值 32.70 亿元；农业服务业产值 11.96 亿元。全年粮食种植面积 7.83 万公顷；水果种植面积 3.45 万公顷；糖蔗种植面积 0.426 万公顷；蔬菜种植面积 4.282 万公顷；茶叶种植面积 0.25 公顷。

根据《2023 年合浦县国民经济和社会发展统计公报》，2023 年全年粮食种植面积 5.668 万公顷，粮食总产量 27.05 万吨，蔬菜播种面积 3.62 万公顷，蔬菜总产量 97.46 万吨；果园面积 1.026 万公顷，园林水果产量 15.29 万吨。

厂址附近粮食作物以种植水稻和马铃薯为主；蔬菜作物包括根茎类、水生类和果实类，主要销往本地和广东地区；水果种植以热带品种：柑橘、龙眼、荔枝和火龙果为主，种植的经济作物主要为糖蔗。

厂址半径 10km 范围涉及广东省湛江市下辖廉江市的车板镇、青平镇、营仔镇、高桥镇、红江农场；广西壮族自治区北海市合浦县的山口镇，共 5 个乡镇和 1 个农

场（山口镇没有单独的乡镇统计资料，表中提供的是合浦县全县统计数据）。厂址半径 10km 范围乡镇（除山口镇）粮食播种面积为 19029 公顷，总产量为 181398.4 吨，单产 9.53 吨/公顷；蔬菜播种面积 89746 公顷，总产量 116656 吨，单产 19.49 吨/公顷；经济作物播种面积 531 公顷，总产量 29530 吨，单产 55.61 吨/公顷；油料播种面积 4994 公顷，总产量 15692 吨，单产 3.14 吨/公顷；水果种植面积 7052 公顷，总产量 79636 吨，单产 11.29 吨/公顷。

厂址半径 5km 范围涉及湛江市廉江市的车板镇的南垌村、龙塘村、大坝村、车板村、车板居委会、荔枝江村、陆地村、名教村、大贵庙村、旧埠村；青平镇的新开路村；高桥镇的高桥村、平垌村、德耀村和红寨村以及红江农场。

厂址半径 5km 涉及的行政村粮食播种面积 3384 公顷，总产量为 28261.9 吨，单产 8.35 吨/公顷；蔬菜播种面积 1100 公顷，总产量 25071 吨，单产 22.79 吨/公顷；经济作物播种面积 248 公顷，总产量 6019 吨，单产 24.27 吨/公顷；油料播种面积 1350 公顷，总产量 4569.2 吨，单产 3.38 吨/公顷；水果种植面积 2070 公顷，总产量 19388.77 吨，单产 9.37 吨/公顷。

2.3.2.2 牧业概况

厂址半径 10km 范围涉及广东省湛江市下辖廉江市的车板镇、青平镇、营仔镇、高桥镇、红江农场；广西壮族自治区北海市合浦县的山口镇，共计 5 个乡镇和 1 个农场（山口镇没有单独的乡镇统计资料，表中提供的是合浦县全县统计数据）。厂址附近畜牧业较为发达，家畜、家禽养殖户众多，养殖的家畜以猪、牛为主；家禽养殖以鸡、鸭为主，无奶牛养殖场。

厂址半径 10km 范围乡镇（除山口镇）猪存栏 189988 头，出栏 318092 头，产肉量 25075 吨；牛存栏 14019 头、出栏 6886 头，产肉量 846.3 吨；羊存栏 4893 头、出栏 5981 头，产肉量 113.5 吨；家禽存栏 975482 只，出栏 3049670 只，产肉量 4814 吨、产蛋量 1576 吨。

厂址半径 5km 猪存栏 22660 头，出栏 48894 头，产肉量 4116.86 吨；牛存栏 3551 头、出栏 1737 头，产肉量 215.63 吨；羊存栏 1048 头、出栏 1539 头，产肉量 28.09 吨；家禽存栏 141581 只，出栏 534305 只，产肉量 1151.98 吨、产蛋量 314.6 吨。

对厂址半径 10km 范围内的规模养殖场进行了调查，规模以上（2000 头）猪养殖场有 10 家。规模以上鸡、鸭、鹅（2000 只）养殖场有 21 家。

2.3.2.3 林业概况

广东省 2022 年年底森林面积 953.29km²。

湛江市 2022 年活木蓄积量为 1833.43 万立方米，森林覆盖率为 23.18%。

根据中廉江市林业局提供资料，2022 年全市土地总面积 286744.2 公顷，其中林业用地面积 109086.29 公顷，占 38.04%；非林业用地面积 177657.91 公顷，占 61.96%。全市森林面积 121535.63 公顷，森林覆盖率 42.38%，林木绿化率 42.39%。全市活立木总蓄积 7165137 立方米，森林蓄积 7156204 立方米。廉江市管辖范围林业部门管理森林面积 109086.29 公顷、蓄积 7156204 立方米，其中乔木林面积 87667.91 公顷，竹林面积 386.50 公顷，红树林面积 3682.93 公顷，国家特别规定灌木林地面积 2931.44 公顷，分别占 80.37%、0.35%、3.38%和 2.69%。

全市林业部门管理乔木林面积按优势树种（组）统计，桉树、荔枝（龙眼）、其它软阔、马尾松（广东松）占优势，面积分别为 64563.08 公顷，12790.73 公顷、3261.37 公顷、1300.89 公顷；非林地乔木林面积桉树、荔枝（龙眼）、其它软阔、橡胶占优势，面积分别为 17484.79 公顷、3575.64 公顷、2290.56 公顷、1600.16 公顷。全市林业部门管理乔木林蓄积按优势树种（组）统计桉树、其它软阔、马尾松（广东松）、湿地松、其它硬阔占优势蓄积分别为 5044995 立方米、159868 立方米、104398 立方米、86326 立方米、52759 立方米；非林地乔木林蓄积桉树、其它软阔、荔枝（龙眼）、马尾松（广东松）、阔叶混林交占优势，蓄积分别为 1403186 立方米、162378 立方米、13517 立方米、9482 立方米、9215 立方米。

根据《合浦县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，合浦县境内生态资源丰富，全县绿化率达 94.66%，被评为“全国平原绿化先进县”之一，拥有红树林、星岛湖等自然旅游资源。根据三调统一时点数据，全县农用地面积为 196741.81 公顷，占土地总面积的 70.70%；自然保护与保留地面积为 36322.86 公顷，占土地总面积的 13.05%。农用地中，耕地面积为 64277.85 公顷，占农用地面积的 37.43%；园地面积为 4352.85 公顷，占农林用地面积的 2.55%；林地面积为 100796.10 公顷，占农林用地面积的 58.86%；草地面积为 2014.91 公顷，占农林用地面积的 1.16%。自然保护与保留用地中，湿地面积 36378.95 公顷，占自然保护与保留用地的 93.63%；其他自然保留地 56.09 公顷，占自然保护与保留用地的 6.37%。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

厂址半径 10km 范围内大部分属于廉江市管辖，廉江市地域幅员宽阔，东西相距 79.5km，南北相距 60.2km。海岸线长 108km，土地总面积 2867 平方 km。地形南宽

北窄，东西两面若曲尺之外向，颇似“凸”字，又像“梯形”。全境地势北高南低，从丘陵到台地呈阶梯状分布，并且延伸到海，地形以丘陵为主。北部山峦起伏，若高远之画境，双峰嶂顶海拔 382 米，为廉江市（也是湛江市）的最高点。九洲江从北东向西南斜贯市境流入北部湾，沿河两岸及其下游三角洲有较大的冲积平原分布，南部宽阔平坦。全市地形大致分为三类：北及西北部为丘陵区，东南部及中部属缓坡低丘陵地带，南及西南濒海地带。

根据《湛江市生态环境保护“十四五”规划》，统筹山水林田湖草沙系统治理，筑牢廉江北部丘陵山地和雷州半岛中部林地生态屏障，加快推进以鉴江、鹤地水库-九洲江、南渡河、遂溪河等为骨干的绿色生态水网廊道体系建设。

厂区不涉及生态保护红线，厂址半径 10km 范围涉及广东部分的陆域生态保护红线，为粤西沿海丘陵台地水土保持生态保护红线，主要是分布在洗米河、高桥河等河流的入海口边坡，与红树林生态保护区衔接，涉及陆域生态保护面积为 131382.92 公顷，保护区面积呈零星分布，有些保护区面积很小。厂址半径 10km 范围内有 6 处陆域保护区块，保护区块 1 是距离厂址最近，位于厂址 NW 方位 3.5km 处。厂址与廉江市陆域生态红线的位置关系如图 2.3-16 所示。厂址与北海市陆域生态保护红线位置关系图如图 2.3-17 所示。

生态保护红线管控要求：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。

根据《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知（湛府〔2021〕30 号）文）、《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》（2024 年 2 月 8 日）及《北海市环境管控单元生态环境准入及管控要求清单（试行）》，厂址位于“青平-车板-高桥镇重点管控单元”（管控单元编号 ZH44088120026）；厂址半径 10km 涉及青平-车板-高桥镇重点管控单元（管控单元编号 ZH44088120026），厂址位于该管控单元内；北海市优先保护单元（管控单元编号 ZH45052110002），该管控单元距离厂址最近处位于厂址中心 WNW 范围，最近直线距离 6.4km；合浦县一般管控单元（管控单元编号 ZH45052130001），该管控单元距离厂址最近处位于厂址中心 WSW 范围，最近直线距离 7.1km，如图 2.3-18 所示。管控要求见表 2.3-8 及表 2.3-9。项目与三线一单管控要求相容。

项目排水口位于一般管控单元英罗港-海康港农渔业区（HY440800300012），厂址排放口半径 15km 范围内涉及的近岸海域环境管控单元如图 2.3-19 所示，管控要求见表 2.3-10。项目取排水工程与相关管控要求相容。

中国辐射防护研究院于 2022 年 12 月、2023 年 3 月、2023 年 6 月对广东廉江核电项目厂址陆生生态情况进行了调查。调查工作以资料收集为主，在资料分析收集的基础上，对厂址半径 10km 范围进行现场动、植物调查。

1) 植物调查

植物群落调查主要采用样线、样方等方式。

样线的布设原则是选择调查范围内最具代表性的生态系统类型（包括植被、气候、人类干扰程度等）典型地段，布设样线，涵盖评价范围内不同的植被类型，取排水管线附近应加密布设，尤其是靠近广东湛江红树林国家级自然保护区的区域；对样线内的植物，选择典型群落布设样方，样方大小和数量应保证数据能充分反映植物群落的基本特征，每种群落设置不少于 5 个样方。

草地群落观测对象为草本植物，观测样地一般不少于 5 个 1m×1m 的样方，样方之间的间隔不小于 250m，若观测区域草地群落分布呈斑块状，较为稀疏或草本植物高大，将样方扩大至 2m×2m。灌丛群落观测对象为灌木和草本植物，观测样地一般不少于 5 个 10m×10m 的样方，对大型或稀疏灌丛，样方面积扩大到 20m×20m 或更大。森林群落观测对象为乔木、灌木和草本植物，观测样地不少于 100m×100m。

本次调查布设了 12 条样线，具体参见图 2.3-20。在厂址半径 10km 范围内共布设乔木样方 11 个，灌木样方 19 个，草本样方 27 个，记录群落的类型、结构、物种组成，测量记录群落每层的高度、多度、盖度以及每个物种的个体数量、群落位置和生境条件，分析调查范围内群落优势种、物种多样性、物种组成、群落垂直结构，以及人类干扰的程度等。

根据实地踏勘、调查统计，广东廉江核电项目厂址周围调查范围内共有维管束植物种类 95 科 331 属 437 种，其中：蕨类植物 12 科 14 属 22 种，裸子植物 1 科 1 属 2 种，被子植物 82 科 316 属 413 种。

调查区内世界广布科有 28 科，主要包括豆科、禾本科、菊科、茜草科、旋花科、玄参科、唇形科、桑科、蓼科、苋科、报春花科等本区优势科，这些科所包含的种数有 214 种，在本植物区系中占有明显优势。其中豆科、茜草科、旋花科是主产热带的科；莎草科、禾本科、菊科皆为分布较广主产温带地区，但其所含有的属绝大

多数为热带分布属。该区域世界分布的科具有明显的热带性质。热带分布包括 2~5 分布区类型，共有 49 科，占除世界分布外总科数的 89.09%，表明该植物区系具有极其明显的热带成分，其中以泛热带分布最为丰富，共 36 科，其中许多科的种是本调查区系中的优势种，如樟科、大戟科、棕榈科中的许多种是各群落乔木层的优势种；防己科、芸香科、桃金娘科、锦葵科中的许多种是各群落灌木层中的优势种。

调查区维管束植物包括 331 属 437 种，根据各属所含种数的多寡，可将这些属划分为 3 个等级。5 种以上的优势属仅有 6 属，隶属于 6 个科，占总属数的 1.81%，共有 33 种，占总种数的 7.55%。它们常组成植物群落中的灌木层或草本层的优势成分，分别是凤尾蕨属 (*Pteris*) 5 种，榕属 (*Ficus*) 7 种、蓼属 (*Persicaria*) 5 种、耳草属 (*Hedyotis*) 5 种、虎掌藤属 (*Ipomoea*) 6 种、蒿属 (*Artemisia*) 5 种，榕属、茄属和耳草属均为热带成分的属。5 种以下的属数量上占绝对优势，共有 325 属，占总属数的 98.18%，共有 404 种，占总种数的 92.45%，其中，含 2~4 种的属有 57 属，占总属数的 17.22%，包含 136 种维管植物，占总种数的 31.12%，单种属（限指调查区内分布科中仅含 1 种的属，并不表示该属在世界范围内仅含 1 种）比重大，多达 268 属，占总属数的 80.97%，包含 268 种，占总种数的 61.33%。统计结果表明本调查区区系成分复杂多样，较多的类群在该区均有不同程度的分化。

根据构成群落的建群种的不同，可以将调查区域的植被划分为巨尾桉群系、木麻黄群系、乌桕群系、竹节树群系、刚竹群系、海缆雌群系、蜡烛果群系、无瓣海桑群系、木榄群系、卤蕨群系、海漆群系、苦榔树群系、银合欢群系、九节群系、野牡丹群系、玉叶金花群系、露兜树群系、马缨丹群系、喙荚云实群系、酒饼簕群系、阔苞菊群系、光荚含羞草群系、盐肤木群系、芒群系、芒萁群系等 40 个群系。厂址周围调查区的植被及群系类型表见表 2.3-11。

依据《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 2021 年第 15 号，2021.9），据实地调查结果显示，调查区域内重点保护植物有龙眼 (*Dimocarpus longan*)、苏铁 (*Cycas revoluta*) 和格木 (*Erythrophloeum fordii*)。其中，苏铁属于国家 I 级保护植物，有 2 株位于厂址 NNW 方位约 3.3km，龙眼和格木属于国家 II 级保护植物，有 2 株龙眼位于厂址 NNE 方位约 8.9km，有 80 株格木位于厂址 W 方位约 9.7km，且在现场调查发现的龙眼是栽培种。保护植物基本情况见表 2.3-12。

建设单位将跟踪关注项目后续施工和运行对上述保护植物的影响，若有影响，将及时采取相应的保护措施。

2) 野生动物调查

厂址半径 10km 调查范围采用现场调查的方法。依据调查方案，在对调查区域进行现场踏勘的基础上，根据调查区域生境现状和道路通行条件，以及不同动物类群的分布特征和代表性，采用样线调查和定点观察相结合的方法进行。以厂址中心点坐标为起点，在半径 10km 范围，按不同距离设样线，调查两侧动物的种类、种群、分布、生境条件等。根据不同动物的分布特征和代表性，工作大纲中野生动物的调查样线共布设了 12 条，在调查过程中增设第 13 号调查样线。样线涵盖林地、湿地、滨海滩涂、村庄、农田、河流、池塘等不同的生境，以确保全面的了解调查区域内动物分布情况。样线布设如图 2.3-21 所示。

样线调查以 2-3km/h 左右的步行速度。定位观察时，每一定位观察点调查时间以能查清调查对象的种类和数量为准，不少于 15min。观察设备为 20-60×85 单筒望远镜和 10×42 双筒望远镜。计数采用直数法，直接记录样线和样点范围内所观察到的动物的种类和数量。

鸟类调查时，根据大多数鸟类活动高峰期在早、晚两个时间段的活动规律，确定鸟类调查的最佳观察时段在日出后 3 小时和日落前 3 小时，海岸潮间带鸟类的最佳调查时间主要以据潮汐和光线方向确定。调查样线宽度依据观察工具的不同和鸟类种群的不同而定，记录线路两侧见到的所有鸟类及其数量；定点观察时记录双筒和单筒望远镜观察范围内识别出的鸟类及其数量。

哺乳类调查时，安排在晴朗、无风或风力不大（一般为 3 级以下）的天气条件下进行。样线调查范围取线路两侧宽度 25m，记录动物实体、痕迹，应尽量记录观察到的动物种类及数量，并通过哺乳类活动时留下的痕迹，包括足迹、采食痕迹和粪便等来识别物种，掌握哺乳类种类、分布区、群体数量和活动规律。

两栖类和爬行类调查时，选择两栖和爬行类比较活跃的时段。观察范围为样线两侧各 25m，记录所发现动物的名称、数量及与观察者之间的距离和小生境状况。

(1) 两栖纲

在厂址半径 10km 范围内共记录到两栖动物 1 目 4 科 8 种，分别为黑眶蟾蜍(*Bufo melanostictus*)、斑腿泛树蛙(*Polypedates megacephalus*)、台北纤蛙(*Hylarana taipehensis*)、泽陆蛙(*Fejervarya multistriata*)、海陆蛙(*Fejervarya cancrivora*)、饰

纹姬蛙(*Microhyla ornate*)、花姬蛙(*Microhyla pulchra*)、花狭口蛙(*Kaloula pulchra*)。详见表 2.3-13。

厂址半径 10km 范围两栖动物中未记录到国家级保护野生动物；未记录到广东省重点保护野生动物；黑眶蟾蜍、斑腿泛树蛙、海陆蛙、泽陆蛙和花姬蛙为广西重点保护野生动物。两栖动物中海陆蛙被列入中国脊椎动物红色名录受胁物种濒危(EN)等级。

(2) 爬行纲

在厂址半径 10km 范围内共记录到爬行动物 2 目 8 科 19 种，包括原尾蜥虎(*Hemidactylus bowringii*)、中国壁虎(*Gekko chinensis*)、锯尾蜥虎(*Hemidactylus garnotii*)、变色树蜥(*Calotes versicolor*)、铜蜓蜥(*Sphenomorphus indicus*)、草腹链蛇(*Amphiesma stolatum*)、过树蛇(*Dendrelaphis pictus*)、黑眉锦蛇(*Elaphe taeniura*)、中国水蛇(*Enhydris chinensis*)、铅色水蛇(*Enhydris plumbea*)、细白环蛇(*Lycodon subcinctus*)、灰鼠蛇(*Ptyas korros*)、红脖颈槽蛇(*Rhabdophis subminiatus*)、黑头剑蛇(*Sibynophis chinensis*)、渔游蛇(*Xenochrophis piscator*)、银环蛇(*Bungarus multicinctus*)、舟山眼镜蛇(*Naja atra*)、福建竹叶青(*Trimeresurus stejnegeri*)、乌龟(*Chinemys reevesii*)。详见表 2.3-14。

厂址半径 10km 范围的爬行动物中，未记录到国家级保护野生动物；变色树蜥、银环蛇、舟山眼镜蛇、灰鼠蛇、黑眉锦蛇被列为广西重点保护野生动物；舟山眼镜蛇被列入濒危野生动植物国际贸易公约(CITES)附录 II；舟山眼镜蛇、铅色水蛇别列入中国脊椎动物红色名录中的受胁物种易危(VU)等级，银环蛇、灰鼠蛇、黑眉锦蛇为濒危(EN)等级。中国壁虎为中国特有种。

(3) 鸟类

在厂址半径 10km 范围内共记录到鸟类 117 种，隶属于 13 目 36 科。其中非雀形目 12 目 17 科 68 种，雀形目 19 科 49 种，雀行目鸟类与非雀形目鸟类种类比例 1:1.3。调查区域鸟类种类组成详见表 2.3-15。

从目别统计，雀形目种类最多，有 19 科 49 种；其次是鸽形目 5 科 25 种；鹈形目 2 科 11 种；雁形目、鸱形目均为 1 科 6 种；佛法僧目 2 科 5 种；鹤形目 1 科 4 种；鸽形目、鹰形目均为 1 科 3 种；夜鹰目 1 科 2 种；鸛形目、犀鸟目、隼形目均为 1 科 1 种。

从科级水平统计，鹬科种数最多，有 13 种，占总种数的 11.11%；其次是鹭科 10 种，占总种数的 8.55%；鹧鸪科 7 种，占总种数的 5.98%；鸭科、杜鹃科各 6 种，分别占总种数的 5.13%；鸽科、鸥科、棕鸟科各有 5 种，分别占总种数的 4.27%；秧鸡科、柳莺科、鶺鴒科各 4 种，分别占总种数的 3.42%；鸠鸽科、鹰科、翠鸟科、鸦科、扇尾莺科、燕科、鹳科、鸱科各各有 3 种，占总种数的 2.56%；其余各科均少于 3 种。

在调查到的 13 目 117 种鸟类中，广布种为 39 种，占调查范围内鸟类总物种数的 33.33%；古北界物种为 53 种，占调查范围内鸟类总物种数的 45.3%；东洋界物种为 25 种，占调查范围内鸟类总物种数的 21.37%。根据鸟类迁徙的行为分类，冬候鸟 42 种，占调查范围鸟类总物种数的 35.9%，占比最多；留鸟 34 种，占调查范围鸟类总物种数的 29.06%；夏候鸟 24 种，占调查范围鸟类总物种数的 20.51%；旅鸟 17 种，占调查范围鸟类总物种数的 14.53%，占比最少。

丝光椋鸟、白头鹎、红耳鹎、白鹭、红嘴鸥均为喜欢集群活动的鸟类且数量较多，为调查区域优势种；常见种有珠颈斑鸠、家燕、黑卷尾、北红尾鸲和鹊鸚等。

本次调查记录到国家级保护鸟类 13 种，为勺嘴鹬、黑嘴鸥、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、大杓鹬、白琵鹭、黑翅鸢、黑鸢、普通鵟、白胸翡翠、栗喉蜂虎、蓝喉蜂虎、红隼。记录到国家级保护鸟类 28 只次，其中观测到的褐翅鸦鹃距离厂址最近，位于厂址 SSW 方位约 0.6km。保护鸟类的分布情况详见表 2.3-15 续。

（4）哺乳动物

在厂址半径 10km 范围内共记录到哺乳动物 3 目 5 科 8 种，包括臭鼩鼪（*Suncus murinus*）、东亚伏翼（*Pipistrellus abramus*）、赤腹松鼠（*Callosciurus erythraeus*）、中华竹鼠（*Rhizomys sinensis*）、小家鼠（*Mus musculus*）、褐家鼠（*Rattus norvegicus*）、黄毛鼠（*Rattus flavipectus*）和屋顶鼠（*Rattus rattus*）。

厂址半径 10km 范围内哺乳动物调查结果中，中华竹鼠为广西重点保护野生动物，未记录到其他保护动物。调查区域的哺乳动物种类组成见表 2.3-16。

现场调查过程中在取排水管线附近记录到一些保护鸟类，但未见这些保护鸟类巢穴，取排水管线附近非这些保护鸟类的繁殖地，周围可替代性生境较多，小范围短时间的施工对这些鸟类种群影响较小。

2.3.3 水产资源及生态概括

2.3.3.1 水产资源

1) 概况

廉江市主要鱼类有：马鲛、鳙鱼、鲳、多鳞鱖、大黄鱼、鳊鱼、中华青鳞鱼、蓝圆鲹、狗母鱼、海鳗、鲻鱼、银牙鲈、黄鳍鲷、金线鱼、石斑鱼、鲈、大眼鲷、日本金线鱼、带鱼、大弹涂鱼、鳗鱼、鳓、燕魮、犁头鳅、鲢、马面鲀等，其中以马鲛、石斑鱼、蓝圆鲹、多鳞鱖等鱼类产量较大。

廉江沿海被捕捞的虾类主要有：墨吉明对虾（大虾）、鹰爪虾（硬壳虾）、刀额新对虾（泥虾）、哈氏仿对虾（九虾）、宽沟对虾（兰尾虾）、近缘新对虾（白虾仔）、长毛明对虾、龙虾、赤须虾等。蟹类有：锯缘青蟹（黄蟹）、三疣梭子蟹（花蟹）、红星梭子蟹（三点蟹）、乳斑虎头蟹等。

廉江沿海常见经济贝类主要有文蛤、缢蛏、竹蛏、红螺、栉江珧、牡蛎、东风螺、泥蚶、毛蚶、日月贝、乌贼（墨鱼）、鱿鱼等。

其它还有沙蚕、海蜇、石莼等。

2) 渔业资源调查

在 2023 年 10 月、2024 年 1 月、2024 年 4 月及 2024 年 8 月，生态环境部华南环境科学研究所对厂址排放口附近海域渔业资源进行了四季调查。

调查范围是以厂址排水口为中心，半径 20km 范围内的海域。共布设 15 个站位调查游泳生物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼。调查站位设置详见图 2.3-22。

根据调查成果，厂址半径 15km 范围内各季的渔业资源现状如下：

(1) 游泳动物

2023 年秋季调查共鉴定游泳动物 84 种，高于 2020 年秋季捕获游泳生物的 28 种。其中鱼类 49 种、甲壳类 32 种、头足类 3 种，分别占总物种数的 58.33%、38.10% 和 3.57%。各站位出现物种情况见下表。各调查站位物种数范围为 14~46 种，S7 号调查站位物种数最多，为 46 种；S21 号调查站位物种数最少，为 14 种。根据扫海面积法计算，调查海域游泳动物平均重量密度为 $1087.05\text{kg}/\text{km}^2$ ，平均数量密度为 $101705\text{ind}/\text{km}^2$ 。重量密度和数量密度最高的是 S21 号站位，重量密度为 $6749.49\text{kg}/\text{km}^2$ ，数量密度为 $375293\text{ind}/\text{km}^2$ ；生物资源以圆吻海鲷为主，该种鱼类占该站位总资源量的 92.33%。重量密度最低的是 S2 号站位，重量密度为 $86.15\text{kg}/\text{km}^2$ ；数量密度最低的是 S16 站位，数量密度为 $22721\text{ind}/\text{km}^2$ 。调查海域优势种共 2 种，其中，鱼类 1 种，为圆吻海鲷；甲壳类 1 种，为近缘新对虾。近缘新对虾为第一优势种，其相对重要性指数 IRI 最高，达到 4422.87，重量和数量分别占生物资源总重量和总数量的

19.09%和 25.14%，在所有调查的 15 个站位均有捕获。游泳动物物种丰富度指数变化范围为 1.57 ~ 5.58，平均值为 4.04；均匀度指数变化范围为 0.22 ~ 0.73，平均值为 0.58；物种多样性指数变化范围为 0.58 ~ 2.71，平均值为 1.97。

2023 年冬季共鉴定游泳动物 77 种，高于 2021 年冬季捕获游泳生物的 30 种。其中鱼类 39 种、甲壳类 33 种、头足类 5 种，分别占总物种数的 50.65%、42.86%和 6.49%。各调查站位物种数范围为 13~34 种，S15 号调查站位物种数最多，为 34 种；S24 和 S11 号调查站位物种数最少，为 13 种。根据扫海面积法计算，调查海域游泳动物平均重量密度为 232.91kg/km²，平均数量密度为 21850ind/km²。重量密度最高的是 S4 号站位，重量密度为 624.26kg/km²；生物资源以斑鲆为主，该种鱼类占该站位总资源量的 51.40%。重量密度最低的是 S24 号站位，重量密度为 52.19kg/km²。数量密度最高的是 S12 号站位，数量密度为 51275ind/km²。数量密度最低的是 S24 号站位，数量密度为 3589ind/km²。调查海域优势种共 3 种，其中，鱼类 1 种，为斑鲆；甲壳类 2 种，为矛形梭子蟹和须赤虾。斑鲆为第一优势种，其相对重要性指数 IRI 最高，达到 2984.69，重量和数量分别占生物资源总重量和总数量的 26.64%和 14.06%，在调查的 11 个站位有捕获。游泳动物物种丰富度指数变化范围为 2.04 ~ 5.20，平均值为 3.96；均匀度指数变化范围为 0.51 ~ 0.91，平均值为 0.73；物种多样性指数变化范围为 1.37 ~ 2.88，平均值为 2.30。

2024 年春季调查共鉴定游泳动物 82 种，高于 2021 年春季捕获游泳生物的 57 种。其中鱼类 44 种、甲壳类 34 种、头足类 4 种，分别占总物种数的 53.66%、41.46%和 4.88%。各调查站位物种数范围为 15~38 种，S18 号调查站位物种数最多，为 38 种；S2 号调查站位物种数最少，为 15 种。根据扫海面积法计算，调查海域游泳动物平均重量密度为 158.54kg/km²，平均数量密度为 16553ind/km²。重量密度和数量密度最高的是 S04 号站位，重量密度为 523.00kg/km²，数量密度为 39224ind/km²；生物资源以斑鲆为主，该种鱼类占该站位总资源量的 25.43%。重量密度和数量密度最低的是 S02 号站位，重量密度为 25.63kg/km²，数量密度为 3322ind/km²。调查海域优势种共 4 种，其中，鱼类 1 种，为斑鲆；甲壳类 3 种，分别为矛形梭子蟹、武士螳和直额螳。矛形梭子蟹为第一优势种，其相对重要性指数 IRI 最高，达到 1707.89，重量和数量分别占生物资源总重量和总数量的 3.92%和 14.38%，在调查的 14 个站位有捕获。游泳动物物种丰富度指数变化范围为 2.17 ~ 4.69，平均值为 3.12；均匀度指数变化范围为 0.58 ~ 0.84，平均值为 0.73；物种多样性指数变化范围为 1.74 ~ 2.92，平均值为 2.35。

2024年夏季调查共鉴定游泳动物81种,高于2021年夏季捕获游泳生物的39种。其中鱼类51种、甲壳类26种、头足类4种,分别占总物种数的62.96%、32.10%和4.94%。各调查站位物种数范围为14~42种,S4号调查站位物种数最多,为42种;S16号调查站位物种数最少,为14种。根据扫海面积法计算,调查海域游泳动物平均重量密度为504.69 kg/km²,平均数量密度为50926 ind/km²;重量密度最高的是S4号站位,重量密度为1291.18 kg/km²,重量密度最低的是S20号站位,重量密度仅为70.34 kg/km²。数量密度最高的是S19号站位,数量密度为135092 ind/km²,数量密度最低的是S20号站位,数量密度为6399 ind/km²。调查海域优势种共2种,其中鱼类1种,为线纹鳗鲂(*Plotosus lineatus*);甲壳类1种,为近亲螳(*Charybdis affinis*)。线纹鳗鲂为第一优势种,其相对重要性指数IRI最高,达到1748.56,重量和数量分别占生物资源总重量和总数量的12.70%和9.16%,在调查的12个站位有捕获。游泳动物物种丰富度指数变化范围为2.52~6.30,平均值为4.57;均匀度指数变化范围为0.55~0.88,平均值为0.74;物种多样性指数变化范围为1.51~3.02,平均值为2.45。

(2) 鱼卵仔鱼

2023年秋季调查海区的鱼卵平均密度为0.57个/m³,高于2020年秋季0.41个/m³。捕获鱼卵数量密度最高为S8号站,为0.99个/m³。调查期间15个测站有14个站位采集到鱼卵,鱼卵出现率为93.33%,鱼卵密度变化范围在0个/m³~0.99个/m³。仔鱼在13个监测站出现,在S11和S24站位中暂未发现,出现率为86.67%,仔鱼的平均密度为0.26尾/m³,高于2020年秋季(0.004尾/m³)。

2023年冬季鱼卵平均密度为2.062个/m³,高于2021年冬季1.31个/m³。捕获鱼卵数量密度最高为S2号站,为8.49个/m³。调查期间15个测站有14个站位采集到鱼卵,鱼卵出现率为93.33%,鱼卵密度变化范围在0个/m³~8.49个/m³。仔鱼在2个监测站出现,出现站位为在S2和S6,出现率为13.33%,仔鱼的平均密度为1.667尾/m³,低于2021年冬季(0.007尾/m³)。

2024年春季调查的鱼卵平均密度为1.867个/m³,高于2021年春季0.610个/m³。捕获鱼卵数量密度最高为S6号站,为19.00个/m³。调查期间15个测站有5个站位采集到鱼卵,鱼卵出现率为33.33%,鱼卵密度变化范围在0个/m³~19.00个/m³。仔鱼在5个监测站出现,出现站位为在S2、S6、S10、S20和S25,出现率为33.33%,仔鱼的平均密度为0.106尾/m³,高于2021年春季(0.03尾/m³)。

2024 年夏季调查的鱼卵平均密度为 1.509 个/m³，高于 2021 年夏季 1.35 个/m³。捕获鱼卵数量密度最高为 S7 号站，为 14.77 个/m³。调查期间 15 个测站有 8 个站位采集到鱼卵，鱼卵出现率为 53.33%，鱼卵密度变化范围在 0 个/m³~14.77 个/m³。仔鱼在 10 个监测站出现，出现率为 66.67%，仔鱼的平均密度为 0.319 尾/m³，高于 2021 年夏季（0.23 尾/m³）。

2.3.3.2 水生生态概况

生态环境部华南环境科学研究所分别于 2023 年 10 月、2024 年 1 月、2024 年 4 月及 2024 年 8 月在厂址排放口周边海域进行了四个季节海洋环境现状调查。根据以上调查成果，厂址半径 15km 范围内各季的海洋生态现状如下：

调查范围是以厂址排放口为中心，半径 20km 范围，按照全面覆盖、重点代表的原则调整站位布设，共布设 25 个大面海水站，15 个生物生态站，5 条潮间带剖面。具体的站位如下：

（1）大面调查站：以厂址排放口为中心，半径 20km 范围，共布设海水水质 25 个站位、海洋沉积物 15 个站位、生物生态 15 个站位。

（2）潮间带生物站：共布设 5 条断面共 25 个站，选择不同底质类型的软相（泥、砂）潮间带断面作为调查对象，每条断面分高、中（上、中、下）、低潮区设置 5 个调查站。

调查样点分布图如图 2.3-23 所示，调查结果总结如下。

1) 水环境

海域水环境监测期间，取排水工程于 2023 年 9 月开始施工建设，对于 2023 年夏季监测结果无影响。总体上，调查海域 2023-2024 年四季水环境质量较好，符合所属功能区管理要求。根据《海水水质标准》（GB3097-1997）所列指标进行评价，各季水环境具体情况如下：

● 2023 年秋季

秋季水质中的 pH、溶解氧、COD_{Mn}、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒、六价铬均符合各站位执行的水质标准。

超标指标中，无机氮有 7 个样品超标，超标率为 25.00%，平均超标倍率为 0.36；活性磷酸盐为主要的超标因子，有 19 个样品超标，超标率为 67.86%，平均超标倍率为 1.11；铅只有一个站位超标，为 S8，超标率为 3.57%，平均超标倍率为 0.10。

在排水口 15km 范围内,无机氮有 7 个样品超标,活性磷酸盐有 19 个样品超标,铅有 1 个站位超标,超标率分别为 31.18%、86.36%和 4.54%。

对比 2020 年 10 月秋季的调查结果,超标情况最为严重的指标同为活性磷酸盐,超标率为 15.15%,超标区域与本次调查区域比较接近,均为英罗港一带。本次调查点位相对比较密集,超标率因此可能有所增加,但是总体情况与 2020 年 10 月比较相近。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021—2035 年)》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》(桂环发〔2023〕9 号),秋季调查站位在所属的功能区中,位于广西山口国家级红树林生态自然保护区 S8、S9、S10、S11 中的无机氮、活性磷酸盐超出水质一类标准,S8 的铅类超出水质一类标准,其余均符合 GB3097 要求;位于遂溪中国鲎县级自然保护区的 S14、S15 中的无机氮、活性磷酸盐超出水质一类标准;位于北海珍珠母贝原种场生态区的 S12 无机氮、活性磷酸超出水质一类标准,其余均符合 GB3097 要求;位于英罗港-海康港农渔业用海区 S18、S19 中的活性磷酸超出水质一类标准;位于龙头沙二类区 S17、S20、S23 中的活性磷酸超出水质二类标准;位于龙头沙四类区站点均符合 GB3097 要求;位于龙头沙四类区站点均符合 GB3097 要求;位于安铺港工业与城镇用海区的站点 S21、S22、S24、S25 中的活性磷酸超出水质三类标准。

根据卫星影像资料分析,项目 15km 范围内养殖密度相对较高,受人类活动影响较大,营养物质和污染物无法及时扩散。此外,受河流的输入、城镇工业废水和生活污水的排放和海洋大气沉降等影响,造成海域水环境容量相对较小,氮磷污染物容易超标。秋季监测中活性磷酸盐和无机氮不达标站位与项目附近的海水养殖有着密切的关系,受到廉江核电海工工程影响较小。

● 2023 年冬季

2023 年冬季水质中的 pH、溶解氧、COD_{Mn}、无机氮、硫化物、石油类、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒均符合各站位执行的水质标准。

超标指标中,活性磷酸盐有 2 个样品超标,超标率为 7.14%,平均超标倍率为 0.26;汞有 2 个样品超标,超标率为 7.14%,平均超标倍率为 0.52。排水口半径 15km 范围内,活性磷酸盐有 2 个样品超标,超标率为 9.09%,平均超标倍率为 0.26;汞有 2 个样品超标,超标率为 9.09%,平均超标倍率为 0.52。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），冬季调查站位在所属的功能区中，位于广西合浦儒艮国家级自然保护区 S5 的汞超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于广西山口国家级红树林生态自然保护区 S10、S11 的活性磷酸盐超出水质一类标准，S9 中的汞超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的站点均符合 GB3097 要求；位于北海珍珠母贝原种场生态区的站点均符合 GB3097 要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区的站点均符合 GB3097 要求；位于龙头沙二类区的站点均符合 GB3097 要求；位于龙头沙四类区站点均符合 GB3097 要求；位于安铺港工业与城镇用海区的站点均符合 GB3097 要求。调查海域 2023 年冬季水环境质量较好，总体上为优良水体。

● 2024 年春季

2024 年春季水质中的 pH、溶解氧、COD_{Mn}、活性磷酸盐、硫化物、石油类、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒均符合各站位执行的水质标准。

超标指标中，无机氮有 2 个样品超标，超标率为 7.14%，平均超标倍率为 0.24。项目排水口 15km 范围内无机氮有 2 个样品超标，超标率为 9.1%，平均超标倍率为 0.24。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），春季调查站位在所属的功能区中，位于广西合浦儒艮国家级自然保护区 S8 和 S9 的无机氮超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于广西山口国家级红树林生态自然保护区站位均符合 GB3097 要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的站点均符合 GB3097 要求；位于北海珍珠母贝原种场生态区的站点均符合 GB3097 要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区的站点均符合 GB3097 要求；位于龙头沙二类区的站点均符合 GB3097 要求；位于龙头沙四类区站点均符合 GB3097 要求；位于安铺港工业与城镇用海区的站点均符合 GB3097 要求。调查海域 2024 年春季水环境质量较好，总体上为优良水体。

● 2024 年夏季

2024 年夏季水质中的 pH、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硒、六价铬均符合各站位执行的水质标准。

超标指标中，溶解氧有 15 个样品超标，超标率为 53.57%，平均超标倍数为 0.08；化学需氧量有 6 个样品超标，超标率为 21.43%，平均超标倍数为 0.15；无机氮有 25 个样品超标，超标率为 89.29%，平均超标倍数为 1.15；活性磷酸盐有 25 个样品超标，超标率为 89.29%，平均超标倍数为 1.12。

趋势分析结果显示，2024 年夏季水环境质量与历史夏季调查结果对比发现，受湛江市和北海市防汛工作影响，盐度和溶解氧平均值低于历史结果，化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐平均值高于历史结果，其余指标尚未发生明显的变化。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），2024 年夏季调查站位在所属的功能区中，位于广西合浦儒艮国家级自然保护区 S1、S2、S3、S4、S6 底和 S7 站位的溶解氧超出水质一类标准，S1、S2、S4 底、S5、S6 和 S7 的无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于广西山口国家级红树林生态自然保护区 S8、S9、S10 和 S11 的溶解氧、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，S8 站位的化学需氧量超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的 S14、S15 的溶解氧、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，S15 站位的化学需氧量超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于北海珍珠母贝原种场生态区的 S12 站位的化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于英罗港口浅海渔业用海区的 S12 站位的化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区的 S18 和 S19 站点的溶解氧、无机氮和活性磷酸盐超出水质二类标准，S19 的化学需氧量超出水质二类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于龙头沙二类区的 S17 的化学需氧量超出水质二类标准，S17、S20 和 S23 站点的无机氮超出水质二类标准，S20 和 S23 站点活性磷酸盐超出水质二类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于安铺港工业与城镇用海区的 S21、S22、S24 和 S25 站点的无机氮和活性磷酸盐超出三类标准，其余均符合 GB3097 要求；位于龙头沙四类区站点均符合 GB3097 要求。

溶解氧、化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐等 4 项指标出现超标现象。出现该问题可能与入夏以来湛江市和北海市持续降雨及防汛工作安排有关。受持续降雨影响，2024 年 8 月 19 日，湛江市和北海市同时启动防汛Ⅳ级应急响应，相关河流和水库因防汛需要开闸放水，部分泄洪水随九洲江、杨柑河、白沙河等河流排入监测海

域，使海水盐度降低，本航次盐度平均值为 18.61‰（范围 3.9‰~27.7‰），也远低于 2023 年夏季调查结果 30.80‰（范围 28.6‰~32.7‰）。大量的泄洪水排放导致海域中的化学需氧量、营养盐等监测指标浓度出现异常上升现象。此外，廉江核电海工项目现阶段主要是码头安装等工艺过程，没有大规模水下施工，对水体化学需氧量、营养盐等指标的浓度没有影响。总的来说，2024 年夏季廉江核电项目邻近海域水质超标情况与廉江核电项目施工无关。

2) 沉积物

排水口 15km 范围内，只有 S19 的石油类略微超过一类水的标准，其余各站位的各指标均满足各个区域的管理要求，表明调查海域沉积物质量状况良好。

3) 水生生物

①叶绿素 a

2023 年秋季调查共采集 15 个站位的叶绿素 a 的数据。总体上，各站叶绿素 a 质量浓度变化于 2.78~9.16mg/m³，平均值为 5.22mg/m³，高于 2020 年秋季平均值（3.17mg/m³）。在空间分布上，秋季最大值出现在 S4 站，最小值出现在 S11 站。初级生产力的范围在 89.17mgC/（m² d）~277.75mgC/（m² d），平均值为 173.60mgC/（m² d），低于 2021 年夏季调查结果（223.72mgC/（m² d）），最小值出现在 S11，最大值出现在 S2。

2023 年冬季共采集 15 个站位的叶绿素 a 的数据。总体上，各站叶绿素 a 质量浓度变化于 2.05~4.98mg/m³，平均值为 2.843mg/m³，高于 2021 年冬季平均值（0.57mg/m³）。在空间分布上，冬季最大值出现在 S4 表，最小值出现在 S7 表。初级生产力的范围在 115.82 mgC/（m² d）~742.18 mgC/（m² d），平均值为 79.47mgC/（m² d），高于 2021 年冬季调查结果（49.45mgC/（m² d）），最小值出现在 S，最大值出现在 S4。

2024 年春季调查共采集 15 个站位的叶绿素 a 的数据。总体上，各站叶绿素 a 质量浓度变化于 1.38~6.87mg/m³，平均值为 3.773mg/m³，高于 2021 年春季平均值（3.08mg/m³）。在空间分布上，春季最大值出现在 S7 站，最小值出现在 S25 站。初级生产力的范围在 57.68mgC/（m² d）~378.93 mgC/（m² d），平均值为 178.18mgC/（m² d），高于 2021 年夏季调查结果（216.37mgC/（m² d）），最小值出现在 S25，最大值出现在 S6。

2024 年夏季调查共采集 15 个站位的叶绿素 a 的数据。叶绿素 a 质量浓度变化范围为 2.10~17.80mg/m³, 平均值为 5.059mg/m³, 低于 2021 年夏季平均值(8.13mg/m³), 低于 2023 年夏季平均值(12.75mg/m³)。在空间分布上, 夏季最小值出现在 S6 站, 最大值出现在 S21 站。初级生产力的范围在 106.25mgC/(m² d)~648.81mgC/(m² d), 平均值为 220.989mgC/(m² d), 高于 2021 年夏季调查结果(216.37mgC/(m² d)), 低于 2023 年夏季调查结果(338.10mgC/(m² d)), 最小值出现在 S11, 最大值出现在 S21。

②浮游植物

2023 年秋季调查共鉴定出浮游植物样品 2 门 41 属 75 种, 低于 2020 年秋季调查结果(113 种)。其中以硅藻门出现的种类为最多, 为 33 属 65 种, 占总种数的 86.67%; 甲藻门 6 属 10 种, 占总种数的 13.33%; 总体以硅藻占绝对优势, 各站位均有分布。调查海区表层浮游植物丰度变化范围介于 0.63×10⁴cells/L~41.05×10⁴cells/L, 平均为 18.47×10⁴cells/L, 底层水体浮游植物丰度变化范围介于 1.43~25.59×10⁴cells/L, 平均为 14.55×10⁴cells/L。浮游植物丰度组成以硅藻占优势, 其丰度占各站总丰度的 94.41%~99.88%。秋季调查海域水采浮游植物优势种共出现 2 种, 为拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*) 和热带骨条藻 (*Skeletonema tropicum*)。以拟旋链角毛藻的优势度最高, 为 0.618, 为本次调查的第一优势种。秋季各站位浮游植物种数变化范围介于 17~33 种, 平均 22 种。多样性指数范围介于 0.46~3.75, 平均值为 1.45; 丰富度指数范围介于 0.95~1.78, 均值为 1.26; 均匀度指数范围介于 0.11~0.85, 平均值为 0.33。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017), 秋季浮游植物属于生物多样性一般水平。

2023 年冬季共鉴定出浮游植物样品 4 门 38 属 82 种, 低于 2021 年冬季调查结果(111 种)。其中以硅藻门出现的种类为最多, 为 33 属 76 种, 占总种数的 92.68%; 甲藻门 3 属 3 种, 占总种数的 3.66%; 蓝藻门 1 属 2 种, 占总种数的 2.44%; 绿藻门 1 属 1 种, 占总种数的 1.22%; 总体以硅藻占绝对优势, 各站位均有分布。调查海区表层浮游植物丰度变化范围介于 2.96×10⁴~22.53×10⁵cells/L, 平均为 9.49×10⁴cells/L。浮游植物丰度(细胞密度)组成以硅藻占绝对优势, 其丰度占各站总丰度的 93.77%~100%, 平均为 99.24%。底层水体浮游植物丰度变化范围介于 4.66×10⁴~10.96×10⁴cells/L, 平均丰度为 8.38×10⁴cells/L。浮游植物丰度组成以硅藻占绝对优势, 其丰度占各站总丰度的 88.33%~100%, 平均为 96.31%。冬季调查海域水

采浮游植物优势种共出现 6 种，为日本星杆藻（*Asterionella japonica*）、圆海链藻（*Thalassiosira rotula*）、斯氏几内亚藻（*Guinardia striata*）、环纹娄氏藻（*Lauderia annulata*）、劳氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）和丹麦细柱藻（*Leptocylinthus danicus*）。以日本星杆藻的优势度最高，为 0.221，其次是圆海链藻，为 0.174。冬季各站位浮游植物种数变化范围介于 18~36 种，平均 27 种。多样性指数范围介于 2.93~4.25，平均为 3.56；丰富度指数范围介于 0.62~0.88，均值为 0.75；均匀度指数范围介于 1.14~2.11，平均为 1.57。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），冬季浮游植物属于生物多样性中等水平。

2024 年春季调查共鉴定出浮游植物 3 门 40 属 89 种，低于 2021 年春季调查结果。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 33 属 79 种，占总种数的 88.76%；甲藻门 6 属 9 种，占总种数的 10.11%；绿藻门为 1 属 1 种，总体以硅藻占绝对优势，各站位均有分布。调查海区表层浮游植物丰度变化范围介于 $2.67 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ~ $12.19 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ，平均为 $5.12 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ，浮游植物丰度（细胞密度）组成以硅藻占绝对优势，平均丰度为 $4.98 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 其丰度占各站总丰度的 93.54%-100%，平均为 97.33%。底层水体仅 S2 和 S6 两个站位收集到样品，浮游植物丰度分别为 $2.24 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 和 $5.06 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 。浮游植物丰度成以硅藻占优势，底层水体无绿藻鉴定出。春季调查海域表层水体浮游植物优势种共出现 5 种，为菱软海链藻（*Thalassiosira mala*）、柔弱角毛藻（*Chaetoceros debilis*）、拟旋链角毛藻（*Chaetoceros pseudocurvisetus*）、热带骨条藻（*Skeletonema tropicum*）、旋链角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）、洛氏角毛藻（*Chaetoceros lorenzianus*）。优势种均为硅藻，以菱软海链藻的优势度最高，为 0.16，为本次调查的第一优势种。春季调查海区浮游植物丰度变化范围介于 $2.67 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ~ $12.19 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ，平均为 $5.12 \times 10^4 \text{ cells/L}$ 。春季各站位浮游植物种数变化范围介于 34~60 种，平均 44 种。多样性指数范围介于 1.83~2.79，平均为 2.33；丰富度指数范围介于 2.24~3.70，均值为 2.78；均匀度指数范围介于 0.34~0.52，平均为 0.43。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），春季浮游植物属于生物多样性中等水平。

2024 年夏季调查，共鉴定出浮游植物 4 门 36 属 74 种，物种数低于 2021 年调查结果（76），低于 2023 年调查结果（81）。其中以硅藻门出现的种类为最多，为 25 属 54 种，占总种数的 72.97%；甲藻门 8 属 13 种，占总种数的 17.57%；蓝藻门为 1 属 1 种，绿藻门为 2 属 6 种，总体以硅藻占绝对优势，各站位均有分布。2024 年夏

季调查海区表层浮游植物丰度变化范围介于 2.67×10^4 cells/L~ 12.19×10^4 cells/L, 丰度最大值出现在 S25 站位, 最小值出现在 S12 站位, 丰度均值为 9.49×10^4 cells/L, 平均值结果比 2021 年夏季调查结果低 (3.90×10^4 cells/L), 比 2023 年夏季调查结果高 (5.99×10^4 cells/L)。夏季调查海域表层水体浮游植物优势种共出现 6 种, 为新月细柱藻 (*Cylindrotheca closterium*)、拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、具槽帕拉藻 (*Paralia sulcata*)、热带骨条藻 (*Skeletonema tropicum*)、微小原甲藻 (*Prorocentrum minimum*)。优势种除微小原甲藻 (*Prorocentrum minimum*) 为甲藻外, 均为硅藻, 以新月细柱藻 (*Cylindrotheca closterium*) 的优势度最高, 为 0.062, 为本次调查的第一优势种。夏季调查海域底层水体浮游植物优势种共出现 8 种, 为旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、圆海链藻 (*Thalassiosira rotula*)、拟旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*)、新月细柱藻 (*Cylindrotheca closterium*)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)、微小原甲藻 (*Prorocentrum minimum*)、锥状斯克里普藻 (*Scrippsiella trochoidea*) 和洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)。其中, 微小原甲藻 (*Prorocentrum minimum*) 和锥状斯克里普藻 (*Scrippsiella trochoidea*) 为甲藻, 其他种类均为硅藻。调查海域大面调查各站位调查到的浮游植物种类数介于 12~24 种, 平均 16 种/站; 多样性指数范围介于 2.57~3.87, 平均为 3.28; 丰富度指数范围介于 0.73~1.43, 均值为 1.06; 均匀度指数范围介于 0.58~0.91, 平均为 0.82。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017), 夏季浮游植物属于生物多样性中等水平。

③潮间带生物

2023 年秋季调查共记录潮间带生物有 42 种, 低于 2020 年秋季调查结果(60 种)。其中软体动物门 22 种, 节肢动物 8 种, 环节动物 6 种, 脊索动物 1 种, 腕足动物门 1 种, 刺胞动物 1 种, 纽形动物 1 种, 刺胞动物 1 种, 星虫动物 2 种。软体动物和节肢动物分别占总种数的 52.81%和 19.05%。软体动物和节肢动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。潮间带生物平均生物量为 604.8g/m^2 , 高于 2020 年秋季调查结果(150.86g/m^2), 平均栖息密度为 264.5ind./m^2 , 高于 2020 年秋季调查结果(137.67ind./m^2)。多样性指数 (H') 变化范围在 0.26-3.01 之间, 平均值为 1.81。丰富度指数范围为 1.44-4.43, 平均值为 2.99; 均匀度范围在 0.26-0.89 之间, 平均值为 0.68。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017), 秋季潮间带属于生物多样性中等水平。

2023 年冬季共记录潮间带生物有 42 种,其中软体动物门 22 种,节肢动物 8 种,环节动物 6 种,脊索动物 1 种,腕足动物门 1 种,刺胞动物 1 种,纽形动物 1 种,刺胞动物 1 种,星虫动物 2 种。软体动物和节肢动物分别占总种数的 52.81%和 19.05%。软体动物和节肢动物是本次调查海区潮间带生物的主要类群。调查断面潮间带生物平均生物量为 223.339g/m^2 ,与 2021 年冬季调查结果比较接近(222.29g/m^2),平均栖息密度为 90.667ind./m^2 ,低于 2021 年冬季调查结果(153.337ind./m^2)。多样性指数(H')变化范围在 1.17-2.62 之间,平均值为 1.749。丰富度指数(d)变化范围在 0.92-3.79 之间,平均为 1.743。均匀度(j)范围在 0.55-0.96 之间,平均值为 0.839。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017),冬季潮间带属于生物多样性中等水平。

2024 年春季调查共记录潮间带生物有 63 种,高于 2021 年春季调查结果(49 种)。其中软体动物 32 种、节肢动物 16 种、环节动物 7 种、脊索动物 3 种、星虫动物 2 种、棘皮动物 1 种、纽形动物 1 种、腕足动物 1 种。软体动物和节肢动物分别占总种数的 46.37%和 25.39%。软体动物和节肢动物是构成本次调查海区潮间带生物的主要类群。调查断面潮间带生物平均生物量为 264.68g/m^2 ,高于 2021 年春季调查结果(94.52g/m^2);平均栖息密度为 144.33ind./m^2 ,高于 2021 年春季调查结果($64.11144.33\text{ind./m}^2$)。多样性指数(H')变化范围在 0.54-3.64 之间,平均值为 2.355。丰富度指数(d)变化范围在 0.53-3.90 之间,平均为 1.745。均匀度(j)范围在 0.13-0.71 之间,平均值为 0.555。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017),春季潮间带属于生物多样性中等水平。

2024 年夏季调查共记录潮间带生物有 68 种,高于 2021 年夏季调查结果(43 种),低于 2023 年夏季调查结果(77 种)。其中软体动物门 25 种、节肢动物门 24 种、环节动物门 9 种、刺胞动物门 2 种、棘皮动物门 2 种、纽形动物门 2 种、星虫动物门 2 种、脊索动物门 1 种、腕足动物门 1 种。软体动物和节肢动物分别占总种数的 36.76%和 35.29%。软体动物和节肢动物是构成 2024 年夏季调查海区潮间带生物的主要类群。夏季潮间带生物平均生物量为 323.176g/m^2 ,高于 2021 年夏季调查结果(70.08g/m^2),低于 2023 年夏季调查结果(390.10g/m^2);平均栖息密度为 156.313ind./m^2 ,低于 2021 年夏季调查结果(183.00ind./m^2),低于 2023 年夏季调查结果(303.04g/m^2)。多样性指数(H')变化范围在 0.70-3.93 之间,平均值为 2.227。丰富度指数范围为 0.59-4.29,平均为 1.714;均匀度范围在 0.14-0.79 之间,平均值为 0.449。参考《近

岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），夏季潮间带属于生物多样性中等水平。

④浮游动物

2023年秋季调查共记录浮游动物 13 个生物类群 116 种。其中桡足类 50 种，水螅水母 23 种，阶段性浮游生物有 19 种，被囊类 4 种，等足类 1 种，栉板动物类 4 种，毛颚类 5 种，端足类 2 种，十足类 3 种，钵水母 2 种，糠虾类 1 种，管水母 1 种，枝角类 1 种；各类浮游动物中，幼体类数为 28 种。在密度方面，浮游动物密度变化幅度为 $218.11\text{ind./m}^3 \sim 9013.80\text{ind./m}^3$ ，平均密度 1897.57ind./m^3 ，高于 2020 年秋季（ 535.71 ind/m^3 ）；在生物量方面，各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $17.19\text{mg/m}^3 \sim 3061.85\text{mg/m}^3$ ，平均生物量为 488.19mg/m^3 ，高于 2020 年秋季（ 409.07 mg/m^3 ）。多样性指数（ H' ）范围介于 0.82–3.55，平均为 1.63，调查结果比 2020 年秋季调查结果低（3.33）；丰富度指数（ d ）范围介于 2.20–6.03，均值为 3.49；均匀度（ j ）指数范围介于 0.26–0.88，平均为 0.45，调查结果比 2020 年秋季调查结果低（0.82）。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），秋季浮游动物属于生物多样性中等水平。

2023 年冬季共记录浮游动物 15 个生物类群 137 种，多于 2021 年冬季种类（7 个生物类群，共 47 种）。其中桡足类 46 种，水螅水母 42 种，阶段性浮游生物有 17 种，毛颚类 6 种，十足类 5 种，栉板动物类 4 种，端足类 3 种，多毛类 3 种，管水母 3 种，被囊类 2 种，枝角类 2 种，等足类 1 种，介形类 1 种，磷虾类 1 种，原生动物 1 种。在生物量方面，2023 年冬季监测各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $780.81\text{mg/m}^3 \sim 6388.12\text{mg/m}^3$ ，平均生物量为 2785.334mg/m^3 ，高于 2021 年冬季（ 139.46 mg/m^3 ），在密度方面，2023 年冬季监测浮游动物密度变化幅度为 $28.95\text{ind./m}^3 \sim 968.62\text{ind./m}^3$ ，平均密度 365.697ind./m^3 ，高于 2021 年冬季（ 247.28 ind/m^3 ）。多样性指数（ H' ）范围介于 1.60–2.81，平均为 2.222，低于 2021 年冬季调查结果（3.337）。丰富度指数（ d ）范围介于 5.79–9.59，均值为 7.430，高于 2021 年冬季调查结果（4.418）。Pielou 均匀度（ j ）指数范围介于 0.42–0.70，平均为 0.550，低于 2021 年冬季调查结果（0.604）。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），冬季浮游动物属于生物多样性中等水平。

2024 年春季调查共记录浮游动物 17 个生物类群 129 种，种类数多于 2021 年春季种类（13 个生物类群，共 81 种）。其中桡足类 46 种、水螅水母 24 种、阶段性浮

游幼虫 23 种、毛颚类 7 种、被囊类 5 种、栉板动物类 4 种、端足类 3 种、枝角类 3 种、多毛类 2 种、管水母 2 种、涟虫目 2 种、十足类 2 种、翼足类 2 种、钵水母 1 种、等足类 1 种、介形类 1 种、原生动物 1 种。在生物量方面，2024 年春季监测各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $6.66\text{mg}/\text{m}^3 \sim 588.61\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为 $126.006\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于 2021 年春季 ($234.8\text{mg}/\text{m}^3$)；在密度方面，2024 年春季监测浮游动物密度变化幅度为 $346.25\text{ind.}/\text{m}^3 \sim 5033.36\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均密度 $2698.037\text{ind.}/\text{m}^3$ ，高于 2021 年春季 ($500.71\text{ind.}/\text{m}^3$)。多样性指数 (H') 范围介于 1.05–2.80，平均为 1.981，低于 2021 年春季调查结果 (2.745)；丰富度指数 (d) 范围介于 4.74–7.43，均值为 5.938，高于 2021 年春季调查结果 (3.836)；Pielou 均匀度 (j) 指数范围介于 0.28–0.68，平均为 0.515，低于 2021 年春季调查结果 (0.605)。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017)，春季浮游动物属于生物多样性中等水平。

2024 年夏季调查共记录浮游动物 11 个生物类群 94 种，种类数多于 2021 年夏季种类 (10 个生物类群，共 53 种)，多于 2023 年夏季种类 (9 个生物类群，共 81 种)。其中桡足类 35 种、阶段性浮游幼虫 22 种、水螅水母 17 种、枝角类 6 种、被囊类 3 种、毛颚类 3 种、等足类 2 种、樱虾类 2 种、栉水母 2 种、介形类 1 种、涟虫目 1 种。在生物量方面，2024 年夏季监测各采样站浮游动物湿重生物量变化幅度为 $10.92\text{mg}/\text{m}^3 \sim 1441.59\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均生物量为 $241.927\text{mg}/\text{m}^3$ ，平均值低于 2021 年夏季 ($2833.56\text{mg}/\text{m}^3$)，低于 2023 夏季 ($1135.803\text{mg}/\text{m}^3$)；在密度方面，2024 年夏季监测浮游动物密度变化幅度为 $128.00\text{ind.}/\text{m}^3 \sim 5843.41\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均密度 $2033.950\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均值高于 2021 年夏季 ($179.58\text{ind.}/\text{m}^3$)，低于 2023 夏季 ($7089.13\text{ind.}/\text{m}^3$ ，I 型密度 $77.99\text{ind.}/\text{m}^3$)。多样性指数 (H') 范围介于 1.15–2.55，平均为 1.993，低于 2021 年夏季调查结果 (3.312)，低于 2023 年夏季调查结果 (2.68)；丰富度指数 (d) 范围介于 1.96–5.81，均值为 4.214，高于 2021 年夏季调查结果 (3.311)，高于 2023 年夏季调查结果 (3.27)；Pielou 均匀度 (j) 指数范围介于 0.36–0.92，平均为 0.590，高于 2021 年夏季调查结果 (0.0796)，高于 2023 年夏季调查结果 (0.55)。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》(HY/T 215-2017)，夏季浮游动物属于生物多样性中等水平。

⑤底栖生物

2023 年秋季调查底栖生物样品共计 6 大门类 26 种，略高于 2020 年秋季调查结果（24 种）。其中环节动物种类最多，为 11 种，约占总种数的 42%；软体动物次之，5 种，占总种数的 19%；节肢动物 4 种，占总种数的 15%；棘皮动物 3 种、脊索动物 2 种、纽形动物 1 种，分别占总种数的 12%、8%、4%。调查区域底栖生物的平均栖息密度为 $78.67\text{ind}/\text{m}^2$ ，低于 2020 年秋季调查结果（ $121\text{ g}/\text{m}^2$ ），平均生物量 $110.50\text{g}/\text{m}^2$ ，高于 2020 年秋季调查结果（ $17.075\text{ g}/\text{m}^2$ ），优势种共有 3 种（优势度大于 0.02），分别为节肢动物中的豆形短眼蟹（*Xenophthalmus pinnothiodes*）、环节动物中的背蚓虫（*Notomastus latericeus*）和角海蛭（*Ophelina acuminata*）。各站位底栖生物多样性 H' 平均为 1.132，低于 2020 年秋季调查结果（1.38），最小值为 0.267，最大值为 2.419；物种丰富度指数 D 平均为 0.816，最小值为 0.224，最大值为 1.081；均匀度指数为 0.808，与 2020 年秋季调查结果比较接近（0.83），最小值为 0.267，最大值为 1.000。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），秋季底栖生物属于生物多样性一般水平。

2023 年冬季区底栖生物样品共计 9 大门类 76 种，高于 2021 年冬季调查结果（65 种），其中环节动物种类最多，为 46 种，约占总种数的 61%；节肢动物次之，12 种，占总种数的 16%；软体动物 7 种，占总种数的 9%；棘皮动物 4 种、脊索动物和刺胞动物 2 种，分别占总种数的 5%、3%、3%；扁形动物、纽形动物和星虫动物各 1 种，分别占总种数的 1%。调查区域底栖生物的平均栖息密度为 $336.89\text{ind}/\text{m}^2$ 、平均生物量 $25.20\text{g}/\text{m}^2$ ，与 2021 年冬季调查结果密度（ $336.08\text{ ind}/\text{m}^2$ ）和生物量（ $22.79\text{ g}/\text{m}^2$ ）调查结果接近，本次调查中优势种共有 2 种（优势度大于 0.02），分别为小囊稚齿虫（*Prionospio saccifera*）和红刺尖锥虫（*Leodamas rubrus*）。各站位底栖生物多样性 H' 平均为 3.08，物种丰富度指数 D 平均为 1.66，均匀度指数为 0.85，均分别高于 2021 年冬季调查结果（2.165、1.303 和 0.751）。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），冬季底栖生物属于生物多样性一般水平。

2024 年春季监测共获得底栖生物 7 门 74 种，高于 2021 年春季调查结果（61 种）。其中环节动物 45 种，占总种类数的 60.81%；节肢动物 13 种，占总种类数的 17.57%；软体动物 11 种，占总种类数的 14.86%；棘皮动物 2 种，占总种类数的 2.70%；扁形动物和纽形动物各 1 种，各占总种类数的 1.35%。底栖生物平均栖息密度为 $328.3\text{ind}/\text{m}^2$ ，高于 2021 年春季调查结果（ $187.06\text{ ind}/\text{m}^2$ ），变化范围为 $60.0\sim 885.0\text{ind}/\text{m}^2$ ；平均生物量为 $35.78\text{g}/\text{m}^2$ ，与 2021 年春季调查结果比较接近（ $36.76\text{ ind}/\text{m}^2$ ），变化

范围为 0.70~156.40 g/m²。底栖生物优势种为扭鳃奇异稚齿虫（*Paraprionospio inaequibranchia*），优势度为 0.24。底栖生物物种丰富度指数（*d*）变化范围为 0.37~3.63，平均值为 1.78，低于 2021 年春季调查结果（2.304）；均匀度指数（*J'*）变化范围为 0.40~0.98，平均值为 0.82，略低于 2021 年春季调查结果（0.854）；物种多样性指数（*H'*）变化范围为 1.18~4.25，平均值为 2.65，低于 2021 年春季调查结果（2.329）。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），春季底栖生物属于生物多样性中等水平。

2024 年夏季监测共获得底栖生物 5 门 40 种，低于 2021 年夏季调查结果（76 种），其中环节动物 31 种，占总种类数的 77.50%；节肢动物 6 种，占总种类数的 15.00%；纽形动物、棘皮动物和脊索动物各 1 种，各占总种类数的 2.50%。底栖生物平均栖息密度为 99.3 ind/m²，平均值低于 2021 年夏季调查结果（155.88 ind/m²）；栖息密度变化范围为 0.0~485.0 ind/m²。底栖生物优势种为豆形短眼蟹和背蚓虫（*Notomastus latericeus*），优势度分别为 0.38 和 0.02。底栖生物物种多样性指数（*H'*）变化范围为 0.00~3.22，平均值为 1.64，低于 2021 年夏季调查结果（1.926）；物种丰富度指数（*d*）变化范围为 0.00~2.68，平均值为 0.98，低于 2021 年夏季调查结果（2.064）；均匀度指数（*J'*）变化范围为 0.00~1.00，平均值为 0.69，高于 2021 年夏季调查结果（0.208）。参考《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），夏季底栖生物属于生物多样性一般水平。

4) 遗传多样性

生态环境部华南环境科学研究所对项目排水设施周边海域生物遗传多样性进行了试验分析。通过 16SrDNA、Cytb 和 COI 基因部分序列对 3 种鱼类和 2 种甲壳动物的遗传多样性进行了调查。主要分析对象包括：短吻鲷、中颌棱鲷、康氏侧带小公鱼、长毛对虾以及口虾蛄。

短吻鲷 16S rDNA 平均碱基组成 A 31.6%，T 21.3%，C 25.4%，G 21.7%。单倍型间的遗传距离在 0.002-0.003 之间，单倍型间平均遗传距离为 0.002，核苷酸多样性为 0.00034。Cytb 基因片段平均碱基组成为 A 25.2%，T 28.0%，C 32.3%，G 14.5%。单倍型间的遗传距离为 0.001-0.002，个体间平均遗传距离为 0.001，核苷酸多样性为 0.00073。

中颌棱鲷 16S rDNA 平均碱基组成为 A 31.4%，T 22.1%，C 24.3%，G 22.2%。单倍型间的遗传距离在 0.002-0.069 之间，单倍型间平均遗传距离为 0.035，核苷酸多

样性为 0.01573。Cytb 基因片段平均碱基组成为 A 25.9%, T 27.8%, C 29.6%, G 16.7%。单倍型间的遗传距离为 0.001-0.231, 个体间平均遗传距离为 0.166, 核苷酸多样性为 0.05091。

康氏侧带小公鱼 16S rDNA 平均碱基组成为 A 30.3%, T 24.2%, C 23.5%, G 22.3%。单倍型间的遗传距离在 0.002-0.005 之间, 单倍型间平均遗传距离为 0.003, 核苷酸多样性为 0.00090。Cytb 基因片段平均碱基组成为 A 24.3%, T 30.5%, C 28.9%, G 16.3%。单倍型间的遗传距离为 0.001-0.010, 个体间平均遗传距离为 0.005, 核苷酸多样性为 0.00457。

长毛对虾 16S rDNA 平均碱基组成为 A 32.3%, T 34.2%, C 13.1%, G 20.4%。单倍型间的遗传距离在 0.002-0.185 之间, 单倍型间平均遗传距离为 0.093, 核苷酸多样性为 0.06273。COI 基因片段平均碱基组成为 A 27.2%, T 34.0%, C 20.4%, G 18.4%。单倍型间的遗传距离为 0.001-0.270, 个体间平均遗传距离为 0.135, 核苷酸多样性为 0.08210。

口虾蛄 16S rDNA 平均碱基组成为 A 34.0%, T 36.1%, C 12.0%, G 17.8%。单倍型间的遗传距离在 0.001-0.024 之间, 单倍型间平均遗传距离为 0.012, 核苷酸多样性为 0.00428。COI 基因片段平均碱基组成为 A 27.4%, T 35.3%, C 18.6%, G 18.8%。单倍型间的遗传距离为 0.001-0.183, 个体间平均遗传距离为 0.092, 核苷酸多样性为 0.01848。

从 16SrDNA 的分析结果看, 3 种鱼类的核酸碱基组成均较为平均, 不同种类间没有显著的区别, 而甲壳类和贝类等动物的碱基组成和鱼类有显著差异, 体现在 A+T 含量较高, 而 C+G 含量低。从个体间的遗传距离看, 短吻鲷、康氏侧带小公鱼、口虾蛄群体的个体间遗传差异较小, 长毛对虾和中颌棱鲷较大。线粒体 Cytb 基因序列中短吻鲷、中颌棱鲷和康氏侧带小公鱼都是 A+T 含量略高于 C+G 含量, 短吻鲷和康氏侧带小公鱼群体内个体间遗传变异较少, 检测到中颌棱鲷和康氏侧带小公鱼的遗传多样性水平高于 16SrDNA 分析结果, 短吻鲷的遗传多样性水平则低于 16SrDNA 检测结果。在线粒体 COI 基因序列分析中: 2 种甲壳动物的 A+T 含量略高于 C+G 含量, 都拥有较高的 A+T 含量。

通过与 2020 年中国科学院南海所的《广东廉江核电项目渔业资源调查报告》以及其他文献资料对比, 本次调查结果与既有研究基本一致, 在调查海域中, 代表性生物线粒体基因的遗传多样性指标, 多数处于中等偏上程度, 群体内部呈现均一状

态，其多样性指标落在线粒体分析指标的正常区间内。总的来说，所有接受测试物种的遗传多样性指标都处于正常水平。

2.3.3.3 污损生物

自然资源部第三海洋研究所于 2023 年 6 月至 2024 年 5 月在取水口附近海域，进行了污损生物周年挂板试验，在取水口附近海域依托养殖浮筏，采用规格为 15cm（长度）×15cm（宽度）×2cm（厚度）的水泥试板。低潮期时，底层挂板离海底约 4m。

表层试板平均附着密度和生物量分别 12137ind./m² 和 3069g/m²，附着密度季节变化为冬季（21000ind./m²）>夏季（15775ind./m²）>秋季（11425ind./m²）>春季（350ind./m²），主要受网纹纹藤壶附着密度的影响。附着生物量季节变化（图 6.4-9）为夏季（4960g/m²）>冬季（4245g/m²）>秋季（2960g/m²）>春季（110g/m²），季节差异主要受贻贝类和网纹纹藤壶附着生物量的影响。

底层试板平均附着密度和生物量分别为 18518ind./m² 和 5539g/m²，附着密度季节变化夏季（27450ind./m²）>秋季（11425ind./m²）>冬季（21475ind./m²）>春季（3050ind./m²），主要受贻贝类、网纹纹藤壶以及端足类附着密度的影响。附着生物量季节变化为秋季（11562g/m²）>夏季（5849g/m²）>冬季（4481g/m²）>春季（267g/m²），季节差异主要受网纹纹藤壶附着生物量的影响。

比较污损生物表层试板和底层试板附着密度和生物量季节变化情况，表层试板的附着密度普遍低于底层试板。表层试板附着密度在冬季最高，夏季、秋季次之；底层试板的附着密度在秋季最高，夏季、冬季次之。表层试板附着生物量在夏季、冬季最高，底层试板夏季、秋季附着生物量最高，主要受优势种贻贝类、网纹纹藤壶的影响，表底层试板密度和生物量均在春季出现最低值。

综合出现频率、附着密度和生物量，表层试板的优势种（IRI>1000，下同）主要有网纹纹藤壶；重要种（IRI 介于 100~1000，下同）主要有偏顶蛤、带偏顶蛤、太平洋侧花海葵、别藻苔虫、小相手蟹；常见种（IRI 介于 10~100，下同）主要有翡翠贻贝、僧帽牡蛎、韦氏团水虱等。底层试板的优势种（IRI>1000，下同）主要有网纹纹藤壶；重要种（IRI 介于 100~1000，下同）主要有翡翠贻贝、牡蛎、小相手蟹；常见种（IRI 介于 10~100，下同）主要有偏顶蛤、带偏顶蛤、太平洋侧花海葵、波斯沙蚕、印度毛粒蟹、柄涡虫。

2.3.3.4 经济鱼类和保护性水生生物生活习性 & 活动区

1) 主要经济鱼类及三场分布

a) 斑鲷 *Clupanodon punctatus* (Temminck et Schlegel)

斑鲷属于鲱形目，鲱科、鲷属。俗称黄鱼。

地理分布：世界产区有波利尼西亚、中国、日本和印度。在我国分布于黄海、东海和南海。广东、广西沿岸均有分布。

生活习性：斑鲷属于中下层和中上层兼栖型鱼类，白天多在中下层觅食，晚间则上浮至中上层。

洄游移动：斑鲷它不属于长途洄游的鱼类，仅在栖息的海湾内外移动，每年 8 月份陆续从较深的区域集群游向沿岸浅水区域索饵，并选择适当场所产卵。斑鲷分布相对较广，但多分布在一些盐度相对较高的河口、浅海内湾。

b) 二长棘鲷 *Parargyrops edita* Tanaka

二长棘鲷属于鲈形目，鲷科、二长棘鲷属。俗称鱼立鱼、圆头鱼立。

地理分布：世界分布区有日本、朝鲜、中国、印度尼西亚、越南等。我国分布于南海和东海南部，其中南海以北部湾海区为盛产。

生活习性：二长棘鲷属暖温性近底层鱼类，适温范围为 21—27℃，底质以泥和泥沙为适宜，底层盐度范围为 31.0—34.8，但盐度低于 33.2 的海区分布较少。

洄游移动：二长棘鲷喜结群，成鱼平时栖息于较深水域，分布广且移动性不大，其洄游多见于产卵时期。每年 10—11 月份期间，亲鱼性腺逐渐发育，到 12 月份至翌年 2 月份鱼群洄游移动至沿岸一带水域产卵，鱼群产卵结束后，鱼群分散并移至较深一带水域栖息。

c) 长丝鰕虎鱼 *Cryptocentrus filifer* (Cuvier et Valenciennes)

长丝鰕虎鱼隶属于鲈形目、鰕虎鱼科、丝鰕虎鱼属，俗名丝虎鱼。分布于新加坡、印度尼西亚、我国南海、台湾海峡一带、日本以及沿海等。

d) 海鲇 *Arius sinensis lacepede*

海鲇，隶属于鲇形目海鲇科海鲇属的 1 种鱼类，又名赤鱼，青松鱼。体长形，稍粗壮；长 500-800 毫米，重 2-3 千克，最大个体可长 1.5 米。头大且平扁，眼较小，眼间隔宽而平坦、口大。下位，在口角外形成较厚的唇褶。腭骨牙呈绒毛状每侧 3 群。有触须 3 对，上颌 1 对较长，下颌 2 对较短、体裸露无鳞、皮肤光滑侧线明显且平直。体背部深绿色，腹部银白色。背鳍位于胸鳍后上方；背鳍、胸鳍各有一硬棘，棘的前后缘有锯齿；尾鳍深叉形呈灰黄色；其他各鳍均为浅紫色。

地理分布：分布于印度洋和太平洋。我国产于南海和东海，尤以南海产量较多。

生活习性：为暖水性底层鱼类，常在缓流的泥沙底活动，主要以甲壳类、贝类等以及小鱼为食。在生殖季节结成大群，游向沿岸和河口浅水产卵。在北部湾，雷州半岛西岸外有其主要产卵场。产卵期为 3-6 月。怀卵量 200-300 粒。卵大,直径平均约 12 毫米，重约 1 克，沉性。雄鱼有口内孵卵育仔习性。

e) 短吻鲷 *Leiognathus brevirostris* (Valenciennes)

短吻鲷，为鲈形目、鲷科的其中一个种。体长为体高的 2.7 倍，头长的 4.3 倍。胸部无鳞，侧线可达尾柄末端，背鳍第二硬棘不作丝状延长，且不及体高的 1/2，背鳍第三到第四枚硬棘间有一不明显黑斑。背鳍有硬棘 8 枚、软条 16 至 17 枚，臀鳍有硬棘 3 枚、软条 14 枚。两颌可向前伸出，形成一向下斜的口管。口裂始于眼下缘水平线上。胸部有鳞。项部有一深蓝色鞍状斑，背鳍棘上半部有一深黑色斑，眼上缘至尾基有一黄色纵带。

地理分布：本鱼分布于印度太平洋区，包括东非、马达加斯加、毛里求斯、马尔代夫、斯里兰卡、印度、孟加拉湾、泰国、马来西亚、越南、日本、中国、印尼、澳洲、新几内亚、密克罗尼西亚、帕劳、马绍尔群岛、马里亚纳群岛等海域。

生活习性：暖水性鱼类。栖息于近岸海区向下至深度大约 40 米，成群出现。常出现在河口的咸水域，捕食小型甲壳类、多毛类维生。

f) 长毛明对虾 *Penaeus penicillatus* Alcock

长毛明对虾属十足目，对虾科、对虾属。属暖水性种类，是南海北部的重要经济虾类之一。分布于马来西亚、印度尼西亚、缅甸、巴勒斯坦等国家以及我国的福建、台湾、浙江、广东、广西沿岸海域。主要分布于水深 40m 以内，产卵期向河口移动，进行产卵繁殖，幼虾在河口长成后，移向较深的水域生活。

g) 须赤虾 *Metapenaeopsis barbata* (De Haan)

须赤虾为十足目、赤虾属海洋生物，俗名铁壳虾。印度尼西亚、日本、朝鲜及我国南海、东海各省区均有分布。栖息于水深 5-220 米之软泥至细砂底海区，尤以 20-70 米海区为密集，其对水温和盐度变化有较强的适应能力，底质自软泥至细沙环境都能适应。除摄食底栖生物外，还摄食底层游泳生物和游泳动物。系重要经济虾类。

h) 哈氏仿对虾 *Parapenaeopsis hardwickii* (Miers)

哈氏仿对虾，属十足目，对虾族，对虾科，仿对虾属，俗称滑皮虾、呛虾。其体形与对虾相似，且个体较大，肉鲜美。体长 60~95 毫米，甲壳较厚而坚硬，表面陷沟处有软毛。额角长，末端尖细，基部上缘微隆起，中部向下弯曲。眼较大，腰形，斜生，眼柄粗短。

地理分布：中国黄海南部和东海北部均有分布，国外分布于巴基斯坦、印度、新加坡、马来西亚等国。

生活习性：为亚热带、热带暖水种。栖息于水深 70m 以内不同地质的海底，30m 以内的沿岸水域分布较密集。摄食虾类、桡足类、硅藻类、小型鱼类、多毛类、双壳类等 16 个类群。

i) 远海梭子蟹 *Portunus pelagicus* (Linnaeus)

远海梭子蟹属于十足目，梭子蟹科、梭子蟹属。经济价值高的暖水性种，栖息于 5—30m 水深的泥及沙质的浅海海域，分布于日本、塔西提、菲律宾、泰国、马来群岛、澳洲和东非等海域，我国分布于浙江以南海区，包括浙江、福建、台湾、广东、广西等。

j) 火枪乌贼 *Loligo beka* Sasaki

火枪乌贼隶属于枪形目，枪乌贼科、枪乌贼属。火枪乌贼为小型头足类，经济价值高，为沿岸、河口的暖水性种类，春季集群产卵洄游，栖息于 10—30m 水深的浅海海底，分布于日本群岛南部，我国分布于浙江、福建、广东、广西等沿岸海域。

k) 曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni* de Rochebrune

曼氏无针乌贼属于乌贼目，乌贼科。俗称花粒子、麻乌贼、血墨。分布于印度洋、太平洋西部。广温性种类，我国沿海均产，分布中心在我国浙江和闽东海域。中小型乌贼类，为我国沿海产量最大的一种乌贼。喜趋光，具昼夜垂直移动的习性。产卵期为冬、春季。栖息水温为 16.0—24.0℃，适应盐度 30.00—33.00。

根据 2023~2024 年渔业资源调查专题成果，厂址排放口邻近海域 15km 范围内无主要经济鱼类的三场分布。根据原中华人民共和国农业部 2002 年 2 月编制的《中国海洋渔业水域图》，南海中上层鱼类产卵场及底层、近底层鱼类产卵场均在厂址排水口 30km 以外。

2) 保护区及受保护水生生物状况

(1) 保护区

本工程周边海域保护区主要有国家级保护区 3 个，即广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区，详见 2.3.1.3 章节。

（2）保护性水生生物

厂址排放口周边海域保护性水生生物主要是指列入《国家重点保护的野生动物名录》的一级和二级保护动物。根据调查和收集，本项目周边海域主要保护性水生生物有儒艮（一级）、中华白海豚（一级）、文昌鱼（二级）和中国鲎（二级）。

a) 儒艮别名海牛、美人鱼，属哺乳纲海牛目儒艮科，拉丁学名 (*Dugong dugon*)。系海生草食性兽类，属国家一级保护动物，其栖息地与水温和海流以及作为主要食物的海草分布有密切关系。多在距海岸 20 米左右的海草丛中出没，有时随潮水进入河口，取食后又随退潮回到海中，很少游向外海。

儒艮行动缓慢，性情温顺，视力差，听觉灵敏，平日呈昏睡状。饱食后除不时出水换气外，爱潜入 30~40 米深的海底，伏于岩礁等处静候，从不远离海岸到大洋深海去。对海温有一定的要求，不去冷海。对冷敏感，水温低于 15℃，易染肺炎死去；水质差也易罹皮肤溃疡、内寄生虫等。儒艮喜成群活动，以 2~3 头的家族群活动，虽然常单独行动，但也会组成 6 头左右的小群体，有时会达数百头以上。在隐蔽条件良好的海草区底部生活，定期浮出水面呼吸。生性害羞，只要稍稍惊吓，就会立即逃避。从不远离海岸。行动速度不快，一般每小时 2 海里左右，在逃跑时也不过 5 海里。一般每 1 至 2 分钟浮至水面一次，但有时会潜水达 8 分钟以上。上浮时仅将吻部尖端露出水面，下潜时会像海豚一般整个身体垂直旋转 1 圈。一般而言每天会游动 25km 左右的距离。

儒艮仅摄食海床底部生长的植物，深度约在 1 到 5 米左右，以多种海生植物的根、茎、叶，与部分藻类等为食，常会吃掉整株植物。它们不会使用门牙来咬断海草，而是以其大而可抓握的吻来摄食。有时它们会留下一条啃食过的痕迹，当退潮时海草林露出水面即可见到。儒艮一般白天或晚上皆会进食，但在人类活动频繁的地区则多半在晚上觅食。每天要消耗 45 公斤以上的水生植物，有很大一部分时间用在摄食上。觅食海藻的动作酷似牛，一面咀嚼，一面不停地摆动着头部，所以又有“海牛”一名。

b) 中华白海豚（学名: *Sousa chinensis*），属于鲸类的海豚科，是宽吻海豚及虎鲸的近亲，属于国家一级保护动物，素有“水上大熊猫”之称。

中国的最早的发现纪录是在唐朝。清朝初期，广东珠江口一带称它为卢亭，也有渔民称之为白忌和海猪。虽然名为“白海豚”，然而刚出生的中华白海豚体呈深灰色，年青的会呈灰色，至于成年的则呈粉红色。

中华白海豚的寿命一般为 30~40 年，3~5 岁达到性成熟，常年都可交配，发情期多集中在 4 月至 9 月的温暖季节，妊娠期 10~11 个月，每胎产一仔。刚出生的幼豚体长接近 1 米，幼体出生时尾部先从母体内露出（陆生哺乳动物头先露出防止出生过程中幼婴呛水而死。出生后即由母体带领学游泳，母豚有乳汁分泌，哺乳期 8~20 个月。由于整个哺乳过程母子形影不离，保护周到，幼豚的成活率均比其它水生动物成活率要高得多。雌性海豚会在 10~11 岁时到达成熟期。幼豚会在全年出生，但出生率在春季及夏季稍高。在其他地区，白海豚的寿命最长为 40 岁。

中华白海豚喜欢栖息在亚热带海区的河口咸淡水交汇水域，在澳大利亚北部，非洲印度洋沿岸，东南亚太平洋沿岸均有分布。主要分布国家和地区（海域）：澳大利亚、巴林、孟加拉、文莱、柬埔寨、中国、科摩罗、吉布提、埃及、埃塞俄比亚、香港、印度、印尼、伊朗、伊拉克、以色列、肯尼亚、科威特、澳门、马达加斯加、马来西亚、莫桑比克、缅甸、阿曼、巴基斯坦、巴布亚新几内亚、菲律宾、卡塔尔、沙特阿拉伯、新加坡、索马里、南非、斯里兰卡、坦桑尼亚、泰国、东帝汶、阿联酋、越南、也门。

中华白海豚在中国主要分布在东南部沿海，据文献记载，最北可达长江口，向南延伸至浙江、福建、台湾、广东和广西沿岸河口水域，有时也会进入江河。

在保护区水域 2003 年调查中华白海豚的数量大约在 50 头左右，2012 年调查数量达 120 头以上，且以青壮年为主。保护区海域的中华白海豚与中国其他水域（福建厦门、长江和浙江乐清沿岸）的中华白海豚之间已有显著的遗传差异和分化。

c) 文昌鱼，脊索动物，文昌鱼科生殖腺左右对称排列于腹部两侧，这里指的是普通文昌鱼。文昌鱼外形像小鱼，体侧扁，体长 40~57 毫米，美国产的加州文昌鱼可长达 100 毫米。半透明，头尾尖，体内有一条脊索，有背、和尾鳍。文昌鱼是珍稀名贵的海洋野生头索动物，为国家二级重点保护动物。

文昌鱼是适合在温暖海中的动物。它半截下身埋在沙中，仅以前端露出沙外，白天半截身体躲在沙砾之中，在阳光之下，摇摇摆摆，依赖水流带来浮游生物及硅藻、植物供它吃食，这种被动式的摄食方式，说明它的低级性，也就是说明它在进化中低于脊椎动物：到了晚间才是它活跃的时刻，这时它离开沙窝，如同离弦的羽箭

弹射到水面活动，一旦遇到惊扰，又游回沙滩窝内。文昌鱼游泳时以螺旋形方式前进。5~7 月为生殖季节，一生中可繁殖 3 次，其中以最后一次产卵最多。寿命约 2 年 8 个月左右。文昌鱼分布很广，遍及热带和温带的浅海海域，其中尤以北纬 48° 至南纬 40° 之间的沿海地区数量较多。它们对底质要求比较严格，通常仅局限在有机质含量低的纯净粗砂和中砂中。人为破坏所造成的栖息地环境改变有可能造成文昌鱼种群的消失。

d) 中国鲎俗称海怪、三刺鲎。中国鲎一般生活在深海区，主要吃小型无脊椎动物、薄壳小贝类、海豆芽、海葵等。平时生活于水深 40m 以内的泥沙质海底，以蠕虫、环节动物、腕足动物及软体动物为食，昼伏夜出。由于中国鲎生长周期长，需要近 13 年时间才能繁殖，保护形势严峻，因此我国广东省、广西壮族自治区、福建省和江苏省将其列为重点保护水生野生动物。

本次水生生态四季调查均未发现中国鲎分布。

综上，本调查期间调查水域均没有发现儒艮和其他珍稀或濒危海洋生物物种。也未出现国家级和省级保护性鱼类。

2.3.3.5 海洋生物多样性现状评价

根据《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》（HY/T 215-2017），各季度海洋生物多样性状况如下：

秋季调查，浮游植物和底栖生物多样性处于中等水平，浮游动物和潮间带生物处于一般水平，海洋生物多样性综合指数为 49.56，处于一般水平，局部区域或个别生物群落的物种多样性较高，但生物多样性总体水平一般。

冬季调查，浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物多样性均处于中等水平，海洋生物多样性综合指数为 63.72，处于中等水平，海洋生物物种较丰富，物种分布较均匀。

春季调查，浮游植物、浮游动物、底栖生物、潮间带生物多样性均处于中等水平，海洋生物多样性综合指数为 60.51，处于中等水平，海洋生物物种较丰富，物种分布较均匀。

夏季调查，浮游植物、浮游动物、潮间带生物多样性均处于中等水平，底栖生物处于一般水平，海洋生物多样性综合指数为 54.71，处于中等水平，海洋生物物种较丰富，物种分布较均匀。

2.3.3.6 海洋生态健康状况评价

广东廉江核电项目位于北部湾安铺港海域，项目取排水口半径 15km 范围内有 3 处国家级自然保护区，分别为广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口国家级红树林生态自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区，保护区介绍见报告 2.3.1.3 节。保护区内及厂址附近海域涉及合浦海草床、山口红树林和湛江红树林以及海湾生态系统等特殊生境。

(1) 评价方法

合浦海草床、山口红树林和湛江红树林生态健康状况参考《2023 年全国海洋生态环境质量公报》和《2023 年广西壮族自治区生态环境状况公报》评价结果。

海湾生态系统，根据《近岸海洋生态健康评价指南》（GB/T 42631-2023）的河口生态系统和海湾生态系统评价要求进行评价。

海湾生态系统生态健康评价包括水环境、沉积环境、生物质量、栖息地、生物群落五类指标，具体指标见表 2.3-17。

水环境指标指标的权重分值为 10，水环境指标按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。（其中优良二类）面积指标 I 级赋值为 15、II 级赋值为 10、III 级赋值为 5。

沉积环境指标的权重分值为 10，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 10，II 级赋值为 5、III 级赋值为 1。

生物质量指标的权重分值为 10，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中，其中各指标 I 级赋值为 10，II 级赋值为 5、III 级赋值为 1。

栖息地指标的权重分值为 20，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 20，II 级赋值为 10、III 级赋值为 5。

生物群落指标的权重分值为 45，按照 I 级、II 级、III 级进行赋值。其中各指标 I 级赋值为 45，II 级赋值为 30、III 级赋值为 15。A、B、C、D、E 分别为浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、大型底栖动物密度、大型底栖动物生物量的评价标准值。

海湾生态系统生态健康指数按下述计算：

$$CEH_{indx} = W_{indx} + S_{indx} + BR_{indx} + E_{indx} + D_{indx}$$

依据 CEH 评价海湾生态系统生态健康状况；

当 $CEH_x \geq 80$ 时，生态系统处于健康状态；

当 $43 \leq CEH < 80$ 时，生态系统处于亚健康状态；

当 $CEH_x < 43$ 时，生态系统处于不健康状态。

（2）评价结果

根据《2023 年全国海洋生态环境质量公报》和《2023 年广西壮族自治区生态环境状况公报》评价结果，合浦海草床、山口红树林和湛江红树林生态系统均为健康状况。

根据生态环境部华南环境科学研究所编制的《2023-2024 年邻近海域监测报告》调查结果，栖息地指标年度变化，广东廉江核电项目邻近海域生态系统生态健康评价二级指标得分表见表 2.3-18，一级指标得分表见表 2.3-19。

各季度海洋生态健康状况中，水环境健康状况秋季处于不健康状态，冬季、春季、夏季调查处于健康状态；沉积物四季调查均处于健康状态；生物质量秋季、冬季、春季调查处于亚健康状态，夏季调查处于健康状态；栖息地质量四季调查均处于健康状态；生物群落质量四季调查均处于不健康状态。总体而言，广东廉江核电项目邻近海域生态系统生态健康状况处于亚健康状态。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

廉江整体产业发展基础较好，全市产业结构以二、三产为主。廉江市小家电产业集群成为工信部公布的 2022 年度 100 家中小企业特色产业集群之一，是湛江唯一上榜的产业集群；以红橙为代表，湛江鸡、荔枝、茶叶和丝苗米等为特色产品的现代特色农业，近年来发展迅猛，先后创建了四大省级现代农业产业园。“十三五”期间，廉江市生产总值平稳发展，生产总值由 2016 年的 472.76 亿元增加到 2020 年的 483.50 亿元，2020 年生产总值占湛江市生产总值的比重为 15.59%，继续保持湛江市首位。其中，2016 年增长率达 10.8%，比湛江市高 2.9 个百分点，随后生产总值增长率呈现逐年下降趋势，到 2020 年增长率仅为 0.2%。同时，廉江着力于产业结构调整，转变经济增长方式，优先发展资源节约型、环境友好型产业，三次产业结构由 2016 年的 22.6: 44.0: 33.4 调整为 2020 年的 28.4: 32.4: 39.2，工业比重有所萎缩，现代服务业比重逐年提高，增长态势良好，产业结构逐步优化，全市单位 GDP（万元）能耗降低至 0.322 吨/标准煤，五年下降 3.33%。

根据《廉江市先进制造业发展“十四五”规划》，廉江市坚持以“市场主导、政府推动；重点突破、集聚发展；立足创新、绿色发展；数智转型、融合发展”为基本原则，高起点谋划培育发展清洁能源、电子信息、先进装备制造、医药健康四

大新兴产业，全力打造智能家电、农副食品加工、家居建材三大特色优势产业，构建“4+3”先进制造业产业体系。

廉江市着力推动制造业高质量发展，深入实施土地供给支撑、高质量招商引资、优质企业培育、创新能力提升、产业融合发展、载体平台优化、扩大开放合作、配置要素保障八大重点工程，将廉江打造成为粤西地区清洁能源、电子信息、智能家电、农副食品加工、家居建材等产业重要集聚区，推动制造业跨界融合创新，加速“廉江制造”向“廉江智造”发展，全面提高制造业发展能级，助推廉江加快建设湛江市域副中心城市、国家创新型示范县（市）、广东重要的智能电器制造基地和宜居宜业宜游的现代化生态园林城市。

廉江市工业发展重点领域——清洁能源

积极推进廉江核电项目加快建设，推动规划建设配套产业园，引进核电配套设施生产项目和助推生活基地落户。到 2025 年，构建完善清洁能源产业链条，打造清洁能源产业集群。

——打造清洁能源产业集群。加快推动广东廉江核电项目（一期）、廉江市龙合风力发电场、渔光互补光伏发电、天然气分布式综合能源站、廉江压缩空气储能项目、廉江市生活垃圾焚烧发电二期等项目建设。推进核电配套产业园建设，推动核电工程施工调试、核能综合利用等配套产业发展，促进海水淡化、制氢、余热再利用等能源综合利用项目加快发展。以现有清洁能源产业为基础进行“延链、补链、强链”，紧盯行业头部企业和产业链关键环节，全力推进“链长”带动制，实现各环节龙头引领、企业强强联手、资源整合共享，打造清洁能源产业集群。

——大力发展清洁能源装备产业。以廉江核电建设项目为依托，加快建设龙头沙临港产业聚集区，培育集材料研发、装备制造、项目建设、运营维护等为一体的核电产业集群。围绕核电项目配套需求，加快技术引进、创新和嫁接，改造提升现有产品，有针对性地开发新产品，把民用、通用产品扩大到核电领域，形成核电配套产品群。推进先进核电技术和工艺创新，加快推动 5G、人工智能、工业互联网、物联网、大数据、区块链等技术在核电站的融合应用，建设智能核电。依托廉江港口条件和区位优势，围绕新能源设备需求，重点引进发展热能转换装备装置、节能机电设备、输配电设备及材料等装备制造企业，逐步推进装备制造产业规模化、集约化发展。

——引进发展核电配套服务产业。围绕核电站建设和运行管理，大力发展核电技术研发、工程设计、运行维护、教育培训、建筑安装等核电配套服务业，建设粤西核电重点服务基地。鼓励核电关联龙头企业与国内外知名高校和科研机构加强合作，设立工程研究中心（工程实验室、企业技术中心），加大研发力度，提高自主创新能力。加快建设核电运行服务基地，提升服务能力和水平，为国内外核电站提供备品备件、设备检修检测、换料、辐射环境和核安全防护、核应急等核电运行服务，建设成国内重要的核电运行管理中心。借鉴国内现有海水淡化项目建设运营经验，研究拓展海水淡化等核能综合利用，着力打造核电“新产业、新业态、新模式”，促进传统核电长出新业态、产生新动能。

另外，2016年2月，国家电投与广东省签订“十三五”战略合作协议，确定“十三五”期间国家电投在粤开发建设广东廉江核电项目。2016年12月，国家《能源发展“十三五”规划》发布，厂址列入国家“十三五”规划开工备选目录（二类厂址）。2017年，广东廉江核电项目先后列入广东省《能源发展“十三五”规划》新开工项目、《广东省沿海经济带综合发展规划（2017-2030年）》开工建设项目。2019年，广东廉江核电项目列入《中共湛江市委关于加快建设省域副中心城市打造现代化沿海经济带重要发展极的决定》中“能源支撑项目”。《广东省能源发展“十四五”规划（2021-2025年）》指出，积极有序推动廉江核电等项目开工，并推动后续一批项目开展前期工作。因此，从国家层面、广东省层面和湛江市层面，均已经将广东廉江核电项目列入能源发展规划，满足规划相容性要求。

厂址半径15km范围内涉及的行政区域是广东省廉江市车板镇、营仔镇、青平镇、高桥镇和红江农场；广西合浦县的山口镇、白沙镇和沙田镇，博白县的大坝镇。厂址半径15km范围内规模较大企业共21家，从业总人数370-2000人，主要产业包括：木材加工、胶合板制造加工、光伏发电、烟花、牲畜屠宰等。厂址半径15km范围内工业企业分布情况见图2.3-24。厂址半径5km范围内主要涉及车板镇、青平镇和高桥镇三镇，其中仅车板镇镇区位于5km范围内，车板镇围绕三大重点产业发展方向，重点布局三大产业板块，西南部重点布局滨海旅游区，主要以娱乐康体用地为主；南部重点布局港口物流基地，主要以港口用地为主；东部重点布局临港产业区，主要以工业用地为主。厂址半径5km范围内无大型工业发展规划。

厂址半径15km范围内的矿产资源共有7处，其中青平镇3处，为建筑用花岗岩矿；车板镇3处，为页岩矿及高岭土；营仔镇1处，为建筑用花岗岩矿。

距离厂址最近的矿产为廉江市车板镇大坝村文头岭村页岩矿，位于厂址的 NE 方位，1.0km 处，开采矿种为油页岩，总储量为 38000 千立方米。廉江市车板镇大坝村文头岭村页岩矿为储备矿产资源，暂无对该矿的开采计划，无采矿权设置。厂址不存在压覆矿现象。

2.3.4.2 交通

1) 陆上交通

厂址半径 15km 范围内涉及的行政区域是广东省廉江市车板镇、营仔镇、青平镇高桥镇和红江农场；广西壮族自治区北海市合浦县的山口镇、白沙镇和沙田镇；玉林市博白县的大坝镇。

厂址半径 15km 范围内交通便捷畅通，有高速公路 1 条（G75 渝湛高速公路），国道 3 条（G228、G241、G325），省道 1 条（S388），县道 X721、X674、X710、X712、X227 及其他乡村道路。

厂址半径 15km 范围内现有主要陆上交通公路分布情况见表 2.3-20，交通公路分布见图 2.3-25。

厂址半径 15km 范围无铁路。规划建设合湛高铁，距离厂址 6.4km，NNE 方位。合湛高铁即广西壮族自治区北海合浦县至广东省湛江市的高速铁路，中国“八纵八横”高速铁路网主通道之一“沿海通道”的重要组成部分，是国家重要的区际性客运专线铁路，将构成南宁至广州第二高速铁路。合湛高铁起自北海市合浦县，终至湛江枢纽，正线运营长度 139.325km，速度目标值 350km/h，设车站 6 座，规划车站均位于厂址半径 15km 范围外。

厂址半径 5km 范围内主要道路有东西向的渝湛高速公路 G75，还有省道 1 条（S388）、多条乡道。目前，进场道路、应急道路已建设完成。厂址半径 5km 范围内陆上交通分布具体见表 2.3-21，分布见图 2.3-26。

厂址应急撤离路线方案为：

路线 1（进厂道路）：厂址（厂区东南侧）向南接入 S388 省道，后继续沿 S388 省道向东南撤离到营仔镇，再向东北撤离接入 G75 高速，向东南撤离后经县道至安铺镇，或者经 S287 县道撤离到廉江市。

路线 2（进厂道路，备用路线）：厂址（厂区东南侧）向南接入 S388 省道（原 X673 县道），后向东南接入 X674 县道撤离至营仔镇，再向东北撤离接入 G75 高速，向东南撤离后经县道至安铺镇，或者经 S287 省道撤离到廉江市。

路线 3（应急道路）：厂址（厂区东北侧）接入 S388 省道，后接入 G75 高速，向东南撤离到安铺镇或继续撤离到廉江市。

路线 4（应急道路，备用路线）：厂址（厂区东北侧）接入 S388 省道（原 X673 县道），后向北撤离到 G325 国道，向东南撤离到安铺镇或继续撤离到廉江市。

考虑到上述各个方案撤离路线的夹角，推荐的进场道路方案为路线 1，推荐的应急道路方案为路线 3，其他两个方案作为备用路线。

2) 水上交通

(a) 码头

厂址半径 15km 范围内的码头有龙头沙码头和营仔港 2 个。其中，龙头沙港口位于厂址 S 方位约 10.0km 处，营仔港位于厂址 SE 方位约 14.0km。

龙头沙码头：是北部湾沿岸天然良港，现有 1000 吨级码头 200 米，泊位两个，吞吐量 20 万吨，码头堆场 4 万平方米，护岸堤 1000 米。年平均停靠船只 600 只，主要装卸货物为水产品，无危险品运输。

营仔港：长 618 米，宽 240 米，港区水域面积 15 万平方米，1990 年经农业部批准为营仔渔业港区，属综合性港口，由渔业作业区和商业口岸等部分组成。泊位 5 个，均为 1000 吨以下。主要装卸货物为水产品、煤，无危险品运输。

厂址半径 15km 范围内的码头分布情况，见表 2.3-22。

(b) 水路航线

厂址半径 15km 范围内水路航线有 2 条，为安铺（营仔）航道，距离厂址 SE 方位 14.8km；及安铺（龙头沙）航道，距离厂址 SSW 方位 10.8km。详见表 2.3-23，分布图见图 2.3-27。

3) 机场及航空线

根据中国民用航空中南地区空中交通管理局提供的相关资料，厂址半径 4km 范围内无民航航路（线）；厂址半径 16km 范围无机场。

厂址于湛江吴川机场西向，直线距离为 81.7km。湛江吴川机场的进离场航线距厂址最近的航段是草塘 VOR/DME 至南康 VOR/DME 的离场航线，最近距离为 5.7km，厂址位于该离场航线的飞行程序保护区内。针对湛江吴川机场往南康 VOR/DME 离港的航空器与厂址相互影响的问题，业主单位委托北京全顺辅科贸有限公司开展了相关专题研究。北京全顺辅科贸有限公司于 2020 年 6 月完成了《广东廉江核电项目厂址区域民用飞机坠机概率评估报告》。根据报告结果，厂址区域内坠机概率小于

筛选概率水平。中国民用航空中南地区管理局于 2020 年 6 月 29 日复函《民航中南局关于广东廉江核电项目厂址附近民用航线位置及距离等信息的复函》（民航中南局函〔2020〕178 号）同意报告中的坠机概率分析结论。

4) 交通发展规划

根据《廉江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，十四五期间，廉江市将全面连接西部陆海通道、融入湛江 123 小时交通可达圈，构建 15 分钟可达区域重要交通枢纽、30 分钟可达湛茂核心及副中心，60 分钟可达北部湾主要城市的对外交通网络。

构建“外通内联、高效便捷”的综合交通体系，整合提升各级公路，优化主副中心与各镇的联系通道，推进 45 分钟县域全覆盖的市域交通网络建设。推动城区基本公共交通服务网络向周边地区延伸，实现城乡客运基本公共服务均等化。

厂址半径 15km 范围，主要有五项公路规划：

龙头沙互通连接线：距离厂址 3.3km，E 方位，起点 G325 国道横桎埗，止于车板荔枝江村委，全长 11.14km，其中青平镇约 7.5km，车板镇 3.614km，设计路基宽 12 米，路面宽 9 米，二级路。

滨海公路：距离厂址 3.4km，SW 方位。起点于与遂溪县交界的安铺镇三墩村委，经安铺、营仔、沿龙营围大坝至龙头沙港，再向西北经高桥镇德耀沿高德乡道接国道 G325 线，全长约 45km。

G241：距离厂址 12.4km，W 方位。

联 11：距离厂址 10.3km，WSW 方位。

联 5：距离厂址 10.6km，SW 方位。

厂址半径 15km 范围，规划合湛高铁，距离厂址 6.4km，NNE 方位。合湛高铁即广西壮族自治区北海合浦县至广东省湛江市的高速铁路，中国“八纵八横”高速铁路网主通道之一“沿海通道”的重要组成部分，是国家重要的区际性客运专线铁路，将构成南宁至广州第二高速铁路。合湛高铁起自北海市合浦县，终至湛江枢纽，正线运营长度 139.325km，速度目标值 350km/h，设车站 6 座，（为北海北站（预留）、白沙镇站、廉江南站、遂溪南站，引入合浦站、湛江西站）。

厂址半径 15km 范围无合湛高铁车站。厂址半径 15km 范围内陆上交通规划见图 2.3-28。

（3）水运规划

十四五期间，厂址排水口半径 15km 范围，将加快港口码头及道路交通网络体系建设，打造智慧交通，形成高效、全方位的对外交通格局。加快湛江港廉江港区公共航道建设，进一步完善龙头沙国家一级渔港码头，重新规划好营仔港、安铺港，提升廉江港区作为大西南出海通道地位，将港口建设成为联通粤港澳大湾区、对接海南自贸港和北部湾城市群的重要节点。

厂址排水口半径 15km 范围码头规划见图 2.3-29。

航道方面，廉江港区龙头沙作业区进港航道，距离厂址排水口 0.6km，WNW 方位：航道里程 41km，规划为 10 万吨级航道，通航 10 万吨级散货船。

廉江港区营仔作业区主航道，距离厂址排水口 7.5km，SE 方位：航道里程 1km，规划为 1000 吨级一级航道，可通航 1000 吨级杂货船。

（4）航空规划

厂址半径 16km 范围无新机场规划，半径 4km 范围无航线规划。

2.3.4.3 危险品设施

根据分析计算，厂址附近的油、气、危险品仓储设施和油气输送管道的存在或运行不会影响本项目的建设和安全运行。厂址附近移动危险源不会对核电厂的安全运行构成潜在威胁。

表 2.3-1 廉江市及厂址半径 10km 范围内土地利用情况表

土地类型	廉江市		半径 10km	
	土地面积/公顷	所占比例	土地面积/公顷	所占比例
湿地	8230.68	2.89%	2800.89	9.08%
耕地	60883.4	21.39%	6329.04	20.53%
园地	36616.46	12.86%	3390.85	11.00%
林地	102609.56	36.04%	11237.32	36.44%
草地	4510.09	1.58%	594.65	1.93%
城镇村及工矿用地	32456.52	11.40%	2078.36	6.74%
交通运输用地	2878.05	1.01%	250.38	0.81%
水工建筑用地	544	0.19%	75.13	0.24%
水域	30457.93	10.70%	3495.20	11.34%
其他	5506.02	1.93%	582.59	1.89%
总面积	284692.71		30834.41	

表 2.3-2 廉江地表水一级环境功能区划表（河流部分）

序号	一级水功能区名称	所在主要行政区			范围		长度 (km)	水质现状	水质管理目标	
		水系	水资源四级区	县级行政区	起始范围	终止范围			2020 年	2030 年
1	高桥河廉江开发利用区	高桥河	雷州半岛	廉江市	省界下 3km	廉江市高桥镇德耀村	9	劣 V	按二级区划	
2	青平河廉江开发利用区	青平河	雷州半岛	廉江市	廉江市青平镇横桠埗村	廉江市车板镇龙头沙村	28	II~III	按二级区划	

表 2.3-3 廉江地表水二级环境功能区划表（河流部分）

序号	水功能二级区名称	所在水功能一级区	所在主要行政区	范围		长度 (km)	主导功能	水质现状	水质管理目标		备注
				起始范围	终止范围				2020 年	2030 年	
1	高桥河高桥饮用农业用水区	高桥河廉江开发利用区	廉江市	省界下 3km	廉江市高桥镇德耀村	9	饮用、农 用	劣 V	III	II	高桥水厂
2	青平河车板饮用农业用水区	青平河廉江开发利用区	廉江市	廉江市青平镇横桠埗村	廉江市车板镇龙头沙村	28	饮用、农 用	II~III	III	III	车板水厂

表 2.3-4 廉江地表水一级环境功能区划表（水库部分）

序号	水系	水资源四级区	水功能一级区名称	功能区编码	所在行政区	集雨面积 (km ²)	总库容 (万 m ³)	兴利库容 (万 m ³)	现状 水质	水质管理目标	
										2020 年	2030 年
1	九洲江	雷州半岛	山佳水库开发利用区	H090150C890300	廉江市	1.80	118.0	55.6	IV	IV	III
2	九洲江	雷州半岛	过水塘水库开发利用区	H090150C840300	廉江市	3.00	123.0	90.0	V	IV	III

表 2.3-5 廉江地表水二级环境功能区划表（水库部分）

序号	水系	水资源四级区	水功能二级区名称	功能区编码	所在行政区	集雨面积 (km ²)	总库容 (万 m ³)	兴利库容 (万 m ³)	主导功能	现状 水质	水质管理目标	
											2020 年	2030 年
1	九洲江	雷州半岛	山佳水库农业用水区	H090150C890313	廉江市	1.80	118.0	55.6	农用	IV	IV	III
2	九洲江	雷州半岛	过水塘水库农业用水区	H090150C840313	廉江市	3.00	123.0	90.0	农用	V	IV	III

表 2.3-6 厂址半径 15km 范围内规划或者拟建的旅游风景区的分布情况

规划景区		所在地	与厂址位置关系	
			方位	距离 (km)
山口自然生态体验旅游组团（山口文化观光 海洋探奇旅游）	山口红树林观光、科研、修学旅游	合浦县山口镇	S	8.5
	儒艮（美人鱼）自然保护地观赏旅游	合浦县山口镇	W	8.5
	大士阁、箭毒木古迹古树园林游览	合浦县山口镇	W	13.5
南部滨海旅游区（滨海休闲旅游线路）	湛江红树林	廉江市车板镇	W	5.6
	虾海产	廉江市营仔镇	SE	14.5
	红橙基地	廉江市青平镇	NE	7.5
	武帝庙、古戏楼	廉江市青平镇	ENE	13.4

表 2.3-7 厂址周边自然保护区统计表

序号	自然保护区名称	位置	相对厂址中心		保护等级	面积 (hm^2)	保护对象
			方位	最近距离 (km)			
1	广东湛江红树林国家级自然保护区	广东省湛江市	S-WNW	2.3	国家级	20278.81	红树林自然生态系统
2	广西山口红树林国家级自然保护区	合浦县山口镇、沙田镇和白沙镇	SSW-WNW	4.7	国家级	8003	红树林自然生态系统
3	广西合浦儒艮国家级自然保护区	北部湾铁山港海域	SSW-WSW	8.1	国家级	30942.21	儒艮和中华白海豚等珍稀物种及其栖息环境海草床生态系统

表 2.3-8 湛江市管控单元要求

序号 7-青平-车板-高桥镇重点管控单元

环境管控单元编码	环境管控单元名称	行政区划			管控单元分类	要素细类
		省	市	县（市）		
ZH44088120026	青平-车板-高桥镇重点管控单元	广东省	湛江市	廉江市	重点管控单元	水环境农业污染重点管控区
管控维度	管控要求					
区域布局管控	1-1.【产业/鼓励引导类】以粤桂北部湾经济合作区为载体，布局装备制造、现代物流、新能源、海洋渔业等产业，推进传统建材、木材加工、家具、农副食品加工等产业绿色转型，鼓励发挥资源优势集约发展生态农业、生态旅游业。 1-2.【生态/禁止类】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。 1-3.【生态/限制类】一般生态空间内，可开展生态保护红线内允许的活动；在不影响主导生态功能的前提下，还可开展国家和省规定不纳入环评管理的项目建设，以及生态旅游、畜禽养殖、基础设施建设、村庄建设等人为活动。 1-4.【水/禁止类】划定的畜禽养殖禁养区、水产养殖及高位池养殖禁养区内，禁止任何单位和个人建立养殖场和养殖小区。 1-5.【水/禁止类】单元涉及卖皂河饮用水水源保护区，按照《中华人民共和国水污染防治法》《广东省水污染防治条例》等相关法律法规条例实施管理。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；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。					
能源资源利用	2-1.【能源/综合类】优化能源结构，加强能源消费总量和节能降耗的源头控制。 2-2.【能源/限制类】入园企业应贯彻清洁生产要求，有行业清洁生产标准的新入园项目需达到国内清洁生产先进水平，其中“两高”行业项目须实施减污降碳协同控制，采用先进适用的工艺技术和装备，单位产品物耗、能耗、水耗等达到清洁生产先进水平；现有不符合要求的企业须通过整治提升满足清洁生产要求。 2-3.【水资源/限制类】贯彻落实“节水优先”方针，发展节水型工业、农业、林业和服务业；严格实施水资源消耗总量和强度“双控”					
污染物排放管控	3-1.【水/综合类】加快补齐镇级生活污水收集和处理设施短板，因地制宜建设农村生活污水处理设施。 3-2.【水/限制类】城镇污水处理设施出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）一级 A 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26）的较严值。 3-3.【水/综合类】开展高位池养殖排查和分类整治，推动养殖尾水达标排放或资源化利用。 3-4.【水/综合类】畜禽养殖场、养殖小区应当依法对畜禽养殖废弃物实施综合利用和无害化处理，养殖专业户、畜禽散养户应当采取有效措施防止畜禽粪便、污水渗漏、溢流、散落。 3-5.【水/综合类】配套土地充足的养殖场户，粪污经无害化处理后还田利用具体要求及限量应符合《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB/T36195）和《畜禽粪便还田技术规范》（GB/T25246），配套土地面积应达到《畜禽粪污土地承载力测算技术					

	指南》要求的最小面积。对配套土地不足的养殖场户，粪污经处理后应符合《畜禽养殖业污染物排放标准》（DB44/613）。用于农田灌溉的，应符合《农田灌溉水质标准》（GB5084）。 3-6.【水/综合类】持续推进化肥、农药减量增效，深入推进测土配方施肥和农作物病虫害统防统治与绿色防控。 3-7.【大气/限制类】建材等“两高”行业项目，大气污染物排放应满足国家和省的超低排放要求。
环境风险防控	4-1.【风险/综合类】企业事业单位和其他生产经营者要落实环境安全主体责任，定期排查环境安全隐患，开展环境风险评估，健全风险防控措施，按规定加强突发环境事件应急预案管理。

表 2.3-9 北海市管控单元要求

查 找 序号	环境管控 单元编码	环境管控单 元名称	管 控 单 元类别	管 控 要 求		编制理由
B13	ZH450521 10002	广西山口红 树林国家级 自然保护区 生态保护红 线	优 先 保 护单元	空间布 局约束	1、严格落实国家、自治区对生态保护红线及自然保护地的管控要求。严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途，严格禁止任何单位和个人擅自占用和改变用地性质。 2、核心保护区内，除满足国家特殊战略需要的有关活动外，原则上禁止人为活动；一般控制区内，除满足国家特殊战略需要的有关活动外，原则上禁止开发性、生产性建设活动，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。 3、有限人为活动按照《中共中央办公厅国务院办公厅印发〈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〉》和省级环境管控及准入要求清单进行。 4、自然保护区执行《广西壮族自治区山口红树林生态自然保护区和北仑河口国家级自然保护区管理办法》相关要求；生态公益林、天然林还需执行国家、自治区以及市县相应法律法规要求。 5、《生态保护红线管理办法》出台后，按其规定执行。	单元特点：北部湾水源涵养生态保护红线；单元内有公益林、天然林。 要素属性：生态保护红线。 相关要求：依据《中共中央办公厅国务院办公厅印发〈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印发〈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〉》《自治区党委办公厅自治区人民政府办公厅印发〈关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的实施意见〉的通知》（桂办发〔2019〕35号）《广西壮族自治区山口红树林生态自然保护区和北仑河口国家级自然保护区管理办法》提出。
B4	ZH450521 30001	合浦县一般 管控单元	一 般 管 控单元	空间布 局约束	1. 永久基本农田一经划定，任何单位和个人不得擅自占用或改变用途。禁止任何单位和个人破坏永久基本农田耕作层。对永久基本农田实行严格保护，确保其面积不减少、土壤环境质量不下降，除法律规定的重点建设项目选址确实无法避让外，其他任何建设不得占用。 2. 在永久基本农田集中区域，不得新建可能造成土壤污染的建设项目；已经建成的，应当限期关闭拆除。 3. 禁止将重金属或者其他有毒有害物质含量超标的工业固体废物、生活垃圾或者污染土壤用于土地复垦。	单元特点：单元内南湾—涠洲岛海滨风景名胜区。 相关要求：依据《中华人民共和国土壤污染防治法》《土壤污染防治行动计划》及《广西壮族自治区人民政府关于全面实行永久基本农田特殊保护的实施意见》（桂政发〔2019〕29号）提出。

表 2.3-10 排放口半径 15km 范围涉及的近岸海域环境管控保护单元及管控要求

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类别	管控要求	方位	距离 (km)
HY44080010001	廉江市沿岸龙头沙人工鱼礁重要渔业资源产卵场	优先保护单元	1-1.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。 1-2.严格保护珊瑚礁、海草床等典型海洋生态系统分布区，自然景观，中华白海豚、鲎类等珍稀濒危海洋生物物种及重要海洋生物的洄游通道、产卵场、索饵场、越冬场、栖息地等各类重要海洋生态区域。 1-3.在依法设立的各级自然保护区、湿地公园、重点湿地等特殊保护区域，应当依据法律法规规定和相关规划实施强制性保护，不得从事不符合主体功能区定位的各类开发活动，严格控制人为因素破坏自然生态。 1-4.在自然保护区的核心区禁止从事任何生产建设活动；在缓冲区，禁止从事除经批准的教学研究活动外的旅游和生产经营活动；在实验区，禁止从事除必要的科学实验、教学实习、参考观察和符合自然保护区规划的旅游，以及驯化、繁殖珍稀濒危野生动植物等活动外的其他生产建设活动。 1-5.在湿地公园内，禁止开矿、采石、修坟以及生产性放牧等；禁止从事房地产、度假村、高尔夫球场等任何不符合主体功能定位的建设项目和开发活动；禁止法律法规禁止的活动或者行为。 1-6.国家湿地公园内，禁止开（围）垦、填埋或者排干湿地，禁止截断湿地水源；禁止挖沙、采矿；禁止倾倒有毒有害物质、废弃物、垃圾；禁止从事房地产、度假村、高尔夫球场、风力发电、光伏发电等任何不符合主体功能定位的建设项目和开发活动；禁止破坏野生动物栖息地和迁徙通道、鱼类洄游通道，滥采滥捕野生动植物。 1-7.禁止非法移植、采挖、采伐红树林或者采摘红树林种子。 1-8.禁止采挖珊瑚和破坏珊瑚礁。 1-9.禁止擅自采集、加工、销售野生动植物及矿物质制品。	S~SSW	7.3
HY44080010015	广西合浦儒艮国家级自然保护区廉江英罗湾片区-核心区	优先保护单元		SSW~SW	8.1
HY44080010027	广西合浦儒艮国家级自然保护区廉江英罗湾片区-一般控制区	优先保护单元		SSW~SW	11.9
HY44080010026	广东湛江红树林国家级自然保护区-核心区	优先保护单元		NNW~N, E~S	1.7
HY44080010024	广东湛江红树林国家级自然保护区-一般控制区	优先保护单元		NNW~N, E~S	1.6
HY44080010042	湛江遂溪中国鲎地方级自然保护区-核心区	优先保护单元		S~SSE	5.8
HY44080010064	湛江遂溪中国鲎地方级自然保护区-一般控制区	优先保护单元		S~SSE	5.4
HY44080010069	湛江市廉江市红树林	优先保护单元		NNW~N, E~ESE	1.6
HY44080010072	湛江市遂溪县红树林	优先保护单元		ESE~S	12.3

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类别	管控要求		方位	距离(km)
HY45050010011	北海珍珠贝渔业资源红线区	优先保护单元	空间布局约束	1. 依据《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》进行管理，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： (1) 零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖； (2) 因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查； (3) 自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动； (4) 经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动； (5) 不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设； (6) 必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划、港口规划的线性基础设施建设、防洪防潮和供水设施建设、运行维护与加固整治； (7) 重要生态修复工程。 2. 生态保护红线管理办法和国土空间规划公布实施后，从其规定。 3. 依据《中华人民共和国渔业法（2013年修正本）》《水产种质资源保护区管理暂行办法（2016年修正本）》进行管理。	SW~WNW	1.2

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类别	管控要求		方位	距离(km)
HY45050010013	广西合浦儒艮国家级自然保护区红线区	优先保护单元	空间布局约束	1. 依据《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》进行管理，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： （1）零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖； （2）因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查； （3）自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动； （4）经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动； （5）不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设； （6）必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划、港口规划的线性基础设施建设、防洪防潮和供水设施建设、运行维护与加固整治； （7）重要生态修复工程。 2. 生态保护红线管理办法和国土空间规划公布实施后，从其规定。 3. 依据《中华人民共和国自然保护区条例》《海洋自然保护区管理办法》进行管理。	SW~WNW	1.5

环境管控单元编码	环境管控单元名称	管控单元类别	管控要求		方位	距离(km)
HY45050010035	广西山口红树林国家级自然保护区红线区	优先保护单元	空间布局约束	1、依据《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》《广西壮族自治区红树林资源保护条例》《广西壮族自治区山口红树林生态自然保护区和北仑河口国家级自然保护区管理办法》进行管理，生态保护红线内，自然保护区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： （1）零星的原住民在不扩大现有建设用地和耕地规模前提下，修缮生产生活设施，保留生活必需的少量种植、放牧、捕捞、养殖； （2）因国家重大能源资源安全需要开展的战略性能源资源勘查，公益性自然资源调查和地质勘查； （3）自然资源、生态环境监测和执法包括水文水资源监测及涉水违法事件的查处等，灾害防治和应急抢险活动； （4）经依法批准进行的非破坏性科学研究观测、标本采集；经依法批准的考古调查发掘和文物保护活动； （5）不破坏生态功能的适度参观旅游和相关的必要公共设施建设； （6）必须且无法避让、符合县级以上国土空间规划、港口规划的线性基础设施建设、防洪防潮和供水设施建设、运行维护与加固整治； （7）重要生态修复工程。 2. 生态保护红线管理办法和国土空间规划公布实施后，从其规定。	W~NNW	3.1
HY440800300012	英罗港-海康港农渔业区	一般管控单元		1-1.开发利用海洋资源，应当根据海洋功能区划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。 2-1.保护自然岸线、亲水岸线和天然沙滩资源。 3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。 3-2.污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。 4-1.引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成破坏。	英罗港-海康港农渔业区内	0

表 2.3-11 厂址周围调查区的植被及群系类型表

植被型组	植被型	植被亚型	群系	分布区域
I.阔叶林	一、常绿阔叶林	(一) 季风常绿阔叶林	巨尾桉群系	样线 2、3、4、7、8
			木麻黄群系	样线 6
			乌桕群系	样线 11
			竹节树群系	样线 9
	二、竹林	(二) 暖性竹林	刚竹群系	样线 10
	三、红树林	(三) 典型红树林	海缆雌群系	样线 5
			蜡烛果群系	样线 12
			无瓣海桑群系	样线 5
			木榄群系	样线 5
		(四) 半红树林	卤蕨群系	样线 6
			海漆群系	样线 12
	四、珊瑚岛常绿林	(五) 珊瑚岛常绿林	苦榔树群系	样线 12
II.灌丛和灌草丛	常绿阔叶灌丛	典型常绿落叶灌丛	银合欢群系	样线 1、4
			九节群系	样线 9
			野牡丹群系	样线 9、10、11
			玉叶金花群系	样线 11
		热性刺灌丛	露兜树群系	样线 3
			马缨丹群系	样线 6、8
			喙荚云实群系	样线 12
			酒饼簕群系	样线 9
			阔苞菊群系	样线 1
			光荚含羞草群系	样线 2
	落叶阔叶灌丛	温性落叶阔叶灌丛	盐肤木群系	样线 7
	灌草丛	暖性灌草丛	芒群系	样线 3
			芒萁群系	样线 2、4、8、9、11
			墨苜蓿群系	样线 6
			假蒺群系	样线 7
			斑茅群系	样线 7
			狼尾草群系	样线 8
			薇甘菊群系	样线 10
			飞机草群系	样线 1
			假臭草群系	样线 1
			蟛蜞菊群系	样线 1、8
			含羞草群系	样线 2
			地桃花群系	样线 2
			猪屎豆群系	样线 3、11
			鬼针草群系	样线 3、7
			黄花稔群系	样线 4
			千里光群系	样线 4
			牛筋草群系	样线 6

表 2.3-12 调查区内分布的重点保护植物情况表

序号	物种名称（中文名/拉丁名）	保护级别	与厂址中心		与排水管线最近距离（km）	濒危等级	特有种（是/否）	极小种群野生植物（是/否）	资料来源	工程占用情况（是/否）
			方位	距离（km）						
1	苏铁/ <i>Cycas revoluta</i>	国家Ⅰ级	NNW	3.3	3.2	极危（CR）	否	否	现场调查	否，2 株
2	格木/ <i>Erythrophleum fordii</i>	国家Ⅱ级	W	9.7	9.1	易危（VU）	是	否	现场调查	否，约 80 株
3	龙眼/ <i>Dimocarpus longan</i>		NNE	8.9	9.4	无危	否	否	现场调查	否，2 株
注 1：保护级别根据国家及地方正式发布的重点保护野生植物名录确定。										
注 2：濒危等级、特有种根据《中国生物多样性红色名录》确定。										
注 3：资料来源包括环评现场调查、文献记录、历史调查资料及科考报告等。										
注 4：涉及占用的应说明具体工程内容和占用情况（如株数等），不直接占用的应说明与工程的位置关系。										

表 2.3-13 厂址半径 10km 范围两栖动物名录

种类组成	从属区系	保护级别	IUCN	中国脊椎动物红色名录	调查年份
(一) 无尾目 <i>Anura</i>					
一、蟾蜍科 <i>Bufo</i> idae					
1.黑眶蟾蜍 <i>Duttaphrynus melanostictus</i>	O	P2			2019、2023
二、树蛙科 <i>Rhacophoridae</i>					
2.斑腿泛树蛙 <i>Polypedates megacephalus</i>	O	P2			2019、2023
三、蛙科 <i>Ranidae</i>					
3.台北纤蛙 <i>Hylarana taipehensis</i>	O				2019
4.泽陆蛙 <i>Fejervarya multistriata</i>	C	P2			2019、2023
5.海陆蛙 <i>Fejervarya cancrivora</i>	O	P2		EN	2019、2023
四、姬蛙科 <i>Microhylidae</i>					
6.饰纹姬蛙 <i>Microhyla ornate</i>	C				2019、2023
7.花姬蛙 <i>Microhyla pulchra</i>	O	P2			2019
8.花细狭口蛙 <i>Kalophrynus interlineatus</i>	O				2019

注：1.从属区系：C-广布种，O-东洋种；2.保护级别：P1-广东省重点保护野生动物，P2-广西重点保护野生动物；3.IUCN：世界自然保护联盟（IUCN）濒危动物红色名录，CR-极危，EN-濒危，VU-易危；4.中国脊椎动物红色名录：CR-极危等级，EN-濒危等级，VU-易危等级。

表 2.3-14 调查样带区域的爬行类种类组成

种类组成	从属 区系	保护 级别	CITE S	中国脊椎 动物红色 名录	数据来源
I、蜥蜴目 LACERTIFORMES					
一、壁虎科 Gekkonidae					
1.原尾蜥虎 <i>Hemidactylus bowringii</i>	O				2019
2.中国壁虎 <i>Gekko chinensis</i>	O				2023
3.锯尾蜥虎 <i>Hemidactylus garnotii</i>	O				2019
二、鬣蜥科 Aagmidae					
3.变色树蜥 <i>Calotes versicolor</i>	O	P2			2019、2023
三、石龙子科 Scincidae	O				
4.铜蜓蜥 <i>Sphenomorphus indicus</i>	O				2019、2023
II、蛇目 SERPENTIFORMES					
四、游蛇科 Colubridae	O				
5.草腹链蛇 <i>Amphiesma stolatum</i>	O				2019
6.过树蛇 <i>Dendrelaphis pictus</i>	O				2016
7.黑眉锦蛇 <i>Elaphe taeniura</i>	C	P2		EN	2016
8.中国水蛇 <i>Enhydris chinensis</i>	O			VU	2023
9.铅色水蛇 <i>Enhydris plumbea</i>	O			VU	2016
10.细白环蛇 <i>Lycodon subcinctus</i>	O				2019
11.灰鼠蛇 <i>Ptyas korros</i>	O	P2		EN	2016
12.红脖颈槽蛇 <i>Rhabdophis subminiatus</i>	O				2016
13.黑头剑蛇 <i>Sibynophis chinensis</i>	O				2016
14.渔游蛇 <i>Xenochrophis piscator</i>	O				2016
五、眼镜蛇科 Elapidae					
15.银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	O	P2		EN	2016
16.舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	O	P2	II	VU	2016、2019
六、蝰科 Viperidae					
17.福建竹叶青 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	O				2016
III、龟鳖目 Testudines					
七、龟科 Emydidae					
18.乌龟 <i>Chinemys reevesii</i>	C	II	III	EN	2016

表 2.3-15 调查样带区域的鸟类种类组成

目名	科名	种数	占总种数%
雁形目 ANSERIFORMES	鸭科	6	5.13
鸕鷀目 PODICIPEDIFORMES	鸕鷀科	1	0.85
鸽形目 COLUMBIFORMES	鸠鸽科	3	2.56
夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES	雨燕科	2	1.71
鹃形目 CUCULIFORMES	杜鹃科	6	5.13
鹤形目 GRUIFORMES	秧鸡科	4	3.42
鹈形目 PELECANIFORMES	鹈科	1	0.85
	鹭科	10	8.55
鸻形目 CHARADRIIFORMES	反嘴鹬科	2	1.71
	鸻科	5	4.27
	鹬科	13	11.11
	鸥科	5	4.27
鹰形目 ACCIPITRIFORMES	鹰科	3	2.56
犀鸟目 BUCEROTIFORMES	戴胜科	1	0.85
佛法僧目 CORACIIFORMES	蜂虎科	2	1.71
	翠鸟科	3	2.56
隼形目 FALCONIFORMES	隼科	1	0.85
雀形目 PASSERIFORMES	山椒鸟科	1	0.85
	燕鵙科	1	0.85
	卷尾科	2	1.71
	伯劳科	2	1.71
	鸦科	3	2.56
	山雀科	1	0.85
	扇尾莺科	3	2.56
	燕科	3	2.56
	鹎科	3	2.56
	柳莺科	4	3.42
	绣眼鸟科	1	0.85
	噪鹛科	1	0.85
	棕鸟科	5	4.27
	鸫科	2	1.71
	鹡科	4	3.42
	梅花雀科	2	1.71
	雀科	1	0.85
	鹑鸽科	7	5.98
	鸫科	3	2.56
合计 13 目	36 科	117 种	100

表 2.3-15 续 调查样带区域的保护鸟类种类

物种	学名	保护级别	方位(厂址中心)	距离厂址中心(km)	距离管线(km)
黑嘴鸥	<i>Saundersilarus saundersi</i>	国家 I 级	SSW	6.8	0.73
黑翅鸢	<i>Elanus caeruleus</i>	国家 II 级	SSW	1.5	0.12
黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	国家 II 级	SSW	8.5	3.5
红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	国家 II 级	NE	7.2	7.8
白胸翡翠	<i>Halcyon smyrnensis</i>	国家 II 级	S	5.3	0.19
			NE	2.0	2.6
			S	7.6	0.13
			SW	1.5	0.73
			SW	8.3	4.1
			WSW	4.2	3.2
勺嘴鹬	<i>Eurynorhynchus pygmeus</i>	国家 I 级	SSW	8.7	3.6
白琵鹭	<i>Platalea leucorodia</i>	国家 II 级	WNW	6.7	6.5
大杓鹬	<i>Numenius madagascariensis</i>	国家 II 级	SSW	9.3	3.1
普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	国家 II 级	ESE	8.6	7.5
栗喉蜂虎	<i>Merops philippinus</i>	国家 II 级	SSW	1.6	0.22
蓝喉蜂虎	<i>Merops viridis</i>	国家 II 级	ESE	8.7	7.4
			S	5.4	0.34
小鸦鹃	<i>Centropus bengalensis</i>	国家 II 级	SSW	3.0	0.48
褐翅鸦鹃	<i>Centropus sinensis</i>	国家 II 级	ESE	8.8	7.6
			SSW	1.5	0.01
			S	5.7	0.09
			NE	2.11	2.7
			SSW	0.6	0.01
			S	8.0	0.58
			WSW	7.6	7.0
			WNW	4.6	4.3
			W	4.4	3.9
			NNE	9.0	9.5

表 2.3-16 调查样带区域的哺乳动物种类组成

种类组成	区系组成			保护级别	IUCN	CITES	中国脊椎动物红色名录	数据来源
	古北种	广布种	东洋种					
I、食虫目 Insectivora								
一、鼯鼠科 Soricidae								
1.臭鼯鼠 <i>Suncus murinus</i>		△						2016、2019
II、翼手目 Chiroptera								
二、蝙蝠科 Vespertilionidae								
2 东亚伏翼 <i>Pipistrellus abramus</i>		△						2016、2019
III、啮齿目 Rodentia								
三、松鼠科 Sciuridae								
3.赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>		△						2016
四、竹鼠科 Rhizomyidae								
4.中华竹鼠 <i>Rhizomys sinensis</i>		△		P2				2016
五、鼠科 Muridae								
5.小家鼠 <i>Mus musculus</i>		△						2019、2022
6.褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>		△						2019、2022
7.黄毛鼠 <i>Rattus losea</i>			△					2016、2019
8.屋顶鼠 <i>Rattus rattus</i>		△						2016、2019

注：1.保护级别：I -国家一级重点保护动物，II-国家二级重点保护动物，P1-广东省省级重点保护野生动物，P2-广西自治区级重点保护野生动物；2.IUCN：世界自然保护联盟（IUCN）濒危动物红色名录，CR-极危，EN-濒危，VU-易危；3.CITES：I、II、III-分别指《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录I、附录II、附录III物种；4.中国脊椎动物红色名录：CR-极危等级，EN-濒危等级，VU-易危等级。5.数据来源：2016-2016年现场调查结果，2019-2019年现场调查结果，2022-2022年现场调查结果

表 2.3-17 河口生态系统和海湾生态系统评价指标体系

一级指标	二级指标	I 级	II 级	III 级
水环境 W_{index}	优良（一、二类）水质面积比例	≥ 80	$50 \leq \bullet < 80$	< 50
沉积物 S_{index}	有机碳含量（%）	≤ 2	$2 < \bullet \leq 4$	> 4
	硫化物含量（ug/g）	≤ 300	$300 < \bullet \leq 600$	> 600
生物质量 BR_{index}	Hg（ug/L）	≤ 0.05	$0.05 < \bullet \leq 0.30$	> 0.30
	Cd（ug/L）	≤ 0.2	$0.2 < \bullet \leq 5.0$	> 5.0
	Pb（ug/L）	≤ 0.1	$0.1 < \bullet \leq 6.0$	> 6.0
	As（ug/L）	≤ 1.0	$1.0 < \bullet \leq 8.0$	> 8.0
	石油烃（ug/L）	≤ 15	$15 < \bullet \leq 80$	> 80
栖息地 E_{index}	滨海湿地分布面积变化（%）	≤ 15	减少 $\leq 5\%$	减少 $> 5\%$
	表层沉积物主要粒径组分含量年度变化（%）	$\leq 2\%$	$2\% < \bullet \leq 5\%$	$> 5\%$
生物群落 D_{index}	浮游植物密度（cells/m ³ ）	$50\%A \leq \bullet \leq 150\%A$	$10\%A \leq \bullet < 50\%A$ 或 $150\%A < \bullet \leq 200\%A$	$< 10\%A$ 或 $> 200\%A$
	浮游动物密度（ind./m ³ ）	$75\%B \leq \bullet \leq 125\%B$	$50\%B \leq \bullet < 75\%B$ 或 $125\%B < \bullet \leq 150\%B$	$< 50\%B$ 或 $> 150\%B$
	浮游动物生物量（mg/m ³ ）	$75\%C \leq \bullet \leq 125\%C$	$50\%C \leq \bullet < 75\%C$ 或 $125\%C < \bullet \leq 150\%C$	$< 50\%C$ 或 $> 150\%C$
	鱼卵及仔鱼密度（ind./m ³ ）	> 50	$5 < \bullet \leq 50$	≤ 5
	大型底栖动物密度（ind./m ² ）	$75\%D \leq \bullet \leq 125\%D$	$50\%D \leq \bullet < 75\%D$ 或 $125\%D < \bullet \leq 150\%D$	$< 50\%D$ 或 $> 150\%D$
	大型底栖动物生物量（ind./m ² ）	$75\%E \leq \bullet \leq 125\%E$	$50\%E \leq \bullet < 75\%E$ 或 $125\%E < \bullet \leq 150\%E$	$< 50\%E$ 或 $> 150\%E$

表 2.3-18 廉江核电邻近海域生态系统生态健康评价二级指标得分表

二级指标	秋季	冬季	春季	夏季
优良(一、二类)水质面积比例	5	15	15	15
有机碳含量(%)	10	10	10	10
硫化物含量(ug/g)	10	10	10	10
Hg(ug/L)	5	5	5	1
Cd(ug/L)	5	5	10	10
Pb(ug/L)	5	5	5	5
As(ug/L)	5	5	5	5
石油烃(ug/L)	10	5	5	10
滨海湿地分布面积变化(%)	20	20	20	20
表层沉积物主要粒径组分含量年度变化(%)	20	20	20	20
浮游植物密度(cells/m ³)	15	15	15	15
浮游动物密度(ind./m ³)	15	15	15	15
浮游动物生物量(mg/m ³)	15	15	30	15
鱼卵及仔鱼密度(ind./m ³)	15	15	15	15
大型底栖动物密度(ind./m ²)	15	30	30	45
大型底栖动物生物量(ind./m ²)	15	15	15	15

表 2.3-19 廉江核电邻近海域生态系统生态健康评价一级指标得分表

一级指标评价结果	秋季	冬季	春季	夏季
水环境	5	15	15	15
沉积物	10	10	10	10
生物质量	6	5	6	6.2
栖息地	20	20	20	20
生物群落	15	17.5	20	20
生态系统健康状况	53.4	65.5	68.4	71.2

表 2.3-20 厂址半径 15km 范围内主要陆上公路分布情况

序号	公路名称	公路行政等级	公路技术等级	方位	最近距离(km)	起止点 (或途经地点)
1	G75 渝湛高速	高速	一级	NE	4.4	重庆-湛江
2	G228 丹东线	国道	一级	N	5.8	丹东-东兴
3	G325 广南线	国道	一级	N	5.8	广州-南宁
4	G241	国道	二级	WNW	9.1	呼和浩特-北海
5	S388 那霍-界炮	省道	三级	NE	2.7	车板-安界路
6	X721 青车线	县道	四级	E	3.4	青平镇-同安生
7	X674 车长线	县道	三级	SSE	4.3	车板-蒙村路口
8	X710 红李线	县道	三级	NW	5.4	红树林-李村
9	X712 营石线	县道	三级	E	11.4	新村路口-蒙村路口
10	大件运输路	县道	二级	ESE	0.6	廉江港区-S388
11	县道龙潭—大坝线	县道	二级	N	12.1	龙潭镇-大坝镇

表 2.3-21 厂址半径 5km 范围内现有陆上公路分布情况

序号	公路名称	编号	公路等级	起点、终点名称	方位	距厂址最近距离(km)
1	渝湛高速公路	G75	一级(高速)	重庆-湛江	NE	4.4
2	那霍-界炮	S388	三级(省道)	车板-安界路	NE	2.7
3	大件运输路		二级(县道)	廉江港区-S388	ESE	0.6
4	青车线	X721	四级(县道)	青平镇-同安生	E	3.4
5	车长线	X674	三级(县道)	车板-蒙村路口	SSE	4.3
6	车板-车板敬老院	Y857	四级(乡道)	车板、车板敬老院	SW	0.7
7	车板-冲尾村	Y860	四级(乡道)	车板、冲尾村	SSE	3.4
8	龙塘仔-凌禄路口	Y861	四级(乡道)	龙塘仔、凌禄路口	ESE	3.1
9	荔枝江-山心	Y862	四级(乡道)	荔枝江、山心	E	3.2
10	白车线-龙塘塘尾村	Y907	四级(乡道)	白车线、龙塘塘尾村	ESE	1.8
11	文头岭-黄京冲	Y863	四级(乡道)	文头岭、黄京冲	NNE	1.7
12	车板砖厂-大碑	Y864	四级(乡道)	车板砖厂、大碑	ENE	1.5
13	红岭-南蒙塘村	Y303	四级(乡道)	红岭、南蒙塘村	SSE	1.1
14	红岭-村头村	Y975	四级(乡道)	红岭、村头村	S	3
15	旧埠路口-旧埠村	Y162	四级(乡道)	旧埠路口、旧埠村	S	4.1
16	高桥-德耀	Y778	三级(乡道)	高桥、德耀	WNW	2.4
17	德耀路口-东村	Y979	四级(乡道)	德耀路口、东村	WNW	2.1
18	德耀村委-对岸村	Y417	四级(乡道)	德耀村委、对岸村	WNW	2.2
19	红江六小学-三十五队	Y432	四级(乡道)	红江六小学、三十五队	NNE	3.8
20	四公石-新开路村委	Y855	四级(乡道)	四公石、新开路村委	ENE	3.8

表 2.3-22 厂址半径 15km 范围内码头分布情况

码头名称	相对厂址位置		相对排水口位置		停泊船只 最大吨位	年平均 停靠船 只	主要装卸货 物	危险品数 量和安全 措施
	方位	距离 (km)	方位	距离 (km)				
龙头沙码 头	S	10.0	ENE	1.5	1000 吨级	600	水产品	无危险品
营仔港	SE	14.0	E	12.8	700 吨级	330	水产品、煤	无危险品

表 2.3-23 厂址半径 15km 范围内水路航线分布情况

航道名称	起点	终点	航道现状 技术等级	相对厂址		相对排水口	
				方位	距离 (km)	方位	距离 (km)
安铺（营仔）航道	安铺 1 号标	营仔河口灯浮	100 吨级	SE	14.8	SE	7.5
安铺（龙头沙）航道	安铺 4 号标	龙头沙港	100 吨级	SSW	10.8	WNW	0.6

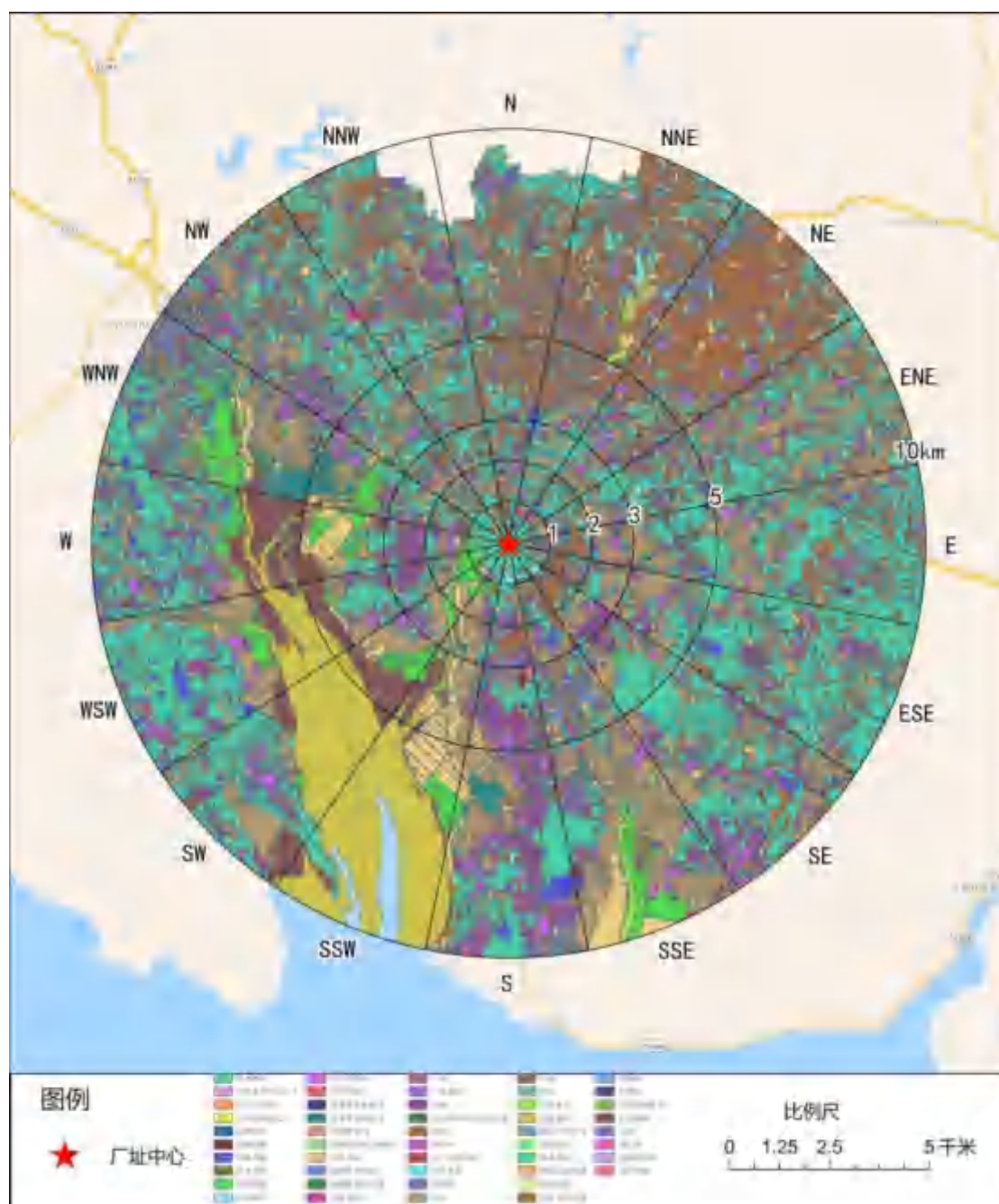


图 2.3-1 厂址半径 10km 土地利用现状



图 2.3-2 厂址半径 10km 范围永久基本农田

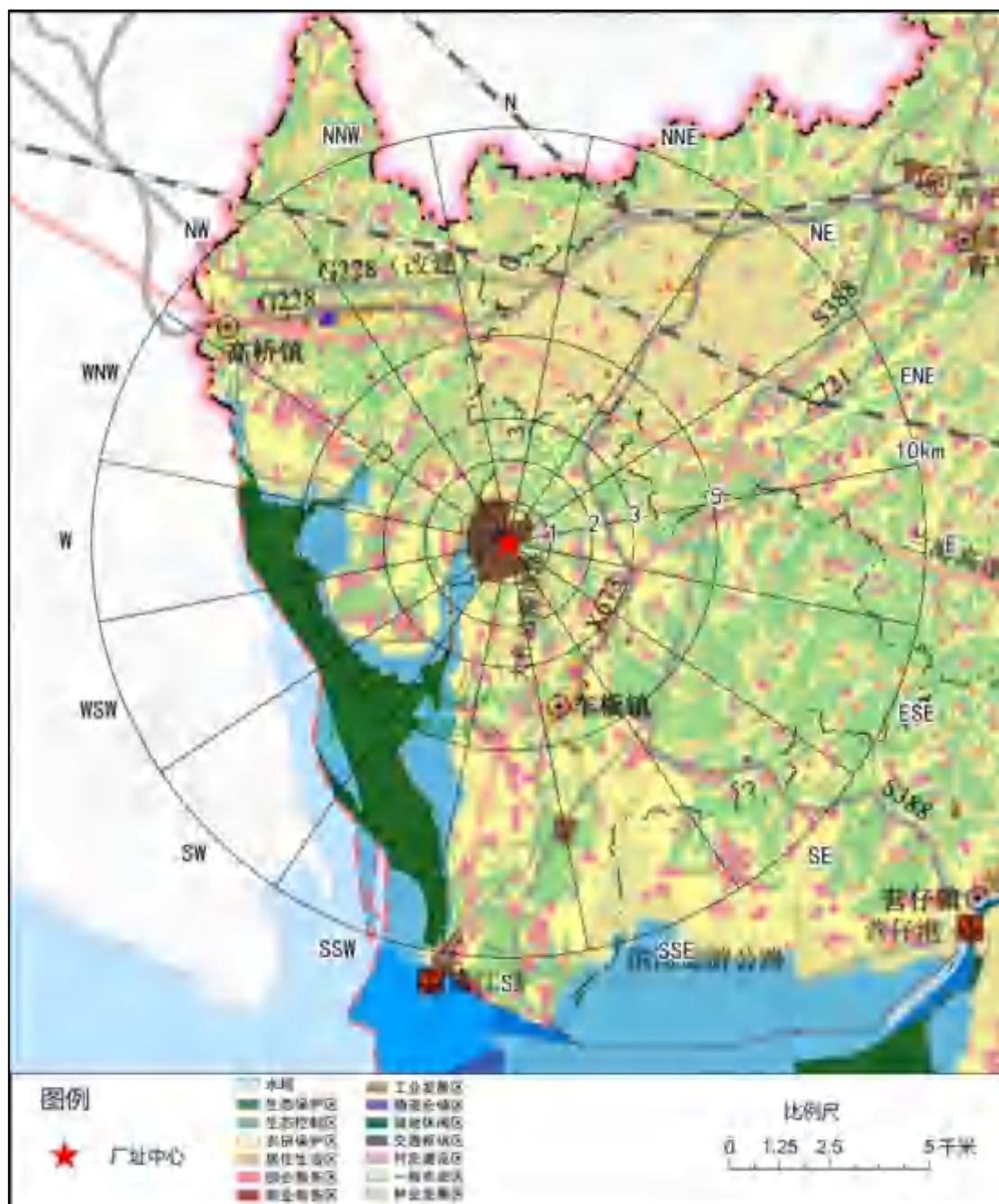


图 2.3-3 厂址半径 10km 土地利用规划



图 2.3-4 厂址半径 10km 三区三线分布情况图

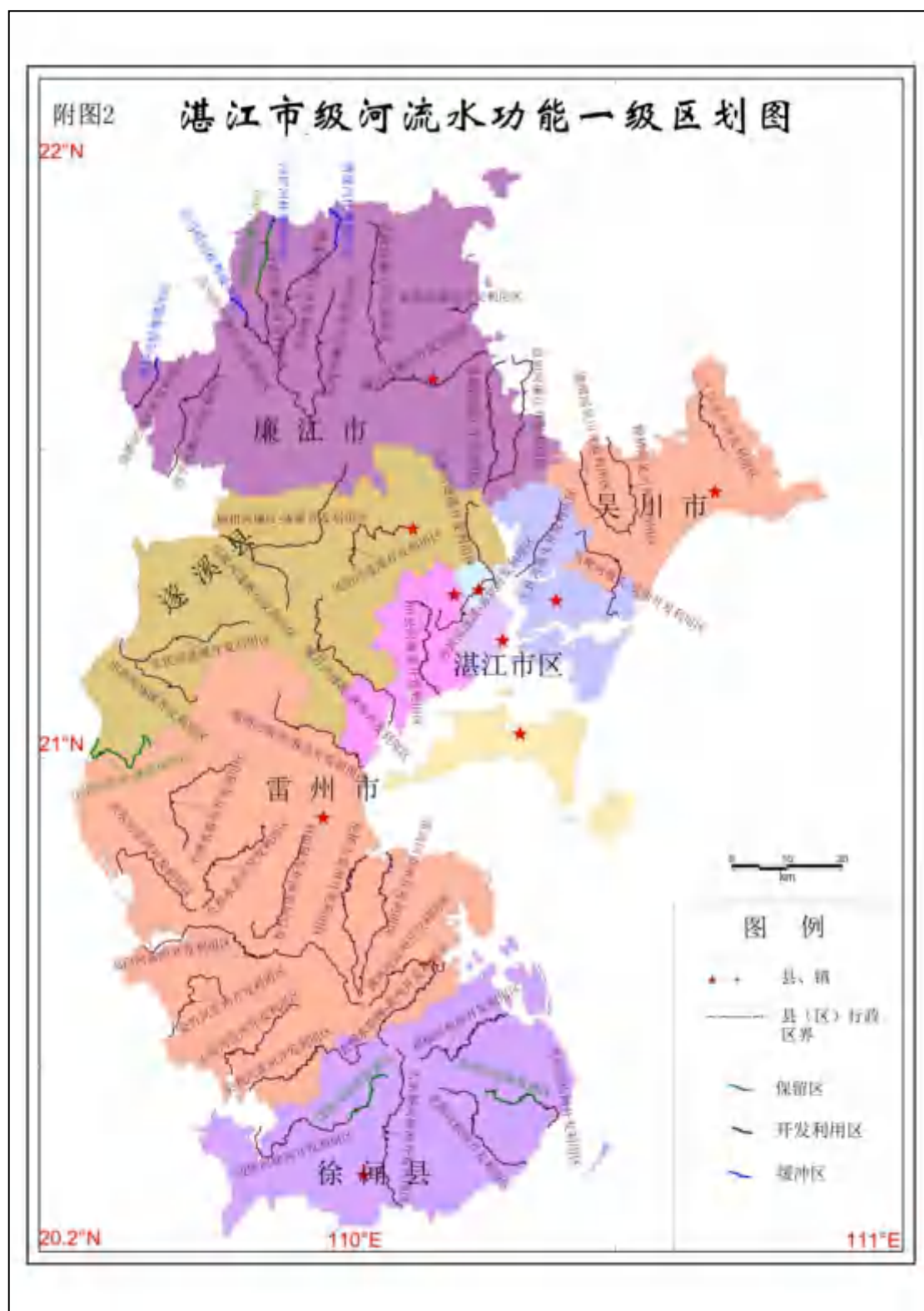


图 2.3-5 湛江市级河流一级水功能区划

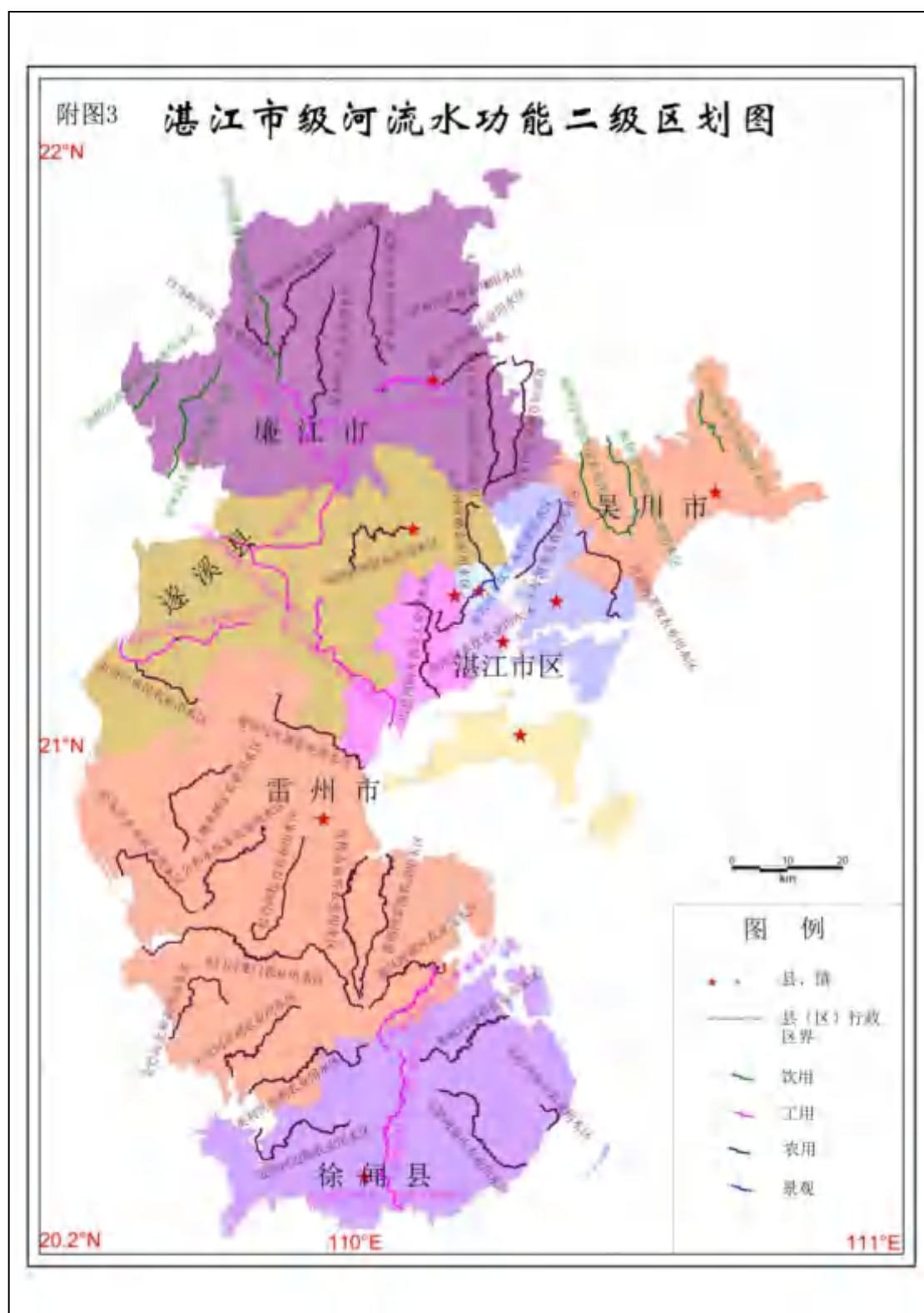


图 2.3-6 湛江市级河流二级水功能区划图



图 2.3-7 湛江市级水库一级水功能区划



图 2.3-8 湛江市级水库二级水功能区划



图 2.3-9 厂址半径 15km 范围内水库分布情况

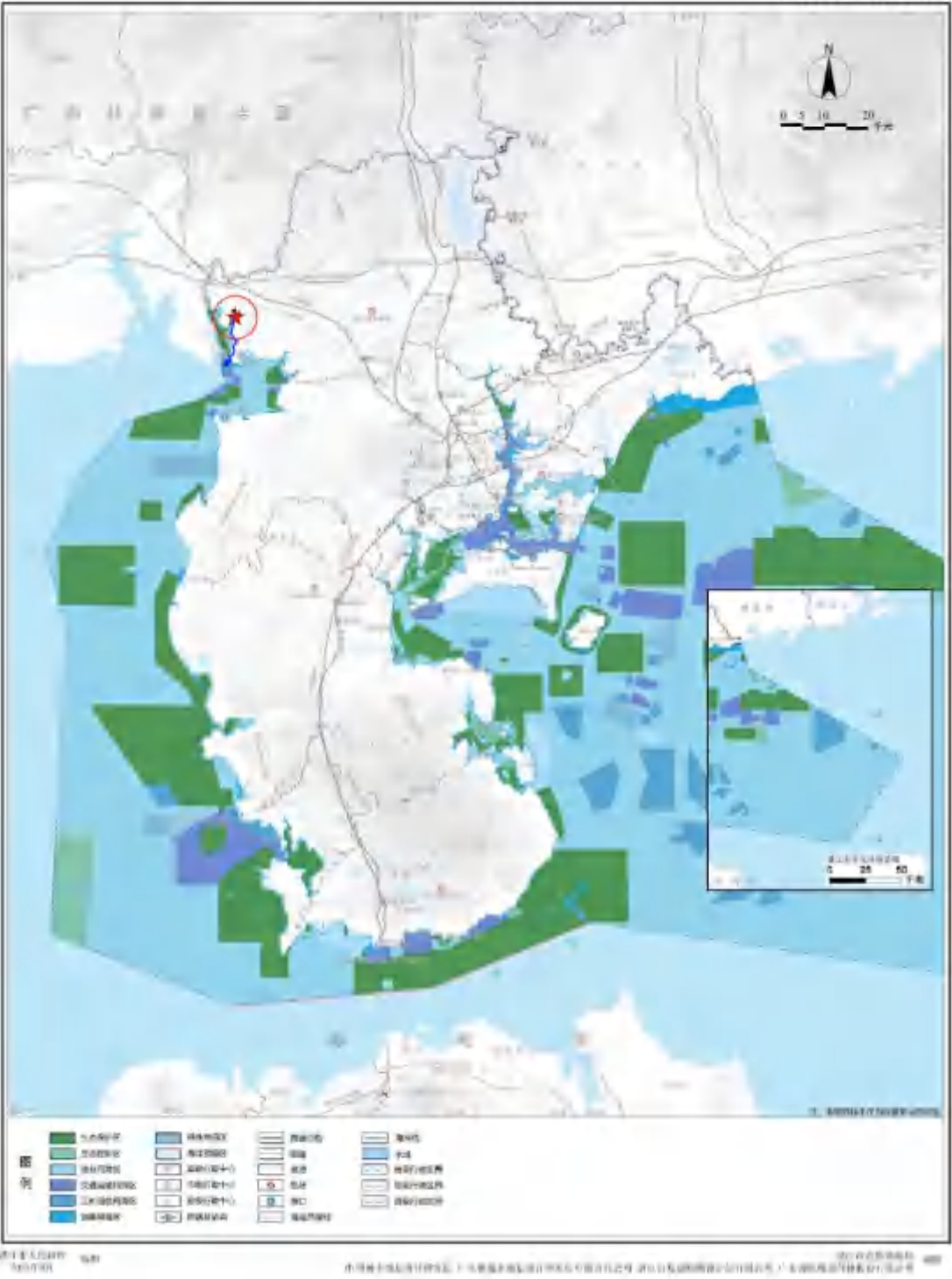


图 2.3-10 厂址附近海洋功能分区示意图



图 2.3-11 厂址近岸海域环境功能区划

★ 一号核岛
— 排水明渠

图例

—	国道	★	核岛
—	省道	▲	核岛
—	县道	▲	核岛
—	乡道	▲	核岛
—	村道	▲	核岛
—	铁路	▲	核岛
—	公路	▲	核岛
—	水路	▲	核岛
—	其他	▲	核岛

0 10 20 公里

图 2.3-12a 湛江红树林功能区划图



图 2.3-12b 厂址附近的广东湛江红树林保护区分布情况

广西山口国家级红树林生态自然保护区位置示意图



★ 为厂址位置

● 为排水口位置

图 2.3-13 广西山口国家级红树林生态自然保护区地理位置图

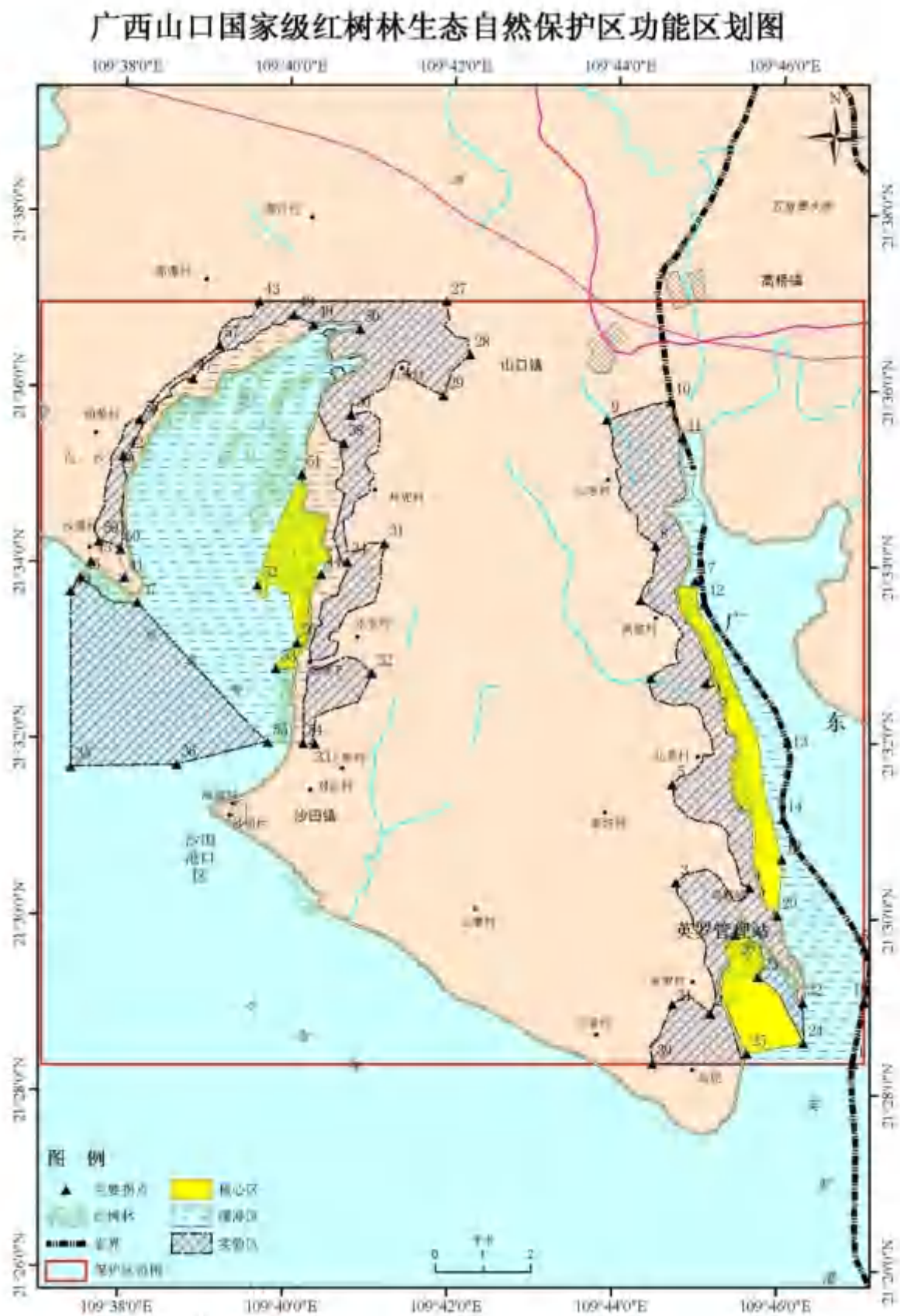


图 2.3-14 广西山口国家级红树林生态自然保护区功能区划图



图 2.3-15 广西合浦儒艮国家级自然保护区地理位置与功能区划图



图 2.3-16 厂址与廉江市陆域生态保护红线位置关系图

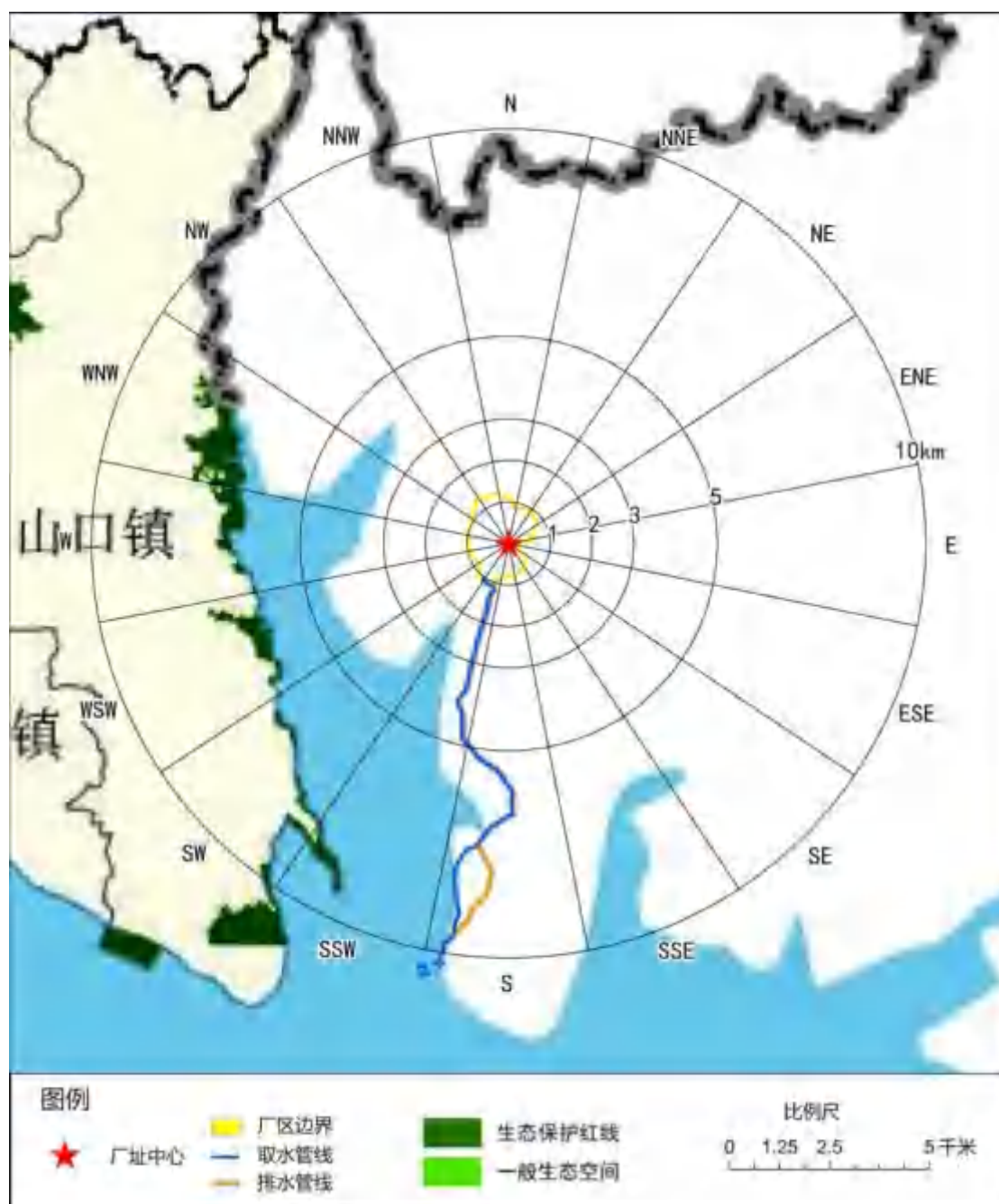


图 2.3-17 厂址与北海市陆域生态保护红线位置关系图

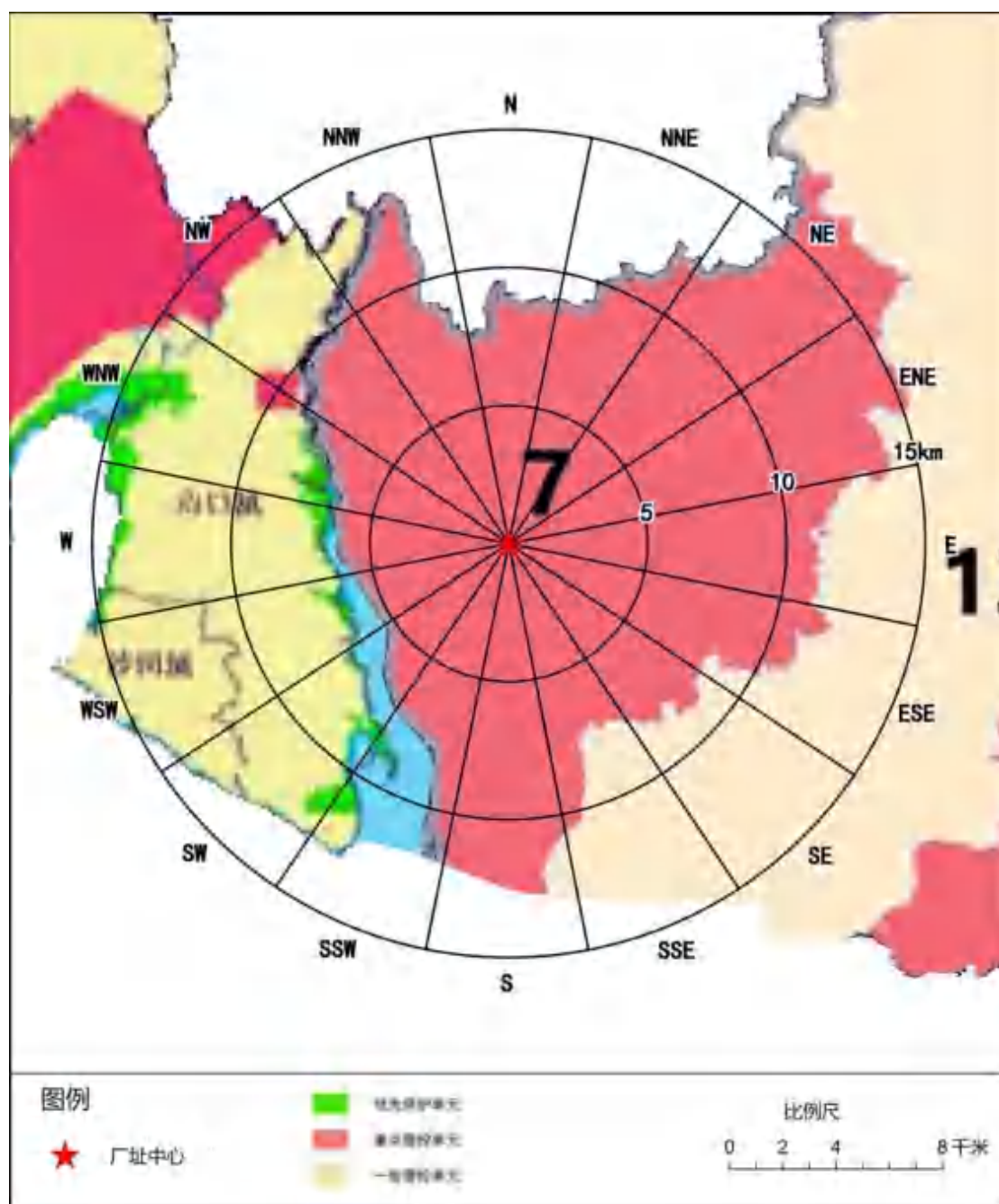


图 2.3-18 厂址附近管控单元的位置示意图

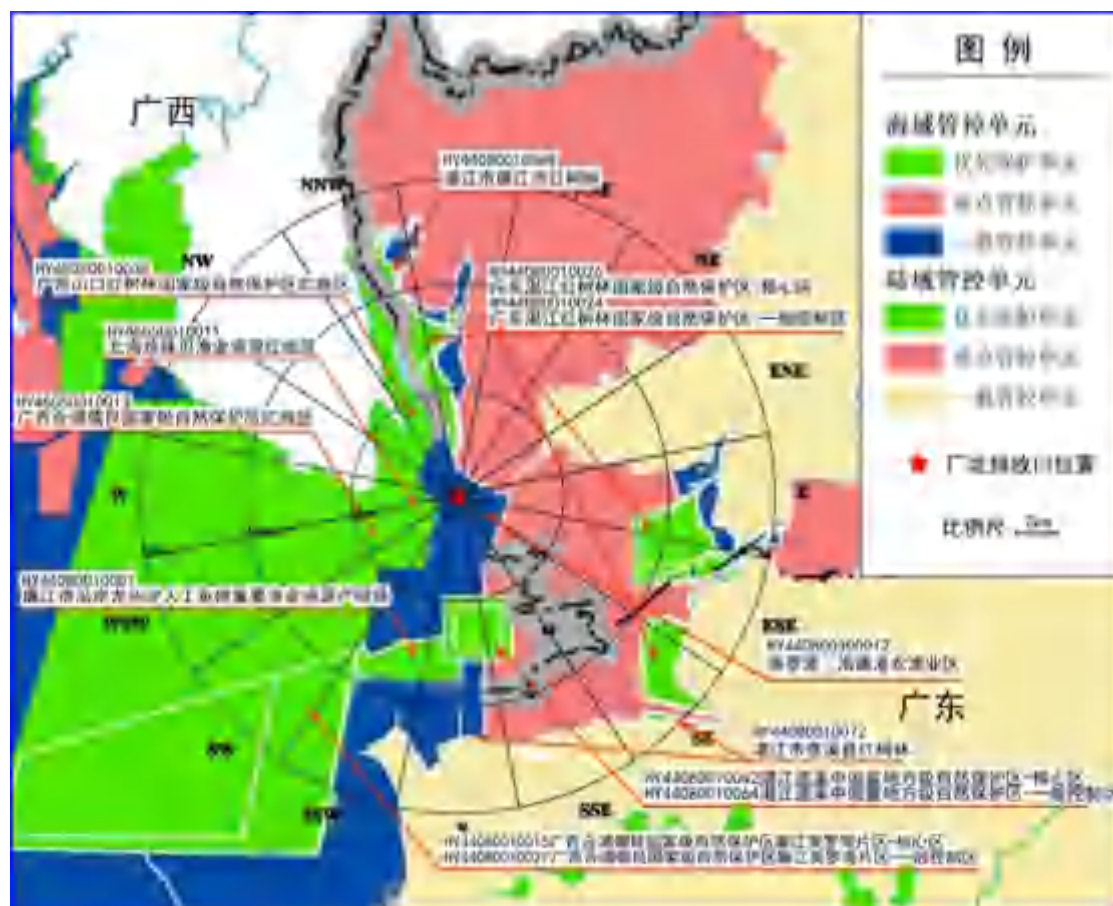


图 2.3-19 厂址排放口半径 15km 范围内涉及的近岸海域环境管控单元



图 2.3-20 厂址半径 10km 范围植物调查样线分布示意图



图 2.3-21 厂址周围 10km 范围动物调查样线分布图

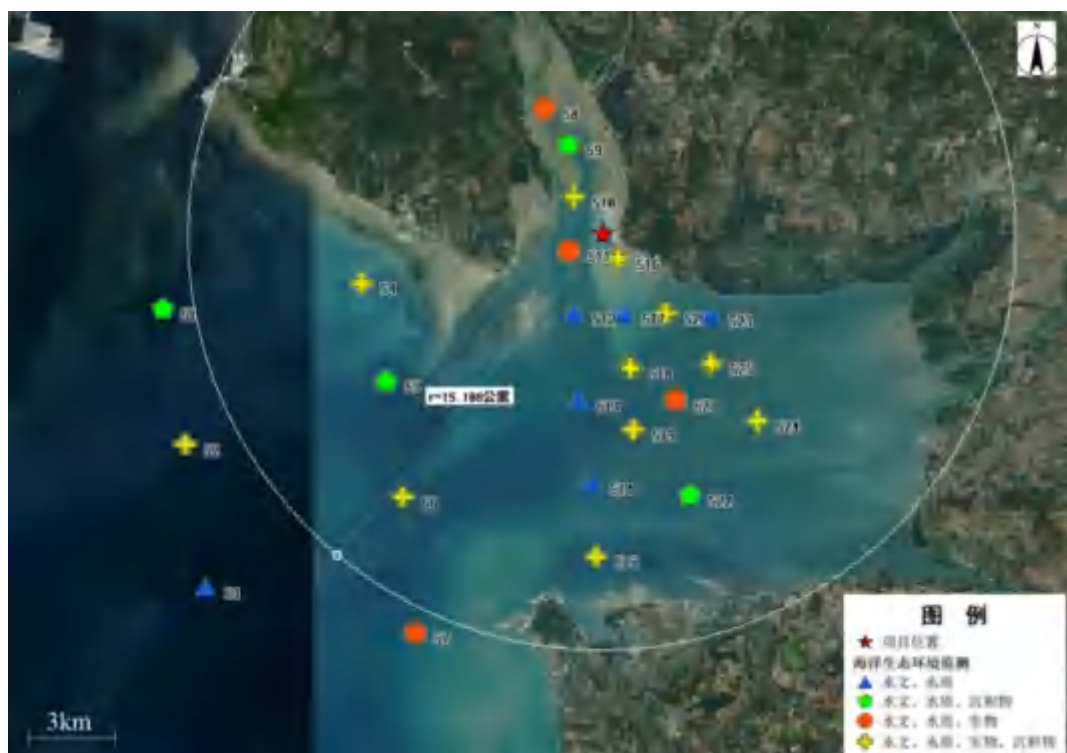


图 2.3-22 调查站位图



图 2.3-23 环境因子和生物调查站位分布图



图 2.3-24 厂址半径 15km 范围内工业企业分布图



图 2.3-25 厂址半径 15km 范围内现有主要陆上交通公路分布情况



图 2.3-26 厂址半径 5km 范围内陆上公路分布图



图 2.3-27 厂址附近水路航线分布情况



图 2.3-28 厂址半径 15km 范围道路、铁路规划



图 2.3-29 厂址排水口半径 15km 范围码头、航道规划

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.1.1 区域气候特征

厂址位于粤西沿海，属于亚热带海洋性季风气候，夏长冬暖，雨热同季。冬半年受西伯利亚吹来的冷高压影响，东北季风气流越过南岭后南下，厂址区域主导风向为 NE 风，随着南下的冷高压东移出海后减弱，厂址区域转吹偏 SE 风。夏半年冷高压开始减弱，太平洋副热带高压加强，NE 风频率减少，以偏 SE 风为主，受西南季风与副热带风暴（台风）的影响和侵袭，常出现大风暴雨天气。春季是冬、夏季风的转换期，NE 季风减弱、SE 季风增强。秋季 NE 季风与 SE 季风交替，偶有台风影响，但以晴朗天气为主。

2.4.1.2 气象代表站的选取

搜集了厂址附近 80km 范围内的廉江、博白、湛江和北海 4 个气象台站（见图 2.4-1）历年气象观测资料进行统计分析，各气象台站的背景和观测沿革见表 2.4-1，各气象站与厂址的相对位置见表 2.4-2。

1) 可靠性分析

廉江、湛江、北海和博白气象站是国家气象站，所有地面气象要素均按《地面气象观测规范》的规定观测，观测仪器也定期进行检定，因此，气象资料的来源是可靠的。

2) 一致性分析

采用对比差值法进行资料一致性的分析，其方法为：先计算气象站与厂址某要素资料的对比差值、对比差值的平均值与标准差，然后按对比差值的绝对值小于标准差的 2 倍为标准计算一致率。

分析结果表明，各要素的一致率均很高，均在 90%以上。

3) 代表性分析

采用各站与厂址站 2014 年各月逐时资料进行相关分析，结果表明，厂址与廉江站的相关最好，其次是北海站。

4) 地形比较分析

廉江核电厂址和廉江、湛江、博白、北海 4 个气象站均位于北部湾沿海。从距离厂址的远近而言，廉江站最近。

从地形而言，厂址为临海的丘陵地区，从距离海岸线远近程度来看，北海站距离海岸线与厂址更为接近，但厂址区域南临雷州半岛，四周只有西南小部分毗邻北部湾，雷州半岛的存在必然对当地海陆风等产生影响；而北海站以观测场为中心，东面 50km 范围内均以农田为主，南面 10km 范围内以农田为主，10km 以外是海洋，西面 10km 以内是城区，10~20km 范围是农田及北海市最高的一座山岭——冠头岭，20km 以外是海洋，北面 10km 范围内以城区为主，近处有部分农田，10km 以外是海洋，整体上属于半岛地形。对比两地的地形可见，两地局地海陆风环流可能存在较大差异。廉江、湛江和博白气象站都属于内陆气象站，与厂址地形较为相似。

5) 代表站的选取

综合各站可靠性、一致性、代表性及地形比较分析结果，北海与厂址存在着环流特征差异，而且廉江距离厂址最近，且代表性最好。因此，确定廉江气象站作为厂址气象代表站。

2.4.1.3 区域气象的平均值和极端值

根据厂址气象代表站廉江站 1957~2020 年的气象资料，统计区域常规气象参数如下：

1) 气温

廉江站累年平均气温 23.1℃，最热月 7 月平均气温 28.6℃，最冷月 1 月平均气温 15.4℃。平均湿球温度为 20.9℃。

极端最高温度为 38.0℃，出现在 2005 年 7 月 19 日；极端最低温度为 1.5℃，出现于 1963 年 1 月 15 日。

2) 气压

廉江站 1965~2020 年累年平均气压为 1009.3hPa，月平均气压最低为 1001.8hPa 出现在 7 月，最高为 1017hPa，出现在 12 月。

廉江站极端最高气压为 1035.2hPa，出现在 2016 年 1 月；极端最低气压为 965.1hPa，出现在 2008 年 9 月。

3) 水汽压

廉江站累年平均水汽压为 23.9hPa。最高月平均水汽压为 32.2hPa，出现在 7 月；最低为 13.9hPa，出现在 1 月。极端最高值为 43.9hPa，出现于 1959 年 6 月；极端最低值为 2.6hPa，出现于 1959 年 1 月。

4) 相对湿度

廉江站累年平均相对湿度为 81%。平均相对湿度最高为 6 月的 85%，极端最小相对湿度出现于 1981 年 1 月，为 8%。

5) 蒸发量

廉江站累年平均蒸发量有 1628.9mm。月平均蒸发量最大值为 173.7mm，出现在 7 月；最小值平均为 83.3mm，出现在 2 月。月蒸发量最大值为 235.9mm，出现于 1966 年 9 月；月蒸发量最小值为 41.6mm，出现于 1985 年 2 月。

6) 日照

廉江站累年平均日照时数为 1795.6h。月平均日照时数最多为 207.7h，出现在 7 月；最少为 69.2h，出现在 3 月。

7) 降水

廉江站累年平均降水量为 1746.6mm。最大年降水量为 2539.7mm，出现在 1985 年。最大月降水量为 982.4mm，出现在 1985 年 8 月。

最大日降水量为 523.5mm，出现在 1994 年 6 月 9 日；最大连续日降水量为 750.1mm，自 1991 年 6 月 7 日~6 月 28 日，持续 22 天。

8) 风向、风速

廉江站累年平均风速为 2.4m/s，10 分钟最大风速月最大值为 28.3m/s，出现于 2015 年 10 月及 2015 年 12 月，当时风向均为 E；极端最大风速为 44.1m/s，出现日期为 2015 年 10 月 4 日，当时风向为 ENE。持续时间最长的风向是 N，出现日期为 2012.2.17 23:00~2012.2.19 10:00，持续 36h。当时风速 1.4~4.8m/s，平均风速 3.4m/s。

全年主导风向为 E~ESE~SE，风频为 33%；全年静风频率为 12%。

2.4.2 设计基准气象参数

本报告设计基准气象参数资料年限均至 2020 年。

2.4.2.1 热带气旋

热带气旋的调查范围为以厂址为圆心半径 400km 的区域，如图 2.4-2 所示。根据 1949~2004 年共 56 年台风年鉴（热带气旋年鉴）资料以及 2005~2020 年 16 年电子版热带气旋资料，影响广东廉江划定区域（厂址周边半径 400km 范围）的热带气旋共 352 个。

影响划定区域的 352 个热带气旋中，大部分是来自西北太平洋地区（120° E 以东），有 215 个，约占总数的 61.1%，年平均 3.0 个。在南海（120° E 以西）生成的南海热带气旋有 137 个，约占 38.9%，年平均 1.9 个。热带气旋由于生成的区域不同其强度有较大的差异，在西北太平洋生成的影响本地区的热带低压 6 个，热带风暴 20 个，强热带风暴为 49 个，台风 63 个，强台风有 38 个，超强台风 39 个。在南海生成的影响本地区的热带气旋，台风强度以上共有 25 个，其余的都在热带风暴强度以下。在西北太平洋生成的较强的热带气旋远远高于南海生成的热带气旋。

根据《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）要求，确定厂址设计基准热带气旋（PMTTC）的各气象参数为：

中心气压 P_0 :	894hPa
边缘气压 P_n :	1010hPa
最大风速半径 R_0 :	30km
气旋平移速度 V_d :	25km/h
气旋移动方向:	N、NNW、NW、WNW、W
影响厂址 100 年一遇最大风速 V_{max} :	46.6m/s

2.4.2.2 龙卷风

本项目的调查区域为厂址周边经纬宽 3°，区域跨越广东、广西两省市。调查区域见图 2.4-3，总面积达到 90779km²。

资料收集了历史以来有记录灾情和个例。调查区域 1950~2020 年共出现 129 次龙卷风的记录，其中 F3 级的 2 次，F2 级 31 次，F1 级 56 次，F0 级 40 次。厂址设计基准龙卷风为 F3 级。

厂址区域龙卷风主要出现在 2~9 月，其中 48.8%集中在 4、5 月，最多的是 5 月份（34 次），其次是 4 月份（29 次）。

根据《核电厂厂址选择的极端气象事件（不包括热带气旋）》（HAD101/10-1991）的要求，厂址设计基准龙卷风为 F3 级。设计基准特征参数值如下：

最大风速:	80m/s
最大旋转风速:	64.5m/s
最大平移速度:	15.5m/s

总压降：5.38kPa

最大压降速率：1.67kPa/s

2.4.2.3 设计基准风

根据《核电厂厂址选择的极端气象事件》导则（HAD101/10）附录推荐的方法，利用耿贝尔（Gumbel）分布对所选 4 个气象站进行最大风速（10min）和极大风速（3s 阵风）的统计分析，推荐计算结果较保守的气象站作为极端风的代表站。

厂址 10m 高度处 100 年一遇 10min 最大风速值为 36.2m/s，100 年一遇极大风速为 58.3m/s。

2.4.2.4 设计基准气温

根据《核电厂厂址选择的极端气象事件》导则（HAD101/10）附录推荐的方法，利用 Gumbel 分布对所选 4 个气象站进行年极端最高温度与极端最低温度的统计分析，推荐计算结果较保守的气象站作为设计基准气温的代表站。再根据厂址的实测最高、最低温度与代表站的对比分析，推荐最终设计基准气温。

经计算和比较得出：

极端最高温度以博白站实测资料为基础的估计值比其它三站值高。博白站和厂址站全年最高温度分别为 36.3℃和 36.1℃，可见以博白站的计算结果作为最高设计基准气温是合理保守的。推荐厂址极端最高温度 50 年重现期值为 38.8℃，100 年重现期值为 39.3℃。

极端最低温度也以博白站的估计值最低，100 年重现期估计值为-1.7℃，50 年的重现期值为-0.8℃。博白站和厂址站实测最低温度分别为 2.2℃和 1.0℃，从偏保守的角度考虑，在博白站的计算结果上减去 1.2℃的量差作为推荐的设计基准极端最低温度。推荐厂址极端最低温度 50 年重现期值为-2.0℃，100 年重现期值为-2.9℃。

2.4.2.5 设计基准降水

对廉江、湛江、北海和博白四个气象站 30 年以上的降水资料进行皮尔逊 III 型（P-III）曲线拟合，具体数值见表 2.4-3。从保守的角度，采用各历时计算结果最大值作为厂区设计基准降水值。

厂址 10min、30min、1h、24h 的 100 年一遇最大降雨分别为 42.6mm、100.8mm、178.5mm、543.4mm，1000 年一遇最大降雨分别为 51.4mm、126.4mm、241.4mm、754.8mm。

2.4.2.6 其他极端气象现象

1) 飏线

自建站至 2014 年分别出现飏线：湛江站共出现 85 次；廉江站 25 次；北海出现最多，为 88 次；博白出现最少，只有 11 次。

2) 大风

从湛江气象站的统计结果看，大风多发生于夏秋两季；湛江、廉江核博白的大风主要发生在 7~9 月，北海 3 月、7 月和 8 月大风天最多。从建站至 2020 年湛江共出现大风 406 天，廉江 189 天，北海 546 天，博白 171 天。由统计结果看，北海出现大风天数最多，廉江相对较少，博白最少。

3) 冰雹

厂址区域很少出现冰雹天气，各站冰雹天气主要集中春夏季。自建站至 2020 年湛江、廉江、北海和博白出现冰雹的日数依次为 23、11、6、9 天。

4) 雷暴和闪电

自建站以来，湛江市出现雷暴天气 5040 次，闪电事件 5081 次；廉江出现雷暴天气 5287 次，闪电事件 3297 次。北海出现雷暴天气 4614 次，闪电事件 5727 次；博白出现雷暴天气 5233 次，闪电事件 3546 次。4 个站从 1 月份到 12 月份均可能出现雷暴天气，但雷暴天气多出现在 4~9 月，依次占总数的 92.0%、92.7%、91.2%、91.6%。廉江 7 月份出现雷暴天气最多，为 1017 次；其它 3 个站 8 月份出现雷暴天气最多。

5) 暴雨

湛江、廉江、北海及博白自建站至 2020 年的暴雨数依次为 395、376、395 及 371 天；大暴雨数依次为 133、90、171 和 86 天；特大暴雨数依次为 4、5、13 和 2 天。

2.4.3 当地气象条件

根据厂址 2023~2024 年度（2023 年 5 月~2024 年 4 月）的观测资料，计算分析厂址区域的气温、气压、湿度、风速、风向、降水、蒸发等气象参数值。

1) 气温

年平均气温 23.8℃, 最热月 7 月平均气温 29.9℃, 最冷月 1 月平均气温 16.5℃, 年最高气温 36.7℃, 年最低气温 4.7℃。

2) 气压

年平均气压为 1010.1hPa, 极端最高气压 1029.9hPa, 极端最低气压 972.5hPa。

3) 水汽压

年平均水汽压为 25.7hPa, 极端最高水汽压 39.8hPa, 极端最低水汽压 5.5hPa。

4) 相对湿度

年平均相对湿度 83.3%, 极端最低湿度为 22.4%。

5) 蒸发量

年蒸发量为 1224.6mm, 夏秋季蒸发量较大, 冬春季蒸发量较小。

6) 降水

年降水 1647.2mm, 最长降雨时数为 15 小时, 起始时刻为 2023 年 10 月 20 日 21 时。

7) 露点温度

年平均露点温度 20.6℃, 7 月平均露点温度最高, 为 26.3℃, 12 月平均露点温度最低, 为 12.6℃, 极端最高露点温度 28.9℃, 极端最低露点温度 -1.3℃。

8) 风向、风速

根据地面站观测结果, 年平均风速为 2.0m/s, 年主导风向 E, 频率 17.2%, 次主导风向 NNE 和 ENE, 频率 14.5%。年静风频率 4.8%。

根据气象铁塔同期观测数据: 铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 年平均风速分别为 2.0m/s、2.8m/s、3.5m/s、4.0m/s 和 4.6m/s; 铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 年静风频率分别为 5.1%、0.3%、0.5%、0.4%、0%。整年统计结果表明, 厂址区域 30m 以上高度层的静风频率很低, 50m 高度静风频率虽比 30m 高度略大一点, 考虑到二者均处在极小的概率范围内(均不足 1%), 存在一定的随机性。另外, 塔层 10m 高度静风频率较高, 可能是因为南侧、西南侧及西侧树木会对低层风观测造成影响, 同时也不排除低层静风频率年际间会存在小范围波动的情况。

铁塔各层全年的风玫瑰图见图 2.4-4。全年中, 100m、70m、50m、30m、10m 高度主导风向均为 E, 频率分别为 15.9%、14.7%、14.2%、15.6%和 20.7%; 100m 次主导风向为 ESE, 频率为 14.3%; 70m 的次主导风向为 N, 频率为 14.5%; 50m

的次主导风向为 ENE，频率为 13.6%；30m 和 10m 次主导风向为 NNE，频率分别为 14.3%和 13.8%；观测期间五个高度主导与次主导风向集中在 N~ESE 风向上，总频率约占总体的 30%。

各高度主导风向均一致，次主导风向虽略有差异，但总体趋势相同，春、夏季 ENE~SE 风向出现频率最高，秋、冬季 N~NE 风向出现频率较高，风玫瑰图直观地反映出上述的规律性。从各层观测期间各风向风速分布可以看出，一般各季吹偏东风和东北风时风速较大。

2.4.4 大气稳定度

根据厂址气象站铁塔 2023 年 5 月~2024 年 4 月一整年的观测结果：不稳定类（A、B、C 类）占 40.1%，中性类（D 类）占 38.4%，稳定类（E、F 类）占 21.4%。

2.4.5 联合频率

根据厂址气象站铁塔2023年5月~2024年4月一整年的观测结果，统计厂址地区10m高度风向、风速、大气稳定度三维联合频率见表2.4-4，10m高度无雨、小雨(0.1~2.5mm/h)、中雨(2.6~8.0mm/h)、大雨(8.1~15.9mm/h)和暴雨(>16.0mm/h) 四维联合频率见表2.4-5。

厂址地区10m高度的主导风向和次主导风向分别为E方位和NNE方位，风频分别为20.7%和13.8%，年静风频率5.1%。

厂址地区的大气弥散条件较好。

2.4.6 混合层高度及扩散参数

2.4.6.1 大气边界层观测

近地面释放的污染物在大气中的扩散和输送主要受边界层和温度层结等气象条件影响，其中风、温廓线又在很大程度上影响边界层和湍流状态。为研究厂址地区大气边界层风温特征，专题承担单位中国辐射防护研究院于 2013 年 12 月 27 日~2014 年 1 月 16 日，2014 年 7 月 31 日~8 月 20 日分别开展了冬、夏两季的低空探空探测。

冬季观测点位置在厂址，有效观测时间 21 天，每天观测 8 次，分别是 02、05、08、11、14、17、20、23h。

夏季观测点位置在厂址、沙仔路和靶朋村，有效观测时间 21 天，每天观测 8 次，观测时间与冬季相同。

1) 边界层风廓线

通过观测得到了厂址区域以下特征：

从风向上看，冬季 50m 以下主导风向为 NE~E；50m 以上最大频率风向随高度由偏 N 风逐渐转为偏 W 风，主导风向也由偏 N 风逐渐转为偏 W 风；1000m 以下存在主导风向和次主导风向；夏季边界层各层风场以 SSW-WSW 为主导风向，25m-100m 存在次主导风向，风向为 SE-S。

从日平均风速来看，冬季 400m 以下风速均随高度的增加而增大，450m-1300m 风速随高度增加而减小，1300m 以上到 2000m 风速随高度增加而增大。夏季风速基本随高度增加而增大。

冬夏两季在 300m 以下风速随高度分布都可以用幂函数来做经验描述。冬季厂址测点的幂指数与夏季基本相当，这说明冬夏季地表状况变化不大，风廓线特征相近。总体上该厂址周边下垫面特征比较平坦。在不区分来流风向的情况下，幂指数推荐值是：A-B 类稳定度 $P=0.09$ ；C 类稳定度 $P=0.12$ ；D 类稳定度 $P=0.17$ ；E-F 类稳定度 $P=0.25$ 。

2) 边界层逆温

根据观测结果，冬季逆温出现较多，而且出现多层逆温现象，1000m 以上逆温出现频率较高，逆温厚度较大；夏季逆温出现较少，多数时次（占观测次数的 63.7%）在整个观测高度内温度随高度递减。冬季出现逆温频率最多的情形是大于 1000m 的逆温，频率为 56.7%，其次是接地逆温，频率为 30.3%。夏季出现逆温频率最多的情形是 0-300m 的逆温，频率为 46.4%。

冬季，在整个观测层中，逆温厚度最大的为大于 1000m 的逆温，为 1054.2m；出现逆温频率最多的情形是大于 1000m 的逆温，频率为 47.2%，其次是接地逆温，频率为 17.7%；逆温强度最大值出现在接地逆温中，为 $5.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

夏季，在整个观测层中，逆温厚度最大的为大于 1000m 逆温，为 391m；出现逆温频率最多的情形是 0-300m 的逆温，频率为 46.4%；500-1000m 逆温平均强度最大，为 $3.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ；逆温强度最大值出现在接地逆温中，为 $5.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

3) 热内边界层

夏季设置的三个测点观测到出现热内边界层事实，热内边界层高度变化规律基本一致，厂址测点、沙仔路测点、靶朋村三个测点出现热内边界层的频率分别为：16.9%、16.3%、18.1%。SW 风向下，靶朋村测点和厂址测点边界层告诉变

化规律基本一致：距海岸线越近，内边界层高度越低，平均而言，高度分别为 113.4m 和 153.2m。SE 风向下，沙仔路测点和厂址测点边界层高度变化规律基本一致：距海岸线越近，内边界层高度越低，平均而言，高度分别为 89.4m, 142.4m。通过与经验公式比较，靶朋村测点和沙仔路测点的结果基本上都在 Hsu 公式的曲线上方。

通过对厂址地区热内边界层特征进行的模拟分析发现：热内边界层并不总是出现，在春夏季出现的频率最高（在 2014 年 7 月达到最大值 61.3%），而冬季出现的频率最低（2013 年 12 月未出现）。

综合现场观测和数值模拟结果，厂址区域热内边界层高度随距离变化的关系推荐估算公示为： $h=0.777X^{0.558}$ 。

4) 混合层高度

根据边界层观测结果，混合层高度变化情况如下：

混合层高度具有明显的日变化。混合层高度中午前后较大，17 时后混合层高度逐渐减小。观测期间混合层高度随大气层结变得稳定而降低。经综合分析，从保守角度出发，取同稳定度下，厂址冬、夏两季混合层高度的平均值的较小值作为该稳定度下混合层高度的推荐值：658m（A-B 类稳定度）、260m（C 类稳定度）、244m（D 类稳定度）。

2.4.6.2 扩散参数

根据中国辐射防护研究院编制的《中电投广东湛江核电项目大气扩散试验研究总报告》，通过野外示踪、数值模拟、湍流观测的结果，综合推荐了厂址的大气扩散参数，参见表 2.4-6。

其中，六氟化硫（SF₆）示踪试验于 2014 年 8 月 5 日~12 日开展，期间共进行了 15 次有效示踪实验，其中 14 次释放高度为 70m，1 次释放高度 30m。15 次实验中，D 类稳定度占 9 次，C 类稳定度占 4 次，B 类稳定度占 2 次。最终结合 P-G 曲线外推的方法，给出了 6 类稳定度条件下的扩散参数。

数值模拟共开展了 27 组模拟，其中包括 15 次示踪实验。由于野外示踪仅在夏季开展，涉及到的稳定度有限，因此补充模拟 12 组，以关注其他季节不同风向、稳定度的情况。

湍流观测分别于 2014 年 7 月 30 日~8 月 24 日和 2015 年 2 月 12 日~3 月 7 日进行，观测高度分别为 30m 和 100m。

从理论上讲，三种方法获得的扩散参数精度为：示踪试验>数值模拟>湍流试验。三种方法可以互为验证，湍流试验可以获得湍流强度数据，示踪试验数据可以用于数值模拟结果验证，数值模拟则可以模拟更多种气象条件和更广区域的扩散情形。总之三种方法获得的扩散参数略有差异，从不同侧面反映厂址特征，需要综合分析获得厂址推荐的扩散参数。

湍流观测将天气类型区分为不稳定、中性和稳定类三类，给出的扩散参数也为三类；SF₆现场试验中只出现了 C、D 两类天气，拟合的扩散参数也只有这两类；数值模拟则给出了六类稳定度的扩散参数拟合结果。这里先将三种方法拟合的 C、D 类扩散参数平均值作为厂址 C、D 类扩散参数推荐值，之后以三种方法获得的 C、D 类扩散参数对数值间的平均差值为基准，类比各类 P-G 扩散曲线的间距外推得到其它类别的扩散参数系数。

推荐的扩散参数一方面能保证保守性，另一方面也能充分反应厂址扩散的实际情形。

因考虑到冷却塔塔体本身以及热羽可能对局地扩散产生影响，因此委托中国辐射防护研究院针对一期工程完成了风洞实验及 CFD 模拟，根据中国辐射防护研究院编制的《广东廉江核电项目大型自然通风冷却塔粒子扩散风洞实验总结报告》，结合风洞实验、CFD 数值模拟以及前期大气扩散实验研究结果，综合推荐适用于广东廉江核电项目近区的大气扩散参数，参见表 2.4-7，二期工程使用该扩散参数进行计算分析。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

本工程运行前的气象观测包括气象梯度观测和厂址专用地面气象观测。

1) 站址选择

按照核电工程可行性研究阶段工作要求，广东廉江核电项目建设现场气象观测站和百米铁塔进行厂址区域的气象观测工作。厂址气象观测站于 2013 年底正式启动气象观测工作，并于 2016 年迁站至距原气象站东北方约 1.8km 的新站址（地理位置为 21°34'5"N，109°49'39"E）。新场地海拔约为 29m，地形平坦，环境开阔，气象站观测环境较好。场地位于核电厂计划征地边界之外，不影响核电厂建设期间施工；附近无陡坡或高压输电线路等高大建筑物，地形起伏落差小；远离城市或乡村等人群聚居区域，无地方性雾、烟等大气污染。

2) 厂址气象梯度观测系统

气象塔 10m、30m、50m、75m 和 100m 进行风向、风速、温度的逐时观测，100m 高度层还设置湿度观测。

所有传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告，仪器参数符合 HAD101/02 表 I 中仪器灵敏度和准确度的要求。具体参数参见表 2.4-8。

3) 厂址地面气象站

厂址地面气象站的观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量。

所有传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告，仪器参数符合 HAD101/02 表 I 中仪器灵敏度和准确度的要求。具体参数参见表 2.4-9。

4) 数据采集和存储

通道采样方式可以对一个通道或多个通道的任意组合进行实时命令采样，可预置多个采样任务，对一个或多个通道组合任务进行定时采样。

5) 定标和维修

观测仪器进入现场安装之前，由国家计量机构授权的气象计量检定单位对仪器进行标定；依照相关规范要求，对现场仪器进行安装、调试；采集的数据采用无线远程传输方式每天一次定时自动传输到数据采集中心，技术人员可进行即时处理，并实时监控现场仪器运行情况，发现问题维护人员 24 小时内赶赴现场对设备进行检修，在恶劣天气前、后加强对所有设备进行检查和维护，发现问题或出现故障及时处理并填写故障记录单。

6) 数据获取率

2023 年 5 月~2024 年 4 月一整年气象数据的联合获取率为 95.12%，满足 HAD101/02 不低于 90%的要求。

表 2.4-1 各气象站的海拔高度和经纬度和类型

站名	经纬度		观测场海拔高度 (m)	气象站类型	站点变动信息		
	纬度 (度.分)	经度 (度.分)			建站时间	迁站次数	现址开始工作时间
湛江	21°09'	110°18'	25.3	基本站	1950/6/3	2	2004/1/1
廉江	21°38'	110°18'	22.6	一般站	1952/9/1	4	2007/1/1
北海	21°27'	109°08'	12.8	基本站	1952/8/3	3	1994/1/1
博白	22°18'	109°59'	85.9	一般站	1956-11-1	1	2010-1-1

表 2.4-2 各气象站与厂址的相对位置

站名	与厂址相对位置	与厂址距离	自动站单轨运行日期
湛江	东南	73km	2006-1-1
廉江	东偏北	50km	2010-1-1
北海	西偏南	71km	2006-1-1
博白	北偏东	80km	2010-1-1

表 2.4-3 厂址中心各种历时设计暴雨成果 (mm)

频率 时段	千年一遇	百年一遇	50 年一遇	20 年一遇	10 年一遇	5 年一遇	1 年一遇
5min	32.7	26.9	25.1	22.7	20.7	18.5	10.3
10min	51.4	42.6	39.8	35.9	32.8	29.3	16.7
30min	126.4	100.8	92.8	81.9	73.3	64.1	32.3
1h	241.4	178.5	159.3	133.6	115.0	96.1	45.0
24h	754.8	543.4	479.4	398.7	336.4	272.3	103.6

表 2.4-4 10 米高度风向、风速、稳定度联合频率 (%)

辐射	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均 风速
A	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.168	0.168	0.443	0.311	0.742	0.539	0.335	0.275	0.203	0.263	0.359	0.323	0.084	0.275	0.227	0.132	4.847	1.6
	2.0~2.9	0.072	0.156	0.299	0.275	0.515	0.335	0.371	0.263	0.215	0.335	0.371	0.419	0.096	0.120	0.096	0.084	4.022	2.5
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.4
	0.6~1.9	0.144	0.203	0.443	0.287	0.539	0.168	0.192	0.120	0.156	0.180	0.120	0.108	0.060	0.132	0.072	0.132	3.056	1.5
	2.0~2.9	0.144	0.335	0.347	0.479	0.862	0.754	0.419	0.299	0.180	0.275	0.395	0.299	0.048	0.060	0.036	0.036	4.968	2.5
	3.0~4.9	0.156	0.395	0.443	0.503	1.496	0.790	0.610	0.263	0.096	0.299	0.586	0.263	0.012	0.036	0.060	0.012	6.020	3.4
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.227	0.610	0.479	0.419	0.766	0.395	0.287	0.156	0.060	0.120	0.156	0.120	0.024	0.012	0.060	0.072	3.963	2.5
	3.0~4.9	0.036	0.335	0.120	0.144	0.802	0.778	0.598	0.168	0.000	0.096	0.156	0.048	0.024	0.012	0.012	0.048	3.377	3.8
	5.0~5.9	0.000	0.036	0.000	0.000	0.060	0.084	0.012	0.000	0.000	0.024	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.240	5.3
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
D	0.0~0.5	0.311	0.503	0.395	0.479	0.622	0.467	0.180	0.072	0.036	0.108	0.048	0.108	0.036	0.287	0.407	0.431	4.490	0.3
	0.6~1.9	2.154	4.632	6.774	5.326	7.959	3.950	1.460	1.149	0.455	0.503	0.874	0.443	0.275	0.814	1.221	0.993	38.982	1.3
	2.0~2.9	0.287	4.129	1.963	0.898	2.573	1.771	0.479	0.299	0.072	0.144	0.203	0.072	0.024	0.036	0.096	0.120	13.166	2.4
	3.0~4.9	0.072	1.376	0.227	0.586	1.735	1.364	0.335	0.192	0.072	0.144	0.120	0.024	0.000	0.012	0.084	0.012	6.355	3.5
	5.0~5.9	0.000	0.024	0.024	0.024	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.108	5.4
	≥6.0	0.012	0.000	0.024	0.060	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.024	0.276	7.9
E	0.0~0.5	0.072	0.072	0.048	0.060	0.084	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.060	0.468	0.2
	0.6~1.9	0.120	0.132	0.096	0.132	0.072	0.192	0.096	0.012	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.024	0.912	1.4
	2.0~2.9	0.060	0.527	0.156	0.467	1.460	0.706	0.156	0.108	0.024	0.024	0.024	0.012	0.000	0.000	0.036	0.000	3.760	2.4
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.036	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.156	3.3
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.072	0.120	0.024	0.024	0.180	0.275	0.036	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.743	2.4
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
合计		4.107	13.753	12.305	10.474	20.707	12.652	5.566	3.388	1.581	2.551	3.436	2.251	0.683	1.796	2.503	2.180	100	

无雨

表 2.4-5 (a) 气象铁塔 10 米高度雨量、风向、风速、稳定度联合频率(%)(2023.5~2024.4)

辐射	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均 风速
A	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.156	0.144	0.431	0.311	0.742	0.527	0.335	0.263	0.203	0.251	0.359	0.311	0.084	0.275	0.227	0.132	4.751	1.6
	2.0~2.9	0.072	0.156	0.299	0.275	0.515	0.335	0.371	0.263	0.215	0.335	0.371	0.419	0.096	0.120	0.096	0.084	4.022	2.5
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.4
	0.6~1.9	0.144	0.180	0.443	0.287	0.491	0.168	0.192	0.120	0.156	0.168	0.108	0.108	0.048	0.132	0.072	0.132	2.949	1.4
	2.0~2.9	0.144	0.311	0.347	0.431	0.850	0.742	0.419	0.299	0.180	0.263	0.383	0.299	0.048	0.060	0.036	0.036	4.848	2.5
	3.0~4.9	0.144	0.395	0.443	0.503	1.496	0.790	0.586	0.263	0.084	0.299	0.586	0.251	0.012	0.036	0.060	0.012	5.960	3.4
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.215	0.586	0.479	0.395	0.742	0.371	0.287	0.144	0.048	0.120	0.132	0.120	0.024	0.012	0.036	0.072	3.783	2.5
	3.0~4.9	0.036	0.335	0.120	0.144	0.778	0.766	0.575	0.168	0.000	0.060	0.132	0.048	0.024	0.012	0.012	0.024	3.234	3.9
	5.0~5.9	0.000	0.036	0.000	0.000	0.060	0.084	0.012	0.000	0.000	0.024	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.240	5.3
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
D	0.0~0.5	0.299	0.503	0.395	0.479	0.622	0.467	0.180	0.072	0.036	0.108	0.048	0.108	0.036	0.275	0.395	0.431	4.454	0.3
	0.6~1.9	1.759	3.938	6.332	5.003	7.600	3.794	1.329	1.089	0.395	0.455	0.706	0.407	0.203	0.658	1.005	0.934	35.607	1.3
	2.0~2.9	0.239	3.698	1.640	0.814	2.418	1.735	0.455	0.192	0.048	0.084	0.168	0.048	0.000	0.012	0.036	0.096	11.683	2.4
	3.0~4.9	0.060	1.005	0.180	0.467	1.676	1.364	0.299	0.036	0.012	0.072	0.108	0.000	0.000	0.000	0.036	0.000	5.315	3.5
	5.0~5.9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	5.1
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
E	0.0~0.5	0.072	0.072	0.048	0.060	0.084	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.060	0.468	0.2
	0.6~1.9	0.120	0.132	0.084	0.132	0.072	0.192	0.096	0.012	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.024	0.888	1.4
	2.0~2.9	0.048	0.503	0.144	0.455	1.412	0.682	0.156	0.084	0.012	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.012	0.000	3.520	2.4
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	3.2
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.072	0.108	0.024	0.024	0.180	0.275	0.036	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.731	2.4
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
合计		3.580	12.114	11.409	9.780	19.834	12.376	5.328	3.017	1.401	2.251	3.113	2.143	0.575	1.592	2.059	2.037	92.609	

表 2.4-5 (b) 气象铁塔 10 米高度雨量、风向、风速、稳定度联合频率(%)(2023.5~2024.4)

小雨(0.1~2.5mm/h)

辐射	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均 风速
A	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.012	0.024	0.012	0.000	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	1.5
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.024	0.000	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	1.6
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	2.7
	3.0~4.9	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	3.5
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.012	0.012	0.000	0.024	0.012	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	2.4
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.096	3.7
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
D	0.0~0.5	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.036	0.4
	0.6~1.9	0.347	0.646	0.323	0.275	0.287	0.144	0.108	0.060	0.048	0.024	0.084	0.024	0.024	0.120	0.192	0.060	2.766	1.4
	2.0~2.9	0.036	0.407	0.239	0.048	0.108	0.024	0.012	0.096	0.012	0.036	0.012	0.000	0.000	0.024	0.036	0.024	1.114	2.4
	3.0~4.9	0.012	0.311	0.012	0.060	0.048	0.000	0.000	0.012	0.024	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.012	0.575	3.4
	5.0~5.9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	5.1
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.012	6.4
E	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	1.5
	2.0~2.9	0.012	0.024	0.012	0.012	0.048	0.024	0.000	0.024	0.012	0.024	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.216	2.6
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.036	3.6
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	2.5
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
合计		0.455	1.472	0.610	0.467	0.575	0.204	0.132	0.216	0.108	0.216	0.168	0.048	0.024	0.156	0.312	0.120	5.283	

表 2.4-5 (c) 气象铁塔 10 米高度雨量、风向、风速、稳定度联合频率(%)(2023.5~2024.4)

中雨(2.6~8.0mm/h)

辐射	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均 风速
A	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.024	1.3
	2.0~2.9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	2.8
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	3.1
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048	2.6
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	4.6
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
D	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.048	0.048	0.084	0.024	0.060	0.012	0.024	0.000	0.012	0.000	0.048	0.000	0.048	0.024	0.024	0.000	0.456	1.5
	2.0~2.9	0.012	0.024	0.048	0.024	0.036	0.012	0.012	0.012	0.000	0.012	0.012	0.012	0.024	0.000	0.024	0.000	0.264	2.4
	3.0~4.9	0.000	0.060	0.000	0.048	0.000	0.000	0.036	0.096	0.024	0.012	0.000	0.012	0.000	0.000	0.012	0.000	0.300	3.5
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.024	5.4
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.048	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.144	8.0
E	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.024	2.1
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
合计		0.060	0.156	0.132	0.144	0.204	0.060	0.084	0.108	0.036	0.036	0.084	0.024	0.084	0.024	0.108	0.000	1.344	

表 2.4-5 (d) 气象铁塔 10 米高度雨量、风向、风速、稳定度联合频率(%)(2023.5~2024.4)

大雨(8.1~15.9mm/h)

辐射	风向 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合计	平均 风速
A	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
B	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	2.8
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	3.9
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
C	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.036	2.6
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	3.5
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
D	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.036	0.024	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.024	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.120	1.6
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.036	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.012	0.012	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	2.2
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.024	0.012	0.000	0.000	0.000	0.048	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108	4.1
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.024	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	5.3
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.012	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.060	7.5
E	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
F	0.0~0.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	0.6~1.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	2.0~2.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	3.0~4.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	5.0~5.9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
	≥6.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
合计		0.000	0.012	0.120	0.072	0.060	0.012	0.024	0.048	0.024	0.036	0.036	0.024	0.000	0.000	0.024	0.012	0.504	

暴雨(>16.0mm/h)

[illegible]

表 2.4-6 扩散参数推荐值数 $\sigma_y=ax^b$, $\sigma_z=cx^d$ (前期结果)

稳定度类	扩散参数系数				取值方法
	a	b	c	d	
A	1.133	0.810	0.046	1.413	类比外推
B	0.737	0.820	0.544	0.819	
C	0.484	0.829	0.600	0.718	
D	0.2	0.866	0.386	0.731	三种方法获得结果的平均值
E	0.211	0.862	0.467	0.641	同 A、B
F	0.147	0.862	0.274	0.655	

表 2.4-7 扩散参数推荐值数 $\sigma_y=ax^b$, $\sigma_z=cx^d$ (近区结果)

稳定度类	推荐的 5km 范围内扩散参数系数			
	a	b	c	d
A	1.335	0.790	0.074	1.357
B	1.053	0.778	0.897	0.760
C	0.884	0.758	1.724	0.594
D	0.566	0.786	1.806	0.550
E	0.449	0.773	2.003	0.470
F	0.313	0.773	2.122	0.415

表 2.4-8 气象塔观测仪器参数

仪器	产地	量程	分辨率	准确度	单位	数采方式
风速	美国	0~75	0.1	$\pm (0.3+0.03V)$	m/s	远程无线传输
风向	美国	0~360	1	± 3	°	
温度	中国	-40~+60	0.1	± 0.2	°C	
相对湿度	中国	0~100	1	± 3 ($t > 0^{\circ}\text{C}$) ± 5 ($t \leq 0^{\circ}\text{C}$)	RH%	

表 2.4-9 地面气象站观测仪器参数

要素	测量范围	分辨率	准确度	单位	型号
气温	-40~+60	0.1	± 0.2	°C	HMP45D
相对湿度	0~100	1	± 3 ($t > 0^{\circ}\text{C}$) ± 5 ($t \leq 0^{\circ}\text{C}$)	RH%	
风向	0~360	1	± 3	°	EL15-2
风速	0~75	0.1	$\pm (0.3+0.03V)$	m/s	EL15-1
降水量	0~999.9	0.1	± 0.3 ($\leq 10\text{mm}$) $\pm 3\%$ ($> 10\text{mm}$)	mm	SL3
气压	450~1060	0.01	± 0.15	hPa	PTB220
总辐射	0~1500	1	$\pm 5\%$	W/m ²	TBQ-2
净辐射	0~1500	1	$\pm 5\%$	W/m ²	TBB-1
日照	0~24	0.1	± 0.1	h	DSU12 (SD4)
蒸发	0~100	0.1	$\pm 1.5\%$	mm	AG1-1

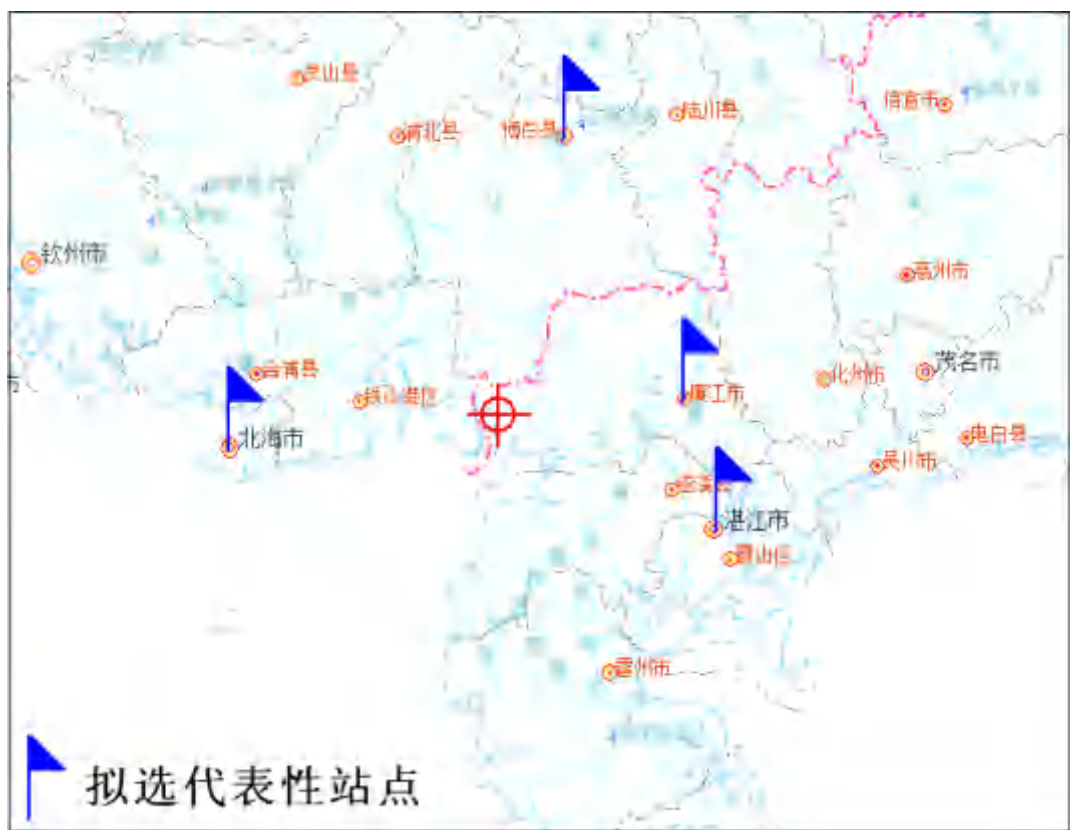


图 2.4-1 厂址周围 80km 气象站分布图

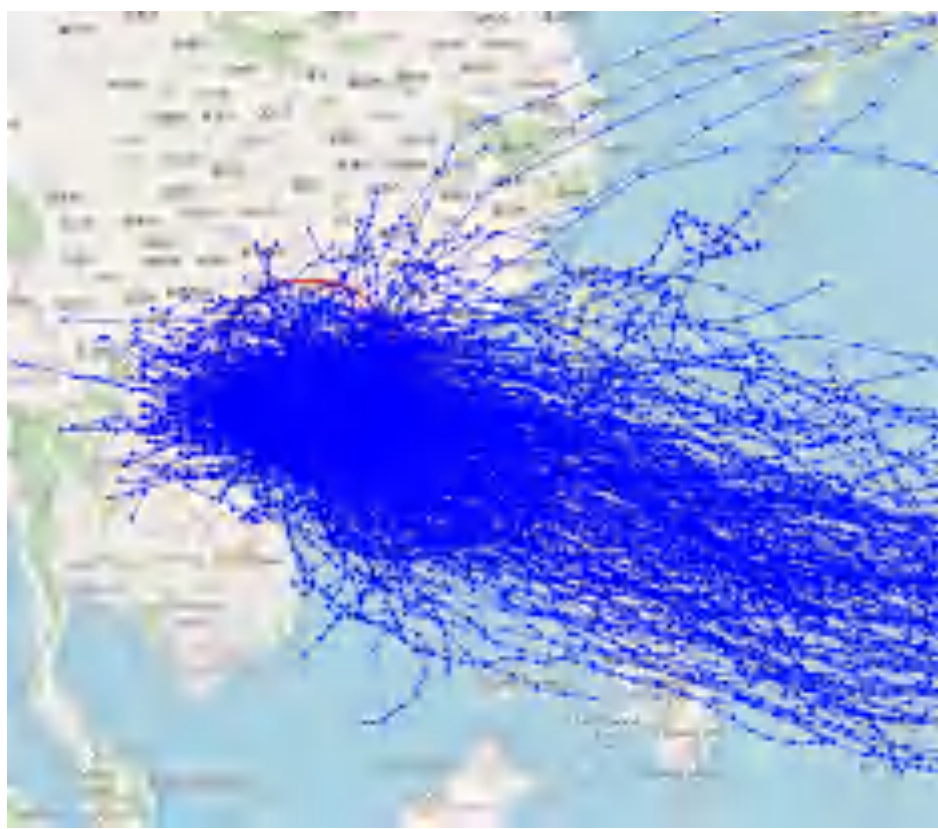


图 2.4-2 以厂址为中心半径 400km 的年极值台风路径



图 2.4-3 广东廉江核电厂龙卷风调查范围经纬跨度 3°示意图

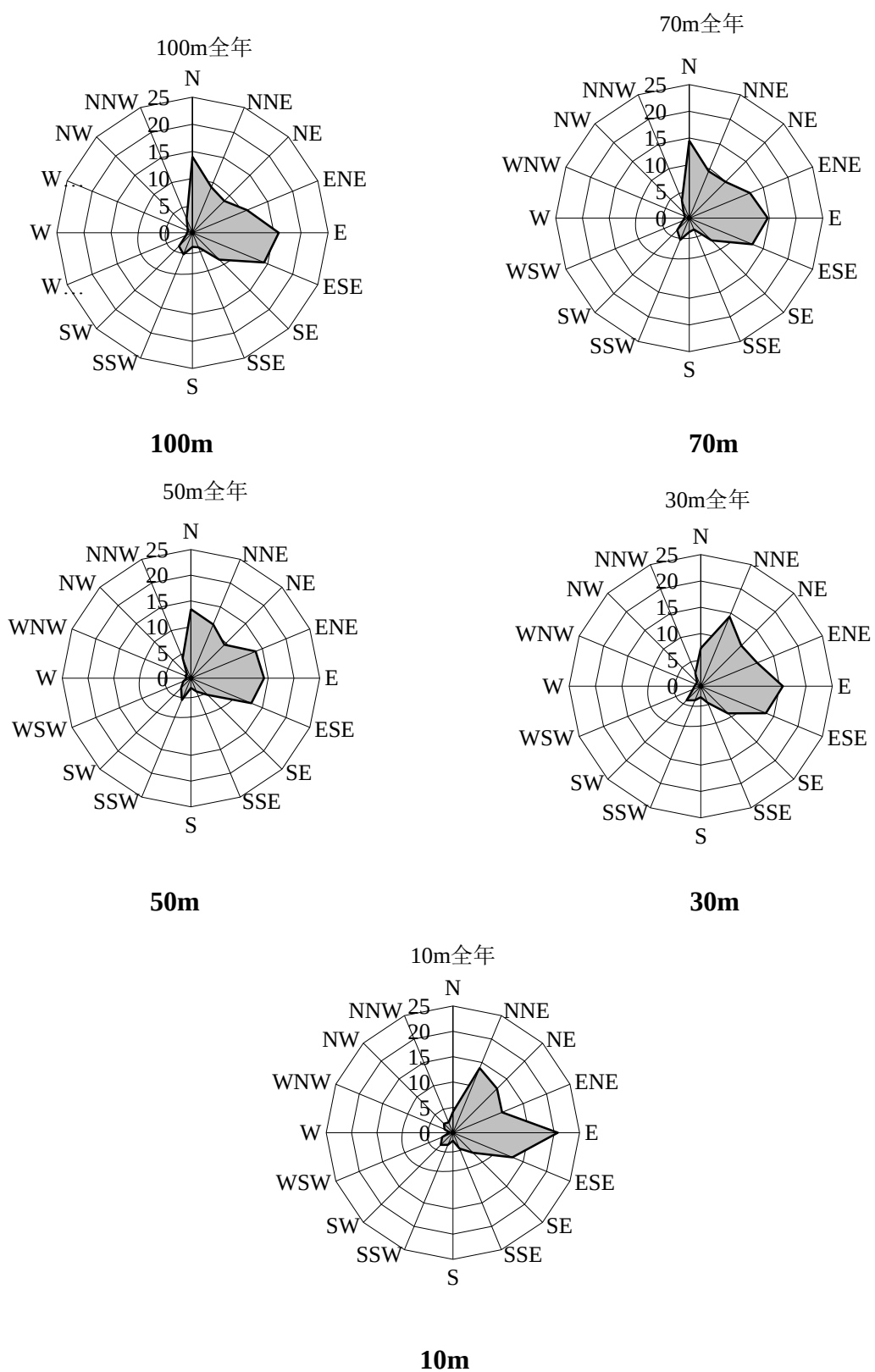


图 2.4-4 铁塔各高度风玫瑰（2023 年 5 月～2024 年 4 月）

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

广东廉江核电项目田螺岭厂址位于英罗湾湾顶区域。拟建厂址周边海域水深介于 2~15m，近岸滩涂宽阔，海底表层沉积物为粘土质砂和砂-粉砂-粘土，沿岸有九洲江及其支流入海。

厂址设置核电项目周年水文观测站（W1 站），周边有石头埠水文站、北海海洋站和涠洲海洋站。测站位置参见图 2.5-1，具体情况如下：

W1 站为由国家海洋局南海工程勘察中心承建并实施观测。测站位于北部湾东北、安铺湾海域，地理坐标为：21°23'57"N、109°44'52"E。观测起始时间为 2013 年 11 月 1 日 0 时，止于 2014 年 10 月 31 日 23 时。厂址海洋水文站观测内容包括潮位、潮流、波浪等。

石头埠水文站位于铁山港内，地理坐标为 21°35'N、109°35'E，与上述厂址 W1 站同处北部湾东北海区，隶属于国家基本水文站网，现由广西壮族自治区水文水资源局管辖。自 1967 年建站至今，资料基本连续、完整。观测要素有水位、水温、雨量、蒸发、风速、风向、气压、气温等。

北海海洋站位于广西海岸东部岸段，距离工程区域约 80km，地理坐标为 21°24'N、109°08'E。始建于 1954 年，但是由于种种原因，早年的观测资料不甚完整，1965 年以后数据观测比较完备，观测要素有：水位、水温、风速、风向、气压、气温等。

涠洲海洋站位于北部湾中部的涠洲岛，位于岛东南侧南港湾，距离工程海域约 85km，地理坐标为 21°01'N、109°07'E。观测要素有：水位、水温、波浪、风速、风向、气压、气温等。

1) 海流

a) 潮流

厂址附近海域于 2024 年 8 月 4 日~2024 年 8 月 12 日和 2024 年 12 月 17 日~2024 年 12 月 26 日开展了冬夏季同步水文测验工作，测验站位见图 2.5-2~图 2.5-3。

调查海区夏季潮流类型主要为不规则半日潮流，冬季潮流类型主要为不规则全日潮流，潮流运动以往复流为主，流态分明。从表层到底层，各站各层海流形态较为相似，流向基本与岸线平行，主要为 NE-SW 流。理论最大可能潮流流速

的最大值冬季为 115cm/s，夏季为 127.3cm/s，流向均为 ENE 向。最大可能潮流流向基本为 NE-SW 向。

冬季观测期间，大潮观测期间最大流速为 99cm/s；中潮观测期间最大流速为 72cm/s；小潮观测期间最大流速为 63cm/s。从平均流速来看，各站落潮流普遍大于涨潮流。夏季观测期间，大潮观测期间最大流速为 82cm/s；中潮观测期间最大流速为 94cm/s；小潮观测期间最大流速为 88cm/s。从平均流速来看，各站落潮流普遍大于涨潮流。调查海区涨、落潮流历经时间不等。

b) 余流

冬季测验期间，调查海区余流主要介于 0.1cm/s~12.3cm/s。夏季测验期间，调查海区余流主要介于 0.2cm/s~14.8cm/s。表层余流流速普遍大于中层余流和底层余流。余流方向基本上是表层余流为 SW 向，中底层为 NE 向。

2) 潮汐

根据厂址水文站（W1 站）周年（2013.11~2014.10）水文观测资料，分析工程海域潮位特征值如下：

潮汐性质：3.26（不规则全日潮）

最高潮位：3.59m

最低潮位：-2.03m

年平均高潮位：1.79m

年平均低潮位：-0.59m

年平均潮位：0.61m

年最大潮差：5.42m

年平均潮差：2.38m

年平均涨潮历时：7h49min

年平均落潮历时：7h29min

此外，根据 2024 年夏季、冬季开展同步水文测验潮位观测结果，工程海域的潮汐特征为：

夏季观测期间（2024 年 8 月 4 日~2024 年 8 月 12 日），潮汐类型为不正规全日潮，观测期间平均海面为 64cm~73cm，最高潮位为 330cm~396cm，平均潮差为 267cm~312cm，最大潮差为 476cm~566cm，石头埠（铁山港）站的大潮、

中潮和小潮的潮差最大，平均海面最高。总体而言，本海区平均涨潮历时略长于平均落潮历时。

冬季观测期间（2024 年 12 月 17 日~2024 年 12 月 26 日），潮汐类型为不正规全日潮，观测期间平均海面为 62cm~63cm，最高潮位 353cm~384cm，平均潮差为 314cm~325cm，最大潮差为 528cm~608cm，石头埠（铁山港）站的大潮、中潮和小潮的潮差最大，平均海面最高。总体而言，本海区平均涨潮历时略长于平均落潮历时。

3) 波浪

根据厂址水文站 2013 年 11 月 1 日~2014 年 10 月 31 日的波浪观测资料，分析如下：

a) 观测期间年最大波高 $H_{\max}$ 、十分之一大波波高 $H_{1/10}$ 、三分之一大波波高 $H_{1/3}$ 、平均波高 H_{ave} 分别为 508cm、315cm、260cm、165cm。年平均 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 和 H_{ave} 分别为 28cm、22cm 和 14cm。

b) 全年来看，波周期主要集中在不大于 5.0s 区间范围内。秋冬季节（9 月~翌年 2 月），受东北季风影响，主要以短周期风浪为主，波周期主要分布在 2.0s~2.9s，出现频率均接近或高于 60%；春夏季，东北季风逐渐转为 E 向风和 SW 向风，随少量外海涌浪的传入，波周期范围增大，但是总体来说，大周期波浪频率仍然较小，从波周期频率分布来看，春夏季的主要波周期为 3.0s~4.9s。

c) 厂址水文专用站观测期间的全年常浪向为 WSW 向，次常浪向为 E 向，常浪向季节变化明显，5 月~9 月以 SW~WSW 向浪为主，10 月~翌年 4 月以 NNE~E 向浪为主，WSW 向浪为辅；厂址水文专用站观测期间的全年强浪向为 E 向，各月强浪向以 E 和 SW~WSW 向为主。

d) 观测海区的常风向与常浪向并不完全一致。11 月、12 月、3 月、4 月和 6 月，这几个月常风向与常浪向完全或大致相同；2 月、5 月、7~10 月，这几个月常浪向与次常风向相同；1 月的次常浪向与次常风向一致，而常浪向与常风向相反。

4) 海水温度

根据冬夏季同步水文测验的成果，工程海域的海水温度特征为：

a) 水温的周日变化

冬季大潮期表层水温变化范围为 16.89℃~19.34℃，日平均水温最大值出现在 L5 号站，为 18.71℃，最小值出现在 L7 号站，为 17.53℃；冬季大潮期中层（0.6H，下同）水温变化范围为 16.90℃~19.41℃，日平均水温最大值出现在 L5 号站，为 18.75℃，最小值出现在 L7 号站，为 17.55℃；冬季大潮期底层水温变化范围为 16.92℃~19.41℃，日平均水温最大值出现 L5 号站，为 18.78℃，最小值出现在 L7 号站，为 17.56℃。

冬季中潮期表层水温变化范围为 16.81℃~19.16℃，日平均水温最大值出现在 L5 号站，为 18.43℃，最小值出现在 L7 号站，为 17.47℃；冬季中潮期中层水温变化范围为 16.98℃~18.64℃，日平均水温最大值出现在 L4 号站，为 18.43℃，最小值出现在 L7 号站，为 17.50℃；冬季中潮期底层水温变化范围为 17.02℃~18.63℃，日平均水温最大值出现 L4 号站，为 18.45℃，最小值出现在 L7 号站，为 17.53℃。

冬季小潮期表层水温变化范围为 17.72℃~19.03℃，日平均水温最大值出现在 L5 号站，为 18.61℃，最小值出现在 L1 号站，为 18.15℃；冬季小潮期中层水温变化范围为 17.79℃~18.91℃，日平均水温最大值出现在 L5 号站，为 18.70℃，最小值出现在 L10 号站，为 17.97℃；冬季小潮期底层水温变化范围为 17.71℃~18.89℃，日平均水温最大值出现 L5 号站，为 18.73℃，最小值出现在 L10 号站，为 17.94℃。

夏季大潮期表层水温变化范围为 30.04℃~32.91℃，日平均水温最大值出现在 L7 号站，为 31.60℃，最小值出现在 L5 号站，为 30.68℃；夏季大潮期中层水温变化范围为 30.01℃~31.66℃，日平均水温最大值出现在 L7 号站，为 31.22℃，最小值出现在 L5 号站，为 30.36℃；夏季大潮期底层水温变化范围为 29.98℃~31.58℃，日平均水温最大值出现 L7 号站，为 31.15℃，最小值出现在 L5 号站，为 30.19℃。

夏季中潮期表层水温变化范围为 31.13℃~33.87℃，日平均水温最大值出现在 L7 号站，为 32.81℃，最小值出现在 L10 号站，为 31.63℃；夏季中潮期中层水温变化范围为 30.27℃~33.56℃，日平均水温最大值出现在 L7 号站，为 32.53℃，最小值出现在 L5 号站，为 30.86℃；夏季中潮期底层水温变化范围为 30.25℃~32.95℃，日平均水温最大值出现 L7 号站，为 32.38℃，最小值出现在 L5 号站，为 30.49℃。

夏季小潮期表层水温变化范围为 30.58℃~32.55℃，日平均水温最大值出现在 L7 号站，为 31.95℃，最小值出现在 L5 号站和 L10 站，为 31.59℃；夏季小潮期中层水温变化范围为 30.68℃~32.47℃，日平均水温最大值出现在 L7 号站，为 32.00℃，最小值出现在 L5 号站，为 31.28℃；夏季小潮期底层水温变化范围为 30.58℃~32.49℃，日平均水温最大值出现 L7 号站，为 32.00℃，最小值出现在 L5 号站，为 30.88℃。

b) 水温的潮期变化

冬季各站温度分布存在一定的空间差异，基本表现为偏外海站位的海水温度较高，而近岸站位的海水温度较低。大潮和中潮期较为明显，如外海的 L5 站海水温度最高，而英罗港内的 L7 站海水温度最低；小潮期，各站的温度差异相对较小，但小潮期各站层的平均海水温度要略高于大潮和中潮期。大潮期各站表层水温平均值为 18.08℃，0.6H 层为 18.15℃，底层为 18.19℃；中潮期各站表层水温平均值为 18.00℃，0.6H 层为 18.00℃，底层为 18.03℃；小潮期各站表层水温平均值为 18.32℃，0.6H 层为 18.28℃，底层为 18.29℃。

从夏季各潮期空间分布上看，基本表现为位于安铺港和英罗港的站位温度较高，如靠近核电厂取排水口处的 L1 站和 L7 站，而外海站位的温度相对较低，如 L4 和 L5 站。从垂向分布上看，大潮期和中潮期比较一致，即表、中、底层存在一定的温度差异；小潮期，除 L5 站外，其他各站均差异明显减小，且多个站位出现底层水温大于表层水温的特征，如 L2，L3，L6，L7 和 L9 站。大潮期各站表层水温平均值为 31.11℃，0.6H 层为 30.73℃，底层为 30.61℃；中潮期各站表层水温平均值为 32.12℃，0.6H 层为 31.69℃，底层为 31.52℃；小潮期各站表层水温平均值为 32.55℃，0.6H 层为 32.47℃，底层为 32.49℃。

c) 水温的平面分布特征

冬季大潮期间，各层的温度平面分布等值线基本表现为西北—东南向，靠近核电厂取排水口附近海域温度较低，外海区域温度较高；中潮期间，各层的温度平面分布等值线同样基本表现为西北—东南向，表、中、底层海水温度分布无显著差异；小潮期间，靠近核电厂取排水口附近的 L7 站和铁山港内的 L10 站海水温度较低，而 L2、L6 和外海的 L5 站温度略高，底层的海水温度梯度变化大于表层。

夏季工程海域总体上近岸平均水温高于外海平均水温，空间分布特征与冬季正好相反。

此外，搜集厂址周边石头埠（铁山港）水文站 1984~2021 年水温实测资料进行统计，详见表 2.5-1。结果表明，多年平均水温 24.7℃；月平均最高水温 30.5℃，出现在 8 月；月平均最低水温 16.7℃，出现在 1 月；累年观测到的最高水温为 36.2℃，出现在 2020 年 7 月；最低水温为 7.5℃，出现在 1996 年 2 月。

5) 海水盐度

根据冬夏季同步水文测验的成果，工程海域的海水盐度特征为：

a) 盐度的周日变化

冬季大潮期表层盐度变化范围为 24.67‰~31.59‰，日平均盐度最大值出现在 L5 站，为 31.16‰，最小值出现在 L7 号站，为 28.35‰；冬季大潮期中层盐度变化范围为 24.76‰~31.61‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.18‰，最小值出现在 L7 号站，为 28.42‰；冬季大潮期底层盐度变化范围为 24.77‰~31.63‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.20‰，最小值出现在 L7 号站，为 28.4‰。各站表层、中层和底层盐度最大日变化分别为 6.138、6.075 和 6.094，盐度日变化受潮汐涨落过程的影响，表现为一涨一落的全日周期。

冬季中潮期表层盐度变化范围为 26.00‰~31.37‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.06‰，最小值出现在 L7 号站，为 28.64‰；冬季中潮期中层盐度变化范围为 26.16‰~31.38‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.14‰，最小值出现在 L7 号站，为 28.70‰；冬季中潮期底层盐度变化范围为 26.81‰~31.39‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.16‰，最小值出现在 L7 号站，为 28.75‰。各站表层、中层和底层盐度最大日变化分别为 4.423、4.265 和 3.291，相比于大潮，中潮期的盐度日变化略有减小，盐度日变化中依然可见涨落潮的影响，但变化幅度明显较小。

冬季小潮期表层盐度变化范围为 25.40‰~31.44‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.25‰，最小值出现在 L9 号站，为 28.7‰；冬季小潮期中层盐度变化范围为 28.04‰~31.66‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.48‰，最小值出现在 L7 号站，为 29.08‰；冬季小潮期底层盐度变化范围为 28.15‰~31.67‰，日平均盐度最大值出现在 L5 号站，为 31.60‰，最小值出现在

L7 号站, 为 29.14‰。各站表层、中层和底层盐度最大日变化分别为 5.143、1.969 和 1.556。

夏季大潮期表层盐度变化范围为 9.16‰~27.58‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 站, 为 25.82‰, 最小值出现在 L7 号站, 为 15.18‰; 夏季大潮期中层盐度变化范围为 9.71‰~29.16‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 27.41‰, 最小值出现在 L7 号站, 为 16.49‰; 夏季大潮期底层盐度变化范围为 9.79‰~29.25‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 28.15‰, 最小值出现在 L7 号站, 为 16.98‰。各站表层、中层和底层盐度最大日变化分别为 12.218、13.191 和 13.408。总体来说, 调查海域大潮期的盐度分布均较小, 且盐度的日变化较大, 各站层最大盐度日变化超过 13。取排水口附近海域盐度日变化显著受潮汐涨落过程的影响, 表现为一涨一落的全日周期, 而外海盐度日变化受涨落潮影响幅度较小。

夏季中潮期表层盐度变化范围为 14.61‰~27.16‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 26.05‰, 最小值出现在 L10 号站, 为 17.86‰; 夏季中潮期中层盐度变化范围为 15.04‰~30.00‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 27.67‰, 最小值出现在 L10 号站, 为 17.87‰; 夏季中潮期底层盐度变化范围为 15.39‰~30.01‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 28.79‰, 最小值出现在 L10 号站, 为 17.88‰。各站表层、中层和底层盐度最大日变化分别为 8.229、8.232 和 7.996。总体来说, 中潮期与大潮期相似, 盐度分布较小, 但盐度日变化较大, 中潮期略有减小。

夏季小潮期表层盐度变化范围为 17.13‰~26.74‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 26.30‰, 最小值出现在 L7 号站, 为 20.55‰; 夏季小潮期中层盐度变化范围为 17.49‰~29.54‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 27.66‰, 最小值出现在 L7 号站, 为 20.89‰; 夏季小潮期底层盐度变化范围为 17.94‰~29.62‰, 日平均盐度最大值出现在 L5 号站, 为 28.86‰, 最小值出现在 L7 号站, 为 21.12‰。各站表层、中层和底层盐度最大日变化分别为 6.722、6.561 和 6.052。总体来说, 小潮期盐度分布与大、中潮期较为接近。

b) 盐度的潮期变化

与水温分布特征不同, 大、中、小潮期各站整体盐度分布并无明显差异。

冬季测验期间, 大潮期各站表层、中层和底层的盐度平均值为 29.67‰、29.82‰和 29.87‰; 中潮期各站表层、中层和底层的盐度平均值为 29.84‰、29.99‰和

30.05‰；小潮期各站表层、中层和底层的盐度平均值为 29.88‰、30.30‰和 30.44‰。从空间分布上看，受上游径流影响，位于安铺港和英罗港的站位（如 L7 站和 L9 站）盐度较低，外海站位（如 L4、L5 和 L8 站）的盐度相对较高。从垂向分布上看，大、中、小潮期盐度均为随水深增加而略有增大。

夏季测验期间，大潮期各站表层、中层和底层的盐度平均值为 21.71‰、23.19‰和 23.68‰；中潮期各站表层、中层和底层的盐度平均值为 22.43‰、23.31‰和 23.80‰；小潮期各站表层、中层和底层的盐度平均值为 23.67‰、24.56‰和 25.11‰。各潮期盐度空间分布特征及垂向分布特征与冬季测验期间相似，但表底层盐度差异明显大于冬季，且各站层的海水盐度要明显小于夏季。

c) 盐度的平面分布特征

冬、夏季测验期间大中小潮盐度平面分布等值线基本一致，均为西北-东南向，外海平均盐度高于近岸平均盐度。冬季时调查海域海水盐度要显著大于夏季，且空间变化梯度明显小于夏季。

此外，根据厂址周边北海海洋站多年盐度资料，周边海域表层平均盐度偏低，变幅较大；年平均盐度 27.8‰；盐度年变化呈单峰形态；峰值出现于雨季来临前的 3 月，平均盐度 30.0‰；谷值出现于雨量峰值的 8 月，平均盐度 24.5‰；年内较差约 5.5‰，见表 2.5-2。冬、春季盐度相对较高，夏、秋季盐度较低。

6) 泥沙

a) 悬沙含量及分布特征

冬季观测期间，调查海区各站悬沙含量的平均值为 0.0077kg/m^3 ，调查区属低悬沙浓度海区。大潮期各站潮期平均含沙量介于 $0.0056\text{kg/m}^3 \sim 0.0194\text{kg/m}^3$ ，平均值为 0.0103kg/m^3 ；中潮期各站潮期平均含沙量介于 $0.0056\text{kg/m}^3 \sim 0.0099\text{kg/m}^3$ ，平均值为 0.0071kg/m^3 ；小潮期各站潮期平均含沙量介于 $0.0032\text{kg/m}^3 \sim 0.0083\text{kg/m}^3$ ，平均值为 0.0057kg/m^3 。整体来看，垂线平均含沙量在大潮期较大，小潮期次之，中潮期最小。大、中潮期，平均含沙量均呈现出东高西低的分布特点，东部 L9、L6 站的潮期平均含沙量明显比西部 L5 站、L10 站的潮期平均含沙量高；小潮期，呈现北高南低的分布特点。垂向上，各站规律性不明显，没有明显地呈现出底层高，表层低的含沙量重力分异现象。

夏季观测期间，调查海区各站悬沙含量的平均值为 0.0110kg/m^3 ，调查区属低悬沙浓度海区。大潮期各站潮期平均含沙量介于 $0.0056\text{kg/m}^3 \sim 0.0232\text{kg/m}^3$ ，平

均值为 0.0112kg/m^3 ；中潮期各站潮期平均含沙量介于 $0.0055\text{kg/m}^3 \sim 0.0174\text{kg/m}^3$ ，平均值为 0.0110kg/m^3 ；小潮期各站潮期平均含沙量介于 $0.0054\text{kg/m}^3 \sim 0.0247\text{kg/m}^3$ ，平均值为 0.0108kg/m^3 。整体来看，垂线平均含沙量时均值在小潮和中潮期较大，大潮期较小。大、中、小潮期，平均含沙量均呈现出东部高，西部低的分布规律，东部 L9 站的潮期平均含沙量明显比西部 L5 站、L10 站的潮期平均含沙量高。垂向上，除 L9 站潮期含沙量呈现出由表及底逐渐增加外，其它站规律性不明显，没有明显地呈现出底层高，表层低的含沙量重力分异现象。

b) 悬沙中值粒径大小及其分布特征

对全潮 L1~L10 等 10 个站位表、中、底层悬沙的混合样品进行粒度测定实验，分析得出不同航次和站位的泥沙中值粒径 d （单位：mm），根据公式：

$$\Phi = -\log_2 d \quad (\text{公式 2.5.1-1})$$

求解出 Φ 值， Φ 值愈大，表示泥沙中值粒径愈小。

冬季观测期间，大潮期各站的悬沙中值粒径介于 $5.67\Phi \sim 7.12\Phi$ ，平均值为 6.42Φ ；中潮期悬沙中值粒径介于 $5.72\Phi \sim 7.01\Phi$ ，平均值为 6.39Φ ；小潮期悬沙中值粒径介于 $5.28\Phi \sim 7.02\Phi$ ，平均值为 6.09Φ 。表明小潮期悬沙粒径略粗于中潮期，中潮期略粗于大潮期。调查期间各站各层悬沙混合样品中砂的平均含量为 7.12%，粉砂的平均含量为 76.76%，粘土的平均含量为 16.10%，调查海区悬沙组成主要为粉砂。

夏季观测期间，大潮期各站的悬沙中值粒径介于 $4.31\Phi \sim 6.96\Phi$ ，平均值为 6.23Φ ；中潮期悬沙中值粒径介于 $5.51\Phi \sim 7.04\Phi$ ，平均值为 6.46Φ ；小潮期悬沙中值粒径介于 $5.71\Phi \sim 7.26\Phi$ ，平均值为 6.54Φ 。表明大潮期的悬沙粒径略粗于中潮期，中潮期略粗于小潮期。调查期间各站各层悬沙混合样品中砂的平均含量为 9.23%，粉砂的平均含量为 72.15%，粘土的平均含量为 18.48%，调查海区悬沙组成主要为粉砂。

c) 悬沙运移及来源分析

表 2.5-3、表 2.5-4 分别列出了冬、夏两季观测期间，大、中、小潮周日单宽净输沙量和方向。周日单宽净输沙量方向与余流方向基本一致。

冬季观测期间，各站周日单宽净输沙量从小潮到大潮期间呈现递增趋势，小潮期为 $37 \sim 326\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$ ，中潮期为 $62 \sim 471\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$ ，大潮期为 $57 \sim 914\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{d})$ 。

最大周日单宽净输沙量为 $914\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，输沙方向为 208° ，发生在大潮期 L1 站；最小值为 $37\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，输沙方向为 118° ，出现在小潮期 L5 站。

夏季观测期间，各站周日单宽净输沙量从小潮到大潮期间呈现递增趋势，小潮期为 $51\sim 713\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，中潮期为 $68\sim 1386\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，大潮期为 $47\sim 1467\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ 。最大周日单宽净输沙量为 $1467\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，输沙方向为 2° ，发生在大潮期 L7 站；其次为 $781.7\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，输沙方向为 23° ，发生在小潮期 L4 站；最小值为 $47\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ，输沙方向为 171° ，出现在大潮期 L2 站。

7) 岸滩稳定性分析

a) 工程海域等高线变化

图 2.5-4、图 2.5-5 和图 2.5-6 为工程附近区域 1984-2013 年 -3m、-5m、-10m、-13m 和 -15m 等高线变化情况（1985 高程基准）。由图可见，近 30 年来，工程海域 -3m、-5m、-10m、-13m 等高线均在向岸推进，-15m 等高线的变化主要位于安铺港深槽中部，安铺港深槽在扩张。工程海域在过去 30 年中的海床演变趋势以海床冲刷、深槽发育、浅滩萎缩为主。

b) 工程海域地形变化对比

图 2.5-7~图 2.5-8 为工程海域 1984 年、2013 年的地形分布。由图可见近 30 年来工程海域水下地形的变化特征：安铺港东部南、北两汊深槽发育明显；英罗湾内的深槽也逐步发育成明显的东、西两汊；安铺港主槽进一步刷深，同时主槽深泓有北移趋势，受其影响网流沙浅滩逐步萎缩。

c) 工程海域地形冲淤变化

图 2.5-9 为工程海域 1984~2013 年的地形冲淤变化分布图。由图可见，工程海域近 30 年来海床演变的趋势以冲刷为主，局部小块区域有小幅度的淤积。工程海域 30 年来的冲刷幅度为 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ ，其中冲刷幅度在 1m 以内的区域约占 60%，冲刷幅度最大区域出现在网流沙浅滩南侧及西南侧，最大冲刷幅度达 8m 。工程海域主要的淤积区域出现在研究海域的北部（英罗湾北部）、东南部（安铺港东部深槽南汊）及西南部。

2.5.1.2 陆域水文

1) 河流水系及水利工程

广东廉江核电厂址位于廉江市境内，厂址附近区域河流众多，附近区域水系图见图 2.5-10。

厂址半径 15km 范围涉及广东省湛江市的廉江市、广西壮族自治区玉林市的博白县和北海市的合浦县。廉江市包括车板镇、高桥镇、营仔镇、青平镇；博白县的大坝镇；合浦县包括白沙镇、山口镇和沙田镇。上述区域含河流、水库，无湖泊。

廉江市境内河流众多，水系散布均匀，没有湖泊。和厂址相关的主要有卖皂河、青平河。卖皂河（又名大坝河）发源于广西博白县沙陂镇沙陂村，经高桥、江益汇入北部湾，距厂址最近距离为 4.3km，位于厂址的 NW 方向。河流全长 29km，集雨面积 210km²。青平河发源于廉江青平大塘村，汇入英罗港，距厂址最近距离为 3.8km，位于厂址的 ENE 方向。河流全长 27km，集雨面积 175km²。整条河流水质较好，下游设有车板水厂。

厂址半径 15km 范围内广西部分有一级水功能区一个，为白沙河合浦开发利用区，白沙河距离厂址最近距离为 13.6km，位于厂址的 WNW 方向。

厂址半径 15km 范围内广东省廉江市境内的部分共有水库 29 座，分布见图 2.3-9，主导功能均为农业灌溉与防洪。

2) 淡水水源

广东廉江核电厂 3、4 号机组工程 2 台核电机组所用淡水包括施工期和运行期用水，主要用于核电厂的生活用水、生产用水、除盐水原水、厂用水补水、消防用水和绿化、洗车、浇洒用水等。施工期（土建安装阶段）的最高日取水量为 2086m³，最大年取水量约为 32.87 万 m³，设计取水保证率为 90%；施工期（调试阶段）的最大年取水量约为 79.03 万 m³，设计取水保证率为 90%。两台机组正常运行期最高日用水量为 11079m³，年取水量约 326.04 万 m³，设计取水保证率为 97%。

3、4 号机组工程 2 台核电机组施工期水源来源于九洲江，运行期水源来源于九洲江和海水淡化水，满足本工程施工期和运行期用水需求。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围以及排水管线附近水文地质条件

排水管线附近水文地质调查范围与厂址附近调查范围部分重合，因此统一描述。

2.5.2.1.1 水文地质单元特征

核电厂排水管线工程主要为核电厂提供循环冷却水及液态流出物排放等。排

出的水为经冷却塔降温处理后的循环水。液态流出物在厂区内排入海水排水管，液态流出物为间断排水，其水质、排水量和排水时间按计划执行。本项目排水管线采用埋地敷设，管线总长约 11km。根据前期水文地质调查的成果，厂址和排水管线附近范围可以划分为三个水文地质单元，分别为高桥河水文地质单元（ I_1 ）、大坝河水文地质单元（ I_2 ）和名教河水文地质单元（ I_3 ）。厂址和拟建的排水管线全部位于大坝河水文地质单元（ I_2 ），调查范围内其他区域两个水文地质单元无水力联系。英罗港东岸（见图 2.5-11~2.5-12），位于区域水文地质单元的径流区和排泄区。

各水文地质单元特征如下：

1) 高桥河水文地质单元（ I_1 ）

本单元总体呈北北东走向，该水文地质单元在调查范围内仅有部分区域。区内面积约 19.56km^2 ，其大半面积于北部和西北部延出区外。其东部以高岭—荣春山—标高 25.50m 高地—标高 25.80m 为界与大坝河水文地质单元为邻，分水岭较明显，高程较缓，多在 20~31.60m 之间。地貌类型以低缓丘陵和冲积平原为主，主干水系为高桥河，呈北北东向展布。区内分布的地层为第四系海相层、河流冲积层、北海组、湛江组、泥盆系杨溪组、志留系连滩组下段，北部局部分布有下白垩统花岗岩。岩石的风化深度较大，断裂不发育。地下水主要依靠降水补给，由两侧丘陵向中部高桥河径流，排泄于高桥河，并最终排泄于西南部北部湾，部分地段地下水以民井抽取排泄为主。该单元与其东侧相邻大坝河水文地质单元之间有完整的分水岭，在调查范围内两水文地质单元仅大坝河下游与高桥河流下游河流交汇处存在水力联系。

2) 大坝河水文地质单元（ I_2 ）

本单元总体呈北北东向展布，为非完整水文地质单元，面积约 49.32km^2 。北部延出区外，西部边界与高桥河水文地质单元相邻，东部以望观岭—文头岭—大岭头—山墩头—厂址南部丘陵山脊为界与名教河水文地质单元相邻，分水岭较明显，高程多在 20~40m。地貌类型属低缓丘陵和冲积平原。主干水系大坝河，呈北北东向展布，将本水文地质单元分为东西两部分。厂址位于该水文地质单元东侧，区内分布的地层为第四系海相层、河流冲积层、北海组、湛江组、泥盆系杨溪组、志留系连滩组下段，北部局部分布有下白垩统花岗岩。地下水主要依靠

降水补给，北部还接受上游地下水侧向补给。地下水总体流向由北东向西南，局部由两侧丘陵向中部大坝河径流，排泄于大坝河，并最终排泄于西南部英罗港。大坝河水文地质单元东侧与其相邻名教河水文地质单元之间有完整的分水岭，西侧与其相邻高桥河水文地质单元之间有完整分水岭。在调查范围内大坝河水文地质单元与高桥河水文地质单元仅大坝河下游与高桥河流下游河流交汇处存在水力联系。调查范围内其他区域大坝河水文地质单元与高桥河水文地质单元无水力联系。大坝河水文地质单元与名教河水文地质单元之间在调查范围内无水力联系。

3) 名教河水文地质单元 (I₃)

本单元总体呈南北向展布，为非完整水文地质单元，面积约 46.20km²，其北部和东部延出区外。西部边界与大坝河水文地质单元相邻，分水岭较明显，高程多在 12~37.5m。地貌类型属低缓丘陵和冲积平原。主干水系为名教河，呈近南北向分布。区内分布的地层为第四系海相层、河流冲积层、北海组、湛江组、泥盆系杨溪组和老虎头组、志留系连滩组中段和下段，北部局部分布有下白垩统花岗岩。岩石的风化深度较大，断裂不发育。地下水主要依靠降水补给，北部还接受上游地下水侧向补给。地下水总体流向由北向南，局部由两侧丘陵向中部名教河径流，排泄于名教河，并最终排泄于南部海域，部分地段地下水以民井抽取排泄为主。该单元与其西侧相邻大坝河水文地质单元之间有完整的分水岭，两水文地质单元之间在调查范围内无水力联系（见图 2.5-13~14）。

2.5.2.1.2 地下水赋存条件及地下水类型

根据前期多次调查资料，依据含水介质岩类和含水孔隙特征，厂址附近范围和取排水管线附近的地下水类型划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙水和火山岩类孔洞裂隙水三种类型。

1) 松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水在勘察区内分布较广泛，除那腮村至鸡罩塘村玄武岩出露地段和排水管线北端近厂区 500m 段东北面外，均分布第四系松散岩类孔隙水，地下水主要贮存于第四系海相沉积层、北海组和湛江组土层孔隙中。

第四系海相沉积层主要由粉质粘土（层号②₁）、淤泥质土（层号②₂）、细砂（层号②₃）、粗砂（层号②₄）组成，含水层主要为细砂（层号②₃）、粗砂（层号②₄），厚度 0.6~4.9m，埋藏较浅。根据抽水试验和注水试验结果，该含水层

透水性和富水性较好，水量中等。因该含水层埋藏较浅，当地居民一般不开采该层地下水作为生活用水和饮用水。

北海组地层主要由粉质粘土（层号⑤₁）、砾质粘土（层号⑤₂）、中砂（层号⑤₃）、粗砂（层号⑤₄）和砂质粘土（层号⑤₆）组成，透水性和富水性较好的土层主要为中砂（层号⑤₃）、粗砂（层号⑤₄）层，由于中砂（层号⑤₃）、粗砂（层号⑤₄）层埋藏较浅或直接出露地表，大部分地段位于地下水位以上，因此北海组中砂（层号⑤₃）、粗砂（层号⑤₄）层多为透水而不含水层。

湛江组地层主要由粉砂（层号⑦₁）、粉质粘土（层号⑦₂）、中砂（层号⑦₃）、粉土（层号⑦₄）、粘土（层号⑦₅）、粗砂（层号⑦₆）等组成，含水层主要为中砂（层号⑦₃）、粗砂（层号⑦₆），厚度为 0.5~7.0m，埋藏较深。根据抽水试验和注水试验结果，该含水层透水性和富水性较好，水量丰富。

松散岩类孔隙水位埋深 0.10~20.00m，标高-0.76~21.80m。

2) 碎屑岩类裂隙水

碎屑岩类裂隙水主要分布于厂址附近范围北部和东部泥盆系中下统和志留系下统地层出露一带。

泥盆纪地层由杨溪组和老虎头组组成，岩性主要为砂岩、页岩、砂砾岩等，含裂隙水，以构造裂隙水为主，地下水常富集于碎屑岩层间裂隙及节理裂隙中。根据区域水文地质资料，泉流量 0.005~0.869L/s，水量贫乏。

志留纪地层主要为连滩组，岩性主要为砂岩、页岩、泥质页岩、片岩等，含裂隙水，以构造裂隙水为主，地下水常富集于碎屑岩层间裂隙及节理裂隙中。根据区域水文地质资料，泉流量 0.007~2.53L/s，水量贫乏。

根据前期调查，碎屑岩类裂隙水水位埋深 0.15~10.00m，标高 4.20~20.30m。

该地段岩土层透水性普遍较弱，含水量贫乏，富水性相对较好的岩土层主要为裂隙发育的强风化~中等风化岩层，厚度约 5~30m。地下水以潜水为主。除裂隙发育段的强风化~中等风化岩层外，其余岩土层均为隔水层。

3) 火山岩类孔洞裂隙水

火山岩类孔洞裂隙水分布于取排水管线南端，含水岩组为第四系下更新统玄武岩。地下水主要赋存于玄武岩气孔、孔洞和裂隙中，为孔洞裂隙水。该类岩石的富水性受岩石本身的孔洞、裂隙发育程度和规模所控制。其中气孔状、渣状及蜂窝状玄武岩的富水性较强，而微孔状、杏仁状玄武岩富水性较弱。

根据区域水文地质资料，该类地下水含水层单位涌水量小于 $0.1 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ ，富水性弱，水量贫乏。

该地段岩土层透水性普遍较弱，含水量较贫乏，富水性相对较好的岩土层主要为裂隙发育的强风化～中等风化岩层，厚度约 $8\sim 30\text{m}$ 。除裂隙发育段的强风化～中等风化岩层外，其余岩土层均为隔水层。

总体上，丘陵山坡段地下水水力梯度最大，冲沟段次之，冲积平原段最小。根据现场试验以及当地类似工程相关经验，管线沿线各土层渗透系数详见表 2.5-5。

2.5.2.1.3 地下水的补给、径流、排泄条件

取排水管线地处亚热带海洋季风性气候区，每年的 6～9 月份是本区的雨季，降雨量大于蒸发量。附近地下水的补给来源主要为大气降水垂直渗入补给，年均降雨量为 1767.9mm ，为渗入补给地下水提供了充足来源。

低缓丘陵区残坡积层、碎屑岩类裂隙水和火山岩类孔洞裂隙水主要接受大气降水入渗补给；松散岩类孔隙水除接受大气降水垂直入渗补给和溪沟水补给外，同时接受低缓丘陵区碎屑岩类裂隙水和火山岩类孔洞裂隙水侧向径流补给。厂址附近范围与排水管线附近地下水径流、排泄条件，受地形地貌影响较大，低缓丘陵区碎屑岩类裂隙水和火山岩类孔洞裂隙水径流途径短，其流向基本与地形一致，补给区与排泄区相接近，碎屑岩类裂隙水和火山岩类孔洞裂隙水以溪沟泉水排泄为主，一部分则以潜流形式补给深部裂隙水或侧向补给冲积平原区松散岩类孔隙水；平原区和海陆交互地带地形平坦，地下水水力坡度平缓，地下径流缓慢，地下水主要向海边排泄。

2.5.2.1.4 地下水利用情况

厂址和排水管线全部位于大坝河水文地质单元（ I_2 ），核电厂以及排水管线施工过程中及施工后电厂的运营阶段对高桥河水文地质单元（ I_1 ）和名教河水文地质单元（ I_3 ）无影响。

大坝河水文地质单元内存在居民点，居民主要从事种植业，个别村民从事畜牧养殖业，没有较大型厂矿企业，地下水以分散开采为主，且地下水利用方式以生活和农业生产用水为主，除此之外，厂址附近以及管线附近范围内未见较大规模的取水点及工、矿业等工业用水，核电厂没有利用地下水的计划，区内地下水开采利用程度较低。

根据调查,排水管线地下水下游方向已无村庄和民井。排水管线施工与运行对上游地下水无影响。排水管线沿线设有监测井和巡检路线,定期巡检并进行取样监测,确保管线泄漏后能及时发现并处理。

2.5.2.2 厂区水文地质条件

2.5.2.2.1 水文地质单元特征

根据收集的地质资料、地形图及现场调查,厂址附近范围可划分为三个水文地质单元,分别为高桥河水文地质单元(I_1)、大坝河水文地质单元(I_2)和名教河水文地质单元(I_3)。各水文地质单元特征见 2.5.2.1 节描述。根据工程地质测绘和水文地质调查结果,各水文地质单元以分水岭为界进行划分,分水岭沿山脊线分布,呈北东走向。厂址区全部位于大坝河水文地质单元(I_2)东侧,水文地质条件相对简单,可不进行进一步的细分。大坝河水文地质单元(I_2)特征详见 2.5.2.1.1 节。

2.5.2.2.2 地下水赋存条件及地下水类型

根据地下水的形成条件和赋存特征,将厂址区地下水类型分为第四系松散岩类孔隙水和碎屑岩类裂隙水(见图 2.5-16)。

1) 第四系松散岩类孔隙水

主要赋存于全新世海陆交互沉积层(Q^{mc})、全新世冲积层(Q^{al})砂、砂砾孔隙中,海陆交互沉积与河流冲积粘土以及第四系坡残积层(Q^{edl})含少量地下水。地下水以潜水为主。

(1) 海陆交互沉积层孔隙水

主要分布于厂址区外西南部一带,分布于入海口,含水层由砂、砂砾等组成,砂层松散,颗粒均匀,一般处于潮间带。海陆交互沉积层孔隙水除接受大气降水补给外,还接受碎屑岩类裂隙水补给,其排泄则直接入海。据 1:20 万合浦幅水文地质普查报告,海陆交互沉积层孔隙水为微弱—中等富水性。矿化度较高。

(2) 冲积层孔隙水

分布于低缓丘陵间小冲沟中,多呈长条形分布,堆积物主要为砂土、粘土和粉质粘土,厚度变化大,为 1~8m。根据本次野外调查和测绘,水位埋深 1.25~4.20m,地下水以潜水为主。根据抽水试验结果,最大涌水量为 6.49~17.35m³/d,水量贫乏。根据本次水质分析结果,该类地下水化学类型为 $HCO_3 \cdot Cl-Na$ 和 SO_4-Na 型,矿化度为 111.0~179.0mg/L, pH 值为 5.25~6.89,为弱酸性水。

(3) 残坡积潜水

厂址区残积层广泛发育，分布于区内大部，地貌上为低缓丘陵及坡地。堆积物主要为粉质粘土、砂质粘土和砾质粘土。上部细粒土为弱透水层，下部粗粒土层为透水性相对较强，水力坡度较小，向小冲沟谷下游方向倾斜。根据钻孔资料，地下水静止水位埋深 1.80~9.60m。残坡积层含水量贫乏。

2) 碎屑岩类裂隙水

厂址区碎屑岩类裂隙水主要赋存于泥盆纪杨溪组及老虎头组岩层的裂隙中，含水岩层为泥质板岩、泥质粉砂岩、石英砂岩、粉砂质泥岩等，以风化裂隙水为主。地下水属潜水型。

厂址内岩体节理裂隙较发育，但多以闭合裂隙为主，局部为泥质充填，因此岩层的透水性较弱。根据本次钻孔抽水和压水试验结果，岩体的透水性较弱，钻孔最大涌水量为 3.66~11.51m³/d，水量贫乏。根据本次水质分析结果，地下水类型为 Cl-Na、HCO₃-Ca·Na、HCO₃·Cl-Ca 及 HCO₃·Cl-Na·Ca 型，矿化度 20.6~351.0mg/L，pH 值为 5.00~7.55。

根据现场试验以及当地类似工程相关经验，各岩土层渗透系数详见表 2.5-6。根据厂址区可行性研究阶段勘察钻孔地下水位测量获得的等水位线图（见图 2.5-17）估算厂区各地区水力梯度，再根据 Darcy 定律（地下水渗透流速=渗透系数×水力梯度）估算得到地下水渗透流速。厂址区东南部冲沟段地下水水力梯度为 0.013~0.037；东北部冲沟段水力梯度为 0.009~0.037；中部丘陵山坡段水力梯度为 0.010~0.062，渗透速度为 9.10E-07~2.60E-06cm/s；南部丘陵山坡段水力坡度为 0.010~0.113，渗透速度为 7.17E-07~7.94E-06cm/s；北部丘陵山坡段水力梯度为 0.011~0.015，渗透速度为 7.41E-07~1.04E-06cm/s；西部丘陵山坡段水力梯度为 0.045~0.133，渗透速度为 3.16E-06~9.31E-06cm/s；西部冲沟段水力梯度为 0.004~0.027，渗透速度为 2.66E-07~8.01E-05cm/s；西部冲积平原段水力梯度为 0.003~0.011，渗透速度为 5.22E-06~2.19E-05cm/s。总体上，丘陵山坡段地下水水力梯度最大，冲沟段次之，冲积平原段最小。厂址区地下水依地势由丘陵流向周边沟谷、平原等地势低洼地带，总体上由东向西、由北向南径流。

2.5.2.2.3 地下水的补给、径流、排泄条件

厂址区地下水的补给来源主要为大气降水垂直渗入补给，厂址区的年均降雨量为 1767.9mm，为渗入补给地下水提供了充足来源。

低缓丘陵区残坡积层及碎屑岩类裂隙水主要接受大气降水入渗补给；松散岩类孔隙水除接受大气降水垂直入渗补给和溪沟水补给外，同时接受低缓丘陵区碎屑岩类裂隙水侧向径流补给。地下水径流、排泄条件，受地形地貌影响较大，低缓丘陵区碎屑岩类裂隙水径流途径短，其流向基本与地形一致，补给区与排泄区相接近，碎屑岩类裂隙水以溪沟排泄为主，一部分补给深部裂隙水或侧向补给平原区松散岩类孔隙水；平原区地形平坦，地下水水力坡度平缓，地下径流缓慢，地下水主要向海边排泄。

2.5.2.2.4 地下水利用情况

厂址所在大坝河水文地质单元内民井主要分布于厂址上游和英罗港东岸村庄密集区，厂址东西两面及下游英罗港西岸民井相对较少。在单位涌水量方面，以英罗港东岸民井单位涌水量最大，含水层富水性相对较强，厂址上游次之，厂址下游英罗港西岸残丘地段民井单位涌水量最小，含水层富水性相对较弱。厂址区地下水径流速度总体较缓，地下水流向总体上由北向南、由东向西。厂址区地下水，向西径流途径短，直接排泄于入海口，因此，对区内淡水水源和居民生产、生活影响不大。厂址区地下水向南径流途径较长，且厂址区南部岩土层透水性较弱，致使渗流速率慢，对周围地下水和地表水的影响范围有限。

综上，大坝河水文地质单元内存在居民点，居民主要从事种植业，个别村民从事畜牧养殖业，没有较大型厂矿企业，地下水以分散开采为主，且地下水利用方式以生活和农业生产用水为主，核电厂没有利用地下水的计划，区内未见较大规模的取水点及工、矿业等工业用水，区内地下水开采利用程度较低。

2.5.2.3 二期工程厂坪后厂区地下水可能变化

目前一期工程已进行场地平整，大面积地面水泥硬化，大气降水补给入渗地下极其困难，厂区的第四系孔隙水将赋存于少量保持回填土状态的地段。随着二期工程逐渐开展，原始地形较低的低洼地段接受回填，第四系松散岩类孔隙水将赋存在第四系回填土中，其水量受季节影响（大气降水）较明显。原始地形较高的挖方区由于剥离了节理裂隙发育的强风化岩体，因而原本的碎屑岩类裂隙水将更趋减少。

场地平整及工程施工过程中，场地地下水位总体上呈下降趋势，西部、西北部冲沟及回填地段地下水位略微上升，场地地下水径流速度总体减缓，但地下水流向总体上仍由北向南、由东向西，最终排泄于英罗港。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 厂址海域基准洪水

厂址海域基准洪水位考虑天文高潮位、海平面上升和可能最大风暴潮增水，即海域基准洪水位（DBF）=10%超越概率天文高潮位+可能最大风暴增水+海平面上升=3.74+4.58+0.18=8.50m。

2.5.3.2 厂址最大可能洪水

厂址位于卖皂河流域内，当卖皂河可能最大洪水（PMF）叠加上游水库溃坝洪峰，下游边界水位采用海域的设计基准洪水位（8.50m）时，厂址处可能最大洪水位约为 10.88m。

2.5.3.3 厂址周边小水库溃坝洪水

厂址南侧和东南侧的山佳水库和南蒙塘水库属于小型水库，洪水设计标准较低，需要考虑两座水库的溃坝洪水风险。计算结果表明，当南蒙塘水库和山佳水库发生溃坝时，厂址断面处产生的最高洪水位为 17.56m。

经综合分析，从合理偏保守角度考虑，推荐 17.56m 作为本厂址的设计基准洪水位。广东廉江核电项目主厂房区室外地坪设计标高 19.0m，高于设计基准洪水水位（17.56m），可确保核电厂防洪安全，满足有关核安全法规的要求。

表 2.5-1 石头埠站累年各月平均、极值水温统计表 (°C)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	16.7	17.2	19.8	24.1	28.2	29.9	30.4	30.5	29.9	27.3	23.6	19.1	24.7
最高	27.2	27.6	30.0	31.5	34.3	34.4	36.2	35.5	36.0	33.1	30.3	28.9	36.2
最低	8.0	7.5	7.8	15.0	19.5	22.5	24.0	25.2	21.0	20.2	14.8	9.0	7.5

表 2.5-2 北海站累年累年各月盐度特征值表 (‰)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均	28.3	29.0	30.0	29.7	29.0	27.1	25.9	24.5	26.4	27.8	27.8	28.5	27.8
最高	33.4	33.5	33.4	33.5	35.4	33.4	32.9	32.7	32.1	33.0	32.7	33.0	35.4
最低	16.8	17.9	20.8	9.20	8.80	5.20	3.00	2.60	2.60	16.0	15.4	11.2	2.60

表 2.5-3 冬季各站周日单宽输沙量和方向

站号	大潮		中潮		小潮	
	输沙量 (kg/ (m d))	方向 (°)	输沙量 (kg/ (m d))	方向 (°)	输沙量 (kg/ (m d))	方向 (°)
L1	914	208	301	217	42	224
L2	282	60	184	252	110	82
L3	233	182	141	241	75	173
L4	608	90	145	50	246	236
L5	114	40	101	37	37	118
L6	344	13	62	318	61	204
L7	109	194	191	185	57	247
L8	57	84	154	212	68	55
L9	275	235	106	223	41	186
L10	303	198	471	198	326	2

表 2.5-4 夏季各站周日单宽输沙量和方向

站号	大潮		中潮		小潮	
	输沙量 (kg/ (m d))	方向 (°)	输沙量 (kg/ (m d))	方向 (°)	输沙量 (kg/ (m d))	方向 (°)
L1	130	225	217	220	96	217
L2	47	171	158	131	292	246
L3	465	107	1386	124	152	310
L4	1157	89	353	174	350	57
L5	140	236	68	26	125	30
L6	100	68	119	37	51	293
L7	1467	2	420	359	713	181
L8	867	44	94	101	239	210
L9	306	269	168	214	477	261
L10	174	185	178	190	527	202

表 2.5-5 排水管线附近各主要土层渗透系数

岩土层	渗透系数 (cm/s)
人工填土层	5×10^{-5}
现代海积细砂	1.63×10^{-4}
现代海积粗砂	$1.79 \times 10^{-4} \sim 1.97 \times 10^{-2}$
海积淤泥质土	$1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-6}$
海积粉质粘土	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$
坡积粉质粘土	$1.46 \times 10^{-6} \sim 3.94 \times 10^{-5}$
残积粉质粘土	$1.47 \times 10^{-6} \sim 4.72 \times 10^{-6}$
北海组粉质粘土	$6.18 \times 10^{-8} \sim 6.14 \times 10^{-5}$
北海组砾质粘土	$1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-5}$
北海组砂质粘土	$1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-5}$
湛江组粉砂	$1.05 \times 10^{-6} \sim 1.25 \times 10^{-5}$
湛江组粉质粘土	$5.10 \times 10^{-7} \sim 5.10 \times 10^{-5}$
湛江组粉土	$3.58 \times 10^{-7} \sim 3.22 \times 10^{-5}$
湛江组粘土	$1.75 \times 10^{-6} \sim 4.89 \times 10^{-6}$
湛江组中砂	$1.16 \times 10^{-3} \sim 6.59 \times 10^{-3}$
湛江组粗砂	1×10^{-2}

表 2.5-6 厂址区各主要岩土层渗透系数

岩土层定名	渗透系数范围 (cm/s)
坡残积粉质粘土	9.09E-06~2.21E-04
强风化砂岩	6.19E-06~1.40E-04
中风化砂岩	2.35E-05~2.50E-04
强风化粉砂质泥岩	1.35E-05~8.53E-05
中等风化粉砂质泥岩	1.69E-05~3.33E-04

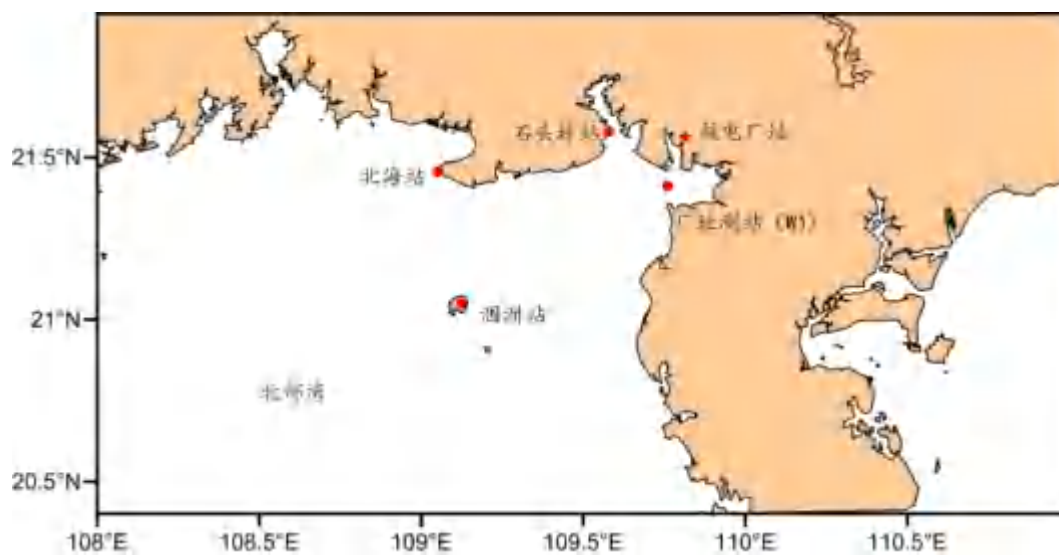


图 2.5-1 厂址附近海洋水文站位置示意图

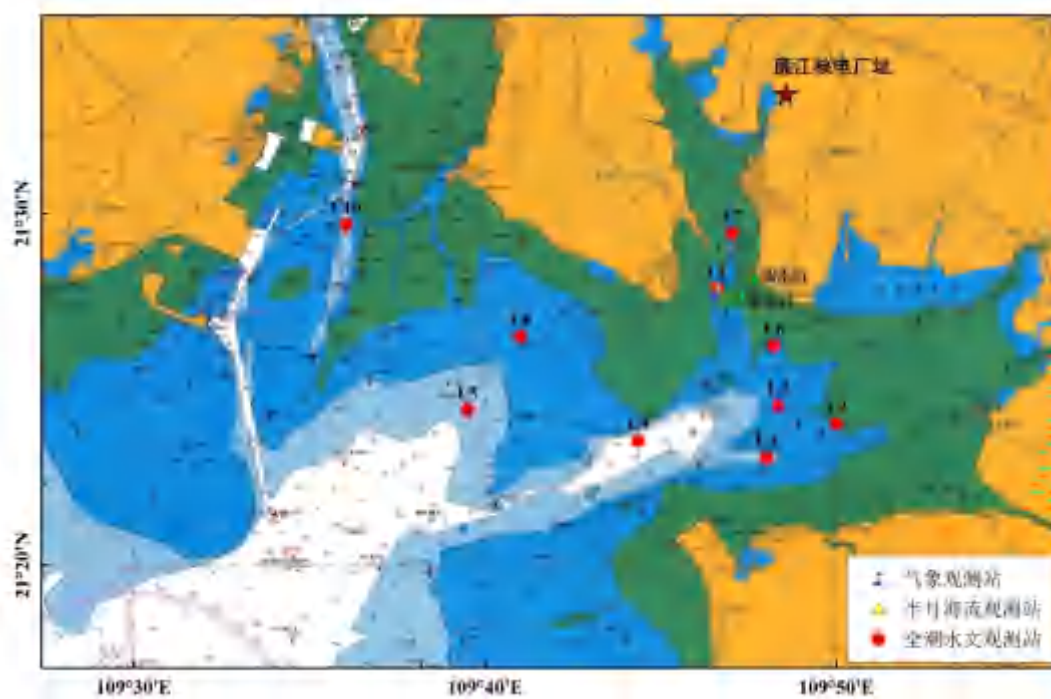


图 2.5-2 全潮观测站位分布示意图

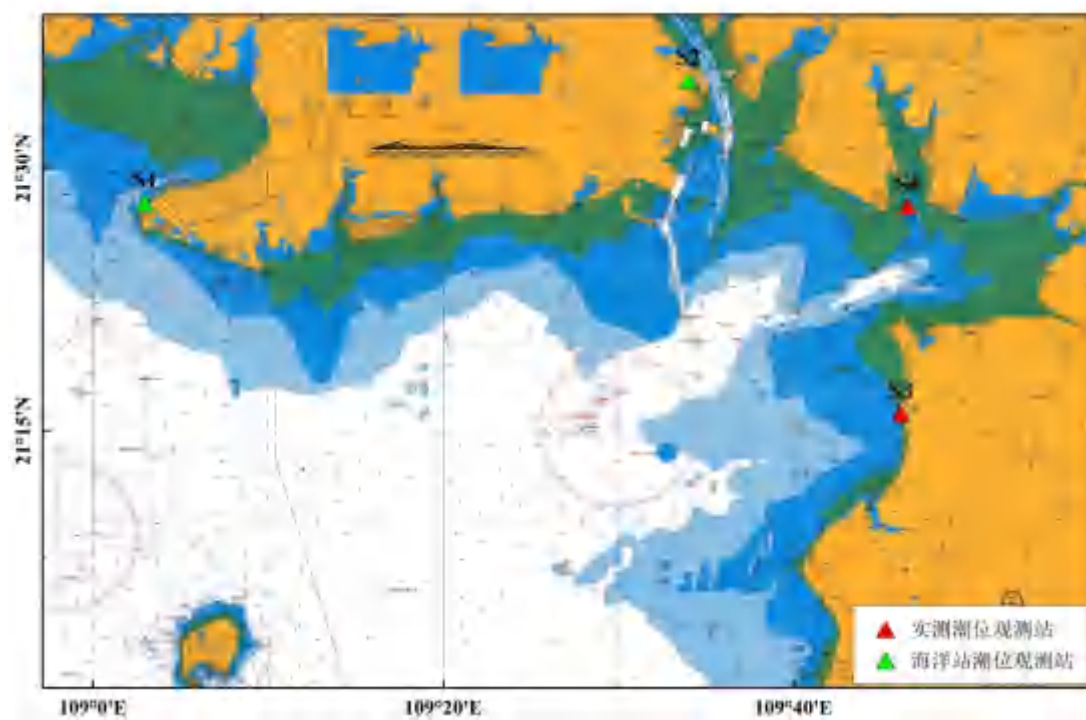


图 2.5-3 潮位观测站位分布示意图



图 2.5-4 工程海域 1984-2013 年-3m、-10m 等高线变化



图 2.5-5 工程海域 1984-2013 年-5m、-13m 等高线变化



图 2.5-6 工程海域 1984-2013 年-15m 等高线变化

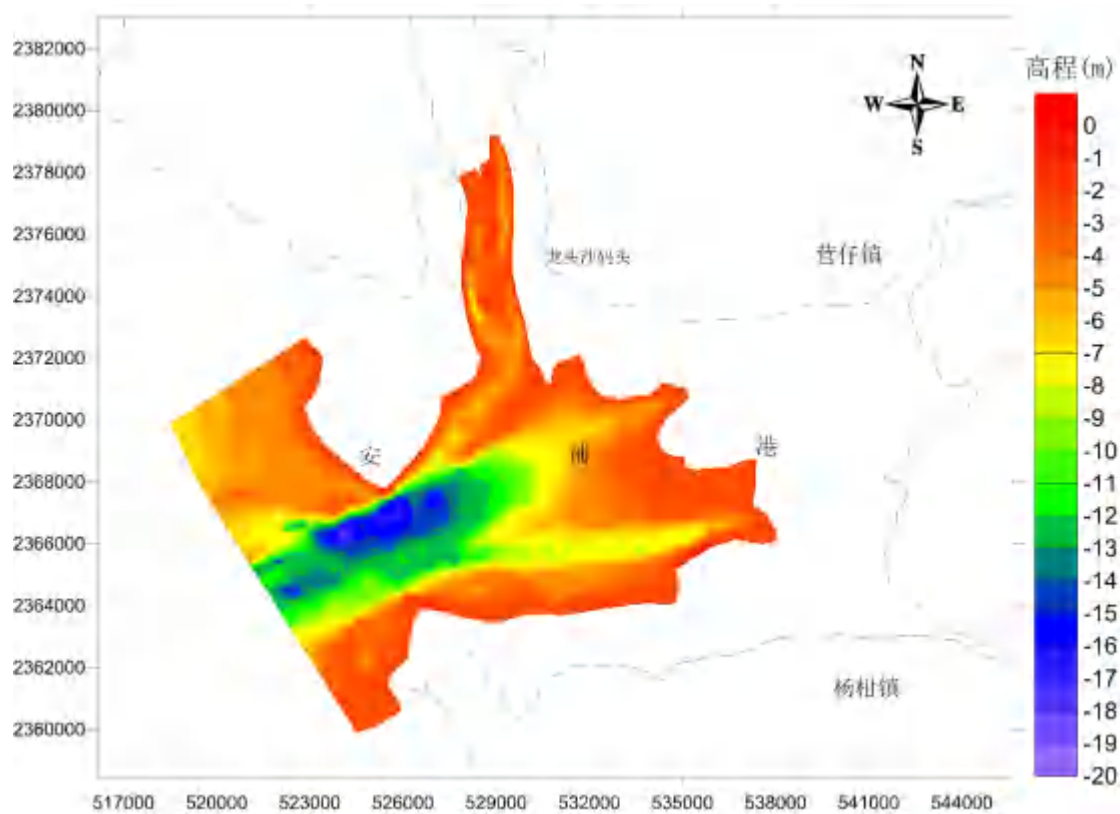


图 2.5-7 工程海域 1984 年地形分布

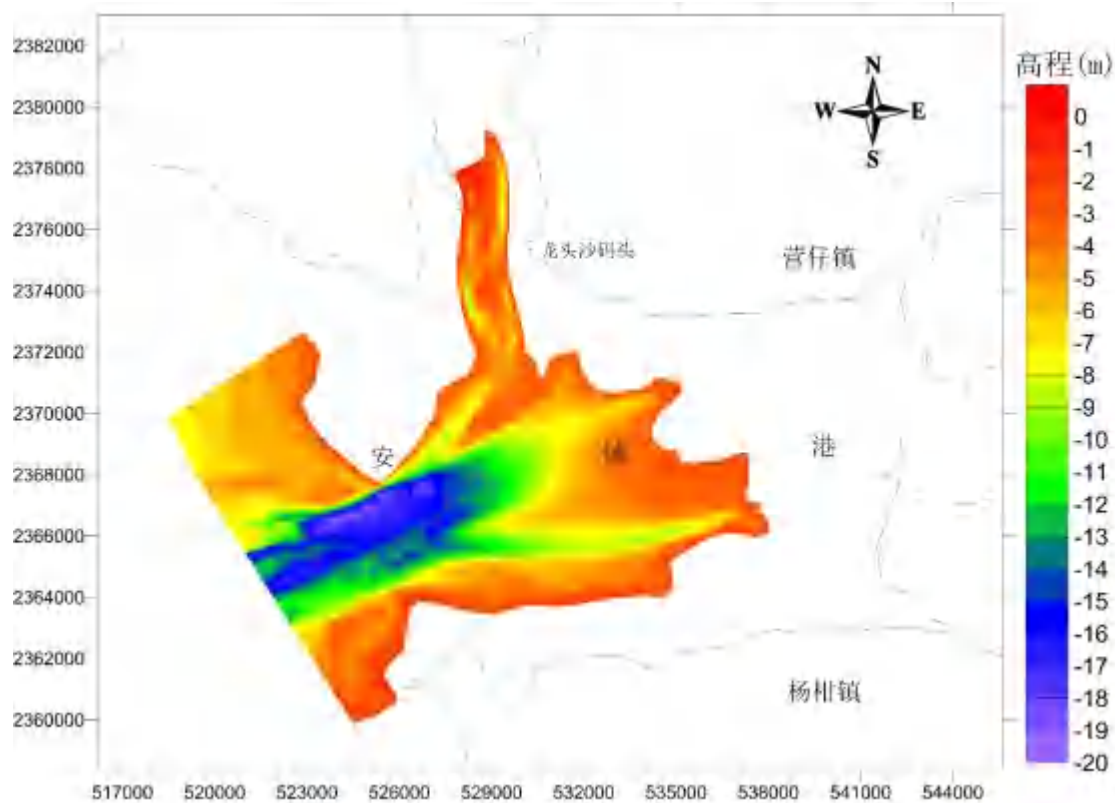


图 2.5-8 工程海域 2013 年地形分布

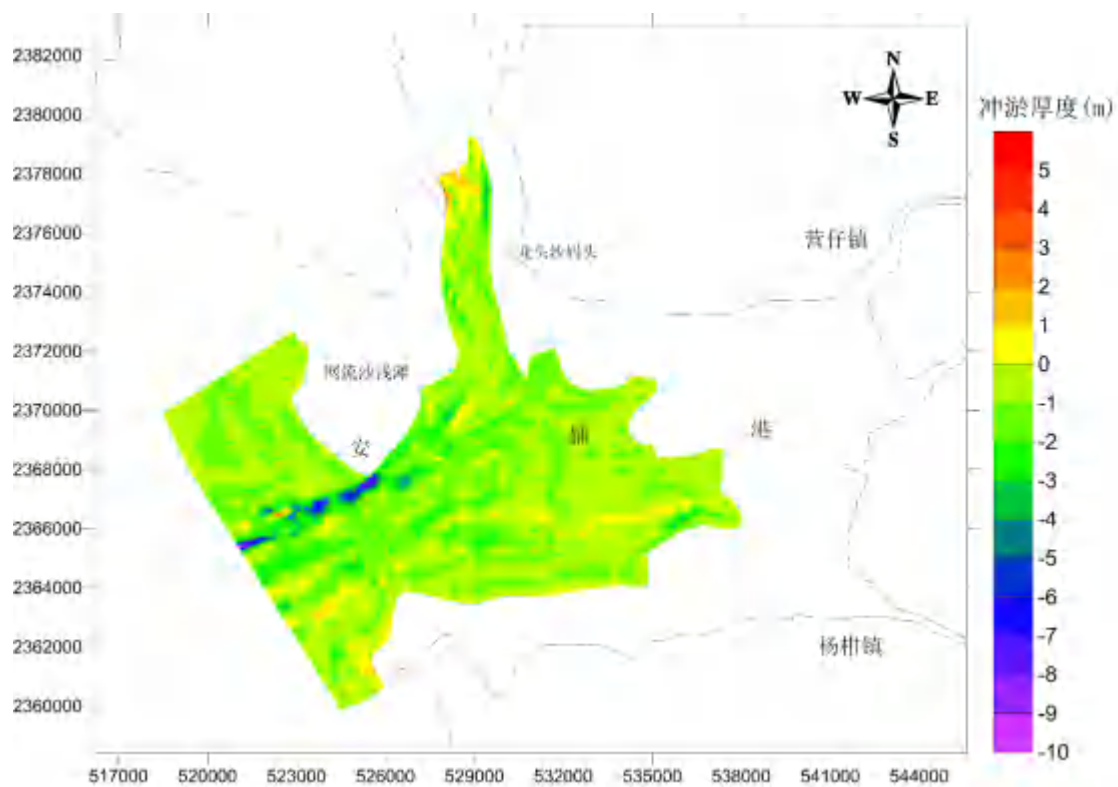


图 2.5-9 工程海域 1984-2013 年地形冲淤变化分布（正为淤积，负为冲刷）



图 2.5-10 厂址附近区域河流水系图



图 2.5-11 山佳水库和南蒙塘水库位置示意图

广东廉江核电厂址附近范围水文地质图

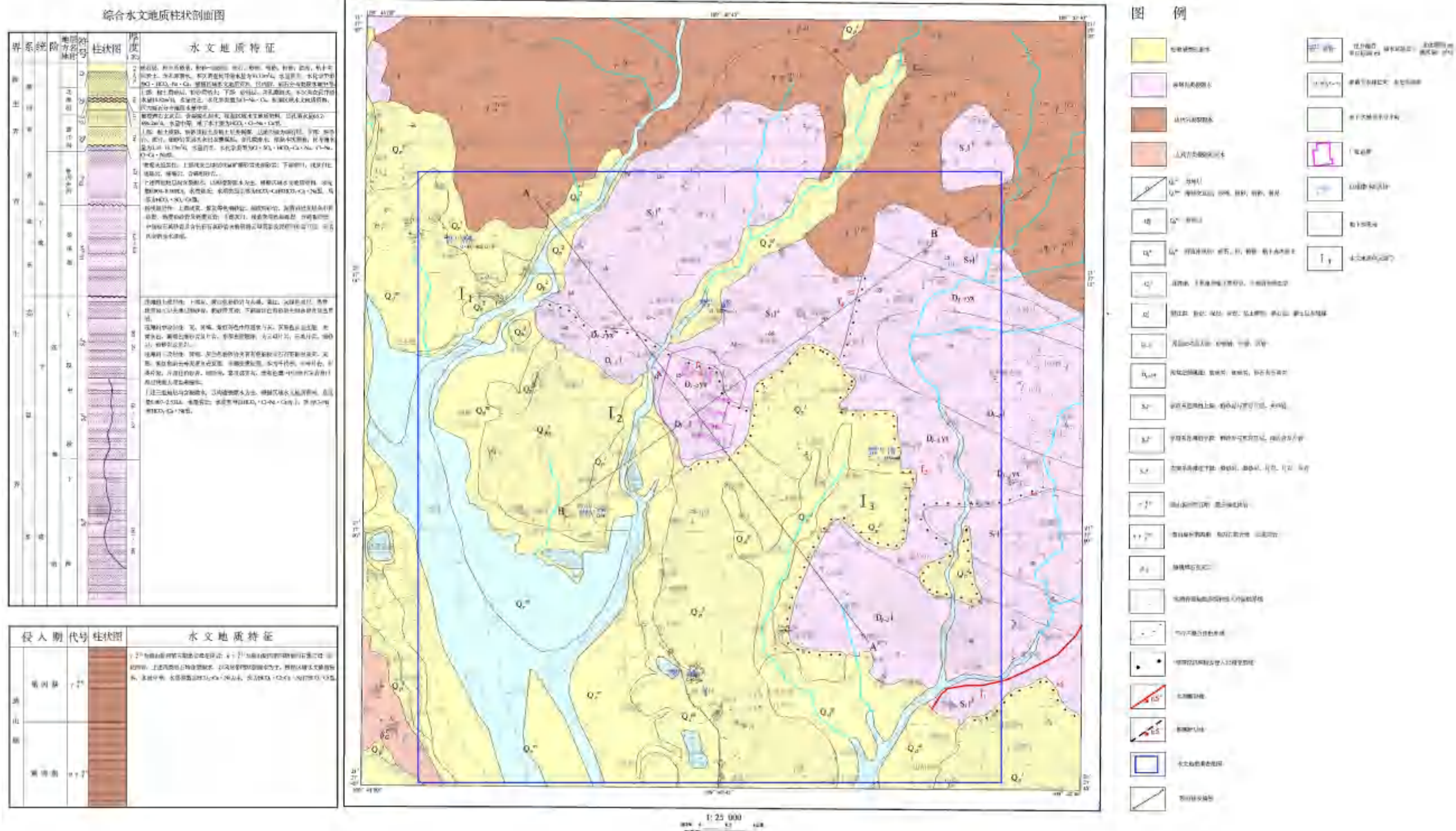


图 2.5-12 厂址附近范围水文地质图

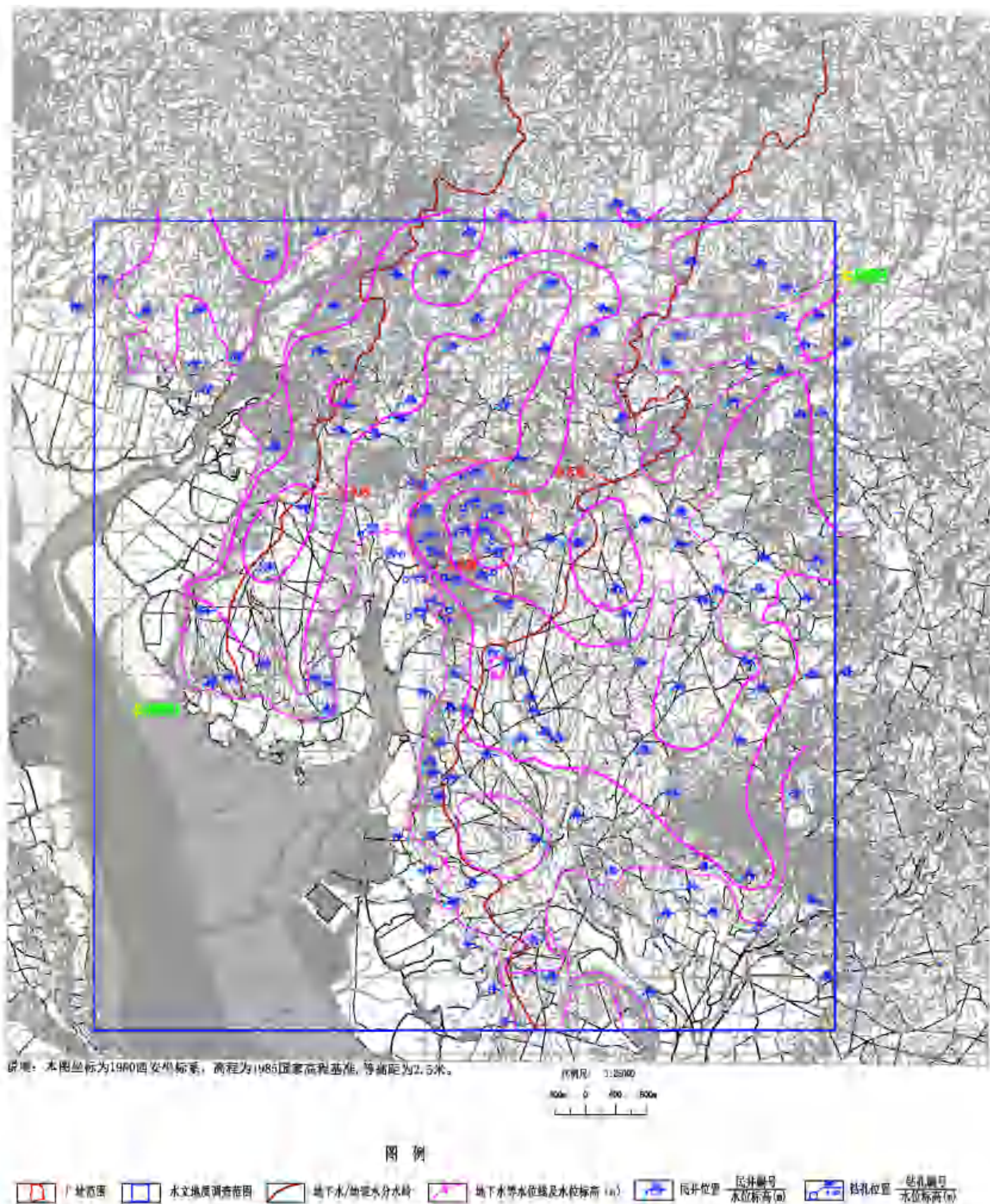


图 2.5-14 厂址附近范围地下水等水位线图

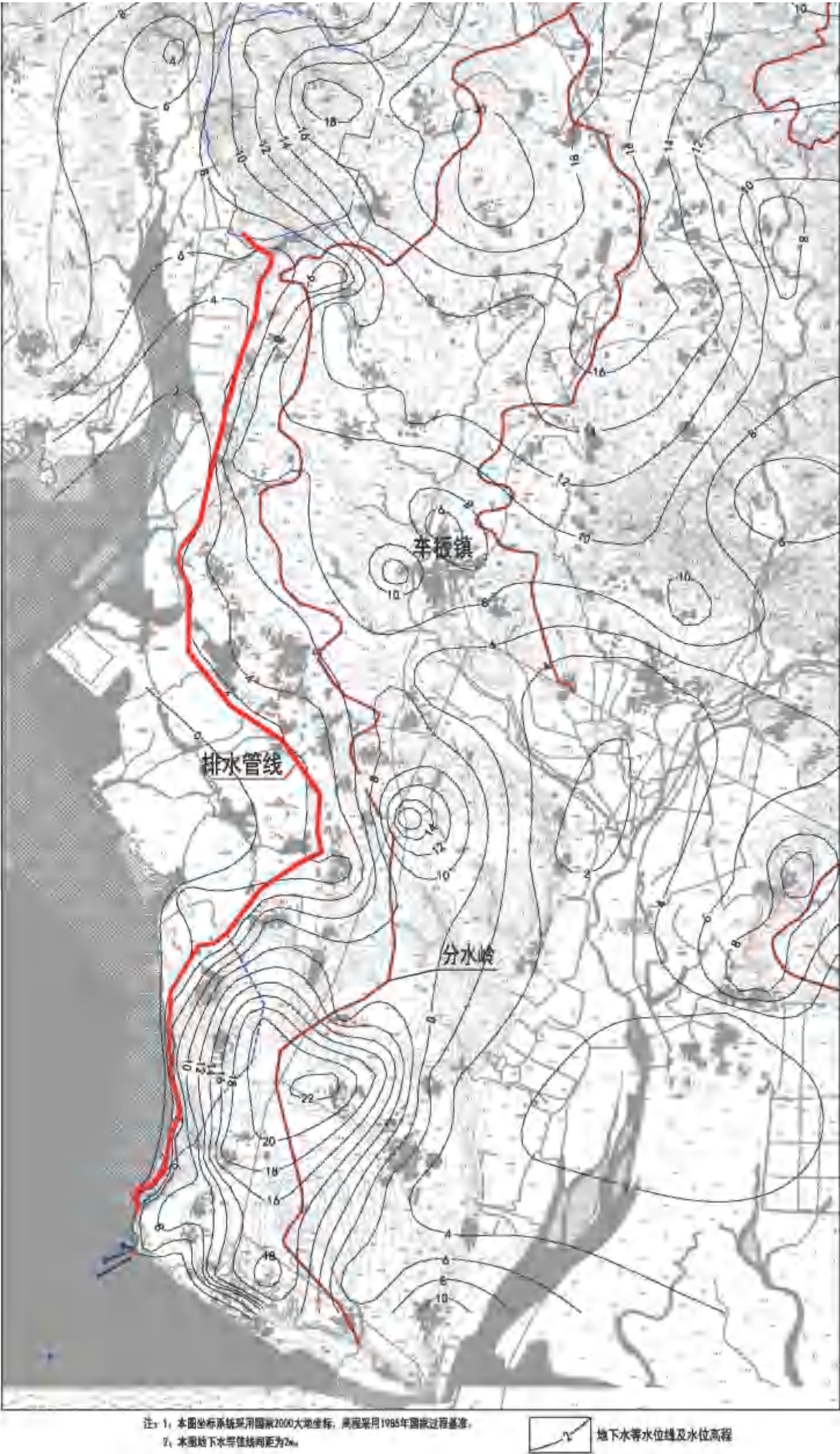


图 2.5-15 排水管线附近地下水等水位线图

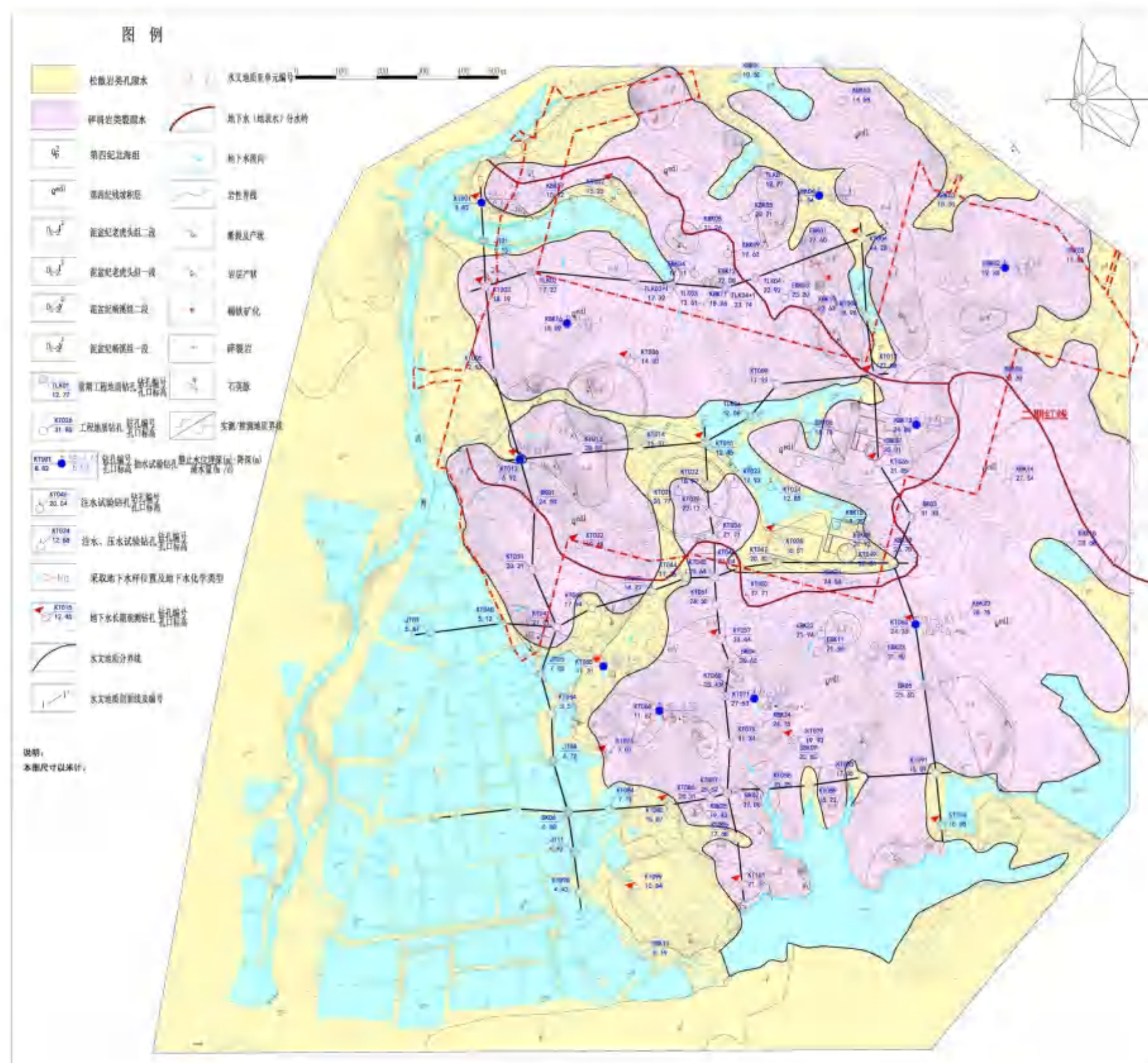


图 2.5-16 厂区综合水文地质图

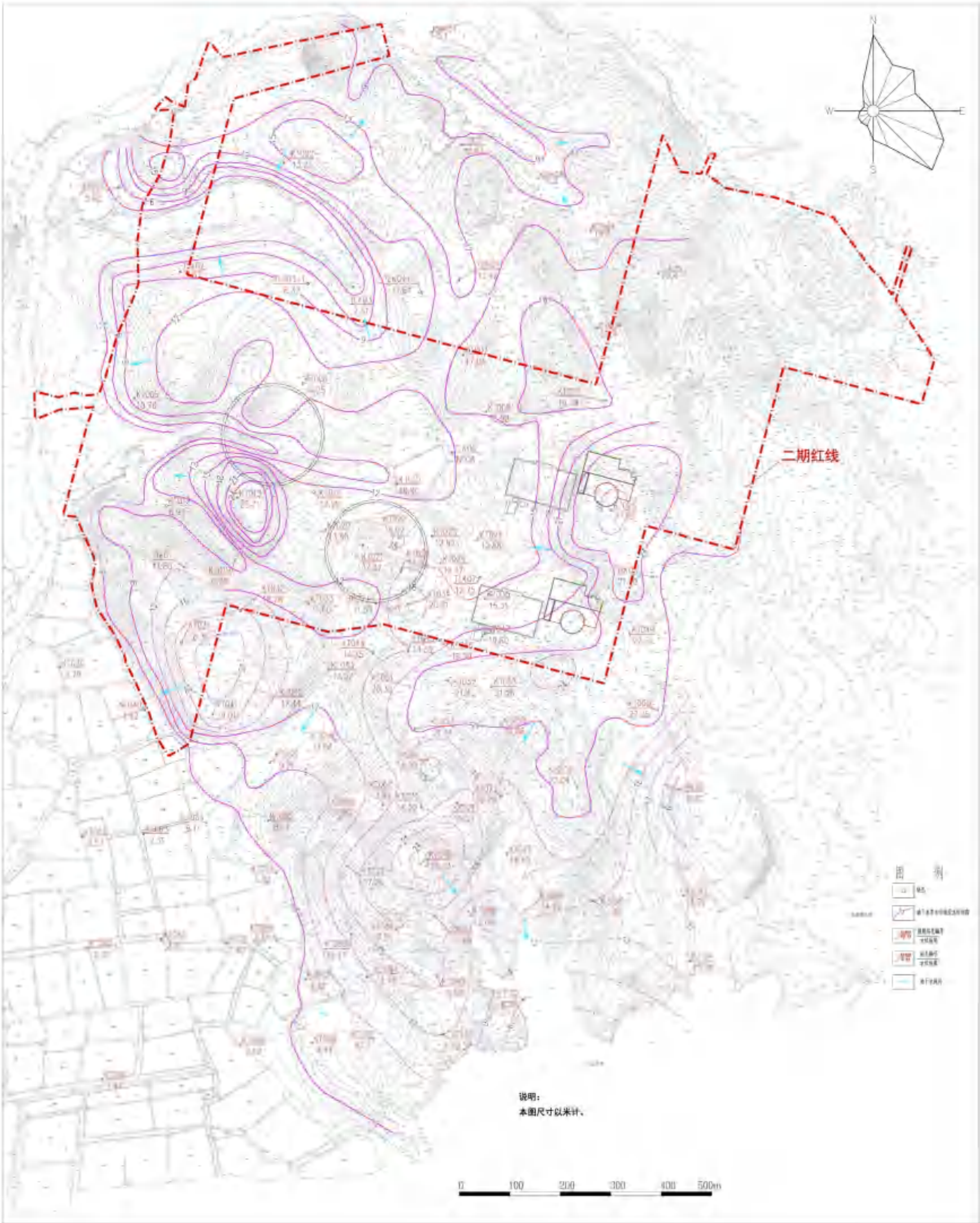


图 2.5-17 厂区地下水等水位线图

2.6 地形地貌

厂址附近范围地貌类型以侵蚀丘陵(包括低丘和丘间沟谷)、冲积平原为主。海拔高程一般 1~40m, 最高点为厂址东南部的南衙岭。地势总体南高北低, 东高西低。山脉及水系走向为北北东向为主。

厂址原始地貌总体以侵蚀丘陵地貌为主, 包括低丘、冲沟等类型, 地形起伏不大, 地形坡度一般为 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$, 局部达到 25° 。低丘海拔高程 20.00~38.10m(1985 国家高程基准, 下同), 相对高度 10.00~18.00m。区内冲沟切割深度 5.0~15.0m 不等, 冲沟下游沟底平缓, 冲沟上游沟底较陡, 接近丘坡坡度。厂址区西南侧有大坝河在塘仔山村东侧入海口处形成的向海缓倾的较平坦的冲积平原(海拔 3.10~6.60m)。核电厂一期工程已完成场地平整工作, 二期工程正在开展场地平整工作。

厂址原始地形地貌情况如图 2.6-1 和图 2.6-2 所示。



图 2.6-1 厂址所在地形地貌图



图 2.6-2 厂址所在原始地貌图

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

本工程为广东廉江核电厂 3、4 号机组工程，建设和运行 2 台国和一号核电机组。广东廉江核电项目一期工程已开工建设，连续两年的辐射环境本底调查工作已开展。

本节的陆域放射性环境根据广东廉江核电项目一期工程已开展的运行前辐射环境本底调查工作进行描述。

3.1.1 辐射环境本底（现状）调查

浙江国辐环保科技有限公司于 2024 年 6 月至 2024 年 9 月对厂址开展了环境辐射本底调查，监测期间内监测项目包括陆地环境 γ 辐射、空气、土壤和非受纳水体环境介质中放射性核素活度浓度。

受纳海域水体的辐射监测结果采用浙江国辐环保科技有限公司于 2024 年 9 月 20 日~12 月 27 日开展的受纳海域水体的辐射监测。

3.1.1.1 监测项目及范围

根据《核动力厂运行前本底调查技术规范》（HJ969-2018），厂址环境辐射本底调查陆地环境 γ 辐射的调查范围取以核设施为中心半径 50km；环境介质（空气、土壤、水体等）的调查范围取以核设施为中心半径 20km，重点为半径 10km。监测对象为陆地环境 γ 辐射（包括 γ 辐射瞬时剂量率、 γ 辐射累积剂量和 γ 辐射连续剂量率监测）以及环境介质放射性核素活度浓度，所监测的环境介质包括：空气（气溶胶、沉降物、降水、气体）、土壤（表层土）、非受纳水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物）、受纳海域水体（海水、海水沉积物）。

具体监测项目如下：

1) 陆地环境 γ 辐射水平

监测项目包括 γ 辐射瞬时剂量率、 γ 辐射累积剂量和 γ 辐射连续剂量率监测。调查范围如下：

（1） γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射累积剂量：调查范围为厂址半径 50km 规划范围的陆域，以厂址为中心在 16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内陆地上布点，20km 至 50km 的范围内适当布点。对可能的关键居民组、主导风向下风向塘仔山村及烟羽最大浓度落点处厂址 W 方位

0~1km、较近居民点南蒙塘村增加针对性点位。在人口集中区域及环境敏感区(考虑厂址半径 50km 范围内)和液态流出物排放管线沿线区域适当增加针对性点位。陆地环境 γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射累积剂量分别设置 156 个和 155 个监测点位,两者监测点位布点一致,其中陆地 γ 辐射瞬时剂量率监测点位比 γ 辐射累积剂量多一个对照点,陆地环境 γ 辐射水平对照点设在鹤地水库。仪器对宇宙射线的响应测量点选择在厂址 ENE 方位 55.3km 的鹤地水库,集水面积 1440km²,总库容 11.51 亿 m³,测量点处的水深约 30m、离岸距离约 3km,满足仪器对宇宙射线的响应测量要求。具体布点见图 3.1-1~图 3.1-5,监测点位信息见表 3.1-1。

(2) γ 辐射连续剂量率:在可能的关键居民组及主导风向下风向塘仔山村、烟羽最大浓度落点处厂址 W 方位 0~1km 及对照点下石圭坡村(厂址 ENE 向约 17.6km,下同)各设置 1 个点位进行陆地 γ 辐射连续剂量率监测,监测点位见图 3.1-6,监测点位信息见表 3.1-2。

2) 土壤

监测项目包括 γ 谱核素(主要分析 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁴⁰K、²²⁶Ra、²³²Th、²³⁸U)、⁹⁰Sr 和 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu 项目分析。

调查范围如下:在厂区外,厂址半径 20km 范围内,8 个方位角每个陆域方位布设 3~5 个采样点,平均每个方位(陆域)最少 3 个点,共计 39 个采样点位。重点关注可能的关键居民组、主导风下风向、烟羽最大浓度落点、人口集中区域、环境敏感区和液态流出物排放管线沿线区域,尽量与 γ 辐射瞬时剂量率监测点位重合,对照点设在下石圭坡村。采样点统计信息见表 3.1-3,采样点位置示意图见图 3.1-7。

3) 空气

监测项目主要包括气溶胶、沉降物、降水和气体,具体监测项目如下:

(1) 气溶胶:监测项目包括 γ 谱核素(主要分析 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³¹I、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、⁷Be)、⁹⁰Sr(年度混合样)项目分析。

(2) 沉降物:监测项目包括 γ 谱核素(主要分析 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs)、⁹⁰Sr(年度混合样)项目分析。

(3) 降水:监测项目包括 ³H、 γ 谱核素(包括但不限于 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs)、⁹⁰Sr 项目分析。

(4) 气体:监测项目包括 ³H、¹⁴C、¹³¹I 项目分析。

气溶胶、沉降物、降水、空气中 ^3H 、空气中 ^{14}C 及气碘采样点位设置在可能的关键居民组及主导风向下风向塘仔山村、烟羽最大浓度落点处厂址 W 方位 0~1km 及对照点下石圭坡村共 3 个采样点位。采样点位信息见表 3.1-2，采样点位置示意图见图 3.1-6。

4) 非受纳水体

监测项目综合考虑可能受到影响的陆地水体，主要包括饮用水、地下水、地表水和沉积物，具体监测项目如下：

(1) 饮用水：监测项目包括总 α 、总 β 、 γ 谱核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 项目分析。

(2) 地下水：监测项目包括 γ 谱核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 项目分析。

(3) 地表水：地表水的监测项目包括 γ 谱核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C （山佳水库、九洲江）项目分析。

(4) 地表水沉积物：地表水沉积物的监测项目包括 γ 谱核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ）、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 项目分析。

调查范围为厂址半径 20km 范围内及液态流出物排放管线沿线，监测点位信息统计见表 3.1-4，布点示意图见图 3.1-8，具体点位布设如下：

(1) 饮用水：采集厂址附近及液态流出物排放管线沿线居民组村头村、沙仔路村及对照点下石圭村的生活饮用水（来源于自来水厂）3 个采样点。

(2) 地下水：采集靠近厂界南侧虾塘用水、关键居民组塘仔山村、液态流出物排放管线沿线居民组鸭公塘、村头村、沙仔路村及对照点下石圭村的地下水（来源于水井）6 个采样点。

(3) 地表水和沉积物：在厂址半径 20km 范围内及液态流出物排放管线沿线主要地表水体（包括湖泊、水库、江河以及用于重要水厂和灌溉的地表水源）、流域覆盖厂址半径 20km 范围内面积较大的水体及流域覆盖主导风下风向面积较大的水体处分别布设 1 个采样点，于沙帽江、九洲江、山佳水库、石角潭水库及对照点鹤地水库 5 个点位设置采样点。

5) 受纳水体

受纳水体主要包括海水和沉积物（底泥和潮间带），具体监测项目如下：

(1) 对海水进行 γ 谱核素 (包括但不限于 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru) 和 ^{131}I 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 项目分析。

(2) 对海水沉积物进行 γ 谱核素 (包括但不限于 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$)、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 项目分析。

受纳水体的具体布点示意图见图 3.1-9, 监测点位信息统计见表 3.1-5。具体点位布置如下:

(1) 海水采样点位布设在以厂址排水口为中心, 半径为 5km、10km 的圆与 8 个方位角形成的扇形区域内布点, 在取水口、排水口、养殖区集中处、环境敏感区、周围大型排污口考虑增设针对性采样点, 共计设置 15 个采样点位。

(2) 海水潮下带采样点位同海水采样点位, 潮间带采样点位设在取、排水口附近、10km 范围内养殖集中区以及其他岸边人员活动较多的区域。

3.1.1.2 样品的采集和预处理

1) γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射累积剂量

(1) γ 辐射瞬时剂量率: γ 辐射瞬时剂量率点位距附近高大建筑物的距离大于 30m, 测量时仪器的有效中心离地面 1m 高。宇宙射线测点处水深大于 3m, 距岸边距离大于 1km。

(2) γ 辐射累积剂量: 累积剂量采用标准为《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》(GB/T10246-2014), 现场布设热释光剂量计的监测方式, 热释光剂量片采用 LiF (Mg、Cu、P), 为 $\phi 4.5 \times H 0.8\text{mm}$ 的圆片形。每批次布放的热释光剂量计经严格筛选, 分散性小于 5%。热释光剂量计在布放到监测点之前, 对其进行多重包装, 包装达到足够的厚度, 以便达到电平衡及消除 β 辐射干扰, 包装材料为塑料, 以防止水或水汽的渗入, 包装的外层采用白色透明塑料, 以防止阳光照射后吸热使热释光信息衰退。为提高监测数据的准确度, 在监测点布放热释光剂量计的同时, 在低本底铅室和已知剂量率的环境中布放本底和对照组。在放置期间由于有 26 个点位的剂量率片因台风及挂放树木被砍伐造成丢失, 剂量片回收率为 83.2%, 现场放置时间见表 3.1-6~表 3.1-7。

2) 土壤及沉积物

(1) 土壤: 采样一般按照梅花形采样法进行, 在 $10\text{m} \times 10\text{m}$ 范围内布设 5 个采样点, 分别取样再混合, 子样的大小为 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$, 采样深度为 0-10cm, 样品湿重约 2.5kg。采得的湿样先除去石块及植物根茎叶, 装入双层聚乙烯塑料

袋中，并作好采样记录。有时在面积较大，地势不太平坦，样品分布不够均匀的地带采用蛇形 5 点采样法。

(2) 沉积物：深水处用抓斗式采泥器，浅水处用铁铲采取。每个点位约采 2kg 样品，密封装于采样袋内，编号并记录采样信息。采集点尽可能与该水域水质取样点在同一垂线上，如在采样点上有障碍物时，适当偏移；若采样点为沙砾或卵石，可设在偏左和偏右两点；若两点中采不到泥质样品，则把采样点向岸边偏移，但必须是在枯、丰水期或落潮、涨潮的水能完全淹没到的地方。

3) 空气

(1) 气溶胶：采用两台 ZC-Q1000 大流量采样器，取样位置离地面距离均为 1.5m，进气口和出气口留足够大距离，以防止形成部分自循环。采样流量设置为仪器检定流量， $1.80\text{m}^3/\text{min}$ （采样流量变化不大于 5%）。两台仪器分别连续工作 3 昼夜，每台采样器每隔 1 昼夜换一张提前烘至恒重的滤膜，每个点位共计采集 3 张膜，总采样体积至少 10000m^3 （标况）。将换下来的滤纸，载尘面向内折叠成较小尺寸，用塑料膜包好，装进密实袋中保存，同时在采样单上记录点位、气象参数、采样量等样品信息。带回实验室后烘至恒重，计算净尘量。

分段取样的体积按下式计算总取样体积：

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{nb i} + Q_{nb(i-1)}}{2} (\Delta t_i)$$

式中：

Q_{nb} ——标准状况下的流量，单位为 m^3/min ；

n ——分段取样次数；

Δt_i ——第 i 次取样时间。

(2) 沉降物：在已选定的收集点，安放带有直径 600mm 沉降收集桶的干湿沉降自动采样器。收集桶应完好无损，不渗水、不漏水，并进行统一编号登记。在收集桶内加蒸馏水，使水深在 1cm 以上，并加适量稀硝酸，以免收集桶内沉降灰再悬浮和防止桶壁的吸附。在沉降灰收集期间，一个月观察一次收集桶的收集情况，并详细记录观察结果。如遇干旱季节，及时加蒸馏水保持桶内经常有水；如遇雨季有大雨或暴雨时，及时收取收集桶内沉降灰，以免雨水溢出桶外，并记录情况。每季度收取收集桶内沉降灰，捡出枯枝残叶、大个体的昆虫等杂物。记录收取日期，桶内水位高度、沉降灰落入情况及参加人员名单。将收集桶内液体

及沉降灰灌入预先已洗干净的塑料桶内，加盖拧紧，防止运输过程中出现渗漏。如果收集桶内干燥无水，用蒸馏水冲洗桶壁三次，后把沉降灰灌入塑料桶内。

(3) 降水：降水采集装置安放在周围至少 30m 内没有树林和建筑物的开阔平坦地，受水器边沿上缘离地面高 1m，采取适当措施防止扬尘的干扰；采样频次为降水期间连续采样；采样器的受水凹面定期擦拭，以除去落在上面的灰尘及树叶等杂物；贮水瓶装满雨水后及时更换；在降暴雨的情况下，需随时更换，以防发生外溢；雪样要移至室内自然融化；采集好的样品经充分搅拌后，用已校准的雨量计或量筒算得雨量；采样过程中，应记录每天的温度和相对湿度；雨量器和雨量计定期送检。

(4) 气体：

a) 空气中 ^3H ：采集样品时，大气氚采样器应放置于百叶箱内。采样人员需注意样品是否满溢，及时将样品收集于采样容器中；采样过程中需记录一定时间间隔内空气温度与相对湿度，定期收集、保存样品。若发现问题，及时进行维护、处理，或采取相应措施，不得延误采样工作；取样过程中，必须保证样品不混淆，不损失、不沾污。采样容器应密封好，防止污染或水分蒸发，防止样品桶破损与泄漏，如有问题应及时采取措施（携带备用装置）。

b) 空气中 ^{14}C ：将 500ml 捕集液平均注入两个 CO_2 捕集瓶中。设置采样参数，启动采样系统。待采集样品累积体积为 10m^3 时系统自动关闭。卸下捕集瓶，将捕集液倾倒入容器中。采样期间，应记录相应的环境温度和湿度。样品采集后，置于捕集瓶中密封保存，尽快分析以免继续吸收空气中的 CO_2 造成误差。

c) 空气中 ^{131}I ：将浸活性碳盒放入烘箱内，在 100°C 以下烘烤 4 小时后，存入磨口瓶中待用。对滤纸作透光检查，寻找因针孔、颗粒物、缺陷或严重折皱等引起的漏光现象。完好无损的滤膜才可作为采样滤纸，并编号、登记。采样体积应大于 100m^3 。采样结束后将浸活性碳盒放进特制的圆柱形塑料样品盒里。加盖并用胶粘纸封好，并将样品盒编号，放入塑料袋中密封，并将样品迅速交于分析人员测量。

4) 饮用水、地下水、地表水

饮用水取自自来水管末端水，地下水取自水井。对于饮用水和地下水，先放水几分钟，然后用水冲洗采样器具二至三次，用漏斗将水转移到塑料桶内（分析 ^3H 的样品置于棕色硬质玻璃瓶内），加硝酸（1+1）酸化至 $\text{pH} < 2$ ，密封。用于

分析 ^3H 、 ^{14}C 的样品，不作酸化处理。每个点位约取 60L~100L 水。编号并记录采样信息。

对于地表水，在监测点水面下 1m 处采样，先清洗采样设备，吊取上清水约 60L~100L，分别密封于多个塑料桶容器内（分析 ^3H 的样品置于棕色硬质玻璃瓶内），加硝酸（1+1）酸化至 $\text{pH}<2$ 。用于分析 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 的样品，不作酸化处理。编号并记录采样信息。

5) 海水和海洋沉积物

租用当地渔民的渔船采集。海水直接用水桶采集表层水，沉积物用海底泥取样器勾取，潮间带土用土壤采集工具进行采样。采集到的海水清澈透明无杂质，沉积物混有少量的碎裂贝壳。海水现场预处理方法与饮用水等水体相同；沉积物剔除明显的杂质后，装入聚乙烯塑料袋运回，之后的处理方法与底泥相同。

3.1.1.3 样品的分析

环境辐射本底监测对象中的分析核素、分析方法和标准、分析仪器见表 3.1-8~表 3.1-10。

环境辐射本底环境介质样品分析中所采用的 γ 谱仪分析测量参数（最小探测限）见表 3.1-11~3.1-14，放化分析测量参数（分析样品量、最小探测限）表 3.1-15。

3.1.1.4 调查结果

1) 资料调查结果

（1）现有环境辐射本底资料调查

表 3.1-16~3.1-20 给出了廉江核电厂厂址周围的陆域天然放射性水平及海域放射性水平，资料来源于中国原子能科学研究院于 2014 年 9 月~2015 年 3 月编制的一期工程可研阶段本底调查初步报告和 2020 年 3 月编制的一期工程可研阶段本底调查补充报告。其中陆地环境 γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射连续剂量率监测结果已扣除仪器对宇宙射线响应， γ 辐射累积剂量监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应。

表 3.1-21 给出了湛江市、原广东省（其范围包括现在的海南省）和广西的 γ 辐射水平，资料来源于《中国环境天然放射性水平》（原国家环境保护总局，1995.8）中对全国陆地 γ 辐射剂量率的调查结果，相应监测数据已经扣除了宇宙射线响应。

表 3.1-22 给出了湛江市、原广东省（其范围包括现在的海南省）和广西土壤中放射性核素活度浓度水平，资料来源于《中国环境天然放射性水平》（原国家环境保护总局，1995.8）中对全国土壤天然放射性核素含量的调查结果。

广东省沿海海水中放射性核素活度浓度水平见表 3.1-23，资料来源于 1980 年代原国家环保总局组织的全国天然辐射水平调查。

（2）现有电离辐射污染源调查

通过实际现场调查及相关资料收集核实，本项目厂址半径 30km 范围内无核设施、铀、钍及伴生矿设施；厂址半径 15km 范围内未发现同位素生产、非密封放射性同位素应用项目；除本工程外，厂址半径 5km 范围内不涉及 I、II 类放射源应用项目。

2) 现场调查结果

（1）环境 γ 辐射水平

（a） γ 辐射瞬时剂量率

监测仪器对宇宙射线响应的测量在厂址 ENE 方位 55.3km 的鹤地水库进行，鹤地水库位于廉江市城西北 14 公里的河唇镇，集水面积 1440km²，总库容 11.51 亿 m³，是以灌溉为主，结合防洪、发电和航运等综合利用的大型水库。测量点海拔高度 21m，测量点位处的水深约 30km、离岸距离约 3km，满足仪器对宇宙射线的响应测量要求。

由监测结果可知，厂址周围 50km 范围内 135 个原野 γ 辐射瞬时剂量率测值范围为 14.0~108nGy/h。其中，两个季度监测结果均值最低的点位是山头（距离厂址 SSW 方位 12.5km），为 14.0 $\pm$ 0.4nGy/h；监测均值最高的点位是九甲塘（距离厂址 NNE 方位 1.79km），为 108 $\pm$ 2nGy/h。153 个道路测量点中， γ 辐射瞬时剂量率测值范围为 27.5~137nGy/h。其中，两个季度监测结果均值最低的点位是山角村（距离厂址 WNW 方位 13.2km），为 27.5 $\pm$ 0.9nGy/h；监测均值最高的点位是泥咀（距离厂址 WSW 方位 3.75km），为 137 $\pm$ 1nGy/h。

（b）TLD 累积剂量

原野 γ 辐射累积剂量（按小时平均）范围为 44.3~118nGy/h，平均值为 75.7nGy/h；最低值出现在柴埠村（距离厂址 S 方位 27.2km），为 44.3 $\pm$ 2.0nGy/h，最高值出现在原野（NE 方位 0~2km）处，值为 118 $\pm$ 3.0nGy/h。道路 γ 辐射累积剂量（按小时平均）为 48.1~121nGy/h，平均值为 78.8nGy/h；最低值出现在港门

镇（距离厂址 S 方位 37.1km），为 $48.1 \pm 2.5 \text{ nGy/h}$ ，最高值出现在大贵庙小学（距离厂址 E 方位 6.24km），为 $121 \pm 3.8 \text{ nGy/h}$ 。

（c） γ 辐射连续剂量率监测

监测结果表明，监测点塘仔山村的 γ 辐射连续剂量率测量日均值及其标准偏差为： $60.6 \pm 0.7 \text{ nGy/h}$ ，日均值变化范围为 $58.9 \sim 62.8 \text{ nGy/h}$ ，小时均值变化范围为 $57.8 \sim 84.9 \text{ nGy/h}$ 。监测点塘仔山村虾塘的 γ 辐射连续剂量率测量日均值及其标准偏差为： $30.1 \pm 2.7 \text{ nGy/h}$ ，日均值变化范围为 $24.9 \sim 40.1 \text{ nGy/h}$ ，小时均值变化范围为 $34.3 \sim 71.8 \text{ nGy/h}$ 。对照点下石圭坡村的 γ 辐射连续剂量率测量日均值及其标准偏差为： $71.4 \pm 0.9 \text{ nGy/h}$ ，日均值变化范围为 $70.4 \sim 74.4 \text{ nGy/h}$ ，小时均值变化范围为 $68.9 \sim 92.8 \text{ nGy/h}$ 。

（2）土壤

人工放射性核素 ^{137}Cs 含量范围为： $<0.24 \sim 1.64 \text{ Bq/kg 干}$ ，其余人工放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 含量范围分别为 $17.7 \sim 75.4 \text{ Bq/kg 干}$ 、 $17.8 \sim 137 \text{ Bq/kg 干}$ 、 $11.0 \sim 57.0 \text{ Bq/kg 干}$ 、 $15.0 \sim 713 \text{ Bq/kg 干}$ 。 ^{90}Sr 含量范围为： $0.087 \sim 0.670 \text{ Bq/kg 干}$ ； $^{239+240}\text{Pu}$ 测值范围为： $0.032 \sim 0.050 \text{ Bq/kg 干}$ 。

对照点下石圭坡村委人工放射性核素 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限；天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活度浓度分别为： $30.4 \pm 2.5 \text{ Bq/kg 干}$ 、 $28.5 \pm 1.4 \text{ Bq/kg 干}$ 、 $26.3 \pm 1.2 \text{ Bq/kg 干}$ 、 $249 \pm 14 \text{ Bq/kg 干}$ ；人工放射性核素 ^{90}Sr 活度浓度 $0.163 \pm 0.085 \text{ Bq/kg 干}$ ； $^{239+240}\text{Pu}$ 测值为 $0.037 \pm 0.016 \text{ Bq/kg 干}$ 。

（3）空气

气溶胶 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 和 ^{131}I 测量结果均低于探测限。塘仔山村和塘仔山村虾塘气溶胶中 ^7Be 活度浓度分别为 $0.615 \pm 0.051 \text{ mBq/m}^3$ 和 $0.379 \pm 0.031 \text{ mBq/m}^3$ ，对照点下石圭坡村气溶胶中 ^7Be 活度浓度为 $0.470 \pm 0.038 \text{ mBq/m}^3$ 。

沉降物 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 和 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限，各监测点位沉降物中各核素活度浓度与对照点处于同一水平，属于环境正常水平。

降水 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 和 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。塘仔山村和塘仔山村虾塘降水中 ^3H 活度浓度分别为 $0.359\pm0.177\text{Bq/L}$ 和 $0.455\pm0.095\text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr 活度浓度分别为 $1.05\pm0.46\text{mBq/L}$ 和 $0.765\pm0.262\text{mBq/L}$ 。对照点下石圭坡村降水中 ^3H 和 ^{90}Sr 活度浓度分别为 $0.327\pm0.121\text{Bq/L}$ 和 $0.851\pm0.194\text{mBq/L}$ 。

气体 ^{131}I 测量结果均低于探测限。塘仔山村和塘仔山村虾塘气体中 ^3H 活度浓度分别为 11.2 ± 4.5 (0.392 ± 0.160) Bq/m^3 (Bq/L) 和 8.00 ± 2.27 (0.309 ± 0.088) Bq/m^3 (Bq/L)； ^{14}C 活度浓度分别为 $0.401\pm0.063\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$ 和 $0.349\pm0.049\text{Bq/g}\cdot\text{碳}$ 。对照点下石圭坡村气体中 ^3H 和 ^{14}C 活度浓度分别为 $5.0\times10^{-1}\text{Bq/L}$ 和 $5.0\times10^{-2}\text{Bq/g}$ 。

(4) 饮用水、地下水、地表水

饮用水中 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。村头村和沙仔路村饮用水中 ^{90}Sr 活度浓度分别为： $0.787\pm0.170\text{mBq/L}$ 和 $0.483\pm0.173\text{mBq/L}$ ；饮用水中 ^3H 活度浓度分别为： $0.080\pm0.012\text{Bq/L}$ 和 $0.192\pm0.104\text{Bq/L}$ ；饮用水中 ^{14}C 活度浓度分别为： $3.01\pm0.29\text{mBq/L}$ 和 $3.55\pm1.10\text{mBq/L}$ ；饮用水中总 α 活度浓度分别为： $0.048\pm0.004\text{Bq/L}$ 和 $0.024\pm0.002\text{Bq/L}$ ；饮用水中总 β 活度浓度分别为： $0.220\pm0.003\text{Bq/L}$ 和 $0.039\pm0.001\text{Bq/L}$ 。对照点下石圭坡村饮用水中 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 、总 α 和总 β 的活度浓度分别为： $0.745\pm0.203\text{mBq/L}$ 、 $0.290\pm0.174\text{Bq/L}$ 、 $2.13\pm0.33\text{mBq/L}$ 、 $0.028\pm0.003\text{Bq/L}$ 和 $0.233\pm0.003\text{Bq/L}$ 。

地下水中 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。核电站 S 方位围墙旁虾塘、塘仔山村；液态流出物排放管线沿线鸭公塘、村头村和沙仔路村地下水中 ^{90}Sr 活度浓度分别为： $0.923\pm0.178\text{mBq/L}$ 、 $0.913\pm0.202\text{mBq/L}$ 、 $2.94\pm0.288\text{mBq/L}$ 、 $0.937\pm0.184\text{mBq/L}$ 和 $0.676\pm0.160\text{mBq/L}$ ；地下水中 ^3H 活度浓度分别为： $0.210\pm0.080\text{Bq/L}$ 、 $0.391\pm0.160\text{Bq/L}$ 、 $0.075\pm0.108\text{Bq/L}$ 、 $0.181\pm0.097\text{Bq/L}$ 和 $0.158\pm0.072\text{Bq/L}$ ；地下水中 ^{14}C 活度浓度分别为： $3.56\pm0.89\text{mBq/L}$ 、 $1.63\pm0.26\text{mBq/L}$ 、 $4.76\pm0.77\text{mBq/L}$ 、 $3.45\pm0.65\text{mBq/L}$ 和 $2.09\pm0.66\text{mBq/L}$ 。对照点下石圭坡村地下水中 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 的活度浓度分别为： $0.999\pm0.202\text{mBq/L}$ 、 $0.217\pm0.077\text{Bq/L}$ 和 $2.13\pm0.33\text{mBq/L}$ 。

地表水中 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。山佳水库、石角潭水库、沙帽江和九洲江地表水中 ^{90}Sr 活度

浓度分别为： $1.271 \pm 0.197 \text{ mBq/L}$ 、 $0.863 \pm 0.166 \text{ mBq/L}$ 、 $1.788 \pm 0.222 \text{ mBq/L}$ 和 $1.464 \pm 0.205 \text{ mBq/L}$ ；地表水中 ^3H 活度浓度分别为： $0.575 \pm 0.195 \text{ Bq/L}$ 、 $0.522 \pm 0.190 \text{ Bq/L}$ 、 $0.234 \pm 0.132 \text{ Bq/L}$ 和 $0.666 \pm 0.169 \text{ Bq/L}$ ；山佳水库和九洲江地表水中 ^{14}C 活度浓度分别为： $3.45 \pm 0.68 \text{ mBq/L}$ 和 $4.19 \pm 0.46 \text{ mBq/L}$ 。对照点鹤地水库地表水中 ^{90}Sr 和 ^3H 的活度浓度分别为： $0.661 \pm 0.172 \text{ mBq/L}$ 和 $0.373 \pm 0.197 \text{ Bq/L}$ 。

(5) 地表水沉积物

γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 和 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活度浓度范围和均值分别为： $28.2 \sim 66.5 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 和 $41.5 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ； $32.5 \sim 89.8 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 和 $63.5 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 、 $16.4 \sim 50.5 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 和 $36.6 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 、 $81.5 \sim 441 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 和 $334.6 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 。人工放射性核素 ^{90}Sr 活度浓度范围为： $0.103 \sim 0.460 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ， $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为 $0.027 \sim 0.034 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 。对照点鹤地水库 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活度浓度分别为： $52.2 \pm 5.7 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 、 $77.4 \pm 6.7 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 、 $29.8 \pm 1.5 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 、 $377 \pm 26 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ，人工放射性核素 ^{90}Sr 活度浓度为 $0.127 \pm 0.055 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ 。

(6) 海水

海水中 γ 谱核素均未检出， ^3H 含量为 $0.143 \sim 0.395 \text{ Bq/L}$ ， ^{14}C 含量为 $2.91 \sim 4.10 \text{ mBq/L}$ 。水体中各核素活度浓度均处于天然本底水平。

(7) 海水沉积物

海底沉积物和潮间带土中放射性监测结果如下： ^{238}U 的测值范围为 $16.8 \sim 77.2 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ； ^{232}Th 的测值范围为 $12.3 \sim 59.1 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ； ^{226}Ra 的测值范围为 $13.5 \sim 57.3 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ； ^{40}K 测值范围为 $84.1 \sim 461 \text{ Bq/kg} \cdot \text{干}$ ；各核素活度浓度均处于天然本底水平。

3.1.1.5 质量保证

1) 仪器和标准物质的检定

(1) 仪器设备的检定

参与本调查项目的主要仪器均经计量部门检定/校准，期间核查和设备的维护保养工作由各岗位人员按计划定期开展，辅助仪器设备定期做好功能检查。

一般辅助设备，定期进行功能检查。

本项目所用主要仪器检定计划见表 3.1-24。仪器设备期间核查计划见表 3.1-25。

（2）标准物质的控制

本调查项目工作所用的标准物质必须是有证标准物质，且在有效期内。

标准物质的购置，由检测人员申请。提出购置清单报管理层审核，经质量负责人批准后，由检测人员协同采购员购置，检测人员办理验收手续后领用。

检测人员领用的标准物质必须妥善保管并标识，在有效期内使用，使用时做好相关记录。标准物质需定期进行期间核查，期间核查内容以检验标准源的活度为主，核查周期为 1 次/年。

主要标准物质汇总情况见表 3.1-26。

2) 样品的质量控制

（1）采样的质量控制

对各类样品的采集和预处理，制定操作程序，要求采样人员在采样过程中严格执行，及时真实地填写采样记录并签名。记录内容要求尽可能的详尽。

（2）样品运输

- 确保样品被适当地封装和包装，以防止泄漏和污染。
- 对于生物样品，使用隔热容器或冷藏设备，确保样品在运输过程中保持恒定的温度。
- 采取必要的防震措施，如使用泡沫塑料、气泡膜或其他缓冲材料固定样品，避免破损。
- 在样品包装外部明确标记“易碎”、“向上”等方向指示。
- 对于氟样品，使用不透明的包装材料，避免直接日光照射。
- 选用快递的方式，确保样品从采样地点直达实验室。
- 制定应对运输过程中可能出现的突发事件的预案，如样品丢失、损坏或泄漏。
- 在样品的转交过程中，应有详细的交接记录，包括转交人和接收人的签名和日期。
- 尽可能缩短运输时间，以减少样品在运输过程中可能发生的变化。
- 样品到达目的地后，应立即进行检查，确认样品状态是否良好，并记录任何可能的异常情况。

（3）样品保存

- 经过现场制备的水样，应尽快分析，保存期一般不超过 2 个月；

- 密封后的土壤样品必须在 7d 内测定其含水率，烘干保存；
- 采集的样品分类保存，防止交叉污染。

(4) 样品的交接、验收和领取

- 质保人员和采样人员按照采样单认真清点样品，移交给样品管理员；
- 样品验收后，存放在样品贮存间，由样品管理员妥善保管，以防丢失和污染；
- 分析人员按检测通知单，按规定程序领取样品；
- 需要流转的样品，填写样品流转单，进行样品交接测量。

(5) 样品流转

样品按照分析顺序流转，交接签收时应检查样品的状况。检测人员对检测完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性。

样品在制备、测试、传递过程中应加以防护，严格遵守有关样品的使用说明，避免受到非正常损坏。样品如遇意外损坏或丢失，应详细记录其情况，并追查责任，及时与业主联系采取补救措施。

(6) 样品贮存

检测人员检测结束后的样品应及时通知样品管理员取回样品库保存，包括经检测不合格或无法检测的样品。

为了避免检测的样品在存储、处置和检测过程中发生非正常损坏，检测部门及样品库应具备适当的设施和环境条件、安全措施进行分类定位存放，以保证检测结果的准确可靠。

3) 实验室质量控制

(1) 实验室分析质量控制

实验室内质量控制是分析人员对本底调查分析质量进行自我控制及内部质控人员对其实施质量控制技术管理的过程。包括方法的确认、仪器设备校准、空白试验、检出限的测量、校准曲线的绘制和检验、平行样分析、加标样与密码样分析、绘制质量控制图等。各监测项目的质量控制措施如下：

➤ γ 谱分析

准确性检验：采用土壤参考标准源，测量样品中核素含量与参考值进行比较，监测结果见表 3.1-27。

短期稳定性检验：采用 ^{137}Cs 参考样，共测 61 次，每次计数 60s。测得 $\chi^2=50.57$ ，

查表可得 $\chi^2(0.975)$ 为 40.48, $\chi^2(0.025)$ 为 88.38, $\chi^2(0.975) < 50.77 < \chi^2(0.025)$, 表明检验计数值符合泊松分布。

长期稳定性检验：每月在正常工作条件下测量仪器本底，对仪器进行长期可靠性检验，绘制本底质控图。2022 年~2023 年 GEM-S8530 型 γ 谱仪本底质控图见图 3.1-10。

➤ 放化分析

低本底 α 、 β 测量仪、低本底液闪谱仪、 α 谱仪

低本底测量装置在两次检定期间进行一次仪器刻度，每半年进行一次坪特性和窜道系数检验，其中 $\alpha \rightarrow \beta$ 窜道系数 $< 10\%$ ， $\beta \rightarrow \alpha$ 窜道系数 $< 0.1\%$ 。

每年进行低本底测量装置本底计数是否满足泊松分布检验。若测量装置的本底太低，泊松分布检验可用一定活度的标准源替代。每隔 20 天，在正常工作条件下测量仪器本底和效率，对仪器进行长期可靠性检验，绘制质控图，见图 3.1-10~图 3.1-25。

根据分析方法、测量仪器的精度和样品和具体情况，每季度进行空白实验值（包括试剂空白）测定，空白实验值的大小和分散程度将直接影响分析方法的检出限和实验的精密度，并在一定程度中反映了实验室的基本状况和分析人员的技术水平。

2023 年测量仪器泊松分布检验结果见表 3.1-28。

（2）实验室内部质量控制

本项目开展实验室内部质量控制，质保样数量按样品总数的 10% 选择，其中质保样数量的 80% 为实验室内部质控样品，采用平行双样、加标分析或样品复测的方式进行质控，20% 为实验室间质控样品，采用外检比对的方式进行质控。

平行、加标及复核样质控指标依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的相关要求进行控制。

平行样分析：平行分析测量结果见表 3.1-29，从监测结果可知，平行实验相对偏差均满足表 3.1-29 的控制指标。

样品复测：样品复测测量结果见表 3.1-30。从监测结果可知，样品复测相对偏差均满足表 3.1-30 的控制指标。

加标样分析：加标样分析测量结果见表 3.1-31。从监测结果可知，加标实验相对偏差均满足表 3.1-31 的控制指标。

5) 组织机构和人员职责

本次运行前辐射本底调查工作由浙江国辐环保科技有限公司具体执行,由质量负责人和技术负责人全面负责调查工作,并按现场监测、现场采样、样品前处理、实验室分析、样品管理等进行分工,确定每项分工的责任人。项目实施过程中各部门职责如下:

项目负责人:对本项目的实施进度负直接责任,并为项目组配备必要的资源;负责拟定项目组组织结构,确定人员资格要求;负责整个项目的具体实施。

质量负责人:负责本项目质量保证体系管理的日常领导工作;负责建立本项目质保组,确定人员资格要求;组织人员制定本项目质保方案,并负责本项目质保方案的审定;对本项目的质量监督任务下达,并负责质量监督管理工作的具体实施。

技术负责人:负责本项目技术工作的管理,对本项目的技术质量和进度负直接责任;负责组织项目组成员正确贯彻执行国家标准和技术规范;负责对本项目检测过程中所需环境和设施配置的技术审核;负责对质量控制活动、投诉和建议等涉及技术活动中不符合工作的识别。

项目质量监督员:负责对实验室检测人员、新上岗人员及关键岗位人员开展的活动进行监督;在工作上接受本公司质保组指导、培训,按要求向质量负责人汇报质量监督工作;负责监督过程中对发现的不符合工作所采取的纠正措施、预防措施的验证工作;对本公司的检测质量进行连续的监督,当发现检测工作不符合质量体系的要求时,有权暂停检测工作;组织制定纠正措施方案并监督验证一般不符合项纠正措施的实施;监督质量体系的执行和运作情况,发现问题立即向质量负责人汇报并作记录;负责本项目实施过程中相关人员、设备和方法的日常监督,确保本项目质量活动正确地按规定执行。

3.1.2 辐射环境质量评价

辐射环境质量评价主要结论如下:

1) 环境 γ 辐射水平

(1) γ 辐射瞬时剂量率测量值范围(已扣除宇宙射线对仪器的响应值)分别为:原野测量值范围为 14.0~108nGy/h,道路(不含沥青路面)测量值范围为 27.5~123nGy/h。

(2) γ 辐射累积剂量（按小时平均）范围（未扣除宇宙射线对仪器的响应）分别为：原野 γ 辐射累积剂量测量值范围为 44.3~118nGy/h，道路 γ 辐射累积剂量测量值范围为 48.1~121nGy/h。

(3) γ 辐射连续剂量率（已扣除宇宙射线对仪器的响应值）各监测点日均值变化范围分别为 58.9~62.8nGy/h（塘仔山村）、24.9~40.1nGy/h（塘仔山村虾塘）、70.4~74.4nGy/h（对照点下石圭坡村）。

由监测结果可知，本项目一季度调查区域内原野及道路 γ 辐射瞬时剂量率属于环境正常水平；调查区域周围环境各监测点的 γ 辐射累积剂量测值与项目相关资料 γ 辐射累积剂量测值结果处于同一水平； γ 辐射连续剂量率监测结果与相应测点的 γ 辐射瞬时剂量率测值基本一致，亦与对照点测值处于同一水平。

2) 陆地环境介质

(1) 空气调查结果中：气溶胶 γ 谱分析除检出 ^7Be 外，其他核素放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 和 ^{131}I 测量结果均低于探测限， ^7Be 活度浓度与对照点处于同一水平；沉降物 γ 谱分析结果中放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 和 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限，各监测点位沉降物中各核素活度浓度与对照点处于同一水平，属于环境正常水平；降水中各监测点位 γ 核素均未检出， ^3H 、 ^{90}Sr 核素活度浓度与对照点处于同一水平，属于环境正常水平；气体中各监测点位 ^3H 测量值为 (8.00~11.2) Bq/m³，空气中 ^{14}C 测量值为 (0.349~0.401) Bq/g·碳，空气中 ^{131}I 未检出，各核素活度浓度与对照点处于同一水平，属于环境正常水平。

(2) 土壤 γ 谱分析结果中人工放射性核素除 ^{137}Cs 外，其余人工放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限，人工放射性核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn) 与天然放射性核素 (^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 、 ^{40}K)、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度含量均在项目相关资料调查时的测值波动范围内，土壤辐射水平未见异常。

(3) 非受纳水体中饮用水、地下水、地表水 γ 谱分析中人工放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 和 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限，人工放射性核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn) 与 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 及总 α 、总 β 的活度浓度与对照点处于同一水平，均为天然本底水平。

(4) 地表水沉积物 γ 谱分析结果中人工放射性核素 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限，人工放射性核素 (^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn)

与天然放射性核素 (^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 、 ^{40}K)、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度与对照点处于同一水平, 均为天然本底水平。

3) 受纳水体

(1) 海水中 γ 放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 测量结果低于探测限, ^{90}Sr 和 ^3H 的活度浓度水平均处于环境本底水平, 未发现异常。

(2) 沉积物中 γ 放射性核素 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 和 ^{54}Mn 测量结果低于探测限。天然放射性核素 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 和 ^{40}K 活度浓度范围和均值分别为: $9.0\sim 51.8\text{Bq/kg}$ 和 28.2Bq/kg ; $5.61\sim 85.9\text{Bq/kg}$ 和 40.6Bq/kg 、 $10.2\sim 69.7\text{Bq/kg}$ 和 31.2Bq/kg 、 $9.2\sim 208\text{Bq/kg}$ 和 143.4Bq/kg 。 ^{90}Sr 活度浓度范围分别为: $3.15\text{E}-01\sim 8.13\text{E}-01\text{Bq/kg}$ 。均属于环境本底水平, 未发现异常。

综上所述, 根据厂址辐射本底调查结果, 厂址及附近区域未发现电离辐射异常情况。

表 3.1-1 γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射累积剂量监测点位及布点说明

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
1	0~2km	原野	E	1.74	根据方位角布点
2	0~2km	厂界东侧	E	1.30	根据方位角布点
3	0~2km	原野	ESE	1.42	根据方位角布点
4	0~2km	道路	ESE	1.06	根据方位角布点
5	0~2km	原野	SE	0.91	根据方位角布点
6	0~2km	南蒙	SSE	1.36	最近居民点
7	0~2km	厂界东南偏南侧	SSE	0.63	厂界
8	0~2km	山佳	S	1.63	环境敏感点
9	0~2km	围肚	S	1.83	环境敏感点
10	0~2km	厂界西南偏南侧	SSW	1.28	厂界 (液态流出物排放管线沿线)
11	0~2km	厂界西南侧	SW	1.25	根据方位角布点
12	0~2km	原野	SW	1.79	根据方位角布点
13	0~2km	蔡村	WSW	1.39	较近居民点
14	0~2km	塘仔山村南	W	1.06	可能的关键居民组 主导下风向敏感点
15	0~2km	原野	W	1.73	根据方位角布点
16	0~2km	塘仔山村北	WNW	1.12	可能的关键居民组 次主导下风向敏感点
17	0~2km	塘仔山村西北	WNW	1.70	环境敏感点 次主导下风向敏感点
18	0~2km	厂界西北侧	NW	0.96	厂界
19	0~2km	厂界西北偏北侧	NW	1.13	厂界
20	0~2km	原野	NNW	1.89	根据方位角布点
21	0~2km	厂界北侧	N	1.90	厂界
22	0~2km	九甲塘	NNE	1.79	厂址区域内
23	0~2km	黄京埗	NNE	1.65	环境敏感点
24	0~2km	原野	NE	1.76	根据方位角布点
25	0~2km	孔子陂北	NE	1.51	环境敏感点
26	0~2km	原野	ENE	1.00	根据方位角布点
27	0~2km	孔子陂	ENE	1.57	环境敏感点
28	2~5km	上塘尾村	E	2.16	环境敏感点
29	2~5km	茂兰坡	E	4.01	环境敏感点
30	2~5km	龙塘村	ESE	2.53	环境敏感点
31	2~5km	荔枝江村	ESE	4.02	环境敏感点
32	2~5km	下庞江	SE	2.16	环境敏感点
33	2~5km	车板镇	SE	3.40	人口集中区
34	2~5km	南垌村	SSE	2.41	环境敏感点
35	2~5km	车板镇第一小学	SSE	3.97	环境敏感点
36	2~5km	松明	S	3.57	环境敏感点
37	2~5km	禄地村	S	4.39	环境敏感点
38	2~5km	原野	SSW	2.44	根据方位角布点(液态流出物 排放管线沿线)
39	2~5km	听涛居	SSW	4.11	根据方位角布点(液态流出物 排放管线沿线)
40	2~5km	海边塘	SW	2.48	环境敏感点

续表 3.1-1 γ 辐射瞬时剂量率和辐射累积剂量监测点位及布点说明

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
41	2~5km	东村小学	SW	2.75	环境敏感点
42	2~5km	对岸	WSW	2.92	环境敏感点
43	2~5km	泥咀	WSW	3.75	环境敏感点
44	2~5km	金塘	W	2.67	环境敏感点
45	2~5km	凤地	W	3.52	环境敏感点
46	2~5km	公安围	W	3.95	环境敏感点
47	2~5km	德耀村	WNW	2.44	环境敏感点
48	2~5km	福海	WNW	2.91	环境敏感点
49	2~5km	荣春山	NW	2.80	环境敏感点
50	2~5km	新居村	NW	4.67	环境敏感点
51	2~5km	平垌小学	NNW	2.88	环境敏感点
52	2~5km	下荔枝山	NNW	4.90	环境敏感点
53	2~5km	潘桃园	N	2.78	环境敏感点
54	2~5km	丰埭	N	4.40	环境敏感点
55	2~5km	白石塘	NNE	2.25	环境敏感点
56	2~5km	炮台岭	NNE	3.57	环境敏感点
57	2~5km	文头岭	NE	2.97	环境敏感点
58	2~5km	大坝小学	NE	3.76	环境敏感点
59	2~5km	大岭	ENE	3.10	环境敏感点
60	2~5km	沙田仔	ENE	4.31	环境敏感点
61	5~10km	大贵庙小学	E	6.24	环境敏感点
62	5~10km	山心	E	8.64	环境敏感点
63	5~10km	上埭村	ESE	7.23	环境敏感点
64	5~10km	屋背桐	ESE	9.49	环境敏感点
65	5~10km	名教小学	SE	5.99	环境敏感点
66	5~10km	上塘仔	SE	8.97	环境敏感点
67	5~10km	红坎子	SSE	6.44	环境敏感点
68	5~10km	黄坡塘	SSE	7.76	环境敏感点
69	5~10km	旧埭小学	S	5.23	环境敏感点
70	5~10km	道路	S	5.52	液态流出物排放管线沿线
71	5~10km	村头村	S	6.77	环境敏感点 (液态流出物排放管线沿线)
72	5~10km	那腮	S	7.44	环境敏感点 (液态流出物排放管线沿线)
73	5~10km	独田	S	8.01	环境敏感点 (液态流出物排放管线沿线)
74	5~10km	多浪	S	9.06	环境敏感点
75	5~10km	黄龙村	S	8.81	环境敏感点 (液态流出物排放管线沿线)
76	5~10km	新村仔	S	9.49	环境敏感点 (液态流出物排放管线沿线)
77	5~10km	龙头沙码头	S	9.63	液态流出物排放管线沿线
78	5~10km	沙龙围	SSW	5.89	根据方位角布点 (基本农田)
79	5~10km	天飞墩村	SSW	9.89	环境敏感点
80	5~10km	新屋村	SW	7.66	环境敏感点
81	5~10km	英北小学	SW	9.71	环境敏感点

续表 3.1-1 γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射累积剂量监测点位及布点说明

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
82	5~10km	新村	WSW	6.63	环境敏感点
83	5~10km	那畔	WSW	9.29	环境敏感点
84	5~10km	欧屋村	W	7.02	环境敏感点
85	5~10km	北背小学	W	9.31	环境敏感点
86	5~10km	红寨围	WNW	5.63	环境敏感点
87	5~10km	山东小学	WNW	8.85	环境敏感点
88	5~10km	峒心	NW	6.67	环境敏感点
89	5~10km	山口镇	NW	9.29	人口集中区
90	5~10km	大桶村	NNW	7.33	环境敏感点
91	5~10km	合山	NNW	9.65	环境敏感点
92	5~10km	金平	N	6.53	环境敏感点
93	5~10km	那良垌	N	5.82	环境敏感点
94	5~10km	九一新村	NNE	6.79	环境敏感点
95	5~10km	红江农场 17 队	NNE	8.78	环境敏感点
96	5~10km	山口仔	NE	5.94	环境敏感点
97	5~10km	红江中学	NE	8.04	环境敏感点
98	5~10km	瓦窑角	ENE	6.99	环境敏感点
99	5~10km	金尾地村	ENE	8.56	环境敏感点
100	10~20km	陂仔	E	11.4	环境敏感点
101	10~20km	新楼村	E	13.5	环境敏感点
102	10~20km	营仔镇	ESE	14.5	人口集中区
103	10~20km	老里塘	ESE	18.5	环境敏感点
104	10~20km	仁灶墩	SE	10.3	环境敏感点
105	10~20km	云峡小学	SE	17.6	环境敏感点
106	10~20km	原野	SSE	11.6	16 方位（基本农田）
107	10~20km	坡心村	S	10.4	
108	10~20km	山头	SSW	12.5	环境敏感点
109	10~20km	英罗小学	SW	10.6	环境敏感点
110	10~20km	西屯	SW	11.6	环境敏感点
111	10~20km	朱砂口	WSW	12.8	环境敏感点
112	10~20km	沙田镇	WSW	16.4	人口集中区
113	10~20km	永安小学	W	13.3	环境敏感点
114	10~20km	沙尾小学	W	18.5	环境敏感点
115	10~20km	山角村	WNW	13.2	环境敏感点
116	10~20km	邓屋	WNW	18.1	环境敏感点
117	10~20km	河面小学	NW	12.7	环境敏感点
118	10~20km	白沙镇	NW	18.4	人口集中区
119	10~20km	樟木桶	NNW	13.3	环境敏感点
120	10~20km	龙潭镇	NNW	19.2	人口集中区
121	10~20km	大坝镇	N	12.1	环境敏感点
122	10~20km	陂肚山	N	16.6	环境敏感点
123	10~20km	那雷村	NNE	12.3	环境敏感点
124	10~20km	八壁村	NNE	19.1	环境敏感点
125	10~20km	青平镇	NE	13.8	人口集中区

续表 3.1-1 γ 辐射瞬时剂量率和 γ 辐射累积剂量监测点位及布点说明

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
126	10~20km	鲫鱼湖小学	NE	17.9	环境敏感点
127	10~20km	陈山背	ENE	15.1	环境敏感点
128	10~20km	下石圭坡村委	ENE	17.3	环境敏感点
129	20~30km	涌仔	E	21.0	环境敏感点
130	20~30km	关塘	ESE	27.9	环境敏感点
131	20~30km	界炮镇	SE	23.3	人口集中区
132	20~30km	杨柑镇	SSE	27.6	人口集中区
133	20~30km	柴埠村	S	27.2	环境敏感点
134	20~30km	兴港镇	W	29.3	环境敏感点
135	20~30km	东海小学	WNW	21.0	环境敏感点
136	20~30km	浪坡小学	NW	29.8	环境敏感点
137	20~30km	坡头村	NNW	22.8	环境敏感点
138	20~30km	双旺镇	N	27.0	人口集中区
139	20~30km	沙陂镇	NNE	26.5	人口集中区
140	20~30km	那毛垌	NE	21.5	环境敏感点
141	20~30km	雅塘镇	ENE	25.8	人口集中区
142	30~50km	新民镇	E	41.7	人口集中区
143	30~50km	白沙塘李屋	ESE	36.0	环境敏感点
144	30~50km	泮塘小学	SE	39.0	环境敏感点
145	30~50km	八月田	SSE	31.4	环境敏感点
146	30~50km	港门镇	S	37.1	人口集中区
147	30~50km	营盘镇	WSW	39.1	人口集中区
148	30~50km	南康镇	W	37.7	人口集中区
149	30~50km	闸口镇	WNW	39.1	人口集中区
150	30~50km	公馆镇初级中学	NW	34.4	环境敏感点
151	30~50km	公馆镇南山小学	NNW	33.9	环境敏感点
152	30~50km	松旺镇	N	35.1	人口集中区
153	30~50km	那卜镇	NNE	35.0	人口集中区
154	30~50km	塘蓬镇	NE	39.2	人口集中区
155	30~50km	东升农场	ENE	36.6	人口集中区
156*	>50km	鹤地水库	ENE	55.3	对照点

*注：此对照点仅测了 γ 辐射瞬时剂量率

表 3.1-2 γ 辐射连续剂量率及空气布设点位说明

序号	点位名称	方位	距离, km	布点说明
1	塘仔山村北	WNW	1.12	可能的关键居民组 次主导下风向敏感点
2	塘仔山村南 (虾塘)	W	1.06	可能的关键居民组 主导下风向敏感点
3	下石圭坡村委	ENE	17.3	对照点

表 3.1-3 运行前土壤辐射环境本底调查监测点位

监测对象	监测因子	调查范围	频次	点位数	拟设监测点位 ⁽¹⁾		备注
土壤	γ 谱核素 ⁽²⁾ 、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$	厂区外 20km 范围内	2 次	3	E	孔子陂 ⁽³⁾ 、荔枝江村、新楼村	/
				4	SE	南蒙 ⁽³⁾ 、车板镇、上塘仔、营仔镇	
				3	S	围肚 ⁽³⁾ 、旧埠村、禄地村	
				5	SW	厂界 SSW (排水口同点) ⁽³⁾ 、海边塘、对岸、那畔、西屯	
				5	W	塘仔山村南 ⁽³⁾ 、蔡村、金塘、北背小学、朱砂口	
				4	NW	塘仔山村西北侧 ⁽³⁾ 、平垌小学、山口镇、河面小学	
				5	N	厂界 N ⁽³⁾ 、丰埭、金平、九一新村、陂肚山	
				5	NE	黄金埭 ⁽³⁾ 、文头岭、红江农场、青平镇、山口仔	
				4	排水口	松明 ⁽³⁾ 、村头村、独田、龙头沙码头	
				1	对照点	下石圭坡村	

注：(1) 土壤监测点位信息与 γ 辐射瞬时剂量率监测点位一致，详见表 3.1-1；

(2) γ 谱核素：包括但不限于 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ；

(3) 对陆域各方位最近点位采样进行 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析。

表 3.1-4 运行前非受纳水体辐射环境本底监测点位

监测对象		监测因子	调查范围	频次	点位数	拟设监测点位	备注
非受纳水体	饮用水	总 α 、总 β 、 γ 谱核素 ⁽¹⁾ 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C ⁽²⁾	0~20km	4 次	3	村头村、沙仔路村及下石圭村（对照点）	/
	地下水	γ 谱核素 ⁽¹⁾ 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C ⁽²⁾	0~20km	4 次	6	厂界 S 侧虾塘用水、塘仔山村、鸭公塘、村头村、沙仔路村及下石圭村（对照点）	
	地表水	γ 谱核素 ⁽¹⁾ 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C ⁽²⁾	0~20km	4 次	5	沙帽江、九洲江、山佳水库、石角潭水库、鹤地水库	
	地表水沉积物	γ 谱核素 ⁽³⁾ 和 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ⁽⁴⁾	0~20km	2 次	5	同地表水	

注：（1） γ 谱核素：包括但不限于 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ；

（2）每次地表水选 2 个点进行 ^{14}C 分析；

（3） γ 谱核素：包括但不限于 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ；

（4）对山佳水库及沙帽江地表水及 5km 范围内海域各监测点位沉积物进行 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析。

表 3.1-5 海水和沉积物点位信息表

采样对象	采样点位（方位距离均以排水口为中心）
海水、沉积物	取水口
	排水口
	NW-5 km
	E-5 km
	S-5 km
	W-5 km
	SW-5 km
	SE-5 km
	N-10 km
	S-10 km
	SE-10 km
	E-10 km
	SW-10 km
	W-10 km
	NW-10 km
潮间带土	取水口
	排水口
	天飞墩村
	山头

表 3.1-6 原野 γ 辐射累积剂量片布置时间

序号	布放地点	布放时间	回收时间	布放时间 (h)
1	厂界东侧	2024/6/25	2024/9/15	1967
2	原野 (E)	2024/6/22	2024/9/15	2040
3	原野 (ESE 0~2km)	2024/6/22	2024/9/15	2039
4	南蒙	2024/6/22	2024/9/15	2038
5	原野 (SE 0~2km)	2024/6/25	2024/9/15	1967
6	厂界东南偏南侧	2024/6/22	2024/9/15	2038
7	山佳	2024/6/21	2024/9/15	2057
8	围肚	2024/6/21	丢失	/
9	厂界西南偏南侧	2024/6/21	2024/9/14	2039
10	厂界西南侧	2024/6/21	丢失	/
11	原野 (SW 0~2km)	2024/6/23	2024/9/15	2021
12	蔡村	2024/6/21	2024/9/14	2038
13	塘仔山村南	2024/6/21	2024/9/14	2037
14	原野 (W 0~2km)	2024/6/21	丢失	/
15	塘仔山村北	2024/6/21	丢失	/
16	厂界西北侧	2024/6/21	丢失	/
17	塘仔山村西北	2024/6/21	2024/9/14	2040
18	厂界西北偏北侧	2024/6/25	2024/9/14	1942
		2024/6/25	2024/9/14	1942
19	原野 (NNW 0~2km)	2024/6/23	2024/9/17	2063
20	原野 (N 0~2km)	2024/6/25	2024/9/17	2017
21	九甲塘	2024/6/25	2024/9/18	2042
22	黄京埗	2024/6/23	丢失	/
23	孔子陂北	2024/6/25	丢失	/
24	原野 (NE 0~2km)	2024/6/23	2024/9/17	2062
25	原野 (ENE 0~2km)	2024/6/25	2024/9/15	1968
26	孔子陂	2024/6/25	丢失	/
27	上塘尾村	2024/6/24	2024/9/16	2013
28	荔枝江村	2024/6/25	2024/9/16	2068
		2024/6/25	2024/9/16	2068
29	下庞江	2024/6/22	2024/9/16	2067
30	车板镇	2024/6/22	2024/9/16	2067
31	南垌村	2024/6/21	2024/9/15	2058

续表 3.1-6 原野 γ 辐射累积剂量片布置时间

序号	布放地点	布放时间	回收时间	布放时间 (h)
32	车板镇第一中学	2024/6/21	2024/9/15	2056
33	禄地村	2024/6/23	2024/9/16	2043
34	海边塘	2024/6/23	2024/9/15	2021
35	东村小学	2024/6/23	2024/9/15	2020
36	对岸	2024/6/23	2024/9/15	2019
37	泥咀	2024/6/23	2024/9/15	2019
38	金塘	2024/6/23	2024/9/14	1992
39	凤地	2024/6/23	2024/9/15	2017
40	德耀村	2024/6/21	2024/9/14	2041
41	荣春山	2024/6/23	丢失	/
42	新居村	2024/6/24	2024/9/17	2036
43	平垌小学	2024/6/23	2024/9/17	2063
44	下荔枝山	2024/6/25	2024/9/17	2020
45	潘桃园	2024/6/23	2024/9/17	2062
46	丰埭	2024/6/23	2024/9/17	2061
47	白石塘	2024/6/23	2024/9/17	2062
48	炮台岭	2024/6/23	2024/9/17	2063
49	文头岭	2024/6/25	2024/9/17	2020
50	上埠村	2024/6/22	2024/9/16	2070
51	屋背桐	2024/6/22	2024/9/16	2071
52	上塘仔	2024/6/23	2024/9/16	2047
53	红坎子	2024/6/22	2024/9/15	2035
54	黄坡塘	2024/6/22	2024/9/15	2034
55	旧埠小学	2024/6/22	2024/9/15	2033
56	独田	2024/6/22	2024/9/16	2058
57	多浪	2024/6/22	丢失	/
58	黄龙村	2024/6/22	丢失	/
59	新村仔	2024/6/22	丢失	/
60	龙头沙码头	2024/6/22	2024/9/16	2058
61	峒心	2024/6/24	2024/9/17	2036
62	合山	2024/6/25	2024/9/16	1992
63	那良垌	2024/6/25	2024/9/17	2015
64	红江农场 17 队	2024/6/25	丢失	/
65	山口仔	2024/6/25	2024/9/17	2013
66	瓦窑角	2024/6/24	2024/9/17	2033
67	金屋地村	2024/6/24	2024/9/17	2033

续表 3.1-6 原野 γ 辐射累积剂量片布置时间

序号	布放地点	布放时间	回收时间	布放时间 (h)
68	新楼村	2024/6/22	2024/9/14	2012
69	仁灶墩	2024/6/23	2024/9/16	2045
70	云峡小学	2024/6/21	2024/9/18	2125
71	原野 (SSE 10~20km)	2024/6/23	2024/9/16	2047
72	坡心村	2024/6/22	丢失	/
73	樟木埕	2024/6/22	2024/9/16	2060
74	陈山背	2024/6/21	2024/9/14	2037
75	下石圭坡村委	2024/6/20	2024/9/14	2056
76	埕仔	2024/6/22	丢失	/
77	柴埠村	2024/6/21	2024/9/18	2029
78	那毛垌	2024/6/22	2024/9/16	2062
79	八月田	2024/6/21	丢失	/
80	东升农场	2024/6/24	2024/9/17	2042
81	八壁村	2024/6/22	2024/9/16	2060
82	坡头村	2024/6/22	2024/9/16	2060
83	双旺镇	2024/6/24	2024/9/17	2043
84	天飞墩村	2024/6/24	2024/9/17	2039
85	新屋村	2024/6/24	2024/9/17	2038
86	新村	2024/6/24	2024/9/17	2038
87	欧屋村	2024/6/24	2024/9/17	2038
88	北背小学	2024/6/24	2024/9/17	2038
89	公馆镇南山小学	2024/6/24	2024/9/17	2044
丢失样品个数		16		
回收率		82.02%		

表 3.1-7 道路 γ 辐射累积剂量片布置时间

序号	路面特征	布放地点	布放时间	回收时间	布放时间 (h)
1	水泥路	道路 (ESE 0~2km)	2024/6/25	2024/9/15	1967
2		茂兰坡	2024/6/24	2024/9/26	2254
3		龙塘村	2024/6/22	2024/9/16	2068
4		松明	2024/6/22	丢失	/
5		道路 (SSW 2~5km)	2024/6/22	2024/9/16	2057
6		听涛居	2024/6/23	2024/9/16	2040
7		公安围	2024/6/23	2024/9/15	2016

续表 3.1-7 道路 γ 辐射累积剂量片布置时间

序号	路面特征	布放地点	布放时间	回收时间	布放时间 (h)
8	水泥路	福海	2024/6/23	2024/9/15	2015
9		大坝小学	2024/6/23	2024/9/17	2063
10		大岭	2024/6/24	2024/9/15	1990
11		沙田仔	2024/6/24	2024/9/15	1991
12		大贵庙小学	2024/6/24	2024/9/16	2014
13		山心	2024/6/24	2024/9/16	2015
14		名教小学	2024/6/23	丢失	/
15		村头村	2024/6/22	2024/9/16	2058
16		沙龙围	2024/6/23	2024/9/16	2040
17		那腮	2024/6/22	2024/9/16	2057
18		大埔村	2024/6/25	2024/9/17	2016
19		金平	2024/6/25	丢失	/
20		九一新村	2024/6/25	2024/9/17	2014
21		红江中学	2024/6/25	2024/9/17	2014
22		陂仔	2024/6/22	2024/9/14	2011
23		老里塘	2024/6/22	2024/9/14	2021
24		青平镇	2024/6/21	2024/9/14	2038
25		鲫鱼湖小学	2024/6/22	2024/9/16	2062
26		关塘	2024/6/22	丢失	/
27		界炮镇	2024/6/21	丢失	/
28		杨柑镇	2024/6/21	2024/9/18	2129
29		雅塘镇	2024/6/21	2024/9/14	2038
30		新民镇	2024/6/21	2024/9/14	2038
31		泮塘小学	2024/6/21	2024/9/18	2132
32		港门镇	2024/6/21	2024/9/18	2129
33		塘蓬镇	2024/6/24	2024/9/17	2042
34		白沙镇	2024/6/22	2024/9/16	2060
35		龙潭镇	2024/6/22	2024/9/16	2060
36		大坝镇	2024/6/22	丢失	/
37		陂肚山	2024/6/22	2024/9/16	2060
38		那雷村	2024/6/22	2024/9/16	2060
39		沙陂镇	2024/6/22	2024/9/16	2062
40		松旺镇	2024/6/24	2024/9/17	2044
41		那卜镇	2024/6/24	2024/9/17	2042
42		英北小学	2024/6/24	2024/9/17	2039
43		那畔	2024/6/24	2024/9/17	2039

续表 3.1-7 道路 γ 辐射累积剂量片布置时间

序号	路面特征	布放地点	布放时间	回收时间	布放时间（h）
44	水泥路	山东小学	2024/6/24	2024/9/17	2038
45		山口镇	2024/6/24	2024/9/17	2035
46		山头	2024/6/24	2024/9/17	2035
47		英罗小学	2024/6/23	2024/9/15	2015
48		西屯	2024/6/23	2024/9/15	2015
49		朱砂口	2024/6/23	2024/9/15	2015
50		沙田镇	2024/6/23	2024/9/15	2015
51		永安小学	2024/6/23	丢失	/
52		沙尾小学	2024/6/23	丢失	/
53		山角村	2024/6/23	丢失	/
54		邓屋	2024/6/23	2024/9/15	2014
55		河面小学	2024/6/22	2024/9/16	2060
56		兴港镇	2024/6/23	丢失	/
57		东海小学	2024/6/23	2024/9/17	2043
58		浪坡小学	2024/6/24	2024/9/16	2060
59		营盘镇	2024/6/23	2024/9/15	2017
60		闸口镇	2024/6/23	2024/9/15	2014
61		公馆镇初级中学	2024/6/24	2024/9/17	2043
62	柏油路	红寨围	2024/6/24	2024/9/17	2036
63		营仔镇	2024/6/24	2024/9/20	2120
64		南康镇	2024/6/23	2024/9/15	2016
65	石子路	白沙塘李屋	2024/6/21	2024/9/18	2134
66		道路（S 5~10km）	2024/6/22	2024/9/16	2057
丢失样品个数			10		
回收率			84.84%		

表 3.1-8 监测方法一览表

序号	监测对象	监测因子	方法依据名称	标准号
1	γ 辐射	γ 辐射剂量率	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范	HJ 1157-2021
		γ 辐射累积剂量	个人和环境监测用热释光剂量测量系统	GB/T 10264-2014
2	气溶胶	γ 谱核素	环境空气气溶胶中 γ 放射性核素测定压片法/ γ 能谱法	HJ 1149-2020
		^{90}Sr	土壤中锶-90 的分析方法	EJ/T 1035-2011
3	沉降灰	γ 谱核素	高纯锗 γ 能谱分析通用方法	GB/T11713-2015
		^{90}Sr	土壤中锶-90 的分析方法	EJ/T 1035-2011
4	降水	γ 谱核素	环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法	GB/T16145-2022
		^{90}Sr	水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法	HJ 815-2016
		^3H	水中氚的分析方法	HJ 1126-2020
5	气体	^3H	水中氚的分析方法	HJ 1126-2020
		^{14}C	空气中 ^{14}C 的取样与测定方法	EJ/T 1008-1996
		^{131}I	空气中碘-131 的取样与测定	GB/T14584-1993
6	土壤沉积物	γ 谱核素	环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法	GB/T16145-2022
		^{90}Sr	土壤中锶-90 的分析方法	EJ/T 1035-2011
		$^{239+240}\text{Pu}$	水和土壤样品中钚的放射化学分析方法	HJ 814-2016
7	水体	γ 谱核素	环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法	GB/T16145-2022
		^{90}Sr	水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法	HJ 815-2016
		^3H	水中氚的分析方法	HJ 1126-2020
		^{14}C	水质 碳-14 放射性活度测量-液体闪烁计数法	ISO 13162:2021
		^{131}I	海水中碘-131 的测定 β 计数法	GB/T35190-2017
		总 α	水质总 α 放射性的测定厚源法	HJ 898-2017
		总 β	水质总 β 放射性的测定厚源法	HJ 899-2017

表 3.1-9 测量仪器一览表

序号	名称	数量	型号规格	监测项目
1	高压电离室	2	RS-S131-200	γ 辐射连续剂量率
		1	RS130	
2	X- γ 辐射剂量当量率仪	2	FH40G+FHZ672E-10	γ 辐射瞬时剂量率
3	热释光测量系统	1	RGD-3D	γ 辐射累积剂量
4	HPGe γ 谱仪系统	1	GEM-50-83-LB-C	γ 谱核素、 ^{131}I (气碘)
5	HPGe γ 谱仪系统	2	GMX40-76-LB-B	
6	HPGe γ 谱仪系统	1	GC5019	
7	HPGe γ 谱仪系统	1	GEM-S8530	
8	低本底 α/β 测量仪	2	MPC9604	^{90}Sr 、 ^{131}I (水)、总 α 、 总 β 、
9	低本底液闪谱仪	1	Quantulus1220	^3H 、 ^{14}C
10	α 谱仪	1	ALPHA-ENSEMBL-2D-2M	$^{239+240}\text{Pu}$

表 3.1-10 测量仪器技术参数表

序号	名称	数量	型号规格	主要技术指标
1	高压电离室	3	RS-S131-200	量程：0~100R/hr 零点漂移 $\pm 0.5\mu\text{R/hr}$
2	X- γ 辐射剂量当量率仪	2	FH40G+FHZ672 E-10	主机（内置探头）： FH40G 量程：10nSv h ⁻¹ ~1Sv h ⁻¹ 能量响应：36keV~1.3MeV 探头（外置探头）： FHZ672E-10 量程： 1nSv h ⁻¹ ~100 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ； 能量响应：40keV~4.4MeV
3	热释光测量系统	1	RGD-3D	量程：10 ⁻⁸ Gy~9.999Gy 连续 10 次读数，标准偏差 < 1 μGy
4	低本底 α/β 测量仪	2	MPC9604	相对效率： α 源（ ²⁴¹ Am 或 ²¹⁰ Po） $\geq 65\%$ β 源（ ⁹⁰ Sr/ ²¹⁰ Pb） $\geq 65\%$ 本底计数率： $\alpha < 0.08\text{cpm}$ ， $\beta < 0.50\text{cpm}$
5	HPGe γ 谱仪系统	2	GMX40-76-LB- B	能量分辨力：1.74~1.90keV （ ⁶⁰ Co，1332.49keV） 本底计数率：0.991~1.005cps
6	HPGe γ 谱仪系统	1	GEM-50-83-LB- C	能量分辨力：1.85keV （ ⁶⁰ Co，1332.49keV） 本底计数率：1.260cps
7	HPGe γ 谱仪系统	1	GC5019	能量分辨力：1.7keV （ ⁶⁰ Co，1332.49keV） 本底计数率：1.820cps
8	HPGe γ 谱仪系统	1	GEM-S8530	能量分辨力：1.62keV （ ⁶⁰ Co，1332.49keV） 本底计数率：1.904cps
9	低本底液闪谱仪	1	Quantulus1220	H-3：探测效率：61.2% 本底计数率：6.3min ⁻¹ C-14：探测效率：87.3% 本底计数率：3.1min ⁻¹
10	α 谱仪	1	ALPHA-ENSEM BL-2D-2M	探测效率（ ²⁴¹ Am 标准源）： Det1:68.0%；Det2:64.8%； Det3:66.1%；Det4:66.5%； Det5:75.8%；Det6:72.2%。

表 3.1-11 气溶胶 γ 能谱分析测量参数

样品量：10000m³

测量时间：1440min

样品几何尺寸：将滤膜装于 $\phi 75\text{mm} \times H50\text{mm}$ 圆柱形塑料盒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	探测限 (mBq/m ³)	
					本调查	HJ969-2018
⁵⁴ Mn	834.8	0.9998	8.6×10^{-3}	0.01983	5.3×10^{-3}	—
⁵⁸ Co	810.8	0.9945	6.3×10^{-3}	0.02665	5.0×10^{-3}	—
⁶⁰ Co	1332.5	0.9998	3.8×10^{-3}	0.01430	4.9×10^{-3}	—
¹³⁴ Cs	604.7	0.9762	9.3×10^{-3}	0.02057	6.1×10^{-3}	—
¹³⁷ Cs	661.7	0.8510	1.0×10^{-2}	0.02382	2.5×10^{-3}	5.0×10^{-3}
⁷ Be	477.6	0.1044	7.5×10^{-3}	0.02208	6.0×10^{-1}	—
¹³¹ I	364.5	0.8150	2.0×10^{-3}	0.03396	3.1×10^{-3}	1.0×10^{-2}

表 3.1-12 气碘 γ 能谱分析测量参数

样品量：200m³

测量时间：1440min

样品几何尺寸：装于 $\phi 55\text{mm} \times H25\text{mm}$ 圆柱形炭盒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	探测限 (Bq/m ³)	
					本调查	HJ969-2018
¹³¹ I	364.5	0.8150	5.0×10^{-3}	0.074	2.0×10^{-4}	2.0×10^{-3}

表 3.1-13 水样 γ 能谱分析测量参数

样品量：25L

测量时间：1440min

样品几何尺寸：富集后装于 $\phi 75\text{mm} \times H50\text{mm}$ 圆柱形塑料盒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	探测限 (Bq/L)	
					本调查	HJ 969-2018
⁵⁴ Mn	834.8	0.9998	1.5×10^{-3}	0.022599	1.3×10^{-3}	—
⁵⁸ Co	810.8	0.9945	1.7×10^{-3}	0.022201	1.2×10^{-3}	—
⁶⁰ Co	1332.5	0.9998	1.0×10^{-3}	0.016482	1.2×10^{-3}	—
¹³⁴ Cs	795.8	0.854	2.6×10^{-3}	0.030035	1.4×10^{-3}	—
¹³⁷ Cs	661.7	0.8510	2.0×10^{-3}	0.027783	1.4×10^{-3}	2×10^{-3}
⁶⁵ Zn	1115.5	0.5004	1.4×10^{-3}	0.017289	2.4×10^{-3}	—
^{110m} Ag	657.8	0.9561	2.1×10^{-3}	0.021439	1.3×10^{-3}	—
¹⁰⁶ Ru	511.9	0.2040	2.1×10^{-3}	0.030117	1.4×10^{-3}	—

表 3.1-14 土壤、沉积物 γ 能谱分析测量参数

样品量：2kg

测量时间：1440min

样品几何尺寸：装于 φ75mm×H50mm 圆柱形塑料盒

核素	能量 (keV)	发射几率	本底计数率 (s ⁻¹)	探测效率	探测限 (Bq/kg 干)	
					本调查	HJ969-2018
⁵⁴ Mn	834.8	0.9998	3.2×10 ⁻³	0.01293	2.3×10 ⁻¹	—
⁵⁸ Co	810.8	0.9945	2.9×10 ⁻³	0.01345	2.5×10 ⁻¹	—
⁶⁰ Co	1332.5	0.9998	1.8×10 ⁻³	0.00934	2.4×10 ⁻¹	—
¹³⁴ Cs	604.7	0.9760	5.5×10 ⁻³	0.01620	2.5×10 ⁻¹	—
¹³⁷ Cs	661.7	0.8510	4.1×10 ⁻³	0.01521	2.6×10 ⁻¹	5×10 ⁻¹
⁴⁰ K	1460.8	0.1066	2.6×10 ⁻³	0.00876	2.9	—
²²⁶ Ra	609.3	0.4549	1.2×10 ⁻²	0.016112	7.7×10 ⁻¹	—
²³² Th	911.2	0.2580	2.4×10 ⁻³	0.01217	7.7×10 ⁻¹	—
²³⁸ U	63.3	0.0367	1.2×10 ⁻²	0.00865	1.8×10 ¹	—
^{110m} Ag	657.8	0.9561	2.0×10 ⁻³	0.016892	1.0×10 ⁻²	—

表 3.1-15 主要测量参数（放化分析部分）

测量项目	监测对象	样品量	计数时间 (min)	本底 (cpm)	计数效率 (%)	探测限	
						本调查	HJ969-2018
^{90}Sr	水	30L	1000	0.40	54%	$1.0 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$	$3.0 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$
	气溶胶	10000m^3	1000	0.40	53%	$4 \times 10^{-2} \mu\text{Bq/m}^3$	/
	沉降灰	4g	1000	0.40	53%	$1 \times 10^{-4} \text{Bq/}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{D}$)	$2 \times 10^{-3} \text{Bq/}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{D}$)
	土壤、 沉积物	100g	1000	0.40	53%	$4 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$ 干	$2 \times 10^{-1} \text{Bq/kg}$ 干
	生物灰	20g	1000	0.40	54%	$2 \times 10^{-6} \text{Bq/g}$	$8 \times 10^{-4} \text{Bq/g}$
^3H	空气	0.5L	1000	0.7	20	$5.0 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$	$5.0 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$
	水	1~2.5L	1000	0.7	20	$3.0 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$	
	生物	8kg	1000	0.7	20	$5.0 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$	
^{14}C	空气	2g	300	2.5	30	$5.0 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$	$5.0 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$
	水	20L	300	1.6	35	$1.0 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$	
	生物	2g (灰)	300	2.5	30	$5.0 \times 10^{-2} \text{Bq/g}$	
^{131}I	水	4L	1000	0.04	40%	$3.0 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$	$4.0 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$
$^{239+240}\text{Pu}$	土壤、 沉积物 (干)	30g	4320	0.01	35	$1.5 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$	$1.5 \times 10^{-2} \text{Bq/kg}$
总 α	水	2L	1000	0.02	9	$2.0 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$	$2.0 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$
总 β	水	2L	1000	0.50	50	$3.0 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$	$5.0 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$

表 3.1-16 一期工程可研阶段本底调查陆地 γ 辐射剂量率统计表

阶段报告	监测项目	测点数	原野 γ 辐射剂量率 (nGy/h)			测点数	道路 γ 辐射剂量率 (nGy/h)		
			范围	均值	标准差		范围	均值	标准差
一期工程	γ 辐射瞬时剂量率	74	8.0~83.4	32.6	17.7	22	19.3~73.9	38.4	16.0
可研阶段初步	γ 辐射累积剂量 ¹⁾	64	42.3~113	71	17	/	/	/	/
本底调查报告	γ 辐射连续剂量率 ¹⁾	1	16.4~33.3	21.5	3.4	/	/	/	/
一期工程	γ 辐射瞬时剂量率	88	12.9~89.1	46.6	16.2	12	43.7~60.6	60.6	7.3
可研阶段本底	γ 辐射累积剂量	85	48.4~123	73.3	13.9	11	54.6~118	80.1	16.7
调查补充报告	γ 辐射连续剂量率 ¹⁾	1	51.8~60.4	55.6	1.9	/	/	/	/
统计结果	γ 辐射瞬时剂量率	162	8.0~89.1	39.6	17.0	34	19.3~73.9	49.5	11.7
	γ 辐射累积剂量 ¹⁾	149	42.3~123	74.8	15.9	/	/	/	/
	γ 辐射连续剂量率 ¹⁾	2	16.4~60.4	38.6	2.7	/	/	/	/

注：1) 未对原野及道路进行区分； γ 辐射连续剂量率已扣除宇宙射线。

表 3.1-17 一期工程可研阶段本底调查气溶胶中天然放射性核素含量统计 (mBq/m³)

阶段报告	测点数	⁷ Be		¹³¹ I	
		范围	均值	范围	均值
一期工程可研阶段初步本底调查报告	1	2.96×10 ⁻¹		<1.9×10 ⁻³	
一期工程可研阶段本底调查补充报告	2	6.13~10.2	8.17	(3.2~3.5) ×10 ⁻³	3.4×10 ⁻³
统计结果	3	2.96×10 ⁻¹ ~10.2	4.23	<1.9×10 ⁻³ ~3.5×10 ⁻³	/

表 3.1-18 一期工程可研阶段本底调查土壤中天然放射性核素含量统计 (Bq/kg·干)

阶段报告	测点数	²³⁸ U		²³² Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	范围
一期工程 可研阶段初步 本底调查报告	58	9.8~86.2	32.3	10.1~182	42.1	8.7~74.9	28.3	8.4~533	109	<0.5~1.6	<0.7~3.5
一期工程 可研阶段本底 调查补充报告	25	32.0~96.2	56.1	10.5~85.2	35.7	12.8~65.9	28.2	9.66~515	123	≤0.18~1.69	≤0.21~≤0.49
统计结果	83	9.8~96.2	44.2	10.1~182	38.9	8.7~74.9	28.3	8.4~533	116	≤0.18~1.69	≤0.21~3.5

表 3.1-19 一期工程可研阶段初步本底调查地表水沉积物中天然放射性核素含量统计结果 (Bq/kg·干)

阶段报告	测点数	²³⁸ U		²³² Th		²²⁶ Ra		⁴⁰ K		⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
		范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	范围
一期工程 可研阶段初步 本底调查报告	5	14.7~38.8	26.0	30.8~85.7	55.4	17.7~49.1	29.3	59.3~428	262.9	(<5.2~6.3) ×10 ⁻¹	<2.9×10 ⁻¹ ~1.3

表 3.1-20 一期工程可研阶段本底调查非受纳水体中天然放射性核素含量统计结果 (Bq/L)

阶段报告	测点数	样品类别	总 α		总 β		^3H		^{14}C		^{90}Sr	
			范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
一期工程 可研阶段 初步本底 调查报告	1	地下水	/	/	/	/	/	2.29×10^{-1}	/	2.15×10^{-4}	/	1.84×10^{-3}
	1	饮用水	/	1.33×10^{-1}	/	8.82×10^{-1}	/	2.22×10^{-1}	/	4.68×10^{-4}	/	1.74×10^{-3}
	5	地表水	/	/	/	/	(1.41~ 3.56) $\times 10^{-1}$	2.38×10^{-1}	(3.90~ 6.17) $\times 10^{-4}$	5.10×10^{-4}	$1.48 \times 10^{-4} \sim$ 5.81×10^{-3}	2.26×10^{-3}
一期工程 可研阶段 本底 调查 补充报告	3	地下水	/	/	/	/	(2.42~ 4.12) $\times 10^{-1}$	3.25×10^{-1}	/	/	$1.52 \times 10^{-3} \sim$ 7.99×10^{-3}	4.33×10^{-3}
	2	饮用水	$(\leq 5.1 \sim \leq 7.3) \times 10^{-2}$		(1.30~ 1.39) $\times 10^{-1}$	1.35×10^{-1}	(3.41~ 5.14) $\times 10^{-1}$	4.28×10^{-1}	/	/	$\leq 6.2 \times 10^{-5} \sim 3.85 \times 10^{-4}$	/
	5	地表水	/	/	/	/	(2.32~ 4.39) $\times 10^{-1}$	3.25×10^{-1}	/	/	$\leq 2.3 \times 10^{-4} \sim 3.67 \times 10^{-4}$	/
统计结果	4	地下水	/	/	/	/	(2.29~ 4.12) $\times 10^{-1}$	2.77×10^{-1}	/	2.15×10^{-4}	$1.52 \times 10^{-3} \sim$ 7.99×10^{-3}	3.09×10^{-3}
	3	饮用水	$\leq 5.1 \times 10^{-2} \sim$ 1.33×10^{-1}		(1.30~ 8.82) $\times 10^{-1}$	5.09×10^{-1}	(2.22~ 5.14) $\times 10^{-1}$	3.25×10^{-1}	/	4.68×10^{-4}	$\leq 6.2 \times 10^{-5} \sim 3.85 \times 10^{-4}$	/
	10	地表水	/	/	/	/	(1.41~ 4.39) $\times 10^{-1}$	2.82×10^{-1}	(3.90~ 6.17) $\times 10^{-4}$	5.10×10^{-4}	$1.48 \times 10^{-4} \sim$ 5.81×10^{-3}	/

表 3.1-21 陆地 γ 辐射剂量率统计结果 (nGy/h)

地区	测点数	原野 γ 辐射剂量率			道路 γ 辐射剂量率		
		范围	均值	标准差	范围	均值	标准差
湛江市	20	17.7~120.3	45.8	14.8	26.9~103.6	51.5	19.4
广东省	336	17.7~193.1	85.3	27.4	26.9~178.8	91.0	29.6
北海市	9	19.1~86.3	50.9	28.0	14.0~63.0	33.5	13.4
玉林市	35	40.2~152.9	76.7	32.6	32.7~133.5	67.5	26.0
广西	360	10.7~238.7	63.4	27.0	7.1~267.0	54.9	27.3

表 3.1-22 两省土壤放射性核素活度浓度 (Bq/kg)

地区	测 点 数	²³⁸ U			²²⁶ Ra			²³² Th			⁴⁰ K		
		范围	均值	标准差	范围	均值	标准差	范围	均值	标准差	范围	均值	标准差
湛江-茂 名	15	47.8~186.8	82.7	10.9	10.0~75.6	42.2	4.8	11.6~145.0	35.5	5.3	35.8~699.6	213	43.9
广东省	144	12.4~186.8	71.2	3.6	2.4~134.6	50.8	2.2	1.0~152.7	57.2	2.6	35.8~1131.5	414.5	20.6
北海市	9	22.5~96.6	48.4	23.2	15.2~62.7	33.8	16.8	25.5~95.1	54.4	26.1	17.6~530.7	169.1	188.9
玉林市	35	22.0~168.0	72.2	38.2	16.8~167.0	63.9	36.3	29.1~197.0	90.7	42.3	26.9~892.8	325.5	245.0
广西	360	9.1~206.2	52.5	31.1	13.9~301.6	53.3	33.5	15.5~270.2	68.9	33.6	11.5~2185.2	331.7	228.5

表 3.1-23 广东省和全国四大海域海水中放射性核素活度浓度（mBq/L）

序号	核素	平均值	范围	备注
广东省	²³⁸ U	30	0.86-30.7	按样品数平均 资料来源于 1980 年代 原国家环保总局组织的 全国天然辐射水平调查
	²²⁶ Ra	5.87	4.31-7.1	
	²³² Th	1.45	0.44-3.15	
	⁴⁰ K	9830	2772-12514	
全国	²³⁸ U	27	0.86-63.6	按样品数平均 资料来源于 1980 年代 原国家环保总局组织的 全国天然辐射水平调查
	²²⁶ Ra	11.7	1.6-46	
	²³² Th	2.14	<0.04-23.9	
	⁴⁰ K	10320	2500-21600	
	¹³⁷ Cs	0.8	<MDC-1.9	资料来源于 2024 年环境保护部发布的 《2023 全国辐射环境质量报告》
	⁹⁰ Sr	1.0	0.23-2.8	

表 3.1-24 主要仪器检定计划表

序号	仪器名称	型号	检定/校准单位	检定周期	有效期限至
1	X- γ 辐射剂量当量率仪	FH40G+FHZ672E-10	上海市计量测试技术研究院	一年	2025.8.5
2	高压电离室	RS-S131-200-ER0000	上海市计量测试技术研究院	一年	2024.12.3
3	热释光测量系统	RGD-3D	上海市计量测试技术研究院	一年	2025.5.21
4	HPGe γ 谱仪系统	GEM-50-83-LB-C	中国计量科学研究院	二年	2025.7.4
5	HPGe γ 谱仪系统	GMX40-76-LB-B	中国计量科学研究院	二年	2025.7.4
6	HPGe γ 谱仪系统	GC5019	中国计量科学研究院	二年	2025.7.4
7	HPGe γ 谱仪系统	GEM-S8530	上海市计量测试技术研究院	二年	2025.3.9
8	低本底液闪谱仪	Quantulus1220	上海市计量测试技术研究院	二年	2025.3.9
9	低本底 α 、 β 测量系统	MPC 9604	上海市计量测试技术研究院	二年	2025.3.9
10	α 谱仪	ALPHA-ENSEMBL-2D-2M	上海市计量测试技术研究院	二年	2025.3.9
11	干湿沉降自动采样器（翻斗式雨量传感器）	ZJC-VI	上海气象仪器厂有限公司	一年	2025.4.18
12	大流量气溶胶采样器	ZC-Q1001	浙江方易校准检测技术有限公司	一年	2024.11.20
13	气碘采样器	ZC-Q0131	浙江科鉴启真计量校准有限公司	一年	2025.7.8
14	大气碳-14 采样器	ZC-Q1402	浙江科鉴启真计量校准有限公司	一年	2025.7.8
15	大气氡采样器	ZC-Q0151	杭州博度计量科技有限公司	一年	2025.6.11

表 3.1-25 主要仪器期间核查计划表

序号	仪器名称	型号	核查内容	核查周期
1	X- γ 辐射剂量当量率仪	FH40G+FHZ672E-10	在稳定场定期测量，绘制质量控制图；同型号仪器比对	1 次/年
2	高压电离室	RS-S131-200-ER2100	用点源检验设备稳定性	1 次/年
3	热释光测量系统	RGD-3D	测量中校验仪器本底与参考光源	1 次/年
4	HPGe γ 谱仪系统	GEM-50-83-LB-C GMX40-76-LB-B GC5019 GMX40-76-LB-B GEM-S8530	用标准源检验设备稳定性；做本底质控图、数据泊松分布检验	1 次/年
5	低本底液闪谱仪	Quantulus 1220		1 次/年
6	低本底 α/β 测量仪	MPC-9604		1 次/年
7	α 谱仪	ALPHA-ENSEMBL-2D-2M	用标准源对能量分辨率、本底计数率及设备稳定性进行检验	1 次/年

表 3.1-26 主要标准物质信息一览表

序号	名称	内部编号	技术指标					生产单位	有效日期	备注
			出厂编号	型号规格	标准值	不确定度	定值日期			
1	体 γ 源	BZS-03-2018	951220-2	1L	902~1735Bq	6.50%	2016.6.16	中国计量科学研究院	2026.6.15	有效
2	空气碘盒 标准源	BZS-01-2016	CoCsBaEu-1#-1	Ø57*25mm	82.6~276Bq	4.2~4.8%	2020.8.6	中国原子能科学研究院	2026.7.23	有效
3	空气滤膜 标准源	BZS-02-2016	LMY131201	1.0533g	198.1~199.7 kBq/g	1.2~2.1%	2013.12.2	中国原子能科学研究院	2033.12.1	有效
4	模拟土壤 标准源	BZS-04-2016	/	Ø75*50mm	68.4~1518Bq	5.5~9.0%	2016.6.15	国防科工委放射性计量一级站	2026.6.14	有效
5	茶叶灰标准源	BZS-05-2016	T7912-1	Ø75*30mm	5.2~489Bq	7.5~9.0%	2016.6.22	中国计量科学研究院	2026.6.21	有效
6	^{241}Am 粉末源	BZS-08-2018	105881	100g	14.1Bq/g	5.5%	2017.9.28	Eckert & Ziegler	2027.11.27	有效
7	KCl 粉末源	BZS-09-2018	K-1703-2	100g	16.2Bq/g	4.5%	2017.3.9	中国原子能科学研究院	2025.7.16	有效
8	α 平面源	BZS-10-2019	MYPU190218	Ø25mm	1.641×10^3 (粒子/min· 2π)	5.0%	2019.6.10	中国计量科学研究院	2031.10.7	有效
9	β 平面源	BZS-11-2019	MYSR190218	Ø23mm	1.494×10^3 (粒子/min· 2π)	5.0%	2019.6.10	中国计量科学研究院	2031.10.7	有效
10	α 电镀混合源	BZS-12-2021	114963	Ø24.1mm	7.277Bq	3.4%	2020.5.20	Eckert & Ziegler	2025.5.19	有效

续表 3.1-26 主要标准物质信息一览表

序号	名称	内部编号	技术指标					生产单位	有效日期	备注
			出厂编号	型号规格	标准值	不确定度	定值日期			
11	^{14}C 标准溶液	BZL-13-2020	105041	20.00719g	8.010E+04Bq	3.5%	2017.2.10	Eckert & Ziegler	2027.11.27	有效
12	^3H 标准溶液	BZL-14-2021	1909-96-2	19.99875g	2.033kBq/g	3.3%	2017.2.1	Eckert & Ziegler	2026.10.11	有效
13	^{242}Pu 标准溶液	BZL-17-2022	116368	10.014g	125.7Bq	2.2%	2021.2.27	Eckert & Ziegler	2026.2.27	有效
14	^{90}Sr 标准溶液	BZL-20-2023	2339-2-2	20.00431g	0.1495kBq/g	3.0%	2022.11.1	Eckert & Ziegler	2027.11.1	有效

表 3.1-27 GEM-S8530 型 γ 谱仪准确性监测结果

核素	测量值 (Bq)	参考值 (Bq)	测量值/参考值
^{241}Am	1.52×10^2	1.48×10^2	1.03
^{109}Cd	1.45×10^3	1.48×10^3	0.98
^{57}Co	2.97×10^2	2.96×10^2	1.00
^{65}Zn	9.36×10^2	9.08×10^2	1.03
^{137}Cs	1.46×10^2	1.48×10^2	0.99
^{54}Mn	3.54×10^2	3.54×10^2	1.00
^{60}Co	2.34×10^2	2.38×10^2	0.98

表 3.1-28 2023 年测量仪器泊松分布检验结果

仪器名称	检验日期	检验项目	测量时间	n	χ^2	$X_{1-\alpha/2,df}$	$X_{\alpha/2,df}$	是否符合检验结果
HPGe γ 谱仪系统	2023.03	^{137}Cs 参考样	300	61	43.70	40.48	83.30	是
低本底 α/β 测量仪	2023.11	α_1	60	61	57.79	40.48	83.30	是
		α_2	60	61	46.06	40.48	83.30	是
		α_3	60	61	52.08	40.48	83.30	是
		α_4	60	61	57.93	40.48	83.30	是
		β_1	60	61	63.41	40.48	83.30	是
		β_2	60	61	51.30	40.48	83.30	是
		β_3	60	61	69.28	40.48	83.30	是
		β_4	60	61	45.89	40.48	83.30	是
低本底液闪谱仪	2023.02	^3H 标准源	60	61	60.44	40.48	83.30	是

表 3.1-29 平行样分析测量结果

监测对象	质控点位/ 样品名称	监测因子		测量结果		相对偏差 (%)	控制指标 (%)
气体	塘仔山村	^3H (Bq/m ³)		0.392	0.421	3.57	30
土壤	围肚	γ 谱 核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<0.36	<0.40	5.26	/
			^{58}Co	<0.72	<0.71	0.70	/
			^{60}Co	<0.34	<0.34	0.00	/
			^{134}Cs	<0.35	<0.38	4.11	/
			^{137}Cs	<0.36	<0.37	1.37	40
			^{238}U	27.8	28.7	1.59	40
			^{232}Th	21.5	24.1	5.70	/
			^{226}Ra	18.1	20.3	5.73	20
			^{40}K	21.3	22.8	3.40	20
		^{90}Sr (Bq/kg·干)		0.121	0.141	7.69	40
	孔子陂	^{90}Sr (Bq/kg·干)		0.315	0.266	6.90	40
		$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg·干)		0.032	0.041	12.3	/
	下石圭坡村	γ 谱 核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<0.42	<0.44	2.33	/
			^{58}Co	<0.78	<0.73	3.31	/
			^{60}Co	<0.46	<0.48	2.13	/
			^{134}Cs	<0.36	<0.33	4.35	/
			^{137}Cs	<0.45	<0.47	2.17	30
			^{238}U	30.4	32.4	3.18	30
			^{232}Th (^{228}Ra)	28.5	30.1	2.73	20
			^{226}Ra	26.3	24.3	3.95	/
			^{40}K	249	269	3.86	20
		^{90}Sr (Bq/kg·干)		0.16	0.23	17.9	40
	青平镇	^{90}Sr (Bq/kg·干)		0.46	0.38	9.52	40
地表水 沉积物	山佳水库	γ 谱 核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<0.59	<0.62	2.48	/
			^{58}Co	<0.87	<0.84	1.75	/
			^{60}Co	<0.49	<0.53	3.92	/
			^{134}Cs	<0.28	<0.33	8.20	/
			^{137}Cs	<0.49	<0.43	6.52	30
			^{238}U	28.2	25.3	5.42	30
			^{232}Th (^{228}Ra)	32.5	31.5	1.56	20
			^{226}Ra	16.4	21.2	12.8	/
			^{40}K	81.5	91.2	5.62	20
饮用水	沙仔路村	总 α (Bq/L)		0.024	0.027	5.88	40
		总 β (Bq/L)		0.039	0.036	4.00	30

续表 3.1-44 平行样分析测量结果

监测对象	质控点位/ 样品名称	监测因子		测量结果		相对偏差 (%)	控制指标 (%)
地下水	沙仔路村	γ 谱 核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<1.12	<1.19	3.03	/
			^{58}Co	<1.13	<1.15	0.88	/
			^{60}Co	<1.37	<1.34	1.11	/
			^{134}Cs	<1.05	<1.07	0.94	/
			^{137}Cs	<1.29	<1.30	0.39	/
		^{90}Sr (Bq/L)		0.676	0.896	13.9	40
		^{14}C (Bq/L)		2.09	2.33	5.43	/
地表水	九洲江	^3H (Bq/L)		0.666	0.752	6.06	30
		^{14}C (Bq/L)		4.19	4.38	2.22	/
生物	野生芋头	^{90}Sr (Bq/kg·鲜)		79.0	79.3	0.19	/
	牛奶	^{131}I (mBq/L)		<2.01	<2.08	1.71	/

表 3.1-30 复测样品测量结果

监测对象	样品名称	测量因子		测量结果		相对偏差 (%)	控制指标 %
气体	塘仔山村	^{14}C (Bq/g·碳)		0.401	0.427	3.14	30
土壤	孔子陂	γ 谱核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<0.59	<0.54	4.42	/
			^{58}Co	<0.88	<0.80	4.76	/
			^{60}Co	<0.49	<0.54	4.85	/
			^{134}Cs	<0.28	<0.28	0.00	/
			^{137}Cs	<0.45	<0.48	3.23	30
			^{238}U	25.6	28.3	5.01	30
			^{232}Th (^{228}Ra)	49.2	53.1	3.81	20
			^{226}Ra	30.5	28.9	2.69	/
			^{40}K	204	213	2.16	20
	山口仔	γ 谱核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<0.64	<0.64	0.00	/
			^{58}Co	<1.09	<0.93	7.92	/
			^{60}Co	<0.58	<0.58	0.00	/
			^{134}Cs	<0.53	<0.51	1.92	/
			^{137}Cs	<0.45	<0.47	2.17	30
			^{238}U	70.2	67.3	2.11	30
			^{232}Th (^{228}Ra)	90.5	88.5	1.12	20
			^{226}Ra	57.0	54.2	2.52	/
			^{40}K	520	547	2.53	20
地表水	九洲江	γ 谱核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<1.24	<1.20	1.64	/
			^{58}Co	<1.09	<1.06	1.40	/
			^{60}Co	<1.61	<1.69	2.42	/
			^{134}Cs	<1.13	<1.08	2.26	/
			^{137}Cs	<1.26	<1.21	2.02	/
生物	野生芋头	^{14}C (Bq/kg·鲜)		23.0	26.3	6.69	30
		γ 谱核素 (Bq/kg·干)	^{54}Mn	<0.010	<0.010	0.00	/
			^{58}Co	<0.009	<0.009	0.00	/
			^{60}Co	<0.011	<0.011	0.00	/
			^{134}Cs	<0.008	<0.008	0.00	/
			^{137}Cs	<0.009	<0.009	0.00	/

表 3.1-31 加标样分析测量结果

监测对象	样品名称	测量因子	样品含量 (mBq)	加标量 (mBq)	测量值 (mBq)	加标回收率	控制指标
地表水 沉积物	山佳水库	^{90}Sr	5.48	8.00	14.0	108%	80~120%
地下水	沙仔路村	^3H	94.8	329	392	90.5%	80~120%
地表水	九洲江	^{90}Sr	29.2	24.0	54.2	104%	80~120%

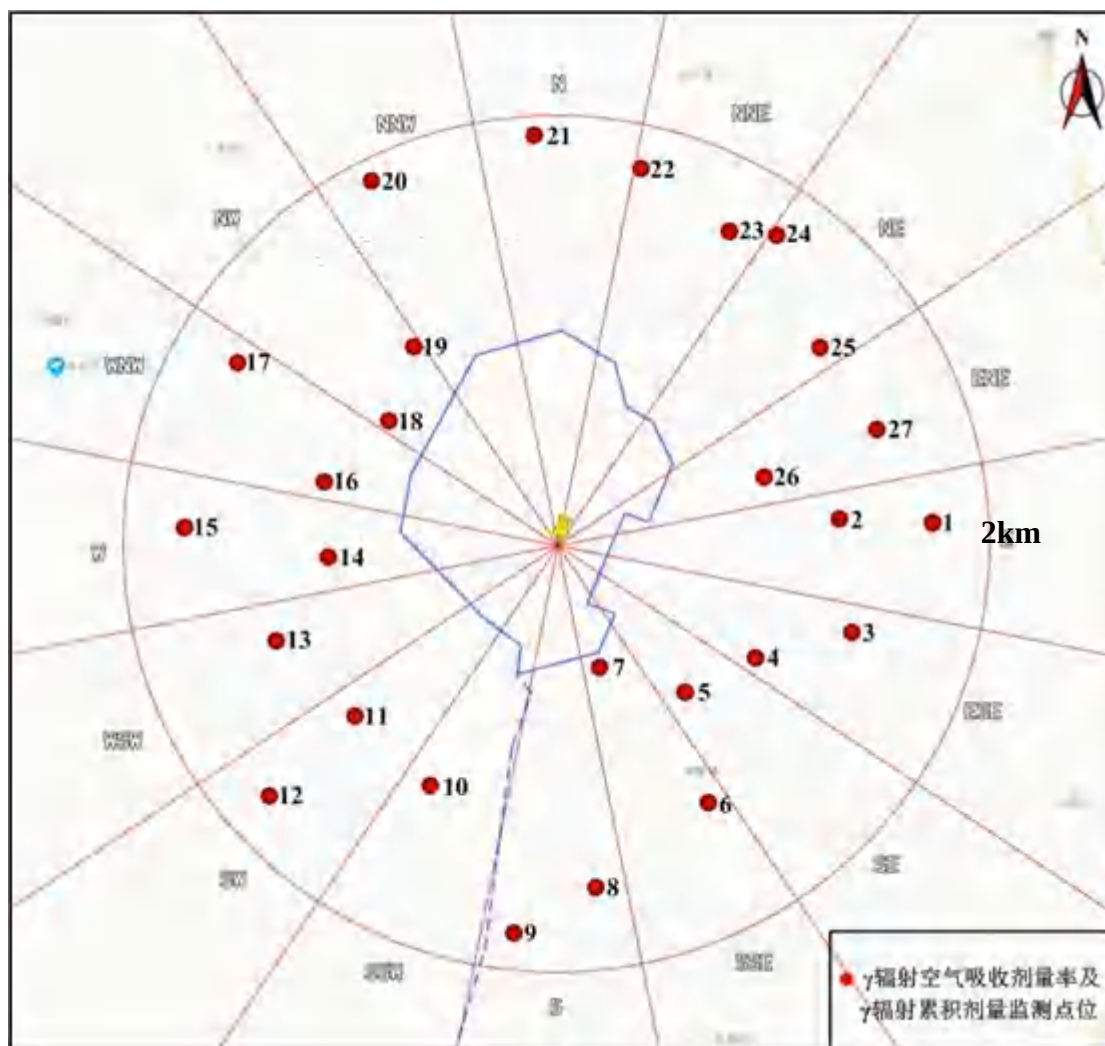


图 3.1-1 厂址 0~2km 范围内 γ 辐射水平监测点位示意图



图 3.1-2 厂址 2~5km 范围内 γ 辐射水平监测点位示意图



图 3.1-3 厂址 5~10km 范围内 γ 辐射水平监测点位示意图

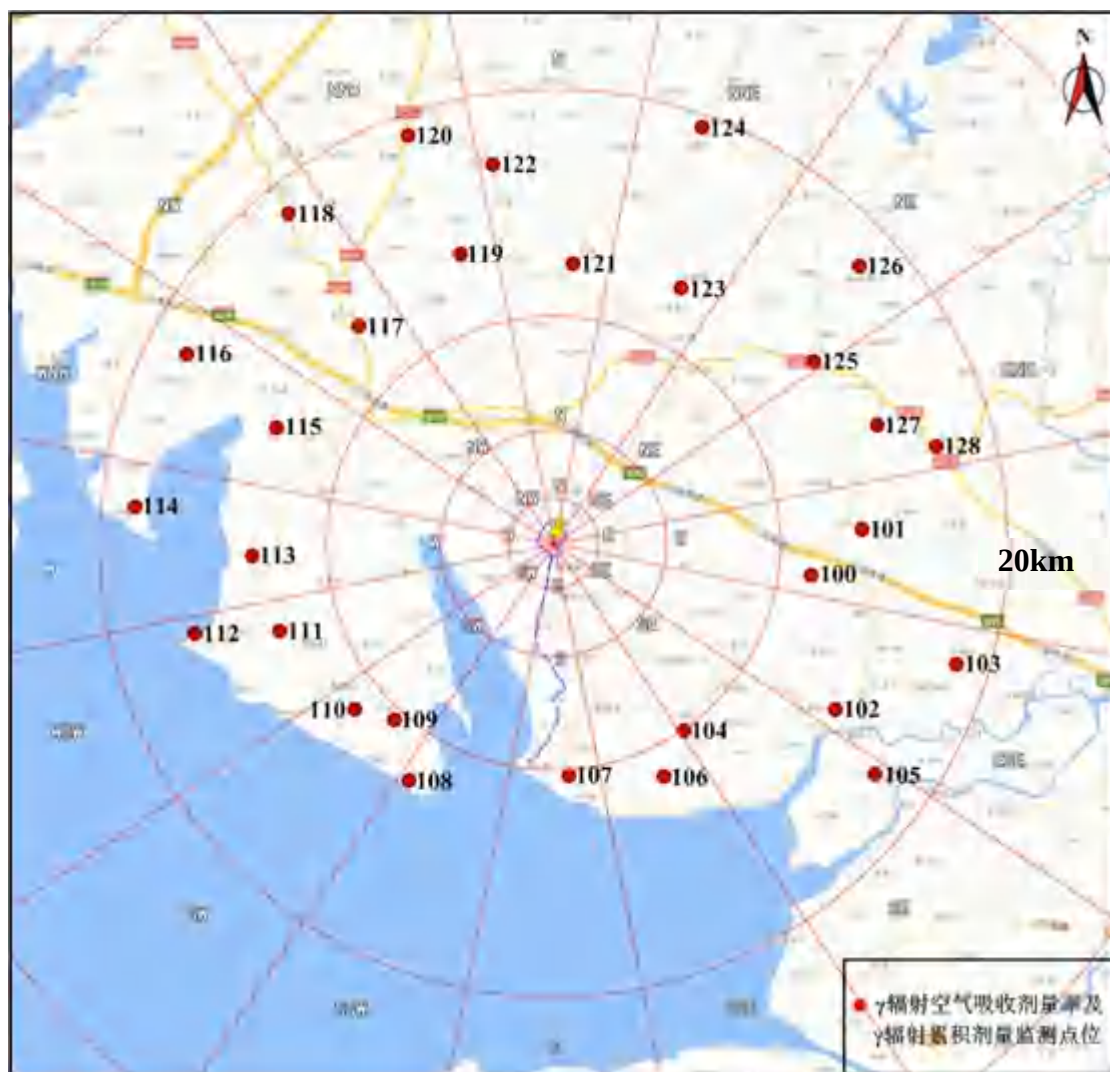


图 3.1-4 厂址 10~20km 范围内 γ 辐射水平监测点位示意图



图 3.1-5 厂址 20~50km 范围内 γ 辐射水平监测点位示意图



图 3.1-6 γ 辐射连续剂量率及空气布设点位示意图

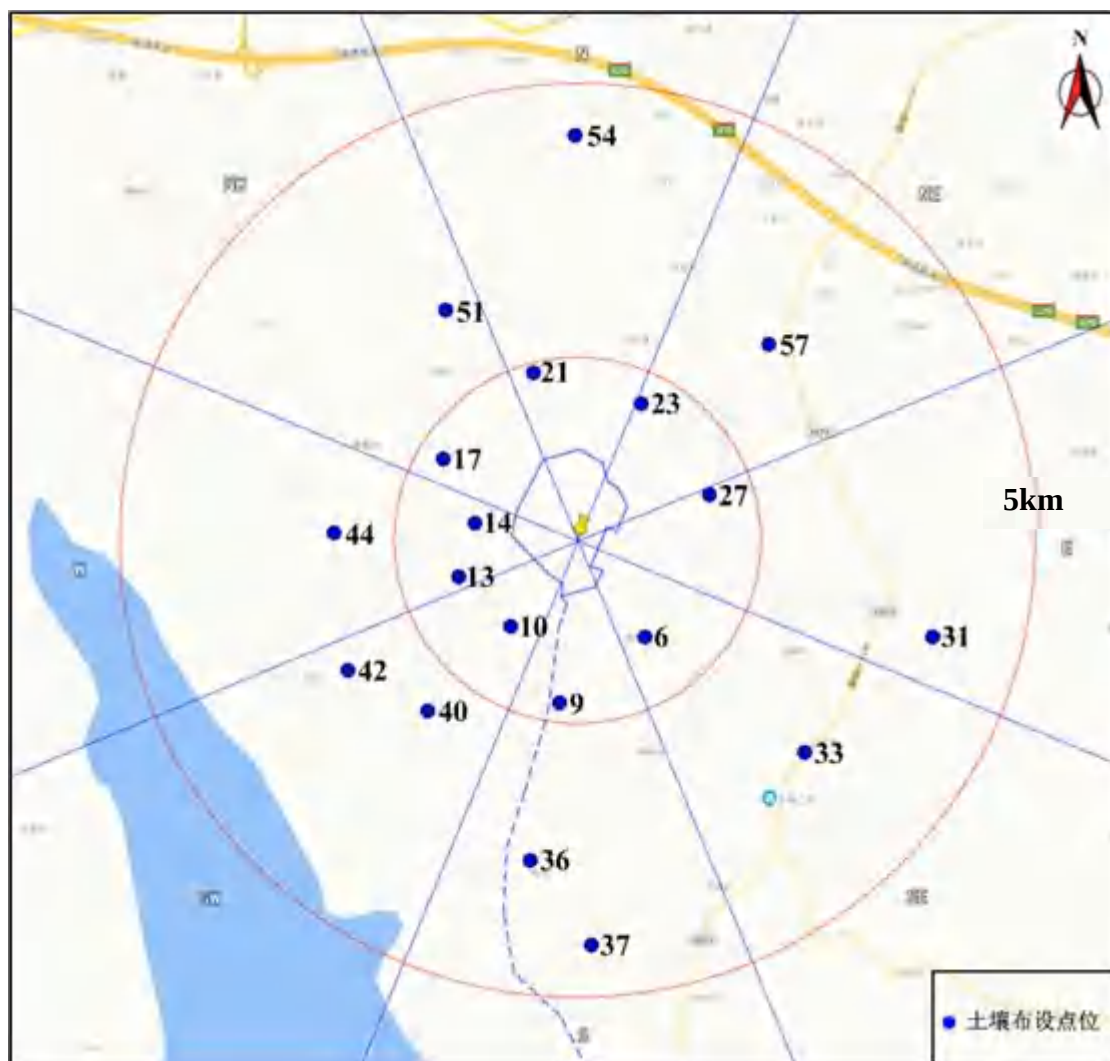


图 3.1-7 厂址 0~5km 范围内土壤采样点位示意图



图 3.1-7（续） 厂址 0~5km 范围内土壤采样点位示意图



图 3.1-8 厂址 0~20km 范围内非受纳水体采样点位示意图

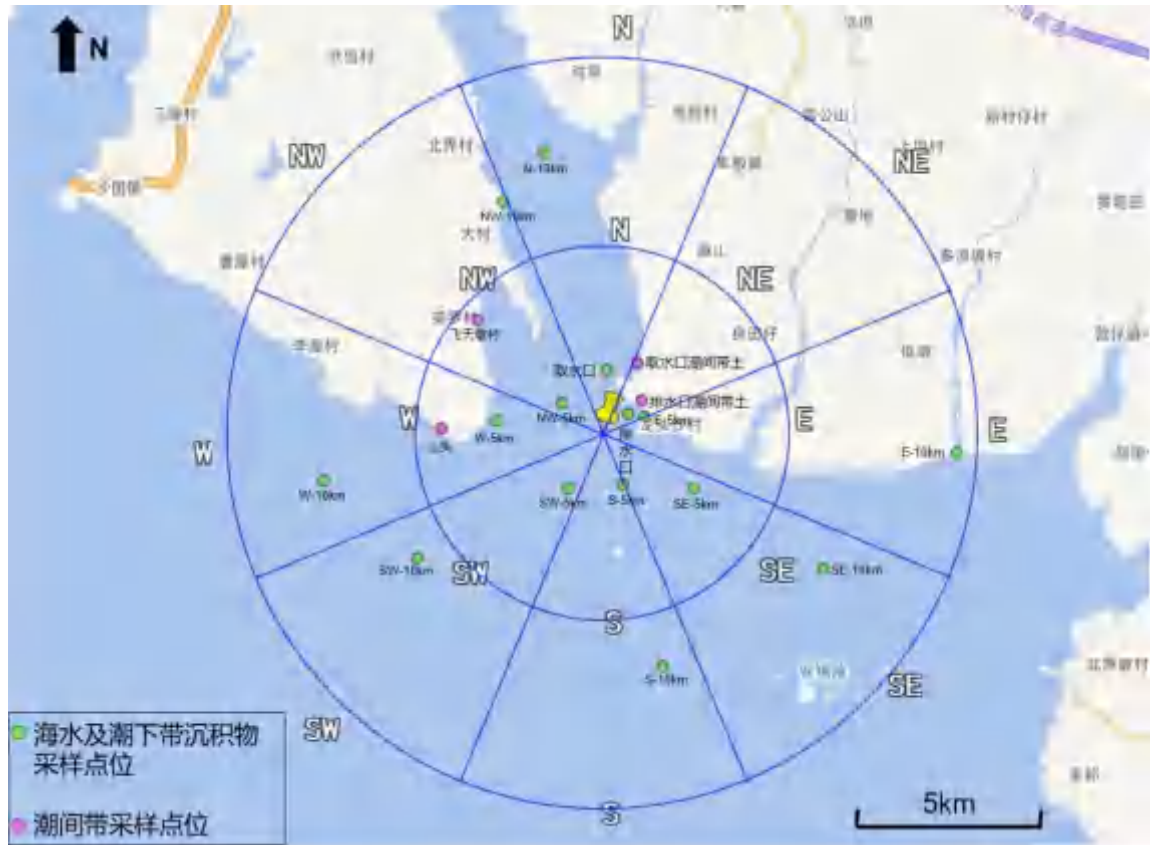


图 3.1-9 海水及沉积物采样点位示意图

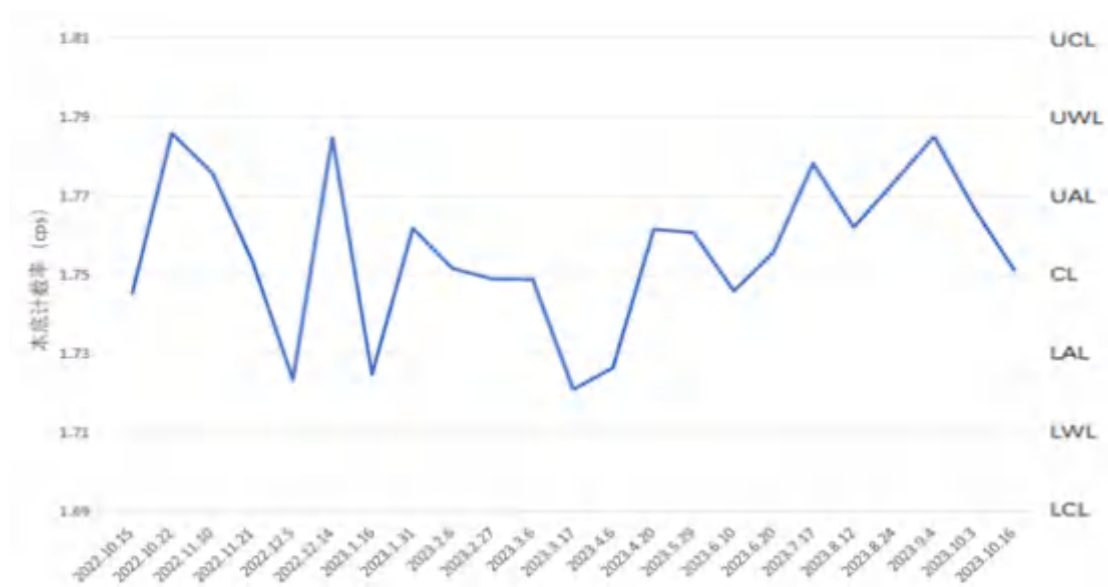


图 3.1-10 GEM-S8530 型 γ 谱仪本底质控图（2022.10~2023.10）

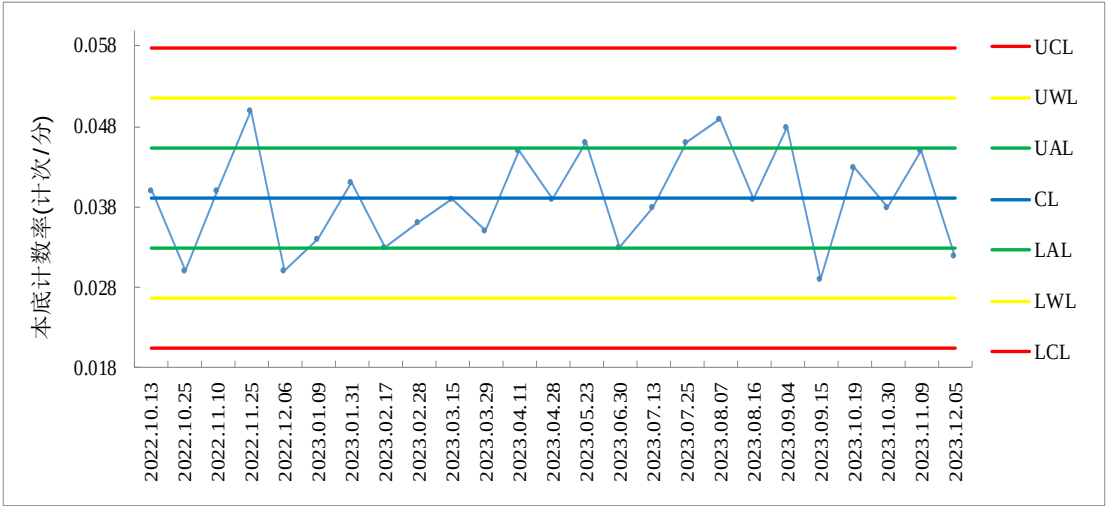


图 3.1-11 低本底 α/β 测量仪 A- α 本底质控图 (2022.10~2023.12)

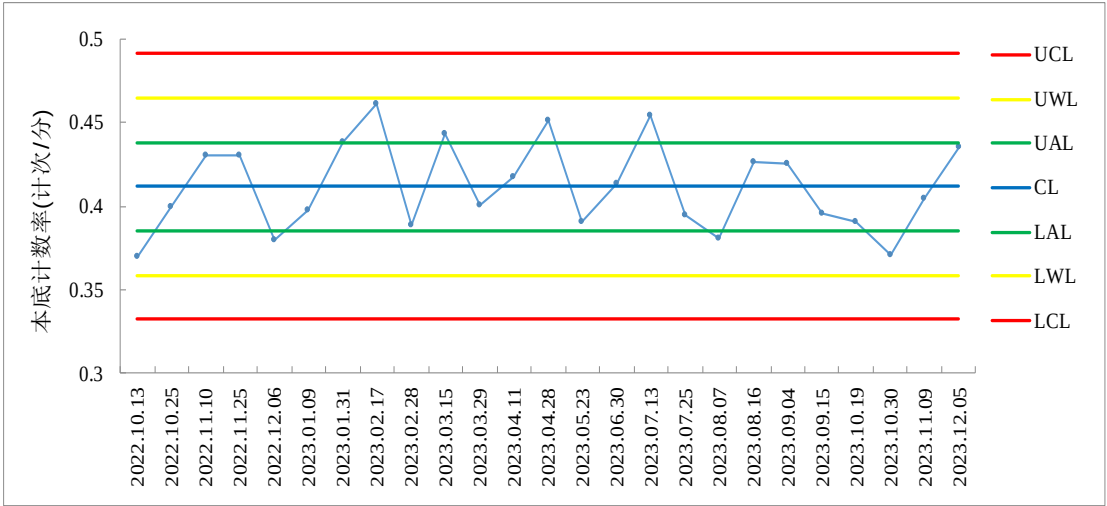


图 3.1-12 低本底 α/β 测量仪 A- β 本底质控图 (2022.10~2023.12)

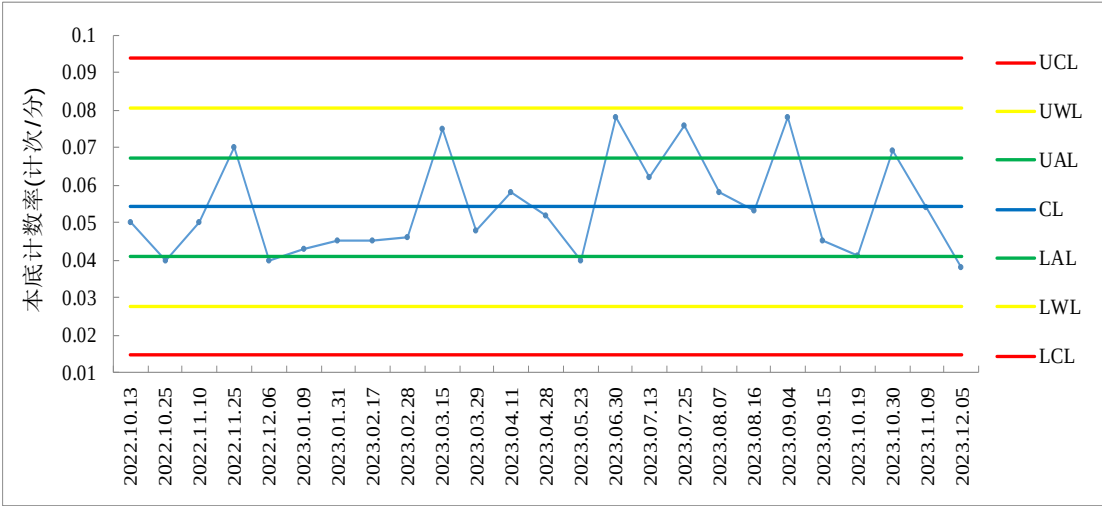


图 3.1-13 低本底 α/β 测量仪 B- α 本底质控图 (2022.10~2023.12)

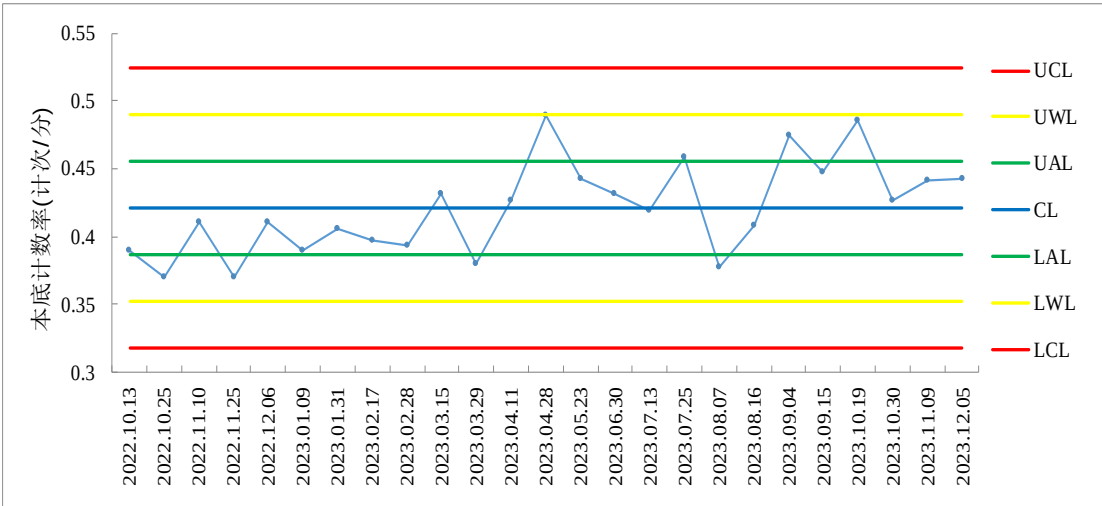


图 3.1-14 低本底 α/β 测量仪 B- β 本底质控图 (2022.10~2023.12)

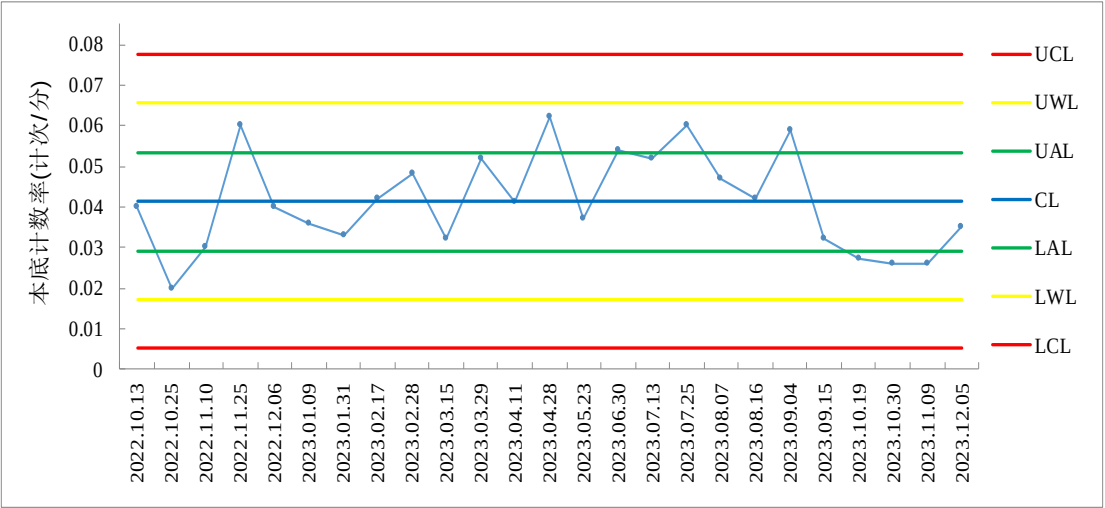


图 3.1-15 低本底 α/β 测量仪 C- α 本底质控图 (2022.10~2023.12)

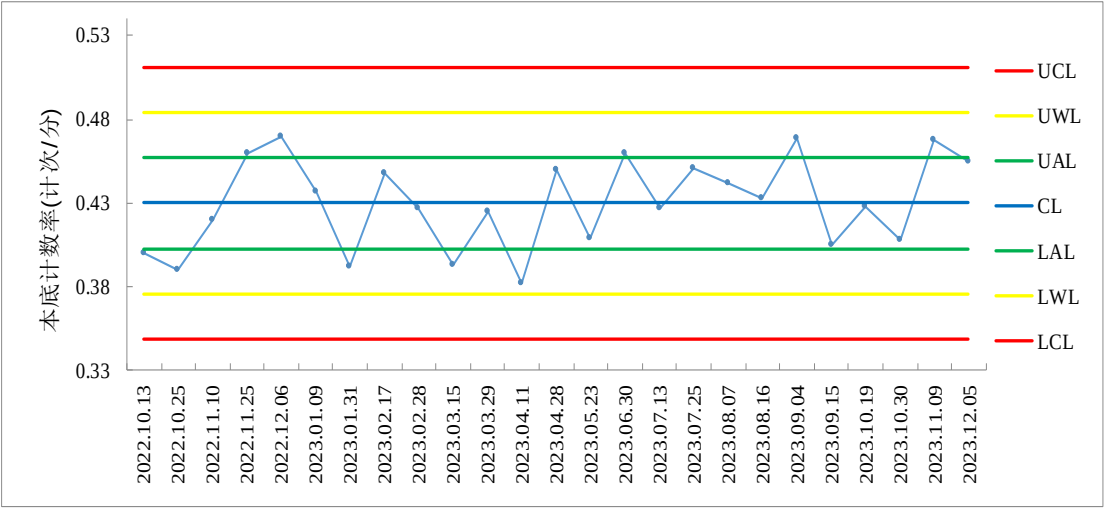


图 3.1-16 低本底 α/β 测量仪 C- β 本底质控图 (2022.10~2023.12)

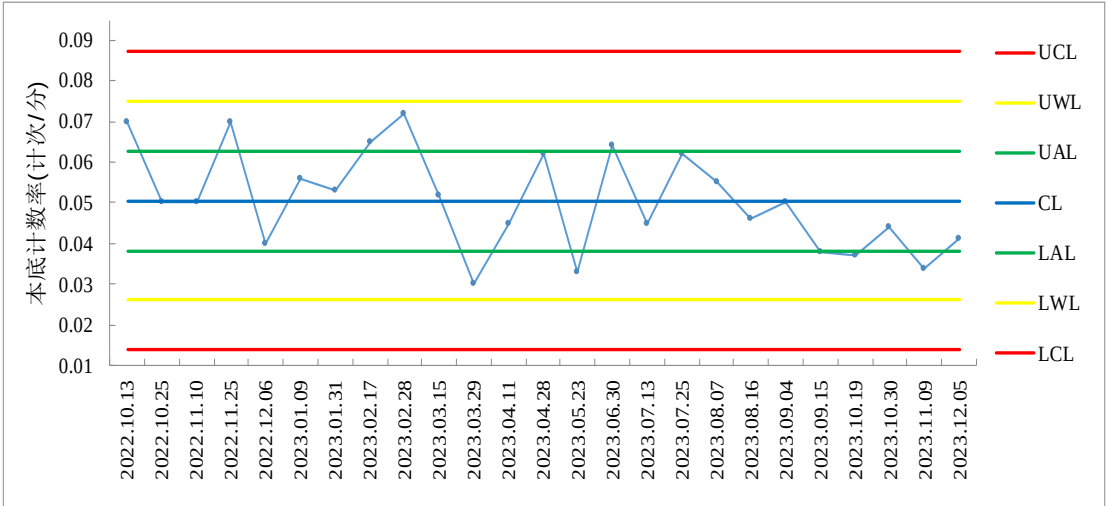


图 3.1-17 低本底 α/β 测量仪 D- α 本底质控图 (2022.10~2023.12)

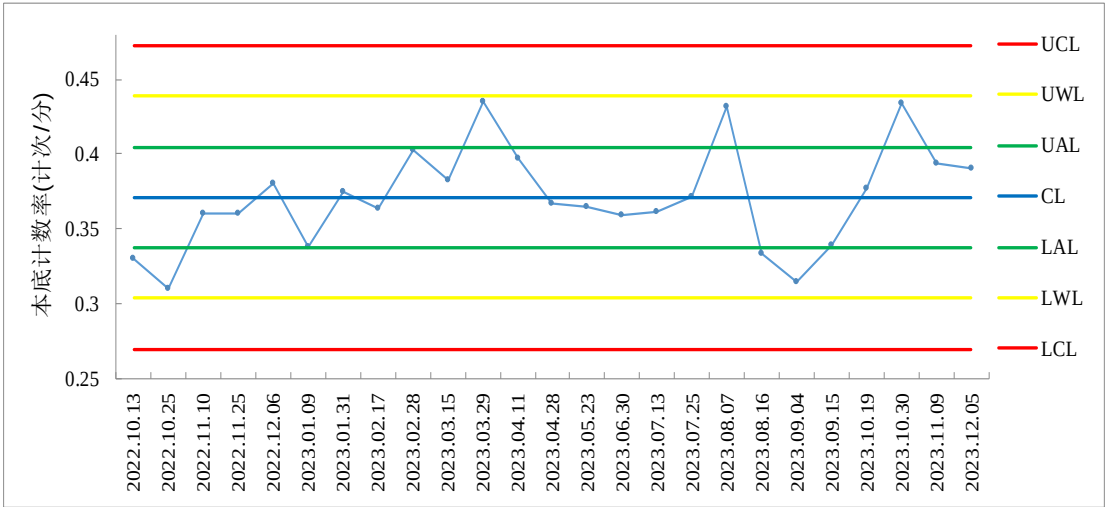


图 3.1-18 低本底 α/β 测量仪 D- β 本底质控图 (2022.10~2023.12)

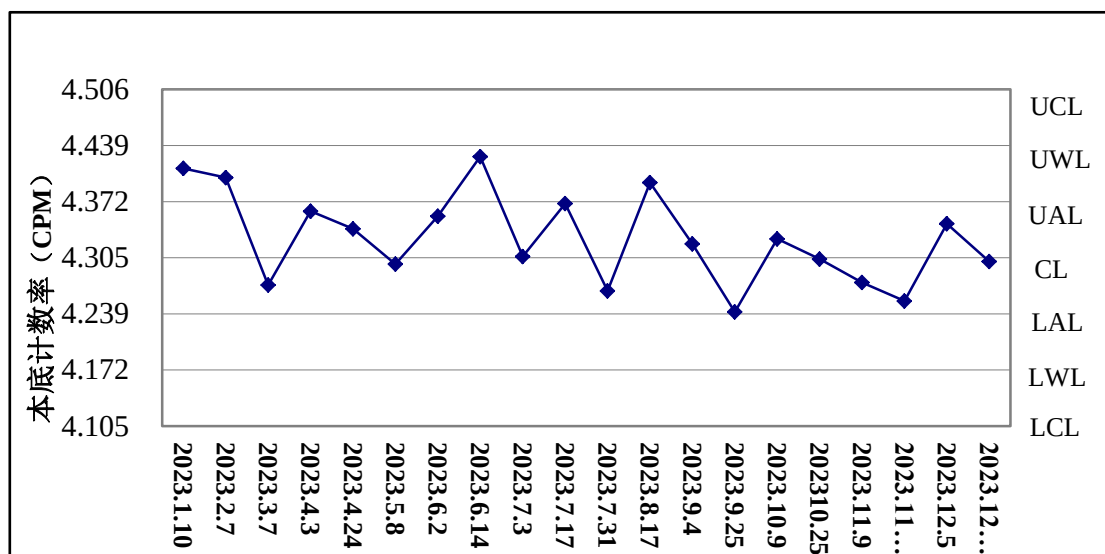


图 3.1-19 低本底液闪谱仪本底质控图（2023.1~2023.12）

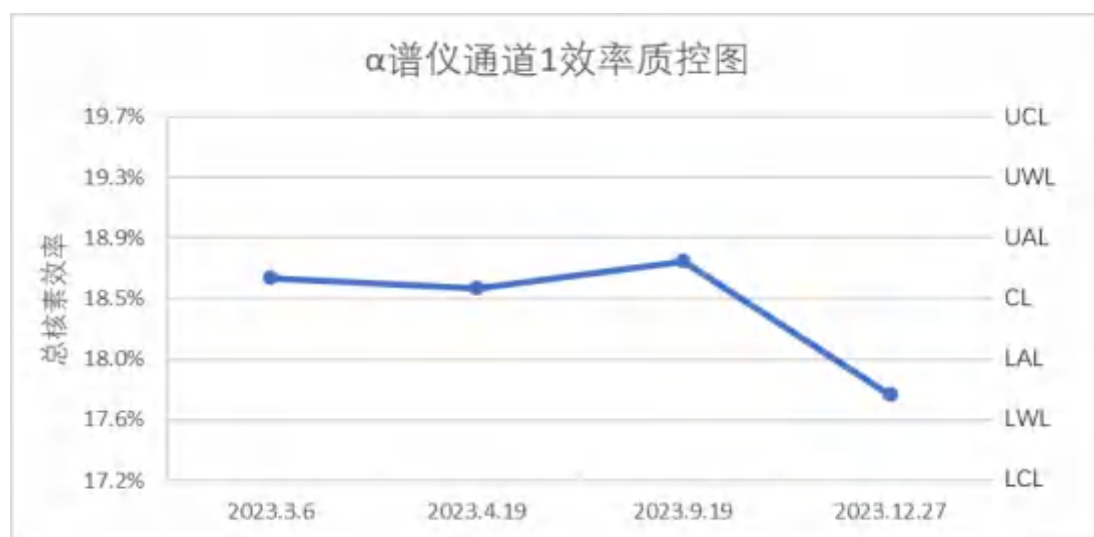


图 3.1-20 α 谱仪通道 1 效率质控图（2023.3~2023.12）



图 3.1-21 α 谱仪通道 2 效率质控图（2023.3~2023.12）



图 3.1-22 α 谱仪通道 3 效率质控图（2023.3~2023.12）



图 3.1-23 α 谱仪通道 4 效率质控图 (2023.3~2023.12)



图 3.1-24 α 谱仪通道 5 效率质控图 (2023.3~2023.12)



图 3.1-25 α 谱仪通道 6 效率质控图 (2023.3~2023.12)

3.2 非辐射环境质量现状

核工业航测遥感中心于 2024 年 11 月~12 月在广东廉江核电厂厂址周围对大气环境、声环境、地下水环境和电磁辐射环境进行了调查和监测工作，并完成了《广东廉江核电项目非放射性环境监测专题报告》。深圳中检联检测有限公司于 2024 年 7 月完成了《广东廉江核电项目一期工程厂址陆域施工期环境监测报告》，在监测过程中同步开展了对厂址周围地表水环境的调查和监测工作。生态环境部华南环境科学研究所于 2023~2024 年完成了四季的《广东廉江核电项目施工期邻近海域环境生态监测报告》，在监测过程中同步开展了对厂址周围海域海水环境的调查和监测工作。本节根据上述成果对本工程所在区域目前的非辐射环境质量现状进行描述和评价。厂址周围主要污染源情况如下：

1) 该厂址的大气污染物来源主要为施工期人为污染源。项目施工期大气污染源有施工过程产生的污染源以及交通运输产生的污染源。

一期工程施工期大气污染源主要物料运输、混凝土搅拌产生的粉尘，各类施工车辆、机械设备等产生的废气和海上施工区域施工船舶、机械在运行中排放的废气。各类机械设备均以柴油或汽油为燃料，主要污染物质包括 NO_x 、 CO 、 SO_2 等，均为无组织排放，扩散面积大、污染物排放总量小。上述施工影响都是暂时性的，且建设单位和施工单位在核电厂建设过程中加强大气环境保护工作，通过洒水抑尘、冲洗车辆、硬化路面、优化施工方式等措施，将施工过程造成的大气污染影响程度降到最低。

2) 经调查了解，大坝河（广东廉江市辖河段）、南蒙塘水库、山佳水库均无水体工业污染源，目前主要污染为农户水体养殖造成的水体污染。

廉江市辖区地表水饮用水源地共 6 个，分别为雷州青年运河、九州江（吉水水厂江段）、长青水库、武陵水库、青健岭水库、大坝河。根据廉江市环境监测站在大坝河流域监测点水质监测情况分析可能超标原因：大坝河发源于广西玉林市博白县，全长 40 公里，其中广东省境内 16 公里。大坝河高桥水厂断面监测点位于大坝河下游，受上游广西入水水质影响，溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、高锰酸盐指数等超标说明水体中需氧有机物多，这些有机物在腐败分解过程中消耗氧气、恶化水质。

3) 经调查, 厂址区域内主要的噪声源为施工噪声和道路交通的车辆噪声, 厂址周围敏感区附近噪声主要为道路交通的车辆噪声。

4) 经调查, 厂址周边 5km 半径范围内主要电磁辐射源为变电站、输电线路、通讯基站等。

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 监测范围和项目

本工程环境空气监测范围确定为以厂址反应堆为中心, 半径 5 km 范围内。

监测项目包括二氧化硫 (SO_2)、二氧化氮 (NO_2)、氮氧化物 (NO_x)、一氧化碳 (CO)、颗粒物 (TSP 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$) 和臭氧 (O_3) 等。

3.2.1.2 监测时段

2024 年 12 月 2 日-12 月 8 日进行监测; 监测周期为 7 天。

3.2.1.3 布点方案

监测布点在充分考虑项目所在区域的环境条件和气象条件, 兼顾考虑以往本底调查和施工期监测布点情况, 选择在厂址处上风向 (高桥村花石岭) 及下方向 (南垌村) 各布设一个点。考虑到进场道路和应急道路情况, 在大坝村大陂自然村布置一个监测点位; 考虑到广东廉江核电项目一期工程正在建设, 且以往项目都在黄京埗村布点, 本次项目在黄京埗村布置一个监测点; 考虑到居民点和广东湛江红树林国家级自然保护区情况, 在厂址下风向红树林保护区边界对岸村布设一个监测点。共布设监测点 5 个。具体监测点位见表 3.2-1 和图 3.2-1。

3.2.1.4 采样和监测方法

监测项目为二氧化硫 (SO_2)、二氧化氮 (NO_2)、一氧化碳 (CO)、颗粒物 (PM_{10})、颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$)、臭氧 (O_3)、总悬浮颗粒物 (TSP)、氮氧化物 (NO_x)。

根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中的规定, 其中 1 小时均值监测项目为二氧化硫 (SO_2)、氮氧化物 (NO_x)、二氧化氮 (NO_2)、一氧化碳 (CO)、臭氧 (O_3), 监测频率为 4 次/天 (2: 00、8: 00、14: 00、20: 00), 每次连续 1h (每小时至少有 45 分钟的采样时间)。日均值监测项目为二氧化硫 (SO_2)、二氧化氮 (NO_2)、一氧化碳 (CO)、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、总悬浮颗粒物 (TSP)、氮氧化物 (NO_x) 每天采样 1 次, 每次连续采样不小于 20 小时。臭氧

(O₃) 每天监测 8 小时平均浓度 (每 8 小时至少有 6 小时的平均浓度值)。所有监测点均连续监测 7 天并提供监测时的气象特征参数。采样时间及频率见表 3.2-2。

监测分析方法按照《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 执行, 监测所有仪器均按照国家计量法的要求进行检定, 检定合格且在有效期内。监测方法详见表 3.2-3。

3.2.1.5 监测结果

本工程环境大气质量监测时间是 2024 年 12 月 2 日至 8 日, 根据厂址周围气象观测材料, 选取相对风速较小, 污染物不利于扩散的时期进行大气环境监测, 监测周期内取得有代表性的 7 天有效数据, 采样期间同时记录 02:00 时、08:00 时、14:00 时、20:00 时气温、气压、风向、风速等有关气象资料。

3.2.1.6 监测结果与标准比较

本工程 SO₂、NO₂、TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、O₃ 和 NO_x 的现状监测结果与《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 二级浓度限值 (表 3.2-4) 进行比较。

本次监测共布设 5 个采样点, 在距厂址中心较近居民点处设 1 个 (黄京埗), 厂址上风向设 1 个监测点 (花石岭), 厂址下风向居民点设 1 个监测点 (南垌村), 应急道路沿线布设 1 个监测点 (大陂), 在厂址下风向红树林保护区边界 (对岸村) 布设一个监测点。经计算得到, 本次监测 SO₂、NO₂、TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、O₃ 和 NO_x 占标率均小于 100%, 根据对比结果表 3.2-5 可知, 监测结果均满足《环境空气质量标准》二级标准值。

通过查询湛江市环境空气质量数据, 在本工程监测时间段内湛江市空气质量情况见表 3.2-6。可知该监测时段内环境空气质量级别总体为良, 与本工程监测结果呈现的空气质量级别基本一致。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 调查和监测对象

本工程声环境监测因子为连续等效 A 声级 L_{eq}、最大 A 声级 L_{max}、L_N (L₁₀、L₅₀、L₉₀) 及昼间的 L_d 和夜间的 L_n。

3.2.2.2 布点方案

(1) 监测范围

以厂址 3 号机组反应堆为中心，半径 5km 范围内。

(2) 监测布点原则

监测布点充分考虑项目所在区域的环境条件和气象条件。

在本次监测中，厂址陆域施工期在厂区和厂界处开展噪声监测。周边声环境监测以厂址 3 号机组反应堆为中心，半径 5km 范围内，以 1km×1km 网格进行布点。对于重点地区如较大的集中居民点、交通道路的道口和两侧、固定噪声源等位置的布点适当加密布点点位，增加测量次数。网格覆盖住被划定的区域。每个网格中的工厂、道路及非建成区的面积之和不得大于网格面积的 50%。监测点布在每一个网格的中心，若网格中心不宜测量（如为建筑物、沟、工厂区内等），则将测点移动到距离中心最近的可测量的位置上进行测量。网格布点中包含五处距离项目厂址最近的五处村落，分别为：下塘尾、大陂、南蒙塘、塘仔山和黄京埗，兼顾网格布点与敏感点。

环境敏感目标和主要噪声源测量点包括：厂址附近的居民点等处的生活噪声测量点；工业企业、主要养殖场等处的工业生产噪声测量点；厂址进场道路和应急道路沿线的噪声测量点。具体布点情况见表 3.2-7 和图 3.2-2。

3.2.2.3 监测方法

依据《声环境质量标准》（GB3096-2008），测量点选在居住或工作建筑物外，离任一建筑物的距离不小于 1m，传声器距地面的垂直距离不小于 1.2~1.5m，测量时传声器加风罩。在规定的测量时间内，每次每个测点测量 10min 连续等效 A 声级 L_{eq} 、 L_N （ L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ）和 SD。

对于定点测量点，进行 24 小时连续测量。测量每小时的 L_{eq} 、 L_N （ L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ）和 SD 及昼间的 L_d 和夜间的 L_n 。

3.2.2.4 监测结果

本项目周边声环境测量时间为 2024 年 11 月 8 日至 12 日，测量期间为无雨天，风力小于 5m/s。

3.2.2.5 监测结果与标准比较

本工程施工场界声环境质量评价执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中建筑施工场界环境噪声排放限值，厂区外环境敏感点声环境质量评价执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区限值。

厂址附近工业企业、主要养殖场等处的工业生产噪声与《声环境质量标准》3类声环境功能区限值进行比较；交通噪声监测结果与《声环境质量标准》4a类声环境功能区限值进行比较。

监测数据表明：

(1) 15个环境敏感目标监测点昼间噪声值为38.5~59.3dB(A)，夜间噪声值为37.2~48.7dB(A)，各监测点位检测结果可满足《关于确认广东廉江核电项目非辐射环境影响评价标准的复函》提出的“厂外环境敏感点声环境质量评价执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)的2类标准”的要求。

(2) 77个网格化点位昼间噪声值为39.7~62.8dB(A)，夜间噪声值为37.0~54.7dB(A)。网格布点8受犬吠影响、网格布点18受过往车辆影响、网格布点21受过往车辆及虫鸣影响，不满足《关于确认广东廉江核电项目非辐射环境影响评价标准的复函》中“厂外环境敏感点声环境质量评价执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类功能区昼间60dB(A)、夜间50dB(A)标准限值要求，其他监测点位均可满足《关于确认广东廉江核电项目非辐射环境影响评价标准的复函》中提出的“厂外环境敏感点声环境质量评价执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)的2类标准”的要求。

(3) 10个道路附近监测点位昼间噪声值为53.7~68.3dB(A)，夜间噪声值为48.7~59.3dB(A)，其中高速G75、国道G325线和村道监测点位受过往车辆影响，噪声监测结果不符合《声环境质量标准》(GB3096-2008)中4a类功能区昼间70dB(A)、夜间55dB(A)标准限值要求，其余监测点位符合《声环境质量标准》(GB3096-2008)中4a类功能区昼间70dB(A)、夜间55dB(A)标准限值要求。

(4) 1个工业企业(广东湛龙光电有限公司)噪声点位昼间噪声值为64dB(A)，夜间噪声值为58dB(A)，其监测结果受过往车辆和虫鸣的影响，不符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类功能区昼间65dB(A)、夜间55dB(A)标准限值要求。

3.2.3 水体环境质量现状调查与评价

3.2.3.1 地表水环境质量现状调查与评价

3.2.3.1.1 地表水环境监测方案

(1) 监测点位

根据现场实际建设情况并结合工程厂址地理位置，参照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）、《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）、《地表水监测技术规范》（HJ91.2-2022）等标准要求，地表水监测断面为大坝河及其支流对照断面 1 个、监测断面 1 个和控制断面 1 个；自然保护区附近监测断面 1 个；南蒙塘水库断面 1 个；山佳水库断面 1 个，共计 6 个地面水监测断面。具体见表 3.2-8 和图 3.2-3。

(2) 监测项目

监测项目为水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、石油类、悬浮物、铜、锌、铅、汞、镉、铬、砷、总磷、总氮、化学需氧量、BOD₅、阴离子表面活性剂、挥发酚、氰化物。

本次地表水监测时间为：2024 年 07 月 17 日（丰水期）。

(3) 分析方法

现场监测分析方法依据及检出限见表 3.2-9。

3.2.3.1.2 地表水环境监测结果

对 6 个地面水监测断面进行了取样检测，监测项目为水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、石油类、悬浮物、铜、锌、铅、汞、镉、铬、砷、总磷、总氮、化学需氧量、BOD₅、阴离子表面活性剂、挥发酚、氰化物。

厂址周边区域的地表水水质控制目标为Ⅲ类。《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中，水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、化学需氧量、BOD₅、挥发酚、氰化物、石油类、阴离子表面活性剂、镉、砷、铅、汞、铜、锌、总磷、总氮等参数为基本项目，有标准限值规定。铬、悬浮物为非基本项目，未规定标准限值。

根据检测结果，6 个地表水监测点位中，除了自然保护区附近监测断面外，其余点位溶解氧均不满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定；大坝河及其支流对照断面的化学需氧量、总氮、总磷均超过Ⅲ类标准限值的规定；大坝河及其支流监测断面的化学需氧量超过Ⅲ类标准限值的规定；自然保护区附近监测断面和南蒙塘水库断面的高锰酸盐指数、化学需氧量、BOD₅、

总氮和总磷均超过Ⅲ类标准限值的规定；山佳水库断面的高锰酸盐指数、总氮和总磷均超过Ⅲ类标准限值的规定。

2021 年调查监测中，大坝河、南蒙塘水库、山佳水库三个监测点位的高锰酸盐指数和 BOD_5 超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定；南蒙塘水库的总磷和大坝河的溶解氧指标也超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定。

本次调查结果与 2021 年调查结果相比可知：

1) 大坝河监测断面的溶解氧含量依然不满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定，其次高锰酸盐指数和 BOD_5 的含量有降低的趋势；

2) 南蒙塘水库高锰酸盐指数、 BOD_5 、总磷依然是主要污染物，溶解氧含量降低；

3) 山佳水库高锰酸盐指数依然是主要污染物， BOD_5 的含量有降低的趋势，总磷含量有增加的趋势且溶解氧含量降低。

分析高锰酸盐指数、化学需氧量、 BOD_5 、溶解氧、总磷、总磷超标的可能原因：

一、南蒙塘水库、山佳水库两个水库中有养殖户在养殖鸭子，投放的饲料、动物粪便都会造成高锰酸盐指数超标。

二、养殖者投喂饲料中富含的氮、磷等营养元素，会使水体中总氮、总磷含量增加。

3.2.3.2 地下水环境质量现状调查与评价

3.2.3.2.1 地下水环境质量监测方案

（1）监测点位

监测布点充分考虑本工程实际建设情况并结合厂址地理位置，参照《地下水监测技术规范》（HJ164-2020）等标准要求，地下水环境监测点位为围肚村、松明村、低村、村头村、独田村、石基头村 6 个监测点位，并增设斋堂角村和那腮村。具体见表 3.2-10，监测点位图详见 3.2-4。

（2）监测项目

监测项目：地下水环境中 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 八大离子；以及地下水水质的基本水质因子：包含 pH、总硬度、溶解性总固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、铜、锌、钼、挥发性酚类（以苯酚计）、阴离子表面活性剂、耗氧量（ COD_{Mn} 法，以 O_x 计）、氨氮（以 N 计）、硫化物、总大肠菌群、细菌总数、亚硝酸盐、硝酸盐、氰化物、氟化物、汞、砷、镉、铬（六价）、铅、硼。

监测频次：开展一期监测，在平水期或枯水期开展，监测频次为 1 次。

（3）采样和分析方法

采样和监测方法按《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）和《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）要求的方法进行。现场监测分析方法依据及检出限见表 3.2-11。

3.2.3.2.2 地下水环境质量监测结果

地下水监测时间是 2024 年 12 月 2 日，监测时段处于枯水期。

根据监测结果，各监测点位处的监测项目均满足《地下水质量标准》(GB 14848-2017)中 III 类标准限值要求。

3.2.3.3 海水环境质量现状调查与评价

本核电项目的排水的受纳水体为北部湾。生态环境部华南环境科学研究所于 2023~2024 年对厂址周围海域水环境进行调查和监测工作，共进行了秋、冬、春、夏四季调查，共测试了 24 项水质指标。

3.2.3.3.1 海水环境质量现状初步调查

《湛江市生态环境质量年报简报》（2023 年）显示，2023 年，湛江市近岸海域海水水质监测点位 34 个。

全年分别于春季、夏季和秋季开展三次监测，采用面积法评价，春季一类海水面积占比 76.4%，二类占比 15.0%，三类占比 3.8%，四类占比 2.4%，劣四类占比 2.4%，优良（一、二类）面积占比为 91.4%；夏季一类海水面积占比 78.0%，二类占比 20.5%，三类占比 0.0%，四类占比 1.2%，劣四类占比 0.3%，优良（一、二类）面积占比为 98.5%；秋季一类海水面积占比 64.1%，二类占比 33.4%，三类占比 2.2%，四类占比 0.3%，劣四类占比 0.0%，优良（一、二类）面积占比为

97.5%。全年平均优良面积比例为 95.8%，非优良点位主要分布在湛江港、雷州湾和鉴江河口。

参照《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号）中各个海洋功能区内的环境保护要求，将站位及其所属的海洋功能区、海洋环境保护要求对照列入表 3.2-12。

3.2.3.3.2 海水环境监测方案

1) 调查范围

调查范围是纵向取距离建设项目所处海域外缘两侧分别不小于一个潮程。横向取距离建设项目所处海域外缘两侧（海岸建设项目为向海一侧）分别不小于 1km。监测范围还包括周边海域广西山口国家级红树林生态自然保护区，广东湛江红树林国家级自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区三个国家级自然保护区及其它生态敏感区等重点区域。

总共采集了 25 个调查站的水样，监测采样点位示意图见图 3.2-5。

2) 调查项目

共调查水深、水温、盐度、水色、透明度、pH、溶解氧、化学需氧量、悬浮物、无机氮（硝酸盐+亚硝酸盐+氨盐）、活性磷酸盐、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硒、六价铬、硼共 24 项。

3) 调查时间

秋季：2023 年 10 月 14 日至 10 月 17 日进行；

冬季：2024 年 1 月 13 日至 1 月 15 日进行；

春季：2024 年 4 月 12 日至 4 月 15 日进行；

夏季：2024 年 8 月 19 日至 8 月 24 日进行。

4) 采样方法

所用调查船只进入预定站位，使用 GPS 进行定位，测量水深。根据实测水深，生物生态站进行透明度、水色等现场观测，并按照《海洋监测规范》（GB17378-2007）的要求采集水样，水深<10m 时，采表层水样；水深 10m≤水深<25m 时，采表层和底层水样。其中表层为距表面 0.1-1m，底层为离底 2m，并进行分装、预处理、编号记录、保存。

5) 分析方法和检出限

样品的分析严格按照《海洋调查规范》(GB/T12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)进行,规范未涉及的项目参照其他国标或行业标准测试,各项目的分析方法见表 3.2-13~表 3.2-14。

3.2.3.3.3 海水环境水质监测结果

2023~2024 年秋、冬、春、夏四季各断面的水化学监测成果 24 项水质指标中硫化物、硒、六价铬三项四季全部未检出,其余指标监测结果描述如下:

1) 水深:调查海域四季海水水深平均值为 5.84m,最大值 14.5m,最小值 1.3m。

2) 透明度:调查海域四季海水透明度平均值为 1.35m,最大值 3.0m,最小值 0.6m。

3) 水色:调查海域四季海水水色平均值为 10 号,最大值 15 号,最小值 7 号。

4) 水温:调查海域四季海水温度平均值为 27.07℃,最大值 32.2℃,最小值 19.6℃。

5) 盐度:调查海域四季海水盐度平均值为 25.19,最大值 32.70,最小值 3.90。

6) pH 值:调查海域四季海水 pH 平均值为 8.10,最大值 8.47,最小值 7.72。

7) 悬浮物:调查海域四季海水悬浮物平均值为 16.25mg/L,最大值 91.00mg/L,最小值 5.10mg/L。

8) 溶解氧(DO):调查海域四季海水溶解氧平均值为 6.51mg/L,最大值 8.12mg/L,最小值 5.13mg/L。

9) 化学需氧量(COD_{Mn}):调查海域四季海水化学需氧量平均值为 1.13mg/L,最大值 3.72mg/L,最小值 0.38mg/L。

10) 石油类:调查海域四季海水石油类平均值为 0.016mg/L,最大值 0.04mg/L,最小值为未检出。

11) 无机氮:指亚硝酸盐、铵盐和硝酸盐的总和,调查海域四季海水无机氮平均值为 0.2174mg/L,最大值 1.0220mg/L,最小值 0.0040mg/L。

12) 活性磷酸盐:调查海域四季海水磷酸盐平均值为 0.0217mg/L,最大值 0.060mg/L,最小值为未检出。

13) 铜: 调查海域四季海水铜平均值为 0.95 $\mu\text{g/L}$, 最大值 1.30 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

14) 铅: 调查海域四季海水铅平均值为 0.66 $\mu\text{g/L}$, 最大值 1.10 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

15) 镉: 调查海域四季海水镉平均值为 0.20 $\mu\text{g/L}$, 最大值 0.41 $\mu\text{g/L}$, 最小值为 0.09 $\mu\text{g/L}$ 。

16) 锌: 调查海域四季海水锌平均值为 2.50 $\mu\text{g/L}$, 最大值 16.1 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

17) 总铬: 调查海域四季海水总铬平均值为 1.00 $\mu\text{g/L}$, 最大值 1.00 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

18) 总汞: 调查海域四季海水总汞平均值为 0.0316 $\mu\text{g/L}$, 最大值 0.095 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

19) 砷: 调查海域四季海水砷平均值为 1.03 $\mu\text{g/L}$, 最大值 2.84 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

20) 镍: 调查海域四季海水镍质量浓度平均值为 0.88 $\mu\text{g/L}$, 最大值 2.10 $\mu\text{g/L}$, 最小值为未检出。

21) 硼: 调查海域四季海水硼平均值为 3.15 mg/L , 最大值 5.15 mg/L , 最小值 0.45 mg/L 。

3.2.3.3.4 海水环境质量现状评述

参照《海水水质标准 (GB3097-1997) 》, 对 pH 等水质现状进行了评价。水质现状评价采用水质指数法进行。

秋季调查监测结果进行评价, 结果表明:

2023 年秋季水质中的 pH、溶解氧、 COD_{Mn} 、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒、六价铬均符合各站位执行的水质标准。超标指标中, 无机氮有 7 个样品超标, 超标率为 25.00%, 平均超标倍数为 0.36; 活性磷酸盐为主要的超标因子, 有 19 个样品超标, 超标率为 67.86%, 平均超标倍数为 1.11; 铅只有一个站位超标, 为 S8, 超标率为 3.57%, 平均超标倍数为 0.10。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划 (2021—2035 年) 》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》(桂环发〔2023〕9 号), 秋季调查站位在所属的功能区中, 位于广西山口国家级红树林生态自然保护区 S8、S9、S10、

S11 中的无机氮、活性磷酸盐超出水质一类标准，S8 的铅类超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的 S14、S15 中的无机氮、活性磷酸盐超出水质一类标准；位于北海珍珠母贝原种场生态区的 S12 无机氮、活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区 S18、S19 中的活性磷酸盐超出水质一类标准；位于龙头沙二类区 S17、S20、S23 中的活性磷酸盐超出水质二类标准；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求；位于安铺港工业与城镇用海区的站点 S21、S22、S24、S25 中的活性磷酸盐超出水质三类标准。总的来说，秋季监测中活性磷酸盐和无机氮不达标站位与项目附近的海水养殖有着密切的关系，廉江核电海工工程建设期间不涉及无机氮、活性磷酸盐的排放。

冬季调查监测结果进行评价，结果表明：

2024 年冬季水质中的 pH、溶解氧、COD_{Mn}、无机氮、硫化物、石油类、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒均符合各站位执行的水质标准。超标指标中，活性磷酸盐有 2 个样品超标，超标率为 7.14%，平均超标倍数为 0.26；汞有 2 个样品超标，超标率为 7.14%，平均超标倍数为 0.52。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），冬季调查站位在所属的功能区中，位于广西合浦儒艮国家级自然保护区 S5 的汞超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于广西山口国家级红树林生态自然保护区 S10、S11 的活性磷酸盐超出水质一类标准，S9 中的汞超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的站点均符合管理要求；位于北海珍珠母贝原种场生态区的站点均符合管理要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区的站点均符合管理要求；位于龙头沙二类区的站点均符合管理要求；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求；位于安铺港工业与城镇用海区的站点均符合管理要求。

春季调查监测结果进行评价，结果表明：

2024 年春季水质中的 pH、溶解氧、COD_{Mn}、活性磷酸盐、硫化物、石油类、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒均符合各站位执行的水质标准。超标指标中，无机氮有 2 个样品超标，超标率为 7.14%，平均超标倍数为 0.24。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），春季调查站位在所属的功能区中，位于广西合浦儒艮国家级自然保护区 S8 和 S9 的无机氮超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于广西山口国家级红树林生态自然保护区站位均符合管理要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的站点均符合管理要求；位于北海珍珠母贝原种场生态区的站点均符合管理要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区的站点均符合管理要求；位于龙头沙二类区的站点均符合管理要求；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求；位于安铺港工业与城镇用海区的站点均符合管理要求。

夏季调查监测结果进行评价，结果表明：

2024 年夏季水质中的 pH、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硒、六价铬均符合各站位执行的水质标准。超标指标中，溶解氧有 15 个样品超标，超标率为 53.57%，平均超标倍数为 0.08；化学需氧量有 6 个样品超标，超标率为 21.43%，平均超标倍数为 0.15；无机氮有 25 个样品超标，超标率为 89.29%，平均超标倍数为 1.15；活性磷酸盐有 25 个样品超标，超标率为 89.29%，平均超标倍数为 1.12。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021—2035 年）》和《广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案》（桂环发〔2023〕9 号），2024 年夏季调查站位在所属的功能区中，位于广西合浦儒艮国家级自然保护区 S1、S2、S3、S4、S6 底和 S7 站位的溶解氧超出水质一类标准，S1、S2、S4 底、S5、S6 和 S7 的无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于广西山口国家级红树林生态自然保护区 S8、S9、S10 和 S11 的溶解氧、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，S8 站位的化学需氧量超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于遂溪中国鲎县级自然保护区的 S14、S15 的溶解氧、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，S15 站位的化学需氧量超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于北海珍珠母贝原种场生态区的 S12 站位的化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于英罗港口浅海渔业用海区的 S12 站位的化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐超出水质一类标准，其余均符合管理要求；位于英罗港-海康港农渔业用海区的 S18 和 S19 站点的溶解氧、无机氮和活性磷酸盐超出水质二类标准，S19 的化学需氧量超出水质二类标

准，其余均符合管理要求；位于龙头沙二类区的 S17 的化学需氧量超出水质二类标准，S17、S20 和 S23 站点的无机氮超出水质二类标准，S20 和 S23 站点活性磷酸盐超出水质二类标准，其余均符合管理要求；位于安铺港工业与城镇用海区的 S21、S22、S24 和 S25 站点的无机氮和活性磷酸盐超出三类标准，其余均符合管理要求；位于龙头沙四类区站点均符合管理要求。

溶解氧、化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐等 4 项指标出现超标现象。出现该问题可能与入夏以来湛江市和北海市持续降雨及防汛工作安排有关。受持续降雨影响，2024 年 8 月 19 日，湛江市和北海市同时启动防汛Ⅳ级应急响应，相关河流和水库因防汛需要开闸放水，部分泄洪水随九洲江、杨柑河、白沙河等河流排入监测海域，使海水盐度降低，本航次盐度平均值为 18.61‰（范围 3.9‰~27.7‰），也远低于 2023 年夏季调查结果 30.80‰（范围 28.6‰~32.7‰）。大量的泄洪水排放导致海域中的化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐等监测指标浓度出现异常上升现象。此外，廉江核电海工项目现阶段主要是码头安装等工艺过程，没有大规模水下施工，对水体化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐等指标的浓度没有影响。总的来说，2024 年夏季廉江核电项目邻近海域水质超标情况与廉江核电项目施工无关。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 电磁环境质量监测方案

监测因子为电场强度、磁场强度、磁感应强度。

（1）监测范围

调查和监测以厂址 3 号机组反应堆为中心半径 5km 范围内的主要电磁辐射污染源。

（2）监测布点原则

选择代表性监测点，主要为：厂址拟建主厂房区和变电站区、开关站和输电线路区域、附近居民点的电磁辐射敏感点、现有的变电站、输电线路和通信基站。

① 拟建主厂房区和变电站区

沿项目征地边界各布设 6 个测量点，并在主厂房区设置 4 个监测点，共布设 10 个监测点位。

② 开关站和输电线路区域

在开关站区域布设监测点位 1 个，输电线路投影区域设置监测点位 1 个，共布设 2 个监测点位。

③ 厂外电磁敏感点

根据项目的总平面布置以及送电走廊规划及走向，选取送电走廊厂址边界处下方以及规模较大且距出线走廊较近的敏感点共 5 个，以往敏感点 5 个，共布设 10 个监测点位。

④ 现有电磁污染源

现有的电磁污染源主要为现有变电站、现有输电线路和现有通信基站。根据工作大纲编制阶段的现场调查，在项目西方向有一变电站，同时有两条进出线路，一条通向区域外，一条通向项目场区，本次电磁监测针对变电站和线路进行背景检测，变电站周边布设 4 个电磁监测点位，每条线路布设 2 个监测点位，共 8 个监测点位。根据目前掌握的资料，项目区内通信基站共有 13 个，因此在通信基站处布设 13 个监测点位。现有电磁污染源共布设 21 个监测点位。

本次电磁辐射监测共布置监测点 43 个。实际监测中，根据收集到的拟建输电线路路径和新增的输电线路和基站情况，补充相应点位。监测点位统计表见表 3.2-15，具体布点情况见图 3.2-6。

3.2.4.2 电磁环境质量监测方法

测量依据：依据《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）、《移动通信基站电磁辐射环境监测方法》（HJ 972-2018）、《5G 移动通信基站电磁辐射环境监测方法（试行）》（HJ 1151-2020）。

测量仪器：测量仪器为德国场强仪（主机 NBM-550+ EHP-50F 探头）等。测定仪器均经过检定/校准。

测量环境条件应符合行业标准和仪器标准中规定的适用条件，即无雪、无雨、无雾、无冰雹。测量记录表应注明环境温度、相对湿度及天气状况。

在实际考察监测点时，选择空旷地形，无高层建筑、树木等，监测时每个测点测量 5 次，每次测量时间不小于 15 秒，并读取稳定状态的最大值。遇到读数起伏较大时，还适当延长测量时间。

3.2.4.3 电磁环境质量监测结果

本工程电磁环境本底测量时间为 2024 年 11 月 8 日至 10 日，监测期间为无雨天。

3.2.4.4 电磁环境质量监测结果分析

本次调查现场查勘发现厂址半径 5km 范围内主要民用电磁辐射源(如雷达、高压线、中/微波站、移动通讯基站和变电站等)及其位置、规模与原调查期间未见明显变化,同时新增一处电磁污染源,主要为现有变电站、现有输电线路和现有通信基站。

本次电磁监测新增 110kV 通深光伏电站和线路背景检测,变电站周边布设 4 个电磁监测点位,每条线路布设 2 个监测点位,共 8 个监测点位;厂址周围电磁辐射监测主要在厂址主厂房区、变电站区环境敏感点包括廉江核电厂 4 个厂区厂房、1 个开关站、6 个厂区边界处、南垌村、南蒙塘、车板镇、平垌村、德耀村等,共计 30 处监测点位进行工频电场强度、磁感应强度检测。

对车板镇基站、大陂基站、德耀村基站、对岸基站、凤地基站等 13 个通讯基站周边环境的功率密度进行检测。

主要检测结论为:

(一) 工频电场、工频磁感应强度

1) 廉江核电厂 4 个厂区厂房、1 个开关站、厂区输电线路和 6 个厂区边界处各监测点工频电场强度测量值的范围在 0.266~0.469V/m 之间,工频磁感应强度测量值的范围在 0.0102~0.0249 μ T 之间,工频电场强度和工频磁感应强度均可满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中公众曝露控制限值 4kV/m 和 100 μ T 的要求。

2) 周边 5km 范围内 10 个环境敏感目标处各监测点工频电场强度测量值的范围在 0.294~3.255V/m 之间,工频磁感应强度测量值的范围在 0.0014~0.0970 μ T 之间,工频电场强度和工频磁感应强度均可满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中公众曝露控制限值 4kV/m 和 100 μ T 的要求。

3) 110kV 通深光伏电站四周和进线处、110kV 高核线各检测点工频电场强度在 1.685~415.1V/m 之间,工频磁感应强度在 0.0336~8.320 μ T 之间,工频电场强度和工频磁感应强度均可满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中公众曝露控制限值 4kV/m 和 100 μ T 的要求。

(二) 5G 基站

同时对基站及四周电磁环境进行了监测,各点位在下行频段为 600-6000MHz 下,功率密度在 $0.2707\sim 1.3006\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 之间,换算得出电场强度在 $0.606\sim 2.212\text{V}/\text{m}$,满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)和《辐射环境保护管理导则电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3-1996)的限值要求。

3.2.5 环境质量现状监测质量保证

3.2.5.1 大气环境、声环境、地下水环境和电磁辐射环境质量现状监测质量保证

大气环境、声环境、地下水环境和电磁辐射环境调查和监测工作由核工业航测遥感中心承担,该单位在承担本项工作的质量保证如下:

- 1)监测方法采用国家和行业标准,监测人员经培训考核并持有合格证上岗。
- 2)监测仪器经由相应资质的计量部门检定合格,并处于有效期内。
- 3)每次测量前后,对仪器的工作状态进行检查,确保仪器处于良好的工作状态。由专业人员按操作规程操作仪器,并做好记录。
- 4)监测报告严格实行三级审核制度。
- 5)外协单位监测质量保证按承担方质保程序进行,保证项目质量。

3.2.5.2 地表水环境质量现状监测质量保证

地表水环境质量现状监测工作由深圳中检联检测有限公司承担,该单位在承担本项工作的质量保证如下:

- 1)严格执行上岗证考核和持证上岗制度。凡参与监测工作人员必须上岗,对暂时未取证而工作又迫切需要的人员,先进行培训,考核合格后按程序文件办理偏离手续。
- 2)仪器设备和场所应能满足开展监测工作的要求,妥善做好仪器的管理和维护。实验室环境要求布局合理,有相应的安全和试剂管理制度。实验室的温度、湿度、防震、抗干扰、无菌室等环境条件要满足监测方法对环境条件的要求,满足保存样品和仪器设备正常运行的要求。
- 3)所有监测原始记录均通过复核/校对和审核,所有监测报告通过三级审核后发出。

3.2.5.3 海水环境质量现状监测质量保证

海水环境质量现状监测工作由生态环境部华南环境科学研究所承担,该单位在承担该项工作的质量保证如下:

- 1) 配备有资质的人员参与该项工作。
- 2) 对于采样和分析仪器,使用前进行检定并在有效期内使用。采样、样品保存和监测方法按照国家相关规定执行。
- 3) 对数据的记录、检查、复审、保存进行全过程控制,对于异常数据进行检测,确定删除或保留。
- 4) 对于华南环境科学研究所无法检测的项目,进行分包,分包控制措施如下:分包方承担的检测分析项目必须拥有检验检测机构资质认定和实验室管理体系证书,或在行业内拥有较好信誉度和知名度,分析项目的人员必须持有相应的培训证书或能力确认表。

表 3.2-1 环境空气监测布点

编号	监测点位	相对于反应堆位置		布点理由
		方位	距离(km)	
1	花石岭	N	2.79	厂址上风向；历史监测点位
2	黄京埭	NNE	0.95	距离厂址中心点较近；历史监测点位
3	大陂	NEE	1.01	应急道路沿线；历史监测点位
4	南垌村	SSE	2.62	居民点、进厂道路沿线；历史监测点位
5	红树林国家级自然保护区边界（对岸村）	SW	3.35	厂址下风向居民点；施工期监测布点；增加排水口位置处监测点

表 3.2-2 大气环境监测采用时间及频率

序号	监测指标		监测点位置及数量	监测频次	执行标准
1	1 小时 浓度值	二氧化硫（SO ₂ ）	敏感点及厂址附近共 5 个点	1 期/1 年、连续 7 天/期，4 次/天（2：00、8：00、14：00、20：00）	《环境空气质量标准》 （GB3095-2012）
2		氮氧化物（NO _x ）			
3		二氧化氮（NO ₂ ）			
4		一氧化碳（CO）			
5		臭氧（O ₃ ）		1 期/1 年、连续 7 天/期，3 次/天（8：00、12：00、15：00）	
6	日均值	二氧化硫（SO ₂ ）		1 期/1 年、7 天/期，1 次/天，连续采样 20 小时	
7		二氧化氮（NO ₂ ）			
8		一氧化碳（CO）			
9		PM ₁₀			
10		PM _{2.5}			
11		TSP			
12		氮氧化物（NO _x ）			
13		臭氧（O ₃ ）		1 期/1 年、7 天/期，1 次/天，连续采样 8 小时	

表 3.2-3 大气环境监测项目分析方法依据、设备及检出限一览表

监测因子	方法依据	最低检出限制 (mg/m ³)
二氧化硫 (SO ₂)	HJ482-2009 及其修改单 环境空气二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法	小时均值: 0.007 日均值: 0.004
二氧化氮 (NO ₂) 氮氧化物 (NO _x)	HJ479-2009 及其修改单 环境空气 氮氧化物 (一氧化氮和二氧化氮) 的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法	小时均值: 0.005 日均值: 0.003
一氧化碳 (CO)	GB9801-88 环境空气 一氧化碳的测定 非分散红外法	0.3
PM ₁₀	HJ618-2011 及其修改单 环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的测定 重量法	0.010
PM _{2.5}		0.010
TSP	HJ1263—2022 及其修改单 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法	0.007
臭氧 (O ₃)	HJ504-2009及其修改单臭氧的测定靛蓝二磺酸钠分光光度法	0.01

表 3.2-4 环境空气污染物浓度限值

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	
			一级	二级
1	SO ₂	24 小时平均	0.05 mg/m ³	0.15 mg/m ³
		1 小时平均	0.15 mg/m ³	0.50 mg/m ³
2	NO ₂	24 小时平均	0.08 mg/m ³	0.08 mg/m ³
		1 小时平均	0.20 mg/m ³	0.20 mg/m ³
3	TSP	24 小时平均	0.12 mg/m ³	0.30 mg/m ³
4	PM ₁₀	24 小时平均	0.05 mg/m ³	0.15 mg/m ³
5	PM _{2.5}	24 小时平均	0.035 mg/m ³	0.075 mg/m ³
6	CO	24 小时平均	4 mg/m ³	4 mg/m ³
7		1 小时平均	10 mg/m ³	10 mg/m ³
8	O ₃	日最大 8 小时平均	0.1 mg/m ³	0.16 mg/m ³
9		1 小时平均	0.16 mg/m ³	0.2 mg/m ³
10	NO _x	24 小时平均	0.1 mg/m ³	0.1 mg/m ³
11		1 小时平均	0.25 mg/m ³	0.25 mg/m ³

表 3.2-5 监测结果与标准比较的情况

采样 点号	采样 地点	污染物	单位	日均值					时均值				
				样品数量	浓度范围	平均浓度	占标率	标准限值	样品数量	浓度范围	平均浓度	占标率	标准限值
1#	花石岭村	SO ₂	mg/m ³	7	0.019~0.026	0.023	17.33%	0.15	28	0.009~0.047	0.028	9.4%	0.50
		NO ₂	mg/m ³	7	0.015~0.02	0.019	25%	0.08	28	0.010~0.028	0.018	14%	0.20
		TSP	μg/m ³	7	0.109~0.134	0.120	0.04%	300	/	/	/	/	/
		PM ₁₀	mg/m ³	7	0.039~0.046	0.041	30.67%	0.15	/	/	/	/	/
		PM _{2.5}	mg/m ³	7	0.025~0.033	0.029	44%	0.075	/	/	/	/	/
		CO	mg/m ³	7	0.5~0.8	0.6	20%	4	28	0.4~0.9	0.607	9%	10
		O ₃	mg/m ³	7	0.04~0.077	0.055	48.13%	0.16	28	0.051~0.099	0.072	49.5%	0.2
		NO _x	mg/m ³	7	0.017~0.026	0.022	26%	0.1	28	0.012~0.031	0.021	12.4%	0.25
2#	黄京埭	SO ₂	mg/m ³	7	0.022~0.027	0.024	18%	0.15	28	0.011~0.047	0.028	9.4%	0.50
		NO ₂	mg/m ³	7	0.018~0.027	0.021	33.75%	0.08	28	0.014~0.029	0.020	14.5%	0.20
		TSP	μg/m ³	7	0.123~0.146	0.133	0.05%	300	/	/	/	/	/
		PM ₁₀	mg/m ³	7	0.041~0.05	0.045	33.33%	0.15	/	/	/	/	/
		PM _{2.5}	mg/m ³	7	0.027~0.036	0.032	48%	0.075	/	/	/	/	/
		CO	mg/m ³	7	0.5~0.8	0.7	20%	4	28	0.4~0.9	0.671	9%	10
		O ₃	mg/m ³	7	0.041~0.072	0.053	45%	0.16	28	0.049~0.094	0.069	47%	0.2
		NO _x	mg/m ³	7	0.021~0.03	0.024	30%	0.1	28	0.017~0.032	0.022	12.8%	0.25
3#	大坝村 大陂	SO ₂	mg/m ³	7	0.022~0.026	0.024	17.33%	0.15	28	0.014~0.047	0.027	9.4%	0.50
		NO ₂	mg/m ³	7	0.017~0.024	0.020	30%	0.08	28	0.013~0.028	0.020	14%	0.20
		TSP	μg/m ³	7	0.116~0.139	0.128	0.05%	300	/	/	/	/	/
		PM ₁₀	mg/m ³	7	0.04~0.048	0.044	32%	0.15	/	/	/	/	/

采样 点号	采样 地点	污染物	单位	日均值					时均值				
				样品数量	浓度范围	平均浓度	占标率	标准限值	样品数量	浓度范围	平均浓度	占标率	标准限值
		PM _{2.5}	mg/m ³	7	0.028~0.035	0.032	46.67%	0.075	/	/	/	/	/
		CO	mg/m ³	7	0.5~0.8	0.6	20%	4	28	0.4~0.9	0.579	9%	10
		O ₃	mg/m ³	7	0.04~0.068	0.053	42.5%	0.16	28	0.052~0.088	0.071	44%	0.2
		NOx	mg/m ³	7	0.019~0.027	0.023	27%	0.1	28	0.015~0.031	0.023	12.4%	0.25
4#	南垌村	SO ₂	mg/m ³	7	0.022~0.029	0.024	19.33%	0.15	28	0.014~0.047	0.031	9.4%	0.50
		NO ₂	mg/m ³	7	0.016~0.027	0.020	33.75%	0.08	28	0.013~0.031	0.020	15.5%	0.20
		TSP	μg/m ³	7	0.111~0.136	0.122	0.05%	300	/	/	/	/	/
		PM ₁₀	mg/m ³	7	0.039~0.047	0.043	31.33%	0.15	/	/	/	/	/
		PM _{2.5}	mg/m ³	7	0.025~0.033	0.029	44%	0.075	/	/	/	/	/
		CO	mg/m ³	7	0.6~0.8	0.7	20%	4	28	0.4~0.9	0.714	9%	10
		O ₃	mg/m ³	7	0.041~0.069	0.055	43.13%	0.16	28	0.051~0.093	0.071	46.5%	0.2
		NOx	mg/m ³	7	0.018~0.032	0.023	32%	0.1	28	0.014~0.034	0.023	13.6%	0.25
5#	对岸村	SO ₂	mg/m ³	7	0.022~0.027	0.024	18%	0.15	28	0.014~0.046	0.029	9.2%	0.50
		NO ₂	mg/m ³	7	0.018~0.025	0.021	31.25%	0.08	28	0.010~0.028	0.019	14%	0.20
		TSP	μg/m ³	7	0.104~0.129	0.115	0.04%	300	/	/	/	/	/
		PM ₁₀	mg/m ³	7	0.036~0.045	0.039	30%	0.15	/	/	/	/	/
		PM _{2.5}	mg/m ³	7	0.024~0.031	0.028	41.33%	0.075	/	/	/	/	/
		CO	mg/m ³	7	0.6~0.9	0.7	22.5%	4	28	0.4~0.9	0.686	9%	10
		O ₃	mg/m ³	7	0.043~0.064	0.053	40%	0.16	28	0.052~0.087	0.070	43.5%	0.2
		NOx	mg/m ³	7	0.02~0.028	0.024	28%	0.1	28	0.012~0.030	0.022	12%	0.25

注：1、比较值为环境空气污染物二级浓度限值。

表 3.2-6 湛江市空气质量详细列表

日期	AQI 指数	空气质量级别	首要污染物
2024.12.02	101	轻度污染	O ₃ （8 小时）
2024.12.03	92	良	O ₃ （8 小时）
2024.12.04	85	良	O ₃ （8 小时）
2024.12.05	82	良	O ₃ （8 小时）
2024.12.06	89	良	O ₃ （8 小时）
2024.12.07	76	良	O ₃ （8 小时）
2024.12.08	57	良	O ₃ （8 小时）

表 3.2-7 环境噪声监测布点

点位编号	监测点位	方向	距离 (km)	点位类型	布点理由
1	石仔岭	SSE	4.5	生活噪声	敏感点、以往监测点
2	炮台岭	NNE	3.1	生活噪声	敏感点、以往监测点
3	山墩头	E	2.1	生活噪声	敏感点、以往监测点
4	茂兰坡	E	3.7	生活噪声	敏感点、以往监测点
5	金塘村	W	3.1	生活噪声	敏感点、以往监测点
6	东村	SW	2.9	生活噪声	敏感点、以往监测点
7	德耀村	W	2.6	生活噪声	敏感点、以往监测点
8	围肚	SSW	2.2	生活噪声	敏感点、以往监测点
9	南垌	S	2.6	生活噪声	敏感点、以往监测点
10	沙田仔村	NEE	3.9	生活噪声	敏感点、以往监测点
11	饭笕塘村	NEE	3.8	生活噪声	敏感点、以往监测点
12	红江农场 36 队	NNE	2.5	生活噪声	敏感点、以往监测点
13	蟠桃园村	NNW	2.5	生活噪声	敏感点、以往监测点
14	桥角村	NNW	4.4	生活噪声	敏感点、以往监测点
15	大坝小学	NE	3.4	生活噪声	敏感点、以往监测点
16	高速 G75	NE	4.0	交通噪声	污染源、以往监测点
17	县道白车线 X673	NE	2.5	交通噪声	污染源、以往监测点
18	国道 G325 线	N	5.0	交通噪声	污染源、以往监测点
19	村道	NWW	2.5	交通噪声	污染源、以往监测点

点位编号	监测点位	方向	距离 (km)	点位类型	布点理由
20	核电厂应急道路沿线	E	0.8	交通噪声	污染源、以往监测点
21	广东湛龙光电有限公司	NE	3.6	工业噪声	污染源、以往监测点
22	廉江市车板供销社助农服务中心	SSE	4.2	工业噪声	污染源、以往监测点
23-99	网格布点	/	/	网格点	背景点
100-103	厂址进场路、大件路	/	/	交通噪声	污染源
104-105	冷却塔、反应堆	/	/	施工噪声	污染源 (24h)

表 3.2-8 地表水监测布点

点位编号	点位名称	方位	距离 (km)
W1	大坝河及其支流对照断面	N	2.21
W2	大坝河及其支流监测断面	WNW	1.09
W3	大坝河及其支流控制断面	W	1.27
W4	自然保护区附近监测断面	SW	4.32
W5	山佳水库断面	SSW	1.10
W6	南蒙塘水库断面	SE	0.92

表 3.2-9 监测分析方法依据及检出限

序号	类别	检测项目	分析方法	设备型号	检出限
1	地表水	水温	《水质水温的测定温度计或颠倒温度计测定法》 GB/T 13195-1991	水银温度计/-6-40℃	——
2		pH	《水质 pH 值的测定电极法》HJ 1147-2020	水质综合分析仪 SX751	——
3		溶解氧	《水质溶解氧的测定电化学探头法》HJ 506-2009	溶解氧测定仪/JPSJ-605	0.01 mg/L
4		高锰酸盐指数	《水质高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892-1989	滴定管	0.5 mg/L
5		氨氮	《水质氨氮的测定纳氏试剂分光光度法》HJ 535-2009	紫外可见分光光度计/UV POWER	0.025 mg/L
6		石油类	《水质石油类的测定紫外分光光度法（试行）》 HJ 970-2018	紫外可见分光光度计/UV POWER	0.01 mg/L
7		悬浮物	《水质悬浮物的测定重量法》GB/T 11901-1989	电子天平/AUY220	4 mg/L
8		镉	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱 法》 HJ 700-2014	电感耦合等离子体质谱仪/ 7900 ICP-MS	0.00005 mg/L
9		铬			0.00011 mg/L
10		铅			0.00009 mg/L
11		砷			0.00012 mg/L
12		铜			0.00008 mg/L
13		锌			0.00067 mg/L
14		总汞	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》 HJ 694-2014	原子荧光分光光度计 /AFS-930	0.00004 mg/L
15		总氮	《水质总氮的测定碱性过硫酸钾消解紫外分光光 度法》HJ 636-2012	紫外可见分光光度计/UV POWER	0.05 mg/L
16		总磷	《水质总磷的测定钼酸铵分光光度法》 GB/T 11893-1989	紫外可见分光光度计/UV POWER	0.01 mg/L
17		化学需	《水质化学需氧量的测定重铬酸盐法》HJ	滴定管	4 mg/L

序号	类别	检测项目	分析方法	设备型号	检出限
		氧量	828-2017		
18		BOD ₅	《水质五日生化需氧量（BOD ₅ ）的测定稀释与接种法》HJ 505-2009	生化培养箱/ SHP-150 溶解氧测定仪/JPSJ-605	0.5 mg/L
19		阴离子表面活性剂	《水质阴离子表面活性剂的测定亚甲蓝分光光度法》 GB/T 7494-1987	可见分光光度计/V1200 型	0.05 mg/L
20		挥发酚	《水质挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》 HJ 503-2009	紫外可见分光光度计/UV POWER	0.0003 mg/L
21		氰化物	《水质氰化物的测定容量法和分光光度法》 HJ 484-2009	紫外可见分光光度计/UV POWER	0.004 mg/L

表 3.2-10 地下水监测布点

序号	监测点位	选点原因
1	围肚村	项目管线东侧，以往监测点
2	松明村	项目管线东侧，以往监测点
3	低村	项目管线东侧，以往监测点
4	斋堂角村	项目管线东侧，新增监测点
5	村头村	项目管线东侧，以往监测点
6	那腮村	项目管线下游东侧，新增监测点
7	独田村	项目管线下游西侧，以往监测点
8	石基头村	项目管线下游东侧，以往监测点

表 3.2-11 监测分析方法依据及检出限

监测对象	监测项目	检出限	监测依据
地下水	溶解性总固体	2mg/L	生活饮用水标准检验方法感官性状和物理指标(8.1 溶解性总固体称重法)(GB/T5750.4-2006)
	汞	4×10^{-5} mg/L	水质汞、砷、硒、铋和锑的测定原子荧光法 (HJ694-2014)
	砷	3×10^{-4} mg/L	
	K ⁺	0.01mg/L	水质钾和钠的测定火焰原子吸收分光光度法 (GB11904-1989)
	Na ⁺	0.01mg/L	
	Ca ²⁺	0.02mg/L	水质钙和镁的测定原子吸收分光光度法 (GB11905-1989)
	Mg ²⁺	0.002mg/L	
	铅	0.09μg/L	水质 65 种元素的测定电感耦合等离子体质谱法 (HJ700-2014)
	镉	0.05μg/L	
	铁	0.82μg/L	
	锰	0.12μg/L	
	铜	0.08μg/L	
	锌	0.67μg/L	
	钼	0.06μg/L	
	硼	1.25μg/L	
	氟化物	0.05mg/L	水质氟化物的测定离子选择电极法 (GB7484-1987)
	pH 值	/	《水和废水监测分析方法》(第四版增补版) 国家环境保护总局 (2002 年) 便携式 pH 计法 (B) 3.1.6 (2)
	耗氧量	0.05mg/L	生活饮用水标准检验方法有机物综合指标 (GB/T5075.7-2006) (1)

	氨氮	0.025mg/L	水质氨氮的测定纳氏试剂分光光度法（HJ535-2009）
	总硬度	5.0mg/L	水质钙和镁总量的测定 EDTA 滴定法（GB/T7477-1987）
	亚硝酸盐氮	0.003mg/L	水质亚硝酸盐氮的测定分光光度法（GB/T7493-1987）
	硝酸盐氮	0.08mg/L	水质硝酸盐氮的测定紫外分光光度法（试行）（HJ/T346-2007）
	挥发酚	3×10^{-4} mg/L	水质挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法（HJ503-2009）
	氰化物	0.002mg/L	生活饮用水标准检验方法无机非金属指标（GB/T5075.5-2006）（4）
	六价铬	0.004mg/L	生活饮用水标准检验方法金属指标（GB/T5075.6-2006）（10）
	总大肠菌群	/	生活饮用水标准检验方法微生物指标（GB/T5075.12-2006）（2）
	细菌总数	/	水质细菌总数的测定平皿计数法（HJ1000-2018）
	碳酸根	/	地下水水质检验方法滴定法测定碳酸根、重碳酸根和氢氧根（DZ/T0064.49-1993）
	重碳酸根	/	
	氯离子	/	水质无机阴离子（ F^+ 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} ）的测定离子色谱法（HJ84-2016）
	硫酸根	/	
	氯化物	0.009mg/L	水质氯化物的测定硝酸银滴定法（GB11896-89）
	硫化物	0.1mg/L	水质硫化物的测定碘量法（HJ/T60-2000）
	阴离子表面活性剂	0.05mg/L	水质阴离子表面活性剂的测定亚甲蓝分光光度法（GB7494-87）

表 3.2-12 海洋功能区及其环境保护要求

海洋功能区类别	功能区名称	站点	海水水质执行标准
海洋保护区	广西合浦儒艮国家级自然保护区	S1、S2、S3、S4、S5、S6、S7	一类
	广西山口国家级红树林生态自然保护区	S8、S9、S10、S11	一类
	遂溪中国鲎县级自然保护区	S14、S15	一类
农渔业区	北海珍珠母贝原种场生态区	S12	一类
	英罗港湾口浅海渔业用海区	S13	一类
	英罗港-海康港农渔业区	S18、S19	二类
工业与城镇用海区	龙头沙二类区	S17、S20、S23	二类
	龙头沙四类区	S16	四类
	安铺港工业与城镇用海区	S21、S22、S24、S25	三类

表 3.2-13 水文指标引用标准及分析方法

序号	项目	引用标准及分析方法	检出限
1	水温	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/25.1 表层水温表法	—
2	盐度	《海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/6.2.1 盐度测量	—
3	透明度	《海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/10 海水透明度、水色和海发光观测	—
4	水色	《海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测》GB/T 12763.2-2007/10 海水透明度、水色和海发光观测	—
5	水深	《海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测》 GB/T12763.2-2007/4.8 水深测量	—

表 3.2-14 水质指标引用标准及分析方法

序号	项目	引用标准及分析方法	检出限
1	pH	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/26 pH 计法	—
2	悬浮物	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/27 重量法	2mg/L
3	溶解氧	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/31 碘量法	—
4	化学需氧量	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/32 碱性高锰酸钾法	0.15mg/L
5	硝酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/38.2 铋镉 还原法	0.001mg/L
6	亚硝酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/37 萘乙二胺分光光度法	0.0005mg/L
7	氨盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/36.1 靛酚蓝分光光度法	0.0007mg/L
8	活性磷酸盐	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/39.1 磷钼蓝分光光度法	0.0008mg/L
9	石油类	《水质 石油类的测定 紫外分光光度法（试行）》HJ 970-2018	0.01mg/L
10	硫化物	《水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法》HJ 1226-2021	0.01mg/L
11	汞	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/5.1 原子荧光法	0.007μg/L

序号	项目	引用标准及分析方法	检出限
12	砷	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB 17378.4-2007/11.1 原子荧光法	0.5µg/L
13	硼	《水质 硼的测定 姜黄素分光光度法》HJ/T 49-1999	0.15mg/L
14	锌	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/9.2 阳极溶出伏安法	1.2 µg/L
15	镉	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/8.2 阳极溶出伏安法连	0.09 µg/L
16	铅	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/7.2 阳极溶出伏安法连	0.3 µg/L
17	铜	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/6.2 阳极溶出伏安法连	0.6 µg/L
18	总铬	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/10.1 无火焰原子吸收分光光度法	0.4 µg/L
19	镍	《海洋监测规范 第4部分：海水分析》GB17378.4-2007/4.2 无火焰原子吸收分光光度法	0.5 µg/L
20	硒	《近岸海域环境监测技术规范 第三部分 近岸海域水质监测》HJ 442.3-2020 附录 G 原子荧光法	0.2µg/L
21	六价铬	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB 7467-87	0.004 mg/L

表 3.2-15 电磁环境监测点位统计表

序号	点位名称	点位类型	2021 年监测点位	监测因子	选取理由
1	厂区边界 1	厂区本底点	厂区 1	电场强度、 磁场强度、 磁感应强度	厂区，以往监测点
2	厂区边界 2	厂区本底点	厂区 2		厂区，以往监测点
3	厂区边界 3	厂区本底点	厂区 8		厂区，以往监测点
4	厂区边界 4	厂区本底点	无		补充边界点位
5	厂区边界 5	厂区本底点	无		补充边界点位
6	厂区边界 6	厂区本底点	无		补充边界点位
7	厂区厂房 1	厂区本底点	厂区 7		厂区，以往监测点
8	厂区厂房 2	厂区本底点	厂区 3		厂区，以往监测点
9	厂区厂房 3	厂区本底点	厂区 4		厂区，以往监测点
10	厂区厂房 4	厂区本底点	厂区 6		厂区，以往监测点
11	开关站	开关站	厂区 5		开关站，以往监测点
12	输电线路	输电线路	无		补充未来线路点位
13	孔子陂村	线路方向敏感点	无		补充线路方向敏感点
14	塘尾村	线路方向敏感点	无		补充线路方向敏感点
15	龙塘村	线路方向敏感点	无		补充线路方向敏感点
16	荔枝江	线路方向敏感点	无		补充线路方向敏感点
17	大埔	线路方向敏感点	无		补充线路方向敏感点
18	南蒙塘	周边敏感点	南蒙塘		敏感点，以往监测点
19	南桐村	周边敏感点	南桐村		敏感点，以往监测点
20	车板镇	周边敏感点	车板镇		敏感点，以往监测点
21	德耀村	周边敏感点	德耀村		敏感点，以往监测点
22	平垌村	周边敏感点	平垌村		敏感点，以往监测点
23	110KV 通深光伏电站东侧	电磁污染源	无		辐射源
24	110KV 通深光伏电站南侧	电磁污染源	无		辐射源

序号	点位名称	点位类型	2021 年监测点位	监测因子	选取理由
25	110KV 通深光伏电站西侧	电磁污染源	无		辐射源
26	110KV 通深光伏电站北侧	电磁污染源	无		辐射源
27	变电站进线 1	电磁污染源	无		辐射源
28	变电站进线 2	电磁污染源	无		辐射源
29	110KV 高核线 1	电磁污染源	无		辐射源
30	110KV 高核线 2	电磁污染源	无		辐射源
31	松明坡基站	辐射源, 移动 (5G)	松明坡基站	电场强度、 功率密度	辐射源, 以往监测点
32	车板镇中心小学基站	辐射源, 移动/联通 (5G)	车板镇中心小学基站		辐射源, 以往监测点
33	车板镇基站 1	辐射源, 移动 (5G)	车板镇基站 1		辐射源, 以往监测点
34	车板镇基站 2	辐射源, 移动 (5G)	车板镇基站 2		辐射源, 以往监测点
35	车板镇基站 3	辐射源, 联通	车板镇基站 3		辐射源, 以往监测点
36	南衙岭基站	辐射源, 移动 (5G)	南衙岭基站		辐射源, 以往监测点
37	凤地基站	辐射源, 移动/联通 (5G)	凤地基站		辐射源, 以往监测点
38	对岸基站	辐射源	对岸基站		辐射源
39	德耀村基站	辐射源, 联通	福耀村基站		辐射源, 以往监测点
40	大陂基站	辐射源, 移动 (5G)	孔子陂基站		辐射源, 以往监测点
41	社坛坡基站	辐射源, 移动/电信 (5G)	社坛坡基站		辐射源, 以往监测点
42	荔枝江基站	辐射源, 移动 (5G)	荔枝江基站		辐射源
43	核电厂东侧基站	辐射源, 移动 (5G)	核电厂东侧基站		辐射源



图 3.2-1 环境空气监测点位分布图



图 3.2-2 厂址区域噪声测量点布设图



图 3.2-3 地表水采样点示意图



图 3.2-4 地下水采样点示意图

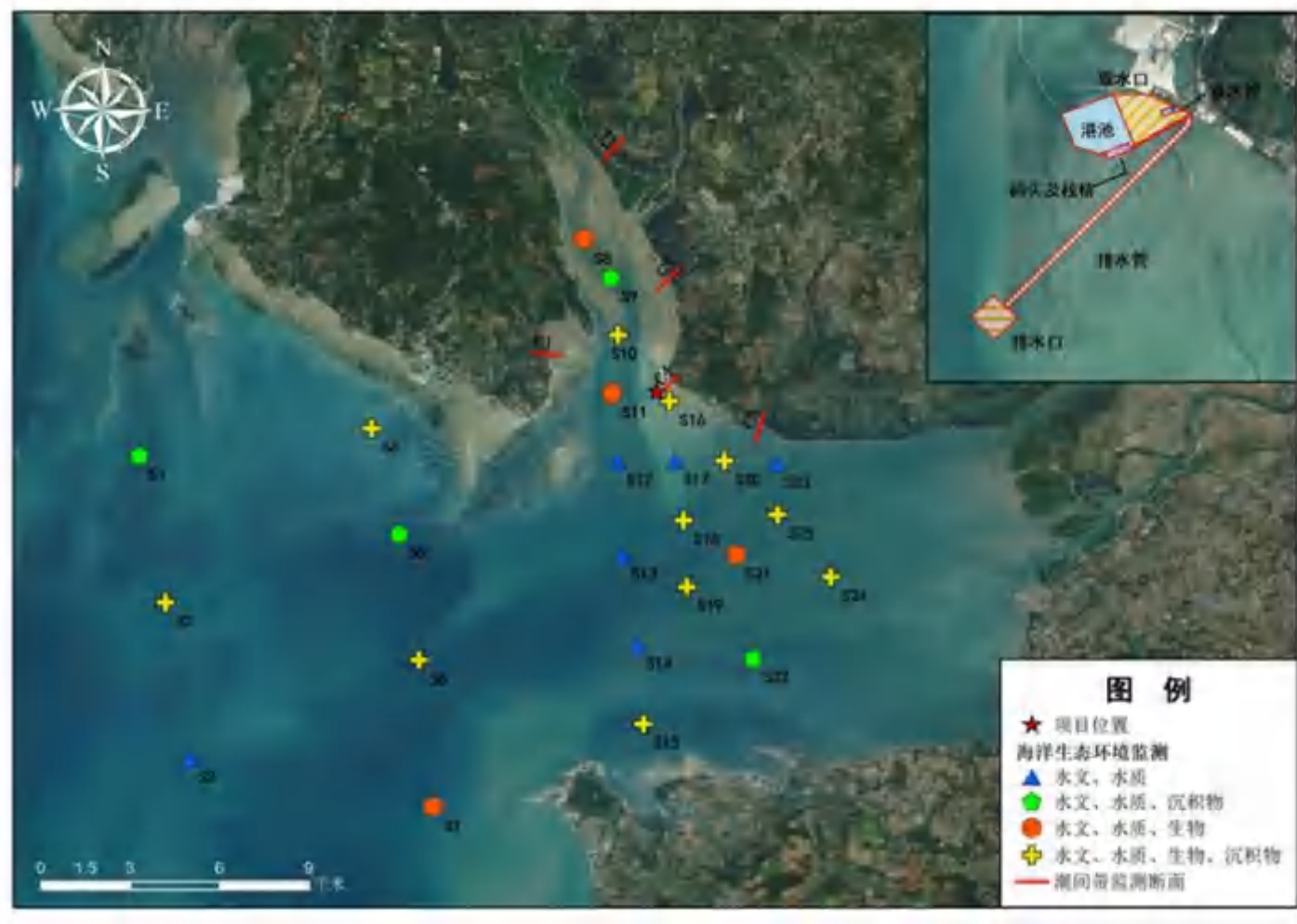


图 3.2-5 海水监测点站位图



图 3.2-6 电磁辐射监测点示意图

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.1.1 规划设计原则

广东廉江核电项目规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，一期建设 2 台 CAP1000 机组，本期工程建设 2 台国和一号核电机组。本期工程的规划设计原则如下：

- 总体规划选用技术先进、符合我国核电发展的第三代非能动压水堆核电机组；
- 核岛和常规岛应布置在地基承载力满足要求、均匀稳定的基岩上；
- 充分结合地形、地质条件，尽可能减少土石方开挖、回填工程量以及其它工程量，降低工程投资和缩短工期；
- 厂区总平面规划应满足生产流程和运输的要求；
- 循环冷却水供水系统应尽可能靠近汽轮发电机厂房，以缩短循环冷却水管线和降低运行费用；
- 合理布置汽轮发电机厂房、主变压器和开关站三者之间的平面位置，应尽可能使输电线路出线方便；
- 在满足生产流程的前提下注意功能分区，合理区划放射性厂房和非放射性厂房的位置；
- 总平面布置必须符合核安全要求，如与核安全有关的建筑物和构筑物应尽量避开汽轮机飞射物的影响区；
- 道路布置应短捷，人车分流，以满足生产、大件运输、消防和安全等要求；
- 厂区场地的设计标高应适宜，既满足核安全要求，又合理降低汽轮机厂房的标高以降低运行费用；
- 在满足生产流程前提下紧凑布置，使生产管理方便、用地少、道路和工程管线短捷；
- 主厂房群四周应留足够的场地，以满足工程管线布置和施工等需要。

4.1.1.2 功能分区规划及布置

1) 主厂房建筑群位置的确定

廉江核电项目规划容量为 6 台机组，每一台机组由核岛与常规岛组成。核岛根据工艺要求，主要包括：反应堆厂房、辅助厂房、附属厂房、放射性废物厂房；常规岛

建构筑物包括：汽机厂房和变压器区域构筑物。每一期工程的核岛、常规岛及其密切相关的辅助厂房（如核岛除盐水储存箱、硼酸箱等）有机地组成一个综合体，这个综合体即为本期工程的主厂房建筑群。

核电厂的主厂房建筑群是整个厂区最核心和最重要的部分，所以主厂房建筑群位置的确定对整个核电厂的总体规划和厂区的总平面布置都是非常关键的。主厂房建筑群位置主要是依据《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101）、《核动力厂设计安全规定》（HAF102）等法规、导则和规范，充分考虑地形特征、地下岩土适宜性、地基条件及主厂房与循环水冷却系统、电力出线、BOP 设施区的工艺联系，并综合生产运行、交通运输、实物保护等多方面因素最终确定的。

考虑地形条件部分，根据地形地貌与可研阶段岩土工程勘察成果，主厂房宜采用并列布置方案。本期工程位于一期工程北侧，3、4 号机组主厂房依次和 1、2 号机组主厂房并列布置在田螺岭南侧山体；1、2 号机组主厂房靠近水库布置，核岛朝向东布置、常规岛朝向西布置，固定端在南侧，扩建方向为由南向北。3、4 号机组主厂房布置间距 260m；核岛朝向东布置、常规岛朝向西布置。

2) 厂区扩建方向

考虑到厂址的取水方向、主要交通流向和扩建条件，厂址的工程扩建方向由南向北。

3) 供排水方案

廉江核电项目 3、4 号机组考虑采用带海水冷却塔的二次循环冷却方式，循环水补充水拟在龙头沙渔港以南海域取水，考虑喇叭口式取水头部+取水箱涵方案，按照全厂规划机组容量一次建设海水取水泵房，规划容量机组（2 台 CAP1000+4 台国和一号）最大补给水约 $18.50\text{m}^3/\text{s}$ 。

按廉江核电项目 1~4 号机组工程排水量一次建设 1 条双孔海域排水箱涵。

海水输水管道按规划容量机组统筹考虑，1~4 号机组工程合并敷设 2 根补给水管和 4 根排水管道，1~4 号机组海水补给水管道的管径采用 DN2000，排水管道的管径采用 DN1400。

本期工程新增厂外液态流出物管线，初步设计 2 根（1 用 1 备）液态流出物管线，采用管中管（双层管）方案：内管管径为 DN280，管材为 HDPE 塑料给水管，热熔连接；外管管径为 DN400，管材为焊接钢管（Q235B），焊接连接；内管外壁设有支撑卡箍件，把内管支撑固定在外管内。目前该方案为初步方案，后续将进一步优化。

液态流出物管线与排水管线共线敷设。液态流出物进入双层管排放管线后，与一定量的海水冷却水排水混合，通过掺混降低双层管排放管线内放射性活度浓度。液态流出物管线内外管均设置有泄漏监测系统，并设置检漏井监测管线泄漏。

4) 电力出线规划

根据广东廉江核电一期 $2 \times 1250\text{MW}$ 机组接入系统专题研究（系统一次部分）（审定版）（2021 年 8 月），广东廉江核电项目 3、4 号机组拟采用 500kV 电压等级就近接入系统，2 台机组按 500kV 出线 2 回，至 500kV 茂名站 1 回、至 500kV 高州站 1 回。3、4 号机组接入系统最终方案以电网审查意见为准。

5) 交通运输规划

核电厂对外交通运输包括施工安装期间的运输、生产运行期间的日常运输、新/乏燃料运输、放射性固体废物运输以及核应急预案等；核电厂对外交通运输原则上考虑全厂的要求，本期工程充分利用一期工程已建设的厂外道路。

根据核电厂对外交通运输要求和厂址的交通条件，在施工安装期间，施工人员、建筑材料和中小型设备主要通过公路、部分通过公路与水路或铁路联运，运输至施工现场。大件设备通过水路运至核电厂已建的大件码头。大件码头配套的大件运输道路也已建成，连接现有省道 S388 及厂区进厂道路或应急道路，大件设备通过水路运至核电厂大件码头上岸，再用大型平板车运至施工现场。

核电厂投入运行后，日常的对外交通（包括职工上下班、普通货物的运输等）均采用公路运输。

根据应急计划和交通运输的要求，厂址设置了进厂道路和应急道路。进厂道路从厂区主出入口向南接至省道 S388，同时可至车板镇，职工上下班的对外交通主要考虑通过进厂道路；应急道路从厂区应急出入口接至高速公路 G75，途中与省道 S388 相通。应急道路等级为二级公路；进厂道路和应急道路在一期工程已建，本期工程不再新建。

厂址总体规划详见图 4.1-1。

6) 竖向设计

本工程厂址的设计基准洪水位为 17.56m ，综合考虑地基条件以及土石方平衡，厂区与核安全有关的区域，其室外地面设计标高定为 19.00m ；道路中心线标高比室外地面设计标高略低；其他部分区域室外地面设计标高略低于 19.00m ，初步定为 18.70m ；厂前区部分，进厂道路厂内段及其南侧区域室外地面设计标高定为 20.00m ，

进厂道路北侧区域标高由南向北随地势逐渐变高，由 20.00m 渐变至 24.00m。

声屏障方案设计为堆土+边坡，堆土顶地面设计标高为 35.7m，分别向两侧放坡：向厂外放坡至自然标高，向厂内放坡至厂内地面设计标高 18.70m。

7) 土石方工程量

本期工程挖方量 139.8 万 m^3 ，填方量 146 万 m^3 ，余方-4.8 万 m^3 ，正挖阶段，综合利用或堆放至厂外弃土场。二期负挖工程 45 万 m^3 ，综合利用或堆放至厂外弃土场。土方最终松散系数拟取 1.01。

4.1.2 本工程厂区总平面布置

根据厂区总平面规划依据、布置原则、工程规模及子项组成，同时结合国内外核电站布置经验，并结合厂址地形、水文、地质、交通等设计基础资料，进行总平面布置。

1) 主厂房区的布置

3、4 号机组主厂房依次和 1、2 号机组主厂房并列布置在田螺岭南侧山体，1、2 号机组主厂房靠近水库布置，3、4 号机组主厂房位于 1、2 号机组主厂房北侧，核岛朝向东布置、常规岛朝向西布置，固定端在南侧，扩建方向为由南向北。3、4 号机组主厂房布置间距 260m；核岛朝向东布置、常规岛朝向西布置；3 号机组与 2 号机组的间距约 256m。

2) 电气设施布置

500kV 开关站采用屋内配电装置。开关站布置在厂区的东侧，出线方向为东南方向。考虑到本工程地处粤西沿海地区，高潮湿、高盐雾、夏季台风频繁，出现雷击、污闪的可能性偏高，因此，由主变至 500kV 配电装置的连接，本期工程与一期工程的方式一致，采用 GIL 廊道连接，由主厂房辅助变压器至 220kV 开关站采用电缆沟连接。

3) 冷却塔区布置

一期工程每台机组配置 1 座自然通风海水冷却塔和 1 座循环水泵房，已开展建设。本期工程每台机组配置 1 座自然通风海水冷却塔和 1 座循环水泵房，每座自然通风冷却塔淋水面积 24000m^2 ，零米直径 193m，高度为 240.37m。1~4 号机组的冷却塔区均布置在主厂房区的西侧。

冷却塔均尽可能靠近汽机厂房，使循环水管线布置尽量短捷。

机械通风冷却塔和厂用水泵房布置在 3、4 号机组自然通风冷却塔东北侧。

4) 辅助生产设施区的布置

动力辅助设施等相对集中布置并尽量靠近主厂房，以缩短动力管线的长度。本工程海水预处理设施布置在厂区西侧、海水淡化厂房和除盐水泵房集中布置在厂区南侧。三废区布置在一期工程主厂区的南侧，液态流出物排放方便，便于一期工程先行使用，一期已完成建设，同时兼顾本期工程的使用。

5) 厂前区的布置

考虑将厂前办公区（主要建构筑物为综合办公楼、食堂、培训中心（厂区）和应急指挥中心等）和倒班宿舍布置在厂区的东南角，靠近水库布置，视野和景观环境较好，并靠近进厂道路出入口，交通便捷。上述子项为全厂共用，本期工程利用一期工程已建的厂前办公设施，本期不再新建。

6) 道路及运输

整个厂区以及主厂房群四周均布置了环形主干道，每个厂房都设有支路与主干道相连，以满足运输（包括大件运输）和消防等要求。

7) 主要技术经济指标

广东廉江核电项目总用地面积为 267.30hm^2 ，厂址用地范围内主要为林地。一期工程已完成征地 100.61hm^2 ，本期工程新增征地 103.562hm^2 （含海水管线阀门井 0.246 公顷）。

8) 绿化布置

本工程为广东廉江核电项目 3、4 号机组工程，主要布置主厂区、辅助生产设施区等的生产子项，多数位于保护区围墙内，其余区域设置少量绿地。全厂绿化率约 5%~10%。

主要技术经济指标表见表 4.1-1。

总平面布置图见图 4.1-2。

4.1.3 气态和液态流出物及排放口布置

本工程两台机组产生的放射性废气经处理达标后通过各自位于辅助厂房顶部的烟囱排入环境。厂址气象参考站的常年主导风向为 E 风，厂前办公区（主要建构筑物为综合办公楼、食堂、培训中心和应急中心等）布置在厂区的东南角，靠近水库布置。烟囱位于厂前办公区的下风向，因此气态流出物排放口设置较为合理。

产生的放射性废液经过放射性废液系统（WLS）处理后，液态流出物进入该系统的厂区废液大贮罐，经监测符合排放控制标准后，经液态流出物排放管线排入北部湾海域。循环冷却水排水口设置在厂区西南角，距离海域较近，同时离厂前办公区位置较远，因此排放口设置较为合理。

气态和液态流出物及污染物排放口位置示意详见图 4.1-3。

4.1.4 子项列表

广东廉江核电项目具体子项见表 4.1-2。其中本工程相关子项见备注。

表 4.1-1 主要技术经济指标表

序号	名称		单位	数量	备注
01	工程总用地		hm ²	267.30	不包括厂外管线和部分员工宿舍及停车场
其中	本期征地		hm ²	103.562	含海水管线阀门井 0.246 hm ²
02	厂区建设用地		hm ²	58.51	控制区围墙内
03	本期工程单位容量用地		m ² /kW	0.18	考虑建设 2 台“国和一号”
04	循环水管道	供水管	m	1358	由汽机厂房至循环水泵房，指 2 台机组
		排水管	m	1440	由汽机厂房至自然通风冷却塔，指 2 台机组
05	电气廊道	500kV GIL 廊道	m	1705	
		220kV 电缆沟	m	1550	
06	综合管廊长度		m	2697	
07	围栏长度	控制区	m	2169.57	指 2 台机组
		保护区	m	2441.33	指 2 台机组
08	土石方工程量	挖方	万 m ³	139.8	指 3、4 号机组
		填方	万 m ³	146	
		余方	万 m ³	-4.8	基本土石方平衡
		本工程负挖量	万 m ³	45	综合利用或堆放至厂外弃土场

表 4.1-2 主要建、构筑物一览表

子项 代码	名称	配置	备注
00	室外工程	-	
001	厂内道路	双堆共用，本期新建	
002	综合管廊	双堆共用，本期新建	
004	进厂道路	全厂共用，一期建设	
005	应急道路	全厂共用，一期建设	
006	停车场	全厂共用，一期建设	
007	大件运输道路	全厂共用，一期建设	
01	开关站和变电所	-	
011	500kV 开关站	全厂共用	土建一次建成，设备部分安装，本期新增部分安装
012	220kV 开关站	全厂共用	土建一次建成，本期新增设备安装
015	变压器区域构筑物	单堆设置，本期新建	
02	水工设施	-	
021	大件码头	全厂共用，一期建设	
022A	淡水取水设施	双堆共用，一期建设	仅一期工程
023	厂外海水取水设施	全厂共用，一期建设	
024	厂外海水排水设施	双堆共用，一期建设	一期建设，子项计入本期工程
027A	淡水取水管线	双堆共用，一期建设	仅一期工程
027B	淡水取水管线(厂内段)	双堆共用，一期建设	
028	厂内海水预处理及储存设施	双堆共用，本期新建	
029	海水取水泵房	全厂共用，一期建设	土建一次建成，本期新增设备安装
02A	海水排水混合池与泵房	双堆共用，本期新建	
02B	厂外海水取排水管线	单堆设置，一期建设	取水管线双堆共用，排水管线单堆设置 一期建设，子项计入本期工程
02C	厂内海水取排水管线	单堆设置，本期新建（部分）	取水管线双堆共用，排水管线单堆设置
03	化学、燃料、气体处理和贮存	-	
031	化学品库	全厂共用，一期建设	
033	供氢站及氢气升压站	全厂共用，一期建设	
034	事故放油池	单堆设置，本期新建	
036	高压氢气储气站	单堆设置，本期新建	
039	气体厂房	单堆设置，本期新建	
04	不同规格的电缆沟/架空线	-	
041	500kV GIL 沟	单堆设置，本期新建	
042	220kV 电缆沟	单堆设置，本期新建	
043	其他等级电缆沟	单堆设置，本期新建	
045	厂外 500kV 架空线	全厂共用，本期扩建	
046	厂外 220kV 架空线	全厂共用，本期扩建	一期建一回，二、三期建一回

子项 代码	名称	配置	备注
05	保卫控制中心	1#、2#、3#、4#机组共用，一期建设	
06	应急指挥中心	全厂共用，一期建设	
061	移动泵和移动电源储存间	全厂共用，一期建设	
09	办证中心、出入口、警卫室	-	
092	主厂区保护区出入口	双堆共用，本期新建	
092A	主厂区保护区辅助出入口	1#、2#、3#、4#机组共用，一期建设	
093	厂用水泵房保护区出入口	双堆共用，本期新建	
095	厂区大门	全厂共用，一期建设	
096	厂区辅助出入口	全厂共用，一期建设	
10	核岛	-	
11	反应堆厂房	单堆设置，本期新建	
12	辅助厂房	单堆设置，本期新建	
13	除盐水贮箱	单堆设置，本期新建	
14	硼酸贮罐厂房	单堆设置，本期新建	
15	非能动安全壳冷却辅助水箱	单堆设置，本期新建	
16	凝结水贮箱	单堆设置，本期新建	
20	汽机厂房	单堆设置，本期新建	
22	润滑油贮油箱	单堆设置，本期新建	
25	辅助锅炉房	全厂共用，一期建设	
26	柴油驱动消防泵房	单堆设置，本期新建	
27	第一消防水箱	单堆设置，本期新建	
271	消防稳压罐	单堆设置，本期新建	
28	第二消防水箱	单堆设置，本期新建	
30	淡水处理厂	双堆共用，一期建设	仅一期工程
31	海水淡化厂房	双堆共用，本期已建	一期建设，子项计入本期工程
32	除盐水泵房	双堆共用，本期新建	
37	生活污水处理设施	全厂共用，一期建设	
37A	厂前区生活污水传输泵房	全厂共用，一期建设	
37B	临建区生活污水传输泵房	全厂共用，一期建设	
38	非放射性生产废水处理厂房	双堆共用，本期新建	
381	含油废水处理厂房	双堆共用，本期新建	
382	含氨氮废水处理厂	全厂共用，一期建设	
40	附属厂房	单堆设置，本期新建	
41	运行和维修技术支持大楼及控制区出入口	1#、2#、3#、4#机组共用，一期建设	
50	放射性废物厂房	单堆设置，本期新建	
51	厂址废物处理设施	全厂共用，一期建设	
516	液态流出物贮罐厂房	全厂共用，一期建设	
53	去污和热检修车间及特种汽车库	全厂共用，一期建设	
56	综合实验室和放射源库	全厂共用，一期建设	
60	柴油发电机厂房	单堆设置，本期新建	
61	燃油贮存罐	单堆设置，本期新建	

子项 代码	名称	配置	备注
62	辅助柴油机厂房	单堆设置，本期新建	仅二三期工程
611	轻水泡沫站	单堆设置，本期新建	
65	综合办公楼	全厂共用，一期建设	
651	培训中心（厂区）	全厂共用，一期建设	
653	食堂	全厂共用，一期建设	
657	倒班宿舍	全厂共用，一期建设	一期建部分，本期新建部分
66	永久仓库	-	
661	永久仓库 A、B 级库	全厂共用，一期建设	
662	永久仓库 C 级库	全厂共用，一期建设	
663	油脂库	全厂共用，一期建设	
664	一般固体废物库	全厂共用，一期建设	
665	非放危险废物库	全厂共用，一期建设	
666	变压器油罐储存设施	全厂共用，一期建设	
67	检修厂房（永久）	-	
671	综合检修厂房	全厂共用，一期建设	
673	模拟体厂房	全厂共用，一期建设	
675	检修区连廊	全厂共用，一期建设	
69	其他永久性服务设施	-	
694	警卫营房	全厂共用，一期建设	
695	消防站	全厂共用，一期建设	
696	环境监测站	全厂共用，一期建设	
697	气象观测站	全厂共用，一期建设	
71	循环水泵房	单堆设置，本期新建	
72	循环水管	单堆设置，本期新建	
73	循环水回水沟	单堆设置，本期新建	
74	循环水处理车间（循环水药品 储存间）	双堆共用，本期新建	
75	厂用水泵房	单堆设置，本期新建	
751	备用补水泵房	双堆共用，本期新建	
77	声屏障墙	双堆共用，本期新建	
78	机械通风冷却塔及水池	单堆设置，本期新建	
79	大型冷却塔	单堆设置，本期新建	
791	溢流池	双堆共用，本期新建	
792	冷却塔补水泵房	双堆共用，本期新建	仅二三期工程
80	临时施工设施	-	
801	10kV 施工用电设施	全厂共用，一期建设	
802	110kV 施工变电站	全厂共用，一期建设	
803	施工净水设施	全厂共用，一期建设	
806	施工取水设施	一期建设	
809	重件道路	一期建设	
810	货车和公共停车场	全厂共用，一期建设	
811	建设期办公楼	全厂共用，一期建设	
812	厂前区临时食堂	-	
813	厂前区临时办公楼	-	
815	厂前区临时大门	-	
816	参观平台		
817	安全质量培训中心	全厂共用	

子项 代码	名称	配置	备注
82	模块拼装场地	全厂共用，一期建设	包括 CA/CV/IHP/CR10 拼 装场地
821	CV 筒体组装厂房 A（单跨）	全厂共用	
822	CV 筒体组装厂房 B（双跨）	全厂共用	
823	CA01 模块组装厂房	全厂共用	
824	CA20 模块组装厂房	全厂共用	
828	门式起重机轨道基础	双堆共用，本期新建	
833	物资仓库 B、C 级库	全厂共用，一期已建	
838	门式起重机拼装场地	双堆共用，本期新建	
87	混凝土搅拌站	全厂共用，一期已建	
871	沙石料堆场及加工厂	全厂共用，一期已建	
891	混凝土/钢筋实验室	全厂共用，一期已建	
90	厂外设施	-	
658	清洁能源科普馆	车板镇，一期已建	
659	清洁能源科普展厅	车板镇，一期已建	
901	青平现场实验室	全厂共用，一期已建	
902	粤西分部新前沿站实验室	全厂共用，一期已建	
906	核应急备用指挥和支持中心	湛江市区，一期已建	
951	培训中心（市区）	湛江市区，一期已建	
953	培训基地食堂	湛江市区，一期已建	
955	宣传展示中心	湛江市区，一期已建	
957	培训基地宿舍	湛江市区，一期已建	
958	核能技术中心	湛江市区，一期已建	
959	海洋环境（红树林）保护研究 中心	湛江市区，一期已建	



图 4.1-1 全厂总体规划图

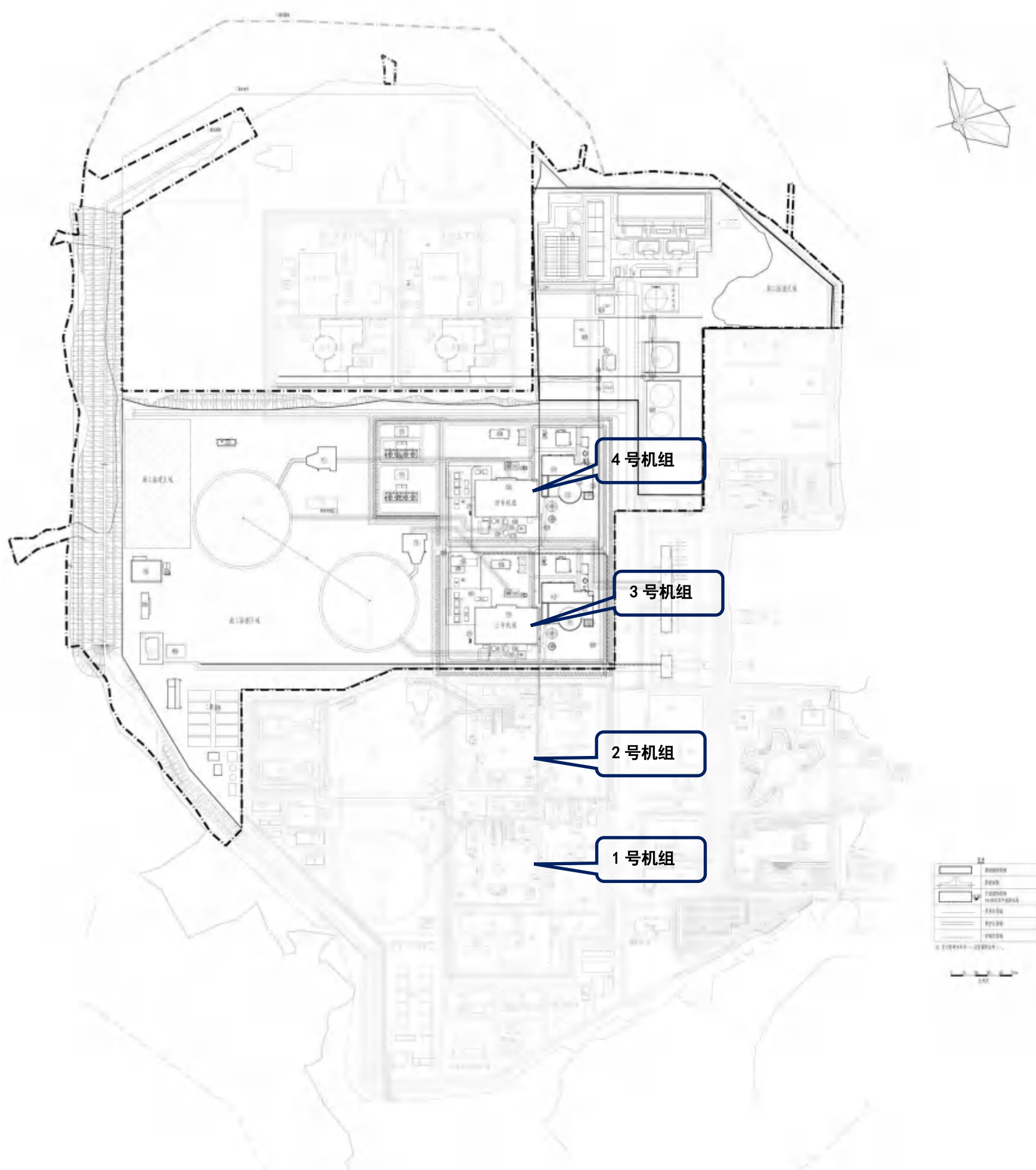


图 4.1-2 总平面布置图

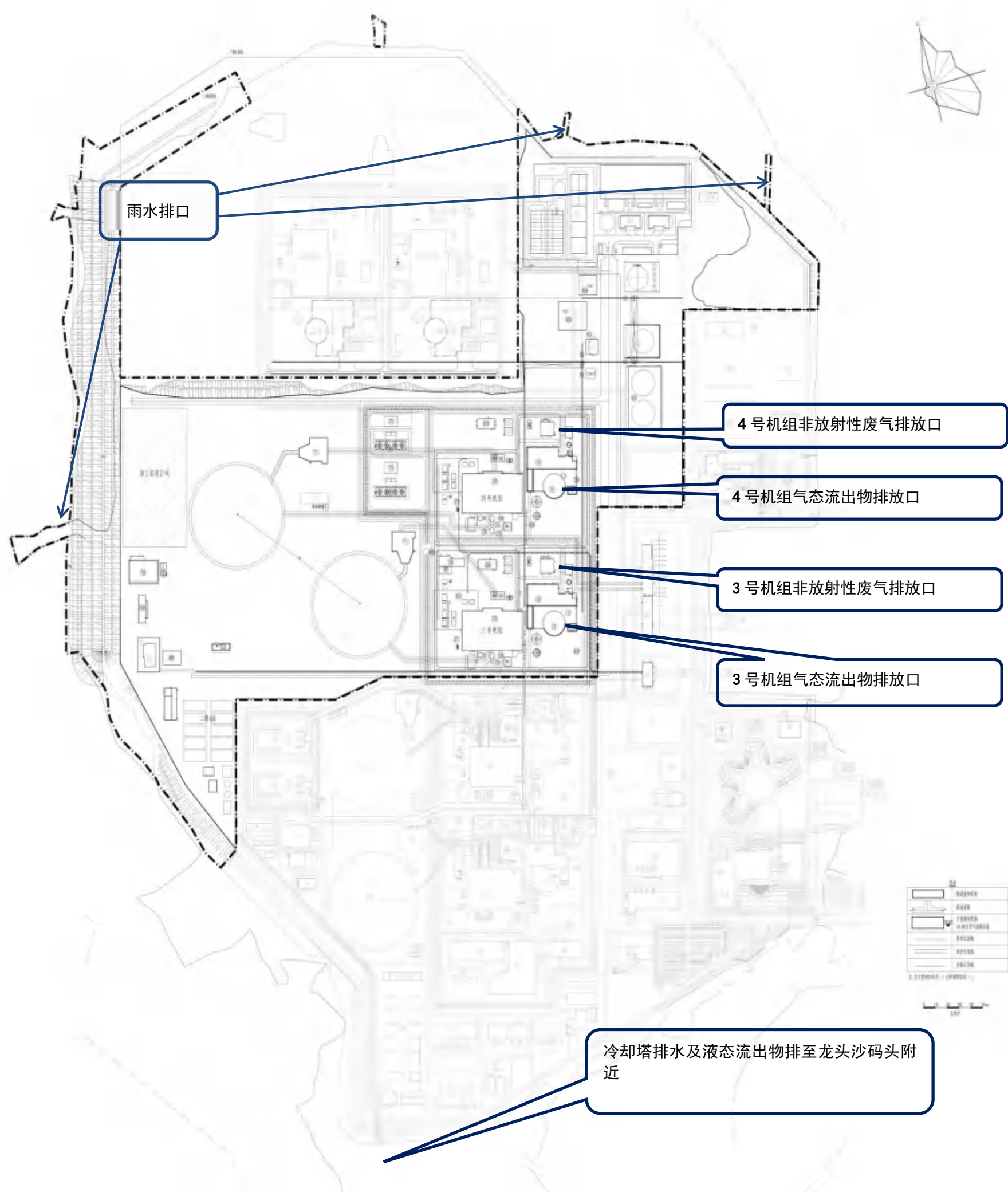


图 4.1-3 气态和液态流出物及污染物排放口位置示意图

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

广东廉江核电项目3、4号机组工程拟建2台国和一号核电机组，国和一号采用先进的非能动安全系统，不依赖泵、风机或柴油机等能动部件，仅利用压缩气体、重力、自然循环等自然驱动力即可驱动系统运行；非能动安全系统能够在没有安全级电源、设备冷却水及暖通等支持条件下实施安全功能，事故后操纵员可不干预时间达72小时。每台机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和电厂配套设备（BOP）三大部分组成：

- NI 包括整个核蒸汽供应系统以及相关的辅助系统和支持系统。主要由反应堆厂房、辅助厂房、附属厂房、放射性废物厂房、柴油机厂房及相关基础组成；
- CI 主要指汽轮机厂房及其厂房内的系统设备；
- BOP 则指 NI、CI 以外的辅助系统设备。

每台机组的核蒸汽供应系统（NSSS）的额定功率为4058MWt，反应堆堆芯额定热功率为4040MWt，机组额定电功率为1506MW。机组设计寿命为60年，机组可利用率93%。堆芯热工裕量大于15%，堆芯损伤频率为 $<1 \times 10^{-6}$ /堆年，大量放射性物质释放频率为 $<1 \times 10^{-7}$ /堆年。

4.2.2 核岛

核岛厂房由反应堆厂房和辅助厂房组成，其基础是一个整体。

4.2.2.1 燃料组件性能描述

本工程燃料组件采用17×17 RFA XL改进型燃料组件，该型燃料组件由17×17正方形排列的燃料棒和燃料组件骨架组成。燃料组件骨架由上管座、下管座、格架、导向管和仪表管组成。每个燃料组件包括289个格架栅元，其中24个由导向管占用，1个由仪表管占用，其余264个装入燃料棒。燃料棒装入燃料组件骨架内由格架夹持，使之保持在确定的轴向和径向位置上，并允许燃料棒沿轴向自由热膨胀。燃料棒端部与上、下管座之间留有足够的间隙，以补偿燃料棒与导向管间不同的热膨胀和辐照生长。

17×17 RFA XL改进型燃料组件的一些主要特点如下：

- 采用一体化上管座，减少产生松脱件的可能性；
- 燃料棒内设置上、下轴向低富集度区，减少中子轴向泄漏从而改善中子利用；

- 采用防异物下管座、保护格架和下部包壳预氧化，有效防止燃料棒的异物磨损破坏；
- 燃料棒内设置上、下气腔，降低堆芯下板的中子辐照损伤，并有效降低燃料棒内压；
- 采用 ZIRLO 合金作为包壳和结构件材料；
- 组件上半部装有四层搅混格架（IFM），提高堆芯热工安全性能；
- 导向管壁厚增加，提高组件整体刚度，降低控制棒不完全插入风险；
- 使用先进的 IFBA 可燃毒物（芯块柱面涂 ZrB_2 ）；
- 增加燃料棒与格架刚凸及弹簧的接触面积，采用优化搅混翼布置形式，增加底部格架弹簧力，以减少燃料棒振动磨蚀破坏可能性；
- 堆内测量仪表从燃料组件上部插入，与压力容器底部无贯穿件设计相匹配；
- 4.27 米（14 英尺）活性段燃料组件具有丰富的使用经验。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统(RCS)由两个传热环路组成，每个环路包括一台蒸汽发生器、两台反应堆冷却剂泵、一条热段主管道和两条冷段主管道。系统还包括一台稳压器、相关连接管道、阀门和用于运行控制和专设驱动的仪表。

系统的主要功能包括：

- 维持反应堆冷却剂压力边界，限制放射性向安全壳的释放，限制一次侧系统向非放二次侧系统和大气泄漏。
- 循环冷却剂，排出显热和衰变热，提供均匀的温度分布和化学性，补偿控制棒插入引起的负反应性。
- 监测反应堆冷却剂压力边界内的过程参数，向保护和安全监测系统(PMS)和操纵员提供所需信号。
- 在小破口失水事故时自动卸压，使非能动堆芯冷却系统(PXS)可以充分地冷却堆芯。
- 提供应急下泄以防止事故期间稳压器液位升高引起的长期满溢。
- 能够排出可能聚集在稳压器和反应堆压力容器上封头的不凝性气体，以增强事故后的堆芯冷却能力。

- 在事故工况下，将其产生的热量传递给蒸汽发生器系统（SGS），避免非能动余热排出系统启动。
- 通过稳压器喷雾和电加热器控制系统压力，有助于阻止非能动安全系统的启动。
- 在所有电厂运行工况下，监测反应堆冷却剂压力边界内的过程参数，向多样化驱动系统（DAS）和操纵员提供所需的信号。
- 手动可控卸压以缓解蒸汽发生器传热管破裂（SGTR），并防止多重失效状况下的高压熔堆。
- 在电厂功率运行、热备用、电厂冷却第一阶段时，循环冷却剂，将热量传递给 SGS 以冷却堆芯，正常运行时保证 RCS 温度的均匀分布和反应堆冷却剂中化学物质的均匀性，功率运行期间维持堆芯的中子链式反应和功率分布均匀并提供反应性控制，停堆运行期间补偿控制棒插入带来的负反应性，在电厂冷却第二阶段、冷停堆、换料和启动前期阶段，RCS 通过正常余热排出系统（RNS）排出堆芯衰变热。
- 除开盖换料外的电厂所有正常运行期间，控制系统压力，冷停堆模式至热备用模式期间控制系统压力和温度，向电厂控制系统（PLS）提供各种信号以控制 RCS 平均温度和控制棒、RCS 压力和稳压器液位等。
- 在电厂所有正常运行工况、电厂冷却和启动运行期间，监测反应堆冷却剂压力边界内的参数。

4.2.2.3 辅助系统

1) 化学和容积控制系统

化学和容积控制系统（CVS）由再生和下泄热交换器、树脂床和过滤器、补水泵、水箱和相关阀门、管道以及仪表组成。系统的主要功能包括：

- 净化：维持冷却剂纯度和活化程度在一个可接受的水平。
- 控制和补充反应堆冷却剂装量：维持 RCS 要求的冷却剂装量；电厂正常运行时维持设定的稳压器水位。
- 化学补偿和化学控制：在电厂启动时维持反应堆冷却剂的化学性能、正常稀释以补偿燃料消耗的反应性效应，以及停堆后的硼化，并通过维持合适的氢氧化锂浓度来控制 RCS 的 pH 值。

- 氧含量控制：在功率运行期间提供维持冷却剂中合适的氧浓度的手段，并在每次停堆后使氧浓度达到启动前合适的浓度。
- RCS 充满和压力试验：为 RCS 充满和压力试验提供手段。CVS 补水泵用于执行维修换料后的 RCS 水压试验，但不执行 RCS 的初始水压试验，CVS 可提供临时水压试验泵接口以支持该功能。
- 向辅助设备补充硼酸溶液：向需要硼化水的一次侧系统补充硼化水。
- 稳压器辅助喷淋—提供稳压器辅助喷淋以帮助降压。

2) 正常余热排出系统

正常余热排出系统（RNS）由两个序列组成，每个系列包含一台泵和一台热交换器以及相关的阀门、管道和仪表，两个系列共用一根连接到 RCS 的入口母管以及一根出口母管。系统的主要功能包括：

- 停堆热量排出：在电厂冷停堆期间排出堆芯衰变热和 RCS 显热。
- 停堆净化：换料期间提供从 RCS 到 CVS 的净化流。
- 安全壳内置换料水箱（IRWST）冷却：对 IRWST 进行冷却，保证 RNS 长期运行期间 IRWST 水温低于 100℃，正常运行期间水温不大于 49℃。
- 低压 RCS 补水和冷却：从 IRWST 或装料池向 RCS 提供低压补水，为堆芯冷却提供额外裕量。
- 低温超压保护：在启堆和停堆操作期间为 RCS 提供低温超压保护。
- 事故后安全壳水装量长期补充通道：在假想的安全壳泄漏事故情况下，为事故后安全壳水装量的长期补给提供通道。
- 事故后恢复：在 PXS 成功缓解事故后，从堆芯和 RCS 排出热量。
- 乏燃料池冷却：提供备用的乏燃料池冷却。

3) 乏燃料池冷却系统

乏燃料池冷却系统（SFS）由两个系列组成，每个系列包括一台泵、一台热交换器、一台除盐床、一台过滤器以及相关的阀门、管道和仪表，两个系列共用入口母管和回流母管。系统的主要功能包括：

- 乏燃料池冷却：运行期间从乏燃料池中排出衰变热，以维持其温度在可接受限值内。
- 乏燃料池净化：运行期间对乏燃料池水进行净化。
- 换料水池净化：换料操作期间对换料水池进行净化。

- 转运水：换料期间在 IRWST 和换料水池之间转运水。
- IRWST 净化：正常运行期间对 IRWST 进行净化和冷却。

4) 设备冷却水系统

设备冷却水系统(CCS)由两个系列组成,每个系列包括一台泵和一台热交换器、一台波动箱以及相关的阀门、管道和仪表。各系列单独设置供水/回水管道。两个波动箱分别连接在两个系列的设备冷却水回水管上。系统的主要功能包括:

- 在正常停堆时,向 RNS 的热交换器及泵提供冷却。
- 在换料和半充水运行时,向 RNS 的热交换器及泵提供冷却。
- 向化学和容积控制系统补水泵的小流量热交换器提供冷却。
- 向乏燃料池热交换器提供冷却。
- 在非能动余热排出热交换器运行时,向 RNS 热交换器提供冷却水以冷却 IRWST 的水。
- 在 PXS 缓解事故后的电厂恢复阶段,向 RNS 提供冷却水带走堆芯热量。

5) 蒸汽发生器系统

蒸汽发生器系统(SGS)包括两个相同的系列,每台蒸汽发生器对应一个系列。每个系列包括四个主要的部分:安全有关主蒸汽管道及其相关管道、安全有关主给水管道、安全有关启动给水管道的管道和安全有关蒸汽发生器排污管道。

系统的主要功能包括:

- 安全壳内的 SGS 管道与蒸汽发生器壳侧,以及传热管,形成隔离屏障,分隔工艺流体与安全壳大气。同时,系统为贯穿安全壳的主给水、启动给水、主蒸汽以及蒸汽发生器排污管道提供安全壳隔离,限制厂外辐射量。
- 发生蒸汽、主给水、启动给水、排污管道破裂、任一台主蒸汽安全阀或大气释放阀误开或卡开后,通过提供隔离措施,限制超过一台蒸汽发生器失控排放,维持反应堆压力容器完整性,避免燃料损坏。
- 蒸汽管道破裂事故后,通过隔离给水和启动给水,限制向安全壳的质能释放,限制厂外辐射量。
- 通过主蒸汽安全阀为蒸汽发生器二次侧和主蒸汽管道提供超压保护。
- 监测蒸汽发生器液位、蒸汽管线流量、蒸汽管线压力、启动给水流量等工艺参数,并提供 PMS 所必需的信号。

- 特定事故后，将 RCS 产生的热量通过蒸汽发生器、主蒸汽系统输送至二回路或将蒸汽排至大气，释放衰变热。
- 监测蒸汽发生器、主蒸汽和给水的工艺参数，向 DAS 和操纵员提供蒸汽发生器宽量程液位信号。
- 利用大气释放阀提供蒸汽发生器二次侧超压保护。
- 正常运行期间，将加热的给水从主给水系统输送到蒸汽发生器，并将蒸汽发生器内产生的蒸汽输送到主蒸汽系统，供汽轮机发电。
- 功率运行期间连续运行，带走 RCS 产生的热量，并由蒸汽发生器传递至二次侧。
- 提供蒸汽发生器内、主蒸汽隔离阀上游的蒸汽管道以及蒸汽发生器给水的工艺参数监测。
- 在主给水流量和启动给水流量之间提供可靠稳定的自动切换，防止低功率运行时反应堆的不必要停堆，并避免启动给水管嘴处的热冲击。
- 正常停堆工况下提供非安全有关衰变热导出功能。
- 在电站启动、停堆和正常功率运行时，提供二次侧连续排污。
- 提供主蒸汽管道暖管、疏水、取样。

6) 蒸汽发生器排污系统

蒸汽发生器排污系统（BDS）设有两个系列，每个系列包括一台再生热交换器、一个隔离阀、一个流量控制阀、一套电离除盐装置以及其他相关的阀门、管道和仪表等。系统的主要功能包括：

- 正常运行期间，BDS通过排出蒸汽发生器二次侧的排污流对蒸汽发生器二次侧的水化学性质进行控制。
- 停堆期间，BDS通过再循环运行进行蒸汽发生器湿保养。
- 停堆期间，BDS为蒸汽发生器设置疏水通道，排空蒸汽发生器以进行检查和维修。
- BDS通过从蒸汽发生器管板上部冲入二次侧水，带走淤积在管板上的淤泥。
- 恢复异常的蒸汽发生器水化学特性。

7) 主给水和启动给水系统

启动给水系统由并联的两台启动给水泵以及相应的阀门、管道和仪表等组成。

启动给水系统执行以下功能：

- 为 SGS 提供备用的给水隔离功能。
- 在某些设计基准事件中，向蒸汽发生器提供启动给水，执行排出 RCS 热量的纵深防御功能，防止非能动安全有关衰变热排出系统动作。
- 在热备用、启动、低功率运行和停堆冷却工况下，向蒸汽发生器提供所需压力和流量的给水并维持蒸汽发生器的液位。
- 为 PLS 提供每个蒸汽发生器的主给水流量信号。

4.2.3 常规岛

常规岛工艺系统主要由蒸汽系统和给水系统两大部分组成。核岛蒸汽发生器二次侧产生的饱和蒸汽通过主蒸汽系统输送到汽轮机，汽轮机将蒸汽热能转化为机械能并继而通过发电机转化为电能。做完功的排汽经凝汽器凝结成水，由凝结水泵经低压加热器送入除氧器除氧，此后再由给水泵经高压加热器加热后送回蒸汽发生器二次侧，在蒸汽发生器内经反应堆冷却剂加热转变成饱和蒸汽，如此往复构成了汽-水-汽不断转换的二回路系统。常规岛系统及其辅助系统主要包括：主蒸汽系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机抽汽系统、汽机旁路系统和其它辅助系统。

本工程主机采用单轴、半速、四缸六排汽、凝汽式、三背压汽轮发电机组，每台机组配有两台卧式汽水分离和两级再热装置。汽轮发电机组机转速1500rpm，机组出力为1500MWe等级。

1) 主汽轮机

主汽轮机包括一个高（中）压缸、三个低压缸及其附属设备，包括阀门、盘车装置、带顶轴系统的润滑油系统、仪表和控制系统等。

汽轮机的设计特点如下：

- 选用最佳的成型末叶片
- 双分流设计，推力平衡
- 二级再热提高机组效率
- 高压主汽阀，高压调节阀
- 再热主汽阀、再热调节阀
- 改进的汽轮机数字电液控制系统（DEH）系统

汽轮机的主要设计参数

型式	单轴、四缸六排汽、再热、凝汽式、三背压

出力	1500MWe
转速	1500 转/分钟
旋转方向（从调端看）	顺时针
设计工况（主汽阀前压力）进口压力	5.78MPa（abs）
进汽（进口）温度	273.2℃
湿度	0.48%
背压	6.1kPa（平均背压）
抽汽级数	7

2) 凝汽器

凝汽器用来凝结汽轮机低压缸排放的蒸汽、汽轮机旁路蒸汽、蒸汽管道和加热器疏水及闪蒸产生的蒸汽，凝结水通过凝汽器热井进行收集。在正常运行工况下，来自 1 号低压加热器的逐级疏水排入凝汽器；来自所有加热器和 MSR 疏水箱的危急疏水排入凝汽器，蒸汽管道的疏水也排入凝汽器。

凝汽器位于汽轮机的三个低压缸排汽口下面，具有三个壳体，在每个凝汽器壳体中凝结的凝结水被收集到热井的底部。1、2 号合体低压加热器放置在凝汽器颈部。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

广东廉江核电厂 3、4 号机组工程 2 台国和一号核电机组所用淡水包括施工期和运行期用水，主要用于核电厂的生活用水、生产用水、除盐水原水、厂用水补水、消防用水和绿化、洗车、浇洒用水等。施工期(土建安装阶段)的最高日取水量为 2086m^3 ，最大年取水量约为 32.87万 m^3 ，设计取水保证率为 90%；施工期（调试阶段）的最大年取水量约为 79.03万 m^3 ，设计取水保证率为 90%。两台机组正常运行期最高日用水量为 11079m^3 ，年取水量约 326.04万 m^3 ，设计取水保证率为 97%。

本工程施工期淡水水源来源于九洲江，可利用一期淡水取水设施。

本工程运行期淡水水源来源于九洲江(145万 m^3)及厂区内海水淡化设施(181.04万 m^3)，可利用一期九洲江淡水取水设施及海水淡化设施。

本工程单位装机容量取水量为 $0.036\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{GW}$ 。

(1) 九洲江取水工程

本期九洲江取水利用一期九洲江取水工程，取水头部采用菱形取水头部，为预制钢筋混凝土结构，采用淹没式顶部进水窗四周进水形式。

为避免水葫芦在取水头部处堆积影响取水安全，在取水头部外设置浮筒式拦污网，拦截漂浮的水葫芦等水生植物。引水管采用顶管施工，引水管中部根据需要设置水下支墩，支墩型式为现浇钢筋混凝土。

取水头部后接 2 根 DN500 自流引水管。自流引水管采用焊接钢管，上游接取水头部，下游穿河堤后接入取水泵房进水间，正常工况下引水管流速 $v=0.44\text{m/s}$ 。

取水泵房，位于九洲江岸堤外侧。泵房分为地上及地下部分。下部水池为钢筋混凝土箱形结构，半地下式布置。上部厂房为钢筋混凝土框架结构，上部泵房包含了配电间、检修场地及值班室等，四周采用砖墙围护。

(2) 输水工程

大坝河输水管线利用一期已有管线，一期输水管线设计流量为 $170\text{m}^3/\text{h}$ ，采用单级加压的输水方式。

本期九洲江输水管线利用一期输水管线，输水管线路径沿途经过下湾、紧水仔、水入围、两桥、东洋垌沿灌溉水渠布置，在东洋垌以北沿县道 X674 布置；至营仔镇东后拐向铁路山，沿乡道布置，经西塘灶、光坡、上大垌、四块田、荔枝根、多浪坡、土地山、牛栏垌、上埠、山夹仔、龙塘仔，在龙塘仔沿省道 S388 布置，在茂兰坡以

西沿进场道路布置进入厂区，管线全长约 28.97km。

输水工程中，管线布置分为埋地和架空两种形式。埋地段沿地面向下敷设，输水管线采用放坡开挖，穿越河流采用定向钻的施工方式。

4.3.2 核电厂散热系统

本工程拟采用自然通风海水冷却塔的二次循环冷却方案，本工程为 2 台国和一号核发电机组，每台机组拟设置一座循环水泵房，和相适应的自然通风高位集水冷却塔，两条循环水压力进、回水母管。每座海水冷却塔的淋水面积为 24000m²，拟采用 S 波薄膜式高效填料，四层交错悬吊式布置，高度为 2.0m。

海水补充水取自距离厂址约 10km 的龙头沙海域。

一期已按照规划容量（6 台机组总取水量）考虑了取水头部和引水箱涵，可以满足本期用水要求，本期工程无需新增海域取水工程。一期取水工程采用大件码头东侧局部开挖并抛石护底作为取水区，取水区底部标高-6.30m，与回旋水域相接，取水口采用喇叭口式，正面进水，出水侧与 3 孔取水暗涵连接，喇叭口式取水口沿水流方向长为 27m。喇叭口式取水口正面进水的进水窗共 6 个，规划容量取水量下进水窗的进水流速 0.5m/s。取水泵房设置在大件码头东侧陆域，引水暗涵接至取水泵房前池。引水暗涵出水侧与泵房前池衔接处设有液压平板钢闸门。

一期工程已按照 4 台机组考虑了排水箱涵，本期工程无需新增海域排水工程。一期排水工程设有一条共壁双孔自流排水箱涵及排水喇叭口，排水箱涵长约 1420m，单孔尺寸 1.8m×1.8m，可满足 1~4#机组排水需求。

一期工程已按照 4 台机组考虑了取水泵房至厂区的补给水管和厂区至排放口的排水管，本期工程无需新增厂外管道敷设工程。一期工程取水泵房至厂区的补给水管按 1~4#机组容量共设置了 2 条 DN2000 玻璃钢管，厂区至排放口闸门井的排水管按 1~4#机组排水需求设置 4 条 DN1400 的 HDPE 排水管。补水排水管线采用共线埋管敷设。管线经龙头沙渔港码头，沿沙龙围、北府围等围堤以东，斋塘角、新村、低村、松明、北松村以西陆域布置，自厂区西侧进入核电厂，管线总长约 11km。

4.4 输电系统

4.4.1 接入系统方案

4.4.1.1 接入系统电压等级

综合考虑电站单机容量及最终规模，核电机组对电网安全、可靠性要求，以及核电站在电力系统中的地位和作用等因素，本工程宜接入 500kV 电压等级电网。

4.4.1.2 接入系统方案

广东廉江核电项目规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，一期 2 台机组已核准建设 500kV 出线 2 回，分别接至茂名站 1 回、高州站 1 回，2 回线路均按照同塔双回挂单边建设。

初步推荐的核电厂接入系统方案为：

本工程建设的 2 台机组按 500kV 出线 2 回，分别接至 500kV 茂名站 1 回和 500kV 高州站 1 回。

新建电站二期~茂名单回 500kV 线路，长度约 1×115km，导线截面暂按 4×720mm²；新建电站二期~高州站单回 500kV 线路，长度约 1×130km，导线截面暂按 4×720mm²。500kV 茂名站扩建 1 个 500kV 间隔，500kV 高州站扩建 1 个 500kV 间隔。

至 500kV 茂名站和至 500kV 高州站的各一回线路按同塔双回挂单边来考虑建设。

最终接入系统方案在电厂接入系统专题报告中进一步论证，以最终接入系统审批意见为准。线路长度具体以送出工程可研批复为准。

4.4.2 电源方案

本期工程建设两台 1500MWe 级核电机组，分别以发电机-双卷变压器组单元接线升压至 500kV 接入系统。500kV 配电装置采用屋内 GIS 型式，电气主接线采用一个半断路器接线，每台机组和 1 回出线线路组成 1 串，每一回路由两台断路器供电，发生母线故障时，只跳开与此母线有关的断路器，任何回路不停电，具有高度可靠性。一期工程已建设 2 回进线和 2 回出线共计 2 个完整串。本期工程拟扩建 2 回主变进线间隔和 2 回出线间隔共计 2 个完整串。

发电机和主变压器之间装设发电机出口断路器。主变和高压厂用变内部故障时，发电机断路器立即动作跳闸，迅速隔离故障元件，不致对发电机造成损伤。同时也避免了无出口断路器时由于发电机还提供残余故障电流对故障变压器造成进一步损伤。

高压厂用变压器从主变压器低压侧和发电机出口断路器之间引接，机组正常启动

和停机时，电源从系统倒送电取得。每台机组设置 2 台分裂高压厂用变压器，分别为高厂变 A 和高厂变 B。

每台机组设置两台 220kV 高压备用变，电源由一期已建成的 220kV 开关站引接。开关站采用双母线接线方式，220kV 配电装置采用屋内 GIS 型式。一期工程已建成两回备用变进线、一回出线及 PT、母联间隔，本期拟扩建两回备用变进线（3、4 号机组备用变进线）及一回出线，扩建后规模为 4 进 2 出。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施是专门用来应对设计基准事故，以减轻其后果使之符合安全准则的规定要求。专设安全设施主要包括非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统、安全壳氢气控制系统、安全壳和安全壳隔离系统、主控制室应急可居留系统。

4.5.2 非能动堆芯冷却系统

4.5.2.1 系统功能

非能动堆芯冷却系统（PXS）的主要功能是在假想的设计基准事件发生后提供应急堆芯冷却。系统的主要功能包括：

- 应急堆芯衰变热排出

在瞬态、事故或任何正常热量排出路径丧失时提供堆芯衰变热排出。该热量排出功能适用于包括停堆在内的 RCS 的各种工况。在换料期间，当 IRWST 水排入换料水池时，可利用其他非能动方法排出堆芯衰变热。

- RCS 应急补给和硼化

当发生化容系统提供的正常 RCS 补给不可用或不足的瞬态或事故时，PXS 为 RCS 提供紧急补给和硼化。

- 安全注射

在发生所有破口范围内的冷却剂丧失事故，直至并包括 RCS 最大主管道双端断裂时，PXS 为 RCS 提供安注以提供足够的堆芯冷却。

- 安全壳 pH 值控制

在事故工况后，PXS 在安全壳内添加化学物质来控制内部环境的 pH 值。该 pH 值同时满足抑制放射性核素析出和在长期淹没条件下防止腐蚀安全壳内设备的要求。

4.5.2.2 系统组成

PXS是一个抗震I类安全系统。系统由两个系列组成，每个系列包括一个堆芯补水水箱、一个安注箱和IRWST（两个系列共用）。系统还包括pH值调节篮、IRWST滤网、安全壳再循环滤网和管线以及相关联的管道、阀门、仪表和其余相关设备。属于RCS一部分的自动卸压系统的阀门和鼓泡器，也提供重要的非能动堆芯冷却功能。

4.5.2.3 工艺流程

电厂正常运行期间，系统处于备用状态。事故工况下，PXS投入运行，以实现其安全功能。在发生LOCA事故时，堆芯补水水箱通过直接注射管向RCS注入含硼水，当RCS压力降到安注箱静压以下，安注箱中含硼水通过直接注射管线快速注射到RCS。当RCS压力降到IRWST注射压力以下时，IRWST依靠重力向RCS进行安注。堆芯补水水箱冷却水注入时，当堆芯补水水箱液位降低到自动卸压系统的整定值时，自动卸压系统动作，逐渐降低RCS的压力，使得安注箱和IRSWT能够连续投入。当安注箱、堆芯补水水箱和IRWST注水完成后，安全壳内水淹达到相当高的水位，可以通过再循环管向堆芯注水以建立再循环。

4.5.3 非能动安全壳冷却系统

4.5.3.1 系统功能

非能动安全壳冷却系统（PCS）的主要功能包括：

- 通过将安全壳大气中的热量传递至环境，限制并降低设计基准事故（DBA）后安全壳内的温度和压力。
- 提供一个安全级乏燃料池补水源。
- 为保护和安全监测系统（PMS）提供安全壳压力信号。

4.5.3.2 系统组成

PCS为安全有关系统，由一台与屏蔽厂房结构为一体的非能动安全壳冷却水箱（PCCWST）、向安全壳输水的冷却水输送流道、位于屏蔽厂房内绕安全壳一周的空气流道、用于安全壳水分配的围堰和分水斗、非能动安全壳冷却辅助水箱（PCCAWST）、再循环回路（包括两台再循环泵、一台化学添加箱等）、移动式应急柴油机补水泵以及相关的仪表、管道及阀门组成。

4.5.3.3 工艺流程

PCS利用钢制安全壳壳体作为一个传热表面，蒸汽在安全壳内表面冷凝并加热内

表面，然后通过导热将热量传递至钢安全壳。加热的安全壳外表面通过水和空气的对流、辐射和物质传递（水蒸发）等热传递机理冷却。热量以显热和水蒸汽的形式通过自然对流的空气带出。来自环境的空气通过一个“常开”流道进入，沿安全壳外壁上升，最终通过一个高位排气口返回环境。安全壳壳体由位于安全壳上方、与屏蔽厂房结构为一体的PCCWST利用重力排水洒湿。PCCWST重力排水由安全壳高2压力或安全壳高温信号自动触发，冷却水流量满足至少在3天内不需要操纵员干预的要求。PCS利用了钢制安全壳、环绕安全壳的混凝土屏蔽厂房，以及安全壳与屏蔽厂房之间的空气导流板结构即空气流道。

4.5.4 安全壳氢气控制系统

4.5.4.1 系统功能

安全壳氢气控制系统（VLS）的功能是限制安全壳大气中的氢浓度，从而在发生各类假想事件后，不会威胁安全壳完整性。

系统的主要功能包括：

- 在设计基准事故期间和事故后，利用安全级非能动氢气复合器（PAR）防止安全壳氢气浓度达到可燃限值；
- 利用氢气点火器控制严重事故后安全壳内的氢气浓度；
- 在正常运行和事故后监测安全壳大气中的氢气浓度。

4.5.4.2 系统组成

位于安全壳内的两台安全级 PAR 能在设计基准事故后维持安全壳总体氢气浓度在较低水平。安全壳内安装了 66 台氢气点火器，在严重事故后，通过燃烧（爆燃）相对低浓度的氢气，以防止氢气浓度达到爆炸水平。三台氢浓度监测仪表分布在安全壳内，为操纵员提供安全壳大气氢气浓度的连续指示

4.5.4.3 工艺流程

- 两台安全级PAR安装在安全壳内高于操作平台的区域，能适应丧失冷却剂事故（LOCA）后预期的氢气产生速率。
- 在严重事故后，假定100%的燃料包壳与水发生反应。锆-水蒸气反应产生氢的速率足够快，基于PAR运行时不可能防止安全壳内氢气浓度超过最低可燃浓度限值，特别是局部区域。因此，当安全壳内任一区域的氢气浓度达到最低可燃浓度限值后，预先启动的氢气点火器引发氢气的燃烧。在较低氢可燃范围燃烧氢气可防止在较高氢浓度时发生事故性氢燃烧。这可确保氢燃烧期

间维持安全壳的完整性，并且保证氢燃烧期间及以后安全有关设备可持续运行。

- 对于氢快速产生的事故序列，通过点火器的运行也可限制安全壳内总体氢气浓度，从而防止氢气爆炸的发生。为达到这个目的，点火器布置在安全壳内氢气可能释放、流动或聚集的区域。
- 分布在安全壳内的氢浓度监测仪表为操纵员提供安全壳大气氢浓度的连续指示。这些监控能力为操纵员监控和开始事故后缓解措施提供参考信息。

4.5.5 安全壳和安全壳隔离系统

4.5.5.1 系统功能

安全壳和安全壳隔离系统（CNS）的主要功能包括：

- 完整性：在假定的冷却剂失水事故、蒸汽管道破裂和给水管道的破裂时，安全壳隔离系统能承受最大的安全壳内压力和温度。系统设计考虑了严重事故下的完整性要求。
- 隔离：安全壳系统在事故中隔离贯穿安全壳边界的工艺管道，以降低放射性物质向环境的释放。
- 转移热量：安全壳在安全壳大气和非能动安全壳冷却系统之间提供换热表面。
- 泄漏率试验：对钢制安全壳和贯穿件进行泄漏率试验。
- 进口/出口：设备闸门和人员闸门留有足够的空间以便在任何正常或异常情况下设备和人员可以容易进出。
- 燃料运输：在安全壳内换料通道和辅助厂房的燃料处理区之间的燃料运输通过安全壳燃料运输贯穿件进行。

4.5.5.2 系统组成和工艺流程

系统是分隔钢制安全壳与电厂结构和外部环境的边界。安全壳和安全壳隔离系统的边界包括钢制安全壳、电气和机械贯穿件、燃料运输贯穿件、设备闸门和人员闸门、蒸汽发生器外壳、蒸汽发生器蒸汽侧仪表连接件、以及安全壳内的蒸汽、给水和排污管线。

4.5.6 主控室应急可居留系统

4.5.6.1 系统功能

主控制室应急可居留系统（VES）为主控制室提供可呼吸空气并防止气溶胶进入，

保证主控制室的可居留性。在设计基准事故下本系统也用来限制电厂特定区域内的温度上升。

本系统为非能动专设安全有关系统，执行以下功能：

- 为主控制室人员提供可呼吸空气。
- 维持主控制室相对周围区域为正压，以防止气溶胶污染物进入。
- 利用构筑物的蓄热能力，为设计基准事故后仍需保持功能的电厂部分区域的设备提供非能动冷却。
- 为主控制室提供非能动再循环过滤气流，在本系统运行期间维持主控制室剂量低于允许水平。

4.5.6.2 系统组成

本系统由应急空气储存罐和相关的管路，阀门以及仪表等组成，系统利用辅助厂房钢筋混凝土墙体、地板以及附带散热片的顶板的蓄热能力，来保证相关设备和人员停留房间的温度维持在可接受水平内。

4.5.6.3 工艺流程

系统包括四个压缩空气储存罐模块（共 48 个罐），每个模块包括 12 个独立的空气罐，空气罐内装有可供呼吸的压缩空气。每个模块的储存罐连接至一根集管，四根模块集管再连接至一根公用集气母管。公用集气母管上接出通往主控制室的两根管路，分别为主送风管路和备用送风管路。两根管路在主控制室内合并为一根供气管后连接至非能动过滤管线上的喷射器，通过喷射器诱导一定量的室内空气进入非能动过滤机组，以保证主控制室的人员剂量低于允许水平。非能动过滤机组包括 HEPA 过滤器，活性炭吸附器和后置高效过滤器。

在核岛非放射性通风系统（VBS）不可运行后，本系统利用非能动热阱，限制主控制室、仪控间和直流设备间内的空气温度不超过相应的设计限值。

4.6 放射性废物管理系统和源项

本节对核电厂中放射性废物处理系统和放射性源项进行描述。放射性源项主要包括堆芯放射性积存量、一回路及二回路放射性核素的活度浓度。放射性废物处理系统主要包括放射性液体、气体和固体废物处理系统，同时给出了液体和气态流出物的释放量、固体放射性废物的产生量。

4.6.1 放射性源项

本节阐述由放射性液体及气体废物处理系统处理的放射性源项。在燃料芯块内产生的放射性物质（裂变产物）可能通过破损的燃料包壳泄漏进入到反应堆冷却剂系统中。堆芯辐射场导致了冷却剂中的物质活化后形成 C-14 以及氚，而且反应堆冷却剂系统材料表面的腐蚀产物也被活化成为具有放射性的活化腐蚀产物。

4.6.1.1 堆芯放射性积存量

本项目平衡循环寿期末的堆芯放射性积存量计算中考虑了反应堆热功率测量的不确定性因子及燃料管理方案变化的包络因子。

4.6.1.2 反应堆冷却剂源项

（1） 裂变产物

对于设计基准源项，假设存在较大的燃料包壳破损率。假设燃料包壳破损存在于能产生 0.25% 的堆芯功率输出的燃料棒中（也称之为 0.25% 燃料包壳破损率），并且破损燃料棒均匀分布在整個堆芯中。

设计基准反应堆冷却剂中裂变产物活度浓度的确定以随时间变化的堆芯积存量为基础。

基于 0.25% 包壳破损率计算得到的设计基准反应堆冷却剂中主要裂变产物核素的活度浓度为反应堆从启动到平衡循环的整个燃料循环过程中核素活度浓度的最大值。因此，该源项不代表燃料循环中任何特定时间点的值，但它是保守值。

用于设计排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效 I-131 活度浓度为 5GBq/t，该源项是在参考核电厂运行经验数据的基础上，又保守考虑了电厂运行中可能的各种瞬态情况而确定的。用于现实排放源项分析的反应堆冷却剂剂量等效 I-131 活度浓度为 0.1GBq/t，该源项是在国内核电厂正常运行经验数据统计的基础上确定的。上述反应堆冷却剂源项通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。

（2） 腐蚀产物

反应堆冷却剂中的活化腐蚀产物来自两方面：一方面是堆内部件，另一方面是堆外的主回路管道和主回路设备。前者在发生腐蚀并释放到冷却剂中之前已经受到中子照射而具有放射性；后者产生的腐蚀产物流经堆芯时受到堆芯及其附近区域中子照射之后才具有放射性。

反应堆冷却剂中腐蚀产物活度浓度的确定以运行电厂数据为基础，并且与燃料包壳破损率无关，并根据 NUREG-0017 中描述的方法计算得到。只要所考虑的核电厂的系统流程和系统内核素的去除途径与参考核电厂相同或相似，就可以将参考核电厂各主要流体内核素的活度浓度调整为所考虑的核电厂的相应数值。

对参考电厂核素活度浓度的调整是通过调整因子实现的，即将参考电厂的已有数值，乘以调整因子即得出待算电厂的相应数值。

对于腐蚀产物，考虑到本电厂采取了一系列降低腐蚀产物的措施，比如从电厂开堆时起，即向反应堆冷却剂中注入贫化锌；减少钴含量；主冷却剂的 pH 值控制；材料表面处理及减少设备数量等，以上措施预期会降低反应堆冷却剂中腐蚀产物的活度浓度。其中，根据 EPRI 等国际机构提供的经验数据，加锌电厂材料腐蚀释放速率降低为未加锌电厂的三分之一。同时根据国际上压水堆的运行经验，预期采取以上控制腐蚀产物措施将使反应堆冷却剂中腐蚀产物的活度浓度至少降低二分之一，因此本报告假设腐蚀产物的现实源项为设计基准腐蚀产物源项的二分之一，用于设计排放源项分析的腐蚀产物源项与设计基准腐蚀产物源项相同。

（3）氚

反应堆冷却剂中主要的产氚途径如下：

- 燃料裂变（三元裂变）产生的氚通过燃料包壳扩散或燃料包壳破损处泄漏进入反应堆冷却剂中；

- 在反应堆冷却剂中可溶硼与中子的反应；
- 可燃的中子吸收体中产生的氚通过扩散或包壳破损进入反应堆冷却剂中；
- 在反应堆冷却剂中可溶锂与中子的反应；
- 反应堆冷却剂中氘与中子的反应；
- 次级源棒产生的氚通过扩散进入主冷却剂中。

前两种途径为反应堆冷却剂中氚的主要来源。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 设计产生量计算时，假设了通过燃料棒包壳和可燃毒物棒包壳的氚释放份额

为 1%。在计算现实产生量时，假设为 0.5%。

- 主冷却剂中采用 LiOH 作为 pH 值控制剂，Li 的最大浓度为 3.5ppm，平均浓度为 3.0ppm。设计产生量计算时，假设了 pH 值控制剂 LiOH 中 Li-7 的原子份额为 99.9%，现实产生量计算时则采用了 99.96%。

- 在计算设计产生量时，假定电厂可利用因子为 1.0。计算现实产生量时，考虑了 0.93 的电厂可利用因子。

(4) C-14

C-14 主要是反应堆冷却剂水中的 O-17 和溶解在反应堆冷却剂中的 N-14 分别通过 O-17 (n,α) C-14 和 N-14 (n,p) C-14 反应生成的。由于 C-14 的半衰期非常长，为 5730 年，在核电厂运行期间内可以不考虑 C-14 的衰减。因此，在计算 C-14 源项时不考虑 C-14 的衰变量。

计算时考虑了如下的假设条件：

- 用于设计排放源项计算时，假设循环平均氮浓度为 15ppm；用于现实排放源项计算时，假设循环平均氮浓度为 10ppm。

- 在计算设计产生量时，假定电厂可利用因子为 1.0。计算现实产生量时，考虑了 0.93 的电厂可利用因子。

4.6.1.3 二回路冷却剂设计基准源项

以设计基准反应堆冷却剂中核素的活度浓度等为基础计算得到设计基准蒸汽发生器二次侧水和蒸汽中放射性核素的活度浓度。

在计算用于设计排放源项分析的二回路源项时，保守假定二回路排污流的排放份额为 10%，活度水平为 20Bq/L。用于设计排放源项分析的二回路源项核素谱与设计基准二回路源项的核素谱保持一致。

考虑到现实情况下二回路活度水平非常低，因此不对二回路的现实源项进行分析。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.2.1 放射性液态流出物排放源项

液体废物的放射性来自于反应堆冷却剂（主要来自于反应堆冷却剂调硼排水和反应堆冷却剂的泄漏）、二回路冷却剂（主要来自于蒸汽发生器排污流的处理和二回路的泄漏）和厂址废物处理设施（简称“51 子项”）的排放（主要来自于洗衣废液、各种冷凝液以及设备/地面疏水）。

液态流出物向环境排放前，操作员会对废液监测箱内的液体进行取样分析，确定

其放射性浓度在控制值范围内（GB 6249-2025）后进行排放，同时取样结果在放射性废液计划排放记录内登记。若取样结果发现废液放射性活度浓度超过排放控制值，则将监测箱内的废液返回至废液暂存箱，进行再处理。同时，排放管线设有辐射监测仪表，达到报警值时排放管线隔离阀自动关闭，中止废液系统排放，防止系统误排放。通过上述措施可以确保运行过程中液态流出物的排放浓度不会超过 GB 6249-2025 中的排放控制值 1000Bq/L（氚和 C-14 除外）。

本文分析得到了液态流出物的两套排放源项，包括设计排放源项和现实排放源项。基于反应堆冷却剂剂量等效 I-131 活度浓度为 5GBq/t 时的源项，经过废液处理系统的处理，核岛液态流出物可以满足排放浓度设计目标值为 100Bq/L 的控制值要求（氚和碳-14 除外）。但考虑到电厂实际的控制方式等，液态流出物设计排放源项计算时，保守假设核岛液态流出物排放浓度 100Bq/L，同时基于核岛废液产生量，反推得到核岛废液的年放射性排放量。核岛液态流出物现实排放量计算时，以各类废液的现实产生量为基础，同时考虑了废液处理系统对各类废液中不同核素的去污因子。

在计算液态流出物现实排放源项时，假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 I-131 活度浓度为 0.1GBq/t。该源项是在核电厂正常运行经验数据的基础上，通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，考虑其反应堆冷却剂源项为设计基准源项的一半。

对于二回路设计排放源项，保守假定二回路排污流的排放份额为 10%，活度水平为 20Bq/L。由于二回路现实情况的活度水平非常低，因此不对现实排放源项进行分析。

厂址废物处理设施产生的放射性废液主要为洗衣废液、热检修车间化学废液、各类冷凝液以及设备/地面疏水。在计算本项目厂址废物处理设施的排放源项时，根据电厂运行经验，设计排放源项计算时，洗衣废液的浓度保守假设为 100Bq/L，现实排放源项计算时，洗衣废液浓度取为 20Bq/L；其他各类废液的排放浓度保守假设为 100Bq/L。

单机组液态氚年设计排放量为 48.4TBq/a，年现实排放量为 39.8TBq/a。

单机组液态 C-14 年设计排放量为 30.6GBq/a，年现实排放量为 27.4GBq/a。

在表 4.6-1 给出了单台机组的液态流出物年排放量与 GB 6249-2025 中控制值的比较。可以看出，单台机组的液态流出物年排放量均能满足 GB6249-2025 规定的排放量控制值要求。

槽式排放口处液态流出物中氚、C-14 以及其他核素的平均排放浓度满足 GB 6249-2025 中规定的槽式排放口处液态流出物中氚、C-14 以及其他核素的活度浓度限值要求。

4.6.2.2 放射性液体废物处理系统

1) 系统概述

放射性液体废物处理系统（WLS）设计用于控制、收集、处理、输送、贮存正常运行及预期运行事件下产生的放射性废液。经电厂放射性废液处理工艺处理后的液态流出物年排放总量以及放射性核素活度符合国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的限值。

2) 系统功能

WLS 执行的安全有关功能主要包括安全壳隔离和防止事故工况下安全壳内水淹倒流至不允许水淹的隔间。该系统的非安全有关功能为：

- 分类收集不同类型的放射性废液；
- 通过固定式处理设备（过滤器/化学絮凝处理装置/离子交换床），处理电厂预期产生的废液，使其可控制地向环境达标排放；
- 能够承受处理设备故障情况下的预期废液量和由于过量泄漏可能导致的波动量；
- 考虑到在电厂寿期内可预见的技术革新，保留接口使更为先进的工艺通过移动式设备的方式与WLS固定式设备串联使用。

3) 系统描述

WLS 放射性污废液分成四类：

- 反应堆冷却剂流出液（含硼废液）

反应堆冷却剂流出液（含硼废液）来自 CVS 下泄的 RCS 流出液、取样系统取样疏水以及设备引漏水和疏水。反应堆冷却剂流出液通过真空脱气塔去除溶解氢和裂变废气。脱气塔排放泵将脱气后废液输送至指定的流出液暂存箱。

- 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

地面疏水来自可能受污染地面疏水地坑的废液和其他含高颗粒物废液，收集在废液暂存箱中。

- 洗手废液

洗手废液为放射性热淋浴水、洗手水和附属厂房内相应房间的地面疏水。这类废

液放射性水平较低，收集在两个洗手废液箱内。

- 化学废液

化学废液来自放化实验室。它可能含放射性废物或其他高溶解性固体杂质的放射性废物，收集在化学废液箱中。

本项目在厂区内设置单独的液态流出物贮罐厂房（516 子项），该子项包括 1 台液态流出物贮罐用于贮存废液，以及 3 台监测箱作为槽式排放口。配套相应的泄漏监测、收集和防护措施，能够包络罐体破裂产生废液以防止液态流出物向区域外释放。516 子项接收核岛 WLS 系统、厂址废物处理设施（51 子项）和去污和热检修车间及特种汽车库（53 子项）等不同来源的废液。各类废液在液态流出物贮罐中进行均匀展平，然后送至 516 子项槽式排放口进行监测排放，通过设置在厂区混凝土管沟内的液态流出物排放管道排至冷却水排水管中进行掺混后排放入海。

4) 部件描述

WLS 的主要部件包括泵、热交换器、箱体、过滤器、化学絮凝处理装置、深床过滤器、离子交换床、移动式加药装置等。

516 子项主要部件包括泵、液态流出物贮罐、监测箱等。

- 泵

- 2 台反应堆冷却剂疏水箱泵，可循环箱内的流出液，将其排至脱气塔或流出液暂存箱；
- 2 台安全壳地坑泵，将安全壳地坑内的废液排至废液暂存箱；
- 2 台脱气塔真空泵，维持脱气塔内的低压，以保证有效脱气；
- 2 台脱气塔分离器泵，回收从脱气塔分离器排放的水，并送回真空泵；
- 气动双隔膜泵，包括 2 台脱气塔排放泵、3 台流出液暂存箱泵、2 台废液暂存箱泵、8 台监测箱泵、1 台化学废液箱泵、2 台洗手废液箱泵；
- 2 台 516 子项液态流出物循环泵，用于液态流出物贮罐进行废液循环混匀；
- 3 台 516 子项监测箱泵，用于 516 子项槽式排放口液态流出物的排放；

- 热交换器

- 1 台反应堆冷却剂疏水箱热交换器，为卧式 U 型管式热交换器，热交换器的设计防止反应堆冷却剂疏水箱内收集的高温泄漏水沸腾；
- 1 台蒸汽冷凝器，为卧式 U 型管式热交换器，辅助真空泵分离气水，将气体送入放射性气体废物处理系统中；

- 1 台真空泵工作液冷却器，为板式热交换器，用于冷却真空泵的工作液。
- 箱体
 - 1 台反应堆冷却剂疏水箱，卧式圆筒形箱体；
 - 1 台安全壳地坑，嵌入混凝土中的矩形不锈钢地坑水箱；
 - 3 台流出液暂存箱，卧式圆筒形箱体；
 - 2 台废液暂存箱，立式圆筒形箱体；
 - 8 台监测箱，立式圆筒形箱体；
 - 1 台化学废液箱，立式圆筒形箱体；
 - 2 台洗手废液箱，立式圆筒形箱体；
 - 1 台脱气塔，单级（净化）不锈钢脱气塔，流出液呈喷雾状进入脱气塔的顶部，并分为小股水流沿壁面流下，低压脱出的不凝性气体经真空接口排出；
 - 1 台脱气塔分离器，不锈钢材质，从真空泵排放流中分离出压缩液回用；
 - 516 子项 1 台液态流出物贮罐，用于接收 3 号机组和 4 号机组 WLS 系统、53 子项和 51 子项处理合格的废液，进行暂存和均匀展平；
 - 516 子项 3 台监测箱，用于接收上游处理合格的废液，作为槽式排放口对处理达标的废液进行取样分析和监测排放；
- 化学絮凝处理装置
 - 2 套，包括化学添加箱、化学添加泵、管道混合器等。
- 过滤器
 - 1 台前过滤器，收集工艺流中的杂质颗粒；
 - 2 台后过滤器，收集碎树脂等。
- 深床过滤器
 - 1 台。床体顶部活性炭用于截留絮凝体与杂质颗粒，单独更换活性炭时可避免影响床体下层选择性介质，可有效减少固体放射性废物的产生量。
- 离子交换床
 - 5 台离子交换床，其中离子交换床 A/B/C 三台串联，用于处理流出液暂存箱内废液，离子交换床 D/E 两台串联，用于处理废液暂存箱内废液。离子交换床设有工艺流进出口以及用于树脂添加、排出和疏水的接口。工艺流出口、冲洗水出口和溢流口都装有树脂截流滤网。

5) 系统运行

● 反应堆冷却剂流出液

流出液子系统接收两个来源的含硼和含氢废液：反应堆冷却剂疏水箱以及化学和容积控制系统。该类废液通常含氢和裂变气体。因此，废液在进入流出液暂存箱之前，需先经过脱气塔、蒸汽冷凝器、脱气塔分离器等设备，将含氢和裂变气体分离且送往WLS。一台脱气塔排放泵将液体输送至指定的流出液暂存箱。如果化容下泄流的管线和反应堆冷却剂疏水箱同时疏水至脱气塔，则优先处理下泄流，疏水箱疏水自动暂缓处理。

该系统设置两台流出液暂存箱。一个水箱接收废液，当箱内的液体装到适当液位时，向操纵员发出该水箱已满，准备进行处理的报警。在水箱发出高高液位报警时，自动切换阀门，将流出液排往另一个水箱。

反应堆冷却剂流出液通常经由化学絮凝处理装置、深床过滤器、离子交换床处理。

反应堆冷却剂流出液先通过化学絮凝处理装置注入化学添加剂，使其利于深床过滤器和离子交换床处理，再经深床过滤器和离子交换床进一步过滤和除盐处理。系统共设有4台串连的处理床体，包括1台深床过滤器和3台离子交换床。

经除盐和过滤后的废液送入监测箱B/C/D/E/F中的一台。当其中一台监测箱充满时，触发报警，警告操纵员某监测箱已满需要排往下游处理工艺。在出现高高液位报警时，自动切换阀门，将液体转送至另一台监测箱。在监测箱向下游输送废液时，操纵员打开出口管线隔离阀，启动监测箱泵。在转运废液前，对监测箱内废液进行循环并充分混合，就地取样进行实验室分析并记录取样分析结果。

在反应堆冷却剂系统脱气期间，流出液暂存箱泵将液体排至化容系统补水泵吸入口。该运行模式适用于反应堆冷却剂脱气运行工况。化容系统的反应堆冷却剂下泄流在脱气塔中脱气后，收集在一台流出液暂存箱内，由泵不断地输送回化容系统补水泵入口。补水泵再将脱气后的冷却剂送回主系统。

流出液暂存箱的废液经放射性液体废物处理系统（WLS）处理合格后，在排放前可通过设置在53子项（全厂共用子项）的放射性废液精处理系统（WAS）进行进一步处理，降低废液中单核素的活度浓度和硼浓度。经WAS系统处理后的废液核素浓度满足GB 6249-2025附录D的要求。上述废液送去516子项液态流出物贮罐进行暂存，经过均匀展平后氚和碳-14可满足排放，然后通过516子项槽式排放口统一监测排放。

● 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液

该类废液通常包括放射性地面疏水、设备疏水和辅助厂房地坑收集水以及放射性固体废物处理系统的过剩排水。该废液收集到两个废液暂存箱中。当一个水箱充满，需准备处理时，向操纵员发出水箱高液位报警。在出现高高液位报警时，入口管转换阀自动将液体转送至另一个废液暂存箱。废液暂存箱泵启动，循环水箱内废液，并进行取样。来自安全壳地坑的地面疏水也排入废液暂存箱。地坑液位高时，自动打开安全壳隔离阀，启动一台地坑泵输送地坑内的废液。地坑液位低时，自动停泵，关闭隔离阀。安全壳地坑液位出现异常高液位时，向操纵员发出报警，并自动启动备用泵。废液通过前过滤器处理，去除大量颗粒杂质，再通过化学絮凝装置、离子交换床D/E以及疏水废液后过滤器处理后，进入监测箱G/H/J中的一台。对监测箱内的废液进行取样，如果放射性活度浓度超过限值，则需要将其送回废液暂存箱重新处理。

废液暂存箱的废液经放射性液体废物处理系统（WLS）处理合格后，在排放前可通过设置在53子项（全厂共用子项）的放射性废液精处理系统（WAS）进行进一步处理，降低废液中单核素的活度浓度。经WAS系统处理后的废液核素浓度满足GB 6249-2025附录D的要求。上述废液送去516子项液态流出物贮罐进行暂存，经过均匀展平后氙和碳-14可满足排放，然后通过516子项槽式排放口统一监测排放。

● 洗手废液

核岛厂房洗手废液由人员洗手产生。这类废液通常不适用上述离子交换方法处理，收集在两个洗手废液箱内。通常此类废液的放射性水平较低，可不经处理直接送去516子项槽式排放口监测排放。

● 化学废液

化学废液产生量小，通常核岛内只作收集，不处理。但可在化学废液箱中添加化学试剂用以调节pH和其它化学性质等。化学废液可通过来自51子项的化学废液屏蔽转运装置运至51子项进行处理。

● 蒸汽发生器排污

正常运行工况下，蒸汽发生器排污流不送往WLS系统处理。如果蒸汽发生器热管发生泄漏导致蒸汽发生器排污流出现放射性高报时，排污流则需送往WLS。在该工况下，一台废液暂存箱排空用于接收排污水。经处理后的排污水收集在监测箱内，取样达标后可送往516子项槽式排放口监测排放。

4.6.3 放射性废气管理系统级排放源项

4.6.3.1 气态流出物排放源项

气态流出物主要通过下列途径，向环境大气排放：

- 因安全壳中空气活化，以及从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳和辅助厂房大气中的 Ar-41 通过通风向环境的释放；
- 从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳大气中的放射性核素通过安全壳通风向环境的释放；
- 工艺流体泄漏的放射性核素通过辅助厂房向环境的释放；
- 燃料操作区域的通风导致的放射性核素的释放；
- 放射性核素通过放射性废气处理系统的释放；
- 通过二回路系统的释放；

在计算放射性气态流出物设计排放源项时，保守假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 I-131 活度浓度为 5GBq/t。该源项保守考虑了电厂运行中可能的各种瞬态情况导致的反应堆冷却剂中核素活度浓度的增加，通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，则保守考虑其冷却剂源项与设计基准源项相同。

在计算放射性气态流出物现实排放源项时，假定反应堆冷却剂中裂变产物的剂量等效 I-131 活度浓度为 0.1GBq/t。该源项是在核电厂正常运行经验数据的基础上确定的，通过对设计基准源项按照剂量等效 I-131 活度浓度的比例调整得到。对于腐蚀产物，考虑其冷却剂源项为设计基准源项的一半。

对于废气处理系统，则基于年脱气产生量考虑相应的 Kr 和 Xe 的延迟衰变时间，即可计算得到惰性气体的年排放量。

对于 Ar-41 的排放量分析，一方面考虑安全壳内空气活化产生的 Ar-41 通过安全壳通风向环境释放，另一方面考虑反应堆冷却剂中溶解的 Ar 气活化后随冷却剂系统泄漏至安全壳和辅助厂房，并通过通风向环境的释放。

通过以上各途径的气态流出物排放量的分析过程如下：

1) 反应堆厂房

反应堆厂房的气态放射性主要来自反应堆厂房设备的泄漏液，由于反应堆厂房泄漏液的压力和温度相对较高，泄漏液以一定的闪蒸份额变为蒸气后进入反应堆厂房气空间，然后经过通风过滤系统中的活性炭过滤器和高效过滤器的净化后排入环境中。

2) 辅助厂房

辅助厂房的气态放射性主要来自辅助厂房设备的泄漏液，由于辅助厂房冷却剂泄漏液的温度较低，泄漏液以一定的气水分配变为蒸气后进入辅助厂房气空间，然后通过厂房通风系统进入环境中。分析时，保守假设冷却剂泄漏到辅助厂房中的气态放射性核素没有衰变和沉积，直接释放到环境中。

3) 燃料操作区域

换料期间，换料通道将乏燃料池和反应堆压力容器连通，因此，反应堆冷却剂水将与乏燃料池水、燃料运输通道中的水（包括门和连接体积）和换料腔中的水混合，冷却剂水的活度被稀释。同时，乏燃料池中存放的破损乏燃料组件中的核素也会以一定的释放份额进入冷却剂中。以上两部分是乏燃料水池放射性的主要来源，池水的放射性通过蒸发的形式进入燃料操作区域气空间，通过厂房通风系统进入环境中。

4) 放射性废气处理系统

在计算放射性废气处理系统的气态流出物排放量时，考虑了化学与容积控制系统下泄流和反应堆冷却剂疏水箱中废液脱气产生的废气。根据反应堆冷却剂源项，并考虑了延迟床对氦和氙的延迟作用后，得到废气处理系统处理后的放射性废气的排放量。

5) 二回路

对于二回路系统，未经冷凝的放射性气体主要是通过真空泵的抽气释放进入环境。计算时，以二回路气态源项为基础，保守考虑放射性废气的排放流量为二回路蒸汽流量，同时考虑一定的气水分配系数后得到通过二回路系统释放的气态放射性流出物排放量。由于二回路现实情况的活度水平非常低，因此不对二回路的气态现实排放源项进行分析。

单机组气态氚年设计排放量为 5.38TBq/a，年现实排放量为 4.43TBq/a。

单机组气态 C-14 年设计排放量为 459GBq/a，年现实排放量为 411GBq/a。

在表 4.6-2 中给出了单台机组的气态流出物年设计排放量与 GB 6249-2025 中规定的年排放量控制值的比较。可以看出，单台机组的气态流出物年设计排放量均能满足 GB 6249-2025 规定的排放量控制值要求。

4.6.3.2 系统概述及组成

在反应堆运行期间，燃料裂变产生放射性同位素氙、氪和碘。因为少量燃料包壳的破损，部分核素会释放到反应堆冷却剂中。反应堆冷却剂的泄漏又导致放射性惰性气体释放到安全壳内大气中。通过严格限制反应堆冷却剂泄漏以及反应堆冷却剂系统内惰性气体和碘的放射性浓度，可控制气态放射性释放。

除放射性气体废物处理系统（WGS）释放途径以外，各厂房通风系统也是向环境释放气态放射性物质的途径。

放射性气体废物处理系统（WGS）：

（1）系统功能

WGS 的主要功能是接收系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体，并对其进行处理和排放。WGS 不执行安全有关功能，其非安全有关功能为：

- 收集含氢气体和放射性气体；
- 处理和排放废气，保持厂外放射性释放在可接受的限值以内；
- 排放管线上设置辐射监测仪表连续监测WGS的放射性释放。系统还可对释放流进行取样分析。

（2）废气来源

WGS 接收工艺系统运行期间产生的含氢气体和放射性气体。WGS 输入如下：

- RCS调硼时的下泄流。含有少量放射性气体的含氢气体进入WGS。
- RCS脱气时的下泄流。含有少量放射性气体的含氢气体进入WGS。
- 维持反应堆冷却剂疏水箱液位。间歇产生含有少量放射性气体的氢气和氮气。
- 反应堆冷却剂疏水箱排气。

（3）部件描述

WGS 系统是一个直流常温活性炭延迟处理系统，包括一台气体冷却器、一台气水分离器、一台活性炭保护床和三台活性炭延迟床。此外，系统中还包括一套气体取样装置。

● 气体冷却器

气体冷却器将废气充分冷却，以便有效除湿。

● 气水分离器

去除气体冷却形成的水分。

● 活性炭保护床

活性炭保护床防止活性炭延迟床因过高水汽或化学污染物受到损害。正常运行时，

活性炭保护床可增加氙和氪的延迟处理时间。

- 活性炭延迟床

系统设置两台活性炭延迟床串联运行。由于气流进出延迟床都是在其顶部，所以延迟床不需要活性炭截流筛网。

- 取样装置

配置两台取样泵。通常一台取样泵连续运行输送废气至氢气、氧气分析仪。另一台泵将各取样点的废气定期送至取样筒内，并作为向氢气、氧气分析仪输送废气的备用泵。

(4) 系统运行

WGS 系统为间歇运行。没有废气进入 WGS 系统时，在排放管线的隔离阀入口处有小流量的氮气注入，以维持 WGS 系统处于正压，防止废气流量低时空气进入系统。

WGS 系统为非能动运行，借助气体输入源的压力，使废气通过本系统。进气先通过气体冷却器，由冷冻水对废气进行冷却。气水分离器去除由气体冷却形成的水分。气水分离器的疏水排往 WLS 脱气塔分离器。

放射性气体流经保护床，去除多余的水分。然后，放射性气体流经三台活性炭延迟床，通过动态吸附过程使氙、氪得以延迟衰变。离开 WGS 系统的废气在排往电厂通风系统前先经过一个辐射监测仪表。该仪表在放射性高整定值时联锁关闭 WGS 出口控制/隔离阀。出口隔离阀也在通风系统低流量时关闭，防止氢气在通风管道内的累积。此外，出口隔离阀在系统低压力整定值时关闭，维持 WGS 系统正压。

放射性气体在延迟床的吸附不需能动设备或运行人员操作。运行人员误操作或能动设备失效不会引起放射性向环境的非受控释放。若由于失去冷冻水或其他原因，废气进入延迟床之前未能去除水分，将导致 WGS 性能逐渐下降。

WGS 设置独立、冗余的监测仪进行连续氧含量分析。系统氧含量过高时，将向运行人员发出警报。当氧含量在操纵员可调控范围内的高值时，WLS 脱气塔真空泵自动停泵，防止可能含氧的气流进入 WGS，同时自动打开氮气阀门，使用氮气吹扫。系统出口隔离阀前用氮气连续加压，防止出口管路空气倒灌入系统。

4.6.4 放射性废固管理系统及废物量

放射性固体废物处理系统 (WSS) 设计用于收集和暂存正常运行以及预期运行事

件产生的废树脂、深床过滤器过滤介质、活性炭、水过滤器滤芯、放射性干废物和混合固体废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和附属厂房内，后送往厂址废物处理设施进一步处理和中间贮存。厂址废物处理设施的描述参见第4.6.6节，废物最小化的描述参见第4.6.7节，放射性固体废物处置方案的描述参见第4.6.8节。

4.6.4.1 系统功能

WSS 系统的主要功能包括：

- 输送和贮存来自WLS、CVS和SFS的废树脂和深床过滤器过滤介质；
- 提供混合、取样、输送废树脂和深床过滤器过滤介质的手段；
- 更换、输送、收集水过滤器滤芯时，降低对人员的放射性照射和污染扩散；
- 收集来自电厂供暖、通风和空调系统的通风过滤器滤芯；
- 根据放射性水平对固体废物进行分类和临时贮存；
- 分类收集放射性控制区（RCA）产生的废物；
- 在废物送往厂址废物处理设施前（运输设备由厂址废物处理设施提供）可提供至少2个月的贮存时间；
- 向辅助厂房车辆停靠间和放射性废物厂房移动设备提供所需的空间和辅助服务；
- 将废树脂接收槽内废液送回WLS进行再处理后，监测排放；
- 提供核岛与厂址废物处理设施之间的接口。

4.6.4.2 废物产生量

预期的放射性废物产生量计算依据如下：

- 每个换料周期更换的离子交换树脂床废树脂（包含深床过滤器过滤介质）；
- 每个换料周期更换WGS活性炭保护床内的活性炭；
- 每十年更换WGS活性炭延迟床内的活性炭；
- 每个换料周期更换全部水过滤器的滤芯；
- 使用电厂历史运行数据估计的可压实废物、不可压实废物和混合废物总量。

放射性废物最大产生量的计算依据如下：

- WLS 深床、离子交换树脂及水过滤器处理废液量为年最大废液量下运行；除WLS 外，其余系统离子交换树脂床和水过滤器滤芯在0.25%燃料包壳破损率下运行；
- 每个换料周期更换两次WGS活性炭保护床内的活性炭；

- 每五年更换WGS活性炭延迟床内的活性炭；
- 可压实废物增加50%、不可压实废物和混合固体废物量增加100%；
- 更换受污染的凝结水精处理系统和排污系统的树脂和膜。

4.6.4.3 部件描述

● 箱体

2 台废树脂接收槽，每台废树脂接收槽内的树脂通过混合喷射器进行混合，此外废树脂接收槽还具有脱水、气体鼓泡和疏水功能。

● 泵

1 台树脂混合泵，为废树脂接收槽内树脂的流动和混合提供动力，在废树脂槽之间进行水流输送，将槽内多余的水排至放射性液体废物处理系统，以及冲洗树脂输送管线。

1 台树脂输送泵，为废树脂接收槽内的废树脂循环混合和取样提供动力。树脂输送泵也用于向位于辅助厂房车辆停靠间的屏蔽转运装置输送废树脂。

● 过滤器

1 台树脂碎片过滤器，树脂碎片过滤器将最大限度地防止树脂碎片的扩散，并过滤掉管线冲洗水或废树脂接收槽向 WLS 的排放水中的杂质颗粒。

● 树脂取样装置

树脂取样装置在废树脂循环时进行取样。设备配置一个移动式屏蔽桶用于取样后样品的输送。

● 废过滤器滤芯更换、运输装置

废过滤器滤芯屏蔽运输容器便携式操作工具（MH60）及废过滤器滤芯屏蔽筒（MR40）能够远距离更换废（水）过滤器滤芯，无泄漏输送至辅助厂房滤芯贮存区，将滤芯装入或取出临时贮存格架，吊入屏蔽转运装置内。

4.6.4.4 系统运行

● 废树脂的装运

废树脂转运主要包含以下几个工况：

（1）废树脂接收

WSS 设置 2 个废树脂接收槽用于接收和临时贮存各离子交换树脂床产生的废树脂，以废树脂接收槽 A 为例进行说明（废树脂接收槽 B 接收树脂可通过远程切换废树脂接收槽树脂流入口气动阀实现）如下：①废树脂接收槽 A 废树脂装填物位记录情

况，确认废树脂接收槽 A 是否具有足够容量接收该批次树脂浆液；（废树脂接收槽装填物位在废树脂接收完成后，通过树脂混合泵将废树脂接收槽内液位降至树脂物位高度以下后记录确定槽内物位高度。）②除盐水将上游系统产生的废树脂冲排进入废树脂接收槽 A，直至废树脂接收槽入口管道上窥视镜闭路电视监视画面中连续几分钟未观察到冲排流体中包含树脂，则表示废树脂接收槽已完成废树脂接收且输送管道已完成冲洗；③若接收过程中，废树脂接收槽 A 液位过高，则启动树脂输送泵将余液转运至废树脂接收槽 B 或者经过树脂碎片过滤器过滤后排放至 WLS 废液暂存箱。

（2）废树脂混合

废树脂混合以废树脂接收槽 A 为例进行说明（废树脂接收槽 B 混合可通过远程切换相应树脂混合泵吸入口和返回口气动阀实现）如下：①废树脂混合的主要目的是将废树脂接收槽内的废树脂进行充分的混合搅动，保证废树脂处于混合或流化状态，便于后续的再循环取样或者装填；②将废树脂接收槽 A 相应树脂混合泵吸入口和返回口气动阀打开，启动树脂混合泵，废树脂接收槽 A 内废液经树脂混合泵吸入口（设置树脂截留滤网拦截树脂）、树脂混合泵和废树脂接收槽 A 内喷射器返回废树脂接收槽 A，通过喷射器的喷射对废树脂接收槽 A 的树脂进行有效混合；③同时，通过切换树脂混合泵吸入口气动阀，可将废树脂接收槽 B 内废液经树脂混合泵和废树脂接收槽 A 内喷射器进入废树脂接收槽 A，以利用废树脂接收槽 B 废液对废树脂接收槽 A 内树脂进行混合；④此外，还可采用除盐水和压缩空气对废树脂接收槽 A 内树脂进行混合，该工况需要操作人员就地打开通道上的常关手动阀门。

（3）屏蔽转运装置装填

屏蔽转运装置装填以废树脂接收槽 A 为例进行说明（废树脂接收槽 B 混合可通过远程切换相应树脂流入口和排出口气动阀实现）如下：①废树脂混合完成后，关闭树脂混合泵；②废树脂再循环：打开相应树脂流入口和排出口气动阀，启动树脂输送泵，实现废树脂接收槽 A 废树脂经树脂排出口、树脂输送泵、废树脂取样装置、废树脂流入口再返回废树脂接收槽 A，废树脂再循环可为废树脂取样服务，（此外，通过切换树脂流入口气动阀可将废树脂接收槽 A 内废树脂转运至废树脂接收槽 B）；③废树脂取样：在废树脂再循环过程中，当观察到流道视镜内的树脂浆液均匀流动时，可通过树脂取样装置在管路上的气动柱塞式取样器会自动获取样品，采集到的样品可自动输送至取样瓶中，取样瓶最终自动装入取样屏蔽盒中；④屏蔽转运装置装填：在废树脂再循环回路建立后且屏蔽转运装置已完成连接，打开屏蔽转运装置装填回路上

的气动阀，通过装填回路上的流量仪表确定屏蔽转运装置开始装填废树脂；⑤当屏蔽转运装置装填至一定高度，关闭装填回路上的气动阀，打开屏蔽转运装置脱水回水回路上的气动阀，气动屏蔽转运装置脱水泵，将屏蔽转运装置内废液转运回废树脂接收槽 A，屏蔽转运装置装填和脱水可重复多次，以保证屏蔽转运装置的废树脂装填量；⑥当屏蔽转运装置装填并脱水完成后，关闭树脂输送泵和屏蔽转运装置脱水回水回路上的气动阀，启动废树脂冲洗程序：启动树脂混合泵并打开冲洗回路气动阀，废树脂接收槽 A 内废液经树脂混合泵吸入口、树脂混合泵、树脂碎片过滤器冲洗树脂出口管道，启动树脂输送泵，冲洗树脂输送泵出口管道，冲洗过程中短时打开屏蔽转运装置装填回路上的气动阀以完成对装填回路管道上的冲洗，关闭树脂输送泵、树脂混合泵和冲洗回路上的气动阀，管道冲洗完成。

● 水过滤器滤芯的处理操作

废过滤器滤芯屏蔽运输容器便携式操作工具（MH60）及废过滤器滤芯屏蔽筒（MR40）用于化学和容积控制系统（CVS）、乏燃料池冷却系统（SFS）、放射性液体废物处理系统（WLS）和放射性固体废物处理系统（WSS）放射性水过滤器滤芯的更换。当更换废过滤器滤芯时，先将滤芯吊入 MR40 中，然后转运至辅助厂房滤芯贮存区进行临时贮存。待滤芯贮存一段时间后，再利用 MR40 将滤芯转运至屏蔽转运装置中。放射性（水）过滤器滤芯通过屏蔽转运装置运往厂址废物处理设施处理。

● 干废物的处理操作

1) 较高放干废物预期在 SRTF 内分类取出可复用的物项，如防护服和工具、有害废物和大型不可压实废物。剩余的废物通常在 SRTF 内打包处理。

2) 较低放干废物一般含有大量的非放射性物质。通常，这些废物将在 SRTF 内通过辐射监测和分拣系统取出可复用或就地处置的非放射性物项。其他放射性废物通常采用合适的方式压实或包装作中间储存。

3) 待解控废物一般是指含有少量放射性的碘过滤器和通风过滤器、检修废物等。根据实际运行及废物特性，可将该类废物打包送至外运废物暂存设施，待其衰变一段时间后达到清洁解控标准，经审管部门批准后直接处理。

4) 其他放射性控制区内非表面污染区的废物，收集在废物袋或容器内，然后输送至废物厂房临时贮存区。通常，这些废物通过厂址废物处理设施辐射监测系统确定为非放射性废物并适合在当地废物掩埋场处置。

此外，根据国内核电厂可燃废物外运焚烧的良好实践，干废物也可根据可燃废物

和不可燃废物进行分类收集,可燃废物转运至外运废物暂存设施打包暂存并外运焚烧,不可燃废物分为可压实和不可压实废物转运至厂址废物处理设施内进一步处理和中间贮存。

4.6.5 乏燃料贮存系统

反应堆换料时,从堆芯卸出的乏燃料组件贮存在核岛辅助厂房的燃料操作区域的乏燃料水池中,采用水下布置和贮存的方式。贮存设施包括乏燃料水池和乏燃料贮存格架。乏燃料贮存格架位于乏燃料水池内,乏燃料水池是池底和四壁衬有不锈钢覆面的钢筋混凝土结构,与辅助厂房构成整体结构。池内充以含硼去离子水,池水水质由乏燃料水池冷却系统保持。乏燃料组件贮存在格架的贮腔内。

乏燃料贮存格架的临界设计遵循《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》(HAD 102/15)有关要求。乏燃料贮存格架由 I 区格架、II 区格架以及破损燃料组件贮腔组成。I 区贮存格架可以贮存最大设计基准富集度的燃料组件,II 区贮存格架可以贮存满足燃耗要求的乏燃料组件。

反应堆正常运行期间,每次平衡换料卸出乏燃料组件 72 组。乏燃料贮存格架至少可以贮存反应堆 10 个日历年正常运行卸出的乏燃料组件外加一个完整堆芯的燃料组件数。

乏燃料贮存的设计准则如下:

- 1) 乏燃料贮存格架的设计,应保证在正常工况和特殊工况下燃料组件都处于次临界状态。
- 2) 乏燃料贮存格架的设计,能承受正常和假定的静载荷、动载荷、由于热效应产生的载荷和由安全停堆地震产生的载荷;应能承受一个燃料组件从抓取机上的最高工位上掉落时的冲击能量;应能承受燃料抓取机的最大提升载荷。此外还具有稳定、不会倾倒或意外晃动等结构性能。
- 3) 乏燃料水池的深度和水层高度具有足够的屏蔽防护能力,允许操作人员不受限制地接近池区而不受辐射危害。
- 4) 乏燃料贮存格架的设计,可以为乏燃料贮存提供安全、有效的保护措施。包括便于乏燃料组件的插入和取出、防止燃料组件不适当的插入及具有保护组件不受损伤的措施、有专门贮存破损或泄漏燃料组件的专用贮存腔。
- 5) 乏燃料贮存格架的材料与乏燃料水池的环境条件相容。

- 6) 乏燃料贮存格架为非安全级，设备分级为 D 级，抗震分类为 I 类。
- 7) 乏燃料贮存格架的设计，应使贮存水池中的冷却水能够在贮存格架内自由循环，以冷却贮存的乏燃料组件。
- 8) 各贮存腔的周围设置有中子吸收材料，以保证满足贮存时对次临界的要求。
- 9) 乏燃料水池有足够的密封性，使冷却水泄漏保持在可接受的限值内。

从堆芯卸出的乏燃料组件转运至燃料操作区后，插入乏燃料贮存格架，进行贮存和冷却。如果检测到有破损的组件，装入专门的破损组件贮存腔内。

乏燃料贮存格架采用奥氏体不锈钢制造，用于贮存燃料组件的贮存腔由围板构成方形的截面，贮存腔外围包覆有中子吸收材料。

乏燃料水池中的水为含硼去离子水，水池设有乏燃料池冷却系统，以排出乏燃料组件的余热，并保证水池的水温、水质和水位，同时，限制放射性水平在规定的范围内。

乏燃料水池还设有水位、水温监测系统和水池检漏系统，可随时监测水池的水位、水温和水池密封情况。

乏燃料贮存区域设有通风系统，系统能及时净化燃料贮存区域的空气。

乏燃料贮存区域还设置有辐照剂量监测点，以保证操作人员的辐射安全。

4.6.6 厂址废物处理设施

本项目与一期工程共用厂址废物处理设施（SRTF）。厂址废物处理设施可处理来自核岛的废液、废固，按功能可划分为三个独立的区域：废物处理厂房、废物暂存库和洗衣房，其主要任务是将核电站运行和维修过程中产生的某些废物如废树脂、化学废液以及干废物等进行处理，使之成为稳定的包装体，并进行封装吊运。厂址废物处理设施废物暂存库按6台机组5年内产生的废物量设计，用于贮存全厂产生的桶装废物（200L钢桶）。其贮存年限满足《核电厂低、中水平放射性固体废物暂（GB14589-1993）时贮存技术规定》中对于暂时贮存库的设计贮存量的要求。这些废物桶最终将运至国家区域处置场作最终处置。其厂址废物处理设施处理单机组废物流表如表4.6-3和表4.6-4所示。

4.6.7 废物最小化

核电厂废物最小化的原则在国际上已得到充分的重视，本项目在设计、建造、运

行乃至退役等各个阶段将积极考虑先进的技术和管理方法，在废物政策上落实最小化的原则。

核电厂放射性废物的体积和活度的量通过合理的设计手段和运行、退役措施保持在切实可行的最小水平，这些措施包括设备材料的选择和控制、材料的再循环和再利用、合理的运行程序的应用等，重点在于不同类型废物和材料的隔离以减少放射性废物的体积并利于管理。

“废物最小化”可从管理和技术安全两方面进行考虑：

- 管理：建立废物管理和废物最小化的程序和合理可靠的废物清洁和排放程序以及相应的质量保证系统，并对运行人员进行培训和论证等；
- 技术安全：核电厂在设计和建造阶段对废物最小化的考虑对将来运行和退役阶段废物的产生有直接的影响。本项目在设计时将考虑如下因素：
 - 选择合适的材料（抗腐蚀、高质量的表面处理、不会或较低可能被活化或产生其它放射性核素）；
 - 应用最有效、可靠和先进的技术以确保设备尽可能长时间维持可运行状态，而不需要更换和/或维修；
 - 采用高性能的设备，避免废物的无序积累，减少泄漏或排放以避免维修的设备被污染而产生额外的废物；
 - 严格区分非放射性物质和放射性物质，合理地根据物质的特性和放射性活度进行分离。

需要指出的是，核电厂不可避免地将产生放射性废物，由于现有废物贮存设施和处理设备的限制以及保护环境和公众的考虑，在“废物最小化”原则中也包含了待处理和贮存放射性废物的体积和放射性最小化的含义，减少已产生废物的体积和放射性的措施主要有：

- 在处理已产生的放射性废物前放置足够长的时间，通过衰变来降低废物的放射性，这对于短半衰期核素特别有用。这也可以简化废物处理的过程并相应提高处理效率。
- 对于电站日常维护和大修、以及电站退役后产生的非放射性金属废物应区分出来，可用作民用建筑材料再循环复用。

表 4.6-1 单机组液态年设计排放量与控制值的比较

核素	GB 6249-2025 中规定的单机组排放量控制值(Bq/a)	单机组排放量计算值(Bq/a)
除氚和 C-14 外的其余核素	9.0E+09	2.06E+09
氚	7.5E+13	4.84E+13
C-14	1.5E+11	3.06E+10

表 4.6-2 单机组气态放射性年设计排放量与控制值的比较

核素	GB 6249-2025 中规定的单机组排放量控制值(Bq/a)	单机组排放量设计值(Bq/a)
惰性气体	1.0E+14	6.17E+13
碘	3.0E+09	1.71E+09
粒子(半衰期≥8d)	9.0E+09	4.00E+09
氡	1.5E+13	5.38E+12
C-14	7.0E+11	4.59E+11

表 4.6-3 厂址废物处理设施处理单机组废物流表（预期产生量）

废物流	每机组 每年废物产生量	1 级处理	2 级处理	包装/灌浆	每年产 200L 桶 数量（取整）	减容 因子	送至处置场包 装体形式	最终包装 体体积	预期表面剂量率
水过滤器滤芯	0.07m ³ （7 个）	将水过滤器滤芯装入 200L 钢桶	×	是	7	1 ^[1]	200L 钢桶	1.4m ³	>2mSv/h
可压实干废物	104.9 m ³	预压	超压	是	75	7	200L 钢桶	15.0 m ³	≤2mSv/h
不可压实废物	5.6 m ³	分拣装入 200L 钢桶	×	是	29	0.95	200L 钢桶	5.8m ³	≤2mSv/h
废树脂（一回路）	10.19 m ³	脱水、干燥装入 200L 钢桶	×	否	27	1.9	混凝土容器	14.4 m ³	>2mSv/h
化学废液（核岛）	9.97 m ³	蒸发+装入 200L 钢桶烘干	×	否	1	80	混凝土容器	0.6 m ³	>2mSv/h
化学废液（厂址废物 处理设施）	5.0 m ³	蒸发+装入 200L 钢桶烘干	×	否					
化学废液（热车间）	7.5 m ³	蒸发+装入 200L 钢桶烘干	×	否					
预期工况下每年每机组的总桶装量（200L 钢桶）约：139 桶 预期工况下每年每机组的总废物量约：37.2 m ³									

注：
[1] 该减容比指一个 200L 钢桶内装的滤芯数量。
[2] 通风过滤器滤芯按清洁解控考虑。
[3] 混凝土容器为箱形容器，可装入 4 个 200L 钢桶，体积约为 2.13m³。
[4] 各类化学废液假设 1%固体含量。

表 4.6-4 厂址废物处理设施处理单机组废物流表（最大产生量）

废物流	每机组 每年废物产生量	1 级处理	2 级处理	包装/灌浆	每年产 200L 桶 数量（取整）	减容 因子	送至处置场包 装体形式	最终包装 体体积	预期表面剂量率
水过滤器滤芯	0.07m ³ （7 个）	将水过滤器滤芯装入 200L 钢桶	×	是	7	1 ^[1]	200L 钢桶	1.4 m ³	>2mSv/h
可压实干废物	157.35 m ³	预压	超压	是	112	7	200L 钢桶	22.4 m ³	≤2mSv/h
不可压实废物	11.2 m ³	分拣装入 200L 钢桶	×	是	59	0.95	200L 钢桶	11.8 m ³	≤2mSv/h
废树脂（一回路）	21.50 m ³	脱水、干燥装入 200L 钢桶	×	否	57	1.9	混凝土容器	30.4 m ³	>2mSv/h
化学废液（核岛）	19.94 m ³	蒸发+装入 200L 钢桶烘干	×	否	3	80	混凝土容器	1.6 m ³	>2mSv/h
化学废液（厂址废物 处理设施）	10 m ³	蒸发+装入 200L 钢桶烘干	×	否					
化学废液（热车间）	15 m ³	蒸发+装入 200L 钢桶烘干	×	否					
预期工况下每年每机组的总桶装量（200L 钢桶）约：238 桶 预期工况下每年每机组的总废物量约：67.6 m ³									

注：
[1] 该减容比指一个 200L 钢桶内装的滤芯数量。
[2] 通风过滤器滤芯按清洁解控考虑。
[3] 混凝土容器为箱形容器，可装入 4 个 200L 钢桶，体积约为 2.13m³。
[4] 各类化学废液假设 1%固体含量。
[5] 凝结水精处理树脂和蒸汽发生器排污介质考虑暂存后清洁解控。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

廉江核电 3、4 号机组工程 2 台国和一号核电机组在运行期间排入环境的主要化学物质的名称、产生量、处理方式、排放方式、排放浓度、排放去向、排放标准，见表 4.7-1。

电厂在凝结水精处理、除盐水处理、循环水加药、常规岛化学药剂供给、海水取水杀菌加药、硼酸排放、含氨废水处理等系统运行过程中将使用化学物质。各系统工艺及化学物质使用情况如下：

（1）除盐水生产系统

除盐水处理系统的功能是处理来自淡水供应系统的水，为常规岛、核岛和 BOP 等项目提供符合水质和水量要求的除盐水，处理后的除盐水输送至除盐水储存和分配系统及凝结水精处理系统。除盐水处理系统采用一级除盐加混床的处理工艺。

该系统中使用的化学物质是盐酸和氢氧化钠，主要用于树脂再生，其排放物为再生过程产生的酸碱废水，该废水中主要化学物质为 NaCl，含盐量较高，污染物指标主要为 pH。酸碱废水经过曝气中和处理后 pH=6~9，排入生产废水系统统一排放。

（2）凝结水精处理系统

凝结水精处理系统在机组启停及异常运行期间能从凝结水中除去微量的离子态杂质和腐蚀产物，缩短机组启动时间，维持正常运行以及在凝汽器管材泄漏时确保在一定时间内有计划地停机。工艺流程为：凝结水→前置阳床→高速混床→凝结水升压泵→凝结水。

该系统中使用的化学物质是盐酸和氢氧化钠，主要用于树脂再生，其排放物为再生过程产生的酸碱性废水，该废水中主要化学物质为 NaCl 和 NH_4Cl ，含盐量较高，污染物指标主要为 pH 和氨氮（总氮）。废水收集在废水中和池，经过曝气中和处理后 pH=6~9，废水中氨氮含量通常为 400~1000mg/L，废水排入含氨废水处理系统。

（3）循环水加药系统

循环水加药系统采用电解海水的方式制取次氯酸钠，添加阻垢稳定剂用以抑制藻类、贻贝的生长，保证凝汽器和热交换器良好的传热性能。工艺流程为：水工海水→过滤器→次氯酸钠发生装置→次氯酸钠储存罐→加药泵→各加药点。

该系统中使用的化学物质主要是次氯酸钠溶液、稳定剂，主要用于海水杀菌灭藻，其加入系统后随循环水外排至大海。宜控制凝汽器冷却水出口中余氯量为 0.1~

0.5mg/L。

（4）常规岛化学药剂供给系统

常规岛化学药剂供给系统将所需的化学药品注入凝结水、给水、闭式水以及蒸汽发生器排污系统，维持系统的合适水化学工况，以使这些系统腐蚀和结垢倾向减至最低。

系统包括加氨药装置一套，用于给水、凝结水、闭式水和湿保养期间的加药；联氨加药装置一套，用于给水、凝结水、闭式水和湿保养期间的加药。

氨水和联氨加入二回路系统后随着处理工艺消耗，凝结水精处理系统投运时，氨水和联氨随凝结水精处理系统再生废水排出。

（5）海水取水杀菌加药系统

海水取水杀菌加药系统采用电解海水的方式制取次氯酸钠，用以抑制藻类、贻贝的生长，取水头部和输水管线减少堵塞。工艺流程为：水工海水→过滤器→次氯酸钠发生装置→次氯酸钠储存罐→加药泵→各加药点。

该系统使用的化学物质主要是次氯酸钠溶液，主要用于海水杀菌灭藻，其加入系统后随着处理工艺消耗，无外排。

（6）硼处理系统

本项目利用放射性废液精处理系统（WAS）除硼。废液精处理系统于一期工程阶段完成建设，可满足全厂6台机组运行后的处理要求。来自流出液暂存箱内的废液（反应堆冷却剂流出液）经过核岛放射性废液系统的深床过滤器和离子交换树脂床处理后，根据需要送往废液精处理系统，利用膜工艺进行硼的分离和浓缩，并在水箱中进行硼酸浓度的调节，以满足回用要求后送往硼酸贮存箱。经WAS系统处理后，硼浓度小于100ppm，与循环水排水混合后入海。

（7）含氨废水处理系统

本工程采用全厂设置的一套具备含氨废水处理工艺的集中废水处理系统，用于处理系统中的含氨废水，确保生产废水达标排放。含氨废水主要来自于凝结水精处理系统的再生废水和蒸汽发生器排污系统的废水，可以满足6台机组运行后氨氮废水的处理要求。凝结水精处理系统的再生废水和蒸汽发生器排污系统的废水氨氮含量约为400~1000mg/L，系统按照进水的氨氮含量为1000mg/L设计。初步考虑采用折点氯化法，通过向废水中加入次氯酸钠将氨氮转化为氮气。

处理后的生产废水满足广东省地方标准《污染物排放限值》（DB44/26-2001）中

的一级排放标准（氨氮的浓度 $\leq 10\text{mg/L}$ ）。处理达标后进入生产废水处理子项进行槽式排放。

4.7.2 生活废物

广东廉江核电项目运行期间产生的与放射性有关的固体生活废物均按放射性废物做专门处理，非放射性垃圾按生活垃圾处理规定分类收集处理。本工程的生活废物主要是非放射性的生活垃圾和生活污水：

— 生活垃圾：包括电站工作人员日常生活和工作产生的所有非放射性废物，这些垃圾根据规定收集暂存并送到指定的垃圾场处理，参考国内其他核设施，运行期间生活垃圾产生量约 648 吨/年。

— 生活污水：生活污水由生活污水处理设施处理。保守估计本工程生活污水产生量不超过 $380\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水直接排入厂区生活污水管网，通过生活污水排水系统排至生活污水处理站；其中，食堂排水经隔油处理后排入生活污水管网。生活污水经污水处理站处理后，其排水满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020），用于厂区绿化和道路喷洒等。

4.7.3 其他废物

本工程运行期间产生的其它废物主要包括一般固体废物和危险废物。

本工程运行期间产生的一般固体废物主要包括废金属、废纸、废木材、废橡胶等等。一般固体废物产生量预计约为 500t/年。

一般固体废物贮存于一般固体废物库中，于一期工程阶段完成建设，设计容量按照 6 台机组运行时考虑。在一般固体废物库中，固体废物将分类存放。拆解后的废木材整齐摆放，留出必要的防火距离，设置醒目的防火标识。

本工程运行期间产生的危险废物主要包括废油、废油漆、废涂料、废电池、非放废树脂等。危险废物产生量预计约为 193t/年，其中常规岛及 BOP 部分 2 台机组使用的非放树脂总量约为 470t，这些树脂根据使用情况约 3~5 年更换一次，平均每年产生废物约 100t。

危险废物贮存于非放危险废物库，于一期工程阶段完成建设，设计容量按照 6 台机组运行时考虑。非放危险废物库的设计参照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求的相关规定开展，其中包括：危险废物贮存于专用厂房内；各类危险废物分类存放并置于符合规定的容器内；厂房内加装排风机以保持厂房内通

风良好，以减少挥发出的有害气体积聚；地面水泥硬化，并考虑防渗措施。

表 4.7-1 本工程各系统主要化学物质（2 台机组）

废水来源	废水类型	废水产生量	排放方式	主要污染因子	处理方式	排放浓度	排放去向	排放标准
除盐水处理系统	酸碱性废水（氢氧化钠、盐酸）	约 5 t/h	泵排放、间断	pH、盐分	收集在除盐水处理系统废水中和池就地中和处理后： pH=6~9	主要为化学物质为 NaCl， 总 含 盐 量 小 于 10000 mg/L	与循环水排水混合后入海	满足 DB44/26-2001 《水污染物排放限值》的要求。
循环水加药系统	酸性废水（盐酸）	酸洗频率约 1~2 个月/次，每次排水量约 2t	泵排放、间断	pH、盐分、余氯	就地中和处理后： pH=6~9	主要为化学物质为 NaCl，少量 CaCl， MgCl 总 含 盐 量 小 于 10000 mg/L 余 氯 含 量 约 为 0.1~0.5mg/L	与循环水排水混合后入海	满足 DB44/26-2001 《水污染物排放限值》的要求。
凝结水精处理系统	酸碱性废水	约 70t/h（2 台机组量，CPS 运行期间） 机组正常运行期间按 30 天/年：年平均排水量约 $5.7 \times 10^4 \text{m}^3$ ， 机组首循环期间年平均排水量约 $5.5 \times 10^5 \text{m}^3$	泵排放、间断	pH、氨氮、盐分	收集在精处理中和池中和处理： pH=6~9 排至含氨废水处理系统处理	主要为化学物质为 NaCl, NH ₄ Cl 氨 氮 含 量 约 为 400~1000mg/L 总 含 盐 量 约 为 10000 mg/L	氨氮满足 DB44/26-2001 《水污染物排放限值》的要求后，与循环水排水混合后入海	满足 DB44/26-2001 《水污染物排放限值》的要求。
常规岛化学加药供给系统	含 NH ₃ 或 N ₂ H ₄ 废水	仅在设备检修等需要放空时排放。			排至含氨废水处理系统处理			

废水来源	废水类型	废水产生量	排放方式	主要污染因子	处理方式	排放浓度	排放去向	排放标准
海水杀菌加药系统	酸性废水(盐酸)	酸洗频率约 1~2 个月/次，每次排水量约 2t	泵排放、间断	pH、盐分	就地中和处理后： pH=6~9	主要为化学物质为 NaCl，少量 CaCl，MgCl 总 含 盐 量 小 于 10000 mg/ L	排入取水泵房前池	满足 DB44/26-2001《水污染物排放限值》的要求。

4.8 放射性物质厂内运输

广东廉江核电项目3、4号机组单个燃料组件中铀装量约为541kgU/组件。首循环两台机组共386组组件，总铀装量约为209吨；后续循环（每循环约1.5年）每台机组换料组件数量为72组，两台机组共144组，总铀装量约78吨。

运进核电厂的放射性物品有初级中子源组件和未经辐照的新燃料组件。为了安全运输初级中子源组件，应根据《密封放射源一般要求和分级》（GB 4075-2009）中的试验要求对密封中子源的试样进行试验，每项试验后应按《密封放射源的泄漏检验方法》（GB 15849-1995）的规定对试样进行泄漏试验。新燃料组件和初级中子源组件运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

运出核电厂的放射性物品有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节叙述上述放射性物品的运输。

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 新燃料运输容器

新燃料组件存放在专用的新燃料组件运输容器内运输。新燃料运输容器用于保护新燃料组件，避免新燃料组件在正常运输或操作过程中受到振动和冲击而造成损坏；保证正常运输条件下对新燃料组件的屏蔽能力；保持新燃料组件在正常运输条件下的次临界状态；保持新燃料组件在运输事故条件下的次临界状态。新燃料运输容器基本结构为不锈钢上下外壳加铝合金内壳，附件包括减震器，聚氨酯泡沫填充等。新燃料运输容器可提供新燃料组件垂直装卸等功能，使新燃料组件在整个运输过程中便于实行由公路、铁路和海路分段运输之间的中转、转换等操作。

新燃料运输容器能够满足核材料国际运输管理导则的要求，并应满足《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 第 562 号）、《放射性物品运输安全许可管理办法》（HAF 701）和《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的规定。在正常运输工况和事故工况下（如火烧、跌落、水淹等），新燃料运输容器能够保证运输容器内燃料组件不发生散落。新燃料运输容器能够保证在最佳慢化条件下， $k_{\text{eff}} < 0.95$ 。

本工程计划使用 STC-NF1A 或 STC-NF2B 新燃料运输容器，用于运输未经辐照的富集度低于 5%的燃料组件，可装载一组或两组新燃料组件。其中，STC-NF1A 容器在 2017 年 12 月获得国家核安全局的设计批准书，在 2018 年 6 月获得国家核安全

局的制造许可证，目前已经用于三门一期和海阳一期核电工程的新燃料组件运输。

4.8.1.2 新燃料的厂外运输

由中核包头核燃料元件股份有限公司提供的新燃料组件可以通过铁路、公路等不同的形式运至本核电厂现场，可选取“铁路+公路”联运的方案或“全程公路”运输的方案。目前国内大多数核电站新燃料均采用“全程公路”运输的方式进行运输，具有丰富的运输经验，为优先考虑方案。

“全程公路”运输方案采用公路用专用卡车运输，全程长约 2738km。内蒙古包头至重庆走包茂高速公路（G210），路程约 1961km；重庆至湛江走兰海高速（G75）路程约 757km；从湛江到廉江核电厂走 G235 国道，路程约 20km。目前，国内已具备一定的全程公路运输经验。

公路运输前需要预先与高速公路管理部门就有关限速等问题进行协调。

本工程首循环两台机组共需 386 组燃料组件，后续循环每循环约 18 个月，每循环需 144 组燃料组件。单燃料组件最大活度为 $1.2\text{E}+08\text{Bq/kgU}$ ，首循环最大运输量对应的总活度为 $2.6\text{E}+13\text{Bq/a}$ 。

新燃料平均年发运次数至少应满足后续循环换料的要求，每台机组每循环，即 18 个月运输一次，可满足要求。

4.8.1.3 新燃料的厂内运输

新燃料组件装在专用的新燃料运输容器内由专用运输车辆运至核岛辅助厂房内，根据程序进行检查确认、开箱等操作，最终将新燃料组件吊运并贮存在新燃料贮存格架中。

新燃料贮存格架的贮存容量或能力应能保证充分满足堆芯一次平衡换料所需的新燃料组件的数量。经检查合格的新燃料组件一次一个地吊运到新燃料贮存格架内，然后采用干法贮存。反应堆换料之前，用燃料抓取机（借助于新燃料组件操作工具）将新燃料组件从新燃料贮存格架内吊至新燃料升降机，然后由新燃料升降机将新燃料组件转运至乏燃料水池底部，再用燃料抓取机（借助于乏燃料组件操作工具）将新燃料组件吊入乏燃料贮存格架内暂存，换料时通过辅助厂房的燃料运输设备将新燃料组件传送到反应堆厂房。

新燃料的接收操作在核岛辅助厂房的新燃料接收和检查区进行。

现场接收新燃料运输容器后，首先进行外部检查，并确认商标、标记以及安全铅封均完好。当容器打开后，检查安装在其内部的震动监视器，确认运输过程中的震动

没有超过设计限值。

从运输容器中取出燃料组件时，借助于新燃料开箱操作台，检查其塑料包装，确认没有受损。然后，去掉包装材料，对整个新燃料组件进行目测检查。

根据设计的详细步骤，用燃料抓取机将新燃料组件逐一转运至新燃料贮存格架中或转运到新燃料升降机里，经升降机下降到乏燃料水池中，然后转运并存放在乏燃料贮存格架中，或转运至燃料运输设备的燃料篮内。

重复上述贮存操作过程，直至所有新燃料组件全部放入贮存格架内。

对于首炉新燃料的贮存，在新燃料到厂后，超过新燃料贮存格架的贮存容量的部分，可采用暂时贮存在乏燃料贮存格架内的方法。

4.8.2 乏燃料的厂内运输

乏燃料的厂内运输包括从乏燃料组件装入乏燃料运输容器至厂外运输前的全过程。相关的操作工具和设备包括乏燃料运输容器吊车、燃料抓取机、乏燃料组件操作工具、容器专用运输卡车等。乏燃料组件装入专用的乏燃料运输容器中外运，对容器进行装载的操作以及容器的清洗、检查等操作分别在装料池和清洗池内进行。装料池和清洗池为毗邻的两个水池，均位于辅助厂房内乏燃料水池旁。

乏燃料组件通常贮存在乏燃料水池中，直到裂变产物的活性降低到允许外运的程度。然后，将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。

乏燃料组件在装入乏燃料运输容器的过程中，以及之前在水池内贮存和转移的过程中，其顶部均保持有足够的屏蔽水层。在装入乏燃料运输容器后，通过特殊设计的容器实现乏燃料组件的辐射屏蔽。因此，乏燃料组件厂内运输过程中的辐射影响是严格控制的，满足合理、可行、尽量低的原则。

乏燃料运输容器装料操作的典型步骤如下：

- 装料池已经充满了水，且装料池和乏燃料水池之间的水闸门已经打开。
- 将乏燃料运输容器运到清洗池，用去离子水洗净。卸掉容器外盖，给容器充水排气。
- 将乏燃料运输容器吊运至充满水的装料池中，先在中转平台换钩再下放到装料池底部，卸掉容器内盖。
- 连接乏燃料组件操作工具的燃料抓取机定位在待外运的乏燃料组件上方。
- 提起燃料组件，经水闸门转运至装料池，将其装进已经就位的乏燃料运输容

器内。在燃料组件转运的过程中，需保持燃料组件活性区顶部有足够的屏蔽水层。

- 重复上述两步步骤直至装满乏燃料运输容器，将运输容器内盖重新安装到运输容器上。
- 将乏燃料运输容器转移到清洗池，进行内盖密封，充气排水、干燥、充氦气和外表面冲洗等处理措施，安装外盖并确认容器表面剂量率满足限值后，才能将容器提升出清洗池。

4.8.3 放射性固体废物的转运

4.8.3.1 放射性固体废物的场内转运

核岛无法直接处理的各类放射性废物，将根据其废物类型，采用适宜的运输形式，转运至厂址废物处理设施进行处理。废物类型主要包括废树脂、水过滤器滤芯、化学废液及其他废物。每台机组废物厂内运输方式、单批次转运量及转运次数的信息，参见表 4.8-1。

放射性各类废物转运至厂址废物处理设施后，通过对应的处理工艺，最终以 200L 钢桶的包装形式在厂址废物处理设施的废物暂存库内进行中间贮存，暂存期间废物桶外不另设屏蔽外包装，在外运送至最终处置场时再根据废物表面剂量水平加装外屏蔽桶。

废物暂存库按照废物放射性水平分区存放。废物暂存库具有暂存全厂址 5 年内产生的放射性废物的能力。电厂处理产生的最终废物包装体符合《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（GB9132-2018）。这些废物桶最终将运至国家区域处置场作最终处置。

废物暂存库内废物经过 5 年暂存后，最终根据我国低、中放废物近地表处置场规划，由转运卡车运至龙和处置场进行集中处置。整个废物转运过程遵照《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）执行，保证转运工作人员的安全，并尽量避免核废物运输对公众的影响。

4.8.3.2 放射性固体废物的厂外运输

电厂统一采用 200L 钢桶作为废物中间贮存包装容器，该废物桶自暂存库送出厂外进行运输时，对于表面剂量率小于等于 2mSv/h 的废物桶，可直接通过转运车辆运输，对于表面剂量率大于 2mSv/h 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

在运输过程中将严格遵守《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中的有关要求，防止事故发生，确保运输人员和沿途公众的辐射影响控制在合理可行尽量低的水平，维护其安全和健康。

放射性废物运输的起点为本电厂厂址废物处理设施内的废物暂存库，运输终点为规划中的低、中放固体废物区域处置场。废物的厂外运输可通过铁路、公路、船舶进行运输，运输时应符合安全运输规定的要求。目前本项目的放射性废物暂定去往龙和处置场，后续将进一步明确运输方式和论证运输路线的可行性。

表 4.8-1 单机组放射性废物厂内运输相关信息

废物类型	运输容器	单批次转运量	转运次数/年
废树脂	废树脂屏蔽转运装置	0.8m ³	约 13 次
水过滤器滤芯	废滤芯转运装置	1 个滤芯	约 8 次
化学废液	化学废液屏蔽转运装置	10m ³	约 1 次
其他废物	集装箱	12m ³	约 20 次

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 工程用地概况

广东廉江核电项目规划建设6台百万千瓦级核电机组，一期建设2台CAP1000机组，本期工程建设2台国和一号核电机组。一期工程于2023年9月25日获得建造许可证，1号机组于2023年9月29日开工建设；本工程为广东廉江核电厂3、4号机组工程。

5.1.1.1 用地概况

广东廉江核电项目厂区建设用地面积约为 267.30hm²（用地面积暂不考虑取排水工程、大件码头、厂外大件运输道路、进厂道路、应急道路和职工倒班宿舍等建设用地）。一期工程已完成征地 100.61hm²，本期工程新增征地 103.562hm²，剩余为三期工程征地。用地范围内无工业、商业和矿产资源，也无公共娱乐设施、无名胜古迹及风景旅游区，西南侧的广东湛江红树林国家级自然保护区边界距离厂区边界大于 2km。

5.1.1.2 土石方平衡

厂区竖向设计采用平坡式和台阶式相结合的方式。本期工程采用平坡式布置，其中厂区与核安全有关的区域，其厂坪标高（室外地面设计标高）定为 19.00m；辅助设施区室外地面设计标高 19.00m~18.70m；声屏障方案设计为堆土+边坡，堆土顶地面设计标高为 35.7m，分别向两侧放坡：向厂外放坡至自然标高，向厂内放坡至厂内地面设计标高 18.70m。

本期工程挖方量 139.8 万 m³，填方量 146 万 m³，余方-4.8 万 m³，正挖阶段，综合利用或堆放至厂外弃土场。二期负挖工程 45 万 m³，综合利用或堆放至厂外弃土场。土方最终松散系数拟取 1.01。

5.1.1.3 施工场地规划

施工生产区包括各类施工生产临建区（核岛土建临建区、核岛安装临建区、常规岛土建临建区、常规岛安装临建区），上述施工生产临建区布置在厂内空地；BOP施工临建区和冷却塔施工临建区厂内设置；砂石料加工厂、砂石料堆场、混凝土搅拌站、大件设备周转场地、安全壳模块拼装场地（以下简称CV模块拼装场地）、结构模块拼装场地（以下简称CA模块拼装场地）、钢板混凝土结构模块拼装场地（以下简称SC模块拼装场地）和施工力能区等，上述施工临建在一

期工程阶段的厂区内已建成，利用一期工程已建场地。

5.1.2 主体工程（厂区）施工活动对环境的影响

本节将对本工程主体工程（厂区）施工活动期间的环境影响进行分析。

5.1.2.1 社会环境及环境敏感区域影响

本工程的建设将永久占用土地。车板镇大坝村的黄京涌自然村因本工程的建设村民将搬迁至移民安置点，安置点位于厂址的E方位，1.6km处。除黄京涌自然村外，本工程非居住区边界范围内无搬迁人口，建设占地将对社会环境的影响十分有限。

本工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量外来施工人员将进驻施工现场，并在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，增加当地居民的就业机会，一定程度上将促进该地区经济的发展。与此同时对当地居民的物价指数可能会带来一定影响。

厂址半径 5km 范围内无市级以上历史古迹和风景名胜区，本工程施工不会对本工程所在区域的历史古迹和风景名胜区产生影响。广东湛江红树林国家级自然保护区影响分析见 5.1.2.6 节。

5.1.2.2 大气环境影响

本工程的建设将永久占用土地。本工程施工场地的场平、开挖和填充以及构筑物的建设，将改变当地的局部地形和下垫面粗糙度，但与当地的地形相比，还不足以影响厂址边界以外的大气环境。

本项目施工现场的主要道路已完成硬化处理，裸露的场地和集中堆放的土方已采取覆盖措施和绿化措施等。混凝土搅拌站实现自动化配料和装料，混凝土搅拌站原料存放厂房全天定期喷洒水雾进行降尘。通过上述措施对本工程施工厂区扬尘进行控制。

厂区无组织废气排放的情况与施工方施工工艺与施工管理方式密切相关。本工程将严格遵循施工管理的有关要求，加强施工管理，尽可能减少厂区无组织废气的排放。在满足以上条件的情况下，本工程厂区无组织废气排放能满足达标排放的要求。

采用广东廉江核电项目一期工程进行类比，本工程建设的国和一号机组与一期工程所建机组属于同类型机组，工程组成、建设工序基本相同；且本工程与一

期工程位于同一厂址，地形一致、周边植被分布情况一致。因此本工程以广东廉江核电项目一期工程施工期环境监测结果开展类比分析是合理的。

1) 工程场地平整阶段

广东廉江核电项目一期工程FCD时间为2023年9月，FCD前主要开展工程场平工作，本项目一期工程于2022年第四季度至2023年第三季度开展了施工期环境监测，监测点位覆盖厂址主厂区、施工临建区边界、主导风向上风向及下风向范围，布设上风向参照点位1个，下风向监控点位4个，共计5个厂界无组织废气监测点位。根据《广东廉江核电项目一期工程厂址陆域施工期环境监测报告》，厂区无组织废气排放监测结果如下：

1) 2022年第四季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.028mg/m³、0.059mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求；TSP小时值的最大浓度为2.72mg/m³，不符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求；TSP超标原因主要为施工作业密集，经合理安排施工时序，TSP浓度可得到有效控制。

2) 2023年第一季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.029mg/m³、0.053mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.717mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求；

3) 2023年第二季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.030mg/m³、0.055mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.703mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求；

4) 2023年第三季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.028mg/m³、0.051mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.588mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

广东廉江核电项目一期工程于2022年第四季度至2023年第三季度开展厂址周边敏感目标大气环境监测，监测点位为项目地办公区、南蒙塘村、塘尾村、大陂村、塘仔山村、红树林自然保护区附近对岸村，共6个环境空气监测点位。大气环境质量监测因子NO_x、NO₂、SO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}和TSP监测值均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准。

2) 主体工程施工阶段

广东廉江核电项目一期工程 FCD 时间为 2023 年 9 月，FCD 后主要开展主体工程施工工作，广东廉江核电项目一期工程于 2023 年第四季度至 2025 年第一季度开展了施工期环境监测，根据《广东廉江核电项目一期工程厂址陆域施工期环境监测报告》，厂区无组织废气排放监测结果如下：

1) 2023年第四季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.028mg/m³、0.051mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.367mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

2) 2024年第一季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.031mg/m³、0.054mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.378mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

3) 2024年第二季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.030mg/m³、0.055mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.580mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

4) 2024年第三季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.032mg/m³、0.055mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.688mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

5) 2024年第四季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为<0.007mg/m³、0.055mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.129mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

6) 2025年第一季度厂区无组织废气排放中SO₂、NO_x小时值的最大浓度分别为0.009mg/m³、0.043mg/m³，TSP小时值的最大浓度为0.123mg/m³，均符合《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中无组织排放监控浓度限值的要求。

广东廉江核电项目一期工程 2023 年第四季度至 2025 年第一季度的环境敏感目标空气质量监测因子 NO_x、NO₂、SO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5} 和 TSP 监测值均符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准。

本工程施工期产生挥发性有机物的工艺主要为喷漆、喷砂和抛丸作业，本项目施工期设置专门的喷砂喷漆车间，喷漆、喷砂和抛丸工序产生的废气经收集后分别通过三级活性炭吸附、旋风除尘器+滤芯除尘和布袋除尘设施处理后高空排放，排气筒高度为 15m，排放口监测按照《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》(DB44/2367-2022) 执行。本工程施工承包方已针对喷砂喷漆车间的排放开

展排污许可登记。

2024 年 11 月在喷漆工序废气排放口检测苯、甲苯、二甲苯、VOCs 和非甲烷总烃的排放浓度分别为未检出、未检出、 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.33\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $1.69\text{mg}/\text{m}^3$ 。在抛丸工序废气排放口检测颗粒物和 VOCs 的排放浓度为 $<20\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $1.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，均满足《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB44/2367-2022）中有组织排放挥发性有机物限值的要求和《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）新污染源大气污染物排放限值二级标准。

2025 年 4 月在喷漆工序废气排放口处对废气进行监测，苯、甲苯、二甲苯、VOCs 和非甲烷总烃的排放浓度分别为未检出、 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.38\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $15.6\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $1.66\text{mg}/\text{m}^3$ 。在喷砂工序废气排放口检测颗粒物和 VOCs 的排放浓度为 $<20\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，均符合《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB44/2367-2022）中有组织排放挥发性有机物限值的要求和《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）新污染源大气污染物排放限值二级标准。

5.1.2.3 水环境影响

本工程建设期间对地表水环境（厂区附近水体）的污染主要来自于施工期间土石方和建筑材料的流失以及生产废水和施工人员的生活污水排放。

1) 土石方和建筑材料的流失

工程施工期间，由于外界条件（如大风、降水等）的作用，容易造成开挖的土石方和堆放的建筑材料随风或水扩散，其中部分将落入厂址附近的水体，污染水环境，将造成厂址附近水体的地表水含沙量和浊度的增加。

2) 施工废水和生活污水

本工程施工期间，所产生的污、废水主要是生活污水、混凝土泵车洗车废水、调试期的生产废水、管道冲洗废水。

（1）生活污水

本项目设置的生活污水处理设施（37 子项）为全厂共用。本工程施工期间，生活污水经专用管网收集至生活污水处理设施（37 子项）处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防和建筑施工标准限值进行回用，一部分回用于绿化用水和道路喷洒用水，回用不完的部分输送至循环水泵房前池作为循环水补充水。在敷设专用官网达不到的临时卫生间，其产生的生活污水采用清掏、环卫车辆外运至污水处理站处置。

广东廉江核电项目一期工程在场施工人数最高可达 11000 人左右，本工程施工期间预计与一期工程在场施工人数相似，本工程施工期生活污水产生量可参考一期工程数据，一期工程施工期生活污水约为 $240\text{m}^3/\text{d}$ （无淋浴用水）。另外考虑二期工程施工时，一期工程运行期的生活污水量约 $420\text{m}^3/\text{d}$ ，总污水量约为 $660\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目生活污水处理设施的设计处理能力为 $1200\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目生活污水处理设施的处理能力可满足本工程施工期以及一期工程运行期的生活污水产生量。

施工单位主要租赁当地民居作为施工临时住所的，生活污水通过当地现有的生活污水处理设施进行处理；施工单位需另行建设施工临时住所的，由施工单位负责生活污水处理设施的建设。

（2）生产、施工废水

施工现场设置的混凝土搅拌运输车冲洗区产生的生产废水经初级沉淀、二级沉淀、混凝土泥水压缩过滤等环保工艺处理，产生的中水用于冲洗车辆及地面，不进行排放。

（3）调试废水

管道安装、调试等期间的冲洗水拟储存于冷却塔塔底水池，作为冷却塔补水回用，不外排。

参考同类核电项目，调试期末加药废水与加药废水的产生情况预计如下：

调试期末加药废水主要包括核岛一回路联合冲洗、流道试验废水、二回路冷态联合冲洗废水、设备检修需排放的未加药废水等，最大排水量约 $3000\text{m}^3/\text{d}$ 。涉及的污染因子主要包含悬浮物，处理方式为通过静态沉淀的方式进行悬浮物净化，通过收取上清液进行回收。

调试期加药废水包含系统维护保养的加药废水、热试结束后一回路加药废水、二回路热态冲洗等。其中，维护保养的加药废水主要为 SGS 系统湿保养，单次排放总量约 450t ，排放流量约 $0\sim 40\text{t/h}$ ，预计排放 2 次；热试结束后一回路加药废水产生总量约 300t ，排放流量约 $0\sim 45\text{t/h}$ ；二回路热态冲洗，凝结水热态冲洗期间的冲洗水水源为 DWS 或 DTS 除盐水（冲洗过程中向凝结水添加联氨（或氨水）以维持凝结水碱性还原性条件），主给水热态冲洗期间，冲洗水水源为 CDS 凝结水（冲洗过程中向主给水添加联氨（或氨水）以维持主给水碱性还原性条件），排放流量约 200t/h 。加药废水污染因子主要包含 pH 值、悬浮物、氨氮等，拟通

过建成后的含氨废水处理系统（子项 382）针对性去除废水中所含化学成分后进入非放射性生产废水处理设施（子项 38）再通过槽式排放，最终进入冷却塔。若调试期加药废水排放流量超过生产废水处理系统的处理能力，则通过安排计划、错峰处理的方式实现调试期加药废水的全部处理。

生产废水处理系统（38、382 子项）正式投运前，本工程产生的调试废水和管道冲洗废水集中收集至临时处理设施处理后运至冷却塔作为补水回用。

因此，施工期间产生的水土和材料流失、废水的排放均会对当地水环境造成临时性影响。对此，在采取合理有效的预防措施（如加强对材料和管理、建设临时施工废水沉淀池和生活污水处理设施、利用已建生活污水处理站等）后，上述影响能降到最低程度。随着施工结束，水环境质量将得到恢复。

5.1.2.4 噪声影响

本工程施工期噪声影响也采用广东廉江核电项目一期工程作为类比厂址，监测内容包括施工期场界噪声和厂外敏感点噪声。本工程建设的国和一号机组与一期工程所建机组属于同类型机组，工程组成、建设工序基本相同；且本工程与一期工程位于同一厂址，地形一致、周边植被分布情况一致。因此本工程以广东廉江核电项目一期工程施工期环境监测结果开展类比分析是合理的。

广东廉江核电项目一期工程于 2023 年第四季度至 2024 年第三季度开展了施工期环境监测，根据《广东廉江核电项目一期工程厂址陆域施工期环境监测报告》，场界噪声监测结果如下：

1) 2023 年第四季度至 2025 年第一季度施工场界四周在昼间和夜间的噪声值均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求。

2) 2023 年第四季度和 2025 年第一季度厂外声环境敏感点（包括南蒙塘村、塘尾村、大陂村、黄京埔村、塘仔山村、红树林自然保护区附近对岸村以及项目地办公区）在昼间和夜间的噪声值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类环境噪声限值的相关要求。

5.1.2.5 固体废物影响

本工程施工阶段产生的固体废物主要为工业固体废物、建筑垃圾、生活垃圾以及危险废物。

（1）工业固体废物

工业固废主要分为废钢材、废木材、废塑料、废纸等，具有一定的回收利用

价值，由施工单位在其施工临建区内设立存放区、集中堆放，由废品回收单位进行回收处理。

（2）建筑垃圾

建筑垃圾主要为工程弃土、废渣以及工程垃圾。

1) 工程弃土：部分弃土综合利用处理后，厂区内的土石方基本能够平衡。

2) 废渣：生产、施工废水的沉淀池及时清渣，沉淀下层的沉淀物经脱水由施工单位在其施工临建区内设立存放区、集中堆放，定期清理出厂区，运至当地垃圾处理场处理。其中，混凝土搅拌站的混凝土泥水经压缩过滤，脱除水分产生的泥渣再通过分离设备将碎石和废料分离，碎石用于厂区道路铺设。

3) 工程垃圾：建设过程中产生的弃料，施工现场设有建筑垃圾临时堆放场，并及时清运出场，合理处置。

（3）危险固体废物

施工单位在其施工临建区内设有施工期化学品库、危险废物临时贮存集装箱等设施。废油、废油漆等危险废物集中堆放在该区域，由施工方按危废管理要求收集暂存并委托有危险废物处理资质的专业单位处理。参考同类项目危废产生量，预估本工程不同种类危险废物的产生量：废油漆（桶）75t，废机油（桶）80t，废酸液（桶）17t、废弃防水涂料（桶）7t、定影/显影废液 40t。

（4）生活垃圾

本工程施工期间，施工现场生活垃圾主要为现场办公室、食堂、施工现场等部位产生的生活垃圾。在上述部位设置垃圾箱，分类堆放生活垃圾，及时清理，最终委托专业单位运出厂外处理。

5.1.2.6 生态环境影响

本工程施工期间将在厂址建设规划区内占用大量土地，施工期主要为表土剥离和堆放，对生态环境影响很小。

广东湛江红树林国家级自然保护区位于厂址以西，与厂址最近距离大于 2km。

1) 大气环境影响：施工期大气扬尘影响范围主要在厂址半径 1km 范围内，广东廉江核电项目一期工程厂区边界及环境敏感点空气质量监测结果均符合标准要求。自然保护区与厂址最近距离大于 2km，基本不受施工期大气扬尘影响。

2) 水环境影响：本工程生产废水经处理后达到广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中的一级排放标准后回用，不进行排放；生活污水

经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中城市绿化、道路清扫、消防和建筑施工标准限值进行回用。本项目严禁污水向自然保护区区域排放,因此不会对自然保护区水环境产生影响。

3) 声环境影响:施工期噪声影响范围主要在厂址半径 1km 范围内,广东廉江核电项目一期工程厂区边界及环境敏感点噪声监测结果均符合标准要求。自然保护区与厂址最近距离大于 2km,基本不受施工期噪声影响。

本工程施工期间将采取建筑材料堆放等场所的面源排放控制,以此避免对广东湛江红树林国家级自然保护区产生影响。总体而言,本工程的建设不会对当地的陆生生态环境造成不良影响。

本工程建设各阶段都将有规划地进行厂区绿化和景观恢复,本工程建成后,广东廉江核电项目厂区将是一个经过精心布置、与周围环境相协调的人文景观。

5.1.2.7 水土流失影响

在本工程建设过程中,水土流失主要发生在施工期。期间,将有开挖和填筑裸露面产生,裸露面表层结构疏松,植被覆盖度较低,使区域内土壤抗侵蚀能力下降;同时,大量土石方的搬运和堆置,也将造成工程区及其附近施工区域的局部水土流失加剧。工程施工结束后,因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失,地表扰动也基本停止,施工区域的水土流失将明显减少,但仍存在一定量的水土流失因素。因此,本工程水土流失的重点时段为工程施工期,同时植被恢复期也会有一定程度的水土流失。通过设置相关水土保持设施可减少水土流失的影响,因此在项目建成后水土流失的影响可减至最小。

5.1.2.8 主体工程(厂区)施工活动对与三线一单符合性分析

本工程厂区位于《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》和《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》(湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知,湛府〔2021〕30 号)中的“青平-车板-高桥镇重点管控单元”(环境管控单元编码 ZH44088120026),见图 5.1-1。管控要求如下:

1) 污染物排放管控

- **【水/综合类】**加快补齐镇级生活污水收集和处理设施短板,因地制宜建设农村生活污水处理设施。
- **【水/限制类】**城镇污水处理设施出水执行《城镇污水处理厂污染物排放

标准》（GB 18918）一级 A 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26）的较严值。

- **【水/综合类】**开展高位池养殖排查和分类整治，推动养殖尾水达标排放或资源化利用。
- **【水/综合类】**畜禽养殖场、养殖小区应当依法对畜禽养殖废弃物实施综合利用和无害化处理，养殖专业户、畜禽散养户应当采取有效措施防止畜禽粪便、污水渗漏、溢流、散落。
- **【水/综合类】**配套土地充足的养殖场户，粪污经无害化处理后还田利用具体要求及限量应符合《畜禽粪便无害化处理技术规范》（GB/T 36195）和《畜禽粪便还田技术规范》（GB/T 25246），配套土地面积应达到《畜禽粪污土地承载力测算技术指南》要求的最小面积。对配套土地不足的养殖场户，粪污经处理后应符合《畜禽养殖业污染物排放标准》（DB44/613）。用于农田灌溉的，应符合《农田灌溉水质标准》（GB5084）。
- **【水/综合类】**持续推进化肥、农药减量增效，深入推进测土配方施肥和农作物病虫害统防统治与绿色防控。
- **【大气/限制类】**建材等“两高”行业项目，大气污染物排放应满足国家和省的超低排放要求。

2) 环境风险防控

- **【风险/综合类】**企业事业单位和其他生产经营者要落实环境安全主体责任，定期排查环境安全隐患，开展环境风险评估，健全风险防控措施，按规定加强突发环境事件应急预案管理。

本工程不属于“两高”行业项目，厂区施工期产生的生产废水和生活污水不外排，产生的固废分类按规定处置，产生的扬尘、车辆尾气和噪声对厂区周边的影响较小且在施工结束后不再产生影响，因此符合本工程所处重点管控单元的管控要求。

5.1.3 主体工程（厂外）施工活动对环境的影响

本节对本工程主体工程（厂外）施工活动期间的环境影响进行分析。

5.1.3.1 施工临建区影响

施工生产场地主要包括土建、安装用地和设备材料堆场。

施工临建工程区在核电厂施工过程中产生的环境影响是局部的和暂时的,在采取必要的防护措施后可降低施工过程中的环境影响。施工过后,当地的环境质量将很快得以恢复。施工临建工程区的环境影响因素及相应控制措施如下:

1) 大气: 施工临建工程区内主要堆放核电厂建设用物资和材料,如预制件等,此外部分车间开展管件喷漆、上漆等作业。核电厂施工用管件喷漆、上漆等作业时会产生 VOCs 气体,核电厂施工用预制件的堆放以及车辆在施工临建工程区与厂区间的运输会造成空气扬尘,汽车尾气和食堂的油烟气也会造成一定的污染。对于扬尘造成的污染,施工方将采取措施:开展管件喷漆、上漆等作业的车间采用三级活性炭吸附处理后高空排放,车间四周及顶棚做好密封密闭;对施工临建工程区及时清扫,道路路面上经常洒水;在施工临建工程区边界处使用隔离板;露天堆场等堆放场所加盖布条进行防护等。对汽车尾气造成的污染,施工方将加强施工管理,合理调度运输车辆,在满足建设需要的前提下尽可能减少车辆运输的次数。对于食堂的油烟气,应按照《饮食业油烟排放标准(试行)》(GB18483-2001),经油烟净化设施处理后排放。通过上述措施来保证施工临建工程区周围的空气环境质量符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准的要求。

2) 水: 施工临建工程区内的废水主要来自场地冲洗、设备洗涤的生产废水和施工人员产生的生活污水。其中,生产废水经处理后达到广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)中的一级排放标准后回用,不进行排放。生活污水经施工临建区设置的临时集装箱卫生间,其产生的生活污水采用清掏、环卫车辆外运处置。

3) 噪声: 施工临建工程区内噪声相对施工区来说较小,主要噪声来源于核电设备的组装加工,施工人员日间的生产活动(电厂建设用物资和材料的搬运等)以及车辆在施工临建工程区与厂区间的运输产生的噪声。施工方将对加工车间内的机械进行隔声减振等防噪设计以降低其噪声影响,同时通过避免夜间作业,合理调度运输车辆和安排运输路线等措施使得施工临建工程区边界处的噪声能满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)(昼间 70dB,夜间 55dB)的要求。

4) 固体废物: 在本工程施工期将对施工临建工程区的固体废物处理作统一考虑。施工临建工程区污水处理站的污泥、酸洗钝化车间产生的废酸液、加工车

间的金属粉屑、机械保养等产生的固体废弃物以及施工人员日常生活产生的生活垃圾等将分类收集并统一处理。水处理设施排泥经单独收集后，出上清液排入污水系统，污泥将由专业部门回收。此外，施工单位将在其施工临建区内设立危险废物集中存放区域，废酸液、废油、废油漆等危险废物集中堆放在该区域，由施工方按危废管理要求收集暂存并委托有危险废物处理资质的专业单位处理。

5.1.3.2 取排水管线建设影响

本工程与一期工程共用一套循环冷却水取排水管线。1~4 号机组补给水管共设置了 2 条 DN2000 玻璃钢管。排水管设置 4 条 DN1400 的 HDPE 排水管，一期工程正在建设的 4 根排水管线中有 2 根供本工程使用，用于冷却塔排污水排放。陆域输水管线从取水泵房至厂区，长约 11km。本工程新增 2 条液态流出物管线，采用管中管（双层管）方案；内管管径暂定为 DN280，管材为 HDPE 塑料给水管，热熔连接；外管管径暂定为 DN400，管材为焊接钢管（Q235B），焊接连接，对内管起保护和泄漏包容作用；内管外壁设有支撑卡箍件，把内管支撑固定在外管内。

循环冷却水取排水管线施工的影响已在本项目一期工程环境影响报告书（建造阶段）开展过详细论述，一期环评报告认为取排水管线的施工影响对附近水环境水质、环境空气质量以及周围声环境敏感目标不会产生明显影响。本工程液态流出物管中管的路由与一期工程排水管线路由并行敷设，施工影响主要来自管线建设过程中涉及管沟开挖和回填、管道穿越、防腐及铺设的施工作业，以及防渗监控等辅助配套工程。液态流出物管线建设过程中应采取如下措施：

1) 生态保护措施：做到分层开挖、分层回填、做好表土保存和回填工作；剥离的地表植被采用本地物种进行生态恢复。

2) 污染防治措施：管线沿线开挖过程中部分管段地下水渗出而形成开挖废水，通过设置临时的排雨、排污系统处理。施工期大气污染源主要包括施工扬尘、施工机械设备燃油废气、管道热熔连接产生的 VOCs 等。由于本项目分段施工，废气污染物的排放较为分散，且废气污染源具有间歇性和流动性，通过洒水等措施后，经大气扩散作用，管道沿线施工对区域环境空气质量的影响很小，对管道沿线两侧附近居民点的影响较小，且影响时间短，随着施工期结束影响也随之消失。

3) 施工工艺措施：施工沿线禁止采用施工爆破方式，避免施工区域地下水

环境出现较大变化，甚至引起局部地质问题；同时避免对广东湛江红树林国家级自然保护区造成影响。

建设单位已制定了一期工程取排水管线施工期环境监测方案，针对海水管线施工区所经过的村庄、学校等环境敏感点布置环境空气、地下水 and 环境噪声监测点位，同时按取排水管线两侧 300m 范围（以排水管线为中线东西两侧各 300m）作为施工噪声影响评价范围布设噪声监测点位。一期工程取排水管线目前正在施工中，本工程液态流出物管线施工位置与一期工程管线施工位置邻近，施工规模小于一期工程的管线施工量，本工程管线施工环境影响可参考一期管线施工期环境监测的结果。

根据《广东廉江核电项目一期工程海水取排水管线施工期环境监测报告》，目前正在施工管段的地下水监测点位共设置 11 个点位，环境空气监测点设置 6 个（那腮村、独田村、三家村、斋堂角、村头村和陆地村），环境噪声监测点设置 6 个（那腮村、独田村、三家村、斋堂角、村头村和陆地村），监测结果如下。

2024 年第四季度至 2025 年第一季度管线沿线地下水监测点位的检测项目均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中 III 类标准限值的要求。

2024 年第四季度至 2025 年第一季度管线沿线环境敏感目标空气质量监测因子 NO_x 、 NO_2 、 SO_2 、CO、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 和 TSP 监测值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

2024 年第四季度和 2025 年第一季度管线沿线声环境敏感点在昼间和夜间的噪声值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类环境噪声限值的相关要求。

5.1.3.3 取排水构筑物建设影响

取排水构筑物建设环境影响分析具体见 5.2.2.1 节相关章节。

5.1.3.4 主体工程（厂外）施工活动对与三线一单符合性分析

本工程施工临建区位于《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》和《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知，湛府〔2021〕30 号）中的“青平-车板-高桥镇重点管控单元”（环境管控单元编码 ZH44088120026），见图 5.1-1。管控要求见 5.1.2.8 节描述。

本工程不属于“两高”行业项目，施工临建区施工期产生的生产废水和生活污水不外排，产生的固废分类按规定处置，产生的扬尘、车辆尾气、VOCs 和噪

声对施工临建区周边的影响较小且在施工结束后不再产生影响,因此符合本工程所处重点管控单元的管控要求。

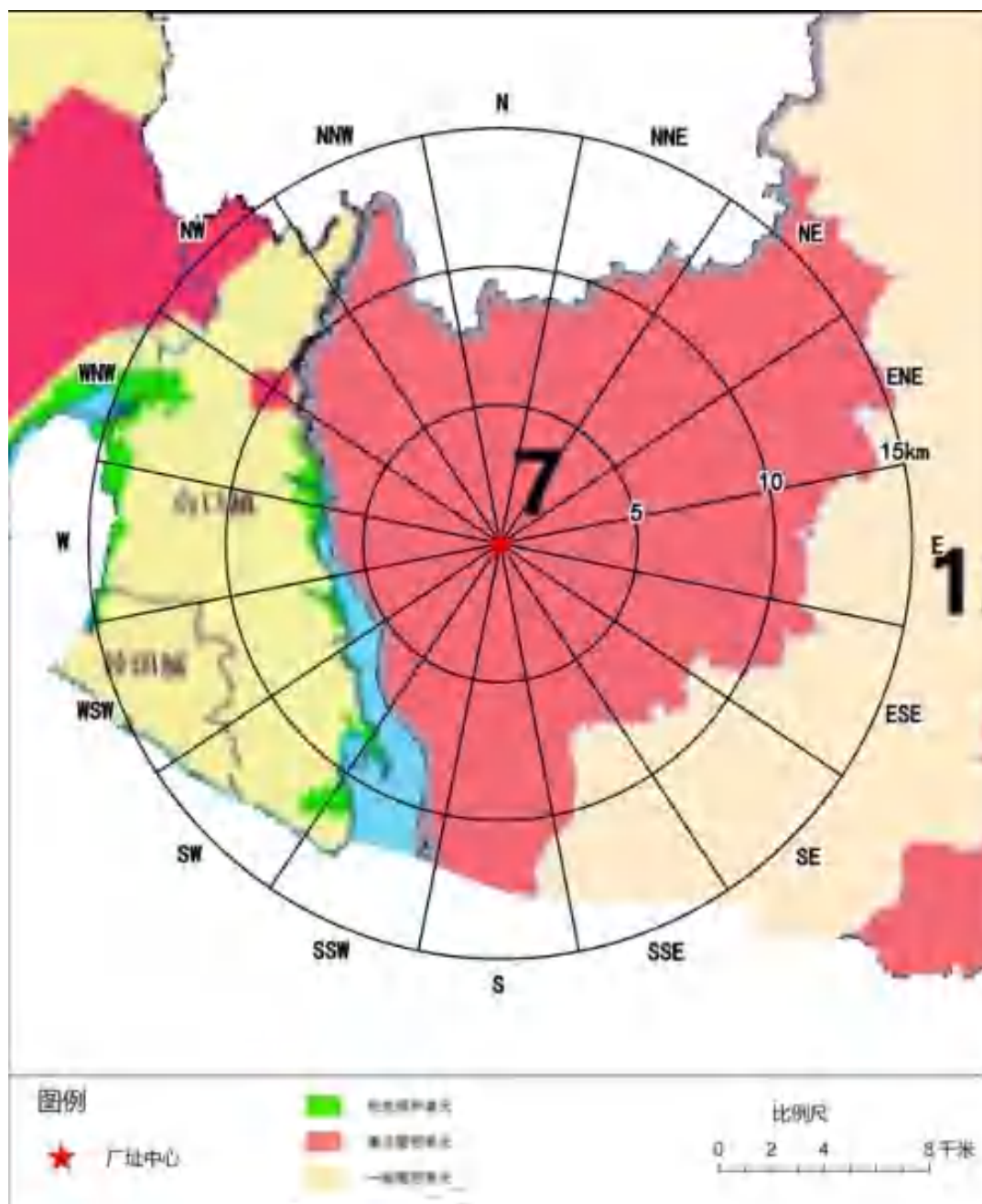


图 5.1-1 本工程与“三线一单”陆域环境管控单元相对位置图

5.2 水的利用

5.2.1 水资源利用

本工程 2 台机和一号核电机组所用淡水包括施工期和运行期用水。施工期（土建安装阶段）的最高日取水量为 2086m^3 ，年最大取水量约为 32.87万 m^3 ，设计取水保证率为 90%；施工期（调试阶段）的年最大取水量约为 79.03万 m^3 ，设计取水保证率为 90%。两台机组正常运行期最高日用水量为 11079m^3 ，年取水量约 326.04万 m^3 ，设计取水保证率为 97%。本工程 2 台机组施工期淡水水源拟引自大坝河，运行期淡水水源拟引自九洲江和海水淡化。

5.2.2 取排水建造施工活动对环境的影响

5.2.2.1 取排水构筑物工程

1) 取排水工程概况

广东廉江核电项目一期工程已按照规划容量考虑了取水头部和引水箱涵，广东廉江核电项目一期工程补给水管按 1~4#机组容量共设置了 2 条 DN2000 玻璃钢管。排水管按 1~4#机组排水需求设置 4 条 DN1400 的 HDPE 排水管。本工程无需新增海域取排水工程。

2) 对海洋环境的影响

本项目一期工程已经开展了海工工程施工，施工期间建设单位开展了施工期邻近海域环境生态监测。

本项目一期工程在海工工程施工前开展了一季（夏季，2023 年 8 月）海水水质监测，监测结果显示夏季水质中的 pH 值、化学需氧量、活性磷酸盐、硫化物、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硒和六价铬均符合样点所在功能区的水质执行标准。超标指标中，溶解氧有 8 个样品不达标，超标率为 28.57%，平均超标倍率为 0.09，超标率略高于 2021 年夏季调查结果（18.18%）；无机氮超标 S15 点位超标，超标率为 3.57%，平均超标倍率为 0.18，超标率低于 2021 年夏季调查结果（9.09%）；石油类 S10 和 S17 两个点位超标，超标率为 7.14%，平均超标倍率为 1.4，超标率略高于 2021 年夏季调查结果（3.03%）。

海工工程施工后（2023年9月）开展了四季（2023年秋季、2024冬季、2024年春季、2024年夏季）海水水质监测，2023年秋季监测结果显示秋季水质中的pH、溶解氧、 COD_{Mn} 、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒、六价铬均符合各站位执行的水质标准。超标指标中，无机氮有7个样品超标，超标率

为25.00%，平均超标倍率为0.36；活性磷酸盐为主要的超标因子，有19个样品超标，超标率为67.86%，平均超标倍率为1.11；铅只有一个站位超标，为S8，超标率为3.57%，平均超标倍率为0.10。

2024年冬季水质监测结果显示，pH、溶解氧、COD_{Mn}、无机氮、硫化物、石油类、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒整体处于一二类水质标准，均符合各站位执行的水质标准。活性磷酸盐和汞有2个站位超标超一类标准，达到二类标准，其余站位均符合其功能区管理要求。

2024年春季水质监测结果显示，pH、溶解氧、COD_{Mn}、活性磷酸盐、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铜、总铬、镍、硒整体处于一二类水质标准，均符合各站位执行的水质标准。无机氮有2个站位超标超一类标准，达到二类标准，其余站位均符合其功能区管理要求。

2024年夏季水质监测结果显示，pH、硫化物、石油类、汞、砷、锌、镉、铅、铜、总铬、镍、硒、六价铬均符合各站位执行的水质标准。超标指标中，溶解氧有15个样品超标，超标率为53.57%，平均超标倍数为0.08；化学需氧量有6个样品超标，超标率为21.43%，平均超标倍数为0.15；无机氮有25个样品超标，超标率为89.29%，平均超标倍数为1.15；活性磷酸盐有25个样品超标，超标率为89.29%，平均超标倍数为1.12。

2023年秋季的调查结果对比2020年10月秋季的调查结果，超标情况最为严重的指标同为活性磷酸盐，超标区域与本次调查区域比较接近，均为英罗港一带。本次调查点位相对比较密集，总体情况与2020年10月比较相近。根据卫星影像资料分析，本工程半径15km范围内的总养殖面积为5040.77公顷，养殖密度相对较高，秋季监测中活性磷酸盐等不达标与海水养殖关系较为明显。2024年冬季和春季水环境质量与历史冬季调查结果对比发现，尚未发生明显的变化。2024年夏季水环境质量与历史夏季调查结果对比发现，受湛江市和北海市防汛工作影响，盐度和溶解氧平均值低于历史结果，化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐平均值高于历史结果，其余指标尚未发生明显的变化。溶解氧、化学需氧量、无机氮和活性磷酸盐超标可能与入夏以来湛江市和北海市持续降雨及防汛工作安排有关，大量的泄洪水排放导致海域中的化学需氧量、营养盐等监测指标浓度出现异常上升现象。

3) 对海洋生态环境的影响

本期工程与一期工程共用海域取排水设施，无新增海工工程施工作业。

5.2.2.2 建造施工期的污水处理

本工程施工期生产废水根据其性质，设置排污系统处理，抽出的废水引入沉淀池沉淀净化后，上清液回用洒水降尘，不外排。施工现场设置的混凝土搅拌运输车冲洗区通过初级沉淀、二级沉淀、混凝土泥水压缩过滤等环保工艺处理，产生的中水用于冲洗车辆和地面，不进行排放。

本工程施工阶段所产生的施工生活污水主要为粪便冲洗水、洗涤废水、淋浴排水、食堂等生活污水。建设单位已在一期工程施工期设置生活污水处理设施，用于处理施工建设期间产生的生活污水。本工程“四通一平”期间，施工人员产生的生活污水将通过管道等方式收集并输送到生活污水处理设施进行处理。本工程主体工程施工期间，生活污水经建成后的生活污水处理设施收集处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防和建筑施工标准限值进行回用；粪便、污泥或剩余污水等通过当地的环卫部门专用车辆运送至当地的污水处理厂集中处理。

5.2.2.3 取排水建造施工活动对与三线一单符合性分析

本工程与一期工程共用的取排水构筑物及排放口位于《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》和《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知，湛府〔2021〕30 号）中的“英罗港-海康港农渔业区一般管控单元”（环境管控单元编码 HY44080030012），见图 5.2-2。管控要求如下：

- 开发利用海洋资源，应当根据海洋功能区划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。
- 保护自然岸线、亲水岸线和天然沙滩资源。
- 海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。
- 污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。
- 引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成破坏。

本工程不新增海域取排水设施建造，不涉及海域取排水设施建造施工影响，符合本工程所处一般管控单元的管控要求。

5.2.3 大件设备运输船舶通行儒艮保护区方案

本工程大件工程设备拟采用干货船或深舱船运输至项目大件码头，船只吨位平均约为3000吨，运输时间根据货物制造完成时间而定，全周期约70往返航次，单次通行船只数量约为1-4艘。此外，可能还涉及港池和航道的维护性疏浚运输船只。

综合考虑船舶规模、水文动力、水深地形和周边保护区的分布情况等因素，在确保通航安全、保障该水域具有良好的通航环境和通航秩序并保证过往渔船等船舶安全航行的前提下，船舶通行方案描述如下：

船舶至港池启航，往西南方向航行至安铺港口门外潮沟，在坐标点①处进入实验区，向西南向航行至坐标点②从实验区进入缓冲区，继续航行至坐标点③向西南方向偏转，继续航行至坐标点④驶出保护区，进入周边海域。本方案穿越实验区的长度为7.47km，穿越缓冲区的长度为10.22km（见图5.2-3）。该方案在保护区内通航路线仅涉及广东海域。

通行方案通过保护区航段的水域天然水深可满足3000t船只乘潮通航，无需采取疏浚作业。该方案不涉及核心区，只穿越部分实验区和缓冲区，不进行疏浚或建设任何设施，在安全规范并加强环保监管的前提下，可以做好无害化通行，对海洋环境影响很小。

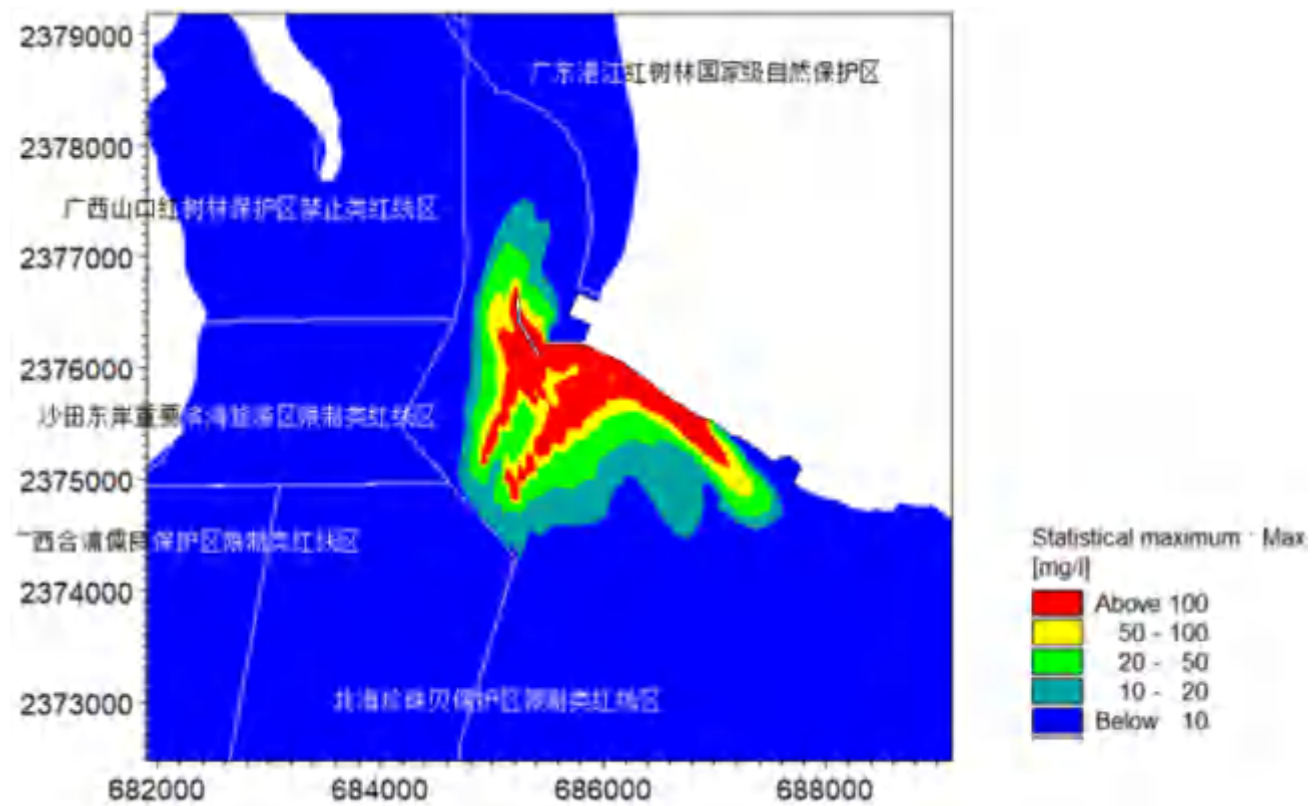


图5.2-1 不利风况下施工阶段悬浮物最大影响范围包络线图

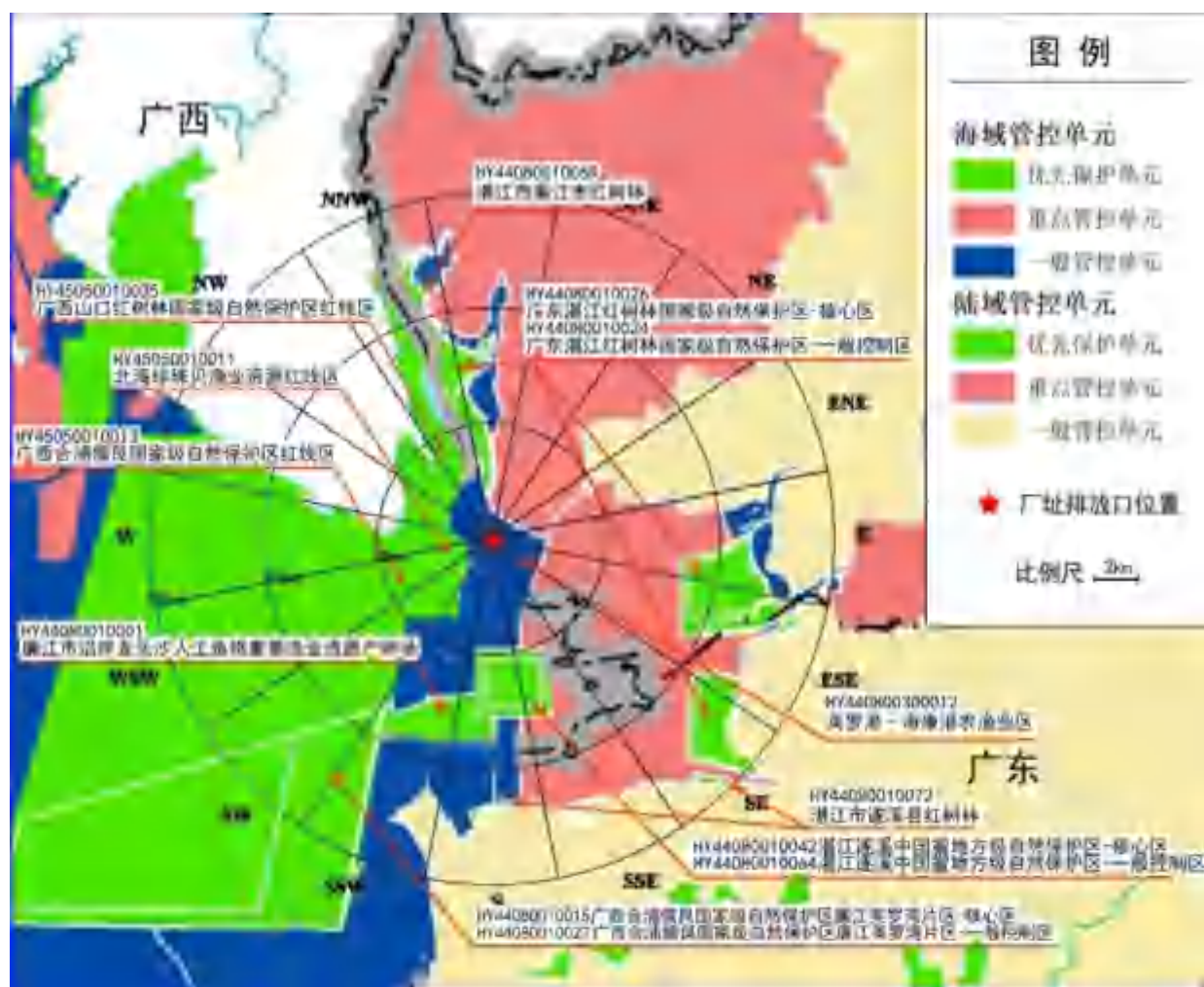


图5.2-2 本工程排放口布置与“三线一单”海域环境管控单元相对位置图

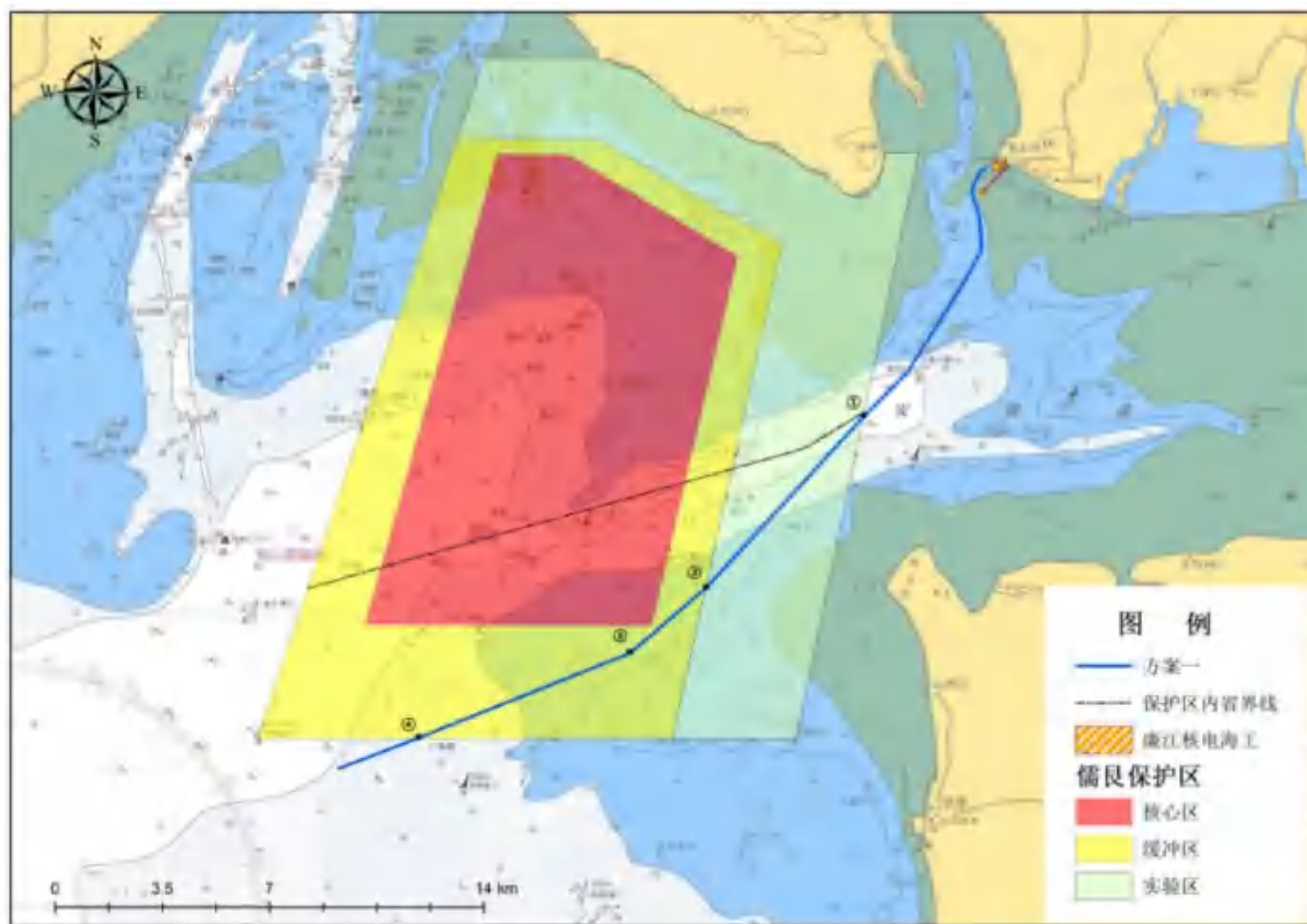


图5.2-3 船只穿越方式示意图

5.3 施工影响控制

本工程的建设过程，特别是“四通一平”等前期厂址场地准备工程，其施工活动必然会对周围环境产生一定的影响。为此，需要采取一定的控制措施，以减少对环境造成的不利影响。

5.3.1 施工污染控制

5.3.1.1 大气污染的控制

施工期间对大气污染的防治主要是减少扬尘和尾气的释放，相应的防治措施包括：

- 施工区和车辆运输相关道路上散落的灰土应及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润。
- 在环境保护目标附近，应使用隔离板使施工区与周围环境隔离。
- 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，尽量减少土方的堆置时间，应注意防止二次扬尘。
- 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护。
- 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放。
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等。

5.3.1.2 水污染的控制

本工程施工期间对水环境的污染主要考虑在主体工程施工时产生的生活污水和生产废水，需要采取适当的防治措施以使污染最小化。水污染防治措施主要包括：

- 加强对车辆、设备使用的油品的管理，防止油品进入施工生产废水，避免污染水环境。
- 加强施工人员环保意识，禁止将生产废水和生活污水乱排或就近排入厂址邻近水体。建设单位已在一期工程施工期间内建设生活污水处理设施，用于处理施工建设期间产生的生活污水。本工程“四通一平”期间，施工人员产生的生活污水将通过管道等方式收集并输送到生活污水处理设施进行处理。本工程主体工程施工期间，生活污水经建成后的生活污水处理设施收集处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防和建筑施工标准限值进行回用；粪便、污泥或剩余污水等通过当地的环卫部门专用车辆运送

至当地的污水处理厂集中处理。

5.3.1.3 生态污染的控制

1) 陆生生态污染的控制

本工程施工期间的场地开挖、车辆运输等会对厂区周边的陆生生态造成一定的不利影响，建设过程中将通过恢复植被、增设水土保持设施等措施减少对陆生生态的影响。

对距离厂区西南侧 2km 以外的广东湛江红树林国家级自然保护区，本工程施工期间将做好建筑材料堆放等场所的面源排放控制，合理安排爆破施工作业以缩小地表振动影响范围等，以此避免对该国家级自然保护区产生影响。

2) 海洋生态污染的控制

本工程施工期间无新增海工工程。

5.3.1.4 噪声污染的控制

本工程施工期间可以通过以下措施来降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响：

- 使用低噪声的施工设备。
- 合理安排施工进度，施工期间加强对高噪声设备的管理，避免同时使用多个高噪声设备。
- 车辆的运输作业应尽量避免安排在夜间进行，运输路线应尽量避免避开居民区等环境敏感点。
- 关注噪声敏感点，采用距离衰减的方式，必要时建立隔声屏障以降低施工噪声对公众的影响。

5.3.1.5 固体废弃物的控制

本工程施工期间将产生施工人员生活垃圾、工业固体废物、建筑垃圾、以及危险废物，如果不合理处置也将对环境造成破坏，对固体废弃物的控制措施主要包括：

- 对施工过程中产生的弃渣弃土进行分类，能回收利用的尽量回用于陆域回填，达到建筑固废的减量化；不能回收利用的则及时清运至合适地点实施回填或进行临时堆存，不得长期堆积或随意丢弃。
- 在施工场地和施工人员临时生活区指定地点设置垃圾桶和垃圾箱，禁止随意丢弃，定时清运，并运输当地垃圾处理场进行统一处理。

- 设置专门的贮存设施（如危险品库、危险废物库等）贮存剩余燃料、润滑剂、含油废物及其他化学废物等废弃物质。

5.3.1.6 辐射污染的控制

施工期间的辐射污染来源主要是密封放射源和射线装置进行无损探伤时的射线照射，不会对大气和水环境产生影响，相应的防治措施包括：

- 开展放射源和射线装置探伤作业时必须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关规定。
- 在使用放射源和射线装置的作业区范围内设置警示区，防止有人误入工作区。
- 根据国家颁布的《放射性同位素与射线装置放射防护条例》等相关条例制订放射源和射线装置探伤操作管理制度。
- 放射源存放区域必须是专用源库或带有屏蔽的厂房内，并设置双人双锁，并由专人看管，并严格执行源进出的登记制度。
- 探伤作业时，放射工作人员必须配备个人剂量计、个人剂量报警器和辐射监测仪。

5.3.2 施工建设监控计划

本工程将在开工建设后开展二期工程厂址施工期环境监测。

基于已开展的一期工程施工期环境监测方案，本工程施工期环境监测计划设想具体如下：

1) 大气环境

大气环境监测包括对厂界无组织废气、厂内有组织废气和环境空气敏感点的监测。其中厂界无组织废气的监测因子包括 TSP、SO₂、NO_x 和 VOCs，按照《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《空气和废气监测分析方法》（国家环保总局 2003 年第四版）、《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）和《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB44/2367-2022）标准要求执行，监测点位为覆盖厂址主厂区、施工临建区边界、主导风向上风向及下风向范围，布设上风向参照点位 1 个，下风向监控点位 4 个，共计 5 个厂界无组织废气监测点位。另外对厂区内喷漆喷砂车间的排放筒设置监测点位，监测因子包括苯、苯系物、非甲烷总烃（NMHC）、TVOC，按照《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB44/2367-2022）标准要求执

行。

环境空气敏感点的监测因子包括 TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、NO_x、CO、O₃ 等指标，参照《环境空气质量标准》（GB3095-2012）、《环境空气质量监测规范（试行）》（原国家环境保护总局公告 2007 年第 4 号）和《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ194-2017）标准要求，监测点位为覆盖厂址施工临建区边界、厂址周边环境敏感点、自然保护区最近陆域边界和运输道路附近敏感点位范围。在项目地办公区、南蒙塘村、塘尾村、大陂村、塘仔山村、红树林自然保护区附近对岸村，共 6 个环境空气监测点位。

大气环境监测点位信息及监测内容见表 5.3-1，监测点位布置情况见图 5.3-1~图 5.3-2。

本工程施工期厂界无组织废气监测频次为每季度监测 1 次，每年监测 4 次。在喷漆喷砂车间排气筒设置的监测点，以车间投用时间为起点，每年监测一次。

2) 噪声

噪声监测包括对施工期场界和环境噪声敏感点的监测，因子包括 L_{eq}、L_N（L₁₀、L₅₀、L₉₀）和最大声级 L_{max} 等指标。其中对于施工场界噪声的监测，参照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）等标准要求，监测点位为覆盖厂址主厂区边界的东、南、西、北侧，共计 10 个施工场界噪声监测点位。根据施工进度并结合敏感点分布等情况，在施工作业区方向和敏感点分布较集中的方向加密噪声监测点。

对于环境噪声敏感点的监测，参照《声环境质量标准》（GB3096-2008）等标准要求，施工期环境噪声敏感点监测点位为南蒙塘村、大陂村、塘仔山村、红树林自然保护区附近对岸村、运输道路侧方塘尾村、项目地办公区共 6 个环境噪声点位。

施工期场界和环境噪声敏感点监测点位信息和监测内容见表 5.3-2，监测点位布置情况见图 5.3-3~图 5.3-4。

施工期场界和环境噪声敏感点噪声监测频次为在施工期每季度监测 1 次，每年共监测 4 次，每次监测 1 天，昼间、夜间各监测一次。

3) 地表水环境

（1）监测断面布设

根据现场实际建设情况并结合工程厂址地理位置，参照《环境影响评价技术

导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)、《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)、《地表水监测技术规范》(HJ91.2-2022)等标准要求,地表水监测断面为大坝河及其支流对照断面 1 个、监测断面 1 个和控制断面 1 个;自然保护区附近监测断面 1 个;南蒙塘水库断面 1 个;山佳水库断面 1 个,共计 6 个地面水监测断面。

监测点位布置情况见图 5.3-5。

(2) 监测因子

监测因子包括水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、石油类、悬浮物、铜、锌、铅、汞、镉、铬、砷、总磷、总氮、化学需氧量、BOD₅、阴离子表面活性剂、挥发酚和氰化物。监测频次为一个水文年的枯、丰、平三个水期各 1 次,每次监测 1 天。监测内容见表 5.3-3

4) 地下水

(1) 监测点位布设

在南蒙塘村、塘尾村、大陂村、塘仔山村和红树林自然保护区附近的对岸村各布设 1 个点位,监测时选用村庄等敏感点已建成的在用地下水井进行取样监测。监测点位布置情况见图 5.3-4。

(2) 监测因子

K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟化物、镉、铁、锰、硼、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数等。监测频次:一个水文年的枯、丰、平三个水期各 1 次,每次监测 1 天。监测内容见表 5.3-3。

5) 生产废水和生活污水

对于施工期的生活污水,监测因子包括生化需氧量(BOD₅)、溶解性总固体、阴离子表面活性剂(LAS)、氨氮、总氯、溶解氧、铁、锰、嗅、浊度、色度、pH、大肠埃希氏菌等指标。在生活污水处理设施出口应设置监测点位,监测频次为每月 1 次,监测分析方法按照《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)的基本控制项目分析方法执行,监测结果与《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)的城市绿化、道路清扫限值对比分析。

施工期的生产废水在生产废水处理设施出口开展监测,分析方法和监测结果

按照广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)中的一级排放标准执行,监测因子包括:pH、色度、化学需氧量、悬浮物(SS)、氨氮、硫化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、总锰、总铬、总镉、总砷、总铅、石油类、挥发酚、磷酸盐(以P计)。监测频次:24小时不少于2次。

生产废水和生活污水监测计划表见5.3-4。监测点位图见图5.3-5。

6) 液态流出物管线

(1) 环境空气

管线沿线环境空气敏感点的监测因子包括TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、NO_x、CO、O₃等指标,参照《环境空气质量标准》(GB3095-2012)、《环境空气质量监测规范(试行)》(原国家环境保护总局公告2007年第4号)和《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ194-2017)标准要求,监测点位需覆盖管线沿线附近的敏感点范围,在围肚村、鸭公塘、松明村、那腮村、独田村、三家村、斋堂角、村头村和新村仔村共设9个环境空气监测点位。

环境空气监测点位信息及监测内容见表5.3-1,监测点位布置情况见图5.3-6。监测频次为在施工期每季度监测1次,每年共监测4次,

(2) 环境噪声

环境噪声敏感点的监测,参照《声环境质量标准》(GB3096-2008)等标准要求,管线施工期环境噪声敏感点监测点位为围肚村、鸭公塘、松明村、那腮村、独田村、三家村、斋堂角、村头村和新村仔村共9个环境噪声点位。

环境噪声敏感点监测点位信息和监测内容见表5.3-2,监测点位布置情况见图5.3-6。管线施工声环境敏感点噪声监测频次为在施工期每季度监测1次,每年共监测4次,每次监测1天,昼间、夜间各监测一次。

(3) 地下水

在围肚村、葛茅墩、松明村、山窑村、新村、三家村、斋堂角、村头村、独田村、那腮村和新村仔村共设11个地下水监测点位。监测因子包括:K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟化物、镉、铁、锰、硼、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数等。监测频次:一个水文年的枯、丰、平三个水期各1次,每次监测1天。监测内容见表5.3-3。监测点位布置情况见图5.3-7。

5.3.3 水土流失的控制

本工程建设期间对水土流失的控制措施主要包括：

- 严格遵守水土保持法律、法规和合同规定，做好施工活动范围内的水土保持工作，避免由于施工造成的水土流失。依照国家、地方和业主有关规定制定切实可行的措施和管理制度，做好水土保持实施、监督、管理工作。
- 严格执行“三同时”制度。施工期的水土保持设施与主体工程同时设计、同时施工、同时竣工验收和投产使用。各生产部门在布置生产的同时，按“三同时”的要求，同时布置水土保持工作。
- 自觉接受建设单位、监理单位和当地相关管理部门对水土保持的监督、指导和管理，积极改进施工过程中存在的问题，提高水土保持水平。
- 弃渣堆放点的选择必须征得当地管理部门的认可。堆放点应保持弃渣堆放整齐有序，并进行稳固压实，采取有效的防护措施，避免造成水土流失。
- 弃渣应征得当地管理部门和土地使用者的同意后，才可拉运出作业带或堆放在作业带之外的表层土上。
- 施工现场生产、生活房屋的修建，料具、石料堆放和材料加工场等一切临时生产、生活设施的布置，做到分布合理，整洁有序，满足有关标准的要求，避免因临时工程修建的随意性而多占土地，破坏其水土保持功能。

具体水土流失控制措施将按照后续制定的水土保持方案报告书的要求执行。

表5.3-1 大气环境监测点位信息表

点位编号	监测类别	监测点位名称	监测项目
G1	厂界无组织废气	上风向参照点	TSP、SO ₂ 、NO _x 、VOCs
G2		厂界废气无组织排放监控点 1	
G3		厂界废气无组织排放监控点 2	
G4		厂界废气无组织排放监控点 3	
G5		厂界废气无组织排放监控点 4	
G6	厂区内有组织废气	喷砂喷漆车间排气筒 1	苯、苯系物*、非甲烷总烃(NMHC)、TVOC(一年监测一次)
G7		喷砂喷漆车间排气筒 2	
A1	环境空气	南蒙塘村	TSP(日均值)、 PM ₁₀ (日均值)、 PM _{2.5} (日均值)、 SO ₂ (日均值和小时值)、 NO ₂ (日均值和小时值)、 NO _x (日均值和小时值)、 CO(小时值和日均值)、O ₃ (日最大 8 小时平均和 1 小时平均)
A2		塘尾村	
A3		大陂村	
A4		塘仔山村	
A5		红树林保护区附近对岸村	
A6	其它	项目地办公区(临时办公区)	
A7	环境空气	围肚村	
A8		鸭公塘	
A9		松明村	
A10		三家村	
A11		斋堂角	
A12		村头村	
A13		那腮村	
A14		独田村	
A15		新村仔村	

*注：苯系物包括苯、甲苯、二甲苯、三甲苯、乙苯和苯乙烯。

表 5.3-2 环境噪声点位信息表

点位编号	监测类别	监测点位名称
N1	环境噪声敏感点	南蒙塘村
N2		塘尾村
N3		大坡村
N4		塘仔山村
N5		红树林保护区附近对岸村
N6	其它	项目地办公区（临时办公区）
N7	施工场界噪声点	场界东侧外 1m
N8		场界东南侧外 1m
N9		场界东南侧外 1m
N10		场界西南侧外 1m
N11		场界西南侧外 1m
N12		场界西侧外 1m
N13		场界西北侧外 1m
N14		场界北侧外 1m
N15		场界东北侧外 1m
N16		场界东北侧外 1m
N17	环境噪声敏感点	围肚村
N18		鸭公塘
N19		松明村
N20		三家村
N21		斋堂角
N22		村头村
N23		那腮村
N24		独田村
N25		新村仔村

表5.3-3 地表水和地下水监测信息表

点位编号	监测类别	监测点位名称	监测项目
W1	地表水	大坝河及其支流对照断面	水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、石油类、悬浮物、铜、锌、铅、汞、镉、铬、砷、总磷、总氮、化学需氧量、BOD ₅ 、阴离子表面活性剂、挥发酚和氰化物
W2		大坝河及其支流对照断面	
W3		大坝河及其支流对照断面	
W4		自然保护区附近监测断面	
W5		山佳水库断面	
W6		南蒙塘水库断面	
U1	地下水	南蒙塘村	K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、CO ₃ ²⁻ 、HCO ₃ ³⁻ 、Cl ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬（六价）、总硬度、铅、氟化物、镉、铁、锰、硼、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数
U2		塘尾村	
U3		大陂村	
U4		塘仔山村	
U5		红树林保护区附近对岸村	
U6		围肚村	
U7		葛茅墩	
U8		松明村	
U9		山窑村	
U10		新村	
U11		三家村	
U12		斋堂角	
U13		村头村	
U14		那腮村	
U15		独田村	
U16		新村仔村	

表5.3-4 施工期生活污水和生产废水监测计划

点位编号	监测内容	监测因子	监测频次	监测点位
T1	生活污水	嗅、浊度、色度、pH、总氯、溶解氧	日常监测每日进行	生活污水处理设施出口
		生化需氧量(BOD ₅)、溶解性总固体、阴离子表面活性剂(LAS)、氨氮、铁、锰、大肠埃希氏菌	每周一次	
T2	生产废水	pH、色度、化学需氧量、悬浮物(SS)、氨氮、硫化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、总锰、总铬、总镉、总砷、总铅、石油类、挥发酚、磷酸盐(以P计)。	24小时不少于2次	生产废水处理设施出口

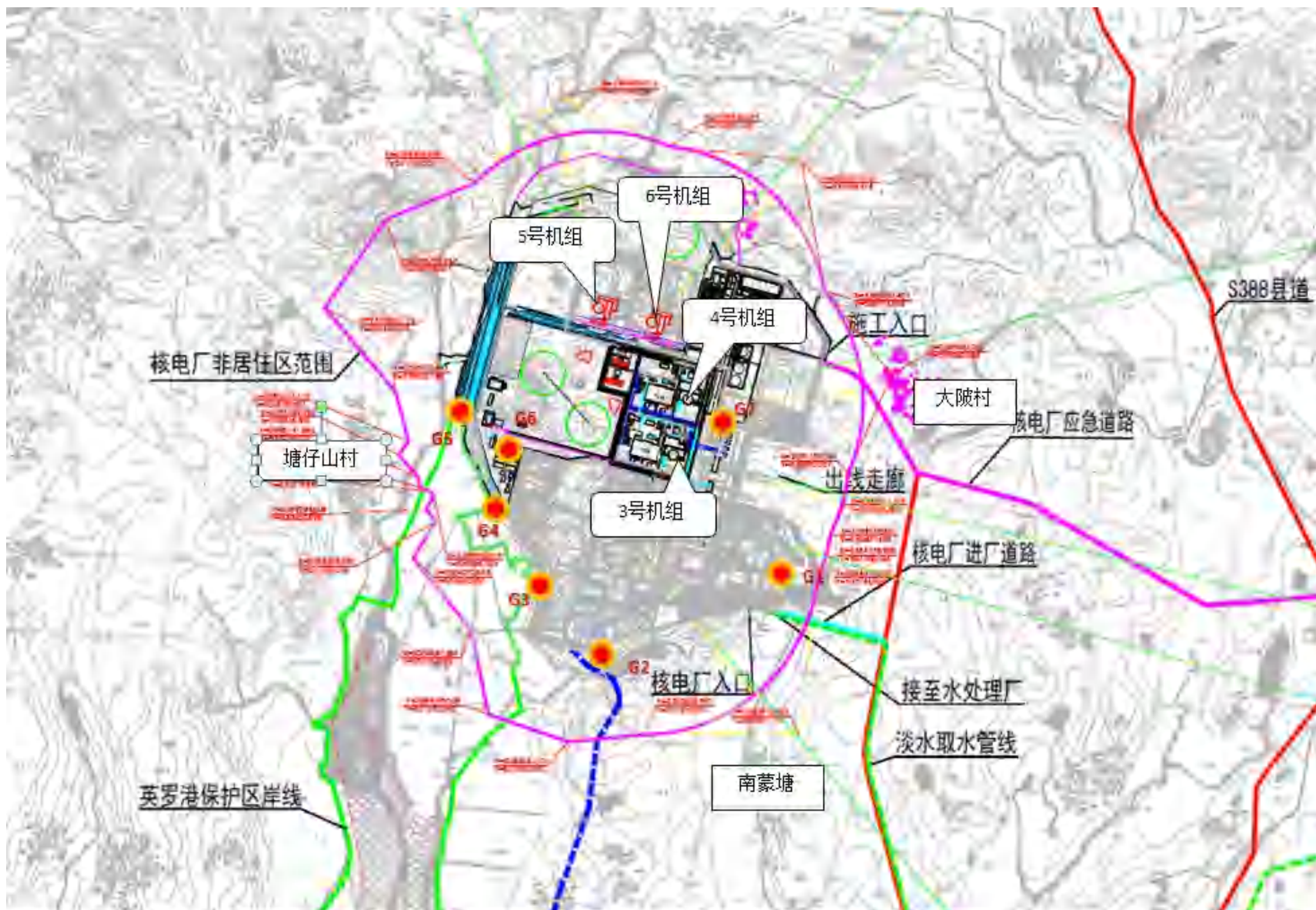


图 5.3-1 施工建造期厂界无组织废气和厂内有组织废气监测布点

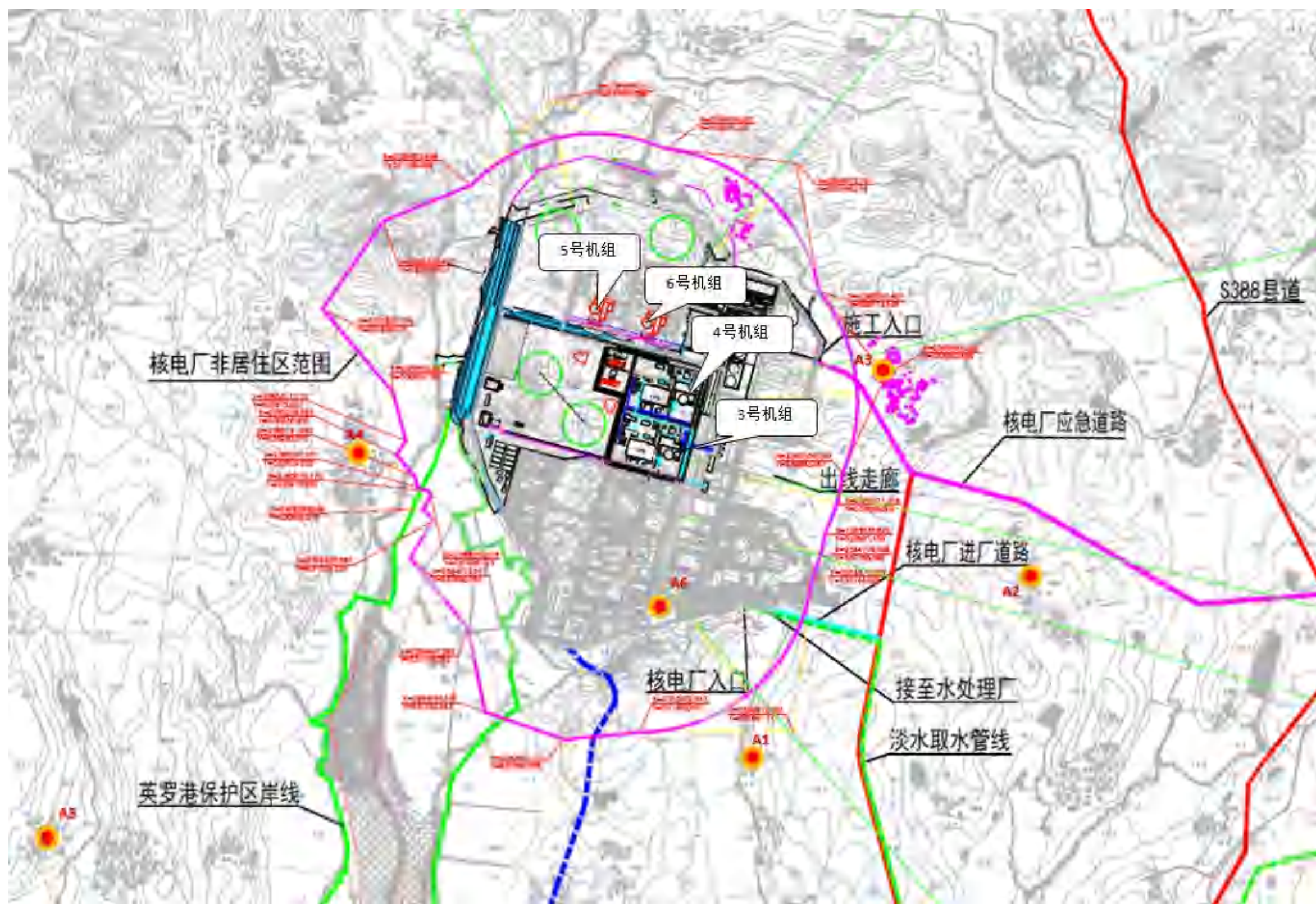


图 5.3-2 施工建造期环境空气敏感点监测布点

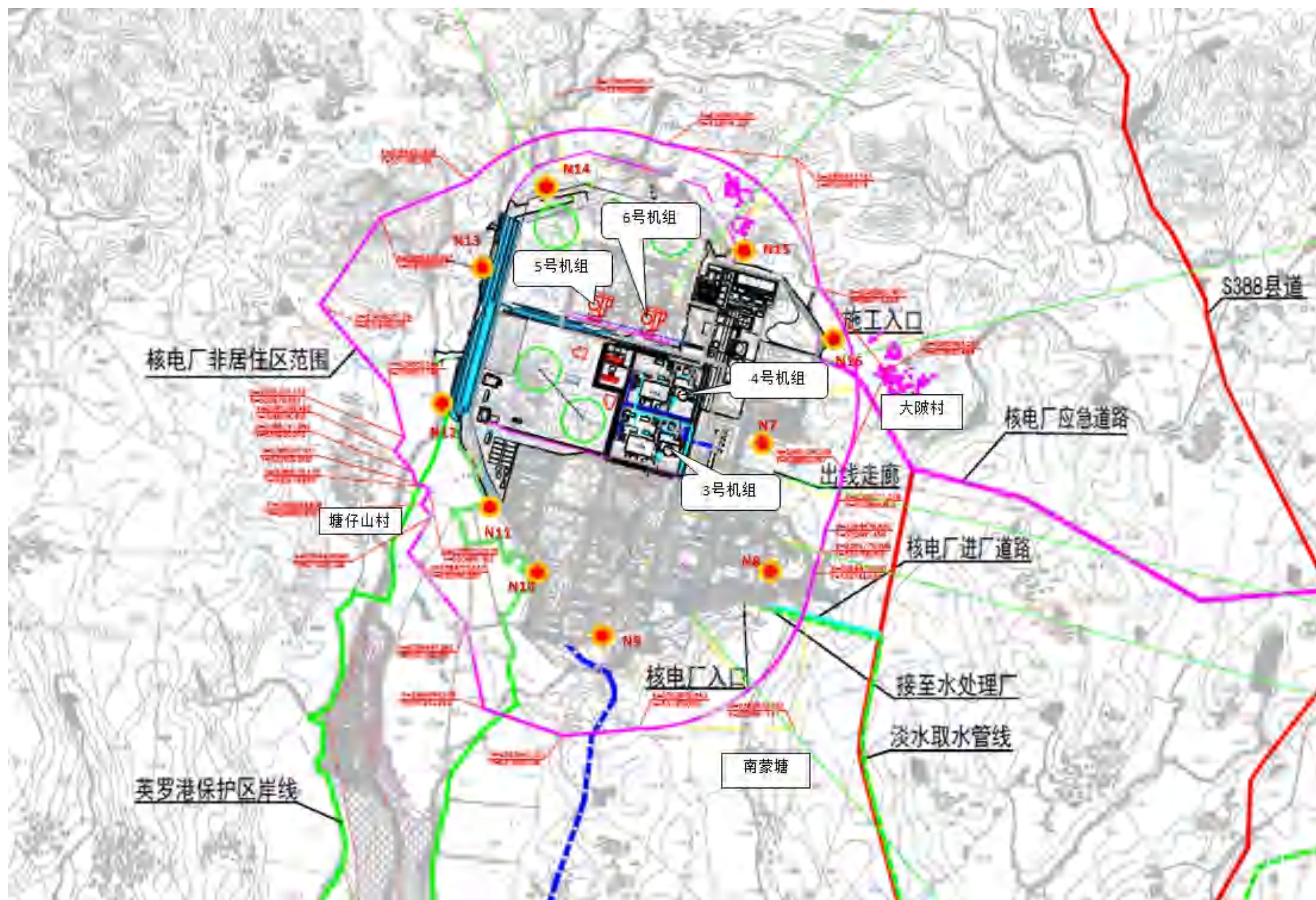


图 5.3-3 施工建造期场界噪声监测布点

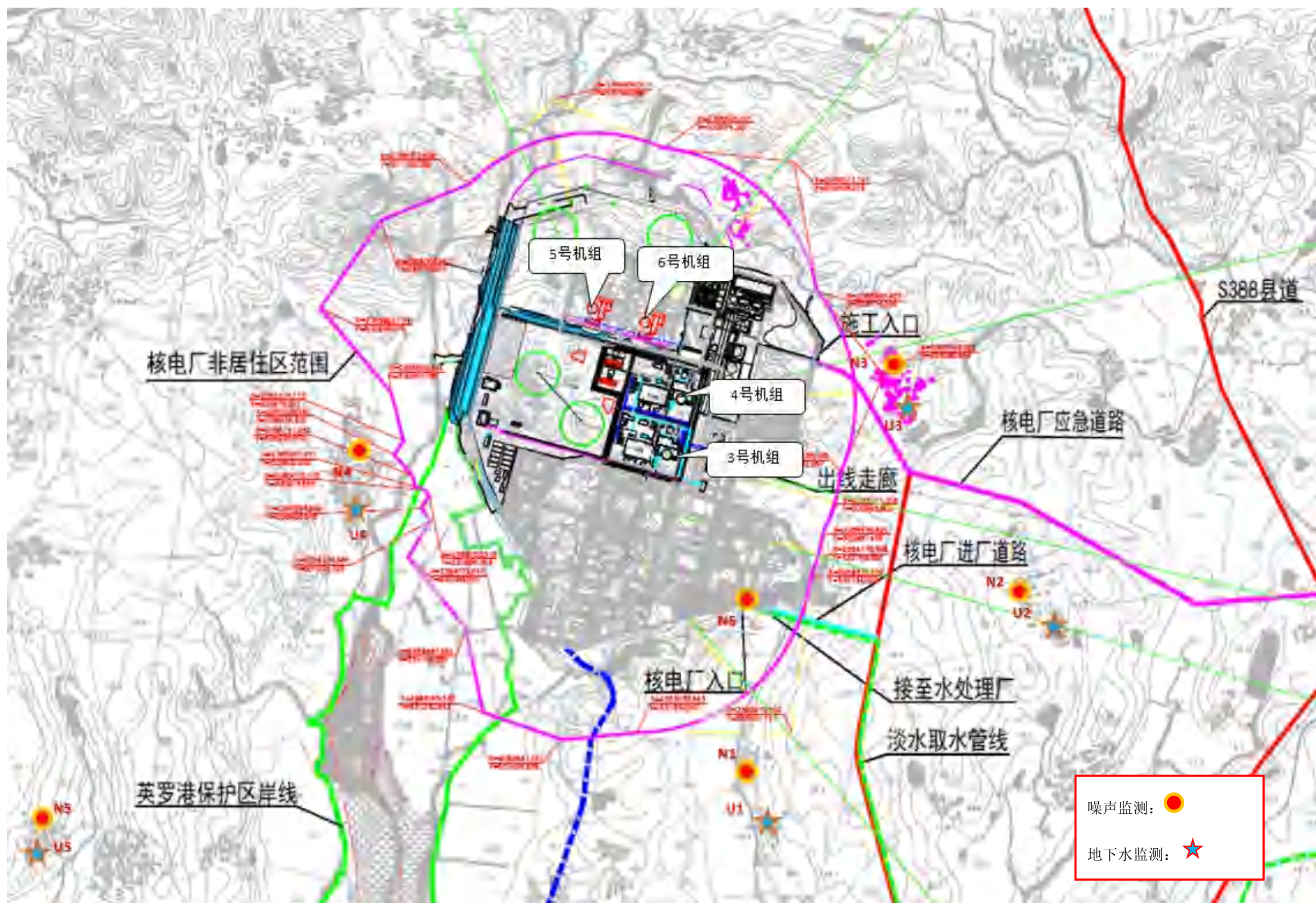


图 5.3-4 施工建造期环境噪声敏感点和地下水监测布点

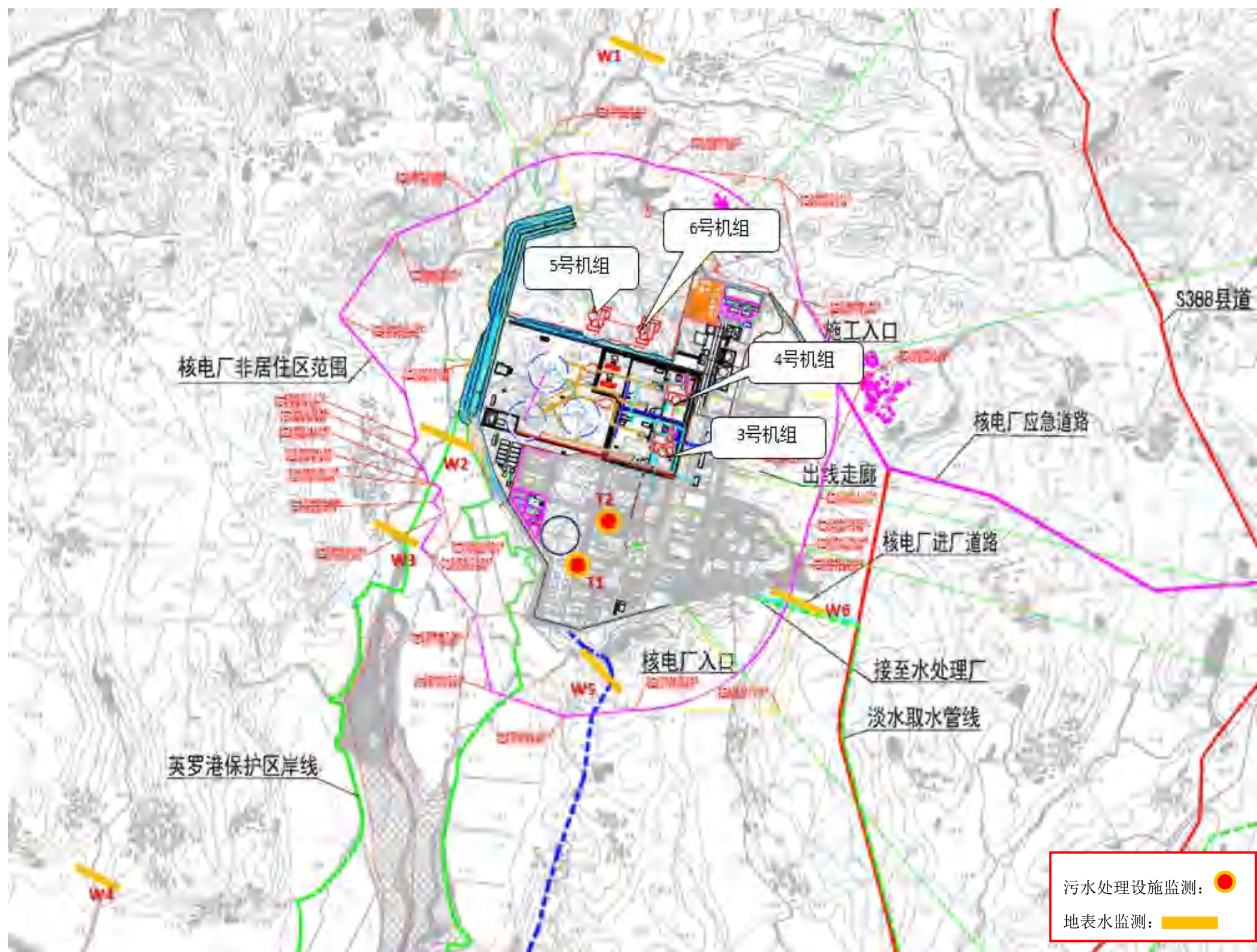


图 5.3-5 施工建造期地表水和污水处理设施出口监测布点



图 5.3-6 管线施工建造期环境空气和噪声监测布点



图 5.3-7 管线施工建造期地下水监测布点

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

1) 散热系统

本工程为广东廉江核电厂3、4号机组工程，一期工程采用二次循环冷却结合长距离管线排放方案。参考一期工程，本工程散热系统方案对比情况如下：

(1) 方案介绍

本工程采用直流供水系统时，取水口考虑设置在英罗港内，通过将英罗港内水道疏浚后引水，并设置取水隧洞将海水引至厂区，供给凝汽器冷却用水。由于英罗港内水域面积小，为避免温排水对取水温升以及海域环境的影响，排水采用远排方案，将排水口设置在龙头沙海域，冷却水排水通过隧洞排往排水口。

主厂区距离目前海域约5km，若将循环水泵房布置在岸边，会导致循环水管沟过长，水力损失大，影响电厂的经济运行，另外循环水泵房和循环水管沟是核电厂重要的BOP厂房，与主厂区脱开布置会给电厂的运行维护、安全防护带来不利影响。因此，本工程不考虑将循环水泵房布置在厂外岸边。

当本工程采用带自然通风海水冷却塔的循环供水系统时，取排水口设置在龙头沙海域。供水系统采用单元制供水方式，每台机组设一座循环水泵房、三台循环水泵、两条循环水供水母管、两条循环水回水母管、一座自然通风海水冷却塔、一条循环水回水沟道。一机一塔的冷却塔配置方案为本阶段的推荐方案，建设单位还在同步开展其他方案的进一步研究。

(2) 技术可行性分析

两方案技术上均有可行性。对于直流循环，国内滨海电厂多采用直流供水系统，采用隧洞供水在核电工程中已有工程实例，方案可行。对于二次循环，国内已有13000m²海水冷却塔工程实例，方案可行。

(3) 环境相容性分析

从水文水动力看，与直流循环相比，二次循环取排水量要小一个量级，因此，其取排水过程对邻近海域水文水动力影响较小。从水生生物看，与直流循环相比，取水量小也减少了水生生物的卷吸和卷载作用。

从温升看，采用直流循环的温升在8-10℃左右，且排水量大，海域4℃的温

升范围将近几个平方公里。而采用二次循环冷却方式,本工程的冷却水出厂水温,冬季排水温升最高为 2.84°C (2月),夏季排水温升最高为 0.28°C (6月),且排水量小,排水温升可明显低于直流循环的温升,同时也没有海域 4°C 的温升范围。因此,从温升看,采用二次循环冷却可以明显减少温排水对受纳海域水生生态的影响。同时考虑到排水口周边保护区的存在,也需要采用二次循环冷却方式。

(4) 经济合理性分析

从经济比较的结果来看,直流供水方案由于取排水距离长、厂址地坪高等因素,导致厂外取排水工程以及循环水泵房的静态投资明显高于循环供水方案。虽然直流供水冷却水温低,机组微增出力费用明显优于循环供水冷却方案,但综合考虑固定费用投资分摊后,循环供水方案经济性明显优于直流供水方案。

综上,相较直流循环,二次循环冷却方式取排水对邻近海域、水生生物及保护区的影响较小,具有良好的环境相容性、技术可行性和经济性,属于最佳实践技术。因此,本工程采用二次循环冷却供水方式,散热系统采用逆流式海水自然通风冷却塔方案,以大气为最终热阱。本报告第四章 4.1 节厂区总平面布置图中给出了冷却塔布置方案。

本工程每台机组按配置 1 座自然通风海水冷却塔和 1 座循环水泵房考虑。

广东廉江核电厂采用二次循环冷却方式可有效降低散热系统运行对排水管道沿线及受纳水体的影响。

2) 取水方案

本工程取水管道在一期工程期间一并建成,取水工程取水采用大件码头东侧局部开挖并抛石护底作为取水区,取水区底部标高 -6.30m ,与回旋水域相接。取水口采用喇叭口式取水口,取水口按规划容量取水量 $18.5\text{m}^3/\text{s}$ 一次建设完成。取水口后接共壁 3 孔取水暗涵,单孔内净尺寸 $B\times H=3.0\text{m}\times 2.0\text{m}$,孔底标高 -5.50m 。取水平面图见图 6.1-1。一期工程已按照规划容量考虑了取水头部和引水箱涵,本工程无需新增海域取水工程。

3) 排水方案

本工程海域排水管道在一期工程期间一并建成,无新增海域排水工程。排水方案平面布置图见图 6.1-2。

排水口位置考虑布置在核电厂大件码头航道边,排水口距离取水口约 1000m ,距离广西壮族自治区和广东省交界约 680m ,排水口与航道的最近距离约为 300m ,

满足航道管理部门要求的排水口与航道的距离不小于航道底宽（本工程大件码头航道底宽约 120m）的一半的要求。排水口拟采用正面出水的喇叭口式排水口，以利于排水在海域内扩散。排水口出水侧内壁断面尺寸为 $B \times H = 12.4\text{m} \times 1.8\text{m}$ ，进水侧外壁断面尺寸为 $B \times H = 4\text{m} \times 1.8\text{m}$ ，进水侧与 2 孔排水箱涵连接，喇叭口式排水口沿水流方向长为 8.65m；排水喇叭口段进水侧与排水箱涵连接，底标高均为 -4.60m。排水喇叭口段共设 2 个上部出水窗（1 用 1 备），每个出水窗净宽 6.0m，出水窗净高 0.8m，出水窗顶标高 -2.80m、底标高为 -3.60m，排水窗排水设计最大流速约 0.90m/s，出水窗顶在 97%低潮位（-2.76m）以下约 0.04m，在 97%低潮位时也保证是淹没出水，且远大于《核电厂水工设计规范》（NB/T25046-2015）第 7.4.3 条“……淹没式排水口上沿标高宜低于平均低潮位 0.50m……”的要求。排水口上方及两侧设有块石压护，防止海浪冲击；排水口下部及排水口前沿排水槽底部设有防冲刷块石保护。排水口上方设有警示标志，防止船舶靠近。

4) 取排水量

本工程 2 台机组取排水量见表 6.1-1。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

由于本工程取排水量较小，海域工程施工量不大。因此工程对水体岸线侵蚀、底部冲刷、泥沙淤积以及工程附近水体的水动力条件基本没有影响。

6.1.2.2 冷却塔排水对水体的物理影响

本项目循环冷却方式为二次循环冷却方案，取排水量较小，排水温升较低，冬季冷却水排水温升最高为 2.84°C （2 月），夏季冷却水排水温升最高为 0.28°C （6 月）。本工程 2 台机组运行期间取排水流量：取水量为 $4.91\text{m}^3/\text{s}$ ，排水量为 $2.22\text{m}^3/\text{s}$ 。

1) 模型介绍

采用通用的平面二维数学模型，从不可压缩流体运动的基本方程忽略物理量沿水深方向的变化，沿水深方向积分，即求得深度平均的平面二维水流运动方程为：

连续性方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0$$

运动方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + fv - \frac{gu}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} + \frac{\tau_{sx}}{\rho H} + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE_x \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE_y \frac{\partial u}{\partial y}) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fu - \frac{gv}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} + \frac{\tau_{sy}}{\rho H} + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE_x \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE_y \frac{\partial v}{\partial y}) \end{aligned}$$

温度方程:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HD_x \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HD_y \frac{\partial T}{\partial y}) - \frac{K_s T}{\rho C_p H}$$

其中: ζ 为相对基准面水位, m; H 为水深, m; t 为时间, s; ρ 为水的密度, kg/m^3 ; g 为重力加速度, m/s^2 ; T 为水体温度, $^{\circ}\text{C}$; C 为谢才系数, $\text{m}^{1/2}/\text{s}$; f 为柯氏力系数, s^{-1} ; τ_{sx}, τ_{sy} 为风生应力; E_x, E_y 为 x, y 方向广义的涡粘性系数, m^2/s ; φ , 液态流出物浓度, D_x, D_y 为 x, y 方向扩散系数, m^2/s ; u, v 为水深平均流速, m/s ; q 为排放量, m^3/s ; K_s 为水面综合散热系数, $\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$; C_p 为定压比热, $\text{W.s/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。

2) 参数情况

根据厂址附近夏季和冬季气象水文条件, 在相同条件下采用《工业循环水冷却设计规范》推荐公式, 等效计算出冬季和夏季综合散热系数取值分别为 $38\text{W m}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ 和 $26\text{W m}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

其他参数糙率系数、水平粘滞系数、扩散系数、柯氏力系数等见液态流出物的计算模型描述。

3) 模拟结果

根据中国辐射防护研究院编制的《广东廉江核电项目二期工程温排水及液态流出物数值模拟计算专题技术服务成果报告》(2025.07), 一期工程 2 台 CAP1000 核电机组和本工程 2 台国和一号核电机组正常运行后, 温排水数模结果见图 6.1-3。由数模结果可知, 从最大值温升范围角度, 1°C 、 0.5°C 温升范围呈南北条状贴岸分布在英罗湾湾口, 位于龙头沙码头西防波堤的东西两侧, 2°C 影响范围为 0.134km^2 , 1°C 影响范围为 0.429km^2 , 0.5°C 影响范围为 2.018km^2 ; 从平均值温升范围角度分析, 无 1°C 温升区, 0.5°C 影响范围只有 0.003km^2 。冬季 2°C 温升包络范围

面积较小，夏季排水最大温升不超过 1℃。因此，本工程排水不会对受纳海域产生明显的温升影响。

本工程与一期工程的取排水口位于同一位置，已于一期工程开展建设。根据《湛江市国土空间总体规划(2021-2035 年)》，厂址排水口位于工矿通信用海区。本工程用海需求与《湛江市国土空间总体规划（2021-2035 年）》相符。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整湛江市廉江局部岸段近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2020〕556 号），厂址排水口位于龙头沙三类区，水质保护目标为 III 级，项目建设与近岸海域环境功能区划相符。

6.1.2.3 取排水工程与“三线一单”的符合性

根据《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知（湛府〔2021〕30 号）、《湛江市 2023 年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》（2024 年 2 月 8 日）及《北海市环境管控单元生态环境准入及管控要求清单（试行）》，本项目取排水构筑物及排放口位于“英罗港-海康港农渔业区”一般管控单元（编号 HY440800300012），不涉及海洋生态保护红线，具体见图 6.1-4。管控要求如下：

- 开发利用海洋资源，应当根据海洋功能区划合理布局，不得造成海洋生态环境破坏。
- 保护自然岸线、亲水岸线和天然沙滩资源。
- 海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。
- 污水和生活垃圾必须科学处置、达标排放，禁止直接排入海域。
- 引进海洋动植物物种，应当进行科学论证，避免对海洋生态系统造成破坏。

厂址取排水口所处位置不涉及自然保护区，取排水口半径 15km 范围内涉及 3 处自然保护区，分别为广东湛江红树林国家级自然保护区（排水口 NNE 方位约 1.6km）、广西山口红树林国家级自然保护区（排水口 NNW 方位 1.7km）和广西合浦儒艮国家级自然保护区（排水口 W 方位约 2.3km），具体见图 6.1-5。

本项目循环冷却方式为二次循环冷却方案，取排水量较小，排水温升较低。根据中国辐射防护研究院针对本工程进行的温排水排放数值模拟结果（图 6.1-3）可以看出，2 台 CAP1000 核电机组和 2 台国和一号核电机组正常运行后，冬季

温排水 0.5℃温升范围不涉及上述保护区，不会对保护区造成影响。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

本工程取排水系统对水生生物的影响主要包括取水卷吸影响及排水中余氯的危害。余氯是含氯物质使用期间起作用；而取水卷吸的机械损伤是最经常和最主要的危害因素。

由于本工程采用二次循环冷却方式，取水流量较小，厂址一期工程和本工程取水量为10.41 m³/s（其中本工程取水量为4.91m³/s），一期工程和本工程排水量为5.72m³/s（其中本工程排水量为2.22m³/s）。本工程将对渔业资源造成一定的损失，按照《中华人民共和国环境保护法》中“谁开发、谁保护、谁受益，谁补偿”的原则，项目建设单位将与当地相关部门协商，积极采取增殖放流等措施，对渔业资源进行补偿。

本工程对浮游生物的机械损伤主要表现在浮游生物随水流经过本工程二次循环冷却系统时，由于机械冲击作用而受到不同程度的损伤。由于本工程取水量较小，且水流流速较低，在本工程取水口周围设置合适的防护网后，这种卷吸影响很小。

6.1.3.2 冷却塔排水对水生生物的影响

本工程采用二次循环冷却方式，排水温升较低，冬季排水温升最高为 2.84℃（2月），夏季排水温升最高为 0.28℃（6月）。再经过长约 11km 的排水管线输送，最终进入水体，其温升也会有一定的降低。根据中国辐射防护研究院针对本工程进行的温排水排放数值模拟结果，2 台 CAP1000 核电机组和 2 台国和一号核电机组正常运行后，冬季半月潮 2℃温升包络范围面积较小，夏季排水温升不超过 1℃。该温升范围基本在海水本底温度波动范围之内，因此从温升看，本工程的冷却塔排水对海洋生物资源造成的损失可以忽略不计，对水生生物的影响是可以接受的。

本工程取排水系统周边的自然保护区主要为广东湛江红树林国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区和广西合浦儒艮国家级自然保护区。从保护区的分布位置看，广东湛江红树林国家级自然保护区距离项目取排水工程最近，位于 NNE 方位约 1.8km。根据温排水数模结果，2 台 CAP1000 核电机组和 2 台国和一号核电机组正常运行后，0.5℃温升范围不涉及上述保护区，不会对保

护区造成影响。

对于取排水系统周边的水产养殖区域，从目前的调查结果看，电厂冷却塔排水对养殖的影响是有限的。

6.1.3.3 取排水系统对海洋生态环境的影响

本项目周边分布有广西合浦儒艮国家级自然保护区、广西山口红树林国家级自然保护区和广东湛江红树林国家级自然保护区三个国家级自然保护区，保护区内含合浦海草床、山口红树林和湛江红树林特殊生境。

1) 对合浦海草床的影响分析

根据《广东廉江核电项目施工期邻近海域环境生态监测海草生态监测专题报告》（自然资源部第四海洋所，2023年），海草床主要分布在广西合浦儒艮国家级自然保护区内沙背、下龙尾、榕根山、井底、英罗（具体见图6.1-6），英罗海草区距本项目海工工程距离最近，本项目不涉及直接占用海草床区域。合浦海草床主要优势物种为贝克喜盐草，贝克喜盐草是典型的潮间带海草，属于小型海草，生长速度快，种群周转率快，有一年生和多年生的生活型，可以进行无性繁殖和有性繁殖。

（1）冷却塔排水对合浦海草床的影响

根据冷却塔排水数学模型计算结果，冬季0.5℃温升范围不涉及合浦海草床分布区域，由本工程运营期冷却塔排水排放对保护区海草床资源的影响很小。

本工程冷却塔排水排放基本不会引起广西合浦儒艮国家级自然保护区的海水盐度变化。因此，本工程冷却塔排水排放对保护区海草床资源基本没有影响。

（2）合浦海草床生态健康评价影响分析

根据《近岸海洋生态健康评价指南》（GB/T 42631-2023），海草床生态健康评价包括水环境、沉积环境、栖息地、生物群落4类12项指标（表6.1-2）。结合本工程对海草床的影响特征，对海草床生态健康影响主要集中于透光率、悬浮物、表层沉积物主要粒径组分含量年度变化、海草盖度、密度和株高和大型底栖动物生物量方面。

对海草床生态系统透光率的影响主要通过改变悬浮物含量间接造成。本工程运行过程中不会引起悬浮物含量的变化，对海草床生态健康透光率指标等级没有影响。

根据广东省水利水电科学研究院编制的《廉江核电项目可研阶段岸滩稳定性

分析及泥沙数值模拟计算分析专题报告》，工程后冲淤变化主要集中在工程附近区域。冲淤变化比较明显的区域是龙头沙渔港码头以南、大件码头以北，港池、航道及取水前池开挖区域受工程堤岸及冷却塔排水排放的影响，广西合浦儒艮国家级自然保护区最大年冲淤强度增量约-0.004m/a，工程建设引起的广西合浦儒艮国家级自然保护区冲淤变化轻微，因此，对表层沉积物主要粒径组分含量年度变化影响有限。

海草的极限生长水深取决于到达海底的光线强度是否能满足海草的生长所需，水色和光周期也影响着海草的极限生长水深。在同一海区，海草生长所需的最小光照强度普遍大于其他海洋植物（Duarte 1991）。处于最小光照强度之下时，海草将会死亡、在一定范围内光照强度越大海草的生长速度也越快（Short et al, 1995）。温度影响海草的耐热性以及海草光合作用、呼吸和生长时的最适温度，另外温度还通过影响开花和种子萌芽来影响海草的分布，是决定海草季节性繁殖和生长的首要驱动因素（Lee and Dunton, 1996; Me-ling-Lopez and Ibarra-Obando, 2000）。盐度扰动能够影响海草的有性生殖和植物传播从而进一步影响海草的分布，另外盐度与海草的渗透压以及海草的患病机率有很大关系（Biebl and McRoy, 1971）。综上，光照是影响喜盐草生长及生理生化特性的主要环境因子，其次是温度和盐度。温度20~30℃，光照80~120 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$ ，盐度30‰~35‰时，较适宜喜盐草生长（杨冉，2015）。本工程取排水系统正常运行情况下不会影响容纳海域海水光照强度和盐度。根据冷却塔排水数模结果，冬季0.5℃温升范围不涉及合浦海草床分布区域，对海草的生长影响较小。因此本工程对海草盖度、密度和株高指标等级影响较小。

海洋底栖生物是指栖息于海洋底部、运动能力有限的一类生物，是海洋生态系统的重要组成部分。项目建设过程中对底栖生物的影响主要集中于升温上升和悬浮泥沙的沉降对底栖生物掩埋。底栖生物与其它水生生物种类一样，水温的适度升高，可明显增加海区底栖动物的种类数，增强新陈代谢强度，促进生长发育。海水温升对容纳水体中底栖生物及潮间带生物的影响主要表现在：种类组成发生变化，暖温性种、属的比重将会加大；一部分种类的生育期发生变化，使繁殖期提前、延迟或加快；进入排水口处的某些种类将死亡或丧失繁殖能力。底栖动物能忍受的最高温度约为35~42℃，所以只要温升不是过高，影响范围不是过大，不会对生物造成很大危害。根据冷却塔排水数学模型计算结果，冬季0.5℃温升

范围不涉及合浦海草床分布区域，对大型底栖动物生物量指标等级影响较小。

综上所述，本工程对海草床生态系统的透光率、悬浮物、表层沉积物主要粒径组分含量年度变化、海草盖度、密度和株高和大型底栖动物生物量指标影响较小，在落实有关保护措施情况下，不改变其生态健康状态。

2) 对山口红树林的影响分析

本工程建设对山口红树林的影响主要来源于海洋水文动力变化对山口红树林造成影响和运营期冷却塔排水排放对山口红树林造成影响。

(1) 海洋水文动力变化对山口红树林的影响分析

根据《广东廉江核电项目海工工程海洋环境影响评价专题》，核电工程水动力影响范围主要在项目周边约1.0km的海域内，对山口红树林保护区涨急、落急流速的影响变化量为0.1cm/s，仅为夏季和冬季大潮最大流速本底值的0.2%左右，不会对山口红树林保护区现有水动力条件产生根本性改变。

(2) 冷却塔排水对山口红树林的影响分析

红树林由热带起源的嗜热性植物组成，嗜热怕冷。红树林光合作用的最适叶面温度为28℃~32℃。过高的气温也会影响红树林的生长，当叶面温度达到38℃~40℃时光合作用几乎为零。高温还会成为某些红树繁殖体定植成活的关键因素，37℃以上时白骨壤根的伸长明显受抑，超过39℃时白骨壤的繁殖体容易死亡。

根据数模结果表明，叠加一期工程2台机组后，冬季工况到达山口红树林保护区的最大温升小于0.5℃，低于国家海水水质标准不高于当地2℃的一类水质目标要求。本工程冷却塔排水引起的温升幅度不大，夏季不会对红树植物生长造成明显负面影响；冬季在理论上有利于红树林抵御极端低温，促进广西山口红树林国家级自然保护区重点保护对象红海榄和木榄种群的繁衍。

(3) 对山口红树林生态健康影响评价分析

根据《近岸海洋生态健康评价指南》（GB/T 42631-2023），红树林生态健康评价包括水环境、生物质量、栖息地、生物群落4类21项指标（表6.1-3）。结合本工程对红树林的影响特征，对红树林生态健康影响主要集中于红树林面积、红树林成活率、大型底栖动物密度和生物量等方面造成影响。

红树林由热带起源的嗜热性植物组成，嗜热怕冷。根据数模结果表明，本工程冷却塔排水引起的温升幅度不大，夏季不会对红树植物生长造成明显负面影响；冬季在理论上有利于红树林抵御极端低温，促进广西山口红树林国家级自然

保护区重点保护对象红海榄和木榄种群的繁衍。因此，对广西山口红树林国家级自然保护区生态健康评价中红树林面积、红树林成活率等指标的评价等级影响不大。

海洋底栖生物是指栖息于海洋底部、运动能力有限的一类生物，是海洋生态系统的重要组成部分。项目运行过程中对底栖生物的影响主要集中于温度上升，根据数模计算结果，根据数模结果表明，叠加一期工程2台机组后，冬季工况到达山口红树林保护区的最大温升小于 0.5°C ，低于国家海水水质标准不高于当地 2°C 的一类水质目标要求。此外，潮间带大型底栖动物一般通过生境选择或穴居来回避极端高温。本工程对大型底栖动物密度和生物量指标的评价等级影响较小。

综上所述，本工程对山口红树林的红树林面积、红树林成活率、大型底栖动物密度和生物量等生态健康评价指标的影响较小。

3) 对湛江红树林的影响分析

本工程对湛江红树林的影响主要来源于海洋水文动力变化对湛江红树林造成影响和运营期冷却塔排水排放对湛江红树林造成影响。

(1) 海洋水文动力变化对湛江红树林的影响分析

根据《广东廉江核电项目海工工程海洋环境影响评价专题》，本工程水动力影响范围主要在项目周边约 1.0km 的海域内，龙头沙渔港码头出海航道的东侧至大件码头区域流速减小（即新建大件码头港池区域），流速减小幅度在 $-0.24\text{m/s}\sim-0.31\text{m/s}$ 之间；大件码头以南偏东区域流速亦有一定幅度减小，流速减小幅度在 $-0.04\text{m/s}\sim-0.22\text{m/s}$ 之间；龙头沙渔港南防波堤东南区、大件码头栈桥以北的取水口前池布置区域，海工工程建设完成后落急时刻流速有所增加，增加幅度在 $0.04\text{m/s}\sim0.08\text{m/s}$ 之间；新开挖的大件码头航道所在区域流速亦有所减小，流速减小幅度在 $-0.04\text{m/s}\sim-0.17\text{m/s}$ 之间。其它区域流速变化较小。综上所述，本工程不会对湛江红树林保护区现有水动力条件产生根本性改变。

(2) 冷却塔排水对湛江红树林的影响分析

根据数模结果表明，叠加一期工程2台机组后，冬季工况到达湛江红树林保护区的最大温升小于 0.5°C ，低于国家海水水质标准不高于当地 2°C 的一类水质目标要求。本工程冷却塔排水引起的温升幅度不大，夏季不会对红树林生长造成明显负面影响；冬季在理论上有利于红树林抵御极端低温。

本工程冷却塔排水引起的温升幅度不大，红树林由热带起源的嗜热性植物组成，嗜热怕冷，夏季不会对红树植物生长造成明显负面影响；冬季在理论上有利于红树林抵御极端低温。

（3）对湛江红树林生态健康影响评价分析

根据《近岸海洋生态健康评价指南》（GB/T 42631-2023），红树林生态健康评价包括水环境、生物质量、栖息地、生物群落4类21项指标（表6.1-3）。结合本工程对红树林的影响特征，对红树林生态健康影响主要集中于红树林面积、红树林成活率、大型底栖动物密度和生物量等方面造成影响。

根据数模结果表明，叠加一期工程2台机组后，冬季工况到达湛江红树林保护区的最大温升小于0.5℃，低于国家海水水质标准不高于当地2℃的一类水质目标要求。本工程冷却塔排水引起的温升幅度不大，在理论上有利于红树林抵御极端低温，促进红树林种群的繁衍。因此，对湛江红树林生态健康评价红树林面积、红树林成活率等指标评价等级影响不大。

项目建设过程中对底栖生物的影响主要集中于温度上升。根据数模研究结果，冷却塔排水引起湛江红树林国家级自然保护区冬季温升小于0.5℃。此外，潮间带大型底栖动物一般通过生境选择或穴居来回避极端高温。总的来说，本工程对大型底栖动物密度和生物量指标评价等级影响较小。

综上所述，本工程对湛江红树林的红树林面积、红树林成活率、大型底栖动物密度和生物量等生态健康评价指标影响较小。

6.1.4 散热系统对声环境的影响

冷却塔噪声源主要是水滴下落时所产生的连续性噪声，即水滴在水池、淋水构架板、梁柱等各个表面上产生的冲击噪声。另一小部分是配水喷头喷洒产生的噪声。

本工程冷却塔采用一机一塔的高位收水塔，该塔形相较常规塔可以明显降低淋水噪声。常规冷却塔中，冷却水能够对水池中的水及淋水构架板、梁柱等大面积连续性直接撞击。由于其声源庞大、频带宽，因此声效等级强，传播距离远。冷却塔落水频谱特性与冷却塔集水池的水深有关，水池水越深，水落声音的低频成分越强，噪声传得越远。而高位集水冷却塔，冷却塔下部无集水水池，相对来说噪声较常规冷却塔小。

使用CadnaA噪声预测软件预测本工程2座冷却塔及一期工程和本工程共4座

冷却塔的噪声影响。CadnaA是由德国公司开发并制造的软件，能够实现计算、显示、评估等功能并且可预测噪声暴露的声学模拟软件，广泛适用于多种噪声源的预测、评价、工程设计和研究，以及城市噪声规划等工作，其中包括工业设施、公路和铁路、机场及其它噪声设备。

1) 冷却塔噪声数据

本项目的大型自然通风冷却塔均为高位收水冷却塔，其进风口外1m，离地1.5m处的设计声压级为76dB(A)。高位收水自然通风冷却塔取消了常规塔底的混凝土集水池和雨区，配有高位收水装置，从填料底部通过收水斜板及收水槽损失的能量远小于常规塔雨区损失的能量，相应产生的噪声更小。

由于CadnaA模型在计算预测噪声时采用的声源为声功率级，而冷却塔噪声的声功率级难以直接通过测量获得，往往需要利用进风口外1m处的实测声压级或设计声压级带入公式（6.1-1）计算出单位面积声功率。

$$L_W = L_p + 10\lg(S) \quad (6.1-1)$$

式中：S 为声源出口面积，计算单位面积声功率级时 S 取 1。

2) 模型建立

以本项目厂址总平面布置图为基础，采用CadnaA软件进行建模，建模中有如下假设：

- 自然通风冷却塔的落水噪声通过底部的进风口向外传播，将冷却塔的整个进风口简化为声源边缘，采用垂直面声源分别模拟高度为17.8m的本工程冷却塔进风口和高度为16.28m的一期工程冷却塔进风口。
- 将等高线信息与厂址总平面布置图结合导入CadnaA软件中，用来模拟厂区周围地势的变化。
- 本工程从厂坪边界向外侧设置堆土坝体，总长度约2250m，坝高17m（从厂坪标高18.7m起算），边坡按照1:2计算，坝顶宽4m，内坡设置2m宽马道一道，外坡设置2m宽马道两道，坡面采用混凝土格栅护坡，坝体内设置土工格栅加固。堆土坝可对冷却塔噪声起到降噪作用。堆土坝方案效果图见图6.1-7。

3) 评估标准

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021），本次评价范围为满足1类声环境功能区标准值的距离范围。本项目厂址厂界处噪声执行《工业企业

厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的3类标准:昼间65dB(A);夜间55dB(A)。厂址附近的居民点执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准:昼间60dB(A);夜间50dB(A)。

4) 模拟结果

2座冷却塔运行后厂界处日间和夜间的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类标准昼间不超过65dB(A),夜间不超过55dB(A)的限值要求。

距厂址冷却塔群最近的居民点为塘仔山村。2座冷却塔运行后居民点处昼夜的噪声贡献值范围为39.83dB(A)~40.7dB(A)。根据本项目2024年11月的声环境监测结果,将本次在塘仔山村处的噪声贡献值与该处噪声本底值叠加。叠加噪声本底值后,居民点昼夜的噪声预测值均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准要求(昼间60dB(A);夜间50dB(A))。

4座冷却塔运行后厂界处日间和夜间的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类标准昼间不超过65dB(A),夜间不超过55dB(A)的限值要求。

4座冷却塔运行后塘仔山村日间和夜间的噪声贡献值范围为43.3dB(A)~44.9dB(A)。根据本项目2024年11月在环境敏感点处开展的声环境监测结果,将本次在塘仔山村处的噪声贡献值与该处噪声本底值叠加。叠加噪声本底值后,居民点昼夜的噪声预测值均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准要求(昼间60dB(A);夜间50dB(A))。

6.1.5 散热系统对大气环境的影响

本项目散热系统采用逆流式自然通风冷却塔方案,以大气为最终热阱。循环水补给水源取自北部湾,排至北部湾。本工程每台机组按配置1座自然通风冷却塔,冷却介质初步按海水考虑。

根据本工程自然通风冷却塔设计方案,采用《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》(NB/T20307-2014)推荐的模型预测本工程2座冷却塔及一期工程和本工程共4座冷却塔运行产生的雾羽飘滴、荫屏、盐沉积和噪声等对厂址周围植被、居民点等环境敏感点的影响。

飘滴谱描述了冷却塔飘滴直径大小的分布情况,本次计算采用的飘滴粒径谱来自于《核电厂超大型海水冷却塔飘滴谱及盐沉积分布研究成果报告》。

6.1.5.1 雾羽和荫屏

电厂湿式冷却塔内在水、气交换的过程中产生大量热水汽，水汽排出后与周围空气混合，其中一部分可能冷凝形成白色的羽状雾气，即称“雾羽”。雾羽中的雾滴由于粒径小，重量轻，可以在自然风的吹送下达到一定距离，并在一定范围内影响太阳辐射，形成阴影，即称“荫屏”，从而减弱到达地面的太阳辐射的能量。

本工程2座自然通风冷却塔年均雾羽长度频率主要集中在冷却塔S~NW方位约1.6km范围以内，最大雾羽长度频率为15.68%。冷却塔雾羽长度频率最大的区域出现在厂址所在地全年主导风向的下风向。最大荫屏影响区域位于冷却塔SSW和W~NW方位约100~600m处。

本工程2座冷却塔全年太阳辐射损失的分布基本和雾羽荫屏分布保持一致，雾羽长度频率较高值出现的区域与荫屏小时数、太阳辐射能量损失和辐射损失率极值的出现区域基本相同，说明了荫屏现象是导致太阳辐射损失的主要原因。本工程2座冷却塔运行造成的太阳辐射损失最大值出现在冷却塔WSW方位约200m处，对应全年雾羽荫屏小时数为812h，相应减少的太阳辐射能量为700.4MJ/m²，约占总太阳辐射能量的13.6%。太阳辐射能量的自然年际波动范围约为1%~10%。2座冷却塔造成太阳辐射损失率超过10%的区域均位于厂区范围内。

综合考虑一期工程的影响，一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行时，4座冷却塔引起的太阳辐射损失超过10%的区域也主要集中在厂区内部，预计冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境（包括红树林保护区）和陆生生态产生明显影响。

6.1.5.2 飘滴和沉降

核电厂循环冷却水在冷却塔内溅落过程中，产生大量的细小水滴，被上升气流顶托带出塔外，形成飘滴。飘滴不但损失了循环水，而且可能对局地环境造成一定的影响。飘滴的环境影响和气象条件密切相关，环境气温高或湿度低，小粒径飘滴容易蒸发消失，对环境的影响明显减少；在温度低或湿度大时，则影响加强。

本工程2台机组正常运行时，2座冷却塔引起附近局地范围内的水沉积分布情况，冷却塔近区范围内无水沉积量。最大值出现在冷却塔W方位5.6km处，约为8.90E+03kg/（km²·月），相当于增加0.11mm/年的降水量。

一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行时，4座冷却塔引起附近局地范

围内的水沉积量的最大值出现在冷却塔的W方位5.1km范围内，约为 $1.40\text{E}+04\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ ，相当于全年增加降水约0.168mm。

本项目所在区域年降水1010.1mm，冷却塔飘滴引起的年降水量远低于自然降水量。因此本项目冷却塔群引起的水沉积不会对当地农作物及周围环境造成影响。

6.1.5.3 盐份沉积

电厂冷却塔的循环冷却水一般包含有各类杂质，包括各类可溶固体、悬浮物及其它化合物。这些物质会随飘滴降落在冷却塔周边区域，在地面上产生相应的沉积。

本工程2台机组正常运行时，2座冷却塔全年盐沉积主要在距冷却塔较远处出现，冷却塔2.8km范围内并无盐沉积量。年均盐沉积量最大值出现在冷却塔WNW方位约6.7km处，约为 $540.62\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。

一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行时，4座冷却塔全年盐沉积分布最大值依然出现在冷却塔WNW方位6.6km处，约为 $735.77\text{kg}/(\text{km}^2\cdot\text{月})$ 。

从结果来看，本工程2台机组正常运行后的2座冷却塔产生的盐沉积以及一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行后4座冷却塔产生的盐沉积均低于可能会对植物产生危害的限值，不会对厂址周围植被产生危害。廉江市生态保护红线位于本工程冷却塔群NW方位约2.4km，预计不会对廉江市生态保护红线内的植物产生危害。

6.1.5.4 下雾与结冰

廉江核电厂拟采用的自然通风冷却塔高度达到200m以上，具有较高的排放高度。雾羽在排出冷却塔后，由于动量和浮力作用还要向上抬升一段高度。在国外的实测和相关研究中，自然通风冷却塔的雾羽到达地面可能性是相当小的，不会导致地面结雾现象。另外，厂址所在区域属于亚热带海洋气候，气温较高不利于结冰。综上所述，本项目冷却塔不会导致下雾和道路结冰。

因此初步分析认为，本项目冷却塔对于周围大气环境不会有明显影响。

表 6.1-1 广东廉江核电项目 3、4 号机组工程取排水量

装机容量	取水量 m ³ /h	排水量 m ³ /h	液态流出物排水量 m ³ /h
3、4 号机组工程 (2×1400MW)	17664	7964	10

表 6.1-2 海草床生态健康评价指标体系

类别	指标
水环境	透光率
	悬浮物
	富营养化
沉积物环境	有机碳
	硫化物
栖息地	海草分布面积变化
	表层沉积物主要粒径组分含量年度变化
生物群落	海草盖度
	海草密度
	海草株高
	大型底栖动物生物量

表 6.1-3 红树林生态健康评价指标体系

类别	指标
水环境	盐度
	化学需氧量
	石油类
生物质量	Hg
	Cd
	Pd
	As
	石油烃
栖息地	红树林面积
	互花米草入侵面积比例
	培育幼苗林冠浒苔覆盖率
	林下有害大型藻覆盖度
	人类扰动行为
生物群落	红树林覆盖度
	红树林成活率
	红树林密度
	红树林种类组成

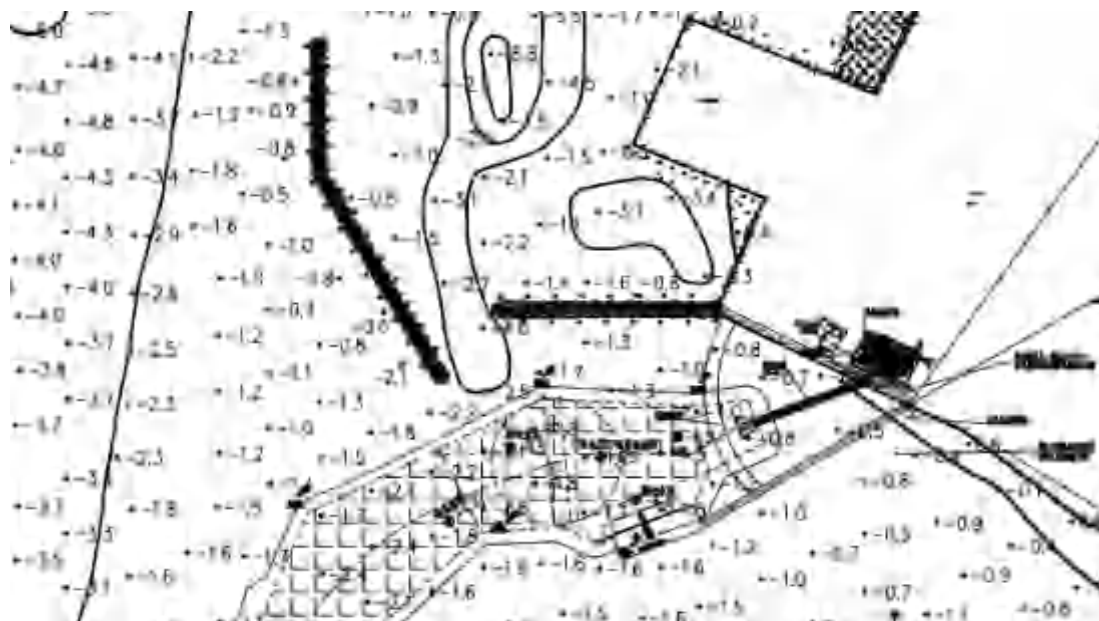


图 6.1-1 结合大件码头取水平面图

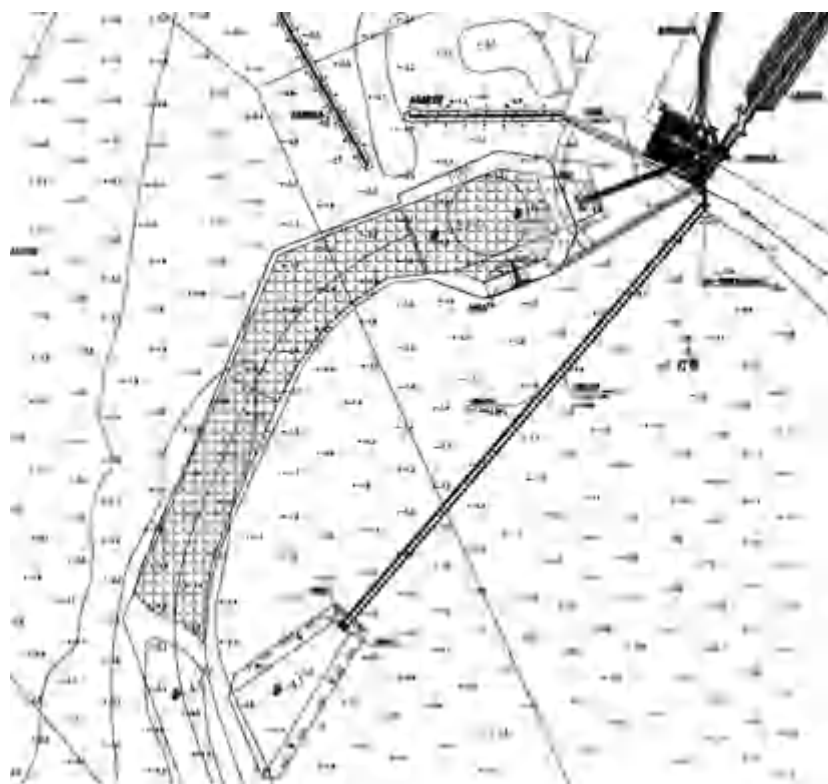
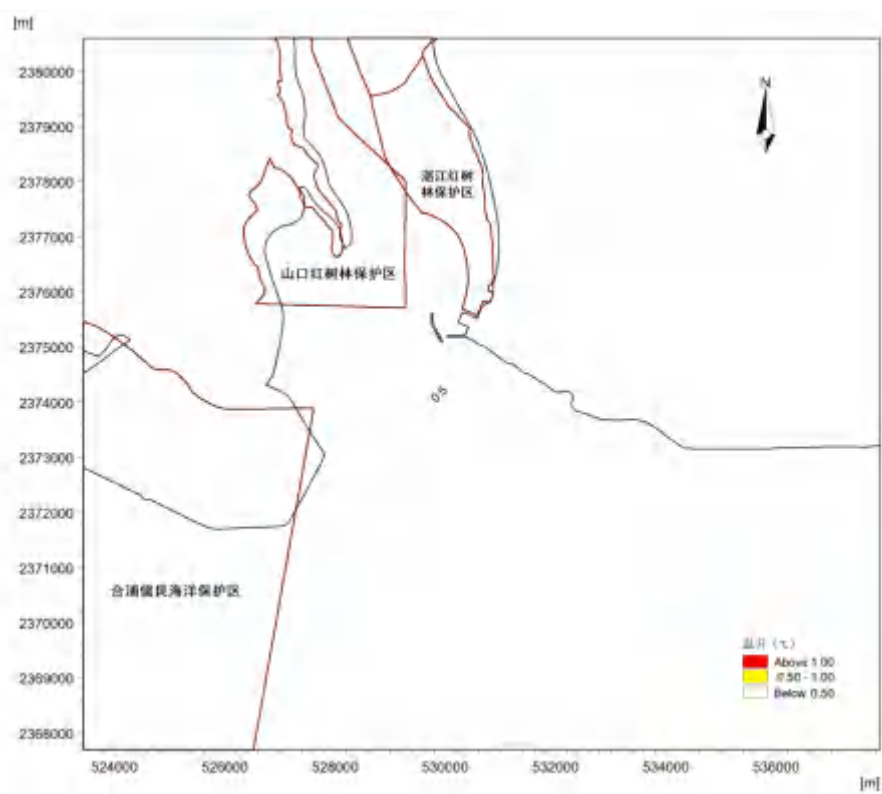
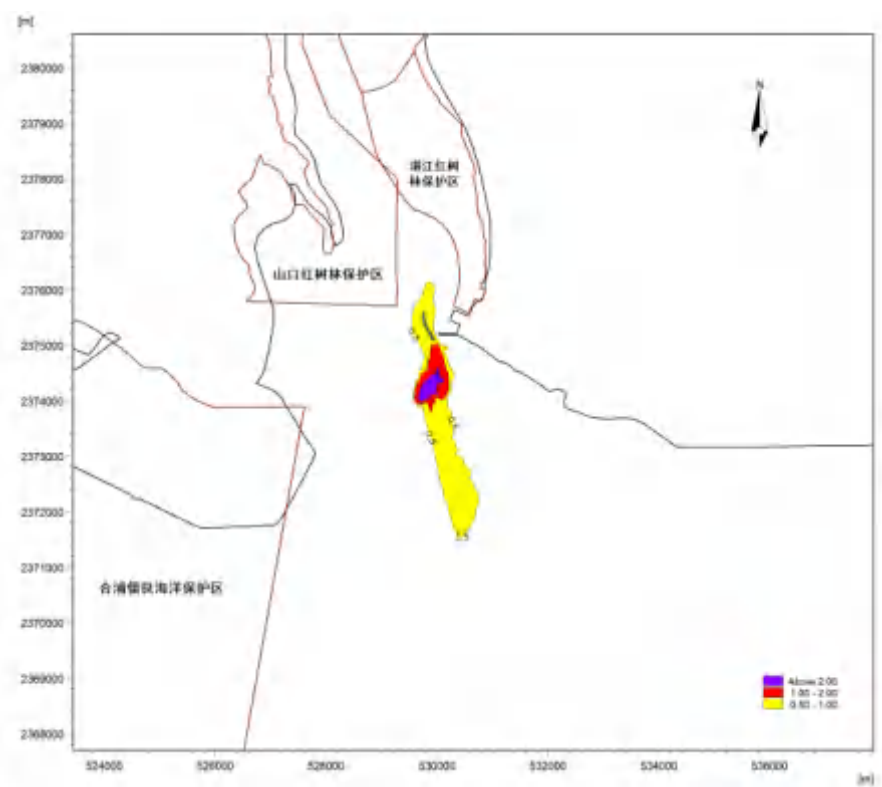


图 6.1-2 排水方案平面布置图



(平均值)



(最大值)

图 6.1-3 温排水平均值、最大值包络线范围（一期工程 2 台 CAP1000 机组和本工程 2 台国和一号机组，冬季半月潮）

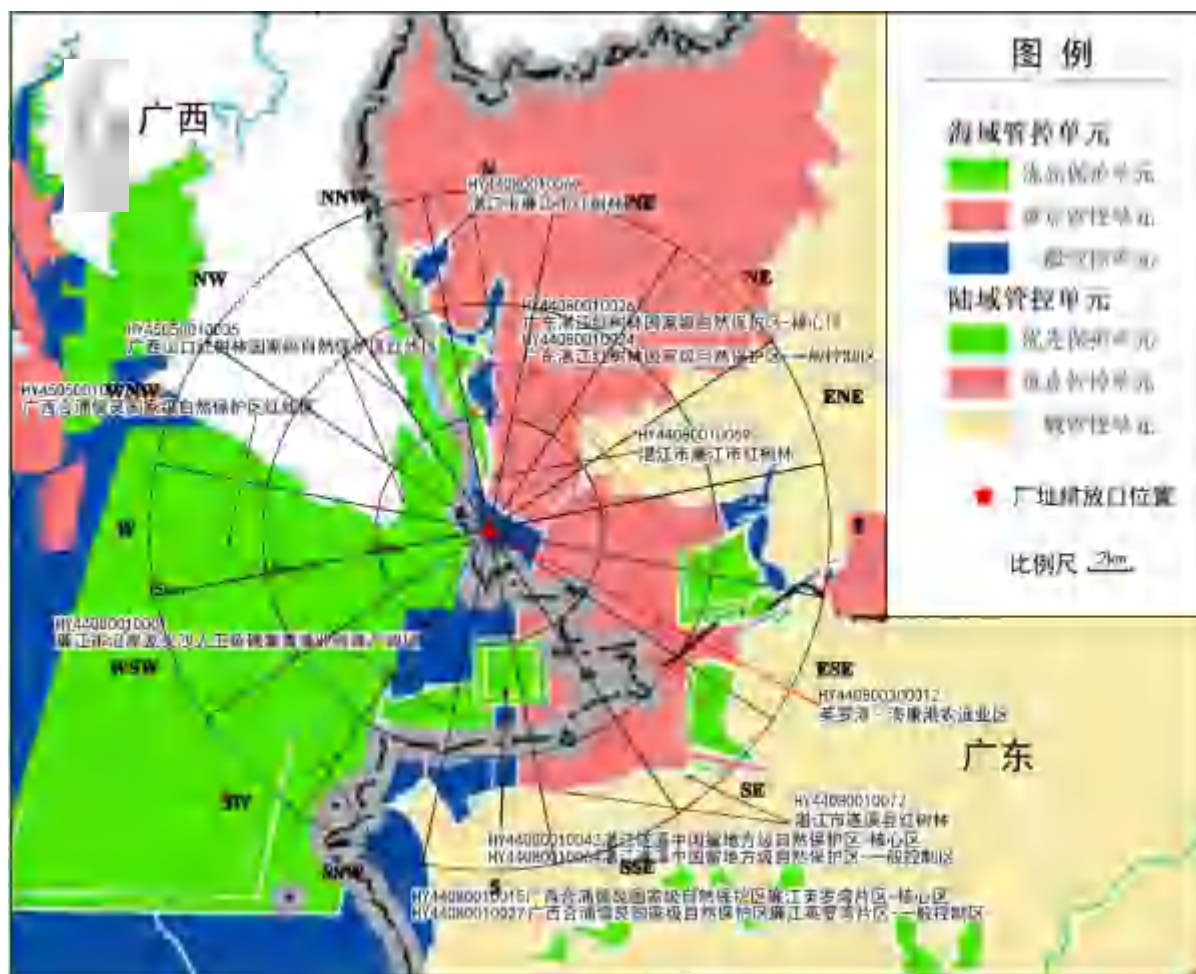


图 6.1-4 厂址排放口半径 15km 范围内涉及的近岸海域环境管控单元

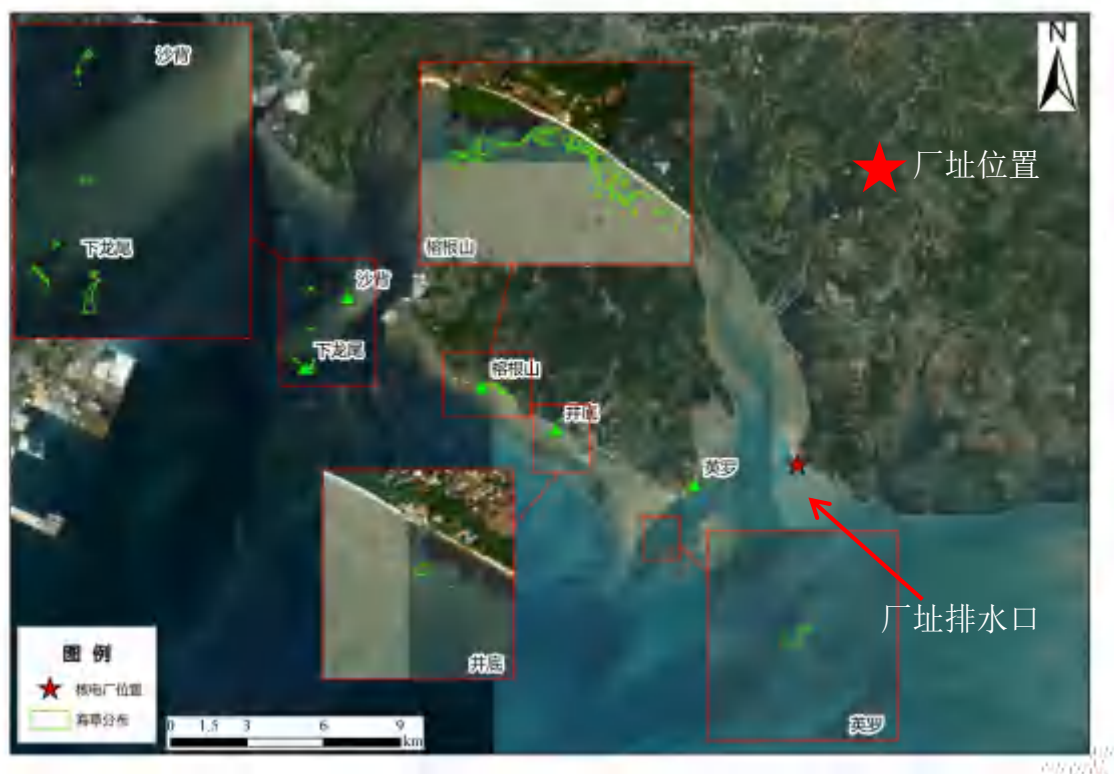


图 6.1-6 海草床分布图

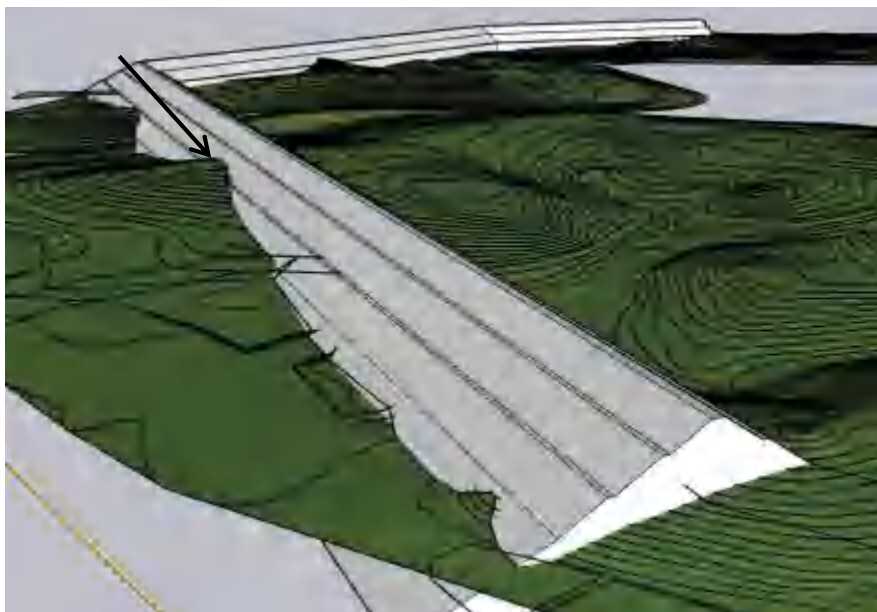


图 6.1-7 堆土坝方案效果图

6.2 正常运行的辐射影响

本节将对本工程2台国和一号机组及一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行工况下气态和液态流出物所造成的辐射影响进行估算及评价。

6.2.1 流出物排放源项

核电厂正常运行状态下的气、液态流出物的设计排放量和现实排放量、计算方法及相关输入参数可见第四章的相关描述。

本次估算环境介质中的放射性核素浓度、公众的最大个人剂量和非人类生物的辐射剂量时，采用流出物的设计排放源项；在分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用流出物的现实排放源项。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

核电厂在正常运行工况下，通过气态途径释放到大气中的气态流出物在大气弥散过程中对公众造成辐射照射的途径如图 6.2-1 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

1) 气态流出物排放至大气中后，人员吸入含放射性核素的空气造成的内照射。

2) 气态流出物排放至大气中后，放射性核素因干、湿沉降导致在农作物中积累，人食入含放射性核素的粮食、蔬菜等食物造成的内照射。

3) 气态流出物排放至大气中后，放射性核素因干、湿沉降导致在饲料作物中积累，并通过饲料进入家禽家畜体内，人员食入由含放射性核素的肉、奶及其制品造成的内照射。

4) 气态流出物排放至大气中后，人员浸没于含放射性核素的空气中受到的烟云淹没外照射。

5) 气态流出物排放至大气中后，放射性核素由于干、湿沉降导致地面沉积，人员在该区域内活动受到的地面沉积外照射。

在气态食入途径中，以 CO_2 形式存在的 ^{14}C 可被植物通过光合作用吸收，从而通过食物摄入的形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 421 号技术报告，压水堆堆型通过气态途径释放到环境中的 ^{14}C 主要为碳氢化合物形态（占比约 75%~95%），仅有少部分 ^{14}C 为 CO_2 的形式。因此，针对 ^{14}C 在气态食入途径下的影响，保守考虑二氧化碳形态排放的 ^{14}C 占 ^{14}C 气态排放总量的

25%开展评估。

6.2.2.2 液态途径

核电厂在正常运行工况下，经处理合格后排放的液态流出物排入受纳海域。在辐射环境影响评价中，液态流出物对人造成辐射照射的途径如图 6.2-2 所示。在估算对周围公众造成的辐射剂量时考虑了如下的照射途径：

- 1) 液态流出物排放至水体中，人员食用在受纳水域生长的水产品（或水生生物）所致的内照射；
- 2) 液态流出物排放至水体中，人员在受纳水域中游泳或划船等活动造成的外照射；
- 3) 液态流出物排放至水体中，岸边沉积的放射性核素对岸边活动公众所造成的外照射。

6.2.2.3 其它途径

根据目前调查情况看，厂址周围区域不存在其它可导致个人有效剂量显著增加的照射途径。

6.2.3 计算模式与参数

6.2.3.1 气态途径

1) 弥散因子计算模式

混合层厚度是大气环境评价的重要参数之一。厂址地区，夏季和冬季均呈现早晨混合层厚度一般较低；日出后混合层厚度逐渐增大，在午后混合层厚度达到最大值。由于混合层底面对烟气的向上扩散起到抑制作用，故混合层越低越不利于污染物的扩散。根据上述冬夏两季的混合层观测结果，从保守的角度出发，取同稳定度下，厂址冬、夏两季混合层高度的平均值的较小值作为该稳定度下混合层高度的推荐值。最终推荐的不同稳定度条件下的混合层高度为 A-B 类 658m，C 类 260m，D 类 244m。

大气弥散参数 σ_y 、 σ_z 是进行大气弥散计算的基本参数，根据厂址大气扩散试验得到的结果进行修正，获得厂址地区的大气水平弥散参数和垂直弥散参数，见第二章。

本工程采用国和一号核电机组，气态流出物排放烟囱的高度为 81.15m，邻近最高的建筑物为反应堆厂房，高度 75.55m。对烟囱释放的气态流出物按混合释放考虑。

在大气弥散因子计算中考虑了建筑物尾流影响，以及混合层高度的修正，同时也考虑了干、湿沉积损耗，核素衰变损耗的修正。

计算年均扩散因子的计算模式及参数如下描述：

1) 气态流出物在大气中弥散

(1) 烟云抬升

计算中考虑了动力抬升，对于高架排放，根据下式确定有效烟囱高度：

$$h_e = h_s + \Delta h \quad (6.2-1)$$

式中：

h_e ：有效烟羽高度，m。

h_s ：烟囱高度，m。

Δh ：烟羽抬升高度，m。

对于中性和不稳定条件，分别由下面两式计算 ΔH 值，取其最小值为抬升值：

$$\Delta H = 1.44D \left(\frac{W_0}{u} \right)^{2/8} \left(\frac{\chi}{D} \right)^{1/8} - C \quad (6.2-2)$$

$$\Delta H = 3 \frac{W_0}{u} D \quad (6.2-3)$$

式中：

W_0 ：烟气出口处烟气流速，m/s。

D ：烟囱出口处内径，m。

χ ：下风向距离，m。

u ：烟囱顶部处的风速，m/s。

C ： $W_0 < 1.5u$ 时的下洗校正因子（ $W_0 \geq 1.5u$ ，不作下洗校正，取 $C=0$ ）， $C = 3 \left(1.5 - \frac{W_0}{u} \right) D_0$ 。

对于稳定条件，比较由式（6.1-2）和下述两式计算的 ΔH 值，取它们中的最小值为抬升值：

$$\Delta H = 4 \left(\frac{F_m}{S} \right)^{1/4} \quad (6.2-4)$$

$$\Delta H = 1.5S^{-1/6} \left(\frac{F_m}{S} \right)^{1/3} \quad (6.2-5)$$

式中：

F_m ：动量通量参数，其值为 $F_m = W_0^2 \left(\frac{D}{2} \right)^2$ 。

s: 稳定度参数。其值为 $S = \begin{cases} 8.7 \times 10^{-4} - \text{对 E 类天气} \\ 1.75 \times 10^{-3} - \text{对 F 类天气} \end{cases}$ 。

(2) 烟云的扩散

程序计算高架和地面连续排放导致的浓度，如果是混合排放，需要同时计算高架和地面排放，计算结果根据排放类型发生的时间分配比相加。

地面释放条件下大气弥散因子基本公式由下式给出：

$$(\chi/Q)_G = \frac{2.032}{X \cdot U_G \cdot \sum_z} \cdot f_{Gd} \cdot f_{Gw} \cdot f_{GR} \quad (6.2-6)$$

式中：

$(\chi/Q)_G$ ：地面释放条件下的大气弥散因子， s/m^3 。

X: 计算点与释放点之间的距离，m。

U_G : 地面 10m 高度风速，m/s。

$\sum_z$ ：经建筑物尾流校正后的垂直扩散参数，m。

f_{Gd} ：地面释放条件下干沉降引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

f_{Gw} ：地面释放条件下湿沉降引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

f_{GR} ：地面释放条件下核素衰变引起的烟羽耗减校正因子，无量纲。

地面释放条件下，应考虑建筑物的下风向尾流效应对各类大气稳定度下的垂直扩散参数进行修正，修正方法由下式给出：

$$\sum_z = \min \left(\left(\sigma_z^2 + \frac{0.5}{\pi} D_z^2 \right)^{0.5}, \sqrt{3} \sigma_z \right) \quad (6.2-7)$$

式中：

D_z : 邻近建筑物的高度，m。

σ_z ：厂址垂直扩散参数，m。

高架释放应考虑混合层的反射作用，根据 $H_e + 2.15\sigma_z(x) = H_m$ 确定混合层对烟羽影响的起始距离 X_b ，并根据计算点 X 与 X_b 的距离关系，按以下计算模型确定高架释放条件下的大气弥散因子：

当 $X < X_b$ 时，假定混合层对烟羽扩散没有影响，大气弥散因子由下式给出：

$$(x/Q)_H = \frac{2.032}{X \cdot U_H \sigma_z} \cdot f_{Hd} \cdot f_{Hw} \cdot f_{HR} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H_e}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (6.2-8)$$

当 $X_b \leq X < 2X_b$ 时, 假定烟羽在地面与混合层之间进行多次反射, 大气弥散因子由下式给出:

$$(x/Q)_H = \frac{2.032}{X \cdot U_H \sigma_z} \cdot f_{Hd} \cdot f_{Hw} \cdot f_{HR} \cdot \sum_{n=-2}^2 \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{2nH_m - H_e}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (6.2-9)$$

当 $X \geq 2X_b$ 时, 假定烟羽在地面与混合层之间已均匀混合, 大气弥散因子由下式给出:

$$(x/Q)_H = \frac{2.032}{\sqrt{2/\pi} \cdot X \cdot U_H \cdot H_m} \cdot f_{Hd} \cdot f_{Hw} \cdot f_{HR} \quad (6.2-10)$$

式中:

$(x/Q)_H$: 高架释放条件下的大气弥散因子, s/m^3 。

U_H : 烟羽有效高度处的风速, m/s 。

f_{Hd} : 高架释放条件下干沉降引起的烟羽耗减校正因子, 无量纲。

f_{Hw} : 高架释放条件下湿沉降引起的烟羽耗减校正因子, 无量纲。

f_{HR} : 高架释放条件下核素衰变引起的烟羽耗减校正因子, 无量纲。

其中:

$$U_H = U_{10} \cdot \left(\frac{H_g}{10} \right)^m \quad (6.2-11)$$

U_{10} : 为 10m 高度的风速, m/s 。

H_g : 烟囱几何释放高度, m 。

m : 风廓线指数, 无量纲。

(3) 沉积

● 干沉积

干沉积地面放射性物质的干沉积速率可以用下式表示:

$$A_p = V_d \chi \quad (6.2-12)$$

式中

A_p : 干沉积速率, $(Bq/s)/m^2$ 。

χ : 地面空气浓度, Bq/m^3 。

V_d : 沉积速度, m/s, 对于碘取 0.01m/s, 对于其他粒子取 0.001m/s。

● 湿沉积

引入湿沉积校正因子 F_w , 来修正在实际降雨期间湿沉积造成烟羽浓度的损耗, 即:

$$\dot{\chi} = \chi F_w \quad (6.2-13)$$

$$F_w = \exp\left(-\Lambda \frac{\chi}{u}\right) \quad (6.2-14)$$

式中:

$\chi, \dot{\chi}$: 校正前后的浓度。

Λ : 冲洗系数, 1/s。通常假定 Λ 近似于降雨率 I (mm/h) 成正比: $\Lambda = \alpha I$ 。

(4) 高、低架排放的时间分配

当烟囱高度高于邻近建筑物, 且低于其 2.5 倍时, 视为混合排放, 即部分时间为高架排放, 部分时间为地面源排放, 两者的分配由计算值 E_t 决定。

按如下关系式确定烟羽高架排放和地面排放的份额:

$$E_t = 1.0 \text{ 当 } W_0 / \bar{u} \leq 1.0$$

$$E_t = 2.58 - 1.58(W_0 / \bar{u}) \text{ 当 } 1.0 < W_0 / \bar{u} \leq 1.5 \quad (6.2-15)$$

$$E_t = 0.3 - 0.06(W_0 / \bar{u}) \text{ 当 } 1.5 < W_0 / \bar{u} \leq 5.0$$

$$E_t = 0.0 \text{ 当 } W_0 / \bar{u} \geq 5.0$$

式中:

E_t : 排放为地面的时间份额。

W_0 : 烟羽排出速度, m/s。

$\bar{u}$: 出口处平均风速, m/s。

2) 气态流出物剂量模式

广东廉江核电机组在正常运行时, 按照图 6.2-1 所示照射途径计算流出物通过气态途径释放对人的受照剂量。

气态流出物对居民所致的剂量计算模式描述如下:

1) 空气浸没外照射剂量

$$D_{Bi} = 3.15 \times 10^7 S_F \dot{Q} \left(\frac{\bar{x}}{\bar{Q}} \right)_i g_B \quad (6.2-16)$$

式中：

D_{Bi} ：对应风向的下风向扇形的年有效剂量，Sv/a。

S_F ：建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子，对于个人，取 $S_F=0.7$ ，对于群体，取 $S_F=0.5$ 。

g_B ：烟云浸没外照射剂量转换因子，(Sv/s) / (Bq/m³)。

$\dot{Q}$ ：释放源项，Bq/a。

$(\bar{\chi}/\dot{Q})_i$ ：大气弥散因子，s/m³。

(2) 地面沉积外照射剂量

$$D_{Bi}^G = 3.15 \times 10^7 S_F C_i^G g_B^G \quad (6.2-17)$$

式中：

D_{Bi}^G ：沉积外照射的年有效剂量，Sv/a。

g_B^G ：污染地表面上的外照射剂量转换因子，(Sv/s) / (Bq/m²)。

C_i^G ：i 方向下风向扇形内地表面的放射性核素浓度，Bq/m²。 C_i^G 由下式计算：

$$C_j^G = \frac{3.15 \times 10^7 (\bar{W}_{Di} + \bar{W}_{wi})}{\lambda_e^s} (1 - e^{-\lambda_e^s t_b}) \quad (6.2-18)$$

式中：

$\bar{W}_{Di}$ ， $\bar{W}_{wi}$ ：分别为 i 风向下风向的年平均干沉积因子和湿沉积因子，1/m²。

t_b ：放射性核素在地面的累积时间（近似取核设施开始气态流出物释放至待计算年份的时间），1/a。

λ_e^s ：放射性核素由地表清除的有效速率常数，1/a。 $\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s$ ， λ 为物理衰变参数， λ_s 为除衰变外其他清除过程的速率常数。

$$\lambda_s = \begin{cases} 1 \times 10^{-1} a^{-1} & (\text{对于碘}) \\ 1 \times 10^{-2} a^{-1} & (\text{对于其他粒子}) \end{cases}$$

(3) 吸入内照射剂量

$$D_{Ai}^a = R_a \dot{Q} \left(\frac{\bar{\chi}}{\dot{Q}} \right)_i g_{Aa} \quad (6.2-19)$$

式中，

D_{Ai}^a ：i 风向下风向扇形内 a 年龄组个人的年吸入产生的待积有效剂量当量或器官的剂量当量，Sv/a。

R_a ：a 年龄组个人的年空气摄入量，1/ (m³·a)。

g_{A_a} : 对应 a 年龄组的吸入剂量因子, Sv/Bq。

(4) 食入陆地动植物内照射剂量

因食入污染的食物产生的待积有效剂量当量为:

$$D_{D_i}^a = g_{D_a} \sum_P U_a^P f_P C_i^P \quad (6.2-20)$$

式中:

$D_{D_i}^a$: i 风向下扇形内 a 年龄组的个人因食入污染食物产生的待积有效剂量当量, Sv/a。

g_{D_a} : a 年龄组的食入剂量因子, Sv/Bq。

U_a^P : a 年龄组的个人对 P 类农产品的年摄入量, kg/a 或 1/a。

f_P : 食入有关地区产生的 P 类农产品的份额, %。

C_i^P : P 类农产品中的放射性核素浓度, Bq/kg 或 Bq/L。

a) 蔬菜、谷类、水果、饲料等农作物中的核素浓度 (不包括 ^3H 和 ^{14}C)

$$C_i^P = 3.15 \times 10^7 \dot{Q} (\bar{W}_{D_i} + \bar{W}_{w_i}) \left\{ \frac{RT_{iv} [1 - \exp(-\lambda_c^\nabla t_c)]}{Y_\nabla \lambda_c^\nabla} + \frac{B_\nabla [1 - \exp(-\lambda_e^\nabla t_b)]}{P \lambda_e^\nabla} \right\} \times \exp(-\lambda t_k) \quad (6.2-21)$$

式中:

R: 滞留份额, 即沉积放射性保留在植物中的份额。

T_{iv} : 易位因子, 即沉积于植物外部的放射性核素向植物食用部分的易位因子, 无量纲。

λ_c^∇ : 放射性核素由植物中清除的有效速率, 1/a, $\lambda_c^\nabla = \lambda + \lambda_w$, 其中 λ_w 是风化产生的物理消除速率常数。

t_c : 农作物在生长季节受污染的时间, a。

Y: 收获时农作物的有效生物质量, 即单位面积产量, kg/m²。

B_∇ : 农作物食用部分从土壤摄入核素的浓集因子, [Bq/kg (鲜作物)]/[Bq/kg (干土壤)]。

t_b : 核素在土壤中的累积时间, a。

P: 土壤的有效表面密度, kg (干土壤) /m²。

t_k : 农作物由收获到消费的时间, a。

b) 植物中 ^3H 的浓度

$$C_i^T = 10^3 \dot{Q}_T (\bar{\chi}/\dot{Q})_i (0.75)(0.5/H) = 3.8 \times 10^2 \dot{Q}_T (\bar{\chi}/\dot{Q})_i \frac{1}{H} \quad (6.2-22)$$

式中：

C_i^T ：i 风向下风向扇形内植物中的 ^3H 浓度，Bq/kg。

H：评价点的年平均绝对湿度，g/m³。

$\dot{Q}_T$ ： ^3H 的释放率，Bq/a。

0.5：植物中水的氚浓度与大气水中 ^3H 浓度之比值。

0.75：水在植物中总质量中的份额。

c) 植物中 ^{14}C 的浓度

$$C_{14}^T = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot Q_{14} \cdot (\chi/Q)_i \cdot p \cdot 0.11/0.16 \quad (6.2-23)$$

式中：

C_{14}^T ：i 风向下风向扇形区内农作物中 ^{14}C 浓度，Bq/kg。

Q_{14} ： ^{14}C 的年释放率，Bq/a。

p：相对平衡比。

$(\chi/Q)_i$ ：i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子，s/m³。

0.11：植物总量中天然碳所占的份额。

0.16：大气中天然碳的浓度，g/m³。

1/ (3.5×10⁴)：单位转换系数。

d) 奶、肉和蛋中的核素浓度

$$C_i^m = F_m C_i^a Q_F \exp(-\lambda t_F) \quad (6.2-24)$$

式中：

C_i^m ：i 风向下风向扇形内奶中的核素浓度，Bq/L。

C_i^a ：动物饲料中的核素比活度，Bq/kg（干重）。

F_m ：动物每天摄入的放射性核素出现在每升奶中的平均份额，d/L。

Q_F ：动物每天消耗的饲料量，kg（干重）/d。

t_F ：放射性核素由奶到人的平均迁移时间，a。

肉中的核素浓度同样可表示为

$$C_i^f = F_f C_i^a Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (6.2-25)$$

式中：

C_i^f : 肉中的核素比活度, Bq/kg。

F_f : 动物每天摄入的放射性核素出现在每公斤肉中的份额, d/kg。

t_f : 屠宰到消费的时间, a。

关于蛋中的核素浓度的表达式及各参数的含义, 完全类同于奶中核素浓度的计算。

动物饲料核素浓度 C_i^a 由下式计算:

$$C_i^a = f_p f_s C_i^p + (1 - f_p) C_i^s + f_p (1 - f_s) C_i^s \quad (6.2-26)$$

式中:

C_i^p : 生长中的牧草的核素比活度, Bq/kg (干重)。

C_i^s : 贮存饲料的核素比活度, Bq/kg (干重)。

f_p : 动物每年放牧于牧场的时间份额。 f_s 为放牧期间饲料中鲜草的份额。

式(6.1-26)也可以表示为

$$C_i^a = \hat{f}_p C_i^p + \hat{f}_s C_i^s \quad (6.2-27)$$

式中: $\hat{f}_p = f_p f_s$, 为饲料中鲜牧草的份额。

$\hat{f}_s = 1 - \hat{f}_p$, 为饲料中贮存牧草的份额。

e) 食入剂量

因食入污染的食物产生的待积有效剂量当量为:

$$D_{Di}^a = g_{Da} \sum_P U_a^P f_P C_i^P \quad (6.2-28)$$

式中:

D_{Di}^a : i 风向下扇形内 a 年龄组的个人因食入污染食物产生的待积有效剂量当量, Sv/a。

g_{Da} : a 年龄组的食入剂量因子, Sv/Bq。

U_a^P : a 年龄组的个人对 P 类农产品的年摄入量, kg/a 或 1/a。

f_P : 食入有关地区产生的 P 类农产品的份额, %。

C_i^P : P 类农产品中的放射性核素浓度, Bq/kg 或 Bq/L。

(6) 气态流出物释放对公众群体的集体剂量

$$D = \sum_k D_{ek} \cdot P_k \quad (6.2-29)$$

式中：

D ：评价区域内公众群体受到的集体有效剂量，人·Sv/a。

D_{ek} ：第 k 子区中公众个人受到的有效剂量，Sv/a。

P_k ：评价区域内第 k 子区中公众人口数，人。

6.2.3.2 液态途径

1) 水体扩散计算模式

(1) 模型方程

采用通用的平面二维数学模型，从不可压缩流体运动的基本方程忽略物理量沿水深方向的变化，沿水深方向积分，即求得深度平均的平面二维水流运动方程为：

$$\text{连续性方程: } \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0 \quad (6.2-30)$$

运动方程：

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + fv - \frac{gu}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} + \frac{\tau_{sx}}{\rho H} + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE_x \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE_y \frac{\partial u}{\partial y}) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fu - \frac{gv}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} + \frac{\tau_{sy}}{\rho H} + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE_x \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE_y \frac{\partial v}{\partial y}) \end{aligned} \quad (6.2-31)$$

物质传输方程：

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial \phi}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial \phi}{\partial y}) - kH\phi + q\phi_0 \quad (6.2-32)$$

其中：

ζ 为相对基准面水位，m；

H 为水深，m；

t 为时间，s；

ρ 为水的密度，kg/m³；

g 为重力加速度，m/s²；

C 为谢才系数，m^{1/2}/s；

f 为柯氏力系数, s^{-1} ;

τ_{sx}, τ_{sy} 为风生应力;

E_x, E_y 为 x, y 方向广义的涡粘性系数, m^2/s ;

ϕ , 液态流出物浓度;

ϕ_o , 排放初始浓度;

D_x, D_y 为 x, y 方向扩散系数, m^2/s ;

u, v 为水深平均流速, m/s ;

k 为降解系数, d^{-1} ;

q 为源项。

(2) 模拟范围和计算网格

模拟范围及水下地形情况见图 6.2-3 所示。数学模型范围外海边界北侧至北海市犀牛脚镇, 南侧边界至雷州市企水镇, 宽约 101km, 包括水文测验的所有测点, 面积约 8862km²。模型采用三角形网格剖分单元, 在工程海域和排放口进行了局部加密, 如图 6.2-4。根据取排水方案建立了渐变网格, 最小网格尺度控制在 8m, 总网格数约 6 万左右。

水下地形资料的来源包括两个部分, 工程重点关心海域的水下地形资料为本工程厂址取排水口附近 1:1000 水下地形实测值, 外海区域水下地形资料为 2013 年出版的 1:30000 海图。

(3) 数值离散与求解

采用分步杂交法求解深度平均的水流运动控制方程。首先计算该水域的流速场, 明确其潮流的运动特性, 作为液态流出物数模计算的基础, 然后进行各种工况下浓度场的模拟计算。

(4) 模型参数选择

a) 糙率系数 n

糙率系数按下列公式取值。

$$n = \begin{cases} 0.014 & h + \zeta \leq 1.0m \\ 0.013 + \frac{0.012}{h + \zeta} & h + \zeta > 1.0m \end{cases}$$

b) 粘滞系数及扩散系数

水平粘滞系数采用 Smagorinsky formulation 模型计算。扩散系数采用涡粘系数比例 Scaled eddy viscosity formulation 模型，取值 1。

c) 柯氏力系数及表面风应力

工程海域位于北纬 $21^{\circ} 20'$ 附近，柯氏力系数 $f=2 \omega \sin \phi \approx 5.1 \times 10^{-5}$ 。

表面风应力按下列公式计算：

$$\tau_s = \rho_{air} C_D V_w^2 \quad (6.2-33)$$

ρ_{air} 为空气密度， V_w 为海面上方 10m 处风速， C_D 为系数。

d) 核素衰减系数

不同核素半衰期如表 6.2-1 所示，余氯半衰期取为 1.5h，衰减系数为 0.00013/s。

(5) 模型边界条件

a) 流场边界条件：岸边界为固定壁面，开边界采用潮位控制，分别采用夏季和冬季典型大、中、小潮和半月潮潮型，初始按静流起算。边界潮位采用潮汐调和常数软件计算，后通过验证点潮位、流速验证调试，最终确定边界处潮位过程。

b) 浓度场边界条件：开边界上采用自由流出边界方式。初始条件：采用零浓度（即环境本底浓度）起算。

c) 源项处理

排水口液态流出物浓度按归一化处理。

(6) 模型验证

依据项目水文资料，本项目设置 S1、S2、S3、S4 共 4 个潮位站，其中 S1 为北海站，S2 为铁山港站，S3、S4 为临时潮位站。各观测站位置见图 6.2-5。选取四个潮位站 2024.12 和 2024.7-2024.8 冬、夏两季实测半月潮作为模型潮位验证的资料，潮位观测资料全部换算到 1985 国家高程基准面。计算潮位与验证资料潮位过程线的比较如图 6.2-6~图 6.2-7 所示，4 个潮位站的计算潮位与实测潮位吻合良好，计算所得潮位与实测结果的最大绝对偏差控制在 0.1m 以内。

本项目工程海域范围内共布置了 10 个全潮水文观测站，见图 6.2-8。选取工程海域 L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7、L8、L9、L10 共 10 个潮流站 2024 年 8 月和 2024 年 12 月冬、夏两季小潮的实测流速和流向数据作为模型流速、流向验证的资料。各测站冬、夏两季小潮流速流向验证结果如图 6.2-9~6.2-10 所示。

从验证结果可以看出：大部分测站的流速、流向与实测资料吻合较好，除近岸测点在部分转潮时段与实测值存在一定差异，整体计算流速、流向与原形观测的流速、流向资料对比分析，计算结果偏差满足相关规范对于潮流模拟精度的要求。可作为温排水和液态流出物排放计算的水力基础。

2) 液态途径剂量计算模式

液态途径剂量计算采用《滨海核电厂液态流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20199-2013）推荐的计算模式。

本工程液态流出物释放对附近居民中个人造成的受照剂量和集体剂量的计算模式如下：

(1) 海产品食入内照射

海产品一般分为海鱼、甲壳类、软体类和海藻四大类，公众食入海产品造成的内照射剂量计算公式：

$$D_{EP} = \sum_i C_{PKi} \cdot U_p \cdot e^{(-\lambda_i T_p)} \cdot Df_{EEi} \quad (6.2-34)$$

式中：

D_{EP} ——通过食入途径造成的公众个人年有效剂量（Sv/a）；

C_{PKi} ——海产品中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每千克（Bq/kg）；

U_p ——公众个人的海产品消费量（kg/a）；

λ_i ——核素 i 的衰变常数，单位为每小时（h⁻¹）；

T_p ——海产品从捕捞到被消费的时间间隔（h）；

Df_{EEi} ——食入放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子（Sv/Bq）。

海产品中放射性核素 i 的浓度基于下式计算：

$$C_{PKi} = C_{WKi} \cdot B_{Pi} \quad (6.2-35)$$

式中：

C_{PKi} ——海产品 P 中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每千克（Bq/kg）；

C_{WKi} ——海水中放射核素 i 的浓度，单位为贝可每升（Bq/L）；

B_{Pi} ——海产品 P 对放射性核素 i 的浓集因子，单位为贝可升每贝可千克 (Bq/kg) / (Bq/L)。

(2) 岸边沉积外照射

岸边沉积外照射剂量基于下式计算：

$$D_{ES} = \sum_i C_{Bi} \cdot W \cdot Df_{ESi} \cdot T_S \quad (6.2-36)$$

式中：

D_{ES} ——通过岸滩沉积物途径造成的公众个人年有效剂量，单位为希沃特每年 (Sv/a)；

C_{Bi} ——岸边放射性核素 i 的沉积量，单位为贝可每平方米 (Bq/m²)；

W ——岸宽因子 (无量纲)；

Df_{ESi} ——岸边沉积物中核素 i 对人体的有效剂量转换因子，单位为希沃特平方米每贝可小时 (Sv/h) / (Bq/m²)；

T_S ——每年公众在岸边的活动时间，单位为小时每年 (h/a)。

岸边放射性核素 i 的沉积量基于下式计算：

$$C_{Bi} = \frac{(0.1)(0.001) \cdot K_{di} \cdot D_s \cdot C_{wi}}{1 + (0.001) S_s \cdot K_{di}} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_i \cdot T_e}}{\lambda_i \cdot T_e} \quad (6.2-37)$$

式中：

C_{Bi} ——岸边放射性核素 i 的沉积量，单位为贝可每平方米 (Bq/m²)；

C_{wi} ——海水中放射性核素的浓度，单位为贝可每立方米 (Bq/m³)；

D_s ——悬浮物在岸边的有效沉积密度，单位为千克每平方米 (kg/m²)；

S_s ——海水中悬浮物的浓度，单位为千克每立方米 (kg/m³)；

K_{di} ——海水中悬浮物对核素 i 的吸附分配因子，单位为升每千克 (L/kg)；

λ_i ——放射性核素 i 的衰变常数，单位为每小时 (1/h)；

T_e ——沉积物中放射性累积时间，单位为小时 (h)；

0.1 ——底部沉积物吸附分配因子与悬浮物吸附分配因子之比；

0.01 ——体积转换系数，单位为立方米每升（m³/L）。

（3）海水浸没外照射

海水浸没（包括游泳、水下作业等）外照射剂量基于下式计算：

$$D_{EWS} = \sum_i C_{wi} \cdot T_s \cdot Df_{EWi} \quad (6.2-38)$$

式中：

D_{EWS} ——游泳或海中作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量，单位为希沃特每年（Sv/a）；

C_{wi} ——水中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每立方米（Bq/m³）；

T_s ——每年公众个人游泳或海水中作业的时间，单位为小时每年（h/a）；

Df_{EWi} ——放射性核素 i 对人体的水体浸没有效剂量转换因子，单位为希沃特立方米每贝可小时（Sv/h）/（Bq/m³）。

（4）海上活动外照射

公众划船、捕捞等海上活动受到的外照射剂量：

$$D_{EWf} = \sum_i C_{wi} \cdot g \cdot T_f \cdot Df_{EWi} \quad (6.2-39)$$

式中：

D_{EWf} ——海上作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量，单位为希沃特每年（Sv/a）；

C_{wi} ——水中放射性核素 i 的浓度，单位为贝可每立方米（Bq/m³）；

T_f ——每年公众个人在海面上作业的时间，单位为小时每年（h/a）；

Df_{EWi} ——浸没于无限大水体中放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子，单位为希沃特立方米每贝可小时（Sv/h）/（Bq/m³）；

g ——海上作业的几何因子，无量纲，取 0.5。

（5）集体剂量

子区域内的永久居住和暂时居住人口受到子区域内平均放射性核素浓度的

照射。公众年集体剂量的估算如下：

$$D^P = \sum_d P_d \sum_a D_{da} f_{da} \quad (6.2-40)$$

D^P ——公众成员年集体有效剂量，单位为人希沃特每年((人·Sv)/a)；

P_d ——子区域 d 内的人口数，单位为人；

D_{da} ——子区域 d 内年龄组 a 的年平均个人有效剂量，单位为希沃特每年 (Sv/a)；

f_{da} ——子区域 d 内年龄组 a 的人口数占子区域 d 内人口数的份额，无量纲。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.4.1 大气弥散

表 6.2-2~表 6.2-7 分别列出了本工程所在厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{14}C 和 ^3H 混合释放情况下年均长期大气弥散因子值。厂址半径 80km 范围因干、湿沉积所致的元素碘和粒子态核素年均沉积因子见表 6.2-8~表 6.2-9。

6.2.4.2 水体稀释

液体流出物在受纳水体中的稀释扩散，与受纳水体的水文气象条件、取排水构筑物的形式以及废水排放方式有密切关系。

为减少液态流出物排放对受纳海域环境与水生态的影响，考虑将处理排放合格并达到排放标准后的流出物与二次循环冷却塔排水混合后排入北部湾海域。

为了预测液态流出物对北部湾海域造成的影响，建设单位委托中国辐射防护研究院针对本工程进行了液态流出物排放的数值模拟研究工作。在 2 台 CAP1000 核电机组和 2 台国和一号核电机组正常运行情况下，所有核素考虑衰变，计算了夏季和冬季半月潮条件下各种污染物的平均、最大包络线范围，计算结果见表 6.2-10 和表 6.2-11。从结果分析，液态流出物输移扩散一方面受潮流运动影响，另一方面受自身衰减影响，高浓度区主要分布于排水口所在的安铺湾。

对于水体稀释因子，这里考虑平均包络面积，并以半衰期最长的 ^{60}Co 结果进行分析，其夏季半月潮和冬季半月潮模拟结果见图 6.2-11 和图 6.2-12。根据数模结果，距离排放口最近的居民点龙头沙村（约 2km）的稀释因子为 0.075，距离排放口最近的围堤养殖区（约 5km 处）的稀释因子为 0.035。在计算本工程 2

台核电机组正常运行期间厂址附近居民个人最大有效剂量时，保守考虑，近区食入水生生物途径、岸边活动、游泳等途径的稀释因子取 0.075（稀释 13.3 倍）；在计算 80km 范围内的集体有效剂量时，稀释因子取 0.035（稀释 28.6 倍）。不同分区稀释倍数结果见表 6.2-12。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.5.1 大气中主要核素浓度

表 6.2-13~表 6.2-18 分别列出了本工程 2 台机组运行时厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{14}C 和 ^3H 混合释放情况下空气中的平均活度浓度。由表可见，各核素浓度最大值出现在 W 方位 0~1km 处。

考虑一期工程的影响，一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组所致厂址半径 80km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{14}C 和 ^3H 混合释放情况下空气中的平均活度浓度见表 6.2-19~表 6.2-24。由表可见，对于一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组，各核素浓度最大值同样出现在 W 方位 0~1km。

6.2.5.2 海水中主要放射性核素浓度

《海水水质标准》（GB 3097-1997）中规定了 5 种放射性核素的限值。本工程两台机组液态流出物通过双层管方案单独排放，在入海排放口处最终与循环冷却水充分掺混排放，尽可能降低排放管线中水中的氚以及其它核素的浓度。本工程单台国和一号核电机组的废液年排放量保守按 9100m^3 左右考虑，冷却水排水量约为 $1.11\text{m}^3/\text{s}$ 。本次保守考虑一台机组正常运行，一台机组大修，因此液态流出物排放量按两台考虑，排放流量按 $10\text{m}^3/\text{h}$ 控制，但冷却水量按一台机组考虑。根据 5 种核素的年排放量计算得到本工程 2 台机组所致总排放口各核素的浓度见表 6.2-25。由表 6.2-25 可见，本工程 2 台机组所致总排放口处 5 种核素的浓度均小于《海水水质标准》（GB 3097-1997）中规定的限值。因此，本工程 2 台机组液态流出物的排放均能满足标准要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

6.2.6.1 气态途径

根据单台国和一号核电机组在正常运行工况下气态放射性核素的设计源项（见第四章）、各种放射性核素的平均长期大气弥散因子、地面沉积因子、食物摄入量、剂量转换因子（见表 6.2-26）等数据，计算了本工程 2 台机组在正常运行工况下由气态途径对厂址周围居民可能造成的最大个人（成人）有效剂量。

根据气态途径剂量计算结果，本工程2台国和一号核电机组通过气态途径对厂址附近居民个人中婴儿、儿童、青少年、成人和渔民所致的最大受照有效剂量分别为 $2.29\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $4.71\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $3.86\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $3.50\text{E-}03\text{mSv/a}$ 和 $3.50\text{E-}03\text{mSv/a}$ 。本项目非居住区范围内大坝村黄京埔搬迁后，厂址附近居民中个人（儿童）所致的最大受照射有效剂量为 $4.71\text{E-}03\text{mSv/a}$ 。

6.2.6.2 液态途径

为了计算人体通过食用水生生物、在厂址附近被放射性物质污染的岸滩上活动等水环境途径所致的内外照射剂量，本报告采用《滨海核电厂液态流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20199-2013）推荐的计算模式，剂量转换因子采用我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和美国联邦导则 12 号报告《空气、水和土壤中核素导致的外照射》和国际原子能机构 BSS 的推荐值，见表 6.2-27。用于计算本工程所在厂址附近居民中个人最大受照有效剂量和居民集体剂量的居民食谱及生活习性见第二章 2.2 节。计算采用 2 台国和一号核电机组的液态途径设计源项，其中单台机组液态途径设计源项见第四章。

本项目排水口距厂址有一定距离，基于第二章中的居民生活习惯数据，本节中分别计算厂址周边区域和排水口区域的液态途径剂量。

本工程 2 台机组由液态途径所致厂址附近的婴儿、儿童、青少年、成人和渔民的最大有效剂量为 $5.09\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $3.99\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $2.42\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $2.12\text{E-}03$ 和 $2.40\text{E-}03\text{mSv/a}$ 。本工程 2 台机组由液态途径所致排水口附近的婴儿、儿童、青少年、成人和渔民的最大有效剂量为 $4.79\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $4.70\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $3.49\text{E-}03\text{mSv/a}$ 、 $2.65\text{E-}03\text{mSv/a}$ 和 $4.04\text{E-}03\text{mSv/a}$ 。

6.2.6.3 剂量汇总

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv 。

本项目正常运行工况下剂量汇总见表 6.2-28。计算中考虑了当地居民的生活习惯，并采用了偏保守的假设条件（保守认为厂址附近居民食用的海产品来自液态流出物排放口附近海域）。

由表 6.2-28 可知：本工程 2 台国和一号核电机组在正常运行期间放射性物

质由气态途径和液态途径排放所致的最大个人受照总有效剂量为 $8.70\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，为国家规定的 0.25mSv/a 的 3.48%，同样满足本工程的剂量约束值要求（ 0.09mSv/a ）。

气态途径所致的半径 80km 范围内居民集体有效剂量 $3.66\text{E-}01$ 人 Sv/a。液态途径所致的半径 80km 范围内居民集体有效剂量 $5.14\text{E+}00$ 人 Sv/a。厂址半径 80km 范围内集体有效剂量为 $5.51\text{E+}00$ 人·Sv/a。

考虑一期工程的影响（依据《广东廉江核电厂1、2号机组工程环境影响报告书（建造阶段）》），一期工程2台机组和本工程2台机组所致最大个人剂量汇总参见表6.2-29。一期工程2台机组和本工程2台机组所致最大个人剂量为 $2.32\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，为国家规定的 0.25mSv/a 的9.28%。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

非人类生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性及核设施流出物，这些照射导致了非人类生物的外照射剂量和内照射剂量。由于生物种类的庞大和生存环境的广阔，目前国际上普遍使用一系列特征生物的概念，包括参考生物，参考动植物，代表物种，特征物种和受体等，对生物进行辐射影响评价。

2000 年 11 月~2003 年 10 月欧共体完成了 FASSET 计划，这个计划的目的是发展评价电离辐射生物和生态系统影响的方法和工具，以及支持防护辐射对环境有害效应的努力。计划分为 4 个方面：1) 环境剂量学；2) 放射性核素在生态系统中的转移；3) 电离辐射生物效应；4) 建立评价的框架。欧共体在完成 FASSET 计划后，在 2004 年 3 月制定了一个 ERICA 计划，计划实施从 2004 年 1 月到 2007 年 2 月，计划分为 5 个方面：1) 提供评价工具；2) 提供生态危害评价危害特征方法学；3) 提供管理导则，支持电离辐射的环境保护；4) 在 5 个不同厂址事例研究情景中，应用和检验评价的方法学；5) 总的管理和计划进展评价。

基于欧洲模式的非人类生物辐射剂量评估采用了危害商的定义，危害商的定义是剂量估算值与参考值的比值，具体公式如下：

$$RQ = \frac{\text{预测的生物剂量率}}{\text{认定安全的剂量率基准值}} \quad (6.2-41)$$

由上述公式可知，如果危害商小于 1，说明不可能对环境产生危害。

基于欧洲模式的非人类生物辐射剂量评估由三级筛选组成：一级筛选中只需输入要评价的生态系统、选择核素、输入核素在介质中的活度浓度，导出危害商，

若危害商大于 1 则进入二级筛选；二级筛选在一级筛选的基础上增加了生物种类的选择，同时程序还允许用户进行核素参数设置（包括分布系数、生物参数设置等）；三级筛选的特点是用户在进行核素参数设置时，不但可以输入或采用程序提供的默认值，也可以根据选择的分布类型计算其分布值（可选择 7 种，包括指数分布、正态分布、三角分布、均匀分布、对数正态分布、对数三角分布、对数均匀分布）。

根据上述模式对本工程的非人类生物的辐射剂量进行了计算。本次计算采用二级筛选模式，同时采用程序提供的参数默认值。非人类生物辐射剂量评估中辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1) 浓度平衡比和分配系数

$$\text{浓度平衡比 } CR = \frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度 (Bq/kg 干重)}}{\text{放射性核素在水中的浓度 (Bq/L)}} \quad (6.2-42)$$

$$\text{分配系数 } K_d = \frac{\text{放射性核素在沉积物中的浓度 (Bq/kg 干重)}}{\text{放射性核素在水中的浓度 (Bq/L)}} \quad (6.2-43)$$

具体分配系数、浓度平衡比见表 6.2-30、表 6.2-31。

2) 剂量转换因子

➤ 对于单能源的剂量转换因子

$$\text{内照射剂量转换因子 } DCC_{\text{int}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times \Phi_E \quad (6.2-44)$$

$$\text{外照射剂量转换因子 } DCC_{\text{ext}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times (1 - \Phi_E) \quad (6.2-45)$$

式中：

DCC—剂量转换因子（ $\mu\text{Gyh}^{-1}/\text{Bq kg}^{-1}$ ）；

E—单能源的能量（MeV）；

Φ_E —特定能量的吸收系数；

5.77×10^{-4} —转换因子。

➤ 对于多能源的剂量转换因子

$$DCC_{\text{int}} = wf_{\text{low}\beta} \times DCC_{\text{int,low}\beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{\text{int},\beta+\gamma} + wf_{\alpha} \times DCC_{\text{int},\alpha} \quad (6.2-46)$$

$$DCC_{\text{ext}} = wf_{\text{low}\beta} \times DCC_{\text{ext,low}\beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{\text{ext},\beta+\gamma} \quad (6.2-47)$$

式中 wf 是各能量源的权重因子 (β , $\beta+\gamma$ 和 α)

3) 生物辐射剂量

➤ 内照射剂量率

$$D_{\text{int}}^b = \sum_i C_i^b \times DCC_{\text{int},i}^b \quad (6.2-48)$$

式中:

D_{int}^b —生物体 b 的内照射吸收剂量率;

C_i^b —核素 i 在生物体 b 内的平均浓度 (Bq/kg 干重);

$DCC_{\text{int},i}^b$ —内照射剂量转换因子。

➤ 外照射剂量率

$$D_{\text{ext}}^b = \sum_z V_z \sum_i C_{zi}^{\text{ref}} \times DCC_{\text{ext},Zi}^b \quad (6.2-49)$$

式中:

V_i —占有系数, 即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额;

C_{zi}^{ref} —核素 i 在介质 Z 中的平均浓度 (Bq/kg 干重或 Bq/l);

$DCC_{\text{ext},Zi}^b$ —外照射剂量转换因子。

➤ 总照射剂量

$$\text{总照射剂量 } D = D_{\text{int}} + D_{\text{ext}} \quad (6.2-50)$$

1) 水生生物

表6.2-32~表6.2-34分别给出了本工程2台国和一号机组正常运行时对受纳海域中水生生物造成的内照射剂量率、外照射剂量率及总辐射剂量率。表6.2-35给出了厂址受纳海域代表性生物及本工程2台机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商。本次评价保守的采用欧共体非人类生物评价模式默认的剂量率基准值: 10 μ Gy/h。考虑到液态流出物进入受纳海域后会马上被海水所稀释, 同时各类生物也会具有一定的移动能力, 因此计算时各核素浓度考虑10倍的稀释倍数。

由表6.2-35可知, 本工程2台国和一号核电机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商最大为多毛类, 其值为0.173, 小于1, 无需进一步开展三级筛选评价, 且二级筛选评价模式评价使用的参数具有保守性。因此,

可以认为,本工程2台机组正常运行工况下,液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物产生影响。

根据《广东廉江核电厂 1、2 号机组环境影响报告书(建造阶段)》中对 1~2 号机组的计算结果,表 6.2-36 给出了一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组所致的水生生物危害商,由表 6.2-36 可知,一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行时放射性液态流出物排放对厂址邻近海域的水生生物造成的危害商最大为 $3.59\text{E-}01$,该值小于 1。因此可以认为,一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行工况下,液态流出物排放不会对厂址邻近海域中的水生生物造成不良影响。

2) 陆生生物

表 6.2-37~表 6.2-39 分别给出了本工程 2 台国和一号核电机组正常运行时各核素对厂址下风向 540 米处(初步分析最大落地浓度处)陆生生物造成的外照射剂量率、内照射剂量率及总辐射剂量率。表 6.2-40 给出了本工程 2 台国和一号核电机组正常运行时气态流出物排放对陆生生物造成的危害商,本次评价保守的采用欧共体非人类生物辐射评价模式中默认的剂量率基准值: $10\mu\text{Gy/h}$ 。

本工程 2 台国和一号核电机组正常运行时气态流出物排放对陆生生物造成的危害商最大为鸟类,其值为 $2.96\text{E-}03$,远小于 1。可以认为,本工程 2 台国和一号核电机组正常运行工况下,气态流出物排放对陆生生物影响很小。

根据《广东廉江核电厂 1、2 号机组环境影响报告书(建造阶段)》中对 1~2 号机组的计算结果,表 6.2-41 给出了一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组机组所致的陆生生物危害商,由表 6.2-41 可知,一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行时气态流出物排放对厂址附近陆生生物造成的危害商最大为 $9.05\text{E-}03$,该值小于 1。因此可以认为,一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行工况下,气态流出物排放不会对厂址附近的陆生生物造成不良影响。

6.2.8 辐射影响评价

6.2.8.1 排放量和排放浓度评价

在本报告第四章中给出了槽式排放口处液态流出物排放浓度及与国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)中规定的控制值的比较。槽式排放口处液态流出物中 H-3、C-14 和其它核素的平均排放浓度满足 GB 6249-2025 中规定的限值要求。

同时,本报告第四章中给出了本工程单台机组的气态流出物和液态流出物设

计排放量与国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中规定的年排放量控制值的比较。可以看出，本工程单台机组气态和液态流出物的年排放量及槽式排放口处排放浓度能满足标准要求。

本报告第一章中列出了一期工程2台机组和本工程2台机组的气态和液态流出物的年排放量，一期工程2台机组和本工程2台机组的排放总量满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的要求。

6.2.8.2 辐射剂量评价

1) 公众

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。

考虑当地居民的生活习惯，并采用偏保守的假设条件，本工程2台机组以及一期工程2台机组和本工程2台机组在正常运行期间所致最大个人的有效剂量均小于 0.25mSv。因此，本项目在正常运行期间，对环境的辐射影响是可以接受的。

2) 非人类生物

本工程2台国和一号核电机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商如表 6.2-35 所示。从表中可以看出，本工程2台国和一号核电机组正常运行工况下，液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物的造成不可接受的影响。一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行时液态流出物排放对受纳海域中水生生物造成的危害商如表 6.2-36 所示。从表中可以看出，一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行工况下，液态流出物排放不会对受纳海域中的水生生物造成不可接受的影响。

本工程2台国和一号核电机组正常运行时气态流出物排放对厂址附近陆生生物造成的危害商如表 6.2-40 所示。从表中可以看出，本工程2台国和一号核电机组正常运行工况下，气态流出物排放不会对陆生生物造成不可接受的影响。一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行时气态流出物排放对厂址附近陆生生物造成的危害商如表 6.2-41 所示。从表中可以看出，一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行工况下，气态流出物排放不会对厂址附近的陆生生物造成不可接受的影响。

6.2.9 液态流出物厂外管线的辐射影响

6.2.9.1 管线正常运行的影响

基于现阶段设计方案，本项目拟配置 2 条“管中管”排放液态流出物。管道每隔一定距离设一个渗漏检测装置，该装置探测到外管有液体时，发出报警信号。管线沿线设置集液井，用于收集管道渗漏的废液。集液井与管道有接口，井内包含排气阀或泄水管及阀门、检修闸阀。集液井密闭，所有现场接口均进行密封处理，防止废液渗漏污染土壤及地下水渗入。集液井有开启式保护顶盖，防止雨水灌入。

基于以上设计方案，即使液态流出物从内管泄漏至外管中，由于设置了渗漏检测装置，也可及时收到警报并开展监测，最大程度的保障液态流出物通过排水管线从厂区输送至排水口的过程中不向外管外部环境泄漏，预计不会对公众产生影响。

另一方面，由于排水管线路由所在的大部分区域采用地埋方式，因此管线中的核素通过管壁和土壤的双重屏蔽后，预计不会对公众产生不可接受的辐射影响。

6.2.9.2 管线泄漏的影响

本项目液态流出物排放管线正常工况下管道不会发生泄漏。即使在日常运行过程中管道遭到人为破坏（挖掘、碰撞等），内外管同时破裂，也能够很快发现。

本项目排放管线下游无居民饮用取水井，只有灌溉水井和养殖池等。采用地下水迁移模拟软件模拟计算液态流出物泄漏到地下水后的迁移扩散情况。相对其它核素，保守考虑氙的迁移结果，初步计算结果表明，对于管线下游最近约 47m 处的灌溉井，氙的峰值浓度到达时间为 1 年。可以认为，发现管线泄漏后，有足够的时间阻止灌溉用水和养殖用水途径对人员的影响。因此，预计灌溉用水和养殖用水途径不会对公众产生辐射影响。

表 6.2-1 不同放射性核素衰变系数

核素	¹³¹ I	⁵⁸ Co	^{110m} Ag	⁶⁰ Co
半衰期	8.07d	70.78d	249.9d	5.27a
λ_i (/s)	1.00×10^{-6}	1.15×10^{-7}	3.21×10^{-8}	4.40×10^{-9}

表 6.2-2 廉江厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子

核素：Kr-85 (s/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.41E-07	6.21E-08	3.54E-08	2.12E-08	1.05E-08	5.19E-09	3.09E-09	2.20E-09	1.70E-09	1.39E-09	1.18E-09	1.02E-09
NNE	2.46E-07	9.02E-08	4.98E-08	2.90E-08	1.49E-08	7.37E-09	4.39E-09	3.12E-09	2.42E-09	1.98E-09	1.67E-09	1.45E-09
NE	1.74E-07	6.76E-08	3.78E-08	2.23E-08	1.08E-08	5.34E-09	3.18E-09	2.26E-09	1.76E-09	1.44E-09	1.21E-09	1.05E-09
ENE	7.69E-08	3.21E-08	1.81E-08	1.08E-08	5.37E-09	2.66E-09	1.59E-09	1.13E-09	8.79E-10	7.18E-10	6.07E-10	5.26E-10
E	5.13E-08	2.17E-08	1.24E-08	7.41E-09	3.90E-09	1.93E-09	1.15E-09	8.20E-10	6.37E-10	5.20E-10	4.40E-10	3.81E-10
ESE	5.08E-08	2.32E-08	1.35E-08	8.20E-09	4.31E-09	2.12E-09	1.26E-09	8.96E-10	6.94E-10	5.66E-10	4.78E-10	4.14E-10
SE	8.44E-08	3.30E-08	1.90E-08	1.14E-08	5.65E-09	2.77E-09	1.64E-09	1.17E-09	9.04E-10	7.38E-10	6.23E-10	5.39E-10
SSE	1.89E-07	7.40E-08	4.21E-08	2.51E-08	1.30E-08	6.33E-09	3.74E-09	2.65E-09	2.05E-09	1.67E-09	1.41E-09	1.22E-09
S	7.41E-07	2.64E-07	1.50E-07	8.86E-08	4.46E-08	2.13E-08	1.24E-08	8.71E-09	6.70E-09	5.44E-09	4.57E-09	3.94E-09
SSW	5.14E-07	1.93E-07	1.09E-07	6.49E-08	3.35E-08	1.63E-08	9.59E-09	6.79E-09	5.25E-09	4.28E-09	3.61E-09	3.12E-09
SW	5.27E-07	2.12E-07	1.21E-07	7.24E-08	3.68E-08	1.78E-08	1.05E-08	7.41E-09	5.72E-09	4.66E-09	3.93E-09	3.39E-09
WSW	6.72E-07	2.73E-07	1.56E-07	9.29E-08	4.65E-08	2.23E-08	1.31E-08	9.21E-09	7.09E-09	5.76E-09	4.85E-09	4.19E-09
W	8.07E-07	3.05E-07	1.73E-07	1.02E-07	5.22E-08	2.50E-08	1.46E-08	1.02E-08	7.88E-09	6.39E-09	5.38E-09	4.64E-09
WNW	6.89E-07	2.65E-07	1.51E-07	8.94E-08	4.52E-08	2.16E-08	1.26E-08	8.87E-09	6.83E-09	5.54E-09	4.66E-09	4.02E-09
NW	3.29E-07	1.22E-07	6.85E-08	4.04E-08	2.02E-08	9.75E-09	5.72E-09	4.03E-09	3.11E-09	2.53E-09	2.13E-09	1.84E-09
NNW	1.25E-07	4.97E-08	2.82E-08	1.67E-08	8.33E-09	4.04E-09	2.38E-09	1.68E-09	1.30E-09	1.06E-09	8.90E-10	7.68E-10

表 6.2-3 廉江厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子

核素：Xe-133 (s/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.41E-07	6.19E-08	3.52E-08	2.10E-08	1.04E-08	5.05E-09	2.95E-09	2.06E-09	1.57E-09	1.26E-09	1.05E-09	8.90E-10
NNE	2.45E-07	9.00E-08	4.96E-08	2.88E-08	1.47E-08	7.17E-09	4.19E-09	2.93E-09	2.23E-09	1.79E-09	1.49E-09	1.26E-09
NE	1.74E-07	6.74E-08	3.76E-08	2.21E-08	1.07E-08	5.19E-09	3.04E-09	2.13E-09	1.62E-09	1.30E-09	1.08E-09	9.19E-10
ENE	7.69E-08	3.20E-08	1.80E-08	1.07E-08	5.29E-09	2.58E-09	1.51E-09	1.05E-09	8.00E-10	6.40E-10	5.30E-10	4.50E-10
E	5.12E-08	2.16E-08	1.23E-08	7.35E-09	3.84E-09	1.87E-09	1.09E-09	7.64E-10	5.81E-10	4.65E-10	3.85E-10	3.27E-10
ESE	5.07E-08	2.31E-08	1.35E-08	8.13E-09	4.24E-09	2.06E-09	1.20E-09	8.30E-10	6.30E-10	5.03E-10	4.16E-10	3.52E-10
SE	8.44E-08	3.29E-08	1.89E-08	1.14E-08	5.59E-09	2.71E-09	1.58E-09	1.10E-09	8.41E-10	6.76E-10	5.62E-10	4.79E-10
SSE	1.89E-07	7.39E-08	4.19E-08	2.49E-08	1.29E-08	6.19E-09	3.60E-09	2.51E-09	1.92E-09	1.54E-09	1.28E-09	1.09E-09
S	7.41E-07	2.64E-07	1.49E-07	8.82E-08	4.43E-08	2.10E-08	1.21E-08	8.40E-09	6.40E-09	5.14E-09	4.28E-09	3.65E-09
SSW	5.14E-07	1.93E-07	1.09E-07	6.46E-08	3.32E-08	1.60E-08	9.30E-09	6.50E-09	4.96E-09	3.99E-09	3.33E-09	2.84E-09
SW	5.27E-07	2.12E-07	1.21E-07	7.20E-08	3.64E-08	1.74E-08	1.01E-08	7.06E-09	5.37E-09	4.31E-09	3.59E-09	3.06E-09
WSW	6.71E-07	2.73E-07	1.55E-07	9.24E-08	4.60E-08	2.19E-08	1.27E-08	8.79E-09	6.68E-09	5.36E-09	4.45E-09	3.79E-09
W	8.07E-07	3.04E-07	1.72E-07	1.02E-07	5.17E-08	2.45E-08	1.41E-08	9.79E-09	7.44E-09	5.96E-09	4.95E-09	4.22E-09
WNW	6.89E-07	2.64E-07	1.50E-07	8.89E-08	4.47E-08	2.12E-08	1.22E-08	8.47E-09	6.43E-09	5.15E-09	4.27E-09	3.64E-09
NW	3.29E-07	1.21E-07	6.83E-08	4.01E-08	2.00E-08	9.52E-09	5.50E-09	3.82E-09	2.90E-09	2.32E-09	1.93E-09	1.64E-09
NNW	1.25E-07	4.96E-08	2.81E-08	1.65E-08	8.23E-09	3.94E-09	2.28E-09	1.58E-09	1.20E-09	9.59E-10	7.94E-10	6.74E-10

表 6.2-4 廉江厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子

核素：I-131 (s/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.34E-07	5.45E-08	3.00E-08	1.69E-08	7.83E-09	3.57E-09	1.86E-09	1.18E-09	8.09E-10	6.27E-10	4.91E-10	3.74E-10
NNE	2.33E-07	7.92E-08	4.22E-08	2.31E-08	1.11E-08	5.05E-09	2.63E-09	1.67E-09	1.14E-09	8.80E-10	6.88E-10	5.22E-10
NE	1.65E-07	5.93E-08	3.20E-08	1.77E-08	7.99E-09	3.63E-09	1.88E-09	1.18E-09	8.05E-10	6.19E-10	4.81E-10	3.63E-10
ENE	7.30E-08	2.82E-08	1.54E-08	8.56E-09	3.98E-09	1.82E-09	9.47E-10	6.00E-10	4.09E-10	3.16E-10	2.47E-10	1.87E-10
E	4.87E-08	1.90E-08	1.05E-08	5.88E-09	2.89E-09	1.31E-09	6.81E-10	4.30E-10	2.92E-10	2.25E-10	1.75E-10	1.32E-10
ESE	4.82E-08	2.04E-08	1.15E-08	6.53E-09	3.21E-09	1.46E-09	7.62E-10	4.83E-10	3.31E-10	2.56E-10	2.01E-10	1.53E-10
SE	8.02E-08	2.90E-08	1.61E-08	9.11E-09	4.21E-09	1.91E-09	9.95E-10	6.32E-10	4.33E-10	3.36E-10	2.64E-10	2.01E-10
SSE	1.80E-07	6.51E-08	3.57E-08	2.00E-08	9.69E-09	4.38E-09	2.27E-09	1.44E-09	9.88E-10	7.66E-10	6.01E-10	4.58E-10
S	7.04E-07	2.32E-07	1.27E-07	7.08E-08	3.34E-08	1.48E-08	7.61E-09	4.81E-09	3.29E-09	2.55E-09	2.01E-09	1.53E-09
SSW	4.88E-07	1.70E-07	9.26E-08	5.18E-08	2.50E-08	1.13E-08	5.83E-09	3.70E-09	2.54E-09	1.97E-09	1.54E-09	1.18E-09
SW	5.01E-07	1.86E-07	1.03E-07	5.77E-08	2.74E-08	1.23E-08	6.33E-09	3.99E-09	2.72E-09	2.11E-09	1.65E-09	1.25E-09
WSW	6.38E-07	2.40E-07	1.32E-07	7.41E-08	3.47E-08	1.55E-08	7.97E-09	5.03E-09	3.44E-09	2.66E-09	2.09E-09	1.59E-09
W	7.67E-07	2.68E-07	1.47E-07	8.15E-08	3.90E-08	1.73E-08	8.89E-09	5.61E-09	3.83E-09	2.97E-09	2.32E-09	1.77E-09
WNW	6.55E-07	2.33E-07	1.28E-07	7.14E-08	3.38E-08	1.50E-08	7.74E-09	4.89E-09	3.34E-09	2.59E-09	2.04E-09	1.55E-09
NW	3.13E-07	1.07E-07	5.81E-08	3.22E-08	1.51E-08	6.75E-09	3.48E-09	2.20E-09	1.51E-09	1.17E-09	9.15E-10	6.97E-10
NNW	1.19E-07	4.37E-08	2.39E-08	1.33E-08	6.22E-09	2.80E-09	1.45E-09	9.18E-10	6.29E-10	4.88E-10	3.83E-10	2.92E-10

表 6.2-5 廉江厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子

核素：Cs-137 (s/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.34E-07	5.45E-08	3.00E-08	1.69E-08	7.84E-09	3.58E-09	1.87E-09	1.19E-09	8.15E-10	6.33E-10	4.97E-10	3.78E-10
NNE	2.33E-07	7.92E-08	4.22E-08	2.31E-08	1.11E-08	5.05E-09	2.63E-09	1.67E-09	1.14E-09	8.83E-10	6.90E-10	5.24E-10
NE	1.65E-07	5.92E-08	3.19E-08	1.77E-08	7.97E-09	3.61E-09	1.87E-09	1.17E-09	7.96E-10	6.11E-10	4.74E-10	3.57E-10
ENE	7.30E-08	2.82E-08	1.54E-08	8.57E-09	3.99E-09	1.82E-09	9.49E-10	6.01E-10	4.11E-10	3.17E-10	2.48E-10	1.88E-10
E	4.87E-08	1.90E-08	1.05E-08	5.88E-09	2.88E-09	1.31E-09	6.79E-10	4.28E-10	2.91E-10	2.23E-10	1.74E-10	1.31E-10
ESE	4.82E-08	2.04E-08	1.15E-08	6.54E-09	3.22E-09	1.47E-09	7.69E-10	4.90E-10	3.36E-10	2.62E-10	2.06E-10	1.57E-10
SE	8.02E-08	2.90E-08	1.61E-08	9.12E-09	4.22E-09	1.92E-09	1.00E-09	6.37E-10	4.37E-10	3.40E-10	2.67E-10	2.04E-10
SSE	1.80E-07	6.51E-08	3.57E-08	2.00E-08	9.71E-09	4.39E-09	2.28E-09	1.45E-09	9.97E-10	7.75E-10	6.09E-10	4.65E-10
S	7.04E-07	2.33E-07	1.27E-07	7.08E-08	3.34E-08	1.49E-08	7.65E-09	4.85E-09	3.32E-09	2.59E-09	2.03E-09	1.56E-09
SSW	4.88E-07	1.70E-07	9.27E-08	5.18E-08	2.50E-08	1.13E-08	5.85E-09	3.72E-09	2.55E-09	1.98E-09	1.56E-09	1.19E-09
SW	5.01E-07	1.86E-07	1.03E-07	5.77E-08	2.74E-08	1.23E-08	6.33E-09	4.00E-09	2.73E-09	2.11E-09	1.65E-09	1.25E-09
WSW	6.38E-07	2.40E-07	1.32E-07	7.42E-08	3.47E-08	1.55E-08	8.01E-09	5.07E-09	3.47E-09	2.69E-09	2.11E-09	1.61E-09
W	7.67E-07	2.68E-07	1.47E-07	8.16E-08	3.90E-08	1.74E-08	8.94E-09	5.65E-09	3.87E-09	3.00E-09	2.36E-09	1.80E-09
WNW	6.55E-07	2.33E-07	1.28E-07	7.15E-08	3.38E-08	1.51E-08	7.80E-09	4.95E-09	3.39E-09	2.64E-09	2.08E-09	1.59E-09
NW	3.13E-07	1.07E-07	5.82E-08	3.23E-08	1.51E-08	6.78E-09	3.51E-09	2.22E-09	1.53E-09	1.19E-09	9.32E-10	7.12E-10
NNW	1.19E-07	4.38E-08	2.39E-08	1.33E-08	6.24E-09	2.82E-09	1.46E-09	9.30E-10	6.39E-10	4.98E-10	3.92E-10	3.00E-10

表 6.2-6 廉江厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子

核素：C-14 (s/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.41E-07	6.21E-08	3.54E-08	2.12E-08	1.05E-08	5.19E-09	3.09E-09	2.20E-09	1.70E-09	1.39E-09	1.18E-09	1.02E-09
NNE	2.46E-07	9.02E-08	4.98E-08	2.90E-08	1.49E-08	7.37E-09	4.39E-09	3.12E-09	2.42E-09	1.98E-09	1.67E-09	1.45E-09
NE	1.74E-07	6.76E-08	3.78E-08	2.23E-08	1.08E-08	5.34E-09	3.18E-09	2.26E-09	1.76E-09	1.44E-09	1.21E-09	1.05E-09
ENE	7.69E-08	3.21E-08	1.81E-08	1.08E-08	5.37E-09	2.66E-09	1.59E-09	1.13E-09	8.79E-10	7.18E-10	6.07E-10	5.26E-10
E	5.13E-08	2.17E-08	1.24E-08	7.41E-09	3.90E-09	1.93E-09	1.15E-09	8.20E-10	6.37E-10	5.20E-10	4.40E-10	3.81E-10
ESE	5.08E-08	2.32E-08	1.35E-08	8.20E-09	4.31E-09	2.12E-09	1.26E-09	8.96E-10	6.94E-10	5.66E-10	4.78E-10	4.14E-10
SE	8.44E-08	3.30E-08	1.90E-08	1.14E-08	5.65E-09	2.77E-09	1.64E-09	1.17E-09	9.04E-10	7.38E-10	6.23E-10	5.39E-10
SSE	1.89E-07	7.40E-08	4.21E-08	2.51E-08	1.30E-08	6.33E-09	3.74E-09	2.65E-09	2.05E-09	1.67E-09	1.41E-09	1.22E-09
S	7.41E-07	2.64E-07	1.50E-07	8.86E-08	4.46E-08	2.13E-08	1.24E-08	8.71E-09	6.70E-09	5.44E-09	4.57E-09	3.94E-09
SSW	5.14E-07	1.93E-07	1.09E-07	6.49E-08	3.35E-08	1.63E-08	9.59E-09	6.79E-09	5.25E-09	4.28E-09	3.61E-09	3.12E-09
SW	5.27E-07	2.12E-07	1.21E-07	7.24E-08	3.68E-08	1.78E-08	1.05E-08	7.41E-09	5.72E-09	4.66E-09	3.93E-09	3.39E-09
WSW	6.72E-07	2.73E-07	1.56E-07	9.29E-08	4.65E-08	2.23E-08	1.31E-08	9.21E-09	7.09E-09	5.76E-09	4.85E-09	4.19E-09
W	8.07E-07	3.05E-07	1.73E-07	1.02E-07	5.22E-08	2.50E-08	1.46E-08	1.02E-08	7.88E-09	6.39E-09	5.38E-09	4.64E-09
WNW	6.89E-07	2.65E-07	1.51E-07	8.94E-08	4.52E-08	2.16E-08	1.26E-08	8.87E-09	6.83E-09	5.54E-09	4.66E-09	4.02E-09
NW	3.29E-07	1.22E-07	6.85E-08	4.04E-08	2.02E-08	9.75E-09	5.72E-09	4.03E-09	3.11E-09	2.53E-09	2.13E-09	1.84E-09
NNW	1.25E-07	4.97E-08	2.82E-08	1.67E-08	8.33E-09	4.04E-09	2.38E-09	1.68E-09	1.30E-09	1.06E-09	8.90E-10	7.68E-10

表 6.2-7 廉江厂址半径 80km 范围内年均大气弥散因子

核素：H-3 (s/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.41E-07	6.21E-08	3.54E-08	2.12E-08	1.05E-08	5.19E-09	3.09E-09	2.20E-09	1.70E-09	1.39E-09	1.18E-09	1.02E-09
NNE	2.46E-07	9.02E-08	4.98E-08	2.90E-08	1.49E-08	7.37E-09	4.39E-09	3.12E-09	2.42E-09	1.98E-09	1.67E-09	1.45E-09
NE	1.74E-07	6.76E-08	3.78E-08	2.23E-08	1.08E-08	5.34E-09	3.18E-09	2.26E-09	1.76E-09	1.44E-09	1.21E-09	1.05E-09
ENE	7.69E-08	3.21E-08	1.81E-08	1.08E-08	5.37E-09	2.66E-09	1.59E-09	1.13E-09	8.79E-10	7.18E-10	6.07E-10	5.26E-10
E	5.13E-08	2.17E-08	1.24E-08	7.41E-09	3.90E-09	1.93E-09	1.15E-09	8.20E-10	6.37E-10	5.20E-10	4.40E-10	3.81E-10
ESE	5.08E-08	2.32E-08	1.35E-08	8.20E-09	4.31E-09	2.12E-09	1.26E-09	8.96E-10	6.94E-10	5.66E-10	4.78E-10	4.14E-10
SE	8.44E-08	3.30E-08	1.90E-08	1.14E-08	5.65E-09	2.77E-09	1.64E-09	1.17E-09	9.04E-10	7.38E-10	6.23E-10	5.39E-10
SSE	1.89E-07	7.40E-08	4.21E-08	2.51E-08	1.30E-08	6.33E-09	3.74E-09	2.65E-09	2.05E-09	1.67E-09	1.41E-09	1.22E-09
S	7.41E-07	2.64E-07	1.50E-07	8.86E-08	4.46E-08	2.13E-08	1.24E-08	8.71E-09	6.70E-09	5.44E-09	4.57E-09	3.94E-09
SSW	5.14E-07	1.93E-07	1.09E-07	6.49E-08	3.35E-08	1.63E-08	9.59E-09	6.79E-09	5.25E-09	4.28E-09	3.61E-09	3.12E-09
SW	5.27E-07	2.12E-07	1.21E-07	7.24E-08	3.68E-08	1.78E-08	1.05E-08	7.41E-09	5.72E-09	4.66E-09	3.93E-09	3.39E-09
WSW	6.72E-07	2.73E-07	1.56E-07	9.29E-08	4.65E-08	2.23E-08	1.31E-08	9.21E-09	7.09E-09	5.76E-09	4.85E-09	4.19E-09
W	8.07E-07	3.05E-07	1.73E-07	1.02E-07	5.22E-08	2.50E-08	1.46E-08	1.02E-08	7.88E-09	6.39E-09	5.38E-09	4.64E-09
WNW	6.89E-07	2.65E-07	1.51E-07	8.94E-08	4.52E-08	2.16E-08	1.26E-08	8.87E-09	6.83E-09	5.54E-09	4.66E-09	4.02E-09
NW	3.29E-07	1.22E-07	6.85E-08	4.04E-08	2.02E-08	9.75E-09	5.72E-09	4.03E-09	3.11E-09	2.53E-09	2.13E-09	1.84E-09
NNW	1.25E-07	4.97E-08	2.82E-08	1.67E-08	8.33E-09	4.04E-09	2.38E-09	1.68E-09	1.30E-09	1.06E-09	8.90E-10	7.68E-10

表 6.2-8 廉江厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

元素碘（1/m²）

距离（km） 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	2.46E-09	9.68E-10	5.63E-10	3.43E-10	1.75E-10	8.67E-11	5.17E-11	3.69E-11	2.86E-11	2.34E-11	1.98E-11	1.71E-11
NNE	5.64E-09	1.96E-09	1.13E-09	6.88E-10	3.61E-10	1.80E-10	1.08E-10	7.67E-11	5.96E-11	4.87E-11	4.12E-11	3.57E-11
NE	6.46E-09	2.25E-09	1.32E-09	8.13E-10	4.23E-10	2.11E-10	1.26E-10	9.00E-11	7.00E-11	5.72E-11	4.84E-11	4.20E-11
ENE	3.08E-09	1.09E-09	6.44E-10	3.97E-10	2.08E-10	1.04E-10	6.22E-11	4.44E-11	3.45E-11	2.82E-11	2.39E-11	2.07E-11
E	2.52E-09	8.84E-10	5.24E-10	3.24E-10	1.73E-10	8.61E-11	5.16E-11	3.68E-11	2.86E-11	2.34E-11	1.98E-11	1.72E-11
ESE	1.17E-09	4.53E-10	2.68E-10	1.65E-10	8.74E-11	4.34E-11	2.59E-11	1.84E-11	1.43E-11	1.17E-11	9.89E-12	8.56E-12
SE	2.58E-09	9.10E-10	5.37E-10	3.32E-10	1.73E-10	8.57E-11	5.12E-11	3.65E-11	2.84E-11	2.32E-11	1.96E-11	1.70E-11
SSE	3.05E-09	1.13E-09	6.52E-10	3.96E-10	2.07E-10	1.02E-10	6.06E-11	4.30E-11	3.34E-11	2.72E-11	2.30E-11	1.99E-11
S	1.08E-08	3.76E-09	2.17E-09	1.31E-09	6.70E-10	3.25E-10	1.91E-10	1.35E-10	1.04E-10	8.49E-11	7.16E-11	6.18E-11
SSW	9.65E-09	3.43E-09	1.99E-09	1.21E-09	6.35E-10	3.13E-10	1.86E-10	1.32E-10	1.03E-10	8.37E-11	7.07E-11	6.12E-11
SW	1.29E-08	4.66E-09	2.73E-09	1.68E-09	8.75E-10	4.32E-10	2.57E-10	1.83E-10	1.42E-10	1.16E-10	9.78E-11	8.46E-11
WSW	1.12E-08	4.23E-09	2.46E-09	1.49E-09	7.65E-10	3.73E-10	2.21E-10	1.56E-10	1.21E-10	9.85E-11	8.31E-11	7.19E-11
W	1.43E-08	5.11E-09	2.96E-09	1.79E-09	9.34E-10	4.56E-10	2.69E-10	1.91E-10	1.48E-10	1.20E-10	1.01E-10	8.76E-11
WNW	8.91E-09	3.32E-09	1.91E-09	1.15E-09	5.86E-10	2.84E-10	1.67E-10	1.18E-10	9.07E-11	7.38E-11	6.21E-11	5.37E-11
NW	6.18E-09	2.18E-09	1.26E-09	7.65E-10	3.95E-10	1.94E-10	1.15E-10	8.16E-11	6.32E-11	5.15E-11	4.35E-11	3.76E-11
NNW	3.74E-09	1.33E-09	7.79E-10	4.77E-10	2.49E-10	1.23E-10	7.35E-11	5.23E-11	4.06E-11	3.32E-11	2.80E-11	2.43E-11

表 6.2-9 廉江厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）

粒子态核素（1/m²）

距离（km） 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.71E-09	5.83E-10	3.48E-10	2.17E-10	1.15E-10	5.73E-11	3.44E-11	2.45E-11	1.91E-11	1.56E-11	1.32E-11	1.14E-11
NNE	5.02E-09	1.68E-09	1.00E-09	6.25E-10	3.33E-10	1.66E-10	9.98E-11	7.13E-11	5.54E-11	4.53E-11	3.84E-11	3.32E-11
NE	7.25E-09	2.43E-09	1.45E-09	9.07E-10	4.83E-10	2.41E-10	1.45E-10	1.03E-10	8.04E-11	6.58E-11	5.56E-11	4.82E-11
ENE	3.55E-09	1.19E-09	7.13E-10	4.45E-10	2.37E-10	1.18E-10	7.10E-11	5.07E-11	3.95E-11	3.23E-11	2.73E-11	2.37E-11
E	3.06E-09	1.02E-09	6.13E-10	3.83E-10	2.04E-10	1.02E-10	6.12E-11	4.37E-11	3.40E-11	2.78E-11	2.36E-11	2.04E-11
ESE	1.05E-09	3.55E-10	2.13E-10	1.33E-10	7.07E-11	3.53E-11	2.12E-11	1.51E-11	1.18E-11	9.61E-12	8.13E-12	7.05E-12
SE	2.69E-09	9.03E-10	5.41E-10	3.38E-10	1.80E-10	8.98E-11	5.38E-11	3.84E-11	2.99E-11	2.45E-11	2.07E-11	1.79E-11
SSE	1.93E-09	6.53E-10	3.90E-10	2.42E-10	1.29E-10	6.43E-11	3.85E-11	2.75E-11	2.14E-11	1.75E-11	1.48E-11	1.28E-11
S	5.78E-09	1.94E-09	1.16E-09	7.19E-10	3.81E-10	1.89E-10	1.13E-10	8.07E-11	6.27E-11	5.13E-11	4.33E-11	3.75E-11
SSW	7.27E-09	2.45E-09	1.46E-09	9.10E-10	4.84E-10	2.42E-10	1.45E-10	1.03E-10	8.04E-11	6.57E-11	5.56E-11	4.82E-11
SW	1.19E-08	4.02E-09	2.40E-09	1.50E-09	7.97E-10	3.98E-10	2.39E-10	1.70E-10	1.33E-10	1.08E-10	9.17E-11	7.95E-11
WSW	7.42E-09	2.52E-09	1.51E-09	9.36E-10	4.96E-10	2.47E-10	1.48E-10	1.06E-10	8.21E-11	6.71E-11	5.67E-11	4.92E-11
W	1.01E-08	3.40E-09	2.03E-09	1.26E-09	6.70E-10	3.34E-10	2.00E-10	1.43E-10	1.11E-10	9.07E-11	7.67E-11	6.65E-11
WNW	3.72E-09	1.27E-09	7.56E-10	4.68E-10	2.47E-10	1.23E-10	7.32E-11	5.21E-11	4.05E-11	3.31E-11	2.79E-11	2.42E-11
NW	4.66E-09	1.57E-09	9.34E-10	5.82E-10	3.09E-10	1.54E-10	9.23E-11	6.59E-11	5.12E-11	4.19E-11	3.54E-11	3.07E-11
NNW	3.85E-09	1.29E-09	7.74E-10	4.83E-10	2.57E-10	1.28E-10	7.70E-11	5.49E-11	4.27E-11	3.50E-11	2.96E-11	2.56E-11

表 6.2-10 夏季核素浓度平均值包络线范围 (km²)

名称		稀释 5 倍	稀释 10 倍	稀释 20 倍	稀释 50 倍	稀释 100 倍	稀释 200 倍	稀释 500 倍	稀释 1000 倍
¹³¹ I	夏季半月潮	0.003	0.057	1.965	19.427	53.122	82.910	149.920	244.418
⁵⁸ Co	夏季半月潮	0.005	0.271	23.375	76.992	188.473	254.136	317.615	387.479
^{110m} Ag	夏季半月潮	0.006	0.827	33.047	96.499	216.495	267.480	337.834	421.157
⁶⁰ Co	夏季半月潮	0.007	1.184	35.253	106.503	222.856	272.443	346.268	435.283

表 6.2-11 冬季核素浓度平均值包络线范围 (km²)

名称		稀释 5 倍	稀释 10 倍	稀释 20 倍	稀释 50 倍	稀释 100 倍	稀释 200 倍	稀释 500 倍	稀释 1000 倍
¹³¹ I	冬季半月潮	0.004	0.065	1.640	16.379	48.969	76.162	146.062	247.642
⁵⁸ Co	冬季半月潮	0.006	0.264	21.141	66.592	181.428	253.603	322.875	402.258
^{110m} Ag	冬季半月潮	0.007	0.400	30.955	82.846	216.026	266.340	347.444	436.460
⁶⁰ Co	冬季半月潮	0.007	0.672	33.067	90.779	222.079	271.202	356.909	449.661

表 6.2-12 不同分区稀释倍数结果

	近区（个人最大剂量计算）	远区（集体有效剂量计算）
稀释倍数	13.3	28.6

表 6.2-13 本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：Kr-85 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.03E-01	4.53E-02	2.58E-02	1.55E-02	7.68E-03	3.78E-03	2.25E-03	1.60E-03	1.24E-03	1.01E-03	8.57E-04	7.42E-04
NNE	1.79E-01	6.58E-02	3.63E-02	2.12E-02	1.09E-02	5.37E-03	3.20E-03	2.28E-03	1.77E-03	1.44E-03	1.22E-03	1.06E-03
NE	1.27E-01	4.93E-02	2.76E-02	1.63E-02	7.88E-03	3.89E-03	2.32E-03	1.65E-03	1.28E-03	1.05E-03	8.85E-04	7.66E-04
ENE	5.61E-02	2.34E-02	1.32E-02	7.86E-03	3.92E-03	1.94E-03	1.16E-03	8.26E-04	6.41E-04	5.24E-04	4.43E-04	3.84E-04
E	3.74E-02	1.58E-02	9.01E-03	5.40E-03	2.85E-03	1.41E-03	8.40E-04	5.98E-04	4.64E-04	3.79E-04	3.21E-04	2.78E-04
ESE	3.70E-02	1.69E-02	9.86E-03	5.98E-03	3.15E-03	1.55E-03	9.20E-04	6.53E-04	5.06E-04	4.13E-04	3.49E-04	3.02E-04
SE	6.16E-02	2.40E-02	1.38E-02	8.34E-03	4.12E-03	2.02E-03	1.20E-03	8.51E-04	6.59E-04	5.38E-04	4.54E-04	3.93E-04
SSE	1.38E-01	5.40E-02	3.07E-02	1.83E-02	9.48E-03	4.62E-03	2.73E-03	1.93E-03	1.49E-03	1.22E-03	1.03E-03	8.88E-04
S	5.41E-01	1.93E-01	1.09E-01	6.46E-02	3.26E-02	1.55E-02	9.04E-03	6.35E-03	4.89E-03	3.97E-03	3.33E-03	2.88E-03
SSW	3.75E-01	1.41E-01	7.96E-02	4.73E-02	2.44E-02	1.19E-02	6.99E-03	4.95E-03	3.83E-03	3.12E-03	2.63E-03	2.27E-03
SW	3.85E-01	1.55E-01	8.83E-02	5.28E-02	2.68E-02	1.30E-02	7.64E-03	5.41E-03	4.17E-03	3.40E-03	2.86E-03	2.47E-03
WSW	4.90E-01	1.99E-01	1.14E-01	6.78E-02	3.39E-02	1.63E-02	9.53E-03	6.71E-03	5.17E-03	4.20E-03	3.54E-03	3.05E-03
W	5.89E-01	2.22E-01	1.26E-01	7.45E-02	3.81E-02	1.82E-02	1.06E-02	7.47E-03	5.74E-03	4.66E-03	3.92E-03	3.38E-03
WNW	5.03E-01	1.93E-01	1.10E-01	6.52E-02	3.29E-02	1.58E-02	9.20E-03	6.47E-03	4.98E-03	4.04E-03	3.40E-03	2.93E-03
NW	2.40E-01	8.86E-02	5.00E-02	2.95E-02	1.47E-02	7.11E-03	4.17E-03	2.94E-03	2.27E-03	1.84E-03	1.55E-03	1.34E-03
NNW	9.15E-02	3.63E-02	2.06E-02	1.22E-02	6.08E-03	2.95E-03	1.74E-03	1.23E-03	9.46E-04	7.70E-04	6.49E-04	5.60E-04

表 6.2-14 本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素: Xe-133 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	3.98E-01	1.74E-01	9.92E-02	5.92E-02	2.93E-02	1.42E-02	8.32E-03	5.81E-03	4.43E-03	3.55E-03	2.95E-03	2.51E-03
NNE	6.91E-01	2.53E-01	1.40E-01	8.12E-02	4.14E-02	2.02E-02	1.18E-02	8.24E-03	6.28E-03	5.04E-03	4.18E-03	3.56E-03
NE	4.89E-01	1.90E-01	1.06E-01	6.23E-02	3.00E-02	1.46E-02	8.56E-03	5.99E-03	4.56E-03	3.66E-03	3.04E-03	2.59E-03
ENE	2.16E-01	9.01E-02	5.08E-02	3.01E-02	1.49E-02	7.26E-03	4.25E-03	2.96E-03	2.25E-03	1.80E-03	1.49E-03	1.27E-03
E	1.44E-01	6.08E-02	3.46E-02	2.07E-02	1.08E-02	5.27E-03	3.08E-03	2.15E-03	1.64E-03	1.31E-03	1.08E-03	9.21E-04
ESE	1.43E-01	6.52E-02	3.79E-02	2.29E-02	1.20E-02	5.79E-03	3.36E-03	2.34E-03	1.77E-03	1.42E-03	1.17E-03	9.91E-04
SE	2.38E-01	9.26E-02	5.31E-02	3.20E-02	1.57E-02	7.62E-03	4.45E-03	3.11E-03	2.37E-03	1.90E-03	1.58E-03	1.35E-03
SSE	5.32E-01	2.08E-01	1.18E-01	7.02E-02	3.62E-02	1.74E-02	1.01E-02	7.08E-03	5.39E-03	4.33E-03	3.60E-03	3.07E-03
S	2.09E+00	7.43E-01	4.20E-01	2.48E-01	1.25E-01	5.90E-02	3.40E-02	2.37E-02	1.80E-02	1.45E-02	1.20E-02	1.03E-02
SSW	1.45E+00	5.43E-01	3.07E-01	1.82E-01	9.34E-02	4.49E-02	2.62E-02	1.83E-02	1.40E-02	1.12E-02	9.36E-03	7.99E-03
SW	1.48E+00	5.96E-01	3.40E-01	2.03E-01	1.02E-01	4.91E-02	2.85E-02	1.99E-02	1.51E-02	1.21E-02	1.01E-02	8.60E-03
WSW	1.89E+00	7.67E-01	4.38E-01	2.60E-01	1.30E-01	6.17E-02	3.56E-02	2.47E-02	1.88E-02	1.51E-02	1.25E-02	1.07E-02
W	2.27E+00	8.56E-01	4.85E-01	2.86E-01	1.46E-01	6.90E-02	3.98E-02	2.76E-02	2.09E-02	1.68E-02	1.39E-02	1.19E-02
WNW	1.94E+00	7.43E-01	4.23E-01	2.50E-01	1.26E-01	5.97E-02	3.44E-02	2.38E-02	1.81E-02	1.45E-02	1.20E-02	1.02E-02
NW	9.26E-01	3.41E-01	1.92E-01	1.13E-01	5.62E-02	2.68E-02	1.55E-02	1.08E-02	8.17E-03	6.54E-03	5.42E-03	4.61E-03
NNW	3.53E-01	1.40E-01	7.90E-02	4.66E-02	2.32E-02	1.11E-02	6.41E-03	4.45E-03	3.38E-03	2.70E-03	2.24E-03	1.90E-03

表 6.2-15 本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：I-131 (Bq /m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	2.77E-06	1.13E-06	6.20E-07	3.49E-07	1.62E-07	7.38E-08	3.85E-08	2.44E-08	1.67E-08	1.30E-08	1.02E-08	7.73E-09
NNE	4.82E-06	1.64E-06	8.73E-07	4.78E-07	2.29E-07	1.04E-07	5.43E-08	3.44E-08	2.35E-08	1.82E-08	1.42E-08	1.08E-08
NE	3.41E-06	1.23E-06	6.61E-07	3.65E-07	1.65E-07	7.50E-08	3.88E-08	2.45E-08	1.66E-08	1.28E-08	9.95E-09	7.51E-09
ENE	1.51E-06	5.83E-07	3.17E-07	1.77E-07	8.23E-08	3.76E-08	1.96E-08	1.24E-08	8.46E-09	6.54E-09	5.10E-09	3.87E-09
E	1.01E-06	3.93E-07	2.16E-07	1.22E-07	5.96E-08	2.71E-08	1.41E-08	8.88E-09	6.04E-09	4.65E-09	3.61E-09	2.73E-09
ESE	9.97E-07	4.22E-07	2.37E-07	1.35E-07	6.64E-08	3.02E-08	1.57E-08	9.99E-09	6.84E-09	5.30E-09	4.15E-09	3.16E-09
SE	1.66E-06	5.99E-07	3.32E-07	1.88E-07	8.71E-08	3.95E-08	2.06E-08	1.31E-08	8.96E-09	6.95E-09	5.45E-09	4.16E-09
SSE	3.72E-06	1.35E-06	7.38E-07	4.14E-07	2.00E-07	9.05E-08	4.70E-08	2.98E-08	2.04E-08	1.58E-08	1.24E-08	9.47E-09
S	1.46E-05	4.80E-06	2.62E-06	1.46E-06	6.90E-07	3.06E-07	1.57E-07	9.94E-08	6.80E-08	5.28E-08	4.15E-08	3.17E-08
SSW	1.01E-05	3.51E-06	1.92E-06	1.07E-06	5.16E-07	2.33E-07	1.21E-07	7.65E-08	5.24E-08	4.07E-08	3.19E-08	2.43E-08
SW	1.04E-05	3.85E-06	2.12E-06	1.19E-06	5.65E-07	2.53E-07	1.31E-07	8.26E-08	5.63E-08	4.35E-08	3.40E-08	2.58E-08
WSW	1.32E-05	4.96E-06	2.74E-06	1.53E-06	7.17E-07	3.20E-07	1.65E-07	1.04E-07	7.11E-08	5.50E-08	4.31E-08	3.29E-08
W	1.58E-05	5.53E-06	3.03E-06	1.69E-06	8.06E-07	3.58E-07	1.84E-07	1.16E-07	7.92E-08	6.13E-08	4.80E-08	3.66E-08
WNW	1.35E-05	4.81E-06	2.64E-06	1.48E-06	6.98E-07	3.11E-07	1.60E-07	1.01E-07	6.91E-08	5.36E-08	4.21E-08	3.21E-08
NW	6.46E-06	2.21E-06	1.20E-06	6.66E-07	3.12E-07	1.40E-07	7.20E-08	4.55E-08	3.11E-08	2.41E-08	1.89E-08	1.44E-08
NNW	2.46E-06	9.04E-07	4.94E-07	2.75E-07	1.29E-07	5.79E-08	3.00E-08	1.90E-08	1.30E-08	1.01E-08	7.91E-09	6.03E-09

表 6.2-16 本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素: Cs-137 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	6.98E-06	2.84E-06	1.56E-06	8.79E-07	4.08E-07	1.86E-07	9.72E-08	6.18E-08	4.24E-08	3.29E-08	2.58E-08	1.97E-08
NNE	1.21E-05	4.12E-06	2.20E-06	1.20E-06	5.77E-07	2.63E-07	1.37E-07	8.68E-08	5.93E-08	4.59E-08	3.59E-08	2.73E-08
NE	8.59E-06	3.08E-06	1.66E-06	9.18E-07	4.15E-07	1.88E-07	9.71E-08	6.11E-08	4.14E-08	3.18E-08	2.46E-08	1.86E-08
ENE	3.80E-06	1.47E-06	7.98E-07	4.45E-07	2.07E-07	9.47E-08	4.93E-08	3.13E-08	2.13E-08	1.65E-08	1.29E-08	9.77E-09
E	2.53E-06	9.89E-07	5.44E-07	3.06E-07	1.50E-07	6.82E-08	3.53E-08	2.22E-08	1.51E-08	1.16E-08	9.02E-09	6.81E-09
ESE	2.51E-06	1.06E-06	5.96E-07	3.40E-07	1.67E-07	7.65E-08	4.00E-08	2.55E-08	1.75E-08	1.36E-08	1.07E-08	8.16E-09
SE	4.17E-06	1.51E-06	8.36E-07	4.74E-07	2.19E-07	9.97E-08	5.20E-08	3.31E-08	2.27E-08	1.77E-08	1.39E-08	1.06E-08
SSE	9.35E-06	3.39E-06	1.86E-06	1.04E-06	5.05E-07	2.28E-07	1.19E-07	7.55E-08	5.18E-08	4.03E-08	3.17E-08	2.42E-08
S	3.66E-05	1.21E-05	6.60E-06	3.68E-06	1.74E-06	7.72E-07	3.98E-07	2.52E-07	1.73E-07	1.34E-07	1.06E-07	8.10E-08
SSW	2.54E-05	8.84E-06	4.82E-06	2.69E-06	1.30E-06	5.86E-07	3.04E-07	1.93E-07	1.33E-07	1.03E-07	8.09E-08	6.18E-08
SW	2.60E-05	9.69E-06	5.34E-06	3.00E-06	1.42E-06	6.38E-07	3.29E-07	2.08E-07	1.42E-07	1.10E-07	8.58E-08	6.52E-08
WSW	3.32E-05	1.25E-05	6.89E-06	3.86E-06	1.81E-06	8.07E-07	4.16E-07	2.64E-07	1.80E-07	1.40E-07	1.10E-07	8.39E-08
W	3.99E-05	1.39E-05	7.62E-06	4.24E-06	2.03E-06	9.04E-07	4.65E-07	2.94E-07	2.01E-07	1.56E-07	1.22E-07	9.35E-08
WNW	3.41E-05	1.21E-05	6.65E-06	3.72E-06	1.76E-06	7.86E-07	4.06E-07	2.57E-07	1.76E-07	1.37E-07	1.08E-07	8.27E-08
NW	1.63E-05	5.55E-06	3.03E-06	1.68E-06	7.85E-07	3.53E-07	1.82E-07	1.16E-07	7.93E-08	6.16E-08	4.84E-08	3.70E-08
NNW	6.19E-06	2.28E-06	1.24E-06	6.92E-07	3.24E-07	1.46E-07	7.61E-08	4.84E-08	3.32E-08	2.59E-08	2.04E-08	1.56E-08

表 6.2-17 本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：C-14 (Bq /m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.12E-03	1.81E-03	1.03E-03	6.17E-04	3.07E-04	1.51E-04	8.99E-05	6.40E-05	4.96E-05	4.05E-05	3.42E-05	2.96E-05
NNE	7.15E-03	2.63E-03	1.45E-03	8.45E-04	4.35E-04	2.14E-04	1.28E-04	9.09E-05	7.05E-05	5.76E-05	4.87E-05	4.22E-05
NE	5.07E-03	1.97E-03	1.10E-03	6.49E-04	3.14E-04	1.55E-04	9.26E-05	6.59E-05	5.11E-05	4.18E-05	3.53E-05	3.06E-05
ENE	2.24E-03	9.35E-04	5.28E-04	3.14E-04	1.56E-04	7.75E-05	4.63E-05	3.30E-05	2.56E-05	2.09E-05	1.77E-05	1.53E-05
E	1.49E-03	6.31E-04	3.60E-04	2.16E-04	1.14E-04	5.62E-05	3.35E-05	2.39E-05	1.85E-05	1.51E-05	1.28E-05	1.11E-05
ESE	1.48E-03	6.76E-04	3.94E-04	2.39E-04	1.26E-04	6.18E-05	3.67E-05	2.61E-05	2.02E-05	1.65E-05	1.39E-05	1.20E-05
SE	2.46E-03	9.59E-04	5.52E-04	3.33E-04	1.65E-04	8.07E-05	4.79E-05	3.40E-05	2.63E-05	2.15E-05	1.81E-05	1.57E-05
SSE	5.51E-03	2.16E-03	1.22E-03	7.30E-04	3.78E-04	1.84E-04	1.09E-04	7.71E-05	5.96E-05	4.86E-05	4.10E-05	3.54E-05
S	2.16E-02	7.69E-03	4.35E-03	2.58E-03	1.30E-03	6.19E-04	3.61E-04	2.53E-04	1.95E-04	1.58E-04	1.33E-04	1.15E-04
SSW	1.50E-02	5.62E-03	3.18E-03	1.89E-03	9.74E-04	4.73E-04	2.79E-04	1.98E-04	1.53E-04	1.24E-04	1.05E-04	9.08E-05
SW	1.54E-02	6.17E-03	3.53E-03	2.11E-03	1.07E-03	5.18E-04	3.05E-04	2.16E-04	1.67E-04	1.36E-04	1.14E-04	9.88E-05
WSW	1.96E-02	7.95E-03	4.54E-03	2.70E-03	1.35E-03	6.50E-04	3.80E-04	2.68E-04	2.07E-04	1.68E-04	1.41E-04	1.22E-04
W	2.35E-02	8.86E-03	5.02E-03	2.98E-03	1.52E-03	7.27E-04	4.24E-04	2.98E-04	2.29E-04	1.86E-04	1.56E-04	1.35E-04
WNW	2.01E-02	7.70E-03	4.38E-03	2.60E-03	1.31E-03	6.30E-04	3.67E-04	2.58E-04	1.99E-04	1.61E-04	1.36E-04	1.17E-04
NW	9.58E-03	3.54E-03	2.00E-03	1.18E-03	5.88E-04	2.84E-04	1.66E-04	1.17E-04	9.06E-05	7.36E-05	6.20E-05	5.35E-05
NNW	3.65E-03	1.45E-03	8.20E-04	4.85E-04	2.43E-04	1.18E-04	6.93E-05	4.89E-05	3.78E-05	3.07E-05	2.59E-05	2.24E-05

表 6.2-18 本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：H-3 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.82E-02	2.12E-02	1.21E-02	7.24E-03	3.59E-03	1.77E-03	1.05E-03	7.50E-04	5.81E-04	4.75E-04	4.01E-04	3.47E-04
NNE	8.38E-02	3.08E-02	1.70E-02	9.91E-03	5.09E-03	2.51E-03	1.50E-03	1.07E-03	8.27E-04	6.75E-04	5.71E-04	4.94E-04
NE	5.94E-02	2.31E-02	1.29E-02	7.61E-03	3.68E-03	1.82E-03	1.09E-03	7.72E-04	5.99E-04	4.90E-04	4.14E-04	3.58E-04
ENE	2.62E-02	1.10E-02	6.19E-03	3.68E-03	1.83E-03	9.08E-04	5.42E-04	3.86E-04	3.00E-04	2.45E-04	2.07E-04	1.79E-04
E	1.75E-02	7.39E-03	4.22E-03	2.53E-03	1.33E-03	6.59E-04	3.93E-04	2.80E-04	2.17E-04	1.77E-04	1.50E-04	1.30E-04
ESE	1.73E-02	7.92E-03	4.61E-03	2.80E-03	1.47E-03	7.25E-04	4.31E-04	3.06E-04	2.37E-04	1.93E-04	1.63E-04	1.41E-04
SE	2.88E-02	1.12E-02	6.47E-03	3.90E-03	1.93E-03	9.45E-04	5.61E-04	3.98E-04	3.08E-04	2.52E-04	2.13E-04	1.84E-04
SSE	6.46E-02	2.53E-02	1.44E-02	8.56E-03	4.44E-03	2.16E-03	1.28E-03	9.03E-04	6.99E-04	5.69E-04	4.80E-04	4.15E-04
S	2.53E-01	9.01E-02	5.10E-02	3.02E-02	1.52E-02	7.26E-03	4.23E-03	2.97E-03	2.29E-03	1.86E-03	1.56E-03	1.35E-03
SSW	1.75E-01	6.59E-02	3.73E-02	2.21E-02	1.14E-02	5.54E-03	3.27E-03	2.32E-03	1.79E-03	1.46E-03	1.23E-03	1.06E-03
SW	1.80E-01	7.24E-02	4.13E-02	2.47E-02	1.25E-02	6.08E-03	3.58E-03	2.53E-03	1.95E-03	1.59E-03	1.34E-03	1.16E-03
WSW	2.29E-01	9.31E-02	5.32E-02	3.17E-02	1.59E-02	7.62E-03	4.46E-03	3.14E-03	2.42E-03	1.97E-03	1.66E-03	1.43E-03
W	2.75E-01	1.04E-01	5.89E-02	3.49E-02	1.78E-02	8.52E-03	4.97E-03	3.49E-03	2.69E-03	2.18E-03	1.83E-03	1.58E-03
WNW	2.35E-01	9.02E-02	5.14E-02	3.05E-02	1.54E-02	7.38E-03	4.31E-03	3.03E-03	2.33E-03	1.89E-03	1.59E-03	1.37E-03
NW	1.12E-01	4.15E-02	2.34E-02	1.38E-02	6.90E-03	3.33E-03	1.95E-03	1.38E-03	1.06E-03	8.63E-04	7.27E-04	6.27E-04
NNW	4.28E-02	1.70E-02	9.61E-03	5.68E-03	2.84E-03	1.38E-03	8.12E-04	5.73E-04	4.43E-04	3.60E-04	3.04E-04	2.62E-04

表 6.2-19 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：Kr-85 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.07E-01	4.65E-02	2.65E-02	1.59E-02	7.90E-03	3.89E-03	2.32E-03	1.65E-03	1.28E-03	1.04E-03	8.81E-04	7.63E-04
NNE	1.84E-01	6.74E-02	3.73E-02	2.17E-02	1.12E-02	5.51E-03	3.28E-03	2.34E-03	1.81E-03	1.48E-03	1.25E-03	1.08E-03
NE	1.35E-01	5.18E-02	2.90E-02	1.71E-02	8.32E-03	4.11E-03	2.45E-03	1.74E-03	1.35E-03	1.10E-03	9.31E-04	8.06E-04
ENE	5.91E-02	2.44E-02	1.38E-02	8.19E-03	4.09E-03	2.02E-03	1.21E-03	8.60E-04	6.68E-04	5.45E-04	4.61E-04	3.99E-04
E	3.84E-02	1.61E-02	9.21E-03	5.52E-03	2.91E-03	1.44E-03	8.59E-04	6.11E-04	4.74E-04	3.87E-04	3.28E-04	2.84E-04
ESE	3.89E-02	1.75E-02	1.02E-02	6.19E-03	3.25E-03	1.60E-03	9.51E-04	6.75E-04	5.23E-04	4.27E-04	3.60E-04	3.12E-04
SE	6.30E-02	2.45E-02	1.41E-02	8.51E-03	4.21E-03	2.06E-03	1.22E-03	8.69E-04	6.73E-04	5.49E-04	4.63E-04	4.01E-04
SSE	1.41E-01	5.50E-02	3.12E-02	1.86E-02	9.66E-03	4.71E-03	2.78E-03	1.97E-03	1.52E-03	1.24E-03	1.05E-03	9.05E-04
S	5.48E-01	1.95E-01	1.10E-01	6.54E-02	3.30E-02	1.57E-02	9.16E-03	6.44E-03	4.95E-03	4.02E-03	3.38E-03	2.92E-03
SSW	3.85E-01	1.44E-01	8.15E-02	4.85E-02	2.50E-02	1.22E-02	7.18E-03	5.08E-03	3.93E-03	3.20E-03	2.70E-03	2.33E-03
SW	3.93E-01	1.58E-01	8.99E-02	5.38E-02	2.73E-02	1.32E-02	7.79E-03	5.51E-03	4.26E-03	3.46E-03	2.92E-03	2.52E-03
WSW	4.98E-01	2.02E-01	1.15E-01	6.87E-02	3.44E-02	1.65E-02	9.67E-03	6.81E-03	5.25E-03	4.27E-03	3.59E-03	3.10E-03
W	5.99E-01	2.25E-01	1.28E-01	7.57E-02	3.87E-02	1.85E-02	1.08E-02	7.60E-03	5.85E-03	4.75E-03	3.99E-03	3.44E-03
WNW	5.13E-01	1.96E-01	1.12E-01	6.64E-02	3.36E-02	1.61E-02	9.39E-03	6.60E-03	5.08E-03	4.12E-03	3.47E-03	2.99E-03
NW	2.50E-01	9.17E-02	5.17E-02	3.06E-02	1.53E-02	7.38E-03	4.33E-03	3.06E-03	2.36E-03	1.92E-03	1.61E-03	1.39E-03
NNW	9.75E-02	3.83E-02	2.17E-02	1.28E-02	6.43E-03	3.12E-03	1.84E-03	1.30E-03	1.00E-03	8.15E-04	6.87E-04	5.93E-04

表 6.2-20 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素: Xe-133 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	4.29E-01	1.85E-01	1.05E-01	6.28E-02	3.11E-02	1.51E-02	8.83E-03	6.17E-03	4.70E-03	3.77E-03	3.13E-03	2.66E-03
NNE	7.32E-01	2.67E-01	1.47E-01	8.57E-02	4.38E-02	2.13E-02	1.25E-02	8.71E-03	6.63E-03	5.32E-03	4.42E-03	3.76E-03
NE	5.55E-01	2.11E-01	1.18E-01	6.93E-02	3.37E-02	1.64E-02	9.57E-03	6.69E-03	5.10E-03	4.09E-03	3.40E-03	2.89E-03
ENE	2.42E-01	9.81E-02	5.52E-02	3.28E-02	1.63E-02	7.93E-03	4.64E-03	3.23E-03	2.46E-03	1.97E-03	1.63E-03	1.38E-03
E	1.53E-01	6.36E-02	3.62E-02	2.17E-02	1.13E-02	5.52E-03	3.23E-03	2.25E-03	1.71E-03	1.37E-03	1.14E-03	9.64E-04
ESE	1.58E-01	7.02E-02	4.07E-02	2.46E-02	1.28E-02	6.21E-03	3.61E-03	2.51E-03	1.90E-03	1.52E-03	1.26E-03	1.06E-03
SE	2.50E-01	9.66E-02	5.54E-02	3.34E-02	1.65E-02	7.95E-03	4.64E-03	3.24E-03	2.47E-03	1.99E-03	1.65E-03	1.41E-03
SSE	5.58E-01	2.16E-01	1.23E-01	7.31E-02	3.77E-02	1.82E-02	1.06E-02	7.37E-03	5.62E-03	4.51E-03	3.75E-03	3.19E-03
S	2.15E+00	7.63E-01	4.31E-01	2.55E-01	1.28E-01	6.07E-02	3.50E-02	2.44E-02	1.85E-02	1.49E-02	1.24E-02	1.06E-02
SSW	1.53E+00	5.71E-01	3.22E-01	1.91E-01	9.85E-02	4.74E-02	2.76E-02	1.93E-02	1.48E-02	1.19E-02	9.89E-03	8.45E-03
SW	1.56E+00	6.19E-01	3.53E-01	2.11E-01	1.07E-01	5.12E-02	2.97E-02	2.07E-02	1.58E-02	1.27E-02	1.05E-02	8.97E-03
WSW	1.95E+00	7.88E-01	4.49E-01	2.67E-01	1.33E-01	6.35E-02	3.67E-02	2.55E-02	1.94E-02	1.56E-02	1.29E-02	1.10E-02
W	2.36E+00	8.84E-01	5.00E-01	2.96E-01	1.51E-01	7.15E-02	4.12E-02	2.86E-02	2.17E-02	1.74E-02	1.45E-02	1.23E-02
WNW	2.02E+00	7.71E-01	4.38E-01	2.60E-01	1.31E-01	6.22E-02	3.58E-02	2.49E-02	1.89E-02	1.51E-02	1.26E-02	1.07E-02
NW	1.01E+00	3.67E-01	2.07E-01	1.22E-01	6.08E-02	2.90E-02	1.68E-02	1.17E-02	8.86E-03	7.09E-03	5.88E-03	5.00E-03
NNW	4.03E-01	1.56E-01	8.81E-02	5.22E-02	2.61E-02	1.25E-02	7.23E-03	5.02E-03	3.81E-03	3.05E-03	2.52E-03	2.14E-03

表 6.2-21 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：I-131 (Bq /m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	3.72E-06	1.42E-06	7.75E-07	4.38E-07	2.05E-07	9.36E-08	4.87E-08	3.09E-08	2.12E-08	1.64E-08	1.28E-08	9.78E-09
NNE	6.06E-06	2.01E-06	1.07E-06	5.94E-07	2.85E-07	1.30E-07	6.73E-08	4.27E-08	2.91E-08	2.25E-08	1.76E-08	1.34E-08
NE	5.39E-06	1.81E-06	9.74E-07	5.44E-07	2.52E-07	1.14E-07	5.88E-08	3.71E-08	2.52E-08	1.94E-08	1.51E-08	1.15E-08
ENE	2.26E-06	8.06E-07	4.36E-07	2.45E-07	1.16E-07	5.26E-08	2.73E-08	1.73E-08	1.18E-08	9.12E-09	7.12E-09	5.40E-09
E	1.26E-06	4.71E-07	2.59E-07	1.46E-07	7.17E-08	3.27E-08	1.70E-08	1.07E-08	7.28E-09	5.61E-09	4.36E-09	3.30E-09
ESE	1.46E-06	5.62E-07	3.12E-07	1.78E-07	8.74E-08	3.97E-08	2.06E-08	1.31E-08	8.93E-09	6.92E-09	5.41E-09	4.12E-09
SE	2.02E-06	7.13E-07	3.93E-07	2.24E-07	1.04E-07	4.70E-08	2.45E-08	1.55E-08	1.06E-08	8.25E-09	6.46E-09	4.93E-09
SSE	4.50E-06	1.58E-06	8.64E-07	4.87E-07	2.36E-07	1.07E-07	5.54E-08	3.52E-08	2.41E-08	1.87E-08	1.46E-08	1.12E-08
S	1.63E-05	5.35E-06	2.92E-06	1.63E-06	7.74E-07	3.44E-07	1.77E-07	1.12E-07	7.67E-08	5.96E-08	4.68E-08	3.57E-08
SSW	1.26E-05	4.29E-06	2.34E-06	1.31E-06	6.37E-07	2.88E-07	1.50E-07	9.51E-08	6.52E-08	5.06E-08	3.98E-08	3.03E-08
SW	1.25E-05	4.50E-06	2.47E-06	1.40E-06	6.65E-07	2.99E-07	1.55E-07	9.78E-08	6.68E-08	5.17E-08	4.04E-08	3.07E-08
WSW	1.51E-05	5.55E-06	3.05E-06	1.72E-06	8.08E-07	3.62E-07	1.87E-07	1.18E-07	8.08E-08	6.26E-08	4.91E-08	3.74E-08
W	1.84E-05	6.31E-06	3.45E-06	1.93E-06	9.28E-07	4.14E-07	2.13E-07	1.35E-07	9.23E-08	7.15E-08	5.61E-08	4.28E-08
WNW	1.61E-05	5.58E-06	3.06E-06	1.72E-06	8.18E-07	3.66E-07	1.89E-07	1.20E-07	8.20E-08	6.36E-08	5.00E-08	3.82E-08
NW	8.83E-06	2.93E-06	1.59E-06	8.90E-07	4.22E-07	1.89E-07	9.78E-08	6.20E-08	4.24E-08	3.29E-08	2.58E-08	1.97E-08
NNW	3.97E-06	1.36E-06	7.40E-07	4.17E-07	1.98E-07	8.93E-08	4.63E-08	2.93E-08	2.01E-08	1.56E-08	1.22E-08	9.33E-09

表 6.2-22 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素: Cs-137 (Bq/m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	7.80E-06	3.09E-06	1.70E-06	9.56E-07	4.45E-07	2.03E-07	1.06E-07	6.75E-08	4.63E-08	3.59E-08	2.82E-08	2.15E-08
NNE	1.32E-05	4.44E-06	2.37E-06	1.30E-06	6.26E-07	2.85E-07	1.48E-07	9.39E-08	6.42E-08	4.97E-08	3.88E-08	2.95E-08
NE	1.03E-05	3.59E-06	1.93E-06	1.07E-06	4.90E-07	2.22E-07	1.14E-07	7.21E-08	4.89E-08	3.76E-08	2.92E-08	2.20E-08
ENE	4.45E-06	1.66E-06	9.01E-07	5.05E-07	2.36E-07	1.08E-07	5.61E-08	3.55E-08	2.43E-08	1.88E-08	1.47E-08	1.11E-08
E	2.75E-06	1.06E-06	5.81E-07	3.27E-07	1.60E-07	7.30E-08	3.78E-08	2.38E-08	1.62E-08	1.25E-08	9.68E-09	7.30E-09
ESE	2.91E-06	1.18E-06	6.61E-07	3.78E-07	1.86E-07	8.47E-08	4.42E-08	2.81E-08	1.93E-08	1.50E-08	1.18E-08	9.00E-09
SE	4.49E-06	1.60E-06	8.89E-07	5.05E-07	2.34E-07	1.06E-07	5.54E-08	3.52E-08	2.42E-08	1.88E-08	1.48E-08	1.13E-08
SSE	1.00E-05	3.59E-06	1.97E-06	1.10E-06	5.36E-07	2.43E-07	1.26E-07	8.02E-08	5.50E-08	4.28E-08	3.36E-08	2.57E-08
S	3.82E-05	1.26E-05	6.86E-06	3.83E-06	1.81E-06	8.05E-07	4.15E-07	2.63E-07	1.80E-07	1.40E-07	1.10E-07	8.46E-08
SSW	2.76E-05	9.51E-06	5.18E-06	2.90E-06	1.40E-06	6.34E-07	3.30E-07	2.09E-07	1.44E-07	1.12E-07	8.78E-08	6.71E-08
SW	2.79E-05	1.03E-05	5.64E-06	3.18E-06	1.51E-06	6.78E-07	3.50E-07	2.21E-07	1.51E-07	1.17E-07	9.14E-08	6.95E-08
WSW	3.48E-05	1.30E-05	7.16E-06	4.02E-06	1.89E-06	8.44E-07	4.36E-07	2.76E-07	1.89E-07	1.47E-07	1.15E-07	8.79E-08
W	4.21E-05	1.46E-05	7.99E-06	4.46E-06	2.14E-06	9.53E-07	4.91E-07	3.11E-07	2.13E-07	1.65E-07	1.30E-07	9.90E-08
WNW	3.63E-05	1.28E-05	7.01E-06	3.93E-06	1.86E-06	8.34E-07	4.31E-07	2.73E-07	1.88E-07	1.46E-07	1.15E-07	8.81E-08
NW	1.83E-05	6.18E-06	3.36E-06	1.87E-06	8.81E-07	3.96E-07	2.05E-07	1.30E-07	8.92E-08	6.94E-08	5.46E-08	4.17E-08
NNW	7.50E-06	2.67E-06	1.46E-06	8.15E-07	3.84E-07	1.74E-07	9.03E-08	5.74E-08	3.95E-08	3.07E-08	2.42E-08	1.85E-08

表 6.2-23 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：C-14 (Bq /m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.00E-02	3.75E-03	2.11E-03	1.28E-03	6.52E-04	3.20E-04	1.90E-04	1.34E-04	1.04E-04	8.47E-05	7.14E-05	6.17E-05
NNE	1.49E-02	5.14E-03	2.85E-03	1.70E-03	8.83E-04	4.30E-04	2.55E-04	1.81E-04	1.40E-04	1.14E-04	9.63E-05	8.33E-05
NE	1.74E-02	5.92E-03	3.28E-03	1.98E-03	1.00E-03	4.87E-04	2.87E-04	2.03E-04	1.56E-04	1.27E-04	1.07E-04	9.22E-05
ENE	6.92E-03	2.43E-03	1.36E-03	8.21E-04	4.20E-04	2.05E-04	1.22E-04	8.61E-05	6.65E-05	5.41E-05	4.57E-05	3.94E-05
E	3.06E-03	1.16E-03	6.55E-04	3.99E-04	2.10E-04	1.04E-04	6.19E-05	4.41E-05	3.41E-05	2.78E-05	2.36E-05	2.04E-05
ESE	4.35E-03	1.62E-03	9.16E-04	5.59E-04	2.93E-04	1.43E-04	8.45E-05	5.98E-05	4.62E-05	3.76E-05	3.16E-05	2.73E-05
SE	4.75E-03	1.72E-03	9.78E-04	5.96E-04	3.03E-04	1.45E-04	8.58E-05	6.08E-05	4.70E-05	3.84E-05	3.23E-05	2.80E-05
SSE	1.04E-02	3.74E-03	2.10E-03	1.27E-03	6.60E-04	3.22E-04	1.90E-04	1.35E-04	1.04E-04	8.48E-05	7.15E-05	6.17E-05
S	3.27E-02	1.14E-02	6.41E-03	3.85E-03	1.96E-03	9.44E-04	5.53E-04	3.89E-04	3.00E-04	2.44E-04	2.05E-04	1.77E-04
SSW	3.08E-02	1.09E-02	6.11E-03	3.71E-03	1.93E-03	9.45E-04	5.59E-04	3.97E-04	3.07E-04	2.50E-04	2.11E-04	1.82E-04
SW	2.88E-02	1.06E-02	5.98E-03	3.62E-03	1.86E-03	9.08E-04	5.36E-04	3.80E-04	2.94E-04	2.39E-04	2.01E-04	1.74E-04
WSW	3.15E-02	1.19E-02	6.75E-03	4.07E-03	2.08E-03	1.01E-03	5.93E-04	4.19E-04	3.24E-04	2.64E-04	2.22E-04	1.92E-04
W	3.94E-02	1.41E-02	7.95E-03	4.80E-03	2.48E-03	1.21E-03	7.09E-04	5.01E-04	3.87E-04	3.15E-04	2.65E-04	2.29E-04
WNW	3.59E-02	1.29E-02	7.29E-03	4.40E-03	2.27E-03	1.10E-03	6.47E-04	4.57E-04	3.53E-04	2.87E-04	2.42E-04	2.09E-04
NW	2.43E-02	8.37E-03	4.69E-03	2.84E-03	1.46E-03	7.04E-04	4.15E-04	2.93E-04	2.27E-04	1.85E-04	1.55E-04	1.34E-04
NNW	1.30E-02	4.53E-03	2.53E-03	1.53E-03	7.90E-04	3.85E-04	2.26E-04	1.60E-04	1.23E-04	1.00E-04	8.45E-05	7.29E-05

表 6.2-24 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组半径 80km 范围内年均活度浓度

核素：H-3 (Bq /m³)

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.18E-01	4.41E-02	2.48E-02	1.51E-02	7.68E-03	3.77E-03	2.23E-03	1.58E-03	1.22E-03	9.98E-04	8.41E-04	7.27E-04
NNE	1.75E-01	6.05E-02	3.35E-02	2.00E-02	1.04E-02	5.06E-03	3.01E-03	2.13E-03	1.65E-03	1.34E-03	1.13E-03	9.80E-04
NE	2.05E-01	6.99E-02	3.87E-02	2.33E-02	1.18E-02	5.75E-03	3.39E-03	2.39E-03	1.84E-03	1.50E-03	1.26E-03	1.09E-03
ENE	8.16E-02	2.87E-02	1.60E-02	9.68E-03	4.95E-03	2.43E-03	1.43E-03	1.02E-03	7.84E-04	6.38E-04	5.38E-04	4.64E-04
E	3.61E-02	1.36E-02	7.71E-03	4.69E-03	2.47E-03	1.22E-03	7.29E-04	5.19E-04	4.02E-04	3.28E-04	2.77E-04	2.40E-04
ESE	5.13E-02	1.90E-02	1.08E-02	6.59E-03	3.44E-03	1.68E-03	9.96E-04	7.05E-04	5.44E-04	4.43E-04	3.73E-04	3.22E-04
SE	5.59E-02	2.03E-02	1.15E-02	7.01E-03	3.56E-03	1.70E-03	1.01E-03	7.15E-04	5.53E-04	4.51E-04	3.81E-04	3.29E-04
SSE	1.22E-01	4.40E-02	2.48E-02	1.50E-02	7.78E-03	3.79E-03	2.24E-03	1.59E-03	1.23E-03	9.97E-04	8.40E-04	7.26E-04
S	3.85E-01	1.34E-01	7.53E-02	4.52E-02	2.31E-02	1.11E-02	6.50E-03	4.58E-03	3.53E-03	2.87E-03	2.41E-03	2.08E-03
SSW	3.62E-01	1.28E-01	7.20E-02	4.36E-02	2.27E-02	1.11E-02	6.59E-03	4.68E-03	3.61E-03	2.95E-03	2.48E-03	2.14E-03
SW	3.39E-01	1.24E-01	7.02E-02	4.26E-02	2.19E-02	1.07E-02	6.31E-03	4.47E-03	3.45E-03	2.81E-03	2.37E-03	2.05E-03
WSW	3.70E-01	1.40E-01	7.93E-02	4.79E-02	2.44E-02	1.19E-02	6.98E-03	4.93E-03	3.81E-03	3.10E-03	2.61E-03	2.26E-03
W	4.63E-01	1.65E-01	9.36E-02	5.64E-02	2.92E-02	1.42E-02	8.35E-03	5.89E-03	4.56E-03	3.70E-03	3.12E-03	2.69E-03
WNW	4.22E-01	1.52E-01	8.58E-02	5.18E-02	2.67E-02	1.30E-02	7.63E-03	5.39E-03	4.16E-03	3.38E-03	2.85E-03	2.46E-03
NW	2.86E-01	9.87E-02	5.53E-02	3.34E-02	1.72E-02	8.30E-03	4.89E-03	3.46E-03	2.67E-03	2.17E-03	1.83E-03	1.58E-03
NNW	1.54E-01	5.34E-02	2.98E-02	1.81E-02	9.31E-03	4.54E-03	2.67E-03	1.88E-03	1.45E-03	1.18E-03	9.97E-04	8.60E-04

表 6.2-25 5 种放射性核素总排放口浓度

放射性核素	I~IV类海域浓度标准 (Bq/L)	本工程单机组排放量 (Bq/a)	本工程	
			总排放口峰值浓度 (Bq/L)	排放口年平均浓度 (Bq/L)
^{60}Co	0.03	5.20E+07	7.18E-03	1.49E-03
^{90}Sr	4	9.57E+04	1.32E-05	2.74E-06
^{106}Ru	0.2	3.87E+04	5.34E-06	1.11E-06
^{134}Cs	0.6	3.61E+08	4.98E-02	1.03E-02
^{137}Cs	0.7	3.15E+08	4.35E-02	9.03E-03

表 6.2-26 用于计算气体辐射剂量的有关参数

核素	衰变常数 (1/s)	空气浸没 (Sv/s) / (Bq/m³)				沉积 (Sv/s) / (Bq/m²)				吸入 (Sv/Bq)				食入 (Sv/Bq)			
		婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人
⁴¹ Ar	1.05E-04	6.13E-14	6.13E-14	6.13E-14	6.13E-14	1.20E-15	1.20E-15	1.20E-15	1.20E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{83m} Kr	1.05E-04	2.43E-18	2.43E-18	2.43E-18	2.43E-18	3.80E-19	3.80E-19	3.80E-19	3.80E-19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{85m} Kr	4.30E-05	6.83E-15	6.83E-15	6.83E-15	6.83E-15	1.52E-16	1.52E-16	1.52E-16	1.52E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁵ Kr	2.05E-09	2.55E-16	2.55E-16	2.55E-16	2.55E-16	2.64E-18	2.64E-18	2.64E-18	2.64E-18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁷ Kr	1.52E-04	3.94E-14	3.94E-14	3.94E-14	3.94E-14	7.32E-16	7.32E-16	7.32E-16	7.32E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁸ Kr	6.78E-05	9.72E-14	9.72E-14	9.72E-14	9.72E-14	1.74E-15	1.74E-15	1.74E-15	1.74E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁹ Kr	5.43E-03	1.24E-13	1.19E-13	1.09E-13	9.89E-14	1.65E-15	1.56E-15	1.45E-15	1.34E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{131m} Xe	6.74E-07	3.70E-16	3.70E-16	3.70E-16	3.70E-16	2.06E-17	2.06E-17	2.06E-17	2.06E-17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{133m} Xe	3.66E-06	1.27E-15	1.27E-15	1.27E-15	1.27E-15	4.07E-17	4.07E-17	4.07E-17	4.07E-17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³³ Xe	1.53E-06	1.39E-15	1.39E-15	1.39E-15	1.39E-15	4.61E-17	4.61E-17	4.61E-17	4.61E-17	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{135m} Xe	7.55E-04	1.85E-14	1.85E-14	1.85E-14	1.85E-14	4.24E-16	4.24E-16	4.24E-16	4.24E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁵ Xe	2.12E-05	1.11E-14	1.11E-14	1.11E-14	1.11E-14	2.42E-16	2.42E-16	2.42E-16	2.42E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁷ Xe	4.36E-03	1.99E-14	1.91E-14	1.74E-14	1.56E-14	4.24E-16	4.07E-16	3.84E-16	3.65E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁸ Xe	8.12E-04	5.44E-14	5.44E-14	5.44E-14	5.44E-14	1.03E-15	1.03E-15	1.03E-15	1.03E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹²⁹ I	1.40E-15	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	2.63E-17	2.63E-17	2.63E-17	2.63E-17	7.20E-08	8.60E-08	6.70E-08	3.60E-08	1.80E-07	2.20E-07	1.90E-07	1.10E-07
¹³⁰ I	1.55E-05	1.04E-13	1.04E-13	1.04E-13	1.04E-13	2.10E-15	2.10E-15	2.10E-15	2.10E-15	8.20E-09	7.40E-09	1.60E-09	6.70E-10	2.10E-08	1.80E-08	4.60E-09	2.00E-09
¹³¹ I	9.98E-07	1.84E-14	1.84E-14	1.84E-14	1.84E-14	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	3.81E-16	7.20E-08	7.20E-08	1.90E-08	7.40E-09	1.80E-07	1.80E-07	5.20E-08	2.20E-08
¹³² I	8.37E-05	1.14E-13	1.14E-13	1.14E-13	1.14E-13	2.28E-15	2.28E-15	2.28E-15	2.28E-15	1.10E-09	9.60E-10	2.20E-10	1.10E-10	3.00E-09	2.40E-09	6.20E-10	2.90E-10
¹³³ I	9.25E-06	3.01E-14	3.01E-14	3.01E-14	3.01E-14	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	1.90E-08	1.80E-08	3.80E-09	1.50E-09	4.90E-08	4.40E-08	1.00E-08	4.30E-09
¹³⁴ I	2.20E-04	1.33E-13	1.33E-13	1.33E-13	1.33E-13	2.63E-15	2.63E-15	2.63E-15	2.63E-15	4.80E-10	3.70E-10	1.10E-10	5.50E-11	1.10E-09	7.50E-10	2.10E-10	1.10E-10
¹³⁵ I	2.91E-05	8.24E-14	8.24E-14	8.24E-14	8.24E-14	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	4.10E-09	3.70E-09	7.90E-10	3.20E-10	1.00E-08	8.90E-09	2.20E-09	9.30E-10
⁸³ Br	8.05E-05	3.82E-16	3.82E-16	3.82E-16	3.82E-16	8.13E-18	8.13E-18	8.13E-18	8.13E-18	3.50E-10	2.30E-10	7.70E-11	4.80E-11	5.30E-10	3.00E-10	8.30E-11	4.30E-11
⁸⁴ Br	3.63E-04	9.41E-14	9.41E-14	9.41E-14	9.41E-14	1.60E-15	1.60E-15	1.60E-15	1.60E-15	3.70E-10	2.40E-10	6.90E-11	3.70E-11	1.00E-09	5.80E-10	1.60E-10	8.80E-11
⁸⁵ Br	5.56E-03	8.41E-15	8.13E-15	7.42E-15	6.69E-15	2.28E-16	2.21E-16	2.12E-16	2.03E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
¹³⁴ Cs	1.07E-08	7.61E-14	7.61E-14	7.61E-14	7.61E-14	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	7.00E-08	6.30E-08	2.80E-08	2.00E-08	2.60E-08	1.60E-08	1.90E-08	1.90E-08
¹³⁶ Cs	6.12E-07	1.08E-13	1.08E-13	1.08E-13	1.08E-13	2.12E-15	2.12E-15	2.12E-15	2.12E-15	1.50E-08	1.10E-08	4.10E-09	2.80E-09	1.50E-08	9.50E-09	4.40E-09	3.00E-09
¹³⁷ Cs	7.32E-10	2.76E-14	2.76E-14	2.76E-14	2.76E-14	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	1.10E-07	1.00E-07	4.80E-08	3.90E-08	2.10E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.30E-08
¹³⁸ Cs	3.59E-04	1.21E-13	1.21E-13	1.21E-13	1.21E-13	2.19E-15	2.19E-15	2.19E-15	2.19E-15	4.20E-10	2.80E-10	8.20E-11	4.30E-11	1.10E-09	5.90E-10	1.70E-10	9.20E-11
⁸⁸ Rb	6.48E-04	3.36E-14	3.36E-14	3.36E-14	3.36E-14	5.95E-16	5.95E-16	5.95E-16	5.95E-16	1.90E-10	1.20E-10	3.20E-11	1.60E-11	1.10E-09	6.20E-10	1.70E-10	9.00E-11
⁸⁹ Rb	7.61E-04	1.06E-13	1.06E-13	1.06E-13	1.06E-13	1.91E-15	1.91E-15	1.91E-15	1.91E-15	1.40E-10	9.30E-11	2.70E-11	1.40E-11	5.40E-10	3.00E-10	8.60E-11	4.70E-11
⁸⁹ Sr	1.59E-07	4.44E-16	4.44E-16	4.44E-16	4.44E-16	6.98E-17	6.98E-17	6.98E-17	6.98E-17	3.90E-08	3.00E-08	1.20E-08	7.90E-09	3.60E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
⁹⁰ Sr	7.55E-10	9.83E-17	9.83E-17	9.83E-17	9.83E-17	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	4.20E-07	4.00E-07	1.80E-07	1.60E-07	2.30E-07	7.30E-08	8.00E-08	2.80E-08
⁹¹ Sr	2.03E-05	3.45E-14	3.45E-14	3.45E-14	3.45E-14	6.77E-16	6.77E-16	6.77E-16	6.77E-16	3.50E-09	2.50E-09	7.70E-10	4.10E-10	5.20E-09	4.00E-09	1.20E-09	6.50E-10
⁹² Sr	7.10E-05	6.79E-14	6.79E-14	6.79E-14	6.79E-14	1.25E-15	1.25E-15	1.25E-15	1.25E-15	2.20E-09	1.50E-09	4.50E-10	2.30E-10	3.40E-09	2.70E-09	8.20E-10	4.30E-10
⁹⁰ Y	3.00E-06	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.11E-16	1.30E-08	8.80E-09	2.70E-09	1.50E-09	3.10E-08	2.00E-08	5.90E-09	2.70E-09
^{91m} Y	2.32E-04	2.55E-14	2.55E-14	2.55E-14	2.55E-14	5.23E-16	5.23E-16	5.23E-16	5.23E-16	7.40E-11	5.90E-11	2.00E-11	1.10E-11	9.20E-11	6.00E-11	2.10E-11	1.10E-11
⁹¹ Y	1.37E-07	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	6.34E-16	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	4.30E-08	3.40E-08	1.30E-08	8.90E-09	2.80E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.40E-09
⁹² Y	5.44E-05	1.30E-14	1.30E-14	1.30E-14	1.30E-14	2.53E-16	2.53E-16	2.53E-16	2.53E-16	1.90E-09	1.20E-09	3.50E-10	1.80E-10	5.90E-09	3.60E-09	1.00E-09	4.90E-10
⁹³ Y	1.91E-05	4.80E-15	4.80E-15	4.80E-15	4.80E-15	9.12E-17	9.12E-17	9.12E-17	9.12E-17	4.60E-09	3.00E-09	8.50E-10	4.20E-10	1.40E-08	8.50E-09	2.50E-09	1.20E-09
⁹⁵ Zr	1.25E-07	3.49E-14	3.49E-14	3.49E-14	3.49E-14	1.49E-15	1.49E-15	1.49E-15	1.49E-15	2.40E-08	1.90E-08	8.30E-09	5.90E-09	8.50E-09	5.60E-09	1.90E-09	9.50E-10

表 6.2-26 续 用于计算气体辐射剂量的有关参数

核素	衰变常数 (1/s)	空气浸没 (Sv/s) / (Bq/m³)				沉积 (Sv/s) / (Bq/m²)				吸入 (Sv/Bq)				食入 (Sv/Bq)			
		婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人
⁹⁵ Nb	2.29E-07	3.81E-14	3.81E-14	3.81E-14	3.81E-14	7.61E-16	7.61E-16	7.61E-16	7.61E-16	7.70E-09	5.90E-09	2.50E-09	1.80E-09	4.60E-09	3.20E-09	1.10E-09	5.80E-10
⁹⁹ Mo	2.92E-06	1.27E-14	1.27E-14	1.27E-14	1.27E-14	2.92E-16	2.92E-16	2.92E-16	2.92E-16	6.90E-09	4.80E-09	1.70E-09	9.90E-10	5.50E-09	3.50E-09	1.10E-09	6.00E-10
^{99m} Tc	3.20E-05	6.02E-15	6.02E-15	6.02E-15	6.02E-15	1.24E-16	1.24E-16	1.24E-16	1.24E-16	1.30E-10	1.00E-10	3.50E-11	2.00E-11	2.00E-10	1.30E-10	4.30E-11	2.20E-11
¹⁰³ Ru	2.04E-07	2.28E-14	2.28E-14	2.28E-14	2.28E-14	4.76E-16	4.76E-16	4.76E-16	4.76E-16	1.30E-08	1.00E-08	4.20E-09	3.00E-09	7.10E-09	4.60E-09	1.50E-09	7.30E-10
^{103m} Rh	2.06E-04	8.80E-18	8.80E-18	8.80E-18	8.80E-18	1.25E-18	1.25E-18	1.25E-18	1.25E-18	2.00E-11	1.30E-11	4.30E-12	2.70E-12	4.70E-11	2.70E-11	7.40E-12	3.80E-12
¹⁰⁶ Ru	2.18E-08	1.14E-14	1.14E-14	1.14E-14	1.14E-14	3.49E-16	3.49E-16	3.49E-16	3.49E-16	2.60E-07	2.30E-07	9.10E-08	6.60E-08	8.40E-08	4.90E-08	1.50E-08	7.00E-09
¹⁰⁶ Rh	1.25E-04	1.04E-14	1.04E-14	1.04E-14	1.04E-14	2.12E-16	2.12E-16	2.12E-16	2.12E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{125m} Te	1.38E-07	4.76E-16	4.76E-16	4.76E-16	4.76E-16	3.81E-17	3.81E-17	3.81E-17	3.81E-17	1.70E-08	1.30E-08	5.80E-09	4.20E-09	1.30E-08	6.30E-09	1.90E-09	8.70E-10
^{127m} Te	7.36E-08	1.55E-16	1.55E-16	1.55E-16	1.55E-16	2.22E-17	2.22E-17	2.22E-17	2.22E-17	4.10E-08	3.30E-08	1.40E-08	9.80E-09	4.10E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.30E-09
^{129m} Te	2.39E-07	1.71E-15	1.71E-15	1.71E-15	1.71E-15	6.02E-17	6.02E-17	6.02E-17	6.02E-17	3.80E-08	2.90E-08	1.20E-08	7.90E-09	4.40E-08	2.40E-08	6.60E-09	3.00E-09
¹²⁹ Te	1.66E-04	2.75E-15	2.75E-15	2.75E-15	2.75E-15	6.01E-17	6.01E-17	6.01E-17	6.01E-17	3.50E-10	2.30E-10	6.90E-11	3.90E-11	7.50E-10	4.40E-10	1.20E-10	6.30E-11
^{131m} Te	6.42E-06	7.93E-14	7.93E-14	7.93E-14	7.93E-14	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	1.55E-15	8.70E-09	7.60E-09	2.00E-09	9.40E-10	2.00E-08	1.40E-08	4.30E-09	1.90E-09
¹³¹ Te	4.62E-04	2.04E-14	2.04E-14	2.04E-14	2.04E-14	4.10E-16	4.10E-16	4.10E-16	4.10E-16	2.60E-10	2.00E-10	5.30E-11	2.80E-11	9.00E-10	6.60E-10	1.90E-10	8.70E-11
¹³² Te	2.46E-06	1.05E-14	1.05E-14	1.05E-14	1.05E-14	2.51E-15	2.51E-15	2.51E-15	2.51E-15	2.20E-08	1.80E-08	4.20E-09	2.00E-09	4.80E-08	3.00E-08	8.30E-09	3.80E-09
¹³⁴ Te	2.77E-04	4.24E-14	4.24E-14	4.24E-14	4.24E-14	8.67E-16	8.67E-16	8.67E-16	8.67E-16	5.60E-10	4.00E-10	1.30E-10	6.80E-11	1.10E-09	7.50E-10	2.20E-10	1.10E-10
¹⁴⁰ Ba	6.32E-07	8.58E-15	8.58E-15	8.58E-15	8.58E-15	1.80E-16	1.80E-16	1.80E-16	1.80E-16	2.90E-08	2.20E-08	8.60E-09	5.80E-09	3.20E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
¹⁴⁰ La	4.77E-06	1.17E-13	1.17E-13	1.17E-13	1.17E-13	2.16E-15	2.16E-15	2.16E-15	2.16E-15	8.80E-09	6.30E-09	2.00E-09	1.10E-09	2.00E-08	1.30E-08	4.20E-09	2.00E-09
¹⁴¹ Ce	2.47E-07	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	7.61E-17	1.60E-08	1.20E-08	5.30E-09	3.80E-09	8.10E-09	5.10E-09	1.50E-09	7.10E-10
¹⁴³ Ce	5.81E-06	1.29E-14	1.29E-14	1.29E-14	1.29E-14	2.79E-16	2.79E-16	2.79E-16	2.79E-16	5.90E-09	4.10E-09	1.40E-09	8.30E-10	1.20E-08	8.00E-09	2.40E-09	1.10E-09
¹⁴³ Pr	5.90E-07	2.10E-17	2.10E-17	2.10E-17	2.10E-17	7.01E-19	7.01E-19	7.01E-19	7.01E-19	1.30E-08	9.20E-09	3.60E-09	2.40E-09	1.40E-08	8.70E-09	2.60E-09	1.20E-09
¹⁴⁴ Ce	2.82E-08	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	3.49E-15	1.81E-16	1.81E-16	1.81E-16	1.81E-16	3.60E-07	2.70E-07	7.80E-08	5.30E-08	6.60E-08	3.90E-08	1.10E-08	5.20E-09
¹⁴⁴ Pr	6.68E-04	1.95E-15	1.95E-15	1.95E-15	1.95E-15	3.78E-17	3.78E-17	3.78E-17	3.78E-17	1.90E-10	1.20E-10	3.40E-11	1.80E-11	6.40E-10	3.50E-10	9.50E-11	5.00E-11
⁵¹ Cr	2.90E-07	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	1.52E-15	3.11E-17	3.11E-17	3.11E-17	3.11E-17	2.60E-10	2.10E-10	6.60E-11	3.70E-11	3.50E-10	2.30E-10	7.80E-11	3.80E-11
⁵⁴ Mn	2.57E-08	4.12E-14	4.12E-14	4.12E-14	4.12E-14	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	8.24E-16	7.50E-09	6.20E-09	2.40E-09	1.50E-09	5.40E-09	3.10E-09	1.30E-09	7.10E-10
⁵⁵ Fe	8.14E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.20E-09	3.20E-09	1.40E-09	7.70E-10	7.60E-09	2.40E-09	1.10E-09	3.30E-10
⁵⁹ Fe	1.80E-07	6.02E-14	6.02E-14	6.02E-14	6.02E-14	1.14E-15	1.14E-15	1.14E-15	1.14E-15	2.10E-08	1.30E-08	5.80E-09	4.00E-09	3.90E-08	1.30E-08	4.70E-09	1.80E-09
⁵⁸ Co	1.13E-07	4.76E-14	4.76E-14	4.76E-14	4.76E-14	9.51E-16	9.51E-16	9.51E-16	9.51E-16	9.00E-09	7.50E-09	3.10E-09	2.10E-09	7.30E-09	4.40E-09	1.70E-09	7.40E-10
⁶⁰ Co	4.17E-09	1.27E-13	1.27E-13	1.27E-13	1.27E-13	2.38E-15	2.38E-15	2.38E-15	2.38E-15	9.20E-08	8.60E-08	4.00E-08	3.10E-08	5.40E-08	2.70E-08	1.10E-08	3.40E-09
⁶³ Ni	2.29E-10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.80E-09	4.30E-09	1.70E-09	1.30E-09	1.60E-09	8.40E-10	2.80E-10	1.50E-10
⁶⁵ Zn	3.29E-08	2.92E-14	2.92E-14	2.92E-14	2.92E-14	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	5.71E-16	1.50E-08	1.00E-08	3.80E-09	2.20E-09	3.60E-08	1.60E-08	6.40E-09	3.90E-09
¹²⁴ Sb	1.33E-07	9.20E-14	9.20E-14	9.20E-14	9.20E-14	1.78E-15	1.78E-15	1.78E-15	1.78E-15	3.90E-08	3.10E-08	1.30E-08	8.60E-09	2.50E-08	1.60E-08	5.20E-09	2.50E-09
^{110m} Ag	3.21E-08	1.36E-13	1.36E-13	1.36E-13	1.36E-13	2.70E-15	2.70E-15	2.70E-15	2.70E-15	4.60E-08	4.10E-08	1.80E-08	1.20E-08	2.40E-08	1.40E-08	5.20E-09	2.80E-09
³ H	1.79E-09	3.31E-19	3.31E-19	3.31E-19	3.31E-19	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-09	1.00E-09	3.80E-10	2.60E-10	6.40E-11	4.80E-11	2.30E-11	1.80E-11
¹⁴ C	3.84E-12	2.24E-19	2.24E-19	2.24E-19	2.24E-19	1.61E-20	1.61E-20	1.61E-20	1.61E-20	1.90E-08	1.70E-08	7.40E-09	5.80E-09	1.40E-09	1.60E-09	8.00E-10	5.80E-10

注：空气浸没外照射和沉积外照射取自 IAEA19 号报告和美国联邦导则；衰变常数取自放射性同位素手册、IAEA19 号报告；吸入和食入内照射剂量转换因子取自 GB18871-2002。

表 6.2-27 计算液态辐射途径所用的剂量转换因子

核素	岸边沉积 (Sv/h) / (Bq/m ²)	水体浸没 (Sv/h) / (Bq/m ³)	食入内照射 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人
⁵¹ Cr	1.12E-13	1.19E-14	3.50E-10	2.30E-10	7.80E-11	3.80E-11
⁵⁴ Mn	2.97E-12	3.20E-13	5.40E-09	3.10E-09	1.30E-09	7.10E-10
⁵⁵ Fe	0.00E+00	0.00E+00	7.60E-09	2.40E-09	1.10E-09	3.30E-10
⁵⁹ Fe	4.11E-12	4.17E-13	3.90E-08	1.30E-08	4.70E-09	1.80E-09
⁵⁸ Co	3.42E-12	3.41E-13	7.30E-09	4.40E-09	1.70E-09	7.40E-10
⁶⁰ Co	8.56E-12	8.79E-13	5.40E-08	2.70E-08	1.10E-08	3.40E-09
⁶³ Ni	0.00E+00	0.00E+00	1.60E-09	8.40E-10	2.80E-10	1.50E-10
⁶⁵ Zn	1.73E-12	2.74E-13	3.60E-08	1.60E-08	6.40E-09	3.90E-09
^{110m} Ag	9.70E-12	3.33E-13	2.40E-08	1.40E-08	5.20E-09	2.80E-09
¹²⁴ Sb	6.39E-12	7.13E-13	2.50E-08	1.60E-08	5.20E-09	2.50E-09
⁸³ Br	2.93E-14	2.97E-15	5.30E-10	3.00E-10	8.30E-11	4.30E-11
⁸⁴ Br	1.78E-12	2.77E-13	1.00E-09	5.80E-10	1.60E-10	8.80E-11
⁸⁵ Br	8.21E-13	3.59E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
⁸⁸ Rb	4.12E-12	6.42E-13	1.10E-09	6.20E-10	1.70E-10	9.00E-11
⁸⁹ Rb	2.02E-12	2.89E-13	5.40E-10	3.00E-10	8.60E-11	4.70E-11
⁸⁹ Sr	2.51E-13	5.36E-16	3.60E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
⁹⁰ Sr	4.00E-13	5.26E-17	2.30E-07	7.30E-08	8.00E-08	2.80E-08
⁹¹ Sr	2.44E-12	2.69E-13	5.20E-09	4.00E-09	1.20E-09	6.50E-10
⁹² Sr	4.50E-12	5.29E-13	3.40E-09	2.70E-09	8.20E-10	4.30E-10
⁹⁰ Y	4.00E-13	1.31E-15	3.10E-08	2.00E-08	5.90E-09	2.70E-09
^{91m} Y	2.39E-12	3.34E-13	9.20E-11	6.00E-11	2.10E-11	1.10E-11
⁹¹ Y	2.74E-13	1.96E-15	2.80E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.40E-09
⁹² Y	9.11E-13	1.01E-13	5.90E-09	3.60E-09	1.00E-09	4.90E-10

核素	岸边沉积 (Sv/h) / (Bq/m ²)	水体浸没 (Sv/h) / (Bq/m ³)	食入内照射 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人
⁹³ Y	3.28E-13	3.71E-14	1.40E-08	8.50E-09	2.50E-09	1.20E-09
⁹⁵ Zr	5.37E-12	2.82E-13	8.50E-09	5.60E-09	1.90E-09	9.50E-10
⁹⁵ Nb	2.74E-12	2.92E-13	4.60E-09	3.20E-09	1.10E-09	5.80E-10
⁹⁹ Mo	1.05E-12	5.69E-14	5.50E-09	3.50E-09	1.10E-09	6.00E-10
^{99m} Tc	4.45E-13	4.72E-14	2.00E-10	1.30E-10	4.30E-11	2.20E-11
¹⁰³ Ru	1.71E-12	1.76E-13	7.10E-09	4.60E-09	1.50E-09	7.30E-10
^{103m} Rh	4.50E-15	7.45E-17	4.70E-11	2.70E-11	7.40E-12	3.80E-12
¹⁰⁶ Ru	1.26E-12	1.40E-13	8.40E-08	4.90E-08	1.50E-08	7.00E-09
¹⁰⁶ Rh	3.42E-16	1.12E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
^{127m} Te	1.37E-13	3.82E-15	1.30E-08	6.30E-09	1.90E-09	8.70E-10
^{129m} Te	7.99E-14	1.85E-15	4.10E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.30E-09
¹²⁹ Te	2.17E-13	1.56E-14	4.40E-08	2.40E-08	6.60E-09	3.00E-09
^{131m} Te	8.93E-12	1.26E-12	7.50E-10	4.40E-10	1.20E-10	6.30E-11
¹³¹ Te	5.59E-12	5.47E-13	2.00E-08	1.40E-08	4.30E-09	1.90E-09
¹³² Te	1.48E-12	1.60E-13	9.00E-10	6.60E-10	1.90E-10	8.70E-11
¹³⁴ Te	9.02E-12	8.21E-14	4.80E-08	3.00E-08	8.30E-09	3.80E-09
¹²⁹ I	3.12E-12	3.33E-13	1.10E-09	7.50E-10	2.20E-10	1.10E-10
¹³⁰ I	9.47E-14	3.21E-15	1.80E-07	2.20E-07	1.90E-07	1.10E-07
¹³¹ I	1.08E-14	1.70E-15	2.10E-08	1.80E-08	4.60E-09	2.00E-09
¹³² I	1.37E-12	1.43E-13	1.80E-07	1.80E-07	5.20E-08	2.20E-08
¹³³ I	8.22E-12	8.75E-13	3.00E-09	2.40E-09	6.20E-10	2.90E-10
¹³⁴ I	2.28E-12	2.30E-13	4.90E-08	4.40E-08	1.00E-08	4.30E-09
¹³⁵ I	9.47E-12	1.02E-12	1.10E-09	7.50E-10	2.10E-10	1.10E-10
¹³⁴ Cs	5.48E-12	6.23E-13	1.00E-08	8.90E-09	2.20E-09	9.30E-10
¹³⁶ Cs	5.59E-12	5.90E-13	2.60E-08	1.60E-08	1.90E-08	1.90E-08

核素	岸边沉积 (Sv/h) / (Bq/m ²)	水体浸没 (Sv/h) / (Bq/m ³)	食入内照射 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人
¹³⁷ Cs	7.65E-12	8.32E-13	1.50E-08	9.50E-09	4.40E-09	3.00E-09
¹³⁸ Cs	2.05E-12	5.36E-17	2.10E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.30E-08
^{137m} Ba	7.88E-12	9.43E-13	1.10E-09	5.90E-10	1.70E-10	9.20E-11
¹⁴⁰ Ba	6.25E-13	6.73E-14	3.20E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09
¹⁴⁰ La	6.67E-12	9.14E-13	2.00E-08	1.30E-08	4.20E-09	2.00E-09
¹⁴¹ Ce	2.74E-13	2.74E-14	8.10E-09	5.10E-09	1.50E-09	7.10E-10
¹⁴³ Ce	1.00E-12	1.02E-13	1.20E-08	8.00E-09	2.40E-09	1.10E-09
¹⁴³ Pr	2.79E-20	1.45E-16	1.40E-08	8.70E-09	2.60E-09	1.20E-09
¹⁴⁴ Ce	6.51E-13	6.88E-15	6.60E-08	3.90E-08	1.10E-08	5.20E-09
¹⁴⁴ Pr	9.17E-14	1.49E-14	6.40E-10	3.50E-10	9.50E-11	5.00E-11
³ H	0.00E+00	0.00E+00	6.40E-11	4.80E-11	2.30E-11	1.80E-11
¹⁴ C	0.00E+00	0.00E+00	1.40E-09	1.60E-09	8.00E-10	5.80E-10

注：本表参数来自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《滨海核电厂液态放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》(NB/T 20199-2013)和《Federal Guidance Report No. 12: External Exposure to Radionuclides in Air, Water, and Soil》(EPA-402-R-93-081)

表 6.2-28 本工程 2 台国和一号核电机组所致最大个人有效剂量汇总（mSv/a）

年龄组 途径		婴儿	儿童	青年	成人	渔民
厂址附近	气态	2.29E-03	4.71E-03	3.86E-03	3.50E-03	3.50E-03
	液态	5.09E-04	3.99E-03	2.42E-03	2.12E-03	2.40E-03
	合计	2.80E-03	8.70E-03	6.28E-03	5.61E-03	5.90E-03
排水口 附近	气态	2.77E-04	6.33E-04	4.75E-04	4.65E-04	3.83E-04
	液态	4.79E-04	4.70E-03	3.49E-03	2.65E-03	4.04E-03
	合计	7.55E-04	5.33E-03	3.97E-03	3.11E-03	4.42E-03

注：《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定向环境释放的放射性物质对公众个人造成的有效剂量约束值是 0.25mSv/年。

表 6.2-29 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组所致最大个人有效剂量汇总
（mSv/a）

年龄组 机组	婴儿	儿童	青少年	成人	渔民
1、2 号机组*	2.93E-03	1.45E-02	9.17E-03	7.27E-03	7.50E-03
3、4 号机组	2.80E-03	8.70E-03	6.28E-03	5.61E-03	5.90E-03
合计	5.73E-03	2.32E-02	1.54E-02	1.29E-02	1.34E-02
占比	2.29%	9.28%	6.18%	5.15%	5.36%

*：数值取自《广东廉江核电厂 1、2 号机组工程环境影响报告书（建造阶段）》。

表 6.2-30 分配系数表

核素	分配系数 K_d (L/kg)	核素	分配系数 K_d (L/kg)
Cr	1.33E+05	Mo	1.00E+04
Mn	5.33E+06	Tc	2.66E+02
Fe	1.00E+04	Ru	1.07E+05
Co	7.99E+05	Rh	3.00E+05
Zn	1.86E+05	Te	2.66E+03
Ag	2.66E+04	I	1.86E+02
Sb	5.33E+03	Cs	1.07E+04
Br	1.00E+02	Ba	5.33E+03
Rb	5.80E+02	La	7.99E+06
Sr	2.13E+01	Ce	7.99E+06
Y	9.00E+05	Pr	1.00E+04
Zr	5.33E+06	H	2.66E+00
Nb	2.13E+06	C	2.66E+03

表 6.2-31 浓度平衡比 CR ((Bq/kg) / (Bq/L))

核素	底层鱼	软体动物	甲壳类	大型海藻	浅层鱼	浮游植物	多毛类	维管植物	浮游动物	鸟类
Cr	2.00E+02	2.00E+03	1.00E+02	6.00E+03	2.00E+02	5.00E+03	2.00E+03	6.00E+03	1.00E+03	2.00E+03
Mn	2.60E+03	1.20E+04	4.50E+04	8.60E+03	2.60E+03	3.50E+03	3.20E+03	3.00E+04	2.50E+03	4.50E+03
Fe	3.00E+04	5.00E+05	5.00E+05	2.00E+04	3.00E+04	4.00E+05	5.00E+05	4.00E+05	7.00E+05	7.00E+05
Co	5.30E+03	5.30E+03	3.50E+03	1.70E+03	5.30E+03	3.10E+03	8.03E+03	3.28E+02	4.80E+03	5.00E+02
Zn	2.50E+04	8.00E+04	3.00E+05	2.00E+03	2.50E+04	1.00E+04	2.50E+04	2.00E+03	1.00E+05	2.50E+04
Ag	1.10E+04	3.60E+04	3.60E+04	3.90E+03	1.10E+04	6.90E+04	2.70E+04	3.90E+03	6.00E+03	2.20E+04
Sb	6.00E+02	4.70E+02	3.00E+02	2.25E+02	6.00E+02	1.00E+03	4.50E+03	2.25E+02	1.31E+03	8.30E+03
Br	1.50E-02	3.10E+00	3.10E+00	3.10E+00	1.50E-02	1.50E+00	1.50E+00	1.50E+00	3.10E+00	3.10E+00
Rb	8.30E+00	1.70E+01	1.70E+01	1.70E+01	8.30E+00	1.70E+01	1.70E+01	1.70E+01	1.70E+01	1.70E+01
Sr	2.50E+01	1.50E+02	4.95E+01	2.93E+01	2.50E+01	1.88E+02	4.60E-01	3.00E+00	6.80E+01	1.64E+02
Y	2.50E+01	1.00E+03	1.00E+03	5.00E+03	2.50E+01	5.00E+03	5.00E+03	5.00E+03	1.00E+03	5.00E+03
Zr	8.52E+01	3.30E+03	4.90E+01	1.66E+03	8.52E+01	3.30E+04	3.30E+03	1.10E+03	2.17E+04	8.52E+01
Nb	3.00E+01	8.80E+02	1.00E+02	4.90E+02	3.00E+01	1.00E+03	8.80E+02	4.90E+02	2.00E+04	8.80E+02
Mo	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01
Tc	8.00E+01	8.20E+03	1.73E+04	5.34E+04	8.00E+01	4.90E+00	1.73E+04	5.34E+04	1.00E+02	1.73E+04
Ru	2.94E+01	1.62E+03	1.00E+02	1.20E+03	2.94E+01	6.68E+03	1.62E+03	1.20E+03	3.00E+04	1.62E+03
Rh	1.00E+01	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03	1.00E+01	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03
Te	6.90E+02	1.50E+03	1.00E+03	4.25E+02	6.90E+02	1.31E+04	4.50E+03	4.25E+02	1.00E+03	8.30E+03
I	9.00E+00	8.80E+03	3.92E+01	4.20E+03	9.00E+00	9.50E+02	8.80E+03	2.40E+01	3.10E+03	6.80E-01
Cs	8.40E+01	5.00E+01	5.30E+01	9.60E+01	8.40E+01	8.50E+00	1.80E+02	1.00E+01	1.30E+02	4.80E+02
Ba	2.50E+01	1.50E+02	4.95E+01	2.93E+01	2.50E+01	1.88E+02	4.60E-01	3.00E+00	6.80E+01	1.64E+02
La	1.13E+04	1.13E+04	5.70E+03	1.10E+04	1.13E+04	1.10E+04	1.13E+04	1.10E+04	1.13E+04	1.13E+04
Ce	3.90E+02	2.20E+03	1.00E+02	2.10E+03	3.90E+02	1.10E+04	2.20E+03	1.60E+02	6.00E+03	2.20E+03
Pr	2.50E+01	1.00E+03	1.00E+03	5.00E+03	2.50E+01	5.00E+03	5.00E+03	5.00E+03	1.00E+03	5.00E+03
H	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
C	1.70E+03	6.50E+02	1.40E+03	1.30E+03	1.70E+03	2.50E+02	1.00E+04	1.30E+03	1.00E+04	1.70E+03

表 6.2-32 水生生物内照射剂量率 (μGy/h)

水生生物 核素	底层鱼	软体动物	甲壳类	大型海藻	浅层鱼	浮游植物	多毛类	维管植物	浮游动物	鸟类
Cr-51	2.07E-07	1.82E-06	1.11E-07	8.21E-06	2.14E-07	6.19E-06	1.77E-06	8.44E-06	8.30E-07	2.32E-06
Mn-54	5.53E-06	4.10E-05	5.88E-05	2.59E-05	6.43E-06	4.36E-06	9.46E-06	1.26E-04	3.63E-06	5.17E-05
Fe-55	5.99E-05	9.93E-04	9.98E-04	4.06E-05	5.99E-05	7.71E-04	9.91E-04	8.11E-04	1.35E-03	1.40E-03
Fe-59	1.61E-04	1.95E-03	3.15E-03	9.92E-05	1.75E-04	1.21E-03	1.81E-03	2.19E-03	2.01E-03	4.82E-03
Co-58	1.16E-04	6.36E-05	4.70E-05	2.87E-05	1.31E-04	1.97E-05	8.94E-05	3.39E-05	3.41E-05	1.47E-05
Co-60	3.95E-04	2.14E-04	1.61E-04	7.92E-05	4.46E-04	6.12E-05	3.01E-04	9.26E-05	1.16E-04	5.03E-05
Zn-65	1.57E-05	2.88E-05	2.41E-04	6.87E-07	1.79E-05	1.78E-06	7.65E-06	8.11E-07	1.90E-05	2.28E-05
Ag-110m	6.00E-04	3.74E-03	4.25E-03	1.38E-04	6.84E-04	2.08E-03	2.64E-03	1.71E-04	9.14E-04	6.64E-03
Sb-124	1.17E-05	2.16E-05	8.09E-05	7.06E-06	1.26E-05	1.28E-05	5.25E-05	8.57E-06	2.87E-05	5.10E-04
Br-83	1.94E-13	3.91E-11	4.02E-11	1.09E-10	1.94E-13	2.57E-11	1.84E-11	5.66E-11	3.20E-11	4.03E-11
Br-84	2.03E-14	3.51E-12	4.65E-12	8.27E-12	2.18E-14	4.81E-13	1.53E-12	5.27E-12	1.10E-12	4.81E-12
Rb-88	6.00E-10	1.00E-09	1.36E-09	2.37E-09	6.48E-10	1.80E-10	8.88E-10	3.15E-09	2.28E-10	1.39E-09
Sr-89	4.89E-08	2.45E-07	2.82E-08	9.63E-08	4.97E-08	1.06E-07	9.10E-10	1.15E-07	5.51E-09	3.57E-07
Sr-90	1.09E-08	5.43E-08	6.42E-09	1.54E-08	1.13E-08	1.93E-08	2.00E-10	1.93E-08	1.06E-09	8.14E-08
Y-90	2.65E-10	1.00E-08	1.11E-08	1.00E-07	2.77E-10	1.48E-08	4.68E-08	1.32E-07	4.18E-09	5.61E-08
Sr-91	5.53E-10	2.65E-09	3.29E-10	2.25E-09	5.73E-10	2.34E-09	9.72E-12	2.75E-09	5.44E-11	4.24E-09
Sr-92	2.04E-11	9.32E-11	1.26E-11	7.63E-11	2.18E-11	6.85E-11	3.33E-13	9.99E-11	1.30E-12	1.64E-10
Y-91	1.84E-08	7.04E-07	7.51E-07	3.82E-06	1.87E-08	8.19E-07	3.34E-06	4.60E-06	4.04E-07	3.77E-06
Y-91m	1.52E-11	5.60E-10	6.39E-10	7.04E-09	1.57E-11	1.48E-09	2.63E-09	8.48E-09	3.17E-10	3.26E-09
Y-92	3.17E-11	1.13E-09	1.37E-09	1.28E-08	3.38E-11	1.30E-09	5.15E-09	1.74E-08	3.31E-10	6.97E-09
Y-93	2.54E-11	9.43E-10	1.09E-09	1.04E-08	2.69E-11	1.27E-09	4.34E-09	1.41E-08	3.24E-10	5.49E-09
Zr-95	3.12E-07	1.27E-05	9.67E-07	5.54E-06	3.37E-07	7.10E-05	1.18E-05	4.31E-06	4.58E-05	4.08E-07

Nb-95	1.60E-07	1.07E-06	2.38E-07	9.97E-07	1.78E-07	1.08E-06	9.46E-07	1.14E-06	1.83E-05	2.33E-06
Mo-99	1.28E-07	1.19E-07	1.31E-07	2.76E-07	1.29E-07	9.58E-08	1.14E-07	3.09E-07	8.47E-08	1.33E-07
Tc-99m	7.65E-09	5.91E-07	1.85E-06	1.10E-05	7.98E-09	7.87E-10	1.18E-06	1.15E-05	5.97E-09	2.01E-06
Ru-103	1.22E-08	6.15E-07	1.67E-07	6.21E-07	1.28E-08	8.45E-05	5.87E-07	6.57E-07	1.12E-05	8.97E-07
Rh-103m	2.82E-13	5.58E-11	5.66E-11	1.66E-10	2.82E-13	1.63E-10	5.56E-11	1.67E-10	5.51E-11	5.67E-11
Rh-106	2.65E-14	4.81E-12	5.73E-12	1.09E-11	2.83E-14	1.10E-12	4.38E-12	1.48E-11	1.44E-12	5.81E-12
Te-127m	7.75E-07	7.58E-07	7.78E-07	8.54E-06	7.76E-07	7.12E-06	7.47E-07	8.88E-06	6.77E-07	6.48E-06
Te-129m	3.18E-06	3.04E-06	3.25E-06	3.88E-05	3.23E-06	1.77E-05	2.91E-06	4.48E-05	2.01E-06	2.71E-05
Te-129	5.69E-09	5.45E-09	5.80E-09	1.42E-07	5.77E-09	5.42E-08	5.20E-09	1.64E-07	3.53E-09	4.84E-08
Te-131m	2.70E-07	2.26E-07	2.97E-07	5.66E-06	2.84E-07	3.59E-06	2.13E-07	6.37E-06	1.60E-07	2.60E-06
Te-131	1.38E-09	1.27E-09	1.45E-09	3.24E-08	1.43E-09	1.33E-08	1.20E-09	3.85E-08	7.63E-10	1.23E-08
Te-132	1.11E-05	9.01E-06	1.23E-05	1.97E-04	1.17E-05	9.52E-05	8.36E-06	2.31E-04	5.57E-06	1.09E-04
Te-134	1.31E-09	1.06E-09	1.46E-09	2.75E-08	1.39E-09	1.17E-08	9.84E-10	3.24E-08	6.44E-10	1.29E-08
I-129	9.53E-15	3.50E-14	9.77E-15	1.01E-11	9.64E-15	2.21E-12	3.45E-14	1.03E-11	7.16E-12	1.87E-15
I-130	8.59E-11	2.49E-10	9.96E-11	1.89E-07	9.26E-11	1.60E-08	2.27E-10	2.16E-07	3.50E-08	2.04E-11
I-131	1.56E-07	5.41E-07	1.65E-07	3.17E-04	1.60E-07	4.28E-05	5.24E-07	3.37E-04	9.78E-05	3.23E-08
I-132	2.10E-09	6.53E-09	2.37E-09	4.81E-06	2.24E-09	2.68E-07	5.98E-09	5.81E-06	7.67E-07	4.76E-10
I-133	4.86E-08	1.73E-07	5.07E-08	1.31E-04	4.96E-08	1.40E-05	1.66E-07	1.45E-04	2.76E-05	9.81E-09
I-134	9.59E-11	2.99E-10	1.08E-10	2.19E-07	1.02E-10	1.07E-08	2.74E-10	2.68E-07	3.35E-08	2.17E-11
I-135	8.82E-09	2.97E-08	9.49E-09	2.32E-05	9.15E-09	1.94E-06	2.81E-08	2.59E-05	4.51E-06	1.87E-09
Cs-134	4.26E-05	2.36E-05	2.39E-05	3.98E-05	4.63E-05	1.95E-05	5.87E-05	8.26E-06	2.70E-05	3.06E-04
Cs-136	1.11E-05	5.69E-06	6.46E-06	1.74E-05	1.23E-05	1.03E-05	1.39E-05	3.64E-06	6.26E-06	8.39E-05
Cs-137	3.85E-05	2.61E-05	1.96E-05	4.40E-05	3.97E-05	2.27E-05	6.81E-05	8.79E-06	3.38E-05	2.38E-04
Cs-138	2.77E-09	1.82E-09	1.47E-09	7.50E-09	2.99E-09	8.95E-10	4.49E-09	1.86E-09	9.69E-10	1.79E-08
Ba-137m	2.35E-10	1.00E-09	5.48E-10	5.00E-10	2.55E-10	5.12E-10	2.72E-12	6.17E-11	2.43E-10	1.98E-09
Ba-140	1.23E-07	6.34E-07	2.62E-07	2.06E-07	1.28E-07	4.49E-07	1.83E-09	2.42E-08	1.89E-07	9.08E-07
La-140	1.11E-06	9.03E-07	6.21E-07	2.03E-06	1.17E-06	4.57E-07	8.33E-07	2.43E-06	5.08E-07	1.30E-06

Ce-141	6.99E-08	1.23E-06	2.01E-06	1.68E-06	7.03E-08	5.20E-05	1.88E-06	1.32E-07	3.09E-06	1.32E-06
Ce-143	2.19E-09	3.81E-08	6.32E-08	9.13E-08	2.21E-09	1.47E-06	5.66E-08	7.69E-09	7.73E-08	4.13E-08
Pr-143	4.25E-10	1.66E-08	1.71E-08	1.42E-07	4.26E-10	5.58E-08	8.04E-08	1.54E-07	1.31E-08	8.54E-08
Ce-144	8.26E-06	1.42E-04	2.49E-04	1.12E-04	8.71E-06	9.54E-04	2.03E-04	1.12E-05	1.52E-04	1.63E-04
Pr-144	5.03E-12	1.87E-10	2.15E-10	2.12E-09	5.32E-12	2.47E-10	8.61E-10	2.87E-09	6.34E-11	1.08E-09
H-3	3.07E-03	3.07E-03	3.07E-03	3.08E-03	3.07E-03	3.09E-03	3.07E-03	3.09E-03	3.07E-03	3.07E-03
C-14	8.87E-02	7.38E-02	7.39E-02	5.88E-02	8.87E-02	3.91E-02	7.38E-02	5.91E-02	7.29E-02	1.26E-02

表 6.2-33 水生生物外照射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)

水生生物 核素	底层鱼	软体动物	甲壳类	大型海藻	浅层鱼	浮游植物	多毛类	维管植物	浮游动物	鸟类
Cr-51	2.67E-04	2.84E-04	2.57E-04	2.87E-04	3.95E-09	4.49E-09	5.76E-04	2.84E-04	4.45E-09	1.88E-09
Mn-54	2.00E-01	2.11E-01	1.93E-01	2.13E-01	7.36E-08	8.19E-08	4.26E-01	2.10E-01	8.16E-08	3.53E-08
Fe-55	1.76E-08	7.30E-08	2.06E-08	5.46E-08	4.53E-12	1.13E-10	1.75E-07	6.28E-08	7.09E-11	1.73E-12
Fe-59	2.35E-04	2.47E-04	2.27E-04	2.49E-04	4.62E-08	5.22E-08	4.99E-04	2.46E-04	5.11E-08	2.22E-08
Co-58	8.33E-02	8.80E-02	8.02E-02	8.89E-02	2.05E-07	2.31E-07	1.78E-01	8.77E-02	2.28E-07	9.81E-08
Co-60	2.30E-01	2.42E-01	2.23E-01	2.44E-01	5.67E-07	6.28E-07	4.88E-01	2.41E-01	6.24E-07	2.73E-07
Zn-65	5.38E-04	5.66E-04	5.19E-04	5.70E-04	5.69E-09	6.30E-09	1.14E-03	5.64E-04	6.27E-09	2.73E-09
Ag-110m	2.45E-02	2.59E-02	2.36E-02	2.61E-02	1.81E-06	2.04E-06	5.23E-02	2.58E-02	2.01E-06	8.68E-07
Sb-124	6.97E-04	7.38E-04	6.70E-04	7.64E-04	2.56E-07	3.23E-07	1.50E-03	7.34E-04	3.05E-07	1.23E-07
Br-83	5.94E-09	1.05E-08	5.20E-09	2.23E-08	1.09E-10	2.28E-09	3.08E-08	9.70E-09	8.97E-10	4.77E-11
Br-84	1.43E-07	1.59E-07	1.33E-07	1.75E-07	2.70E-09	4.54E-09	3.30E-07	1.56E-07	4.20E-09	1.29E-09
Rb-88	2.84E-05	3.79E-05	2.32E-05	4.66E-05	8.39E-08	2.65E-07	8.51E-05	3.59E-05	2.41E-07	3.78E-08
Sr-89	1.76E-09	3.27E-09	9.86E-10	8.86E-09	1.01E-10	2.95E-09	9.82E-09	2.93E-09	1.63E-09	3.78E-11
Sr-90	4.34E-10	6.73E-10	2.05E-10	1.62E-09	2.14E-11	4.21E-10	1.84E-09	6.03E-10	2.82E-10	7.86E-12
Y-90	5.82E-06	8.87E-06	2.70E-06	2.13E-05	7.02E-12	1.29E-10	2.54E-05	7.97E-06	9.14E-11	2.57E-12
Sr-91	1.60E-08	1.77E-08	1.49E-08	2.08E-08	1.37E-09	2.97E-09	3.60E-08	1.74E-08	2.36E-09	6.48E-10
Sr-92	2.82E-09	3.15E-09	2.57E-09	3.65E-09	2.37E-10	4.61E-10	6.41E-09	3.09E-09	4.14E-10	1.12E-10
Y-91	2.72E-05	4.77E-05	1.60E-05	1.24E-04	3.99E-11	9.83E-10	1.46E-04	4.30E-05	5.59E-10	1.55E-11
Y-91m	1.90E-04	2.09E-04	1.78E-04	2.44E-04	4.06E-10	8.68E-10	4.46E-04	2.07E-04	6.76E-10	1.92E-10
Y-92	3.99E-05	5.21E-05	2.98E-05	7.72E-05	7.05E-11	3.30E-10	1.24E-04	4.89E-05	2.80E-10	3.11E-11
Y-93	7.09E-06	9.46E-06	4.71E-06	1.68E-05	1.13E-11	8.24E-11	2.38E-05	8.78E-06	6.53E-11	4.84E-12
Zr-95	6.80E-02	7.19E-02	6.55E-02	7.27E-02	2.51E-08	2.85E-08	1.45E-01	7.17E-02	2.80E-08	1.20E-08

Nb-95	2.40E-02	2.54E-02	2.31E-02	2.56E-02	2.21E-08	2.47E-08	5.13E-02	2.53E-02	2.46E-08	1.06E-08
Mo-99	4.35E-04	4.84E-04	4.14E-04	5.55E-04	8.47E-08	1.95E-07	1.03E-03	4.78E-04	1.38E-07	4.01E-08
Tc-99m	5.13E-06	5.51E-06	4.95E-06	5.54E-06	3.79E-08	4.34E-08	1.11E-05	5.49E-06	4.27E-08	1.80E-08
Ru-103	1.28E-04	1.36E-04	1.23E-04	1.38E-04	2.35E-09	2.69E-09	2.76E-04	1.36E-04	2.64E-09	1.12E-09
Rh-103m	3.99E-08	7.34E-08	3.09E-08	8.62E-08	2.37E-13	1.06E-12	1.72E-07	7.11E-08	7.89E-13	8.81E-14
Rh-106	1.05E-05	1.37E-05	7.57E-06	2.14E-05	5.40E-11	2.84E-10	3.30E-05	1.28E-05	2.38E-10	2.36E-11
Te-127m	5.42E-08	8.27E-08	4.80E-08	1.29E-07	3.86E-11	4.29E-10	2.02E-07	7.90E-08	1.65E-10	1.65E-11
Te-129m	1.16E-06	1.50E-06	9.92E-07	2.47E-06	7.79E-10	5.14E-09	3.69E-06	1.44E-06	3.09E-09	3.54E-10
Te-129	6.51E-07	8.51E-07	5.60E-07	1.43E-06	4.39E-10	3.17E-09	2.12E-06	8.14E-07	1.83E-09	2.00E-10
Te-131m	2.29E-05	2.44E-05	2.20E-05	2.51E-05	1.69E-08	2.15E-08	4.96E-05	2.43E-05	2.00E-08	8.07E-09
Te-131	2.62E-06	2.88E-06	2.46E-06	3.32E-06	1.89E-09	3.77E-09	6.08E-06	2.85E-06	3.04E-09	8.96E-10
Te-132	4.33E-04	4.61E-04	4.15E-04	4.77E-04	3.18E-07	4.10E-07	9.40E-04	4.59E-04	3.82E-07	1.52E-07
Te-134	5.38E-06	5.72E-06	5.17E-06	5.92E-06	3.96E-09	5.09E-09	1.17E-05	5.70E-06	4.73E-09	1.90E-09
I-129	4.39E-14	5.76E-14	3.76E-14	6.00E-14	4.37E-16	8.11E-16	1.20E-13	5.67E-14	7.29E-16	1.82E-16
I-130	5.60E-07	5.94E-07	5.39E-07	6.04E-07	5.88E-09	7.06E-09	1.20E-06	5.91E-07	6.71E-09	2.81E-09
I-131	2.91E-05	3.12E-05	2.80E-05	3.20E-05	3.06E-07	4.16E-07	6.30E-05	3.10E-05	3.62E-07	1.46E-07
I-132	5.43E-05	5.77E-05	5.21E-05	5.98E-05	5.68E-07	7.34E-07	1.17E-04	5.74E-05	6.83E-07	2.72E-07
I-133	4.43E-05	4.81E-05	4.23E-05	5.16E-05	4.63E-07	7.72E-07	9.90E-05	4.77E-05	6.25E-07	2.20E-07
I-134	6.49E-06	6.89E-06	6.23E-06	7.17E-06	6.79E-08	8.83E-08	1.40E-05	6.86E-06	8.21E-08	3.25E-08
I-135	5.44E-05	5.78E-05	5.25E-05	5.99E-05	5.72E-07	7.77E-07	1.17E-04	5.75E-05	6.87E-07	2.74E-07
Cs-134	1.32E-02	1.39E-02	1.27E-02	1.41E-02	2.42E-06	2.82E-06	2.82E-02	1.39E-02	2.72E-06	1.16E-06
Cs-136	1.37E-02	1.45E-02	1.32E-02	1.46E-02	2.52E-06	2.85E-06	2.93E-02	1.45E-02	2.81E-06	1.21E-06
Cs-137	4.16E-03	4.44E-03	4.00E-03	4.59E-03	7.62E-07	1.05E-06	9.06E-03	4.42E-03	9.18E-07	3.64E-07
Cs-138	4.11E-04	4.43E-04	3.85E-04	4.89E-04	7.35E-08	1.15E-07	9.23E-04	4.38E-04	1.07E-07	3.51E-08
Ba-137m	2.76E-08	2.94E-08	2.66E-08	3.00E-08	5.07E-12	6.18E-12	5.97E-08	2.92E-08	5.85E-12	2.42E-12
Ba-140	9.76E-05	1.04E-04	9.40E-05	1.08E-04	3.59E-08	4.88E-08	2.12E-04	1.03E-04	4.37E-08	1.72E-08
La-140	2.32E-02	2.45E-02	2.23E-02	2.54E-02	5.69E-09	7.36E-09	5.00E-02	2.44E-02	6.79E-09	2.73E-09

Ce-141	1.70E-03	1.87E-03	1.63E-03	1.98E-03	4.19E-10	7.89E-10	3.83E-03	1.86E-03	5.57E-10	1.97E-10
Ce-143	5.68E-04	6.51E-04	5.34E-04	7.90E-04	1.38E-10	4.23E-10	1.42E-03	6.40E-04	2.63E-10	6.46E-11
Pr-143	4.29E-09	1.11E-08	3.31E-09	3.03E-08	7.31E-13	3.61E-11	3.84E-08	9.89E-09	1.33E-11	2.83E-13
Ce-144	4.85E-02	6.84E-02	2.83E-02	1.32E-01	7.89E-09	7.72E-08	1.79E-01	6.26E-02	6.02E-08	3.19E-09
Pr-144	3.97E-07	5.72E-07	2.17E-07	1.14E-06	4.90E-11	5.41E-10	1.52E-06	5.20E-07	4.23E-10	1.93E-11
H-3	5.98E-10	2.23E-09	7.22E-12	1.72E-06	4.43E-12	7.49E-08	3.23E-09	2.04E-09	8.65E-11	7.69E-11
C-14	6.08E-06	2.44E-05	7.25E-06	7.27E-05	5.97E-09	4.27E-07	4.86E-05	2.11E-05	1.09E-07	2.30E-09

表 6.2-34 水生生物总辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)

水生生物 核素	底层鱼	软体动物	甲壳类	大型海藻	浅层鱼	浮游植物	多毛类	维管植物	浮游动物	鸟类
Cr-51	2.67E-04	2.86E-04	2.57E-04	2.95E-04	2.18E-07	6.19E-06	5.78E-04	2.92E-04	8.34E-07	2.32E-06
Mn-54	2.00E-01	2.11E-01	1.93E-01	2.13E-01	6.51E-06	4.44E-06	4.26E-01	2.10E-01	3.71E-06	5.17E-05
Fe-55	5.99E-05	9.93E-04	9.98E-04	4.06E-05	5.99E-05	7.71E-04	9.91E-04	8.11E-04	1.35E-03	1.40E-03
Fe-59	3.96E-04	2.20E-03	3.38E-03	3.48E-04	1.75E-04	1.21E-03	2.31E-03	2.43E-03	2.01E-03	4.82E-03
Co-58	8.34E-02	8.81E-02	8.03E-02	8.89E-02	1.31E-04	2.00E-05	1.78E-01	8.77E-02	3.44E-05	1.48E-05
Co-60	2.31E-01	2.42E-01	2.23E-01	2.44E-01	4.47E-04	6.18E-05	4.89E-01	2.41E-01	1.16E-04	5.06E-05
Zn-65	5.54E-04	5.95E-04	7.61E-04	5.71E-04	1.79E-05	1.79E-06	1.15E-03	5.65E-04	1.90E-05	2.28E-05
Ag-110m	2.51E-02	2.96E-02	2.79E-02	2.63E-02	6.86E-04	2.08E-03	5.49E-02	2.59E-02	9.16E-04	6.64E-03
Sb-124	7.09E-04	7.60E-04	7.51E-04	7.71E-04	1.28E-05	1.32E-05	1.55E-03	7.43E-04	2.90E-05	5.10E-04
Br-83	5.94E-09	1.05E-08	5.24E-09	2.24E-08	1.09E-10	2.31E-09	3.09E-08	9.76E-09	9.29E-10	8.80E-11
Br-84	1.43E-07	1.59E-07	1.33E-07	1.75E-07	2.70E-09	4.54E-09	3.30E-07	1.56E-07	4.20E-09	1.29E-09
Rb-88	2.84E-05	3.79E-05	2.32E-05	4.66E-05	8.45E-08	2.65E-07	8.51E-05	3.59E-05	2.41E-07	3.92E-08
Sr-89	5.06E-08	2.48E-07	2.92E-08	1.05E-07	4.98E-08	1.09E-07	1.07E-08	1.18E-07	7.14E-09	3.57E-07
Sr-90	1.13E-08	5.49E-08	6.62E-09	1.70E-08	1.13E-08	1.97E-08	2.04E-09	1.99E-08	1.34E-09	8.14E-08
Y-90	5.82E-06	8.88E-06	2.71E-06	2.14E-05	2.84E-10	1.49E-08	2.54E-05	8.10E-06	4.27E-09	5.61E-08
Sr-91	1.66E-08	2.03E-08	1.52E-08	2.31E-08	1.94E-09	5.31E-09	3.60E-08	2.02E-08	2.41E-09	4.89E-09
Sr-92	2.84E-09	3.25E-09	2.58E-09	3.72E-09	2.58E-10	5.29E-10	6.41E-09	3.19E-09	4.16E-10	2.75E-10
Y-91	2.73E-05	4.84E-05	1.67E-05	1.28E-04	1.87E-08	8.20E-07	1.49E-04	4.76E-05	4.05E-07	3.77E-06
Y-91m	1.90E-04	2.09E-04	1.78E-04	2.44E-04	4.22E-10	2.34E-09	4.46E-04	2.07E-04	9.93E-10	3.45E-09
Y-92	3.99E-05	5.21E-05	2.98E-05	7.72E-05	1.04E-10	1.62E-09	1.24E-04	4.89E-05	6.10E-10	7.00E-09
Y-93	7.09E-06	9.46E-06	4.71E-06	1.68E-05	3.82E-11	1.35E-09	2.38E-05	8.79E-06	3.90E-10	5.50E-09
Zr-95	6.80E-02	7.19E-02	6.55E-02	7.27E-02	3.63E-07	7.11E-05	1.45E-01	7.17E-02	4.58E-05	4.20E-07
Nb-95	2.40E-02	2.54E-02	2.31E-02	2.56E-02	2.01E-07	1.10E-06	5.13E-02	2.53E-02	1.84E-05	2.35E-06

Mo-99	4.35E-04	4.84E-04	4.14E-04	5.55E-04	2.14E-07	2.91E-07	1.03E-03	4.78E-04	2.22E-07	1.73E-07
Tc-99m	5.14E-06	6.10E-06	6.80E-06	1.66E-05	4.59E-08	4.42E-08	1.23E-05	1.70E-05	4.87E-08	2.02E-06
Ru-103	1.28E-04	1.37E-04	1.24E-04	1.38E-04	1.52E-08	8.45E-05	2.76E-04	1.36E-04	1.12E-05	8.99E-07
Rh-103m	3.99E-08	7.34E-08	3.10E-08	8.63E-08	5.19E-13	1.64E-10	1.72E-07	7.12E-08	5.58E-11	5.67E-11
Rh-106	1.05E-05	1.37E-05	7.57E-06	2.14E-05	5.40E-11	2.85E-10	3.30E-05	1.28E-05	2.39E-10	2.94E-11
Te-127m	8.29E-07	8.41E-07	8.26E-07	8.66E-06	7.76E-07	7.12E-06	9.49E-07	8.96E-06	6.77E-07	6.48E-06
Te-129m	4.34E-06	4.55E-06	4.24E-06	4.13E-05	3.23E-06	1.77E-05	6.60E-06	4.62E-05	2.01E-06	2.71E-05
Te-129	6.57E-07	8.56E-07	5.66E-07	1.57E-06	6.21E-09	5.74E-08	2.13E-06	9.79E-07	5.36E-09	4.86E-08
Te-131m	2.32E-05	2.46E-05	2.23E-05	3.08E-05	3.00E-07	3.62E-06	4.98E-05	3.06E-05	1.80E-07	2.61E-06
Te-131	2.63E-06	2.89E-06	2.46E-06	3.35E-06	3.32E-09	1.70E-08	6.08E-06	2.89E-06	3.80E-09	1.32E-08
Te-132	4.44E-04	4.70E-04	4.27E-04	6.74E-04	1.20E-05	9.56E-05	9.48E-04	6.89E-04	5.96E-06	1.09E-04
Te-134	5.38E-06	5.72E-06	5.17E-06	5.95E-06	5.35E-09	1.68E-08	1.17E-05	5.73E-06	5.38E-09	1.48E-08
I-129	5.34E-14	9.26E-14	4.74E-14	1.02E-11	1.01E-14	2.21E-12	1.55E-13	1.03E-11	7.16E-12	2.05E-15
I-130	5.60E-07	5.94E-07	5.39E-07	7.93E-07	5.97E-09	2.31E-08	1.20E-06	8.07E-07	4.17E-08	2.83E-09
I-131	2.93E-05	3.17E-05	2.81E-05	3.49E-04	4.66E-07	4.32E-05	6.36E-05	3.68E-04	9.81E-05	1.78E-07
I-132	5.43E-05	5.77E-05	5.21E-05	6.46E-05	5.70E-07	1.00E-06	1.17E-04	6.32E-05	1.45E-06	2.72E-07
I-133	4.43E-05	4.82E-05	4.23E-05	1.83E-04	5.12E-07	1.47E-05	9.92E-05	1.93E-04	2.83E-05	2.30E-07
I-134	6.49E-06	6.89E-06	6.23E-06	7.38E-06	6.80E-08	9.90E-08	1.40E-05	7.13E-06	1.16E-07	3.25E-08
I-135	5.44E-05	5.78E-05	5.25E-05	8.31E-05	5.81E-07	2.72E-06	1.17E-04	8.35E-05	5.19E-06	2.76E-07
Cs-134	1.32E-02	1.40E-02	1.27E-02	1.42E-02	4.87E-05	2.23E-05	2.83E-02	1.39E-02	2.97E-05	3.07E-04
Cs-136	1.37E-02	1.45E-02	1.33E-02	1.47E-02	1.48E-05	1.32E-05	2.93E-02	1.45E-02	9.06E-06	8.51E-05
Cs-137	4.20E-03	4.46E-03	4.02E-03	4.64E-03	4.05E-05	2.37E-05	9.13E-03	4.43E-03	3.47E-05	2.38E-04
Cs-138	4.11E-04	4.43E-04	3.85E-04	4.89E-04	7.65E-08	1.16E-07	9.23E-04	4.38E-04	1.08E-07	5.30E-08
Ba-137m	2.79E-08	3.04E-08	2.71E-08	3.05E-08	2.60E-10	5.18E-10	5.97E-08	2.93E-08	2.48E-10	1.99E-09
Ba-140	9.77E-05	1.04E-04	9.42E-05	1.08E-04	1.64E-07	4.97E-07	2.12E-04	1.03E-04	2.32E-07	9.25E-07
La-140	2.32E-02	2.45E-02	2.23E-02	2.54E-02	1.18E-06	4.64E-07	5.00E-02	2.44E-02	5.15E-07	1.30E-06
Ce-141	1.70E-03	1.88E-03	1.63E-03	1.99E-03	7.07E-08	5.20E-05	3.83E-03	1.86E-03	3.09E-06	1.32E-06

Ce-143	5.68E-04	6.51E-04	5.34E-04	7.91E-04	2.35E-09	1.47E-06	1.42E-03	6.40E-04	7.76E-08	4.14E-08
Pr-143	4.71E-09	2.77E-08	2.04E-08	1.72E-07	4.27E-10	5.58E-08	1.19E-07	1.64E-07	1.31E-08	8.54E-08
Ce-144	4.85E-02	6.86E-02	2.86E-02	1.32E-01	8.71E-06	9.54E-04	1.79E-01	6.26E-02	1.52E-04	1.63E-04
Pr-144	3.97E-07	5.72E-07	2.17E-07	1.15E-06	5.43E-11	7.88E-10	1.52E-06	5.22E-07	4.87E-10	1.10E-09
H-3	3.07E-03	3.07E-03	3.07E-03	3.09E-03	3.07E-03	3.09E-03	3.07E-03	3.09E-03	3.07E-03	3.07E-03
C-14	8.88E-02	7.38E-02	7.40E-02	5.88E-02	8.87E-02	3.91E-02	7.39E-02	5.91E-02	7.29E-02	1.26E-02

表 6.2-35 本工程水生生物危害商

水生生物名称	危害商
底层鱼	8.32E-02
软体动物	8.80E-02
甲壳类	7.80E-02
大型海藻	9.31E-02
浅层鱼	9.35E-03
浮游植物	4.77E-03
多毛类	1.73E-01
维管植物	8.55E-02
浮游动物	8.09E-03
鸟类	3.01E-03

表 6.2-36 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组水生生物危害商

水生生物名称	一期工程危害商	本工程危害商	一期工程+本工程危害商
底层鱼	9.36E-02	8.32E-02	1.77E-01
软体动物	9.94E-02	8.80E-02	1.87E-01
甲壳类	8.68E-02	7.80E-02	1.65E-01
大型海藻	1.01E-01	9.31E-02	1.94E-01
浅层鱼	1.64E-02	9.35E-03	2.57E-02
浮游植物	7.50E-03	4.77E-03	1.23E-02
多毛类	1.86E-01	1.73E-01	3.59E-01
维管植物	9.33E-02	8.55E-02	1.79E-01
浮游动物	1.35E-02	8.09E-03	2.16E-02
鸟类	1.69E-02	3.01E-03	1.99E-02

表 6.2-37 陆生生物外照射剂量率 (μGy/h)

陆生生物 核素	鸟类	两栖类	环节动物	节肢动物	飞行昆虫	牧草	苔藓	大型哺乳类	小型哺乳类	软体动物	爬行动物	灌木	树
Cr-51	2.14E-09	4.11E-09	4.17E-09	4.20E-09	2.28E-09	1.73E-09	2.27E-09	1.28E-09	3.91E-09	2.27E-09	3.76E-09	1.62E-09	1.37E-09
Mn-54	3.01E-07	6.86E-07	6.95E-07	7.00E-07	2.98E-07	2.58E-07	2.86E-07	1.98E-07	6.54E-07	3.04E-07	6.29E-07	2.43E-07	2.07E-07
Co-58	2.42E-07	5.22E-07	5.29E-07	5.32E-07	2.42E-07	1.97E-07	2.33E-07	1.57E-07	4.97E-07	2.46E-07	4.77E-07	1.86E-07	1.58E-07
Co-60	1.62E-06	4.08E-06	4.13E-06	4.15E-06	1.42E-06	1.52E-06	1.27E-06	1.13E-06	3.91E-06	1.49E-06	3.78E-06	1.44E-06	1.24E-06
Zn-65	4.62E-08	1.16E-07	1.18E-07	1.18E-07	4.33E-08	4.37E-08	4.03E-08	3.15E-08	1.11E-07	4.47E-08	1.07E-07	4.12E-08	3.54E-08
Ag-110m	6.62E-07	1.67E-06	1.69E-06	1.70E-06	6.39E-07	6.27E-07	6.05E-07	4.40E-07	1.59E-06	6.55E-07	1.53E-06	5.93E-07	5.06E-07
Sb-124	2.36E-08	6.13E-08	6.20E-08	6.24E-08	2.04E-08	2.27E-08	1.84E-08	1.65E-08	5.85E-08	2.15E-08	5.64E-08	2.16E-08	1.85E-08
Sr-89	4.64E-13	1.23E-12	1.24E-12	1.25E-12	4.53E-13	4.61E-13	4.31E-13	3.08E-13	1.17E-12	4.63E-13	1.13E-12	4.36E-13	3.72E-13
Sr-90	1.32E-15	1.06E-14	1.10E-14	1.12E-14	4.96E-15	8.37E-15	5.40E-15	5.21E-16	9.09E-15	4.56E-15	7.93E-15	3.63E-15	7.57E-16
Y-90	3.01E-19	2.41E-18	2.50E-18	2.55E-18	1.13E-18	1.91E-18	1.23E-18	1.18E-19	2.07E-18	1.04E-18	1.80E-18	8.27E-19	1.72E-19
Sr-91	7.24E-11	1.75E-10	1.77E-10	1.78E-10	7.16E-11	6.61E-11	6.61E-11	4.74E-11	1.66E-10	7.29E-11	1.60E-10	6.24E-11	5.31E-11
Sr-92	6.52E-12	1.65E-11	1.67E-11	1.68E-11	5.62E-12	6.15E-12	6.15E-12	4.60E-12	1.58E-11	5.94E-12	1.53E-11	5.83E-12	5.02E-12
Y-91	2.14E-12	6.26E-12	6.33E-12	6.37E-12	1.97E-12	2.34E-12	2.34E-12	1.48E-12	6.00E-12	2.05E-12	5.79E-12	2.21E-12	1.91E-12
Y-91m	1.60E-12	3.94E-12	3.99E-12	4.03E-12	1.65E-12	1.51E-12	1.51E-12	1.00E-12	3.74E-12	1.66E-12	3.59E-12	1.43E-12	1.21E-12
Y-92	1.10E-12	2.93E-12	2.97E-12	2.99E-12	1.02E-12	1.10E-12	1.10E-12	7.42E-13	2.80E-12	1.06E-12	2.70E-12	1.04E-12	8.91E-13
Y-93	4.05E-13	1.08E-12	1.09E-12	1.10E-12	3.57E-13	4.07E-13	4.07E-13	2.77E-13	1.03E-12	3.74E-13	9.93E-13	3.85E-13	3.31E-13
Zr-95	1.40E-09	4.05E-09	4.11E-09	4.14E-09	1.41E-09	1.52E-09	1.36E-09	9.09E-10	3.86E-09	1.43E-09	3.70E-09	1.44E-09	1.22E-09
Nb-95	3.80E-10	1.13E-09	1.15E-09	1.16E-09	3.81E-10	4.25E-10	3.68E-10	2.47E-10	1.08E-09	3.87E-10	1.04E-09	4.02E-10	3.42E-10
Tc-99m	5.32E-10	1.10E-09	1.12E-09	1.13E-09	5.64E-10	5.38E-10	5.38E-10	3.00E-10	1.06E-09	5.62E-10	1.02E-09	5.09E-10	4.27E-10
Ru-103	2.28E-10	7.06E-10	7.16E-10	7.21E-10	2.38E-10	2.75E-10	2.35E-10	1.42E-10	6.70E-10	2.39E-10	6.42E-10	2.60E-10	2.19E-10
Rh-103m	8.13E-17	4.15E-16	4.32E-16	4.41E-16	2.79E-16	2.95E-16	2.95E-16	1.54E-17	3.56E-16	2.65E-16	3.08E-16	1.81E-16	5.04E-17
Rh-106	1.84E-19	4.46E-19	4.52E-19	4.56E-19	1.88E-19	1.71E-19	1.83E-19	1.17E-19	4.24E-19	1.90E-19	4.07E-19	1.62E-19	1.37E-19
Te-127m	6.85E-11	1.73E-10	1.77E-10	1.79E-10	8.58E-11	8.17E-11	8.17E-11	3.52E-11	1.60E-10	8.53E-11	1.50E-10	7.11E-11	4.98E-11

Te-129m	6.46E-10	1.67E-09	1.69E-09	1.70E-09	6.74E-10	6.55E-10	6.60E-10	4.03E-10	1.58E-09	6.80E-10	1.51E-09	6.13E-10	5.08E-10
Te-129	8.81E-13	2.30E-12	2.33E-12	2.35E-12	9.17E-13	9.10E-13	9.10E-13	5.48E-13	2.18E-12	9.23E-13	2.09E-12	8.55E-13	7.16E-13
Te-131m	1.96E-09	5.13E-09	5.19E-09	5.23E-09	1.93E-09	1.97E-09	1.97E-09	1.27E-09	4.89E-09	1.97E-09	4.70E-09	1.87E-09	1.59E-09
Te-131	4.91E-12	1.25E-11	1.27E-11	1.27E-11	5.05E-12	5.04E-12	5.04E-12	3.06E-12	1.19E-11	5.09E-12	1.14E-11	4.76E-12	4.03E-12
Te-132	6.26E-08	1.61E-07	1.63E-07	1.64E-07	6.20E-08	6.11E-08	5.96E-08	4.07E-08	1.53E-07	6.31E-08	1.47E-07	5.78E-08	4.91E-08
Te-134	9.58E-11	2.39E-10	2.42E-10	2.44E-10	9.34E-11	9.07E-11	9.07E-11	6.30E-11	2.28E-10	9.54E-11	2.19E-10	8.57E-11	7.31E-11
I-129	2.10E-15	7.84E-15	8.08E-15	8.22E-15	3.33E-15	4.42E-15	3.38E-15	5.25E-16	6.96E-15	3.30E-15	6.26E-15	3.59E-15	2.02E-15
I-130	4.52E-10	1.10E-09	1.12E-09	1.12E-09	4.59E-10	4.19E-10	4.19E-10	2.89E-10	1.05E-09	4.64E-10	1.00E-09	3.96E-10	3.35E-10
I-131	1.48E-07	3.61E-07	3.66E-07	3.69E-07	1.55E-07	1.47E-07	1.54E-07	9.01E-08	3.44E-07	1.55E-07	3.30E-07	1.39E-07	1.17E-07
I-132	1.21E-08	3.11E-08	3.15E-08	3.17E-08	1.18E-08	1.17E-08	1.13E-08	7.91E-09	2.96E-08	1.21E-08	2.84E-08	1.11E-08	9.40E-09
I-133	5.35E-08	1.21E-07	1.23E-07	1.24E-07	5.47E-08	4.72E-08	5.35E-08	3.36E-08	1.15E-07	5.53E-08	1.11E-07	4.47E-08	3.76E-08
I-134	1.25E-09	3.10E-09	3.14E-09	3.16E-09	1.20E-09	1.16E-09	1.16E-09	8.36E-10	2.96E-09	1.23E-09	2.85E-09	1.10E-09	9.39E-10
I-135	2.62E-08	6.51E-08	6.59E-08	6.63E-08	2.32E-08	2.46E-08	2.46E-08	1.81E-08	6.23E-08	2.43E-08	6.01E-08	2.33E-08	2.00E-08
Cs-134	1.59E-04	3.85E-04	3.90E-04	3.93E-04	1.60E-04	1.46E-04	1.55E-04	1.03E-04	3.67E-04	1.62E-04	3.52E-04	1.38E-04	1.17E-04
Cs-136	2.55E-06	5.85E-06	5.93E-06	5.97E-06	2.48E-06	2.22E-06	2.36E-06	1.68E-06	5.59E-06	2.54E-06	5.38E-06	2.10E-06	1.80E-06
Cs-137	2.71E-04	6.11E-04	6.20E-04	6.24E-04	2.76E-04	2.31E-04	2.69E-04	1.73E-04	5.81E-04	2.79E-04	5.57E-04	2.18E-04	1.85E-04
Cs-138	1.74E-09	4.45E-09	4.50E-09	4.53E-09	1.46E-09	1.64E-09	1.64E-09	1.23E-09	4.27E-09	1.55E-09	4.12E-09	1.55E-09	1.34E-09
Ba-140	3.59E-09	8.26E-09	8.36E-09	8.41E-09	3.02E-09	3.08E-09	2.69E-09	2.53E-09	7.91E-09	3.22E-09	7.63E-09	2.92E-09	2.51E-09
La-140	1.44E-10	3.31E-10	3.34E-10	3.37E-10	1.19E-10	1.23E-10	1.04E-10	1.02E-10	3.16E-10	1.27E-10	3.05E-10	1.16E-10	1.00E-10
Ce-141	2.97E-11	6.88E-11	6.97E-11	7.02E-11	3.17E-11	3.31E-11	3.18E-11	1.67E-11	6.56E-11	3.16E-11	6.30E-11	3.13E-11	2.61E-11
Ce-143	5.01E-12	1.27E-11	1.28E-11	1.29E-11	5.24E-12	5.15E-12	5.15E-12	3.05E-12	1.20E-11	5.27E-12	1.15E-11	4.84E-12	4.07E-12
Ce-144	1.52E-10	3.55E-10	3.60E-10	3.62E-10	1.39E-10	1.43E-10	1.31E-10	9.88E-11	3.39E-10	1.45E-10	3.27E-10	1.36E-10	1.15E-10
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	1.14E-06	1.11E-06	0.00E+00	1.13E-06	1.12E-06	0.00E+00	1.13E-06	5.99E-07	1.08E-06	1.12E-06	1.07E-06	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.25E-02	2.21E-02	0.00E+00	2.18E-02	2.21E-02	0.00E+00	2.18E-02	1.29E-02	2.16E-02	2.22E-02	2.13E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	1.33E-06	1.25E-06	0.00E+00	9.28E-07	1.04E-06	0.00E+00	9.28E-07	8.90E-07	1.27E-06	1.10E-06	1.26E-06	0.00E+00	0.00E+00

Kr-88	2.48E-05	2.29E-05	0.00E+00	1.55E-05	1.80E-05	0.00E+00	1.55E-05	1.73E-05	2.36E-05	1.95E-05	2.36E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131m	6.85E-05	7.49E-05	0.00E+00	8.34E-05	8.22E-05	0.00E+00	8.34E-05	1.87E-05	6.42E-05	8.12E-05	5.86E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	8.67E-06	1.57E-05	0.00E+00	1.66E-05	9.11E-06	0.00E+00	1.66E-05	6.05E-06	1.46E-05	1.64E-05	1.39E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	3.11E-03	1.76E-03	0.00E+00	1.84E-03	3.31E-03	0.00E+00	1.84E-03	6.41E-04	1.65E-03	1.82E-03	1.58E-03	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.34E-05	1.30E-05	0.00E+00	1.32E-05	1.32E-05	0.00E+00	1.32E-05	7.30E-06	1.27E-05	1.32E-05	1.25E-05	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	3.92E-10	9.50E-10	9.62E-10	9.69E-10	3.99E-10	3.63E-10	3.89E-10	2.50E-10	9.03E-10	4.03E-10	8.66E-10	3.44E-10	2.91E-10
Ar-41	2.21E-05	2.10E-05	0.00E+00	1.64E-05	1.83E-05	0.00E+00	1.64E-05	1.47E-05	2.12E-05	1.93E-05	2.10E-05	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	4.15E-07	3.91E-07	0.00E+00	2.97E-07	3.32E-07	0.00E+00	2.97E-07	2.77E-07	3.96E-07	3.52E-07	3.94E-07	0.00E+00	0.00E+00

表 6.2-38 陆生生物内照射剂量率 (μGy/h)

陆生生物 核素	鸟类	两栖类	环节动物	节肢动物	飞行昆虫	牧草	苔藓	大型哺乳类	小型哺乳类	软体动物	爬行动物	灌木	树
Cr-51	2.59E-11	3.61E-12	3.59E-11	3.44E-11	5.68E-12	3.85E-11	4.79E-11	2.60E-11	1.22E-11	3.55E-11	1.50E-11	1.45E-11	4.03E-11
Mn-54	6.36E-10	3.10E-09	1.28E-09	1.63E-08	1.99E-08	3.17E-08	8.29E-09	5.22E-09	8.82E-10	1.58E-09	6.38E-10	1.06E-07	4.78E-07
Co-58	2.49E-10	2.52E-10	6.55E-09	4.99E-09	1.55E-09	6.81E-10	1.42E-09	1.48E-08	3.03E-09	6.12E-09	9.17E-10	4.03E-10	9.28E-09
Co-60	2.51E-09	2.50E-09	6.48E-08	4.96E-08	1.52E-08	5.43E-09	1.43E-08	1.54E-07	3.05E-08	6.00E-08	9.21E-09	3.21E-09	7.44E-08
Zn-65	2.60E-08	5.63E-09	2.30E-08	5.84E-09	5.32E-09	1.99E-09	2.74E-09	2.07E-07	3.97E-08	2.12E-08	8.13E-09	5.13E-09	2.69E-08
Ag-110m	2.15E-08	1.19E-08	1.90E-08	1.28E-08	5.30E-09	6.50E-07	6.47E-10	3.22E-08	6.16E-09	1.73E-08	1.75E-08	8.02E-10	2.57E-07
Sb-124	7.68E-09	4.70E-09	1.70E-08	1.20E-08	1.74E-10	4.72E-10	1.60E-09	1.88E-09	6.85E-10	3.11E-09	6.16E-09	1.13E-10	7.88E-09
Sr-89	6.10E-09	5.19E-09	3.00E-10	1.09E-09	9.36E-10	4.26E-09	1.57E-08	8.63E-09	8.38E-09	5.06E-10	6.31E-09	1.33E-09	5.45E-09
Sr-90	6.14E-08	5.11E-08	2.86E-09	9.31E-09	8.36E-09	3.02E-08	1.34E-07	8.76E-08	8.39E-08	4.69E-09	6.22E-08	9.40E-09	4.16E-08
Y-90	2.41E-16	4.35E-17	1.26E-14	7.47E-15	4.14E-16	3.34E-15	1.84E-14	2.04E-16	1.94E-16	1.16E-14	2.26E-16	3.19E-15	6.44E-15
Sr-91	3.73E-12	2.92E-12	1.63E-13	5.59E-13	4.89E-13	5.03E-12	8.02E-12	7.04E-12	4.92E-12	2.70E-13	3.66E-12	1.57E-12	9.45E-12
Sr-92	8.47E-14	6.18E-14	3.08E-15	8.07E-15	7.85E-15	9.32E-14	1.14E-13	1.68E-13	1.09E-13	4.69E-15	7.95E-14	2.90E-14	2.24E-13
Y-91	2.46E-13	4.60E-14	1.41E-11	1.03E-11	5.13E-13	1.90E-12	2.59E-11	2.07E-13	2.00E-13	1.35E-11	2.39E-13	1.82E-12	3.26E-12
Y-91m	1.80E-18	3.10E-19	9.32E-17	6.82E-17	3.39E-18	2.91E-17	1.71E-16	2.04E-18	1.40E-18	8.92E-17	1.66E-18	2.78E-17	7.29E-17
Y-92	2.48E-17	4.17E-18	1.09E-15	5.06E-16	3.06E-17	3.17E-16	1.22E-15	2.30E-17	1.95E-17	9.19E-16	2.25E-17	3.03E-16	8.28E-16
Y-93	5.70E-17	9.96E-18	2.75E-15	1.43E-15	8.35E-17	8.08E-16	3.48E-15	5.03E-17	4.53E-17	2.43E-15	5.24E-17	7.72E-16	1.79E-15
Zr-95	1.45E-10	1.06E-12	1.87E-12	2.13E-12	2.26E-12	1.52E-11	3.26E-11	5.09E-12	1.43E-12	2.35E-12	1.09E-10	2.19E-12	1.95E-11
Nb-95	9.49E-12	4.81E-12	7.90E-12	6.56E-12	4.42E-14	2.22E-13	8.43E-13	1.65E-11	3.72E-12	7.52E-12	6.47E-12	1.05E-13	6.26E-12
Tc-99m	8.05E-13	1.11E-12	1.21E-11	1.12E-11	1.15E-11	1.32E-10	4.12E-11	4.51E-12	1.39E-12	1.19E-11	1.35E-12	9.24E-14	4.38E-13
Ru-103	1.97E-11	1.41E-11	4.70E-10	4.38E-10	6.48E-13	6.01E-11	6.69E-11	4.51E-11	1.67E-11	4.61E-10	1.61E-11	6.01E-11	2.05E-10
Rh-103m	2.48E-16	2.45E-16	3.62E-16	3.59E-16	3.60E-16	4.05E-15	5.56E-17	2.50E-16	2.47E-16	3.61E-16	2.47E-16	1.11E-15	1.14E-15
Rh-106	1.12E-22	9.66E-23	1.14E-22	5.38E-23	7.94E-23	1.19E-21	7.38E-24	1.25E-22	1.07E-22	9.73E-23	1.01E-22	3.28E-22	5.68E-22
Te-127m	4.09E-09	3.99E-09	1.98E-08	1.86E-08	1.24E-09	1.98E-10	2.79E-10	4.19E-09	4.05E-09	1.97E-08	1.71E-09	4.46E-11	2.40E-10

Te-129m	5.70E-09	5.39E-09	2.54E-08	2.02E-08	1.48E-09	3.14E-10	2.93E-10	6.10E-09	5.60E-09	2.46E-08	2.33E-09	7.09E-11	4.36E-10
Te-129	2.49E-14	2.36E-14	1.11E-13	8.76E-14	6.48E-15	2.81E-15	1.26E-15	2.66E-14	2.45E-14	1.08E-13	1.02E-14	6.36E-16	3.90E-15
Te-131m	6.22E-11	4.63E-11	2.09E-10	1.72E-10	1.22E-11	4.88E-12	2.54E-12	1.31E-10	5.41E-11	2.01E-10	2.20E-11	1.10E-12	1.67E-11
Te-131	6.86E-15	5.99E-15	2.74E-14	2.04E-14	1.55E-15	6.91E-16	2.95E-16	9.59E-15	6.48E-15	2.62E-14	2.66E-15	1.56E-16	1.39E-15
Te-132	4.26E-09	3.04E-09	1.33E-08	1.03E-08	7.56E-10	2.81E-10	1.49E-10	9.36E-09	3.64E-09	1.27E-08	1.47E-09	6.35E-11	1.08E-09
Te-134	6.06E-14	4.30E-14	1.87E-13	1.43E-13	1.06E-14	4.71E-15	2.07E-15	1.36E-13	5.17E-14	1.79E-13	2.08E-14	1.06E-15	1.85E-14
I-129	6.98E-16	5.62E-16	2.11E-14	3.18E-14	1.57E-14	7.22E-15	7.90E-16	7.71E-16	6.71E-16	1.92E-14	6.65E-16	9.00E-16	3.71E-15
I-130	3.13E-14	1.71E-14	5.47E-13	6.83E-13	3.73E-13	5.36E-13	1.60E-14	8.47E-14	2.51E-14	4.81E-13	2.37E-14	6.68E-14	1.09E-12
I-131	3.30E-10	2.40E-10	8.68E-09	1.22E-08	6.28E-09	6.25E-09	2.92E-10	5.75E-10	3.00E-10	7.81E-09	2.95E-10	7.79E-10	5.69E-09
I-132	2.15E-13	1.31E-13	4.26E-12	4.73E-12	2.78E-12	4.26E-12	1.09E-13	4.94E-13	1.82E-13	3.68E-12	1.73E-13	5.32E-13	6.53E-12
I-133	2.22E-11	1.70E-11	6.08E-10	8.00E-10	4.30E-10	5.88E-10	1.89E-11	3.28E-11	2.08E-11	5.43E-10	2.04E-11	7.34E-11	4.33E-10
I-134	8.29E-15	5.10E-15	1.65E-13	1.78E-13	1.06E-13	1.65E-13	4.07E-15	1.89E-14	7.04E-15	1.42E-13	6.69E-15	2.06E-14	2.48E-13
I-135	1.85E-12	1.29E-12	4.47E-11	5.73E-11	3.12E-11	4.47E-11	1.34E-12	3.52E-12	1.65E-12	3.97E-11	1.61E-12	5.58E-12	4.60E-11
Cs-134	5.46E-05	2.66E-05	2.01E-06	5.11E-06	5.61E-06	5.52E-05	1.50E-04	8.14E-04	2.23E-04	2.24E-06	4.55E-05	8.89E-05	4.29E-05
Cs-136	2.25E-07	9.77E-08	7.04E-09	1.76E-08	1.93E-08	3.49E-07	5.26E-07	3.73E-06	8.77E-07	7.76E-09	1.77E-07	5.61E-07	3.49E-07
Cs-137	2.13E-04	1.43E-04	1.21E-05	3.23E-05	3.50E-05	3.27E-04	9.54E-04	1.99E-03	1.00E-03	1.37E-05	2.13E-04	5.26E-04	1.06E-04
Cs-138	1.33E-12	8.51E-13	6.19E-14	9.47E-14	1.37E-13	4.77E-12	2.61E-12	1.18E-11	6.26E-12	6.26E-14	1.28E-12	7.68E-12	1.82E-12
Ba-140	3.67E-09	2.12E-11	1.99E-11	1.96E-11	2.23E-11	8.64E-11	6.91E-11	1.43E-09	6.68E-10	9.62E-11	9.72E-10	8.18E-10	3.23E-10
La-140	2.58E-15	1.05E-15	7.69E-14	6.00E-14	6.56E-15	1.46E-13	5.63E-14	4.98E-15	1.93E-15	7.74E-14	2.12E-15	2.92E-14	1.04E-13
Ce-141	5.45E-12	2.42E-14	2.50E-12	2.38E-12	3.19E-13	2.34E-12	1.83E-12	2.98E-13	2.37E-13	2.48E-12	5.27E-12	1.67E-12	3.50E-13
Ce-143	7.57E-14	3.33E-16	3.30E-14	2.82E-14	4.05E-15	5.79E-14	2.10E-14	4.00E-15	3.30E-15	3.24E-14	7.29E-14	4.13E-14	8.70E-15
Ce-144	4.28E-10	1.81E-12	1.61E-10	9.00E-11	1.59E-11	1.05E-10	6.47E-11	2.02E-11	1.86E-11	1.44E-10	3.97E-10	7.47E-11	1.71E-11
H-3	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.27E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.27E-04	8.27E-04
C-14	2.39E-03	2.39E-03	7.63E-04	7.58E-04	7.61E-04	1.58E-03	1.57E-03	2.39E-03	2.39E-03	7.62E-04	2.39E-03	1.58E-03	2.32E-03
Kr-85m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	7.78E-10	6.75E-10	1.98E-08	9.54E-09	2.00E-11	1.79E-09	1.31E-09	8.68E-10	7.47E-10	1.70E-08	7.07E-10	1.79E-09	3.08E-09
Ar-41	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	1.04E-10	2.69E-10	4.70E-09	5.86E-09	5.86E-09	9.13E-09	1.49E-08	2.50E-09	2.50E-09	1.92E-09	1.88E-08	5.98E-09	3.80E-09
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

表 6.2-39 陆生生物总照射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)

陆生生物 核素	鸟类	两栖类	环节动物	节肢动物	飞行昆虫	牧草	苔藓	大型哺乳类	小型哺乳类	软体动物	爬行动物	灌木	树
Cr-51	2.17E-09	4.11E-09	4.20E-09	4.23E-09	2.28E-09	1.76E-09	2.32E-09	1.30E-09	3.92E-09	2.31E-09	3.77E-09	1.63E-09	1.41E-09
Mn-54	3.02E-07	6.89E-07	6.96E-07	7.16E-07	3.18E-07	2.89E-07	2.94E-07	2.03E-07	6.55E-07	3.05E-07	6.29E-07	3.49E-07	6.86E-07
Co-58	2.42E-07	5.22E-07	5.35E-07	5.37E-07	2.43E-07	1.98E-07	2.35E-07	1.72E-07	5.00E-07	2.52E-07	4.78E-07	1.87E-07	1.67E-07
Co-60	1.62E-06	4.08E-06	4.19E-06	4.20E-06	1.43E-06	1.53E-06	1.29E-06	1.29E-06	3.94E-06	1.55E-06	3.79E-06	1.44E-06	1.32E-06
Zn-65	7.22E-08	1.22E-07	1.41E-07	1.24E-07	4.86E-08	4.57E-08	4.31E-08	2.39E-07	1.51E-07	6.59E-08	1.16E-07	4.64E-08	6.23E-08
Ag-110m	6.83E-07	1.68E-06	1.71E-06	1.72E-06	6.44E-07	1.28E-06	6.06E-07	4.72E-07	1.60E-06	6.72E-07	1.55E-06	5.93E-07	7.62E-07
Sb-124	3.13E-08	6.60E-08	7.90E-08	7.44E-08	2.05E-08	2.32E-08	2.00E-08	1.84E-08	5.92E-08	2.46E-08	6.26E-08	2.17E-08	2.63E-08
Sr-89	6.10E-09	5.19E-09	3.01E-10	1.10E-09	9.36E-10	4.26E-09	1.57E-08	8.63E-09	8.38E-09	5.06E-10	6.32E-09	1.33E-09	5.45E-09
Sr-90	6.14E-08	5.11E-08	2.86E-09	9.31E-09	8.36E-09	3.02E-08	1.34E-07	8.76E-08	8.39E-08	4.69E-09	6.22E-08	9.40E-09	4.16E-08
Y-90	2.41E-16	4.59E-17	1.26E-14	7.47E-15	4.15E-16	3.34E-15	1.84E-14	2.04E-16	1.96E-16	1.16E-14	2.28E-16	3.20E-15	6.44E-15
Sr-91	7.61E-11	1.77E-10	1.77E-10	1.79E-10	7.21E-11	7.11E-11	7.41E-11	5.44E-11	1.71E-10	7.32E-11	1.64E-10	6.40E-11	6.26E-11
Sr-92	6.60E-12	1.66E-11	1.67E-11	1.68E-11	5.62E-12	6.25E-12	6.27E-12	4.77E-12	1.59E-11	5.95E-12	1.54E-11	5.86E-12	5.24E-12
Y-91	2.39E-12	6.31E-12	2.04E-11	1.67E-11	2.48E-12	4.24E-12	2.82E-11	1.68E-12	6.20E-12	1.55E-11	6.03E-12	4.03E-12	5.17E-12
Y-91m	1.60E-12	3.94E-12	3.99E-12	4.03E-12	1.65E-12	1.51E-12	1.51E-12	1.00E-12	3.74E-12	1.66E-12	3.59E-12	1.43E-12	1.21E-12
Y-92	1.10E-12	2.93E-12	2.97E-12	2.99E-12	1.02E-12	1.10E-12	1.10E-12	7.42E-13	2.80E-12	1.06E-12	2.70E-12	1.04E-12	8.92E-13
Y-93	4.05E-13	1.08E-12	1.09E-12	1.10E-12	3.58E-13	4.07E-13	4.10E-13	2.77E-13	1.03E-12	3.77E-13	9.93E-13	3.86E-13	3.33E-13
Zr-95	1.55E-09	4.05E-09	4.11E-09	4.14E-09	1.41E-09	1.54E-09	1.40E-09	9.14E-10	3.86E-09	1.43E-09	3.81E-09	1.44E-09	1.24E-09
Nb-95	3.89E-10	1.14E-09	1.16E-09	1.16E-09	3.81E-10	4.26E-10	3.69E-10	2.63E-10	1.08E-09	3.94E-10	1.04E-09	4.02E-10	3.48E-10
Tc-99m	5.33E-10	1.11E-09	1.13E-09	1.14E-09	5.75E-10	6.70E-10	5.79E-10	3.04E-10	1.06E-09	5.74E-10	1.02E-09	5.10E-10	4.27E-10
Ru-103	2.47E-10	7.20E-10	1.19E-09	1.16E-09	2.38E-10	3.35E-10	3.02E-10	1.87E-10	6.87E-10	7.00E-10	6.59E-10	3.20E-10	4.24E-10
Rh-103m	3.29E-16	6.60E-16	7.93E-16	8.00E-16	6.39E-16	4.35E-15	3.51E-16	2.65E-16	6.02E-16	6.26E-16	5.55E-16	1.29E-15	1.19E-15
Rh-106	1.85E-19	4.46E-19	4.52E-19	4.56E-19	1.88E-19	1.72E-19	1.83E-19	1.17E-19	4.25E-19	1.90E-19	4.07E-19	1.62E-19	1.37E-19
Te-127m	4.16E-09	4.16E-09	2.00E-08	1.87E-08	1.32E-09	2.79E-10	3.61E-10	4.22E-09	4.21E-09	1.97E-08	1.86E-09	1.16E-10	2.90E-10

Te-129m	6.35E-09	7.06E-09	2.71E-08	2.19E-08	2.16E-09	9.69E-10	9.53E-10	6.50E-09	7.18E-09	2.53E-08	3.84E-09	6.84E-10	9.44E-10
Te-129	9.06E-13	2.32E-12	2.44E-12	2.43E-12	9.23E-13	9.13E-13	9.11E-13	5.75E-13	2.20E-12	1.03E-12	2.10E-12	8.56E-13	7.20E-13
Te-131m	2.02E-09	5.17E-09	5.40E-09	5.40E-09	1.94E-09	1.98E-09	1.98E-09	1.40E-09	4.94E-09	2.17E-09	4.72E-09	1.87E-09	1.60E-09
Te-131	4.92E-12	1.25E-11	1.27E-11	1.28E-11	5.05E-12	5.04E-12	5.04E-12	3.06E-12	1.19E-11	5.12E-12	1.14E-11	4.76E-12	4.03E-12
Te-132	6.69E-08	1.64E-07	1.76E-07	1.74E-07	6.28E-08	6.14E-08	5.97E-08	5.01E-08	1.57E-07	7.58E-08	1.48E-07	5.78E-08	5.02E-08
Te-134	9.59E-11	2.39E-10	2.42E-10	2.44E-10	9.34E-11	9.07E-11	9.07E-11	6.31E-11	2.28E-10	9.56E-11	2.19E-10	8.57E-11	7.31E-11
I-129	2.79E-15	8.40E-15	2.92E-14	4.00E-14	1.90E-14	1.16E-14	4.17E-15	1.30E-15	7.63E-15	2.25E-14	6.93E-15	4.49E-15	5.73E-15
I-130	4.52E-10	1.10E-09	1.12E-09	1.12E-09	4.59E-10	4.19E-10	4.19E-10	2.89E-10	1.05E-09	4.65E-10	1.00E-09	3.96E-10	3.36E-10
I-131	1.48E-07	3.62E-07	3.75E-07	3.81E-07	1.61E-07	1.53E-07	1.54E-07	9.07E-08	3.44E-07	1.63E-07	3.30E-07	1.39E-07	1.23E-07
I-132	1.21E-08	3.11E-08	3.15E-08	3.17E-08	1.18E-08	1.17E-08	1.13E-08	7.91E-09	2.96E-08	1.21E-08	2.84E-08	1.11E-08	9.40E-09
I-133	5.35E-08	1.21E-07	1.24E-07	1.25E-07	5.52E-08	4.78E-08	5.35E-08	3.36E-08	1.16E-07	5.58E-08	1.11E-07	4.47E-08	3.81E-08
I-134	1.25E-09	3.10E-09	3.14E-09	3.16E-09	1.20E-09	1.16E-09	1.16E-09	8.36E-10	2.96E-09	1.23E-09	2.85E-09	1.10E-09	9.39E-10
I-135	2.62E-08	6.51E-08	6.59E-08	6.63E-08	2.32E-08	2.47E-08	2.46E-08	1.81E-08	6.23E-08	2.44E-08	6.01E-08	2.33E-08	2.01E-08
Cs-134	2.14E-04	4.12E-04	3.92E-04	3.98E-04	1.66E-04	2.01E-04	3.05E-04	9.17E-04	5.90E-04	1.64E-04	3.98E-04	2.27E-04	1.60E-04
Cs-136	2.77E-06	5.95E-06	5.93E-06	5.98E-06	2.50E-06	2.57E-06	2.88E-06	5.41E-06	6.47E-06	2.54E-06	5.56E-06	2.66E-06	2.14E-06
Cs-137	4.84E-04	7.54E-04	6.32E-04	6.57E-04	3.11E-04	5.58E-04	1.22E-03	2.16E-03	1.58E-03	2.93E-04	7.70E-04	7.45E-04	2.90E-04
Cs-138	1.74E-09	4.45E-09	4.50E-09	4.53E-09	1.46E-09	1.64E-09	1.64E-09	1.25E-09	4.27E-09	1.55E-09	4.12E-09	1.56E-09	1.34E-09
Ba-140	7.26E-09	8.28E-09	8.38E-09	8.43E-09	3.05E-09	3.17E-09	2.75E-09	3.96E-09	8.57E-09	3.31E-09	8.60E-09	3.74E-09	2.83E-09
La-140	1.44E-10	3.31E-10	3.34E-10	3.37E-10	1.19E-10	1.23E-10	1.04E-10	1.02E-10	3.16E-10	1.27E-10	3.05E-10	1.16E-10	1.00E-10
Ce-141	3.52E-11	6.89E-11	7.22E-11	7.26E-11	3.20E-11	3.54E-11	3.36E-11	1.70E-11	6.58E-11	3.41E-11	6.83E-11	3.29E-11	2.64E-11
Ce-143	5.09E-12	1.27E-11	1.29E-11	1.30E-11	5.24E-12	5.20E-12	5.17E-12	3.05E-12	1.20E-11	5.30E-12	1.16E-11	4.88E-12	4.08E-12
Ce-144	5.80E-10	3.57E-10	5.20E-10	4.52E-10	1.55E-10	2.48E-10	1.95E-10	1.19E-10	3.58E-10	2.88E-10	7.24E-10	2.10E-10	1.32E-10
H-3	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.27E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.24E-04	8.27E-04	8.27E-04
C-14	2.39E-03	2.39E-03	7.63E-04	7.58E-04	7.61E-04	1.58E-03	1.57E-03	2.39E-03	2.39E-03	7.62E-04	2.39E-03	1.58E-03	2.32E-03
Kr-85m	1.14E-06	1.11E-06	0.00E+00	1.13E-06	1.12E-06	0.00E+00	1.13E-06	5.99E-07	1.08E-06	1.12E-06	1.07E-06	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.25E-02	2.21E-02	0.00E+00	2.18E-02	2.21E-02	0.00E+00	2.18E-02	1.29E-02	2.16E-02	2.22E-02	2.13E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	1.33E-06	1.25E-06	0.00E+00	9.28E-07	1.04E-06	0.00E+00	9.28E-07	8.90E-07	1.27E-06	1.10E-06	1.26E-06	0.00E+00	0.00E+00

Kr-88	2.48E-05	2.29E-05	0.00E+00	1.55E-05	1.80E-05	0.00E+00	1.55E-05	1.73E-05	2.36E-05	1.95E-05	2.36E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131m	6.85E-05	7.49E-05	0.00E+00	8.34E-05	8.22E-05	0.00E+00	8.34E-05	1.87E-05	6.42E-05	8.12E-05	5.86E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	8.67E-06	1.57E-05	0.00E+00	1.66E-05	9.11E-06	0.00E+00	1.66E-05	6.05E-06	1.46E-05	1.64E-05	1.39E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	3.11E-03	1.76E-03	0.00E+00	1.84E-03	3.31E-03	0.00E+00	1.84E-03	6.41E-04	1.65E-03	1.82E-03	1.58E-03	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.34E-05	1.30E-05	0.00E+00	1.32E-05	1.32E-05	0.00E+00	1.32E-05	7.30E-06	1.27E-05	1.32E-05	1.25E-05	0.00E+00	0.00E+00
Ru-106	1.17E-09	1.62E-09	2.07E-08	1.05E-08	4.19E-10	2.15E-09	1.70E-09	1.12E-09	1.65E-09	1.74E-08	1.57E-09	2.13E-09	3.37E-09
Ar-41	2.21E-05	2.10E-05	0.00E+00	1.64E-05	1.83E-05	0.00E+00	1.64E-05	1.47E-05	2.12E-05	1.93E-05	2.10E-05	0.00E+00	0.00E+00
Ni-63	1.04E-10	2.69E-10	4.70E-09	5.86E-09	5.86E-09	9.13E-09	1.49E-08	2.50E-09	2.50E-09	1.92E-09	1.88E-08	5.98E-09	3.80E-09
Xe-138	4.15E-07	3.91E-07	0.00E+00	2.97E-07	3.32E-07	0.00E+00	2.97E-07	2.77E-07	3.96E-07	3.52E-07	3.94E-07	0.00E+00	0.00E+00

表 6.2-40 本工程陆生生物危害商

陆生生物	危害商
鸟类	2.96E-03
两栖类	2.84E-03
环节动物	2.63E-04
节肢动物	2.65E-03
飞行昆虫	2.76E-03
牧草	3.17E-04
苔藓	2.78E-03
大型哺乳类	2.00E-03
小型哺乳类	2.88E-03
软体动物	2.62E-03
爬行动物	2.74E-03
灌木	3.39E-04
树	3.60E-04

表 6.2-41 一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组陆生生物危害商

陆生生物名称	一期工程危害商	本工程危害商	一期工程+本工程危害商
鸟类	6.09E-03	2.96E-03	9.05E-03
两栖类	5.90E-03	2.84E-03	8.74E-03
环节动物	2.67E-04	2.63E-04	5.30E-04
节肢动物	5.76E-03	2.65E-03	8.41E-03
飞行昆虫	5.91E-03	2.76E-03	8.67E-03
牧草	2.55E-04	3.17E-04	5.72E-04
苔藓	5.88E-03	2.78E-03	8.66E-03
大型哺乳类	3.90E-03	2.00E-03	5.90E-03
小型哺乳类	5.95E-03	2.88E-03	8.83E-03
软体动物	5.73E-03	2.62E-03	8.35E-03
爬行动物	5.68E-03	2.74E-03	8.42E-03
灌木	2.92E-04	3.39E-04	6.31E-04
树	2.36E-04	3.60E-04	5.96E-04

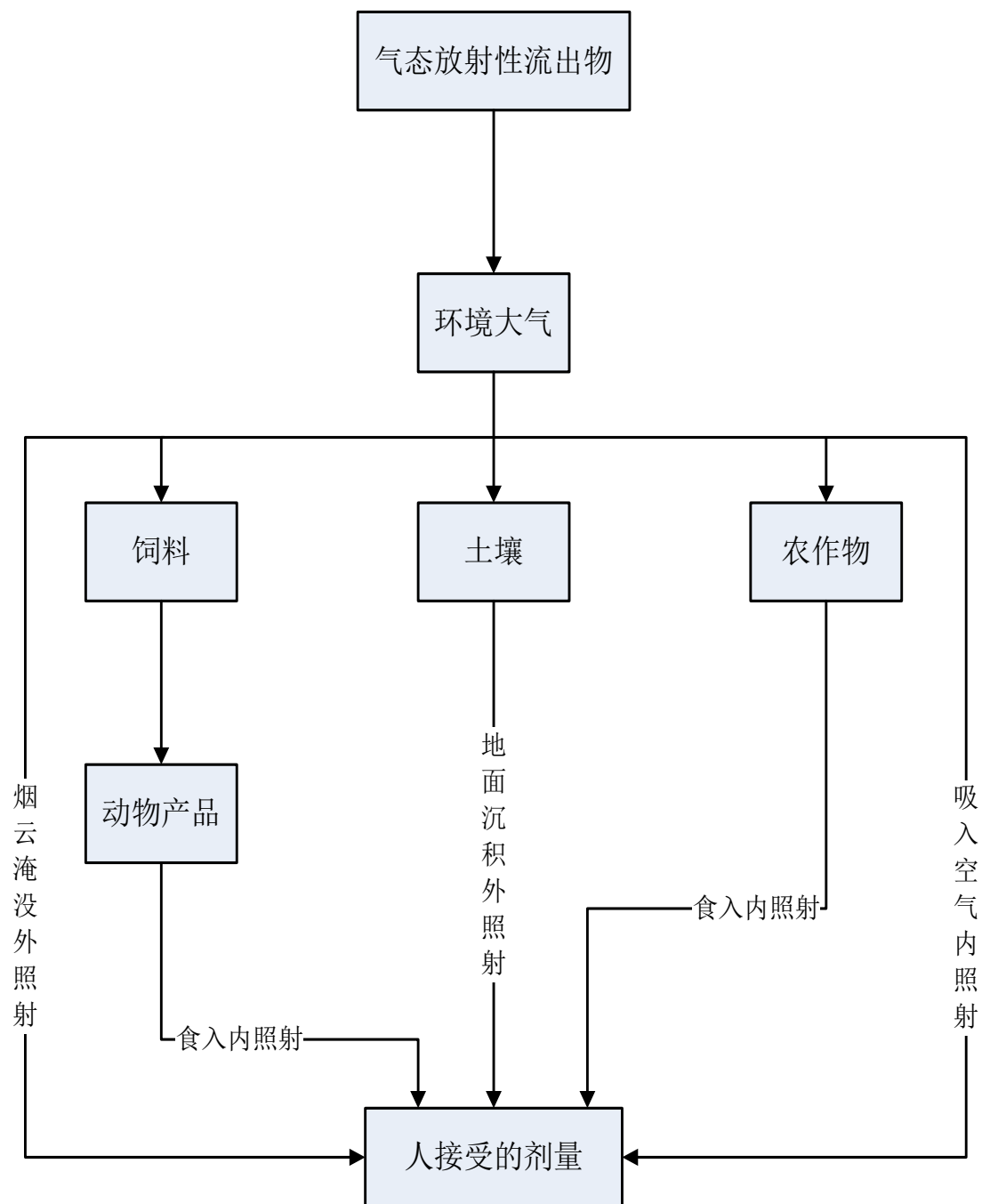


图 6.2-1 正常运行气态流出物对人体的照射途径

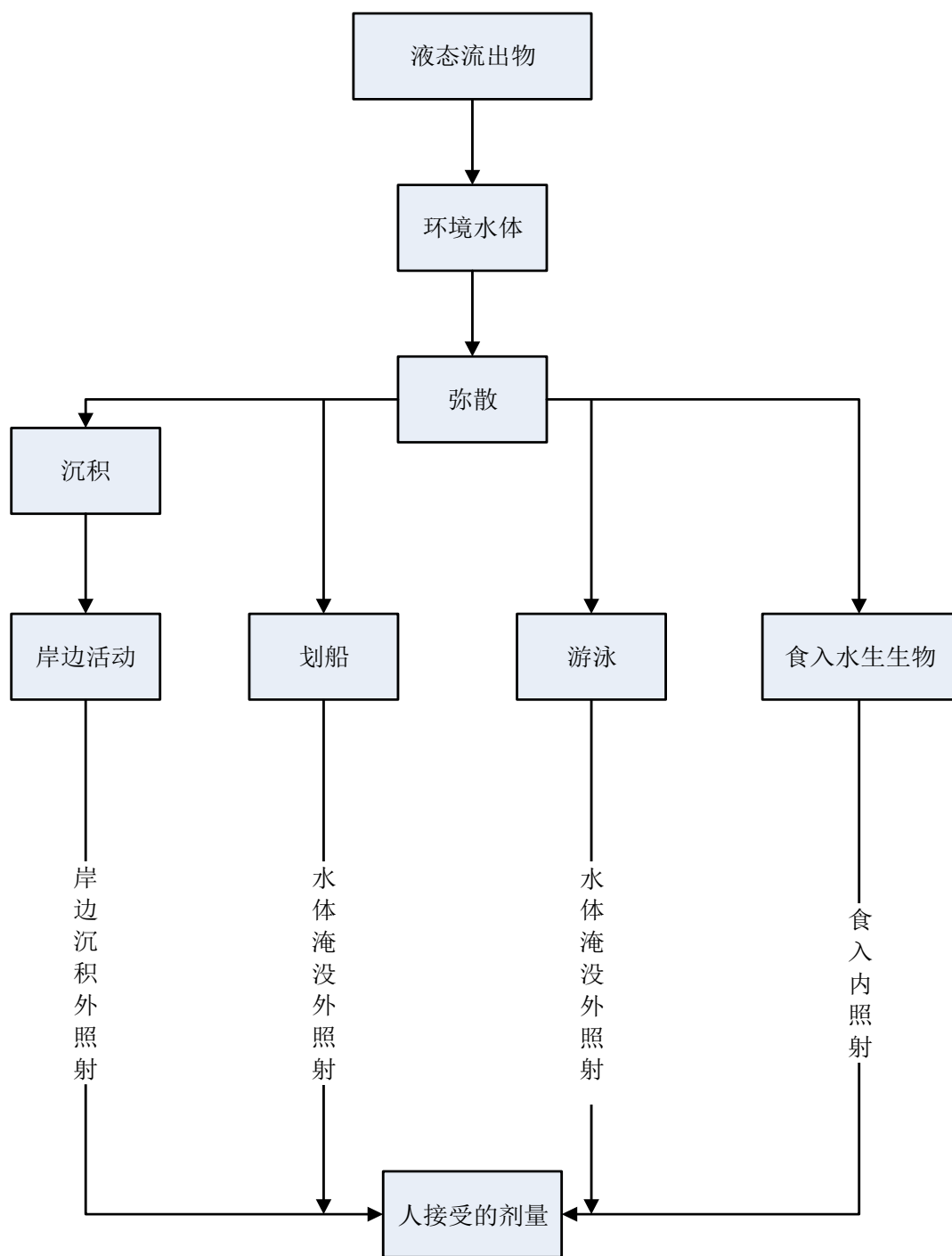


图 6.2-2 正常运行液态流出物对人体的照射途径

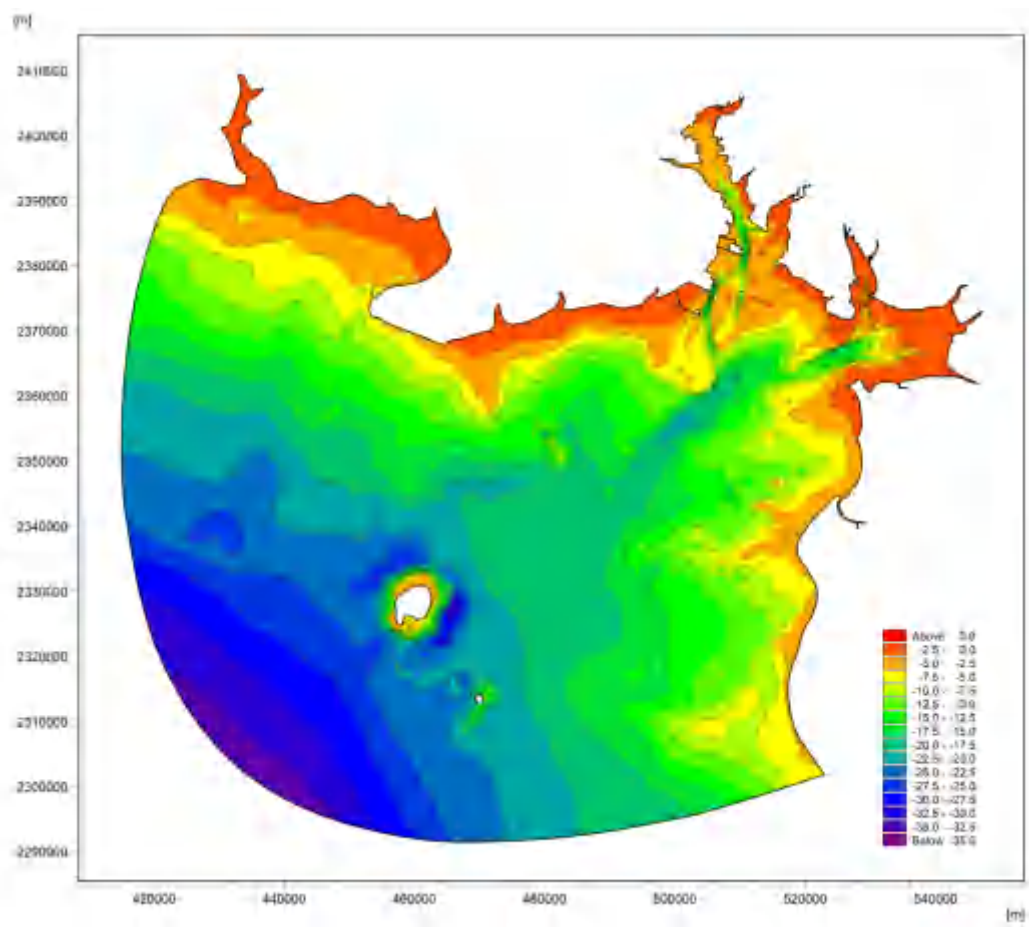


图 6.2-3 模拟区范围及水下地形图

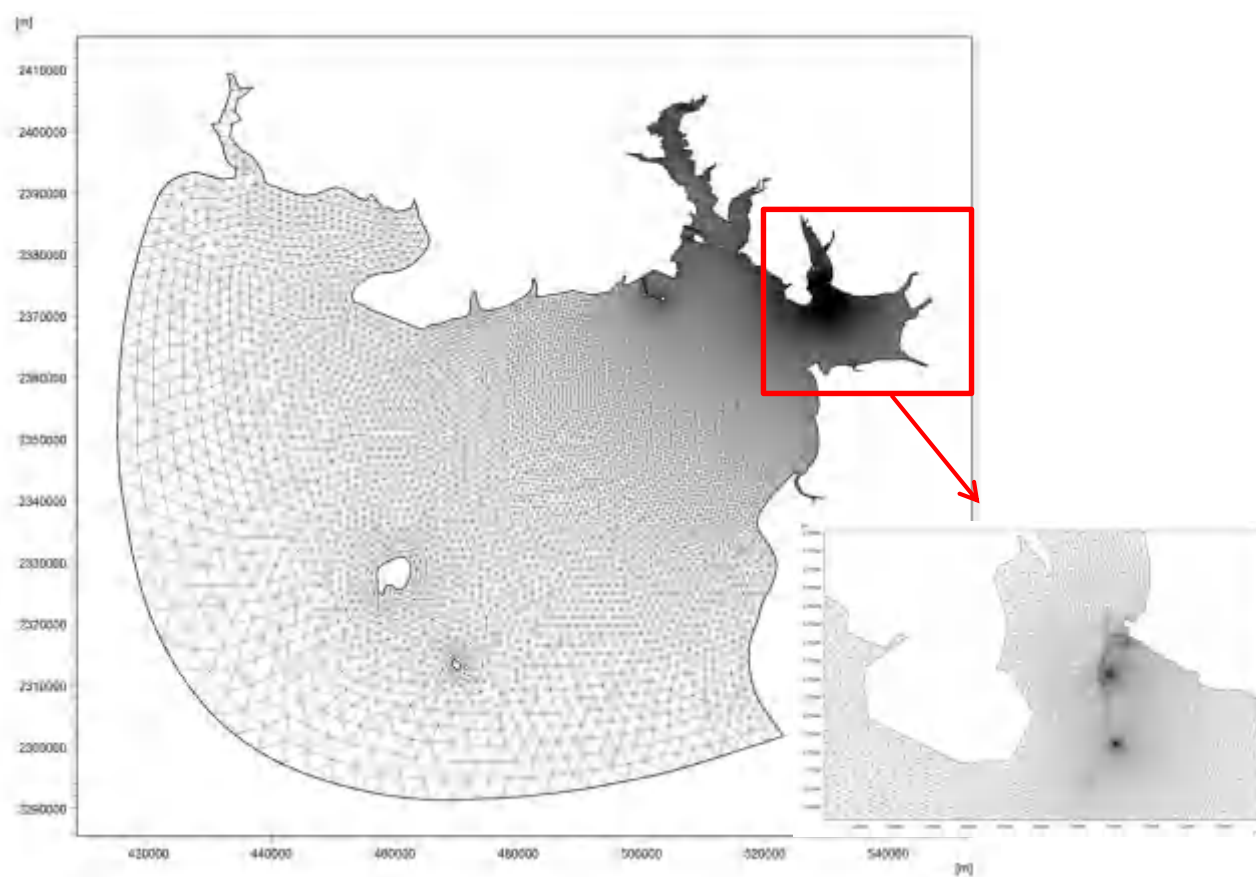


图 6.2-4 数学模型网格剖分图

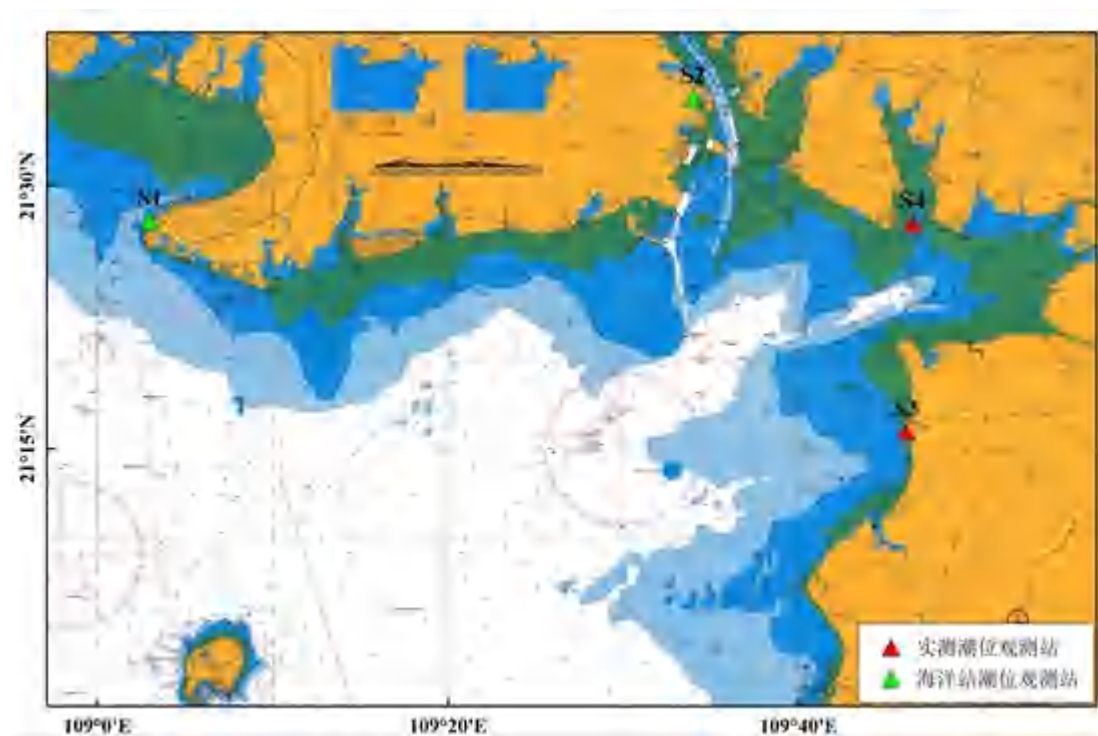


图 6.2-5 潮位观测站位分布示意图

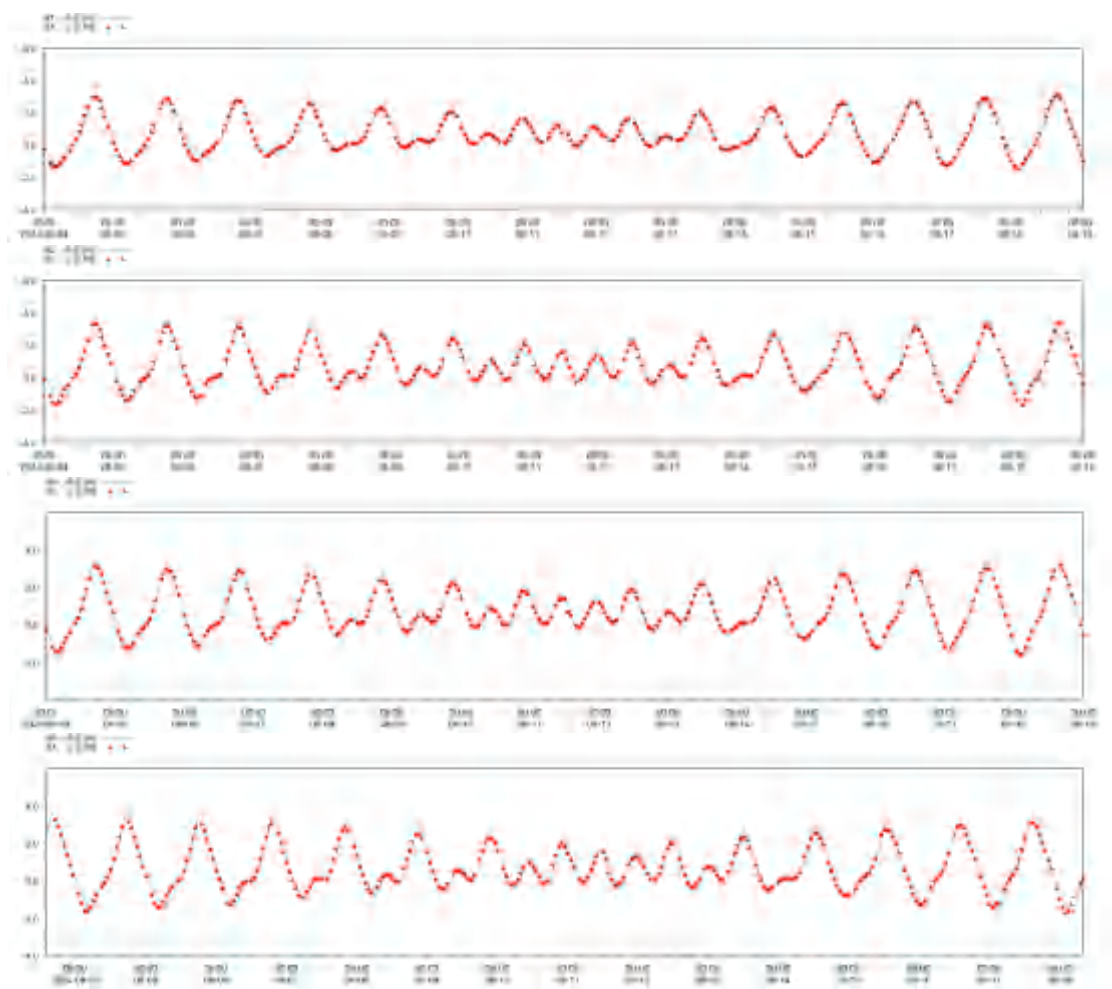


图 6.2-6 S1、S2、S3、S4 夏季潮位验证

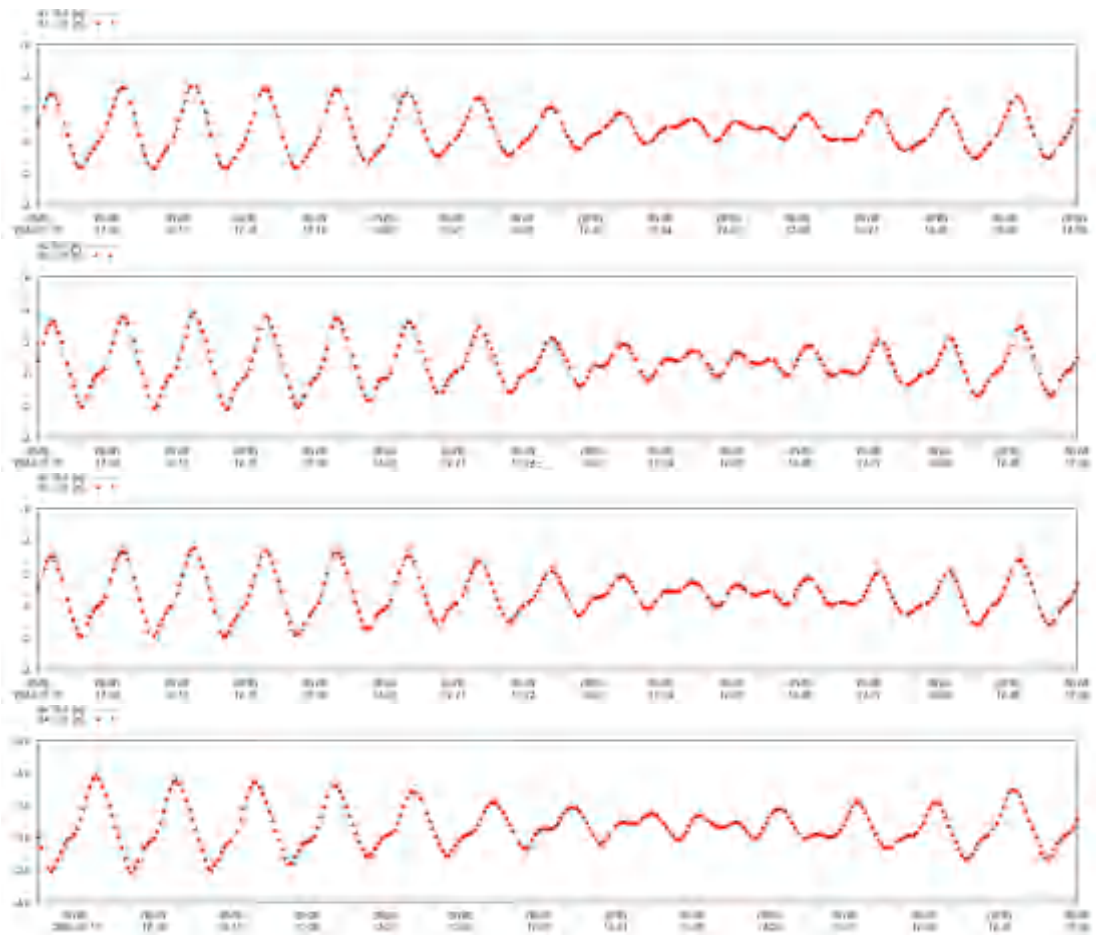


图 6.2-7 S1、S2、S3、S4 冬季潮位验证

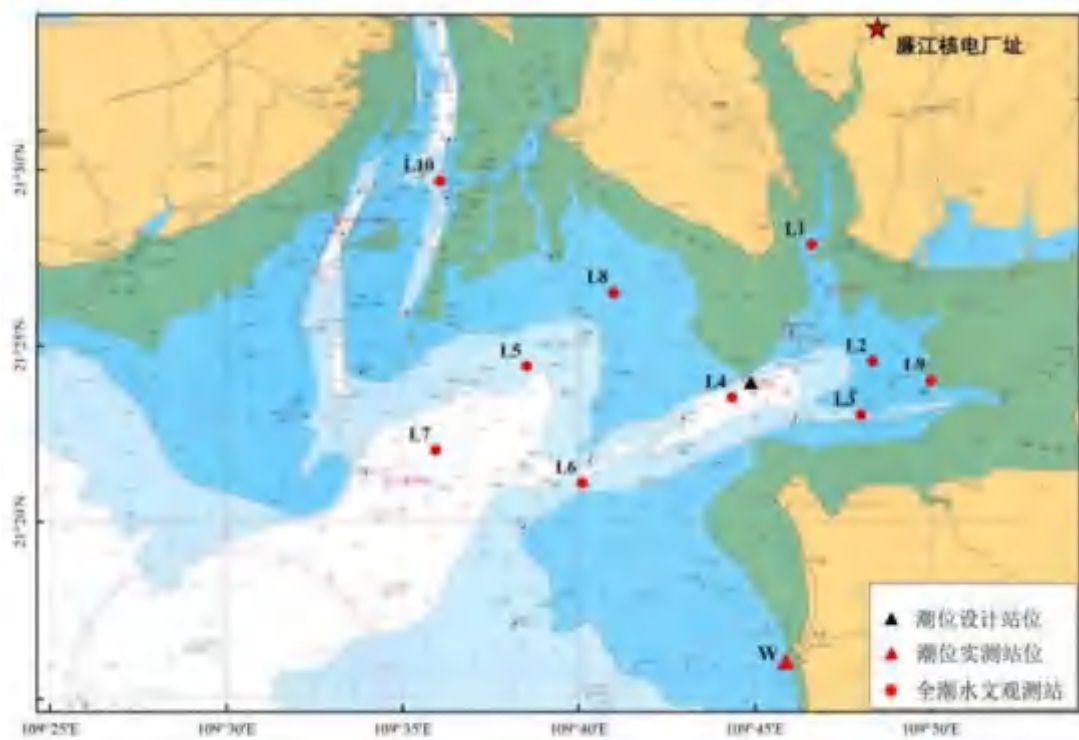


图 6.2-8 水文测站分布示意图

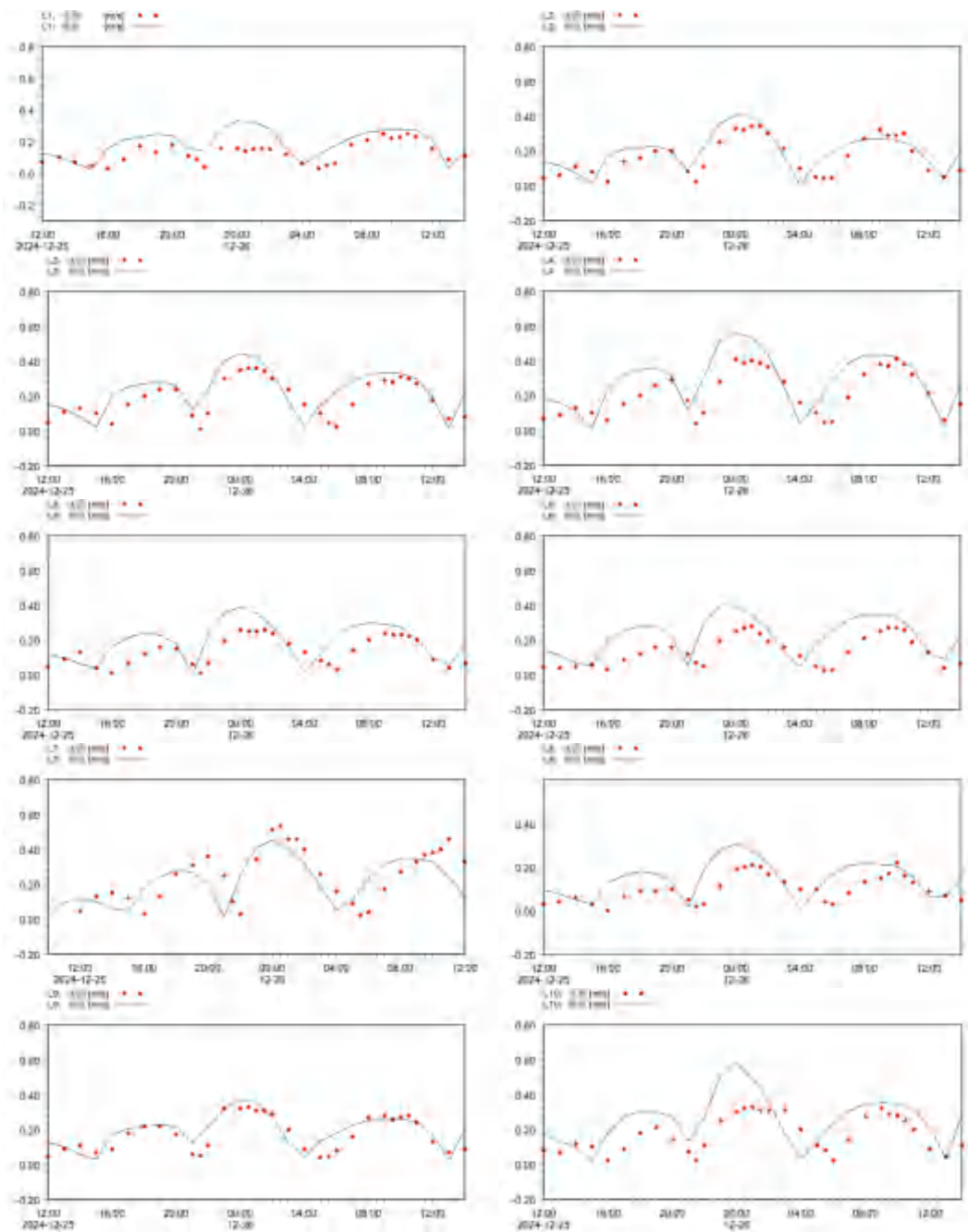


图 6.2-9a 冬季小潮流速验证

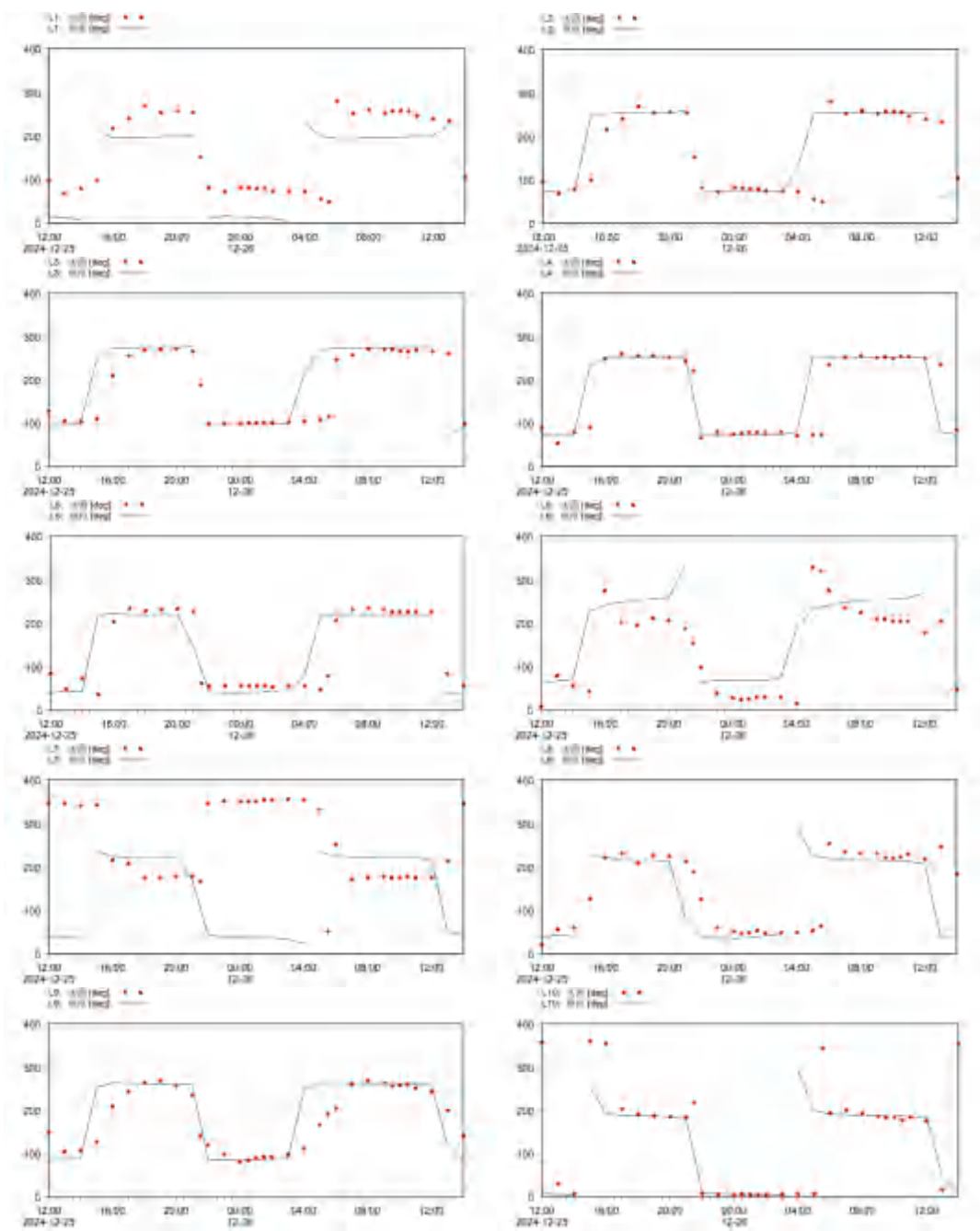


图 6.2-9b 冬季小潮流向验证

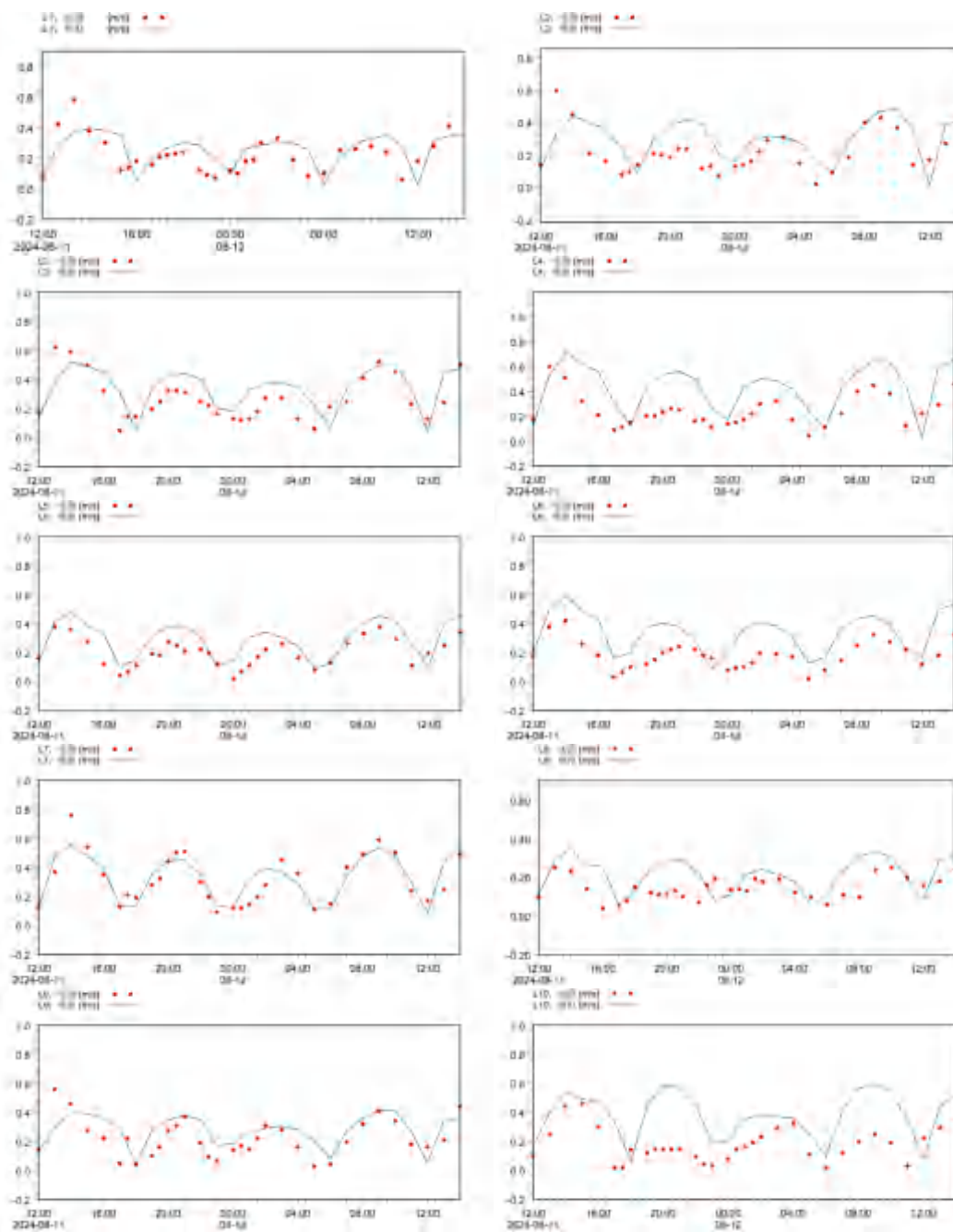


图 6.2-10a 夏季小潮流速验证

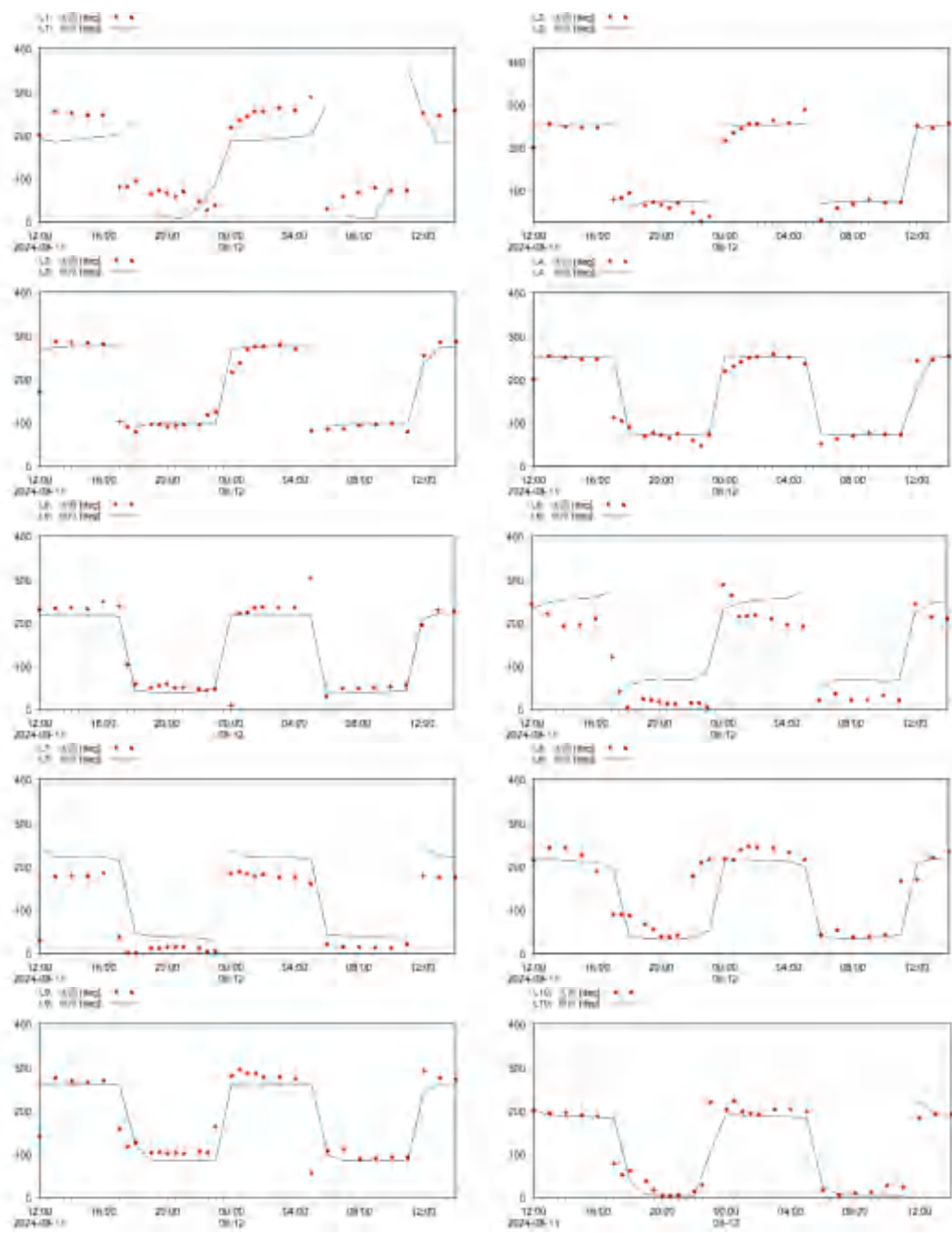


图 6.2-10b 夏季小潮流向验证

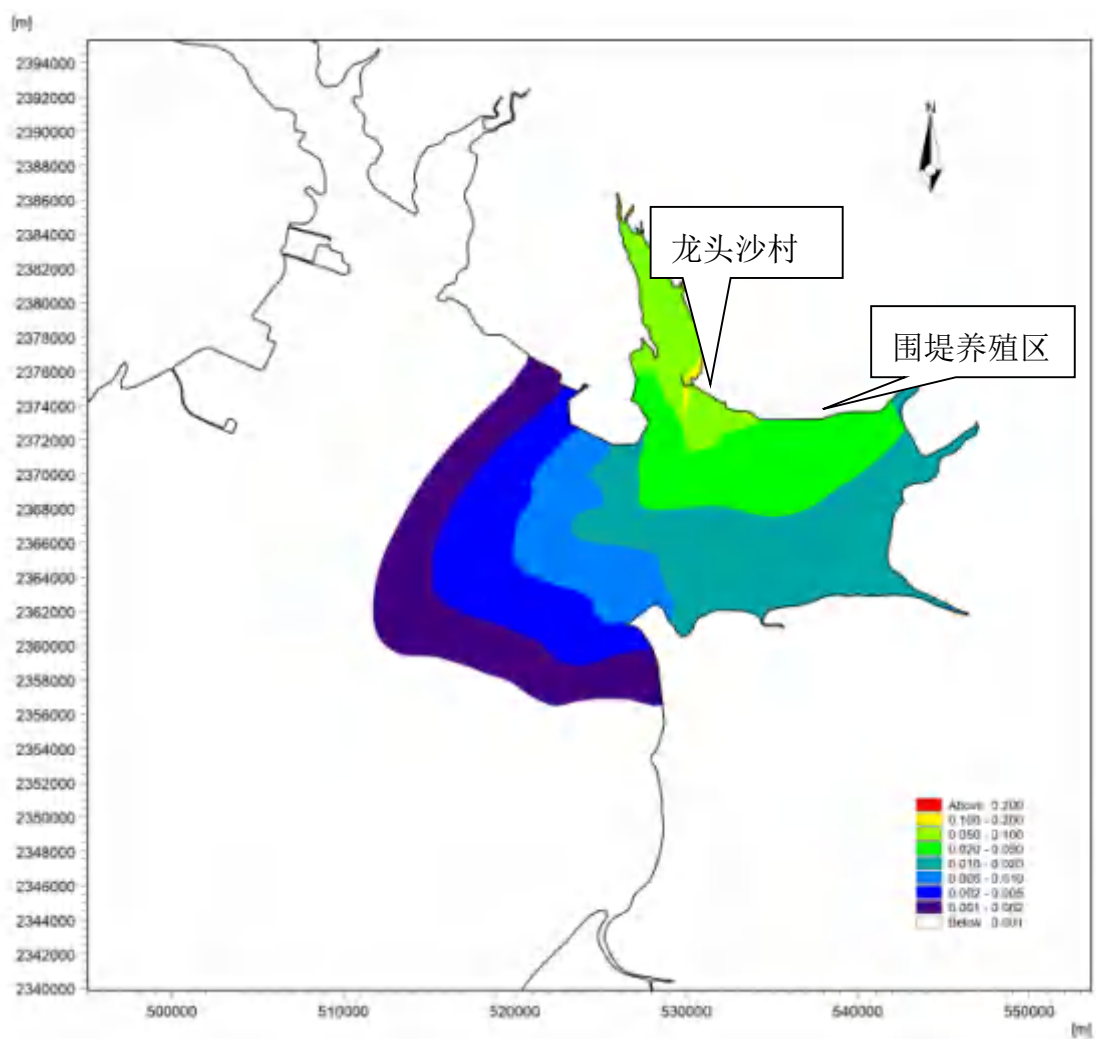


图 6.2-11 核素 ^{60}Co 浓度平均值包络线范围（一期工程 2 台 CAP1000 机组和本工程 2 台国和一号机组，夏季半月潮）

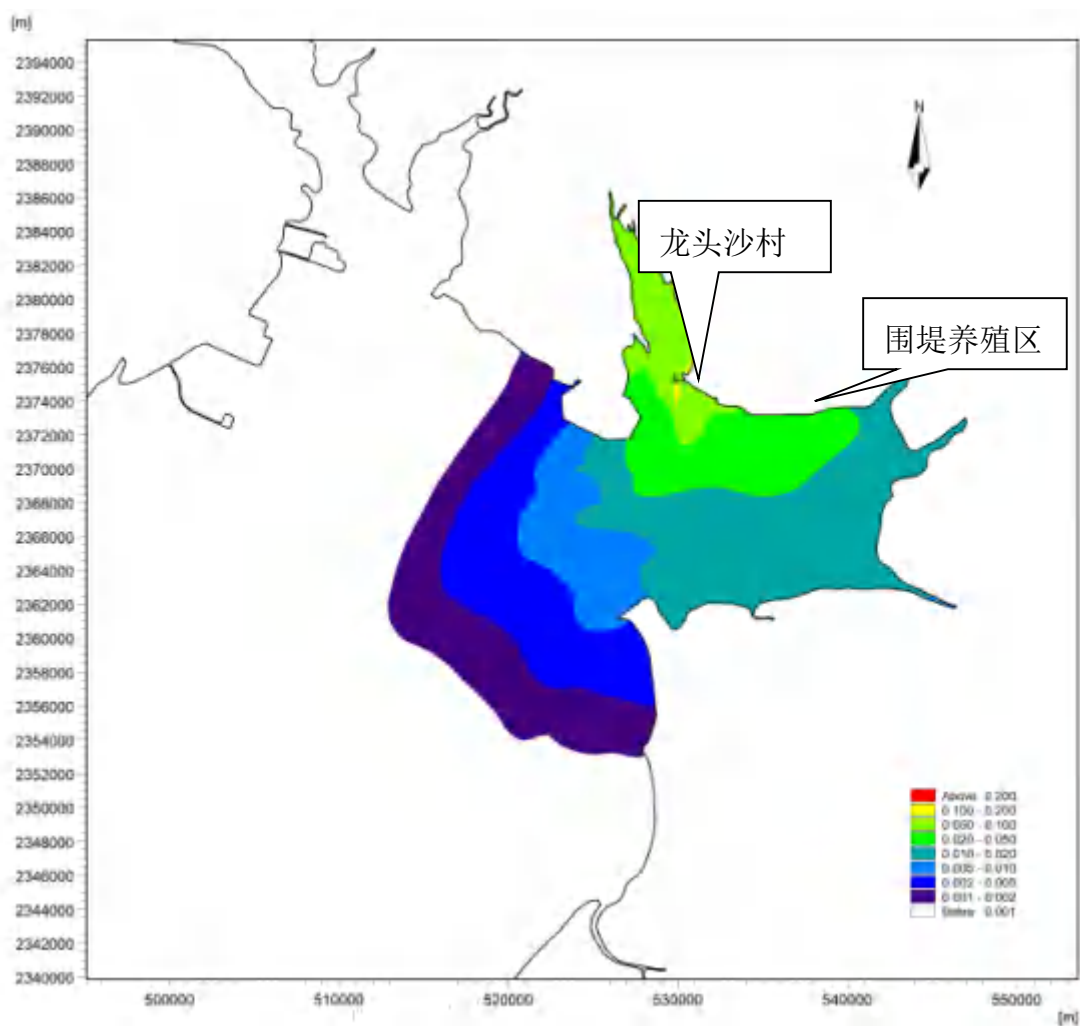


图 6.2-12 核素 ^{60}Co 浓度平均值包络线范围（一期工程 2 台 CAP1000 机组和本工程 2 台国和一号机组，冬季半月潮）

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

核电厂运行对环境的其它影响主要是化学物质排放引起的影响。

核电厂排放的化学物质来自下列工艺过程产生的废水中：

- 除盐水处理；
- 凝结水精处理；
- 化学加药处理；
- 非放射性废水处理；
- 氯化处理；
- 硼酸排放。

1) 除盐过程产生的废水

除盐水处理系统的功能是处理来自淡水供应系统的水，为常规岛、核岛和 BOP 等项目提供符合水质和水量要求的除盐水，处理后的除盐水输送至除盐水储存和分配系统及凝结水精处理系统。除盐水处理系统采用一级除盐加混床的处理工艺。

该系统中使用的化学物质是盐酸和氢氧化钠，主要用于树脂再生，其排放物为再生过程产生的酸碱性废水，该废水中主要化学物质为 NaCl，污染物指标主要为 pH 和含盐量。酸碱性废水经过曝气中和处理后 pH=6~9，排入生产废水系统（WWS）统一排放。因此，除盐水处理系统排出的废水不会对厂址附近海域的水质产生明显影响。

2) 凝结水精处理系统排放的废水

凝结水精处理系统在机组启停及异常运行期间能从凝结水中除去微量的离子态杂质和腐蚀产物，缩短机组启动时间，维持正常运行以及在凝汽器管材泄漏时确保在一定时间内有计划地停机。工艺流程为：凝结水→前置阳床→高速混床→精密过滤器→凝结水升压泵→凝结水。

该系统中使用的化学物质是盐酸和氢氧化钠，主要用于树脂再生，其排放物为再生过程产生的酸碱性废水，酸碱性废水经过曝气中和处理后 pH=6~9，排入生产废水系统（WWS）统一排放。因此，凝结水精处理系统排放的废水不会对受纳海域的水质产生明显影响。

3) 含氮废水处理系统

本项目设置含氨废水处理系统，通过折点氯化法处理含氨超标的废水。本项目含氨超标的废水来源主要是凝结水精处理再生废水和蒸汽发生器排污水处理的EDI浓水，其中凝结水精处理再生废水中氨含量约为400~1000mg/L，蒸汽发生器排污水处理的EDI浓水氨含量 $\leq 60\text{mg/L}$ 。

含氨废水处理系统的氨氮废水最大处理量按照6台机组均投运后，其中3台机组需同时进行凝结水精处理再生的工况设计。每台机组凝结水精处理再生废水量平均约 $18\text{m}^3/\text{h}$ ，每台机组蒸汽发生器排污水处理的EDI浓水连续排水量为 $4.2\text{m}^3/\text{h}$ ；则3台机组凝结水精处理再生的工况下，电厂含氨废水总量约为 $79.2\text{m}^3/\text{h}$ 。含氮废水处理系统按照出水氨含量 $\leq 5\text{mg/L}$ 设计，满足广东省地方标准《污染物排放限值》（DB44/26-2001）中的一级排放标准后全部回用，不进行外排。

4) 常规岛化学药剂供给

常规岛化学药剂供给系统将所需的化学药品注入凝结水、给水、闭式水以及蒸汽发生器排污系统，维持系统的合适水化学工况，以使这些系统腐蚀和结垢倾向减至最低。

系统包括加氨水/加乙醇胺（ETA）药装置一套，用于给水、凝结水、闭式水和湿保养期间的加药；联氨加药装置一套，用于给水、凝结水、闭式水和湿保养期间的加药。氨水/ETA 和联氨加入系统后随着处理工艺消耗，无外排，不会对厂址附近海域的水质产生影响。

5) 余氯排放

为保护循环冷却水系统不受海洋附着生物的堵塞，在冷却水中注入次氯酸钠。次氯酸钠由电解海水制氯系统生产。次氯化物的注入，会在海水中产生下列产物：

- 次氯化物与海水中的溴盐作用，产生次溴化物离子；
- 在海水中产生少量游离溴或游离氯；
- 次溴化物或次氯化物与海洋中的含氮有机化合物作用，产生化合态的氧化物，从而造成低值氧化剂残留量。

根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05mg/L 时，藻类的初生组织就开始受到影响。但参考目前国内运行核电厂的运行情况，余氯随循环冷却水系统的冷却水排入水环境前，水体中余氯的浓度经降解（半衰减期 1.5h）一般均可降至 0.15mg/L 以下。

关于余氯对水生生物的影响，曾江宁¹等人对余氯造成水生生物的损伤开展了一定的研究，研究发现余氯对浮游植物的损害较大，0.2mg/L 的氯可以直接杀死水中 60~80%的藻类；0.1mg/L 的余氯会使浮游植物光合作用下降 50%；当余氯稀释到 0.03mg/L 以下时，水中初级生产力可完全恢复。浮游动物对余氯较敏感，48h 的半致死浓度乘以安全因子 0.5 可确定余氯的安全浓度。25℃时余氯对海水中浮游动物 96h 的半致死浓度（LC₅₀）为 0.062~0.267mg/L。张穗²等人则选择若干养殖经济动物进行了余氯毒性胁迫试验。以 0.5 为安全因子，余氯胁迫作用时间不超过 30min 时，游离余氯对平鲷、黑鲷仔鱼的安全容许浓度约为 0.10mg/L，对斑节对虾幼苗为 0.86mg/L；余氯胁迫作用不超过 60min 时，化合态余氯对平鲷、黑鲷仔鱼的安全容许浓度约为 0.30mg/L，对斑节对虾幼苗约为 2.86mg/L。

根据中国辐射防护研究院开展的数值模拟计算报告，一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行后，余氯的排放浓度值为 0.1mg/L。目前认为余氯浓度 0.02mg/L 基本为各类生物的安全阈值。一期工程和本工程正常运行后，4 台核电机组排放的余氯相对浓度在附近海域中典型半月潮最大和平均包络范围见图 6.3-1 和图 6.3-2。由图可见，一期工程 2 台核电机组和本工程 2 台核电机组余氯排放的影响范围很小，因此不会厂址附近渔业资源造成不良影响。

本工程排水中的余氯是损害浮游植物的主要因素，但是浮游植物具有较强的恢复潜能，余氯对浮游植物的损伤能得到较快恢复。浮游动物对氯较敏感，较低浓度的氯即可对浮游动物产生明显的影响，但同样浮游动物也具有较强的恢复潜能，余氯对浮游动物的损伤也能得到较快恢复。厂址排水口周边海域的环境水体对余氯的稀释能力较强，余氯影响范围也仅在排水口附近海域，因此，排水中余氯对浮游生物基本不会有明显的影响。

6) 液体放射性废物处理的化学废水

此类废水的化学成分由两部分组成：

- 工艺水中少量化学添加剂。按照运行规程的要求，这些化学物质的浓度通常很低，不会厂址附近海域水体质量产生明显影响。
- 放射性核素。放射性核素的辐射影响已在 6.2 节中进行了分析，由于这

¹曾江宁等，余氯对水生生物的影响，生态学报，2005（10）：2717-2724。

²张穗等，大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响，海洋环境科学，2000（2）：14-18。

些核素浓度甚微，因此这些核素对厂址附近海域的化学影响比起辐射影响可以忽略不计。

7) 硼酸排放

本项目利用废液精处理装置除硼。来自流出液暂存箱内的废液（反应堆冷却剂流出液）经过深床过滤器和离子交换树脂床处理后，送往废液精处理装置，利用膜工艺进行硼和放射性核素的分离及硼的浓缩，并在水箱中进行硼酸浓度的调节，以满足回用要求后送往硼酸贮存箱。经 WAS 系统处理后，硼浓度小于 100ppm，与循环水排水混合后入海。入海口处硼的浓度小于 0.1ppm，小于海水本身含硼量 4~7ppm，因此不会对场址附近海域的水质产生影响。

6.3.2 其它污染物的环境影响

1) 生活污水

本工程利用一期工程生活污水处理设施，无新建。保守估计本工程生活污水产生量不超过 380m³/d。生活污水全部回收利用，不外排。一般情况生活污水处理系统出水可完全回用于厂区绿化用水和道路洒水；特殊情况（如连续阴雨水天气时绿化用水减少时），生活污水处理系统出水可以补入冷却塔水池，作为循环水补充水。

2) 固体废弃物

参考国内其他核设施，运行期间生活垃圾产生量约 648 吨/年。生活垃圾收集后由环卫系统清理外运，不会对环境造成不良影响。

本工程运行期间产生的一般固体废物主要包括废金属、废纸、废木材、废橡胶等等。一般固体废物产生量预计约为 500t/年。一般固体废物将定期清运至当地垃圾处理场处理或者由废品回收单位回收处理，不会对环境造成不良影响。

本工程利用一期工程危险废物贮存设施，无新建。危险废物产生量预计为 193 吨/年。危险废物收集后临时贮存在非放危险废物库（于一期工程中建设，设计容量按照 6 台机组运行时考虑）中，定期委托有资质的单位外运处置。

海水预处理系统产生的预处理污泥采用浓缩、离心脱水处理，并由汽车外运处理，不会对环境造成不良影响。

3) 电磁辐射

本工程开关站 500kV 架空出线的设计将满足《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）中第 5、13 章相关规定。

- 1) 导线对地面最小距离不小于 11 米;
- 2) 导线下方房屋所在地面 1.5m 处的电场强度不超过 4kV/m。

4) 噪声

除冷却塔外，本工程的其他噪声主要来自机械通风冷却塔、核岛主厂房和常规岛厂房，主要噪声源为各类泵、阀、风机、汽轮机、发电机等。噪声的主要控制措施是从设备噪声源强度上进行控制，设计中尽量选用低噪声设备，机械通风冷却塔考虑加装进排风口消声器等措施来减少塔内声源的强度，从根本上减少噪声的产生。对某些无法从声源上实现噪声控制的高噪声设备，采取加设吸声、隔声、消声装置，从传播途径上进行控制。

通过采取以上措施并通过建筑隔声、距离衰减，确保厂界处噪声满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准。

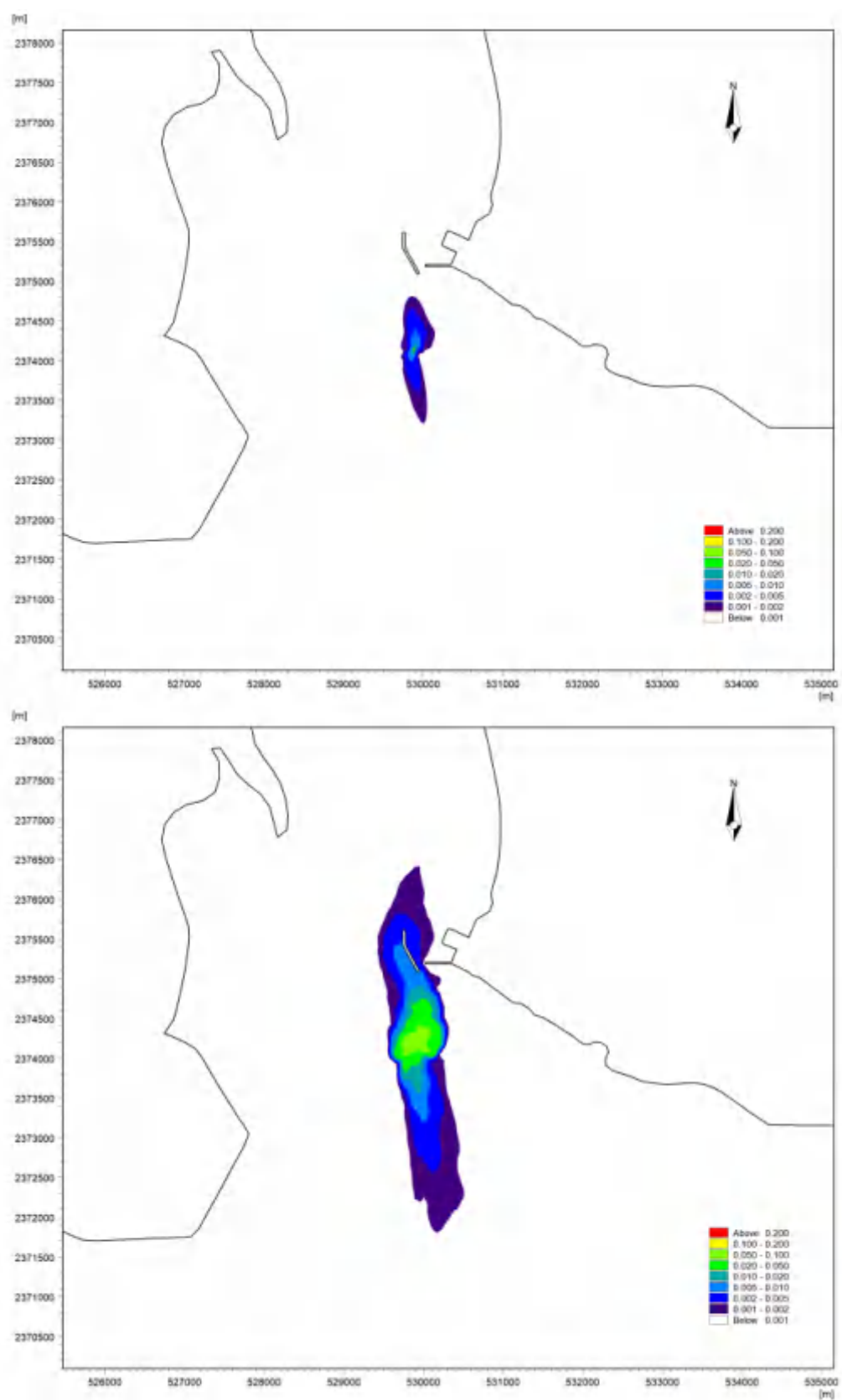


图 6.3-1 余氯浓度平均值、最大值包络线范围（一期工程 2 台 CAP1000 机组和本工程 2 台国和一号机组，夏季半月潮）

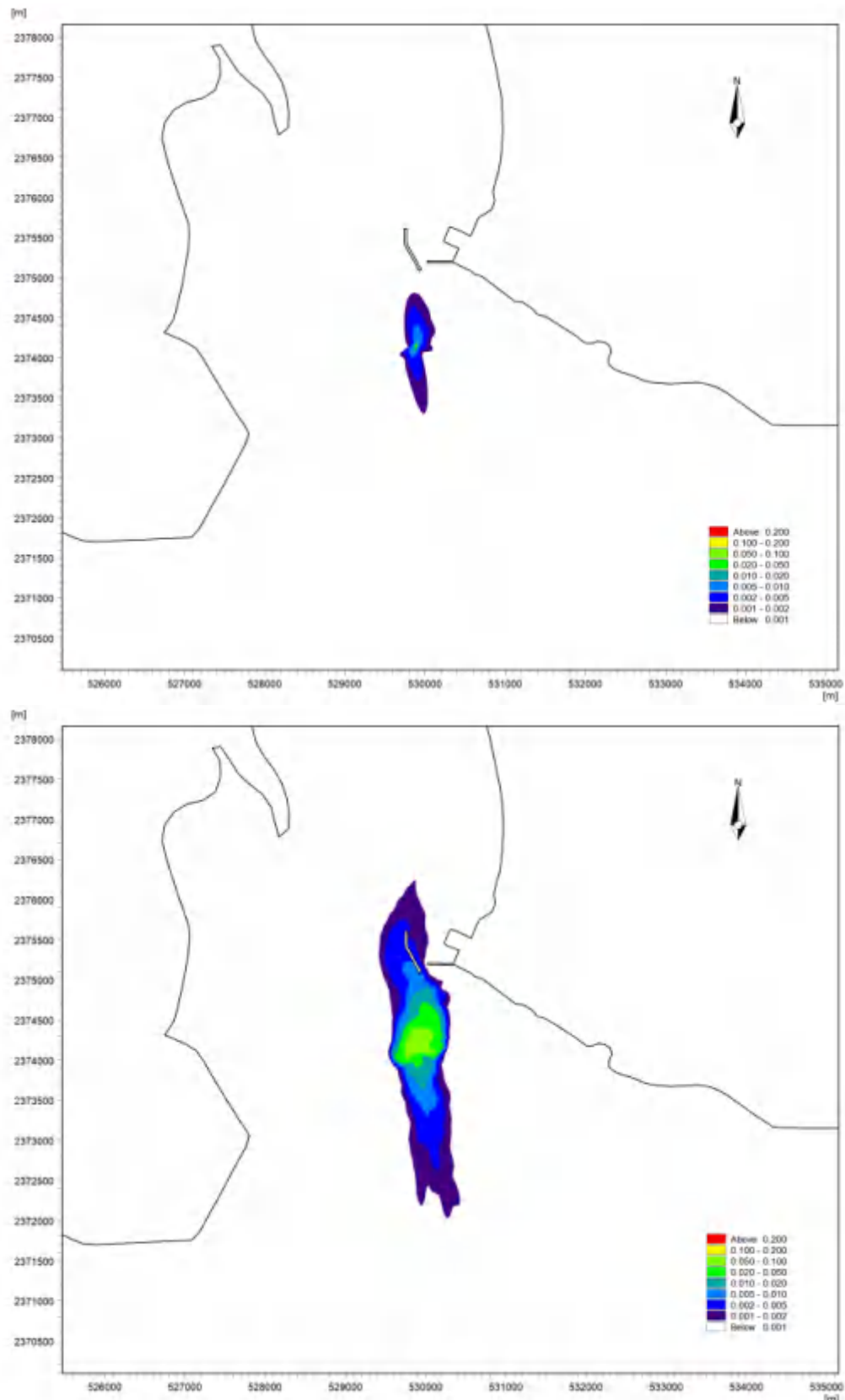


图 6.3-2 余氯浓度平均值、最大值包络线范围（一期工程 2 台 CAP1000 机组和本工程 2 台国和一号机组，冬季半月潮）

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

核电厂选址阶段基于选址假想事故开展核电厂事故的环境影响评价。根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)的规定,选址假想事故仅适用于选址阶段,用于评价场址选择的适当性,并作为确定场址非居住区、规划限制区边界主要技术依据的选定事故。选址假想事故一般应考虑全堆芯熔化,否则应进行充分有效的论证。

7.1.1.2 事故源项

本工程为3、4号机组工程,建设2台国和一号压水堆核电机组。

国和一号压水堆的选址假想事故向环境释放的主要途径是安全壳的泄漏,释放的放射性物质主要是惰性气体、碘、碱金属、碲组、稀有金属、铈组、钡和锶组及镭组核素。

事故中放射性物质向环境的释放量计算中,作了如下假设:

(1) 假设反应堆冷却剂中惰性气体及碘活度浓度达到技术规格书中规定的限值。碱金属活度浓度达到设计基准的燃料破损水平(0.25%)对应的值。

(2) 根据GB 6249-2025 附录A中描述的源项模型,堆芯释放分为两个阶段,第一阶段为间隙释放,假设反应堆冷却剂释放结束后(事故后10min),间隙中的放射性按线性释放形式释放到安全壳大气中,持续0.5h;第二阶段是压力容器内早期释放,大量的放射性按线性释放形式伴随事故进程释放,持续时间为1.3h。

(3) 在发生选址假想事故时,堆芯内存储的大量的平衡循环寿期末所累积的裂变产物会释放到安全壳内。

(4) 核素的形态与GB 6249-2025 附录A中定义的模型一致。碘的各形态中以非挥发性的碘化铯为主,附带少量元素碘。此外模型中还假设一部分元素碘和安全壳内的有机物反应生成有机碘化合物。

(5) 元素碘通过表面沉积去除。粒子碘(气溶胶)的去除方式有重力沉降、扩散泳(蒸汽冷凝驱动沉积)、热泳(温差引起的沉积)等。有机碘假设不能被

去除。

(6)在选址假想事故发生后前 24h 内安全壳泄漏率为 0.1%(自由容积)/d, 24h 后泄漏率减半。

根据上述计算模式和参数,计算得到假想事故发生后各时间间隔内释入环境的放射性量列于表 7.1-1。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

事故大气弥散因子计算采用《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》(NB/T20182-2012)推荐的计算模式。

事故大气弥散因子采用下列一组地面释放轴线浓度公式计算:

$$(\chi/Q)_x = \frac{1}{u_{10}(\pi\sigma_y\sigma_z + CA)} \quad (7.1.2-1)$$

$$(\chi/Q)_x = \frac{1}{u_{10}(3\pi\sigma_y\sigma_z)} \quad (7.1.2-2)$$

$$(\chi/Q)_x = \frac{1}{u_{10}\pi\Sigma_y\sigma_z} \quad (7.1.2-3)$$

式中:

$(\chi/Q)_x$ —释放点下风向 x 米距离处烟羽中心线上的地面相对浓度,即大气弥散因子, s/m³;

u_{10} —地面上方 10m 高度处的风速, m/s;

σ_y —烟羽水平弥散参数, m;

σ_z —烟羽垂直弥散参数, m;

A—反应堆建筑物最小迎风截面积, m²;

C—反应堆建筑物几何修正因子, 无量纲;

Σ_y —考虑烟羽弯曲和建筑物尾流效应的烟羽水平弥散参数, m。

在用上列诸式作大气弥散因子计算时, χ/Q 按下述条件取值:

1) 对中性 (D) 和稳定 (E、F) 类大气稳定度, 且 $u_{10} < 6\text{m/s}$ 的天气条件, 考虑烟羽弯曲效应, χ/Q 由 (7.1.2-1) 与 (7.1.2-2) 两式计算结果的较大者再与 (7.1.2-3) 式的计算结果比较取较小者, 即其取值表达式为:

$$\chi/Q = \min \left\{ \frac{1}{u_{10} \pi \Sigma_y \sigma_z}, \max \left[\frac{1}{u_{10} (\pi \sigma_y \sigma_z + CA)}, \frac{1}{u_{10} (3 \pi \sigma_y \sigma_z)} \right] \right\} \quad (7.1.2-4)$$

2) 对不稳定 (A、B、C) 类大气稳定度或 $u_{10} > 6\text{m/s}$ 的天气条件, 不考虑烟羽弯曲效应, χ/Q 取 (7.1.2-1) 与 (7.1.2-2) 两式计算结果的较大者, 即其取值表达式为:

$$\chi/Q = \max \left[\frac{1}{u_{10} (\pi \sigma_y \sigma_z + CA)}, \frac{1}{u_{10} (3 \pi \sigma_y \sigma_z)} \right] \quad (7.1.2-5)$$

厂址的年逐时风向、风速、大气稳定度联合频率见第二章 2.4 节。用上列诸式计算释放点下风向不同距离处的逐时大气弥散因子 (χ/Q) 值, 把算得的每个方位某给定距离处的所有逐时 (χ/Q) 值由大到小顺序排列, 则可截取相应于某累积概率水平的 χ/Q 值。对 16 个方位的某个给定距离, 可得到 16 个相应于某概率水平的小时事故大气弥散因子。取其最大者, 用于短期释放 (持续时间在 1 小时以内) 的后果评价。

对持续时间长于 1 小时的事事故释放, 按事故过程划分不同的时间段。各时间段的事事故大气弥散因子, 可由小时事故大气弥散因子与年均弥散因子对数线性内插求取。

对于选址假想事故, 先逐一计算非居住区边界和规划限制区边界处每个方位 99.5% 累积概率水平的大气弥散因子, 并从对应于 16 个方位的数值中取出最大者与相应位置的全厂址 95% 累积概率水平的大气弥散因子相比较, 择其大者作为评价用的事故大气弥散因子进行个人剂量评价。

2022 年 11 月 17 日, 廉江市人民政府印发《关于设置和管理广东廉江核电项目非居住区的复函》, 明确同意广东廉江核电项目设置非居住区, 区域内严禁有常驻居民, 项目寿期内按照《核动力厂环境辐射防护规定》等有关规定进行有效管控, 任何公民及其组织在非居住区内开展影响核电厂运行或影响应急预案实施活动, 报湛江核电审核同意后方可进行。廉江核电项目厂址非居住区的边界为: 距 1、2 号核岛 SSW 方位 900 米、SW 方位 1000 米、WSW 方位 850 米、W 方位 1050 米、WNW 方位 900 米, 其余方位 800 米; 距 3~6 号核岛 S 方位 950 米、SSW 方位 1050 米、SW 方位 1150 米、WSW 方位 1000 米、W 方位 1250 米、WNW 方位 1050 米, 其余方位 800 米构成的封闭区域。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国核安全法》和

《核动力厂环境辐射防护规定》的要求，在本工程所在厂址周围将设置半径为5km的规划限制区。2025年6月12日广东省人民政府出具《广东省人民政府关于划定廉江核电厂规划限制区的批复》（粤府函〔2025〕80号），同意以廉江核电厂1号至6号机组核岛为中心、5公里为半径的包络区域划定为规划限制区。根据《广东省人民政府关于划定廉江核电厂规划限制区的批复》（粤府函〔2025〕80号），厂址规划限制区外边界距本工程各机组反应堆各方位最近距离为5km。

本工程非居住区边界事故大气弥散因子及对应距离见表7.1-2，厂址规划限制区外边界（5km）的事故大气弥散因子见表7.1-3。

采用全厂址95%累积概率水平的大气弥散因子作为集体剂量评价的事故大气弥散因子，厂址半径80km评价区域下风向不同距离上的全厂址95%累积概率水平的大气弥散因子见表7.1-4。

7.1.2.2 事故剂量

选址假想事故期间所考虑的对公众产生辐射照射的主要途径包括：

- 浸没于放射性烟云中所受的外照射；
- 吸入放射性烟云中碘所受的内照射；
- 地面沉积外照射。

公众可能受到的照射剂量与受照个人的年龄有关。对个人剂量评价，假定受照者是处在厂址非居住区边界和规划限制区外边界上的成人，个人剂量是释放核素通过上述途径所致剂量的总和；对集体剂量评价，受照者为厂址半径80km评价区域内的居民。

个人剂量和集体剂量的计算模式如下：

1) 个人剂量：

a. 浸没于半无限放射性烟云中所受外照射剂量 D^o ：

$$D^o = \sum_i Q_i \cdot (\chi/Q)_x \cdot (DCF)_i^o \quad (7.1.2-6)$$

式中：

D^o —烟云浸没对个人所致的外照射有效剂量，Sv；

Q_i —评价时间内核素*i*的释放量，Bq；

$(\chi/Q)_x$ —评价时间内，离释放点*x*米距离处的事故大气弥散因子，s/m³；

$(DCF)_i^o$ —核素*i*对个人的烟云浸没外照射有效剂量转换因子，(Sv/s) /

(Bq/m³)。

b. 吸入放射性物质所受内照射剂量 D^i ：

$$D^i = \sum_i Q_i \cdot (\lambda / Q)_x \cdot Ba \cdot (DCF)_i^i \quad (7.1.2-7)$$

式中：

Ba—a 年龄组个人的呼吸率，m³/s；

$(DCF)_i^i$ —核素 i 对个人的吸入内照射有效剂量转换因子，Sv/Bq。

c. 地面沉积外照射剂量 D^g ：

由于干沉积产生的地面沉积因子如下：

$$D/Q = (\lambda / Q)_x \cdot V_d \quad (7.1.2-8)$$

式中：

D/Q—地面沉积因子，1/m²；

V_d —放射性物质干沉积速度m/s；元素碘0.01，颗粒物和粒子碘取0.0015，有机碘取0.0001。

地面沉积外照射产生的剂量：

$$D^g = \sum_i Q_i \cdot (D/Q) \cdot [1 - \exp(-\lambda_i t)] \cdot \lambda_i^{-1} \cdot (DCF)_i^g \quad (7.1.2-9)$$

式中：

D^g —由于地面沉积外照射产生的个人有效剂量，Sv；

$(DCF)_i^g$ —核素i对个人的地面沉积外照射有效剂量转换因子，(Sv m²)/(Bq h)；

λ_i —核素i的放射性衰变常数，h⁻¹；

t—地面沉积放射性积累时间，h。

2) 集体剂量

$$D_J = \sum_{mn}^3 P_{mn} \cdot D_{mn} \quad (7.1.2-10)$$

式中：

D_J —评价区域内的公众集体有效剂量，人 Sv；

P_{mn} —(mn) 子区域内人数，为人口最多的连续 3 个方位，人；

D_{mn} —(mn) 子区域内个人有效剂量，Sv；

上述公式适用于事故发生后由外照射和内照射途径所致的个人剂量和集体

剂量。

7.1.3 事故后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)的规定：在评价选址假想事故后果时，应考虑保守大气弥散条件和烟云浸没外照射、吸入内照射和地面沉积外照射途径。非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过上述途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv，规划限制区外边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述照射途径所接受的有效剂量不得大于 250mSv。在事故的整个持续期间内，环境影响评价范围内公众群体集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

本工程发生选址假想事故后，厂址非居住区边界、规划限制区外边界处的最大个人剂量和 80km 范围内公众群体所受的集体剂量结果及与《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)中规定的有效剂量的比较见表 7.1-5。集体剂量子区剂量见表 7.1-6。

由表 7.1-5 可见：

1) 在选址假想事故发生后任意 2h 内，厂址非居住区边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 73.8mSv。上述剂量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)规定的事故个人有效剂量（250mSv）的要求。

2) 在选址假想事故的整个持续期间(30 天)，厂址规划限制区外边界上(5km)任何个人所受的最大个人有效剂量为 18.7mSv。上述剂量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)规定的事故个人有效剂量（250mSv）的要求。

3) 在选址假想事故的整个持续期间（30 天），采用全厂址 95%累积概率水平的大气弥散因子作为集体剂量评价的事故大气弥散因子（取计算结果中连续 3 个方位子区集体剂量之和的最大值作为厂址集体剂量结果），计算得到厂址发生选址假想事故时所致的集体剂量为 5.00×10^3 人 Sv。上述剂量低于《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)规定的事故集体有效剂量（ 2×10^4 人·Sv）。

由上述结论可见，核电厂非居住区边界及规划限制区外边界的设置是合理的。

表 7.1-1 事故发生后各时段释入环境的放射性量

单位: GBq

核素	各时段释放量					
	0h~2h	2h~8h	8h~24h	24h~96h	96h~720h	1.2h~3.2h
元素碘						
I-130	2.93E+01	7.24E+01	2.45E+01	9.25E-01	0.00E+00	3.59E+01
I-131	1.51E+03	4.48E+03	2.14E+03	5.20E+02	1.52E+03	1.91E+03
I-132	1.46E+03	1.66E+03	1.34E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+03
I-133	2.97E+03	7.94E+03	3.10E+03	2.33E+02	1.85E+01	3.68E+03
I-134	1.23E+03	4.49E+02	2.55E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.83E+02
I-135	2.56E+03	5.34E+03	1.33E+03	1.48E+01	0.00E+00	3.04E+03
有机碘						
I-130	1.61E+00	2.03E+01	4.58E+01	1.55E+01	2.74E-01	3.49E+00
I-131	8.34E+01	1.30E+03	4.89E+03	9.42E+03	2.84E+04	1.88E+02
I-132	7.87E+01	3.97E+02	1.39E+02	5.55E-01	0.00E+00	1.40E+02
I-133	1.63E+02	2.25E+03	6.30E+03	4.08E+03	4.11E+02	3.60E+02
I-134	6.38E+01	8.04E+01	1.68E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.92E+01
I-135	1.40E+02	1.45E+03	2.11E+03	2.42E+02	0.00E+00	2.92E+02
粒子碘						
I-130	7.66E+02	1.64E+03	7.25E+01	3.70E-01	0.00E+00	1.32E+03
I-131	3.95E+04	9.56E+04	5.88E+03	7.40E+01	2.22E+02	7.10E+04
I-132	3.77E+04	4.88E+04	4.81E+02	0.00E+00	0.00E+00	5.45E+04
I-133	7.74E+04	1.75E+05	8.95E+03	3.70E+01	0.00E+00	1.36E+05
I-134	3.10E+04	1.77E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.22E+04
I-135	6.66E+04	1.28E+05	4.18E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.11E+05
碱金属						
Rb-86	6.40E+01	1.48E+02	9.25E+00	1.11E-01	6.29E-01	1.10E+02
Cs-134	6.30E+03	1.46E+04	9.21E+02	1.48E+01	1.04E+02	1.08E+04
Cs-136	1.35E+03	3.10E+03	1.96E+02	0.00E+00	1.11E+01	2.32E+03
Cs-137	4.06E+03	9.41E+03	5.96E+02	7.40E+00	7.03E+01	6.99E+03
Cs-138	1.18E+04	2.99E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.16E+03
惰性气体						
Kr-85m	2.64E+04	1.31E+05	7.83E+04	3.59E+03	0.00E+00	5.76E+04
Kr-85	1.55E+03	1.28E+04	3.40E+04	7.64E+04	6.56E+05	3.80E+03
Kr-87	2.93E+04	5.36E+04	2.11E+03	0.00E+00	0.00E+00	4.84E+04
Kr-88	6.11E+04	2.34E+05	6.90E+04	7.03E+02	0.00E+00	1.25E+05
Xe-131m	1.40E+03	1.14E+04	2.96E+04	5.99E+04	2.43E+05	3.42E+03
Xe-133m	7.96E+03	6.27E+04	1.45E+05	1.88E+05	1.19E+05	1.93E+04
Xe-133	2.54E+05	2.05E+06	5.15E+06	9.13E+06	1.81E+07	6.19E+05
Xe-135m	1.55E+03	1.22E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.18E+02
Xe-135	4.68E+04	2.98E+05	3.62E+05	7.55E+04	3.70E-03	1.08E+05
Xe-138	5.25E+03	3.15E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.17E+03
其它核素						
Sb-127	4.22E+02	1.19E+03	7.14E+01	7.40E-01	1.11E+00	8.71E+02
Sb-129	1.03E+03	2.09E+03	4.85E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.92E+03
Te-127m	6.96E+01	1.99E+02	1.25E+01	1.48E-01	1.33E+00	1.44E+02
Te-127	3.74E+02	9.09E+02	3.59E+01	0.00E+00	0.00E+00	7.38E+02
Te-129m	2.36E+02	6.73E+02	4.22E+01	3.70E-01	3.70E+00	4.89E+02
Te-129	5.04E+02	4.88E+02	7.40E-01	0.00E+00	0.00E+00	7.26E+02
Te-131m	8.85E+02	2.40E+03	1.31E+02	7.40E-01	0.00E+00	1.81E+03
Te-132	6.63E+03	1.85E+04	1.11E+03	1.11E+01	7.40E+00	1.37E+04

注: 1.2h~3.2h 时间段为释放量最大的 2h 时间段。

表 7.1-3 事故发生后各时段释入环境的放射性量（续）

单位：GBq

核素	各时段释放量					
	0h~2h	2h~8h	8h~24h	24h~96h	96h~720h	1.2h~3.2h
其它核素						
Sr-89	1.86E+03	5.30E+03	3.33E+02	7.40E+00	2.96E+01	3.85E+03
Sr-90	1.79E+02	5.12E+02	3.22E+01	3.70E-01	3.70E+00	3.72E+02
Sr-91	2.04E+03	4.96E+03	1.96E+02	0.00E+00	0.00E+00	4.02E+03
Sr-92	1.66E+03	2.81E+03	3.70E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.92E+03
Ba-139	1.62E+03	1.81E+03	5.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.46E+03
Ba-140	3.33E+03	9.45E+03	5.88E+02	7.40E+00	2.96E+01	6.88E+03
Mo-99	4.33E+02	1.21E+03	7.10E+01	7.40E-01	3.70E-01	8.91E+02
Tc-99m	3.24E+02	7.23E+02	2.22E+01	0.00E+00	0.00E+00	6.23E+02
Ru-103	3.65E+02	1.04E+03	6.51E+01	1.11E+00	5.55E+00	7.56E+02
Ru-105	1.98E+02	4.07E+02	9.99E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.71E+02
Ru-106	1.22E+02	3.47E+02	2.18E+01	3.70E-01	2.59E+00	2.52E+02
Rh-105	2.30E+02	6.28E+02	3.52E+01	0.00E+00	0.00E+00	4.70E+02
Ce-141	7.92E+01	2.26E+02	1.42E+01	1.85E-01	1.18E+00	1.64E+02
Ce-143	7.08E+01	1.93E+02	1.07E+01	7.40E-02	0.00E+00	1.45E+02
Ce-144	6.23E+01	1.78E+02	1.12E+01	1.48E-01	1.26E+00	1.29E+02
Pu-238	1.31E-01	3.75E-01	2.37E-02	3.70E-04	2.59E-03	2.72E-01
Pu-239	1.32E-02	3.78E-02	2.41E-03	3.70E-05	2.59E-04	2.74E-02
Pu-240	2.11E-02	6.02E-02	3.81E-03	3.70E-05	4.44E-04	4.37E-02
Pu-241	5.48E+00	1.56E+01	9.88E-01	1.11E-02	1.18E-01	1.14E+01
Np-239	8.81E+02	2.44E+03	1.43E+02	1.11E+00	7.40E-01	1.81E+03
Y-90	1.85E+00	5.15E+00	3.03E-01	3.70E-03	0.00E+00	3.80E+00
Y-91	2.41E+01	6.86E+01	4.33E+00	3.70E-02	4.44E-01	4.99E+01
Y-92	1.84E+01	3.49E+01	6.66E-01	0.00E+00	0.00E+00	3.36E+01
Y-93	2.52E+01	6.18E+01	2.52E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.98E+01
Nb-95	3.27E+01	9.31E+01	5.85E+00	7.40E-02	5.18E-01	6.77E+01
Zr-95	3.24E+01	9.23E+01	5.81E+00	7.40E-02	5.55E-01	6.70E+01
Zr-97	3.03E+01	7.89E+01	3.85E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.11E+01
La-140	3.40E+01	9.33E+01	5.29E+00	3.70E-02	0.00E+00	6.96E+01
La-142	1.53E+01	1.86E+01	7.77E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.40E+01
Pr-143	1.23E+01	3.48E+01	2.15E+00	3.70E-02	1.11E-01	2.54E+01
Nd-147	2.87E+01	8.14E+01	5.07E+00	7.40E-02	2.96E-01	5.93E+01
Am-241	2.39E-03	6.83E-03	4.29E-04	7.40E-06	4.81E-05	4.96E-03
Cm-242	6.42E-01	1.83E+00	1.15E-01	1.48E-03	1.26E-02	1.33E+00
Cm-244	6.73E-02	1.92E-01	1.21E-02	1.85E-04	1.41E-03	1.39E-01

注：1.2h~3.2h 时间段为释放量最大的 2h 时间段。

表 7.1-2 厂址非居住区边界 0-2 小时事故大气弥散因子
(各方位角 99.5%和全厂址 95%累积概率水平的最大值) 及对应距离

方位	厂址	
	距离 (m)	弥散因子 (s/m ³)
S	1260	8.53E-05
SSW	1388	1.02E-04
SW	1269	1.19E-04
WSW	1270	1.16E-04
W	1260	1.21E-04
WNW	1637	8.23E-05
NW	1389	6.22E-05
NNW	1316	5.25E-05
N	1141	3.44E-05
NNE	1013	4.41E-05
NE	845	7.42E-05
ENE	800	5.13E-05
E	800	8.54E-06
ESE	800	7.49E-05
SE	911	8.40E-05
SSE	1121	5.75E-05
全厂址	/	7.96E-05
最大值	/	1.21E-04

注：本表所列的距离为 3、4 号机组各方位与厂址非居住区边界的最近距离。

表 7.1-3 厂址规划限制区外边界事故大气弥散因子
(各方位角 99.5%和全厂址 95%累积概率水平的最大值)

单位: s/m³

方位	规划限制区外边界 (5000m)			
	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	7.20E-06	5.11E-06	2.43E-06	8.34E-07
SSW	1.10E-05	8.23E-06	4.36E-06	1.76E-06
SW	1.19E-05	8.95E-06	4.78E-06	1.94E-06
WSW	1.12E-05	8.28E-06	4.29E-06	1.67E-06
W	1.26E-05	9.66E-06	5.41E-06	2.35E-06
WNW	1.06E-05	7.83E-06	4.06E-06	1.58E-06
NW	5.92E-06	4.19E-06	1.99E-06	6.82E-07
NNW	4.51E-06	3.14E-06	1.44E-06	4.66E-07
N	2.33E-06	1.58E-06	6.75E-07	1.99E-07
NNE	2.64E-06	1.81E-06	8.01E-07	2.49E-07
NE	3.61E-06	2.49E-06	1.12E-06	3.54E-07
ENE	2.25E-06	1.53E-06	6.57E-07	1.95E-07
E	2.53E-07	2.01E-07	1.22E-07	5.93E-08
ESE	3.32E-06	2.27E-06	9.86E-07	2.99E-07
SE	4.51E-06	3.12E-06	1.40E-06	4.46E-07
SSE	3.95E-06	2.72E-06	1.21E-06	3.79E-07
全厂址	1.11E-05	8.64E-06	4.97E-06	2.25E-06
最大值	1.26E-05	9.66E-06	5.41E-06	2.35E-06

表 7.1-4 厂址用于集体剂量评价的短期大气弥散因子
(全厂址 95%累积概率水平的大气弥散因子)

单位: s/m³

距离 (m)	时间段			
	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
500	3.22E-04	2.80E-04	2.06E-04	1.32E-04
1500	6.45E-05	5.49E-05	3.87E-05	2.34E-05
2500	3.07E-05	2.50E-05	1.60E-05	8.40E-06
4000	1.55E-05	1.22E-05	7.20E-06	3.40E-06
7500	6.15E-06	4.67E-06	2.56E-06	1.09E-06
15000	2.37E-06	1.76E-06	9.14E-07	3.58E-07
25000	1.41E-06	1.01E-06	5.00E-07	1.81E-07
35000	1.11E-06	7.81E-07	3.63E-07	1.21E-07
45000	9.33E-07	6.43E-07	2.87E-07	8.98E-08
55000	8.12E-07	5.51E-07	2.37E-07	7.09E-08
65000	7.30E-07	4.89E-07	2.04E-07	5.84E-08
75000	6.70E-07	4.43E-07	1.80E-07	4.96E-08

表 7.1-5 厂址选址假想事故剂量计算结果

方位 角	非居住区边界个人 剂量 Sv	规划限制区 5km 各时段个人剂量 Sv			
	2h (最大剂量)	0-8h	8-24h	24-96h	96-720h
S	5.20E-02	9.88E-03	4.25E-04	1.31E-04	1.15E-04
SSW	6.22E-02	1.51E-02	6.85E-04	2.36E-04	2.42E-04
SW	7.25E-02	1.63E-02	7.45E-04	2.59E-04	2.67E-04
WS W	7.07E-02	1.54E-02	6.89E-04	2.32E-04	2.30E-04
W	7.38E-02	1.73E-02	8.04E-04	2.93E-04	3.23E-04
WN W	5.02E-02	1.45E-02	6.51E-04	2.20E-04	2.17E-04
NW	3.79E-02	8.13E-03	3.49E-04	1.08E-04	9.39E-05
NN W	3.20E-02	6.19E-03	2.61E-04	7.79E-05	6.41E-05
N	2.10E-02	3.20E-03	1.31E-04	3.65E-05	2.74E-05
NNE	2.69E-02	3.62E-03	1.51E-04	4.33E-05	3.43E-05
NE	4.52E-02	4.95E-03	2.07E-04	6.06E-05	4.87E-05
ENE	3.13E-02	3.09E-03	1.27E-04	3.55E-05	2.68E-05
E	5.21E-03	3.47E-04	1.67E-05	6.60E-06	8.16E-06
ESE	4.57E-02	4.56E-03	1.89E-04	5.33E-05	4.12E-05
SE	5.12E-02	6.19E-03	2.60E-04	7.57E-05	6.14E-05
SSE	3.51E-02	5.42E-03	2.26E-04	6.55E-05	5.22E-05

表 7.1-5 厂址选址假想事故剂量计算结果（续）

评价项目	计算结果	《核动力厂环境辐射防护规定》 (GB6249-2025) 规定的选址假想事故有效剂量	比例 (%)
非居住区边界最大个人有效剂量 (mSv)	73.8	250	29.50
规划限制区边界最大个人有效剂量 (mSv)	18.7	250	7.49
集体有效剂量 (人 Sv)	5.00×10^3	2.00×10^4	25.02

注：

- 1) 元素碘和有机碘的吸入所致的待积有效剂量取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B9 吸入：可溶性或活性气体与蒸汽之单位摄入量所致的待积有效剂量。
- 2) 粒子碘以及其他核素的吸入所致的待积有效剂量取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B7 吸入：公众成员吸入单位摄入量所致的待积有效剂量。
- 3) 惰性气体的烟云浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B10，其他核素的外照射剂量转换因子取自 IAEA19 号报告。

表 7.1-6 集体剂量子区剂量表（人·Sv）

方位 距离	ESE	SE	SSE	合计
0-1km	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1-2km	2.26E+01	0.00E+00	4.04E+01	6.31E+01
2-3km	2.20E+01	5.73E+01	2.89E+01	1.08E+02
3-5km	2.98E+01	4.00E+01	1.08E+02	1.78E+02
5-10km	4.57E+01	1.50E+02	3.39E+01	2.30E+02
10-20km	2.06E+01	8.98E+01	1.03E+00	1.11E+02
20-30km	3.03E+02	3.22E+02	2.27E+02	8.52E+02
30-40km	2.42E+02	5.32E+01	1.01E+02	3.96E+02
40-50km	1.31E+02	8.29E+01	3.03E+01	2.45E+02
50-60km	3.18E+02	3.87E+01	3.60E+02	7.16E+02
60-70km	4.71E+02	1.65E+01	1.30E+02	6.18E+02
70-80km	1.98E+02	6.99E+02	5.89E+02	1.49E+03
合计	1.81E+03	1.55E+03	1.65E+03	5.00E+03

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料场内运输事故

本工程的首炉和后续燃料组件将由中核包头核燃料元件股份有限公司制造，采用专用新燃料运输容器运输。对于新燃料组件的运输，建设单位须委托有资质的承运人承担，并及早开展新燃料运输容器在中国使用的申请批准手续。

首炉和后续换料燃料组件可以通过铁路和公路等不同的形式运至核电厂现场，目前国内多数核电厂均采用全程公路运输的方式运输新燃料组件，提供了充分的全程公路运输参考经验，因此本工程优先考虑全程公路运输方案，路线如下：内蒙古包头至重庆走包茂高速公路（G210），路程约 1961km；重庆至湛江走兰海高速（G75）路程约 757km；从湛江到廉江核电厂走 G235 国道，路程约 20km。运输货包的设计和制造应同时满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

根据国内其它核电厂新燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输新燃料组件时，运输容器及新燃料组件的性能可以确保新燃料不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时应充分考虑可能的事故工况。即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料棒包壳密封仍然保持完好，燃料组件不会产生临界反应，燃料组件也不会发生燃料散落。另外，新燃料组件未经辐照，并且放射性水平很低。因此，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康。

7.2.2 乏燃料场内运输事故

乏燃料的场内运输事故包括可能的燃料装卸事故和乏燃料运输容器坠落事故。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料组件运输必须遵守《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 562 号）、《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》（GB/T17230）、《放射性材料安全运输规定》（IAEA SSR-6）等相关条例、标准的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。

燃料装卸事故的放射性后果的计算分析表明其对公众的影响是可以接受的。

乏燃料运输容器坠落事故主要发生在由容器吊车进行的燃料装卸过程中，由于乏燃料组件在装入乏燃料运输容器之前要在乏燃料水池中至少贮存 8 年，事故发生后放射性的释放极少，事故后果可以被燃料装卸事故的后果包络，其后果也是可以接受的。

7.2.3 固体废物场内运输事故

本期工程通过屏蔽转运装置和专用车辆处理来自核岛的各类放射性废物流，保证运输的安全。屏蔽转运容器是可靠的转运设备，有足够的屏蔽厚度，能够实现放射性物质的完整包容。此外，厂内运输的废物流通过管理手段保证放射性物质安全运输，保护厂区不受污染，保证运输和公众接受的辐射照射控制在合理可行尽量低的水平。

可压实及不可压实干废物通过专用转运卡车从核岛放射性废物厂房按照厂区制定路线转运至厂址废物处理设施的混合废物装卸区。该废物活度水平较低，包装后的表面剂量率很低，对环境的影响较小。

水过滤器滤芯通过 FCS 屏蔽装运装置从核岛辅助厂房的轨道平台/滤芯存放区按照指定运输路线转运至厂址废物处理设施的过滤器滤芯屏蔽转运存放间。该容器在厂区内运行速度不大于 10km/h，确保运送安全。容器本身由保护装置锁紧，保证良好的密封性。

放射性废树脂采用专用的废树脂屏蔽装运装置从核岛辅助厂房的轨道平台/滤芯存放区按照指定运输路线转运至厂址废物处理设施的废树脂屏蔽装运装置存放间。废树脂屏蔽装运装置内设有检漏仪表，用于监测运输过程中可能发生的放射性废树脂泄漏。在厂区内运行速度不大于 10km/h，确保运送安全。

7.3 其他事故

7.3.1 核电厂化学品泄漏风险防范措施

本工程与一期工程共用化学品库。化学品库用的化学药品分间、分类堆放，不堆放杂物，并设有良好的通风设施；有毒气释放的化学试验均在通风柜中进行。各化学药品的贮存和运行设施处，均设有冲洗水。地面、墙壁、沟道处设有防腐蚀措施，并设有喷淋器、洗眼器和急救药箱等。

除盐水及凝结水精处理系统的再生系统，所有设备、管道、阀门、法兰做到

严密不漏，采用耐腐蚀材料，对设备及管道内壁衬胶，或涂刷耐腐蚀的涂料，并定期检查管壁腐蚀情况，发现损坏应及时修复，避免盐酸(HCl)、氢氧化钠(NaOH)泄漏。

凝结水精处理再生后的废液，除盐水再生后的废液，必须经中和处理后，pH达到 6~9 才允许排放。

为预防 HCl、NaOH 因泄漏灼伤人体，职工在工作时均穿着耐酸碱的衣服，戴耐酸碱的手套、眼镜。严格按操作规程执行，小心谨慎操作。在工作场所（酸碱贮存间、计量间及卸酸、碱泵房等）设有安全通道及方便的冲洗水喷淋设施、洗眼器及排水设施，加强通风，同时加强作业环境的监测。装卸浓酸及液碱时采用负压抽吸、泵送或自流输送方式。对于酸雾逸出，专门设置酸雾吸收器装置进行吸收。

氨和联氨加药系统所有设备、管道、阀门等做到严密不漏，发现损坏及时修复，避免氨和联氨泄漏，加药装置周围设置围堰，一旦发生泄漏，及时冲洗，并从围堰中及时排出，作业现场还设置安全淋浴器（带洗眼功能），以便接触药品后及时冲洗。配备必要的应急救援器材，采用自动化加氨加联氨设施，并对加氨、联氨点的厂房和氨、联氨溶液管道通过的厂房采取机械通风，防止泄漏的氨和联氨聚集。

化学加药间、循环水加药间、氨气及联氨间、酸碱间、电解海水制氯车间均设不小于 15 次/h 的机械排风。化学制氢站电解间、电解海水制氯车间中电解间设自然排氢的通风系统，并设不小于 12 次/h 的事故排风。氨气及联氨间内通风机及电机为防爆型。化学加药间、酸碱间、电解海水制氯车间通风风管采用防腐材料。蓄电池室设不少于 12 次/h 通风换气次数的事故排风系统，通风机及电机为防爆型。

7.3.2 核电厂氢气爆炸风险防范措施

本工程正常运行期间，反应堆及反应堆冷却剂系统的氢气主要来自化学与容积控制系统。本工程功率运行期间，通过直接注入高压氢气向反应堆冷却剂系统补充氢气，利用溶解氢气控制和除去堆芯区域由于水辐照分解产生的氧气，使燃料和一回路系统材料表面的腐蚀降至最低。通过一回路取样系统监测反应堆冷却剂系统内的水质，若水中含氢量低于限值，则需进行加氢操作。贮存在高压氢气储气站内的高压氢气瓶内的氢气经减压后（后续关注供氢方案的变更情况），通

过化学与容积控制系统管道注入反应堆冷却剂系统。事故后，除水辐照分解、材料腐蚀产生氢气外，锆合金包壳与水蒸汽反应、堆芯熔融物与混凝土反应等也会释放出相当数量的氢气。主要采取了如下防范措施：

- 1) 系统设计时，保证各种运行状态或事故工况引起的机械应力在规范范围内，保证压力边界的完整性。
- 2) 管道和设备安装完毕后，按规定进行水压试验和密封性试验。
- 3) 反应堆冷却剂系统的布置确保具有足够的自然循环能力（蒸汽发生器位置高于反应堆压力容器，使得在失去强制循环能力时，仍能导出堆芯余热）。
- 4) 反应堆冷却剂泵具有足够的惯性，使得失去电源后，短时间内有较高的流量通过堆芯，导出堆芯余热。
- 5) 设置仪表装置监测反应堆冷却剂系统的运行，提供稳压及超压保护。
- 6) 设置了非能动专设安全设施，如非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统等，缓解事故后果。
- 7) 安全壳内设置氢气监测系统，以监测安全壳内的氢气浓度。
- 8) 安全壳内的结构布置有利于通过自然循环促进安全壳大气的混合，防止氢气在局部积累。
- 9) 在设计基准事故后，由两台安全有关的非能动自催化复合器消除安全壳内产生的氢气，防止氢气浓度达到最低可燃限值。
- 10) 严重事故后，66 台分散布置在安全壳内各个隔间的点火器将在安全壳内达到最低可燃浓度限值后不久引发氢气燃烧，防止发生较高氢浓度时的事故性氢气燃烧，保证氢气燃烧期间能维持安全壳的完整性，并保证在燃烧期间或燃烧后安全有关设备能持续运行。

7.3.3 核电厂火灾风险防范措施

1) 防火分区

将电厂分为各防火区，以隔离潜在的火灾，使火灾的蔓延风险以及随之产生的腐蚀性气体、灭火剂、烟气和放射性污染造成的危害最小化。一些防火区再细分为防火小区，以允许可燃物、火灾探测和灭火系统类型和位置的更精确鉴别。耐火极限为 3 小时的防火屏障为多重安全停堆部件提供了完全的分隔，这些部件包括设备、电缆和仪控等。

2) 建筑和结构

电厂厂房使用不燃结构材料，主要是钢筋混凝土、石膏、砌块、结构钢、钢侧墙板、混凝土与钢复合材料。

3) 电气防火设计

为了避免和减少电气系统由于可燃物质和各种原因（如：短路、过负荷、散热失效等）产生的电火花、电弧放电或高温引起火灾的危险性，在电气设计中主要采取了下列电气防火措施：电缆设施防火、电气设备防火、通道隔离、蓄电池防火、防雷等内容。

电缆主要敷设在专用的电缆构筑物内，使用阻燃电缆。为防止电缆由于短路和长期超负荷引起火灾，电气开关设有过流和短路保护。

在电力系统中，尽量减少可燃性物质。属于不同安全通道的应急电源系统的电气设备分别布置在单独房间里，并用耐火极限为 3 小时的隔墙和楼板与其它房间隔开。

4) 通风防火设计

核岛厂房通风系统的风管穿越防火屏障时设置防火阀。在空气温度达到 73.9℃ 时，防火阀自熔关闭，限制火灾以及烟气的蔓延。风管穿越安全有关区域、烟雾敏感区域时设置防烟防火阀。防烟防火阀除了可自熔关闭，还可根据火灾探测及报警系统发出的信号联动关闭。已设置防烟防火阀的地方不再设置防火阀。防火阀、防烟防火阀的耐火极限与穿越的防火屏障的耐火极限相等。防火阀、防烟防火阀可手动或自动复位。

7.4 事故应急

7.4.1 核事故应急对策

为了减少事故对公众的辐射影响，根据核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备》（HAD002/01）和《地方政府对核动力厂的应急准备》（HAD002/02）的要求，事故应急应包括：隐蔽、简单的呼吸道和体表防护、服用稳定性碘、撤离；避迁、控制食品和水、控制通道、地区去污和人员去污等措施。为了快速有效地处理核事故发生后的各种问题，最大限度减少事故影响，在事故时便于执行上述应急措施，本工程在应急准备和应急响应方面建立统一的应急组织，按照国家“常备不懈，积极兼容，统一指挥，大力协同，保护公众，保护环境”的应急管理工作方针，进行统一的应急准备，在事故情况下实施统一的应急响应。

核电厂因运行失误或事故导致核事故应急状态的可能性极小,但仍不能完全排除。因此在核电厂选址阶段就应考虑妨碍或影响执行核应急预案的厂址因素。

为了减少核事故对公众所造成的辐射影响,根据核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01)和《地方政府对核动力厂的应急准备》(HAD002/02)的要求,可能采取的应急措施包括:

- 隐蔽;
- 简单的呼吸道和体表防护;
- 服用稳定性碘;
- 撤离;
- 避迁;
- 控制食品和水;
- 控制通道;
- 地区去污;
- 人员去污。

为了快速有效地处理核事故中的问题,最大限度减少事故影响,在事故时便于执行上述应急措施,在厂址所在地区须建立包括核电厂、当地政府所辖的生态环境、公安、卫生、消防等部门在内的各级应急组织,设立应急监测机构并配置相应的应急响应设施。

广东廉江核电项目一期工程已开工建设,运营单位正在建立场内核应急组织,场内应急设施处于施工设计阶段。本工程将在一期工程已开展的核应急响应措施的基础上进行优化。

7.4.2 实施核应急预案的可行性

为了加强核电厂核事故应急管理工作控制和减少核事故危害,广东廉江核电项目将依据《核电厂核事故应急管理条例》(HAF002)、《国家核应急预案》等相关核安全法规以及《核电厂应急计划与准备准则 第1部分:应急计划区的划分》(GB/T17680.1-2008)等相关国家标准确定应急计划区大小。应急计划区分为烟羽应急计划区和食入应急计划区,烟羽应急计划区为以核电厂为中心,半径7~10km划定的需做好撤离、隐蔽和服碘防护的区域,该区分内、外两区,其中内区一般主要进行撤离(包括预防性撤离)准备,半径为3-5km;食入应急计划区为以核电厂为中心,半径30-50km划定的区域。2019年12月,国家核事故

应急办公室对《国核廉江核电厂址区域核应急方案》出具批复意见，厂址区域核应急方案中推荐的厂址各反应堆烟羽应急计划区内区为 3km、外区 7km，食入应急计划区为 30km。广东廉江核电项目一期工程初步安全分析报告于 2023 年 9 月通过核安全专委会审查，要求进一步开展核电厂一期工程各反应堆烟羽应急计划区内区为 3km、外区 7km，食入应急计划区为 30km 的论证工作。广东廉江核电项目扩建工程厂址区域核应急方案已通过集团和广东省核应急委员会办公室组织的专家评审，修改后的送审稿已编制完成，厂址区域核应急方案中推荐的本工程各反应堆烟羽应急计划区内区为 3km、外区 7km，食入应急计划区为 30km，与《国核廉江核电厂址区域核应急方案》一致。应急计划区最终范围和大小将由当地政府在编制场外核应急预案时最终确定。

应急计划区范围见图 7.4-1。

1) 3km 范围内的撤离可行性：

厂址半径 3km 范围内的所有公众都需要撤离，2022 年，厂址半径 3km 范围内总人口为 14998 人。距离厂址最近的居民点为位于厂址 E-ENE 方位，距离厂址 1.1km 处的车板镇大坝村大陂自然村，有人口 746 人。

厂址区域周边的主要道路有高速公路渝湛高速，国道 G228、G325，省道 S388，县道 X721、X674、X710 及其他乡村道路，交通便利。

厂址进厂道路和应急道路示意图见图 7.4-2。广东廉江核电厂所在厂址的应急路线方案为：

路线 1（进厂道路）：厂址（厂区东南侧）向南接入大件运输路，后继续沿省道 S388 撤离到营仔镇，再向东北撤离接入 G75 高速，向东南撤离后经县道至安铺镇，或者经 S287 省道继续撤离到廉江市。

路线 2（进厂道路，备用路线）：厂址（厂区东南侧）向南接入大件运输路至车板镇，后向东南接入 X674 县道撤离至营仔镇，再向东北撤离接入 G75 高速，向东南撤离后经县道至安铺镇，或者经 S287 省道继续撤离到廉江市。

路线 3（应急道路）：厂址（厂区东北侧）接入 X721 县道，后接入 G75 高速，向东南撤离到安铺镇或继续撤离到廉江市。

路线 4（应急道路，备用路线）：厂址（厂区东北侧）接入省道 S388 后向北撤离到 G228 国道，向东南撤离到安铺镇或继续撤离到廉江市。

考虑到上述各个方案撤离路线的夹角，在本方案中，推荐的进厂道路方案为

路线 1，推荐的应急道路方案为路线 3，其他两个方案作为备用路线。厂址进厂道路和应急道路示意图见图 7.4-2。

根据厂址半径 3km 范围内的人口分布，广东廉江核电项目营运单位和广东省各级政府及其核事故应急组织合理调配廉江地区已有运力、厂址周边县市及军队（含武警）的辅助运力，可满足烟羽应急计划区内区的公众全方位撤离或者按子区撤离的需求，同时，地方核事故应急组织应指挥其成员单位或下属单位对应急撤离道路实施有效的交通管制，以保证应急撤离的有序畅通。

2) 7km 范围内的隐蔽可行性：

厂址半径 7km 范围内总人口为 71696 人，其中厂址半径 3~7km 范围内总人口为 56698 人。厂址半径 3~7km 范围内最大的居民点为厂址 NW 方位约 5.7km 的红寨村，共有人口 7845 人。其次为厂址 WNW 方位约 2.6km 处的德耀村，共有人口 7526 人。

据调查，厂址半径 7km 范围内的居民住宅多为砖混、钢筋混凝土结构，少数为砖木结构、土石木结构。当地建筑物对外照射有较好的屏蔽减弱能力。如果关闭门窗并辅以简单的个人呼吸防护，对吸入内照射也有较好的防护效果。

地方政府及其核事故应急组织可以根据核事故预测信息或核事故发生时的实际情况，选择距离厂址半径 7km 外的安铺镇、廉江市区等市镇作为撤离集结点、安置点，并设置必要的临时安置场所，提供必要的生活用品，以便撤离的居民可就地隐蔽、安置、等待重新出发。这样可以极大地减轻在烟羽应急计划区外区设置隐蔽点的负担和可能的再撤离的麻烦。

该区域内具备良好的通信、医疗卫生条件，也有较好的交通运输网络与外界相连，可保证必备物资的及时供应和患者的外送。

因此，在厂址半径 7km 范围内实施隐蔽是可行的。

3) 30km 实施食物控制的可行性分析：

厂址半径 30km 范围为推荐的食入应急计划区。2022 年，厂址半径 30km 范围内的人口总数为 1513214 人。

厂址半径 30km 范围内超过万人以上的城镇、街道共有 11 个。厂址半径 30km 范围内距离厂址最近的万人以上城镇是位于厂址 WNW 方位，距离厂址 10.2km 的广西北海市合浦县山口镇，集中居住的城镇人口 1.67 万人。厂址半径 30km 范围内最大的人口中心是位于厂址 NNW 方位 20.6km 处的龙潭镇，有人口 5.08 万

人。

厂址半径 30km 范围内，居民主食以大米为主，小麦（或面食）次之，另有少量薯类和杂粮，副食以新鲜蔬菜、海产品、肉蛋为主。厂址半径 30km 范围内居民食物绝大部分由本子区或邻近子区供给，极小部分来自较远子区或评价区以外地区。农村居民消费的粮食、蔬菜、肉类和水果等农副产品基本上来自本子区，当地生产、当地消费，海产品主要来自附近海水捕捞或养殖，牛奶及奶制品的消费量主要来自区域外。

厂址半径 30km 范围内事故后实际需要实施食物控制的人数一般少于总人口数目。加之，厂址附近广大地区的农副业发达、农产品和地下水资源丰富，供应受污染区内居民消费的清洁替代食品（包括饮用水）的来源是有保证的，尤其是厂址地区具备良好的交通、通信条件，广东省和广西壮族自治区各级政府及其核事故应急组织可针对核事故做充分的食物控制和物资调配的准备。

因此，在推荐的食入应急计划区实施食物控制措施有充分的条件，不会存在不可克服的困难。

综上所述，广东廉江核电厂厂址在实施场外核事故预案方面没有不可克服的困难。



图 7.4-1 厂址应急计划区示意图



图 7.4-2 厂址应急道路和进厂道路示意图

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

广东廉江核电项目的流出物监测包括营运单位的监测和地方政府的监督性监测。

广东廉江核电项目营运单位对广东廉江核电项目各机组流出物中的放射性核素总量实施监测，用于定期向相关部门报告监测结果，证明释放到环境中的放射性物质总量遵守国家规定的排放限值和核电厂营运范围制定的管理目标值。

广东廉江核电项目 1、2 号机组工程负责建设本厂址的辐射环境现场监督性监测系统，并移交给广东省生态环境行政主管部门运行和管理。地方政府使用该系统对本厂址机组流出物中的放射性水平实施监督性监测，核电厂营运单位为流出物的监督性监测提供支持。

本节简要介绍广东廉江核电项目流出物监测与排放控制方案初步设想，详细的流出物监测与排放控制方案将在本工程后续阶段的环境影响报告书中给出。

8.1.1.1 监测目的

本工程 2 台国和一号压水堆核电机组产生的流出物是对周围环境造成影响的重要因素之一，流出物的监测和排放控制是减少对环境造成影响的重要措施。流出物监测的目的是：

- 测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断流出物排放是否遵守管理限值或运行限值提供依据。
- 为评价环境质量、估算公众受照射剂量提供源项数据。
- 为判断三废处理系统和排放系统工作是否正常提供依据。
- 迅速发现和鉴别非计划排放的性质和规模。
- 给出是否启动报警系统的信息。

8.1.1.2 监测内容

1) 气态流出物监测

本工程 2 台国和一号压水堆核电机组产生的气态流出物由烟囱集中排放。气态放射性流出物监测的内容包括：惰性气体、碘、粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）、 ^3H 和 ^{14}C 。

在正常运行和事故工况下，电厂烟囱辐射监测仪在覆盖正常和事故量程范围内连续测量通过烟囱向外排放的气溶胶、碘和惰性气体的放射性活度浓度，当放射性活度浓度达到预置阈值时自动触发警报。该监测仪同时具备对气溶胶、碘和惰性气体、 ^{14}C 和 ^3H 的取样功能，样品定期送往流出物实验室进行测量分析。

2) 液态流出物监测

按照《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)的要求，本工程 2 台国和一号压水堆核电机组产生的液态流出物采用槽式排放方式。排放前对废液贮存罐内的液态流出物进行充分混合并取样，送往流出物实验室进行测量，测量项目包括：总 γ 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{55}Fe 和 γ 能谱分析等。测量结果用于确定液态流出物的放射性活度浓度和排放总量，以判断是否满足排放要求。在液态流出物排放期间，由放射性液体辐射监测仪连续监测排放总管内的放射性活度浓度，当探测到高于预置阈值时，液体辐射监测仪会发出报警信号并自动终止废液排放。

8.1.1.3 监测取样代表性

对于气态流出物监测，本工程各机组核岛气态流出物取样系统设计与参考电站国和一号示范工程相同，后者已按照《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》(NB/T 20374-2016)进行了烟囱比例模型试验和现场验证试验，证明取样位置处的气旋角、速度分布、气溶胶浓度分布、示踪气体浓度分布等满足标准规定的均匀性定量验收准则，保证在电厂各种运行工况期间从烟囱获取的样品都具有代表性。根据适用标准的要求，本项目可不再重复开展气态流出物取样代表性设计验证。

对于液态流出物监测，槽式排放前对废液贮存罐内的液态流出物进行充分混合，然后再取样，使得样品具有代表性。

8.1.2 辐射环境监测

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)规定，在进行常规环境辐射监测时，应与运行前的放射性环境本底（或现状）调查工作相衔接，充分利用运行前环境调查所获得的资料。项目采样点要与运行前环境调查保持适当比例的同位点。环境监测关注的重点是对关键人群组影响较大的主要放射性核素和环境介质。

本工程为广东廉江核电项目 3、4 号机组工程，建设和运行 2 台国和一号核

电机组。本工程与广东廉江核电项目一期工程实施全厂址统一的辐射环境监测工作。

本节将根据本工程所在厂址的环境特征和国内现役核电厂辐射环境监测的经验提出运行期间辐射环境监测初步方案。

8.1.2.1 监测目的

运行期间的环境监测的主要目的是：

- 跟踪核电厂气态和液态流出物所引起厂址周围环境介质变化情况，为评价环境辐射安全和估算公众所受剂量提供依据。
- 测定环境介质中放射性核素浓度或照射量率的变化。
- 发现核电厂周围地区放射性污染变化的异常现象，及时查找原因，鉴别污染源，追踪污染趋势，提出环保措施建议及修正监测计划。
- 为核事故应急预案实施提供依据。

8.1.2.2 监测范围、布点原则及监测项目

广东廉江核电项目按全厂址统一监测的要求执行。本工程运行期间环境监测范围、布点及监测项目基于一期工程投运后的环境监测方案，并根据本工程运行前辐射环境现状调查工作的基础上优化取样点、取样品种、取样频率。在开展运行期间环境辐射监测时，应与广东廉江核电项目一期工程投运后的环境监测工作以及本工程运行前的放射性环境现状调查工作相衔接，充分利用广东廉江核电项目一期工程投运后的环境监测以及本工程运行前环境监测所获得的资料。

1) 监测范围

- 环境 γ 辐射水平的调查范围为厂址半径 20km，其余项目的调查范围为厂址半径 10km。
- 厂址邻近海域的放射性环境监测范围主要设在液态流出物排放口周围海域，同时关注取水口附近海域。

2) 环境监测布点原则

- 关键居民组的居住区域。
- 最大风频下风向厂区边界附近区域。
- 尽可能与环境本底调查的布点一致。
- 气态流出物经大气弥散后的最大浓度落地点。

- 液态流出物排放方式及受纳海域水体的水文特征。
- 陆生生物、海洋生物的生长周期、采样品种的代表性。

3) 环境监测项目

- 环境介质监测。
- 环境 γ 辐射监测。

8.1.2.3 监测内容

辐射环境监测包括环境介质辐射水平测量、核素分析和放射性活度测量，其监测的环境介质有大气、水、陆生生物、海洋生物、土壤和沉积物等，特别关注对关键居民组影响较大的环境介质和放射性核素。

本工程正常运行条件下，流出物排放对人体造成辐射照射的途径主要是食入途径，对剂量贡献较大的核素主要有 ^{14}C 、 ^{131}I 等。运行期间的环境监测方案将充分考虑这些对公众造成辐射的主要核素及迁移转移介质的分析测量。

广东廉江核电项目一期工程投运后将执行运行期间辐射环境监测大纲，该大纲将在辐射影响分析结果和本工程运行前辐射环境现状调查基础上对环境介质的采样品种、频率、地点和测量方法进一步优化。本工程辐射环境监测工作将结合该大纲及广东廉江核电项目一期工程辐射环境监测情况开展，核电厂环境监测项目的采样或测量的频度取决于如下因素：

- 核电厂计划排放周期和非计划排放。
- 流出物中放射性核素的物理化学特性、环境介质的稳定性、核素在环境中的迁移规律。
- 生物的收获期及渔汛期并考虑人为转移因素。
- 气象状况的变化。
- 核电厂周围环境条件的变化情况。

具体监测项目包括：

1) 大气环境 γ 剂量率

- γ 辐射固定点连续监测。
- γ 辐射固定点瞬时监测。
- γ 辐射累积剂量。

2) 气态放射性物质

- 气溶胶：总 β 、 γ 能谱分析， ^{90}Sr （年度混合样品）。
- 大气： ^{131}I 、 ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。
- 沉降物：总 β 、 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量， ^{90}Sr （年度混合样品）。

3) 水样

- 降水：总 β 和 γ 能谱分析， ^3H 浓度测量。
- 地表水：总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。
- 地下水（监测井水）：总 β 和 γ 能谱分析， ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。
- 海水：总 β 和 γ 能谱分析， ^{40}K 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。

4) 作物

- 粮食、蔬菜、水果： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量。

5) 生物样品

- 陆生生物及农畜产品： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H 、 ^{14}C 浓度测量， ^{131}I （牛奶奶）。
- 海洋生物： ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， ^3H （OBT）、 ^{14}C 浓度测量。

6) 土壤和沉积物

- ^{90}Sr 和 γ 能谱分析， $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{14}C 浓度测量。

8.1.2.4 测量方法

环境辐射监测主要是物理测量、放射化学分析测量和就地定点的环境 γ 辐射监测、移动或巡测的辐射监测或取样测量。

1) 物理测量

使用低本底 α/β 测量装置、低本底 γ 谱仪、低本底液体闪烁装置等设备来测量总 β 、 γ 放射性核素和 ^3H 的放射性浓度。

2) 化学测量

使用放射化学分析方法测量 ^{90}Sr 等放射性核素。

3) 环境 γ 辐射测量

- 设置环境 γ 辐射监测站，用 γ 辐射剂量率仪连续监测 γ 辐射剂量率。
- 用 TLD 元件和热释光剂量测量装置进行定点的 γ 累积剂量监测。
- 用便携式 γ 剂量率仪定点监测瞬时 γ 辐射剂量率。
- 配有监测和取样设备的监测车进行流动监测与巡测。

8.1.3 应急监测

核电厂事故工况下的环境应急监测是环境监测的组成部分，它具有快速反应和机动灵活的能力，应急监测方案中考虑了如下要求：

- 在厂址半径 5~10km 范围内，环境辐射监测系统的固定式 γ 辐射监测子站应具备应急条件下进行连续监测和通信的能力，测量范围能满足应急监测需求，相关数据能通过有线和无线方式及时传输至核电厂应急指挥中心等应急设施。
- 在发生核事故时，核电厂的环境监测车和介质采样车在配置了便携式仪表和其它设备后，可参与应急监测和取样，快速判断放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度。
- 环境实验室位于核电厂厂外，用于对事故环境样品进行详细测量和分析，为事故后果评价提供支持。

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

由第六章的分析结果可知，本工程 2 台国和一号核电机组取排水量较小，排水温升较低，排水管线距离长（厂址到受纳海域排水管线长约 10km），本工程运行期间由二次循环系统产生的温排水与一期工程产生的温排水一并排放时，由温排水引起排放口周围海域的温升基本可以忽略，对排放口周围海域的水体及海洋生物造成的影响非常有限，可不考虑热影响。

为验证本工程温排水排放的实际影响，本工程运行期间的热影响监测点位可设置于核电厂二次循环系统的取水口（对照点）和排水口。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.2.2.1 监测目的

- 1) 反映本工程运行期间的非放射性流出物排放情况。
- 2) 判断本工程运行期间的生产废水系统（WWS）等废物处理设施（放射性废物处理设施除外）是否正常运行。

8.2.2.2 监测内容

对本工程排放的非放射性流出物开展常规监测。非放射性流出物监测包括水

质理化参数、核电厂可能排放的化学物质的取样测量分析和生活污水排放前取样监测等，具体如下：

1) 二次循环冷却水、生产废水排放监测

一期工程补给水管按 1~4#机组容量共设置了 2 条 DN2000 玻璃钢管。排水管按 1~4#机组排水需求设置 4 条 DN1400 的 HDPE 排水管。陆域输水管线从取水泵房至厂区，长约 11km。一期工程已按照规划容量考虑了取水头部和引水箱涵。因此，本期工程无需新增海域取排水工程。

监测点位为二次循环冷却水取水口和二次循环冷却水排水口。监测项目包括：硼、油类、铁、硫酸盐、锂、镍、钠、阴离子洗涤剂、溶解氧、六价铬、总铬、余氯、电导率、pH 值、正磷酸盐、联氨、氨氮。

生产废水总排水口（与冷却塔排污水掺混前）监测项目包括：pH、色度、化学需氧量（ COD_{Cr} ）、悬浮物（SS）、氨氮、硫化物、阴离子表面活性剂、总铜、总锌、总锰、总铬、总镉、总砷、总铅、石油类、挥发酚、磷酸盐（以 P 记）。按照广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中的一级排放标准执行。

2) 生活污水排放监测

本工程与一期工程共用厂区生活污水处理设施，生活污水按照《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫、消防和建筑施工标准限值进行回用，不外排。

在生活污水处理设施排水口设置生活污水监测点。生活污水设施出水水质监测内容包括 pH 值、色度、浊度、嗅、生化需氧量（ BOD_5 ）、氨氮、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠埃希氏菌。水质监测采用定期取样检测的方式进行监测。

8.2.3 取排水管线渗漏监测

本工程循环水取排水管线在一期工程中完成建设，排水方式采用箱涵排水。一期工程取排水管线设计中已考虑了取排水管线渗漏防护设计及相应的监测手段，以确保及时发现排污管线渗漏导致非受控排放情况出现。本工程拟配置 2 条“管中管”排放液态流出物。管道每隔一定距离设一个渗漏检测装置，该装置探测到外管有液体时，发出报警信号。排水管线沿线设置集液井，用于收集管道

渗漏的废液。集液井与管道有接口，井内包含排气阀或泄水管及阀门、检修闸阀。集液井密闭，所有现场接口均进行密封处理，防止废液渗漏污染土壤及地下水渗入。集液井有开启式保护顶盖，防止雨水灌入。

8.2.4 海水冷却塔盐沉积监测

本工程运行期间将开展海水冷却塔盐沉降监测。

运行期间盐沉降监测将在建造阶段环评工作开展期间进一步论证。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

流出物实验室配备实验家具、制样设备、放射性测量仪器，用于对核电厂气态和液态流出物样品进行预处理、样品制备、 γ 核素分析、 α/β 放射性测量等，以确定排放的液态和气态流出物的放射性水平，并为编写核电厂放射性物质排放的年度评价报告提供数据。

流出物实验室将在广东廉江核电项目一期工程中建造，位于综合实验室和放射源库子项，为全厂共用（设备分期采购），满足本工程流出物监测需求。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 核电厂环境监测系统

广东廉江核电项目一期工程的辐射环境自动监测站（以下简称监测子站）计划设置 3 个场内监测子站和 6 个场外监测子站，场外监测子站和监督性监测系统外围辐射环境监测子站覆盖厂址半径 7km 范围 16 个方位，其中 2 个场外监测子站与监督性监测系统外围辐射环境监测子站共址建设。本工程将在一期工程厂址环境辐射监测系统的基础上进一步优化站位，若本工程机组 16 个方位中有一期工程未覆盖的方位区域将考虑补充站位。

1) 厂区内大气 γ 辐射监测站

本工程厂区内计划设置 3 个大气 γ 辐射监测站，站位分布如下：

- 厂址废物处理设施附近。
- 电厂办公区附近。
- 冷却塔附近。

厂区内大气 γ 辐射监测站的监测内容将包括对环境的 γ 进行连续监测，在其

中的一个监测点上，还将设置对大气中的气溶胶、碘、 ^3H 和 ^{14}C 进行连续取样的取样装置。

厂区内大气 γ 辐射监测站的测量数据将通过有线的方式实时地传输到环境辐射监测专用计算机中。环境辐射监测专用计算机可以对这些监测站上的数据进行采集、处理、显示和储存，并将这些数据传输到环境监测网中进行储存、显示和共享。

2) 厂区外大气 γ 辐射监测站

本工程将在辐射影响分析结果和运行前放射性本底调查基础上，设置厂区外大气 γ 辐射监测站，项目采样点尽量与运行前辐射环境调查保持适当比例的同位点。

厂区外大气 γ 辐射监测站的监测内容将包括对环境的 γ 进行连续监测，在其中的某些监测点上，还将设置对大气中的气溶胶、碘、 ^3H 和 ^{14}C 进行连续取样的取样装置。

厂区外大气 γ 辐射监测站的测量数据将通过有线或无线的方式实时地传输到环境辐射监测专用计算机中。环境辐射监测专用计算机可以对这些监测站上的数据进行采集、处理、显示和储存，并将这些数据传输到环境监测网中进行储存、显示和共享。

3) 液态流出物采样站

在靠近取水口泵房和总排水口处分别设置进水和排水的液态流出物采样站。液态流出物采样站由连续采样设备组成。通过在核电厂取水口和总排水口处的同时取样，可获得进水和排水中的放射性活度浓度值。

在核电厂进水和排水中采集的液体样品将被送到实验室进行测量和分析。

4) 环境实验室

环境实验室主要用于环境样品的放射性测量、核素分析以及累积照射量的测量，承担核电厂环境介质放射性监测的大部分工作，与厂址 γ 辐射监测系统一起完成放射性环境监测的全部工作。

环境实验室还配备有环境监测车和采样车，用于核电厂正常运行期间作为移动式的环境辐射监测站，定期对厂址半径 20km 范围内环境 γ 辐射进行巡检和采样等环境监测。

5) 厂址环境辐射系统中央站

厂址环境辐射系统中央站位于环境实验室内或其他合适的地点,在核电厂的东北方位,距离1号机组约12.6km,位于烟羽应急计划区外。它是厂址环境辐射监测系统的数据储存和管理中心,由服务器、工作站和相应的网络设备组成。环境辐射监测专用计算机中的数据通过有线的方式传输到环境监测网的服务器中进行储存,并由环境监测网的工作站对这些数据进行处理。

储存在环境监测网数据库中的环境监测数据将实时地传输到应急指挥中心、各反应堆的主控室和行政办公楼等部门,实现环境监测数据在全厂范围内的共享。

6) 地下水监测

广东廉江核电项目一期工程运行期间建设厂区及排水管线附近的地下水监测井,本工程运行期间将在一期工程地下水监测井布设基础上建设本工程厂区地下水监测井。

厂址地下水监测井布置原则如下:地下水监测井布置主要在厂址区以及排水管线附近,包括上述区域地下水上游对照区域、垂直于地下水流向的两侧区域以及地下水下游可能受影响的区域,其中包括环境敏感点及地下水可能的污染源地点等。地下水测井点布设主要考虑厂区、排水管线附近地下水分布特征、含水层性质、地下水径流排泄特征、核电厂地下水污染影响的可能范围以及建(构)筑物布置情况,监测井点的层位以可能受影响含水层为主,同时监测井的位置不与建(构)筑物、等设施的位置冲突。

8.3.2.2 地方政府监督性环境监测系统

监督性环境监测系统的监测子站由辐射监测设备、气象参数测量设备、采样设备、控制设备、数据处理设备、供电、防雷及站房等基础设施组成。布点原则如下:

1) 按核电厂16个方位布设,主导风向及次风向、居民密集区适当增加;各点位尽可能布设在关键人群组及人群集中地区,距反应堆最近及主导风向下风向的厂区边界,估算的最大落地浓度点,应急撤离通道。

2) 除用于对照的监测子站外,其余子站建设于核电厂烟羽应急计划区内,且部分子站与核电厂环境监测系统的部分点位共址(相距500m内),一般为2~3个。

监督性环境监测系统的前沿站设置 1 个,地点位于核电厂烟羽应急计划区外,厂址半径 30km 范围内(前提为流出物监测实验室设置于核电厂烟羽应急计划区内,否则相反)。包括数据监控及显示设备、数据传输设备和软件系统及辅助设施设备、样品采制设备及辅助设施设备等。

本工程将配合地方生态环境部门的监督性监测工作,与地方生态环境部门保持联系,接受地方生态环境部门的监督与指导;同时为地方生态环境部门现场监测提供方便,包括人员出入支持、工作人员配合、水电及监测场地支持等。在适当时机将开展实验室监测结果比对,增强交流。

8.4 质量保证

在核电厂正常运行情况下,需要对流出物和环境进行监测,以保障公众的安全,增加公众对核电的信心,确保核电厂的运行对环境不会造成不可接受的影响。因此流出物和环境监测质量保证是至关重要的,其目的是通过有计划/system行动,对监测过程进行全面控制(如监测过程的组织管理,参与人员的素质要求与岗位培训,仪器设备的管理与维护,样品采集布点与频度的设计,分析过程的质量控制,监测数据的记录、复核与审核等),使测量结果具有适当置信度,保证测量结果的可信性、有效性和可比性。

流出物和环境监测的质量保证计划依据下列标准:

- 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB 8999-2021)
- 《核设施水质监测采样规定》(HJ/T 21-1998)
- 《气载放射性物质取样一般规定》(HJ/T 22-1998)
- 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)
- 《水质采样 样品的保存和管理技术规定》(HJ 493-2009)
- 《水质 采样技术指导》(HJ 494-2009)
- 《水质 采样方案设计技术规定》(HJ 495-2009)

8.4.1 质量控制

1) 样品采集、运输和贮存的质量控制

样品采集、运输和贮存的质量控制的目的是保证采集具有代表性并保持放射性核素在分析前的原始浓度。为此应该准确地测量样品的质量、体积和流量,其

误差一般控制在 $\pm 10\%$ 以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。

2) 分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析测量质量控制样品。为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，必须参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差查明原因，并采取校正措施。分析测量装置的性能应定期进行检定、校准和检验，所使用的标准源应定期进行标定。

3) 数据处理

每个样品从采集、预处理到分析测量、结果计算全过程中的每一步都应有清楚、详细和准确的记录。数据处理应采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对于偏离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2 质量管理

1) 组织机构

建立合适的辐射监测机构并实施管理是流出物和环境监测质量保证的重要因素。对管理和实施质量计划的人员设置及其职责、权力应有明确规定。

2) 人员的资格和培训

辐射监测结果的准确性与操作人员的技术水平和经验有关，因此各类操作人员应有严格的资格要求，上岗前必须进行专业培训，取得有关技术操作资格后方可上岗。为保持和适应新技术发展的要求，对各类技术人员应进行反复的技术培训、考核和技能审评。

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

广东廉江核电厂 3、4 号机组工程规划建设 2 台国和一号核电机组，2 台机组的额定电功率达到了 3012MW，按 80%的负荷因子估算，年利用小时数 7000h，扣除厂用电后，正常生产年份 2 台机组的年上网电量可达到 195.03 亿 kWh。

按核电标杆上网电价 0.43 元/kWh 测算，本工程的年销售收入（不含税）约 74 亿元。本工程 2 台机组设计寿命均为 60 年，在其整个商业运行寿期内，将取得显著的经济效益。项目投产后，正常生产年份为国家 and 地方贡献 8.22 亿元左右的销售税金及附加，以及年均约 6.7 亿元的所得税。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 对社会发展的利益

广东廉江核电厂 3、4 号机组工程单台机组建设工期为 60 个月，3、4 号机组间隔 10 个月，双机组建设总工期达 70 个月。由于核电站的建设工程技术复杂，参加建设人员众多，本项目建设期间需要业主单位、总承包单位、监理单位、设计单位及建安施工企业等共计数千建设人员参与，高峰期甚至达到万余人，故本项目建设期间能创造大量的就业机会。

本项目投产后，建设期建成的道路、水、电、气等配套设施，不但方便本厂职工，而且给周围居民生活带来方便，同时给当地带来广泛的社会效益。运营期内，核电厂职工的货币购房和生活消费等，将促进当地的房地产业、零售业、通讯、教育、医疗卫生及其他市政设施和社会福利事业的发展，繁荣当地经济。核电厂职工受教育水平和文化水平较高，在融入地方的过程中，也会产生积极的影响，带动整个社会发展水平的提高。

9.1.2.2 对关联产业的利益

核电投资建设对相当多产业形成了直接和间接拉动。根据测算，1 元的核电建设投资，对关联产业的拉动作用如下：一是对 42 个行业门类中的 37 个行业产出的拉动作用超过 0.01 元；二是对通用、专用设备制造业等 14 个行业产出的拉动作用超过 0.1 元。核电生产运营也对相关产业产生较强的拉动，1 元的核电产出将拉动主要行业的产出增长为：石油加工、炼焦及核燃料业 0.11 元，农业 0.10 元，化学

工业 0.08 元，金融保险业 0.08 元。由此可见，关联面较大的核电是拉动我国经济增长、促进经济结构优化与升级的难得的驱动项目。

9.1.2.3 对区域经济的利益

核电项目能够推动和促进地方经济的发展，核电站对地方财政收入的影响主要来自于税收，包括增值税、城市维护建设税及教育费附加等。项目建成后，正常生产年份每年可以增加 0.88 亿的城市建设维护税及教育费附加，以及平均约 6.61 亿元的企业所得税。除此之外，核电项目能够为地方创造大量的就业机会，不仅在建设期需要大量的不同层次的劳动力，而且运行期间也能直接或间接的提供大量的就业岗位。

9.1.2.4 对周边环境的利益

核电给环境带来的间接效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应，煤炭燃烧的主要污染物是 CO₂、SO₂、NO_x 以及烟尘等。本项目的建成可有效替代燃煤机组，大量减少 CO₂ 排放量，并缓解酸雨现象。

按照 CO₂ 减排因子为 800 克/kWh 考虑，本项目投产后正常年份可实现 CO₂ 减排 1680 万吨，CO₂ 减排效益按 15 元/吨估算，正常年份内 CO₂ 减排可实现经济效益约 2.52 亿元。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.1.1 电厂建设的经济代价

根据项目可行性研究投资估算情况，并按近期价格调整核岛工程费、首炉核燃料费、价差预备费、建设期利息及建设期可抵扣增值税等。

9.2.1.2 电厂运行的经济代价

本项目并网投入商业运行后，运行期间的经济代价包括：基本折旧费、摊销费、核燃料费、大修理费、运行维护费、核后处理费、退役基金、财务费用和管理费用等。

9.2.1.3 电厂建设和运行的环境保护代价

本工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量检测系统、屏蔽防护及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全。

为达到保护环境及人身安全的目的，必须对放射性三废进行严格的治理。因此，核电厂专门设置了放射性废液、废气和固体废物处理和贮存设施，尽可能降低放射性废物对公众的照射。

具体的监测和应急措施包括：

（1）环境监测

核电厂应设置环境监测系统，对电厂运行期间的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，电厂环境设施包括：辐射监测设备、数据采集及试验仪表、气象设施、保安和放射性监测等。

（2）流出物监测

核电厂还应设置流出物监测系统，对电厂运行期间的气态和液态流出物进行监测，用于测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核电厂排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。

（3）应急设施

核电厂除考虑正常运行情况下的环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

9.2.2 间接代价

本工程的建设和运行,不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题,而且还会给当地带来一系列亟待解决的社会问题。

9.2.2.1 交通运输问题

核电厂的运输包括施工期间大型设备、建筑材料的运输;运行期间的换料、乏燃料、固体废物运输;正常的人员进出等,其运输量非常大,不可避免增加当地的运输负担。

为解决电厂建设和运行期间的运输问题,核电厂采取以水运为主,陆运为辅的运输方式。在陆运方面需投入一定量的资金用于厂外公路的建设,包括新建、改造道路及修建桥梁,例如,核电厂通常会专门开辟进场道路和应急道路等。

9.2.2.2 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

本工程的建设和运行,使厂址所在地区的人口数量有所增加,这势必造成医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水、供热等市政工程和生活服务设施的紧张局面,加重了当地政府的负担。

9.2.2.3 对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展,同时也会引起当地人口数量的增加,从而对当地的社会秩序、安全和稳定带来一定压力。为使当地有一个安定的生活环境和经济持续发展的社会环境,当地政府须增加治安、社会服务等方面的投入。

9.2.3 环境代价

为了达到保护环境和保护公众的目的,广东廉江核电厂 3、4 号机组工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等,以控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准,从而保障电厂工作人员和周围居民的安全。

本项目建设期间对厂址区域生态环境的影响,一方面是厂区内土建施工过程中,地表植被将暂时剥离,在采取必要的防护措施后,水土流失的影响将被控制在较小的范围内,且项目建成后,周围环境将进行绿化和景观恢复,以改善生态环境。

9.3 代价-利益比较及结论

从经济层面来看,以核电标杆上网电价 0.43 元/kWh 测算,本项目资本金内部

收益率 16.33%，项目投资内部收益率为 9.49%，项目投资回收期为 12.95 年(税前)，项目总投资收益率为 7.45%。以上数据表明本项目经济效益良好，能给各投资方带来稳定的收益。

从环境层面来看，本项目环境直接代价即建设期环保设施及有关措施投资为 7.46 亿元，占总投资比例为 1.56%，运行期环保费用合计 171.82 亿元。本项目的辐射环境现场监督环保费用已含在本工程总的环保费用内。

项目投产后，正常年份可实现 CO₂ 减排 1680 万吨，年均减排经济效益约 2.52 亿元。由于项目设计寿命长达 60 年，可见本项目的环境效益远大于环境代价。

从社会层面来看，本项目会对当地的交通运输、市政设施等造成一定的影响。但同时，本项目建成投产后，每年为销售收入（不含税）达 74 亿元，年均贡献增值税收约 7.34 亿元，城建税及教育附加约 0.88 亿元，企业所得税约 6.70 亿元。此外本项目建设及运营期能为当地提供众多就业岗位，促进相关产业发展及区域经济发展，进而促进当地的社会发展。可见，本项目社会代价远小于社会效益。

通过本工程的利益-代价比较分析，可以得出，本工程的建设是必要的，也是合理可行的，该项目的建设和运行能以较小的代价获得显著的经济效益、环境效益和社会效益。

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

广东廉江核电项目规划容量为六台百万千瓦级核电机组，包括2台CAP1000和4台国和一号先进三代压水堆核电机组。厂区一次规划，分期建设。本期工程为广东廉江核电厂3、4号机组，拟建设2台国和一号压水堆核电机组。

本工程单台机组建设周期为 60 个月。本工程 3 号机组计划于 2027 年 4 月底浇灌核岛第一罐混凝土，4 号机组计划于 2028 年 2 月底浇灌核岛第一罐混凝土，两台机组间隔 10 个月。工程设计寿期为 60 年。具体开工时间以国家批准的开工建设时间为准。

广东廉江核电项目厂址位于廉江市车板镇北约 4km 处，东距廉江市区约 48km，东南距湛江市市区约 65km，厂址西南邻近英罗港海域。本工程为广东廉江核电厂 3、4 号机组，3 号机组位于项目 1 号机组 NNE 方位 0.5km 处。

10.2 环境保护设施

本工程配置有放射性液体废物处理系统（WLS）、放射性气体废物处理系统（WGS）、放射性固体废物处理系统（WSS）、乏燃料贮存系统以及全厂址共用的厂址废物处理设施，可有效处理本工程运营期间产生的放射性废气、废液、固体废物。对于非放污染物，本工程采取广东廉江核电项目一期工程同类环保措施，如全厂址共用的生活污水处理设施，危险废物贮存设施等，以确保本工程运营过程中产生的非放污染物规范处置，达标排放。

10.3 放射性排放

本工程 2 台机组液态流出物的槽式排放口处排放浓度满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）标准要求。槽式排放口处液态流出物中 H-3 的平均排放浓度为 $4.04\text{E}+06\text{Bq/L}$ ，C-14 的平均排放浓度为 $2.56\text{E}+03\text{Bq/L}$ ，满足 GB 6249-2025 中规定的槽式排放口处液态流出物中 H-3 的活度浓度不应超过 $3.0\text{E}+07\text{Bq/L}$ ，C-14 的活度浓度不应超过 $3.0\text{E}+03\text{Bq/L}$ 的限值要求。本工程液态流出物中放射性核素活度浓度符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）附录 D 要求。本工程单台机组气态和液态流出物的年排放量满足《核动力厂环

境辐射防护规定》（GB6249-2025）标准要求。一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组的排放总量满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）。一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组总排放口处 5 种核素浓度均小于《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定的限值。

10.4 辐射环境影响评价结论

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定：任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。

本工程 2 台机组和一期工程 2 台机组在正常运行期间所致最大个人的有效剂量小于场址 0.25mSv 的限值要求。因此，本工程在正常运行期间，对环境的辐射影响是可以接受的。

本工程 2 台机组，以及一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组在正常运行工况下，气、液态流出物排放对厂址周边陆生生物和受纳海域中水生生物的影响较小。

根据廉江市人民政府印发《关于设置和管理广东廉江核电项目非居住区的复函》，廉江核电项目厂址非居住区的边界为：距 1、2 号核岛 SSW 方位 900 米、SW 方位 1000 米、WSW 方位 850 米、W 方位 1050 米、WNW 方位 900 米，其余方位 800 米；距 3~6 号核岛 S 方位 950 米、SSW 方位 1050 米、SW 方位 1150 米、WSW 方位 1000 米、W 方位 1250 米、WNW 方位 1050 米，其余方位 800 米构成的封闭区域。广东省人民政府印发《广东省人民政府关于划定廉江核电厂规划限制区的批复》（粤府函〔2025〕80 号），同意以廉江核电厂 1 号至 6 号机组核岛为中心、5 公里为半径的包络区域划定为规划限制区。

本工程在选址假想事故发生后任意 2h 内，厂址非居住区边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 73.8mSv。上述剂量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的事故个人有效剂量（250mSv）的要求。在选址假想事故的整个持续期间（30 天），厂址规划限制区外边界上（5km）任何个人所受的最大个人有效剂量为 18.7mSv。上述剂量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的事故个人有效剂量（250mSv）的要求。在选址假想事故的整个持续期间（30 天），采用全厂址 95%累积概率水平的大气弥散因子作为集体剂量评价的事故大气弥散因子，计算得到厂址发生选址假想事故时所致的集体

剂量为 5.00×10^3 人 Sv。上述剂量低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定的事故集体有效剂量（ 2×10^4 人·Sv）。

厂址区域交通情况良好，无难以撤离的居民点，在执行场外核应急预案时需重点关注厂址烟羽应急计划区范围内的学校和养老院。厂址附近通讯条件、居民住宅以二层砖瓦结构楼房为主，对外照射有较好的屏蔽减弱能力。因此，广东廉江核电项目厂址在实施场外事故核应急预案方面没有不可克服的困难。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 散热系统对环境的影响

1) 对水体的物理影响

(1) 散热系统工程对水体的物理影响

本工程海域取排水工程与一期工程共用，已于一期工程建设。由于本工程取排水量较小，无海域工程施工。因此工程对水体岸线侵蚀、底部冲刷、泥沙淤积以及工程附近水体的水动力条件基本没有影响。

(2) 冷却塔排水对水体的物理影响

根据《湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（湛江市人民政府关于印发湛江市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知（湛府〔2021〕30号）文）、《湛江市2023年“三线一单”生态环境分区管控成果更新调整成果》（2024年2月8日）及《北海市环境管控单元生态环境准入及管控要求清单（试行）》，本项目取排水构筑物及排放口位于“英罗港-海康港农渔业区”一般管控单元（编号HY440800300012），不涉及海洋生态保护红线。厂址取排水口所处位置不涉及自然保护区，取排水口半径15km范围内涉及3处自然保护区，分别为广东湛江红树林国家级自然保护区（排水口NNE方位约1.6km）、广西山口红树林国家级自然保护区（排水口NNW方位1.7km）和广西合浦儒艮国家级自然保护区（排水口W方位约2.3km）。

本项目循环冷却方式为二次循环冷却方案，取排水量较小，排水温升较低。厂址一期工程和本工程总取水量为 $10.41\text{m}^3/\text{s}$ （其中本工程取水量为 $4.91\text{m}^3/\text{s}$ ），一期工程和本工程总排水量约 $5.72\text{m}^3/\text{s}$ （其中本工程排水量为 $2.22\text{m}^3/\text{s}$ ）。冬季冷却水排水温升为 2.84°C 左右，夏季冷却水排水温升为 0.28°C 左右，满足3类水质要求。根据中国辐射防护研究院针对本工程进行的温排水排放数值模拟结果，冬

季半月潮 0.5℃温升包络范围不涉及生态红线、自然保护区等环境敏感区。

2) 散热系统对水生生物的影响

(1) 取排水工程对水生生物的影响

本工程取排水系统对水生生物的影响主要包括取水卷吸影响及排水中投放次氯酸钠的化学因素的危害。化学因素危害一般在次氯酸钠使用期间起作用；而取水卷吸的机械损伤是最经常和最主要的危害因素。

由于本工程采用二次循环方式，取水流量较小，一期工程和本工程总取水量为 $10.41\text{m}^3/\text{s}$ （其中本工程取水量为 $4.91\text{m}^3/\text{s}$ ）。同时，本工程将采取一定措施尽可能的降低取水口的取水流速，因此不会对水生生物产生明显的卷吸碰撞影响。

(2) 冷却塔排水对水生生物的影响

本工程采用二次循环冷却方式，排水温升较低，冬季排水温升为 2.84°C 左右，夏季排水温升为 0.28°C 左右，满足 3 类水质要求，影响较小。根据中国辐射防护研究院针对本工程进行的温排水排放数值模拟结果，一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行后，冬季半月潮 2°C 温升包络范围面积约 0.134km^2 ，夏季排水温升不超过 1°C 。该温升范围面积较小，因此从温升看，本工程的冷却塔排水对水生生物的影响是可以接受的。

本工程运行排水中余氯进入水体，会使近岸水体的余氯浓度有轻微的增大，但厂址排水口周边海域的环境水体对余氯的稀释能力较强，在排水口附近形成的余氯影响范围将较小，因此冷却塔排水中余氯对水生生物的不利影响较小。

3) 散热系统对声环境的影响

本工程 2 台机组正常运行期间 2 座冷却塔及一期工程 2 台机组和本工程 2 台机组正常运行期间 4 座冷却塔的噪声影响预测结果表明：

本工程 2 台机组正常运行期间 2 座冷却塔运行后厂界处昼间和夜间的噪声预测值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准昼间不超过 $65\text{dB}(\text{A})$ ，夜间不超过 $55\text{dB}(\text{A})$ 的限值要求。距厂址冷却塔群最近的居民点为塘仔山村，位于本工程冷却塔群 W 方位约 800m 。该居民点昼间和夜间的噪声值均满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准要求（昼间 $60\text{dB}(\text{A})$ ；夜间 $50\text{dB}(\text{A})$ ）。

一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行期间4座冷却塔所致厂界处昼间和夜间的噪声预测值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中3类标准昼间不超过65dB(A),夜间不超过55dB(A)的限值要求。所致塘仔山村昼间和夜间的噪声值均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准要求(昼间60dB(A);夜间50dB(A))。

4) 散热系统对大气环境的影响

本工程2台机组正常运行期间2座冷却塔运行造成的太阳辐射损失率超过10%的区域均位于厂区范围内。一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行期间4座冷却塔引起的太阳辐射损失超过10%的区域主要集中在厂区内部,预计冷却塔形成雾羽“荫屏”不会对周围环境(包括红树林保护区)和陆生生态产生明显影响。

本工程2台机组正常运行期间2座冷却塔及一期工程和一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行期间4座冷却塔飘滴引起的降水量远低于自然降水量。因此,冷却塔群引起的降水不会对周围环境造成明显影响。

本工程2台机组正常运行期间2座冷却塔产生的盐沉积,以及一期工程2台机组和本工程2台机组正常运行期间4座冷却塔产生的盐沉积均低于可能会对植物产生危害的限值($1000\text{kg}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$),不会对厂址周围植被产生危害。

自然通风冷却塔的雾羽到达地面可能性是相当小的,不会导致地面结雾现象。

10.5.2 非放射性废水对环境的影响

广东廉江核电项目各类生产废水经处理后达到《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)中的最高允许排放浓度后部分回用。其余生产废水排入循环冷却水管后,受循环冷却水的稀释,以及北部湾水域的进一步稀释,其化学物质的浓度将更低,可以满足《海水水质标准》(GB3097-1997)中的相应规定。

本工程生活污水全部回收利用,不外排。一般情况生活污水处理系统出水可完全回用于厂区绿化用水和道路洒水;特殊情况(如连续阴雨水天气时绿化用水减少时),生活污水处理系统出水可以补入冷却塔水池,作为循环水补充水。

10.6 承诺

国核湛江核电有限公司承诺:在本工程后续建设和运营过程中,按照环境影响报告书要求及审管部门的要求,积极落实各项环保措施,做好三同时工作;积

极跟踪国和一号示范工程项目的运行情况及本项目一期工程设计建造情况，及时将设计改进落实到本工程中；积极开展核电科普宣传工作，实现核电发展与公众意识之间的和谐。

广东廉江核电厂 3、4 号机组

环境影响评价公众参与说明 (选址阶段)



国核湛江核电有限公司

2025 年 8 月

广东廉江核电厂 3、4 号机组

环境影响评价公众参与说明 (选址阶段)

国核湛江核电有限公司

2025 年 8 月



目 录

1 概述.....	1
2 首次环境影响评价信息公开情况.....	2
2.1 公开内容及日期.....	2
2.2 公开方式.....	3
2.3 公众意见情况.....	4
3 征求意见稿公示情况.....	4
3.1 公示内容及时限.....	4
3.2 公示方式.....	5
3.3 查阅情况.....	10
3.4 公众提出意见情况.....	10
4 其他公众参与情况.....	10
4.1 公众座谈会、听证会、专家论证会等情况.....	10
4.2 其他公众参与情况.....	10
4.3 宣传科普情况.....	21
5 公众意见处理情况.....	26
5.1 公众意见概述和分析.....	26
5.2 公众意见采纳情况.....	27
5.3 公众意见未采纳情况.....	28
6 报批前公开情况.....	28
6.1 公开内容及日期.....	28
6.2 公开方式.....	29
7 其他.....	30
8 诚信承诺.....	30
9 附件.....	31

1 概述

广东廉江核电项目厂址位于廉江市车板镇田螺岭，东距廉江市区 48 公里，东南距湛江市区 65 公里。项目规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一次规划，分期建设。一期工程建设 2 台 CAP1000 第三代先进压水堆核电机组，分别于 2023 年 9 月、2024 年 4 月开工浇筑第一罐混凝土，现已迈入双机组全面建设阶段。

二期工程拟建设 2 台“国和一号”（CAP1400）第三代先进压水堆核电机组，单台机组的建设工期 60 个月，两台机组开工时间间隔 10 个月。2025 年 3 月 18 日，国家能源局印发广东廉江核电（扩建）项目前期工作座谈会议纪要，标志着廉江核电项目二期工程前期工作全面启动。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令第 4 号）（简称《办法》）等规定，国核湛江核电有限公司（简称建设单位）遵循依法、有序、公开、便利的原则，组织开展了广东廉江核电厂 3、4 号机组选址阶段环境影响评价公众参与工作。建设单位陆续发布了首次环境影响评价信息公告、环评报告征求意见稿公告，通过电话、信函、传真、电子邮件、来访接待等多种方式，征求建设项目环境影响有关的意见和建议。期间，通过粤桂两省（区）跨省公众沟通协调机制，通报工作情况，商请广西壮族自治区相关部门及北海、玉林市人民政府共同做好项目环境影响评价公众参与等工作。

在首次环境影响评价信息公告、环评报告征求意见稿公

告期间均未收到公众反映与项目环境影响评价相关的意见和建议的情况下，为切实保障公众环境保护知情权、参与权、表达权和监督权，让公众参与工作开展更充分、更广泛，建设单位还通过问卷调查、公众座谈会等方式征求了公众意见建议。

另外，近年来，建设单位在湛江区域、广西合浦、博白区域持续开展了核电科普宣传和社会公益活动，获得了地方群众广泛理解和支持。后续将在地方政府的支持下，持续做实做细公众科普宣传工作，充分打消社会各界对核电的顾虑，进一步夯实项目发展的基础。

2 首次环境影响评价信息公开情况

2.1 公开内容及日期

建设单位于2025年6月27日发出《关于请贵司编制广东廉江核电厂3、4号机组环境影响报告书(选址阶段)的函》(LJS-SNZN-SNER-000089)，确定了上海核工程研究设计院股份有限公司（简称环评编制单位）作为环境影响报告书编制单位。

建设单位于2025年7月7日发布了《广东廉江核电厂3、4号机组选址阶段环境影响评价信息公告》。

公开的主要内容包括：

- (1) 建设项目基本情况；
- (2) 建设单位名称和联系方式；
- (3) 环境影响报告书编制单位的名称；
- (4) 公众意见表的网络链接；

(5) 提交公众意见表的方式和途径。

公开主要内容、日期符合《办法》第九条有关规定。

2.2 公开方式

2.2.1 网络

2025 年 7 月 7 日，建设单位分别在湛江市生态环境局政府门户网站和国核湛江核电有限公司网站发布《广东廉江核电厂 3、4 号机组选址阶段环境影响评价信息公告》。湛江市生态环境局政府门户网站是建设项目所在地相关政府网站，国核湛江核电有限公司网站是建设单位网站，载体选取符合《办法》第九条有关规定。

湛江市生态环境局政府门户网站公示网址：

https://www.zhanjiang.gov.cn/zjsfw/bmdh/sthj/zwgk/tzgg/content/post_2062818.html

国核湛江核电有限公司网站公示网址：

https://snzn.spic.com.cn/xxgk/gsgg/content_727

公示内容见图 1、图 2。

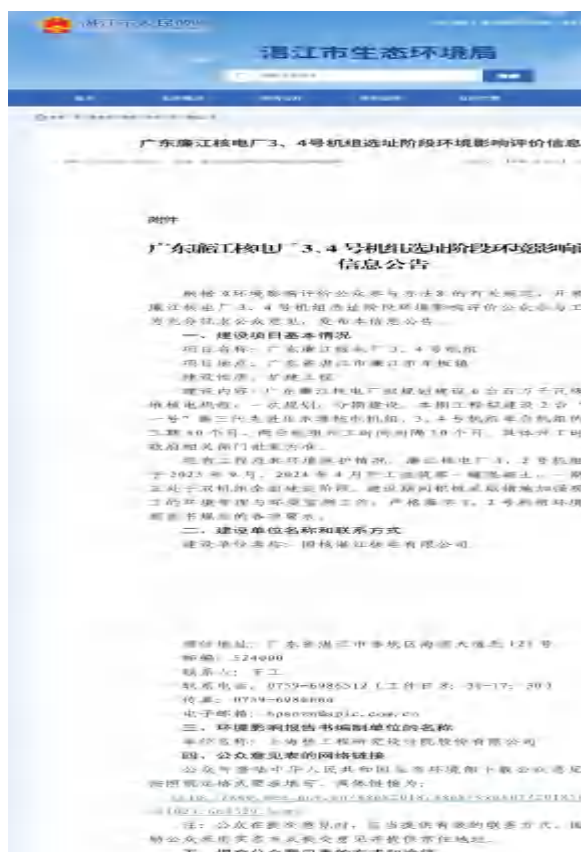


图 1：湛江市生态环境局网站公告



图 2：国核湛江核电有限公司网站公告

2.2.2 其他

无。

2.3 公众意见情况

自首次环境影响评价信息公告发布以来，建设单位未收到公众通过电话、传真、信函、电子邮件等方式反映与建设项目环境影响有关的意见和建议。

3 征求意见稿公示情况

3.1 公示内容及时限

《广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）》主要内容完成后，建设单位于 2025 年 7 月 14 日发布了《关于公示〈广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）〉（征求意见稿）的公告》。

公众提出意见的起止时间为自公告发布之日起 10 个工作日内。

公示的主要内容包括：

- (1) 环境影响报告书征求意见稿查阅方式及途径；
- (2) 征求公众意见的范围；
- (3) 公众意见表的网络链接；
- (4) 公众提出意见的方式和途径；
- (5) 公众提出意见的起止时间。

公示主要内容及时限均符合《办法》第十条有关规定。

3.2 公示方式

3.2.1 网络

2025 年 7 月 14 日，建设单位分别在湛江市生态环境局政府门户网站和国核湛江核电有限公司网站发布《关于公示〈广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）〉（征求意见稿）的公告》。载体选取符合《办法》第九条、第十一条有关规定。

湛江市生态环境局政府门户网站公示网址：

https://www.zhanjiang.gov.cn/zjsfw/bmdh/sthj/zwgk/tzgg/content/post_2065830.html

国核湛江核电有限公司网站公示网址：

https://snzn.spic.com.cn/xxgk/gsgg/content_734

公示内容见图 3、图 4。



图 3：湛江市生态环境局网站公告



图 4：国核湛江核电有限公司网站公告

3.2.2 报纸

建设单位分别于 2025 年 7 月 14 日、7 月 21 日在《湛江日报》刊登了《关于公示<广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）>（征求意见稿）的公告》。

《湛江日报》是中共湛江市委机关报，是广东省内办报时间长、影响力和发行量最大的地市报纸之一。载体选取符合《办法》第十一条有关规定。

刊登内容见图 5、图 6。



图 5: 2025 年 7 月 14 日湛江日报 A05 版



图 6: 2025 年 7 月 21 日湛江日报 A05 版

2025 年 7 月 14 日，建设单位分别在广东省廉江市车板镇政府、车板镇大坝村委、南垌村委、高桥镇政府、高桥镇平垌村委、青平镇政府、雷州林业局石岭林场车板林队以及红江农场等 8 处政府公告栏张贴了《关于公示<广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）>（征求意见稿）的公告》。

本次张贴的地点均位于广东廉江核电厂半径 15 公里范围内，属于项目所在地公众易于知悉的场所，张贴区域选取符合《办法》第十一条有关规定。

张贴情况见图 7-图 15。



图 7：车板镇政府公告栏



图 8：车板镇大坝村委公告栏



图 9：车板镇南垌村委公告栏



图 10：高桥镇政府公告栏



图 11: 高桥镇平坝村委公告栏



图 12: 青平镇政府公告栏



图 13: 石岭林场车板林队公告栏



图 14: 红江农场公告栏



图 15: 向村民介绍公告情况

3.2.4 其他

无。

3.3 查阅情况

为供社会各界关心广东廉江核电项目建设的公众浏览查阅《广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）》（征求意见稿），建设单位将纸质报告查阅地址设置在广东省湛江市廉江市车板镇廉江核电厂区运维楼，另外在廉江市车板镇政府办公楼设置公众接待中心，安排专人值班接待。

公告期内，未有公众前来查阅纸质报告。

3.4 公众提出意见情况

公告期内，建设单位未收到公众通过电话、传真、信函、电子邮件等方式反映与建设项目环境影响有关的意见和建议。

4 其他公众参与情况

4.1 公众座谈会、听证会、专家论证会等情况

建设单位在首次环境影响评价信息公告、环评报告征求意见稿公告期间未收到公众通过电话、传真、信函、电子邮件等方式反映与建设项目环境影响有关的意见和建议。因此，建设单位未再组织开展深度公众参与，符合《办法》第十四条相关规定。

4.2 其他公众参与情况

4.2.1 公众沟通工作方案获得批复

在国家“中央督导、政府主导、企业作为、社会参与”的公众沟通工作机制指导下，建设单位在多年探索和实践

形成了适合项目阶段、符合当地公众环境的工作策略和方法，建立了政企紧密配合、协同联动的工作机制，有序、有力地推进公众沟通各项工作开展。

建设单位在一期工程公众沟通工作方案的基础上，优化形成扩建工程公众沟通工作方案，方案保持总体框架基本不变、主要内容基本不变、协调机制基本不变。在历经中国核能行业协会专家审查、廉江市政府审查、湛江市政府审查及国家电投集团审查后，2025年5月，方案获得广西壮族自治区政府认可，2025年6月，方案获得广东省政府批复。

4.2.2 建立跨省协调工作机制

跨省协调工作由粤桂两省（区）能源局牵头，湛江市、北海市、玉林市人民政府，廉江市、合浦县、博白县人民政府以及建设单位参与。在公众沟通工作期间，由两省（区）能源局牵头，相关单位参与，以联席会议制度、定期或不定期沟通、往来函件等形式，加强有关工作衔接，通畅信息通报、共享渠道，解决跨省沟通相关问题，协同开展工作。

按照粤桂两省（区）跨省协调工作机制，建设单位向广西壮族自治区能源局发送《湛江核电关于报送广东廉江核电项目二期工程选址阶段信息公开计划的报告》（国家电投湛核〔2025〕74号），商请支持做好信息公开期间的相关工作。接到来函后，广西壮族自治区能源局向自治区相关职能部门以及北海、玉林市人民政府发送《广西壮族自治区能源局关于请配合开展广东廉江核电项目二期工程公众沟通工作的函》，要求各单位协助配合做好相关工作。

4.2.3 地方政府加强指导调度

为高效有序开展廉江核电二期工程公众沟通工作，保障重点项目顺利推进，按照省委省政府部署安排，湛江市政府于2025年7月1日，组织召开廉江核电项目二期工程跨省公众沟通启动会。会议研究了信息公告、公众参与等重点工作的组织与实施，并对下一步重点工作进行了部署安排。会上，广西壮族自治区玉林市、北海市、博白县、合浦县政府参会代表均表示大力支持湛江市政府工作，并全力配合做好廉江核电项目二期工程公众沟通工作。

同月，廉江市政府组织宣传、发展改革、生态环境、自然资源等政府职能部门召开廉江核电项目二期工程公众沟通动员会，对相关工作进行具体部署。

4.2.4 问卷调查

按照广东省政府批复的《广东廉江核电项目扩建工程公众沟通工作方案》，2025年7月15日至17日，建设单位开展了问卷调查工作。按照广东省政府批复的公众沟通方案，重点在厂址周边5公里范围内发放群众纸质调查问卷560份，收回560份，其中96.78%（542份）的公众表示支持廉江核电项目二期工程的建设，3.21%（18份）的公众对廉江核电项目二期工程的建设持无所谓的态度，不支持的公众问卷数为0。共发放政府部门、社会团体等单位问卷51份，100%支持项目建设。问卷结果显示，公众对项目安全管理、科普宣传、环境保护措施、助力地方建设等方面较为关注。

问卷涉及环境影响的信息主要如下：

（一）群众调查问卷情况

在廉江市车板镇、高桥镇、青平镇及红江农场发放群众纸质调查问卷 560 份，收回 560 份，其中 96.78%（542 份）的公众表示支持廉江核电项目二期工程的建设。

1. 公众对广东廉江核电项目二期工程相关工作开展的评价情况

本次问卷调查通过“您对廉江核电项目科普宣传工作评价”、“您对廉江核电项目信息公开工作的评价”这 2 个问题，了解到公众对廉江核电工作开展的评价情况。

据调查结果显示，93.57%（524 份）的公众对“廉江核电项目科普宣传工作”予以肯定评价（其中 58.57%的公众评价很好，35%的公众评价好）；93.22%（522 份）的公众对“廉江核电项目信息公开工作的”予以肯定评价（其中 66.61%的公众评价透明，26.61%的公众评价基本透明）。

2. 公众对广东廉江核电项目二期工程的认知情况

本次问卷调查通过“您是否了解核能是一种安全和清洁的能源”“您是否了解核电配套设计有环境影响保护措施？”这 2 个问题，了解到公众对廉江核电建设的认知情况。

据调查结果显示，95.72%（536 份）的公众对于“核能是一种安全和清洁的能源”有所了解（其中 44.11%的公众对此非常了解，21.61%的公众对此了解较多，30%的公众对此了解一般）；95.19%（533 份）的公众对“核电有环保配套设计”有所了解（其中 40.54%的公众对此非常了解，21.61%的公众对此了解较多，33.04%的公众对此了解一般）。

3. 公众对广东廉江核电项目二期工程重点关注问题

本次问卷调查通过“您关心本期工程项目建设哪些方面？”、“您认为本期工程对于地方经济社会发展有哪些意义？”“您认为建设单位在本期工程选址、建设和运行中应该注重？”等问题，了解到公众对廉江核电项目二期工程重点关注的问题。

调查结果显示，42.32%（237 份）的公众关心项目建设规划限制区发展，41.79%（234 份）的公众关心项目建设施工扬尘，34.29%（192 份）的公众关心项目建设对交通的影响，36.61%（205 份）的公众关心项目建设的噪声和振动，40.54%（227 份）的公众关心项目建设治安环境，27.32%（153 份）的公众关心项目建设对种养殖业影响，31.61%（177 份）的公众关心项目建设期的安全与质量，35.18%（197 份）的公众关心项目建设运行期的核安全，26.96%（151 份）的公众关心项目放射性固体废物的处置。

调查结果显示，75.18%（421 份）的公众认为项目建设有利于增加就业机会；54.46%（305 份）的公众认为项目建设有利于增加地方财政收入，27.86%（156 份）的公众认为项目建设有利于改善地方教育条件，47.5%（266 份）的公众认为项目建设有利于带动本地企业发展，30.71%（172 份）的公众认为项目建设有利于提升地方知名度，32.86%（184 份）的公众认为项目建设有利于改善区域基础设施，19.29%（108 份）的公众认为项目建设有利于提供清洁能源，利于改善环境。

调查结果显示，52.5%（294 份）的公众认为建设单位应该注重分析论证项目安全性，50.36%（282 份）的公众认为建设单位应该注重征地（海）合理补偿，50.89%（285 份）的公众认为建设单位应该注重加强项目管理，防止安全隐患，41.61%（233 份）的公众认为建设单位应该注重核电知识科普宣传，38.75%（217 份）的公众认为建设单位应该注重信息透明公开。

（二）团体调查问卷情况

在湛江市、廉江市开展团体问卷调查，涉及湛江市、廉江市政府有关部门、基层政府、基层组织、社会团体及企事业单位等。共发放团体调查问卷 51 份，收回 51 份，其中 100% 的团体表示支持廉江核电项目二期工程的建设。

1. 团体对廉江核电项目二期工程的认知情况

本次问卷调查通过“贵单位对本期工程的了解程度”、“贵单位认为本期工程的建设是否符合国家及地方的政策和规划”、“贵单位认为本期工程的建设是否契合当地利益”这 3 个问题，了解到湛江、廉江相关团体对廉江核电建设的认知情况。

据调查结果显示，92.15%（47 份）的团体对本期工程有所了解（其中 58.82% 的团体表示很了解，33.33% 的公众表示比较了解）；所有团体（51 份）均表示本期工程的建设符合国家及地方政策和规划（其中 78.43% 的团体认为完全符合，21.57% 的团体认为基本符合）；所有团体（51 份）均表示本期工程的建设契合当地利益（其中 62.75% 的团体认为完全符

合，37.25%的团体认为基本符合）。

2. 团体对廉江核电项目二期工程重点关注问题

本次问卷调查通过“贵单位关心本期工程项目建设哪些方面？”、“贵单位认为本期工程对于地方经济社会发展有哪些意义？”、“贵单位认为本地社会环境条件是否适宜本期工程建设？”、“贵单位认为应该如何预防和应对可能出现的影响社会稳定问题？”等问题，了解到相关团体对本期工程重点关注的问题。

调查结果显示，39.22%（20份）的团体关心项目建设的规划限制区发展，47.06%（24份）的团体关心项目建设的施工扬尘，45.1%（23份）的团体关心项目建设的交通影响，37.25%（19份）的团体关心项目建设的噪声和振动，41.18%（21份）的团体关心项目建设的治安环境，29.41%（15份）的团体关心项目建设的种养殖业影响，52.94%（27份）的团体关心项目建设建设期的安全与质量，52.94%（27份）的团体关心项目建设的运行期的核安全，41.18%（21份）的团体关心项目建设放射性固体废物的处置。

调查结果显示，90.2%（46份）的团体认为本期工程建设有利于增加就业机会；84.31%（43份）的团体认为本期工程建设有利于增加地方财政收入，29.41%（15份）的团体认为本期工程建设有利于改善地方教育条件，62.75%（32份）的团体认为本期工程建设有利于带动本地企业发展，54.9%（28份）的团体认为本期工程建设有利于提升地方知名度，58.82%（30份）的团体认为本期工程建设有利于改善区域基

基础设施，43.14%（22 份）的团体认为本期工程建设有利于提供清洁能源，利于改善环境。

调查结果显示，96.08%（49 份）的团体认为本地社会环境条件适宜本期工程建设，3.92%（2 份）的团体对该情况表示不确定。

调查结果显示，98.04%（50 份）的团体认为应通过增强信息公开透明度应对可能出现的社稳问题，64.71%（33 份）的团体认为应通过制定相关处置预案来应对，47.06%（24 份）的团体认为应通过建设社会友好型企业来应对，70.59%（36 份）的团体认为应通过做好环境保护工作，避免污染环境来应对。

3. 团体对廉江核电项目二期工程建设的态度

本次问卷调查通过“贵单位认为本期工程建设的时机是否成熟”、“贵单位是否支持本期工程在当地的建设”、“贵单位对本期工程建设的意见和建议”这 3 个问题，了解到相关团体对廉江核电项目二期工程的建设态度。

调查结果显示，98.04%（50 份）的团体表示本期工程建设时机已经成熟（49.02%的团体表示时机已经很成熟，早就应该建设，49.02%的团体认为时机已经基本成熟，可尽早建设）。所有团体（51 份）均表示支持本期工程在当地建设，其中有 1 个团体提出有条件支持，条件为确保运行期间及后续的安全性。

4.2.5 公众座谈会

在首次环境影响评价信息公告、环评报告征求意见稿公告期间均未收到公众反映与项目环境影响评价相关的意见和建议的情况下，为进一步保障公众环境保护知情权、参与权、表达权和监督权，让公众参与工作开展更充分、更广泛，按照广东省人民政府批复的《广东廉江核电项目扩建工程公众沟通工作方案》要求，遵循依法、有序、公开、便利的原则，召开广东廉江核电项目二期工程公众座谈会。会议主要内容如下：

2025年7月28日，湛江市政府副秘书长黄海涛主持召开广东廉江核电项目二期工程公众座谈会。湛江市、廉江市、广西壮族自治区合浦县、博白县相关部门代表，廉江市、合浦县、博白县公众代表，以及国核湛江核电有限公司、上海核工院专家代表，共63人参加了座谈会。

座谈会上，建设单位介绍我国核能发展情况、湛江核电公司基本情况、廉江核电项目一期工程进展及二期工程公众沟通进展情况。会议听取了来自廉江市，博白县、合浦县公众代表对廉江核电项目建设、环境影响、安全保障等方面的意见建议。结合公众代表提出的问题，政府相关部门代表、湛江核电公司代表和专家代表逐一进行回应和解答，与会代表对解答表示认可和支持。

（一）与会公众代表意见

廉江市与会公众代表对廉江核电项目建设无意见。有代表提出，廉江核电项目作为民生工程保障，项目的建设带动了当地村民就业，提升了地方基础设施建设，促进了地方公

共服务水平及产业、乡村发展。代表主要咨询了大型冷却塔对海洋环境、海水养殖影响方面的问题，并提出四条意见和建议，一是助力地方完善公共基础设施建设，健全厂区周边镇村公共道路交通标识，保障村民出行安全；二是建立核电建设运行全过程监督机制，保障群众的知情权；三是结合核电产业优势，创新宣传推广形式，带动地方农业发展；四是持续做好青少年等特殊群体科普工作，加强与地方媒体合作，加大对大型冷却塔、龙门吊等先进设备、先进工艺宣传力度。

博白县发展和改革局代表及大坝镇、龙潭镇与会公众代表对廉江核电项目建设无意见，建议做好厂址周边核辐射监测工作，及时公开监测数据信息，做到公开透明。

合浦县发展和改革局代表及山口镇、沙田镇与会公众代表对廉江核电项目建设无意见。代表咨询了极端自然灾害导致核泄漏情况下的核应急措施，并提出两条建议：一是廉江核电项目邻近广西自治区两个国家级自然保护区，项目建设单位要严格执行国家标准，避免对保护区生态环境造成影响；二是要加强信息沟通，防止因信息不对称引发社会不稳定事件。

（二）项目建设单位及专家回应情况

建设单位及专家代表对代表提出的冷却塔环境影响、核应急等问题作了详细解答，并逐一回应了公众建议。一是坚守核安全政治责任。坚决贯彻落实党中央、国务院关于核安全“万无一失”“绝无一失”的要求，切实扛起守护核安全

的政治责任，主动接受国家主管部委、地方各级政府和公众监督，加强施工期和运行期安全和管理，落实各项生态监测和环境保护措施，促进与项目周边保护区的生态共融，致力打造粤西环北部湾生态核电、绿色核电精品示范工程。

二是确保辐射监测透明。严格按照国家相关规定要求，在厂区周边建设辐射监测站，确保所有监测数据公开透明。三是完善沟通与风险管控。充分听取各方意见，主动加强与周边镇村沟通，建立对话机制，在后续项目环评、可研工作及评审中充分考虑各种风险，做实做细各项工作。四是履行社会责任。积极融入地方“百千万工程”，制定一揽子工作方案，助力地方基础设施水平提升，切实履行社会责任。五是创新宣传形式。通过线上与线下宣传相结合、科普宣传与项目宣传相结合、自身宣传与地方媒体宣传相结合等方式，持续加大宣传力度，巩固宣传工作成果，并探索利用宣传平台助农惠农等新模式。

（三）会议要求

会议指出，廉江核电项目是国家规划的重大能源项目，广东省、广西壮族自治区各级政府高度重视该项目建设工作，已建立项目跨省协调联络机制，并就跨省公众沟通工作达成共识。目前项目已取得前期工作“路条”文件，湛江市与北海市、玉林市政府联合召开跨省公众沟通启动会，建设单位在厂址周边区域持续开展了多层次的核电科普宣传和一系列社会公益活动，取得良好效果。

会议要求，各方要提高政治站位，深刻认识接续推进廉

江核电项目建设的重要意义，严格按照两省（区）党委和政府决策部署落实工作。建设单位要在政府部门指导下，创新宣传方式，拓展多元化信息公示渠道，化解公众疑虑，营造和谐稳定的社会环境；要结合本次会议意见，构建建设单位、相关部门与群众的“三方”常态化对话沟通平台，确保群众诉求有渠道、有回应、有落实。

会议强调，建设单位要充分发挥自身优势，做强核能产业链，深化履责共赢。一是以廉江核电一期、二期及后续规划建设项目为依托，持续深化核能产业链“延链、补链、强链”工作，重点招引和培育核电站设计研发、关键设备制造、工程建设、运维服务等产业链上下游优质企业，着力构建具有国际竞争力、配套完善、协同高效的现代化核能产业体系，为地方经济高质量发展提供新动能。二是积极履行企业社会责任，深度参与地方基础设施建设等工作，让群众共享发展成果，实现政府、企业和群众多方共赢。

4.3 宣传科普情况

4.3.1 概述

为增进项目周边可能受项目建设、运行直接或间接影响的公众、企事业单位和社会团体等对核电知识的了解和认识，提高公众对核电的可接受度，建设单位开展了大量的核电科普宣传活动，包括参加大型展会和专业会议、建设核电科普展厅平台、“请进来”“走出去”、打造公共宣传品牌、实施核电科普进校园、进社区、进党校等系列活动、开展定向公益、跨省公共宣传等，对争取公众的理解和支持，起到

了积极的作用。

4.3.2 宣传形式及开展情况

（一）参加大型展会和专业会议

建设单位连续 5 年参加中国海洋经济博览会，举办 3 场中国海洋经济发展高端论坛，参加广东省“中国流动科技馆巡展”活动（湛江站）巡展活动，代表国家电投集团分别参加第一届和第三届中国核能高质量发展大会暨深圳核能产业创新博览会，历年参展累计受众近 20 万人次，扩大了核电科普宣传受众面和建设单位影响力。

建设单位积极推广廉江核电项目公众沟通工作良好实践，参与中国核能行业协会《核能项目选址阶段公众沟通推演式评估导则》《核电项目前期公众沟通工作实施指南》《小型反应堆项目公众沟通指南团体标准》等团体标准编制工作，以及核电项目企地融合发展研究、跨区域公众沟通研究，并在行业内推广运用。建设单位还将承办 2025 年 9 月在湛江市召开的中国核能行业协会第八届核能公众沟通大会。

（二）建设核电科普展厅平台

建设单位已建成湛江、廉江两大核电科普展厅，采用图文展播、实物模型、大型沙盘、VR 互动体验并辅以声光电等方式布展，成为建设单位长期对外输出的宣传阵地，陆续被评选为“湛江市科普教育基地”、“广东省科普教育基地”以及中国电机工程学会“电力科普教育基地”。开放至今，两地展厅已接待各级政府机关代表、项目周边领导干部、社

会公众、学生群体等 300 批次 12000 余人参观，为建设单位开展核电科普和项目宣传提供了重要平台。

建设单位还在项目厂区规划了 1500 平方米的宣传展示中心，观景平台与展示中心能够产生很好的互补效果，不仅让参观受众“耳听”，更能“眼看”，更直观让公众感受核电建设魅力。此外，建设单位在湛江市规划建设核电科技馆，作为廉江核电项目对外形象展示的重要窗口、企业文化品牌传播名片、专家同行学术交流平台、提升公众认同感的科普教育基地。

（三）“走出去” “请进来”

建设单位累计组织湛江、廉江两市领导干部、人大代表、社会团体、厂址周边公众代表等 16 批次 600 余人次，赴三门、海阳、秦山、昌江、阳江、防城港核电参观学习，让项目所在地干部、群众亲身感受核电建设对地方发展的重要意义和积极影响，坚定对核电发展的信心。

廉江核电一期工程建设以来，积极开展“媒体开放日”“家属开放日”“社会开放日”等特色活动，组织地方政府、社会公众及在校师生等群体代表参观廉江核电工程现场，充分展示了大型冷却塔、龙门吊、模块化施工等先进施工工艺。

（四）打造公共宣传特色品牌

为扩大核电科普的示范效应，建设单位积极与地方科协、教育以及生态环境等职能部门联动，充分利用地方平台资源优势开展核电科普及项目宣传。通过召开科协工作会议、打造绿色核能科普特色学校、组建核电科普志愿者队伍、

在全国科技活动周及全国科普日摆摊设点、开展核电科普及项目宣传“三下乡”活动等，系统性、全方位开展科普宣传工作，打造了具有廉江核电项目特色的宣传品牌。

（五）核电科普进校园

建设单位在项目周边学校开展了“核电科普进校园”系列活动，覆盖了廉江市所有公立高级中学及项目所在地所有初级中学。连续8年组织2万余名学生参加“魅力之光”杯全国核科普知识竞赛，多名学生取得优异成绩，每年均有学生代表参加“魅力之光”夏令营活动。动员超过5000名学生参加20余次核电科普大讲堂活动，开展“核电杯”征文比赛、迎新联欢会、国庆晚会、演讲比赛等特色活动，增进了在校师生对核能发电、核电安全等知识的认识和了解，提升了核电科学素养，促进学生们带动更多家庭认识核电、了解核电、支持核电。

（六）核电科普进社区、进机关、进党校

建设单位充分依托世界环境日、全国科普日、低碳日、科技周等平台广泛开展200余场“核电科普进社区”系列活动，受众超过4万人次。通过发放核电科普宣传册、开展趣味问答等，广泛地向社区居民传播了核电绿色、安全、环保的理念。

借助湛江、廉江市党校培训班，通过安排专家授课、组织参观展厅等方式，开展了“核电科普进党校”系列活动，并由“进党校”延伸到“进机关”“进军营”“进警营”等活动。

（七）依托自媒体平台线上广泛宣传

充分利用“核美湛江”官微平台、《扬帆湛核》期刊等载体，创新开设专题专栏，“核美湛江”微信公众号推出原创文章 279 篇，视频号共发布 46 部作品，总浏览量超 160 万人次。增强“大国重器”叙事功能，结合廉江核电一期工程一级里程碑节点，联合中央、集团、行业、地方等主流媒体，发布宣传报道 100 余篇，持续提升廉江核电项目影响力。开展高质量、多视角、多维度的专项活动直播宣传活动 3 次，累计吸引 35 万+“围观”。《我在广东建世界核电第一大塔》亮相广东省“推进海洋强省”宣讲，矩阵式开展相关专题宣传，持续提升公司的良好形象。在抖音短视频平台发布《硬核力量》核电科普视频作品，获转发、播放超过 1.4 万次。

（八）积极开展定向公益活动

湛江核电积极承担社会责任，深入开展定向公益活动，连续 8 年春节慰问厂址周边乡镇困难户、老党员、长寿老人 2600 余户；连续 7 年重阳节慰问厂址周边长寿、生活困难老人 700 余人次，持续改善当地敬老院的硬件设施；连续 7 年在厂址周边学校开展“映山红”爱心助学活动，资助困难学生超过 1500 人次，并为地方学校捐建了 3 间电教室。定向公益活动的开展，充分展示了建设单位积极履行企业社会责任的形象，进一步拉近了公众与项目的沟通距离，增进了与公众的情感联系。

（九）广泛开展跨省公共宣传

建设单位深入实施跨省公共宣传工作，在博白县、合浦县政府支持下和相关单位、部门配合下，通过举办核电科普讲座、展览展示、科普进校园、进机关、定向公益等方式，开展了一系列科普宣传活动，取得了积极成效。此外，为彰显核电项目在生态保护方面的担当和作为，促进厂址周边生态和谐共生，确保自然保护区及周边区域生态环境保持稳定，建设单位与广西壮族自治区林业局及山口红树林、儒艮保护区管理中心建立了共建共管工作机制，分别与两个保护区签订了生态环境保护协议，重点做好海洋环境监测、保护区生态监测、联合科普宣传等工作，每年与每个保护区联合开展不少于 4 次科普宣传。

建设单位已与保护区管理中心联合开展“中华白海豚保护宣传日”“保护红树林生态系统国际日”“最美沙田镇，童心绘生态”等主题宣传活动及科普宣传进校园、爱心助学、敬老慰问等 20 余次特色活动，受众超 3000 人次，将生态环保宣传与核电科普宣传有机结合，打造了核电项目建设与周边生态和谐共生的成功样本。

公共宣传是一项长期性、系统性工作，建设单位多年来坚持“核电发展，科普先行”理念，持续开展一系列主题宣传活动，营造项目和谐的发展氛围。后续，将持续开展公众喜闻乐见、形式多样的宣传工作，巩固和拓展长期以来坚持不懈普及核电知识的成果。

5 公众意见处理情况

5.1 公众意见概述和分析

首次环境影响评价信息公告、环评报告征求意见稿公告发布以来，建设单位未收到公众通过电话、传真、信函、电子邮件等方式反映与项目环境影响评价相关的意见和建议。

在问卷调查和公众座谈会环节，充分收集了公众关心的问题及意见建议。经过梳理归纳，涉及环境影响有关的问题及意见建议共计 6 大项，主要包括：要严格控制施工活动产生的噪声及扬尘污染影响；要注重建设期的质量与安全，运行期间的核安全，建立核电建设运行全过程监督机制；运行期针对大型冷却塔产生的温排水对周边海域温升影响、对海水养殖的影响，低放废水排放的影响拟定环境风险防范措施；加强海洋生态环境监测、保护区生态监测，建设单位要严格执行国家标准，避免对保护区生态环境造成影响；要做好厂址周边核辐射监测工作，做好监测数据信息公开，确保透明公开，保障群众知情权；极端自然灾害导致核泄漏情况下的核应急措施。

经研究，以上公众关心的问题及意见建议，在《广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）》的相关章节进行了分析和评价。

5.2 公众意见采纳情况

在公众座谈会上，建设单位对在问卷调查阶段公众关心的问题及意见建议进行了统一解释说明。建设单位及专家代表对代表提出的冷却塔环境影响、核应急等问题作了详细解答，并逐一回应了公众建议。一是坚守核安全政治责任。坚决贯彻落实党中央、国务院关于核安全“万无一失”“绝无

一失”的要求，切实扛起守护核安全的政治责任，主动接受国家主管部委、地方各级政府和公众监督，加强施工期和运行期安全 and 质量管理，落实各项生态监测和环境保护措施，促进与项目周边保护区的生态共融，致力打造粤西环北部湾生态核电、绿色核电精品示范工程。二是确保辐射监测透明。严格按照国家相关规定要求，在厂区周边建设辐射监测站，确保所有监测数据公开透明。三是完善沟通与风险管控。充分听取各方意见，主动加强与周边镇村沟通，建立对话机制，在后续项目环评、可研工作及评审中充分考虑各种风险，做实做细各项工作。四是履行社会责任。积极融入地方“百千万工程”，制定一揽子工作方案，助力地方基础设施水平提升，切实履行社会责任。五是创新宣传形式。通过线上与线下宣传相结合、科普宣传与项目宣传相结合、自身宣传与地方媒体宣传相结合等方式，持续加大宣传力度，巩固宣传工作成果，并探索利用宣传平台助农惠农等新模式。

5.3 公众意见未采纳情况

无。

6 报批前公开情况

6.1 公开内容及日期

建设单位于2025年8月7日发布了《关于公示<广东廉江核电厂3、4号机组环境影响报告书（选址阶段）>和<广东廉江核电厂3、4号机组环境影响评价公众参与说明（选址阶段）>的公告》。

公开的主要内容包括：

(1) 广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）（公示版）；

(2) 广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响评价公众参与说明（选址阶段）。

公开主要内容、日期符合《办法》第二十条有关规定。

6.2 公开方式

6.2.1 网络

2025 年 8 月 7 日，建设单位分别在湛江市生态环境局政府门户网站和国核湛江核电有限公司网站发布《关于公示〈广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）〉和〈广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响评价公众参与说明（选址阶段）〉的公告》。载体选取符合《办法》第九条、第二十条有关规定。

湛江市生态环境局政府门户网站公示网址：

https://www.zhanjiang.gov.cn/zjsfw/bmdh/sthj/zwgk/tzgg/content/post_2078099.html

国核湛江核电有限公司网站公示网址：

https://snzn.spic.com.cn/xxgk/gsgg/content_738

公示内容见图 16、图 17



图 16：湛江市生态环境局网站公告



图 17：国核湛江核电有限公司网站公告

6.2.2 其他

无。

7 其他

建设单位已按照《办法》要求，整理环境影响报告书编制过程中公众参与的相关原始资料，存档备查。

建设单位无其他需要说明的内容。

8 诚信承诺

我单位已按照《办法》要求，在广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（选址阶段）编制阶段开展了公众参与工作，在环境影响报告书中充分采纳了公众提出的与环境影响相关的合理意见，并按照要求编制了公众参与说明。

我单位承诺，本次提交的《广东廉江核电厂 3、4 号机组环境影响评价公众参与说明》（选址阶段）内容客观、真实，未包含依法不得公开的国家秘密、商业秘密、个人隐私。

如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由国核湛江核电有限公司承担全部责任。

承诺单位：国核湛江核电有限公司

承诺时间：2025 年 8 月 8 日

9 附件

附件 1：广东廉江核电项目二期工程公众座谈会签到表

附件 2：广东廉江核电项目二期工程群众问卷样卷

附件 3：广东廉江核电项目二期工程团体问卷样卷

附件 1：广东廉江核电项目二期工程公众座谈会签到表

签到表

会议名称：广东廉江核电项目二期工程公众座谈会

会议地点：湛江海滨宾馆海洋厅会议室

会议时间：2025 年 7 月 28 日 10:30

序号	姓名	单位	职务	联系方式
1	王春北	廉江市发改局	副局长	181 5833
2	何元章	合浦县发改局	副局长	
3	黄景	合浦县发改局	文书	13 66092
4	陈三	合浦县发改局	副局长	13 3812
5	陈西	合浦县发改局		
6	关小	廉江市政府	总工程师	187 19870
7	叶	廉江市政府	负责人	
8	江	廉江市政府		
9	何	廉江市政府		
10	陈	廉江市政府		187 70
11	黄	廉江市政府		13 188
12	李	廉江市政府		13 218
13	李	廉江市政府		
14	李	廉江市政府		13 2/28
15				

签到表

会议名称：广东廉江核电项目二期工程公众座谈会

会议地点：湛江海滨宾馆海洋厅会议室

会议时间：2025 年 7 月 28 日 10:30

序号	姓名	单位	职务	联系方式
1	杨清	上海检院		
2	裴娟	—		
3	傅成成	上海检院		
4	杨子时	广东核研院		
5	张韦志	核研院		
6	张丹	湛江核电		
7	李强	湛江核电		
8	郭锋	湛江核电		
9	马夏	湛江核电		
10	高海建	—		
11	李冬	—		
12	陈松成	廉江市研办		
13	刘文彬	湛江核电		
14				
15				

签到表

会议名称：广东廉江核电项目二期工程公众座谈会

会议地点：湛江海滨宾馆海洋厅会议室

会议时间：2025 年 7 月 28 日 10:30

序号	姓名	单位	职务	联系方式
1	孙明江	高桥镇江永村	村代表	151 321
2	陈运全	高桥镇中心小学	学校代表	13 3815
3	杨利升	高桥镇黄根岭村	村代表	1 26588
4	杨齐东	红江农场	农场代表	13 462
5	林国军	红江农场	农场代表	134 304
6	谢东	红江农场	农场代表	134 461
7	陈江	新开岭村	村代表	13 35646
8	何晓娟	高桥镇	个体户代表	15 6202
9	杨顺平	高桥镇平塘村	村委代表	166 806
10	廖光贵	高桥镇高塘村	村委代表	13 148
11	林炳全	高桥镇德新村	村委代表	15 989
12				
13				
14				
15				

签到表

会议名称：广东廉江核电项目二期工程公众座谈会

会议地点：湛江海滨宾馆海洋厅会议室

会议时间：2025 年 7 月 28 日 10:30

序号	姓名	单位	职务	联系方式
1	彭 勇	廉江自然资源局	局长	131 9526
2	潘小江	信访局	书记	181 62026
3	林 杰	廉江青平镇	镇长	135 6669
4	王 振 宇	市信访局	书记	
5	岑 国 强	市生态环境局	书记	
6	许 敏	市生态环境局	副局长	138 36
7	林 翰 文	市自然资源局	副局长	131 22721
8	李 锦 志	廉江市妇联	主席	
9	何 敏	廉江核电		
10	吴 润 杰	湛江市政协	副秘书长	135 613
11	陆 春 祥	湛江核电	总经理助理	
12				
13				
14				
15				

签到表

会议名称：广东廉江核电项目二期工程 公众参与会

会议地点：湛江海滨宾馆海洋厅会议室

会议时间：2025 年 7 月 28 日 10:30

序号	姓名	单位	职务	联系方式
1	曾树鹏	廉江耀源动力有限公司	企业代表	1371 187
2	姚永超	车板镇敬老院	社会团体代表	188 57
3	赵思	车板镇仁爱医院	代表	178 402
4	杨荣升	车板镇大坑村委	村委代表	135 51
5	赖叶旋	车板镇和丁站	船务作业代表	183 191
6	曾和明	廉江车板镇第二中学	代表	1360 18
7	曾远波	廉江车板镇明丰村	村委代表	185 12
8	林海成	廉江市车板镇车板村	村委代表	1511 295
9	占华凤	廉江市车板镇社区	居民代表	1520 49
10	田春妃	廉江市车板镇	村委代表	1989 5349
11	曾钦金	廉江市车板镇	村委代表	1831 422
12	曾新	廉江市车板镇	村委代表	18. 28893
13	曾颖	车板镇西局	代表	150 70
14	曾号	廉江车板镇同村	代表	138 32
15	李景	车板镇陈地	村委代表	136 3258

附件 2：广东廉江核电项目二期工程群众问卷样卷

广东廉江核电项目二期工程公众参与调查表 (群众)

姓名	杨荣升	性别	男	民族	汉族
身份证	4408		4416	电话	13 61
所在单位或住址	广东省廉江市车板镇田螺岭村				
工程概况	工程名称	广东廉江核电项目二期工程			
	建设规模	广东廉江核电厂拟规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一次规划，分期建设。本期工程拟建设 2 台“国和一号”第三代先进压水堆核电机组			
	建设地点	广东省湛江市廉江市车板镇田螺岭			
	投资总额	约 432 亿人民币			
	技术路线	采用全球最高安全标准的“国和一号”第三代先进压水堆核电机组			
工程建设意义	建设廉江核电项目扩建工程，符合党的二十大报告提出的积极稳妥推进碳达峰碳中和，加快规划建设新型能源体系，积极安全有序发展核电的战略部署，充分契合广东省“一核一带一区”区域发展格局，对提升广东省一次能源供应能力，降低能源对外依存度，促进能源清洁低碳发展具有重要意义。				
1. 您的年龄属于哪个范围？（单选）					
☐ 18~20 岁 ☐ 21~40 岁 ☒ 41 岁~60 岁 ☐ 61 岁以上					
2. 您的职业是（单选）					
☒ 农民 ☐ 渔民 ☐ 公务员 ☐ 教师 ☐ 企事业单位职工 ☐ 学生 ☐ 个体工商户 ☐ 其他					
3. 您的文化程度是（单选）					
☐ 小学 ☐ 初高中 ☒ 中专 ☐ 本科及以上					
4. 您对廉江核电项目科普宣传工作评价（单选）					
☒ 很好 ☐ 好 ☐ 有待加强					
5. 您对廉江核电项目信息公开工作的评价（单选）					
☒ 透明 ☐ 基本透明 ☐ 有待加强					
6. a. 您是否了解核能是一种安全和清洁的能源（单选）					
☒ 非常了解 ☐ 了解较多 ☐ 了解一般 ☐ 不了解					
b. 您是否了解核电配套设施有环境影响保护措施？（单选）					
☒ 非常了解 ☐ 了解较多 ☐ 了解一般 ☐ 不了解					

7. 您关心本期工程项目建设哪些方面? (可多选) ☒ 规划限制区发展 ☐ 施工扬尘 ☐ 交通影响 ☒ 噪声和振动 ☐ 治安环境 ☐ 种养殖业影响 ☒ 建设期的安全与质量 ☐ 运行期的核安全 ☐ 放射性固体废物的处置 ☐ 其他:		
8. 您认为本期工程对于地方经济社会发展有哪些意义? (可多选) ☒ 增加就业机会 ☒ 增加地方财政收入 ☒ 改善地方教育条件 ☐ 带动本地企业发展 ☒ 提升地方知名度 ☐ 改善区域基础设施 ☐ 提供清洁能源, 利于改善环境 ☐ 其他:		
9. a) 您是否涉及到土地、房屋或海域征收? (单选) ☒ 不涉及 ☐ 涉及 (请继续作答问题 b) b) 您主要关注土地、房屋或海域征收的哪些方面? (可多选) ☐ 征拆范围 ☐ 补偿安置标准 ☐ 补偿安置资金 ☐ 补偿安置程序 ☐ 就业及生活 ☐ 特殊土地 (如坟地) 和建筑物征拆迁补偿		
10. 您认为建设单位在本期工程选址、建设和运行中应该注重? (可多选) ☒ 分析论证项目安全性 ☒ 征地 (海) 合理补偿 ☒ 加强项目管理, 防止安全隐患 ☒ 加强核电知识科普宣传 ☐ 信息透明公开 ☐ 其他 (可填写):		
11. 您对建设单位开展的践行社会责任 (公益、敬老、助学、济困等) 的活动是否了解? ☒ 是 ☐ 否 您认为建设单位应该在践行社会责任方面继续开展哪些活动?		
12. 您希望对本期工程存在意见和诉求时的反馈渠道是: (可多选) ☒ 向地方政府反馈 ☐ 向建设单位反馈 ☐ 法律渠道 ☐ 其他		
13. 您对本期工程建设的态度是: (单选) ☒ 支持 ☐ 有条件支持, 您的条件是 ☐ 无所谓 ☐ 不支持, 您的理由是		
14. 您对建设本期工程其他意见或建议? 无		

附件 3：广东廉江核电项目二期工程团体问卷样卷

广东廉江核电项目二期工程公众参与调查表 (团体)

单位名称 (加盖公章)	廉江市新源环保科技有限公司		联系人及 联系方式	肖号信 159-340
单位地址	廉江市建设大道 26 号			
1. 贵单位对本期工程的了解程度? (单选)				
☒ 很了解 ☐ 比较了解 ☐ 一般 ☐ 不了解				
2. 贵单位认为本期工程的建设是否符合国家及地方政策和规划? (单选)				
☒ 完全符合 ☐ 基本符合 ☐ 不符合 ☐ 不清楚				
3. 贵单位认为本期工程的建设是否契合当地利益? (单选)				
☒ 完全契合 ☐ 基本契合 ☐ 不契合 ☐ 不清楚				
4. 贵单位关心本期工程项目建设哪些方面? (可多选)				
☒ 规划限制区发展 ☐ 施工扬尘 ☐ 交通影响 ☐ 噪声和振动 ☐ 治安环境 ☐ 种养殖业影响 ☐ 建设期的安全与质量 ☒ 运行期的核安全 ☒ 放射性固体废物的处置 ☐ 其他:				
5. 贵单位认为本期工程对于地方经济社会发展有哪些意义? (可多选)				
☒ 增加就业机会 ☒ 增加地方财政收入 ☒ 改善地方教育条件 ☒ 带动本地企业发展 ☒ 提升地方知名度 ☒ 改善区域基础设施 ☒ 提供清洁能源, 利于改善环境 ☐ 其他:				
6. 贵单位认为本地社会环境条件是否适宜本期工程建设? (单选)				
☒ 适宜 ☐ 不确定 ☐ 不适宜, 请说明原因				
7. 贵单位认为应该如何预防和应对可能出现的影响社会稳定问题? (可多选)				
☒ 增强信息公开透明度 ☒ 制定相关处置预案 ☒ 建设社会友好型企业				

☐ 做好环境保护工作，避免污染环境 ☐ 其它
8. 贵单位认为本期工程可能会出现的地征征海和拆迁问题（可多选） ☒ 征收征用补偿标准是否合理 ☒ 征收及资金补偿是否到位 ☐ 征收过程是否文明 ☐ 其他（可填写）：
9. 贵单位认为本期工程建设的时机是否成熟？（单选） ☒ 很成熟，早就应该建设 ☐ 基本成熟，可尽早建设 ☐ 暂不成熟，应晚点建设 ☐ 不确定，早晚建设都无所谓
10. 贵单位是否支持本期工程在当地建设？（单选） ☒ 支持 ☐ 有条件支持，您的条件是 ☐ 无所谓 ☐ 不支持，您的理由是
11. 贵单位对本期工程建设的意见和建议？ 