

天红核科技研发中心

环境影响报告书

(选址阶段)

江西天红科技有限公司

二〇二三年一月



天红核科技研发中心

环境影响报告书

(选址阶段)



江西天红科技有限公司

法定代表人：冯雷

地址：江西省九江市彭泽县山南新区锦绣南山商务楼

邮编：332700

天红核科技研发中心

环境影响报告书

(选址阶段)

上海核工程研究院设计院有限公司 编制

二〇二三年一月

21FW075-D00KY01HS

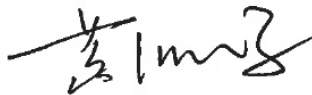
天红核科技研发中心 环境影响报告书（选址阶段）

Rev.B

批准：



审定：



上海核工程研究设计院有限公司 编制

打印编号: 1672214887000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	c069g6		
建设项目名称	天红核科技研发中心环境影响报告书（选址阶段）		
建设项目类别	55--167核动力厂（核电厂、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）	江西天红科技有限公司		
统一社会信用代码	91360430MAC4N0CQ78		
法定代表人（签章）	冯雷		
主要负责人（签字）	付勋 付勋		
直接负责的主管人员（签字）	付勋 付勋		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	上海核工程研究设计院有限公司		
统一社会信用代码	91310104132672722W		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
傅小城	2013035310350000003512310342	BH021941	傅小城
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
傅小城	第一、四、六、九章	BH021941	傅小城
印舒蔚	第三、七章	BH023751	印舒蔚
罗伟涛	第四章	BH059245	罗伟涛
浦祥	第五章	BH021934	浦祥

裴娟	第三章	BH010699	裴娟
黄若漪	第二、八章	BH056617	黄若漪
欧洋	第三、五章	BH056615	欧洋
韩鹏	第四章	BH051345	韩鹏
李梦芝	第四章	BH058971	李梦芝
沙正峰	第四章	BH058193	沙正峰
韩丰泽	第二章	BH037204	韩丰泽
文霞	第四章	BH059260	文霞
段永坤	第二章	BH037203	段永坤
徐一鸣	第二章	BH030958	徐一鸣
韩宇	第四章	BH059254	韩宇
王亮	第四章	BH051350	王亮
许志红	第四章	BH059264	许志红
翟良	第四章	BH016728	翟良
王海婷	第四章	BH059244	王海婷
高晓辉	第四章	BH059265	高晓辉
李烨	第四章	BH059255	李烨
董文妍	第八章	BH059243	董文妍
王帅	第四章	BH059102	王帅

天红核科技研发中心 环境影响报告书（选址阶段）

上海核工程研究设计院有限公司编制

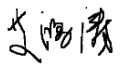
审核：

杜风雷

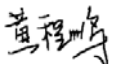


环境影响评价工程师信用编号 BH025127

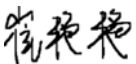
艾鸿涛



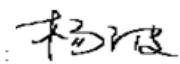
黄程鹏



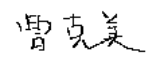
崔艳艳



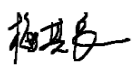
杨 波



曹克美

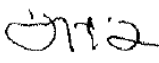


梅其良



核安全工程师注册证编号 ZSNDC56-2403

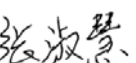
刘建文



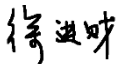
宋春景



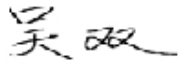
张淑慧



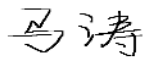
徐进财



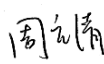
吴 双



马 涛



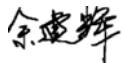
周云清



叶剑云



余建辉



校核:

邱志靓		环境影响评价工程师信用编号 BH021034
肖钧升		
朱雪强		环境影响评价人员信用编号 BH037614
蔡 帅		
毕光文		核安全工程师注册证编号 ZSNDA302-2403
刘 展		
付亚茹		核安全工程师注册证编号 ZSNDC52-2403
李 雷		
潘新新		
郑 伟		核安全工程师注册证编号 ZSNDA356-2403
李天吟		
孙志强		
张庆元		
沈 翔		
江 浩		
党 宇		

目 录

第一章 概述

- 1.1 项目名称
- 1.2 建设规模和规划
- 1.3 建设目的
- 1.4 报告书的编制依据
- 1.5 评价标准及评价范围

第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 评价区范围及其子区划分
- 2.3 人口分布和居民食谱
- 2.4 土地利用及资源概况
- 2.5 气象
- 2.6 水文
- 2.7 地形地貌
- 2.8 地质地震

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 反应堆及同位素生产设施

- 4.1 厂区规划和平面布置
- 4.2 反应堆工程概况
- 4.3 反应堆用水和排热系统
- 4.4 工程安全设施

- 4.5 实验系统
- 4.6 同位素生产工艺与热室
- 4.7 核药生产
- 4.8 燃料与材料辐照后检验热室
- 4.9 供电系统
- 4.10 放射性废物系统和源项
- 4.11 化学物质排放
- 4.12 放射性物质运输
- 4.13 退役考虑

第五章 施工建设过程对环境的影响

- 5.1 土地利用
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响控制

第六章 正常运行对环境的影响

- 6.1 散热系统对环境的影响
- 6.2 气载途径的剂量估算
- 6.3 液态途径的剂量估算
- 6.4 辐射工作人员的剂量估算
- 6.5 年剂量汇总与环境辐射安全评价
- 6.6 正常运行的非放射性影响

第七章 事故的环境影响和环境风险

- 7.1 事故源项
- 7.2 事故辐射剂量的估算和评价
- 7.3 其它事故
- 7.4 事故应急

第八章 流出物监测和环境监测

- 8.1 运行前的辐射环境监测方案
- 8.2 运行期间的环境监测方案
- 8.3 运行期间的流出物监测方案
- 8.4 质量保证

第九章 结论

- 9.1 工程概述
- 9.2 环境保护设施
- 9.3 放射性排放
- 9.4 辐射环境影响评价结论
- 9.5 非辐射环境影响评价结论
- 9.6 承诺

第一章 概述

1.1 项目名称

1.1.1 项目名称及其业主

本项目名称为：天红核科技研发中心。曾用名：九江同位素研制中心。

本项目建设单位及营运单位为：江西天红科技有限公司。

天红核科技研发中心项目为国家电投集团重大科技创新示范项目。目前已成立江西天红科技有限公司（以下简称天红科技）全面负责项目的投资、建设及运营。

1.1.2 建设性质

本项目为国家核科学基础设施项目，为新建项目。

1.1.3 资金来源

根据投资估算，本项目固定价投资为253581万元，此外建设期可抵扣增值税22691万元也在建设期筹措。故本项目资金需求共计276272万元（不含建设期贷款利息和铺底流动资金），全部为人民币资金需求。

本项目资金筹措将通过项目资本金及融资贷款取得。

1.2 建设规模和规划

本项目规划建设以多功能研究堆平台及放射性同位素分离纯化工工艺线、燃料材料辐照后检验热室等配套设施为核心的先进核技术研发中心，包括一台多功能研究堆、燃料/材料辐照后检验热室、同位素生产楼及其它配套建筑物与构筑物。主要设施的建设规模或关键指标如下：

1) 多功能研究堆：热功率20MWt，最大快、热中子通量分别达到 $2 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ ，具备燃料/材料辐照考验回路、规模化同位素生产辐照孔道、大尺寸单晶硅中子掺杂辐照孔道以及研究堆慢正电子源与中子束流孔道。

2) 燃料/材料辐照后检验热室：配置26个热室和10个半热室，满足小组件燃料棒和最长4600mm的商用核反应堆燃料棒检测需求。

3) 同位素生产楼：配置两条钼-99生产线，两条碘-131生产线、一条镭-177生产线，一条备用同位素生产线，并配置废物暂存屏蔽热室，满足各种堆照同位素规模化生产与新型同位素生产技术研究需求。

根据国务院《关于固定资产投资项目试行资本金制度的通知》的精神，本项目共需资本金59205万元，约占建成价与建设期可抵扣增值税的20%，本项目资本金由项目公司出资。

根据项目建设周期及施工进度安排，资本金按各年全部投资资金流比例投放。

1.3 建设目的

1.3.1 服务国家战略

核能作为重要的清洁能源，具有低碳、稳定、可靠、高效等特点，除传统发电用途以外，核能还可用于供热、供汽、海水淡化、医用同位素生产等领域。发展核能是我国实现能源低碳转型和碳达峰、碳中和的必要途径，也是科技创新的重点方向，可保障能源安全、健全产业能力，促进科技强国战略的实施。此外，核技术在医疗领域的科学应用可有效提升医疗技术水平，核技术应用已成为我国快速发展的战略性新兴产业。当前，我国已经成为全球第二核电大国，预计“十六五”期间将成为全球第一核电大国，接下来一段时间，是我国由核电大国跃升核电强国的关键阶段。然而，近年来由于缺乏研究型核反应堆，我国自主燃料辐照试验、关键材料性能考验、重要核素生产等基础性工作的开展受到制约，缺乏对核能领域底层技术及机理性分析的试验数据支撑，影响先进核动力系统的研发进程。因此，宜加快用于先进核能研发的研究堆装置建设，补齐重大科研基础设施短板，支撑我国核能行业的安全高效和可持续发展，保障国家能源供应安全。

1.3.2 推进核能产业优化升级，支撑国家核能安全发展

当前我国已成为世界核电大国，核能科技创新正处于可以大有作为的重要战略机遇期。与国际传统核电大国相比，我国核能基础研究能力薄弱，很大程度上限制了自主创新能力，必须加强核能领域的基础和应用研究，促进核能产业的优化升级，推动核事业高质量发展。发展核能研究堆和核技术应用是实现核工业产业链持续发展的重要保障。国家《“十四五”能源领域科技创新规划》指出，“以更安全、更高效、更经济为主要特征的新一代核能技术及其多元化应用，成为全球核能科技创新的主要方向”。核能研究堆是支撑核领域科技研发工作最基础的重大科研设施，可直接应用于新型核燃料、反应堆结构材料、屏蔽材料和核测仪表等重要核能装备的基础辐照性能研究，还可以通过粒子束流分析技术手段开展核能新型燃料材料微观结构与损伤研究。发展核能研究堆是保障核工业产业链持续发展的重要途径，有利于加速核材料、核燃料的研发进程，推进先进核能系统自主创新，将有效带动并提升国家重大装备及关键材料等领域的创新发展，进而提高整个核电产业链的核心竞争力。

先进核反应堆安全裕量的提升依赖于燃料、材料、设备仪表等硬件性能、技术的突破。研究自主化高性能燃料组件，开发弥散型燃料、耐事故燃料（ATF）、

耐高温燃料等新型核燃料；研究开发耐高温、耐腐蚀，具有良好辐照性能的新型反应堆结构材料；开展新型核测仪表研发，实现堆芯直接保护技术；开展新型设备材料研究，提升堆内设备可靠性与安全性；这些都是国家核能安全领域当前亟需突破的重大问题。但是，由于对物质微观结构、粒子相互作用等基础理论体系建设的局限性，科学研究和工程设计都还无法通过数值分析精确预测核燃料、材料在反应堆内受中子辐照、机械磨损、化学腐蚀等因素的实际损伤情况。针对燃料、材料与核测仪表相关的安全分析与安审取证仍然建立在大量堆内辐照试验的基础上，需要先进核能研究堆开展相关工作。

1.3.3 推动国家材料科技进步，提高原材料的可靠性

1.3.3.1 支撑材料微观结构研究，推动新型材料研发

依托本项目冷中子束等研究手段，能够原位、无损、定量地获取金属（Ni、Ti、Fe、Al 等）、陶瓷、岩土、高分子等从表面到深部（厘米级）微观结构取向特征、缺陷及三维应力信息，不仅适用于材料形变相变、塑性变形、疲劳断裂机制等基础研究，同时适合大型工程材料与部件如复杂承力的结构件、焊接件、铸锻变形件等的内部应力与应变分布、晶体织构的无损检测和定量表征，可为材料构件加工到服役全过程实时提供强度与寿命的参考信息。随着新材料、先进技术的创新发展，我国高端制造领域面临工程应力测试与分析难题。例如，发动机涡轮叶片、机匣、核电压力管、乏燃料压力容器等关键部件呈现几何尺寸大、局部结构精细复杂以及作业环境严苛且多因素耦合等特点，服役安全评估、可靠性验证十分困难。将中子衍射技术与常规无损类、局域类方法有机结合，能够找到影响材料基本性能、加工性能和服役性能的微观症结，为材料构件安全服役和全寿命管理提供科学依据，为航空航天、轨道交通、海洋工程、新能源领域等装备制造，以及在役设备运行性能与寿命评价提供可靠的技术支撑。

在核工业领域，中子小角散射谱仪被誉为第四代快堆及未来聚变反应堆的材料选择器。一方面，核电用反应堆材料辐照损伤主要由中子引起，且中子小角散射技术是唯一能定量表征材料辐照损伤的手段；另一方面，中子散射具有可以研究铀合金腐蚀失效的独特的优势。

1.3.3.2 推动中子嬗变技术在芯片材料上的应用

单晶硅中子嬗变掺杂（NTD）技术，是目前全球生产功率芯片主要技术手段之一。反应堆辐照生产 NTD 单晶硅电阻均匀性好于其他生产方式，主要用于如

新能源汽车、太阳能、风能等领域的功率芯片生产。目前，主要由澳大利亚 OPAL 和比利时 BR-2 向国际市场供应。2022 年上半年疫情期间，单晶硅进口渠道受阻，导致国内新能源汽车功率芯片原材料断货，已严重影响我国新能源汽车制造业稳定发展。长期以来，我国芯片行业处处受制于人，受到西方国家的种种限制，已成制约我国科学技术进一步快速提升的“卡脖子”领域。本项目已规划建设 8 英寸单晶硅辐照孔道 2 条、12 英寸单晶硅辐照孔道 2 条，具备全年向国内市场供应 50~80 吨辐照单晶硅的能力。本项目的落地，可有效缓解国内功率芯片进口依赖性，打破国产芯片行业发展的原材料“瓶颈”问题。

1.3.4 助力健康中国建设

本项目将建成国内首条钼-99/碘-131 规模化生产线（钼-99 和碘-131 共靶、共线，同时生产、同步提取），同时还将规模化供应碘-131、镱-177、碘-125、锶-89、镍-63、铯-137 等重要医用和工业同位素，开展新型同位素生产技术研究。本项目的实施将扭转我国堆照医用放射性同位素几乎完全依赖进口的现状，在满足国内医用同位素市场需求的同时，还将服务“一带一路”沿线国家，为我国在国际医用放射性同位素市场中争取一席之地，推动我国堆照同位素、核药生产技术与产业的发展。

1.3.5 推动江西核工业高质量发展，助力地方经济建设

江西有着丰富的铀矿资源储备、悠久的核工业发展历史和较好的核工业基础，在江西建设兼顾同位素生产的多功能研究堆，符合江西发展定位，可以推动国家级创新平台和科研机构建设，通过产学研协同创新，提升江西省科技创新水平，增强江西创新驱动发展能力，促进江西核工业高质量发展；依托本项目的同位素资源优势，发挥产业链集群效应，带动医疗健康产业发展，快速提升江西省核医学水平，助力健康江西行动，增强人民群众幸福感。依托项目的同位素资源优势，拓展下游产业链，推动同位素生产、科研院所、核药厂家、肿瘤医院、特色康养中心等“五位一体”产业在江西落地，助力地方经济腾飞。

1.4 报告书的编制依据

1.4.1 厂址所在区域规划

1) 主要规划

— 《医用同位素中长期发展规划（2021-2035年）》（国原发[2021]2号，

2021.6.24)

- 《九江市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（九府发[2021]3号）
- 《九江市人民政府办公室关于加快推动九江未来产业发展的指导意见》（九府办发[2022]4号）
- 《江西省主体功能区规划》（2013年）

2) 规划描述

本项目位于江西省九江市彭泽县天红镇境内。

（1）区域发展规划

- 《九江市人民政府办公室关于加快推动九江未来产业发展的指导意见》（九府办发[2022]4号）

大力培育生命健康产业。重点聚焦同位素研制、质子治疗两大领域，协同发展生物医药、高端医疗器械、智能健康产品等制造领域，延伸发展健康服务、医药流通等服务领域。

——加快九江同位素研制中心项目推进。牢牢把握亚洲唯一商用同位素研制中心项目在九江落户的难得契机，以超前政策促推项目建设加速，着力将九江打造成为国际医用同位素生产及销售中心。同时，依托医用同位素产业优势，吸引中国同辐、东诚药业等上市公司就近布局，逐步建立肿瘤特色医疗中心和康养中心。

——建设国家重大科学装置，推动关键技术攻关。打造自主辐照试验平台，丰富民用核能与核技术辐照资源，提供中子束流、慢正电子源、同位素生产技术研究等科研平台，推动先进核能核技术创新发展，抢占科技前沿高地，建设国家级基础科学研究基地。

（2）环保相关区划、规划

- 《江西省主体功能区规划》（2013年）

根据该规划，本项目所在彭泽县处于省级重点开发区域。

1.4.2 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》（2015.01.01）

- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.01）
- 《中华人民共和国核安全法》（2018.01.01）
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10.26）
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2018.01.01）
- 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2021.12.24公布，2022.06.05起实施）
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020.04.29公布，2020.09.01起施行）
- 《中华人民共和国水土保持法》（2011.03.01）
- 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第682号，2017.10.01）
- 《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令562号，2010.01.01）
- 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第612号，2012.03.01）
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第709号，2019.03.02）
- 《中华人民共和国自然保护区条例》（国务院令第687号，2017.10.07）
- 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部部令第16号，2020.11.30）
- 《关于切实加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]98号）
- 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77号）
- 《核动力厂、研究堆、核燃料循环设施安全许可程序规定》（生态环境部令第8号，2019.10.01）
- 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修订）
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部第18号令，2011.05.01）
- 《研究堆设计安全规定》（HAF201，1995.10.01）
- 《研究堆运行安全规定》（HAF202，1995.10.01）

— 《放射性废物安全监督管理规定》(HAF401, 1997.11.05)

同时参考:

— 《核电厂厂址选择安全规定》(HAF101, 1991)

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)

— 《核设施流出物监测的一般规定》(GB11217-1989)

— 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》
(GB11216-89)

— 《环境核辐射监测规定》(GB12379-1990)

— 《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019)

— 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)

— 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)

— 《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/T 15849-1995)

— 《核设施退役安全要求》(GB/T19597-2004)

— 《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)

— 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)

— 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)

— 《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)

— 《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2022)

— 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)及修改单(原国
家环保总局公告, 2006年第21号)

— 《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)

— 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)

— 《声环境质量标准》(GB3096-2008)

— 《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)

— 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)

- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及修改单（原环境保护部公告，2013年第36号）
- 《综合能耗计算通则》（GB/T 2589-2020）
- 《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》（GB/T3840-91）
- 《核电厂工程水文技术规范》（GB/T50663-2011）
- 《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16140-2018）
- 《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 11743-2013）
- 《核设施环境保护管理导则 研究堆环境影响报告书的格式与内容》（HJ/T5.1-1993）
- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）
- 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ/T169-2018）
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- 《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ194-2017）
- 《研究堆厂址选择》（HAFJ0005，1992）
- 《研究堆营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/06-2019）
- 《研究堆和临界装置退役》（HAD202/04，1992.04.18）

同时参考：

- 《核电厂厂址选择中的地震问题》（HAD101/01）
- 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）
- 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）
- 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）
- 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）
- 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）
- 《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）

3) 专题报告

本项目针对厂址区域环境、水文气象、放射性本底等方面开展了专题研究，本报告主要依据以下专题成果编制：

- 中核第四研究设计工程有限公司，《九江同位素研制中心项目环境资料调查专题成果报告》（2021.09）
- 中国辐射防护研究院，《九江同位素研制中心陆生生态调查专题报告》（2022.02）
- 中国辐射防护研究院，《九江同位素研制中心项目可行性研究阶段非放射性环境本底检测报告》（2022.03）
- 浙江国辐环保科技有限公司，《九江同位素研制中心环境辐射本底概况调查专题报告》（2021.10）
- 长江水利委员会水文局，《九江同位素研制中心项目工程水文专题报告》（2021.12）
- 江西省气象科学研究所，《九江同位素研制中心项目常规气象、极端气象与工程气象设计分析专题分析报告》（2021.11）

1.4.3 许可文件和批准文件

- 国家国防科技工业局，《国防科工局综合司关于印发天红核科技研发中心项目前期工作座谈会议纪要的通知》（局综函[2022]158号）
- 中国民用航空华东地区空中交通管理局江西分局，《民航江西空管分局关于九江同位素研制中心项目环境资料调查事宜的复函》（民航江西空管局函[2021]26号）
- 九江市应急管理局，《关于出具九江同位素研制中心项目地质灾害危险性情况说明的复函》
- 九江市文化广电新闻出版旅游局，《关于出具九江同位素研制中心项目文物情况说明的复函》
- 九江市自然资源局，《天红核科技研发中心建设项目未压覆矿产资源回复函》
- 九江市林业局，《关于出具天红核科技研发中心项目用林情况和项目用林可行性的复函》
- 江西省自然资源厅《江西省自然资源厅办公室关于天红核科技研发中心

项目用地预审意见的复函》

- 九江市彭泽生态环境局《关于天红核科技研发中心环境质量执行标准污染物排放标准的复函》

1.4.4 “三线一单”符合性

根据《关于印发<“十三五”环境影响评价改革实施方案>的通知》（环评[2016]95号）的要求，需要“在项目环评中建立‘三线一单’约束机制，强化准入管理”，其中“三线一单”是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单。对于生态保护红线，应按照中共中央办公厅及国务院办公厅印发的《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》执行。

2020年8月19日，江西省人民政府发布《关于加快实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》（赣府发[2020]17号），就江西省落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，制定生态环境准入清单（以下统称“三线一单”），实施生态环境分区管控，提出了相关意见。

2020年12月30日，九江市人民政府发布《九江市“三线一单”生态环境分区管控方案》（九府发[2020]9号）。以县（市、区）为单位，九江市共划定149个环境管控单元，其中优先保护单元28个，数量占比为18.79%，重点管控单元81个，数量占比为54.36%，一般管控单元40个，数量占比为26.85%；每个管控单元平均面积129平方公里。

本项目厂址区域为一般管控单元，周边5km范围内均为一般管控单元。

江西省生态保护红线于2018年6月由江西省人民政府以赣府发[2018]21号文件正式发布。江西省生态保护红线划定面积为46876平方公里，占全省国土面积比例的28.06%，分为水源涵养、生物多样性维护和水土保持3大类共16个片区187个单元，基本格局为“一湖五河三屏”。其中，九江市生态保护红线划定面积为7375.612平方公里，占全市国土面积比例的38.62%，分为水源涵养、生物多样性维护2大类共6个片区25个单元。

厂区用地范围内不占用现状生态红线和基本农田。

1.5 评价标准及评价范围

1.5.1 评价标准

1.5.1.1 辐射环境影响的评价标准

1) 正常运行状态（包括预计运行事件）的剂量约束值

正常运行状态下的剂量约束值，参考国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），按照公众个人剂量限值的20%(0.2mSv/a)来考虑。

放射工作人员的年有效剂量约束值为5mSv。

2) 事故状态下的剂量控制值

根据《核动力厂、研究堆、核燃料循环设施安全许可程序规定》（2019.8），本项目属于 I 类研究堆。本项目厂址非居住区、规划限制区按厂区边界范围考虑，由于没有针对研究堆非居住区边界和规划限制区范围以及上述区域边界处的事事故潜在照射后果个人剂量限值的规定，参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）所规定的通用优化干预水平，本项目选址假想事故工况下，事故工况期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于10mSv。

1.5.1.2 年排放量控制值

天红核科技研发中心气载流出物主要来源于以下途径，分别是研究堆（包括载带蒸发）、燃料棒性能研究热室、钼-99同位素生产热室、镭-177同位素生产热室、辐照回路和核药厂房，其中包括液态流出物通过载带蒸发排放。对于本项目正常运行期间的流出物排放，本项目将评估流出物排放期间对周围环境的辐射影响是否符合本项目的剂量约束值。

本项目在正常运行工况下气载流出物的设计排放量见表1.5-1。

1.5.1.3 与非放射性有关的环境影响评价标准

根据九江市彭泽生态环境局《关于天红核科技研发中心环境质量执行标准污染物排放标准的复函》，本项目建设期及运行期需执行的环境标准如下：

1) 大气

环境空气质量：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

大气污染物排放：施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的无组织排放监控浓度限值标准，运行期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

2) 生产废水、生活污水

本项目运行期生产废水经处理达标后作中水回用，回用水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）以及冷却塔补水水质要求。

本项目建设期及运行期生活污水处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）标准后回用。

3) 声

噪声排放：施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）：昼间70dB(A)、夜间55dB(A)；运行期厂界噪声排放执行《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）。

4) 固体废物

本项目建造和运行期间，危险废物处置执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001）及修改单（原环境保护部公告，2013年第36号），一般工业废物处置执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

1.5.2 评价范围

辐射环境影响评价的评价范围为以项目为中心，半径10km的区域。

非辐射环境影响评价的评价等级和评价范围为：（1）环境空气：评价等级为三级，考虑项目特点，评价范围设置为以厂址排放源为中心点、以2.5km为半径的圆，包括施工厂界和有关敏感点；（2）噪声：评价等级为二级，评价范围包括厂界和周边有关村庄等环境敏感点；（3）生态环境：评价范围主要为受影响的厂区永久占地和临时施工占地范围，并考虑附近生态敏感区范围。

表 1.5-1 正常运行工况下的排放量

单位: Bq/a

项目	设计值	气载流出物			
		惰性气体	碘	粒子 (T _{1/2} ≥8d)	碳 14
研究堆 (包括载带蒸发)、燃料棒性能研究热室、钚-99 同位素生产热室、钚-177 同位素生产热室、辐照回路和核药厂房		3.64E+15	1.50E+12	6.12E+10	2.21E+10
					2.57E+11

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

天红核科技研发中心所在厂址位于江西省九江市彭泽县天红镇，厂址反应堆坐标为东经 $116^{\circ}25'38''$ ，北纬 $29^{\circ}41'14''$ ，后续厂址位置描述均以此坐标考虑。彭泽县位于厂址 NNE 方位约 25km，九江市位于厂址 W 方位约 40km。厂地理位置图见图 2.1-1。天红核科技研发中心厂区规划布局图见图 2.1-2。

2.1.2 厂址非居住区和规划限制区

本项目拟征地边界内用地面积约 22.5ha。其中场区建设主厂房区域及生产设施区域用地面积约 12.4ha；行政办公与安全保障等设施用地约 1.9ha；进厂道路用地面积约 1.0ha；边坡及截洪设施等用地面积约 7.2ha。综合考虑地质条件、防洪安全和土石方平衡等因素，厂区竖向设计拟采用平坡式布置。

根据《小型核动力厂非居住区和规划限制区划分技术规范》（T-BSRS 022-2020），对于小型核动力厂，非居住区一般可与核设施的厂区边界范围一致。非居住区边界上个人（成人）在整个事故持续时间内通过各种可能的途径，所接受的有效剂量应在 10 mSv 以下。本项目假想事故工况下，事故工况期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv。因此，本项目厂址非居住区按厂区边界范围考虑。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.01）第二十三条要求，核动力厂等重要核设施外围地区应当划定规划限制区。目前没有针对研究堆规划限制区范围以及规划限制区边界处的事故潜在照射后果个人剂量限值的规定，参考《核动力厂、研究堆、核燃料循环设施安全许可程序规定》（生态环境部令第 8 号）中关于 I 类研究堆的要求和《研究堆应急计划和准备》中对于研究堆应急状态的规定。选址假想事故工况下，事故工况期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv。根据《核设施环境保护管理导则 研究堆环境影响报告书的格式与内容》（HJ/T5.1-1993）要求以及本报告第七章的分析结果，选址假想事故工况下，事故工况期间厂区边界个人通过烟云

浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv。因此，本项目厂址规划限制区按厂区边界范围考虑。

反应堆厂房中心距非居住区和规划限制区边界最近距离为 106.0m，反应堆厂房边界距非居住区和规划限制区边界最近距离为 85.5m。

本项目厂址边界、非居住区和规划限制区见图 2.1-2。

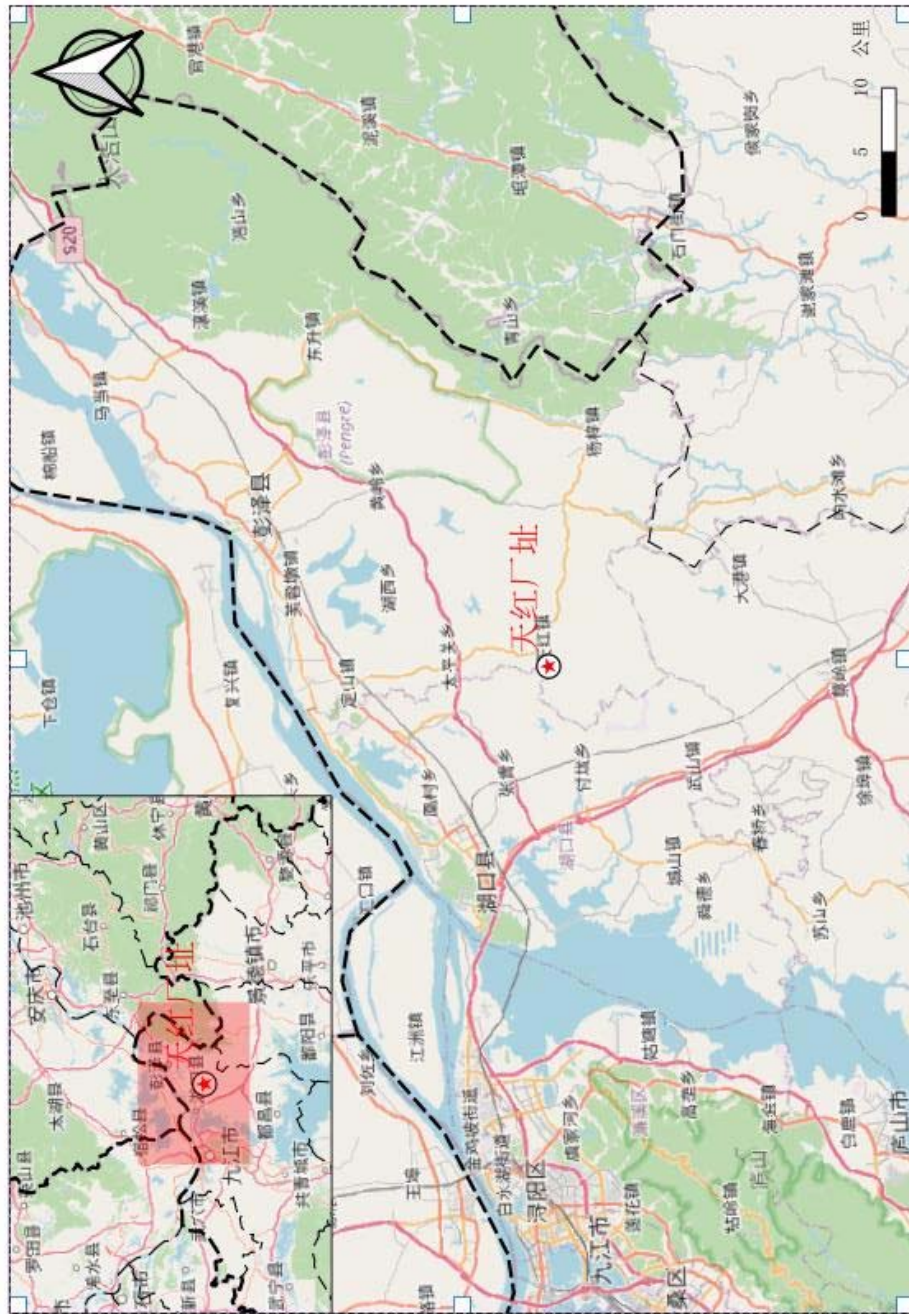


图 2.1-1 厂址地理位置图

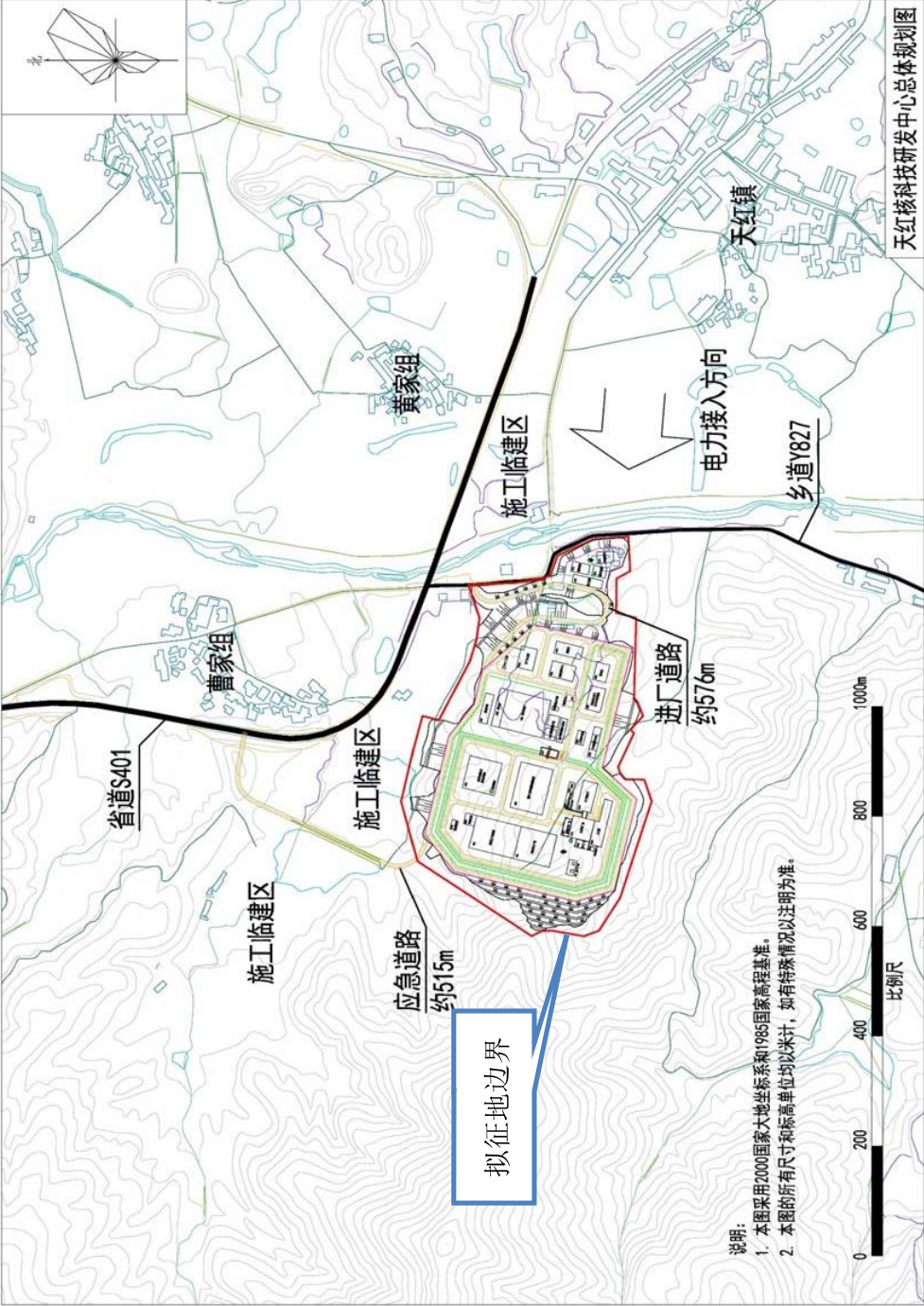


图 2.1-2 天红核科技研发中心厂区规划布局图

2.2 评价区范围及其子区划分

2.2.1 厂址半径 50km 范围涉及的地域名称

以厂址中心为中心半径 50km 范围的陆域涉及江西省九江市、上饶市；安徽省安庆市、池州市；湖北省黄冈市。详细情况见表 2.2-1，调查范围及子区划分见图 2.2-1。

2.2.2 厂址半径 10km 范围涉及的地域名称

以厂址中心为中心半径 10km 范围的陆域涉及江西省九江市彭泽县、湖口县、都昌县。详细情况见表 2.2-2。

2.2.3 厂址半径 5km 范围涉及的地域名称

以厂址中心为中心半径 5km 范围的陆域涉及江西省九江市彭泽县天红镇、太平关乡；湖口县大垅乡，详细情况见表 2.2-3。

表 2.2-1 厂址半径 50km 范围涉及的地域名称

省	地级市	市、区、县	镇、街道
江西省	九江市	浔阳区	甘棠街道、湓浦街道、人民路街道、白水湖街道、金鸡坡街道、滨兴街道、向阳街道
		濂溪区	七里湖街道、姑塘镇、新港镇、威家镇、五里街道、海会镇、虞家河乡、十里街道、莲花镇、赛阳镇
		庐山市	东牯山林场、牯岭镇、南康镇、星子镇、温泉镇、白鹿镇
		彭泽县	龙城镇、棉船镇、马垱镇、芙蓉墩镇、定山镇、天红镇、杨梓镇、东升镇、浪溪镇、黄花镇、太平关乡、黄岭乡、浩山乡、太泊湖农业综合开发区、芙蓉农场
		湖口县	双钟镇、流泗镇、马影镇、武山镇、城山镇、大垅乡、凰村乡、张青乡、文桥乡、付垅乡、舜德乡
		都昌县	都昌镇、周溪镇、三叉港镇、中馆镇、大沙镇、万户镇、南峰镇、土塘镇、大港镇、蔡岭镇、徐埠镇、左里镇、和合乡、阳峰乡、西源乡、芎溪镇、狮山乡、鸣山乡、春桥乡、苏山乡、多宝乡、汪墩乡、北山乡、大树乡
	上饶市	鄱阳县	莲花山乡、珠湖乡、响水滩乡、石门街道、鸦鹊湖乡、侯家岗乡、柘港乡、谢家滩镇、油墩街道、银宝湖乡、田畈街道
安徽省	池州市	东至县	木塔乡、昭潭镇、龙泉镇、官港镇、青山乡、泥溪镇、香隅镇
	安庆市	望江县	长岭镇、杨湾镇、凉泉乡、华阳镇、望江县经济开发区
		宿松县	佐坝乡、洲头乡、九姑乡、汇口镇、复兴镇、程岭乡、下仓镇、千岭乡、许岭镇、华阳河农场总场、五里乡
湖北省	黄冈市	黄梅县	严家闸办事处、沙湖办事处、龙感湖管理处、龙感湖工业园区、分路镇、独山镇、孔垄镇、下新镇、刘佐乡、小池镇

表 2.2-2 厂址半径 10km 范围涉及的行政村

省	地级市	市、区、县	乡、镇	行政村
江西省	九江市	彭泽县	天红镇	乌龙村、先锋村、天红村、庙前村、前山村、团结村、农科所村、冯山村、凤鸣村、大港村、武山村
			太平关乡	古楼村、永乐村、太平村、康庄村、灌塘村、望夫村、新田村、白沙村、大岭村
			杨梓镇	邻都村
		湖口县	付垄乡	殷山村、唐坂村、大山村、一甲村、凰山村、东涧村、水车村
			张青乡	八方村、程山村、荷塘村、张青村、泉水村、竹山村
			流泗镇	东风村、莲花村
			大垅乡	大垅村、花尖村、王斯村、马步村、管垅村、阳垅村、牌骆村、联丰村、芦岭村
		都昌县	大港镇	高塘村

表 2.2-3 厂址半径 5km 范围涉及的行政村

省	地级市	市、区、县	乡、镇	行政村
江西省	九江市	彭泽县	天红镇	乌龙村、先锋村、天红村、庙前村、前山村、农科所村、凤鸣村、大港村、武山村
			太平关乡	古楼村（两个自然村）、灌塘村（一个自然村）
		湖口县	大垅乡	联丰村

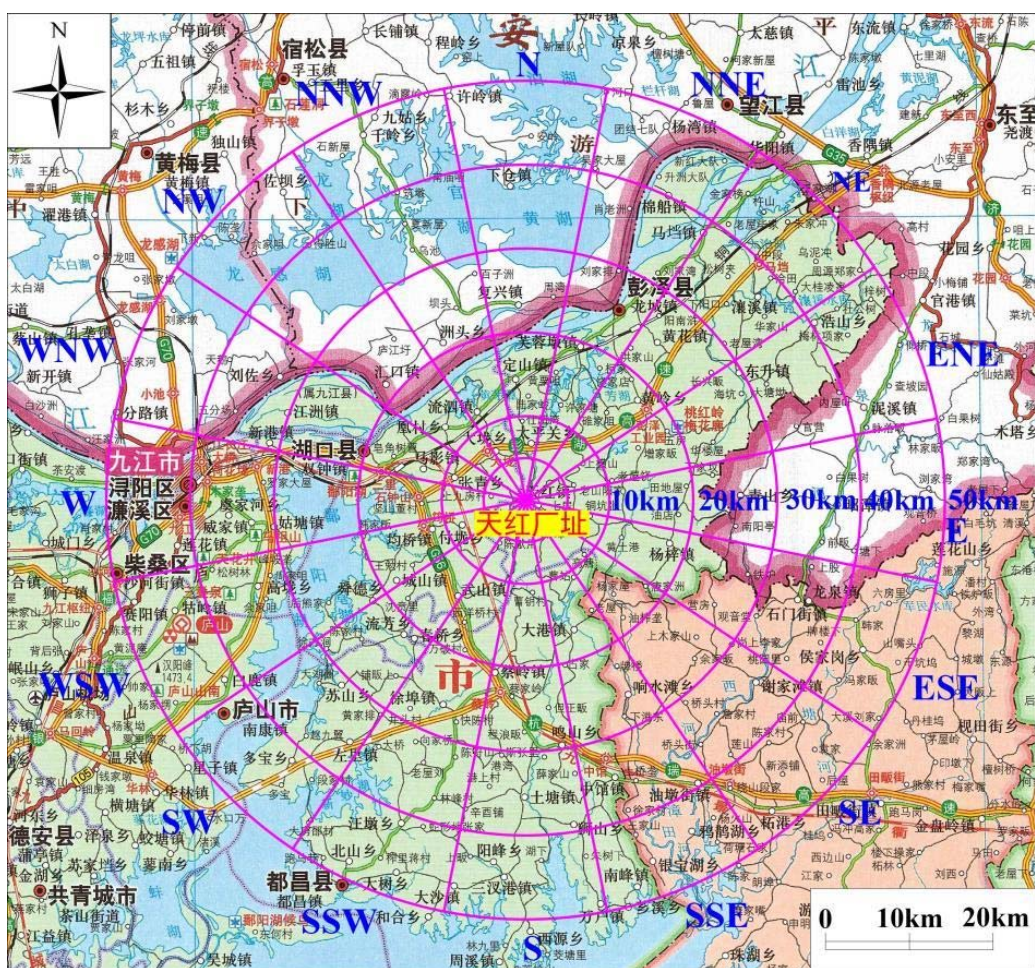


图 2.2-1 厂址周围调查范围及评价子区图

注：评价范围使用比例尺为 1：72 万的江西省行政区划地图（2019 年）。

2.3 人口分布和居民食谱

厂址半径 50km 人口分布及居民食谱统计年份截止至 2020 年。

2.3.1 评价区人口分布

厂址半径 50km 范围内总人口数为 3067412 人，在各个方位均有人口分布，人口最多的方位为 W 方位，共有人口 784319 人，占 50km 总人口数的 25.57%，人口最少的方位为 E 方位，共有人口 37479 人，仅占 50km 总人口数的 1.22%，各子区人口分布见表 2.3-1 和图 2.3-1。

2.3.2 厂址附近的重要居民点

2.3.2.1 厂址半径 5km 范围自然村人口分布

厂址半径 5km 范围共涉及到彭泽县、湖口县 12 个行政村，共 86 个自然村，共计 13233 人，详细的人口分布表见表 2.3-2，分布图见图 2.3-2。其中距离厂址最近的自然村为位于厂址 NNE 方位 0.52km 的天红村曹家组，人口为 265 人。人口最多的居民点为凤鸣村张家组，距离厂址 4.31km，方位 S，现有人口 342 人。

厂址半径 5km 范围内无万人以上乡镇。

2.3.2.2 厂址半径 10km 范围内行政村、镇人口分布

厂址半径 10km 范围涉及到彭泽县、湖口县、都昌县共 46 个行政村和 1 个居民点，共计 76262 人，其中，水车港东路为付垅乡政府所在地，非行政村，人口 336 人。人口分布表见表 2.3-3，千人以上行政村分布图见图 2.3-3，所有行政村和居民点分布图见图 2.3-4。距离厂址最近的行政村为位于厂址 NNE 方位 0.52km 的天红村（6 个自然村），人口 1122 人。厂址半径 10km 范围内规模最大的行政村为位于厂址 WNW 方位 9.49km 的张青村，人口 3450 人。

厂址半径 10km 范围无 10 万人以上的城镇。

2.3.2.3 厂址半径 50km 范围内万人以上城、镇分布

厂址半径 50km 范围现有人口 3067412 人，陆域平均人口密度为 467 人/km²。厂址半径 50km 范围内共有 8 个万人以上城、镇，分别是九江市的濂溪区、浔阳区、庐山市南康镇、湖口县双钟镇、彭泽县龙城镇、都昌县都昌镇，安庆市复兴镇复兴社区和黄冈市小池镇，其详细数据见表 2.3-4，分布图见图 2.3-5。万人以上城、镇中距离厂址最近的是湖口县双钟镇，位于厂址 WNW 方位 20.80km 处。九江市濂溪区、浔阳区人口超过十万，分别为 34.73 万人和 42.58 万人。

2.3.3 居民的年龄构成和食谱

2.3.3.1 居民的年龄构成

厂址半径 5km、50km 范围内 ≤ 1 岁、 $1 < \text{年龄} \leq 7$ 岁、 $7 < \text{年龄} \leq 17$ 岁和 > 17 岁四个年龄组别的人口及所占比例见表 2.3-5，结果显示，5km 范围内 17 岁以下（含 17 岁）人口占总人口的 24.3%，17 岁以上人口占总人口的 75.7%；50km 范围内 17 岁以下（含 17 岁）人口占总人口的 23.13%，17 岁以上人口占总人口的 76.87%。

2.3.3.2 居民的食谱

调查区中居民的主食以大米为主，来源主要是购买本地大米。蔬菜以大白菜、空心菜、土豆、茄子、青椒、豇豆、西红柿为主，均为自家种植，自产自销，不存在外购情况。肉类以猪肉为主，基本为购买。鲜蛋、禽类、鱼等也基本是自产自销。水果部分自种（如西瓜），其余外购。牛奶全部来源于外购。

本次居民食谱调查根据各居民点与项目厂址的相对方位、距离的关系，按照离厂址越近的村落，发放调查表格越多的方式，对厂址半径 5km 范围内的 9 个居民组（天红村、先锋村、庙前村、农科所村、前山村、大港村、凤鸣村、城下刘一组、联丰村）通过现场走访、发放调查表格的方式进行，收回共计 450 份有效调查问卷，涉及 120 户，450 人。此范围内的居民均为农村居民，年龄分为 ≤ 1 岁、 $1 \sim 7$ 岁（含 7 岁）、 $7 \sim 17$ 岁（含 17 岁）、 > 17 岁。调查区中居民的主食以大米为主，来源主要是购买本地大米。蔬菜以大白菜、空心菜、土豆、茄子、青椒、豇豆、西红柿为主，均为自家种植，自产自销，不存在外购情况。肉类以猪肉为主，基本为购买。鲜蛋、禽类、鱼等也基本是自产自销。水果部分自种（如西瓜），其余外购。牛奶全部来源于外购。调查结果见表 2.3-6 至表 2.3-9。

厂址半径 50km 范围内居民食谱的调查方式为资料收集方式，由于厂址半径 50km 范围内主要涉及江西省九江市，因此资料主要来源于《江西省统计年鉴（2020 年）》、《九江市统计年鉴（2020 年）》、《上饶市统计年鉴（2020 年）》、《安庆市统计年鉴（2020 年）》等统计资料，此范围内的居民分为城镇居民和农村居民，年龄分组为 ≤ 1 岁、 $1 < \text{年龄} \leq 7$ 岁、 $7 < \text{年龄} \leq 17$ 岁和 > 17 岁。厂址半径 50km 范围内城镇居民和农民的人均食物消费量调查结果见表 2.3-10 至表 2.3-13。

2.3.4 流动人口

厂址半径 5km 范围内的流入人口主要集中在天红镇，共计 288 人，集中在 2020 年 6 月到 10 月。流入人口的具体信息见表 2.3-14。

根据调查，厂址半径 5km 范围内的流出人口主要为外出务工，务工去向主要为广东省、浙江省和福建省，流出人口数约为 300 人，以外出半年以上的长期流出为主。

2.3.5 人口密度

厂址半径 2km、5km、10km、50km 范围内 2020 年人口总数及人口密度见表 2.3-15。

江西省、九江市、彭泽县 2020 年平均人口密度见表 2.3-16。

厂址半径 5km 范围内的总人口为 13233 人，陆域平均人口密度为 170 人/km²，低于江西省同期平均人口密度（293 人/km²）、九江市同期平均人口密度（291 人/km²），及彭泽县同期平均人口密度（207 人/km²）。

厂址半径 10km 范围内的总人口为 76262 人，陆域平均人口密度为 245 人/km²，低于江西省同期平均人口密度（293 人/km²）、九江市同期平均人口密度（291 人/km²），高于彭泽县同期平均人口密度（207 人/km²）。

厂址半径 50km 范围内的总人口为 3067412 人，陆域平均人口密度为 467 人/km²，高于江西省同期平均人口密度（293 人/km²）、九江市同期平均人口密度（291 人/km²）、彭泽县同期平均人口密度（207 人/km²）。

2.3.6 人口自然增长率

2.3.6.1 江西省、九江市、彭泽县、安庆市、池州市近年平均人口自然增长率

江西省、九江市、彭泽县、安庆市、池州市近年平均人口自然增长率见表 2.3-17。由表可知，江西省、九江市的人口自然增长率在 2017 年达到顶峰，在 2018、2019 年逐年下降。彭泽县、安庆市、池州市的人口自然增长率上下波动。

2.3.6.2 中远期人口规划

根据《江西省人口发展规划（2016-2030 年）》，2030 年江西省人口将达到 5000 万人左右。中远期人口规划主要任务和目标见表 2.3-18。

2.3.6.3 预期人口自然增长率

报告对江西省、九江市、彭泽县、安庆市、池州市进行人口预测，从而获得上述地区 2020 年至中远期人口增长率。在预测时，主要参考了由国务院人口普查办公室 2014 年出版的《迈向小康社会的中国人口》（江西卷）、《迈向小康社会的中国人口》（安徽卷）、第六次人口普查成果《九江市 2010 年人口普查资料》等资料，用以提供基础人口数据。采用国家人口计生委编制的中国人口预测系统（CPPS, ChinaPopulationPredictionSystem）预测人口增长率，CPPS 共设置分年龄分性别人口数、分年龄分性别死亡率、育龄妇女分年龄生育率、人口平均预期寿命、总和生育率和出生性别比等 6 个参数。该软件在第五次人口普查后被国内人口学专家、学者和各省人口计生系统广泛应用。

通过对比人口数量预测结果和各地区第七次全国人口普查公报中 2020 年常住人口的数据，预测结果均稍高于 2020 年人口实际数据，因此人为预测结果是保守的，具有可靠性，通过计算，江西省、九江市、彭泽县、安庆市、池州市 2020 年至中远期人口预期自然增长率见表 2.3-19~表 2.3-24。

2.3.7 厂址半径 50km 范围内的预期人口

天红核科技研发中心计划于 2027 年建成投产，设计寿期为 40 年。由此推算研发中心运行第一年（2027 年）以及寿期内每隔 10 年即 2037 年、2047 年、2057 年和 2067 年厂址半径 50km 范围内各子区的预期人口分布。

本报告在进行 50km 范围人口预测计算时，为保守估算，采用上节计算的九江市人口增长率的高方案（表 2.3-20）进行计算预测，在本项目运营期间，人口不会出现负增长。

计算时采用下列人口预测模式进行推算：

$$N=N_0(1+\alpha)^T$$

上式中：

N~各子区域预测年的人口数 （人）

N₀~各子区域 2020 年度的人口数 （人）

α~预测采用的人口自然增长率 （‰）

T~预测年的时间间隔 （年）

由此计算得到的厂址半径 50km 范围内的预期人口分布见表 2.3-25~2.3-29。由此可见，厂址半径 50km 范围内 2067 年（人口最大年）的人口为 4786913 人。

表 2.3-1 厂址半径 50km 范围人口分布

距离 (km)											50km 扇形累计
	方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30-40km	40-50km	
	N	0	0	0	567	9356	16367	44548	36240	13254	120332
	NNE	265	0	0	280	2966	50982	85163	34045	30998	204699
	NE	0	192	676	513	583	13010	21549	14911	28559	79993
	ENE	217	448	231	291	143	8748	7809	5318	31029	54234
	E	200	194	0	0	0	7596	8489	10525	10475	37479
	ESE	62	808	491	260	4149	17223	14268	54038	31051	122350
	SE	0	471	0	1248	2187	10112	13151	55699	27320	110188
	SSE	79	553	113	745	993	19416	19458	108636	58005	207998
	S	0	257	626	978	121	28543	51734	80084	94923	257266
	SSW	0	157	553	414	702	8539	34830	23690	197179	266064
	SW	0	45	0	521	1504	34590	19980	50798	56345	163783
	WSW	0	0	0	90	5279	35380	16158	14893	46746	118546
	W	0	0	0	0	6640	4908	1310	283820	487641	784319
	WNW	0	0	153	163	9618	28964	64501	50258	125486	279143
	NW	0	0	155	0	8259	18259	30268	10211	57201	124353
	NNW	0	0	102	115	10529	21390	38854	4921	60754	136665
	环段合计	823	3125	3100	6185	63029	324027	472070	838087	1356966	3067412
	半径合计	823	3948	7048	13233	76262	400289	872359	1710446	3067412	

表 2.3-2 厂址半径 5km 范围居民点或自然村人口

编号	居民点或自然村名称	行政归属	位置		人口数（人）
			方位	距离（km）	
1	一组	乌龙村	ENE	3.33	73
2	二组				118
3	三组				100
4	盛家组	先锋村	ENE	2.30	231
5	东边组		NE	2.10	177
6	后泽组		NE	2.65	159
7	楼台组		NE	2.22	312
8	训山组		NE	2.09	28
9	张上组		NE	3.38	281
10	张下组		NE	3.16	232
11	曹家组	天红村	NNE	0.52	265
12	东阳组		ENE	1.51	238
13	黄家组		ENE	0.79	217
14	西阳组		NE	1.34	192
15	周家组		ENE	1.72	114
16	占家组		ENE	1.83	96
17	坂屋组	庙前村	ESE	1.03	273
18	柯家组		ESE	1.50	128
19	上街组		E	1.19	194
20	上李组		ESE	2.08	113
21	上湾组		ESE	1.90	92
22	童家组		ESE	2.92	130
23	下街组		E	0.96	200
24	下李组		ESE	1.80	85
25	下湾组		ESE	1.38	230
26	小湾组		ESE	0.92	62
27	叶家组		ESE	2.42	248
28	葡萄组	农科所村	SSE	1.96	234
29	山吴组		SSE	2.69	113
30	王坂组		SE	1.97	330
31	王付组		SE	1.24	141
32	永红组		SSE	1.88	319
33	大桥组	前山村	SE	3.28	184
34	樊家组		SE	3.57	187
35	付刘组		ESE	3.19	107

36	李家组	大港村	SE	4.74	80
37	芦垅组		SE	4.52	126
38	聂家组		ESE	3.75	153
39	前屋组		SE	3.00	59
40	玄木组		SE	3.37	129
41	向阳组		SE	4.63	195
42	珠联组		SE	4.56	147
43	梓山组		SE	3.93	141
44	柏树组	大港村	S	2.15	178
45	蔡庄组		S	1.06	127
46	二付垅组		S	2.57	31
47	费家组		SSE	0.90	79
48	郭垅组		SSW	1.13	157
49	柯家组		S	1.19	130
50	门前组		SSW	2.84	161
51	桥严组		SSW	2.83	133
52	四房组		SSW	2.87	117
53	石垅组		SW	1.08	45
54	谭店组		SSW	2.46	142
55	周家组		S	2.70	295
56	程家组	凤鸣村	S	3.65	249
57	草塘组		S	4.08	161
58	井垅组		SSE	3.80	119
59	下埠组		SSE	3.22	308
60	新桥组		SSE	3.79	182
61	谢桥组		SSE	4.21	136
62	油店组		S	2.97	122
63	占坂组		S	3.70	139
64	张家组		S	4.31	342
65	皂垅组		S	3.95	87
66	陈家组	武山村	SW	4.70	156
67	戈徐组		SW	4.06	244
68	立垅组		SSW	4.03	125
69	前湾组		WSW	3.22	90
70	雪坂组		SSW	3.94	100
71	杨坂组		SSW	4.69	189
72	严店组		SW	3.29	121
73	西边华二组	灌塘村	N	5.00	201
74	西边华三组		N	4.92	211

75	乌石山一组		N	4.41	155
76	城下刘一组	古楼村	NNE	4.52	59
77	城下刘二组				65
78	城下刘十一组				95
79	城下刘十二组				61
80	华家山村				WNW
81	曹家岭村	联丰村	WNW	2.37	150
82	张家垅村		WNW	3.09	163
83	管家塘村		NW	2.46	155
84	老屋里		NNW	2.64	102
85	横山周家		NNW	3.29	11
86	桥头边张家		NNW	3.73	104
合计					13233

注：1、表中距离为厂址中心距村边界最近距离。

表 2.3-3 厂址半径 10km 范围行政村或居民点人口

编号	行政村名称	行政归属	位置		人口数 (人)	其中非农业 人口数 (人)
			方位	距离 (km)		
1	古楼村	太平关乡	NNE	4.52	1153	0
2	永乐村	太平关乡	NNE	6.34	2093	0
3	太平村	太平关乡	N	6.71	1810	0
4	康庄村	太平关乡	N	9.14	2330	0
5	灌塘村	太平关乡	N	4.41	1318	0
6	望夫村	太平关乡	N	8.59	1063	0
7	新田村	太平关乡	N	9.44	980	0
8	白沙村	太平关乡	NE	6.85	583	0
9	大岭村	太平关乡	N	8.91	2422	0
10	乌龙村	天红镇	ENE	3.33	291	0
11	先锋村	天红镇	NE	2.09	1563	0
12	天红村	天红镇	NNE	0.52	1122	0
13	庙前村	天红镇	ESE	0.92	1755	0
14	前山村	天红镇	SE	3.00	1614	0
15	团结村	天红镇	ESE	5.65	1674	0
16	农科所村	天红镇	SE	1.24	1137	0
17	冯山村	天红镇	SE~SSE	5.21	1473	0
18	凤鸣村	天红镇	S	2.97	2171	0
19	大港村	天红镇	SSE	0.90	1595	0
20	武山村	天红镇	WSW	3.22	1949	0
21	邻都村	杨梓镇	ESE	8.9	2475	0
22	高塘村	大港镇	SE	9.44	1275	0
23	殷山村	付垅乡	W	6.87	2267	0
24	唐坂村	付垅乡	W	9.73	3072	0
25	大山村	付垅乡	WSW	8.68	1238	0
26	一甲村	付垅乡	WSW	8.01	1180	0
27	凰山村	付垅乡	SW	9.58	1096	0

28	东涧村	付垅乡	SW	7.71	308	0
29	水车村	付垅乡	WSW	8.98	2525	0
30	水车港东路	付垅乡	WSW	9.28	336	336
31	八方村	张青乡	WNW	9.77	1532	0
32	程山村	张青乡	WNW	7.05	1430	0
33	荷塘村	张青乡	WNW	8.21	1742	0
34	张青村	张青乡	WNW	9.49	3450	0
35	泉水村	张青乡	WNW	7.72	1464	0
36	竹山村	张青乡	W	8.68	1301	0
37	东风村	流泗镇	NW	9.8	2646	0
38	莲花村	流泗镇	NNW	9.35	2651	0
39	花尖村	大垅乡	NW	6.84	1912	0
40	大垅村	大垅乡	NNW	7.92	1916	0
41	王斯村	大垅乡	NW	7.41	2372	0
42	马步村	大垅乡	NNW	8.99	1299	0
43	管垅村	大垅乡	NNW	7.39	1401	0
44	阳垅村	大垅乡	NW	7.73	1329	0
45	牌骆村	大垅乡	NNW	8.15	1200	0
46	联丰村	大垅乡	WNW	2.37	688	0
47	芦岭村	大垅乡	NNW	6.08	2061	0
合计					76262	

注：1、表中距离为厂址中心距村边界最近距离。

表 2.3-4 厂址半径 50km 范围内万人以上城、镇分布

编号	城、镇名称	行政归属	位置		人口数（万人）
			方位	距离	
1	濂溪区	九江市	W	41.60	34.73
2	浔阳区	九江市	W	41.40	42.58
3	庐山市南康镇	九江市	SW	44.70	4.45
4	湖口县双钟镇	九江市	WNW	20.80	6.38
5	彭泽县龙城镇	九江市	NNE	26.90	4.12
6	都昌县都昌镇	九江市	SSW	50.00	5.42
7	复兴镇复兴社区	安庆市	N	24.80	1.29
8	黄梅县小池镇	黄冈市	WNW	44.00	5.00

注：1、人口数为居住在城、镇、市区的非农业人口。

表 2.3-5 厂址半径 5km、50km 范围年龄构成

范围	总人口	年龄≤1 岁		1 岁<年龄≤7 岁		7 岁<年龄≤17 岁		17 岁<年龄	
		比例	人数	比例	人数	比例	人数	比例	人数
5km	13233	1.65%	218	6.75%	893	15.90%	2104	75.70%	10018
50km	3067412	2.53%	77606	8.01%	245608	12.59%	386187	76.87%	2358012

表 2.3-6 厂址半径 5km 范围内不同年龄人群食物消费量调查结果 (>17 岁)

大于 17 岁				
职业		农民		来自评价区份 额 (%)
调查人数（人）		305		
食物种类		年平均消费量（kg/人*a）	年最大消费量（kg/人*a）	
粮食	米	138.4	139.7	100
	面	8.2	8.5	0
	杂粮	2.9	3.1	100
蔬菜	叶类	44.6	56.4	100
	根茎类	19.1	19.5	100
	果实类	18.2	21.5	100
	水生类	3.5	3.9	0
肉类	猪肉	22.4	27.7	100
	牛肉	1.1	1.7	0
	羊肉	0.4	0.6	30
	禽肉	7.9	8.7	100
水产	鱼类	7.1	8.3	100
	甲壳类	1.0	1.4	100
奶类及其制品		3.3	3.6	0
蛋类品		7.8	8.5	100
水果		37.9	42.6	60

表 2.3-7 厂址半径 5km 范围内不同年龄人群食物消费量调查结果(7<年龄≤17)

7<年龄≤17				
职业		农村户口		来自评价区 份 额 (%)
调查人数（人）		95		
食物种类		年平均消费量（kg/人*a）	年最大消费量（kg/人*a）	
粮食	米	83.0	99.2	100
	面	4.9	5.1	0
	杂粮	1.7	1.9	100
蔬菜	叶类	26.8	46.5	100
	根茎类	11.5	15.9	100
	果实类	10.9	21.4	100
	水生类	2.1	3.7	0
肉类	猪肉	13.4	16.6	100
	牛肉	0.6	1.0	0
	羊肉	0.2	0.4	30
	禽肉	4.7	5.2	100
水产	鱼类	4.2	5.0	100
	甲壳类	0.6	0.8	100
奶类及其制品		4.2	4.4	0
蛋类品		4.7	5.1	100
水果		22.7	25.6	60

表 2.3-8 厂址半径 5km 范围内不同年龄人群食物消费量调查结果 (1<年龄≤7)

1<年龄≤7				
职业		农村户口		来自评价区份 额
调查人数（人）		40		
食物种类		年平均消费量（kg/人*a）	年最大消费量（kg/人*a）	
粮食	米	40.6	50.9	100
	面	6.8	7.9	0
	杂粮	0.6	0.7	100
蔬菜	叶类	20.0	24.0	100
	根茎类	9.2	15.3	100
	果实类	5.6	8.7	100
	水生类	0.8	0.9	0
肉类	猪肉	10.2	12.8	100
	牛肉	0.2	0.4	0
	羊肉	0.1	0.1	30
	禽肉	3.7	5.1	100
水产	鱼类	1.6	1.9	100
	甲壳类	0.2	0.3	100
奶类及其制品		90.0	105.0	0
蛋类品		1.7	2.0	100
水果		14.0	18.0	60

表 2.3-9 厂址半径 5km 范围内不同年龄人群食物消费量调查结果（年龄≤1）

年龄≤1				
职业		农村户口		来自评价区份 额 (%)
调查人数（人）		10		
食物种类		年平均消费量（kg/人*a）	年最大消费量（kg/人*a）	
粮食	米	2.1	3	100
	面	0	0	0
	杂粮	0	0	/
蔬菜	叶类	2.5	3.9	100
	根茎类	0.4	1.0	/
	果实类	0.3	0.5	/
	水生类	0	0	/
肉类	猪肉	1.0	1.5	100
	牛肉	0	0	0
	羊肉	0	0	30
	禽肉	0.8	1.5	/
水产	鱼类	1.2	1.8	100
	甲壳类	0	0	/
奶类及其制品		230	250	0
蛋类品		5	6	100
水果		6.8	9.0	60

表 2.3-11 厂址半径 50km 范围内不同职业不同年龄人群食物消费量调查结果 (7<年龄≤17)

7<年龄≤17						
职业		城镇居民		农村居民		来自评价区份额 (%)
食物种类		年平均消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)	年平均消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)	
粮食	米	86.3	96.5	87.2	99.2	90.0
	面	4.9	5.1	5.1	5.3	20.0
	杂粮	2.3	3.0	1.8	2.0	70.0
蔬菜	叶类	29.4	47.6	28.1	46.5	90.0
	根茎类	10.5	14.8	12.1	15.9	90.0
	果实类	11.2	20.6	11.5	21.4	90.0
	水生类	1.8	3.4	2.2	3.7	50.0
肉类	猪肉	14.9	16.4	13.2	16.3	90.0
	牛肉	0.7	1.2	0.7	1.1	50.0
	羊肉	0.3	0.4	0.3	0.4	50.0
	禽肉	4.8	5.2	5.0	5.5	100.0
水产	鱼类	4.5	4.8	4.5	5.3	60.0
	甲壳类	0.8	1.1	0.6	0.9	60.0
奶类及其制品		4.4	4.5	4.2	4.4	0.0
蛋类品		5.6	5.7	4.9	5.4	100.0
水果		25.6	30.4	23.9	26.8	60.0

表 2.3-12 厂址半径 50km 范围内不同职业不同年龄人群食物消费量调查结果 (1<年龄≤7)

1<年龄≤7						
职业	城镇居民			农村居民		来自评价区份额 (%)
	年平均消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)	年平均消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)		
粮食	米	32.1	36.0	32.4	33.2	90.0
	面	1.8	1.9	1.9	2.0	20.0
	杂粮	0.9	1.1	0.7	0.7	70.0
	叶类	10.9	13.9	10.4	13.2	90.0
蔬菜	根茎类	3.9	4.5	4.5	4.6	90.0
	果实类	4.2	5.8	4.3	5.0	90.0
	水生类	0.7	1.0	0.8	0.9	50.0
	猪肉	5.5	6.1	4.9	6.0	90.0
肉类	牛肉	0.2	0.5	0.3	0.4	50.0
	羊肉	0.1	0.2	0.1	0.1	50.0
	禽肉	1.8	1.9	1.8	2.0	100.0
	鱼类	1.7	1.8	1.7	2.0	60.0
水产	甲壳类	0.3	0.4	0.2	0.3	60.0
	奶类及其制品	102.0	114.0	93.0	108.0	0.0
蛋类品		2.1	2.4	1.8	2.0	100.0
	水果	9.5	11.3	8.9	10.0	60.0

表 2.3-13 厂址半径 50km 范围内不同职业不同年龄人群食物消费量调查结果 (年龄≤1)

职业		年龄≤1				来自评价区份额 (%)	
食物种类	职业	城镇居民		农村居民		年最大消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)
		年平均消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)	年平均消费量 (kg/人*a)	年最大消费量 (kg/人*a)		
粮食	米	1	2	2	3	90.0	
	面	0	0	0	0	/	
	杂粮	0	0	0	0	/	
蔬菜	叶类	0	0	0	0	/	
	根茎类	0	0	0	0	/	
	果实类	0	0	0	0	/	
	水生类	0	0	0	0	/	
	猪肉	1	1	1	1	90.0	
肉类	牛肉	0	0	0	0	/	
	羊肉	0	0	0	0	/	
	禽肉	0	0	0	0	/	
	鱼类	1	1	1	1	60.0	
水产	甲壳类	0	0	0	0	60.0	
奶类及其制品		290	300	260	265	0.0	
蛋类品		6	7	6	6	/	
水果		1	1	1	1	/	

表 2.3-14 厂址半径 5km 范围流入人口分布情况

流入人口地点或地区名称	位置		总人数	最高峰人数出现时间	来此目的	居住期一月以下人口数	居住期一月～半年的人口数	居住期半年～一年或一年以上人数
	方位	距离(km)						
天红镇前山村	SE	3.00	126	202010	务工	60	30	36
天红镇先锋村	NE	2.09	36	202009	务工	16	15	8
天红镇庙前村	ESE	0.92	20	202012	务工	10	5	5
天红镇农科所村	SE	1.24	106	202006	务工	60	30	16

表 2.3-15 厂址半径 50km 范围人口密度

范围 (km)	全域			陆域		
	面积 (km ²)	人口数 (人)	密度 (人/km ²)	面积 (km ²)	人口数 (人)	密度 (人/km ²)
2	13	3948	304	12.56	3948	314
5	79	13233	168	77.87	13233	170
10	314	76262	242	311.90	76262	245
50	7854	3067924	391	6570.05	3067924	467

注：1、面积为半径范围内总面积。

表 2.3-16 江西省、九江市、彭泽县人口密度

地区	总面积 (km ²)	人口数 (万人)	密度 (人/km ²)	陆域面积 (km ²)	陆域人口密度 (人/km ²)
江西省	166900	4518.86	271	154163	293
九江市	19084	460.00	241	15764	291
彭泽县	1532.4	28.48	188	1392.7	207

表 2.3-17 江西省、九江市、彭泽县、安庆市、池州市人口自然增长率

单位：‰

年份	地区				
	江西省	九江市	彭泽县	安庆市	池州市
2019	6.56	6.37	6.65	5.60	3.30
2018	7.37	7.07	8.43	2.40	3.16
2017	7.71	7.44	7.61	6.00	4.69
2016	7.29	7.11	7.79	9.60	3.85
2015	6.96	6.93	10.64	7.90	2.56

表 2.3-18 江西省人口发展预期指标

领域	主要指标	单位	2020 年	2030 年
人口总量	总人口	万人	4800 左右	5000 左右
	总和生育率		1.8	1.85
人口结构	出生人口性别比		≤112	107
人口素质	人均预期寿命	岁	77.2	79
	劳动年龄人口平均受教育年限	年	10.8	11.8
	常住人口城镇化率	%	60 左右	68 左右

表 2.3-19 江西省人口自然增长率预测

年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率
2020	0.54%	2039	0.14%	2058	-0.15%	2077	-0.13%
2021	0.51%	2040	0.13%	2059	-0.16%	2078	-0.13%
2022	0.48%	2041	0.11%	2060	-0.13%	2079	-0.14%
2023	0.45%	2042	0.10%	2061	-0.18%	2080	-0.27%
2024	0.43%	2043	0.08%	2062	-0.18%	2081	-0.11%
2025	0.42%	2044	0.06%	2063	-0.18%	2082	-0.11%
2026	0.38%	2045	0.07%	2064	-0.18%	2083	-0.11%
2027	0.37%	2046	0.02%	2065	-0.11%	2084	-0.11%
2028	0.36%	2047	0.01%	2066	-0.18%	2085	0.25%
2029	0.35%	2048	-0.01%	2067	-0.18%	2086	-0.16%
2030	0.33%	2049	-0.02%	2068	-0.17%	2087	-0.15%
2031	0.29%	2050	-0.01%	2069	-0.16%	2088	-0.14%
2032	0.26%	2051	-0.06%	2070	-0.12%	2089	-0.13%
2033	0.24%	2052	-0.08%	2071	-0.16%		
2034	0.23%	2053	-0.09%	2072	-0.15%		
2035	0.23%	2054	-0.10%	2073	-0.15%		
2036	0.19%	2055	-0.11%	2074	-0.14%		
2037	0.17%	2056	-0.13%	2075	-0.21%		
2038	0.15%	2057	-0.14%	2076	-0.13%		

表 2.3-20 九江市人口自然增长率预测（高方案）

年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率
2020	1.27%	2039	0.89%	2058	0.89%	2077	1.15%
2021	1.18%	2040	0.93%	2059	0.88%	2078	1.14%
2022	1.12%	2041	0.97%	2060	0.89%	2079	1.14%
2023	1.06%	2042	1.00%	2061	0.87%	2080	1.11%
2024	1.02%	2043	1.04%	2062	0.88%	2081	1.13%
2025	0.99%	2044	1.06%	2063	0.89%	2082	1.13%
2026	0.95%	2045	1.09%	2064	0.91%	2083	1.12%
2027	0.92%	2046	1.09%	2065	0.95%	2084	1.11%
2028	0.91%	2047	1.09%	2066	0.95%	2085	1.20%
2029	0.90%	2048	1.09%	2067	0.98%	2086	1.05%
2030	0.88%	2049	1.09%	2068	1.01%	2087	1.06%
2031	0.84%	2050	1.09%	2069	1.04%	2088	1.06%
2032	0.82%	2051	1.05%	2070	1.07%	2089	1.07%
2033	0.80%	2052	1.03%	2071	1.08%		
2034	0.79%	2053	1.01%	2072	1.11%		
2035	0.79%	2054	0.98%	2073	1.12%		
2036	0.79%	2055	0.95%	2074	1.13%		
2037	0.82%	2056	0.92%	2075	1.12%		
2038	0.85%	2057	0.90%	2076	1.15%		

表 2.3-21 九江市人口自然增长率预测（中方案）

年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率
2020	0.55%	2039	0.19%	2058	-0.13%	2077	-0.15%
2021	0.49%	2040	0.18%	2059	-0.13%	2078	-0.16%
2022	0.45%	2041	0.16%	2060	-0.11%	2079	-0.17%
2023	0.42%	2042	0.14%	2061	-0.15%	2080	-0.20%
2024	0.40%	2043	0.13%	2062	-0.15%	2081	-0.15%
2025	0.38%	2044	0.11%	2063	-0.15%	2082	-0.15%
2026	0.35%	2045	0.10%	2064	-0.15%	2083	-0.15%
2027	0.33%	2046	0.06%	2065	-0.12%	2084	-0.15%
2028	0.32%	2047	0.04%	2066	-0.15%	2085	0.00%
2029	0.32%	2048	0.03%	2067	-0.15%	2086	-0.23%
2030	0.31%	2049	0.01%	2068	-0.15%	2087	-0.22%
2031	0.28%	2050	0.00%	2069	-0.14%	2088	-0.22%
2032	0.26%	2051	-0.03%	2070	-0.13%	2089	-0.22%
2033	0.24%	2052	-0.05%	2071	-0.15%		
2034	0.22%	2053	-0.07%	2072	-0.15%		
2035	0.22%	2054	-0.08%	2073	-0.15%		
2036	0.20%	2055	-0.09%	2074	-0.15%		
2037	0.20%	2056	-0.11%	2075	-0.18%		
2038	0.19%	2057	-0.12%	2076	-0.14%		

表 2.3-22 彭泽县人口自然增长率预测

年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率
2020	0.43%	2039	0.12%	2058	-0.19%	2077	-0.14%
2021	0.39%	2040	0.10%	2059	-0.20%	2078	-0.14%
2022	0.36%	2041	0.07%	2060	-0.17%	2079	-0.13%
2023	0.34%	2042	0.05%	2061	-0.22%	2080	-0.15%
2024	0.33%	2043	0.03%	2062	-0.21%	2081	-0.12%
2025	0.33%	2044	0.01%	2063	-0.21%	2082	-0.11%
2026	0.30%	2045	-0.01%	2064	-0.21%	2083	-0.10%
2027	0.30%	2046	-0.04%	2065	-0.17%	2084	-0.10%
2028	0.29%	2047	-0.06%	2066	-0.21%	2085	-0.04%
2029	0.29%	2048	-0.08%	2067	-0.21%	2086	-0.13%
2030	0.29%	2049	-0.09%	2068	-0.20%	2087	-0.13%
2031	0.26%	2050	-0.10%	2069	-0.19%	2088	-0.12%
2032	0.24%	2051	-0.13%	2070	-0.18%	2089	-0.12%
2033	0.22%	2052	-0.14%	2071	-0.18%		
2034	0.20%	2053	-0.15%	2072	-0.18%		
2035	0.18%	2054	-0.16%	2073	-0.17%		
2036	0.16%	2055	-0.17%	2074	-0.17%		
2037	0.14%	2056	-0.18%	2075	-0.20%		
2038	0.15%	2057	-0.19%	2076	-0.14%		

表 2.3-23 安庆市人口自然增长率预测

年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率
2020	0.16%	2039	-0.12%	2058	-0.36%	2077	-0.04%
2021	0.13%	2040	-0.05%	2059	-0.35%	2078	-0.05%
2022	0.11%	2041	-0.11%	2060	0.16%	2079	-0.06%
2023	0.08%	2042	-0.10%	2061	-0.36%	2080	-0.46%
2024	-0.12%	2043	-0.11%	2062	-0.33%	2081	-0.03%
2025	0.18%	2044	-0.11%	2063	-0.31%	2082	-0.03%
2026	0.01%	2045	-0.06%	2064	-0.28%	2083	-0.03%
2027	-0.02%	2046	-0.16%	2065	0.05%	2084	-0.03%
2028	-0.04%	2047	-0.18%	2066	-0.25%	2085	0.70%
2029	-0.07%	2048	-0.20%	2067	-0.22%	2086	-0.08%
2030	-0.03%	2049	-0.23%	2068	-0.20%	2087	-0.07%
2031	-0.13%	2050	-0.15%	2069	-0.17%	2088	-0.06%
2032	-0.15%	2051	-0.29%	2070	-0.25%	2089	-0.05%
2033	-0.15%	2052	-0.31%	2071	-0.13%		
2034	-0.15%	2053	-0.33%	2072	-0.12%		
2035	-0.09%	2054	-0.35%	2073	-0.12%		
2036	-0.15%	2055	-0.53%	2074	-0.11%		
2037	-0.14%	2056	-0.35%	2075	-1.04%		
2038	-0.13%	2057	-0.36%	2076	-0.03%		

表 2.3-24 池州市人口自然增长率预测

年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率	年份	自然增长率
2020	0.78%	2039	0.67%	2058	0.62%	2077	1.21%
2021	0.72%	2040	0.73%	2059	0.65%	2078	1.20%
2022	0.67%	2041	0.76%	2060	0.78%	2079	1.19%
2023	0.62%	2042	0.78%	2061	0.72%	2080	1.11%
2024	0.57%	2043	0.80%	2062	0.78%	2081	1.19%
2025	0.55%	2044	0.81%	2063	0.83%	2082	1.19%
2026	0.48%	2045	0.83%	2064	0.88%	2083	1.19%
2027	0.45%	2046	0.80%	2065	0.99%	2084	1.20%
2028	0.43%	2047	0.78%	2066	0.99%	2085	1.36%
2029	0.40%	2048	0.76%	2067	1.04%	2086	1.20%
2030	0.38%	2049	0.74%	2068	1.08%	2087	1.22%
2031	0.34%	2050	0.73%	2069	1.12%	2088	1.24%
2032	0.35%	2051	0.67%	2070	1.12%	2089	1.26%
2033	0.37%	2052	0.64%	2071	1.18%		
2034	0.41%	2053	0.62%	2072	1.19%		
2035	0.46%	2054	0.60%	2073	1.20%		
2036	0.50%	2055	0.57%	2074	1.21%		
2037	0.56%	2056	0.60%	2075	1.04%		
2038	0.61%	2057	0.61%	2076	1.23%		

表 2.3-25 厂址半径 50km 范围人口分布 (2027 年) 单位: 人

距离 (km)											50km 扇形累计
	方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30-40km	40-50km	
	N	0	0	0	605	10051	17586	47871	38944	14240	129297
	NNE	281	0	0	297	3184	54785	91520	36585	33309	219961
	NE	0	203	722	549	623	13979	23155	16021	30688	85940
	ENE	231	478	245	309	150	9398	8389	5712	33342	58254
	E	212	205	0	0	0	8161	9121	11308	11253	40260
	ESE	62	865	524	275	4454	18506	15329	58070	33367	131452
	SE	0	502	0	1338	2346	10864	14129	59856	29357	118392
	SSE	79	590	120	797	1063	20863	20908	116746	62334	223500
	S	0	272	670	1048	128	30672	55594	86061	102009	276454
	SSW	0	164	590	442	751	9173	37428	25455	211900	285903
	SW	0	45	0	557	1613	37169	21468	54588	60549	175989
	WSW	0	0	0	92	5669	38018	17362	16001	50232	127374
	W	0	0	0	0	7134	5271	1404	305014	524056	842879
	WNW	0	0	160	170	10333	31124	69314	54009	134854	299964
	NW	0	0	162	0	8872	19618	32526	10970	61470	133618
	NNW	0	0	108	122	11313	22984	41752	5285	65287	146851
	环段合计	865	3324	3301	6601	67684	348171	507270	900625	1458247	3296088
	半径合计	865	4189	7490	14091	81775	429946	937216	1837841	3296088	

表 2.3-26 厂址半径 50km 范围人口分布（2037 年）单位：人

距离 (km)											50km 扇形累 计
	方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30-40km	40-50km	
	N	0	0	0	655	10916	19104	52012	42310	15467	140464
	NNE	301	0	0	317	3454	59524	99442	39748	36189	238975
	NE	0	213	781	589	673	15185	25155	17404	33341	93341
	ENE	244	515	265	329	160	10208	9112	6201	36224	63258
	E	222	215	0	0	0	8864	9906	12282	12223	43712
	ESE	62	935	564	295	4835	20104	16653	63095	36250	142793
	SE	0	542	0	1450	2544	11799	15347	65034	31896	128612
	SSE	79	636	127	861	1149	22664	22713	126852	67727	242808
	S	0	292	723	1133	138	33325	60403	93508	110838	300360
	SSW	0	174	636	474	811	9963	40663	27655	230246	310622
	SW	0	45	0	599	1747	40383	23322	59310	65787	191193
	WSW	0	0	0	92	6155	41305	18860	17383	54577	138372
	W	0	0	0	0	7746	5722	1519	331423	569432	915842
	WNW	0	0	170	180	11223	33813	75312	58681	146528	325907
	NW	0	0	172	0	9635	21312	35337	11914	66790	145160
	NNW	0	0	108	132	12287	24970	45362	5737	70935	159531
	环段合计	908	3567	3546	7106	73473	378245	551118	978537	1584450	3580950
	半径合计	908	4475	8021	15127	88600	466845	1017963	1996500	3580950	

表 2.3-27 厂址半径 50km 范围人口分布（2047 年）单位：人

距离 (km)											50km 扇 形累计
	方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30-40km	40-50km	
	N	0	0	0	718	12053	21101	57455	46735	17083	155145
	NNE	327	0	0	344	3810	65752	109852	43905	39974	263964
	NE	0	230	859	645	737	16770	27784	19222	36828	103075
	ENE	264	564	288	357	170	11271	10062	6845	40012	69833
	E	240	233	0	0	0	9787	10937	13564	13497	48258
	ESE	62	1027	618	321	5337	22204	18392	69699	40042	157702
	SE	0	594	0	1598	2805	13029	16949	71840	35230	142045
	SSE	79	698	137	946	1263	25032	25086	140131	74813	268185
	S	0	318	794	1247	148	36809	66724	103294	122441	331775
	SSW	0	184	698	519	891	11002	44916	30547	254353	343110
	SW	0	45	0	657	1925	44606	25758	65516	72672	211179
	WSW	0	0	0	95	6796	45625	20830	19199	60288	152833
	W	0	0	0	0	8553	6317	1673	366128	629064	1011735
	WNW	0	0	180	193	12393	37349	83194	64821	161868	359998
	NW	0	0	182	0	10638	23540	39032	13155	73779	160326
	NNW	0	0	116	142	13569	27581	50108	6333	78357	176206
	环段合计	972	3893	3872	7782	81088	417775	608752	1080934	1750301	3955369
	半径合计	972	4865	8737	16519	97607	515382	1124134	2205068	3955369	

表 2.3-28 厂址半径 50km 范围人口分布（2057 年）单位：人

距离 (km)										50km 扇形累 计
	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30-40km	40-50km	
方位										
N	0	0	0	788	13323	23329	63529	51673	18886	171528
NNE	357	0	0	374	4207	72704	121472	48547	44199	291860
NE	0	250	945	708	810	18539	30719	21251	40720	113942
ENE	284	619	314	387	180	12460	11123	7564	44240	77171
E	260	253	0	0	0	10818	12089	14994	14920	53334
ESE	62	1132	678	351	5896	24547	20331	77070	44276	174343
SE	0	652	0	1761	3096	14405	18737	79438	38954	157043
SSE	79	766	147	1042	1391	27675	27736	154956	82725	296517
S	0	348	872	1373	158	40701	73780	114219	135394	366845
SSW	0	197	766	569	979	12161	49662	33775	281264	379373
SW	0	45	0	722	2123	49320	28478	72443	80358	233489
WSW	0	0	0	101	7509	50447	23029	21226	66664	168976
W	0	0	0	0	9454	6980	1845	404867	695627	1118773
WNW	0	0	190	210	13700	41297	91993	71676	178993	398059
NW	0	0	193	0	11759	26027	43156	14542	81581	177258
NNW	0	0	126	152	14999	30493	55407	6999	86643	194819
环段合计	1042	4262	4231	8538	89584	461903	673086	1195240	1935444	4373330
半径合计	1042	5304	9535	18073	107657	569560	1242646	2437886	4373330	

表 2.3-29 厂址半径 50km 范围人口分布 (2067 年) 单位: 人

距离 (km)											50km 扇形累 计
	方位	0-1km	1-2km	2-3km	3-5km	5-10km	10-20km	20-30km	30-40km	40-50km	
	N	0	0	0	859	14579	25532	69541	56561	20670	187742
	NNE	387	0	0	404	4601	79585	132973	53140	48379	319469
	NE	0	270	1029	771	883	20288	33623	23257	44571	124692
	ENE	304	672	337	418	190	13634	12171	8276	48425	84427
	E	280	273	0	0	0	11837	13229	16408	16328	58355
	ESE	62	1235	739	381	6449	26867	22252	84364	48465	190814
	SE	0	707	0	1921	3384	15763	20507	86956	42637	171875
	SSE	79	832	157	1136	1518	30291	30357	169626	90555	324551
	S	0	378	948	1498	168	44551	80763	125033	148214	401553
	SSW	0	208	832	620	1065	13308	54358	36967	307898	415256
	SW	0	45	0	785	2318	53985	31169	79300	87963	255565
	WSW	0	0	0	101	8215	55217	25203	23231	72972	184939
	W	0	0	0	0	10344	7636	2014	443207	761504	1224705
	WNW	0	0	200	223	14992	45204	100700	78460	195942	435721
	NW	0	0	203	0	12867	28487	47239	15914	89302	194012
	NNW	0	0	136	162	16413	33376	60648	7658	94844	213237
	环段合计	1112	4620	4581	9279	97986	505561	736747	1308358	2118669	4786913
	半径合计	1112	5732	10313	19592	117578	623139	1359886	2668244	4786913	

厂址半径**50km**范围内各子区人口(2020年)

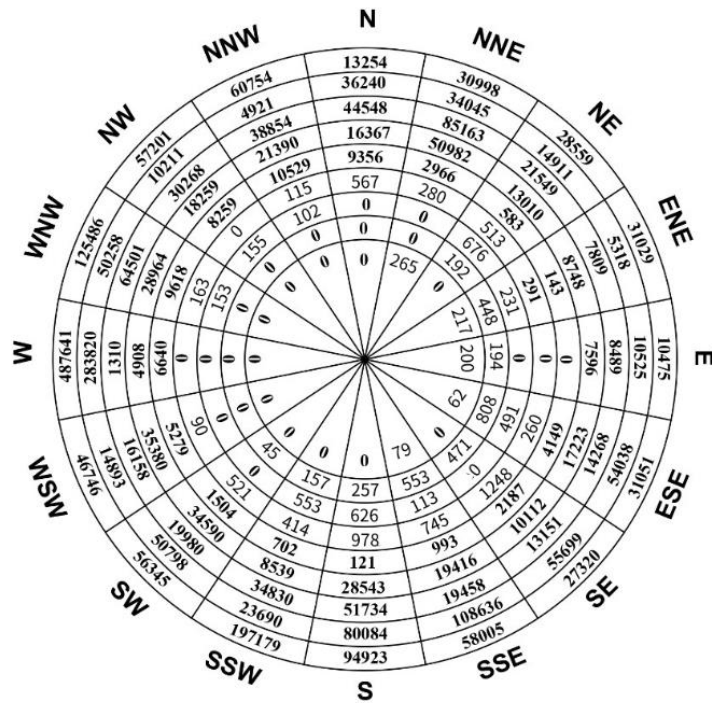


图 2.3-1 厂址半径 50km 范围人口分布图

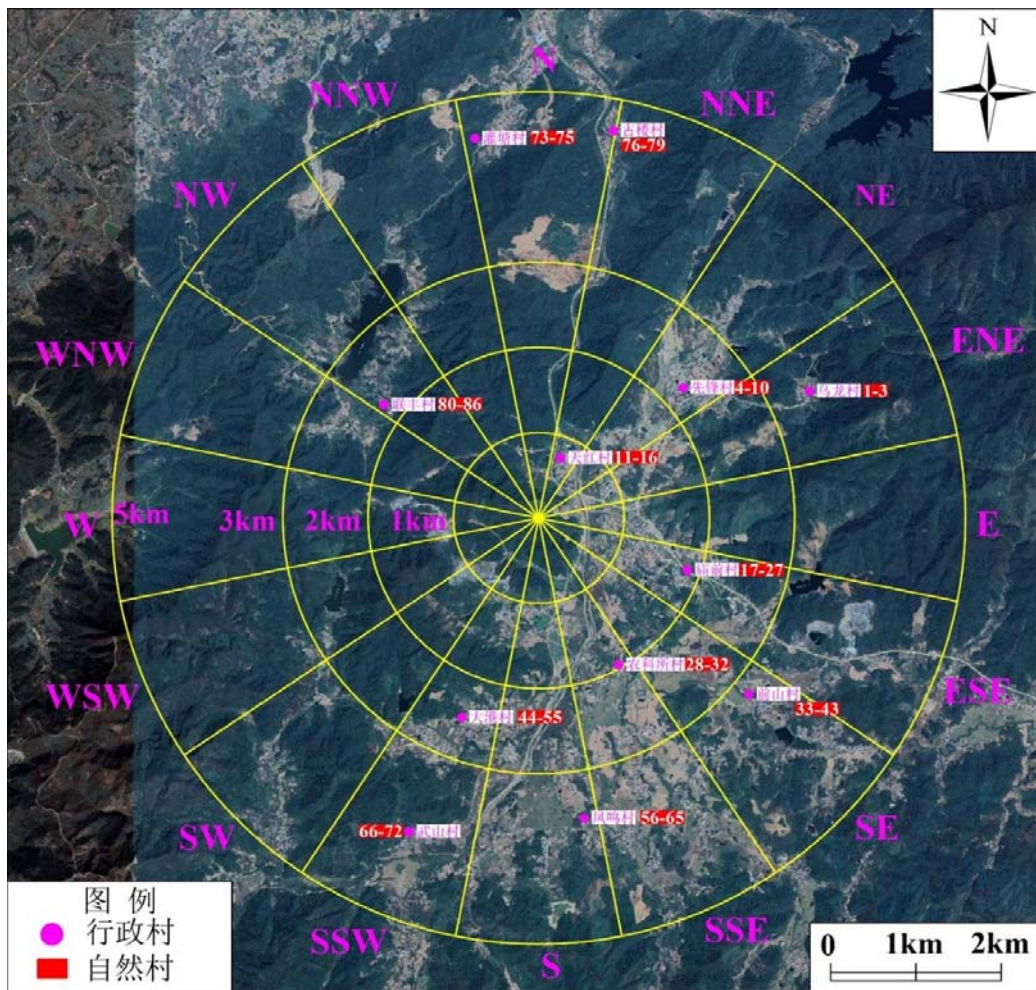


图 2.3-2 厂址半径 5km 范围自然村分布图

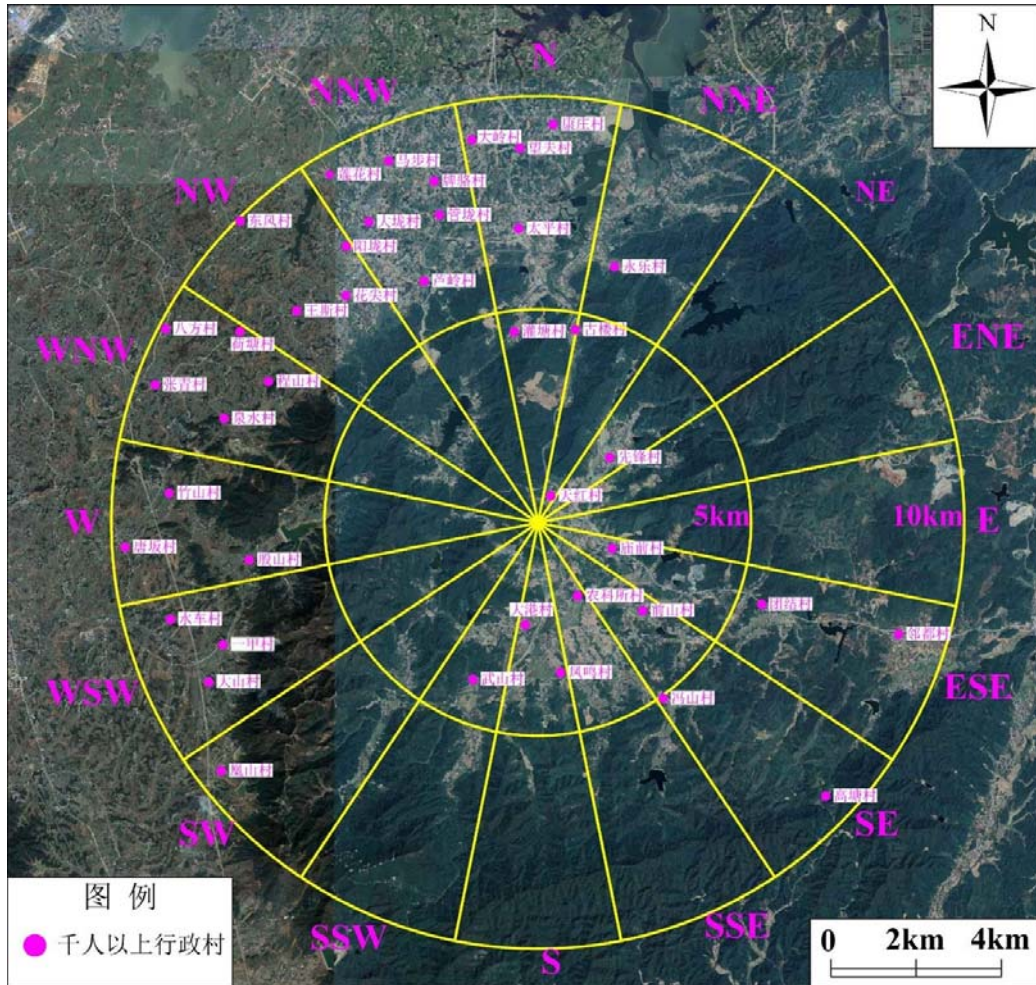


图 2.3-3 厂址半径 10km 范围千人以上行政村分布图

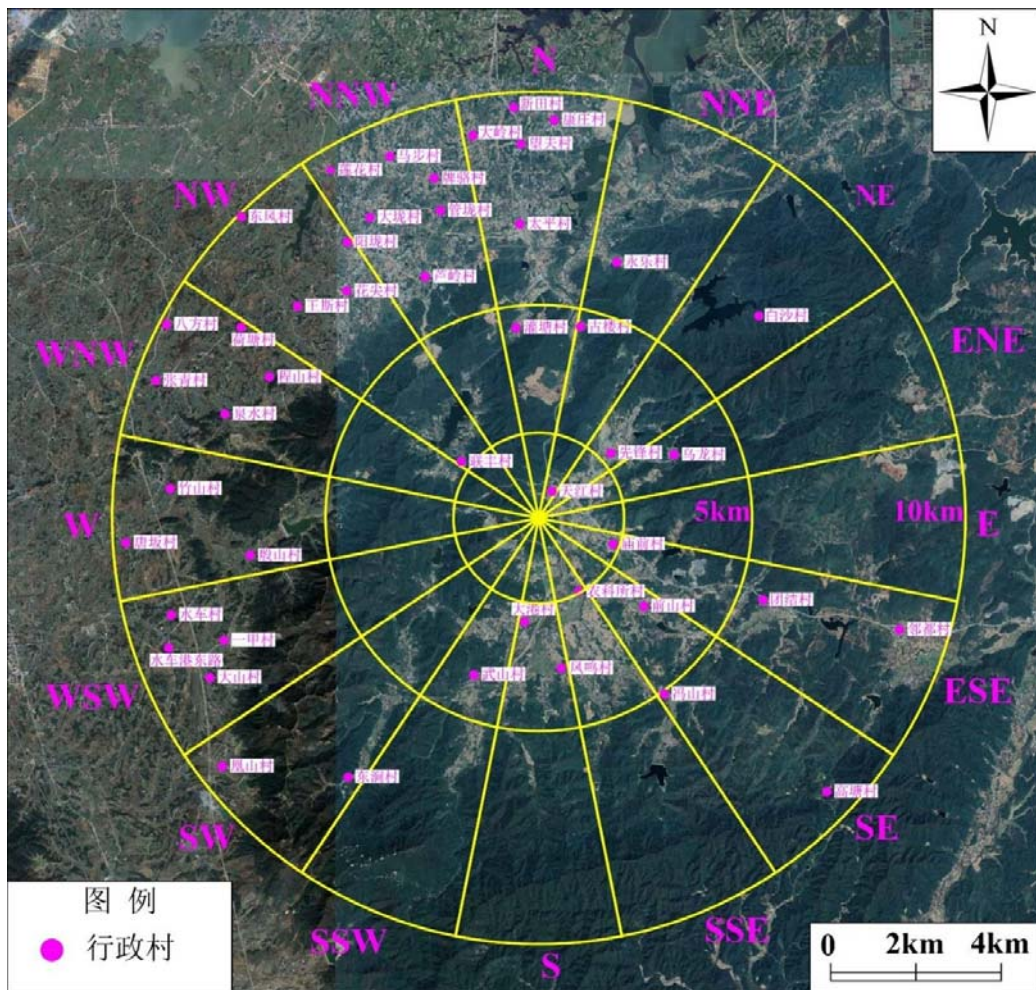


图 2.3-4 厂址半径 10km 范围所有行政村和居民点分布图

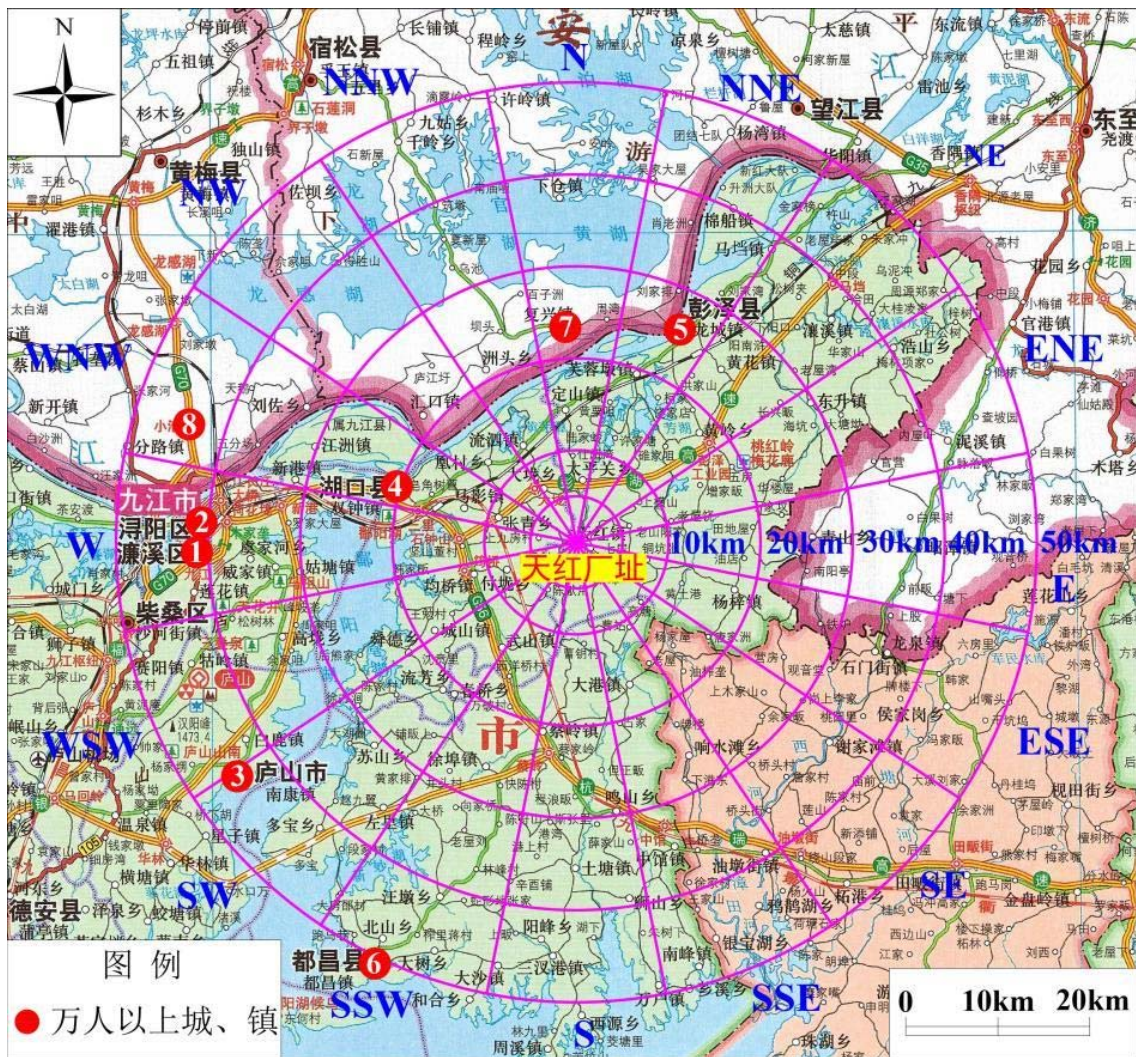


图 2.3-5 厂址半径 50km 范围万人以上城、镇分布图

2.4 土地利用及资源概况

2.4.1 厂址半径 5km 范围土地利用情况

2.4.1.1 厂址半径 5km 范围土地利用现状

厂址半径 5km 范围主要为彭泽县天红镇、太平关乡和湖口县大垅乡，其详细的土地利用情况见表 2.4-1，土地利用现状图见图 2.4-1。厂址半径 5km 范围内的土地利用性质主要为林地，另外还包括耕地及少量其他用地类型。目前，厂区占地土地利用现状的用地性质主要为林地，含少量耕地、水田及草地。

本项目厂址区域为一般管控单元，周边半径 5km 范围内均为一般管控单元。具体见图 2.4-2。一般管控单元主要任务是永久基本农田保护及管理、农业农村污染治理和农村人居环境改善，执行生态环境保护的基本要求。

本项目厂址区域不涉及生态保护红线，但周边 5km 范围内涉及较多的生态保护红线，主要分布在北部、东部和西南部，具体见图 2.4-3。依据现有法律法规政策管理，生态保护红线区原则上不得开展不符合主体功能定位的各类开发活动，不得任意改变用途，开发过程应确保生态功能不降低、面积不减少、性质不改变，同时允许开展部分必要的开发活动。

2.4.1.2 厂址半径 5km 范围土地利用规划

厂址半径 5km 范围土地利用规划见图 2.4-4。由图可以看出，厂址半径 5km 范围内以林业用地区为主，东部及南部有较多包括基本农田在内的耕地，另有零星建设用地和其他用地类型分布。厂区土地利用规划为林业用地。

2.4.2 工业、交通、军事和文化设施

2.4.2.1 工矿企业

1) 厂址附近企业

厂址半径 5km 范围内对当地经济起重要作用或规模较大、职工人数较多的企业有 6 家，主要产业包括：服饰、建材、矿业、景区运营等。共有从业人员 268 人。

厂址半径 5km 范围主要企业情况见表 2.4-2。厂址半径 5km 范围企业分布图见图 2.4-5。距离厂址最近的企业为位于厂址 WSW 方位 1.15km 的湖口县联丰建材有限责任公司，有职工 40 人。规模最大的企业为位于厂址 ENE 方位 3.78km 的龙宫洞景区，有职工 106 人。

2) 厂址附近矿产资源

目前厂址 5km 范围涉及 5 处矿山，2 处探矿权。具体情况见表 2.4-3。厂址半径 5km 范围矿产分布见图 2.4-6。

厂址无压覆矿。

2.4.2.1 工业企业现状和发展概况概述

1) 九江市工业发展规划

(1) 发展策略

根据《九江市城市总体规划（2017-2035 年）》，九江市以战略性新兴产业为先导。紧密结合“中国制造 2025”战略，发挥产业基础优势，发展电子电器、新材料、新能源等新兴产业，强化制造业发展基础。

积极推动传统产业转型升级。推动石油化工、电力能源、钢铁冶金、装备制造、现代轻纺五大传统支柱产业转型升级，延伸产业链，加强关键节点的技术升级，推动传统主导产业高端化、技术化。

建设以沿江产业、港口物流为核心的产业集聚平台。发挥沿江港口优势，以特色产业园区为载体，围绕装备制造、石化、汽车、电子信息、钢铁、新材料等重点产业，形成一批主业突出、产业链完整、特色鲜明的产业集群和产业密集区。积极培育港口龙头企业，鼓励港航企业兼并重组，促进集装箱和大宗货物业务快速发展。

建设以航运交易、信息服务为核心的现代航运服务中心和以临港服务业为核心的生产服务体系。筹建集航运资讯、航运交易、航运金融等功能于一体的九江航运交易所，推动“互联网+航运”发展，搭建电子口岸平台，为航运企业提供一站式服务；形成以临港物流与航运服务为基础，大力发展金融商务、商贸会展、科技研发与信息服务等生产服务业。

强化智能科技引领，着力发展新技术新产业新业态新模式。加快落实创新驱动，以智能科技为引领，积极培育以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系，搭建产业协同创新平台，完善创新空间体系，形成“创业苗圃+孵化器+加速器+产业园”的完整创新空间体系。

发挥文化和生态旅游资源优势，大力发展旅游、文化、健康产业。以文化与旅游产业深度融合为核心，发展文化与生态旅游、文化创意、健康服务等新型生活服务业。挖掘文化内涵突出旅游特色品牌，促进旅游业向体验休闲型升级，把九江建设成为融文化观光、生态旅游、休闲度假、商务会展于一体的国际旅游目的地。

的地；深入挖掘九江世界级文化资源，加强国际文化交流，发展文化创意、工业设计、数字动漫等文化产业；依托优越的自然生态环境，大力发展健康服务业。

（2）产业体系

①发展绿色生态农业，提升农产品附加值

构建以示范园区为平台，以龙头企业为驱动，以结构调整为抓手的农业转型路径，深入推进农业供给侧结构性改革，走质量兴农之路。

积极引进培育农业龙头企业。支持龙头企业发展农产品精深加工，建立农产品生产基地；支持绿色食品加工业集群集聚发展；鼓励龙头企业与高等院校、科研院所进行技术联合和共建研发机构、检验检测中心及博士后科研工作站。

调优农业产业结构和布局。以“两茶一水”特色产业为重点，在各县培育1-2个具有区域特色的主导产业。大力发展以平原地区为重点的优质大米和绿色油菜，以山区为重点的茶叶、油茶、中药材和林下经济，以湖区为重点的特种水产，以昌九走廊为重点的草食畜禽和水果，以城郊为重点的苗木和蔬菜，以全域旅游为重点的休闲农业和乡村旅游。

大力推进现代农业示范园区建设。按照“一县一园”要求，每个园区至少引进1家以上省级龙头企业，高标准建设一批可复制、可推广的现代农业示范（产业）园，实现省级园区县（市、区）全覆盖。发挥园区示范、引领和带动作用，推动农村一二三产融合发展，加快发展休闲观光农业和森林康养等，培育一批特色小镇、田园综合体和美丽乡村示范点。着力改善农产品贮藏、加工、冷链物流等设施设备，建设市县两级农产品电商运营中心，实行“一县一品”电商品牌培育三年行动计划，畅通农产品销售渠道。

②构建“5+1”的先进制造业体系

大力推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，以智能科技为引领，培育新动能。重点打造五大先进制造业，即“石油化工产业、现代纺织产业、电子电器产业、新材料产业、新能源产业”。

石油化工产业：加速推进九江石化成品油质量升级、炼油结构调整、产业链适度延伸等项目，形成“小油头、大化工”的生产格局，积极延展开石化下游产品，提升经济效益和竞争能力。

现代纺织产业：充分发挥现有纤维素纤维产能优势，依托赛得利、恒生等龙头企业，积极打造现代纺织产业集群。重点培育纤维素纤维—纺纱（涡流纺）—

织布（无纺布）—印染—成衣（应用）的完整产业链。

电子电器产业：重点依托巨石玻纤、德福电子、明阳电路、盛祥电子等龙头企业，进一步壮大玻纤纱—电子布—铜箔—覆铜板—PCB（印制电路板）—电子产品应用产业链。

新材料产业：充分发挥现有有机硅产能等优势，依托蓝星星火、卡博特、天赐、晨光等龙头企业，加快完善市场研发、中试到生产的产业链条，着力打造新材料产业园。重点培育有机硅单体到硅油、硅橡胶、硅树脂、硅烷偶联剂、白炭黑、氟硅结合及二次加工的有机硅产业链。

新能源产业：以北汽昌河新能源汽车产业园和中车智能交通产业园为依托，打造从电解液—锂电池—BMS/PACK—动力总成—整车制造—充电桩的完整新能源汽车产业链。同时，抓好光伏发电、新型风电、LED 等产业的发展，进一步整合产业规模、补齐发展短板、延伸产业链条，确保产业良性发展，促进经济稳步增长。

③逐步淘汰高耗能、高污染的产业、产能，建设循环经济产业基地

逐步清退高耗能、高污染的企业，减少对大气、水体的污染。严格监控重点排污企业，提高污染企业的排放标准。建立企业负面清单，严控企业环境准入门槛。

改造提升传统产业，加强技术升级改造，形成石油化工、钢铁与有色冶金、建材、纺织服装、电力能源、医药、食品加工七大循环经济产业链。推动工业园区生态化升级，进一步强化产业链的延伸和废弃资源的循环利用，强化生态处理功能，提高园区集中治污能力，形成“企业—产业—园区”循环经济网络，重点打造湖口—彭泽循环经济产业基地。

④以临港服务业为核心，大力发展生产性服务业，提升城市的区域地位

以临港服务业为核心，联合物流龙头企业，着力打造集仓储、配送、包装、加工、商贸、交易等功能为一体的智能化物流服务平台。积极培育航运金融保险、仲裁、公正评估、信息服务、船舶交易租赁等高端航运服务业，促进航运信息、资金、技术、人才等要素集聚。以临港物流与航运服务为基础，大力发展金融商务、商贸会展、科技研发与信息服务等生产性服务业。加强与南昌在金融、物流产业领域合作，建设成为面向长江中游地区的现代生产型服务中心。

⑤发挥文化和生态旅游资源优势，打造八大业态、五大产业集群

发挥文化和生态资源优势，全面推动“旅游+”，促进旅游与农业、工业、研学、体育、商贸、会展、休闲度假、中医药养生、新型城镇化等深度融合发展，不断扩大旅游产业的辐射带动效应。规划形成发展乡村休闲、商务会展、温泉度假、文化娱乐、研学旅行、养生养老、体育旅游和生态度假等八大业态。

依托九江特色资源，培育五大旅游产业集群：以庐山景区为核心的庐山旅游集群；以发展滨湖休闲、水上运动、养生度假相关业态的庐山西海旅游集群；以古城文化旅游为核心的浔阳古城文化旅游；以温泉旅游为龙头，逐步向文化旅游、宗教旅游、主题乐园旅游延伸，构建“文化+度假”的温泉旅游集群；以湖口石钟山景区为重点，以鄱阳湖生态景观、历史文化为核心的鄱阳湖旅游集群。

2) 彭泽县工业发展现状

2020 年，彭泽县国民生产总值完成 174.3111 亿元，同比增长 4.1%；其中第一产业 26.2089 亿元，同比增长 2.0%，第二产业 83.2019 亿元，同比增长 4.1%，第三产业 64.9003 亿元，同比增长 4.6%。财政总收入 29.2376 亿元，同比增长 5.6%；地方公共财政预算收入 20.0412 亿元，同比增长 14.3%；财政支出 44.8215 亿元，同比增长 8.8%；农业总产值 45.1949 亿元，同比增长 2.6%。固定资产投资 142.3756 亿元，同比增长 9.7%。三次产业比由 2015 年的 19.3:57.1:23.6 调整为 2020 年的 5.9:54.3:39.8。

支柱产业：十三五期间，彭泽县按照“亿元项目、十亿元企业、百亿元产业”发展目标，以规模化、集群化、品牌化、信息化、低碳化为导向，坚持自主创新和承接产业转移并举，推动化学工业、轻工纺织、现代制造、矿产建材等支柱产业规模快速扩张、产业链不断完善、产业层次有效提升。

——化学工业。依托矾山工业园现有化工企业，积极引进产业配套项目，做精做细产业链条，促进化工行业形成相互配套与关联的产业集群，改造提升矾山园区精细化工产业，着力构建循环经济产业链。到 2020 年，化学工业产业实现主营业务收入 300 亿元，建成九江重要的化学工业产业基地。

——轻工纺织。围绕建设江西重要的轻纺产业基地的目标，利用丰富优质棉花资源，发挥重点企业品牌优势和集聚效应，按照“做强棉纺业、做深服装业、做精家纺业”的思路，承接发展中高档纺织品、服装等高附加值产品，带动和支持原料、纺织、织布、印染、服装加工等关联产业发展，形成以终端消费品为主，融棉纺、化纺、家纺、印染、面料、服装于一体的纺织服装产业链。加快企业的

技术改造升级，减少用工成本；延伸产业链，拓宽产品空间；大力促进环保型纺织和产业用纺织品（技术纺织品）发展。力争到 2020 年，纺织服装产业实现主营业务收入 100 亿元。

——矿产建材。统筹开发石灰石、金、银、钒等矿产资源，大力发展一批矿产加工企业。重点发展水泥、建筑石料、新型节能环保墙体、超细材料、化工新型材料等。建设山区至沿江石料廊道输送项目，降低运输成本，减少粉尘污染，缓解交通压力。加快推进万吨新型干法水泥生产线建设，引进灰岩溶剂、沥青、涵管、管桩等新型建材项目。力争到 2020 年，矿产建材产业实现主营业务收入 100 亿元。

——现代制造。积极引进知识密集、技术密集型的现代制造产业。依托现有船舶企业，加强核心技术引进和研发，推动整装新型船舶、船舶关键设备制造得到发展。加快推进新材料、泵业等制造业项目建设，引进优质浮法玻璃、优质陶瓷等金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料、先进复合材料制造加工产业，形成特色产品突出、配套能力较强、科技含量较高的机械和装备制造业体系，努力形成一批新兴重点骨干企业。力争到 2020 年，全县现代制造产业实现主营业务收入 100 亿元。

3) 彭泽县工业发展规划

(1) 《彭泽县城市总体规划（2013-2030）》

根据《彭泽县城市总体规划（2013-2030）》，根据县域资源分布条件、产业发展基础、城镇空间布局和产业有序集聚要求，构筑“一带、三区”的县域产业总体布局结构。

① 一带

“一带”指沿江产业带：包括中心城区、彭湖湾工业园、泉山工业园、矾山生态化工园、帽子山核电园等，是县域内工业发展密集带和现代服务业集聚带。沿江重点发展棉纺服装、精细化工、核电、港口物流业等，是彭泽县融入九江沿江开放开发的主轴。

② 三区

北部综合经济发展区：包括龙城镇、马当镇、黄花镇、芙蓉墩镇、定山镇、太泊湖开发区；重点发展棉纺服装、精细化工、核电、港口物流、商贸商业、农产品加工等。

东部特色产业集聚区：包括浪溪镇、浩山乡；重点建设水产、畜牧养殖基地和水产、畜产品加工基地、生态农业等。

南部低碳农业和生态旅游示范区：包括天红镇、杨梓镇、太平关乡、东升镇，以及黄岭乡、芙蓉墩镇三个乡镇的南部；优先发展梅花鹿保护区、龙宫洞旅游景区。充分利用沿山丘陵发展经济作物和茶果生产，抓好速生丰产用材林基地建设，并大力发展山区生态林业、农业观光等。

都市棉花培育基地：包括棉船、黄花、天红等镇，依托现有技术优势大力发展高效棉花培育。鼓励各乡镇在保证棉花高效生产的同时，向纺织、服装、商贸、物流等领域拓展棉花产业链。

特色水产养殖基地：主要包括棉船镇、太泊湖镇、浪溪镇、芙蓉墩镇等水产基地，积极扶持螃蟹、彭泽鲫、珍珠等特种水产养殖和麻鸭等水产品精深加工企业，加快水产品批发市场的建设，提升水产发展水平。

特色产业拓展基地：主要指类型多元的农作物种养殖及食品加工类产业，包括黑木耳、高山云雾茶、雷峰尖茶、珍珠、东湖麻鸭、食用菌、东升酱豚、水梨、竹木加工、名贵药材、花椒、矿泉水、菊花、菜籽油、饮料以及浩山金矿等，主要集中于浪溪镇、浩山乡、东升镇。

彭泽县产业布局规划图见图 2.4-7。

（2）《彭泽县实施工业强县三年行动计划》

根据《彭泽县实施工业强县三年行动计划》（2021 年 7 月），到 2023 年，彭泽县工业发展全面实现“三个新突破”发展目标。

工业总量实现新突破口。坚持工业强县主方向，千方百计做大工业总量。到 2023 年，全县规模以上工业营业收入确保达到 620 亿元，力争突破 800 亿元，全市排位前进 12 位，力争工业高质量发展进入全省先进行列。精细化工、纺织服装、绿色食品、绿色建材营业收入迈入“百亿产业俱乐”部，其中精细化工产业突破 200 亿元；医疗制品、数字经济等产业营业收入突破 50 亿元；每年新增规上企业 15 家以上，总数达到 235 户以上；营业收入 50 亿元以上企业达到 2-3 户，力争营业收入 100 亿元企业实现突破，税收过亿元骨干企业达到 5 户，上市企业 12 家。

发展质量实现新突破。聚焦工业高质量发展主题，不断提升工业发展质量。全力把矾山工业园区打造成传统产业转型升级示范区，把彭湖湾工业园打造成临

港物流产业聚集区，把钓鱼台精密制造产业园打造成产城融合发展先行区，把黄花科创园打造成数字经济发展试验区。做大做强新兴产业，打造“数字彭泽”。全力推进搬迁企业建设进度，现有未实施搬迁的企业全面整改提升，对停产一年以上的化工企业坚决关停。力争每年新落户战略性新兴产业投资额占总投资额 70% 以上。到 2023 年，工业技改投资占工业投资比重达 35% 以上，战略性新兴产业占工业总产值比重超过 40%，争取一批高质量的数字经济项目落户产业园区，占领“芯（芯片产业）、平（平板显示）、智（人工智能）、集（集成电路、电子信息）”等一批细分领域的产业高地，打造在省内、市内具有影响力的“数字彭泽”品牌。

平台建设实现新突破。围绕“筑巢引凤夕”、扩大对外开放、深化创新驱动，不断务实各类发展平台。启动工业园区调区扩区工作，力争新扩园区面积 5000 亩左右，抓好基础设施升级、标准化厂房建设和“腾笼换鸟”工作，树立“以亩产论英雄”的鲜明导向，大力推行“工业标准地”制度。力争到 2023 年，工业园区在全省排位进入前 30 名，全县工业企业亩均税收、亩均主营业务收入增长 10% 以上。加快彭湖湾工业园临港区域集疏运体系建设，2023 年前完成物流园区配套污水管网建设，新建 1 座年处理生产废水 3 万吨能力污水处理厂，新增 1 处供水规模约 4 万立方米/日工业用水厂，2022 年保障红光国际港铁路专线动工建设，把红光港打造成江西通江达海的母港。全县研发每年不低于 30% 的增长，到 2023 年，投入强度进入全市第一方阵，新增市级以上科创载体 10 家，力争在国家级企业技术中心上取得突破，高新技术企业总数达到 63 家以上。

4) 湖口县工业发展现状

“十三五”期间，湖口县坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻落实习近平总书记视察江西重要讲话精神，深入推进“一核三带、两极支撑、四区融合”发展战略，坚持新发展理念，以供给侧结构性改革为主线，攻重点、补短板、挖潜力、增优势，全力打好三大攻坚战，有效应对各类风险挑战特别是新冠肺炎疫情的严重冲击，较好完成了“十三五”规划确定的各项目标任务，全县经济社会发展和党的建设事业迈上新台阶，与全国、全省及全市同步全面建成小康社会。

——综合实力大幅提升。“十三五”期间全县经济综合实力不断上升，地区生产总值达到 251 亿元，实现翻番。人均 GDP 突破 1.1 万美元。全县规模以上

工业增加值年均增长 8.80%，财政总收入迈过 40 亿元大关，社会消费品零售总额年均增长 16.55%，实际利用外资年均增长 10.63%。全县主要经济指标持续位列全市“第一方阵”。获批建设全国农村宅基地制度改革试点县；获批建设省级高新技术产业园区；建成院士工作站 5 家、省级研发平台 6 个、省级企业技术中心 6 家、省级工业设计中心 2 家，获批建设全市唯一省级创新型试点县。

——产业结构持续优化。全县三次产业比例从 2015 年的 10.4:71.2:18.4 调整为 2020 年的 6.5:65.1:28.4，第三产业占比稳步提升，产业结构持续优化。湖口高新技术产业园区入选江西省先进制造业和现代服务业融合发展试点名单（第一批），为全省“两业”深度融合发展提供可复制、可推广的典型经验。石钟山创建国家 5A 级景区有序推进，“江湖两色·石钟千年”品牌效益不断提升。

——工业发展成效明显。规模以上工业企业数量从 72 家增长到 137 家，五年引进落户重大工业项目 81 个，其中投资过 10 亿元项目 21 个；税收过亿元企业增长至 4 家，数量全市第一。我县境内主板上市企业率先在全市实现零的突破，战略性新兴产业、高新技术产业、R&D 经费占比逐年提高，创新载体数量稳步提升，以企业为主体的科技创新体系基本建立。荣获全省工业高质量发展先进县和全省加快工业发展加速工业崛起“年度贡献奖”，高新园区荣获国家精细化工高新技术产业化基地、省级循环经济示范园区、全省优化营商环境十佳园区，新材料产业集群被认定省级产业集群，园区综合实力位居省级前列。

5) 湖口县工业发展规划

根据《湖口县城市总体规划（2013-2030）》，湖口县形成“两带、一轴、三区、多园”的产业布局结构。

（1）两带

“两带”指沿江产业发展带以及环湖旅游带。

沿江产业发展带：包括中心城区、金砂湾工业区、银砂湾工业区、流泗镇等，其位于长江经济带上，是九江沿江开放开发的重要组成部分，是县域内工业发展密集带和现代服务业集聚带。沿江重点发展钢铁和有色冶金、化纤化工、建筑材料、船舶制造、物流仓储产业等。

环湖旅游带：以鄱阳湖为核心，包括石钟山景区、鄱阳湖森林公园、南北港景区、鞋山景区、舜德乡（规划鄱阳湖水利枢纽工程）等，是鄱阳湖生态经济区的重要组成部分，以发展休闲、旅游等低碳生态产业为主。同时以鄱阳湖水利枢

纽工程的建设为契机，沿湖适当发展风能和水电等电力产业。

（2）一轴

九景高速是目前从湖口县至鄱阳县、景德镇的重要通道，其串联了石钟山景区、鄱阳湖森林公园、南北港水产基地、武山中药基地等。随着未来湖口县与鄱阳县、景德镇之间的联系更加密切，该城镇发展轴的功能将得到进一步的强化。

（3）三区

东北综合经济区：包括湖口县城、马影镇、凰村乡、流泗镇。重点发展钢铁和有色金属冶炼、化工、物流、旅游、现代服务业等。

东南沿山生态经济区：包括文桥镇、武山镇、付垅乡、大垅乡和张青乡。充分利用沿山丘陵发展经济作物和茶果生产，抓好速生丰产用材林基地建设，并大力发展山区生态林业、农业观光等。文桥将成为辐射本区的中心城镇。以经济作物和茶果生产等为主要特色。

西南沿湖生态经济区：包括城山镇、舜德乡、流芳乡三个乡镇。该片区重点建设水产、畜牧养殖基地和水产、畜产品加工基地、生态农业等。

（4）多园

金砂湾工业园：位于沿江产业带上，属于九江沿江开放开发的四大板块之一，重点建设钢铁及有色金属冶金、化工、船舶、物流等。

银砂湾工业园：属于金砂湾工业园的子园区，重点建设钢铁、电力、物流等。

轻工业物流园：重点发展先进制造业、生物医药、食品加工、纺织、现代物流等。

棉油茶果基地：依托现有技术优势大力发展高效棉花、优质油菜，力争在十二五期末达到优质棉 10 万亩、优质油菜 10 万亩。鼓励各乡镇在巩固现有梨园的基础上进行连片开发，特别是要继续打造四个千亩基地,加强梨园的管理，提高早熟梨效益，依托湖口县荒山荒坡资源，以联盛农业开发基地为龙头开发 10 万亩油茶、水梨。

中药材生产基地：依托省市重点龙头企业的带动，在现有 2 万亩中药材种植的基础上，把基地进一步做大，大力发展具有地方优势的地产药材，形成 3 万亩基地规模，建成赣北重要的中药材生产基地。

特色水产生产基地：突出资源开发、特种水产、品牌建设、水产品加工、市场流通五个重点，积极扶持螃蟹、黄鳝、鳊鱼、龙虾等特种水产养殖和板鸭等水

产品精深加工龙头企业，加快水产品批发市场的建设，提升水产发展水平。

湖口县产业布局规划图见图 2.4-8。

2.4.2.2 交通

1) 陆上交通

(1) 厂址半径 10km 范围陆上交通现状

彭泽县目前基本形成以 1 条高速公路（S20 彭湖高速）、1 条国道（G530）、3 条省道（S209、S214、S401）为干线，县、乡道路为支线的四通八达的公路网络体系，全县公路总里程达 2093km；铜九铁路是彭泽县唯一穿境设站的干线铁路，境内铁路总里程 45km，铜九铁路由芜铜铁路的狮子山站引出，顺长江南岸向西经安徽省青阳、贵池、东至、江西省彭泽、湖口等县市，经鄱阳湖大桥引入江西省九江枢纽站。

湖口县现已形成以 2 条高速公路（G56 杭瑞高速、S20 彭湖高速）、2 条国道（G351、G530）、2 条省道（S214、SL01）为干线、县道公路为支撑，乡村公路为补充的层次分明、布局合理、衔接顺畅的公路网络体系，全县公路总里程达 1425km；目前湖口县境内有 2 条铁路，分别为铜九铁路和九景衢铁路，境内铁路总里程 59.6km。

厂址半径 10km 范围涉及的陆上交通干线主要包括：九景衢铁路、彭湖高速及省道（S401、SL01）。厂址半径 10km 范围内陆上交通情况见表 2.4-4，厂址半径 10km 范围内陆上交通分布现状见图 2.4-9 和图 2.4-10。

(2) 厂址半径 5km 范围陆上交通现状

厂址半径 5km 范围内无铁路，主要公路包括 1 条省道、1 条县道和 13 条乡道。厂址半径 5km 范围内陆上交通具体情况见表 2.4-5，厂址半径 5km 范围内陆上交通具体分布见图 2.4-9 和图 2.4-10。距离厂址最近的公路是省道(二级)S401，最近距离 0.4km，位于厂址的 NE 方向。

2) 机场及航空线

根据《民航江西空管分局关于九江同位素研制中心项目环境资料调查事宜的复函》（民航江西空局函[2021]26 号），厂址半径 4km 范围内无空中航线和起落航线，厂址半径 16km 范围内无机场和规划建设机场。距离厂址最近的空中航线为 H17 航线，H17 航线位于厂址 NE 方位，距厂址最近距离（垂线）为 7.7km。距离厂址最近的机场为九江庐山机场，位于厂址 WSW 方位，距离厂址 65.1km。

按核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）的规定，可不考虑飞机坠毁对本项目安全的影响。

2.4.2.3 危险品设施

1) 固定危险源

厂址半径 5km 范围内易燃易爆、危险品生产贮存企业主要是加油站，共 1 家，为位于厂址 ENE 方位的彭泽县天红加油站，距离厂址 0.45km。没有其他储油储气站，炸药库及危险化学品。

厂址半径 5km 范围内危险品生产、贮存企业具体情况见表 2.4-6。厂址半径 5km 范围内危险品生产、贮存企业具体分布见图 2.4-11。

根据《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）附录 II 推荐的距离/超压爆炸危险距离的公式，以及《核电厂外部人为事件调查与技术评价技术规范》（NB-T 20200-2013）附录 C 中气云爆炸的 W_{TNT} 估算方法估算加油站的安全距离。

估算本项目到潜在爆炸危险源之间的最小允许安全距离（ R_{ip} ）采用下式：

$$R_{ip} = 18W^{1/3}$$

式中， R_{ip} 是离爆炸处的距离（m）；

W 是 TNT 的物质质量或炸药质量的 TNT 当量（kg）。

气云爆炸的 W_{TNT} 可以采用如下公式估算：

$$W_{TNT} = \frac{E}{Q_{TNT}} = \frac{1.8A \cdot W_t \cdot Q_t}{Q_{TNT}}$$

式中， E ——爆源总能量，单位为千焦耳（kJ）；

Q_{TNT} ——TNT 爆热（蒸汽云一般介于 4.12~4.60MJ/kg 之间，取其平均值 4.52MJ/kg）；

1.8——为蒸汽云的地面爆炸修正系数；

A ——蒸汽云的 TNT 当量系数（一般取 4%）；

W_t ——蒸汽云中燃料的总质量，单位为千克（kg）；

Q_t ——燃料的燃烧热，单位为兆焦耳每千克（MJ/kg）。

由于汽油易挥发，而柴油很难挥发，因此取汽油进行气云爆炸计算。取汽油密度 0.74kg/L，根据《综合能耗计算通则》（GB/T 2589-2020），取汽油燃烧热值 43.124 MJ/kg，取加油站最大单罐容积 30m³ 进行保守计算，其爆炸的安全距

离为 446.4m，小于厂址距离加油站的最近距离（距厂址最近的加油站为彭泽县天红加油站，距离 0.45km），该加油站不会影响本项目的运行安全。

2) 移动危险源

根据彭泽县交通运输局与湖口县交通运输局提供资料，天红核科技研发中心项目厂址半径 5km 范围内存在的危险品运输主要为向彭泽县天红加油站运输汽油和柴油的运输车辆。运输油料车辆通常为 30m³ 槽罐车，空罐率为 15%。运油车辆沿省道 S401 运输油品至彭泽县天红加油站，运油车运输路线距厂址最近的距离为 0.4km。根据《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）附录 II 推荐的距离/超压爆炸危险距离的公式，以及《核电厂外部人为事件调查与技术评价技术规范》（NB-T 20200-2013）附录 C 中气云爆炸的 W_{TNT} 估算方法估算该移动危险源的安全距离。

估算本项目到潜在爆炸危险源之间的最小允许安全距离（R_{ip}）采用下式：

$$R_{ip} = 18W^{1/3}$$

式中，R_{ip} 是离爆炸处的距离（m）；

W 是 TNT 的物质质量或炸药质量的 TNT 当量（kg）。

气云爆炸的 W_{TNT} 可以采用如下公式估算：

$$W_{TNT} = \frac{E}{Q_{TNT}} = \frac{1.8A \cdot W_t \cdot Q_t}{Q_{TNT}}$$

式中，E——爆源总能量，单位为千焦耳（kJ）；

Q_{TNT}——TNT 爆热（蒸汽云一般介于 4.12~4.60MJ/kg 之间，取其平均值 4.52MJ/kg）；

1.8——为蒸汽云的地面爆炸修正系数；

A——蒸汽云的 TNT 当量系数（一般取 4%）；

W_t——蒸汽云中燃料的总质量，单位为千克（kg）；

Q_t——燃料的燃烧热，单位为兆焦耳每千克（MJ/kg）。

保守取槽罐车容积 30m³ 进行计算，其爆炸的安全距离为 446.4m。当运油车从省道 S401 西向东运输时，运输路线距厂址最近的距离为 0.4km，运油车从省道 S401 东向西运输时，运输路线距厂址最近的距离为 0.45km。建设单位将协调地方政府对加油站油罐车运输路线进行管控，严格按东向西运输，确保该移动危

险源不会影响本项目的运行安全。

3) 油气管网

据厂址所在的天红镇目前尚无油气管网。根据《彭泽县城镇燃气专项规划（2019-2030）》，到十四五末，天红镇的燃气规划通达。目前彭泽县燃气管网一般为：主管网（PE100SDR17.6，dn160×9.1），次管网（dn110×6.3），压力：0.36MPa。厂址 5km 范围天然气规划情况见图 2.4-12。彭泽县县域天然气主管网及设施规划图见图 2.4-13。

规划天然气管线距离厂址最近距离为 ENE 方位 0.44km，燃气管线管径为 dn110。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）的评价方法，按照 0.36MPa，110mm 管径估算气体泄漏速率。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018），管线气体泄漏的气体流动类型按如下判定：

$$\text{临界流: } \frac{P_0}{P} \leq \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}, \text{ 次临界流: } \frac{P_0}{P} > \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

式中：

P_0 ——环境压力，Pa；这里取 0.1MPa。

P ——容器压力，Pa；这里取 0.36MPa。

γ ——气体的绝热指数(比热容比,即定压比热容 C_p 与定容比热容 C_v 之比), 这里取 1.30。

可以判定管线气体泄漏流动类型为临界流。

假定气体特性为理想气体，其泄漏速率 Q_G 按下式计算：

$$Q_G = Y C_d A P \sqrt{\frac{M \gamma}{R T_G} \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

式中： Q_G ——气体泄漏速率，kg/s；

P ——容器压力，Pa；这里取 0.36MPa。

C_d ——气体泄漏系数，当裂口形状为圆形时取 1.00，三角形时取 0.95，长方形时取 0.90；这里取 1.00。

M ——物质的摩尔质量，kg/mol；这里按甲烷的摩尔质量取值为 0.016kg/mol。

R ——气体常数，J/（mol·K）；这里取 8.314 J/（mol·K）。

T_g ——气体温度，K；这里保守取 273.15K。

A——裂口面积， m^2 ；这里保守取全管径泄漏， $0.0095m^2$ 。

Y——流出系数，对于临界流 $Y=1.0$ ；对于次临界流按下式计算：

$$Y = \left[\frac{P_0}{P} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \times \left\{ 1 - \left[\frac{P_0}{P} \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \left\{ \left[\frac{2}{\gamma-1} \right] \times \left[\frac{\gamma+1}{2} \right]^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

根据上述公式，可以计算得到气体泄漏速率为 0.006t/s。

同样按核安全导则 HAD101/04 附录III中对于易燃气体连续释放，能达到点燃浓度限值的距离 X（km），可由下式计算：

$$X = 2R^{0.8}$$

式中 R 是释放率（t/s）。

经计算 X 值约为 0.033km，小于天然气管线距厂址的最短距离。

对于单一喷放，假定气云在整个飘移期间保持在同一高度。在风速约为 1m/s 情况下，浓度仍高于点燃极限值的距离 X 可由下列关系式求得：

$$X = 0.22T^{0.45}$$

式中：X 单位为 km；T 是总释放量，单位为 t。

按照保守估算，从定山镇天然气门站到天红镇的燃气全部泄露，该段管线长约 15km，计算得天然气体积约 0.36t。计算得 $X=0.14km$ ，小于天然气管线距厂址的最短距离。因此该天然气管线不会影响本工程的建设和安全运行。

2.4.2.4 文化、医疗卫生设施

1) 监狱

厂址半径 5km 范围内无监狱。

2) 学校设施

厂址半径 5km 范围内有学校 9 所，其中幼儿园 1 所、小学 7 所，中学 1 所，共有学生人数 1115 人，教职工 133 人，住校人数 348 人，具体情况见表 2.4-7，分布图见图 2.4-14。距离厂址最近的的学校为厂址 ESE 方位约 1.27km 的彭泽县天红中心幼儿园，有学生 185 人，教职工 27 人。

3) 医疗设施

厂址半径 5km 范围内共有医院 1 所，为天红卫生院，位于彭泽县天红镇，位于厂址 E 方位约 1.18km，有床位 14 张，医务人员 18 人，具体信息见表 2.4-8，

分布图见图 2.4-15。

4) 养老院

厂址半径 5km 范围内共有养老院 1 所，为彭泽县天红镇敬老院，位于彭泽县天红镇前山村，位于厂址 SE 方位约 4.20km，目前入住人数 8 人，服务人员 3 人。具体信息见表 2.4-9，分布图见图 2.4-16。

2.4.2.5 军事设施

目前建设单位已取得当地军事部门对项目选址的支持性复函。

2.4.3 最近农田和养殖场

厂址半径 5km 范围内 16 个方位最近菜田、农田情况见表 2.4-10，最近的农田位于厂址 NNE 方位约 0.57km 的天红村。厂址半径 5km 范围内 16 个方位最近养殖场情况见表 2.4-11，最近的养殖场位于厂址 NNE 方位 0.7km 的天红镇勤喜综合养殖场。

2.4.4 农副业生产及陆生资源概况

2.4.4.1 农副业生产

厂址半径 5km 范围共涉及到彭泽县天红镇、太平关乡和湖口县大垅乡共计 3 个乡镇 12 个行政村，共计 986.5 公顷农田，主要种植的农产品有粮食作物水稻、小麦、玉米；油料作物油菜以及蔬菜作物。

彭泽县粮食总产量 11.11 万吨，油料产量 4.17 万吨，全县粮食消费量 7.6 万吨，食用油消费量 0.6 万吨，粮食消费量约占生产量的 71%，食用油的消费量约占生产量的 14%，剩余粮食、食用油由县粮库储存，粮食储存期为 36-60 个月，食用油储存期为 12 个月，储存期满后销往外地、外省。棉花主要销往外地纺织企业，蔬菜基本在本地消费。

厂址半径 15km 范围行政村、乡镇不涉及奶牛、奶羊、肉牛养殖。根据调查仅涉及少量肉羊、猪、家禽养殖，家畜、家禽主要采用畜舍养殖方式，饲料以外购饲料为主，以鲜饲料（草）为辅，以鲜饲料（草）约占饲料份额 10%。家畜、家禽主要销往九江地区。

2.4.4.2 陆生资源概况

江西植被以常绿阔叶林为主，具有典型的亚热带森林植物群落。九江市森林植被的分布区域处于江西省南岭山丘植物区和华北植物区两大区域分界线以北的华中植物区，为中亚热带常绿阔叶林北部亚地带中的湘、赣丘陵栽培植被、青

冈栲类林区和鄱阳湖平原栽培植被、水生植被区。彭泽县位于九江市东部——鄱阳湖平原、丘陵栽培、沙生植被区。本植被区地处中亚热带北部，植被组成成分上反映出由亚热带向温暖带过渡的特征。

江西森林覆盖率 63.1%，活立木蓄积量 4.45 亿立方米，活立竹总株数 19 亿根，均位居全国前列。九江市森林主要分布在西部九岭山山脉、幕阜山山脉，面积达 85.7 万公顷，森林覆盖率 46.3%，活立木蓄积量 2538 万立方米，毛竹 6196 万株。彭泽县森林覆盖率 53.27%，全县土地总面积 153926.9 公顷，活立木总蓄积 4962516 立方米。

江西已知野生高等植物 5117 种，占全国总数的 17%，其中，苔藓类 563 种，蕨类 435 种，裸子植物 31 种，被子植物 4088 种。江西已知野生脊椎动物 845 种，占全国野生脊椎动物总种数的 13.5%。其中，哺乳类 105 种，约占全国的 21%；鸟类 420 种，约占全国的 34%；爬行类 77 种，约占全国的 20%；两栖类 40 种，约占全国的 14%；鱼类 205 种，约占全国的 5.9%。

九江植物种类和种源达 3400 种以上，高等植物为 2800 余种，其中国家重点保护的珍稀植物多达 86 种。九江市两栖类动物共有 2 目 7 科 7 属 16 种，爬行类动物共有 2 目 9 科 21 属 30 种，哺乳动物共有 9 目 21 科 53 种，鸟类共有 17 目 54 科 308 种。

彭泽县内药用植物资源丰富，分布广品种多、蕴藏量大，县境内中药资源面积约 8000 公顷，蕴藏量约为 3.4 万吨，分布品种有 146 个。彭泽县境内鸟类达 40 多种，有羽用鸟、食用鸟、观赏鸟、保护农林益鸟等四大类。除常见的鸟类外，尚有斑鸠、鹰雕鸳鸯、相思鸟、猫头鹰、画眉等珍稀鸟类。

本项目委托专题单位中国辐射防护研究院于 2021 年 6 月 30 日至 7 月 3 日对调查范围内植被进行了实地调查。

根据现场调查，厂址区域土地利用类型主要为林地，植被型以针叶林为主，还有少量的阔叶林，针叶林为杉木，阔叶林树种有枫香树、乌桕、臭椿和泡桐等，林下灌丛有檵木、杜鹃、野鸦椿和野蔷薇等。厂址区山脚的土地利用类型包括灌草地、耕地及坑塘，常见的植被有五节芒、野蔷薇、狗尾草、大狼把草、鸡矢藤和从枝蓼等。

根据现场调查结果，在厂址附近共设置了 10 个乔木样方、10 个灌木样方、10 个草本样方，共记录野生植物 33 科 48 属 53 种，其中 2 种蕨类植物，分别为

蕨和狗脊；2 种裸子植物，为杉木和马尾松。厂址附近分布的外来入侵植物有 6 种，分别为垂序商陆、泽漆、大狼把草、小蓬草、一年蓬、加拿大一枝黄花。未发现厂址附近有古树名木分布。

中国辐射防护研究院于 2021 年 7 月进行了两栖、爬行、鸟类和哺乳动物调查，2021 年 12 月初再进行一次鸟类调查。现场夏季调查，发现厂址区分布的动物均为鸟类，共计 7 目 24 科 34 种。现场调查未记录到两爬动物及哺乳动物。

根据现场调查结果，厂址区域范围内未观测到国家重点保护动植物。

2.4.5 水产资源及水生态概况

江西省稻渔综合种养面积 4000 公顷，水产品总产量 46.6 万吨，特种水产品产量 20.7 万吨。

彭泽属于中亚热带和亚热带边缘过渡地带，季节分别，雨水多，热量足，霜期短。彭泽水产品总产量 6.03 万吨，是江西省水产十强县，可养水面 105 公顷，彭泽鲫、鳊鱼、鲢鱼、黄颡鱼、中华绒毛蟹、青虾等水产品年产量 2.7 万 t，“芦花”牌彭泽鲫荣获“江西省品牌产品”称号和国家“绿色食品”标志证书，被农业部中国水产流通与加工协会授予“中国鲫鱼之乡”。

2.4.6 名胜古迹和旅游风景区

2.4.6.1 名胜古迹

厂址半径 5km 范围内无省级以上的文物保护单位，现存的 5 处名胜古迹，均处于彭泽县域内，其中 3 处保护级别为县级，分别为仙真岩寺遗址、傅家桥、熄字亭，其余 2 处保护级别为一般，分别为乌龙山古战场遗址和武山桥。

厂址半径 5km 范围内名胜古迹分布见图 2.4-17，厂址半径 5km 范围内名胜古迹情况见表 2.4-12。

2.4.6.2 旅游风景区

厂址半径 5km 范围内主要旅游风景区有龙宫洞国家 4A 级旅游风景区、玲珑花谷江西省 4A 级乡村旅游点、马迹岭生态农庄江西省 3A 级乡村旅游点。

1) 龙宫洞国家 4A 级旅游风景区

龙宫洞国家 4A 级旅游风景区，位于江西省彭泽县境内，距九江市 48km，景德镇市 120km，安庆市 140km，铜九铁路，彭湖高速，毗邻而过，水陆交通极为便利。龙宫洞景区是集溶洞、山水、佛教文化为一体的著名旅游观光、度假疗

养和避暑胜地，同时也是著名庐山旅游风景区的组成部分，有“秀在庐山，奇在龙宫”之称，被誉为神奇的地下艺术宫殿。

2) 玲珑花谷江西省 4A 级乡村旅游点

玲珑花谷乡村旅游点位于彭泽县天红镇先锋村，占地 1000 余亩，景区是集花卉苗木栽培、农林科普观光、研学拓展、亲子体验、水果采摘、休闲游乐为一体的综合文化旅游度假区。

3) 马迹岭生态农庄江西省 3A 级乡村旅游点

马迹岭生态农庄位于湖口县大垅乡联丰村，是由九江市福林生态旅游开发有限公司开发建设的一处乡村旅游点，主要经营生态农业开发；生态旅游开发；园艺园林景观开发；花、果、苗木种植，水产养殖。

厂址半径 5km 范围内旅游风景区分布见图 2.4-18，厂址半径 5km 内范围旅游风景区情况见表 2.4-13。

2.4.6.3 旅游发展规划

1) 九江市旅游发展规划

根据《九江市城市总体规划（2017-2035）》，九江市规划形成“一核两圈两带”的旅游功能格局，依托主要交通廊道形成以九江中心城区为旅游集散中心向市域放射的公交旅游专线布局，同时积极开发农业观光、休闲度假、健康疗养、温泉养生、文化遗产和非物质文化遗产等特色鲜明的乡村旅游产品，培育新兴旅游景区和旅游小镇，推动乡村旅游发展，建设国际知名的山水文化名城、旅游度假目的地和区域性旅游集散中心。

旅游线路：开通水上旅游专线和游轮航线，构建“两横一纵”特色水上旅游线路，“两横”为长江黄金水道与修河水道，“一纵”为鄱阳湖和赣江水道。

旅游基础设施：中心城区设置一级旅游集散中心；在庐山市区、庐山西海旅游区设置二级旅游集散中心；在庐山机场、瑞昌、共青城、湖口、彭泽、永修、都昌、武宁、修水设置三级旅游集散中心；规划形成三级旅游集散中心体系。

乡村旅游：丰富乡村旅游产品业态，积极开发农业观光、休闲度假、温泉养生、文化和非物质文化遗产等特色鲜明的乡村旅游产品。

九江市旅游发展规划见图 2.4-19。

2) 彭泽县旅游发展规划

彭泽县作为环鄱阳湖生态经济区以及彭湖板块的重要组成部分，在新一轮城

市总体规划中深入思考，树立区域城市地位，因地制宜发展，实施生态农业和旅游业发展战略。充分发挥彭泽县独特的区位条件和资源优势。根据《彭泽县城市总体规划（2013-2030）》，规划形成以人文旅游、红色旅游、生态旅游、商务旅游、休闲旅游为核心的多元产品体系，重点发展龙宫洞观光、梅花鹿观赏互动、马当炮台景区、上十岭国家级森林公园等休闲度假旅游产品、红色文化旅游产品、生态自然景观体验旅游产品。

根据资源地域空间的分布与类型，规划将彭泽县分为东北部人文红色缅怀区、中部生态旅游景观区、南部自然地质体验区。

旅游线路规划：龙宫洞至大洞培、梅花鹿自然保护区、彭浪矶线路要积极融入全国性旅游线路中，争取与庐山景区旅游线路联动开发；大洞培至旧县塔、彭浪矶、马当镇、太泊湖、浪溪水库、七县中心县委旧址，打造形成地区性旅游线路，成为赣东北知名的历史人文旅游线路；北部南阳水库、余家堰水库，南部白沙水库、西峰水库、桥头王水库，中部利冲水库以及其它各景区和旅游线路，以本地市场为主，打造地方性旅游线路。

彭泽县旅游发展规划见图 2.4-20。

3) 天红镇旅游发展规划

根据《彭泽县天红镇总体规划》（2018-2035 年），天红镇依托地形地貌、城镇功能和风貌要求，规划构建天红镇旅游“一心一带三区”空间布局。

一心：即天红游客服务中心，为天红镇各个景区游客提供以集散、交通、信息服务为核心，集吃住行游购娱等各要素为依托的综合服务功能。

一带：即天红河滨水休闲带，以镇区为中心从北到南连接天红镇主要景区和村庄旅游资源，为天红镇旅游的重要发展轴。

三区：即天红综合服务区、龙宫归隐体验区和凤鸣田园生活区，围绕“一心”和“一带”布局，支撑天红镇旅游特色小镇建设和“花海洞天·乐享天红”旅游主题形象塑造，构建动静结合（入世与归隐、静养与运动）、龙凤呈祥（乌龙村与凤鸣村）发展格局，形成有境界、有格调、有情趣的新田园生活体验区。

天红镇旅游发展规划见图 2.4-21。

2.4.7 厂址半径 10km 范围地表水情况

2.4.7.1 河流和水库

1) 河流

厂址半径 10km 范围内的河流主要为太平河干流及其支流，最近距厂址中心 530m，位于 E 方位，防洪标准按 10 年一遇洪水设计。厂址与太平河流域水系位置关系见图 2.4-22。

太平河流域又称芳湖流域，地处江西省东北部，位于彭泽、湖口两县境内，流域面积 516km²，其中彭泽县境内 474km²，湖口县境内 42km²。流域涉及彭泽县的定山镇、太平关乡、天红镇、黄岭乡、东升镇、杨梓镇、黄花镇、芙蓉农场、芙蓉墩镇，湖口县的流泗镇、大垅乡等 11 个乡镇、场。太平河流域主要山脉有桃红山和武山，地势南高北低，周边高中间低。两山之间分布着谷地、小平坂，中部为丘陵，北部沿江有小块平原，定山镇到芙蓉河口江边沙丘广布。太平河流域水系发育，主要由太平关水、余家堰水、黄岭水、黄坂水 4 条主要河流汇入芳湖组成，其中太平关水发源于冯山北麓和武山、大埠岭等山谷的东麓，流域面积 264km²，为本流域中流域面积最大的一条河流。各河流经芳湖汇集后由芙蓉闸注入长江。太平河流域主要河流特征值见表 2.4-14。

太平河流域治理开发与保护的主要任务是防洪、灌溉、供水、治涝、水资源和水生态环境保护、水力发电、水土保持和血防等。

距厂址最近的取水口为银龙水务天红水厂东侧位于太平河岸的取水口，其相关信息见表 2.4-15。

流域中型水库有 3 座，小（1）型水库有 4 座，小（2）型水库有 22 座，中型水库防洪标准按 50~100 年一遇洪水设计；小（1）型水库防洪标准按 30~50 年一遇洪水设计；小（2）型水库防洪标准按 20~30 年一遇洪水设计。厂址半径 10km 范围内的水库信息见表 2.4-16。

2.4.7.2 水功能区划和分区管控

根据《九江市水功能区划》，厂址周边 10km 范围涉及的太平河彭泽县保留区和葡萄港彭泽县保留区区划级别为一级，水质目标为 II~III 类，具体见表 2.4-17。

根据《九江市“三线一单”生态环境分区管控方案》，将九江市全市划为 88 个水环境管控单元，其中优先保护单元 14 个，其中保护水源涵养功能的优先区 7 个，保护水质安全功能的优先区 7 个，涉及面积 4269.40km²；全市共划分重点管控单元 45 个，其中工业源污染的管控单元有 24 个，农业面源污染的管控单

元有 4 个，主控城镇生活源污染的管控单元有 17 个，涉及面积 5671.25km²；全市一般控制单元为除优先保护单元和重点管控单元以外的其余区域，全市共划分一般管控单元 29 个，涉及面积 9155.18km²。

厂址半径 10km 范围水环境管控分布见图 2.4-23。主要为水环境其它区域，东部有少量水环境城镇生活污染重点管控区，西北和东北方向有少量水环境工业污染重点管控区。厂址半径 10km 范围水环境管控分布不涉及优先保护单元。

水环境重点管控区应重点加强污染物排放控制，从排放污染物种类、排放量、强度和浓度上管控开发建设活动，强化工业污染防治，建立环境风险防控机制；提升城镇污水配套管网和污水集中处理设施效能；强化畜禽养殖粪便资源化利用，加强农药化肥污染控制和农村生活污染治理。严控地表水环境质量未达标地区高耗水、高污染行业发展。

表 2.4-1 厂址半径 5km 范围土地利用现状表

行政区域名称	行政区域 总面积 (hm^2)	耕地		园地 (hm^2)	林地 (hm^2)	草地 (hm^2)	城镇村 及工矿用地 (hm^2)	交通 运输用地 (hm^2)	水域及 水利设施用地 (hm^2)	其他 土地 (hm^2)
		耕地总面积 (hm^2)	其中基本农田 (hm^2)							
彭泽县 天红镇	乌龙村	21.69	6.82	2.98	212.09	4.46	12.35	0	1.11	0.20
	先锋村	131.30	114.81	1.34	970.34	8.79	19.86	0.17	7.30	0.08
	天红村	119.11	71.71	0	457.25	8.03	16.88	1.98	18.05	0.23
	庙前村	162.56	123.24	0	367.52	6.00	34.11	3.42	23.45	0.56
	前山村	195.30	184.46	0	273.29	4.09	28.35	0.01	13.55	0
	农科所村	136.29	127.13	0	46.11	3.94	23.82	0	21.56	0.26
	凤鸣村	265.09	238.91	0	775.71	3.48	41.36	0	33.87	0.18
	大港村	214.51	197.92	0	441.17	5.73	23.42	0	23.84	0
	武山村	296.58	271.03	0	2584.85	24.00	35.15	0	21.47	0
	古楼村	214.89	168.89	8.70	1665.65	30.57	26.55	12.39	130.55	0.69
彭泽县 太平关乡	灌塘村	120.21	76.78	0	307.14	9.80	23.06	9.32	34.09	0
湖口县 大垅乡	联丰村	91.12	83.38	13.66	576.67	4.69	19.11	6.71	11.64	9.31

表 2.4-2 厂址半径 5km 范围企业一览表

编号	企业名称	所在地名称	位置		职工 人数 (人)
			方位	距离 (km)	
1	九江洪喜服饰有限公司	彭泽县天红镇	ESE	1.23	36
2	彭泽县振峰建材厂	彭泽县天红镇	NNE	4.16	30
3	德杭矿业	彭泽县天红镇	ESE	4.00	35
4	彭泽县轩霖农业开发有限公司	彭泽县天红镇	S	1.35	21
5	龙宫洞景区	彭泽县天红镇	ENE	3.78	106
6	湖口县联丰建材有限责任公司	湖口县大垅乡联丰村	WSW	1.15	40
合计					268

表 2.4-3 厂址半径 5km 范围矿产资源一览表

序号	编号	矿山名称	与厂址位置		开采矿种	资源储量 单位	保有资源 储量	开采方式	开发利用 状态	登记面积 (km ²)
			方位	距离 (km)						
1	CQY042	彭泽县天红砖瓦厂	SE	1.91	砖瓦用粘土	矿石万吨	7.65	露天开采	正在开采	0.0202
2	CQY027	彭泽县浙彭矿业有限公司	SW	0.70	建筑石料用灰岩	矿石万吨	99.49	露天开采	停采	0.028
3	CQY024	彭泽县恒盛石材有限公司前山村采石场	ESE	3.24	建筑石料用灰岩	矿石万吨	118.95	露天开采	正在开采	0.0201
4	CQY013	彭泽县德杭矿业有限公司	ESE	4.17	建筑石料用灰岩	矿石万吨	1063	露天开采	正在开采	0.0826
5	CQY021	彭泽县天平采石场	NNW	4.80	建筑用砂岩	矿石万吨	128	露天开采	停采	0.0124
6	KQY006	湖口县上九房-彭泽县西边曹钒多金属矿普查	W~NNE	0.59	钒多金属矿	/	/	/	普查	6.02
7	KQY020	彭泽县天红镇矿泉水普查	SSE~SW	2.52	矿泉水	/	/	/	普查	11.67

表 2.4-4 厂址半径 10km 范围内陆上交通情况

序号	公路、铁路名称	公路等级	起点名称	终点名称	距厂址最近方位	距厂址最近距离 (km)
1	九景衢铁路	铁路	浙江衢州市	江西九江市	W	9.20
2	S20 (彭湖高速)	高速	彭泽马垱镇	与九景高速 衔接	N	5.9
3	S401	省道 (二级)	定山	乐观	NE	0.4
4	SL01	省道 (二级)	湖口大垅乡	湖口红枫	NNW	7.4

表 2.4-5 厂址半径 5km 范围内陆上交通情况

序号	公路、铁路名称	公路等级	起点名称	终点名称	距厂址最近方位	距厂址最近距离 (km)
1	X281	县道 (三级)	彭泽天红镇	龙宫洞	ESE	1.26
2	Y846	乡道 (三级)	X281	先峰村	ENE	2.00
3	Y804	乡道 (四级)	天红镇	Y827	ESE	0.65
4	Y854	乡道 (四级)	天红镇	七房	ESE	1.50
5	Y997	乡道 (四级)	天红镇	傅家桥	ESE	2.35
6	Y994	乡道 (四级)	Y997	前山	ESE	4.25
7	Y842	乡道 (四级)	傅家桥	前山	SE	3.80
8	Y844	乡道 (四级)	二房垄	Y843	SSE	2.40
9	Y843	乡道 (四级)	Y827	傅家桥	SSE	3.20
10	Y802	乡道 (四级)	井塘垄	冯山 (县界)	SSE	4.35
11	Y827	乡道 (四级)	天红镇	武山 (县界)	E	0.57
12	Y845	乡道 (四级)	二房垄	东边徐	S	2.70
13	Y756	乡道 (四级)	大垅乡	马迹岭水库	WNW	1.75
14	Y823	乡道 (四级)	S401	马迹岭水库	NW	2.87
15	S401	省道 (二级)	定山	乐观	NE	0.4

表 2.4-6 厂址半径 5km 范围危险品一览表

序号	生产和贮存 危险品企业 名称	企业 性质	位置	与厂址位置		贮存 和使 用危 险品 名称	最大贮存量	单个贮 存罐（容 器）的最 大贮存 量
				方位	距离 (km)			
1	彭泽县天红 加油站	私营 企业	彭泽县天 红镇天红 村	ENE	0.45	汽油、 柴油	汽油 60m ³ ; 柴油 60m ³ ;	30m ³

表 2.4-7 厂址半径 5km 范围学校情况

编号	学校名称	所在地名称	位置		学生人数 (人)	住校人数 (人)	教职工人数 (人)
			方位	距离 (km)			
1	彭泽县天红中学	彭泽县天红镇	SE	2.07	235	235	20
2	彭泽县天红中心完小	彭泽县天红镇	ESE	1.82	531	113	50
3	彭泽县天红中心幼儿园	彭泽县天红镇	ESE	1.27	185	0	27
4	彭泽县天红先锋小学	彭泽县天红镇	NE	2.24	60	0	11
5	彭泽县天红大港小学	彭泽县天红镇	SSW	2.45	49	0	9
6	彭泽县天红武山小学	彭泽县天红镇	SSW	4.07	8	0	4
7	彭泽县天红宝山小学	彭泽县天红镇	SW	4.58	4	0	2
8	彭泽县天红凤鸣小学	彭泽县天红镇	S	3.60	41	0	8
9	湖口县大垅乡联丰小学	湖口县大垅乡	WNW	3.26	2	0	2

表 2.4-8 厂址半径 5km 范围医疗设施情况

编号	医院名称	所在地名称	医院等级	位置		床位 (床)	医务人员 (人)	医疗设施简况
				方位	距离 (km)			
1	天红卫生院	彭泽县天红镇	未定级	E	1.18	14	18	拥有全自动生化分析仪、DR、彩超等

表 2.4-9 厂址半径 5km 范围养老院情况

编号	养老院名称	所在地名称	位置		目前入住人数 (人)	最多容纳人数 (人)	养老院服务人员人数 (人)
			方位	距离 (km)			
1	彭泽县天红镇敬老院	彭泽县天红镇	SE	4.20	8	30	3

表 2.4-10 厂址半径 5km 范围内各方位最近的农田、菜田

方位	菜田					农田				
	行政村	距离 (km)	面积 (亩)	品种	年产量 (t)	行政村	距离 (km)	面积 (亩)	产品种	年产量 (t)
N	灌塘村	4.90	—	—	—	无	—	—	—	—
NNE	天红村	0.57	9	蔬菜	10	天红村	0.57	1290	水稻、小麦、玉米等	368
NE	先锋村	1.51	125	蔬菜	140	先锋村	1.51	1519	水稻、小麦、玉米等	280
ENE	乌龙村	3.33	—	—	—	无	—	—	—	—
E	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
ESE	庙前村	1.05	8	蔬菜	9	庙前村	1.05	1272	水稻、小麦、玉米等	363
SE	前山村	3.13	11	蔬菜	12	前山村	3.13	3125	水稻、小麦、玉米等	903
SSE	农科所村	1.85	7	蔬菜	8	农科所村	1.85	1875	水稻、小麦、玉米等	542
S	凤鸣村	3.05	15	蔬菜	17	凤鸣村	3.05	3945	水稻、小麦、玉米等	1141
SSW	大港村	2.25	10	蔬菜	11	大港村	2.25	2090	水稻、小麦、玉米等	601
SW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
WSW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
W	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
WNW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
NW	联丰村	2.25	25	蔬菜	28	联丰村	2.25	1266	水稻、小麦、玉米等	339
NNW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—

表 2.4-11 厂址半径 5km 范围内各方位最近养殖场

方位	家畜养殖场					家禽养殖场				
	行政村	距离 (km)	饲养品种	年存栏量 (头)	年上市量 (头)	行政村	距离 (km)	饲养品种	年家禽上市量 (只)	年禽蛋上市量 (只)
N	无	—	—			无	—	—	—	—
NNE	天红镇勤喜综合养殖场	0.7	母猪	50	50	无	—	—	—	—
NE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
ENE	天红镇天然牧野综合养殖场	3.6	母猪	80	80	无	—	—	—	—
E	天红方霞养猪家庭农场	1.3	母猪	80	80	无	—	—	—	—
ESE	天红怀志养猪家庭农场	1.4	母猪	140	140	无	—	—	—	—
SE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
SSE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
S	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
SSW	红建山羊养殖家庭农场	4.1	肉羊	500	500	武山村	4.1	肉鸡	20000	—
SW	无					无	—	—	—	—
WSW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
W						无	—	—	—	—
WNW						无	—	—	—	—
NW						无	—	—	—	—
NNW						无	—	—	—	—

表 2.4-12 厂址半径 5km 范围内名胜古迹情况

序号	名称	地址	与厂址相对位置及距离		保护级别
			方位	与厂址距离 (km)	
1	仙真岩寺遗址	天红镇龙宫洞风景区	ENE	4.30	县级
2	傅家桥	天红镇前山村	SE	3.39	县级
3	熄字亭	天红镇武山村	SSW	4.19	县级
4	乌龙山古战场遗址	天红镇乌龙村	ENE	3.40	一般
5	武山桥	天红镇武山村高陈自然村	WNW	4.40	一般

表 2.4-13 厂址半径 5km 范围内旅游风景区

序号	风景名胜名称	级别	行政区域	方位	距离 (km)
1	龙宫洞旅游风景区	国家 AAAA 级	彭泽县	ENE	3.5
2	玲珑花谷乡村旅游点	省 AAAA 级	彭泽县	ENE	1.9
3	马迹岭生态农庄乡村旅游点	省 AAA 级	湖口县	NW	2.8

表 2.4-14 太平河流域主要河流特征值

河名	河道流域面积 (km ²)	河道长度 (km)	河道平均坡降 (‰)
太平关水	264	34.2	2.49
余家堰水	40.8	10.0	18.8
黄岭水	52.9	19.5	4.50
黄坂水	34.4	11.8	10.8

表 2.4-15 太平河流域天红镇取水口

取水权人名称	距离 (km)	方位	2020 年取水量 (万方)	取水许可量 (万方)
银龙水务天红水厂	0.9	SSE	500	1460

表 2.4-16 厂址半径 10km 范围水库情况表

序号	水库名称	距离 (km)	方位	等级	水体功能	集雨面积 (km ²)	总库容 (万 m ³)	兴利库容 (万 m ³)	供水量 (万 m ³)
1	白沙	5.5	NE	中型	供水、灌溉	10.16	1195	1007	1823
2	马迹岭	2.5	NW	中型	供水、灌溉	9.8	1171	1001	1108
3	费家垅	0.6	SSW	小 (2) 型	供水、灌溉	0.3	13	11	12
4	李家垅	2.4	ESE	小 (2) 型	供水、灌溉	0.5	13	11	12
5	周家垅	2.5	ENE	小 (2) 型	供水、灌溉	1.2	20	14	15
6	童家垅	3.2	ESE	小 (2) 型	供水、灌溉	2.5	60	30	33
7	石赞垅	4.5	ESE	小 (2) 型	供水、灌溉	1.2	12	10	11
8	龙泉洞	3.0	NE	小 (2) 型	供水、灌溉	0.8	18	14	15
9	煤炭井	3.6	NE	小 (2) 型	供水、灌溉	0.9	13	9	10
10	七房洞	2.3	WSW	小 (1) 型	供水、灌溉	2.5	134	95	105
11	吴家垅	2.6	SSW	小 (2) 型	供水、灌溉	1	18	14	15
12	皂垅山	4.6	S	小 (2) 型	供水、灌溉	0.5	19	14	15
13	陈家山	6.2	E	小 (2) 型	供水、灌溉	0.4	11	9	10
14	弹坑	8.7	E	小 (2) 型	供水、灌溉	0.6	41	24	26
15	周盛	8.8	E	小 (2) 型	/	/	/	/	/
16	鲍家垅	6.8	ESE	小 (2) 型	供水、灌溉	0.3	13	11	12
17	乱石湾	7.2	ESE	小 (1) 型	供水、灌溉	13.8	395	220	242
18	上刘	7.9	SE	小 (2) 型	供水、灌溉	0.4	12	11	12
19	冯山	6.6	SSE	小 (1) 型	供水、灌溉	5.2	192	112	123
20	师夫山	6.5	SSE	小 (2) 型	供水、灌溉	2.6	20	15	17
21	跃进	5.7	NW	小 (2) 型	供水、灌溉	1.2	18	10	11
22	移山	5.4	NNW	小 (2) 型	供水、灌溉	1.0	55	20	22

23	美满	6.4	NNW	小（2）型	供水、 灌溉	0.6	55	28	31
24	邹润	5.8	NNW	小（2）型	供水、 灌溉	0.5	34	18	20
25	莲花	8.2	NW	小（1）型	供水、 灌溉	8.5	335	118	130
26	灌塘	5.9	N	小（2）型	供水、 灌溉	1	13	11	12
27	老虎垅	5.5	NNE	小（2）型	供水、 灌溉	0.5	12	10	11
28	汤家山	9.4	NE	小（2）型	供水、 灌溉	2.2	71	50	55
29	殷山	5.1	W	中型	供水、 灌溉	16.22	1285	1122	2042.9

表 2.4-17 九江市水功能区划登记表（厂址周边）

河流	功能区名称	区划级别	范围				水质目标	区划依据
			起点	讫点	长度(km)	面积(km ²)		
太平河	太平河彭泽县保留区	一级	怀玉山脉彭泽县天红镇境内武山北麓	彭泽县太平关乡古楼村太平河大桥注入芳湖	34.2	264	II~III	开发利用程度不高
葡萄港	葡萄港彭泽县保留区	一级	彭泽县天红镇红山颈起源	彭泽县天红镇兰家村入太平河口	13.2	53.6	II~III	开发利用程度不高

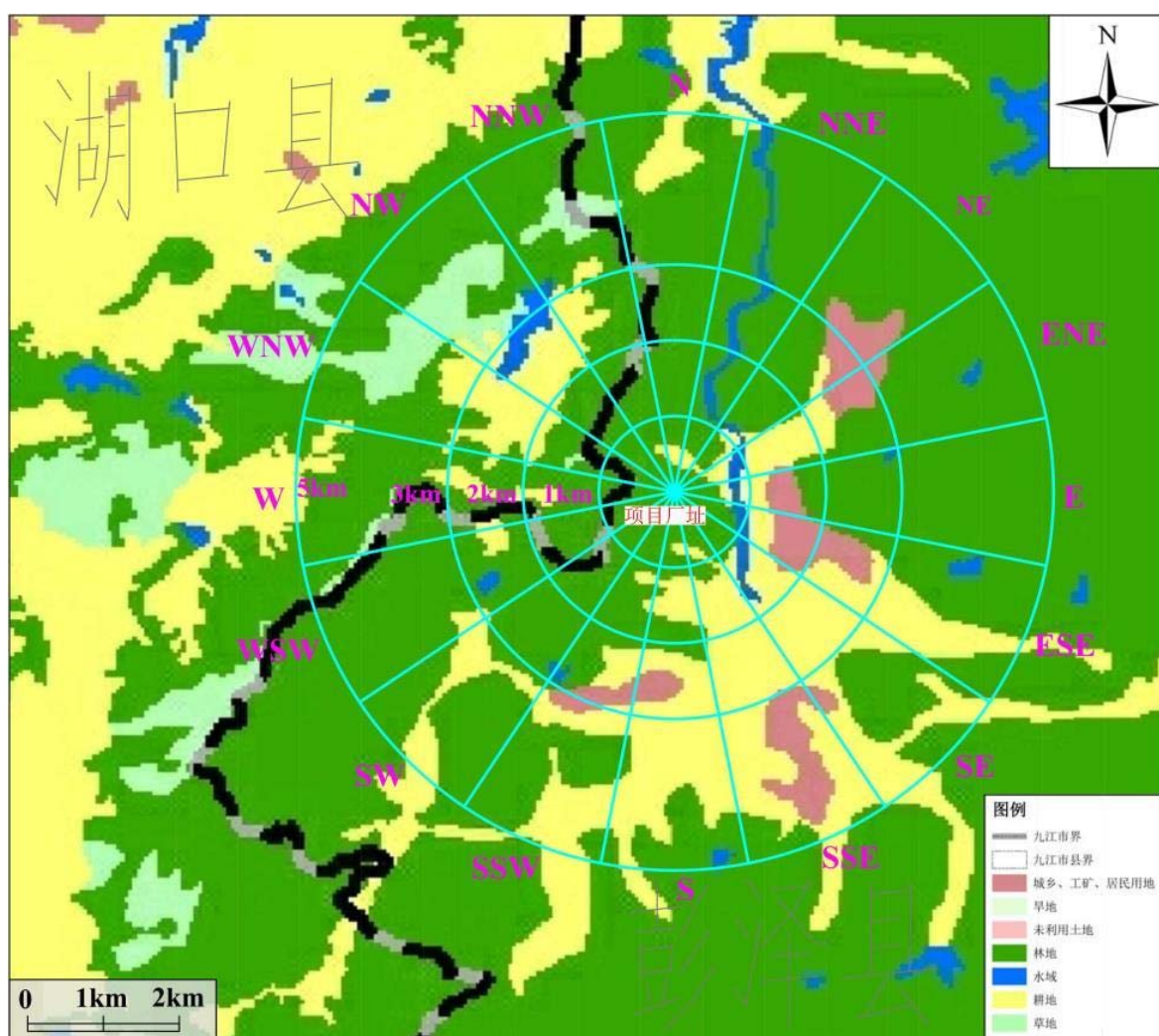


图 2.4-1 厂址 5km 土地利用现状图

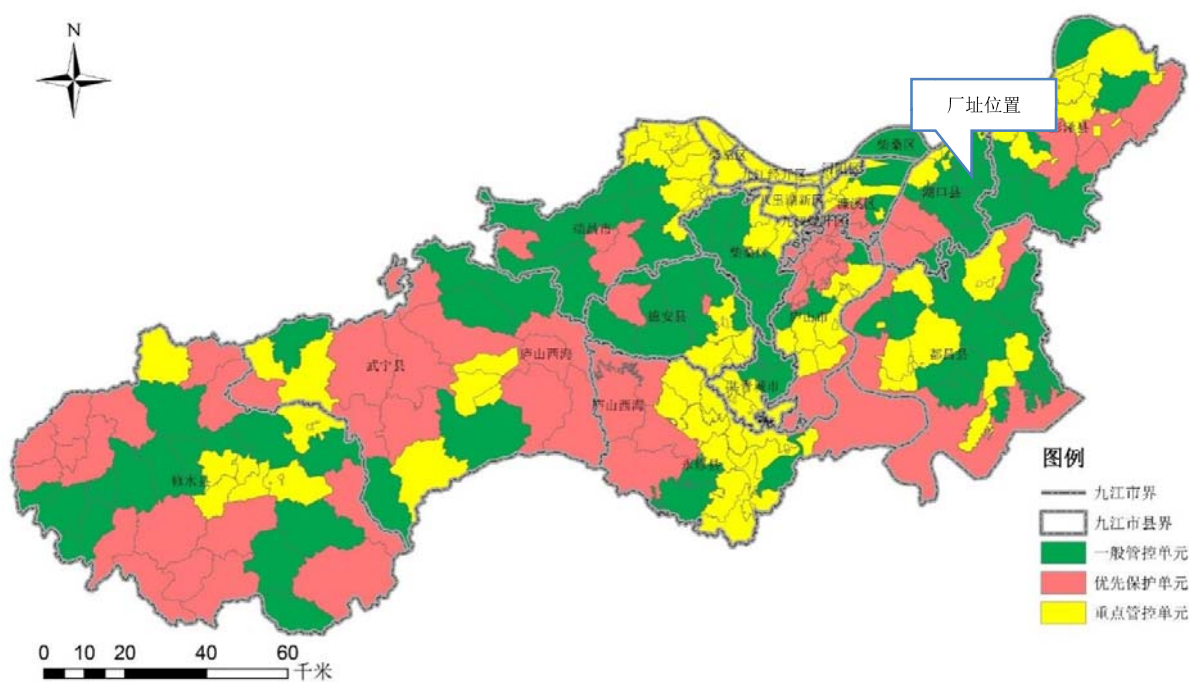


图 2.4-2 厂址周边环境管控单元分布图

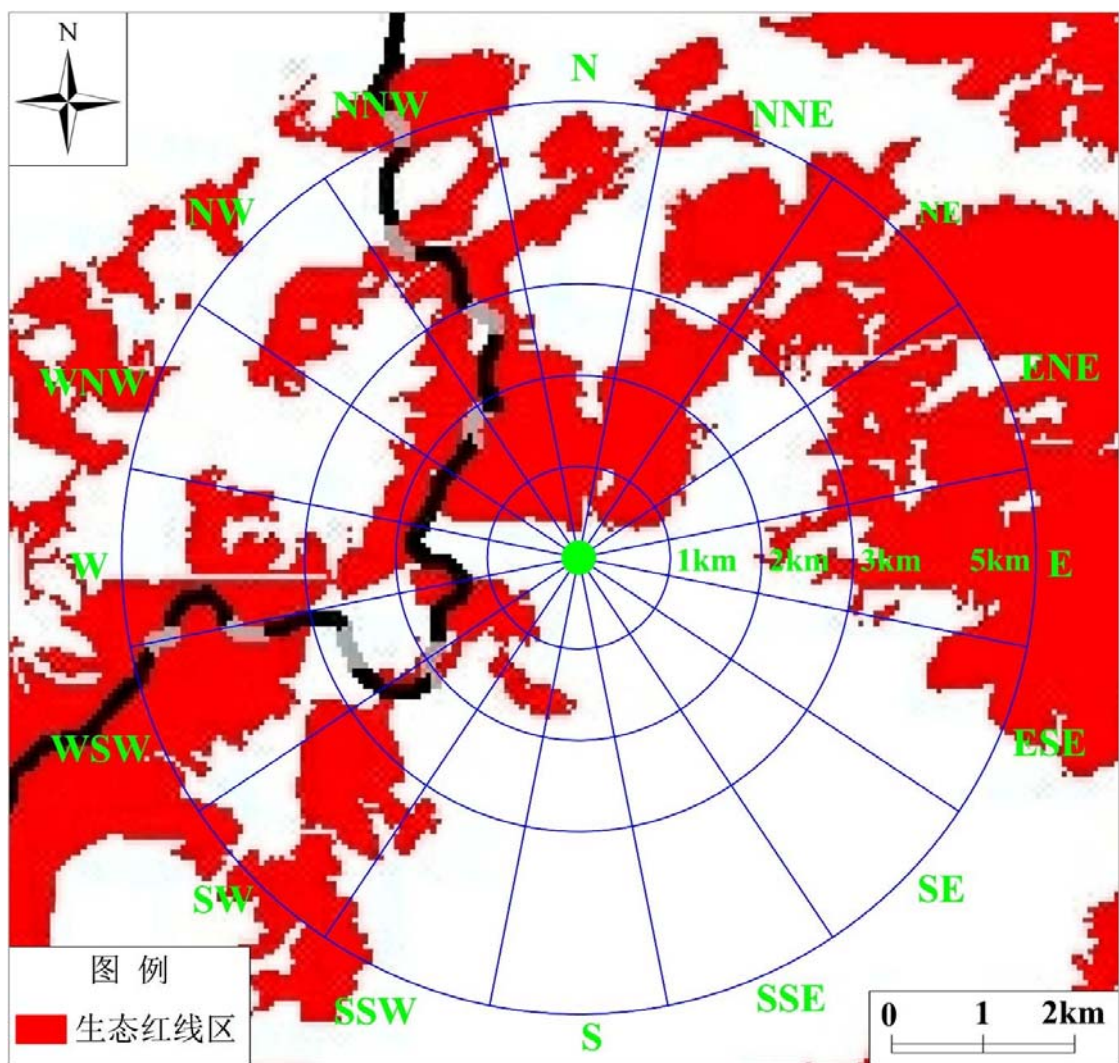


图 2.4-3 厂址周边半径 5km 生态保护红线分布图

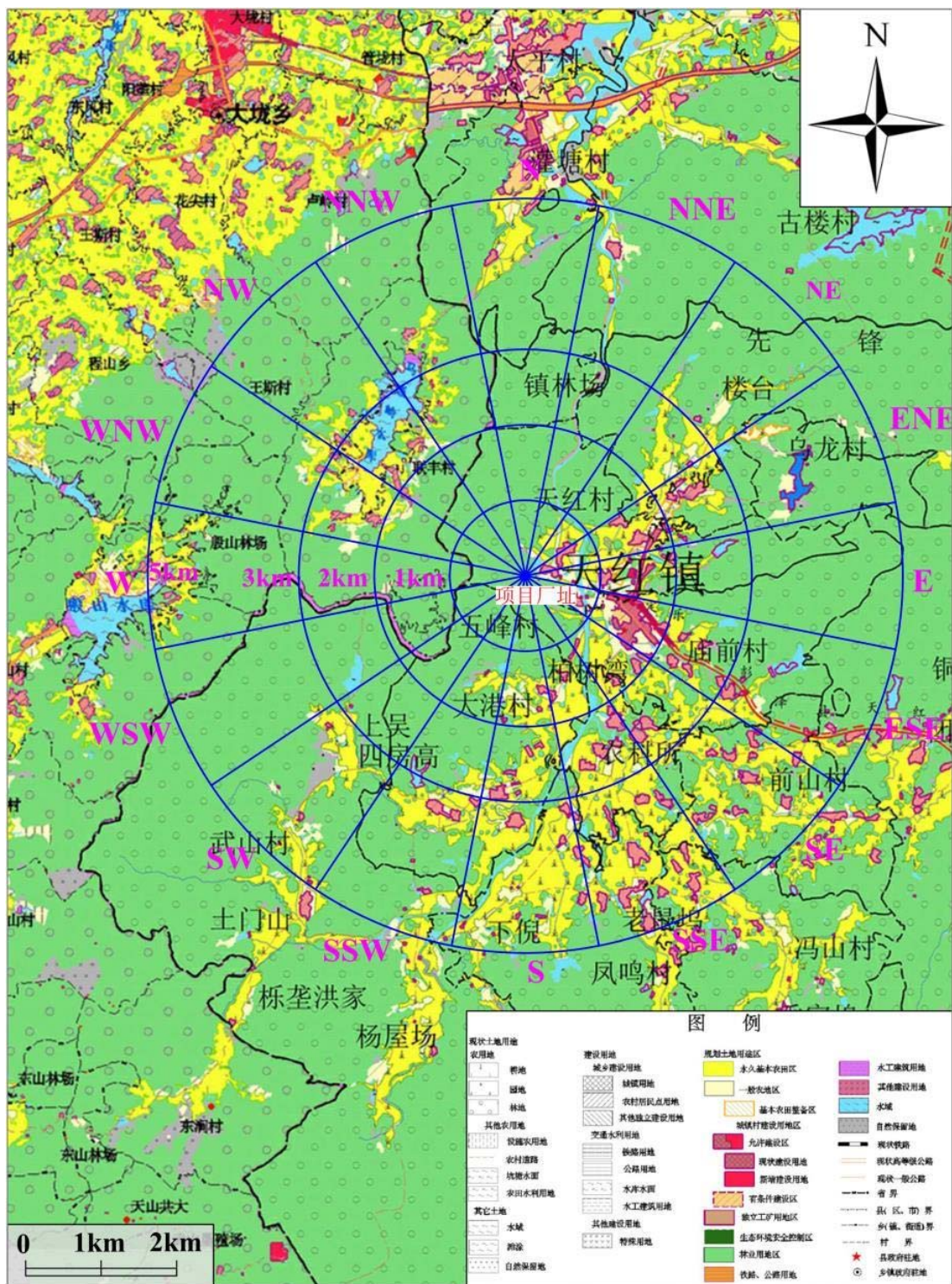


图 2.4-4 厂址 5km 范围土地利用规划图

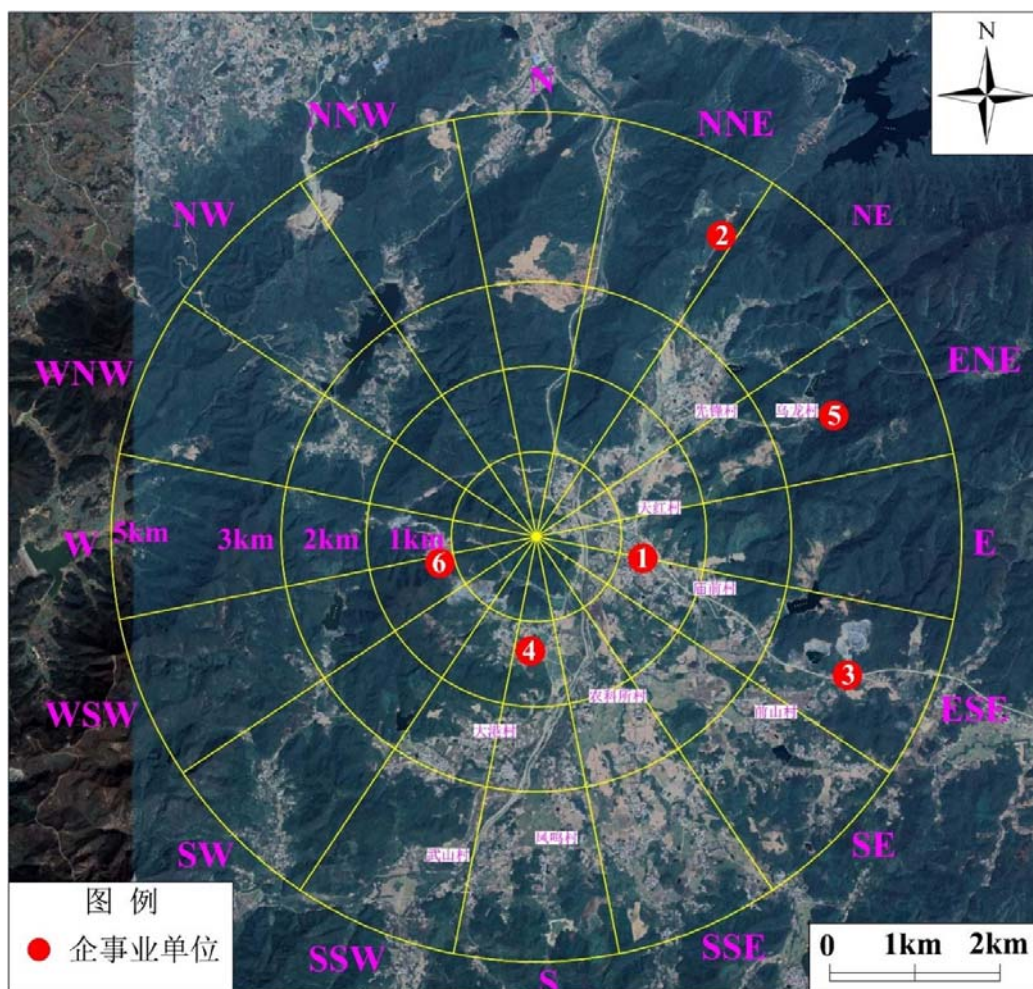


图 2.4-5 厂址半径 5km 范围企业分布图

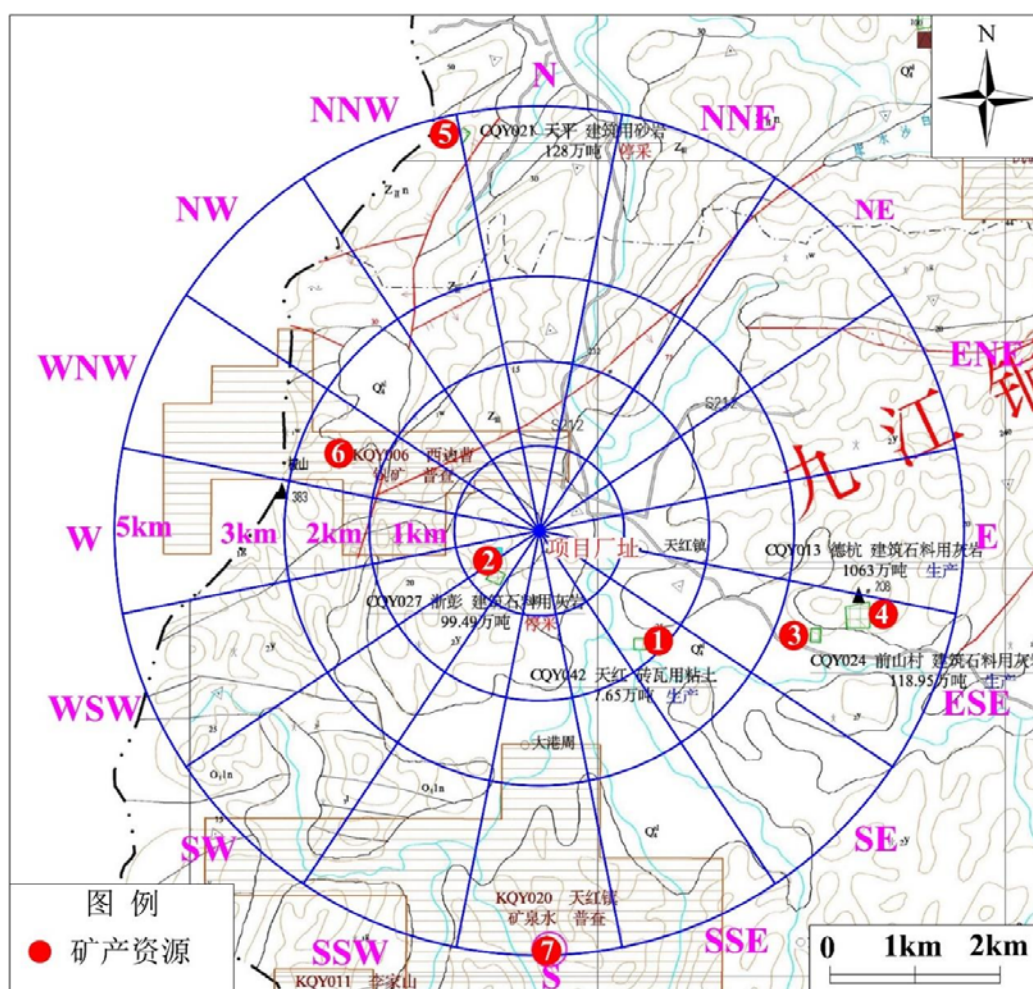


图 2.4-6 厂址半径 5km 范围矿产资源分布图

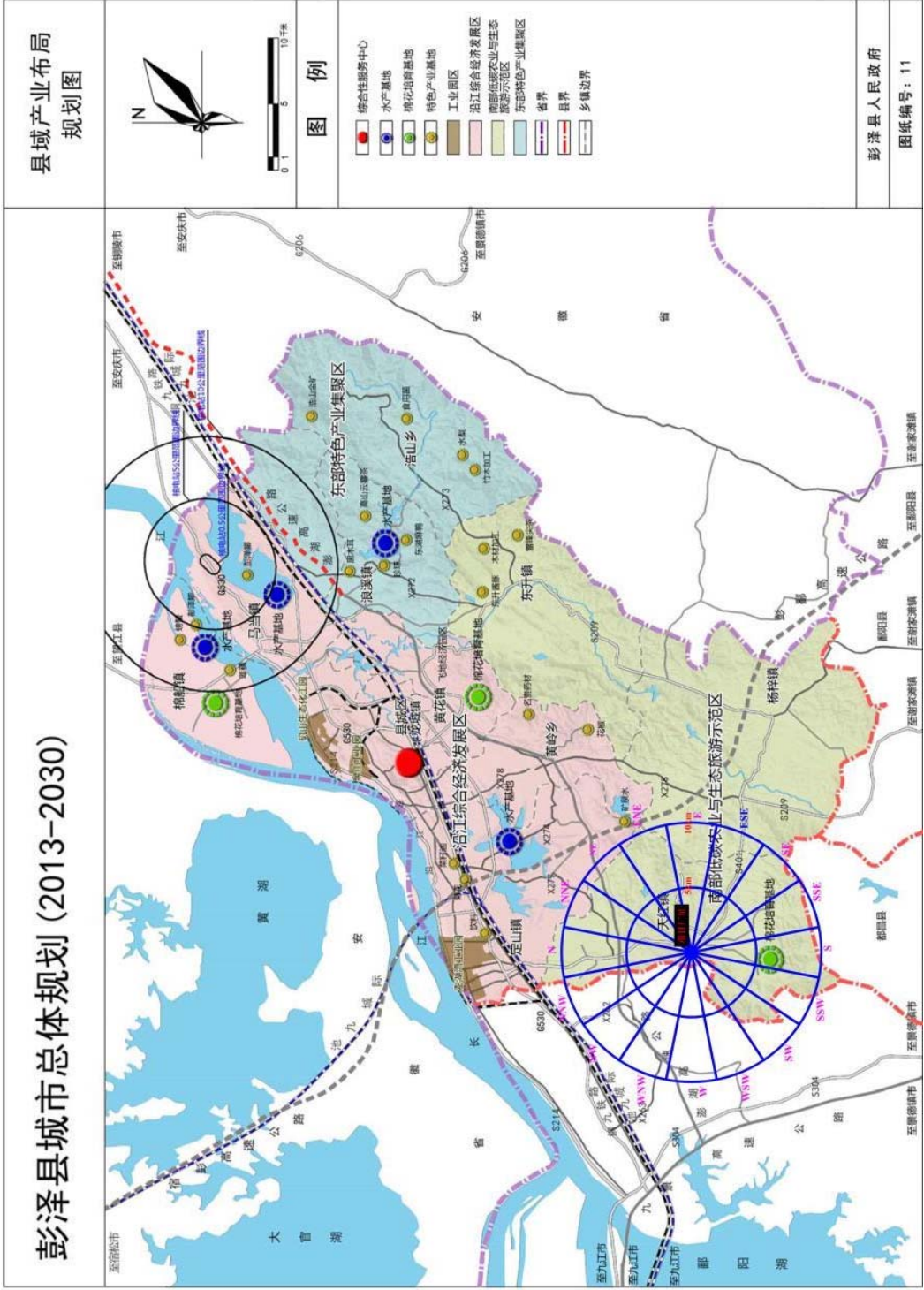
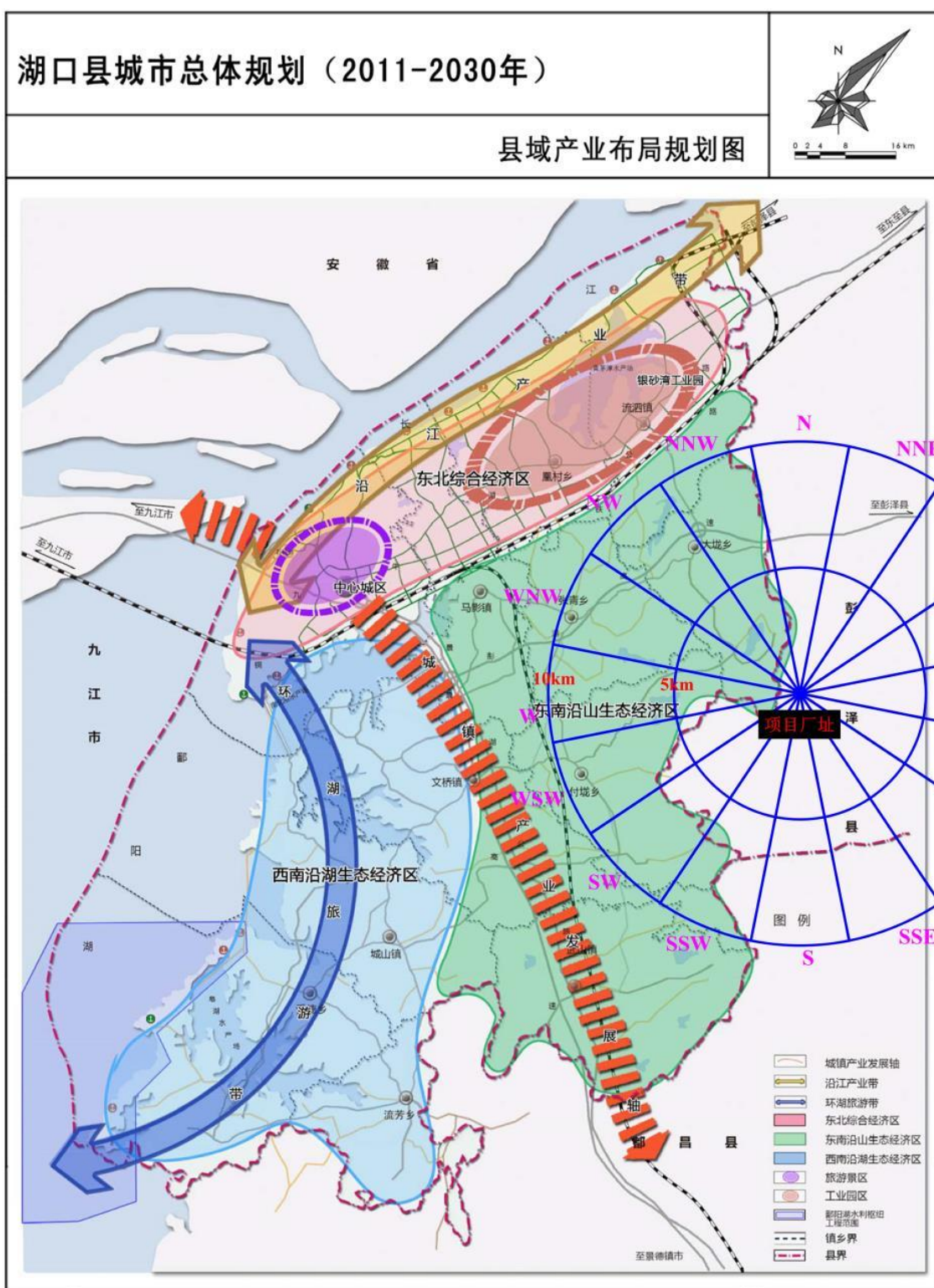
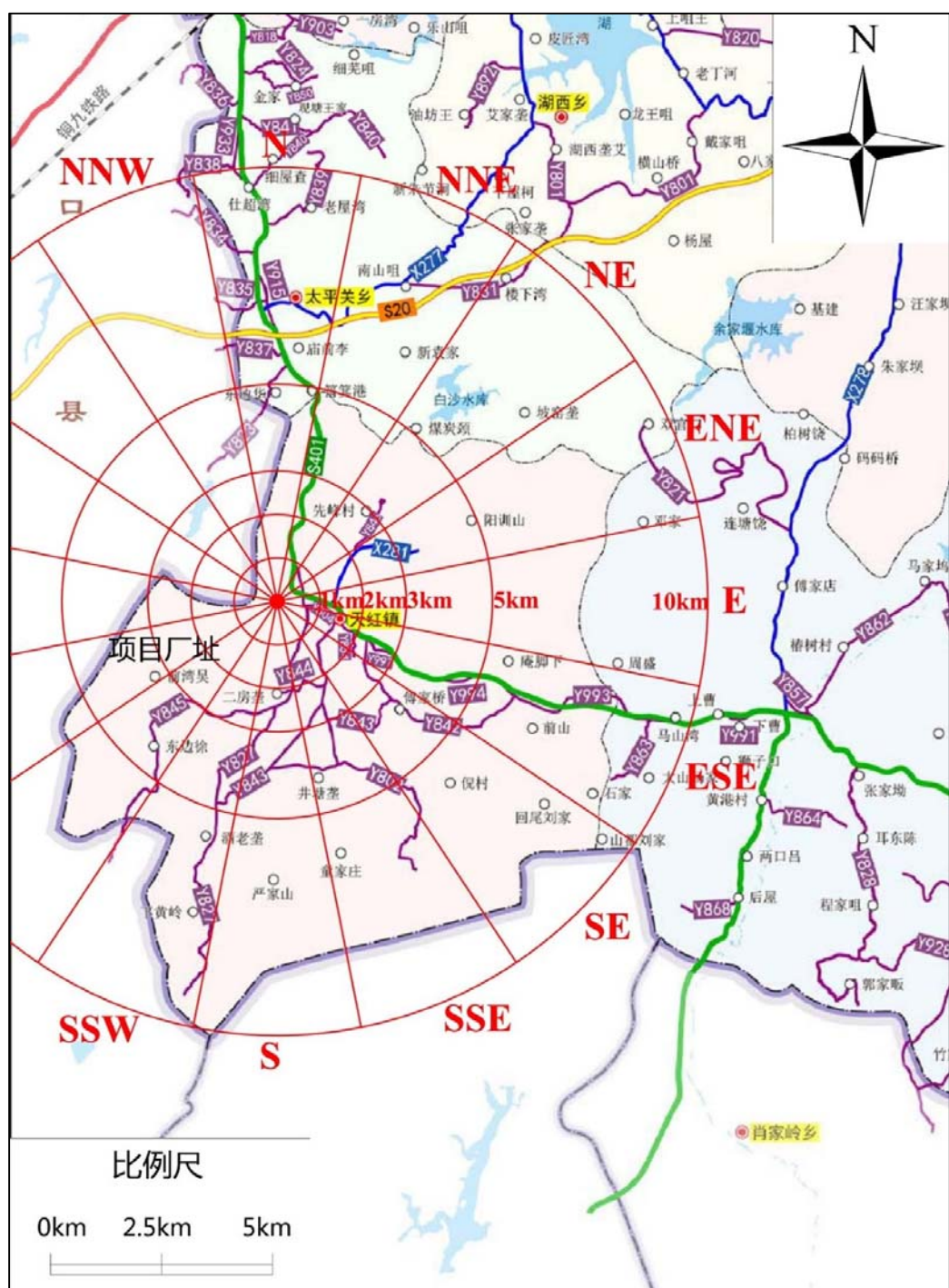


图 2.4-7 彭泽县产业布局规划图





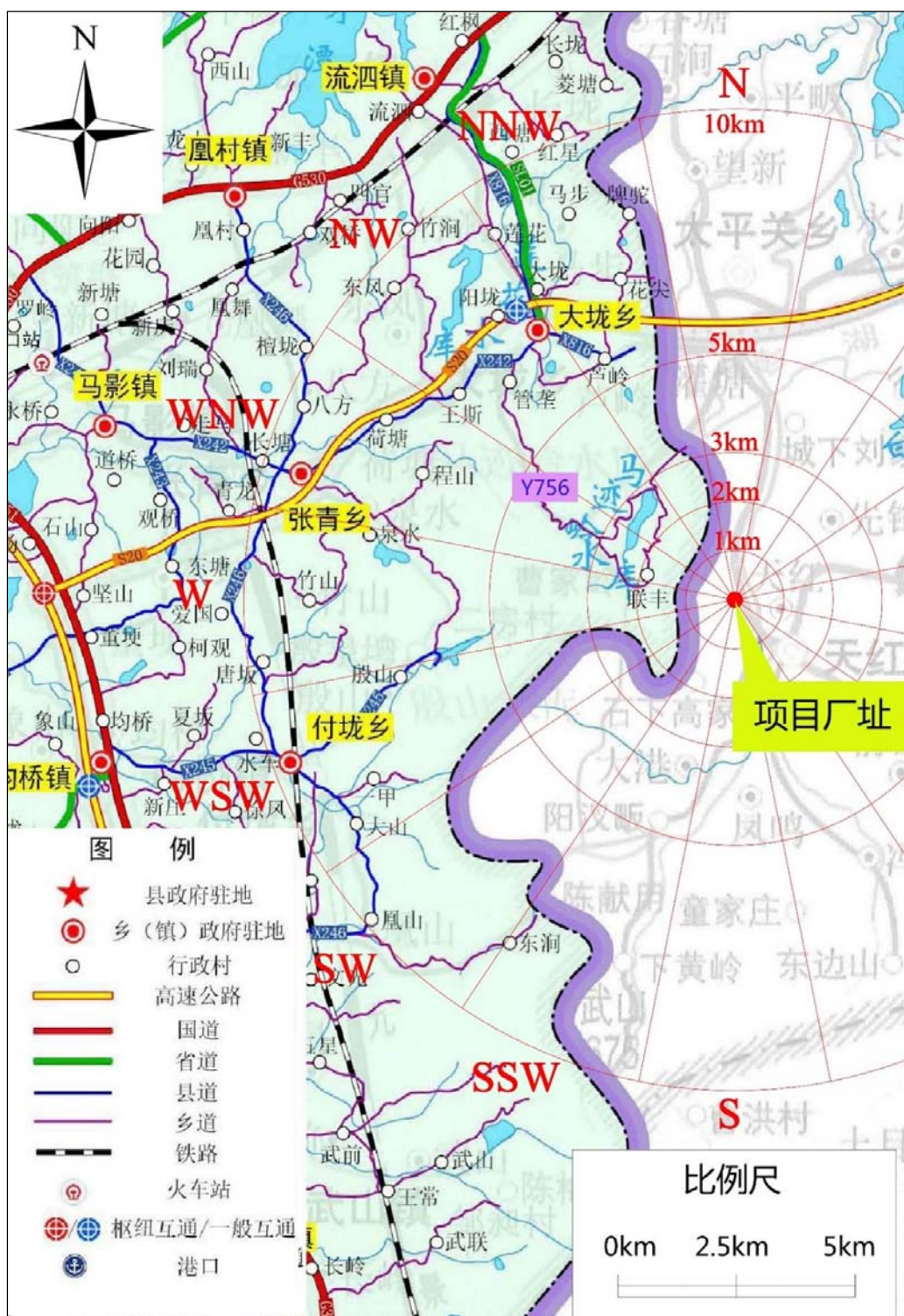


图 2.4-10 厂址半径 10km 内范围内陆上交通现状（湖口县）

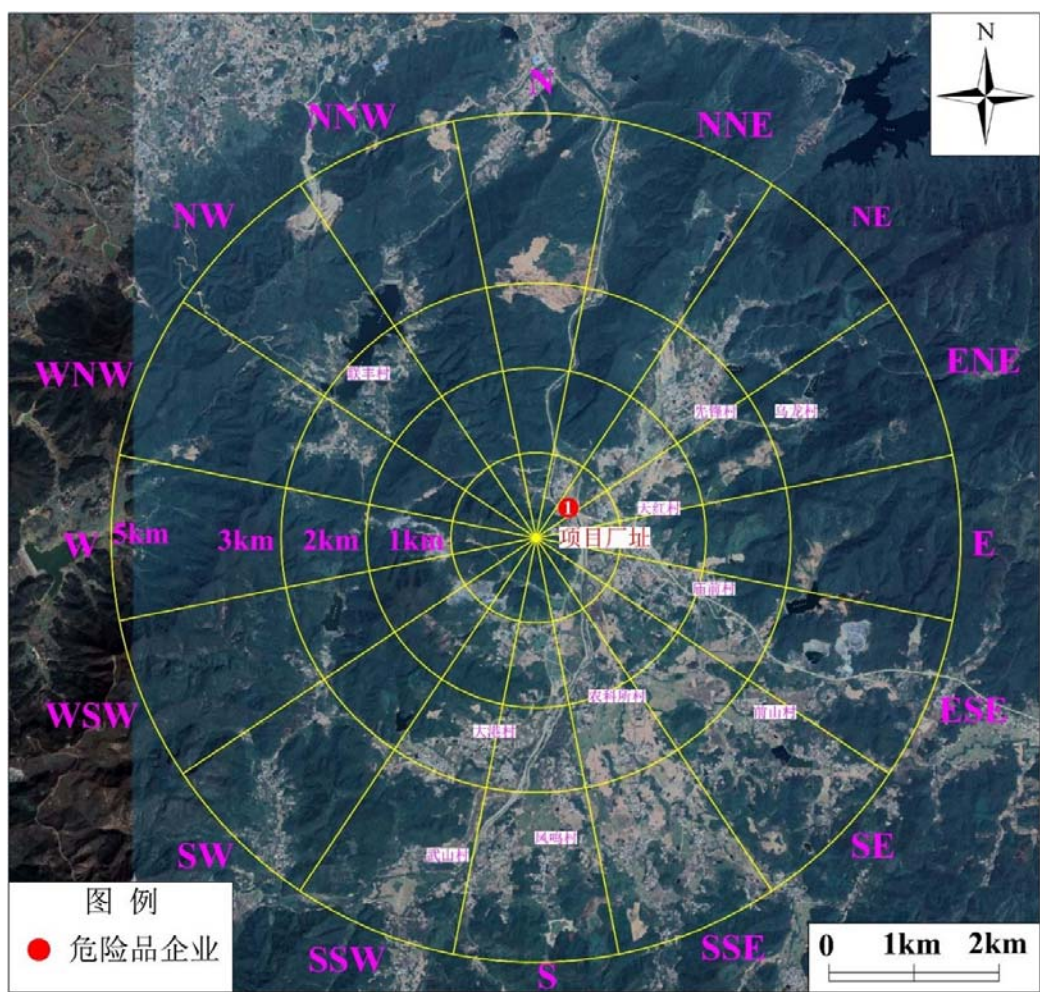


图 2.4-11 厂址半径 5km 范围危险品分布图

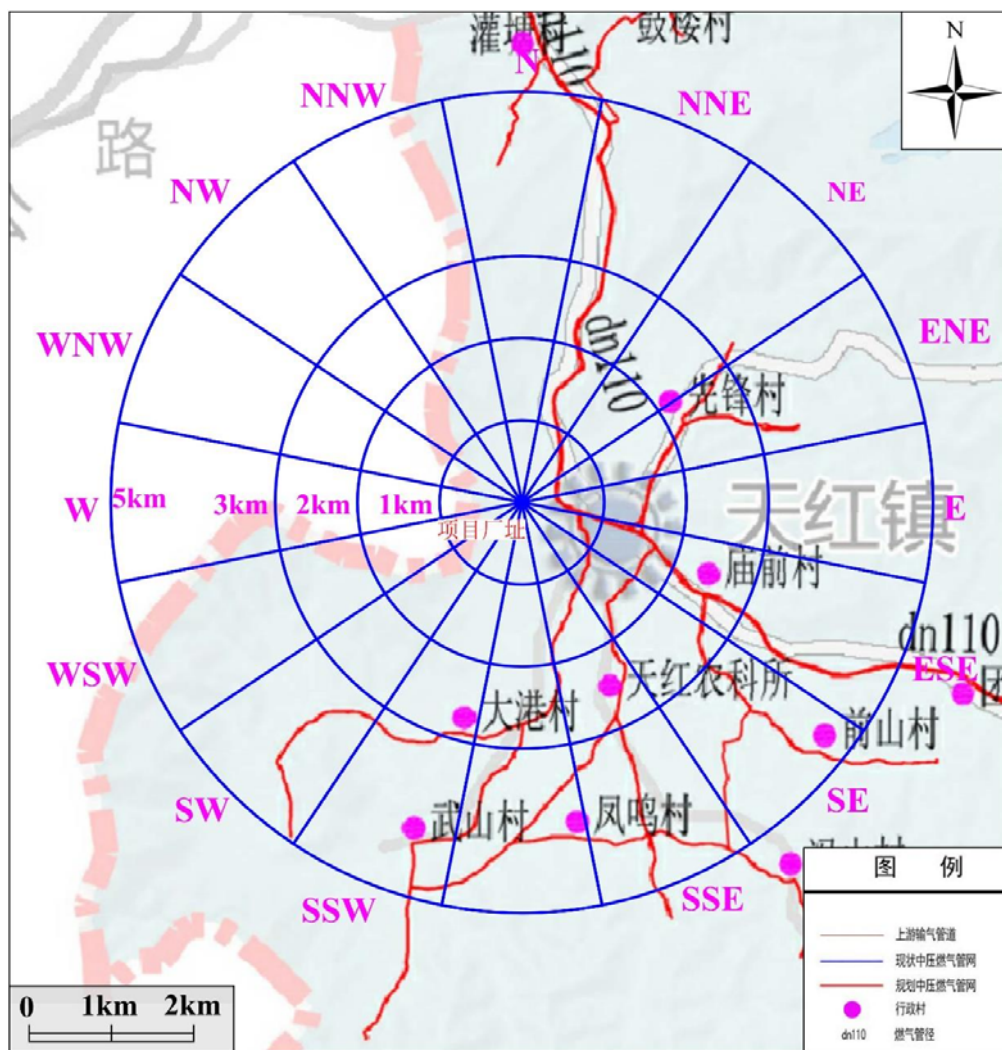


图 2.4-12 厂址半径 5km 天然气规划图

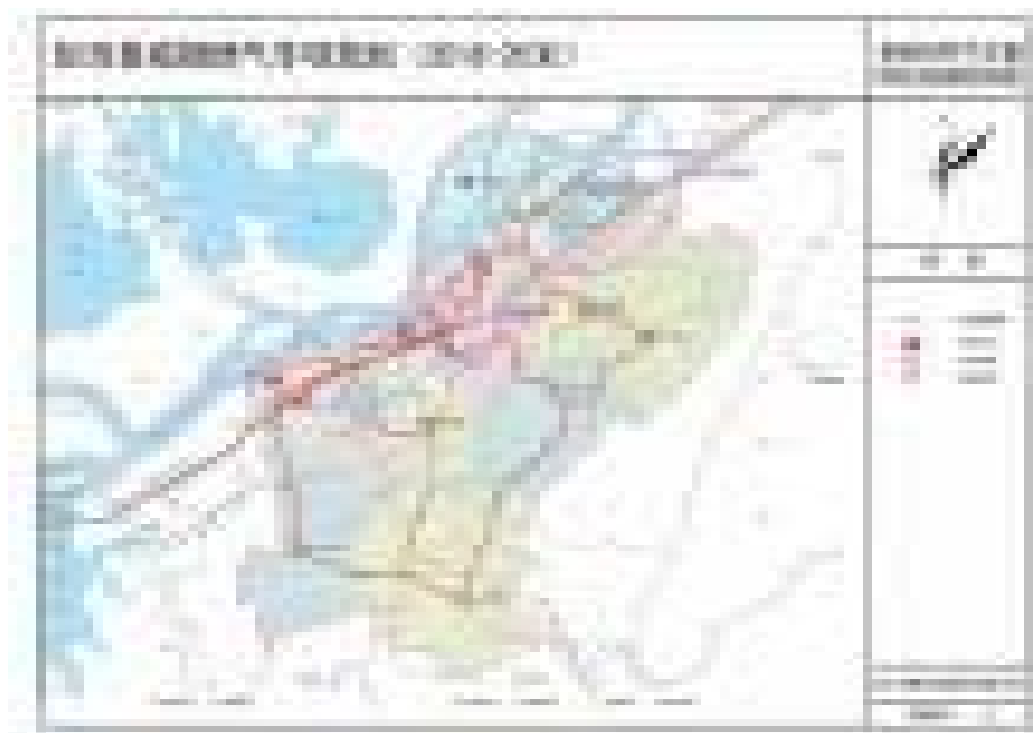


图 2.4-13 彭泽县县域天然气主管网及设施规划图

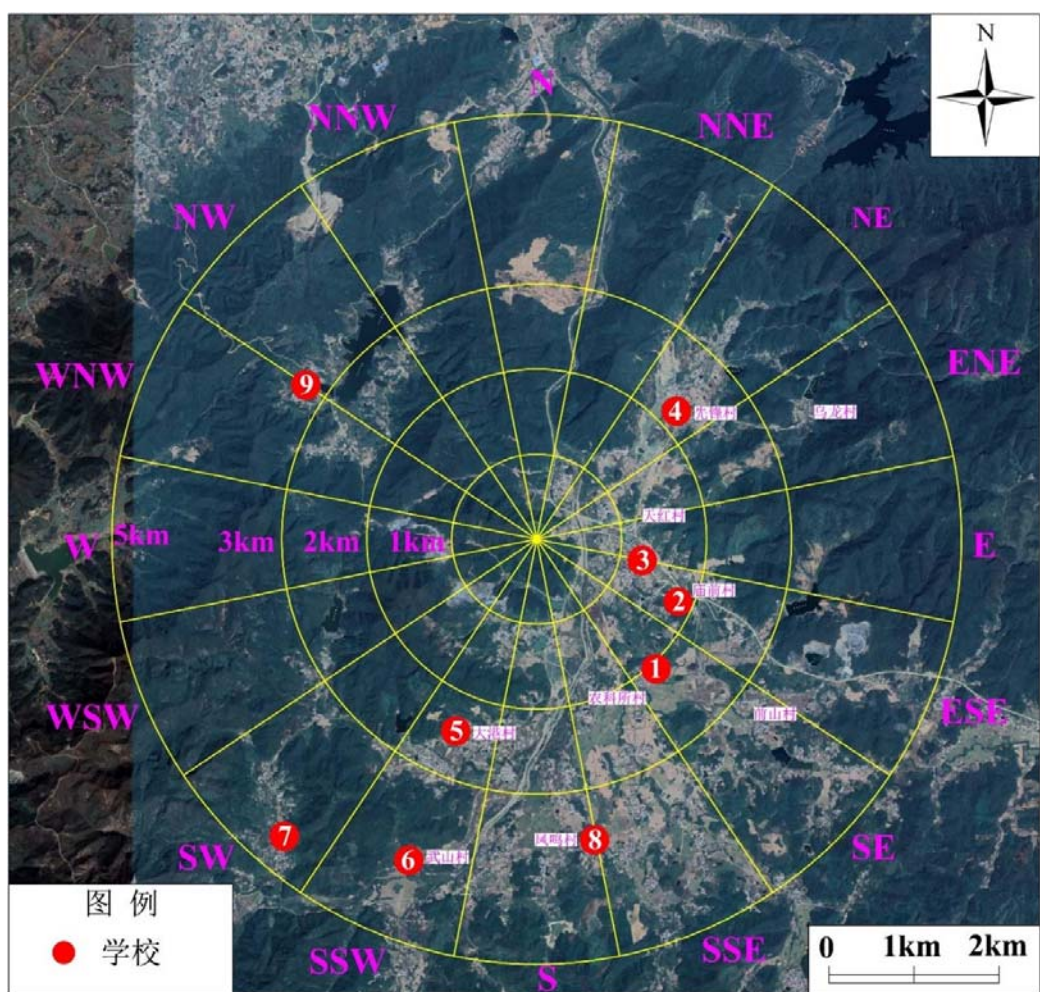


图 2.4-14 厂址半径 5km 范围学校分布图

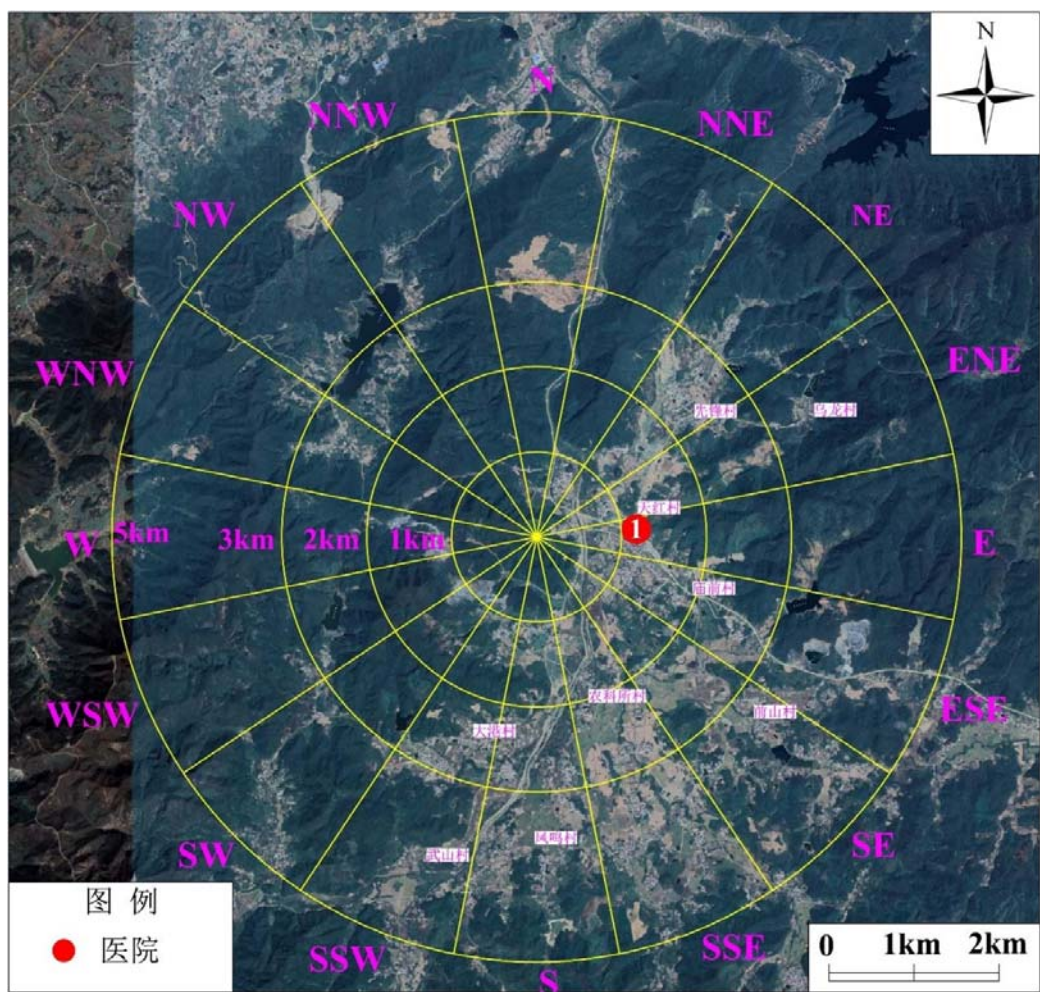


图 2.4-15 厂址半径 5km 范围医疗设施分布图

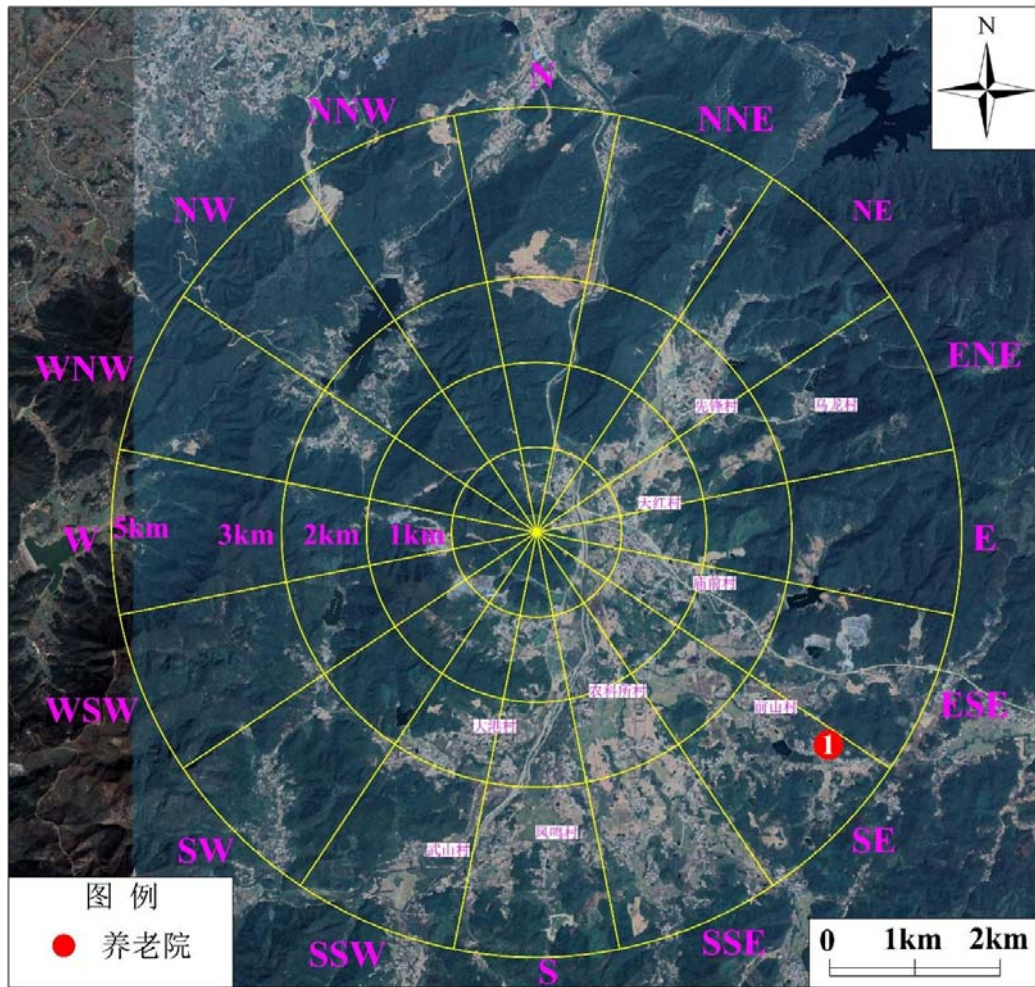


图 2.4-16 厂址半径 5km 范围养老院分布图

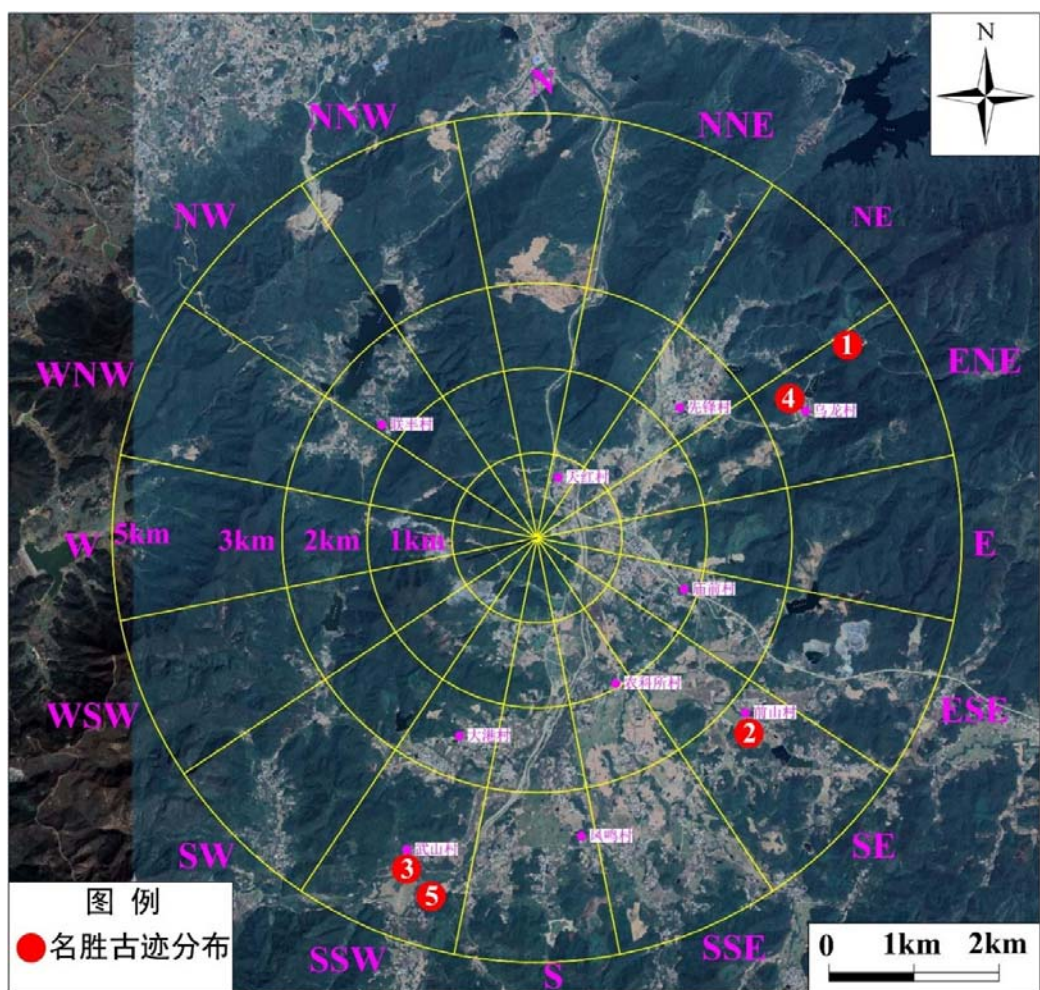


图 2.4-17 厂址半径 5km 范围内名胜古迹分布

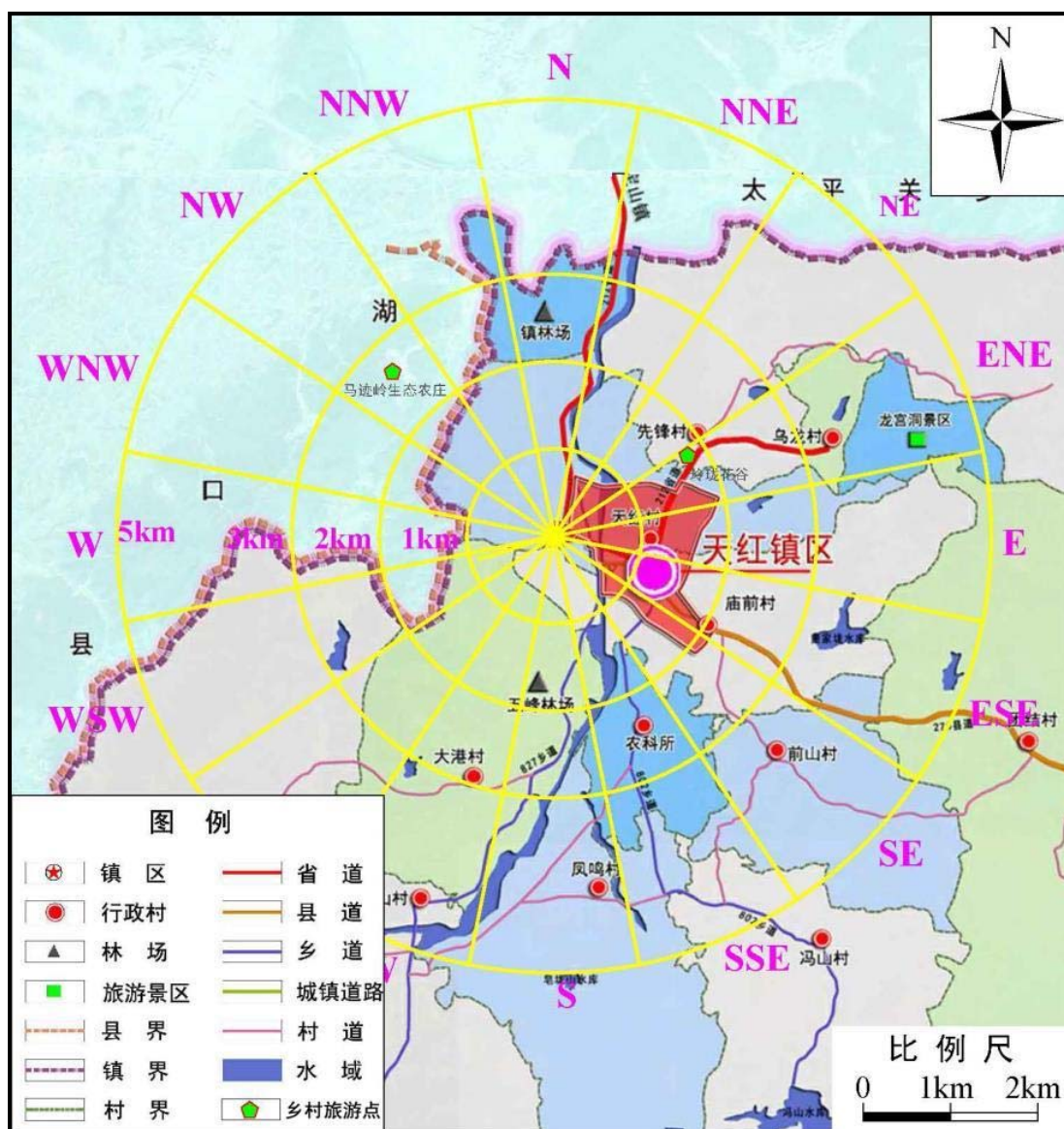


图 2.4-18 厂址半径 5km 内范围旅游风景区分布

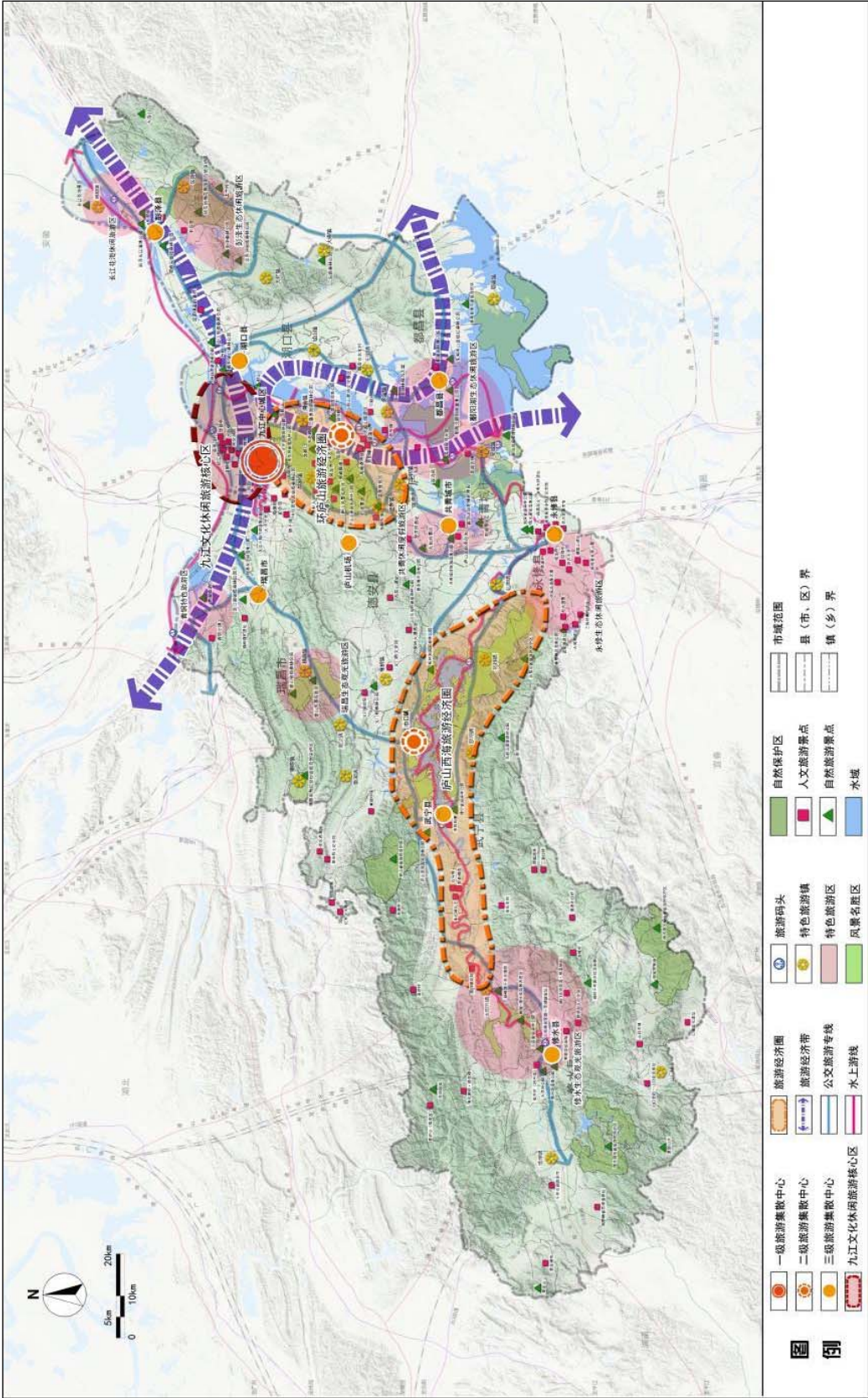


图 2.4-19 九江市域旅游规划图

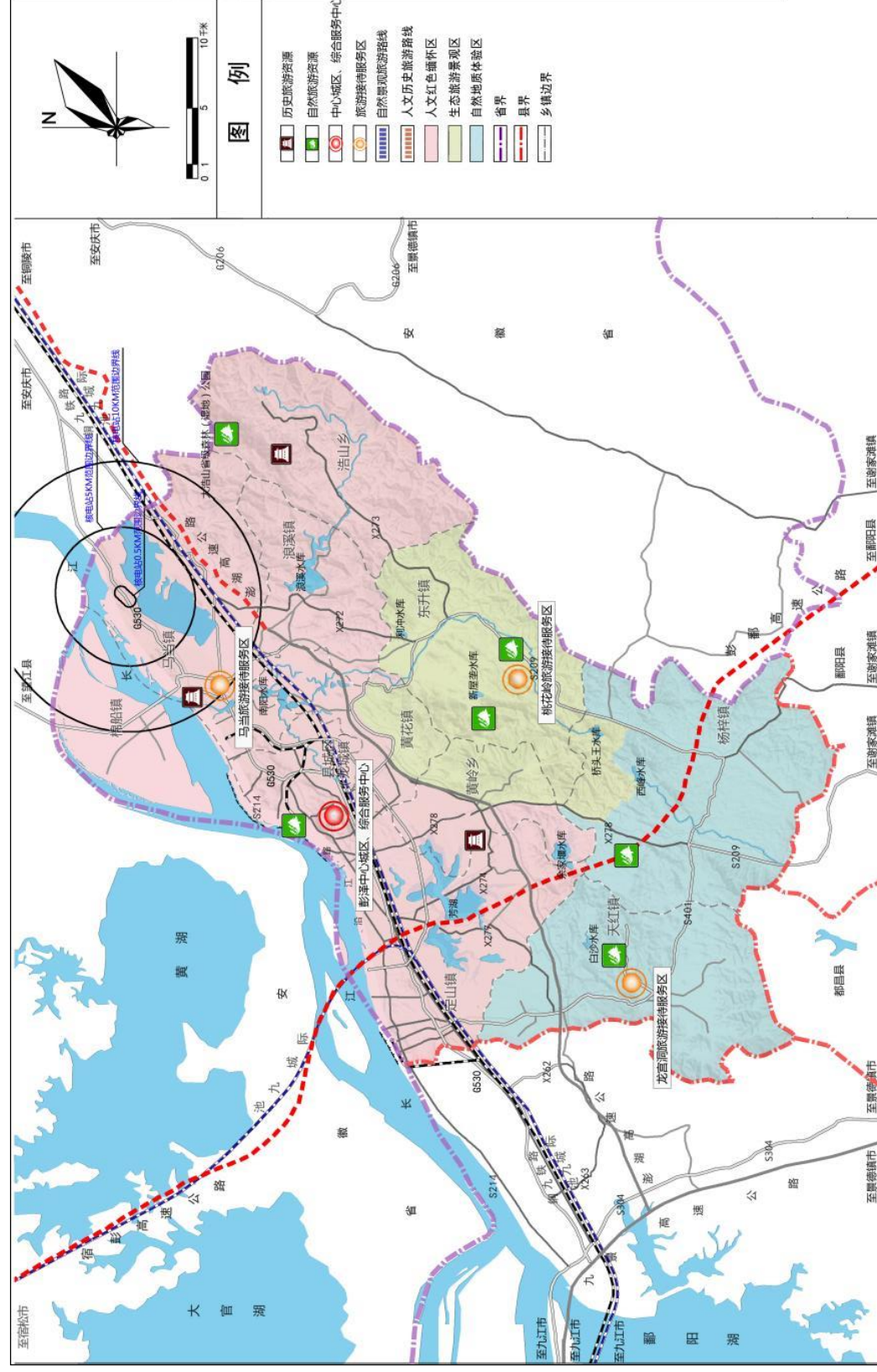
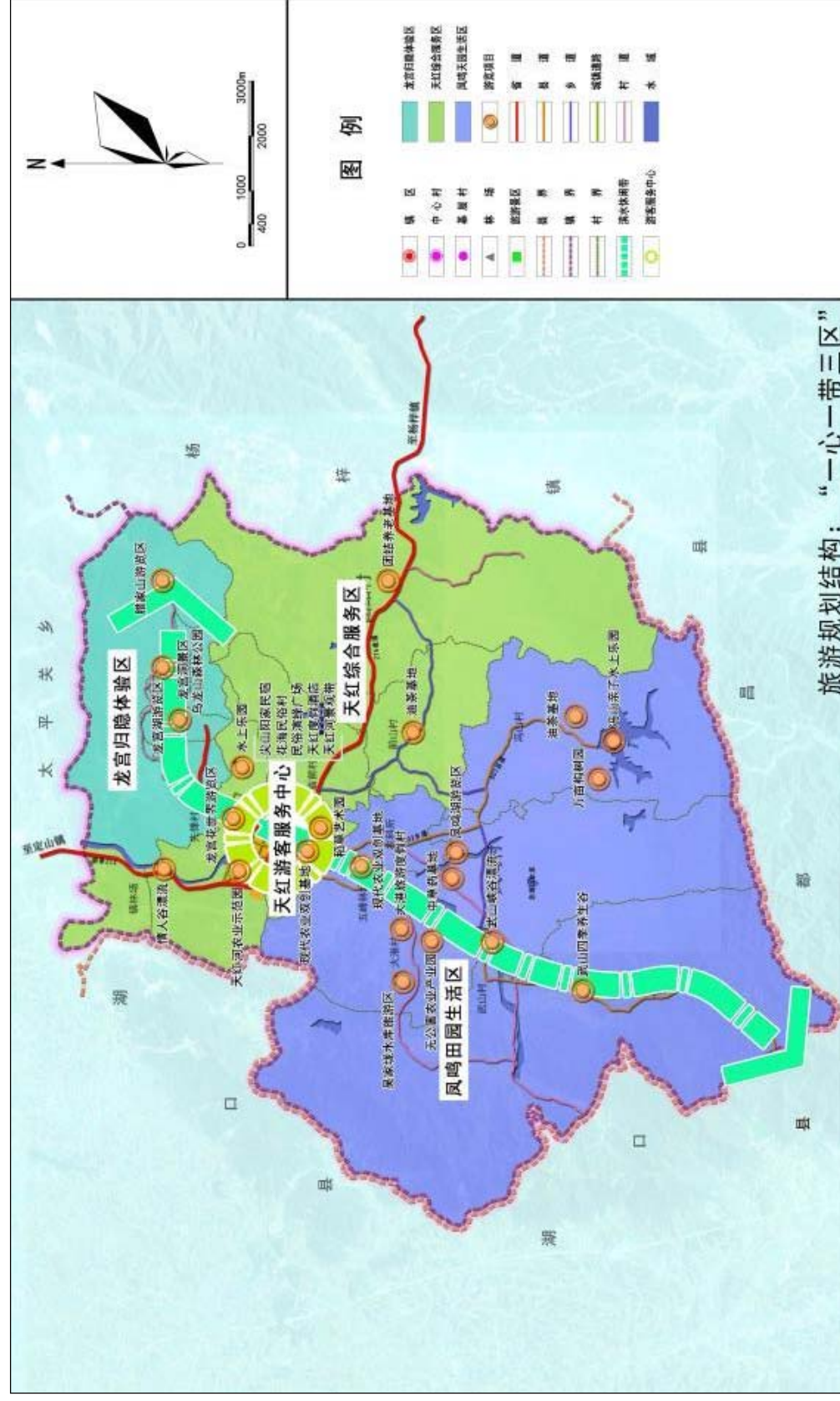


图 2.4-20 彭泽县域旅游规划





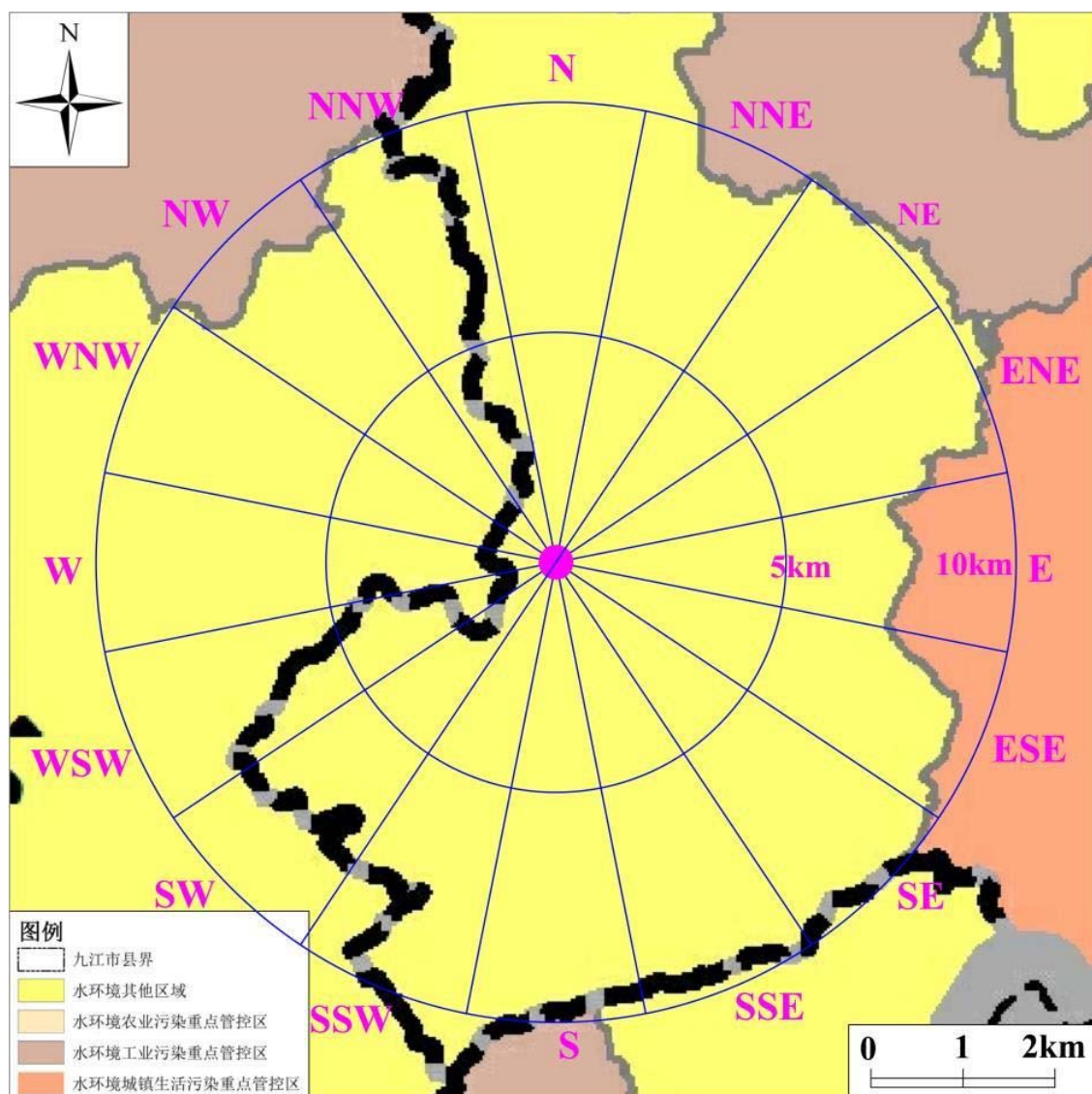


图 2.4-23 厂址周边半径 10km 范围水环境管控分布图

2.5 气象

2.5.1 区域气候和当地的气象条件

2.5.1.1 概述

项目所在地属亚热带湿润季风气候区，气候温和，雨量丰沛，光照充足，冷暖变化显著，气象灾害繁多。四季长短不同，但季节特征明显，春季温暖湿润，夏季炎热多雨，秋季凉爽干燥，冬季干冷少雨。夏季受西太平洋副热带高压控制和影响，盛行偏南风；冬季受大陆冷高压的控制和影响，盛行偏北风。冰冻期较短，无霜期较长。

选取本项目厂址 80km 范围各方位上的望江、宿松、湖口、庐山、都昌、景德镇国家气象站进行分析。从地形地貌相似性、资料数据的可靠性、完整性与一致性角度考虑，同时选取距厂址 1.4km 的区域气象站天红站与上述国家站风、气温、降水等要素开展相关分析。综合地形地貌、资料的可靠性、一致性、代表性等分析结果，确定湖口气象站为厂址气象代表站。

2.5.1.2 区域气候要素

根据代表气象站湖口站 1959~2020 年的气象观测资料，统计区域常规气象参数如下：

1) 气温

累年平均气温为 17.1℃，其中 7 月最高，1 月最低。累年各月平均最高温度为 35.8℃，累年各月平均最低温度为-1.9℃。

极端最高气温为 40.8℃，出现在 2003 年 8 月 2 日，极端最低气温为-12.4℃，出现在 1991 年 12 月 29 日。

2) 降水

累年平均降水量为 1434.3mm，累年各月平均降水量中 6 月最大，12 月最小。累年各月最大降水量为 6 月，最大降水量为 646.1mm，日最大降水量在 7 月，值为 182.2mm。累年平均降水日数为 141.7 天，累年各月平均降水日数为 11.8 天。累年各月中最多降水日数为 3 月和 4 月，有 25 天。

年最多降水日数为 1975 年，有 196 天。连续最长降水日数有 17 天，出现在 2019 年 2 月 7 日，这个过程降水量为 178.3mm。年最大降水量为 1999 年，值为

2094.8mm。连续一次最大降水量为 526.4mm，出现在 1979 年 7 月 8 日，共持续 13 天。在 NNE 风向上年降水量为最大，最小在 WSW 风向上。

3) 相对湿度

累年平均相对湿度为 78%。平均相对湿度的年内变化浮动较小，6 月平均相对湿度最高，为 83%，10 月平均相对湿度最低，为 74%。累年各月最小相对湿度中最低为 9%。

4) 气压

累年平均气压为 1011.5hPa。累年各月平均气压中 12 月平均气压最高，为 1022.2hPa，7 月平均气压最低，为 999.6hPa。累年各月最高气压为 1039.2hPa，累年各月最低气压为 988.1hPa。

5) 风向、风速

累年年平均风速为 2.7m/s，累年各月平均风速中 2 月，为 3.0m/s，6 月最小，为 2.4m/s。

年最大风速为 24.6m/s，年极大风速为 35.5m/s，年最大风速和年极大风速均出现在 2018 年 3 月 4 日，风向均为 SSW。

近三十年累年主导风向为 N-NE，风向频率为 30%，静风频率为 11%。风玫瑰见图 2.5-1。

6) 蒸发量

累年平均蒸发量为 1461.4mm，7 月蒸发量最大，为 216.6mm，1 月蒸发量最小，为 51.2mm。累年各月最小蒸发量为 24.7mm。累年中年最大蒸发量为 1959 年，最小为 1999 年。

7) 水汽压

累年平均水汽压为 17.3hPa。累年各月平均水汽压中 7 月平均水汽压最高，为 31.4hPa，1 月平均水汽压最低，为 6.5hPa。累年各月最高水汽压中最高为 42.1hPa，累年各月最低水汽压中最低为 1.8hPa。

8) 日照

累年平均日照小时数为 1867.6h，各月平均日照小时数中 7 月最大，2 月最小。

2.5.1.3 极端气象事件与参数

1) 热带气旋

统计 1949~2020 年影响厂址周围半径 100km 范围内的热带气旋一共 19 个, 平均每年 0.26 个。各年影响个数存在差别, 最多一年出现 2 个, 为 1994 年和 2015 年。由于厂址属于内陆地区, 其周围半径 100km 范围内的热带气旋强度大部分已降低至热带风暴或热带低压。

受热带气旋的影响主要表现为热带气旋带来的降水和大风。从降水来看, 上述热带气旋产生的降水影响及影响时间存在差异, 产生 1、2、3、4 日降水影响的热带气旋个数分别为 3、4、2、2; 进一步统计发现, 24 小时降水量为小雨等级的有 1 次, 中雨等级的有 4 次, 大雨等级的有 3 次, 暴雨等级的有 3 次。从最大风速上看, 热带气旋产生的风影响以 3~4 级为主, 共有 9 次, 而 5 级和 6 级均仅有 1 次。

2) 龙卷风

龙卷风评价调查范围为厂址为中心、半径 100km 的区域, 大致以厂址为中心, 覆盖江西、安徽、湖北三省所涉及的 39 个县(市、区), 跨越最大的地理区域约在 28.17°N ~ 31.08°N , 114.71°E ~ 117.98°E , 实际调查面积约 61393.39km^2 。调查年代为 1971~2020 年共 50 年。

1971-2020 年 50 年之间, 评价区域调查有龙卷风事件 78 次, 平均每年 1.56 次。龙卷风出现最多年份为 1985 年, 当年龙卷风累计出现了 7 次。其次为 2007 年, 龙卷风累计出现 6 次。

调查区域龙卷风主要出现于春、夏的 3 月至 8 月之间。7 月由于暖气团暖切变线, 导致成为龙卷风发生的最高峰时期。4~5 月冷锋类强对流天气较多, 因此也是龙卷风发生的较高峰时期。秋、冬季节的 11 月至次年的 2 月均没有龙卷风事件发生的记录。相对而言, 以 4 月和 7 月出现的龙卷风事件强度略大。

调查表明龙卷风多发生在午后至傍晚即 13 时~19 时的这段时间内, 并且调查区域内以午后出现的龙卷风事件强度略大。主要是因为一天当中, 午后到傍晚由于下垫面受辐射增强, 加热低层大气, 从而导致大气层结的不稳定, 有利于强对流天气的形成, 由此也有利于龙卷风的发生。

采用导则推荐的富士达-皮尔森强度分类法, 依据对区域内所搜集到的龙卷风事件的风速、路径长度和宽度、破坏程度、飞射物的大小等参数逐次进行分类。

1971 年~2020 年 50 年间，调查范围内龙卷风事件 78 次。其中 F0 级别龙卷风事件 16 次，F1 级别龙卷风事件 57 次，F2 级别龙卷风事件 5 次。

调查区域内历史最强龙卷风风速为 69.0m/s。其余龙卷风压降参数为：

最大风速	69.0m/s
最大旋转风速	55.58m/s
最大平移风速	13.42m/s
最大旋转风速半径	50m
总压力降	35.53hPa
压降速率	8.62hPa/s

3) 极端气温

收集湖口、都昌、庐山（山下）、景德镇、宿松、望江 6 个站自有记录以来至 2020 年的历年年最高气温和最低温度，并利用耿贝尔概率模型进行了拟合，计算出了各个气象站 100 年的极端最高温度和最低气温。在各个气象站中景德镇站极端高温拟合值最高，且 100 年一遇最高温度拟合值（42.6℃）高于历史实测值（41.8℃），故选用该站结果作为 100 年一遇最高温度。在各个气象站中望江站最低温度拟合值最低，为-13.7℃，但该拟合值小于实测最低气温-16.0℃，保守考虑，推荐厂址 100 年一遇最低气温-16.0℃。

4) 极端风

根据湖口、都昌、庐山（山下）、景德镇、宿松、望江 6 个站的历年最大风速资料序列，应用耿贝尔概率模型进行了拟合，计算出了各个气象站 100 年的最大风速，结果显示，在各个气象站中宿松站风速拟合值最高，且宿松站 100 年一遇最大风速拟合值（28.7m/s）高于历史实测值 26.3m/s，故选用该站拟合结果作为该项目的推荐最大风速，项目所在地重现期为 100 年的最大风速为 28.7m/s。

基于各个气象站自建站以来日最大风速与日极大风速观测值，建立两者的线性回归关系，结合各站最大风速拟合结果，推算对应极大风速的推荐值。结果显示，都昌站的极大风速拟合推荐值最大，为 45.5m/s，故选用 45.5m/s 作为 100 年的极大风速。

5) 极端降雨

采用皮尔逊III型分布进行极端降水计算。收集湖口、都昌、庐山（山下）、景德镇、望江、宿松 6 个站自有记录以来至 2020 年历年不同历时（10min、1h、6h、12h、24h）的极端降水记录，区域 10min、1h、6h、12h、24h 降水历史极值分别是 42.7mm（都昌站）、106.1mm（都昌站）、221.2mm（景德镇站）、298.1mm（景德镇站）、387.1mm（景德镇站）。通过概率论法计算得到的厂址不同重现期不同历时最大降水推荐显示区域 10min、1h、6h、12h、24h 极端降水 100 年一遇拟合值最大为 36.5mm（都昌站）、107.2mm（都昌站）、223.2mm（景德镇站）、260.5mm（景德镇站）、384.3mm（景德镇站）。

对比不同时段降水历史极值与拟合最大值发现，10min、12h、24h 极端降水 100 年一遇的拟合结果低于实测值，因此将实测结果作为相对于时段 100 年一遇的降水极端值，而其他重现期的极端降水推荐值仍采用本次计算结果（表 2.5-1）。

6) 极端积雪

收集湖口、都昌、庐山（山下）、景德镇、宿松、望江 6 个站自有记录以来至 2020 年的历年最大雪深。利用耿贝尔概率模型对各站最大积雪深度进行拟合，计算出了各个气象站 100 年一遇的积雪深度，结果显示，湖口站最大雪深拟合值最高，且湖口站 100 一遇的最大积雪深度拟合值（29.1cm）高于实测历年极值（28cm），因此选用湖口站拟合结果作为厂址的推荐最大雪深，利用雪压经验公式换算得到建议厂址极端积雪 100 年一遇的雪压为 513.3Pa。

收集湖口、都昌、庐山（山下）、景德镇、宿松、望江 6 个站自有记录以来历年冬季日平均地表温度及日最大降水资料，采用皮尔逊-III型分布计算各站冬季 48h 最大降水拟合结果并入冬季 48h 最大降水的极端积雪统计结果发现，望江站考虑冬季降水时的极端雪压最大，考虑冬季降雨的 100 年一遇的最大雪压为 860.4Pa。

7) 其他极端气象现象

厂址区域其它极端气象事件主要包括雷暴、干旱、霜、大雾、冰雹、飏等。

2.5.2 联合频率

2.5.2.1 大气稳定度

大气稳定度是表征大气系统垂直运动能力的物理量，反映了局地大气的湍流状态。按照帕斯奎尔（Pasquill）稳定度分类法分为强不稳定、不稳定、弱不稳

定、中性、较稳定和稳定六类，分别由 A、B、C、D、E 和 F 表示。根据《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》（GB/T3840-91）中推荐的方法进行划分统计，具体计算方法如下：

首先计算太阳倾角 δ 。

$$\delta = [0.006918 - 0.399912 \cos \theta_0 + 0.070257 \sin \theta_0 - 0.006758 \cos 2\theta_0 + 0.000907 \sin 2\theta_0 - 0.002697 \cos 3\theta_0 + 0.001480 \sin 3\theta_0] \times 180 / \pi$$

式中：

θ_0 ：360dn/365，deg；

δ ：太阳倾角，deg；

d_n ：一年中日期的序数，无量纲，取值 1,2,3,4 至 365。

之后根据下式计算太阳高度角 h_0 。

$$h_0 = \arcsin[\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos(15t + \lambda - 300)]$$

式中：

h_0 ：太阳高度角，deg；

δ ：太阳倾角，deg；

ϕ ：当地纬度，deg；

λ ：当地经度，deg；

t ：当天时刻，h。

再由表 2.5-2 根据太阳高度角 h_0 和云量查出太阳辐射等级。

最后由表 2.5-3 根据地面风速和太阳辐射等级查出该时刻大气稳定度等级。

根据上述计算方法得到，中性天气类（D）出现频率为 51.6%，稳定天气类（E、F）出现频率为 27.6%，不稳定天气类（A、B、C）出现频率为 20.9%。

2.5.2.2 联合频率

选用厂址代表站湖口气象站 2020 年 1 月~2020 年 12 月一整年的逐时刻气象观测资料，统计厂址地区 10m 高度风向、风速、大气稳定度三维联合频率以及 10m 高度风向、风速、大气稳定度、降雨（有雨、无雨）四维联合频率，分别见表 2.5-4~表 2.5-6。

2020 年当地全年以 N~NE 方向为主导风向，风向频率合计 43.03%。年平均风速 2.7m/s，NNE 风向下的平均风速最大（4.3m/s），ESE 方向下的平均风速最

小（1.5m/s），静风频率 2%。

2.5.3 混合层高度

边界层中的空气明显的受地面摩擦或热力作用影响，因而在某个高度的稳定层下会出现显著的垂直混合，形成混合层。污染气象学定义混合层为湍流特征不连续界面以下湍流充分发展的大气层，其厚度就是混合层厚度，它表征了污染物在垂直方向上被热力湍流稀释的范围。根据以下方法确定混合层厚度。

在大气稳定度为 A、B、C 和 D 类时：

$$L_b = a_s \frac{u_{10}}{f}$$

式中：

L_b ：混合层厚度，m；

u_{10} ：10m 高度处的平均风速，m/s。大于 6m/s 时取 6m/s；

a_s ：混合层系数，无量纲。可从我国各地区混合层系数值推荐表选取；

f ：地转参数；

Ω ：地转角速度，rad/s。取值为 7.29E-05rad/s；

ϕ ：地理纬度，deg。

根据上述方法计算得到 A~D 类稳定度的混合层高度分别为 1210m、1033m、996m、660m，见表 2.5-7。

2.5.4 大气扩散参数

扩散参数采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）中推荐的 P-G 扩散参数，根据《空气污染气象学教程》（蒋维楣等编著）中给出的 P-G 扩散参数拟合得到的横向及垂直扩散参数幂函数表达式系数值见表 2.5-8，拟合时不考虑距离分段。

表 2.5-1 区域不同历时降水推荐值（单位：mm）

项目 不同历时	重现期		
	50 年	100 年	1000 年
10min	32.8	42.7	48.8
1h	96.9	107.2	139.7
6h	197.8	223.2	307.3
12h	234.7	298.1	343.5
24h	336.8	387.1	540.5

表 2.5-2 太阳辐射等级

总云量/低云量	夜间	h ₀			
		h ₀ ≤15°	15°<h ₀ ≤35°	35°<h ₀ ≤65°	h ₀ >65°
≤4/≤4	-2	-1	+1	+2	+3
5~7/≤4	-1	0	+1	+2	+3
≥8/≤4	-1	0	0	+1	+1
≥5/5~7	0	0	0	0	+1
≥8/≥8	0	0	0	0	0

表 2.5-3 大气稳定度等级

地面风速 m/s	太阳辐射等级					
	+3	+2	+1	0	-1	-2
≤1.9	A	A~B	B	D	E	F
2~2.9	A~B	B	C	D	E	F
3~4.9	B	B~C	C	D	D	E
5~5.9	C	C~D	D	D	D	D
≥6	D	D	D	D	D	D

注：地面风速值离地面 10m 高度处 10 分钟平均风速。

表 2.5-4 湖口气象站三维联合频率(统计年份: 2020) 单位: %

类别	风速级	平均 风速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	总
A	<0.5m/s	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	$0.5 \leq u \leq 1.9\text{m/s}$	1.42	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.08	0.05	0.03	0.03	0.07	0.05	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.39
	$2.0 \leq u \leq 2.9\text{m/s}$	2.56	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.08	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.18
	$3.0 \leq u \leq 4.9\text{m/s}$	3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$5.0 \leq u \leq 5.9\text{m/s}$	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$u \geq 6.0\text{m/s}$	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	<0.5m/s	0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.17
	$0.5 \leq u \leq 1.9\text{m/s}$	1.37	0.24	0.20	0.20	0.19	0.38	0.33	0.42	0.35	0.32	0.66	0.43	0.22	0.09	0.08	0.28	0.17	0.00	4.58
	$2.0 \leq u \leq 2.9\text{m/s}$	2.4	0.13	0.15	0.08	0.06	0.10	0.02	0.02	0.07	0.07	0.19	0.23	0.08	0.10	0.09	0.14	0.18	0.00	1.71
	$3.0 \leq u \leq 4.9\text{m/s}$	3.9	0.42	0.24	0.14	0.13	0.03	0.01	0.01	0.06	0.11	0.32	0.18	0.01	0.06	0.25	0.33	0.33	0.00	2.63
	$5.0 \leq u \leq 5.9\text{m/s}$	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$u \geq 6.0\text{m/s}$	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	<0.5m/s	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$0.5 \leq u \leq 1.9\text{m/s}$	1.33	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	$2.0 \leq u \leq 2.9\text{m/s}$	2.47	0.24	0.28	0.31	0.10	0.14	0.03	0.15	0.27	0.14	0.31	0.43	0.06	0.05	0.14	0.27	0.27	0.00	3.19
	$3.0 \leq u \leq 4.9\text{m/s}$	3.90	1.13	1.12	0.74	0.40	0.11	0.01	0.06	0.27	0.64	0.89	0.36	0.00	0.14	0.51	0.46	0.48	0.00	7.31
	$5.0 \leq u \leq 5.9\text{m/s}$	5.39	0.11	0.08	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.20	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00	0.71
	$u \geq 6.0\text{m/s}$	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	<0.5m/s	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.36
	$0.5 \leq u \leq 1.9\text{m/s}$	1.33	0.82	0.74	0.66	0.43	0.32	0.35	0.36	0.43	0.42	0.33	0.22	0.24	0.17	0.28	0.55	0.83	0.00	7.16

	2.0≤u≤2.9m/s	2.48	1.31	0.97	0.94	0.43	0.11	0.07	0.24	0.55	0.32	0.20	0.22	0.06	0.07	0.36	0.68	1.07	0.00	7.60
	3.0≤u≤4.9m/s	3.83	3.49	3.34	2.69	0.55	0.08	0.06	0.44	1.46	1.58	0.54	0.11	0.05	0.07	0.83	1.42	1.78	0.00	18.48
	5.0≤u≤5.9m/s	5.42	1.13	1.92	1.53	0.06	0.06	0.01	0.03	0.13	1.00	0.64	0.05	0.02	0.03	0.24	0.40	0.24	0.00	7.48
	u≥6.0m/s	7.39	0.83	3.45	2.40	0.02	0.02	0.02	0.00	0.06	1.61	1.48	0.07	0.00	0.05	0.27	0.16	0.06	0.00	10.50
E	<0.5m/s	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.51
	0.5≤u≤1.9m/s	1.30	0.92	0.79	1.09	0.63	0.47	0.33	0.40	0.54	0.32	0.16	0.15	0.10	0.06	0.19	0.30	0.67	0.00	7.10
	2.0≤u≤2.9m/s	2.46	0.52	0.63	0.88	0.30	0.02	0.13	0.26	0.77	0.24	0.11	0.03	0.00	0.07	0.09	0.50	0.64	0.00	5.19
	3.0≤u≤4.9m/s	3.67	0.59	0.92	0.79	0.06	0.01	0.02	0.05	0.43	0.39	0.08	0.00	0.01	0.00	0.23	0.48	0.31	0.00	4.36
	5.0≤u≤5.9m/s	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	<0.5m/s	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.47
	0.5≤u≤1.9m/s	1.22	0.80	0.59	0.61	0.46	0.34	0.19	0.36	0.34	0.15	0.17	0.15	0.05	0.02	0.13	0.40	0.61	0.00	5.37
	2.0≤u≤2.9m/s	2.43	0.59	0.54	0.47	0.07	0.00	0.01	0.15	0.33	0.20	0.07	0.02	0.01	0.02	0.31	0.67	0.54	0.00	4.00
	3.0≤u≤4.9m/s	3.0	0.02	0.08	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.08	0.10	0.00	0.52
	5.0≤u≤5.9m/s	/	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	u≥6.0m/s	/	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2.5-5 湖口气象站四维联合频率（有雨）(统计年份：2020) 单位：%

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	总
A	<0.5m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5≤u≤1.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0≤u≤2.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
	3.0≤u≤4.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5.0≤u≤5.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	u≥6.0m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	<0.5m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.05
	0.5≤u≤1.9m/s	0.08	0.06	0	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0	0	0.01	0	0	0.02	0.1	0.02	0	0.38
	2.0≤u≤2.9m/s	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0.04
	3.0≤u≤4.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.01	0.01	0	0.04
	5.0≤u≤5.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	u≥6.0m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	<0.5m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.5≤u≤1.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0≤u≤2.9m/s	0.03	0.03	0.06	0.01	0.01	0	0.01	0.03	0.02	0.01	0	0	0	0.01	0.03	0.07	0	0.32
	3.0≤u≤4.9m/s	0	0.08	0.09	0.03	0.01	0	0	0.01	0.03	0.05	0	0	0	0.1	0.06	0.03	0	0.49
	5.0≤u≤5.9m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	u≥6.0m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	<0.5m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0.07
	0.5≤u≤1.9m/s	0.1	0.13	0.15	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.1	0.03	0.02	0.02	0.05	0.06	0.09	0.18	0	1.15

	$2.0 \leq u \leq 2.9 \text{ m/s}$	0.22	0.25	0.18	0.1	0.02	0.02	0.02	0.05	0.09	0.07	0.02	0.02	0.01	0.02	0.08	0.08	0.3	0	1.53
	$3.0 \leq u \leq 4.9 \text{ m/s}$	0.9	0.83	0.55	0.07	0.01	0.02	0.02	0.1	0.18	0.2	0.05	0.03	0.02	0.01	0.13	0.26	0.5	0	3.86
	$5.0 \leq u \leq 5.9 \text{ m/s}$	0.38	0.36	0.22	0.01	0.05	0.01	0.01	0.02	0	0.08	0.02	0	0.01	0	0.05	0.09	0.02	0	1.32
	$u \geq 6.0 \text{ m/s}$	0.39	0.89	0.34	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0.17	0.09	0.01	0	0.01	0.05	0.03	0.05	0	2.06
E	$< 0.5 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01
	$0.5 \leq u \leq 1.9 \text{ m/s}$	0.07	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.07	0.02	0.01	0.01	0.01	0	0.03	0.01	0.07	0	0.43
	$2.0 \leq u \leq 2.9 \text{ m/s}$	0	0.02	0.01	0	0	0.06	0.03	0.03	0.05	0.07	0.02	0	0	0.01	0	0.1	0.08	0	0.45
	$3.0 \leq u \leq 4.9 \text{ m/s}$	0.03	0.03	0.02	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.1
	$5.0 \leq u \leq 5.9 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$u \geq 6.0 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	$< 0.5 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$0.5 \leq u \leq 1.9 \text{ m/s}$	0	0.02	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0	0.08
	$2.0 \leq u \leq 2.9 \text{ m/s}$	0.01	0	0.02	0.03	0	0	0	0	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	$3.0 \leq u \leq 4.9 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0.01
	$5.0 \leq u \leq 5.9 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$u \geq 6.0 \text{ m/s}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2.5-6 湖口气象站四维联合频率（无雨）（统计年份：2020） 单位：%

类别	风速级	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	总
A	<0.5m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.08	0.05	0.03	0.03	0.07	0.05	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.39
	2.0≤u≤2.9m/s	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.17
	3.0≤u≤4.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	<0.5m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.13
	0.5≤u≤1.9m/s	0.16	0.15	0.20	0.18	0.36	0.32	0.39	0.32	0.32	0.66	0.42	0.22	0.09	0.06	0.18	0.15	0.00	4.18
	2.0≤u≤2.9m/s	0.11	0.15	0.08	0.06	0.10	0.01	0.02	0.07	0.07	0.19	0.23	0.08	0.10	0.08	0.13	0.18	0.00	1.66
	3.0≤u≤4.9m/s	0.42	0.24	0.14	0.13	0.03	0.01	0.01	0.06	0.11	0.32	0.18	0.01	0.06	0.23	0.32	0.32	0.00	2.58
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	<0.5m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5≤u≤1.9m/s	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	2.0≤u≤2.9m/s	0.20	0.25	0.25	0.09	0.13	0.03	0.14	0.24	0.11	0.30	0.43	0.06	0.05	0.13	0.24	0.20	0.00	2.85
	3.0≤u≤4.9m/s	1.13	1.04	0.65	0.36	0.10	0.01	0.06	0.26	0.60	0.84	0.36	0.00	0.14	0.41	0.40	0.44	0.00	6.81
	5.0≤u≤5.9m/s	0.11	0.08	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.20	0.02	0.00	0.03	0.03	0.01	0.02	0.00	0.71
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	<0.5m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30
	0.5≤u≤1.9m/s	0.72	0.61	0.51	0.42	0.28	0.31	0.31	0.36	0.32	0.30	0.19	0.22	0.13	0.23	0.46	0.65	0.00	6.01
	2.0≤u≤2.9m/s	1.09	0.72	0.76	0.33	0.09	0.05	0.19	0.46	0.25	0.18	0.19	0.05	0.05	0.28	0.60	0.77	0.00	6.07

	3.0≤u≤4.9m/s	2.60	2.50	2.14	0.48	0.07	0.03	0.34	1.28	1.48	0.49	0.08	0.02	0.06	0.71	1.16	1.28	0.00	14.71
	5.0≤u≤5.9m/s	0.75	1.56	1.31	0.05	0.01	0.00	0.01	0.13	0.92	0.61	0.05	0.01	0.03	0.19	0.31	0.22	0.00	6.16
	u≥6.0m/s	0.44	2.56	2.06	0.01	0.01	0.01	0.00	0.06	1.43	1.39	0.06	0.00	0.03	0.23	0.13	0.01	0.00	8.44
E	<0.5m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50
	0.5≤u≤1.9m/s	0.85	0.76	1.06	0.61	0.43	0.31	0.38	0.47	0.30	0.15	0.14	0.09	0.06	0.16	0.28	0.60	0.00	6.65
	2.0≤u≤2.9m/s	0.52	0.60	0.87	0.30	0.02	0.07	0.23	0.73	0.17	0.09	0.03	0.00	0.06	0.09	0.40	0.56	0.00	4.74
	3.0≤u≤4.9m/s	0.56	0.90	0.76	0.06	0.01	0.02	0.03	0.43	0.39	0.08	0.00	0.01	0.00	0.23	0.47	0.31	0.00	4.26
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	<0.5m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.47
	0.5≤u≤1.9m/s	0.80	0.58	0.61	0.43	0.34	0.19	0.36	0.34	0.15	0.17	0.15	0.05	0.02	0.11	0.38	0.59	0.00	5.28
	2.0≤u≤2.9m/s	0.58	0.54	0.46	0.05	0.00	0.01	0.15	0.32	0.19	0.07	0.02	0.01	0.02	0.31	0.67	0.54	0.00	3.93
	3.0≤u≤4.9m/s	0.02	0.08	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.10	0.00	0.51
	5.0≤u≤5.9m/s	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	u≥6.0m/s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2.5-7 混合层高度推荐值

单位：m

稳定度	A	B	C	D
混合层高度	1210	1033	996	660

表 2.5-8 P-G 大气扩散参数

稳定度	水平扩散参数 ($\sigma_y = a \cdot x^p$)		垂直扩散参数 ($\sigma_z = b \cdot x^q$)	
	a	p	b	q
A	0.465	0.882	0.103	1.065
B	0.321	0.889	0.099	1.008
C	0.204	0.894	0.107	0.919
D	0.141	0.887	0.097	0.839
E	0.098	0.897	0.112	0.759
F	0.085	0.847	0.065	0.78

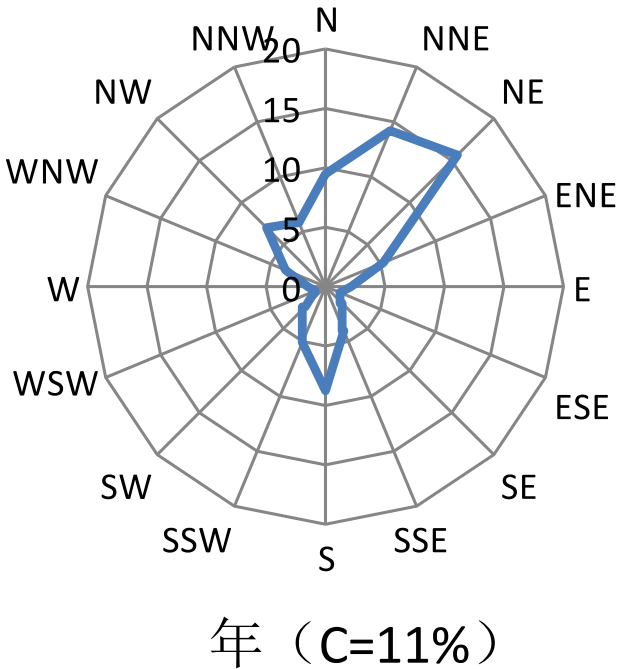


图 2.5-1 湖口站 1991～2020 年累年风向频率

2.6 水文

本节内容除特别说明外，高程系统均为 1985 国家高程基面。

2.6.1 地表水

2.6.1.1 河流水系

本项目位于太平河流域。太平河系长江下游右岸一级支流，又称太平港，因流经太平关而得名，位于江西省东北部，涉及江西省湖口县、彭泽县，东、南与响水河相邻，西与鄱阳湖子湖南北港接壤。太平河流域面积 264km^2 ，主河道长度 34.2km ，主河道纵比降 2.49% ，流域地形南高北低，植被良好。太平河流域水系见图 2.6-1。

太平河发源于都昌、湖口与彭泽三县交界的武山北麓，河源地理坐标东经 $116^{\circ} 24'$ ，北纬 $29^{\circ} 35'$ 。太平河自源头而下，过武山林场北行于彭泽县天红镇武山村，左岸纳东涧水，继续北行右岸纳葡萄港至天红镇。天红镇右侧乌洞山为龙宫洞省级森林公园，园内溶洞众多。后于天红村右岸纳阳家水，向北穿行 5km 峡谷，至太平关乡桥头华村左岸纳马迹岭水，继续北流于鼓楼村附近右岸纳袁家水，之后过太平关乡进入滨湖地带，左岸纳莲花水后，于太平关乡毕家渡注入芳湖，经芳湖调蓄后进入芙蓉墩镇芙蓉河，由芙蓉大闸汇入长江。河口位于东经 $116^{\circ} 28'$ ，北纬 $29^{\circ} 48'$ 。流域面积 10km^2 以上的一级支流有 6 条。

流域上游河宽一般不足 30m ，河道蜿蜒曲折，水势暴涨暴落，河床多为砾石组成，中下游属丘陵区，河面宽 $30\sim 80\text{m}$ ，水流平缓，河床多卵石、粗沙。

厂址以上太平河流域面积 118km^2 ，河长 13.5km ，比降 13% 。

2.6.1.2 水利工程

本工程以上太平河流域主要水利工程分布见图 2.6-2，其中小（二）型以上水库工程特性见表 2.6-1、表 2.6-2。

太平河流域已建中型水库 2 座，均位于本工程下游。其中马迹岭水库位于马迹岭水下游，总库容 1249万 m^3 ；白沙水库位于袁家水中游，总库容 1195万 m^3 。

厂址以上太平河流域建有小（一）型水库 3 座——乱石湾水库、冯山水库和七房涧水库，总库容分别为 395万 m^3 、 191.9万 m^3 、 134.3万 m^3 ，距本工程河道距离分别为 12.7km 、 8.5km 、 8.1km ；建有小（二）型水库 9 座，其中总库容大于 50万 m^3 的水库 1 座，为童家垅水库，总库容 60万 m^3 ，距本工程河道距离

4.9km；总库容 30 万~50 万 m^3 之间的水库 1 座，为石赞垅水库，总库容 35 万 m^3 ，距本工程河道距离 8.5km。

厂址紧邻的孙家垅水库（厂址区与孙家垅水库地理位置见图 2.4.1-3）属小山塘工程，集水面积 0.91km^2 ，设计标准 10 年一遇。水工建筑物主要有大坝、溢洪道、放水洞。大坝最大坝高 5m，坝顶高程 48m，最大储水量 18 万 m^3 。溢洪道位于大坝右侧，宽 2m，深 1.2m。放水洞口径 0.3m。本项目厂区会截断孙家垅水库的洪水下泄通道，为排泄上游洪水，将另外设置洪水通道。

2.6.1.3 水源

本项目规划建设 1 台 20MW 多功能生产堆，淡水主要用于二次循环冷却水的补充水、生活饮用水、工业用水、消防水的补充水等。运行期最大日取水量约为 $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，年取水量约为 52.4 万 m^3 ，设计取水保证率为 97%，并按照 99%校核循环冷却水的补水量。

现阶段暂定从彭泽银龙水务有限公司（即彭泽县第二自来水厂）取水。彭泽银龙水务有限公司取水水源为长江干流地表水，一、二期取水规模 1460 万 m^3 ，三期扩建规模 1460 万 m^3 ，总取水规模 2920 万 m^3 。水厂总取水量占 $P=99\%$ 年可供水量（3356 亿 m^3 ）的 0.009%，占最小流量（ $5060\text{m}^3/\text{s}$ ）的 0.018%。

本项目运行期年需水量 52.4 万 m^3 ，彭泽银龙水务有限公司在满足规划水平年需水量的基础上，加上本工程需水量后仍有富余供水能力，因此项目水源是可靠的。

本项目水资源论证工作正在开展，后续根据水资源论证结果进一步明确取水水源。

2.6.2 地下水

本项目完成了厂址周边水文地质调查,范围包括了厂址所在水文地质单元以及相邻的水文地质单元,以厂区为中心的矩形区域,厂址及周边区域面积约21.4km²,比例尺为1:25000,控制点图面标定精度<2mm,见图2.6-3。

2.6.2.1 地下水类型

厂址及周边区域范围地下水主要赋存于第四系松散岩类、砂质页岩、碳酸盐岩类地层之中。地下水的赋存与运移受地层岩性、地质构造、地形地貌及水文气象等诸因素的影响和控制。根据地下水在岩土中赋存特征与水力性质,将厂址及周边地下水类型分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类基岩裂隙水、碳酸岩类溶蚀溶洞水,见图2.6-3和图2.6-4。

1) 松散岩类孔隙水

主要分布于厂址及周边区域内冲沟及岩溶洼地中沿太平河分布,含水岩组由第四系全新统联圩组(Q_h¹⁻²)冲积层组成。岩性上部为黏土或粉质黏土,厚2-3m,下部为砂、含泥质较多的砂砾卵石层,厚度一般为2-8m,总厚度5-10m。

富水性较贫乏。水位埋深1-3m,单井涌水量小于50m³/d。

水化学类型以HCO₃-Ca型水为主。

根据厂址周边代表性民井和厂区代表性钻孔抽水试验成果(见表2.6-3),松散岩类孔隙水渗透系数0.288~1.83m/d,属于中等透水层。

松散岩类孔隙水其动态变化具有明显的季节变化特征,9-11月份为低水位,3-8月份为高水位,年变幅约0.88-3.34m。

2) 碎屑岩类基岩裂隙水

厂址及周边区域碎屑岩类基岩裂隙水含水岩组主要为震旦系皮园村组(Z₂p)、寒武系观音堂组(C₂g)页岩及砂岩。储水空间主要为风化裂隙与构造裂隙。水化学类型以HCO₃-Ca型水为主。根据厂区代表性钻孔压水试验成果(见表2.6-4),中~微风化页岩裂隙水渗透率3.81~7.27Lu,属于弱透水。

3) 碳酸岩类溶蚀溶洞水

由寒武系华严寺与西阳山组灰岩(C₄hy-x)、寒武系杨柳组灰岩(C₂y)组成。主要分布于厂址区域西北角及测区东部龙宫洞附近,以及天红-袁家岭、新港镇的狮子山及一带。主要是由于区内降水量充沛,地形切割较为强烈,水文网发育,地下水循环交替条件好,补、迳、排距离一般较短。水化学类型以

HCO₃—Ca·Mg和HCO₃—Ca型水为主。

通过对两个地下暗河（龙宫洞及玉壶洞）的进口与出口进行了长期的监测。结果表明暗河水量受降雨影响较为敏感，流量变化较大。其中玉壶洞进口流量在95.52-153.12m³/d，出口流量在206.14-2640m³/d；龙宫洞进口流量在158.4-474.24m³/d，出口流量在177.864-1242m³/d之间。两个暗河的进口水量与出口水量差别大，不成线性关系，说明该区暗河之间存在次级的岩溶子系统及岩溶管道。

2.6.2.2 水文地质单元

根据搜集到的区域地质资料，利用地形图件结合厂址及周边区域机民井、地表水体测量成果，结合综合分析，根据地表及地下分水岭界线，将厂址及周边区域按照具有统一渗流场的区域分为3个主要水文地质单元，其中第Ⅰ水文地质单元与第Ⅱ水文地质单元以分水岭为界，第Ⅱ水文地质单元和第Ⅲ水文地质单元以太平河为界。3个水文地质单元之间水力联系较弱。水文地质单元内整体地下水流向基本上由地势较高处向地势较低处的河道或者水库等方向径流。（图2.6-3，表2.6-5）

1) 第Ⅰ水文地质单元

位于厂址及周边区域西北部，与第Ⅱ水文地质单元以主分水岭为界限，该单元内地下水流向最终流入马迹岭水库。地下水流向基本为朝向马迹岭水库方向，形成扇形汇水形状。

2) 第Ⅱ水文地质单元

厂址所在的第Ⅱ水文地质单元分布于厂址及周边区域中部，主分水岭以东太平河以南，受到地形条件影响，地下水流向基本沿太平河朝北方向，地下水和地表水汇入太平河，太平河最终汇入芳湖。灰岩地区地下水流向受地下溶洞、暗河发育方向等影响较大，但基本上向太平河汇流。

3) 第Ⅲ水文地质单元

分布于厂址及周边区域太平河以东地区，受到地形条件影响，地下水流向基本朝北方向，地下水和地表水汇入太平河，太平河最终汇入芳湖。灰岩地区地下水流向受地下溶洞、暗河发育方向等影响较大，但基本上向太平河汇流。

2.6.2.3 补径排条件

厂址及周边区域范围内地下水的补给、径流和排泄条件及其补排关系，受地

质构造、地层岩性、地形地貌及水文气象条件等因素的共同影响。厂区周边主要水文地质单元内松散岩类孔隙水，碎屑岩基岩裂隙水、碳酸岩类溶蚀溶洞水均有分布，各水文地质单元之间补给、径流和排泄相对独立。

（1）松散岩类孔隙水补径排条件

厂址及周边松散岩类孔隙水的主要补给来源为大气降水，其次为来自丘陵区基岩孔隙裂隙水等的侧向径流入渗补给，在靠近河道附近季节性接受河道的侧向入渗补给，以及少量灌溉回归补给。

各水文地质单元内地下水的径流主要受地形和流经岩土体的水理性控制。其径流方向基本由地势相对较高的山麓边缘坡积裙、剥蚀台地、或低丘向地势较低处流动。其中第Ⅱ、第Ⅲ水文地质单元内主要流向为沿太平河向下游流动，局部受到微地貌影响，一般由地势高处流向地势低处。第Ⅰ水文地质单元内主要为向马迹岭水库汇流。

松散岩类孔隙水的排泄在第Ⅱ、第Ⅲ水文地质单元内，主要为蒸发以及向太平河径流排泄，在第Ⅰ水文地质单元内主要为向马迹岭水库汇流，并有少量的机民井开采排泄。

（2）碎屑岩类基岩裂隙水补径排条件

厂址及周边碎屑岩类基岩裂隙水主要分布于丘陵区，补给来源为大气降水以及相邻岩体的侧向径流补给。一般情况下，在植被茂密，地面坡度小，覆盖层厚度大的区域，有利于接受降水入渗；在植被发育差或不发育，覆盖层较薄区域，由于岩石透水性差，地面坡度大，渗入量较小。

地下水水力梯度随地形坡度变化，地形陡峻处水力梯度较大，渗流速度相对较快；地形坡度小处水力梯度小，径流缓慢，径流量也相对较小；但总体地下水流向基本与地形坡向近于一致，由地势较高（岗岭）处流向沟壑、河道、水库。

基岩裂隙水多以散射状向周边排泄入第四系松散岩类孔隙水、地表水体或者以泉的形式排泄，少量的蒸发排泄及机民井开采排泄，在第Ⅱ、第Ⅲ水文地质单元内最终排入太平河，在第Ⅰ水文地质单元最终排泄进入马迹岭水库。

（3）碳酸岩类溶蚀溶洞水补径排条件

碳酸岩类溶蚀溶洞水，补给来源为大气降水。其次为来自相邻碳酸岩类溶蚀溶洞水的侧向径流入渗补给。

碳酸岩类溶蚀溶洞水的径流具有极大的不均匀性，其径流的流向及水力坡降、

流速亦极不均匀,受到地下暗河、溶洞等影响强烈,其总体流向仍符合一般规律,即由山丘区流入平原,最终汇于坳陷区水库冲沟等。

2.6.2.4 地下水开采和利用现状

厂址周边的居民基本上居住在太平河以东,与厂址处于不同的水文地质单元。天红镇采用地下水与水库水结合集中供水,供水水源地位于天红镇农科所,处于调查区范围之外,集中开采地下水规模小,生产能力 0.1-0.3 万 m³/d。实地调查发现,调查区居民已全部实现集中供水,但部分居民以前使用的自凿井未填封,偶尔使用提桶等工具取水,用水量较小。调查区工矿企业用水采用集中市政供水或者使用搜集雨水的蓄水池供水。

在厂址区东偏南约 0.8km,乡道 827 东侧,太平河河边处,调查发现一集中供水水源地供水井,供水井间断取水。供水井井深 5m,井径 4m,为一大口井,井间断取水,取水量 600-800 吨/天,据当地水务公司相关人员介绍,此水源地于 2021 年底废弃。新建设水源地位于天红镇庙前村,位于厂址区东侧的第Ⅲ水文地质单元内。从地下水流向可以判断,本项目建设对新建水源地取水安全不构成影响。本次调查了厂址周边水井的基本情况(详见表 2.6-6),水井分布见图 2.6-5,可看出水井主要分布在太平河以东的山前冲积平原上,即第Ⅲ水文地质单元内,与厂址处于不同的水文地质单元,相互之间水力联系较弱,厂址附近的水井已废弃。

2.6.2.5 项目建设对地下水的影响

厂址周边三个水文地质单元之间水力联系微弱,从地下水空间流向来看,厂址区地下水流向其所在水文地质单元东边界——太平河,在厂址至太平河的地下水径流方向上的民井均已废弃,无居民开采利用地下水的现象。

天红镇基本实现集中供水,现有或新建的大规模开采利用地下水的水源地以太平河为界,与厂址不在同一水文地质单元内,二者之间水力联系较弱。

因此项目建设运行对周边供水水源地和居民生活取用地下水没有影响。

2.6.3 洪水

根据《核电厂工程水文技术规范》(GB/T50663-2011),结合本项目厂址所在长江流域暴雨洪水、冰情特性、地形地貌、流域水系分布和水利工程等情况,分析独立洪水事件和组合洪水事件及其相应的外界条件,对洪水发生的可能性进

行分析，选择其最大值作为厂址的设计基准洪水。分析表明，对于本项目，事件（3）“可能最大降雨引起上游水库溃坝和可能最大降雨引起的区间洪水相遇”即为设计基准洪水事件。

采用暴雨移置放大法计算可能最大降雨，厂址以上流域可能最大 24h 面平均雨量为 834.4mm；采用瞬时单位线法得到厂址区间流域可能最大洪水洪峰流量为 $2730\text{m}^3/\text{s}$ 。

太平河流域无已建大型水库；中型水库有 2 座：马迹岭水库和白沙水库，分别位于支流马迹岭水和袁家水，均位于本项目厂址下游，若溃坝不对本项目防洪造成影响。

本工程以上太平河流域建有 3 座小（1）型水库和 9 座小（2）型水库。本次为偏保守考虑，选择其中库容最大的 5 座水库——乱石湾水库（总库容 395 万 m^3 ）、冯山水库（总库容 191.9 万 m^3 ）、七房涧水库（总库容 134.3 万 m^3 ）、童家垅水库（总库容 60 万 m^3 ）、石赞垅水库（总库容 35 万 m^3 ）进行溃坝洪水计算，并考虑溃坝洪水演进至厂址河段洪峰相遇。采用铁道部科学研究院溃坝水库坝址断面最大流量计算公式计算各水库溃坝最大流量并计算演进至厂址断面处，考虑 5 座水库溃坝洪水在厂址河段峰峰相遇，则合成流量为 $6570\text{m}^3/\text{s}$ 。

考虑上游乱石湾、冯山、七房涧、童家垅、石赞垅等 5 座水库溃坝与区间 PMF 相遇，洪峰流量为 $9300\text{m}^3/\text{s}$ 。根据厂址断面处水位流量关系，对应洪水位 55.06m。同时采用风浪计算公式求得累积频率 1% 的波浪高为 1.38m。

综上所述，考虑风浪影响的设计基准洪水位为 56.44m。

根据厂址总平面布置方案，厂坪标高为 60m，高于设计基准洪水位，可确保项目厂址防洪安全，满足有关核安全法规的要求。

表 2.6-1 厂址以上太平河流域主要水利工程特性表（1）

工程性质		小（一） 型	小（一） 型	小（一） 型	小（二） 型	小（二） 型	小（二） 型
水库名称		乱石湾	冯山	七房涧	师夫山	童家垅	吴家垅
流域面积（km ² ）		13.8	5.16	2.5	2.6	2.5	1
设计标准	设计标准	3.33%	3.33%	5%		3.33%	
	校核标准	0.2%	0.33%	0.5%		0.33%	
	设计洪峰流量（m ³ /s）	150.9	74.48	27.2		46	
	校核洪峰流量（m ³ /s）	363.04	116.65	40.5		59.3	
水位及库容	正常蓄水位	73.6	76	72.6		59.7	
	相应库容(万 m ³)	222.32	112	84.33		34.2	
	设计洪水位（m）	75.5	77.75	74.2		60.88	
	相应库容(万 m ³)	310.9	152.88	110.24		46.8	
	校核洪水位（m）	77.04	79.22	74.78		61.41	
	总库容（万 m ³ ）	395	191.9	117.89	19.33	60	19.5
	死水位（m）	62	67	60			
	死库容（万 m ³ ）	2	2	0.8	2	5.5	1
	有效库容(万 m ³)	220.32	110	83.53	14.74	28.7	9.8
大坝	坝长（m）	150	310	180	240	170	98
	最大坝高（m）	18	15.7	15.2	10.4	13	8.7
	坝顶高程（m）	78.3	80.5	74.2	86.1	63	72
	坝顶宽（m）	5	5	5	4	5	4
	坝型	均质坝	粘土心墙土石坝	粘土斜墙坝	粘土斜墙坝	粘土斜墙坝	粘土心墙坝
距本工程河道距离（km）		12.7	8.5	8.1		4.9	

表 2.6-2 厂址以上太平河流域主要水利工程特性表 (2)

工程性质		小 (二) 型	小 (二) 型	小 (二) 型	小 (二) 型	小 (二) 型	小 (二) 型
工程名称		皂垵山	石赞垵	上刘	鲍家垵	陈家山	费家垵
流域面积 (km ²)		0.89	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3
库容	总库容 (万 m ³)	21.5	35	11.5	12.5	10.5	12.8
	有效库容 (万 m ³)	14	14.8	10.5	11	8.5	10.8
	防洪库容 (万 m ³)	15.5	15.8	8.5	9.5	7	9.8
	死库容 (万 m ³)	4	2	1	1.5	1.5	1.5
大坝	坝长 (m)	155	145	128	141	105	121
	坝高 (m)	11	10	10.5	10.5	10.5	10
	坝顶高程 (m)	62.6	62.3	67	65.5	67	68
	坝顶宽 (m)	4	4	4	4	4	4
	坝型	粘土心墙坝	心墙坝	粘土斜墙坝	均质土坝	粘土斜墙坝	粘土斜墙坝
距本工程河道距离 (km)			8.5				

表 2.6-3 厂址周边民井和厂区代表性钻孔抽水试验成果表

孔号	渗透系数		岩性	渗透性等级
	m/d	cm/s		
k04	1.45	1.68E-03	第四系松散岩类	k04
k08	1.37	1.59E-03	第四系松散岩类	k08
k13	1.07	1.24E-03	第四系松散岩类	k13
M1	0.288	3.33E-04	第四系松散岩类	M1
M2	1.34	1.55E-03	第四系松散岩类	M2
M3	1.83	2.12E-03	第四系松散岩类	M3

表 2.6-4 厂区代表性钻孔压水试验成果表

孔号	试验段深度	渗透率 (Lu)	岩性	渗透性等级
k06	10-14	7.27	中风化页岩	弱透水
	14-19	5.09	中风化页岩	弱透水
	20-15	3.81	微风化页岩	弱透水
k09	16-21	5.52	中风化页岩	弱透水
	28-33	5.14	中风化页岩	弱透水
	34-39	5.90	微风化页岩	弱透水
k10	32-37	5.09	中风化页岩	弱透水
	37-42	4.72	中风化页岩	弱透水
	42-47	4.36	微风化页岩	弱透水

表 2.6-5 厂址及周边区域水文地质单元基本特征表

单元代号	含水介质	地下水类型	水化学性质		补给条件 提要
	岩土性质	据含水介质分类 及水力特性分类	主要水化学式	矿化度 分类	
I	粉质黏土、碎石 土, 页岩	孔隙水、裂隙水; 潜水、承压水	HCO ₃ —Ca HCO ₃ —CaMg	淡水	I
II	粉质黏土、碎石 土, 页岩	孔隙水、裂隙水、 溶蚀溶洞水; 潜 水、承压水	HCO ₃ —Ca HCO ₃ —CaMg	淡水	II
III	粉质黏土、碎石 土, 页岩	孔隙水、裂隙水; 潜水、承压水	HCO ₃ —Ca	淡水	III

表 2.6-6 厂址周边机民井开采情况一览表

编号	x	y	水位标高	井壁结构	井深度	现使用情况
DC1	445802.528	3285651.215	35.5	砖石	10.2	停止使用
DC2	446369.593	3285169.635	37.4	砖石	5.3	停止使用
DC3	445785.068	3286394.654	32	砖石	约 8	停止使用
DC4	446181.763	3286484.201	55.32	砖石	约 10	偶尔使用
DC5	446389.548	3286476.027	60.1	砖石	约 10	停止使用
DC6	446308.5341	3286999.972	48.2	砖石	7.0	停止使用
DC7	445687.9055	3286153.692	34.1	砖石	约 10	停止使用
DC8	445331.853	3285893.145	33.2	砖石	7.3	停止使用
DC9	444846.89	3286190.53	31.5	砖石	约 10	偶尔使用
DC10	444635.867	3284456.925	39.3	砖石	约 6	停止使用
DC11	444201.962	3284813.507	42.3	砖石	约 10	停止使用
DC12	445571.596	3284530.266	40.1	砖石	6.7	偶尔使用
DC13	445790.0435	3284750.408	39.2	砖石	约 10	停止使用
DC14	446459.5892	3284715.482	41.3	砖石	约 7.8	停止使用
DC15	446417.0509	3284876.441	39.3	砖石	9.3	偶尔使用
DC16	446396.538	3285137.465	37.9	砖石	约 10	停止使用
DC17	445520.366	3285290.134	36.7	砖石	6.2	偶尔使用
DC18	445592.774	3285102.827	38	砖石	约 10	停止使用
DC19	444590.3573	3285999.951	34.1	砖石	约 10	废弃
DC20	442839.558	3287527.884	84.2	砖石	10.4	停止使用
DC21	443080.403	3287837.951	70.9	砖石	约 10	停止使用
DC22	442086.673	3287507.389	60.2	砖石	8.2	停止使用
DC23	442676.152	3286913.261	65.3	砖石	约 10	停止使用
DC24	442805.734	3286924.635	66.2	砖石	5.1	停止使用

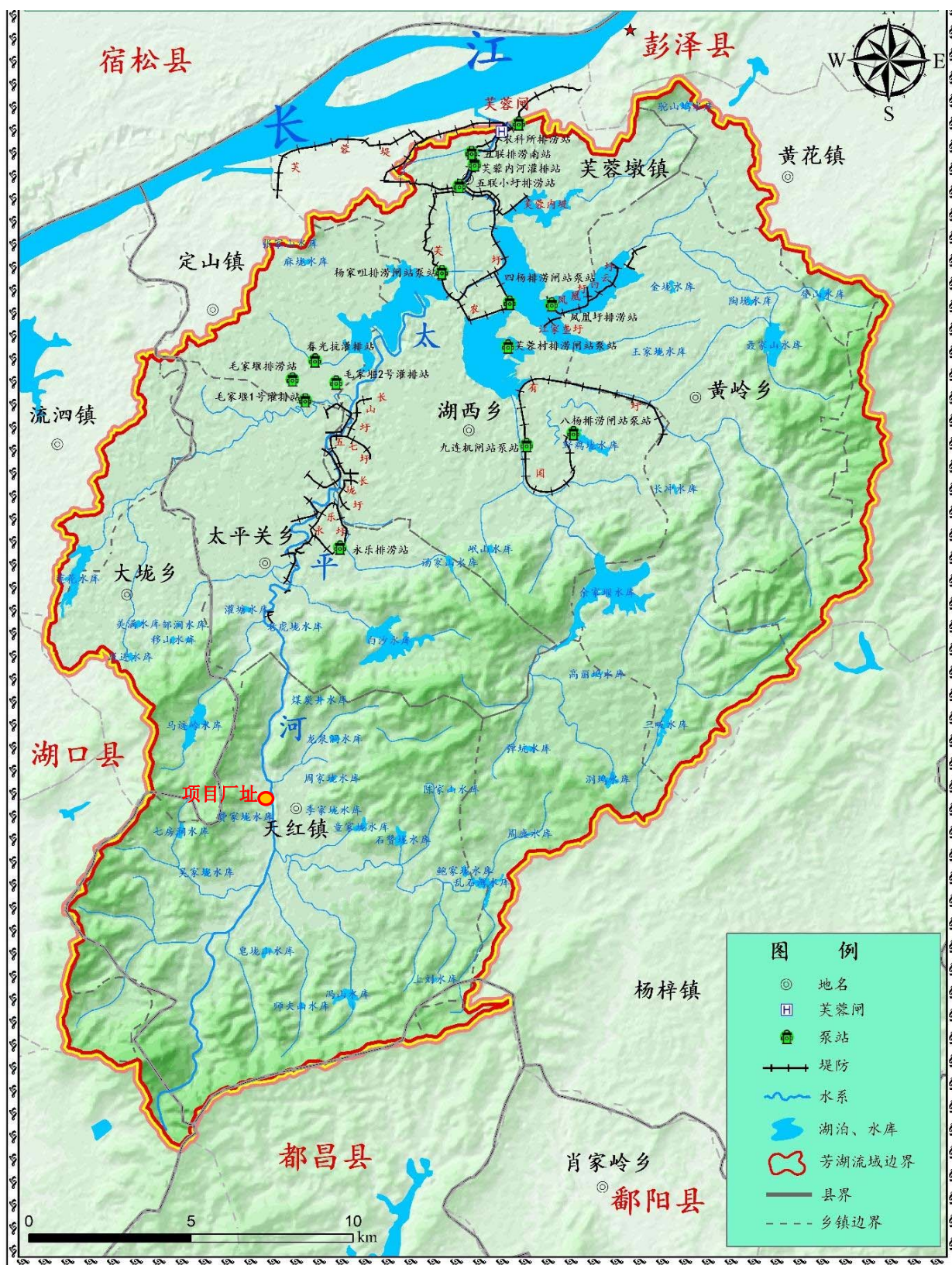


图 2.6-1 太平河流域水系示意图

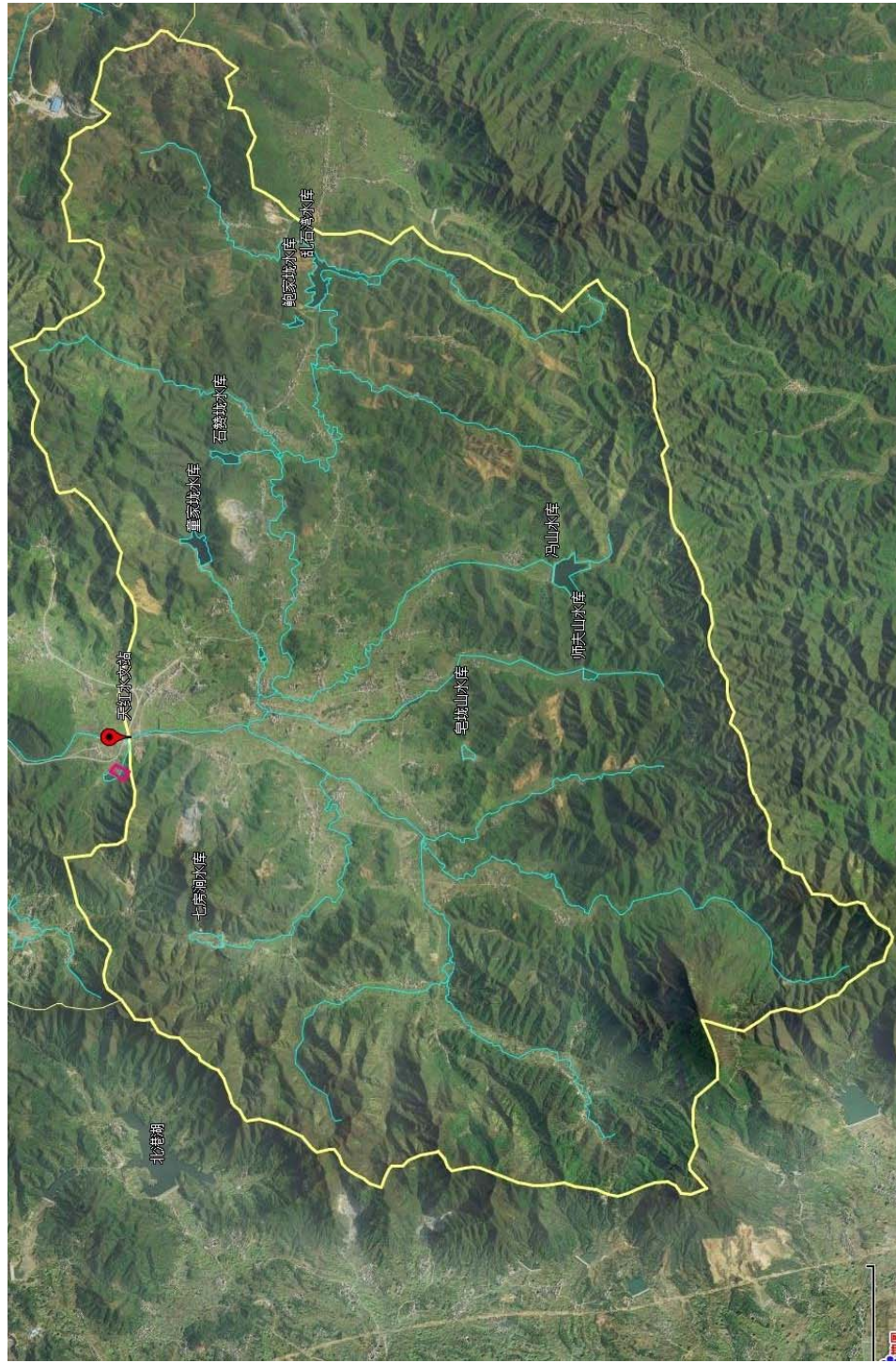


图 2.6-2 厂址以上流域主要水利工程位置示意图

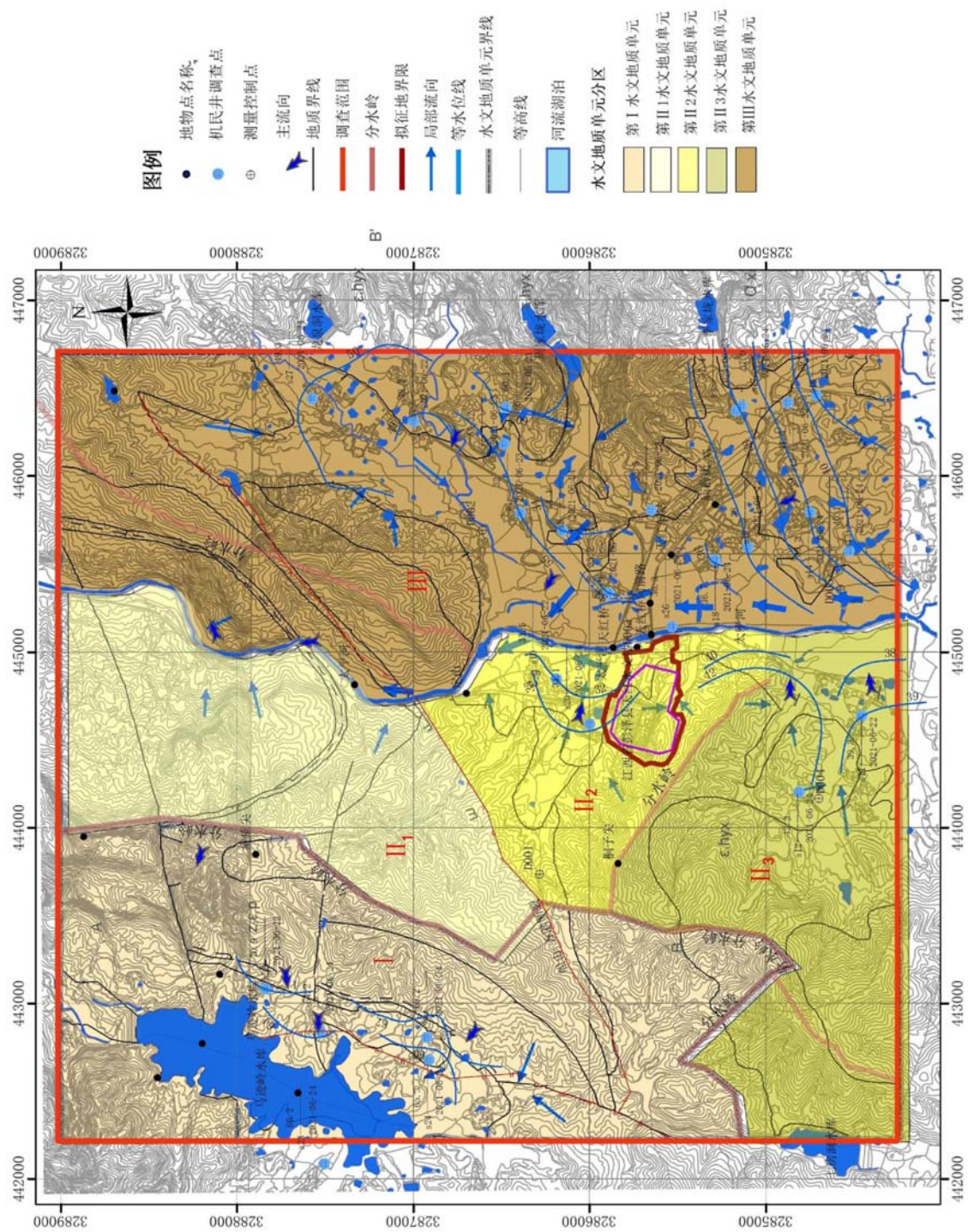


图 2.6-3 厂址及周边区域水文地质图

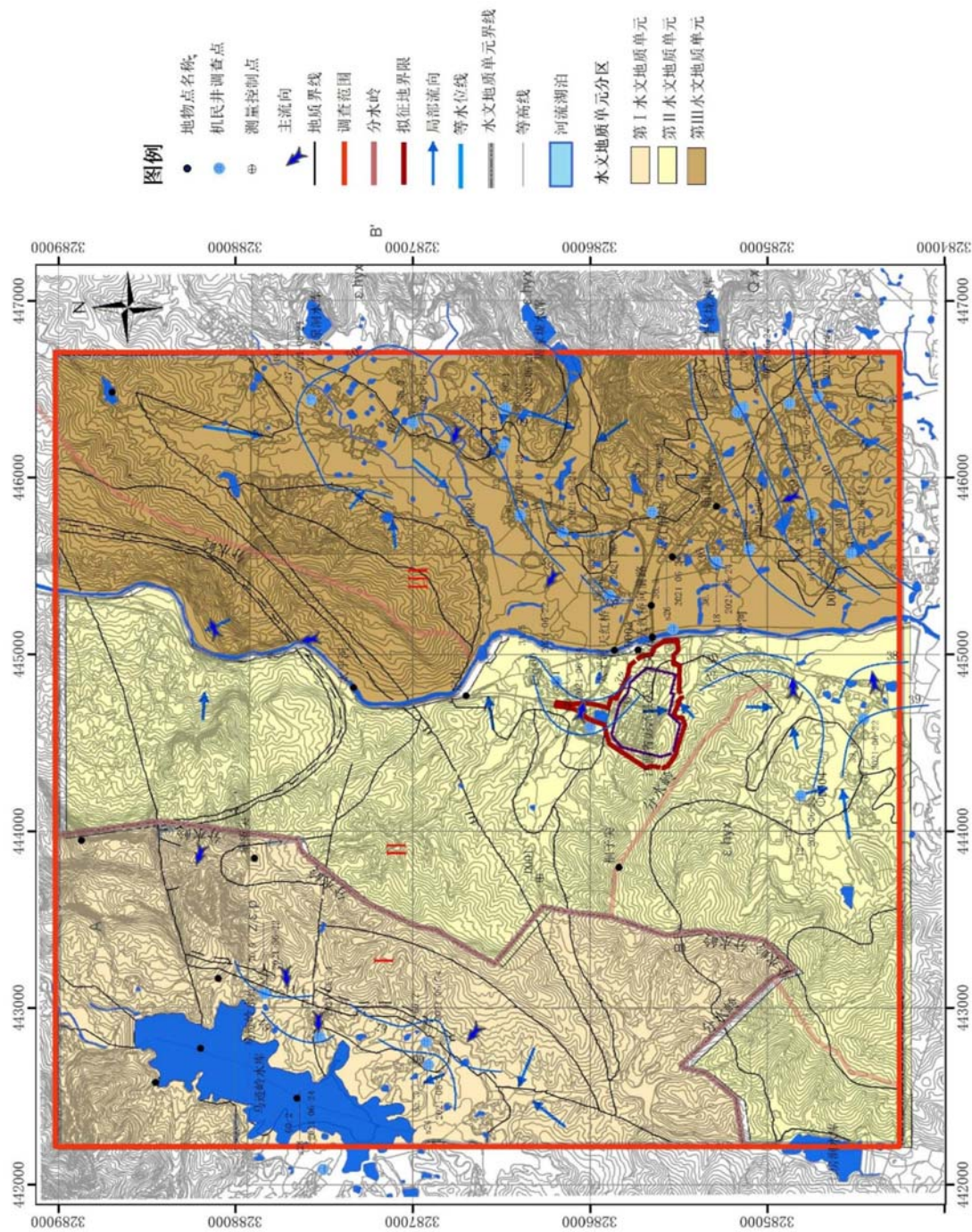


图 2.6-5 厂址及周边区域水文地质分区及等水位线图

2.7 地形地貌

厂址区地貌类型主要为剥蚀丘陵与山间冲沟，地形高程 45~75m，最高处高程约 123m，在厂区东侧为山前冲洪积平原。在厂区南侧发育一条西北-东南走向的枝状冲沟；厂区北侧地势较低处为宽度较大、地势稍缓的冲沟，冲沟走向为西北-东南方向，冲沟内还分布面积大小不一的池塘，沟内高程约为 45~55m。见图 2.7-1。



图 2.7-1 厂址区地形地貌照片

2.8 地质、地震

2.8.1 地质特征

2.8.1.1 区域地质

在大地构造特征上,区域及其邻近地区涉及到扬子地台和秦岭一大别褶皱系。天红厂址位于扬子地台的下扬子台拗。在新构造分区中,天红厂址均位于赣皖掀斜隆起区,新构造运动强度较弱,以整体弱抬升活动为主要特征。区内主要发育北东—北北东向、北西向和北东东-东西向 3 组断裂,共 19 条,以早—中更新世断裂为主,只有位于区域西北边缘地带的北东向霍山-罗田断裂为晚更新世活动断裂。厂址区位于航磁和布格重力异常变化平缓地带,是一个较为稳定的地区,构造作用和地震活动均较弱。

2.8.1.2 近场区地质

近场区范围内新构造运动强度较弱,第四纪以来,以整体弱抬升活动为主要特征。近场区的断裂构造主要有 NNE 和 NW 向 2 组,共 10 条,均为前第四纪断裂。

2.8.1.3 厂址附近范围地质

厂址附近范围主要发育 4 条断裂,即张家山断裂(f1)、西华边断裂(f2)、新德湾断裂(f3)、老山阳家断裂(f4),均为前第四纪断裂。厂址附近范围内不存在潜在地表断裂可能性。

2.8.1.4 工程地质特征

厂址区地貌类型主要为剥蚀丘陵与山间冲沟,地形高程 45~75m,最高处高程约 123m,在厂区东侧为山前冲洪积平原。在厂区南侧发育一条西北-东南走向的枝状冲沟;厂区北侧地势较低处为宽度较大、地势稍缓的冲沟,冲沟走向为西北-东南方向,冲沟内还分布面积大小不一的池塘,沟内高程约为 45~55m。

厂区内地势较低的丘陵边缘及冲沟分布第四系全新世冲洪积层(Q_4^{a+pl})和残积层(Q_4^{el}),岩性多为粉质黏土、含砾粉质黏土及碎石土,局部分布少量的人工填土(Q_4^{ml});下伏基岩为寒武纪下统观音堂组粉砂质页岩(ϵ_{1g})、荷塘组碳质页岩(ϵ_{1-2w}),其中荷塘组碳质页岩(ϵ_{1-2w})仅在厂区北侧冲沟内有揭露。

厂址区稳定性好,未见断裂构造痕迹,仅见页岩中发育的层理及节理,对厂址稳定性不会造成颠覆性影响。

厂坪位置主厂房区岩性主要为强风化粉砂质页岩及中风化粉砂质页岩,为较

坚硬岩石，场地类别属 I 类场地，不存在地震液化、软土震陷的可能。厂区内无滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、岩溶、采空区等影响工程建设的不良地质作用。

厂区内地下水类型有孔隙潜水和基岩裂隙水。孔隙潜水主要分布在冲沟区域第四系覆盖层中，以大气降水为主要补给来源，以蒸发及向下渗流为主要排泄方式。孔隙潜水含水层主要为碎石土及含碎石的黏性土，地下水位埋深为 0.5~2.0m，常年最高水位埋深可至地表。厂区基岩裂隙水主要分布在下伏基岩裂隙之中，丘陵区域未见稳定地下水，冲沟区内基岩裂隙水补给来源为孔隙潜水，以下渗为主要排泄方式。地下水类型为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型中性淡水，总硬度为 91.6~127.6mg/L，为微硬水。

场地平整后开挖区主要为强风化粉砂质页岩及中风化粉砂质页岩，工程性质较好，并无地基岩土层发生侧向滑移或失稳的可能，地基稳定性较好；场地平整后回填区最大填土厚度 21m，主要位于厂区东部。反应堆厂房、燃料厂房、电气厂房等主要构筑物基础位于中风化及微风化粉砂质页岩，地基整体均匀稳定，其强度和变形均满足项目建设要求。

2.8.2 地震

区域位于华北地震区与华南地震区的过渡地带，地震活动相对较弱。从公元 319 年至今，区域范围内共记录到破坏性地震（ $M \geq 4.7$ ）33 次，其中 4.7-4.9 级地震 16 次、5.0-5.9 级地震 16 次、6.0-6.3 级地震 1 次；最早记载的是公元 319 年 1 月江西南昌西北 5½ 级地震，最大地震为 1917 年 1 月安徽霍山 6¼ 级地震，到厂址的距离大于 150km。1970 年以来区域范围内仪器记录小震与历史中强地震活动的空间分布特征基本一致，在瑞昌、九江之间及霍山一带存在 2 个小震群。天红厂址在历史上曾多次遭受破坏性地震的影响，但影响烈度均较低，最大影响来自 1668 年郟城 8½ 远场大震，影响烈度达 VI 度；近场区内未记录到 4.7 级以上破坏性地震，现代小震数量较少，小震震中分布较为分散，集中成带性不强；厂址附近范围内历史上没有破坏性地震的记载，也没有仪器记录地震。

厂址 50 年超越概率 63%、10%、2%、及 100 年超越概率 10%、5%、2% 和 1% 的基岩水平向峰值加速度分别为 15、45、80、60、75、100 和 115gal。50 年超越概率 10% 的 II 类场地峰值加速度为 52gal，综合评定厂址地震烈度均为 VI 度。

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

2021 年 7 月~2021 年 9 月浙江国辐环保科技有限公司开展了天红核科技研发中心环境辐射本底概况调查工作。调查工作进行期间，厂址为原始天然状况，现场测量时无雪、雨、冰雹等不利于监测工作的气象条件。

3.1.1 监测项目及范围

本项目厂址环境辐射本底调查陆地环境 γ 辐射的调查范围取以反应堆为中心半径 20 km；环境介质（气溶胶、土壤、水体等）的调查范围取以反应堆为中心半径 5~10km，重点为半径 5 km。监测对象为陆地环境 γ 辐射（包括 γ 辐射剂量率、累积剂量和 γ 辐射剂量率连续监测）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：气溶胶、土壤、饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物。具体如下：

1) 陆域天然辐射水平

γ 辐射瞬时剂量率、连续 γ 辐射剂量率、 γ 辐射累积剂量。

2) 环境介质中的放射性核素监测

监测气溶胶、土壤及地表水沉积物、地表水、饮用水、地下水中 γ 谱核素、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 ^3H 分析。

环境介质中监测的 γ 谱核素分析主要为 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 。对气溶胶增加 ^7Be 、 ^{131}I 、土壤、水体沉积物类增加 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 。

除了 γ 谱核素分析外，土壤和水体沉积物介质增加 ^{90}Sr ，对地表水、地下水增加 ^{90}Sr 、 ^3H 监测，对饮用水增加总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 监测。具体各介质的监测内容见 3.1.2.2 节。

3.1.2 监测点位和频次和项目

3.1.2.1 监测点位

1) 陆地 γ 辐射剂量率

对厂址半径 20km 范围的陆域开展 γ 辐射剂量率监测工作（道路和原野）。

在以厂址为中心 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（2km 范围内布点兼顾考虑厂界），在可能的关键居民组、人口集中的居民区域、农牧渔业和养殖集中区、环境敏感区和主导风下风向等应适当增加针对性布点。在环境敏感区等适当增加针对性监测点。

陆地 γ 辐射累积剂量布点除厂址中心与南侧不具备布点条件，其余监测点与陆地 γ 辐射剂量率布点一致。

在位于厂址 SSW 方位约 1.23km 的大港村郭垅组（西湾高）布设一个点位，进行连续 γ 辐射剂量率监测，获取 2 个月的连续监测数据。

陆地 γ 辐射剂量率、连续 γ 辐射剂量率及陆地 γ 累积剂量的布点位置见表 3.1-1 及图 3.1-1~图 3.1-4。

2) 气溶胶

选取大港村郭垅组（西湾高）、天红村曹家组（主导风下风向居民点、最近的居民点）布置取样点。具体布点见图 3.1-5。

3) 水体

本项目无液态流出物排放情况，调查水体均为非受纳水体。

采集厂址附近的地表水，于童家垅水库（天红镇供水所饮用水水源地）、天红河（现阶段天红镇供水所饮用水水源地）、北港湖、芳湖、白沙水库、马迹岭水库 6 个点位设置采样点。地表水沉积物同地表水布点。

采集厂址附近的居民组（西湾高、郭家塋、天红村曹家组）的生活饮用水，采集居民组天红村曹家组生活饮用水以及地下水，地下水取自村民自建水井。

具体布点见图 3.1-6。

4) 土壤

在厂址半径 10km 范围，8 个方位角每个陆域方位 1~3 个采样点，共计 20 个采样点位。采样点与部分累积剂量测量点、剂量率测量点重合。具体采样点位见表 3.1-2 与图 3.1-7。

3.1.2.2 监测频次和项目

1) 陆地 γ 辐射剂量率

a) γ 辐射瞬时剂量率

对调查范围内的 γ 辐射剂量率进行监测，监测频次为 2 次。

b) γ 辐射累积剂量

对调查范围内的 γ 辐射累积剂量进行监测，监测频次为 1 次，连续监测时间

2 个月。

c) 连续 γ 辐射剂量率

对调查范围内的连续 γ 辐射剂量率进行监测，监测频次为 1 次，数据获取以小时为单位，持续监测 2 个月。

2) 气溶胶

采用大流量空气取样器采集气溶胶，进行 γ 谱核素 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^7Be 、 ^{131}I) 分析，监测频次为 1 次。

3) 水体

● 地表水

γ 能谱分析 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs)、 ^{90}Sr 和 ^3H ，监测频次为 1 次。

● 饮用水

γ 能谱分析 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs)、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 ^3H ，监测频次为 1 次。

● 地下水

γ 能谱分析 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs)、 ^{90}Sr 和 ^3H ，监测频次为 1 次。

● 地表水沉积物

γ 能谱分析 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U) 和 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。

4) 土壤

γ 能谱分析 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U) 和 ^{90}Sr ，监测频次为 1 次。

3.1.3 测量方法和监测仪器

3.1.3.1 监测方法

3.1.3.1.1 陆地辐射剂量率

1) γ 辐射瞬时剂量率

选用 FH40G+FHZ672E-10X- γ 辐射剂量当量率仪测量 γ 辐射剂量率。FH40G+FHZ672E-10X- γ 辐射剂量当量率仪具有较高的灵敏度、合适的量程范围、

良好的温度特性、角响应和能量响应（36keV~4.4MeV，相对响应之差 $\leq \pm 15\%$ ，相对于 $^{137}\text{Cs}\gamma$ 辐射参考源）。

仪器测量前预热 15 分钟以上，采用多次瞬时读数取平均值的方法，每个测点一般每次读 10 个数，每间隔 10s 读一个数。

陆地 γ 辐射剂量率（瞬时）测量规程规定：不在雨、雪天，雨后六小时之内进行测量。

2) γ 辐射累积剂量

环境 γ 辐射累积剂量测量，拟采用热释光剂量计测量法。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。

剂量计退火温度控制在 $240 \pm 2^\circ\text{C}$ ，退火时间为 10 分钟。剂量读出仪为 V 型热释光远红外精密退火炉。退火程序：先以 15°C/s 升温速率升温至 140°C ，在此温度下恒温 10s；然后以同样的升温速率升温至 240°C ，再在此温度下恒温 10s。

3) γ 辐射连续监测

γ 辐射连续监测拟选用 RS-S131-200-ER2100 高压电离室，该仪器响应时间短，具有极高的温度稳定性，高精度，有存储大于 1 千万个数据的存储空间，并带有时间戳的数据。监测时，在用电方便、不易丢失的 γ 辐射剂量率监测点位布点，放置 2 个月，进行连续测量。

3.1.3.1.2 环境介质中放射性核素测量

1) γ 谱核素

a) 气溶胶

参考《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(WS/T 184-2017)，大流量采样器采样结束后，将样品烘干并密封于 $\phi 75\text{mm} \times H 50\text{mm}$ 的圆柱形塑料样品盒中，测量 γ 谱核素，测量仪器为 HPGe γ 谱仪。

结果计算：滤膜数量如和标准源不一致，必须进行高度和密度修正；对于半衰期较短（ ^7Be 等）的核素进行衰变修正。

b) 水

参考《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 16140-2018), 取 25L 水, 调 pH 值至酸性, 加入载体, 充分搅拌时加碱, 生成沉淀并分离, 经反复沉淀载带, 得到的沉淀物置于 105℃ 温度下持续 48h 烘干, 称重并磨碎, 封装于样品盒中, 再用 HPGe γ 谱仪分析测量。

结果计算: 使用效率曲线进行结果计算。

c) 土壤、沉积物

参考《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》(GB/T 11743-2013), 土壤、地表水沉积物, 经烘干、粉碎, 过筛混匀至 60 目以上, 压实并密封于 $\Phi 75\text{mm} \times H 50\text{mm}$ 园柱形塑料样品盒中, 称量, 待上机测量。测量仪器为 HPGe γ 谱仪。

结果计算: 主要用相对比较法、效率曲线法进行结果计算。

2) ^{90}Sr

a) 水

^{90}Sr 分析采用二-(2-乙基己基) 磷酸酯萃取色层法。该分析方法为《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》(HJ815-2016)。水样取样体积为 10~20L, 测量仪器为 MPC9604 低本底 α 、 β 计数装置。样品铺在直径为 20mm 滤纸上, 再置于不锈钢盘测量计数。测量仪器为 MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪。

结果计算: 使用标准源刻度仪器探测效率, 计算样品中锶-90 的比活度。

b) 土壤、沉积物

土壤经烘干、粉碎, 去有机质混匀至 100 目。 ^{90}Sr 分析采用二-(2-乙基己基) 磷酸酯萃取色层法。该分析方法为核行业标准方法: 《土壤中锶-90 的分析方法》(EJ/T 1035-2011)。测量仪器为 MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪。

结果计算: 使用标准源刻度仪器探测效率, 计算样品中锶-90 的比活度。

3) 总 α 、总 β

水样中总 α 、总 β 放射性浓度一般较低。用蒸发法使水中放射性核素浓集到少量固体物质上, 再把固体物质制成样品源测定 α 、 β 放射性。用 MPC9604 低本底 α 、 β 测量仪测量样品计数。

结果计算: 使用标准源刻度仪器探测效率, 计算样品中总 α 、总 β 的比活度。

4) ^3H

水样加无水碳酸钠、高锰酸钾和铜粉蒸馏至馏出液电导率低于 $10\mu\text{s}/\text{cm}$ ，收集蒸馏冷凝液。取部分样品，经电解装置浓缩处理后，按 1:1 的比例加闪烁液后，置于测量室内暗适应。然后放入 Quantulus 1220 低本底液闪谱仪测量计数。

结果计算：使用相对比较法计算样品中 ^3H 的比活度。

3.1.3.2 监测仪器

监测主要设备为高压电离室 1 套、便携式 γ 辐射剂量率仪 1 台、热释光测量系统 1 套、高纯锗 γ 谱仪 5 套、低本底 α/β 计数器 2 套、低本底液闪谱仪 1 套，以用于环境放射性测量。仪器和探测限见表 3.1-3~表 3.1-8。

3.1.4 调查结果

3.1.4.1 陆地 γ 辐射剂量率

1) γ 辐射瞬时剂量率

调查范围取以厂址为中心半径 20km 的范围，对原野、道路共布设了 88 个陆地 γ 辐射剂量率监测点位，分别于 2021 年 7 月 21 日~25 日及 9 月 24 日~26 日分两次进行测量，监测期间无雨、雪、冰雹等不利于监测工作的气象条件。

对宇宙射线的响应值取自 2020 年 10 月在宁波市东钱湖湖面上（离项目厂址直线距离约 500km）的测量值，测量点位地理坐标为东经 $121^\circ39'53''$ 、北纬 $29^\circ45'27''$ 、海拔高度 6m，测量点位处的水深约 3m、离岸距离约 1km。浙江省与江西省的地质构造相似，项目厂址与宁波市东钱湖直线距离约 500km。按《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）附录 D 的宇宙射线响应值修正方法，对其进行了海拔和纬度的修正后，在宁波市东钱湖及项目本地的宇宙射线的响应值未有变化。经海拔和纬度的修正后，仪器对宇宙射线的响应值为 $6.53\text{nGy}/\text{h}$ 。

➤ 原野 γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位选择在地势平坦、无积水的地表上，监测点位共 49 个，测量高度为距地面 1m。各监测点位的监测结果见表 3.1-9，监测结果已扣除仪器对宇宙射线的响应值。

由监测结果可知，厂址周围 20km 范围内原野 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为 $(55.1\sim98.5)\text{nGy}/\text{h}$ ，各监测点位的平均值为 $77.0\text{nGy}/\text{h}$ ，标准差为 $9.3\text{nGy}/\text{h}$ 。其中第一阶段监测点位的测值范围为 $(55.1\sim98.5)\text{nGy}/\text{h}$ ，平均值为 $75.8\text{nGy}/\text{h}$ ，标准差为 $10.0\text{nGy}/\text{h}$ 。第二阶段监测点位的测值范围为 $(57.8\sim99.5)\text{nGy}/\text{h}$ ，平均

值为 78.4nGy/h，标准差为 10.2nGy/h。

据调查，厂址所在地区的土壤以山地草甸土和水稻土为主，岩石以泥质岩为主。《中国环境天然放射性水平》中给出了江西省山地草甸土的 γ 辐射空气吸收剂量率的范围为（92.2~182.6）nGy/h，均值为 120.2nGy/h；水稻土的 γ 辐射空气吸收剂量率的范围为（35.8~195.5）nGy/h，均值为 98.9nGy/h；泥质岩的 γ 辐射空气吸收剂量率的范围为（14.4~176.8）nGy/h，均值为 66.1nGy/h。

江西省原野 γ 辐射空气吸收剂量率的范围为（13.7~341）nGy/h，按点均值为 73.3nGy/h；九江市原野 γ 辐射空气吸收剂量率的范围为（37.6~177）nGy/h，按点均值为 62.5nGy/h。

因此，本次调查结果与江西省历史放射性水平调查结果基本保持一致，属于环境正常水平。

➤ 道路 γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位选择在地势平坦、无积水的道路表面上，调查区域为水泥及柏油路面，监测点位共 82 个，测量高度为距地面 1m。各监测点位的监测结果见表 3.1-9，各道路类型 γ 辐射剂量率测量结果汇总见表 3.1-10。

由监测结果可知，本次调查厂址周围 20km 范围内道路 γ 辐射空气吸收剂量率测值范围为（40.4~146）nGy/h，各监测点位的平均值为 67.0nGy/h，标准差为 14.1nGy/h。其中第一阶段监测点位的测值范围为（40.4~146）nGy/h，平均值为 67.3nGy/h，标准差为 14.6nGy/h。第二阶段监测点位的测值范围为（44.1~136）nGy/h，平均值为 66.6nGy/h，标准差为 14.2nGy/h。

本项目测值最大点位为 WSW 方向道路，该监测点为联丰建材公司矿区，主产建筑石料，道路类型为碎石路。

《中国环境天然放射性水平》给出了江西省道路 γ 辐射空气吸收剂量率的范围为（30.0~143）nGy/h，均值为 63.9nGy/h。而由《江西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》一文中可知，江西省水泥路面、柏油路面及碎石路面 γ 辐射空气吸收剂量率的范围分别为（27.3~169）nGy/h、（15.1~172）nGy/h、（22.1~361）nGy/h，均值分别为 66.4nGy/h、64.5nGy/h、78.8nGy/h。

因此，本次调查结果均与历史放射性水平调查结果基本保持一致，属于环境正常水平。

2) γ 辐射累积剂量

本次调查范围的半径为 20km，布设点同 γ 辐射剂量率监测点位。2021 年 7 月 21 日~25 日布设了 89 个热释光剂量率片，并于 9 月 24 日~26 日进行了收取。其中，厂址中心、桥头边张、肖家岭 3 个点位的剂量率片因挂放树木被砍伐造成丢失，剂量片回收率为 96.6%。各监测点位的监测结果见表 3.1-11 和表 3.1-12。本次调查 γ 辐射累积剂量统计表中均未扣除宇宙射线响应值。

根据测到的 γ 累积吸收剂量值与热释光剂量计在各点的布放时间，计算得出各监测点的环境累积 γ 辐射剂量率。

由监测结果可知，原野辐射 TLD 累积剂量点位共 24 个，实收 23 个，测值范围为组（64.7~110）nGy/h，平均值 88.3nGy/h，算得剂量率与瞬时剂量率测值的相对偏差在 0.0~19%范围内。

道路辐射 TLD 累积剂量点位 65 个，实收 63 个，测值范围为（51.8~151）nGy/h，平均值 79.7nGy/h，算得剂量率与瞬时剂量率测值的相对偏差在 0.4~19%范围内。

从监测结果可知，陆地辐射 TLD 累积剂量率在江西省环境天然放射性水平调查值（51.8~151）nGy/h 范围之内，基本与《中国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态部，2015~2019 年）2016~2018 年九江市 γ 辐射累积剂量率（73.0~114）nGy/h 处于同一水平。

3) 连续 γ 辐射剂量率

2021 年 7 月 20 日至 9 月 24 日，于大港村郭垅组（西湾高）居民家平台架设高压电离室，按小时连续监测两个月。连续 γ 辐射剂量率日平均值监测结果见表 3.1-13。

连续监测系统（高压电离室 RS-S131-200）宇宙射线的响应值取自 2022 年 10 月在宁波市东钱湖湖面上（离项目厂址直线距离约 500km）的测量值，测量点位地理坐标为东经 121°39'53"、北纬 29°45'27"、海拔高度 6m，测量点位处的水深约 3m、离岸距离约 1km。经海拔和纬度的修正后，仪器对宇宙射线的响应值为 33.9nGy/h。

本次测点的连续 γ 辐射监测小时均值变化范围为（63.3~103）nGy/h，日均值变化范围为（69.2~81.2）nGy/h，平均值 73.2nGy/h，与该测量点 γ 辐射瞬时剂量率测值（道路 58.9nGy/h，原野 79.2nGy/h）基本处于同一水平。

3.1.4.2 气溶胶

本次调查分别于主导风下风向居民组大港村郭垅组（西湾高）及离厂址最近

居民点天红村曹家组，测量结果见表 3.1-14。由表可知，本次调查各监测点位气溶胶中 γ 核素(^{7}Be)测量值为 1.00~1.56mBq/m³，其余核素均未检出。从 2015~2020 年的中国辐射环境质量报告中可知，江西省 ^{7}Be 的测值范围在 0.27~13mBq/m³。因此，本调查项目气溶胶中各核素活度浓度处于天然本底水平。

3.1.4.3 水体

本项目不存在液态流出物排放情况，调查水体均为非受纳水体。

水体监测结果见表 3.1-15，本次调查各监测点位地表水中 γ 谱核素均未检出， ^{90}Sr 含量为 1.64~2.73mBq/L， ^3H 含量为 0.58~1.07Bq/L。

各监测点位饮用水中 γ 谱核素均未检出， ^{90}Sr 含量为 1.32~2.29mBq/L， ^3H 含量为 0.43~0.70Bq/L，总 α 含量为<0.02~0.05Bq/L，总 β 含量为 0.02~0.32Bq/L。

天红村曹家组地下水中 γ 谱核素均未检出， ^{90}Sr 含量为 2.41mBq/L， ^3H 含量为 0.76Bq/L。

本调查水体中各核素活度浓度均处于天然本底水平。

3.1.4.4 土壤及地表水沉积物

1) 土壤

本次调查在厂址半径 10km 范围内，8 个方位角每个陆域方位采集 2~3 个土壤样品，进行 γ 谱核素及 ^{90}Sr 活度浓度分析。分析结果见表 3.1-16。

由表可知，厂址周边土壤中放射性监测结果如下： ^{137}Cs <0.16~7.47 Bq/kg·干； ^{238}U 22.7~59.9 Bq/kg·干； ^{232}Th 23.5~73.0 Bq/kg·干； ^{226}Ra 31.5~106 Bq/kg·干； ^{40}K 423~741 Bq/kg·干；各监测点位土壤的检测结果与《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995.8）、中国辐射环境质量报告（2015~2019 年）中的监测数据处于同一水平。土壤中人工放射性核素 ^{90}Sr 的测值范围为 0.14~1.88Bq/kg·干，个别点位略高，但在本底水平波动范围之内。

2) 地表水沉积物

地表水沉积物监测结果见表 3.1-17，由表可见，地表水沉积物 γ 谱核素分析中，各监测点位 ^{238}U 的测值范围为 15.7~65.1Bq/kg·干； ^{232}Th 的测值范围为 17.5~64.9Bq/kg·干； ^{226}Ra 的测值范围为 12.0~47.7Bq/kg·干； ^{40}K 测值范围为 369~813Bq/kg·干； ^{90}Sr 测值范围为 0.17~1.50Bq/kg·干。各核素活度浓度均处于天然本底水平。

3.1.4.5 厂址周围核设施及核技术利用情况

本项目厂址半径 30km 范围内无核设施、铀、钍矿设施、“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施以及同位素生产、非密封放射性同位素应用项目；仅在 10km~20km 范围内的湖口县高新技术产业园区内存在一枚 II 类 ^{137}Cs 放射源，主要用途为钢板测厚。

3.1.5 质量保证

辐射本底调查承担单位浙江国辐环保科技有限公司具备浙江省质量技术监督局颁发的《检验检测机构资质认定证书》，在资质认定允许范围内开展本次监测工作。

为了保证调查工作的质量，成立了“九江同位素研制中心环境辐射本底概况调查”项目组。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。配备了具有核电项目监测经验的管理和技术人员。其中检测人员均取得国家辐射环境监测技术中心颁发的专业技能考核合格证，并授权上岗。负责内部质量监督的人员，需取得浙江省质量合格评定协会颁发的内审员证书或者质量监督员证书。负责数据审核和专题报告审核的人员需具备高级工程师及以上资格。

调查开展前，项目组编制了《九江同位素研制中心环境辐射本底概况调查专题工作大纲》、《九江同位素研制中心环境辐射本底概况调查专题质保大纲》并经专家组咨询评审。

本次调查的测量方法选用国家标准、行业标准或者国家检定规程规定的方法。质保组负责确保使用的标准、规程、技术规范 and 校准方法是现行有效的版本。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。

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。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。

对样品的运输、接收、处置、保护、存储、保留、清理或返回以及样品的识别等各个环节实施有效的控制，保证检测样品的有效、完整、唯一。

1) 现场记录

采样人员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 7 天内测定其含水率，烘干保存；
- 采集的样品分类保存，防止交叉污染；

3) 样品的交换、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。

质量管理体系和技术运作中形成的各类记录均及时收集、标识、编目、存档。

每个样品从采集、预处理、分析测量到结果计算的全过程及现场检测数据，都要按照规定的格式和内容，作清楚、详细、准确的记录，不得随意涂改。所有的检测记录和质量保证编制文件都应妥善保管，环境检测结果长期保存。

表 3.1-1 陆地 γ 辐射剂量率监测点位

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
1	0~2km	厂址中心	/	/	/
2	0~2km	厂界东	E	0.20	厂界
3	0~2km	厂界南	S	0.13	厂界
4	0~2km	厂界西	SW	0.12	厂界
5	0~2km	厂界北	N	0.13	厂界
6	0~2km	龙宫洞情人谷漂流 (已废弃)	N	1.61	16 方位
7	0~2km	天红村新曹组	NNE	0.54	环境敏感点 (基本农田)
8	0~2km	东边曹	NE	1.27	环境敏感点 (基本农田)
9	0~2km	尖山阳新村	ENE	1.31	环境敏感点 (基本农田)
10	0~2km	黄家新村	E	0.69	环境敏感点 (基本农田)
11	0~2km	河南亚新砖厂	ESE	0.19	厂界
12	0~2km	天红镇	ESE	1.25	人口集中区
13	0~2km	下湾阳	SE	1.56	环境敏感点 (基本农田)
14	0~2km	兰家	SSE	1.84	环境敏感点 (基本农田)
15	0~2km	蔡家庄	S	1.33	环境敏感点 (基本农田)
16	0~2km	西湾高	SSW	1.45	可能的关键居民组
17	0~2km	郭家塋	SSW	1.71	可能的关键居民组
18	0~2km	原野	SW	1.04	16 方位
19	0~2km	原野	WSW	1.25	16 方位
20	0~2km	联丰建材公司	W	1.56	16 方位
21	0~2km	道路	WNW	1.21	16 方位
22	0~2km	道路	NW	0.86	16 方位
23	0~2km	道路	NNW	0.66	16 方位
24	2~5km	西边华	N	4.78	环境敏感点 (基本农田)
25	2~5km	城下刘家	NNE	4.40	环境敏感点 (基本农田)
26	2~5km	楼台村	NE	2.18	环境敏感点 (基本农田)
27	2~5km	先锋村	NE	3.00	环境敏感点 (基本农田)
28	2~5km	龙宫洞售票处	ENE	3.43	环境敏感点 (景点)
29	2~5km	原野	E	3.30	16 方位
30	2~5km	长岭叶家	ESE	2.69	环境敏感点 (基本农田)
31	2~5km	团结村梁家	ESE	4.40	环境敏感点 (基本农田)

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
32	2~5km	黄土咀	SE	3.20	环境敏感点 (基本农田)
33	2~5km	前山村	SE	4.63	环境敏感点 (基本农田)
34	2~5km	上畈阳	SSE	3.05	环境敏感点 (基本农田)
35	2~5km	凤鸣村	SSE	4.00	环境敏感点 (基本农田)
36	2~5km	大港周	S	3.00	环境敏感点 (基本农田)
37	2~5km	咀上冯	S	4.07	环境敏感点 (基本农田)
38	2~5km	桥头严家	SSW	3.08	环境敏感点 (基本农田)
39	2~5km	阳汊畈	SSW	4.34	环境敏感点 (基本农田)
40	2~5km	严家店	SW	3.44	环境敏感点 (基本农田)
41	2~5km	山里洪	SW	4.36	环境敏感点 (基本农田)
42	2~5km	前湾吴	WSW	3.37	环境敏感点 (基本农田)
43	2~5km	上九房村	W	4.71	环境敏感点 (基本农田)
44	2~5km	曹家岭	WNW	2.40	环境敏感点 (基本农田)
45	2~5km	马迹岭	NW	2.39	环境敏感点 (基本农田)
46	2~5km	新德湾	NW	3.22	环境敏感点 (基本农田)
47	2~5km	桥头边张	NNW	3.58	环境敏感点 (基本农田)
48	5~10km	太平关乡	N	7.03	人口集中区
49	5~10km	康庄村	N	9.01	环境敏感点 (基本农田)
50	5~10km	桐城圩	NNE	7.69	环境敏感点 (基本农田)
51	5~10km	白沙水库	NE	6.21	水源保护区
52	5~10km	风车井	ENE	9.59	环境敏感点 (基本农田)
53	5~10km	周家岭	E	6.67	环境敏感点 (基本农田)
54	5~10km	龙汪村	ESE	5.89	环境敏感点 (基本农田)
55	5~10km	邻都村	ESE	8.92	环境敏感点 (基本农田)
56	5~10km	熊家	SE	5.47	环境敏感点 (基本农田)

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
57	5~10km	大屋冯村	SSE	6.23	环境敏感点 (基本农田)
58	5~10km	严家山	S	6.37	环境敏感点 (基本农田)
59	5~10km	八房	SSW	6.52	环境敏感点 (基本农田)
60	5~10km	宝山村	SW	5.12	环境敏感点 (基本农田)
61	5~10km	黎中湾	SW	9.47	环境敏感点 (基本农田)
62	5~10km	付垌乡	WSW	8.96	环境敏感点 (基本农田)
63	5~10km	张东村	W	8.99	环境敏感点 (基本农田)
64	5~10km	沈仲村	WNW	6.63	环境敏感点 (基本农田)
65	5~10km	泉水村	WNW	7.61	环境敏感点 (基本农田)
66	5~10km	施三房	NW	6.22	环境敏感点 (基本农田)
67	5~10km	阳家垄	NW	8.26	环境敏感点 (基本农田)
68	5~10km	周英村	NNW	6.70	环境敏感点 (基本农田)
69	5~10km	骆杨初	NNW	7.99	环境敏感点 (基本农田)
70	10~20km	定山镇	N	15.03	人口集中区
71	10~20km	湖西村	NNE	12.76	环境敏感点 (基本农田)
72	10~20km	黄岭乡	NE	18.26	人口集中区
73	10~20km	增家畈	ENE	15.10	环境敏感点 (基本农田)
74	10~20km	马家坞	E	15.09	环境敏感点 (基本农田)
75	10~20km	杨梓镇	ESE	17.89	人口集中区
76	10~20km	肖家岭	SE	16.23	环境敏感点 (基本农田)
77	10~20km	大港镇	SSE	17.07	人口集中区
78	10~20km	石莲花垄	S	18.60	环境敏感点 (基本农田)
79	10~20km	大屋陈	SSW	12.91	环境敏感点 (基本农田)
80	10~20km	北炎村	SSW	18.62	环境敏感点 (基本农田)
81	10~20km	武山镇	SW	14.73	人口集中区
82	10~20km	均桥镇	WSW	12.95	人口集中区
83	10~20km	城山镇	WSW	19.10	人口集中区

序号	调查范围	点位名称	方位	距离, km	布点说明
84	10~20km	刘祥村	W	15.73	环境敏感点 (基本农田)
85	10~20km	马影镇	WNW	13.51	人口集中区
86	10~20km	湖口县	WNW	18.12	人口集中区
87	10~20km	凰村乡	NW	13.55	人口集中区
88	10~20km	流泗镇	NNW	12.46	人口集中区

表 3.1-2 土壤监测点位分布

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
土壤	γ 谱核素 (^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ；)、 ^{90}Sr	10km 范围内	1 次	20	N	厂界北、城下刘家、康庄村	八个方位角，并与部分累积剂量点、 γ 剂量率测量点重合
					NE	天红村新曹组、先锋村	
					E	厂界东、周家岭	
					SE	下湾阳、大屋冯村	
					S	厂界南、西湾高、八房	
					SW	前湾吴、山里洪、黎中湾	
					W	厂界西、曹家岭、张东村	
					NW	马迹岭、阳家垄	

表 3.1-3 测量仪器一览表

序号	名称	数量	型号规格	监测项目
1	X- γ 辐射剂量当量率仪	1	FH40G+FHZ672E-10	γ 辐射瞬时剂量率
2	高压电离室	1	RS-S131-200	连续 γ 辐射剂量率
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
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	低本底液闪谱仪	1	Quantulus1220	^3H
9	低本底 α 、 β 测量仪	2	MPC9604	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr

表 3.1-4 测量仪器技术参数汇总

序号	名称	数量	型号规格	主要技术指标
1	X- γ 辐射剂量当量率仪	2	FH40G+FHZ672E-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 μ Sv·h ⁻¹ ； 能量响应：40keV~4.4MeV
2	高压电离室	1	RS-S131-200	量程：0~100R/hr 零点漂移 \pm 0.5uR/hr
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 μ Gy
4	HPGe γ 谱仪系统	2	GMX40-76-LB-B	相对效率：40%~45% 能量分辨率：1.7~1.9keV （ ^{60}Co 点源 1.33MeV 峰） 本底计数率：0.9~1.2cps
5	HPGe γ 谱仪系统	1	GEM-50-83-LB-C	相对效率：50%~55% 能量分辨率：1.7~1.9keV （ ^{60}Co 点源 1.33MeV 峰） 本底计数率：1.0~2.0cps
6	HPGe γ 谱仪系统	1	GC5019	
7	HPGe γ 谱仪系统	1	GEM-S8530	
8	低本底液闪谱仪	1	Quantulus1220	计数效率：17.9% 本底计数率：0.440min ⁻¹
9	低本底 α 、 β 测量仪	2	MPC9604	相对效率： α 源（ ^{241}Am 或 ^{210}Po ） \geq 40%

序号	名称	数量	型号规格	主要技术指标
				β 源 ($^{90}\text{Sr}/^{210}\text{Y}$) $\geq 50\%$ 本底计数率: $\alpha < 0.06\text{cpm}$, $\beta < 0.5\text{cpm}$

表 3.1-5 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 (%)	化学回收率 (%)	最低探测限	
							本调查	HJ969-2018
总 α	水	2L	1000	0.02	9	100	$2.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$	$2.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$
总 β	水	2L	1000	0.50	50	100	$3.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$	$5.0 \times 10^{-2}\text{Bq/L}$
^{90}Sr	土壤	50g	1000	0.4	54	60	$2.0 \times 10^{-1}\text{Bq/kg}$	$2.0 \times 10^{-1}\text{Bq/kg}$
	水	20L	1000	0.4	54	70	$2.7 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$	$3.0 \times 10^{-4}\text{Bq/L}$
^3H	水	2L	1000	0.44	18	—	$1.0 \times 10^{-1}\text{Bq/L}$	$5.0 \times 10^{-1}\text{Bq/L}$

表 3.1-6 气溶胶 γ 能谱分析测量参数

样品量: 10000m^3

测量时间: 1440min

样品几何尺寸: 将滤膜装于 $\phi 75\text{mm} \times \text{H}50\text{mm}$ 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	810.75	0.9945	6.3×10^{-3}	0.026650	5.0×10^{-3}	—
^{60}Co	1332.5	0.9998	3.8×10^{-3}	0.01430	4.9×10^{-3}	—
^{134}Cs	795.8	0.854	9.3×10^{-3}	0.02057	6.1×10^{-3}	—
^{137}Cs	661.7	0.8521	1.0×10^{-2}	0.02382	2.5×10^{-3}	5.0×10^{-3}
^7Be	477.59	0.1042	7.5×10^{-3}	0.02208	6.0×10^{-1}	—
^{131}I	364.5	0.8124	2.0×10^{-3}	0.03396	3.1×10^{-3}	1.0×10^{-2}

表 3.1-7 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	探测限 (Bq/L)	
			本调查	HJ969-2018
^{54}Mn	834.83	0.9998	1.3×10^{-3}	—
^{58}Co	810.75	0.9945	1.2×10^{-3}	—
^{60}Co	1332.5	0.9998	1.2×10^{-3}	—
^{134}Cs	795.84	0.8544	1.4×10^{-3}	—
^{137}Cs	661.7	0.8513	1.4×10^{-3}	2×10^{-3}
^{65}Zn	1115.52	0.5075	2.4×10^{-3}	—
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.75	0.9474	1.3×10^{-3}	—
^{106}Ru	621.93	0.0993	1.4×10^{-3}	—

表 3.1-8 土壤、沉积物 γ 能谱分析测量参数

样品量：200g

测量时间：1440min

样品几何尺寸：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	最低探测限(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	810.75	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	661.6	0.8462	4.1×10^{-3}	0.01521	2.6×10^{-1}	5×10^{-1}
^{40}K	1460.7	0.1070	2.6×10^{-3}	0.00876	2.9	—
^{226}Ra	609.3	0.4628	1.2×10^{-2}	0.016112	7.7×10^{-1}	—
^{232}Th	911.1	0.2770	2.4×10^{-3}	0.01217	7.7×10^{-1}	—
^{238}U	63.3	0.0381	1.2×10^{-2}	0.00865	1.8×10^{-1}	—

表 3.1-9 陆地 γ 辐射剂量率监测结果

序号	点位描述	方位	距离	原野 γ 辐射剂量率 测量值 (nGy/h) ¹⁾				平均值		道路 类型	道路 γ 辐射剂量率 测量值 (nGy/h) ¹⁾				平均值		标准差
				2021.7		2021.9		测量值	标准差		2021.7		2021.9		测量值	标准差	
				测量值	标准差	测量值	标准差				测量值	标准差					
1	厂址中心	/	/	93.8	1.0	93.5	2.1	93.7	0.2	/	/	/	/	/	/	/	/
2	厂界东	E	0.20	92.3	0.8	99.5	1.6	95.9	5.1	/	/	/	/	/	/	/	/
3	厂界南	S	0.13	82.1	2.7	88.8	1.3	85.5	4.7	/	/	/	/	/	/	/	/
4	厂界西	SW	0.12	94.5	0.9	99.5	1.5	97.0	3.5	/	/	/	/	/	/	/	/
5	厂界北	N	0.13	88.1	3.2	83.5	1.0	85.8	3.3	/	/	/	/	/	/	/	/
6	原野	E	3.30	79.3	1.2	75.2	1.5	77.3	2.9	/	/	/	/	/	/	/	/
7	东边曹	NE	1.27	72.0	1.2	70.7	1.8	71.4	0.9	水泥路	54.5	0.4	51.3	0.4	52.9	2.3	
8	黄家新村	E	0.69	82.3	1.0	83.5	2.5	82.9	0.8		70.6	1.3	71.8	1.3	71.2	0.8	
9	河南亚新砖厂	ESE	0.19	83.3	1.4	82.5	2.0	82.9	0.6		90.8	3.3	92.3	1.6	91.6	1.1	
10	下湾阳	SE	1.56	67.4	1.5	67.7	1.3	67.6	0.2		69.9	0.4	66.2	0.8	68.1	2.6	
11	兰家	SSE	1.84	76.1	0.8	70.5	1.0	73.3	4.0		59.3	1.2	56.8	0.5	58.1	1.8	
12	蔡家庄	S	1.33	78.8	1.1	84.0	0.7	81.4	3.7		59.8	2.0	62.7	0.6	61.3	2.1	
13	西湾高	SSW	1.45	76.5	1.6	81.8	1.9	79.2	3.7		54.2	2.6	63.5	0.6	58.9	6.6	
14	郭家垄	SSW	1.71	60.4	0.8	77.9	0.6	69.2	12.4		52.5	1.1	53.5	1.9	53.0	0.7	
15	联丰建材公司	W	1.56	/	/	/	/	/	/		63.2	0.5	69.2	1.4	66.2	4.2	
16	道路	WNW	1.21	/	/	/	/	/	/		62.1	0.5	62.7	0.3	62.4	0.4	
17	道路	NW	0.86	/	/	/	/	/	/		57.3	1.1	56.2	1.4	56.8	0.8	
18	道路	NNW	0.66	/	/	/	/	/	/		62.6	1.9	70.2	0.8	66.4	5.4	
19	西边华	N	4.78	67.2	0.7	57.8	0.5	62.5	6.6		69.0	0.8	64.2	0.4	66.6	3.4	

序号	点位描述	方位	距离	原野γ辐射剂量率				平均值		道路类型	道路γ辐射剂量率				平均值		标准差
				测量值 (nGy/h) ¹⁾		标准差	2021.9	标准差	测量值 (nGy/h) ¹⁾		标准差	2021.9	标准差				
				2021.7	标准差				2021.7					标准差			
															测量值	标准差	
20	城下刘家	NNE	4.40	70.5	0.4	62.8	0.6	66.7	5.4	水泥路	57.3	1.0	51.7	0.9	54.5	4.0	
21	先锋村	NE	3.00	98.5	1.5	94.5	3.1	96.5	2.8		73.3	0.9	65.3	0.5	69.3	5.7	
22	长岭叶家	ESE	2.69	80.7	1.5	69.6	0.7	75.2	7.8		62.4	0.8	58.4	1.8	60.4	2.8	
23	黄土咀	SE	3.20	81.9	0.9	87.8	1.3	84.9	4.2		66.7	0.8	69.8	0.7	68.3	2.2	
24	前山村	SE	4.63	75.2	0.7	72.9	0.3	74.1	1.6		74.0	0.6	73.6	1.9	73.8	0.3	
25	上畈阳	SSE	3.05	74.1	1.0	70.5	0.7	72.3	2.5		51.7	0.7	64.3	0.8	58.0	8.9	
26	凤鸣村	SSE	4.00	72.3	0.6	79.7	0.8	76.0	5.2		66.3	1.5	74.2	0.7	70.3	5.6	
27	大港周	S	3.00	74.2	0.7	75.7	0.7	75.0	1.1		72.8	1.3	70.1	0.6	71.5	1.9	
28	咀上冯	S	4.07	79.6	1.2	75.3	0.8	77.5	3.0		63.8	1.2	57.1	0.4	60.5	4.7	
29	桥头严家	SSW	3.08	84.3	1.1	73.7	1.1	79.0	7.5		71.1	0.6	73.2	0.9	72.2	1.5	
30	阳汉畈	SSW	4.34	77.8	1.5	77.0	0.4	77.4	0.6		59.6	1.2	58.0	0.8	58.8	1.1	
31	严家店	SW	3.44	65.5	0.4	74.5	0.7	70.0	6.4		64.6	0.7	66.4	0.9	65.5	1.3	
32	山里洪	SW	4.36	73.8	1.2	73.0	2.0	73.4	0.6		73.8	0.6	70.9	1.2	72.4	2.1	
33	前湾吴	WSW	3.37	74.8	0.6	71.9	0.7	73.4	2.1		53.2	0.5	51.8	1.0	52.5	1.0	
34	上九房村	W	4.74	70.0	0.5	68.6	0.5	69.3	1.0		70.5	0.6	65.2	0.6	67.9	3.7	
35	曹家岭	WNW	2.40	/	/	/	/	/	/		80.1	1.3	79.0	0.7	79.6	0.8	
36	马迹岭	NW	2.39	/	/	/	/	/	/		83.1	2.0	79.3	0.8	81.2	2.7	
37	新德湾	NW	3.22	/	/	/	/	/	/		74.2	0.8	64.2	1.0	69.2	7.1	
38	桥头边张	NNW	3.58	72.0	1.1	67.2	0.8	69.6	3.4		67.1	1.3	61.0	0.5	64.1	4.3	
39	太平关乡	N	7.03	/	/	/	/	/	/		67.5	1.6	62.6	1.5	65.1	3.5	
40	康庄村	N	9.01	70.7	1.0	64.1	1.4	67.4	4.7		60.0	0.3	59.6	0.7	59.8	0.3	

序号	点位描述	方位	距离	原野 γ 辐射剂量率				平均值	标准差	道路类型	道路 γ 辐射剂量率				平均值	标准差
				测量值 (nGy/h) ¹⁾		2021.9					测量值 (nGy/h) ¹⁾		2021.9			
				测量值	标准差	测量值	标准差				测量值	标准差	测量值	标准差		
				测量值	标准差	测量值	标准差				测量值	标准差	测量值	标准差		
41	桐城圩	NNE	7.69	70.8	0.5	77.8	0.6	74.3	4.9	水泥路	77.6	0.7	70.8	0.6	74.2	4.8
42	白沙水库	NE	6.21	/	/	/	/	/	/		40.4	1.0	46.4	0.5	43.4	4.2
43	风车井	ENE	9.59	/	/	/	/	/	/		59.9	1.3	62.0	0.7	61.0	1.5
44	周家岭	E	6.67	92.6	1.7	93.2	0.9	92.9	0.4		77.4	1.2	73.6	1.2	75.5	2.7
45	熊家	SE	5.47	85.0	2.2	88.4	0.5	86.7	2.4		66.3	0.6	70.8	0.7	68.6	3.2
46	大屋冯村	SSE	6.23	77.4	1.2	94.8	1.6	86.1	12.3		84.8	2.2	90.1	1.3	87.5	3.7
47	八房	SSW	6.52	77.6	1.0	94.3	1.4	86.0	11.8		80.8	1.0	88.8	0.7	84.8	5.7
48	宝山村	SW	5.12	80.9	2.3	86.5	1.3	83.7	4.0		85.2	0.9	76.5	1.7	80.9	6.2
49	黎中湾	SW	9.47	60.9	0.6	82.4	0.5	71.7	15.2		72.9	1.0	78.1	1.3	75.5	3.7
50	付垅乡	WSW	8.96	/	/	/	/	/	/		69.6	0.5	74.8	0.7	72.2	3.7
51	沈仲村	WNW	6.63	/	/	/	/	/	/		79.0	0.4	71.3	0.6	75.2	5.4
52	施三房	NW	6.22	/	/	/	/	/	/		82.0	1.0	80.3	1.5	81.2	1.2
53	周英村	NNW	6.70	60.7	1.0	73.2	0.7	67.0	8.8		53.5	1.8	64.4	0.3	59.0	7.7
54	骆杨初	NNW	7.99	55.1	1.0	74.6	0.8	64.9	13.8		56.9	1.5	71.0	0.9	64.0	10.0
55	增家畈	ENE	15.10	59.4	0.3	60.3	0.4	59.9	0.6		71.1	0.7	74.6	0.9	72.9	2.5
56	马家坞	E	15.09	/	/	/	/	/	/		78.5	0.8	77.4	0.6	78.0	0.8
57	杨梓镇	ESE	17.89	/	/	/	/	/	/		66.4	1.0	58.6	0.8	62.5	5.5
58	大港镇	SSE	17.07	/	/	/	/	/	/		81.1	0.8	78.6	0.2	79.9	1.8
59	石莲花垄	S	18.60	/	/	/	/	/	/		61.7	0.8	74.2	1.7	68.0	8.8
60	大屋陈	SSW	12.91	/	/	/	/	/	/		80.1	0.6	76.1	0.9	78.1	2.8
61	北炎村	SSW	18.62	/	/	/	/	/	/		82.5	1.2	89.6	1.1	86.1	5.0

序号	点位描述	方位	距离	原野γ辐射剂量率				平均值	标准差	道路类型	道路γ辐射剂量率				平均值	标准差
				测量值 (nGy/h) ¹⁾		测量值 (nGy/h) ¹⁾					测量值 (nGy/h) ¹⁾		测量值 (nGy/h) ¹⁾			
				2021.7	2021.9	2021.7	2021.9				2021.7	2021.9	2021.7	2021.9		
				测量值	标准差	测量值	标准差				测量值	标准差	测量值	标准差		
62	武山镇	SW	14.73	/	/	/	/	/	/	水泥路	63.1	0.8	58.5	0.4	60.8	3.3
63	城山镇	WSW	19.10	/	/	/	/	/	/		64.7	0.9	52.6	0.3	58.7	8.6
64	刘祥村	W	15.73	/	/	/	/	/	/		71.3	0.3	75.1	1.7	73.2	2.7
65	马影镇	WNW	13.51	/	/	/	/	/	/		74.1	0.5	63.5	0.6	68.8	7.5
66	流泗镇	NNW	12.46	/	/	/	/	/	/		82.8	1.7	74.8	0.9	78.8	5.7
67	天红村新曹组	NNE	0.54	77.8	1.0	79.0	1.1	78.4	0.8	柏油路	52.9	1.2	55.5	0.7	54.2	1.8
68	尖山阳新村	ENE	1.31	72.8	0.9	73.2	1.0	73.0	0.3		53.7	1.0	44.6	0.6	49.2	6.4
69	天红镇	ESE	1.25	/	/	/	/	/	/		69.3	1.9	64.6	1.6	67.0	3.3
70	楼台村	NE	2.18	67.4	0.7	75.5	0.6	71.5	5.7		49.1	1.3	47.3	0.4	48.2	1.3
71	龙宫洞售票处	ENE	3.43	/	/	/	/	/	/		45.4	1.3	47.0	0.3	46.2	1.1
72	团结村梁家	ESE	4.40	86.9	1.3	82.0	1.2	84.5	3.5		59.0	2.9	58.1	0.2	58.6	0.6
73	龙汪村	ESE	5.89	/	/	/	/	/	/		65.8	0.7	63.6	0.3	64.7	1.6
74	邻都村	ESE	8.92	/	/	/	/	/	/		63.4	2.9	54.0	0.3	58.7	6.6
75	张东村	W	8.99	63.7	0.5	67.7	0.5	65.7	2.8		52.6	0.6	44.1	0.4	48.4	6.0
76	泉水村	WNW	7.61	/	/	/	/	/	/		73.2	0.3	63.0	1.9	68.1	7.2
77	阳家垄	NW	8.26	58.1	0.6	67.0	0.7	62.6	6.3		59.3	0.9	61.8	0.9	60.6	1.8
78	定山镇	N	15.03	/	/	/	/	/	/		43.8	2.4	47.0	0.6	45.4	2.3
79	湖西村	NNE	12.76	/	/	/	/	/	/		66.3	0.7	54.3	1.1	60.3	8.5
80	黄岭乡	NE	18.26	/	/	/	/	/	/		44.7	1.3	44.8	0.5	44.8	0.1
81	肖家岭	SE	16.23	/	/	/	/	/	/		62.9	0.6	66.7	1.5	64.8	2.7
82	均桥镇	WSW	12.95	/	/	/	/	/	/		49.4	0.5	47.8	0.2	48.6	1.1

序号	点位描述	方位	距离	原野 γ 辐射剂量率				平均值		道路类型	道路 γ 辐射剂量率				平均值		标准差
				测量值 (nGy/h) ¹⁾		标准差	标准差	标准差	测量值 (nGy/h) ¹⁾		标准差	标准差	标准差				
				2021.7	2021.9				2021.7					2021.9			
83	湖口县	WNW	18.12	/	/	/	/	/	/	柏	58.1	1.4	55.3	0.8	56.7	2.0	
84	凰村镇	NW	13.55	/	/	/	/	/	/	油	50.4	1.5	62.2	0.5	56.3	8.3	
85	龙宫洞情人谷漂流（已废弃）	N	1.61	/	/	/	/	/	/	石	67.0	0.6	67.5	0.7	67.3	0.4	
86	道路	SW	1.04	/	/	/	/	/	/	子	100	1	104	2	102	3	
87	道路	WSW	1.25	/	/	/	/	/	/	路	146	3	136	2	141	7	
88	严家山	S	6.37	75.9	0.4	81.6	1.2	78.8	4.0		82.8	0.8	82.3	0.6	82.6	0.4	
测值结果				55.1~98.5		60.3~94.8		77.0	9.3	/	40.4~146		44.1~136		67.0	14.1	
九江市本底值 ²⁾				37.6~177				62.5			30.0~143				63.9		
江西省本底值 ²⁾				13.7~341				73.3			12.6~369				73.6		

注：1) 已扣除宇宙射线响应值 (6.53nGy/h)；

2) 引自《中国环境天然放射性水平》(原国家环境保护总局，1995.8)，已扣除宇宙射线响应值。

表 3.1-10 道路 γ 辐射剂量率测量结果汇总 (nGy/h)

路面 类型	点位数	监测结果 ¹⁾				江西省不同道路类型 γ 辐射剂量率 ²⁾	
		2021.7		2021.9			
		测值范围	平均值	测值范围	平均值	范围	平均值
水泥路	60	40.4~90.8	68.4	46.4~92.3	68.1	27.3~169	66.4
柏油路	18	43.8~73.2	56.6	44.1~66.7	54.5	15.1~172	64.5
石子路	4	67.0~146	92.6	67.5~136	97.5	22.1~361	78.8

注：1) 已扣除宇宙射线响应值 (6.53nGy/h)；

2) 引自《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局，1995.8)，已扣除宇宙射线响应值。

表 3.1-11 原野 γ 辐射累积剂量测量结果

序号	布放地点	方位	距离 (km)	布放时间	回收时间	布放时间 (h)	累积剂量 (mGy)	TLD测得的 γ 辐射 剂量率nGy/h
1	厂址中心	/	/	2021/07/21	丢失	/	/	/
2	厂界东	E	0.20	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.154	98.7
3	厂界南	S	0.13	2021/07/21	2021/09/24	1560	0.171	110
4	厂界西	SW	0.12	2021/07/21	2021/09/24	1560	0.138	88.5
5	厂界北	N	0.13	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.121	77.5
6	天红村新 曹组	NNE	0.54	2021/07/22	2021/09/24	1538	0.158	103
7	东边曹	NE	1.27	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.122	77.9
8	黄家新村	E	0.69	2021/07/22	2021/09/24	1537	0.138	90.0
9	西湾高	SSW	1.45	2021/07/20	2021/09/24	1582	0.131	82.7
10	联丰建材 公司	W	1.56	2021/07/22	2021/09/24	1538	0.151	98.1
11	NW向道 路	NW	0.86	2021/07/22	2021/09/24	1538	0.143	92.8
12	NNW向道 路	NNW	0.66	2021/07/22	2021/09/24	1538	0.140	91.0
13	先锋村	NE	3.00	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.148	94.8
14	E向原野	E	3.30	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.141	90.5
15	长岭叶家	ESE	2.69	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.108	69.4
16	桥头严家	SSW	3.08	2021/07/23	2021/09/25	1537	0.140	91.3
17	严家店	SW	3.44	2021/07/23	2021/09/25	1538	0.149	97.2
18	山里洪	SW	4.36	2021/07/23	2021/09/25	1538	0.100	64.7
19	前湾吴	WSW	3.37	2021/07/23	2021/09/25	1538	0.117	76.0
20	周家岭	E	6.67	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.150	96.5
21	严家山	S	6.37	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.142	91.1
22	宝山村	SW	5.12	2021/07/23	2021/09/25	1537	0.138	89.9
23	黎中湾	SW	9.47	2021/07/25	2021/09/26	1511	0.123	81.1
24	周英村	NNW	6.70	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.121	78.6

注：测量值均未扣除宇宙射线响应值。

表 3.1-12 道路 γ 辐射累积剂量测量结果

序号	路面特征	布放地点	方位	距离(km)	布放时间	回收时间	布放时间(h)	累积剂量(mGy)	TLD算得的 γ 辐射剂量率nGy/h
1	水泥路	河南亚新砖厂	ESE	0.19	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.131	83.8
2		下湾阳	SE	1.56	2021/07/20	2021/09/24	1584	0.128	81.0
3		兰家	SSE	1.84	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.121	77.5
4		蔡家庄	S	1.33	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.138	88.7
5		郭家垄	SSW	1.71	2021/07/23	2021/09/24	1509	0.096	63.5
6		WNW向道路	WNW	1.21	2021/07/22	2021/09/24	1538	0.121	78.5
7		西边华	N	4.78	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.100	65.0
8		城下刘家	NNE	4.40	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.104	67.9
9		黄土咀	SE	3.20	2021/07/20	2021/09/24	1584	0.123	77.9
10		前山村	SE	4.63	2021/07/20	2021/09/24	1584	0.142	89.7
11		上坂阳	SSE	3.05	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.113	72.7
12		凤鸣村	SSE	4.00	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.111	70.8
13		大港周	S	3.00	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.144	92.0
14		咀上冯	S	4.07	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.110	70.6
15		阳汉坂	SSW	4.34	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.119	76.3
16		上九房村	W	4.74	2021/07/23	2021/09/25	1537	0.117	76.0
17		曹家岭	WNW	2.40	2021/07/23	2021/09/25	1538	0.119	77.7
18		马迹岭	NW	2.39	2021/07/23	2021/09/25	1538	0.134	87.3
19		新德湾	NW	3.22	2021/07/23	2021/09/25	1537	0.137	89.2
20		桥头边张	NNW	3.58	2021/07/23	丢失	/	/	/
21		太平关乡	N	7.03	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.101	66.0
22		康庄村	N	9.01	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.119	77.5
23		桐城圩	NNE	7.69	2021/07/24	2021/09/24	1495	0.143	95.8
24		白沙水库	NE	6.21	2021/07/24	2021/09/24	1489	0.078	52.2
25		风车井	ENE	9.59	2021/07/24	2021/09/24	1492	0.119	79.6
26		熊家	SE	5.47	2021/07/20	2021/09/24	1584	0.110	69.2
27	水泥路	大屋冯村	SSE	6.23	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.134	85.8
28		八房	SSW	6.52	2021/07/22	2021/09/25	1560	0.127	81.4
29		付垅乡	WSW	8.96	2021/07/25	2021/09/25	1490	0.111	74.3
30		沈仲村	WNW	6.63	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.146	95.2

序号	路面特征	布放地点	方位	距离 (km)	布放时间	回收时间	布放时间 (h)	累积剂量 (mGy)	TLD算得的 γ辐射剂量 率nGy/h
31		施三房	NW	6.22	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.151	98.2
32		骆杨初	NN W	7.99	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.117	76.0
33		增家畈	ENE	15.10	2021/07/24	2021/09/24	1492	0.133	89.5
34		马家坞	E	15.09	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.146	93.8
35		杨梓镇	ESE	17.89	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.121	77.4
36		大港镇	SSE	17.07	2021/07/25	2021/09/26	1512	0.129	85.0
37		石莲花垄	S	18.60	2021/07/25	2021/09/26	1511	0.124	81.8
38		大屋陈	SSW	12.91	2021/07/25	2021/09/26	1511	0.122	81.0
								0.103	68.5
39		北炎村	SSW	18.62	2021/07/25	2021/09/26	1511	0.136	89.8
40		武山镇	SW	14.73	2021/07/25	2021/09/26	1512	0.111	73.1
41		城山镇	WSW	19.10	2021/07/25	2021/09/26	1510	0.126	83.5
42		刘祥村	W	15.73	2021/07/25	2021/09/26	1510	0.127	84.4
43		马影镇	WN W	13.51	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.149	96.8
44		流泗镇	NN W	12.46	2021/07/24	2021/09/26	1541	0.133	86.5
45	柏油路	尖山阳新村	ENE	1.31	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.107	68.7
46		天红镇	ESE	1.25	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.146	93.8
47		楼台村	NE	2.18	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.085	54.2
48		龙宫洞售票处	ENE	3.43	2021/07/22	2021/09/25	1561	0.088	56.6
49		团结村梁家	ESE	4.40	2021/07/20	2021/09/24	1584	0.135	85.0
50		龙汪村	ESE	5.89	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.136	87.3
51		邻都村	ESE	8.92	2021/07/21	2021/09/24	1559	0.122	78.4
52		张东村	W	8.99	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.096	62.6
53		泉水村	WN W	7.61	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.145	94.5
54		阳家垄	NW	8.26	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.119	77.5
55		定山镇	N	15.03	2021/07/24	2021/09/26	1541	0.080	51.8
56		湖西村	NNE	12.76	2021/07/24	2021/09/24	1495	0.128	85.9
57		黄岭乡	NE	18.26	2021/07/24	2021/09/24	1492	0.080	53.9
58		肖家岭	SE	16.23	2021/07/25	丢失	/	/	/
59		均桥镇	WSW	12.95	2021/07/25	2021/09/26	1510	0.088	58.5
60		湖口县	WN W	18.12	2021/07/24	2021/09/26	1541	0.114	73.9

序号	路面特征	布放地点	方位	距离(km)	布放时间	回收时间	布放时间(h)	累积剂量(mGy)	TLD算得的 γ 辐射剂量率nGy/h
61		凰村镇	NW	13.55	2021/07/24	2021/09/26	1541	0.128	83.2
62	石子路	龙宫洞情人谷漂流	N	1.61	2021/07/23	2021/09/25	1536	0.110	71.4
63		SW向道路	SW	1.04	2021/07/23	2021/09/24	1509	0.162	107
64		WSW向道路	WSW	1.25	2021/07/22	2021/09/24	1538	0.233	151

注：测量值均未扣除宇宙射线响应值，下同。

表 3.1-13 连续监测系统环境 γ 辐射剂量率日均值测量结果（7.20~9.24）

单位：nGy/h

日期	日平均值	标准差	日期	日平均值	标准差
7.20	69.2	1.7	7.21	69.2	1.0
7.22	69.2	0.6	7.23	69.2	0.3
7.24	70.2	1.6	7.25	72.2	0.3
7.26	73.2	0.6	7.27	73.2	0.3
7.28	73.2	0.4	7.29	72.2	0.5
7.30	74.2	1.4	7.31	74.2	1.4
8.1	75.2	1.6	8.2	75.2	1.7
8.3	74.2	1.2	8.4	73.2	0.7
8.5	74.2	0.8	8.6	74.2	1.1
8.7	73.2	0.9	8.8	74.2	0.6
8.9	75.2	1.3	8.10	75.2	3.2
8.11	81.2	10.2	8.12	76.2	4.1
8.13	75.2	5.6	8.14	75.2	4.8
8.15	71.2	0.9	8.16	72.2	0.9
8.17	71.2	0.6	8.18	72.2	0.9
8.19	73.2	1.0	8.20	73.2	3.6
8.21	73.2	1.9	8.22	73.2	0.4
8.23	73.2	2.7	8.24	75.2	6.3
8.25	71.2	1.0	8.26	73.2	1.3
8.27	71.2	1.2	8.28	72.2	0.5
8.29	74.2	1.2	8.30	74.2	1.7
8.31	74.2	1.5	9.1	74.2	1.2
9.2	75.2	2.0	9.3	73.2	0.4
9.4	75.2	1.2	9.5	76.2	6.4
9.6	71.2	0.3	9.7	71.2	0.4
9.8	72.2	0.4	9.9	73.2	1.3
9.10	73.2	1.3	9.11	75.2	1.6
9.12	72.2	0.5	9.13	72.2	0.4
9.14	72.2	0.3	9.15	73.2	0.7
9.16	74.2	1.3	9.17	75.2	1.6
9.18	75.2	1.0	9.19	76.2	0.9
9.20	74.2	1.7	9.21	75.2	1.3
9.22	75.2	0.9	9.23	76.2	1.3
9.24	77.2	1.7	/	/	/
日最大值	81.2（测得时间：2021/8/11）				
日最小值	69.2（测得时间：2021/7/20等）				
平均值	73.5				
标准偏差	2.1				

日期	日平均值	标准差	日期	日平均值	标准差
九江环境值*	测值范围：56.0~68.1 平均值：67.6				
江西环境值*	测值范围：56.0~102 平均值：79.6				

注：1) 已扣除宇宙射线响应值 (33.9nGy/h)；

2) 引自《中国环境天然放射性水平》(国家环境保护局，1995.8)，已扣除宇宙射线响应值。

表 3.1-14 气溶胶中 γ 能谱分析测量结果

采样 点位	方位	距离	γ 核素含量 ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)						
			^{54}Mn	^{58}Co	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^7Be (mBq/m^3)	^{131}I
大港村 郭垅组 (西 湾高)	SSW	1.23	<4.26	<4.37	<4.44	<4.31	<4.30	1.56±0.14	<5.07
天红村 曹家组	NNE	0.34	<3.88	<4.55	<4.03	<4.17	<4.92	1.00±0.11	<5.09

表 3.1-15 水体中放射性核素测量结果

采样对象	采样点位	方向	距离	γ 谱核素 (mBq/L)					^{90}Sr (mBq/L)	^3H (Bq/L)	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)
				^{54}Mn	^{58}Co	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs				
地表水	天红河	E	0.47	<1.09	<1.05	<1.35	<1.13	<1.15	2.01±0.20	0.74±0.13	/	/
	白沙水库	NE	6.14	<1.17	<1.03	<1.34	<1.10	<1.10	1.86±0.25	0.93±0.10	/	/
	童家垅水库	ESE	3.28	<1.02	<1.20	<1.30	<1.04	<1.13	1.75±0.14	0.58±0.11	/	/
	马迹岭水库	NW	3.13	<0.92	<1.23	<1.19	<0.97	<1.07	2.45±0.23	1.01±0.13	/	/
	北港湖	W	15.45	<1.05	<1.06	<1.52	<1.22	<1.19	1.64±0.16	1.07±0.15	/	/
	芳湖	NNE	14.64	<1.02	<1.03	<1.26	<1.09	<1.12	2.73±0.22	0.92±0.08	/	/
饮用水	平均值	/	/	/	/	/	/	/	2.07±0.43	0.88±0.18	/	/
	西湾高	S	1.32	<1.15	<1.07	<1.35	<1.12	<1.15	2.29±0.17	0.43±0.23	0.05±0.02	0.32±0.02
	郭家垄	SSW	1.43	<1.12	<1.09	<1.33	<1.08	<1.17	1.32±0.06	0.70±0.13	0.03±0.01	0.07±0.01
	天红村新曹组	NNE	0.62	<1.18	<1.07	<1.24	<1.07	<1.25	2.06±0.23	0.56±0.25	<0.02	0.02±0.01
	平均值	/	/	/	/	/	/	/	1.89±0.51	0.56±0.14	0.03±0.02	0.16±0.13
	天红村新曹组	NNE	0.62	<1.14	<1.06	<1.13	<1.13	<1.07	2.41±0.22	0.76±0.11	/	/
地下水	探测限要求 (HJ969-2018)			/	/	/	/	2.0	3.0×10^{-1}	5.0×10^{-1}	2.0×10^{-2}	5.0×10^{-2}

表 3.1-16 土壤中放射性核素监测结果

采样点位	方向	距离	γ 谱核素 (Bq/kg•干)										⁹⁰ Sr (Bq/kg•干)
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K		
厂界北	N	0.13	<0.22	<0.21	<0.27	<0.23	<0.24	59.9±6.0	62.7±5.4	39.5±1.9	643±43	0.15±0.03	
城下刘家	NNE	4.40	<0.20	<0.20	<0.25	<0.21	0.62±0.10	29.9±4.4	44.1±3.9	33.1±1.6	661±44	1.88±0.05	
康庄村	N	9.01	<0.19	<0.23	<0.22	<0.22	1.76±0.19	41.7±3.9	45.9±4.0	32.5±1.5	423±28	0.70±0.06	
天红村 新曹组	NNE	0.54	<0.26	<0.25	<0.32	<0.27	0.93±0.12	43.4±5.0	49.9±4.4	33.0±1.6	496±33	0.76±0.05	
先锋村	NE	3.00	<0.21	<0.20	<0.25	<0.21	1.32±0.14	30.9±4.3	58.8±5.1	36.1±1.7	741±49	0.73±0.05	
厂界东	E	0.20	<0.22	<0.21	<0.27	<0.22	6.18±0.37	54.4±5.7	62.8±5.4	39.2±1.9	625±42	0.89±0.06	
周家岭	E	6.67	<0.25	<0.24	<0.30	<0.25	<0.27	54.2±5.7	73.0±6.3	42.8±2.0	523±35	1.01±0.04	
下湾阳	SE	1.56	<0.23	<0.22	<0.28	<0.23	3.23±0.24	49.6±5.4	56.8±4.9	36.9±1.8	580±39	1.21±0.04	
大屋冯村	SSE	6.23	<0.25	<0.24	<0.30	<0.25	2.06±0.19	38.5±4.8	45.8±4.0	40.0±1.9	633±42	0.52±0.04	
厂界南	S	0.13	<0.18	<0.17	<0.22	<0.18	0.43±0.09	56.0±5.8	66.1±5.7	38.2±1.8	637±42	0.42±0.05	
西湾高	SSW	1.45	<0.24	<0.23	<0.29	<0.25	1.01±0.12	47.7±5.3	54.7±4.8	34.4±1.7	588±39	0.37±0.03	
八房	SSW	6.52	<0.28	<0.31	<0.31	<0.25	4.21±0.31	67.6±4.6	51.4±4.6	106±5	438±30	0.43±0.04	
前湾吴	WSW	3.37	<0.23	<0.28	<0.26	<0.27	2.79±0.24	42.3±4.0	56.6±4.9	39.3±1.8	679±45	1.23±0.06	
山里洪	SW	4.36	<0.25	<0.28	<0.27	<0.22	3.64±0.28	47.0±3.6	59.0±5.2	44.5±2.1	727±49	0.38±0.05	
黎中湾	SW	9.47	<0.24	<0.26	<0.26	<0.21	3.06±0.25	42.9±3.4	59.0±5.2	41.4±2.0	609±41	0.49±0.06	
厂界西	SW	0.12	<0.22	<0.19	<0.24	<0.20	7.47±0.43	22.7±3.5	70.1±6.0	38.9±1.9	723±48	1.43±0.06	

采样点位	方向	距离	γ 谱核素 (Bq/kg•干)										⁹⁰ Sr (Bq/kg•干)
			⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K		
曹家岭	WNW	2.40	<0.15	<0.18	<0.17	<0.18	<0.16	45.2±3.7	23.5±2.1	47.8±2.1	550±36	0.21±0.04	
张东村	W	8.99	<0.18	<0.22	<0.21	<0.22	<0.19	40.8±3.9	55.8±4.8	34.2±1.6	566±37	0.35±0.04	
马迹岭	NW	2.39	<0.21	<0.26	<0.25	<0.25	3.07±0.24	53.8±4.4	46.2±4.0	31.5±1.5	541±36	0.55±0.06	
阳家垄	NW	8.26	<0.20	<0.24	<0.23	<0.23	<0.21	43.1±4.2	60.1±5.2	33.5±1.4	627±41	0.43±0.03	
探测限要求 (HJ969-2018)			/	/	/	/	5×10 ⁻¹ Bq/kg	/	/	/	/	2×10 ⁻¹ Bq/kg	

表 3.1-17 地表水中沉积物放射性核素监测结果

采样点位	方向	距离	γ 谱核素 (Bq/kg·干)										^{90}Sr (Bq/kg·干)
			^{54}Mn	^{58}Co	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K		
天红河	E	0.47	<0.16	<0.20	<0.19	<0.19	<0.17	30.8±2.6	31.4±2.8	22.9±1.1	660±43	0.17±0.02	
白沙水库	NE	6.14	<0.21	<0.26	<0.25	<0.25	<0.22	42.2±4.9	47.6±4.2	25.1±1.3	640±42	1.24±0.04	
童家垅水库	ESE	3.28	<0.20	<0.19	<0.25	<0.21	<0.22	65.1±6.3	64.9±5.6	47.7±2.2	813±54	1.50±0.04	
马迹岭水库	NW	3.13	<0.17	<0.21	<0.20	<0.21	<0.18	15.7±2.4	17.5±1.6	12.0±0.7	369±25	0.58±0.04	
北港湖	W	15.45	<0.20	<0.23	<0.23	<0.23	<0.21	36.1±4.0	50.5±4.4	30.6±1.4	604±40	0.28±0.03	
芳湖	NNE	14.64	<0.19	<0.23	<0.21	<0.23	<0.20	37.0±3.4	51.2±4.4	28.0±1.3	597±40	0.24±0.03	
探测限要求 (HJ969-2018)			/	/	/	/	5×10^{-1} Bq/kg	/	/	/	/	2×10^{-1} Bq/kg	

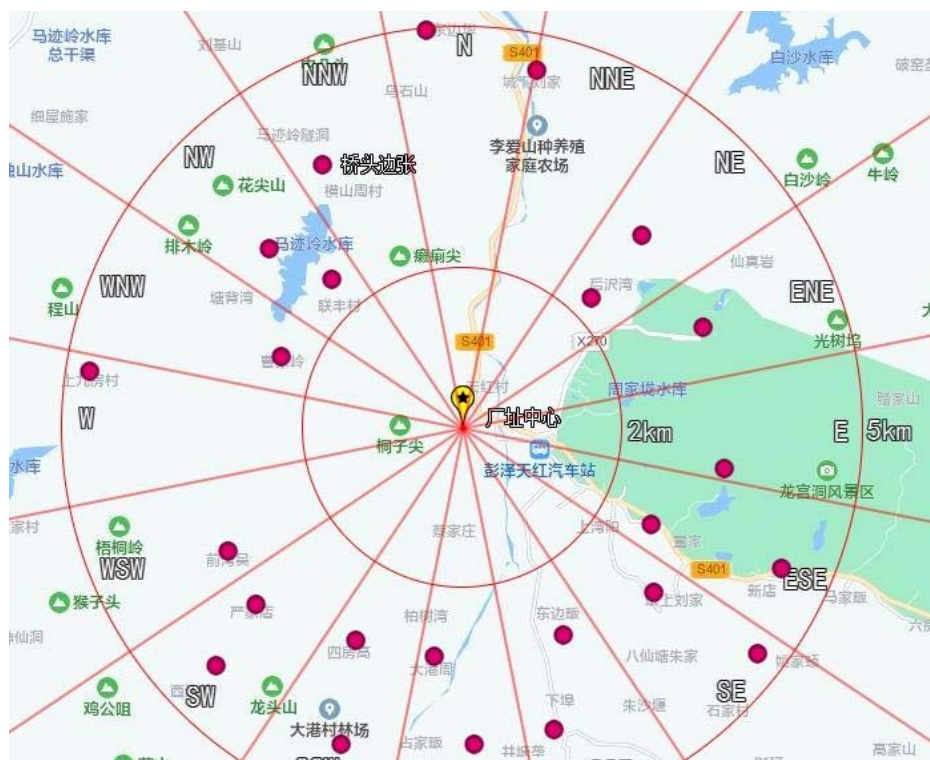


图 3.1-2 厂址 2~5km 范围内陆地 γ 辐射剂量率监测点位示意图

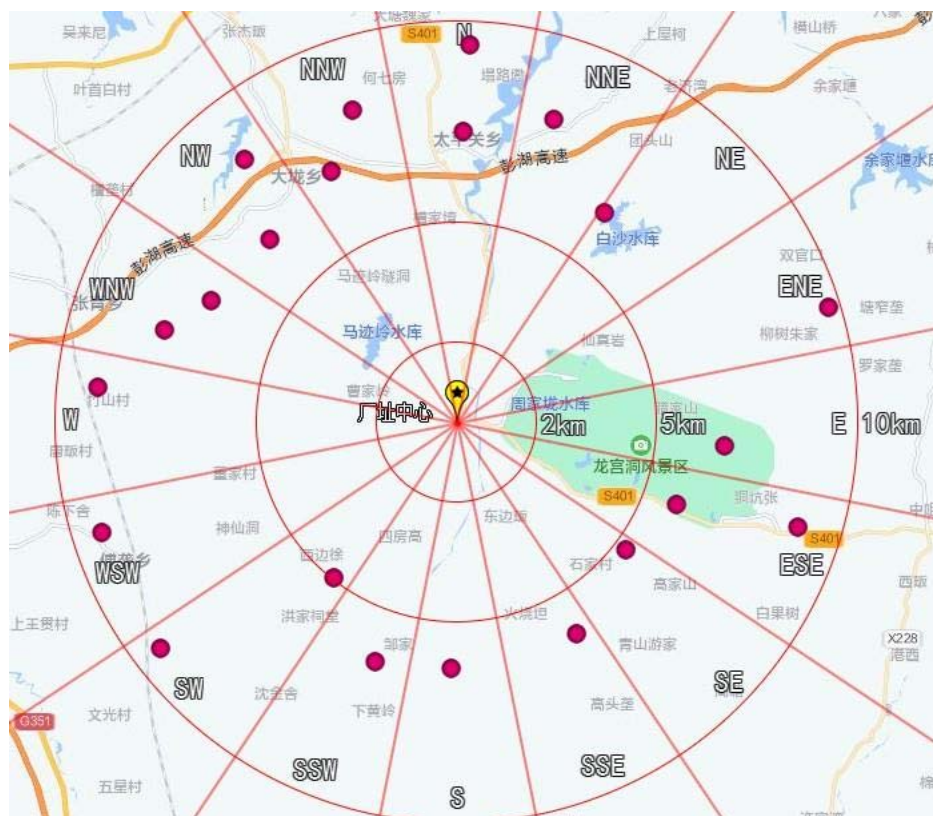


图 3.1-3 厂址 5~10km 范围内陆地 γ 辐射剂量率监测点位示意图

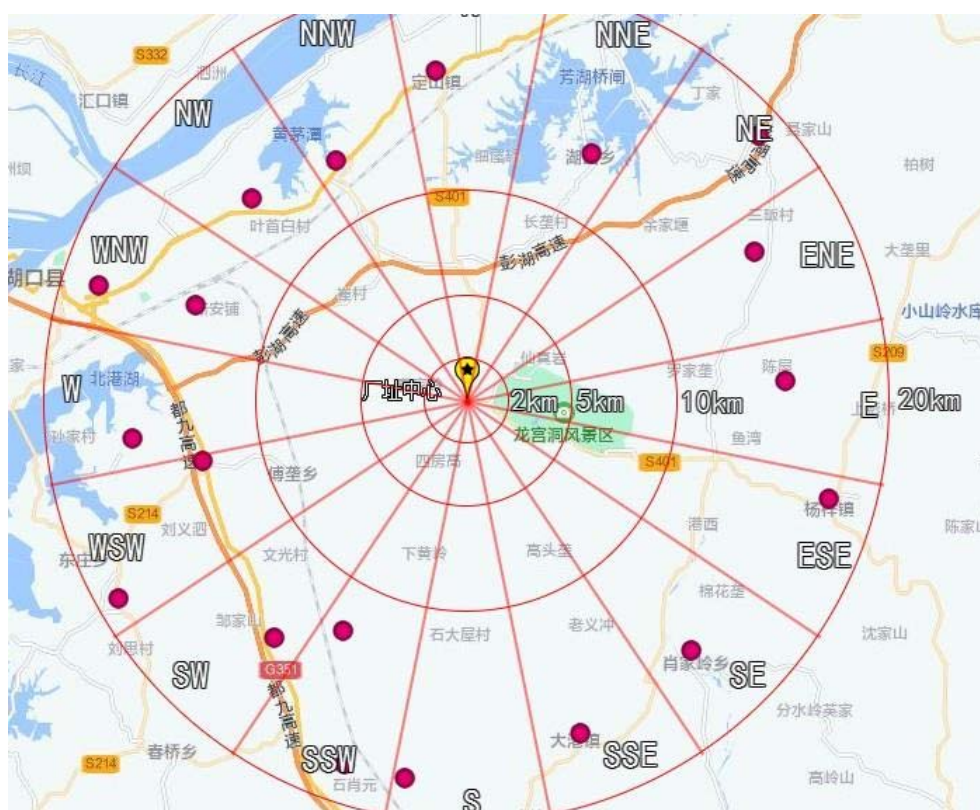


图 3.1-4 厂址 10~20km 范围内陆地 γ 辐射剂量率监测点位示意图



图表 1

图 3.1-5 气溶胶及连续 γ 辐射剂量率监测点位示意图



图 3.1-6 水体及沉积物采样点位示意图

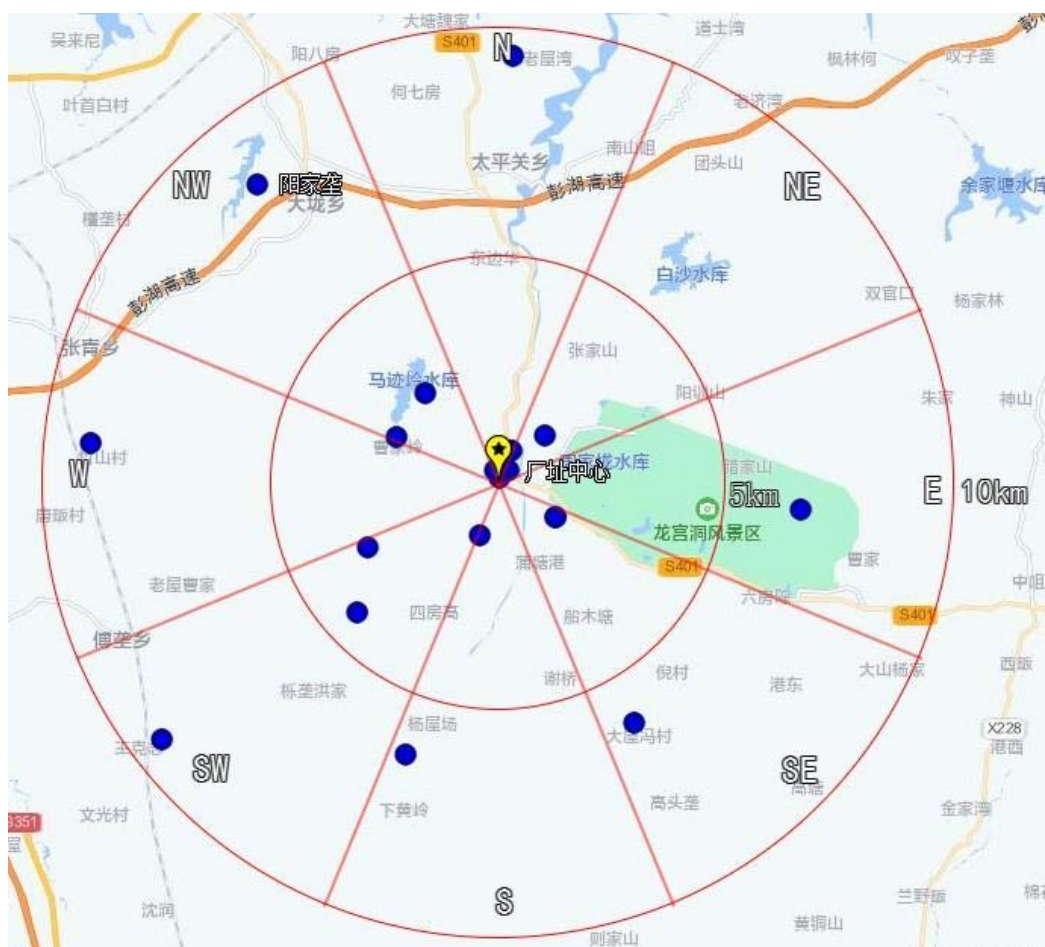


图 3.1-7 土壤采样点位示意图

3.2 非辐射环境质量现状

中国辐射防护研究院承担了《九江同位素研制中心项目可行性研究阶段非放射性环境本底检测》工作，在本项目厂址周围开展非放射性大气环境、水环境和声环境本底水平的调查，现场工作于 2022 年 2 月开展。本节内容来自中国辐射防护研究院编制的《九江同位素研制中心项目可行性研究阶段非放射性环境本底检测报告》。

3.2.1 大气环境

3.2.1.1 厂址所在区域大气环境功能区划及环境空气保护目标

本项目所在九江市彭泽县和江西省未制定地方环境质量标准。厂址区域环境空气质量评价执行《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)中的二级标准。厂址半径 5km 范围内无经确定或有正式批准规划的省级以上自然保护区等大气环境保护目标。厂址 5km 范围内的环境空气保护目标包括江西省九江市彭泽县天红镇、太平关乡和湖口县大垅乡，一共 12 个行政村。厂址 5km 范围内无大气污染源。

2021 年九江市彭泽县环境空气质量月报显示厂址所在彭泽县大气环境质量状况良好，各项指标均小于环境空气污染物二级浓度限值。

3.2.1.2 空气环境质量调查

1) 监测时间

2022 年 2 月 24 日至 3 月 2 日，监测周期内取得有代表性的 7 天有效数据。

2) 监测范围

本项目环境空气监测范围以厂址反应堆为中心，半径 5km 范围内。

3) 监测项目

颗粒物 (PM₁₀、PM_{2.5})、二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、臭氧 (O₃)、一氧化碳 (CO)。

4) 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，依据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)及《环境空气质量监测点位布设技术规范(试行)》(HJ 664-2013)，确定为 5 个采样点，分别为厂址、先锋村(上风向对照点)、大港村(年主导风向下风向)、S401 省道沿线、X281 县道沿线。具体

监测点位见表 3.2-1 和图 3.2-1。

5) 监测方法及检出限

监测项目为 PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、O₃ 和 CO。

PM₁₀、PM_{2.5} 只监测 24 小时平均浓度，每日至少有 20 小时的采样时间。

SO₂ 和 NO₂ 分别监测 24 小时平均浓度和 1 小时平均浓度，CO 只监测 1 小时平均浓度。对于 24 小时平均浓度，每日至少有 20 小时的采样时间；对于 1 小时平均浓度，分别监测 02、08、14、20 时 4 个小时质量浓度值，每个时段的采样时间不少于 45min。

O₃ 监测日最大 8 小时平均浓度和 1 小时平均浓度。对于日最大 8 小时平均浓度，统计点位一个自然日内 00:00 时至 24:00 时的所有 8 小时滑动平均浓度中的最大值，每 8 小时至少有 6 小时平均浓度值；对于 1 小时平均浓度，分别监测 02、08、14、20 时 4 个小时质量浓度值，每个时段的采样时间不少于 45min。

采样环境、采样高度要求按《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ194-2017) 执行，监测分析执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 规定的分析方法。现场监测分析方法依据及检出限见表 3.2-2。

6) 采样频率

采样时间及频率见表 3.2-4。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，见表 3.2-3。

7) 监测结果

监测结果见表 3.2-5~表 3.2-9。本项目 PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、O₃ 和 CO 的现状监测结果与《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 对比进行分析，并选用单因子污染指数公式进行比较：

$$Pi=C_i/S_i \quad (3.2-1)$$

式中：C_i—某种污染物的实测浓度值，由环境监测结果得到；

S_i—该污染物的评价标准，采用《环境空气质量标准》；

P 是无量纲数，表示污染物在环境中实际浓度超过评价标准的程度，即超标倍数。P 值越大，环境质量越差。

厂址区域环境空气质量评价执行《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 中的二级标准。经过计算，监测周期内 5 个监测点 PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、O₃

和 CO 超标倍数均小于 1。见表 3.2-10。

厂址区域环境空气质量符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准的要求。

3.2.2 环境噪声

3.2.2.1 厂址所在区域声环境功能区划及声环境敏感目标

厂址所在区域的声环境功能区划按《声环境质量标准》(GB 3096-2008)相关限值执行；其中，厂址附近集中居民点、陆域网格、定点环境噪声监测结果与《声环境质量标准》(GB 3096-2008)1 类声环境功能区限值进行比较；厂址附近工业企业的工业生产噪声与《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。

厂址 5km 内无在建及拟建的陆域噪声污染源，无经确定或有正式批准规划的省级以上自然保护区等声环境保护目标。厂址 5km 范围内已有主要噪声污染源情况见表 3.2-11。厂址半径 5km 范围内主要声环境敏感目标为厂址周边行政村、学校、幼儿园、敬老院、卫生院，见表 3.2-12。

3.2.2.2 声环境质量调查

1) 监测时间

2022 年 2 月 24 日至 3 月 2 日，定点连续噪声测量点连续测量 24 小时，昼夜噪声测量点测量频次为 2 次，分别在昼间和夜间进行。

2) 监测范围

厂址半径 5km 范围陆域。

3) 监测布点

监测布点在充分考虑项目所在区域的环境条件，依据《环境影响评价技术导则-声环境》(HJ 2.4-2009)进行布点。每个测点进行编号，并作详细的描述。

在厂址位置处、厂址半径 5km 范围内的声环境保护目标、主要噪声源（包括工业企业、现有道路沿线等）处布置监测点，主要包括：

厂区：在厂区边界的东、西、南、北侧各布设 1 个测量点；在反应堆厂房处布设 1 个定点噪声测量点，共 5 个监测点。

厂址半径 5km 范围陆域：以 1km×1km 网格进行布点。对于重点地区如较大的集中居民点处、交通道路的道口和两侧、固定噪声源等位置布点适当加密布点，

增加测量次数。网格要完全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%，否则视为该网格无效。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），应将测点移动到距离中心最近的可测量的位置上进行测量。

在居民区、交通干线、厂址附近工业企业、网格区域等布点 83 个，共计布设 88 个噪声测量点。具体布点情况见表 3.2-13 和图 3.2-2~3.2-3。

4) 监测项目

昼间等效声级 L_d ，夜间等效声级 L_n ，24 小时等效声级 L_{eq} ，累积百分声级 L_N (L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90})，最大 A 声级 L_{max} 。

5) 测量仪器

测量仪器为 HS6288B 噪声频谱分析仪。

6) 监测结果

本项目声环境本底监测期间无雨雪，风力小于 5m/s。监测结果见表 3.2-14 至 3.2-16。

本项目厂址附近集中居民点、陆域网格、定点环境噪声监测结果与《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 1 类声环境功能区限值进行比较；厂址附近工业企业的工业生产噪声与《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，本项目厂址区域内噪声、厂址附近集中居民点、环境敏感目标、陆域网格、定点噪声监测结果(L_{eq})均低于《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 1 类声环境功能区规定环境噪声昼间 55dB、夜间 45dB 的限值；工业噪声监测结果(L_{eq})满足《声环境质量标准》3 类声环境功能区规定环境噪声昼间 65dB、夜间 55dB 的限值；交通噪声监测点监测结果(L_{eq})均低于《声环境质量标准》4a 类声环境功能区规定昼间 70dB、夜间 55dB 的限值。

噪声监测结果表明，噪声监测结果均满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 标准各类声环境功能区限值。

3.2.3 水环境

3.2.3.1 厂址所在区域地表水环境功能区划及地表水环境保护目标

本项目所在的彭泽县和江西省未制定地方环境质量标准。根据《九江市水功

能区划》，厂址区域涉及的太平河彭泽县保留区区划级别为一级，水质目标为Ⅱ～Ⅲ类，参见表 3.2-17 和图 3.2-4。Ⅱ类主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等；Ⅲ类主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区。厂址 SSE 方位距水域保护区直线距离约 1.0km 有一处饮用水水源保护地（饮用水水源一级保护区），见图 3.2-5。其保护范围为太平河上游 1000 米及下游 500 米区域，根据图 3.2-6 所示，厂址位于水源保护地太平河下游，位于下游 500 米保护区域范围之外。厂址区域环境地表水（河流、湖泊和水库）质量评价执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类标准。

调查区域内太平河水源保护地下游有一处天红镇生活污水处理设施排污口，排放污染物种类为：pH、化学需氧量（COD）、总磷、总氮、氨氮，设计最大处理能力为 20 吨。

3.2.3.2 厂址所在区域地表水环境质量现状

厂址半径 5km 范围内的河流主要为太平河干流及其支流，距厂址中心最近距离约为 1.0km，位于 SSE 方位。距厂址最近的取水口为银龙水务天红水厂东侧位于太平河岸的取水口，与厂址距离 1.1km，位于 SSE 方位。

厂址半径 5km 范围内有中型水库 1 座：马迹岭水库。

根据彭泽县生态环境局对县域范围内河流水质的取样监测数据，其中涉及本项目的太平河（乡镇交界断面，位于水源保护地太平河下游约 2.5km），监测结果见表 3.2-18。结果可见，pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、氨氮、总磷基本项目满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定，总氮限值仅适用于湖、库，太平河监测结果不适用。另外，根据《地表水环境质量评价办法（试行）》规定总氮不作为日常水质评价指标。

厂址周围水库具体情况见表 3.2-19。

3.2.3.3 地表水环境质量调查

1) 监测时间

2022 年 3 月，每个监测点各取一次水样。

2) 调查范围

调查范围为厂址附近及项目取水口处的地表水体。

3) 监测点位

本项目选取太平河断面（天红镇供水所饮用水水源保护地保护牌下游 50m 处，即保护区下游边界）、乱石湾水库、冯山水库、马迹岭水库四个监测点。具体见表 3.2-20 和图 3.2-7。

4) 监测项目

监测项目为水温、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、总氮、氨氮、总磷、石油类、阴离子表面活性剂、挥发酚、悬浮物。

5) 采样和分析方法

采样和分析方法按《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）要求的方法进行。监测分析方法依据及检出限见表 3.2-21。

6) 监测结果

用地表水环境质量标准同监测结果（参见表 3.2-22）对比进行分析，并选用单因子污染指数公式进行比较：

$$Pi=Ci/Si \quad (3.2-2)$$

式中：Ci—某种污染物的实测浓度值，由环境监测结果得到；

Si—该污染物的评价标准，采用《地表水环境质量标准》；

P 是无量纲数，表示污染物在环境中实际浓度超过评价标准的程度，即超标倍数。P 值越大，环境质量越差。

经过计算，太平河断面监测点水温、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、氨氮、总磷、石油类、阴离子表面活性剂、挥发酚十个基本项目满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值规定。

乱石湾水库、冯山水库、马迹岭水库三个地表水监测点水温、pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、氨氮、总磷、石油类、阴离子表面活性剂、挥发酚十项基本项目满足《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定；三个水库总氮监测项目超标倍数均大于 1，超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类标准限值的规定，但根据《地表水环境质量评价办法（试行）》规定总氮不作为日常水质评价指标。

3.2.4 质量保证

项目实施各过程按《质量保证大纲》和中国辐射防护研究院《质量手册》《程

序文件》进行质量控制，并受质保小组的监督检查。

通过对以下主要过程的监控实现对项目全过程的质量控制。

一、在监测现场合理布设监测点位，并按照相关技术规范进行监测，监测数据规范、准确记录。

二、样品的分析方法采用国家标准、行业标准或技术规范的方法。任何操作人员不得擅自修改常规采用的方法或程序。

三、每个样品从采样、分析测量到结果计算的全过程及现场监测数据，全部按照规定的格式和内容，用钢笔或签字笔清楚、详细、准确记录，不得随意涂改。

四、在对原始数据进行必要的整理、分析之前，首先逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、正确。如发现有误，要反复核算后予以纠正。

五、在数据处理中，必须对计算方法和计算结果进行复审。复审应由二人独立地进行计算或由未参加计算的人员进行核算。审核无误后由审核人签字。

六、所有的原始记录均由质保组档案管理员妥善保管，当任务完成后归档。

表 3.2-1 环境空气监测布点

编号	监测 点位	相对于厂址反应堆位置		备注
		方位	距离 (km)	
1	厂址	ESE	0.3	厂址
2	先锋村	NE	2.2	上风向对照点
3	大港村 (柏树组)	S	2.2	年主导风向下风向
4	S401 省道 天红村 (曹家组)	NNE	0.5	靠近厂址的路段沿线、 距离厂址最近的环境空气保护目标
5	X281 县道	ENE	2.4	半径 5km 范围内远离厂址且 车流量较大的路段沿线

表 3.2-2 监测分析方法依据及检出限

污染物	分析方法	检出限	方法依据
PM ₁₀	环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的 测定重量法	0.010mg/m ³	HJ 618-2011
PM _{2.5}	环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的 测定重量法	0.010mg/m ³	HJ 618-2011
SO ₂	甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光 光度法	0.004mg/m ³ (日均) 0.007mg/m ³ (时段)	HJ 482-2009
NO ₂	盐酸奈乙二胺比色法	0.003mg/m ³ (日均) 0.007mg/m ³ (时段)	HJ 479-2009
O ₃	靛蓝二磺酸钠分光光度法	0.010mg/m ³	HJ 504-2009
CO	空气质量一氧化碳的测定 非分散红外法	0.3mg/m ³	GB 9801-1988

表 3.2-3 环境空气监测期间内厂址 5km 区域气象条件现场记录表

日期	时间	气温 (℃)	气压 (kPa)	风向	风速 (m/s)	备注
2 月 24 日	02:00	2.00	102.5	S	0.5	
	08:00	2.00	102.7	N	1.7	
	14:00	10.00	102.4	N	3.5	
	20:00	8.00	102.6	NE	1.8	
2 月 25 日	02:00	4.00	102.2	N	0.5	
	08:00	4.00	102.4	S	0.4	
	14:00	12.00	102.1	N	3.6	
	20:00	9.00	102.3	S	3.5	
2 月 26 日	02:00	8.00	102.3	S	3.6	
	08:00	7.00	102.5	S	1.8	
	14:00	16.00	102.2	W	3.7	
	20:00	12.00	102.4	S	1.7	
2 月 27 日	02:00	10.00	101.8	NE	1.9	
	08:00	8.00	102.0	N	1.8	
	14:00	17.00	101.7	N	3.8	
	20:00	15.00	101.9	NE	0.6	
2 月 28 日	02:00	13.00	101.2	E	0.5	
	08:00	14.00	101.4	S	1.7	
	14:00	18.00	101.1	N	0.7	
	20:00	16.00	101.3	N	0.8	
3 月 1 日	02:00	13.00	101.9	NW	1.8	
	08:00	11.00	102.1	S	1.9	
	14:00	12.00	101.8	W	1.7	
	20:00	10.00	102.0	SW	0.5	
3 月 2 日	02:00	9.00	101.9	S	0.5	
	08:00	8.00	102.1	NE	0.4	
	14:00	16.00	101.8	SW	1.8	
	20:00	14.00	102.0	E	0.5	

表 3.2-4 环境空气监测采样时间及频率

污染物	采样时间	采样频率（次/日）	开机时间
PM ₁₀	日均：24h，至少 20h	1	08:00
PM _{2.5}	日均：24h，至少 20h	1	08:00
SO ₂	日均：24h，至少 20h	1	08:00
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00
NO ₂	日均：24h，至少 20h	1	08:00
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00
O ₃	最大 8 小时滑动平均， 每 8h 至少有 6h 平均浓度值	24	00:00
	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00
CO	时段：1h，至少 45min	4	02:00、08:00、14:00、20:00

表 3.2-5 环境空气监测结果（1#点位厂址）

污染物项目	监测日期	2022.2.24	2022.2.25	2022.2.26	2022.2.27	2022.2.28	2022.3.1	2022.3.2	限值
PM ₁₀ 24 小时平均浓度（μg/m ³ ） PM _{2.5} 24 小时平均浓度（μg/m ³ ） SO ₂ 24 小时平均浓度（μg/m ³ ）		49	40	42	48	88	106	46	150
		40	16	30	36	50	73	23	75
		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	150
	2:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
SO ₂ 1 小时平均浓度（μg/m ³ ）	8:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	14:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	20:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
		<3	<3	<3	4	4	19	11	80
NO ₂ 24 小时平均浓度（μg/m ³ ） NO ₂ 1 小时平均浓度（μg/m ³ ）		<5	<5	<5	7	<5	<5	12	200
	2:00	7	5	6	<5	5	22	8	200
	8:00	8	8	<5	9	<5	19	6	200
	14:00	10	6	10	7	16	15	7	200
O ₃ 日最大 8 小时平均浓度（μg/m ³ ） O ₃ 1 小时平均浓度（μg/m ³ ）		103	116	111	118	61	49	117	160
	2:00	42	28	30	26	24	49	38	200
	8:00	29	37	44	43	43	27	29	200
	14:00	116	129	126	130	63	57	127	200
CO1 小时平均浓度（mg/m ³ ）	20:00	48	74	52	58	24	32	66	200
	2:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	8:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	14:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	20:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10

表 3.2-6 环境空气监测结果（2#点位先锋村）

污染物项目	监测日期	2022.2.24	2022.2.25	2022.2.26	2022.2.27	2022.2.28	2022.3.1	2022.3.2	限值
PM ₁₀ 24 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		47	43	45	48	91	109	47	150
PM _{2.5} 24 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		37	38	37	36	49	70	30	75
SO ₂ 24 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	150
SO ₂ 1 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	8:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	14:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	20:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
NO ₂ 24 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		<3	<3	<3	5	6	13	7	80
NO ₂ 1 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2:00	<5	<5	<5	<5	<5	<5	9	200
	8:00	6	6	<5	5	<5	11	5	200
	14:00	<5	<5	<5	7	<5	17	6	200
	20:00	7	<5	<5	<5	12	19	6	200
O ₃ 日最大 8 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		96	103	101	108	55	40	106	160
O ₃ 1 小时平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2:00	36	11	16	19	19	41	31	200
	8:00	22	22	29	37	37	17	19	200
	14:00	109	128	110	115	56	44	117	200
	20:00	43	68	46	52	18	22	56	200
CO 1 小时平均浓度 (mg/m ³)	2:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	8:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	14:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	20:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10

表 3.2-7 环境空气监测结果（3#点位大港村）

污染物项目	监测日期	2022.2.24	2022.2.25	2022.2.26	2022.2.27	2022.2.28	2022.3.1	2022.3.2	限值
PM ₁₀ 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		44	33	97	44	57	96	41	150
	PM _{2.5} 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	25	32	40	39	43	68	37	75
	SO ₂ 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	150
SO ₂ 1 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	2:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	8:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	14:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	20:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
NO ₂ 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		<3	<3	<3	4	4	15	8	80
	2:00	<5	<5	<5	<5	<5	<5	10	200
	8:00	6	6	<5	<5	<5	10	5	200
NO ₂ 1 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	14:00	7	6	<5	10	<5	17	5	200
	20:00	7	<5	10	<5	13	14	5	200
O ₃ 日最大8小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		93	95	96	105	53	50	108	160
O ₃ 1 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	2:00	33	<10	10	17	17	51	39	200
	8:00	18	17	24	34	34	27	29	200
	14:00	107	109	110	112	55	57	116	200
	20:00	40	64	45	49	22	25	58	200
CO1 小时平均浓度（ mg/m^3 ）	2:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	8:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	14:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	20:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10

表 3.2-8 环境空气监测结果（4#点位 S401 省道、天红村）

污染物项目	监测日期	2022.2.24	2022.2.25	2022.2.26	2022.2.27	2022.2.28	2022.3.1	2022.3.2	限值
PM ₁₀ 24 小时平均浓度 (µg/m ³)		47	38	86	105	54	102	55	150
PM _{2.5} 24 小时平均浓度 (µg/m ³)		20	36	50	66	30	51	40	75
SO ₂ 24 小时平均浓度 (µg/m ³)		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	150
SO ₂ 1 小时平均浓度 (µg/m ³)	2:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	8:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	14:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	20:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
NO ₂ 24 小时平均浓度 (µg/m ³)		6	6	6	5	8	18	11	80
NO ₂ 1 小时平均浓度 (µg/m ³)	2:00	<5	<5	<5	<5	<5	<5	13	200
	8:00	7	8	<5	<5	6	21	8	200
	14:00	7	10	7	10	12	16	12	200
	20:00	8	8	<5	9	25	16	10	200
O ₃ 日最大 8 小时平均浓度 (µg/m ³)		99	101	100	110	57	44	111	160
O ₃ 1 小时平均浓度 (µg/m ³)	2:00	39	13	17	21	20	45	34	200
	8:00	25	24	31	38	38	22	23	200
	14:00	114	115	108	117	60	50	121	200
	20:00	45	70	48	53	20	26	61	200
CO 1 小时平均浓度 (mg/m ³)	2:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	8:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	14:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	20:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10

表 3.2-9 环境空气监测结果（5#点位 X281 县道）

污染物项目	监测日期	2022.2.24	2022.2.25	2022.2.26	2022.2.27	2022.2.28	2022.3.1	2022.3.2	限值
PM ₁₀ 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		39	45	109	91	55	131	44	150
PM _{2.5} 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		15	39	66	67	43	72	25	75
SO ₂ 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	150
SO ₂ 1 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	2:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	8:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	14:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
	20:00	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	500
NO ₂ 24 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		<3	<3	<3	5	4	15	8	80
NO ₂ 1 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	2:00	<5	<5	<5	<5	<5	<5	9	200
	8:00	7	6	<5	6	7	13	7	200
	14:00	7	7	<5	11	<5	16	8	200
	20:00	7	<5	6	5	10	16	6	200
O ₃ 日最大 8 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）		113	111	113	119	65	55	122	160
O ₃ 1 小时平均浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	2:00	52	23	28	28	29	57	46	200
	8:00	41	34	41	47	45	33	35	200
	14:00	127	127	124	128	69	62	130	200
	20:00	59	81	59	63	29	38	73	200
CO 1 小时平均浓度（ mg/m^3 ）	2:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	8:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	14:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10
	20:00	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	10

表 3.2-10 大气监测结果与标准比较的情况

采样点号	采样地点	污染物	24 小时平均值 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (CO: mg/m^3)					1 小时平均值 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (CO: mg/m^3)			
			样品数量	浓度范围	浓度限值	超标倍数	最大超标倍数	样品数量	浓度范围	浓度限值	超标倍数
1 #	厂址	PM ₁₀	7	40~106	150	<1	/	0	/	/	/
		PM _{2.5}	7	16~73	75	<1	/	0	/	/	/
		SO ₂	7	<4	150	<1	/	28	<7	500	<1
		NO ₂	7	3~19	80	<1	/	28	5~22	200	<1
		O ₃	7	49~118	160	<1	/	28	24~130	200	<1
		CO	0	/	10	/	/	28	<0.3	10	<1
2 #	先锋村	PM ₁₀	7	43~109	150	<1	/	0	/	/	/
		PM _{2.5}	7	36~70	75	<1	/	0	/	/	/
		SO ₂	7	<4	150	<1	/	28	<7	500	<1
		NO ₂	7	3~13	80	<1	/	28	5~19	200	<1
		O ₃	7	40~108	160	<1	/	28	11~128	200	<1
		CO	0	/	10	/	/	28	<0.3	10	<1
3 #	大港村 (柏树组)	PM ₁₀	7	33~96	150	<1	/	0	/	/	/
		PM _{2.5}	7	25~68	75	<1	/	0	/	/	/
		SO ₂	7	<4	150	<1	/	28	<7	500	<1
		NO ₂	7	3~15	80	<1	/	28	5~17	200	<1
		O ₃	7	50~108	160	<1	/	28	10~116	200	<1
		CO	0	/	10	/	/	28	<0.3	10	<1
4 #	S401 省道 天红村 (曹家组)	PM ₁₀	7	38~105	150	<1	/	0	/	/	/
		PM _{2.5}	7	20~66	75	<1	/	0	/	/	/
		SO ₂	7	<4	150	<1	/	28	<7	500	<1
		NO ₂	7	5~18	80	<1	/	28	5~21	200	<1
		O ₃	7	44~111	160	<1	/	28	13~121	200	<1
		CO	0	/	10	/	/	28	<0.3	10	<1
5 #	X281 县道	PM ₁₀	7	39~131	150	<1	/	0	/	/	/
		PM _{2.5}	7	15~72	75	<1	/	0	/	/	/
		SO ₂	7	<4	150	<1	/	28	<7	500	<1
		NO ₂	7	4~15	80	/	/	28	5~16	200	<1
		O ₃	7	55~122	160	/	/	28	23~130	200	<1
		CO	0	/	10	/	/	28	<0.3	10	<1

注：1、比较值为环境空气污染物二级浓度限值。

2、SO₂ 日均值检出限为 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，SO₂ 时段值检出限为 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，NO₂ 日均值检出限为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，NO₂ 时段值检出限为 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，CO 时段值检出限为 0.3 mg/m^3 ，O₃ 检出限为 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

表 3.2-11 厂址周围主要噪声污染源情况表

序号	主要噪声污染源	相对于厂址位置		类型
		方位	距离 (km)	
1	九江洪喜服饰有限公司	ESE	1.4	工业生产噪声
2	彭泽县振峰建材厂	NNE	3.9	工业生产噪声
3	德杭矿业	ESE	4.1	工业生产噪声
4	彭泽县轩霖农业开发有限公司	S	0.8	工业生产噪声
5	龙宫洞景区	ENE	3.2	工业生产噪声
6	湖口县联丰建材有限责任公司	W	1.6	工业生产噪声
7	S401 省道	NE	0.3	交通运输噪声
8	X281 县道	ENE	2.4	交通运输噪声

表 3.2-12 厂址周围主要声环境敏感目标

序号	主要声环境敏感目标	相对于厂址位置	
		方位	距离 (km)
1	天红村	E	1.2
2	先锋村	NE	2.2
3	乌龙村	ENE	3.5
4	庙前村	ESE	1.9
5	前山村	SE	3.2
6	农科所村	SSE	2.1
7	凤鸣村	S	3.9
8	大港村	SSW	2.7
9	武山村	SSW	4.2
10	联丰村	WNW	2.0
11	彭泽县天红中学	SE	2.0
12	彭泽县天红中心完小	ESE	1.8
13	彭泽县天红中心幼儿园	ESE	1.3
14	彭泽县天红先锋小学	NE	2.2
15	彭泽县天红大港小学	SSW	2.5
16	彭泽县天红凤鸣小学	S	3.6
17	彭泽县天红镇敬老院	ESE	1.2
18	天红卫生院	E	1.2

表 3.2-13 环境噪声监测布点

测点编号	测点位置	相对于厂址位置		备注
		方位	距离 (km)	
1	厂界东	ENE	0.6	厂界
2	厂界南	S	0.4	厂界
3	厂界西	WNW	0.5	厂界
4	厂界北	N	1.0	厂界
5	厂区内定点连续噪声测量点	ENE	0.2	定点 24h 监测
6	天红村	E	1.2	社会生活噪声
7	先锋村	NE	2.2	社会生活噪声
8	乌龙村	ENE	3.5	社会生活噪声
9	庙前村	ESE	1.9	社会生活噪声
10	前山村	SE	3.2	社会生活噪声
11	农科所村	SSE	2.1	社会生活噪声
12	凤鸣村	S	3.9	社会生活噪声
13	大港村	SSW	2.7	社会生活噪声
14	武山村	SSW	4.2	社会生活噪声
15	联丰村	WNW	2.0	社会生活噪声
16	龙宫洞景区	ENE	3.2	社会生活噪声
17	九江洪喜服饰有限公司	ESE	1.4	工业生产噪声
18	彭泽县振峰建材厂	NNE	3.9	工业生产噪声
19	德杭矿业	ESE	4.1	工业生产噪声
20	彭泽县轩霖农业开发有限公司	S	0.8	工业生产噪声
21	湖口县联丰建材有限责任公司	W	1.6	工业生产噪声
22	彭泽县天红中学	SE	2.2	环境敏感目标
23	彭泽县天红中心完小	ESE	1.8	环境敏感目标
24	彭泽县天红中心幼儿园	ESE	1.9	环境敏感目标
25	彭泽县天红先锋小学	NE	2.1	环境敏感目标
26	彭泽县天红大港小学	SSW	2.7	环境敏感目标
27	彭泽县天红凤鸣小学	S	3.8	环境敏感目标
28	彭泽县天红镇敬老院	SE	4.4	环境敏感目标
29	天红卫生院	ENE	1.4	环境敏感目标
30	S401省道	NE	0.3	交通运输噪声
31	X281县道	ENE	2.4	交通运输噪声
32	Y846乡道（三级）	NE	2.2	交通运输噪声
33	Y823乡道（四级）	NNW	3.6	交通运输噪声
34	5km网格区域	NW	4.2	网格布点
35	5km网格区域	NNW	3.0	网格布点
36	5km网格区域	NW	3.5	网格布点
37	5km网格区域	WNW	4.4	网格布点
38	5km网格区域	WNW	4.7	网格布点
39	5km网格区域	WNW	4.0	网格布点
40	5km网格区域	WNW	3.0	网格布点

测点编号	测点位置	相对于厂址位置		备注
		方位	距离 (km)	
41	5km网格区域	W	4.6	网格布点
42	5km网格区域	W	3.6	网格布点
43	5km网格区域	W	2.9	网格布点
44	5km网格区域	W	4.5	网格布点
45	5km网格区域	W	3.7	网格布点
46	5km网格区域	W	2.4	网格布点
47	5km网格区域	WSW	1.4	网格布点
48	5km网格区域	WSW	4.5	网格布点
49	5km网格区域	WSW	3.7	网格布点
50	5km网格区域	WSW	2.8	网格布点
51	5km网格区域	SW	1.9	网格布点
52	5km网格区域	SSW	1.5	网格布点
53	5km网格区域	SW	4.2	网格布点
54	5km网格区域	SW	3.3	网格布点
55	5km网格区域	SSW	2.8	网格布点
56	5km网格区域	SW	4.3	网格布点
57	5km网格区域	S	3.3	网格布点
58	5km网格区域	SSW	4.5	网格布点
59	5km网格区域	S	4.2	网格布点
60	5km网格区域	S	4.4	网格布点
61	5km网格区域	SSE	4.4	网格布点
62	5km网格区域	SSE	3.6	网格布点
63	5km网格区域	SE	4.7	网格布点
64	5km网格区域	SSE	2.7	网格布点
65	5km网格区域	SSE	2.7	网格布点
66	5km网格区域	ESE	4.7	网格布点
67	5km网格区域	ESE	2.7	网格布点
68	5km网格区域	E	2.5	网格布点
69	5km网格区域	E	4.7	网格布点
70	5km网格区域	E	3.5	网格布点
71	5km网格区域	E	4.6	网格布点
72	5km网格区域	E	3.6	网格布点
73	5km网格区域	E	2.3	网格布点
74	5km网格区域	ENE	4.3	网格布点
75	5km网格区域	NE	4.3	网格布点
76	5km网格区域	NE	3.7	网格布点
77	5km网格区域	NE	2.8	网格布点
78	5km网格区域	NNE	2.7	网格布点
79	5km网格区域	NNE	1.7	网格布点
80	5km网格区域	NNW	1.4	网格布点
81	5km网格区域	NNW	2.7	网格布点

测点编号	测点位置	相对于厂址位置		备注
		方位	距离 (km)	
82	5km网格区域	N	3.7	网格布点
83	5km网格区域	N	3.8	网格布点
84	5km网格区域	NNW	5.0	网格布点
85	5km网格区域	NNW	4.6	网格布点
86	5km网格区域	N	4.4	网格布点
87	5km网格区域	N	4.5	网格布点
88	5km网格区域	NNW	4.5	网格布点

表 3.2-14 昼间噪声测量结果 dB (A)

编号	监测点位	L _{eq}	L _{max}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	SD	备注
1	厂界东	45.5	57.4	38.0	39.9	45.9	1.0	
2	厂界南	44.9	54.5	39.4	41.9	46.8	1.2	
3	厂界西	43.9	54.7	39.9	41.5	44.8	1.0	
4	厂界北	44.4	53.9	38.9	40.8	46.5	1.5	
5	厂区内定点连续噪声测量点	40.3	53.8	37.5	39.1	42.5	2.2	
6	天红村	44.0	50.8	41.9	44.8	46.7	2.0	
7	先锋村	45.1	54.5	41.0	43.1	46.6	1.1	
8	乌龙村	44.7	56.1	40.2	43.4	46.8	2.1	
9	庙前村	44.3	59.4	39.6	43.8	45.9	2.0	
10	前山村	49.0	60.8	44.9	45.8	57.5	2.1	
11	农科所村	50.6	67.1	45.2	47.5	57.6	2.6	
12	凤鸣村	49.5	64.7	45.4	48.7	55.6	2.2	
13	大港村	50.6	67.7	45.6	48.0	55.9	2.8	
14	武山村	46.6	55.7	42.7	46.9	49.9	2.4	
15	联丰村	49.1	63.0	44.9	47.5	54.2	2.4	
16	九江洪喜服饰有限公司	51.7	68.7	44.6	46.4	58.2	3.1	
17	彭泽县振峰建材厂	49.1	63.1	45.2	49.0	54.1	3.0	
18	德杭矿业	52.9	69.9	47.9	53.9	59.2	3.2	
19	彭泽县轩霖农业开发有限公司	49.5	62.7	43.5	48.7	55.4	3.4	
20	龙宫洞景区	47.8	60.9	42.9	45.4	52.9	3.1	
21	湖口县联丰建材有限责任公司	55.6	71.5	46.8	50.4	60.6	5.1	
22	彭泽县天红中学	54.8	75.2	41.6	51.9	59.9	5.2	
23	彭泽县天红中心完小	52.6	69.5	47.8	52.3	58.7	4.5	
24	彭泽县天红中心幼儿园	54.4	74.2	42.6	51.7	59.4	5.0	
25	彭泽县天红镇同洲共际希望小学	53.4	69.9	48.1	52.0	58.4	4.3	
26	彭泽县天红大港小学	53.8	67.4	45.2	49.23	54.1	2.8	
27	彭泽县天红凤鸣小学	52.4	61.6	44.5	46.2	53.6	2.5	
28	彭泽县天红镇敬老院	46.6	59.0	44.5	46.1	50.7	2.6	
29	天红卫生院	52.2	67.7	47.9	49.7	56.1	2.9	
30	S401 省道	62.4	83.3	45.2	55.4	67.8	8.5	平时 52 辆/20 分 (小车较多)

编号	监测点位	L _{eq}	L _{max}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	SD	备注
		69.2	91.2	48.5	57.8	77.3	9.2	高峰 78 辆/20 分 (大型车较多)
31	X281 县道	53.4	69.2	43.9	49.7	57.4	3.0	无明显高峰 2 辆/20 分
32	Y846乡道（三级）	53.2	68.7	44.4	49.9	56.4	3.1	无明显高峰 2 辆/20 分
33	Y823乡道（四级）	45.7	55.1	42.3	44.3	47.5	1.5	无明显高峰 1 辆/20 分
34	5km 网格区域	42.8	53.6	40.5	41.7	46.9	1.4	网格布点
35	5km 网格区域	43.8	56.9	39.3	43.6	47.4	1.3	网格布点
36	5km 网格区域	44.2	56.7	41.8	43.4	48.3	1.5	网格布点
37	5km 网格区域	45.5	55.0	42.1	44.1	47.3	1.3	网格布点
38	5km 网格区域	43.1	52.0	40.2	42.6	45.1	1.2	网格布点
39	5km 网格区域	44.9	52.4	42.1	44.1	47.1	1.6	网格布点
40	5km 网格区域	42.4	51.9	41.2	42.2	46.6	1.3	网格布点
41	5km 网格区域	43.0	52.6	41.9	42.8	45.1	1.1	网格布点
42	5km 网格区域	44.8	55.7	41.9	44.0	47.1	1.6	网格布点
43	5km 网格区域	45.6	57.3	43.5	44.8	48.7	2.0	网格布点
44	5km 网格区域	44.8	56.6	40.1	42.1	47.3	2.2	网格布点
45	5km 网格区域	43.9	53.6	39.6	41.8	45.3	2.3	网格布点
46	5km 网格区域	46.6	59.0	44.6	46.2	50.8	2.6	网格布点
47	5km 网格区域	43.7	55.4	42.4	43.4	47.7	1.8	网格布点
48	5km 网格区域	45.2	60.3	39.3	44.1	48.9	1.7	网格布点
49	5km 网格区域	44.3	56.8	41.9	43.5	48.4	1.6	网格布点
50	5km 网格区域	45.6	55.0	42.0	44.0	47.1	1.4	网格布点
51	5km 网格区域	43.6	53.0	40.0	42.3	45.6	1.8	网格布点
52	5km 网格区域	46.1	56.6	43.0	45.3	48.3	1.9	网格布点
53	5km 网格区域	45.2	57.7	41.0	43.2	48.4	2.3	网格布点
54	5km 网格区域	45.1	56.9	41.4	43.9	48.2	2.4	网格布点
55	5km 网格区域	44.7	56.5	41.2	44.0	47.4	2.2	网格布点
56	5km 网格区域	45.1	56.7	43.0	44.3	48.2	1.9	网格布点
57	5km 网格区域	44.4	56.2	40.0	41.7	47.1	2.1	网格布点
58	5km 网格区域	45.6	58.0	43.6	45.2	49.2	2.2	网格布点
59	5km 网格区域	44.7	56.4	43.4	44.4	48.7	1.7	网格布点

编号	监测点位	L _{eq}	L _{max}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	SD	备注
60	5km 网格区域	44.2	59.3	39.2	43.1	47.9	1.9	网格布点
61	5km 网格区域	44.9	56.9	42.7	43.8	48.6	1.5	网格布点
62	5km 网格区域	45.2	54.6	41.6	43.5	46.9	1.4	网格布点
63	5km 网格区域	43.9	53.3	40.3	42.6	45.8	1.7	网格布点
64	5km 网格区域	45.6	56.1	42.5	44.8	47.8	1.9	网格布点
65	5km 网格区域	45.1	57.6	41.0	43.1	48.2	2.2	网格布点
66	5km 网格区域	44.7	56.5	41.0	43.5	47.6	2.1	网格布点
67	5km 网格区域	44.6	56.4	41.1	43.8	47.2	2.2	网格布点
68	5km 网格区域	45.3	57.0	43.2	44.4	48.2	1.9	网格布点
69	5km 网格区域	44.7	56.5	40.0	42.0	47.1	2.1	网格布点
70	5km 网格区域	43.7	49.8	42.0	44.0	46.7	1.8	网格布点
71	5km 网格区域	44.0	50.8	41.9	44.8	46.7	2.0	网格布点
72	5km 网格区域	44.7	56.7	40.3	44.1	49.2	1.7	网格布点
73	5km 网格区域	44.5	56.8	42.3	43.8	48.4	1.4	网格布点
74	5km 网格区域	44.5	53.8	39.9	41.9	46.6	1.5	网格布点
75	5km 网格区域	44.4	54.6	42.1	43.2	47.2	1.6	网格布点
76	5km 网格区域	44.5	53.4	40.5	41.8	46.1	1.4	网格布点
77	5km 网格区域	42.5	53.2	39.1	40.6	44.5	1.2	网格布点
78	5km 网格区域	44.3	55.2	41.1	42.9	47.0	1.4	网格布点
79	5km 网格区域	43.1	54.7	41.4	42.4	46.1	1.5	网格布点
80	5km 网格区域	42.9	55.4	39.8	41.7	44.6	1.2	网格布点
81	5km 网格区域	44.0	55.2	41.4	43.2	56.4	1.4	网格布点
82	5km 网格区域	43.2	54.9	40.1	42.4	45.6	1.2	网格布点
83	5km 网格区域	44.1	56.8	39.9	41.9	46.5	1.5	网格布点
84	5km 网格区域	45.1	56.8	41.7	43.4	47.0	1.4	网格布点
85	5km 网格区域	43.2	55.7	39.6	41.3	46.3	1.5	网格布点
86	5km 网格区域	44.5	57.0	40.3	42.1	46.8	1.5	网格布点
87	5km 网格区域	45.4	57.4	41.7	43.9	48.2	1.6	网格布点
88	5km 网格区域	44.4	56.7	40.4	42.2	47.45	1.4	网格布点

表 3.2-15 夜间噪声测量结果 dB (A)

编号	监测点位	L _{eq}	L _{max}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	SD	备注
1	厂界东	37.6	42.9	35.9	36.9	38.9	1.0	
2	厂界南	40.3	48.8	37.9	39.4	42.9	1.5	
3	厂界西	37.4	40.9	35.8	37.1	39.2	1.1	
4	厂界北	37.6	43.0	35.7	37.4	39.2	1.4	
5	厂区内定点连续噪声测量点	32.4	34.1	32.1	32.3	32.9	0.3	
6	天红村	37.6	40.5	37.1	37.4	38.2	0.6	
7	先锋村	37.2	41.7	36.1	37.0	38.5	0.9	
8	乌龙村	37.6	45.2	36.6	37.2	39.0	1.0	
9	庙前村	38.1	43.6	37.2	37.8	39.2	0.8	
10	前山村	36.2	39.3	35.4	35.9	37.2	0.7	
11	农科所村	37.6	41.9	36.4	37.4	38.0	1.0	
12	凤鸣村	36.8	44.4	35.8	36.4	38.1	1.1	
13	大港村	38.2	43.7	37.3	37.9	39.3	0.9	
14	武山村	36.2	42.3	35.1	35.8	37.5	1.0	
15	联丰村	37.2	42.7	35.7	36.9	38.5	1.0	
16	九江洪喜服饰有限公司	38.6	44.6	36.9	37.9	39.9	1.1	厂界
17	彭泽县振峰建材厂	37.3	40.8	35.7	37.0	39.1	1.0	厂界
18	德杭矿业	40.2	47.7	37.9	39.3	42.6	1.1	厂界
19	彭泽县轩霖农业开发有限公司	38.6	44.0	36.7	38.4	40.2	1.2	厂界
20	龙宫洞景区	35.4	37.1	34.1	34.8	36.2	0.6	
21	湖口县联丰建材有限责任公司	42.6	45.5	42.1	42.4	44.2	0.8	厂界
22	彭泽县天红中学	37.3	41.8	36.2	37.1	38.6	0.9	
23	彭泽县天红中心完小	36.6	44.2	35.6	36.1	37.9	0.9	
24	彭泽县天红中心幼儿园	35.1	40.6	34.2	34.8	36.2	0.8	
25	彭泽县天红镇同洲共际希望小学	37.2	40.3	36.4	36.9	38.2	0.7	
26	彭泽县天红大港小学	36.6	40.9	35.4	36.4	37.0	0.9	
27	彭泽县天红凤鸣小学	36.7	44.3	35.7	36.3	38.0	1.0	
28	彭泽县天红镇敬老院	34.2	39.7	33.3	33.9	35.3	0.8	
29	天红卫生院	39.2	45.3	38.1	38.8	40.5	0.9	

编号	监测点位	L _{eq}	L _{max}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	SD	备注
30	S401 省道	53.9	69.6	37.9	41.8	56.9	6.6	10 辆/20 分
31	X281 县道	39.4	44.8	37.8	38.7	40.8	0.9	0 辆/20 分
32	Y846乡道（三级）	35.5	38.7	33.9	35.0	37.1	1.0	0 辆/20 分
33	Y823乡道（四级）	36.3	39.7	34.8	36.1	38.0	0.9	0 辆/20 分
34	5km 网格区域	34.6	39.0	33.7	34.4	36.0	0.8	网格布点
35	5km 网格区域	35.4	37.1	35.1	35.3	36.2	0.5	网格布点
36	5km 网格区域	36.6	39.5	36.1	36.4	37.6	0.8	网格布点
37	5km 网格区域	36.2	40.7	35.1	36.0	37.5	0.8	网格布点
38	5km 网格区域	35.6	43.2	34.6	35.2	37.0	1.0	网格布点
39	5km 网格区域	37.1	42.6	36.2	36.8	38.2	0.9	网格布点
40	5km 网格区域	36.3	39.4	35.5	35.9	37.3	0.8	网格布点
41	5km 网格区域	36.6	40.9	35.4	36.4	37.4	1.0	网格布点
42	5km 网格区域	36.9	43.4	35.9	36.5	38.0	0.9	网格布点
43	5km 网格区域	36.3	42.0	35.4	36.0	37.3	0.7	网格布点
44	5km 网格区域	36.9	42.9	35.8	36.4	37.9	0.8	网格布点
45	5km 网格区域	35.2	40.7	33.7	34.9	36.1	0.9	网格布点
46	5km 网格区域	36.6	42.6	34.9	35.9	37.5	0.8	网格布点
47	5km 网格区域	37.4	40.9	35.9	36.9	38.2	0.7	网格布点
48	5km 网格区域	35.9	37.6	34.6	35.3	36.7	0.6	网格布点
49	5km 网格区域	36.6	40.0	34.7	36.4	37.5	0.7	网格布点
50	5km 网格区域	36.4	38.1	35.1	35.8	37.2	0.5	网格布点
51	5km 网格区域	37.6	40.5	37.1	37.4	39.2	0.7	网格布点
52	5km 网格区域	37.1	41.0	36.1	36.9	38.0	0.8	网格布点
53	5km 网格区域	36.2	40.1	35.4	35.9	37.2	0.7	网格布点
54	5km 网格区域	35.9	40.6	34.9	35.4	36.8	0.7	网格布点
55	5km 网格区域	36.8	40.9	35.6	36.6	37.4	0.8	网格布点
56	5km 网格区域	36.1	40.4	35.0	36.0	36.7	0.9	网格布点
57	5km 网格区域	35.7	40.3	34.7	35.3	36.8	1.0	网格布点
58	5km 网格区域	36.2	41.7	35.3	35.9	37.3	0.9	网格布点
59	5km 网格区域	37.3	42.3	36.2	36.9	38.5	0.8	网格布点
60	5km 网格区域	36.4	39.8	34.9	36.2	38.1	0.7	网格布点
61	5km 网格区域	35.6	40.0	34.7	35.4	37.0	0.8	网格布点

编号	监测点位	L_{eq}	L_{max}	L_{90}	L_{50}	L_{10}	SD	备注
62	5km 网格区域	36.4	38.1	36.1	36.3	37.2	0.5	网格布点
63	5km 网格区域	36.1	39.0	35.6	35.9	37.1	0.7	网格布点
64	5km 网格区域	36.8	41.2	35.7	36.5	37.7	0.8	网格布点
65	5km 网格区域	35.6	43.12	34.7	35.3	37.1	1.0	网格布点
66	5km 网格区域	37.6	42.6	36.7	37.1	38.4	0.8	网格布点
67	5km 网格区域	36.4	39.6	35.6	35.9	37.2	0.7	网格布点
68	5km 网格区域	35.6	39.9	34.4	34.4	36.4	0.9	网格布点
69	5km 网格区域	36.8	41.4	35.8	36.3	37.8	0.8	网格布点
70	5km 网格区域	36.4	41.0	35.3	35.8	37.2	0.7	网格布点
71	5km 网格区域	36.8	41.9	35.7	36.3	37.7	0.7	网格布点
72	5km 网格区域	35.7	40.9	34.2	35.4	36.5	0.8	网格布点
73	5km 网格区域	36.4	41.6	34.9	35.7	37.3	0.7	网格布点
74	5km 网格区域	37.0	40.5	35.5	36.5	37.8	0.7	网格布点
75	5km 网格区域	36.9	38.6	35.6	36.3	37.7	0.5	网格布点
76	5km 网格区域	36.4	38.1	35.1	35.8	37.2	0.6	网格布点
77	5km 网格区域	35.9	37.6	34.6	35.3	36.7	0.7	网格布点
78	5km 网格区域	36.6	39.5	36.1	36.4	38.0	0.8	网格布点
79	5km 网格区域	37.4	40.8	36.1	37.0	38.3	0.8	网格布点
80	5km 网格区域	36.6	40.2	35.7	36.0	37.7	0.7	网格布点
81	5km 网格区域	36.1	41.6	35.2	35.8	37.2	0.8	网格布点
82	5km 网格区域	37.1	40.3	36.5	36.9	38.0	0.6	网格布点
83	5km 网格区域	36.7	40.8	35.8	36.4	37.2	0.8	网格布点
84	5km 网格区域	36.2	42.3	35.2	35.8	37.4	0.9	网格布点
85	5km 网格区域	35.2	39.7	34.3	34.9	36.3	0.8	网格布点
86	5km 网格区域	37.2	43.3	36.1	36.8	38.5	0.9	网格布点
87	5km 网格区域	37.2	40.7	35.7	36.7	38.0	0.7	网格布点
88	5km 网格区域	35.8	37.6	34.5	35.2	36.6	0.6	网格布点

表 3.2-16 厂区内定点连续噪声测量结果 dB (A)

测量时段	L _{eq}	L _{max}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	SD	主要噪声源
0:00	32.7	40.0	32.0	32.1	33.2	1.1	
1:00	32.0	32.6	32.0	32.1	32.2	0.1	
2:00	32.0	32.5	32.0	32.0	32.1	0.1	
3:00	32.1	32.5	32.0	32.0	32.3	0.2	
4:00	32.1	32.6	32.1	32.1	32.3	0.1	
5:00	33.2	36.3	32.4	32.9	34.2	0.8	
6:00	34.4	41.6	33.2	34.0	35.7	1.1	
7:00	40.0	59.5	34.3	37.9	42.2	3.5	
8:00	38.0	44.6	36.2	37.8	39.7	1.3	
9:00	37.1	41.6	36.0	36.9	38.4	1.0	
10:00	37.8	45.4	36.8	37.4	39.1	1.0	
11:00	38.0	43.5	37.1	37.7	39.1	0.8	
12:00	38.2	44.3	37.1	37.8	39.5	1.1	
13:00	41.6	54.5	36.6	37.1	45.7	3.9	
14:00	37.1	42.6	35.6	36.8	38.4	1.1	
15:00	40.3	53.8	37.5	39.1	42.5	2.2	
16:00	37.3	40.8	35.7	37.0	39.0	1.2	
17:00	37.9	43.2	35.6	37.6	40.0	1.7	
18:00	36.1	42.1	34.0	35.5	38.6	1.7	
19:00	34.0	41.8	32.2	32.8	36.1	1.8	
20:00	32.6	35.5	32.1	32.4	33.2	0.5	
21:00	33.3	38.3	32.1	32.3	35.3	1.4	
22:00	32.4	34.1	32.1	32.3	32.9	0.3	
23:00	32.4	33.1	32.3	32.5	32.8	0.2	
L _d	37.8						
L _n	32.4						
L _{dn}	39.9						

表 3.2-17 九江市水功能区划登记表（厂址周边）

河流	功能区名称	区划级别	范围				水质目标	区划依据
			起点	讫点	长度(km)	面积(km ²)		
太平河	太平河彭泽县保留区	一级	怀玉山脉彭泽县天红镇境内武山北麓	彭泽县太平关乡古楼村太平河大桥注入芳湖	34.2	264	II~III	开发利用程度不高

表 3.2-18 太平河（乡镇交界断面）地表水监测结果

<div>采样时间</div> <div>监测项目</div>	监测结果 (mg/L)		标准值 (III类) (mg/L)	是否超标
	2021 年 6 月 5 日	2021 年 9 月 14 日		
pH	7.09	6.9	6~9	否
溶解氧 (DO)	8.65	6.11	≥5	否
化学需氧量 (COD)	7	11	20	否
总氮 (湖、库, 以 N 计)	0.93	1.33	1.0	-
氨氮	0.164	0.510	1.0	否
总磷	0.02	0.01	0.2 (湖、库 0.05)	否

表 3.2-19 厂址周围水库情况表

序号	水库名称	距离 (km)	方位	等级	水体功能	集雨面积 (km ²)	总库容 (万m ³)	兴利库容 (万m ³)	供水量 (万m ³)
1	乱石湾水库	7.3	ESE	小(1)型	供水、灌溉	13.8	395	220	242
2	冯山水库	6.7	SSE	小(1)型	供水、灌溉	5.2	192	112	123
3	马迹岭水库	2.4	NW	中型	供水、灌溉	9.8	1171	1001	1108

表 3.2-20 地表水监测布点

编号	监测 点位	相对于厂址坐标中心点 位置	
		方位	距离 (km)
1	太平河断面(天红镇供水所饮用水水源保护地保护牌下游 50m 处)	SSE	1.0
2	乱石湾水库	ESE	7.2
3	冯山水库	SSE	6.6
4	马迹岭水库	NW	2.4

表 3.2-21 监测分析方法依据及检出限

监测项目	分析方法	检出限	方法依据
水温	温度计或颠倒温度计测定法	/	GB13195-1991
pH	电极法	/	HJ 1147-2020
溶解氧 (DO)	电化学探头法	/	HJ 506-2009
化学需氧量 (COD)	重铬酸盐法	4mg/L	HJ828-2017
五日生化需氧量 (BOD ₅)	稀释与接种法	0.5mg/L	HJ505-2009
总氮	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	0.05mg/L	HJ 636-2012
氨氮	纳氏试剂分光光度法	0.025mg/L	HJ 535-2009
总磷	钼酸铵分光光度法	0.01mg/L	GB11893-1989
石油类	紫外分光光度法	0.01mg/L	HJ 970-2018
阴离子表面活性剂	亚甲蓝分光光度法	0.05mg/L	GB/T 5750.4-2006
挥发酚	4-氨基安替比林分光光度法	0.0003mg/L	HJ503-2009
悬浮物	重量法	/	GB11901-1989

表 3.2-22 地表水监测结果

监测项目	监测结果 (mg/L)				标准值 (III类) (mg/L)	是否超标
	太平河断面	乱石湾水库	冯山水库	马迹岭水库		
pH	7.69	7.52	7.43	7.20	6~9	否
水温℃	13.1	15.4	12.2	14.6	周平均最大温升≤1 周平均最大温降≤2	/
溶解氧(DO)	6.96	7.71	9.45	7.21	≥5	否
悬浮物	19	21	7	24	/	/
化学需氧量(COD)	8	16	16	11	20	否
五日生化需氧量(BOD ₅)	1.8	2.9	3.0	2.2	4	否
氨氮	0.053	0.233	0.084	0.143	1.0	否
总磷	0.02	0.04	0.02	0.04	0.2 (湖、库 0.05)	否
总氮(湖、库, 以 N 计)	2.89	3.20	3.71	3.15	1.0	是
挥发酚	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.005	否
石油类	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	否
阴离子表面活性剂	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.2	否

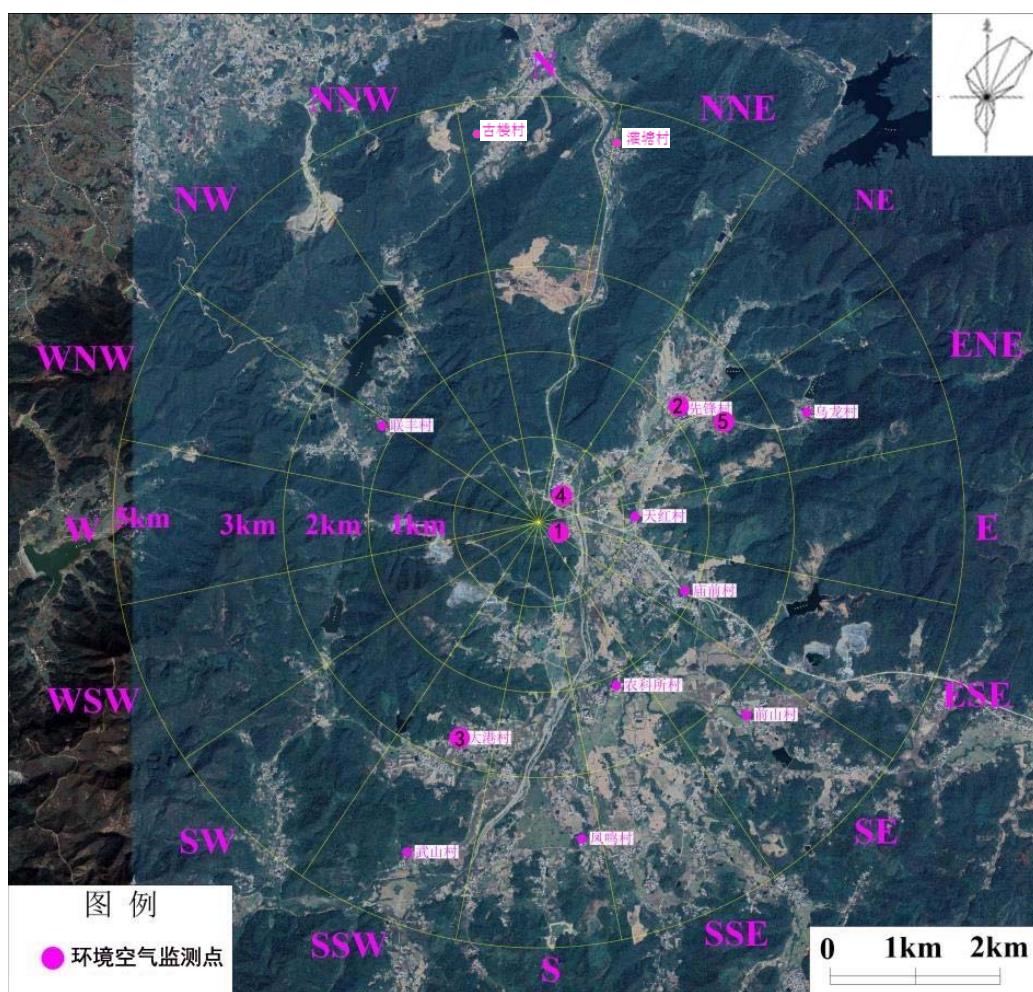


图 3.2-1 环境空气监测点位分布图

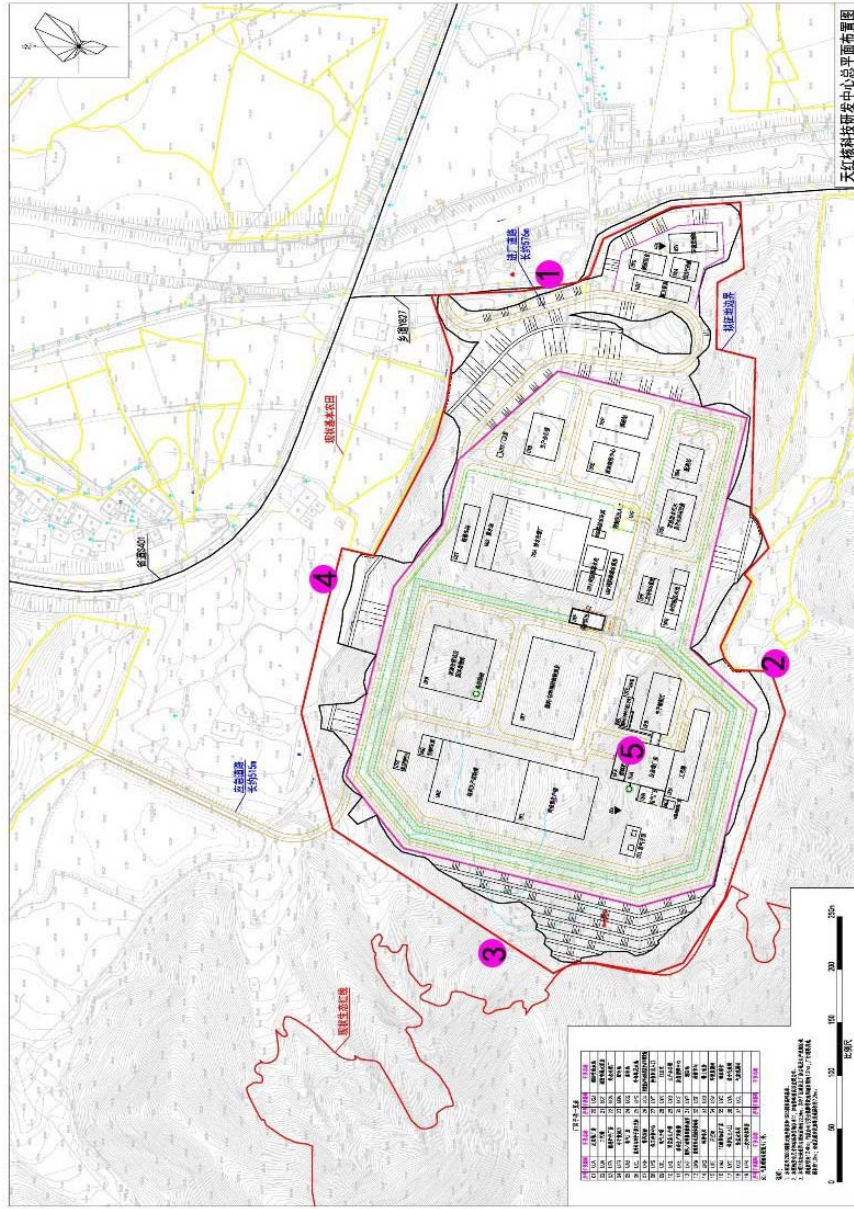


图 3.2-2 噪声监测点布设图 (厂址区域)

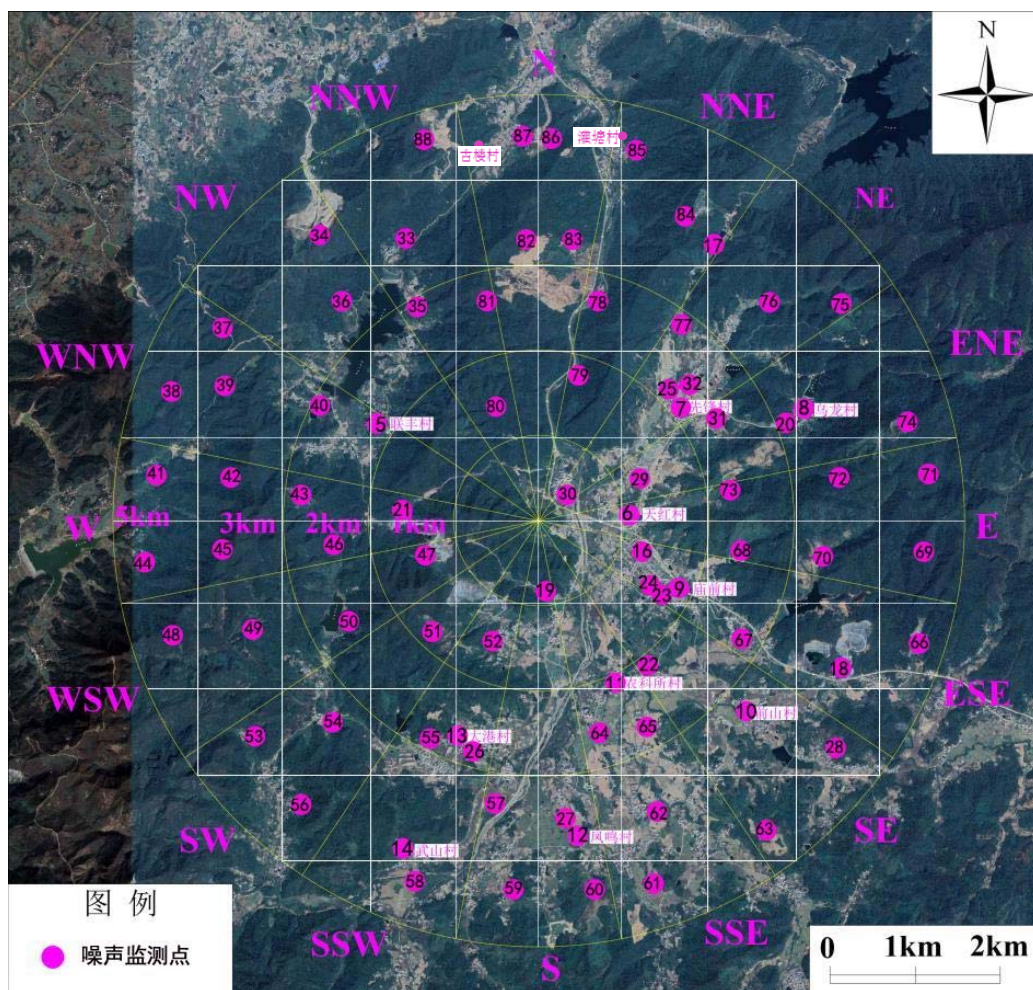


图 3.2-3 噪声监测点布设图（厂址半径 5km 陆域）

九江市水功能区划图（彭泽县）

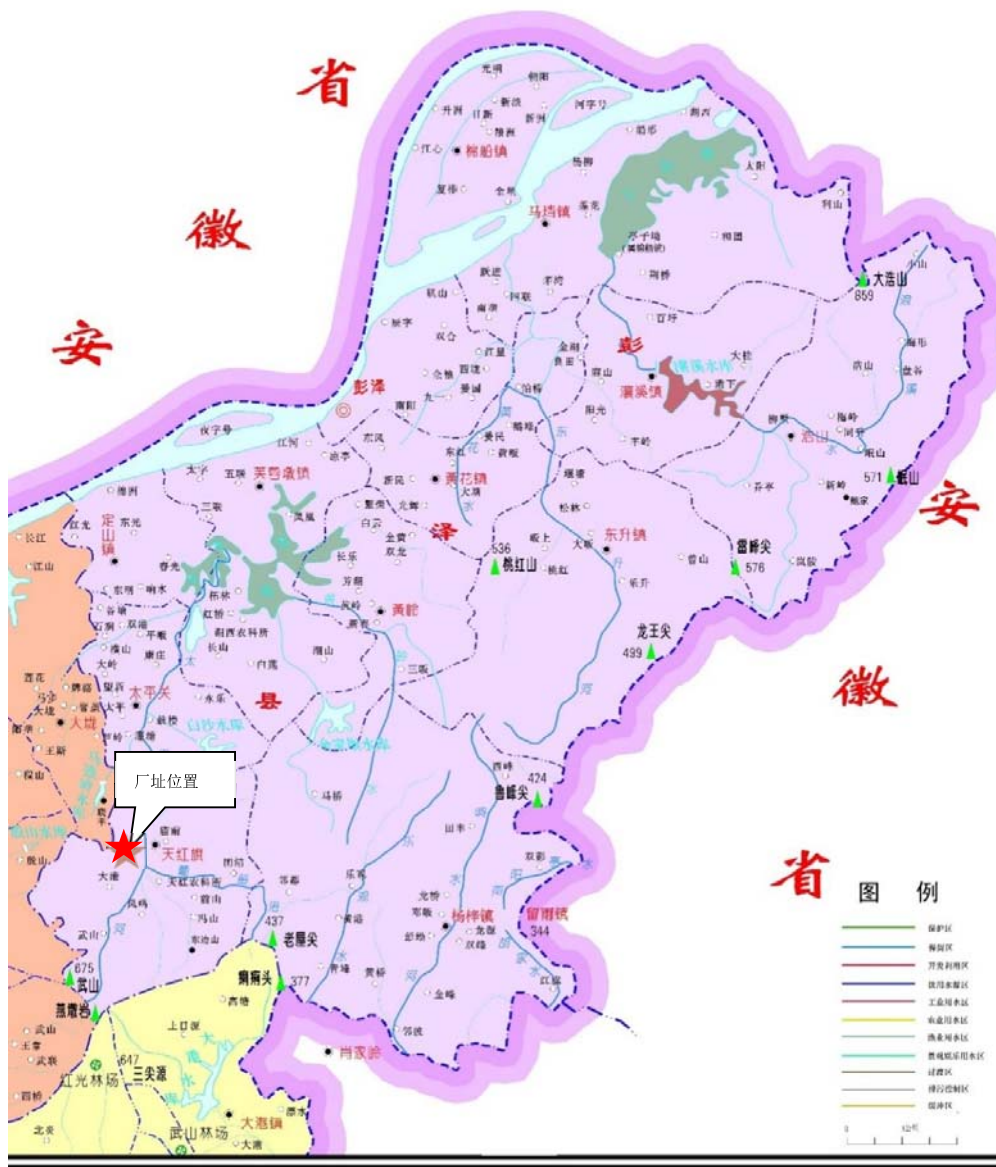


图 3.2-4 九江市水环境功能区划（彭泽县）



图 3.2-5 厂址所在区域饮用水水源保护地



第四章 反应堆及同位素生产设施

4.1 厂区规划和平面布置

4.1.1 总平面布置原则

- 本项目规划建设1台20MWt多功能研究堆、燃料/材料辐照后检验热室、同位素生产楼及其它配套建筑物与构筑物。
- 厂区总平面布置应满足生产流程及运输的要求。
- 二次冷却水供水系统应尽可能靠近反应堆厂房，以缩短管线和降低运行费用。
- 在满足生产流程前提下，使放射性厂房和非放射性厂房分区布置。尽可能使放射性厂房布置在非放射性厂房的下风向，并尽可能使运输放射性废物的道路与厂区主要道路分开。
- 主厂房尽可能在埋深适宜、满足主厂房地基要求的合适基岩上。
- 在满足生产流程的前提下紧凑布置，使生产管理方便，道路和工程管线短捷。
- 保证合理的建筑间距，以满足交通运输、防火、卫生、管道敷设和施工等要求。
- 充分利用地形条件，尽可能减少土石方开挖量，以降低造价和缩短工期。
- 厂区场地的设计标高应适宜，在满足核安全要求前提下，尽可能使建筑基础埋深适宜，土石方就地平衡。
- 道路布置应短捷，尽可能使人车分流，以满足生产运输、消防和安全等需求。

4.1.2 工程规模及子项组成

本项目规划建设 1 台多功能研究堆、燃料/材料辐照后检验热室、同位素生产楼及其它配套建筑物与构筑物。具体详见表 4.1-1。

4.1.3 总平面布置

根据现有设计资料、总平面布置原则、工程规模和子项组成，并结合厂址地形、水文、气象和地质等设计基础资料开展总平面布置。

主厂房群由反应堆厂房、工艺楼、燃料贮存厂房、中子散射厅、电气厂房和氦冷站与冷中子源工艺间组成。综合考虑全厂布局、地基条件和反应堆厂房远离附近居民点等因素，主厂房群布置在省道 S401 西南侧自然地形较高的山体上，反应堆厂房、

电气厂房、燃料贮存厂房、排风烟囱和 1E 级柴油机厂房基础坐落在微风化、中风化基岩上。同时主厂房远离省道 S401 和乡道 Y827 布置，以避免公路上的移动危险源影响主厂房安全。排风烟囱靠近布置在燃料贮存厂房的西侧，有利于缩短风管。

同位素生产楼布置于燃料贮存厂房的西北侧，便于靶件从燃料贮存厂房通过屏蔽转运容器运输至同位素生产楼。核药生产实验楼贴建于同位素生产楼的北侧，便于钼-99 原液从生产线经过质检和包装后运输至核药生产实验楼的钼-钨发生器制备车间，开展钼-钨发生器的制备。

燃料/材料辐照检验热室布置于主厂房群的北侧，便于辐照后燃料或其他通用材料经过燃料贮存厂房，通过屏蔽运输容器运至燃料/材料辐照检验热室，开展进一步的检查、拆解、检验等工序。过程中产生的三废集中收集后贮存，积累到一定量后可外运至废液处理站及固体废物库处置。

废液处理站及固体废物库布置在燃料/材料辐照检验热室的北侧。反应堆厂房、同位素生产楼和燃料/材料辐照检验热室中产生的放射性废液经管道送至废液处理站，废液经处理后进行固化，然后将固体废物运至固体废物库中暂存。

同位素生产楼、核药生产实验楼、燃料/材料辐照检验热室、废液处理站及固体废物库均带有放射性，相对集中布置，也可使放射性废物处理流程合理，这四个厂房共同设置一个热室烟囱，布置于废液处理站及固体废物库。

1E 级柴油机厂房贴建于电气厂房的南侧。

特种车库贴建于核药生产实验楼的北侧。

压空站贴建于氦冷站与冷中子源的东侧。

氢气子项布置在电气厂房的西侧。

二次冷却水泵房、冷却塔及水池布置在中子散射厅的东侧，靠近反应堆厂房，使二次冷却水管线短捷。冷却塔布置在主导风向的下风向，可减少对其他建筑物和构筑物水雾影响。

给水处理厂、除盐水车间、消防喷淋水池与消防喷淋水泵房布置在二次冷却水泵房的北侧。考虑雨水回用，给水处理厂的北侧设置蓄水池。非放射性废水污水处理及中水回用设施布置在冷却塔及水池的东侧。

配电站布置在厂区的东侧，有利于电源进线。

维修车间布置在蓄水池的北侧。

厂前区一部分考虑布置在厂区的东北侧，靠近主出入口，主要建筑物为门卫室和

生产办公楼；另一部分考虑布置在紧邻乡道 Y827 处，主要建筑物为综合行政楼（包括办公、培训中心、档案馆、食堂及停车场）和倒班宿舍等。

警卫营房靠近乡道 Y827 布置；应急指挥中心和消防站靠近生产设施布置，离厂区距离适中，能及时处理突发情况。

环境监测站布置在综合行政楼的东侧。气象观测站考虑厂外租地。

为确保本项目的安全，全厂实施二级实物保护，设置控制区、保护区。保护区内设置有反应堆厂房、工艺楼、燃料贮存厂房、中子散射厅、电气厂房、氦冷站与冷中子源工艺间、排风烟囱、1E 级柴油机厂房、同位素生产楼、燃料/材料辐照检验热室、核药生产实验楼、废液处理站及固体废物库、特种车库、压空站、氢气子项和保卫控制中心。控制区内包括保护区相关物项以及冷却塔及水池、除盐生产车间、二次冷却水泵房、消防喷淋水泵房、消防喷淋水池、给水处理厂、蓄水池、非放废水污水处理及中水回用设施、配电站和维修车间。

为满足施工和运行期间对外交通运输的要求，本项目规划建设两条厂外道路。进厂道路规划向东与乡道 Y827 连接，长约 576m；应急道路规划向北与省道 S401 连接，长约 515m；厂外道路参照三级公路标准建设，道路宽度 7m。

厂址总平面布置图详见图 4.1-1。

本项目总用地规模为 22.5414ha（不包括应急道路用地、厂外管线用地、气象站用地及施工临建租地等）。土地利用现状情况为农用地 17.5466 公顷（耕地 0.8387 公顷，不占永久基本农田），建设用地 4.9948 公顷，无未利用地。征地范围内不占用基本农田和生态红线，涉及厂址东侧砖厂及三户居民搬迁。

4.1.4 排放口布置

本项目放射性气态流出物排放口共设置 2 个，其中排风烟囱位于燃料贮存厂房的东侧，有利于缩短风管；同位素生产楼、废液处理站及固体废物库、燃料/材料辐照检验热室和核药生产实验楼均带有放射性，这四个厂房采用集中布置的方式共同设置 1 个热室烟囱，布置于废液处理站及固体废物库上。2 个排放口高度均暂定为 60m。非放射性废气排放口有 1 个，布置于 1E 级柴油机厂房上，排放口高度暂定为 15m。排放口位置分布详见图 4.1-2。

本项目不排放液态流出物，非放射性废水考虑回用。

表 4.1-1 建、构筑物子项一览表

序号	子项名称	子项编码	占地面积 (m ²)	建筑面积 (m ²)
1	反应堆厂房	UJA	1600	3800
2	工艺楼	UUA	1717	5646
3	电气厂房	UAB	348	1066
4	燃料贮存厂房	UFA	480	1920
5	排风烟囱	UKH	40	/
6	中子散射厅	UFB	1453	1612
7	氦冷站与冷中子源 工艺间	UEL	318	318
8	保卫控制中心	UYG	200	200
9	氢气子项	UTL	392	392
10	同位素生产楼	UKL	4000	15000
11	核药生产实验楼	UKE	5000	5000
12	燃料/材料辐照检验 热室	UKF	5100	17850
13	废液处理站及固体 废物库	UKW	3600	3600
14	特种车库	UKQ	400	400
15	压空站	UTE	200	200
16	1E 级柴油机厂房	UMJ	96	192
17	保护区出入口	UYE	440	440
18	除盐水车间	UGD	78	78
19	消防水池	UGJ	800	800
20	消防泵房	UGF	528	528
21	给水处理厂	UGA	5600	5600
22	配电站	UBA	780	780
23	蓄水池	UGS	1221	1221
24	冷却塔及水池	UPG	784	/
25	二次冷却水泵房	UPK	375	375
26	非放废水污水处理 及中水回用设施	UGU	1221	1221
27	控制区出入口	UYF	373	373

28	门卫室	UYK	22	22
29	生产办公楼	UYB	1200	3600
30	应急指挥中心	UCE	1250	2500
31	消防站	UYP	1125	1125
32	维修车间	UST	850	850
33	警卫营房	UZU	850	2550
34	环境监测站	USV	600	1800
35	倒班宿舍	UYC	600	1800
36	综合行政楼	UYA	600	3000
37	气象观测站	UCL	25	60

注：气象观测站设置于厂外。

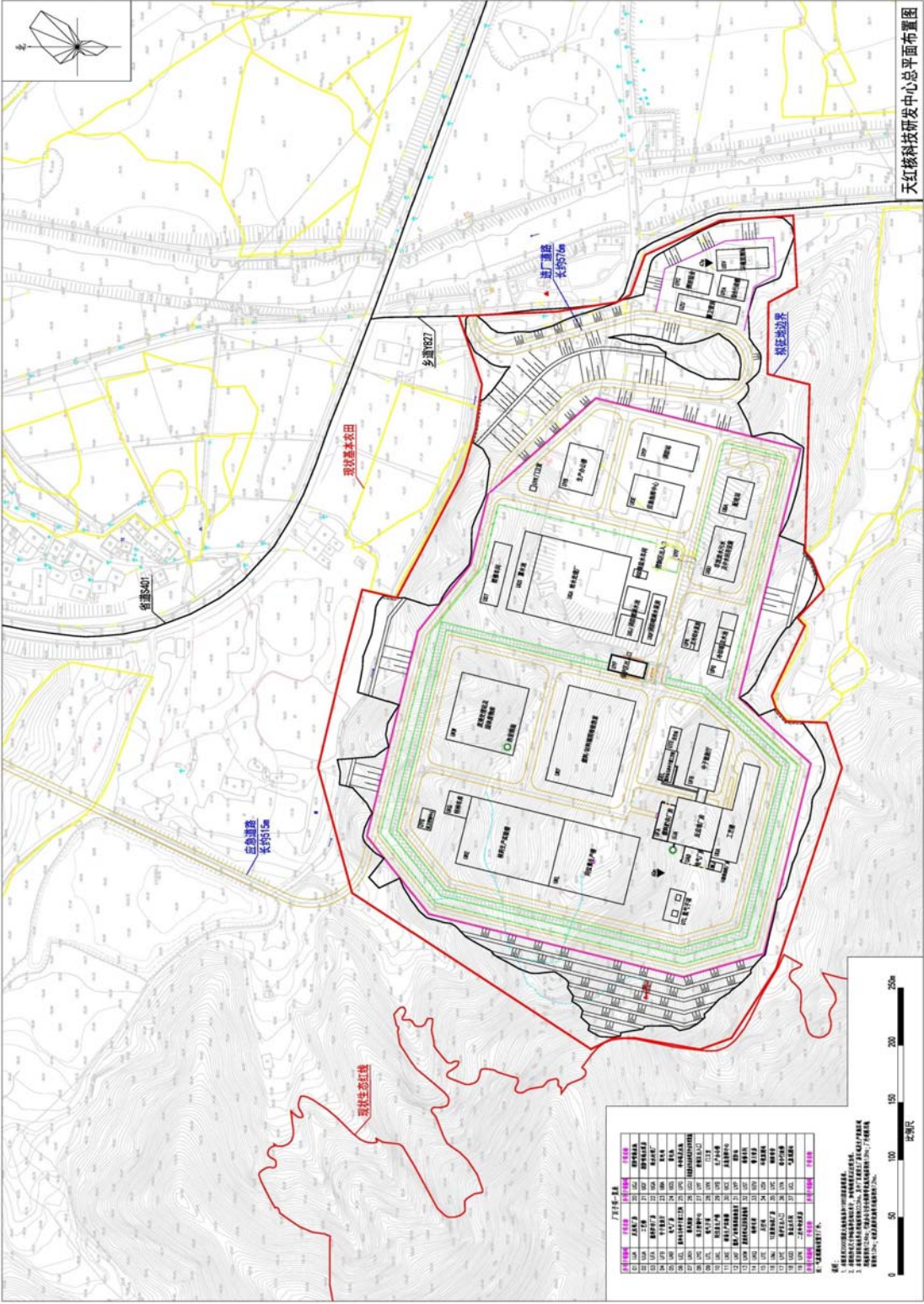


图 4.1-1 厂址总平面布置图

4.2 反应堆工程概况

4.2.1 反应堆概述

本项目反应堆采用池式堆型设计，以方便试验研究和同位素生产等操作，反应堆主要参数见表 4.2-1。堆芯装载成熟的板式燃料， ^{235}U 富集度不超过 20%，满足防核扩散要求。为实现预期中子通量指标，采用轻水作为慢化剂和冷却剂，采用铍和重水作为反射层材料。反应堆冷却系统通过管道与反应堆水池冷却剂相连通，利用主泵吸入和排出冷却剂的形式，实现堆芯的正常冷却。二次侧冷却水通过主换热器吸收一回路冷却系统排出的热量，并通过空冷塔将热量排出至最终热阱（大气）。除一二回路冷却系统以外，本项目反应堆还设置有必要的安全系统、辅助系统、三废系统、电气和仪控系统、重水循环工艺系统等，以及用于生产和实验设施，主要包括辐照考验回路及相关系统、同位素工艺和生产热室、燃料材料辐照后检验热室。

4.2.2 反应堆厂房布置

反应堆厂房的主要功能是为布置在其中的反应堆系统、辐照回路等提供防护和隔离，为安全有关设备抵御假想的内部或外部事件提供了防护手段，同时，也对厂房内的放射性设备和管道进行屏蔽，防止放射性外泄。

反应堆厂房为抗震类钢筋混凝土结构，共分为 3 个主要层面，见图 4.2-1~图 4.2-3。厂房内设置了吊装孔、各类吊车、人员通道等以方便设备的运输、维修，燃料的转运和操作等。

4.2.3 燃料元件性能的描述

本项目燃料组件采用铝包壳包覆 ^{235}U 富集度为 19.75wt% 的 $\text{U}_3\text{Si}_2\text{-Al}$ 弥散燃料芯体构成的板型燃料组件。堆芯中装有标准燃料组件和跟随燃料组件两种类型的燃料组件以及控制棒组件、铍组件、铝组件、中子源组件四种类型的相关组件。

本项目燃料组件分为两种：标准燃料组件和跟随燃料组件。标准燃料组件固定在堆芯栅格内。跟随燃料组件上端与可动式控制棒组件下端相连，下端与控制棒驱动机构相连。控制棒驱动机构位于反应堆水池下方，驱动可动式控制棒组件上下运动。可动式控制棒组件向上推出堆芯时，跟随燃料组件向上插入堆芯，展平堆芯功率。

标准燃料组件结构示意图见图 4.2-4，跟随燃料组件示意图见图 4.2-5。

表 4.2-1 反应堆主要设计参数

参数	单位	数值
反应堆额定功率	MWt	20
设计寿命	年	40
年度目标运行天数	天	300
换料周期	天	30
职业辐照剂量	人.Sv/年	<1
堆芯高度	mm	750
标准燃料组件数量	盒	26
跟随燃料组件数量	盒	6
铀-235富集度	%	19.75
燃料组分		U ₃ Si ₂ -Al
可动控制棒组件	个	6
控制棒吸收体材料		铪
堆芯金属铀装量	t	0.06282
堆芯平均比功率	MW/t	318.38
堆芯平均功率密度	MW/m ³	139.83
重水设计压力	MPa	0.2
重水设计温度	℃	55
重水箱外径	mm	Φ2000
重水箱高度	mm	1600
重水箱材料		5052铝合金
重水排放时间	s	400
控制棒驱动机构数量	台	6
控制棒驱动机构传动方式		步进电机—滚珠丝杠—可动线圈
一次侧设计压力	MPa	0.8
一次侧工作压力	MPa	0.5
一回路设计温度	℃	55
一回路额定流量	m ³ /h	2500
堆芯入口水温	℃	35

参数	单位	数值
堆芯出口联箱水温	℃	42.4
二次冷却水额定流量	m ³ /h	3600
延迟水箱容积	m ³	52
主循环泵数量	台	2
主换热器二次侧进口水温	℃	30
主换热器二次侧出口水温	℃	35.5
二回路设计压力	MPa	1.0
二回路工作压力	MPa	0.6
二回路设计温度	℃	50
冷却水塔数量	座	1
冷却水塔集水池容积	m ³	1848
冷却水塔冷却水量	m ³ /h	3600
余热排出泵数量	台	2
余热排出泵额定流量	m ³ /h	270
自然循环阀数量	台	2
虹吸终止阀数量	台	2
注：当压力单位后有“(a)”时为绝对压力，否则为表压		

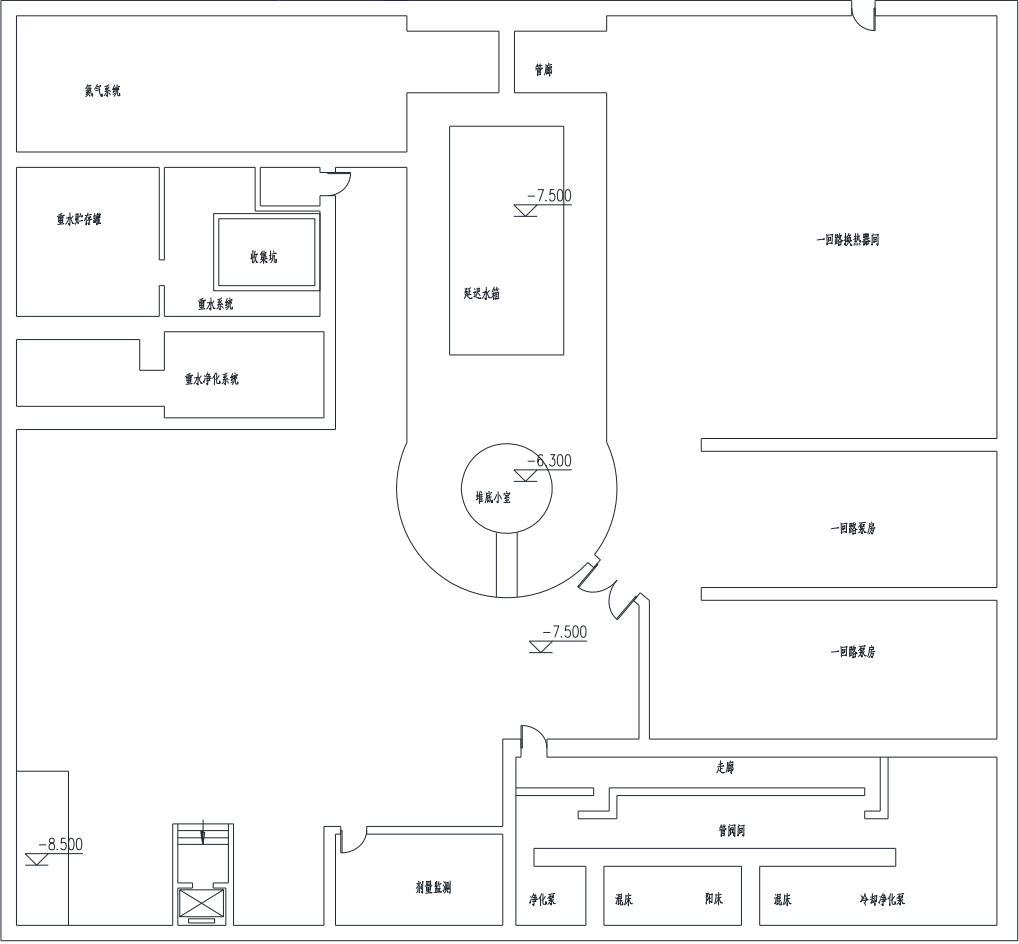


图 4.2-1 -7.500m 平面图

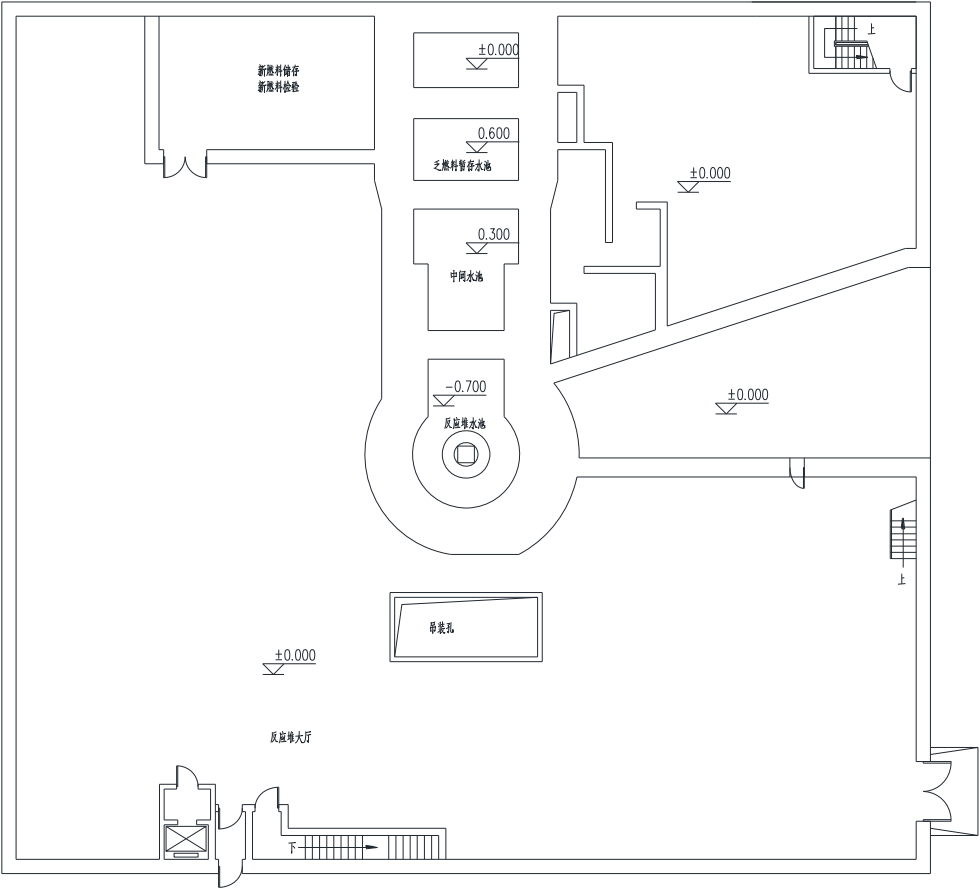


图 4.2-2 ±0.000m 平面图

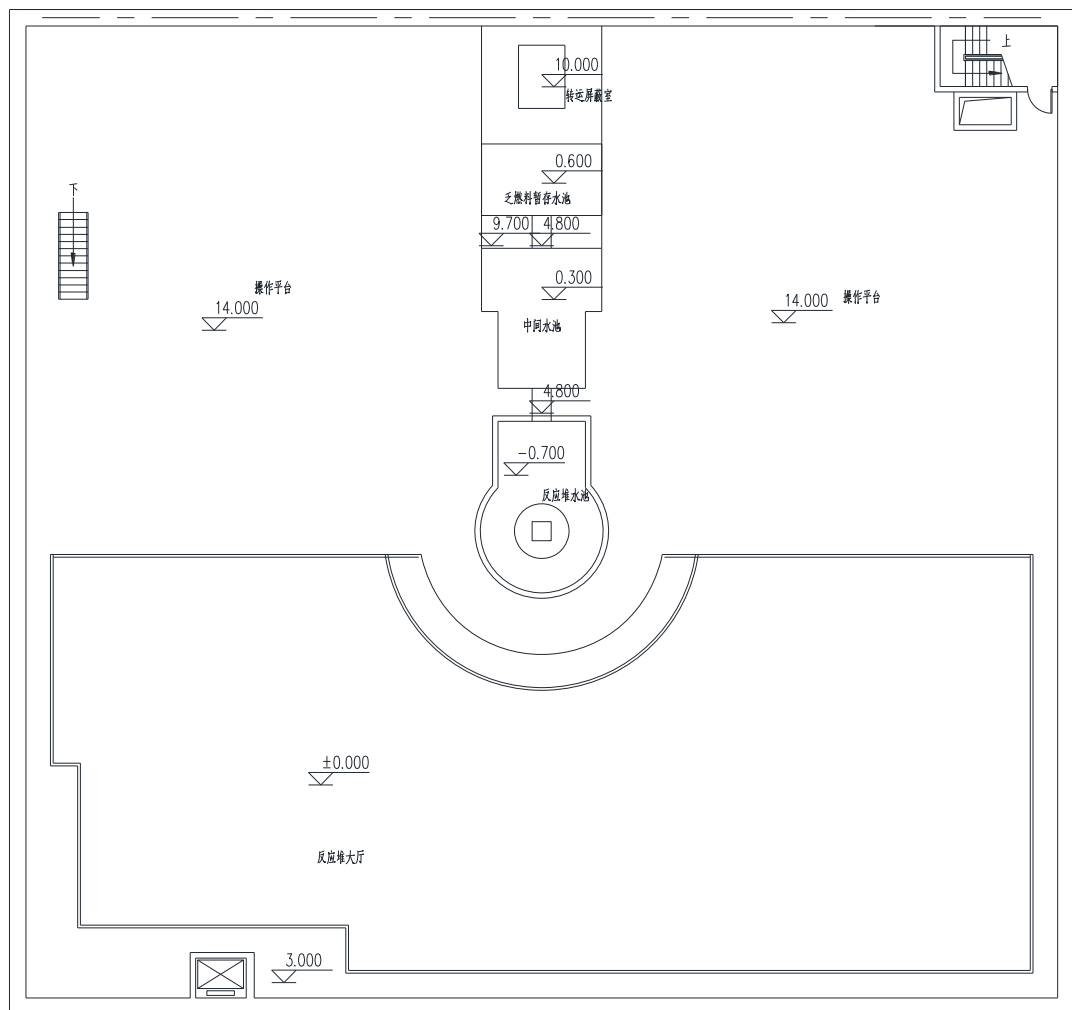


图 4.2-3 14.000m 平面图

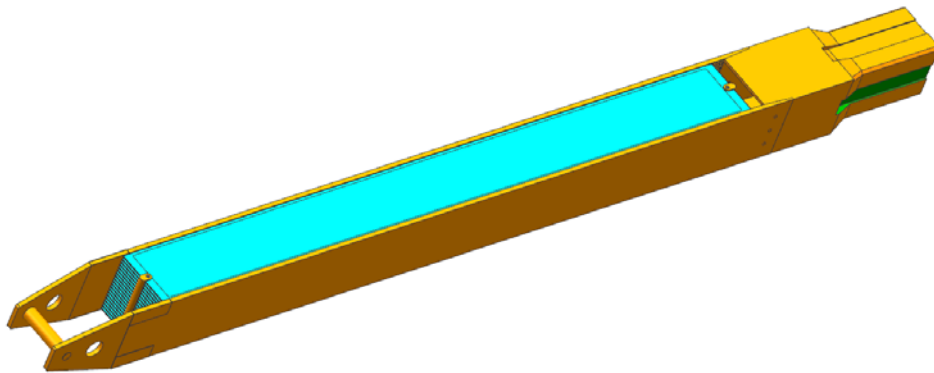


图 4.2-4 标准燃料组件

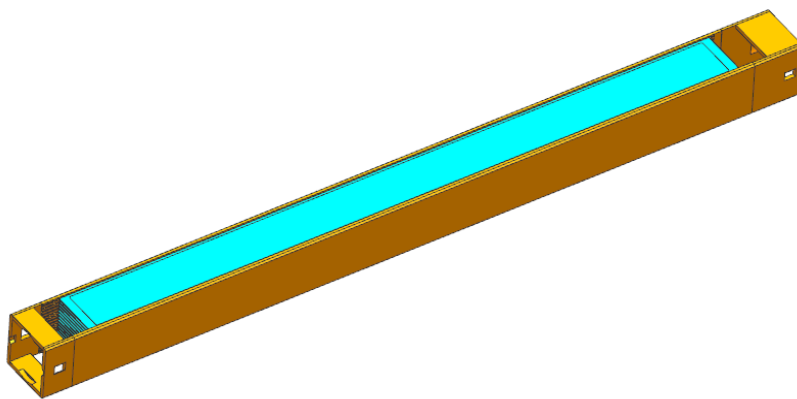


图 4.2-5 跟随燃料组件

4.3 反应堆用水和排热系统

4.3.1 供排水系统

4.3.1.1 项目供水

本项目规划建设 1 台 20MW 多功能生产堆，淡水主要用于二次循环冷却水的补充水、生活饮用水、工业用水、消防水的补充水等。运行期最大日用水量约为 $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，年用水总量约为 $52.4\text{万 m}^3/\text{a}$ ，设计取水保证率为 97%，并按照 99% 校核循环冷却水的补水量。水源为市政供水管道供水。

4.3.1.1.1 冷却塔供水

机械通风冷却塔是属于二次冷却水系统的构筑物，功能是将二次冷却水系统的热量散入大气。二次冷却水系统流量 $3600\text{m}^3/\text{h}$ ，冷却塔入口温度 35.5°C ，出口温度 30.0°C ，冷却塔浓缩倍率暂定 3。

暂按不保证率 5% 的温度为设计基准，九江地区夏季室外计算湿球温度 27.9°C 进行冷却塔设计。

冷却塔补水由生产水系统供应，补充量约 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。

4.3.1.1.2 生活、生产水供水

本项目厂区生活、生产水系统水源由市政供水提供，市政水经厂区水处理厂升压提升后供至各个用水用户。

4.3.1.1.3 消防水供水

消防供水系统包括消防水池、泵、消防增压稳压装置、管道、阀门和其它将水输送至消火栓、立管和灭火系统的管道及部件。两个 100% 容量的消防水池为两台 100% 的消防泵供水，消防水池和消防泵的吸水管永久相连且消防泵可从任何一个水箱吸水。从泵房出来的两个 DN300 的抗震消防管道为核安全有关厂房消防环管提供消防水，消防水经核安全有关厂房外的两个抗震隔离阀后再供向厂区其他子项及 BOP。手动阀门用于隔离各部分管网的控制以及隔离消火栓以便于维护和修理。

消防泵设置在两个按抗震 II 类设计的消防泵房内，中间隔墙耐火等级为 3 小时。每个消防水池的容积为 $1,200\text{m}^3$ ，两个消防水池之间用连通管连接，连通管上装有隔离阀门。生活给水作为消防水池的补充水源，生产给水作为其备用补充水源。每个水池的补水时间按在 8 小时内充满水池设计。

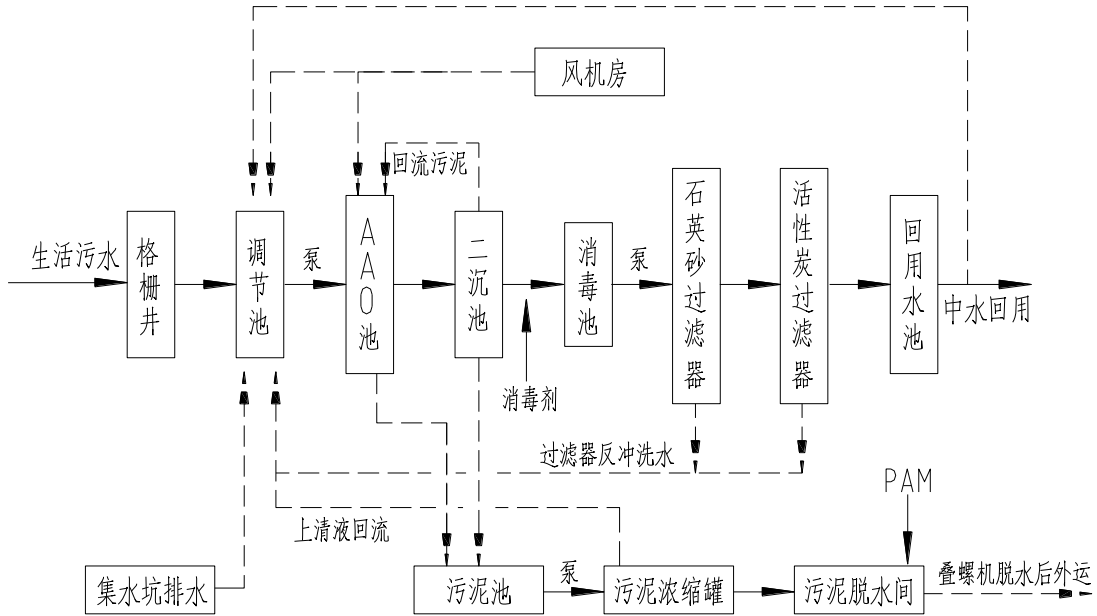
由于最大预期水量需求为 163L/s ，每个消防水池至少贮有供消防系统使用的

1174m³ 的水，相当于两小时以上的消防水量。消防水池布置在消防泵房外，紧靠消防泵房。两台消防泵的进、出水管及消防泵的再循环管道及其所有管道上的阀门都布置在泵房内以便检修和防腐。

4.3.1.2 排水

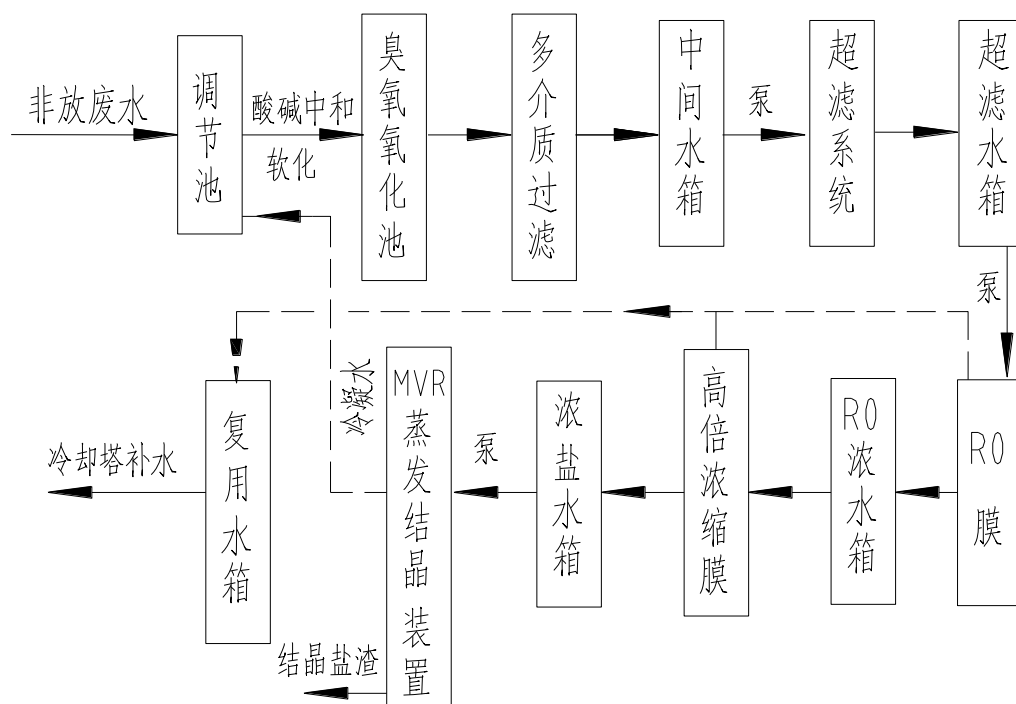
整个厂区生活污水及生产废水分别由污水管网及废水管网收集，重力流排放至非放废水污水处理设施，内部分别设置一套生活污水处理装置及一套非放射性生产废水处理装置。污水管及废水管采用 HDPE 缠绕增强管。

4.3.1.2.1 非放废水污水处理设施内暂定设 1 套 150m³/h 污水处理装置，污水处理装置采用 AAO 生化处理工艺，处理工艺如下：



生活污水经处理达标后回用，回用水水质满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）的要求。其中 AAO 池、二沉池、消毒池、污泥池为一体化集装箱处理设备，碳钢防腐结构。

4.3.1.2.2 非放生产废水由地面及设备冲洗水、冷凝水、酸碱废水、除盐水处理排水、循环冷却水排水等组成，其中冲洗水、冷凝水、酸碱废水等为较干净的废水，而冷却塔循环水浓盐水排水和除盐水处理浓盐水排水水质较差。整个厂区非放生产废水由废水管网收集，重力流排放至非放废水污水及中水回用设施，采用近零排放方案设置一套废水近零排放处理装置，装置处理能力暂定 36m³/h，处理工艺如下：



非放射性生产废水经处理达标后作中水回用，回用水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）以及冷却塔补水水质要求。

4.3.1.2.3 厂区雨水排水系统用于收集厂区各建筑屋面和道路上的雨水，厂区雨水设计重现期按 1000 年设计，按可能最大降雨（PMP）校核。全厂排水采用分区排水、重力流排放的原则。雨水排水管采用 HDPE 缠绕增强管。

根据总平面布置规划，沿厂区边界设置截洪沟，截洪沟按照 1000 年一遇暴雨强度设计，并按 PMP 校核。

雨水排水工程洪峰流量公式为：

$$Q = 0.278i_k F \psi \text{ (m}^3/\text{s)}$$

式中，0.278——系数；

i_k ——降雨历时对应的强度（mm/h）；1000 年一遇 10min 降水为 52.5mm

F ——汇流面积（km²）；厂址汇水面积约 0.24km²

ψ ——综合径流系数。 ψ 取 0.8

雨水排水量 $Q=17\text{m}^3/\text{s}$

雨水排水干管管径为 DN2600

全厂雨水通过排出口向周边现有水系排放，排出口根据地势进行规划。

4.3.2 排热系统

二次冷却水系统的功能是在反应堆正常运行时，将一回路冷却水系统、重水循环冷却系统传递过来的热量通过冷却塔散入大气，同时还为重水附属系统各设备及其他辅助系统的冷却器提供冷却水源；另外还为中间水池、乏燃料暂存池以及乏燃料池的冷却提供冷却水源。

机械通风冷却塔是属于二次冷却水系统的构筑物，功能是将二次冷却水系统的热量散入大气。二次冷却水系统流量 $3600\text{m}^3/\text{h}$ ，冷却塔入口温度 35.5°C ，出口温度 30.0°C ，冷却塔浓缩倍率暂定 3。

冷却塔补水由生产水系统供应，补充量约 $60\text{m}^3/\text{h}$ 。

冷却塔排水排入生产废水系统，排水量约 $15\text{m}^3/\text{h}$ 。

4.4 工程安全设施

4.4.1 反应堆水池

堆水池及有关设备包括反应堆水池池壳、中间水池池壳、乏燃料暂存池池壳、反应堆水池与中间水池之间的通道及闸门、堆底支承板与贯穿体、堆底小室衬壳。所有池壳均用 316L 不锈钢板制成。反应堆水池池壳、中间水池池壳和堆底小室衬壳还提供各种贯穿管道和孔道，构成反应堆冷却剂的边界。池内有各种设备和支承构件，直接附着于池壳或穿过池壳固定到混凝土池壁上。在池内除一回路冷却水的管道、重水和氦气管道之外，还有许多和实验有关的孔道、支承架、样品输送管道以及堆底的控制棒传动机构的贯穿孔道，这些管道和支架大多固定在池壁上。在反应堆水池壁还开有 6 个大的径向水平孔道，供装水平辐照实验孔道设备用。在堆底小室内安装控制棒传动机构，并供检修用。此外，在堆水池内还布置有核测电离室孔道、热工测量装置和池内壁上的安装检修平台。

反应堆水池上方设有池顶盖板，由两层不锈钢板组成，总厚为 120mm，作为池顶屏蔽和上部设备支承。正常运行时池顶盖板处于封闭状态，并允许人员接近堆顶。池顶盖板上单晶硅辐照等开孔。在反应堆运行时，各开孔都有良好的

密封和屏蔽。

中间水池是运送燃料和辐照材料的通道，并作为换料的中转水池和堆内辐照样品的暂存水池，与反应堆水池和乏燃料暂存池相互连通。所有连接反应堆和设备房间的管路如一回路冷却水管等均在池底部穿过。反应堆水池与中间水池之间设置宽 700mm 的通道和闸门。

反应堆置于反应堆水池内。堆水池、中间水池和乏燃料暂存池同置于反应堆厂房内。中间水池作为乏燃料运输通道，堆芯卸出的乏燃料在乏燃料暂存池内短期存放，然后再运送到乏燃料厂房。

4.4.2 反应堆余热排出系统

本项目必须满足的基本安全功能包括反应性控制、堆芯热量排出及放射性产物包容。其中，反应性控制依靠控制棒实现，放射性产物的包容依靠维持反应堆水池实现，余热排出系统的功能是在反应堆停堆后，排出堆芯的剩余衰变热，保证燃料元件的温度不超过设计限值。反应堆余热排出系统是重要的工程安全设施之一。

余热排出系统在一回路的每一台主循环泵旁各并联一台余热排出泵，两台泵和一回路其他设备和管路分别组成了两个支路，反应堆正常停堆后，余热排出泵运行，系统只运行一个支路就可以满足排出热量的要求，符合核安全的多重性原则。当丧失厂外电源时，应急电源为余热排出泵供电，提供强迫流动将堆芯热量带至反应堆水池，以保证堆芯安全。

当反应堆剩余衰变热下降到 200kW 以后，靠反应堆池水的自然循环已可以满足冷却的需要。此时余热排出泵可以停止运行。为使池水与堆芯和下联箱组成自然循环回路，在堆芯的下联箱侧壁面安装有两台自然循环阀门，当达到触发信号时阀门开启，此时依靠堆芯内水受热产生的浮升力的作用与池水形成自然循环回路。

4.4.3 氦气及重水复合系统

重水受辐照后会分解出氘和氧，氘和氧累积到一定浓度就可能发生爆炸。为了保证反应堆的安全，设有氦气系统。用氦气作为重水箱上部的覆盖气体，又作载体将爆炸性气体带到堆外并进行复合成为重水回收。

氦气及重水复合系统由压缩机、冷凝器、直线分离器、接触室、瓷质过滤器及相应的连接管道组成。由重水箱出来的含有爆炸性气体的氦气经过冷凝器降温，使其中的大部分蒸汽冷凝为重水回收。气体再经过直线分离器分离出水滴，然后由压缩机引入接触室，靠钯粉的触媒作用，将爆炸性气体合成重水，从接触室出来的氦气可能带有接触室脱离的钯粉，所以先经过瓷质过滤器过滤掉钯粉。由于爆炸性气体合成重水时温度升高，新合成的重水呈蒸汽状态，需进入冷凝器再次冷凝，除去水汽后的氦气由压缩机送回重水箱。

4.4.4 保护和安全监测系统

4.4.4.1 系统功能

保护和安全监测系统连续监测所确定的保护变量用以监督反应堆的状态。当监测变量达到或超过整定值时，自动触发反应堆紧急停堆，并发出事故报警；发生事故时，还会触发专设安全设施动作，以防止反应堆状态超过规定的安全极限或减轻由此引起的后果，从而保证设备和人身及环境的安全。

系统提供的基本功能为：

- 发生预计运行事件时，自动触发紧急停堆，保证不超出规定的设计限值；
- 检测到事故工况时，触发为减轻其后果所需的安全动作，包括紧急停堆和专设安全设施驱动。

1) 紧急停堆

紧急停堆部分监测反应堆核的和传热过程的一些变量如核功率、冷却剂温度、流量等，也监测与设备机械限制有关的物理参数如压力、液位等。此外，还监测辐射剂量。当被监测的保护变量达到或超过保护动作整定值时，自动给出保护触发信号，停闭反应堆，以保证在发生预计运行事件时不超出规定的设计限值，保证反应堆的安全。无论发生何种事故，只要被监测的参数达到整定值，紧急停堆系统将及时和有效地停闭反应堆，从而避免燃料包壳的破损和系统完整性的破坏，防止过量放射性裂变产物向环境释放。

初步选定的紧急停堆保护变量如下：

- (1) 反应堆核功率
- (2) 反应堆周期
- (3) 一回路冷却剂流量

- (4) 堆芯出口温度
- (5) 堆芯出入口温差
- (6) 反应堆水池液位
- (7) 一回路泵断电
- (8) 辅助泵断电
- (9) 实验装置异常
- (10) 燃料事故放射性
- (11) 重水溢流箱液位高
- (12) 虹吸终止阀开
- (13) 自然循环阀开
- (14) 重水排放阀开
- (15) 稳压器压力 (辐照考验回路)
- (16) 一回路流量 (辐照考验回路)
- (17) 一回路热段温度 (辐照考验回路)
- (18) 一回路主循环泵转速 (辐照考验回路)

2) 专设安全设施驱动

专设安全设施驱动部分的作用是在发生一回路严重失水或燃料事故时,在自动触发紧急停堆的同时,触发专设安全设施动作,以减轻事故的后果。

专设安全设施驱动系统监测有关参数,当监测的参数达到整定值时,发出专设安全设施触发信号,包括:

- (1) 打开虹吸终止阀
- (2) 打开自然循环阀
- (3) 反应堆通风系统从正常通风切换为由反应堆水池上方抽风事故排风
- (4) 应急余排驱动 (辐照考验回路)
- (5) 安全注射驱动 (辐照考验回路)
- (6) 驱动主泵停泵 (辐照考验回路)

目前初步选定的专设安全设施驱动保护变量如下:

- (1) 反应堆水池液位
- (2) 燃料事故放射性
- (3) 稳压器压力 (辐照考验回路)

(4) 一回路热段温度（辐照考验回路）

4.4.4.2 系统描述

保护和安​​全监测系统采用经过鉴定的安全级仪控系统平台实现，并设置了三个冗余序列（A、B、C），采用局部符合逻辑和两级三取二表决的设计。系统架构包括信号监测级、逻辑符合级、触发输出级以及信息显示和定期试验等几个部分，具体如下。

1) 信号监测级

信号监测级分为 A、B、C 三个通道，每个通道由两组冗余的处理部件组成。对于 4~20mA 模拟量信号，信号被分成两路，各自经信号调理和 A/D 转换后，分别送至两组冗余的处理部件。在达到定值后，分别输出通道触发信号，经通讯传输到逻辑符合级的输入端。对于数字量信号，则直接并行输入两组冗余的处理部件。

2) 逻辑符合级

逻辑符合级分为 A、B、C 三个逻辑序列，每个序列也由两组冗余的处理部件组成，分别对三个通道的两个冗余的定值比较单元发送的通道触发信号进行三取二表决处理，并把其他所有变量表决输出进行“或”符合后，作为序列通道触发信号，并通过通讯传输到触发输出级。

3) 触发输出级

触发输出级由两组冗余的处理部件并行工作，分别接受来自逻辑符合单元输出的序列通道触发信号，并进行三取二表决处理，经表决后的停堆信号用于驱动停堆断路器动作；经表决后的专设保护变量通道触发信号用于触发专设安全设施执行机构。

4) 信息显示

(1) 每个序列的机柜上各设置一台平板显示器，接收序列内显示控制单元的信息，显示本序列保护变量的测量值和保护定值以及系统状态等信息；

(2) 对应每个序列，主控制台上各设置一台平板显示器。三台平板显示器各由一个控制台显示控制单元控制，显示本序列保护变量的测量值和保护定值以及系统状态等信息；同时控制台显示控制单元还接收事故后监测控制单元的输出信息，用于事故后监测；

(3) 为了确认保护和安​​全监测系统的动作状况，在触发停堆和启动专设的

同时，将序列通道触发信号送至信息系统进行报警；

（4）保护和安全监测系统还将信息传输至辅助控制室显示控制单元，以便在辅助控制室控制台上的平板显示器中进行显示，以实现在辅助控制室对参数的监测。

5) 定期试验

保护和安全监测系统机柜内的主要功能模块还具有在役自检功能，并支持手动定期试验以发现系统内元器件可能出现的故障，从而保证系统执行安全功能的能力。

4.4.5 多样化驱动系统

多样化驱动系统是非安全级的仪控系统，为保护和安全监测系统提供独立的多样化后备，用以缓解 ATWS 工况以及由潜在的保护和安全监测系统共因故障所带来的风险。多样化驱动系统在监测到保护参数超过整定值时，停闭反应堆、驱动选定的专设安全设施。多样化驱动系统还提供对选定功能的手动驱动，并对选定的提供专用的独立指示。

4.5 实验系统

4.5.1 垂直实验孔道

垂直实验孔道分两类，一类是安装在堆芯内部的垂直孔道，另一类是安装在重水反射层内的垂直孔道，参见图 4.5-1。堆芯内垂直孔道被设计为孔道元件，孔道元件为中心开孔的铝制组件，开孔内插入铝制导向管，可根据实验任务进行移动和切换。重水堆反射层内垂直孔道为固定孔道，铝制导向管穿过重水箱上的预留垂直孔道，并与重水箱及反应堆水池固定。堆芯内垂直实验孔道说明参见表 4.5-1，重水箱内垂直试验孔道说明参见表 4.5-2。

4.5.1.1 堆芯内垂直孔道

堆芯内设置两条辐照考验回路 V-LP1 和 V-LP2，主要用于压水堆燃料元件辐照考验与试验。

堆芯内设置 7 条材料辐照与同位素生产孔道 V-IR1~V-IR7。辐照/生产孔道由铝制孔道元件和铝制导向管构成。铝制孔道元件外形尺寸与燃料组件相似，其下部管座与栅格板固定，孔道元件上开有垂直孔。铝制导向管插入孔道元件，另一

端与第一层顶盖板固定。辐照/生产孔道主要用于反应堆结构材料辐照试验和高通量放射性同位素镭-177 辐照生产（在设施运行后，还可根据市场需求开展铈-192、铟-89、碳-14 等辐照生产）。

4.5.1.2 重水箱内垂直孔道

1) 放射性同位素生产孔道

V-IP1~V-IP14 位于紧贴堆芯的重水反射层内侧，主要用于裂变法钼-99 生产。V-IP15~V-IP19 可用于碘-131、碘-125、镭-177 等放射性同位素的辐照生产。同位素生产孔道与反应堆水池连通，利用反应堆池水对辐照靶件提供冷却。

2) 冷中子源孔道

垂直孔道 V-CN 主要是为水平实验孔道 H-CN 生产冷中子束。孔道内设置了用于慢化中子的冷介质管路（冷中子源）。冷中子源（ $E < 5 \times 10^{-3} \text{eV}$ ）是附加在反应堆上的一种特殊装置和系统，用以改变反应堆内局部慢化介质的温度，提高冷中子份额。

3) 气动跑兔孔道

堆芯设置气动跑兔孔道 V-PN1~V-PN12，孔道以氮气作为靶盒的气动传输和冷却介质，其中 V-PN1~V-PN3 主要用于开展中子活化分析试验，V-PN4~V-PN12 主要用于少量放射性同位素辐照生产。

4) 放射化学实验孔道

放射化学实验孔道 V-PN13 和 V-PN14 也是气动孔道，位于紧贴堆芯的重水反射层内侧，以提供更高的中子通量水平，主要用于放射化学研究试验。

5) 多功能试验孔道

多功能试验孔道 V-MP1~V-MP5 用于反应堆的一般辐照试验，如：核测仪表试验、中子探测器校准和屏蔽材料辐照试验等。其中，V-MP5 紧贴堆芯、带探测器组件旋转装置，主要用于中子探测器校准试验，试验效率较高。

6) 旋转辐照孔道

旋转辐照孔道 V-NT1~V-NT4 主要用于单晶硅中子掺杂（Neutron Transmutation Doping, NTD）辐照，其中 V-NT1 和 V-NT2 为 8 英寸孔道，V-NT3 和 V-NT4 为 12 英寸孔道，孔道配套自动旋转与翻转机构，用于单晶硅的均匀辐照。

4.5.1.3 放射性同位素产能的初步评估

根据堆芯和重水堆箱垂直孔道的设计方案,初步提出放射性同位素产能的评估,见表 4.5-3。在评估方案中,考虑了钼-99、镭-177 和碘-131 的辐照生产,共占用 21 条垂直孔道(2 条堆内孔道、19 条堆外孔道),总计生产钼-99 约 $4.44\text{E}+15\text{Bq/年}$ (12 万 Ci/年),镭-177 约 $3.70\text{E}+14\text{Bq/年}$ (1 万 Ci/年),碘-131 约 $1.48\text{E}+15\text{Bq/年}$ (4 万 Ci/年)的放射性同位素生产能力(均为 6 日刻度)。

初步评估方案占用的辐照孔道数量尚未达到孔道利用极限,仍可利用大量的气动和多功能孔道开展其他放射性同位素的生产。

4.5.2 水平实验孔道

反应堆内设置了 6 条水平实验孔道。如表 4.5-4 所示,H-CN 为冷中子水平孔道、H-TH1 至 H-TH4 为热中子水平孔道(包括热中子散/衍射、中子照相和中子实验等),T-PE 为慢正电子源孔道。

1) 冷中子源水平孔道

冷中子水平孔道的入口端直接与冷中子源垂直孔道连接,其设计主要包括:中子导管镀膜材料和基体材料,冷中子注量率,中子束均匀性和发散度,导管长度和弯曲度,中子导管辐射屏蔽,孔道口闸阀等。假设采用温度 20K 的低温液氢作为慢化剂材料,冷中子源中子导管入口处的冷中子注量率预期可达到约 $6\times 10^{12}\text{n}/(\text{cm}^2\cdot\text{s})$ 。

2) 热中子源水平孔道

在重水反射层内设置水平布置的热中子水平实验孔道。热中子孔道应用主要包括:中子衍射试验、中子照相、微观参数设置、实验研究等。该水平实验孔道在反应堆堆本体内可分为三部分。一是由铝制的中子束引出管道;二是由不锈钢保卫的重氢物质制成带有准直路径的柱状塞;三是可移动的闸门。其中,在混凝土墙壁内,靠近堆芯的一侧放有不动的柱塞准直元件。柱塞是由不锈钢包覆制成的圆筒状的重混凝土结构,其上开孔的数量与角度根据孔道要求而定。此外,闸门上设有通孔,其中有一个通孔是专门为通过中子束的;另有一孔为了屏蔽中子束和 γ 射线,这个孔内采用中子慢化和吸收及 γ 屏蔽材料充填,如硼、铅等。热中子束水平实验孔道要通过反应堆水池壁的池壳、池壁结构,设计考虑对中子和 γ 射线的屏蔽,保证其小于剂量限值。

3) 慢正电子源孔道

慢正电子源孔道 T-PE 由光束管、电子透镜及相关电磁系统、氦气冷却系统、束流输送管道、再慢化器和实验设备等系统组成。光束管布置在重水反射层区域与电子透镜和输送管道相连接，将正电子输送到反应堆外部，正电子在反应堆外部经再慢化体慢化后输送到实验设备用于各种慢正电子技术相关的测量和实验。T-PE 孔道可以获得 $1 \times 10^7 \text{e}^+/\text{s}$ 以上正电子源强，是一种重要的微观探测技术和研究手段，可以用于固体表面和近表面的物质结构缺陷研究，凝聚态物理、材料学中原子层次的微结构问题研究，包括电子结构、费米面形貌等研究方向。

4.5.3 辐照回路

辐照回路是模拟压水堆内温度、压力、流速、水化学及辐照条件，进行燃(材)料辐照考验的高温高压水回路。本节介绍辐照回路的总体方案与主要工艺系统，主要工艺系统包括：主冷却系统、中间冷却水系统、安注系统、应急余热排出系统、水化学系统、补水除氧系统、设备冷却水系统等。本节中描述的相关系统、设备均属于辐照回路。

4.5.3.1 概述

高温高压辐照考验回路一回路设计压力 17.2MPa(g)，运行压力 15.4MPa(g)，设计温度 350 °C，为燃料及材料试验提供压水堆的运行参数及水质条件。

高温高压辐照考验回路主要由主工艺系统和回路辅助系统两部分组成。主工艺系统由堆内部分、堆外部分组成。堆内部分由试验燃料元件组件和辐照装置两部分组成。试验燃料元件组件与研究堆提供的中子反应产生堆内试验回路裂变功率。堆外部分由主冷却系统、中间冷却水系统、安注系统、应急余热排出系统、水化学系统、补水除氧系统、设备冷却水系统等组成。回路运行时，从主冷却系统过来的冷却剂由辐照考验装置入口进入装置压力管，沿压力管和导流管之间的环隙向下流动，经过压力管底部反向流过燃料元件，在冷却燃料元件后，沿导流管向上流动，由辐照考验装置出口流出，回到主冷却系统。辐照考验装置内的压力和温度可控，主冷却剂系统设置有稳压器、主循环泵和主热交换器，包括相应的温度、压力、流量传感器，监测和控制主回路的各项参数。主回路设置流量调节手段，满足流量控制要求。回路辅助系统由通风系统、照明系统、通讯监测及报警系统等组成，回路辅助系统的作用是为回路运行、检修提供必要的服务。

针对回路特点，设计考虑下列原则与要求：

- 1) 满足燃料小组件稳态辐照考验需求。试验段位于堆芯活性区内，试验段长度可与研究堆堆芯活性区高度相同。设计满足燃料元件的中子学、热工水力学等试验要求，满足安全要求，具有足够的安全性。
- 2) 采用成熟系统、设备与部件设计，尽量采用可以直接采购的设备与部件，提高经济性。
- 3) 辐照考验装置试验容器设有隔热措施，尽可能确保辐照考验装置与反应堆无热交换。
- 4) 设计便于制造、运行和维护，确保进行检查和维修工作的可达性，并在设计中考虑减少辐照剂量的原则，使工作人员受辐照剂量可合理达到尽量低的水平。
- 5) 辐照考验回路设计与反应堆同寿期。

辐照回路主要参数见表 4.5-5。

4.5.3.2 辐照考验装置

辐照考验装置是位于研究堆大尺寸孔道内，用于容纳辐照燃料或材料。考验装置主要部件包括：隔热管、压力管、分流管、吊装管组件、密封顶盖组件组成。隔热管压力管之间单侧有间隙，该间隙内充有气体，起到隔热的作用，避免考验装置与试验堆之间的换热。压力管的内用于容纳燃料或材料试验件、分流管组件。压力管壁厚保证其强度能够满足设计压力、温度的要求。吊装组件、分流管组件与压力管内表面共同形成流道引导冷却剂从辐照考验装置入口进入装置压力管，沿压力管和导流管之间的环隙向下流动，经过压力管底部反向流过燃料元件，在冷却燃料元件后，沿导流管向上流动，由辐照考验装置出口流出，回到主冷却系统。

4.5.3.3 主冷却系统

1) 系统功能

主冷却系统的主要功能包括：

（1）主冷却系统是防止放射性物质向外释放的一道屏障，能为试验棒束提供所需的热工水力条件。

（2）正常运行时，主冷却系统将辐照装置内燃料棒束产生的热量带出，通过主热交换器传给中间冷却水系统，以保持燃料包壳的完整性。停堆和事故工况下，主冷却系统将辐照装置内燃料棒束产生的余热带出。

(3) 主冷却系统在启动、停止和正常运行过程中产生的水容积变化通过稳压器进行补偿。稳压器控制主冷却系统压力在允许范围内，防止主回路超压或压力过低。

2) 系统描述

图 4.5-2 为主冷却系统的流程简图。主冷却系统主要由主热交换器、主循环泵、主回路稳压器、安全阀、过滤器、电加热元件、连接管段、阀门及相应的仪表等组成。

正常运行时，主回路中的水由主循环泵送入辐照装置，带出燃料棒束产生的热量，再流经主热交换器，被中间冷却水冷却，之后回到主循环泵入口，完成一个循环。主冷却系统设有两台主循环泵，正常运行时一台泵运行，另一台处于热备用状态。当运行泵故障时，备用泵投入使用，驱动冷却剂继续循环流动，以带出燃料棒束的热量，保证燃料棒束的安全。

辐照装置进出口主管道上设置有隔离阀，用于检修时隔离辐照装置。系统设置有主热交换器旁路管道，并在旁路管道上装有电动调节阀，以使旁路阻力与主热交换器流道阻力匹配。

辐照装置入口管道上装有电加热器，在回路启动时作为流体升温的热源，在回路停止运行时用于控制回路流体的降温速率。

系统压力调节和超压保护由主回路稳压器和安全阀实现。稳压器是一个立式圆柱形容器，稳压器底部通过波动管与主热交换器进口相连。正常运行时有小股连续喷雾流量从主循环泵出口喷入稳压器顶部汽腔，稳压器底部的水流入主热交换器进口管路。

稳压器内设有电加热元件。蒸汽由电加热器加热产生或通过喷雾凝结以控制由于反应堆冷却剂热胀、冷缩而造成的压力变化。

稳压器能够补偿由于主回路变工况所引起的冷却剂容积变化。冷却剂膨胀时，通过稳压器底部的波动管流入稳压器；冷却剂收缩时，稳压器中的水流入主回路。

为了监测主回路系统的运行，系统设置有辐照装置进、出口水温，进、出口压力，辐照装置出口流量、辐照装置进出口温差、主循环泵入口压力、主热交换器出口冷却剂流量和出口温度等测点。

主冷却系统与下列系统相连：

安注系统：与辐照装置进口主管道相连，用于事故后辐照装置冷却；

水化学系统：与辐照装置进、出口主管道相连，用于维持主回路水化学条件满足要求；

补水除氧系统：与稳压器相连，当稳压器水位过低时，用于给稳压器补水。

主冷却系统的主要参数如表 4.5-6 所示：

3) 主要设备参数

主冷却系统的主要设备如下：

(1) 主循环泵

主循环泵为电动屏蔽泵，电机设在上部，工作叶轮设在下部。回路运行时，两台主循环泵一台运行，一台备用。两台主循环泵分别由两路独立的电源供电，并接有应急电源。

泵的材料为奥氏体不锈钢，由设备冷却水进行冷却。泵与回路主管道以法兰型式连接，以方便主循环泵故障维修时的拆卸和吊装。

主循环泵主要设计参数见表 4.5-7。

(2) 主热交换器

主热交换器采用套管式，进出口采用锻件联箱，U 型管与联箱采用焊接结构。主冷却系统的冷却剂流经 U 型管内，中间冷却水流经套管内。在套管范围内的 U 型管不允许存在焊缝。材料采用奥氏体不锈钢。

主热交换器主要设计参数见表 4.5-8。

(3) 主回路稳压器

稳压器提供一个在饱和条件下维持液体和蒸汽平衡的水汽界面，用于压力控制。

稳压器是一个立式圆柱形容器，带有半球形上下封头。稳压器由碳钢制造，在所有接触反应堆冷却剂的表面均有奥氏体不锈钢堆焊层。喷雾接管和两个连接安全阀进口总管的接管均位于上封头。稳压器通过一根从下封头到辐照装置出口主管道的波动管来容纳正负波动。

稳压器主要设计参数见表 4.5-9。

4.5.3.2 中间冷却水系统

1) 系统功能

中间冷却水系统正常运行时导出主热交换器主冷却系统的热量，并通过二三回路热交换器将热量传递至反应堆上的二次冷却水系统。

中间冷却水系统在辐照回路启动、停止和正常运行过程中，通过二回路稳压器连接氮气罐、设置压力释放阀、连接除氧补水对系统回路中的介质体积变化进行补偿，将系统压力控制在要求的范围内。

中间冷却水系统通过在二回路稳压器顶部设置的安全阀排出氮气，为主换热器二次侧及安全有关管道设备提供超压保护，防止系统超压。二回路稳压器顶部除安全阀外，另设有一台压力释放阀，可自动开启排放氮气降低系统压力，避免稳压器安全阀起跳。

2) 系统描述

图 4.5-3 为中间冷却水系统流程简图。中间冷却水系统包括一台二回路稳压器、两条主换热器二次侧入口管道及阀门、一台二三回路热交换器、两台二回路循环泵、两条主换热器二次侧出口管道及阀门。稳压器设置两台安全阀，用于超压工况下卸压。

在正常运行期间，二回路循环泵将中间冷却水输送至主换热器二次侧入口，在主换热器内经一次侧反应堆冷却剂加热升温后，送入二三回路热交换器。中间冷却水在二三回路热交换器经二次冷却水冷却（三回路）后回到二回路循环泵入口。

主热交换器出口处设有二回路稳压器，用于补偿反应堆启动、停止和正常运行过程中中间冷却水的装量变化。稳压器由氮气瓶提供氮气覆盖，保持压力稳定和中间冷却水的过冷度。稳压器容积设置足够容纳正常运行时中间冷却水的膨胀。

为了监测中间冷却水系统的运行，在主换热器进出口管道、二三回路热交换器进出口管道和稳压器上设置有压力、温度、流量等仪表，并在主热交换器出口管道上设置辐射监测仪表。

3) 主要设备参数

(1) 二回路循环泵

二回路循环泵为电动屏蔽泵，电机设在上部，工作叶轮设在下部。回路运行时，两台二回路循环泵一台运行，一台备用。

二回路循环泵主要设计参数见表 4.5-10。

(2) 二三回路热交换器

二三回路热交换器采用管板式，双管程、立式布置，二回路冷却水走壳程，二次冷却水（三回路）走管程。热交换器主要材料为不锈钢。

二三回路热交换器主要设计参数见表 4.5-11。

(3) 二回路稳压器

二回路稳压器为圆柱型立式容器，用于维持中间冷却水系统的运行压力，正常运行时二回路稳压器上部约 1/4 空间充满氮气。稳压器上部设有弹簧式安全阀，保证中间冷却水系统不超压。

二回路稳压器主要设计参数见表 4.5-12。

4.5.3.3 安注系统

1) 系统功能

安注系统由中压和低压安注两个子系统构成。一回路发生失水事故时，当主回路系统压力降低到中压安注压力后，中压安注子系统迅速向辐照装置注入冷却水，而当主回路系统压力降低到低压安注压力时，低压安注子系统启动并向辐照装置注入冷却水，防止考验燃料组件烧毁。

2) 系统描述

中、低压安注子系统是由中、低压安注水箱、低压安注泵、氮气瓶和管道、阀门、仪表等组成。

中压安注水箱上部约三分之一空间充氮气，保持压力 4.0MPa，平时电磁阀处于开启状态，当主回路发生失水事故时，主回路入口压力下降到 4.0MPa 以下时，中压安注水箱的水自动注入辐照装置入口处，使辐照装置得到冷却。当中压安注水箱下降到水位下限时，电磁阀关闭，防止氮气进入主回路系统中去。

低压安注水箱上部维持一小部分氮气，平时电磁阀处于关闭状态，当主回路发生失水并且压力下降到低压安注压力时，低压安注水箱的水自动注入辐照装置入口处，使辐照装置得到冷却。

(3) 主要设备参数

安注水箱的功能是储存水，在回路失水时向主回路注水。该水箱设有进水管、出水管、液位计和安全阀接管。

(1) 中压安注水箱

中压安注水箱参数见表 4.5-13。

(2) 低压安注水箱

低压安注水箱参数见表 4.5-14。

(3) 低压安注泵

低压安注泵参数见表 4.5-15。

安注系统流程图见图 4.5-4。

4.5.3.4 应急余热排出系统

1) 系统功能

当外电源丧失导致二、三回路不可用时，该系统迅速启动充当主回路系统的冷阱，防止考验燃料组件烧毁。

2) 系统描述

应急余热排出系统是由余热排出热交换器、余热排出泵、管道和阀门等组成的。

该系统借助于余热排出泵提供的动力运行。应急余热排出热交换器全部浸没在低压安注水箱内，当二、三回路因失电造成不可用时，该系统为主回路系统提供紧急冷却。

3) 主要设备参数

(1) 应急余热排出热交换器

应急余热排出热交换器参数见表 4.5-16。

(2) 应急余热排出泵

应急余热排出泵参数见表 4.5-17。

应急余热排出系统流程图见图 4.5-5。

4.5.3.5 水化学系统

1) 系统功能

在高温高压的辐照考验回路运行期间，连续去除辐照回路主冷却剂中的可溶性和悬浮杂质，维持辐照回路主冷却剂水质和放射性比活度在许可范围内；降低水中含氧量以减少对设备和管道的腐蚀，确保回路安全运行。

2) 系统描述

水化学系统由再生热交换器、非再生热交换器、净化前过滤器、除盐床、净化后过滤器、手套箱等设备、管道、阀门和仪表组成。

系统利用主冷却系统主循环泵进出口压差进行循环。其流程是从主循环泵出口引出一回路流量的 1.4% ($0.45\text{m}^3/\text{h}$) 进入再生热交换器和非再生热交换器，冷却至 45°C 以下，进入净化前过滤器去除不溶性杂质，然后进入混床去除可溶性杂质，经过净化后过滤器去除可能泄漏的树脂碎片，再流回到再生热交换器壳侧

加热，最终返回主循环泵入口，形成一个循环。

在混床的前后分别设置了取样管线，取样管线上设置减压阀，辐照回路主冷却剂经减压后流进手套箱进行取样。取样管线设置了旁通回路。取样产生的废液排至放射性废液疏水口。

系统设置了除盐床的装填和冲排管线，可实现远距离装填和排放树脂。

在再生热交换器壳侧下游设置了氢气添加管线，可向主冷却系统添加氢气，抑制水的辐照分解，控制水中溶解氧含量。

为了监测水化学系统的运行，在热交换器的进出口管道设有压力、温度和流量仪表，在氢气添加管线上设置压力仪表。

-启动

辐照考验回路升温开始时，流体通过水化学系统下泄管线下泄至放射性废液系统。辐照考验回路启动期间，通过一个氢气瓶向再生热交换器壳侧下游注入氢气，以维持主冷却系统辐照回路主冷却剂的氧含量。。

-正常运行

辐照考验回路运行期间，水化学系统净化回路作为主循环泵的闭式回路一部分连续运行。当投一台混床时，净化流量约为 $0.45\text{m}^3/\text{h}$ 。可通过取样手套箱对主冷却系统的辐照回路主冷却剂进行定期取样，以监测氢气浓度、水质和放射性水平。净化回路正常运行时，不需要操纵员动作。操纵员可以监测净化回路各种参数，如：热交换器的温度、除盐床和过滤器压降和冷却剂内放射性水平（通过取样）。

-降温

辐照考验回路降温期间，主循环泵停运前，水化学系统净化回路可继续运行。主循环泵停运后，水化学系统停运。

-瞬态和事故工况

水化学系统不需要提供任何应急堆芯冷却功能以缓解任何假想事故后果。水化学系统某些阀门要求在事故条件下动作以维持辐照考验装置冷却剂压力边界完整性。

水化学系统流程简图见图 4.5-6。

3) 主要设备参数

(1) 再生热交换器

再生热交换器为逆流 U 型管式热交换器。该热交换器从管侧净化流中回收热量，加热壳侧辐照回路主冷却剂净化返回流。再生热交换器主要设计参数见表 4.5-18。

（2）非再生热交换器

非再生热交换器也是管壳式热交换器，位于再生热交换器下游，非再生热交换器将再生热交换器出口的净化流冷却到 45℃ 以下，确保与除盐床树脂兼容。净化回路中的辐照回路主冷却剂流过不锈钢传热管，设备冷却水流过壳侧。非再生热交换器主要设计参数见表 4.5-19。

（3）除盐床

在净化回路上设有一台混床和一台阳床，用来去除辐照回路主冷却剂中可溶性杂质。除盐床的设计参数见表 4.5-20。

4.5.3.6 补水除氧系统

1) 系统功能

补水除氧系统在高温高压辐照回路启动前向主回路系统和中间冷却回路系统供水。必要时为主回路系统、稳压器及中间冷却回路系统提供补水；通过加药装置添加联氨，控制主回路的溶解氧含量，也可在运行期间向主回路添加化学物用于 pH 调节。

2) 系统描述

补水除氧系统由补水箱、补水泵 A/B、催化除氧泵、催化除氧装置、化学物添加箱等设备、管道、阀门和仪表组成。

补水除氧系统从除盐水系统取水，存入补水箱中，补水箱出口有管道直接连至催化除氧装置进行除氧，保持补水箱中水的氧含量满足辐照回路主冷却剂水化学要求，补水箱采用氮气覆盖。补水箱出口母管连至两台并联的补水泵入口，经补水泵加压及管道加热器预热后补入主冷却系统。补水箱出口管道上并联了化学物添加箱，可用于回路启动初期添加联氨和运行期间调节 pH 值等。补水泵出口总管上设有两根管道连接安注系统，最终接入主冷却系统的冷段和热段。补水泵出口总管还设有一根管道连接至中间冷却系统。

为了监测补水除氧系统的运行，在补水泵的进出口管道设有压力仪表，补水泵出口设有压力、流量仪表，补水箱设有液位和压力仪表，催化除氧装置出口设有氧含量监测仪表。

-启动

辐照考验回路升温开始时，通过补水泵向主冷却系统和中间冷却系统充水。

在主循环泵启动后，初始升温阶段，向一次水添加联氨除氧。

在升温阶段，稳压器形成汽腔并达到正常液位后，由稳压器液位控制补水泵的运行，以维持稳压器液位在正常范围。

-正常运行

辐照考验回路运行期间，补水除氧系统将稳压器液位维持在程控范围。当稳压器液位达到液位低整定点时，一台补水泵启动以预定的流量提供补水。

根据需要，可通过化学物添加箱向补水泵入口添加 pH 调节剂，使一次水 pH 满足运行需求。

-降温

辐照考验回路降温期间，补水除氧系统不运行。

-系统异常工况

补水泵不连续运行。一台补水泵足以满足系统运行。因此，一台补水泵的失效不会影响补水除氧系统的补水能力。当一台补水泵未能按需要启动时，主控室将显示失效以提醒操纵员。操纵员可启动第二台泵，然后确定失效原因，必要时停泵进行维修。

补水除氧系统流程简图见图 4.5-7。

3) 主要设备参数

(1) 补水泵

系统设置两台补水泵，一用一备，每台泵的设计流量为 100%系统设计流量。补水泵为电动柱塞泵。泵与流体接触的材料为不锈钢。补水泵主要设计参数见表 4.5-21。

(2) 补水箱

系统设有一台补水箱，补水箱容积满足辐照考验回路补水要求，并留有一定裕量。补水箱为氮气覆盖，通过催化除氧装置，保持水中溶解氧含量满足水化学要求。补水箱设置液位监测，确保补水箱液位在一定水平。补水箱主要参数见表 4.5-22。

(3) 催化除氧装置

催化除氧装置通过加氢催化除氧的工艺降低水中溶解氧含量，其设计参数见

表 4.5-23。

4.5.3.7 设备冷却水系统

1) 系统功能

设备冷却水系统是一个封闭回路冷却系统，它将非再生热交换器热量输送至二次冷却水系统。

2) 系统描述

系统的主要设备：两台设备冷却水泵、两台设备冷却水热交换器以及两个设备冷却水波动箱。设备冷却水波动箱为整个系统提供系统补水和压力调节。本系统管道和阀门均采用碳钢。

系统运行时，一台设备冷却水泵和一台设备冷却水热交换器投入运行，另一台泵和热交换器备用。设备冷却水经泵加压后进入热交换器并将热量传递给二次冷却水，冷却后进入非再生热交换器。冷却水从非再生热交换器吸收热量后，经设备冷却水泵加压后返回到设备冷却水热交换器入口。

正常运行时，设备冷却水泵投入自动运行，一台工作，一台备用，运行泵故障时备用泵自动投入。当流量过低时，备用泵自动启动并联运行，流量更低时再发出报警信号。

设备冷却水系统流程简图见图 4.5-8。

3) 设备主要参数

(1) 设备冷却水泵

设备冷却水泵为单级卧式离心泵，通过一台交流感应电机驱动水泵连接轴。任一台泵与任一热交换器都有管道及阀门相连，从而保证项目正常运行期间一台水泵可停运检修。

泵的特性参数见表 4.5-24。

(2) 设备冷却水热交换器

设备冷却水热交换器参数见表 4.5-25。

(3) 波动箱

波动箱的设计容量可容纳系统由于运行温度变化产生的设冷水容积变化。其主要设计参数见表 4.5-26。

表 4.5-1 堆芯内垂直孔道

孔道名称	用途
V-LP1	辐照考验回路
V-LP2	辐照考验回路
V-IR1	燃料/材料辐照孔道、同位素生产
V-IR2	燃料/材料辐照孔道、同位素生产
V-IR3	燃料/材料辐照孔道、同位素生产
V-IR4	燃料/材料辐照孔道、同位素生产
V-IR5	燃料/材料辐照孔道、同位素生产
V-IR6	燃料/材料辐照孔道、同位素生产
V-IR7	燃料/材料辐照孔道、同位素生产

表 4.5-2 重水箱内垂直孔道

孔道名称	孔道内径 (cm)	状态	用途
V-IP1	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP2	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP3	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP4	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP5	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP6	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP7	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP8	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP9	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP10	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP11	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP12	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP13	5	轻水	放射性同位素生产
V-IP14	6.5	轻水	放射性同位素生产
V-IP15	6.5	轻水	放射性同位素生产
V-IP16	6.5	轻水	放射性同位素生产
V-IP17	6.5	轻水	放射性同位素生产
V-IP18	6.5	轻水	放射性同位素生产
V-IP19	6.5	轻水	放射性同位素生产
V-CN	/	液氢	提供冷中子源冷包
V-PN1	5	氮气	中子活化分析试验
V-PN2	5	氮气	中子活化分析试验
V-PN3	5	氮气	中子活化分析试验

V-PN4	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN5	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN6	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN7	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN8	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN9	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN10	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN11	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN12	5	氮气	少量放射性同位素生产
V-PN13	5	氮气	放射化学研究试验
V-PN14	5	氮气	放射化学研究试验
V-MP1	6.5	轻水/干孔（可切换）	一般辐照试验
V-MP2	6.5	轻水/干孔（可切换）	一般辐照试验
V-MP3	6.5	轻水/干孔（可切换）	一般辐照试验
V-MP4	6.5	轻水/干孔（可切换）	一般辐照试验
V-MP5	6.5	轻水/干孔（可切换）	探测器试验（可旋转）
V-NT1	24	轻水	单晶硅辐照（旋转）
V-NT2	24	轻水	单晶硅辐照（旋转）
V-NT3	34	轻水	单晶硅辐照（旋转）
V-NT4	34	轻水	单晶硅辐照（旋转）

表 4.5-3 放射性同位素产能初步评估

	设计产能（6 日刻度）
镭-177	9.25E+12Bq/周（250Ci/周）
碘-131	3.70E+13Bq/周（1000Ci/周）
钼-99	1.11E+14Bq/周（3000Ci/周）

表 4.5-4 反应堆水平孔道

孔道名称	用途	实验设备位置
H-CN	冷中子源（中子散射研究）	中子束流大厅
H-TH1	热中子源（中子照相与试验）	反应堆大厅
H-TH2	热中子源（中子照相与试验）	反应堆大厅
H-TH3	热中子源（中子照相与试验）	反应堆大厅
H-TH4	热中子源（中子照相与试验）	反应堆大厅
T-PE	慢正电子源	反应堆大厅

表 4.5-5 辐照回路主要参数

参数	单位	数值
设计参数		
设计压力	MPa(g)	17.2
设计温度	℃	350（主回路部分） 360（稳压器、安全阀、喷雾阀及相连管道）
冷却剂最大运行流量	m ³ /h	36
额定运行参数		
辐照小组件热功率	kW	300
小组件有效冷却流量	m ³ /h	32.4
旁通流量限值	/	<10%

冷却剂运行压力	MPa(g)	15.4
辐照装置冷却剂入口温度	℃	297.2
辐照装置冷却剂出口温度	℃	305

表 4.5-6 主冷却系统主要设计参数

参数	单位	数值
设计压力	MPa	17.2
设计温度	℃	350（主回路部分） 360（稳压器、安全阀、喷雾阀及相连管道）
设计冷却能力	kW	312
冷却剂运行流量	m ³ /h	36
冷却剂运行压力	MPa	15.4
辐照装置冷却剂入口温度	℃	297.2
辐照装置冷却剂出口温度	℃	305
工作介质	/	冷却剂

表 4.5-7 主循环泵参数

参数	单位	数值
设计压力	MPa	17.2
设计温度	℃	350
冷却剂入口温度	℃	297.2
工作介质	/	冷却剂
设计流量	m ³ /h	36
设计扬程	m	135

表 4.5-8 主热交换器参数

参数	单位	数值
一次侧设计压力	MPa	17.2
一次侧设计温度	℃	350
冷却剂入口温度	℃	305
冷却剂出口温度	℃	297.2
工作介质	/	冷却剂
设计冷却能力	kW	312
一次侧运行流量	m ³ /h	36

表 4.5-9 稳压器参数

参数	单位	数值
设计压力	MPa	17.2
设计温度	℃	360
工作压力	MPa	15.4
总容积	m ³	0.5
喷雾流量	kg/h	15
电加热器功率	kW	60

表 4.5-10 二回路循环泵参数

参数	单位	数值
设计压力	MPa	2.0
设计温度	℃	200
冷却水入口温度	℃	107.5
工作介质	/	除盐水
设计流量	m ³ /h	22.5
设计扬程	m	60

表 4.5-11 二三回路热交换器

参数	单位	数值
壳侧设计压力	MPa	2.0
壳侧设计温度	℃	200
壳侧工作压力	MPa	1.6
壳侧二回路冷却水进口温度	℃	120
壳侧二回路冷却水入口温度	℃	107.5
壳侧二回路冷却水流量	m ³ /h	22.5
工作介质	/	除盐水
设计冷却能力	kW	312
管侧设计压力	MPa	1.0
管侧设计温度	℃	60
管侧运行压力	MPa	<1.0
管侧入口温度	℃	30
管侧出口温度	℃	42

表 4.5-12 二回路稳压器

参数	单位	数值
设计压力	MPa	2.0
设计温度	℃	200
工作压力	MPa	1.6
工作温度	℃	120
总容积	m ³	0.4

表 4.5-13 中压安注水箱参数

工作介质	去离子水、氮气
数量	2台
安全等级	安全3级
设计压力	4.6MPa
工作压力	4.0MPa
工作温度	常温
容积	0.9m ³

表 4.5-14 低压安注水箱参数

工作介质	去离子水
数量	1台
安全等级	安全3级
设计压力	0.2MPa
设计温度	95℃
工作压力	常压
工作温度	常温
容积	70m ³

表 4.5-15 低压安注泵参数

工作介质	去离子水
数量	2台
安全等级	安全3级
设计压力	2.8MPa
设计温度	95℃
工作压力	2.4MPa
工作温度	常温
设计流量	5m³/h（暂定）
设计扬程	230m（暂定）

表 4.5-16 应急余热排出热交换器参数

工作介质	反应堆冷却剂
数量	1台
安全等级	安全3级
一次侧设计压力	17.2MPa
一次侧设计温度	350℃
一次侧工作压力	15.4MPa
设计冷却能力	10kW（暂定）

表 4.5-17 应急余热排出泵参数

工作介质	反应堆冷却剂
数量	2台
安全等级	安全3级
设计流量	5.0m³/h（暂定）
设计扬程	7.5m（暂定）

表 4.5-18 再生热交换器主要设计参数

再生热交换器主要设计参数表		
参数	单位	数值
管侧设计压力	MPa	17.2
管侧设计温度	℃	350
管侧额定流量	m ³ /h	0.45
管侧工作介质	/	辐照回路主冷却剂
壳侧设计压力	MPa	17.2
壳侧设计温度	℃	350
壳侧额定流量	m ³ /h	0.45
壳侧工作介质	/	辐照回路主冷却剂
UA	(W/℃)	2448

表 4.5-19 非再生热交换器主要设计参数

非再生热交换器主要设计参数表		
参数	单位	数值
管侧设计压力	MPa	17.2
管侧设计温度	℃	350
管侧额定流量	m ³ /h	0.45
管侧工作介质	/	辐照回路主冷却剂
壳侧设计压力	MPa	1
壳侧设计温度	℃	100
壳侧额定流量	m ³ /h	2.8
壳侧工作介质	/	设冷水
UA	(W/℃)	1260

表 4.5-20 除盐床主要设计参数

除盐床主要设计参数表		
参数	单位	数值
设计压力	MPa	17.2
设计温度	℃	93
额定流量	m ³ /h	0.45
树脂装量	m ³	
材料	/	不锈钢
树脂类型	/	锂型阳离子和氢氧型阴离子混合树脂（混床）、氢型阳离子树脂（阳床）

表 4.5-21 补水泵主要设计参数表

补水泵主要设计参数表		
参数	单位	数值
设计流量	m ³ /h	2
入口压力	MPa	0.08
出口压力	MPa	20
泵进口设计温度	℃	65
泵出口设计温度	℃	93

表 4.5-22 补水箱主要设计参数

补水箱主要设计参数表		
参数	单位	数值
设计压力	MPa	1
设计温度	℃	65
容积	m ³	0.5
材料	/	不锈钢

表 4.5-23 催化除氧装置主要设计参数

催化除氧装置主要设计参数表		
参数	单位	数值
设计压力	MPa	1
设计温度	℃	65
处理能力	L/h	100

表 4.5-24 设备冷却水泵主要参数

流量	3.1m ³ /h
扬程	67.5mH ₂ O
功率	5.5kW
数量	2台

表 4.5-25 设备冷却水热交换器参数

参数	数值	单位
热侧设备冷却水进口温度	43	℃
热侧设备冷却水出口温度	35	℃
热侧设备冷却水流量	3.1	m ³ /h
冷侧入口温度	30	℃
冷侧出口温度	37	℃
冷侧二次冷却水量	3.5	m ³ /h
抗震类别	非抗震	
质保等级	QA3	
安全等级	非安全级	

表 4.5-26 波动箱参数

数量	2台
容积	0.065m ³

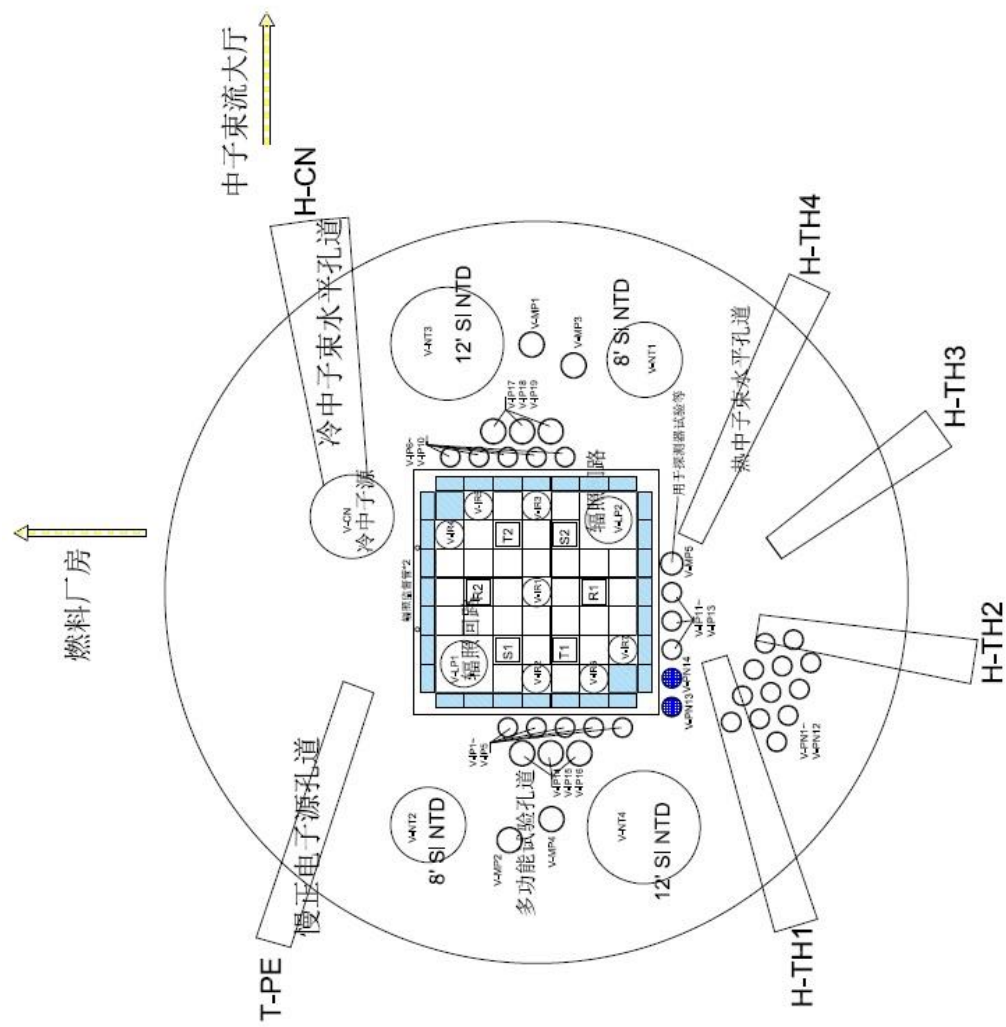


图 4.5-1 反应堆实验孔道布置示意图

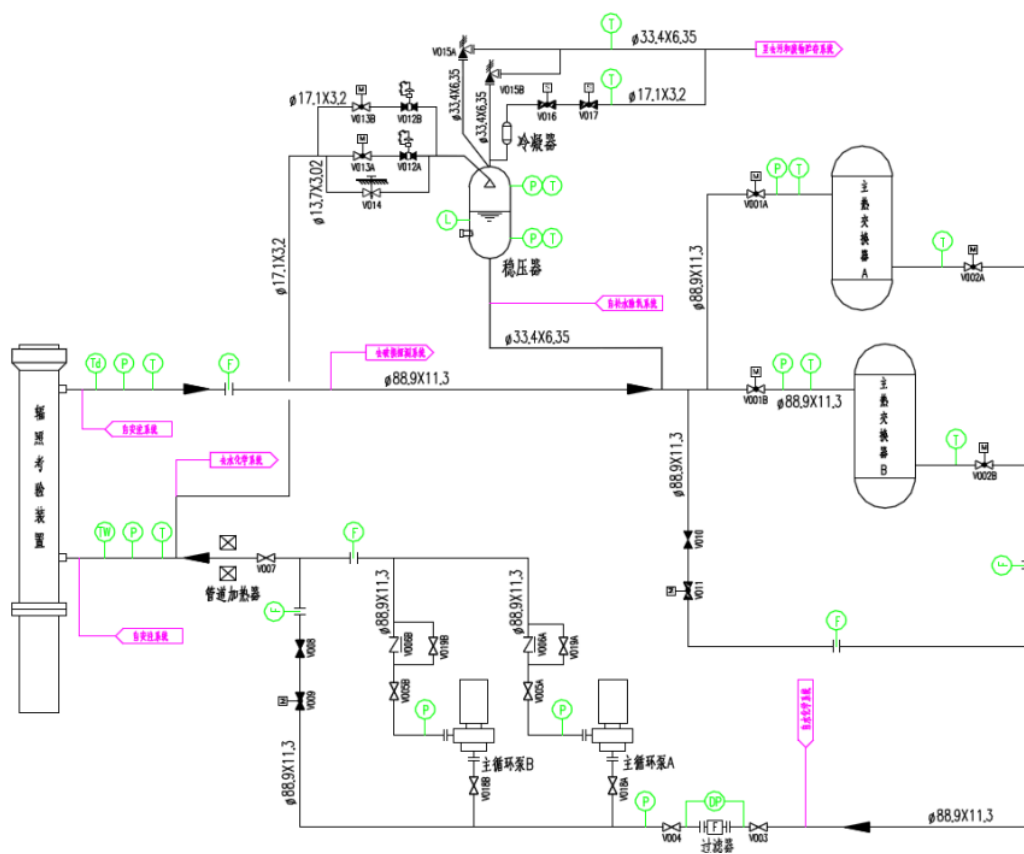


图 4.5-2 主冷却系统的流程简图

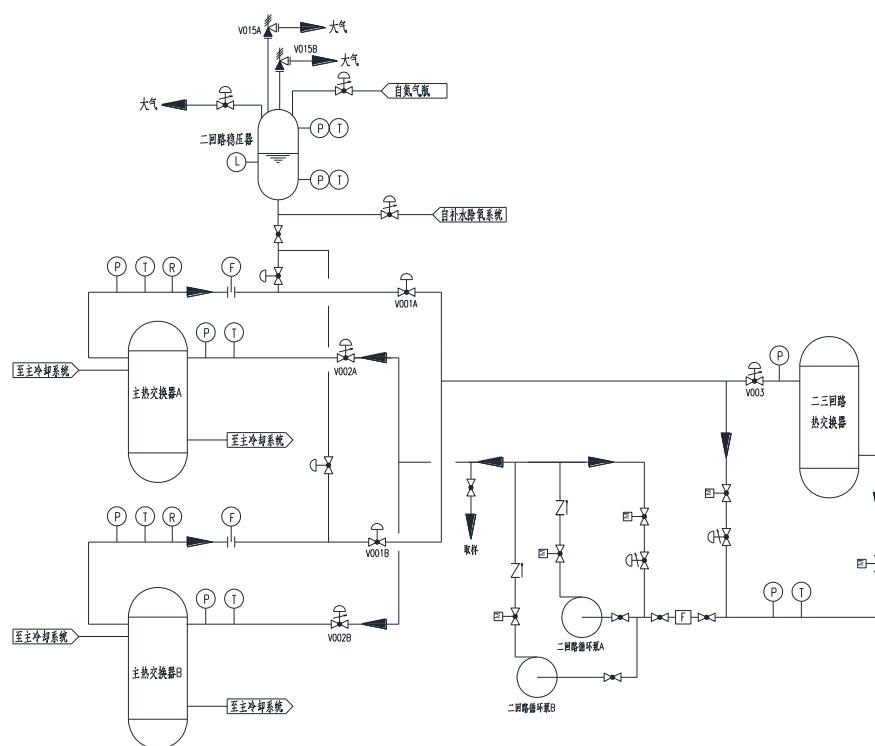


图 4.5-3 中间冷却水系统流程简图

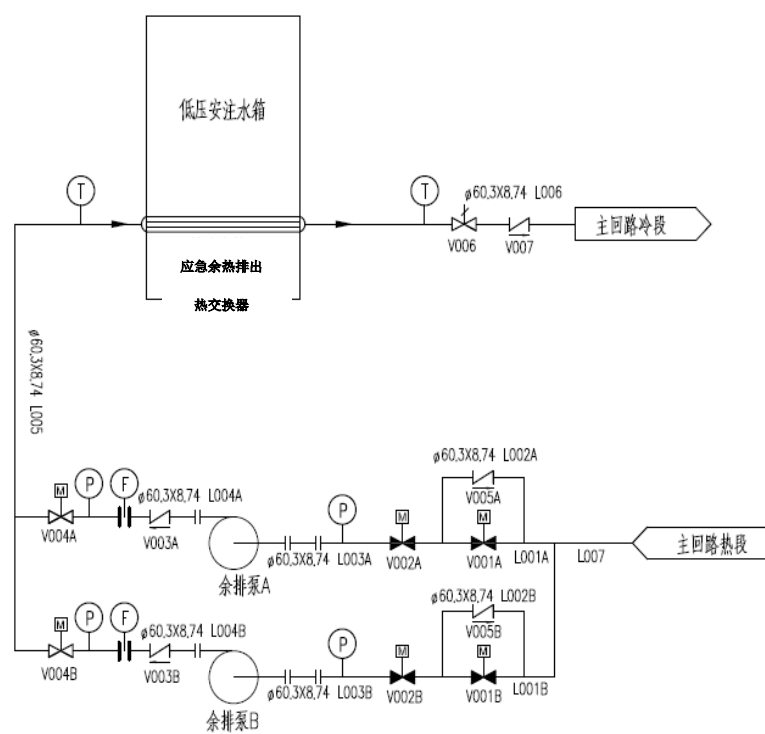


图 4.5-5 应急余热排出系统流程简图

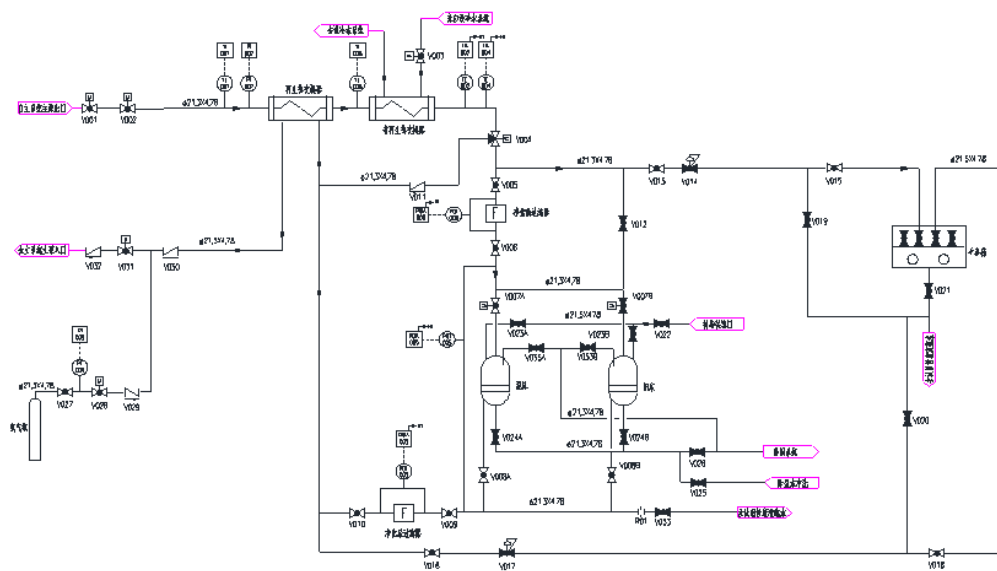


图 4.5-6 水化学系统流程简图

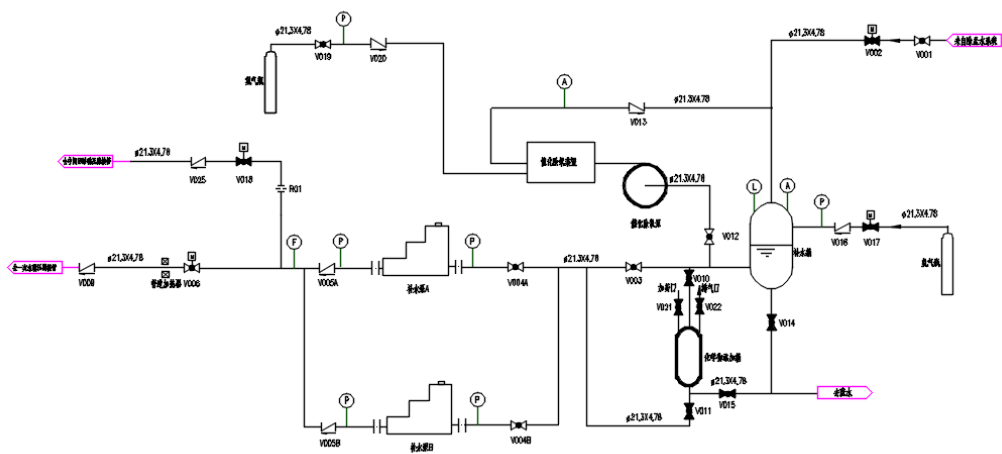


图 4.5-7 补水除氧系统流程简图

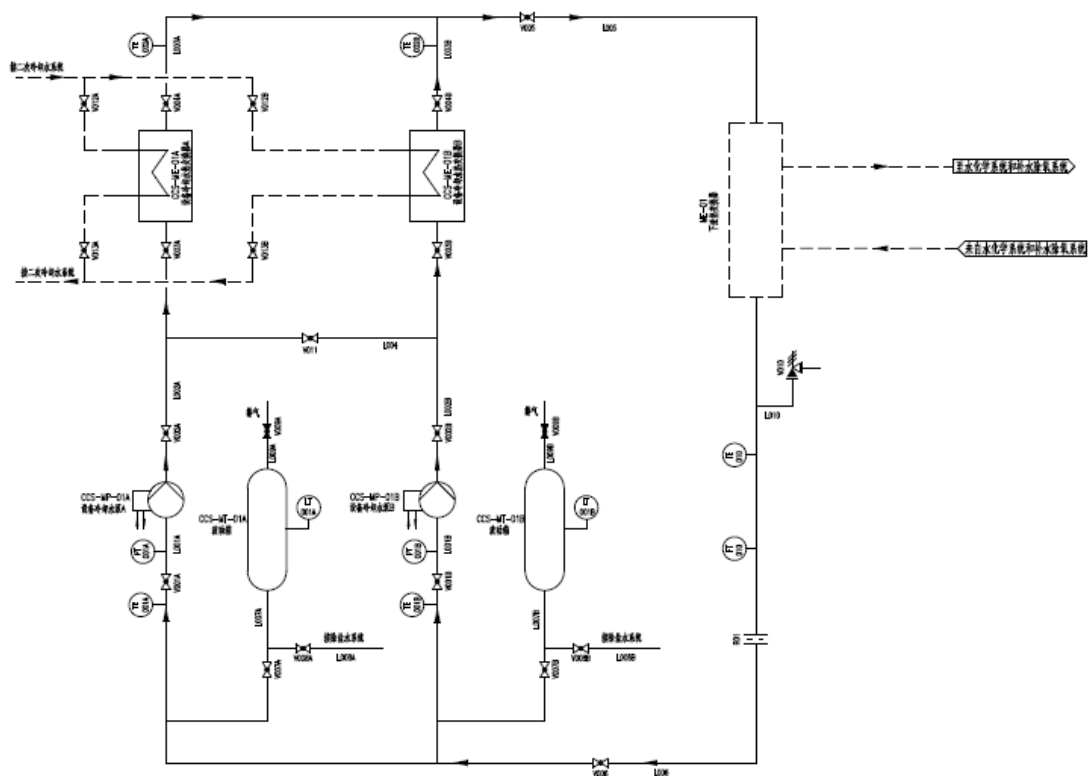


图 4.5-8 设备冷却水系统流程简图

4.6 同位素生产工艺与热室

4.6.1 功能介绍

同位素生产线的主要目的是从经堆辐照后的靶件中分离提取出目标医用同位素，获得满足药典的目标同位素原液或者同位素中间产品。同位素的生产线的功能主要包括：1) 接收辐照后的靶件，并将靶件溶解。2) 通过化学或者物理的方式将目标同位素与其他核素分离并纯化。3) 暂存或者处理同位素生产过程中产生的放射性废物。4) 对分离纯化后的产品质量控制和检测。5) 产品分装和分发。6) 靶料回收。本项目同时具备同位素生产和研究功能。

本项目计划主要生产的医用同位素为钼-99、碘-131 和镥-177，分别的设计产能为：3000 居里/周、1000 居里/周和 250 居里/周。

同位素生产线布置于同位素生产楼，同位素生产线热室位于同位素生产楼一楼，同位素原液的产品质量控制主要在同位素生产楼二楼和三楼，同位素生产线配置的三废处理和暂存设备主要的地下室和一楼热室内。

4.6.2 同位素生产线主要工艺

同位素分离提纯的总体工艺流程为：辐照后靶件的切割→靶料处理→核素提取与纯化→产品溶液转移→质量控制与检验→定量分装→压盖密封→活度检测→装罐→包装→表面剂量检测→出货。

钼-99 采用经堆内辐照后的低浓铀靶件中分离提纯获得，主要工艺流程为：辐照后靶件溶解→过滤→第一次纯化→第二次纯化→第三次纯化→原液产品。靶件采用碱溶液溶解后，靶件中铝、钼、碘以及铯等进入溶液，靶件中的铀以及其他非溶解态的裂变产物由过滤器截留。过滤器储存在铀暂存热室内。溶解过程中会产生氢气，氢气在废气处理热室内通过氢转化器转化为水去除，裂变气体通过废气处理装置在废气处理热室处理。靶件溶解获得的溶液先后经过离子交换树脂纯化（第一次纯化），色谱纯化（第二次纯化）和阴离子树脂纯化后获得钼-99 原液，流程示意图见图 4.6-1。

碘-131 从钼-99 分离纯化过程中获得。在钼-99 的靶件经过溶解并将钼-99 第一步分离纯化后，再采用淋洗液将碘-131 分离出来，而后经过第二次纯化、衰变以及第三次纯化获得碘-131 原液，流程示意图见 4.6-1。

镭-177 主要采用无载体方案获得，主要分离提纯工艺流程为：辐照后靶料溶解→第一次纯化→第二次纯化→第三次纯化→镭-177 中间产品。靶件在堆内辐照后从堆内取出，在反应堆厂房的热室将靶件切割或者拆开，将采用石英容器装载的辐照后的粉末放入屏蔽罐中，通过叉车转运至生产线的靶件溶解热室，采用硝酸溶解。然后进入第二个热室进行一级、二级分离纯化、溶液转型和靶料洗脱回收。最后进入第三个热室进行三级分离的第一步，获得硝酸镭溶液粗产品（镭-177 中间产品）。镭-177 中间产品通过屏蔽容器转运至核药生产实验楼的 GMP 车间，将硝酸镭转化为氯化镭溶液，并灭菌和分装，最终获得无载体镭-177 原液。

4.6.3 热室及热室内主要设备

4.6.3.1 热室功能及结构

同位素生产线由不同功能的热室和手套箱组成。本项目拟设 20 个热室，根据功能主要分为六类，分别为钼-99 生产热室，碘-131 生产热室，镭-177 生产热室、废物暂存热室、原液产品分发热室以及备用热室。

本项目规划两条钼-99 生产线，每条钼-99 生产线包含一个钼溶解热室、钼纯化热室、钼产品热室，以及两条生产线共用的废气处理热室（一个）。

本项目规划两条碘-131 生产线，每条生产线含一个碘-131 纯化热室，其他操作，如碘-131 的第一次和第二次纯化以及碘-131 的衰变均在钼-99 生产线的钼溶解热室内进行。

本项目规划一条镭-177 生产线，包含四个生产热室用于靶料溶解、分离和纯化，一个废液处理和暂存热室。

此外，本项目规划一条备用同位素生产线，用于其他放射性同位素分离提取研究。备用生产线均包含一个靶件切割/溶解热室和一个分离纯化热室。

同时还规划三个热室作为固废暂存热室用于放射性废物的暂存衰变以及铀过滤器的储存。一个样品分发热室用于生产线获得的原液产品（如钼-99 原液等）的分装和分发。

钼-99 生产线主要包含设备：靶件溶解装置、过滤器、氢气转化器、纯化分离装置以及控制和监测系统等。

碘-131 生产线主要包含设备：衰变装置、分离纯化装置以及控制和监测系统

等。

镭-177 生产线包含的主要设备：溶解装置、分离纯化装置、废液处理设备以及控制和监测系统。

此外，原液产品的放射性核纯度、放射性化学纯度、放射性活度浓度等质量控制检测内容主要在同位素生产线配备的具有质量检测分析设备的手套箱内或者通风橱开展。配备的放射性核纯度、放射性化学纯度、放射性活度浓度等产品质量检测和活度检测仪器主要包括：ICP-MS/AES/OES、活度计、电离室、高分辨 γ 谱仪、钆蒸馏装置、多通道纸色谱分析仪、薄层色谱硅胶、 γ 剂量计、 α 计数器、液闪测量仪、放射性色层分析计等。本项目共配备 18 个手套箱用于各类同位素产品的放射性核纯度、放射性化学纯度、放射性活度浓度等质量检测和分

4.6.3.2 热室的主要构成

热室的主要构成包括：1) 热室箱体；2) 窥视窗；3) 照明；4) 检修门；5) 屏蔽门；6) 去污清洗装置；7) 工艺管线和工艺设备；8) 机械手；9) 供电装置；10) 监视设备等。

4.6.4 热室相关配套系统

热室内部运行需配备的系统主要包括：真空系统、热水系统、冷水系统、压缩空气系统、氮气系统等。

1) 真空系统：真空系统主要由泵和多个缓冲罐组成，主要用于液体输送和过滤过程。

2) 热水系统：用于溶解过程的夹套供热；

3) 冷水系统：冷水用于冷却剂回流、夹套以及水冷凝器。

4) 压缩空气系统：用于氢气转化系统和气动设备的运行。

5) 氮气系统：用于吹扫和清扫。

热室配套其他系统主要包括：通风系统、辐射监测系统、供电系统、弱电、排水系统、去污系统及辐照后靶件运输容器等。

1) 通风系统：通风系统包括排风系统和送风系统。

2) 辐射监测系统: 辐射监测系统执行整个同位素生产楼的辐射监测, 包括区域监测、通过烟囱的气态排出物监测、废液和废固的辐射监测以及子项区域的人员辐射监测。

3) 供电系统: 供电系统主要为气体净化设备、防火阀、火灾、辐射检测、应急照明用电等。

4) 弱电系统: 弱电系统包括电话通信系统、公共广播系统、火灾自动报警系统、自动控制系统、技术防范系统以及室外弱电线路。

5) 给水系统: (1) 室内生活给: 对水质无特殊要求, 根据工作人员的数量确定最大生活用水量。(2) 室内消防给水: 根据消防标准, 确定室内消防给水。

6) 去污系统: 根据热室、手套箱内的去污要求, 考虑工艺、运输容器的情况, 设去污系统并确定去污系统规模。

7) 运输容器: 根据工艺过程产生的废物量、订货量, 并根据《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 要求设计运输容器和运输容器的规模。

4.6.5 同位素生产线配套放射性废物处理/暂存系统

同位素生产线针对同位素生产过程中产生的放射性液体废物、放射性气体废物和放射性固体废物配套相应的处理/暂存系统。

4.6.5.1 放射性液体废物

同位素生产线的废液来源主要由两大类: (1) 同位素分离提纯过程中产生的放射性废液, 根据放射性水平分为放射性较高废液和放射性较低废液; (2) 潜在放射性废液: 如产品控制实验室产生的废液等。

(1) 同位素生产过程产生的放射性废液处理: 放射性较高废液, 在同位素生产热室内经过选择性吸附柱去除铯后, 储存在热室地下室的废液储罐中衰变, 待储存罐满后转运至废液处理站及固体废物库集中处理。放射性较低废液先储存在热室地下室的废液储罐中衰变, 待储存罐满后转运至废液处理站及固体废物库集中处理。

(2) 潜在放射性废液处理: 潜在放射性废液转运至废液处理站及固体废物库集中处理。

4.6.5.2 放射性固体废物

同位素生产线的放射性固体废物主要包括：（1）分离提纯过程中产生的废树脂等废介质，根据其放射性水平分为放射性较高废介质和放射性较低废介质。这部分固废均临时暂存在热室内衰变，待储存空间满后采用屏蔽转运容器转运至废液处理站及固体废物库集中处理。（2）一般废物：比如过滤器、软管、纸屑以及其他在运维过程产生的废物等。这类废物在同位素生产线收集后运送至废液处理站及固体废物库集中处理。

4.6.5.3 放射性气体废物

同位素生产线在分离提纯过程中产生的放射性气体废物主要分为两大类：（1）靶件溶解过程中产生的 100%惰性气体和 1%左右的碘，这部分废气储存在热室地下室的废气储存罐中衰变，衰变期结束后通过通风系统后从烟囱排放。（2）分离提纯过程中碘衰变产生的废气。这部分的废气先通过热室地下室的活性炭床处理后通过通风系统后从烟囱排放。

4.6.6 铀过滤器储存

用于生产钼-99 的低浓铀靶件经辐照后进入同位素生产线处理，靶件中经辐照后剩余的铀在靶件溶解过程中被过滤器截留，铀过滤器被暂存在热室下方的密闭储存容器中暂存衰变。衰变期满后，通过热室间的通道将装有过滤器的密闭储存容器运输至铀暂存热室，该热室可储存生产线整个寿期内的铀过滤器，待将来由具备铀回收资质的单位进行收处。

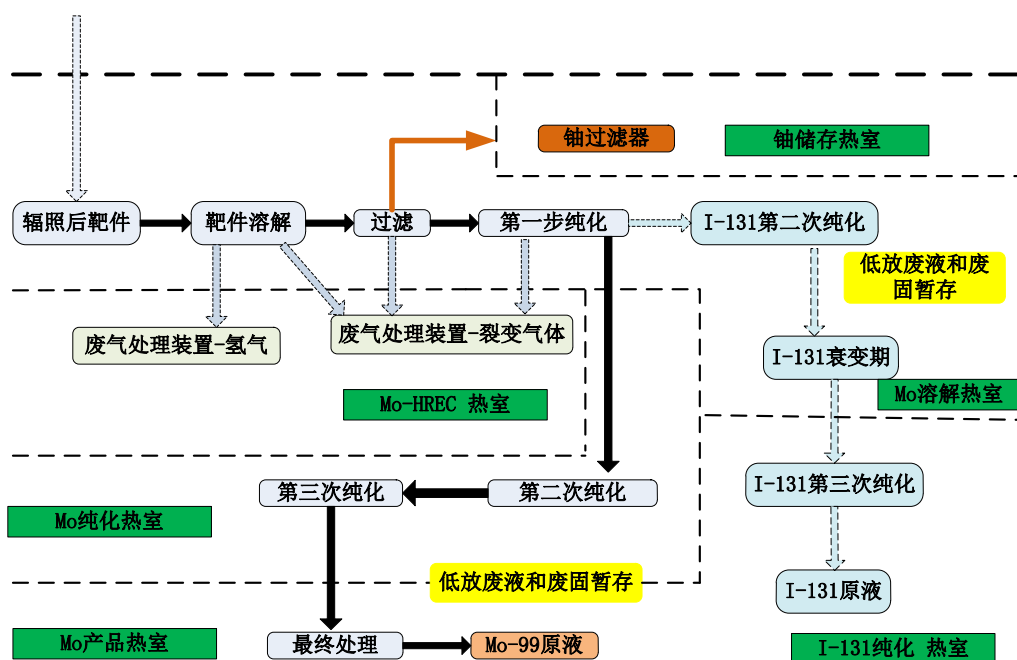


图 4.6-1 钼-99 和碘-131 提纯流程示意图

4.7 核药生产

4.7.1 功能介绍

本项目的核药生产主要在核药生产实验楼进行。主要规划有钼-锝发生器的制备和回收、碘-131 原液的再次分装，将钼-177 中间产品转化为满足药典要求的原液的功能，并预留钼-177 核药制备的功能。

4.7.2 主要工艺流程

钼-锝发生器的工作原理：钼-锝发生器是从长半衰期的母体核素钼-99 中分离短半衰期子体锝-99m 的装置，又称“母牛”。钼-锝发生器属于色谱柱型发生器，用三氧化二铝吸附柱吸附钼-99。三氧化二铝对母体核素钼-99 有很强的亲和力，子体核素锝-99m 则几乎不被吸收，因此，用 NaCl 淋洗液将子体核素以 $^{99m}\text{TcO}_4$ 的形式洗脱下来，而母体仍留在发生器内。

钼-99 原液从生产线经过质检和包装后采用小车运输至核药生产实验楼的钼-锝发生器制备车间，开展钼-锝发生器的制备。

本项目规划将制备 $7.40\text{E}+13$ 贝克/周（2000 居里/周）的钼-锝发生器。钼-锝发生器的制备流程示意图见 4.7-1。主要流程包括：

- 1) 钼-99 原液化学形态的调节：将钼-99 原液中锝-99 的化学形态调节至易被三氧化二铝吸附剂的形态。
- 2) 失效发生器的回收：从医院回收的失效发生器经拆除后回收有用部分。此过程会产生放射性废固和危废，经过暂存后规范处理。
- 3) 发生器的屏蔽层经过去污后用于和吸附柱组装。
- 4) 原材料的准备和灭菌均在无菌环境下开展。
- 5) 发生器在无菌环境下组装。
- 6) 钼-99 溶液在发生器上的负载。
- 7) 钼锝发生器的质检。
- 8) 钼锝发生器的包装和分发。
- 9) 碘-131 化钠原液的分装主要包括高比活度母液的安装、稀释、分装、质检和产品包装等过程。本项目规划将分装 $2.96\text{E}+13$ 贝克/周（800 居里/周）的碘-131 化钠溶液。

镱-177 中间产品转化为满足药典的原液，需在 GMP 车间进行，需配备灭菌等设备。镱-177 药的制备过程主要包括生产放射性核素、合成前体、放射性核素与前体结合（标记）。本项目规划将制备 $9.27 \text{ E}+12$ 贝克/周（250 居里/周）的镱-177 标记核药。

4.7.3 质量检验

本项目生产、分装的同位素药物质量质检项目主要包括：细菌内毒素、无菌、放射性核纯度、放射化学纯度、放射性浓度等。批次放行前的质检项目主要为放射化学纯度、放射性浓度、pH 值检测，其他类型的质检（如阳性对照、内毒素、微生物等）在样品经贮存衰变后开展。

4.7.4 主要三废及其处理

4.7.4.1 放射性三废及其处理

本项目规划 2000Ci/周的钼-99 原液用于制备钼-钨发生器。制备过程中在钼-99 溶液装载在吸附柱的过程中会产生放射性较低的废物，每年约产生 2000L 低放废液。低放废液暂存在钼-钨发生器制备车间的热室内，经过暂存衰变后输送至潜在放射性废液处理系统（暂存箱）。钼-钨发生器制备过程中会产生少量低放固体废物。低放废固包括发生器内废吸附柱、其他拆卸部件、质检废物、以及针头、针管、试剂瓶和卡套等，以及放射工作人员产生的废口罩、手套等。放射性废固经在车间屏蔽暂存后送至废固处理处理设施。在分装碘-131 和镱-177 核药制备过程中产生的少量气溶胶通过核药楼通风系统后排放到环境。

碘-131 分装、镱-177 中间产品转化和镱-177 核药制备过程中，主要是标记等过程会产生少量放射性废液。放射性废液经暂存衰变后送至潜在放射性废液处理系统（暂存箱）。废固主要包括质检废物、沾染同位素核素的滤纸、针头、针管、试剂瓶、手套和卡套等，以及辐射操作人员产生的废口罩、手套等。放射性废固经在车间屏蔽暂存后送至废固处理处理设施。

4.7.4.2 非放射性三废及其处理

钼-钨发生器制备、碘-131 分装、镱-177 中间产品转化和镱-177 核药制备过程中产生的非放射性废液和废固较少。非放废液主要包括配置的试剂溶液以及后

续对车间清洗过程中产生的一些废液等。废固主要包括钼-锝发生器制备、碘-131分装、镭-177 中间产品转化、镭-177 核药制备以及质检实验等过程产生的废实验样品；沾染毒性等危险特性的废弃包装物；生产、质检等产生的报废危化品；盛装原辅材料的未沾染核素及危险特性物质的废弃包装物等。废物经收集后暂存于危险废物暂存间内，定期委托有相关危废资质的单位处置。

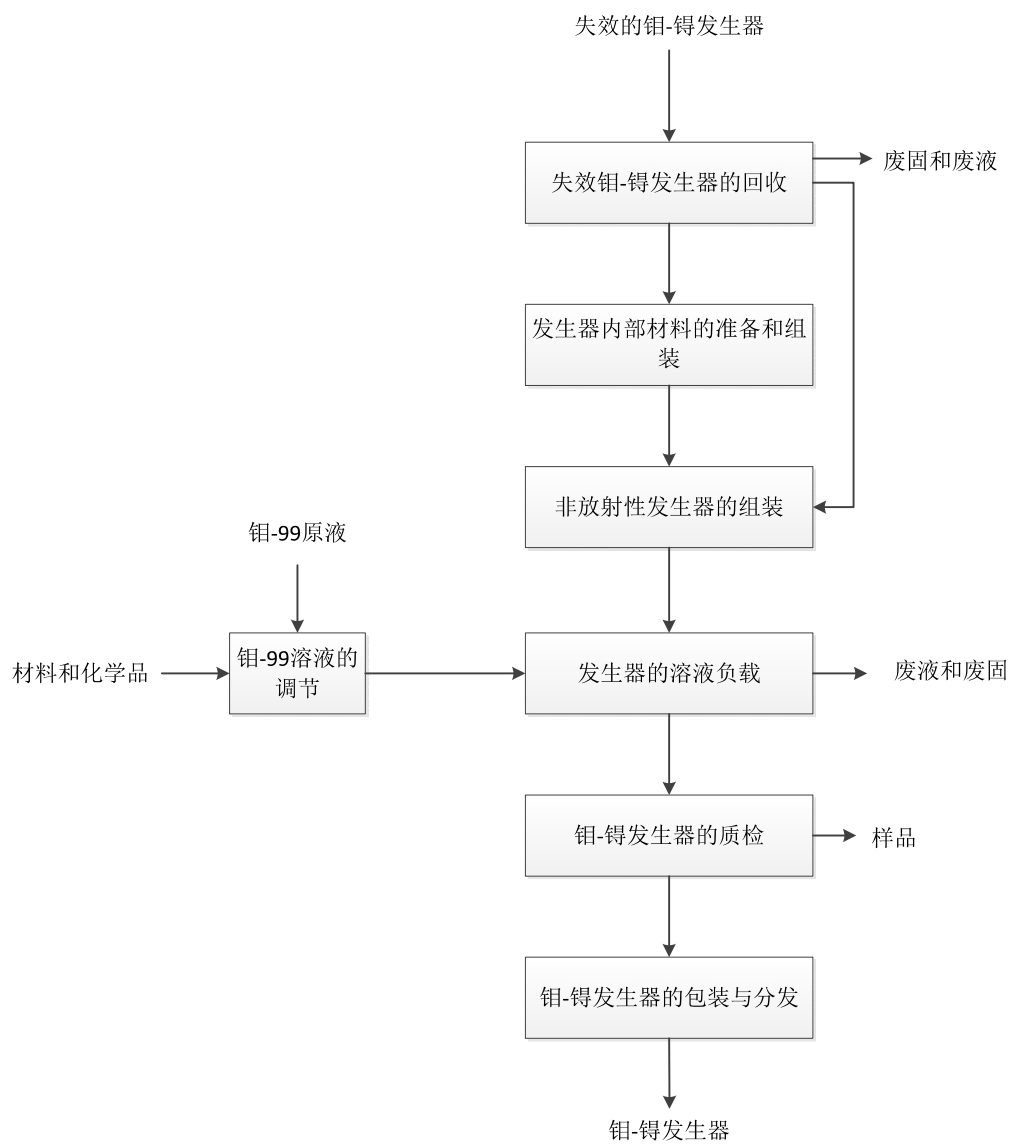


图 4.7-1 钼-锝发生器的制备流程示意图

4.8 燃料与材料辐照后检验热室

燃料与材料辐照后检验热室主要功能是用于开展燃料材料及通用材料的辐照后检验相关工作，包括辐照后材料的检测试样的机加工、样品的力学性能、物理性能的检测、样品的贮存及外运处理等。

燃料与材料辐照后检验热室设置单独的厂房。热室厂房周围布置厂区内公路，方便屏蔽运输容器进出热室厂房。已辐照的材料样件可以在本项目反应堆相应辐照孔道中进行辐照后获得，也可以在其他堆完成辐照后通过屏蔽运输容器（以下简称 FLASK）运抵本热室进行检验。

4.8.1 燃料材料相关操作、检测工艺

燃料材料主要指燃料棒。本项目可以接收贮存待检辐照后全尺寸燃料棒数量为 18 根或者全尺寸辐照后燃料棒检验能力为每年 3~4 根。

辐照后燃料棒的热室操作和相关检测工艺如下。

1) 装载辐照后燃料棒的 FLASK 通过运输车辆进入热室厂房的汽车停靠装卸区，将 FLASK 卸车。

2) 将 FLASK 与 R1 热室对接，将内部的辐照后燃料棒通过热室接口运进 R1 热室，在 R1 热室内开展燃料棒外观检测、尺寸测量、燃料棒 X 射线检查、 γ 扫描、涡流探伤、燃料棒穿孔及裂变气体测量分析。

3) 将燃料棒通过热室间运输通道，转运到热室 R2，进行燃料棒的切割，可根据需要将燃料棒切割至不同长度的规格；完成切割后，进行芯块的去处，并对空包壳管进行清洗去污。

4) 完成清洗的燃料棒包壳可成批转运到热室 R3 进行存放。

5) 将燃料棒样品运至 R4 热室开展金相样品镶嵌浇铸。

6) 燃料棒样品固化完成后再运至 R5 热室，进行精密切割、金相样品磨抛。

7) 将燃料棒样品运回 R4 热室，进行样品蚀刻，并用去离子水将样品清洗干净。

8) 将燃料棒样品转运至热室 R6，开展材料的金相观察、显微硬度测试、燃料径向相对燃耗分布测量等检测工作。

9) 燃料芯块通过热室间的通道，由 R2 热室转运至 R7 热室，开展芯块密度测量。

10) 燃料包壳管的内压蠕变爆破试验在热室 R8 中进行, 测量包壳管周向应力应变关系, 研究辐照后材料的韧脆性。

11) 所有热室内设备需要检修、更换, 需要运至热室 R9 内, 进行清洗、去污后, 才能外运。

热室 R10~R19 为预留热室, 便于今后燃料材料辐照后检测功能扩展。

4.8.2 通用材料相关操作、检测工艺

除了燃料组件中的材料, 其他通用类别的材料, 如各类新开发的材料、耐辐照材料等, 也可辐照后在本项目热室中开展一系列性能试验和研究。

辐照后通用材料的热室操作和相关检测工艺如下。

1) 装载辐照后通用材料试样的 FLASK 通过运输车辆进入热室厂房的汽车停靠装卸区, 将 FLASK 卸车。

2) 将 FLASK 与 R21 热室对接, 将内部的辐照后通用材料通过热室接口运进 R21 热室, 在热室内通过体式显微镜等仪器开展试样的外观检测、尺寸测量、表面质量的观测和分析。

3) 如需对试样加工, 可通过热室间的转运系统, 将试样运至 R20 热室, 内设加工中心、磨床、自动焊机及试样清洗机等设备, 进行试样的一系列机加工, 满足后续测试仪器的要求。

4) 冲击试验在 R22 热室内进行, 试样通过热室间传输系统, 转运到 R22 热室中的工位上, 通过机械手操作完成试样的装夹, 热室内配置了冲击试验机, 并集成了温度控制系统, 可将试样温度调节并保持规定时间, 开展冲击试验。完成冲击试验的试样, 通过机械手收集并转运至 R26 热室存放。

5) 拉伸试验在 R23 热室内进行, 试样通过热室间传输系统, 转运到 R23 热室中的工位上, 通过机械手操作完成试样的装夹, 热室内配置了拉伸试验机, 并集成了温度控制系统, 可将试样温度调节并保持规定时间, 开展拉伸试验。完成拉伸试验的试样, 通过机械手收集并转运至 R26 热室存放。

6) 材料断裂韧性试验在 R24 热室内进行, 试样通过热室间传输系统, 转运到 R24 热室中的工位上, 通过机械手操作完成试样的装夹, 热室内配置了断裂韧性试验机, 并集成了温度控制系统, 可将试样温度调节并保持规定时间, 开展材料断裂韧性试验。完成试验的试样, 通过机械手收集并转运至 R26 热室存放。

7)材料疲劳试验在 R25 热室内进行,试样通过热室间传输系统,转运到 R25 热室中的工位上,通过机械手操作完成试样的装夹,热室内配置了疲劳试验机,并集成了温度控制系统,可将试样温度调节并保持规定时间,开展材料疲劳试验。完成试验的试样,通过机械手收集并转运至 R26 热室存放。

8)对于管状试样,也可在热室 R8 中开展内压蠕变爆破试验,完成试验后的试样就地通过机械手收集集中存放。

4.8.3 低放射性、无放射性的辐照后材料相关操作、检测工艺

本项目除了以上 R1~R26 的热室外,还设置了 B1~B10 的半热室。半热室主要开展一些低放射性、无放射性的辐照后材料的试验和分析,采用相对较薄的铅屏蔽墙等屏蔽设施。主要半热室功能如下。

1) B1 半热室,布置了透射电镜,用于材料晶体结构的电子衍射分析与高分辨像分析,兼具分析微相,观察图像,测定成分和鉴定结构等。

2) B2 半热室,布置了扫描电镜,用于试样件的断口微观形貌观察及成分分析。扫描电镜配备了聚焦离子束系统,兼具加工透射电镜样品功能。

3) B3 半热室,布置了高温炉体及激光导热仪,开展试样件的导热性能测试,获得辐照后材料的热扩散系数、导热系数等特性。

4) B4 半热室,布置了氢分析仪,用于测量试样件的氢含量,评估材料的辐照后氢化特性。

B5~B10 为预留半热室,可用于后续热室检测功能的进一步扩展。

4.8.4 热室配套设施及设备

1) 通风及过滤系统

厂房内设置通风过滤系统,保证气流的定向流动及放射性气体的过滤、包容。各热室、半热室内保持一定的微负压,每小时换气 20-30 次;半热室的负压小于热室。

2) 三废收集系统

在热室内对试样件切割、打磨等机加工产生的放射性废削、粉尘,以及对试样件、操作工具等清洗去污产生的放射性废水及废纸等,均应分类收集,集中处置。

3) 工艺运输系统

热室设置了试样件的进出接口，方便与 FLASK 的对接。在相邻热室之间，还设置了运输通道和运输装置，便于试样件在不同热室之间的转运，全套装置均考虑了屏蔽要求。

4) 剂量检测系统

在热室厂房内、热室内均设置了 γ 探测器，用于检测各区域、房间的 γ 射线剂量。热室前后区、厂房操作大厅设置了微尘取样探测器，用于监测放射性微尘的浓度和剂量水平。进出热室前后区设置了更衣室、淋浴间，人员出入必须通过全身剂量检查仪并记录在案，确保人员安全以及热室内的放射性物质不对外扩散。

4.9 供电系统

4.9.1 电力系统总体描述

电气系统是为保障反应堆完成其安全目标和运行目标而设置的重要系统。它不仅应保证在正常运行工况下（包括：启动、功率运行、停堆过程、停堆状态、维护、试验、换料等）各相关负荷的正常供电，而且应保证在预计运行事件和事故工况期间及事故工况以后向所有执行安全功能的系统提供可靠的电力供应，以保证其安全功能的执行。

电气系统由厂外优先电源和厂内电气系统组成，厂内电气系统又包括辅助电气系统和应急（1E 级）电源系统两个部分。

4.9.2 厂外电力系统

厂外优先电源包括两路，经业主与当地供电局初步沟通，拟从太平关站和双峰站各引一路 35kV 进线电源，两路进线电源满足一级负荷要求，每路用电总容量约为 10000kW，且输电线路间相互独立，分别接至厂区 35kV 变电站，通过 35kV/10kV 变压器降压至 10kV，向公用 I 段和公用 II 段两段 10kV 母线供电。公用 I 段和公用 II 段为全厂用电负荷提供交流电源。

详见图 4.9-1 电气系统图。

4.9.3 厂内电力系统

厂内电力系统：由应急电源系统和辅助电气系统两部分组成。

4.9.3.1 应急电源系统

该系统是为了保证在运行工况和事故工况期间以及事故工况以后，向反应堆安全系统本身和其它指定的安全重要物项供应电力，以保障它们能够可靠执行其安全功能。应急电力系统是反应堆安全系统的组成部分，是安全系统的辅助设施之一，因此属于安全级（即 1E 级）。应急电源系统包括：

- 1) 1E 级柴油发电机组
- 2) 1E 级 400V 动力中心
- 3) 1E 级 380V 电动机控制中心
- 4) 1E 级 220V 直流系统
- 5) 1E 级不间断电源系统

1E 级应急柴油发电机系统在正常电力完全失去后在预定时间内向指定的负荷供电。主要负荷包括：允许短时停电的重要负荷、蓄电池充电器、重要区域的照明系统。1E 级应急柴油发电机系统由两套相同容量和型号的彼此独立的柴油发电机组和它们的辅助设备及燃料贮存装置组成。它们分别接在两段 1E 级动力中心母线 ELA 和 ELB 上。当失去所有厂外电源时，自动启动并向 1E 级动力中心母线供电。柴油发电机组的容量选择应满足所有重要负荷的要求，并留有一定裕度。机组自动启动至额定频率和额定电压的时间应满足最不利的失去厂外电源的条件下第一个用电负荷需投运的时间要求。同时 1E 级柴油机发电系统为允许短时停电的重要负荷，如设备冷却水系统、重要通风系统、消防系统等提供备用电源。

两段 1E 级 400V 动力中心母线 ELA、ELB 分别接在不同 10kV 母线段上，并为两段非 1E 级 400V 动力中心母线 ELC、ELD 和三段 1E 级 380V 电动机控制中心 ECA、ECB、ECC 提供电源。

1E 级 380V 电动机控制中心向直流系统和不间断电源系统供电，1E 级 380V 电动机控制中心共有三段母线，分别属于 A、B、C 三个安全通道，其中 1E 级 380V 电动机控制中心母线 ECA 由 1E 级 400V 动力中心母线 ELA 提供电源，1E 级 380V 电动机控制中心母线 ECB 由 1E 级 400V 动力中心母线 ELB 提供电源，1E 级 380V 电动机控制中心母线 ECC 由 1E 级 400V 动力中心母线 ELA 和 ELB 提供电源，任何时候仅允许一路电源供电。

1E 级 220V 直流系统共有三段母线，分别属于 A、B、C 三个安全通道，每段母线包括一台充电器和一组蓄电池，正常运行时，由充电器向直流负荷供电，同时向蓄电池充电，当失去交流电源时，直流负荷由蓄电池供电，供电时间为 3 小时。

1E 级不间断电源系统共有三段 220V 交流母线，分别属于 A、B、C 三个安全通道和两段 380V 交流母线，分别属于 A、B 通道。220V 交流母线向所有仪表、计算机等负荷提供不间断电源，380V 交流母线向重要电动机、应急照明供电。

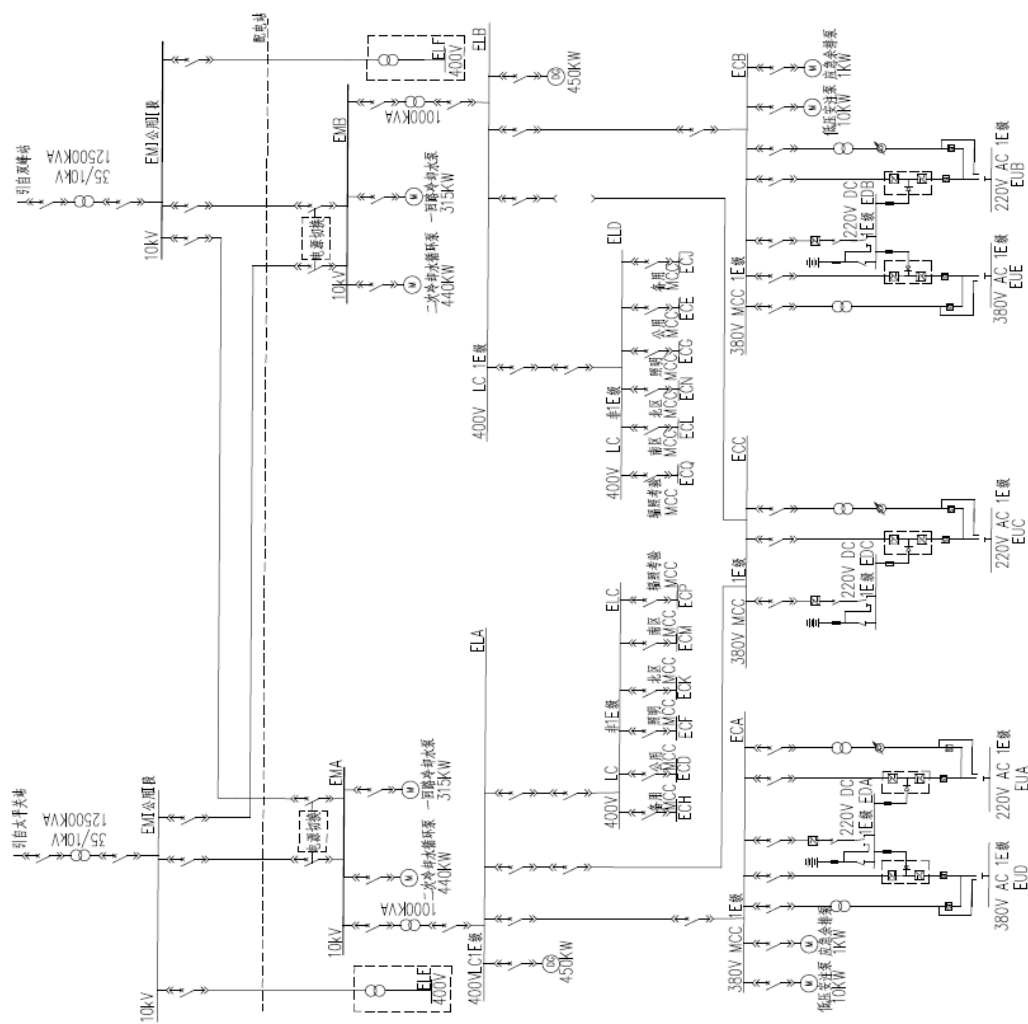
4.9.3.2 辅助电气系统

辅助电气系统包括：10kV 电气系统、非 1E 级 400V 动力中心、非 1E 级电动机控制中心（MCC）。

10KV 电气系统向大于等于 200kW 的电动机和低压配电变压器供电，该系统由 EMA 和 EMB 两段母线构成，各段母线分别从公用 I 段和公用 II 段引两路 10kV 电源，两路进线电源之间均设置了手动准同期装置，以便于任何一路故障电源恢复供电时或电源检修时的负荷切换。

400V 动力中心向大于等于 55KW 的电动机、各电动机控制中心（1E 级和非 1E 级）供电。两段非 1E 级 400V 动力中心母线 ELC 和 ELD 为非 1E 级 MCC 负荷提供电源。

非 1E 级 380V 电动机控制中心包括照明中心、备用电动机控制中心和公用电动机控制中心，均由两段母线组成，分别由各自所属的非 1E 级动力中心母线段供电。其中，备用电动机控制中心用于向除照明外所有需要柴油机电源的负荷供电，公用电动机控制中心用于除照明之外的一般负荷供电，照明中心设有隔离变压器，用于非 1E 级正常照明供电。



4.10 放射性废物系统和源项

4.10.1 堆芯放射性积存量

计算堆芯放射性积存量，计算模型为求解下列微分方程：

$$\frac{dX_i}{dt} = \sum_{j=1}^N I_{ij} \times \lambda_j \times X_j + \Phi \sum_{k=1}^N f_{ik} \times \sigma_k \times X_k - (\lambda_i + \Phi \times \sigma_i) \times X_i \quad (i=1, \dots, N)$$

(4.10-1)

式中：

X_i ：为第 i 种核素的原子浓度， cm^{-3} ；

λ_i ：为第 i 种核素的衰变常数， s^{-1} ；

σ_i ：为第 i 种核素谱平均的中子吸收截面， cm^2 ；

I_{ij} ：为第 j 种核素衰变成第 i 种核素的份额；

f_{ik} ：为第 k 种核素吸收中子后转变为第 i 种核素的份额；

Φ ：为计算位置处的中子注量率， $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

堆芯放射性积存量见表 4.10-1 和表 4.10-2。

4.10.2 正常运行工况下一回路中放射性活度

反应堆正常运行工况下一回路水中放射性的主要来源有：

- 水及杂质元素的活化。首先水本身的氧、氢同位素的活化，例如 $^{16}\text{O}(\text{n}, \text{p})$ ^{16}N , $^{17}\text{O}(\text{n}, \text{p})$ ^{17}N , $^{18}\text{O}(\text{n}, \gamma)$ ^{19}O 。由于这些活化产物半衰期很短（氮-16 为 7.13 秒，氮-17 为 4.17 秒，氧-19 为 26.9 秒），因而这几种核素仅在运行期间存在，停堆后很快就衰变掉。氮-16 放出高能 γ ，在屏蔽设计时应予考虑。尽管一回路采用去离子的高纯水，但存在着微量的杂质元素（例如钠、铁等），这些元素在中子辐照之下生成放射性的活化产物。这是停堆后一回路水放射性的来源之一。
- 反应堆结构材料及回路材料腐蚀产物的活化。堆燃料元件包壳、重水箱及堆芯支撑等的材料为铝，池壳、一回路管道及泵的材料为不锈钢。在一回路水作用下它们会有腐蚀，其腐蚀产物在中子辐照下也成为一回路水中放射性的来源。由于铝本身的活化， $^{27}\text{Al}(\text{n}, \gamma)$ ^{28}Al 产生的铝-28 及 $^{27}\text{Al}(\text{n}, \text{p})$ ^{27}Mg 产生的镁-27 的半衰期都很短，分别为 2.24 分钟和 9.45 分钟，因而停堆后很快衰变掉，从环境影响角度来说，是不重要的。

$^{27}\text{Al}(\text{n},\alpha)^{24}\text{Na}$ 产生的钠-24 以及结构材料和回路材料中的其它元素（例如铁、镍、钴、铬、锰等）的活化，是一回路水中放射性的另一来源。

- 元件包壳破损，裂变产物从裂缝中逸出，进入一回路水中，成为一回路水中裂变产物的重要来源。
- 元件在制造过程中表面的铀沾污，在运行时产生的裂变产物会由裂变时核反冲进入一回路水，成为一回路水中裂变产物的另一来源。

4.10.3 重水回路中的放射性活度

本反应堆重水回路的重水箱处于堆芯的周围，在中子的作用下会产生活化放射性，其主要来源有：

- 重水及杂质元素的活化，对于重水来说除了氧的活化产生氮-16 和氮-17 之外，另一个重要的活化途径是氘的活化产生氚，特别是钠的活化产生的钠-24。由于钠-24 放出高能 γ 射线，因而在重水回路的屏蔽设计中要考虑它。
- 重水回路结构材料的腐蚀产物被活化是重水回路中放射性物质的另一个主要来源，系统中处于堆芯周围的重水箱材质为铝，整个系统的其余部分的材质为不锈钢。铝与不锈钢的腐蚀产物将被活化而成为重水中另一重要放射性核素的来源。

4.10.4 正常运行工况下二回路水中放射性活度

本堆二回路的压力高于一回路，一旦主换热器管发生破损，二回路水泄漏到一回路，因而不会造成带有放射性的一回路水污染二回路。同时对二回路水将设置定期取样监测和在线监测，以便及时发现由于事故而造成的二回路水被放射性污染。一旦二回路水被污染，则更换二回路水。

4.10.5 放射性废气来源及处理

4.10.5.1 放射性气载流出物排放源项

本项目正常运行工况下气载放射性物质排放源项分为：反应堆气载排放源项、燃料棒性能研究热室气载排放源项、钼-99 和碘-131 同位素生产热室气载排放源项、镭-177 同位素生产热室气载排放源项、辐照回路气载排放源项、核药厂房气

载排放源项和载带蒸发产生的气载源项。

1) 反应堆气载排放源项

反应堆正常运行期间排向环境的气载放射性物质主要来源于：

(1) 各试验孔道（垂直和水平孔道）中空气及微尘粒子在中子作用下产生的感生放射性。

(2) 重水系统的泄漏释放。围绕在堆芯周围的重水箱中的重水在中子和 γ 辐照下会产生并分解气态氘。该系统的泄漏成为向环境释放氘的主要来源。

(3) 反应堆水池内池水中放射性核素向水池上方空间释放。一回路冷却水中的裂变和活化的气态产物会有一部分穿过水层而进入水池上方的气空间中。放射性核素经通风过滤后排向环境，成为向环境释放的一个来源。

(4) 碳-14 的排放。碳-14 主要来源于实验孔道空气中 $^{14}\text{N}(\text{n}, \text{p})^{14}\text{C}$ 反应、堆芯水中的 $^{17}\text{O}(\text{n}, \alpha)^{14}\text{C}$ 反应、重水箱中的 $^{17}\text{O}(\text{n}, \alpha)^{14}\text{C}$ 反应。

正常运行期间产生的气载放射性物质经通风过滤系统过滤后从烟囱排放。通风过滤系统对粒子去除效率为 99.9%，碘的去除效率为 95%。

本工程正常运行工况下反应堆气载排放源项如表 4.10-3 所示。

2) 燃料棒性能研究热室气载排放源项

(1) 燃料棒源项

本项目燃料棒性能研究热室，处理的最大源项为压水堆燃料棒，按冷却 0.5 年，最大燃耗 70GWd/tU、铀-235 富集度最高 4.95% 的乏燃料棒考虑。单根燃料棒主要核素及活度见表 4.10-4。

(2) 放射性废气排放

根据生产工艺，本项目产生放射性废气主要来自于无损检测热室、切割热室、精密切割热室、金相样品磨抛热室、残余裂变气体测量热室。

● 无损检测热室

无损检测热室进行燃料棒非破坏性检验、燃料棒刺孔及裂变气体测量分析等。热室裂变气体捕集管路正常情况下保持密封，保守假设该密封性能丧失，裂变气体将全部释放至热室内，进而经通风系统排向环境。

废气释放量中，保守假设单个乏燃料棒芯块内 5% 的裂变气体在刺孔操作中全部释放出来。由于氘、碳-14 核素一部分也以气态形式存在，假设其也以同样的份额释放。同时，从芯块逃逸出的碘、铯等裂变产物会被燃料棒内表面吸附，

只有一部分存在于气隙，保守假设在裂变气体测量中这些裂变产物随惰性气体被抽出。本分析中保守假设气隙中碘、铯裂变产物释放份额为 5.0×10^{-3} ，其它裂变产物释放份额 2.0×10^{-4} 。

根据如上假设，无损检测废气年产生量见表 4.10-5。

● 燃料棒切割热室

燃料棒切割热室进行乏燃料棒的切割等。采用金刚砂轮切割机对燃料棒或样品进行低速切割，切割过程中向切口处滴淋去离子水以减少粉尘产生。砂轮片厚约 2mm，即每次切割，将对燃料棒或样品造成 2mm 损耗。

在切割燃料棒时，损耗的 2mm 长燃料棒会有一定份额进入空气中形成放射性气溶胶，其释放份额保守取值见表 4.10-6。

燃料棒检验过程中，由切割产生的放射性气溶胶中核素的量计算如下：

$$A_i = A_{i0} \times \frac{l}{L} \times f \quad (4.10-2)$$

其中：

A_i ：为放射性气溶胶中核素的活度，Bq；

A_{i0} ：为燃料芯块中核素的活度，Bq；

l ：为切割损耗段的长度，mm；

L ：为单根燃料棒中燃料芯块总长度，mm；压水堆燃料棒芯块总长度取 4267.2mm；

f ：为释放份额。

热室检验中乏燃料棒切割的年操作量为 4 根压水堆乏燃料棒。每根压水堆乏燃料棒切割 14 刀，则压水堆乏燃料棒年切割次数为 56 刀。则燃料棒切割热室放射性气溶胶中核素的年产生量见表 4.10-7。

燃料棒切割热室产生的放射性气溶胶经高效过滤器、除碘过滤器过滤后，从烟囱排放到环境中。

● 精密切割热室

精密切割热室进行乏燃料棒金相样品的精密切割（样品二次切割）。采用金刚砂轮切割机对金相样品进行低速切割，切割片四分之一浸泡在水中，切割过程中切割片上附着一层水膜，切割位置始终有水浸润。砂轮片厚小于 0.5mm，切割

速度小于 50r/min，每次切割，将对燃料棒或样品最多造成 1mm 损耗。4 根乏燃料棒的金相检验，每年最多进行 20 个金相样品的精密切割，需切割 40 次。

精密切割热室精密切割造成的核素排放量的计算同燃料棒切割热室。则精密切割热室进行金相样品精密切割所造成的核素年产生量见表 4.10-8。

● 金相样品磨抛热室

金相样品磨抛热室进行燃料棒金相样品的磨光和抛光等制样工艺。样品的磨抛实验是将样品的切口磨抛平整，达到适合金相观察的粗糙度。磨抛过程中会根据需要添加磨抛液，并用少量水冲洗磨抛盘。

金相样品磨抛热室每次最多操作一段 10mm 长的燃料棒样品。磨抛损耗厚度约为 0.5mm。磨抛过程中产生的碎屑、颗粒进入磨抛液，可能形成气溶胶。根据国内相关科研单位的实验数据，废液中产生气溶胶的释放率约为 1×10^{-6} ，热室中产生的放射性废气经两级高效过滤器后释放到环境中的量很小。

金相样品磨抛热室磨抛损耗的 0.5mm 芯块中所有裂变气体从芯块中逸出，释放到热室中。按一年进行 20 个金相样品的磨抛（单面），则金相样品磨抛热室进行金相样品磨抛所造成的核素年产生量见表 4.10-9。

● 残余裂变气体测量热室

残余裂变气体测量热室进行残余裂变气体测量，将芯块通过铅罐（单次试验最多一个芯块，标准芯块 9.83mm，长芯块 12.7mm）运至残余裂变气体测量热室。通过高频感应加热炉加热的方式（最高炉内温度 2800℃，炉体带循环冷却水），使燃料芯块内部残留的裂变气体释放到真空腔室中，通过管道连接气质联用仪，获得芯块内残余裂变气体含量、成分等信息，研究芯块内部裂变气体的释放机理。

假设检验过程中单个芯块内残余的裂变气体全部释放至真空腔室和密封管道。实验完成后，采用专用容器将裂变气体收集贮存。但若管路密封性能丧失，裂变气体将全部释放至热室内。因此，计算中保守考虑燃料棒空腔内的裂变气体全部释放至热室内。每年按进行 10 次残余裂变气体测量实验，则残余裂变气体测量热室年产生量见表 4.10-10。

● 放射性废气处理及排放

燃料棒性能研究各热室内产生的放射性废气都经过预过滤、HEPA 高效过滤、碘吸附和后置过滤后排放。

对正常气态排放，各核素去除效率取值如下：

- 气体（惰性气体和氚、碳-14）：不去除；
- 碘：95%；
- 气溶胶：99.9%。

正常条件下，燃料棒性能研究各热室每年通过气态途径排放的放射性核素总量见表 4.10-11。

3) 钼-99 和碘-131 同位素生产热室气载排放源项

钼-99 和碘-131 同位素生产工艺是将靶芯溶解后，采用特殊方法进行钼-99 和碘-131 同位素的生产。在生产过程中会有放射性核素从溶液中脱离，假设放射性核素的气水分配因子为：惰性气体 100%，碘 1%。

钼-99 和碘-131 同位素生产过程中，向环境的年排放量见表 4.10-12。

4) 镱-177 同位素生产热室气载排放源项

本项目镱-177 生产工艺计划采用无载体生产方式，即 Yb_2O_3 中子俘获反应生产。镱-177 设计产能为 $9.25\text{E}+12$ 贝克/周（250 居里/周），对应的出堆产能为 $3.70\text{E}+13$ 贝克/周（1000 居里/周），一年生产 40 周。

假设镱-177 在热室处理过程中有 0.5%挥发释放到气溶胶，并经过一级 HEPA 过滤器过滤后排放到环境中。一级 HEPA 过滤器对镱-177 的过滤效率为 99.9%，镱-177 靶件中其他放射性核素活度较小，可以忽略。

经计算每年排放到环境的镱-177 的放射性源项为： $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ 。

5) 辐照回路气载排放源项

辐照回路源项计算时假设了辐照小组件中燃料棒发生了破损。经计算，2 条辐照回路的年排放源项见表 4.10-13。

6) 核药厂房气载排放源项

天红项目核药生产厂房中各种核药原液放射性量如下：

- 钼-99 原液 $1.11\text{E}+14$ 贝克/周（3000 居里/周）；
- 镱-177 原液 $9.25\text{E}+12$ 贝克/周（250 居里/周）；
- 碘-131 原液 $3.70\text{E}+13$ 贝克/周（1000 居里/周）。

在气载排放源计算时，各核药在处理过程中，假设原液中碘-131 有 1%挥发释放到气空间，其他核素有 0.5%挥发释放到气空间。放射性废气经 2 级碘过滤器，一级 HEPA 过滤器过滤后排放到环境中。每级碘过滤器对碘的过滤效率为

95%，一级 HEPA 过滤器的过滤效率为 99.9%，一年共生产 40 周。

按此计算每年核药厂房排放到环境中的放射性源项见表 4.10-14。

7) 载带蒸发气载源项

根据设计，本项目预计每年产生放射性废液总量为 200m^3 ，部分废液可能需要进行固化处理，其余废液经处理达到 100Bq/L 后进行载带蒸发排放。因此，在载带蒸发源项计算时，放射性废液产生量保守按 200m^3 考虑，经处理达到 100Bq/L 后载带蒸发排放。考虑到废液温度较低，对于碘，保守考虑汽水分配因子为 0.1，对于粒子为 0.05。

按此计算每年载带蒸发排放到环境中的放射性源项见表 4.10-15。

本项目正常运行工况下，各途径气载放射性物质年排放量汇总表见表 4.10-18。

4.10.5.2 通风系统

本项目的供热、通风与空调系统（HVAC）的功能是：

- 通过设计合理的通风量，实现工作场所的空气置换，减少工作人员吸入气态放射性物质和放射性粉尘，减轻放射性气溶胶对工作人员的浸没照射。
- 通风设计保证了合理的气流方向，即清洁区→低污染区→高污染区→排入大气，可以防止污染扩散或交叉污染。
- 对放射性排风进行过滤和/或除碘处理，以减少气载放射性物质向大气环境的释放。

与放射性空气产生及释放相关的 HVAC 系统主要包括以下系统，正常运行时总排风量约为 $180000\text{m}^3/\text{h}$ 。

- 反应堆大厅通风系统；
- 反应堆水池排风系统；
- 实验孔道排风系统；
- 反应堆工艺设备区通风系统；
- 工艺楼通风系统
- 燃料贮存厂房通风系统
- 废液处理站及固体废物库通风系统
- 同位素生产楼通风系统
- 燃料/材料辐照检验热室通风系统
- 核药生产实验楼通风空调系统

4.10.6 放射性废液来源及处理

1) 系统功能

放射性废液处理系统具备以下功能：

- 接收反应堆厂房地面疏水(含氚重水除外)、辐照回路工艺疏水、同位素生产楼放射性废液、其他杂项废液等。
- 对上述废液进行分类收集、暂存及取样分析。
- 采用蒸发、离子交换等工艺对放射性废液进行处理。
- 将处理达标的废液作为复用水送至反应堆厂房进行复用。剩余的废液作为液态流出物通过载带蒸发装置进行气载排放。

本系统设计中考虑尽可能回收复用放射性废液，以减少排放量。放射性废液处理系统预计每年处理废液量为 200m³。

2) 系统描述

本项目的废液处理工艺采用蒸发/过滤/离子交换的组合工艺，经处理后的废液放射性水平的目标值为总放射性活度小于 100Bq/L（除氚和 ¹⁴C 外）。处理后的废液通过载带蒸发转为气态流出物的形式排向大气。

放射性废液被分类收集在对应的废液暂存箱中。放射性废液处理系统设置 5 个废液暂存箱。根据放射性废液来源、活度浓度及化学特性分别送至不同的暂存箱中。

放射性废液处理系统由废液暂存箱、小型热泵蒸发装置、过滤器、离子交换树脂床、载带蒸发装置、监测箱、泵等设备及管道等组成。详见流程简图 4.10-1。

废液暂存箱用于接收和贮存不同类型的放射性废液。小型热泵蒸发装置用于处理放射性活度较高的废液（如反应堆厂房疏水、辐照回路工艺疏水、同位素厂房工艺废液）。蒸发产生的浓缩液送固化处理，冷凝液进行取样分析，根据检测结果送下游离子交换树脂床进行进一步净化处理或直接排至监测箱。过滤器是预处理设备，设置在离子交换树脂床之前，滤芯可以更换，过滤器上设有压差计和剂量仪表，以确定何时更换滤芯。离子交换树脂床用于处理放射性活度较低的废液（如各类杂项废液以及蒸发过程产生的未达标冷凝液等），设计考虑能便于装载新树脂，并能通过水力冲洗卸载废树脂。放射性废液经过蒸发装置和离子交换树脂床处理后送至监测箱，经取样合格排往液态流出物水池，一部分废液送往反

应堆厂房进行复用，剩余的废液作为液态流出物通过载带蒸发装置进行气载排放。

3) 主要设备参数

放射性废液处理系统主要设备参数见表 4.10-16。

(1) 废液暂存箱，这些暂存箱用于接收和贮存废液，根据放射性废液的来源及活度水平进行分类收集；

(2) 小型热泵蒸发装置，小型蒸发装置是净化设备之一，用于将放射性废液中的水分蒸发出来，形成放射性活度浓度较低的冷凝液；

(3) 过滤器，过滤器设置在离子交换器之前，滤芯可以更换，过滤器上设有压差计和剂量仪表，以确定何时更换滤芯，过滤器的更换可在一个屏蔽容器内进行；

(4) 离子交换树脂床，离子交换树脂床为多个树脂床串联组成的成套装置，根据废液的特性选择相应的树脂床组合，废树脂由除盐水冲洗输出；

(5) 监测箱，监测箱用于收集经过处理后的废液，经过取样分析后将满足要求的液态流出物送至载带蒸发装置进行气态排放。

(6) 液态流出物水池，当气候条件不满足排放要求（如冬季）时，将处理达标的液态流出物送至液态流出物水池进行暂存，在满足排放要求的月份通过载带蒸发装置进行排放。

(7) 载带蒸发装置，将液态流出物通过气载排放的形式向大气排放。

4.10.7 固体废物来源及处理

放射性固体废物管理系统的功能是：

1) 接收并暂存废树脂；废树脂经干燥后装入 200L 桶内送固体废物库贮存，最终装有废树脂的 200L 桶装入混凝土高完整性容器（HIC）灌浆固定。

2) 接收蒸残液；蒸残液在 200L 桶内进行固化处理，固化后 200L 桶送固体废物库贮存。

3) 接收水过滤器滤芯和废树脂柱；水过滤器滤芯和废树脂柱直接装入 200L 桶，经灌浆固定后送固体废物库贮存。

4) 接收和处理各种低水平放射性固体废物（包含通风过滤器滤芯、可压实干废物、不可压实干废物等），其中：①可降解防护及维保用品（PVA）采用 PVA 处理装置进行处理（主要产物为水和二氧化碳）；②可压实干废物经切割、

分拣装入 200L 桶，经桶内预压后送固体废物库贮存；③不可压实干废物直接装入 200L 桶，经灌浆固定后送固体废物库贮存。。

4.10.7.1 固体废物的来源

研发中心产生的放射性固体废物主要分为以下两类：

1) 湿废物：包含放射性废液处理系统产生的蒸残液、同位素生产线产生的废介质，以及一回路水处理系统和放射性废液处理系统产生的废树脂和水过滤器滤芯。

2) 干废物：包含可压实干废物、不可压实干废物。其中可压实干废物包含通风过滤器滤芯、废弃工作服、手套、口罩、纸张和塑料等；不可压实废物包含废弃的设备和零部件等。

根据国内同类研究堆运行情况，预计本项目每年产生约 29.8m^3 的放射性固体废物。废物种类和数量见表 4.10-17。

4.10.7.2 固体废物的处理

本系统在反应堆厂房设置 1 个废树脂接收槽，可接收上游各系统离子交换床产生的废树脂，废树脂通过水力冲排到废树脂接收槽，废树脂通过废树脂屏蔽转运装置转运至废液处理站及固体废物库进行处理。

本系统在废液处理站及固体废物库设置有 2 个废树脂接收槽，接收由废树脂屏蔽转运装置从反应堆转运至废液处理站及固体废物库的废树脂，废树脂在废树脂接收槽内贮存期间应定期松动。此外，本系统在废液处理站及固体废物库设置有 1 套废树脂干燥装置，废树脂通过水力输送至废树脂计量罐并除水后，通过压缩空气送入废树脂干燥装置，废树脂经真空热油干燥后装入 200L 桶内，经放射性检测后送固体废物库贮存，最终装有废树脂的 200L 桶装入混凝土 HIC 灌浆固定。

本系统在废液处理站及固体废物库设置有 1 个蒸残液接收槽，用来接收放射性废液系统产生的蒸残液（含废液），蒸残液通过放射性废液处理系统的蒸残液泵输送到蒸残液接收槽。

本系统在废液处理站及固体废物库设置有 1 套灌浆固化装置，对蒸残液进行固化处理。蒸残液接收槽内的蒸残液通过重力输送至计量罐，计量罐中蒸残液通过管道送入 200L 桶内，添加专用添加剂并完成搅拌，添加水泥并进行搅拌直至水泥添加量达到固化处理要求，固化处理完成的 200L 桶经短期养护、放射性检

测后，送固体废物库进行暂存养护和贮存。

灌浆固化装置也可对水过滤器滤芯和同位素生产线产生的废树脂柱进行灌浆固定。水过滤器滤芯和废树脂柱装入 200L 钢桶，通过屏蔽转运装置进行转运并最终送往灌浆处理。水泥、添加剂和除盐水在水泥混合装置内混合形成具有足够稳定性和流动性的水泥浆后，控制水泥浆输送至 200L 桶内直至达到灌浆处理要求，灌浆处理完成的 200L 桶经短期养护、放射性检测后，送固体废物库贮存。

本系统在废液处理站及固体废物库设置有 1 套 PVA 处理装置和 1 套干废物处理装置。其中，PVA 处理装置用于处理可降解材料制成的一次性防护及维保用品（如运维检修工作服、去污抹布及拖把头 etc 维保产品），PVA 处理的产物主要是水和二氧化碳。除 PVA 材料外，干废物处理装置可对可压实干废物进行切割、分拣并装入 200L 桶并进行桶内预压，同时也可对装有通风过滤器滤芯（不含金属框架，装在 200L 桶内）进行桶内预压，不可压实干废物直接装入 200L 桶并送往灌浆固定，不可压实干废物的灌浆与水过滤器滤芯和废树脂柱灌浆一致，处理完成的 200L 钢桶经放射性检测后，送固体废物库贮存。

本系统设置有固体废物库，并设置有废物桶保持格架可满足装有各类放射性废物的 200L 桶中间贮存 5 年的要求。同时，固体废物库内设置混凝土 HIC 灌浆、养护、贮存和剂量测量间以满足废树脂 200L 桶装入混凝土 HIC 后的灌浆、养护、贮存和剂量检测要求。

废物桶在固体废物库中间贮存期满后，由转运车辆运输至国家处置场，其中废树脂 200L 桶装入混凝土 HIC 灌浆固定后再由转运车辆运输至国家处置场。废物包（包含 200L 桶和混凝土 HIC）厂外运输时，应确保表面剂量率小于等于 2mSv/h，对于表面剂量率大于 2mSv/h 的废物包，应外加运输屏蔽体以保证表面剂量率。在废物包厂外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接收的辐照控制在可合理达到尽量低的水平，维护其安全和健康。

4.10.8 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统用于操作和贮存在反应堆换料时从堆芯卸出的乏燃料组件。反应堆换料时，从堆芯卸出的乏燃料在反应堆大厅内的乏燃料暂存水池进行临时贮存，并通过设置在紧挨反应堆厂房的燃料贮存厂房内的长期贮存水池进行长期

贮存。贮存设施包括乏燃料贮存水池（包括乏燃料暂存水池和乏燃料长期贮存水池）和乏燃料贮存格架。乏燃料贮存格架位于乏燃料贮存水池内，水池是池底和四壁衬有不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构。池内充以换料水，池水水质由乏燃料池冷却系统保持。

乏燃料组件贮存在格架的贮存腔内。乏燃料贮存格架的临界设计遵循 HAD102-15 有关要求。乏燃料贮存格架由贮存格架和破损燃料组件贮存腔组成。

反应堆进入平衡循环后，每年更换 2 整炉燃料，即每年产生 64 组乏燃料组件。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。

乏燃料贮存设施的设计准则如下：

- (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) 乏燃料贮存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贮存水池的环境条件相容。
- (6) 乏燃料贮存格架安全分级为 NNS，划分为抗震 I 类设备。
- (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) 乏燃料贮存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。
- (10) 应避免非燃料装卸系统的吊运设备和重物在贮存水池上方经过，并防止

吊运设备的零部件掉入水池内。

乏燃料贮存格架由不锈钢材料制造。支承结构为贮存格架的骨架，贮腔截面为方形，相邻的贮腔之间有中子吸收体材料。贮腔用于垂直存放乏燃料组件。

乏燃料组件贮存在乏燃料贮存水池中。乏燃料贮存水池设有池水冷却净化系统，以导出乏燃料组件的剩余释热及保证水池水温、水质、水位及放射性物质水平在规定的范围内。

乏燃料贮存水池设有水位、水温监测系统及水池检漏系统，可随时监测水池水位、水温及水池密封情况。

乏燃料贮存区内还设置有辐射剂量监测点，保证操作人员的辐射安全。

表 4.10-1 堆芯主要裂变产物的放射性积存量 (Bq)

核 素	放射性积存量	核 素	放射性积存量	核 素	放射性积存量
H-3	1.32E+12	Sn-123	1.48E+13	Cs-136	1.36E+14
Kr-83m	4.00E+15	Sn-125	1.06E+14	Cs-137	3.63E+14
Kr-85	4.37E+13	Sn-127	6.93E+14	Cs-138	5.14E+16
Kr-85m	9.81E+15	Sb-124	6.72E+11	Ba-137m	3.44E+14
Kr-87	1.90E+16	Sb-125	1.81E+13	Ba-139	4.95E+16
Kr-88	2.67E+16	Sb-127	1.05E+15	Ba-140	4.42E+16
Rb-88	2.70E+16	Te-125m	2.25E+12	La-140	4.42E+16
Sr-89	2.49E+16	Te-127	9.97E+14	La-141	4.49E+16
Sr-90	3.46E+14	Te-129	4.93E+15	La-142	4.51E+16
Sr-91	4.44E+16	Te-129m	5.79E+14	Ce-141	3.49E+16
Sr-92	4.46E+16	Te-131	1.97E+16	Ce-144	9.90E+15
Y-90	3.58E+14	Te-131m	2.81E+15	Pr-143	4.04E+16
Y-91	2.86E+16	Te-132	3.18E+16	Pr-144	1.05E+16
Zr-95	3.04E+16	Te-133	2.93E+16	Nd-147	1.64E+16
Zr-97	4.53E+16	I-131	2.09E+16	Pm-147	9.25E+14
Nb-95	2.20E+16	I-132	3.24E+16	Pm-148	2.16E+15
Nb-95m	2.08E+14	I-133	5.16E+16	Pm-148m	2.32E+14
Mo-99	4.58E+16	I-134	5.83E+16	Sm-151	4.97E+12
Tc-99m	4.09E+16	I-135	4.86E+16	Eu-154	6.72E+12
Ru-103	1.85E+16	Xe-131m	2.10E+14	Eu-155	2.60E+12
Ru-106	7.25E+14	Xe-133	4.90E+16	Eu-156	5.21E+14
Rh-103m	1.67E+16	Xe-133m	1.44E+15	Tb-160	5.18E+11
Rh-106	3.02E+15	Xe-135	4.72E+15		
Ag-110m	6.23E+11	Xe-135m	8.88E+15		
Cd-115m	5.53E+12	Cs-134	2.29E+14		

表 4.10-2 堆芯主要重核的放射性积存量 (Bq)

核素	放射性积存量	核素	放射性积存量
U-232	5.97E+05	Pu-239	2.27E+11
U-233	2.01E+05	Pu-240	1.78E+11
U-234	4.95E+07	Pu-241	1.28E+13
U-235	7.00E+08	Pu-242	6.48E+07
U-236	1.57E+09	Am-241	2.21E+09
U-237	5.32E+15	Am-242m	1.26E+08
U-238	6.25E+08	Am-242	3.58E+12
U-239	5.44E+16	Am-243	1.95E+08
Np-237	2.93E+08	Am-244	2.12E+12
Np-239	5.23E+16	Cm-242	4.09E+11
Pu-236	2.67E+08	Cm-244	5.67E+09
Pu-238	5.58E+11	Cm-246	1.81E+04

表 4.10-3 反应堆正常运行工况下气载放射性物质向环境的排放量

核素	反应堆放射性废气向环境的排放量
	(Bq/a)
Kr-83m	5.20E+12
Kr-85m	1.30E+12
Kr-85	8.90E+10
Kr-87	2.40E+13
Kr-88	3.50E+13
Xe-131m	2.00E+11
Xe-133m	1.50E+12
Xe-133	6.30E+13
Xe-135	3.90E+12
I-131	3.00E+07
I-132	8.50E+07
I-133	6.50E+07
I-135	6.00E+07
Mn-54	3.00E+05
Cr-51	6.00E+04
Fe-59	4.10E+03
Co-58	6.70E+03
Co-60	1.20E+02
Sr-89	3.00E+03
Sr-90	5.80E+02
Mo-99	5.80E+05
Cs-137	1.95E+05
H-3	1.95E+11
C-14	9.18E+09

表 4.10-4 单根燃料棒主要裂变产物和铀系核素放射性活度 (Bq)

铀系		裂变产物					
核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq
Tl-208	2.24E+05	I-129	4.10E+06	Mo-99	7.92E-07	La-140	4.21E+09
Pb-212	6.24E+05	I-130	0.00E+00	Tb-160	1.61E+10	La-141	0.00E+00
Bi-212	6.24E+05	I-131	6.84E+06	Tb-161	7.26E+02	La-142	0.00E+00
Po-212	4.00E+05	I-132	8.75E-04	Tc-99	2.07E+09	Ce-141	1.45E+12
Po-216	6.24E+05	I-133	0.00E+00	Tc-99m	7.68E-07	Ce-143	0.00E+00
Rn-220	6.24E+05	I-134	0.00E+00	Tm-170	1.06E+07	Ce-144	5.50E+13
Ra-224	6.24E+05	I-135	0.00E+00	Tm-171	6.74E+06	Pr-143	6.18E+09
Th-228	6.23E+05	Xe-127	1.99E+05	Ru-103	3.15E+12	Pr-144	5.50E+13
Th-230	5.02E+01	Xe-131m	3.76E+07	Ru-105	0.00E+00	Pr-144m	7.70E+11
Th-231	1.03E+06	Xe-133	3.56E+03	Ru-106	3.76E+13	Pr-145	0.00E+00
Th-234	2.87E+07	Xe-133m	0.00E+00	Rh-102	1.46E+08	Nd-147	2.82E+08
Pa-231	1.35E+02	Xe-135	0.00E+00	Rh-103m	3.15E+12	Pm-146	2.52E+07
Pa-232	0.00E+00	Xe-135m	0.00E+00	Rh-105	0.00E+00	Pm-147	1.53E+13
Pa-233	5.16E+07	Xe-137	0.00E+00	Rh-106	3.76E+13	Pm-148	6.16E+09
Pa-234m	2.87E+07	Xe-138	0.00E+00	Pd-107	1.75E+07	Pm-148m	1.17E+11
Pa-234	3.73E+04	Kr-83m	0.00E+00	Pd-109	0.00E+00	Pm-149	0.00E+00
U-232	1.95E+06	Kr-85	1.43E+12	Pd-109m	0.00E+00	Pm-151	0.00E+00
U-233	8.23E+02	Kr-85m	0.00E+00	Ag-108	2.23E+02	Sm-151	3.19E+10
U-234	3.52E+06	Kr-87	0.00E+00	Ag-108m	2.56E+03	Sm-153	0.00E+00
U-235	1.03E+06	Kr-88	0.00E+00	Ag-109m	9.66E+06	Sm-156	0.00E+00
U-236	3.94E+07	Cs-134	2.38E+13	Ag-110	2.87E+09	Eu-156	5.20E+09
U-237	3.58E+08	Cs-135	6.05E+07	Ag-110m	2.11E+11	Eu-157	0.00E+00
U-238	2.87E+07	Cs-136	2.16E+08	Ag-111	1.52E+05	Gd-153	3.92E+08
U-239	0.00E+00	Cs-137	1.64E+13	Cd-109	9.66E+06	Gd-159	0.00E+00
Np-235	4.97E+05	Cs-138	0.00E+00	Cd-113m	4.87E+07	Eu-152	2.40E+08
Np-236m	0.00E+00	Br-83	0.00E+00	Cd-115m	1.24E+09	Eu-154	8.54E+11
Np-236	6.97E+02	Br-84	0.00E+00	Cd-115	0.00E+00	Eu-155	6.55E+11

表 4.10-4 单根燃料棒主要裂变产物和铀系核素放射性活度 (Bq) (续)

铀系		裂变产物					
核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq
Np-237	5.16E+07	Br-85	0.00E+00	Sn-117m	4.85E+05	Ho-166m	8.87E+04
Np-238	6.56E+06	Rb-86	1.71E+08	Sn-119m	6.12E+09	In-114	2.67E+05
Np-239	5.01E+09	Rb-88	0.00E+00	Sn-121	1.52E+09	In-114m	2.79E+05
Np-240	7.46E-02	Rb-89	0.00E+00	Sn-121m	1.96E+09	In-115m	1.37E+05
Pu-236	8.95E+07	Rb-90	0.00E+00	Sn-123	3.39E+10	H-3	8.98E+10
Pu-237	2.55E+07	Sr-89	2.68E+12	Sn-125	9.05E+05	C-14	1.78E+07
Pu-238	5.48E+11	Sr-90	1.18E+13	Sn-126	8.24E+07		
Pu-239	2.87E+10	Sr-91	0.00E+00	Sb-122	2.99E-10		
Pu-240	5.23E+10	Sr-92	0.00E+00	Sb-124	5.56E+09		
Pu-241	1.50E+13	Sr-93	0.00E+00	Sb-125	9.04E+11		
Pu-242	3.51E+08	Sr-94	0.00E+00	Sb-126	1.24E+07		
Pu-243	1.08E+02	Y-90	1.18E+13	Sb-126m	8.24E+07		
Pu-245	0.00E+00	Y-91	5.16E+12	Se-79	1.14E+07		
Am-240	0.00E+00	Y-91m	0.00E+00	Te-125m	2.19E+11		
Am-241	3.86E+10	Y-92	0.00E+00	Te-127	2.62E+11		
Am-242m	1.46E+09	Y-93	0.00E+00	Te-127m	2.68E+11		
Am-242	1.45E+09	Y-94	0.00E+00	Te-129	3.71E+10		
Am-243	5.01E+09	Zr-93	2.83E+08	Te-129m	5.79E+10		
Am-244	0.00E+00	Zr-95	9.47E+12	Te-131	0.00E+00		
Cm-241	1.93E+04	Nb-93m	3.53E+07	Te-131m	0.00E+00		
Cm-242	2.68E+12	Nb-94	1.87E+04	Te-132	8.49E-04		
Cm-243	2.33E+09	Nb-95	1.87E+13	Ba-137m	1.55E+13		
Cm-244	7.92E+11	Nb-95m	1.11E+11	Ba-140	3.66E+09		

表 4.10-5 无损检测热室废气产生量

铀系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Tl-208	4.490E+02	I-129	2.052E+05	Mo-99	1.585E-09	La-140	8.421E+06
Pb-212	1.249E+03	I-130	0.000E+00	Tb-160	3.217E+07	La-141	0.000E+00
Bi-212	1.249E+03	I-131	3.420E+05	Tb-161	1.452E+00	La-142	0.000E+00
Po-212	8.002E+02	I-132	4.373E-05	Tc-99	4.132E+06	Ce-141	2.892E+09
Po-216	1.249E+03	I-133	0.000E+00	Tc-99m	1.535E-09	Ce-143	0.000E+00
Rn-220	1.249E+03	I-134	0.000E+00	Tm-170	2.126E+04	Ce-144	1.099E+11
Ra-224	1.249E+03	I-135	0.000E+00	Tm-171	1.347E+04	Pr-143	1.236E+07
Th-228	1.246E+03	Xe-127	9.962E+04	Ru-103	6.303E+09	Pr-144	1.099E+11
Th-230	1.004E-01	Xe-131m	1.882E+07	Ru-105	0.000E+00	Pr-144m	1.540E+09
Th-231	2.057E+03	Xe-133	1.782E+03	Ru-106	7.527E+10	Pr-145	0.000E+00
Th-234	5.742E+04	Xe-133m	0.000E+00	Rh-102	2.917E+05	Nd-147	5.635E+05
Pa-231	2.699E-01	Xe-135	0.000E+00	Rh-103m	6.292E+09	Pm-146	5.047E+04
Pa-232	0.000E+00	Xe-135m	0.000E+00	Rh-105	0.000E+00	Pm-147	3.068E+10
Pa-233	1.032E+05	Xe-137	0.000E+00	Rh-106	7.527E+10	Pm-148	1.233E+07
Pa-234m	5.742E+04	Xe-138	0.000E+00	Pd-107	3.502E+04	Pm-148m	2.331E+08
Pa-234	7.464E+01	Kr-83m	0.000E+00	Pd-109	0.000E+00	Pm-149	0.000E+00
U-232	3.904E+03	Kr-85	7.143E+11	Pd-109m	0.000E+00	Pm-151	0.000E+00
U-233	1.647E+00	Kr-85m	0.000E+00	Ag-108	4.450E-01	Sm-151	6.381E+07
U-234	7.047E+03	Kr-87	0.000E+00	Ag-108m	5.115E+00	Sm-153	0.000E+00
U-235	2.057E+03	Kr-88	0.000E+00	Ag-109m	1.932E+04	Sm-156	0.000E+00
U-236	7.876E+04	Cs-134	1.190E+12	Ag-110	5.744E+06	Eu-156	1.039E+07
U-237	7.164E+05	Cs-135	3.026E+06	Ag-110m	4.224E+08	Eu-157	0.000E+00
U-238	5.742E+04	Cs-136	1.079E+07	Ag-111	3.046E+02	Gd-153	7.845E+05
U-239	0.000E+00	Cs-137	8.194E+11	Cd-109	1.932E+04	Gd-159	0.000E+00
Np-235	9.943E+02	Cs-138	0.000E+00	Cd-113m	9.736E+04	Eu-152	4.796E+05

表 4.10-5 无损检测热室废气产生量（续）

锕系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Np-236m	0.000E+00	Br-83	0.000E+00	Cd-115m	2.472E+06	Eu-154	1.709E+09
Np-236	1.394E+00	Br-84	0.000E+00	Cd-115	0.000E+00	Eu-155	1.311E+09
Np-237	1.033E+05	Br-85	0.000E+00	Sn-117m	9.699E+02	Ho-166m	1.775E+02
Np-238	1.312E+04	Rb-86	8.530E+06	Sn-119m	1.224E+07	In-114	5.334E+02
Np-239	1.003E+07	Rb-88	0.000E+00	Sn-121	3.050E+06	In-114m	5.574E+02
Np-240	1.492E-04	Rb-89	0.000E+00	Sn-121m	3.929E+06	In-115m	2.730E+02
Pu-236	1.790E+05	Rb-90	0.000E+00	Sn-123	6.784E+07	H-3	4.488E+10
Pu-237	5.104E+04	Sr-89	5.354E+09	Sn-125	1.810E+03	C-14	8.917E+06
Pu-238	1.096E+09	Sr-90	2.352E+10	Sn-126	1.649E+05		
Pu-239	5.745E+07	Sr-91	0.000E+00	Sb-122	5.976E-13		
Pu-240	1.046E+08	Sr-92	0.000E+00	Sb-124	1.113E+07		
Pu-241	2.990E+10	Sr-93	0.000E+00	Sb-125	1.808E+09		
Pu-242	7.014E+05	Sr-94	0.000E+00	Sb-126	2.484E+04		
Pu-243	2.159E-01	Y-90	2.352E+10	Sb-126m	1.649E+05		
Pu-245	0.000E+00	Y-91	1.033E+10	Se-79	2.285E+04		
Am-240	0.000E+00	Y-91m	0.000E+00	Te-125m	4.381E+08		
Am-241	7.718E+07	Y-92	0.000E+00	Te-127	5.248E+08		
Am-242m	2.914E+06	Y-93	0.000E+00	Te-127m	5.357E+08		
Am-242	2.901E+06	Y-94	0.000E+00	Te-129	7.421E+07		
Am-243	1.003E+07	Zr-93	5.655E+05	Te-129m	1.158E+08		
Am-244	0.000E+00	Zr-95	1.895E+10	Te-131	0.000E+00		
Cm-241	3.867E+01	Nb-93m	7.060E+04	Te-131m	0.000E+00		
Cm-242	5.368E+09	Nb-94	3.747E+01	Te-132	1.698E-06		
Cm-243	4.669E+06	Nb-95	3.736E+10	Ba-137m	3.096E+10		
Cm-244	1.585E+09	Nb-95m	2.228E+08	Ba-140	7.312E+06		

表 4.10-6 燃料棒切割工艺放射性核素释放份额

核素	份额
H-3/C-14	100%
惰性气体	100%
卤素	100%
其他	10%

表 4.10-7 燃料棒切割热室放射性气溶胶中核素的年产生量

铀系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Tl-208	5.892E+02	I-129	1.077E+05	Mo-99	2.080E-09	La-140	1.105E+07
Pb-212	1.639E+03	I-130	0.000E+00	Tb-160	4.221E+07	La-141	0.000E+00
Bi-212	1.639E+03	I-131	1.795E+05	Tb-161	1.905E+00	La-142	0.000E+00
Po-212	1.050E+03	I-132	2.296E-05	Tc-99	5.423E+06	Ce-141	3.795E+09
Po-216	1.639E+03	I-133	0.000E+00	Tc-99m	2.015E-09	Ce-143	0.000E+00
Rn-220	1.639E+03	I-134	0.000E+00	Tm-170	2.790E+04	Ce-144	1.443E+11
Ra-224	1.639E+03	I-135	0.000E+00	Tm-171	1.768E+04	Pr-143	1.622E+07
Th-228	1.635E+03	Xe-127	5.229E+03	Ru-103	8.271E+09	Pr-144	1.443E+11
Th-230	1.317E-01	Xe-131m	9.879E+05	Ru-105	0.000E+00	Pr-144m	2.021E+09
Th-231	2.700E+03	Xe-133	9.355E+01	Ru-106	9.878E+10	Pr-145	0.000E+00
Th-234	7.536E+04	Xe-133m	0.000E+00	Rh-102	3.828E+05	Nd-147	7.395E+05
Pa-231	3.542E-01	Xe-135	0.000E+00	Rh-103m	8.257E+09	Pm-146	6.623E+04
Pa-232	0.000E+00	Xe-135m	0.000E+00	Rh-105	0.000E+00	Pm-147	4.027E+10
Pa-233	1.354E+05	Xe-137	0.000E+00	Rh-106	9.878E+10	Pm-148	1.618E+07
Pa-234m	7.536E+04	Xe-138	0.000E+00	Pd-107	4.596E+04	Pm-148m	3.059E+08
Pa-234	9.796E+01	Kr-83m	0.000E+00	Pd-109	0.000E+00	Pm-149	0.000E+00
U-232	5.123E+03	Kr-85	3.749E+10	Pd-109m	0.000E+00	Pm-151	0.000E+00
U-233	2.161E+00	Kr-85m	0.000E+00	Ag-108	5.840E-01	Sm-151	8.374E+07
U-234	9.249E+03	Kr-87	0.000E+00	Ag-108m	6.713E+00	Sm-153	0.000E+00
U-235	2.700E+03	Kr-88	0.000E+00	Ag-109m	2.536E+04	Sm-156	0.000E+00
U-236	1.034E+05	Cs-134	6.247E+10	Ag-110	7.538E+06	Eu-156	1.364E+07
U-237	9.401E+05	Cs-135	1.588E+05	Ag-110m	5.543E+08	Eu-157	0.000E+00
U-238	7.536E+04	Cs-136	5.665E+05	Ag-111	3.997E+02	Gd-153	1.030E+06
U-239	0.000E+00	Cs-137	4.301E+10	Cd-109	2.536E+04	Gd-159	0.000E+00
Np-235	1.305E+03	Cs-138	0.000E+00	Cd-113m	1.278E+05	Eu-152	6.294E+05

表 4.10-7 燃料棒切割热室放射性气溶胶中核素的年产生量（续）

锕系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Np-236m	0.000E+00	Br-83	0.000E+00	Cd-115m	3.244E+06	Eu-154	2.243E+09
Np-236	1.830E+00	Br-84	0.000E+00	Cd-115	0.000E+00	Eu-155	1.720E+09
Np-237	1.355E+05	Br-85	0.000E+00	Sn-117m	1.273E+03	Ho-166m	2.329E+02
Np-238	1.721E+04	Rb-86	4.478E+05	Sn-119m	1.607E+07	In-114	7.000E+02
Np-239	1.316E+07	Rb-88	0.000E+00	Sn-121	4.002E+06	In-114m	7.315E+02
Np-240	1.958E-04	Rb-89	0.000E+00	Sn-121m	5.157E+06	In-115m	3.583E+02
Pu-236	2.348E+05	Rb-90	0.000E+00	Sn-123	8.902E+07	H-3	2.356E+09
Pu-237	6.698E+04	Sr-89	7.026E+09	Sn-125	2.376E+03	C-14	4.681E+05
Pu-238	1.438E+09	Sr-90	3.087E+10	Sn-126	2.164E+05		
Pu-239	7.540E+07	Sr-91	0.000E+00	Sb-122	7.843E-13		
Pu-240	1.373E+08	Sr-92	0.000E+00	Sb-124	1.460E+07		
Pu-241	3.924E+10	Sr-93	0.000E+00	Sb-125	2.373E+09		
Pu-242	9.204E+05	Sr-94	0.000E+00	Sb-126	3.260E+04		
Pu-243	2.834E-01	Y-90	3.087E+10	Sb-126m	2.164E+05		
Pu-245	0.000E+00	Y-91	1.355E+10	Se-79	2.999E+04		
Am-240	0.000E+00	Y-91m	0.000E+00	Te-125m	5.749E+08		
Am-241	1.013E+08	Y-92	0.000E+00	Te-127	6.887E+08		
Am-242m	3.825E+06	Y-93	0.000E+00	Te-127m	7.031E+08		
Am-242	3.807E+06	Y-94	0.000E+00	Te-129	9.739E+07		
Am-243	1.316E+07	Zr-93	7.421E+05	Te-129m	1.519E+08		
Am-244	0.000E+00	Zr-95	2.486E+10	Te-131	0.000E+00		
Cm-241	5.075E+01	Nb-93m	9.265E+04	Te-131m	0.000E+00		
Cm-242	7.044E+09	Nb-94	4.918E+01	Te-132	2.228E-06		
Cm-243	6.128E+06	Nb-95	4.903E+10	Ba-137m	4.062E+10		
Cm-244	2.080E+09	Nb-95m	2.924E+08	Ba-140	9.596E+06		

表 4.10-8 精密切割热室放射性气溶胶中核素的年产生量

铀系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Tl-208	2.104E+02	I-129	3.848E+04	Mo-99	7.428E-10	La-140	3.947E+06
Pb-212	5.853E+02	I-130	0.000E+00	Tb-160	1.508E+07	La-141	0.000E+00
Bi-212	5.853E+02	I-131	6.412E+04	Tb-161	6.803E-01	La-142	0.000E+00
Po-212	3.751E+02	I-132	8.198E-06	Tc-99	1.937E+06	Ce-141	1.355E+09
Po-216	5.853E+02	I-133	0.000E+00	Tc-99m	7.195E-10	Ce-143	0.000E+00
Rn-220	5.853E+02	I-134	0.000E+00	Tm-170	9.963E+03	Ce-144	5.153E+10
Ra-224	5.853E+02	I-135	0.000E+00	Tm-171	6.315E+03	Pr-143	5.791E+06
Th-228	5.840E+02	Xe-127	1.868E+03	Ru-103	2.954E+09	Pr-144	5.153E+10
Th-230	4.704E-02	Xe-131m	3.528E+05	Ru-105	0.000E+00	Pr-144m	7.217E+08
Th-231	9.642E+02	Xe-133	3.341E+01	Ru-106	3.528E+10	Pr-145	0.000E+00
Th-234	2.691E+04	Xe-133m	0.000E+00	Rh-102	1.367E+05	Nd-147	2.641E+05
Pa-231	1.265E-01	Xe-135	0.000E+00	Rh-103m	2.949E+09	Pm-146	2.365E+04
Pa-232	0.000E+00	Xe-135m	0.000E+00	Rh-105	0.000E+00	Pm-147	1.438E+10
Pa-233	4.836E+04	Xe-137	0.000E+00	Rh-106	3.528E+10	Pm-148	5.778E+06
Pa-234m	2.691E+04	Xe-138	0.000E+00	Pd-107	1.641E+04	Pm-148m	1.093E+08
Pa-234	3.498E+01	Kr-83m	0.000E+00	Pd-109	0.000E+00	Pm-149	0.000E+00
U-232	1.830E+03	Kr-85	1.339E+10	Pd-109m	0.000E+00	Pm-151	0.000E+00
U-233	7.719E-01	Kr-85m	0.000E+00	Ag-108	2.086E-01	Sm-151	2.991E+07
U-234	3.303E+03	Kr-87	0.000E+00	Ag-108m	2.397E+00	Sm-153	0.000E+00
U-235	9.642E+02	Kr-88	0.000E+00	Ag-109m	9.056E+03	Sm-156	0.000E+00
U-236	3.692E+04	Cs-134	2.231E+10	Ag-110	2.692E+06	Eu-156	4.871E+06
U-237	3.358E+05	Cs-135	5.672E+04	Ag-110m	1.980E+08	Eu-157	0.000E+00
U-238	2.691E+04	Cs-136	2.023E+05	Ag-111	1.428E+02	Gd-153	3.677E+05
U-239	0.000E+00	Cs-137	1.536E+10	Cd-109	9.056E+03	Gd-159	0.000E+00
Np-235	4.660E+02	Cs-138	0.000E+00	Cd-113m	4.563E+04	Eu-152	2.248E+05

表 4.10-8 精密切割热室放射性气溶胶中核素的年产生量（续）

锕系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Np-236m	0.000E+00	Br-83	0.000E+00	Cd-115m	1.159E+06	Eu-154	8.009E+08
Np-236	6.535E-01	Br-84	0.000E+00	Cd-115	0.000E+00	Eu-155	6.143E+08
Np-237	4.841E+04	Br-85	0.000E+00	Sn-117m	4.546E+02	Ho-166m	8.317E+01
Np-238	6.148E+03	Rb-86	1.599E+05	Sn-119m	5.738E+06	In-114	2.500E+02
Np-239	4.700E+06	Rb-88	0.000E+00	Sn-121	1.429E+06	In-114m	2.613E+02
Np-240	6.993E-05	Rb-89	0.000E+00	Sn-121m	1.842E+06	In-115m	1.280E+02
Pu-236	8.387E+04	Rb-90	0.000E+00	Sn-123	3.179E+07	H-3	8.414E+08
Pu-237	2.392E+04	Sr-89	2.509E+09	Sn-125	8.484E+02	C-14	1.672E+05
Pu-238	5.135E+08	Sr-90	1.102E+10	Sn-126	7.727E+04		
Pu-239	2.693E+07	Sr-91	0.000E+00	Sb-122	2.801E-13		
Pu-240	4.902E+07	Sr-92	0.000E+00	Sb-124	5.215E+06		
Pu-241	1.402E+10	Sr-93	0.000E+00	Sb-125	8.475E+08		
Pu-242	3.287E+05	Sr-94	0.000E+00	Sb-126	1.164E+04		
Pu-243	1.012E-01	Y-90	1.102E+10	Sb-126m	7.727E+04		
Pu-245	0.000E+00	Y-91	4.841E+09	Se-79	1.071E+04		
Am-240	0.000E+00	Y-91m	0.000E+00	Te-125m	2.053E+08		
Am-241	3.617E+07	Y-92	0.000E+00	Te-127	2.459E+08		
Am-242m	1.366E+06	Y-93	0.000E+00	Te-127m	2.511E+08		
Am-242	1.360E+06	Y-94	0.000E+00	Te-129	3.478E+07		
Am-243	4.700E+06	Zr-93	2.650E+05	Te-129m	5.426E+07		
Am-244	0.000E+00	Zr-95	8.880E+09	Te-131	0.000E+00		
Cm-241	1.813E+01	Nb-93m	3.309E+04	Te-131m	0.000E+00		
Cm-242	2.516E+09	Nb-94	1.756E+01	Te-132	7.956E-07		
Cm-243	2.188E+06	Nb-95	1.751E+10	Ba-137m	1.451E+10		
Cm-244	7.428E+08	Nb-95m	1.044E+08	Ba-140	3.427E+06		

表 4.10-9 金相样品磨抛热室放射性气溶胶中核素的年产生量

铀系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Tl-208	5.261E+01	I-129	9.620E+03	Mo-99	1.857E-10	La-140	9.867E+05
Pb-212	1.463E+02	I-130	0.000E+00	Tb-160	3.769E+06	La-141	0.000E+00
Bi-212	1.463E+02	I-131	1.603E+04	Tb-161	1.701E-01	La-142	0.000E+00
Po-212	9.377E+01	I-132	2.050E-06	Tc-99	4.842E+05	Ce-141	3.388E+08
Po-216	1.463E+02	I-133	0.000E+00	Tc-99m	1.799E-10	Ce-143	0.000E+00
Rn-220	1.463E+02	I-134	0.000E+00	Tm-170	2.491E+03	Ce-144	1.288E+10
Ra-224	1.463E+02	I-135	0.000E+00	Tm-171	1.579E+03	Pr-143	1.448E+06
Th-228	1.460E+02	Xe-127	4.669E+02	Ru-103	7.385E+08	Pr-144	1.288E+10
Th-230	1.176E-02	Xe-131m	8.821E+04	Ru-105	0.000E+00	Pr-144m	1.804E+08
Th-231	2.410E+02	Xe-133	8.352E+00	Ru-106	8.820E+09	Pr-145	0.000E+00
Th-234	6.728E+03	Xe-133m	0.000E+00	Rh-102	3.418E+04	Nd-147	6.603E+04
Pa-231	3.163E-02	Xe-135	0.000E+00	Rh-103m	7.372E+08	Pm-146	5.913E+03
Pa-232	0.000E+00	Xe-135m	0.000E+00	Rh-105	0.000E+00	Pm-147	3.595E+09
Pa-233	1.209E+04	Xe-137	0.000E+00	Rh-106	8.820E+09	Pm-148	1.444E+06
Pa-234m	6.728E+03	Xe-138	0.000E+00	Pd-107	4.104E+03	Pm-148m	2.732E+07
Pa-234	8.746E+00	Kr-83m	0.000E+00	Pd-109	0.000E+00	Pm-149	0.000E+00
U-232	4.574E+02	Kr-85	3.348E+09	Pd-109m	0.000E+00	Pm-151	0.000E+00
U-233	1.930E-01	Kr-85m	0.000E+00	Ag-108	5.215E-02	Sm-151	7.477E+06
U-234	8.258E+02	Kr-87	0.000E+00	Ag-108m	5.994E-01	Sm-153	0.000E+00
U-235	2.410E+02	Kr-88	0.000E+00	Ag-109m	2.264E+03	Sm-156	0.000E+00
U-236	9.229E+03	Cs-134	5.578E+09	Ag-110	6.731E+05	Eu-156	1.218E+06
U-237	8.394E+04	Cs-135	1.418E+04	Ag-110m	4.950E+07	Eu-157	0.000E+00
U-238	6.728E+03	Cs-136	5.058E+04	Ag-111	3.569E+01	Gd-153	9.193E+04
U-239	0.000E+00	Cs-137	3.841E+09	Cd-109	2.264E+03	Gd-159	0.000E+00
Np-235	1.165E+02	Cs-138	0.000E+00	Cd-113m	1.141E+04	Eu-152	5.620E+04

表 4.10-9 金相样品磨抛热室放射性气溶胶中核素的年产生量（续）

锕系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Np-236m	0.000E+00	Br-83	0.000E+00	Cd-115m	2.897E+05	Eu-154	2.002E+08
Np-236	1.634E-01	Br-84	0.000E+00	Cd-115	0.000E+00	Eu-155	1.536E+08
Np-237	1.210E+04	Br-85	0.000E+00	Sn-117m	1.136E+02	Ho-166m	2.079E+01
Np-238	1.537E+03	Rb-86	3.998E+04	Sn-119m	1.435E+06	In-114	6.250E+01
Np-239	1.175E+06	Rb-88	0.000E+00	Sn-121	3.573E+05	In-114m	6.532E+01
Np-240	1.748E-05	Rb-89	0.000E+00	Sn-121m	4.604E+05	In-115m	3.199E+01
Pu-236	2.097E+04	Rb-90	0.000E+00	Sn-123	7.949E+06	H-3	2.103E+08
Pu-237	5.980E+03	Sr-89	6.273E+08	Sn-125	2.121E+02	C-14	4.179E+04
Pu-238	1.284E+08	Sr-90	2.756E+09	Sn-126	1.932E+04		
Pu-239	6.732E+06	Sr-91	0.000E+00	Sb-122	7.002E-14		
Pu-240	1.226E+07	Sr-92	0.000E+00	Sb-124	1.304E+06		
Pu-241	3.504E+09	Sr-93	0.000E+00	Sb-125	2.119E+08		
Pu-242	8.218E+04	Sr-94	0.000E+00	Sb-126	2.911E+03		
Pu-243	2.530E-02	Y-90	2.756E+09	Sb-126m	1.932E+04		
Pu-245	0.000E+00	Y-91	1.210E+09	Se-79	2.678E+03		
Am-240	0.000E+00	Y-91m	0.000E+00	Te-125m	5.133E+07		
Am-241	9.043E+06	Y-92	0.000E+00	Te-127	6.149E+07		
Am-242m	3.415E+05	Y-93	0.000E+00	Te-127m	6.277E+07		
Am-242	3.399E+05	Y-94	0.000E+00	Te-129	8.696E+06		
Am-243	1.175E+06	Zr-93	6.626E+04	Te-129m	1.356E+07		
Am-244	0.000E+00	Zr-95	2.220E+09	Te-131	0.000E+00		
Cm-241	4.531E+00	Nb-93m	8.272E+03	Te-131m	0.000E+00		
Cm-242	6.290E+08	Nb-94	4.391E+00	Te-132	1.989E-07		
Cm-243	5.471E+05	Nb-95	4.377E+09	Ba-137m	3.627E+09		
Cm-244	1.857E+08	Nb-95m	2.611E+07	Ba-140	8.568E+05		

表 4.10-10 残余裂变气体测量热室年产生量（长芯块）

铀系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Tl-208	6.681E+02	I-129	1.222E+05	Mo-99	2.358E-09	La-140	1.253E+07
Pb-212	1.858E+03	I-130	0.000E+00	Tb-160	4.787E+07	La-141	0.000E+00
Bi-212	1.858E+03	I-131	2.036E+05	Tb-161	2.160E+00	La-142	0.000E+00
Po-212	1.191E+03	I-132	2.603E-05	Tc-99	6.149E+06	Ce-141	4.303E+09
Po-216	1.858E+03	I-133	0.000E+00	Tc-99m	2.284E-09	Ce-143	0.000E+00
Rn-220	1.858E+03	I-134	0.000E+00	Tm-170	3.163E+04	Ce-144	1.636E+11
Ra-224	1.858E+03	I-135	0.000E+00	Tm-171	2.005E+04	Pr-143	1.839E+07
Th-228	1.854E+03	Xe-127	5.930E+03	Ru-103	9.379E+09	Pr-144	1.636E+11
Th-230	1.494E-01	Xe-131m	1.120E+06	Ru-105	0.000E+00	Pr-144m	2.291E+09
Th-231	3.061E+03	Xe-133	1.061E+02	Ru-106	1.120E+11	Pr-145	0.000E+00
Th-234	8.545E+04	Xe-133m	0.000E+00	Rh-102	4.341E+05	Nd-147	8.386E+05
Pa-231	4.017E-01	Xe-135	0.000E+00	Rh-103m	9.363E+09	Pm-146	7.510E+04
Pa-232	0.000E+00	Xe-135m	0.000E+00	Rh-105	0.000E+00	Pm-147	4.566E+10
Pa-233	1.536E+05	Xe-137	0.000E+00	Rh-106	1.120E+11	Pm-148	1.834E+07
Pa-234m	8.545E+04	Xe-138	0.000E+00	Pd-107	5.211E+04	Pm-148m	3.469E+08
Pa-234	1.111E+02	Kr-83m	0.000E+00	Pd-109	0.000E+00	Pm-149	0.000E+00
U-232	5.809E+03	Kr-85	4.252E+10	Pd-109m	0.000E+00	Pm-151	0.000E+00
U-233	2.451E+00	Kr-85m	0.000E+00	Ag-108	6.623E-01	Sm-151	9.495E+07
U-234	1.049E+04	Kr-87	0.000E+00	Ag-108m	7.612E+00	Sm-153	0.000E+00
U-235	3.061E+03	Kr-88	0.000E+00	Ag-109m	2.875E+04	Sm-156	0.000E+00
U-236	1.172E+05	Cs-134	7.084E+10	Ag-110	8.548E+06	Eu-156	1.547E+07
U-237	1.066E+06	Cs-135	1.801E+05	Ag-110m	6.286E+08	Eu-157	0.000E+00
U-238	8.545E+04	Cs-136	6.424E+05	Ag-111	4.532E+02	Gd-153	1.167E+06
U-239	0.000E+00	Cs-137	4.878E+10	Cd-109	2.875E+04	Gd-159	0.000E+00
Np-235	1.480E+03	Cs-138	0.000E+00	Cd-113m	1.449E+05	Eu-152	7.137E+05

表 4.10-10 残余裂变气体测量热室年产生量（长芯块）（续）

锕系		裂变产物					
核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a	核素	Bq/a
Np-236m	0.000E+00	Br-83	0.000E+00	Cd-115m	3.679E+06	Eu-154	2.543E+09
Np-236	2.075E+00	Br-84	0.000E+00	Cd-115	0.000E+00	Eu-155	1.950E+09
Np-237	1.537E+05	Br-85	0.000E+00	Sn-117m	1.443E+03	Ho-166m	2.641E+02
Np-238	1.952E+04	Rb-86	5.077E+05	Sn-119m	1.822E+07	In-114	7.937E+02
Np-239	1.492E+07	Rb-88	0.000E+00	Sn-121	4.538E+06	In-114m	8.295E+02
Np-240	2.220E-04	Rb-89	0.000E+00	Sn-121m	5.847E+06	In-115m	4.063E+02
Pu-236	2.663E+05	Rb-90	0.000E+00	Sn-123	1.009E+08	H-3	2.671E+09
Pu-237	7.595E+04	Sr-89	7.967E+09	Sn-125	2.694E+03	C-14	5.308E+05
Pu-238	1.631E+09	Sr-90	3.500E+10	Sn-126	2.453E+05		
Pu-239	8.549E+07	Sr-91	0.000E+00	Sb-122	8.893E-13		
Pu-240	1.556E+08	Sr-92	0.000E+00	Sb-124	1.656E+07		
Pu-241	4.450E+10	Sr-93	0.000E+00	Sb-125	2.691E+09		
Pu-242	1.044E+06	Sr-94	0.000E+00	Sb-126	3.697E+04		
Pu-243	3.214E-01	Y-90	3.500E+10	Sb-126m	2.453E+05		
Pu-245	0.000E+00	Y-91	1.537E+10	Se-79	3.401E+04		
Am-240	0.000E+00	Y-91m	0.000E+00	Te-125m	6.519E+08		
Am-241	1.148E+08	Y-92	0.000E+00	Te-127	7.809E+08		
Am-242m	4.337E+06	Y-93	0.000E+00	Te-127m	7.972E+08		
Am-242	4.317E+06	Y-94	0.000E+00	Te-129	1.104E+08		
Am-243	1.492E+07	Zr-93	8.415E+05	Te-129m	1.723E+08		
Am-244	0.000E+00	Zr-95	2.820E+10	Te-131	0.000E+00		
Cm-241	5.755E+01	Nb-93m	1.051E+05	Te-131m	0.000E+00		
Cm-242	7.988E+09	Nb-94	5.576E+01	Te-132	2.526E-06		
Cm-243	6.948E+06	Nb-95	5.559E+10	Ba-137m	4.607E+10		
Cm-244	2.358E+09	Nb-95m	3.316E+08	Ba-140	1.088E+07		

表 4.10-11 燃料棒性能研究各热室每年通过气态途径排放的放射性核素总量
(Bq)

鈾系		裂变产物					
核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq
Tl-208	1.969E+00	I-129	2.416E+04	Mo-99	6.952E-12	La-140	3.694E+04
Pb-212	5.477E+00	I-130	0.000E+00	Tb-160	1.411E+05	La-141	0.000E+00
Bi-212	5.477E+00	I-131	4.026E+04	Tb-161	6.367E-03	La-142	0.000E+00
Po-212	3.510E+00	I-132	5.148E-06	Tc-99	1.812E+04	Ce-141	1.268E+07
Po-216	5.477E+00	I-133	0.000E+00	Tc-99m	6.733E-12	Ce-143	0.000E+00
Rn-220	5.477E+00	I-134	0.000E+00	Tm-170	9.324E+01	Ce-144	4.823E+08
Ra-224	5.477E+00	I-135	0.000E+00	Tm-171	5.910E+01	Pr-143	5.420E+04
Th-228	5.465E+00	Xe-127	1.131E+02	Ru-103	2.765E+07	Pr-144	4.823E+08
Th-230	4.402E-04	Xe-131m	2.137E+04	Ru-105	0.000E+00	Pr-144m	6.754E+06
Th-231	9.023E+00	Xe-133	2.023E+00	Ru-106	3.302E+08	Pr-145	0.000E+00
Th-234	2.519E+02	Xe-133m	0.000E+00	Rh-102	1.280E+03	Nd-147	2.472E+03
Pa-231	1.184E-03	Xe-135	0.000E+00	Rh-103m	2.760E+07	Pm-146	2.214E+02
Pa-232	0.000E+00	Xe-135m	0.000E+00	Rh-105	0.000E+00	Pm-147	1.346E+08
Pa-233	4.526E+02	Xe-137	0.000E+00	Rh-106	3.302E+08	Pm-148	5.407E+04
Pa-234m	2.519E+02	Xe-138	0.000E+00	Pd-107	1.536E+02	Pm-148m	1.023E+06
Pa-234	3.274E-01	Kr-83m	0.000E+00	Pd-109	0.000E+00	Pm-149	0.000E+00
U-232	1.712E+01	Kr-85	8.110E+08	Pd-109m	0.000E+00	Pm-151	0.000E+00
U-233	7.224E-03	Kr-85m	0.000E+00	Ag-108	1.952E-03	Sm-151	2.799E+05
U-234	3.091E+01	Kr-87	0.000E+00	Ag-108m	2.244E-02	Sm-153	0.000E+00
U-235	9.023E+00	Kr-88	0.000E+00	Ag-109m	8.475E+01	Sm-156	0.000E+00
U-236	3.455E+02	Cs-134	1.351E+09	Ag-110	2.520E+04	Eu-156	4.559E+04
U-237	3.142E+03	Cs-135	3.435E+03	Ag-110m	1.853E+06	Eu-157	0.000E+00
U-238	2.519E+02	Cs-136	1.225E+04	Ag-111	1.336E+00	Gd-153	3.441E+03
U-239	0.000E+00	Cs-137	9.304E+08	Cd-109	8.475E+01	Gd-159	0.000E+00
Np-235	4.361E+00	Cs-138	0.000E+00	Cd-113m	4.271E+02	Eu-152	2.104E+03
Np-236m	0.000E+00	Br-83	0.000E+00	Cd-115m	1.084E+04	Eu-154	7.495E+06
Np-236	6.116E-03	Br-84	0.000E+00	Cd-115	0.000E+00	Eu-155	5.749E+06
Np-237	4.530E+02	Br-85	0.000E+00	Sn-117m	4.254E+00	Ho-166m	7.784E-01
Np-238	5.753E+01	Rb-86	9.685E+03	Sn-119m	5.370E+04	In-114	2.340E+00
Np-239	4.398E+04	Rb-88	0.000E+00	Sn-121	1.338E+04	In-114m	2.445E+00
Np-240	6.544E-07	Rb-89	0.000E+00	Sn-121m	1.724E+04	In-115m	1.198E+00
Pu-236	7.850E+02	Rb-90	0.000E+00	Sn-123	2.975E+05	H-3	5.096E+10
Pu-237	2.239E+02	Sr-89	2.348E+07	Sn-125	7.940E+00	C-14	1.013E+07
Pu-238	4.806E+06	Sr-90	1.032E+08	Sn-126	7.232E+02		
Pu-239	2.520E+05	Sr-91	0.000E+00	Sb-122	2.621E-15		
Pu-240	4.588E+05	Sr-92	0.000E+00	Sb-124	4.880E+04		

表 4.10-11 燃料棒性能研究各热室每年通过气态途径排放的放射性核素总量
(Bq) (续)

铀系		裂变产物			
核素	Bq	核素	Bq	核素	Bq
Pu-241	1.31E+08	Sr-93	0.00E+00	Sb-125	7.93E+06
Pu-242	3.08E+03	Sr-94	0.00E+00	Sb-126	1.09E+02
Pu-243	9.47E-04	Y-90	1.03E+08	Sb-126m	7.23E+02
Pu-245	0.00E+00	Y-91	4.53E+07	Se-79	1.00E+02
Am-240	0.00E+00	Y-91m	0.00E+00	Te-125m	1.92E+06
Am-241	3.39E+05	Y-92	0.00E+00	Te-127	2.30E+06
Am-242m	1.28E+04	Y-93	0.00E+00	Te-127m	2.35E+06
Am-242	1.27E+04	Y-94	0.00E+00	Te-129	3.26E+05
Am-243	4.40E+04	Zr-93	2.48E+03	Te-129m	5.08E+05
Am-244	0.00E+00	Zr-95	8.31E+07	Te-131	0.00E+00
Cm-241	1.70E-01	Nb-93m	3.10E+02	Te-131m	0.00E+00
Cm-242	2.35E+07	Nb-94	1.64E-01	Te-132	7.45E-09
Cm-243	2.05E+04	Nb-95	1.64E+08	Ba-137m	1.36E+08
Cm-244	6.95E+06	Nb-95m	9.77E+05	Ba-140	3.21E+04
惰性气体	8.11E+08				
碘	6.44E+04				
粒子	4.97E+09				
H-3	5.10E+10				
C-14	1.01E+07				

表 4.10-12 钼-99 和碘-131 同位素生产热室向环境的排放量

核素	向环境的排放量 (Bq/a)
Kr-85	3.63E+12
Xe-133	1.81E+15
Xe-135	1.37E+15
Xe-131m	1.41E+12
Xe-133m	8.88E+13
Xe-135m	2.29E+14
I-131	2.00E+11
I-132	3.44E+11
I-133	6.29E+11
I-135	2.85E+11

表 4.10-13 辐照回路放射性年排放量

核素	年排放量 (Bq/a)	核素	年排放量 (Bq/a)
Kr-83m	3.20E+09	Sr-91	1.84E+04
Kr-85m	1.61E+10	Sr-92	8.45E+03
Kr-85	2.07E+11	Y-90	1.12E+02
Kr-87	8.99E+09	Y-91m	4.43E+03
Kr-88	2.70E+10	Y-91	1.19E+03
Kr-89	6.25E+08	Y-92	2.06E+03
Xe-131m	3.71E+10	Y-93	1.30E+03
Xe-133m	4.49E+10	Zr-95	1.60E+03
Xe-133	3.33E+12	Nb-95	1.69E+03
Xe-135m	1.91E+09	Mo-99	2.01E+06
Xe-135	4.58E+10	Tc-99m	1.79E+06
Xe-137	1.64E+09	Ru-103	1.39E+03
Xe-138	5.71E+09	Rh-103m	1.40E+03
Br-83	1.41E+06	Ru-106	7.35E+02
Br-84	1.57E+06	Te-125m	1.56E+03
Br-85	3.14E+05	Te-127	4.73E+04
I-129	3.08E-01	Te-127m	8.63E+03
I-130	2.83E+05	Te-129m	2.80E+04
I-131	1.40E+07	Te-129	1.05E+05
I-132	5.90E+07	Te-131m	1.05E+05
I-133	2.84E+07	Te-131	2.21E+05
I-134	2.11E+07	Te-132	7.71E+05
I-135	2.55E+07	Te-134	5.74E+05
Cs-134	1.03E+07	Ba-137m	4.91E+06
Cs-136	1.48E+08	Ba-140	9.67E+03
Cs-137	5.30E+06	La-140	1.72E+03
Cs-138	4.29E+07	Ce-141	1.50E+03
Rb-88	1.38E+08	Ce-143	1.35E+03
Rb-89	6.34E+06	Pr-143	1.33E+03
Sr-89	8.21E+03	Ce-144	1.22E+03
Sr-90	6.25E+02	Pr-144	1.22E+03
C-14	1.2E+10		

表 4.10-14 核药生产厂房放射性年排放量

核素	年排放量 (Bq)
Mo-99	2.22E+10
Tc-99m	2.44E+10
Lu-177	1.85E+09
I-131	3.70E+10

表 4.10-15 载带蒸发放射性年排放量

核素	年排放量 (Bq)
I-131	2.49E+05
I-132	7.05E+05
I-133	5.39E+05
I-135	4.98E+05
Mn-54	1.24E+03
Cr-51	2.49E+02
Fe-59	1.70E+01
Co-58	2.78E+01
Co-60	4.98E-01
Sr-89	1.24E+01
Sr-90	2.41E+00
Mo-99	2.41E+03
Cs-137	8.09E+02
C-14	9.18E+08
H-3	1.14E+10

表 4.10-16 放射性废液处理系统主要设备参数

辐照回路废液疏水箱	
数量	1
容积	5m ³
设计压力	常压
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
反应堆厂房地坑箱	
数量	1
容积	10m ³
设计压力	常压
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
废液暂存箱	
数量	5
容积	50m ³
设计压力	常压
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
小型热泵蒸发装置	
处理量	0.1m ³ /h
设计压力	常压
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
冷凝液箱	
数量	1
容积	2m ³
设计压力	常压

设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
浓缩液箱	
数量	2
容积	4m ³
设计压力	常压
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
过滤器	
型号	可更换式
设计压力	1.03 MPa
设计温度	50℃
设计流量	2m ³ /h
过滤精度	25 微米
材料	不锈钢
离子交换树脂床	
设计压力	1.03 MPa
设计温度	50℃
设计流量	2 m ³ /h
数量	3 台串联
监测箱	
数量	2
容积	20m ³
设计压力	常压
设计温度	50℃
载带蒸发装置	
数量	2 台
设计处理量	0.125m ³ /h
设计温度	50℃

材料	奥氏体不锈钢
废液输送泵	
数量	12
额定流量	2~5 m ³ /h
设计压力	1.0MPa
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢
地坑泵	
数量	4
额定流量	2m ³ /h
设计压力	1.0MPa
设计温度	50℃
材料	奥氏体不锈钢

表 4.10-17 放射性固体废物的种类和数量

种类	数量 (m ³ /a)
蒸残液	5.0
废树脂	4.0
其他废物	20.8
总结	29.8

表 4.10-18 本项目各途径气载放射性物质年排放量汇总表 (Bq/a)

排放途径	惰性气体	碘	粒子	H-3	C-14
汇总	3.64E+15	1.50E+12	6.12E+10	2.57E+11	2.21E+10

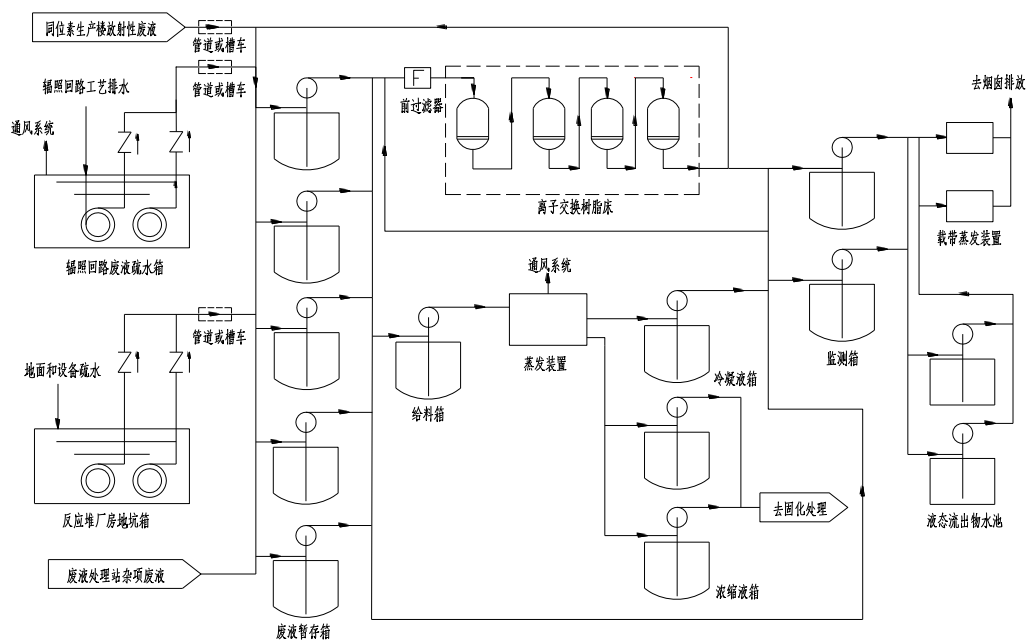


图 4.10-1 放射性废液处理系统流程简图

4.11 化学物质排放

辐照回路中会加入硼酸，硼酸通过下泄废液一同进入厂区废液系统经过蒸发+离子交换处理，浓缩液经固化处理，冷凝液载带蒸发处理，无硼酸对环境排放。

同位素生产过程中会使用到酸、碱等化学物质，进入放射性废液的化学物质通过放射性废液处理系统经固化处理，非放射性废液中的化学物质送至废物处理站集中处理。

4.12 放射性物质运输

运进本项目的放射性物质有中子源组件、未经辐照的新燃料组件和含铀靶件。为了安全运输中子源，应根据《密封放射源一般要求和分级》（GB 4075-2009）中密封中子源分级对应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/T 15849-1995）的规定对试样进行泄漏试验。新燃料组件、靶件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出本项目的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节叙述上述放射性物质的运输。

4.12.1 新燃料运输

本项目选用铀—硅弥散型板状燃料，首炉和后续燃料组件将由中核北方核燃料元件有限公司制造。

中核北方核燃料元件有限公司拥有获准使用的新燃料组件运输容器，能够提供新燃料组件公路运输服务，并持续开展类似燃料组件的运输业务，可以满足本项目新燃料运输需求。燃料制造厂位于内蒙古包头市，燃料组件可利用如下公路运输线路运至本项目现场，具体运输路线将经过专项论证确定：

内蒙古包头→太原走包达高速（S41）→兴巴高速（S24）→呼准高速（S31）→灵河高速（S40）→二广高速（G55），路程约 619 公里；太原→郑州走二广高速（G55）→晋新高速（G5512），路程约 434 公里；郑州→武汉走京港澳高速（G4），路程约 563 公里；武汉到九江走沪渝高速（G50）→福银高速（G70），路程约 235 公里。

九江→天红核科技研发中心段走九江至大珙公路→大珙至天红镇二级公路，该公路里程大约为 58 公里。

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。

4.12.2 乏燃料的厂内运输

乏燃料的厂内运输包括乏燃料组件装卸过程。在乏燃料需要出堆时，首先利用反应堆厂房燃料吊车将乏燃料组件从堆芯中提出，将其在水下通过中间水池移到暂存水池，并放入预先布置好的乏燃料贮存格架中。经过一段时间贮存后，再将乏燃料从贮存架中取出，通过乏燃料转运装置和通道，将乏燃料从反应堆厂房内转移到反应堆厂房外的乏燃料长期贮存水池中，通过燃料厂房燃料吊车，然后将乏燃料组件放入长期贮存架内。

乏燃料的厂内运输由反应堆厂房燃料吊车、乏燃料转运装置、燃料厂房燃料吊车及相应的操作工具完成。

4.12.3 放射性固体废物的转运

4.12.3.1 放射性废物厂内操作

本研发中心产生的各类放射性废物，根据不同的废物类型采用适宜的运输形式，转运至废液处理站及固体废物库进行处理。放射性废物类型主要包括以下两类：

1) 湿废物：包含①放射性废液处理系统产生的蒸残液以及同位素生产线产生的放射性废液；②重水净化系统、反应堆池水净化系统、乏燃料暂存池净化及冷却系统、辐照回路水化学系统和放射性废液处理系统产生的废树脂；③池水冲排系统、反应堆池水净化系统和乏燃料暂存池净化及冷却系统产生的水过滤器滤芯。

2) 干废物：包含可压实干废物和不可压实干废物。其中可压实干废物包含通风过滤器滤芯、废弃工作服、手套、口罩、纸张和塑料等；不可压实废物包含废弃的设备和零部件等。

根据国内同类研究堆运行情况，预计研发中心每年产生约 29.8m^3 的放射性固体废物。

其中反应堆厂房产生的废树脂通过废树脂屏蔽转运装置转运至废液处理站及固体废物库，反应堆厂房和同位素生产线等厂房产生的放射性废液通过放射性废液屏蔽转运槽车转运至废液处理站及固体废物库，其他固体废物通过专用转运小车转运至废液处理站及固体废物库。

放射性各类废物转运至废液处理站及固体废物库后，通过对应的处理和整备工艺，最终以 200L 钢桶的包装形式送往固体废物库进行中间贮存。

4.12.3.2 放射性物质的厂内贮存和运输

固体废物库内废物按照表面剂量水平分区储存，其中：①贮存蒸残液(废液)固化桶和废树脂桶区域的面积约 180m²，贮存区域内设置钢桶支架以保证废物桶堆叠安全，废物桶可竖直堆叠 4 层，可贮存 416 个废物桶，此外贮存区域上方设置有混凝土屏蔽楼板和混凝土屏蔽塞；②贮存其他废物桶的面积约 60m²，贮存区域内设置支撑钢架以保证废物桶堆叠安全，废物桶可竖直堆叠 5 层，可贮存 200 个废物桶。固体废物库具有中间贮存本研发中心 5 年内产生的废物桶的能力且留有一定裕量。

固体废物库内废物经过 5 年中间贮存后，由转运卡车运至国家处置场进行集中处置。其中，装有废树脂的 200L 桶需装入混凝土 HIC 并灌浆、养护后再送往处置场。整个废物厂外转运过程遵照《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。

4.12.3.3 放射性废物的厂外运输

本研发中心统一采用 200L 钢桶作为中间贮存包装容器，其中，装有废树脂的 200L 桶中间贮存后装入混凝土 HIC 并灌浆、养护后再送往处置场。废物包自固体废物库送出厂外进行运输时，对于表面剂量率小于等于 2mSv/h 的废物包，可直接通过转运车辆运输，对于表面剂量率大于 2mSv/h 的废物包，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接收的辐照控制在合理可行尽量低的水平。

放射性废物运输的起点为本项目固体废物库，运输终点为国家低、中放固体废物处置场。

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。

放射性废物的处置将遵守国家的处置政策。

4.12.4 同位素生产过程中放射性物质的转运

4.12.4.1 同位素生产用辐照后靶件的厂内操作

用于同位素生产的靶件在反应堆内辐照后通过屏蔽转运容器转运至同位素生产楼后，经过同位素生产线进行靶件溶解、分离和纯化，获得同位素原液产品或者同位素中间产品。

同位素生产过程中产生的放射性废液经过放射性降级处理和或暂存后，运送至废液处理站及固体废物库，同位素生产过程中产生的放射性固体废物在同位素生产楼暂存后运送至废液处理站及固体废物库。同位素生产过程中产生的铀过滤器暂存在同位素生产楼热室内。

4.12.4.2 同位素生产用辐照后靶件的厂内贮存和运输

同位素生产用的经辐照后的靶件组件在反应堆厂房内暂存和或拆解后，需从反应堆厂房经厂内运输至同位素生产楼，通过屏蔽转运容器用卡车运送至同位素生产楼。屏蔽转运容器与反应堆厂房、同位素生产楼内的热室接口匹配。

4.12.4.3 同位素产品的厂外运输

同位素产品经屏蔽容器和外包装包装至满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）中的有关要求，委托具有“放射性物品道路运输资质”的单位负责运输，运输单位应具有符合国家放射性同位素运输要求的运输工具，并配有5年以上驾龄的专职司机，并满足《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2019）中的相关要求。

4.13 退役考虑

4.13.1 退役策略

项目退役可选择立即拆除策略或延缓拆除策略。采用立即拆除策略可以最大限度地利用现有人力资源及技术知识储备实施去污、拆除和解体等作业。采用延缓拆除策略的优势是活化产物中许多短寿命核素衰变掉，退役废物量和退役费用都会大大降低。在具备放射性废物处理处置条件和退役资金充足的情况下，应采用立即拆除策略。

本项目厂址位于内陆，由于厂址特异性应考虑缩短退役周期，降低对周边环境造成影响的风险，故不宜采用延缓拆除的策略。在有合适的最终废物处置厂址或中间废物暂存设施来处理并处置低放和其他中高放废物以及退役资金充足的条件下，反应堆应实施立即拆除的退役策略。

4.13.2 退役原则

本项目退役将按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《核设施退役安全要求》(GB/T19597-2004)、《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)的要求实施，拆下的混凝土和金属部件的处理和处置工作遵循辐射防护最优化原则和废物最小化原则。

1) 遵循辐射防护的最优化原则，确保辐射安全

a、退役过程中，使用剂量仪表监测现场剂量水平，操作人员佩戴电子剂量计；

b、剂量率水平高的现场，使用临时屏蔽装置、人员穿戴铅衣等方式进行现场临时屏蔽；

c、对高剂量率的物项，尽量使用远程遥控机器人进行切割解体等操作。

2) 退役过程中贯彻废物最小化原则，尽量减少二次废物产生量

a、根据现场情况选择不同的切割机具，废物切割解体尽量使用冷切割作为主要手段；

b、选用可重复使用的手套、口罩、衣服等劳保用品；

c、尽可能将可以解控的废物分拣出来，以减少废物的数量。

3) 退役过程中采取有效措施，防止污染扩大或交叉污染

a、合理安排清理流程、人流、物流，尽可能避免退役过程中的交叉污染或污染的扩大，确保操作人员安全；

b、对厂房和废物表面进行吸尘，防止污染扩散；

c、严格控制气流，按要求设置移动排风净化装置，必要时搭建气帐，防止气溶胶扩散；

合理选择清理工器具，严格进行废物分类，避免交叉污染。

4.13.3 退役初步方案

本项目退役范围包括反应堆及配套设施、同位素生产设施(钼-99 生产热室, 碘-131 生产热室, 镭-177 生产热室、废物暂存热室、样品分发热室、备用热室、控制室和空调房等)、燃料辐照研究设施以及辅助设施(办公室、会议室、警卫室、自助餐厅等)。

首先需移除所有乏燃料进行贮存,可置于乏燃料厂房内,有条件时送往乏燃料后处理厂;同时将切割剩余的核燃料进行安全处置。进而对系统主回路进行去污,剩余放射性废液和部分去污废液尽量采用原有废液处理系统进行净化处理。

同步开展退役前的准备工作,包括:确定退役目标和策略,制定退役计划,筹集退役资金,申请退役许可,建立组织机构,培训人员,辅助设施改造(如需要,包括照明及动力系统、通风系统、给排水系统、临时卫生出入口)等,退役设备准备(包括去污和拆除工器具、临时通风设施、废物的包装、吊运等辅助设备以及操作人员防护用品等)。

退役实施首先进行源项调查,需要特别关注混凝土屏蔽层和金属基层的中子活化问题。因此在退役拆除前应重点对放射性同位素生产设施的设备、构筑物(如热室生产设备和混凝土屏蔽层、隔离防护系统)进行源项调查,包括污染核素、污染分布、废物积存情况、废物类型、废物数量和放射性水平等。

退役拆除前首先应对设备管道、混凝土以及现场施工工具等进行检测,若存在表面污染,则需采取适宜的措施清除或减少表面污染。去污顺序按照先污染设备、管道和物项,后建筑物;先高污染区,后低污染区;先屋顶、墙壁,后地面的顺序进行去污。

去污后按照反应堆及相关系统、生产和实验设施、辅助设施、厂房建筑物的顺序实施拆除。应根据污染程度分类拆除,对于拆除产生的固体废物进行分类收集、包装和运输,可通过清洁解控减少固体废物产生量。

主要的大型设备——反应堆堆内构件,如重水箱等,放射性水平依旧较高,宜尽量采用水下切割的方式进行拆除和解体。水下切割采取往复锯、圆盘锯、金刚石线锯、液压剪等冷切割技术,并可采用机器人或动力机械手搭载切割工具进行远程操作。切除放射性较高的部分后,移除进行进一步切割可在热室中进行。反应堆水池池壳、中间水池池壳、池顶盖等不便于水下切割的,应根据实际厂房

操作空间情况选择空气中进行拆除，为减少气溶胶和二次废物产生，也应采用冷切割技术。

待退役拆除和废物物清理工作全部结束，清理出来的废物运离厂址，对厂房建（构）筑物去污后，对残留放射性进行终态放射性特性调查，以判断退役结果是否符合管理目标值要求。终态特性调查的内容包括：a、表面污染水平测量；b、取样和分析，要求分析出样品的放射性污染水平和核素。

4.13.4 辐射安全与监测

1) 辐射安全要求

凡属于放射性的作业应采取以下的辐射安全措施：

（1）在放射性工作场所或放射性污染的场所中进行作业时，首先应根据有关的辐射安全标准与管理限值，制定相应的安全操作规程及实施计划，避免一切不必要的照射，使工作人员所受剂量当量控制在管理限值以下，并做到合理可行尽量低，并注意保护环境；

（2）实施前应对现场的辐射水平及污染水平进行普查；

（3）工作人员进行作业时应穿戴必要的防护用品和个人剂量计，工作完毕进行淋浴、剂量检查；

（4）产生的放射性废物应收集装桶或装箱，并分区贮存；

（5）工作实施前应制定应急措施，以应急处理万一发生严重事故时可能导致的人员损伤或环境污染。

2) 辐射监测

（1）工作场所监测

工作场所监测的主要内容包括： γ 辐射水平、 β 表面污染水平以及空气污染等的监测。

γ 辐射水平监测采用便携式 γ 辐射监测仪进行测量。

工作场所的 β 表面污染水平采用擦拭取样测量法，擦拭样品在便携式 α 、 β 污染仪上测量。

工作场所的空气污染水平测量采用便携式空气取样仪在现场取样，气溶胶样品在实验室用低本底 α 、 β 测量仪测量放射性活度浓度，当放射性活度浓度较高时，在实验室用 HPGe γ 谱仪进行核素分析测量。

（2）个人剂量监测

个人剂量监测包括外照射测量和内照射测量。

外照射测量采用热释光个人剂量计和直读式个人剂量计相结合的方法。在进行低放金属废物和分割块切割分拣时，工作人员应同时佩带两种剂量计。热释光剂量计作为累积剂量以计算个人外照射剂量，热释光个人剂量计在实验室用 RGD-3 热释光读出器进行测量，测量频度根据实际需要进行测量。直读式个人剂量计作为工作现场的剂量控制，防止工作人员的意外受照。直读式个人电子剂量计采用硅半导体探测器，可对 X、 γ 辐射引起的个人剂量当量和个人剂量当量率进行测量，并可预置报警阈值，有声光报警功能。

内照射测量在实验室利用原有内照射测量系统进行测量，测量频度根据实际需要制定。

（3）工作人员衣物和体表污染监测

工作人员衣物和体表污染监测采用便携式 α 、 β 污染仪进行测量，当工作人员结束当天的工作任务，离开工作场所时，必须进行全身污染测量。当污染水平超过 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的限值时，需进行沐浴、去污，直至达到要求。

4.13.5 便于退役设计

研究反应堆在达到设计寿期后，将进入退出运行过程的退役阶段。有关退役问题在核安全法规 HAF201、HAF202 和 HAD202/04 中都有规定。根据上述两个文件的要求，在设计阶段有关退役问题应考虑以下四个方面：

1) 维持退役期间的反应堆安全

反应堆在达到运行寿期终端的一段时间内，由于反应堆是刚从运行阶段进入退役阶段，在燃料元件全部卸出之前与运行状态没有区别。运行时能够做到保证停堆并能维持停堆状态的能力，保持一次水的水质和燃料元件包壳的完整性，保持冷却剂边界的完整性和长期余热的去除能力的系统和设备都还存在，因此是能够保证反应堆在退役一段时间内的安全。

2) 便于拆除、减少放射性废物的产生和辐射剂量

在退役过程中，便于拆除、减少放射性废物的产生和辐射剂量是有内在的联系三个方面，而便于拆除是主导方面。由于活化产生的具有强放射性的结构非

常集中，而由于污染构成的放射性水平较低那些设备，清洗后人可以接近，这两类结构都应认为是便于拆除的，前者如堆芯和重水反射层结构部分，后者是除堆芯和反射层结构之外的部分如池壳和一回路系统的管路及设备。本项目设计方案中，反应堆水池池壁距堆芯边界距离为 1.75m，中间有 0.75m 重水和 1m 轻水，池壁处中子通量极低，故其可能允许人员接近。另外辐射量最大的放射性物质是一次水，由于该设备方案有中放废水处理车间，这个量最大的放射性物质将经处理后排放，而将残渣固化。这就使放射性物质的产量大幅度减少。

3) 有效降低控制与监督需求

本项目所在厂址是独立的，反应堆厂房也是独立的，这就可能使退役期间的监督工作量最小，为安全运行设置的各种辐射检测系统，在退役期间一段时间内可能成为对放射性物质泄漏源进行有效的控制和监督手段。另外，除一次水外，还具有放射性的流体是重水，而重水非常集中，故使控制与监督更为有效。

4) 确保资料齐全

退役需要三部分资料，设计资料、竣工资料、和运行期间检测和改进等方面的资料，完整的质保体系可保证资料的完整和有效。

上述分析表明，本项目在设计阶段基本上能满足退役过程对于设计所提出的要求。但这只是初步的，在今后的初步设计和施工设计中，应对退役的问题给予重视。

第五章 施工建设过程对环境的影响

5.1 土地利用

本项目建设期间的施工活动主要包括场地平整和工程开挖、道路施工、构筑物建设、设备安装和调试等，这些活动对环境的潜在影响因素主要包括振动、噪声、扬尘、废水、建筑垃圾等方面。

5.1.1 工程概况

本项目规划建设以多功能研究堆平台及放射性同位素分离纯化工艺线、燃料材料辐照后检验热室等配套设施为核心的先进核技术研发中心，包括研究堆厂房、燃料/材料辐照后检验热室、同位素生产楼及其它配套建筑物与构筑物。

5.1.1.1 用地概况

本项目规划建设1台20MWt多功能研究堆、燃料/材料辐照后检验热室、同位素生产楼及其它配套建筑物与构筑物。本项目总用地面积约22.5414ha（不包括应急道路用地、厂外管线用地、气象站用地及施工临建租地等），考虑采用一次全部征用的方案。拟征地面积主要包括厂区建设主厂房区域及生产设施区域用地面积约12.4144ha；行政办公与安全保障等设施用地面积约1.8957ha；厂外道路用地面积约1.0436ha；边坡及截洪设施等用地面积约7.1877ha。

本项目研究堆及相关设施占用土地类型主要是林业用地，征地范围内不占用基本农田和生态红线，涉及厂址东侧3户人家和一个废弃砖厂需拆迁。用地范围示意图见图5.1-1。

5.1.1.2 土石方平衡

综合考虑地质条件、防洪安全和土石方平衡等因素，厂区竖向设计拟采用平坡式布置，厂坪设计标高初步确定为60m（东侧厂前区的标高暂定为47m），道路中心线标高比室外地面设计标高略低。据此计算，厂区挖方工程量（几何体积）约为156万m³，填方工程量约为63万m³，松散系数暂取1.1，土石方余方约109万m³，地方政府可协调消纳。

5.1.1.3 施工场地规划

建设期生产临建区场地考虑在厂区以外临时租用，用地面积约11.4公顷，主要包括业主/监理/总包办公区、土建施工单位生产临建、安装施工单位生产临建和混凝土搅拌站。其中，业主/监理/总包办公区、土建施工单位生产临建和安装施工单位生产临建布置于主厂区西北侧，用地面积约8.1公顷；混凝土搅拌站暂

定为自建，布置于主厂区东北侧，用地面积约3.3公顷。厂区平面规划详见4.1节，厂址总平面图见图5.1-1。

5.1.2 施工活动对环境的影响

本节将对本工程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的影响

本项目的建设将永久占用土地。本项目以厂址边界作为非居住区和规划限制区边界，厂址周围只有几户居民需搬迁，搬迁人数较少。因此建设占地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。

本项目厂址半径 5km 范围内无省级以上的名胜古迹，现存的 5 处名胜古迹，均处于彭泽县域内，其中 3 处保护级别为县级，分别为仙真岩寺遗址、傅家桥、熄字亭，其余 2 处保护级别为一般，分别为乌龙山古战场遗址和武山桥。厂址半径 5km 范围内主要旅游风景区有龙宫洞旅游风景区（国家 4A 级）、玲珑花谷乡村旅游点（江西省 4A 级）、马迹岭生态农庄乡村旅游点（江西省 3A 级）。上述名胜古迹距离厂址 1km 外。

项目施工不会对厂址周围区域的省级以上历史古迹和旅游风景区产生影响。

5.1.2.2 大气环境的影响

施工期间的主要大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气，其中，扬尘和粉尘对大气环境质量影响较为明显。施工产生的地面扬尘和粉尘主要来自于施工机械和运输车辆的行驶、土石方开挖和填筑、物料堆放和运输以及施工建筑材料的搅拌等环节，TSP 产生量与施工方式、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。其扬尘量的大小与施工现场条件、管理水平、机械化程度及施工季节、土质及天气等诸多因素有关，是一个复杂、较难定量的问题。

类比西北某研究堆项目的监测结果，监测期内 SO₂、NO₂、PM_{2.5}、CO、O₃ 浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012，2018 修改单）中规定的二级标准要求。

在施工运输过程中会产生一定量汽车尾气，主要成分为 CO、NO_x 和碳氢化

合物。汽车尾气的废气量较小，且施工现场均在野外，具有间歇性、短期性和流动性的特点，该类污染源对大气环境的影响较轻。在施工活动中采取覆盖、定期洒水等减少扬尘的措施，施工粉尘及扬尘的影响将局限于施工场地周围，对大气环境影响范围有限。施工过后，当地的大气环境质量将很快得以恢复。

本工程扬尘影响与工程进度和强度相关，为避免出现厂界 TSP 无组织排放超标，应采取隔板、浇洒（除冬季外）等防尘措施。参考《上饶宁能生物质发电有限公司铅山生物质发电项目环境影响报告书》施工期扬尘分析，施工时应设置不低于 2 米的遮挡围墙或遮板，并严禁在挡墙外堆放施工材料，建筑垃圾和渣土，同时在施工期增加防尘网。通过表面适时洒水或加防护围栏等方式可使扬尘减少 70%。

5.1.2.3 水环境的影响

项目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太平河，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。本项目所在区域的累年平均降雨量 1434.3mm，在做好水土保持和环境保护的前提下，预计雨水径流不会对周围环境产生影响。

2) 生产废水和生活污水

本工程施工期间，所产生的污水主要是施工人员产生生活污水和施工过程产生混凝土浇筑养护水以及运输车辆滴漏的油类，SS 浓度较高。

（1）生活污水：本工程施工期间生活污水排放执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）的要求。本项目将在施工期设置小型模块化生活污水处理设施，用于处理施工建设期间产生的生活污水。生活污水经小型模块化生活污水处理设施处理达标后，将尽可能用于厂界四周、进厂道路沿线区域浇洒抑制扬尘、绿化浇洒等用途，无法全部回用时通过当地环卫部门采用车载方式运送至当地生活污水集中处理设施处置，小型模块化生活污水处理设施清掏后产生的粪便、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生活污水集中处理设施集中处理；在小型模块化生活污水处理设施建成前，建设单位将

采用移动厕所等临时设施，对产生的生活污水单独收集后，定期由环卫部门安排运输车辆抽水外运至当地生活污水集中处理设施处理。本项目永久生活污水处理设施建成后，施工期生活污水将集中处置并回用。

（2）生产废水：生产废水经建成后的生产废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）标准后，进行生产废水循环使用，基本消耗，不进行排放，油污定期清理外运。

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等）后，上述影响能降到最低程度。随着施工的结束，水环境质量将得到恢复。

5.1.2.4 噪声影响

1) 施工期施工机械噪声影响分析

本工程建设期间的主要噪声污染源为不同施工阶段所使用的各类施工机械设备运行噪声和运输车辆的交通噪声。基础施工阶段主要施工机械是各种打桩机、空压机等，基本上都是固定噪声源，其中主要噪声源为打桩机，其声级为95-105dB(A)；结构施工阶段主要施工机械是混凝土搅拌机和振捣棒，其声级为75-88dB(A)，管线工程施工的主要噪声源为施工开挖机械等，其声级为70-75dB(A)。实际施工过程中，往往是多台机械设备同时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加，叠加后的噪声增值约3-8dB(A)，一般不超过10dB(A)。

由于天红村曹家组距离厂址较近，所以在严格控制夜间施工不使用高噪声设备的前提下，为确保本工程昼间施工期产生的噪声不会对周围环境敏感点造成影响，应在厂址边界建立隔声屏障以确保施工场界声环境满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求。

2) 施工期交通噪声影响分析

运送材料的汽车等运行噪声为随机移动声源，施工期大型运输设备正常行驶时噪声最大可达80dB(A)，鸣笛时可达85dB(A)。由于是间断运输，对交通噪声贡献量较小，但为减少道路附近居民点受到噪声影响，本工程施工期车辆运输将合理选择运输时段避开道路高峰时段以及夜间（22:00~6:00）运输，途径居民点等敏感区域时限速行驶，无特殊或紧急情况时禁止鸣笛。

类比西北某研究堆项目，建筑施工噪声监测按照《建筑施工场界环境噪声排

放标准》(GB12523-2011)的相关要求进行,监测结果显示,东厂界和北厂界昼间噪声范围为 47.7~50.2dB(A),夜间噪声范围为 37.8~38.3dB(A),满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)规定的限值要求。

土石方工程施工期间的开挖爆破、各类施工机具作业、车辆的运输等所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生较大的影响。但由于爆破施工是阶段性的,集中在施工初期,其影响时间短,属于暂时性影响,且影响范围有限。施工期噪声影响将在电厂施工完成后不复存在。

5.1.2.5 固体废物影响

本项目施工阶段产生的工业固废主要为建筑类固体废物,主要分为废渣、废钢材、废木材、废塑料、废纸等 6 类,各类固体废物产生量均较小。

1) 废渣: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。

2) 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。

3) 建筑垃圾:施工现场设有建筑垃圾集中堆放场,由施工单位自行运至建筑垃圾集中堆放场堆放。建筑垃圾集中堆放场内的建筑垃圾将集中运往当地垃圾处理场处理。

施工单位在其施工临建区内设立危险废物集中存放区域,废油、废油漆等危险废物集中堆放在该区域,由供货商定期回收并进行后续的处理。

本项目施工期间,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,最终运往垃圾处理场进行无害化处置。

5.1.2.6 生态环境影响

本项目周边 5km 范围内涉及较多的生态保护红线,主要分布在厂址西南部,厂址目前的总平面规划不占用生态保护红线。

本工程施工期间将在建设规划区内占用土地,其表土和植被需要剥离,这将影响当地植物资源量和动物的生存环境。根据现场踏勘结果及陆生生态调查,调查区内维管束植物种类多样性一般,栽培植物众多,如银杏、水杉、女贞、樟树、意大利 214 杨、垂柳、桂花、石楠、棉花、水稻、玉米、高粱、山芋等。古树名木不多及珍稀植物较少,距厂址 0.45km 处有野大豆保护植物(国家 II 级),如

有需要，可对其进行移栽。厂址区未记录到国家重点保护动物，针对厂址周边的鸟类，可在施工期内采取相应的动物保护措施：

a 调整工程施工时段和方式，减少对动物的影响。野生鸟类和哺乳动物大多在晨、昏（早晨、黄昏）或夜间外出觅食，正午是鸟类休息时间，为了减少工程施工噪声对野生动物的惊扰，应做好施工方式、时间的计划，并力求避免在晨昏和正午使用大型施工器械施工等。

b 优先使用低噪声、振动小的施工机械，必要时采取措施降低施工机械噪声，如加防振垫、隔声罩、多孔性吸声材料建立隔声屏障等。

c 施工时严格按照“施工红线”取土或弃渣，施工活动要保证在征地范围内进行。施工过程中的生活污水、生产废水统一收集处理。

d 施工过程中如发现国家重点保护野生动物在施工区出现时，应及时采取避光、防噪措施，甚至停止施工。

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，风景旅游区、名胜古迹等与厂址最近距离大于 1km，基本不受施工期大气扬尘影响。厂区西南边界距离生态红线较近，厂区北侧距曹家组较近，需关注施工期大气扬尘对生态环境敏感区域和居民点的影响。

2) 水环境影响：生产废水经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）的要求，进行生产废水循环使用，基本消耗，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）的要求，全部回用。本项目严禁污水向旅游风景区、饮用水水源保护区等区域直排，因此不会对厂址周围水环境产生影响。

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，厂址周围除居民点外的主要环境敏感点与厂址最近距离大于 1km，基本不受施工期噪声影响。距厂址位置小于 1km 的声环境敏感点为居民点，应在厂址边界采用隔声、吸声等措施，降低施工噪声对居民点的影响，以确保施工场界声环境满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求。

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，建成后的研发中心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

本项目建设期间的地表开挖和填筑产生裸露面，由于裸露面表层结构疏松，

植物覆盖度较低，使本项目所在区域内土壤抗侵蚀能力下降，产生水土流失；同时，土石方的搬运和堆置加剧本项目工程区及其附近施工区域的局部水土流失。本项目施工结束后，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。因此，本项目水土流失的重点时段为工程施工期。

1) 水土流失的影响

本项目水土流失可能造成的影响主要表现在对区域生态环境、厂址安全及本项目建设安全营运等三个方面：

本项目建设将大范围地扰动地表，地表土层和植被将完全剥离，大大降低了本项目占地范围内的土壤抗蚀能力；厂内道路等工程建设产生的开挖和土壤、泥土的堆弃将占压耕地和植被，并将对周边环境造成不利影响，遇大风和大雨易产生严重的水土流失，直接影响项目建设范围及周边群众的生产和生活。

本项目基础开挖和回填影响当地土层的稳定性，破坏了原有地面物的蓄水保土功能，如不采取水土保持措施，将造成新增水力侵蚀和重力侵蚀，从而对本项目施工安全造成影响，进而对本项目安全造成隐患。

考虑开挖边坡的坡度、施工工艺等因素，对换填泥土、基础处理等进行分析，并采取相应的措施，减少因本项目挖填方、临时堆土堆渣、施工扬尘、污染水质等对项目安全运行的不利影响。

2) 防治责任范围及防治分区

按照《生产建设项目水土保持技术标准》（GB50433-2018）的规定，将本项目水土流失防治责任范围划分为项目建设区和直接影响区。

本项目主要水土流失区域为厂区和施工生产区，上述区域划分为厂区防治分区和施工生产区防治分区，上述区域周围无影响区。

3) 水土保持效益分析

本项目水土保持方案实施后，形成综合防护体系，将有效地控制因本项目建设造成的新增水土流失，保护本项目区及周边的生态环境，恢复和重建因本项目建设而破坏的植被和水土保持设施，改善本项目建设区及周边地区的生产和生活环境，促进区域的经济发展。

（1）生态效益：本项目采取相应的水土流失治理措施后，应达到扰动土地治理率 95%以上、水土流失治理度 87%以上、土壤流失控制比 1.0、拦渣率 98%

以上、植被恢复系数 97%以上、厂区林草覆盖率 22%以上的目标。

（2）社会效益：本项目实施水土保持方案后，对确保本项目安全生产、提高当地土地利用率、改善生态环境起到积极重要的作用。另外为厂区绿化创造了良好的环境，有利于本项目职工和周边群众的身心健康，提高劳动生产率。

（3）经济效益：本项目建设采取了有效的水土保持措施，并有可靠的资金作保障，可减少本项目建设区域内的水土流失。除此之外，本项目水土保持方案的实施还具有潜在的间接经济效益。

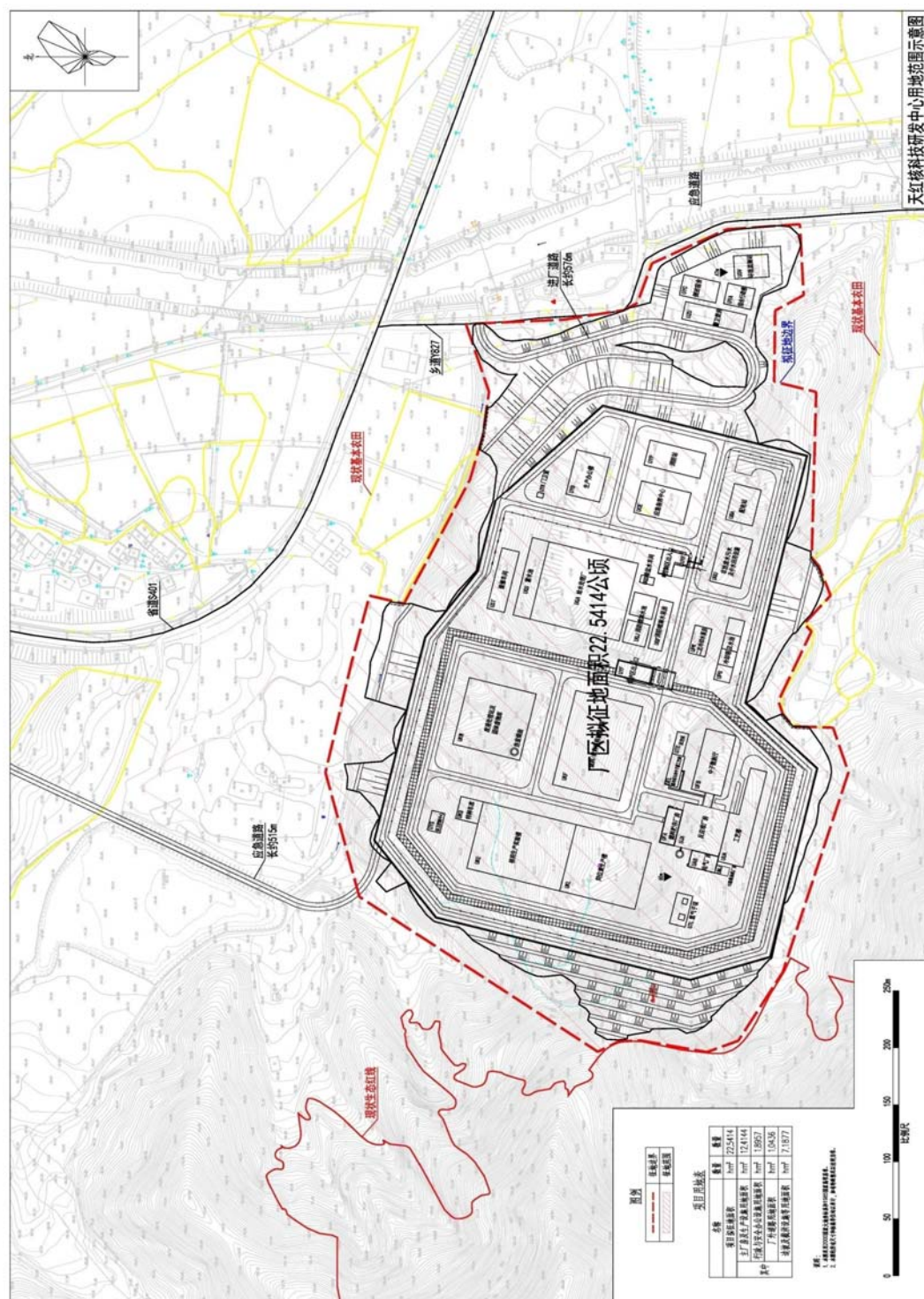


图 5.1-1 用地范围示意图

5.2 水的利用

5.2.1 水资源利用

本项目淡水主要用于二次循环冷却水的补充水、生活饮用水、工业用水、消防水的补充水等。运行期最大日用水量约为 $2100\text{m}^3/\text{d}$ ，年用水总量约为 52.4 万 m^3/a ，设计取水保证率为 97%，并按照 99%校核循环冷却水的补水量。现阶段推荐以彭泽银龙水务有限公司为运行期供水水源。

5.2.2 建造施工期取排水工程对环境的影响

本工程施工期间人员生活用水、生产用水、消防用水考虑采用市政供水管网，市政水经厂区水处理厂升压提升后供至各个用水用户。施工期淡水设计供水保证率为 90%，取水规模按 $800\text{m}^3/\text{d}$ 考虑。

施工期生产废水主要来源是混凝土浇筑养护水等。施工期的生产废水部分回用，其余基本消耗，不进行排放。在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。研发中心施工期将设置污水厂，用于处理施工建设期间产生的生活污水。

5.2.2.1 场地平整期间的污水处理

场地平整阶段所产生的污水主要是施工人员产生的生活污水和施工机械冲洗后的含油废水。

生产废水经生产废水处理设施收集并处理（例如，使用临时施工废水沉淀池进行隔油、沉淀等处理，或使用油水分离设施和循环水设备处理），达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）的要求，中水回用（例如，混凝土骨料冲洗废水经澄清水池沉淀后，二次回用于混凝土骨料冲洗等），在生产废水处理设施建成前，建设单位将对产生的含油废水单独收集，定期安排运输车辆抽水外运处理。

生活污水经小型模块化生活污水处理设施收集处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）的要求后进行中水回用（例如施工场地降尘、绿化、道路浇洒及车辆清洗等），遇到无法回用的情况时通过当地环卫部门采用车载方式运送至当地生活污水集中处理设施处置，小型模块化生活污水处理设施清掏后产生的粪便、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生活污水集中处理设施集中处理；在小型模块化生活污水处理设施建成前，建设单位将采用移动厕所等临时设施，对产生的生活污水单独收集后，定期由环

卫部门安排运输车辆抽水外运至当地生活污水集中处理设施处理。

5.2.2.2 主体施工期间的污水处理

主体施工期间的废水主要来自场地冲洗、设备洗涤产生的生产废水和施工人员产生的生活污水。

生产废水经建成后的生产废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)的要求，进行生产废水循环使用，油污定期清理外运。

生活污水经建成后的永久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)的要求后进行中水回用，不外排。

5.3 施工影响控制

本项目在施工期间对环境的影响主要是不同施工项目对声环境、大气环境和声环境等方面的影响。为最大限度降低该过程对环境的不利影响，建议建设单位采取相应的有效缓解措施。

5.3.1 大气污染的控制

本项目建设期间对大气污染防治主要是减少扬尘和尾气的释放，相应的防治措施包括：

- 施工过程中采取洒水抑尘、硬化路面、控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，改善施工区域的大气环境。
- 现场混凝土施工道路每天安排工人清扫，现场安排 2 台洒水车洒水，每天洒水不少于 2 次；未硬化的施工便道根据实际情况确定洒水次数，雨季洒水频次低，旱季洒水频次高，但每天不少于 2 次，效果要求无扬尘。对于运输车辆较集中的未硬化道路，安排相关的承包商负责洒水，每天洒水频次不少于 4 次。通过以上措施，可使扬尘减少 70%~80%左右。
- 施工过程中通过控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，改善施工区域的大气环境。
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等。
- 加强对施工人员的环保教育，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

5.3.2 水污染的控制

本项目建设期间对水污染的防治主要是施工生产废水、施工生活污水和雨水径流的防治措施。

- 施工生产废水、施工生活污水及雨水径流的排放遵循清污分流、雨污分流的原则。
- 生产废水经建成后的生产废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)的要求，进行生产废水循环使用，基本消耗，不进行排放，油污定期清理外运。
- 施工期设置小型模块化生活污水处理设施，用于处理施工建设期间产生的生活污水。该设施建成前，建设单位将采用移动厕所等临时设施，生活污水经小型模块化生活污水处理设施处理达标后，将尽可能回用，无法全部回用时通过当地环卫部门采用车载方式运送至当地生活污水集中处理设施处置。
- 本项目永久生活污水处理设施建成后，施工期生活污水将集中处置并回用，不外排。
- 各种施工废油、废液集中储积，集中处理，严禁乱流乱淌，污染水源，破坏环境。
- 现场厕所及化粪池采用封闭式设计，并定期冲洗。
- 废弃垃圾中不得含有有毒有害物质，避免雨水冲洗后对施工场地及周边区域造成污染。
- 施工期间，施工物料如水泥、油料、化学品等堆放应严格管理，防止物料随降雨形成的雨水径流在施工场地及周边区域扩散而造成污染。
- 各类施工机械、设备应防止严重漏油，禁止机械在运转中和维修时产生的含油污水未经处理直接排放，应对含油污水进行隔油处理后再行排放。
- 下雨期间施工应保持道路畅通、无积水。雨量大时，没做护坡处理的边坡部分应用彩条布覆盖，防止边坡坍塌及雨水冲刷造成的水土流失。
- 施工场地范围内做好集水、排水工作，不阻塞地面径流自然通道，防止壅水和场地冲刷。
- 加强对污水处理设施的维护管理，禁止生活污水乱排；生产废水处理回用；

- 施工尽量避开雨季，做好施工期项目管理工作，合理安排施工工序。

5.3.3 生态污染的控制

本项目建设期间的场地开挖、车辆运输等会对陆生生态造成一定的不利影响，建设过程中将通过恢复当地植物、增设水土保持设施等措施减少对陆生生态的影响。

- 应制定详尽的恢复当地植物实施计划，说明栽种位置，种植范围和植物种类等。在恢复当地植物过程中，应尽量保护用地范围外的现有当地植物不受破坏，否则必须在拆除临时工程时等量予以恢复。施工中修建的临时设施，必须在本项目交验后规定时间内予以拆除，尽可能恢复原有地形地貌。
- 加强针对施工人员的日常管理工作，禁止施工人员采集野生植物，追逐和捕捉野生动物、进行狩猎活动等。施工人员在施工中如遇到鸟类的幼鸟、鸟卵、幼兽，尤其是濒危物种，应妥善保护并及时送交有关部门，不得擅自处理。
- 在本项目开展施工作业前组织全体施工人员认真学习环境保护、水土保持等有关法律、法规，增强施工人员的环保观念，提高文明施工意识。

5.3.4 噪声污染的控制

本项目建设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。
- 对建设期间产生噪声大的设备要进行适当降噪措施，如对大功率机泵加隔声罩，进行隔声处理；对打桩机、混凝土搅拌机和振捣棒等进行基础减振、吸声等综合治理。
- 尽量使用低噪声施工设备，对动力机械设备进行定期的维修、养护，维持设备处于良好的运转状态。运输车辆进入现场减速，并减少鸣笛。
- 合理安排施工进度，避免在施工期间同步使用高噪声设备；严格控制夜

间施工过程。

5.3.5 固体废弃物的控制

本项目建设期间将产生工业固体废物及施工人员生活垃圾,如果不合理处置将对环境造成破坏,对上述固体废弃物的控制措施主要包括:

- 对建设期间产生的弃渣进行分类,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。
- 设置临时贮存设施(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。

5.3.6 水土流失的控制

本项目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。

5.3.7 辐射污染的控制

本项目建设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检测探伤时的射线照射，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无损检测探伤操作管理制度。
- 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。
- 无损检测探伤作业时，放射工作人员必须配备个人剂量计、个人剂量报警器和环境辐射巡测仪。

5.3.8 施工期间的环境管理措施和监测计划

1) 环境管理措施

本项目建设期间需加强施工区的管理工作，制定详细的施工计划、监测计划及管理制度，在开工建设前组织全体施工人员认真学习环保相关的法律法规，增强施工人员的环保观念。

2) 环境监测计划

本项目开工建设后将开展施工期环境监测，监测计划见表 5.3-1，具体如下：

（1）大气环境

监测因子包括臭氧（O₃）、PM₁₀、PM_{2.5}、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、氮氧化物（NO_x）、一氧化碳（CO）、总悬浮颗粒物（TSP）。依据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）及《环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）》（HJ 664-2013）并考虑厂址施工活动以及所在地的气象条件确定在厂界四周、厂区内主要敏感点（倒班宿舍和生产办公楼）、进场道路、应急道路、厂区外主要敏感点（生态保护红线边界处和曹家组）布设大气环境监测点。监测点位布置情况见图 5.3-1。

本项目施工期环境空气质量监测频次为每季度一次，每次 7 天，各监测项目采样频率为日均值：PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、TSP、NO_x、CO 每天 20 小时连续采样，共监测 7 天；小时值：SO₂、NO₂、CO、O₃、NO_x 每天监测 4 个小时浓度值（具体时段为 2:00 时、8:00 时、14:00 时、20:00 时），采样时间不小于 45min，共监测 7 天。监测分析方法按《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）规定的分析方法执行。厂址区域所在的环境空气功能区为二类区，厂区外主要敏感点的监测结果评价执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的二级标准；其他点位的结果执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的无组织排放监控浓度限值标准。

（2）噪声

监测因子包括昼间等效声级 L_d，夜间等效声级 L_n，24 小时等效声级 L_{eq}，累积百分声级 L_N（L₁₀、L₅₀、L₉₀），最大 A 声级 L_{max}。噪声监测布点在充分考虑项目所在区域的环境条件，依据《环境影响评价技术导则-声环境》（HJ 2.4-2021）进行布点。监测点位布置情况见图 5.3-2。

建筑施工噪声监测按照《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的相关要求进行，每天监测 2 次，昼夜间各 1 次。厂区周围主要敏感点监测结果与《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类声环境功能区限值（昼间 60dB（A）；夜间 50dB（A））进行比较；厂区的施工噪声与《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）（昼间 70dB（A）；夜间 55dB（A））进行比较；厂区道路的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（昼间 70dB（A）；夜间 55dB（A））进行比较。声环境监测分析方法按照《声环境质量标准》（GB 3096-2008）和《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定的方法实施。

（3）地表水环境

在厂址附近的太平河流域开展地表水环境监测，根据《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）布设背景断面、消减断面、控制断面等监测断面，监测断面布置情况见图 5.3-3。监测项目包括水温、pH、溶解氧（DO）、高锰酸钾指数、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、总氮、氨氮、总磷、铜、锌、氟化物、硒、汞、镉、铬（6 价）、砷、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴

离子表面活性剂、硫化物和粪大肠菌群。

厂址区域地表水环境监测频次为 2 次/年（丰水期、枯水期各一次），采样和分析方法按《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）要求的方法进行，监测结果执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类标准。

（4）生活污水和生产废水

对于施工生活污水，监测项目包括 pH、色度、动植物油、化学需氧量（ COD_{Cr} ）、五日生化需氧量（ BOD_5 ）、悬浮物（SS）、石油类、总氮（TN）、氨氮（ NH_4^+-N ）、总磷（TP）、阴离子表面活性剂和粪大肠菌群数。在施工生活污水排放口处应设置监测点位，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、消防、建筑施工限值对比分析。

对于施工生产废水，监测因子包括 pH、色度、嗅、浊度、五日生化需氧量（ BOD_5 ）、氨氮、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯和大肠埃希氏菌。在施工生产废水排放口处设置监测点位，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、消防、建筑施工限值对比分析。

表 5.3-1 施工期环境监测计划

序号	监测内容	监测因子	监测频次	监测点位
1	施工废气、扬尘	臭氧 (O ₃)、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、二氧化硫 (SO ₂)、二氧化氮 (NO ₂)、氮氧化物 (NO _x)、一氧化碳 (CO)、总悬浮颗粒物 (TSP)	每季度一次, 每次 7 天, 根据现场施工活动及其对环境影响的程度做灵活安排。	厂界四周、倒班宿舍区、办公楼、进场道路、应急道路、曹家组、生态保护红线边界处
2	施工噪声	昼间等效声级 L _d , 夜间等效声级 L _n , 24 小时等效声级 L _{eq} , 累积百分声级 L _N (L ₁₀ 、L ₅₀ 、L ₉₀), 最大 A 声级 L _{max}	每天监测 2 次, 昼夜间各 1 次	厂界四周, 倒班宿舍区、办公楼、进场道路、应急道路、曹家组、生态保护红线边界处
3	施工生活污水	pH、色度、动植物油、化学需氧量 (COD _{cr})、五日生化需氧量 (BOD ₅)、悬浮物 (SS)、石油类、总氮 (TN)、氨氮 (NH ₄ ⁺ -N)、总磷 (TP)、阴离子表面活性剂和粪大肠菌群数	每月一次	施工生活污水处理设施出口处
4	施工生产废水	pH、色度、嗅、浊度、五日生化需氧量 (BOD ₅)、氨氮、阴离子表面活性剂、铁、锰、溶解性总固体、溶解氧、总氯和大肠埃希氏菌	每月一次	施工生产废水处理设施出口处
5	地表水水质	水温、pH、溶解氧 (DO)、高锰酸钾指数、化学需氧量 (COD)、五日生化需氧量 (BOD ₅)、总氮、氨氮、总磷、铜、锌、氟化物、硒、汞、镉、铬 (6 价)、砷、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物和粪大肠菌群	2 次/年 (丰水期、枯水期各一次)	厂界以东的太平河流域, 布设背景断面、消减断面、控制断面等

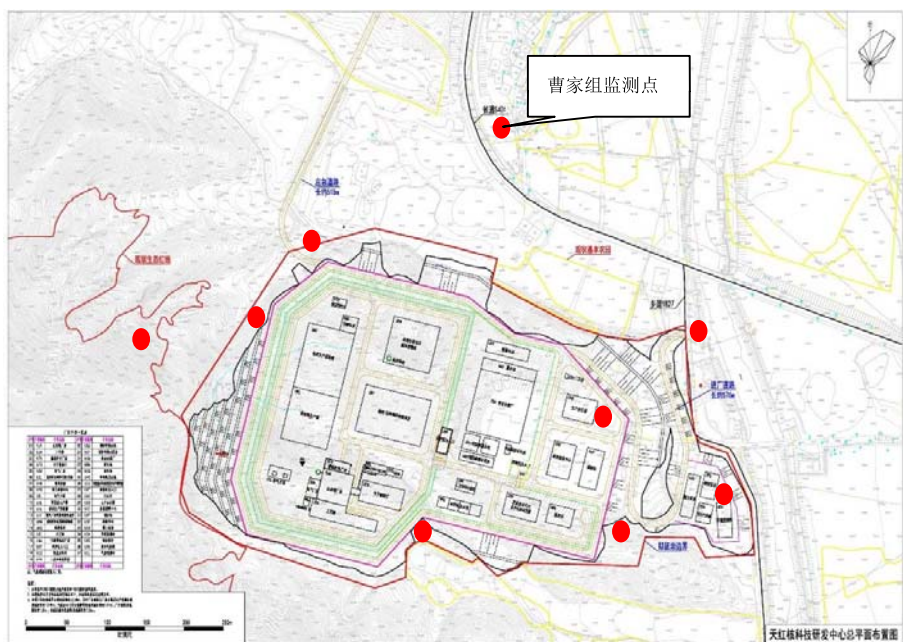


图 5.3-1 施工建造期大气环境监测点位图（厂区）

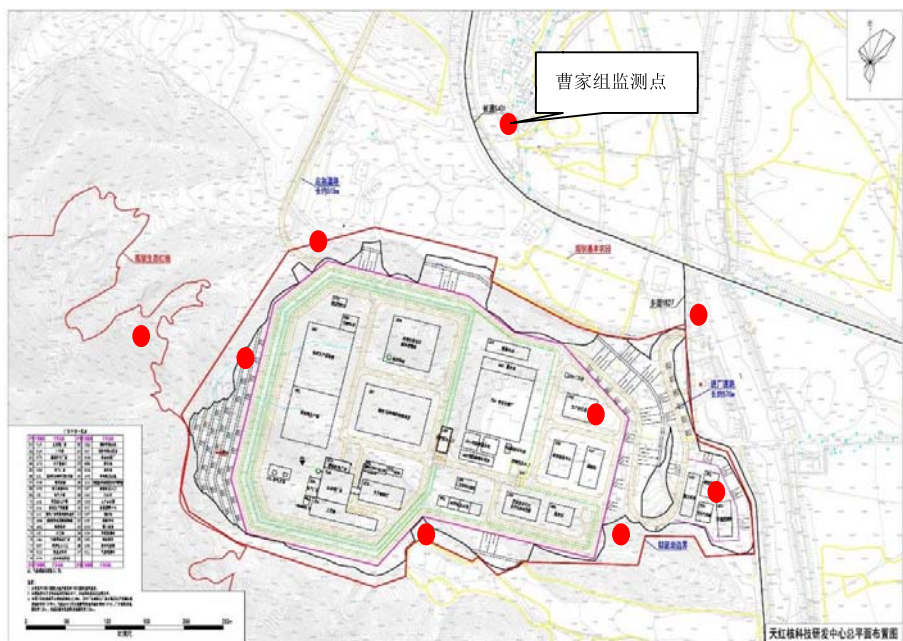


图 5.3-2 施工建造期噪声环境监测点位图（厂区）

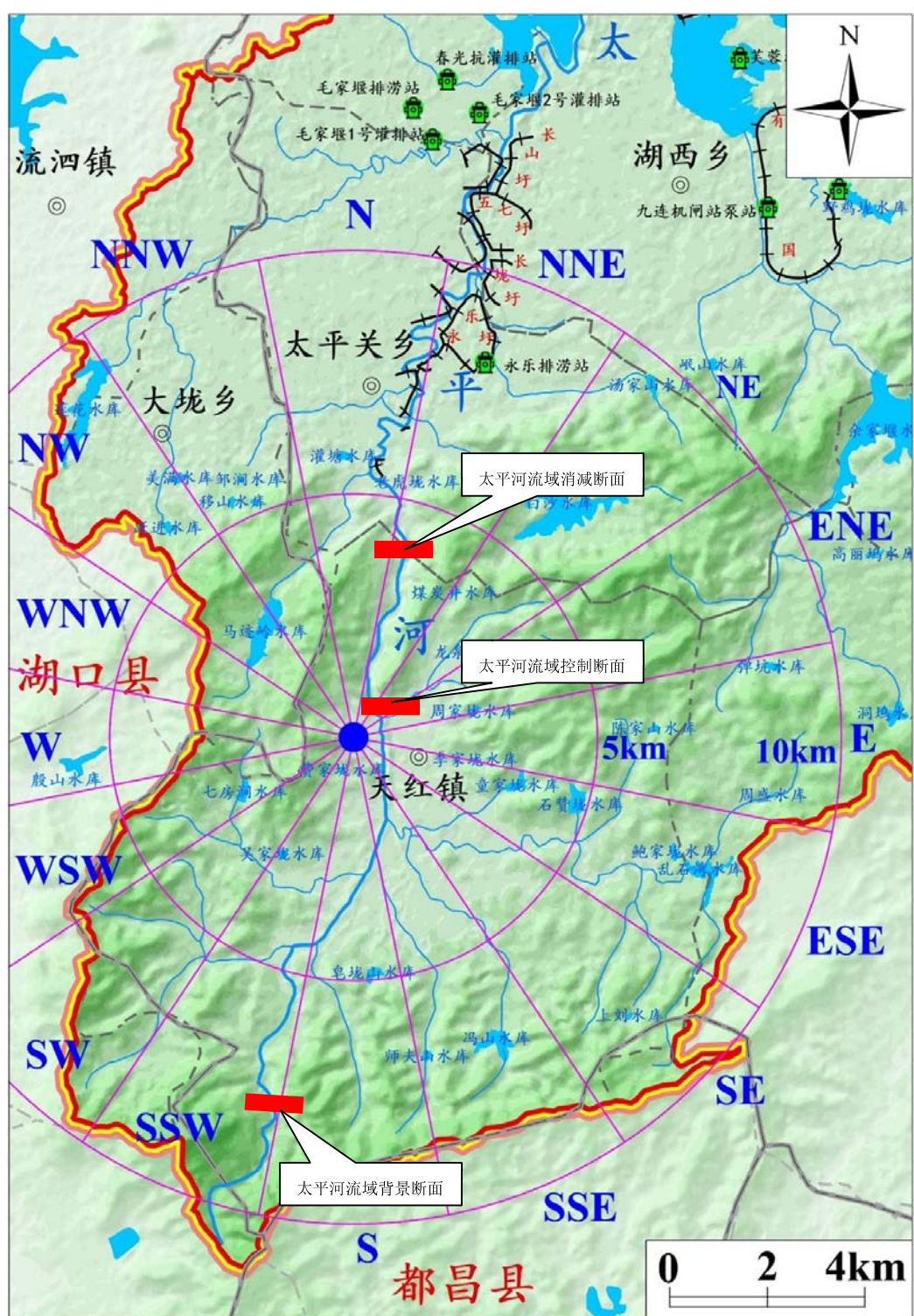


图 5.3-3 施工建造期地表水环境监测断面图

第六章 正常运行对环境的影响

6.1 散热系统对环境的影响

本项目反应堆功率为20MWt，需要通过散热系统进行冷却。由于本项目厂址位于内陆，因此采用二次循环冷却方式进行冷却。

由于本项目反应堆功率仅为20MWt，其热量排放远低于百万千瓦的核电厂或火电厂。因此，可以认为其环境影响较小。

散热系统冷却塔会产生一定的噪声，需要考虑噪声对厂界及周边环境敏感点（居民点）的影响。根据总平面布置图，由于冷却塔距离周边居民点较远，对周边居民点的影响可以忽略，但冷却塔距离厂界较近，厂界处的噪声可能无法满足《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)，需要开展减震降噪设计，确保厂界噪声满足标准要求。

6.2 气载途径的剂量估算

6.2.1 大气弥散估算

本项目放射性流出物通过气载途径对公众所致剂量的计算采用 MSDA 程序，程序的计算模式、主要输入参数和计算结果见下面的描述。

1) 气载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 (6.2-2) 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)/m²;

χ : 地面空气浓度, Bq/m³;

V_d : 沉积速度, m·s⁻¹, 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:

χ , $\dot{\chi}$: 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、高架排放的时间分配

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_f 决定。

按如下关系式确定烟羽高架排放和地面排放的份额:

$$\begin{aligned} E_f &= 1.0 \quad \text{当 } W_0 / u \leq 1.0 \\ E_f &= 2.58 - 1.58 (W_0 / u) \quad \text{当 } 1.0 < W_0 / u \leq 1.5 \\ E_f &= 0.3 - 0.06 (W_0 / u) \quad \text{当 } 1.5 < W_0 / u \leq 5.0 \end{aligned} \quad (6.2-15)$$

$$E_i = 0.0 \text{ 当 } W_0 / \bar{u} \geq 5.0$$

式中：

E_i ：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。

表 6.2-1~6.2-6 分别列出了厂址半径 50km 范围内各子区代表性放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{133}Xe 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 和 ^{137}Cs 混合释放情况下年均长期大气弥散因子值。厂址半径 50km 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 6.2-7~表 6.2-8。

6.2.2 食物链转移及内、外照射估算

本项目在正常运行时，按照图 6.2-1 所示照射途径计算气载流出物通过气载途径释放对人的受照剂量。

气载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

$$D_{Bi} = 3.15 \times 10^7 S_F \dot{Q} \left(\frac{\bar{x}}{\dot{Q}} \right)_i g_B \quad (6.2-16)$$

式中：

D_{Bi} ：对应风向的下风向扇形的全年全身剂量当量，Sv/a；

S_F ：建筑物屏蔽产生的剂量减弱因子，根据文献的推荐，对于个人，取 $S_F=0.7$ ，对于群体，取 $S_F=0.5$ ；

g_B ：烟云浸没照射因子，(Sv/s)/(Bq/m³)；

\dot{Q} ：释放源项，Bq/a；

$(\bar{x}/\dot{Q})_i$ ：大气弥散因子，s/m³。

(2) 地面沉积外照射剂量

$$D_{Bi}^G = 3.15 \times 10^7 S_F C_i^G g_B^G \quad (6.2-17)$$

$$D_{Si}^G = 3.15 \times 10^7 S_F C_i^G g_s^G \quad (6.2-18)$$

式中：

D_{Bi}^G ：沉积外照射的年全身剂量当量，Sv/a；

$D_{s_i}^G$: 年皮肤吸收剂量, Gy/a;

g_B^G : 污染地表面上的全身外照射剂量转换因子, (Sv/s)/(Bq/m²);

g_s^G : 污染地表面上的皮肤吸收剂量转换因子, (Gy/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:

$$C_j^G = \frac{3.15 \times 10^7 (\bar{W}_{D_i} + \bar{W}_{w_i})}{\lambda_e^s} (1 - e^{-\lambda_e^s t_b}) \quad (6.2-19)$$

式中:

\bar{W}_{D_i} , \bar{W}_{w_i} : 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 (近视取为核设施开始气载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

$$D_{A_i}^a = R_a \dot{Q} \left(\frac{\bar{x}}{\dot{Q}} \right)_i g_{A_a} \quad (6.2-20)$$

式中,

$D_{A_i}^a$: 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:

$$D_{D_i}^a = g_{D_a} \sum_P U_a^P f_P C_i^P \quad (6.2-21)$$

式中:

$D_{D_i}^a$: i 风向下风扇形内 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 l/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)

$$C_i^P = 3.15 \times 10^7 \dot{Q}(\bar{W}_{Di} + \bar{W}_{wi}) \left\{ \frac{RT_{iv}[1-\exp(-\lambda_c^v t_c)]}{Y_v \lambda_c^v} + \frac{B_v[1-\exp(-\lambda_e^s t_b)]}{P \lambda_c^s} \right\} \times \exp(-\lambda t_h) \quad (6.2-22)$$

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^v : 放射性核素由植物中清除的有效速率, 1/a, $\lambda_c^v = \lambda + \lambda_w$, 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_v : 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_h : 农作物由收获到消费的时间, a。

b) 植物中 ^3H 的浓度

$$C_i^T = 10^3 \dot{Q}_T(\bar{\chi}/\dot{Q})_i (0.75)(0.5/H) = 3.8 \times 10^2 \dot{Q}_T(\bar{\chi}/\dot{Q})_i \frac{1}{H} \quad (6.2-23)$$

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;

0.75: 水在植物中总质量中的份额。

c) 植物中 ^{14}C 的浓度

$$C_{14}^T = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot Q_{14} \cdot (\chi / Q)_i \cdot p \cdot 0.11 / 0.16 \quad (6.2-24)$$

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/m^3 ;

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/m^3 ;

$1/(3.5 \times 10^4)$: 单位转换系数。

d) 奶、肉和蛋中的核素浓度

$$C_i^m = F_m C_i^a Q_F \exp(-\lambda t_F) \quad (6.2-25)$$

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

$$C_i^f = F_f C_i^a Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (6.2-26)$$

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:

$$C_i^a = f_p f_s C_i^p + (1 - f_p) C_i^s + f_p (1 - f_s) C_i^s \quad (6.2-27)$$

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（6.2-27）也可以表示为

$$C_i^a = \hat{f}_p C_i^p + \hat{f}_s C_i^s \quad (6.2-28)$$

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：

$$D_{Di}^a = g_{Da} \sum_P U_a^P f_P C_i^P \quad (6.2-29)$$

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 l/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）气载流出物释放对公众群体的集体剂量

$$D = \sum_k D_{ek} \cdot P_k \quad (6.2-30)$$

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。

气载途径剂量计算采用的剂量转换因子见表 6.2-9。模式中部分参数取值见表 6.2-10。厂址半径 5km 范围内居民的食入量参见第 2 章。

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》的推荐值。

6.2.3 剂量估算

根据本项目正常运行工况下气载放射性核素设计排放源项、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、剂量转换因子等数据，计算了本项目正常运行工况下经气载途径所致公众最大个人有效剂量。

根据气载途径剂量计算结果，本项目由气载途径所致最大个人剂量出现的位置为 SSE 方位 0.90km 的大港村费家组自然居民点，婴儿、儿童、青少年、成人的最大个人剂量分别为 $1.75\text{E-}02\text{mSv/a}$ 、 $1.58\text{E-}01\text{mSv/a}$ 、 $1.63\text{E-}01\text{mSv/a}$ 和 $8.87\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。本项目各年龄组的剂量组成详见表 6.2-11~表 6.2-14。

厂址半径 50km 范围内集体有效剂量（仅气载途径）为 $3.89 \text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

表6.2-1 ^{85}Kr 的长期大气弥散因子

单位: s/m^3

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	3.77E-07	1.22E-07	7.34E-08	4.59E-08	2.45E-08	1.22E-08	7.34E-09	5.24E-09	4.08E-09
NNE	2.64E-07	8.47E-08	5.08E-08	3.18E-08	1.70E-08	8.47E-09	5.08E-09	3.63E-09	2.82E-09
NE	1.69E-07	5.26E-08	3.16E-08	1.97E-08	1.05E-08	5.26E-09	3.16E-09	2.26E-09	1.75E-09
ENE	1.05E-07	3.41E-08	2.05E-08	1.28E-08	6.82E-09	3.41E-09	2.05E-09	1.46E-09	1.14E-09
E	6.48E-08	2.08E-08	1.25E-08	7.78E-09	4.15E-09	2.08E-09	1.25E-09	8.89E-10	6.92E-10
ESE	2.60E-07	8.32E-08	4.99E-08	3.12E-08	1.67E-08	8.32E-09	4.99E-09	3.57E-09	2.77E-09
SE	6.20E-07	2.00E-07	1.20E-07	7.49E-08	4.00E-08	2.00E-08	1.20E-08	8.57E-09	6.66E-09
SSE	7.34E-07	2.35E-07	1.41E-07	8.81E-08	4.70E-08	2.35E-08	1.41E-08	1.01E-08	7.83E-09
S	1.27E-06	4.12E-07	2.47E-07	1.55E-07	8.24E-08	4.12E-08	2.47E-08	1.77E-08	1.37E-08
SSW	8.91E-07	2.88E-07	1.73E-07	1.08E-07	5.76E-08	2.88E-08	1.73E-08	1.23E-08	9.59E-09
SW	8.85E-07	2.86E-07	1.72E-07	1.07E-07	5.72E-08	2.86E-08	1.72E-08	1.23E-08	9.54E-09
WSW	4.40E-07	1.43E-07	8.56E-08	5.35E-08	2.85E-08	1.43E-08	8.56E-09	6.11E-09	4.76E-09
W	2.75E-07	9.02E-08	5.41E-08	3.38E-08	1.80E-08	9.02E-09	5.41E-09	3.87E-09	3.01E-09
WNW	2.13E-07	7.02E-08	4.21E-08	2.63E-08	1.40E-08	7.02E-09	4.21E-09	3.01E-09	2.34E-09
NW	3.36E-07	1.10E-07	6.57E-08	4.11E-08	2.19E-08	1.10E-08	6.57E-09	4.69E-09	3.65E-09
NNW	5.13E-07	1.65E-07	9.91E-08	6.20E-08	3.30E-08	1.65E-08	9.91E-09	7.08E-09	5.51E-09

表6.2-2 ^{133}Xe 的长期大气弥散因子

单位: s/m^3

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	3.77E-07	1.22E-07	7.32E-08	4.57E-08	2.43E-08	1.20E-08	7.14E-09	5.05E-09	3.88E-09
NNE	2.63E-07	8.46E-08	5.07E-08	3.17E-08	1.68E-08	8.35E-09	4.96E-09	3.51E-09	2.70E-09
NE	1.69E-07	5.25E-08	3.15E-08	1.96E-08	1.04E-08	5.17E-09	3.07E-09	2.17E-09	1.67E-09
ENE	1.05E-07	3.40E-08	2.04E-08	1.27E-08	6.73E-09	3.32E-09	1.96E-09	1.37E-09	1.05E-09
E	6.48E-08	2.07E-08	1.24E-08	7.74E-09	4.11E-09	2.03E-09	1.21E-09	8.49E-10	6.52E-10
ESE	2.60E-07	8.31E-08	4.98E-08	3.11E-08	1.65E-08	8.21E-09	4.88E-09	3.46E-09	2.67E-09
SE	6.20E-07	2.00E-07	1.20E-07	7.46E-08	3.96E-08	1.97E-08	1.17E-08	8.25E-09	6.35E-09
SSE	7.34E-07	2.35E-07	1.41E-07	8.77E-08	4.66E-08	2.31E-08	1.37E-08	9.72E-09	7.49E-09
S	1.27E-06	4.11E-07	2.46E-07	1.54E-07	8.15E-08	4.03E-08	2.38E-08	1.67E-08	1.28E-08
SSW	8.90E-07	2.87E-07	1.72E-07	1.08E-07	5.71E-08	2.84E-08	1.69E-08	1.19E-08	9.19E-09
SW	8.85E-07	2.86E-07	1.71E-07	1.07E-07	5.68E-08	2.82E-08	1.68E-08	1.19E-08	9.13E-09
WSW	4.40E-07	1.42E-07	8.53E-08	5.32E-08	2.83E-08	1.40E-08	8.30E-09	5.85E-09	4.50E-09
W	2.75E-07	9.00E-08	5.40E-08	3.37E-08	1.79E-08	8.85E-09	5.24E-09	3.70E-09	2.84E-09
WNW	2.12E-07	7.00E-08	4.19E-08	2.62E-08	1.39E-08	6.87E-09	4.06E-09	2.86E-09	2.20E-09
NW	3.36E-07	1.09E-07	6.55E-08	4.09E-08	2.17E-08	1.08E-08	6.39E-09	4.51E-09	3.47E-09
NNW	5.12E-07	1.65E-07	9.89E-08	6.17E-08	3.28E-08	1.63E-08	9.66E-09	6.83E-09	5.26E-09

表6.2-3 ^3H 的长期大气弥散因子

单位: s/m^3

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	3.77E-07	1.22E-07	7.34E-08	4.59E-08	2.45E-08	1.22E-08	7.34E-09	5.24E-09	4.08E-09
NNE	2.64E-07	8.47E-08	5.08E-08	3.18E-08	1.70E-08	8.47E-09	5.08E-09	3.63E-09	2.82E-09
NE	1.69E-07	5.26E-08	3.16E-08	1.97E-08	1.05E-08	5.26E-09	3.16E-09	2.26E-09	1.75E-09
ENE	1.05E-07	3.41E-08	2.05E-08	1.28E-08	6.82E-09	3.41E-09	2.05E-09	1.46E-09	1.14E-09
E	6.48E-08	2.08E-08	1.25E-08	7.78E-09	4.15E-09	2.08E-09	1.25E-09	8.90E-10	6.92E-10
ESE	2.60E-07	8.32E-08	4.99E-08	3.12E-08	1.67E-08	8.32E-09	4.99E-09	3.57E-09	2.77E-09
SE	6.20E-07	2.00E-07	1.20E-07	7.49E-08	4.00E-08	2.00E-08	1.20E-08	8.57E-09	6.66E-09
SSE	7.34E-07	2.35E-07	1.41E-07	8.81E-08	4.70E-08	2.35E-08	1.41E-08	1.01E-08	7.83E-09
S	1.27E-06	4.12E-07	2.47E-07	1.55E-07	8.24E-08	4.12E-08	2.47E-08	1.77E-08	1.37E-08
SSW	8.91E-07	2.88E-07	1.73E-07	1.08E-07	5.76E-08	2.88E-08	1.73E-08	1.23E-08	9.59E-09
SW	8.85E-07	2.86E-07	1.72E-07	1.07E-07	5.72E-08	2.86E-08	1.72E-08	1.23E-08	9.54E-09
WSW	4.40E-07	1.43E-07	8.56E-08	5.35E-08	2.85E-08	1.43E-08	8.56E-09	6.11E-09	4.76E-09
W	2.75E-07	9.02E-08	5.41E-08	3.38E-08	1.80E-08	9.02E-09	5.41E-09	3.87E-09	3.01E-09
WNW	2.13E-07	7.02E-08	4.21E-08	2.63E-08	1.40E-08	7.02E-09	4.21E-09	3.01E-09	2.34E-09
NW	3.36E-07	1.10E-07	6.57E-08	4.11E-08	2.19E-08	1.10E-08	6.57E-09	4.69E-09	3.65E-09
NNW	5.13E-07	1.65E-07	9.91E-08	6.20E-08	3.30E-08	1.65E-08	9.91E-09	7.08E-09	5.51E-09

表6.2-4 ^{14}C 的长期大气弥散因子

单位: s/m^3

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	3.77E-07	1.22E-07	7.34E-08	4.59E-08	2.45E-08	1.22E-08	7.34E-09	5.25E-09	4.08E-09
NNE	2.64E-07	8.47E-08	5.08E-08	3.18E-08	1.70E-08	8.47E-09	5.08E-09	3.63E-09	2.82E-09
NE	1.69E-07	5.26E-08	3.16E-08	1.97E-08	1.05E-08	5.26E-09	3.16E-09	2.26E-09	1.75E-09
ENE	1.05E-07	3.41E-08	2.05E-08	1.28E-08	6.82E-09	3.41E-09	2.05E-09	1.46E-09	1.14E-09
E	6.48E-08	2.08E-08	1.25E-08	7.78E-09	4.15E-09	2.08E-09	1.25E-09	8.90E-10	6.92E-10
ESE	2.60E-07	8.32E-08	4.99E-08	3.12E-08	1.67E-08	8.32E-09	4.99E-09	3.57E-09	2.77E-09
SE	6.20E-07	2.00E-07	1.20E-07	7.49E-08	4.00E-08	2.00E-08	1.20E-08	8.57E-09	6.66E-09
SSE	7.34E-07	2.35E-07	1.41E-07	8.81E-08	4.70E-08	2.35E-08	1.41E-08	1.01E-08	7.83E-09
S	1.27E-06	4.12E-07	2.47E-07	1.55E-07	8.24E-08	4.12E-08	2.47E-08	1.77E-08	1.37E-08
SSW	8.91E-07	2.88E-07	1.73E-07	1.08E-07	5.76E-08	2.88E-08	1.73E-08	1.23E-08	9.59E-09
SW	8.85E-07	2.86E-07	1.72E-07	1.07E-07	5.72E-08	2.86E-08	1.72E-08	1.23E-08	9.54E-09
WSW	4.40E-07	1.43E-07	8.56E-08	5.35E-08	2.85E-08	1.43E-08	8.56E-09	6.12E-09	4.76E-09
W	2.75E-07	9.02E-08	5.41E-08	3.38E-08	1.80E-08	9.02E-09	5.41E-09	3.87E-09	3.01E-09
WNW	2.13E-07	7.02E-08	4.21E-08	2.63E-08	1.40E-08	7.02E-09	4.21E-09	3.01E-09	2.34E-09
NW	3.36E-07	1.10E-07	6.57E-08	4.11E-08	2.19E-08	1.10E-08	6.57E-09	4.69E-09	3.65E-09
NNW	5.13E-07	1.65E-07	9.91E-08	6.20E-08	3.30E-08	1.65E-08	9.91E-09	7.08E-09	5.51E-09

表6.2-5 ¹³¹I的长期大气弥散因子

单位: s/m³

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	3.58E-07	1.07E-07	6.19E-08	3.63E-08	1.79E-08	8.19E-09	4.22E-09	2.65E-09	1.79E-09
NNE	2.50E-07	7.42E-08	4.29E-08	2.51E-08	1.24E-08	5.66E-09	2.92E-09	1.83E-09	1.23E-09
NE	1.61E-07	4.61E-08	2.66E-08	1.56E-08	7.72E-09	3.52E-09	1.82E-09	1.14E-09	7.68E-10
ENE	9.94E-08	2.99E-08	1.73E-08	1.02E-08	5.04E-09	2.32E-09	1.21E-09	7.63E-10	5.20E-10
E	6.15E-08	1.82E-08	1.06E-08	6.19E-09	3.08E-09	1.42E-09	7.45E-10	4.74E-10	3.25E-10
ESE	2.47E-07	7.31E-08	4.24E-08	2.49E-08	1.24E-08	5.74E-09	3.02E-09	1.93E-09	1.33E-09
SE	5.88E-07	1.76E-07	1.02E-07	5.96E-08	2.96E-08	1.37E-08	7.16E-09	4.55E-09	3.11E-09
SSE	6.97E-07	2.06E-07	1.19E-07	7.01E-08	3.49E-08	1.61E-08	8.43E-09	5.36E-09	3.67E-09
S	1.21E-06	3.61E-07	2.09E-07	1.22E-07	6.06E-08	2.77E-08	1.43E-08	8.99E-09	6.08E-09
SSW	8.46E-07	2.53E-07	1.46E-07	8.60E-08	4.28E-08	1.99E-08	1.04E-08	6.67E-09	4.59E-09
SW	8.41E-07	2.52E-07	1.46E-07	8.56E-08	4.27E-08	1.98E-08	1.05E-08	6.69E-09	4.61E-09
WSW	4.18E-07	1.25E-07	7.26E-08	4.26E-08	2.12E-08	9.83E-09	5.17E-09	3.30E-09	2.27E-09
W	2.62E-07	7.93E-08	4.59E-08	2.70E-08	1.34E-08	6.22E-09	3.28E-09	2.09E-09	1.44E-09
WNW	2.02E-07	6.15E-08	3.56E-08	2.09E-08	1.04E-08	4.75E-09	2.47E-09	1.56E-09	1.06E-09
NW	3.19E-07	9.61E-08	5.56E-08	3.26E-08	1.62E-08	7.46E-09	3.89E-09	2.46E-09	1.68E-09
NNW	4.87E-07	1.45E-07	8.38E-08	4.92E-08	2.44E-08	1.12E-08	5.84E-09	3.69E-09	2.51E-09

表6.2-6 ^{137}Cs 的长期大气弥散因子

单位: s/m^3

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	3.57E-07	1.07E-07	6.19E-08	3.62E-08	1.79E-08	8.13E-09	4.18E-09	2.61E-09	1.75E-09
NNE	2.50E-07	7.42E-08	4.28E-08	2.51E-08	1.24E-08	5.62E-09	2.88E-09	1.79E-09	1.20E-09
NE	1.61E-07	4.61E-08	2.66E-08	1.56E-08	7.69E-09	3.50E-09	1.80E-09	1.12E-09	7.54E-10
ENE	9.94E-08	3.00E-08	1.73E-08	1.02E-08	5.07E-09	2.34E-09	1.23E-09	7.83E-10	5.37E-10
E	6.15E-08	1.82E-08	1.06E-08	6.21E-09	3.09E-09	1.44E-09	7.56E-10	4.84E-10	3.33E-10
ESE	2.47E-07	7.32E-08	4.24E-08	2.49E-08	1.24E-08	5.78E-09	3.05E-09	1.96E-09	1.35E-09
SE	5.89E-07	1.76E-07	1.02E-07	5.97E-08	2.97E-08	1.37E-08	7.21E-09	4.60E-09	3.16E-09
SSE	6.97E-07	2.06E-07	1.19E-07	7.01E-08	3.49E-08	1.62E-08	8.49E-09	5.41E-09	3.71E-09
S	1.21E-06	3.61E-07	2.09E-07	1.22E-07	6.06E-08	2.77E-08	1.44E-08	9.03E-09	6.11E-09
SSW	8.46E-07	2.53E-07	1.47E-07	8.61E-08	4.30E-08	2.00E-08	1.06E-08	6.78E-09	4.68E-09
SW	8.41E-07	2.52E-07	1.46E-07	8.58E-08	4.29E-08	2.00E-08	1.06E-08	6.83E-09	4.74E-09
WSW	4.18E-07	1.26E-07	7.27E-08	4.27E-08	2.13E-08	9.93E-09	5.26E-09	3.38E-09	2.34E-09
W	2.62E-07	7.94E-08	4.60E-08	2.70E-08	1.35E-08	6.29E-09	3.34E-09	2.15E-09	1.49E-09
WNW	2.02E-07	6.16E-08	3.56E-08	2.09E-08	1.04E-08	4.76E-09	2.48E-09	1.57E-09	1.07E-09
NW	3.19E-07	9.62E-08	5.56E-08	3.26E-08	1.62E-08	7.48E-09	3.91E-09	2.48E-09	1.69E-09
NNW	4.87E-07	1.45E-07	8.38E-08	4.92E-08	2.44E-08	1.12E-08	5.84E-09	3.69E-09	2.51E-09

表6.2-7 年均干沉积因子（干湿沉积所致）

元素碘（1/m²）

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	6.19E-09	2.03E-09	1.22E-09	7.61E-10	4.06E-10	2.03E-10	1.22E-10	8.70E-11	6.76E-11
NNE	3.40E-09	1.10E-09	6.62E-10	4.14E-10	2.21E-10	1.10E-10	6.62E-11	4.73E-11	3.68E-11
NE	1.91E-09	5.99E-10	3.60E-10	2.25E-10	1.20E-10	5.99E-11	3.60E-11	2.57E-11	2.00E-11
ENE	1.46E-09	4.80E-10	2.88E-10	1.80E-10	9.60E-11	4.80E-11	2.88E-11	2.06E-11	1.60E-11
E	8.89E-10	2.88E-10	1.73E-10	1.08E-10	5.76E-11	2.88E-11	1.73E-11	1.23E-11	9.60E-12
ESE	4.64E-09	1.51E-09	9.07E-10	5.67E-10	3.02E-10	1.51E-10	9.07E-11	6.48E-11	5.04E-11
SE	8.29E-09	2.70E-09	1.62E-09	1.01E-09	5.39E-10	2.70E-10	1.62E-10	1.16E-10	8.99E-11
SSE	1.02E-08	3.30E-09	1.98E-09	1.24E-09	6.60E-10	3.30E-10	1.98E-10	1.42E-10	1.10E-10
S	1.72E-08	5.61E-09	3.37E-09	2.10E-09	1.12E-09	5.61E-10	3.37E-10	2.41E-10	1.87E-10
SSW	1.41E-08	4.59E-09	2.76E-09	1.72E-09	9.19E-10	4.59E-10	2.76E-10	1.97E-10	1.53E-10
SW	1.32E-08	4.30E-09	2.58E-09	1.61E-09	8.59E-10	4.30E-10	2.58E-10	1.84E-10	1.43E-10
WSW	5.40E-09	1.76E-09	1.06E-09	6.60E-10	3.52E-10	1.76E-10	1.06E-10	7.54E-11	5.86E-11
W	3.63E-09	1.20E-09	7.18E-10	4.48E-10	2.39E-10	1.20E-10	7.18E-11	5.13E-11	3.99E-11
WNW	3.06E-09	1.01E-09	6.07E-10	3.79E-10	2.02E-10	1.01E-10	6.07E-11	4.33E-11	3.37E-11
NW	4.93E-09	1.62E-09	9.71E-10	6.07E-10	3.24E-10	1.62E-10	9.71E-11	6.94E-11	5.40E-11
NNW	6.77E-09	2.20E-09	1.32E-09	8.25E-10	4.40E-10	2.20E-10	1.32E-10	9.43E-11	7.33E-11

表6.2-8 年均干沉积因子（湿沉积所致）

粒子态核素（1/m²）

距离 方位	0~1km	1~2km	2~3km	3~5km	5~10km	10~20km	20~30km	30~40km	40~50km
N	4.00E-09	1.33E-09	7.98E-10	4.99E-10	2.66E-10	1.33E-10	7.98E-11	5.70E-11	4.44E-11
NNE	1.42E-09	4.69E-10	2.81E-10	1.76E-10	9.38E-11	4.69E-11	2.81E-11	2.01E-11	1.56E-11
NE	4.99E-10	1.63E-10	9.75E-11	6.09E-11	3.25E-11	1.63E-11	9.75E-12	6.97E-12	5.42E-12
ENE	7.29E-10	2.42E-10	1.45E-10	9.09E-11	4.85E-11	2.42E-11	1.45E-11	1.04E-11	8.08E-12
E	4.27E-10	1.41E-10	8.48E-11	5.30E-11	2.83E-11	1.41E-11	8.48E-12	6.06E-12	4.71E-12
ESE	3.31E-09	1.10E-09	6.61E-10	4.13E-10	2.20E-10	1.10E-10	6.61E-11	4.72E-11	3.67E-11
SE	3.76E-09	1.25E-09	7.49E-10	4.68E-10	2.50E-10	1.25E-10	7.49E-11	5.35E-11	4.16E-11
SSE	5.02E-09	1.66E-09	9.99E-10	6.24E-10	3.33E-10	1.66E-10	9.99E-11	7.13E-11	5.55E-11
S	7.98E-09	2.65E-09	1.59E-09	9.93E-10	5.30E-10	2.65E-10	1.59E-10	1.14E-10	8.82E-11
SSW	8.61E-09	2.86E-09	1.72E-09	1.07E-09	5.72E-10	2.86E-10	1.72E-10	1.23E-10	9.54E-11
SW	7.34E-09	2.44E-09	1.46E-09	9.15E-10	4.88E-10	2.44E-10	1.46E-10	1.05E-10	8.13E-11
WSW	1.94E-09	6.41E-10	3.85E-10	2.40E-10	1.28E-10	6.41E-11	3.85E-11	2.75E-11	2.14E-11
W	1.60E-09	5.31E-10	3.18E-10	1.99E-10	1.06E-10	5.31E-11	3.18E-11	2.27E-11	1.77E-11
WNW	1.61E-09	5.35E-10	3.21E-10	2.01E-10	1.07E-10	5.35E-11	3.21E-11	2.29E-11	1.78E-11
NW	2.69E-09	8.95E-10	5.37E-10	3.35E-10	1.79E-10	8.95E-11	5.37E-11	3.83E-11	2.98E-11
NNW	2.98E-09	9.87E-10	5.92E-10	3.70E-10	1.97E-10	9.87E-11	5.92E-11	4.23E-11	3.29E-11

表6.2-9 用于计算气体辐射剂量的有关参数

序号	核素名称	空气浸没外照射 (Sv/s) / (Bq/m ³)	沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m ²)	吸入内照射 (Sv/Bq)				食入内照射 (Sv/Bq)				衰变常数 (1/s)
				幼儿	儿童	青少年	成人	幼儿	儿童	青少年	成人	
1	Kr-83m	2.43E-18	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	1.49E-04
2	Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	4.30E-05
3	Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	2.09E-09
4	Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	1.52E-04
5	Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	6.78E-05
6	Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	5.43E-03
7	Xe-131m	3.70E-16	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	6.81E-07
8	Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	3.55E-06
9	Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	1.53E-06
10	Xe-135m	1.85E-14	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	7.55E-04
11	Xe-135	1.11E-14	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	2.15E-05
12	Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	4.36E-03
13	Xe-138	5.44E-14	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	1.20E-03
14	H-3	3.31E-19	0.00E+00	3.40E-10	2.70E-10	8.20E-11	4.50E-11	6.40E-11	4.80E-11	2.30E-11	1.80E-11	1.79E-09
15	C-14	2.24E-19	0.00E+00	1.90E-08	1.70E-08	7.40E-09	5.80E-09	1.40E-09	1.60E-09	8.00E-10	5.80E-10	3.84E-12
16	I-129	3.81E-16	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	1.40E-15
17	I-130	1.40E-13	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	2.26E-05
18	I-131	1.84E-14	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	9.98E-07
19	I-132	1.14E-13	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	8.37E-05
20	I-133	3.01E-14	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	9.25E-06
21	I-134	1.33E-13	6.34E-16	4.80E-10	3.70E-10	1.10E-10	5.50E-11	1.10E-09	7.50E-10	2.10E-10	1.10E-10	2.20E-04
22	I-135	8.24E-14	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	2.91E-05
23	Cs-51	1.52E-15	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	2.89E-07
24	Mn-54	4.12E-14	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	2.57E-08
25	Fe-59	6.02E-14	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	1.80E-07
26	Co-58	4.76E-14	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	1.13E-07
27	Co-60	1.27E-13	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	4.17E-09
28	Sb-124	9.20E-14	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	1.92E-07
29	Ag-110m	1.36E-13	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	4.62E-08
30	Br-83	3.82E-16	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	1.18E-04
31	Br-84	9.41E-14	1.60E-15	3.70E-10	2.40E-10	7.70E-11	3.70E-11	1.00E-09	5.80E-10	1.60E-10	8.80E-11	5.26E-04
32	Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0	5.56E-03
33	Rb-88	3.36E-14	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	9.36E-04
34	Sr-89	4.44E-16	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	1.59E-07
35	Sr-90	9.83E-17	1.11E-16	4.20E-07	4.00E-07	1.80E-07	1.60E-07	2.30E-07	7.30E-08	6.00E-08	2.80E-08	7.67E-10
36	Sr-91	3.45E-14	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	2.86E-05
37	Sr-92	6.79E-14	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	1.03E-04
38	Y-90	8.24E-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	4.33E-06
39	Y-91m	2.55E-14	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	3.31E-04
40	Y-91	6.34E-16	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	1.98E-07
41	Y-92	1.30E-14	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	7.94E-05
42	Y-93	4.80E-15	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	2.75E-05
43	Zr-95	3.49E-14	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	1.25E-07
44	Nb-95	3.81E-14	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	2.29E-07
45	Mo-99	1.27E-14	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	4.20E-06
46	Tc-99m	6.02E-15	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	4.61E-05
47	Ru-103	2.28E-14	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	2.04E-07
48	Rh-103m	8.80E-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	2.97E-04
49	Rh-106	1.04E-14	2.12E-16	0	0	0	0	0	0	0	0	1.25E-04

表6.2-9 续 用于计算气体辐射剂量的有关参数

序号	核素 名称	空气浸没外照射 (Sv/s) / (Bq/m ³)	沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m ²)		吸入内照射 (Sv/Bq)				食入内照射 (Sv/Bq)				衰变常数 (1/s)
			婴幼儿	儿童	青少年	成人	婴幼儿	儿童	青少年	成人	婴幼儿	儿童	
50	Te-127m	1.55E-16	4.10E-08	3.30E-08	1.40E-08	9.80E-09	4.10E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.30E-09	1.80E-08	5.20E-09	1.06E-07
51	Te-129m	1.71E-15	3.80E-08	2.90E-08	1.20E-08	7.90E-09	4.40E-08	2.40E-08	6.60E-09	3.00E-09	2.40E-08	6.60E-09	3.39E-07
52	Te-129	2.75E-15	3.50E-10	2.30E-10	6.90E-11	3.90E-11	7.50E-10	4.40E-10	1.20E-10	6.30E-11	4.40E-10	1.20E-10	2.42E-04
53	Te-131m	7.93E-14	1.55E-15	7.60E-09	2.00E-09	9.40E-09	2.00E-08	1.40E-08	4.30E-09	1.90E-09	1.40E-08	4.30E-09	9.26E-06
54	Te-131	2.04E-14	4.10E-16	2.60E-10	5.30E-11	2.80E-11	9.00E-11	6.60E-10	1.90E-10	8.70E-11	6.60E-10	1.90E-10	6.72E-04
55	Te-132	1.05E-14	2.51E-15	2.20E-08	1.80E-08	4.20E-09	4.80E-08	3.00E-08	8.30E-09	3.80E-09	3.00E-08	8.30E-09	3.56E-06
56	Te-134	4.24E-14	8.67E-16	5.60E-10	4.00E-10	1.30E-10	1.10E-09	7.50E-10	2.20E-10	1.10E-10	7.50E-10	2.20E-10	3.97E-04
57	Cs-134	7.61E-14	1.55E-15	7.00E-08	2.80E-08	2.00E-08	2.60E-08	1.60E-08	1.90E-08	1.90E-08	1.60E-08	1.90E-08	1.07E-08
58	Cs-136	1.08E-13	2.12E-15	1.50E-08	4.10E-09	2.80E-09	1.50E-08	9.50E-08	4.40E-09	3.00E-09	9.50E-08	4.40E-09	6.12E-07
59	Cs-137	2.76E-14	5.71E-16	1.10E-07	4.80E-08	3.90E-08	2.10E-08	1.20E-08	1.30E-08	1.30E-08	1.20E-08	1.30E-08	7.32E-10
60	Cs-138	1.21E-13	4.20E-10	2.80E-10	8.20E-11	4.30E-11	1.10E-09	5.90E-10	1.70E-10	9.20E-11	1.10E-09	5.90E-10	5.19E-04
61	Ba-137m	2.88E-14	5.86E-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.53E-03
62	Ba-140	8.58E-15	1.80E-16	2.90E-08	8.60E-09	5.80E-09	3.20E-08	1.80E-08	5.80E-09	2.60E-09	1.80E-08	5.80E-09	6.32E-07
63	La-140	1.17E-13	2.16E-15	8.80E-09	2.00E-09	1.10E-09	2.00E-08	1.30E-08	4.20E-09	2.00E-09	1.30E-08	4.20E-09	6.90E-06
64	Ce-141	3.49E-15	7.61E-17	1.60E-08	5.30E-09	3.80E-09	8.10E-09	5.10E-09	1.50E-09	7.10E-10	5.10E-09	1.50E-09	2.47E-07
65	Ce-143	1.29E-14	2.79E-16	5.90E-09	1.40E-09	8.30E-10	1.20E-08	8.00E-09	2.40E-09	1.10E-09	8.00E-09	2.40E-09	8.42E-06
66	Pr-143	2.10E-17	7.01E-19	1.30E-08	9.20E-09	2.40E-09	1.40E-08	8.70E-09	2.60E-09	1.20E-09	8.70E-09	2.60E-09	8.52E-07
67	Ce-144	3.49E-15	1.81E-16	3.60E-07	7.80E-08	5.30E-08	6.60E-08	3.90E-08	1.10E-08	5.20E-09	6.60E-08	3.90E-08	4.07E-08
68	Pr-144	1.95E-15	3.78E-17	1.90E-10	3.40E-11	1.80E-11	6.40E-10	3.50E-10	9.50E-11	5.00E-11	6.40E-10	3.50E-10	9.63E-04
69	Ru-106	1.14E-14	3.49E-16	2.60E-07	9.10E-08	6.60E-08	8.40E-08	4.90E-08	1.50E-08	7.00E-09	8.40E-08	1.50E-08	2.18E-08
70	Sb-125	2.06E-14	4.44E-16	4.20E-08	1.60E-08	1.20E-08	1.10E-08	6.10E-09	2.10E-09	1.10E-09	6.10E-09	2.10E-09	7.93E-09
71	Ag-108m	7.80E-14	1.67E-15	8.90E-08	2.70E-09	1.70E-09	2.10E-08	1.10E-08	4.30E-09	2.30E-09	1.10E-08	4.30E-09	5.02E-11
72	Ag-111	1.29E-15	2.67E-17	9.90E-09	7.10E-09	1.40E-09	1.40E-08	9.30E-09	2.70E-09	1.30E-09	9.30E-09	2.70E-09	1.08E-06
73	Am-241	8.18E-16	2.75E-17	4.60E-05	4.00E-05	1.60E-05	3.70E-06	3.70E-07	2.20E-07	2.00E-07	3.70E-07	2.20E-07	5.08E-11
74	Am-242	6.15E-16	1.57E-17	8.00E-08	6.20E-08	2.70E-08	5.00E-09	2.20E-09	6.40E-10	3.00E-10	2.20E-09	6.40E-10	1.20E-05
75	Am-242m	3.17E-17	3.02E-18	2.50E-05	2.40E-05	1.10E-05	3.10E-06	3.00E-07	2.00E-07	1.90E-07	3.00E-07	2.00E-07	1.56E-10
76	Am-243	2.18E-15	5.35E-17	4.40E-05	3.90E-05	1.80E-05	3.60E-06	3.70E-07	2.20E-07	2.00E-07	3.70E-07	2.20E-07	2.98E-12
77	Bi-212	9.24E-15	1.79E-16	1.60E-07	1.10E-07	4.40E-08	3.10E-08	3.20E-09	5.00E-10	2.60E-10	1.80E-09	5.00E-10	4.42E-09
78	Cd-109	2.94E-16	2.25E-17	2.70E-08	2.10E-08	8.90E-09	6.20E-09	2.10E-08	9.50E-09	2.00E-09	9.50E-09	3.50E-09	1.74E-08
79	Cd-113m	6.94E-18	2.63E-19	1.10E-07	8.40E-08	3.90E-08	1.20E-07	5.60E-08	2.90E-08	2.30E-08	5.60E-08	2.90E-08	1.58E-09
80	Cd-115m	1.17E-15	2.34E-17	3.90E-08	3.00E-08	1.10E-08	4.10E-08	1.90E-08	6.90E-09	3.30E-09	1.90E-08	6.90E-09	1.80E-07
81	Cm-241	2.31E-14	4.85E-16	1.40E-07	4.90E-08	3.70E-08	1.10E-08	5.70E-09	1.90E-09	9.10E-10	5.70E-09	1.90E-09	2.45E-07
82	Cm-242	5.69E-18	9.56E-19	2.40E-05	1.90E-05	8.20E-06	5.90E-06	7.60E-08	2.40E-08	1.20E-08	7.60E-08	2.40E-08	4.93E-08
83	Cm-243	5.88E-15	1.25E-16	4.60E-05	4.00E-05	1.80E-05	3.20E-06	3.30E-07	1.60E-07	1.50E-07	3.30E-07	1.60E-07	7.55E-10
84	Cm-244	4.91E-18	8.78E-19	4.40E-05	3.80E-05	1.30E-05	2.90E-06	2.90E-07	1.40E-07	1.20E-07	2.90E-07	1.40E-07	1.21E-09
85	Cs-135	5.65E-19	3.33E-20	2.70E-08	2.40E-08	1.10E-08	4.10E-09	2.30E-09	1.70E-09	2.00E-09	2.30E-09	1.70E-09	9.56E-15
86	Eu-152	5.65E-14	1.10E-15	1.10E-07	4.90E-08	4.90E-08	1.60E-08	7.40E-09	2.60E-09	1.40E-09	7.40E-09	2.60E-09	1.62E-09
87	Eu-154	6.14E-14	1.19E-15	1.60E-07	1.50E-07	6.50E-08	2.50E-08	1.20E-08	4.10E-09	2.00E-09	1.20E-08	4.10E-09	2.56E-09
88	Eu-155	2.49E-15	5.90E-17	2.60E-08	2.30E-08	9.20E-09	6.90E-09	4.30E-09	6.80E-10	3.20E-10	2.20E-09	6.80E-10	4.62E-09
89	Eu-156	6.75E-14	1.23E-15	1.90E-08	1.40E-08	5.30E-09	2.20E-08	1.50E-08	4.60E-09	2.20E-09	1.50E-08	4.60E-09	5.28E-07
90	Gd-153	3.71E-15	1.06E-16	9.90E-09	7.90E-09	3.10E-09	2.10E-09	1.80E-09	5.80E-10	2.70E-10	1.80E-09	5.80E-10	3.34E-08
91	Ho-166m	8.45E-14	1.70E-15	2.60E-07	2.50E-07	1.30E-07	2.60E-08	9.30E-09	3.50E-09	2.00E-09	9.30E-09	3.50E-09	1.94E-11
92	In-114m	4.18E-15	9.15E-17	4.80E-08	3.30E-08	1.00E-08	5.60E-08	3.10E-08	9.00E-09	4.10E-09	3.10E-08	9.00E-09	1.62E-07
93	In-115m	7.39E-15	1.58E-16	4.70E-10	3.30E-10	1.00E-10	9.60E-11	6.00E-10	1.80E-10	8.60E-11	9.60E-10	1.80E-10	4.29E-05
94	Nb-93m	4.44E-18	9.39E-19	7.40E-09	6.50E-09	2.50E-09	1.50E-09	9.10E-10	2.70E-10	1.20E-10	9.10E-10	2.70E-10	1.36E-09
95	Nb-94	7.70E-14	1.53E-15	1.20E-07	1.20E-07	5.80E-08	1.50E-08	9.70E-09	3.40E-09	1.70E-09	9.70E-09	3.40E-09	1.08E-12
96	Nb-95m	2.93E-15	6.26E-17	4.60E-09	3.40E-09	1.30E-09	6.40E-09	4.10E-09	1.20E-09	5.60E-10	4.10E-09	1.20E-09	2.22E-06
97	Nd-147	6.19E-15	1.39E-16	1.20E-08	8.60E-09	3.50E-09	2.40E-09	7.80E-09	2.30E-09	1.10E-09	7.80E-09	2.30E-09	7.31E-07
98	Np-235	5.10E-17	3.65E-18	2.60E-09	2.20E-09	8.30E-10	5.20E-10	4.10E-10	1.20E-10	5.30E-11	4.10E-10	1.20E-10	2.03E-08

表6.2-9 续 用于计算气体辐射剂量的有关参数

序号	核素 名称	空气浸没外照射 (Sv/s) / (Bq/m ³)	沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m ²)	吸入内照射 (Sv/Bq)			食入内照射 (Sv/Bq)			衰变常数 (1/s)		
				幼儿	儿童	青少年	成人	幼儿	儿童		青少年	成人
99	Np-236	5.36E-15	1.20E-16	1.60E-06	1.60E-06	1.00E-06	1.00E-06	1.90E-07	2.40E-08	1.80E-08	1.70E-08	1.44E-13
100	Np-237	1.03E-15	2.87E-17	3.70E-05	3.20E-05	1.40E-05	1.20E-05	2.00E-06	2.10E-07	1.10E-07	1.10E-07	1.03E-14
101	Np-238	2.72E-14	5.29E-16	8.10E-09	6.20E-09	2.10E-09	1.50E-09	9.50E-09	6.20E-09	1.90E-09	9.10E-10	3.79E-06
102	Np-239	7.69E-15	1.63E-16	5.60E-09	4.00E-09	1.60E-09	1.00E-09	8.90E-09	5.70E-09	1.70E-09	8.00E-10	3.41E-06
103	Np-240	6.31E-14	1.27E-15	6.50E-10	4.60E-10	1.50E-10	9.00E-11	8.70E-10	5.20E-10	1.60E-10	8.20E-11	4.32E-09
104	Pa-231	1.72E-15	4.07E-17	7.40E-05	6.90E-05	3.90E-05	3.40E-05	1.30E-05	1.30E-06	9.20E-07	7.10E-07	6.71E-13
105	Pa-233	9.35E-15	1.95E-16	1.70E-08	1.30E-08	5.50E-09	3.90E-09	9.70E-09	6.20E-09	1.90E-09	8.70E-10	2.97E-07
106	Pa-234	9.34E-14	1.84E-15	2.90E-09	2.10E-09	7.10E-10	4.00E-10	5.00E-09	3.20E-09	1.00E-09	5.10E-10	2.87E-05
107	Pb-212	6.87E-15	1.43E-16	6.70E-07	5.00E-07	2.50E-07	1.90E-07	1.50E-07	6.30E-08	2.00E-08	6.00E-09	1.81E-05
108	Pd-107	0.00E+00	0.00E+00	2.20E-09	2.00E-09	7.80E-10	5.90E-10	4.40E-10	2.80E-10	8.10E-11	3.70E-11	3.38E-15
109	Pm-146	3.59E-14	7.41E-16	5.30E-08	4.90E-08	2.20E-08	1.70E-08	1.00E-08	5.10E-09	1.80E-09	9.00E-10	3.97E-09
110	Pm-147	6.93E-19	3.41E-20	1.90E-08	1.60E-08	6.80E-09	4.90E-09	3.60E-09	1.90E-09	5.70E-10	2.60E-10	8.38E-09
111	Pm-148	2.89E-14	5.48E-16	1.50E-08	1.10E-08	3.70E-09	2.20E-09	3.00E-08	1.90E-08	5.80E-09	2.70E-09	1.49E-06
112	Pm-148m	9.68E-14	1.96E-15	2.50E-08	2.00E-08	8.30E-09	5.70E-09	1.50E-08	1.00E-08	3.50E-09	1.70E-09	1.94E-07
113	Pu-236	6.35E-18	9.81E-19	3.60E-05	3.10E-05	1.40E-05	1.00E-05	2.10E-06	2.20E-07	1.00E-07	8.70E-08	7.69E-09
114	Pu-237	2.02E-15	4.65E-17	2.00E-09	1.50E-09	5.90E-10	3.90E-10	1.10E-09	6.90E-10	2.20E-10	1.00E-10	1.76E-07
115	Pu-238	4.88E-18	8.38E-19	4.50E-05	4.00E-05	1.90E-05	1.50E-05	4.00E-06	4.00E-07	2.40E-07	2.30E-07	2.51E-10
116	Pu-239	4.24E-18	3.67E-19	4.30E-05	3.90E-05	1.90E-05	1.60E-05	4.20E-06	4.20E-07	2.70E-07	2.50E-07	9.12E-13
117	Pu-240	4.75E-18	8.03E-19	4.30E-05	3.90E-05	1.90E-05	1.60E-05	4.20E-06	4.20E-07	2.70E-07	2.50E-07	3.35E-12
118	Pu-241	7.25E-20	1.93E-21	2.20E-07	2.30E-07	1.70E-07	1.70E-07	5.60E-08	5.70E-09	5.10E-09	4.80E-09	1.54E-09
119	Pu-242	4.01E-18	6.67E-19	4.00E-05	3.60E-05	1.70E-05	1.50E-05	4.00E-06	4.00E-07	2.60E-07	2.40E-07	5.86E-14
120	Pu-243	1.03E-15	2.41E-17	6.00E-10	4.10E-10	1.40E-10	8.60E-11	1.00E-09	6.20E-10	1.80E-10	8.50E-11	3.86E-05
121	Ra-224	4.71E-16	9.57E-18	1.20E-05	9.20E-06	4.40E-06	3.40E-06	2.70E-06	6.60E-07	2.60E-07	6.50E-08	2.19E-06
122	Rb-86	4.81E-15	9.31E-17	1.20E-08	7.70E-09	2.00E-09	9.30E-10	3.10E-08	2.00E-08	5.90E-09	2.80E-09	4.30E-07
123	Rb-89	1.06E-13	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	1.77E-08
124	Rh-102	1.04E-13	2.08E-15	5.40E-08	5.00E-08	2.40E-08	1.70E-08	1.90E-08	1.00E-08	4.30E-09	2.60E-09	3.88E-08
125	Sb-122	2.13E-14	4.36E-16	8.80E-09	6.10E-09	2.00E-09	1.10E-09	1.80E-08	1.20E-08	3.70E-09	1.70E-09	2.95E-06
126	Sb-126	1.37E-13	2.78E-15	1.90E-08	1.50E-08	5.00E-09	3.20E-09	2.00E-08	1.40E-08	4.90E-09	2.40E-09	6.50E-07
127	Sb-126m	7.50E-14	1.52E-15	1.80E-10	1.20E-10	3.70E-11	2.00E-11	3.90E-10	2.20E-10	6.60E-11	3.60E-11	1.40E-08
128	Se-79	3.03E-19	2.07E-20	2.30E-08	2.00E-08	8.70E-09	6.80E-09	4.10E-08	2.80E-08	1.40E-08	2.90E-09	6.56E-14
129	Sm-151	3.61E-20	5.03E-21	1.10E-08	1.00E-08	4.50E-09	4.00E-09	1.50E-09	6.40E-10	2.00E-10	9.80E-11	2.44E-10
130	Sn-117m	6.82E-15	1.51E-16	1.00E-08	7.70E-09	3.40E-09	2.40E-09	7.70E-09	5.00E-09	1.50E-09	7.10E-10	5.73E-07
131	Sn-119m	1.01E-16	1.07E-17	1.00E-08	7.90E-09	3.10E-09	2.20E-09	4.10E-09	2.50E-09	7.50E-10	3.40E-10	2.74E-08
132	Sn-121	2.37E-18	1.05E-19	1.50E-09	1.10E-09	3.60E-10	2.30E-10	2.60E-09	1.70E-09	5.00E-10	2.30E-10	7.12E-06
133	Sn-121m	6.02E-17	4.89E-18	1.90E-08	1.50E-08	6.40E-09	4.50E-09	4.60E-09	2.70E-09	8.20E-10	3.80E-10	5.01E-10
134	Sn-123	4.03E-16	8.37E-18	4.00E-08	3.10E-08	1.20E-08	8.10E-09	2.50E-08	1.60E-08	4.60E-09	2.10E-09	6.21E-08
135	Sn-125	1.58E-14	3.01E-16	2.10E-08	1.50E-08	5.00E-09	3.10E-09	3.50E-08	2.20E-08	6.70E-09	3.10E-09	8.32E-07
136	Sn-126	2.11E-15	5.47E-17	1.20E-07	1.00E-07	4.10E-08	2.80E-08	5.00E-08	3.00E-08	9.80E-09	4.70E-09	9.56E-14
137	Tb-160	5.54E-14	1.08E-15	3.20E-08	2.50E-08	1.00E-08	7.00E-09	1.60E-08	1.00E-08	3.30E-09	1.60E-09	1.11E-07
138	Tb-161	1.02E-15	3.47E-17	6.60E-09	4.70E-09	1.90E-09	1.30E-09	8.30E-09	5.30E-09	1.60E-09	7.20E-10	1.16E-06
139	Tc-99	1.62E-18	7.80E-20	4.10E-08	3.70E-08	1.70E-08	1.30E-08	1.00E-08	4.80E-09	1.30E-09	6.40E-10	1.04E-13
140	Te-125m	4.53E-16	3.61E-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	1.40E-07
141	Tc-127	2.42E-16	5.18E-18	1.20E-09	7.90E-10	2.60E-10	1.40E-10	1.50E-09	1.20E-09	3.60E-10	1.70E-10	2.06E-05
142	Th-228	9.20E-17	2.35E-18	1.60E-04	1.30E-04	5.50E-05	4.00E-05	3.70E-06	3.70E-07	1.50E-07	7.20E-08	1.15E-08
143	Th-230	1.74E-17	7.50E-19	4.00E-05	3.50E-05	1.60E-05	1.40E-05	4.10E-06	4.10E-07	2.40E-07	2.10E-07	2.92E-13
144	Th-231	5.22E-16	1.85E-17	2.40E-09	1.70E-09	5.20E-10	3.30E-10	3.90E-09	2.50E-09	7.40E-10	3.40E-10	7.54E-06
145	Th-234	3.38E-16	8.32E-18	4.10E-08	3.10E-08	1.10E-08	7.70E-09	4.00E-08	2.50E-08	7.40E-09	3.40E-09	3.33E-07
146	Tm-170	2.23E-16	5.91E-18	3.60E-08	2.80E-08	1.10E-08	7.00E-09	1.60E-08	9.80E-09	2.90E-09	1.30E-09	6.24E-08
147	Tm-171	2.15E-17	6.41E-19	6.80E-09	5.70E-09	2.00E-09	1.40E-09	1.50E-09	7.80E-10	2.30E-10	1.10E-10	1.14E-08

表6.2-9 续 用于计算气体辐射剂量的有关参数

序号	核素 名称	空气浸没外照射 (Sv/s) / (Bq/m³)	沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m²)	吸入内照射 (Sv/Bq)				食入内照射 (Sv/Bq)				衰变常数 (1/s)
				幼儿	青少年	成人	幼儿	儿童	青少年	成人	成人	
148	U-232	1.42E-17	1.01E-18	1.00E-04	9.70E-05	4.30E-05	3.70E-05	2.50E-06	8.20E-07	5.70E-07	3.30E-07	3.19E-10
149	U-233	1.63E-17	7.16E-19	3.40E-05	3.00E-05	1.20E-05	9.60E-06	3.80E-07	1.40E-07	7.80E-08	5.10E-08	1.38E-13
150	U-234	7.63E-18	7.48E-19	3.30E-05	2.90E-05	1.20E-05	9.40E-06	3.70E-07	1.30E-07	7.40E-08	4.90E-08	8.95E-14
151	U-235	7.20E-15	1.48E-16	3.00E-05	2.60E-05	1.10E-05	8.50E-06	3.50E-07	1.30E-07	7.10E-08	4.70E-08	3.12E-17
152	U-236	5.01E-18	6.50E-19	3.10E-05	2.70E-05	1.10E-05	8.70E-06	3.50E-07	1.30E-07	7.00E-08	4.70E-08	9.38E-16
153	U-237	5.97E-15	1.33E-16	8.70E-09	6.40E-09	2.70E-09	1.90E-09	8.30E-09	5.40E-09	1.60E-09	7.60E-10	1.19E-06
154	U-238	3.41E-18	5.51E-19	2.90E-05	2.50E-05	1.00E-05	8.00E-06	3.40E-07	1.20E-07	6.80E-08	4.50E-08	4.92E-18
155	Xe-127	1.25E-14	2.73E-16	0	0	0	0	0	0	0	0	2.21E-07
156	Zr-93	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	6.40E-09	3.30E-09	3.30E-09	1.20E-09	7.60E-10	5.80E-10	1.10E-09	1.37E-14
157	Lu-177	1.62E-15	3.39E-17	5.70E-09	4.10E-09	1.70E-09	1.20E-09	6.10E-09	3.90E-09	1.20E-09	5.30E-10	1.20E-06
158	Tl-208	1.77E-13	2.98E-15	0	0	0	0	0	0	0	0	8.76E-08

注：空气浸没外照射和沉积外照射取自美国联邦导则 12 号报告，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6.2-10 计算公式中部分参数取值

a) 各年龄组的年空气摄入量 R_a (m^3)

幼儿 (1 岁)	儿童 (10 岁)	成人*
1.4×10^8	5.5×10^8	8.0×10^8

*男性成人和女性成人的平均值。

b) 用于计算农作物中核素浓度的各种参数的虚定值

R	λ_w a^{-1}	Y_v $kg \cdot m^{-2}$	t_c a	t_h a	P $kg \cdot m^{-2}$	T_{iv}
0.5 (对谷物上的铯)	17 (粒子)	2.0 (鲜重) (蔬菜)	0.16 (60d) (蔬菜)	2.7×10^{-3} (24h) (蔬菜, 最大个人)	240 (干重)	1 (叶类蔬菜)
				5.5×10^{-3} (2d) (蔬菜, 群体)		
0.2 (粒子)	5 (碘)	0.6 (鲜重) (其他作物)	0.25 (90d) (其他作物)	8.2×10^{-2} (30h) (其他作物, 最大个人)		0.1 (其他作物)
				0.5 (其他作物, 群体)		

表6.2-11 本项目经气载照射途径对公众（婴儿）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Ag-108m	8.52E-19	5.46E-14	6.17E-17	1.86E-17	5.47E-14	0.00
Ag-110m	1.23E-10	3.76E-07	2.63E-09	1.48E-09	3.80E-07	0.00
Ag-111	8.43E-19	1.17E-16	4.11E-16	3.97E-17	5.68E-16	0.00
Am-241	1.35E-13	1.42E-08	4.83E-07	4.20E-08	5.39E-07	0.00
Am-242	3.79E-15	5.83E-14	3.13E-11	1.45E-25	3.14E-11	0.00
Am-242m	1.98E-16	5.75E-11	9.91E-09	1.33E-09	1.13E-08	0.00
Am-243	4.68E-14	3.63E-09	5.99E-08	5.30E-09	6.89E-08	0.00
Ba-137m	3.39E-10	4.44E-11	0.00E+00	0.00E+00	3.83E-10	0.00
Ba-140	1.75E-13	4.17E-11	3.75E-11	1.04E-11	8.97E-11	0.00
Bi-212	2.47E-17	6.49E-13	2.71E-14	2.32E-15	6.79E-13	0.00
Br-83	2.53E-13	3.41E-13	1.47E-11	0.00E+00	1.53E-11	0.00
Br-84	6.10E-11	1.68E-11	1.52E-11	0.00E+00	9.29E-11	0.00
Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
C-14	2.44E-12	0.00E+00	1.31E-05	1.90E-06	1.50E-05	0.09
Cd-109	1.22E-17	3.78E-13	7.09E-14	1.33E-11	1.38E-11	0.00
Cd-113m	1.45E-18	1.23E-13	1.45E-12	4.83E-10	4.85E-10	0.00
Cd-115m	6.16E-15	4.92E-12	1.30E-11	4.17E-10	4.35E-10	0.00
Ce-141	2.16E-11	1.37E-08	6.29E-09	2.01E-09	2.20E-08	0.00
Ce-143	8.47E-15	1.57E-13	2.46E-13	3.11E-22	4.11E-13	0.00
Ce-144	8.20E-10	7.45E-06	5.37E-06	1.40E-06	1.42E-05	0.08
Cm-241	1.91E-18	1.18E-15	7.37E-16	3.23E-17	1.95E-15	0.00
Cm-242	6.52E-14	1.59E-09	1.75E-05	3.93E-07	1.79E-05	0.10
Cm-243	5.88E-14	3.34E-09	2.92E-08	2.11E-09	3.46E-08	0.00
Cm-244	1.66E-14	7.21E-09	9.47E-06	6.47E-07	1.01E-05	0.06
Co-58	1.86E-13	2.37E-10	2.24E-12	3.34E-11	2.73E-10	0.00
Co-60	8.91E-15	2.36E-10	4.10E-13	1.71E-11	2.53E-10	0.00
Cr-51	5.34E-14	2.71E-11	5.79E-13	4.20E-13	2.82E-11	0.00
Cs-134	5.05E-08	6.69E-04	2.95E-06	7.61E-05	7.48E-04	4.29
Cs-135	9.48E-19	1.77E-13	2.88E-12	3.41E-11	3.72E-11	0.00
Cs-136	7.78E-09	1.80E-06	6.87E-08	5.53E-08	1.93E-06	0.01
Cs-137	1.26E-08	6.99E-04	3.19E-06	4.72E-05	7.49E-04	4.29
Cs-138	2.15E-09	6.35E-10	4.73E-10	0.00E+00	3.25E-09	0.00
Eu-152	5.79E-14	2.51E-09	7.15E-12	1.21E-12	2.52E-09	0.00
Eu-154	2.25E-10	8.09E-06	3.72E-08	6.74E-09	8.14E-06	0.05
Eu-155	6.98E-12	2.18E-07	4.63E-09	8.82E-10	2.23E-07	0.00
Eu-156	1.50E-12	3.72E-10	2.68E-11	8.51E-12	4.09E-10	0.00
Fe-59	1.45E-13	1.09E-10	3.20E-12	4.71E-12	1.17E-10	0.00
Gd-153	6.22E-15	3.79E-11	1.05E-12	3.24E-13	3.93E-11	0.00

表6.2-11 续 本项目经气载照射途径对公众（婴儿）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
H-3	4.84E-11	0.00E+00	3.16E-06	5.55E-08	3.21E-06	0.02
Ho-166m	3.21E-17	2.03E-12	6.26E-15	7.33E-16	2.04E-12	0.00
I-129	4.49E-15	1.11E-09	5.40E-11	5.60E-09	6.77E-09	0.00
I-130	1.92E-11	1.87E-10	7.13E-11	1.64E-34	2.78E-10	0.00
I-131	2.13E-06	6.42E-04	5.28E-04	5.59E-04	1.73E-03	9.92
I-132	1.86E-05	6.68E-05	1.14E-05	0.00E+00	9.68E-05	0.55
I-133	9.21E-06	3.07E-04	3.69E-04	3.61E-13	6.85E-04	3.93
I-134	1.28E-09	4.34E-10	2.92E-10	0.00E+00	2.00E-09	0.00
I-135	1.14E-05	1.06E-04	3.59E-05	5.54E-36	1.53E-04	0.88
In-114m	4.99E-18	4.85E-15	3.64E-15	3.34E-15	1.18E-14	0.00
In-115m	4.26E-18	1.55E-17	1.72E-17	0.00E+00	3.70E-17	0.00
Kr-83m	6.19E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.19E-09	0.00
Kr-85	5.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.13E-07	0.00
Kr-85m	4.55E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.55E-06	0.03
Kr-87	4.62E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.62E-04	2.65
Kr-88	1.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.71E-03	9.81
Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
La-140	2.20E-12	4.24E-11	1.05E-11	6.85E-19	5.51E-11	0.00
Lu-177	7.30E-09	9.20E-07	1.63E-06	8.84E-08	2.65E-06	0.02
Mn-54	7.24E-12	4.00E-08	8.36E-11	4.34E-10	4.05E-08	0.00
Mo-99	1.37E-07	5.42E-06	4.74E-06	9.91E-11	1.03E-05	0.06
Nb-93m	6.71E-19	3.34E-13	7.10E-14	1.52E-14	4.20E-13	0.00
Nb-94	6.16E-18	3.87E-13	6.09E-16	8.05E-17	3.87E-13	0.00
Nb-95	3.04E-09	1.91E-06	3.91E-08	1.36E-08	1.96E-06	0.01
Nb-95m	1.40E-12	9.66E-11	1.39E-10	7.40E-13	2.38E-10	0.00
Nd-147	7.45E-15	1.65E-12	9.17E-13	1.52E-13	2.72E-12	0.00
Np-235	1.08E-19	2.71E-15	3.51E-16	1.12E-16	3.17E-15	0.00
Np-236	1.60E-20	1.13E-15	3.03E-16	4.58E-17	1.48E-15	0.00
Np-237	2.28E-16	2.00E-11	5.19E-10	3.57E-11	5.74E-10	0.00
Np-238	7.62E-16	2.82E-14	1.44E-14	1.23E-18	4.33E-14	0.00
Np-239	1.65E-13	7.38E-12	7.62E-12	2.30E-15	1.52E-11	0.00
Np-240	2.01E-23	5.58E-19	1.32E-23	2.20E-23	5.58E-19	0.00
Pa-231	9.90E-22	7.40E-17	2.70E-15	5.03E-16	3.28E-15	0.00
Pa-233	2.07E-15	1.04E-12	2.38E-13	6.68E-14	1.35E-12	0.00
Pa-234	1.48E-17	7.35E-17	2.91E-17	0.00E+00	1.17E-16	0.00
Pb-212	1.83E-17	1.52E-16	1.13E-13	3.88E-34	1.13E-13	0.00
Pd-107	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-14	3.14E-15	1.36E-14	0.00
Pm-146	3.87E-15	1.16E-10	3.63E-13	7.90E-14	1.17E-10	0.00

表6.2-11 续 本项目经气载照射途径对公众（婴儿）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Pm-147	4.56E-14	1.83E-09	7.94E-08	1.71E-08	9.84E-08	0.00
Pm-148	7.62E-13	6.98E-11	2.51E-11	1.21E-12	9.69E-11	0.00
Pm-148m	4.81E-11	3.61E-08	7.89E-10	3.11E-10	3.72E-08	0.00
Pr-143	5.68E-16	1.60E-13	2.23E-11	2.92E-12	2.54E-11	0.00
Pr-144	3.39E-10	6.63E-11	2.10E-09	0.00E+00	2.50E-09	0.00
Pu-236	2.43E-18	3.30E-13	8.75E-10	5.21E-11	9.27E-10	0.00
Pu-237	2.21E-16	2.07E-13	1.39E-14	5.07E-15	2.26E-13	0.00
Pu-238	1.14E-14	5.87E-09	6.70E-06	6.20E-07	7.33E-06	0.04
Pu-239	5.21E-16	1.43E-10	3.35E-07	3.41E-08	3.70E-07	0.00
Pu-240	1.06E-15	5.68E-10	6.11E-07	6.22E-08	6.74E-07	0.00
Pu-241	4.63E-15	2.79E-10	8.92E-07	2.36E-07	1.13E-06	0.01
Pu-242	6.02E-18	3.17E-12	3.81E-09	3.97E-10	4.21E-09	0.00
Pu-243	4.70E-22	2.07E-21	1.74E-20	0.00E+00	1.99E-20	0.00
Ra-224	1.26E-18	8.40E-17	2.03E-12	1.89E-15	2.04E-12	0.00
Rb-86	2.27E-14	7.35E-12	3.60E-12	6.95E-11	8.05E-11	0.00
Rb-88	1.69E-09	3.08E-10	6.05E-10	0.00E+00	2.60E-09	0.00
Rb-89	3.28E-10	2.36E-06	2.75E-11	6.13E-08	2.42E-06	0.01
Rh-102	6.49E-14	2.39E-10	2.14E-12	2.49E-12	2.43E-10	0.00
Rh-103m	1.08E-13	4.08E-13	1.55E-11	0.00E+00	1.61E-11	0.00
Rh-106	1.61E-09	1.96E-09	0.00E+00	0.00E+00	3.57E-09	0.00
Ru-103	3.08E-10	2.26E-07	1.12E-08	3.96E-09	2.42E-07	0.00
Ru-106	1.84E-09	1.83E-05	2.66E-06	9.87E-07	2.19E-05	0.13
Sb-122	2.72E-32	1.36E-30	7.13E-31	8.84E-34	2.10E-30	0.00
Sb-124	2.19E-12	1.58E-09	5.89E-11	2.76E-11	1.67E-09	0.00
Sb-125	7.97E-11	1.47E-06	1.03E-08	4.13E-09	1.48E-06	0.01
Sb-126	7.28E-15	1.64E-12	6.41E-14	1.37E-14	1.72E-12	0.00
Sb-126m	2.64E-14	2.69E-10	4.03E-15	1.30E-14	2.69E-10	0.00
Se-79	1.48E-20	3.19E-15	7.12E-14	7.72E-13	8.47E-13	0.00
Sm-151	4.93E-18	2.05E-12	9.53E-11	2.29E-11	1.20E-10	0.00
Sn-117m	1.41E-17	3.93E-15	1.32E-15	2.74E-16	5.53E-15	0.00
Sn-119m	2.64E-15	7.27E-11	1.66E-11	3.12E-11	1.21E-10	0.00
Sn-121	1.55E-17	6.93E-16	6.21E-13	1.77E-20	6.22E-13	0.00
Sn-121m	5.05E-16	1.16E-10	1.01E-11	1.49E-11	1.41E-10	0.00
Sn-123	5.86E-14	1.40E-10	3.69E-10	7.59E-10	1.27E-09	0.00
Sn-125	6.12E-17	1.01E-14	5.16E-15	1.14E-15	1.64E-14	0.00
Sn-126	7.44E-16	6.09E-11	2.69E-12	6.83E-12	7.05E-11	0.00
Sr-89	5.09E-12	3.61E-08	2.84E-08	2.82E-07	3.46E-07	0.00
Sr-90	4.94E-12	1.48E-05	1.34E-06	6.44E-05	8.06E-05	0.46

表6.2-11 续 本项目经气载照射途径对公众（婴儿）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Sr-91	3.07E-13	1.53E-12	1.98E-12	1.42E-43	3.81E-12	0.00
Sr-92	2.71E-13	3.60E-13	5.57E-13	0.00E+00	1.19E-12	0.00
Tb-160	3.81E-12	4.80E-09	1.40E-10	5.79E-11	5.00E-09	0.00
Tb-161	3.17E-21	6.68E-19	1.30E-18	9.07E-20	2.06E-18	0.00
Tc-99	1.43E-17	2.18E-12	2.30E-11	1.27E-09	1.30E-09	0.00
Tc-99m	7.06E-08	2.29E-07	9.67E-08	0.00E+00	3.97E-07	0.00
Te-125m	4.24E-13	1.73E-09	1.01E-09	1.72E-08	1.99E-08	0.00
Te-127	2.75E-13	2.07E-12	8.66E-11	3.04E-33	8.90E-11	0.00
Te-127m	1.79E-13	1.72E-09	2.99E-09	1.01E-07	1.06E-07	0.00
Te-129	5.35E-13	3.76E-13	4.32E-12	0.00E+00	5.23E-12	0.00
Te-129m	4.47E-13	3.34E-10	6.30E-10	2.04E-09	3.00E-09	0.00
Te-131	1.78E-12	4.73E-13	1.44E-12	0.00E+00	3.69E-12	0.00
Te-131m	4.05E-12	6.18E-11	2.82E-11	4.85E-21	9.40E-11	0.00
Te-132	3.93E-12	1.90E-09	5.24E-10	1.52E-13	2.43E-09	0.00
Te-134	1.05E-11	4.40E-12	8.77E-12	0.00E+00	2.36E-11	0.00
Th-228	2.45E-19	3.80E-15	2.71E-11	6.36E-13	2.77E-11	0.00
Th-230	3.73E-24	5.09E-19	5.45E-16	5.84E-17	6.04E-16	0.00
Th-231	2.29E-18	7.76E-17	6.69E-16	6.17E-24	7.48E-16	0.00
Th-234	4.15E-17	2.21E-14	3.20E-13	1.39E-13	4.81E-13	0.00
Tl-208	1.70E-16	2.34E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-13	0.00
Tm-170	1.01E-17	3.08E-14	1.04E-13	4.43E-14	1.79E-13	0.00
Tm-171	6.20E-19	1.13E-14	1.24E-14	3.09E-15	2.68E-14	0.00
U-232	1.18E-19	2.48E-14	5.29E-11	3.34E-12	5.63E-11	0.00
U-233	5.74E-23	7.97E-18	7.60E-15	2.15E-16	7.82E-15	0.00
U-234	1.15E-19	3.56E-14	3.16E-11	8.97E-13	3.25E-11	0.00
U-235	3.17E-17	2.06E-12	8.38E-12	2.48E-13	1.07E-11	0.00
U-236	8.45E-19	3.47E-13	3.32E-10	9.50E-12	3.42E-10	0.00
U-237	9.14E-15	1.23E-12	8.45E-13	4.15E-14	2.13E-12	0.00
U-238	4.19E-19	2.14E-13	2.26E-10	6.72E-12	2.33E-10	0.00
Xe-127	7.25E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.25E-16	0.00
Xe-131m	3.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.13E-07	0.00
Xe-133	0.00	0.00	0.00	0.00	1.34E-03	7.67
Xe-133m	5.90E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.90E-05	0.34
Xe-135	7.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.79E-03	44.62
Xe-135m	1.72E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E-03	9.83
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Xe-138	1.10E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-07	0.00
Y-90	4.13E-11	9.26E-09	4.14E-08	1.84E-12	5.07E-08	0.00

表6.2-11 续 本项目经气载照射途径对公众（婴儿）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Y-91	1.40E-11	6.11E-08	6.03E-08	2.56E-08	1.47E-07	0.00
Y-91m	4.95E-14	2.45E-14	9.13E-15	0.00E+00	8.32E-14	0.00
Y-92	1.27E-14	2.30E-14	1.18E-13	0.00E+00	1.54E-13	0.00
Y-93	3.02E-15	1.51E-14	1.84E-13	4.29E-43	2.02E-13	0.00
Zr-93	0.00E+00	0.00E+00	5.37E-13	9.66E-14	6.34E-13	0.00
Zr-95	1.41E-09	3.47E-06	6.17E-08	1.66E-08	3.55E-06	0.02
汇总 (mSv/a)	1.31E-02	2.56E-03	1.02E-03	7.54E-04	1.74E-02	100.00
份额 (%)	7.52E+01	1.47E+01	5.84E+00	4.32E+00	1.00E+02	

表6.2-12 本项目经气载照射途径对公众（儿童）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Ag-108m	8.52E-19	5.46E-14	2.37E-16	2.50E-16	5.51E-14	0.00
Ag-110m	1.23E-10	3.76E-07	9.22E-09	2.50E-08	4.10E-07	0.00
Ag-111	8.43E-19	1.17E-16	1.16E-15	7.42E-15	8.69E-15	0.00
Am-241	1.35E-13	1.42E-08	1.65E-06	1.26E-07	1.79E-06	0.00
Am-242	3.79E-15	5.83E-14	9.54E-11	6.20E-12	1.02E-10	0.00
Am-242m	1.98E-16	5.75E-11	3.74E-08	3.85E-09	4.13E-08	0.00
Am-243	4.68E-14	3.63E-09	2.09E-07	1.63E-08	2.29E-07	0.00
Ba-137m	3.39E-10	4.44E-11	0.00E+00	0.00E+00	3.83E-10	0.00
Ba-140	1.75E-13	4.17E-11	1.12E-10	5.04E-10	6.58E-10	0.00
Bi-212	2.47E-17	6.49E-13	7.33E-14	1.09E-14	7.33E-13	0.00
Br-83	2.53E-13	3.41E-13	3.80E-11	9.88E-15	3.86E-11	0.00
Br-84	6.10E-11	1.68E-11	3.88E-11	1.04E-29	1.16E-10	0.00
Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
C-14	2.44E-12	0.00E+00	4.61E-05	3.69E-05	8.31E-05	0.05
Cd-109	1.22E-17	3.78E-13	2.17E-13	3.55E-12	4.14E-12	0.00
Cd-113m	1.45E-18	1.23E-13	4.36E-12	1.26E-10	1.31E-10	0.00
Cd-115m	6.16E-15	4.92E-12	3.94E-11	2.73E-10	3.17E-10	0.00
Ce-141	2.16E-11	1.37E-08	1.85E-08	5.32E-08	8.54E-08	0.00
Ce-143	8.47E-15	1.57E-13	6.71E-13	3.27E-12	4.10E-12	0.00
Ce-144	8.20E-10	7.45E-06	1.58E-05	1.87E-05	4.19E-05	0.03
Cm-241	1.91E-18	1.18E-15	2.27E-15	7.90E-16	4.24E-15	0.00
Cm-242	6.52E-14	1.59E-09	5.43E-05	1.71E-06	5.60E-05	0.04
Cm-243	5.88E-14	3.34E-09	9.97E-08	6.77E-09	1.10E-07	0.00
Cm-244	1.66E-14	7.21E-09	3.21E-05	2.02E-06	3.41E-05	0.02
Co-58	1.86E-13	2.37E-10	7.33E-12	4.13E-11	2.86E-10	0.00
Co-60	8.91E-15	2.36E-10	1.51E-12	7.87E-12	2.45E-10	0.00
Cr-51	5.34E-14	2.71E-11	1.84E-12	1.31E-11	4.22E-11	0.00
Cs-134	5.05E-08	6.69E-04	1.04E-05	7.44E-05	7.54E-04	0.48
Cs-135	9.48E-19	1.77E-13	1.00E-11	2.82E-11	3.84E-11	0.00
Cs-136	7.78E-09	1.80E-06	1.98E-07	2.38E-06	4.38E-06	0.00
Cs-137	1.26E-08	6.99E-04	1.14E-05	3.99E-05	7.50E-04	0.47
Cs-138	2.15E-09	6.35E-10	1.24E-09	1.30E-27	4.02E-09	0.00
Eu-152	5.79E-14	2.51E-09	2.55E-11	1.56E-11	2.55E-09	0.00
Eu-154	2.25E-10	8.09E-06	1.37E-07	9.02E-08	8.32E-06	0.01
Eu-155	6.98E-12	2.18E-07	1.61E-08	1.27E-08	2.46E-07	0.00
Eu-156	1.50E-12	3.72E-10	7.76E-11	4.77E-10	9.28E-10	0.00
Fe-59	1.45E-13	1.09E-10	7.78E-12	5.49E-11	1.72E-10	0.00
Gd-153	6.22E-15	3.79E-11	3.31E-12	6.01E-12	4.73E-11	0.00

表6.2-12 续 本项目经气载照射途径对公众（儿童）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
H-3	4.84E-11	0.00E+00	9.86E-06	7.08E-07	1.06E-05	0.01
Ho-166m	3.21E-17	2.03E-12	2.37E-14	7.27E-15	2.06E-12	0.00
I-129	4.49E-15	1.11E-09	2.53E-10	2.63E-08	2.77E-08	0.00
I-130	1.92E-11	1.87E-10	2.53E-10	1.84E-09	2.30E-09	0.00
I-131	2.13E-06	6.42E-04	2.08E-03	1.06E-01	1.09E-01	68.83
I-132	1.86E-05	6.68E-05	3.91E-05	1.52E-06	1.26E-04	0.08
I-133	9.21E-06	3.07E-04	1.37E-03	3.17E-02	3.34E-02	21.11
I-134	1.28E-09	4.34E-10	8.85E-10	2.28E-16	2.59E-09	0.00
I-135	1.14E-05	1.06E-04	1.27E-04	5.22E-04	7.66E-04	0.48
In-114m	4.99E-18	4.85E-15	9.83E-15	6.60E-14	8.06E-14	0.00
In-115m	4.26E-18	1.55E-17	4.75E-17	1.11E-17	7.83E-17	0.00
Kr-83m	6.19E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.19E-09	0.00
Kr-85	5.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.13E-07	0.00
Kr-85m	4.55E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.55E-06	0.00
Kr-87	4.62E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.62E-04	0.29
Kr-88	1.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.71E-03	1.08
Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
La-140	2.20E-12	4.24E-11	2.95E-11	1.73E-10	2.47E-10	0.00
Lu-177	7.30E-09	9.20E-07	4.61E-06	2.10E-05	2.66E-05	0.02
Mn-54	7.24E-12	4.00E-08	2.71E-10	1.36E-09	4.17E-08	0.00
Mo-99	1.37E-07	5.42E-06	1.29E-05	3.39E-05	5.24E-05	0.03
Nb-93m	6.71E-19	3.34E-13	2.45E-13	2.84E-13	8.62E-13	0.00
Nb-94	6.16E-18	3.87E-13	2.39E-15	1.60E-15	3.91E-13	0.00
Nb-95	3.04E-09	1.91E-06	1.18E-07	4.33E-07	2.46E-06	0.00
Nb-95m	1.40E-12	9.66E-11	4.04E-10	2.08E-09	2.58E-09	0.00
Nd-147	7.45E-15	1.65E-12	2.58E-12	1.25E-11	1.67E-11	0.00
Np-235	1.08E-19	2.71E-15	1.17E-15	1.81E-15	5.68E-15	0.00
Np-236	1.60E-20	1.13E-15	1.19E-15	1.52E-16	2.48E-15	0.00
Np-237	2.28E-16	2.00E-11	1.76E-09	9.85E-11	1.88E-09	0.00
Np-238	7.62E-16	2.82E-14	4.33E-14	1.61E-13	2.33E-13	0.00
Np-239	1.65E-13	7.38E-12	2.14E-11	1.17E-10	1.46E-10	0.00
Np-240	2.01E-23	5.58E-19	3.66E-23	3.50E-22	5.59E-19	0.00
Pa-231	9.90E-22	7.40E-17	9.90E-15	1.55E-15	1.15E-14	0.00
Pa-233	2.07E-15	1.04E-12	7.16E-13	2.21E-12	3.97E-12	0.00
Pa-234	1.48E-17	7.35E-17	8.27E-17	5.48E-17	2.26E-16	0.00
Pb-212	1.83E-17	1.52E-16	3.31E-13	4.52E-14	3.77E-13	0.00
Pd-107	0.00E+00	0.00E+00	3.75E-14	4.64E-14	8.39E-14	0.00
Pm-146	3.87E-15	1.16E-10	1.32E-12	1.13E-12	1.19E-10	0.00

表6.2-12 续 本项目经气载照射途径对公众（儿童）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Pm-147	4.56E-14	1.83E-09	2.63E-07	2.55E-07	5.20E-07	0.00
Pm-148	7.62E-13	6.98E-11	7.23E-11	5.75E-10	7.17E-10	0.00
Pm-148m	4.81E-11	3.61E-08	2.48E-09	8.63E-09	4.72E-08	0.00
Pr-143	5.68E-16	1.60E-13	6.21E-11	3.03E-10	3.65E-10	0.00
Pr-144	3.39E-10	6.63E-11	5.20E-09	7.43E-44	5.61E-09	0.00
Pu-236	2.43E-18	3.30E-13	2.96E-09	1.72E-10	3.13E-09	0.00
Pu-237	2.21E-16	2.07E-13	4.09E-14	1.33E-13	3.81E-13	0.00
Pu-238	1.14E-14	5.87E-09	2.34E-05	1.93E-06	2.53E-05	0.02
Pu-239	5.21E-16	1.43E-10	1.20E-06	1.06E-07	1.30E-06	0.00
Pu-240	1.06E-15	5.68E-10	2.18E-06	1.93E-07	2.37E-06	0.00
Pu-241	4.63E-15	2.79E-10	3.66E-06	7.47E-07	4.41E-06	0.00
Pu-242	6.02E-18	3.17E-12	1.35E-08	1.23E-09	1.47E-08	0.00
Pu-243	4.70E-22	2.07E-21	4.66E-20	1.31E-20	6.23E-20	0.00
Ra-224	1.26E-18	8.40E-17	6.13E-12	1.88E-12	8.01E-12	0.00
Rb-86	2.27E-14	7.35E-12	9.07E-12	1.62E-10	1.78E-10	0.00
Rb-88	1.69E-09	3.08E-10	1.50E-09	4.01E-43	3.50E-09	0.00
Rb-89	3.28E-10	2.36E-06	7.17E-11	1.64E-08	2.37E-06	0.00
Rh-102	6.49E-14	2.39E-10	7.78E-12	1.40E-11	2.61E-10	0.00
Rh-103m	1.08E-13	4.08E-13	3.97E-11	3.34E-21	4.02E-11	0.00
Rh-106	1.61E-09	1.96E-09	0.00E+00	0.00E+00	3.57E-09	0.00
Ru-103	3.08E-10	2.26E-07	3.37E-08	1.08E-07	3.68E-07	0.00
Ru-106	1.84E-09	1.83E-05	9.23E-06	1.66E-05	4.40E-05	0.03
Sb-122	2.72E-32	1.36E-30	1.94E-30	1.53E-29	1.86E-29	0.00
Sb-124	2.19E-12	1.58E-09	1.84E-10	6.62E-10	2.43E-09	0.00
Sb-125	7.97E-11	1.47E-06	3.67E-08	4.85E-08	1.55E-06	0.00
Sb-126	7.28E-15	1.64E-12	1.99E-13	1.01E-12	2.86E-12	0.00
Sb-126m	2.64E-14	2.69E-10	1.06E-14	1.58E-13	2.69E-10	0.00
Se-79	1.48E-20	3.19E-15	2.43E-13	3.36E-12	3.60E-12	0.00
Sm-151	4.93E-18	2.05E-12	3.41E-10	1.87E-10	5.30E-10	0.00
Sn-117m	1.41E-17	3.93E-15	3.98E-15	1.48E-14	2.27E-14	0.00
Sn-119m	2.64E-15	7.27E-11	5.16E-11	1.59E-10	2.84E-10	0.00
Sn-121	1.55E-17	6.93E-16	1.79E-12	7.71E-12	9.50E-12	0.00
Sn-121m	5.05E-16	1.16E-10	3.14E-11	5.94E-11	2.06E-10	0.00
Sn-123	5.86E-14	1.40E-10	1.12E-09	5.23E-09	6.49E-09	0.00
Sn-125	6.12E-17	1.01E-14	1.45E-14	1.11E-13	1.36E-13	0.00
Sn-126	7.44E-16	6.09E-11	8.79E-12	2.78E-11	9.75E-11	0.00
Sr-89	5.09E-12	3.61E-08	8.58E-08	4.50E-07	5.72E-07	0.00
Sr-90	4.94E-12	1.48E-05	5.01E-06	1.78E-05	3.77E-05	0.02

表6.2-12 续 本项目经气载照射途径对公众（儿童）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Sr-91	3.07E-13	1.53E-12	5.54E-12	3.89E-12	1.13E-11	0.00
Sr-92	2.71E-13	3.60E-13	1.49E-12	1.95E-15	2.12E-12	0.00
Tb-160	3.81E-12	4.80E-09	4.29E-10	1.28E-09	6.51E-09	0.00
Tb-161	3.17E-21	6.68E-19	3.64E-18	1.98E-17	2.41E-17	0.00
Tc-99	1.43E-17	2.18E-12	8.14E-11	6.45E-10	7.29E-10	0.00
Tc-99m	7.06E-08	2.29E-07	2.92E-07	3.69E-08	6.29E-07	0.00
Te-125m	4.24E-13	1.73E-09	3.04E-09	1.72E-08	2.20E-08	0.00
Te-127	2.75E-13	2.07E-12	2.24E-10	2.98E-10	5.24E-10	0.00
Te-127m	1.79E-13	1.72E-09	9.47E-09	7.14E-08	8.26E-08	0.00
Te-129	5.35E-13	3.76E-13	1.12E-11	1.02E-19	1.21E-11	0.00
Te-129m	4.47E-13	3.34E-10	1.89E-09	1.13E-08	1.36E-08	0.00
Te-131	1.78E-12	4.73E-13	4.35E-12	5.51E-36	6.60E-12	0.00
Te-131m	4.05E-12	6.18E-11	9.68E-11	4.14E-10	5.77E-10	0.00
Te-132	3.93E-12	1.90E-09	1.69E-09	1.07E-08	1.43E-08	0.00
Te-134	1.05E-11	4.40E-12	2.46E-11	3.46E-25	3.94E-11	0.00
Th-228	2.45E-19	3.80E-15	8.65E-11	2.00E-12	8.85E-11	0.00
Th-230	3.73E-24	5.09E-19	1.87E-15	1.81E-16	2.05E-15	0.00
Th-231	2.29E-18	7.76E-17	1.86E-15	7.36E-15	9.30E-15	0.00
Th-234	4.15E-17	2.21E-14	9.50E-13	4.85E-12	5.82E-12	0.00
Tl-208	1.70E-16	2.34E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-13	0.00
Tm-170	1.01E-17	3.08E-14	3.17E-13	8.63E-13	1.21E-12	0.00
Tm-171	6.20E-19	1.13E-14	4.10E-14	4.58E-14	9.80E-14	0.00
U-232	1.18E-19	2.48E-14	2.02E-10	1.44E-11	2.16E-10	0.00
U-233	5.74E-23	7.97E-18	2.63E-14	1.04E-15	2.74E-14	0.00
U-234	1.15E-19	3.56E-14	1.09E-10	4.13E-12	1.13E-10	0.00
U-235	3.17E-17	2.06E-12	2.85E-11	1.21E-12	3.18E-11	0.00
U-236	8.45E-19	3.47E-13	1.14E-09	4.62E-11	1.18E-09	0.00
U-237	9.14E-15	1.23E-12	2.44E-12	9.89E-12	1.36E-11	0.00
U-238	4.19E-19	2.14E-13	7.66E-10	3.11E-11	7.97E-10	0.00
Xe-127	7.25E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.25E-16	0.00
Xe-131m	3.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.13E-07	0.00
Xe-133	1.34E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.34E-03	0.85
Xe-133m	5.90E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.90E-05	0.04
Xe-135	7.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.79E-03	4.92
Xe-135m	1.72E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E-03	1.08
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Xe-138	1.10E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-07	0.00
Y-90	4.13E-11	9.26E-09	1.10E-07	8.87E-07	1.01E-06	0.00

表6.2-12 续 本项目经气载照射途径对公众（儿童）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Y-91	1.40E-11	6.11E-08	1.87E-07	6.88E-07	9.37E-07	0.00
Y-91m	4.95E-14	2.45E-14	2.86E-14	6.12E-26	1.03E-13	0.00
Y-92	1.27E-14	2.30E-14	2.93E-13	4.88E-15	3.34E-13	0.00
Y-93	3.02E-15	1.51E-14	4.70E-13	6.42E-13	1.13E-12	0.00
Zr-93	0.00E+00	0.00E+00	1.93E-12	1.89E-12	3.82E-12	0.00
Zr-95	1.41E-09	3.47E-06	1.92E-07	4.16E-07	4.08E-06	0.00
汇总 (mSv/a)	1.31E-02	2.56E-03	3.86E-03	1.39E-01	1.58E-01	100.00
份额 (%)	8.29E+00	1.62E+00	2.44E+00	8.77E+01	100.00	

表6.2-13 本项目经气载照射途径对公众（青年）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Ag-108m	8.52E-19	5.46E-14	1.74E-16	3.41E-16	5.51E-14	0.00
Ag-110m	1.23E-10	3.76E-07	5.89E-09	3.28E-08	4.15E-07	0.00
Ag-111	8.43E-19	1.17E-16	6.40E-16	8.22E-15	8.98E-15	0.00
Am-241	1.35E-13	1.42E-08	1.14E-06	2.63E-07	1.42E-06	0.00
Am-242	3.79E-15	5.83E-14	6.04E-11	6.95E-12	6.74E-11	0.00
Am-242m	1.98E-16	5.75E-11	2.72E-08	9.01E-09	3.62E-08	0.00
Am-243	4.68E-14	3.63E-09	1.40E-07	3.41E-08	1.78E-07	0.00
Ba-137m	3.39E-10	4.44E-11	0.00E+00	0.00E+00	3.83E-10	0.00
Ba-140	1.75E-13	4.17E-11	6.35E-11	6.09E-10	7.15E-10	0.00
Bi-212	2.47E-17	6.49E-13	4.27E-14	1.02E-14	7.02E-13	0.00
Br-83	2.53E-13	3.41E-13	1.85E-11	1.05E-14	1.91E-11	0.00
Br-84	6.10E-11	1.68E-11	1.81E-11	1.11E-29	9.58E-11	0.00
Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
C-14	2.44E-12	0.00E+00	2.92E-05	5.95E-05	8.87E-05	0.05
Cd-109	1.22E-17	3.78E-13	1.34E-13	1.36E-12	1.87E-12	0.00
Cd-113m	1.45E-18	1.23E-13	2.95E-12	5.96E-11	6.26E-11	0.00
Cd-115m	6.16E-15	4.92E-12	2.10E-11	2.52E-10	2.78E-10	0.00
Ce-141	2.16E-11	1.37E-08	1.19E-08	5.67E-08	8.23E-08	0.00
Ce-143	8.47E-15	1.57E-13	3.33E-13	3.78E-12	4.28E-12	0.00
Ce-144	8.20E-10	7.45E-06	6.65E-06	1.85E-05	3.26E-05	0.02
Cm-241	1.91E-18	1.18E-15	1.47E-15	9.55E-16	3.61E-15	0.00
Cm-242	6.52E-14	1.59E-09	3.41E-05	1.91E-06	3.60E-05	0.02
Cm-243	5.88E-14	3.34E-09	6.53E-08	1.15E-08	8.01E-08	0.00
Cm-244	1.66E-14	7.21E-09	2.09E-05	3.42E-06	2.43E-05	0.01
Co-58	1.86E-13	2.37E-10	4.41E-12	4.58E-11	2.87E-10	0.00
Co-60	8.91E-15	2.36E-10	1.02E-12	6.19E-12	2.43E-10	0.00
Cr-51	5.34E-14	2.71E-11	8.41E-13	1.62E-11	4.43E-11	0.00
Cs-134	5.05E-08	6.69E-04	6.74E-06	2.32E-04	9.08E-04	0.56
Cs-135	9.48E-19	1.77E-13	6.69E-12	5.30E-11	5.99E-11	0.00
Cs-136	7.78E-09	1.80E-06	1.07E-07	4.11E-06	6.03E-06	0.00
Cs-137	1.26E-08	6.99E-04	7.94E-06	1.10E-04	8.17E-04	0.50
Cs-138	2.15E-09	6.35E-10	5.28E-10	1.44E-27	3.31E-09	0.00
Eu-152	5.79E-14	2.51E-09	1.82E-11	1.92E-11	2.55E-09	0.00
Eu-154	2.25E-10	8.09E-06	8.62E-08	1.08E-07	8.29E-06	0.01
Eu-155	6.98E-12	2.18E-07	9.36E-09	1.37E-08	2.41E-07	0.00
Eu-156	1.50E-12	3.72E-10	4.27E-11	5.45E-10	9.61E-10	0.00
Fe-59	1.45E-13	1.09E-10	5.05E-12	7.13E-11	1.86E-10	0.00
Gd-153	6.22E-15	3.79E-11	1.89E-12	6.83E-12	4.67E-11	0.00

表6.2-13 续 本项目经气载照射途径对公众（青年）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
H-3	4.84E-11	0.00E+00	4.35E-06	1.09E-06	5.45E-06	0.00
Ho-166m	3.21E-17	2.03E-12	1.79E-14	9.59E-15	2.06E-12	0.00
I-129	4.49E-15	1.11E-09	2.87E-10	7.14E-08	7.28E-08	0.00
I-130	1.92E-11	1.87E-10	7.95E-11	1.81E-09	2.10E-09	0.00
I-131	2.13E-06	6.42E-04	7.97E-04	1.17E-01	1.18E-01	72.63
I-132	1.86E-05	6.68E-05	1.30E-05	1.51E-06	1.00E-04	0.06
I-133	9.21E-06	3.07E-04	4.22E-04	2.78E-02	2.85E-02	17.55
I-134	1.28E-09	4.34E-10	3.83E-10	2.46E-16	2.09E-09	0.00
I-135	1.14E-05	1.06E-04	3.95E-05	4.97E-04	6.54E-04	0.40
In-114m	4.99E-18	4.85E-15	4.33E-15	6.87E-14	7.79E-14	0.00
In-115m	4.26E-18	1.55E-17	2.09E-17	1.28E-17	5.35E-17	0.00
Kr-83m	6.19E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.19E-09	0.00
Kr-85	5.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.13E-07	0.00
Kr-85m	4.55E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.55E-06	0.00
Kr-87	4.62E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.62E-04	0.28
Kr-88	1.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.71E-03	1.05
Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
La-140	2.20E-12	4.24E-11	1.36E-11	2.16E-10	2.74E-10	0.00
Lu-177	7.30E-09	9.20E-07	2.78E-06	2.48E-05	2.85E-05	0.02
Mn-54	7.24E-12	4.00E-08	1.53E-10	1.87E-09	4.20E-08	0.00
Mo-99	1.37E-07	5.42E-06	6.67E-06	4.11E-05	5.33E-05	0.03
Nb-93m	6.71E-19	3.34E-13	1.37E-13	2.96E-13	7.67E-13	0.00
Nb-94	6.16E-18	3.87E-13	1.68E-15	1.97E-15	3.90E-13	0.00
Nb-95	3.04E-09	1.91E-06	7.25E-08	5.39E-07	2.52E-06	0.00
Nb-95m	1.40E-12	9.66E-11	2.25E-10	2.34E-09	2.66E-09	0.00
Nd-147	7.45E-15	1.65E-12	1.53E-12	1.39E-11	1.71E-11	0.00
Np-235	1.08E-19	2.71E-15	6.40E-16	1.85E-15	5.20E-15	0.00
Np-236	1.60E-20	1.13E-15	1.08E-15	3.99E-16	2.61E-15	0.00
Np-237	2.28E-16	2.00E-11	1.12E-09	1.80E-10	1.32E-09	0.00
Np-238	7.62E-16	2.82E-14	2.13E-14	1.90E-13	2.40E-13	0.00
Np-239	1.65E-13	7.38E-12	1.24E-11	1.34E-10	1.54E-10	0.00
Np-240	2.01E-23	5.58E-19	1.74E-23	3.77E-22	5.59E-19	0.00
Pa-231	9.90E-22	7.40E-17	8.14E-15	3.84E-15	1.21E-14	0.00
Pa-233	2.07E-15	1.04E-12	4.41E-13	2.48E-12	3.96E-12	0.00
Pa-234	1.48E-17	7.35E-17	4.07E-17	6.61E-17	1.95E-16	0.00
Pb-212	1.83E-17	1.52E-16	2.41E-13	5.53E-14	2.96E-13	0.00
Pd-107	0.00E+00	0.00E+00	2.13E-14	4.67E-14	6.80E-14	0.00
Pm-146	3.87E-15	1.16E-10	8.60E-13	1.40E-12	1.19E-10	0.00

表6.2-13 续 本项目经气载照射途径对公众（青年）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Pm-147	4.56E-14	1.83E-09	1.62E-07	2.69E-07	4.33E-07	0.00
Pm-148	7.62E-13	6.98E-11	3.54E-11	6.74E-10	7.80E-10	0.00
Pm-148m	4.81E-11	3.61E-08	1.50E-09	1.09E-08	4.85E-08	0.00
Pr-143	5.68E-16	1.60E-13	3.54E-11	3.43E-10	3.78E-10	0.00
Pr-144	3.39E-10	6.63E-11	2.14E-09	7.71E-44	2.55E-09	0.00
Pu-236	2.43E-18	3.30E-13	1.94E-09	2.74E-10	2.22E-09	0.00
Pu-237	2.21E-16	2.07E-13	2.34E-14	1.52E-13	3.83E-13	0.00
Pu-238	1.14E-14	5.87E-09	1.62E-05	4.06E-06	2.02E-05	0.01
Pu-239	5.21E-16	1.43E-10	8.47E-07	2.39E-07	1.09E-06	0.00
Pu-240	1.06E-15	5.68E-10	1.54E-06	4.36E-07	1.98E-06	0.00
Pu-241	4.63E-15	2.79E-10	3.94E-06	2.35E-06	6.29E-06	0.00
Pu-242	6.02E-18	3.17E-12	9.26E-09	2.82E-09	1.21E-08	0.00
Pu-243	4.70E-22	2.07E-21	2.32E-20	1.46E-20	4.03E-20	0.00
Ra-224	1.26E-18	8.40E-17	4.26E-12	2.85E-12	7.11E-12	0.00
Rb-86	2.27E-14	7.35E-12	3.43E-12	1.57E-10	1.68E-10	0.00
Rb-88	1.69E-09	3.08E-10	5.83E-10	4.25E-43	2.58E-09	0.00
Rb-89	3.28E-10	2.36E-06	3.03E-11	2.31E-09	2.36E-06	0.00
Rh-102	6.49E-14	2.39E-10	5.43E-12	2.05E-11	2.65E-10	0.00
Rh-103m	1.08E-13	4.08E-13	1.91E-11	3.52E-21	1.96E-11	0.00
Rh-106	1.61E-09	1.96E-09	0.00E+00	0.00E+00	3.57E-09	0.00
Ru-103	3.08E-10	2.26E-07	2.06E-08	1.27E-07	3.74E-07	0.00
Ru-106	1.84E-09	1.83E-05	5.31E-06	1.78E-05	4.13E-05	0.03
Sb-122	2.72E-32	1.36E-30	9.26E-31	1.81E-29	2.04E-29	0.00
Sb-124	2.19E-12	1.58E-09	1.12E-10	7.75E-10	2.47E-09	0.00
Sb-125	7.97E-11	1.47E-06	2.24E-08	5.83E-08	1.55E-06	0.00
Sb-126	7.28E-15	1.64E-12	9.64E-14	1.33E-12	3.07E-12	0.00
Sb-126m	2.64E-14	2.69E-10	4.73E-15	1.66E-13	2.69E-10	0.00
Se-79	1.48E-20	3.19E-15	1.54E-13	5.50E-12	5.66E-12	0.00
Sm-151	4.93E-18	2.05E-12	2.23E-10	2.03E-10	4.28E-10	0.00
Sn-117m	1.41E-17	3.93E-15	2.56E-15	1.66E-14	2.30E-14	0.00
Sn-119m	2.64E-15	7.27E-11	2.95E-11	1.61E-10	2.63E-10	0.00
Sn-121	1.55E-17	6.93E-16	8.51E-13	8.75E-12	9.60E-12	0.00
Sn-121m	5.05E-16	1.16E-10	1.95E-11	5.95E-11	1.95E-10	0.00
Sn-123	5.86E-14	1.40E-10	6.33E-10	5.14E-09	5.92E-09	0.00
Sn-125	6.12E-17	1.01E-14	7.02E-15	1.28E-13	1.45E-13	0.00
Sn-126	7.44E-16	6.09E-11	5.24E-12	2.99E-11	9.61E-11	0.00
Sr-89	5.09E-12	3.61E-08	4.99E-08	4.55E-07	5.41E-07	0.00
Sr-90	4.94E-12	1.48E-05	3.28E-06	2.69E-05	4.50E-05	0.03

表6.2-13 续 本项目经气载照射途径对公众（青年）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Sr-91	3.07E-13	1.53E-12	2.48E-12	4.50E-12	8.82E-12	0.00
Sr-92	2.71E-13	3.60E-13	6.51E-13	2.28E-15	1.28E-12	0.00
Tb-160	3.81E-12	4.80E-09	2.49E-10	1.50E-09	6.55E-09	0.00
Tb-161	3.17E-21	6.68E-19	2.14E-18	2.28E-17	2.57E-17	0.00
Tc-99	1.43E-17	2.18E-12	5.44E-11	3.57E-10	4.13E-10	0.00
Tc-99m	7.06E-08	2.29E-07	1.49E-07	4.71E-08	4.96E-07	0.00
Te-125m	4.24E-13	1.73E-09	1.97E-09	1.47E-08	1.84E-08	0.00
Te-127	2.75E-13	2.07E-12	1.07E-10	3.44E-10	4.54E-10	0.00
Te-127m	1.79E-13	1.72E-09	5.84E-09	5.37E-08	6.13E-08	0.00
Te-129	5.35E-13	3.76E-13	4.87E-12	1.08E-19	5.78E-12	0.00
Te-129m	4.47E-13	3.34E-10	1.14E-09	1.10E-08	1.24E-08	0.00
Te-131	1.78E-12	4.73E-13	1.68E-12	6.11E-36	3.93E-12	0.00
Te-131m	4.05E-12	6.18E-11	3.70E-11	4.91E-10	5.93E-10	0.00
Te-132	3.93E-12	1.90E-09	5.72E-10	1.14E-08	1.39E-08	0.00
Te-134	1.05E-11	4.40E-12	1.16E-11	3.91E-25	2.65E-11	0.00
Th-228	2.45E-19	3.80E-15	5.32E-11	2.86E-12	5.61E-11	0.00
Th-230	3.73E-24	5.09E-19	1.25E-15	3.72E-16	1.62E-15	0.00
Th-231	2.29E-18	7.76E-17	8.28E-16	8.39E-15	9.30E-15	0.00
Th-234	4.15E-17	2.21E-14	4.90E-13	5.26E-12	5.77E-12	0.00
Tl-208	1.70E-16	2.34E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-13	0.00
Tm-170	1.01E-17	3.08E-14	1.81E-13	9.05E-13	1.12E-12	0.00
Tm-171	6.20E-19	1.13E-14	2.09E-14	4.74E-14	7.96E-14	0.00
U-232	1.18E-19	2.48E-14	1.30E-10	3.45E-11	1.65E-10	0.00
U-233	5.74E-23	7.97E-18	1.53E-14	2.00E-15	1.73E-14	0.00
U-234	1.15E-19	3.56E-14	6.56E-11	8.10E-12	7.37E-11	0.00
U-235	3.17E-17	2.06E-12	1.76E-11	2.27E-12	2.19E-11	0.00
U-236	8.45E-19	3.47E-13	6.73E-10	8.58E-11	7.59E-10	0.00
U-237	9.14E-15	1.23E-12	1.50E-12	1.12E-11	1.39E-11	0.00
U-238	4.19E-19	2.14E-13	4.46E-10	6.07E-11	5.07E-10	0.00
Xe-127	7.25E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.25E-16	0.00
Xe-131m	3.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.13E-07	0.00
Xe-133	1.34E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.34E-03	0.82
Xe-133m	5.90E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.90E-05	0.04
Xe-135	7.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.79E-03	4.79
Xe-135m	1.72E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E-03	1.06
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Xe-138	1.10E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-07	0.00
Y-90	4.13E-11	9.26E-09	4.91E-08	1.01E-06	1.07E-06	0.00

表6.2-13 续 本项目经气载照射途径对公众（青年）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Y-91	1.40E-11	6.11E-08	1.04E-07	7.17E-07	8.83E-07	0.00
Y-91m	4.95E-14	2.45E-14	1.41E-14	8.26E-26	8.82E-14	0.00
Y-92	1.27E-14	2.30E-14	1.24E-13	5.22E-15	1.65E-13	0.00
Y-93	3.02E-15	1.51E-14	1.94E-13	7.28E-13	9.40E-13	0.00
Zr-93	0.00E+00	0.00E+00	1.45E-12	5.06E-12	6.51E-12	0.00
Zr-95	1.41E-09	3.47E-06	1.22E-07	5.04E-07	4.09E-06	0.00
汇总 (mSv/a)	1.31E-02	2.56E-03	1.42E-03	1.45E-01	1.63E-01	100.00
份额 (%)	8.07E+00	1.57E+00	8.76E-01	8.95E+01	100.00	

表6.2-14 本项目经气载照射途径对公众（成人）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Ag-108m	8.52E-19	5.46E-14	1.47E-16	2.28E-16	5.50E-14	0.00
Ag-110m	1.23E-10	3.76E-07	3.93E-09	2.19E-08	4.02E-07	0.00
Ag-111	8.43E-19	1.17E-16	4.03E-16	4.62E-15	5.14E-15	0.00
Am-241	1.35E-13	1.42E-08	9.59E-07	2.98E-07	1.27E-06	0.00
Am-242	3.79E-15	5.83E-14	4.48E-11	3.77E-12	4.86E-11	0.00
Am-242m	1.98E-16	5.75E-11	2.49E-08	1.07E-08	3.56E-08	0.00
Am-243	4.68E-14	3.63E-09	1.17E-07	3.86E-08	1.59E-07	0.00
Ba-137m	3.39E-10	4.44E-11	0.00E+00	0.00E+00	3.83E-10	0.00
Ba-140	1.75E-13	4.17E-11	4.28E-11	3.23E-10	4.08E-10	0.00
Bi-212	2.47E-17	6.49E-13	3.01E-14	6.65E-15	6.86E-13	0.00
Br-83	2.53E-13	3.41E-13	1.15E-11	6.32E-15	1.21E-11	0.00
Br-84	6.10E-11	1.68E-11	8.69E-12	7.04E-30	8.64E-11	0.00
Br-85	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
C-14	2.44E-12	0.00E+00	2.29E-05	5.81E-05	8.10E-05	0.09
Cd-109	1.22E-17	3.78E-13	9.30E-14	9.72E-13	1.44E-12	0.00
Cd-113m	1.45E-18	1.23E-13	2.34E-12	5.93E-11	6.18E-11	0.00
Cd-115m	6.16E-15	4.92E-12	1.47E-11	1.48E-10	1.68E-10	0.00
Ce-141	2.16E-11	1.37E-08	8.54E-09	3.26E-08	5.49E-08	0.00
Ce-143	8.47E-15	1.57E-13	1.98E-13	2.00E-12	2.37E-12	0.00
Ce-144	8.20E-10	7.45E-06	4.52E-06	1.08E-05	2.28E-05	0.03
Cm-241	1.91E-18	1.18E-15	1.11E-15	5.56E-16	2.85E-15	0.00
Cm-242	6.52E-14	1.59E-09	2.45E-05	1.18E-06	2.57E-05	0.03
Cm-243	5.88E-14	3.34E-09	5.44E-08	1.35E-08	7.12E-08	0.00
Cm-244	1.66E-14	7.21E-09	1.60E-05	3.65E-06	1.96E-05	0.02
Co-58	1.86E-13	2.37E-10	2.99E-12	2.47E-11	2.65E-10	0.00
Co-60	8.91E-15	2.36E-10	7.90E-13	2.42E-12	2.39E-10	0.00
Cr-51	5.34E-14	2.71E-11	4.71E-13	9.58E-12	3.72E-11	0.00
Cs-134	5.05E-08	6.69E-04	4.81E-06	2.90E-04	9.64E-04	1.09
Cs-135	9.48E-19	1.77E-13	5.23E-12	7.82E-11	8.36E-11	0.00
Cs-136	7.78E-09	1.80E-06	7.33E-08	3.32E-06	5.20E-06	0.01
Cs-137	1.26E-08	6.99E-04	6.45E-06	1.38E-04	8.43E-04	0.95
Cs-138	2.15E-09	6.35E-10	2.77E-10	9.03E-28	3.06E-09	0.00
Eu-152	5.79E-14	2.51E-09	1.56E-11	1.29E-11	2.54E-09	0.00
Eu-154	2.25E-10	8.09E-06	7.03E-08	6.57E-08	8.23E-06	0.01
Eu-155	6.98E-12	2.18E-07	7.02E-09	8.05E-09	2.33E-07	0.00
Eu-156	1.50E-12	3.72E-10	2.74E-11	3.10E-10	7.11E-10	0.00
Fe-59	1.45E-13	1.09E-10	3.48E-12	3.34E-11	1.46E-10	0.00
Gd-153	6.22E-15	3.79E-11	1.28E-12	3.95E-12	4.32E-11	0.00

表6.2-14 续 本项目经气载照射途径对公众（成人）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
H-3	4.84E-11	0.00E+00	2.39E-06	1.15E-06	3.54E-06	0.00
Ho-166m	3.21E-17	2.03E-12	1.65E-14	6.84E-15	2.05E-12	0.00
I-129	4.49E-15	1.11E-09	1.54E-10	5.21E-08	5.34E-08	0.00
I-130	1.92E-11	1.87E-10	3.33E-11	9.13E-10	1.15E-09	0.00
I-131	2.13E-06	6.42E-04	3.10E-04	5.78E-02	5.87E-02	66.19
I-132	1.86E-05	6.68E-05	6.52E-06	8.19E-07	9.27E-05	0.10
I-133	9.21E-06	3.07E-04	1.67E-04	1.38E-02	1.43E-02	16.14
I-134	1.28E-09	4.34E-10	1.91E-10	1.49E-16	1.90E-09	0.00
I-135	1.14E-05	1.06E-04	1.60E-05	2.43E-04	3.77E-04	0.42
In-114m	4.99E-18	4.85E-15	2.64E-15	3.83E-14	4.58E-14	0.00
In-115m	4.26E-18	1.55E-17	1.24E-17	7.08E-18	3.92E-17	0.00
Kr-83m	6.19E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.19E-09	0.00
Kr-85	5.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.13E-07	0.00
Kr-85m	4.55E-06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.55E-06	0.01
Kr-87	4.62E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.62E-04	0.52
Kr-88	1.71E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.71E-03	1.93
Kr-89	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
La-140	2.20E-12	4.24E-11	7.50E-12	1.19E-10	1.71E-10	0.00
Lu-177	7.30E-09	9.20E-07	1.96E-06	1.27E-05	1.56E-05	0.02
Mn-54	7.24E-12	4.00E-08	9.55E-11	1.28E-09	4.14E-08	0.00
Mo-99	1.37E-07	5.42E-06	3.88E-06	2.59E-05	3.54E-05	0.04
Nb-93m	6.71E-19	3.34E-13	9.87E-14	1.64E-13	5.96E-13	0.00
Nb-94	6.16E-18	3.87E-13	1.42E-15	1.23E-15	3.89E-13	0.00
Nb-95	3.04E-09	1.91E-06	5.22E-08	3.46E-07	2.31E-06	0.00
Nb-95m	1.40E-12	9.66E-11	1.52E-10	1.27E-09	1.52E-09	0.00
Nd-147	7.45E-15	1.65E-12	1.05E-12	7.82E-12	1.05E-11	0.00
Np-235	1.08E-19	2.71E-15	4.01E-16	1.02E-15	4.13E-15	0.00
Np-236	1.60E-20	1.13E-15	1.08E-15	4.71E-16	2.69E-15	0.00
Np-237	2.28E-16	2.00E-11	9.62E-10	2.26E-10	1.21E-09	0.00
Np-238	7.62E-16	2.82E-14	1.52E-14	1.05E-13	1.50E-13	0.00
Np-239	1.65E-13	7.38E-12	7.77E-12	7.33E-11	8.86E-11	0.00
Np-240	2.01E-23	5.58E-19	1.04E-23	2.42E-22	5.59E-19	0.00
Pa-231	9.90E-22	7.40E-17	7.10E-15	3.70E-15	1.09E-14	0.00
Pa-233	2.07E-15	1.04E-12	3.13E-13	1.37E-12	2.73E-12	0.00
Pa-234	1.48E-17	7.35E-17	2.29E-17	3.90E-17	1.50E-16	0.00
Pb-212	1.83E-17	1.52E-16	1.83E-13	1.92E-14	2.02E-13	0.00
Pd-107	0.00E+00	0.00E+00	1.61E-14	2.67E-14	4.28E-14	0.00
Pm-146	3.87E-15	1.16E-10	6.65E-13	8.70E-13	1.18E-10	0.00

表6.2-14 续 本项目经气载照射途径对公众（成人）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Pm-147	4.56E-14	1.83E-09	1.17E-07	1.53E-07	2.72E-07	0.00
Pm-148	7.62E-13	6.98E-11	2.10E-11	3.64E-10	4.56E-10	0.00
Pm-148m	4.81E-11	3.61E-08	1.03E-09	6.46E-09	4.36E-08	0.00
Pr-143	5.68E-16	1.60E-13	2.36E-11	1.86E-10	2.09E-10	0.00
Pr-144	3.39E-10	6.63E-11	1.14E-09	4.76E-44	1.54E-09	0.00
Pu-236	2.43E-18	3.30E-13	1.39E-09	2.97E-10	1.69E-09	0.00
Pu-237	2.21E-16	2.07E-13	1.55E-14	8.45E-14	3.07E-13	0.00
Pu-238	1.14E-14	5.87E-09	1.28E-05	4.85E-06	1.76E-05	0.02
Pu-239	5.21E-16	1.43E-10	7.13E-07	2.76E-07	9.90E-07	0.00
Pu-240	1.06E-15	5.68E-10	1.30E-06	5.03E-07	1.80E-06	0.00
Pu-241	4.63E-15	2.79E-10	3.94E-06	2.76E-06	6.69E-06	0.01
Pu-242	6.02E-18	3.17E-12	8.17E-09	3.24E-09	1.14E-08	0.00
Pu-243	4.70E-22	2.07E-21	1.42E-20	8.00E-21	2.48E-20	0.00
Ra-224	1.26E-18	8.40E-17	3.29E-12	8.26E-13	4.12E-12	0.00
Rb-86	2.27E-14	7.35E-12	1.59E-12	8.91E-11	9.81E-11	0.00
Rb-88	1.69E-09	3.08E-10	2.91E-10	2.61E-43	2.29E-09	0.00
Rb-89	3.28E-10	2.36E-06	1.57E-11	1.55E-09	2.36E-06	0.00
Rh-102	6.49E-14	2.39E-10	3.85E-12	1.55E-11	2.58E-10	0.00
Rh-103m	1.08E-13	4.08E-13	1.20E-11	2.10E-21	1.25E-11	0.00
Rh-106	1.61E-09	1.96E-09	0.00E+00	0.00E+00	3.57E-09	0.00
Ru-103	3.08E-10	2.26E-07	1.47E-08	7.56E-08	3.17E-07	0.00
Ru-106	1.84E-09	1.83E-05	3.85E-06	1.04E-05	3.25E-05	0.04
Sb-122	2.72E-32	1.36E-30	5.09E-31	9.64E-30	1.15E-29	0.00
Sb-124	2.19E-12	1.58E-09	7.42E-11	4.55E-10	2.11E-09	0.00
Sb-125	7.97E-11	1.47E-06	1.68E-08	3.80E-08	1.52E-06	0.00
Sb-126	7.28E-15	1.64E-12	6.17E-14	7.72E-13	2.48E-12	0.00
Sb-126m	2.64E-14	2.69E-10	2.56E-15	1.13E-13	2.69E-10	0.00
Se-79	1.48E-20	3.19E-15	1.20E-13	1.45E-12	1.57E-12	0.00
Sm-151	4.93E-18	2.05E-12	1.98E-10	1.25E-10	3.25E-10	0.00
Sn-117m	1.41E-17	3.93E-15	1.80E-15	9.30E-15	1.50E-14	0.00
Sn-119m	2.64E-15	7.27E-11	2.09E-11	9.15E-11	1.85E-10	0.00
Sn-121	1.55E-17	6.93E-16	5.44E-13	4.66E-12	5.20E-12	0.00
Sn-121m	5.05E-16	1.16E-10	1.37E-11	3.49E-11	1.64E-10	0.00
Sn-123	5.86E-14	1.40E-10	4.27E-10	2.93E-09	3.50E-09	0.00
Sn-125	6.12E-17	1.01E-14	4.35E-15	6.95E-14	8.40E-14	0.00
Sn-126	7.44E-16	6.09E-11	3.58E-12	1.81E-11	8.27E-11	0.00
Sr-89	5.09E-12	3.61E-08	3.29E-08	2.51E-07	3.20E-07	0.00
Sr-90	4.94E-12	1.48E-05	2.92E-06	1.59E-05	3.37E-05	0.04

表6.2-14 续 本项目经气载照射途径对公众（成人）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Sr-91	3.07E-13	1.53E-12	1.32E-12	2.82E-12	5.98E-12	0.00
Sr-92	2.71E-13	3.60E-13	3.33E-13	1.38E-15	9.64E-13	0.00
Tb-160	3.81E-12	4.80E-09	1.75E-10	8.96E-10	5.87E-09	0.00
Tb-161	3.17E-21	6.68E-19	1.46E-18	1.20E-17	1.41E-17	0.00
Tc-99	1.43E-17	2.18E-12	4.16E-11	2.32E-10	2.76E-10	0.00
Tc-99m	7.06E-08	2.29E-07	8.51E-08	2.79E-08	4.13E-07	0.00
Te-125m	4.24E-13	1.73E-09	1.43E-09	8.48E-09	1.16E-08	0.00
Te-127	2.75E-13	2.07E-12	5.77E-11	1.88E-10	2.48E-10	0.00
Te-127m	1.79E-13	1.72E-09	4.09E-09	3.01E-08	3.59E-08	0.00
Te-129	5.35E-13	3.76E-13	2.75E-12	6.54E-20	3.66E-12	0.00
Te-129m	4.47E-13	3.34E-10	7.49E-10	6.05E-09	7.13E-09	0.00
Te-131	1.78E-12	4.73E-13	8.85E-13	3.24E-36	3.14E-12	0.00
Te-131m	4.05E-12	6.18E-11	1.74E-11	2.51E-10	3.34E-10	0.00
Te-132	3.93E-12	1.90E-09	2.72E-10	6.06E-09	8.23E-09	0.00
Te-134	1.05E-11	4.40E-12	6.08E-12	2.26E-25	2.09E-11	0.00
Th-228	2.45E-19	3.80E-15	3.87E-11	1.71E-12	4.04E-11	0.00
Th-230	3.73E-24	5.09E-19	1.09E-15	4.05E-16	1.50E-15	0.00
Th-231	2.29E-18	7.76E-17	5.25E-16	4.46E-15	5.07E-15	0.00
Th-234	4.15E-17	2.21E-14	3.43E-13	2.91E-12	3.28E-12	0.00
Tl-208	1.70E-16	2.34E-13	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-13	0.00
Tm-170	1.01E-17	3.08E-14	1.15E-13	5.02E-13	6.48E-13	0.00
Tm-171	6.20E-19	1.13E-14	1.46E-14	2.82E-14	5.42E-14	0.00
U-232	1.18E-19	2.48E-14	1.12E-10	2.49E-11	1.37E-10	0.00
U-233	5.74E-23	7.97E-18	1.23E-14	1.63E-15	1.39E-14	0.00
U-234	1.15E-19	3.56E-14	5.14E-11	6.69E-12	5.81E-11	0.00
U-235	3.17E-17	2.06E-12	1.36E-11	1.87E-12	1.75E-11	0.00
U-236	8.45E-19	3.47E-13	5.33E-10	7.19E-11	6.05E-10	0.00
U-237	9.14E-15	1.23E-12	1.06E-12	6.20E-12	8.50E-12	0.00
U-238	4.19E-19	2.14E-13	3.57E-10	5.01E-11	4.07E-10	0.00
Xe-127	7.25E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.25E-16	0.00
Xe-131m	3.13E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.13E-07	0.00
Xe-133	1.34E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.34E-03	1.51
Xe-133m	5.90E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.90E-05	0.07
Xe-135	7.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.79E-03	8.78
Xe-135m	1.72E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.72E-03	1.93
Xe-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00
Xe-138	1.10E-07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-07	0.00
Y-90	4.13E-11	9.26E-09	2.73E-08	5.34E-07	5.71E-07	0.00

表6.2-14 续 本项目经气载照射途径对公众（成人）所致有效剂量

距离：0~1km 方位：SSE

核素名称	空气浸没 (mSv/a)	地面沉积 (mSv/a)	吸入 (mSv/a)	食入 (mSv/a)	合计 (mSv/a)	份额 (%)
Y-91	1.40E-11	6.11E-08	7.13E-08	4.04E-07	5.37E-07	0.00
Y-91m	4.95E-14	2.45E-14	7.75E-15	5.01E-26	8.18E-14	0.00
Y-92	1.27E-14	2.30E-14	6.39E-14	2.96E-15	1.03E-13	0.00
Y-93	3.02E-15	1.51E-14	9.57E-14	4.05E-13	5.18E-13	0.00
Zr-93	0.00E+00	0.00E+00	1.45E-12	1.20E-11	1.34E-11	0.00
Zr-95	1.41E-09	3.47E-06	8.67E-08	3.10E-07	3.86E-06	0.00
汇总 (mSv/a)	1.31E-02	2.56E-03	6.14E-04	7.24E-02	8.87E-02	100.00
份额 (%)	1.48E+01	2.88E+00	6.92E-01	8.16E+01	100.00	

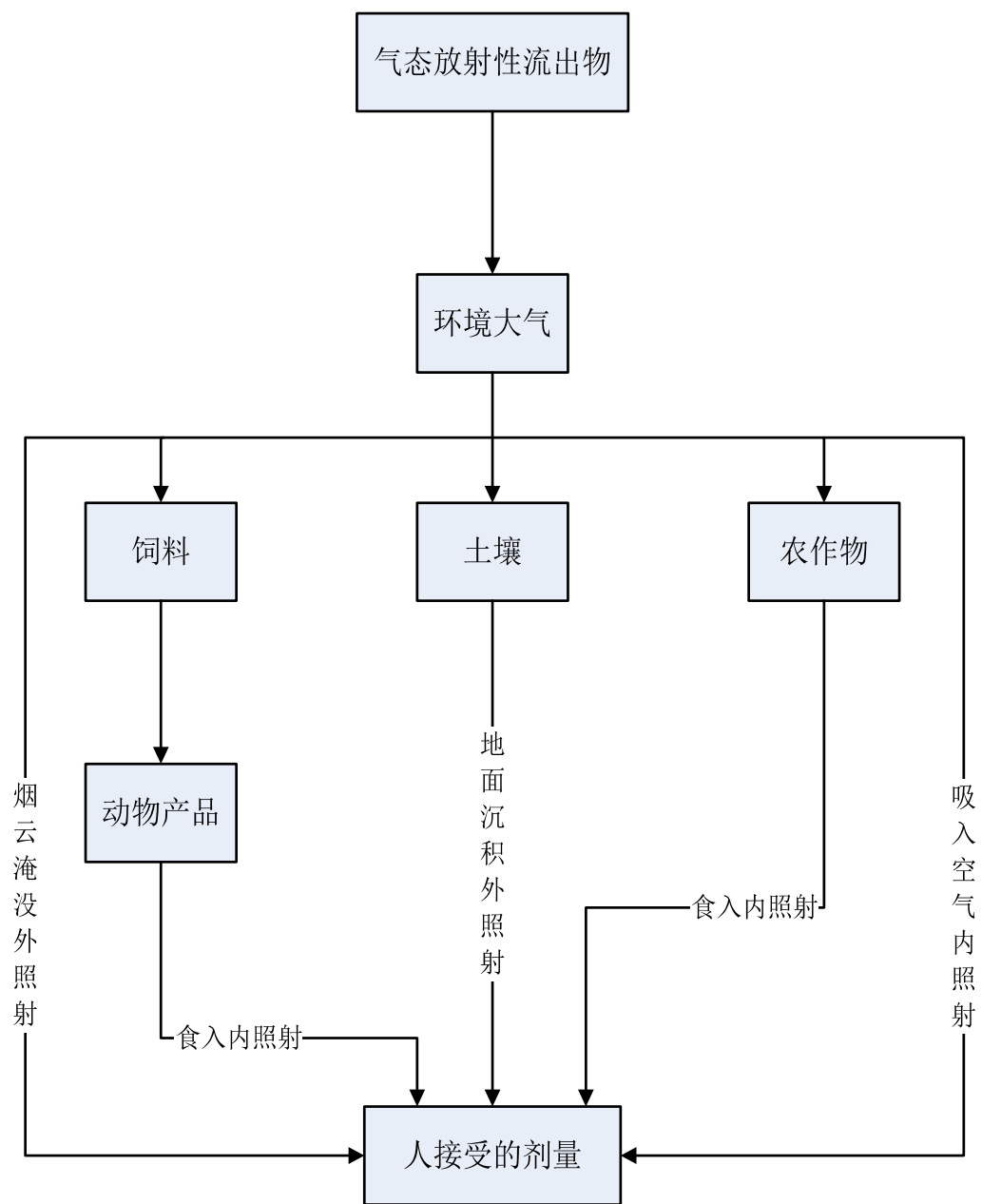


图6.2-1 正常运行气载流出物对人体的照射途径

6.3 液态途径的剂量估算

本项目的废液处理工艺采用“蒸发+过滤+离子交换”工艺，经处理后的液态流出物放射性水平的目标值为总放射性活度小于 100Bq/L（除氚和 C-14 外）。处理后的液态流出物通过大气载带蒸发方式由排气筒向大气环境排放，其排放量已在气载流出物年排放量中考虑。因此本项目正常运行期间不会通过液态途径产生环境影响。

6.4 辐射工作人员的剂量估算

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对剂量限值及剂量约束值的规定，本项目辐射工作人员的剂量约束值为 5mSv/a。考虑本项目辐射工作人员年工作时间最大为 2000h，工作场所外表面辐射剂量率满足 2.5μSv/h，因此能确保辐射工作人员的年辐射剂量小于 5mSv 的要求。

辐射工作人员在开展放射性操作时，将佩戴好个人剂量计，确保个人年辐射剂量小于 5mSv 的要求。

本项目距离厂址最近的自然村为位于厂址 NNE 方位 0.52km 的天红村曹家组，考虑辐射的衰减，本项目放射性物质场所对周边村民的直接照射影响可以忽略。

6.5 年剂量汇总与环境辐射安全评价

根据本项目各年龄组的剂量组成，分析得出本项目正常运行造成公众辐射影响的“三关键”如下：

关键人群组：大港村费家组自然居民点的青少年所受个人有效剂量最大（1.63E-01mSv/a），为关键居民组；

关键照射途径：气载途径中，食入途径所致有效剂量为 1.45E-01mSv/a，约占总有效剂量的 89.5%，其次是空气浸没外照射途径，其所致有效剂量为 1.31E-02mSv/a，约占总有效剂量的 8.07%；

关键核素：剂量贡献最大核素是 ^{131}I ，其所致有效剂量 1.18E-01mSv/a，约占总有效剂量的 72.63%，其次是 ^{133}I ，其所致有效剂量 2.85E-02mSv/a，约占总有效剂量的 17.55%。因此，所致个人有效剂量的关键核素为 ^{131}I 。

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对剂量限

值及剂量约束值的规定，本次评价剂量约束值按照公众个人剂量限值的 20%（0.2mSv/a）来考虑。由上文分析可见，本项目在正常运行期间放射性物质排放对个人所致最大有效剂量为 1.63E-01mSv/a，占规定的 0.20mSv/a 的 81.5%，满足国家标准要求，也给项目后续相关产线的建设留有裕量。

6.6 非人类生物的辐射剂量

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）环境计量学；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 个不同场址事例研究情景中，应用和检验评价的方法学；5）总的管理和计划进展评价。

欧共体非人类生物辐射评价模式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：

$$RQ = \frac{\text{预测的生物剂量率}}{\text{认定安全的剂量率基准值}}$$

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。

欧共体非人类生物辐射评价模式由三级筛选组成：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）。

采用欧共体非人类生物辐射评价模式对本工程所在厂址陆生生物的辐射剂量进行了计算。本次计算采用二级筛选模式，源项预测采用程序自带的模式，计算参数如表 6.6-1 所示。模式中陆生生物辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1) 浓度平衡比

$$\text{浓度平衡比 } CR = \frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度 (Bq / kg 干重)}}{\text{放射性核素在介质中的浓度 (Bq / kg 或 Bq / m}^3\text{)}}$$

具体浓度平衡比见表 6.6-2。

2) 剂量转换因子

➤ 对于单能源的剂量转换因子

内照射剂量转换因子

$$DCC_{\text{int}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times \Phi_E$$

外照射剂量转换因子

$$DCC_{\text{ext}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times (1 - \Phi_E)$$

式中：

DCC—剂量转换因子 ($\mu\text{Gy h}^{-1}/\text{Bq kg}^{-1}$)；

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

$$DCC_{\text{int}} = wf_{\text{low } \beta} \times DCC_{\text{int, low } \beta} + wf_{\beta + \gamma} \times DCC_{\text{int, } \beta + \gamma} + wf_{\alpha} \times DCC_{\text{int, } \alpha}$$

$$DCC_{\text{ext}} = wf_{\text{low } \beta} \times DCC_{\text{ext, low } \beta} + wf_{\beta + \gamma} \times DCC_{\text{ext, } \beta + \gamma}$$

式中 wf 是各能源的权重因子 (β , $\beta + \gamma$ 和 α)

3) 陆生生物辐射剂量

➤ 内照射剂量率

$$D_{\text{int}}^b = \sum_i C_i^b \times DCC_{\text{int}, i}^b$$

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

$$D_{\text{ext}}^b = \sum_z V_z \sum_i C_{zi}^{\text{ref}} \times DCC_{\text{ext}, Zi}^b$$

式中：

V_z —居留因子，即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额，见表 6.6-3；

C_{zi}^{ref} —核素 i 在介质 Z 中的平均浓度（Bq/kg 干重或 Bq/l）；

$DCC_{ext,Zi}^b$ —外照射剂量转换因子。

➤ 总照射剂量

总照射剂量

$$D = D_{int} + D_{ext}$$

表 6.6-4~表 6.6-6 分别给出了本工程正常运行时对陆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 6.6-7 给出了本工程正常运行时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：10μGy/h。

由表 6.6-7 可知，本工程正常运行时对陆生生物造成的危害商最大为飞行昆虫，其值为 2.43E-02，远小于 1，因此，可以认为，本工程正常运行不会对厂址周边陆生生物产生影响。

表6.6-1 源项释放预测模型参数表

释放预测模型参数	值
释放高度（m）	60
接受点距离（m）	352
释放点风速（m/s）	2.7
接受点风频	0.16
干沉积系数（m/d）	500
湿沉积系数（m/d）	500
表层土壤密度（kg/m ² ）	260
释放持续时间(year)	40
周边是否有建筑	是
建筑高度（m）	32.2
墙体截面积（m ² ）	1056

表6.6-2 各种生物对不同介质中核素的浓度平衡比

浓度平衡比 (Bq/kg 或 Bq/m ³)	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	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
Ag	9.99E-02	2.38E-01	2.38E-01	7.74E-02	8.28E-02	7.93E+00	1.28E-02	3.18E-02	3.18E-02	2.38E-01	9.99E-02	9.79E-03	2.64E-01
Am	9.82E-02	1.23E-01	9.55E-02	2.83E-02	1.14E-01	9.04E-02	1.20E+00	2.74E-02	2.74E-02	1.58E-01	6.60E-02	2.39E-02	3.71E-04
Ba	2.03E-02	2.15E-02	2.66E-02	2.77E+00	2.66E-02	5.05E-02	1.00E-01	5.64E-01	5.64E-01	1.08E-01	8.47E-01	4.77E-01	7.40E-02
Bi	1.50E-03	1.90E-02	1.90E-02	5.90E-04	6.76E-02	4.30E-03	2.07E-02	1.46E-03	1.46E-03	1.90E-02	1.46E-03	5.06E-04	2.74E-02
C	1.34E+03	4.29E+02	4.29E+02	1.34E+03	4.29E+02	8.90E+02	8.90E+02	1.34E+03	1.34E+03	4.29E+02	1.34E+03	8.90E+02	1.30E+03
Cd	7.61E-02	4.43E+00	2.50E+00	2.13E-02	2.74E+00	1.80E+00	1.48E-01	1.35E+00	1.35E+00	4.31E-01	1.71E-01	6.58E-02	5.78E-01
Ce	1.80E-04	1.91E-02	1.91E-02	3.82E-02	2.48E-03	1.22E-02	1.51E-02	1.71E-03	1.71E-03	1.91E-02	3.82E-02	8.69E-03	1.36E-03
Cm	9.82E-02	1.23E-01	1.37E-01	2.83E-02	1.14E-01	1.50E-01	1.20E+00	2.74E-02	2.74E-02	1.58E-01	6.60E-02	5.99E-02	9.35E-03
Co	7.38E-03	2.67E-01	2.67E-01	3.37E-03	7.37E-02	2.30E-02	8.01E-02	5.74E-02	5.74E-02	2.67E-01	1.90E-02	1.36E-02	3.19E-02
Cr	3.50E-03	3.71E-02	3.71E-02	2.01E-02	6.01E-03	2.62E-02	5.21E-02	1.06E-02	1.06E-02	3.71E-02	1.33E-02	9.86E-03	1.09E-02
Cs	4.51E-01	4.15E-02	1.27E-01	5.47E-01	1.28E-01	1.13E+00	3.94E+00	2.85E+00	2.85E+00	4.82E-02	6.18E-01	1.82E+00	1.59E-01
Eu	4.34E-02	7.16E-03	1.91E-02	4.34E-02	2.06E-03	1.39E-02	8.97E-03	2.57E-02	2.57E-02	1.91E-02	4.34E-02	2.54E-03	2.94E-03
H	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02
I	4.97E-03	1.92E-01	2.95E-01	5.65E-03	1.45E-01	6.59E-02	7.37E-03	5.65E-03	5.65E-03	1.75E-01	5.65E-03	8.22E-03	2.71E-02
Kr	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
La	2.10E-04	1.80E-02	1.91E-02	3.70E-04	1.75E-03	1.28E-02	1.94E-02	3.22E-04	3.22E-04	1.91E-02	3.70E-04	2.57E-03	2.75E-03
Mn	7.97E-02	5.52E-02	1.13E+00	6.03E-03	1.13E+00	1.37E+00	6.09E-01	1.26E-02	1.26E-02	7.66E-02	1.02E-02	4.56E+00	1.21E+00
Nb	7.14E-02	1.53E-01	1.53E-01	7.14E-02	9.54E-04	3.04E-03	2.00E-02	3.79E-02	3.79E-02	1.53E-01	7.14E-02	1.44E-03	1.09E-02
Np	9.82E-02	1.23E-01	1.37E-01	2.83E-02	1.14E-01	1.50E-01	1.20E+00	2.74E-02	2.74E-02	1.58E-01	6.60E-02	5.99E-02	9.35E-03
Pa	9.82E-02	1.23E-01	1.37E-01	2.83E-02	1.14E-01	1.50E-01	1.20E+00	2.74E-02	2.74E-02	1.58E-01	6.60E-02	5.99E-02	9.35E-03
Pb	4.60E-02	4.36E-01	7.02E-01	5.92E-02	1.73E-02	1.15E-01	2.60E+00	3.85E-02	3.85E-02	6.89E-03	4.74E-02	3.29E-01	4.95E-02
Pu	2.57E-02	4.86E-02	3.73E-02	2.37E-03	1.86E-02	1.19E-02	1.30E-01	1.37E-02	1.37E-02	1.20E-01	1.03E-02	3.17E-02	9.94E-04

Ra	2. 00E-01	2. 05E+01	2. 05E-01	2. 05E-01	3. 47E-02	5. 31E-02	1. 66E-01	7. 10E-01	8. 93E-02	8. 93E-02	2. 74E-02	2. 00E-01	3. 34E-01	1. 65E-02
Rh	2. 98E+00	4. 43E+00	4. 43E+00	4. 43E+00	2. 98E+00	4. 43E+00	1. 66E+01	6. 87E-01	2. 98E+00	2. 98E+00	4. 43E+00	2. 98E+00	4. 56E+00	4. 56E+00
Ru	1. 20E-01	4. 43E+00	4. 43E+00	4. 43E+00	1. 20E-01	6. 37E-03	4. 07E-01	6. 87E-01	1. 20E-01	1. 20E-01	4. 43E+00	1. 20E-01	4. 07E-01	4. 07E-01
Sb	4. 50E-01	1. 95E+00	1. 95E+00	1. 95E+00	5. 10E-01	2. 35E-02	4. 33E-02	2. 80E-01	5. 37E-02	5. 37E-02	3. 81E-01	5. 10E-01	1. 04E-02	1. 94E-01
Se	2. 23E-01	3. 25E+00	3. 25E+00	3. 25E+00	3. 26E-01	2. 08E-01	8. 67E-01	1. 31E-01	6. 38E-01	6. 38E-01	3. 38E-02	2. 69E-01	1. 25E+00	9. 59E-02
Sr	9. 72E-01	6. 14E-02	3. 01E-01	3. 01E-01	1. 09E+00	2. 15E-01	6. 64E-01	4. 71E+00	1. 51E+00	1. 51E+00	1. 08E-01	1. 16E+00	2. 07E-01	7. 18E-01
Tc	3. 58E-01	4. 43E+00	4. 43E+00	4. 43E+00	1. 67E-01	4. 43E+00	1. 66E+01	1. 66E+01	3. 58E-01	3. 58E-01	4. 43E+00	3. 58E-01	1. 16E-02	1. 16E-02
Te	6. 38E-01	3. 25E+00	3. 25E+00	3. 25E+00	6. 38E-01	2. 08E-01	2. 78E-02	5. 05E-02	6. 38E-01	6. 38E-01	3. 25E+00	2. 69E-01	6. 28E-03	3. 14E-02
Th	5. 70E-04	1. 12E-02	1. 12E-02	1. 12E-02	4. 69E-04	2. 96E-03	1. 50E-01	3. 77E-01	1. 11E-03	1. 11E-03	1. 12E-02	9. 55E-04	5. 97E-02	1. 15E-03
Tl	1. 94E-02	6. 55E-02	6. 55E-02	6. 55E-02	7. 38E-03	5. 24E-02	1. 78E-02	1. 00E-02	3. 91E-02	3. 91E-02	6. 55E-02	3. 91E-02	1. 87E-01	2. 30E-02
U	4. 52E-04	3. 41E-02	9. 55E-02	9. 55E-02	1. 46E-03	5. 20E-03	1. 16E-01	9. 11E-01	2. 84E-03	2. 84E-03	3. 41E-02	3. 07E-03	5. 99E-02	6. 47E-03
Xe	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	0. 00E+00
Y	5. 50E-05	1. 85E-02	1. 85E-02	1. 85E-02	2. 80E-04	7. 60E-04	1. 96E-03	5. 05E-02	2. 30E-04	2. 30E-04	1. 85E-02	2. 80E-04	1. 87E-03	2. 81E-03
Zr	2. 30E-03	4. 83E-03	6. 30E-03	6. 30E-03	1. 92E-01	6. 30E-03	3. 16E-02	9. 94E-02	2. 39E-03	2. 39E-03	6. 30E-03	1. 92E-01	4. 55E-03	7. 87E-03
Po	8. 72E-02	7. 63E-02	7. 63E-02	7. 63E-02	9. 97E-03	7. 63E-02	2. 76E-01	2. 65E+00	8. 72E-02	8. 72E-02	7. 63E-02	9. 85E-02	3. 50E-01	4. 18E-02

表6.6-3 各生物在不同介质中的时间份额

居留因子	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	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
地表	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
土壤中	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
空气中	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表6.6-4 各生物类群外照射剂量率

外照射剂量率 [μGy/h]	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	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
Ag-110m	7.05E-07	7.14E-07	7.19E-07	2.79E-07	2.70E-07	2.64E-07	2.55E-07	1.86E-07	6.73E-07	2.76E-07	6.47E-07	2.50E-07	2.13E-07
Am-241	1.96E-08	2.00E-08	2.02E-08	6.16E-09	7.50E-09	1.04E-08	7.62E-09	2.61E-09	1.83E-08	7.40E-09	1.73E-08	8.99E-09	6.55E-09
Ba-137m	4.63E-11	4.69E-11	4.72E-11	2.05E-11	2.09E-11	1.75E-11	2.04E-11	1.31E-11	4.40E-11	2.11E-11	4.22E-11	1.65E-11	1.40E-11
Ba-140	7.09E-10	7.18E-10	7.22E-10	3.08E-10	2.60E-10	2.65E-10	2.31E-10	2.17E-10	6.79E-10	2.76E-10	6.55E-10	2.51E-10	2.15E-10
Bi-212	1.58E-16	1.60E-16	1.61E-16	6.23E-17	4.60E-17	5.61E-17	3.93E-17	4.60E-17	1.51E-16	5.04E-17	1.46E-16	5.31E-17	4.59E-17
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
Cd-109	1.40E-13	1.44E-13	1.46E-13	3.82E-14	7.36E-14	8.90E-14	7.54E-14	1.32E-14	1.23E-13	7.19E-14	1.11E-13	6.52E-14	3.07E-14
Ce-141	1.18E-08	1.19E-08	1.20E-08	5.09E-09	5.42E-09	5.66E-09	5.44E-09	2.85E-09	1.12E-08	5.41E-09	1.08E-08	5.35E-09	4.46E-09
Ce-144	3.02E-06	3.05E-06	3.07E-06	1.29E-06	1.18E-06	1.22E-06	1.11E-06	8.39E-07	2.88E-06	1.23E-06	2.78E-06	1.15E-06	9.74E-07
Cm-242	6.66E-10	6.93E-10	7.08E-10	8.72E-11	3.52E-10	5.36E-10	3.82E-10	1.81E-11	5.67E-10	3.26E-10	4.89E-10	2.47E-10	5.05E-11
Cm-243	6.99E-09	7.08E-09	7.14E-09	3.18E-09	3.41E-09	3.28E-09	3.42E-09	1.82E-09	6.67E-09	3.40E-09	6.41E-09	3.05E-09	2.57E-09
Cm-244	5.61E-09	5.83E-09	5.96E-09	7.99E-10	2.90E-09	4.40E-09	3.13E-09	2.19E-10	4.80E-09	2.70E-09	4.17E-09	2.07E-09	4.83E-10
Co-58	2.58E-10	2.61E-10	2.63E-10	1.20E-10	1.20E-10	9.73E-11	1.15E-10	7.77E-11	2.46E-10	1.21E-10	2.36E-10	9.19E-11	7.81E-11
Co-60	3.12E-10	3.15E-10	3.17E-10	1.23E-10	1.08E-10	1.16E-10	9.72E-11	8.66E-11	2.99E-10	1.14E-10	2.88E-10	1.10E-10	9.48E-11
Cr-51	2.70E-11	2.73E-11	2.75E-11	1.41E-11	1.49E-11	1.13E-11	1.49E-11	8.39E-12	2.57E-11	1.49E-11	2.46E-11	1.06E-11	9.01E-12
Cs-134	7.72E-04	7.82E-04	7.88E-04	3.19E-04	3.20E-04	2.92E-04	3.10E-04	2.06E-04	7.35E-04	3.25E-04	7.05E-04	2.76E-04	2.34E-04
Cs-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
Cs-136	2.24E-06	2.27E-06	2.29E-06	9.75E-07	9.50E-07	8.52E-07	9.04E-07	6.44E-07	2.14E-06	9.71E-07	2.06E-06	8.04E-07	6.88E-07
Cs-137	9.56E-04	9.69E-04	9.77E-04	4.24E-04	4.32E-04	3.61E-04	4.21E-04	2.70E-04	9.09E-04	4.37E-04	8.71E-04	3.42E-04	2.89E-04
Eu-152	5.58E-09	5.65E-09	5.69E-09	2.16E-09	2.03E-09	2.14E-09	1.90E-09	1.45E-09	5.34E-09	2.10E-09	5.14E-09	2.02E-09	1.73E-09
Eu-154	1.51E-05	1.53E-05	1.54E-05	6.33E-06	5.86E-06	5.73E-06	5.42E-06	4.29E-06	1.44E-05	6.07E-06	1.39E-05	5.42E-06	4.64E-06
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

I-129		4.38E-11	4.51E-11	4.59E-11	1.17E-11	1.86E-11	2.47E-11	1.89E-11	2.93E-12	3.89E-11	1.84E-11	3.50E-11	2.00E-11	1.13E-11
I-131		3.75E-04	3.80E-04	3.83E-04	1.53E-04	1.61E-04	1.52E-04	1.60E-04	9.36E-05	3.57E-04	1.61E-04	3.42E-04	1.44E-04	1.22E-04
I-132		4.08E-05	4.14E-05	4.17E-05	1.59E-05	1.56E-05	1.54E-05	1.49E-05	1.04E-05	3.89E-05	1.59E-05	3.74E-05	1.45E-05	1.24E-05
I-133		1.90E-04	1.92E-04	1.94E-04	8.34E-05	8.54E-05	7.37E-05	8.34E-05	5.24E-05	1.80E-04	8.62E-05	1.73E-04	6.97E-05	5.87E-05
Kr-85		1.02E-02	0.00E+00	1.01E-02	1.04E-02	1.02E-02	0.00E+00	1.01E-02	5.98E-03	9.96E-03	1.02E-02	9.82E-03	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m		8.12E-06	0.00E+00	8.27E-06	8.37E-06	8.25E-06	0.00E+00	8.27E-06	4.39E-06	7.94E-06	8.23E-06	7.83E-06	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87		2.97E-04	0.00E+00	2.21E-04	3.17E-04	2.47E-04	0.00E+00	2.21E-04	2.12E-04	3.03E-04	2.63E-04	3.01E-04	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88		2.60E-03	0.00E+00	1.76E-03	2.81E-03	2.04E-03	0.00E+00	1.76E-03	1.96E-03	2.68E-03	2.22E-03	2.67E-03	0.00E+00	0.00E+00
La-140		8.00E-11	8.09E-11	8.15E-11	3.47E-11	2.87E-11	2.97E-11	2.52E-11	2.47E-11	7.66E-11	3.07E-11	7.39E-11	2.82E-11	2.42E-11
Mn-54		4.37E-08	4.42E-08	4.45E-08	1.92E-08	1.90E-08	1.64E-08	1.82E-08	1.26E-08	4.16E-08	1.93E-08	4.00E-08	1.55E-08	1.32E-08
Nb-94		1.44E-12	1.46E-12	1.47E-12	5.81E-13	5.78E-13	5.42E-13	5.56E-13	3.79E-13	1.37E-12	5.88E-13	1.32E-12	5.12E-13	4.35E-13
Nb-95		2.45E-06	2.49E-06	2.50E-06	8.23E-07	8.26E-07	9.22E-07	7.98E-07	5.34E-07	2.34E-06	8.38E-07	2.24E-06	8.71E-07	7.40E-07
Np-237		4.48E-10	4.54E-10	4.57E-10	1.69E-10	1.82E-10	2.00E-10	1.82E-10	9.85E-11	4.26E-10	1.81E-10	4.09E-10	1.85E-10	1.55E-10
Pa-231		2.31E-16	2.35E-16	2.37E-16	9.36E-17	1.04E-16	1.03E-16	1.04E-16	5.48E-17	2.19E-16	1.03E-16	2.10E-16	9.24E-17	7.61E-17
Pb-212		1.85E-15	1.87E-15	1.89E-15	7.29E-16	5.57E-16	6.72E-16	4.85E-16	5.29E-16	1.77E-15	6.04E-16	1.71E-15	6.36E-16	5.48E-16
Pu-238		7.08E-09	7.37E-09	7.53E-09	9.15E-10	4.14E-09	5.96E-09	4.55E-09	1.85E-10	6.01E-09	3.79E-09	5.18E-09	2.46E-09	4.43E-10
Pu-239		2.42E-10	2.50E-10	2.55E-10	5.12E-11	1.41E-10	1.81E-10	1.53E-10	2.00E-11	2.12E-10	1.31E-10	1.88E-10	8.84E-11	3.27E-11
Pu-240		7.45E-10	7.76E-10	7.93E-10	1.00E-10	4.37E-10	6.25E-10	4.80E-10	2.16E-11	6.34E-10	4.01E-10	5.46E-10	2.60E-10	4.82E-11
Pu-241		3.78E-09	3.85E-09	3.89E-09	1.34E-09	1.57E-09	1.98E-09	1.59E-09	6.26E-10	3.55E-09	1.56E-09	3.36E-09	1.74E-09	1.32E-09
Ra-224		1.54E-14	1.56E-14	1.57E-14	6.07E-15	4.65E-15	5.61E-15	4.05E-15	4.40E-15	1.48E-14	5.04E-15	1.42E-14	5.31E-15	4.57E-15
Rh-106		6.28E-13	6.36E-13	6.41E-13	2.59E-13	2.64E-13	2.40E-13	2.57E-13	1.65E-13	5.97E-13	2.67E-13	5.73E-13	2.27E-13	1.92E-13
Ru-103		2.97E-07	3.01E-07	3.03E-07	9.58E-08	1.00E-07	1.16E-07	9.88E-08	5.97E-08	2.82E-07	1.00E-07	2.70E-07	1.09E-07	9.22E-08
Ru-106		1.41E-05	1.43E-05	1.44E-05	5.83E-06	5.93E-06	5.40E-06	5.78E-06	3.71E-06	1.34E-05	5.99E-06	1.29E-05	5.11E-06	4.32E-06
Sb-124		2.97E-09	3.00E-09	3.02E-09	1.14E-09	9.86E-10	1.10E-09	8.89E-10	7.99E-10	2.84E-09	1.04E-09	2.73E-09	1.04E-09	8.94E-10
Sb-125		1.86E-06	1.89E-06	1.90E-06	7.56E-07	7.91E-07	7.30E-07	7.80E-07	4.69E-07	1.77E-06	7.95E-07	1.69E-06	6.89E-07	5.77E-07

Se-79	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	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	5.65E-11	5.72E-11	5.76E-11	5.76E-11	2.13E-11	2.08E-11	2.12E-11	1.98E-11	1.42E-11	5.39E-11	2.13E-11	5.19E-11	2.00E-11	1.71E-11	2.00E-11	1.71E-11	2.00E-11	1.71E-11	2.00E-11
Sr-90	4.09E-11	4.24E-11	4.33E-11	4.33E-11	5.11E-12	1.92E-11	3.23E-11	2.08E-11	2.01E-12	3.51E-11	1.76E-11	3.06E-11	1.40E-11	2.93E-12	3.06E-11	1.40E-11	2.93E-12	3.06E-11	1.40E-11
Tc-99	1.58E-15	1.60E-15	1.61E-15	1.61E-15	7.45E-16	8.21E-16	8.89E-16	8.24E-16	3.80E-16	1.51E-15	8.17E-16	1.45E-15	8.03E-16	6.63E-16	1.45E-15	8.03E-16	6.63E-16	1.45E-15	8.03E-16
Te-129m	6.78E-10	6.87E-10	6.93E-10	6.93E-10	2.63E-10	2.74E-10	2.67E-10	2.68E-10	1.64E-10	6.43E-10	2.77E-10	6.15E-10	2.49E-10	2.07E-10	6.15E-10	2.49E-10	2.07E-10	6.15E-10	2.49E-10
Te-132	3.35E-09	3.39E-09	3.41E-09	3.41E-09	1.31E-09	1.29E-09	1.27E-09	1.24E-09	8.48E-10	3.19E-09	1.32E-09	3.06E-09	1.20E-09	1.02E-09	3.06E-09	1.20E-09	1.02E-09	3.06E-09	1.20E-09
Th-228	2.89E-12	2.93E-12	2.95E-12	2.95E-12	1.14E-12	8.72E-13	1.05E-12	7.60E-13	8.24E-13	2.77E-12	9.45E-13	2.67E-12	9.95E-13	8.57E-13	2.67E-12	9.95E-13	8.57E-13	2.67E-12	9.95E-13
Th-230	1.85E-18	1.89E-18	1.91E-18	1.91E-18	6.15E-19	7.45E-19	1.01E-18	7.43E-19	3.60E-19	1.72E-18	7.39E-19	1.61E-18	6.85E-19	4.81E-19	1.61E-18	6.85E-19	4.81E-19	1.61E-18	6.85E-19
Th-231	4.29E-17	4.37E-17	4.42E-17	4.42E-17	1.84E-17	2.52E-17	2.63E-17	2.59E-17	8.70E-18	3.97E-17	2.45E-17	3.72E-17	1.98E-17	1.38E-17	3.72E-17	1.98E-17	1.38E-17	3.72E-17	1.98E-17
Th-234	7.57E-14	7.67E-14	7.72E-14	7.72E-14	3.25E-14	3.21E-14	3.14E-14	3.08E-14	2.04E-14	7.23E-14	3.27E-14	6.95E-14	2.91E-14	2.47E-14	6.95E-14	2.91E-14	2.47E-14	6.95E-14	2.91E-14
Tl-208	4.58E-18	4.63E-18	4.66E-18	4.66E-18	1.81E-18	1.31E-18	1.62E-18	1.11E-18	1.35E-18	4.38E-18	1.44E-18	4.23E-18	1.53E-18	1.33E-18	4.23E-18	1.53E-18	1.33E-18	4.23E-18	1.53E-18
U-234	5.57E-14	5.78E-14	5.90E-14	5.90E-14	9.32E-15	3.18E-14	4.54E-14	3.51E-14	3.00E-15	4.82E-14	2.91E-14	4.23E-14	1.95E-14	5.90E-15	4.23E-14	1.95E-14	5.90E-15	4.23E-14	1.95E-14
U-235	6.72E-12	6.81E-12	6.86E-12	6.86E-12	2.87E-12	3.12E-12	3.13E-12	3.13E-12	1.64E-12	6.39E-12	3.10E-12	6.13E-12	2.88E-12	2.42E-12	6.13E-12	2.88E-12	2.42E-12	6.13E-12	2.88E-12
U-237	1.03E-12	1.04E-12	1.05E-12	1.05E-12	5.08E-13	5.49E-13	5.01E-13	5.51E-13	2.80E-13	9.78E-13	5.47E-13	9.39E-13	4.63E-13	3.86E-13	9.39E-13	4.63E-13	3.86E-13	9.39E-13	4.63E-13
U-238	2.91E-11	2.94E-11	2.97E-11	2.97E-11	1.24E-11	1.24E-11	1.22E-11	1.19E-11	7.78E-12	2.77E-11	1.26E-11	2.66E-11	1.12E-11	9.39E-12	2.66E-11	1.12E-11	9.39E-12	2.66E-11	1.12E-11
Xe-131m	7.85E-05	0.00E+00	8.74E-05	8.74E-05	7.18E-05	8.62E-05	0.00E+00	8.74E-05	1.96E-05	6.74E-05	8.51E-05	6.14E-05	0.00E+00	0.00E+00	6.14E-05	0.00E+00	0.00E+00	6.14E-05	0.00E+00
Xe-133	1.06E-01	0.00E+00	1.11E-01	1.11E-01	1.88E-01	2.00E-01	0.00E+00	1.11E-01	3.86E-02	9.93E-02	1.10E-01	9.50E-02	0.00E+00	0.00E+00	9.50E-02	0.00E+00	0.00E+00	9.50E-02	0.00E+00
Xe-133m	3.83E-03	0.00E+00	4.03E-03	4.03E-03	2.11E-03	2.22E-03	0.00E+00	4.03E-03	1.47E-03	3.55E-03	3.98E-03	3.40E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.40E-03	0.00E+00	0.00E+00	3.40E-03	0.00E+00
Xe-135	2.66E-02	0.00E+00	2.69E-02	2.69E-02	2.73E-02	2.69E-02	0.00E+00	2.69E-02	1.49E-02	2.60E-02	2.69E-02	2.56E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.56E-02	0.00E+00	0.00E+00	2.56E-02	0.00E+00
Xe-138	4.75E-08	0.00E+00	3.61E-08	3.61E-08	5.04E-08	4.04E-08	0.00E+00	3.61E-08	3.37E-08	4.82E-08	4.28E-08	4.79E-08	0.00E+00	0.00E+00	4.79E-08	0.00E+00	0.00E+00	4.79E-08	0.00E+00
Y-90	3.44E-14	3.57E-14	3.65E-14	3.65E-14	4.30E-15	1.61E-14	2.72E-14	1.76E-14	1.69E-15	2.96E-14	1.48E-14	2.58E-14	1.18E-14	2.46E-15	2.58E-14	1.18E-14	2.46E-15	2.58E-14	1.18E-14
Zr-95	4.42E-06	4.47E-06	4.51E-06	4.51E-06	1.53E-06	1.54E-06	1.66E-06	1.49E-06	9.91E-07	4.20E-06	1.56E-06	4.04E-06	1.57E-06	1.33E-06	4.04E-06	1.57E-06	1.33E-06	4.04E-06	1.57E-06
Po-216	1.93E-20	1.95E-20	1.97E-20	1.97E-20	7.60E-21	5.80E-21	7.00E-21	5.05E-21	5.51E-21	1.85E-20	6.29E-21	1.78E-20	6.63E-21	5.71E-21	1.78E-20	6.63E-21	5.71E-21	1.78E-20	6.63E-21
Po-212	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	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pa-234m	1.94E-19	1.96E-19	1.98E-19	1.98E-19	8.09E-20	7.68E-20	7.35E-20	7.23E-20	5.42E-20	1.85E-19	7.91E-20	1.78E-19	6.94E-20	5.93E-20	1.78E-19	6.94E-20	5.93E-20	1.78E-19	6.94E-20

表6.6-5 各生物类群内照射剂量率

内照射剂量率 [μGy/h]	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	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
Ag-110m	5.02E-09	8.03E-09	5.41E-09	9.06E-09	2.24E-09	2.74E-07	2.73E-10	1.36E-08	2.60E-09	7.30E-09	7.39E-09	3.39E-10	1.08E-07
Am-241	1.10E-05	1.38E-05	1.07E-05	3.18E-06	1.28E-05	1.02E-05	1.35E-04	3.08E-06	3.08E-06	1.77E-05	7.42E-06	2.68E-06	4.17E-08
Ba-137m	8.53E-18	7.13E-18	6.48E-18	1.99E-15	7.68E-18	4.91E-17	2.23E-17	1.14E-15	3.17E-16	3.39E-17	4.47E-16	4.64E-16	4.18E-16
Ba-140	1.82E-12	1.71E-12	1.68E-12	3.15E-10	1.91E-12	7.42E-12	5.93E-12	1.23E-10	5.73E-11	8.25E-12	8.34E-11	7.02E-11	2.78E-11
Bi-212	2.31E-20	2.92E-19	2.92E-19	9.11E-21	1.04E-18	1.98E-19	3.18E-19	2.27E-20	2.26E-20	2.92E-19	2.25E-20	2.33E-20	1.27E-18
C-14	1.64E-04	5.25E-05	5.21E-05	1.64E-04	5.23E-05	1.09E-04	1.08E-04	1.64E-04	1.64E-04	5.24E-05	1.64E-04	1.09E-04	1.60E-04
Cd-109	1.77E-13	9.86E-12	5.37E-12	5.36E-14	5.98E-12	4.15E-12	3.16E-13	3.61E-12	3.29E-12	9.50E-13	4.13E-13	1.52E-13	1.61E-12
Ce-141	4.14E-12	4.28E-10	4.07E-10	9.33E-10	5.46E-11	4.00E-10	3.13E-10	5.10E-11	4.06E-11	4.24E-10	9.02E-10	2.86E-10	5.98E-11
Ce-144	1.54E-08	1.36E-06	7.64E-07	3.63E-06	1.35E-07	8.88E-07	5.49E-07	1.72E-07	1.58E-07	1.22E-06	3.37E-06	6.34E-07	1.45E-07
Cm-242	1.21E-05	1.51E-05	1.69E-05	3.47E-06	1.39E-05	2.06E-05	1.48E-04	3.36E-06	3.36E-06	1.94E-05	8.10E-06	8.20E-06	1.28E-06
Cm-243	4.72E-07	5.91E-07	6.60E-07	1.36E-07	5.46E-07	7.23E-07	5.78E-06	1.32E-07	1.32E-07	7.58E-07	3.17E-07	2.88E-07	4.51E-08
Cm-244	1.26E-04	1.58E-04	1.77E-04	3.64E-05	1.46E-04	1.94E-04	1.55E-03	3.52E-05	3.52E-05	2.03E-04	8.48E-05	7.72E-05	1.21E-05
Co-58	1.24E-13	3.24E-12	2.46E-12	1.23E-13	7.66E-13	3.37E-13	7.04E-13	7.29E-12	1.50E-12	3.03E-12	4.53E-13	1.99E-13	4.59E-12
Co-60	1.91E-13	4.95E-12	3.79E-12	1.92E-13	1.16E-12	4.15E-13	1.10E-12	1.18E-11	2.33E-12	4.58E-12	7.04E-13	2.45E-13	5.68E-12
Cr-51	2.37E-14	2.36E-13	2.26E-13	1.70E-13	3.72E-14	2.53E-13	3.14E-13	1.71E-13	7.99E-14	2.33E-13	9.82E-14	9.53E-14	2.65E-13
Cs-134	5.33E-05	4.03E-06	1.02E-05	1.09E-04	1.12E-05	1.11E-04	3.02E-04	1.63E-03	4.47E-04	4.49E-06	9.12E-05	1.78E-04	8.59E-05
Cs-135	3.65E-10	3.34E-11	9.99E-11	4.44E-10	1.02E-10	9.10E-10	3.05E-09	2.31E-09	2.31E-09	3.86E-11	5.02E-10	1.46E-09	1.29E-10
Cs-136	3.74E-08	2.70E-09	6.75E-09	8.60E-08	7.39E-09	1.33E-07	2.01E-07	1.43E-06	3.36E-07	2.97E-09	6.77E-08	2.15E-07	1.34E-07
Cs-137	2.23E-04	1.89E-05	5.06E-05	3.33E-04	5.48E-05	5.12E-04	1.49E-03	3.11E-03	1.57E-03	2.14E-05	3.33E-04	8.23E-04	1.65E-04
Eu-152	4.37E-11	5.98E-12	1.30E-11	7.17E-11	1.55E-12	1.15E-11	5.88E-12	1.16E-10	3.38E-11	1.52E-11	5.39E-11	2.09E-12	1.22E-11
Eu-154	1.89E-07	2.74E-08	6.13E-08	2.63E-07	7.25E-09	5.30E-08	2.76E-08	3.51E-07	1.33E-07	7.06E-08	2.16E-07	9.64E-09	3.70E-08
H-3	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.65E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.65E-05	5.65E-05

I-129	3.14E-12	1.18E-10	1.78E-10	3.90E-12	8.77E-11	4.03E-11	4.41E-12	4.31E-12	3.75E-12	1.07E-10	3.71E-12	5.03E-12	2.07E-11
I-131	2.49E-07	9.02E-06	1.27E-05	3.42E-07	6.52E-06	6.49E-06	3.03E-07	5.97E-07	3.12E-07	8.11E-06	3.06E-07	8.09E-07	5.90E-06
I-132	1.73E-10	5.61E-09	6.23E-09	2.83E-10	3.66E-09	5.61E-09	1.43E-10	6.50E-10	2.39E-10	4.84E-09	2.27E-10	7.00E-10	8.59E-09
I-133	2.65E-08	9.49E-07	1.25E-06	3.46E-08	6.71E-07	9.18E-07	2.95E-08	5.11E-08	3.24E-08	8.47E-07	3.19E-08	1.14E-07	6.76E-07
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-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-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
La-140	2.55E-16	1.86E-14	1.45E-14	6.24E-16	1.59E-15	3.52E-14	1.36E-14	1.21E-15	4.67E-16	1.87E-14	5.14E-16	7.06E-15	2.51E-14
Mn-54	1.98E-10	8.14E-11	1.04E-09	4.05E-11	1.27E-09	2.02E-09	5.28E-10	3.32E-10	5.62E-11	1.00E-10	4.06E-11	6.72E-09	3.04E-08
Nb-94	1.66E-14	2.95E-14	2.51E-14	2.78E-14	1.69E-16	5.79E-16	3.15E-15	4.19E-14	1.16E-14	2.85E-14	2.06E-14	2.74E-16	1.10E-14
Nb-95	1.04E-08	1.71E-08	1.42E-08	2.06E-08	9.57E-11	4.81E-10	1.83E-09	3.58E-08	8.07E-09	1.63E-08	1.40E-08	2.28E-10	1.36E-08
Np-237	1.34E-08	1.68E-08	1.88E-08	3.87E-09	1.55E-08	2.05E-08	1.64E-07	3.75E-09	3.74E-09	2.16E-08	9.03E-09	8.19E-09	1.28E-09
Pa-231	3.92E-14	4.90E-14	5.48E-14	1.13E-14	4.53E-14	5.99E-14	4.79E-13	1.09E-14	1.09E-14	6.29E-14	2.63E-14	2.39E-14	3.73E-15
Pb-212	7.97E-17	7.54E-16	1.21E-15	1.03E-16	2.99E-17	5.79E-16	4.49E-15	6.73E-17	6.67E-17	1.19E-17	8.22E-17	1.66E-15	2.52E-16
Pu-238	3.66E-05	6.92E-05	5.31E-05	3.37E-06	2.65E-05	1.70E-05	1.85E-04	1.95E-05	1.95E-05	1.71E-04	1.46E-05	4.51E-05	1.42E-06
Pu-239	2.09E-06	3.96E-06	3.04E-06	1.93E-07	1.52E-06	9.69E-07	1.06E-05	1.12E-06	1.12E-06	9.77E-06	8.37E-07	2.58E-06	8.09E-08
Pu-240	3.82E-06	7.23E-06	5.55E-06	3.52E-07	2.77E-06	1.77E-06	1.93E-05	2.04E-06	2.04E-06	1.78E-05	1.53E-06	4.71E-06	1.48E-07
Pu-241	5.33E-07	1.01E-06	7.74E-07	4.91E-08	3.87E-07	2.48E-07	2.70E-06	2.85E-07	2.85E-07	2.49E-06	2.13E-07	6.60E-07	2.07E-08
Ra-224	7.24E-14	7.39E-14	7.38E-14	1.25E-14	1.92E-14	1.48E-13	2.56E-13	3.23E-14	3.23E-14	9.89E-15	7.24E-14	2.97E-13	1.47E-14
Rh-106	1.36E-16	1.60E-16	7.57E-17	1.57E-16	1.12E-16	1.68E-15	1.04E-17	1.75E-16	1.51E-16	1.37E-16	1.42E-16	4.61E-16	7.99E-16
Ru-103	5.92E-09	1.98E-07	1.84E-07	8.29E-09	2.73E-10	2.53E-08	2.81E-08	1.90E-08	7.04E-09	1.94E-07	6.78E-09	2.53E-08	8.64E-08
Ru-106	1.00E-05	2.94E-04	1.42E-04	1.16E-05	2.97E-07	2.66E-05	1.95E-05	1.29E-05	1.11E-05	2.52E-04	1.05E-05	2.66E-05	4.57E-05
Sb-124	2.28E-10	8.23E-10	5.81E-10	3.72E-10	8.44E-12	2.29E-11	7.74E-11	9.10E-11	3.32E-11	1.51E-10	2.98E-10	5.49E-12	3.81E-10
Sb-125	3.34E-07	1.32E-06	1.22E-06	5.04E-07	1.52E-08	2.96E-08	1.71E-07	1.06E-07	4.62E-08	2.53E-07	4.25E-07	7.10E-09	3.75E-07

Se-79	7.39E-12	1.08E-10	1.07E-10	1.08E-11	6.85E-12	2.87E-11	4.30E-12	2.12E-11	2.12E-11	1.12E-12	8.94E-12	4.13E-11	3.19E-12
Str-89	2.39E-07	1.38E-08	5.03E-08	2.81E-07	4.30E-08	1.96E-07	7.23E-07	3.97E-07	3.85E-07	2.33E-08	2.90E-07	6.10E-08	2.51E-07
Str-90	1.98E-04	1.11E-05	3.60E-05	2.37E-04	3.23E-05	1.17E-04	5.17E-04	3.38E-04	3.24E-04	1.81E-05	2.40E-04	3.63E-05	1.61E-04
Tc-99	1.98E-10	2.44E-09	2.37E-09	9.27E-11	2.41E-09	9.11E-09	8.71E-09	1.99E-10	1.99E-10	2.42E-09	1.99E-10	6.36E-12	6.45E-12
Te-129m	2.19E-09	1.03E-08	8.21E-09	2.32E-09	6.03E-10	1.28E-10	1.19E-10	2.48E-09	2.28E-09	1.00E-08	9.47E-10	2.89E-11	1.77E-10
Te-132	6.34E-11	2.77E-10	2.14E-10	8.88E-11	1.58E-11	5.85E-12	3.11E-12	1.95E-10	7.59E-11	2.65E-10	3.06E-11	1.32E-12	2.25E-11
Th-228	4.10E-13	8.02E-12	8.02E-12	3.37E-13	2.13E-12	1.11E-10	2.71E-10	7.99E-13	7.97E-13	8.02E-12	6.87E-13	4.41E-11	8.53E-13
Th-230	7.39E-17	1.45E-15	1.45E-15	6.08E-17	3.84E-16	1.95E-14	4.89E-14	1.44E-16	1.44E-16	1.45E-15	1.24E-16	7.74E-15	1.49E-16
Th-231	2.37E-20	4.56E-19	4.46E-19	2.00E-20	1.20E-19	1.72E-17	1.49E-17	4.90E-20	4.68E-20	4.54E-19	4.02E-20	6.83E-18	1.43E-19
Th-234	7.57E-16	1.32E-14	8.79E-15	6.69E-16	2.94E-15	2.75E-13	2.73E-13	1.64E-15	1.55E-15	1.23E-14	1.29E-15	1.09E-13	2.71E-15
Tl-208	5.11E-25	1.44E-24	1.03E-24	2.81E-25	9.89E-25	1.15E-24	1.44E-25	3.55E-24	1.26E-24	1.35E-24	1.20E-24	1.20E-23	5.47E-24
U-234	4.18E-12	3.15E-10	8.82E-10	1.35E-11	4.80E-11	1.07E-09	8.42E-09	2.62E-11	2.62E-11	3.15E-10	2.84E-11	5.53E-10	5.98E-11
U-235	1.13E-12	8.52E-11	2.39E-10	3.67E-12	1.30E-11	2.91E-10	2.28E-09	7.12E-12	7.10E-12	8.52E-11	7.69E-12	1.50E-10	1.62E-11
U-237	6.36E-21	4.67E-19	1.27E-18	2.23E-20	7.03E-20	3.49E-18	1.20E-17	5.49E-20	4.15E-20	4.64E-19	4.47E-20	1.80E-18	2.77E-19
U-238	3.05E-11	2.29E-09	6.39E-09	9.88E-11	3.49E-10	7.82E-09	6.09E-08	1.91E-10	1.91E-10	2.29E-09	2.07E-10	4.03E-09	4.37E-10
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-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-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-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
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
Y-90	6.22E-13	1.81E-10	1.07E-10	3.45E-12	5.92E-12	4.77E-11	2.63E-10	2.92E-12	2.77E-12	1.66E-10	3.24E-12	4.57E-11	9.20E-11
Zr-95	1.15E-09	2.03E-09	2.32E-09	1.59E-07	2.46E-09	1.66E-08	3.55E-08	5.55E-09	1.56E-09	2.56E-09	1.18E-07	2.39E-09	2.13E-08
Po-216	1.69E-18	1.48E-18	1.48E-18	1.94E-19	1.48E-18	1.61E-17	5.14E-17	1.70E-18	1.69E-18	1.48E-18	1.91E-18	2.04E-17	2.45E-18
Po-212	1.34E-24	1.17E-24	1.17E-24	1.53E-25	1.17E-24	1.27E-23	4.07E-23	1.34E-24	1.34E-24	1.17E-24	1.51E-24	1.61E-23	1.93E-24
Pa-234m	7.25E-18	7.97E-18	5.66E-18	2.25E-18	6.08E-18	2.85E-17	4.49E-17	2.26E-18	2.14E-18	9.52E-18	4.98E-18	1.14E-17	2.32E-18

表6.6-6 各生物类群总照射剂量率

总照射剂量率 [μGy/h]	两栖类	环节动物	节肢动物	鸟类	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
Ag-110m	7.10E-07	7.22E-07	7.24E-07	2.88E-07	2.72E-07	5.39E-07	2.56E-07	1.99E-07	6.75E-07	2.84E-07	6.54E-07	2.50E-07	3.22E-07
Am-241	1.11E-05	1.38E-05	1.08E-05	3.19E-06	1.28E-05	1.02E-05	1.35E-04	3.08E-06	3.09E-06	1.77E-05	7.44E-06	2.69E-06	4.85E-08
Ba-137m	4.63E-11	4.69E-11	4.72E-11	2.05E-11	2.09E-11	1.75E-11	2.04E-11	1.31E-11	4.40E-11	2.11E-11	4.22E-11	1.65E-11	1.40E-11
Ba-140	7.11E-10	7.19E-10	7.24E-10	6.23E-10	2.62E-10	2.72E-10	2.36E-10	3.40E-10	7.36E-10	2.84E-10	7.38E-10	3.21E-10	2.43E-10
Bi-212	1.58E-16	1.60E-16	1.61E-16	6.23E-17	4.70E-17	5.63E-17	3.96E-17	4.60E-17	1.51E-16	5.07E-17	1.46E-16	5.32E-17	4.71E-17
C-14	1.64E-04	5.25E-05	5.21E-05	1.64E-04	5.23E-05	1.09E-04	1.08E-04	1.64E-04	1.64E-04	5.24E-05	1.64E-04	1.09E-04	1.60E-04
Cd-109	3.16E-13	1.00E-11	5.52E-12	9.19E-14	6.06E-12	4.24E-12	3.92E-13	3.62E-12	3.42E-12	1.02E-12	5.24E-13	2.17E-13	1.64E-12
Ce-141	1.18E-08	1.24E-08	1.24E-08	6.02E-09	5.48E-09	6.06E-09	5.75E-09	2.90E-09	1.13E-08	5.83E-09	1.17E-08	5.64E-09	4.52E-09
Ce-144	3.03E-06	4.42E-06	3.84E-06	4.92E-06	1.32E-06	2.11E-06	1.66E-06	1.01E-06	3.04E-06	2.45E-06	6.14E-06	1.79E-06	1.12E-06
Cm-242	1.21E-05	1.51E-05	1.69E-05	3.47E-06	1.39E-05	2.06E-05	1.48E-04	3.36E-06	3.36E-06	1.94E-05	8.10E-06	8.20E-06	1.28E-06
Cm-243	4.79E-07	5.98E-07	6.68E-07	1.39E-07	5.50E-07	7.27E-07	5.78E-06	1.34E-07	1.38E-07	7.61E-07	3.24E-07	2.91E-07	4.77E-08
Cm-244	1.26E-04	1.58E-04	1.77E-04	3.64E-05	1.46E-04	1.94E-04	1.55E-03	3.52E-05	3.52E-05	2.03E-04	8.49E-05	7.72E-05	1.21E-05
Co-58	2.58E-10	2.64E-10	2.65E-10	1.20E-10	1.20E-10	9.77E-11	1.16E-10	8.50E-11	2.47E-10	1.24E-10	2.36E-10	9.21E-11	8.27E-11
Co-60	3.12E-10	3.20E-10	3.21E-10	1.24E-10	1.09E-10	1.17E-10	9.83E-11	9.83E-11	3.01E-10	1.19E-10	2.89E-10	1.10E-10	1.00E-10
Cr-51	2.70E-11	2.76E-11	2.78E-11	1.42E-11	1.50E-11	1.16E-11	1.52E-11	8.56E-12	2.57E-11	1.52E-11	2.47E-11	1.07E-11	9.27E-12
Cs-134	8.25E-04	7.86E-04	7.98E-04	4.28E-04	3.32E-04	4.02E-04	6.11E-04	1.84E-03	1.18E-03	3.29E-04	7.96E-04	4.54E-04	3.20E-04
Cs-135	3.65E-10	3.34E-11	9.99E-11	4.44E-10	1.02E-10	9.10E-10	3.05E-09	2.31E-09	2.31E-09	3.86E-11	5.02E-10	1.46E-09	1.29E-10
Cs-136	2.28E-06	2.27E-06	2.29E-06	1.06E-06	9.57E-07	9.85E-07	1.11E-06	2.07E-06	2.48E-06	9.74E-07	2.13E-06	1.02E-06	8.21E-07
Cs-137	1.18E-03	9.88E-04	1.03E-03	7.57E-04	4.87E-04	8.73E-04	1.91E-03	3.38E-03	2.48E-03	4.58E-04	1.20E-03	1.16E-03	4.54E-04
Eu-152	5.63E-09	5.66E-09	5.70E-09	2.23E-09	2.04E-09	2.15E-09	1.91E-09	1.56E-09	5.37E-09	2.11E-09	5.20E-09	2.02E-09	1.74E-09
Eu-154	1.53E-05	1.53E-05	1.55E-05	6.59E-06	5.86E-06	5.78E-06	5.45E-06	4.65E-06	1.46E-05	6.14E-06	1.41E-05	5.43E-06	4.67E-06
H-3	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.65E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.62E-05	5.65E-05	5.65E-05

I-129	4.69E-11	1.63E-10	2.23E-10	1.56E-11	1.06E-10	6.50E-11	2.33E-11	7.24E-12	4.26E-11	1.25E-10	3.87E-11	2.51E-11	3.20E-11
I-131	3.75E-04	3.89E-04	3.96E-04	1.54E-04	1.67E-04	1.59E-04	1.60E-04	9.42E-05	3.57E-04	1.69E-04	3.43E-04	1.45E-04	1.28E-04
I-132	4.08E-05	4.14E-05	4.17E-05	1.59E-05	1.56E-05	1.54E-05	1.49E-05	1.04E-05	3.89E-05	1.59E-05	3.74E-05	1.45E-05	1.24E-05
I-133	1.90E-04	1.93E-04	1.95E-04	8.34E-05	8.61E-05	7.46E-05	8.35E-05	5.24E-05	1.80E-04	8.71E-05	1.73E-04	6.98E-05	5.94E-05
Kr-85	1.02E-02	0.00E+00	1.01E-02	1.04E-02	1.02E-02	0.00E+00	1.01E-02	5.98E-03	9.96E-03	1.02E-02	9.82E-03	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	8.12E-06	0.00E+00	8.27E-06	8.37E-06	8.25E-06	0.00E+00	8.27E-06	4.39E-06	7.94E-06	8.23E-06	7.83E-06	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	2.97E-04	0.00E+00	2.21E-04	3.17E-04	2.47E-04	0.00E+00	2.21E-04	2.12E-04	3.03E-04	2.63E-04	3.01E-04	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	2.60E-03	0.00E+00	1.76E-03	2.81E-03	2.04E-03	0.00E+00	1.76E-03	1.96E-03	2.68E-03	2.22E-03	2.67E-03	0.00E+00	0.00E+00
La-140	8.00E-11	8.09E-11	8.15E-11	3.47E-11	2.87E-11	2.97E-11	2.53E-11	2.47E-11	7.66E-11	3.08E-11	7.39E-11	2.82E-11	2.42E-11
Mn-54	4.39E-08	4.43E-08	4.56E-08	1.92E-08	2.02E-08	1.84E-08	1.87E-08	1.29E-08	4.17E-08	1.94E-08	4.01E-08	2.22E-08	4.36E-08
Nb-94	1.46E-12	1.49E-12	1.50E-12	6.08E-13	5.78E-13	5.42E-13	5.59E-13	4.21E-13	1.38E-12	6.16E-13	1.34E-12	5.12E-13	4.46E-13
Nb-95	2.46E-06	2.50E-06	2.52E-06	8.43E-07	8.26E-07	9.22E-07	8.00E-07	5.70E-07	2.34E-06	8.54E-07	2.26E-06	8.72E-07	7.54E-07
Np-237	1.39E-08	1.73E-08	1.92E-08	4.04E-09	1.57E-08	2.07E-08	1.65E-07	3.85E-09	4.17E-09	2.17E-08	9.44E-09	8.38E-09	1.44E-09
Pa-231	3.94E-14	4.93E-14	5.50E-14	1.14E-14	4.54E-14	6.00E-14	4.80E-13	1.10E-14	1.11E-14	6.30E-14	2.65E-14	2.40E-14	3.81E-15
Pb-212	1.93E-15	2.63E-15	3.10E-15	8.32E-16	5.87E-16	1.25E-15	4.97E-15	5.96E-16	1.84E-15	6.16E-16	1.79E-15	2.30E-15	8.00E-16
Pu-238	3.66E-05	6.92E-05	5.31E-05	3.37E-06	2.65E-05	1.70E-05	1.85E-04	1.95E-05	1.96E-05	1.71E-04	1.46E-05	4.51E-05	1.42E-06
Pu-239	2.09E-06	3.96E-06	3.04E-06	1.93E-07	1.52E-06	9.69E-07	1.06E-05	1.12E-06	1.12E-06	9.77E-06	8.37E-07	2.58E-06	8.09E-08
Pu-240	3.82E-06	7.23E-06	5.55E-06	3.52E-07	2.77E-06	1.77E-06	1.93E-05	2.04E-06	2.04E-06	1.78E-05	1.53E-06	4.71E-06	1.48E-07
Pu-241	5.37E-07	1.01E-06	7.78E-07	5.05E-08	3.88E-07	2.50E-07	2.70E-06	2.86E-07	2.89E-07	2.49E-06	2.17E-07	6.61E-07	2.20E-08
Ra-224	8.78E-14	8.95E-14	8.96E-14	1.86E-14	2.38E-14	1.53E-13	2.60E-13	3.67E-14	4.70E-14	1.49E-14	8.66E-14	3.02E-13	1.93E-14
Rh-106	6.28E-13	6.36E-13	6.41E-13	2.60E-13	2.64E-13	2.42E-13	2.57E-13	1.65E-13	5.97E-13	2.67E-13	5.73E-13	2.28E-13	1.93E-13
Ru-103	3.03E-07	4.99E-07	4.88E-07	1.04E-07	1.00E-07	1.41E-07	1.27E-07	7.87E-08	2.89E-07	2.94E-07	2.77E-07	1.35E-07	1.79E-07
Ru-106	2.41E-05	3.08E-04	1.56E-04	1.74E-05	6.23E-06	3.20E-05	2.53E-05	1.66E-05	2.45E-05	2.58E-04	2.34E-05	3.17E-05	5.00E-05
Sb-124	3.19E-09	3.83E-09	3.60E-09	1.52E-09	9.95E-10	1.12E-09	9.67E-10	8.90E-10	2.87E-09	1.19E-09	3.03E-09	1.05E-09	1.28E-09
Sb-125	2.20E-06	3.21E-06	3.12E-06	1.26E-06	8.06E-07	7.60E-07	9.51E-07	5.75E-07	1.81E-06	1.05E-06	2.12E-06	6.96E-07	9.53E-07

Se-79	7.39E-12	1.08E-10	1.07E-10	1.08E-11	6.85E-12	2.87E-11	4.30E-12	2.12E-11	2.12E-11	1.12E-12	8.94E-12	4.13E-11	3.19E-12
Str-89	2.39E-07	1.38E-08	5.04E-08	2.81E-07	4.31E-08	1.96E-07	7.23E-07	3.97E-07	3.85E-07	2.33E-08	2.90E-07	6.10E-08	2.51E-07
Str-90	1.98E-04	1.11E-05	3.60E-05	2.37E-04	3.23E-05	1.17E-04	5.17E-04	3.38E-04	3.24E-04	1.81E-05	2.40E-04	3.63E-05	1.61E-04
Tc-99	1.98E-10	2.44E-09	2.37E-09	9.27E-11	2.41E-09	9.11E-09	8.71E-09	1.99E-10	1.99E-10	2.42E-09	1.99E-10	6.36E-12	6.45E-12
Te-129m	2.87E-09	1.10E-08	8.90E-09	2.58E-09	8.78E-10	3.94E-10	3.88E-10	2.65E-09	2.92E-09	1.03E-08	1.56E-09	2.78E-10	3.84E-10
Te-132	3.41E-09	3.67E-09	3.63E-09	1.39E-09	1.31E-09	1.28E-09	1.25E-09	1.04E-09	3.26E-09	1.58E-09	3.09E-09	1.21E-09	1.05E-09
Th-228	3.30E-12	1.09E-11	1.10E-11	1.48E-12	3.00E-12	1.12E-10	2.71E-10	1.62E-12	3.56E-12	8.97E-12	3.36E-12	4.51E-11	1.71E-12
Th-230	7.58E-17	1.45E-15	1.45E-15	6.14E-17	3.85E-16	1.95E-14	4.89E-14	1.44E-16	1.45E-16	1.45E-15	1.25E-16	7.74E-15	1.50E-16
Th-231	4.29E-17	4.42E-17	4.47E-17	1.84E-17	2.53E-17	4.35E-17	4.08E-17	8.75E-18	3.97E-17	2.50E-17	3.72E-17	2.66E-17	1.39E-17
Th-234	7.65E-14	8.98E-14	8.60E-14	3.32E-14	3.50E-14	3.06E-13	3.04E-13	2.21E-14	7.38E-14	4.51E-14	7.08E-14	1.38E-13	2.74E-14
Tl-208	4.58E-18	4.63E-18	4.66E-18	1.81E-18	1.31E-18	1.62E-18	1.11E-18	1.35E-18	4.38E-18	1.44E-18	4.23E-18	1.54E-18	1.33E-18
U-234	4.23E-12	3.15E-10	8.82E-10	1.35E-11	4.81E-11	1.07E-09	8.42E-09	2.62E-11	2.63E-11	3.15E-10	2.84E-11	5.53E-10	5.98E-11
U-235	7.85E-12	9.21E-11	2.46E-10	6.54E-12	1.61E-11	2.94E-10	2.28E-09	8.75E-12	1.35E-11	8.83E-11	1.38E-11	1.53E-10	1.87E-11
U-237	1.03E-12	1.04E-12	1.05E-12	5.08E-13	5.49E-13	5.01E-13	5.51E-13	2.80E-13	9.78E-13	5.47E-13	9.39E-13	4.63E-13	3.86E-13
U-238	5.95E-11	2.32E-09	6.42E-09	1.11E-10	3.61E-10	7.83E-09	6.09E-08	1.99E-10	2.19E-10	2.30E-09	2.34E-10	4.04E-09	4.46E-10
Xe-131m	7.85E-05	0.00E+00	8.74E-05	7.18E-05	8.62E-05	0.00E+00	8.74E-05	1.96E-05	6.74E-05	8.51E-05	6.14E-05	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.06E-01	0.00E+00	1.11E-01	1.88E-01	2.00E-01	0.00E+00	1.11E-01	3.86E-02	9.93E-02	1.10E-01	9.50E-02	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	3.83E-03	0.00E+00	4.03E-03	2.11E-03	2.22E-03	0.00E+00	4.03E-03	1.47E-03	3.55E-03	3.98E-03	3.40E-03	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	2.66E-02	0.00E+00	2.69E-02	2.73E-02	2.69E-02	0.00E+00	2.69E-02	1.49E-02	2.60E-02	2.69E-02	2.56E-02	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	4.75E-08	0.00E+00	3.61E-08	5.04E-08	4.04E-08	0.00E+00	3.61E-08	3.37E-08	4.82E-08	4.28E-08	4.79E-08	0.00E+00	0.00E+00
Y-90	6.57E-13	1.81E-10	1.07E-10	3.45E-12	5.94E-12	4.78E-11	2.63E-10	2.92E-12	2.80E-12	1.66E-10	3.26E-12	4.57E-11	9.20E-11
Zr-95	4.42E-06	4.48E-06	4.51E-06	1.69E-06	1.54E-06	1.68E-06	1.52E-06	9.96E-07	4.21E-06	1.56E-06	4.16E-06	1.57E-06	1.35E-06
Po-216	1.71E-18	1.50E-18	1.50E-18	2.01E-19	1.49E-18	1.61E-17	5.14E-17	1.71E-18	1.71E-18	1.49E-18	1.93E-18	2.04E-17	2.45E-18
Po-212	1.34E-24	1.17E-24	1.17E-24	1.53E-25	1.17E-24	1.27E-23	4.07E-23	1.34E-24	1.34E-24	1.17E-24	1.51E-24	1.61E-23	1.93E-24
Pa-234m	7.45E-18	8.17E-18	5.85E-18	2.34E-18	6.16E-18	2.86E-17	4.49E-17	2.31E-18	2.32E-18	9.60E-18	5.16E-18	1.14E-17	2.37E-18

表6.6-7 各生物类群危害商

生物	总剂量率 [μGy/h]	筛选值 [μGy/h]	危害商
两栖类	1.53E-01	1.00E+01	1.53E-02
环节动物	3.13E-03	1.00E+01	3.13E-04
节肢动物	1.57E-01	1.00E+01	1.57E-02
鸟类	2.33E-01	1.00E+01	2.33E-02
飞行昆虫	2.43E-01	1.00E+01	2.43E-02
牧草	2.10E-03	1.00E+01	2.10E-04
苔藓	1.60E-01	1.00E+01	1.60E-02
大型哺乳类	6.92E-02	1.00E+01	6.92E-03
小型哺乳类	1.47E-01	1.00E+01	1.47E-02
软体动物	1.56E-01	1.00E+01	1.56E-02
爬行动物	1.40E-01	1.00E+01	1.40E-02
灌木	2.23E-03	1.00E+01	2.23E-04
树	1.43E-03	1.00E+01	1.43E-04

6.7 正常运行的非放射性影响

6.7.1 非放废气

本项目主要涉及放射性实验研究，辐照材料考验研究和同位素药物生产，产生的废气主要为放射性废气，非放废气产生量很少，经过放射性废气处理系统后，其排放对当地大气环境影响基本可以忽略。

6.7.2 非放废水

1) 生产废水

本项目运行期产生的非放生产废水由地面及设备冲洗水、冷凝水、酸碱废水、除盐水处理排污水、循环冷却水排污水等组成。整个厂区非放生产废水由废水管网收集，重力流排放至非放废水污水及中水回用设施，采用近零排放方案设置一套废水近零排放处理装置，装置处理能力暂定 $36\text{m}^3/\text{h}$ 。生产废水经处理达标后作中水回用，回用水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）以及冷却塔补水水质要求。

2) 生活污水

本项目运行期产生的生活污水经一套生活污水处理装置处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）标准后全部回用，不外排。

6.7.3 固体废物

1) 一般工业固体废物

本项目一般工业固体废物产生量很少，将收集并在专门场所进行贮存，不会对周围环境产生不良影响。

一般工业固废贮存设施必须满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）中的相关规定：贮存设施基础必须防渗；贮存设施内一般工业固废单独收集贮存，禁止危险废物和生活垃圾混入。

2) 危险废物

本项目可能涉及少量化学试剂等危险废物。由于危险废物非连续产生（产生的时间、地点变动性较大），建设单位将根据实际产生情况对其进行收集并送至化学废弃物仓库，待达到一定数量后，由具有化学品运输资质单位运送至有处理

资质单位进行统一处理处置，不会对周围环境产生不良影响。

化学废弃物仓库必须满足《危险废物贮存污染物控制标准》（GB18597-2001，2013年修订）中的相关规定：贮存设施防风、防雨、防晒，基础必须防渗；贮存设施内不兼容的危险废物分别存放或存放在不渗透间隔分开的区域内，每个部分的防漏裙角或储漏盘的材料要与危险废物兼容。建议建设单位根据危险废物性质将其在化学废弃物仓库内分类存放，并按照《危险废物贮存污染物控制标准》（GB18597-2001，2013年修订）等国家相关标准做好仓库内的通风、照明、防渗等相关工作。

3) 生活垃圾

工作人员产生的生活垃圾定点收集，由环卫部门统一清运，不会对环境产生不良影响。

6.7.4 噪声

本项目位于九江市彭泽县天红镇。根据九江市彭泽生态环境局《关于天红核科技研发中心环境质量执行标准污染物排放标准的复函》，本项目厂址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)，本项目厂址边界执行《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)。

本项目主要产生噪声的设备为风机和水泵等。上述风机、泵等设备均为标准设备，设备选型设计中优先选用标准系列产品中的节能、高效、低噪声的设备，并采取必要的减震和消声措施，从声源上进行控制，同时建筑方面采用减震基础、隔间封闭并进行隔音处理等措施，进行降噪处理，将厂房内部噪声控制在职业安全与卫生相关标准规范的规定水平。同时，通过上述措施，确保在厂界处满足《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)。本项目距离厂址最近的自然村为位于厂址NNE方位0.52km的天红村曹家组，考虑噪声的衰减，本项目运行时产生的噪声对周边村民的影响可以忽略。

第七章 事故的环境影响和环境风险

7.1 事故源项

7.1.1 反应堆选址假想事故源项

选址假想事故保守假设 5 盒组件大面积流道阻塞引起的燃料元件烧毁事故。在分析该事故时作如下保守的考虑：

- (1) 在堆芯中放射性活度最大的 5 盒燃料组件发生烧毁，破损元件中 100% 的惰性气体和 50% 的碘从燃料元件中释放出来进入反应堆水池的水中。
- (2) 释放的碘中，10% 为有机碘，90% 为无机碘。
- (3) 进入水中的裂变产物在气/水中的分配因子：惰性气体为 1，碘为 10^{-2} 。
- (4) 释放到反应堆厂房中的碘，无机碘有 50% 附着在反应堆厂房内的壁面和设备面上。
- (5) 反应堆大厅关闭，放射性核素通过大厅专用的事故应急通风系统有组织地经过滤后从烟囱排放，排放速率为 25%/天。
- (6) 过滤器对碘的过滤效率为 95%，惰性气体为 0。
- (7) 从烟囱排放。

选址假想事故放射性释放量见表 7.1-1。

7.1.2 热室事故源项

根据钼-99 同位素生产工艺，选取钼-99 同位素靶件溶解过程中发生泄漏事故作为同位素生产热室可能发生的最严重事故。

源项计算时假设溶解液释放到热室空气中的裂变产物份额为：惰性气体 100%，碘 1%。

通风过滤系统去除效率：惰性气体不去除，对碘的去除效率为 95%，对其他粒子去除效率为 99%。

根据上述假设，计算得到事故情况下释放到环境中的源项见表 7.1-2。

表 7.1-1 5 盒燃料组件烧毁事故放射性释放量 (Bq)

核素	5 盒中放射性总量 (Bq)		向环境的释放量 (Bq)			
			0~8 小时	8~24 小时	1~4 天	4~7 天
^{83m} Kr	7.15E+14		1.83E+13	8.60E+11	1.70E+09	0.00E+00
^{85m} Kr	1.77E+15		8.15E+13	2.79E+13	2.12E+12	5.68E+08
⁸⁵ Kr	1.15E+13		9.20E+11	1.61E+12	4.44E+12	2.59E+12
⁸⁷ Kr	3.43E+15		6.42E+13	7.76E+11	1.17E+08	0.00E+00
⁸⁸ Kr	4.84E+15		1.69E+14	2.53E+13	3.89E+11	1.19E+06
^{131m} Xe	3.48E+13		2.83E+12	4.52E+12	1.16E+13	5.95E+12
^{133m} Xe	3.61E+14		1.96E+13	3.00E+13	4.97E+13	1.40E+13
¹³³ Xe	8.95E+15		7.08E+14	1.18E+15	2.49E+15	1.10E+15
¹³⁵ Xe	9.65E+14		5.82E+13	4.32E+13	1.53E+13	1.75E+11
¹³¹ I	3.75E+15	有机	7.68E+09	1.25E+10	2.90E+10	1.39E+10
		无机	3.46E+10	5.63E+10	1.31E+11	6.25E+10
¹³² I	5.85E+15	有机	4.47E+09	3.96E+08	2.68E+06	0.00E+00
		无机	2.01E+09	1.78E+09	1.21E+07	0.00E+00
¹³³ I	9.30E+15	有机	1.65E+10	1.93E+10	1.76E+10	1.71E+09
		无机	7.43E+10	8.69E+10	7.68E+10	7.73E+08
¹³⁵ I	9.00E+15	有机	1.22E+10	6.83E+09	1.30E+09	3.98E+06
		无机	5.49E+10	3.07E+10	5.86E+09	1.79 E+07

表 7.1-2 热室事故放射性释放量 (Bq)

核素	0-2h
^{82}Br	1.67E+06
^{83}Br	4.44E+08
^{84}Br	3.33E+04
^{130}I	9.44E+06
^{131}I	1.37E+10
^{132}I	3.89E+10
^{133}I	7.03E+10
^{134}I	1.61E+08
^{135}I	3.15E+10
$^{131\text{m}}\text{Xe}$	4.81E+10
^{133}Xe	8.14E+13
$^{133\text{m}}\text{Xe}$	4.07E+12
^{135}Xe	5.92E+13
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	1.04E+13
$^{83\text{m}}\text{Kr}$	2.59E+12
^{85}Kr	7.03E+09
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	7.77E+12
^{87}Kr	3.18E+11
^{88}Kr	9.25E+12

7.2 事故辐射剂量的估算和评价

7.2.1 事故大气弥散条件

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)推荐的事事故工况烟囱释放模式。

短期大气弥散因子采用下列一组烟囱释放轴线浓度公式计算：

$$\chi/Q = \frac{1}{\pi \bar{u}_h \sigma_y \sigma_z} \exp \left[\frac{-h_e^2}{2\sigma_z^2} \right] \quad (7.2-1)$$

其中：

U_h ：是释放高度的风速，单位为 m/s。

h_e ：是有效烟囱高度，单位为 m， $h_e = h_s - h_t$ 。

h_s ：为烟囱高度，单位为 m。

h_t ：是释放点和计算点之间的最大地形高度，单位为 m。

如果 h_t 高于 h_s ，那么 $h_e=0$ 。

本项目的风向、风速、大气稳定度联合频率取自第 2 章第 2.4 节，用上列公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短期大气弥散因子。取其最大者，用于短期释放（持续时间在 1h 以内）的后果评价。

对持续时间长于 1h 的事故释放，按事故过程划分不同的时间段。各时间段的短期大气弥散因子，可由小时短期大气弥散因子与长期大气弥散因子对数线性内插求取。

对于事故的大气弥散因子，先逐一计算厂址边界处每个方位 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短期大气弥散因子进行个人剂量评价。

对于选址假想事故，按照反应堆厂房烟囱距离厂址边界 16 个方位的距离见表 7.2-1。

对于热室事故，按照热室烟囱距离厂址边界 16 个方位的距离见表 7.2-2。

计算得到选址假想事故和热室事故发生期间厂址边界处分时段的短期大气

弥散因子，见表 7.2-1 和表 7.2-2。

7.2.2 事故后果评价

考虑本项目反应堆选址假想事故和热室事故期间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。

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边界上的个人，个人剂量是释放核素通过上述途径所致剂量的总和。

7.2.2.1 剂量的计算模式

1) 浸没于半无限放射性烟云中所受外照射剂量 D^o ：

$$D^o = \sum_i Q_i \cdot (\chi/Q)_x \cdot (DCF)_i^o \quad (7.2-2)$$

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 米距离处的短期大气弥散因子， s/m^3 。

$(DCF)_i^o$ ：核素 i 对个人的外照射有效剂量转换因子， $(Sv/s) / (Bq/m^3)$ ，见表 7.2-3。

2) 吸入放射性物质所受内照射剂量 D^i ：

$$D^i = \sum_i Q_i \cdot (\chi/Q)_x \cdot Ba \cdot (DCF)_i^i \quad (7.2-3)$$

式中：

Ba ： a 年龄组个人的呼吸率， m^3/s ，见表 6.2-5。

$(DCF)_i^i$ ：核素 i 对组个人的内照射剂量转换因子， Sv/Bq ，见表 7.2-3。

7.2.2.2 事故剂量评价

由于没有针对研究堆事故潜在照射后果个人剂量限值的规定，结合《研究堆营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/06-2019) 并参考《小型压水堆核动力厂安全审评原则(试行)》(国核安发[2016]1 号)，提出研究堆事故潜在照射后

果个人剂量限值如下：事故工况期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv。

选址假想事故和热室事故发生后，厂址边界处的最大个人受照剂量结果与个人有效剂量限值的比较见表 7.2-4。

由表 7.2-4 可见：

1) 在反应堆选址假想事故的整个持续时间（7d），厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.492mSv。上述剂量能满足规定的事故个人有效剂量（10mSv）的要求。

2) 在热室事故的整个持续时间（2h），厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.028mSv。上述剂量能满足规定的事故个人有效剂量（10mSv）的要求。

表 7.2-1 厂址边界短期大气弥散因子（各方位角 99.5%和全厂址 95%概率水平的最大值）及对应距离（反应堆厂房烟囱距离厂址边界 16 个方位的距离）

单位：s/m³

方位	距离	0-8h	8 - 24 h	24-96h	96-168h
S	123	4.12E-06	1.75E-06	2.72E-07	2.72E-07
SSW	117	3.08E-06	1.15E-06	1.36E-07	1.36E-07
SW	131	4.19E-06	1.79E-06	2.84E-07	2.84E-07
WSW	160	5.61E-06	3.10E-06	8.58E-07	8.58E-07
W	169	7.58E-06	4.43E-06	1.38E-06	1.38E-06
WNW	187	9.60E-06	6.34E-06	2.59E-06	2.59E-06
NW	188	1.00E-05	6.48E-06	2.53E-06	2.53E-06
NNW	222	1.05E-05	7.24E-06	3.22E-06	3.22E-06
N	288	1.12E-05	8.29E-06	4.31E-06	4.31E-06
NNE	320	1.72E-05	1.35E-05	7.95E-06	7.95E-06
NE	329	1.39E-05	1.08E-05	6.18E-06	6.18E-06
ENE	435	8.08E-06	6.09E-06	3.29E-06	3.29E-06
E	529	5.82E-06	4.34E-06	2.30E-06	2.30E-06
ESE	301	7.14E-06	5.19E-06	2.60E-06	2.60E-06
SE	157	6.61E-06	3.78E-06	1.13E-06	1.13E-06
SSE	154	6.48E-06	3.56E-06	9.71E-07	9.71E-07
全厂址	-	1.55E-05	1.23E-05	7.42E-06	7.42E-06
最大值	-	1.72E-05	1.35E-05	7.95E-06	7.95E-06

表 7.2-2 厂址边界短期大气弥散因子（各方位角 99.5%和全厂址 95%概率水平的最大值）及对应距离（热室烟囱距离厂址边界 16 个方位的距离）

单位：s/m³

方位	距离	0-2h
S	284	2.28E-05
SSW	283	2.20E-05
SW	308	2.29E-05
WSW	274	1.84E-05
W	215	2.21E-05
WNW	183	2.20E-05
NW	184	2.38E-05
NNW	164	2.22E-05
N	160	2.05E-05
NNE	157	2.79E-05
NE	181	2.32E-05
ENE	189	1.43E-05
E	377	1.05E-05
ESE	496	1.35E-05
SE	369	1.98E-05
SSE	278	2.15E-05
全厂址	-	2.47E-05
最大值	-	2.79E-05

表 7.2-3 本项目用于剂量评价的内、外照射剂量转换因子

核素		吸入内照射剂量转换因子 Sv/Bq	烟云浸没外照射剂量转换因子 (Sv/s) / (Bq/m ³)
粒子碘	¹³¹ I	2.00E-08	1.84E-14
	¹³² I	3.10E-10	1.14E-13
	¹³³ I	4.00E-09	3.01E-14
	¹³⁴ I	1.50E-10	1.33E-13
	¹³⁵ I	9.20E-10	8.24E-14
有机碘	¹³¹ I	1.50E-08	1.82E-14
	¹³² I	1.90E-10	1.12E-13
	¹³³ I	3.10E-09	2.94E-14
	¹³⁴ I	5.00E-11	1.30E-13
	¹³⁵ I	6.80E-10	7.98E-14
惰性气体	^{83m} Kr	0	2.43E-18
	^{85m} Kr	0	6.83E-15
	⁸⁵ Kr	0	2.55E-16
	⁸⁷ Kr	0	3.94E-14
	⁸⁸ Kr	0	9.72E-14
	^{131m} Xe	0	3.70E-16
	^{133m} Xe	0	1.27E-15
	¹³³ Xe	0	1.39E-15
	^{135m} Xe	0	1.85E-14
	¹³⁵ Xe	0	1.11E-14
	¹³⁸ Xe	0	5.44E-14
其他核素	¹³⁸ Cs	4.30E-11	1.21E-13
	⁹³ Y	4.2E-10	4.80E-15
	⁹⁴ Y	2.8E-11	5.62E-14

表 7.2-4 选址假想事故和热室事故剂量计算结果

项目	剂量结果	选址假想事故 个人有效剂量限值	比例 (%)
选址假想事故整个事故期间 (7d) 厂址边界最大个人有效剂量 (mSv)	0.492	10	4.92%
热室事故整个事故期间 (7d) 厂址边界最大个人有效剂量 (mSv)	0.028	10	0.28%

7.3 其它事故

7.3.1 新燃料运输事故

本项目燃料组件采用铝包壳包覆²³⁵U富集度为19.75wt%的U₃Si₂-Al弥散燃料芯体构成的板型燃料组件，首炉和后续燃料组件将由中核北方核燃料元件有限公司制造。对于国内新燃料的运输，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项目现场，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。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）和IAEA《放射性物质安全运输条例》（IAEA NOTS-R-1）的要求。

根据国内其它核电厂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燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保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，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。加上新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。总体而言，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康。

7.3.2 其它事故

本项目在建设和运行中涉及使用易燃易爆和有毒的油与化学品，如果处理不善可能出现爆炸、火灾以及危险品泄漏等事故，为此，建设单位计划制定严格的管理程序，合理地运输、贮存和使用上述危险品，采用合理可行及有效的措施实现与安全相关设施的隔离，并将其发生事故的概率降至最低程度；同时设置应急防护措施，在万一出现事故的情况下也可以将事故的危害降低到最小。

7.4 事故应急

本项目开始建造前须确定存在妨碍制定核应急预案的根本问题。

《研究堆设计安全规定》（HAF201）2.1节中规定了研究堆安全总目标：“建立并维持一套有效的防御措施，以保护工作人员、公众和环境免受过量的放射性危害。”

《研究堆营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/06-2019）附表D给

出了研究堆应急计划区的推荐值。根据本项目的额定功率水平，应急计划区范围推荐为 400m（小于等于 20MW，大于 10MW）。在实际确定应急计划区范围时，应考虑各类设计基准事故和大多数超设计基准事故序列，相应于特定紧急防护行动的预期剂量在数值上一般应不大于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）所规定的相应通用优化干预水平。根据本报告 7.2 节的分析结果，反应堆选址假想事故及热室事故所致厂址边界处的最大个人剂量小于 10mSv，因此可认为本项目从设计上消除大规模放射性物质释放、优化应急计划区范围、简化场外应急行动是技术可行的。

本项目运营单位将按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、《研究堆营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/06-2019）的要求制定场内核事故应急预案，建立场内应急组织，配备完善的应急设施和设备，做好应急响应准备。在进入核事故应急状态时，立即采取有效的应急措施控制事故进程，并向核安全监管部、核工业主管部门、生态环境行政主管部门、卫生行政部门、公安部门以及其他有关部门报告。

第八章 流出物监测和环境监测

8.1 运行前的辐射环境监测方案

参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定，在本工程的研究堆首次装料前，营运单位必须完成环境本底辐射水平的调查，至少应获得最近两年的调查数据。

8.1.1 监测目的

辐射环境本底调查的目的是获得研究堆运行前的环境 γ 辐射水平和环境介质中重要放射性核素的水平及其变化的数据，为研究堆运行后的辐射环境监测提供可供比较和解释的本底资料，为制定研究堆运行期间辐射环境监测大纲提供技术依据。

8.1.2 监测范围及布点原则

环境 γ 辐射水平的调查范围的半径取 50km、其余项目的调查范围取 30km。

设定监测项目和监测点位时应考虑厂址的整体规划。

本底调查布点应遵循如下原则：

- （1）近密远疏、均匀覆盖各方位；
- （2）结合研究堆周围的环境特征综合考虑；
- （3）对可能的关键居民组、人口集中的居民区域、农牧渔业和养殖集中区、环境敏感区和主导风下风向应适当针对性布点；
- （4）应布点但不具备设点条件或要求调查的介质难以采集到的，应在调查工作大纲及调查报告中说明。

应尽可能选择未来被扰动和破坏可能性小的位置作为监测点位，以便研究堆运行期间可以作为监测点位长期使用。所选点位应能够采集到有代表性样品，避免各类自然和人为因素的影响。所选点位应便于到达、采样和布设仪器设备，还应考虑供电、安全等因素。地表 γ 辐射剂量率监测与累积剂量监测应同点布设，土壤采样点一般应有地表 γ 辐射监测。地表水体（非受纳水体）水样与沉积物采样点应一致。采集饮用水时，应同时采集其水源水。

8.1.3 监测项目、频次

监测内容应包括环境 γ 辐射水平和环境介质中关键放射性核素的活度浓度。

辐射环境本底调查有关监测项目、频次和布点要求见表 8.1-1。应在现场查勘的基础上选定研究堆运行后的监测对照点，按表 8.1-1 要求的频次和项目进行监测。如调查过程中发现所选对照点不合适，应及时进行调整。

表8.1-1 辐射环境本底调查监测项目、频次及布点等要求

监测对象		监测项目	监测频次	布点及其他要求
环境贯穿辐射	地表	γ 辐射剂量率	1 次/季度	在厂界外，以反应堆为中心，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。对可能的关键居民组、主导风下风向、烟羽最大浓度落点处增加针对性点位。在人口集中区域、环境敏感区增加针对性点位。 在厂界内及厂界边界处，以研究设施（包括放射性药物生产场所、辐照研究场所）为中心，半径 500m 范围内布点。
		累积剂量	1次/季度	布点要求同“地表 γ 辐射剂量率”，点位数可适当减少
		剂量率	连续	至少设 2 个连续监测点，获取 1 年以上连续监测数据。点位尽可能选择延续到运行期间继续进行连续监测的位置。
土壤	表土层	γ 谱核素分析 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	厂界外，半径不超过 20km 范围内，在 8 个方位陆地上布点，每个方位 2~4 个点，平均每个方位最少 3 个点。重点关注关键居民组、主导风下风向、烟羽最大浓度落点、人口集中区域和环境敏感区。 在厂界内及厂界边界处，以研究设施（包括放射性药物生产场所、辐照研究场所）为中心，半径 500m 范围内布点。
空气	气溶胶	γ 谱核素分析 ^{90}Sr	1 次/季度	厂界外，半径不超过 10km 范围内具备条件处设 4 个点位，重点考虑关键居民组、主导风向下风向、居民密集区及环境敏感区。
	沉降物	γ 谱核素分析 ^{90}Sr	1 次/季度	布点同气溶胶。
	降水	^3H 、 ^{90}Sr γ 谱核素分析	1 次/季度	布点同气溶胶。
	气体	^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I	1 次/季度	布点同气溶胶。
陆生生物	植物	γ 谱核素分析 ^{90}Sr 、 ^{14}C 有机氚、组织自由	1 次/收获期	采集谷类（1~2 种）、蔬菜类（至少 4 种）、水果类（至少 2 种）等类别主要作物、指示生物、牧草（如有奶牛、羊场）、具有厂址特色的植物种类。 每个类别的作物最少设 4 个采样点，重点考虑关键居民组食用产地、主导风下风向、

		水氟		气态食入途径剂量较大区域、作物主产区。
	动物	γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C 有机氟、组织自由 水氟	1 次/年度	禽、畜各采集 1~2 种，设 4 个采样点，重点考虑关键居民组食用禽、畜产地、主导风 下风向、气态途径剂量较大区域。
	牛（羊）奶	¹³¹ I	1 次/半年	半径 10km 范围内（如 10km 范围内没有，20km 范围内）寻找采样点。2~4 个采样点。
	饮用水	总 α、总 β γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr ³ H、 ¹⁴ C	每年丰水期、枯水 期各 1 次	关键居民组及半径 5km 范围内设 4~8 个采样点。
	地下水	γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr ³ H、 ¹⁴ C	每年丰水期、枯水 期各 1 次	可能的关键居民组及半径 5km 范围内设不少于 8 个采样点。采样点优先选择顺序是与 厂区水文地质单元联系紧密的勘探井、泉眼和民用水井。
	地表水	γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr ³ H、 ¹⁴ C	每年丰水期、枯水 期各 1 次	半径 10km 范围内主要地表水体（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 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。
	地表水 沉积物	γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年	布点要求同地表水。
	水生 生物	γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr ¹⁴ C	1 次/收获期	在主导风下风向或流域覆盖厂址区域面积最大水体以及当地居民主要食用的水生植物 的来源水体，选择有代表性的水生植物 1~2 种。
	动物	γ 谱核素分析 ⁹⁰ Sr ¹⁴ C	1 次/年	在主导风下风向或流域覆盖厂址区域面积最大水体以及当地居民主要食用的水生动物 的来源水体，选择有代表性的水生动物 1~2 种。

8.2 运行期间的环境监测方案

8.2.1 辐射环境监测

参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定，在进行常规环境辐射监测时，应与运行前的辐射环境本底（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。

本节将根据本项目所在厂址的环境特征并参考国内现役核动力厂辐射环境监测的经验提出本项目运行期间放射性环境监测初步方案。

8.2.1.1 监测范围、布点原则及监测项目

本项目运行期间环境监测范围、布点及监测项目与运行前的放射性本底监测范围和布点基本类同，并在运行前本底调查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，应与运行前的放射性环境本底调查工作相衔接，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。

8.2.1.2 监测内容

1) 环境 γ 监测

环境 γ 监测对象为环境中的 γ 射线，进行剂量率测量和累积剂量测量。监测内容如下：

（1）瞬时 γ 辐射剂量率

用便携式 γ 剂量率仪定点监测瞬时 γ 辐射剂量率。瞬时环境 γ 辐射剂量率可参照运行前的布点。

（2）累积剂量监测

在上述的所有环境 γ 监测点位进行热释光累积剂量监测，采用定期放置热释光剂量计、定期回收测量的方式实现对环境 γ 累积剂量的监测。

2) 环境介质监测

环境介质监测是对环境介质进行取样，然后将样品送环境监测实验室进行测量和分析，以评价本项目运行对环境造成的影响和影响范围。本项目的环境介质监测对象主要包括空气、沉降物、降水、地下水、饮用水、陆生植物、家畜、土壤等。环境介质的采样布点可参照运行前的布点。生物样品布点可根据厂址周边

情况进行具体布点考虑。

环境介质监测需配置取样设备、制样设备等，取样设备包括便携式空气取样仪、氡取样仪、 ^{14}C 取样仪等，制样设备包括烘箱、搅拌机等，测量设备包括低本底 α/β 测量仪、高纯锗能谱仪、低本底液闪测量仪等。设备放置在环境监测实验室。

配备 1 台环境监测车，用于正常及事故后的环境快速监测。环境监测车内配置 γ 巡测仪、便携式谱仪、各类取样设备等，实现环境 γ 监测、环境介质的取样测量。

8.2.2 应急监测

本项目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：

- 环境实验室配备应急条件下使用的测量仪表、取样和分析器材、环境监测车和取样车等，以监测事故工况下环境介质的放射性水平。
- 快速测量事故工况下放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度。

为使应急监测数据及时传送至本项目厂址应急指挥中心，将配备无线传输所需的通讯设施。

配备必要的应急监测车，作为可移动的应急监测设施。

8.2.3 非放射性环境监测

8.2.3.1 化学物质监测

化学物质监测主要分为工作场所化学安全监测、周边环境化学安全监测、堆芯泄漏化学安全监测及应急处理四个部分。考虑在涉及化学物质的工作场所、化学物质排放口以及厂址周边布置相关的监测点位对化学物质进行监测。化学物质监测系统的主要监测介质有空气、水体、土壤、设备和建筑表面。

此外，在冷却塔污水处理设施排放口和生产废水处理设施排放口设置监测点位，开展化学物质排放监测工作。

8.2.3.2 生活污水排放监测

本项目生活污水监测项目包括化学需氧量（ COD_{Cr} ）、五日生化需氧量（ BOD_5 ）、悬浮物（SS）、总氮（TN）、氨氮（ $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ ）、总磷（TP）等指

标。在生活污水处理设施排放口处应设置监测点位。

8.2.3.3 气象观测

气象观测的主要目的是为评价本项目的放射性物质释放对环境的影响提供气象资料，为事故工况时提供实时的气象参数。

本项目建立气象观测站进行气象观测。

8.3 运行期间的流出物监测方案

本项目只有气载流出物，通过烟囱集中排放。

气载流出物是对周围环境造成影响的重要因素之一，气载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。本项目气载流出物监测的目的是：

- 测量气载流出物中放射性物质的种类和数量，为判断研究堆流气载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、估算公众受照剂量提供源项数据；
- 为判断放射性废气处理和排放系统工作是否正常提供依据；
- 迅速发现和鉴别放射性废气非计划排放的性质和规模；
- 给出是否启动报警系统的信息。

气载流出物监测的内容包括：惰性气体、碘、气溶胶、 ^3H 和 ^{14}C 。在正常运行和事故工况下，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报警。该监测仪同时具备对气溶胶、碘和惰性气体取样的功能。对于 ^{14}C 和 ^3H 通过连续取样、样品定期送往物理测量实验室进行测量分析的方法进行监测。

气载流出物监测中，通常只对排放的一些放射性核素混合物和特定核素进行常规监测。此外，还定期地对气载流出物中所有放射性核素及其组成进行详细分析。

8.3.1 物理测量实验室

本项目物理测量实验室配备实验家具、制样设备、放射性测量仪器，用于对气载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，以确定排放的气载流出物的放射性水平，为反应堆的气载流出物排放管理和人员辐射防护提供支持，并为编写气载放射性物质排放的年度评价报告提供数据。

8.3.2 环境监测设施

本项目环境测量实验室配置各种测量分析仪,用于在研究堆正常运行期间对其周围环境介质中所含的放射性核素的种类、浓度进行监测,并对监测数据即时分析和评价,定期上报相关生态环境行政主管部门。

8.4 质量保证

本项目运行前及正常运行情况下,需要对流出物和环境进行监测,以保障公众的安全,确保本项目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,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主要依据下列标准:

- 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)
- 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》(GB11216-1989)
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)
- 《核设施水质监测采样规定》(HJ/T21-1998)
- 《气载放射性物质取样一般规定》(HJ/T22-1998)
- 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)
- 《水质采样样品的保存和管理技术规定》(HJ493-2009)
- 《水质采样技术指导》(HJ494-2009)
- 《水质采样方案设计技术规定》(HJ495-2009)

8.4.1 质量控制

本项目将建立完善的质量保证体系,对于流出物监测和环境监测应成立由部门负责人为首的质保小组,其任务是:

- 1) 针对各项监测任务制定管理规程。
- 2) 对监测工作全过程(样品采集、运输和贮存、样品处理、分析和测量、数据处理等)实行质量控制。
- 3) 通过与外部权威实验室样品监测比对,实施有效的质量监督,实现计

量标准的可追溯性，保证测量结果的准确性。

4) 对监测工作进行质量检查和评估。

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品，并保持放射性核素在样品处理之前的原始浓度。为此应该准确地测定样品的质量、体积或流量，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。

样品处理、分析测量中的质量控制样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按照操作程序操作，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对比，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。

8.4.1.2 数据处理中的质量控制

每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录。数据处理尽量采用标准方法，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

8.4.2.1 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、权利应有明确规定。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，制定了下列措施：

1) 从事环境监测的人员必须具有大学及以上的文化程度以及核设施环境监测专业知识和工作能力。

2) 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训。按照人员所在岗位，要求

分别熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。

3) 为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

第九章 结论

9.1 工程概述

天红核科技研发中心规划建设以多功能研究堆平台及放射性同位素分离纯化工艺线、燃料材料辐照后检验热室等配套设施为核心的先进核技术研发中心，包括一台多功能研究堆（热功率20MWt，最大快、热中子通量分别达到 $2\times 10^{14}\text{n/cm}^2/\text{s}$ ）、燃料/材料辐照后检验热室（配置26个热室和10个半热室）、同位素生产楼（配置两条钼-99生产线，两条碘-131生产线、一条镭-177生产线，一条备用同位素生产线）及其它配套建筑物与构筑物。

本项目建设单位及营运单位为：江西天红科技有限公司。

本项目按照2023年底FCD，2027年底项目投运为总体要求推进。工程建设期目标为4年，具体开工时间以国家批准的开工建设时间为准。

本项目所在厂址位于江西省九江市彭泽县天红镇，厂址中心坐标为东经 $116^{\circ}25'38''$ ，北纬 $29^{\circ}41'14''$ 。彭泽县位于厂址NNE方位约25km，九江市位于厂址W方位约40km。厂址可利用场地面积可满足项目建设和施工用地需要。

9.2 环境保护设施

本项目设置放射性废物处理中心，用于处理、暂存本项目运行期间产生的放射性废液、放射性固体废物。

本项目设有通风系统，对需要进行放射性处理的排风进行过滤和/或除碘处理，以减少气载放射性物质向大气环境的释放。

本项目设置有放射性废液处理系统，对废液进行分类收集、暂存及取样分析。采用蒸发、离子交换等工艺对放射性废液进行处理，将处理达标的液态流出物通过载带蒸发装置进行气载排放。

放射性固体废物管理系统的功能是收集、处理和贮存研发中心运行和检修期间产生的放射性固体废物。固体废物经固化或压实减容等处理，形成的废物包装体满足中间贮存、运输和最终处置要求。

对于非放污染物，本项目也采取了系列的环保措施，如生活污水处理设施、生产废水处理设施、危险废物贮存设施等，以确保项目运营过程中产生的非放污染物规范处置，达标排放。

9.3 放射性排放

本项目气载流出物主要来源于以下途径，分别是研究堆（包括载带蒸发）、燃料棒性能研究热室、钼-99 同位素生产热室、镭-177 同位素生产热室、辐照回路和核药厂房，其中包括液态流出物通过气载途径排放。正常运行情况下的排放量如下：

惰性气体： $3.64\text{E}+15\text{Bq/a}$ 。

碘： $1.50\text{E}+12\text{Bq/a}$ 。

粒子（ $T_{1/2}\geq 8\text{d}$ ）： $6.12\text{E}+10\text{Bq/a}$ 。

碳 14： $2.21\text{E}+10\text{Bq/a}$ 。

氚： $2.57\text{E}+11\text{Bq/a}$ 。

9.4 辐射环境影响评价结论

1) 正常工况下的个人剂量

本项目在正常运行期间放射性物质排放对个人所致最大有效剂量为 $1.63\text{E}-01\text{mSv/a}$ ，占规定的 0.20mSv/a 的 81.5%，满足国家标准要求。

关键人群组为大港村费家组自然居民点的青少年，关键照射途径为气载途径中的食入途径（所致有效剂量为 $1.45\text{E}-01\text{mSv/a}$ ，约占总有效剂量的 89.5%），关键核素为 ^{131}I （所致有效剂量 $1.18\text{E}-01\text{mSv/a}$ ，约占总有效剂量的 72.63%）。

厂址半径 50km 范围内集体有效剂量（仅气载途径）为 $3.89\text{人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

2) 非人类生物辐射剂量

本工程正常运行时不会对厂址周边陆生生物产生影响。

3) 事故工况剂量后果

本项目以厂址边界作为非居住区和规划限制区边界。

（1）在选址假想事故的整个持续时间（7d），厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.492mSv 。上述剂量能满足规定的事故个人有效剂量（ 10mSv ）的要求。

（2）在热室事故的整个持续时间（2h），厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.028mSv 。上述剂量能满足规定的事故个人有效剂量（ 10mSv ）的要求。

(3) 放射性废液贮存设施采取了相应的设计与措施以降低放射性废液贮存设施出现泄漏事故时的可能，以此减小其造成辐射环境影响。

(4) 本项目从设计上消除大规模放射性物质释放、简化场外应急行动是可行的。

9.5 非辐射环境影响评价结论

本项目建设期间给环境带来的影响是局部的、短期的，对环境的影响较小。

本项目运行期间的非辐射环境影响评价结论如下：

1) 非放废气排放的环境影响

本项目工艺过程中的非放废气排放不会对周围大气环境产生影响。

2) 非放废水排放的环境影响

本项目运行期产生的生产废水经处理达标后作中水回用，回用水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）水质要求。

本项目运行期产生的生活污水经一套生活污水处理装置处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）标准后全部回用，不外排。

3) 非放固废的环境影响

本项目一般工业固体废物产生量很少，将收集并在专门场所进行贮存，不会对周围环境产生不良影响。

本项目可能涉及少量化学试剂等危险废物。建设单位将根据实际产生情况对其进行收集并送至化学废弃物仓库，待达到一定数量后，由具有化学品运输资质单位运送至有处理资质单位进行统一处理处置，不会对周围环境产生不良影响。

本项目工作人员产生的生活垃圾定点收集，由环卫部门统一清运，不会对周围环境产生影响。

4) 噪声的环境影响

预计本项目正常运行期间产生的噪声不会对当地生产生活造成干扰。

9.6 承诺

本项目面向国家重大需求和人民生命健康，属于国家核科学基础设施项目，其初步设计正在开展阶段，建议在后续工作中：

1) 从设计上确保本项目达到 I 类研究堆的安全标准。

2) 从设计上进一步深化源项的分析。

3) 从设计上进一步深化环保设施（如放射性三废处理设施）的设计，特别是液态流出物通过空气载带排放进入大气环境的设计，应确保其液态流出物的空气载带排放符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及地方生态环境保护标准相关要求。

4) 进一步落实本项目产生的放射性废液及放射性固体废物的最终去向。