

中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)

(全本公示稿)

中广核苍南第二核电有限公司

二〇二四年七月

打印编号: 1718775476000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	r5n2rb		
建设项目名称	中广核浙江三澳核电站3、4号机组(建造阶段)		
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)	中广核苍南第二核电有限公司		
统一社会信用代码	9133032730777711U		
法定代表人(签章)	李乐晓		
主要负责人(签字)	李乐晓		
直接负责的主管人员(签字)	周玉林		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	苏州核王研究院有限公司		
统一社会信用代码	91320508466954713		
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
田新珊	06353243505320194	BH011463	田新珊
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈超峰	第3章和第8章	BH011462	陈超峰
蔺鹏	6.2节	BH058783	蔺鹏
徐续	2.2节和2.3节	BH020263	徐续
杨宗甄	2.4节和6.3节、6.4节	BH016834	杨宗甄

鲍昕杰	第7章	BH011464	鲍昕杰
刘靓辉	2.5节和6.1节	BH036095	刘靓辉
邵贤明	第5章	BH055874	邵贤明
田新珊	2.1节、2.6节和第1章、第9章、第10章	BH011463	田新珊
吴添凡	第4章	BH068258	吴添凡

摘 要

《中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）》是依据我国的相关法律、法规、标准和导则编制而成。本报告书是建设单位——中广核苍南第二核电有限公司向国务院核安全监督管理部门申请中广核浙江三澳核电厂（以下简称“三澳核电厂”）3、4 号机组建造许可证的执照申请文件之一。

三澳核电厂位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村，三面临海，一面靠山，厂址规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，其中 1、2 号机组采用华龙一号技术融合方案，已开工建设，拟扩建的 3、4 号机组继续采用华龙一号技术融合方案，由中国广核集团有限公司控股组建的中广核苍南第二核电有限公司投资建设，并负责建成后的运营工作。

本报告书针对三澳核电厂 3、4 号机组开展建造阶段环境影响评价，在环境影响评价过程中充分利用前期以及本阶段开展的各相关专题工作研究成果。本报告书主要包括：

- 描述、分析和评价三澳核电厂 3、4 号机组厂址周围的环境特征，包括人口分布、工农业生产、交通设施和公共设施、气象、水文、环境质量现状等，分析项目建设与规划之间的协调性；
- 描述三澳核电厂总体规划和 3、4 号机组总平面布置，介绍华龙一号技术融合方案核电机组的专设安全设施、废物处理设施及其它环境保护设施的组成及基本性能，给出三澳核电厂 3、4 号机组的放射性排放源项；
- 对三澳核电厂 3、4 号机组施工建设过程中的环境影响、水土保持等进行分析与评价，提出减缓施工建设环境影响的措施；
- 预测、分析和评价三澳核电厂 3、4 号机组在运行状态下排放的放射性物质和非放射性物质对周围环境的影响，论证核电厂废物处理系统设计性能的有效性；
- 对三澳核电厂 3、4 号机组设计基准事故的辐射环境影响进行评价，分析事故风险可接受性，进而论证核电厂专设安全设施在缓解事故后果中发挥作用的可靠性，并给出核电厂应急准备方案；
- 根据三澳核电厂周围环境现状，结合公众受照剂量的“三关键”分析结果，

提出核电厂开展环境监测和流出物监测的方案及相关监测设施的设计；

- 简要给出建设三澳核电厂 3、4 号机组的利益代价分析；
- 给出三澳核电厂 3、4 号机组建造阶段环境影响评价结论和建设单位承诺。

分析和评价结果表明，三澳核电厂 3、4 号机组运行后，放射性物质和非放射性物质排放对公众和周围环境的影响可以接受，设计基准事故对电厂附近公众产生的放射性后果能够满足国家相关标准的要求。在落实相关环保设施和管理措施基础上，核电厂建设及运行期间的环境风险是可控的。因此，从环境保护的角度，三澳核电厂 3、4 号两台华龙一号技术融合方案核电机组的环境保护措施在设计上得到了落实，其性能能够满足环境保护的要求。

目 录

第一章 概述

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

第二章 厂址与环境

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

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统
- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物管理系统和源项
- 4.7 非放射性废物处理系统
- 4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

- 6.1 散热系统的环境影响
- 6.2 正常运行的辐射影响
- 6.3 其它环境影响
- 6.4 初步退役计划

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

- 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
- 7.2 严重事故
- 7.3 场内运输事故
- 7.4 其它事故
- 7.5 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

- 8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众参与和调查结论

10.7 承诺

前 言

《中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）》是依据国家的相关法律、法规、标准和导则编制。中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组的建设单位——中广核苍南第二核电有限公司委托中广核工程有限公司与深圳中广核工程设计有限公司组成的联合体作为本工程建设的总承包商负责本工程的建设。其中，深圳中广核工程设计有限公司作为本工程的总体院，联合华龙国际核电技术有限公司完成本工程的设计工作。受深圳中广核工程设计有限公司的委托，苏州热工研究院有限公司承担本工程环境影响报告书的编制。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十条要求：“核设施营运单位应当在申请领取核设施建造、运行许可证和办理退役审批手续前编制环境影响报告书，报国务院环境保护行政主管部门审查批准。”根据《中华人民共和国核安全法》第二十五条要求：“核设施建造前，核设施营运单位应当向国务院核安全监督管理部门提出建造申请，并提交环境影响评价文件。”本报告书为中广核苍南第二核电有限公司向国务院核安全监督管理部门申请三澳核电厂 3、4 号机组建造许可证的执照申请文件之一。

中广核浙江三澳核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，其中 1、2 号机组采用华龙一号技术融合方案，均已开工建设，3、4 号机组拟扩建两台华龙一号技术融合方案机组。本报告书针对中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组开展建造阶段的环境影响评价。评价过程中充分利用 1、2 号机组以及本阶段已完成的相关专题工作研究成果。

根据《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）的要求，本阶段环境影响评价主要根据实地调查和实验的手段，获得核电厂厂址区域和可能受影响地区的环境特征资料，并根据核电厂的设计资料、气载和液态流出物的设计排放量、放射性固体废物的设计产生量，以及环境保护设施的设计资料，评估核电厂的潜在环境影响。根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016），本报告书中不再给出公众参与的具体内容，仅在结论中给出公众意见的调查结果。

本报告书是中广核苍南第二核电有限公司、深圳中广核工程设计有限公司和苏州热工研究院有限公司的共同资产，任何单位或个人未经允许不得复制或引用。

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称及其业主

1.1.2 建设性质

1.2 建设项目规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 区域发展规划和环境保护相关规划

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.6.3 相关管理文件

1.6.4 相关技术文件

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

表

表 1.7-1 生活污水处理站排水执行标准限值

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称及其业主

本建设项目名称为中广核浙江三澳核电厂（以下简称“三澳核电厂”）3、4 号机组，申请建造的核电机组为 2 台采用华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组，建设单位为中国广核集团有限公司控股的中广核苍南第二核电有限公司（以下简称“苍南第二核电公司”）。苍南第二核电公司负责本工程的建设及建成后的运行及相关经营活动。

1.1.2 建设性质

本项目为扩建工程，是在三澳核电厂一期工程 1、2 号机组施工的基础上，扩建的 2 台百万千瓦级压水堆核电机组。

1.2 建设项目规模和厂址总体规划

三澳核电厂规划容量为 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，采用“一次规划，分期建设”的模式，一期建设 2 台华龙一号技术融合方案压水堆核电机组（一期工程 1、2 号机组选址阶段和建造阶段环境影响报告书分别于 2020 年 4 月 13 日和 2020 年 12 月 30 日获生态环境部批复），目前处于建设期间，二期工程 3、4 号机组拟再建设 2 台华龙一号技术融合方案机组。本工程拟建设的 2 台机组以三澳核电厂一期工程 1、2 号机组为参考机组。

苍南第二核电公司委托中广核工程有限公司与深圳中广核工程设计有限公司组成的联合体作为本工程建设的总承包商负责本工程的建设。其中，深圳中广核工程设计有限公司作为本工程项目的总体技术责任单位，联合华龙国际核电技术有限公司完成项目初步设计工作，组织国内其他设计院完成施工设计阶段全部图纸和文件的设计。

中广核工程有限公司具体负责本工程的建设，包括采购、土建、安装、调试、运行移交等。深圳中广核工程设计有限公司作为本工程总体设计院，与中广核工程有限公司一体化运作，负责本工程项目的初期咨询、总体设计、初步设计和主要的施工图设计，负责组织和管理工作，为本工程建设各阶段提供相关技术服务。

中广核工程有限公司在建设本项目工程时将充分利用中国广核集团有限公司（后文简称“中广核集团”）丰富的工程建设管理经验，并借鉴在建核电厂积累的经验，

把核电设计、装备制造和工程建设结合起来，降低工程造价。

三澳核电厂按规划容量建成后，整个厂址区域将有 6 台压水堆核电机组。为了对厂址内所有核电机组实施高效、安全的管理，实现辐射防护最优化，苍南第二核电公司遵循近远期结合、统一规划和循序渐进的原则对厂址进行总体规划，对所有机组与环境保护相关的设施进行统筹安排，包括：

- 全厂实施统一的运行管理，包括设立统一的非居住区和规划限制区；
- 全厂实施统一的流出物排放管理；
- 全厂建立统一的厂区辐射与气象监测系统；
- 全厂统一制定并实施应急响应计划和准备。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

本项目拟建设 2 台采用华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组，工程总投资约 399.6 亿元人民币，注册资本金为工程建成价的 20%，约 80 亿元人民币，按股东方各自出资比例以自有资金投入，其余资金拟采用商业银行贷款筹集。

初步估算本项目环保设施投资额约 101332 万元，约占总投资的 2.5%。环保设施将与本项目主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

1.4 建设目的

- a) 项目建设符合国家能源产业政策，支撑实现“双碳”目标

核电是我国电力工业的重要组成部分，核电厂基本上不排放 CO₂ 等温室气体，属于国家鼓励发展的清洁能源。在日益重视环境保护、全球气候变化的形势下，安全高效推进核电建设，是当前我国能源发展的一项重要战略方针。

2017 年 3 月国务院批复《核安全与放射性污染防治“十三五”规划及 2025 年远景目标》，指出安全高效发展核电的产业政策。

2021 年 3 月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年（2021-2025 年）规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称《规划纲要》）提出：“展望 2035 年，人均国内生产总值达到中等发达国家水平”、“广泛形成绿色生产生活方式，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现”。“国土空间开发保护格局得到优化，生产生活方式绿色转型成效显著，能源资源配置更加

合理、利用效率大幅提高，单位国内生产总值能源消耗和二氧化碳排放分别降低 13.5%、18%”。在构建现代能源体系方面，《规划纲要》明确：“安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20%左右”，“建成华龙一号、国和一号、高温气冷堆示范工程”、“核电装机容量达到 7000 万千瓦”。

2021年10月，中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，提出：“到2025年，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，重点行业能源利用效率大幅提升”，“到2030年，经济社会发展全面绿色转型取得显著成效，重点耗能行业能源利用效率达到国际先进水平”，“到2060年，绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立，能源利用效率达到国际先进水平，非化石能源消费比重达到80%以上，碳中和目标顺利实现”。

碳达峰、碳中和已成为我国长期政策目标，在保证社会电力需求总量稳步增长的前提下，本工程的建设将大幅减少碳排放量，是实现碳达峰、碳中和目标的重要着力点之一。

2022年1月，国家发展改革委、国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210号）提出：“在确保安全的前提下，积极有序推动沿海核电项目建设、保持平稳建设节奏，合理布局新增沿海核电项目”。

2022年3月，国家能源局印发的《2022年能源工作指导意见》中提出：“在确保安全的前提下，积极有序推进新的沿海核电项目核准建设”。

国家相关政策中关于积极安全有序发展核电的方针政策体现了核能对于我国当前阶段能源发展以及能源结构调整的重要性和紧迫性，同时核电项目投资的增加有助于促进国民经济发展，核电供应和使用量的增加能够有效减少二氧化碳排放，助力“30•60目标”实现。因此，本工程的建设符合当前国家能源产业政策的需求。

b) 符合浙江省及温州市能源发展规划要求

《浙江省能源发展“十四五”规划》中提出：“积极安全有序发展核电。按照国家建设沿海核电基地的总体部署，夯实核电作为我省中长期主力电源的战略地位。采用先进成熟技术路线，按照连续建设的要求，逐年安排项目。‘十四五’期间，力争实现三门核电二期三期、三澳核电二期三期、金七门核电一期等开工建设，在建核电装机规模达到 1400 万千瓦以上。到 2025 年，三澳核电一期建成 1 台机组，全省核电

装机超过 1000 万千瓦。做好核电厂址保护工作”。

浙江省电力发展“十四五”规划将“以安全保障为前提，加快推进电力碳达峰进程”作为电力发展“十四五”规划主要任务，并明确“进一步夯实核电作为中长期主力电源的战略地位”、“‘十四五’期间，在三门、三澳等沿海核电基地形成连续建设格局”。按照规划对浙江省重大电源项目的安排，本工程为“十四五”期间开工或力争开工项目。

浙江省发展改革委《三澳核电前期与建设工作专班工作方案（含“挂图作战”计划）》（浙发改能源〔2021〕115号）中提出：“建立政企协同的项目推进机制，进一步加快三澳核电项目一期工程建设及二期、三期工程前期审批提速”。

《温州市能源发展“十四五”规划》中提出：“加快推进核电项目，坚持发展与安全并重，安全有序发展核电，加快三澳核电一期工程 2×120 万千瓦核电机组建设，力争一期工程1号机组于‘十四五’期间建成投产，二、三期工程于‘十四五’期间核准开工”。

c) 满足浙江省经济社会发展对电力的需求

2020年浙江全社会最大负荷为9268万kW，同比增长8.8%，全社会用电量4830亿kW时，同比增长2.6%。“十三五”期间浙江负荷年均增速达到7.7%，超出“十三五”规划平均增速3.5个百分点，超出“十三五”规划2020年负荷水平（8030万kW）约1238万kW。2022年浙江电网全社会用电量为5799.35亿kW时，同比增长5.17%；全社会最高负荷（实测）10190万kW，同比增长1.68%，还原有序用电后全社会最大负荷需求10860万kW，同比增长8.36%。

负荷水平超预期发展将带来电力市场空间的增长，根据电力平衡计算结果，在仅考虑省内已核准电源的情况下，2029年全省电力缺口达到739万kW，2030年达到1487万kW，2035年达到2382万kW，电力缺口较大。

我国核电年利用小时数可以达到7000小时以上，相比间歇性的风电和光伏发电在大规模建设并网时需要注意电网的调节性能，而核电是稳定可靠的基荷电源，有利于电网的稳定。

因此，本工程的建设对于满足浙江省电力电量需求、保障经济社会稳定发展具有有利作用。

d) 有助于进一步提高浙江省能源自给率，确保能源安全

浙江省经济发展迅速，一次能源匮乏，油气探明储量不上规模，煤炭资源储量低且品位低下，经过 50 余年开采，可供开采的煤炭资源已近枯竭，煤炭自给率日益下降，全省煤炭自给率不到 0.1%。根据 2022 年浙江统计年鉴，2021 年浙江省能源消费量 26623.7 万吨标准煤，比上年增长 8%，而一次能源生产量远小于能源消费量，对外依存度非常高。此外，浙江省水电资源开发率已达 80%以上，后续开发潜力有限。

随着“十四五”及以后浙江省国民经济的进一步发展，一次能源消费对外依存度将进一步提高。在其他能源未成规模化利用及常规能源供不应求的情况下，浙江省通过积极推进核电建设，实现能源供应多元化，提高能源自给率。根据浙江省电力发展“十四五”规划，到 2025 年，非化石能源装机占比提高到 45.6%，煤电装机占比下降至 40%。

综上所述，本项目是双碳目标背景下的国家重大能源工程，项目建设符合国家、地方核能发展和能源安全产业政策的要求，将为我国早日实现“碳达峰，碳中和”、降低碳排放提供有力支撑。核电作为低碳清洁能源，是优化电源结构、践行国家能源安全新战略的必然选择。通过本项目的建设，将进一步推动浙江省能源向清洁低碳转型、并加快新旧动能的转换。

1.5 建设项目的进度

根据本工程进度计划，本工程 3 号机组计划 2025 年初具备核岛主体工程开工条件，4 号机组核岛主体工程开工时间与 3 号机组间隔 12 个月，单台机组建设周期 6 个月，机组的设计寿期均为 60 年。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 区域发展规划和环境保护相关规划

（1）区域发展规划

浙江省能源发展“十四五”规划中提出“十四五”期间，力争实现本项目开工建设。

《浙江省人民政府办公厅关于印发浙江省重大建设项目“十四五”规划的通知》（浙政办发〔2021〕26 号）的“生态环保领域”中提出“围绕加快形成浙北、浙东南、浙南三大沿海核电基地目标，安全高效发展核电，建成三澳核电一期，推进三门核电二期、三澳核电二期。到 2025 年，核电装机达到 1100 万千瓦。”。

温州市能源发展“十四五”规划中提出“坚持发展与安全并重，安全有序发展核电，加快三澳核电一期工程 2×120 万千瓦核电机组建设，力争一期工程 1 号机组于‘十四五’期间建成投产，二、三期工程于“十四五”期间核准开工。”

《苍南县产业发展“十四五”规划》的发展目标“全国清洁能源发展示范地”中提出“新建三澳核电二期等重大项目”。

综上所述，本项目已被列入浙江省和温州市能源发展“十四五”规划中，也列入了苍南县产业发展“十四五”规划中，是浙江省的重大建设项目。

（2）海岸带保护与利用规划

根据《浙江省海岸带综合保护与利用规划（2021-2035 年）》，本项目用海范围位于苍南核电工业与矿产能源区，基本功能区为工矿通信区，“各类工矿通信用海为基本功能类型，兼容捕捞、航运、旅游娱乐、交通运输等用海类型，限制兼容养殖、可再生能源、港口和特殊用海等类型。”基本功能要求为“工程项目必须配套建设污水和生活垃圾处理设施，实现达标排放和科学处置。引导集约节约用海，导致地形及海洋环境破坏的要提出生态修复对策和措施。遵循深水远岸布局原则，科学论证海上风电，促进海上风电与其他产业协调发展。强化海底电缆管道用海空间管制，通过分区管理，建立路由廊道和控制制度，引导约束海底电缆管道空间布置。”本工程用海与海岸带综合保护与利用规划相符。

（3）近岸海域环境功能区划

根据《浙江省人民政府关于浙江省近岸海域环境功能区划（修编）的批复》（浙政函〔2024〕28 号），三澳核电厂 3、4 号机组用海区域位于省级代码为 ZJ21CI（市级代码为 WZ04CI）的“三澳核电温排水三类区”，主要使用功能为“核电厂温排水用海，滨海旅游”，海水水质目标除水温执行第三类海水水质标准外，其余指标执行第一类海水水质标准。同时提到，该功能区内含两处三澳温排水混合区，面积分别为 2.72km² 和 6.51km²，混合区内人为温升不执行水质标准，其余指标执行第二类海水水质。

本工程用海区域与附近近岸海域环境功能区相符。

（4）生态保护红线

根据地方自然资源和规划部门提供的资料，厂址半径 10km 范围内的陆域生态红线区中距厂址最近的有 2 个，分别为：西侧距厂址最近的陆域生态保护红线为沿浦海

涂红树林生态保护红线，位于厂址 W 方位约 5.6km；北侧距厂址最近的陆域生态保护红线为鱼寮沙源流失极脆弱区，位于厂址 N 方位约 5.6km。厂址半径 15km 范围内的海域生态红线区有：重要渔业海域官山产卵场（厂址 NNE~NE 方位约 13km）和苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区（厂址 NNE 方位约 10.5km），生态保护目标分别为鲳鱼亲体及鱼卵仔稚鱼、文蛤及其生态环境。本项目施工期和运行期对生态保护红线基本无不良影响。

（5）“三线一单”生态环境分区

根据浙江省生态环境厅 2024 年 3 月 28 日正式公开的《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》，本工程厂址位于陆域一般管控单元；本工程用海区域处于重点管控单元。对比浙江省生态环境厅 2020 年正式公开的《浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案》，厂址周边三线一单生态环境分区没有发生变化，厂址周边“三线一单”详见本报告书 2.3.4.2 节。

本工程用海区域处于重点管控单元，邻近分布有海洋优先保护单元：大尖山-霞关外侧重要渔业海域。

该优先保护单元的空间布局约束为“禁止在水产种质资源保护区内从事围湖造田、围海造地或围填海工程。禁止设置剧毒物质、危险化学品的储存、输送设施和废物回收场、垃圾场。”；污染物排放管控为“禁止在水产种质资源保护区内新建排污口。在水产种质资源保护区附近新建、改建、扩建排污口，应当保证保护区水体不受污染。”，环境风险防控为“单位和个人在水产种质资源保护区内从事水生生物资源调查、科学研究、教学实习、参观游览、影视拍摄等活动，应当遵守有关法律法规和保护区管理制度，不得损害水产种质资源及其生存环境。”；资源开发效率要求“在水生动物苗种重点产区引水用水时，应当采取措施，保护苗种。用于渔业并兼有调蓄、灌溉等功能的水体，确定渔业生产所需的最低水位线。”本项目施工期和运行期对该优先保护单元水质的影响满足该优先保护单元执行的海水水质要求。

本项目施工期和运行期的影响符合当地“三线一单”生态环境分区管控要求。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

（1）主要法规、条例、部门规章和文件

— 中华人民共和国环境保护法（自 2015 年 1 月 1 日起施行）

- 中华人民共和国环境影响评价法（自 2003 年 9 月 1 日起施行，2018 年修正）
- 中华人民共和国核安全法（自 2018 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国放射性污染防治法（自 2003 年 10 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国大气污染防治法（自 2016 年 1 月 1 日起施行，2018 年修正）
- 中华人民共和国水污染防治法（自 2008 年 6 月 1 日起施行，2017 年修正）
- 中华人民共和国噪声污染防治法（自 2022 年 6 月 5 日起施行）
- 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（自 2020 年 9 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国水土保持法（自 2011 年 3 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国土地管理法（自 1999 年 1 月 1 日起施行，2019 年修正）
- 中华人民共和国海洋环境保护法（自 2024 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国海域使用管理法（自 2002 年 1 月 1 日起施行）
- 建设项目环境保护管理条例（自 1998 年 11 月 29 日起施行，2017 年修订）
- 放射性物品运输安全管理条例（自 2010 年 1 月 1 日起施行）
- 放射性废物安全管理条例（自 2012 年 3 月 1 日起施行）
- 防治船舶污染海洋环境管理条例（自 2010 年 3 月 1 日起施行，2018 年修正）
- 中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例（自 1990 年 8 月 1 日起施行，2018 年修正）
- 危险化学品安全管理条例（自 2002 年 3 月 15 日起施行，2013 年修正）；
- 排污许可管理条例（自 2021 年 3 月 1 日起施行）；
- 建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）（自 2021 年 1 月 1 日起施行）
- 国家危险废物名录（2021 年版）（自 2021 年 1 月 1 日起施行）
- 近岸海域环境功能区管理办法（1999 年 12 月 10 日起施行，2010 年修正）；
- 放射性固体废物贮存和处置许可管理办法（自 2014 年 3 月 1 日起施行，2019 年修正）
- 放射性物品运输安全许可管理办法（自 2010 年 11 月 1 日起施行，2021 年修正）
- 环境影响评价公众参与办法（自 2019 年 1 月 1 日起施行）；
- 核电厂核事故应急管理条例（HAF002-2011）

- 核动力厂厂址评价安全规定（HAF101-2023）
- 核动力厂设计安全规定（HAF102-2016）
- 浙江省生态环境保护条例（自 2022 年 8 月 1 日起施行）
- 浙江省固体废物污染环境防治条例（2006 年 3 月 29 日，2022 年修正）
- 浙江省辐射环境管理办法（2011 年 12 月 18 日，2021 年修正）
- 浙江省建设项目环境保护管理办法（2011 年 10 月 25 日，2021 年修正）
- 浙江省水污染防治条例（2008 年 9 月 19 日，2020 修正）

（2）标准、导则和规范

1) 辐射

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）
- 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）
- 《核电厂应急计划与准备准则 第一部分：应急计划区的划分》（GB/T 17680.1-2008）
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）
- 《核设施放射性废物处置前管理》（HAD401/12-2020）
- 《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）

2) 大气

- 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
- 《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000）
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）

3) 水

- 《海水水质标准》（GB3097-1997）
- 《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）

- 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）
 - 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及修改单
 - 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）
 - 《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ1083-2020）
 - 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）
 - 《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）
- 4) 噪声
- 《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）
 - 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）
- 5) 电磁
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）
 - 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
- 6) 其他
- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）
 - 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）
 - 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）
 - 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）
 - 《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）
 - 《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）

1.6.3 相关管理文件

- (1) 国家能源局，国能核电〔2015〕161号《国家能源局关于浙江苍南核电项目开展厂址保护及相关论证工作的复函》（附件 A.1）
- (2) 生态环境部，环审〔2020〕151号《关于中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》（附件 A.2）
- (3) 生态环境部，环审〔2023〕13号《关于中广核浙江三澳核电厂二期工程环境影响报告书（选址阶段）的批复》（附件 A.3）

- (4) 自然资源部，自然资办函〔2022〕2595 号《自然资源部办公厅关于中广核浙江三澳核电厂二期工程用海预审意见的函》（附件 A.4）
 - (5) 水利部，水许可决〔2022〕72 号《中广核浙江三澳核电厂二期工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》（附件 A.5）
 - (6) 国家核事故应急办公室，国核应办〔2022〕16 号《国家核事故应急办公室关于中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域核应急方案审查意见的通知》（附件 A.6）
 - (7) 中国民用航空华东地区管理局，民航华东函〔2016〕126 号《关于中广核浙江三澳核电厂与附近机场及有关航线关系情况的复函》（附件 A.7）
 - (8) 浙江省人民政府办公厅，浙政办函〔2017〕86 号《浙江省人民政府办公厅关于划定中广核浙江三澳核电厂规划限制区的复函》（附件 A.8）
 - (9) 浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会，浙环函〔2022〕296 号《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于要求调整中广核浙江三澳核电厂厂址附近近岸海域环境功能区的请示的复函》（附件 A.9）
 - (10) 浙江省自然资源厅，浙预审〔2022〕6 号《浙江省自然资源厅关于中广核浙江三澳核电厂二期工程建设用地预审意见的复函》（附件 A.10）
 - (11) 温州市生态环境局，《关于中广核浙江三澳核电厂环境相关所采用非放射性标准的请示的复函》（附件 A.11）
 - (12) 苍南县人民政府，苍政函〔2022〕63 号《苍南县人民政府关于明确中广核浙江三澳核电厂二、三期工程非居住区管理要求的复函》（附件 A.12）
 - (13) 苍南县自然资源和规划局，《关于三澳核电厂二期工程用海项目相关情况的说明》和《关于浙江三澳核电厂周边海域生态红线的说明》（附件 A.13）
- 相关文件详见附录 A。

1.6.4 相关技术文件

- 中广核浙江三澳核电厂二期工程环境影响评价(建造阶段)技术任务书(B 版)，深圳中广核工程设计有限公司，2023.12
- 中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）工作大纲（C 版），苏州热工研究院有限公司，2024.2

- 中广核浙江三澳核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（建造阶段）质量保证大纲，苏州热工研究院有限公司，2024.5
- 浙江三澳核电厂二期工程液态流出物数值模拟研究报告，南京水利科学研究院，2023.4
- 浙江三澳核电厂二期工程温排水数值模拟计算研究报告，南京水利科学研究院，2022.8
- 浙江三澳核电厂二期工程泥沙数值模拟计算研究报告，南京水利科学研究院，2022.7
- 中广核浙江三澳核电厂二期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告，国家海洋环境监测中心，2022.10
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址附近范围环境水文地质调查报告，中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司，2019.06
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程海洋水文参数复核咨询报告，青岛大熊海洋科技有限公司，2020.10
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程外海设计波要素分析及计算报告，青岛大熊海洋科技有限公司，2021.3
- 浙江三澳核电厂二期工程冬、夏季典型全潮水文测验分析报告，浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院），2022.5
- 中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域核应急方案，深圳中广核工程设计有限公司，2022.8
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程混合层高度及扩散参数试验研究总报告，苏州热工研究院有限公司，2019.11
- 浙江三澳核电厂二期工程极端气象设计基准复核报告，湖南问天信息科技有限公司，2022.4
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程中小尺度风场与输送规律数值模拟计算报告，苏州热工研究院有限公司，2023.3
- 中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域非放射性环境质量现状调查总报告（B 版），苏州热工研究院有限公司，2022.9
- 浙江三澳核电厂一期工程陆域生态环境调查及评价报告，中国辐射防护研究

院，2020.10

- 中广核浙江三澳核电站二期工程土石方静态平衡报告，深圳中广核工程设计有限公司，2022.9
- 中广核浙江三澳核电站二期工程水土保持方案报告书，长江勘测规划设计研究有限责任公司，2022.9
- 浙江三澳核电一期工程施工期海域监测简报（2022 年第 1 季度~第 4 季度），国家海洋局温州海洋环境监测中心站
- 浙江三澳核电一期工程施工期陆域环境检测报告（2022 年第 1 季度~第 4 季度），浙江瑞启检测技术有限公司
- 中广核浙江三澳核电站二期工程海域使用论证报告书，国家海洋环境监测中心，2022.10
- 中广核浙江三澳核电站二、三期工程水资源论证报告，中国水利水电科学研究院，2022.11
- 中广核浙江三澳核电站厂址区域环境特征及外部人为事件调查（2022 年）报告，苏州热工研究院有限公司，2023.2
- 中广核浙江三澳核电站厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查（2022 年）报告，苏州热工研究院有限公司，2023.2
- 中广核浙江三澳核电站一期工程运行前辐射环境本底调查中期报告，苏州热工研究院有限公司，2024.1

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

（1）运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量约束值和排放量控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的 6.1 款规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值，同时对不同功率反应堆要求根据其功率按照 6.2 款规定适当调整，6.4 款规定了多堆厂址所有机组年总排放量控制值，此外，6.8 款还规定了不同类型厂址放射性流出物排放浓度控制值。

三澳核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，其运行状态下向环境释放的放射性物质对公众中任何个人（成人）造成的有效剂量约束值为 0.25mSv/a，本次环境影响评价确定本项目 2 台机组向环境释放的放射性流出物对公众所造成的剂量约束值不超过 0.08mSv/a。

本项目 2 台机组采用华龙一号技术融合方案，为轻水反应堆，堆芯额定输出热功率为 3180MW。根据 GB6249-2011 中对于 3000MW 热功率的轻水反应堆设计控制值，则单堆排放量控制值如下：

气载放射性流出物：

- 惰性气体： 6×10^{14} Bq/a；
- 碘： 2×10^{10} Bq/a；
- 粒子（半衰期 ≥ 8 d）： 5×10^{10} Bq/a；
- 碳 14： 7×10^{11} Bq/a；
- 氡： 1.5×10^{13} Bq/a。

液态放射性流出物：

- 氡： 7.5×10^{13} Bq/a；
- 碳 14： 1.5×10^{11} Bq/a；
- 其它核素： 5×10^{10} Bq/a。

根据 GB6249-2011 的 6.4 款规定，“对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在 6.2 规定值的 4 倍以内”，三澳核电厂规划 6 台压水堆机组，本工程 2 台机组的流出物年排放量控制值考虑为 GB6249-2011 厂址控制值的 1/3，如下：

气载放射性流出物：

- 惰性气体： 8×10^{14} Bq/a；
- 碘： 2.66×10^{10} Bq/a；
- 粒子（半衰期 ≥ 8 d）： 6.66×10^{10} Bq/a；
- 碳 14： 9.33×10^{11} Bq/a；
- 氡： 2×10^{13} Bq/a。

液态放射性流出物：

- 氡： 1×10^{14} Bq/a；
- 碳 14： 2×10^{11} Bq/a；

— 其它核素： $6.66 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

根据 GB6249-2011，滨海核动力厂的槽式排放出口处的放射性流出物中除氙和碳 14 外其它放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L 。本工程核岛废液排放系统的设计浓度排放限值为 900Bq/L ，常规岛废液排放系统的设计浓度排放限值为 600Bq/L ，满足 GB6249-2011 要求。

（2）事故工况下的剂量限值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）7.2 款规定，核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

- 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；
- 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

（3）海水中的放射性核素浓度指标

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，本工程运行期间接纳水体中与核电厂释放相关的放射性核素浓度控制值为：

- ^{60}Co : 0.03Bq/L ;
- ^{90}Sr : 4.0Bq/L ;
- ^{106}Ru : 0.2Bq/L ;
- ^{134}Cs : 0.6Bq/L ;
- ^{137}Cs : 0.7Bq/L 。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

建设单位向当地生态环境部门申请了三澳核电厂非放射性评价执行标准，并获得了复函“关于中广核浙江三澳核电厂环境相关所采用非放射性标准的请示的复函”（附件 A.11），本次环境影响评价所执行标准主要依据该复函文件，同时结合近年来新生效的相关标准后确定，具体如下：

一 环境质量评价标准

（1） 环境空气

厂址区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及 2018 年修改单的二级标准。

（2） 海水水质

厂址附近海水水质按照厂址近岸海域环境功能区划的要求执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应标准。本工程用海区域位于省级代码为 ZJ21CI（市级代码为 WZ04CI）的“三澳核电温排水三类区”，海水水质目标除水温执行第三类海水水质标准外，其余指标执行第一类海水水质标准。同时提到，该功能区内含两处三澳温排水混合区，混合区内人为温升不执行水质标准，其余指标执行第二类海水水质。

（3） 声环境

厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准，即昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。

周围声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 1 类标准，即昼间 55dB（A），夜间 45dB（A）。

（4） 电磁环境

厂址区域工频电场强度和工频磁感应强度评价标准执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的对应于 50Hz 频率的公众曝露控制限值（离地面 1.5m 高度）：工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT。架空输电线路下的耕地、园地、牧草地、畜禽饲养地、养殖水面、道路等场所，其频率 50Hz 的电场强度控制限值为 10kV/m。

一 污染物排放评价标准

（1） 废水

本工程生活污水站排水中 COD、总氮、氨氮和总磷执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中相应的标准，其他指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及修改单中的一级 A 标准，详见表 1.7-1。

本工程运行期的非放射性生产废水（除石油类）排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及修改单中的一级 A 标准及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中的相应标准，石油类排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及修改单中的一级 B 标准。

（2） 噪声

本工程施工建造期间，场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的相应限值，即：昼间：70dB（A）；夜间：55 dB（A）。

运行期间，厂界外 1m 处噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）的 2 类排放限值，即：昼间 60dB（A）；夜间 50dB（A）；厂外声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类声环境功能区限值。

（3） 大气污染物

本工程施工期间，大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的无组织排放限值要求。

（4） 工业固废

本工程中产生的一般工业固废如果采用库房、包装工具（罐、桶、包装等）等方式贮存的，其贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

1.8 工程组成

本工程是扩建工程，主体工程有核岛厂房及构筑物、常规岛厂房及构筑物、BOP 以及海工工程，相关配套工程使用 1、2 号机组建设时已经建设的工程，如大件码头、放射源库、进厂道路和应急道路等。本项目新增的 220kV 施工与辅助电源输变电工程和厂外 1000kV 输变电工程单独立项、单独环评。

1.9 环境保护措施

本工程拟建设的环境保护设施主要包括放射性废气管理系统、放射性废液管理系统和放射性固体废物管理系统等。此外，危险品库、环境实验室、环境监测站、放射源库、非放射性工业废水处理站、工业废物暂存库等环保设施在二期建成，全厂共用。

拟建的环境保护设施主要选择现有核电厂普遍采用的成熟、可靠、经济的方案，以保证环境保护措施长期稳定运行，满足国家环保法规的排放和管理要求。

1.10 评价范围

（1） 辐射环境

本项目辐射环境的评价范围是以本项目工程的 3 号机组反应堆为中心，半径 80km 范围的区域。

（2）非辐射环境

1）水环境和海洋生态环境

结合核电项目液态流出物排放特点以及海工工程，确定本项目水环境和海洋生态环境评价范围为温排水所致海域的 1°C 温升包络范围和本项目海工工程影响海域。

2）大气环境

本项目正常运行期间无非放射性废气排放，施工期有废气排放，因此主要考虑施工期的大气环境影响，评价范围为施工场界以及厂址附近的大气环境保护目标。

3）声环境

声环境影响的评价范围为厂界外 1m，并适当扩大至声环境保护目标处。

4）电磁辐射环境评价范围

参考《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020），本项目电磁辐射环境影响评价的范围为：厂内开关站界外 50m；厂址范围内涉及的输电线路边导线地面投影外两侧各 50m（1000kV）。

5）生态环境

参照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目生态环境评价范围以核电站永久占地和临时占地范围为主，并考虑附近的生态敏感区。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

2023年2月15日，生态环境部批复了《中广核浙江三澳核电站二期工程环境影响报告书（选址阶段）》（环审〔2023〕13号），同意按照环评报告书所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。同时，批复中提出了在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作。

针对批复中提出的在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作，苍南第二核电公司开展的工作如下：

- 严格落实相关环境保护措施和环境监测方案，加强施工期间的环境管理，并开展排水方案的优化工作。

苍南第二核电公司严格按照法规要求，委托有资质单位开展施工期间的陆域和海

域环境监测，编写台账，每季度跟踪，相关工作贯穿整个核电厂施工期间，使施工环境影响处于严格监控之中，确保相关环境保护措施和环境监测方案得到有效落实和实施。

苍南第二核电公司从土石方裕量、冷源防护措施、泥沙清淤、波浪掩护、施工角度、运行维护及检修、取水工程对 1、2 号机组影响、海工造价匡算等八个方面开展取排水方案的比选工作，并经外部专家评审，最终确定了本报告中采用的“近岸明渠+陆域隧洞取水”取水工程方案。在叠加 1、2 号机组排水基础上，开展了北向、东向和东南向等不同方向以及最优方向的不同距离组合方案的排水方案的比选，从工程造价、生态红线区符合性、温升 4℃ 线与岛屿的关系及施工可行性等方面开展综合分析，最终确定了“离岸深排”的排水工程方案。经分析，本工程温排水可以满足厂址附近近岸海域环境功能区划和“三线一单”的管控要求，也与浙江省海岸带综合保护与利用规划相符。

— 采取积极有效措施，明确本工程低水平放射性固体废物的去向。

目前来看，三澳核电厂放射性废物货包可采用 3 种最终处理方式：第一种，送往甘肃龙和环保科技有限公司处置。龙和环保作为国家统筹建设的核电放射性废物集中处置场营运单位，可接受各核电厂放射性废物的处理和处置业务。第二种，参考中广核其他核电厂，与中核四〇四有限公司签订废物外运协议，将废物货包、可燃废物及其它类废物外运甘肃处理，以确保废物得到及时妥善处理和处置。最后一种，建设单位一直在与浙江省主管部门沟通，积极争取参与浙江省内处置场的开发。总之，苍南第二核电公司将持续跟进处置场项目进展，及早达成送交处置相关协议，确保本工程产生的低水平放射性固体废物得到及时、安全处置。

— 积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

苍南第二核电公司秉承“公众沟通一直在路上”和“推进一个项目、带动一地经济、造福一方百姓”理念，通过科普讲座和展览、基地参观考察、微信公众号等多种方式积极开展公众宣传和公众参与工作，加深周边群众对核电认识，创造“共赢”发展局面。另外，苍南第二核电公司设立了三澳核电基地“大宣传”平台，以便更好履行社会责任。

表 1.7-1 生活污水处理站排水执行标准限值

单位：mg/L

序号	项 目	三澳核电厂 执行标准	说明
1	pH	6~9	GB18918-2002
2	色度（稀释倍数）	30	一级 A 标准
3	COD	30	DB33/2169-2018
4	BOD ₅	10	GB18918-2002 一级 A 标准
5	SS	10	
6	动植物油	1	
7	石油类	1	
8	阴离子表面活性剂	0.5	
9	总氮（以 N 计）	10（12）*	DB33/2169-2018
10	氨氮（以 N 计）	1.5（3）*	
11	总磷（以 P 计）	0.3	
12	粪大肠菌群数（个/L）	1000	GB18918-2002 一级 A 标准

*括号内数值为每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行。

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布与饮食习惯

2.3 土地利用及资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地形地貌

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

图

图 2.1-1 厂址地理位置示意图

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

三澳核电站厂址位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村，三面临海，一面靠山。厂址距离 NNW 方位的苍南县城约 35km，距离 N 方位的温州市区约 90km，距离 WNW 方位的福建省福鼎市区约 32km，距离 SW 方位的宁德核电站约 30km。

三澳核电站规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程建设 2 台华龙一号技术融合方案压水堆核电机组，目前已开工建设，3、4 号机组拟再建设 2 台华龙一号技术融合方案机组。

三澳核电站 3、4 号机组核岛之间相距约 237m，4 号机组核岛距 2 号机组核岛约 352m，距 1 号机组核岛约 687m。图 2.1-1 给出了三澳核电站厂址地理位置示意图。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

三澳核电站 3、4 号机组占地总面积约 94.55hm²，其中永久占地约 44.55hm²，临时占地约 50hm²，占地类型包括工业用地、林地等。2022 年 9 月 9 日浙江省自然资源厅给出 3、4 号机组的用地预审意见（详见附件 A.10），本项目用地控制在 44.5538hm² 以内，符合供地政策，原则同意通过用地预审。

本工程非居住区边界为以 3、4 号反应堆为中心、半径 500m 的包络区域。根据评价结果，对于极限事故，RCCA 弹出事故（CREA）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 17.7%和 21.4%。对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，非居住区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 40.8%和 56.8%。3、4 号机组非居住区边界设置是合理的，设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

苍南县人民政府以苍政发函〔2022〕63 号《苍南县人民政府关于明确中广核浙江三澳核电站二、三期工程非居住区管理要求的复函》（详见附件 A.12）明确以三澳核电站 3、4 号机组反应堆为中心半径 500m 的区域设置为非居住区，该区域内严禁有常驻居民，同时，同意建设单位对核电站地产边界及非居住区边界内的活动实施有效管理。

本工程厂址周围设置半径 5km 的规划限制区。根据评价结果，对于极限事故，主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.29%和 2.92%。对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对规划限制区边界上（事故持续期间内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，规划限制区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.62%和 4.77%。3、4 号机组规划限制区边界设置是合理的，设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

浙江省人民政府发函《浙江省人民政府办公厅关于划定中广核浙江三澳核电站规划限制区的复函》（浙政办函〔2017〕86 号，见附件 A.8）同意以各反应堆为中心，半径 5km 区域设置为三澳核电站规划限制区。



图 2.1-1 厂址地理位置示意图

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内人口分布现状

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

2.2.3.3 厂址半径 5km 范围内居民食谱和生活习性调查

表

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布表（2020 年）

图

图 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2020 年）

2.2 人口分布与饮食习惯

三澳核电厂半径 80km 范围内的人口统计数据主要来源于浙江省温州市下辖的苍南县、龙港市、平阳县、文成县、瑞安市、泰顺县、瓯海区、龙湾区共 8 个市（县、区）和福建省宁德市下辖的福鼎市、柘荣县、霞浦县、福安市共 4 个市（县）的 2021 年出版的统计年鉴（2020 年底的数据）。厂址半径 15km 范围内的人口统计数据主要来源于各乡镇 2021 年的统计数据。

按照《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》（HJ 808-2016）的要求，人口统计按子区分别进行，以三澳核电厂 3 号机组反应堆为中心划分半径为 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70 和 80km 的同心圆，轴向的罗盘方位为扇形区中心线，划分成 16 个方位，评价区共有 192 个子区。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围

三澳核电厂半径 5km 范围内涉及苍南县霞关镇、马站镇以及沿浦镇下辖的 13 个行政村，43 个自然村，有户籍人口 17467 人。按陆域面积计算，评价区内人口密度为 563 人/km²，低于浙江省同期平均人口密度 619 人/km²（2021 年），低于温州市同期平均人口密度 797 人/km²（2021 年）。

厂址半径 5km 范围内距厂址最近的居民点为位于 WSW 方位 1.4km 的长沙村，最大的居民点为位于厂址 WNW 方位约 3.7km 处的路尾村。

现有的自然村中顶林村、下林村、松柏林村、水门宫村、南坪村和下南坪村等村落基本已连成片，该片居民点总人口数为 3391 人。

与选址阶段相比，厂址半径 5km 范围内自然村总数量补充增加了 5 个（岭头村、大垵村、田垵村、上瑶洞、下瑶洞），但厂址半径 5km 范围内总人口减少了 1722 人。

另外，北关岛位于厂址 S~SSE 方位约 2~6km 处。2006 年，受台风影响，岛上居民房屋受损严重，北关岛原有居民全部离岛，搬迁至霞关镇，后少量人员因捕捞返岛（其户籍均在霞关镇）居住在顶海村（布袋岙附近）和下海村（斗内附近），目前北关岛上有少量的渔民居住，主要利用自家船只开展捕捞作业和交通往返。

厂址半径 5km 范围内没有 1 万人以上的人口相对集中的居民区。

三澳核电厂 5km 范围内由于三澳核电的建设和绿能小镇的开发，流动人口相比上

次显著增多。主要为绿能小镇的建设施工人员。

绿能小镇位于厂址西北侧 5km 左右。根据《苍南县绿能小镇控制性详细规划修改及核心区城市设计》（2022 年 10 月），绿能小镇的范围为“北至沿浦河、岭尾河，东至岭尾河、规划 326 省道（现状 232 省道），南至联盟水闸、规划 326 省道，西至下在河、沿浦湾，规划总面积 330.97 公顷”。绿能小镇人口规模为“规划居住人口容量为 1.8 万人，其中约有 0.6 万人为核电厂非带眷的建设工人和流动的核能服务员工。教育和社区服务类配套设施按 1.2 万人配置”。绿能小镇的管理部门承诺后续按照《核动力厂环境辐射防护规定》要求，严格控制绿能小镇的常住居民少于 1 万人。因此，初步预计绿能小镇的规划建设不会成为影响核电厂规划限制区设置的不利因素。建议业主持续关注绿能小镇未来人口增长对核电厂址的可能影响。

厂址半径 5km 范围内主要有新兴起的无景点旅游休闲方式所涉及的长沙村和沛垒沙滩。长沙村滨海而建，拥有沙滩，位于厂址 WSW 方位约 1.4km。游客主要集中在 5~10 月。沛垒沙滩位于厂址 NNW 方位约 1.7km，偶有游客，当地政府拟对该沙滩进行旅游开发，建设沛垒沙滩旅游区。根据《霞关镇沛垒沙滩旅游区控制性详细规划修改》（2022 年 9 月），规划范围为北至大鼻头，南至柳垄沙滩，西至陈家坪村乡道，东至沙滩海岸线，总规划面积 1.4987km²。规划至 2030 年，旅游服务人口约 600 人，日最大游客量约 6500 人。

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

厂址 10km 范围内无疗养院和监狱等公共设施，有学校、卫生院、敬老院。

厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上的居民点，其中最大的居民点为马站镇镇区，位于厂址 NW 方位约 9.1~9.8km 处。

厂址半径 10km 范围除了核电厂外，霞关作业区和绿能小镇北区有部分工业规划，此外没有其他大的工业发展规划。

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

厂址半径 15km 范围内涉及苍南县下辖霞关镇、沿浦镇、马站镇、赤溪镇、岱岭畲族乡、凤阳畲族乡以及福鼎市下辖的沙埕镇、佳阳畲族乡和龙安开发区。15km 范围

内共有户籍人口 137070 人，按陆域面积计算人口密度为 586 人/km²。

厂址半径 15km 范围内共涉及 103 个行政村或居委，其中千人以上居民点 50 个，最大的居民点为马站镇镇区，位于厂址 NW 方位 9.1~9.8km 处。

在统计人口中心时，考虑到 15km 范围内马站镇下辖的蒲云居委、大门洋村、蒲峰村和兰山村距离较近，居民区连接在一起，因此将这 1 个居委和 3 个行政村作为一个人口中心马站镇镇区处理；对于沙埭镇，由于沙埭居委、内澳居委、外澳居委以及和平村和水生村距离较近，因此，也将这 3 个居委和 2 个行政村作为一个人口中心处理。与本项目选址环评所用的 2018 年数据相比，厂址半径 15km 范围人口变化不大。

由于三澳核电的建设和绿能小镇的开发，厂址附近乡镇流动人口较多，尤其是沿浦镇和马站镇。

另外，厂址半径 15km 范围内的旅游景点主要有渔寮景区，该景区为国家 AAA 级风景旅游区，位于马站镇渔寮境内，厂址 N~NNE 方位 5~10km。其中，雾城为渔寮景区的景点之一，月亮湾沙滩所在地，位于厂址 N 方位 9km 附近。游客主要集中在每年的 5~10 月，旺季时日游客量上万人，来此地旅游的人多为短暂逗留。

除了渔寮景区和雾城外，另有新兴起的无景点旅游休闲方式所涉及的蒲壮所城、中魁村、霞关村和长沙村等，来旅游的人多为短暂逗留。其中蒲壮所城位于厂址 WNW 方位 9km 附近。中魁村属马站镇所辖，位于厂址 NNW 方位约 7.6km，为中国四季柚之乡。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内人口分布现状

截至 2020 年底，三澳核电厂厂址半径 80km 范围内总人口数为 5658241 人，评价区内人口密度为 281 人/km²，按陆域面积计算，评价区内人口密度为 670 人/km²，高于浙江省同期（2020 年）平均人口密度 612 人/km²，低于温州市同期（2020 年）平均人口密度 789 人/km²。厂址半径 80km 范围内总人口数的统计口径为户籍人口。与本项目选址环评所用的 2018 年数据相比，厂址半径 80km 范围内总人口数略有增加。

厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布详见表 2.2-1 和图 2.2-1。

厂址半径 80km 范围内，城镇人口超过 10 万人的人口中心有 6 个，分别为苍南县灵溪镇（县政府驻地）、瑞安市市区、龙港市、平阳县鳌江镇、福鼎市市区和霞浦县

城。距厂址最近的 10 万人以上人口中心为福建省福鼎市区，位于厂址 WNW 方位约 32.1km 处，包括山前、桐城和桐山三个街道，有城镇人口 125533 人。厂址半径 80km 范围内最大的人口中心是龙港市，位于厂址 N 方位约 40km 处，现有城镇人口 334338 人。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）的要求，需要预测核电厂投运及电厂寿期内（每隔十年）的人口数量。三澳核电厂 3 号机组计划于 2030 年建成投运，寿期设计为 60 年。

根据人口预测计算模式以及人口预期增长率可以得出：2030 年 3 号机组商运时，厂址半径 80km 范围内的总人口数为 6106897 人；电厂寿期内 2040~2090 年的厂址半径 80km 范围内的人口数为 6157914 人（2035 年后保守考虑人口不再增长）。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

（1）厂址半径 80km 范围内的人口年龄组结构

根据第七次全国人口普查结果，给出了厂址半径 80km 范围内居民人口年龄组构成。

（2）厂址半径 5km 范围内的人口年龄组结构

根据苍南县各镇统计办提供的第七次人口普查的数据，结合厂址半径 5km 范围内各乡镇所辖区域，给出了厂址半径 5km 范围内的居民人口年龄组构成。

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

三澳核电厂位于苍南县境内，厂址半径 80km 评价区内主要涉及浙江省温州市和福建省宁德市，其居民饮食习惯基本相同。根据对厂址半径 80km 范围内城镇居民和农村居民食物消费资料的统计分析，当地居民主食以大米为主，其次为薯类、面粉、豆类及少量杂粮，副食品主要为蔬菜、水果、肉类、禽蛋和水产品。

2.2.3.3 厂址半径 5km 范围内居民食谱和生活习性调查

为了进一步了解厂址附近居民的饮食习惯，2022 年 10 月针对厂址附近的居民的食物消费情况和生活习性进行了现场调查。

厂址附近居民食物消费结构和评价区内居民食物消费习惯基本相同，均以大米为主，当地种植的玉米、豆类、薯类为辅。副食品主要为蔬菜、水果、肉类、蛋类和水产品。蔬菜多为当地种植，主要有菠菜、芹菜、大白菜等叶类蔬菜，西红柿、茄子、辣椒等茄果类蔬菜，黄瓜、南瓜、冬瓜等瓜果类蔬菜，四季豆、豌豆等豆类蔬菜；水果以当地种植的西瓜（夏季）、桃子（夏季）、葡萄（夏秋）、柑橘（秋冬）、四季柚（秋冬）为主。相比而言，其水产品消费量较大。厂址近区居民消费的大米、蔬菜、肉、水果等农副产品一般为自家生产或从当地集市购买，集市所出售产品则以当地集镇周围农村生产为主，奶产品则主要来自外地奶制品企业生产的成品。近区居民食入的海产品主要为鱼类，其次有部分虾、蟹、贝壳类以及海带紫菜等。食入的海产品绝大多数来源于附近养殖和捕捞海域。

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布表（2020 年）

单位：距离：km；人口：人

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	0	0	624	4499	28127	95362	322127	359212	102355	526349	230256	1668911
NNE	0	0	0	0	998	4310	170559	121699	62246	66183	346061	286720	1058776
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1468	1468
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2337	692	3029
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	4707	0	0	0	0	4707
SW	0	0	0	1539	5337	10605	33283	35663	68065	13815	176550	78755	423612
WSW	0	921	2380	1781	5390	30723	60750	40604	6597	20900	48893	53768	272707
W	0	456	1322	1965	2744	10158	9589	88111	72040	31755	77708	59848	355696
WNW	0	0	0	4455	15435	20729	40373	183691	58906	68938	88013	6890	487430
NW	0	0	423	367	28525	29817	14742	83940	50880	22684	74657	77893	383928
NNW	0	0	998	236	5761	14762	45563	295386	186093	170289	131463	147426	997977
合计	0	1377	5123	10967	68689	149231	470221	1175928	864039	496919	1472031	943716	5658241

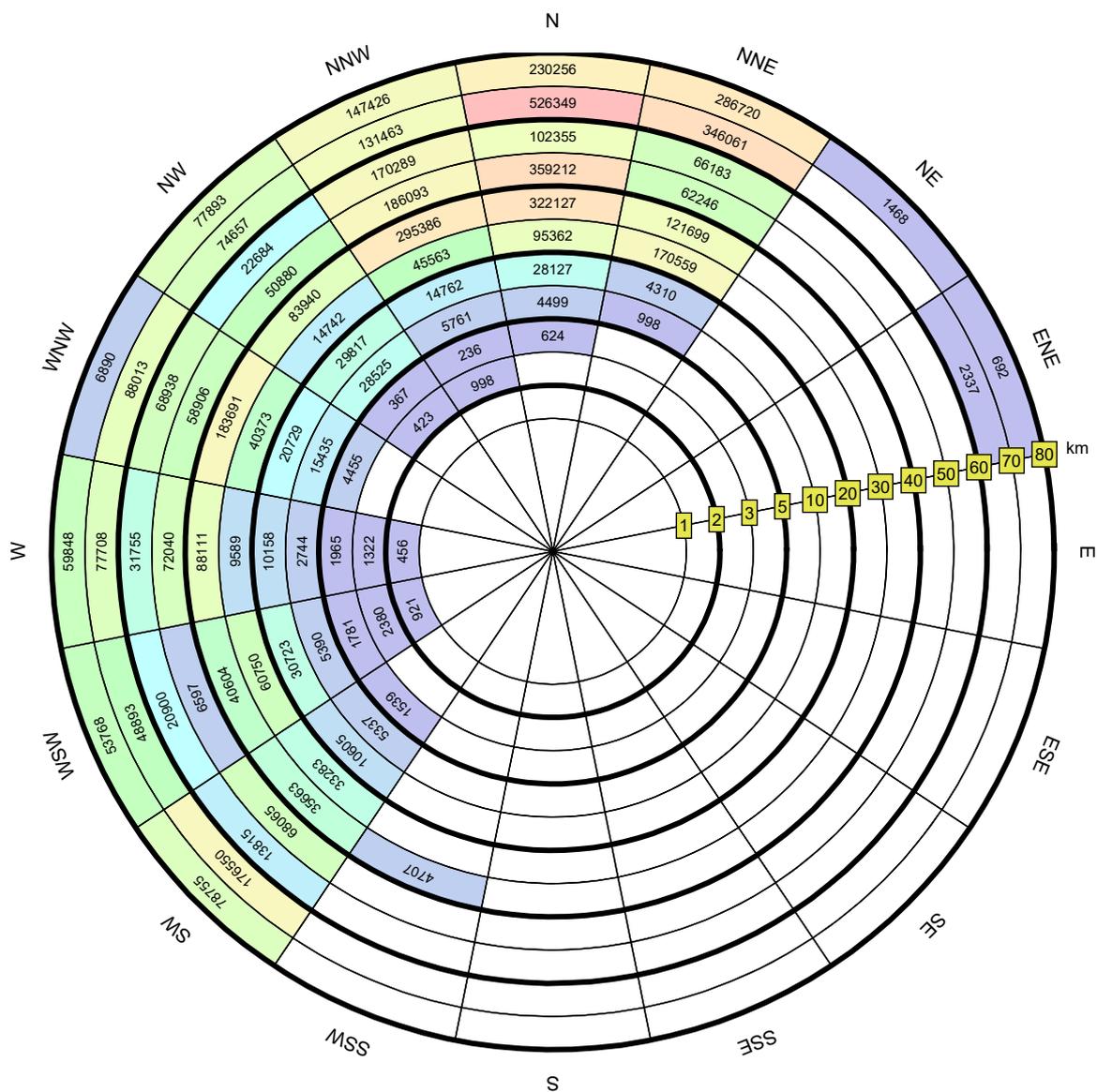


图 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2020 年）

- 2.3 土地利用及资源概况
 - 2.3.1 土地和水体的利用
 - 2.3.1.1 土地利用现状及规划
 - 2.3.1.2 水体利用现状
 - 2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区
 - 2.3.2 陆生资源及生态概况
 - 2.3.2.1 农业生产概况
 - 2.3.2.2 副业生产概况
 - 2.3.2.3 其它陆生资源概况
 - 2.3.2.4 陆生生态系统概况
 - 2.3.3 水产资源及水生态概况
 - 2.3.3.1 渔业资源
 - 2.3.3.2 海域生态概况
 - 2.3.3.3 “三场一通道”及海洋保护动物概况
 - 2.3.4 生态环境保护
 - 2.3.4.1 生态保护红线
 - 2.3.4.2 “三线一单”
 - 2.3.4.3 近岸海域环境功能区划
 - 2.3.4.4 海岸带规划成果相符性
 - 2.3.5 工业、交通及其它相关设施
 - 2.3.5.1 工业
 - 2.3.5.2 交通
 - 2.3.5.3 危险源

2.3.6 参考资料

表

表 2.3-1 厂址附近区域环境管控单元“三线一单”准入清单
况

图

图 2.3-1 浙江省陆域生态环境管控单元分类图

图 2.3-2 浙江省近岸海域生态环境管控单元分类图

图 2.3-3 厂址附近的环境管控单元分区图

图 2.3-4 厂址用海区域近岸海域环境功能区示意图

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用现状及规划

三澳核电厂址半径 10km 范围内涉及霞关镇以及沿浦镇和马站镇的大部分区域。厂址半径 10km 范围内土地利用现状中主要土地类型为乔木林地和灌木林地，分别为 4867.25ha 和 1526.16ha，占总面积的 36.7%和 11.5%；此外，沿海滩涂和水田分别为 1741.19ha 和 1411.34ha，占总面积的 13.1%和 10.6%。10km 范围内林地面积较多，耕地面积较少。

根据《苍南县国土空间总体规划（2021-2035 年）》，至 2035 年，厂址半径 10km 范围内主要土地类型为林地和旱地，分别为 5685.47ha 和 2713.02ha，占总面积的 40.8%和 19.5%；其次是水田和滩涂，分别为 1855.30ha 和 1700.33ha，占总面积的 13.3%和 12.2%。

根据三澳核电厂址附近的三区三线图，本工程厂址区域不涉及生态保护红线和城镇开发边界，厂址区域无永久基本农田。

2.3.1.2 水体利用现状

厂址附近主要有沿浦湾水系，最近处在核电厂址西北侧约 7km 左右。沿浦湾水系发源于鹤顶山西麓岱岭乡坑门岭，流域面积 143.5km²，河道总长 13.6km。水向东流，相继有坑门村大贡坑、云通村牛皮岭坑、西塔坑、新基坑、云山村瑶坑等水注入，然后进入马站十八孔水库。主流入库后，又相继有笔架山、大安坑、坑门村郑昔坑、布袋底坑等水注入，主流出马站镇后，有山门坑来水注入。主河道从马站镇至沿浦水闸入海，长 8.54km，平均宽度 18.56m，水面面积 0.1585km²，正常水位 2.13m，航运水位 1.13m，平均水深 2.86m，总容积 52 万 m³。

根据《浙江省水环境功能区划分方案》（浙江省环境保护厅，浙江省水利厅，2016.02），厂址半径 15km 范围内水环境功能区有浦门河苍南饮用水源区，目标水质为II类；铁场水库苍南饮用水源区，目标水质为II类。

厂址所在苍南县及周边县市的饮用水源主要来自水库，通过集中式供水工程（水厂及管网以区域性集中供水）解决了大部分居民饮水问题。对于部分偏远乡村，集中式供水无法达到区域由农村饮用水分散式工程解决，水源基本为山泉水、山塘水和溪

水。《苍南县饮用水水源保护区管理办法》（苍政发〔2011〕254 号）明确，十八孔水库、铁场水库作为县级水源保护区进行管理。

厂址半径 15km 范围内，无大型和中型水利工程，有 4 座小（一）型水库和 3 座库容大于 10 万 m^3 的小（二）型水库。4 座小（一）型水库分别为苍南县所辖的十八孔水库（NW 方位约 12km）、铁场水库（NNW 方位约 12km）、云遮水库（厂址 NW 方位约 13km）和福鼎市所辖的盾洋水库（厂址 WSW 方位约 14km）；库容大于 10 万 m^3 的小（二）型水库分别为苍南县所辖的仙岩尾水库（厂址 NW 方位约 4km）、福鼎市所辖的岙口水库（厂址 WSW 方位约 10km）和台峰水库（厂址 WSW 方位约 14km）。

苍南县所辖的 3 座小（一）型水库概况如下：

- 十八孔水库位于厂址 NW 方位约 12km 处，总库容为 351.5 万 m^3 ，正常库容为 266 万 m^3 ，集雨面积 21.78 km^2 ；水库承担防洪、灌溉、供水、发电的任务。十八孔水库防洪标准为 50 年一遇设计，2000 年一遇校核。十八孔水库为铁场净水厂应急备用水源。
- 铁场水库位于厂址 NNW 方位约 12km 处，总库容为 143 万 m^3 ，正常库容为 114.5 万 m^3 ，集雨面积 4.52 km^2 ；水库是以供水为主，兼顾防洪及改善水环境等综合利用水利工程，主要向苍南水务南部供水有限公司供水。
- 云遮水库位于厂址 NW 方位约 13km 处的岱岭畲族乡福掌村内，总库容为 286 万 m^3 ，正常库容为 224 万 m^3 ，集雨面积 8.03 km^2 。云遮水库工程是以供水为主，兼顾防洪及改善水环境等综合利用水利工程。水库于 2019 年 1 月开始蓄水，已于 2019 年底开始向苍南水务南部供水有限公司供水。

厂址半径 15km 范围内主要涉及马站、霞关和沿浦镇，这 3 镇居民用水主要由苍南水务南部供水有限公司供水。苍南水务南部供水有限公司目前以铁场水库（厂址 NNW 方位约 12km）和云遮水库（NW 方位约 13km 处）为水源，以十八孔水库（厂址 NW 方位约 12km）为备用水源，日可供水量为 1.75 万 m^3/d ，平均日供水 7600 多 t。铁场水库设计供水规模 2 万 m^3/d ，远期扩建至 4 万 m^3/d 。

厂址近区地下水文地质单元主要为大垄~小槽水文地质单元、南坪~长沙水文地质单元和库下~兰滩水文地质单元。大垄~小槽水文地质单元居民主要集中于小槽村一带，生活饮水多采用民井作为饮用水源，水井多建于汇水相对较好的地势平缓山坡，并经

人工铺设皮管外接至下游自建水仓。单井涌水量多为 2~5t/d，每户一井，相互独立，总体上民井水量小、接水距离远、分布散。南坪~长沙水文地质单元内的自来水供水已经基本普及通至每户，水井主要用途基本为居民洗紫菜之用。库下~兰滩水文地质单元所见民井较少，民井已荒废多年，使用量很少，井水水质多已腐化，当地居民生活用水均由苍南水务南部供水有限公司统一供给。

2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区

苍南文蛤省级水产种质资源保护区位于厂址 NNE 方位约 10.5km 的风湾水域，保护区总面积约 39hm²，其中核心区面积 7.44hm²，试验区面积 31.36hm²。核心区主要目标为保护文蛤种质资源，适当进行当地苗种的增殖放流。试验区主要目标为减少周边群众对核心区的影响，允许周边村民在不影响文蛤生产环境、资源等前提下进行适量的生产活动、休闲活动。除此之外，厂址半径 10km 范围内没有其他自然保护区。

厂址半径 10km 范围内没有国家级的风景名胜区，有 1 处省级风景名胜区——浙江滨海-玉苍山省级风景名胜区，另有近年新兴起的无景点旅游休闲方式所涉及的蒲壮所城、中魁村、霞关村和长沙村等。

浙江滨海-玉苍山省级风景名胜区分为滨海和玉苍山两个部分，其中，滨海部分由炎亭、渔寮两大景区组成；玉苍山部分由玉苍山、莒溪和玉龙湖三大景区组成。另有两个独立景点为疳步头和蒲城景区。其中只有渔寮景区位于厂址半径 10km 范围内。渔寮景区是 AAA 级旅游景区，面积约 23km²，位于马站镇，厂址 N~NNE 方位 5~10km。雾城村为月亮湾沙滩所在地，位于厂址 N 方位 9km 附近，为近年来新开发建设的旅游项目。

沛垒沙滩位于厂址 NNW 方位约 1.7km，取水口的 NNW 方位约 2.2km，排水口的 NW 方位约 4.2km。当地政府拟对该沙滩进行旅游开发，建设沛垒沙滩旅游区。2022 年 7 月苍南县人民政府发文《苍南县人民政府关于同意实施霞关镇沛垒沙滩旅游区控制性详细规划（修改）的批复》（苍政函〔2022〕91 号）同意实施《霞关镇沛垒沙滩旅游区控制性详细规划（修改）》。根据规划，沛垒沙滩旅游区范围为北至大鼻头，南至柳垄沙滩，西至陈家坪村乡道，东至沙滩海岸线，总规划面积 1.4987km²，分三期建设。沛垒沙滩旅游区一期项目规划建设高等级度假酒店及主题酒店等设施，后续规划打造集休闲度假、创意娱乐、研学教育、康体疗养为一体的滨海旅游度假目的地。

根据规划，沛垒沙滩旅游区常住人员仅为景区工作人员，包括直接服务人员，后勤管理人员及间接服务人员。常住人员近期（2022-2024 年）为 500 人，远期（2028-2030 年）为 600 人。流动人员为过夜游客和一日游游客，其中过夜游客近期为 1000 人，远期为 3500 人；一日游游客近期为 1000 人，远期为 3000 人。根据规划，沛垒沙滩旅游区位于三澳核电厂规划限制区内，区内未规划建设可能威胁核设施安全的设施，同时，旅游区交通便捷，人员应急撤离可行，与核电厂建设基本相容。后续在规划实施过程中，建设单位将进一步关注旅游区与核电厂建设的协调性，尤其是在制定场外应急计划时，特别关注旅游区人员的应急。

厂址半径 10km 范围内有国家级文物保护单位 1 处，省级文物保护单位 3 处，县级文物保护单位 12 处。国家级文物保护单位为蒲壮所城，位于厂址 NW 方位约 9km。距离厂址最近也是半径 5km 范围内唯一的文物保护单位是位于厂址 WSW 方位约 2.8km 处霞关南坪村的南坪革命纪念室，为县级文物保护单位。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产概况

厂址周围地区耕地以水田为主，粮食耕种平原地区以水稻种植为主，山区以甘薯种植为主，其它还有杂粮、蔬菜、茶叶以及水果等种植。

水稻是厂址地区主要的粮食作物，兼有大小麦、大豆、蚕豌豆、玉米等。油料作物主要是油菜和少量的花生、芝麻等。经济作物主要有烟草、麻类、棉花、蚕桑、药材等。

水果品种较多，产量最多的是柑橘类。其中四季柚、马站葡萄是苍南县地方特产，其次是杨梅、柿子和桃子。蔬菜种类较多，其中西红柿、蘑菇、荔枝等为当地特色生态农产品。此外，厂址周围地区种植西瓜、甜瓜也较多。

厂址半径 5km 范围内的粮食、水果、蔬菜等农作物基本在当地消费，苍南县生产的农产品除部分优质水果和蔬菜外销外，其余主要由当地销售。厂址附近居民主要在自家土地零散种植粮食、蔬菜等供自己食用。

2.3.2.2 副业生产概况

厂址周围地区畜禽饲养种类有猪、家禽（鸡、鸭和鹅）、大牲畜、羊及兔子等。

大牲畜以牛为主，奶牛的饲养量很少。

2.3.2.3 其它陆生资源概况

— 林业资源

苍南县森林的地带性植被为中亚热带常绿阔叶林，分属于中亚热带常绿阔叶林南部亚地带浙南、闽中山丘、栲类、细柄蕈树林区，浙东南丘陵、低山、栲类、细柄蕈树林区雁荡丘陵低山植被片，具有现代森林植被种类丰富、地理成分复杂的特点。

厂址半径 10km 范围内的马站镇，霞关镇和沿浦镇森林生态总体情况良好，以天然林为主，次生植被为辅，人工林相对较少；在森林树种结构上，以马尾松为优势树种的针叶林面积为主，森林整体生态效益较好。

— 矿产资源

厂址所在苍南县矿产资源诸多，非金属矿藏已发现 43 处，17 个种类，已探明的矿产有明矾石、高岭土、叶蜡石等 10 多种。明矾矿石储量为 16216 万 t，占全国储量的 80%，占全世界储量的 60%，矾山镇有“世界矾都”之称。苍南县境内矿产资源目前开发利用的矿种主要有 3 种，分别是明矾、建筑石料、矿泉水。其中明矾石主要用于钾明矾、铵明矾生产；建筑石料矿山主要分布于沿海、平原及城镇周边，采用机械化开采，产品主要用于海涂围垦、建筑、公路及市政设施建设；矿泉水主要用于桶装天然饮用矿泉水的生产。

根据原浙江省国土资源厅《关于中广核浙江三澳核电厂工程建设用地范围内无重要矿床压覆的证明》（浙土资储压字〔2016〕6 号），中广核浙江三澳核电厂工程建设用地范围内无重要矿床压覆。目前，厂址区域范围内有一个开采区块 SC8，为三澳核电厂工程苍南县霞关镇三澳村建筑用石料（凝灰岩）矿，资源量为 4680.95 万 t，开采规模为大型，开采石料主要供应三澳核电厂工程场地回填平整或外运。上述厂址区域范围内的建筑用石料（凝灰岩）矿非重要矿床。

此外，厂址半径 10km 范围内有 CQ10（苍南县霞关镇兴霞村霞关港矿地综合开发利用项目建筑用石料矿）和 CQ11（苍南县霞关镇瑶洞村北关山建筑用花岗岩矿）两个开采规划区块，CQ10 位于厂址 SW 方位 4.7km 处，CQ11 位于厂址 S 方位 4.8km 处。

根据《苍南县霞关港矿地综合开发利用项目可行性研究报告》（2022 年 9 月），厂址半径 10km 范围内规划进行苍南县霞关港矿地综合开发利用项目，位于厂址 SW

方位 4.7km 处，矿区涉及苍南县霞关镇新林村、兴霞村、瑶洞村等，总面积 1917681.82m²（约 2876.52 亩），开采标高+163.59m~+10m。矿石自然类型为流纹质含角砾晶屑熔结凝灰岩，工业类型为普通建筑石料，资源总储量约为 27000 万 t。项目预计于 2024 年竣工验收并投入使用，运营期为 12 年。项目达产后，总生产规模为 2092 万 t/年。

2.3.2.4 陆生生态系统概况

根据《中广核浙江三澳核电厂一期工程陆域生态环境调查及评价报告》（2020 年 10 月），厂址半径 10km 范围生态环境状况优，植被覆盖度高，生物多样性丰富，生态系统稳定。本节给出了厂址半径 10km 范围内的陆生生态环境状况。

2.3.2.4.1 植被特点

（1）区域植被类型

调查范围内有 8 个植被型组，16 个植被型，53 个群系，其中栽培植被 19 个群系。

1) 针叶林

包括湿地松林、马尾松林以及黑松林，其中湿地松林分布于马站、顶湾等地的山坡上，人工栽培起源。马尾松林在调查区内的山坡上广泛分布。黑松林包括黑松——柃木——白茅+五节芒群丛和黑松——白茅幼林群丛，前者在厂区内有分布，后者分布于北关岛。

2) 针阔叶混交林

包括分布在马站、渔寮、陈家湾等地的山坡上的马尾松+枫香针阔叶混交林，以及分布在渔寮、木林村等地的山坡上的马尾松+黑荆树针阔叶混交林。

3) 阔叶林

— 落叶阔叶林：包括分布在北关岛中上坡、山脊上的山合欢矮林，分布在霞关、鸡头鼻、木林村等地中下坡山岙中的枫香林，分布在北关岛山坡和基岩海岸上的日本野桐幼林，分布在陈湾村、厂区、北关岛等地中上坡和山脊上的椿叶花椒幼林。

— 常绿落叶阔叶混交林：主要分布在渔寮、木林村、虎头鼻等地，见于村旁及滨海山坡上的香樟常绿落叶阔叶混交林。

— 常绿阔叶林：包括分布在霞关、沿浦、木林村、虎头鼻等地，见于中下坡、山麓和村旁的台湾相思群系；分布在沿浦、十五亩村、北关岛等地，见于土层

深厚的山坡上的黑荆树群系；分布在南关岛、霞关、木林村、虎头鼻、北关岛等地的滨海山坡、基岩海岸上的木麻黄林；分布在渔寮、王孙村等地，见于山脚、村旁的香樟林；分布在南关岛、虎头鼻、厂区等地，见于山麓、山脚、路旁、村旁，人工栽培起源的大叶桉群系；分布在南关岛的山坡上、山岙中的鹅掌柴林。

4) 竹林

— 丛生竹林：包括分布在大瓦厝、厂区等地山麓、村旁，人工栽培起源的绿竹群系以及分布在渔寮、霞关、鸡头鼻等地村旁，人工栽培起源的麻竹群系。

— 散生竹：包括分布在马站、顶湾、十五亩村等地的山坡上、山岙里的水竹群系和分布在渔寮、木林村、虎头鼻等地的村旁，人工栽培起源的毛竹林群系。

5) 灌丛

— 海州常山群系：主要为分布在北关岛的中上坡的海州常山群系。

— 常绿灌丛：包括分布在北关岛的面海基岩海岸上的滨柃灌丛，分布在陈湾村、厂区的滨海山坡上的柃木灌丛。

6) 草丛

— 山地草丛：包括分布在大瓦厝、马站、沿浦等地的路边荒地、荒田上的小飞蓬群系；广泛分布，多见于荒废的农田、耕地中的五节芒群系；分布在马站、顶湾等地的山坡上，多见于中上坡的路边荒地、荒废耕地中的芒群系；分布在北关岛路边荒地及荒废农田中的苍耳群系。

— 蔓生草丛：主要为分布在南关岛、厂区的荒废耕地上的越南葛群系。

— 湿地草丛：包括浮叶植物植被型、沼生植物植被型和湿生植物植被型。浮叶植物植被型主要为分布在南关岛水塘中的野菱群系；沼生植物植被型包括分布在大瓦厝咸水塘中的海三棱蔗草群系，分布在大瓦厝咸水塘中的糙叶藎草群系，分布在沿浦、大瓦厝等地水塘中的芦苇群系，分布在木林村滨海滩涂上的互花米草群系，分布在渔寮、垞心、大厝基水田或荒废水田中的菰群系；湿生植物植被型包括分布在厂区、马站等地水塘、岸边的芦竹群系，分布在沿浦、陈湾村等地水塘边的柔枝莠竹群系，分布在北关岛荒废农田中的野灯心草群系，分布在马站、大厝基等地荒废水田中的戟叶箭蓼群系。

7) 滨海砂生植被

— 草本砂生植被：包括分布在渔寮、马鼻、大瓦厝沙滩的矮生藁草群系，分布在渔寮、大瓦厝的沙滩上的狗牙根群系，分布在大瓦厝沙滩上的厚藤群系，分布在南关岛的沙滩上的卡开芦群系，分布在南关岛、大瓦厝等地的滨海沙滩上的铺地黍群系。

— 木本砂生植被：主要为分布在南关岛、大瓦厝等地沙滩上的单叶蔓荆群系。

8) 其它栽培植被

— 木本栽培植被：分布在芋园的山坡上的油茶群系，分布在岭角、大厝基、陈湾村的山坡上的茶群系，分布在马站、沿浦、木林村等地的山坡上的柑橘群系，在区内内陆的山坡上广泛分布四季柚群系，分布在木林村的山坡上的栀子群系，分布在渔寮、垟心等地的农田中、村旁的桑群系，分布在马站、木林村、陈家湾等地的山坡上的杨梅群系。

— 草本栽培植被：包括分布在南关岛、霞关、鸡头鼻、陈家湾等地村旁、山麓的大蕉群系，在内陆平原、坡耕地、村旁上广泛分布的果、蔬作物，分布在渔寮、马站等地的平原、耕地上的稻群系。

9) 区域植物关键种、土著种、建群种、优势种、特有种及优势种

— 关键种：就区域实际而言，陆地主要生态系统从以前的荒山到以人工为主的黑松、马尾松纯林，再经近二十余年近自然地演替，形成如今稳定的植物组成和群落。这过程基本属于自然演替，并未发生关键物种制约的情况。调查结果显示，区域内未发现十分特别的关键物种。

— 土著种：根据调查，项目区分布的植物除去入侵物种 59 种和栽培物种 161 种，余下的土著植物有 524 种。

— 建群种、优势种：区域内陆地生态系统的主体是森林生态系统，其中占据优势的植物群落为阔叶林和针阔叶混交林，其次为灌丛。建群种主要包括：阔叶林建群种（包括枫香树、朴树、日本野桐等落叶树种和香樟、冬青属等常绿树种）、针阔叶混交林建群种（黑松、马尾松 2 种常绿针叶树和枫香、香樟、冬青属等阔叶树种）和灌丛建群种（滨柃、柃木、櫟木、密花树等）。

— 特有种：调查区域所在的苍南县地处浙东南沿海，生境与周边、浙闽沿海一致，不存地理隔离等情况。在厂区及其周边区域记录到的野生植物及栽培高等植物均为浙江沿海广泛分布的常见种。

10) 自然植被与人工植被情况

- 自然植被：调查区内的自然植被主要有以马尾松、黑松为建群种的针叶林；以白栎、枫香、朴树、木荷冬青为主要建群种的阔叶林；以毛竹主要为建群种的竹林；以檫木、柃木、滨柃为主的灌丛；以白茅、五节芒、芒萁为主的草丛；以碱蓬属、单叶蔓荆、芦苇为代表滨海盐生、沙生植被以及以浮萍、凤眼莲为主的水生植被。自然植被的演替根据生境不同可分为丘陵植被演替，滨海盐土植被演替，滨海沙土植被演替。
- 人工植被：调查区现状植被人工植被主要为黑松林、毛竹林、互花米草群落、各种农作物群落、木本栽培植被等，它们的具体分布除受自然条件所控制外，还深受人类经营目的、习惯的制约。如近村庄的丘陵缓坡地以各种木本经济林（园）、果园、竹林和坡地旱地作物群落为主。灌丛、草丛也多为人类破坏后所形成的次生类型；残存的各种次生阔叶林也与人类活动有关。

(2) 核电厂厂区内植被

厂区内有 6 个植被型组，9 个植被型，10 个群系，无名树古木分布。具体有：

1) 针叶林

- 马尾松林：群落在厂区的内陆山坡上广泛分布。乔木层以马尾松占绝对优势，伴生种少，偶见有日本野桐、枫香、山合欢、香樟等。灌木层发育良好，以柃木占优势，伴生种有截叶铁扫帚、掌叶覆盆子、柞木、天仙果、日本野桐、美丽胡枝子、地蕊、盐肤木、鹅掌柴、华山矾、过山枫、枫香等。草本层发育良好，以芒萁占优势，伴生种有芒、狗尾草、五节芒、鸭嘴草、刺齿凤尾蕨、变异鳞毛蕨、三脉紫菀等。层间植物有薛荔、海金沙、小果菝葜、心萼薯、金樱子等。
- 黑松林：群落在厂区的滨海山坡上有分布。乔木层以黑松占绝对优势，伴生种较少，偶见有椿叶花椒、朴树等。灌木层发育良好，以柃木占优势，伴生种有喙果黑面神、茅莓、密子豆、鹅掌柴、榕木、掌叶覆盆子、华山矾等。草本层发育良好，以白茅、五节芒占优势，伴生种有野艾蒿、一点红、翅果菊、圆果雀稗、山菅、芒萁、滨海假还阳参、艳山姜、大吴风草、华南毛蕨、茵陈蒿等。层间植物有海金沙、越南葛、小果菝葜、蛇葡萄、滨海鸡矢藤等。

2) 阔叶林

- 椿叶花椒幼林：群落分布在厂区坡耕荒地上。群落以椿叶花椒占绝对优势，伴生种有茶、掌叶覆盆子、鹅掌柴、臭辣树、地葱、盐肤木、日本野桐等。草本层发育良好，以五节芒、白茅占优势，伴生种有芒、芒萁、豨莶、矮蒿、鬼针草、藿香蓟、杠板归等。层间植物有海金沙、小果菝葜等。
- 大叶桉群系：群落分布在厂区，见于山脚、路旁，人工栽培起源。乔木层以大叶桉占绝对优势，伴生种有鹅掌柴、朴树、马尾松、乌桕、黑松、麻竹、川楝等。灌木层发育良好或较差，主要以日本野桐占优势，伴生种见有杜虹花、盐肤木、小果蔷薇、粗糠柴、杜虹花、鹅掌柴、天仙果、朴树、过山枫乌桕等。草本层发育良好，以五节芒占优势，伴生种有接骨草、白花败酱、黄背草、鸭嘴草、升马唐、山菅、伏毛苧麻、大狗尾草、香丝草、华南毛蕨、井栏边草、黄瓜菜、鬼针草等。层间植物有越南葛、薛荔、海金沙等。

3) 竹林

- 绿竹林群：群落分布在厂区的山脚，人工栽培起源。群落中绿竹其下植物发育较差，间有朴树、野蔷薇、粗糠柴等木本植物，火炭母、贴毛苧麻、柔枝莠竹、毛草龙、箭叶蓼、野灯心草、大蕉等草本植物以及越南葛、葎草、乌菟莓等层间植物。

4) 灌丛

- 柃木灌丛：群落分布在厂区的滨海山坡上。灌丛以柃木占优势，伴生种有雀梅藤、榕木、梔子、吕宋荚蒾、野山楂、地葱、掌叶覆盆子、北江堯花等。草本层生长茂盛，以芒萁、白茅等占优势，伴生种有石芥苧、野古草、蕨、金色狗尾草、五节芒、芒、一枝黄花、野青茅等。层间植物有海金沙、小果菝葜、网络崖豆藤等。

5) 草丛

- 五节芒群系：群落在厂区内广泛分布，多见于荒废的农田、耕地中。草丛以五节芒占绝对优势，伴生种有大花鬼针草、翅果菊、芒萁、铁苋菜、藿香蓟、夜香牛、大狼把草、香丝草、辣蓼、钻形紫菀等。群落中见有苦楝、掌叶覆盆子、杜虹花、椿叶花椒等木本植物及越南葛等藤本植物侵入。
- 越南葛群系：群落分布在厂区的荒废耕地上。群落中越南葛覆盖在五节芒上，群系内无伴生种，周边有喙果黑面神/小果蔷薇、盐肤木、地桃花等木本植物，

有白花败酱、鬼针草、芒萁、蕨、有芒鸭嘴草、野艾蒿、一点红、翅果菊、糠稷、小飞蓬、钻形紫菀、龙爪茅、糠稷等草本植物，以及有海金沙、千金子等藤本植物。

一 芦竹群系：群落分布在厂区的水沟边。群落中芦竹，其下铺地黍，生长茂盛，伴生种有野紫苏、野灯心草、钻形紫菀、鸭跖草、葎草等。

6) 其它栽培植被

一 四季柚群系：群落在厂区山脚坡耕地上，现已荒。群落中四季柚，伴生种有野梧桐、苦楝、朴树、粗糠柴等。草本层发育良好，以糠稷、藿香蓟等占优势，伴生种有火炭母、牛筋草、翅果菊、柔枝莠竹、加拿大蓬、山菅、五节芒、狗尾草、龙葵、喜旱莲子草、铁苋菜、升马唐、野老鹳草、叶下珠、井栏边草、柔枝莠竹等。层间植物葎草、心萼薯、木防己等。

(3) 植被特点

厂址所处的苍南县在植被区划上属于中亚热带常绿阔叶林南部亚地带，建群种上有鹅掌柴林、大叶桉群系、台湾相思群系等，伴生种上如艳山姜、越南葛、樟叶槭、铺地黍、车桑子等，均体现出区域植物区系特色。

调查区域处在东海之滨，植被类型中带有明显的滨海特色，如有以厚藤、矮生薑草、单叶蔓荆等为建群种的滨海砂生植被，有以海三棱藨草、互花米草等为建群种的滨海盐沼植被，以及仅在滨海分布的滨柃灌丛、柃木灌丛、日本野桐群系等。此外，受海风、海雾的影响，面海植被呈现出外貌低矮，植株多分枝，冠幅斜伸的特点。

调查区内原生植被几乎被破坏殆尽，仅在少量不适宜耕作的地方，残留有原生植被，但面积都较小。现有的大量植被，如四季柚群系、大叶桉群系、麻竹群系、台湾相思群系等都是人工栽培起源，而大面积分布的五节芒群系、小飞蓬群系等，多是坡耕地被抛荒后，自然演替新成，均表现出活跃的人为活动痕迹。调查区域植物多样性一般。

依据《国家重点保护野生植物名录（第一批）》和《浙江省重点保护野生植物名录（第一批）》统计，厂址半径 10km 范围内共发现重点保护野生植物 6 种，隶属于 5 科 6 属。其中被列为国家级重点保护野生植物 2 种：樟（广布于长江以南各省）和花榈木（仅在虎头鼻附近发现 1 株成树，距离厂址超过 7km），列为浙江省重点保护野生植物 4 种，分别是：龙须藤（主要见于北关岛，距离厂址约 2km）、柃木（分布于

全省沿海各县及海岛）、桃金娘（主要见于北关岛，数量约 500 株左右，距离厂址约 2km）、蔓九节（主要分布于下在村至虎头鼻的沿海山坡上，距离厂址超过 6km）。这些野生重点保护植物濒危程度都属无危（LC）等级。调查区域未见真正意义上的珍稀濒危野生植物，也非珍稀濒危野生植物的天然分布区。

2.3.2.4.2 陆域脊椎动物

针对调查区开展了秋季（2019 年 10 月）和冬季（2020 年 1 月）的两次调查，记录陆生脊椎动物 89 种，其中两栖动物 5 种，隶属于 1 目 4 科 5 属；爬行类 6 种，隶属于 1 目 5 科 6 属；鸟类 66 种，隶属于 10 目 38 科 56 属；兽类 12 种，隶属于 4 目 7 科 10 属。

（1）两栖纲

调查区域内共记录两栖类动物 5 种，分属 1 目（无尾目）4 科 5 属。其中国家二级保护动物 1 种，即虎纹蛙。省重点保护动物 1 种，即斑腿泛树蛙。其他 3 种为黑眶蟾蜍、泽陆蛙、镇海林蛙。优势种为泽蛙类、黑框蟾蜍。

（2）爬行纲

调查区域内共记录爬行类动物 6 种，分属 1 目（有鳞目）5 科 6 属，分别为北草蜥、铜蜓蜥、黄斑渔游蛇、灰鼠蛇、中国水蛇、银环蛇。优势种为北草蜥和铜蜓蜥。没有发现国家级和省级保护野生动物。

（3）鸟纲

调查区域内共记录鸟类 66 种，分属 10 目 38 科 56 属。鸟类中雀形目 26 科 36 属 41 种，占整个区内鸟类物种总数量的 62.1%。非雀形目 9 目 12 科 20 属 25 种，占总数量的 37.9%。非雀形目鸟类中以鸨形目最多，共 8 种；鸨形目次之，共 6 种；雁形目、鹰形目、隼形目、鸽形目各 2 种；鹬鸟目、鸡形目、鹤形目各 1 种。鸟类以留鸟为主，繁殖鸟占主要优势。

根据调查，鸟类以东洋界种占主要优势。鸟类优势物种有白鹭、白头鹎、苍鹭、黑腹滨鹬、灰头鹁、绿翅鸭、麻雀、青脚鹬，共 8 种；常见种有暗绿绣眼鸟、白鹡鸰、斑嘴鸭、北红尾鹟、纯色山鹧鸪、大白鹭、大山雀、红头长尾山雀等 14 种；偶见种有池鹭、反嘴鹬、黑脸噪鹛、黑尾鸥、红头穗鹛、画眉、灰眶雀鹛、家燕等 14 种，少见种有白腹凤鹛、白胸苦恶鸟、白腰草鹬、斑文鸟、叉尾太阳鸟、黑短脚鹬、黑喉石鹇、黑鸢等 30 种。

调查区所在的浙江沿海地处“东亚-澳大利亚”候鸟迁徙通道，每年都有数以万计的候鸟飞抵浙江越冬或停歇补给。根据浙江省近三年的候鸟监测结果，项目区所在的区域不是浙江候鸟的集中分布区，不属于全省 53 个重点区域。项目区所在的区域的候鸟在数量、种类远不及其他海湾区域。调查区域鸟类多样性与周边、全省沿海一致。由于“东亚-澳大利亚”候鸟迁徙通道的宽度超过浙江省东西宽度，加之调查区域无特殊鸟种、项目用地面积有限，所以影响有限，不会对当地鸟种的数量和分布带来明显影响。

（4）哺乳纲（兽类）

调查区共记录兽类 12 种，分属 4 目 7 科 10 属。其中劳亚食虫目 1 科 1 种，占兽类物种总数的 8.3%；翼手目 2 科 4 种，占 33.3%；啮齿目 2 科 5 种，占 41.7%；偶蹄目 2 科 2 种，占 16.7%。兽类需按体型大小区分为大型兽类和小型兽类。大型兽类的优势种为野猪、小鹿。小型兽类的优势种为北社鼠、褐家鼠。调查区没有发现国家和省级重点保护野生动物。

（5）野生保护或珍稀濒危、特有动物

调查区域地处苍南县沿海，地貌以滩涂平原和沿海矮丘为主，生境单一，野生脊椎动物多样性一般，不是珍稀濒危野生动物物种的天然集中分布区。记录的野生动物中属国家二级重点保护野生动物 6 种，分别为虎纹蛙、黑鸢、红隼、普通鸢、岩鹭和游隼，其中 5 种鸟类均为猛禽类，因猛禽飞行能力强，分布范围广，游荡式活动，调查区域并非天然集中分布区，属偶尔游弋出现被记录到，虎纹蛙也属于浙江常见种。记录的野生动物中属省级重点保护野生动物 8 种（均为浙江常见种，不是浙江省的重点分布区），分别为斑腿泛树蛙、斑嘴鸭、绿翅鸭、黑尾鸥、黄胸鹀、棕背伯劳、叉尾太阳鸟和画眉；被列入中国物种红色名录濒危等级易危及以上的有 6 种，分别是灰鼠蛇（VU，易危）、中国水蛇（VU，易危）、银环蛇（EN，濒危）、黄胸鹀（EN，濒危）、黑鸢（VU，易危）、小鹿（VU，易危）；被列入 IUCN 红色名录濒危等级易危及以上有 1 种，黄胸鹀（CR，极危）；中国特有野生动物 5 种，镇海林蛙、北草蜥、中国水蛇、银环蛇、乌鸫。

上述保护或珍稀濒危、特有动物中距厂址最近的为斑腿泛树蛙（WSW）和普通鸢（SW），均距厂址 1.1km。

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.3.1 渔业资源

苍南县沿海海域，北受瓯江、飞云江、鳌江，南受闽江、沙埕江等陆地径流影响，水质肥沃，饵料丰富，加之沿海滩涂广阔，岛屿众多，是众多海洋生物栖息、生长、繁殖的良好场所。苍南县的渔业资源丰富，近海渔场有海水鱼类 372 种，主要品种有带鱼、龙头鱼、梅童鱼、银鱼、刺鲳、鲳参鱼、蓝点马鲛鱼、朝鲜马鲛鱼、蓝园鲈、鲚鱼、石斑鱼、鲈鱼、黄姑鱼、白姑鱼、七星鱼、黄鲫、鲚鱼、鲻鱼、鳍马面鱼。贝类有 425 种，其中潮间带贝类 196 种，潮下带及浅海贝类 229 种，经济种类 169 种，以缢蛏、棒锥螺等为主。藻类有 168 种，以紫菜、萱藻、孔石莼、浒苔、石花菜为主。虾类 79 种，主要种类有中国毛虾、高脊管鞭虾、中华管鞭虾、哈氏仿对虾、长缝拟对虾、脊尾白虾、安氏白虾、日本对虾、周氏新对虾、须赤虾、细螯虾、大螯蛄虾等。蟹类 128 种，其中经济种类 39 种，主要种类有锯缘青蟹、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、日本蟳、锈斑蟳、锐齿蟳、武士蟳和中华绒螯蟹等。

苍南县近海滩涂面积 97.24km²，可利用滩涂 15 万亩，-10m 等深线浅海水域有 80.8 万亩，其中适宜养殖面积达 15 万多亩。目前主要养殖 20 多个品种，其中鱼类有大黄鱼、美国红鱼、石斑鱼、鲈鱼、黄姑鱼等；藻类有紫菜、海带、江蓠、羊栖菜等；贝类有贻贝、牡蛎和鲍鱼等；其他主要有刺参。苍南县滩涂资源主要分布在龙港、大渔、赤溪、沿浦和霞关等乡镇。滩涂片状形分布明显，主要由大渔湾滩涂、沿浦湾滩涂、江南滩涂和渔寮等沙滩以及岛屿周边的零星滩涂等组成。

厂址半径 15km 范围内涉及苍南县的霞关、马站、沿浦、赤溪和岱岭镇，其中岱岭镇为内陆乡镇，没有海水养殖；马站镇拥有对虾、三疣梭子蟹、鲳鱼、鳓鱼、马鲛鱼等生态海产品，且是知名“紫菜之乡”。

苍南县的水产养殖以海水养殖为主，淡水养殖相对较少。厂址附近的海水养殖主要分布在近岸海域，养殖种类主要为紫菜、大黄鱼、贝类等。距离厂址最近的海水养殖区位于厂址南方向约 2.5km 处，养殖面积约 216 亩，养殖品种为大黄鱼。

根据《苍南县养殖水域滩涂规划（2017-2030）》，核电厂厂址附近养殖水域滩涂划分为禁止养殖区、限制养殖区和养殖区 3 类。其中，核电厂南侧相邻水域为禁养区和限养区，厂址东北侧最近的养殖区距厂址约 5km，西南侧最近的养殖区距厂址约 1.8km。

2.3.3.2 海域生态概况

受建设单位委托，国家海洋环境监测中心于 2021~2022 年在厂址半径 15km 范围内海域开展了 4 个季度的海洋生态调查。4 次调查均布设 21 个调查站位。

生态调查时间：夏季：2021 年 8 月 21 日-23 日；秋季：2021 年 11 月 9 日-11 日；冬季：2022 年 1 月 13 日-15 日；春季：2022 年 4 月 2 日-4 日。

游泳动物和鱼卵、仔稚鱼调查时间：夏季：2022 年 7 月 2 日-6 日；秋季：2021 年 11 月 8 日-12 日；冬季：2022 年 1 月 7 日-11 日；春季：2022 年 4 月 22 日-26 日

调查时排水口位置布设 2 个调查站位，分别为 3、4 号站位，取水口布设 1 个站位，为 28 号站位。

2.3.3.2.1 叶绿素 a

夏季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 5.10 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 1.42 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 3.08 $\mu\text{g/L}$ 。表层最大值出现在 17 号站，最小值出现在 33 号站。底层叶绿素 a 最大值为 4.31 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.87 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.40 $\mu\text{g/L}$ 。底层最大值出现在 17 号站，最小值出现在 33 号站。表底层叶绿素 a 浓度相当。

秋季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 9.94 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 2.37 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 4.38 $\mu\text{g/L}$ 。表层最大值出现在 40 号站，最小值出现在 6 号站。底层叶绿素 a 最大值为 10.3 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 1.61 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 4.53 $\mu\text{g/L}$ 。底层最大值出现在 17 号站，最小值出现在 9 号站。表底层叶绿素 a 浓度相当。

冬季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 2.19 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.74 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.17 $\mu\text{g/L}$ 。表层最大值出现在 2 号站，最小值出现在 28 号站。底层叶绿素 a 最大值为 1.36 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.67 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.03 $\mu\text{g/L}$ 。底层最大值出现在 9 号站，最小值出现在 11 号站。表底层叶绿素 a 浓度相当。

春季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 4.83 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.70 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.16 $\mu\text{g/L}$ 。表层最大值出现在 26 号站，最小值出现在 1 号站。底层叶绿素 a 最大值为 2.42 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.53 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.34 $\mu\text{g/L}$ 。底层最大值出现在 33 号站，最小值出现在 16 号站。底层叶绿素 a 浓度低于表层。

总体来看，4 季调查海域水体叶绿素 a 含量秋季>夏季>春季>冬季，表底层叶绿素 a 含量相当。

2.3.3.2.2 初级生产力

夏季: 调查海域初级生产力最大值为 $495.67 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 最小值为 $30.74 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 平均值为 $188.97 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。最大值出现在 16 号站, 最小值出现在 6 号站。

秋季: 调查海域初级生产力最大值为 $440.14 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 最小值为 $21.92 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 平均值为 $162.97 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。最大值出现在 40 号站, 最小值出现在 3 号站。

冬季: 调查海域初级生产力最大值为 $226.27 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 最小值为 $7.82 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 平均值为 $43.74 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。最大值出现在 9 号站, 最小值出现在 37 号站。

春季: 调查海域初级生产力最大值为 $563.64 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 最小值为 $13.42 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$, 平均值为 $119.00 \text{ mgC/m}^2\cdot\text{d}$ 。最大值出现在 17 号站, 最小值出现在 3 号站。

总体来看, 三澳核电厂 15km 调查海域初级生产力调查结果季节差异为夏季>秋季>春季>冬季。

2.3.3.2.3 浮游植物

厂址半径 15km 范围内海域水采共鉴定出 2 门 76 种, 其中硅藻 68 种, 占种类数的 89.47%; 甲藻 8 种, 占种类数的 10.53%。春季种类最为丰富, 冬季次之。硅藻为浮游植物的最主要类群, 无论种类数还是细胞总量均占绝对优势。

春季调查海域优势物种为中肋骨条藻、格氏圆筛藻、琼氏圆筛藻、虹彩圆筛藻、圆筛藻和角毛藻。夏季调查海域优势物种为尖刺拟菱形藻、旋链角毛藻和中肋骨条藻。秋季调查海域优势物种为颗粒直链藻和中肋骨条藻。冬季调查海域优势物种为具槽直链藻、中肋骨条藻、格氏圆筛藻、柔弱根管藻和斜纹藻。调查区域优势种种类较多, 中肋骨条藻为春、夏、秋、冬 4 个季度的浮游植物优势种。

4 个季度水采浮游植物平均密度为 $10673.86 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$, 密度变化范围在 $66.95 \times 10^4 \text{ cell/m}^3 \sim 40952.38 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 。

- 春季共检出浮游植物 2 门 41 种, 其中硅藻 36 种, 占种类数的 87.80%; 甲藻 5 种, 占种类数的 12.20%。各站位浮游植物细胞数量波动范围在 $(71.34 \times 10^4 \sim 283.89 \times 10^4) \text{ cell/m}^3$ 之间, 平均值为 $140.83 \times 10^4 \text{ cell/m}^3$ 。细胞数量最大值出现在 S33 号站, 最小值出现在 S25 号站。春季调查海域各站位生物多样性指数 (H')、均匀度 (J) 和丰富度 (d) 变化较大, 其范围分别为 1.97-3.06、0.7-0.92 和 0.52-0.96, 平均值分别为 2.48、0.82、0.70。
- 夏季共检出浮游植物 2 门 20 种, 其中硅藻 19 种, 占种类数的 95.00%; 甲

藻 1 种，占种类数的 5.00%。各站位浮游植物细胞数量波动范围在 $(0\sim 217000\times 10^4)$ cell/m³ 之间，平均值为 36448.28×10^4 cell/m³。细胞数量最大值出现在 S07 号站，最小值出现在 S35、S37 和 S38 号站。各站位生物多样性指数 (H')、均匀度 (J) 和丰富度 (d) 变化较大，其范围分别为 0.76-2.64、0.52-0.96 和 0-0.48，平均值分别为 1.63、0.79、0.17。

- 秋季共检出浮游植物 2 门 20 种，其中硅藻 19 种，占种类数的 95.00%；甲藻 1 种，占种类数的 5.00%。各站位浮游植物细胞数量波动范围在 $(0\sim 9970\times 10^4)$ cell/m³ 之间，平均值为 1157.48×10^4 cell/m³。细胞数量最大值出现在 S14 号站，最小值出现在 S01、S03、S04、S06、S07、S16、S26、S27、S30、S35 和 S37 号站。各站位生物多样性指数 (H')、均匀度 (J) 和丰富度 (d) 变化较大，其范围分别为 0.73-2.24、0.42-1 和 0-0.54，平均值分别为 1.42、0.64、0.23。
- 冬季共检出浮游植物 2 门 34 种，其中硅藻 30 种，占种类数的 88.23%；甲藻 4 种，占种类数的 11.76%。各站位浮游植物细胞数量波动范围在 $(18.69\times 10^4\sim 226.42\times 10^4)$ cell/m³ 之间，平均值为 66.95×10^4 cell/m³。细胞数量最大值出现在 S26 号站，最小值出现在 S16 号站。各站位生物多样性指数 (H')、均匀度 (J) 和丰富度 (d) 变化较大，其范围分别为 0.73-2.75、0.46-1 和 0.13-0.7，平均值分别为 1.79、0.85、0.39。

总体来看，浮游植物生物多样性较差，各种类间个体分布不均匀，结构稳定性较差。

2.3.3.2.4 浮游动物

4 个航次调查共记录浮游动物 139 种，以桡足类种类最多，其次为浮游幼虫，再次为水母类。个体密度以桡足类占优势。在数量百分比中，种类数以桡足类和水母类居多。

春季共鉴定浮游动物 13 类 69 种，总个体密度 I 型（大网）优势种：中华哲水蚤、大西洋五角水母、百陶箭虫、磷虾幼体、疣真囊水母、瓜水母；II 型（中网）优势种有：夜光虫、近缘大眼剑水蚤、拟长腹剑水蚤、小拟哲水蚤。夏季共鉴定浮游动物 15 类 86 种，总个体密度 I 型（大网）优势种：肥胖箭虫、齿形海萤、强额拟哲水蚤、短尾类溞状幼虫；II 型（中网）优势种有：强额拟哲水蚤、拟长腹剑水蚤、精致真刺水蚤、肥胖箭虫、短尾类溞状幼虫、亚强次真哲水蚤、小毛猛水蚤等。秋季共鉴定浮游

动物 11 类 69 种，总个体密度 I 型（大网）优势种：百陶箭虫、强额拟哲水蚤、驼背隆哲水蚤；II 型（中网）优势种有：拟长腹剑水蚤、亚强次真哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、小拟哲水蚤、筒长腹剑水蚤。冬季共鉴定浮游动物 10 类 55 种，总个体密度 I 型（大网）优势种：中华哲水蚤、百陶箭虫、肥胖箭虫、针刺拟哲水蚤、背针胸刺水蚤、太平洋纺锤水蚤、微驼隆哲水蚤等；II 型（中网）优势种有：拟长腹剑水蚤、小拟哲水蚤、筒长腹剑水蚤。浮游动物优势种有较明显的季节更替现象优势度。

4 季调查浮游动物生物量均值为 328.88 mg/m^3 ，秋季最高为 572.04 mg/m^3 ，夏季、春季次之分别为 453.19 mg/m^3 、 235.63 mg/m^3 ，冬季最低为 54.64 mg/m^3 。

- 冬季调查海域浮游动物生物量平均值为 54.64 mg/m^3 ，各站位生物量波动范围在 $(5.29\sim 102.56) \text{ mg/m}^3$ 之间，生物量最大值出现在 S15 号站，最小值出现在 S06 号站，分布呈现出测区西部近岸水域高于东部外海水域的分布趋势。
- 春季调查海域浮游动物生物量平均值为 235.63 mg/m^3 ，各站位生物量波动范围在 $(11.90\sim 875.00) \text{ mg/m}^3$ 之间，生物量最大值出现在 S17 号站，最小值出现在 S11 号站，呈现出测区北部近岸水域高于南部外海水域的分布趋势。
- 夏季调查海域浮游动物生物量平均值为 453.19 mg/m^3 ，各站位生物量波动范围在 $(91.15\sim 1002.5) \text{ mg/m}^3$ 之间，生物量最大值出现在 S25 和 S26 号站，最小值出现在 S38 号站，分布格局由近岸向外海逐渐递减。
- 秋季调查海域浮游动物生物量平均值为 572.04 mg/m^3 ，各站位生物量波动范围在 $(143.33\sim 1256.00) \text{ mg/m}^3$ 之间，生物量最大值出现在 S37 号站，最小值出现在 S14 号站，分布格局与春夏两季相同，呈现外海低于近岸的分布趋势。

四个季度总个体密度均值为 5639 ind/m^3 ，季度变化为春季>冬季>夏季>秋季。

各测站浮游动物总个体密度 I 型（大网）和 II 型（中网）数量差异较大，相差超 2 个数量级。

I 型网：

- 冬季大型浮游动物数量平均为 82.77 ind/m^3 ，各站位数量波动范围在 $(13.62\sim 226.36) \text{ ind/m}^3$ 之间，S01 数量最多，S09 数量最少；
- 春季大型浮游动物数量平均为 142.10 ind/m^3 ，各站位数量波动范围在 $(24.64\sim 420) \text{ ind/m}^3$ 之间，S27 数量最多，S11 数量最少；
- 夏季大型浮游动物数量平均为 884.86 ind/m^3 ，各站位数量波动范围在

（355~2380）ind/m³之间，S26 数量最多，S14 数量最少；

- 秋季大型浮游动物数量平均为 382.24 ind/m³，各站位数量波动范围在（58~760）ind/m³之间，S18 数量最多，S16 数量最少。

II型网：

- 冬季中、小型浮游动物数量平均为 11300.62 ind/m³，各站位数量波动范围在（374~52980）ind/m³之间，S03 数量最多，S40 数量最少，调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布；
- 春季中、小型浮游动物数量平均为 14952.82 ind/m³，各站位数量波动范围在（336~78346）ind/m³之间，S33 数量最多，S04 数量最少，调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布；
- 夏季中、小型浮游动物数量平均为 9237.86 ind/m³，各站位数量波动范围在（377~23300）ind/m³之间，S18 数量最多，S14 数量最少，调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布；
- 秋季中、小型浮游动物数量平均为 8130.10 ind/m³，各站位数量波动范围在（3073~15600）ind/m³之间，S26 数量最多，S01 数量最少，调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布。

2.3.3.2.5 大型底栖生物

冬季：经初步鉴定共有大型底栖生物 8 门 33 种。其中环节动物 15 种，节肢动物 7 种，软体动物 4 种，棘皮动物和纽形动物各 2 种，刺胞动物、脊索动物和蠕虫动物各 1 种。大型底栖生物平均总密度为 118.10ind./m²，各站底栖生物密度在（20~270）ind./m²之间，总密度分布差异较大。大型底栖生物中蠕虫动物密度最高，环节动物次之。大型底栖生物的平均总生物量为 28.51g/m²，蠕虫动物生物量比例最高，其次是节肢动物。各站位中底栖生物总生物量在（0.2~119.2）g/m²之间，总生物量的分布差异较大。冬季该海域大型底栖生物群落中的优势种和主要种有：不倒翁虫、短吻铲荚蠕、寡鳃齿吻沙蚕、丝异须虫、圆筒原盒螺。

春季：经初步鉴定共有大型底栖生物 8 门 36 种。其中环节动物 15 种，节肢动物 5 种，软体动物 7 种，棘皮动物 5 种，纽形动物、蠕虫动物、刺胞动物和脊索动物各 1 种。大型底栖生物的平均总密度为 75.24ind./m²。各站位底栖生物密度在（0~230）ind./m²之间，大型底栖生物中环节动物密度最高，蠕虫动物次之。总密度分布差异较

大。各站位底栖生物总生物量在（0.0~76.2）g/m²之间，总生物量的分布差异较大。平均总生物量为 16.08g/m²，蠕虫动物生物量比例最高，其次是环节动物。春季该海域大型底栖生物群落中的优势种和主要种有：圆筒原盒螺、不倒翁虫和短吻铲荚蛭。

夏季：经初步鉴定共有大型底栖生物 7 门 46 种。其中环节动物 26 种，节肢动物 8 种，软体动物 6 种，棘皮动物 3 种，纽形动物、蠕虫动物和脊索动物各 1 种。大型底栖生物的平均总密度为 79.05ind./m²。各站底栖生物密度在（10~180）ind./m²之间，总密度分布差异较大。大型底栖生物中环节动物密度最高，软体动物次之。各站位中底栖生物总生物量在（0.1~112.1）g/m²之间，总生物量的分布差异较大。平均总生物量为 14.66g/m²，各类群平均生物量相差较大，软体动物生物量比例最高，其次是蠕虫动物。夏季该海域大型底栖生物群落中的优势种和主要种有：不倒翁虫、双鳃内卷齿蚕、短吻铲荚蛭、双形拟单指虫。

秋季：经初步鉴定共有大型底栖生物 7 门 41 种。其中环节动物 13 种，软体动物 11 种，节肢动物和棘皮动物各 6 种，蠕虫动物和脊索动物各 2 种，纽形动物 1 种。大型底栖生物的平均总密度为 210.95 ind./m²。各站位中底栖生物密度在（10~640）ind./m²之间，总密度分布差异较大。大型底栖生物中蠕虫动物密度最高，环节动物次之。大型底栖生物的平均总生物量为 49.52 g/m²，各类群平均生物量相差不大，蠕虫动物生物量比例最高，其次是软体动物。各站位中底栖生物总生物量在（0.1~153.6）g/m²之间，总生物量的分布差异较大。秋季该海域大型底栖生物群落中的优势种和主要种有：短吻铲荚蛭。

冬季：各站位大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数（ H' ）在 0.00~3.03 之间。全海区 H' 平均值为 1.64。各站位大型底栖生物的 Pielou 指数（ J' ）在 0.00~1.00 之间，平均值为 0.75。Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 0.55，介于 0.15~1.14 之间。

春季：各站位大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数（ H' ）在 0.00~2.47 之间，全海区 H' 平均值为 1.33。各站位大型底栖生物的 Pielou 指数（ J' ）在 0.00~0.98 之间，全海区 J' 平均值为 0.66。Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 0.48，介于 0.00~0.96 之间。

夏季：各站位大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数（ H' ）在 0.00~2.91 之间， H' 平均值为 1.77。各站位大型底栖生物的 Pielou 指数（ J' ）在 0.00~1.00 之间，平均值为 0.87。Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 0.52，介于 0.00~1.03 之间。

秋季：各站位大型底栖生物的 Shannon-Weaver 指数 (H') 在 0.00~3.05 之间，平均值为 1.25。调查海域各站位大型底栖生物的 Pielou 指数 (J') 在 0.00~1.00 之间，平均值为 0.55。Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 0.52，介于 0.12~1.18 之间。

2.3.3.2.6 潮间带生物

冬季：本季潮间带共监测到潮间带生物 6 门 59 种。软体动物种类最多，为 23 种；节肢动物次之，为 20 种；环节动物再次之，为 12 种；脊索动物较少，为 2 种；纽形动物和刺胞动物最少，各为 1 种。6 个潮间带断面各站位生物密度在 (4.00~216.00) ind./m² 之间，各断面平均栖息密度高潮带为 20.67 ind./m²，中潮带为 45.33 ind./m²，低潮带为 38.67 ind./m²，平均总密度为 36.00 ind./m²。6 个潮间带断面各站位生物量在 (0.04~328.16) g/m² 之间，各断面平均栖息生物量高潮带为 16.89 g/m²，中潮带为 56.09 g/m²，低潮带为 51.49 g/m²，平均为 42.25 g/m²。总体来看，中潮区物种数、生物密度和生物量均大于高潮区和低潮区。根据数量分布及出现的频率，调查海域潮间带生物的优势种和主要种为九州斧蛤。

各潮带多样性指数在 0.65~1.84 之间，低潮带多样性指数最高，中潮带次之。各潮带均匀度指数在 0.50~0.91 之间，低潮带最高，中潮带次之。各潮带丰富度指数在 0.49~0.69 之间，低潮带最高，中潮带次之。

春季：本季潮间带共监测到潮间带生物 59 种。其中，软体动物种类最多，为 20 种；环节动物次之，为 18 种；节肢动物再次之，为 15 种；纽形动物和脊索动物较少，均为 2 种；棘皮动物和刺胞动物最少，均为 1 种。各站位密度为 (4.00~632.00) ind./m²，平均栖息密度高潮带为 37.33 ind./m²，中潮带为 107.33 ind./m²，低潮带为 73.33 ind./m²，平均栖息密度为 78.33 ind./m²。6 个潮间带断面各站位生物量为 (0.04~701.92) g/m²，平均为 35.78 g/m²。各断面平均栖息生物量高潮带为 12.53 g/m²，中潮带为 60.24 g/m²，低潮带为 8.90 g/m²。根据数量分布及出现的频率，调查海域潮间带生物的优势种和主要种为企氏外浪漂水虱。总体来看，中潮区物种数、生物密度和生物量均大于高潮区和低潮区。

各潮带多样性指数在 0.55~1.38 之间，中潮带多样性指数最高，低潮带次之。各潮带均匀度指数在 0.28~0.81 之间，低潮带均匀度指数最高，中潮带次之。各潮带丰富度指数在 0.40~0.54 之间，中潮带丰富度指数最高，低潮带次之。

夏季：本季潮间带共监测到潮间带生物 5 门 71 种，其中，软体动物种类最多，为

29 种；节肢动物次之，为 22 种；环节动物再次之，为 17 种；脊索动物较少，为 2 种；纽形动物最少，为 1 种。各站位密度为（0.00~156.00）ind./m²，平均栖息密度高潮带为 20.67 ind./m²，中潮带为 59.11 ind./m²，低潮带为 48.67 ind./m²，各站位平均为 44.56 ind./m²。各站位生物量为（0.00~191.56）g/m²，平均栖息生物量高潮带为 46.15 g/m²，中潮带为 32.06 g/m²，低潮带为 19.77 g/m²，各站位平均为 34.71 g/m²。根据数量分布及出现的频率，调查海域潮间带生物的优势种和主要种为潮间带海沟虾和日本笠藤壶。6 条断面潮间带生物种数的垂直分布特征为中潮区物种数、生物密度和生物量均大于高潮区和低潮区。

调查海域各潮带多样性指数在 0.49~1.90 之间，中潮带多样性指数最高，低潮带次之。调查海域各潮带均匀度指数在 0.37~0.88 之间，中潮带均匀度指数最高，低潮带次之。调查海域各潮带丰富度指数在 0.44~0.66 之间，中潮带丰富度指数最高，低潮带次之。

秋季：本季共监测到潮间带生物 6 门 58 种。其中，软体动物种类最多，为 22 种；节肢动物次之，为 21 种；环节动物再次之，为 12 种；脊索动物、纽形动物和星虫动物最少，为 1 种。各站位密度在（0.00~384.00）ind./m² 之间，平均为 48.89 ind./m²。各断面平均栖息密度高潮带为 20.00 ind./m²，中潮带为 66.67 ind./m²，低潮带为 60.67 ind./m²。各站位生物量为（0.00~561.40）g/m²，平均为 44.46 g/m²。各断面平均栖息生物量高潮带为 22.02 g/m²，中潮带为 58.81 g/m²，低潮带为 46.27 g/m²。总体来看，6 条断面潮间带生物种数的垂直分布特征为中潮区物种数、生物密度和生物量均大于高潮区和低潮区。根据数量分布及出现的频率，调查海域潮间带生物的优势种和主要种为疣荔枝螺。

调查海域各潮带多样性指数在 0.72~1.53 之间，中潮带多样性指数最高，低潮带次之。各潮带均匀度指数在 0.43~0.85 之间，低潮带均匀度指数最高，中潮带次之。调查海域各潮带丰富度指数在 0.55~0.58 之间，低潮带丰富度指数最高，高潮带和中潮带丰富度指数均为 0.55。

2.3.3.2.7 鱼卵与仔稚鱼

4 个季度调查结果显示，共出现鱼卵和仔稚鱼 14 科 19 种。种数上，以夏季（7 月）最多，春季（4 月）次之为 12 种，秋季（11 月）较少为 6 种，冬季（1 月）种类最少仅出现 2 种。种类上，以石首鱼科种类最多达 3 种，其它各科仅记录 1~2 种。

- 春季鱼卵出现鳀科鳀和鲷科鲷，共 2 种。仔稚鱼出现鳀科鳀、舵鱼科长鳍舵鱼、虾虎鱼科矛尾虾虎鱼和虾虎鱼、羊鱼科条尾绯鲤、蛇鳗科尖吻蛇鳗和鲷科鲷，共 7 种。春季调查期间鱼卵平均密度为 0.05 ind/m^3 ，仔稚鱼平均密度为 0.30 ind/m^3 。春季鱼卵优势种为鲷，仔稚鱼优势种为鳀。
- 夏季鱼卵出现鲱科金色小沙丁和脂眼鲱、鳀科中华侧带小公鱼、石首鱼科大黄鱼和羊鱼科条尾绯鲤，共 5 种。仔稚鱼出现石首鱼科大黄鱼、虾虎鱼科虾虎鱼、海鳗科海鳗叶状体、犀鳕科麦氏犀鳕和鲂鲱科绿鳍鱼，共 5 种。夏季调查期间鱼卵平均密度为 0.10 ind/m^3 ，仔稚鱼平均密度为 0.10 ind/m^3 。
- 秋季鱼卵出现石首鱼科白姑鱼、鳀科中华侧带小公鱼，共 2 种。仔稚鱼出现狗母鱼科长蛇鲷、石首鱼科白姑鱼和棘头梅童鱼、鳀科中华侧带小公鱼、虾虎鱼科虾虎鱼、银汉鱼科凡氏下银汉鱼，共 6 种。秋季调查期间鱼卵平均密度为 0.04 ind/m^3 ，仔稚鱼平均密度为 0.13 ind/m^3 。秋季鱼卵优势种为中华侧带小公鱼和白姑鱼，仔稚鱼未发现优势种。
- 冬季未发现鱼卵的出现。仔稚鱼出现虾虎鱼科矛尾虾虎鱼和鲉科褐菖鲉，共 2 种。仔稚鱼优势种为褐菖鲉。

2.3.3.2.8 游泳动物

4 个季度拖网调查厂址半径 15km 范围内海域共鉴定游泳动物 153 种，其中鱼类 95 种，占拖网总种数的 62.09%，虾类 32 种，占 20.92%，蟹类 19 种，占 12.42%，头足类 7 种，占 4.58%。

4 个季度调查海域渔业资源重量密度均值为 573.61 kg/km^2 ，尾数资源密度平均为 $77.94 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。

- 秋季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 594.76 kg/km^2 和 $34.03 \times 10^3 \text{ ind./km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 292.61 kg/km^2 （ $37.88 \text{ kg/km}^2 - 938.33 \text{ kg/km}^2$ ）；虾类 78.21 kg/km^2 （ $16.46 \text{ kg/km}^2 - 187.32 \text{ kg/km}^2$ ）；蟹类 192.19 kg/km^2 （ $19.20 \text{ kg/km}^2 - 524.61 \text{ kg/km}^2$ ）；头足类 31.75 kg/km^2 （ $1.34 \text{ kg/km}^2 - 85.24 \text{ kg/km}^2$ ）；鱼类资源尾数密度均值为 $12.39 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ （ $1.77 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 21.60 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ）；虾类为 $11.75 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ （ $0.89 \text{ ind/km}^2 - 21.49 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ）；蟹类为 $6.66 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ （ $0.32 \text{ ind/km}^2 - 18.40 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ）；头足类为 $3.24 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ （ $0.21 \text{ ind/km}^2 - 13.51 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ）。

- 冬季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 260.04 kg/km^2 和 $26.18 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 189.93 kg/km^2 ($96.56 \text{ kg/km}^2 - 501.28 \text{ kg/km}^2$)；虾类 32.57 kg/km^2 ($8.47 \text{ kg/km}^2 - 55.15 \text{ kg/km}^2$)；蟹类 33.96 kg/km^2 ($1.83 \text{ kg/km}^2 - 75.68 \text{ kg/km}^2$)；头足类 3.58 kg/km^2 ($0 \text{ kg/km}^2 - 36.48 \text{ kg/km}^2$)；鱼类资源尾数密度均值为 $16.08 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($6.80 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 37.80 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；虾类为 $6.86 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($1.73 \text{ ind/km}^2 - 11.80 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；蟹类为 $3.18 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($0.30 \text{ ind/km}^2 - 12.20 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；头足类为 $0.06 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($0 \text{ ind/km}^2 - 0.8 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)。
- 春季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 611.56 kg/km^2 和 $78.21 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 434.17 kg/km^2 ($63.85 \text{ kg/km}^2 - 1045.45 \text{ kg/km}^2$)；虾类 98.62 kg/km^2 ($22.79 \text{ kg/km}^2 - 452.06 \text{ kg/km}^2$)；蟹类 76.74 kg/km^2 ($1.07 \text{ kg/km}^2 - 203.73 \text{ kg/km}^2$)；头足类 2.03 kg/km^2 ($0.85 \text{ kg/km}^2 - 11.09 \text{ kg/km}^2$)；鱼类资源尾数密度均值为 $43.06 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($7.57 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 102.40 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；虾类为 $29.33 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($9.26 \text{ ind/km}^2 - 112.15 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；蟹类为 $5.60 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($0.21 \text{ ind/km}^2 - 12.08 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；头足类为 $0.22 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($0.10 \text{ ind/km}^2 - 1.11 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)。
- 夏季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 828.06 kg/km^2 和 $173.34 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 364.01 kg/km^2 ($146.56 \text{ kg/km}^2 - 896.72 \text{ kg/km}^2$)；虾类 162.35 kg/km^2 ($4.74 \text{ kg/km}^2 - 361.73 \text{ kg/km}^2$)；蟹类 272.78 kg/km^2 ($12.97 \text{ kg/km}^2 - 778.64 \text{ kg/km}^2$)；头足类 28.92 kg/km^2 ($0.64 \text{ kg/km}^2 - 201.10 \text{ kg/km}^2$)；鱼类资源尾数密度均值为 $57.22 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($9.51 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 265.58 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；虾类为 $65.09 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($4.68 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 230.25 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；蟹类为 $49.04 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($0.48 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 173.75 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)；头足类为 $1.99 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ ($0.23 \times 10^3 \text{ ind/km}^2 - 12.85 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$)。

厂址半径 15km 范围内海域渔获物主要优势种：

- 秋季鱼类主要优势种共有 3 种，分别龙头鱼、棘头梅童鱼和矛尾虾虎鱼；虾类主要优势种共有 1 种，为口虾蛄；蟹类主要优势种共有 2 种，分别为日本蟳和三疣梭子蟹；头足类优势种有 1 种，为日本枪乌贼。
- 冬季鱼类主要优势种共有 4 种，分别为矛尾虾虎鱼、拉氏狼牙虾虎鱼、棘头梅

童鱼和皮氏叫姑鱼；虾类主要优势种共有 2 种，分别为口虾蛄和脊尾白虾；蟹类主要优势种共有 1 种，为日本蟳。

- 春季鱼类优势种共有 4 种，分别拉氏狼牙虾虎鱼、龙头鱼、孔虾虎鱼和矛尾虾虎鱼；虾类优势种共有 3 种，分别为口虾蛄、细巧仿对虾和日本鼓虾。
- 夏季鱼类优势种共有 4 种，分别六丝钝尾虾虎鱼、白姑鱼、龙头鱼和小黄鱼；虾类优势种共有 3 种，分别为口虾蛄、哈氏仿对虾和葛氏长臂虾；蟹类优势种共有 4 种，分别为双斑蟳、日本蟳、隆线强蟹和三疣梭子蟹。

厂址半径 15km 范围内海域渔获物多样性指数：

- 秋季渔获物重量多样性指数（H'）均值为 2.93（1.74-3.51），丰富度指数（D）均值为 2.36（1.18-3.22），均匀度指数（J'）为 0.66（0.45-0.78）；尾数多样性指数（H'）均值为 3.53（2.60-4.13），丰富度指数（D）均值为 1.42（0.90-1.95），均匀度指数（J'）为 0.80（0.67-0.93）。
- 冬季渔获物重量多样性指数（H'）均值为 3.14（2.51-3.64），丰富度指数（D）均值为 2.46（1.98-2.84），均匀度指数（J'）为 0.72（0.59-0.83）；尾数多样性指数（H'）均值为 3.33（2.56-3.93），丰富度指数（D）均值为 1.33（1.10-1.63），均匀度指数（J'）为 0.77（0.61-0.86）。各站位之间差别不大。
- 春季渔获物重量多样性指数（H'）均值为 2.90（1.54-4.07），丰富度指数（D）均值为 2.55（1.80-3.44），均匀度指数（J'）为 0.64（0.36-0.81）；尾数多样性指数（H'）均值为 3.01（2.03-3.72），丰富度指数（D）均值为 1.41（0.95-1.91），均匀度指数（J'）为 0.66（0.47-0.82）。相比于 2 月份，丰富度值增加，而均匀度值下降明显，多样性指数略有降低。
- 夏季渔获物重量多样性指数（H'）均值为 3.03（1.09-3.59），丰富度指数（D）均值为 2.37（1.47-3.12），均匀度指数（J'）为 0.67（0.30-0.79）；尾数多样性指数（H'）均值为 2.96（1.86-3.81），丰富度指数（D）均值为 1.31（0.79-1.79），均匀度指数（J'）为 0.66（0.40-0.83）。

2.3.3.2.9 赤潮

根据 2010~2020 年海洋环境监测数据，苍南县每年都发现赤潮现象。十一年间，苍南县共观测到 24 次赤潮现象，平均每年发生 2.4 起。其中 2016 年发生最多为 5 起，2011、2012、2018 和 2020 年发生最少为 1 起。

根据国家海洋环境监测中心于 2021~2022 年在厂址半径 15km 范围内海域开展的 4 个季度的海洋生态调查，参考《赤潮监测技术规程》（HY/Y 069-2005），调查期间各赤潮物种数量均低于阈值，没有发生赤潮现象。

2.3.3.3 “三场一通道”及海洋保护动物概况

在 2010~2011 年和 2022 年两次厂址附近工程海域的渔业资源和水生态调查期间，均没有发现黄唇鱼和其他珍稀或濒危海洋生物物种，也未出现国家级和省级保护性鱼类。

厂址半径 15km 范围海域有官山产卵场，主要保护目标为鲳鱼亲体及鱼卵仔稚鱼，位于厂址 NNE~NE 方位约 13km。苍南文蛤省级水产种质资源保护区位于厂址 NNE 方位约 10.5km 处的风湾水域。除此以外，厂址半径 15km 范围海域无其它“三场一通道”及海洋保护动物。

2.3.4 生态环境保护

2.3.4.1 生态保护红线

根据地方政府提供的“三区三线”中生态保护红线的相关内容，厂址半径 10km 范围内的陆域生态红线区有：马站、赤溪生物多样性，雾城澳沙源流失极脆弱区，鱼寮沙源流失极脆弱区，岱岭、凤阳、马站、沿浦生物多样性，沿浦海涂红树林，沿浦湾红树林湿地，沿浦湾南侧海岸重要区，其中西侧距厂址最近的陆域生态保护红线为沿浦海涂红树林生态保护红线，位于厂址 W 方位约 5.4km；北侧距厂址最近的陆域生态保护红线为鱼寮沙源流失极脆弱区，位于厂址 N 方位约 5.5km。厂址半径 15km 范围内海域的生态保护红线有官山产卵场和苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区，其中官山产卵场最近处位于厂址 NNE~NE 方位约 13km，取水口 N~NE 方位约 13.3km，排水口 N~NE 方位约 14km；苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区位于厂址 NNE 方位约 10.5km，取水口 N 方位约 10.9km，排水口 N 方位约 12km。

2.3.4.2 “三线一单”

2024 年 3 月 28 日浙江省生态环境厅发布了《浙江省生态环境厅关于印发<浙江省生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（浙环发〔2024〕18 号），同时废止了《浙

江省生态环境厅关于印发<浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》（浙环发〔2020〕7号）。

根据《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》，浙江省共划定陆域生态环境管控单元 2356 个。陆域优先保护单元 1043 个，面积为 53449.79km²，占全省陆域总面积的 51.33%；陆域重点管控单元 1128 个，面积为 14571.88km²，占全省陆域总面积的 13.99%；陆域一般管控单元 185 个，面积为 36110.16km²，占全省陆域总面积的 34.68%。划定海洋生态环境管控单元 248 个。其中，优先保护单元 128 个，面积为 17538.94km²，占全省海域总面积的 40.28%；重点管控单元 98 个，面积为 8313.74km²，占全省海域总面积的 19.10%；一般管控单元 22 个，面积为 17686.84km²，占全省海域总面积的 40.62%。

根据《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》，厂址位于陆域一般管控单元，详见图 2.3-1。厂址邻近海域为海洋重点管控单元，详见图 2.3-2。

根据《浙江省“三线一单”数据应用管理系统》（2024 年 7 月），图 2.3-3 给出了厂址及取排水工程所在海洋环境管控单元、陆域环境管控单元、生态空间管控分区、大气环境管控分区、海洋水环境管控分区、水环境管控分区。由图可知，本项目厂址位于陆域环境管控单元的一般管控单元、生态空间管控分区的一般管控区、大气环境管控分区的一般管控区、水环境管控分区的水环境一般管控区；本项目取排水工程位于海洋环境管控单元的重点管控单元、海洋水环境管控分区的一般管控区。

表 2.3-1 给出了厂址附近区域环境管控单元“三线一单”准入清单。

2.3.4.3 近岸海域环境功能区划

根据《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》（浙政函〔2024〕28 号，2024 年 3 月 12 日发布），三澳核电厂 3、4 号机组用海区域位于三澳核电温排水三类区（省级代码 ZJ21C I、市级代码 WZ04C I），面积为 97.71km²，主要使用功能为核电厂温排水用海及滨海旅游，其海水水质目标为一类，海水水温执行三类。该功能区内含两处三澳温排水混合区，面积分别为 2.72km²、6.51km²，混合区内人为温升不执行水质标准，其余指标仍执行二类海水水质标准。厂址用海区域近岸海域环境功能区见图 2.3-4。

2.3.4.4 海岸带规划成果

浙江省国土空间规划文件《浙江省海岸带综合保护与利用规划》（2021-2035）已通过专家评审，目前尚未正式发布。本项目所在海域位于苍南核电工业与矿产能源区，以工矿通信用海为基本功能类型。本项目建设符合规划功能区的主导功能要求。

2.3.5 工业、交通及其它相关设施

2.3.5.1 工业

（1）工业现状

厂址半径 15km 范围内苍南辖区内居民以养殖、捕捞和农业为主，工业相对不发达，仅有 1 家规模以上工业企业，为苍南县蒲门混凝土有限公司，位于厂址 WNW 方位约 5.3km 处的沿浦镇岭尾村，主要产品为商品混凝土，现有员工约 98 人。

- 厂址所在的霞关镇工业企业主要为养殖、捕捞配套的虾皮、紫菜食品加工厂、制冰厂和渔船修造厂；
- 沿浦镇仅有 1 家规模以上工业企业，为苍南县蒲门混凝土有限公司；其他工业企业主要以家具制造、船舶修理、建材、服装以及紫菜、海产品等加工为主。
- 马站镇以特色农业种植生产为主，少量工业企业以造纸、包装、农产品加工、制鞋、建材、船舶制造、机械加工等行业为主；
- 赤溪镇工业企业中绝大部分为紫菜烘干厂，也有部分企业涉及纸品、涂料、白酒和水产品加工以及船舶修理等，这些企业基本分布于镇区范围；
- 岱岭畲族乡和风阳畲族乡的经济均比较落后，全乡仅有 1~2 家加工茶叶的工业企业；
- 沙埭镇主导工业主要为养殖和捕捞的配套加工、茶叶加工、海产品加工、渔货贸易转运和渔船修造等，有 2 家规模以上工业企业，均为船舶制造行业。

厂址半径 5km 涉及霞关镇大部分区域以及马站镇和沿浦镇小部分地区。霞关镇共有 9 家工业企业，除 1 家为风力发电外，其他工业企业主要为养殖、捕捞配套的虾皮、紫菜等食品加工企业、制冰企业和渔船修造企业。霞关镇员工人数较多的工业企业为海产品加工企业——温州市天伴农副产品有限公司，位于厂址 SW 方位约 5.4km 处的霞关镇镇区海滨路，有员工 23 人。距厂址最近的工业企业为位于南坪村（厂址 WSW 方位 2.8km 处）的苍南县海丰制冰厂，从业人员有 3 人。

（2）工业规划

根据《苍南县“十四五”工业发展专项规划（2021-2025年）》，苍南县在“十四五”期间，将立足苍南现状基础和发展条件，落实产业基础高级化、产业链现代化发展要求，培育发展新兴支柱产业，提升发展传统优势产业，打造智能仪器仪表制造“1”个先锋引领产业，推动塑料制品、印刷包装、纺织服装、纸制品、食品加工等“5”大传统优势产业转型升级，重点培育清洁能源“1”个产业发展新引擎，协同推进港口经济、矿山行业、生命健康等“N”个苍南特色产业，共同构建重点工业产业“1+5+1+N”发展新态势，打造苍南现代化工业发展体系。

专项规划提出，加快升级浙江苍南经济开发区工业平台，优化以灵溪板块、金钱宜板块、马站板块的“一区三板块”产业协同发展新格局。其中马站板块的规划范围包含苍南县绿能小镇、核电主产区、小镇发展区。规划面积为2.24km²（约3360亩），东至232省道、南至工业环路、西至通港南路、北至沿浦。主体功能为以马站镇、沿浦镇、霞关镇为重点区域，作为苍南未来产业重点发展板块，围绕国家级重点项目——三澳核电项目，以发展核电、清洁能源及其关联配套产业为主导，积极推动能源制造业发展，建立完善核电运营、设计、检测、维修、监管和应急救援等全套核电服务产业链。

2.3.5.2 交通

（1）公路

- 厂址半径 15km 范围内的道路有甬莞高速、S232 省道、G228 国道苍南段等公路。
- 甬莞高速最近处位于厂址 NNW 方位，约 10.1km，采用双向六车道标准建设，在苍南境内共设龙港、钱库、龙沙、马站等互通，沟通区域内其它道路。
 - S232 省道从厂址西侧南北向穿过，最近处位于厂址 WNW 方位约 4.4km，为沥青混凝土路面，公路技术等级为二级公路。
 - G228 国道苍南段，主线全长约 47.98km，从厂址北侧东西向穿过，最近处位于厂址 NW 方位约 7.7km，主线为一级公路，路基宽度 33m/24m，设计时速 80km/h。G228 国道苍南龙沙至岱岭段工程长 26.845km，该段工程于 2024 年 1 月通车，线路主线采用双向四车道一级公路标准，设计时速 80km/h。同时，G228 国道核电连接线，长 7.482km（起点与 G228 国道龙沙至岱岭段主线在

马站镇中魁村顺接，途经后槽村、霞关镇沛垒沙滩、止于三澳核电厂），G228 国道核电连接线于 2024 年 2 月开通，连接线采用二级公路设计标准，设计时速 60km/h。

- 矾赤线（X513），位于厂址 N 方位，与厂址的最近直线距离约 15km，四级公路，路基宽 5m。
- 水霞线（X528），起于三里，终于霞关，为三级公路，途经灵溪、矾山、马站、南宋、霞关、沿浦和岱岭畲族乡。位于厂址 W 方位，与厂址的最近直线距离约 3km。
- 马沙线（X515），起于马站镇平坑口，终于沿浦镇虎头鼻，为四级公路。位于厂址 W 方位，与厂址的最近直线距离约 7.2km。
- 龙魁线（X523），原称环海公路，起于胡宅口，终于魁里，为三级和四级公路，途经赤溪、大渔、马站、龙港和金乡镇。最近处位于厂址 N 方位约 6.3km。
- Y527 渔寮支线起于魁里，终于雾城，为二级公路。最近处位于厂址 NNW 方位 8.2km。
- 168 黄金海岸线沿海岸线走向，为三级县道，路基宽 8m。其中霞关段“三澳至瑶洞”（最近处位于厂址 W 方位约 1.2km）已于 2021 年 5 月通车试运营，该段公路起于霞关镇沛垒沙滩附近，与在建的 G228 国道龙沙至岱岭段工程的核电站连接线平交，终于霞关镇滨海路与矿山路平交处，全长 9.04km，按三级公路标准设计，路基宽 8m，设计时速 30km/h。
- 三澳核电厂进厂道路起点位于马站镇新厝村的 S232 省道上，向东设新厝隧道穿山至库下村，设库下隧道穿山至温厝，沿山展线约 300m 后，设温厝隧道穿山至小槽，接三澳核电厂厂区道路。
- 三澳核电厂有两条应急道路，一条为应急道路南线，自厂区经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接，公路等级为三级；一条为应急道路北线，即 G228 国道核电连接线，起点位于马站镇东部，终点接核电进厂公路，公路等级为二级。

根据《苍南县综合交通运输“十四五”发展规划》（2022.9），三澳核电厂址半径 15km 范围内涉及的交通规划如下：

- 苍泰高速

苍泰高速苍南段路线全长约 48.44km，苍南段采用双向四车道技术标准。苍泰高速距离三澳厂址的最近位置为 WNW 方位约 4.5km。

— 规划 326 省道苍南至庆元公路

该项目主线全长约 45.1km，灵溪连接线长约 9.2km。项目主线和灵溪连接线均采用双向四车道一级公路技术标准。规划 326 省道距离三澳厂址的最近位置为 WNW 方位约 4.5km。

— 168 金色海岸带

“十四五”期间打通 168 金色海岸带未开通路段，适时推进 168 金色海岸带现有路段的提升改造和沿线慢行道建设。

- 荷包田至后槽段，全长 6km。
- 三澳至瑶洞段，全长 9.1km。目前已建成。
- 南坪坑尾至长沙深湾段（霞关镇），路线全长约 1.7km，采用三级公路技术标准，设计速度 30km/h，路基宽度 8.0m。目前已建成。
- 白湾至雾城段提升改造，项目全长约 20km，起点白湾村在建 G228 国道交叉口，终点为渔寮湾乐活小镇口现状交叉口。

— 建设沿浦镇三丰村至霞关镇瑶洞村“四好农村路工程”

路线全长约 5.3km，采用双向两车道三级公路技术标准。

— 马沙线改造

主线全长 13.9km，采用双向两车道三级公路技术标准。一期工程路线全长约 3.8km，采用双向两车道三级公路技术标准。

(2) 铁路

目前，厂址半径 15km 范围内没有铁路通过。苍南县中长期规划建设苍南站至霞关码头港产城铁路规划项目。该项目为连接苍南站至霞关码头铁路支线，起于温福铁路苍南站，沿 S326 省道至霞关作业区。项目主线全长 44.8km。该规划铁路距离厂址西侧最近约 3.5km。

(3) 港口

厂址半径 15km 范围内有渔港和交通货运港口，其中较大渔港有霞关一级渔港、信智渔港、渔寮渔港以及福建宁德市沙埕渔港；交通货运港口有温州港苍南港区霞关作业区和沙埕港。

（a）渔港

- 渔寮渔港：渔寮渔港位于厂址 N 方位 5.5~9.0km 处，现有小型码头 10 座，泊位 12 座，设计渔港卸货量 2.5 万 t/年，分布在 7 个渔业行政村。其中有 3 座泊位为近年来新建的 300 吨级高桩式渔业码头泊位，其他渔业码头为渔民自发建造的突堤式小型码头。渔寮渔港面积约 50 万 m²，在 10 级强热带风暴以下可锚泊渔船 110 艘。
- 霞关一级渔港：位于苍南县霞关镇，厂址 WSW 方位约 5.6km，为国家一级渔港，对台渔轮开放口岸。现有渔用码头 4 座和交通码头 1 座。
- 信智渔港：位于赤溪镇信智社区，厂址 NNE 方位约 12.5km，为二级渔港，有南北两岸渔业码头各 1 座 1 个泊位。
- 沙埕渔港：位于厂址 WSW 方位约 11.5km 处，为福建省重要渔港之一，国家中心渔港，在原有多个小型渔码头的基础上，于 2011 年建成 7 个泊位，2017 年建成 1 座高桩梁板式码头平台。

（b）交通货运港口

— 温州港苍南港区霞关作业区

该作业区位于厂址 SW~S 方位约 3~7.5km 处，具备优越水深条件和特殊的地理位置以及良好的天然避风条件。从霞关作业区港口岸线发展现状来看，目前烟墩山东侧岸线、北关岛、南关岛均未建设港口泊位，南关岛西侧的老鼠尾岛的东端建设有一座 300 吨级的油码头。总体上，霞关作业区岸线基本处于自然状态暂未开发。

根据《温州港苍南港区霞关作业区规划调整》（2020.2），霞关作业区总体定位为结合霞关作业区经济腹地的特点和地理位置优势，发展对台贸易和服务当地物资运输。调整后的霞关作业区规划如下：

- 焦坑至门仔屿岸线：其岸线规划未调整，保留对岸老鼠尾岛建有一座 300 吨级油品泊位。
- 烟墩山东侧岸线：岸线长度为 1.5km，功能为通用码头区，以建设 2000~20000 吨级码头为主，可形成泊位 9 个，疏港道路位于岸线后方。通用码头区最近处位于厂址 SW 方位 3.2km。

- 北关岛岸线：北关岛最西点的礁石至防波堤根部作为北关岛预留发展区，规划岸线长度为 1.95km，以建设 2000~20000 吨级码头为主，可形成泊位 12 个。北关岛西侧预留保留区最近处位于厂址 S 方位 3.8km。
- 南关岛岸线：南关岛位于核电站 5km 规划限制区之外，以建设 1000~20000 吨级码头为主，港作、对台贸易码头可形成泊位 12 个，预留区可形成 6 个泊位。

霞关作业区调整时考虑了与三澳核电厂的相容性，预计霞关作业区及其规划不会成为影响核电厂用地和规划限制区设立的不利因素。

— 宁德港沙埕港区

沙埕港区现状货运码头主要分布在八尺门、龙安开发区、近海岸线及崙山镇等，以沙子、水泥等建材以及煤炭运输为主，没有油品等危险品运输。

根据《福州港总体规划（2035 年）》，沙埕港区下辖杨岐作业区、八尺门作业区和鸡母岩港点，其中杨岐作业区位于厂址半径 15km 范围内。杨岐作业区（位于厂址 WSW~SW 方位约 13km）处于沙埕湾的杨岐岸段（船缆头鼻~公鸡礁岸线，长约 7.9km，规划为港口岸线），以散杂货运输为主。已建 1000 吨级煤炭泊位 1 个，规划北侧岸段布置 7 个 1~5 万吨级通用泊位，形成码头岸线 1644m，陆域纵深 800m，陆域面积约 229 万 m²；南侧岸段西北侧码头岸线长 1768m，布置 6 个 3~10 万吨级通用泊位，南侧码头岸线长 969m，布置 3 个 3~5 万吨级通用泊位和 2 个 3000 吨级通用泊位，陆域面积 185 万 m²。

（3）航道

厂址半径 15km 范围的外海域主要航道为南北向外航道，有东航路、西航路、大瞿岛~王礁、北麂岛~王礁等。其中西航路、东航路等均在南关岛、北关岛东侧王礁东侧南上北下，大瞿岛~王礁和北麂岛~王礁从北部温州港南下线，霞关岛和沙埕港的船舶可与南北向航路相接，厂址距离南北外航线（ESE 方位）最近距离约 6.7km。

目前，霞关作业区附近只有少量小型渔船通行往来，无大型船舶通过；航道与锚地均未进行疏浚和维护，现状条件下霞关作业区无大型船舶的进港航道，附近也无明确的待泊锚地。各类渔船均停靠在所属渔民所在村的邻近岙口内，因此，渔船停靠非常分散，沿海岙口内基本都有停靠各类渔船。由于渔船吨级较小，船型尺度较小，对通航环境要求较低，所以，渔船通航不需要深水航道，基本由外海深水区直线航行至

所在岙口内。距厂址最近的渔用航道为中南部避风内航道（Z16）和后槽村主航道（Z15），其中 Z16 航道为主干线航道，距厂址最近，位于厂址 SE 方位约 1km 处。长约 30km，宽 200m，为渔用航道，属大渔湾至沙埭港避风内航道，目前该航道上以小型渔船为主。Z15 航道位于厂址东北方向约 3km 处。

沙埭港区现有 3 条航道，最近处在厂址 SW 方位约 8km，从沙埭口至八尺门为主航道，受部分航段水域自然宽度限制，目前可供 5000 吨级船舶航行。其它 2 条支航道分别在腰屿村南侧和铁将村附近接主航道，航道分别长约 4km、2km，最小水深 4.0m，可满足 1000 吨级船舶通航。

根据《福州港总体规划（2035 年）》，沙埭港区主航道自南关岛南侧，经沙埭湾口门至湾内八尺门，其中南关岛南侧至流江航段满足 5 万吨级散货船单向乘潮通航要求，流江至八尺门航段满足 5000 吨级散货船单向全潮通航要求。腰屿南侧支航道满足 5000 吨级散货船通航要求，铁将支航道满足 1000 吨级散货船单向通航要求。

（4）机场和空中航线

根据中国民用航空华东地区管理局出具的《关于中广核浙江三澳核电厂与附近机场及有关航线关系情况的复函》（民航华东函〔2016〕126 号）（附件 A.7），离厂址最近的机场为温州龙湾机场，该机场位于厂址 NNE 方位约 85km 处；距离厂址最近的航线是 B221 航线（福州-东山段），该条航线位于厂址 NW 方位，其地面投影距离厂址约 23.3km。2020 年经核实，温州龙湾国际机场在其 163°方位新增了 1 条航线，该航线距厂址较远，且目前航线上没有飞机航行。总的来说，厂址周围机场及空中航线基本上未发生变化。

根据《苍南县综合交通运输“十四五”规划》（2022 年 9 月）和《浙江省通用机场布局规划（2020-2035 年）（修编）》，“十四五”期间对苍南通用机场建设进行前期论证，适时开展机场选址工作。规划苍南机场为 A1 级通用机场，规划跑道长度 1200×30m，配套建设停机坪、机库、综合航站楼、塔台及后勤保障相关设施，用地规模 500 亩左右（不含场区平整放坡用地），首选场址为高垟山村场址，位于三澳核电厂西北方向约 20km 处。

此外，根据上述规划，“十四五”期间将推进苍南低空航空旅游直升机停机坪前期研究工作，建设若干用于紧急救援、低空旅游等 A3 级通用机场（含直升机起降点），打造低空航空旅游带。

1) 低空旅游起降点。在炎亭-金乡石坪旅游度假区、两湾（棕榈湾-凤凰湾）旅游度假区、大渔寮国家 5A 级旅游景区、霞关沿浦区域、玉苍山国家森林公园等地布局直升机飞机停机坪，满足观光旅游需求。

2) 紧急救援起降点。在县内重点场所如苍南县人民医院、县政府、县消防救援大队布局停机坪，满足紧急救援需求。

3) 低空航空旅游带。以空中旅游线路为载体构建低空航空旅游带。该线路在厂址东北侧，距离厂址约 6km。

2.3.5.3 危险源

(1) 固定危险源

厂址半径 15km 范围内不存在重大危险源，位于厂址半径 10km 范围内的固定危险源主要有以下 6 处。

- 老鼠尾岛油库为距离厂址最近的固定危险源，位于厂址 SW 方位 6km，有 2 个 600m³ 和 2 个 50m³ 的储存罐，储存少量低硫工业燃料油。
- 温州市交投石化销售有限公司马站服务区加油站（东区、西区），位于厂址 NNW 方位 10.0km 处，有 2 个 50m³ 的柴油储罐、6 个 50m³ 和 2 个 30m³ 的汽油储罐。
- 苍南县浙石油综合能源销售有限公司马站综合供能服务站，位于厂址 NNW 方位 8.3km 处，汽油储量为 108m³。
- 中国石化销售股份有限公司浙江苍南马站加油站，位于厂址 NW 方位约 10.2km，有 3 个 30m³ 的汽油储罐。
- 苍南县宏达液化气有限公司液化气储配站位于苍南县马站镇桥头村前洋路，厂址 NW 方位约 10km，储存容积为 124m³，为分布于马站镇、沿浦镇、霞关镇、矾山镇等的三级液化气供应站零售点的瓶装液化气供气。
- 三澳核电厂土石方爆破项目工程位于原霞关镇李家岙村（现三澳核电厂区范围内），爆炸品为乳化炸药、雷管和导爆索，项目所在位置仅设有临时仓库，爆炸品由苍南县民用破器材专营有限公司运送，当天使用，未使用完的爆炸品由该公司收回。爆炸物品单次最大运输量为 9.792t（408 箱）。运输路线为钱库镇~进场隧道~爆破现场仓库~钱库镇（剩余回收）。

此外，根据《苍南县燃气专项规划修编》（2018 年 11 月），马站镇、沿浦镇远期（2030 年）根据用气规模及用户需要采用固定式 LNG 气化站进行区域供应的方式。规划的场站为马站 LNG 气源站，位于马沙线以东、马站镇南部方向，占地面积 15 亩，LNG 储存规模为 $2 \times 100 \text{m}^3$ ，气化能力为 $3000 \text{m}^3/\text{h}$ 。其距离三澳核电厂 NW 方位约 9km。

根据本工程初步安全分析报告（PSAR），选取距离厂址较近且危险品储量最大的老鼠尾岛油库进行安全评价。经计算，老鼠尾岛油库（低硫工业燃料油成分未知，以汽油替代计算）发生爆炸后的安全距离约 1268m，小于厂址距其的距离，不会影响核电厂的建设和安全运行。对于燃气站，选取马站 LNG 气源站作为计算源。计算得到马站 LNG 气源站爆炸安全距离为 592m，马站 LNG 气源站发生泄漏后，其气云最大飘移距离为 0.41km，小于厂址距其距离，不会对三澳核电厂厂址安全造成潜在威胁。

（2）移动危险源

三澳核电厂址半径 15km 范围内，距厂址最近的主要公路为 S232 省道，S232 省道位于厂址 WNW 方位约 4.6km。S232 省道主要运输农产品、水产品等货物。除了为相关加油站和液化气站运输汽油、柴油和液化石油气的槽罐车外，无其它危险品运输。运送的汽油、柴油、液化气时一般采用 30m^3 的槽罐车运输。

离厂址最近的危险品码头为霞关老鼠尾岛的中石化霞关油码头，此码头为 300 吨级柴油码头，目前年吞吐量不到 1 万 t，其柴油主要来自温州港。由温州港或宁波港运输柴油、汽油至霞关老鼠尾岛油库的船舶距厂址最近距离约为 6km。

三澳核电厂土石方爆破项目工程位于原霞关镇李家岙村（现三澳核电厂区范围内），爆炸品为乳化炸药、雷管和导爆索，项目所在位置仅设有临时仓库，爆炸品由苍南县民用破器材专营有限公司运送，当天使用，未使用完的爆炸品由该公司收回。爆炸物品单次最大运输量为 9.792t（408 箱）。运输路线为钱库镇~进场隧道~爆破现场仓库~钱库镇（剩余回收）。

根据本工程初步安全分析报告（PSAR），对于陆上运输油类或液化气的 30m^3 槽罐车，保守假设运输的汽油、柴油、液化气或液化石油气全部爆炸，其安全距离分别约为 467m、468m、396m、431m，小于危险源距厂址的距离，不会对厂址安全造成影响。对于航道油轮运输，按最大的 300t 油轮爆炸，保守假设运输的柴油、汽油全部爆炸，其安全距离分别为 1088m、1103m，小于其距厂址的最近距离（约为 6km）。因此航道油轮运输发生爆炸不会对厂址造成安全影响。

（3）油气长输管道

目前苍南县中压管网仅覆盖灵溪镇和龙港镇两大中心城区，距离厂址较远，厂址半径 10km 范围内没有油气输送管道。

根据《苍南县燃气专项规划修编》（2018 年 11 月），马站镇、沿浦镇远期根据用气规模及用户需要采用固定式 LNG 气化站进行区域供应。规划燃气主干管道压力为 0.4MPa，管径为 110mm~250mm，设计压力 0.4MPa，运行压力 0.055MPa~0.35MPa，距离厂址 WNW 方位最近约 4.6km。霞关镇、赤溪镇和岱岭畲族乡在规划期内不开展管道气供应。根据本工程初步安全分析报告（PSAR），规划的天然气管线发生泄漏后，其气云飘移距离为 132m，天然气管线发生爆炸的安全距离为 487m，远小于其距厂址的距离，因此规划的天然气管线发生泄漏时不会对厂址安全造成潜在威胁。

（4）飞机坠毁

厂址半径 16km 范围内没有民航机场，厂址半径 4km 范围内没有航线，预计飞机坠毁不会对厂址安全造成潜在威胁。

2.3.6 参考资料

- [1] 中广核浙江三澳核电厂厂址区域环境特征及外部人为事件调查（2022 年）报告，苏州热工研究院有限公司，2023.2；
- [2] 中广核浙江三澳核电厂厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查（2022 年）报告，苏州热工研究院有限公司，2023.2；
- [3] 中广核浙江三澳核电厂一期工程陆域生态环境调查及评价报告，中国辐射防护研究院，2020.10；
- [4] 浙江省“三线一单”数据应用管理系统，浙江省生态环境厅，2024.7；
- [5] 中广核浙江三澳核电厂二期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查报告，国家海洋环境监测中心，2022.10；
- [6] 中广核浙江三澳核电厂二期工程海域使用论证报告书，国家海洋环境监测中心，2022.10。

表 2.3-1（1/4） 厂址附近区域环境管控单元“三线一单”准入清单

类型	名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求	备注
陆域环境管控	浙江省温州市苍南县一般管控单元（ZH33032730001）	原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放的二类工业项目；禁止在工业功能区（小微园区、工业集聚点）外新建二类工业项目。工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有工业用地在土地性质调整之前，在不加大环境影响、符合污染物总量控制的基础上，可以从事符合当地产业定位的一、二类工业。建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区等集聚区块之间的防护带。严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模。加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。	落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量。	加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。	/	厂址所在单元
	温州市苍南县马站生物多样性生态保护红线优先保护单元（ZH33032710017）	禁止对野生动植物进行滥捕、乱采、乱猎；禁止引进外来物种；禁止损害栖息地的各类活动。公益林内禁止新建坟墓、开山采石以及挖砂、取土、开垦等毁林行为；不得采挖活立木。原则上按照禁止开发区域进行管理，禁止工业化和城镇化。	/	/	/	/
	温州市苍南县沿浦生物多样性生态保护红线优先保护单元（ZH33032710018）	禁止对野生动植物进行滥捕、乱采、乱猎；禁止引进外来物种；禁止损害栖息地的各类活动。公益林内禁止新建坟墓、开山采石以及挖砂、取土、开垦等毁林行为；不得采挖活立木。原则上按照禁止开发区域进行管理，禁止工业化和城镇化。	/	/	/	/
	温州市苍南县渔寮景区生态保护红线优先保护单元（ZH33032710023）	严格按照《风景名胜区条例》、《浙江省风景名胜区条例》等有关规定进行管理。	/	/	/	/

表 2.3-1（2/4） 厂址附近区域环境管控单元“三线一单”准入清单

类型	名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求	备注
海洋 环境 管控	浙江温州海洋重点 管控单元 3 (ZH33030020003)	禁止建设不符合《浙江省沿海港口布局规划》《全国沿海港口布局规划》以及《温州港总体规划》的港口码头项目。	严格控制开发强度，规范入海排污口设置，实施陆源污染物排海总量控制制度。	/	/	厂址所在单元
	大尖山-霞关外侧重要 渔业海域优先保护单元 24 (ZH33030010021)	禁止在水产种质资源保护区内从事围湖造田、围海造地或围填海工程。禁止设置剧毒物质、危险化学品的储存、输送设施和废物回收场、垃圾场。	禁止在水产种质资源保护区内新建排污口。在水产种质资源保护区附近新建、改建、扩建排污口，应当保证保护区水体不受污染。	单位和个人在水产种质资源保护区内从事水生生物资源调查、科学研究、教学实习、参观游览、影视拍摄等活动，应当遵守有关法律法规和保护区管理制度，不得损害水产种质资源及其生存环境。	在水生动物苗种重点产区引水用水时，应当采取措施，保护苗种。用于渔业并兼有调蓄、灌溉等功能的水体，确定渔业生产所需的最低水位线。	/
	渔寮沙滩重要旅游 区优先保护单元 21 (ZH33030010018)	严格执行《玉苍山风景名胜区渔寮景区总体规划》。	/	/	/	/
	木耳屿西侧沙源保 护海域优先保护单 元 18 (ZH33030010015)	禁止非法侵占岸线和采挖海砂。	不得新增入海陆源工业直排口。	/	/	/

表 2.3-1（3/4） 厂址附近区域环境管控单元“三线一单”准入清单

类型	名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求	备注
生态空间管控	浙江省温州市苍南县生态空间一般管控区（YS3303273110001）	建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区（工业集聚点）之间的防护带。推动城镇绿廊建设，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。	加强湿地保护和修复，实施污染物排放总量控制，分解水体纳污总量目标，并加强湿地生物多样性保护综合管理，探索湿地生态农业、生态渔业、生态旅游和生态教育等多功能复合利用模式。	强化河流、湖库水域保护及管理，采取护岸护坡、确权划界、水库除险加固、河道整治、水域恢复、水土保持、水质改善等多样化工程措施，实现水域生态恢复、水质自净及生物繁衍的综合目的。	严格水域管控及动态监测，加强水域日常监管，建设项目占用水域，严格执行占补平衡、先补后占的管理制度，确保水域面积不减少、水域功能不减弱。临近生态保护红线的工业废水排放总量不得增加。	厂址所在区域
大气环境管控	浙江省温州市苍南县大气环境一般管控区（YS3303273310001）	禁止新建未纳入《石化产业规划布局方案》的新建炼化项目。禁止新增化工园区。严禁新增钢铁、焦化、电解铝、铸造、水泥和平板玻璃等产能；严格执行钢铁、水泥、平板玻璃等行业产能置换实施办法。禁止配套建设自备燃煤发电项目。严格执行高污染燃料禁燃区管控要求。	新建项目二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物执行大气污染物特别排放限值。建设项目新增二氧化硫、氮氧化物、烟粉尘、挥发性有机物排放的，根据国家 and 地方最新规定的污染物排放总量指标替代要求实行倍量削减量替代。	/	/	厂址所在区域

表 2.3-1（4/4） 厂址附近区域环境管控单元“三线一单”准入清单

类型	名称	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求	备注
海洋水环境管控	温州近海一般管控区 3 (YS3303003290003)	严格执行《浙江省海洋功能区划（2011-2020 年）》（国函〔2012〕163 号）、《温州市海洋环境保护规划（2016-2020 年）》、《温州市海洋生态建设三年行动方案（2018-2020 年）》、《温州市全面深化推进湾（滩）长制工作实施方案》（温湾滩〔2018〕1 号）、《关于进一步加强围填海管控的通知》（温政办〔2018〕132 号）等有关规定，严格限制改变海域自然属性。	到 2021 年，温州市海洋功能区水质达标率和主要入海排污口达标排放率有所提高；陆源入海排污口稳定达标排放，滩面环境状况明显改善，近岸海域水质状况稳中趋好。	不应造成外来物种侵害，防止养殖自身污染和水体富营养化，维持海洋生物资源可持续利用，保持海洋生态系统结构和功能的稳定，不应造成滩涂湿地等生物栖息地的破坏。海水水质质量执行不劣于第二类，海洋沉积物质量执行不劣于第一类，海洋生物质量执行不劣于第一类。	/	厂址所在区域
水环境管控	苍南县水环境一般管控区 1 (YS3303273210001)	不得开展《环境保护综合名录（2017）》中“高污染、高环境风险”的涉水项目建设。	/	/	到 2020 年，苍南县用水总量控制在 2.900 亿 m ³ ，万元 GDP 用水量和万元工业增加值用水量较 2015 年下降率分别达到 28%和 18%，农田灌溉水有效利用系数达到 0.587。到 2030 年，苍南县用水总量控制在 3.17 亿 m ³ ，其中生活和工业用水量控制在 2.03 亿 m ³ 。	厂址所在区域

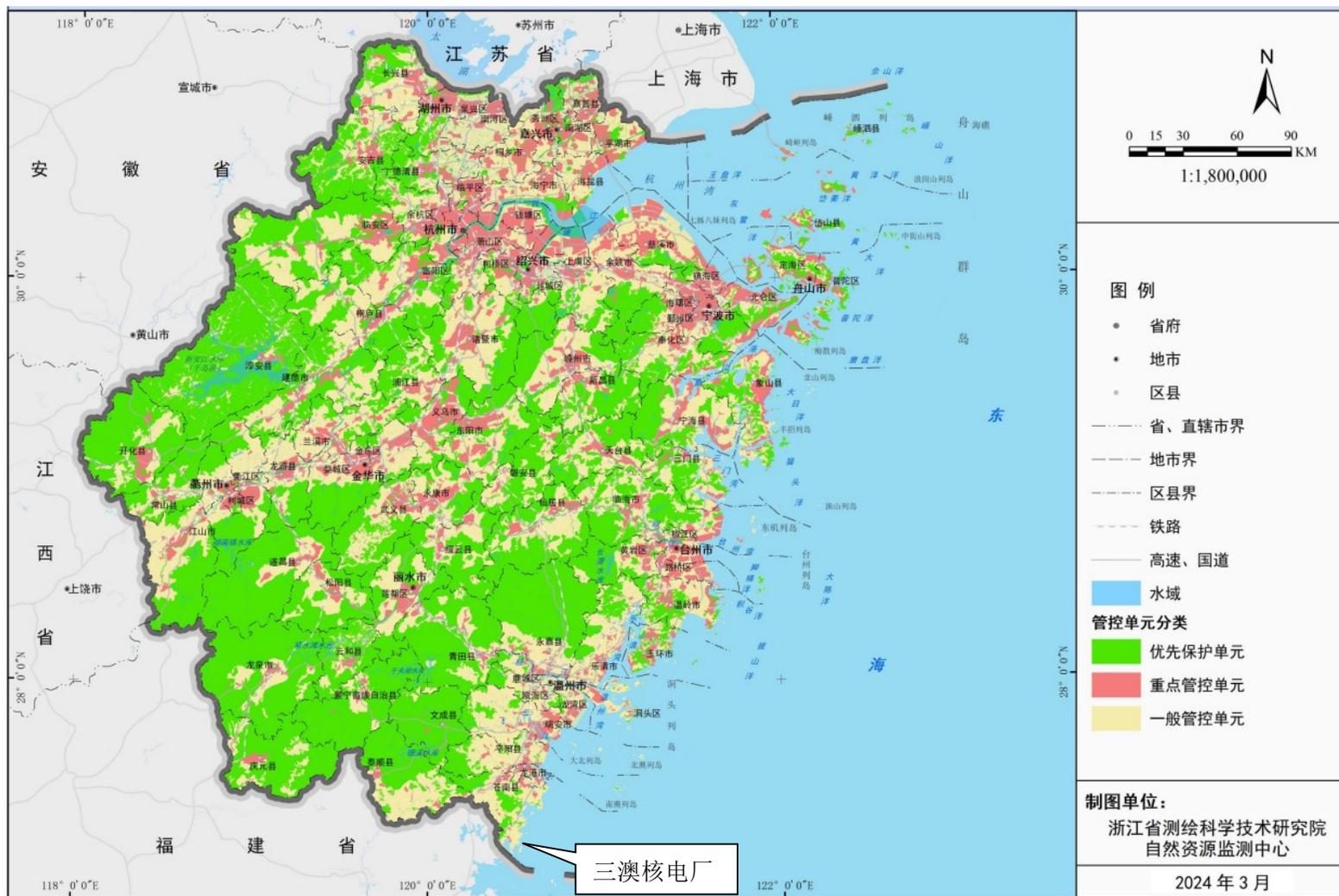


图 2.3-1 浙江省陆域生态环境管控单元分类图

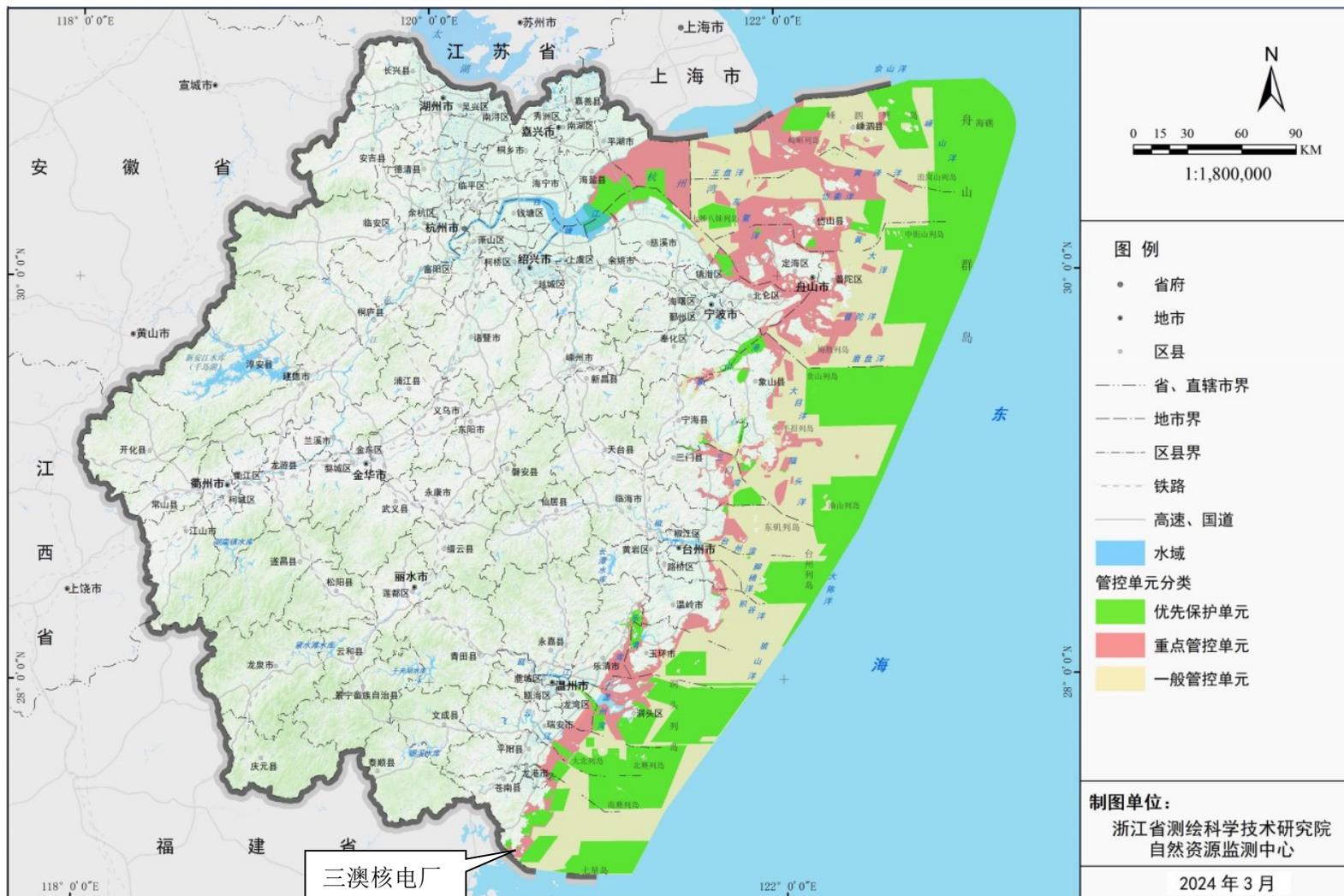


图 2.3-2 浙江省近岸海域生态环境管控单元分类图





生态空间管控分区图



大气环境管控分区图

图 2.3-3 (2/3) 厂址附近的环境管控单元分区图



海洋水环境管控分区图



水环境管控分区图

图 2.3-3 (3/3) 厂址附近的环境管控单元分区图

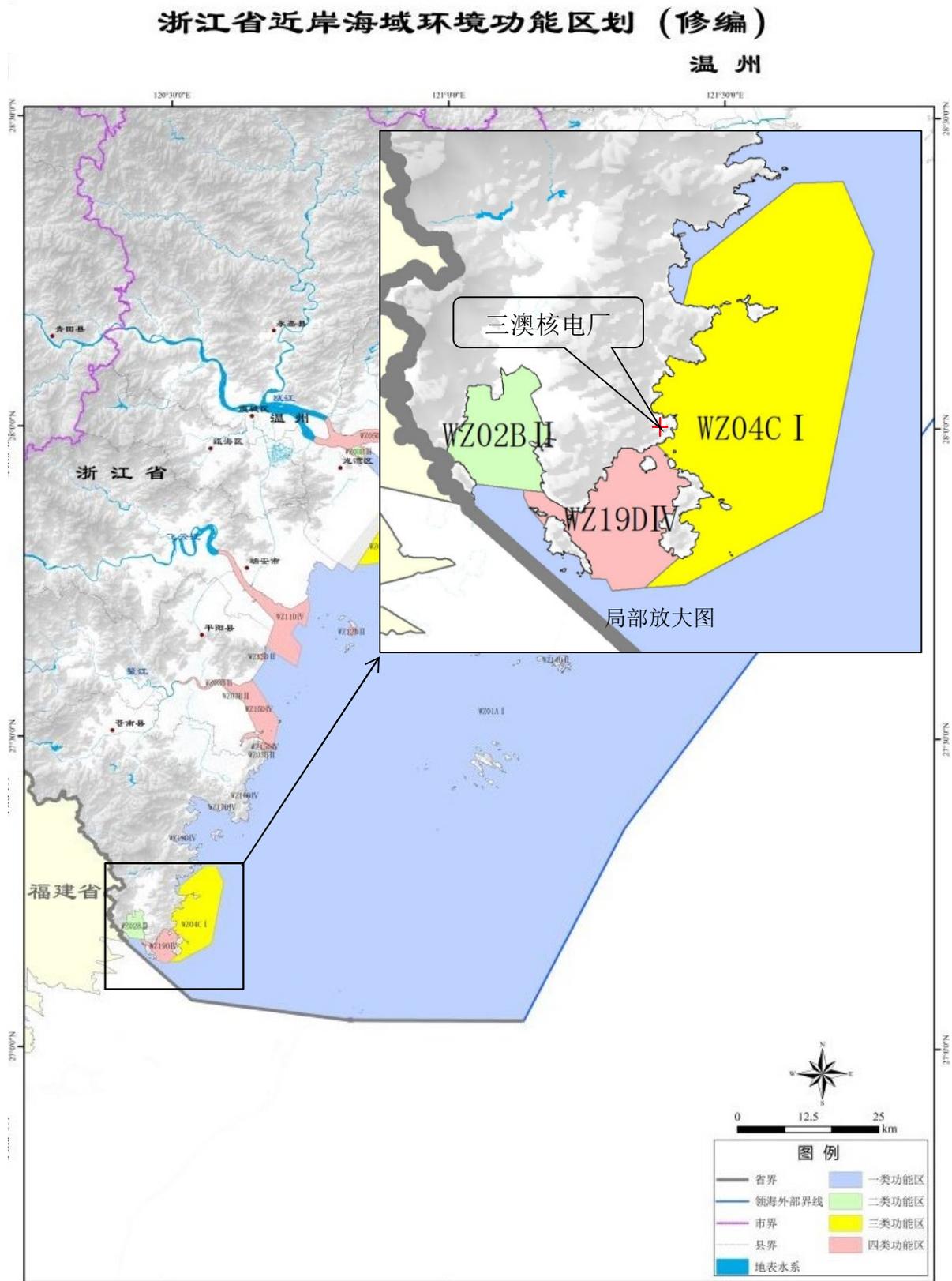


图 2.3-4 厂址用海区域近岸海域环境功能区示意图

- 2.4 气象
 - 2.4.1 区域气候
 - 2.4.1.1 气温
 - 2.4.1.2 气压
 - 2.4.1.3 相对湿度
 - 2.4.1.4 降雨量
 - 2.4.1.5 日照
 - 2.4.1.6 风
 - 2.4.2 设计基准气象参数
 - 2.4.2.1 热带气旋
 - 2.4.2.2 龙卷风
 - 2.4.2.3 雷暴
 - 2.4.2.4 飏线
 - 2.4.3 当地气象条件
 - 2.4.3.1 厂址地面气象站观测结果
 - 2.4.3.2 厂址气象塔及风杆观测结果
 - 2.4.4 大气稳定度
 - 2.4.5 联合频率
 - 2.4.6 混合层高度及扩散参数值
 - 2.4.6.1 混合层高度
 - 2.4.6.2 海陆风
 - 2.4.6.3 扩散参数
 - 2.4.6.4 热内边界层

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.4.8 参考资料

2.4 气象

2.4.1 区域气候

三澳核电厂位于浙江省的最南端，濒临东海，处于欧亚大陆与西北太平洋的过渡地带，属典型的亚热带润湿季风气候区，总的气候特点是：四季分明，温暖湿润，气候资源多样、丰富。

春季的气候特点是天气复杂多变，时常阴雨连绵。春季开始，大陆高压衰退，南方海洋来的暖湿气流副热带高压北进。锋面气旋活动频繁，气温回升，雨量增加。

由于太平洋副热带高压的增强，从东南海洋来的暖湿夏季季风势力也增大，使冬夏季风的交锋面继续北移。5 月至 6 月份，因这两股气流势均力敌，季风开始稳定，冷暖空气交绥，而长期徘徊不前，故致阴雨连绵。又由于阴雨闷热天气，空气湿度高。7 月，处于太平洋副热带高气压控制之中，以晴热天气为主。同时，台风开始影响该区域，或带来大风暴雨；如无台风影响，则降水减少，气温高，蒸发大，但在沿海一带有夏季雷阵雨发生。

秋季太平洋副热带气压开始向南移动，北方冷空气开始影响，气温虽有下降，但仍较高，是台风活动频繁季节。厂址区域 9 月份降水最多，原因是热带风暴和台风带来暴雨所致，有时甚至带来风潮和洪涝灾害。7 月 15 日至 10 月 15 日三个月，是热带风暴和台风对厂址区域影响最频繁的季节。

冬季总的气候特点是晴朗、寒冷。进入冬季，该地区处于北方冷气团控制，盛行偏北风，气温明显下降，多晴冷天气，是全年最冷的季节。冬季天气较稳定，晴朗少雨，无大雪大冻。雨量、雨日为全年最少，是一年中干燥时期。

区域气候选用对厂址区域有代表性的气象站统计资料描述。代表性气象站的选取遵循三个基本原则：（1）距厂址较近，气候一致性较强；（2）地形地物和地表特性与厂址相近，有较好的代表性；（3）测站级别高，资料序列长。本节采用福鼎站 1954~2020 年统计资料和洞头站 1971~2020 年统计资料描述厂址区域气候。

根据本项目选址安全分析报告成果，厂址以洞头站作为设计风速代表站，以福鼎站作为暖通参数代表站，因此报告书在厂址区域气候内容描述中风速气象要素采用洞头站（1971~2020 年）统计结果，其余气象要素采用福鼎站（1954~2020 年）统计结果。

一 福鼎站

福鼎站为国家基准站，福鼎站前身是中华民国时期的福鼎测候所，始建于 1945

年 5 月，同年 8 月开始记录；1953 年 9 月在现址（距原址东南方 1.3km）建设新站，1954 年 1 月 1 日正式开始工作。位于福鼎市北郊桐山街道福全山 89 号的解放山（城边小山顶），海拔 38m。1954 年~1970 年风速观测设备为维尔达风压器，1971 年开始使用电接风向风速计（EL 型，0~40m/s，上海气象仪器厂）。福鼎站级别高，观测要素齐全且质量好，夜间守班。福鼎站每天进行 02、08、14、20 时定时观测和 05、11、17、23 时补充观测（2007 年-2008 年升级为福鼎国家气候观象台，观测任务参照基准站，24 小时并行人工和自动观测，编制自动和人工两份报表）。观测项目有云、能见度、天气现象、气压、气温、湿度、风向风速、降水、雪深、日照、蒸发、地温等。

福鼎站处于城郊的小山顶，受城市环境影响小，且自 1954 年来一直没有搬迁过，气象站观测条件良好。福鼎站东南距核电厂址约 34.2km。福鼎市区西面约 30km 为较高太姥山脉，南面不到 5km 即为沙埕港延伸至内陆的水域，沙埕港内陆水域向东南延伸约 30km 连接大海，出海口即靠近霞关镇。水域一般都在 5~10km，最狭窄的水域也接近 1km。天然的水体和半开阔的地形，使得福鼎气象站虽离大面积海洋较远，但具有一定海滨气候特征。因此，福鼎站对厂址区域气候特征有一定的代表性。

一 洞头站

洞头站建于 1971 年，位于温州市洞头区东屏街道后坑村上后坑的海岛山顶，国家基本站，有一次迁站史，但是迁站前后的测站周边环境基本一致。该站一直采用 EL 型风向风速仪进行连续 10min 风向风速观测。

洞头站观测场海拔高度 69m，距海岸约 1.5km，位于厂址东北方向约 93km。该站观测条件良好，周围地势开阔，与厂址间无山体阻挡，地理条件及下垫面情况与厂址相似。同时，该站气象条件与厂址受同一天气系统的影响，且位于海岛上，具有一定海滨气候特征。因此，洞头站对厂址区域气候特征有一定的代表性。

2.4.1.1 气温

福鼎站历年平均气温 18.8℃，7 月平均气温最高，为 28.5℃，1 月平均气温最低，为 9.0℃。极端最高气温为 40.6℃，极端最低气温为-5.2℃。

福鼎站历年平均气温、极端最高气温和最低气温总体呈略上升趋势。

2.4.1.2 气压

福鼎站历年平均气压为 1011.3hPa，年变幅在 1001.5hPa~1020.1hPa 之间，1 月最高，平均为 1020.1hPa；7 月最低，平均为 1001.5hPa。历年极端最高气压为 1035.3hPa；极端最低气压为 963.9hPa。

2.4.1.3 相对湿度

福鼎站相对湿度历年平均为 78%。一年中，相对湿度以春夏最大，秋季次之，冬季最小。6 月相对湿度在一年中最大，为 84%，而 10 月、12 月相对湿度则在一年中为最小，均为 73%。

福鼎站年相对湿度在 73%~84%之间波动变化，年平均相对湿度呈略下降趋势。

2.4.1.4 降雨量

福鼎站历年平均降水量为 1705.8mm，降水主要集中在 6 月、8 月和 9 月，降水最大月为 8 月，降水量为 269.0mm，最少月份为 12 月，降水量为 45.4mm。

年降水量既有年际变化，也有年内变化。一年中降水量的变化，大致与夏季海洋气团的进退趋势一致。降水量多集中于春夏两季，这也是季风气候的特征。

从雨量的季节变化上看雨水集中。福鼎站春、夏两季降水量占全年降水量较大比重，夏多于春，秋多于冬。

从福鼎站降水年变化来看，从冬到春，降水量不断增加，但各月变化不同。7 月、8 月降水量值达到最大，其后月降水量逐渐降低。降水年际变化多年来总体趋势保持比较平缓。

2.4.1.5 日照

福鼎站历年日照时数平均为 1710.3h，各月日照时数在 89.9h（2 月）~234.8h（7 月）之间波动。日照历年百分率平均值为 38.7%，一年中日照百分率以夏季最高，秋季次之，冬季和春季最少，各月日照百分率在 27.4%（3 月）~55.8%（7 月）之间波动。

2.4.1.6 风

（1）风向

洞头站以偏北风为主，其中 NNE 频率占 19.0%，NE 频率占 16.5%。洞头站各风向频率春、秋、冬三季基本一致，夏季差异明显。春季主导风向为偏北风；夏季主导风向为偏西南风，冬、秋季主导风向较为一致，均为偏北风（北风、东北偏北风）为主。

（2）风速

洞头站各月风速差异不明显，其中 10 月份风速最大，为 4.2m/s，其他月份风速变化相对较小，最小风速出现在 5 月为 2.8m/s，年平均风速 3.7m/s。洞头站静风频率较低，多年平均为 3.4%。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 热带气旋

热带气旋的调查分析主要集中在登陆热带气旋和进入厂址区域约 400km 半径的热带气旋。经过资料收集、汇编和分析发现，从 1949 年~2019 年 71 年间，进入采样区的“直接影响的热带气旋”共有 252 例。按热带气旋强度分，252 个直接影响三澳核电厂址区域的热带气旋中，热带低压 22 个，热带风暴 24 个，强热带风暴 49 个，台风 57 个，强台风 44 个、超强台风 56 个。

根据台风年鉴资料，进入三澳核电厂址区域的热带气旋路径趋向可分为以下三类：西北路径，西行路径，北上路径。从收集的热带气旋资料分析，影响三澳核电厂址区域的热带气旋中西北路径的最多，其次是西行和北上路径。

厂址设计基准采用的可能最大热带气旋的特征参数如下：

台风中心气压 $P_0 = 888\text{hPa}$ ；

台风外围气压 $P_\infty = 1010\text{hPa}$ ；

最大风速半径 $R = 40\text{km}$ ；

热带气旋最大移速 $V = 25.5\text{km/h}$ ；

千年一遇热带气旋中心气压对应的影响核电厂的最大风速（离地 10m 高 10min 平均最大风速）为 49.0m/s；

百年一遇热带气旋中心气压对应的影响三澳核电厂的最大风速（离地 10m 高 10min 平均最大风速）为 45.0m/s。

2.4.2.2 龙卷风

龙卷风包括陆龙卷风和海龙卷风，主要是由于强对流天气引起的强烈旋风，也有一些是由热带气旋外围环流引起。龙卷风出现时间短，范围小，但能量极大，因此破坏力相当大。

龙卷风的调查区域包括浙江省温州、丽水、台州、金华、衢州 5 个市和福建省宁德、南平、福州、莆田 4 个市共计 53 个县（市）区域，面积约为 8.8 万 km²。调查共搜集 1957~2020 年 122 个龙卷风事件。

三澳核电厂址区域范围内平均每年出现龙卷风 1.9 个，但年际分布不均，其中发生最多的年份是 1984 年和 2008 年，都达到了 8 个，其次是 1996 年和 1997 年，均出现了 7 个，但 64 年来有 25 年没出记录到龙卷风。从历年变化来看，呈明显的单峰分布，1980~2000 年是龙卷风高发期，累计出现龙卷风 105 个，占龙卷风发生总数的 86%。1960 年、1970 年和 2010 年龙卷风发生次数较少，分别为 5 个、6 个和 3 个。

厂区域龙卷风从季节上来看，季节差异性显著，春季出现最多，占有记录样本的 45.1%，其次是夏季，占 39.3%，秋冬季出现的龙卷风较少，尤其是冬季，仅占比 4.9%。

从逐月分布来看，除 11、12 月未观测到龙卷风发生外，其他月份均出现过龙卷风，4~9 月为龙卷风发生的高发时段，1957~2020 年期间共出现了 107 个龙卷风，占统计样本的 87.7%。在出现龙卷风的各月中，以 4 月份出现个数最多，为 35 个，占统计样本的 28.7%，7 月次之，共记录到 26 个龙卷风，占统计样本的 21.3%，10 月最少，仅出现 3 个，占统计样本的 2.5%。

采用美国核管会 ANS-2.3（1983）标准中对龙卷风概率水平为 $10^{-7}/a$ 地区推荐的设计基准龙卷风参数：

最大设计风速：	80m/s；
最大旋转风速：	62m/s；
最大平移风速：	18m/s；
最大风速半径：	98m；
总气压降：	51.5hPa；
最大压降速率：	9.5hPa/s；
最大飞射物速度：	28m/s。

2.4.2.3 雷暴

雷暴是在大气处于不稳定条件下，产生的强对流剧烈天气，多数发生在春夏季节。一般说来，雷暴属于中小尺度的天气系统，生命期很短，发生范围较小。但雷暴伴有雷击和闪电，且常伴随大风大雨，天气异常激烈，常常给人们生产生活带来灾害。

截至 2012 年，该地区累年平均雷暴日数为 27.7 天~51.2 天，其中福鼎站出现最多，洞头站最少；累年最多雷暴日数为 82 天，1975 年出现在福鼎站。洞头站累年平均雷暴日数为 27.7 天，累年最多雷暴日数为 45 天，出现于 1983 年。

自 2014 年以后中国气象局取消了闪电与雷暴的人工观测，改用闪电定位仪观测，因此雷暴日数的统计时段为建站~2013 年。2013 年新增的雷暴资料没有显著改变厂址处雷暴发生日数背景值。

2.4.2.4 飏线

飏线是由一些强雷暴单体排列组成一条强雷暴带和积雨云带的线状中尺度对流系统，其水平尺度约 150km~300km，宽约 50km~100km，生命周期一般 4h~18h，常伴有雷暴、冰雹，有时能产生龙卷风。飏线形成依附于有利的大尺度天气形势，但一旦生成，就形成自成体系的独立运动。飏线通过气温、气压、风向等气象要素产生的急剧变化而产生强风及降水，从而产生严重的灾害。

统计该地区各气象站自建站至 2012 年的飏线出现情况，结果分析表明，该地区飏线集中出现于 3 月~9 月，其中夏季最多，且离海越近，飏线出现越少，海岛上出现极少。该地区福鼎站飏线出现最多，3 月~9 月均有飏线出现，平均 1.5 次/年，其中 1963 年出现最多，全年共出现了 7 次。全年 8 月飏线出现最多，平均 0.5 次/年，其次为 7 月，平均 0.3 次/年。洞头建站至今 36 年间只于 1975 年出现了一次飏线。

2.4.3 当地气象条件

本报告采用厂址自动气象观测系统 2022 年一整年的气象塔梯度观测数据以及地面站观测数据对厂址的当地气象条件进行统计描述，观测期间整体数据获取率 98.4%。同时，本报告给出了厂址自动气象观测系统同期 10m 气象风杆风温统计结果，风杆同期观测期间的数据获取率为 92.6%。

2.4.3.1 厂址地面气象站观测结果

（1）温度

厂址地区年平均气温为 18.8℃；八月的月平均气温最高，达到 28.7℃；二月的月平均气温最低，为 8.3℃；极端气温最高值为 34.3℃，出现在九月；极端气温最低值为 1.1℃，出现在二月。

（2）气压

厂址地区的年平均大气压为 1010.2hPa，最高月平均气压为 1019.5hPa，出现在二月；最低月平均气压为 1000.0hPa，出现在七月。极端最高气压为 1028.6hPa，出现在十二月，极端最低气压为 989.0hPa，出现在九月。

（3）相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 84%。最低月平均相对湿度出现在十二月，为 73%。极端最低相对湿度为 14%，出现在三月。

（4）降雨量

厂址地区年降雨量为 1186.8mm，降雨时数为 1144h。六月份降雨量最大，为 455.9mm，九月降雨量最小，为 4.8mm。

各风向降水量为 60.1mm（N），217.3mm（NNE），394.9mm（NE），207.6mm（ENE），27.4mm（E），4.7mm（ESE），2.4mm（SE），0.1mm（SSE），0.1mm（S），10.3mm（SSW），29.4mm（SW），49.1mm（WSW），42.2mm（W），16.2mm（WNW），85mm（NW），30.6mm（NNW），9.4mm（静风）。

2.4.3.2 厂址气象塔及风杆观测结果

（1）温度

厂址气象塔 10m、30m、80m、100m 高度年平均气温分别为 18.6℃、18.4℃、18.1℃、17.9℃。10m 风杆年平均气温为 19.2℃。

观测期间厂址各高度均为八月平均气温最高，分别为：28.1℃（10m）、27.9℃（30m）、27.4℃（80m）、27.2℃（100m）。二月份平均气温最低，分别为：8.3℃（10m）、8.2℃（30m）、7.7℃（80m）、7.6℃（100m）。10m、30m、80m、100m 四个高度极端最高气温分别为 10m：32.9℃（九月），30m：32.3℃（九月），80m：32.3℃（七

月），100m：32.8℃（七月）；极端最低气温均出现在二月，分别为 1.2℃（10m）、1.1℃（30m）、0.6℃（80m）、0.6℃（100m）。

10m 风杆八月份平均气温最高，为 28.9℃，二月份平均气温最低，为 8.8℃，极端最高气温出现在九月，为 33℃，极端最低气温出现在二月，为 2.4℃。

（2）风向

各高度全年风向频率表现出较好的一致性，以下给出各高度风频统计结果：

- 气象塔 10m 高度主导风向为 NE（31.1%），次主导风向为 ENE（15.0%）；
- 气象塔 30m 高度主导风向为 NE（36.7%），次主导风向为 ENE（17.9%）；
- 气象塔 80m 高度主导风向为 NE（32.1%），次主导风向为 ENE（27.2%）；
- 气象塔 100m 高度主导风向为 NE（34.1%），次主导风向为 ENE（24.5%）；
- 10m 风杆主导风向为 NNE（37.0%），次主导风向为 NE（18.1%）。

厂址地区全年有降水时，10m 高度主导风向为 NE（31.3%）、次主导风向为 NNE（21.2%）。

（3）风速

厂址气象塔各层的年平均风速和最大风速分别为：

- 10m 高度年平均风速 3.3m/s、最大风速 16.8m/s；
- 30m 高度平均风速 4.4m/s、最大风速 20.4m/s；
- 80m 高度平均风速 5.6m/s、最大风速 23.4m/s；
- 100m 高度平均风速 5.9m/s、最大风速 24.2m/s；
- 10m 风杆平均风速 3.6m/s、最大风速 13.3m/s。

风速随高度变化总的趋势是低层平均风速小于高层平均风速。从风速随月变化情况来看，厂址地区各个高度十月平均风速最大。

厂址 10m 高度处全年静风频率 1.1%，30m 高度静风频率为 0.1%，80m 高度静风频率 0.3%，100m 高度静风频率 0.2%。10m 风杆静风频率 2.2%。

2.4.4 大气稳定度

对 2022 年一整年气象数据采用温度梯度-风速分类法（使用三澳核电厂气象塔 10m 和 100m 高度温度及 10m 高度风速观测数据）进行稳定度分类。采用温度梯度-风速分类方法计算得到了全年中各类大气稳定度的出现比例，其中 A、B、C、D、E、F 六类

大气稳定度分别占 3.6%、13.5%、16.0%、57.5%、2.3%和 7.1%。

2.4.5 联合频率

按不区分有雨和无雨、有雨、无雨三种情况给出联合频率。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

为获得三澳核电厂厂址地区混合层高度、扩散参数值、海陆风及热内边界层等特征，苏州热工研究院有限公司在厂址地区开展了冬、夏两季现场边界层观测试验，具体试验手段为 GPS 探空和固定点超声风温仪湍流观测。冬季试验时间为 2018 年 12 月 18 日至 2019 年 1 月 8 日，共持续观测 22 天；夏季试验时间为 2019 年 6 月 30 日至 2019 年 7 月 26 日，共持续观测 26 天。

厂址区域处于沿海地区，其海岸线总体走向为西南-东北向，厂址地形地貌主要为丘陵地形，其植被多以低矮树林为主。根据厂址的地理位置和地形特征，GPS 探空的厂址观测点位设置在厂区内（海拔高度约 48m）。

夏季试验期间，为观测海陆风及热内边界层现象，除厂址观测点外，在距厂址观测点位 NW 方位约 9km 处选取一个 GPS 探空厂外观测点同步观测。根据厂址地区地形地貌特征、海岸线走向及厂区长 期气象观测资料分析，厂址地区夏季主要以西南、东北风为主，与厂址所在地区海岸线走向较为一致，考虑可能出现的海陆风环流走向（东南-西北）和深入内陆情形下（偏南风）的热内边界层特征，综合实际交通及工作环境，GPS 探空厂外观测点位于马站镇镇区内，该观测点位地势相对平坦，观测条件良好。

边界层观测每日观测 8 次，具体时间为北京时间 02 时、05 时、08 时、11 时、14 时、17 时、20 时和 23 时。气球充以氦气，升速控制为 100m/min~150m/min。采用 GPS 全球定位系统进行跟踪及信号传输模块对数据进行传输和接收，探空高度至 2000m 停止观测。

湍流观测试验在厂址气象塔 10m 和 80m 高度分别安装美国 CAMPBELL 公司生产的 CSAT3 型超声风温仪进行湍流量观测，湍流风速测量范围为 0~40m/s，分辨率 0.01m/s，精度±0.01m/s。在整个试验期间进行连续观测，采样频率为 10Hz。

采用温度梯度-风速法划分大气稳定度，冬季试验期间各类稳定度比例 A 类

(0.5%)、B 类 (9.3%)、C 类 (12.8%)、D 类 (74.1%)、E 类 (2.6%) 和 F 类 (0.7%)，夏季试验期间各类稳定度比例 A 类 (1.6%)、B 类 (2.1%)、C 类 (3.8%)、D 类 (83.6%)、E 类 (3.1%) 和 F 类 (5.8%)。

为了掌握厂址区域大气的扩散规律，苏州热工研究院有限公司于 2023 年 3 月完成了厂址地区中小尺度风场与输送规律数值模拟专题工作，分析了厂址地区海陆风、热内边界层的基本特征，并结合湍流观测试验工作的相关成果综合推荐了本工程的大气扩散参数。

2.4.6.1 混合层高度

冬季 GPS 探空共获取有效样本数 160 组，夏季 GPS 探空共获取有效样本数 202 组。利用综合判断法（结合温度廓线曲线和风廓线曲线观察）对厂址区域冬夏两季混合层高度进行统计分析，该方法主要依据在大气混合层内，由于充分的湍流混合作用，使大气的各种物理属性在铅直方向近似趋于均一，即大气混合层内温度递减率 r 大于绝热递减率 r_a ，且大气混合层内的风向、风速基本一致（除近地层几十米外）。

基于上述判断原则，进行判断时首先根据观测期间的白天温廓线确定空中逆温层底的高度，然后观察该层以上一层的风向、风速是否有较大变化，若上层风速、风向也存在明显变化，说明该层即为混合层顶高度。

为确定各稳定度下的大气混合层高度，稳定度采用观测期间厂址气象塔温度梯度-风速资料判断。最终推荐采用冬夏两季测试期间所观测统计得出的不同稳定度条件下的混合层高度平均值作为厂址地区混合层高度推荐值：796m（A~B 类），629m（C 类），527m（D 类）。

2.4.6.2 海陆风

厂址所在区域的下垫面条件和日照条件有可能导致海陆风的形成。厂址地区局地海岸线总体走向为 NNE-WSW 向，在判断海陆风时将 NNE 及 WSW 风向定义为沿岸流，将 S、SSW、SW、SSE、SE、ESE、E、ENE、NE 风向看作向岸流，即海风；将 W、WNW、NW、NNW、N 看作离岸流，即陆风。

冬季边界层观测试验期间，厂址区域冬季气候特征主要受南支槽的维持及南支波动的影响，总体多阴雨天气，主要以偏东北风为主，总体风速较大。同时，在观测期

间也有多股冷空气影响厂址地区，在冷空气影响下，厂址上空主要受到西南急流的影响，低层处于切变线的南侧，在冷空气影响时厂址地区一般会出现阴雨天气，降水量级以小雨为主。在这样的大尺度环流背景下，局地海陆下垫面差异所形成的局地海陆风环流通常被系统风所掩盖。冬季试验期间未观测到海陆风。

夏季边界层观测试验期间，厂址区域主要受副热带高压以及低压槽系统的影响，由于大尺度的天气系统会掩盖局地海陆风环流系统，仅在梯度风弱，系统风速较小的天气条件下出现可能的海陆风环流特征。

通过对现场风温观测数据进行分析，边界层观测试验期间观测到的有一定海陆风环流特征的观测时间为 7 月 14 日至 7 月 15 日。

由 7 月 14 日风廓线图可知，14 日 8 点开始低层风向为偏东北风或偏东风，高层为系统性西南风，但风速均较小，说明 8 时开始低层受局地热力差异影响，低层有海风出现，高度约 700m，在 700m 高度以上由于受系统性气流影响，风向为西南风，随着太阳高度角逐渐增大，7 月 14 日 14 时低层的东北风强度逐渐变大，但 700m 以上的上层仍由稳定的系统性西南气流控制，没有出现陆风的转向，至 7 月 14 日夜间，低层的东北风强度逐渐减弱，逐渐转为西南风。

由 7 月 15 日风廓线图可知，15 日 11 点开始低层风向为偏东北风，高层为系统性西南风，但风速均较小，说明 11 时开始低层受局地热力差异影响，低层有海风出现，高度约 350m，在 400m 高度以上由于受系统性气流影响，风向转为西南风，随着太阳高度角逐渐增大，低层的东北风强度逐渐变大，至 15 日 17 时左右海风高度达到最大，约 550m，但 600m 以上的上层仍由稳定的系统性西南气流控制，没有出现陆风的转向。

综合上述分析，夏季边界层观测试验期间仅观测到 2 次较具有一定海陆风特征的天气，即低层出现受海陆热力差异产生的局地风场，但在高层却受系统性气流控制为主。上述观测个例从侧面反映出厂址地区夏季海陆风环流出现频率不高，低层在海陆热力差异下产生的一定海陆风特征局地风场，但受高层系统环流控制，不易在厂址区域出现典型海陆风环流。

中小尺度风场数值模拟研究发现，厂址地区较难形成典型海陆风特征的局地环流情况，仅在系统间歇期间，厂址地区风速不大时，由海陆热力差异导致的风向转变情况时有发生，但持续时间通常较短。

2.4.6.3 扩散参数

湍流观测试验将湍流观测获取的每个整点前 30 分钟采样作为一个数据组进行分析，原始数据经筛选剔除后冬季共获得有效数据 573 组，夏季共获得有效数据 513 组。采用观测期间厂址气象塔温度梯度-风速资料判断，试验共获得各类稳定度样本数为：11 组（A 类），60 组（B 类），87 组（C 类），860 组（D 类），31 组（E 类），37 组（F 类）。

通过对湍流观测数据的相似性分析表明，10m 高度无因次湍流特征速度较好地满足相似性框架。80m 高度湍流观测数据不论是 $\sigma_{u,v}/u_*$ 和 σ_w/u_* 随稳定度变化的规律均不明显，夏季甚至出现不稳定侧无因次湍流速度减小的情况，上述情况与边界层相似性规律的一般特征不符。分析认为这主要是由于厂址气象塔位于海拔较高的山体，而试验期间来流主要为沿岸流，气象塔距海较近，所处位置的内边界层高度较低，气象塔 80m 高度已接近大气边界层顶或超出大气边界层，该高度的湍流特征已不能反映大气边界层的情况。10m 高度各稳定度类别代表性湍流度计算的厂址扩散参数与 P-G 扩散参数相比发现，该扩散参数整体上与 P-G 扩散参数相当，侧向扩散参数位于 P-G 扩散参数偏不稳定一侧，各稳定度的扩散参数差异小于 P-G 扩散参数。

数值模拟试验模拟了 2022 年 1 月、4 月、7 月、10 月四个典型月份的逐时厂址风场、气态污染物浓度场，在综合考虑局地天气尺度过程、地形因素对局地污染物输送扩散的影响，选取出大量具有代表性的统计样本进行扩散参数的统计。并与湍流观测试验获得的扩散参数进行比较。因湍流试验在海拔约 110m 高度的 10m 气象塔进行，较数值模拟 70m（海拔 17m）试验高度偏高，其数值模拟试验获得的侧向扩散参数总体较湍流试验偏弱，垂向扩散参数在远区较湍流试验偏小。湍流观测试验基于欧拉形式的固定点观测在厂址近区范围的大气扩散能力有较好的代表性，而受地形条件及下垫面影响，基于拉格朗日形式的数值模拟试验则能更好地反映远区范围的大气扩散特征。综合上述两种试验手段获得的扩散参数，采用湍流观测试验和数值模拟试验获得的扩散参数平均值作为本项目正常工况下计算大气弥散因子的扩散参数，保守采用 P-G 扩散参数作为本项目事故工况下计算大气弥散因子的扩散参数。

2.4.6.4 热内边界层

热内边界层的形成机制及支配因子有风速、水陆温差、地面加热率、太阳辐射量

等。一般在副高控制厂址地区时，通常出现高温晴好天气，有利于热内边界层的形成。根据观测期间天气形势，在边界层观测试验初期（6月30日至7月2日）、试验中期（7月14日至7月18日）和试验末期（7月20日至7月26日），厂址地区处于副热带高压南部，受副热带高压边缘气流控制。

通过分析各时次风温廓线资料，定义出现热内边界层的条件为：1）高温晴好天气；2）有一定强度的向岸流；3）厂址观测点（近海点）的温跃层高度比厂外观测点（远海点）低。

通过分析发现，厂址地区夏季试验仅观测到 1 次有一定热内边界层特征的天气，出现频率较低。从热内边界层的出现时间来看，厂址地区在午前可能产生热内边界层，这是由于中午前后太阳辐射强，陆地地面积累大量热量，地面扰动相对较小；而在午后地面扰动增大，热内边界层很容易遭到破坏。通过比较分析厂址观测点和厂外观测点热内边界层高度与距下风向海岸距离可知，该地区热内边界层高度随距离的变化基本满足随离岸距离 $x^{1/2}$ 的一般规律。

数值模拟试验分析发现，厂址地区热内边界层现象在春夏向岸流情况时有发生，其结构特征总体较为一致，厂址热内边界层高度符合沿岸点比内陆点低的规律，一般厂址热内边界层沿岸点高度在 500m 左右，而内陆点高度逐渐增加直至边界层高度一致。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

厂址自动气观测系统原建于厂址西侧山头，于 2010 年 8 月起正式运行，2012 年 8 月底结束观测，2017 年 1 月恢复观测，2017 年 12 月底结束观测，2019 年 1 月恢复观测，其底部标高约 112m。因厂址平面布置调整，气象站位置需整体爆破平整，厂址自动气象观测系统于 2021 年 8 月结束观测，并于 2021 年 9 月迁建至新的位置开始观测。搬迁后的厂址气象站（包括厂址气象铁塔与气象梯度自动观测和厂址专用地面气象站）位于三澳核电厂厂区西侧山坡，海拔高程约 72m，周围地形主要以山地、林地和海面为主，地势相对开阔，站址所处地势自北向南呈“逐渐降低”（坡度在 1/10~1.5/10），坡度相对较缓。

2020 年，建设单位在厂区增设一座 10m 气象风杆，风杆位于 1 号核岛东侧约 100m，底部标高约 17m，测量风向、风速和温度，已于 2021 年 1 月开始正式观测。

（1）厂址气象铁塔与气象梯度自动观测

气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），分别测量厂址地面以上各个高度风向、风速、温度，以获取厂址区域有关风场分布、温度场结构变化等气象资料，用于厂址区域的大气环境影响评价。

（2）厂址专用地面气象站

该站与国家气象站网的常规气象站基本相同，观测项目有降雨量、大气压、太阳总辐射、净辐射、温湿度和地表温度。

（3）10m 气象风杆

2020 年在厂区增设一座 10m 气象风杆，测量风向、风速和温度，已于 2021 年 1 月开始正式观测。

气象观测所用的所有传感器均由国家相关计量部门进行标定，系统运行期间有专职人员进行定期维护和标定。

2.4.8 参考资料

- [1]《浙江三澳核电厂二期工程极端气象设计基准复核报告》，湖南问天信息科技有限公司，2022 年 4 月；
- [2]《中广核浙江三澳核电厂一期工程混合层高度及扩散参数试验研究总报告》，苏州热工研究院有限公司，2019 年 11 月；
- [3]《浙江三澳核电项目气象站观测数据统计分析报告》，苏州热工研究院有限公司，2023 年 3 月；
- [4]《中广核浙江三澳核电厂一期工程中小尺度风场与输送规律数值模拟计算报告》，苏州热工研究院有限公司，2023 年 3 月；
- [5]《中广核浙江三澳核电厂二期工程选址安全分析报告》，中广核苍南核电有限公司，2022 年 12 月。

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

2.5.1.2 海洋水文

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.5.4 参考资料

表

表 2.5-1 厂址附近海域全潮水文观测站位置统计表

表 2.5-2 厂址附近海域全潮海洋水文测验期间潮汐特征统计表

表 2.5-3 厂址附近海域实测垂线平均最大流速（流向）统计表

表 2.5-4 厂址附近海域各站垂线平均余流流速、流向统计表

表 2.5-5 三沙站累年各月及年平均表层水温（1960-2019 年）

表 2.5-6 三沙站和厂址同期表层水温月均值与年均值

表 2.5-7 工程海域多年平均水温

表 2.5-8 厂址附近海域全潮水文测验期间水温统计表

表 2.5-9 2010 年 3 月至 2011 年 2 月厂址专用站盐度月特征值统计表

表 2.5-10 厂址附近海域全潮水文测验期间盐度统计表

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

（1）河流与水库

苍南县位于浙江省东南隅，东临东海，西南与福建省福鼎市毗连。全县河流年平均流量为 12.0287 亿 m^3 ，枯水年 6.1346 亿 m^3 。境内河流分属三个水系，分别注入东海，其中：沿浦湾水系（又名蒲门水系）流域面积 143.5 km^2 ，由沿浦河、下再河、岭尾河汇集沿浦湾入东海；大渔湾水系流域面积 101.4 km^2 ，由赤溪、沙波溪和石塘溪汇集大渔湾出东海；鳌江水系贯穿苍南县境腹地，境内流域面积 884.9 km^2 ，占全县总面积的 70%。厂址附近主要有沿浦湾水系。

沿浦湾水系流域面积 143.5 km^2 ，河道总长 13.6 km ，主流发源于鹤顶山西麓岱岭乡坑门岭。水向东流，相继有坑门村大贡坑、云通村牛皮岭坑、西塔坑、新基坑、云山村瑶坑等水注入，然后进入马站十八孔水库。主流入库后，又相继有笔架山、大安坑、坑门村郑昔坑、布袋底坑等水注入，主流出马站镇后，有山门坑来水注入。主河道从马站镇至沿浦水闸入海，长 8.54 km ，平均宽度 18.56 km ，水面面积 0.1585 km^2 ，正常水位 2.13 m ，航运水位 1.13 m ，平均水深 2.86 m ，总容积 52 万 m^3 。沿浦湾水系流域最近处在核电厂址西北侧约 7 km 左右。

三澳核电厂厂址半径 15 km 范围内，无大型和中型水利工程。其中，苍南县所辖区域有 3 座小（1）型水库，分别为十八孔水库、铁场水库和云遮水库，1 座小（2）型水库，为仙岩尾水库；福鼎市所辖区域有 1 座小（1）型水库，为盾洋水库，2 座小（2）型水库，分别为澳口水库和台峰水库。苍南县所辖区域内的 3 座小（1）型水库概况如下：

- 铁场水库位于苍南县马站镇，厂址 NNW 方位约 12 km 处，水库开工于 1998 年，竣工于 1999 年，水库集雨面积为 4.52 km^2 ，总库容为 142.9 万 m^3 ，正常库容为 114.5 万 m^3 ，死库容为 1.40 万 m^3 ，正常蓄水位 96 m ，死水位 76 m 。铁场水库以供水为主，兼顾防洪及改善水环境，主要向铁场净水厂供水。
- 云遮水库坝址位于苍南县岱岭乡沿浦河十八孔水库上游福掌村坑门岭脚，厂址 NW 方位约 13 km 处，坝址集雨面积为 8.03 km^2 ，总库容为 286 万 m^3 ，死库容为 7.1 万 m^3 ，正常库容为 224 万 m^3 。云遮水库工程是以供水为主，兼顾防洪及改

善水环境等综合利用水利工程。云遮水库于2019年1月开始蓄水，已于2019年底开始向铁场净水厂供水。

- 十八孔水库位于苍南县马站镇，厂址NW方位约12km处，水库集雨面积为21.78km²，总库容为351.5万m³，正常库容为266万m³，死库容为24万m³，正常蓄水位49m，死水位36m。承担防洪、灌溉、供水、发电的任务。十八孔水库防洪标准为50年一遇设计，2000年一遇校核。十八孔水库为铁场净水厂应急备用水源。

（2）淡水水源条件

根据本工程水资源论证专题报告结果，三澳核电厂3、4号机组淡水用水主要有生活用水、生产用水、除盐水用水、施工用水及浇洒道路、喷淋喷雾、洗车、绿化用水等。本工程运行期的除盐水用水、生产用水拟采用海水淡化供给，3、4号机组与1、2号机组共用海水淡化厂房。运行期生活用水和施工期用水拟由苍南水务南部供水有限公司铁场净水厂供给，利用1、2号机组已建取水管线取水。施工期核电厂排放的生活污水经生活污水管网收集送至生活污水站，处理后的水达标后进行中水回用，用于绿化及浇洒道路等。

3、4号机组的淡水补给水量：运行期生活年用水量3.11万m³/a，运行期生活用水保证率为95%，施工期设计高峰年取水量84.16万m³/a，施工期用水保证率为90%。

2.5.1.2 海洋水文

（1）海域地理环境

三澳核电厂厂址位于苍南县渔寮至霞关之间，地处北关港北口，沿岸山峦起伏，丘陵、山地深入海洋，岸线曲折，岬角众多，海岸以基岩为主；厂址附近海域分布有大渔湾、渔寮湾和沿浦湾诸多海湾和草屿、弹棉屿、北关岛、南关岛等众多岛屿。厂址附近海域属中亚热带海洋性季风气候区，冬夏季风交替显著，厂址南侧的北关港内主要为淤泥质潮滩。北关港以东海域主要为北关岛东侧海域，北关岛东侧以基岩海岸为主，海域海床泥沙组成属淤泥质，但水深相对较大（近岸海图水深基本在6m以上），为水下浅滩，不存在潮滩。

厂址东侧为突出的基岩，处于北关港北入口，南部为草屿、弹棉屿、北关岛、南关岛等诸多岛屿，受岛屿的屏蔽，北关港海域主要为淤泥质潮滩，水深自岸向海缓慢

增大，在该区域内有冲刷深槽，取水条件比较好。东部面临开阔的海域，紧邻潮流冲刷槽，冲刷槽外水下浅滩发育，坡度平缓。厂址两侧海岸具有砂砾质窄滩，坡度陡。厂址与北关岛之间的近岸局部海域受潮流冲刷作用形成一个潮流冲刷槽，2010 年该深槽-20m 和-15m 等高线自关头以北向西南延伸到草屿北侧，再折向南延伸到草屿以南。

（2）海底地形

厂址附近海域南、北部均较为开阔，水下地形坡度平缓，等深线呈东北——西南走向；中部则岸线曲折、岬角丛多，分布着诸多海湾和岛屿，加之沟槽、浅滩相间分布，致使水道纵横交错，水下地形起伏多变。海域水深自岸向外海缓慢增大，北关港以东海域开阔，水下地形较为平缓。

（3）潮汐

厂址附近的长期潮位站主要有沙埕站和琵琶门站，沙埕站于 1955 年设立，次年年开始观测至今，距离本项目约 11.3km；琵琶门站 1982 年 5 月设立，当年开始观测潮位，1985 年开始观测波浪，距离厂址约 36.4km。此外，本项目还设立了厂址专用站（霞关站），自 2010~2011 年开展了为期一年的海洋水文观测，观测项目包括潮位、波浪、水温和盐度等。

根据厂址专用站（2010 年 3 月~2011 年 4 月）、沙埕站（1956~2013 年）和琵琶门站（1982~2008 年）的潮位观测资料统计，三站附近海域的潮汐属于正规半日潮，其中厂址站的平均潮差为 4.21m，沙埕站的平均潮差为 4.16m，琵琶门站的平均潮差为 4.29m。

厂址所在海域的最高天文潮位 3.58m，最低天文潮位-3.55m，10%超越概率天文高潮位 3.40m，90%超越概率天文低潮位-3.40m。

浙江省水利河口研究院前期于 2015 年在厂址附近海域进行了全潮海洋水文观测，并于近期 2021 年 6 月 25 日~7 月 30 日和 2021 年 12 月 28 日~2022 年 1 月 4 日再次进行了夏、冬两季大、中、小潮的全潮海洋水文观测，观测的内容主要有潮汐、潮流、水温、盐度、含沙量、悬沙和底质等，共设置 12 个测流点（V1~V12）和 5 个临时潮位站（赤溪、三沙、闰峡、霞关码头和霞关厂址），同时收集了洞头、南麂岛、石坪、沙埕等潮位站同步潮位资料。厂址附近海域全潮水文观测测站位置统计见表 2.5-1。夏、冬两季的实测潮位资料见表 2.5-2，具体结果如下：

- 潮汐特征：整个潮汐变化过程呈现为正规半日潮。

- 潮差：测区平均潮差多数大于 4.0m。冬、夏两季全潮海洋水文测验期间均表现为：在东西方向上，海岛站（洞头、南麂岛）的潮差小于其他 7 个西部沿海站（石坪~闰峡）；南北方向上，总体上呈现出自北向南，从洞头、南麂岛，至石坪、赤溪、霞关厂址、霞关码头、沙埭，潮差逐渐增大，至三沙、闰峡达到最大的分布特征。
- 涨落潮历时：夏、冬两季各站的涨、落潮历时基本相当，时差最大分别为 13min 和 20min。夏季除霞关码头站涨、落潮历时相等，洞头和沙埭站呈现涨潮历时长于落潮历时的特征，其余各站均呈现落潮历时长于涨潮历时的特征，时差在 3min~13min 之间。冬季除洞头站和沙埭站外，其余各站均呈现落潮历时长于涨潮历时的特征，时差在 2min~20min 之间。

（4）海流

根据浙江省水利河口研究院 2021 年在厂址附近海域进行的夏、冬两季全潮海洋水文观测结果，厂址附近海域的海流属于非正规半日浅海潮流。就流向而言，夏季和冬季观测期间，厂址北侧（V7、V8）和厂址断面（V3~V6）和厂址南侧断面（V11、V12）以旋转流为主，北关港（V1）和沙埭港（V2、V9 和 V10）等其余测点以往复流为主。表 2.5-3 给出了各测站夏冬两季的垂线平均最大流速流向及夏冬两季大中小潮分层最大流速及相应流向。

a) 垂线平均最大流速

厂址北侧断面：夏季最大垂线平均流速为 0.54m/s，对应流向 64°，出现在大潮汛 V8 测站；冬季最大垂线平均流速为 0.68m/s，对应流向 80°，出现在大潮汛 V7 测站；

厂址断面：夏季最大垂线平均流速为 0.68m/s，对应流向 60°，出现在中潮汛 V6 测站；冬季最大垂线平均流速为 0.62m/s，对应流向 54°，出现在大潮汛 V6 测站；

厂址南侧断面：夏季最大垂线平均流速为 0.70m/s，对应流向 265°，出现在大潮汛 V12 测站；冬季最大垂线平均流速为 0.74m/s，对应流向 76°，出现在大潮汛 V11 测站；

北关港水域：夏季最大垂线平均流速为 0.88m/s，对应流向 210°，出现在大潮汛；冬季最大垂线平均流速为 0.82m/s，对应流向 228°，出现在大潮汛；

沙埭港水域：夏季最大垂线平均流速为 1.05m/s，对应流向 151°，出现在大潮汛 V2 测站；冬季最大垂线平均流速为 1.35m/s，对应流向 135°，出现在大潮汛 V2 测站。

b) 实测最大流速的极值

夏季：厂址北侧断面，实测最大流速极值为 0.69m/s，对应流向 67°，出现在大潮汛 V8 测站面层；厂址断面，实测最大流速极值为 0.76m/s，对应流向 39°，出现在中潮汛 V6 测站面层；厂址南侧断面，实测最大流速极值为 0.91m/s，对应流向 277°，出现在大潮汛 V12 测站面层；北关港水域，实测最大流速极值为 1.00m/s，对应流向 208°，出现在大潮汛 V1 测站 0.4H 层；沙埕港水域，实测最大流速极值为 1.21m/s，对应流向 149°，出现在大潮汛 V2 测站 0.2H 层。

冬季：厂址北侧断面，实测最大流速极值为 0.85m/s，对应流向 81°，出现在大潮汛 V7 测站 0.4H 层；厂址断面，实测最大流速极值为 0.67m/s，对应流向 55°/31°，出现在 V6 测站大潮汛表层和小潮汛 0.2H 层；厂址南侧断面，实测最大流速极值为 0.95m/s，对应流向 100°，出现在大潮汛 V11 测站 0.4H 层；北关港水域，实测最大流速极值为 0.88m/s，对应流向 227°，出现在大潮汛 V1 测站表层；沙埕港水域，实测最大流速极值为 1.47m/s，对应流向 141°，出现在大潮汛 V2 测站 0.2H 层。

c) 实测最大流速的垂向分布

夏、冬多数测站的实测最大流速的垂向分布总体上表现为上层（面层~0.4H 层）向中层（0.6H 层~0.8H 层）减小，而至底层最小。

d) 实测最大流速的平面分布

夏季：在三个断面中，厂址北侧断面和厂址南侧断面，外海深水区测站和近岸浅水区测站的最大流速基本相当，如厂址北侧断面，大、中、小潮汛，V7 测站分层最大流速在 0.25m/s~0.66m/s 之间，V8 测站分层最大流速在 0.34m/s~0.69m/s 之间，相差不大；厂址南侧断面，大、中、小潮汛，V11 测站分层最大流速在 0.25m/s~0.90m/s 之间，V12 测站分层最大流速在 0.34m/s~0.91m/s 之间，亦相差不大。而厂址断面，则表现为外海深水区的 V4 测站和厂址前沿的 V6 测站分层最大流速略大于拟设排水口附近 V3 测站和近岸 V5 测站，如大、中、小潮汛，V4 测站分层最大流速在 0.33m/s~0.72m/s 之间，V6 测站分层最大流速在 0.31m/s~0.76m/s 之间，而 V3 测站分层最大流速在 0.35m/s~0.60m/s 之间，而 V5 测站分层最大流速在 0.21m/s~0.42m/s 之间。另外，从大范围看，测区最大流速分布，总体上有着自东北向西南逐渐增大的趋势，如大潮汛，测区东北的厂址北侧断面 V7 和 V8 测站分层最大流速在 0.36~0.69m/s 之间，到厂址断面，V3、V4、V5、V6 测站分层最大流速在 0.21m/s~0.72m/s 之间，至西南的厂址南侧断面，V11 和 V12 测站分层最大流速在 0.25m/s~0.91m/s 之间。

在北关港、沙埕港两个局部水域，受其局地地形影响，各测站最大流速分布各具特点。沙埕港湾口 V2 测站和湾内 V9 测站分层最大流速相对较大，大、中、小潮汛，V2 测站分层最大流速在 0.46m/s~1.21m/s，V9 测站分层最大流速在 0.50m/s~1.15m/s 之间。而北关港的 V1 测站次之，大、中、小潮汛，V1 测站分层最大流速在 0.36m/s~1.00m/s 之间。沙埕港外的 V10 测站相对较小，大、中、小潮汛，V10 测站分层最大流速在 0.25m/s~0.61m/s 之间，明显小于其余 3 个测站。

冬季：在三个断面中，厂址北侧断面，近岸浅水区测站的最大流速略大于外海深水区测站，大、中、小潮汛，V7 测站分层最大流速在 0.26m/s~0.85m/s 之间，V8 测站分层最大流速在 0.27m/s~0.62m/s 之间；厂址断面，表现为外海深水区的 V4 测站和厂址前沿的 V6 测站分层最大流速明显大于拟设排水口附近 V3 测站和近岸 V5 测站，如大、中、小潮汛，V4 测站分层最大流速在 0.32m/s~0.65m/s 之间，V6 测站分层最大流速在 0.40m/s~0.67m/s 之间，而 V3 测站分层最大流速在 0.25m/s~0.49m/s 之间，而 V5 测站分层最大流速在 0.18m/s~0.33m/s 之间；厂址南侧断面，外海深水区测站和近岸浅水区测站的最大流速基本相当，大、中、小潮汛，V11 测站分层最大流速在 0.40m/s~0.95m/s 之间，V12 测站分层最大流速在 0.35m/s~0.85m/s 之间，相差不大。另外，从大范围看，测区最大流速分布，大潮汛表现为东北侧和西南侧流速较大，中部厂址区域流速较小，测区东北的厂址北侧断面 V7 和 V8 测站分层最大流速在 0.40m/s~0.85m/s 之间，西南的厂址南侧断面，V11 和 V12 测站分层最大流速在 0.52m/s~0.95m/s 之间，厂址断面，V3、V4、V5、V6 测站分层最大流速在 0.22m/s~0.67m/s 之间；而中、小潮汛则表现为自东北向西南逐渐增大的趋势，如中潮汛，测区东北的厂址北侧断面 V7 和 V8 测站分层最大流速在 0.26m/s~0.43m/s 之间，到厂址断面，V3、V4、V5、V6 测站分层最大流速在 0.21m/s~0.57m/s 之间，至西南的厂址南侧断面，V11 和 V12 测站分层最大流速在 0.35m/s~0.61m/s 之间。

在北关港、沙埕港两个局部水域，受其局地地形影响，各测站最大流速分布各具特点。沙埕港湾口 V2 测站分层最大流速相对较大，大、中、小潮汛，V2 测站分层最大流速在 0.60m/s~1.47m/s；北关港的 V1 测站和沙埕港湾内的 V9 测站次之，大、中、小潮汛，V1 测站分层最大流速在 0.38m/s~0.88m/s 之间，V9 测站分层最大流速在 0.34m/s~0.77m/s 之间；沙埕港外的 V10 测站相对较小，大、中、小潮汛，V10 测站分层最大流速在 0.18m/s~0.48m/s 之间，明显小于其余 3 个测站。

e) 实测最大流速随潮流的变化

夏季：除了厂址前沿的 V6 测站，最大涨、落潮流速，表现为中潮流最大，大潮汛次之，小潮流最小外；其余水域各测站的最大涨、落潮流速，随着潮流的演变，总体上具有良好的变化规律，即大潮汛最大，中潮流次之，小潮流最小。

冬季：测区各测站的最大涨、落潮流速，随着潮流的演变，总体上具有良好的变化规律，即大潮汛最大，中潮流次之，小潮流最小。

2021 年水文测验相比 2015 年测次，由于 V3 和 V6 测站位置进行了调整，因此，主要对 V1、V2、V4、V5 及 V7~V12 等 10 个测站的潮流类型进行比较分析，2021 年水文测验的海流特征与 2015 年进行比较分析结果如下：

- 潮流类型：潮流类型方面，两个测次的潮流类型均为非正规半日浅海潮流；运动形式方面，2015 年和 2021 年的厂址北侧断面、厂址断面、厂址南侧断面，除 2015 年夏、冬两季和 2021 年冬季 V11 测站外，均具有旋转流特征，旋转方向除了 V5 垂线为顺时针右旋外，其余均为逆时针左旋；北关港、沙埕港各测站，具有往复流特征。总体上，2015 年与 2021 年并无本质差别。
- 垂线平均最大流速：最大流速方面，2015 年垂线平均最大流速为 1.06m/s，2021 年垂线平均最大流速为 1.35m/s。因此，整体上 2021 年的垂线平均最大流速略大于 2015 年。从最大流速对应的流向来看，整体上 2021 年观测资料与 2015 年资料较为一致，垂线平均最大流速对应的流向较为接近，除垂线平均最大流速分别出现在涨、落潮时段的测站外，其余测站流向互差多在 55° 内。

经上述分析，在海流特征方面，两次水文观测在潮流类型上保持一致，均为非正规半日浅海潮流，垂线平均最大流速流向也较为一致。

(5) 余流

根据浙江省水利河口研究院 2021 年厂址附近海域进行的夏、冬两季全潮海洋水文观测结果，工程区域夏、冬两季实测期间的垂向平均余流特征见表 2.5-4。

- 余流流速：厂址附近海域各站的垂向平均余流流速中，夏季在 0.01m/s~0.23m/s 之间，最小值出现在夏季小潮的 V9 站和 V10 站及夏季大潮的 V10 站，最大值出现在夏季中潮的 V4 站；冬季在 0.01m/s~0.14m/s 之间，最小值出现在冬季大潮和中潮的 V11 站及冬季小潮的 V9 站，最大值出现在冬季大潮的 V1 站。厂址附近海域夏季余流强度略大于冬季。

- 余流方向：夏季大潮期间在厂址北侧断面测点余流方向多为西南向，厂址南侧断面多为西北向，厂址断面主要为西南向和西北向，中潮期间外海测点余流方向多为东北向，小潮期间外海测点余流方向主要为西南向。冬季大潮期间在厂址北侧断面测点余流方向多为东南向，厂址断面主要为西南向和西北向，小潮期间外海及厂址断面测点余流方向主要为西南向，中潮期间各测点余流方向无明显规律。
- 垂向分布：整体呈由表层向底层逐渐减少的趋势。

2021 年水文测验的余流特征与 2015 年进行比较分析，结果如下：

- 垂线平均余流：两次水文观测各测站的全潮垂线平均余流的量值均较小，在 0.14m/s 以内；从流向来看，除北关港 V1 测站和厂址断面 V5 测站，V8、V11 和 V12 测站冬季测次外，其余各测站 2015 年和 2021 年相应季节余流的流向变化较大，没有明显规律。

（6）波浪

根据琵琶门站 1992~2006 年波浪观测资料统计，该海域波浪以混合浪为主，以出现次数计，风浪或以风浪为主的混合浪共占 30.4%，涌浪或以涌浪为主的混合浪共占 69.6%，即涌浪出现的频率远大于风浪，且方向基本出现在 ENE 向和 E 向。海区的常浪向为 E 向，次常浪向为 ENE 和 NE 向，出现频率分别为 81.0%、5.2%和 3.6%。强浪向为 ENE 向和 E 向，相应的最大波高分别为 6.7m 和 6.5m，分别发生在 1994 年 8 月 8 日 11 时和 14 时，时值 1994 第 14 号台风经过附近海域。

厂址开阔度及朝向与琵琶门波浪站有一定相似之处。根据厂址专用站为期一年的波浪观测统计结果：全年常浪向为 NE 向，频率为 15.58%，次常浪向为 E 向，频率为 13.32%；其季节变化为：四季中除了夏季外出现最多的均是 NE 向，频率以秋季最高，达 18.82%；次常浪向除了夏季外均以 ENE、E 出现，频率亦以秋季出现最高，达 16.35%；夏季常浪向为 E 向，频率占 12.5%，次常浪向为 S 向，频率占 10.6%。全年强浪向为 NE 向，实测最大波高为 4.9m，次强浪向为 ENE，实测最大波高为 4.7m；其季节变化为：春、秋、冬三个季节强浪向和次强浪向均在 NNE~ENE 之间，夏季强浪向出现在 E 向，最大波高为 3.2m，次强浪向为 N、NE 向，最大波高为 2.9m。全年平均周期介于 4.8s~5.4s 之间；四季介于 4.5s~5.5s，季节变化不明显。

（7）水温

三沙海洋站位于福建省霞浦县三沙镇五澳村，该站海水温度观测始于 1959 年 10 月，三沙站距本工程约 42.3km，为厂址附近仅有的长期水温观测站，三沙站 1960~2019 年累年各月及年平均表层水温见表 2.5-5。厂址专用站和三沙站同期表层水温年月均值见表 2.5-6。从中看出：专用站月均表层水温变化规律与三沙站一致，但量值较三沙站低，厂址站表层水温度的年平均值为 18.2℃，9 月份最高为 28.9℃，2 月份最低为 7.4℃；而同期三沙站表层水温度的年平均值为 18.8℃，9 月份最高为 28.9℃，2 月份最低为 8.5℃。依据专用站与三沙站同期资料建立的水温相关关系，计算核电站工程海域年月平均水温见表 2.5-7，多年平均水温为 18.9℃。

根据 2021 年全潮海洋水文测验结果（见表 2.5-8）可知：

- 水温特征值：夏季测区平均水温在 25.59℃~29.04℃，实测瞬时最低水温 23.05℃，实测瞬时最高水温 29.78℃；冬季测区平均水温在 11.94℃~13.62℃，实测瞬时最低水温 11.49℃，实测瞬时最高水温 14.26℃。
- 水温平面分布：夏季测区表现为近岸测站的水温略高于离岸测站的水温；冬季测区表现为北关港和沙垵港的水温略高于其他测站，厂址北侧断面和厂址南侧断面表现为离岸测站略高于近岸测站，厂址断面的水温大潮汛表现为拟设排水口附近的 V3 测站最高，近岸测站（V5 和 V6 测站）次之，离岸测站（V4）较低的特征，而中、小潮汛，则表现为离岸测站（V4）最高，拟设排水口附近的 V3 测站次之，近岸测站（V5 和 V6 测站）较低的特征。
- 水温垂向分布：夏季各站水温的垂向分布中，实测的最高水温多出现在上、表层，而最低水温多出现在下、底层，水温从表层随着水深增加而有所递减；冬季各站水温的垂向分布中，总体上，实测的最高水温多出现在上、表层，而最低水温亦多出现在上、表层。大、中潮汛水温从表层随着水深增加的变化并不明显；小潮汛水温从表层随着水深增加的变化而有所增加。

2021 年水文测验的水温特征与 2015 年比较：总体上看，夏季测次 2021 年测验期间水温低于 2015 年资料；冬季测次 2021 年水文测验期间水温高于 2015 年资料。水温特征的差异主要是由于两次水文测验的时间差造成的。

（8）盐度

根据厂址专用站 2010 年 3 月至 2011 年 2 月的盐度统计结果（见表 2.5-9），就瞬时盐度而言，工程海域全年最高盐度为 34.38‰（2010 年 8 月），最低盐度为 21.22‰

（2010 年 6 月）。就月平均盐度而言，最高为 32.55‰（2010 年 8 月），最低为 24.32‰（2010 年 5 月）。本海域冬季盐度低、分布又比较均匀，盐度的日较差为全年最小，仅在 0.02‰~1.76‰之间，平均约为 0.40‰；春季盐度的日较差增大，介于 0.21‰~4.21‰之间，平均约为 1.32‰；夏季盐度的日较差介于 0.13‰~4.74‰之间，平均约为 1.22‰；秋季盐度的日较差介于 0.09‰~1.41‰之间，平均约为 0.74‰。

根据 2021 年全潮海洋水文测验结果（见表 2.5-10）可知：

- 盐度特征值：夏季测次各垂线的平均盐度在 27.381‰~34.215‰之间，施测瞬时最低盐度为 26.412‰，施测瞬时最高盐度为 34.372‰，各测站的垂线平均盐度随着大、中、小潮逐渐增大；冬季测次各垂线的平均盐度在 25.579‰~27.514‰之间，施测瞬时最低盐度为 24.912‰，施测瞬时最高盐度为 28.607‰，大多数测站的垂线平均盐度随大、中、小潮逐渐减小。
- 平面分布：夏、冬两季测区盐度均呈现自北向南逐渐递增的趋势，三个外海断面（厂址北侧断面、厂址断面、厂址南侧断面）呈现出外海测站的盐度相对大于近岸的测站的分布特征。
- 垂向分布：夏、冬两季均表现为由上表层向底层逐渐增高的分布特征。

（9）含沙量

根据 2021 年夏、冬两季的全潮水文测验资料：

厂址附近海域夏季各站垂线平均含沙量在 $0.001\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.402\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，最大值为中潮期间的 V3 站。含沙量随潮期的演变，大潮、中潮和小潮期间的各站垂线平均含沙量分别在 $0.002\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.087\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.007\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.402\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $0.001\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.029\text{kg}/\text{m}^3$ 之间；全潮平均含沙量在 $0.01\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.048\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，最大值为沙埕港的 V9 站。

厂址附近海域冬季各站垂线平均含沙量在 $0.012\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.294\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，最大值为中潮期间的 V11 站。含沙量随潮期的演变，大潮、中潮和小潮期间的各站垂线平均含沙量分别在 $0.017\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.223\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $0.013\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.294\text{kg}/\text{m}^3$ 和 $0.012\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.278\text{kg}/\text{m}^3$ 之间；全潮平均含沙量在 $0.036\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.100\text{kg}/\text{m}^3$ 之间，最大值为北关港的 V1 站。

从整个测区范围来看，总体上测量期间含沙量的分布有如下特征：

- 外海含沙量小于近岸含沙量；
- 自东北向西南，中间的厂址断面含沙量大于南北边界的厂址南侧断面和厂址北侧断面；

- 夏季沙埕港内水域是整个测区含沙量最高的水域，冬季北关港水域是整个测区含沙量最高的水域；
- 夏、冬两季各测站逐层最大含沙量，最小含沙量，平均含沙量，均表现为随着水深增加，而逐渐增大的趋势。

局地的含沙量主要受当地的地形（水深）、海流、海床地质以及波浪（特别是大风天气下）等因素影响。对工程区域短期地形有直接影响的本地泥沙主要在波浪作用下被卷扬，并受波流作用以及地形的影响向不同方向运移、扩散、沉降，造成工程区短期内泥沙的输移。

2021 年水文测验的含沙量与 2015 年比较：2015 年和 2021 年水文测验最大测点含沙量分别为 1.79kg/m^3 、 0.667kg/m^3 ，最大垂线平均含沙量分别为 0.760kg/m^3 、 0.294kg/m^3 ，2021 年测次含沙量总体略小于 2015 年，局部各测站表现各异，主要受入海河流上游来沙量、潮汐、气候等多因素共同影响。

（10）悬沙及底质

2021 年夏、冬两季全潮水文测验期间的各垂线潮流悬沙中值粒径，夏季在 $0.0041\text{mm}\sim 0.0106\text{mm}$ 之间，冬季在 $0.0046\text{mm}\sim 0.0088\text{mm}$ 之间，绝大部分属于极细粉砂，少部分属于细粉砂。从悬沙中值粒径随潮期的演变看，夏冬两季各垂线的悬沙中值粒径在大、中、小潮期总体相差并不大。

2021 年夏、冬两季全潮水文测验期间的各垂线的底质中值粒径，夏季在 $0.0054\text{mm}\sim 0.0078\text{mm}$ 之间，冬季在 $0.0051\text{mm}\sim 0.0081\text{mm}$ 之间，均属极细粉砂和细粉砂范畴。夏季粉砂含量最多（平均 65.9%），其次为粘土（平均 32.1%），砂组分含量最小（平均 2.0%），冬季粉砂含量最多（平均 67.2%），其次为粘土（平均 31.4%），砂组分含量最小（平均 1.4%），底质类型均为粘土质粉砂。

（11）岸滩稳定性

厂址区低山丘陵以及沿海岛屿大多数为晚侏罗纪火山-沉积岩及燕山期侵入岩构成，海域主要为基岩海岸，岸线突出且基本稳定；海域内沉积的物质来源主要为湾内陆源物质和湾外沿岸流挟带的物质，其中河流的冲淤造床作用微弱，沿岸流的现代沉积是主要的造床物质。

（a）岸线稳定性

厂址附近海域 1986 年、2015 年和 2021 年的岸线基本稳定，没有明显移动，变化

以近年来的围塘养殖等形成的人工岸线为主。厂区所在基本为基岩海岸，受开敞海区波浪冲蚀作用，其淤积现象及围筑活动较少，岸线基本稳定。

（b）区域海域稳定性

厂址附近海域人类活动较少，海床基本为自然冲淤变化。

根据 1986~2016 年近 30 年冲淤状况图所示，厂址岸线基本稳定，没有明显移动，变化以近年来的围塘养殖等形成的人工岸线为主。研究区域大面冲、淤并存，且变幅在 0.5m 以内，基本稳定。从局部区域而言，电厂附近的近岸、矾头岬角以及潮流通道冲淤幅度较大，可达到 3m~5m，主要是两年测图比例尺的差别造成。总体而言，工程区域海床相对稳定，工程区域近岸水下浅滩以微冲为主，岛屿掩护区有所淤积。

根据 2015~2021 年冲淤变化图所示，受工程附近岛屿控制，工程海域整个滩槽格局并未发生显著变化。岸线为突出基岩，南部为草屿、弹棉屿、北关岛、南关岛等诸多岛屿形成岛屿屏蔽，北关港海域主要为淤泥质潮滩，水深自岸向海缓慢增大。涨落潮流从相对开阔的海域传入厂址东侧，受岛屿和岬角地形地貌影响，厂址东侧前沿形成了一定范围的冲刷槽地貌，冲刷槽深达 20m~30m。东部面临开阔的海域，紧邻潮流冲刷槽，冲刷槽外水下浅滩发育，坡度平缓。厂址西南侧水深较浅，均小于 10m，东北侧水域水深 8m~12m 左右，坡度平缓。工程附近除厂址北侧矾头岬角位置有局部冲刷外，其余位置均呈现冲淤相间的分布特征，冲淤最大幅度均在 0.5m 左右，说明工程海域海床整体呈现冲淤动态平衡的特征。

综上，厂区所在海域主要为基岩海岸，岸线突出，岸线基本稳定；近年来工程海域海床有冲有淤，海床相对稳定。由于本工程建设导致的岸线变化仅局限于厂址附近小范围近岸海域，对大范围海域的岸滩稳定性无显著影响。

2.5.2 地下水

（1）厂址附近范围的水文地质单元及地下水流向

厂址附近区域内分水岭总体上呈“—”字形，上、下分别为库下~兰滩水文地质单元和南坪~长沙水文地质单元，东侧为大垄~小槽水文地质单元，三个水文地质单元之间相互独立，形成各自补给、径流、排泄系统。

- 库下~兰滩水文地质单元：该单元北侧主分水岭以“坝头~王家边~大垄村”山脊为界、东侧以“大垄~陈厝~大坑内~大坪”为界，南侧以“大坪~岭头坪~新林~指

甲”，西侧以“指甲~牛运村~斗门头村”为界，即单元内三面环山汇水，水流畅西北侧斗门头村流出后注水大海。

- 南坪~长沙水文地质单元：该水文地质单元北侧主分水岭以“大坪~岭头坪~新林~指甲”一线、东侧至“岗头尾”、西侧为“指甲~观音尖~菜架~吾义顶”山脊为主分水岭，即：东西有界、北高南低、南侧临海，地下水自北向南汇流后直接注入大海。
- 大垄~小槽水文地质单元：以北、西侧以“大垄~陈厝~大坑内~大坪~岗头尾”一线山脊为主分水岭，地势总体上北高南低，西高东低，东面直接临海，区域内地下水总体呈向东流的趋势。三澳核电厂 3、4 号机组厂区主要位于该水文地质单元内。

（2）地下水类型及其补给、径流、排泄方式

根据地下水的赋存条件、水力特征及埋藏条件，本区地下水类型可分为第四系松散岩类孔隙潜水和基岩类孔隙裂隙水。

（a）第四系松散岩类孔隙潜水

根据岩性和岩相不同，第四系松散岩类孔隙潜水含水层具体可划分为四个亚类：全新统海积层（ Q_4^m ）、全新统冲海积层（ Q_4^{al-m} ）、全新统冲洪积层（ Q_4^{al-pl} ）和第四系残坡积层（ Q^{el-dl} ）。

- 全新统海积层（ Q_4^m ）：岩性主要为淤泥质粉质粘土、粉质粘土层，厚度约为 5m~20m，近山前趋薄，近海变厚，总体上含水层透水性差，属微透水层。地下水接受大气降水补给和地表水体的下渗补给，蒸发是其主要排泄方式。该含水层无民井开采记录。
- 全新统冲海积层（ Q_4^{al-m} ）：岩性主要为粉细砂、砾石、块石层，含水层厚度约为 5m~10m，均匀性较好，透水性佳。该潜水主要接受上游沟谷来水和海水灌渗补给，向大海一侧径流，向大海渗流是其主要排泄方式。渗透系数为 $1.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 。该含水层无民井开采记录。
- 全新统洪积层（ Q_4^{al-pl} ）：岩性以含粘性土碎石、卵砾石为主，含水层厚度一般为 3m~5m，向沟谷源头渐趋薄。含水层主要接受大气降水补给，与地表水体水力联系密切，丰水期部分接受地表水体补给，向下游渗流和泉点出露地表是本含水层的主要排泄方式。渗透系数为 $3.82 \times 10^{-5} \text{cm/s} \sim 4.28 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。该含水层

水质较好，水量贫乏，民井单井涌水量 5t/d 左右，民井多分布于此层。

- 第四系残坡积层(Q^{el-dl}): 岩性为褐红色、褐黄色可~硬塑状含砾粉质粘土、粉质粘土，透水性弱，一般分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，厚度 2m~5m 不等。含水层主要接受大气降水补给，向下部风化基岩下渗和下游侧向渗流排泄。渗透系数为 $5.32 \times 10^{-4} \text{cm/s} \sim 4.58 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。该含水层水质属淡水，水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。

(b) 基岩类孔隙裂隙水

基岩类孔隙裂隙水的含水层根据其赋存方式可划分为风化裂隙水含水层和构造裂隙水含水层两类。

- 基岩风化裂隙水：赋存于上部基岩风化层中，含水层主要接受大气降水入渗补给，在地势低洼沟谷处，接受上部第四系松散岩类孔隙潜水的下渗补给，以下降泉的方式向地表排泄。该含水层水量极贫乏，民井单井涌水量小于 5t/d，在南坪村和长沙村一带水量为贫乏，民井单井涌水量可达 5t/d~10t/d。
- 基岩构造裂隙水：赋存于深部基岩构造裂隙中，地下水以脉状形式赋存，均匀性差。含水层接受上部风化裂隙水和第四系松散岩类潜水补给为主，泉点是其主要排泄方式。调查区基岩构造裂隙水含水层水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。

(3) 厂址半径 5km 范围内的地下水利用情况

厂址半径 5km 范围内的地下水利用以民井为主。井水主要用途为清洗紫菜、少量饮用。各水文地质单元内的民井主要特征如下：

- 库下~兰滩水文地质单元：民井深度一般小于 5m，水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。
- 南坪~长沙水文地质单元：民井深度一般 4m~8m，水量贫乏，单井涌水量一般 5t/d~10t/d。
- 大堇~小槽水文地质单元：民井深度一般小于 5m，水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。

厂址区没有大型河流和水库等地表水体。厂坪开挖后，第四系地层均被剥除，松散岩类孔隙水不复存在，上部节理裂隙较发育的强风化、中风化层也被挖除，厂坪以下为基岩。由于厂址位于大堇~小槽水文地质单元的地下水流向通道的下游，厂坪后不

会对区域内其他用户造成显著影响。厂坪开挖后，地下水的迁移途径变更为：大气降水补给人工回填层孔隙水，排泄入海，在基岩区大气降水直接转变为地表径流，通过厂区排水系统排泄入海。

（4）厂址及其附近基岩的岩石类型、岩性特征及风化情况

厂址附近区地层主要为白垩系石帽山群熔结凝灰岩、燕山晚期侵入的细粒钾长花岗岩和玄武安山岩。各岩层特征描述如下：

①白垩系石帽山群晶屑熔结凝灰岩：熔结凝灰结构，块状构造。主要由火山碎屑组成，多见长石、石英晶粒，呈等粒~细粒结构，岩质坚硬。广泛分布厂区及北部地区。

②细粒钾长花岗斑岩：细粒花岗斑状结构，块状构造。岩石中的斑晶主要为石英和钾长石，少量斜长石，岩质坚硬。主要分布于北部大垄村~澄海村兰滩一带。

③玄武安山岩：块状构造。主要由辉石和基性斜长石组成，岩石空隙中被后期硅质充填。主要分布于主厂区。

厂址位于大垄~小槽水文地质单元，主厂区地基主要由两大部分组成：第四系土层和基岩组成，基岩主要为白垩纪石帽山群晶屑熔结凝灰岩，局部为花岗斑岩和安山岩岩脉。主厂区内第四系地层厚度总体较薄，凝灰岩风化程度为中等、微~未风化，花岗斑岩和安山岩的风化程度为微风化。

根据实验得到基岩各风化层的渗透系数为：全风化层 $4.95 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，强风化层为 $2.42 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，中风化层为 $3.19 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，微风化层为 $1.64 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，均属弱透水。

核岛部位的强风化层厚度小于 5m，中等风化层厚度为 5m~25m。常规岛部位的强风化层厚度小于 15m。

（5）核电厂建造对地下水的影响

场地平整后，场地内第四系孔隙水和基岩风化裂隙水含水层大部分将被挖除，主要出露微风化基岩，一定程度上减少大气降水的入渗补给量，致使厂区地下水富水性降低；同时，厂区内设置排水沟，并硬化地表，进一步阻断了厂区地下水补给源，造成地下水补给量进一步减少，从而使厂区内局部地段地下水流场发生变化，但上述措施未改变地下水的总体流向，最终仍向大海排泄，核电厂建设不会对厂区地下水产生影响。

2.5.3 洪水

根据《滨海核电站厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990）和《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101-2023）的要求，设计基准洪水位考虑可能最大风暴潮增水、10%超越概率的天文高潮位及未来海平面升高的组合。根据计算分析，厂址设计基准洪水位（DBF）为 8.99m。三澳核电站 3、4 号机组拟定的厂坪标高为 17.50m，远高于海域洪水水位。

2.5.4 参考资料

- [1] 浙江三澳核电站二期工程冬、夏季典型全潮水文测验分析报告，浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院），2022.5；
- [2] 中广核浙江三澳核电站一期工程厂址附近范围环境水文地质调查报告，中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司，2019.06；
- [3] 浙江三澳核电站工程泥沙和岸滩稳定性分析研究专题报告，浙江省水利河口研究院，2019.5；
- [4] 中广核浙江三澳核电站二、三期工程水资源论证报告，中国水利水电科学研究院，2022.11；
- [5] 中广核浙江三澳核电站一期工程海洋水文参数复核咨询报告，青岛大熊海洋科技有限公司，2020.10；
- [6] 中广核浙江三澳核电站一期工程外海设计波要素分析及计算报告，青岛大熊海洋科技有限公司，2021.3。

表 2.5-1 厂址附近海域全潮水文观测测站位置统计表

(1) 水文测验测站位置

测站号	2000 国家大地坐标系，中央子午线 120°E				备注
	B(° ' " N)	L(° ' " E)	X(m)	Y(m)	
V1	27 10 28.6	120 30 34.5	3007081	550500	北关港通道
V2	27 08 33.7	120 27 17.6	3003525	545093	沙埕港口门
V3	27 11 43.3	120 32 52.6	3009395	554292	排水口附近
V4	27 10 12.5	120 37 18.6	3006634	561627	厂址断面
V5	27 12 50.2	120 31 20.3	3011446	551744	厂址断面
V6	27 12 16.7	120 32 06.5	3010420	553018	厂址断面
V7	27 18 03.2	120 36 29.6	3021117	560208	厂址北侧断面
V8	27 15 49.6	120 39 31.9	3017029	565242	厂址北侧断面
V9	27 09 46.2	120 24 27.0	3005739	540387	沙埕港内
V10	27 10 00.4	120 26 48.7	3006188	544288	沙埕港口门
V11	27 04 17.6	120 24 49.5	2995626	541042	厂址南侧断面
V12	27 02 02.8	120 27 40.9	2991494	545778	厂址南侧断面

(2) 潮位站位置

站位名称	2000 国家大地坐标系，中央子午线 120°E			
	B(° ' " N)	L(° ' " E)	X(m)	Y(m)
洞头*	27 51 18	121 07 15	3082878	610396
南麂岛*	27 28 08	121 03 06	3040030	603952
石坪*	27 24 29	120 38 45	3033016	563856
赤溪	27 19 12	120 33 15	3023203	554853
霞关码头	27 10 16	120 27 55	3006670	546101
霞关厂址	27 12 17	120 31 12	3010416	551526
沙埕*	27 09 49	120 24 54	3005823	541128
三沙	26 55 44	120 14 21	2979772	523761
閘峡	26 39 18	120 06 45	2949413	511208

注：*表示长期站

表 2.5-2 厂址附近海域全潮海洋水文测验期间潮汐特征统计表

(1) 夏季各潮位站同步实测潮汐特征统计

单位：m

站位	潮位					潮差			涨落潮历时	
	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	平均潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
洞头	4.01	-2.95	2.41	-1.59	0.42	6.22	2.12	4.01	6:16	6:08
南麂岛	3.64	-2.78	2.29	-1.49	0.42	5.89	1.93	3.78	6:11	6:14
石坪	3.87	-3.13	2.43	-1.68	0.42	6.41	2.18	4.12	6:06	6:19
赤溪	3.89	-3.12	2.48	-1.71	0.42	6.50	2.21	4.20	6:06	6:18
霞关厂址	3.88	-3.07	2.48	-1.69	0.42	6.47	2.15	4.18	6:07	6:17
霞关码头	3.93	-3.09	2.47	-1.66	0.42	6.41	2.19	4.14	6:13	6:13
沙埭	3.87	-3.21	2.51	-1.71	0.42	6.48	2.24	4.22	6:17	6:07
三沙	3.95	-3.27	2.54	-1.75	0.42	6.55	2.35	4.30	6:06	6:18
閘峡	3.83	-3.44	2.60	-1.79	0.42	6.65	2.44	4.40	6:06	6:18

(2) 冬季各潮位站同步实测潮汐特征的统计

单位：m

站位	潮位					潮差			涨落潮历时	
	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	平均潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
洞头	3.06	-3.39	2.19	-1.75	0.21	6.45	2.10	3.95	6:19	6:06
南麂岛	2.92	-3.23	2.08	-1.65	0.21	6.15	1.96	3.73	6:11	6:14
石坪	3.08	-3.48	2.21	-1.86	0.21	6.55	2.20	4.08	6:03	6:23
赤溪	3.08	-3.64	2.22	-1.89	0.21	6.72	2.20	4.12	6:06	6:19
霞关厂址	3.07	-3.57	2.23	-1.86	0.21	6.62	2.20	4.10	6:07	6:18
霞关码头	3.06	-3.55	2.21	-1.86	0.21	6.59	2.22	4.07	6:11	6:13
沙埭	3.11	-3.63	2.25	-1.90	0.21	6.69	2.29	4.16	6:14	6:10
三沙	3.12	-3.63	2.28	-1.96	0.21	6.74	2.33	4.25	6:05	6:20
閘峡	3.15	-3.67	2.28	-1.95	0.21	6.79	2.37	4.23	6:04	6:21

表 2.5-3（1/5）厂址附近海域实测垂线平均最大流速（流向）统计表

（1）夏季

水域	测站	大潮		中潮		小潮	
		流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
北关港	V1	0.88	210	0.46	44	0.53	226
沙埕港	V2	1.05	151	0.85	153	0.63	139
	V9	1.01	330	0.74	143	0.53	325
	V10	0.55	324	0.48	149	0.35	158
厂址断面	V3	0.39	322	0.51	326	0.37	321
	V4	0.57	64	0.56	65	0.40	102
	V5	0.27	212	0.30	249	0.27	242
	V6	0.48	52	0.68	60	0.39	25
厂址北侧断面	V7	0.50	55	0.48	59	0.28	338
	V8	0.54	64	0.49	81	0.30	110
厂址南侧断面	V11	0.68	28	0.52	58	0.40	261
	V12	0.70	265	0.61	69	0.36	97

（2）冬季

水域	测站	大潮		中潮		小潮	
		流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
北关港	V1	0.82	228	0.53	221	0.47	33
沙埕港	V2	1.35	135	1.05	143	0.76	309
	V9	0.70	333	0.58	333	0.46	338
	V10	0.44	118	0.34	121	0.26	120
厂址断面	V3	0.43	328	0.31	273	0.40	328
	V4	0.52	71	0.43	109	0.36	278
	V5	0.26	233	0.21	250	0.19	253
	V6	0.62	54	0.50	20	0.54	27
厂址北侧断面	V7	0.68	80	0.36	89	0.29	52
	V8	0.52	96	0.38	115	0.32	244
厂址南侧断面	V11	0.74	76	0.51	67	0.49	260
	V12	0.70	273	0.48	80	0.46	274

表 2.5-3（2/5）厂址附近海域实测垂线平均最大流速（流向）统计表

各测站各垂线分层最大流速及相应流向统计

夏季大潮

水域	测站	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)										
北关港	V1	0.85	207	0.94	207	1.00	208	0.9	213	0.81	214	0.71	216
沙埕港	V2	1.10	147	1.21	149	1.17	150	1.11	151	1.09	153	0.85	151
	V9	1.02	319	1.15	329	1.13	327	1.05	332	1.01	334	0.80	124
	V10	0.55	323	0.55	324	0.61	131	0.61	323	0.60	141	0.54	142
厂址断面	V3	0.58	257	0.53	250	0.46	356	0.44	335	0.38	249	0.37	249
	V4	0.72	63	0.70	67	0.69	75	0.67	86	0.44	269	0.34	262
	V5	0.42	224	0.38	226	0.34	215	0.24	206	0.24	240	0.21	47
	V6	0.54	55	0.55	51	0.54	50	0.49	52	0.40	54	0.31	197
厂址北侧断面	V7	0.61	272	0.62	256	0.66	276	0.56	98	0.46	198	0.36	40
	V8	0.69	67	0.66	62	0.68	26	0.61	73	0.47	42	0.39	31
厂址南侧断面	V11	0.90	3	0.87	8	0.90	25	0.73	47	0.58	50	0.47	51
	V12	0.91	277	0.90	275	0.87	272	0.66	253	0.52	57	0.45	126

夏季中潮

水域	测站	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)										
北关港	V1	0.51	55	0.50	36	0.51	40	0.49	39	0.42	37	0.36	224
沙埕港	V2	0.83	142	0.98	149	1.02	154	0.84	154	0.79	143	0.63	145
	V9	0.78	143	0.89	155	0.84	150	0.76	144	0.72	141	0.57	139
	V10	0.50	148	0.48	318	0.52	150	0.51	152	0.47	148	0.34	149
厂址断面	V3	0.49	331	0.60	329	0.60	325	0.53	328	0.45	341	0.40	278
	V4	0.70	81	0.71	61	0.63	63	0.53	65	0.47	61	0.38	84
	V5	0.36	227	0.38	255	0.39	249	0.32	249	0.32	211	0.21	198
	V6	0.76	39	0.70	37	0.72	58	0.74	60	0.67	63	0.53	59
厂址北侧断面	V7	0.49	15	0.50	11	0.49	4	0.50	2	0.48	38	0.45	56
	V8	0.48	71	0.51	77	0.56	95	0.56	86	0.46	84	0.43	80
厂址南侧断面	V11	0.57	68	0.58	67	0.61	69	0.57	61	0.47	250	0.41	254
	V12	0.70	56	0.78	72	0.69	70	0.61	69	0.50	282	0.42	278

表 2.5-3（3/5）厂址附近海域实测垂线平均最大流速（流向）的统计

各测站各垂线分层最大流速及相应流向统计

夏季小潮

水域	测站	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)										
北关港	V1	0.63	218	0.60	220	0.57	219	0.55	227	0.51	227	0.45	235
沙埕港	V2	0.88	142	0.77	144	0.71	144	0.64	144	0.59	141	0.46	314
	V9	0.54	337	0.59	325	0.66	324	0.66	146	0.67	137	0.50	132
	V10	0.36	171	0.38	171	0.46	164	0.42	155	0.33	149	0.25	137
厂址断面	V3	0.36	357	0.35	255	0.40	321	0.42	323	0.37	323	0.36	339
	V4	0.43	113	0.41	248	0.44	102	0.47	101	0.36	93	0.33	111
	V5	0.32	236	0.33	264	0.27	247	0.32	238	0.26	208	0.25	215
	V6	0.36	40	0.44	32	0.46	24	0.44	24	0.36	50	0.33	44
厂址北侧断面	V7	0.35	245	0.35	266	0.30	331	0.33	14	0.33	166	0.25	158
	V8	0.35	262	0.35	262	0.34	250	0.37	101	0.36	94	0.34	90
厂址南侧断面	V11	0.53	263	0.52	269	0.49	260	0.47	74	0.35	69	0.25	75
	V12	0.50	258	0.43	246	0.39	86	0.50	89	0.44	89	0.34	83

表 2.5-3（4/5）厂址附近海域实测垂线平均最大流速（流向）统计表
各垂线分层最大流速及相应流向统计

冬季大潮

水域	测站	分层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)										
北关港	V1	0.88	227	0.87	227	0.87	229	0.81	229	0.78	231	0.69	223
沙埕港	V2	1.42	131	1.47	141	1.42	138	1.38	135	1.25	140	1.20	132
	V9	0.77	326	0.74	331	0.75	334	0.74	339	0.62	332	0.54	338
	V10	0.47	120	0.48	121	0.48	115	0.47	120	0.41	324	0.31	122
厂址断面	V3	0.47	287	0.49	334	0.48	335	0.46	316	0.38	316	0.35	308
	V4	0.57	81	0.65	89	0.64	74	0.50	83	0.47	292	0.42	82
	V5	0.32	232	0.33	241	0.31	233	0.26	227	0.23	228	0.22	230
	V6	0.67	55	0.66	55	0.65	55	0.61	53	0.58	54	0.52	51
厂址北侧断面	V7	0.73	90	0.72	86	0.85	81	0.67	87	0.56	80	0.55	71
	V8	0.54	160	0.60	110	0.62	98	0.54	94	0.46	259	0.40	83
厂址南侧断面	V11	0.89	103	0.85	86	0.95	100	0.73	74	0.62	264	0.55	72
	V12	0.83	292	0.85	304	0.84	273	0.67	276	0.60	88	0.52	84

冬季中潮

水域	测站	分层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)										
北关港	V1	0.59	218	0.60	219	0.56	222	0.55	219	0.48	222	0.42	219
沙埕港	V2	1.12	141	1.14	142	1.12	142	1.06	143	1.00	145	0.75	142
	V9	0.66	344	0.61	348	0.65	334	0.64	332	0.57	349	0.39	344
	V10	0.39	121	0.39	114	0.40	125	0.38	120	0.30	119	0.23	115
厂址断面	V3	0.35	210	0.33	207	0.32	269	0.34	274	0.29	309	0.25	36
	V4	0.50	124	0.56	132	0.50	111	0.51	97	0.41	78	0.32	78
	V5	0.21	202	0.21	201	0.23	224	0.23	257	0.23	239	0.22	6
	V6	0.57	24	0.56	56	0.56	56	0.51	19	0.45	19	0.40	16
厂址北侧断面	V7	0.40	276	0.41	266	0.42	106	0.41	82	0.35	83	0.26	76
	V8	0.42	141	0.42	127	0.43	117	0.41	109	0.37	101	0.31	100
厂址南侧断面	V11	0.57	73	0.58	74	0.57	68	0.51	59	0.47	63	0.40	66
	V12	0.58	78	0.61	87	0.56	73	0.50	61	0.42	75	0.35	63

表 2.5-3（5/5）厂址附近海域实测垂线平均最大流速（流向）统计表
各垂线分层最大流速及相应流向统计

冬季小潮

水域	测站	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)										
北关港	V1	0.52	223	0.53	31	0.54	35	0.52	222	0.44	221	0.38	52
沙埕港	V2	0.84	149	0.84	145	0.81	306	0.76	310	0.77	314	0.6	314
	V9	0.58	328	0.57	336	0.48	169	0.44	187	0.41	352	0.34	316
	V10	0.25	122	0.28	122	0.32	122	0.31	122	0.25	112	0.18	314
厂址断面	V3	0.37	319	0.37	318	0.39	318	0.44	331	0.49	325	0.38	281
	V4	0.39	142	0.42	69	0.43	243	0.42	259	0.42	80	0.33	52
	V5	0.22	225	0.22	211	0.18	254	0.21	255	0.29	11	0.27	234
	V6	0.65	28	0.67	31	0.61	29	0.54	27	0.5	2	0.44	28
厂址北侧断面	V7	0.33	134	0.31	114	0.31	288	0.33	255	0.36	47	0.35	14
	V8	0.34	146	0.37	149	0.37	260	0.38	249	0.35	270	0.27	80
厂址南侧断面	V11	0.56	267	0.55	260	0.59	245	0.54	280	0.48	277	0.4	53
	V12	0.53	248	0.52	271	0.52	268	0.5	272	0.5	91	0.46	83

表 2.5-4 厂址附近海域各站垂线平均余流流速、流向统计表

单位：流速（m/s），流向（°）

位置	测站	潮型	夏季		冬季	
			流速	流向	流速	流向
北关港	V1	大	0.16	208	0.14	226
		中	0.02	302	0.13	227
		小	0.12	238	0.05	259
沙埕港	V2	大	0.06	156	0.07	123
		中	0.02	110	0.04	86
		小	0.02	331	0.04	10
	V9	大	0.10	36	0.05	18
		中	0.04	114	0.06	11
		小	0.01	298	0.01	316
	V10	大	0.01	354	0.06	64
		中	0.06	267	0.07	74
		小	0.01	342	0.05	64
厂址断面	V3	大	0.09	273	0.07	268
		中	0.13	327	0.07	240
		小	0.06	273	0.08	308
	V4	大	0.07	200	0.04	106
		中	0.23	38	0.07	180
		小	0.04	135	0.03	358
	V5	大	0.04	298	0.05	259
		中	0.05	261	0.04	253
		小	0.05	258	0.03	239
	V6	大	0.03	259	0.03	311
		中	0.09	35	0.03	353
		小	0.04	337	0.07	24
厂址北侧断面	V7	大	0.07	248	0.05	119
		中	0.21	26	0.05	205
		小	0.04	227	0.05	25
	V8	大	0.08	219	0.06	148
		中	0.18	45	0.08	185
		小	0.05	201	0.03	188
厂址南侧断面	V11	大	0.07	314	0.01	149
		中	0.05	38	0.01	280
		小	0.03	241	0.03	291
	V12	大	0.09	306	0.02	249
		中	0.14	21	0.02	305
		小	0.02	245	0.03	295

表 2.5-5 三沙站累年各月及年平均表层水温（1960~2019 年）

单位：℃

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
三沙	11.4	10.4	11.9	15.5	20.5	24.5	27.2	28.2	27.4	23.2	18.9	14.3	19.5

表 2.5-6 三沙站和厂址同期表层水温月均值与年均值

单位：℃

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
三沙	9.2	8.5	12.7	14.4	19.1	22.8	26.5	28.2	28.9	22.7	17.4	14.8	18.8
厂址	8.5	7.4	11.8	13.6	18.6	22.1	25.3	27.3	28.9	22.5	17.1	14.6	18.2

表 2.5-7 工程海域多年平均水温

单位：℃

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
平均水温	10.7	9.7	11.2	14.8	19.9	23.9	26.6	27.7	26.8	22.6	18.3	13.6	18.9

表 2.5-8 厂址附近海域全潮水文测验期间水温统计表

单位：℃

位置	测站	温度	夏季			冬季		
			大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮
北关港	V1	最高水温	27.10	29.38	26.80	13.2	13.02	13.58
		最低水温	25.84	28.54	25.19	12.64	12.65	12.33
		平均水温	26.36	28.79	25.63	12.81	12.83	12.74
沙埕港	V2	最高水温	26.97	29.48	27.74	13.07	13.29	13.62
		最低水温	25.98	28.65	25.02	12.78	12.95	12.82
		平均水温	26.26	28.95	26.64	12.94	13.11	13.31
	V9	最高水温	26.77	29.46	28.21	13.25	13.64	14.09
		最低水温	26.05	28.82	26.35	12.86	12.95	13.08
		平均水温	26.31	29.00	27.39	13.03	13.22	13.62
	V10	最高水温	27.78	29.72	27.91	13.45	13.35	14.01
		最低水温	26.05	28.75	25.88	12.71	12.73	13.23
		平均水温	26.49	29.04	27.06	12.99	13.10	13.56
厂址断面	V3	最高水温	27.45	29.07	27.25	13.27	13.11	13.21
		最低水温	25.65	28.17	24.30	12.63	12.44	12.06
		平均水温	26.29	28.6	25.59	12.82	12.72	12.66
	V4	最高水温	27.04	29.30	27.86	12.98	13.31	14.26
		最低水温	24.46	27.44	23.05	12.00	12.14	11.95
		平均水温	25.69	28.34	25.87	12.58	12.82	13.02
	V5	最高水温	27.37	29.45	27.34	13.22	12.90	13.15
		最低水温	25.76	28.21	24.74	12.52	12.41	11.93
		平均水温	26.42	28.66	25.88	12.71	12.67	12.63
	V6	最高水温	27.04	29.35	27.33	13.01	13.02	13.20
		最低水温	25.87	28.24	24.47	12.49	12.36	11.89
		平均水温	26.31	28.72	25.68	12.75	12.65	12.56
厂址北侧断面	V7	最高水温	27.77	28.96	29.33	12.61	12.29	12.38
		最低水温	25.87	28.10	24.75	11.92	11.72	11.49
		平均水温	26.65	28.59	27.26	12.17	11.95	11.94
	V8	最高水温	27.08	28.44	28.46	12.49	12.68	13.25
		最低水温	25.31	27.62	23.91	11.91	11.84	11.79
		平均水温	26.05	28.08	26.42	12.20	12.21	12.49
厂址南侧断面	V11	最高水温	27.24	29.78	28.46	13.58	13.22	13.98
		最低水温	25.65	28.53	24.94	12.63	12.32	12.42
		平均水温	26.31	29.04	26.81	12.77	12.84	13.03
	V12	最高水温	26.76	29.07	27.72	13.03	13.01	13.96
		最低水温	25.23	27.88	24.02	12.64	12.65	12.16
		平均水温	25.84	28.42	25.79	12.81	12.83	13.04

表 2.5-9 2010 年 3 月至 2011 年 2 月厂址专用站盐度月特征值统计表

单位：‰

日期	最高值	最低值	平均值
2010 年 3 月	26.55	22.90	25.16
4 月	26.49	22.65	24.74
5 月	27.98	21.28	24.32
6 月	32.59	21.22	25.33
7 月	33.35	28.47	32.21
8 月	34.38	28.64	32.55
9 月	33.70	29.41	31.61
10 月	30.13	25.65	28.48
11 月	27.57	25.60	26.71
12 月	27.62	25.03	26.72
2011 年 1 月	27.61	25.97	26.90
2 月	28.33	26.74	27.54

表 2.5-10 厂址附近海域全潮水文测验期间盐度统计表

单位：‰

位置	测站	盐度	夏季			冬季		
			大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮
北关港	V1	最高盐度	29.028	33.399	34.016	27.112	26.599	26.174
		最低盐度	28.073	33.048	33.616	26.673	26.350	25.701
		平均盐度	28.488	33.195	33.896	26.859	26.467	25.953
沙埕港	V2	最高盐度	29.256	33.494	33.968	27.002	26.645	26.315
		最低盐度	28.584	32.650	32.949	26.025	25.982	26.015
		平均盐度	29.002	33.266	33.575	26.428	26.242	26.188
	V9	最高盐度	27.907	32.635	33.053	26.428	26.168	26.204
		最低盐度	26.680	31.009	31.461	25.370	25.525	25.658
		平均盐度	27.491	31.992	32.400	26.155	25.969	25.924
	V10	最高盐度	28.817	32.678	33.381	26.803	26.520	26.312
		最低盐度	28.006	31.564	32.371	26.263	25.869	25.890
		平均盐度	28.386	32.282	32.962	26.518	26.271	26.118
厂址断面	V3	最高盐度	30.405	33.711	34.142	27.368	27.179	27.943
		最低盐度	27.537	32.901	33.824	26.882	26.599	26.541
		平均盐度	28.664	33.434	33.971	27.104	26.875	26.926
	V4	最高盐度	31.787	33.826	34.165	28.264	28.237	28.607
		最低盐度	27.771	33.386	33.738	26.652	26.424	25.969
		平均盐度	29.316	33.591	33.938	27.335	27.476	27.347
	V5	最高盐度	28.322	33.101	33.881	26.870	26.356	26.355
		最低盐度	27.446	31.963	32.704	26.577	26.134	25.796
		平均盐度	27.876	32.627	33.346	26.684	26.257	26.049
	V6	最高盐度	29.107	33.494	33.970	27.449	26.983	27.073
		最低盐度	27.270	33.168	33.727	26.799	26.603	25.976
		平均盐度	28.182	33.322	33.852	27.001	26.799	26.386
厂址北侧断面	V7	最高盐度	28.362	33.493	34.006	26.336	25.852	26.389
		最低盐度	26.478	33.235	33.816	25.530	25.531	24.912
		平均盐度	27.381	33.370	33.919	26.017	25.687	25.579
	V8	最高盐度	29.856	33.633	34.089	27.394	27.284	27.856
		最低盐度	26.412	33.391	33.786	25.992	25.897	25.809
		平均盐度	27.852	33.524	33.967	26.686	26.607	26.738
厂址南侧断面	V11	最高盐度	29.823	33.819	34.268	27.177	26.589	27.081
		最低盐度	28.520	33.428	33.804	26.377	25.976	26.488
		平均盐度	29.139	33.662	34.042	26.844	26.311	26.819
	V12	最高盐度	30.131	33.922	34.372	28.214	27.938	28.276
		最低盐度	28.708	33.735	34.018	27.010	26.661	26.512
		平均盐度	29.378	33.832	34.215	27.514	27.356	27.396

2.6 地形地貌

图

图2.6-1 厂址地形地貌图

图2.6-2 电厂建成后全貌效果图

2.6 地形地貌

三澳核电厂厂址区位于浙南、闽北交界东翼的滨海丘陵，地貌类型主要为丘陵地貌和海岸地貌，其中丘陵地貌为厂址区的主要地貌形态，向北、西由一系列侵蚀剥蚀丘陵组成，属南雁荡山脉东南麓低山分布区。海岸地貌条带狭长，沿厂址东、南两端的海岸线分布。

依据地形特征及成因类型，3、4 号机组场地地貌主要可分为构造剥蚀低山丘陵地貌、侵蚀和堆积成因的海成地貌以及人工地貌。

- 构造剥蚀丘陵地貌分布于在 3、4 号机组场地的南侧和西北侧，为白垩系下统石帽山群下组上段晶屑熔结凝灰岩组成的浑圆山坡或缓曲延伸的残丘，总体地形平缓，剥蚀残丘总体在同一风化夷平面上，山脊多呈北东向断续短线状，自然山坡舒缓起伏，山体坡度一般较缓，自然坡角一般 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，局部地段坡度较陡，达 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，丘陵表层多分布有第四系上更新统残坡积层含砾粉质黏土，厚度一般小于 5m，偶见有基岩露头，植被发育。
- 海岸地貌主要位于 3、4 号机组厂区南侧，沿岸已修建水泥道路，测区范围内海岸地貌以岩质海岸为主，地面标高一般 $-5.0\sim +10\text{m}$ ；总体受海水侵蚀较弱，沿岸主要发育海蚀槽、海蚀穴、海蚀崖岸等，海蚀沟现象少见，未见海蚀现象破坏或侵入厂区。海蚀槽沿节理发育，形态细长，大小不一，一般侵蚀宽度小于 10m，方向不规则，局部可见海蚀平台窄而不平，向海内倾斜；海蚀穴规模均较小，一般侵蚀宽度小于 2m；海岸坡坡度一般 $25^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，在局部节理裂隙发育地段，由于长期受海浪侵蚀，岩体小规模坍塌，形成海蚀崖岸、崖麓孤石堆，海蚀崖岸一般高约 5~20m。另东南角向海凸入，现在为块石堆填区。
- 受一期工程建设影响，3、4 号机组场地现阶段主要为人工地貌，包括人工开挖和回填地貌。人工开挖地貌主要分布于 3、4 号机组主厂区 $+17.50\text{m}$ 开挖平台，南侧开挖区域，现地面标高一般为 $+17.5$ 、 $+47.0\text{m}$ 、 $+60.0\text{m}$ ，地层主要为中等~微风化晶屑熔结凝灰岩，局部开挖地貌处现为强风化熔结凝灰岩。人工回填地貌为目前 3、4 号机组厂区的主要地貌形态，分布较广泛，回填成分主要由残坡积含砾黏性土和全、强风化晶屑熔结凝灰岩夹中等风化岩块组成。

3、4 号机组新增总用地面积约 94.55hm^2 ，其中永久占地约 44.55hm^2 ，位于 1、2 号机组西南侧，1、2 号机组施工时将该区域平整至 47m 和 60m 平台标高，作为施工

临建场地使用。3、4 号机组在此基础上进一步平整至厂坪设计标高 17.5m。5、6 号机组场地平整后作为 3、4 号机组建设期间施工临建场地使用；同时，3、4 号机组利用厂址内深湾地块、厂址外的库下地块和虎口垄地块作为施工临建场地。

厂址区原始地形概貌和场平现状见图 2.6-1，建成后的厂区全貌见图 2.6-2。



图 2.6-1 厂址地形概貌图



图 2.6-2 核电厂建成后全貌效果图

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

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底初步调查

3.1.1.1 调查范围

3.1.1.2 布点原则

3.1.1.3 调查内容

3.1.1.4 调查方法

3.1.1.5 辐射环境污染源调查结果

3.1.1.6 陆域辐射环境本底调查结果

3.1.1.7 海洋辐射环境本底调查结果

3.1.1.8 陆域辐射环境本底初步调查质量保证措施

3.1.1.9 海洋本底调查质量保证措施

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.3 参考资料

图

图 3.1-1 陆地 γ 辐射剂量率现状监测布点示意图

图 3.1-2 空气取样点位示意图

图 3.1-3 土壤取样点位示意图

图 3.1-4 非受纳水体取样布点示意图

图 3.1-5 海洋调查布点示意图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底初步调查

建设单位委托苏州热工研究院有限公司开展三澳核电厂 1、2 号机组运行阶段辐射环境本底调查，目前调查正在进行中。

2022 年，深圳中广核工程设计有限公司委托国家海洋环境监测中心对三澳核电厂邻近海域环境放射性本底进行了调查。

本节依据苏州热工研究院有限公司正在开展的运行前本底调查的阶段成果（2022 年 8 月~12 月）对陆域辐射环境质量现状进行描述和评价，依据国家海洋环境监测中心完成的调查结果对海域辐射环境质量现状进行描述和评价。

3.1.1.1 调查范围

（1）资料收集范围

调查收集的资料主要包括：

- 核电厂周围 80km 范围内核设施概况；
- 核电厂周围 30km 范围内铀、钍矿概况；
- 核电厂周围 15km 范围内与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施的概况；
- 核电厂周围 15km 范围内同位素生产以及非密封放射性同位素的应用概况；
- 核电厂周围 5km 范围内 I 类和 II 类放射性源的应用概况。

（2）辐射环境本底调查范围

辐射环境本底调查范围如下：

- 环境 γ 辐射水平的调查范围的半径取 50km；
- 空气、非受纳水体、土壤等项目调查范围的半径取 20km；
- 海域部分调查范围的半径取 50km。

3.1.1.2 布点原则

在采样和监测布点时，充分考虑三澳核电厂周围人口分布、陆地资源、居民饮食结构、当地水文气象资料以及可能关键居民组，以保证所取样品和监测数据的代表性。同时考虑以下布点原则：

- (1) 近密远疏、均匀覆盖各方位；
- (2) 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适当针对性布点；
- (3) 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，土壤样品以未垦土为主，以便核电厂运行期间及同一厂址后续建造的机组运行前调查时，可以作为监测点位长期使用；
- (4) 所选点位能采集到有代表性样品，避免各类自然和人为因素的影响；
- (5) 所选点位便于到达、采样和布设仪器设备，还考虑供电、安全等因素；
- (6) 地表 γ 辐射剂量率监测与累积剂量监测同时布设；
- (7) 地表水体（非受纳水体）水样与沉积物采样点同点布设；
- (8) 受纳水体水底沉积物与水样采集点同点布设；
- (9) 设定监测点位时考虑厂址的整体规划。

3.1.1.3 调查内容

3.1.1.3.1 陆域调查内容

(1) 陆地 γ 辐射剂量率

厂址周围 50km 范围内，共布设 77 个 γ 辐射瞬时剂量率监测点位。其中， γ 辐射瞬时剂量率监测点位 76 个，对照点 1 个（高楼镇）。采样点位见图 3.1-1。

(2) 陆地 γ 辐射累积剂量

累积剂量率（TLD）点位布设与原野 γ 辐射瞬时剂量率同点位，共布设 77 个点位。其中对照点设置在瑞安市高楼镇。

(3) 土壤

在厂址半径 2km、5km、10km、20km 与 8 个方位角形成的扇形区域内布点，每个方位 2~4 个点，平均每个方位（陆域）至少 3 个点位。重点关注关键居民组、主导风下风向、人口集中区和环境敏感点。采样点位尽可能与累积剂量率、剂量率测量点重合。

共布设土壤采样点 17 个（其中高楼镇为对照点）。土壤样品监测项目包括 γ 谱和 ^{90}Sr ，在对照点和每个方位至少有 1 个点位增加测量 $^{239+240}\text{Pu}$ 。采样点位见图 3.1-2。

（4）空气

在厂址周围共布设 3 个空气样品采样点和 1 个对照点。厂址周围监测点位为长沙村、南垄村和草屿村，对照点为瑞安市高楼镇。采样点位见图 3.1-3。

空气样品监测项目包括：气溶胶中 γ 谱、 ^{90}Sr ；沉降灰中 γ 谱、 ^{90}Sr ；降水中 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H ；气体中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 。其中， ^{90}Sr 分析年度混合样；气溶胶中 γ 谱分析核素为 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 和能检测到的其它人工核素；沉降灰和降水中 γ 谱分析核素为人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 以及在 γ 谱中可识别出特征峰的其他人工核素。

（5）地表水和沉积物

饮用水选择在关键居民组的长沙村和人口较多的库下村采样；地下水采样点选择厂址 5km 范围内的大垅村、长沙村、库下村和下南坪村；地表水采样点位为仙岩尾水库、十八孔水库、岭尾河和沿浦河。饮用水、地下水对照点设置在瑞安市高楼镇，地表水对照点设置在瑞安市高楼镇的飞云江。地表水采样点位同步采集地表水沉积物。

采样点位见图 3.1-4。

饮用水监测项目包括总 α 、总 β 、 γ 谱、 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{90}Sr ；地下水和地表水监测项目为 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C ；地表水沉积物监测项目为 γ 谱、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$ ；水生生物监测项目为 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 。

水质样品中 γ 谱分析核素为天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 和人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ，以及在 γ 谱中可识别出特征峰的其他人工核素。

3.1.1.3.2 海域调查内容

三澳核电厂海域辐射环境本底调查共设置 25 个点位。海洋调查布点图见图 3.1-5。

海水（夏、秋季）调查核素包括：总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{40}K 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 。

海洋沉积物（秋季）调查核素包括：总 β 、 ^{40}K 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 。

3.1.1.4 调查方法

调查选用测量方法时，凡有国家标准的，使用国家标准；没有国家标准的，使用

行业标准；没有国家和行业标准的，所采用的方法需经过方法的有效性验证。

根据项目需要，对要求检定/校准的设备均进行了检定/校准。

3.1.1.5 辐射环境污染源调查结果

（1）核设施概况

核电厂厂址半径 80km 范围内有一座核设施，为位于厂址 SW 方位约 30km 的宁德核电厂。宁德核电厂规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组，一次规划，分期实施，目前已建成运行 4 台机组。另外，80km 范围内还有霞浦核电正在建设中。

（2）铀、钍矿设施概况

核电厂厂址周围 30km 范围内无铀矿和钍矿设施。

（3）与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施的概况

“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施主要包括稀土元素的提取、钍及其化合物的生产和利用、铈和铈铁的生产、非铀矿山开采、石油和天然气的生产、二氧化钛颜料的制造、磷酸盐工业、锆石和氧化锆工业、燃煤工业、水处理以及锡、铜、铝、金、铅、钢铁等金属的冶炼共计十一类企业。

根据“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施的界定范围，核电厂周围 15km 范围内没有与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关的设施。

（4）同位素生产以及非密封放射性同位素的应用概况

核电厂周围 15km 范围内无同位素生产以及非密封放射性同位素的应用。

（5）I类和II类放射性源的应用概况

经查阅相关资料及现场踏勘，核电厂周围 5km 范围内没有I类放射源，仅有核电厂施工单位探伤使用的若干II类放射源，目前放射源暂存于电厂内 BEN 源库中（该源库已于 2020 年 6 月 19 日取得浙江省生态环境厅的批复（浙环辐[2020]9 号））。

3.1.1.6 陆域辐射环境本底调查结果

（1）陆地环境 γ 辐射剂量率

仪器设备对宇宙射线的响应值测量地点选择距厂址约 162km 处的长潭水库，长潭水库湖面宽广，南北长约 12km，东西宽约 3km，是一个以灌溉为主，兼防洪、发电的大型水利工程。本次调查使用的设备对宇宙射线的响应值为 35nGy/h。长潭水库中央

海拔 31m，测量点位于东经 121.0525，北纬 28.5889，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的规定，宇宙射线响应测量位置和本底调查位置经度相差 $\leq 5^\circ$ ，纬度相差 $\leq 2^\circ$ ，海拔高度差别 $\leq 200\text{m}$ ，宇宙射线响应可以不进行修正。

2022 年 9 月和 12 月各进行了一次瞬时 γ 辐射剂量率监测，除对照点外的测量结果为 $30\text{nGy/h}\sim 129\text{nGy/h}$ （已扣除仪器设备对宇宙射线的响应值），对照点（高楼镇）的剂量率为 $91\text{nGy/h}\sim 101\text{nGy/h}$ （已扣除仪器设备对宇宙射线的响应值）。

（2）环境 γ 累积剂量

采用 TLD 对厂址周围 50km 范围内的 γ 辐射累积剂量进行监测，累积剂量片共布设了 77 个点位，其中对照点位 1 个。监测频度为 1 次/季，2022 年 9 月~2022 年 12 月的监测周期内，期间有 9 个点位的样品丢失。累积剂量的布设点位与部分 γ 辐射剂量率测量点位重合。环境 γ 累积剂量换算的剂量率测量结果为 $84\text{nGy/h}\sim 171\text{nGy/h}$ 。

（3）空气中 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I

空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 的监测共设 4 个点位，分别位于长沙村、南垄村、草屿村和高楼镇（对照点）。

- 空气中的 ^3H 的结果范围为（ $<0.41\sim 0.95$ ） $\text{Bq}/(\text{L}\cdot\text{水})$ ；以空气体积为单位，监测结果范围为（ $<10\sim 28$ ） $\text{mBq}/(\text{m}^3\cdot\text{空气})$ ，属正常本底水平。
- 空气中的 ^{14}C 的比活度结果范围为（ $0.23\sim 0.25$ ） $\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ，以空气体积为单位，监测结果范围为（ $51\sim 56$ ） $\text{mBq}/(\text{m}^3\cdot\text{空气})$ ，属正常本底水平。
- 所有检出样品中的 ^{131}I 监测结果均低于探测限，属正常本底水平。

（4）气溶胶

气溶胶监测共设 4 个点位，分别位于长沙村、南垄村、草屿村和高楼镇（对照点）。监测项目为 γ 谱和 ^{90}Sr 。

- 气溶胶中宇生放射性核素 ^7Be 的活度浓度水平范围为（ $3.32\sim 5.74$ ） mBq/m^3 ，监测结果略低于选址阶段调查结果（ $6.80\text{mBq}/\text{m}^3$ ），属正常本底水平。
- ^{90}Sr 测量年度混合样，监测结果范围为（ $<0.15\sim 0.28$ ） $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。
- 其他关注的 γ 谱分析核素监测结果均低于探测限，属正常本底水平。

（5）沉降灰

沉降灰监测共设 4 个点位，分别位于长沙村、南垄村、草屿村和高楼镇（对照点）。监测项目为 γ 谱和 ^{90}Sr 。

— 沉降灰中宇生放射性核素 ^7Be 的结果范围为（527~2945） $\text{mBq/m}^2\cdot\text{d}$ ，属正常本底水平。

— ^{90}Sr 测量年度混合样，监测结果范围为（0.07~1.20） $\text{mBq/m}^2\cdot\text{d}$ 。

— 沉降灰的 γ 谱分析中非天然核素的结果均低于探测限，属正常本底水平。

（6）降水

降水监测共设4个点位，分别位于长沙村、南垄村、草屿村和高楼镇（对照点）。监测项目为 γ 谱、 ^{90}Sr 和 ^3H 。

— 降水中的 ^3H 监测结果范围为（<0.41~0.42） Bq/L ，属正常本底水平。

— 降水中的宇生放射性核素 ^7Be ，其监测结果范围分别为（1904~3613） mBq/L 。

— ^{90}Sr 监测结果范围为（<0.24~0.32） mBq/L 。

— 降水的 γ 谱分析中非天然核素的结果均低于探测限，属正常本底水平。

（7）地表水

地表水监测共布设5个点位，包括十八孔水库、仙岩尾水库、岭尾河、沿浦河和飞云江（对照点）。地表水监测项目包括 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱。

— ^3H 监测结果范围为（<0.41~1.0） Bq/L ，监测结果与选址阶段调查结果（0.53 Bq/L ）相当，属正常本底水平。

— ^{14}C 监测结果范围为（1.6~7.1） mBq/L ，以碳的比活度为单位的的结果范围为（0.20~0.24） $\text{Bq/（g}\cdot\text{C）}$ ，属正常水平。

— ^{90}Sr 监测结果范围为（1.07~5.11） mBq/L 。其中，十八孔水库监测结果（1.07 mBq/L ）与选址阶段调查结果（0.85 mBq/L ）相当，监测结果均为正常水平。

— 地表水中的关注的 γ 谱分析核素监测结果均低于探测限。

（8）饮用水

饮用水监测共设3个点位，包括长沙村、库下和高楼镇（对照点）。饮用水监测项目包括： γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 、总 α 和总 β 。

— ^3H 监测结果范围为（<0.41~0.53） Bq/L ，与选址阶段调查结果（0.52 Bq/L ）相当，属于正常本底水平。

— ^{14}C 监测结果范围为（2.3~2.7） mBq/L ，以碳的比活度为单位的的结果范围为（0.22~0.24） $\text{Bq/（g}\cdot\text{C）}$ 。

- ^{90}Sr 监测结果范围为（0.82~2.13）mBq/L，与选址阶段调查结果（1.53Bq/L）相当，属于正常本底水平。
- 总 α 监测结果范围为（<6~8）mBq/L，总 β 监测结果范围为（40~62）mBq/L，与选址阶段调查结果（ α ：<45mBq/L， β ：56mBq/L）相当，调查结果远低于《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）中规定的限值（ α ：<0.5Bq/L， β ：<1Bq/L）。
- γ 谱分析核素，所有监测结果均低于探测限，属正常水平。

（9）地下水

地下水监测共设5个点位，包括长沙村、大垅村、库下、下南坪和高楼镇（对照点）。

地下水监测项目包括： γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 。

- ^3H 监测结果小于探测限，属于正常本底水平。
- ^{14}C 监测结果范围为（2.0~13.3）mBq/L，以碳的比活度为单位的的结果范围为（0.20~0.25）Bq/（g·C），属正常本底水平。
- ^{90}Sr 监测结果范围为（1.69~6.76）mBq/L，略高于选址阶段调查结果（1.74mBq/L），属正常本底水平。

（10）土壤、沉积物

土壤共设17个点位（包括对照点高楼镇），沉积物5个点位（包括对照点飞云江岸边沉积物）。监测项目包括： γ 谱， ^{90}Sr 。

- 土壤、沉积物中天然核素活度水平范围为： ^{238}U ：（40~100）Bq/kg·干、 ^{232}Th ：（47.5~132.2）Bq/kg·干、 ^{226}Ra ：（29.2~89.7）Bq/kg·干、 ^{40}K ：（200~1017）Bq/kg·干，处于1983~1990年全国土壤中天然放射性水平调查中浙江省调查结果范围内，属于正常本底水平。
- 土壤、沉积物中 ^{137}Cs 活度浓度范围为：（<0.56~3.27）Bq/kg·干。
- 除 ^{137}Cs 外，其他 γ 谱分析中非天然核素的结果均低于探测限。
- 土壤、沉积物中 ^{90}Sr 活度浓度范围为：（<0.092~0.987）Bq/kg·干。

3.1.1.7 海洋辐射环境本底调查结果

3.1.1.7.1 海水中放射性核素分析

（1） ^{90}Sr

夏季调查海域表层水体⁹⁰Sr的活度浓度范围为（小于探测限~1.29）mBq/L，平均值为 0.52 ± 0.18 mBq/L。

秋季调查海域表层水体⁹⁰Sr的活度浓度范围为（小于探测限~1.24）mBq/L，平均值为 0.63 ± 0.18 mBq/L。

（2）¹³⁷Cs

夏季调查海域表层水体¹³⁷Cs的活度浓度范围为（0.97~2.31）mBq/L，平均值为 1.60 ± 0.66 mBq/L。

秋季调查海域表层水体¹³⁷Cs的活度浓度范围为（0.47~1.29）mBq/L，平均值为 0.92 ± 0.39 mBq/L。

（3）⁴⁰K

夏季调查海域表层水体⁴⁰K的活度浓度范围为（5.29~14.27）Bq/L，平均值为 12.83 ± 0.66 Bq/L。

秋季调查海域表层水体⁴⁰K的活度浓度范围为（10.81~14.36）Bq/L，平均值为 12.19 ± 0.65 Bq/L。

（4）³H

夏季调查海域表层水体³H的活度浓度范围为（小于探测限~0.69）Bq/L，平均值为 0.41 ± 0.10 Bq/L。

（5）总 α

夏季调查海域表层水体总 α 的活度浓度范围为（11.26~71.46）mBq/L，平均值为 46.01 ± 4.11 mBq/L。

秋季调查海域表层水体总 α 的活度浓度范围为（32.19~70.02）mBq/L，平均值为 52.58 ± 4.57 mBq/L。

（6）总 β

夏季调查海域表层水体总 β 的活度浓度范围为（34.10~76.74）mBq/L，平均值为 50.56 ± 5.29 mBq/L。

秋季调查海域表层水体总 β 的活度浓度范围为（40.23~95.37）mBq/L，平均值为 57.55 ± 5.99 mBq/L。

（7）其他放射性核素

夏季和秋季调查海域表层水体中^{110m}Ag、⁵⁹Fe、¹³⁴Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、¹⁰⁶Ru、

^{131}I 等人工放射性核素均小于探测限。

3.1.1.7.2 海洋沉积物中放射性核素分析

（1） ^{90}Sr

调查海域沉积物 ^{90}Sr 的活度浓度范围为（小于探测限~1.67）Bq/kg·干，平均值为 $0.40\pm 0.10\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

（2） ^{137}Cs

调查海域沉积物 ^{137}Cs 的活度浓度范围为（0.27~3.77）Bq/kg·干，平均值为 $2.29\pm 0.52\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

（3） ^{40}K

调查海域沉积物 ^{40}K 的活度浓度范围为（584~841）Bq/kg·干，平均值为 $761\pm 65\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

（4）总 β

调查海域浅海表层沉积物中总 β 的活度浓度范围为（550.31~1563.74）Bq/kg·干，平均值为 $1003.84\pm 29.52\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

（5）其他人工放射性核素

调查海域各站位表层沉积物中 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 等人工放射性核素均小于探测限。

3.1.1.8 陆域辐射环境本底调查质量保证措施

陆域辐射环境本底初步调查由苏州热工研究院有限公司承担，该单位辐射监测与评价实验室按照实验室认可的要求建立了质量保证体系，并取得 CMA 资质认定证书，其人员资格确认、仪器设备量值溯源、质量控制体系运行符合 CMA 质量体系要求，也能满足本项目的质量保证要求。

3.1.1.8.1 样品的采集与处理

（1）采样的质量控制

对各类样品的采集和预处理，制定操作程序，参加采样的人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行。

（2）样品的标识

采样人员负责对样品编号，加贴唯一性识别标志，注明样品的详细信息。样品管

理员在接收样品时，及时登记后保存。

（3）样品的流转

本底调查的样品按照分析顺序流转，交接签收时检查样品的状况。分析人员对分析完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性。

本底调查的样品在制备、测试、传递过程中加以防护，严格遵守有关样品的程序，避免受到非正常损坏。样品如遇意外损坏或丢失，详细记录其情况，及时采取补救措施。

（4）样品的贮存

分析完成后的样品及时通知样品管理员送回样品库保存，为了避免分析的样品在存储、处置和监测过程中发生非正常损坏，样品分类存放，以保证分析结果的准确可靠。

（5）环境条件的控制

对用于本底调查的设施和环境条件按照设施和环境控制程序进行了有效的控制，以保证调查结果有效。

（6）数据处理质量控制

依据“质量记录控制程序”的要求，项目组制定关于原始数据记录、数据处理、检测结果报告与审核程序。针对不同的检测项目，编制专用的原始记录单（包括采样记录，分析测量记录等），检测结果报告单。要求检测人员严格按照分析测量程序规定，真实、准确、完整地记录分析测量过程中的相关信息。在对原始数据进行必要的整理之前，逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、正确。检测人员要按规范的检测结果报告单及时写出检测报告，项目负责人审核原始记录及运算过程是否规范、完整、准确。

3.1.1.8.2 样品测量的质控措施

（1）平行样

本阶段陆域本底调查采用的质量保证措施主要是平行样测量，平行样的相对偏差均满足 HJ61-2021 的要求。

（2）空白样

本项目空白实验一次至少平行测定两个空白实验值，空白样的评价方法为：1）当测量结果高于判断限时，平行测量的空白样相对偏差 $\leq 50\%$ （当实际测量结果低于判断

限时，以判断限参与评价）；2）空白实验值应低于探测限；3）当平行测量的空白样测量结果均低于判断限时。当同时满足上述条件时，评价结果为满意。

空白测量结果均低于探测限，相对偏差均低于 50%。说明本项目样品在预处理、分析、测量等过程中未引入可观测到的放射性或沾污。

（3）加标样

为确保分析的准确性，本项目根据监测类别，随机抽取部分样品进行了加标测量，测量结果均采用 En 法进行评价。

可以看到，加标样测量结果评价均为满意。

3.1.1.9 海洋本底调查质量保证措施

海洋辐射本底调查由国家海洋环境监测中心承担，该单位按照检验检测机构资质认定评审准则的要求建立了质量保证体系，取得了 CMA 资质证书，其人员资格确认、仪器设备量值溯源、质量控制体系运行符合 CMA 质量体系要求，也能满足本项目的质量保证要求。

3.1.1.9.1 样品采集过程中的质量控制

（1）采样人员对在选定的采样地点所采集的样品按照样品编码规定进行标识，及时真实地填写采样记录表和样品标签，并签名。样品标签字迹清楚，不得涂改，不得与样品分开；

（2）采集的样品分类进行简单处理，防止样品变质、污染、被容器吸附等；

（3）样品从采样点送到实验室过程中采样人员轻拿轻放，防止标识的脱落、样品破裂、沾污和变质；

（4）样品运输前认真填写样品清单，清点样品，检查包装是否符合要求；

（5）样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品清单上签字；

（6）接样人员将接收的样品放于样品室内，避免暴晒，同时防止挤压、刺破样品袋；

（7）分析人员对样品分析的中间过程进行唯一性标识，防止样品间混淆。

3.1.1.9.2 仪器设备的质量控制

（1）现场采样设备的质量控制

➤ 用于采样和分析的仪器设备，按照国家计量法的要求进行检定/校准后在有效

期内使用；

- 对多台同样的设备按仪器编号标识，防止混用；
- 仪器经长途运输到达现场后，工作人员首先查看仪器外形是否有损伤、变形，异常部位着重检查，以消除隐患。经外观确认正常后，通电检查，按照说明书上的技术要求操作，查看仪器是否工作正常；
- 现场仪器经运输后，使用前经检验，确认其性能良好后使用，并做好记录；
- 仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染；
- 仪器维修后重新检定合格后使用。

（2）测量装置的检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证检测测量值具有溯源性。

（3）刻度放射性测量仪器用的标准物质

用于放射性测量仪器的标准源，标准溶液和标准物质，均由 IAEA-AQCS 或中国计量科学研究院等计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家的或国际的基准提供了有力的保证。

（4）放射性测量装置的刻度和性能检验

➤ γ 谱仪

用于 γ 谱刻度的点源系列包括 ^{152}Eu 和 ^{60}Co 。能量刻度曲线的非线性偏离小于 2%。进行探测效率的刻度时，将合适的标准放射性参考物质置于相应的样品盒中组成效率刻度源，在与测量样品相同的条件下，测量刻度源，绘制效率刻度曲线。在每次开机后、关机前或仪器连续运行一个月以上时测量 γ 谱仪的本底、效率和稳定性（峰位），一般在仪器连续运行一个月时测量以上参数，以确保仪器工作在正常状态下。

➤ α/β 测量仪

采用中国计量科学研究院提供的 ^{40}K 粉末标准物质制成与待测样品相同形式的标准源标定仪器的总 β 探测效率。 α/β 测量仪连续运行一段时间后，测量本底，保证仪器处于正常稳定的状态。

➤ 液闪谱仪

液闪谱仪在测量样品前或仪器运行一段时间后，测量本底和效率，保证仪器处于正常稳定的状态。

3.1.1.9.3 实验室分析测量的质量控制

（1）化学试剂的质量控制

- 用标准溶液配置工作溶液时，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录；
- 在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污；
- 实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、配置日期、有效期。

（2）复测样品的质量控制

2021 年度用留存样品对实验室内总 α 、 γ 谱的分析过程进行复测质量控制。沉积物样品分析项目为 γ 谱，水样品分析项目为总 α ，所有复测样品测量结果均满足 HJ61-2021 的要求。

（3）平行样品的测量和数据处理

为了对项目样品的采集、预处理、分析测量及数据处理的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，分别对海水、海洋沉积物和生物样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。相对偏差计算公式如下：

$$\text{相对偏差} = \frac{|\text{平行样 1} - \text{平行样 2}|}{(\text{平行样 1} + \text{平行样 2})} \times 100\%$$

平行样品监测结果均满足 HJ61-2021 的要求。

3.1.2 辐射环境质量评价

（1）陆域辐射环境质量评价

三澳核电厂周围 γ 辐射剂量率范围为（30~129）nGy/h（已扣除设备对宇宙射线的响应值），整体上，调查范围内的 γ 辐射剂量率未见异常，处于正常水平。

气溶胶和沉降灰放射性核素分析结果中， γ 谱分析人工放射性核素分析结果均低于探测限，属正常本底水平。

空气中的 ^3H 的结果范围为（<0.41~0.95）Bq/（L·水），以空气体积为单位，监测结果范围为（<10~28）mBq/（m³·空气）；空气中的 ^{14}C 的比活度结果范围为（0.23~0.25）Bq/（g·C），以空气体积为单位，监测结果范围为（51~56）mBq/（m³·空气），属正常本底水平。

降水中的 ^3H 监测结果范围为（<0.41~0.42）Bq/L， γ 谱分析人工放射性核素分析结

果均低于探测限，属正常本底水平。

地表水中 ^3H 监测结果范围为（ $<0.41\sim 1.0$ ） Bq/L ，监测结果与选址阶段调查结果（ 0.53Bq/L ）相当； ^{14}C 监测结果范围为（ $1.6\sim 7.1$ ） mBq/L ，以碳的比活度为单位的的结果范围为（ $0.20\sim 0.24$ ） $\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ； ^{90}Sr 监测结果范围为（ $1.07\sim 5.11$ ） mBq/L ，比选址阶段调查结果（ 0.85mBq/L ）稍高，地表水中关注的 γ 谱分析核素监测结果均低于探测限，监测结果属正常水平。

饮用水中 ^3H 监测结果范围为（ $<0.41\sim 0.53$ ） Bq/L ，与选址阶段调查结果（ 0.52Bq/L ）相当； ^{14}C 监测结果范围为（ $2.3\sim 2.7$ ） mBq/L ，以碳的比活度为单位的的结果范围为（ $0.22\sim 0.24$ ） $\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ； ^{90}Sr 监测结果范围为（ $0.82\sim 2.13$ ） mBq/L ，与选址阶段调查结果（ 1.53Bq/L ）相当；总 α 监测结果范围为（ $<6\sim 8$ ） mBq/L ，总 β 监测结果范围为（ $40\sim 62$ ） mBq/L ，与选址阶段调查结果（ α ： $<45\text{mBq/L}$ ， β ： 56mBq/L ）相当，关注的 γ 谱分析核素监测结果均低于探测限，监测结果属正常水平。

地下水中 ^3H 监测结果均小于探测限； ^{14}C 监测结果范围为（ $2.0\sim 13.3$ ） mBq/L ，以碳的比活度为单位的的结果范围为（ $0.20\sim 0.25$ ） $\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ； ^{90}Sr 监测结果范围为（ $1.69\sim 6.76$ ） mBq/L ，略高于选址阶段调查结果（ 1.74mBq/L ），监测结果属正常水平。

土壤、沉积物中天然核素活度水平范围为： ^{238}U ：（ $40\sim 100$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 ^{232}Th ：（ $47.5\sim 132.2$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 ^{226}Ra ：（ $29.2\sim 89.7$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 、 ^{40}K ：（ $200\sim 1017$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，与选址阶段调查处于同一水平，且在1983~1990年全国土壤中天然放射性水平调查中浙江省调查结果内； ^{137}Cs 活度浓度范围为：（ $<0.56\sim 3.27$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，与选址阶段调查结果（ $<0.37\text{Bq/kg}\cdot\text{干}\sim 6.04\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ）处于同一水平，除 ^{137}Cs 外，其他 γ 谱分析核素监测结果均低于探测限，监测结果属正常水平； ^{90}Sr 监测结果范围为（ $<0.092\sim 0.987$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，和选址阶段调查结果（ $<0.290\sim 0.882$ ） $\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 水平相当，监测结果属正常水平。

（2）海域辐射环境质量评价

海水、沉积物样品中 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 等核素均低于探测限。

根据《海水水质标准》（GB3097-1997），海水中 ^{90}Sr 的活度浓度（小于探测限~ 1.29mBq/L ）远低于标准中规定的活度浓度限值 4Bq/L ，海水中 ^{137}Cs 的活度浓度（ $0.47\text{mBq/L}\sim 2.31\text{mBq/L}$ ）远低于标准中规定的活度浓度限值 0.7Bq/L ，符合海水水质

标准。

海水中 ^3H 的监测结果范围为（小于探测限~0.69）Bq/L， ^{40}K 的监测结果范围为（5.29~14.36）Bq/L，总 α 的监测结果范围为（11.26~71.46）mBq/L，总 β 的监测结果范围为（34.10~95.37）mBq/L，监测结果属正常水平。

海洋沉积物中 ^{90}Sr 的监测结果范围为（小于探测限~1.67）Bq/kg·干， ^{137}Cs 的监测结果范围为（0.27~3.77）Bq/kg·干， ^{40}K 的监测结果范围为（584~841）Bq/kg·干，总 β 的监测结果范围为（550.31~1563.74）Bq/kg·干，监测结果属正常水平。

综上所述，调查范围内各调查项目基本处于正常环境水平，厂址周围环境放射性本底未见异常。

3.1.3 参考资料

- [1] 中广核浙江三澳核电站二期工程接纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查报告，国家海洋环境监测中心，2022.10；
- [2] 中广核浙江三澳核电站一期工程运行前辐射环境本底调查中期报告，苏州热工研究院有限公司，2024.1。

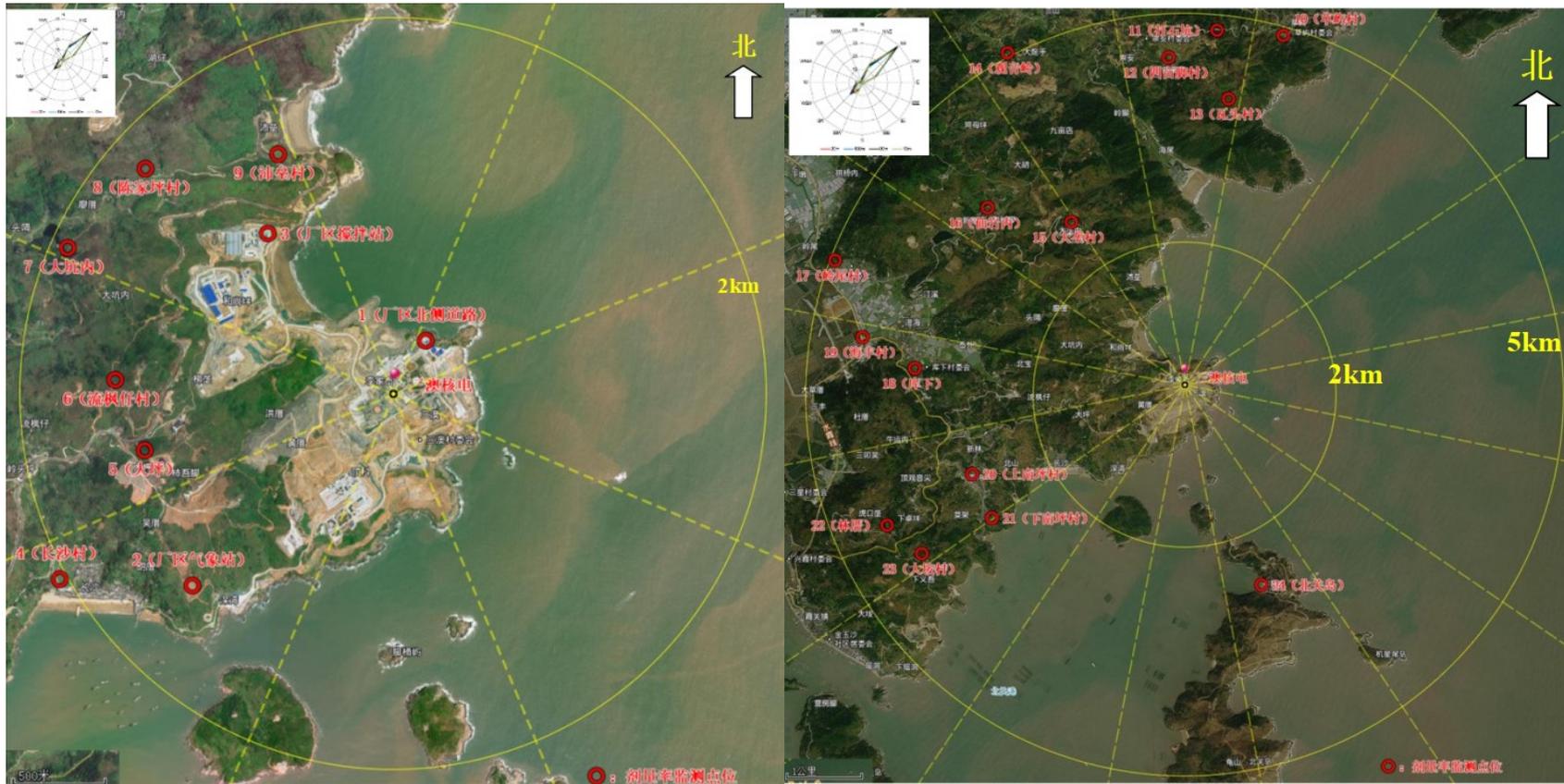


图 3.1-1 陆地 γ 辐射剂量率现状监测布点示意图（1/3）

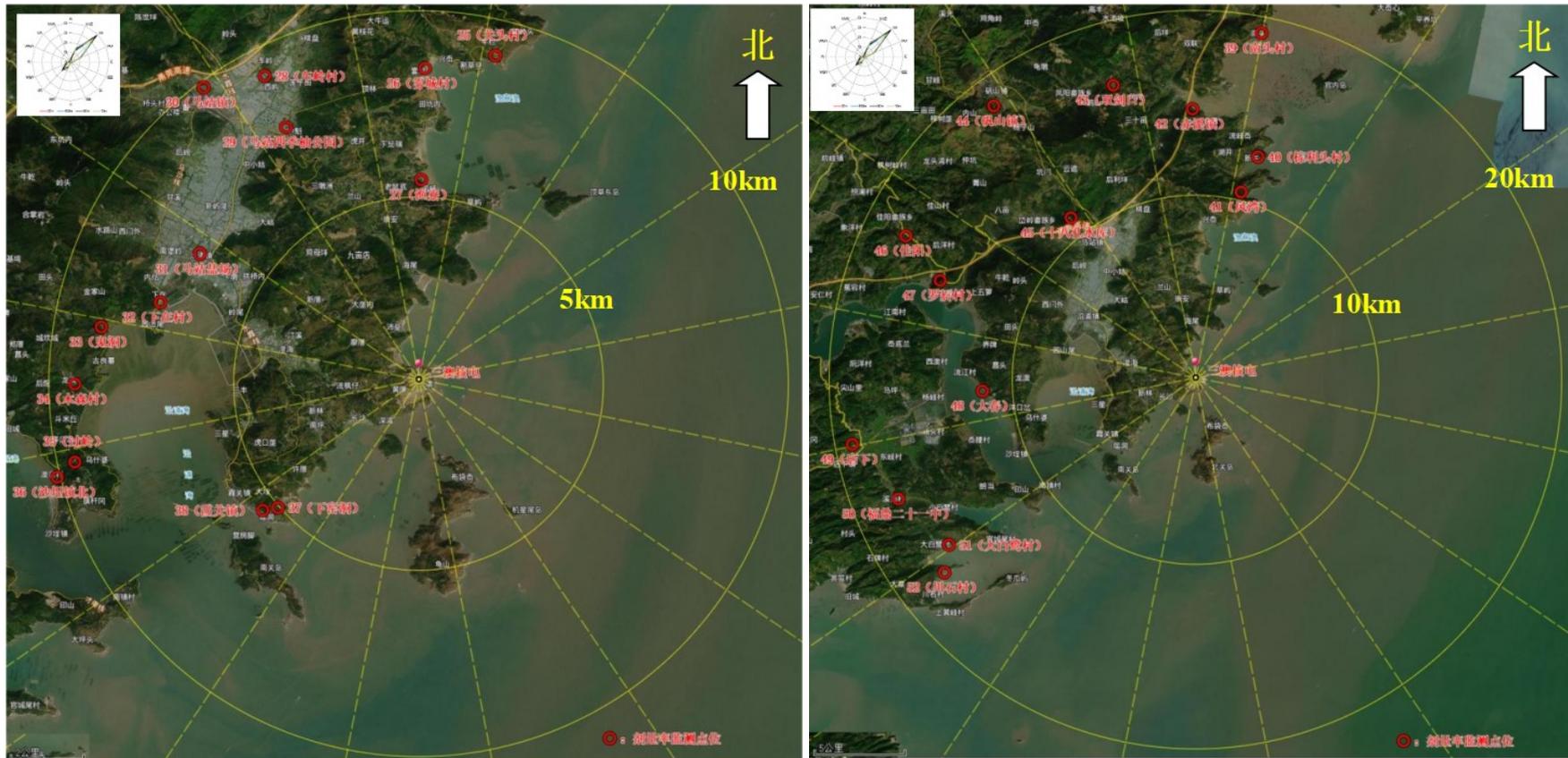


图 3.1-1 陆地 γ 辐射剂量率现状监测布点示意图（2/3）

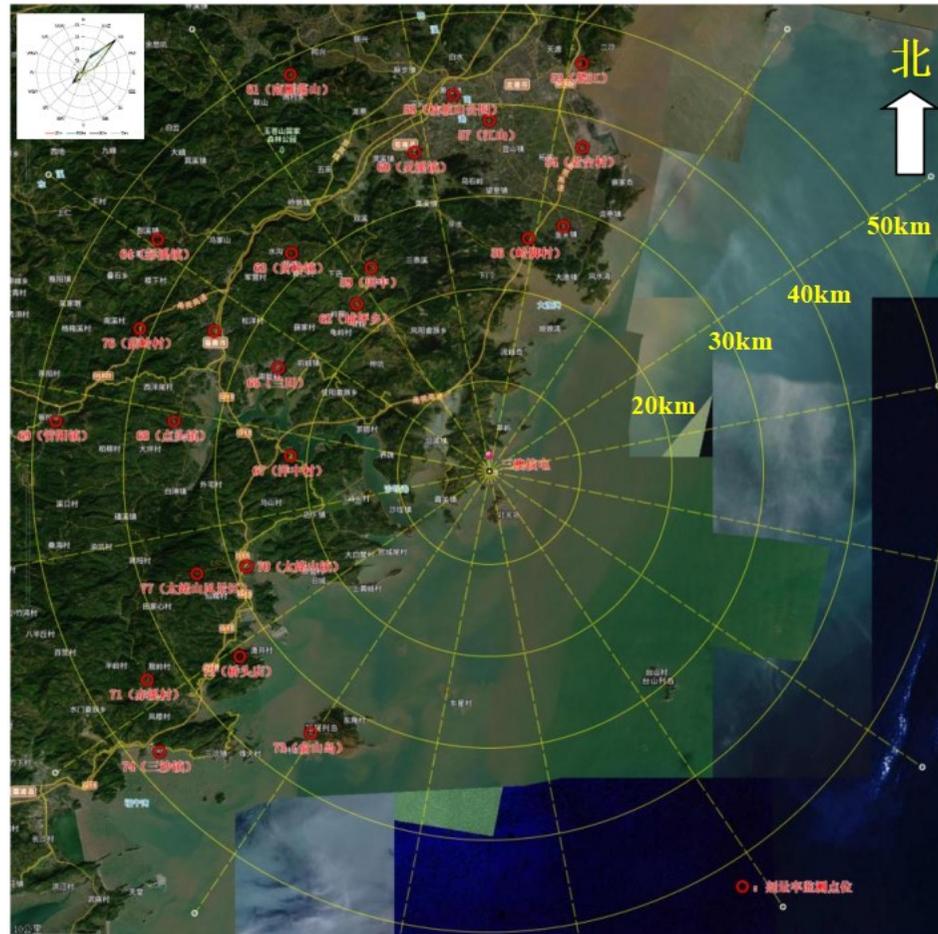


图 3.1-1 陆地 γ 辐射剂量率现状监测布点示意图（3/3）

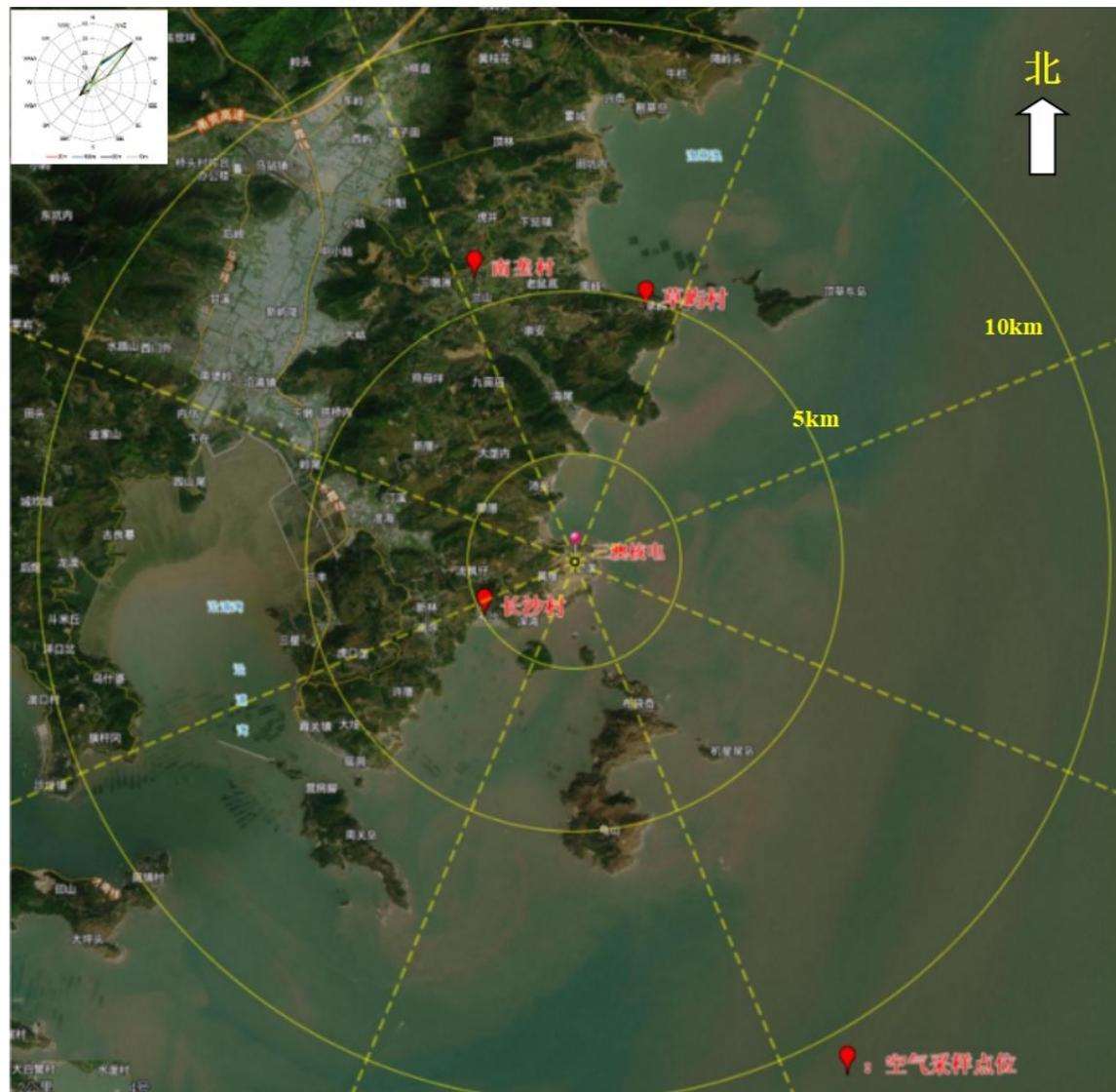


图 3.1-2 空气取样点位示意图

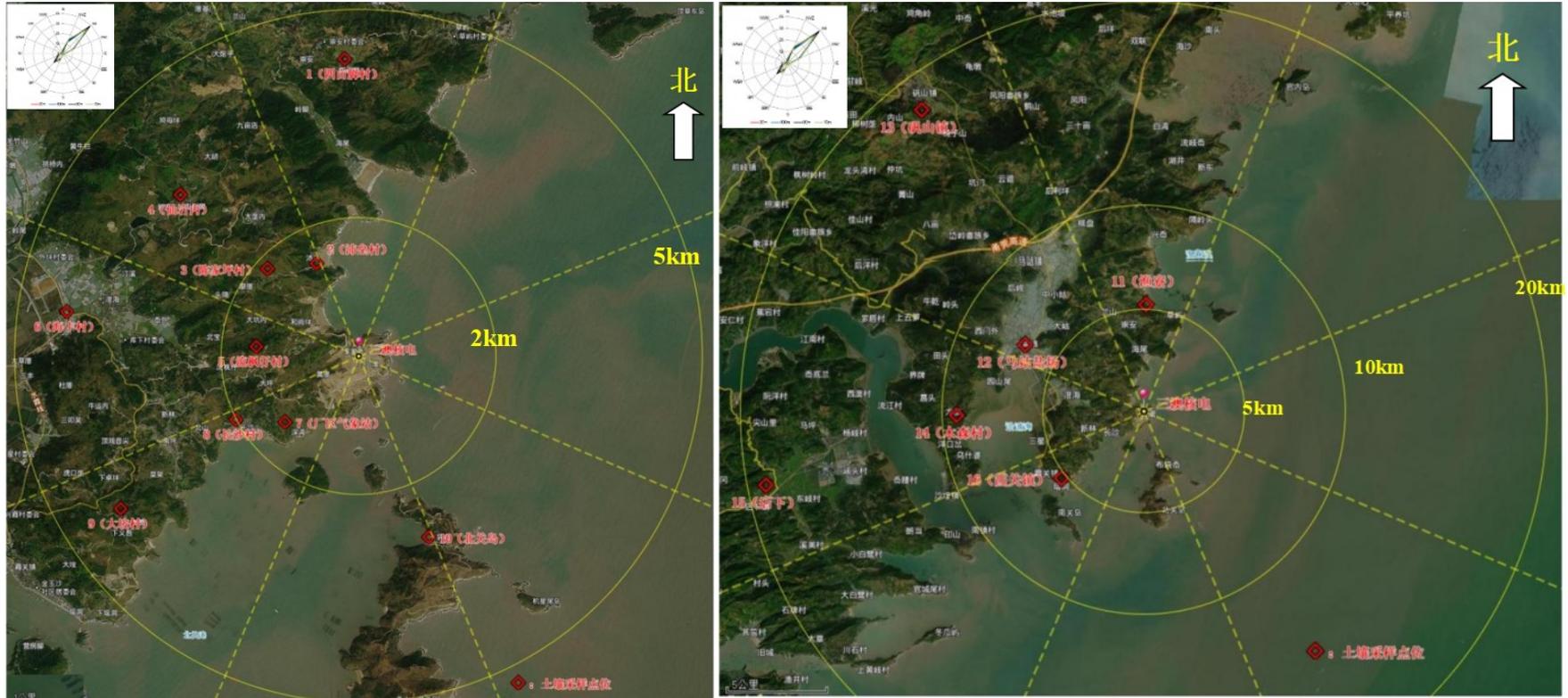


图 3.1-3 土壤取样点位示意图



图 3.1-4 非受纳水体取样点位示意图

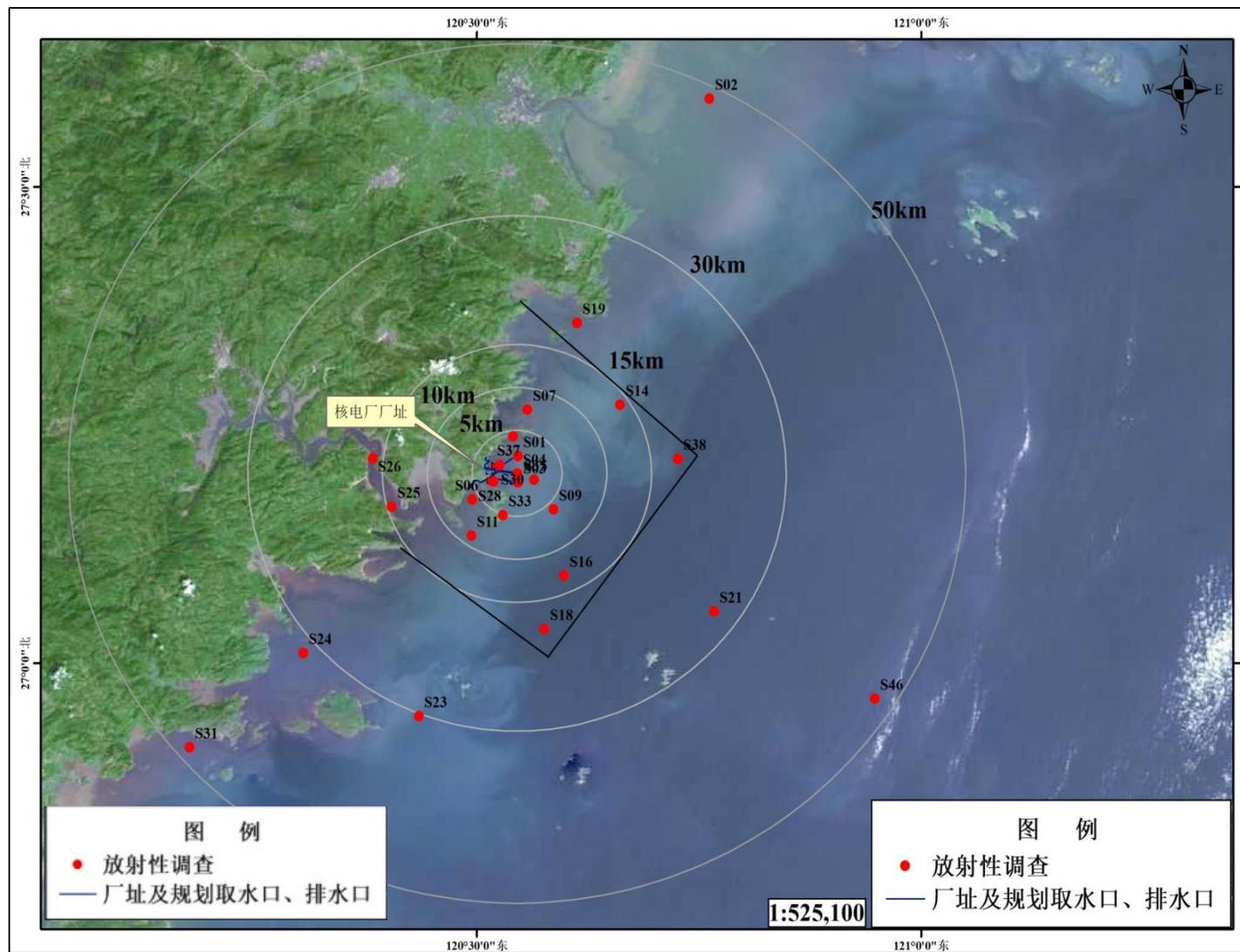


图 3.1-5 海洋调查布点示意图

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 环境空气保护目标及气象条件

3.2.1.2 大气环境特征污染物调查方案

3.2.1.3 调查结果

3.2.1.4 质量保证

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 声环境敏感目标及周围环境特征

3.2.2.2 调查方案

3.2.2.3 调查结果及评价

3.2.2.4 质量保证措施

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.3.1 受纳水体环境保护目标及环境功能区划

3.2.3.2 调查方案

3.2.3.3 水质调查结果

3.2.3.4 质量保证

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 电磁环境敏感目标和环境特征

3.2.4.2 调查方案

3.2.4.3 调查结果

3.2.4.4 质量保证

3.2.5 参考资料

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

中广核工程有限公司委托浙江瑞启检测技术有限公司温州分公司开展了三澳核电站施工期大气环境质量监测，本报告采用 2023 年第四季度的监测结果评价厂址区域大气环境质量现状。

3.2.1.1 大气环境保护目标

大气环境保护目标是施工现场周围村庄的居民和进厂道路、应急道路附近的居民，分别是长沙村、库下村、沛垒沙滩和后槽村。12 月份调查期间的主导风向是 NE，主要空气污染源是三澳核电站进厂道路的汽车尾气、S232 省道的汽车尾气、居民点餐饮油烟、三澳核电站在建工程的扬尘等。

3.2.1.2 监测方案

现场调查时间为 2023 年 12 月 12 日至 18 日，监测项目包括 TSP、SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}。

布点原则：施工现场、上风向、下风向的关注点；附近居民点。

采样频次：连续 7 天。

3.2.1.3 调查结果

由调查结果可以看出，NO₂ 小时浓度值为 <0.005mg/m³~0.08mg/m³；SO₂ 小时浓度值为 <0.007mg/m³~0.043mg/m³；NO₂ 的 24 小时均浓度值为 <0.003mg/m³~0.041mg/m³；SO₂ 的 24 小时浓度值为 <0.004mg/m³~0.019mg/m³；TSP 的 24 小时浓度值为 0.012mg/m³~0.276mg/m³；PM₁₀ 的 24 小时浓度值为 0.01mg/m³~0.142mg/m³；PM_{2.5} 的 24 小时浓度值为 0.008mg/m³~0.072mg/m³。所有监测因子均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

3.2.1.4 质量保证

施工期大气环境质量监测由浙江瑞启检测技术有限公司温州分公司承担，该公司

通过了检验检测机构资质认定，资质证书编号 231112341710，其质量保证体系满足检验检测机构资质认定评审准则，本报告引用数据来自加盖有 CMA 标识的监测报告，报告编号：浙瑞(温)检 2023-12234。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

2021 年 11 月 3 日~4 日，为获取于三澳核电厂 3、4 号机组开工建设前声环境质量现状情况，由苏州热工研究院有限公司环境检测中心开展了三澳核电厂周边声环境质量现状调查。

中广核工程公司委托浙江瑞启检测技术有限公司温州分公司开展了施工期声环境保护目标（长沙村和陈家坪村）的噪声检测，本报告将引用 2023 年第四季度的检测结果对 2021 年的检测结果进行补充说明。

3.2.2.1 声环境敏感目标及周围环境特征

本项目厂址半径 5km 范围内的声环境敏感目标主要是进场道路和应急道路（移动声源）两侧 200m 内的库下村、斗门头村、后槽村、陈家坪村。周围的地形地貌主要为丘陵地貌和海岸地貌，其中丘陵地貌为厂址区的主要地貌形态，向北、西方向由一系列侵蚀剥蚀丘陵组成。

3.2.2.2 调查方案

布点原则：按照“近密远疏，全面覆盖”方式布点，在村庄人口密集区将适当增加布点。

（1）厂址区域

选择在厂界四周及施工场地共设置 8 个监测点位。测量 20min 的等效声级 L_{eq} ，监测两天，昼夜各监测一次，“昼间”是指 6:00 至 22:00 之间的时段；“夜间”是指 22:00 至次日 6:00 之间的时段）。

（2）进场道路、应急道路现状监测

在进场道路附近斗门头、库下设置监测点位，在应急道路附近的陈家坪、后槽设置监测点位。进场道路和应急道路处测量 20min 的等效声级 L_{eq} ，监测两天，昼夜各监测一次。

（3）声环境功能区现状监测

在仙岩、大垅、外垟村、三茆、流枫仔、新林、南坪、长沙布设监测点位，测量 10min 的等效声级 L_{eq} ，监测两天，昼夜各监测一次。

监测时，11 月 3 日：天气阴，温度 14.1°C~19.3°C，湿度 67.4%RH~75.1%RH；11 月 4 日：天气为阴。温度 16.2°C~18.5°C，湿度 66.3%RH~74.2%RH，符合多功能声级计（AWA6228）的设备使用环境要求。

3.2.2.3 调查结果及评价

厂址区域属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区，其环境噪声限值为 60dB（A）（昼间）、50dB（A）（夜间），监测结果表明，厂址区域昼间噪声为 46dB（A）~59dB（A），夜间噪声为 41dB（A）~47dB（A），满足其声环境功能区噪声限值要求。

进场道路和应急道路周围居民点属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 4a 类声环境功能区，其环境噪声限值为 70dB（A）（昼间）、55dB（A）（夜间）。监测结果表明，进场道路和应急道路周围昼间噪声为 44dB（A）~69dB（A），夜间噪声为 40dB（A）~51dB（A），满足其声环境功能区噪声限值要求。

厂址半径 5km 范围内村庄属于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类声环境功能区，其环境噪声限值为 55dB（A）（昼间）、45dB（A）（夜间）。监测结果表明，厂址周围村庄昼间噪声为 45dB（A）~53dB（A），夜间噪声为 38dB（A）~41dB（A），满足其声环境功能区噪声限值要求。

调查结果表明，本项目周边声环境质量现状均能满足其相应的声环境功能区噪声限值标准，声环境质量现状良好。

2023 年第四季度施工期昼间噪声为 42.1dB（A）~48.4dB（A），夜间噪声为 40.8dB（A）~44.6dB（A），检测结果表明核电厂施工期间周围声环境保护目标处声环境质量能满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类声环境功能区的的要求。

3.2.2.4 质量保证措施

本项目 2021 年的调查由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，该环境检测中心具备 CMA 资质（计量认证资质证书编号 171012050252）并通过 CNAS 认可（注

册号 CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目噪声监测全部内容。

2023 年第四季度施工期噪声由浙江瑞启检测技术有限公司温州分公司承担，该公司通过了检验检测机构资质认定，资质证书编号 231112341710，其质量保证体系满足检验检测机构资质认定评审准则，本报告引用数据来自加盖有 CMA 标识的监测报告，报告编号：浙瑞(温)检 2023-12234。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

深圳中广核工程设计有限公司委托国家海洋环境监测中心开展了三澳核电厂 3、4 号机组受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查工作，本节根据《中广核浙江三澳核电厂二期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告》中的海水水质相关内容对受纳水体环境质量现状进行评价。

3.2.3.1 受纳水体环境保护目标及环境功能区划

根据《浙江省生态环境厅浙江省发展和改革委员会关于要求调整中广核浙江三澳核电厂厂址附近近岸海域环境功能区的请示的复函》（浙环函[2022]296 号），将原浙南一类环境功能区（A05I）部分海域调整为三类区，并入原三澳近岸三类区（WZC09I）；该区由节点 A1~A11 和霞关镇东侧陆域岸线围成，A1 点为陆上起始控制点，位于草屿村；A10 点为陆上终止控制点；A8~A10 为霞关四类区（D31IV）的控制节点；A2~A7 为新增海上节点，为便于管理调整后的环境功能区名称继续沿用三澳近岸三类区（WZC09I）。调整后的三澳近岸三类区由原 17.11km² 扩大至 100.86km²，主要使用功能为三澳核电项目工业用水，其中部分区域兼顾滨海风景旅游、港口码头等功能，水质保护目标除温升执行三类外，其余指标仍执行一类。

在调整后的三澳近岸三类区中设置两处混合区，其中一期排口附近设置一处，由节点 B1~B6 以陆地为界围成的海域，将原三澳近岸温排水混合区由 0.16km² 扩大至 2.72km²，二期、三期排口附近设置一处，由节点 C1~C8 围成的海域，面积为 6.51km²。调整后三澳近岸温排水混合区由原 0.16km² 扩大至 9.23km²，主要使用功能为三澳核电项目工业用水，其中部分区域兼顾滨海风景旅游、港口码头等功能，水质保护目标除温升外其余指标执行二类。

3.2.3.2 调查方案

国家海洋环境监测中心于 2021 年 8 月（夏季）、2021 年 11 月（秋季）、2022 年 1 月（冬季）和 2022 年 4 月（春季）各开展了 1 次电厂 15km 范围海域的海水环境质量现状调查，共设 33 个水质监测站。

调查内容包括：pH、溶解氧、化学需氧量、活性磷酸盐、无机氮、石油类、锌、镉、铅、铜、铬、汞、砷等。

监测布点原则按照近密远疏的原则布点。其中，S05、S06 位于浙江省三澳核电厂厂址附近近岸海域环境功能区调整后的霞关四类区（D31IV），海水水质执行四类标准，S03、S28、S29、S30、S34 位于浙江省三澳核电厂厂址附近近岸海域环境功能区调整后的温排水混合区，海水水质执行二类标准（温升除外），其余点位除温升外，其余指标仍执行一类标准。

3.2.3.3 水质调查结果

采用 HJ2.3-2018 附录 D 中的水质指数法进行水质的现状评价，如果评价因子的水质指数值 >1 ，则表明该因子超过了相应的评价标准，已经不能满足相应功能区的水质要求。反之，则表明该因子能符合功能区的使用要求。

由评价结果可以看出，除 S5、S6、S25、S26 执行四类标准，海水水质达标外，其他所有调查点位海水水质均有项目超标，超标项目包括 COD、活性磷酸盐、无机氮、DO、BOD₅、铜、铅、锌、石油类和氰化物。

由评价结果可以看出，所有调查点位的海水水质均有项目超标，超标项目包括 COD、活性磷酸盐、无机氮、BOD₅、铜和铅。

由评价结果可以看出，所有调查点位的海水水质均有项目超标，超标项目包括活性磷酸盐、无机氮、BOD₅、铜、铅、镉和石油类。

由评价结果可以看出，所有调查点位的海水水质均有项目超标，超标项目包括活性磷酸盐、无机氮、BOD₅、铅、总汞和石油类。

各季污染因子超标的原因主要是受人类活动的影响，养殖废水的排放导致营养盐类和 BOD₅、COD 等污染指数的超标、船只的密集航行导致石油类和重金属铅等污染指数的超标。

3.2.3.4 质量保证

（1）监测方法

样品的采集、贮存、运输和分析等依据《海洋监测规范》（GB17378-2007）和《海洋调查规范》（GB/T12763-2007）。

（2）质量控制

参加本项目外业数据采集、内业资料处理分析的工作人员应经过相关培训、考核，持证上岗。

属强制计量检定的测量仪器都经过法定机构的检定、校准，以保证测量仪器满足测量要求。

在样品采集、保存、运输、交接等环节，监测人员均按照监测实施方案中引用的规范、规程有关要求，规范操作，实施现场平行样、现场空白等质量控制措施，确保样品流转信息规范、可溯源。

质量控制采用样品瓶空白、平行样、加标回收、标准样等方式进行，质控结果符合要求。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

2021 年苏州热工研究院有限公司承担了三澳核电厂 3、4 号机组厂址区域非放射性环境质量现状调查工作，并于 2021 年 11 月和 2022 年 9 月对厂区附近电磁环境进行了监测。

3.2.4.1 电磁环境敏感目标和环境特征

根据厂址的总平图，厂内拟建 1000kV 开关站附近无电磁环境敏感目标，厂址区域内无雷达、中/微波基站、通讯基站、110kV 以上的高压输电线路和变电站等电磁辐射源。

3.2.4.2 调查方案

（1）监测范围

厂址区域内 220kV 变电站、主变电站、开关站、出线线路和周围居民点。

(2) 监测内容

工频电场、工频磁场。

(3) 监测时间

2021 年 11 月 3 日和 2022 年 9 月 4 日。

(4) 布点原则

- 新建变电站附近无其他电磁设施，可在站址中心布点监测；
- 监测点位附近如有影响监测结果的其他源项存在时，应对其他源项进行监测。

3.2.4.3 调查结果

由监测结果可知，厂址区域检测点位工频电场范围为 0.118V/m~0.349V/m，工频磁场范围为 0.0112 μ T~0.0282 μ T。监测结果均满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 中电场强度 4000V/m、磁感应强度 100 μ T 的公众曝露控制限值要求。

由监测结果可知，厂址区域检测点位工频电场范围为 0.490V/m~0.527V/m，工频磁场范围为 0.0349 μ T~0.0371 μ T。监测结果均满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014) 中电场强度 4000V/m、磁感应强度 100 μ T 的公众曝露控制限值要求。

3.2.4.4 质量保证

本项目监测由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，该环境检测中心具备 CMA 资质（证书编号 171012050252）并通过 CNAS 认可（证书编号 CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目电磁环境监测全部内容。

(1) 人员资质

所有检测人员均经上岗培训，并考核合格后上岗。负责监测过程内部质量监督的人员由环境检测中心授权任命或经公司质保部门培训。

(2) 监测环境条件控制

苏州热工研究院有限公司环境检测中心于 2021 年 11 月 3 日对厂址区域的电磁环境进行了监测，监测时天气为阴，温度 14.1 $^{\circ}$ C~19.3 $^{\circ}$ C，湿度 67.4%RH~75.1%RH，符合电磁辐射分析仪（NBM550）的设备使用环境要求。

（3）监测方法控制

按照《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）开展监测。

（4）监测设备控制

监测设备经检定/校准，并确认量值溯源合格后使用。

3.2.5 参考资料

- [1] 中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域非放射性环境质量现状调查总报告（B 版），苏州热工研究院有限公司，2022.9。
- [2] 中广核浙江三澳核电厂二期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告，国家海洋环境监测中心，2022.10。
- [3] 2023 年第四期浙江三澳陆域环境检测-主厂区检验检测报告（浙瑞(温)检 2023-12234），浙江瑞启检测技术有限公司温州分公司，2023 年 12 月 28 日。

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.3 核电厂用水和散热系统

4.4 输电系统

4.5 专设安全设施

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区总体规划

4.1.2 厂区总平面布置

4.1.3 排放口布置

4.1 厂区规划及平面布置

三澳核电厂规划建设 6 台百万千瓦压水堆机组，1、2 号机组建设 2 台华龙一号融合技术方案机组，3、4 号机组计划再建设 2 台华龙一号融合技术方案机组。

4.1.1 厂区总体规划

全厂总体规划是依据厂址规划容量和核电厂生产、施工、生活的要求，结合厂址条件，对厂区、厂外设施、非居住区、施工区、防洪排涝设施、交通运输及设施、出线走廊等从近期出发，并兼顾远期发展，进行统筹规划。

厂址总体规划布置一般遵循以下原则：

- 总体规划按国家批准的核电厂规划容量、结合当地的自然资源条件及电力系统的发展进行；
- 总体规划遵从国家和地方有关城市规划、土地利用规划、水功能区规划及现行的国家法规和标准，与地方经济发展战略相适应，与当地城市发展相协调；
- 总体规划处理好核电与环境、建设与运行、临时与永久、厂内与厂外等各方面的关系；
- 近、远期相结合，永久建筑与生产临建相结合，统筹规划，分期实施；
- 以核电厂厂区布局为中心，功能分区明确，辅助配套设施齐全，满足工艺流程及生产、生活的需要；
- 充分利用自然条件，因地制宜，减少厂区工程量和基建费用；
- 坚持合理用地、节约用地及节省投资的原则。

根据核电厂工程建设与生产运营特点，并结合三澳核电厂的厂址特点和规划要求，形成“一厂两区”的总体规划布局：厂址片区规划布置厂区（控制区围栏内，下同）、厂外辅助设施区、施工准备区等功能分区；“现场服务区”规划布置在厂址 4km 以外的绿能小镇。主要规划内容如下：

a) 厂区

厂区由主厂房区、BOP 区、配电装置区和厂前建筑区等组成。厂区是核电厂建设与运营的核心部分，其它各区均服务厂区生产并围绕该区进行布置。

作为电厂建设的固定端，1、2 号机组布置在厂址东侧地势较平缓的山麓地带，3、4 号机组在 1、2 号机组西南方向扩建。3、4 号机组主厂房相对 1、2 号机组顺时针旋

转 90°，以利用场地北侧自然地形相对较低的区域，减少土石方裕方量。

b) 厂外辅助设施区

3、4 号机组与 1、2 号机组共用厂外辅助设施，暂不新增厂外辅助设施，主要信息如下：

厂外辅助设施区布置在 1、2 号机组厂区外以北区域，与 1、2 号机组厂区相邻。厂外辅助设施区与现场服务区通过进厂道路相连，与施工准备区通过施工道路相连，与 3、4 号机组工程厂区通过外围的道路相连。

厂外辅助设施区主要由培训中心（BEA）、应急指挥与行动中心（BEM/BEG）、综合泵房（包含水池）（BPZ）、永久出入口、道路、停车场（BUC）、技能培训中心（BEO）、应急设施存贮与燃油补给中心（BKJ）、环境实验室（BEE）、武警营房（BEQ）、消防站（BEB）、环境监测站（BOD）及工业废物暂存库/场（BKI）等为核电厂服务的配套辅助设施组成。

c) 现场服务区

3、4 号机组与 1、2 号机组共用现场服务区，主要信息如下：

现场服务区的主要功能是满足职工现场值班、文体、休闲等活动的需求。按照“一厂两区”原则，现场服务区规划布置在沿浦镇附近的绿能小镇，与厂区、厂外辅助设施区及施工准备区通过进厂道路相连。

d) 施工准备区

二期工程施工用地总面积约 50.0hm²，主要由施工准备区、物资仓储区，以及施工临建区三部分组成，其中，厂址北侧临建用地约 14.9hm²，包括搅拌站、核岛土建、核岛安装、常规岛土建、常规岛安装等；厂址西侧临建用地约 16.4hm²，包括甲供物资仓储区、核岛安装、常规岛及 BOP 安装等；厂内施工临建利用二期联合泵房与边坡之间的场地，面积约 5.2hm²，主要用于布置现场办公区及工具房等设施；库下区域临建用地约 6.85 hm²，包括核岛钢筋加工、常规岛钢筋加工等；剩余部分考虑在虎口堑解决，主要用于厂外预制场及材料堆场，面积约 6.65hm²。

e) 电力出线规划

1) 500kV/1000kV 出线规划

1、2 号机组采用 500kV 电压等级接入系统，出线 2 回，接入 500kV 南雁变电站。3、4 号机组通过 1000kV 电压等级的 GIL 封闭母线接入系统，通过 2 回特高压线路接

入温州特高压变电站。

2) 220kV 出线规划

1、2 号机组已建设第 1 回 220kV 线路，接入 220kV 钱金变电站，线路长度约 30km。
3、4 号机组拟建设第 2 回 220kV 线路，接入 220kV 横阳变电站，线路长度约 39.2km。

f) 取排水规划

本工程循环冷却水采用海水作为冷却水源。从厂址南侧深槽取水，取水采用“明渠+陆域隧洞”方案，排水采用东南向隧洞远排。运行期间，2 台华龙一号机组运行时，取水规模为 123m³/s；4 台华龙一号机组运行时，取水规模为 246m³/s。

g) 淡水水源规划

结合厂址淡水资源条件，3、4 号机组运行期除盐水用水、生产用水采用海水淡化水；运行期生活用水、施工期生产生活用水由苍南水务南部供水有限公司市政管道供水，苍南水务南部供水有限公司市政管道敷设至厂区边界处，管径为 DN300。

h) 海工规划

二期海工工程包括取水工程、拦污网、排水工程、厂区护岸工程、大件码头改造工程及施工围堰，大件码头在 1、2 号机组建设，3、4 号机组可直接使用。其中取水工程采用“明渠+陆域隧洞”取水，排水采用离岸深排一机一洞隧洞方案；为了对海生物进行拦截，保护冷源安全，共设置 4 个拦污网。

i) 截、排洪规划

截、排洪系统对核电站的安全至关重要。3、4 号机组厂区南侧临海，西侧、西北侧有小流域洪水汇入厂区，对厂区防洪安全构成潜在威胁。为此，在 1、2 号机组排洪规划基础上，沿厂址北侧、西侧设置截、排洪设施，将厂址附近汇水面积内的洪水由南、东（东侧可汇入现有 1、2 号机组排洪沟）两个方向排入大海。

1) 主截、排洪系统

沿厂区及厂外配套辅助设施区的西侧设置主截、排洪沟，拦截、汇流厂址所在的上游洪水，并通过在南、东（东侧为 1、2 号机组已有排洪沟）两个方向上设置的排水口以自流形式排入邻近海域，防洪标准为千年一遇设计，PMF（可能最大洪水）校核。

2) 其它截、排洪系统

其它截、排洪设施指在施工准备区外围建设截、排洪沟，拦截、汇流施工准备区所在的山体上游汇水。其它截、排洪设施的防洪标准为 50 至 100 年一遇设计。

j) 交通运输规划

1) 进厂道路

进厂道路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道,于 2019 年底建成通车。进厂道路路线成西东走向,起点位于马站镇新厝村(现沿浦镇三丰村)的 S232 上,终点位于小槽村(已拆迁),与三澳核电厂厂区道路相连,全长约 4.2km,共设置桥梁 1 座,隧道 3 座,采用二级公路标准,路基宽度 12.0m,设计车速 60km/h。

2) 应急道路

应急公路(北线)即 228 国道核电连接线,起点位于马站镇东部,终点接核电进厂公路,长度约 8.0km,公路等级为二级。无桥梁,穿山隧道 3 座(约 4km),涵洞 8 道。

应急公路(南线)自厂区西北侧经长沙村北与 168 黄金海岸线(环海公路)连接,长约 2.5km,公路等级为三级,无桥梁、隧道,有 3 道涵洞。

3) 重件码头

1、2 号机组建设 3000t 级重件码头一座,码头位于厂区西南侧,采用重力式结构。装卸设备采用 650t 全回转固定式起重机,3、4 号机组可直接使用。

4.1.2 厂区总平面布置

总平面布置一般需遵循以下基本原则:

- 总平面布置与总体规划协调一致,满足规划容量的要求,统一规划、分期实施,留有进一步优化的余地;
- 核岛及其他安全重要厂房布置在埋深适宜、承载力满足要求、均匀稳定的场地上;
- 工艺流程合理,功能分区明确,交通运输便捷,做到人、货分流;
- 确定合理的通道宽度,满足管网布置、生产运行管理和施工安装要求;
- 对与生产厂房联系密切的辅助设施、管理设施拟采用成组布置或联合建筑形式,减少占地面积,节省土地资源 and 投资成本。

a) 主厂房区

主厂房建筑群主要由反应堆厂房(BRX)、燃料厂房(BFX)、核辅助厂房(BNX)、进出厂房(BAX)、安全厂房(BSX)、应急柴油发电机厂房(BDX)以及汽轮发电机

厂房（BMX）等组成，是核电站最重要的组成部分。

3、4 号机组主厂房位于 2 号机组西南侧，核岛朝东、常规岛朝西并列式布置。3、4 号机组紧邻 1~2 号机组规划，核岛区域整体坐落于中等风化和微风化基岩上。

b) BOP 厂房

3、4 号机组 BOP 主要包括核岛废液贮存罐厂房、常规岛废液贮存罐厂房、运行值班楼、空压机房、厂用气体贮存区、厂区实验室、制氯站、实物保护电源室、潜在放射性含油废水处理站、非放射性含油废水处理站等，围绕主厂房四周布置。

c) 厂前区

3、4 号机组与 1、2 号机组共用厂前区，包括生产行政办公楼、档案馆、岩芯库以及厂区餐厅，布置在 1、2 号机组主厂房北侧，临近厂区主干道。为方便职工上下班通勤需要，在控制区出入口外布置有停车场。

d) 取排水

3、4 号机组循环水取自南侧深槽，口门位于-12m 等深线附近，朝向东南方向。3、4 号机组设置一处取水泵房，通过陆域取水涵洞和取水头部构筑物接入取水明渠取水，地基主要为微风化凝灰岩。取水工程涉及的构筑物包括：取水导流堤、取水护岸、取水头部构筑物、取水隧洞（暗涵）、直立翼墙以及泵房前池岸壁。

3、4 号机组循环水排水通过盾构隧洞排至厂址东南侧离岸约 2.5km 位置。

e) 配电装置区

3、4 号机组配电装置区按 1000kV 主开关站设置，布置在厂区西侧，向西北出线。并与 1、2 号机组共用 220kV 施工与辅助电源变电站。

1000kV 开关站与各机组主变压器之间通过 1000kV 电压等级的 GIL 封闭母线连接。1000kV 开关站拟向西出线，然后转向北，接入通过 2 回特高压线路接入特高压温州变。

f) 实物保护规划

厂区设置三道实体屏障，分别为控制区、保护区、要害区。其中控制区包含除厂外辅助设施以外的电厂各建、构筑物，保护区包含主厂房区、辅助生产设施区的大部分建、构筑物子项，要害区主要指核岛厂房及相邻区域。

1) 控制区

控制区位于征地围栏内、保护区外，包括所有生产性设施、厂前区。

2) 保护区

保护区位于控制区内、要害区外，包括电厂所有生产性设施。

3) 要害区

要害区位于保护区之内，为核岛厂房及相邻区域。

g) 厂内道路

厂内道路是联系厂内各建、构筑物，承担各型设备、材料运输的基础设施，厂内道路分为四级，即主干道、次干道、支道（车间引道）和人行道。根据设备运输要求，路面结构又分为轻型路和重型路两种，穿越道路的地下构筑物设计荷载为：轻型路设计荷载公路I级，重型路设计荷载为最大重车荷载。厂内道路型式为城市型道路，面层结构采用钢筋混凝土路面结构。

主干道宽度 10m，次干道宽度 7m，支道宽度 4m；转弯半径主干道 25m、12m；次干道 9m。

h) 竖向布置

1) 厂坪标高

根据《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990）附录 V 所介绍的实例，结合厂址处实际情况，厂址的组合洪水主要考虑对厂址有重要影响的极端事件，其组合如下：

组合洪水位：

可能最大风暴潮增水（PMSS）	5.38m
10%超越概率天文高潮位	3.40m
寿期内海平面上升	0.21m
设计基准洪水位（DBF）	8.99m

根据竖向布置原则，并考虑地质条件、防洪安全、土石方平衡以及电厂经济效益等因素，3、4 号机组的厂坪标高确定为 17.50m（1985 国家高程基准）。

2) 竖向设计

厂区采用平坡式竖向布置方式；施工准备区采用阶梯式竖向布置方式。

i) 厂区绿化规划

核电厂区由于有剂量防护、卫生防火、安全保卫等方面的特殊要求，对厂区绿化的要求不同于一般的电厂，在厂区保护区内一般不进行绿化，仅在厂前区及其以外的

地方进行绿化。由于核电厂非居住区面积较大，从总体上讲，厂区四周绿化面积较大，可以形成一个环境优美的大厂区绿化环境。

4.1.3 排放口布置

三澳核电厂 3、4 号机组产生的放射性废气主要通过位于燃料厂房顶部的烟囱排入环境。1 台机组配置 1 座烟囱，烟囱的顶标高拟设计为约+70.00m，功率运行期间烟囱排气流量为 330840m³/h（3 号机组），231040m³/h（4 号机组），3 号烟囱内径：3.00m。考虑到 4 号烟囱出口流速较低，为提高烟囱流速，在该烟囱出口处加挡板，则 4 号烟囱出口内径为 2.80m。

放射性废液经过放射性废液系统处理后采用槽式排放，贮存在贮存槽中的放射性废液经处理、监测达到排放标准后，与电厂的温排水混合后最终排入大海。

本工程采用独立的雨水排水管网系统进行有组织的雨水排水，全厂排水拟采用重力自流排放原则。考虑到主厂区排洪的重要性，主厂区设计暴雨强度采用千年一遇标准，并按 PMP 工况校核。本期工程拟设四个雨水排水口，其中 1 个排水口排至排洪沟，3 个排水口排入虹吸井。

本工程生活污水和非放射性生产废水经处理达到相应标准后排放至海域。其中生活污水处理站（BEW）为全厂 6 台机组共用，3、4 号机组生活污水通过管网送至 1、2 号机组 BEW 子项集中处理，1、2 号机组生活污水排放口即为全厂排放口，本工程没有新增生活污水排放口。

三澳核电厂非放射性生产废水处理站（BST）为全厂 6 台机组共用，3、4 号机组非放射性生产废水通过管网送至 1、2 号机组 BST 子项集中处理，1、2 号机组非放射性生产废水排放口即为全厂排放口，3、4 号机组没有新增非放射性生产废水排放口。BST 子项排放口位于 1、2 号机组的 CC 井。

4.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

4.2.2.4 核辅助系统

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

4.2.3.3 汽轮机发电机组

4.2.3.4 凝汽器

4.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

4.2.1 概述

三澳核电厂 3、4 号机组拟建 2 台华龙一号技术融合方案压水堆核电机组，每台机组由核岛、常规岛和电厂配套设备组成，部分设施按全厂共用原则设置。

每台华龙一号机组核蒸汽供应系统（NSSS）的额定热功率为 3190MW，堆芯额定热功率 3180MW。反应堆堆芯装有 177 个国产先进燃料组件，冷态时堆芯等效直径为 323cm，活性段高度为 365.76cm，平均线功率密度为 181.2W/cm，堆芯铀装载量 81.22t（首循环）。反应堆冷却剂系统（RCP）由三个环路组成，运行压力约为 15.5MPa。

本工程采用 18 个月换料方式，电厂设计寿命为 60 年。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

核岛主厂房包括：反应堆厂房（BRX）（安全壳及内部结构）、安全厂房（BSA、BSB、BSC）、燃料厂房（BFX）、核辅助厂房（BNX）、进出厂房（BAX）、柴油发电机厂房和龙门架厂房。其中反应堆厂房（安全壳及内部结构）、安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房、进出厂房位于同一钢筋混凝土共用筏板基础上。

（1）反应堆厂房（BRX）

反应堆厂房包括安全壳、内部结构，为抗震 1 类构筑物。安全壳为双层安全壳结构，坐落在钢筋混凝土共用筏基上。

内层安全壳为预应力混凝土结构，采用 C60 混凝土，内侧设有密封的钢衬里起防放射性物质泄漏的作用。除了预应力钢筋外，筒壁和穹顶部分配有普通钢筋，用于控制裂缝和抵抗事故工况下的弯矩作用。安全壳内部自由容积约为 75000m³，提供了事故工况下必要的空间，也为环吊吊装主设备（如蒸汽发生器）提供了足够的空间。

外安全壳由钢筋混凝土的筒体和穹顶组成，混凝土强度等级为 C50。外安全壳下部筒壁结构由周边厂房环绕保护，与周边厂房各层楼板、墙体相连。外安全壳穹顶和直接裸露在外部环境中的上部筒壁结构设计为能抵御飞机撞击（防飞机撞击壳）。外安全壳上部筒体外侧设置非能动水箱。

（2）安全厂房（BSA、BSB、BSC）

安全厂房是包容执行安全功能的主要流体机械系统、主控制室及其它支持配套系

统的安全级厂房。安全厂房 A、B、C 分别对应相应的三个安全系列。

安全厂房是包容执行安全功能的主要流体机械系统及其支持配套系统的安全级厂房，设计为抗震 1 类厂房，在地震期间及地震后保证其完整性，稳定性，并能够执行屏障及包容功能。

（3）燃料厂房（BFX）

燃料厂房主要用于核燃料装卸、运输和贮存，另外，还布置了一些其它的核岛系统和相应的支持系统。

燃料厂房是抗震 1 类钢筋混凝土墙板结构，坐落在钢筋混凝土共用筏基上，混凝土强度等级为 C50。

（4）核辅助厂房（BNX）

核辅助厂房主要用于布置核岛安全系统以外的辅助系统设施，并作为核岛废物收集处理中转站。机组正常运行工况下，厂房内的辅助系统提供以下功能：一回路冷却剂的过滤、除盐、分离、贮存，燃料贮存系统的水过滤和净化，蒸汽产生系统的排污和过滤，一回路和二次侧样品检测分析，核岛反应堆厂房、燃料厂房、安全厂房以及辅助厂房控制区正常运行的通风、排风，机组核岛正常运行所需冷冻水的供给，核岛各系统产生的放射性废气的回收处理及吹扫供应，收集和处理各种废液；收集和暂存核岛固体废物等。

核辅助厂房是抗震 1 类钢筋混凝土墙板结构，坐落在钢筋混凝土共用筏基上，混凝土强度等级为 C50。

（5）进出厂房（BAX）

进出厂房主要用于布置人员进出相关设施、部分核岛工艺系统、电气机柜、仪控机柜和暖通系统。进出厂房是抗震 1 类钢筋混凝土墙板结构，坐落在钢筋混凝土共用筏基上，混凝土强度等级为 C50。

（6）柴油发电机厂房（BDA、BDB、BDU、BDD）

应急柴油发电机厂房（BDA、BDB）用于布置 2 台应急柴油发电机组（LHP、LHQ），并分别单独布置在柴油发电机厂房（BDA、BDB）内。

SBO 柴油发电机厂房（BDU）内布置一台 SBO 柴油发电机组（LHU），且 SBO 柴油发电机组（LHU）单独布置在 SBO 柴油发电机厂房（BDU）内。

备用应急柴油机厂房（BDD）内布置一台备用应急柴油发电机组，且备用应急柴

油发电机组单独布置在备用应急柴油机厂房（BDD）内。

这些柴油发电机厂房均采用地理位置隔离的方式分开布置在核岛附近，避免因飞机撞击事件影响，使所有柴油发电机失效。

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.2.1 堆芯描述

三澳核电站 3、4 号机组采用华龙一号技术融合方案。反应堆堆芯由 177 个全 M5 AFA3G 燃料组件组成，额定功率为 3180MW，一回路工作压力为 15.5MPa，堆芯等效直径（冷态）为 323cm，堆芯活性段高度（冷态）为 365.76cm。

堆芯设计采用首循环年度换料、后续循环 18 个月换料燃料管理策略。为了展平功率分布，按 ^{235}U 初始富集度的不同，分三区装载，装有最低和中间初始富集度燃料组件的两个区按棋盘式交替排列在堆芯的中心区域，具有最高初始富集度的燃料组件放置在堆芯外围区域，构成第三区。三个区装载的燃料组件初始富集度分别为 1.8%、2.4%和 3.1%。第二个循环使用 76 个初始富集度为 4.45%的新组件。从第三个燃料循环开始，每次换料时装入 72 个初始富集度为 4.45%的新燃料组件，同时卸出 72 个乏燃料组件。

4.2.2.2.2 燃料组件和燃料棒

本工程机组燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成。其中燃料棒由包壳管及装在其中的低富集度烧结圆柱形 UO_2 或 $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ 芯块及螺旋弹簧组成，并在管的端部装上端塞，进行密封焊接。燃料组件骨架由 24 根导向管、1 根仪表管、1 个上管座部件、1 个下管座部件、8 个结构格架、3 个跨间搅混格架和连接件构成。

1)上管座部件：作为燃料组件的上部结构件和冷却剂出口空腔，对控制棒组件和其它堆芯相关组件提供保护，中心有仪表管孔供仪表棒从上部插入燃料组件。

2)下管座部件：作为燃料组件的底部结构件，引导冷却剂流入燃料组件，并将燃料组件受到的横向载荷及轴向载荷传递到下堆芯板上。

3)格架：沿燃料组件轴向上有 8 个结构格架和 3 个中间搅混格架。结构格架有两种，一种是带搅混翼的结构搅混格架，搅混翼从条带后（上）缘伸入冷却剂流体中。这类格架（共 6 个）用在燃料组件的高热流密度区以促进冷却剂的交混，同时起到夹持燃料棒的作用，使燃料棒在轴向和径向定位。另一种是端部格架，其内条带上没有

搅混翼，只用于燃料棒的支承与定位，共 2 个，其中 1 个位于燃料组件底部（为下端部结构格架），1 个位于燃料组件顶部（为上端部结构格架）。3 个跨间搅混格架，位于（从下向上数）第 3 个到第 6 个结构搅混格架的跨间，起加强冷却剂交混作用，以提高 DNBR 裕量，不夹持燃料棒。

4) 导向管和仪表管：导向管是燃料组件的结构部件，为控制棒、中子源棒和阻流塞棒提供插入通道。导向管的材料为锆合金。导向管上部内径较大，在紧急停堆时允许控制棒快速插入，在正常工况下允许有足够的冷却剂流过。导向管下部是缓冲段，其内径较小，在控制棒接近行程末端时起水力缓冲作用。燃料组件中的仪表管为堆芯测量仪表提供通道，仪表管的材料为锆合金，其内径和壁厚不变化，与导向管上部的直径和壁厚相等。

5) 燃料棒：燃料棒是由再结晶 M5 包壳管、装在包壳管中的二氧化铀陶瓷芯块以及密封焊在包壳管两端的上、下端塞组成。为避免燃料棒包壳和焊缝的应力过大，燃料棒中留有气腔和芯块一包壳间隙，以容纳核反应产生的裂变气体，补偿芯块与包壳的热膨胀差以及燃耗增加导致的燃料体积变化。在芯块上部有一个不锈钢螺旋弹簧压紧燃料芯块，可避免在组件吊装和运输过程中芯块轴向窜动。

4.2.2.2.3 其他相关组件

本工程堆芯内的其他相关组件包括控制棒组件、中子源组件和阻流塞组件。

1) 控制棒组件：由星形架和 24 根控制棒组成，具有启停堆、变更堆功率和保护反应堆的功能。控制棒的吸收体材料选用 Ag-In-Cd（黑棒）或不锈钢（灰棒），控制棒的包壳材料选用不锈钢。为提高控制棒耐磨性能，选用渗氮 316L 不锈钢作控制棒包壳材料；为防止控制棒下段因吸收体膨胀而胀裂包壳，吸收体下段采用缩径的措施。正常运行工况下，控制棒组件的插入由控制棒驱动机构（CRDM）步进控制，而停堆棒组则停留在堆芯之外。在事故工况下，需要使反应堆迅速返回到次临界状态时，所有可移动的控制棒组件（包括控制棒组件和停堆组件）靠自身重力作用落入堆芯。

2) 固定式相关组件：包括一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件。

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统（RCP）由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成，执行三大基本安全功能：反应性控制、堆芯热量导出、放射性物质包容。主要设备包

括：

- 反应堆压力容器；
- 反应堆冷却剂泵；
- 蒸汽发生器；
- 稳压器以及与其相连的波动管；
- 安全阀和严重事故卸压阀；
- 反应堆压力容器堆顶排气阀；
- 以上主要部件相连的管道和附件；
- 与辅助和支持系统相连接的管道、附件和阀门。

RCP 系统由三个传热环路组成，每一条环路有一台反应堆冷却剂泵和一台蒸汽发生器，另外 3 号环路的热段还布置有一台稳压器。在机组正常运行时，反应堆冷却剂泵驱动冷却剂在环路内循环。作为冷却剂、慢化剂的硼酸溶剂在反应堆压力容器内被加热，然后流入蒸汽发生器，将热量传递给二回路系统，最后通过反应堆冷却剂泵送入反应堆压力容器重复循环。

在水密实状态下，反应堆冷却剂系统的压力是通过化学和容积控制系统（RCV）进行控制。当稳压器为汽液两相状态时，通过稳压器控制反应堆冷却剂系统的压力。此外，反应堆冷却剂系统还包括稳压器及反应堆冷却剂压力控制和超压保护所需的辅助设备。当安全注入系统（RIS）以余热排出模式（RIS/RHR）与反应堆冷却剂系统相连时，利用 RIS 的安全阀对反应堆冷却剂系统进行超压保护；当 RIS 系统与反应堆冷却剂系统未相连时，利用稳压器上封头的 3 个不同整定值的稳压器安全阀执行反应堆冷却剂系统的超压保护。

稳压器顶部配置两列相同的严重事故专用卸压系统，每列专用卸压系统包含两个串联的隔离阀。在严重事故工况下（DEC-B），操作员手动打开严重事故专用卸压阀将一回路的流体排放至稳压器卸压箱，使反应堆冷却剂系统的压力降低至 2 兆帕（绝压）以下，防止高压熔堆。

压力容器顶部配有 2 列堆顶排气系统（2×100%），该系统通过执行事故下排气功能在事故工况下排出压力容器上封头的不可凝气体，从而保证反应堆冷却剂系统的自然循环。

4.2.2.4 核辅助系统

核辅助系统保证反应堆和一回路的正常启动、运行与停堆。核辅助系统包括：化学和容积控制系统（RCV）、反应堆硼和水补给系统（REA）、反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）、核取样系统（REN）、蒸汽发生器排污系统（APG）等。

4.2.2.4.1 化学和容积控制系统（RCV）

RCV 系统采用定量上充、调节下泄的方式通过一条下泄管线和一条上充管线对一回路冷却剂进行连续的下泄和上充。RCV 系统下泄管线从 RCP 系统 2 环路的过渡段最低点引出，流过再生式热交换器的管侧，在此被壳侧的上充流冷却再流经下泄热交换器管侧，由壳侧的设备冷却水将下泄流冷却至冷却剂净化、除气系统允许的温度后，经高压减压阀降压，降温降压后的下泄流离开反应堆厂房，进入燃料厂房。

随后冷却剂经过过滤器去除固体杂质后，经一台混床除盐器去除离子态杂质，根据需要还可再经过一台阳床除盐器去除铯或过剩的锂，然后经过过滤器去除破损的树脂。净化单元设有旁路，当部件失效或下泄温度高时净化单元将被隔离。

净化后的反应堆冷却剂送至容积控制单元，大部分下泄流送至加氢站加氢，小部分下泄流被送至容积控制箱。通常，一台上充泵从加氢站和容积控制箱底部接口取水向 RCP 补给，其中大部分流过再生式热交换器壳侧被下泄流加热后，通过上充隔离阀注入 RCP 系统 1 环路冷管段；另外一部分流量经轴封注入过滤器过滤后，分别注入到三台反应堆冷却剂泵轴封，为其提供轴封注入水。

除正常上充管线外，还设有一条从再生式热交换器出口至稳压器的辅助喷淋管线，当正常喷淋不可用或流量不足时，为稳压器提供辅助喷淋。

用于水化学控制的化学添加试剂如氢氧化锂溶液、联氨溶液、双氧水溶液等可通过化学添加箱经容积式化学添加泵注入至上充泵吸入口。

此外，容积控制箱上游管线上，还设有与冷却剂除气系统、反应堆硼和水补给系统的接口。

4.2.2.4.2 反应堆硼和水补给系统（REA）

REA 系统包括硼酸制备与分配、硼酸贮存与补给、除盐水补给三个子系统。硼酸制备与分配子系统为机组贮存硼酸溶液的系统或设备提供首次注入和补给需要的硼酸溶液；硼酸贮存与补给子系统贮存机组正常运行期间慢反应性变化控制及容积控制所需的硼酸溶液，并通过 RCV 系统向 RCP 系统补给；除盐水补给子系统从冷却剂贮存

和处理系统（TEP）取水，通过 RCV 系统向 RCP 系统补给慢反应性变化控制、容积控制所需的除盐除氧水。

4.2.2.4.3 反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）

PTR 系统的主要功能是为乏燃料水池提供冷却，维持乏燃料组件的安全。保证乏燃料水池和相关水池在合适水位，以给运行人员提供生物屏蔽。在乏燃料水池正式充水后，对乏燃料水池进行持续净化和撇沫。在机组换料停堆阶段的反应堆水池满水期间，对反应堆水池进行持续净化和撇沫。可根据需要为安全壳内置换料水箱（IRWST）、堆坑注水箱（IVR）提供净化。在机组正常运行期间，根据需要为反应堆水池和燃料厂房水池等提供充排水服务。

PTR 系统主要由三列冗余配置的冷却列、乏燃料水池净化回路和反应堆水池净化回路组成。

4.2.2.4.4 核取样系统（REN）

REN 系统对来自以下各处的液体和气体样品集中或就地取样，以进行化学和放射化学分析：反应堆冷却剂系统、蒸汽发生器二次侧、三废系统、核辅助系统、安全壳大气和安全壳内置换料水箱（IRWST）。REN 系统可分为三个取样子系统：一次侧取样子系统、二次侧取样子系统和事故后取样子系统。一次侧取样子系统对反应堆冷却剂、三废系统和辅助系统的液体和气体进行取样，通过测量或分析确定样品特性。二次侧取样子系统对来自蒸汽发生器二次侧和蒸汽发生器排污系统（APG）净化单元的液体样品进行取样，通过测量或分析确定样品特性。事故后取样子系统在事故后对安全壳内气体和液体进行取样。

4.2.2.4.5 蒸汽发生器排污系统（APG）

APG 系统主要有以下几个组成部分：

排污水收集：收集三台蒸汽发生器二次侧的排污水；

排污水冷却：根据核电厂的运行情况，排污水通过热交换器后被冷却到低于 60°C；

降压和流量控制站：经过冷却后的排污水，通过一个降压和流量控制站用于调节总排污水流量和排污水降压；

排污水处理：APG 系统可以净化处理冷却后的排污水，净化内容主要包括腐蚀产物及离子杂质的去除。净化单元由 2 台并联的过滤器（一用一备）和两列除盐系列组成；

排放：除盐处理后的排污水汇合到一根排污管后通过凝汽器返回到二回路。在蒸汽发生器二次侧水污染较严重的情况下，如凝汽器泄漏或蒸汽发生器传热管泄漏，可在机械过滤后由旁路管线将排污水排往常规岛废液排放系统（SEL）或核岛放射性废液排放系统（TER）。

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

常规岛主厂房包括汽轮发电机厂房（BMX）与毗屋。汽轮发电机厂房内主要安装有汽轮机、发电机、励磁机、汽水分离再热器、凝汽器、凝结水泵、低压加热器、除氧器、电动给水泵组、凝结水精处理设备、高压加热器、化学取样设备、暖通设备、电气开关柜、蓄电池组以及其它辅助设备；毗屋内设有凝结水精处理车间、润滑油传送间等。

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

蒸汽—电力转换系统由核岛蒸汽供应系统供汽，驱动额定输出功率为 1215MWe 级的汽轮发电机组。蒸汽电力转换系统包括常规岛主蒸汽及疏水系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、汽机回热抽汽系统、汽机旁路系统、主给水系统和其它辅助系统。

4.2.3.3 汽轮机发电机组

（1）汽轮机

本工程采用的核电半转速汽轮机为：单轴三缸四排汽凝汽式汽轮机，配有一级汽水分离和两级再热装置，额定转速为 1500r/min。

汽轮机由一个高中压缸和两个双流低压缸组成。经过高压缸做功膨胀后的蒸汽进入两个水平布置、圆柱形壳体的汽水分离再热器（MSR）。MSR 由汽水分离器和两级再热器组成，对称布置于高中压缸的两侧。

汽机高压进汽阀由四个阀组组成，分别布置于高压缸两侧。每个阀组包括 1 个高压主汽阀和 1 个高压调节阀。

蒸汽发生器产生的蒸汽经由四条蒸汽管线依次流进高压主汽阀及调节阀后通过高

压主汽管进入四个高压进汽口。蒸汽在高压缸膨胀后，由 2 台汽水分离再热器完成汽水分离、两次再热后流往中压缸，蒸汽在中压缸膨胀后直接进入两个低压缸，在那里被循环水系统冷凝。每个中压进汽阀包括一个主汽阀和一个调节阀。

汽轮机抽汽用于七级给水加热。四级低加，一级除氧器和二级高加，它们分别取自汽轮机的七个抽汽点：第一、二级从两个低压缸抽汽，第三级利用中压缸排汽，第四级从中压缸抽汽，第五级除氧器加热用蒸汽取自高压缸排汽，第六级和第七级高加加热用蒸汽为高压缸抽汽。第三级至第七级抽汽点的抽汽管上都装有隔离阀和动力辅助逆止阀，以防抽汽倒流，引起汽机超速。

汽机本体疏水为自流方式，通过疏水节流孔板或疏水阀排到疏水集管中，再从疏水集管排入凝汽器。

在汽机正常运行和停机阶段，汽机轴封供汽由主蒸汽提供。

主蒸汽系统通过主蒸汽供汽隔离阀和压力调节阀向轴封供气管路供汽。

（2）发电机

发电机的额定容量与汽轮机额定功率相匹配。设计在 24kV、3 相、50Hz 下运行，额定功率因数 0.9（滞后）。发电机定子线圈用水冷却，定子铁芯，转子线圈用氢冷却。发电机氢气冷却系统包括所有氢冷必需的调节器。配备了密封油系统，以防止氢通过发电机轴封泄漏。发电机氢气控制系统配置了向汽机发电机提供氢的补给设备，以补充发电机的任何氢泄漏。溢出的氢气由汽机厂房通过阻火器排向大气。用二氧化碳贮存装置提供的二氧化碳吹扫发电机，确保不会形成爆炸性混合气体。发电机氢气控制系统中吹扫发电机的二氧化碳供应设备配备有压力调节器。

励磁系统功能是调节发电机的机端电压和无功功率，在发电机出现故障时能够快速灭磁，保护发电机并防止事故扩大；同时维持电网的安全稳定，确保电力可靠输送。励磁系统的主要部件包括励磁变、电力整流装置、电压调节设备、灭磁设备、励磁装置保护继电器和监控装置等。

4.2.3.4 凝汽器

凝汽器为单背压、单流程的表面式热交换器。凝汽器的壳体布置在汽轮机厂房运转层的下方，每台凝汽器壳体喉部均安装有复合低压加热器。凝汽器装有用于热井水位控制和取样的管道。凝汽器冷却管采用钛管。每个壳体均设置 2 个凝结水出口，通

过支管汇集到凝结水母管，然后进入凝结水泵。

凝汽器不仅接收并冷凝满负荷运行时的汽轮机排汽，还需接收二回路热力循环系统中的各个设备及热力管道的排汽和疏水。这些流体通过凝汽器被循环水冷却，热量由循环水带入大海，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝结水汇聚到凝汽器热井后，流经凝结水母管后分三路进入凝结水泵。凝汽器的设计既可以消纳低压缸的排汽，旁路排放时，也可以接收 85%满负荷主蒸汽流量。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 核电厂用水来源

4.3.1.2 核电厂用水系统

4.3.2 核电厂散热系统

4.3.2.1 取水工程

4.3.2.2 排水工程

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 核电厂用水来源

核电厂主要用水有生活用水、汽车冲洗用水、工业生产用水、除盐水生产用水、浇洒道路、场地及绿地用水、施工用水等。

运行期生产用水由海水淡化供给；运行期生活用水及施工期生产和生活用水由市政水源供水。

运行期市政水年取水量约为 $4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，海水淡化系统淡水年总供水量约为 $95 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。百万千瓦用水指标约为 $0.02 \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{GW}$ 。

4.3.1.2 核电厂用水系统

核电厂用水包括热交换相关系统、冷却水循环相关系统、供水相关系统、海水淡化系统等。

(1) 与热交换相关的系统主要有：

核岛冷链相关系统包括设备冷却水系统（RRI）和重要厂用水系统（SEC），其功能是将核岛用户的热量移出到最终热阱。

a) 设备冷却水系统（RRI）

设备冷却水系统(RRI)是一个闭式回路的冷却水系统,通过重要厂用水系统(SEC)与最终热阱相连,导出核岛安全和非安全相关系统及设备的热量。RRI 系统由 3 个冷却系列组成,每个系列由相互独立的 SEC 系统为其提供冷却。正常运行工况, RRI 系统的 A 系列和 B 系列相互隔离和独立。特殊事故工况 (RRI 系统 A 系列或 B 系列丧失) 时,为 3 台 RCP 主泵、3 台二回路取样冷却器提供冷却的 RRI 管线可交叉供水。RRI 系统 A 系列或 C 系列丧失时,为 DEL C 列冷却器和 APG 系统非再生式热交换器提供冷却的 RRI 管线可交叉供水。RRI 系统作为核岛一回路和环境之间的一道屏障,能够防止放射性物质泄漏到环境,同时也可以防止未经处理的海水进入安全壳或反应堆系统中。

b) 重要厂用水系统（SEC）

重要厂用水系统（SEC）是一个开式系统，从大海吸取冷却水，冷却设备冷却水系统（RRI）的 RRI/SEC 换热器，再将冷却 RRI/SEC 换热器后的热水排至大海，执行

其将 RRI 系统收集的热负荷输送至最终热阱——大海的安全功能。SEC 系统由三列独立的安全系列组成。

（2）与供水相关的系统主要有：

饮用水系统（SEP）：SEP 饮用水系统的任务是供应生产生活用水并将其分配至核电厂的各个建筑物，供应的生活用水来自苍南水务南部供水有限公司铁场净水厂。

（3）与冷却水循环相关的系统主要有：

本期工程循环水系统采用海水直流冷却系统，采用明渠+陆域隧洞取水，东南向离岸 2.5km 隧洞远排的取排水方案。

海水直流供水系统的主要工艺流程如下：取水口→拦污网→进水明渠→机械化网兜→桩基式网兜→兜底网→取水 BCA 构筑物（包含粗格栅）→取水隧洞→泵房前池→闸门/加氯框→细格栅/清污机→鼓型滤网→循环冷却水泵→循环冷却水压力进水管→二次滤网→凝汽器→循环冷却水压力排水沟道→虹吸井→排水暗涵→扩散口，相关系统包括：

—循环水监测与预过滤系统（CFS）：位于取水明渠内，包括监测预警、驱离消杀、拦截清理等三个环节，口门处设置桩基式自清洁弧形拦污网，明渠内设置两道网兜和一道安全网，拟预留三道临时拦污网挂网条件和一道浮排，对机组所使用的全部海水进行预过滤，以降低海生物及垃圾进入取水泵房堵塞鼓型滤网的风险。循环水监测与预过滤系统不执行安全功能，其为循环水过滤系统（CFI）系统用水提供预过滤，以减少 CFI 系统鼓网堵塞风险。

—循环水过滤系统（CFI）：确保常规岛的循环水系统及重要厂用水系统（SEC）的过滤功能，并阻止海生物和污物经由海水夹带进入联合泵站和各冷却系统。循环水过滤系统（CFI）位于循环水泵房（BPX）。

—循环水处理系统（CTE）：向循环水过滤系统（CFI）、循环水系统（CRF）和重要厂用水系统（SEC）供应活性氯化物溶液，以尽量减少微生物、藻类和贝类的繁殖。

—循环水系统（CRF）：提供海水作为汽机凝汽器的冷却水，以排出运行期间乏汽的热量。该系统也向常规岛的闭路冷却水系统（SRI）的热交换器提供冷却水。

（4）海水淡化系统

海水淡化系统（SWD）的功能是将海水进行淡化处理后，向除盐水生产系统

（SDA）、工业水系统（SEI）供应符合质量要求的淡水。三澳核电厂1~6号机组共用海水淡化厂房，海水淡化厂房和土建1、2号机组已一次建成，本期扩建设备。本期工程扩建设备配合1、2号机组已有设备满足四台机组运行需求。

海水淡化系统的海水取水泵布置在1、2号机组BPX泵房，其余设备集中布置在海水淡化厂房（BHW）。海水淡化厂房紧邻除盐水生产车间/除盐水贮存罐（BYA/BYB），两者为联合建筑。预处理设施、污泥处理设施以及各类水箱、水池等布置在室外，细砂过滤器、反渗透装置、各类水泵等布置在厂房内。海淡系统通过布置于1、2号机组泵房的海水淡化系统取水泵取用海水，浓盐水通过1、2号机组的CC井排放。

海水淡化系统拟采用反渗透法海水淡化方案，具体流程为：

海淡取水泵→混凝沉淀池→V型砂滤池→清水池→清水泵→细砂过滤器→细砂过滤器产水箱→一级反渗透提升泵→一级反渗透装置→一级淡水箱→二级反渗透提升泵→二级反渗透装置→二级淡水箱、工业水箱。

3、4号机组凝汽器冷却水量为412344m³/h、辅助冷却水系统14400m³/h，重要厂用水量14400m³/h；另外，3、4号机组滤网冲洗用水量2016m³/h、制氯用水量为500m³/h，3、4号机组总海水用水量443660m³/h。

4.3.2 核电厂散热系统

本工程循环冷却水供水系统拟采用单元制海水直流供水系统，其功能主要是为常规岛和核岛提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、厂用水排水以及符合排放标准的低放废水混合后经虹吸井和排水隧洞排入海域。

4.3.2.1 取水工程

3、4号机组循环水取自南侧深槽，口门位于-12m等深线附近，朝向东南方向。3、4号机组取水泵房位于厂区内，设置泵房前池，通过陆域取水隧洞和取水头部构筑物接入取水明渠取水，取水构筑物包括取水导流堤、取水内护岸、直立翼墙、取水头部构筑物、取水隧洞以及泵房前池岸壁。

取水明渠由大件码头结构、新建取水导流堤、取水内护岸和直立翼墙共同组成。新建取水导流堤轴线基本与厂区内护岸平行布置，在西侧与大件码头衔接，东端向东南方向偏折，与一期取水导流堤共同形成取水口门。导流堤长 607.1m，顶高程 12.5m，

堤顶设置行车通道，供拦污网物资、检修车辆使用，堤头设置车辆掉头区域。

3、4 号机组通过泵房前池、陆域取水隧洞和取水头部构筑物实现从明渠内取水，2 台机组共用一座泵房前池，前池长 144.1m，宽 45m，底高程-13.5m，顶高程 17.5m。陆域取水隧洞采用一机一洞的形式，2 台机组设置 2 条隧洞，隧洞有效洞径为 6.2m，3、4 号机组取水隧洞分别长 177.5m 和 230.1m。

4.3.2.2 排水工程

3、4 号机组采用隧洞排水，循环水经虹吸井排入排水隧洞后，经由排水头部构筑物排向外海，排水点位于厂区东南侧天然泥面标高约-9.5m 水深处，排水工程采用一机一洞隧洞方案，即采用 2 台盾构单向掘进，到达终点后洞内拆解运出的方案。

3、4 号机组排水隧洞虹吸井位于 3、4 号机组取水泵房南侧，排水隧洞呈直线布置，3 号机组排水隧洞长 2793.06m，4 号机组排水隧洞长 2798.78m，排水隧洞有效内径 5.2m。隧洞末端采用多点排放，在排水隧洞尽端通过竖向立管将循环水排至远海，每条排水隧洞共设置顶升立管 8 座，立管内净空尺度为 1.79m×1.79m，立管间距 12m，排水头部建筑物采用钢质圆筒方案，筒身设置排水窗口，窗口底标高为排水口海床标高以上 1m，底标高取-8.0m，顶标高低于平均低水（潮）位不宜小于 0.5m，顶标高取-6.0m。为避免过往船舶航行至排水头部附近撞击排水头部使其破坏影响排水安全，于头部附近抛设浮标作为警示标。

隧洞过水断面为内径 $\Phi 5.2\text{m}$ 圆形，根据排水隧洞受力特点，本项目采用钢筋混凝土预制管片衬砌与现浇钢筋混凝土内衬结合的衬砌结构，其中预制钢筋混凝土管片厚 0.35m，现浇钢筋混凝土内衬 0.25m，隧洞外径 6.4m。

4.4 输电系统

表

表 4.4-1 导线对地最小距离

表 4.4-2 导线对交叉跨越物的垂直距离

4.4 输电系统

（1）接入系统方案

三澳核电厂3、4号机组规划建设2台百万千瓦级三代核电机组，配套的1000kV开关站按四台机规模一次规划、土建一次建成、设备分期安装的模式建设。1000kV开关站布置在厂址西侧，向西北方向出线，接入浙江省1000kV电网：

- 1000kV出线规划：本工程通过1000kV一级电压接入系统，3、4号机组出线2回，接入温州特高压变电站，新建线路长度约 $2 \times 178\text{km}$ ，采用2个单回路架设，导线截面 $8 \times 500\text{mm}^2$ 。最终接入系统方案，以电网公司的批复意见为准。
- 220kV 出线规划：本工程拟在一期工程的基础上，扩建第 2 回 220kV 线路，接入 220kV 横阳变电站，线路长度约 40km，导线截面 $2 \times 400\text{mm}^2$ 。

（2）输电线路设计要求

根据输电线路设计要求，1000kV 输电线路不应跨越居住建筑以及屋顶为燃烧材料危及线路安全的建筑物。此外，高压输电线路应尽量上山，少占用平地或耕地，尽量减少对当地建设和发展规划影响。1000kV 输电线路邻近居住建筑时，居住建筑所在位置距地 1.5m 高处最大未畸变场强不应超过 4kV/m。

按照《110kV~750kV架空输电线路设计规范》（GB 50545-2010）、《1000kV架空输电线路设计规范》（GB 50665-2011）的要求，1000kV线路和220kV输电线路对地面的最小距离和对交叉跨越物的垂直距离分别见表4.4-1和表4.4-2。

表 4.4-1 导线对地最小距离

		1000kV 单回路 导线最小距离 (m)	220kV 导线 最小距离 (m)	导线状态
对地最小距离	居民区	27.0	7.5	最大计算弧垂
	非居民区	22.0	6.5	最大计算弧垂
	交通困难地区	15.0	5.5	最大计算弧垂
最小净空距离	步行可以到达的山坡	13.0	5.5	最大计算风偏
	步行不能到达的 山坡、岩石、峭壁	11.0	4.0	最大计算风偏
与建筑物的最小垂直距离		15.5	6.0	最大计算弧垂
边导线与建筑物之间的水平距离		7.0	5.0	最大计算风偏
与树木间的垂直距离		14.0	4.5	最大计算风偏
与树木间的净空距离		10.0	4.0	最大计算风偏
与果树、经济作物、城市绿化灌木及 街道树间的最小垂直距离		16.0	3.5	最大计算弧垂

表 4.4-2 导线对交叉跨越物的垂直距离

交叉跨越物		1000kV 单回路 导线最小垂直 距离 (m)	220kV 导线最小 垂直距离 (m)
公路	至路面	27.0	8.0
铁路	至标准轨距铁路轨顶	27.0	8.5
	至窄轨铁路轨顶	27.0	7.5
	至电气轨铁路轨顶	27.0	12.5
	至承力索或接触线	10.0	4.0
通航河流	至五年一遇洪水位	14.0	7.0
	至最高航行水位的最高船桅顶	10.0	3.0
不通航河流	冬季至冰面	22.0	6.5
	至百年一遇洪水位	10.0	4.0
电力线	至被跨越物	10.0	4.0
至弱电线路	至被跨越物	18.0	4.0
至特殊管道任何部分		18.0	5.0
至索道任何部分		18.0	4.0

4.5 专设安全设施

4.5.1 安全注入系统（RIS）

4.5.1.1 系统功能

4.5.1.2 系统描述

4.5.1.3 设计基准

4.5.1.4 系统运行

4.5.2 应急硼化系统（RBS）

4.5.2.1 系统功能

4.5.2.2 系统描述

4.5.2.3 设计基准

4.5.2.4 系统运行

4.5.3 应急给水系统（ASG）

4.5.3.1 系统功能

4.5.3.2 系统描述

4.5.3.3 设计基准

4.5.3.4 系统运行

4.5.4 蒸汽大气排放系统（VDA）

4.5.4.1 系统功能

4.5.4.2 系统描述

4.5.4.3 设计基准

4.5.4.4 系统运行

4.5 专设安全设施

本工程专设安全设施包括安全注入系统（RIS）、应急硼化系统（RBS）、应急给水系统（ASG）、蒸汽大气排放系统（VDA）等。

4.5.1 安全注入系统（RIS）

4.5.1.1 系统功能

安全注入系统（RIS）执行运行功能和安全功能。

（1）运行功能

在机组正常运行和停堆期间，RIS 系统执行下列运行功能：

- 在 RHR 冷却正常停堆模式下，RIS 系统在 RHR 模式下运行，带走堆芯衰变热并降低冷却剂的温度；
- 化学和容积控制系统（RCV）容控箱不可用情况下，为 RCV 提供后备水源；当主泵完全停运时，作为反应堆硼和水补给系统（REA）补给的后备水源；
- 在装、卸燃料和维修操作时，RIS 系统在 RHR 模式下运行，保持 RCP 冷却剂的温度，维持一回路在冷停堆状态；
- 当 RCP 内的压力低于化学与容积控制系统（RCV）下泄管线运行要求时，通过 RIS 的管线完成低压下泄，并将冷却后的冷却剂输送至 RCV 系统进行净化；
- 正常运行工况下，当中性除盐水分配系统（SED）或反应堆硼和水补给系统（REA）对 IRWST 进行硼水补给（弥补水的蒸发或泄漏）或 IRWST 温度升高时，通过 LHSI 泵下游的切向和径向小流量管线搅混 IRWST，通过换热器冷却 IRWST，以均匀 IRWST 内的硼浓度和温度。

（2）安全功能

— 反应性控制

在 DBC-3、DBC-4 事故工况中（包括反应性引入的非破口类事故和破口类事故）可控状态前，RIS 系统将 IRWST 和安注箱（如需要）内的含硼水注入反应堆冷却剂系统，控制堆芯反应性。

— 余热排出

在失水事故（LOCA）下，RIS 系统将含硼水注入堆芯，防止堆芯裸露，限制燃料包壳温度的峰值。另外，通过冷、热段同时注入，防止硼在堆芯燃料上结晶导致的传

热恶化。

在余热排出（RHR）模式下，发生 RCP 系统误疏水或小破口失水事故（SB-LOCA）下，为确保 RCP 的水位，由中压安注（MHSI）泵补偿破口或泄漏丧失的 RCP 水装量。

事故工况下，可以使用 MHSI 泵和稳压器安全阀，实现充排操作，以带走堆芯衰变热。

在非 LOCA 的事故（如主蒸汽管道断裂（DBC-4））下，通过安注补偿由于过度冷却导致的冷却剂收缩。

事故后，RIS 系统通过在 RHR 模式下运行的方式，将堆芯衰变热排出。

— 放射性物质包容

在中破口失水事故（IB-LOCA）及以上的破口事故下，低压安注（LHSI）泵下游的换热器对注入堆芯的含硼水进行冷却，并通过冷、热段同时注入的方式，限制破口处产生的蒸汽，保证安全壳的完整性。

安全壳内置换料水箱（IRWST）作为安全壳内的热阱，吸收安全壳大气内的热量，限制安全壳压力和温度的升高，保护安全壳不超压。

MHSI 的注入压力低于主蒸汽系统（VVP）安全阀的设定压力，防止在蒸汽发生器传热管破裂（SGTR）事故下 VVP 安全阀被打开，导致放射性物质大量向大气释放。

在发生失水事故（LOCA）后，RIS 系统调节事故后安全壳内长期水源的 pH 值，从而有利于安全壳内放射性核素（碘）的滞留。

4.5.1.2 系统描述

RIS 系统由分别位于三个安全厂房的三个独立系列组成，每个系列包含 MHSI 子系统、LHSI 子系统和安注箱（ACC）子系统。3 列 RIS 系统共用一个 IRWST。

(1) 中压安注子系统

MHSI 泵从 IRWST 取水注入 RCP 冷管段，包含以下主要设备：

- MHSI 泵；
- 从 IRWST 取水的取水管线及其隔离阀；
- 注入管线及其隔离阀。

(2) 安注箱子系统

安注箱子系统位于安全壳内，是一个非能动系统。每个安注箱与该系列的安注管

线相连接，内承载含硼水并由氮气加压。当事故后 RCP 系统压力小于安注箱注入压力时，安注箱在氮气的作用下将含硼水注入一回路中。

电厂功率运行工况下，安注箱下游的电动隔离阀处于打开状态，安注箱可以对两个 RCPB 隔离阀之间的管段进行加压，防止管道内出现汽液两相，避免死管段现象的发生。

(3) 低压安注子系统

低压安注子系统包含：

- LHSI 泵；
- 余热排出换热器；
- 余热排出换热器旁路管线及管线上的流量调节阀；
- IRWST 取水管线；
- RCP 热段取水管线；
- 冷段注入管线；
- 热段注入管线。

执行低压安注功能时，LHSI 泵从每列独立的 IRWST 取水口抽取含硼水，经过泵下游的余热排出换热器后进入安全壳内注入 RCP 系统对应环路的冷段。通过打开与热段连接管线上的相关阀门，LHSI 泵可以执行冷、热段同时注入功能。

执行余热排出功能时，LHSI 泵从 RCP 的热段取水，将经过冷却的一回路冷却剂注入对应 RCP 环路的冷段。

当 RCP 内的压力低于 RCV 运行要求时，通过 RIS 的管线完成低压下泄，并将冷却后的冷却剂输送至 RCV 系统进行净化。

4.5.1.3 设计基准

(1) 反应性控制

LOCA 事故工况下，RIS 系统将含硼水注入堆芯，保持堆芯处于淹没状态，带走堆芯衰变热，并保证堆芯处于次临界状态。除了 LOCA 事故外，主蒸汽管道破裂事故（MSLB）和蒸汽发生器传热管破裂（SGTR），RIS 系统补偿一回路冷却剂的收缩或丧失。上述事故工况确定了 LHSI 泵和 MHSI 泵的流量和扬程、安注箱容积和设定压力

等参数。RIS 系统的设计必须符合安全分析提出的一回路不同背压下的注入流量要求。

（2）余热排出

在机组正常停堆冷却时，当一回路压力和温度达到接入条件时，RIS 系统以 RHR 模式与一回路连接，RIS 系统 RHR 模式的设计能力可以确保在停堆后约 24h 内，将一回路冷却剂温度降低到冷停堆温度（60℃）以下的设计要求。

事故工况下，当一回路压力和温度降低到 RHR 接入条件时，RIS 系统以 RHR 模式可以与一回路连接，此时假设单一故障和始发事件导致两列丧失，在仅有 1 列 RIS 系统以 RHR 模式接入的情况下，可以带走堆芯的余热，将一回路温度维持在 180℃ 以下。

（3）放射性物质包容

在中破口失水事故（IB-LOCA）及以上的破口事故下，低压安注（LHSI）泵下游的换热器对注入堆芯的含硼水进行冷却，并通过冷、热段同时注入的方式，限制破口处产生的蒸汽，保证安全壳的完整性。

安全壳内置换料水箱（IRWST）作为安全壳内的热阱，吸收安全壳大气内的热量，限制安全壳压力和温度的升高，保护安全壳不超压。

MHSI 的注入压力低于主蒸汽系统（VVP）安全阀的设定压力，防止在蒸汽发生器传热管破裂（SGTR）事故下 VVP 安全阀被打开，导致放射性物质大量向大气释放。

在发生失水事故（LOCA）后，RIS 系统调节事故后安全壳内长期水源的 pH 值，从而有利于安全壳内放射性核素（碘）的滞留。

4.5.1.4 系统运行

（1）机组正常运行

在机组功率运行期间，安全注入系统处于备用状态，所有的泵和管线处于安注连接模式。

正常停堆工况下，安全注入系统以 RHR 模式运行，执行余热排出的功能，在规定的时间内按一定的降温速率将一回路冷却到冷停堆工况。

在机组达到冷停堆后的换、装料期间，安全注入系统保持在 RHR 的运行模式，将堆芯衰变热带走，以满足换、装料的要求。

在机组正常启动过程中，安全注入系统以 RHR 模式运行，搅混反应堆冷却剂系统，

以均匀硼浓度并控制反应堆冷却剂系统的温升速率。

另外，在机组正常运行期间，安全注入系统通过 LHSI 泵的切向和径向的小流量管线可以对 IRWST 内的硼水进行冷却和搅混，以均匀硼浓度和控制 IRWST 的水温在正常的范围。

(2) 事故工况

在机组发生 DBC-2/3/4 或 DEC 事故后，为了应对各种 LOCA 事故或 RCP 由于过冷导致的水体积收缩等工况，安全注入系统的 LHSI、MHSI 和安注箱陆续投用，以淹没堆芯（保持 RCP 的水装量）和带走堆芯衰变热，将机组带入可控状态、安全状态或最终状态。

4.5.2 应急硼化系统（RBS）

4.5.2.1 系统功能

应急硼化系统（RBS）在事故工况下对一回路进行硼化，用于补偿由于堆芯冷却和氙毒减少引入的正反应性。在发生设计基准工况（DBC-2/3/4）或复杂事故序列（DEC-A）中，当机组达到可控状态后由操纵员手动投入 RBS 系统，使得一回路可以进一步降温、降压，直到堆芯到达安全状态。在发生由控制棒故障引起的未能紧急停堆的预期瞬态（ATWS）时，RBS 系统自动投入运行，保证堆芯处于次临界状态。

4.5.2.2 系统描述

RBS 系统由两个冗余的系列组成。每列 RBS 系统主要由应急硼酸箱、活塞泵、相关的阀门及连接管线组成。两列 RBS 注入管线进入安全壳后由母管相连，分别向下游 RCP 的三个环路注入。

其中 B 列的 RBS 泵用于一回路水压试验。一回路水压试验时，开启与化学和容积控制系统（RCV）连接管线上的手动阀，RBS 泵从 RCV 容控箱取水，通过 RCV 的轴封注入管线，经过 RCP 系统主泵轴封注入 RCP 系统。

RBS 泵需要进行定期试验，定期试验管线由泵的出口连接至相应的应急硼酸箱上。泵也可以通过此回流管线对应急硼酸箱进行定期搅混。在泵出口设置有安全阀，对 RBS 系统进行超压保护。

RBS 系统使用最低浓度为 7000mg/kg 的浓硼酸溶液，为防止硼结晶，要求系统介

质温度不低于 20°C，介质温度由暖通系统和管道伴热系统予以保障。

4.5.2.3 设计基准

在执行应急硼化功能时，从可控状态到安全停堆过程（RHR 接入）中，RBS 以最小流量注入时，能够补偿因慢化剂冷却和氙毒减少引入的正反应性。

设计基准工况下，从可控状态到安全停堆过程（RHR 接入）的降温过程中，在使用 RBS 系统注硼且 RCV 系统不考虑下泄的情况下，RBS 系统以最大流量注入时，不会导致稳压器满溢。

RBS 系统中一个应急硼酸箱提供的硼酸总量能够满足电厂从可控状态带入安全停堆的要求。

RBS 系统泵的排出压力需保证 ATWS 工况下能够将硼酸溶液注入堆芯。

泵的最大排出压力还需满足执行一回路水压试验要求。

4.5.2.4 系统运行

（1）机组正常运行

机组正常运行期间，RBS 系统处于备用状态或进行定期试验：

- RBS 泵可用且处于备用状态；
- 应急硼酸箱和 RCP 之间的所有手动阀处于开启状态，确保 RBS 泵能够从应急硼酸箱取水注入 RCP 系统中；
- 试验管线上的电动隔离阀关闭；
- 安全壳内注入管线电动隔离阀开启；
- 安全壳外电动隔离阀关闭。

（2）一回路水压试验

一回路水压试验时，B 列应急硼化泵从 RCV 容控箱取水，同时隔离与应急硼酸箱相连的吸入管道，通过 RCP 主泵轴封注入 RCP 中。

（3）事故瞬态

RBS 系统的安全硼化是由控制室中操作员手动操作完成，当发生 ATWS 事故时 RBS 系统自动启动。

在 DBC 事故工况下，如果操作员手动启动 RBS 系统：

- 开启或确认开启安全壳内电动隔离阀；
- 开启安全壳外电动隔离阀；
- 关闭或确认关闭试验管线上的隔离阀；
- 启动泵。

一旦启动注硼，RBS 系统将持续运行，直到注入的硼酸容量能够达到安全停堆的要求。当 RCP 硼浓度达到目标值，可由操作员手动停运 RBS 系统。

4.5.3 应急给水系统（ASG）

4.5.3.1 系统功能

应急给水系统（ASG）是个专设安全系统，执行的功能包括：

- 反应性控制

当发生主蒸汽管线破裂（MSLB）事故，通过隔离受损蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），防止过量给水注入蒸汽发生器导致堆芯过冷。

- 余热排出

ASG 系统必须确保在 DBC-2/3/4 工况下向完好的蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器导出反应堆冷却剂系统（RCP）的堆芯衰变热和显热，直至 RIS 系统以余热排出（RHR）模式运行。

在 DEC-A 事故时（例如全厂断电（SBO）或完全丧失冷链（TLOCC）），ASG 系统向蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器导出 RCP 系统的堆芯衰变热和显热，将机组带入最终状态。

- 放射性包容

在 SGTR 等一、二次侧连通事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），防止放射性物质不可控地向环境释放，实现放射性物质的包容。

在安全壳内给水管道破裂（FLB）或 MSLB 事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），降低通过破口向安全壳内喷放的高温、高压流体的流量，防止安全壳的压力和温度持续上升，避免第三道屏障完整性失效。

4.5.3.2 系统描述

ASG 系统由三个独立的应急给水系列组成，分别连接至三个环路的蒸汽发生器。

每个系列包含：

- 1 个应急给水箱；
- 1 台应急给水电泵（1×100%），由应急电源供电；
- 泵吸入口与排出口相关的管道、阀门等。

三台泵的吸入侧及出口侧均通过集管方式连接，集管可由操纵员现场手动打开。

应急给水管线独立于主给水系统，注入蒸汽发生器。

ASG 系统的应急给水泵启动后，从应急给水箱取水，经功率限制阀、蒸汽发生器液位调节阀、安全壳外隔离阀和安全壳内止回阀等一系列管道和阀门向蒸汽发生器供水。应急给水泵出口设置了一个小流量保护阀（三通止回阀），当泵出口的流量较低时，将泵出口流量送回至水箱，保证泵连续运行。

在全厂断电事故（SBO）工况下，A 列应急给水泵由 SBO 柴油机供电。操纵员手动启动 A 列 ASG 系统向蒸汽发生器供水。

当某个应急给水箱水装量不能满足要求（或失效）时，手动打开水箱连通集管上的手动隔离阀，从其他列的水箱取水注入该列蒸汽发生器；当某列应急给水泵不可用时，可打开泵出口集管上的隔离阀从其它列取水为该列蒸汽发生器供水。

在应急给水泵不可用的工况下（例如完全丧失交流电源），通过与 ASG 注入管线相连接的 ASP 系统，采用闭式非能动循环带热的方式导出堆芯衰变热。

4.5.3.3 设计基准

ASG 系统是专设安全系统，具有充分的冗余性，在 DBC 设计基准事故中，即使单一故障导致丧失 1 列 ASG 系统，系统仍能够执行其安全功能。

ASG 系统应具有足够的可靠性。在事故的长期阶段，ASG 系统具有持续提供稳定给水的功能，导出堆芯衰变热。在 SBO 工况下，ASG 系统也能够执行上述功能。

ASG 系统的应急给水箱具有足够的有效容积，在发生长期 LOOP 事故时，能够将电厂维持在热停堆 24 小时。

在失去主给水事故工况下，ASG 给水泵能够提供足够的流量，以导出堆芯余热。

在安全壳内发生 MSLB 的事故下，ASG 系统向受影响蒸汽发生器注入的最大流量不会导致安全壳超压。

在 SBO 或 TLOCC 的事故下，ASG 水箱的存水耗尽后，可通过二次侧非能动余热排除系统（ASP）水箱进行再补水并维持电厂最终状态至 72 小时。72 小时后，可以通过临时接管和移动泵从外部水源向 ASG 水箱补水，延长 ASG 系统的运行时间。

4.5.3.4 系统运行

a) 机组正常运行

在电厂功率运行期间，ASG 系统通常处于备用状态，或进行短期试验。

b) 机组扰动及事故工况

当主给水流量控制系统（ARE）和启动与停堆给水系统（AAD）不可用时，应急给水系统向蒸汽发生器提供给水，导出反应堆内的余热，产生的蒸汽通过汽轮机旁路系统（GCT）或者蒸汽大气排放系统（VDA）排出。

在一个应急给水系列的泵不可用，或者某一系列的水箱排空时，可以开启泵吸入侧或出口侧集管的阀门，确保应急给水系统泵和水箱得到最大的利用。

在发生全厂断电事故（SBO）时，可由 SBO 电源支持的应急给水泵系列对 SG 进行供水。在发生极端的完全丧失交流电源事故时（SBO 电源也不可用），由 ASP 系统带出 RCP 系统的热量。

在事故长期阶段，若 ASG 应急水箱的水量耗尽（持续运行 24 小时后），必要时可通过 ASP 冷凝水箱与 ASG 应急水箱之间的重力补水管线，向 ASG 应急水箱补水。极端情况下可通过 ASG 应急水箱上的临时补水接口，由厂内或厂外水源通过移动设备进行补水。

4.5.4 蒸汽大气排放系统（VDA）

4.5.4.1 系统功能

蒸汽大气排放系统（VDA）执行安全功能，不执行运行功能。VDA 系统安全功能如下：

（1）反应性控制

在蒸汽流量过度增加的事故工况中，VDA 的隔离作为一回路过冷保护的一部分，参与执行反应性控制。

（2）余热排出

发生 DBC-2/3/4 及 DEC-A 类事故时，VDA 能够通过向大气排放蒸汽来排出余热。

（3）放射性物质包容

在 DBC-2/3/4 和 DEC-A 事件中，通过 VDA 的开启来参与防止蒸汽发生器超压。

此外，在中压快速冷却结束后，通过提高 VDA 开启设定值，将放射性包容在受影响的蒸汽发生器之内，从而限制受影响 SG 向安全壳外的放射性释放。

最后，在严重事故工况下，VDA 必须参与安全壳的隔离。

4.5.4.2 系统描述

每台机组的 VDA 系统由 3 个相同的安全级排放序列组成（每个 SG 对应一列）。

每列包括：

- 1 个主蒸汽释放隔离阀（MSRIV）；
- 1 个主蒸汽释放控制阀（MSRCV），位于隔离阀下游；
- 1 个消声器，位于 MSRCV 下游的排放管道上；
- 连接管道。

VDA 的三列被严格分开，位于反应堆厂房之外实体隔离的 3 个相同的阀站内（与三列 VVP 的阀门隔间相同）。

4.5.4.3 设计基准

VDA 的每列（每列对应 1 台 SG）应能在 9MPa（abs）的定值压力下排放至少 50% 的名义蒸汽流量。执行超压保护功能的系统应能在流体为蒸汽、汽水混合物或水的工况下执行功能。

4.5.4.4 系统运行

（1）机组正常运行

- 功率运行工况、热备用、热停堆、蒸汽发生器导出一回路热量的工况：热量导出由 GCT 或 VVP 对空排气支管保证，MSRIV 处于关闭状态。当 GCT 或 VVP 对空排气支管不可用时，VDA 可向大气排放蒸汽，此时 MSRIV 处于开启状态，MSRCV 开度受控。

— RHR 模式连接的停堆状态：反应堆停堆，RIS 系统以 RHR 模式运行导出 RCP 的余热。

(2) 机组扰动及事故工况

— 在 GCT 不可用的 DBC-2/3/4 和 DEC-A 事件中，由 VDA 控制 SG 二次侧压力，直到可控状态或最终状态；

— 在 GCT 不可用的 DBC-3/4 及 DEC-A 事件中，当需要使 RCP 降压以满足安注条件时，通过 VDA 冷却 RCP 从而实现降压（中压快速冷却或低压全速冷却）；

— 在导致二次侧不可控热量导出的 DBC-3/4 事件中，VDA 被隔离以达到可控状态。

- 4.6 放射性废物管理系统和源项
 - 4.6.1 放射性源项
 - 4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项
 - 4.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（TEP）
 - 4.6.2.2 废液处理系统（TEU）
 - 4.6.2.3 核岛废液排放系统（TER）
 - 4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）
 - 4.6.2.5 核岛排气和疏水系统（RPE）
 - 4.6.2.6 常规岛废液排放系统（SEL）
 - 4.6.2.7 放射性废液的排放源项
 - 4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项
 - 4.6.3.1 废气处理系统（TEG）
 - 4.6.3.2 供暖、通风和空气调节系统
 - 4.6.3.3 凝汽器真空系统
 - 4.6.3.4 放射性废气的排放源项
 - 4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量
 - 4.6.4.1 系统功能
 - 4.6.4.2 系统描述
 - 4.6.4.3 放射性固体废物的最终处置
 - 4.6.4.4 放射性废物最小化
 - 4.6.5 乏燃料暂存
 - 4.6.5.1 系统功能
 - 4.6.5.2 系统描述

4.6 放射性废物管理系统和源项

放射性废物系统主要包括放射性废液系统、放射性废气系统和放射性固体废物系统。

本节描述三澳核电站3、4号机组的放射性废物系统和放射性源项，包括堆芯积存量、一回路和二回路的放射性活度，液体、气体和固体放射性废物处理系统，气载和液态放射性流出物的排放量及固体放射性废物的产生量。

4.6.1 放射性源项

核电站放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，正常运行工况下裂变产生的放射性裂变产物基本上都包容在燃料元件的包壳内，只有极少量的裂变产物通过包壳缺陷泄漏到一回路冷却剂中；同时裂变产生的中子使一回路冷却剂、硼酸和其它结构材料受到辐照而产生中子活化产物。这些裂变产物和活化产物形成反应堆冷却剂中的放射性源。它们通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成核辅助系统和二回路中的放射性。

（1）堆芯积存量

三澳核电站3、4号机组采用十八个月燃料循环方式，使用177组全M5 AFA3G燃料组件。堆芯积存量计算假定如下：所有组件均以39 MW/tU的比功率从0 MWd/tU辐照至52000 MWd/tU，组件富集度为4.45%，单组件铀元素质量为0.46 t。各放射性核素活度均取整个辐照史内的最大值。

（2）一回路冷却剂的放射性活度

反应堆运行时燃料元件中产生的气态和固态放射性产物，在元件中迁移并积存，当发生包壳破损情况后以一定的几率释放到冷却剂中，构成冷却剂中裂变产物源项，包括惰性气体、卤素等。

此外，一方面由于堆内构件因受到中子照射而具有放射性，在发生腐蚀后释放到冷却剂中；另一方面一回路管道和设备的材料由于氧化和腐蚀进入到冷却剂中，随冷却剂流经堆芯受到堆芯及其相邻区域的中子照射后具有放射性，主要有Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58和Co-60等核素。这些构成了冷却剂中的腐蚀产物源项。

1) 裂变产物

影响裂变产物的产生及其随后通过燃料包壳缺陷从燃料释放到反应堆冷却剂中的

现象是复杂的，通过计算程序可以清楚地理解这些过程。针对三澳核电厂3、4号机组，设计方使用CPFP程序计算稳态工况下一回路冷却剂系统的裂变产物稳态源项。瞬态工况下的裂变产物活度通过稳态工况的裂变产物活度与“峰值因子”计算获得。峰值因子采用与中国广核集团在运百万千瓦级压水堆机组18个月换料设计相同的峰值因子。

在CPFP程序中，裂变产物产生并随后进入反应堆冷却剂的模型分为五个过程：

- a) 燃料芯块中通过裂变、放射性衰变或中子俘获产生裂变产物；
- b) 裂变产物通过扩散、反冲和击出等方式进入燃料棒内间隙；
- c) 裂变产物通过包壳缺损释入反应堆冷却剂；
- d) “沾污铀”在中子照射下发生裂变及裂变产物的释放；
- e) 考虑反应堆运行参数后，裂变产物在反应堆冷却剂系统的分布。

根据燃料循环管理策略中平衡循环特性，使用CPFP程序模拟8个燃料循环，使用第3至第8循环寿期末的最大值作为裂变产物源项。

在进行源项计算时，采用如下三套假设：

–0.1 GBq/t I-131当量工况

对于预期工况裂变产物稳态值，在等效1根燃料棒包壳破损和34 μm破口尺寸的假设下，使用CPFP计算并归一化、再考虑1克包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为0.1 GBq/t。此工况下的源项称为“现实源项”。该活度谱主要用于排放源项预期值的计算和放射性废物最小化管理。

–5 GBq/t I-131当量工况

对于本工况裂变产物稳态值，在12根燃料棒包壳破损和34 μm破口尺寸的假设下，使用CPFP计算并归一化、再考虑3克包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为5 GBq/t I-131。该活度谱用于流出物排放源项设计值计算，满足环境影响评价和排放量申请的需要。

–37 GBq/t I-131当量工况

对于裂变产物，该工况对应于0.25%燃料元件发生破损的极限假设。对该工况分析时，在整个燃料循环中，反应堆冷却剂的放射性浓度取为37GBq/t I-131当量。该活度谱是其他情况的包络值，主要用于事故分析、废物管理系统屏蔽设计和作为运行技术规格书限值。

2)活化腐蚀产物

反应堆冷却剂中的活化腐蚀产物来源于堆芯及结构材料所含的某些元素被中子照射后的活化。冷却剂中的溶解物和悬浮物颗粒与基体金属、氧化物薄层以及沉积物之间不停地进行物质交换，这个过程是非常复杂的。

本项目以中国广核集团在运机组近年来的冷却剂活化腐蚀产物的运行监测数据为基础，经过对这些运行反馈数据的分析，设计出活化腐蚀产物源项。本项目定义了两套冷却剂活化腐蚀产物源项，即现实源项和设计源项。这两套源项均包括机组稳态功率运行、瞬态和停堆三种工况。在机组功率运行期间，冷却剂活化腐蚀产物源项采用“对运行数据取百分比包络性”的方式确定，具体法为：

- a) 现实源项的稳态值包络50%运行数据；
- b) 设计源项的稳态值包络95%的运行数据；
- c) 现实源项和设计源项的瞬态值均为包络100%的运行数据。

在机组停堆前通常会采用氧化操作使沉积在管道表面的腐蚀产物溶解，从而形成停堆期间活化腐蚀产物活度的快速增加（即停堆的氧化峰）。本项目停堆期间的活化腐蚀产物源项来自中国广核集团在运机组运行数据以及法国压水堆的运行数据。

根据国内外在运机组的大量运行经验，沉积在一回路主管道并且对辐射防护起主要贡献的是Co-58和Co-60，其他核素（包括Cr-51、Mn-54、Fe-59、Ag-110m、Sb-122和Sb-124）的贡献很小。根据中国广核集团在运电站的辐射防护运行监测数据，设计得到本项目一回路系统典型沉积源项。

（3）二回路系统的放射性活度

二回路系统的污染是由蒸汽发生器传热管束处一回路冷却剂向二回路系统的泄漏造成的。在计算二回路源项时保守地假设三台蒸汽发生器的泄漏率在整个燃料循环周期内预期工况为1.5kg/h，设计工况为3kg/h。带放射性的一回路冷却剂经由破损的蒸汽发生器传热管进入蒸汽发生器二次侧。蒸汽发生器中带放射性的蒸汽均匀混合，经汽轮机膨胀做功后进入冷凝器。在冷凝器中，蒸汽中所有惰性气体和小部分的碘（碘的份额与汽水分配因子有关）从冷凝器抽真空系统向大气排放。其他的放射性蒸汽全部被冷凝成液体后经过凝结水除盐器回到给水系统。二回路的泄漏主要发生在冷凝器后端的给水系统中。

对于预期工况，泄漏期间一回路冷却剂放射性浓度取0.1GBq/t I-131当量；对于设计工况，泄漏期间一回路冷却剂放射性浓度取5GBq/t I-131当量。

具体计算时，对于不同类别的核素作如下的考虑：

惰性气体：

对于惰性气体，假设蒸汽发生器一次侧泄漏到二次侧中的所有惰性气体立刻被蒸汽全部带走，且蒸汽内的惰性气体全部由冷凝器真空系统中排放。由此可以推导出单台蒸汽发生器水相和气相中惰性气体放射性浓度的计算公式为：

$$C_{CON_i}(0) = 0 \quad \text{式1}$$

$$C_{VVP_i}(t) = \frac{Q_{sgleak}(t) \cdot C_{RCP_i}}{Q_{VVP}} \quad \text{式2}$$

其他核素：

对于其他核素，假设放射性核素在三台蒸汽发生器液相和气相中均匀分布；蒸汽发生器内裂变产物和辐射产物的净化是衰变、排污、泄漏和抽真空的综合结果；不考虑放射性核素在二回路传输过程中的衰变；假定二回路中除惰性气体外的放射性核素的泄漏分为两部分：冷凝器真空系统排放和二回路给水系统泄漏。建立三台蒸汽发生器的水相中各放射性核素活度的平衡方程如下：

$$C_{CON_i}(0) = 0 \quad \text{式3}$$

$$M_{SG} \cdot \frac{dC_{CON_i}(t)}{dt} = Q_{sgleak}(t) \cdot C_{RCP_i} - (M_{SG} \cdot \lambda_i + \frac{Q_{APG}(DF_{APG} - 1)}{DF_{APG}} + FH \cdot FP \cdot Q_{VVP} + FH \cdot (1 - FP) \cdot Q_{gs}(t)) \cdot C_{CON_i}(t) \quad \text{式4}$$

式 1 至 4 中，各参数的含义为：

- C_{RCP_i} ：一回路冷却剂中核素的放射性浓度，GBq/t；
- $C_{CON_i}(t)$ ：蒸汽发生器水相中核素的放射性浓度，GBq/t；
- M_{SG} ：三台蒸汽发生器内二次侧水的质量，t；
- Q_{sgleak} ：蒸汽发生器处一回路至二回路的泄漏率，kg/h；
- λ_i ：核素的衰变常数，h⁻¹；
- Q_{APG} ：三台蒸汽发生器的排污率，t/h；
- Q_{gs} ：二回路给水泄漏率，t/h；

- Q_{VP} ：单台蒸汽发生器中蒸汽的质量流量，kg/s；
- FH ：蒸汽发生器中的蒸汽携带因子，无量纲；
- FP ：冷凝器中汽水分配因子，无量纲；
- DF_{APG} ：蒸汽发生器排污系统的去污因子，无量纲；
- t ：循环长度。

（4）氚源项

本项目18个月换料周期情况下，单台机组一回路 ^3H 的年产生量分别为预期值38.0TBq/（年*堆）、设计值48.8TBq/（年*堆）。

^3H 的半衰期较长，且无法被处理单元有效去除，故计算中保守假设在一回路冷却剂系统中产生的 ^3H 全部向环境排放，其中通过气载与液态途径排放的 ^3H 分别考虑为总量的10%和90%。

（5）C-14 源项

本项目18个月换料周期情况下，单台机组一回路 ^{14}C 的年产生量分别为预期值390GBq/（堆*年）、设计值433GBq/（堆*年）。

^{14}C 半衰期长且无法被处理单元有效去除，计算中保守假设一回路冷却剂系统中产生的 ^{14}C 全部向环境排放，且通过气载与液态途径排放的 ^{14}C 分别占总量的93%和7%。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统指具有控制、收集、处理、输送、贮存及排放放射性废液能力的系统，主要包括：

- 冷却剂贮存和处理系统（TEP）；
- 废液处理系统（TEU）；
- 核岛废液排放系统（TER）；
- 放射性废水回收系统（SRE）；
- 核岛排气和疏水系统（RPE）。

除此之外，其它已被污染或可能被污染的液体也由下列系统处理或收集：

- 化学和容积控制系统（RCV）；
- 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）；
- 蒸汽发生器排污系统（APG）；

- 常规岛废液排放系统（SEL）。

4.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（TEP）

4.6.2.1.1 系统功能

冷却剂贮存和处理系统（TEP）接收和贮存电厂正常运行期间产生的可复用反应堆冷却剂，通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和 7000mg/kg-7700mg/kg 的硼酸溶液返回一回路复用。通过除气工艺，降低反应堆冷却剂的放射性活度浓度水平。

根据不同的运行功能，TEP 系统分成冷却剂贮存和供给、净化、处理和除气 4 个子系统：

- 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）；
- 冷却剂净化子系统（TEP2）；
- 冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）；
- 冷却剂除气子系统（TEP4）。

冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）执行以下的运行功能：

- 接收和贮存核电厂正常运行中由于损耗、负荷变化、启动与停机瞬态从反应堆冷却剂系统（RCP）排出的一回路冷却剂；
- 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的一回路冷却剂（可复用的一回路疏水）；
- 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的一回路冷却剂（安全阀排放的可复用一回路冷却剂）；
- 贮存和供给除气后的除盐水到反应堆硼和水补给系统（REA），用于一回路冷却剂的补给和更换。

冷却剂净化子系统（TEP2）执行去除固体和离子杂质功能，以降低待处理一回路冷却剂的放射性活度浓度水平。

冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）执行以下功能：

- 将电厂正常运行期间暂存在 TEP1 子系统的一回路冷却剂分离成 7000mg/kg-7700mg/kg 的硼酸溶液和除盐水，供反应堆冷却剂系统复用；
- 对经过处理单元分离得到的蒸馏液在重新注入反应堆冷却剂系统或者从电厂排放（在氚浓度高的时候）前进行除气操作；

— 对补偿排放用的中性除盐水分系统（SED）除盐补给水进行除气操作。

冷却剂除气子系统（TEP4）执行以下功能：

- 在反应堆冷却剂系统（RCP）压力容器顶盖因换料或者维修打开之前，去除一回路冷却剂中的放射性气体和氢气；
- 当反应堆冷却剂系统（RCP）压力容器顶盖闭合之后，去除溶入 RCP 系统冷却剂中的氧气；
- 在机组功率运行时，如果反应堆冷却剂接近设计的放射性限值，或者基于冷却剂化学性质的要求，可以通过冷却剂除气子系统（TEP4）除气，减少惰性气体和其它气体的浓度。

4.6.2.1.2 设计基准

（1）安全设计基准

— 反应性控制

TEP 系统不执行此安全功能。

— 余热排出

TEP 系统不执行此安全功能。

— 放射性物质包容

TEP 系统不执行放射性包容的安全功能，但因系统介质含有放射性，故在系统设备、管道、阀门等设计时考虑了良好的密封包容性。

（2）总体设计要求

冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）和冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）是以满足机组正常运行瞬态为设计基准，同时考虑机组基本负荷运行和日常负荷跟踪运行。

在机组基本负荷运行期间，需要处理的冷却剂和除盐水的容积是整个换料循环内燃烧补偿所需的容积。

TEP系统的设计只考虑典型的日循环负荷跟踪工况，当机组运行于50%~100%额定功率之间的任一功率水平时，在前85%燃料循环长度中，能进行功率变化形式为12-3-6-3的日负荷跟踪。

在系统的设计中考虑到以下的运行瞬态：

- 短时间的热停堆大约 6 到 8 小时（在氙峰值下启堆）；
- 长时间的热停堆大概在 90 小时（在氙衰变后启堆）；

- 冷停堆（在氙衰变后启堆）；
- 换料停堆。

4.6.2.1.3 系统描述

（1）冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）

冷却剂贮存和供给子系统主要包括：

- 6 个冷却剂贮存箱；
- 1 个硼水管线；
- 1 个除盐水管线。

在机组正常运行的工况下，始终保持一个贮存箱可以贮存和供给一回路冷却剂（通过硼水管线），同时另一个贮存箱始终可以贮存和供给除盐水（通过除盐水管线）。

（2）冷却剂净化子系统（TEP2）

冷却剂净化子系统由以下部分组成：

- 2 台硼酸蒸馏塔补给泵（2×100%）；
- 1 台混床除盐器；
- 1 台滤筒式过滤器（树脂捕集器）。

混床除盐器和下游的树脂捕集器设置在冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）和冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）之间。

（3）冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）

TEP3/5/6 由 1 套蒸发单元、和 1 套冷凝液除气单元组成，用来将一回路冷却剂分离为硼酸溶液和除盐水。基于提高系统可用性的考虑，系统重要的能动设备设置冗余。

冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）由以下部分组成：

- 1 套蒸发单元：包括 1 台再生式硼酸冷却器，1 台硼酸蒸馏塔热交换器，1 台硼酸蒸馏塔电预热器，2 台硼酸蒸馏塔循环泵（2×100%），2 台硼酸浓度测量泵，1 台硼酸蒸馏塔含相应的硼酸浓度测量回路，3 台蒸汽压缩机（3×100%），1 台冷凝液收集罐，1 台冷凝液冷却器，1 台冷凝液冷凝器，1 台冷凝液罐，1 台冷凝液气体冷却器，1 台后续冷却器，1 台再生式热交换器，2 台硼酸输送泵（2×100%）和 2 台冷凝液输送泵（2×100%）；
- 1 套冷凝液除气单元：包括 1 台冷凝液除气塔电加热器，1 台冷凝液除气塔循环泵，1 台冷凝液除气塔，1 台冷凝液除气循环泵，1 台冷凝液除气冷凝器，1

台冷凝液除气气体冷却器，1 台冷凝液除气凝汽器，1 台冷凝液除气输送泵和 1 台补给水预热器。

（4）冷却剂除气子系统（TEP4）

冷却剂除气子系统主要有以下设备组成：

- 1 台除气塔；
- 1 台除气塔电加热器；
- 1 台除气循环泵；
- 1 台除气冷凝器和 1 台除气气体冷却器；
- 1 台除气输送泵；
- 1 台除气塔真空泵。

一回路冷却剂在 50℃左右达到沸点的低压由除气塔真空泵实现，同时除气塔真空泵也用来将析出的气体抽出除气塔。除气塔用废气处理系统（TEG）提供的氮气吹扫，产生的气体混合物再次返回 TEG 系统。

4.6.2.1.4 系统运行

（1）冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）

冷却剂贮存和供给子系统主要由 6 个容积相同的冷却剂贮存箱以及一条除盐水母管（除盐水管线）和一条冷却剂母管（硼水管线）组成。每一个冷却剂贮存箱都可通过电动阀与硼水管线和除盐水管线相连。在电厂正常运行时，一个冷却剂贮存箱与冷却剂母管永久连接，同时另一个贮存箱与除盐水母管永久连接。接收和输送冷却剂或除盐水可同时进行。

需要的话，可使用硼酸蒸馏塔补给泵通过连接硼水管线和除盐水管线的旁路管线在冷却剂贮存箱之间输送液体。

一回路冷却剂通过以下来源进入硼水管线：

- 通过化学和容积控制系统（RCV）容控箱上游的三通阀。一个设置在 RCV 系统容控箱三通阀下游的逆止阀防止倒流回 RCV 系统；
- 核岛排气和疏水系统（RPE）（可复用的一回路疏水）。

另外，下列流体也流入 TEP1 系统：

- 来自中性除盐水分配系统（SED）的除盐水，用途如下：
 - 补给除盐水

- 设备冲洗

来自废气处理系统（TEG）的氮气用于吹扫冷却剂贮存箱并保持负压。

一回路冷却剂通过硼水管线输送到冷却剂处理子系统以分离为硼酸溶液和除盐水。冷却剂贮存箱中的除盐水通过除盐水管线输送到反应堆硼和水补给系统（REA）。

（2）冷却剂净化子系统（TEP2）

TEP2 将冷却剂从 TEP1 输送到 TEP3，并对冷却剂进行除盐过滤操作。混床除盐器充满阴阳树脂，用来清除未被 RCV 系统阳床除盐器去除的铯和其他离子，同时也去除去往冷却剂处理系统的离子和胶体悬浮物。

一个筒式过滤器用来去除来自除盐床的树脂颗粒或通过除盐床的杂质。

除盐床和过滤器的设置，可以有效防止可溶和不溶杂质在冷却剂处理子系统中聚集，避免通过 REA 系统再次进入反应堆冷却剂系统。

硼水通过硼水管线由硼酸蒸馏塔补给泵从冷却剂贮存箱输送到冷却剂净化子系统，净化后，冷却剂被输送到 TEP3 的硼酸蒸馏塔中。废树脂通过冲排管道输送到固体废物处理系统（TES）。

（3）冷却剂处理子系统（TEP3/5/6）

TEP3、5、6 有 4 种工作模式：

- 不需要除气操作的蒸馏分离，处理后复用

冷却剂通过一个硼酸蒸馏塔补给泵输送，经过两级再生式热交换后（分别回收硼酸蒸馏塔生产的浓硼酸以及蒸馏液的热量），进入硼酸蒸馏塔。通过加热沸腾，蒸发上升的蒸汽通过 2 台蒸汽压缩机抽出并加压送入硼酸蒸馏塔热交换器壳侧，加热塔釜料液并冷却冷凝。冷凝液收集罐和冷凝液罐收集冷凝液并完成汽水分离，通过冷凝液输送泵把冷却到 50°C 的冷凝液输送到 TEP1 冷却剂贮存箱贮存。塔釜的硼酸溶液被浓缩到 7000mg/kg-7700 mg/kg，并通过硼酸输送泵送到 REA 系统硼酸贮存箱。

- 需要除气操作的蒸馏分离，处理后复用

在这种工作模式下，其他操作同第 1 种工作模式操作，但冷凝液在进入再生式预热器前，通过旁路进入 TEP6，除气后通过再生式预热器及后续冷却器冷却到 50°C 输送到 TEP1 冷却剂贮存箱复用。

- 需要除气操作的蒸馏分离，处理后排放冷凝液

当冷凝液水质不满足复用要求时，如一回路氘含量超标需要排氘，处理后的冷凝

液通过与上第 2 条相同的操作后，不输送到 TEP1 而是经 TEU 系统管道直接输送到 TER 系统排放。

一 补给水除气

当冷凝液被部分排放后，需要补充除盐水。补给水由 SED 系统提供，通过补给水预热器加热进入 TEP6，除气后冷却到 50°C 输送到 TEP1 冷却剂贮存箱贮存备用。

硼酸溶液用 2 台硼酸输送泵中的 1 台通过再生式硼酸冷却器输送到 REA 系统。利用硼酸蒸馏塔进料冷却硼酸。硼酸输送泵下游的控制阀根据硼酸浓度测量回路的信号进行开度控制以保证输送到 REA 系统的硼酸溶液浓度 7000mg/kg-7700mg/kg。

从冷凝液泵输出的一部分蒸馏液注入蒸汽压缩机进口管入口处，以保证压缩机排出的蒸汽达到饱和状态。同时一部分蒸馏液被输送到硼酸蒸馏塔的顶部用来净化蒸汽，其余的蒸馏液输送至下游冷却器进一步冷却到 50°C，之后送往 TEP1 冷却剂贮存箱贮存。

启动蒸发单元时，在蒸汽还没达到硼酸蒸馏塔顶部之前，用硼酸蒸馏塔循环泵下游的电加热器加热料液。在蒸汽压缩机启动后蒸发单元可以稳定运行时，电加热器可以以小功率运行或者完全关闭。

由冷凝器收集的不凝气体在输送到 TEG 系统之前用气体冷却器冷却。分离出的不凝气主要由氢气组成，用氮气吹扫冷凝液罐，防止任何爆炸风险。

当处理单元停运的时候，用氮气吹扫硼酸蒸馏塔以清除蒸汽冷凝后可能残留的氢气。

SED 除盐水可以用作补给水，在被输送到冷却剂贮存箱前，SED 除盐水经过加热后送冷凝液除气塔除气。

SED 除盐水也可以直接通过补给水预热器预热后送到 REA 系统硼水混合单元，用以配置新的硼酸溶液。

（4）冷却剂除气子系统 TEP4

一 在电厂正常运行和停堆前降低放射性气体或氢气含量

冷却剂通过下泄管线从 RCV 输送到冷却剂除气子系统 TEP4。除气后的冷却剂送回 RCV 系统。一回路冷却剂中脱除的气体送到 TEG 或核辅助厂房通风系统（DWN）。

约 50°C 的一回路冷却剂从 RCV 系统输送到除气塔顶，逆流经过上升的蒸汽后脱除溶解在其中的不凝气体。为了使料液沸腾，除气塔运行压力保持在 -0.0875MPa.g。在

这一条件下，大部分冷却剂里溶解的气体会析出。

除气后的冷却剂由除气输送泵送回 RCV 系统。泵下游有一条最小流量管线回到除气塔。

除气塔循环泵将除气塔塔釜的反应堆冷却剂送到除气塔电加热器，以获得蒸发所需要的热量，再回到除气塔。

除气塔内上升的蒸汽基本全都被冷凝器冷凝，回流到除气塔的顶部。冷凝液被保持在沸点温度以防止析出的气体再次溶解。冷凝器下游的气体冷却器冷却和干燥析出的气体。

冷却剂在 50℃ 沸腾所需的真空度由除气塔真空泵保证，真空泵同时抽出除气塔内析出的气体。析出的气体与 TEG 系统注入的氮气混合，混合气体再送回 TEG 系统。

管道内的氢气浓度总被保持在爆炸极限以下。

除气塔真空泵的密封液（除盐水）在密封液罐内与气体分离。密封液通过密封液冷却器和密封液过滤器循环回除气塔真空泵。

— 换料后反应堆冷却剂除气

除吹扫气源和气体排放下游，其他除气运行与上述一致。

在排放气体放射性足够低或者当 TEG 系统氧含量需要降低时，气体可送到 DWN 系统。

如果 TEG 不可用或氧含量超过一定限值，则通过氮气分配系统注入氮气。

4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

4.6.2.2.1 系统功能

废液处理系统（TEU）设计为 2 台机组共用，用于接收、贮存、监测和处理核电厂产生的放射性废液，这些废液的来源包括：

- 核岛排气和疏水系统收集的各类放射性废液；
- 核岛废液排放系统和常规岛废液排放系统需要重新处理的废液；
- 放射性废水回收系统收集的各类放射性废液；
- 热洗衣房系统产生的洗涤废液。

这些废液分成工艺废液、地面废液、化学废液、洗涤废液四种类型，经不同工艺处理并监测放射性浓度合格之后，送往核岛废液排放系统排放。

4.6.2.2.2 设计基准

TEU 系统为 2 台机组共用，经本系统处理后的排放废液放射性浓度低于排放管理限值，并经核岛废液排放系统有控制地向环境排放。

TEU 系统处理四类放射性废液：工艺废液、化学废液、地面废液和洗涤废液。上述废液主要由核岛排气和疏水系统、放射性废水回收系统收集。根据废液的放射性浓度和化学杂质含量分类收集，分别处理。具体处理方法如下：

- 工艺废液为化学杂质含量低的放射性废液，主要由除盐工艺处理；
- 化学废液为化学杂质含量及放射性浓度均较高的放射性废液，主要由蒸发工艺处理；
- 地面废液和洗涤废液的放射性浓度较低，含悬浮固体和纤维物质等，可采用过滤工艺进行处理，若放射性浓度超过排放限值，可由蒸发工艺进行处理。

4.6.2.2.3 系统描述

(1) 工艺废液处理

工艺废液接收在工艺废液贮存槽内，经混合均匀、取样分析后，再经过除盐处理单元进行处理。除盐处理单元配置有 3 台混床除盐器，为串联布置，除盐处理单元的任一除盐器均可根据需要被旁路。如有需要，工艺废液可在除盐处理单元进行循环处理。处理后的废液送至监测槽内监测，监测合格后送核岛废液排放系统排放。单台除盐器的去污因子为 10~100，处理能力为 10m³/h。

(2) 化学废液处理

化学废液由化学废液贮存槽收集，经混合均匀、取样分析后，送往蒸发单元进行处理。废液在蒸发塔内蒸发产生蒸汽，并被部分回流的冷凝液洗涤，进一步净化，然后由顶部出塔。塔底浓缩液中的硼浓度达到 40000mg/kg 时进行装桶固化。

蒸发工艺的去污因子为 1000，处理能力为 4m³/h。当蒸发单元处理得到的冷凝液不能达到排放浓度限值时，冷凝液可送往除盐处理单元进一步处理。

化学废液的放射性浓度低于排放管理限值时，可以经过滤处理后送 TER 系统待排放。

(3) 地面废液及洗涤废液处理

地面废液及洗涤废液经取样分析放射性浓度合格的废液可经过过滤器去除废液中悬浮颗粒后直接送往 TER 系统，处理能力均为 20m³/h。

若取样分析放射性浓度不合格，则送往蒸发单元进行处理。

4.6.2.2.4 系统运行

TEU 系统总的运行原则如下：

- 每类废液的贮存槽（包括工艺废液贮存槽、化学废液贮存槽、地面废液贮存槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。贮存槽被装满后，要对槽内废液进行搅拌和取样，并按照需要进行加药；
- 根据废液特性，可分别选择过滤、除盐、蒸发等工艺进行处理。具体处理工艺由操作人员手动选择；
- 废液处理单元中，除盐单元与过滤单元按照操作人员配置的阀门投入使用，在正常运行期间，无需进行额外控制；
- 蒸发单元中设备均设有自动与手动控制两种控制模式，两种模式可由操纵员在控制盘上切换。当在自动控制模式下，操作人员可在控制室通过选取不同的顺控指令，实现蒸发单元状态的切换。

监测槽内废液必须经过监测，放射性浓度不超过排放管理限值时，才能送核岛废液排放系统有控制地向环境排放。

4.6.2.3 核岛废液排放系统（TER）

4.6.2.3.1 系统功能

核岛废液排放系统（TER）具有以下功能：

- 收集来自核岛不需要处理或经处理后满足排放要求的废液，进行暂存、混匀、取样分析合格后，有控制地向环境排放；
- 排放废液时，监测并记录废液的放射性水平、流量和累计水量；
- 将放射性浓度超过排放限值的废液输送至 TEU 系统处理。

4.6.2.3.2 设计基准

本系统为 2 台机组共用，废液来源主要包括：

- 经 TEU 系统处理后符合排放标准的低放废液；
- 根据电厂排氙要求，收集经 TEP 系统处理后达标的含氙废液；
- 当 SEL 系统不可用或排往 SEL 系统的废液放射性水平较高时，接收该部分废液；

— 其它废液：如 TER 系统泵房、废液贮存罐滞留地坑内的废液等。

4.6.2.3.3 系统描述

该系统配置三个容积相同的废液贮存罐，每个废液贮存罐配备一台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三台废液排放泵共用一根排放总管，排放总管上设有电厂辐射监测系统（KRT）在线监测仪表，监测排放废液的放射性水平。

4.6.2.3.4 系统运行

正常运行工况下，三个废液贮存罐中的一个处于接收状态，当接收废液至高液位时，关闭进水隔离阀之前，切换至另一个贮存罐接收废液，一个备用。达到高液位的贮存罐内的废液，经混匀后进行取样分析，取样分析合格后向环境排放。排放时，可通过调节阀调节废液的排放流量，排放管上设有 KRT 系统在线监测仪表，对排放废液的放射性水平进行监测。

经取样分析，贮存罐中废液的放射性水平超过排放限值时，将废液返回到 TEU 系统重新处理。

4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）

4.6.2.4.1 系统功能

SRE 系统分类收集下列场所产生的放射性废液，将废液送往废液处理系统（TEU）进行处理。

- 放射性废物处理厂房（BWX）的各类疏排水；
- 厂区实验室（BBL）产生的放射性废液。

4.6.2.4.2 设计基准

- SRE 系统收集的废液送往 TEU 系统处理。

4.6.2.4.3 系统描述

- BWX 厂房的各类疏排水

BWX 厂房内产生的各类疏排水及地面冲洗水根据其废液性质收集到不同的废液地坑中，然后由地坑泵送至 TEU 系统进行处理。

- BBL 厂房产生的放射性废液

BBL 厂房内产生的放射性废液收集后，经 SRE 管线输送至 TEU 系统进行处理。

4.6.2.4.4 系统运行

BWX 厂房的 SRE 系统废液地坑设置有液位测量装置，地坑液位与地坑泵的启动和停止联锁。对于单泵地坑，当地坑液位达到高 1 时，自动启动地坑泵，通过输送管线将废液输送至 TEU 系统。当地坑液位达到低 1 时，自动停运地坑泵。当地坑液位达到高 2 或低 2 时，将产生报警信号。对于双泵地坑，当地坑液位达到高 1 时，自动启动一台预设泵，通过输送管线将废液输送至 TEU 系统，当液位继续升高至高 2 时，自动启动另外一台地坑泵。当地坑液位达到低 1 时，自动停运地坑泵。当地坑液位达到高 2、高 3 或低 2 时，将产生报警信号。

4.6.2.5 核岛排气和疏水系统（RPE）

4.6.2.5.1 系统功能

核岛排气和疏水系统（RPE）收集核岛内产生的放射性废液和废气，它们来自：

- 机组正常运行；
- 换料停堆、维修停堆各阶段及随后的启动；
- 设备维修及维修前设备排水；
- 正常泄漏和事故泄漏；
- 各种瞬态。

根据废物的特性以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网收集和输送到下游系统进行处理或监测排放。

4.6.2.5.2 系统组成

RPE 系统收集来自核岛厂房的放射性废物，根据废物的种类、来源，以及处理方式进行分类收集与转运。

系统接收废物分类如下：

（1）可复用废液

a) 反应堆厂房产生的反应堆冷却剂废液

这些排放物是含氢的反应堆冷却剂，主要来自：

- 一回路系统的泄漏；
- 堆腔内部泄漏；
- 一回路系统的管道和设备的排水；

- 稳压器除气管线的排气；
- RPE 真空泵气液分离罐的排水；
- 稳压器卸压箱排水。

除稳压器卸压箱的排水被直接转送去 TEP 系统外，其他反应堆冷却剂废液均收集于反应堆冷却剂疏水箱（由 TEG 系统吹扫）或一回路废液收集箱。反应堆冷却剂疏水箱内的废液经热交换器冷却合格后排向 TEP 系统，废气排向 TEG 系统。一回路废液收集箱通常在停堆期间使用，收集来自一回路系统的排气和疏水，一回路废液收集箱排气连接到安全壳换气通风系统（EBA）。

b) 核辅助厂房产生的反应堆冷却剂废液

下述废液收集于核辅助厂房内反应堆冷却剂收集箱中，经泵输送到 TEP 系统处理：

- 输送反应堆冷却剂的设备和管道的排水；
- 输送反应堆冷却剂的设备和管道安全阀的排放。

c) 安全厂房和燃料厂房产生的反应堆冷却剂废液

这些废液主要来自维修期间安全注入系统（RIS）、安全壳热量导出系统（EHR）和反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）产生的反应堆冷却剂废液，经泵输送至 TEP 系统处理。

(2) 不可复用废液

a) 工艺废液

工艺废液为稀释的冷却剂废液，主要在输送一回路冷却剂的设备和管道冲洗时产生，被收集于各个厂房工艺废液收集箱。

工艺废液收集箱通过管道和厂房通风系统相连，配置有转运废液的疏水泵。安全厂房和燃料厂房收集的工艺废液可以通过泵输送到位于核辅助厂房内的工艺废液暂存箱，再转送至废液处理系统（TEU）进行处理。

b) 化学废液

化学废液主要来自核辅助厂房热实验室分析间产生的废液以及化学组分含量比较高的设备疏排水。这些废液被收集于核辅助厂房的化学废液收集箱，经泵转送至 TEU 系统进行处理。

c) 地面废液 1

这些废液主要是反应堆厂房、核辅助厂房、燃料厂房、安全厂房产生的废液，主

要来自于控制区输送一回路冷却剂的设备房间的地面冲洗水、设备泄漏水、空调冷凝水。废液依靠重力通过收集管网、地漏和漏斗流入各厂房相应的地面废液 1 地坑。地坑中配置潜水泵将废液转运位于核辅助厂房内的地面废液 1 中转地坑。地面废液 1 中转地坑内的废液由泵输送至核辅助厂房内的地面废液暂存箱，然后再被转送到 TEU 系统处理。

d) 地面废液 2

这些废液主要是反应堆厂房、进出厂房、燃料厂房和核辅助厂房产生的废液，主要来自于控制区含有二次侧或辅助系统流体的设备房间的地面冲洗水、设备维修排水或泄漏水、空调冷凝水。废液依靠重力通过收集管网、地漏和漏斗流入各厂房相应的地面废液 2 地坑。地坑中配置潜水泵将废液转运位于核辅助厂房内的地面废液 2 中转地坑，地面废液 2 中转地坑内的废液由泵输送至核辅助厂房内的地面废液暂存箱，然后再被转送到 TEU 系统处理。

e) 地面废液 3

这些废液一般没有被放射性污染，主要来自于非控制区设备维修、泄漏和地面冲洗废液以及控制区的核辅助厂房通风系统（DWN）新风冷却盘管冷凝水。废液依靠重力通过收集管网、地漏或漏斗流入各厂房相应的收集地坑，被地坑泵转运至核辅助厂房的地面废液 3 中转地坑。地面废液 3 中转地坑废液正常情况下排向常规岛废液收集系统（SEK），经 SEK 管道送往常规岛废液排放系统（SEL）受控排放；放射性监测超标则排去 TEU 系统处理。地面废液 3 中转地坑泵排放管道上设置有电厂辐射监测系统（KRT）监测仪表，监测到放射性超标时自动关闭排向 SEK 系统管道的电动阀。地面废液 3 中转地坑泵出口管道上还设置有核取样系统（REN）的取样管线，可按需取样分析，对 KRT 仪表进行可靠性验证。

（3）废气

除了反应堆厂房一回路废液收集箱废气排至 EBA 系统外，收集反应堆冷却剂的收集箱收集的放射性废气均排至 TEG 系统，主要有：

- 压力容器的排气；
- 稳压器排气；
- RPE 系统反应堆冷却剂收集箱排气。

压力容器开盖前一回路吹扫及一回路充水前的抽真空过程均会产生废气，产生的

这些废气由真空泵抽取，排向 TEG 或 EBA 系统。

4.6.2.5.3 系统运行

电厂正常运行期间 RPE 系统投入运行。

（1）正常运行

a) 可复用废液

— 反应堆厂房内的反应堆冷却剂废液

这些废液收集于反应堆冷却剂疏水箱内，废液通过泵出口管线上的热交换器进行冷却。

通过热交换器下游电动阀门和管网切换，可实现下述功能：

- 冷却反应堆冷却剂疏水箱内的废液；
- 冷却稳压器卸压箱内的液体；
- 将反应堆冷却剂疏水箱或稳压器卸压箱内的废液排向 TEP 系统。

温度和水位的控制可通过启停泵、打开或关闭在冷却回路上的电动阀以及排向 TEP 系统管线上的电动阀来完成。为了保护 TEP 树脂，排至 TEP 系统的废液温度需满足 TEP 的工艺要求。

— 反应堆厂房外的反应堆冷却剂废液

这些废液通常为检修时的排放，温度较低，可以直接排向 TEP 系统。

— 反应堆冷却剂泄漏监测

RPE 系统参与执行对反应堆冷却剂泄漏的监测功能。

反应堆厂房 RPE 系统特定管道上安装有泄漏监测系统（KIL）的监测仪表，用于一回路泄漏监测；反应堆厂房 RPE 系统地面废液 1 地坑和地面废液 2 收集箱的液位仪表信号也被 KIL 系统采集用于一回路泄漏监测；RPE 系统核辅助厂房的泄漏监测箱可对核辅助厂房反应堆冷却剂管道上的安全阀的泄漏或排放进行监测。

b) 不可复用废液

不可复用废液为各厂房收集的工艺废液、化学废液、地面废液 1、地面废液 2 和地面废液 3，正常运行期间，这些废液根据其来源和相应的处理措施，分类收集于各个厂房的收集箱和地坑内，然后再用泵转送至 TEU 系统处理或 SEK 系统。

c) 废气

稳压器除气管线将稳压器排气排入反应堆厂房反应堆冷却剂疏水箱内进行冷却和

排放。

除一回路废液收集箱外，RPE 系统的反应堆冷却剂废液收集箱通过连接的 TEG 系统管线进行吹扫。

收集在工艺废液收集箱内的废气通过各厂房的通风系统排放。

（2）瞬态运行

a) 稳压器卸压箱的冷却

RPE 系统也使用反应堆厂房内的反应堆冷却剂疏水箱冷却回路用于冷却稳压器卸压箱内液体，因此稳压器卸压箱冷却与反应堆冷却剂疏水箱冷却不能同时进行。稳压器卸压箱内液体温度冷却到满足要求后方可排向 TEP 系统。

b) 一回路充水时抽真空

在冷停堆重新装料后，一回路充水前，连接到稳压器的真空泵（同时有临时管线连接至压力容器）将一回路置于负压，进而加速一回路的充水和排气，在这个瞬态运行期间废气排至 EBA 系统。

c) 一回路中平面水位时的氮气吹扫

在停堆阶段打开压力容器大盖前（一回路液位处于中平面水位），需对一回路进行氮气吹扫，氮气吹扫产生的废气排至 TEG 系统。

氮气吹扫后，一回路系统用压缩空气吹扫，压缩空气吹扫产生的废气排至 EBA 系统。

（3）其他运行模式

LOCA 事故后，高放废液收集于安全厂房和核辅助厂房 RPE 系统的地面废液中转地坑或工艺废液中转箱内，如果地坑或箱体设置的 KRT 监测仪表触发高放射性报警，则自动关闭 RPE 排向下游系统的泵、电动阀门。在安全壳内环境条件达到规定值时，地坑或箱内的废液可由操作员手动操作，通过再注入管线再注入到反应堆厂房。

4.6.2.6 常规岛废液排放系统（SEL）

4.6.2.6.1 系统功能

常规岛废液排放系统（SEL）具有以下功能：

— 收集来自常规岛废液收集系统（SEK）和蒸汽发生器排污系统（APG）的潜在放射性废液，进行暂存、混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放；

- 排放废液时，监测并记录废液的放射性水平、流量和累计水量；
- 将放射性浓度超过排放限值的废液输送至 TEU 系统处理。

4.6.2.6.2 设计基准

本系统为 2 台机组共用，废液来源主要包括：

- SEK 系统的潜在放射性废液；
- APG 系统的潜在放射性排污液；
- 其它废液：如 SEL 系统泵房、贮存罐滞留地坑内的废液等。

4.6.2.6.3 系统描述

该系统配置 3 个容积相同的废液贮存罐，每台废液贮存罐配备 1 台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。3 台废液排放泵共用一根排放总管，排放总管上设有 KRT 系统的在线监测设备，监测排放废液的放射性水平。

4.6.2.6.4 系统运行

正常运行时，SEL 废液贮存罐接收来自上游排放的废液。三台废液贮存罐中一台处于接收状态，当接收废液至高液位时，通过进水隔离阀切换至另一台贮存罐接收废液，第三台备用。达到高液位的废液贮存罐内的废液，经混匀后进行取样分析，取样分析合格后向环境排放。排放时，可通过调节阀调节废液的排放流量，排放管上设有 KRT 系统在线监测仪表，对排放废液的放射性水平进行监测。

经取样分析，贮存罐废液放射性浓度超过排放限值，将送回 TEU 系统重新进行处理。

4.6.2.7 放射性废液的排放源项

液态放射性流出物源项计算主要考虑 TEP 系统含³H 废液释放、TEU 系统释放和二回路系统释放。

本工程运行状态下的放射性液态流出物排放采用槽式排放的方式，即所有的放射性废液均通过 TER 或 SEL 系统取样分析达标后排放，流出物源项计算中考虑了其滞留衰变影响。

（1）TEP 系统含³H 废液释放

为了控制一回路冷却剂系统中反应堆冷却剂的³H 浓度，使之不超过化学技术规范

中的期望值，蒸馏液必要时不复用并通过TER系统排往环境，放射性核素将随蒸馏液的排放而向环境释放。计算中还考虑一回路冷却剂在TEP系统中的暂存及处理时间。

（2）TEU系统释放

核电厂产生的废液类型种类繁多，根据废液的物理化学特性和放射性水平，废液处理系统（TEU）处理的废液可分为以下三类：

— 工艺废液：主要来自各系统的废树脂冲洗水、不再复用的主冷却剂泄漏和排水等，一般而言，这些废水中化学杂质较少；

— 地面废液和洗涤废液：地面废液主要来自不回收的设备泄漏水、核岛厂房地面冲洗水、设备冷却水系统的排水等，这些废水一般是带有各种杂质的低放废水；洗涤废液主要来自热洗衣房系统产生的废液，这些废液放射性水平较低，可直接经过滤处理后排放，计算中忽略；

— 化学废液：主要来自放射性机修和去污车间、放射性试验室、取样系统的取样间等的废液，一般而言，这些废水中化学杂质含量较高。

TEU系统对各类废液进行处理，保证处理完的废液放射性浓度满足排放要求。计算中还考虑了一回路冷却剂在TEU系统中的暂存及处理时间。

（3）二回路系统释放

由于蒸汽发生器传热管处一回路冷却剂向二回路系统的泄漏，二回路系统中流体也具有放射性。经二回路系统释放到环境中的放射性废液主要包括不回收的蒸汽发生器排污和二回路系统泄漏。

在功率运行期间，蒸汽发生器排污系统（APG）将蒸汽发生二次侧水通过除盐器处理后，返回二回路系统中复用。但当处理设施失效、冷凝器不能使用或者二回路水质超标时，蒸汽发生器排污水不再复用，而直接通过常规岛废液排放系统（SEL）向环境释放。在液态放射性流出物源项计算时，保守地假设循环寿期末蒸汽发生器内水相中所有放射性核素均在APG系统除盐器处理后通过废液排放系统向环境排放。

放射性废液排放浓度满足其槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳14外其它放射性核素浓度不超过本工程控制值要求（核岛废液为900Bq/L，常规岛废液为600Bq/L）。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气系统收集、贮存反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准的相关要求后排入大气。处理的废气包括含空气废气和含氢废气：

- 对放射性含氢废气进行控制、收集、输运、贮存、衰变和监测，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放；
- 对放射性含空气废气进行控制、收集、输运和处理，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放。

放射性废气系统主要包括废气处理系统（TEG），空调、加热、冷却及通风系统和冷凝器真空系统（CVI）。

4.6.3.1 废气处理系统（TEG）

废气处理系统（TEG）主要与含有反应堆冷却剂的容器气相空间相连，用氮气提供循环吹扫并将相连容器气空间压力维持在微负压，通过氢氧复合反应除氢确保吹扫气体循环复用，短寿命放射性气体核素在气体循环过程中自然衰变，降低放射性水平。

4.6.3.1.1 系统功能

TEG 系统为电厂正常运行工况和预计运行事件时提供支持，满足以下功能要求：

- 通过循环吹扫回路向相连容器中注入或抽出一定量的气体，平衡上游系统容器中的气空间压力，将其维持在一定范围内；
- 通过对上游系统容器的循环吹扫，置换出气空间中的氢气和放射性气体，限制其氢氧浓度分别低于 4%和 2%，并通过微负压设计，将放射性物质包纳在系统中，防止放射性气体释放到设备所在厂房；
- 对吹扫回路中的气体进行氢氧复合处理，氢氧复合后的混合气体中氢氧浓度分别低于 0.3%和 0.1%，确保吹扫气体可以循环复用；
- 处理核电厂启动、停堆期间与 TEG 相连系统所产生的大流量气体，通过活性炭滞留床对放射性气体进行滞留并自然衰变，使其在排放到大气前，放射性活度降至可接受的水平。

4.6.3.1.2 设计基准

废气压缩机向吹扫回路管线输送要求的流量，并将其压缩到要求的压力。

废气压缩机的设计流量是基于处理相连系统排入氢气最大流量所需的稀释气体量

来确定的，单台废气压缩机的额定体积流量为 $125\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

氢氧复合器的氢氧复合能力应满足处理最大流量废气的需求。

滞留单元处理能力应满足对放射性核素氦滞留时间不低于 40 小时、放射性核素氙滞留时间不低于 40 天的需求。

4.6.3.1.3 系统描述

根据 TEG 系统的功能，TEG 系统划分为 6 个子功能单元，分别是氢氧复合单元、废气压缩单元、气体分配单元、安全壳隔离单元、滞留单元和热交换器冷冻水供应单元。

（1）氢氧复合单元

氢氧复合单元的主要功能是降低循环吹扫气体中的氢气和氧气浓度，为吹扫单元提供满足要求的载气。正常运行期间处理能力约为 $125\text{Nm}^3/\text{h}$ ，最大处理能力约为 $250\text{Nm}^3/\text{h}$ 。氢氧复合单元主要包括气体干燥器、氢气/氧气浓度测量及调节设施和氢氧复合器等。

（2）废气压缩单元

废气压缩单元的主要功能是通过压缩气体维持本系统内气体循环的动力，以及气体流过活性炭滞留床的动力。废气压缩单元主要包括 2 台并联的液环式压缩机（单台废气压缩机的额定流量为 $125\text{Nm}^3/\text{h}$ ）以及压缩机密封液供应回路、压缩机出口压力和流量的调节回路等设施。

（3）气体分配单元

气体分配单元的主要功能是通过吹扫带出各容器气空间中的氢气、氧气和放射性气体等，维持设备运行的压力和氢氧浓度限值要求，限制放射性气体向设备所在的厂房环境释放。气体分配单元主要包括核辅助厂房的吹扫管线、反应堆厂房的吹扫管线、燃料厂房吹扫管线及相关的压力、流量控制阀门。

（4）安全壳隔离单元

安全壳隔离单元主要包括在反应堆厂房吹扫管线上设置的四个安全壳隔离阀，为反应堆厂房的吹扫管线提供安全壳隔离功能。

（5）滞留单元

滞留单元的主要功能是在放射性废气排放前对其进行处理，使废气中的放射性物质得到充分的衰变，主要放射性核素氦和氙的平均滞留时间分别不低于 40h 和 40d。滞

留单元主要包括为硅胶干燥床、再生加热器、3 台串联的活性炭滞留床、管线过滤器、排放管线的放射性活度连续监测设备等。

（6）热交换器冷冻水供应单元

热交换器冷冻水供应单元的主要功能是为 TEG 系统各热交换器提供冷冻水。热交换器冷冻水供应单元主要包括为 TEG 系统各热交换器供应冷冻水的管线和阀门。

4.6.3.1.4 系统运行

在核电站正常运行的所有模式下，包括功率运行、运行瞬态和停堆（如换料停堆），TEG 系统均需运行。

（1）稳态运行模式

稳态运行模式下，TEG 系统吹扫回路气空间总容积基本不变，没有大流量的气体注入，TEG 系统通过废气压缩机提供动力，对上游相连系统进行循环吹扫，置换出气空间的氢气和放射性气体，此时 TEG 系统维持闭式循环，仅有少量气体进入滞留单元。

（2）波动运行

当 TEG 系统相连的上游系统气空间发生较大变化，或者有大流量的气体注入时，TEG 系统吹扫回路负压段压力升高从而进入波动运行模式。此时，TEG 系统一方面可维持对上游系统的循环吹扫，另一方面将多余的气体排入滞留单元进行滞留衰变处理。

4.6.3.2 供暖、通风和空气调节系统

4.6.3.2.1 系统功能

- 供暖、通风和空气调节（HVAC）系统通过对每一个可能污染的厂房采取加热、冷却、通风、加湿、除湿、换气、包容、净化、监测等措施（以上一种或多种措施组合）以提供一个适宜的和空气质量良好的环境，确保操作人员的安全、健康以及设备的有效运行。
- 控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排放。
- 对通风排气进行过滤和除碘处理（如有需要），以减少气载物质向大气环境的排放。

4.6.3.2.2 系统描述

暖通系统的主要设备包括进气低效过滤器、排气低效过滤器、高效空气粒子过滤

器（HEPA）、碘吸附器、电加热器、盘管和风机等。

— 进气低效过滤器

进风口处的过滤器用来过滤气体中的尘埃。

— 排气低效过滤器

此种低效过滤器用于排风系统，设在 HEPA 过滤器的上游，通过过滤排风中的大粒径尘埃颗粒来延长 HEPA 过滤器的使用寿命。

— 高效空气粒子过滤器（HEPA）

HEPA 过滤器用于过滤较小粒径的粉尘颗粒或气溶胶，过滤器的过滤因子不小于 1000。

— 碘吸附器

碘吸附器用于吸收悬浮在空气中的放射性碘，碘吸附器过滤因子不小于 100。

— 碘吸附器加热器

碘吸附器加热器位于碘吸附器上游，用来限制空气相对湿度低于 70%。

— 冷却盘管

通风系统在空调环路中使用冷却盘管。盘管为带翅片铜管。设有滴水盘和排水管，用于收集并排出冷凝水。盘管由冷冻水系统（DEL 或 DER）和/或核岛厂房内的设备冷却水系统（RRI）冷却。

— 送风/再循环/排风机

用作通风系统的送风机、再循环风机或排风机。它们是离心式或轴流式，取决于系统风量和压头损失。由直连电机驱动。

— 电加热器和加热盘管

通风系统采用电加热器或加热盘管（由热水系统加热）加热。在有氢气危险的区域（蓄电池室等），加热器或加热盘管为防爆型。

— 加湿器

加湿器用于确保必要的相对湿度条件。

4.6.3.3 凝汽器真空系统

凝汽器真空系统（CVI）的功能是在机组启动时将凝汽器以及与其相连的汽、水管路系统当中所积集的空气抽掉，以便加快启动速度；正常运行时及时抽掉各蒸汽、疏

水、排气带入以及泄漏到凝汽器中的空气和其它不凝结气体，以维持凝汽器真空，同时也可减少对设备的腐蚀。

每台凝汽器均设有真空破坏阀，当汽轮机跳机和有可能发生事故的情况下，开启真空破坏阀以破坏凝汽器的真空、缩短汽轮机的惰走时间。

凝汽器真空系统设有 3 台 50%容量水环式真空泵，在机组启动时，3 台真空泵同时运行，保证启动时快速建立凝汽器真空；在机组正常运行时，1 台或 2 台真空泵运行，将凝汽器 2 个壳体中的空气和不凝结气体抽出，以维持凝汽器真空。

一旦凝汽器真空系统不能工作，由于不凝结气体的累积导致凝汽器压力逐渐升高，凝汽器压力升高会使汽轮机循环效率降低。如果凝汽器真空系统故障停运，则凝汽器压力会继续升高，当升高到设定值时，触发汽轮机紧急停机。

4.6.3.4 放射性废气的排放源项

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下气态放射性核素向环境释放的途径主要有以下三种：

- 通过 TEG 系统向环境释放；
- 通过厂房通风系统向环境释放；
- 通过二回路系统向环境释放。

其中，TEG 系统中气态放射性核素来自于放射性液体储罐和一回路冷却剂系统的气相空间的吹扫以及对于一回路冷却剂的脱气。厂房通风系统中气态放射性核素来自于各放射性设备的泄漏以及开放水面的蒸发。二回路系统中气态放射性核素来自于蒸汽发生器一二次侧泄漏情况下冷凝器真空系统对不凝气体的抽气。

（1）通过 TEG 的释放

TEG 系统的主要运行功能是为与冷却剂相连的各辅助系统提供连续的氮气吹扫并维持设备运行要求的负压以防止放射性气体泄漏至设备间，主要吹扫对象包括核岛排气和疏水系统（RPE）的反应堆冷却剂疏水箱和冷却剂废液收集箱、化学和容积控制系统（RCV）的容控箱、冷却剂贮存和处理系统（TEP）的贮罐及除气单元、反应堆硼和水补给系统（REA）的贮罐。经过各分支管线吹扫后的气体通过压缩机的抽吸汇合至一条管线重新进入复合器上游气体干燥器的入口，并通过复合器去除吹扫气体中的氢和氧以防止氢气在设备中的积累及控制冷却剂中的氧含量。氢氧复合后的吹扫气

体进入废气压缩机，废气压缩机的出口管线上设有调节阀，用于维持压缩机出口的壓力恒定。经过压缩机的气体先由预干燥器进行干燥，再重新对 TEG 相连系统设备气空间进行吹扫。

依靠上述运行过程，吹扫管线基本构成了一个闭式循环，功率运行期间进入 TEG 系统的废气在循环管线内实现循环吹扫，同时考虑循环管线的废气以 $0.2\text{m}^3/\text{h}$ 的泄漏率排向滞留床。机组停堆期间反应堆冷却剂系统脱气产生气量较大，计算中考虑废气全部进入 TEG 滞留衰变后排往环境。

（2）通过厂房通风系统的释放

气态放射性核素通过厂房通风系统向环境的释放可能发生在反应堆厂房、核辅助厂房、放射性废物处理厂房、燃料厂房、安全厂房以及汽轮机厂房中。

反应堆厂房放射性物质释放主要来自开放水面蒸发和放射性设备的泄漏，流出物源项计算中考虑反应堆厂房气载放射性物质通过 DWN 过滤后向环境排放。

核辅助厂房考虑放射性流体以冷态或热态泄漏，保守假设这部分迁移到核辅助厂房空气中的放射性核素全部进入 DWN 系统。

放射性废物处理厂房控制区内废液处理系统（TEU）和固体废物处理系统（TES）中放射性流体的泄漏及放射性废水回收系统（SRE）地坑废液的蒸发产生的气态放射性核素会排放到环境中。

燃料厂房内燃料水池开放水面的蒸发是该厂房内气态放射性物质释放的主要途径，保守假设这部分蒸发到厂房空气中的放射性核素全部进入 DWN 系统。

安全厂房内与一回路冷却剂相关的系统泄漏及地坑水面蒸发会导致该厂房的气态放射性释放，即安全厂房内 RPE 系统和安全注入系统（RIS）内流体的泄漏、RPE 系统地面废液地坑蒸发产生的气态放射性核素全部进入 DWN 系统，最后排放到环境中。

汽轮机厂房在二回路放射性污染的情况下给水泄漏蒸发会导致气载放射性物质直接向厂房内释放，这部分放射性释放在二回路冷凝器真空系统排放中考虑。综上，厂房通风系统的气态放射性释放量主要考虑反应堆厂房、核辅助厂房、放射性废物处理厂房、燃料厂房和安全厂房释放量之和，计算中保守假设不考虑厂房滞留衰变。

（3）二回路系统的释放

二回路系统中的放射性气体来源于蒸汽发生器中一次侧向二次侧的泄漏，泄漏进入二次侧的放射性气体通过冷凝器真空系统排向 DWN 系统，经辐射监测后排放。

（4）氡和 C-14 源项

氡和 C-14 源项在 4.6.1 节描述。

（5）气溶胶

运行状态下向环境释放气溶胶核素的途径主要有以下两种：

- 通过二回路系统向环境释放；
- 通过厂房通风系统向环境释放。

二回路系统中的放射性气溶胶核素来源于蒸汽发生器中一次侧向二次侧的泄漏，泄漏进入二次侧的放射性气体通过冷凝器真空系统排向 DWN 系统，经辐射监测后排放。

通过各厂房通风系统向环境释放气溶胶的产生、排放与气态碘排放模型一致，计算时考虑各厂房放射性设备泄漏及开放水面的蒸发所形成的气态放射性核素，保守考虑这部分核素不经过衰变直接通过厂房通风系统排放到环境中。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

4.6.4.1 系统功能

固体废物处理系统（TES）是为核电厂运行和维修时所产生的废树脂、废过滤器芯、浓缩液、干废物等废物在处置之前提供收集、处理、整备和临时暂存而设计的。固体放射性废物最终按照国家处置政策送处置场永久处置。

TES 系统处理以下几种废物：

- 干废物（废纸、抹布、塑料、金属等）
- 废离子交换树脂（简称“废树脂”）
- 废过滤器芯（简称“废滤芯”）
- 浓缩液

按废物性质对其进行处理：

- 蒸汽发生器排污系统（APG）废树脂排入 APG 废树脂分离罐，由真空抽吸装置将其装入指定容器中进行暂存，待其达到清洁解控水平后进行清洁解控；
- 浓缩液及放射性废树脂装入 400L 钢桶中进行水泥固化；
- 表面剂量率不超过 2mSv/h 的废滤芯装入 200L 钢桶后，送废物辅助厂房（BQS）进行超级压缩，再装入 400L 钢桶中进行水泥灌浆固定；表面剂量率超过 2mSv/h 的废

滤芯装入 400L 钢桶后，转运至 BWX 厂房进行水泥灌浆固定处理；

—干废物在产生地初步分类收集然后集中处理，干废物经过分拣、烘干、初级压缩、超级压缩后装入 400L 钢桶中进行水泥灌浆固定处理。

4.6.4.2 系统描述

TES 系统按不同的功能主要分为三部分：

第一部分为湿废物处理，包括湿废物的收集、暂存、转运、处理等过程，位于核辅助厂房（BNX）和放射性废物处理厂房（BWX），其中 BNX 厂房为单机组布置，BWX 厂房为 2 台机组共用。

第二部分为干废物分拣压缩打包线，位于废物辅助厂房（BQS），为全厂共用，一期工程已建成。

最后一部分为废物包暂存，位于废物暂存库（BQT），全厂 6 台机组共用，一期工程已建成。

（1）固体废物处理

— 废树脂

在 BNX 厂房内 RCV、PTR、TEP 系统除盐器内的树脂需要更换时，首先注入除盐水使除盐器与废树脂贮槽间形成闭环回路，利用树脂冲排泵将废树脂冲排至废树脂贮槽。当 BNX 厂房废树脂贮槽内收集的废树脂达到一定量时，将废树脂输送至 BWX 厂房的废树脂暂存槽中。BWX 厂房内 TEU 系统产生的放射性废树脂也通过废树脂转运泵送至废树脂暂存槽。

当废树脂暂存槽中废树脂需进行水泥固化时，将贮槽内的废树脂送往废树脂计量槽中进行计量。400L 钢桶由辊道传输系统传输至自动取封盖站位进行卸盖，再传输至湿料接收位与湿料加注罩配合接收计量好的废树脂，然后送至干料接收位与干料加注罩及桶内搅拌器配合进行水泥添加，同时启动桶内搅拌器进行水泥固化操作，固化完毕后将钢桶传输至自动取封盖站位进行封盖，再进行养护，最后通过厂内运输车辆将其运往 BQT 库暂存。

BNX 厂房 APG 系统除盐器产生的废树脂，在正常情况下由水力冲排至 APG 树脂分离罐内。APG 树脂分离罐接收树脂的同时通过底部的疏水管排水，接收结束后，经过一段时间存放，将树脂中的游离水排尽，再利用真空抽吸装置将废树脂装入桶中，

APG 废树脂桶运至 BQS 极低放射性废物贮存区暂存。在特殊情况下（如蒸汽发生器破管），APG 产生的废树脂放射性水平较高，此时通过管道支路，利用 SED 水将 APG 树脂冲排至废树脂贮槽中作为放射性废树脂处理。

一 废滤芯处理

水过滤器芯子用于保持水质并除去其中放射性活化的腐蚀产物和悬浮固体颗粒。废滤芯来自下列系统的过滤器：PTR、RCV、RPE、TEP 及 TEU 系统。其中，布置在 BNX 厂房的 PTR、RCV、RPE、TEP 系统过滤器芯失效时，需利用废滤芯更换装置来进行废滤芯的拆取和运输以及新过滤器芯子装载等操作。布置在 BWX 厂房的 TEU 系统过滤器芯采用配套的废滤芯更换转运装置进行更换和转运操作。

表面剂量率不超过 2mSv/h 的废滤芯通过超压后进行固定处理；表面剂量率超过 2mSv/h 的废滤芯转运至废物处理厂房进行水泥灌浆固定处理。

一 浓缩液处理

当 TEU 系统暂存的浓缩液需进行水泥固化时，将贮槽内的浓缩液通过管道送往浓缩液计量槽中进行计量。400L 钢桶由辊道传输系统传输至自动开封盖站位进行卸盖，再传输至湿料接收位与湿料加注罩配合接收计量好的浓缩液，然后送至干料接收位与干料加注罩及桶内搅拌器配合进行水泥添加，同时启动桶内搅拌器进行水泥固化操作，固化完毕后将钢桶传输至自动开封盖站位进行封盖，再进行养护，最后通过厂内运输车辆将其运往 BQT 库暂存。

一 干废物的收集及处理

干废物（纸、衣服、塑料、金属等）在产生地经初步分类后装在不同颜色的塑料袋中，然后运输至 BQS 厂房，倒入分拣箱中进行分拣。将含水量较高的废物分拣至 200L 钢桶内，送至干燥器干燥。干燥后的废物重新送至分拣箱进行分拣。

经分拣箱分拣后的废物装入 200L 钢桶，运输至初级压缩机进行桶内预压，对压出的空间可再次填充废物，反复压实满桶后封盖。利用 2000t 超级压缩机将封装好的 200L 废物桶压缩成桶饼。表面剂量率不大于 2mSv/h 的废过滤器芯也在 200 L 桶内被超级压缩机压缩成桶饼。

超级压缩后的桶饼被输送到优选盘上存放，根据桶饼厚度选择装入 400L 钢桶，以达到一个 400L 钢桶内放尽可能多的桶饼的要求，一般一个 400L 钢桶可放 3~4 个桶饼。400L 钢桶装满桶饼后进行水泥灌浆固定，封盖后的 400L 钢桶送 BQT 库暂存。

在 BNX 厂房设置有干废物暂存点，方便就近收集和集中转运核岛厂房内产生的干废物。当暂存点的干废物达到一定数量后，再集中将其运输至 BQS 厂房处理。对于检修中可能产生的表面剂量率大于 2mSv/h 的干废物，也可送至该处带有隔墙的房间内临时暂存，再根据其暂存衰变情况和废物的性状，采取适当方式运输至 BQS 或 BWX 厂房处理。

（2）废物暂存库（BQT）

BQT 库贮存容量按照暂存三澳核电厂 6 台机组运行 5 年产生的低、中放射性固体废物包进行设计。

400L 废物桶由废物运输车辆运到 BQT 库的操作区后，利用操作区吊车和轨道转运小车将 400L 废物桶运至起吊间，操作人员在吊车操作间通过数控吊车把 400L 废物桶吊至桶检测间，根据 400L 废物桶的表面剂量率，再用数控吊车把 400L 废物桶吊至指定区域暂存。对于表面剂量率超过 2mSv/h 的 400L 废物桶均采用屏蔽容器运输，屏蔽容器采用数控吊车远程开盖，以降低对操作人员的辐照剂量。400L 废物桶按照其表面剂量率不同分别存放在非超标废物桶贮存区和竖井区，垂直码放四层。

BQT 库废物采用合适的方式进行记录管理，建立废物包存放档案，记载每个废物包的种类、规格、产生地点、产生日期、主要放射性核素、放射性活度浓度、存放日期和码放位置(包括水平坐标、高度)等信息。BQT 库贮存的所有废物包最终运输到废物处置场进行处置。

4.6.4.3 放射性固体废物的最终处置

本工程产生的放射性废物货包计划在三澳核电厂废物暂存库暂存，待国家规定的符合核安全要求的放射性废物处置场具备条件后，采用海运或陆运或组合的方式，从三澳核电厂废物暂存库运至国家规定的符合核安全要求的放射性废物处置场。

本工程将综合考虑届时的处置政策、废物处置和运输风险、废物处置经济性等因素，选择最优的处置方案。同时，建设单位将持续跟进有关处置场项目进展，及早达成送交处置相关协议，确保本工程产生的低中放固体废物得到及时、安全处置。

4.6.4.4 放射性废物最小化

本项目放射性废物最小化是以确保安全为前提，以废物处置为核心，通过源头控

制、再循环与再利用、清洁解控、优化废物处理等措施，使放射性固体废物最终产生量可合理达到尽量低。本项目采取的废物最小化主要措施如下：

采用可靠性更高的全 M5 AFA-3G 燃料组件，有效减小组件发生破损的概率，降低一回路源项；后续循环采用 18 个月换料，相比年度换料，每三年可减少一次换料大修，减少废物产生量；采用更优的机组运行模式，减少了调硼，减少了需要处理的放射性废液及废液处理产生的固体废物。

采取减少一回路冷却剂泄漏的多项措施，如加工制造工艺过程控制、材料选择、焊接和密封设计、泄漏监测等，通过这些措施，可以降低冷却剂及相关辅助系统废液贮存及输送过程中的泄漏，降低废液产生量。

采取优化 RCV、APG、PTR、TEP、TEU 系统设计避免其树脂提前失效、采用交换容量大的核级树脂、采用最优的结构设计的过滤器等措施，延长工艺系统内消耗性净化材料使用寿命，减少放射性废物的产生。

在机组热态功能试验期间，向冷却剂中加锂、加氢，对 RCP 系统材料表面实施钝化处理，之后对冷却剂进行硼化处理以及停堆下行阶段实施强制氧化处理等，在 RCP 系统设备材料表面、特别是 SG 传热管表面形成良好的保护膜，以减少镍的释放，降低机组后续运行的受照活化腐蚀产物。

对不同厂房的放射性废液采取的分类收集和输送，非放射性废水及潜在放射性污染的废水与放射性废水分开收集和隔离。通过废液分类收集，将可复用的废液（反应堆冷却剂废液）重复利用，将非放射性废液输送至 SEK 系统监测排放，减少需要处理的放射性废液量。根据废液来源分类收集，取样分析后选取合适工艺分别处理，减少放射性废液处理产生的固体废物数量。

放射性干废物在产生地根据其放射性水平和受污染情况、可复用情况收集在不同颜色的塑料袋中，避免不同类型废物交叉污染。对表面剂量率大于 2mSv/h 的干废物尽量采取暂存衰变后再压缩减容处理，尽可能减少最终废物包体积。

除盐器中废树脂的更换方式采用废水进行循环冲排，减少了放射性废液以及废液处理产生的二次固体废物。

采用先进的去污技术减少二次废物产生量。例如从系统中拆卸下来的各类机械部件可送入热机修车间和仓库进行去污后进行维修。热机修车间和仓库内设有喷丸去污、高压水去污、超声波去污、化学去污等设施。此外，本项目还设置有放射性去污系统

（SBD），可对容器、换热器、塔器、过滤器、除盐器、泵、阀、系统子回路等进行在线去污。

泵类设备在设计中要求设备带有接液盘，接线盘上带有引漏管，将泵类设备的泄漏介质收集后排放到相应的收集和回收系统。阀门设备上设置有引漏管，将泄漏介质收集后排放到相应的收集和回收系统。除了泵、压缩机进出口、设备人孔、管道孔板等采用法兰连接外，设备、管道和阀门尽量采用焊接连接，以减少潜在的泄漏风险。

收集和贮存放射性废液的贮槽上一般设置高液位监测及报警、高高液位自动启泵等防止溢流的措施，减少废液溢流产生的污染。收集放射性废液的地坑也都设有液位监测及高液位自动启泵等措施，保证废液能及时输送，避免发生溢流产生的污染。对于含有放射性液体的水池及输送廊道，设计中考虑泄漏监测措施。

装有较高放射性水平物料的设备（如废树脂贮槽、化学废液贮槽等）相对集中布置在专门的设备间内，与中、低放射性设备分开布置，放射性设备之间互连管道尽可能短；放射性剂量高的设备尽量布置于地下室；放射性设备室都设有地漏或小地坑；放射性剂量率 $\geq 2\text{mSv/h}$ 以上的储罐、容器或换热器布置在独立的隔间内；除必须的连接点外，非放射性系统与含放射性物质的系统进行实体隔离；除必须的连接点外，含放射性物质的系统之间进行实体隔离。

在设计中减少了不必要的物项，从而降低最终退役废物量，比如采用直插式温度仪表测量一回路的平均温度，相较于 CPR1000 的测温旁路减少了较多的阀门与管道；采用余热排出系统与安全注入系统合并的配置方式，将余热排出系统与安全注入系统的管嘴合并，减少了主管道的接管数量；由于系统的合并，不再设置单独的余热排出系统，取消了余热排出泵（由低压安注泵执行余热排出功能），减少了阀门、管道的数量；冷却剂贮存和处理系统（TEP）中的冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）由 6 个容积相同的冷却剂贮存箱以及一条除盐水母管和一条冷却剂母管组成。每一个冷却剂贮存箱都可通过电动阀与冷却剂母管或除盐水母管相连。在电厂正常运行时，始终保持一个冷却剂贮存箱与冷却剂母管永久连接，同时另一个贮存箱与除盐水母管永久连接，因此接收和输送冷却剂或除盐水可同时进行。由于在机组调硼过程中，一回路水量基本保持恒定，下泄到 TEP 系统的一回路冷却剂以及返回到一回路的补给水量基本一致，因此采用上述一体化贮存设计方案可以有效的减少储罐数量以及体积，从而进一步减少配套设备、阀门和管线，从而最终降低退役废物量。

化学和容积控制系统（RCV）的净化装置可以除去反应堆冷却剂中的杂质、放射性产物以及锂。净化后的反应堆冷却剂被上充泵送回一回路。对于 RCV 系统不能接收的下泄流通过三通阀转到 TEP 系统。TEP 系统接收和贮存电站正常运行中可复用一回路冷却剂，通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和 7000mg/kg 的硼酸溶液返回一回路复用。

废气处理系统及其相连系统采用微负压设计，吹扫气体氮气经过氢氧复合后循环复用，这种设计可以避免放射性废气向厂房环境泄漏并减少放射性核素向环境的排放量。

废液处理系统采用蒸发、过滤、除盐工艺组合，根据废液来源分类收集，取样分析后选取合适工艺分别处理。本项目从源头采取了各种减少废液产生量的措施，从而减少了二次废物的产生量。另外，工艺废液及化学废液贮存槽所在房间敷设钢覆面，钢覆面设置可减少污染范围，便于去污并避免混凝土被污染产生固体废物。

采用优化的废物处理技术对各类放射性废物进行处理。废树脂、浓缩液采用成熟可靠的水泥固化技术和先进的水泥固化配方，固化在 400L 钢桶内；对干废物采用两级压缩，首先在 200L 钢桶中进行初级压缩，再使用超级压缩机进行超级压缩，之后将 200L 桶饼装入 400L 钢桶进行灌浆固定操作。在放射性废物的产生、预处理、处理、整备的全过程中体现了 ALARA 和废物最小化原则。

4.6.5 乏燃料暂存

4.6.5.1 系统功能

乏燃料贮存系统的主要功能是对从反应堆中卸出的乏燃料组件，在运往后处理厂之前进行贮存和冷却。

4.6.5.2 系统描述

本工程采用 18 个月换料方式，反应堆在平衡循环每次换料产生 72 组乏燃料组件。乏燃料组件采用水下湿法贮存，贮存在燃料厂房乏燃料水池里。乏燃料水池设置有水下燃料贮存格架和破损燃料组件贮存小室等设备，总的贮存容量满足 14 个正常换料循环产生的乏燃料组件量和一个全堆芯紧急卸出的燃料组件量。

从堆芯卸出的燃料组件贮存在乏燃料水池里水下燃料贮存格架中；破损的燃料组件存放到破损燃料组件贮存小室中。在贮存期间保持燃料组件的次临界状态、保证燃

料组件衰变热的有效导出和保持燃料包壳的完整性。

水下燃料贮存格架采用安全的几何布置和物理方法来防止临界事故，安装有固定式中子吸收体，确保在全部装载最高预期富集度的燃料组件、假定充满纯水并考虑不确定的因素后，其有效增值系数 K_{eff} 不超过 0.95。

水下燃料贮存格架的每个贮存小室底部设有流水孔，顶部为开口，使贮存的燃料组件能得到有效冷却。

反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）导出乏燃料组件的衰变热，保证水池水温、水质、水位及放射性水平在一定限度内。乏燃料水池设有水位、水温监测系统及水池检漏系统，可随时监测水池水位、水温并检查水池的密封情况。

乏燃料贮存区设有通风系统，能及时过滤空气里的放射性物质。乏燃料贮存产生的放射性排放量已包含在 4.6.3.4 节中的放射性废气排放源项中。

乏燃料贮存区内设置剂量监测点，以确保操作人员的安全。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其他废物

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

三澳核电厂生产过程中需要使用一定量的化学品。这些化学品有硼酸、盐酸、氢氧化钠、氢氧化锂、氨水、水合联氨、次氯酸钠等。上述化学品中，大宗的化学物质排放主要来自以下系统：

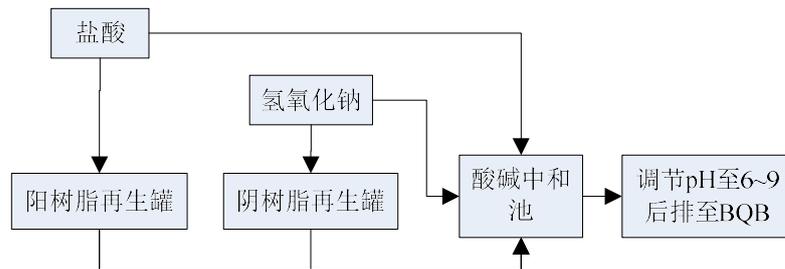
- 除盐水生产系统（SDA）；
- 凝结水精处理系统（ATE）；
- 循环水处理系统（CTE）；
- 常规岛化学加药系统（SIR）；
- 海水淡化系统（SWD）。

（1）除盐水生产系统

除盐水生产系统产生的废水主要来自离子交换树脂酸碱再生产生的酸碱废液。树脂再生废液排入酸碱中和池，再通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后至 SEW 处理。

（2）凝结水精处理系统

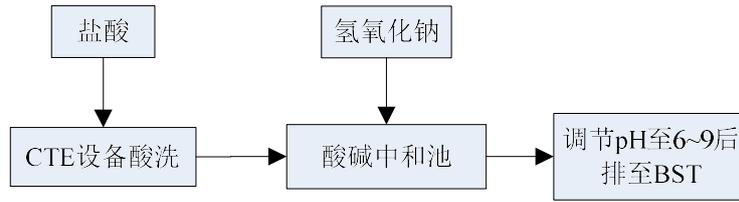
凝结水精处理系统用于净化核电厂二回路系统凝结水。系统内设有前置阳床和混床，运行一段时间后阴阳离子需要再生，再生需要使用酸（如盐酸）、碱（如NaOH），再生废水排至中和池，再生废水中和处理也需要投入一定量的酸碱，最后调节pH值至6~9后送往BQB子项集中处理。凝结水精处理系统化学物质使用及排放简图如下：



（3）循环水处理系统

为满足核电厂运行的要求，循环水处理系统对循环冷却水连续加入次氯酸钠处理（电解氯化钠溶液）。电解设备运行一段时间需要酸（如盐酸）洗，产生的酸洗废液收集至中和池，用碱（如NaOH）进行中和调节pH至6~9后送至BST子项处理后回用

或排放。循环水处理系统化学物质使用及排放简图如下：



（4）常规岛化学加药系统

常规岛化学加药系统，将化学添加剂注入二回路系统，用以控制二回路系统中水的化学工况，使蒸汽发生器在正常运行和停机保养中的腐蚀和固体沉积物减少至最小。在凝结水精处理混床出水和给水中实施加氨、加联氨处理。此外，磷酸三钠作为腐蚀抑制剂注入常规岛闭式冷却水系统中调节pH为9左右。

（5）海水淡化系统

海水淡化系统的预处理、细砂过滤器、一级反渗透、二级反渗透运行及化学清洗过程中会加入盐酸、氢氧化钠、还原剂等化学药品。

4.7.2 生活废物

三澳核电厂 3、4 号机组产生的与放射性有关的固体生活废物均按放射性废物做专门处理，非放射性垃圾按生活垃圾处理规定收集处理。三澳核电厂 3、4 号机组在正常运行过程中产生的生活废物主要有厂区办公及员工生活区产生的废塑料、废纸张、废布料、玻璃和食堂产生的食物残渣、果皮、剩菜剩饭等，生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运，人均生活垃圾产生量约 0.5kg/人·天。在核电厂非控制区及厂外附属、辅助区产生的非放射性固体生活垃圾按规定收集暂存并送到相应的垃圾场处理。

三澳核电厂设置 1 座生活污水处理站，6 台机组生活污水设计处理规模为 960m³/d，土建设备一次建成，本工程不新增污水处理站子项。生活污水处理站能够满足 1、2 号机组及本期电厂运行期间的厂区生活污水处理要求。

生活污水经格栅去除大颗粒杂质后，进入调节池，通过细格栅之后经过曝气沉砂池，再通过膜格栅，出水进入生化系统（A²O 池）。在 A²O 池中，污水依次进入厌氧池、缺氧池、好氧池和 MBR 膜池，同时好氧池中的硝化液部分回流至缺氧池，MBR 膜池中的污泥部分回流至厌氧池。污水依次在其中经历厌氧、缺氧及好氧过程，完成除磷、脱氮并去除其中的有机物质功能。好氧池出水重力进入固液分离池—MBR 膜池。

膜池出水至消毒池消毒后达标排放或者回用。

生活污水处理站出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准和《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018）。回用水满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中绿化和道路清扫的水质要求。厂区生活污水站出水尽可能回用于厂区的绿化和道路浇洒，超出部分达标排放，生活污水最高回用率约 70%。

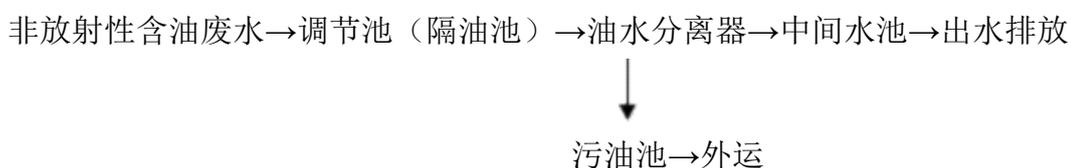
4.7.3 其他废物

（1）含油污水

本工程运行期所产生的含油废水包括：非放射性含油废水和潜在放射性含油废水。针对这两类含油废水，在厂区内分别设置了非放射性含油废水处理站（BES）和潜在放射性含油废水处理站（BER）。

非放射性含油废水处理站（BES）用于处理来自汽轮机厂房、开关站区域、辅助锅炉房以及变压器区域的含油废水。不含放射性的含油废水汇集到专门的管网内，进入非放射性含油废水处理站（BES），经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外，BES 出水排至非放工业废水处理站（BST）。BST 出水指标（除石油类）排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018）的相应标准。非放射性含油废水的石油类排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准。

2 台机组建一座 BES 处理站，BES 厂房设置两套油水分离器，每套油水分离器处理量为 5m³/h，总处理能力为 10m³/h。具体处理工艺流程如下：

非放射性含油废水→调节池（隔油池）→油水分离器→中间水池→出水排放


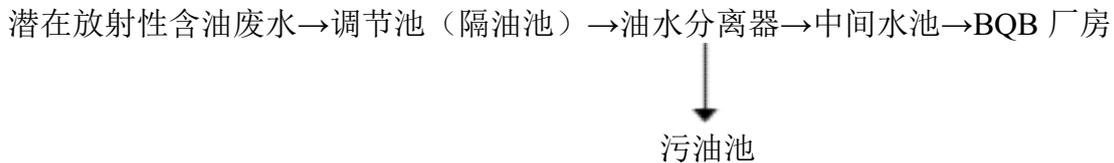
```

graph TD
    A[非放射性含油废水] --> B[调节池（隔油池）]
    B --> C[油水分离器]
    C --> D[中间水池]
    D --> E[出水排放]
    C --> F[污油池]
    F --> G[外运]
  
```

潜在放射性含油废水处理站（BER）用于处理常规岛内潜在放射性废水，不含油部分直接送往 BQB 厂房，含油部分，送往放射性含油废水处理站（BER）。分离出的油脂暂存于厂内，放射性废油的最终处置将跟踪国内其他核电厂的情况适时跟进。BER 出水的含油量出水指标执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）

中的一级 B 标准。

2 台机组建一座 BER 处理站，BER 厂房设置 4 台油水分离器，总处理能力为 50m³/h。具体处理工艺流程如下：



（2）非放工业废水处理站

非放工业生产废水处理站 BST 子项处理的非放工业废水按照废水排放频次，分类如下：

- 经常性排水：如除盐水处理站酸碱再生废水、除盐水处理站双介质过滤器反洗的废水和除盐水处理站活性炭过滤器反洗的废水。
- 非经常性排水：机组大修期间排水、二回路大修检修排水、二回路冲洗水。

经常性废水主要是悬浮物废水，非经常性废水为氨氮废水和磷酸盐废水。非放工业生产废水处理站 BST 的出水水质指标（除石油类）排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018）。非放射性含油废水的石油类排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准。

BST 子项处理工艺：非放射性工业废水处理系统（SWT）的功能是接收处理电站正常运行期间（机组下行检修排水除外）以及电站建设调试期间产生的非放射性工业废水，经常性废水回用至海水淡化系统的 V 型滤池，非经常性废水设置混凝澄清、离子交换等处理工艺，处理达标后废水回用至除盐水处理系统或排放至 CC 井。一期工程建成 BST，本期不新建。

（3）工业固废

核电厂在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调及其他工业垃圾，危险废物种类主要为废树脂、废抗燃油、废油漆、废显影液、废荧光灯管、废蓄电池、废矿物油、废有机溶剂、废电路板、废化学试剂、废化学品空瓶/包装物等。类比同类百万千瓦机组核电厂运行经验，三澳核电厂 3、4 号机组两台机组每年预期产生危险废物约 150t，一般工业固体废物约 1000t。

固废将纳入全厂统一处理，委托专业废物处理公司将一般工业固体废物进行回收或处置。危险废物将委托具有相关处理资质的公司进行外运处置。

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料组件运输

4.8.3 放射性固体废物运输

4.8.3.1 场内运输

4.8.3.2 厂外运输

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电厂的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。中子源有一次源组件和二次源组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节简要叙述新燃料、乏燃料和放射性固体废物的运输。

4.8.1 新燃料运输

本工程采用全 M5 AFA 3G 燃料组件。每台机组的堆芯有 177 组燃料组件以及相关组件（控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件）组成。新燃料组件采用公路运输运抵核电厂的燃料厂房。

新燃料及运输容器的运输、贮存都将执行专门的包装技术条件和新燃料接收贮存设计准则，均要满足《核电厂堆芯和燃料管理》（HAD 103/03-1989）、《核燃料组件采购、设计和制造中的质量保证》（HAD 003/10-1989）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的有关条款要求，达到安全可靠。

新燃料组件运输到核电厂后，在燃料厂房新燃料接收间将新燃料组件从新燃料运输容器中卸出，经外观检查合格后，运送至位于新燃料贮存间的新燃料贮存格架贮存或进行控制棒抽插试验，以及技术条件规定的其它检查项目。在确认抽插试验及其他检查结果符合新燃料组件接收的技术条件要求后，新燃料组件留在新燃料贮存格架中贮存，或者吊运至乏燃料水池中的水下燃料贮存格架中进行贮存。

装有新燃料组件的新燃料运输容器运到燃料厂房装卸区后，用辅助吊车吊运至新燃料运输容器停放区，然后打开并取掉运输容器盖，将燃料组件托板翻转到垂直位置，并销住。之后，将辅助吊车吊钩的新燃料操作工具与燃料组件正确可靠连接，松开燃料组件的抱紧箍，最后用辅助吊车把燃料组件从运输容器中一次一个地卸出，经进一步的外观检查，以及技术条件规定的其它检查项目，表明符合新燃料组件的接收要求后，吊运至新燃料贮存间内的新燃料贮存格架贮存。新控制棒抽查试验在新燃料贮存格架内进行。

新燃料组件和相关组件可以通过铁路运输到三澳核电厂附近的适当地点，然后转用公路运输方式运至核电厂现场。

4.8.2 乏燃料组件运输

乏燃料的厂内运输包括乏燃料装入乏燃料运输容器，至厂外运输前的全过程。

乏燃料的厂内运输由乏燃料容器吊车、辅助吊车、乏燃料水池吊车、乏燃料外运走台、乏燃料组件抓具、水下照明装置、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查在准备井和装载井内进行。准备井和装载井为两个毗邻的池井，它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构。装载井位于乏燃料水池旁侧，在乏燃料装载期间与乏燃料水池相通，非乏燃料装载期间由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料水池中，待乏燃料组件的剩余热功率及放射性物质衰变满足乏燃料外运条件时。将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程中，燃料组件活性区顶部须一直保持足够的屏蔽水层。

乏燃料的厂外运输拟委托国内有资质的公司进行。乏燃料厂外运输遵循《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），按选定的并经国家核安全局批准的运输线路，使用经国家核安全局批准的车辆，将乏燃料运至国家指定的乏燃料处理厂。

4.8.3 放射性固体废物运输

运行过程中产生的放射性固体废物最终包装体为 400L 钢桶。核电厂运行过程中产生的放射性固体物质（如废树脂、废过滤器芯子、干废物等）将根据其性质进行分类，并按照《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）的要求进行包装处理。

低、中水平放射性固体废物包表面剂量率限值：

- 直接操作进行装卸、搬运、贮存和处置的低、中水平放射性固体废物包，其表面任意一点的剂量率应 $\leq 2.0\text{mSv/h}$ 。超过此限值者，应采取外加屏蔽（如外包装容器等）或采用远距离操作；
- 场外运输的低、中水平放射性固体废物包，其剂量率限值应满足 GB 11806-2019 相关规定。

低、中水平放射性固体废物包表面污染限值要求：

- β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体不超过 4Bq/cm^2 ；
- 其它 α 发射体不超过 0.4Bq/cm^2 。

固体废物经过一定时间暂存后（不超过 5 年）最终将送往国家指定的区域中、低放废物处置场。公路运输的经验表明，事故发生率（次/km·车）以及预计事故次数都很低的。

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响的控制

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

5.1.1.1 平面布置

5.1.1.2 道路

5.1.1.3 场地平整

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

5.1.2.1 振动的影响

5.1.2.2 对声环境的影响

5.1.2.3 对大气环境的影响

5.1.2.4 对水环境的影响

5.1.2.5 对生态环境的影响

5.1.2.6 使用化学物质对环境的影响

5.1.2.7 施工固体废弃物对环境的影响

5.1.2.8 施工活动对社会环境的影响

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

三澳核电厂 3、4 号机组工程位于 1、2 号机组工程的西南侧，为采用华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组。三澳核电厂 3、4 号机组是在 1、2 号机组建设基础上的扩建工程，工程用地总面积为 94.55hm²，其中永久用地面积 44.55hm²，工程临时用地面积 50.0hm²。永久用地面积中农用地 41.06hm²（其中耕地 10.34hm²），不涉及建设用地，未利用地 3.49hm²。

根据《浙江省自然资源厅关于中广核浙江三澳核电厂二期工程建设用地预审意见的复函》（浙预审〔2022〕6 号），本工程项目用地应控制在 44.5538hm² 以内，本项目用地在上述要求的用地范围内；同时本项目用地不涉及永久基本农田，项目用地符合用地政策。本工程厂址征地范围内的土地局调工作正在进行中，待局调完成后，厂址占地范围将调整为建设用地。

考虑后期工程建设期间场平爆破对前期工程的影响，3~6 号机组考虑一次场平，本工程挖方 2148 万 m³（自然方），填方 1.6 万 m³。工程余方采取周边项目综合利用、建材销售与海运消纳处置。

5.1.1.1 平面布置

3、4 号机组位于 1、2 号机组西南方向。

根据厂址特点和规划要求，三澳核电厂总体规划布局为“一厂两区”，即厂址区和现场服务区。厂址区规划布置厂区、厂外辅助设施区、施工准备区等功能分区；“现场服务区”规划布置在厂址 4km 以外的绿能小镇。

厂区由主厂房区、BOP 区、配电装置区和厂前建筑区等组成。3、4 号机组与 1、2 号机组共用厂外辅助设施，暂不新增厂外辅助设施。3、4 号机组施工用地总面积约 50.0hm²。其中，厂址北侧临建用地约 14.9hm²，包括搅拌站、核岛土建、核岛安装、常规岛土建、常规岛安装等；厂址西侧临建用地约 16.4hm²，包括甲供物资仓储区、核岛安装、常规岛及 BOP 安装等；厂内施工临建利用二期联合泵房与边坡之间的场地，面积约 5.2hm²，主要用于布置现场办公区及工具房等设施；库下区域临建用地约 6.85hm²，包括核岛钢筋加工、常规岛钢筋加工等；剩余部分考虑在虎口壑解决，主要用于厂外预制场及材料堆场，面积约 6.65hm²。1~4 号机组共用现场服务区。

5.1.1.2 道路

进厂道路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道，于 2019 年底完工，2021 年 5 月完成水土保持设施验收工作。进厂道路路线为西东走向，起点位于马站镇新厝村的 S232(78 省道)上，终点位于小槽，与三澳核电厂厂区道路相连，全长 4.174km，共设置隧道 3 座，分别为新厝隧道、库下隧道和温厝隧道，采用二级公路标准，路基宽度 12.0m，设计车速 60km/h。

三澳核电有两条应急道路，均已建成。一条为应急道路南线（长沙村方向），在厂址西南侧经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接，长度约 2.5km，公路等级为三级，无桥梁、隧道，有 3 道涵洞；一条为应急道路北线（228 国道核电连接线），起点位于马站镇东部，终点接核电进厂公路，长度约 8.0km，公路等级为二级，无桥梁，穿山隧道 3 座（约 4km），涵洞 8 道。

5.1.1.3 场地平整

场地平整主要是厂区土石方开挖和把开挖出的土石方料堆填或碾压回填至厂区内的谷地。3、4 号机组工程土石方工程量包括：3、4 号机组场地平整、厂房和海工负挖、以及临建区地块（深湾、库下、连接道路等）场地平整。

根据 3、4 号机组土石方平衡分析结果，场平正挖、厂房和海工负挖等能够提供土石方 1953.56 万 m³，包括 571.02 万 m³ 石料、697.92 万 m³ 石渣和 684.62 万 m³ 土方；场平回填、海工消纳、场平细平和基坑回填等的土石方需求为 361.64 万 m³，包括 160.6 万 m³ 石料、5 万 m³ 石渣和 196.04 万 m³ 土方；平衡后 3、4 号机组外弃土石方量（裕方量）约 1591.92 万 m³（松方），包括 410.42 万 m³ 石料、692.92 万 m³ 石渣和 488.58 万 m³ 土方。

按照三澳核电厂 3、4 号机组土石方消纳方案，目前绿能小镇消纳 319.62 万 m³，温州港海运消纳 168 万 m³，温州三箭海运消纳 314.8 万 m³，温州都运消纳 44.45 万 m³，仍剩余 745.05 万 m³。按照土石方消纳合同的计划量，温州都运合同剩余量为 1455.55 万 m³，虎口堑合同剩余量为 1200 万 m³，能够满足 3、4 号机组外弃土石方量的消纳需求。

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

三澳核电厂 3、4 号机组陆域施工活动对环境的影响主要是工程负挖、土石方爆破、道路施工、汽车运输以及设备安装等造成的地面振动、噪声、粉尘和植被破坏、水土流失等生态方面的影响。

5.1.2.1 振动的影响

核电厂区施工过程中的爆破和碾压等活动会对周围环境产生一定的振动影响。振动主要是由施工引起的地面振动在土体中传播产生的，其频率和强度变化范围与振源特征、土体条件、周围建筑物结构特点、振源与人或建筑物的距离等因素有关。

当地基处理施工振动超过一定限度时，会对人的心理和生理造成一些危害。高幅振动不仅影响人的正常活动，而且会引起人体生理组织的变化，甚至对人体内部器官产生各种损坏；低幅振动也可引起神经系统、内分泌系统、消化系统、循环系统和新陈代谢等各种生理活动的不良变化，致使人感到劳累和工作能力减退，工作效率降低。当振动与人体固有频率接近时，还会引起人体共振，大大增加振动对人体和内脏的危害程度。除生理影响外，振动还会导致人的心理产生不愉快和烦躁的感觉。经调研，一般情况下，对于持续性振动，当振速超过 0.2cm/s，人们就有显著感觉；当振速超过 0.6cm/s，人们会感到不愉快。

根据 3 号核岛场平爆破振动监测记录，在进行深孔爆破和浅孔爆破时，最大段药量为 93kg。1#测点位于距离爆破中心 300m 的 2 号机组常规岛西侧底板，水平径向峰值为 0.12cm/s，水平切向峰值为 0.12cm/s，垂直向峰值为 0.17cm/s。2#测点位于长沙村民居，监测结果经过校正，产生的振动影响可忽略。由此可见，本工程施工时不会出现振动扰民和对居民建筑物破坏的现象，振动对周围环境影响较小。

5.1.2.2 对声环境的影响

在核电厂施工建设过程中，厂区内可能产生噪声的活动包括土石方开挖过程中的爆破、道路平整、主厂房（核岛、常规岛）的建设和厂区辅助配套设施的建设，另外设备安装和物料运输也会产生一定噪声。噪声源按无指向性点声源简化处理，点声源对外界环境的影响可用半自由声场点声源几何发散衰减公式计算。

距离噪声源 r 处的噪声声压级为：

$$L_p(r)=L_p(r_0)-20lg (r/r_0)$$

式中：

$L_p(r)$ ——噪声源在预测点的声压级，dB(A)；

$L_p(r_0)$ ——参考位置处的声压级，dB(A)；

r_0 ——参考位置距声源中心的位置，m；

r ——声源中心至预测点的距离，m。

爆破施工已知点声源的 A 计权声功率级，则距离噪声源 r 处的噪声声压级为：

$$L_A(r)=L_{Aw}-20lgr-8$$

式中：

$L_A(r)$ ——距声源 r 处的 A 声级，dB(A)；

L_{Aw} ——点声源 A 计权声功率级，dB(A)；

r ——预测点至声源的距离，m。

工程爆破为突发噪声，持续时间较短但强度较高，根据同类爆破现场，浅孔爆破时产生的瞬时噪声最高可达 130dB（A），深孔爆破时一般为 120dB（A）。钻孔作业的凿岩机、运输岩土的装载机和挖掘机、推土机等重型机械设备工作时的噪声值也较高，且在实际施工过程中，通常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。同一地点同时作业的机械设备多为 2~6 台，一般不会超过 10 台，叠加后的噪声增值约 3~10dB。施工机械作业时可视为点声源，距离加倍时噪声降低 6dB，如果考虑空气吸收，则附加衰减 0.5~1dB/100m。

根据上述公式，并考虑空气吸收附加衰减 0.5dB/100m。除爆破施工外，昼间各主要噪声源在距施工场地 100m 外可达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中 70dB（A）的标准，爆破产生的瞬时噪声在 700m 处可以达到标准；夜间除爆破施工外，各主要噪声源约在 500m 外可以达到 GB 12523-2011 中 55dB（A）的标准。声敏感建筑物集中区域不进行夜间施工，高噪声施工设备和工艺不在夜间使用和进行，以减缓对声环境保护目标的影响。在施工过程中优先使用低噪声施工设备和施工工艺，加强进出场运输车辆管理。

三澳核电厂 3、4 号机组在 1、2 号机组西南方向扩建，核岛和常规岛东西向布置。距离厂址最近的居民点为位于 WSW 方位 1.4km 的长沙村。施工噪声通过距离衰减和地形隔离后，预计核电厂施工不会出现噪声扰民的现象。

根据 1、2 号机组施工期间 2022 年 4 个季度陆域环境检测结果，主要位于厂界（1~6 号点位）、长沙村（7 号点位）和陈家坪村（8 号点位）。4 次检测结果表明，厂界上 6 个点位的昼间及夜间噪声检测结果均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的限值要求。在对长沙村、陈家坪村等敏感点的检测中，除 8 月长沙村点位夜间环境噪声检测结果超标 1 次外（45.7 dB (A)），其他各点位环境噪声检测结果均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类区的限值。距离长沙村最近的厂界检测点位为 1 号，1 号点位 8 月份的夜间噪声最大值（44.8 dB (A)）小于长沙村夜间环境噪声最大值（45.7 dB (A)），因此长沙村环境噪声超标不是施工引起的。长沙村目前发展滨海乡村旅游，8 月份正值滨海旅游旺季，预计是游客的影响造成长沙村夜间环境噪声超标。

类比三澳核电厂 1、2 号机组施工期噪声检测结果，预计 3、4 号机组厂界噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的限值要求，施工噪声预计对周围环境影响很小，不会出现噪声扰民现象。

5.1.2.3 对大气环境的影响

工程施工期间的主要大气污染物包括扬尘、生产性粉尘、汽车和施工机械尾气等。其中，扬尘和生产性粉尘对大气环境质量影响较为明显，主要来自施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放和运输、施工建筑材料的搅拌以及厂房主体结构及装饰装修等环节，其产生量与施工方式、原材料、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。

施工过程中，扬尘影响最大的环节为挖土、露天堆放和车辆运输。在采取覆盖、定期洒水等减少扬尘的措施后，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。有资料表明，在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70%左右，将 TSP 污染距离缩小到 20~50m 范围。通过采取覆盖、定期洒水等控制措施，严格执行浙江省《建设工程施工扬尘控制技术标准》（DB33/T 1203-2020）中的相关要求，施工扬尘对周边大气环境影响不大。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，大气影响时段有限。

爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气，烟气量与炸药种类、用量和操作方式等诸多因素有关。国内同类核电厂场平施工爆破通常使用乳化炸药，主要

污染物为 NO_x 。通常在爆破前对实施爆破的区域喷水，以降低爆破过程的起尘量。爆破时合理布局炸药孔位置，尽量减少大量炸药同时引爆，最大程度降低爆破带来的粉尘和大气污染。在爆破作业完成后，立即采取喷水等降尘措施。

施工时现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等），施工运输过程中会产生一定量汽车尾气，主要污染物为 CO 、 NO_x 、碳氢化合物和 SO_2 等， SO_2 主要由柴油中硫的燃烧产生，在满足国家生产检验标准和采用高品质燃油的情况下污染物排放量较小。

根据三澳核电厂 1、2 号机组施工期间 2022 年四个季度的检测报告，长沙村、厂区和厂区临时场界各点位的检测结果均小于限值要求，符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及修改单中二级标准要求；上下风向厂界的颗粒物检测结果均小于 1.0 mg/m^3 的限值要求，符合《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中无组织排放监控浓度限值。类比三澳核电厂 1、2 号机组施工期环境空气质量检测结果，预计 3、4 号机组施工时大气污染物排放对周边环境空气的影响有限，能够满足标准要求。

根据 1、2 号机组施工期间对喷漆废气处理设施排放口的检测结果，喷漆废气处理设备排放口主要污染物 NMHC（非甲烷总烃）、甲苯和二甲苯的排放浓度分别为 3.11 mg/m^3 、 0.061 mg/m^3 和 0.108 mg/m^3 ，满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中的最高允许排放浓度要求。喷漆废气处理设施的排气筒高度为 10m，根据《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中排放速率与排气筒高度的相关要求，排放速率执行的标准采用外推法计算后再严格 50% 执行，喷漆废气处理设备排放口主要污染物 NMHC（非甲烷总烃）、甲苯和二甲苯的排放速率分别为 0.24 kg/h 、 $4.7\text{E-}03 \text{ kg/h}$ 和 $8.3\text{E-}03 \text{ kg/h}$ ，满足依据《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中的最高允许排放浓度核算后的 2.22 kg/h 、 0.69 kg/h 和 0.22 kg/h 的排放速率要求。类比 1、2 号机组施工期检测结果，本工程施工期通过在厂房内配置废气收集和处理设施，能够降低喷漆废气的污染浓度，预计能够满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中 NMHC、甲苯、二甲苯的排放限值要求。

5.1.2.4 对水环境的影响

本工程在施工期间的生产废水来自场地冲洗水、混凝土拌和水、水压试验排水、设备管道冲洗排水、管道酸洗钝化排水等。场地冲洗水的主要污染物为悬浮颗粒物，

施工单位在各施工项目区设置沉淀池进行处理，废水经沉淀后回用于场地洒水抑尘、车辆冲洗等，不外排。混凝土拌和水采用砂石分离系统处理，分离出的水回到水池循环利用。水压试验排水、设备管道冲洗排水由非放射性工业废水处理站（BST，1、2 号机组已建）进行处理，处理达标后废水回用至除盐水生产系统或 1、2 号机组排水虹吸井。管道酸洗钝化排水由安装单位外送有资质的单位处理。

施工期间的施工机械在场外进行维修，场内不产生含油废水。

施工期间的生活污水主要来自 3、4 号机组施工人员和办公人员的生活用水。3、4 号机组施工高峰期施工人员 9000 人，办公人员 1200 人，根据《浙江省用（取）水定额（2019）》和《建筑给水排水设计标准》（GB 50015-2019），施工期在厂区办公人员生活用水量标准取 50L/（人·d），施工人员现场生活用水量标准取 40L/（人·d）（办公人员和施工人员生活均不在厂区，办公人员有食堂，施工人员无食堂），则 3、4 号机组施工期用水高峰年施工人员生活用新鲜水量为 420m³/d。根据《中广核浙江三澳核电厂一期工程水资源论证报告书》，1、2 号机组平均日施工人员生活用水量为 552.8m³/d，则三澳核电厂 1~4 号机组施工人员生活用水量为 972.8m³/d。

参照《城市排水工程规范规划》，生活污水量为用水量的 80%考虑，则 1~4 号机组施工期生活最大日污水量为 778.24m³/d。三澳核电厂 1、2 号机组设置的施工期生活污水处理站处理规模为 400m³/d，三澳核电厂运行期设置 1 座 960m³/d 的生活污水处理站，能够满足后续厂内施工期的排污需求。施工期污水处理站出水执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中对应的道路清扫、城市绿化水质的要求。生活污水经临时污水站处理达标后回用于厂内绿化、路面浇洒等，不外排。

本工程核电机组调试期间会产生一定量的非放射性生产废水，分为调试非加药废水和调试加药废水。调试非加药废水包括系统冲洗水和系统消缺阶段管网排水，冲洗水一般采用 pH 约为 7 的除盐水，调试非加药废水经取样化验满足标准后排放。调试加药废水主要是一回路的硼酸废水、二回路及辅助系统的含磷酸三钠、氨水、联氨等废水，主要污染物成分为磷酸盐、铁屑、悬浮物、氨水、联氨等，调试加药废水通过 BST 处理，满足标准后回用至除盐水生产系统或排放至 1、2 号机组排水虹吸井。非放射性工业废水处理站产生的污泥等固体废物经海水淡化系统的污泥处理系统浓缩、压滤形成泥饼后外运。

核电机组调试期间的非放射性生产废水（除石油类）排放需满足《城镇污水处理

厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB 33/2169-2018），调试期间的非放射性含油废水的石油类排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 B 标准。

5.1.2.5 对生态环境的影响

施工期需要对厂址场地进行开挖、填方和平整，剥离原有地表植被和表土层，大量的土石方挖掘工作将完全破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，施工造成的土壤松动以及挖方、填方过程形成的土堆易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

本工程所在区域属以水力侵蚀为主类型区中的南方红壤丘陵区。通过对施工占地范围内土地利用现状的抽样典型调查，结合施工征地范围内的土地利用现状分析，工程区水土流失以轻度侵蚀为主。依据工程区降雨、土地利用类型、植被覆盖度、地面坡度、土壤类型等因子，参考《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190-2007）对工程各防治区内土壤侵蚀强度进行分析，工程区平均土壤侵蚀模数为 $680t/(km^2 \cdot a)$ 。

1、2 号机组施工期间已对与 3、4 号机组重复占地范围内表层土壤进行了剥离。本工程可剥离表土主要分布在厂区南侧、场区周边、库下等，共有表土剥离面积约 $74.30hm^2$ ，乔木林地表土层厚约 $5\sim 15cm$ ，灌木林地表土层厚约 $10\sim 20cm$ ，草地表土层约 $15\sim 25cm$ ，主要地类为林草地，剥离量约 $11.15 万 m^3$ 。根据《中广核浙江三澳核电厂二期工程水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决〔2022〕72 号），3、4 号机组水土流失防治目标为：水土流失治理度达到 95.0%，土壤流失控制比 1.00，渣土防护率 95.0%，表土保护率 87.0%，林草植被恢复率 95.0%，林草覆盖率 13.0%。

由三澳核电厂 1、2 号机组 2022 年度水土保持监测报告可知，施工中严格按照批复的水土保持方案实施水土流失防治措施，如采取工程措施、植物措施和临时措施均取得了较好的效果。根据 1、2 号机组的水土保持方案，对厂区防治区、厂外辅助设施防治区、现场服务区防治区、施工生产防治区、海工工程防治区、边坡工程防治区、进厂道路防治区等 7 个防治分区实施工程措施、植物措施和临时措施进行水土流失防治。工程措施包括表土剥离后期绿化回填及土地整治、厂区排水系统布置、主厂区保护区碎石压盖等；植物措施包括厂区园林绿化、树木移栽、施工营地绿化、填方边坡绿化等；临时措施包括临时排水沉沙措施、中转堆场临时防护、临时堆场拦挡及覆盖、

施工场地出口布设洗车池等。

3、4 号机组的水土保持方案中将本工程场区划分为 6 个水土流失防治分区：厂区、边坡及防排洪工程区、施工生产生活区、施工道路区、表土堆存场区、海工区，采用表土剥离、表土回覆、截排水沟、沉砂池、雨水排水管、盲沟、排洪沟等工程措施，边坡绿化、平台绿化等植物措施，临时排水沉沙措施、临时拦挡、临时苫盖等临时措施。类比三澳 1、2 号机组施工期水土保持措施应用效果，3、4 号机组在全面落实水土保持方案报告书中的各项措施后，项目建设造成的水土流失可以得到有效控制，预计工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

5.1.2.6 使用化学物质对环境的影响

核电厂建设施工阶段，各种设备和连接管道需要运输、贮存和现场安装，为避免表面氧化，采用酸洗钝化等工艺进行表面处理。酸洗钝化一般同步进行，分为两种方法，一种为采用强酸，如硝酸、氢氟酸等作为酸洗钝化膏；另一种为电解化学酸洗钝化工艺，使用磷酸、柠檬酸等弱酸，大量减少了酸洗钝化膏的使用。上述物质具有毒性和腐蚀性，由施工单位按照制定的化学物品使用管理规定严格执行，对化学物品的使用量严格控制，并在操作过程中按照危险废物进行处理。沾染这些化学物质的包装物、工具等按照《国家危险废物名录（2021 年版）》进行鉴别后处理。

施工期间各承包商单独设置危险化学品临时储存库，储存的危险化学品主要为压缩钢瓶气体（有 5L、10L、40L 不等），包括氧气、氮气、氩气、乙炔，根据工程进度储量从几瓶到几十瓶不等；油漆，包括底漆、面漆、稀释剂，储量几百到几千公斤不等；油品类，包括润滑油、矿物油、防腐油、液压油、柴油，储量几百到上千公斤不等。为减少危险化学品储存设施的环境风险，建设单位要求各承包商制定严格的管理措施和应急预案，包括危险化学品登记制度、配备干粉灭火器、消防沙、消防栓、防毒面具、消防服等设施、设置链锁防止钢瓶倾倒、危险品库防雨、防腐蚀、防渗处理等，尽可能避免危化品事故的发生。产生的危险固废进行安全妥善暂存，并由相关资质单位定期收集运至厂外处理。

5.1.2.7 施工固体废弃物对环境的影响

三澳核电厂 3、4 号机组建设过程中，施工会产生一定量的生活垃圾、建筑垃圾、

污泥，部分废弃物属于危险固废，如处理不当，不但会占用大量土地，造成景观污染，还会产生恶臭，污染大气，被雨水冲刷可能污染周围水体等。

类比前期机组和国内同类核电厂建设过程，施工期生活垃圾年产生量约 100t 左右，由当地环卫部门定期外运填埋处置。生活垃圾定点堆放，地面进行硬化处理；参照《生活垃圾分类标志》（GB/T 19095-2019）明确生活垃圾分类方式，进行分类收集；采用专用车辆进行收集运输，收集运输过程无抛洒、滴漏，无二次污染；生活垃圾收集点每天清运不少于 1 次，并定期清洗、消杀、维护，确保正常使用。厨余垃圾交由具备相应资质条件的单位进行无害化处理。

建筑垃圾指建筑物、构筑物和管网等的建设过程中产生的弃土、弃料和其他固体废物，包括砂浆、混凝土、砖石、废金属、钢筋混凝土桩头等废料。厂区建、构筑物占地面积约为 10.7 万 m^2 ，核电厂核岛建筑物外墙较厚，外装修简单，仅为清水混凝土墙，内装修多采用涂层；常规岛和辅助设施厂房建筑物的构造和装修相对比核岛区域更复杂。3、4 号机组施工期间预计产生建筑垃圾 7.7 万 m^3 。

建筑物的建造原材料主要包括水泥、砂石、钢材、木材等，本工程通过优化结构及基础设计方案以减少原材料的用量，并在施工过程中实行材料消耗核算制度，以加强原材料消耗管理。本工程还会推广应用各类新型建筑体系、新型节能建材，比如钢结构等可循环利用的新型建筑结构体系、墙体和屋面保温节能环保材料、新型化学建材等高性能低材耗或可再生循环利用的建筑材料等。施工现场设置建筑垃圾分类收集设施，收运过程不与生活垃圾、危险废物混合。建筑垃圾中转场设置截排水沟，并采取降尘措施。最终收集的建筑垃圾委托有资质的建筑垃圾运输、处置公司进行收运，对建筑垃圾处理公司的资质和处置方式进行审核，优先委托资源化回收利用的公司。本工程通过采取以上方式从源头削减、过程控制和末端处置三个阶段来减少原材料消耗，提高建筑垃圾资源化回收，降低建筑垃圾产生量。

施工期临时生活污水站的运行会产生生活污水，污泥经浓缩、脱水后，含水率小于 80%。3、4 号机组施工期间预计会产生约 310t 的生活污泥，优先委托进行污泥回收利用的公司进行污泥处置，并对被委托公司的处置资质、能力和相关污染防治措施进行核实。

3、4 号机组施工期间预计产生危险废物 115t，包括废油漆桶及沾染污染废物、废显（定）影液、废油漆、废酸（酸洗钝化液）、废润滑油、废齿轮油等，危废贮存设

置专门的危废贮存仓库，设置防爆空调、防爆排风机、防爆开关等电气设施，危险废物分类打包存放，设置防渗托盘，配备口罩、手套、防护胶鞋等应急物资和消防器材，以及洗眼器、喷淋等应急设施。危废贮存仓库满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐的要求，产生的危险废物定期交由有资质的单位处理或由供货商回收处置。

另外，中广核工程有限公司将在“浙江省固体废物监督管理信息系统”进行危废等固体废物的产生计划、委托利用处置情况的报备，并填写责任制、人员培训制度、应急预案制度、危险废物识别标识制度等固废管理制度落实情况，施工过程中每月更新固体废物产生台账。转移危险废物时在系统内运行电子转移联单，对数量、种类、处置协议等信息进行填写。

通过采取上述措施，核电厂施工产生的固体废弃物将尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

5.1.2.8 施工活动对社会环境的影响

本工程施工区不涉及历史古迹、考古场地、风景名胜。

核电厂施工期间大量外来施工人员进驻施工现场和附近村镇，对当地居民的日常生活造成了一定影响，但同时也增加了当地居民的就业机会和商业机会。由于核电厂建设施工期较长，大量施工人员在该地区长期居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进当地经济的发展。

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

5.2.2.1 对海域水环境及生态影响分析

5.2.2.2 海洋生物资源损失评估

5.2.3 海域施工活动对生态敏感区的影响

5.2.4 海域施工活动对航运、防洪堤坝、景观等的影响

5.2.5 施工期供水水源分析

表

表 5.2-1 三澳核电厂 3、4 号机组用海面积情况

表 5.2-2 本工程海域施工期悬浮泥沙扩散数模结果

表 5.2-3 施工造成的海洋生物损失量汇总

图

图 5.2-1 施工期 10mg/L 悬浮物扩散最大包络线与厂址附近的海洋环境管控单元的叠加图

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

三澳核电厂 3、4 号机组用海包括厂区护岸、取水明渠、取水口、拦污网、导流堤、排水口、排水管道和 4℃温升区用海等，总申请用海面积为 336.4371hm²，各项目用海情况详见表 5.2-1。本项目用海申请已通过自然资源部的预审（自然资办函〔2022〕2595 号），用海面积应控制在 338hm² 以内，用于建设取、排水设施和温排水用海，详见附录 A。

本项目海工工程包括取水工程、拦污网、排水工程、厂区护岸工程、大件码头改造工程及施工围堰。其中取水工程采用“明渠+陆域隧洞”取水方案；排水采用离岸深排“一机一洞”隧洞方案；为了对海生物进行拦截，保护冷源安全，共设置 4 个拦污网。

（1）取水工程

3、4 号机组取水设施为一次性设计建设。取水泵房位于厂区内，设置泵房前池，通过陆域取水隧洞和取水头部构筑物接入取水明渠取水，取水构筑物包括取水导流堤、取水内护岸、直立翼墙、取水头部构筑物、取水隧洞以及泵房前池岸壁。

取水明渠由大件码头结构、新建取水导流堤、取水内护岸和直立翼墙共同组成。新建取水导流堤轴线基本与厂区护岸平行布置，在西侧与大件码头衔接，取水导流堤长 607.1m，顶高程 12.5m，堤顶设置行车通道，供拦污网物资、检修车辆使用。

取水内护岸原始地形均较高，基本于山体内开挖形成，采用斜坡式结构，内护岸总长 520.7m，泵房两侧设置直立翼墙，总长 93.8m，顶高程 17.5m。取水明渠底宽 70m，设计底标高-10.0m，3~6 号明渠口门附近设置沉砂池，长 140m，底宽 70m，底标高-12.0m。

新建取水导流堤堤头位置布置灯桩一座，与 1、2 号机组导流堤灯桩设施共同标识取水口位置，避免船舶误入。

（2）拦污网

取水明渠共布置 4 道永久拦污网，第一道拦污网位于口门，为全厂 1~6 号机组共用拦污网设施，采用桩基墩台+平面网结构。1#拦污网位于取水明渠内，两端与取水导流堤和厂区护岸相接，为一字型布置。2#拦污网位于 1#拦污网后方，距离约 35m，与 1#拦污网结构形式类似，网具采用平面网+网兜结合的形式。第四道拦污网为兜底网，设置于 2#拦污网后方，采用浮筒+平面网的形式，对明渠内的杂物进行拦截，长 233.5m。

（3）排水工程

3、4 号机组采用隧洞排水，循环水经虹吸井排入排水管道后，经由排水头部构筑物排向外海，排水点位于厂区东南侧天然泥面标高约-9.5m 水深处，排水工程采用“一机一洞”隧洞方案。3、4#排水隧洞虹吸井位于 3、4 号机组取水泵房南侧，排水隧洞呈直线布置，3#排水隧洞长 2793.06m，4#排水隧洞长 2798.78m，排水隧洞有效内径 5.2m。

隧洞末端采用多点排放，在排水管道末端通过竖向立管将循环水排至远海，每条排水管道共设置顶升立管 8 座，立管内净空尺度为 1.79m×1.79m，立管间距 12m，排水头部建筑物采用钢质圆筒方案，筒身设置排水窗口，窗口底标高位于排水口海床标高以上至少 1.0m，底标高取-8.0m，顶标高取-6.0m。为避免过往船舶航行至排水头部附近撞击排水头部使其破坏影响排水安全，于头部附近抛设浮标作为警示标。

（4）厂区护岸工程

本工程建设厂区护岸工程。厂区护岸原始地形均较高，基本于山体内开挖形成，采用斜坡式结构，总长 520.7m，顶高程 17.5m。

（5）大件码头改造工程

大件码头改造工程主要是对取水导流堤以北的大件码头（及引堤）外侧斜坡式结构部分进行改造，包括拆除取水明渠侧原表面的 12t 扭王字块体和大块石后，重新加高填筑石料和护面块体形成斜坡式结构，与取水导流堤共同形成取水明渠，此段也兼与取水导流堤及施工围堰一起做围闭区域。码头改造段长度约 128.9m，改造后堤顶高程 9.35m，宽度约为 9.531m。引堤改造段长度约 53m，改造后堤顶高程 9.35m，宽度约为 9.531m。

（6）临时施工围堰

在大件码头外侧、新建取水导流堤堤身、新建施工围堰以及 1、2 号机组取水西堤内设防渗墙，与自然山体相接，为取水头部构筑物、厂区护岸、拦污网等工程提供干施工条件，防渗墙总长约 1041.5m。临时施工围堰连接 1、2 号机组取水西堤和新建取水导流堤，长 201.6m，采用斜坡式抛石结构，顶高程 11.5m。

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

5.2.2.1 对海域水环境及生态影响分析

三澳核电厂 3、4 号机组海域施工活动包括取水导流堤施工、排水管道头部透水构筑物施工、口门处第一道拦污网桩基施工以及临时围堰的施工和拆除、口门处炸礁。

（1）施工期入海泥沙对海域水质环境的影响

海工施工过程中，入海的泥沙在随潮流涨落运移过程中，其粗颗粒部分迅速沉降于入海点附近海底，细颗粒部分较长时间悬浮于水体中并随海流输移扩散，形成悬浮泥沙场，在随海流运移过程中遇到流速趋于零而慢慢沉降于海底。泥沙的扩散运移和沉降的范围与泥沙的粒径、水深和流速有关。本工程产生泥沙悬浮物的环节包括取水导流堤及临时围堰施工、拦污网墩施工、临时围堰拆除施工、炸礁施工、排水头部施工。

取水导流堤及临时围堰施工时，悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积约为 2.11km²；悬浮物浓度增量超过 20mg/L 的面积约为 1.16km²；悬浮物浓度增量超过 50mg/L 的面积约为 0.70km²；悬浮物浓度增量超过 100mg/L 的面积约为 0.43km²，10mg/L 等值线距污染源代表点的最远距离约为 1.78km，具体结果见表 5.2-2。

拦污网墩施工时，悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积约为 0.21km²；悬浮物浓度增量超过 20mg/L 的面积约为 0.05km²；悬浮物浓度增量超过 50mg/L 的面积约为 0.02km²；悬浮物浓度增量超过 100mg/L 的面积约为 0.01km²，10mg/L 等值线距污染源代表点的最远距离约为 0.92km，具体结果见表 5.2-2。

临时围堰拆除施工时，悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积约为 1.21km²；悬浮物浓度增量超过 20mg/L 的面积约为 0.55km²；悬浮物浓度增量超过 50mg/L 的面积约为 0.21km²；悬浮物浓度增量超过 100mg/L 的面积约为 0.11km²，10mg/L 等值线距污染源代表点的最远距离约为 1.42km，具体结果见表 5.2-2。

炸礁施工时，悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积约为 0.33km²；悬浮物浓度增量超过 20mg/L 的面积约为 0.17km²；悬浮物浓度增量超过 50mg/L 的面积约为 0.11km²；悬浮物浓度增量超过 100mg/L 的面积约为 0.07km²，10mg/L 等值线距污染源代表点的最远距离约为 0.79km，具体结果见表 5.2-2。

排水头部结构离岸较远，施工影响区域与其他工况不同，悬浮物浓度增量超过 10mg/L 的面积约为 1.19km²；悬浮物浓度增量超过 20mg/L 的面积约为 0.45km²；悬浮

物浓度增量超过 50mg/L 的面积约为 0.17km²；悬浮物浓度增量超过 100mg/L 的面积约为 0.05km²，10mg/L 等值线距污染源代表点的最远距离约为 1.38km，具体结果见表 5.2-2。

由于本工程采用先建设临时围堰，与取水导流堤形成封闭区域，再进行相应的施工，因此，施工期引起的泥沙入海量较小，对水质影响有限。

（2）施工期对海洋生态的影响分析

海工工程构筑物的建设将永久性改变海域原有底质条件，另外施工期间各海上作业产生的悬浮物也将对周边的海洋生态产生不同程度的影响。

— 海上施工对底栖生物影响的分析

由于本工程构筑物的挖泥以及抛石等施工，构筑物范围内的底栖生物会因为土石掩埋而死亡。施工期间挖泥作业改变了底栖生物原有的栖息环境，主要的挖泥区域位于取水导流堤与 1、2 号机组取水西导流堤形成的围海区内侧，同时由于施工需要，在两个导流堤之间建设临时施工围堰，使得所围成的区域内除少量活动能力强的底栖动物逃往他处，大部分底栖种类将被掩埋、覆盖。

— 海上施工对浮游动植物影响的分析

• 对浮游植物影响的分析

从海洋生态角度来看，施工海域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

• 对浮游动物影响的分析

浮游植物生物量的减少，会使以浮游植物为饵料的浮游动物在单位水体中拥有的生物量也相应地减少，致使这些浮游生物为食的一些鱼类等由于饵料的贫乏而导致资源量下降。

此外，施工作业引起施工海域内的局部海水的浑浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该水域内的游泳生物迁移别处，浮游生物将受到不同程度的影响。据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含

量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。但施工引起的上述环境影响是局部的，且这种不良影响是暂时的，当施工结束后，这种影响不再持续。

— 海上施工对渔业资源和渔业生产影响的分析

• 对渔业资源影响的分析

海上施工会对渔业捕捞产生一定影响。鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。抛石作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。然而，这种效应会对渔业资源产生两方面的影响：一是由于产卵场环境发生骤变，在鱼类产卵季节，从外海洄游到该区域产卵的群体，因受到干扰而改变其正常的洄游路线；二是在该区域栖息、生长的一些种类，也会改变其分布和洄游规律。

• 对水产养殖业影响的分析

海上施工对渔业生产的影响主要是对水产养殖区的影响。海上施工造成局部水中悬浮物质含量过高，使养殖区内鱼类的腮腺积聚泥沙微粒，损害鳃部的滤水和呼吸功能，甚至导致鱼类窒息死亡。不同的鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量为 6000mg/L 时，最多能存活一周；含量为 300mg/L 时，若每天做短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L 时，则鱼类能存活 3~4 周。通常认为悬浮物质的含量在 200mg/L 以下时，不会导致鱼类直接死亡。

根据施工期悬沙影响预测结果，各个工况的 10mg/L 悬浮物浓度增量包络线叠加得到最大影响范围包络线，与 3、4 号机组所在海域养殖现状图叠加，可以看出施工期产生的悬浮物最大影响包络线范围内无水产养殖，因此施工期产生悬浮物不会对周边海域养殖产生影响。

5.2.2.2 海洋生物资源损失评估

本工程建设期，构筑物的建设对用海区的占用是永久性的，海域属性改变，其海洋资源也随之丧失，这是资源损失中较大的一部分；施工时搅动产生的悬浮泥沙会对用海区附近海域生态环境产生一定影响，并造成部分海洋生物的死亡；此外，水下爆破挤淤产生的冲击波也将对海域生物资源产生一定影响。本报告根据《建设项目对海

洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中的计算方法对生物资源损失量进行估算。

（1）占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估

因建设需要，本工程占用渔业水域，使海域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失，各种类生物资源损害量评估按如下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]、千克每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立方千米（km³）。

（2）污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估

当污染物浓度增量区域存在时间少于 15d 时，应按一次性平均受损量评估，按如下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/km²）、个平方千米（个/km²）、千克平方千米（kg/km²）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分比（%）；

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

当污染物浓度增量区域存在时间超过 15d 时，应按持续性损害受损量评估方法计算生物资源的累计损害量。以影响周期为单位按如下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

W_i ——第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

T ——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

（3）水下爆破对海洋生物资源的损害评估

采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）中附录 C 的数据估算海洋生物资源的损失量。而实际施工作业时，严格执行报告书中提出的减少水下爆破对渔业资源影响的措施，将水下爆破对海洋生物资源的损失降至最低。根据规程中水下爆破对生物资源的损害评估公式，如下：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \times T \times N$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源累计损失量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_{ij} ——第 j 类影响区中第 i 种类生物的资源密度，单位为尾每平方千米（尾/km²），个每平方千米（个/km²），千克每平方千米（kg/km²）；

S_j ——第 j 类影响区面积，单位为平方千米（km²）；

K_{ij} ——第 j 类影响区第 i 种类生物致死率，单位为百分比（%）；

T ——第 j 类影响区的爆破影响周期数（以 15d 为一个周期）；

N ——15d 为一个周期内爆破次数累计系数，爆破 1 次，取 1.0，每增加一次增加 0.2；

n ——冲击波峰值压力分区总数。

（4）评估结果

鱼卵、仔稚鱼、游泳生物量取值根据 2021 年 11 月和 2022 年 1、4、7 月的三澳核电厂 15km 海域渔业资源调查结果的平均值来确定，底栖生物量取值根据 2021 年 11 月和 2022 年 1、4、8 月的三澳核电厂 15km 海域海洋生态调查结果的平均值来确定。底栖生物的平均生物量为 27.19g/m²，游泳生物的平均生物量为 573.61kg/km²，鱼卵的资源密度为 0.05ind/m³，仔鱼的资源密度为 0.17ind/m³，虾类平均生物量为 92.94kg/km²，鱼类平均生物量为 320.18kg/km²，蟹类平均生物量为 143.92kg/km²。

经计算，施工期的施工围堰、疏浚工程、悬浮泥沙及水下爆破造成底栖生物损失量 1.37t、鱼卵损失量 9.91×10⁶ 个、仔稚鱼损失量 3.44×10⁷ 尾、游泳生物损失量 3280.57kg、

鱼类损失量 13458.55kg、虾类损失量 3906.57kg，蟹类损失量 6049.48kg。详见表 5.2-3。

5.2.3 海域施工活动对生态敏感区的影响

根据地方政府提供的“三区三线”中生态保护红线的相关内容，厂址半径 15km 范围内海域的生态保护红线有官山产卵场和苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区，其中官山产卵场最近处位于厂址 NNE~NE 方位约 13km，取水口的 N~NE 方位约 13.3km，排水口 N~NE 方位约 14km；苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区位于厂址 NNE 方位约 10.5km，取水口的 N 方位约 10.9km，排水口 N 方位约 12km。两个生态保护红线距离施工区域都较远，基本上不受本工程施工影响。

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》（发布稿），全市环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类。根据《浙江省“三线一单”数据应用管理系统》，厂址附近的海洋优先管控单元主要为大尖山-霞关外侧重要渔业海域、渔寮沙滩重要旅游区、苍南文蛤省级水产种质资源保护区、官山岛产卵场保护区、木耳屿西侧沙源保护海域。图 5.2-1 为本项目施工期 10mg/L 悬浮物扩散最大包络线与厂址附近的海洋环境管控单元的叠加图。

- 大尖山-霞关外侧重要渔业海域距离厂址最近距离约为 4.5km，渔寮沙滩重要旅游区距离厂址最近距离约为 5.1km。施工产生的悬浮泥沙增量 10mg/L 包络线未进入大尖山-霞关外侧重要渔业海域和渔寮沙滩重要旅游区，施工期间产生的悬浮泥沙对这两部分海域的影响小，符合大尖山-霞关外侧重要渔业海域和渔寮沙滩重要旅游区的管控要求。
- 浙江省苍南文蛤省级水产种质资源保护区位于风湾水域，总面积约 39hm²，其中核心区面积 7.44hm²，该保护区距本工程最近距离约 11km。施工产生的悬浮泥沙增量 10mg/L 包络线距保护区有一定距离，因此对保护区的文蛤种质资源无影响。
- 官山岛产卵场保护区主要保护对象为鲳鱼（银鲳、灰鲳），面积约 46km²。该保护区距本工程最近距离约 13km。本工程施工产生的悬浮泥沙增量 10mg/L 包络线距离本保护区较远，对保护区的鱼类资源无影响。
- 3、4 号机组施工期 10mg/L 悬浮物包络范围进入木耳屿西侧沙源保护海域，主要发生在取水导流堤及临时围堰施工、临时围堰拆除施工这两个阶段，取水导流堤及临时围堰施工的施工工期为 16 个月，采用抛石施工和挖泥施工，悬浮物产生量

分别约为 0.81kg/s 和 1.41kg/s。临时围堰拆除施工的施工时长为 2 个月，采用挖泥施工的悬浮物产生量约为 1.41kg/s。该优先保护单元的空间布局约束：禁止非法侵占岸线和采挖海砂；污染物排放管控：不得新增入海陆源工业直排口。施工未改变该海域自然属性，未侵占岸线，未新增工业直排口，同时悬浮泥沙的影响随着施工期的结束而消失，符合该优先保护区的管控要求。

根据数模预测结果，三澳核电厂 1、2 号机组施工期间悬浮泥沙增量 10mg/L 最大包络线也进入木耳屿西侧沙源保护区。根据《中广核浙江三澳核电厂一期工程邻近海域水生生态与渔业资源调查总报告》中的施工前 2016 年现状调查数据，秋季整个海区总体悬浮物值介于 4.3mg/L~329.5mg/L 之间，总体平均悬浮物值为 74.2mg/L，冬季整个海区总体悬浮物值介于 7.1mg/L~236.6mg/L 之间，总体平均悬浮物值为 55.5mg/L；春季整个海区总体悬浮物值介于 6.4mg/L~132.0mg/L 之间，总体平均悬浮物值为 30.5mg/L。

根据《浙江三澳核电一期工程施工期海洋生态环境影响跟踪监视监测简报》的结果，木耳屿西侧沙源保护地附近海域 2021 年 10 月悬浮物浓度小于 280mg/L，11 月悬浮物浓度 60~80mg/L，12 月悬浮物浓度 120~160mg/L，2022 年 1 月悬浮物浓度 60~80mg/L，2 月悬浮物浓度 40~80mg/L，3 月悬浮物浓度 40~60mg/L。与施工前 2016 年监测的海域悬浮物浓度相比，施工期附近海域悬浮物浓度值处于施工前的监测值波动范围内，监测简报得到结论为填海区未出现明显升高，说明用 1、2 号机组施工未引起周边海域的悬浮物明显升高，泥沙入海情况不明显。类比 1、2 号机组施工期悬浮泥沙影响结果，在落实施工污染防治措施后，本工程悬浮泥沙总体对木耳屿西侧沙源保护区的影响有限。

5.2.4 海域施工活动对航运、防洪堤坝、景观等的影响

根据《苍南县渔业专用航道规划》，工程区附近航道主要有后槽村主航道（Z15）、中南部避风内航道（Z16）、北关港主航道（Z17）、南关港主航道（Z20）、霞关渔港主航道（Z21）、南坪村主航道（Z22）。距离本工程最近的航道为中南部避风内航道（Z16），导流堤距离航道边界最近直线距离约 780m。排水管道下穿 Z16 航道处隧洞覆土厚度约 28m。

根据《中广核浙江三澳核电厂二期工程航道通航条件影响评价报告》（武汉理工

大学，2022.09）（2022年9月21日通过评审）相关结论：运泥船对附近在航的船舶会产生交叉相遇等会遇局面，存在需避让危险的情况，但航行海域水域开阔，通视条件较好，水深良好，船舶可提前预判、及时避让；施工船舶进出施工水域对进出大件码头专用航道内船舶的航行会产生干扰，但该航道内船舶航行频次很低，且施工船舶可回旋余地较大，故这种干扰不大。总体而言，本工程的建设对周边水域船舶的交通流组织、船舶通过能力及通航秩序影响较小。

厂址附近岸线目前为自然岸线，没有人工防洪堤坝。预计本工程建成后，原有的以自然岸线为主的自然景观将被人工景观所代替。

5.2.5 施工期供水水源分析

（1）供水水源

三澳核电厂3、4号机组施工期用水来自苍南水务南部供水有限公司，取水口设置在铁场净水厂出水口。苍南水务南部供水有限公司现状供水系统为位于马站育才中学旁的铁场净水厂和十八孔水库制水车间，以铁场水库和云遮水库为水源，十八孔水库为应急备用水源。铁场净水厂原设计日处理规模为0.75万t/d，目前，已扩建改造，扩建完成后，日处理规模为1.75万t/d；十八孔水库制水车间现状日供水规模为0.3万t/d。

铁场水库位于苍南县马站镇，水库开工于1998年，竣工于1999年，水库集雨面积为4.52km²，总库容为142.9万m³，正常库容为114.5万m³，死库容为1.40万m³，正常蓄水位96m，死水位76m，铁场水库工程是以供水为主，兼顾防洪及改善水环境等综合利用水利工程。铁场水库现状主要向铁场净水厂供水。

云遮水库集雨面积8.03km²，总库容286万m³，兴利库容217万m³，2019年底通水。云遮水库将与十八孔水库、铁场水库形成供水网络，供马站、沿浦、渔寮、霞关等乡镇生活用水。

十八孔水库是一座防洪、灌溉、供水、发电的综合利用的小I型水库，是下游生活、生产用水的主要来源，同时也承担灌区的灌溉任务。十八孔水库发电尾水作为灌溉用水，水库的输水洞为灌区的渠首取水工程。

3、4号机组核电机组施工阶段，以苍南水务南部供水有限公司铁场净水厂自来水作为施工供水水源，利用1、2号机组已建取水管线取水。

（2）水资源利用的合理性分析

三澳核电厂 3、4 号机组施工期用水包括施工生产用水和施工人员的生活用水。根据《浙江三澳核电厂二、三期工程水资源论证报告》，3、4 号机组施工期，最大日用水量为 4491.4m³/d，最大日历年用水量为 82.10 万 m³/a，高峰年用水量为 84.16 万 m³/a。

3、4 号机组施工期生产生活用水的取排水方案与三澳核电厂 1、2 号机组一致，取水、排水设施共用。3、4 号机组施工期最大日历年用水量预计发生在 2025 年，施工期连续 12 个月最大用水量预计发生在 2024 年 11 月至 2025 年 10 月。根据《中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组水资源论证报告书》，预计 2025 年 1、2 号机组年用水量 52.63 万 m³/a。

铁场净水厂现状实际年供水量为 452 万 m³/a，扣除其他用水户用水后，铁场净水厂现状剩余可供水量为 193.86 万 m³/a，可以满足三澳核电 1~4 号机组施工期用水量 136.79 万 m³/a 的需求，水源可靠。

综上，3、4 号机组施工期用水量在铁场净水厂的供水指标范围内，三澳核电厂 3、4 号机组施工期用水水源可靠，不会影响其他用水户用水。

表 5.2-1 三澳核电站 3、4 号机组用海面积情况

序号	项目用途	用海方式	用海面积 (hm ²)
1	厂区护岸	非透水构筑物	0.4576
2	取水明渠	取、排水口	4.0045
3	取水口	取、排水口	2.7599
4	拦污网	透水构筑物	1.3822
5	导流堤	非透水构筑物	10.6374
6	排水口	透水构筑物	7.4329
7	排水管道	海底电缆管道	4.1993
8	4°C温升区	温排水	305.5633
	合计		336.4371

表 5.2-2 本工程海域施工期悬浮泥沙扩散数模结果

施工 类型	悬浮物浓度 (mg/L)				
	影响包络面积 (km ²)	10	20	50	100
取水导流堤及临时围堰施工		2.11	1.16	0.7	0.43
拦污网墩施工		0.21	0.05	0.02	0.01
临时围堰拆除施工		1.21	0.55	0.21	0.11
炸礁施工		0.33	0.17	0.11	0.07
排水头部结构施工		1.19	0.45	0.17	0.05

表 5.2-3 施工造成的海洋生物损失量汇总

种类	施工围堰	疏浚工程	悬浮泥沙	水下爆破	总计
底栖生物	0.28t	1.09t	-	-	1.37t
鱼卵	4.83×10^3 个	1.90×10^4 个	7.89×10^6 个	2.00×10^6 个	9.91×10^6 个
仔稚鱼	1.68×10^4 尾	6.61×10^4 尾	2.74×10^7 尾	6.94×10^6 尾	3.44×10^7 尾
游泳生物	5.83kg	22.97kg	3251.77kg	-	3280.57kg
鱼类	-	-	-	13458.55kg	13458.55kg
虾类	-	-	-	3906.57kg	3906.57kg
蟹类	-	-	-	6049.48kg	6049.48kg

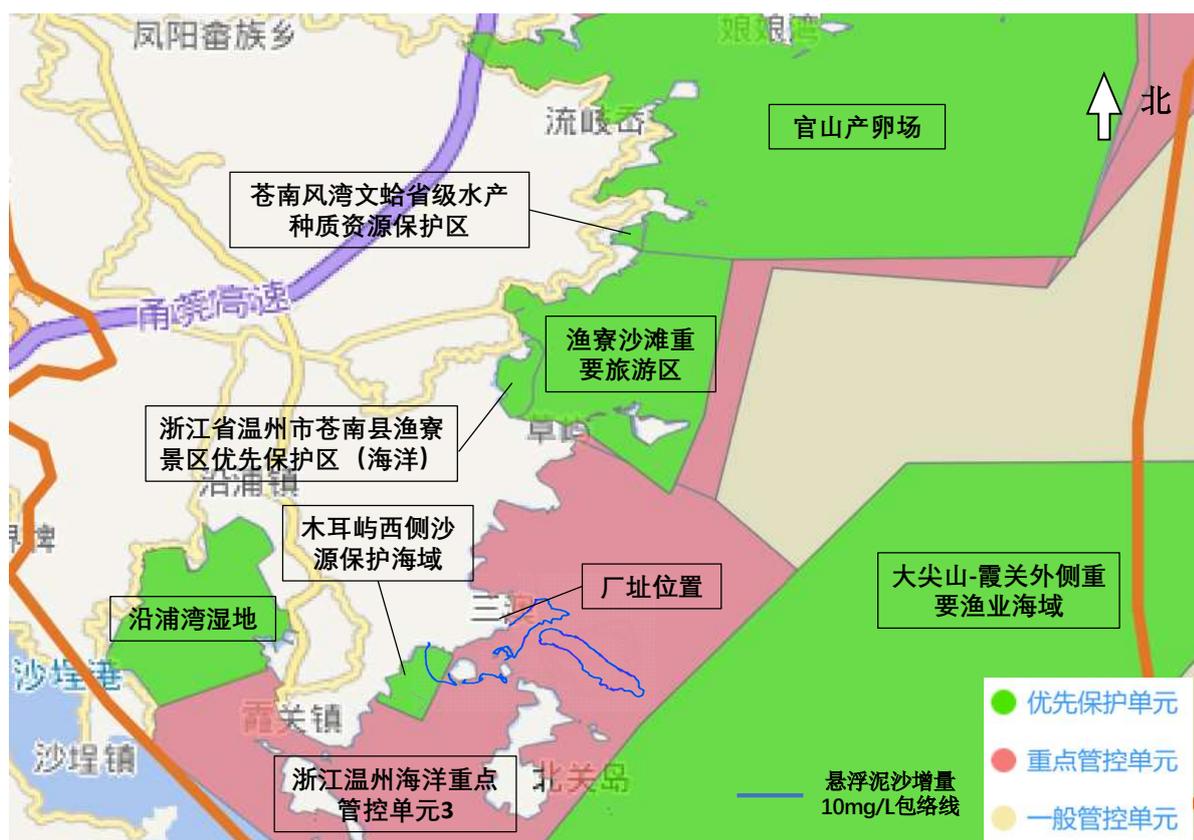


图 5.2-1 施工期 10mg/L 悬浮物扩散最大包络线与厂址附近的海洋环境管控单元的叠加图

5.3 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

5.3.3 施工期环境监测

5.3.3.1 陆域环境监测方案

5.3.3.2 海域环境监测方案

5.3.4 水土保持监测

5.3 施工影响控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

三澳核电厂 3、4 号机组在施工期间对陆域环境的影响主要是不同工程阶段和工程子项目建设对陆地生态、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，建议施工过程中采取相应的防治和有效缓解措施，主要包括：

（1）大气环境

- 施工现场按规定在周边设置围挡，并按照浙江省扬尘控制要求配备扬尘控制设备、设施、机具，施工出入口、施工通道、生产加工区及物料堆场地面硬化处理；
- 施工现场配置移动式洒水设备和移动式雾炮，适时开启降尘；
- 砂、石等散粒状材料集中分类存放，采取覆盖和洒水等降尘措施；粉状物料封闭分类存放，存取时采取相应的降尘措施；
- 建筑土方、工程渣土、建筑垃圾及时清运，在场地内堆存超 24 小时的采取防尘网遮盖等措施；
- 施工期间爆破、混凝土搅拌和物料运输过程等引起粉尘和地面尘土飘散，为降低其对大气环境的影响，保护施工人员的身体健康，建议施工过程中采取洒水抑尘、深孔爆破、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；
- 施工期间施工车辆运送原材料、设备和建筑机械设备的运转均会排放 CO、NO₂ 以及未完全燃烧的 HC 等，排放量小，且属间断性无组织排放，露天场地开阔，易于扩散。建议减少怠速行驶，加强施工管理和设备检查、维护，选择环保型机械设备；
- 施工现场车辆出入口设置车辆冲洗设施，散装粉状材料采用密闭容器运输，袋装粉状材料采用厢式货车运输；易产生扬尘污染的散状物料优先采用密封式货车运输，采用非密封式货车时，装载高度不超过车辆槽帮上沿，且遮盖严实；
- 对照《浙江省重点行业挥发性有机物污染防治技术指南》要求，选择燃烧法、吸附法等高效治理设施对喷漆废气进行处理；
- 对施工期使用的涂料、胶粘剂等进行识别，建立低 VOCs 含量原辅材料替代计划，推动使用低 VOCs 含量涂料；
- 加强区域内的场地绿化，栽植能减少扬尘的高矮不等的乔木、灌木。

（2）声环境

- 尽量使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减振装置，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态；
- 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，高噪声施工设备和工艺不在夜间进行，以减缓对声环境保护目标的影响；
- 物料运输过程中严格控制行车速度，禁止鸣笛，尽量降低对周边声环境的影响；
- 对于土石方爆破、场地负挖和设备操作带来的振动和噪声影响，采取深孔爆破方法，合理选择装药量，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放等方式，来控制噪声及振动影响的范围；
- 厂区绿化，选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，以减轻对周围声环境的影响。

（3）生态环境

- 为减少施工过程特别是场平阶段对厂区生态的影响，应尽量保留原有地表表土，在厂区绿化过程中优先采用原有表土，栽培地方特有物种，搭配对粉尘有较好抑制效果的乔木和灌木；
- 施工过程中，沿厂区外边界、场地四周、厂内主要道路两侧、主要建构物基坑周边地表布设临时排水沟，并在出口处配套沉砂池；
- 裸露地表采用土工布苫盖，临时堆土坡脚布设袋装土拦挡，建构物基础开挖回填土方周边布设袋装土拦挡、土工布苫盖措施；
- 施工后期沿厂内道路和建筑物周边设置雨水管并顺接至厂区周边排水沟；
- 施工结束后主厂房附近空地采用砾石压盖，保护区外围绿化区进行表土回填、场地平整，并进行园林式绿化；
- 进行水土保持监测，掌握水土流失情况，评价本工程的建设对水土流失的实际影响，了解水土流失工程所起的作用，优化水土保持措施。

（4）放射源及化学物品管理

- 施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验，管理措施如下：
 - 1) 聘请有相应辐射安全许可的专业检测公司开展；
 - 2) 根据生态环境部颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行管理；

- 3) 放射源存放在厂区内专用源库中，并设专人看管和安保监控；
- 4) 使用放射源的作业区范围内设置警示区和警戒线，防止有人误入控制区；
- 5) 探伤操作人员佩戴个人剂量计和报警器，监控工作过程中个人所受辐射剂量。

现场配备巡检仪，监控放射性工作场所的剂量水平。

- 核电厂建设施工阶段，将涉及多种化学物质的使用。在施工时，严格执行制定的化学物品管理使用规定，对化学物品的贮存和使用量严格控制，产生的危险废物由相关资质单位处理或由供应商回收处理。

(5) 固体废弃物管理

建设单位将制定严格的施工环境管理规定，对建筑垃圾和生活垃圾分类处理。建筑垃圾中不可回收利用的废弃物运至建设单位指定的建筑垃圾临时堆放场，可回收利用废弃物应尽量回收再利用。具体管理措施包括：

- 危险废物、建筑垃圾、生活垃圾等分别投放，分别委托运输、处置；
- 建筑垃圾应根据其种类和资源化利用要求分类收集、分类堆放；建筑垃圾应遵循优先就地利用的原则。工程渣土优先利用次序为回填、场地覆盖或园林种植用土、再生利用；废弃泥浆优先利用次序为固化回填、再生利用；工程垃圾优先利用次序为再生利用、回填；装修垃圾优先利用次序为分类回收、再生利用；建筑垃圾装卸等易产生扬尘的环节采取抑尘、降尘措施；
- 生活垃圾收集点内生活垃圾每天清运不少于 1 次，清运作业时，垃圾不落地；垃圾收集点定期清洗、消杀，并保留记录。无垃圾散落、无污水积存、无明显臭味；垃圾收集点内设施定期维护、保养，确保正常使用；
- 禁止随意倾倒、丢弃所产生的危险废物，按照国家有关安全管理和环境保护的规定进行处理和回收；危险废物交由相应承包商和具有相应处理资质的单位进行统一回收和处理；在收集和外送处置的过程中，危险废物建立台账，做到账物相符；建设单位不定期对全厂危险废物的管控进行监督检查，保证实施过程的规范和有效性。

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

为减少施工期间的海洋环境影响，建议采取的措施主要有：

- 为减轻水下爆破对渔业资源的影响，建设单位委托有资质的单位编制水下爆破方

案，进行专业的安全论证，并报有关部门审批，水下爆破严格按照审批通过的爆破方案由专业的施工队伍有组织地进行作业；

- 基槽挖泥作业采用密闭式抓斗挖泥船，以减少悬浮泥沙的流失；施工所挖泥沙送至当地海洋行政主管部门指定的抛泥区倾倒，并接受监督；
- 为减小施工悬浮泥沙的扩散及对海洋生态环境的影响，根据施工填石的大小、尺寸及性质，围堤地质特性，采取合理控制单次爆破药量及单孔药量、微差延迟爆破等措施；
- 妥善安排施工时间，尽快避开海洋生物产卵期，尽量采取低潮施工、避免在台风或天文大潮等不利气象条件下进行施工，并尽量缩短施工对海水水质影响的时间；
- 船舶航行过程中产生的含油污水、生活污水等，按照《船舶水污染物排放控制标准》（GB 3552-2018）中的排放控制要求，通过船载污水处理装置处理后排放，无船上污水处理能力的将污水收集后排入经海事管理机构批准的船舶污染物接收单位；
- 船舶垃圾进行分类收集储存，排入经海事管理机构批准的船舶污染物接收单位；
- 施工现场道路保持通畅，排水系统处于良好的使用状态，保证施工现场无积水；
- 施工及办公人员的生活污水由 1、2 号机组已建成和本期拟建的生活污水处理站进行处理，处理后用于厂内绿化、路面浇洒等进行回用，不外排。加强对污水站的维护管理，定期监测回用水水质，确保污水站运行稳定；
- 场地冲洗、混凝土搅拌等生产废水经沉淀池处理后，全部回用不外排。

5.3.3 施工期环境监测

核电厂的施工包括陆域工程和海域工程的建设，这些工程的建设会造成厂址附近局部陆域及海域环境质量受到影响，1、2 机组施工期间已委托相关资质单位开展陆域及海域环境监测工作。为掌握核电厂 3、4 号机组建设期间对陆域及海域环境造成影响的程度，检验核电厂施工期间采取的减缓环境影响措施的实施效果，促使施工单位采用更合理的工艺以最大限度降低工程建设对周边环境的不利影响，建设单位将重新招标，委托相关资质单位分别开展三澳核电厂 3、4 号机组施工期间的陆域及海域环境监测工作，专题单位根据环保相关法律法规、环境影响评价报告要求编制陆域及海域环境监测大纲，待大纲通过审查后开展监测工作，定期进行环境动态监测，跟踪区域环

境质量变化，及时反馈建设方。

5.3.3.1 陆域环境监测方案

本节给出了陆域施工期污染物排放监测和环境监测方案的建议，陆域环境监测内容环境空气、噪声和固体废物管理三部分。

a、环境空气监测：厂区周围敏感点位布设于长沙村、库下村（进厂道路）、陈家坪村（应急道路），监测指标包括总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、细颗粒物（PM_{2.5}）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）、臭氧（O₃）。监测频次为每季度一次，每季度应选择有代表性的 7 天开展，SO₂、NO₂、CO、O₃ 监测小时浓度和日均浓度，TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 监测日均浓度。

无组织排放监测时，在厂区和施工准备区（库下、虎口垄）上风向和下风向分别设置参照点和监控点，厂区下风向设置 2 个监控点，监测点位设在主要污染源下风向边界外 10m 处，监测指标为 TSP、SO₂、NO₂、CO，季度监测，每次取连续监测 1 小时浓度均值。在危险废物存放集装箱区域的上下风向设置监测点位，监测指标为 TSP、臭气浓度、非甲烷总烃，每半年监测。

b、噪声监测：点位应布设于厂界外 1m、库下地块西北侧、虎口垄地块西北侧、深湾地块西南侧、长沙村（应急道路）、三茆村、库下村（进厂道路）、陈家坪村（应急道路）。厂界和敏感点监测等效连续 A 声级（L_{Aeq}），夜间同时测量最大声级（L_{Amax}）。监测频次为每季度一次，每次不少于 2 天，每次分昼间和夜间监测。可根据现场情况及敏感点变化适当调整点位。

c、固体废物管理：监测频次为半年一次，核查建筑垃圾、生活垃圾和污水处理设施产生的污泥等处理情况、转运清单、管理台账，达到：分类安全贮存、及时清运、处置去向明确。

5.3.3.2 海域环境监测方案

根据 3、4 号机组周边环境特征及工程实际影响情况，为避免监测站位资源重复及站位相近导致混乱，本工程沿用 1、2 号机组已设定的监测站位。监测类型包括监督监测和全面站监测两类，监督监测站位 15 个，全面站监测站位 28 个，全面站监测站位

中包括海洋生态、生物质量跟踪监测站位 12 个，海水水质监测站位 24 个，沉积物质量监测站位 12 个。

监督监测在施工开始前采样监测一次；施工期每月进行 1 次（全面监测月份不进行监督监测）；工程完工后一个月进行施工期监测最后一次采样，根据施工进度做必要调整，监测内容为海水水质；全面监测包括施工期每年监测 2 次海水水质、沉积物，生物质量和生物生态每年监测 1 次，施工结束后再对海水、沉积物、生物生态和生物质量监测 1 次。监测方案满足《海洋监测规范》（GB 17378-2007）、《近岸海域环境监测技术规范》（HJ 442-2020）、《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（原国家海洋局，2002 年 4 月）等的相关要求。

5.3.4 水土保持监测

依据《水利部办公厅关于印发〈全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分结果〉的通知》、《浙江省水土保持规划》、《温州市水土保持规划》、《苍南县水土保持规划》，本工程所在的苍南县不涉及水土流失重点防治区。依据《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T 50434-2018），本工程水土流失防治执行南方红壤区建设类项目二级标准。

（1）监测范围

目前，三澳核电厂 3、4 号机组水土保持方案已通过审批（水许可决〔2022〕72 号），根据水保方案，本工程水土流失防治分区分为厂区、边坡及防排洪工程区、施工生产生活区、施工道路区、表土堆存场区和海工工程区等 6 个防治分区。

（2）监测内容及方法

水土保持监测方法主要采用地面观测、实地调查测量、卫星遥感监测、无人机遥感监测等方法。

水土保持监测内容主要包括：水土流失自然影响因素、扰动土地情况、水土流失状况、水土流失防治成效、水土流失危害。

（3）监测点位

针对各防治分区的水土流失特点，在厂区、边坡及防排洪工程区、施工生产生活区、施工道路区、表土堆存场区等布置水土保持监测点位。

第六章 核电站运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其它环境影响

6.4 初步退役计划

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

6.1.4 参考资料

表

表 6.1-1 1~4 号机组运行工况取水口温升（℃）

表 6.1-2 1~4 号机组运行工况全潮最大温升包络面积（km²）

表 6.1-3 温排水与厂址海域周围“三线一单”近岸海域环境分区管控单元管控要求相符性分析

图

图 6.1-1 半月潮最大温升分布图

图 6.1-2 夏、冬季典型时刻排水口剖面温度垂向分布图

图 6.1-3 半月潮最大温升包络区域与近岸海域环境功能区划相对位置示意图

图 6.1-4 最大温升包络区域与“三线一单”近岸海域环境分区管控单元相对位置示意图

6.1 散热系统的环境影响

三澳核电厂规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，采用一次规划、分期建设模式，三澳核电厂 3、4 号机组建设 2 台华龙一号技术融合方案机组，采用海水直流冷却方式，冷却水源为厂址附近海域海水。3、4 号机组的循环冷却水流量为 $123\text{m}^3/\text{s}$ ，取排水温升为 8.25°C 。

6.1.1 散热系统方案

（1）取水方案

选址阶段结合本工程环境敏感点的分布情况、海流特点、水深、海底地形等厂址条件，采用南侧深槽近岸取水的布置原则，结合不同总平面布置开展了不同类型取水方案筛选。从土石方裕量、冷源防护措施、泥沙清淤、波浪掩护、施工角度、运行维护及检修、取水工程对 1、2 号机组影响、海工造价匡算等八个方面开展比选，并经外部专家评审，筛选出“明渠+陆域隧洞”方案和“离岸蘑菇头+直通泵房暗涵”两个方案，并最终确定了“近岸明渠+陆域隧洞取水”取水工程方案。

本阶段取水设计方案进一步细化，具体方案描述如下：2 台机组共用一座泵房前池，前池长 144.1m，宽 45m，底高程-13.5m，顶高程 17.5m。陆域取水隧洞采用一机一洞的形式，2 台机组设置 2 条隧洞，隧洞有效洞径为 6.2m，3、4 号机组取水隧洞分别长 177.5m 和 230.1m。

取水构筑物包括取水导流堤、厂区护岸、取水头部构筑物、取水隧洞以及泵房前池岸壁。取水明渠由大件码头结构、新建取水导流堤、厂区护岸共同组成。新建取水导流堤轴线基本与厂区护岸平行布置，在西侧与大件码头衔接，取水导流堤长 607.1m，顶高程 12.5m，堤顶设置行车通道，供拦污网物资、检修车辆使用。

厂区护岸原始地形均较高，基本于山体内开挖形成，采用斜坡式结构，总长 520.7m，泵房两侧设置直立翼墙，总长 93.8m，顶高程 17.5m。

取水明渠底宽 70m，设计底标高-10.0m，明渠口门附近设置沉砂池，长 140m，底宽 70m，底标高-12.0m，明渠口门宽约 95m，底标高约-12.0m。明渠内原始地形标高约-6.0m~17.5m。取水明渠共布置 4 道永久拦污网。

（2）排水方案

选址阶段根据最新水文资料及海底地形资料，结合周边海域环境敏感点及国土空

间规划、生态红线等开展温排水数模计算并进行多方案的比选，在叠加 1、2 号机组排水基础上，三澳核电厂 3、4 号机组开展了北向、东向和东南向等不同方向以及最优方向的不同距离组合方案的比选，从工程造价、生态红线区符合性、温升 4℃ 线与岛屿的关系及施工可行性等方面开展综合分析，最终确定了“离岸深排”的排水工程。

本阶段排水设计方案进一步细化，具体方案描述如下：采用厂址东南向 2.5km 离岸暗排，一机一洞，排水隧洞呈直线布置，3 号机组排水隧洞长 2793.06m，4 号机组排水隧洞长 2798.78m，排水隧洞有效内径 5.2m。

隧洞末端采用多点排放，在排水隧洞末端通过竖向立管将循环水排至远海，每条排水隧洞共设置顶升立管 8 座，立管内净空尺度为 1.79m×1.79m，立管间距 12m，排水头部建筑物采用钢质圆筒方案，筒身设置排水窗口，窗口底标高取-8.0m，顶标高取-6.0m。每座顶升立管由 1 节底座管节、1 节顶头管节和多节标准管节组成，并配有一个转向法兰。管节间通过法兰及螺栓连接。立管顶部安装钢格栅排水头。管节结构外包尺寸 2190mm×2190mm，壁厚 200mm，管节长度均为 1.5m。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

南京水利科学研究院开展了本工程的泥沙数模专题分析，并编制形成了《浙江三澳核电厂二期工程泥沙数值模拟计算研究报告》（2022 年 7 月），本节根据上述资料分析取排水工程对厂址附近海域的水动力条件的影响。

（1）水动力条件变化

三澳核电厂 3、4 号机组的海域工程主要为取排水工程，海域工程实施后，将导致工程区域流场发生不同程度的变化。

1) 3、4 号机组实施后涨、落急流矢情况分析

工程海域潮流运动呈涨潮西南向和落潮东北向的往复流运动形态。核电工程北侧的回填区减弱了北侧近岸两个海湾的潮流动力条件，其中落潮期间两个海湾的动力影响程度会相对大一些；工程南侧海域在多个岛屿的约束下，潮流在穿过岛屿间通道时的动力相对较强，最大流速达到 1.0m/s；在本工程取水明渠前缘防波堤向海推进的条件下，防波堤外侧潮流流向与防波堤走向基本一致，而潮流强度具有增强的趋势。

本项目实施前后，受工程取水影响，防波堤堤头及防波堤后方的潮流强度和范围

会产生一定变化。但工程取水并不会改变防波堤外围的潮流运动趋势。

2) 3、4 号机组实施前后涨、落潮平均流速变化分析

围堰和防波堤工程实施造成的流速变化范围主要集中在围堰和防波堤及其周边水域，影响范围在围堰工程东北侧 3km（落潮）和取水工程西南侧 5km（涨潮）之间。围堰西侧两个海湾水域平均流速减小 0.01m/s，最大流速减小 0.02m/s。围堰东北侧部分水域受围堰挑流影响流速有所增强，增幅在 0.03m/s~0.05m/s 之间。在本工程取水口防波堤外扩情况下，防波堤与岛屿间通道的水动力条件呈增加趋势，涨、落潮最大增幅在 0.2m/s。取水渠道水域在防波堤的掩护下流速均呈减弱趋势。

本工程取水明渠及其口门附近在夏季大潮水情条件下的流速变化情况可以看出，取水明渠水域的流速基本呈增加趋势，但也有口门区水域的个别区域流速减小的情况。

(2) 地形地貌与冲淤变化分析

本工程对该海域的影响一般要几十年基本达到冲淤平衡。根据数模并考虑多种因素的预测结果，综合考虑电厂寿期内（约 60 年），取水明渠口门区域淤积超过 3.0m，取水明渠渠道内淤积在 2.0m~3.0m 之间。取水口外侧附近岛屿间海床将呈冲淤相间状态，冲淤范围主要集中在草屿、弹棉屿与取水明渠防波堤北端，取水明渠口门向海 1km 范围内。防波堤与口外岛屿间的深槽受防波堤束水作用呈冲刷趋势，在向外海草屿、弹棉屿北侧呈现淤积趋势，冲淤幅度在 1.0m 以内。

根据方案计算的冲淤结果来看，工程实施后，由于取水前池留有备淤水深，因此能满足工程取水要求。建议对明渠和前池定期清淤，以确保工程取水的安全。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

南京水利科学研究院开展了本工程温排水数值模拟专题研究，并编制形成了《浙江三澳核电厂二期工程温排水数值模拟计算研究报告》（2022 年 8 月）。本节将根据上述专题分析本工程温排水的影响。

(1) 模拟方法

采用 MIKE3 FM 软件的温盐模块开展本项目三维温排水研究。水流数学模型控制方程如下：

该模型是在 Boussinesq 和静水压力的假设下，基于三维不可压缩雷诺平均 Navier-Stokes 方程求解，引入 σ 坐标系：

$$\sigma = \frac{z - z_b}{h} \quad (1)$$

σ 在 0 和 1 之间变化。

在 σ 坐标系中，控制方程如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} + \frac{\partial hw}{\partial \sigma} = hS \quad (2)$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} + \frac{\partial h w u}{\partial \sigma} = f v h - g h \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{h g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + h F_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + h u_s S \quad (3)$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial h v u}{\partial x} + \frac{\partial h w v}{\partial \sigma} = -f u h - g h \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{h g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + h F_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + h v_s S \quad (4)$$

变化后的 σ 坐标系中垂向速度为：

$$\omega = \frac{1}{h} \left[\left(w + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma \left(\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right) \right] \quad (5)$$

水平扩散项为：

$$h F_u \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(2hA \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) \quad (6)$$

$$h F_v \approx \frac{\partial}{\partial x} \left(hA \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(2hA \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (7)$$

式中： t 为时间；

h 、 η 为总水深和水位；

u 、 v 、 w 是 x 、 y 、 z 方向上的速度分量；

$f = 2\Omega \sin\Phi$ 为科氏力参数（ Ω 为角速度， Φ 为地理纬度）；

g 为重力加速度；

ρ 为水的密度， ρ_0 为水的参考密度；

s_{xx} 、 s_{xy} 、 s_{yx} 、 s_{yy} 为辐射应力张量的分量；

A 为水平涡粘系数；

v_t 为垂向涡粘系数；

P_a 为大气压；

S 为源强， (u_s, v_s) 为源项速度。

本次数模采用的热输运控制方程如下：

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{\partial huT}{\partial x} + \frac{\partial hvT}{\partial y} + \frac{\partial hwT}{\partial \sigma} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + \frac{K_s \Delta T}{\rho C_p} + hT_s S \quad (8)$$

$$hF_T \approx \left[\frac{\partial}{\partial x} (hD_h \frac{\partial}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (hD_h \frac{\partial}{\partial y}) \right] T \quad (9)$$

式中： T 为水体温度；

ΔT 为水气温差；

T_s 为源项温度；

D_v 为温度垂向扩散系数；

D_h 为温度水平扩散系数；

K_s 为水面综合散热系数；

C_p 为水体比热。

(2) 主要参数

水流数学模型中的主要参数为粗糙高度 h_s 、水平涡粘系数 A 、垂向涡粘系数 ν_t 。

根据电厂附近海域的实际情况，通过模型率定粗糙高度 h_s 选为 0.02m。

水平涡粘系数 A 采用 Smagorinsky 扩散率公式计算，认为水平涡粘系数与水平网格尺度及速度梯度非线性项有关。

$$A = C_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中： C_s 为常数，选为默认值 0.28；

l 为水平网格尺度；

$$\text{变形率 } S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), (i, j = 1, 2)。$$

ν_t 采用 log-law 模型计算。

温升场数学模型中主要包含有水平扩散系数 D_h 、垂向扩散系数 D_v 以及水面综合散热系数 K_s 等 3 个待定参数。

水平扩散系数 D_h 采用水平涡粘系数 A 的线性关系 ($D_h = A/\sigma$ ，本次 σ 取 1)，排水口附近海域 D_h 平均值总体介于 $0.1\text{m}^2/\text{s} \sim 5\text{m}^2/\text{s}$ 之间。

垂向扩散系数 D_v 采用的线性关系 ($D_v = \nu_t/\sigma$ ，本次 σ 取 1) 排水口附近海域 D_v 平均值总体介于 $0.001\text{m}^2/\text{s} \sim 0.01\text{m}^2/\text{s}$ 之间。

水面综合散热系数 K_s 按照《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》(SL160-2012) 推荐的公式确定：

$$K_s = (b+k)\alpha + 4\varepsilon\sigma(T_s + 273)^3 + (1/\alpha)(b\Delta T + \Delta e)$$

式中: $\alpha = (22.0 + 12.5v^2 + 2.0\Delta T)^{1/2}$;

$$\Delta T = T_s - T_a;$$

$$\Delta e = e_s - e_a;$$

$$k = \frac{\partial e_s}{\partial T_s};$$

K_s 为水面综合散热系数 (W/(m²·°C));

α 为水面蒸发系数 (W/(m²·hPa));

b 可取为 $0.66 \times \frac{P}{1000}$ (hPa/°C);

P 为水面以上 1.5m 处的大气压 (hPa);

v 为水面以上 1.5m 处的风速 (m/s);

ε 为水面辐射系数, 可取 0.97;

σ 为 Stefan-Boltzman 常数, 其值为 5.67×10^{-8} (W/(m²·°C⁴));

T_a 为水面以上 1.5m 处的气温 (°C);

T_s 为水面水温 (°C);

e_s 为水温为 T_s 时相应的水面饱和水汽压 (hPa);

e_a 为水面以上 1.5m 处的水汽压 (hPa);

采用厂址海域典型的水文、气象资料, 计算得到夏季(7~9 月) K_s 约 45.7W/(m²·°C), 冬季 K_s (1~3 月) 约 25.9 W/(m²·°C)。

(3) 计算区域

根据工程海域的实际情况, 本次研究模拟海域范围约为 165km×75km。西边界选取在閩峡海洋站附近, 东边界选取在洞头海洋站附近。

数学模型计算域采用非均匀三角形网格剖分, 外海海域最大网格尺度约为 3.0km, 由外海海域至工程海域网格逐渐加密, 特别是取、排水口位置附近的网格尺度应保证能够反映出工程实际, 其最小网格尺度约 20m。整个模型沿水深方向采用均匀地分为 6 层。计算海域的网格总数为 99468 个, 单元点总数为 188790 个。排水口处

(4) 水文条件

计算水文条件包括数学模型验证计算所需的实测水文条件和温排水影响预测计算所需的典型水文条件。

利用原型观测水文资料作为水流数学模型验证及温排水计算的水文条件，根据浙江省水利河口研究院在工程海域进行的夏、冬季全潮水文原型测验，选取以下 2 个实测半月潮水文条件开展计算：

2021 年夏季实测半月潮测量时间 2021 年 6 月 25 日~7 月 10 日；

2022 年冬季实测半月潮测量时间 2022 年 1 月 1 日~16 日。

（5）模型验证

结合 2021 年夏季和 2022 年冬季水文原型观测资料，对建立的三维水流数学模型进行了验证计算，验证结果如下：

1) 潮位验证结果良好：各潮位测站高、低潮潮位误差总体在 10cm 以内，高低潮潮时误差总体在 30min 以内，表明计算得到的潮波运动与实际潮波吻合良好，数学模型较好地反映了工程所在海域的实际潮波运动情况。

2) 流速基本呈现由表至底略有减小的规律，各层流速过程相似，各时刻流向基本一致，与实测规律一致。

3) 工程近区测点（V1、V3、V5、V6）不同深度的计算流速、流向与实测过程吻合良好，流速、流向过程线的形态基本一致，流速误差多在 0.1m/s 以内，除转流时刻外的流向误差均较小。特别地，位于厂址西南侧河口区的 V2 测点受复杂边界、无实测地形等影响，部分时段流速差异稍大，但流向验证仍较好。

4) 总体而言，所建立的三维潮流数学模型较好地模拟了三澳核电工程附近海域的潮位、潮流变化情况，分层流速、流向验证良好，可据此开展三澳核电温排水三维数值模拟研究工作。

（6）温升分布预测

1) 取水口温升

通过开展厂址附近海域三维温排水数值模拟，表 6.1-1 给出了三澳核电厂 1~4 号机组运行工况下夏、冬两季半月潮条件下的取水口温升。

模拟结果表明：在该取排水方案下，夏季半月潮下的最大取水温升为 1.70℃，平均取水温升为 0.90℃；冬季半月潮下的最大取水温升为 2.14℃，平均取水温升为 1.05℃。

2) 温升等值线包络面积

模拟得到的 1~4 号机组正常运行期间夏、冬两季半月潮的最大温升包络面积见表 6.1-1 和图 6.1-1。温排水垂向分布规律如下：排水口近区表层 4℃温升区范围大于底层，

低温升区其温升分布形态及面积在垂向趋于一致。夏、冬季典型时刻排水口剖面温度垂向分布见图 6.1-2。

数模半月潮最大温升包络线投影面积为：

- 1℃温升面积夏季为 56.93km²，冬季为 73.36km²；
- 2℃温升面积夏季为 15.97km²，冬季为 19.91km²；
- 3℃温升面积夏季为 6.48km²，冬季为 9.95km²；
- 4℃温升面积夏季为 2.63km²，冬季为 4.65km²。

（7）近岸海域环境功能区划相符性

根据《浙江省人民政府关于浙江省近岸海域环境功能区划（修编）的批复》（浙政函〔2024〕28号）发函，浙江省已完成近岸海域环境功能区的修编工作。根据《浙江省近岸海域环境功能区（修编）》，三澳核电温排水三类区（ZJ21C I）面积为97.71km²，主要使用功能为核电厂温排水用海，滨海旅游。海水水温执行三类，其余水质指标执行一类。该三类区内含两处三澳温排水混合区，面积分别为2.72km²、6.51km²，混合区内人为温升不执行水质标准，其余指标仍执行二类海水水质标准。根据《海水水质标准》（GB 3097-1997），各功能区海水温升的控制值为：一类功能区：人为造成的海水温升夏季不超过1℃，其它季节不超过2℃；三类功能区：人为造成的海水温升不超过当时当地4℃。

图6.1-3给出了本工程正常运行后，在夏季和冬季半月潮工况下，全潮最大温升外包络区域数模结果与现行有效近岸海域环境功能区划的叠置关系。由图可知，1~4号机组运行时夏季1℃冬季2℃最大温升包络区域均位于三类功能区内，4℃最大温升包络区域均位于混合区内。因此，本工程可以满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

（8）本工程运行对生态保护红线区的影响

本工程厂址半径 15km 范围内的海域生态红线区有：重要渔业海域官山产卵场（厂址 NNE~NE 方位约 13km）和苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区（厂址 NNE 方位约 10.5km）。1~4 号机组运行时温排水夏季 1℃最大温升包络区域不涉及上述两个海域生态红线区。

（9）本工程运行与“三线一单”的相符性评价

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》（发布稿），划定海洋

环境管控单元 39 个。其中，优先保护单元 28 个，重点管控单元 9 个，一般管控单元 2 个。厂址附近海域的优先保护单元有“渔寮沙滩重要旅游区”、“木耳屿西侧沙源保护海域”和“大尖山-霞关外侧重要渔业海域”，重点管控单元有“浙江温州海洋重点管控单元 3”。

温排水与厂址海域周围“三线一单”近岸海域环境分区管控单元管控要求相符性分析见表 6.1-3，温排水最大温升包络区域与“三线一单”近岸海域环境分区管控单元相对位置示意图见图 6.1-3。本工程运行期温排水可以满足厂址海域周围“三线一单”近岸海域环境分区管控单元的管控要求。

此外，本工程针对温排水对“三线一单”近岸海域环境分区管控单元所在海域的影响开展了专题论证，《浙江三澳核电厂二期工程温排水对海洋生态红线的影响专题报告》中对“渔寮沙滩重要旅游区”、“木耳屿西侧沙源保护海域”和“大尖山-霞关外侧重要渔业海域”三个优先保护单元的环境影响分析如下：

一 渔寮沙滩重要旅游区

渔寮沙滩重要旅游区距离本工程约 5km，整个海域面积约为 22.01km²，主要保护目标为沙滩、自然景观和人文景观。根据夏季三维温升数模，1℃温升线共影响渔寮景区 860.62hm²，占总景区面积的 36.87%。2℃、3℃和 4℃温升线不进入渔寮景区范围。温排水没有改变该海域的功能，且核电厂建设不存在破坏景区自然景观和人文景观等情况，因此核电温排水对于渔寮景区海水水质的影响可控。

三澳核电厂工程实施后不足以改变渔寮景区周边海域及海滩的自然演变趋势，仍将继续延续维持自然弱冲刷环境，工程的实施整体上不会对渔寮景区海域及海滩的自然演变造成明显不良影响。温排水不会改变其属性，也不会对近岸海域水动力条件和基本功能条件产生不利影响，预计温升对该旅游区的沙滩、自然景观和人文景观基本不会造成影响。本工程实施后导致的岸线变化仅局限于厂址附近小范围近岸海域，对大范围海域的岸滩稳定性无显著影响，不会对该海域及海滩的自然演变造成明显影响。

一 木耳屿西侧沙源保护海域

木耳屿西侧沙源保护海域距离本工程约 1km，主要保护目标为砂质岸线和自然景观，温排水用海方式属于开放用海，冬 2℃夏 1℃最大温升包络线部分进入木耳屿西侧沙源保护海域生态红线区，不会改变该海域自然属性，对该海域的海砂资源保护无直接影响。

此外，本工程实施后导致的岸线变化仅局限于厂区附近小范围近岸海域，对大范围海域的岸滩稳定性无显著影响，不足以改变木耳屿西侧沙源保护海域及其邻近海滩的自然演变趋势，仍将继续延续维持自然弱冲刷环境，不会对该海域及海滩的自然演变造成明显影响。

一 大尖山-霞关外侧重要渔业海域

大尖山-霞关外侧重要渔业海域距离本工程约 5km，整个海域面积约为 167.16km²，主要保护目标为鲳鱼、梅童鱼、康氏小公鱼等渔业资源。银鲳（*Pampusargenteus*）属暖水性中上层洄游性鱼类，我国近海均有分布，适宜的水温为 22~30℃，最佳繁殖水温为 26℃左右。梅童鱼（*Collichthys lucidus*）是石首鱼科梅童鱼属的一种，是近海常见的小型经济鱼类之一，其分布范围较窄，一般限于中国沿海，其中棘头梅童鱼幼鱼能耐受水温上下限分别为 35.0℃和 7.8℃，在 22~26℃范围内仔稚鱼丰度偏高。康氏小公鱼（*Stolephorus commersonii*），隶属于鲱形目、鲹科、小公鱼属（*Stolephorus*），为常见的近海小型鱼类，产量大，具有一定的经济价值；作为小型鱼类，康氏小公鱼是多种大型鱼类的饵料生物，在海洋生物食物链中占据重要一环。康氏小公鱼鱼卵出现期间的水温范围为 19.8℃~31.3℃，出现盛期的水温范围为 22.8℃~25.5℃。

本工程夏季 1℃最大温升包络线有很小部分进入大尖山-霞关外侧重要渔业海域（约 2km²）。对于大多数暖水性鱼类来说，夏季温升 1℃基本在海域环境水温变化范围内，一般不会对鱼类的生长造成较大的影响。此外，由于鱼类适温范围较广，且有回避能力，大多数鱼类将避开升温场，因此预测核电厂温排水对该海域鱼类的影响有限。

根据表 2.5-7，工程海域多年平均水温在 9.7℃~27.7℃范围内，对于大尖山-霞关外侧重要渔业海域，自然水温叠加温升影响后，基本上仍处于鲳鱼、梅童鱼、康氏小公鱼等渔业资源的生存温度范围内，预测温排水对该海域渔业资源的育幼、索饵、产卵的影响有限。

（10）本工程运行与国土空间规划（海岸带保护与利用规划）的相符性评价

本项目周边国土空间规划包括“苍南霞关交通运输区”、“渔寮预留区”、“苍南渔寮旅游区”、以及厂址所在的“苍南核电工业与矿产能源区”。将本项目冬季 2℃、夏季 1℃及 4℃温升包括线与所在海域“国土空间规划”进行了叠加，并与“苍南霞关交通运输区”、“渔寮预留区”、“苍南渔寮旅游区”、“苍南核电工业与矿产能源区”管理要求符合性进

行了分析，分析结果表明，本项目运行期间温排水及海工建设前后对周边海域的水动力、泥沙冲淤均符合各功能区的管控要求。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

取水系统对水生生物的影响主要以卷载、卷塞效应为主，水生生物随电厂抽取循环冷却水而进入冷却系统，并在其中受到热、压力等物理因素和氯化等化学因素影响而死亡的现象。一般取水设施产生的卷载、卷塞效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。

卷载、卷塞效应与取水口附近的生物密度、种类以及取水流速、取水口的布置等因素有直接的关系。根据 2021 年厂址 15km 工程海域现场调查结果，鱼卵平均生物量为 0.05 个/m³，仔稚鱼平均生物量为 0.17 尾/m³，幼鱼平均生物量为 84.95kg/km²，平均水深为 10m。假定进入管道系统浮游生物全部被杀伤，按 2 台机组循环冷却水取水量约 123m³/s，全年运行时间为 7000h 估算，2 台机组年取排水总量为 3.10×10⁹m³。鱼卵、仔鱼出现率按 50%计，游泳生物出现率按 100%计，2 台机组运行时卷载、卷塞效应作用造成鱼卵损失量为 0.78×10⁸个/a，仔鱼损失量为 2.64×10⁸尾/a，幼鱼损失量 26.3t/a。按 1-4 号 4 台机组循环冷却水取水量 246m³/s 计算，4 台机组运行时卷载、卷塞效应作用造成鱼卵损失量为 1.56×10⁸个/a，仔鱼损失量为 5.28×10⁸尾/a，幼鱼损失量 52.6t/a。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

三澳核电厂 3、4 号机组循环冷却水的排水系统主要包括虹吸井和排水隧洞等。排水系统对水生生物的影响主要由热因素和化学因素造成，其中化学影响主要为余氯影响。本节中主要叙述排水系统的热影响，余氯影响见 6.3 节。

本工程在正常运行过程中，大量的循环冷却水经过散热装置后，通过排水工程排入周围水体中，将导致周围水体有一定的温升。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，将可能导致海洋生物的生长受到抑制或死亡。

6.1.3.2.1 温排水对浮游生物的影响

对浮游动物而言，多数在水体温度不超过 35℃时，生长不会被抑制或造成死亡。水体适当增温（≤3℃）时，通常不会对其种群有不利影响，相反会促进其种类、数量

及生物量的增加，从而提高海域的生产力和物种的多样性，这种情况在水温较低的春、冬、秋季更为明显。

浮游植物是海洋生态系统最重要的初级生产者，其数量的多寡决定了海洋初级生产力的大小，同时它还是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，进而能影响海洋渔业资源的潜存量。

研究表明：环境水温较低时，水体升温能促进藻类生长，且藻类增长量服从强增温(增温 $\Delta T > 8^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$)>中增温(增温 $\Delta T = 3^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$)>弱增温(增温 $\Delta T \leq 3^{\circ}\text{C}$)增加的规律。环境水温适中时，弱增温和中增温能促进藻类生长，强增温则抑制了藻类的生长；环境水温较高时，水体升温会抑制藻类生长，且增温幅度越大，抑制效果越强。水温较高时，增温会使藻类种群数量锐减。一般在 $20^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间，藻类生物量随着温度升高而增加， 35°C 增长最快，但是到 40°C 时生物量就会大为降低。当接纳水域温度升高时，浮游动物常由水体的上层移到下层，只有当底层水温也升至 $27^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 时，所有种类的数量才急剧下降。

冷却水的热效应会改变局部海区的自然水温状况，浮游生物最易受到影响，冷却水作用的季节性明显，尤其在夏季其热效应的影响较大。本项目周边海域浮游植物的主要优势种为中肋骨条藻，浮游动物以桡足类、毛颚动物、磷虾以及浮游幼体最多，其最适增殖温度范围则为 $24^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ 。根据三澳核电厂周边海域重要代表物种（RIS）选取报告专题结果，厂址附近海域筛选出的温升敏感物种主要包括琼氏圆筛藻、具槽帕拉藻、中华哲水蚤和近缘大眼水蚤。

根据温排水影响预测结果，结合厂址水温多年平均月均值（ $9.7^{\circ}\text{C} \sim 27.7^{\circ}\text{C}$ ），3、4 号机组正常运行后，自然水温叠加温升影响后绝大部分海域水温低于 35°C ，仅部分高温升海域有可能对浮游生物的种类、数量和生物多样性产生一定影响，但整个接纳海域比较开阔，其后果不会严重影响本海域的初级生产力，而且低温升对浮游生物可能有促进生长作用，从而提高海域的生产力，预计温排水对浮游生物及本海区的 RIS 影响有限。

6.1.3.2.2 温排水对鱼类的影响

（1）对一般鱼类的影响

根据三澳核电厂周边海域重要代表物种（RIS）选取报告专题结果，厂址附近海域筛选出的温升敏感鱼类物种主要包括大黄鱼、小公鱼和孔鰕虎鱼。大黄鱼主要分布于

夏季，在自然起始水温 28℃ 的情况下，其起始死亡温度可达到 37℃；孔鰕虎鱼属于广温物种，在温度范围为 8℃~33℃ 范围内均能成活。

水温对鱼类的各种生命活动过程有很大的影响。一般而言，在适温范围内，水温的升高会提高鱼类的摄食能力，促进其性成熟加快、生长加速。但是，如果水温超过适温范围，将会抑制其新陈代谢和发育生长；如果超过其忍受极限，还将会有导致其死亡的危险。此外，对于鱼类等具有游泳能力的海洋生物，它们能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温或低温水体，具有回避反应。

对于大多数暖水性鱼类来说，夏季温升 1℃ 基本在海域环境水温变化范围内，一般不会不会对鱼类的生长造成较大的影响，但温升超过 3℃ 时，鱼类可能会受到不利影响。

根据调查，本工程厂址周围海域出现的主要经济鱼类多属暖水性和暖温性鱼类，当核电厂附近海域的温排水造成的海水温升超过 3℃ 时，可能对上述鱼类产生不利影响。据温排水影响预测结果，3、4 号机组正常运行后，夏季半月潮工况下 4 台机组运行的最大 3℃ 温升外包络面积为 6.48km²，在夏季高温升期间，该范围内鱼类可能会受到一定影响，但由于鱼类有回避能力，大多数鱼类将避开升温场。此外，随着鱼类对驯化温度(温排水造成的温升影响)的不断适应，其耐热性也将有所提高，温排水温升对鱼类资源的影响也将有所减少。

此外，结合厂址水温多年平均月均值（9.7℃~27.7℃），自然水温叠加温升影响后仍在大黄鱼、小公鱼和孔鰕虎鱼的温度耐受范围内，预计温排水对鱼类 RIS 影响有限。

（2）对鱼卵和仔鱼的影响

根据三澳核电厂周边海域重要代表物种（RIS）选取报告专题结果，厂址附近海域筛选出的温升敏感鱼卵仔鱼物种主要包括小公鱼和孔鰕虎鱼。

温排水对鱼卵、仔鱼影响主要在春、夏季，鱼卵、仔鱼对高温回避能力弱，在夏季高温季节，受潮水、风浪等外力作用下部分仔鱼可能会漂移到电厂排水口附近局部高增温区内，温排水对其生长发育可能产生一定影响。参考大亚湾核电温排水对排水口附近鱼卵仔鱼影响的相关研究，鱼卵和仔鱼在排水口附近的数量与远离温升区海域无明显变化，表明温排水对鱼卵和仔鱼的生存影响不大。厂址附近海域最近的官山产卵场（NNE~NE 方位 13km）距离较远，预计本工程温排水对于厂址附近海域的鱼卵、仔鱼影响有限。

6.1.3.2.3 温排水对底栖生物、潮间带生物的影响

根据三澳核电厂周边海域重要代表物种（RIS）选取报告专题结果，厂址附近海域筛选出的温升敏感底栖物种主要是不倒翁虫。

温度变化对底栖生物和潮间带生物的潜在影响主要包括：群落结构发生变化，动物区系组成变化明显，底栖动物栖息地减少、生物多样性指数降低等；高出自然水体 6℃ 以上的增温，将对底栖动物造成危害，即使是冬季也是如此；而适度增温（ $\Delta T \leq 4^\circ\text{C}$ ）则有利于底栖动物种类与数量的增加；暖水性种、属的比重将会加大。

据温排水影响预测结果，3、4 号机组正常运行后，4 台机组运行时的夏季全潮底层最大 4℃ 温升外包络面积为 0.14km²，冬季全潮底层最大 4℃ 温升外包络面积为 0.34km²，温排水对底栖生物、潮间带生物的影响范围较小，预计温排水对底栖生物、潮间带生物的影响有限。

6.1.3.2.4 温排水对甲壳类（虾、蟹）的影响

根据三澳核电厂周边海域重要代表物种（RIS）选取报告专题结果，厂址附近海域筛选出的温升敏感甲壳类物种主要包括脊尾白虾和三疣梭子蟹。脊尾白虾一般生活在近岸的浅海中，对环境的适应性强，水温在 20℃~35℃ 范围内均能成活；三疣梭子蟹属于广温广盐度物种，最适合生长水温为 15.5℃~26℃，动态温升实验显示，三疣梭子蟹在附近海域的夏季最大临界温度在 38.8~40.4℃ 之间，热耐受性较强。

根据实验研究，在一定适温范围内，温升可以促进仔虾的生长和体重的增加，对中国对虾而言，在 20℃~32℃ 的范围内，其生长速度随水温升高而加快。对中国对虾幼体的试验表明，当水温超过 30℃ 时，温度升高，其幼体的死亡率增大，忍受时间缩短。温度达 33℃ 时，中国对虾早期幼体死亡率为 53%，35℃ 时，死亡率为 100%。

根据上述分析预测，在春、秋和冬季期间，本工程温排水引起的低于 4℃ 温升区对该海域内的虾、蟹类不会有明显影响。而夏季高温期间，温排水引起温升 2℃ 以上区域内的虾、蟹类早期幼体的生长可能会受到抑制，尤其是夏季超 4℃（最大温升面积仅为 2.63km²），对于成体虾类和蟹类多数会回避高温区。结合厂址水温多年平均月均值（9.7℃~27.7℃），预计温排水对虾类和蟹类及本海区 RIS 的影响有限。

6.1.3.2.5 温排水对厂址附近海水养殖的影响

三澳核电厂 3、4 号机组正常运行后，所排放的温排水将造成受纳海域海水升温。厂址周围海域海水养殖品种较多，包括：藻类主要有紫菜、海带、羊栖菜等；甲壳类有三疣梭子蟹、南美白对虾、斑节对虾等；贝类有贻贝和牡蛎等；鱼类主要有大黄鱼、

美国红鱼、真鲷、黑鲷、黄姑鱼、鲈鱼等。

本工程正常运行后，夏季 1℃全潮最大温升包络面积 56.93km²，冬季 1℃全潮最大温升包络面积 73.36km²，受温排水影响的养殖类型主要有紫菜、海带、牡蛎、贻贝、羊栖菜和大黄鱼等。结合厂址附近海域的多年平均海水温度月均统计结果，以下将根据品种进行温排水对海水养殖的影响评价。

（1）温排水对紫菜养殖的影响

坛紫菜是苍南县最主要的藻类养殖品种，坛紫菜养殖主要在大渔湾海域。紫菜养殖周期分为苗场育苗（丝状体阶段）和海区养殖（叶状体阶段）两个阶段。（a）苗场育苗阶段：紫菜育苗场选址都靠近海边，育苗一般在 4~9 月进行，放置在海水池中，适宜温度为 20℃~25℃。（b）海区养殖阶段：海区养殖通常是每年的 9 月到次年的 4 月，紫菜（叶状体）幼苗生长较适宜水温为 25℃左右，长大叶状体适宜水温 10℃~22℃。

鉴于紫菜育苗生长期为 4~9 月，以夏季温排水模拟结果进行评价。紫菜育苗在育苗室内进行，即以室内人工培育为主，抽取海水作为育苗用水。厂址附近的紫菜育苗场位于大渔湾海域（A1），位于温排水夏季 1℃温升包络线外，结合厂址水温多年平均月均值可知：在自然条件下，7~9 月的环境水温已高于紫菜育苗适温上限。由于紫菜育苗期所有操作均不在自然海区中进行，可对水温进行适当控制，预测温排水对大渔湾海域的紫菜育苗场的影响有限。

鉴于紫菜叶状体生长期为每年 9 月至次年 4 月，因此采用冬季温排水模拟结果进行评价。紫菜叶状体养殖主要分布于大渔湾海域，大渔湾海域部分紫菜养殖区位于冬季半月潮最大 1℃温升包络线外，结合厂址水温多年平均月均值可知：在自然条件下，9 月的环境水温已高于紫菜海区养殖适温上限，考虑到紫菜下海附苗过程中对温度敏感，建议附苗期间实施温度监控，在比周边温度略高的情况下可以采取延迟附苗等措施。预测温排水对大渔湾海域的紫菜养殖影响有限。

（2）温排水对羊栖菜养殖的影响

厂址附近海域的羊栖菜养殖主要集中在渔寮乡海域。羊栖菜养殖时间一般为 10 月下旬至次年 4 月下旬，生长温度范围为 4℃~25℃，鉴于羊栖菜生长期，采用冬季温排水模拟结果进行评价。根据温排水数模结果，该养殖区位于冬季全潮最大 1℃温升包络线至 2℃温升包络线区域内，结合厂址水温多年平均月均值可知：在其生长期内的自然水温叠加温升影响后，仍处于羊栖菜养殖的适温范围内，预测温排水对渔寮乡

海域的羊栖菜养殖影响有限。

（3）温排水对牡蛎养殖的影响

厂址附近牡蛎一般养殖 20~40 个月进行收获，牡蛎为广温性贝类，生长温度范围为 0~32℃，48h 内不出现死亡的最高温度为 36℃。根据温排水数模结果，夏季和冬季工况下，牡蛎养殖区位于全潮最大 1℃至 3℃温升包络线区域内，结合厂址水温多年平均月均值可知：自然水温叠加温升影响后，仍处于牡蛎养殖的适温范围内，预测温排水对牡蛎养殖影响有限。

（4）温排水对贻贝养殖的影响

厂址附近贻贝养殖品种以厚壳贻贝为主，贻贝养殖年限为 2~3 年，生长温度范围为 15℃~30℃。厂址附近的贻贝养殖主要分布在渔寮沙滩海域、顶草屿西侧海域以及后槽沙滩东侧等海域。根据温排水数模结果，夏季和冬季工况下，后槽沙滩东侧海域的贻贝养殖区位于全潮最大 2℃至 3℃温升区域内，其它海域的贻贝养殖区位于全潮最大 1℃温升包络线附近区域内。结合厂址海域实测平均水温可知：对于后槽沙滩东侧海域的贻贝养殖区，自然水温叠加温升影响后，基本在其适温范围内，对于其他海域的贻贝养殖区，自然水温叠加温升影响后，处于适温范围内，预测温排水对该海域的贻贝养殖影响有限。

（5）温排水对文蛤养殖的影响

厂址附近文蛤养殖分布在渔寮沙滩海域，根据温排水数模结果，夏季和冬季工况下渔寮沙滩海域的文蛤养殖区位于全潮最大 1℃温升包络线附近区域。根据《中广核浙江三澳核电厂对浙江苍南文蛤省级水产种质资源保护区影响专题论证报告》（2022 年 8 月），文蛤适宜水温为 15℃~25℃，生存水温-5.5℃~30℃；文蛤稚贝的生长最适水温在 24℃~27℃，最高耐温在 35℃~37℃，超过 35℃时，文蛤幼贝存活率只有 5%（曹伏君，2009）。温度在 22℃~32℃的范围内，文蛤幼体的变态率在 40%以上；在 37℃时，幼体不能存活（林卓君，1997）。根据表 2.5-7，工程海域多年平均水温在 9.7℃~27.7℃范围内，对于渔寮沙滩海域的文蛤养殖区，自然水温叠加温升影响后，仍处于文蛤的生存温度范围内，预测温排水对该海域的文蛤生存影响有限。

（6）温排水对鱼类养殖的影响

温排水对鱼类的各种生命活动过程有一定影响。兰志刚（2016）、窦硕增（2017）等发现在适温范围内，水温的升高会提高鱼类的摄食能力，促进其性成熟，生长加速，

但在水温过高时，温排水也会对鱼类产生不利的影 响。通过三澳核电周边鱼类养殖区分布情况可知，鱼类养殖品种主要为大黄鱼，大黄鱼短期热冲击胁迫实验结果显示，在自然水温分别为 28.5℃和 14.5℃的两个温度条件下，大黄鱼的 24h 半致死温度分别为 35.0℃和 29.0℃。

三澳核电厂邻近海域水温季节变化十分明显，夏季最高，春季和秋季次之，冬季最低。按数模计算的温排水影响区分布情况来看，夏季 4 台机组 1℃温升包络线范围外存在大黄鱼养殖，都分布在风湾海域；夏季 4 台机组 1℃温升包络线至 2℃温升包络线范围内，渔寮沙滩海域、顶草屿西侧海域以及北关港海域存在大黄鱼养殖。结合厂址水温多年平均月均值可知：厂址夏季自然水温不超过 27.7℃，自然水温叠加温升影响后，夏季水温小于 35.0℃，夏季温排水对大黄鱼养殖影响有限。

冬季 4 台机组 1℃温升包络线范围外存在大黄鱼养殖，分布在风湾海域，4 台机组 1℃温升包络线至 2℃温升包络线范围内，渔寮沙滩海域、顶草屿西侧海域以及北关港海域存在大黄鱼养殖。结合厂址水温多年平均月均值可知：在叠加温升后，冬季水温小于 29℃，冬季温排水对大黄鱼养殖影响有限。

综上，结合核电周边鱼类养殖区分布情况，夏季、冬季温排水影响区内，温排水对大黄鱼养殖影响有限。

6.1.3.2.6 减少电厂散热系统对海洋生物影响的措施

基于多种取排水方案的比选论证，三澳核电厂 3、4 号机组采用离岸东南向 2.5km 暗排方案，有利于电厂温排水的稀释扩散，从而减小核电厂温排水造成受纳海域中可能对海洋生物产生不利影响的高温升区域。

除了从工程设计上采取有效措施减轻电厂散热系统造成的生物效应外，鉴于有多种陆源因素可能对沿岸海域海洋生物资源造成影响，在核电厂运行过程中，建设单位将加强对附近海域的海洋生态环境监测，以分析海域海洋生态环境变化的原因，并为核电厂对海洋生态环境和海洋生物资源的可能影响积累基本数据。此外，建设单位应采取增殖放流等生态补偿措施，促进受影响海区生态环境的恢复。

6.1.4 参考资料

- [1] 浙江三澳核电厂二期工程温排水数值模拟计算研究报告，南京水利科学研究院，2022.8。

- [2] 浙江三澳核电站二期工程泥沙数值模拟计算研究报告，南京水利科学研究院，2022.7。
- [3] 中广核浙江三澳核电站二期工程海域使用论证报告书，国家海洋环境监测中心，2022.10。
- [4] 中广核浙江三澳核电站一期工程周边海域重要代表物种（RIS）选取报告，深圳中广核工程设计有限公司，2021.1。
- [5] 浙江三澳核电站二期工程温排水对海洋生态红线的影响专题报告，浙江省海洋科学院，2022.8。
- [6] 中广核浙江三澳核电站对浙江苍南文蛤省级水产种质资源保护区影响专题论证报告，浙江省海洋科学院，2022.8。

表 6.1-1 1~4 号机组运行工况取水口温升（℃）

潮型	全潮平均	全潮最大
夏季半月潮	0.90	1.70
冬季半月潮	1.05	2.14

表 6.1-2 1~4 号机组运行工况全潮最大温升包络面积 (km²)

潮型	垂向位置	1°C		2°C		3°C		4°C	
		1~2 号机组	3~4 号机组						
夏季半月潮	表层	56.59		15.96		2.76	3.72	1.06	1.57
	中层	50.10		1.45	1.48	0.31	0.59	0.13	0.28
	底层	45.12		0.43	0.41	0.15	0.18	0.05	0.09
	投影	56.93		15.97		2.76	3.72	1.06	1.57
冬季半月潮	表层	73.13		19.86		3.89	6.04	1.64	3.00
	中层	68.94		4.64	3.47	0.81	1.26	0.27	0.61
	底层	65.62		2.22	1.21	0.29	0.44	0.12	0.22
	投影	73.36		19.91		3.91	6.04	1.65	3.00

注：三维数学模型沿水深方向共分为 6 层，其中表层选取第 6 层，中层选取第 4 层，底层选取第 1 层。

表 6.1-3（1/2） 温排水与厂址海域周围“三线一单”近岸海域环境分区管控单元管控要求相符性分析

序号	管控单元编码	管控单元名称	管控单元分类	管控要求		相符性分析
				项目	内容	
1	ZH33030010021	大尖山-霞关外侧重要渔业海域	优先保护单元 24	空间布局约束	禁止在水产种质资源保护区内从事围湖造田、围海造地或围填海工程。禁止设置剧毒物质、危险化学品的储存、输送设施和废物回收场、垃圾场。	本项目在该区域不涉及围海造地等相关工程，不设置危险化学品等相关设施，符合其管控要求。
				污染物排放管控	禁止在水产种质资源保护区内新建排污口。在水产种质资源保护区附近新建、改建、扩建排污口，应当保证保护区水体不受污染。	该保护区没有水质指标（温升）要求，本项目在该区域不新建排污口。 本工程温排水可以满足近岸海域环境功能区划的水质管理要求。
				环境风险防控	单位和个人在水产种质资源保护区内从事水生生物资源调查、科学研究、教学实习、参观游览、影视拍摄等活动，应当遵守有关法律法规和保护区管理制度，不得损害水产种质资源及其生存环境。	本工程温排水仅夏季 1℃温升包络线小一部分进入该区域，经专题论证，不会对鱼类的生长造成较大的影响，对该海域渔业资源的育幼、索饵、产卵基本无影响，符合其管控要求。
				资源开发效率要求	在水生动物苗种重点产区引水用水时，应当采取措施，保护苗种。用于渔业并兼有调蓄、灌溉等功能的水体，确定渔业生产所需的最低水位线。	不涉及
2	ZH33030010018	渔寮沙滩重要旅游区	优先保护单元 21	空间布局约束	严格执行《玉苍山风景名胜区渔寮景区总体规划》。	经《浙江三澳核电厂温排水对渔寮景区影响研究专题报告》分析，温排水与《玉苍山风景名胜区渔寮景区总体规划》总体协调。
				污染物排放管控	/	/
				环境风险防控	/	/
				资源开发效率要求	/	/

表 6.1-3（2/2）温排水与厂址海域周围“三线一单”近岸海域环境分区管控单元管控要求相符性分析

序号	管控单元编码	管控单元名称	管控单元分类	管控要求		相符性分析
				项目	内容	
3	ZH33030010015	木耳屿西侧沙源保护海域	优先保护单元 18	空间布局约束	禁止非法侵占岸线和采挖海砂。	本项目不涉及侵占岸线和采挖海砂等行为，符合其管控要求。
				污染物排放管控	不得新增入海陆源工业直排口。	本项目在该区域没有新增工业直排口，符合其管控要求。
				环境风险防控	/	/
				资源开发效率要求	/	/
4	ZH33030020003	浙江温州海洋重点管控单元 3	浙江温州海洋重点管控单元 3	空间布局约束	禁止建设不符合《浙江省沿海港口布局规划》《全国沿海港口布局规划》以及《温州港总体规划》的港口码头项目。	不涉及
				污染物排放管控	严格控制开发强度，规范入海排污口设置，实施陆源污染物排海总量控制制度。	不涉及
				环境风险防控	/	/
				资源开发效率要求	/	/

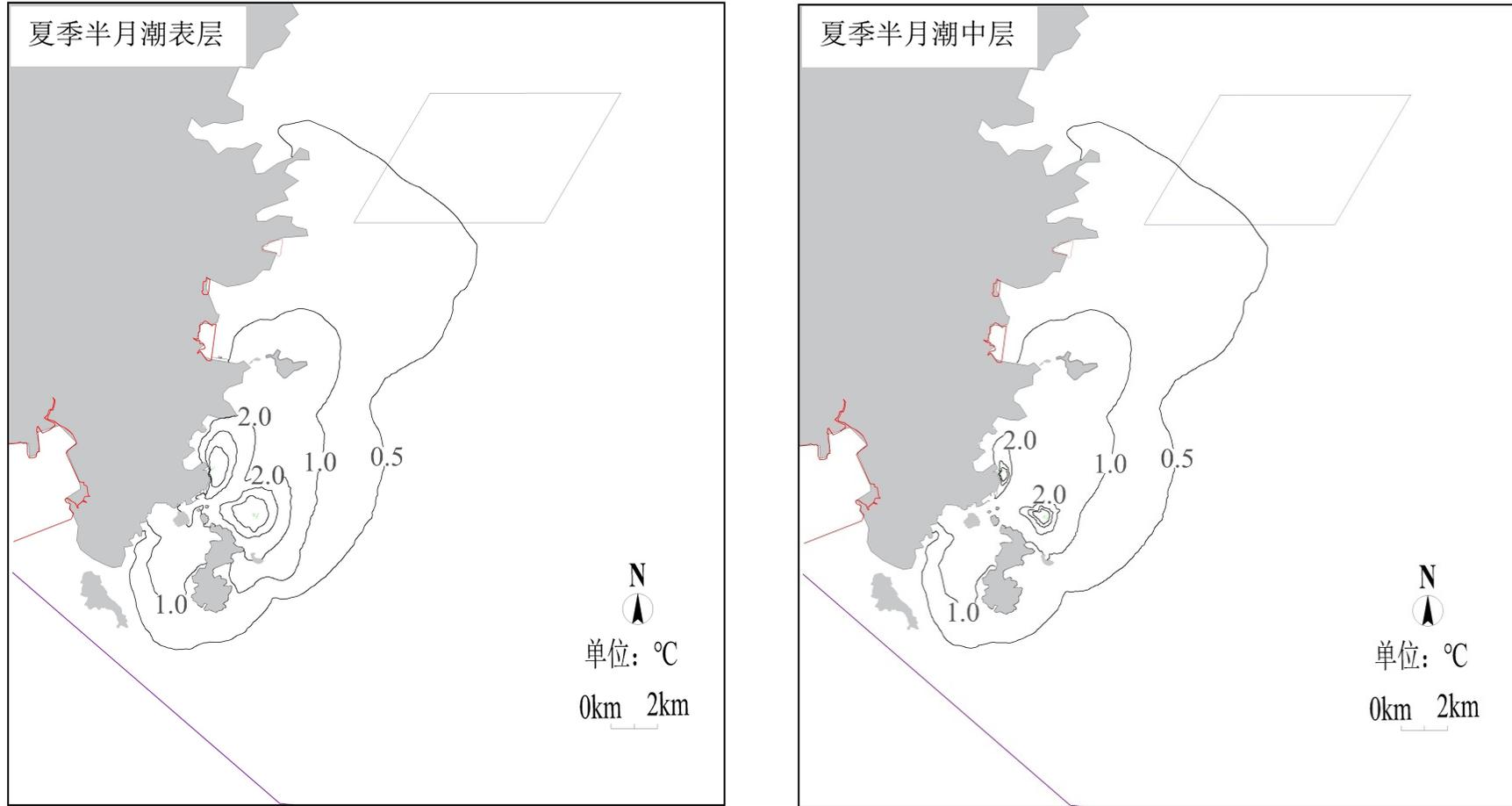


图 6.1-1 (1/4) 半月潮最大温升分布图

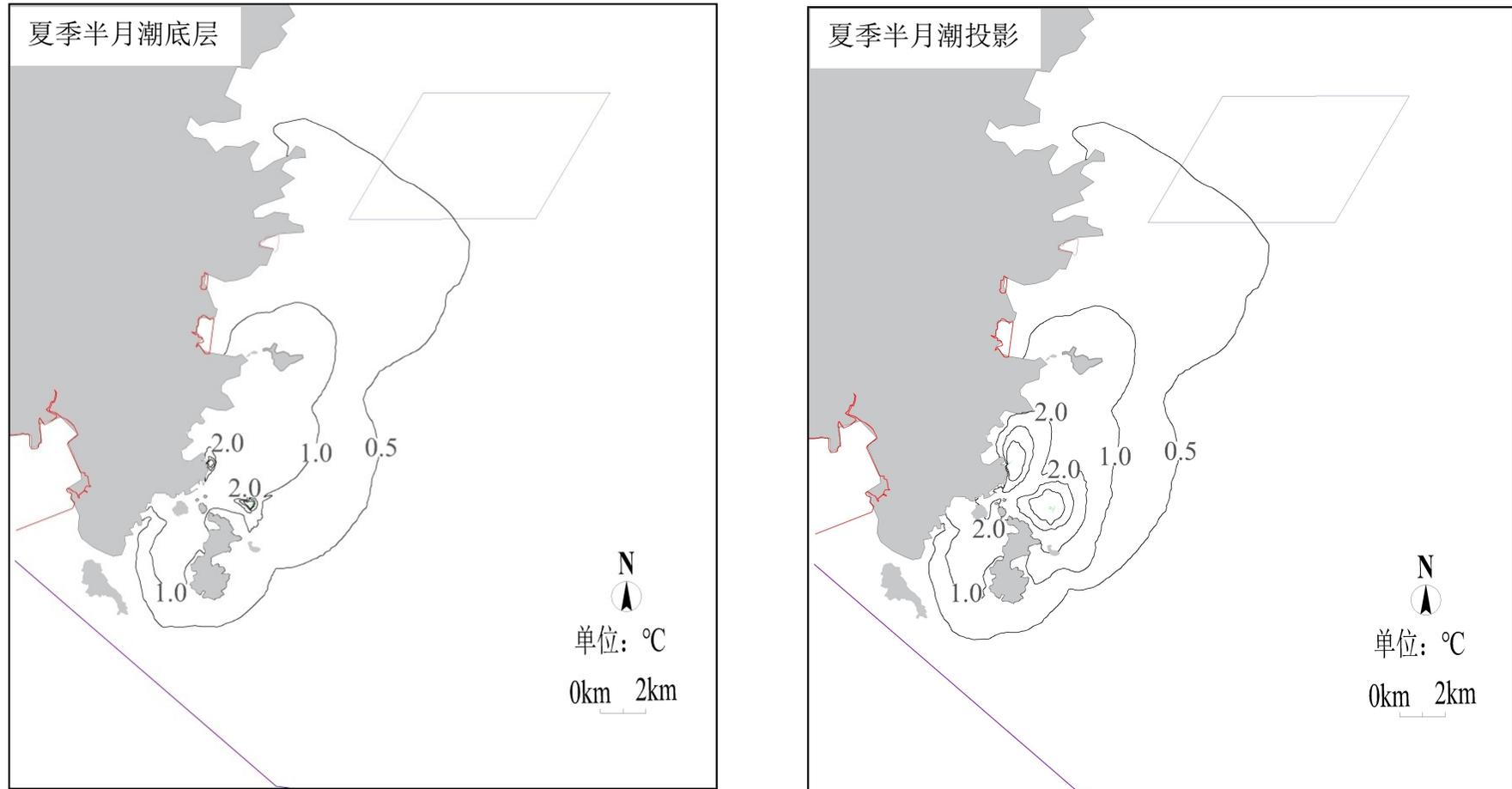


图 6.1-1 (2/4) 半月潮最大温升分布图

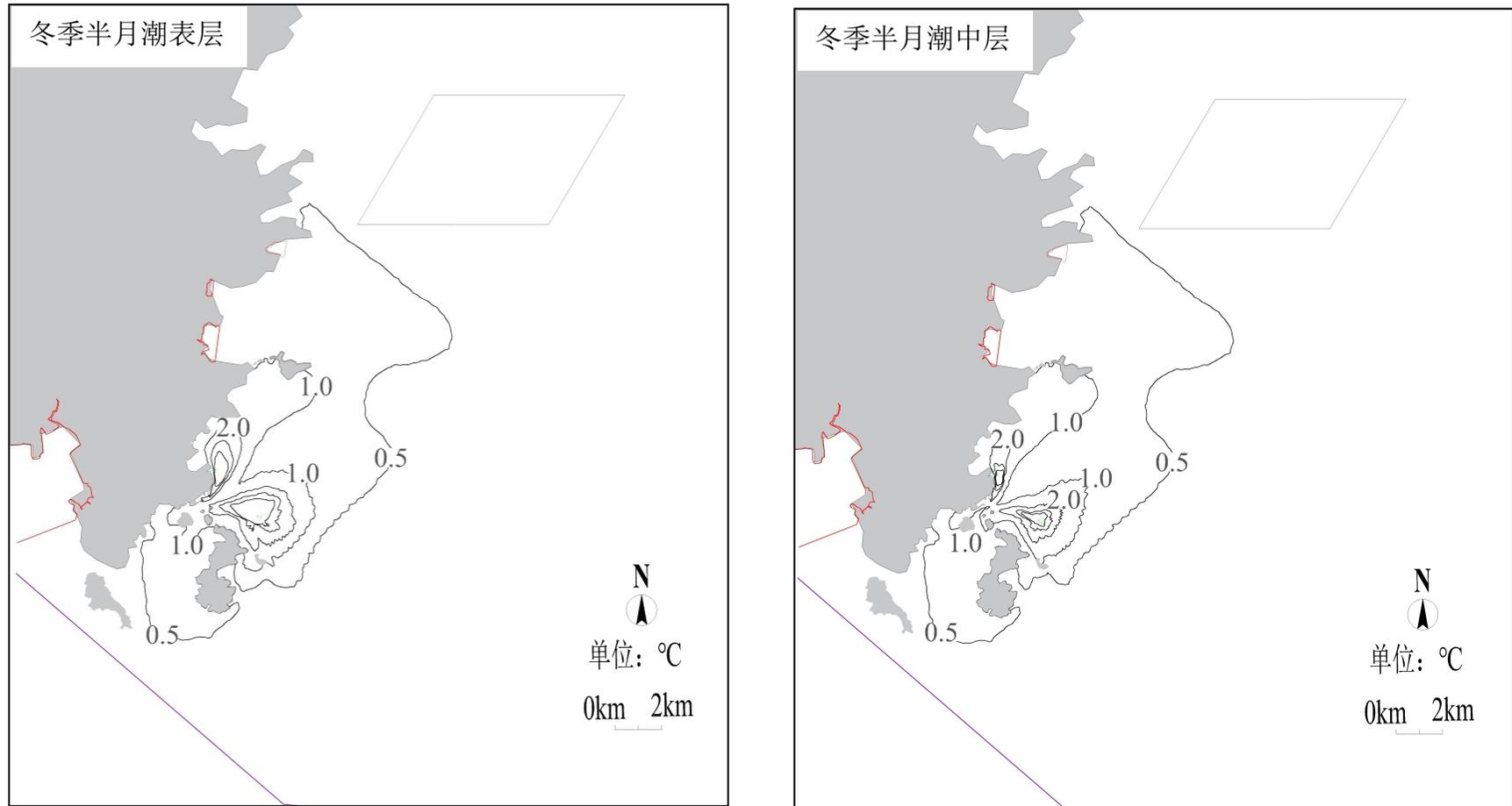


图 6.1-1 (3/4) 半月潮最大温升分布图

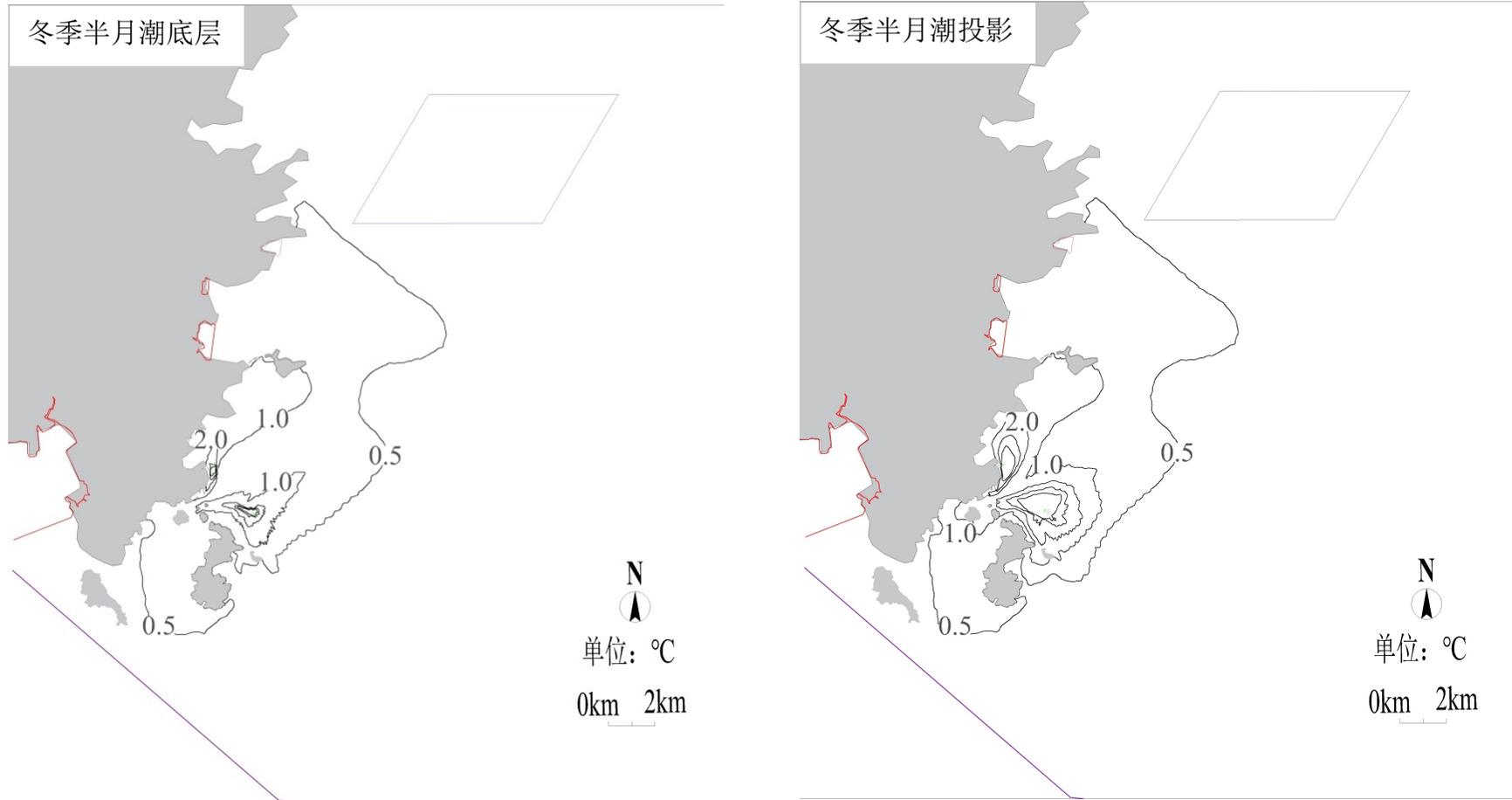
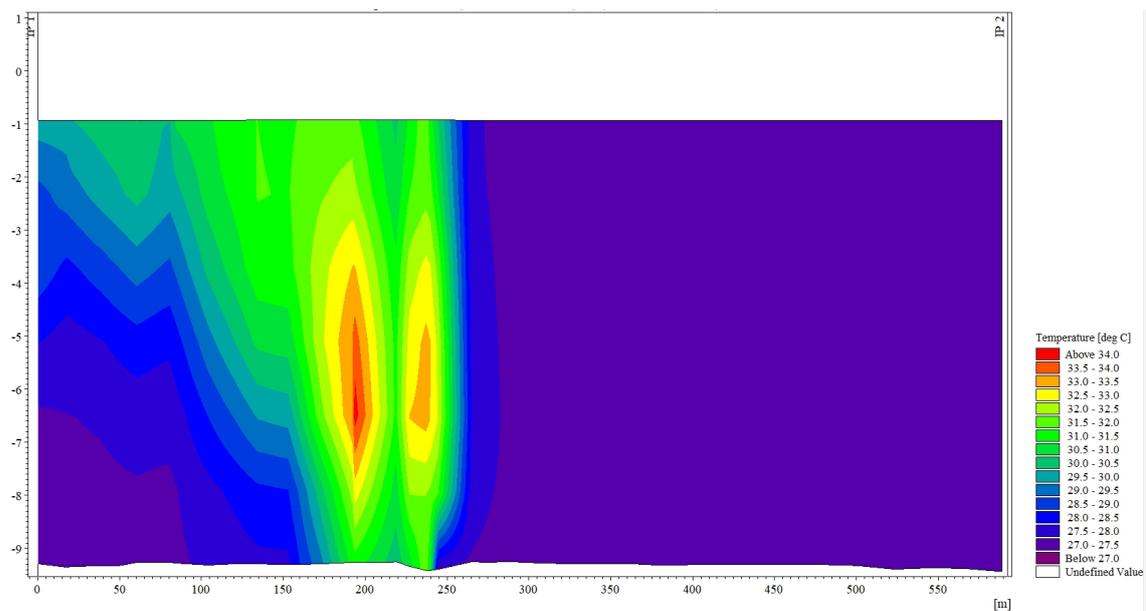
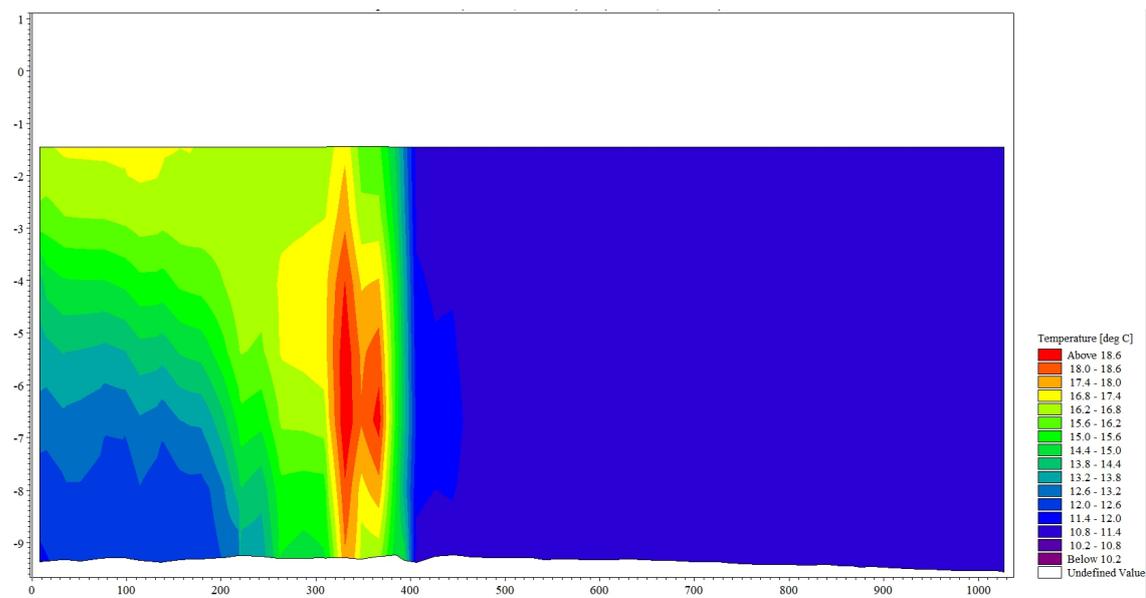


图 6.1-1 (4/4) 半月潮最大温升分布图



夏季半月潮水文条件



冬季半月潮水文条件

图 6.1-2 夏、冬季典型时刻排水口剖面温度垂向分布图

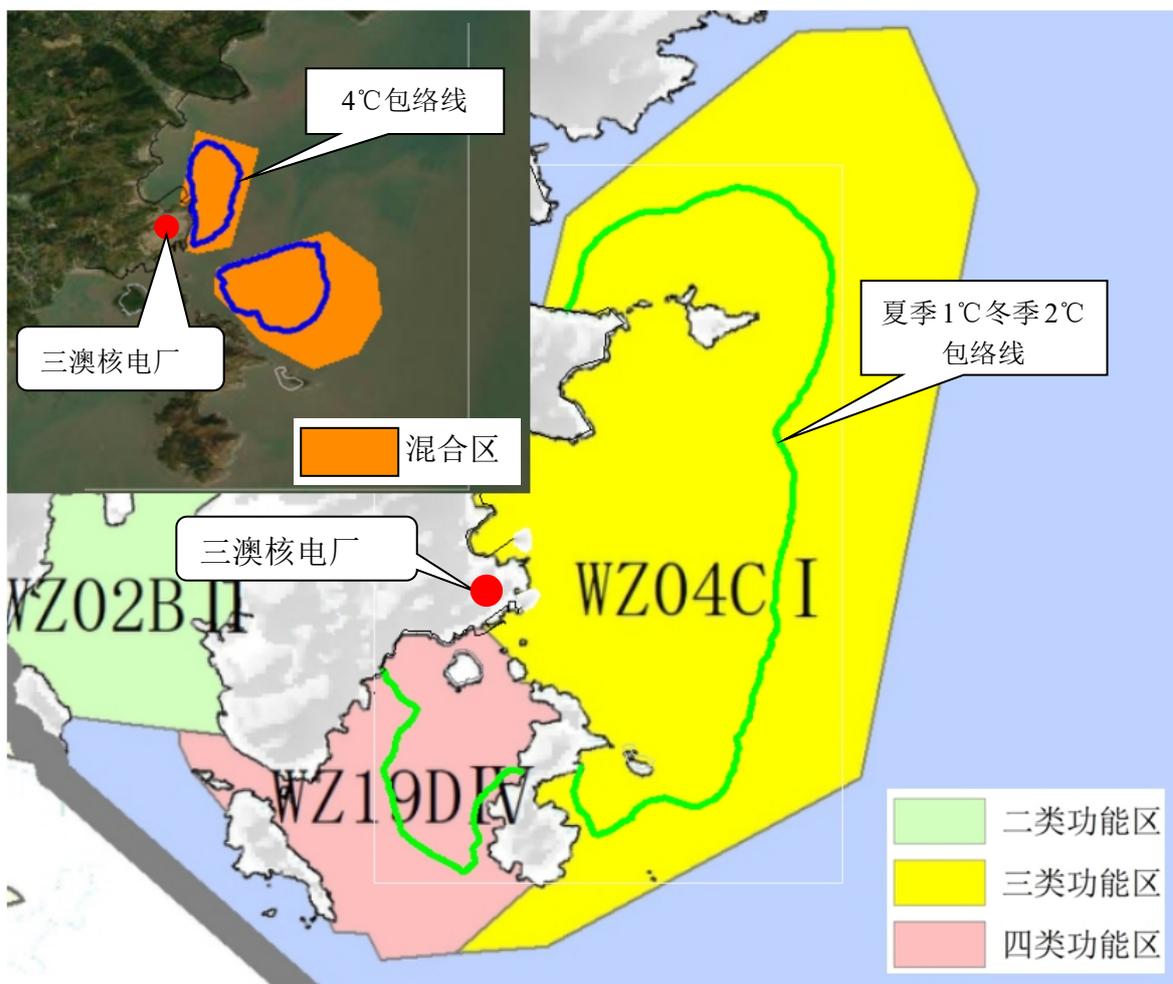


图 6.1-3 半月潮最大温升包络区域与近岸海域环境功能区划相对位置示意图

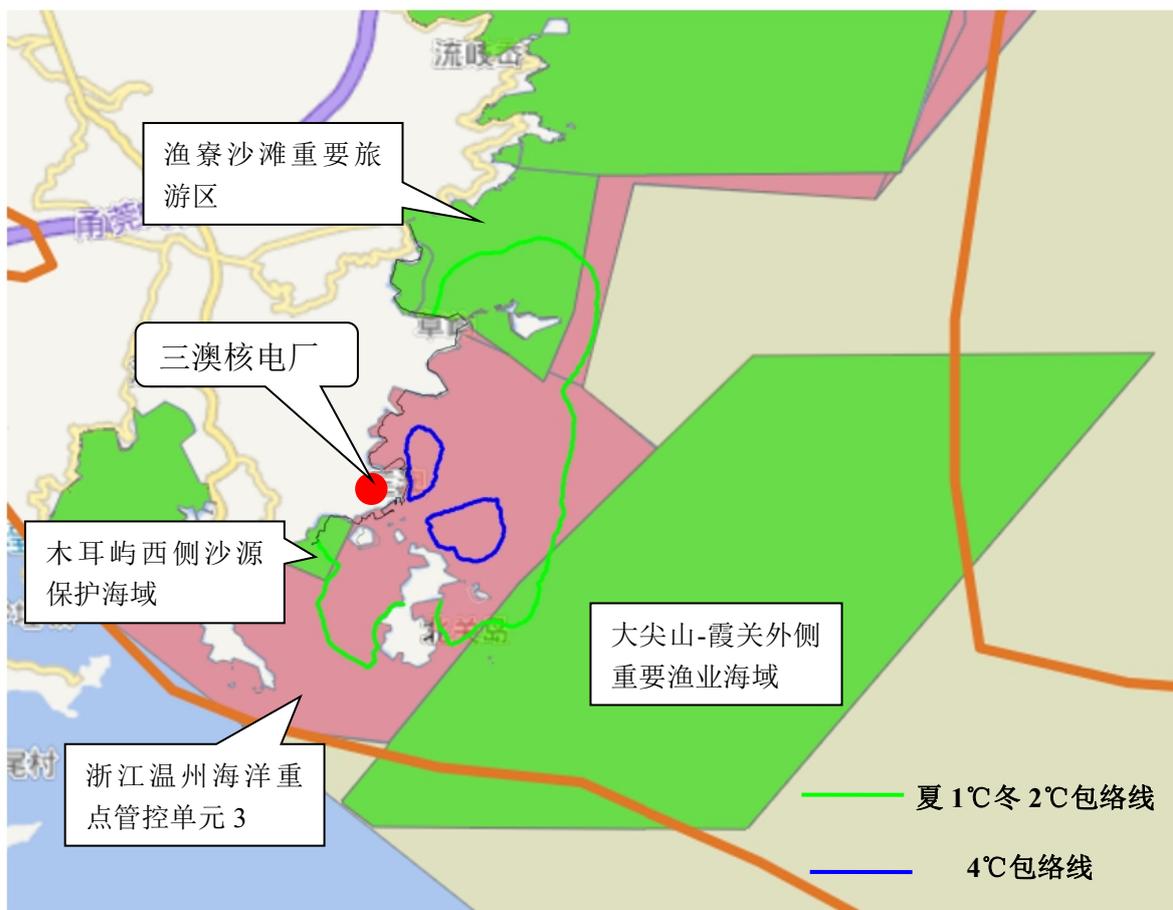


图 6.1-4 最大温升包络区域与“三线一单”近岸海域环境分区管控单元相对位置示意图

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

6.2.2.2 液态途径

6.2.2.3 其它途径

6.2.3 计算模式和参数

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众最大个人剂量

6.2.7 非人类生物辐射影响

6.2.7.1 非人类生物的分类

6.2.7.2 参数选取

6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.2.10 参考资料

表

表6.2-1 放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较

图

图6.2-1 气态照射途径

图6.2-2 液态照射途径

6.2 正常运行的辐射影响

三澳核电厂 3、4 号机组建设 2 台华龙一号技术融合核电机组。本节根据三澳核电厂 3、4 号机组正常运行状态下的放射性流出物排放源项，以及厂址周围的环境特征、公众的食物消费和生活习惯，对核电厂正常运行状态下放射性流出物对公众和环境造成的辐射影响进行计算和评价。

6.2.1 流出物排放源项

核电厂运行状态下，放射性流出物以气载和液态形态向环境释放，分别在大气环境和受纳水体中迁移扩散。本报告第四章 4.6 节给出了气载和液态放射性流出物各核素的年排放量。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求核动力厂必须按每堆实施放射性流出物的年排放总量控制，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值。本报告第四章 4.6 节给出了三澳核电厂 3、4 号机组气载和液态放射性流出物各核素的年排放量。

表 6.2-1 给出了三澳核电厂 3、4 号机组单台机组及厂址 4 台机组各类放射性流出物排放源项设计值与控制值的比较。从表可以看出，三澳核电厂 3、4 号机组和厂址 4 台机组放射性流出物各类放射性核素的年排放量，均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的排放量控制要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求槽式排放口处的放射性流出物中除 ^3H 和 ^{14}C 外其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。本工程核岛废液排放系统的设计排放限值为 900Bq/L，常规岛废液排放系统的设计排放限值为 600Bq/L，低于 1000Bq/L 的限值要求。

三澳核电厂 3、4 号机组的放射性废液经处理系统处理后，废液被输送到监测槽内，并在监测槽内被取样监测，如监测结果满足要求，则废液被送往核岛废液贮存罐并在满足排放要求时向环境受控排放；若监测结果不满足要求，则返回处理。因此，实际运行过程中，电厂除 ^3H 和 ^{14}C 外其它液态放射性核素的排放浓度可以实现 GB6249-2011 相关规定的浓度控制要求。

气载放射性流出物中的 ^{14}C 在环境介质中的转移过程具有特殊机理，有别于核电

厂排放的其它各类气载放射性核素，通常认为，只有以二氧化碳形式存在的 ^{14}C 才能通过光合作用被植物吸收，并以食物的摄入形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 421 号技术报告，欧洲和美国的压水堆核电站以二氧化碳形态向环境排放的 ^{14}C 占 ^{14}C 总排放量的 5~25%，根据此研究结论，本节在评估气载 ^{14}C 的排放所造成的环境辐射影响时，假定以二氧化碳形态排放的 ^{14}C 占总排放量的 25%。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

气载放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

- 空气浸没外照射；
- 地面沉积物外照射；
- 吸入空气内照射；
- 食入陆生食品内照射。

公众食入陆生食品包括蔬菜、粮食、水果等作物产品，以及肉类、奶类等动物产品。图6.2-1给出了气载放射性流出物对公众造成辐射的途径。

6.2.2.2 液态途径

液态放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

- 水体浸没外照射；
- 水上活动外照射；
- 岸边沉积物外照射；
- 食入海产品内照射。

公众食入海产品包括鱼类、甲壳类、软体类、藻类产品，图6.2-2给出了液态放射性流出物对公众造成辐射的途径。

6.2.2.3 其它途径

厂址周围区域不存在可能达到或超过上述途径的个人有效剂量10%的其它照射途径。

6.2.3 计算模式和参数

相关的计算参数如下：

(1) 大气弥散

根据核安全导则《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔2022年1月至2022年12月连续12个月逐时观测的风向、风速和温度，以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，计算厂址区域的长期大气弥散因子和地面沉积因子。

气载放射性流出物排放烟囱高度为70m，邻近建筑物高度为63.4m，由于排放高度低于邻近建筑物高度的2倍，假定为混合排放方式。大气弥散计算同时考虑了气载放射性流出物雨水冲洗、重力沉降、以及核素衰变等因素造成的烟羽损耗和地面沉积。扩散参数采用本报告2.4节的推荐值。

(2) 水体稀释

核电厂液态放射性流出物随电厂温排水一起排入厂址附近的海域，并在潮流的作用下向周围海域稀释扩散。放射性核素在水体中的稀释扩散采用液态流出物数值模拟计算成果数据，核素在水体和沉积物中的迁移采用国际原子能机构IAEA 19号安全报告推荐的计算模型和参数。

(3) 环境参数

根据环境调查分析，给出了厂址周围用于剂量计算中考虑的部分放射性物质传递介质参数（如介质含水率、食物从获取到消费的时间间隔等）；根据IAEA 19号安全报告，给出了放射性核素在食物链中转移的特征参数。

根据IAEA 19号安全报告，给出了液态照射途径辐射剂量计算参数；海鱼类、软体类、甲壳类以及藻类四类海产品可食部分的生物浓集因子和海水中悬浮物对元素的吸附分配 K_d 因子，海鱼类和甲壳类海洋生物的浓集因子采用IAEA 19号安全报告的推荐值，而对于IAEA 19号安全报告中未推荐的软体类和藻类生物浓集因子采用IAEA 57号安全报告的推荐值。

（4） 剂量转换因子

公众受各照射途径造成辐射剂量的剂量转换因子中惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子以及其它各类放射性核素的吸入和食入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），除惰性气体外其它核素的空气浸没以及地面沉积外照射剂量转换因子取自IAEA 19号安全报告，水体浸没外照射剂量转换因子取自美国联邦导则12号报告。

（5） 婴儿食入母乳内照射剂量

参考ICRP 95号出版物，给出了婴儿食入母乳后受到内照射剂量计算模式。报告中给出了母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

（6） 食物消费和生活习惯

厂址半径80km范围内各子区陆上环境介质（如粮食、蔬菜等）的面积、产量，公众的食物消费量以及生活习惯因子见本报告书第二章。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

报告中给出了厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子（ ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I ）、长期地面干沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I ）和长期地面湿沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I ）。

下面根据专题单位开展的放射性流出物数值模拟计算报告成果（《浙江三澳核电厂二期工程液态流出物数值模拟研究报告》）对数值模拟模式及相关参数进行描述。

数值模拟选择的潮型和观测时间为：夏季半月潮 2021 年 6 月 25 日~7 月 10 日；冬季半月潮 2022 年 1 月 1 日~16 日。上述 2 个实测半月潮水文条件开展计算，所选半月潮时段包括了典型的大潮、中潮、小潮。

● 水流控制方程

（1）基本方程

连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

动量方程：

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial(hT_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial y} + hu_sS \quad (2)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} = -f\bar{u}h - gh\frac{\partial\eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial\rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial(hT_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial(hT_{xy})}{\partial x} + hv_sS \quad (3)$$

式中： t 为时间；

x 、 y 为笛卡尔坐标系水平两个分方向；

η 、 d 、 h 分别为水位、静水深和总水深（m）；

\bar{u} 、 \bar{v} 分别为 x 、 y 向的水深平均流速（m/s）；

$f=2\omega\sin\varphi$ 为柯氏力系数， ω 为地球自转角速度， φ 为计算水域所在地理纬度；

g 为重力加速度（m/s²）；

ρ 、 ρ_0 分为水体以及参考水体的密度（kg/m³）；

p_a 为大气压力（Pa）；

T_{ij} 包括粘性阻力、紊动阻力和弥散， $T_{xx}=2A\frac{\partial\bar{u}}{\partial x}$ ， $T_{xy}=A\left(\frac{\partial\bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial\bar{v}}{\partial x}\right)$ ， $T_{yy}=2A\frac{\partial\bar{v}}{\partial y}$ ， A 为涡粘系数（m²/s）；

τ_{bx} 、 τ_{by} 为底部切应力；

τ_{sx} 、 τ_{sy} 为水面风切应力；

S 为源汇项流量。

(2) 定解条件

(a) 初始条件：静流条件。

(b) 边界条件：外海边界为潮位过程线边界；固定边界为可滑动边界条件。

● 浓度场数学模型

(1) 基本方程

根据《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）中有关核素浓度场计算模式选取的要求，本次计算选用沿水深平均的浓度场数学模型，基本方程如下：

$$\frac{\partial h\bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial hu\bar{C}}{\partial x} + \frac{\partial hv\bar{C}}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right) - hK_p \bar{C} + hC_s S \quad (4)$$

式中： \bar{C} 为放射性物质的水深平均浓度；

K_p 为放射性物质的衰变常数；

C_s 为放射性核素在排放口的浓度，在排放口处的浓度作归一化处理；

其余同上。

(2) 定解条件

(a) 初始条件：环境浓度为 0；

(b) 边界条件：

取水口浓度：根据浓度场计算结果确定；

排水口浓度：根据排水浓度和取水口浓度确定。

根据工程海域的实际情况，本次研究模拟海域范围约为 165km×75km。西边界选取在闽峡海洋站附近，东边界选取在洞头海洋站附近。

计算域采用非均匀三角形网格剖分，外海海域最大网格尺度约为 3.0km，由外海海域至工程海域网格逐渐加密，最小网格尺度约 20m。计算海域的网格总数为 31465 个。

根据海工布置方案，一根排水管的排水区总长约 108m，由 10 个蘑菇头组成，蘑菇头轴线间距为 12m，模型中将 10 个蘑菇头概化为 5 个排水点（源），排水点的间距约 20m。

工程近区海域采用 2021 年实测地形资料，远区海域采用海图地形资料。数学模型采用的地形数据基本反映了海床的变化情况。

计算参数的选取根据相关规范、规程要求，并结合相似工程的工程经验。

水流数学模型中的主要参数为糙率 n 和水平涡粘系数 A 。

根据模型率定情况，糙率 n 取 0.02。

水平涡粘系数 A 采用 Smagorinsky 扩散率公式，认为水平涡粘系数与水平网格尺度及速度梯度非线性项有关。

$$A = C_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (5)$$

式中： C_s 为常数，选为默认值 0.28；

l 为水平网格尺度；

$$\text{变形率 } S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (i, j = 1, 2)。$$

液态流出物排放浓度场数学模型中，由于悬沙对放射性物质吸附和底沙再悬浮引起放射性物质去附的影响机理较为复杂，迄今尚未有较为成熟的计算公式，因此在此次计算中暂不考虑泥沙对核素的吸附/去附问题。

衰变常数 K_p 的取值与物质的半衰期有关，此次计算主要考虑半衰期分别为 8 天（8 d）、70 天（70d）、250 天（250d）、5 年（5a）的五种代表核素，其衰减系数（ s^{-1} ）分别为 1.29×10^{-4} 、 1.00×10^{-6} 、 1.15×10^{-7} 、 3.21×10^{-8} 、 4.40×10^{-9} 。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

根据以上参数和模式，计算了全厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的环境空气浓度（ ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I ）。环境空气中放射性年平均浓度核素 ^{85}Kr 最大值位于 WSW 方位 0~1km 子区，核素 ^{60}Co 最大值位于 WSW 方位 0~1km 子区、核素 ^{131}I 最大值位于 WSW 方位 0~1km 子区，年平均浓度分别为 2.22Bq/m^3 、 $1.05 \times 10^{-7} \text{Bq/m}^3$ 、 $9.69 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$ 。

计算给出了本项目排水口周围不同半径海域及特征海域水体中的各放射性核素的年平均浓度。受纳水体中放射性浓度最大值位于一期工程排水口海域，核素 ^3H 、 ^{14}C 在该海域海水中的年平均浓度分别为 $2.89 \times 10^1 \text{Bq/L}$ 、 $2.00 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ 。

《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了海水中部分放射性核素的浓度限值，其中与本工程液态放射性流出物排放相关的有 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 五个核素，其水质指标限值分别为 0.03Bq/L 、 4.0Bq/L 、 0.2Bq/L 、 0.6Bq/L 和 0.7Bq/L 。由表可以看出，4 台机组运行时五个核素在 1、2 号机组和 3、4 号机组排放口 0~1km 海域峰值浓度分别为 $1.06 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$ 、 $1.37 \times 10^{-6} \text{Bq/L}$ 、 $9.43 \times 10^{-7} \text{Bq/L}$ 、 $1.06 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ 和 $1.46 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ ； $4.79 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$ 、 $6.22 \times 10^{-7} \text{Bq/L}$ 、 $4.28 \times 10^{-7} \text{Bq/L}$ 、 $4.81 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$ 和 $6.60 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$ ，均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

6.2.6 公众最大个人剂量

(1) 公众（成人）个人剂量

报告中给出了气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价

区内各子区一般公众个人（成人）造成的有效剂量，以及各子区公众个人（成人）受到的总有效剂量。

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，本工程 2 台机组放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 WSW 方位 1~2km 子区，造成的最大年有效剂量为 $1.89 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $1.74 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $1.49 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。厂址 4 台机组放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 WSW 方位 1~2km 子区，造成的最大年有效剂量为 $3.67 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $3.37 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $2.97 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（2）公众（青少年）个人剂量

报告中给出了核电厂气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价区内各子区青少年组公众个人造成的年有效剂量。

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，本工程 2 台机组放射性流出物对青少年组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 WSW 方位 1~2km 子区，对该子区的青少年组公众个人造成的年有效剂量为 $1.96 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $1.78 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $1.71 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。厂址 4 台机组放射性流出物对于青少年组公众个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 WSW 方位 1~2km 子区，造成的最大年有效剂量为 $3.80 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $3.46 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $3.42 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（3）公众（儿童）个人剂量

报告中给出了核电厂气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价区内各子区儿童组公众个人造成的年有效剂量。

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，本工程 2 台机组放射性流出物对儿童组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 WSW 方位 1~2km 子区，对该子区的儿童组公众个人造成的年有效剂量为 $1.87 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $1.71 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $1.58 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。厂址 4 台机组放射性流出物对于儿童组公众个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 WSW 方位 1~2km 子区，造成的最大年有效剂量为 $3.63 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $3.31 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $3.16 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（4）公众（婴儿）个人剂量

报告中给出了核电厂气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价区内各子区婴儿组公众个人造成的年有效剂量。

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，本工程 2 台机组放射性流出物对婴儿组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 WSW 方位 1~2km 子区，对该子区的婴儿组公众个人造成的年有效剂量为 $1.31 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $1.28 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $2.99 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 。厂址 4 台机组放射性流出物对于婴儿组公众个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 WSW 方位 1~2km 子区，造成的最大年有效剂量为 $2.56 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $2.50 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $5.97 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 。

（5）最大受照年龄组

对上述各年龄组公众的个人剂量结果进行比较分析发现，三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，厂址 4 台机放射性流出物对厂址 WSW 方位 1~2km 子区内各年龄组公众个人造成的有效剂量均大于其它各子区同年龄组公众个人的受照剂量，而对该子区各年龄组公众个人而言，核电厂的放射性流出物造成青少年组公众年有效剂量大于成人组公众剂量，成人组公众年受照有效剂量大于儿童组公众剂量，儿童组公众的年受照有效剂量大于婴儿组公众剂量。

因此，三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，厂址 4 台机运行工况下 WSW 方位 1~2km 子区内的青少年组公众个人受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为该子区的最大受照年龄组，受到的年有效剂量为 $3.80 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。

（6）集体剂量

根据厂址评价范围内的居民年龄构成和各子区的预期人口分布，表 6.2-29 列出了三澳核电厂 3、4 号机组放射性流出物所造成厂址各子区的年集体有效剂量，评价区内公众集体年有效剂量结果为 $4.17 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ （本工程 2 台机）、 $8.40 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ （厂址 4 台机），其中各核素通过气、液态途径所造成的厂址评价区内公众总的集体年有效剂量分别为 $2.68 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ （本工程 2 台机）和 $5.42 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ （厂址 4 台机）、 $1.49 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ （本工程 2 台机）和 $2.99 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ （厂址 4 台机）。

6.2.7 非人类生物辐射影响

非人类生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性核素以及核设施排放的气液态放射性流出物，由于生物种类的庞大和生存环境的广阔，目前国际上普遍使用一系列特征生物的概念，包括参考生物，参考动植物，代表物种，特征物种和受体等，对生物进行辐射影响评价。

国际放射防护委员会（ICRP）于 2008 年发布的第 108 号报告中提出了参考动植物（RAP）的概念，并将其定义为“参考动植物是一个假想的实体，具有特定动物或植物类别的假想的基本生物特征，用于描述不同科类生物分类上的共性，具有明确的解剖学、生理学和生命历史的属性，可用于将该种生物体的暴露与辐射剂量，以及剂量与产生效应相联系起来。”根据一系列的选择准则，ICRP 报告推荐了 16 种用于辐射影响评价的参考动植物。

欧盟在 2004-2007 年间开展的 ERICA 项目中选取参考生物的方式与 ICRP 报告稍有不同，它不根据分类学、解剖学、生理学以及生活史等特征选取特定物种，而是基于不同的环境特征中的典型生物类别。

ERICA 项目中采用的一系列水生和陆生生物在不同生境中的剂量学模型也为 ICRP 所采用，在辐射剂量率计算方法上，两者也都采用了 Ulanovsky 等人运用 Monte-Carlo 方法计算不同体形尺寸生物体对 α 、 β 、 γ 辐射的吸收比例，再结合各核素的辐射能量得出各种核素对于不同生物体辐射的剂量转换因子。

6.2.7.1 非人类生物的分类

ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物，其中海洋生态系统的参考生物包括深海鱼类、鸟类、甲壳类、大型藻类、哺乳动物、双壳软体类、浅水鱼、浮游植物、多毛纲蠕虫、爬行动物、海葵珊瑚、导管植物和浮游动物 13 类。陆生生态系统的参考生物包括两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类。

根据厂址周边海洋生态调查结果，海洋参考生物选取深海鱼类、甲壳类、藻类、软体类、浅水鱼、浮游植物、浮游动物进行评价。

根据厂址附近的陆域生态调查结果，陆域的参考生物选取两栖动物、环节动物、

腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类进行评价。

6.2.7.2 参数选取

(1) 悬浮物分配因子 (K_d)

水生生态（核电周围海域）中悬浮物分配因子 K_d 值取自 IAEA 422 号报告。

(2) 浓集因子 (B_p)

参考 ERICA 程序和 IAEA 422 号报告的海洋参考生物的浓集因子。

参考 ERICA 程序和 IAEA 479 号报告的陆生参考生物的浓集因子。

(3) 放射性核素对生物的辐射剂量转换因子

按 ERICA 程序给出的不同辐射类型权重值，给出了各放射性核素对海洋生物的内照射和外照射辐射剂量率转换因子。

ERICA 程序对陆生生态系统生物依据生物的生活习性将照射类型分为空气浸没外照射、土表沉积外照射、土中浸没外照射和内照射途径。惰性气体 Kr 和 Xe 的剂量率转换因子采用 EA R&D128 出版物中的数据。

(4) 各生物居留因子

根据各生物的生物习性并参考 ERICA 程序，给出了海洋生态系统和陆生生态系统各生物的居留因子。

6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

(1) 水生生物辐射影响

根据计算结果，三澳核电厂 3、4 号机组正常运行状态情况下，厂址周围海域生物中浮游动物受到的附加剂量最大，本工程 2 台机组和厂址 4 台机组运行工况下受到的附加剂量分别为 $1.08 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 、 $2.17 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 。各类海洋生物受到的附加剂量率值均小于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值。可见，本工程液态流出物的排放对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

(2) 陆生生物辐射影响

根据计算结果，三澳核电厂 3、4 号机组正常运行状态情况下，厂址周围陆域生物中苔藓受到的附加剂量最大，本工程 2 台机组和厂址 4 台机组运行工况下受到的附加

剂量分别为 $2.70 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $5.12 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。各类陆域生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值。可见，本工程液态流出物的排放对核电厂周围陆域生物总体上影响很小。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

对三澳核电厂 3、4 号机组放射性流出物排放造成的辐射影响进行“三关键”分析时，根据一般公众的辐射剂量分析结果，初步考虑厂址 WSW 方位 1.4km 的长沙村渔民、长沙村农民、长沙村青少年和长沙村儿童。厂址附近这部分人群的食物消费情况以及生活习惯因子见本报告书第 2.2 节。

3、4 号机组运行状态下，厂址 4 台机组放射性流出物排放对厂址 WSW 方位 1.4km 的长沙村青少年造成的年有效剂量为 $1.39 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，大于其他人群的受照剂量。根据上述分析结果，本阶段将厂址 WSW 方位 1.4km 的长沙村青少年作为受辐射影响可能的关键居民组。

- 3、4 号机组运行状态下，核电厂 4 台机组放射性流出物排放对关键组居民个人造成的有效剂量为 $1.39 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 $1.10 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 79.22%；通过液态途径造成的剂量贡献为 $2.90 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 20.78%。比较发现，气态途径对关键组居民个人造成的剂量贡献大于液态途径。
- 可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $9.86 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 70.73%。其它重要照射途径为食入海产品内照射和吸入空气内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为 $2.86 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 和 $5.36 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量 20.54% 和 3.84%。
- 可能的关键核素为 ^{14}C ，对关键组居民个人造成的有效剂量 $1.22 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 87.80%；其它重要核素为 ^3H ，对关键组居民个人造成的有效剂量 $7.92 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂 5.68%。

6.2.9 辐射影响评价

三澳核电厂 3、4 号机组各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的控制要求。核电厂实际运行过程中，除氚和 C-14 外其它液态放射性核素的排放浓度可以实现 GB6249-2011 规定的 1000Bq/L 的浓度控制要求。

（1）公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。三澳核电厂厂址规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，针对 3、4 号机组进行评价，确定向环境释放的放射性流出物对公众所造成剂量不超过剂量约束值 0.08mSv/a。

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，放射性流出物排放造成的最大有效剂量为本工程 2 台机 1.96×10^{-6} Sv/a，占 3、4 号机组剂量约束值（0.08mSv/a）的 2.45%。厂址 4 台机为 3.80×10^{-6} Sv/a，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 1.52%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，三澳核电厂 4 台机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键居民组为位于厂址 WSW 方位 1.4km 的长沙村青少年，需要关注的照射途径包括：食入陆生食品内照射途径、食入海产品内照射和吸入空气内照射途径，需要关注的放射性核素包括： ^{14}C 、 ^3H 。

（2）非人类物种辐射影响评价

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物中浮游动物造成的辐射剂量率最大，本工程 2 台机组和厂址 4 台机组分别为 $1.08 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 、 $2.17 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ；气载放射性流出物对厂址周围陆域生物中苔藓植物造成的辐射剂量率最大，本工程 2 台机组和厂址 4 台机组分别为 $2.70 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $5.12 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。对海域和陆域各类生物造成的辐射剂量率均低于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值，因此，可以认为三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，放射性流出物排放不会对厂址周边非人类生物在种群上造成明显的损伤。

三澳核电厂 3、4 号机组运行状态下，就放射性流出物的排放控制和公众所受剂量而言，三废处理系统的预期处理效果可以满足国家标准的相应要求。而就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对非人类生物的辐射影响有限，是可以接受的。

6.2.10 参考资料

- [1] IAEA Safety Reports Series No.19, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, 2001;
- [2] 广东核电站放射性释放环境影响计算机程序系统——CEIRA, 苏州热工研究院有限公司, 1992年;
- [3] 放射生态学转移参数手册, 原子能出版社, 李建国、商照荣等;
- [4] 浙江三澳核电站二期工程液态流出物数值模拟研究报告（B版）, 南京水利科学研究院, 2023.4;
- [5] UNSCEAR. 1996. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1996 Report to the General Assembly, Fifty-first Session, Supplement No. 46 (A/51/46), Annex: “Effects of Radiation on the Environment”, United Nations Sales No. E96.IX.3 (1996);
- [6] ICRP Publication 108, Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants;
- [7] IAEA Safety Reports Series No 57, Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, 2008;
- [8] IAEA-TECDOC-421, Materials Reliability in The Back End of The Nuclear Fuel Cycle;
- [9] Technical Reports Series No.422, Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment, 2004;
- [10] Technical Reports Series No. 479, Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife, 2014;
- [11] FGR12, EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER, AND SOIL;
- [12] EA R&D128, Impact assessment of ionising radiation in wildlife;
- [13] ERICA, <https://erica-tool.com>.

表6.2-1 放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较

（本工程单台机）

单位：Bq/a

气载 放射性 流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	1.50E+13	4.88E+12	32.53%
	^{14}C	7.00E+11	4.03E+11	57.57%
	惰性气体	6.00E+14	9.53E+13	15.88%
	碘	2.00E+10	1.19E+09	5.95%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	5.00E+10	9.94E+07	0.20%
液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	7.50E+13	4.39E+13	58.53%
	^{14}C	1.50E+11	3.03E+10	20.20%
	其余核素	5.00E+10	6.28E+09	12.56%

（全厂 4 台机）

单位：Bq/a

气载 放射性 流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	6.00E+13	1.95E+13	32.53%
	^{14}C	2.80E+12	1.61E+12	57.57%
	惰性气体	2.40E+15	3.81E+14	15.88%
	碘	8.00E+10	4.76E+09	5.95%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	2.00E+11	3.98E+08	0.20%
液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	3.00E+14	1.76E+14	58.53%
	^{14}C	6.00E+11	1.21E+11	20.20%
	其余核素	2.00E+11	2.51E+10	12.56%

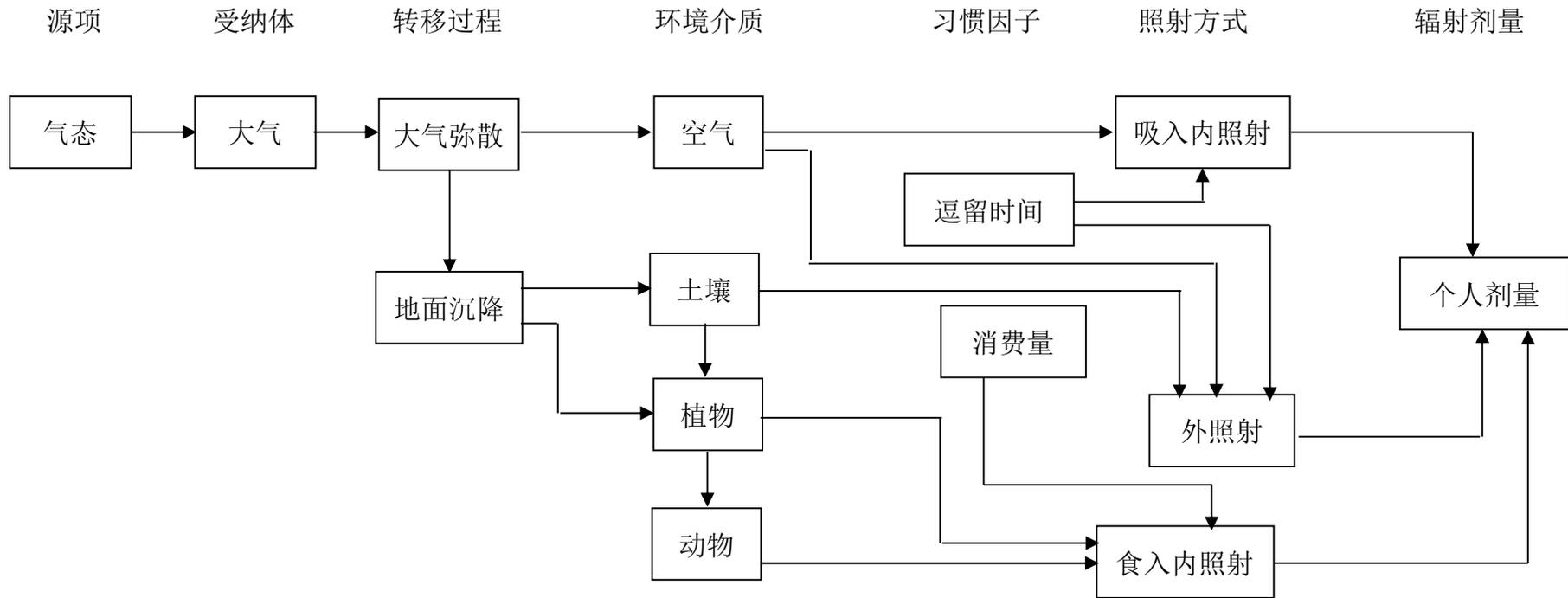


图 6.2-1 气态照射途径

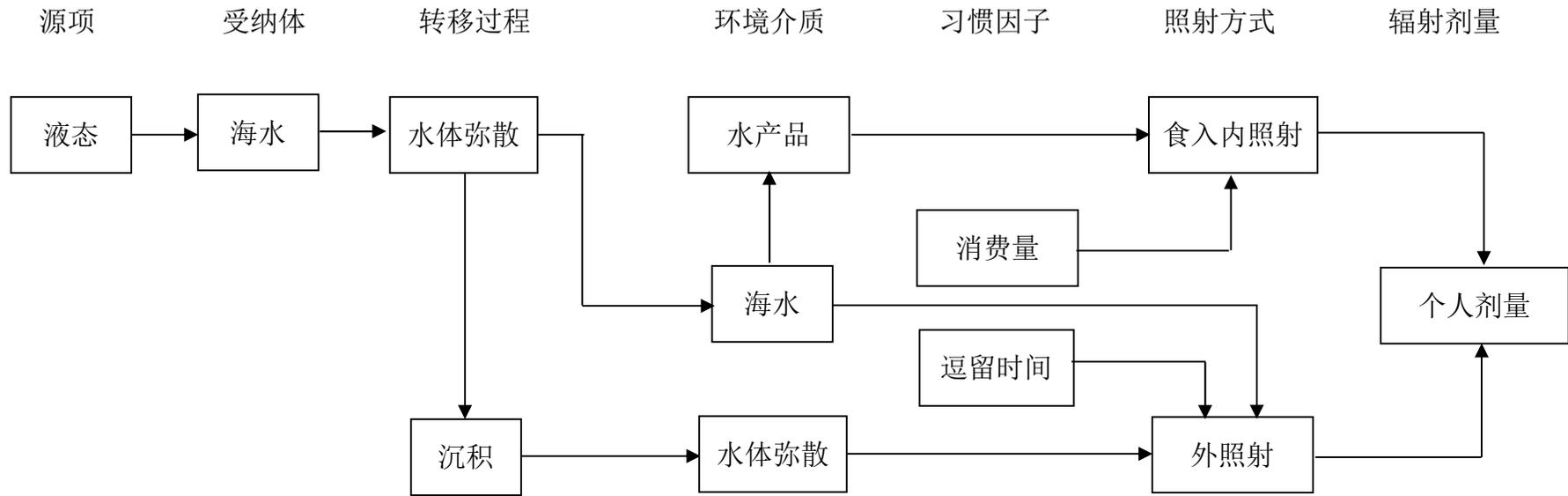


图 6.2-2 液态照射途径

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

6.3.1.3 浓盐水排放的影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 非放射性废水的环境影响

6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

6.3.2.3 噪声的环境影响

6.3.2.4 电磁的环境影响

6.3.3 参考资料

表

表 6.3-1 正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积

6.3 其它环境影响

三澳核电站3、4号机组正常运行时，可能造成的环境影响除了温排水影响和辐射影响外，还包括一定的非放射性环境影响，主要包括以下几方面：

- 非放射性化学物质排放；
- 海水连续加氯处理系统的余氯排放；
- 海水淡化浓盐水的排放；
- 污水处理系统的排放；
- 非放射性固废，包括生活垃圾、一般工业固体废物和危险废物；
- 噪声和电磁辐射。

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

三澳核电站生产过程中需要使用一定量的化学品。这些化学品包括硼酸、盐酸、氢氧化钠、氢氧化锂、氨水、水合联氨、次氯酸钠等。此外在检修过程中使用的材料、取样化验和实验室分析药剂还将使用氧气、乙炔、氮气、氩气、氦气等化学品。大宗化学物质的使用主要在除盐水处理系统、凝结水精处理系统、循环水处理车间、常规岛化学加药系统、海水淡化系统。一定量的化学物质在上述设备使用后通过加酸或者加碱进行中和、调节至pH6~9后送至BST子项或BQB子项再处理后回用或排放。因此，非放射性化学物质不会对海水水质产生明显的影响。

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

为保护核电站冷却系统不被水中附着生物堵塞，避免因其繁殖而导致的管道断面变小和流量降低，通常在循环冷却系统取水加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

电厂运行时在线监测冷却水中的活性氯浓度，根据结果控制氯化物加入量。本项目采用连续加药和冲击加药相结合的加药方式，在机组取水口设置加药点，连续加药浓度1ppm；在取水前池连续加药，连续加药浓度0.3ppm。长期连续加药，生物会产生一定的抗药性，因此取水口处还考虑每天1次的冲击加药，每次0.5h，冲击加药浓度3ppm，既可保证杀藻的有效性，也使排放水中余氯浓度不致过高。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯离子直接作用于水生生物，还包括氯离子可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ HClO 和 ClO^- ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ NH_2Cl 和 NHCl_2 ）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现， 0.2mg/L 的氯可以直接杀死水中 60~80% 的藻类； 0.1mg/L 的氯会使浮游植物光合作用下降 50%；当余氯被稀释到 0.03mg/L 以下时，水中初级生产力可完全恢复； 25°C 时余氯对咸水中浮游动物的 96h 半致死浓度（ LC_{50} ）为 $0.062\sim 0.267\text{mg/L}$ ；鱼类受余氯影响也较大，余氯对平鲷等几种海水鱼类 48h 的 LC_{50} 为 $0.18\sim 0.19\text{mg/L}$ ；白鲢、银鲑等 10 种鱼类对氯的回避相应浓度范围为 $0.04\sim 0.41\text{mg/L}$ 。有研究提出由 48h 的半致死浓度乘以安全因子 0.5 可确定余氯的安全浓度。目前国内尚没有对水体中余氯浓度的标准限值。国外研究人员通过对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的 120 多种水生生物的余氯毒性研究，证明当余氯浓度低于 $20\mu\text{g/L}$ 时，不论作用多长时间，都不会对海洋生物有毒性作用。

类比国内其他核电厂正常运行的经验，本工程排水口处水中余氯浓度不高于 $150\mu\text{g/L}$ 。根据专题单位的低放数模计算结果，表 6.3-1 给出了正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积。由表可以看出，本工程 2 台机组正常运行后全厂 4 台机组排放的余氯在附近海域全潮下稀释 10 倍的浓度（即相对浓度为 0.1，余氯绝对浓度值为 $15\mu\text{g/L}$ ）最大包络面积为 5.16km^2 。

考虑到光照等因素引起的余氯衰减会降低余氯毒性，实际情况下本工程排放到水中的余氯对附近海域影响范围会更小。因此，可以认为余氯对电厂周边海域的海洋生物影响较小。生态保护红线区距排水口 10km 以上，预计本工程余氯的排放不会对生态保护红线区造成不良影响。

6.3.1.3 浓盐水排放的影响

海水淡化系统采用两级反渗透工艺，其中一级反渗透出供水供给二级反渗透工艺进

水，二级反渗透工艺出水供给除盐水系统。

三澳核电厂运行期间的生产用水拟采用海水淡化。海水淡化系统产生的废物主要包括浓盐水、各种化学清洗废水和污泥。浓盐水经与循环冷却水混合后，其盐度增量很低，对厂址附近海域海水水质影响很小。海水淡化系统的运行维护过程中需使用一系列药剂，包括次氯酸钠（NaClO）、絮凝剂（FeCl₃ 和 PAM）、盐酸（HCl）、氢氧化钠（NaOH）、阻垢剂和还原剂（NaHSO₃）等。废水中上述物质的浓度很小，预计海淡系统产生的非放废水对海水水质影响很小。海水淡化系统运行产生的固体废物（泥饼）将外运处理。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 非放射性废水的环境影响

（1）生活污水

三澳核电厂 3、4 号机组正常运行期间产生的生活污水和洗涤、淋浴等非放射性污水，将送入厂区生活污水处理站进行处理。

本工程厂区设置 1 座生活污水处理站（BEW），主要处理全厂包括厂前区、核岛、常规岛、其它 BOP 厂房等场所的生活污水。本期工程不新增污水处理站子项，在 1、2 号机组污水处理站的基础上进行设备扩建。

生活污水经处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准和《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中的规定水质要求后达标排放。同时，将在处理工艺中增设消毒工序，以尽可能降低排水中的微生物含量。生活污水处理站产生的污泥外运。

（2）非放工业废水

本工程运行期的非放射性生产废水最终经非放工业废水处理站（BST）处理达标后排放，其排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准（除石油类）及《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）。

核电厂正常运行期间可能产生少量的含油废水，主要来自于机油零星泄漏和对机械设备的清洗，污水送入非放射性含油废水处理站（BES）处理，经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外，BES 出水排至非放工业废水处理

站（BST）。BST 所产生的非放射性含油废水的石油类排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 B 标准，处理达标后排放。

本项目非放射性废水经处理达标后排放，不会对受纳海域环境水质产生明显的影响。

6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

三澳核电厂 3、4 号机组在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属等，危险固废包括废有机溶剂、废化学试剂、废矿物油、废灯管和废树脂等。固废将纳入全厂统一处理，并委托专业废弃物公司（其中危废处置将委托有相关资质单位）外运处置。

3、4 号机组运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区办公及员工生活区的垃圾。生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运。在落实固废收集和处置工作后，本工程非放射性固废对环境的影响较小。

6.3.2.3 噪声的环境影响

核电厂运行噪声主要来自核岛厂房群和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备。核岛厂房群的噪声主要来自五个方面：

- 大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；
- 柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；
- 为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机不停运转；
- 工艺过程的泄压释放系统的安全阀、管道和箱罐等，在执行排放或泄压功能时发出很强噪声；
- 电气系统的部分设备也会发出很强噪声，例如：为反应堆控制棒驱动机构供电的发电机组、开式变压器、逆变器等。

汽轮发电机厂房的噪声主要来自以下四个方面：

- 高速运转的汽轮发电机组、主给水泵、增压泵和凝结水泵等机械动力噪声；
- 电动机、变压器等电气设备的磁场交变运动产生的电磁噪声；
- 在甩负荷时，蒸汽排入冷凝器前减温减压器会发出较强的噪声；

- 设备运行中其安全阀或排气阀事故排气时，尤其是主蒸汽管道内蒸汽通过安全阀和泄压阀向大气排放时，会产生极强气体动力噪声，但发生概率非常低。

广西防城港核电厂厂内主要噪声源与本项目相似，其地理地形条件均属于沿海山地丘陵类型，因此采用厂区现有 4 台核电机组正常运行的防城港核电厂作为噪声影响的类比厂址较本项目来具有合理性。根据《广西防城港核电有限公司 2024 年第三季度噪声监测报告》相关内容，监测单位于 2024 年 7 月 3 日对厂界噪声和厂址区域声环境质量进行了监测，监测期间电厂 4 台机正常运行。监测结果表明，厂界昼间噪声为 48.9~55.5dB(A)，夜间噪声为 44.4~48.7dB(A)，满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准，即昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)。声环境保护目标昼间噪声为 51.0~53.4dB(A)，夜间噪声为 42.4~44.5dB(A)，声环境质量满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类标准（昼间 55dB(A)，夜间 45dB(A)）要求。

类比上述监测结果，预计浙江三澳核电厂 3、4 号机组运行期间噪声不会对周围环境产生明显的影响。

6.3.2.4 电磁的环境影响

本期工程电磁的环境影响评价对象包括，1000kV 开关站（BTB）以及 1000kV 送电线路（厂内部分）。

1000kV 开关站（BTB）的电磁环境影响选择 1000kV 浙北变电站作为本工程变电站的电磁环境影响类比对象。该变电站含在浙北~福州特高压交流工程中，2016 年 5 月原环境保护部以环验〔2016〕46 号文《关于浙北~福州特高压交流工程竣工环境保护验收意见的函》对该工程进行竣工环保验收批复。浙北变电站电压等级 1000kV，出线 6 回，位于浙江省湖州市安吉县，所在区域为丘陵地区。通过对浙北变电站的设计参数考虑，类比输变电工程的工频电磁场具备保守性。

由资料可知，浙北变厂界各测点工频电场强度监测值为 18V/m~1540V/m，工频磁感应强度监测值为 0.157 μ T~1.340 μ T。在浙北变厂界监测点位中，7#点位的工频电场强度最大为 1540V/m，这主要是受 1000kV 出线的影响。其余点位的工频电场强度均低于 1000V/m。浙北变站外监测断面各测点的工频电场强度及工频磁感应强度总体上随距离增加逐渐变小。其中，浙北变断面监测结果中工频电场强度监测值最大为 28V/m，工频磁感应强度监测值最大为 0.164 μ T。

输电线路的电磁影响选择现有晋东南-南阳-荆门交流输电线路作为类比工程，类比线路为单回路架设，电压等级为 1000kV，与本项目类似。根据监测结果显示，工频电场强度最大值为 8.84kV/m，小于非居民区 10kV/m 的限值，最大值出现在边导线外约 4m 附近，随着距边导线距离增大而减小，至边相外约 26m 时，工频电场低于 4kV/m。工频磁感应强度的变化规律与工频电场强度的变化规律基本一致，最大值均出现在边相导线附近，随着距离的增大，磁感应强度逐步减小。断面监测工频磁感应强度最大值为 7.89 μ T，数值较低。

根据类比分析，上述输变电工程运行期间周围电磁环境质量可以满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的控制限值的要求。

6.3.3 参考资料

- [1] USEPA, National Recommended Water Quality Criteria 2006;
- [2] Brooks A J, Baker A L, Chlorination at power plant: Impact on phytoplankton productivity, Science, 1972, 1414~1415;
- [3] 黄洪辉等, 电厂温排水中的余氯对邻近水域生态环境的影响, 南海研究与开发, 1998 (2), 46~58;
- [4] 刘兰芬等, 电厂温排水中余氯衰减规律及其影响因素的实验研究, 水利学报, 2004 (5), 1~6;
- [5] 张穗等, 大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响, 海洋环境科学, 2000 (2), 14~18;
- [6] 曾红宁等, 余氯对水生生物的影响, 生态学报, 2005 (10), 2717~2724;
- [7] Mattice JS, Zittel HE, Site-specific Evaluation of Power Plant Chlorination, Journal - Water Pollution Control Federation, 1976: 2284~2308;
- [8] 南阳~荆门~长沙 1000kV 特高压交流输变电工程环境影响报告书（送审稿），中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司，2020.4;
- [9] 浙江三澳核电厂二期工程液态流出物数值模拟研究报告，南京水利科学研究院，2022.8。

表 6.3-1 正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积

液态流出物	相对浓度等值线全潮最大包络面积 (km ²)									
	季节	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005
余氯	夏季	0.49	0.81	1.38	2.52	5.16	9.05	18.70	30.15	45.49
	冬季	0.50	0.81	1.31	2.43	5.07	8.73	17.53	29.52	45.04

6.4 初步退役计划

6.4.1 退役总原则

6.4.2 退役策略

6.4.3 便于退役的考虑

6.4.4 文档的记录和保存

6.4.5 放射性废物管理

6.4.6 知识管理

6.4.7 退役资金

6.4 初步退役计划

退役是为解除核设施部分或全部监管控制所采取的行政和技术行动，其最终目标是使核设施和（或）场址获得有限制或无限制开放和使用。三澳核电站3、4号机组采用华龙一号技术融合方案，其设计寿期为60年，运行期满将实施退役。

根据《中华人民共和国核安全法》以及《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，核设施营运单位在进行核设施退役活动前应当编制环境影响报告书报国务院环境保护行政主管部门审查。最终详细退役计划及退役环境影响评价将在反应堆正式退役前开展。

6.4.1 退役总原则

核电站反应堆的退役是一项复杂的技术工作，全部退役活动将在充分保护从事退役工作的人员、周围公众的健康，以及保护环境和保证安全的情况下进行，使之免受或减少来自所关闭核电站的辐射危害和其它危害，同时又不对后代造成不可接受的潜在危害。其最终目标是核电场址获得有限制或无限制的开放和使用。

退役活动应该准备充分、措施落实、管理严格、监督到位。为了便于核电站的退役和拆除，营运单位在选址、设计、建造、运行期间均应考虑退役要求，注意收集、保存和修订退役所需的主要资料。

根据“废物最小化”和“安全退役”的原则，建设单位在技术设计、设备材料的选取等方面将针对退役特点进行如下考虑：

- 1) 反应堆设计成能在最终停堆后的某些规定的时间内完成有关的拆除工作，并使在这期间所需要的监督工作量最小；
- 2) 反应堆材料的选择，需考虑减少活化、并便于去污。核电站的设计、布置应具备必要的可达性，容易拆除和移走大部件；
- 3) 在退役期间对放射性物质从反应堆中实际和可能的泄漏具有控制和监督的能力；
- 4) 具备对估算反应堆寿期内放射性积存量和退役过程中辐照剂量所需要的主要参数进行监督的能力；
- 5) 设计上对核电站的放射性物质和非放射性物质进行严格区分。

此外，根据《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《反应堆退役环境管理技术规定》（GB/T 14588-2009），三澳核电站 3、4 号机组在决定退役时，将向国家生态环境保护行政主管部门（国家核安全主管部门）提交包括核设施退役申请书、安全分析报告、环境影响评价文件、质量保证文件、法律和行政法规规定的其他材料，经审查批准并获得许可后才开始退役工作。

6.4.2 退役策略

退役策略包含两种，即立即拆除和延缓拆除。就地掩埋不作为退役策略，该方式只在特定的情况下（如发生严重事故）时才考虑。

核电站反应堆堆本体放射性水平很高，含有很多活化产物，其退役方案因国家不同，采取的退役方案也不同，但总的倾向为缩短封存时间。

根据目前的技术经济条件，结合 IAEA 提出的两种退役策略，建设单位初步考虑以下退役方案：

► 立即拆除策略

此策略考虑在电厂最终停闭后尽快完成立即拆除。其优点是能尽快利用场地和部分利用现场原有设备和辅助设施。但是，由于停堆的时间较短，可能还存在高放射性核素，需要采用远距离遥控操作和屏蔽来拆除构件和处理放射性废物，因此操作困难且费用昂贵。

► 延缓拆除策略

此策略考虑在电厂停闭后，进行长期贮存，然后完成退役。大部分放射性核素保留在生物屏蔽和压力壳内让其衰变。此方案较易于拆卸、运走带放射性的构件，但是需对遗留结构进行长期监测和维护，并需研究最终拆卸的方法和手段。

国内《核设施退役安全要求》（GB/T 19597-2004）明确要求在退役经费和退役技术能保障退役活动的安全时，采取立即拆卸的退役策略。初步考虑到三澳核电站 3、4 号机组运行 60 年后退役，去污技术、拆卸/切割技术、废物管理技术等或有较大发展，经费也能够保障。现阶段三澳核电站 3、4 号机组优先考虑立即拆除策略。

6.4.3 便于退役的考虑

退役不仅仅是反应堆最终停堆后的活动，在反应堆设计建造阶段和运行寿期内就应当对其最终退役处置问题给予充分的重视，并在合理可行的范围内努力创造条件，为其最终停堆退役工作做出积极安排。通过合理的设计，最大限度地减少放射性废物的产生量，并力图简化退役工作。

在设计阶段考虑便于退役的设计，其目的在于使退役期间：

- 1) 尽可能降低人员和公众风险；
- 2) 尽可能减少环境影响；
- 3) 易于去污、拆除；
- 4) 尽可能减少废物产生量；
- 5) 节省资金。

国内已发布《便于核电厂退役的设计和建造要求》对上述工作开展具有较强的指导性，同时国际上包括 IAEA 等组织也出版包括《Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning》在内大量技术报告并持续更新。三澳核电厂 3、4 号机组便于退役的考虑如下：

- 1) 厂址选择方面将保存本底水平调查，可为将来退役完成后的厂址验收提供比较依据。同时考虑运输路线及配套设施在退役期间的可用性；
- 2) 总平面布置考虑预留退役期间所需设施的建设空间，并根据设施的功能和退役先后顺序，优化分区布置，并考虑厂区道路要利于后续退役实施。
- 3) 材料选择方面包括使用便于去污的材料，材料的杂质含量尽量低，尽量避免选用易活化材料、有毒有害材料、危险材料等；
- 4) 设备设计、工艺设计和布置设计将重点考虑减少污染的残留和沉积、便于去污、便于拆卸、便于设备及部件的转运等；
- 5) 建（构）筑物设计采用易于去污的涂层、金属衬里等，并考虑设备及人员的可达性、建筑物对大件的承载能力及厂房分阶段拆除的可能性等；
- 6) 放射性废物管理满足“三同时”要求以避免大量运行废物积累对退役造成额外负担，根据退役废物的需求后续将考虑退役阶段废物贮存设施的扩容或新建。

6.4.4 文档的记录和保存

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规要求及核电厂退役实

践，核电站的营运单位需在设计和建造阶段着手编写核电站的初步退役计划，统筹考虑退役策略、退役方案、退役进度、退役费用、退役废物管理、安全评价、环境影响评价等。

三澳核电站 3、4 号机组运行后，除了日常的维修、试验、检查活动外，在长达 60 年运行过程中可能发生工程改造和瞬态事件，对最终退役造成影响。核电站营运单位将如实、准确做好记录，以便为核电站退役提供翔实的数据，实现安全退役及剂量最优的目标。按照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）要求，核电站营运单位将在核动力厂的运行过程中对初步退役计划定期修订到核电站运行寿期末（停闭前 5 年左右），核电站营运单位还需根据国家政策和当时的退役技术，对退役阶段相关安排进行详细分析，制定核电站的最终退役计划，并准备退役安全分析报告等申请文件。

6.4.5 放射性废物管理

退役过程中将产生大量的放射性废物，相关放射性废物的管理是退役阶段重要工作之一。确保安全第一是首要前提条件，同时要根据废物的性状或含有放射性物质的种类和浓度等，进行适当的分类管理，并根据其分类进行适当的处理与处置。需要自始至终考虑并落实废物最小化，降低对人及环境的负面影响。

- 1) 落实退役废物最小化原则；
- 2) 选用最佳可行的去污、拆除、废物处理工艺，尽量减少废物产生（包括一次废物和二次废物）；
- 3) 废物分类管理，避免不同类别废物混杂以确保各类废物得到有针对性地处理处置；
- 4) 对可降级废物、放射性水平极低的废物或只包含半衰期极短的放射性核素的废物，采用合理的管理方法（如废物降级、清洁解控等），尽可能减少放射性废物量、降低废物等级或实现循环利用，如根据国外退役经验，现场产生的大量金属容器可以通过熔炼去污的方式减少废物产生量甚至变废为宝；
- 5) 提前考虑退役废物的处理需求，核动力厂营运单位具有收集、检测、处理整备、运输和处置（至少具备暂存废物）能力，能够处理退役过程中产生的废物，以及非预期事件/事故所产生的废物；
- 6) 退役实施过程中将尽可能利用现有的配套设施，如已有的废物处理系统

不能满足退役废物的处理要求，经审核批准后再新建设施。

在放射性废物管理方面，中广核集团在长期核电站建设、运行过程中，掌握了先进废气、废液、废固处理技术，拥有较完善的技术和装备体系，为退役阶段废物处理处置等管理提供了较好的基础。

6.4.6 知识管理

退役作为一项长期、复杂的工作，建设单位应当记录和保留在核动力厂修改和维修活动中获得的关于受污染或被活化的构筑物、系统和设备的经验和知识。除此以外，建设单位应当制定人力资源计划，以确保有足够的合格人员可用于核动力厂安全运行直至最终停堆。

6.4.7 退役资金

本工程的退役经费，将根据我国法律法规及标准的要求进行提取。在核电站运行过程中对初步退役计划定期修订（IAEA推荐每5年对初步退役计划进行一次修订），修订内容包括对退役经费的测算、评估，以确保最终机组退役前有足够的退役经费。

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 严重事故

7.3 场内运输事故

7.4 其它事故

7.5 事故应急

7.1 核电站放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

7.1.2.2 事故剂量

7.1.3 事故后果评价

7.1.4 参考资料

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

三澳核电厂 3、4 号机组建设 2 台华龙一号核电机组。稀有事故和极限事故均属于设计基准事故范畴，在核电厂设计时，针对每一类设计基准事故，均考虑了针对性的预防和缓解措施。根据 GB6249-2011 的相关要求，稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

本节有关设计基准事故的描述以本工程初步安全分析报告（PSAR）的相关内容为基础，所考虑的设计基准事故是决定压水堆安全相关设计的整个事故谱中事件序列的典型代表，这些事件序列与其对环境的放射性影响相关。

➤ 功率状态下设计基准事故始发事件

功率状态下设计基准事故始发事件，依据《核动力厂安全评价与验证》（HAD102/17），并参照 NUREG-0800 确定设计基准始发事件及其工况分类。

➤ 停堆状态下设计基准事故始发事件

停堆状态下设计基准事故始发事件的选取通过对功率运行始发事件进行扩展（通过分析功率工况下的始发事件是否可能在停堆状态下发生），如停堆工况下的中、小破口等。同时识别由于电厂处于停堆状态可能导致的新的始发事件，如余热排出（RHR）模式下反应堆冷却剂系统（RCP）水位失控下降，余热排出（RHR）模式下失去安注系统（RIS）的一列冷却系统等。

就放射性影响而言，这些设计基准事故涵盖了其他相似事件序列，具有代表性。这些典型事故包括：

- 失水事故（LOCA）；
- RCCA 弹出事故（CREA）；
- 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）；
- 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）；
- 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）；
- 燃料操作事故（FHA）；
- 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）；
- 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故。

各事故描述如下：

（1）失水事故（LOCA）

发生 LOCA 后，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和周边厂房（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

（2）RCCA 弹出事故（CREA）

当 RCCA 弹出事故发生时，随着假想的控制棒的弹出，燃料中部分放射性核素释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路的放射性活度。分析中保守考虑径向峰值因子（1.65）的影响。考虑以下两条放射性释放途径：

a) 安全壳释放途径

RCCA 弹出事故可能造成一回路（压力容器顶盖）破口，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和周边厂房（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

b) 二回路释放途径

本途径的放射性释放计算中，不考虑一回路发生破口，在 RIS 以 RHR 运行模式接入前，堆芯余热通过二回路导出。

假设事故发生同时厂外电源丧失，LOOP 导致蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

（3）主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道破裂后，破损 SG 最终几乎完全排空，其中所有的水都以蒸汽形式被带走，一回路向二回路的泄漏直接排入大气。此过程中放射性物质随之直接释放到环境。

另外 2 台完好的 SG 通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

对一回路源项分别考虑事故前碘峰和事故并发碘峰。事故前碘峰模型中，假设 MSLB 事故发生前堆芯发生功率瞬变，一回路冷却剂活度上升至瞬态值并持续到事故结束。事故并发碘峰模型中，假设瞬态发生时碘的释放速率上升至稳态平衡值的 500 倍，并持续 8 小时，至事故结束。

二回路的蒸汽排放一直持续到 RCP 温度和压力降到 RIS 以 RHR 运行模式接入条件为止。

（4）蒸汽发生器单根传热管破裂事故（SGTR）

假设在 SGTR 事故发生的同时堆芯发生功率瞬态，导致 RCP 冷却剂中出现事故并发碘尖峰，持续时间为 8 小时。

完好 SG 的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RIS 以 RHR 运行模式接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损 SG 的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后，破损和完好 SG 二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

在破损 SG 传热管裸露的情况下，保守假设 10%的破口流量直接以蒸汽的形式释放入环境。

（5）蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

假设在 SGTR-2 事故发生前堆芯发生功率瞬态，导致 RCP 冷却剂放射性活度达到瞬态值。瞬态的持续时间为 8 小时，即保守假设瞬态的影响从事故前 8 小时开始至事故结束。

完好 SG 的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RIS 以 RHR 运行模式接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损 SG 的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后（从事故发生前 8 小时）破损和完好 SG 二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

（6）燃料操作事故（FHA）

本节分析的 FHA 为乏燃料池内燃料组件坠落事故。假设乏燃料在运到燃料贮存区过程中，不慎坠入乏燃料水池内。该组件内的所有燃料元件全部损坏，燃料包壳间隙中的惰性气体、碘和碱金属瞬间释放出来。惰性气体不溶于水，将释放到燃料操作厂房。由于碘的可溶性和水解作用，大部分将滞留水中。碱金属全部滞留在水中。从乏燃料水池中释放出来的碘和全部惰性气体进入燃料操作厂房大厅，随着燃料厂房通风

系统释放进入环境大气。

（7）主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）

当 LRA 事故发生，假设部分燃料包壳发生破损，燃料间隙中的放射性活度释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路放射性活度。假定事故造成 30% 的燃料棒发生破损。

假设蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

二回路的蒸汽排放一直持续到 RCS 温度和压力降到 RIS 以 RHR 运行模式接入条件为止。

分析中保守考虑径向峰值因子（1.65）的影响。

（8）安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故

安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故发生后，含放射性冷却剂释放到相应厂房内，随后释放到环境中。核取样系统（REN）、化学和容积控制系统（RCV）发生安全壳外管线破裂可能造成较严重的放射性后果，这两种类型破口的放射性后果可以包络其他的安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故的放射性后果。

1) 当发生安全壳外 REN 系统管线破裂事故时，一回路冷却剂中携带的放射性核素随冷却剂喷放到厂房内，随后释放到环境中。对于 REN 管线破裂，由于管线较小，破口流量能被 RCV 系统上充流量所补充，稳压器水位维持在正常运行水位。当操纵员发现并隔离破口后，向环境的放射性释放终止。假设事故前，一回路系统处于功率运行状态，正通过 REN 系统对稳压器液相区进行取样，此时管线上发生双端剪切断裂。假设破口正好发生在安全壳贯穿件下游。

2) 当发生安全壳外 RCV 系统管线破裂事故时，在破口隔离前，放射性核素随冷却剂持续释放到厂房内，随后释放到环境中。破口隔离后，向环境的放射性释放终止。假设事故前，一回路系统处于功率运行状态，2 台上充泵运行且稳压器液位发生正常波动，此时 RCV 下泄流量最大。保守假设破口发生在 RCV 下泄管线，正好位于辅助厂房净化单元上游。事故发生后，在破口隔离前，冷却剂持续通过破口喷放到辅助厂房内。净化单元及相应管道中的冷却剂回流到辅助厂房内。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

（1）气象数据

本节采用厂址气象观测系统 2022 年 1 月至 2022 年 12 月逐时气象观测数据进行厂址事故大气弥散因子的计算，各气象要素具体信息及大气扩散参数详见 2.4 节相关描述。采用苏州热工研究院有限公司研发的 CEIRA 程序系统计算事故短期大气弥散因子。

（2）非居住区边界和规划限制区外边界上的大气弥散因子

- a) 分方位大气弥散因子：计算得到厂址周围 16 个方位、99.5% 概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为 0~2h 的事故大气弥散因子；各个方位年平均大气弥散因子为该方位按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于 2h 的释放时段的事故大气弥散因子，则利用 2h 时段的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。
- b) 全厂址大气弥散因子：计算得到厂址周围各距离全厂址 95% 概率水平（保守值）及 50% 概率水平（现实值）的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为 0~2h 的事故大气弥散因子；年平均大气弥散因子为全年按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于 2h 的释放时段的事故大气弥散因子，则利用厂址 2h 时段的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

非居住区边界和规划限制区边界上的事故剂量后果计算将采用分方位大气弥散因子和全厂址大气弥散因子之间的最大值进行计算。

7.1.2.2 事故剂量

设计基准事故放射性后果评估时主要考虑事故期间起主要作用的三个照射途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

上述三种照射途径的个人剂量计算公式详见附录 D。

计算参数：

1) 剂量转换因子（DCF）

计算中采用的剂量转换因子主要取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、国际辐射防护委员会（ICRP）71 号出版物、国际原子能机构（IAEA）19 号安全报告（2001）、美国联邦导则 11 号报告、美国联邦导则 12 号报告。

2) 干沉积速率（V_d）

干沉积速率取自联邦德国辐射防护委员会第十七卷出版物（SSK Bd.17）：

— 气溶胶：V_d=1.5×10⁻³ m/s；

— 分子碘：V_d=1×10⁻² m/s；

— 有机碘：V_d=1×10⁻⁴ m/s。

3) 呼吸率（Br）

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则 RG1.195：

— 0～8h：Br=3.5×10⁻⁴ m³/s；

— 8～24h：Br=1.8×10⁻⁴ m³/s；

— 24～720h：Br=2.3×10⁻⁴ m³/s。

7.1.3 事故后果评价

GB6249-2011 规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

三澳核电厂 3、4 号机组以各反应堆为中心、半径 500m 的包络区域作为非居住区边界，规划限制区范围为以各反应堆为中心、半径 5km 的区域。

各类设计基准事故中，DBC-4 类工况事故对应于 GB 6429-2011 中的极限事故，DBC-3 类工况事故对应于 GB 6429-2011 中的稀有事故。

1) 失水事故（LOCA）

设计基准 LOCA 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 9.01E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.11E-01Sv，分别占国家标准

GB6249-2011 相应限值的 9.01%和 11.10%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.10\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $8.30\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.10%和 0.83%。

2) RCCA 弹出事故（CREA）

CREA 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.77\text{E-}02\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $2.14\text{E-}01\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 17.70%和 21.40%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.99\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $1.95\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.99%和 1.95%。

3) 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

MSLB 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $9.02\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $1.09\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.90%和 1.09%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $3.53\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $6.21\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.35%和 0.62%

4) 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

SGTR-2 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.25\text{E-}02\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $2.03\text{E-}01\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 12.50%和 20.30%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $9.53\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $1.48\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.95%和 1.48%。

5) 燃料操作事故（FHA）

FHA 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $4.99\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $9.16\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 4.99%和 9.16%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $3.62\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $6.42\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.36%和 0.64%。

6) 主泵转子卡死事故（LRA）

LRA 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为

1.33E-02Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.33E-01Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 13.30%和 13.30%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 2.29E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.92E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.29%和 2.92%。

7) 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）

SGTR 属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 2.04E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.84E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 40.80%和 56.80%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.81E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.38E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.62%和 4.77%。

8) 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂

安全壳外含一回路冷却剂管线破裂属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.52E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.75E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 30.40%和 35.00%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.06E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.22E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.12%和 2.44%。

由上述分析可知：

所有设计基准事故剂量后果都满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

对于极限事故，RCCA 弹出事故（CREA）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 17.7%和 21.4%。主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.29%和 2.92%。

对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）以及规划限制区边界上（事故持续期间内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，非居住区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 40.8%和 56.8%；规划限制区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.62%和 4.77%。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，三澳核电厂 3、4 号机组的专设

安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

7.1.4 参考资料

- [1] 美国核管理委员会（NRC），RG1.183, Alternative Radiological Source Terms For Evaluating Design Basis Accidents At Nuclear Power Reactors, 2000。
- [2] IAEA Safety Reports Series No. 19, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharge of Radioactive Substances to the Environment, 2001。
- [3] ICRP Publication 71, Age-dependent Doses to Members Of The Public From Intake Of Radionuclides: Part 4 Inhalation Dose Coefficients, 1995。
- [4] 电离辐射防护与辐射源安全基本标准，（GB18871-2002）。
- [5] 联邦德国辐射防护委员会（SSK），出版物第17卷。
- [6] 美国联邦导则11号报告。
- [7] 美国联邦导则12号报告。

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

- 7.2.1.1 RC101 释放类—安全壳完整类
- 7.2.1.2 RC201 释放类—安全壳隔离失效类
- 7.2.1.3 RC202 释放类—安全壳隔离失效类
- 7.2.1.4 RC203 释放类—安全壳早期失效类
- 7.2.1.5 RC301 释放类—安全壳早期失效类（氢气现象）
- 7.2.1.6 RC303 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）
- 7.2.1.7 RC305 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）
- 7.2.1.8 RC401 释放类-安全壳早期失效类（堆外蒸汽爆炸）
- 7.2.1.9 RC403 释放类-安全壳早期失效类（安全壳内 DCH 现象）
- 7.2.1.10 RC501 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 有效）
- 7.2.1.11 RC502 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 无效）
- 7.2.1.12 RC503 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）
- 7.2.1.13 RC504 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）
- 7.2.1.14 RC601 释放类-安全壳旁通类
- 7.2.1.15 RC701 释放类-安全壳旁通类（ISLOCA）
- 7.2.1.16 RC801 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

7.2.2 事故后果

7.2.3 严重事故预防和缓解措施

- 7.2.3.1 严重事故专用卸压阀
- 7.2.3.2 熔融物堆内滞留系统
- 7.2.3.3 安全壳热量导出系统
- 7.2.3.4 安全壳可燃气体控制系统
- 7.2.3.5 安全壳过滤排放系统

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

本节根据三澳核电厂二期工程二级PSA资料，对各释放类工况进行描述并给出源项结果，包含安全壳完整类、安全壳隔离失效类、安全壳早期失效类、安全壳晚期失效类及安全壳旁通类等工况。下文就各释放类具体假设进行说明。

7.2.1.1 RC101 释放类—安全壳完整类

RC101 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 安全壳隔离成功；
- b) IVR 有效，当堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟启动 IVR；
- c) 安全壳喷淋有效，堆芯出口温度到达 650℃后 12h，再延迟 30min 开启安全壳喷淋；
- d) 安全壳自然泄漏率为安全壳设计压力 0.52MPa(abs)下 0.3%，保守考虑厂房通风系统不可用，从安全壳流出的源项直接释放到环境。

7.2.1.2 RC201 释放类—安全壳隔离失效类

RC201 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 堆芯出口温度达到 650℃后，安全壳隔离失效，安全壳出现直径 1000mm 破口；
- b) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟启动；
- c) 安全壳喷淋有效，堆芯出口温度到达 650℃后 12h，再延迟 30min 开启安全壳喷淋。

7.2.1.3 RC202 释放类—安全壳隔离失效类

RC202 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 堆芯出口温度达到 650℃后，安全壳隔离失效，安全壳出现直径 1000mm 破口；
- b) IVR 失效；
- c) 安全壳喷淋失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在地基熔穿时，假设在 0m 位置设置一个 1m²的安全壳破口。

根据本项目二级 PSA 分析结果，该工况可以用 RC201 的源项结果代表。

7.2.1.4 RC203 释放类—安全壳早期失效类

RC203 释放类初始工况假设：功率工况，丧失主给水和辅助给水，触发停堆信号后，控制棒下插失败，卡棒 3 根，充排失效，RBS 失效，换料水池冷却失效，进入严重事故，所有缓解措施都失效，早期发生安全壳超压失效。由于该工况假设一回路超压时，故无法开展源项计算。

7.2.1.5 RC301 释放类—安全壳早期失效类（氢气现象）

RC301 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 假设堆内氢气产量达到最大值时，发生氢气爆炸，导致安全壳破口，面积为 1m²；
- b) IVR 有效，堆芯出口达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR；
- c) 安全壳喷淋失效；
- d) 为使得产氢量达到最大值，假设进入严重事故后恢复低压安注向堆芯注水，通过敏感性分析，找到最大产氢量对应的恢复注入时间点。

7.2.1.6 RC303 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）

RC303 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，堆芯熔化后迁移至下封头，与其中的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸。主要假设如下：

- a) 熔融物重置下封头时发生蒸汽爆炸，导致压力容器和安全壳同时失效，失效面积均为 1m^2 ；
- b) IVR 失效；
- c) 安全壳喷淋失效。

7.2.1.7 RC305 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）

RC305 释放类初始工况假设：功率工况下发生完全丧失主给水事故，同时辅助给水、MCD、LCD 均失效，反应堆紧急停堆成功，由于二次侧丧失冷却能力，导致一回路压力上升，直至稳压器安全阀开启压力，稳压器安全阀的开启导致一回路冷却剂不断丧失，进而堆芯开始裸露，堆芯温度不断上升，当堆芯出口温度达到 650°C 后，严重事故卸压阀开启失败，堆芯损伤继续，当堆芯熔化迁移至下封头时，与下封头内的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸。主要假设如下：

- a) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650°C 后，延迟 10 分钟投运 IVR；
- b) 蒸汽爆炸导致压力容器和安全壳出现破口，面积均为 1m^2 ；
- c) 安全壳喷淋失效。

根据本项目二级 PSA 资料，该工况可以被 RC303 包络，可以将 RC303 的最终源项释放结果作为该工况的结果。

7.2.1.8 RC401 释放类-安全壳早期失效类（堆外蒸汽爆炸）

RC401 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 非能动 IVR 有效，能动 IVR 失效，堆芯出口温度达到 650°C 后，延迟 10 分钟

投运非能动 IVR，非能动 IVR 注水结束后能动 IVR 启动失败；

- b) 由于能动 IVR 不可用，随着堆坑水位降低，压力容器内熔融物逐渐失去冷却，最终导致压力容器失效，在熔融物落入堆坑瞬间，与堆坑内剩余的水发生反应，出现蒸汽爆炸，导致安全壳失效，产生 1m^2 破口。

7.2.1.9 RC403 释放类-安全壳早期失效类（安全壳内 DCH 现象）

RC403 释放类初始工况假设：功率工况下发生完全丧失主给水事故，同时辅助给水、MCD、LCD 均失效，反应堆紧急停堆成功，由于二次侧丧失冷却能力，导致一回路压力上升，直至稳压器安全阀开启压力，稳压器安全阀的开启导致一回路冷却剂不断丧失，进而堆芯开始裸露，堆芯温度不断上升，当堆芯出口温度达到 650°C 后，严重事故卸压阀开启失败，堆芯继续损伤，堆芯熔化后迁移至下封头。主要假设如下：

- a) IVR 失效；
- b) 堆芯损伤后，由于 IVR 失效，压力容器失去冷却，最终导致压力容器失效，在压力容器失效瞬间发生 DCH 现象导致安全壳失效（安全壳失效面积为 1m^2 ）；
- c) 安全壳喷淋失效。

7.2.1.10 RC501 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 有效）

RC501 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) IVR 有效；
- c) EUF 有效，安全壳压力达到设计压力 $0.52\text{MPa}(\text{abs})$ 后延迟 30min 开启 EUF。

7.2.1.11 RC502 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 无效）

RC502 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安

注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。

主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) IVR 有效；
- c) EUF 无效，安全壳压力达到设计压力 0.52MPa(abs)后，安全壳失效，安全壳出现 1m² 破口。

7.2.1.12 RC503 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC503 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋有效；
- b) EUF 失效；
- c) IVR 失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m² 的安全壳破口。并考虑基岩及土壤对气态的裂变产物和悬浮的裂变产物（惰性气体除外）具有 90%的过滤效应。这种模拟方式无法真实反映地基熔穿后源项向地下水的释放过程，在裂变产物释放的量上会存在较大的差异。

7.2.1.13 RC504 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC504 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) EUF 失效；
- c) IVR 失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m² 的安全壳破

口，并考虑基岩及土壤对气态的裂变产物和悬浮的裂变产物（惰性气体除外）具有 90%的过滤效应。这种模拟方式无法真实反映地基熔穿后源项向地下水的释放过程，在裂变产物释放的量上会存在较大的差异。

7.2.1.14 RC601 释放类-安全壳旁通类

RC601 释放类初始工况假设：功率工况下，发生安全壳外主蒸汽管道双端破口，在一二回路压差最大时诱发 2 根蒸汽发生器传热管破裂。紧急停堆成功，二次侧冷却失效，破损环路主蒸汽隔离阀隔离失败，一回路冷却剂通过破损环路主蒸汽管线不断丧失，由于中压安注失效，无法维持一回路冷却剂装量，导致堆芯裸露进而堆芯损伤，当堆芯出口温度达到 650℃且一回路压力大于 2MPa 时，延迟 10 分钟开启严重事故卸压阀，一回路压力随之快速下降，安注箱投运成功，但由于低压安注失效，待安注箱冷却水耗光后，堆芯最终失去冷却而进一步损伤。主要假设如下：

- a) IVR 有效，当堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR；
- b) ASG 失效；
- c) LCD 失效；
- d) MCD 失效。

7.2.1.15 RC701 释放类-安全壳旁通类（ISLOCA）

RC701 释放类初始工况假设：功率工况，RCV 系统上充管线位置发生直径为 100mm 的 ISLOCA 事故，导致一回路冷却剂直接向环境排放，一回路冷却剂装量不断丧失，由于中压安注失效，冷却剂无法得到补偿，出现堆芯裸露，随着一回路压力的不断下降，安注箱投运成功，堆芯淹没，但由于低压安注的丧失，随着安注箱的排空，堆芯最终丧失全部冷却剂，堆芯熔化后迁移至下封头内。主要假设如下：

- a) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR 成功；
- b) 严重事故卸压阀有效，堆芯出口温度达到 650℃且一回路压力大于 2MPa 时，延迟 10 分钟开启 SADV 成功。

7.2.1.16 RC801 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC801 释放类初始工况假设：功率工况下发生压力容器破口，破口位于直筒段底

部，破口面积 1m^2 ，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，由于破口面积较大，且位置很低，注入堆芯的水很快从破口流出，安注箱快速排空。此外，中、低压安注失效，没有持续的安注水进入堆芯，堆芯最终失去冷却而损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

- a) 安全壳喷淋失效；
- b) EUF 失效；
- c) IVR 失效；
- d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m^2 安全壳破口。

根据本项目二级 PSA 分析结果，该工况源项可以用 RC502 代表。

7.2.2 事故后果

根据本项目二级 PSA 资料给出各类事故的发生频率，可知，严重事故 RC101 释放类（安全壳完整）发生频率最高。

本报告对于严重事故后果评价模式采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式，模拟放射性物质释放入大气造成的场外后果，主要考虑烟云浸没外照射、地面沉积外照射、空气吸入内照射及污染食物和水的摄入内照射。该模式分为三个模块：ATMOS，EARLY 和 CHRONC。ATMOS 模块模拟放射性物质的大气扩散、输送、沉降过程；EARLY 模块模拟应急阶段的直接照射途径、剂量、缓解措施和健康效应；CHRONC 模块模拟中期和长期阶段的直接和间接照射途径、剂量、缓解措施和健康效应。

采用厂址气象观测系统 2022 年 1 月至 2022 年 12 月连续 12 个月逐时数据，公众呼吸率采用 NUREG/CR-4691 的缺省值 $2.66 \times 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{s)}$ ，干沉积速度采用联邦德国辐射防护委员会第 17 卷出版物（SSK17），粒子碘和气溶胶取 0.0015m/s ，惰性气体不考虑沉降。湿沉积模型描述降水引起物质在地面的沉积量，与降水强度和降水持续时间相关。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），事故后两天、一周、一月和一年内有效剂量的限定阈值分别为 10mSv 、 50mSv 、 30mSv 和 1Sv 。通过计算，在整个评价范围内：随距离增大，超越概率逐渐减小。

7.2.3 严重事故预防和缓解措施

7.2.3.1 严重事故专用卸压阀

严重事故后的一回路卸压功能主要通过严重事故专用卸压阀实现。

严重事故专用卸压阀组位于稳压器顶部，每列管线包括两个串联的阀门。先导式安全阀组和严重事故卸压系统共用的一条卸压管线，排往卸压箱。除正常电源供电外，应急柴油机、SBO 柴油机和严重事故专用电源都可以向严重事故专用卸压阀供电。因此，即使在全厂断电且所有柴油机失效的情况下，严重事故专用卸压阀门也能够开启且保持在开启状态，实现一回路的卸压功能。

严重事故专用卸压阀的启动条件为：当堆芯出口温度达到 650°C 且一回路压力高于 2MPa（严重事故管理导则中设定）。其设计时即考虑可以保证在气体温度较高时仍能启动阀门卸压，在全厂断电和应急柴油机不可用的情况下，也能够保证卸压功能的实现，并且一旦启动严重事故专用卸压阀，即使事故升级，卸压路径也能确保畅通。

7.2.3.2 熔融物堆内滞留系统

堆芯熔融物滞留系统在核电厂发生严重事故以后，堆芯熔融物坍塌到反应堆压力容器下封头内，通过非能动（从 IVR 水池取水）+能动（从 IRWST 取水）的方式，向堆坑内注水进行反应堆压力容器外部冷却，并通过安全壳热量导出系统将热量导出安全壳，以保持压力容器完整性。并将堆芯熔融碎片滞留于压力容器中，防止大多数可能威胁安全壳完整性的堆外现象（安全壳直接加热、蒸汽爆炸、熔融物-混凝土反应等）。

为了保证压力容器外部冷却的效率，专门设计了适用于堆坑注水系统的 RPV 保温层。该保温层设置了相应的入水口和出汽口。严重事故工况下堆坑注水后，在一定压差下保温层的入水口和出汽口将会打开，为堆坑注水提供较好的流道，确保压力容器得到良好的冷却，保证其完整性。保温层的流道优化设计将在相应试验分析的基础上开展。此外，反应堆堆坑结构的设计也做了相应考虑，以保证 RPV 保温层的设计不受堆坑结构的影响。

堆坑注水系统投入后，绝大部分堆芯余热由 RPV 壁面导出，再由堆坑水或蒸汽带回 IRWST，最后经换热器排至最终热阱，从而使得堆内熔融物可以滞留在 RPV 内，并达到长期稳定状态。

堆坑注水功能含非能动和能动两种方式。非能动方式通过 IVR 水池取水，能动方

式从 IRWST 取水。

设置堆坑注水专用管线，严重事故工况下，当堆芯出口温度超过 650°C 时且一回路充分卸压，打开 IVR 水池与堆坑之间连接管道的阀门，通过非能动方式向堆坑内注水，建立早期水位；随后由操纵员手动启动能动堆坑注水系统，包括：解除堆坑注水行政隔离，启动注水泵，开启堆坑注水管线上的电动隔离阀，向反应堆堆坑能动注水。

早期阶段，要求以较大流量注入堆坑，在相当短的时间内将堆坑充满水（约 30 分钟），由堆坑液位监测仪表探测堆坑水位，当堆坑满水时可以转入小流量注入模式，以补偿堆坑内水的蒸发损失。在运行过程中，若堆坑水位低于整定值，将重新切换至大流量模式。

7.2.3.3 安全壳热量导出系统

严重事故下，从主回路释放的大量水蒸汽将会在安全壳内积蓄大量的热量，同时，由于衰变热的持续产生，需要对安全壳进行有效的持续热量导出。

设置安全壳热量导出系统，作为严重事故预防和缓解措施的一部分，在专设安全设施失效、堆芯熔化的情况下，安全壳热量导出系统是限制安全壳超压，保证安全壳和安全壳内换料水箱（IRWST）散热的最终缓解手段。

安全壳热量导出系统（EHR）除非能动堆坑注水子系统外，包括两个相同的系列，每个系列包括：

- a) 一条通过 EHR 专用从 IRWST 取水的管线，地坑滤网属于 RIS 系统；
- b) 设置在安全厂房 A（B）的一台安全壳热量导出泵和一台热交换器。热交换器用于导出安全壳内的热量，由设备冷却水系统（RRI）或额外冷却系统（ECS）提供冷却；
- c) 热交换器下游的三条排放管线（喷淋、堆坑注水和反冲洗），每一条管线上在安全壳厂房外均设有安全壳电动隔离阀；
- d) 喷淋支路上的穹顶喷淋子系统，由喷淋环管和若干喷嘴组成，喷淋时可以降低安全壳内的温度和压力。

EHR 系统在下列工况下，将衰变热从安全壳导出至最终热阱：

- 严重事故（DEC-B）；
- 功率工况小破口叠加低压安注失效（RP）；

- 停堆工况小破口叠加低压安注失效（NS/RIS-RHR、MCS）；
- 停堆工况下，丧失余排或 LOOP 后恢复余排失效（MCS）；
- 功率工况完全丧失冷链叠加轴封破口失效（RP）；
- 停堆工况完全丧失冷链（MCS）；
- SBO 工况（MCS）。

在发生完全丧失交流电的事故且二次侧带热不可用的工况下，EHR 系统可以通过与安全注入系统（RIS）的接口向堆芯临时注水，应急冷却堆芯。

EHR 系统保证安全壳的完整性及包容放射性物质：

- 当发生严重事故（DEC-B）时，EHR 系统可以将安全壳内的热量通过 IRWST 传递给最终热阱，从而限制安全壳内温度和压力，保证安全壳的完整性；
- 在严重事故（DEC-B）期间，为了维持安全壳完整性，EHR 系统向堆坑注水对压力容器进行外部冷却，将熔融物碎片和放射性物质滞留于压力容器中；
- 在设计基准事故（DBC）的长期阶段（事故 24h 后），EHR 系统的安全壳喷淋具有放射性碘去除功能，能够有效降低安全壳内的放射性；
- 在发生不需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统参与安全壳的隔离；
- 在发生需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统位于安全壳外的部分构成第三道屏障的一部分，保持安全壳的完整性并包容放射性物质。

7.2.3.4 安全壳可燃气体控制系统

严重事故工况下，由于堆芯得不到足够的冷却，堆芯温度比较高，造成燃料元件包壳破损，锆合金与水反应，会产生大量的氢气。当空气中所含氢气的体积浓度大于 10% 以后，就有可能发生较严重的火焰加速现象甚至发生燃爆转换引发氢气爆炸，造成安全壳失效的风险。

为应对事故工况下的氢气燃烧风险，设置安全壳可燃气体控制系统，控制安全壳内的可燃气体的浓度，以确保维持安全壳的完整性。

安全壳可燃气体控制系统包括非能动氢气复合器子系统和氢气监测子系统，系统功能如下：

a) 非能动氢复合器子系统：氢气还原作用。限制严重事故下安全壳内整体平均氢气浓度低于 10%，以此来限制其燃烧引起的安全壳失效风险；限制和降低局部氢气积

聚及其燃烧引起的安全壳风险；确保严重事故下的安全壳完整性。

b) 氢气监测子系统：用于严重事故下安全壳大气的氢气浓度测量。

在安全壳相关的位置安装 29 台非能动氢气复合器。其特点为：非能动，不需任何支持系统；其复合反应可在低温下自启动，复合效率高；可在高温高压下正常工作；催化剂板防水、耐热，可长时间有效。

7.2.3.5 安全壳过滤排放系统

安全壳过滤排放系统通过主动卸压使安全壳内的压力不超过其承载限值，从而确保安全壳的完整性。同时，通过安装在卸压管线上的过滤装置对排放气体的放射性物质进行过滤，尽最大可能地减少放射性产物向环境释放。

安全壳过滤排放系统主要的安全功能是放射性物质的包容，其采用文丘里水洗器和金属过滤器两级过滤的方案。发生严重事故后安全壳大气通过两级过滤设备进行净化，首先通过文丘里水洗器进行第一级过滤，过滤掉大部分的气溶胶和碘；然后通过文丘里水洗器下游的金属过滤器进行第二级过滤，从而达到系统过滤要求。

当安全壳热量导出系统不可用时，安全壳过滤排放系统可以防止严重事故后长期阶段由于压力逐渐升高引起的安全壳破坏，降低安全壳晚期超压失效的风险；此外，通过降低安全壳内的压力也可以减少安全壳在高压状态下的泄漏。

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

7.3.2 乏燃料运输事故

7.3.3 固体废物运输事故

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

新燃料运输货包的设计和制造应满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）及交通运输管理部门的相关管理要求。

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充分考虑了可能的事故工况，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，可达到安全可靠。

7.3.2 乏燃料运输事故

乏燃料的厂内运输由乏燃料容器吊车、辅助吊车、乏燃料水池吊车、乏燃料外运走台、乏燃料组件抓具、水下照明装置、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查在准备井和装载井内进行。准备井和装载井为两个毗邻的水池，均位于燃料厂房内乏燃料存储水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料存储水池连成整体结构。其中装载井与乏燃料存储水池相通，并由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料存储水池中，待乏燃料组件的剩余热功率及放射性物质衰变满足乏燃料外运条件时，可将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程中，燃料组件顶部须一直保持至少 2.8m 的屏蔽水层。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输必须遵循《核材料管制条例》（HAF 501-1987）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）等准则。应证实容器在承受正常运输条件下和运输中事故条件下的种种试验后，仍能保持符合密封性能与屏蔽性能的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定

的审批程序。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.3.3 固体废物运输事故

放射性固体废物在废物暂存库（BQT）暂存后，将按照国家要求运往放射性废物处置场。放射性固体废物的厂外运输和处置应保证运输人员和公众接受的辐照控制在可合理做到的尽可能低的水平，厂外运输可通过铁路、公路、船舶等方式，符合《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）及交通运输管理部门的相关管理要求，以防范运输过程中的环境风险。

7.4 其它事故

7.4.1 建设期间其它事故分析

7.4.2 运行期间其它事故环境风险分析

7.4.2.1 环境风险识别

7.4.2.2 环境风险评价

7.4.2.3 危险化学品管控措施

7.4 其它事故

7.4.1 建设期间其它事故分析

核电厂施工建设期间的环境风险主要包括厂平及负挖期间炸药的储存和运输风险、化学品存储和使用风险、山坡开采和道路施工引起滑坡以及施工营地环境卫生问题导致施工人员的健康风险。

核电厂施工阶段需采用炸药对厂址处岩体进行爆破处理，如炸药储存和运输不当，则可能对施工人员安全及环境安全造成较大风险。核电厂爆破所用炸药用于土石方作业，包括乳化炸药、雷管、导爆索等。爆破用炸药等通过车辆运输，一次最大运输量约 9.8t，临时存于爆破现场仓库，当日使用，多余部分退回。三澳核电厂对炸药入库、出库、运输等过程设专人管理，每次使用前均需向公安部门申报，严格控制炸药使用量。施工过程中，在场地各主要出入口设置警示牌，告知爆破时间，每次爆破前须提前疏散周围施工人员，确保爆炸区无人员车辆后方可实施爆炸作业，将炸药对人员及环境可能产生的风险降至最低。

核电厂在建设阶段可能需要采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理，以避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化。这些化学物质和缓蚀剂主要包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸、硝酸、氢氟酸等，这些化学品如保存管理不当，可能造成泄漏风险，对地表土壤及植被生态造成破坏。由于核电厂设备和管道等均在厂内定点存放或置于专门的酸洗钝化车间，存放位置或车间均考虑防水防雨等不利影响，且施工期间化学物质使用量不大。该部分危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行安全妥善贮存，并由有资质的危险废物处置单位处置。在施工阶段，由于化学品泄漏造成的环境风险较小。

核电厂施工周期较长，施工人数众多，人员来自五湖四海，施工期间大量人员涌入电厂区域及附近施工和居住，如环境卫生管理不到位，特别在夏季，容易使爆发流行性传染病的几率大大增加，一旦发生疫情，将对整个施工区内的人员健康造成极大威胁。核电厂施工阶段人员居住于厂区以外的各个村庄，所产生的生活垃圾由所居住村庄处理。在电厂施工期间，将积极做好施工营地及施工场所的卫生管理，做到垃圾日产日清，提供安全的饮食和饮用水，不会对人员的健康产生风险。若发现人员出现疫情特征，及时送往附近医院治疗，减少疫情大规模扩散的几率，保障施工人员的健康。

7.4.2 运行期间其它事故环境风险分析

本节主要依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）相关要求对环境风险进行分析与评价。

7.4.2.1 环境风险识别

核电厂在运行中将使用一些毒性物质和易燃物质（如柴油）等，这些物质在运输、使用、储存过程中均存在一定的事故风险隐患。三澳核电站运行期间使用的化学物质主要用于：

- 反应堆冷却剂（加注硼酸及 LiOH）；
- 化学容积控制系统；
- 除盐水处理系统；
- 中央冷冻水系统；
- 循环水处理系统；
- 常规岛化学药剂注入系统；
- 防火系统和应急柴油机。

7.4.2.2 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 B.1 给出的突发环境事件风险物质及临界量，筛选出环境风险及存量较大危险化学品，根据 HJ169-2018 附录 C 危险物质数量与临界量比重计算，三澳核电站 1~4 号机组主要危险化学品的设计最大储存量与临界量的比值之和 Q 为 58.2。

根据 HJ169-2018，本工程行业及生产工艺为 M4，结合 Q 值可得危险物质及工艺系统危险性（P）的分级为 P4。依据附录 D 的环境敏感程度（E）分级，厂址周边 5km 范围居住人口大于 1 万人小于 5 万人，故大气环境敏感程度分级为 E2。本项目事故情况下通过收集处理，不会向地表水体排放泄漏的危险化学品，对地表水的环境风险很小。本项目周边没有集中式饮用水源地及分散式饮用水源地等地下水敏感或较敏感区域，地下水功能敏感性分区为不敏感，根据本项目厂区地下水含水层勘察结果，厂区含水层主要由风化基岩组成，包气带平均厚度一般大于 1m，渗透系数平均值约 $2 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，且分布连续、稳定，满足 HJ169-2018 附录 D 中包气带防污性能等

级 D2，根据 HJ169-2018 地下水环境敏感程度分级判别指标，本项目地下水环境敏感程度分级为 E3。

综上，根据 HJ169-2018 表 2 内容可将本项目环境风险潜势划分为 II 级，对应的环境风险评价等级为三级，需定性分析说明环境风险影响后果。

本项目危险性相对较大的危险化学品均按照危化品行业规范配备泄漏应急处理设备，地面为混凝土防渗地面，并根据相关规范设置围堰，危险化学品泄漏后不会污染周边地表水或地下水，有毒气体(主要是挥发性较强的氨水泄漏)储存场所不临近厂界，即使发生泄漏，其挥发的气体也不会大量飘散至厂界外造成严重的大气环境污染。同时，本项目储存的稀盐酸（31%）相对较多，但其物化性质与浓盐酸（37%）差异较大，其挥发性及毒性相对于浓盐酸（37%）低很多，且稀盐酸主要分布在凝结水精处理间及化学品库，有独立的储存设备或仓库，其环境风险实际上较小，本报告从保守角度考虑将稀盐酸（31%）按照 HJ169-2018 中浓盐酸（37%）临界量进行折算。同时，针对各类危险化学品，三澳核电厂还制定了一系列管控措施，详见下节描述。

7.4.2.3 危险化学品管控措施

三澳核电厂将参考国内在运核电厂的经验反馈，制定严格的危险化学品管控程序，明确电厂各部门在危险化学品安全管理中的职责，以切实降低电厂危险化学品在运输、装卸、贮存以及使用中可能的环境风险，具体包括：

1) 危险化学品运输和装卸

- 进入厂区的新增危险化学品需由相关部门技术审定；
- 运送进出厂区危险化学品应由交通部门认可的专业运输公司提供服务，危险化学品的运输工具应符合交通运输主管部门的相关要求，并配备相应的应急设施；
- 危险化学品运输和装卸的人员需进行相关安全知识专项技能培训并授权；
- 运输和装卸时，针对不同的危险化学品采取不同的安全措施和劳动保护措施。

2) 危险化学品储存管理

- 一般情况下，危险化学品需要储存在专用仓库内保管。如确因工作需要储存在现场时，须经过审批，办理储存手续，并落实好许可证上的要求；
- 储存仓库必须符合安全、消防要求；安全设施必须完好；必须制定健全的库

房安全管理制度，定期检查安全状况，建立相关检查记录；

- 危险化学品必须根据国家相关标准进行分类、分项存放；仓库管理单位必须建立安全操作、发放和回收制度，确保包装完好、标签清楚，配备相应的安全技术说明书供用户查阅；危险化学品仓库的管理人员、搬运人员必须经过专项安全培训和授权才能上岗工作；
- 厂房管理方需对所辖范围内储存的危险化学品进行定期检查，督促存放人落实相关管理措施，保证存放的危险化学品不威胁厂房的安全。

3) 危险化学品使用管理

- 使用危险化学品或在相关系统上操作、取样、检修的工作人员，必须经过培训授权，了解相关化学品的特性及应急防护措施；
- 领取危险化学品时，以满足当天工作需要为准，限量领取；
- 对于易燃品的使用必须采取防火措施，远离热源和火源，防止发生火灾；
- 使用时，应根据危险化学品的种类、特性及工作情况采取相应隔离、清扫、通风、检测、防火、防爆、防毒等安全措施，并使用相应的安全防护用具。

4) 火灾防范

三澳核电厂设计上将从建筑结构防火、电厂结构布局、电缆设计、走线、隔离、可燃物控制等方面考虑火灾防范。火灾的预防可以分为电厂设计上采取的措施和电厂运行管理上采取的措施。整个电厂的防火设计符合《核动力厂防火与防爆设计》（HAD102/11-2019）等相关法规标准的要求，并且严格实施有关火灾危险作业的管理措施和管理规程，以使火灾发生的可能性减至最小。

5) 氢爆防范

- 对与氢气相关的设备，严格遵照有关标准设计、制造、施工以及保证质量。
- 用氮气冲入储槽或有关的上部空间，以防止空气漏入，限制水中的氧浓度来防止空气与氢气形成混合爆炸物。
- 放射性气体废物系统废气保护床、延迟床设有氮气管，用于工作前设备的扫气和检修前的清扫。
- 安全壳内设置有氢气浓度监测系统，在设计基准事故后，由 2 台安全相关的非能动氢气复合器消除安全壳内的氢气，防止达到可燃下限。严重事故后，分布在安全壳内的点火器将引发氢气的燃烧，以保证安全壳的完整性。

6) 腐蚀性事故防范

为防止人员直接与氨、联氨接触，采用机械化设施输送这些物质，在加药泵出口均装有安全释放阀，一旦超压，排出溶液可返回溶液箱或者废水池处理。此外，还增加了通风装置，将有害的气体排到室外。

为防止浓酸、浓碱造成的人员伤害，设计中将采取下列措施：

- 选择的设备、部件均对酸碱具有耐腐蚀性。
- 浓酸、浓碱的输送采用机械化设备。
- 剂量泵出口装有安全释放阀。
- 所有的储罐，剂量箱均有液位报警连锁装置。
- 在酸碱储存区域装有安全淋浴装置和洗眼器。
- 酸碱储存中的浓酸与空气不直接接触。

综上所述，本工程对于各危险化学品的管理均设置了可靠的工程措施以及安全管理措施，在严格落实相关措施后，本工程的环境风险较小。

7.5 事故应急

7.5.1 应急计划区划分

7.5.2 核应急组织

7.5.3 核应急设施与设备

7.5.4 核应急响应行动的可行性分析

图

图 7.5-1 三澳核电站烟羽应急计划区示意图

图 7.5-2 三澳核电站食入应急计划区示意图

图 7.5-3 三澳核电站场内外三级应急组织机构示意图

7.5 事故应急

核事故应急的目的是在核电厂发生导致放射性物质可能向环境大量释放的事故时，能及时有效地实施各种应急响应行动，控制事故状态的发展并努力维持和恢复电厂的安全状态，最大限度地限制和减少事故的后果与影响，以保护公众、保护环境。

7.5.1 应急计划区划分

为在核电厂发生事故时能够迅速采取有效措施保护公众，依据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-2011）的规定，在电厂周围建立应急计划区，即烟羽应急计划区和食入应急计划区，分别在各计划区内做好必要的应急准备，以达到在事故状态下及时有效地采取应急防护行动从而达到保护公众的目的。

烟羽应急计划区针对放射性烟羽产生的直接外照射、吸入放射性烟羽中放射性核素产生的内照射和沉积在地面的放射性核素产生的外照射；食入应急计划区则针对摄入被事故释放的放射性核素污染的食物和水而产生的内照射。烟羽应急计划区内的防护措施是隐蔽、撤离和服用稳定性碘（例如碘片或碘制剂）；而食入应急计划区内则以食品和饮水控制为主要防护措施。

依据《中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域核应急方案》（报审稿），三澳核电厂应急计划区初步确定如下：

a) 烟羽应急计划区：以 1-4 号机组反应堆分别为中心，半径 10km 范围内的包络区域，以及沙埭镇镇区的沙理居委、内澳居委、外澳居委、水生村、和平村。其中内区为以 1-4 号机组反应堆中心为中心，半径 5km 范围内的包络区域，以及霞关镇的金玉沙居委、霞关村、三星村和北关岛整个岛屿。

b) 食入应急计划区：以 1-4 号机组反应堆分别为中心，半径 50km 范围内的包络区域。

图 7.5-1 及图 7.5-2 分别给出三澳核电厂烟羽应急计划区及食入应急计划区示意图。

7.5.2 核应急组织

三澳核电厂将成立专门的核应急组织机构，以统一指挥应急状态下的应急响应，并负责与国家、地方及主管部门的应急组织密切联系和协调。三澳核电厂场内应急组

织机构的设立将以首批核燃料进厂作为节点。

三澳核电厂场内应急组织包括由应急指挥部（SEH）及其领导下的运行控制组（XOP）、技术支持组（TSC）、维修服务组（MSC）、安全防护组（GRP）、后勤支持组（LSC）和工程协调组（ECG）组成。

核事故应急期间，三澳核电厂应急指挥部有责任和义务及时与国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、生态环境部（国家核安全局）及华东核与辐射安全监督站、国家能源局、浙江省核电厂事故场外应急委员会（简称浙江省核应急委）以及中国广核集团有限公司等单位的应急组织（机构）建立联系，通报应急状态，并密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求和获得场外支援。

同时，三澳核电厂临近闽浙边界，距离福建省福鼎市最近距离约 10km，福鼎市部分地区在三澳核电厂的烟羽应急计划区范围内。根据《浙江、福建、广东、广西、海南五省（区）核应急合作协议》及《闽浙核事故应急合作协议》，浙江省和福建省建立了跨区域核应急信息通报和合作机制。当三澳核电厂发生核事故可能影响福鼎市时，浙江省核应急办及时将信息通报福建省核应急办，以便对方做好应急响应准备。苍南县核应急组织根据协议与福鼎市核应急办做好现场沟通协调与对接。福建宁德核电厂发生核事故可能影响苍南时，也根据相关协议做好跨省应急通报及沟通协调。

图 7.5-3 给出三澳核电厂场内外三级应急组织机构示意图。

7.5.3 核应急设施与设备

依据《中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域核应急方案》（报审稿），中广核三澳核电厂一期工程将建成的应急设施有应急指挥中心（包括技术支持中心、运行支持中心）、应急监测与评价设施、辐射防护与医学应急设施、应急通信系统、应急撤离道路、应急集合点等。中广核三澳核电厂二期工程将根据机组工程特点和厂区环境特征，配备包括主控室、辅助控制室、技术支持中心、应急集合点等其他应急设施，并考虑与应急指挥中心、环境实验室、环境监测站等全厂性应急设施的接口与适应性改进，以满足核事故条件下所要求的全部应急功能的要求。三澳核电厂主要的核应急设施与设备的基本情况如下：

1) 主控制室

主控制室是对核电厂运行和事故状态实施运行控制的场所，也是应急响应期间核电厂营运单位应急组织中的运行控制组的工作场所。主控制室的主要功能是：

- a. 采取控制措施保持核动力厂的安全状态或使之返回安全状态；
- b. 应急指挥中心启动之前作为应急响应的指挥场所；
- c. 主控室设计应保证在所考虑的内外部灾害情况下执行其功能，满足人员的可居留性要求。

2) 辅助控制室

辅助控制室内设有足够的仪表及控制设备，以便在主控制室丧失执行重要安全功能时，能使反应堆进入并保持停堆状态，排出余热并监测电厂主要参数。

辅助控制室位于安全厂房内，与主控制室实行电气分隔和实体隔离，与主控制室分属不同的防火分区。从主控制室到辅助控制室有安全、可靠、快捷的连接通道，以便紧急情况下工作人员的转移。

3) 技术支持中心

技术支持中心是在应急响应期间对主控制室和应急指挥部提供技术支持的场所。这些技术支持包括机组工况的完整信息（实时数据或历史数据）和必要的通信手段，以便技术支持团队能够完成其职责。

4) 运行支持中心

运行支持中心是在应急响应期间供执行设备检修、系统或设备损坏探查、堆芯损伤取样分析和其他执行纠正行动行动任务的人员以及有关人员集合与等待指派具体任务的场所，同时具备维修工具设备储存功能。

5) 应急指挥中心

应急指挥中心是电站应急响应的指挥、管理和协调中枢，是应急期间应急指挥部和国家有关部门指派代表的工作场所，在应急指挥中心内部设有：应急指挥部、技术支持组、运行支持组、后勤保卫组、安全防护组等办公室，为应急组织人员工作提供相应场所。

6) 环境辐射监测设施

环境监测设施包括：环境实验室、厂址气象站、环境监测站以及环境监测车，是为了实现核电厂正常运行和事故工况下环境监测而设置的一系列构筑物和设备、设施。

三澳核电厂已建成或配备环境实验室、气象监测站、环境监测站和环境监测车，

均为全厂共用。

7) 环境实验室

环境实验室承担核电厂厂区及周边环境的辐射环境监测及常规环境监测职能，属于辅助应急设施的一部分，其在核电厂正常运行期间进行低活度的环境介质样品的采样、制样及测量分析工作；在事故情况下，且环境实验室未受到污染时可对于周围环境介质的采样和测量分析，执行一定的应急监测功能。环境实验室为全厂共用设施。

如应急期间环境实验室不可用，可考虑利用监督性监测系统中的前沿站或其他核电厂环境实验室来实现应急监测的功能。目前三澳核电厂拟与宁德核电厂签署支持协议，互为备用的监测手段。

8) 环境监测站

环境监测站主要功能为自动连续监测核电厂厂区及周围的环境大气 γ 辐射水平，部分站点兼顾地面气象参数（风向、风速、雨量等）测量以及气溶胶、碘、气态氙、气态碳-14、沉降灰、雨水等环境样品的取样。其获取的数据通过有线和无线方式发送至应急指挥与行动中心的网络服务器后，再通过有线方式传输至环境实验室的 KRS 中央站网络服务器。在应急状态下可用于评价公众可能受到的辐射剂量，为应急指挥决策提供技术支持。三澳核电厂设置了 13 个环境监测站，包括 7 个厂内站和 6 个厂外站，露天布置机柜及监测、取样仪器等设备。

9) 应急集合点

三澳核电厂二期工程将设置多处应急集合点，在核电厂发生严重事故需要撤离场内人员时，为应急撤离人员提供集合清点场所，便于场内人员有组织的撤离。

为实现应急指挥人员对应急撤离人员的有效清点，控制区内应急集合点采用读卡器进行电子清点，为便于人员有序的清点，控制区内每个集合点分为主辅两处集合点，两处集合点间隔一定距离。

7.5.4 核应急响应行动的可行性分析

依据《中广核浙江三澳核电厂二期工程厂址区域核应急方案》（报审稿），三澳核电厂厂区人员可以通过进厂道路、应急公路（S228 支线）和应急公路南线（西南侧乡道，衔接 168 黄金海岸线）向外撤离，应急撤离过程中，通过应急撤离有序有效的组织管理，预计撤离等应急响应行动不存在难以克服的困难。

烟羽应急计划区内区主要的应急撤离道路有进厂道路、应急公路（S228 支线）和应急公路南线（西南侧乡道）、S232、X528、168 黄金海岸线霞关段“三澳至瑶洞”以及乡道，经分析，周边道路运输能力能够满足烟羽应急计划区内区居民或旅游游客等公众的撤离需求。

烟羽应急计划区外区区域路网交错，居民或旅游游客等公众可通过省道 S232、X515 马沙线、Y527 渔寮支线、Y528 水霞线、X971 沙叠线、Y523 下云线、X523 以及 168 黄金海岸线等多条道路撤离，从撤离路线和道路条件上，撤离条件较好，便于组织实施撤离。经分析，周边道路运输能力能够满足烟羽应急计划区外区居民或旅游游客等公众的撤离需求。

在场内外应急组织有计划与准备的基础下，结合厂址所在地居民的居住条件、通信条件等情况，对于场内人员和场外公众的隐蔽和服碘的行动，预计不存在特殊性困难。

综上所述，预计三澳核电厂厂址区域核应急响应行动不存在难以克服的困难，但仍需关注应急防护行动组织的计划和物资设备的保障。

另外，针对灾害性天气下的应急，对场内工作人员，场内核事故应急预案将考虑应对措施。对场外的公众，若应急撤离遭遇外部灾害如暴雨、龙卷风，导致无法立即实施安全撤离，应先组织开展隐蔽及服用稳定碘等防护措施，待条件合适（根据事故后气象条件变化、道路恢复情况、环境放射性监测实测数据等综合判断）再实施撤离。

此外，撤离过程中若前方发生道路不可用，组织人员应及时设置标识牌，引导公众绕道撤离，并及时抢修以恢复道路通行。



图 7.5-1 三澳核电站烟羽应急计划区示意图



图 7.5-2 三澳核电站食入应急计划区示意图

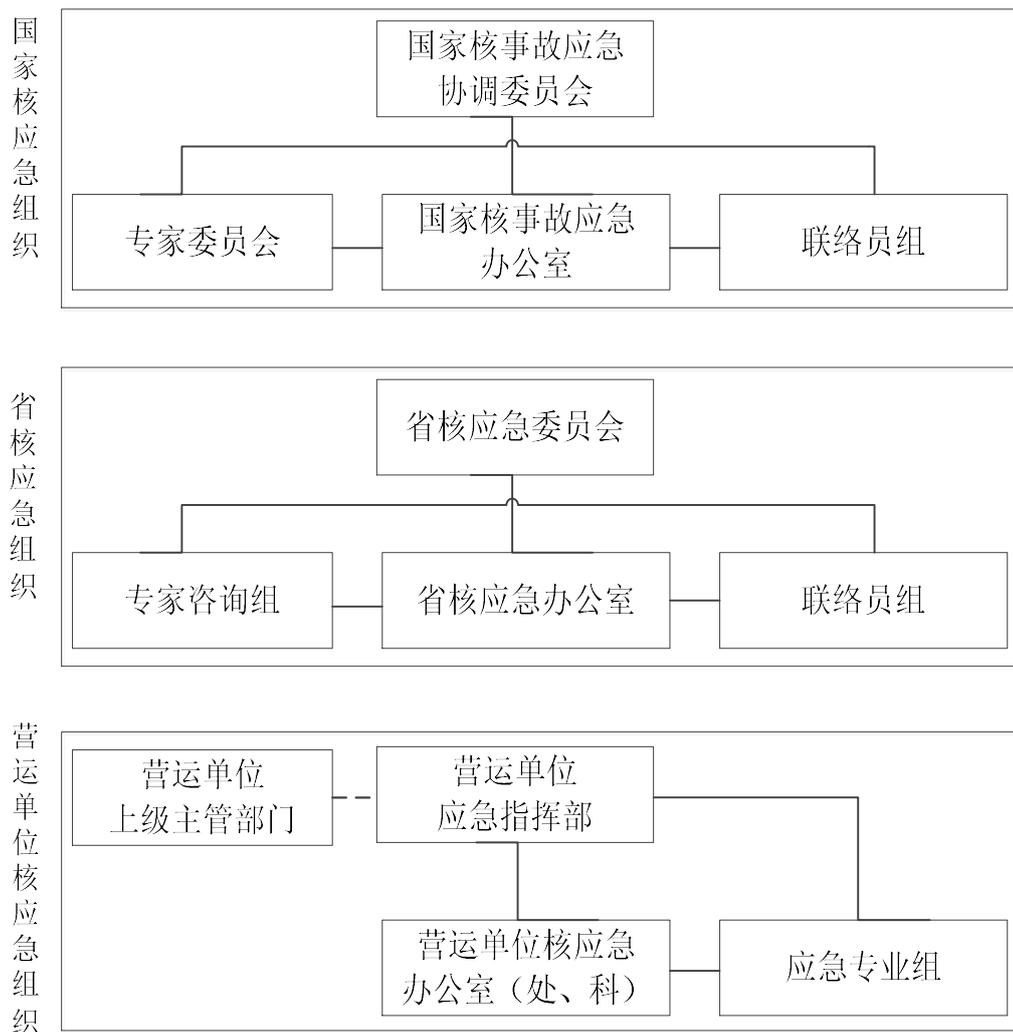


图 7.5-3 三澳核电厂场内外三级应急组织机构示意图

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.1.1 气载流出物监测系统

8.1.1.2 液态流出物监测系统

8.1.1.3 取样代表性

8.1.1.4 流出物监督性监测系统

8.1.2 辐射环境监测

8.1.2.1 监测范围

8.1.2.2 布点原则

8.1.2.3 监测项目

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 应急监测初步方案

8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

三澳核电厂 3、4 号机组 2 台华龙一号机组将建立流出物监测系统，用于监测和控制核电厂流出物的排放。核电厂运行期间流出物有气态和液态两种，即气载流出物和液态流出物。流出物监测系统分为连续在线监测和取样分析监测，连续在线监测系统同时设置有报警装置和报警阈值，根据流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

8.1.1.1 气载流出物监测系统

三澳核电厂 3、4 号机组 2 台华龙一号机组属单堆布置，每台机组设有两套气载流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气载流出物进行连续在线监测和采样。以下为 3 号机组气载流出物监测系统的描述，4 号机组的设计和 3 号机组相同。

（1）烟囱排气惰性气体放射性浓度连续在线监测

烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测通道为 KRT8101MAI 和 KRT8201MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱气载流出物中惰性气体的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱中抽取气体依次经过气溶胶过滤、碘吸附后，将过滤后的气体送往惰性气体测量装置，使用 β/γ 灵敏探测器测量惰性气体释放出的 β 和 γ 射线，得出烟囱气载流出物中惰性气体放射性浓度。测量烟囱内气体的排放速率，结合惰性气体的放射性浓度得出单位时间内惰性气体排放总活度（Bq/h）。

本监测通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- β 射线参考能量：350keV（ ^{133}Xe ）；
- 测量范围： $3.7\times 10^3\text{Bq/m}^3\sim 3.7\times 10^9\text{Bq/m}^3$ 。

（2）烟囱排气气溶胶放射性浓度连续在线监测

烟囱排气气溶胶放射性浓度监测通道为 KRT8111MAI 和 KRT8211MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中气溶胶的放射性浓度及单

位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱中抽取气体送往气溶胶测量装置，气体中的气溶胶被过滤在滤纸上，设置在滤纸上方的 α/β 灵敏探测器测量沉积在滤纸上的气溶胶释放的 α 和 β 射线，得出烟囱气载流出物中气溶胶放射性浓度。测量烟囱排放气体的速率，结合气溶胶的浓度得出单位时间内气溶胶排放的总活度（Bq/h）。

该通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：150keV~3MeV；
- 参考核素： ^{137}Cs ；
- 测量范围： $1.0\text{Bq/m}^3\sim 3.7\times 10^6\text{Bq/m}^3$ 。

（3）烟囱排气碘放射性浓度连续在线监测

烟囱排气碘放射性浓度监测通道为 KRT8121MAI 和 KRT8221MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中碘的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱中抽取气体经过气溶胶过滤后送往放射性碘测量装置，气体中的碘被活性炭吸附，设置在活性炭盒上方的 γ 灵敏探测器测量在碘盒中放射性碘释放的 γ 射线，得出烟囱内的碘放射性。测量烟囱排放气体的速率并结合碘的放射性浓度得出单位时间内放射性碘排放的总活度（Bq/h）。

该通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：100keV~3MeV；
- 参考核素： ^{131}I ；
- 测量范围： $3.7\text{Bq/m}^3\sim 3.7\times 10^6\text{Bq/m}^3$ 。

（4）事故及事故后烟囱排气惰性气体连续在线监测

在烟囱上设置专门的监测通道，用于测量事故后经烟囱排放的惰性气体、气溶胶和碘的放射性浓度。事故及事故后烟囱排气惰性气体监测通道为 KRT9501MAI 和 KRT9502MAI，采用管内在线监测方式，使用 γ 灵敏探测器。

该通道探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 参考核素： ^{133}Xe ；
- 测量范围： $3.7\times 10^6\text{Bq/m}^3\sim 3.7\times 10^{15}\text{Bq/m}^3$ 。

（5）烟囱排气气溶胶取样监测

烟囱排气气溶胶取样装置为 KRT8141MAI 和 KRT8241MAI，其主要任务是从烟

囱内抽取气体，将取样气体中的气溶胶过滤在取样装置内。取样方法是连续从烟囱内抽取气体并将取样气体送往气溶胶取样装置。气体中的气溶胶被取样装置的滤纸过滤并沉积在滤纸上，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： γ 谱，每个季度混合样测 ^{90}Sr 。

（6）烟囱排气碘取样监测

烟囱排气碘取样装置为 KRT8151MAI 和 KRT8251MAI，其主要任务是从烟囱内抽取气体，将取样气体中的放射性碘吸附在碘盒内。取样方法是连续从烟囱内抽取气体并将取样气体中的气溶胶过滤后，再将气体送往碘吸附器，气体中的碘被吸附并沉积在活性碳的碘盒内，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为：总 γ 和 γ 谱（分析核素 ^{131}I 、 ^{133}I ）。

（7）烟囱排气 ^3H 和 ^{14}C 取样监测

烟囱排气 ^3H 取样装置为 KRT8171MAI 和 KRT8271MAI，烟囱排气 ^{14}C 取样装置为 KRT8181MAI 和 KRT8281MAI，其主要任务是从烟囱内抽取气体，将取样气体中的 ^3H 和 ^{14}C 滞留在取样装置内。取样方法是连续从烟囱内抽取气体，利用 ^3H 和 ^{14}C 取样回路自带的过滤器将取样气体中的气溶胶过滤后，再将过滤后气体依次送往 ^3H 和 ^{14}C 取样装置。气体中的 ^3H 和 ^{14}C 分别被滞留在 ^3H 取样瓶与 ^{14}C 取样瓶内，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： ^3H 与 ^{14}C 。

（8）烟囱排气惰性气体取样监测

烟囱排气预留惰性气体取样接口，拟采用 3L 气体采样钢瓶进行采样，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： γ 谱和 ^{85}Kr 。

（9）主蒸汽管道在线监测通道

在主蒸汽系统 VVP 每个主蒸汽管道外，设置冗余监测通道。采用在线管外测量方式，利用 γ 灵敏探测器在主蒸汽管道外连续监测主蒸汽的放射性活度水平，反应堆功率在 20%~100%的情况下，通过对主蒸汽中 ^{16}N 的测量定量给出蒸汽发生器的泄漏率；反应堆功率低于 20%的情况下，通过对主蒸汽中惰性气体放射性浓度的测量，实现对蒸汽发生器泄漏情况的定性监测和判断。这些监测通道具有事故监测的功能，具体监测通道包括：

- YKRT2101MAI, 2102MAI（第 1 列主蒸汽管道）；
- UKRT2103MAI, 2104MAI（第 2 列主蒸汽管道）；

- YKRT2105MAI, 2106MAI（第 3 列主蒸汽管道）。

（10）蒸汽发生器凝汽器排气监测通道

设置 YKRT2301MAI 探测通道，采用在线管外测量方式，利用 γ 灵敏探测器在 CVI 系统抽真空排气管道外测量排气的放射性浓度，实时监测冷凝器抽真空系统（CVI）排气的放射性浓度，实现对蒸汽发生器早期泄漏的监测和指示。

为满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》要求，建议本项目的气载流出物监测的项目、频次、探测限等方案应满足相关标准或规范的要求。

8.1.1.2 液态流出物监测系统

三澳核电厂 3、4 号机组 2 台华龙一号机组的液态流出物将按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求进行槽式排放，废液向环境排放前先送往储存槽逐槽取样测量，符合排放标准后方可排放。

核岛与常规岛液态流出物放射性浓度在线连续监测系统主要是对 TER 系统和 SEL 系统排放废液的放射性浓度进行连续监测，防止因工作人员误操作、实验室仪器故障和取样分析结果不正确，导致放射性浓度超标排放，保证核电厂周围环境安全和公众健康。

（1）核岛液态流出物放射性浓度在线连续监测

核岛液态流出物放射性浓度在线连续监测通道为 8KRT8301MAI，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测核岛废液排放系统（TER）排放废液的放射性浓度。使用 γ 灵敏探测器连续测量 TER 系统排放管道内的废液放射性浓度（Bq/m³）。探测器需采用 4 π 铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量结果的影响。

其探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 参考核素：¹³⁷Cs；
- 测量范围：3.7×10³Bq/m³~3.7×10⁹Bq/m³。

（2）常规岛液态流出物放射性浓度在线连续监测

常规岛液态流出物放射性浓度在线连续监测通道为 8KRT8401MAI，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测常规岛废液排放系统（SEL）排放废液的放射性浓度。使用 γ 灵敏探测器连续测量 SEL 系统排放管道内的废液放射性浓度（Bq/m³）。

探测器需采用 4π 铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量结果的影响。

其探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 参考核素： ^{137}Cs ；
- 测量范围： $3.7\times 10^3\text{Bq/m}^3\sim 3.7\times 10^9\text{Bq/m}^3$ 。

（3）取样监测

在 TER 系统和 SEL 系统的贮存罐上预留有废液取样接口，废液在排放前需由工作人员手动取样，将废液样品送往流出物实验室进行测量，废液达到相应的放射性控制要求后，才能排放。

为满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》要求，建议本项目的液态流出物监测的项目、频次、探测限等方案应满足相关标准或规范的要求。

8.1.1.3 取样代表性

（1）气载流出物取样代表性分析

防城港 3、4 号机组已完成气载流出物取样代表性分析和模型试验，验证了华龙一号烟囱气载流出物的取样系统设计满足 ANSI/HPSN13.1-2011 的取样代表性要求。建议三澳核电厂 3、4 号机组运行前开展相应的对比分析报告，确保满足取样代表性要求。

（2）液态流出物取样代表性分析

在每台废液排放泵出口管线上设有就地取样点，在排放前通过取样对液态流出物进行分析。在取样前将开启废液排放泵对废液贮存槽内废液进行循环混匀。为确保混匀效率，每台废液贮存槽底部循环管线上配置喷射器，在调试期间对喷射器效率将进行验证。取样前先开启取样阀将取样管线内原有的废液排出再进行取样，确保取得废液贮存槽内混匀后的样品。通过以上措施确保液态流出物取样具有代表性。

8.1.1.4 流出物监督性监测系统

为配合地方生态环境部门监督性监测工作，核电厂在 1、2 号机组建设期间已经按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》建设监督性监测系统，目前正在建设中，3、4 号机组将为监督性监测系统流出物在线监测提供数据接口和为地方生态环境部门到

电厂内进行流出物取样提供便利和支持。

8.1.2 辐射环境监测

8.1.2.1 监测范围

三澳核电厂运行期间环境放射性监测范围为：

- 环境 γ 辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；
- 其余项目监测范围：一般取厂址半径 10km 区域。

8.1.2.2 布点原则

运行期间监测布点原则主要包括：

- 关键居民组居住区域；
- 常年主导风向下风向厂区边界附近居民点以及敏感区域；
- 厂址周边海域潮汐特点；
- 年平均最大剂量点及浓度点；
- 核电厂排水口及其附近海域；
- 尽可能与本底调查时的监测布点一致。

8.1.2.3 监测项目

（1）环境 γ 辐射水平的监测

- 环境 γ 剂量率连续监测

设立厂区环境 γ 剂量率实时连续监测网络，实时、连续、自动监测正常运行时放射性烟羽在环境中产生的 γ 剂量率，详见 8.3.2.2 节。监测站点布设时将考虑关键居民组的位置、厂址边界、常年主导风向下风向人口密集居民点、本底调查以及敏感地区等因素。环境 γ 剂量率连续监测的点位布设与监测设备与应急监测相兼容。

- 瞬时 γ 剂量率测量

参考本底调查的结果，确定 γ 剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式 γ 剂量率仪或监测车巡测厂区周围原野、道路以及室内环境的 γ 剂量率水平。

- 累积剂量测量

在厂区周围布设若干累积剂量计，定时采集并测读，得到环境大气中累积 γ 剂量水

平。布设的点位可与连续监测和瞬时监测的点位重合，作为 γ 剂量率监测的补充。

（2）环境介质放射性监测

环境介质采样、分析和测量方法大体上与运行前的环境本底监测相同。

环境介质的监测内容主要包括：

- 大气：气溶胶、沉降灰中的 γ 能谱、 ^{90}Sr ，空气中 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I ；
- 陆域水：地表水、地下水和饮用水中的总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 谱，地下水加测 ^{90}Sr ，饮用水加测总 α 和 ^{90}Sr ，降水中的 ^3H ；
- 土壤： ^{90}Sr 、 γ 谱和 $^{239+240}\text{Pu}$ ；
- 生物： γ 谱， ^3H （TFWT，OBT）、 ^{90}Sr 、 ^{14}C ；
- 海水： γ 谱、 ^{40}K 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 和 ^3H ；
- 沉积物： ^{90}Sr 、 γ 谱和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

运行前，将参考《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，完善核电厂辐射环境监测大纲。

8.1.3 应急监测

按照我国对多堆厂址各核动力厂实施统一应急管理的要求，三澳核电厂实施统一的应急监测管理，本节介绍全厂的应急监测方案。

8.1.3.1 应急监测初步方案

（1）环境 γ 剂量率监测

事故情况下，核电厂周围环境 γ 剂量率的监测通过两种方式进行：固定式环境 γ 辐射连续监测系统 and 环境监测车移动监测系统。

固定式环境 γ 辐射连续监测系统包括环境 γ 辐射监测站和中央站，设计方案详见 8.3.2.2 节，在环境 γ 辐射监测站由于外部环境条件的原因导致其不可用的情况下，利用临时组网系统替代固定式环境 γ 辐射监测站，实现事故及事故后情况下的环境监测。

环境监测车移动监测系统由两辆监测车组成，设计方案详见 8.3.2.3 节。

（2）气溶胶和碘的监测

空气中气溶胶和放射性碘的采集通过两种途径进行：一是固定辐射监测站的空气取样泵和碘取样器，另一途径通过监测车的空气取样泵和碘采样器。对重点关注区域

采集气溶胶和碘样品。

（3）环境 TLD 的布放与监测

主要是利用正常情况监测 TLD 的点位更换新片，并在监测车巡测路线上沿途各点布放 TLD，监测车上备有伴随片和小铅室存放 TLD，必要时在核电厂下风向居民密集区布放 TLD。

（4）海上监测

若事故状态核电厂下风向是海上，需要开展海上监测时，向应急中心求助海上交通工具和人力的支援，监测范围以核电厂排水口为中心的 10km 海域，主要监测任务是：海面上空气环境 γ 剂量率。若事故中有高浓度放射性废液排放，则须取海水样品进行 γ 谱测量分析。

（5）地面污染监测

地面污染监测采用两种方法监测：一是采用便携式 γ 谱仪，进行地面沉积 γ 核素和 γ 剂量率的监测；二是采用 β/γ 剂量率仪进行地面剂量率的监测，探测器的测量条件要求在距地面 1m 和 3cm 处分别进行。

（6）环境样品及食品样品的采集与监测

监测车出动采集地表水、土壤以及关键居民区的饮用水和蔬菜等食品，将采集的样品作好标签记录，送回实验室进行分析。

8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

（1）厂区辐射和气象监测系统（KRS）

厂区辐射和气象监测系统由 14 个固定监测站组成。对核电厂周围 10km 范围大气环境中的 γ 辐射水平进行连续监测，其中部分站还配有气溶胶、碘、空气氡、空气碳和干湿沉降取样设备。

（2）应急环境监测车及便携式仪器

应急环境辐射监测车系统由两辆环境监测车和应急环境辐射监测网络系统组成，主要担负事故期间厂区周界及电厂周围环境辐射巡测任务，及时地确定电厂下风向放射性烟羽扩散的剂量率分布情况。监测车主要配置有： γ 辐射剂量率仪、便携式 α/β 表面污染监测仪、便携式 β/γ 辐射剂量率仪、气溶胶和碘取样装置、便携式 γ 谱仪、GPS 卫星定位仪、无线通讯设备、车载供电设备以及防护用品。

配备 2 套便携式仪器，能够快速的取出使用，配合车或船即可组成两套移动式临时应急监测车或监测船，以供需要时使用。每台移动式临时应急监测车或者监测船可配置 1 台 GPS 定位仪、1 台便携式 γ 剂量率仪、1 台便携式 γ 谱仪、1 台便携式 α/β 表面污染监测仪、1 台便携式 β/γ 剂量仪，主要设备清单包含在环境实验室仪器设备中。

（3）临时组网系统

临时组网系统是 KRS 系统不可用时的备用系统，每套监测设备可监测 γ 辐射、风向、风速等参数，应急情况下能够快速的取出投放到监测点使用。临时组网系统由 14 个移动式环境 γ 辐射监测仪和 14 个风速风向仪组成，配备通讯组网模块。

（4）后备监测实验室

三澳核电厂与宁德核电厂签署了支持协议，将宁德核电厂环境实验室作为其由于极端外部事件导致环境监测实验室不可用时的后备监测手段。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.2.3 气象观测

8.2.4 水文观测

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

三澳核电厂 3、4 号机组运行前拟委托开展核电厂周围海域水温观测，运行期的热影响监测方案将在本项目运行阶段环评报告中提供。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

依据《排污单位自行监测技术指南水处理》（HJ1083-2020）要求给出了生活污水出水水质监测方案。

生产废水经处理后按照《排污单位自行监测技术指南水处理》（HJ1083-2020）的要求开展监测。

8.2.3 气象观测

核电厂运行期间将进行气象观测，以提供评价短期或长期放射性释放对环境造成影响所需的气象资料。三澳核电厂已建气象观测站包括厂址地面观测站和 100m 气象塔，气象塔的气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），分别测量厂址地面以上各个高度风向、风速、温度，以获取厂址区域有关风场分布、温度场结构变化等气象资料，用于厂址区域的大气环境影响评价。地面观测站观测项目有降雨量、大气压、太阳总辐射、净辐射、温湿度和地表温度。

此外，三澳核电厂 2021 年在厂区增设了一座 10m 气象风杆，测量风向、风速和温度。

8.2.4 水文观测

三澳核电厂在 1、2 号机组取水口和排水口各建了 1 个海洋水文水质在线监测系统，3、4 号机组排水口与 1、2 号机组排水口相距约 2.6km，已建海洋水文水质在线监测系统能够满足厂址周围海洋水文观测需求。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境实验室

8.3.2.2 厂区辐射和气象监测系统

8.3.2.3 移动监测系统

8.3.2.4 地下水监测设施

8.3.2.5 监督性监测设施

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

核电厂流出物的准确排放量主要来自于流出物实验室的测量与分析，流出物实验室作为厂区实验室（BBL 实验室）的一部分，属于 4 台机组公用设施。流出物分析实验室包括流出物测量间（2416ZRM）、热准备室（2415ZRM）、冷准备室（2417ZRM）等，承担电厂排放废水的放射性活度和排放废气的放射性浓度检测，使其按规定排放。

流出物实验室共分 3 个房间：热准备室、流出物测量间和冷准备室。

- 热准备室：主要用于放射性样品的制样。
- 物理测量间：主要用于样品的放射性活度和放射性核素的分析。
- 冷准备室：主要用于非放射性样品制样和准备。

流出物实验室建设计划如下：

土建施工：2024.4~2024.7；

安装调试：2024.8~2025.4。

8.3.2 环境监测设施

核电厂将配备相应的环境监测设施，用于满足运行期间辐射环境监测的需要。环境监测设施包括环境实验室、厂区辐射和气象监测系统和移动监测系统。

8.3.2.1 环境实验室

三澳核电厂的环境实验室为 BEE 子项。在核电厂正常运行期间，环境实验室承担核电厂厂区及周边的辐射环境监测及常规环境监测职能，其功能如下：

- 接收厂区辐射和气象监测系统的监测数据并进行分析处理，及时发现环境异常数据并将有关信息发送到应急指挥中心/应急行动中心和主控室、辐射环境监督管理部门等；当环境实验室内的 KRS 中央站不可用时，其功能转移至应急指挥中心/应急行动中心；
- 定期进行环境介质样品的采样、制样及测量分析工作。

在事故情况下且环境实验室未受到污染时，可对于周围环境介质进行采样和测量分析，执行一定的应急监测功能。如在事故早期对核电厂周围环境介质进行采样和测量分析；应急状态下接受应急技术支持组的指令，启用环境监测车，结合风向及源项

释放情况，对设定路线环境辐射水平进行测量，并将有关信息发送至环境实验室、应急指挥中心/应急行动中心及其他相关部门。环境实验室不考虑事故下的可用性。

（1）建设位置

三澳核电厂环境实验室位于厂区北侧角落。

（2）设计方案

环境实验室由 BEE1 和 BEE2 两栋建筑组成，目前，平面布置还在继续优化中。

环境实验室主要功能为环境样品制备、测量及 KRS 系统监测数据接收、处理与传输。

（3）仪器设备配置

（4）建设进度计划

环境实验室建设及设备采购、安装进度计划如下：

- 土建施工：2024.3~2024.8；
- 安装调试：2024.9~2025.4。

8.3.2.2 厂区辐射和气象监测系统

三澳核电厂拟建立厂区辐射和气象监测系统（KRS 系统），包括 KRS 中央站、气象站和环境监测站。其中，KRS 中央站连续采集、处理、记录和传输气象和大气 γ 辐射数据。KRS 系统一次建成，全厂共用。

（1）环境监测站

KRS 系统的监测范围重点考虑以核电厂为中心半径 10km 的区域，厂内 8 个，厂外 6 个。14 个环境监测站分别布置在 3 号机组核岛区域的 N、NNE、NE、SSE、SW、WSW、W、WNW、NW、NNW 共 10 个方位，ENE、ESE、SE 方位为海洋不布置点位，S 方位的陆地属于北关岛，北关岛已经在顶海村附近霞关风电场办公楼设置了监测点位，S 方位内的北关岛的交通、通讯、电力等条件均不满足布点要求，SSW 方位的南山仔屿是无人岛屿，交通、通讯、电力等条件均不满足布点要求。E 方位方位建设有监督性监测子站，满足核电厂监测站点与监督性监测站点互补原则，保证核电厂周围 16 个方位具备建站条件的陆域布设至少 1 个辐射监测站。

（2）气象观测站

气象观测站的作用是测量、记录和发送现场风向、风速、温度和湿度等参数，用

于计算和评价核电厂气态放射性物质排放对该地区环境影响的气象数据；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

（3）中央站

中央站设置在环境实验室内，其主要作用是负责连续采集、处理和记录气象和环境 γ 辐射剂量率数据，并对采集的数据进行存储、分析和发布。中央站主要包括：

- 环境 γ 辐射数据采集工作站：对厂区环境 γ 辐射监测站进行远程管理，并提供直接监视和操作的平台，收集环境 γ 辐射监测站采集的 γ 剂量率数据；
- 气象数据采集工作站：作为气象站的远程监测终端，负责气象数据的采集和处理。

事故条件下，为应对 KRS 系统损坏无法运行的情况，建设 KRS 系统应急组网设备（临时组网）配置如下：

- 便携式 γ 剂量率仪和便携式风速风向仪的数量与核电厂 KRS 系统固定式监测子站的数量保持一致；
- 在应急指挥与行动中心配置无线电通讯中继器。

辐射环境监测系统设备采购安装进度计划如下：

- 土建施工：2024.2~2024.9；
- 系统调试：2024.10~2025.4。

8.3.2.3 移动监测系统

三澳核电厂在机组运行前配置环境监测车，车内配备相应的监测设备和采样设备。在核电厂运行期间环境监测车可对厂址周围环境 γ 剂量率进行巡测，在发生核事故时亦可用于应急监测。

KRS 系统共配置两辆环境监测车，互为备用。

在核电厂正常运行期间，环境监测车作为移动式的环境辐射监测站，定期地对核电厂周围环境 γ 辐射水平进行监测。

在事故应急状况下，监测车作为应急辐射监测系统，可快速前往核电厂下风向方向测出所经过地区环境 γ 辐射水平，实时显示在电子地图上，并具有采集气溶胶、碘样品的功能，并且可以使环境监测车历史数据能追溯，判断测量点的位置。

环境监测车配置电子罗盘并具备自动定北功能，布置在车顶的设备具备折叠功能。

8.3.2.4 地下水监测设施

（1）监测范围及监测内容

根据国家法规标准规定，结合厂址周边环境特征，充分考虑厂址特征以及反应堆可能的泄漏点和其他项目经验反馈，本方案确定本次布点的监测范围为厂区范围内，重点监测反应堆附近区域。

（2）布点原则

三澳核电厂地下监测井布点应遵循以下基本原则：

- 监测井的布置需重点考虑反应堆附近区域及其他有放射性泄漏风险的系统；
- 监测井应尽量布置在交通便利、取样方便的区域，以便于样品采集；
- 监测井应选在水质不受海水影响的位置；
- 监测井位置的选择应尽量避免受地表水汇流影响的区域；
- 在反应堆厂房地下水流向的下游布设监测点。

（3）点位布置

N1、N2 点位于核岛负挖范围内，分别监测 3、4 号机组核岛区域可能存在的放射性泄漏；N3 布置于放射性废物处理厂房（BWV）东侧靠近废液输送管廊（BGT）的位置，N4 布置于 4 号机组靠近 BGT 的位置，N3、N4 分别用于监测 BWV、BGT 可能存在的放射性泄漏；N5 位于核岛废液贮存罐厂房/常规岛废液贮存罐厂房（BQA/BQB）与废液排放管廊（BGR）附近，用于监测 BQA/BQB、BGR 可能存在的放射性泄漏；N6 设置在 BJX 附近，位于其他监测点的上游，作为对照点。

（4）地下水监测井设计方案

为满足对各个设施泄漏情况的监测要求，监测井基本设计方案及施工要求为：

- 监测井内管直径大于 250mm，采用整根 PVC 管，避免错位现象；
- 监测井底标高应不高于核岛负挖深度和各待监测对象；
- 为保证地下水渗入，监测井管道的管壁需自井底打孔，打孔深度不小于 3m，且需保证岩面以上 3m 打孔；
- 井口应设置高于地面 30cm 以上的混凝土井台，防止地表水进入井内，并保护监测井；
- 井口设有可开启井盖，即能防止雨水、外物进入井内，又便于取样时开启。

8.3.2.5 监督性监测设施

建设单位目前已完成监督性监测系统建设方案设计工作，三澳核电厂辐射环境现场监督性监测系统由核电厂外围辐射环境监测系统和核电厂流出物监测系统两部分组成。其中，核电厂外围辐射环境监测系统由监测子站和前沿站两部分构成；流出物监测系统包括流出物实验室和核电厂在线监测数据的传输系统。

本项目流出物实验室拟建于核电厂厂区内，1 号核岛北侧。因此，为保障监督性监测系统的正常有效运行，拟在核电厂 10km 范围外同步进行后备应急监测能力建设，用于核电厂发生重大事故情况下的场外环境应急监测。

8.4 质量保证

8.4.1 质量管理

8.4.1.1 组织机构

8.4.1.2 人员的资格与培训

8.4.1.3 量值溯源与期间核查

8.4.1.4 监测方法的选用

8.4.1.5 数据审查制度

8.4.2 质量控制

8.4.2.1 内部质量控制

8.4.2.2 外部质量控制

8.4 质量保证

为保证三澳核电厂 3、4 号机组流出物和环境监测设备的可靠性，确保流出物和环境监测数据的准确性，核电厂依据国家有关标准，制订流出物与环境监测质量保证程序，确保测量结果的可信性、有效性和可比性。本节主要描述 3、4 号机组运行期间流出物与环境监测质量保证的主要内容。运行前，建设单位将依据《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）建立完善的质量保证体系。

8.4.1 质量管理

质量保证体系是流出物和环境监测工作管理水平的集中表现，它对组织机构、人员素质、工作环境、测试方法以及各种管理制度等可能影响监测质量的活动进行严格和有效地控制。

8.4.1.1 组织机构

一个辐射监测机构，完整的组织结构包括管理层、技术负责人、质量负责人、授权签字人、监测人员、质量监督人员、样品管理员、设备管理员等，并对各层次人员赋予相应的权力和资源。

8.4.1.2 人员资格与培训

监测结果准确度与工作人员的工作经验、专业知识和技术水平有关，所有参加取样、监测、数据统计和审核的人员均应按要求定期参加相应的理论和实践培训，经授权后上岗。从事放射性监测的人员，应掌握辐射防护基础知识和放射性监测技术，熟悉有关环境保护和环境监测的法规和标准。

8.4.1.3 量值溯源与期间核查

（1）计量器具的量值溯源

所有计量器具（监测仪器、标准物质等）在国家计量部门或其授权的校准机构进行检定/校准，并确保在有效期内使用；仪器检修后重新进行检定/校准。计量器具的检定/校准周期按检定规程/校准规范执行。

（2）计量器具的定期核查

为保证监测数据的准确可靠，计量器具进行定期核查，核查周期的长短取决于其可靠程度、故障率等因素。

8.4.1.4 监测方法的选用

优先选用国家标准和行业标准，对于非标方法进行方法确认后使用。

8.4.1.5 数据审查制度

为了确保监测结果的准确性，必须建立完整有效的数据审查制度，并对测量数据进行有计划的审查，对存在的问题采取进一步的措施，包括再次核查等。

8.4.2 质量控制

为了保证流出物和环境监测工作的质量，质保工作必须从样品采集、运输、处理、测量、分析、保存等环节，以及文件控制、量值溯源、制订质保大纲、样品比对等方面展开。

8.4.2.1 内部质量控制

（1）样品采集、运输和贮存的质量控制

依据相关技术规范 and 标准制定采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，避开一些有干扰的、代表性差的地点，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式。

制定和严格遵守各类样品的采样、包装、运输、交接、验收、贮存和领用的详细操作程序。该程序除了规定技术方法、要求以外，还包括具体的操作步骤、记录内容、格式、标签设置等。样品在采集和运输过程中防止样品被污染或样品对环境造成污染。运输中采取必要的防震、防漏、防雨、防尘、防爆等措施，以保证人员和样品的安全。采取预防措施，避免样品中放射性物质通过化学、物理或生物作用产生损失或沾污等。

（2）分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析质量控制样品。

实验室内质量控制通过质量控制样品实施，质量控制样品一般包括平行样、加标

样和空白样。质量控制样品的组成应尽量与所测量分析的环境样品相同，其待测组分浓度尽量与待测的环境样品相近，且波动不大。

（3）数据处理

每个样品从采集、预处理、分析测量到结果计算全过程中的每一步都有清楚、详细和准确的记录。数据处理采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对于偏离正常值的异常结果及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。

8.4.2.2 外部质量控制

实验室外部质量控制的主要措施有：

（1）实验室间比对

为验证实验室监测设备的可靠性，确保监测数据的精确性、可比性，实验室可积极的与国内外权威机构进行实验室间比对。

（2）能力验证

积极参加能力验证提供者所提供的能力验证活动，对存疑和不满意结果进行分析、查明原因并采取纠正措施。

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 建设和运行带来的直接利益

本工程建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组，在其整个商业运行寿期内将取得显著的经济利益，上交国家和地方的税金数以亿计。预计本工程建成发电后，建设单位平均每年向国家和地方直接上缴的销售税金及附加以及所得税共计约 8.6 亿元，此为核电厂的直接利益。

在保持年平均负荷因子为 80%、资本金内部收益率为 8%等前提下，初步估算计算期内核电厂含税上网电价低于目前国家核定的核电机组标杆电价。后续通过控制建设投资及运营成本、提高机组可用率、延长运营期等措施降低本项目上网电价，进一步提高项目竞争力。本工程建成后的前十五年，还贷的压力较大，随着还贷期的结束，将凭其大容量、低运行成本和较高的年负荷因子，将会取得更为显著的经济效益。

我国经济持续快速发展，对能源包括煤炭、石油等的需求越来越大，加上国际油价上涨，造成能源价格和运输费用大幅提高。另外，环保要求燃煤机组须采用除尘、脱硫、脱硝等设备，不但提高了燃煤电厂的造价，还使燃煤机组的运行费用提高。燃煤超超临界机组采用高效除尘、脱硫及脱氮设备，将使工程造价和厂用电率均有增加。而核电机组随着设计自主化和设备国产化比例的不不断提高，造价将大幅度降低，再加上低廉的运行成本，与燃煤机组相比，核电机组的上网电价将具有较强的竞争性。

评价电源的经济性还应考虑外部成本问题，即各种电源系统的建设和运行的每一环节，包括燃料的开采、精制、运输、发电、废物的处理处置、输电等，都或多或少会对自然环境和社会产生负面影响，但电厂建设的经济分析中一般没有考虑负面影响造成的损失或克服这些损失所需要的投入，客观上把它推给了社会的公众，由社会公众来承担这些损失。据欧洲联盟和美国能源部联合研究的结果表明，燃煤和燃油电厂的外部成本为最高，核能发电的外部成本除风能发电以外是最低的。

除创造显著的经济利益外，本工程的建设和运行也可促进当地经济发展和提高人民的生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其他市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济的增长和促进地方经济的繁荣发展有积极的意义。此外，本工程的建设还有利于实现浙江省能源供应多元化，提高能源自给率，保障浙江省的能源安全和实现经济可持续发展，有利于缓解浙江省能源需求和节能减排所带来的双重压力。另外，本工程采用的核电技术，可在提高核电安全性、降低核电造价、增强核电

竞争力的同时，推动我国核电事业及相关核工业产业的发展。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

我国能源还是以煤、石油、天然气等化石能源为主，其消费量占一次能源消费总量的 82.7%，核电、水电、非水可再生能源占比为 17.3%。在一次能源消费中，我国清洁能源消费总量要低于全球清洁能源消费总量 6.5 个百分点，而碳排放接近全球的 1/3。目前，发展化石能源愈来愈受到环境保护和交通运输条件等的制约，特别是二氧化碳已成为国际气候公约谈判减排的争论焦点。因此，尽快提高清洁能源在电力生产中的比重，既是我国能源、电力工业结构调整的当务之急，也是我国能源工业持续发展的长远大计。

核工业是综合性很强的高技术产业，代表了国家工业化程度和科学技术水平，是综合国力的重要体现。它不仅包括核电厂设计和技术服务、项目管理、土建安装、调试和运行维修、核电设备和材料制造、核燃料循环工业、核安全和环境保护、核废物处理、核科技研究支持等众多与核工业相关的专业机构和生产企业，还涉及钢铁、制造、建筑、电子等基础工业，形成了一个涉及几十个行业的庞大的产业链。通过一定数量核电厂的建设，不仅可以扩大内需，拉动经济增长，带动相关产业的发展，促进国产化能力的提高，而且能够推动我国原材料和制造业的技术创新和高科技产业化进程，改造传统工业，对综合国力的提高起到了十分重要的作用。

本工程规模巨大，建设时需要钢材、水泥、石材、施工机械、电力、仪控等各种材料和各类产品，从而引起对金属冶炼业、水泥制造业、采矿业、机械制造业、自控及仪表制造业等的需求，这些需求又必然导致本工程周边地区对这些行业投入的需求，如此递推，将会促进浙江省相关产业的迅速增长。

本工程施工期间现场施工及安装人员预计将达到 1 万人以上，需要建设配套的生产服务和生活福利等设施，将给社会带来大量的就业机会，促进当地经济发展和提高人民生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其他市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济增长和社会发展有积极的意义。

9.1.2.2 环境效益

通过三澳核电厂 3、4 号机组的建设，将使厂址区附近原有的山地、丘陵、坡地等通过总体规划、设计、绿化和美化，构成一个崭新的人文景观。

我国正以高质量发展为主题，深入推进能源革命，加快规划建设新型能源体系和新型电力系统，实现能源更加安全、更加绿色、更加高效能发展。我国传统的能源体系是以燃煤发电装机为主，至 2022 年燃煤发电装机占全部电力装机总容量的比例已经减少到 49.6%，但燃煤电厂排放的 SO₂ 等污染源仍为我国大气的主要污染源之一。用大型商用核电厂代替了燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的 SO₂、CO₂、NO_x 等有害气体对环境的污染，缓解当地的酸雨发生。火电厂释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，而 CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。核电是清洁的能源，不排放 SO₂、CO₂、NO_x 等有害气体。考虑到核燃料循环前后端，我国核电总的温室气体归一化排放量为 11.9gCO₂/度电。而煤电链为 1072.4gCO₂/度电、水电链为（0.81-12.8）gCO₂/度电、风电链为（15.9-18.6）gCO₂/度电、光伏发电为（56.3-89.9）gCO₂/度电。世界核协会发布报告也表明，核电全生命周期的温室气体排放可与风电、水电相媲美。

2020 年 9 月，我国明确提出力争 2030 年前实现“碳达峰”，2060 年前实现“碳中和”目标。2021 年 10 月 24 日，中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，为碳达峰碳中和工作进行系统谋划、总体部署。随着“双碳”行动持续推进、能源安全战略的深化落实，核能将在支撑中国“双碳”目标实现过程中发挥不可或缺的作用。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

总之，通过对本工程的利益分析，可以看出，本工程的建设是必要的，能获得显著的经济效益、社会效益和环境效益。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

三澳核电厂 3、4 号机组投入总资金约 399.6 亿元人民币，其中环保设施总投资约 101332 万元，约占项目总投资的 2.5%。机组建设投资中资本金以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

三澳核电厂 3、4 号机组建成运行后，每年需核燃料费、折旧费、摊销费、修理费、

运行维护费，退役及后处理费等运行成本，以及电厂运行期间应缴纳税金和还贷利息，此外电厂还需偿还贷款本金。同时，对于运行中产生的放射性废物的处理，将根据与放射性废物处理和处置单位的合同支付相关费用，并计入运行成本。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

三澳核电厂 3、4 号机组的建设和运行，不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一定的社会问题。

— 交通运输问题

核电厂的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输；生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，其运输量非常大，将对当地的交通运输造成一定的运输负担。

为解决电厂建设和运行期间的运输问题，核电厂将采取水运和陆运两种运输方式。在陆运方面投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路及修建桥梁。此外，专门开辟事故应急通道。在水运方面投入一定量的资金用于大件码头的建设。

— 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

三澳核电厂 3、4 号机组的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，将对厂址所在区域的医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水等市政工程和生活服务设施的需要有所增加。

— 对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将带动当地第三产业的发展，导致厂址周围区域流动人口数量增加，一定程度上将增加当地政府在治安、社会服务等方面的投入和管理负担。这需要电厂业主、承包商以及当地政府共同努力，适当增加相应的设施和投入，以消除不利影响，共创和谐社会。

此外，各反应堆半径 5km 范围内规划限制区的设立，限制人口增长和工业发展类别，会使该区域经济发展受到一定的限制，可通过调整经济发展方式等办法来缓解设立规划限制区对区域经济的影响。

9.2.2.2 环境代价

三澳核电厂 3、4 号机组的建设将造成厂址区域生态环境的变化，主要表现在核电厂的建设将占用大片土地，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。后期通过核电厂建设过程中有计划的绿化和植被恢复，对受到影响的陆域生态环境进行有效的修复。核电厂建成后，当地原有的农业和林业生态环境将被人工景观环境所替代。

本工程建成运行后，会向环境释放放射性物质，其中气载放射性流出物通过污染空气浸没外照射、地面沉积放射物外照射、吸入污染空气内照射和食入污染陆生动植物食品内照射对厂址周围公众产生辐射影响；液态放射性流出物通过水体浸没外照射、水上活动外照射、岸边沉积物外照射、食入海产品内照射对厂址周围公众产生一定的剂量影响。同时，核电厂发生事故时也可能对厂址周围公众产生辐射影响。

本工程运行产生的低放固体废物和乏燃料作为核废料，将按照国家规定进行严格的处置。低放固体废物在废物暂存库内贮存一定时间后送往国家指定的低放固体废物处置场进行处置。乏燃料一般经过冷却，包装后送入乏燃料暂存系统暂存，暂存达到国家有关标准要求的年限后，送往国家指定的乏燃料处置厂处置。

低放固体废物和乏燃料经过最终处置后，随着时间的推移，对其所采取的人工屏障的性能将逐渐失去作用，由于入渗水的作用，有的核素将从废物体中渗出，经由地下水、地下水载带进入水循环，同时经由生物活动进入生态环境。但此过程是较缓慢的，核素的释放率是较低的。根据相关资料，公众所受到的影响将低于目标管理值，是可接受的。

本工程运行造成的海洋生物损失主要来自取水系统影响和温排水扩散持续性影响。取水系统影响对渔业资源造成的损失包括机械碰撞、温升、余氯的毒性作用等，一般只对那些穿过了核电厂取水系统滤网装置进入取水系统的水生生物产生明显的伤害。核电厂冷凝系统需用大量的海水作为冷却，冷却后的温水排放后在附近海域中扩散，引起排水口附近水温升高，将对海洋生物产生影响。根据温排水影响预测结果，本工程 2 台机组正常运行后，受影响的海域相比整个海域，所占区域很小，因此，对于该海域的整体海洋生物来说，其影响较小。

为了控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全，本工程除了专设安全设施和严重事故预防缓解系统外，还设置了放射性废物管理系统、厂区辐射和气象监测系统、应急

指挥中心等。在核电站发生放射性泄漏事故时，建设单位将及时启动应急预案，确保核电站对周围环境的影响尽可能降低到最小。

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众参与和调查结论

10.7 结论

10.8 承诺

10.1 核电厂建设项目

三澳核电站位于温州市苍南县霞关镇三澳村，规划容量为 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，采用“一次规划，分期建设”模式。本工程为扩建工程，是在一期工程 2 台机组已经开始施工的基础上，扩建 2 台华龙一号技术融合方案核电机组。根据工程进度安排，本工程的 3 号机组计划于 2025 年上半年具备核岛主体工程开工条件，4 号机组开工时间与 3 号机组间隔 12 个月，单台机组建设工期 60 个月，机组的设计寿命均为 60 年。

10.2 环境保护设施

本工程建设 2 台华龙一号技术融合方案的核电机组，根据设计资料，环境保护设施如下：

1) 每台机组设置一套废气处理系统（TEG），采用滞留衰变的方式，设置复合、压缩、分配、隔离、滞留等子单元进行放射性废气处理，使废气的放射性活度在向环境排放前降低至环境可接受的水平，并满足法规标准要求；

2) 供暖、通风和空气调节系统控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排放。如有需要，对通风排气进行过滤和除碘处理，以减少气载物质向大气环境的排放。同时，对烟囱排放的气载流出物进行连续在线监测和采样监测，以保证对放射性气载流出物排放的有效控制；

3) 每台机组设置一套冷却剂贮存和处理系统（TEP）。该系统通过脱气、蒸发、除盐等净化设施，保持了反应堆冷却剂良好的去污能力；

4) 2 台机组共用一套废液处理系统（TEU）。废液处理系统实现了对放射性废液的分类收集和处理。TEU 采用过滤、蒸发和除盐等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，以确保处理后排放的液态流出物浓度和总量满足国家有关标准的要求；

5) 核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL）均设计有 3 个容积相同的废液贮存罐。废液采用槽式排放的方式，经取样分析合格后，才能向环境排放。在 TER 和 SEL 排放管线上分别设置两级报警阈值的在线监测设备，通过取样监测和在线监测两重控制的方式，确保核岛和常规岛所排放的液态流出物得到有效控制；

6) 固体废物处理系统（TES）采用较为成熟的水泥固化工艺和分拣压缩打包工艺对固体废物进行处理。TES 系统最终形成的低放废物包为 400L 钢桶，采用厂内专用运输车运输至废物暂存库暂存（暂存时间不超过五年）后，运往国家指定的废物处置场进行最终处置；

7) 生活污水经生活污水处理站处理达标后尽量回用于厂区的绿化和道路浇洒，多余部分达标排放，生活污水最高回用率约 70%。含油废水经非放射性含油废水处理站（BES）处理后排至非放工业废水站（BST），处理达标后外排入海；

8) 依据厂址周围的环境特征设计建成统一的厂区环境辐射与气象监测系统（KRS），并建立有效的环境监测大纲。

总体而言，三澳核电厂 3、4 号机组环境保护设施的设计性能可以满足环境保护的要求。

10.3 放射性排放

三澳核电厂正常运行状态下，3、4 号机组和全厂 4 台机组放射性流出物各类放射性核素的年排放量，均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的单堆和全厂排放量控制要求。

本工程核岛废液排放系统的设计排放限值为 900Bq/L，常规岛废液排放系统的设计排放限值为 600Bq/L，满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的浓度控制要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）核电厂正常运行时的辐射影响

采用厂址气象塔 2022 年 1 月至 2022 年 12 月连续一年的气象观测数据，计算了三澳核电 3、4 号机组 2 台机组及 1~4 号 4 台机组正常运行工况下对周围环境的放射性影响。计算和评价结果表明，三澳核电 3、4 号机组正常运行工况下，就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对厂址周围的公众、接纳海水的水质以及陆域生物及海洋生物的影响很小。

— 三澳核电厂正常运行工况下，3、4 号机组放射性流出物排放对公众造成的最大有效剂量为 $1.96 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占 3、4 号机组剂量约束值（0.08mSv/a）的 2.45%；

1~4 号机组共 4 台核电机组放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 $3.80 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占 GB6249-2011 年剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 1.52%。本工程 2 台机组和厂址 4 台机组对评价区内公众造成的集体年有效剂量分别为 $4.17 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ 和 $8.40 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。三澳核电站 4 台机组运行状态下，可能的关键人群组为位于厂址 WSW 方位 1.4km 的长沙村青少年，可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射途径，可能的关键核素为 ^{14}C 。

- 核电厂 1~4 号机组共 4 台机组的液态放射性流出物与电厂温排水混合后进入受纳水体，并在潮汐作用下稀释扩散，海水中放射性核素 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 在 1、2 号机组和 3、4 号机组排放口 0~1km 海域的峰值浓度均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。
- 液态放射性流出物排放对排放口附近海域的深海鱼类、甲壳类、藻类等 7 类海洋生物中浮游动物造成的辐射剂量率最大（本工程 2 台机组和厂址 4 台机组对其造成的辐射剂量率分别为 $1.08 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ 、 $2.17 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$ ）；气载放射性流出物对厂址周围 13 种陆域生物中苔藓造成的辐射剂量率最大（本工程 2 台机组和厂址 4 台机组分别为 $2.70 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $5.12 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ）。本工程运行后，本工程 2 台机组及全厂 4 台机组对海域和陆域各类生物造成的辐射剂量率均远低于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值，因此，可以认为三澳核电站 3、4 号机组正常运行状态下，放射性流出物排放对厂址周边海域和陆域生物总体上辐射影响很小，不会对其在种群上造成明显的损伤。

（2）核电厂事故工况下的环境风险

本报告采用厂址气象塔 2022 年 1 月至 2022 年 12 月连续一年的气象观测数据，计算了三澳核电站 3、4 号机组发生设计基准事故时非居住区边界上和规划限制区边界上公众所受的潜在辐射后果，同时也计算了发生各类严重事故超过限值的最大概率。

就放射性影响而言，设计基准事故涵盖了其他相似事件序列，具有代表性。设计基准事故典型事故包括：失水事故（LOCA）、RCCA 弹出事故（CREA）、主蒸汽管道破裂事故（MSLB）、蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）、蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）、燃料操作事故（FHA）、主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）和安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故等 8 种。根据评价结果，所有设计基准事故剂

量后果都满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

对于极限事故，RCCA 弹出事故（CREA）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 17.7%和 21.4%。主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.29%和 2.92%。

对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）以及规划限制区边界上（事故持续期间内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，非居住区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 40.8%和 56.8%；规划限制区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.62%和 4.77%。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，三澳核电厂 3、4 号机组的专设安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

根据国家标准 GB18871-2002，事故后两天、一周、一月和一年内有效剂量的限定阈值分别为 10mSv、50mSv、30mSv 和 1Sv。通过计算，在整个评价范围内：各释放类事故发生后两天、一周、一月和一年内的有效剂量超过上述限值的加权平均概率在 0.5km 处为 8.89%、6.62%、31.13%、3.14%，随着与核电厂址距离的增大，超越概率逐渐减小。

（3）事故应急

三澳核电厂将设立统一的核应急组织机构，以统一指挥应急状态下的应急响应，并负责与国家、地方应急组织，主管部门和国家核安全部门的联系。三澳核电厂 3、4 号机组不新建应急指挥中心，利用 1、2 号机组已建的应急指挥中心。

三澳核电厂 3、4 号机组将根据机组工程特点和厂区环境特征，配备包括主控室、辅助控制室、技术支持中心、应急集合点等应急设施，并考虑与应急指挥中心、环境实验室、环境监测站等全厂性应急设施的接口与适应性改进，以满足核事故条件下所要求的全部应急功能的要求。

10.5 非辐射环境影响评价结论

（1）散热系统影响

三澳核电站一期工程采用海水直流循环冷却方式，冷却水源为厂址附近海域海水，循环冷却水流量为 $123\text{m}^3/\text{s}$ ，取排水温升为 8.25°C 。取排水方案为“3/4 号机离岸 2.5km 暗排”+“近岸明渠+陆域隧洞取水”。根据该方案的温排水数模计算结果，三澳核电站 4 台机组半月潮最大温升包络线投影面积为： 1°C 温升面积夏季为 56.93km^2 ，冬季为 73.36km^2 ； 2°C 温升面积夏季为 15.97km^2 ，冬季为 19.91km^2 ； 4°C 温升面积夏季为 2.63km^2 ，冬季为 4.65km^2 。结合近岸环境功能区划，本工程可以满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

本工程厂址半径 15km 范围内的海域生态红线区主要有：重要渔业海域官山产卵场（厂址 NNE~NE 方位约 13km ）和苍南风湾文蛤省级水产种质资源保护区（厂址 NNE 方位约 10.5km ），本工程 1~4 号机组运行时温排水夏季 1°C 和冬季 2°C 最大温升包络区域不涉及上述两个海域生态红线区。

本工程取排水工程处于“三线一单”的“浙江温州海洋重点管控单元 3”，附近海域的优先保护单元有“渔寮沙滩重要旅游区”、“木耳屿西侧沙源保护海域”和“大尖山-霞关外侧重要渔业海域”。经与上述生态环境分区管控单元管控要求对比分析，预计本工程运行期温排水与“三线一单”近岸海域环境分区管控单元的管控要求不冲突。

（2）化学污染物的影响

三澳核电站 3、4 号机组建成运行后，核电站排放的有害化学物质主要是余氯。根据低放数模计算结果，本工程 2 台机组正常运行后全厂 4 台机组排放的余氯在附近海域全潮下稀释 10 倍的浓度（即相对浓度为 0.1，余氯绝对浓度值为 $15\mu\text{g}/\text{L}$ ）最大包络面积为 5.16km^2 。考虑到光照等因素引起的余氯衰减会降低余氯毒性，实际情况下本工程排放到水中的余氯对附近海域影响范围会更小。因此，可以认为余氯对核电站周边海域的海洋生物影响很小。

（3）其他环境影响

核电站排放的生活污水经污水处理站处理达标后尽量回用，回用后多余的排放，工业固废和生活垃圾均妥善分类收集处置，噪声和电磁辐射对周围环境影响很小，可以满足国家相关标准要求。

10.6 公众参与和调查结论

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与办法》的相关规定，建设单位根据三澳核电厂厂址特点和社会环境状况，开展了公众参与工作，未收到公众的反对意见。

10.7 结论

综上所述，从厂址自然环境特征和社会环境特征、核电厂正常运行状态和事故工况对厂址周围公众的辐射影响、环境保护设施设计性能等方面分析，在确保相关环保设施和措施得到落实的情况下，三澳核电厂 3、4 号机组对周围环境的影响是可以接受的。

10.8 承诺

为确保三澳核电厂 3、4 号机组相关环保设施和措施得到落实，对周围环境影响可以接受，本项目做出如下承诺：

- （1）三澳核电厂 3、4 号机组作为三澳核电厂厂址扩建工程，建设单位将在 1、2 号机组已有环保设施基础上统筹考虑本工程环保设施的设计布局，确保全厂运行满足环保要求。
- （2）建设单位与当地政府部门协商，按照《核动力厂环境辐射防护规定》要求，严格控制绿能小镇的常住居民少于 1 万人。
- （3）建设单位进一步持续开展公众宣传、科普、信息公开等工作，以使公众对核电建设的认识更为理性和科学，缓解公众恐核心理。