

陆丰核电厂 5、6 号机组

环境影响报告书

(运行阶段)

(A 版)

中广核粤东（陆丰）核电有限公司

二〇二六年一月

目 录

第一章 概述

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

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

表

表 1.6-1 厂址附近近岸海域环境功能区划

表 1.6-2 厂址 15km 范围内海洋空间规划

表 1.6-3 厂址陆域 10km 范围内各生态环境分区管控要求及相符性

表 1.6-4 厂址海域 15km 范围内各生态环境分区管控要求及相符性

表 1.7-1 GB 6249-2025 液态流出物中的放射性核素活度浓度推荐值

表 1.7-2 本工程流出物年排放量申请值以及与 GB6249-2025 比较

表 1.7-3 生活污水排放及回用执行的具体指标

表 1.7-4 调试和运行期间非放射性生产废水排放执行的具体指标

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

本建设项目名称为陆丰核电厂 5、6 号机组，申请运行的核电机组为 2 台采用华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组，由中广核粤东（陆丰）核电有限公司负责建设和运营。

中广核粤东（陆丰）核电有限公司于 2025 年 10 月 16 日注册成立，中广核粤东（陆丰）核电有限公司作为陆丰核电厂 5、6 号机组的所有者和运营管理，负责向国家核安全局申请持有陆丰核电厂 5、6 号机组的运行许可证。中广核粤东（陆丰）核电有限公司作为营运单位，对陆丰核电厂 5、6 号机组核安全负全面责任，保证机组运行安全。

1.1.2 建设性质

本项目陆丰核电厂 5、6 号机组为新建商用核电工程。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

陆丰核电厂规划容量为六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，本工程建设的 5、6 号机组为两台华龙一号融合技术核电机组。

本工程采用华龙一号技术融合方案，机组堆芯额定热功率为 3180MW，发电机终端输出额定电功率 $\geq 1210\text{MWe}$ 。每台机组包括一个百万千瓦级、三环路的压水反应堆，机组采用单堆布置方案，双层安全壳，设置有三列专设安全系统配置，三列专设安全系统布置在三个实体隔离的安全厂房中。

本工程建设的 5、6 号机组选址阶段和建造阶段环境影响报告书分别于 2021 年 5 月 13 日和 2022 年 9 月 7 日获生态环境部批复，建造阶段环境影响报告书批复同日获得国家核安全局颁发的建造许可证。5、6 号机组分别于 2022 年 9 月和 2023 年 8 月浇筑第一罐混凝土（FCD），主体工程正式开工。根据工程进度安排，陆丰核电厂 5、6 号机组分别计划于 2027 年和 2028 年首次装料。本工程核电机组的设计寿命为 60 年。

陆丰核电厂为了对厂址内所有核电机组实施高效、安全的管理，实行辐射防护最优化，对电厂所有机组与环境保护相关的设施进行统筹安排，包括：

- 综合考虑电厂非居住区边界和规划限制区边界的设置；
- 整个厂区的总平面规划中功能分区明确，合理规划放射性区域和非放射性区域和设施；
- 针对所有机组实施统一的流出物排放管理、统一考虑环境监测和应急管理等。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

陆丰核电厂 5、6 号机组建设两台华龙一号融合技术核电机组及其配套设施，工程建成价为四百余亿元人民币，其中 30% 资金来自于资本金，其余采用银行提供的商业贷款解决。

本项目环保设施投资总额约为十余亿元人民币，约占工程总投资的 4%，环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统等。

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”

《中华人民共和国能源法》（2025 年 1 月 1 日施行）第二十七条规定国家积极安全有序发展核电。

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。

2021年9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》明确提出“积极安全有序发展核电”，“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”。

2024年3月，国家能源局发布《2024年能源工作指导意见》提出“坚持积极有力推进能源绿色低碳转型”、“积极安全有序推动沿海核电项目核准建设”。

2024年8月11日，中共中央、国务院正式对外发布《关于加快经济社会发展全面

绿色转型的意见》，提出“加快西北风电光伏、西南水电、海上风电、沿海核电等清洁能源基地建设”。

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，本期工程的建设将有效减少碳排放量，是实现碳达峰、碳中和目标的重要着力点之一。

2021年4月，广东省政府印发《广东省国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出：“大力发展战略性新兴产业，安全高效发展核电”。

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，本期工程的建设符合当前国家和广东省能源产业政策要求。

b) 合理开发利用核能，是解决广东省一次能源缺乏的战略措施

广东省一次能源资源匮乏，缺煤、少油、乏气，水能资源基本开发完毕，能源供应对外依存度较高。随着“十四五”时期广东省国民经济的进一步发展，广东省一次能源消费对外依存度将进一步提高。为保障广东省能源安全和实现经济可持续发展，积极推进核电建设，可实现能源供应多元化，提高能源自给率。

c) 项目建设适应广东省电力需求发展需要

改革开放以来，广东省社会经济保持快速、稳定发展，电力需求也同步快速增长，电力市场迅速扩大。根据电力需求预测结果，未来广东省东部电力需求仍将继续保持增长。预测到2040年，广东全社会最高用电负荷约251000MW，以及向港澳送电和系统备用容量，系统需要容量约285214MW。考虑在运及核准主力电源、新能源（含在运、核准及规划）后，全省电力缺额约31233MW。

因此，为适应广东省电力需求增长，满足电力供应的安全性和可靠性，必须加快规划电源的建设力度和速度，以适应省内电力供需快速发展的需要。

d) 项目建设为广东电网安全运行提供电源支撑

对广东受端网架而言，广东电网负荷相对密集集中，广东内部电源建设条件有限，外电比例较大，在粤东地区建设陆丰核电厂等大型电源，可以增加广东电网本地电源比例，有利于提高整个广东电网的供电可靠性。

e) 项目建设是广东电源结构优化和能源可持续发展的需求

目前广东省仍有部分小火电机组，此类机组经济效益差、污染严重、点多面广、

难以调度。核电厂与火力发电厂相比具有减轻煤炭运输负担、低碳和环境清洁等诸多优点。本期工程的建设可以加速这些小火电机组的退役，相对减少大型燃煤机组在广东地区的发展，对于减排和促进广东电源结构的优化有很大作用，同时也能够提高电力系统的综合效益，是实现广东省能源供应可持续发展的重要路径之一，也有利于提高广东省能源供应的安全性和稳定性。

1.5 建设项目的进度

根据工程进度安排，陆丰核电厂 5、6 号机组分别计划于 2027 年和 2028 年首次装料。本工程核电机组的设计寿命为 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

2022 年 3 月，广东省人民政府发布《广东省能源发展“十四五”规划》，提出“‘十四五’时期是实现碳达峰的关键期、窗口期，我省能源绿色低碳发展面临更高要求，需加快能源结构优化调整步伐，发挥资源禀赋优势，以更大力度推进风电、核电、光伏等非化石能源发展，控制化石能源总量，构建以新能源为主体的新型电力系统，提高能源利用效率，为全国实现碳达峰、碳中和目标做出广东贡献”、“在确保安全的前提下，高效建设惠州太平岭核电一期项目，积极有序推动陆丰核电、廉江核电等项目开工，并推动后续一批项目开展前期工作；做好核电厂址保护工作。‘十四五’时期新增核电装机容量约 240 万千瓦”。

2023 年 5 月，广东省能源局印发广东省推进能源高质量发展实施方案的通知，提出构建清洁低碳的新能源体系，明确积极安全有序发展核电，积极推动后续核电项目开展前期工作。

2021 年 4 月形成的《汕尾市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出，加强能源保障体系建设，大力发展战略性新兴产业。依托丰富岸线和广阔腹地，大力发展战略性新兴产业，加快发展清洁能源，合理发展气电，加快推进陆丰核电前期工作，争取尽快开工建设。

2022 年 5 月形成的《陆丰市产业发展“十四五”规划》指出，做大做强战略性主导

产业，安全高效发展核电。

2023 年 11 月批复的《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》指出，发展以海上风电、火电、核电、光伏、抽水蓄能、氢能及储能等为主的清洁能源产业集群，落实碳排放总量和强度“双控”要求，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。

（2）环境保护相关规划

a) 近岸海域环境功能区划

根据《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421 号），陆丰核电厂址所在海域为“碣石浅澳工业功能区（406B）”，水质目标为 GB3097 三类标准。其余近岸海域功能区划有“陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406C）”，在该区域内，除水温不执行水质标准外，其他指标执行 GB3097 三类标准。厂址附近的近岸海域环境功能区划见表 1.6-1。

根据已开展的温排水模拟结果，5、6 号机组运行期间的夏季半月潮最大 1℃温升外包络范围和冬季半月潮最大 2℃温升外包络范围涉及的功能区水温均执行三类标准（405B、406B 和 412-1），4℃温升区均位于陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406C）内，因此，5、6 号机组运行期间的温升影响满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

b) 海洋空间规划

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），各海洋空间的管控要求见表 1.6-2，本工程用海位于陆丰核电厂矿通信用海区（630-057），符合用海规划。

c) “三线一单”生态环境分区管控要求

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订版）》（汕环〔2024〕154 号），表 1.6-3 和 1.6-4 分别给出了厂址陆域 10km 范围和海域 15km 范围内各生态环境分区管控要求及相符性分析。分析可知本工程符合生态环境分区管控要求。

d) 生态保护红线

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（粤府函〔2023〕336 号），厂址位于碣石镇城镇开发区，厂址 15km 范围内陆域有 1 处生态保护红线，最近处位于厂址 NNW 方位约 9km 处，海域有 2 处生态保护红线，分别为金厢生态保护区生态保护红线（厂址 NW 方位约 8km）和碣石湾近海生态保护区生态保护红线（S 方位约

14km）。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），厂址半径 15km 范围内的金厢生态保护区和碣石湾近海生态保护区的具体保护对象和管理要求见表 1.6-2 对应的海洋空间规划管控要求。

本工程不占用陆丰市海域和陆域生态保护红线，温排水冬季 2°C 夏季 1°C 最大温升影响范围不影响海域生态保护红线（海域生态保护区）。

e) 严格保护岸线

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（粤府函〔2023〕336 号），厂址 15km 范围内严格保护岸线主要为碣石港南侧-角清村（最近距厂址 W 方位 1.5km）、湖东林场（最近距厂址 NE 方位 9.3km）等。同时，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），厂址附近严格保护岸线与陆丰市国土空间总体规划不同，该规划中严格保护岸线东西两端均紧邻厂址。

严格保护岸线保护要求：应确保严格保护岸线生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

本项目运行期岸线冲淤和温排水不影响严格保护岸线，可以满足其保护要求。

f) 地表水功能区划

根据《汕尾市地表水功能区划》，汕尾市河流水功能一级区划对重要的 13 条河流（其中 3 条总干渠）中划出 14 个一级区，其中保护区 2 个，保留区 3 个，开发利用区 9 个。距厂址最近的为龙潭干渠陆丰开发利用区（厂址 N 方位约 21km），从龙潭水库出水口到尖山水库进水口，全长 22km，年供水能力 2.6 亿 m³，饮用水人口 70 万人，灌溉面积 21.55 万亩，现状水质类别 I 类，水质管理目标 II 类。厂址 10km 范围内未划分河流水功能区。

g) 土地利用规划

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址为城镇集中建设区用地，符合用地规划。

h) 区域环境保护规划

根据《汕尾市生态环境保护“十四五”规划》，汕尾市打造全省骨干绿色电力基地，有序推进核电、煤电、海上风电等骨干电源建设，打造成为全省乃至全国骨干绿

色电力能源生产基地。在强化风险管控，着力保障生态环境安全方面，提升核与辐射安全水平。以陆丰核电站为重点，参照国家核安全工作协调机制，逐步建立统筹有力、分工协作、运转高效的核安全工作机制。本工程符合环境保护规划要求。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

(1) 主要法律法规和规章

- 中华人民共和国能源法（自 2025 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国原子能法（自 2026 年 1 月 15 日起施行）
- 中华人民共和国环境保护法（自 2015 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国核安全法（自 2018 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国环境影响评价法（2018 年 12 月 29 日修正）
- 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（2018 年 10 月 26 日修正）
- 中华人民共和国水污染防治法（2017 年 6 月 27 日修正）
- 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 2020 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国海洋环境保护法（自 2024 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国海洋倾废管理条例（自 2017 年 3 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国自然保护区条例（自 2017 年 10 月 7 日起施行）
- 建设项目环境保护管理条例（自 2017 年 10 月 1 日起施行）
- 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）
- 危险化学品安全管理条例（自 2013 年 12 月 7 日起施行）
- 生态环境监测条例（自 2026 年 1 月 1 日起施行）
- 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（2018 年 3 月 19 日修订）
- 中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例（自 1990 年 8 月

1 日起施行)

- 核电厂核事故应急管理条例 (HAF002, 自 2011 年 1 月 8 日起施行)
- 建设项目环境影响评价分类管理名录 (自 2021 年 1 月 1 日起施行)
- 国家危险废物名录 (2025 年版, 自 2025 年 1 月 1 日起施行)
- 近岸海域环境功能区管理办法 (2010 年 12 月 22 日修正)
- 放射性固体废物贮存和处置许可管理办法 (2019 年 8 月 22 日修正)
- 放射性物品运输安全许可管理办法 (2021 年 1 月 4 日修正)
- 核动力厂厂址评价安全规定 (HAF101, 2023 年 2 月)
- 核动力厂设计安全规定 (HAF102-2016)
- 放射性废物安全监督管理规定 (HAF401, 自 1997 年 11 月 5 日起实施)
- 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知 (国发[2013]37 号)
- 国务院关于印发水污染防治行动计划的通知 (国发[2015]17 号)
- 关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知 (环发[2012]77 号)
- 关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知 (环发[2012]98 号)
- 核电厂流出物放射性自行监测管理要求 (国核安发[2025]120 号)
- 核动力厂流出物放射性监督性监测管理要求 (国核安发[2025]149 号)
- 环境影响评价公众参与办法 (自 2019 年 1 月 1 日起施行)
- 入海排污口监督管理办法 (试行) (自 2025 年 1 月 1 日起施行)
- 生态环境分区管控管理暂行规定 (2024 年 7 月 6 日发布实施)

(2) 技术标准和导则

- 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 (GB 18871-2002)
- 核动力厂环境辐射防护规定 (GB 6249-2025)
- 放射性废物管理规定 (GB 14500-2002)
- 放射性物品安全运输规程 (GB 11806-2019)
- 电离辐射监测质量保证通用要求 (GB 8999-2021)
- 核设施流出物监测的一般规定 (GB 11217-89)
- 海水水质标准 (GB 3097-1997)
- 海洋生物质量 (GB 18421-2001)
- 海洋沉积物质量 (GB 18668-2002)

- 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB 18918-2002及2006、2025年修改单）
- 城市污水再生利用 城市杂用水水质（GB/T 18920-2020）
- 环境空气质量标准（GB 3095-2012，2018年修订）
- 声环境质量标准（GB 3096-2008）
- 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB 12348-2008）
- 建筑施工噪声排放标准（GB 12523-2025）
- 大气污染物综合排放标准（GB 16297-1996）
- 电磁环境控制限值（GB 8702-2014）
- 危险废物贮存污染控制标准（GB 18597-2023）
- 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准（GB 18599-2020）
- 建设项目环境影响评价技术导则 总纲（HJ 2.1-2016）
- 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）
- 环境影响评价技术导则 大气环境（HJ 2.2-2018）
- 环境影响评价技术导则 地表水环境（HJ 2.3-2018）
- 环境影响评价技术导则 声环境（HJ 2.4-2021）
- 环境影响评价技术导则 生态影响（HJ 19-2022）
- 环境影响评价技术导则 输变电（HJ 24-2020）
- 建设项目环境风险评价技术导则（HJ 169-2018）
- 辐射环境监测技术规范（HJ 61-2021）
- 近岸海域环境监测技术规范（HJ 442-2020）
- 核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）（HJ 1037-2019）
- 排污单位自行监测技术指南 总则（HJ 819-2017）
- 排污单位自行监测技术指南 水处理（HJ 1083-2020）
- 交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）（HJ 681-2013）
- 环境影响评价技术导则 海洋生态环境（HJ 1409-2025）
- 排污单位污染物排放口监测点位设置 技术规范（HJ 1405-2024）
- 核动力厂厂址评价中的外部人为事件（HAD101/04-2025）
- 核电厂厂址选择及评价的人口分布问题（HAD101/03，1987年11月）
- 核电厂厂址选择的大气弥散问题（HAD101/02，1987年11月）

- 压水堆核电厂设计基准事故源项分析准则（NB/T 20444-2017RK）

(3) 地方法规和标准

- 广东省环境保护条例（2022年11月30日修正）
- 广东省民用核设施核事故预防和应急管理条例（2024年9月1日起修订施行）
- 广东省固体废物污染环境防治条例（2022年11月30日修正）
- 广东省海域使用管理条例（2021年9月29日修正）
- 广东省水污染防治条例（2021年9月29日修正）
- 广东省大气污染防治条例（2022年11月30日修正）
- 广东省水污染物排放限值（DB44/26-2001）
- 广东省大气污染物排放限值（DB44/27-2001）
- 固定污染源挥发性有机物综合排放标准（DB 44/2367-2022）

1.6.3 相关管理文件

- 生态环境部，环审[2021]37号，关于广东陆丰核电5、6号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复；
- 生态环境部，环审[2022]144号，关于广东陆丰核电5、6号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复；
- 广东省人民政府，粤府函[2024]220号，广东省人民政府关于划定陆丰核电厂规划限制区的批复；
- 广东省生态环境厅，粤环函[2024]421号，广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函；
- 广东省陆丰市人民政府，陆府函[2021]40号，陆丰市人民政府关于同意设置广东陆丰核电5、6号机组非居住区的批复；
- 广东省陆丰市人民政府，陆府函[2024]184号，陆丰市人民政府关于原则同意设置广东陆丰核电1-4号机组非居住区的批复；
- 广东省陆丰市人民政府，陆府函[2026]3号，陆丰市人民政府关于原则同意设置广东陆丰核电3、4号机组非居住区的批复；
- 中国民用航空中南地区空中交通管理局，民航中南空局函[2024]82号，关于陆丰核电厂址区域上空民用航线或起落通道距厂址平面距离的复函；

- 国家核事故应急办公室，国核应办[2020]31 号，国家核事故应急办公室关于广东陆丰核电 5、6 号机组厂址区域核应急方案审查意见的通知；
- 汕尾市生态环境局，汕尾市生态环境局关于提供陆丰核电厂址非放射性影响评价等相关标准的复函，2025 年 12 月 23 日；
- 汕尾市自然资源局，汕自然资函[2024]1723 号，关于广东陆丰核电 1、2 号机组建设用地压覆矿产资源情况的复函；
- 自然资源部办公厅，自然资办函[2022]2552 号，自然资源部办公厅关于广东陆丰核电站 5、6 号机组项目用海的函；
- 汕尾市环境保护局，汕环函[2012]256 号，关于广东陆丰核电厂 220kV 施工及辅助电源第一回送电线路工程项目环境影响报告表的批复；
- 汕尾市生态环境局陆丰分局，汕环陆丰[2019]219 号，关于广东陆丰核电一期工程重件码头工程建设项目环境影响报告表的批复；
- 汕尾市生态环境局陆丰分局，汕环陆丰审[2022]8 号，关于中国核工业华兴建设有限公司喷砂喷涂车间建设项目环境影响报告表的批复；
- 汕尾市生态环境局，汕环审[2022]22 号，汕尾市生态环境局关于中国核工业华兴建设有限公司酸洗钝化车间建设项目环境影响报告表的批复；
- 汕尾市生态环境局，汕环审[2023]35 号，汕尾市生态环境局关于陆丰核电厂 5、6 号机临时海淡系统环境影响报告表的批复；
- 汕尾市生态环境局，汕环审[2023]53 号，汕尾市生态环境局关于中国核工业二三建设有限公司陆丰核电项目部生产厂房建设项目环境影响报告表的批复；
- 汕尾市生态环境局，汕环审[2024]46 号，汕尾市生态环境局关于浙江火电建设有限公司陆丰核电项目部生产厂房建设项目环境影响报告表的批复；
- 广东省生态环境厅，粤环审[2025]144 号，广东省生态环境厅关于中广核陆丰核电有限公司核技术利用扩建项目环境影响报告表的批复。

1.6.4 相关技术文件

- 广东陆丰核电工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（2023）报告，国家海洋环境监测中心，2025 年 7 月；

- 广东陆丰核电项目陆域生态环境调查及评价报告，苏州热工研究院有限公司，2025 年 3 月；
- 广东陆丰核电厂 3、4 号机组工程海域四季全潮水文观测冬、夏季调查与分析报告，国家海洋局南海调查技术中心，2025 年 3 月；
- 陆丰核电厂 5、6 号机组厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查报告（2024），苏州热工研究院有限公司，2025 年 9 月；
- 陆丰核电厂 5、6 号机组厂址区域环境特征及外部人为事件调查报告（2024），苏州热工研究院有限公司，2025 年 9 月；
- 广东陆丰核电 3、4 号机组厂址区域非放射性环境质量现状调查报告，苏州热工研究院有限公司，2025 年 3 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组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，2025 年 11 月；
- 广东陆丰核电厂 3、4 号机组极端气象与常规气象分析专题报告，广东省气候中心，2024 年 8 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组液态流出物数值模拟成果报告，南京水利科学研究院，2025 年 9 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组温排数模研究报告，南京水利科学研究院，2025 年 6 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组泥沙数模研究报告（A 版），南京水利科学研究院；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组海域使用论证报告书（报批稿），国家海洋环境监测中心，2022 年 8 月；
- 广东陆丰核电厂址民用航线查询及坠机概率分析报告（审定稿），民航中南空管设备工程（广州）有限公司，2025 年 1 月；
- 陆丰核电 5、6 号机组设备安装及调试废水排放方式变动分析报告，2025 年 1 月；
- 陆丰核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设方案（B 版），苏州热工研究院有限公司，2025 年 10 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组岩土工程勘察报告（可研阶段），长江勘测规划设计研究有限责任公司，2021 年 1 月。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

(1) 运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量要求和排放控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）第 6.1 款规定任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成有效剂量，每年不得超过 0.25mSv，第 6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气态和液态流出物年排放量控制值及多堆场址所有机组年总排放量控制值。

陆丰核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，场址所有核动力堆运行状态下向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成有效剂量不超过 0.25mSv/a，陆丰核电厂 5、6 号两台机组向环境释放的流出物对公众所造成有效剂量不超过 0.08mSv/a，气态流出物和液态流出物剂量管理目标值分别取 0.07mSv 和 0.01mSv。

陆丰核电厂 5、6 号机组采用华龙一号融合方案核电机组，堆芯额定输出热功率为 3180MW。根据 GB 6249-2025 中对于 3000MW 热功率的轻水反应堆设计控制值，单堆排放量控制值如下：

气态流出物：

- 惰性气体： 1.0×10^{14} Bq/a;
- 碘： 3.0×10^9 Bq/a;
- 粒子（半衰期 ≥ 8 d）： 9.0×10^9 Bq/a;
- 碳-14： 7.0×10^{11} Bq/a;
- 氚： 1.5×10^{13} Bq/a。

液态流出物：

- 氚： 7.5×10^{13} Bq/a;
- 碳-14： 1.5×10^{11} Bq/a;
- 其它核素： 9.0×10^9 Bq/a。

对于多堆场址，所有机组的年总排放量应控制在 GB 6249-2025 中 6.3 条款规定值以内。即：

气态流出物：

- 惰性气体： 6.0×10^{14} Bq/a;
- 碘： 2.0×10^{10} Bq/a;

- 粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）： $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $2.8 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ；
- 氚： $6.0 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态流出物：

- 氚： $3.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；
- 碳-14： $6.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 其它核素： $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

GB6249-2025 第 6.5 款规定，对于受纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L ，各核素活度浓度应满足附录 D 的要求。陆丰核电厂为滨海厂址，槽式排放口处的液态流出物核素活度浓度执行 6.5 款要求，其他放射性核素活度浓度具体数值详见表 1.7-1。根据本工程建造阶段环境影响报告书，本工程液态其他放射性核素总活度浓度控制值为 900Bq/L 。

（2）事故工况下的剂量限值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）7.2 款，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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 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，陆丰核电厂 5、6 号机组运行期间受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。

（4）流出物排放量申请值

核电厂营运单位在首次装料前必须向生态环境部申请核电厂运行后流出物的年排放量，经批准后作为核电厂运行后开展排放管理的技术依据。GB 6249-2025 第 6.4 款规定：“营运单位应针对核动力厂场址的环境特征及放射性废物处理工艺技术水平，遵循可合理达到的尽量低的原则，申请的流出物排放量不高于 6.2 和 6.3 要求”。陆丰核电厂 5、6 号机组对于流出物排放量的申请值按照以下原则进行确定：

a、满足国家和地方相关法律法规要求；
b、核电厂流出物的排放不仅与电厂的系统设计有关，同时也与电厂运行负荷、管理水平等因素密切相关。考虑陆丰核电厂 5、6 号机组运行初期的实际情况并结合同类华龙机组经验，5、6 号两台机组气液态流出物的年排放量申请值考虑如下：

- 惰性气体：146TBq、气载碘：0.51GBq、粒子：0.06GBq、气态碳-14：752GBq、气态氚：8.97TBq；
- 液态氚：80.7TBq、液态碳-14：31.3GBq、液态其余核素：9.95GBq。

本工程两台机组气液态流出物的年排放量申请值以及与 GB6249-2025 比较详见表 1.7-2。

1.7.2 非辐射环境影响的评价标准

根据相关标准规定及汕尾市生态环境局的复函《汕尾市生态环境局关于提供陆丰核电厂址非放射性影响评价等相关标准的复函》（2025 年 12 月 23 日），陆丰核电厂 5、6 号机组执行的非放环评标准要求如下：

（1）环境质量标准

a) 环境空气质量标准

执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单规定的二级标准。

b) 海水水质标准

按《广东省近岸海域功能区划》和《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421 号），碣石浅澳工业功能区执行《海水水质标准》（GB3097-1997）三类标准，陆丰核电厂冷却水排污

稀释混合区除水温不执行水质标准外其他指标执行三类标准。

c) 声环境质量标准

厂界外区域执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类标准，即：昼间 60dB（A）、夜间 50dB（A）。厂址周围声环境保护目标（最近处为浅澳村）执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类标准，即：昼间 55dB（A）、夜间 45dB（A）。

d) 电磁辐射环境控制标准

工频电场强度和工频磁感应强度执行《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，即：工频电场 4000V/m，工频磁场 100μT。

（2）非放射性污染物排放标准

a) 大气污染物排放

施工期间的大气污染物排放执行广东省《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）中的第二时段二级标准及无组织排放监控浓度限值。挥发性有机物的有组织排放浓度和无组织排放浓度执行《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB 44/2367-2022）排放限值。

b) 水污染物排放

施工期间生活污水回用时执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中冲厕、车辆冲洗的限值和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及修改单一级 A 标准。

运行期间生活污水优先用于回用，回用时执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫的限值和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及修改单一级 A 标准，排放时执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及修改单一级 A 标准和《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位）的较严要求。生活污水排放和回用具体执行指标见表 1.7-3。

调试和运行期间非放射性生产废水排放执行《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位），具体指标见表 1.7-4。

c) 噪声排放

施工期间的场界噪声排放执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）中的限值，即：昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）；

运行期间，厂界噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类限值，即：昼间 60dB(A)、夜间 50dB(A)。

d) 工业固体废物和危险废物

本工程中产生的一般工业固体废物采用库房、包装工具（罐、桶、包装等）等方式贮存的，其贮存过程应满足《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求；危险废物贮存执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）要求。

1.8 工程组成

本项目除核电主体工程（核岛、常规岛、辅助厂房）之外，还包括相关工程：500kV 输变电线、220kV 辅助电源、放射源库、进厂道路、应急道路、重件码头等。其中，电厂进厂道路已建成并移交地方管理，220kV 辅助电源工程已经建成 1 回 220kV 线路（汕环函[2012]256 号），重件码头已建成投用（汕环陆丰[2019]219 号）。500kV 输变电线由南方电网公司作为建设单位，负责 500kV 输变电线的建设，包含自陆丰核电厂的开关站（不包括开关站）到第一个入网塔部分的输变线路的建设。应急道路由地方政府负责。放射源库已完成子项环评（粤环审[2025]144 号），其余配套工程环评包含在核电厂主体工程环评中。

1.9 环境保护措施

本期工程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、放射性固体废物管理系统、生活污水处理站，非放射性工业废水处理站，环境实验室等。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，并结合本工程机组类型和污染物排放特点进行适当优化，以保证环境保护措施在机组长期运行期间稳定运行，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

辐射环境影响评价范围为以陆丰核电厂 5 号反应堆为中心，半径为 80km 的区域。

(2) 非辐射环境

a) 水环境

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 0.5℃温升包络范围和本项目海工工程影响海域，重点考虑取排水口附近海域及相关功能区管理要求，以及环境保护目标要求。

b) 大气环境

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。

c) 声环境

本工程运行期声环境影响的评价范围为厂界外 200m 范围，并适当扩大至声环境保护目标处。

d) 生态环境

本工程为核设施类项目，对陆域生态的影响主要为施工期产生的土地占用、工程施工活动等造成的生态影响。评价范围以核电厂永久占地和临时占地范围为主，并考虑附近生态敏感区。

e) 电磁环境

参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020），本项目电磁辐射环境的评价范围为：厂区变电站、开关站站界外 50m 区域。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

2022 年 9 月 7 日，生态环境部批复陆丰核电厂 5、6 号机组建造阶段环境影响报告书（环审[2022]144 号），并对本工程建造阶段及今后一个时期应重点做好的工作提出如下要求：

（一）严格执行施工期间的环境影响评价标准、落实噪声、施工废水、扬尘污染等防治措施和固体废物处理措施，加强施工场环境管理，尽可能减小施工活动造成的环境影响；

（二）进一步落实放射性固体废物处置方案，确保本项目放射性固体废物的安全处置。

针对批复提出的工作，建设单位开展的情况如下：

1、陆丰核电厂已严格按照法规要求，做好施工期间的防尘降噪、施工期间生产

生活污水收集、处理和回用，对固废收集和分类贮存、及时清运处置，充分做好施工期环境保护相关工作，委托有资质单位开展施工期间的陆域和海域环境监测，相关工作贯穿整个核电施工期间，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得到有效落实和实施。根据施工期的监测结果（具体内容见第 5 章描述），施工期间活动对大气、水和噪声影响满足相关标准要求，对周围环境的影响是较小的。

2、陆丰核电厂正积极推动本工程低水平放射性固体废物最终处置场所的确定工作，目前本工程低水平放射性固体废物规划送龙和近地表处置场进行最终处置。建设单位承诺在电厂首次产生放射性固体废物包后的 24 个月内，及时签订委托处置合同（或框架协议），后续也将持续关注国家废物处置政策，确保本工程产生的低放固体废物得到及时、安全处置。

表 1.6-1 (1/2) 厂址附近近岸海域环境功能区划

所在海域	标识号	功能区名称	所属地区	范围	面积 (km ²)	主要功能	水质目标	控制点坐标 (CGCS2000)	备注
东海岸海域	401A	甲东港口、工业功能区	汕尾市	海域 A-B-H-I 所包络的区域	10.41	港口、一般工业用水	三类	A: 116°14'40.142"E, 22°53'38.656"N B: 116°13'10.042"E, 22°52'31.174"N C: 116°10'59.894"E, 22°50'46.129"N D: 116°08'28.133"E, 22°48'47.056"N E: 116°05'03.311"E, 22°47'40.027"N F: 116°04'08.789"E, 22°48'51.534"N G: 116°05'11.029"E, 22°49'47.158"N H: 116°12'13.241"E, 22°54'08.831"N I: 116°13'11.240"E, 22°55'10.816"N	/
	401B	甲东生态功能区	汕尾市	海域 B-C-D-E-F-G-H 所包络的区域	48.85	海洋生态保护	二类		/
碣石海域	406B	碣石浅澳工业功能区	汕尾市	海域 Q1-R1-S1-T1-V1-W1 所包络的区域除去 406C 部分	14.90	工业	三类	A1: 115°46'54.160"E, 22°47'18.488"N B1: 115°46'38.518"E, 22°47'18.298"N C1: 115°46'29.500"E, 22°47'17.300"N D1: 115°45'46.994"E, 22°47'09.006"N E1: 115°45'37.591"E, 22°47'01.147"N F1: 115°45'31.644"E, 22°46'53.285"N G1: 115°45'27.626"E, 22°46'49.318"N H1: 115°45'24.199"E, 22°46'39.940"N I1: 115°45'12.236"E, 22°46'09.584"N J1: 115°45'01.303"E, 22°45'14.036"N	/
	406C	陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区	汕尾市	陆丰核电厂温排水口周围海域 d1~d6 所包络的区域	3.17	排污稀释混合区	除水温不执行水质标准外，其他指标执行三类标准	K1: 115°45'06.415"E, 22°44'43.991"N L1: 115°45'14.875"E, 22°44'19.331"N M1: 115°45'46.973"E, 22°43'41.228"N N1: 115°46'35.184"E, 22°43'11.723"N O1: 115°47'10.838"E, 22°42'58.748"N	广东陆丰核电厂温排水排放口海水温升 4°C 包络线超出本功能区，但不超过周边三类近岸海域环境功能区时，超出区域参照本功能区管理。
	412-1	碣石湾东工矿用海区	汕尾市	海域 A1~U1 所包络的区域	20.29	工业	一类（水温指标执行三类标准）		/

表 1.6-1 (2/2) 厂址附近近岸海域环境功能区划

所在海域	标识号	功能区名称	所属地区	范围	面积 (km ²)	主要功能	水质目标	控制点坐标 (CGCS2000)	备注
碣石海域	412	碣石湾浅海渔业功能区	汕尾市	碣石湾内浅海	249.71	渔场作业区	一类	P1: 115°47'43.944"E,22°42'50.123"N Q1: 115°49'35.299"E,22°43'20.060"N R1: 115°47'39.959"E,22°43'39.810"N S1: 115°46'08.350"E,22°44'16.760"N T1: 115°46'09.880"E,22°45'38.660"N U1: 115°46'55.808"E,22°45'45.450"N V1: 115°48'05.429"E,22°45'55.300"N W1: 115°49'42.920"E,22°45'20.470"N d1: 115°47'35.110"E,22°44'09.244"N d2: 115°47'54.074"E,22°43'44.054"N d3: 115°49'05.891"E,22°43'31.580"N d4: 115°49'17.141"E,22°43'52.154"N d5: 115°48'38.311"E,22°44'21.235"N d6: 115°47'52.566"E,22°44'29.256"N	/

表 1.6-2 (1/4) 厂址 15km 范围内海洋空间规划

名称	金厢重要渔业资源产卵场生态保护区	金厢海岸防护物理防护极重要区生态保护区	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区生态保护区
代码	100-196	100-197	100-198
分区类型	生态保护区	生态保护区	生态保护区
管 控 要求	空间准入	<p>1.生态保护红线内的区域禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展适度的生态旅游、科普宣教，经依法批准的标本采集，生态修复等有限人为活动；</p> <p>2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。</p>	<p>1.生态保护红线内的区域禁止开发性、生产性建设活动，可在有效实施用途管制、不影响生态系统功能的前提下，开展管护巡护、调查监测、防灾减灾救灾活动、生态修复等有限人为活动；</p> <p>2.生态保护红线外的区域强化生态保育和生态建设，可开展生态保护红线允许的用海活动以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。</p>
	利用方式	严格限制改变海域自然属性。	自然保护地核心保护区禁止改变海域自然属性，其他区域严格限制改变海域自然属性。
	保护要求	<p>1.重点保护重要渔业资源产卵场；</p> <p>2.保护潮间带；</p> <p>3.保护和合理利用无居民海岛资源。</p>	<p>1.防止海岸侵蚀；</p> <p>2.切实保护严格保护岸线；</p> <p>3.保护潮间带；</p> <p>4.保护和合理利用无居民海岛资源。</p>
	其他要求	加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。	加强生态保护红线内人为活动对生态环境影响的监督。
与厂址方位、距离	NW 9km	NW 8km	S 14km

表 1.6-2 (2/4) 厂址 15km 范围内海洋空间规划

名称	碣石湾近岸渔业用海区	汕尾南部渔业用海区	甲子港近岸渔业用海区	
代码	610-082	610-084	610-085	
分区类型	渔业用海区	渔业用海区	渔业用海区	
管 控 要求	空间准入	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用； 4.优先保障军事用海及军事设施安全。	1.允许增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用。	1.允许渔业基础设施、增养殖、捕捞等用海； 2.可兼容固体矿产用海、可再生能源、海底电缆管道、航运、路桥隧道、风景旅游、文体休闲娱乐、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.探索推进海域立体分层设权，增养殖、捕捞、海底电缆管道、航运、路桥隧道等用海空间可立体利用； 4.优先保障军事用海及军事设施安全。
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响； 3.禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营； 4.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。	1.严格限制改变海域自然属性； 2.增养殖活动应避开航道，不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全； 3.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能； 4.捕捞海域严格限制改变海域自然属性。	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化渔港平面布局，鼓励构筑物采用透水方式建设，降低对周边海域水动力的影响； 3.禁止养殖活动侵占渔港进出港航道及影响渔港正常运营； 4.严格控制河口海域的围海养殖，维护河口防洪纳潮功能。
	保护要求	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.保护基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.保护和合理利用无居民海岛资源。	1.积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动；鼓励推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.保护基岩岸滩、砂质海岸、盐沼、淤泥质岸滩及其生境。
其他要求	—	—	—	
与厂址方位、距离	E 7km	S 6km	NE 10km	

表 1.6-2 (3/4) 厂址 15km 范围内海洋空间规划

名称	陆丰核电厂工矿通信用海区	碣石湾工矿通信用海区	碣石南部工矿通信用海区	甲子南部工矿通信用海区	
代码	630-057	630-056	630-058	630-060	
分区类型	工矿通信用海区	工矿通信用海区	工矿通信用海区	工矿通信用海区	
管控要求	空间准入	1.允许工业等用海、海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，路桥隧道、航运、风景旅游、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海； 3.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海，浴场、游乐场等文体休闲娱乐用海； 4.探索推进海域立体分层设权，光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用； 5.优先保障军事用海及军事设施安全；保障陆丰核电、汕尾（陆丰）临港产业园的用海需求。	1.允许固体矿产等用海； 2.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海，游乐场等文体休闲娱乐用海。	1.允许固体矿产、海底电缆管道用海； 2.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海，游乐场等文体休闲娱乐用海。	1.允许可再生能源、海底电缆管道用海； 2.可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，航运、科研教育等用海； 3.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海； 4.探索推进海域立体分层设权，海上风电、光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用。
	利用方式	1.允许适度改变海域自然属性； 2.优化用海平面布局，节约集约利用海域资源。	1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。	1.严格限制改变海域自然属性； 2.不得妨碍海上交通及海底电缆管道的安全。
	保护要求	1.工业用海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； 2.切实保护严格保护岸线； 3.严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低； 4.保护和合理利用无居民海岛资源； 5.保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。	海上矿产开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。	海上矿产开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。	海上能源开发利用过程中应加强对海底地形和潮流水动力等海洋生态环境特征的监测。
	其他要求	重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险，保障临海工业核电的温排水需求。	加强海啸灾害防范。	加强海啸灾害防范。	加强海啸灾害防范。
与厂址方位、距离	厂址用海所在区	SW 9km	SSE 12km	SE 11km	

表 1.6-2 (4/4) 厂址 15km 范围内海洋空间规划

名称		碣石湾交通运输用海区	碣石南部交通运输用海区	碣石湾西南部生态控制区	碣石湾东北部生态控制区	湖东近岸无居民海岛生态控制区	碣石南部特殊用海区
代码		620-090	620-091	200-064	200-063	200-065	650-052
分区类型		交通运输用海区	交通运输用海区	生态控制区	生态控制区	生态控制区	特殊用海区
管控要求	空间准入	1.允许航运用海； 2.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海。	1.允许航运用海； 2.在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海。	1.实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动； 2.可兼容海底电缆管道用海。	实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。	实行科学合理保护与适度开发相结合的原则，可开展生态保护红线允许的用海活动，允许生态养殖用海，以及开发利用后生态功能可自然恢复的必要用海活动。	1.允许排污倾倒用海； 2.在开发利用前，可兼容开放式养殖等增养殖用海。
	利用方式	1.严格限制改变海域自然属性； 2.严禁在航道、锚地内进行增养殖、捕捞，以及建设构筑物等。	1.严格限制改变海域自然属性； 2.严禁在航道、锚地内进行增养殖、捕捞，以及建设构筑物等。	严格限制改变海域自然属性。	严格限制改变海域自然属性。	严格限制改变海域自然属性。	严格限制改变海域自然属性。
	保护要求	维护和改善航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境。	维护和改善航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境。	强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性。	1.强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性； 2.保护潮间带； 3.保护和合理利用无居民海岛资源。	1.强化生态保育和生态建设，提升海洋生态系统质量和稳定性； 2.保护潮间带； 3.保护和合理利用无居民海岛资源。	倾倒区用海需要选择水深较深，流速较急，污染物易向外海迅速扩散的开放海域。
	其他要求	加强海啸灾害防范。	加强海啸灾害防范。	—	—	—	加强海啸灾害防范。
与厂址方位、距离	NW 7km	SSE 7km	S 13km	NW 8km	NE 10km	SE 14km	

表 1.6-3 厂址陆域 10km 范围内各生态环境分区管控要求及相符性

序号	40	30	21
环境管控单元编码	ZH44158130011	ZH44158120008	ZH44158110005
环境管控单元名称	陆丰市一般管控单元	陆丰市重点管控单元 02(广东陆丰东海经济开发区)	陆丰市优先保护单元 05
管控单元分类	一般管控单元	园区型重点管控单元	优先保护单元
区域布局管控	<p>1-1. 单元内以东海、碣石、甲子三大镇（街）为主发展新能源、电子信息、生物医药等新兴产业及服装、五金塑料、水产品加工等传统产业；依托临港工业园建设，重点集群发展电力能源与先进装备制造产业，配套发展风电产业，利用核电项目建设条件带动当地核电上下游产业发展；“三甲”地区重点发展五金塑料、工艺制品、家具配件为主的产业；东海岸重点发展石化产业；碣石镇重点发展以圣诞玩具、服装、日用制品为主的加工工业，发展休闲旅游业；南塘镇适度发展特色养殖业与农副产品加工业。优化单元内产业布局，引导单元内产业集聚发展，形成规模化、集群化的产业聚集区。</p> <p>1-2. 任何单位和个人不得在江河、水库集水区域栽种速生丰产桉树等不利于水源涵养和生物多样性保护的树种。</p> <p>1-3. 单元内的生态保护红线严格按照国家、省有关要求管理。</p> <p>1-4. 单元内的一般生态空间，主导功能为水土保持，不得从事影响主导生态功能的建设活动，禁止在崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区从事取土挖砂、采石等可能造成水土流失的活动，禁止毁林开荒、烧山开荒，保护和恢复自然生态系统。</p> <p>1-5. 单元内涉及陆丰市清云山森林公园、陆丰</p>	<p>1-1. 园区重点发展珠宝加工、电器机械、纺织服装等产业。</p> <p>1-2. 严格控制引入电镀、鞣革、漂染、制浆造纸、重化工及稀土冶炼、分离、提取等水污染物排放量大或排放一类水污染物、持久性有机污染物的项目。电器机械产业，严格控制包括电镀、钝化等废水排放量大或者排放第一类水污染物的表面处理工艺；纺织服装产业严格控制染纱、印染等工序；珠宝加工严格控制引进电镀工序。</p> <p>1-3. 严格生产空间和生活空间管控。工业企业禁止选址在生活空间，生产空间禁止建设居民住宅等敏感建筑；与居住区、学校、医院等敏感区临近的区域应合理设置控制开发区域（产业控制带），产业控制带内优先引进无污染的生产性服务业，或可适当布置废气排放量小、工业噪声影响小及没有恶臭气体产生的产业。</p>	<p>1. 单元内主要发展滨海旅游与海洋渔业。</p> <p>2. 任何单位和个人不得在江河、水库集水区域栽种速生丰产桉树等不利于水源涵养和生物多样性保护的树种。</p> <p>3. 单元内的生态保护红线严格按照国家、省有关要求管理。</p> <p>4. 单元内的一般生态空间，主导功能为水土保持，不得从事影响主导生态功能的建设活动，禁止在崩塌、滑坡危险区和泥石流易发区从事取土、挖砂、采石等可能造成水土流失的活动，禁止毁林开荒、烧山开荒，保护和恢复自然生态系统。</p> <p>5. 单元内涉及玄武山-金厢滩风景名胜区的区域禁止进行下列活动：开山、采石、开矿、开荒、修坟立碑等破坏景观、植被和地形地貌的活动；修建储存爆炸性、易燃性、放射性、毒害性、腐蚀性物品的设施；禁止违反风景名胜区规划，在风景名胜区内设立各类开发区和在核心景区内建设宾馆、招待所、培训中心、疗养院以及与风景名胜资源保护无关的其他建筑物，已经建设的，应当按照风景名胜区规划，逐步迁出。</p> <p>6. 加快单元内陆丰市城镇污水管网排</p>

	<p>市南泉坑森林公园的区域禁止毁林开垦和毁林采石、采砂、采土以及其他毁林行为；在珍贵景物、重要景点和核心景区，除必要的保护和附属设施外，不得建设宾馆、招待所、疗养院和其他工程设施。</p> <p>1-6.单元内涉及的陆丰市三溪水候鸟自然保护区实验区严禁开设与自然保护区保护方向不一致的参观、旅游项目，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施，建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准；禁止在保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动，但法律、行政法规另有规定的除外。</p> <p>1-7.大肚山渠水源地，螺河（大安段）、龙潭河陂洋镇双坑村段（汕尾市部分）、龙潭河陂洋镇龙潭村格仔肚山饮用水水源一级保护区内禁止新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目，已建成的与供水设施和保护水源无关的建设项目，由县级以上人民政府责令拆除或者关闭；螺河（大安段）、龙潭河陂洋镇双坑村段（汕尾市部分）、螺河西南镇石艮村段饮用水水源二级保护区内禁止新建、改建、扩建排放污染物的建设项目，已建成的排放污染物的建设项目，由县级以上人民政府责令拆除或者关闭。</p> <p>1-8.不排放污染物的建设项目，除与供水设施和保护水源有关的外，应当尽量避让饮用水水源二级保护区；经组织论证确实无法避让的，应当依法严格审批。</p> <p>1-9.饮用水水源保护区及大气环境优先保护区内实施严格保护，禁止新建、扩建排放大气污</p>	<p>查和修复，完善污水管网建设，推进雨污分流；加快陂洋镇、博美镇、内湖镇、桥冲镇、河东镇、金厢镇等镇的污水处理厂配套管网建设，完善碣石镇污水处理厂配套管网建设，确保乌坎河流域城镇污水得到有效处理。</p> <p>7.加快推进单元内乌坎河流域自然村生活污水治理及雨污分流管网建设，确保已建农村生活污水处理设施正常运营，确保乌坎河干流两岸直接影响村庄的农村生活污水得到有效处理，全面提高农村生活污水的处理率。</p> <p>8.加强单元内农业面源污染综合控制，加强禁养区畜禽养殖排查，严厉打击非法养殖行为，现有规模化畜禽养殖场（小区）100%配套建设粪便污水贮存、处理与利用设施，提高畜禽养殖废弃物资源化利用率；加强河道内外水产养殖尾水污染治理，实施养殖尾水达标排放。</p> <p>9.推广生态种植、配方施肥、保护性耕作等措施，实现农业面源污染综合控制。</p> <p>10.新响水库饮用水水源一级保护区内禁止新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目，已建成的与供水设施和保护水源无关的建设项目，由县级以上人民政府责令拆除或者关闭。</p> <p>11.禁止在江河、水库集水区域使用剧毒和高残留农药。</p> <p>12.饮用水水源保护区及大气环境优先保护区内实施严格保护，禁止新建、扩</p>
--	---	--

<p>染物的工业项目。</p> <p>1-10. 大气环境受体敏感重点管控区内严格限制新建钢铁、燃煤燃油火电、石化、储油库等项目，产生和排放有毒有害大气污染物项目，以及生产和使用溶剂型油墨、涂料、清洗剂、胶黏剂等高挥发性有机物原辅材料的项目；鼓励现有该类项目逐步搬迁退出。</p> <p>1-11. 大气环境高排放重点管控区内强化达标监管，引导工业项目落地集聚发展，有序推进区域内行业企业提标改造。</p> <p>1-12. 大气环境布局敏感重点管控区内严格限制新建使用高挥发性有机物原辅材料项目，大力推进低挥发性有机物含量原辅材料替代，全面加强无组织排放控制，实施挥发性有机物重点企业分级管控；限制新建、扩建氮氧化物、烟（粉）粉尘排放较高的建设项目。</p> <p>1-13. 严格控制单元内建设用地污染风险重点管控区（陆丰粤丰环保电力有限公司地块、陆丰宝丽华新能源电力有限公司地块）及纳入广东省建设用地土壤环境联动监管范围等相关地块用途变更为“一住两公”的再开发利用，未经调查评估或治理修复达到土壤环境质量标准要求，不得建设住宅、公共管理与公共服务设施。</p> <p>1-14. 严禁以任何形式侵占河道、围垦水库、非法采砂。河道管理单位组织营造和管理牛角隆水库、石门坑水库、米坑水库、蕉坑水库、牛牯头水库、龙井头水库、白石门水库、北飞鹅水库、飞鹅行水库、响水水库、大肚坑（碣石）水库、鸟笼坑水库、西坑水库、螺河、鳌江、龙潭河等岸线护堤护岸林木，其他任何单位和个人不得侵占、砍伐或者破坏。</p>	<p>建排放大气污染物的工业项目。</p> <p>13. 大气环境布局敏感重点管控区内严格限制新建使用高挥发性有机物原辅材料项目，大力推进低挥发性有机物含量原辅材料替代，全面加强无组织排放控制，实施挥发性有机物重点企业分级管控；限制新建、扩建氮氧化物、烟（粉）粉尘排放较高的建设项目。</p> <p>14. 持续推进陆丰港区堆场扬尘防治工作，碣石作业区作业采取喷淋、遮盖、密闭等扬尘污染防治技术性措施，强化扬尘综合治理。</p> <p>15. 禁止向新响水水库、乌坎河等水体排放、倾倒生活垃圾、建筑垃圾或者其他废弃物。</p> <p>16. 严禁以任何形式侵占河道、围垦水库、非法采砂。河道管理单位组织营造和管理新响水水库、乌坎河等岸线护堤护岸林木，其他任何单位和个人不得侵占、砍伐或者破坏。</p> <p>17. 严格控制跨库、穿库、临库建筑物和设施建设，确需建设的重大项目和民生工程，要优化工程建设方案，采取科学合理的恢复和补救措施，最大限度减少对水库的不利影响。严格管控库区围网养殖等活动。</p>
--	--

	<p>1-15.严格控制跨库、穿库、临库建筑物和设施建设，确需建设的重大项目和民生工程，要优化工程建设方案，采取科学合理的恢复和补救措施最大限度减少对水库的不利影响。严格管控库区围网养殖等活动。</p> <p>1-16.河道管理范围内应当严格限制建设项目和生产经营活动，禁止非法占用水利设施和水域。利用河道进行灌溉、航运、供水、水力发电、渔业养殖等活动，应当符合河道整治规划、河道岸线保护和开发利用规划、水功能区保护要求，统筹兼顾，合理利用，发挥河道的综合效益。</p>		
能源资源利用	<p>2-1.继续推进灌区续建配套与节水改造，逐步提高农业用水计量率。结合高标准农田建设，加快田间节水设施建设。</p> <p>2-2.严格保护永久基本农田，严格控制非农业建设占用农用地；提高土地节约集约利用水平。</p> <p>2-3.禁止任何单位和个人在基本农田保护区内建窑、建房、建坟、挖砂、采石、采矿、取土、堆放固体废弃物或者进行其他破坏基本农田的活动禁止任何单位和个人占用基本农田发展林果业和挖塘养鱼。</p>	<p>2-1.有行业清洁生产标准的新引进项目清洁生产水平须达到本行业国内先进水平。</p> <p>2-2.提高园区水资源、能源利用效率及土地资源利用效益，优先引入资源、能源利用效率、土地开发强度符合国家生态工业示范园区标准的工业企业。</p> <p>2-3.园区严格控制煤、重油的使用，形成以电能、天然气、液化石油气等清洁能源为主的能源结构。</p>	/
污染物排放管控	<p>3-1.加快单元内城镇污水管网排查和修复，完善污水管网建设，推进雨污分流；加快单元内污水处理厂配套管网建设，完善碣石湾污水处理厂配套管网建设，确保单元内城镇污水得到有效处理。</p> <p>3-2.船舶的残油、废油应当回收，禁止排入水体；禁止向水体倾倒船舶垃圾。</p> <p>3-3.沿海船舶排放含油污水、生活污水的，应当符合船舶污染物排放标准；船舶装载运输油</p>	<p>3-1.园区各项污染物排放总量不得突破规划环评核定的污染物排放总量管控要求。</p> <p>3-2.强化挥发性有机物的排放控制，大力推进源头替代，限制溶剂型涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂等高挥发性有机物原辅料的使用，现有企业逐步替代为使用低挥发性有机物原辅料，从源头减少挥发性有机物产生。</p> <p>3-3.产生、利用或处置固体废物（含危险</p>	/

	<p>类或者有毒货物的，应当采取防止溢流和渗漏的措施防止货物落水造成水污染。</p> <p>3-4.持续推进陆丰港区堆场扬尘防治工作，田尾山作业区、湖东甲西作业区、甲子岛作业区、东海岸作业区等作业采取喷淋、遮盖、密闭等扬尘污染防治技术性措施，强化扬尘综合治理。</p> <p>3-5.禁止向牛角隆水库、石门坑水库、米坑水库、蕉坑水库、牛牯头水库、龙井头水库、白石门水库、北飞鹅水库、飞鹅行水库、响水库、大肚坑（碣石）水库、鸟笼坑水库、西坑水库、螺河、鳌江、龙潭河等水体排放、倾倒生活垃圾、建筑垃圾或者其他废弃物。</p>	<p>废物）的入园企业在贮存、转移、利用、处置固体废物（含危险废物）过程中，应配套防扬散、防流失防渗漏及其它防止污染环境的措施。</p>	
环境风险防控	<p>4-1.禁止在江河、水库集水区域使用剧毒和高残留农药。</p> <p>4-2.生产经营活动涉及有毒有害物质的企业需持续防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。土壤环境污染重点监管单位涉及有毒有害物质的生产装置、储罐和管道，或者建设污水处理池、应急池等存在土壤污染风险的设施，应当按照国家有关标准和规范的要求，设计、建设和安装有关防腐蚀、防泄漏设施和泄漏监测装置，防止有毒有害物质污染土壤和地下水，并应定期对重点区域、重点设施开展隐患排查，发现污染隐患的，及时采取技术、管理措施消除隐患。</p>	<p>4-1.制定园区级应急预案，成立应急组织机构，建立企业、园区、生态环境部门三级环境风险防控联动体系，增强园区风险防控能力。建立健全事故应急体系，加强园区及入园企业环境应急设施整合共享，按照园区规划环评及其审查意见要求设置足够容积的事故应急池，防止泄漏物、消防废水等进入园区外环境。成立应急组织机构，定期组织开展应急演练，全面提升园区突发环境事件应急处理能力。</p> <p>4-2.生产、使用、储存危险化学品或其他存在环境风险的入园项目应配套有效的风险防范措施，并根据国家环境应急预案管理的要求编制环境风险应急预案，防止因渗漏污染地下水、土壤，以及因事故废水直排污染地表水体。</p> <p>4-3.生产经营活动涉及有毒有害物质的企业需持续防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散。土壤环境污染重点监管单位涉及有</p>	/

		毒有害物质的生产装置、储罐和管道，或者建设污水处理池、应急池等存在土壤污染风险的设施，应当按照国家有关标准和规范的要求，设计、建设和安装有关防腐蚀、防泄漏设施和泄漏监测装置，防止有毒有害物质污染土壤和地下水，并应定期对重点区域、重点设施开展隐患排查，发现污染隐患的，及时采取技术、管理措施消除隐患。	
与厂址方位距离	厂址所在管控单元	最近处 NE 方位 2km	最近处 NW 方位 3.5km
相符性分析	本项目为核电项目，符合区域布局管控要求，不占用永久基本农田，符合能源资源利用要求，生产废水和生活污水均处理后回用或达标排放，符合污染物排放管控要求，建设有地下水监测井，制定并落实核应急方案，符合环境风险防控要求。	非核电所在的管控区	本项目不占用保护单元内的用地，运行不影响保护单元内生态保护红线的质量，与单元要求相符。

表 1.6-4 厂址海域 15km 范围内各生态环境分区管控要求及相符性

序号	77	85	59	54	49	87	79
环境管控单元编码	HY44150020005	HY44150030007	HY44150010017	HY44150010012	HY44150010007	HY44150030010	HY44150030001
环境管控单元名称	田尾山工业与城镇用海区	珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）	金厢海岸防护物理防护极重要区	金厢重要渔业资源产卵场	碣石湾海马珍稀濒危物种分布区	田尾山-石碑山农渔业区（汕尾范围）	碣石湾农渔业区
管控单元分类	重点管控单元	一般管控单元	优先保护单元	优先保护单元	优先保护单元	一般管控单元	一般管控单元
区域布局管控	1-1.通过科学论证，合理安排工业用海、核电用海需求、港口航运用海需求，工程建设及营运期间采取有效措施降低对周边功能区的影响。 1-2.在未开发利用前，保留浅海增养殖等渔业用海。	1-1.以保护海洋生态为前提，合理保障渔业用海，交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废海底管线及保护区等用海需求。 1-2.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。	严格执行海洋生态红线管控要求，维护海洋生态系统健康和安全。	严格执行海洋生态红线管控要求，维护海洋生态系统健康和安全。	严格执行海洋生态红线管控要求，维护海洋生态系统健康和安全。	1-1.合理保障甲子渔港、湖东渔港、人工鱼礁用海需求，防灾减灾体系建设用海需求。 1-2.以保护海洋生态为前提，合理保障旅游娱乐用海需求，港口航运用海需求，国防安全用海需求。 1-3.保护礁盘生态系统，保护龙虾、鲍、鲎、海龟、海胆等重要渔业品种，严格新增港口用海审批。	1-1.合理保障金厢渔港、碣石渔港、人工鱼礁用海需求。 1-2.通过科学论证，合理安排海马洲旅游区、乌坎港区、金厢港区、核电等工业发展的用海需求。 1-3.保护碣石湾生态环境、保护鲍、海马等重要渔业品种。
能源资源利用	2-1.工业与城镇用海区突出节约集约用海原	2-1.严格控制近海捕捞强度，严格执行伏	/	/	/	2-1.严格控制近海捕捞强度，严	2-1.严格控制近海捕捞强度，严

	则，合理控制规模，优化空间布局，提高海域空间资源的整体使用效能。 2-2.深化港口岸线资源整合，推进沿海港口规模化、专业化协调发展；港口基础设施及临港配套设施建设应集约高效利用岸线资源和海域空间。	季休渔制度和捕捞业准入制度。				严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。	严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。
污染物排放管控	3-1.向海域排放陆源污染物必须严格执行国家或者地方规定的标准和有关规定。 3-2.船舶及有关作业活动应当遵守有关法律法规和标准，采取有效措施，防止造成海洋环境污染。	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。	/	/	/	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。	3-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。 3-2.向海域排放陆源污染物，必须严格执行国家或者地方规定的标准和有关规定。
环境风险防控	4-1.加强港口应急设施、预警和处置能力建设。	/	/	/	/	4-1.加强港口应急设施、预警和处置能力建设。	/
与厂址方位距离	项目排水口所在的海域管控单元	最近处 S 方位约 2km	最近处 NNW 方位 9.5km	最近处 NW 方位 10.5km	最近处 SSW 方位 11km	最近处 SE 方位 2.2km	最近处 NW 方位 7.4km

相符性分析	本项目用海符合区域布局管控和能源资源利用要求，向海域排放的液态流出物、非放生产废水均满足相应的排放标准要求，温排水符合近岸海域环境功能区划要求，环境风险防控要求与本项目无关。	温升包络区域仅小部分进入该管控单元，温升包络区域进入部分无产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。总体上，温排水与该管控单元管控要求相符。	温排水温升影响范围距离保护单元内的海域生态保护红线较远，不影响生态保护红线内的水质，符合生态保护红线的要求，与保护单元的要求相符。	温排水温升影响范围距离保护单元内的海域生态保护红线较远，不影响生态保护红线内的水质，符合生态保护红线的要求，与保护单元的要求相符。	温排水温升影响范围距离保护单元内的海域生态保护红线较远，不影响生态保护红线内的水质，符合生态保护红线的要求，与保护单元的要求相符。	温升包络范围未进入该管控单元，预计不会对单元内的龙虾、鲍、鲎、海龟、海胆等重要渔业品种造成影响。总体上，温排水与该管控单元管控要求相符。	本项目建设和运行不会影响碣石湾生态环境、不会对单元内鲍、海马等重要渔业品种造成影响，与区域布局管控要求相符。排放的液态流出物、非放生产废水均满足相应的排放标准要求，符合污染物排放管控要求，其余要求与本项目无关。
-------	---	--	---	---	---	--	---

表 1.7-1 GB 6249-2025 液态流出物中的放射性核素活度浓度推荐值

核素	推荐值 (Bq/L)
Sr-90	1.00E+01
Ru-106	4.50E+01
I-131	1.00E+01
I-133	1.00E+01
Cs-134	2.00E+01
Cs-137	3.00E+01
Cr-51	4.00E+01
Mn-54	1.50E+01
Fe-55	1.90E+02
Fe-59	1.00E+01
Co-58	2.00E+02
Co-60	1.20E+02
Ni-63	9.00E+01
Zn-65	1.00E+01
Sb-124	2.00E+01
Sb-125	6.00E+01
Ag-110m	7.00E+01

注：⁵⁵Fe、⁶³Ni 及 ⁹⁰Sr 等难测核素排放前的活度浓度合理估值应低于推荐值，在留样测量中进行复核。不同放射性核素之间的浓度推荐值可根据其衰变能量比值进行适当调整，但除氚和碳 14 外其他核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L。

表 1.7-2 本工程流出物年排放量申请值以及与 GB6249-2025 比较

单位：Bq/a

流出物类型	类别	流出物申请排放量	GB6249-2025 控制值 (按 2 台机)	占控制值的百分比	GB6249-2025 场址控制值	占控制值的百分比
气态流出物	氚	8.97×10^{12}	3.0×10^{13}	29.9%	6.0×10^{13}	15.0%
	碳-14	7.52×10^{11}	1.4×10^{12}	53.7%	2.8×10^{12}	26.9%
	惰性气体	1.46×10^{14}	2.0×10^{14}	73.0%	6.0×10^{14}	24.3%
	碘	5.10×10^8	6.0×10^9	8.5%	2.0×10^{10}	2.6%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	6.00×10^7	1.8×10^{10}	0.3%	5.0×10^{10}	0.1%
液态流出物	氚	8.07×10^{13}	1.5×10^{14}	53.8%	3.0×10^{14}	26.9%
	碳-14	3.13×10^{10}	3.0×10^{11}	10.4%	6.0×10^{11}	5.2%
	其余核素	9.95×10^9	1.8×10^{10}	55.3%	5.0×10^{10}	19.9%

表 1.7-3 (1/3) 生活污水排放及回用执行的具体指标

(a) 排放

单位: mg/L (pH 和注明单位的除外)

序号	项 目	执行标准	说明
日均值			
1	pH (无量纲) ¹	6~9	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准及 DB 44/26 较严标准
2	色度 (稀释倍数) ¹	30	
3	COD	50	
4	BOD ₅	10	
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)	15	
10	氨氮 (以 N 计)	5 (8) ²	
11	总磷 (以 P 计)	0.5	
12	粪大肠菌群数 (MPN/L) ¹	1000	
瞬时值			
1	化学需氧量 (COD)	75	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 2025 年修改单一级 A 标准 ³
2	总氮 (以 N 计)	20	
3	氨氮 (以 N 计)	10 (15) ²	
4	总磷 (以 P 计)	1	
5	色度 (稀释倍数)	30	
6	pH	6~9	
7	粪大肠菌群数 (MPN/L)	10 ⁴	

注 1: 自 2026 年 3 月 1 日起不执行。

注 2: 括号外数值为水温>12℃时的控制指标, 括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

注 3: 自 2026 年 3 月 1 日起实施。

表 1.7-3 (2/3) 生活污水排放及回用执行的具体指标

(b) 施工期回用

单位: mg/L (pH 和注明单位的除外)

序号	项 目	执行标准	说明
日均值			
1	COD	50	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准
2	BOD ₅	10	
3	SS	10	
4	动植物油	1	
5	石油类	1	
6	阴离子表面活性剂	0.5	
7	总氮 (以 N 计)	15	
8	总磷 (以 P 计)	0.5	
9	粪大肠菌群数 (MPN/L) ¹	1000	
10	pH (无量纲)	6~9	《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020) 中冲厕、车辆冲洗的限值
11	色度 (稀释倍数)	15	
12	溴	无不快感	
13	浊度/NTU	5	
14	氨氮	5	
15	铁	0.3	
16	锰	0.1	
17	溶解性总固体	1000	
18	溶解氧≥	2	
19	总氯≥	1.0	
20	大肠埃希氏菌 (MPN/100ml)	无	
瞬时值			
1	化学需氧量 (COD)	75	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 2025 年修改单一级 A 标准 ³
2	总氮 (以 N 计)	20	
3	氨氮 (以 N 计)	10 (15) ²	
4	总磷 (以 P 计)	1	
5	色度 (稀释倍数)	30	
6	pH	6~9	
7	粪大肠菌群数 (MPN/L)	10 ³	

注 1: 自 2026 年 3 月 1 日起不执行。

注 2: 括号外数值为水温>12℃时的控制指标, 括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

注 3: 自 2026 年 3 月 1 日起实施。

表 1.7-3 (3/3) 生活污水排放及回用执行的具体指标

(c) 运行期回用

单位: mg/L (pH 和注明单位的除外)

序号	项 目	执行标准	说明
日均值			
1	COD	50	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准
2	BOD ₅	10	
3	SS	10	
4	动植物油	1	
5	石油类	1	
6	阴离子表面活性剂	0.5	
7	总氮 (以 N 计)	15	
8	总磷 (以 P 计)	0.5	
9	粪大肠菌群数 (MPN/L) ¹	1000	
10	氨氮	5 (8) ²	
11	pH (无量纲)	6~9	
12	色度 (稀释倍数)	30	
13	溴	无不快感	
14	浊度/NTU	10	
15	溶解性总固体	1000	
16	溶解氧≥	2	
17	总氯≥	1.0	
18	大肠埃希氏菌 (MPN/100ml)	无	
瞬时值			
1	化学需氧量 (COD)	75	《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 2025 年修改单一级 A 标准 ³
2	总氮 (以 N 计)	20	
3	氨氮 (以 N 计)	10 (15) ²	
4	总磷 (以 P 计)	1	
5	色度 (稀释倍数)	30	
6	pH	6~9	
7	粪大肠菌群数 (MPN/L)	10 ³	

注 1: 自 2026 年 3 月 1 日起不执行。

注 2: 括号外数值为水温>12℃时的控制指标, 括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

注 3: 自 2026 年 3 月 1 日起实施。

表 1.7-4 调试和运行期间非放射性生产废水排放执行的具体指标

污染物	排放控制指标, mg/L	说明
pH 值（无量纲）	6~9	《水污染物排放限值》 (DB44/26-2001) 第二时段一级 标准（其他排污单位）
色度（稀释倍数）	≤40	
悬浮物（SS）	≤60	
石油类	≤5	
五日生化需氧量（BOD ₅ ）	≤20	
化学需氧量（COD _{cr} ）	≤90	
氨氮（NH ₃ -H）	≤10	
磷酸盐（以 P 计）	≤0.5	

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

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

陆丰核电厂位于广东省汕尾市陆丰市碣石镇以南约 8km 的田尾山，厂址为滨海厂址，厂址东、南、西三侧临海。陆丰核电厂厂址在行政区划上隶属于广东省汕尾市辖陆丰市，陆丰市区位于厂址 NW 方位约 26km，汕尾市区位于厂址 W 方位约 45km 处，汕尾市海丰县位于厂址 WNW 方位约 55km，广东省揭阳市惠来县城位于厂址 NE~ENE 方位约 58km 处。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

本工程已获得项目陆域和海域的不动产权证。

本工程非居住区边界为以 5、6 号机组反应堆为中心、半径 500m 的包络区域。厂址 1、2 号机组非居住区边界确定为以 1、2 号机组反应堆为中心、半径 800m 的包络区域。3、4 号机组非居住区边界确定为以 3、4 号机组反应堆为中心、半径 700m 的包络区域。陆丰市人民政府已发函《陆丰市人民政府关于同意设置广东陆丰核电 5、6 号机组非居住区的批复》(陆府函[2021]40 号)、《陆丰市人民政府关于原则同意设置广东陆丰核电 1-4 号机组非居住区的批复》(陆府函[2024]184 号)、《陆丰市人民政府关于原则同意设置广东陆丰核电 3、4 号机组非居住区的批复》(陆府函[2026]3 号)，同意建设单位在机组寿期内对非居住区区域内行使有效控制。非居住区范围内主要为海域、山地、林地以及北侧的临建用地，非居住区内不涉及拆迁补偿问题。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国核安全法》和《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025) 的要求，在陆丰核电厂厂址周围应设置规划限制区。广东省人民政府已于 2024 年 10 月发函(粤府函[2024]220 号)批复同意以陆丰核电厂 1 至 6 号机组核岛为中心，5 公里为半径的包络区域划定为规划限制区。汕尾市人民政府要落实规划限制区各项管控要求，建设单位要落实对当地经济发展的扶持措施。后续建设单位将配合地方政府做好周围规划限制区的管理以及对当地经济发展的扶持。根据本报告书第七章的设计基准事故分析，对于稀有事故和极限事故，厂址非居住区边界和规划限制区边界事故剂量后果均满足国家标准 GB 6249-2025 的相应要求。

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 范围人口分布

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围人口分布

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围人口分布

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口中心

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.3 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 居民年龄构成

2.2.3.2 厂址半径 5km 范围内居民的饮食习惯和生活习性

2.2.3.3 厂址半径 80km 范围内居民的饮食习惯

表

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2024 年）

表 2.2-2 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2027 年）

表 2.2-3 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2037 年）

表 2.2-4 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2047 年）

表 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2057 年）

表 2.2-6 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2067 年）

表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2077 年）

表 2.2-8 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2087 年）

图

图 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2024 年）

- 图 2.2-2 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2027 年）
- 图 2.2-3 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2037 年）
- 图 2.2-4 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2047 年）
- 图 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2057 年）
- 图 2.2-6 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2067 年）
- 图 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2077 年）
- 图 2.2-8 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2087 年）

2.2 人口分布与饮食习惯

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》(HJ808-2016) 要求，本节人口分布统计按子区分别进行，以陆丰核电厂 5 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，辐向以罗盘方位为扇形区中心线，划分成 16 个方位，共 192 个子区。本节主要根据《陆丰核电厂 5、6 号机组厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查报告（2024）》编写，人口为常住人口，其主要资料来源为：

- 厂址半径 80km 范围内深汕特别合作区、汕尾市、揭阳市、汕头市、惠州市和河源市及所辖的各区县政府 2024 年的统计数据；
- 陆丰市卫健局提供的厂址半径 20km 范围内碣石镇、金厢镇、湖东镇、南塘镇和桥冲镇截至 2024 年底的常住人口和流动人口资料；
- 当地各级政府机构及有关单位提供的（新近）资料；
- 现场实地调查的资料。

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 范围人口分布

陆丰核电厂 5 号机组半径 5km 范围内涉及陆丰市碣石镇的后埔村、浅澳村、上林村、新丰村、红坡村、角清村和前堆村共 7 个行政村，13 个自然村。

厂址 5 号机组半径 5km 范围共有常住人口 17633 人。按陆域面积计算，平均人口密度约 877 人/km²，高于广东省和汕尾市同期的平均人口密度。

5 号机组半径 1km 以内没有自然村，离 5 号机组最近的自然村是浅澳自然村，位于 5 号机组 NW 方位约 1.3km 处，有常住人口 2179 人。5 号机组半径 5km 范围内常住人口最多的自然村为位于 5 号机组 N 方位 3.6km 的角清村，共有常住人口 3339 人。

与上一阶段（建造阶段环评报告书）相比，厂址半径 5km 范围内自然村居民点数量不变。常住人口增加 2462 人，属于人口的自然变化。5km 范围内公共设施规模无变化，企事业新增厂址 NE 方位的海工基地（约 2~8km）。

厂址半径 5km 范围流入人口主要来自于广东省内和汕尾市所辖各区县，主要从事服务业、商贸、手工制造业等，流出方向主要以广州、深圳等珠三角城市和香港澳门等地，主要为外出打工以及经商等。厂址半径 5km 范围内流入人口较少，流入人口（半

年以下) 为 228 人, 流入人口(半年以上) 为 237 人; 流出人口总数为 7443 人, 其中前堆村、上林村和新丰村流出人口最多, 分别为 2254 人、1288 人和 1186 人。

厂址半径 5km 范围内没有化工企业, 主要为风电装备产业, 属于风电产业的上、中游, 风电零部件制造环节的生产专业性较强, 部分细分领域具有较高技术门槛, 非劳动密集型行业。距厂址最近的企业为 ENE 方位约 2.2km 的汕尾明阳新能源科技有限公司, 有人员数约 552 人。

陆丰核电厂规划限制区(5km) 范围内居民点较为分散, 不存在超过 1 万人的人口集中地区。同时 5km 范围内涉及的汕尾(陆丰)临港产业园(海洋工业基地) 规划人口为 6617 人, 其综合配套组团主要位于 5km 外, 不会形成超过 1 万人的人口集中地区。

当前陆丰核电厂施工人员住宿分散在碣石镇镇区、镇区及核电厂周边村落等, 已建成投用的二三公司营地位于海工基地一期北侧位置, 位于厂址 NE 方位约 5.2km, 该营地入驻人数约为 3000 人。根据规划, 5km 规划限制区范围内陆丰市投控公司拟在角清村附近的盐田位置建设承包商营地, 位于厂址 NNW 方位约 3.7km, 承包商营地用地面积为 175 亩, 规划住宿人数不超过 5500 人。营地投用后, 承包商通过租赁解决承包商人员的住宿问题。该承包商营地距离角清村约 300 米, 角清村常住人口 3339 人, 与承包商营地视作一个人口集中地区时, 总人口不超过 8839 人, 该承包商营地与周围其他居民点相距超过 400m。

厂址半径 5km 范围为陆丰核电厂的规划限制区, 已获广东省人民政府批复(粤府函〔2024〕220 号)。综上, 厂址附近人口情况可以满足 GB 6249-2025 “规划限制区边界范围内不应有 1 万人以上的人口集中地区”要求。同时, 建设单位也将与地方政府保持良好的沟通和建立联动机制, 落实规划限制区管控要求。

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围人口分布

厂址半径 10km 范围内各类公共设施主要集中在碣石镇镇政府所在地。

— 卫生

厂址半径 10km 范围内的医院为碣石镇人民医院, 位于厂址 N 方位约 8km, 编制 495 个床位, 有 283 名医护人员。

— 文教

截至 2024 年, 厂址半径 10km 范围内学校共有中学 8 所(其中含职业学校 1 所),

小学 32 所，幼儿园 20 所，共有教师 2896 人，学生 44822 人，其中中学 17718 人，小学 20603 人，幼儿园 6501 人，均位于碣石镇。

— 敬老院、监狱

碣石镇上有一家养老院，位于厂址 N 方位约 8km，截至 2024 年，共有 20 张床位，4 位老人集中居住，护理人员 4 人。

厂址半径 10km 范围内没有监狱。

厂址半径 10km 范围内企事业单位员工最多的企业为汕尾明阳新能源科技有限公司，有员工约 552 人，位于厂址 ENE 方位约 2.2km。

碣石镇集中居住区最近边界位于厂址 N 方位约 6.5km，包括西门社区、诗书社区、水朝社区、后城社区、西湖社区、包一村、包二村、南城村、北城村、浅海村、红卫村、镇机关，截至 2024 年共有常住人口 80712 人。厂址半径 10km 范围内不存在 10 万人以上的人口中心。

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围人口分布

陆丰核电厂 5 号机组半径 15km 范围涉及陆丰市金厢镇、桥冲镇、南塘镇、碣石镇和湖东镇 5 个镇所辖 60 个行政村，将一个行政村（或社区）作为一个居民点来统计，大部分居民点人口均在千人以上，居民以农业、渔业生产为主。

5 号机组半径 15km 范围内共有常住人口总数 252291 人，按陆域面积计算，常住人口密度为 1719 人/km²，高于广东省和汕尾市同期平均人口密度。

5 号机组半径 15km 范围内常住人口在千人以上的居民点有 57 个。该区域中最大的居民点为诗书社区，位于 5 号机组 NNE 方位 7.5km 处，有常住人口 19647 人；其次为西门社区，位于 5 号机组 N 方位 6.7km 处，有常住人口 15978 人。

厂址半径 15km 范围内流动人口主要集中在碣石镇境内，碣石镇流入人口主要来自于广东省内和汕尾市所辖各区县，主要从事服务业、商贸、手工制造业、工业生产等，流出方向主要以广州、深圳等珠三角城市和香港澳门等地，主要为外出打工以及经商等。碣石镇流入人口少于流出人口，全镇流入人口（半年以下）为 2279 人，流入人口（半年以上）为 2103 人，流入人口主要集中于镇区，全镇流出人口总数为 55610 人。厂址半径 5km、15km 范围内以流出人口为主，流入人口较少，流出人口仅在春节等节日时返乡，其他时候季节性变化不明显。

厂址半径 15km 范围内的旅游景点主要是位于碣石镇镇区北部的玄武山风景旅游区和位于金厢镇的金厢滩旅游区。

- 玄武山风景旅游区位于厂址 N 方位约 8km 处，为国家 4A 级旅游景区，旅游区中的元山寺在玄武山南麓，占地 15 公顷，是佛道两教合一的宗教活动场所。在 2023 年疫情政策逐步放开后，该景区也逐渐恢复客流量，根据公开数据显示，2023 年除夕夜至初四，进入景区车辆约 2.5 万辆，人数约 32.8 万人。除夕夜至初六下午，玄武山景区共接待游客 407506 人。2023 年全年游客接待量约 86 万人次，2024 年全年游客接待量约 84 万人次，2025 年一季度游客量为 150 万人次。
- 金厢滩旅游区：位于厂址 NNW 方位 10~15km，该度假村位于金厢镇靠近建成区的滨海区域。该景区在 2021 年 10 月评定为国家 3A 级旅游景区。景区游客主要来自于潮汕地区和本地居民，集中在旅游黄金周以及平时的周末假期，平时游客较为分散，在 2023 年疫情政策逐步放开后，该景区也逐渐恢复客流量，2023 年全年游客接待量约 209 万人次，2024 年全年游客接待量约 277 万人次。

根据《陆丰市碣石镇国土空间总体规划（2021-2035 年）》（2025 年 6 月），碣石镇打造“一核三片”产业空间格局，三片即海洋先进制造业片区，以碣石海工基地、陆丰核电站为依托，做强海上风电全产业链、海工装备制造等产业；滨海旅游片区，以浅澳滨海浴场、浅澳华润希望小镇、碣石智慧渔港、浅澳-观音岭生态旅游等项目，做优滨海旅游产业；传统制造业片区，以碣石工业园、星湖片区、玉燕片区、新饶工业园为重点，引导圣诞玩具、服装、电子、贝雕等传统产业入园升级。产业发展指引与空间保障中重点推进碣石海工基地建设，近中期保障城镇开发边界 412.36 公顷，推进二期、三期及港口扩建，打造以海上风电装备制造产业为引领，海工装备制造、海洋电子信息、海洋配套服务等产业链条为一体的海洋经济集群。因此，厂址半径 15km 范围内人口机械增加主要为碣石海工基地及陆丰核电厂，汕尾（陆丰）临港产业园（海洋工业基地）规划人口为 6617 人，对于总体人口机械增长数量有限。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围按照常住人口进行统计，截至 2024 年底，陆丰核电厂 5 号机

组半径 80km 范围内总人口数为 7373745 人，厂址半径 80km 陆域面积约占总评价区域的 43%，按陆域面积计算，评价区内人口密度为 853 人/km²，高于广东省同期平均人口密度 707 人/km²，也高于汕尾市同期年平均人口密度 732 人/km²。其中 NNE、NE 和 ENE 方位人口较多，主要是由于位于 NNE 方位 70~80km 的普宁市、NE 方位 70~80km 的汕头市潮阳区和 NE~ENE 方位 50~60km 的惠来县城镇人口较多引起的。

厂址半径 80km 范围内的人口分布详见表 2.2-1 和图 2.2-1。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心

陆丰核电厂厂址半径 80km 范围内共有 100 多个乡镇、街道和农场，由于粤东地区人口相对比较密集，多数乡镇的城镇人口超过万人。该区域有城镇人口超过万人的乡镇和街道有 75 个，其中城镇人口超过 10 万人的乡镇（街道）有 7 个。

厂址半径 80km 范围内最大的人口中心是普宁市市区，位于厂址 NNE 方位约 65~71km 处，共包括池尾街道、流沙北街道、流沙东街道、流沙南街道、流沙西街道，共有城镇人口 432051 人。

2.2.2.3 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时及电厂寿期内每隔十年的人口数量。

（1）碣石镇预期人口增长率

根据《陆丰市碣石镇国土空间总体规划（2021—2035）》（2025 年 6 月），在规划基准年（2020 年），碣石镇全镇常住人口为 18.77 万人。规划至 2035 年，碣石镇域常住人口规模约 22 万人，城镇化率 75%，国土空间开发强度控制在 25% 以内，城乡建设用地总规模为 21.34 平方公里。碣石镇按照 2035 年常住人口规模和空间布局要求，围绕就业岗位优化布局，完善城镇住宅用地供应，形成组团式职住平衡的有序布局。

根据规划人口情况，碣石镇预期人口增长率至 2035 年按年均 10.6% 考虑，考虑 2035 年后与汕尾市增长率相同为 0。

（2）汕尾市预期人口增长率

根据《汕尾市人口发展规划（2020-2035 年）》（2022 年 1 月），根据人口增长率预测，2020-2035 年，汕尾市常住人口规模将呈现持续减少的态势，并且下降速度逐

渐加快。到 2025 年，汕尾市常住人口将降至 264.35 万左右，2035 年进一步降至 252.43 万。2020-2034 年，户籍人口数量将保持正增长，但增长率不断降低。“十四五”期间，户籍人口的平均增长率还能保持在 4% 以上。“十四五”以后一直下滑，直至 2035 年开始出现负增长，保守考虑 2035 年后增长率为 0。本报告保守取户籍人口增长率。

（3）汕头市人口预期增长率

根据《汕头市人口发展规划（2018—2035 年）》（2019 年 9 月），汕头市人口低速增长，少生优生已经成为社会生育观念的主流，人口增长率呈降低趋势，全市户籍人口总量 2020 年达到 595 万人左右，2030 年达到 653 万人左右，2035 年达到 675 万人左右。

（4）广东省预期人口增长率

根据广东省发布的人口长期规划资料《广东省人口发展规划(2017-2030 年)》（2018 年 3 月），广东省人口规模将维持持续增长的态势，但增长速度将逐年放缓，与全国人口增长势能减弱的趋势基本一致，户籍人口年增长率预计在 2021 年之前保持在 7% 以上，此后迅速下降，到 2030 年降到大约 3% 左右，年均增长率约 5.4%。常住人口年增长率 2020 年前保持在 10% 左右，之后逐年下降，到 2027 年之后降到 5% 以下，年均增长率约 6.6%。本报告保守采用增长率相对大的常住人口预期增长值。

对于 2030 年以后增长率，采用《广东省“十二五”人口发展战略研究》（2012 年 4 月）中的高方案，即考虑了政策开放后的预测结果，该研究采用双性别确定性动态模型进行人口预测分析，预测数据模型考虑参数主要包括：未来的生育率、死亡率以及人口的迁移，预测时间段为 2011~2050 年，同时，假定 2050 年以后的增长率与 2050 年一致。

（5）厂址半径 80km 范围内各区域预期人口增长率

厂址半径 80km 范围内涉及揭阳市部分区域，由于揭阳与汕头、汕尾均属潮汕地区，人口发展情况具有一定相似性，故本报告对于揭阳市 2035 年以前的预期人口增长率采用与汕头市相同的数据，2035 年以后人口增长率逐渐降低至与广东省增长率一致。除此以外，对于厂址半径 80km 涉及的其他区域（河源市及深汕合作区小部分区域）增长率则采用广东省人口发展规划的数据。

（6）人口预测计算模式

人口预测时采用人口指数增长模式计算。指数增长模式也称为马尔萨斯人口模型，

是由英国人口学家马尔萨斯提出，模型公式如下：

$$N = N_0 e^{r \cdot t}$$

式中： N ：预期人口数（人）；

N_0 ：现有人口数（人）；

r ：预期年平均人口增长率（‰）；

t ：时间间隔。

（7）人口预测计算结果

采用常住人口统计口径，将 2024 年作为基准年，采用前述人口预期增长率及人口指数增长模式计算。根据预测结果，在 2027 年陆丰核电厂 5 号机组投产时，厂址半径 80km 范围内的总人口数为 7535687 人；电厂寿期内 2037 年、2047 年、2057 年、2067 年、2077 年和 2087 年的厂址半径 80km 范围内的人口数分别为 7915380 人、8081238 人、8090265 人、8092640 人、8095020 人和 8097403 人。

核电厂运行寿期内各子区的人口分布情况见表 2.2-2~表 2.2-8 和图 2.2-2~图 2.2-8。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民年龄构成

根据广东省和汕尾市第七次人口普查资料，以及陆丰公安局提供的截至 2024 年人口统计资料，评价范围内各区域居民的年龄构成为：

年龄组	广东省	汕尾市	陆丰市
婴儿组≤1 岁	占 1.02%;	占 3.02%;	占 0.78%;
儿童组 1~7 岁（含 7 岁）	占 9.40%;	占 11.02%;	占 7.32%;
青少年组 8~17 岁（含 17 岁）	占 11.44%;	占 16.25%;	占 17.31%;
成人组>17 岁	占 78.14%.	占 69.71%.	占 74.59%.

根据陆丰市公安局提供的碣石镇各年龄段人口数据统计结果，厂址半径 5km 范围内人口各年龄组构成如下：

婴儿组≤1 岁	占 0.75%;
儿童组 1~7 岁（含 7 岁）	占 7.06%;
青少年组 8~17 岁（含 17 岁）	占 17.86%;
成人组>17 岁	占 74.33%.

2.2.3.2 厂址半径 5km 范围内居民的饮食习惯和生活习性

通过对厂址半径 5km 范围居民实地走访并发放调查表的方式，调查厂址半径 5km 范围内居民的生活及饮食习惯，调查时间为 2025 年 7 月。

厂址半径 5km 范围内居民职业以农民为主，外加少量的捕捞渔民和养殖渔民。由现场实地走访可知，当地居民消费的副食品种类中，水产品消费量较大，其中又以海鱼类消费为主。厂址半径 5km 范围内粮食、蔬菜、肉类等食物主要从当地集市上购买，集市所出售的食品来源以周边农村生产为主。当地居民消费的奶制品主要产自于外地的奶制品生产企业。近区居民食用的海产品主要来自于当地渔民捕捞和养殖，所消耗的鱼、虾、贝类等水产品主要来自附近海域，少部分产自于其他区域。

位于厂址西侧海岸的浅澳村中有较多渔民从事渔业捕捞，距离厂址较近的后埔村和上林村也有少量渔民从事渔业捕捞，其他村庄基本没有渔民，养殖渔民为泻湖围塘养殖。渔民出海打鱼一般视天气情况而定，捕捞海域通常为厂址附近近岸海域，在禁渔期（5~8 月）以外的月份一般每天出海时间在 8 小时左右，天气良好、风平浪静时每天大约凌晨 4 点左右出海，中午 12 点左右回，捕捞的海产品大部分在碣石镇售卖，同时在镇区集市购买家庭生活所需要的粮食、蔬菜、肉类、水果等日常消费品。

除海产品食用量较大符合沿海地区居民饮食消费习惯外，其他食物调查结果与广东省农村居民食物消费量大体接近。总体来说，厂址附近居民饮食习惯没有大的变化。同时，厂址周边一般公众在岸边、海里、海上活动时间相对较少，调查的渔民在海上时间较多，符合当地海边渔民的一般生活习性。

2.2.3.3 厂址半径 80km 范围内居民的饮食习惯

根据《广东省统计年鉴（2024 年）》提供的 2023 年居民食物消费量数据。由于统计年鉴只给出了成人食物消费数据，因此，对于青少年及儿童的食物消费量根据《中国居民营养与健康状况调查报告之十-营养与健康状况数据集》（2002）中的青少年、儿童食物消费占成人的比例推算得出。对于婴儿消费量，参考国家卫健委《婴幼儿辅食添加营养指南》（WS/T678—2020），婴儿在 6 个月前基本均食入母乳；在 6~12 个月婴儿主要食入母乳与辅食，其中婴儿 6~12 个月辅食食入量为：粮食（包括面粉、大米、小米、红薯、土豆等）：18.68kg；蔬菜：11.63kg；水果：8.26kg；蛋类：7.04kg；

肉类（包括畜肉、禽类、鱼类及其动物内脏等）：6.59kg。12 个月以下婴儿每天摄入奶量按 800ml 计。

厂址评价范围内居民主食以大米为主，辅以少量小麦和薯类，副食主要包括蔬菜、水果、猪肉、家禽肉、蛋类、海产品等。食品主要从市场购买，部分为自家生产。

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2024 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	644	3935	62041	39018	64795	26174	52475	76317	67228	273994	666621
NNE	0	2992	0	1958	76259	40392	100711	140147	89717	86382	288636	889689	1716883
NE	0	2882	0	2280	11940	43208	37126	119965	260504	99243	91397	1015818	1684363
ENE	0	0	0	0	0	42404	128329	164923	36901	302120	182284	247459	1104420
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37238	1780	453	0	0	0	39471
W	0	0	0	0	0	0	12022	63303	379051	13052	17112	18668	503208
WNW	0	0	0	0	0	0	27831	89717	104759	328223	108028	9748	668306
NW	0	2179	0	0	0	20909	238365	75195	21418	133746	11218	36676	539706
NNW	0	763	0	0	2434	33907	62439	40252	13940	126745	114827	55460	450767
合计	0	8816	644	8173	152674	219838	708856	721456	959218	1165828	880730	2547512	7373745

表 2.2-2 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2027 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	665	4062	64046	39607	65536	26474	53957	78212	68458	281729	682746
NNE	0	3089	0	2021	78723	41343	102520	143770	92250	88821	296785	914806	1764128
NE	0	2975	0	2354	12326	43703	37780	123351	267858	102045	93977	1044496	1730865
ENE	0	0	0	0	0	42890	129797	167706	37880	310649	187430	254445	1130797
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37664	1801	458	0	0	0	39923
W	0	0	0	0	0	0	12160	64027	383389	13202	17380	18965	509123
WNW	0	0	0	0	0	0	28149	90744	105958	331980	109264	9903	675998
NW	0	2249	0	0	0	21148	241093	76056	21663	135277	11361	37260	546107
NNW	0	788	0	0	2513	34295	63154	40713	14100	128195	116141	56101	456000
合计	0	9101	665	8437	157608	222986	717853	734642	977513	1188381	900796	2617705	7535687

表 2.2-3 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2037 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	724	4422	69714	40510	66097	26700	57974	83005	70906	302707	722759
NNE	0	3362	0	2200	85690	43630	106048	153149	99119	95434	318884	982924	1890440
NE	0	3238	0	2562	13417	44077	39031	132536	287803	109644	100975	1122271	1855554
ENE	0	0	0	0	43257	130908	172757	40451	333781	201387	273391	1195932	
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37986	1816	462	0	0	0	40264
W	0	0	0	0	0	0	12264	64575	386669	13315	18281	20005	515109
WNW	0	0	0	0	0	0	28390	91521	106865	334820	110199	10447	682242
NW	0	2448	0	0	0	21329	243156	76707	21848	136434	11616	39303	552841
NNW	0	857	0	0	2735	34588	63694	41062	14221	129292	117135	56655	460239
合计	0	9905	724	9184	171556	227391	727574	760823	1015412	1235725	949383	2807703	7915380

表 2.2-4 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2047 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	724	4422	69714	40510	66097	26700	59931	85275	71931	312926	738230
NNE	0	3362	0	2200	85690	43630	107508	157633	102465	98656	329649	1016105	1946898
NE	0	3238	0	2562	13417	44077	39541	137011	297519	113345	104383	1160156	1915249
ENE	0	0	0	0	43257	130908	174747	41687	345048	208185	282620	1226452	
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37986	1816	462	0	0	0	40264
W	0	0	0	0	0	0	12264	64575	386669	13315	18973	20811	516607
WNW	0	0	0	0	0	0	28390	91521	106865	334820	110199	10867	682662
NW	0	2448	0	0	0	21329	243156	76707	21848	136434	11761	40887	554570
NNW	0	857	0	0	2735	34588	63694	41062	14221	129292	117135	56722	460306
合计	0	9905	724	9184	171556	227391	729544	771772	1031667	1256185	972216	2901094	8081238

表 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2057 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	724	4422	69714	40510	66097	26700	60034	85394	71985	313461	739041
NNE	0	3362	0	2200	85690	43630	107584	157868	102640	98825	330213	1017844	1949856
NE	0	3238	0	2562	13417	44077	39568	137245	298028	113539	104562	1162142	1918378
ENE	0	0	0	0	0	43257	130908	174852	41752	345639	208541	283104	1228053
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37986	1816	462	0	0	0	40264
W	0	0	0	0	0	0	12264	64575	386669	13315	19071	20926	516820
WNW	0	0	0	0	0	0	28390	91521	106865	334820	110199	10927	682722
NW	0	2448	0	0	0	21329	243156	76707	21848	136434	11781	41113	554816
NNW	0	857	0	0	2735	34588	63694	41062	14221	129292	117135	56731	460315
合计	0	9905	724	9184	171556	227391	729647	772346	1032519	1257258	973487	2906248	8090265

表 2.2-6 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2067 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	724	4422	69714	40510	66097	26700	60058	85422	71997	313587	739231
NNE	0	3362	0	2200	85690	43630	107602	157923	102681	98864	330345	1018251	1950548
NE	0	3238	0	2562	13417	44077	39574	137300	298147	113584	104604	1162607	1919110
ENE	0	0	0	0	0	43257	130908	174876	41767	345777	208625	283217	1228427
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37986	1816	462	0	0	0	40264
W	0	0	0	0	0	0	12264	64575	386669	13315	19143	21010	516976
WNW	0	0	0	0	0	0	28390	91521	106865	334820	110199	10971	682766
NW	0	2448	0	0	0	21329	243156	76707	21848	136434	11797	41277	554996
NNW	0	857	0	0	2735	34588	63694	41062	14221	129292	117135	56738	460322
合计	0	9905	724	9184	171556	227391	729671	772480	1032718	1257508	973845	2907658	8092640

表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2077 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	724	4422	69714	40510	66097	26700	60082	85450	72010	313712	739421
NNE	0	3362	0	2200	85690	43630	107620	157978	102722	98904	330477	1018658	1951241
NE	0	3238	0	2562	13417	44077	39581	137355	298266	113630	104646	1163072	1919844
ENE	0	0	0	0	0	43257	130908	174900	41782	345916	208708	283330	1228801
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37986	1816	462	0	0	0	40264
W	0	0	0	0	0	0	12264	64575	386669	13315	19216	21094	517133
WNW	0	0	0	0	0	0	28390	91521	106865	334820	110199	11015	682810
NW	0	2448	0	0	0	21329	243156	76707	21848	136434	11812	41443	555177
NNW	0	857	0	0	2735	34588	63694	41062	14221	129292	117135	56745	460329
合计	0	9905	724	9184	171556	227391	729696	772614	1032917	1257761	974203	2909069	8095020

表 2.2-8 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2087 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	724	4422	69714	40510	66097	26700	60106	85478	72022	313838	739611
NNE	0	3362	0	2200	85690	43630	107638	158033	102764	98944	330609	1019066	1951936
NE	0	3238	0	2562	13417	44077	39587	137410	298386	113675	104688	1163537	1920577
ENE	0	0	0	0	0	43257	130908	174925	41797	346054	208792	283444	1229177
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	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSW	0	0	0	0	0	0	37986	1816	462	0	0	0	40264
W	0	0	0	0	0	0	12264	64575	386669	13315	19288	21179	517290
WNW	0	0	0	0	0	0	28390	91521	106865	334820	110199	11059	682854
NW	0	2448	0	0	0	21329	243156	76707	21848	136434	11827	41609	555358
NNW	0	857	0	0	2735	34588	63694	41062	14221	129292	117135	56752	460336
合计	0	9905	724	9184	171556	227391	729720	772749	1033118	1258012	974560	2910484	8097403

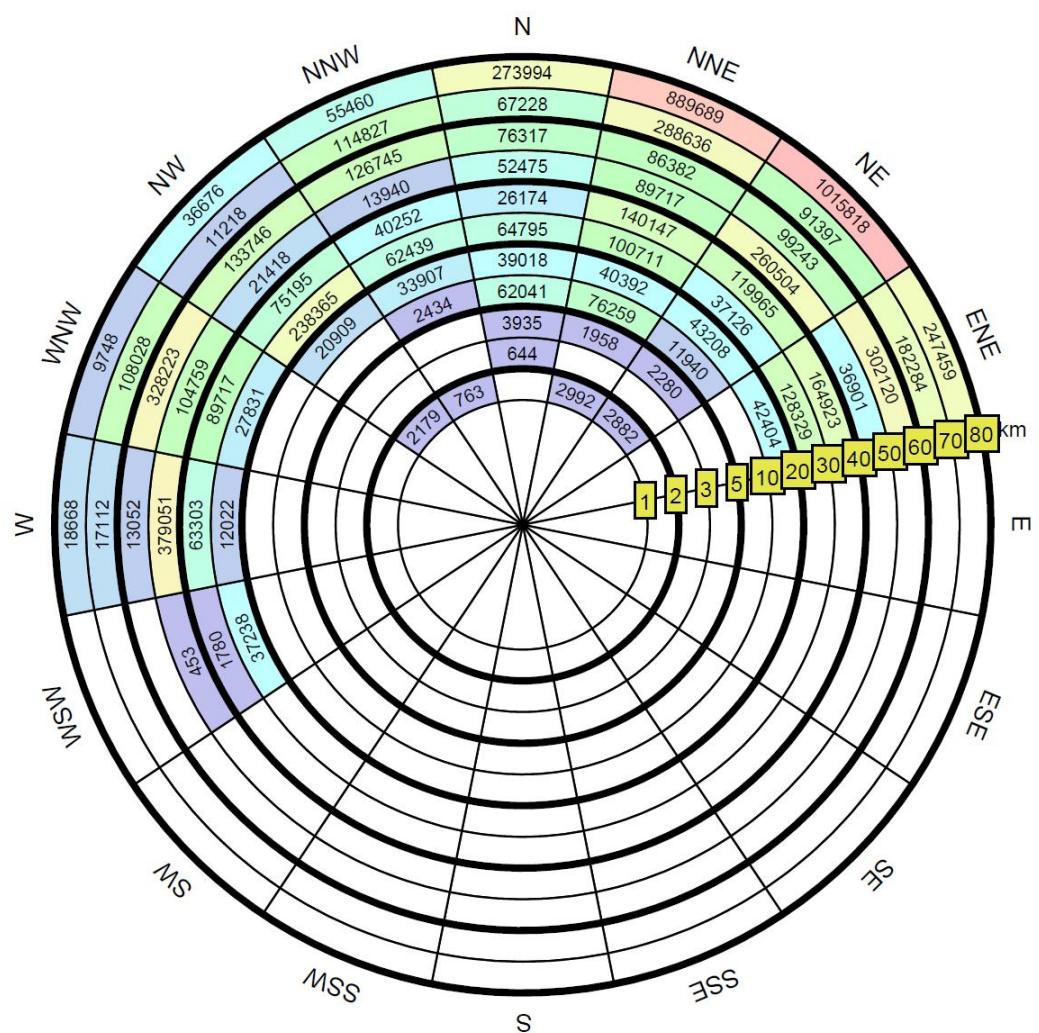
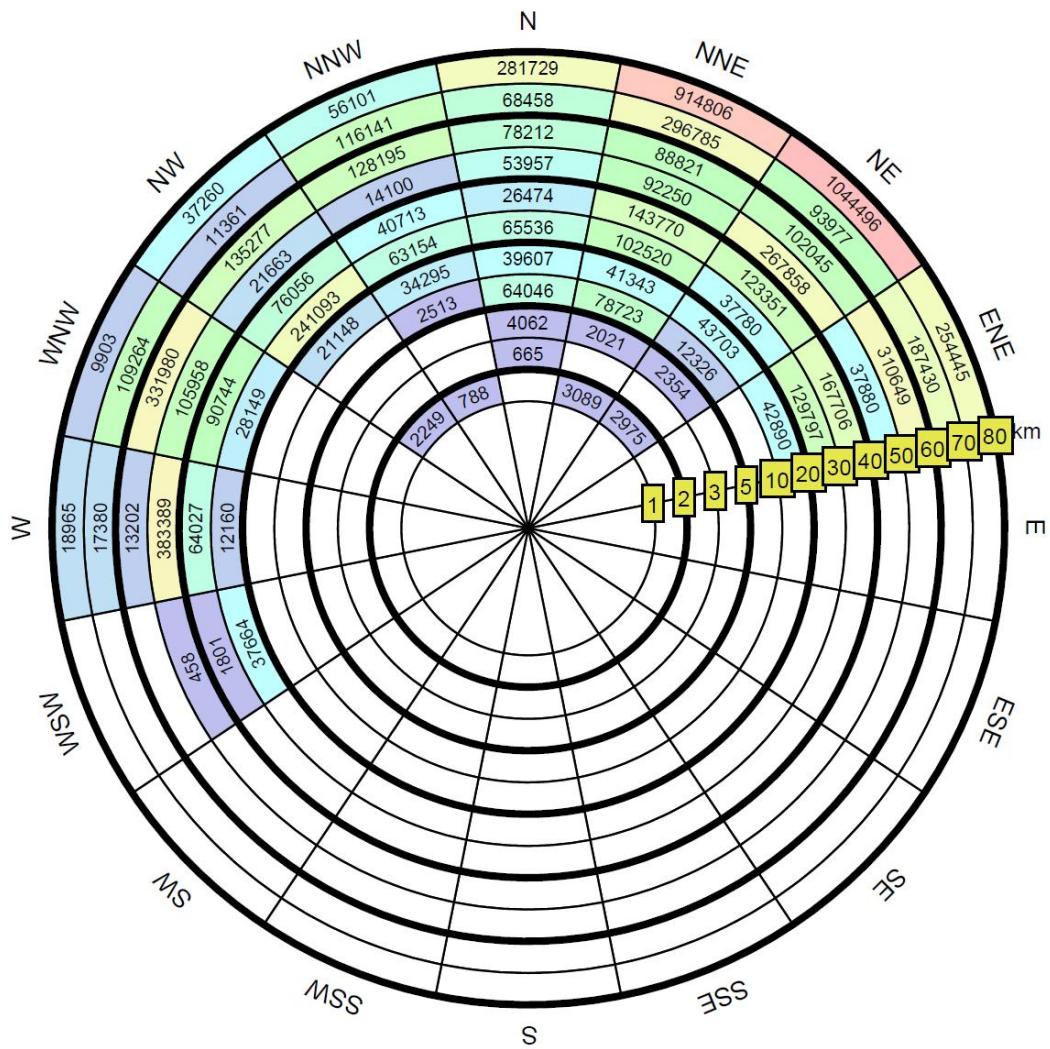


图 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布（2024 年）



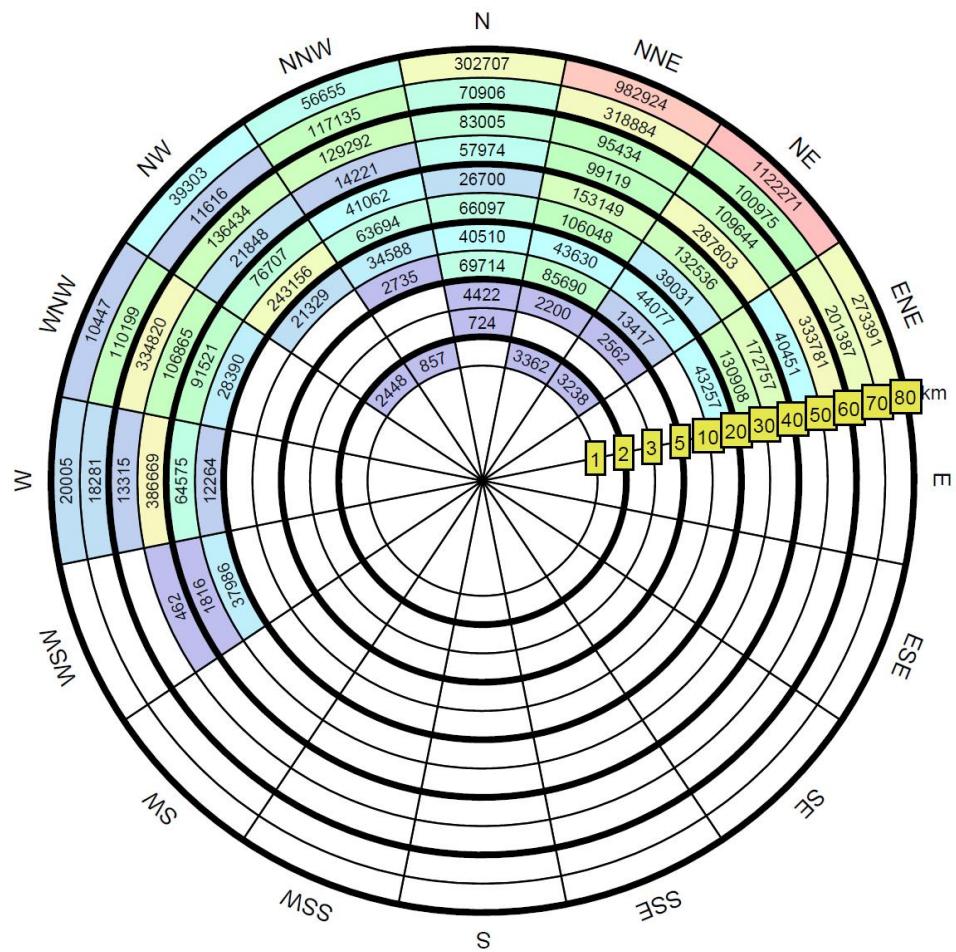


图 2.2-3 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2037 年）

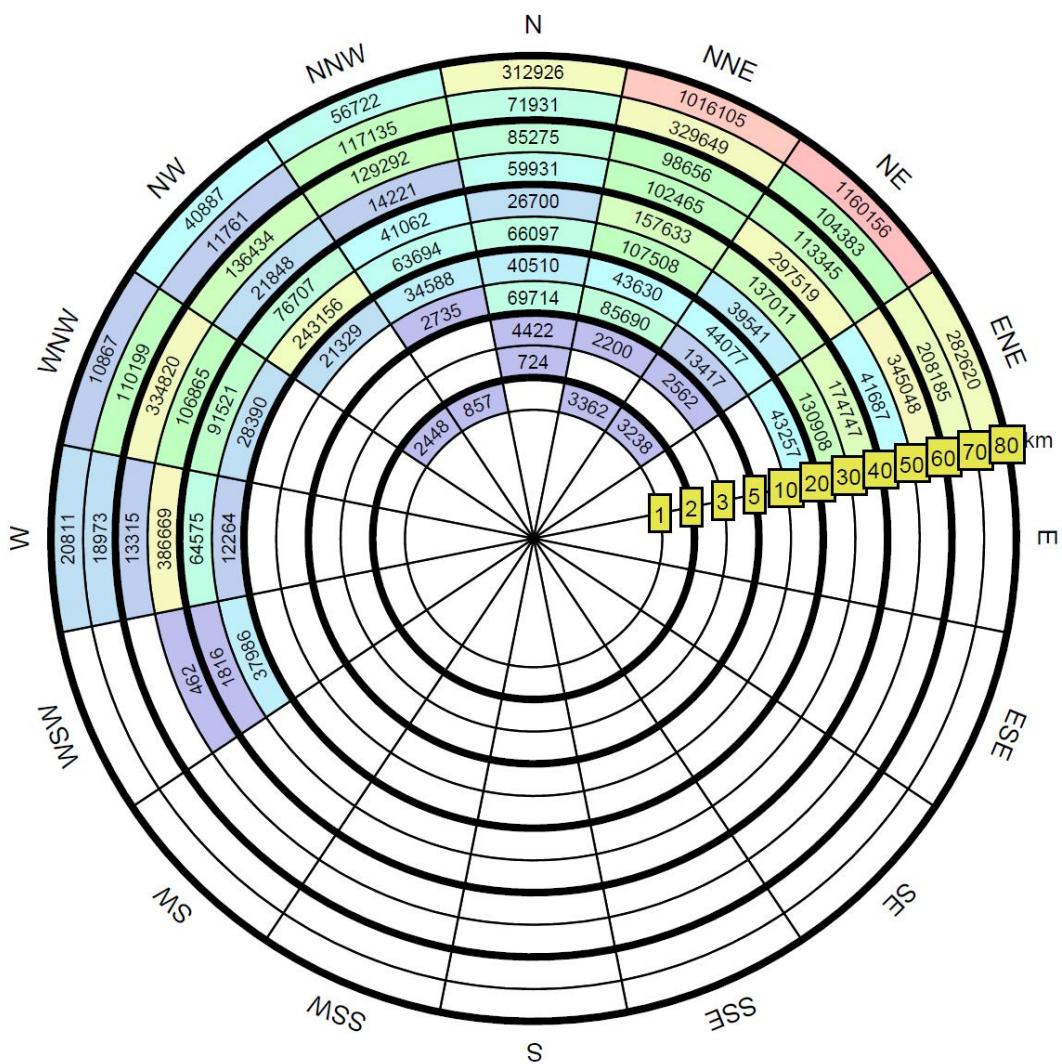


图 2.2-4 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2047 年）

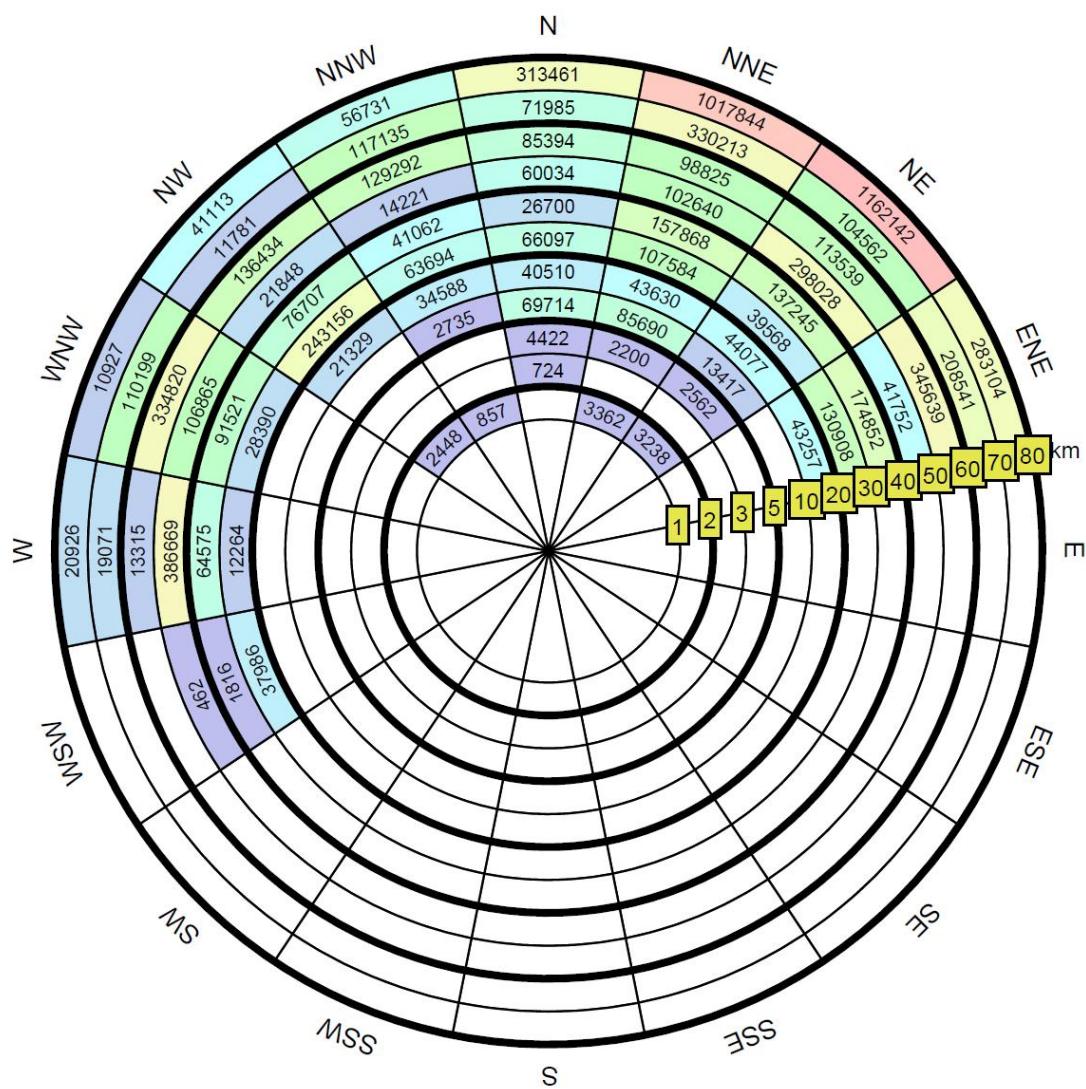


图 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2057 年）

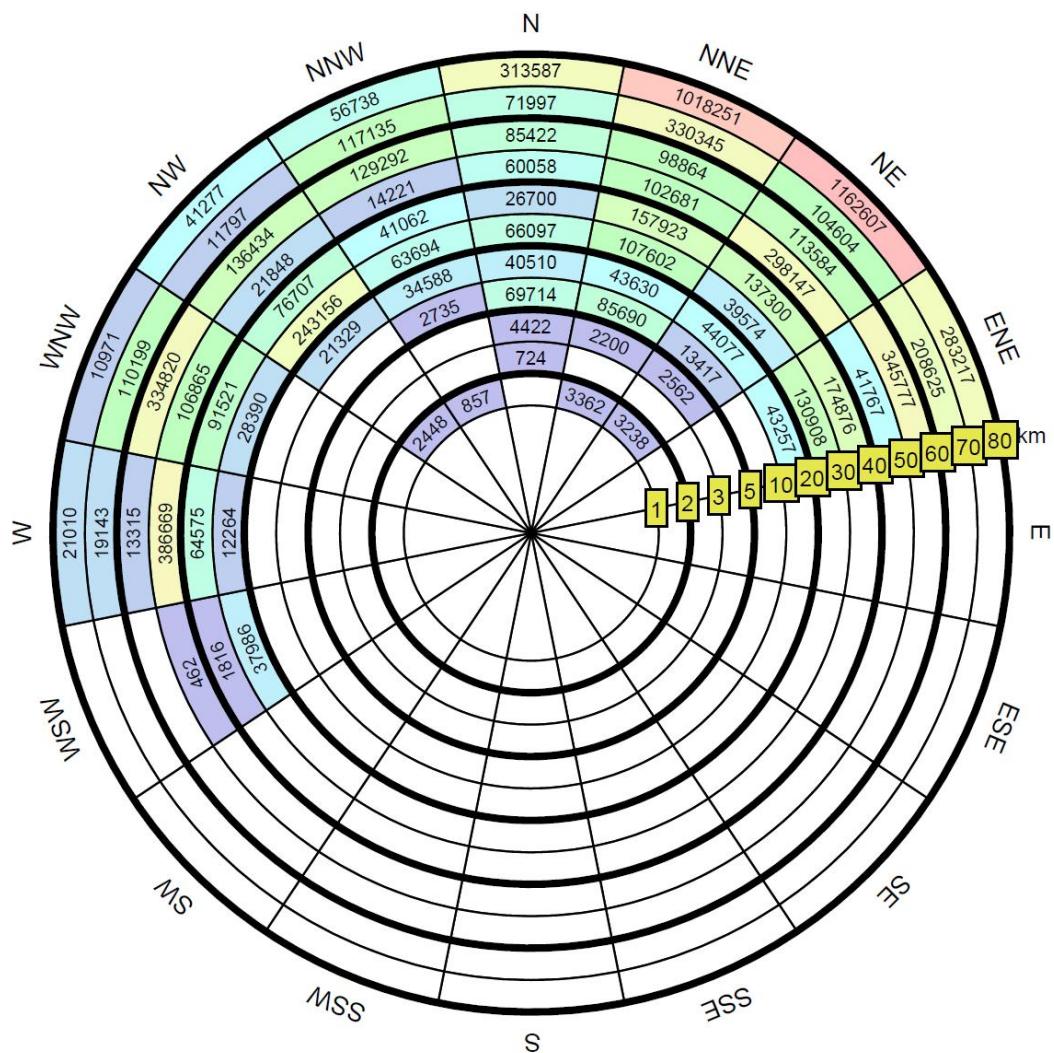


图 2.2-6 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2067 年）

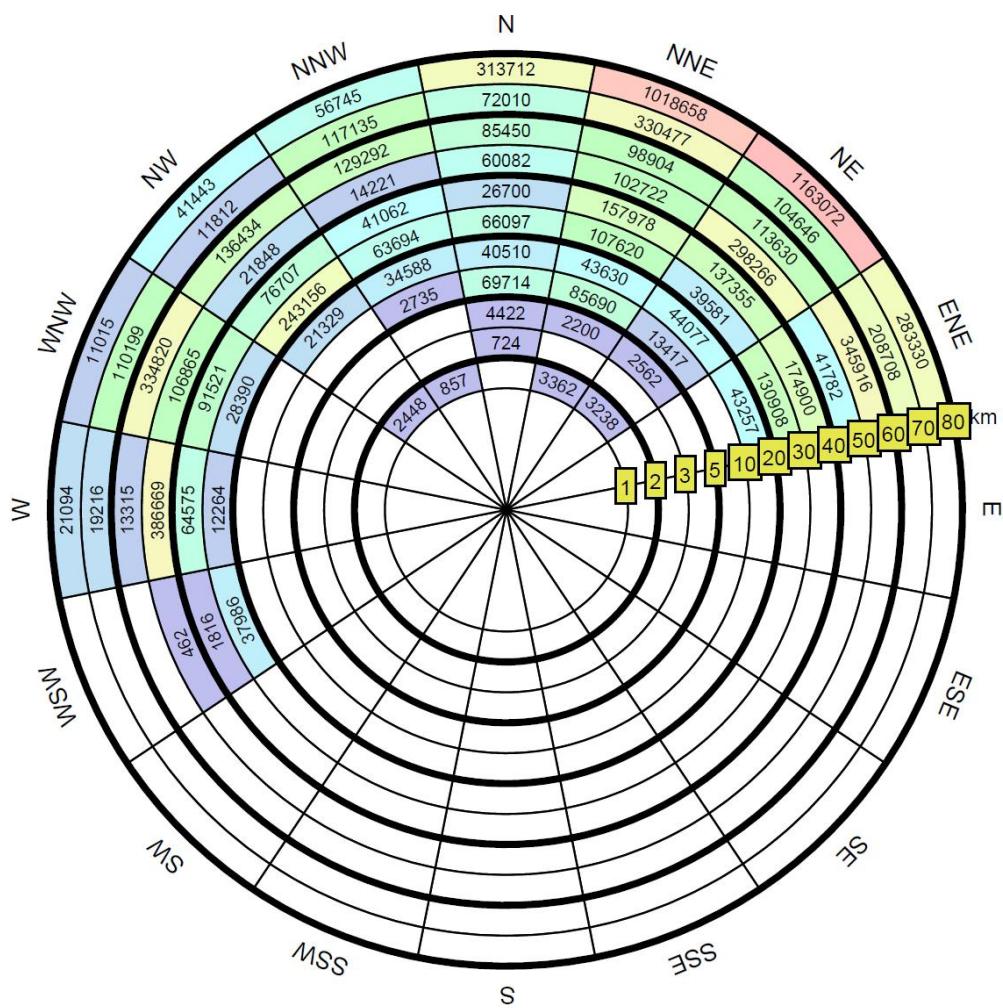


图 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2077 年）

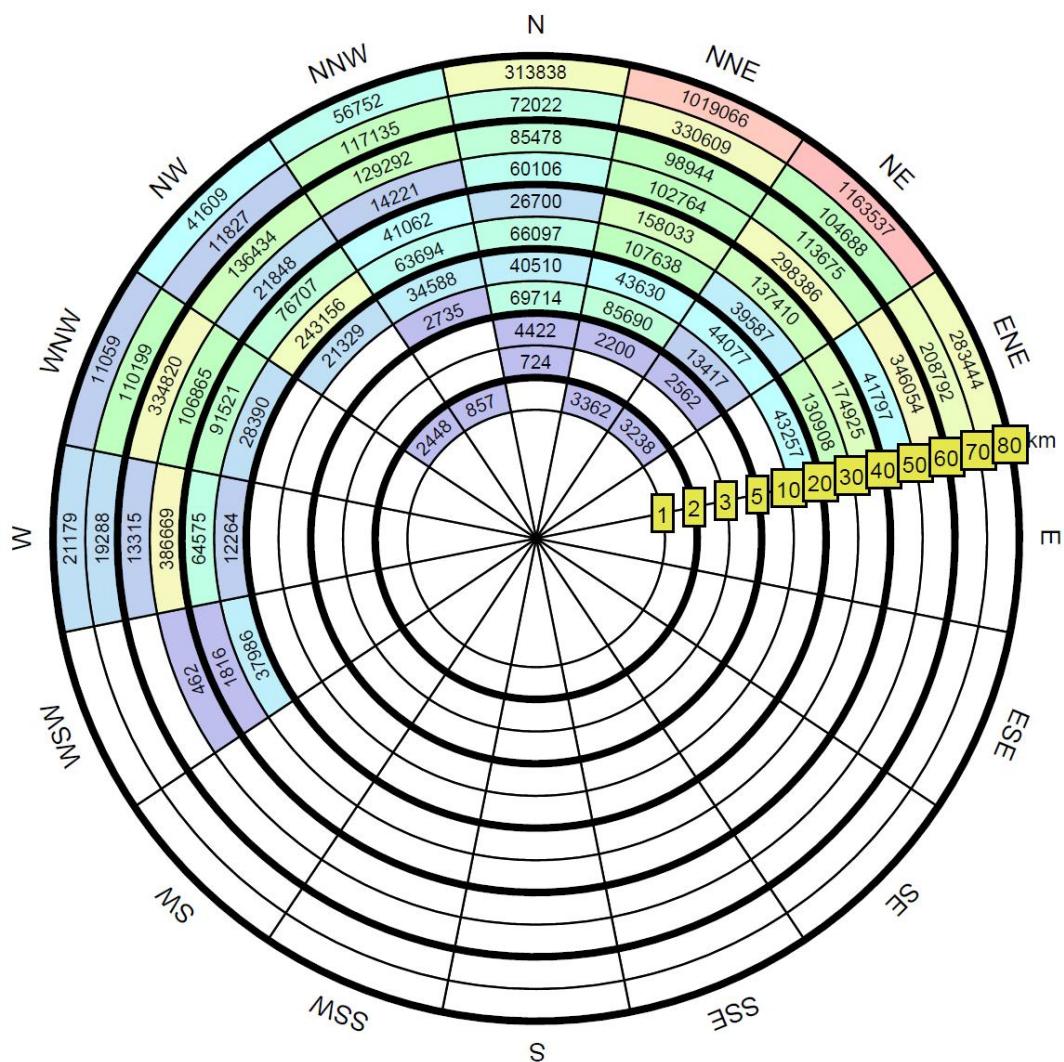


图 2.2-8 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2087 年）

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体利用

2.3.1.1 土地利用

2.3.1.2 水体利用

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 农副业生产概况

2.3.2.2 其他陆生资源概况

2.3.2.3 陆生生态系统

2.3.2.4 离厂址最近的居民点、农牧场

2.3.3 水产资源及生态概况

2.3.3.1 水生生态

2.3.3.2 三场一通

2.3.3.3 渔业资源及渔业生产现状

2.3.3.4 赤潮

2.3.4 工业、交通及其他设施

2.3.4.1 工业

2.3.4.2 交通

2.3.4.3 外部人为事件评价

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体利用

2.3.1.1 土地利用

陆丰核电厂位于陆丰市碣石镇南端的田尾山，厂址半径 5km 范围内属于碣石镇辖区。厂址所在地区属沿海丘陵地带，位于东田尾山北侧，场地西南高东北低，地形起伏较大，场地内除四个山包外，其余地方相对高差不大。区域地带性土壤为赤红壤、水稻土，自然土壤主要包括花岗岩赤红壤、砂页岩赤红壤、第四纪沉积物赤红壤等，耕作土壤主要有水稻土、果园土，土壤养分充足，适宜各种植物生长。

陆丰核电厂址所在的陆丰市土地类型多样，海岸曲折，港湾众多，全市土地总面积为 170288hm²。境内地势平坦，最高山脉不上千米，地势自北向南倾斜，依次分布有山地、丘陵、平原等多个地貌类型区。其中北部以山地为主，间有小盆地，中部与南部沿海多为丘陵、台地、平原与低洼地。

碣石镇位于陆丰市南端，濒临南海，全镇总用地为 11105hm²。2023 年，碣石镇耕地用地 3530hm²，园地用地 345hm²，林地用地 2705hm²，草地用地 917hm²。

根据《陆丰市碣石镇国土空间总体规划（2021-2035 年）》（2025 年 6 月），碣石镇域构建“一轴一带，一心三片”的国土空间开发保护总体格局。“一轴”为 G228 国道城镇发展轴；“一带”为沿海经济发展带，西岸依托碣石湾滨海旅游资源优势，发展滨海旅游，建设魅力蓝湾，东岸依托核电站、碣石海工基地、海上风电等基础，培育海洋产业，建设蓝色经济区；“一心”为碣石镇综合服务中心；“三片”为滨海旅游度假片区、新能源与先进制造业片区、山水农旅特色片区。离厂址较近的永久基本农田为浅澳村和后埔村基本农田。

根据《陆丰市碣石镇国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址半径 5km 范围内的土地利用规划中建设用地主要为陆丰核电厂用地，以及汕尾（陆丰）海洋工程基地项目用地。其余土地利用主要为村镇建设用地、农业用地和林业用地以及水域。厂址区域的土地性质为工业用地，厂址东北侧规划为汕尾（陆丰）海工基地建设用地。

2.3.1.2 水体利用

（1）水体利用情况

a) 陆地水文概况及利用

陆丰核电厂厂址位于陆丰市东南面，濒临南海，属低丘陵、台地及平原地区，附近无大江大河，多数小河短小分散，独流入海，集水面积小，径流量少，无大型水利工程进行径流调节，枯水季节尤其是特枯水期和连续枯水期径流量甚小。

陆丰市境内螺河、乌坎两大水系从北向南注入南海，此外境内有鳌江、龙潭河等。其中，螺河河长102km，发源于陆河县与紫金县交界的三神凸山，为陆丰第一大河，集雨面积1356km²。陆丰市境内流域100km²以上一级支流有螺溪、南北溪、新田河；境内主要的水库有龙潭、巷口、五里牌、秣投围、三溪水、牛角隆水库等。

陆丰市主要水源为螺河、乌坎河和龙潭河，分为西部片区、中部片区和东部龙潭水库片区。其中陆丰核电厂址供水属于东部龙潭水库片区，该片区由龙潭水库通过串瓜水库～尖山水库供给甲子、甲西、甲东、南塘、碣石、湖东等六个镇和华侨管理区的生活用水。

厂址半径15km范围内主要的小河流包括湖东水和南溪河，其中，湖东水距厂址NE~ENE方位约12km，发源于西山山脉后径山，河流长13.5km，于湖东港注入南海，流域面积44.7km²，集雨面积共9.6km²。南溪河距厂址N方位约7km，发源于西山山脉黄土岭，河流长13.9km，经碣石港流入南海碣石湾，流域面积48.5km²，集雨面积共10.8km²。南溪河水流经碣石镇后经狭窄的口门水道由碣石港汇入南海碣石湾，为泻湖型水系，河口受潮汐影响严重，碣石内港是陆地内的水域，碣石湾海水则随潮由内港进入内洋；随着南溪河原有进潮通道受阻，纳潮面积缩小，纳潮量减少，加上南溪上游水土流失严重，泥沙随水下移，港口淤积，围起来的内洋则不断淤积形成荒涂和水塘。厂址半径15km范围内共有7个水库，均为小（1）型水库，其中最近的为响水水库，距厂址N方位约11km。

厂址所在碣石镇饮用水来自玄武山自来水厂，取水点位于厂址NNE方位约24km处的尖山水库。碣石镇农业灌溉用水水源主要为流经该镇的南溪河，最近处位于厂址N方位7km，厂址半径15km范围内没有居民饮用水源地。

b) 地下水利用

厂址附近10km范围内的碣石镇各村均使用自来水，基本不使用地下水。厂址5km范围内水井共有4个，分别位于浅澳村、后埔村、赤坎头村和上林村。碣石镇全镇自来水均已通达各村，是居民饮用水的主要来源，水井水仅用于普通洗衣、家畜饮用等活动。厂址5km范围内村庄地下水开发利用程度低。

c) 地表水功能区划

根据《汕尾市地表水功能区划》（2015 年 10 月），汕尾市河流水功能一级区划对重要的 13 条河流（其中 3 条总干渠）中划出 14 个一级区，其中保护区 2 个，保留区 3 个，开发利用区 9 个。距厂址最近的为龙潭干渠陆丰开发利用区，从龙潭水库出水口到尖山水库进水口，全长 22km，年供水能力 2.6 亿 m³，饮用水人口 70 万人，灌溉面积 21.55 万亩，现状水质类别 I 类，水质管理目标 II 类，位于厂址 N 方位约 21km。

汕尾市二级水功能区划仅在一级区划中的开发利用区中进行。市划定的 73 个开发利用区共划分 73 个二级水功能区。其中河流二级水功能区 9 个，水库二级水功能区 64 个。距厂址最近的为龙潭干渠饮用农业用水区，含从龙潭水库到尖山水库 22km 的“龙潭干渠陆丰开发利用区”，以饮用水为主导功能，供水人口 70 万人，灌溉面积 21.55 万亩。现状水质类别 I 类，2020 年、2030 年水质管理目标 II 类，位于厂址 N 方位约 21km。

厂址 15km 范围内存在 2 个乡镇级保护水源，分别为虎陂水库和新响水库乡镇级水源，均为一级水源保护区，距厂址较近的为金厢镇新响水库乡镇级水源，位于厂址 NNW 方位约 11km。

2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区

（1）陆域自然保护区

厂址陆域半径 10km 范围内原有 1 个自然保护区，为陆丰市碣石湾湿地自然保护区。根据经国家林草局审核并封库的《汕尾市自然保护地整合优化预案》和汕尾市林业局编制的《汕尾市自然保护地规划（2023-2035 年）》（2024 年 10 月），汕尾市撤销陆丰碣石湾湿地自然保护区，目前厂址陆域半径 10km 范围内无自然保护区。

（2）海域自然保护区

厂址附近目前有碣石湾海马资源自然保护区、遮浪角东海洋生态自然保护区、遮浪汇聚流海洋生态系统保护区，以及汕尾碣石湾鲻鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区共四个海洋自然保护区，15km 范围内没有海域自然保护区。

（3）风景旅游区

— 旅游现状

陆丰市全市现已开发的主要旅游景区有 5 个：碣石玄武山旅游区、福山妈祖旅游区、金厢滩滨海红色旅游景区、东海街道上海外滩旅游区和清云山旅游区，其中碣石

玄武山旅游区、金厢滩滨海旅游区位于厂址半径 15km 范围内。玄武山、金厢滩均为省级风景名胜区。

碣石玄武山旅游区：位于碣石镇镇区，厂址 N 方位约 8km，为 AAAA 级景区。玄武山是道佛两教合一的宗教活动场所，也是粤东地区一处历史悠久、驰名海内外尤其是东南亚的名胜古迹，并且是闽南语系群众的信仰中心，玄武山南麓的元山寺 2001 年被国务院列为“全国重点文物保护单位”。

玄武山风景旅游区 2018 年共接待游客 210 万人次，2019 年接待 211 万人次。元山寺平时游客较为分散，在每年春节期间接待游客较高。春节期间元山寺的主要人流集中在大年初三至十五，最高峰出现在初三晚上至初四凌晨，该镇的主要道路在这一时间段较为拥堵。2019 年 2 月 7 日至 8 日（正月初三、初四），进入玄武山旅游景区人数超 40 万人次，进入镇区车流量超 10 万辆次，为历史新高。受疫情影响，2020 年与 2021 年接待游客量进入景区人数大幅下降。在 2023 年疫情政策逐步放开后，该景区也逐渐恢复客流量，2023 年除夕夜至初四，进入景区车辆约 2.5 万辆，人数约 32.8 万人。除夕夜至初六下午，玄武山景区共接待游客 407506 人，2023 年全年游客接待量约 86 万人次，2024 年全年游客接待量约 84 万人次，2025 年一季度游客量为 150 万人次。

金厢滩滨海旅游区：位于厂址 NNW 方位 10~15km，该度假村位于金厢镇靠近建成区的滨海区域，2018 年金厢滩旅游区共接待游客 50 万人次，2019 年接待游客 50 万人次，2020~2021 年因受到疫情影响，年接待游客下降至 10 万人次。该景区在 2021 年 10 月评定为国家 3A 级旅游景区。景区游客主要来自于潮汕地区和本地居民，集中在旅游黄金周以及平时的周末假期，平时游客较为分散，在 2023 年疫情政策逐步放开后，该景区也逐渐恢复客流量，2023 年全年游客接待量约 209 万人次，2024 年全年游客接待量约 277 万人次。

从旅游者的空间分布上来看，以陆丰临近市县以及本地的旅游者为主，省内其它地区及外省的旅游者较少。省内旅游者主要来自广州、深圳、汕头、汕尾等城市以及陆丰附近的县乡。旅游者在时间上具有明显的集中现象，旅游者主要集中在清明节、重阳节和春节三个中国民间传统节日期间。每逢传统佳节，旅居国外的侨胞纷纷回归故里，探亲访友，而“五一”、“十一”两大旅游黄金周则相对较为平缓。

除上述两个旅游景区外，厂址附近的浅澳村也有村民开发的小规模旅游项目，主要旅游项目有古炮台、妈祖庙、田尾山以及海边沙滩天然浴场，游客一般不住宿，人

数也较少。

— 旅游规划：

厂址半径 15km 范围内涉及的旅游规划有四项：

1) 碣石玄武山旅游区

玄武山是粤东地区重要的旅游景点和名胜古迹。玄武山以其特殊的宗教地位，对闽南语系地区以及东南亚地区的游客都有较大的吸引力。根据《碣石玄武山旅游发展总体规划（2021-2035 年）》（2021 年 7 月），近期规划，完善旅游基础设施配套，以市场为导向，做好做强观光朝拜旅游业态，拓展国学文化旅游项目的深度、丰富度和广度，引领新型文化体验旅游方式，并且实现年游客量十万以上的增长。中期通过宣传提升景区知名度，将玄武山打造成为集晋香朝拜、文化研学、生态观光、休闲游憩等体验于一身的粤东地区旅游新地标，并且实现 300 万以上年游客量的突破。远期通过近中期的运营沉淀，提升景区的服务质量与品质，打造景区特色项目，争取在 2035 年前成功创建国家 5A 级旅游景区，成为珠三角地区乃至粤港澳大湾区宗教文化旅游基地，同时达到约 370 万的年游客量。

2) 田尾山-浅澳村旅游开发区

包含浅澳海滨浴场和田尾山古炮台等。根据《汕尾市全域旅游发展规划（2023-2035 年）》（2023 年 3 月），规划将浅澳度假村的开发作为碣石地区旅游的主要配套设施，同时要引进大型战略投资者，开发儿童世界游乐项目，并与房地产开发结合，突出社会效益与经济效益。度假村以造型独特的高档度假别墅（住宅）为主，并协调度假村内的绿化和景观。

3) 金厢滩滨海旅游区

根据陆丰市旅游规划，金厢滩风景名胜区将发展建设金厢滩国际海滨浴场和金厢滨海度假村。周边旅游景点还有金厢沙滩和周恩来渡海处、虎洞藏身处、养病旧址。根据《汕尾市全域旅游发展规划（2023-2035 年）》（2023 年 3 月），规划按 5A 级标准提升打造大金厢银滩红色滨海旅游景区，实现金厢滩旅游区红色文旅体验的“政治功能、社会功能、旅游功能”三大功能，将陆丰金厢镇文旅综合项目打造成：陆丰市青少年红色传承教育基地、红绿古旅游融合示范点、民俗文化体验拓展基地、国家 5A 级旅游景区。

4) 十二湖康体度假旅游区

十二湖位于湖东镇的西侧，在陆丰核电厂址 ENE 方位 10~15km，由大小十二个淡水湖泊组成，是湖东镇的重要景点。这些湖泊与海水最近的仅 50 米之遥，但咸淡分明，并且淡水的水质优异，可以开发作为矿泉水。规划对十二湖进行开发形成康体度假旅游区，度假区内兼有滨海康体项目，也有淡水康体项目，还有沙地运动项目，并且环境优异，打造名副其实的康体度假旅游区。

（4）文物古迹

厂址半径10km范围内的不可移动文物43处，其中距厂址最近的文物位于浅澳村，共有5处，分别为田尾山遗址、浅澳炮台遗址、卢存诚墓、浅澳天后宫、石洲南关庙。

（5）“三线一单”生态环境分区管控和生态保护红线

厂址附近的“三线一单”生态环境分区管控和生态保护红线及相符性分析见本报告书 1.6.1 节。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农副业生产概况

（1）农作物基本情况

陆丰核电厂厂址位于广东东部沿海，其农作物为一年三熟。地区农业生产品种繁多，主要有粮食作物、油料作物、蔬菜和水果。其中：

- 粮食作物品种主要有稻谷、小麦、薯类、大豆等；
- 油料作物主要是花生；
- 蔬菜主要有小白菜、大白菜、菠菜、芹菜、韭菜、茄子、辣椒、西红柿、黄瓜、萝卜等；
- 厂址区域是水果生产品种较多的地区，主要品种有柑、桔、橙、香蕉、荔枝、菠萝、龙眼等。

（2）主要农产品生产情况

根据汕尾市及陆丰市相关统计资料，2024 年厂址所在的陆丰市及厂址半径 10km 所涉及的碣石镇的主要农产品情况如下：

- 陆丰市粮食种植面积 443915 亩，产量 157488t；油料面积 131954 亩，产量 21828t；蔬菜面积 473682 亩，产量 794845t；水果面积 788188 亩，产量 163781t。
- 碣石镇粮食种植面积 18656 亩，产量 6480t；油料面积 20201 亩，产量 3335t；

蔬菜面积 45696 亩，产量 80864t；水果面积 10993 亩，产量 2415t。

陆丰核电厂厂址周围地区牲畜饲养种类主要为猪、家禽（鸡、鸭和鹅）、牛和极少数的羊及兔。猪和家禽是厂址地区周围绝大多数农户的副业，生产的肉猪大部分在本地销售，小部分销往汕头、广州和深圳等珠三角地区。猪苗主要供应珠江三角洲地区。牛、羊和兔是部分农户的家庭副业，饲养量很少。饲养方式上，大牲畜以圈养为主，放牧为辅；生猪以圈养为主，极少地方散养；家禽有部分为小规模笼舍圈养，农户饲养主要是散养。

厂址所在的陆丰市2024年年末肉用牛存栏105226头，奶牛存栏量18395头，肉用牛出栏11654头，生猪存栏1220479头，生猪出栏642530头，出栏肉用羊17027头，出栏家禽1217.4万只，肉类产量70152t，禽蛋产量2970t。

厂址半径10km范围内畜禽养殖主要以猪、牛以及禽类为主，一般多为散户个体养殖。

2.3.2.2 其他陆生资源概况

（1）林业资源

厂址所在的陆丰市地形以山地、丘陵为主，地处北回归线以南，属南亚热带海洋性季风气候，水热条件优越，地带性植被为南亚热带季风常绿阔叶林。区域内目前以人工森林植被为主，仅存有少量的次生阔叶林，主要森林类型有：常绿阔叶林、常绿针叶林、常绿针阔叶混交林和经济林。区域内主要的常见植物属乔木类的有樟树、马尾松、杉树、榕树等，灌木主要有梅叶冬青、九节、岗松等，草本植物主要有芒萁、乌毛蕨等。区域内主要的名贵树木有大戟科、桑科、棕榈科、梧桐科、豆科、茶科等。陆丰市林业总面积 6.8568 万 hm²，森林面积 6.2851 万 hm²，森林覆盖率达 40.15%。

（2）矿产资源

汕尾市位于广东东南沿海火山岩成矿带，矿产资源比较丰富，全市已发现主要矿产 28 种，累计发现矿产地 69 处。陆丰矿产资源丰富，主要有 6 大类 15 种，以高岭土、石英砂、锡、锆、钛铁、硫铁矿等蕴藏量最为丰富。高岭土蕴藏量 1 亿吨以上，主要分布在大安、陂洋、八万、博美、城东、金厢等镇，其中大安镇分布面积达 59km²，蕴藏量 4000 多万吨。石英砂总蕴藏量为 1 亿 m³ 以上，主要分布在星都、上英、东海、金厢、碣石、湖东等地。

根据《汕尾市矿产资源总体规划（2021-2025 年）》，厂址 10km 范围内没有矿产资源开发利用，汕尾市自然资源局已复函确认厂址无压覆上表矿区（《关于广东陆丰核电 1、2 号机组建设用地压覆矿产资源情况的复函》，汕自然资函[2024]1723 号）。

2.3.2.3 陆生生态系统

根据《广东陆丰核电项目陆域生态环境调查及评价报告》，专题单位于 2025 年 2-3 月，在厂址半径 10km 范围进行了陆域生态环境现状调查。

（1）生态景观和生态系统

调查区域包含沿海沙滩至海岸山地地貌，生态系统类型多样，可划分自然生态系统和人工生态系统 2 大类。其中，自然生态系统有水域生态系统和陆地生态系统两大类型，前者包含流水（河、溪、瀑布、山泉）生态系统、静水（湖、泊、水库、深潭）生态系统、河漫滩湿地（滩涂湿地）生态系统、半沼泽化草甸湿地生态系统 4 个生态系统，后者有阔叶林生态系统、常绿灌丛生态系统、禾草灌丛生态系统 3 个生态系统。人工生态系统有人工水域生态系统和人工陆地生态系统两大类型，主要有鱼塘湿地生态系统、人工针叶林生态系统、人工阔叶林生态系统、人工混交林生态系统、果园生态系统、菜园生态系统、稻田生态系统 7 个生态系统。

1) 自然生态系统

— 陆地生态系统

调查区的天然植被为季风常绿阔叶林，生态系统为阔叶林生态系统生态系统，零散分布在调查区的丘陵、台地上的林地，是调查区内主要的自然生态系统。它们组成种类复杂，结构多层，类型多样，它们与环境之间进行着复杂的物质和能量循环，具有旺盛生产力。

— 水域生态系统

调查区内的水域生态系统包括淡水生态系统和湿地生态系统，主要的水域类型为河流、河漫滩、荒废的鱼塘湿地或者水田。

2) 人工生态系统

— 人工陆地系统

调查区内的人工陆地生态系统包括人工森林生态系统和农业生态系统。调查区有面积较大的林地、农田、园地，主要分布于村镇周边的菜地、旱地、经济林地等。有较大面积的人工常绿针叶林、人工针阔叶混交林和人工常绿阔叶林，主要包括湿地松

林、湿地松+大叶相思混交林台湾相思林、大叶相思林、桉树林、木麻黄林等。

— 人工水域生态系统

调查区内的人工水域生态系统主要为人工湿地生态系统，分布于调查区内的河湾周边的鱼塘养殖、各村落边的风风塘等。

（2）植被群落和植被类型

对调查区域内植被类型进行分类，划分为自然植被和人工植被。其中，自然植被分类采用植被型组、植被型、植被亚型、群系和群从 5 级分类单元，共划分为 4 个植被型组，10 个植被型、15 个植被亚型、31 个群系和 44 个群从；人工植被采用植被型组、植被型、群系和群从 4 级分类单元，共划分为 2 个植被型组、8 个植被型、22 个群系和 36 个群从。

调查区内分布的苔藓植物资源，以收集相关的文献资料为主，结合当地的生境特点，整理出苔藓植物名录。调查区内分布有苔藓植物 5 纲 13 科 17 属 18 种。从各科内属种组成来看，科内物种最多的为 3 种，有 1 科，丛藓科 3 属 3 种；科内有 2 种的有 3 科，为地钱科 1 属 2 种、真藓科 2 属 2 种和灰藓科 2 属 2 种；科内仅有 1 种的有 9 科，分别为带叶苔科、金发藓科、葫芦藓科、曲尾藓科、凤尾藓科、珠藓科、羽藓科、锦藓科和牛毛藓科。

调查区共有维管束植物 104 科 321 属 439 种（包含种下的变种或亚种等级）。其中，蕨类植物 13 科 17 属 22 种，物种占 5.01%；裸子植物数量稀少，仅有 2 科 4 属 4 种，物种占 0.91%；被子植物较为丰富，达 89 科 300 属 413 种，物种占比 94.08%。

（3）区域特有种、建群种和优势种

本次调查记录没有发现在陆丰核电项目厂址周围调查区域内特有的植物种类。根据样地群落的分析数据，区域内主要的乔木群落建群种有：潺槁木姜子、榕树、苦棟、湿地松、大叶相思、马占相思、台湾相思、窿缘桉、桉树、木麻黄、银合欢等 10 种；灌木群落建群种有：草海桐、米碎花、桃金娘、蓖麻、露兜树、马缨丹、光荚含羞草等 7 种。

本次依据样地群落分析数据划分，乔木层优势种主要有：潺槁木姜子、苦棟、湿地松、马尾松、大叶相思、台湾相思、窿缘桉、木麻黄、血桐等 10 种；灌木层优势种有：石斑木、雀梅藤、豺皮樟、桃金娘、黑面神、马缨丹、鸦胆子等 7 种；草本层优势种有：橘草、乌毛蕨、芒萁、斑茅、白花鬼针草、甜根子草、黄茅、李氏禾、大白

茅、圭亚那笔花豆、铺地黍、匐枝栓果菊、黑果飘拂草、海边月见草、绢毛飘拂草等 15 种。

（4）生物多样性

根据生物多样性指数（BI）计算，厂址半径 10km 范围生物多样性等级为低，联系实际调查结果和查询资料可知，物种贫乏，生态系统类型单一，脆弱，生物多样性极低。

（5）野生重要的经济植物和资源

调查区的维管束植物中，有一部分植物目前已被利用或已知具有开发利用价值、有着较好的资源优势和潜在的经济价值，大部分植物资源量较小，大多尚未开发利用。对其资源性进行统计分析，可划分为 8 类资源植物。分别为：食用植物、药用植物、油脂植物、观赏植物、材用植物、饲用植物、纤维植物、有毒植物。有食用价值的植物共 27 种，药用价值的植物共 145 种，油脂价值的植物共 26 种，观赏价值的植物共 18 种，材用价值的植物共 22 种，饲用价值的植物共 44 种，纤维价值的植物共 28 种，有毒植物共 15 种。

（6）陆生动物情况

评估区域内的鸟类群落主要包括农田、森林、湿地三个类型。本次调查共记录到鸟类 12 目 34 科 84 种，其中冬候鸟 29 种，留鸟 52 种，夏候鸟 2 种以及旅鸟 1 种。鸟类居留型以留鸟为主。春季调查记录到鸟类共 10 目 26 科 59 种，其中夏候鸟 2 种，冬候鸟 10 种，留鸟 47 种；冬季调查记录到鸟类共 12 目 33 科 73 种，其中冬候鸟 24 种，留鸟 48 种、旅鸟 1 种。

农田鸟类群落的优势种为家燕、麻雀、八哥和白喉红臀鹎，常见种有棕背伯劳、珠颈斑鸠、黑领椋鸟等。农田耕地种植农作物，较为开阔平坦，溪流池塘众多，以鹭类为代表的水鸟也常在此栖息，代表种类有池鹭、白鹭、牛背鹭等。

森林鸟类群落优势种有红耳鹎、白头鹎、黑脸噪鹛等，常见种包括大山雀、黄腹山鹪莺、叉尾太阳鸟等。

湿地鸟类集中活动于滩涂，有时在沿海水田或鱼塘中觅食。水鸟冬季栖息地常位于内湾、河口等风浪较小的沙滩。群落优势种为白鹭、池鹭，冬候鸟常见种有矶鹬、黑翅长脚鹬、林鹬等。

评估区域无国家重点或省重点保护两栖类。常见两栖动物种有 7 种，分属 1 目 5

科。该区域内两栖类的生境主要为人工水塘和农田，异质性较低，人类活动频繁，两栖类物种较少。

区域常见爬行动物种有 10 种，分属 1 目 7 科，其中，东洋界 9 种，占总数的 90.00%；广布种 1 种，占总数的 10.00%。常见哺乳类有 10 种，隶属于 5 目 6 科。其中，东洋界 8 种，占总数的 80.00%；古北界 1 种，占总数的 10.00%；广布种 1 种，占总数的 10.00%。昆虫中鳞翅目物种数量最多（53.13%），常见代表物种有报喜凤蝶和报喜斑粉蝶等。其次为鞘翅目（14.06%），双翅目物种数量最少（1.56%）。评估区域内，常见的大型土壤动物主要属于环节动物门和节肢动物门。其中，环节动物门以寡毛纲的单向蚓目（例如赤子爱胜蚓）为主。节肢动物门则包括倍足纲的马陆、昆虫纲的等翅目（如白蚁）、膜翅目（如蚂蚁），偶尔也能观察到鞘翅目的甲虫。

（7）珍稀濒危和保护动植物

经调查和资料《国家重点保护野生植物名录（2021 年）》查阅，在陆丰核电项目厂址周围调查区域内没有发现珍稀濒危植物、国家重点保护野生植物和广东省重点保护野生植物。调查区域内有记录广东省古树名木 15 株，13 株为榕树，1 株为刺桐，1 株为黄连木，共分布在 15 个点位。

本次调查记录到国家二级重点保护野生鸟类 8 种，分别为褐翅鸦鹃、岩鹭、黑翅鸢、黑鳽、普通鳽、白胸翡翠、红隼和云雀。其中，褐翅鸦鹃、云雀和红隼见于大部分的次生林和部分农田生境；黑翅鸢、黑鳽和普通鳽见于农田边开阔生境；岩鹭和白胸翡翠多见于库塘、河流等湿地生境。记录到广东省重点保护鸟类 16 种，分别为黑水鸡、夜鹭、池鹭、牛背鹭、苍鹭、大白鹭、白鹭、黑翅长脚鹬、长嘴剑鸻、黑枕燕鸥、灰翅浮鸥、红嘴鸥、黑尾鸥、西伯利亚银鸥、斑鱼狗和灰头鸥。其中，大白鹭、黑翅长脚鹬、长嘴剑鸻等，多见于库塘、水田、海岸等湿地生境；灰头鸥见于大部分的次生林和部分农田生境。调查区域内未发现国家重点或省重点保护两栖类，未发现国家级或省级保护爬行动物。根据文献资料记载的物种地理分布，结合访问调查的结果，评估区域内受保护物种有：银环蛇（中国生物多样性红色名录“易危”，IUCN 濒危物种红色名录 VU）、舟山眼镜蛇（中国生物多样性红色名录“易危”，IUCN 濒危物种红色名录 VU，CITES 附录 II）。

2.3.2.4 离反应堆最近的居民点、农牧场

厂址半径 10km 范围内没有奶牛场、奶羊场。厂址附近主要为规模养猪场，离厂址最近的养猪场为后埔村碣石顺强生猪养殖场。厂址 10km 范围内无自然保护区。

距离陆丰核电厂 5 号机组最近的居民点是位于 NW 方位 1.3km 的浅澳村，离厂址最近的农田为厂址 NW 方位 1.3km 的浅澳村，主要种植稻谷、番薯、玉米、花生及蔬菜等。

2.3.3 水产资源及生态概况

2.3.3.1 水生生态

国家海洋环境监测中心于 2023 年 11 月、2024 年 1 月、2024 年 4 月和 2024 年 7 月~8 月对陆丰核电厂附近海域水质、生态环境和水产资源进行了四个季节的调查监测工作。

海域水体的物理化学性质、水体营养状态见报告书 3.2.3 节。厂址 15km 范围内海域排污口主要有厂址 NNW 方位 8.4km 的陆丰市碣石铭豪污水处理有限公司排污口，和陆丰市碣石镇生猪定点屠宰场有限公司的废水排放口和初期雨水排放口，其他入海排污口多为城镇雨洪排口、规模以下水产养殖排污口、城镇生活污水散排口。

（1）站位布设

本次调查范围内共布设 14 个海洋生态调查站位，潮间带底栖生物调查布设 5 条断面。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

调查海域秋季叶绿素 a 表层平均为 $2.40 \mu\text{g/L}$ ，底层叶绿素 a 平均为 $2.04 \mu\text{g/L}$ 。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层。调查海域初级生产力最大值为 $410.26 \text{mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ ，最小值为 $124.79 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ ，平均值为 $228.14 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ 。

调查海域冬季叶绿素 a 表层平均为 $3.59 \mu\text{g/L}$ ，底层叶绿素 a 平均为 $1.83 \mu\text{g/L}$ 。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层。调查海域初级生产力最大值为 $524.01 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ ，最小值为 $28.09 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ ，平均值为 $167.5 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ 。

调查海域春季表层叶绿素 a 平均值为 $3.07 \mu\text{g/L}$ ；中层叶绿素 a 平均值为 $0.94 \mu\text{g/L}$ ；底层叶绿素 a 平均值为 $2.37 \mu\text{g/L}$ 。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层>中层。调查海域初级生产力最大值为 $1853.70 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ ，最小值为 $102.33 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ ，平均值为 $447.79 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ 。

调查海域夏季表层叶绿素 a 平均值为 $4.79 \mu\text{g/L}$; 中层叶绿素 a 平均值为 $4.23 \mu\text{g/L}$; 底层叶绿素 a 平均值为 $4.74 \mu\text{g/L}$ 。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层>中层。调查海域初级生产力最大值为 $1517.23 \text{mgC/m}^2 \cdot \text{d}$, 最小值为 $560.06 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$, 平均值为 $833.75 \text{ mgC/m}^2 \cdot \text{d}$ 。

(3) 浮游植物

在调查期间共监测到水采浮游植物种类2门65种，其中，硅藻54种，甲藻11种。秋季，调查区内浮游植物群落组成以硅藻类为主，属于较典型的南方近岸种类组成。共鉴定出浮游植物2大类22种。其中，硅藻19种，占86.4%；甲藻3种，占13.6%。各站位浮游植物种类较少，在2~7种间波动，种类数平均约为3种。调查海域浮游植物的优势种为菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschiooides*) 和热带骨条藻 (*Skeletonema tropicum*)，优势度为0.180和0.070。

冬季，调查区内浮游植物群落组成以硅藻类为主，属于较典型的南方近岸种类组成。共鉴定出浮游植物 2 大类 30 种。其中，硅藻 25 种，占 83.3%；甲藻 5 种，占 16.7%。调查海域浮游植物种类在 3~9 种波动，最多的站位是 03 和 12 号站，为 9 种。浮游植物的优势种为热带骨条藻 (*Skeletonema tropicum*)、圆海链藻 (*Thalassiosira rotula*)、柔弱角毛藻 (*Chaetoceros debilis*)、中肋骨条藻 (*Skeletonma costatum*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*) 和扭链角毛藻 (*Chaetoceros tortissimus*)，优势度分别为 0.081、0.058、0.041、0.033、0.026 和 0.029。

春季，调查区内浮游植物群落组成以硅藻类为主，属于较典型的南方近岸种类组成。共鉴定出浮游植物 2 大类 26 种。其中，硅藻 19 种，占 73.1%；甲藻 7 种，占 26.9%。各站位浮游植物种类数较少，其波动范围在 3-8 种之间。水采样品浮游植物的优势种为薄壁几内亚藻 (*Grammatophora flaccida*) 和扭链角毛藻 (*Chaetoceros tortissimus*)，优势度分别为 0.026 和 0.071。

夏季，调查区内浮游植物群落组成以硅藻类为主，属于较典型的南方近岸种类组成。共鉴定出浮游植物 2 大类 24 种。其中，硅藻 21 种，占 91.3%；甲藻 3 种，占 8.7%。各站位浮游植物种类较少，在 4-15 种间波动。调查海域浮游植物的优势种为尖刺拟菱形藻 (*Pseudo-nitzschia pungens*)、窄面角毛藻 (*Chaetoceros paradoxus*)、丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、透明辐杆藻 (*Bacteriastrum hyalinum*)、中肋骨条藻 (*Skeletonma costatum*)、劳氏角毛藻 (*Chaetoceros*

lorenzianus）和短孢角毛藻（*Chaetoceros brevis*），优势度分别为 0.169、0.128、0.087、0.078、0.071、0.039、0.038 和 0.021。

四个季度水采浮游植物的平均细胞密度秋季、冬季、春季和夏季分别为 4.35×10^3 cells/L、 11.44×10^3 cells/L、 3.0×10^3 cells/L 和 11.39×10^4 cells/L。

（4）浮游动物

秋季：调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。本海域调查共采集到 9 大类 70 种（类）浮游动物。浮游动物优势种有亚强次真哲水蚤、小拟哲水蚤、红小毛猛水蚤和针刺拟哲水蚤。本海域浮游动物个体密度分布呈斑块状。浮游动物总数量中、小型浮游动物较多，中、小型浮游动物高出大型浮游动物 1 个数量级，大型浮游动物和中、小型浮游动物总平均数量分别为 137 个/ m^3 和 3852 个/ m^3 ，波动范围分别在 (55~396) 个/ m^3 之间和 (756~8697) 个/ m^3 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 207.32mg/ m^3 ，各站位生物量波动范围在 (66~960) mg/ m^3 之间。调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 3.718，各站位波动范围在 1.679~4.358 之间；均匀度指数平均值为 0.849，各站位波动范围在 0.598~0.947 之间；丰富度指数平均为 2.968，各站位波动范围在 0.801~3.857 之间；优势度指数平均值为 0.129，各站位波动范围在 0.063~0.492 之间。调查海域，II 型网浮游动物多样性指数平均值为 3.583，各站位波动范围在 2.237~4.099 之间；均匀度指数平均值为 0.785，各站位波动范围在 0.495~0.861 之间；丰富度指数平均为 2.006，各站位波动范围在 1.146~2.576 之间；优势度指数平均值为 0.135，各站位波动范围在 0.079~0.336 之间。

冬季：调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。本海域调查共采集到 10 大类 88 种（类）浮游动物。浮游动物优势种有小拟哲水蚤、丹氏纺锤水蚤、异体住囊虫、肥胖箭虫、瘦尾胸刺水蚤、强额拟哲水蚤、长尾基齿哲水蚤、柔佛滨箭虫、微驼隆哲水蚤、小长腹剑水蚤、简长腹剑水蚤和短角长腹剑水蚤。本海域浮游动物个体密度分布呈斑块状。浮游动物总个体密度 I 型网和 II 型网均较大，数量相差 2 个数量级，本海域 I 型网浮游动物和 II 型网浮游动物总平均数量分别为 166 个/ m^3 和 10293 个/ m^3 ，波动范围分别在 (16~1053) 个/ m^3 之间和 (141~33893) 个/ m^3 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 30mg/ m^3 ，各站位生物量波动范围在 (3~80) mg/ m^3 之间。调查海域 I 型网浮游动物多样性指数

平均为 3.347，各站位波动范围在 2.574~4.703 之间；均匀度指数平均值为 0.858，各站位波动范围在 0.680~0.952 之间；丰富度指数平均为 2.296，各站位波动范围在 1.099~4.190 之间；优势度指数平均值为 0.146，各站位波动范围在 0.052~0.258 之间。调查海 II 型网浮游动物多样性指数平均值为 3.112，各站位波动范围在 2.172~3.962 之间；均匀度指数平均值为 0.752，各站位波动范围在 0.570~0.902 之间；丰富度指数平均为 1.381，各站位波动范围在 0.970~2.181 之间；优势度指数平均值为 0.192，各站位波动范围在 0.080~0.380 之间。

春季：调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。本海域调查共采集到 13 大类 97 种（类）浮游动物。浮游动物优势种有强额拟哲水蚤、小拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、肥胖箭虫、鸟喙尖头溞、短角长腹剑水蚤和近缘大眼水蚤。本海域浮游动物个体密度分布呈斑块状。浮游动物总个体密度 I 型网和 II 型网均较大，数量相差 1 个数量级，本海域 I 型网浮游动物和 II 型网浮游动物总平均数量分别为 580 个/ m^3 和 8722 个/ m^3 ，波动范围分别在（171~1600）个/ m^3 之间和（925~50400）个/ m^3 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 56mg/ m^3 ，各站位生物量波动范围在（28~109）mg/ m^3 之间。调查海域，I 型网浮游动物多样性指数平均为 3.887，各站位波动范围在 3.520~4.529 之间；均匀度指数平均值为 0.915，各站位波动范围在 0.844~0.961 之间；丰富度指数平均为 2.081，各站位波动范围在 1.329~3.322 之间；优势度指数平均值为 0.086，各站位波动范围在 0.057~0.125 之间。调查海域，II 型网浮游动物多样性指数平均值为 3.673，各站位波动范围在 3.354~4.508 之间；均匀度指数平均值为 0.867，各站位波动范围在 0.789~0.948 之间；丰富度指数平均为 1.496，各站位波动范围在 1.001~2.668 之间；优势度指数平均值为 0.111，各站位波动范围在 0.070~0.149 之间。

夏季：调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。本海域调查共采集到 12 大类 94 种（类）浮游动物。浮游动物优势种有鸟喙尖头溞、肥胖三角溞、诺氏三角溞、小拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、中型莹虾、强额拟哲水蚤和近缘大眼水蚤。本海域浮游动物个体密度分布呈斑块状。浮游动物总个体密度 I 型网和 II 型网均较大，数量相差 1 个数量级，本海域 I 型网浮游动物和 II 型网浮游动物总平均数量分别为 7245 个/ m^3 和 32873 个/ m^3 ，波动范围分别在（320~27246）个/ m^3 之间和（4677~60800）个/ m^3 之间。调查海域浮游动物生物

量平均值为 $1091\text{mg}/\text{m}^3$ ，各站位生物量波动范围在 $(193\sim 3258)\text{ mg}/\text{m}^3$ 之间。调查海域，I 型网浮游动物多样性指数平均为 3.268，各站位波动范围在 2.325~4.089 之间；均匀度指数平均值为 0.776，各站位波动范围在 0.514~0.886 之间；丰富度指数平均为 1.503，各站位波动范围在 1.073~2.679 之间；优势度指数平均值为 0.177，各站位波动范围在 0.083~0.389 之间。调查海域，II 型网浮游动物多样性指数平均值为 3.424，各站位波动范围在 2.824~3.753 之间；均匀度指数平均值为 0.818，各站位波动范围在 0.723~0.904 之间；丰富度指数平均为 1.192，各站位波动范围在 0.881~1.734 之间；优势度指数平均值为 0.141，各站位波动范围在 0.115~0.219 之间。

陆丰海域浮游动物的主要类群依然为桡足类和水母类，其它类群在总种类数中所占比例较小。

（5）潮间带生物

秋季调查共采集到潮间带生物 8 门 78 种，其中刺胞动物 1 种，扁形动物 1 种，环节动物 7 种，星虫动物 1 种，软体动物 44 种，节肢动物 21 种，棘皮动物 1 种，脊索动物 2 种。C1 断面、C2 断面、C3 断面、C4 断面、C5 断面分别监测到潮间带生物 25 种、5 种、29 种、3 种、20 种。潮间带生物各潮带密度在 $0.00\sim 1832.00\text{ 个}/\text{m}^2$ 之间，各站位平均密度为 $243.20\text{ 个}/\text{m}^2$ ，密度优势种为黑莽麦蛤；潮间带生物总生物量在 $0.00\sim 1702.77\text{ g}/\text{m}^2$ 之间，各站位平均生物量为 $377.26\text{ g}/\text{m}^2$ 。各站位潮间带生物多样性指数在 $0.00\sim 3.16$ 之间波动，全海区平均值为 1.12；均匀度指数在 $0.00\sim 1.00$ 之间波动，全海区平均值为 0.44；丰富度指数在 $0.00\sim 1.46$ 之间波动，全海区平均值为 0.46；优势度指数在 $0.00\sim 0.96$ 之间波动，全海区平均值为 0.23，潮间带生物多样性总体较差。

冬季调查共采集到潮间带生物 3 门 48 种，其中环节动物 11 种，软体动物 25 种，节肢动物 12 种。C1 断面、C2 断面、C3 断面、C4 断面、C5 断面分别监测到潮间带生物 15 种、5 种、18 种、3 种、16 种。潮间带生物各潮带密度密度在 $0.00\sim 1424.00\text{ 个}/\text{m}^2$ 之间，各站位平均密度为 $217.20\text{ 个}/\text{m}^2$ ，密度优势种为平轴螺；潮间带生物总生物量在 $0.00\sim 2354.40\text{ g}/\text{m}^2$ 之间，各站位平均生物量为 $275.95\text{ g}/\text{m}^2$ 。各站位潮间带生物多样性指数在 $0.00\sim 2.84$ 之间波动，全海区平均值为 0.96；均匀度指数在 $0.00\sim 0.96$ 之间波动，全海区平均值为 0.47；丰富度指数在 $0.00\sim 1.00$ 之间波动，全海区平均值为 0.32；优势度指数在 $0.00\sim 0.93$ 之间波动，全海区平均值为 0.35，潮间带生物多样性总体极差。

春季调查共采集到潮间带生物 4 门 61 种，其中环节动物 11 种，软体动物 31 种，

节肢动物 17 种，棘皮动物 2 种。C1 断面、C2 断面、C3 断面、C4 断面、C5 断面分别监测到潮间带生物 21 种、7 种、19 种、7 种、15 种。潮间带生物各潮带密度密度在 0.00~856.00 个/m² 之间，各站位平均密度为 208.13 个/m²，密度优势种为塔结节滨螺；潮间带生物总生物量在 0.00~1991.76 g/m² 之间，各站位平均生物量为 233.92 g/m²。各站位潮间带生物多样性指数在 0.00~2.59 之间波动，全海区平均值为 1.10；均匀度指数在 0.00~1.00 之间波动，全海区平均值为 0.53；丰富度指数在 0.00~1.15 之间波动，全海区平均值为 0.40；优势度指数在 0.00~0.99 之间波动，全海区平均值为 0.37，潮间带生物多样性总体较差。

夏季调查共采集到潮间带生物 6 门 69 种，其中刺胞动物 2 种，环节动物 13 种，星虫动物 2 种，软体动物 38 种，节肢动物 12 种，棘皮动物 2 种。C1 断面、C2 断面、C3 断面、C4 断面、C5 断面分别监测到潮间带生物 20 种、4 种、24 种、1 种、28 种。潮间带生物各潮带密度密度在 0.00~1864.00 个/m² 之间，各站位平均密度为 297.47 个/m²，密度优势种为塔结节滨螺；潮间带生物总生物量在 0.00~1547.44 g/m² 之间，各站位平均生物量为 383.19 g/m²。各站位潮间带生物多样性指数在 0.00~2.97 之间波动，全海区平均值为 0.89；均匀度指数在 0.00~0.91 之间波动，全海区平均值为 0.37；丰富度指数在 0.00~1.51 之间波动，全海区平均值为 0.38；优势度指数在 0.00~0.98 之间波动，全海区平均值为 0.35，潮间带生物多样性总体为低。

（6）底栖生物

秋季：本次调查共采集到底栖生物 7 门 54 种，其中纽形动物 1 种，环节动物 28 种，星虫动物 2 种，螠虫动物 1 种，软体动物 12 种，节肢动物 9 种，棘皮动物 1 种，各站位生物种类数为 3~27 种。调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在 80~1600 个/m² 之间，平均密度为 380.71 个/m²，优势种为光滑倍棘蛇尾、冠奇异稚齿虫、双形拟单指虫、双眼钩虾弦毛内卷齿蚕、铜色巢沙蚕、长吻沙蚕。调查海域各站位大型底栖生物总生物量变化在 1.05~105.60 g/m² 之间，平均生物量为 23.38 g/m²。各站位底栖生物多样性指数在 0.48~3.97 之间，全海区平均值为 2.76；均匀度指数在 0.30~0.95 之间，全海区平均值为 0.79；丰富度指数在 0.29~2.85 之间，全海区平均值为 1.37；优势度指数在 0.08~0.85 之间，全海区平均值为 0.24，底栖生物多样性总体一般。

冬季：本次调查共采集到底栖生物 9 门 63 种，其中刺胞动物 2 种，纽形动物 1 种，环节动物 34 种，星虫动物 2 种，螠虫动物 1 种，软体动物 11 种，节肢动物 10 种，棘

皮动物 1 种，脊索动物 1 种，各站位生物种类数为 3~20 种。调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在 25~950 个/m² 之间，平均密度为 325.00 个/m²，优势种为光滑倍棘蛇尾、冠奇异稚齿虫、短吻铲菱螠、虹光亮櫻蛤。调查海域各站位大型底栖生物总生物量变化在 2.50~272.15 g/m² 之间，平均生物量为 65.58 g/m²。各站位底栖生物多样性指数在 1.15~3.75 之间，全海区平均值为 2.51；均匀度指数在 0.41~0.95 之间，全海区平均值为 0.72；丰富度指数在 0.43~2.14 之间，全海区平均值为 1.45；优势度指数在 0.09~0.67 之间，全海区平均值为 0.31，底栖生物多样性总体一般。

春季：本次调查共采集到底栖生物 10 门 59 种，其中刺胞动物 1 种，纽形动物 1 种，环节动物 33 种，星虫动物 2 种，螠虫动物 1 种，软体动物 7 种，节肢动物 10 种，腕足动物 1 种，棘皮动物 2 种，脊索动物 1 种，各站位生物种类数为 6~18 种。调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在 50~375 个/m² 之间，平均密度为 172.50 个/m²，优势种为光滑倍棘蛇尾、冠奇异稚齿虫、弦毛内卷齿蚕。调查海域各站位大型底栖生物总生物量变化在 0.95~74.70 g/m² 之间，平均生物量为 24.63 g/m²。各站位底栖生物多样性指数在 2.03~3.88 之间，全海区平均值为 2.65；均匀度指数在 0.58~0.96 之间，全海区平均值为 0.79；丰富度指数在 0.88~2.25 之间，全海区平均值为 1.39；优势度指数在 0.08~0.44 之间，全海区平均值为 0.26，底栖生物多样性总体一般。

夏季：本次调查共采集到底栖生物 8 门 57 种，其中纽形动物 1 种，环节动物 30 种，星虫动物 2 种，螠虫动物 1 种，软体动物 5 种，节肢动物 13 种，棘皮动物 2 种，脊索动物 3 种，各站位生物种类数为 6~24 种。调查海域各站位大型底栖生物栖息密度变化在 45~415 个/m² 之间，平均密度为 140.71 个/m²，优势种为光滑倍棘蛇尾、冠奇异稚齿虫、弦毛内卷齿蚕。调查海域各站位大型底栖生物总生物量变化在 1.15~56.95 g/m² 之间，平均生物量为 14.24 g/m²。各站位底栖生物多样性指数在 1.01~4.07 之间，全海区平均值为 2.72；均匀度指数在 0.32~0.98 之间，全海区平均值为 0.81；丰富度指数在 0.65~2.90 之间，全海区平均值为 1.42；优势度指数在 0.08~0.73 之间，全海区平均值为 0.26，底栖生物多样性总体一般。

（7）鱼卵仔稚鱼

秋季调查水平和垂直拖网采集的样品中，垂直网中鉴定到鱼卵 2 目 5 科 5 种，鉴定到仔稚鱼 4 目 4 科 4 种；秋季水平拖网定性调查中鉴定的鱼卵 2 目 6 科 6 种，仔稚鱼鉴定 5 目 5 科 7 种。调查海域鱼卵平均密度为 0.66 ind./m³，仔稚鱼平均密度为 0.08

ind./m³；鱼卵密度优势种为鲳属、多鳞鱚和鲷科，仔稚鱼密度优势种为前鳞骨鲻。

冬季调查水平和垂直拖网采集的样品中，垂直网中鉴定到鱼卵 3 目 4 科 5 种，鉴定到仔稚鱼 1 目 2 科 2 种；冬季水平拖网定性调查中鉴定的鱼卵 3 目 3 科 4 种，仔稚鱼鉴定 4 目 4 科 6 种。调查海域鱼卵平均密度为 0.57 ind./m³，仔稚鱼平均密度为 0.06 ind./m³；鱼卵密度优势种为棱鳀属、鲷科、斑鱚，仔稚鱼密度优势种为斑鱚、康氏小公鱼。

春季调查水平和垂直拖网采集的样品中，垂直网中鉴定到鱼卵 3 目 7 科 8 种，鉴定到仔稚鱼 2 目 8 科 10 种；春季水平拖网定性调查中鉴定的鱼卵 3 目 7 科 9 种，仔稚鱼鉴定 4 目 10 科 15 种。调查海域鱼卵平均密度为 4.11 ind./m³，仔稚鱼平均密度为 0.39 ind./m³；鱼卵密度优势种为鲳属和小公鱼，仔稚鱼密度优势种为赤鼻棱鳀。

夏季调查水平和垂直拖网采集的样品中，垂直网中鉴定到鱼卵 3 目 5 科 6 种，鉴定到仔稚鱼 3 目 7 科 7 种；夏季水平拖网定性调查中鉴定的鱼卵 4 目 7 科 8 种，仔稚鱼鉴定 5 目 10 科 11 种。调查海域鱼卵平均密度为 0.76 ind./m³，仔稚鱼平均密度为 0.20 ind./m³；鱼卵密度优势种为小公鱼、鲳属和多鳞鱚，仔稚鱼密度优势种为小沙丁鱼、眶棘双边鱼。

（8）游泳动物

秋季：本次调查海域内共有游泳动物种类 75 种。其中鱼类 43 种，虾类 14 种，蟹类 14 种，头足类 4 种。优势种为口虾蛄、近缘新对虾、墨吉对虾和红星梭子蟹。调查海域内渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总重量密度最大值为 478.65 kg/km²，出现在 3 号站位，总尾数密度最大值为 40.43×10^3 ind./km²，出现在 2 号站位。调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 3.64 (3.01~4.05)；丰富度指数 (d) 均值为 3.27 (2.64~3.94)；均匀度指数 (J') 均值为 0.76 (0.64~0.85)；优势度指数 (λ) 均值为 0.13 (0.08~0.26)。2023 年 11 月调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为 3.64 (3.13~4.17)；丰富度指数 (d) 均值为 1.82 (1.43~2.02)；均匀度指数 (J') 均值为 0.76 (0.66~0.88)；优势度指数 (λ) 均值为 0.13 (0.08~0.20)。

冬季：本次调查海域内共有游泳动物种类 68 种。其中鱼类 34 种，虾类 16 种，蟹类 16 种，头足类 2 种。优势种为龙头鱼、皮氏叫姑鱼、长叉三宅虾蛄、波罗门赤虾、口虾蛄、伪装仿关公蟹、隆线强蟹和矛形剑泳蟹。调查海域内渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总重量密度最大值为 309.64 kg/km²，出现在 20 号站位，总尾

数密度最大值为 53.32×10^3 ind./km²，出现在 20 号站位。调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 3.88 (3.54~4.14)；丰富度指数 (d) 均值为 3.71 (3.00~4.46)；均匀度指数 (J') 均值为 0.80 (0.72~0.83)；优势度指数 (λ) 均值为 0.10 (0.08~0.15)。2024 年 1 月调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为 4.16 (3.91~4.33)；丰富度指数 (d) 均值为 1.88 (1.55~2.22)；均匀度指数 (J') 均值为 0.86 (0.81~0.89)；优势度指数 (λ) 均值为 0.07 (0.06~0.10)。

春季：本次调查海域内共有游泳动物种类 75 种。其中鱼类 43 种，虾类 12 种，蟹类 15 种，头足类 5 种。优势种为皮氏叫姑鱼、口虾蛄和隆线强蟹。调查海域内渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总重量密度最大值为 372.15 kg/km²，出现在 18 号站位，总尾数密度最大值为 31.22×10^3 ind./km²，出现在 16 号站位。调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 3.84 (3.04~4.41)；丰富度指数 (d) 均值为 3.25 (2.31~4.41)；均匀度指数 (J') 均值为 0.81 (0.69~0.87)；优势度指数 (λ) 均值为 0.11 (0.07~0.19)。2024 年 4 月调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为 3.97 (3.47~4.47)；丰富度指数 (d) 均值为 1.81 (1.35~2.28)；均匀度指数 (J') 均值为 0.84 (0.79~0.93)；优势度指数 (λ) 均值为 0.09 (0.06~0.13)。

夏季：本次调查海域内共有游泳动物种类 73 种。其中鱼类 46 种，虾类 11 种，蟹类 12 种，头足类 4 种。优势种为日本竹筍鱼、中线鸚天竺鲷、猛虾蛄、须赤虾和直額蟳。调查海域内渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀，总密度最大值为 579.85 kg/km²，出现在 18 号站位，总尾数密度最大值为 58.34×10^3 ind./km²，出现在 3 号站位。调查海域渔获物重量多样性指数 (H') 均值为 3.80 (3.02~4.17)；丰富度指数 (d) 均值为 2.98 (2.25~4.01)；均匀度指数 (J') 均值为 0.81 (0.65~0.89)；优势度指数 (λ) 均值为 0.11 (0.07~0.23)。2024 年 8 月调查海域渔获物尾数多样性指数 (H') 均值为 3.61 (3.07~4.25)；丰富度指数 (d) 均值为 1.67 (1.22~2.28)；均匀度指数 (J') 均值为 0.77 (0.66~0.85)；优势度指数 (λ) 均值为 0.13 (0.09~0.20)。

总体来看，在调查海域虾蛄类在各个季节都较多。

（9）微生物（粪大肠菌群）

四季核电海域水质粪大肠菌群调查结果为未检出或极低，各层水体中粪大肠菌群个数远低于第一（二、三）类水质标准值 2000 个/L，调查海域水质卫生状况良好。

（10）污损生物

月板：2024 年 5 月板采集到污损生物 4 种，其中环节动物多毛类 2 种、节肢动物 1 种和苔藓动物 1 种。2024 年 6 月板采集到污损生物 8 种，其中扁形动物 1 种、环节动物 2 种、节肢动物 3 种、软体动物 1 种和苔藓动物 1 种。2024 年 7 月板采集到污损生物 11 种，其中环节动物 2 种、节肢动物 3 种、软体动物 5 种和苔藓动物 1 种。2024 年 8 月板采集到污损生物 11 种，其中苔藓动物 2 种、环节动物 3 种、节肢动物 4 种和软体动物 2 种。2024 年 9 月板采集到污损生物 11 种，其中褐藻 1 种、苔藓动物 1 种、环节动物 2 种、节肢动物 5 种、纽形动物 1 种、软体动物 1 种。2024 年 10 月板采集到污损生物 6 种，其中苔藓动物 1 种、环节动物门 2 种和节肢动物 3 种。2024 年 11 月板采集到污损生物 6 种，苔藓动物 1 种、环节动物门 2 种和节肢动物 3 种。2024 年 12 月板采集到污损生物 4 种，其中苔藓动物 1 种、环节动物门 2 种和节肢动物 1 种。2025 年 1 月板采集到污损生物 2 种，其中环节动物 1 种和节肢动物 1 种。2025 年 2 月板采集到污损生物 4 种，其中软体动物 2 种和节肢动物 2 种。2025 年 3 月板采集到污损生物 6 种，其中苔藓动物 1 种、环节动物门 2 种、节肢动物 2 种、软体动物 1 种。2025 年 4 月板采集到污损生物 3，其中苔藓动物 1 种、环节动物 1 种和节肢动物 1 种。

季板：2024 夏季板采集到污损生物 14 种，其中苔藓动物 4 种、环节动物多毛类 2 种、软体动物 4 种、节肢动物 4 种。2024 年秋季板采集到污损生物 11 种，其中苔藓动物 2 种、褐藻 1 种、环节动物多毛类 1 种、节肢动物 4 种、软体动物 3 种。2025 年冬季板采集到污损生物 9 种，其中绿藻 1 种、苔藓动物 2 种、环节动物多毛类 1 种、软体动物 4 种、节肢动物 1 种。2025 年春季板采集到污损生物 7 种，其中苔藓动物 2 种、环节动物 1 种、软体动物 2 种、和节肢动物 2 种。

半年板：2024 年上半年板采集到污损生物 12 种，其中苔藓动物 3 种，绿藻 1 种，环节动物多毛类 2 种、节肢动物 3 种，软体动物 3 种。2023 年下半年板采集到污损生物 10 种，其中苔藓动物 2 种、环节动物多毛类 2 种、软体动物 5 种和节肢动物 1 种。

年板：2024 年 5 月-2025 年 4 月年板采集到污损生物 14 种，其中苔藓动物 2 种、刺胞动物 1 种、环节动物多毛类 2 种、软体动物 5 种、尾索动物 2 种和节肢动物 2 种。

（11）生物遗传多样性。

秋季调查区内口虾蛄、近缘新对虾、红星梭子蟹、棒锥螺、皮氏叫姑鱼的遗传多样性水平较高。

冬季调查区内拟矛尾鰕虎鱼、长叉三宅虾蛄具有较高的遗传多样性，大黄鱼的遗传

多样性水平较低，龙头鱼、隆线强蟹的遗传多样性水平低。

春季调查区域内海鳗、拟矛尾鰕虎鱼、口虾蛄具有较高的遗传多样性水平，中华管鞭虾遗传多样性水平较低，联珠蚶遗传多样性低。

夏季调查区域宽条鹦天竺鲷、直额蟳、口虾蛄具有较高的遗传多样性水平，黄斑光胸鲷、池鱼遗传多样性水平较低。

2.3.3.2 三场一通

厂址半径 15km 范围内没有三场一通道，具体情况如下：

(1) 南海鱼类产卵场

本项目不位于南海中上层鱼类产卵场及南海底层、近底层鱼类产卵场内。距离南海中上层鱼类产卵场最近距离约 25km，距离南海底层、近底层鱼类产卵场最近距离约 42km。

(2) 南海北部幼鱼繁育场保护区

南海北部幼鱼繁育场保护区位于南海北部及北部湾沿岸 40m 等深线、17 个基点连线以内水域，保护期为 1-12 月。管理要求为禁止在保护区内进行底拖网作业。

本项目距离 30m 等深线约 31km，距离 40m 等深线更远，南海北部幼鱼繁育场保护区范围为 40m 等深线向外海一侧与 17 个基点连线围成的范围。

(3) 索饵场

项目附近海域闽南、粤东近海群系鲐鱼索饵场，该鲐鱼闽南、粤东近海群系不作长距离洄游，整个生命过程包括生殖、索饵等基本在闽南、粤东近海度过。

(4) 越冬场

闽南、粤东近海群系鲐鱼越冬场，闽南、粤东近海群系不作长距离洄游，整个生命过程包括生殖、索饵等基本在闽南、粤东近海度过，主要分布于 $22^{\circ}00' \sim 22^{\circ}30'$ ， $116^{\circ}00' \sim 116^{\circ}40'$ 。水深 60~100 m，越冬期一般为 12 月至翌年 3 月。

(5) 洄游通道

蓝圆鲹可分为二个种群：一是东海种群，二是闽南、粤东近海种群。东海种群有两个越冬场：一是在台湾海峡中南部（与闽南、粤东近海种群的分布有交错）；另一个是在台湾北部彭佳屿附近水深 100~150 m 的海域。每年 3 月开始，位于台湾海峡越冬的鱼群，随着性腺的逐渐发育，离开越冬场向西和向北方向作生殖洄游，在闽中、

闽东近海的产卵期为 4~7 月，盛期为 5~6 月。产卵过后的亲鱼继续向北洄游，部分鱼群可达浙江中部沿海。孵化出来的仔幼鱼也随风、随流飘到浙江近海索饵成长，到秋末随着水温的下降，亲体和幼鱼均返回越冬场越冬。彭佳屿越冬的鱼群，约于 3~4 月间分批向浙江近海作产卵洄游，进入产卵场的大致时间为：南、北亮近海为 4~5 月，鱼山、大陈近海为 5~6 月，舟山近海为 6~7 月，产卵期可延长至 9 月，盛期为 5~6 月。当年生幼鱼在产卵场附近索饵，有部分会逐步向北扩展，到夏末和秋季在舟山和长江口渔场，与当年生幼鱼混合成为秋汛捕捞鮰鱼的汛期。秋末，随着水温的下降，亲体和当年生幼鱼陆续返回越冬场越冬。

东海区鲐台鱼可分为闽南、粤东近海群系和东海群系。闽南、粤东近海群系不作长距离洄游，整个生命过程包括生殖、索饵等基本在闽南、粤东近海度过，无明显的越冬现象，冬季主要分布于 $22^{\circ}00' \sim 22^{\circ}30'N$, $116^{\circ}00' \sim 116^{\circ}40'E$, 60~100 m 水深海区，冬末春初，鱼群由深到浅向东北方向移动。春季分内外两路作短距离移动。外路鱼群沿台湾浅滩南部向偏东方向移动，5~6 月间到达花屿附近再折向北洄游；内路鱼群沿南澎列岛、礼是列岛北上。这两股鱼群均为边洄游边产卵，主要产卵场在 $22^{\circ}00' \sim 23^{\circ}00'N$, $116^{\circ}00' \sim 119^{\circ}00'E$ 海区，产卵后的亲体，就近分散索饵。

分布于南海的金线鱼不作季节性远距离的洄游，仅随着季节的变化在深水区与浅水区之间移动。每年 2 月中旬金线鱼从汕头西南外海区向近海一带作产卵洄游，在 4 月下旬至 5 月上旬水温升高时进行产卵，5 月产卵后分散向西南方向游向外海；幼鱼逐渐长大，也向深水海域移动。

厂址周边用海 15km 范围内无红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等特殊生境。

2.3.3.3 渔业资源及渔业生产现状

陆丰近岸海域鱼类资源主要有带鱼、金线鱼、沙丁鱼、海鳗、鲳鱼、真鲷、白姑鱼、马面鲀、蓝圆鲹等；甲壳类资源主要有梭子蟹、对虾等；藻类资源主要有江蓠；头足类主要有乌贼、鱿鱼等。养殖的主要品种有牡蛎、南美白对虾、鲈鱼、青蟹、贻贝、蛤、海胆等。

（1）渔业生产

2024 年，陆丰市全年水产品产量 25.46 万吨。其中，海洋捕捞 10.86 万吨，海水养

殖产量 12.91 万吨，淡水捕捞 830 吨，淡水养殖 1.61 万吨，海水总产量 23.77 万吨；淡水总产量 1.69 万吨。

厂址所在碣石镇 2024 年海水养殖产量 30350 吨，海水捕捞 32248 吨，淡水养殖 185 吨。养殖品种为对虾、蟹、螺、罗非鱼、乌鱼、蚝、青斑、珍珠龙胆等。

（2）水产养殖

厂址 15km 范围内共有 12 个确权养殖，其中距厂址最近的为陆丰市海喜养殖场，养殖方式为滩涂养殖，养殖面积约 2.1hm^2 ，位于厂址 NE 方位 7.7km 处。最大的确权养殖为陆丰启晖种养发展有限公司和陆丰市裕洲农业科技发展有限公司，养殖面积 48hm^2 ，分别位于厂址 NW 8.6km 和 8.2km 处。

根据《陆丰市养殖水域滩涂规划（2018-2030）年》（2018 年 12 月），厂址附近海域为碣石镇禁止养殖区，碣石镇禁止养殖区为碣石渔港作业区，田尾山工业与城镇用海区，碣石湾湿地保护区，西桔礁等无人岛周边 200 米海域。

金厢镇限制养殖区位于厂址 NW 方位 10km 处，主要有金厢重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区、金厢休闲渔业区、剑坑水库等水库以及观音岭森林公园 (17.82hm^2)。

浅海滩涂养殖区位于厂址 NW 方位 9km 处，适宜发展浅海滩涂养殖的区域主要在金厢海岸带，浅海养殖可以浅海筏式养殖、浅海底播增养殖、海水网箱养殖为主，浅海筏式养殖和底播增养殖种类以贝类（如牡蛎、贻贝、蛤蜊、扇贝、泥蚶、鲍鱼等）、藻类（如江蓠）为主。网箱养殖以大黄鱼、军曹鱼、石斑鱼等经济价值鱼类为主。

根据《汕尾市海洋养殖发展规划》（2021-2030 年）（2021 年 12 月），陆丰核电厂用海位于禁养区，厂址 15km 范围内增养殖用海区先行利用区涉及碣石南海域增养殖用海、湖东南海域增养殖用海和金厢南海域增养殖用海，距厂址最近的为碣石南海域增养殖用海，规划面积为 2100 公顷，最近处距厂址 SW 方位约 7km。

根据《汕尾市现代化海洋牧场建设规划（2024-2035 年）》（2025 年 1 月），厂址 15km 范围内涉及 2 个近海养殖区，分别为碣石近海养殖区和湖东近海养殖区，涉及 2 个海上养殖区（近期），分别为碣石湾海域启动区一区和碣石湾海域启动区二区，涉及 1 个海上养殖区（远期），为碣石湾南中远海海域发展预留区。

（3）人工鱼礁规划和建设概况

根据《广东省沿海人工鱼礁建设规划》，碣石湾海域共规划建设人工鱼礁区 6 个，分别为 1、陆丰市甲子麒麟山人工鱼礁区；2、陆丰市湖东三洲澳人工鱼礁区；3、陆丰

市碣石田尾山人工鱼礁区；4、陆丰市金厢南人工鱼礁区；5、汕尾市遮浪角东人工鱼礁区；6、汕尾市遮浪角西人工鱼礁区。距离陆丰核电厂最近的人工鱼礁是湖东三洲澳人工鱼礁区，位于厂址 ENE 方位，距离约 8.6km。

2.3.3.4 赤潮

（1）2022 年和本次赤潮生物调查情况

按照《赤潮监测技术规程》，2022 年调查过程中赤潮生物的丰度均未达到基准浓度，未发现有赤潮风险。

本次海域生态调查四个季度中，秋季、冬季、春季、夏季水采浮游植物细胞数量总平均分别为 4.35×10^3 cells/L、 11.44×10^3 cells/L、 3×10^3 cells/L 和 11.39×10^4 cells/L，各站位细胞数量均低于赤潮基准密度，无发生赤潮的风险。

（2）本项目附近海域赤潮历史资料

根据历史资料，多次或大面积引发赤潮的主要优势种为中肋骨条藻、球形棕囊藻、血红哈卡藻和夜光藻。

2.3.4 工业、交通及其他设施

2.3.4.1 工业

（1）工业企业现状

2024 年，陆丰市实现地区生产总值 458.20 亿元，同比增长 3.2%，基本形成以电力能源、临港装备制造、电子信息为三大主导产业，五金家具配件、圣诞品等传统产业相协调的工业发展格局。厂址半径 15km 范围主要包括了陆丰市的碣石镇全部区域，以及金厢镇、南塘镇、湖东镇和桥冲镇的部分范围。其中碣石镇自 2021 年以来打造千亿级海洋能源和装备制造产业集群的工作部署，打造粤东高端海工装备制造高地，已形成全链条产业生态，突出打好海洋、海岸、海港三张“优势牌”，全力推进陆丰核电、陆丰海洋工程基地、内洋光伏发电等重大项目建设，推动 GDP 与 GEP“双提升”，助力实现“双碳”目标。陆丰海洋工程基地瞄准“打造成为以临港海工装备制造为核心的国家级临港工业基地”的定位。

厂址半径 15km 范围内现有汕尾（陆丰）海工基地工业园区。汕尾（陆丰）海工基地属于汕尾（陆丰）临港产业园其中之一，基地包含陆丰核电厂。除陆丰核电厂外，

其余海工基地、综合产业等位于核电 NE 方位约 2-8km 范围内。海工基地已引进入驻了中广核新能源、明阳智能、中天科技、天能重工、长风集团等一批链主或头部企业，明阳园区叶片和整机生产、中天园区智能电网、天能重工园区、长风园区蓝精特种管业制造等项目相继建成投产，2023 年实现产值 133.5 亿元。

距厂址最近的规模以上企业为汕尾明阳新能源科技有限公司，位于 5 号机组 ENE 方位约 2.2km。

（2）工业企业规划

1) 总体规划

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035）》（2023 年 11 月），厂址半径 15km 范围所涉及的碣石镇和南塘镇为重点镇，金厢镇、桥冲镇和湖东镇为一般镇。碣石镇定位为综合型城镇、工业型城镇，发展方向为中国历史文化名镇，以新能源、海工装备制造、滨海旅游为特色的城乡融合发展重点镇。南塘镇定位为综合型城镇，发展方向为陆丰市东南部商贸流通中心、农副产品加工基地。湖东镇规划为工业型城镇，发展方向为“依港立镇，以港兴镇”，以乡村振兴示范带建设为引领的港区强镇，重点发展海洋经济、特色农业、红色文化旅游产业。金厢镇规划为文旅型城镇，桥冲镇为农业型城镇。根据以上规划，厂址半径 15km 范围内的工业主要位于碣石镇和湖东镇。

根据《陆丰市产业发展“十四五”规划》（2022 年 5 月），厂址 15km 范围内涉及的陆丰市重大产业为陆丰海工装备基地（厂址 NE 方位约 2~8km）。规划要求，抓住陆丰核电、海上风电建设机遇，加快建设陆丰海工装备制造基地，构建“一带两廊三组团”的空间格局，充分发挥中广核新能源、中天科技、明阳智能等龙头企业引领带动作用，推动海上风电装备制造产业集群发展。加快二期谋划和建设，推动各类资源要素向平台集聚，重点发展风电零部件、输变电装备、风电运维等产业，打造全国一流的海洋装备制造园区。推进中广核陆丰海洋工程基地水工工程码头建设，带动海洋经济的发展。推动核能能源产业发展，尽快形成产能。加快引进起重及港口机械设备、海上风电配套装备及其配件的制造、加工、销售以及服务等全链条企业，完善上游装备设计、中游装备制造到下游维修服务等产业链关键环节，打造集技术研发、设备制造、检测认证、建设安装、运行维护于一体的海上风电工程装备制造产业基地，推动陆丰海工装备基地升级为省级产业园。

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021—2035）》（2023 年 11 月），规划以汕尾

市新材料产业园为重点，加强产业协同。积极落实汕尾市新材料产业园，协同碣石海工基地、湖东能源基地、三甲海洋经济产业基地，构建陆丰临港产业园；促进碣石产城融合，做优做强碣石沿海旅游、能源装备等产业。田尾山以东重点发展海上风电全产业链、海工装备制造等产业；田尾山以西重点发展浅澳滨海浴场、碣石智慧渔港、浅澳-观音岭生态旅游等项目；同时引导圣诞玩具、服装、电子、贝雕等传统产业入园升级；构建海洋保护与开发利用带。依托虎舌沙洲、玄武山-金厢滩风景名胜区、观音岭、浅澳海滨浴场等生态文旅资源，依靠滨海旅游公路，打造集红色文化教育、海上运动、度假休闲等于一体的滨海生态旅游带。依托碣石海工基地、湖东能源基地、三甲海洋经济产业基地、汕尾市新材料产业园，串联旅游文化景区、现代渔港，打造集先进制造、能源科技、现代渔业、滨海旅游和特色农业等于一体的海洋特色鲜明的滨海能源及装备制造产业带；壮大清洁能源产业。风电能源以海上风电为主，在汕尾后湖、甲子一、甲子二海上风电等项目的基础上，继续推进风电清洁能源开发利用，火电能源加快发展高效绿色火电产业，依托陆丰甲湖湾清洁能源基地 1、2 号机组超超临界燃煤清洁发电机组，推动甲湖湾电厂 3、4 号机组建设，打造成为“煤电储配运一体化”大型清洁能源基地。核电能源加快陆丰核电 1、2、5、6 号机组建设，推动核电研发中心落地。加强核材料、核岛设备及核电站运营和维护，重点围绕核能综合利用、核级装备材料、辐射防护与大容量储能等领域开展研发工作。氢能及储能依托碣石海工基地、汕尾市新材料产业园积极推进新能源结构调整，培育壮大新能源产业，打造高科技、高性能、生态环保可持续发展的储能与制氢、抽水蓄能电站项目。

根据《陆丰市碣石镇国土空间总体规划（2021—2035）》（2025 年 6 月），碣石镇规划构建“一轴一带，一心三片”的国土空间开发保护总体格局：

“一轴”为国道 G228 城镇发展轴；

“一带”为沿海经济发展带，西岸依托碣石湾滨海旅游资源建设魅力蓝湾；东岸依托碣石海工基地、海上风电等，建设绿电创新示范基地；

“一心”为碣石镇综合服务中心；

“三片”为滨海旅游度假片区、清洁能源与先进制造业片区、山水农旅特色片区。陆丰核电厂位于清洁能源与先进制造业片区。

2) 专项规划

a) 碣石产业园产业发展规划

碣石产业园位于厂址 NNE 方位约 12.6km，根据《陆丰市东海经济开发区碣石产业园产业发展规划（2021-2030）》（2021 年 12 月），碣石产业园近中期规划总面积约 1836 亩，第一期为 124 亩，第二期 512 亩，远期规划 1200 亩；规划范围内地势平坦，土地可开发利用面积有一定规模，加以规划调整、土地置换，可为打造民营经济园区提供重要的载体。碣石产业园初步规划分为圣诞饰品生产区、摩托车配件生产区、手工艺品区、服装园区、成品交易商业物流专区，分区域、分阶段、有计划推进园区建设。

b) 汕尾（陆丰）临港产业园综合发展规划

汕尾（陆丰）临港产业园位于陆丰市碣石镇田尾山东侧，沿碣田公路两侧，东临南海，西至内洋，北至滴水村，南临陆丰核电厂，位于厂址 NE 方位约 2-9km 范围内，总规划面积 412.58hm²，其中建设用地面积为 400.88hm²。

根据《汕尾（陆丰）临港产业园综合发展规划》（2025 年 4 月，规划的期限为 2024-2035），规划构筑“一心两轴三组团”的整体空间结构：

一心：综合服务核心。依托碣海路滨海的区位条件，集中布局行政办公和商业商务等功能，打造园区综合服务核心。

两轴：依托碣田大道，串联各产业组团，打造园区南北向的空间轴线。依托碣海路，打造通往碣石镇区，展示园区形象的特色轴线。

三组团：根据现状、交通和区位条件，合理布局风电装备产业组团、新兴产业组团、综合配套服务组团三大组团。

围绕产业空间布局和产业体系建设要求，汕尾临港产业园将加快构建以风电装备制造产业、后续产业（战略新兴产业）、综合服务产业为重点的产业格局，培育壮大现代海洋产业。其中风电装备产业重点发展海上风电机组生产、塔筒桩基制造、海底电缆、海上变电站等主导产业；后续产业（战略新兴产业）拓展发展新能源、海洋生物医药、海洋工程装备制造、海洋新材料、海洋电子信息、海水综合利用等战略性新兴产业；综合服务产业支持发展风电配套产业、海洋牧场、海洋金融服务、涉海商务服务等配套服务产业。

c) 汕尾（陆丰）海工基地发展规划

汕尾（陆丰）海工基地属于汕尾（陆丰）临港产业园其中之一，基地包含陆丰核电厂。除陆丰核电厂外，其余海工基地、综合产业等位于核电 NE 方位约 2-8km 范围

内。根据《汕尾(陆丰)临港产业带发展总体规划（2023-2030 年）》（2023 年 2 月），汕尾（陆丰）海工基地位于陆丰市碣石镇田尾山东侧，沿碣石公路两侧，东临滴水村，西至内洋，北至植物龙生态园，南临田尾山，其中现状建设用地 2.85km^2 （0.43 万亩）。现有园区控规修编总面积 9.80km^2 ，其中建设用地 9.36km^2 ，占总用地的 95.46%；非建设用地 0.45km^2 ，占总用地的 4.54%。

汕尾（陆丰）海工基地规划重点发展电力能源、海上风电装备、特种光电海缆、油气工程装备制造等，形成以海上风电高端装备制造为核心，海上风电运维、海上风电高端服务业等关键配套为支撑，全链条式服务为特色的完整产业链。规划重点打造集技术研发、设备制造、检测认证、建设安装、运行维护于一体的海上风电工程装备制造产业基地，推动汕尾（陆丰）海工基地申报省级产业集聚地。形成“一心两轴五组团”的整体空间格局。

2.3.4.2 交通

（1）陆上交通

1) 铁路

a) 现状

厂址所在的陆丰市现有 2 条铁路，分别为厦深铁路和汕汕高铁（汕头至汕尾高速铁路）。厦门—深圳沿海铁路东西向经过陆丰市境内，离厂址最近距离约 28km（N 方位），陆丰段为 112km，按照国铁 1 级建设；汕汕高铁于 2023 年通车，东西向经过陆丰市境内，离厂址最近距离约 19km（N 方位），陆丰段长约 60km，按照国铁 1 级建设。

b) 规划

厂址附近的龙川至汕尾铁路（陆丰港支线），正线全长约 49.671km，设计速度 160km/h；港区支线全长约 113.93km，其中海丰港支线 57.6km，陆丰港支线 56.33km，设计速度 160km/h。港区支线东起陆丰港，与揭惠铁路陆丰港湖东作业区专用线相接，东西贯穿陆丰市，沿途经过陆丰港站、大湖站、汕尾东站、红湖站、红草站、海丰港站，该规划线路距厂址最近距离约 18km（N 方位），截至 2024 年，项目仍处于可行性研究阶段，计划“十五五”期间开始建设，2035 年建成通车。

2) 公路

a) 现状

陆丰市已形成了以沈海高速（G15）、甬莞高速（G1523）、梅汕高速（S19）、G228、G324、S238、S240、S241、S510、S549 等高速公路和普通国省道为干线，农村公路为集散的层次分明、布局合理、衔接顺畅的公路网络体系。陆丰核电厂厂址附近区域的主要公路干线为沈海高速（G15）、G324 国道、G228 国道、S238 省道、X808 县道、X133 县道和 X139 县道。厂址附近区域内各村庄已实现了“村村通”。

b) 规划

厂址 15km 范围内规划的道路有：

- 兴汕高速陆丰支线，兴汕高速陆丰支线为陆丰“五横七纵五环”骨架公路网络中的纵五，建设标准为双向四车道高速公路。该规划线路距厂址最近距离约 3km。目前正开展前期研究工作；
- 新建广东省滨海旅游公路（陆丰段），包括甲东至湖东段 25 公里、湖东至碣石 10 公里、乌坎至海丰大湖大桥 11 公里。建设标准为一级公路，规划至 2030 年建设完成。其中厂址附近的湖东至碣石段距最近处离核电约 7km；
- 碣石南溪桥经六桃接核电公路，陆丰“十四五”期间的农村公路改建项目，起于南溪桥，经六桃、新饶，接入核电公路，最近处距厂址约 6.5km；
- 新建珠东快速通道陆丰段，全长约 10.4 公里，双向六车道一级公路，最近处距厂址约 11km。

（2）海上交通

1) 港口作业区、码头

厂址半径 15km 范围内的港口作业区、码头包括汕尾港陆丰港区碣石作业区（油气码头）、田尾山作业区和碣石渔港。

—— 汕尾港陆丰港区碣石作业区

汕尾港陆丰港区碣石作业区位于厂址 NNW 方位约 5.1km，坐标 22°47'35"N, 115°47'39"E。碣石作业区现有 2 个码头泊位，主要用途为成品油、液化气。码头为陆丰市华陆石油集团公司所有，码头为栈桥式，最大靠泊能力 5000DWT，码头长度 170m，前沿水深为 -5.2m。碣石航道长度为 5.2km，基准水深为 -5.1m，可航水域宽度最窄处约为 60m，航道等级 5000DWT，泥沙底质，岸线长度 135m。

碣石作业区规划维持现状。

—— 田尾山作业区

田尾山作业区位于核电厂址东北部约 3km 处、碣田公路以东，白沙湖与施公寮半岛两岸，陆域纵深约 500m。田尾山作业区以海上风电设施运输及临港工业服务为主，兼顾腹地散杂货的运输。目前，作业区西端的陆丰海洋工程基地配套码头及其防波堤已在施工中，规划 5000~10000 吨泊位等级，岸线长度 1559m，通过能力 426 万吨，服务海上风电设施的出运及其原材料的进出。陆丰核电厂 3000t 级重件码头包含在田尾山作业区中。

田尾山作业区对应的陆丰海洋工程基地配套码头工程拟建设 2 个码头 3 个泊位（其中 1#泊位为运维泊位；2#泊位为 5000DWT 重件泊位，最大可停靠 9900t 特种船舶；3#泊位为 5000DWT 重件泊位）及相应配套设施，码头总长 361m，年设计通过能力 154.5 万吨。

—— 碣石渔港

碣石渔港位于陆丰市碣石湾东岸，该港口通过碣石内港与碣石镇区连成一体。距离厂址约 8~10km（NNW 方位）。渔港位于东经 115°47'25"，北纬 22°48'00"~22°49'38" 之间，南北长约 7km，水域面积约 5.6km²，渔港内配套设施基本齐全，为省一级渔港。

目前碣石渔港拥有生产渔船 534 艘，16126 吨位，马力 37000kW，从业人员 0.6 万人。碣石渔港港内岸线长约 12km，渔港航道水深为-2.5m~3.0m，目前只能满足中小型渔船自由进港，大型渔船需乘潮进港。东侧护岸 800m，渔业码头 150m，陆域有 10.8 万 m² 的后方渔业用地，建有 5000m² 的简易水产品交易市场和冰厂、冷库等配套设施，内港避风水域和港池水域疏浚面积 13 万 m²，可满足 300 艘渔船停泊避风。

碣石渔港规划港区水域面积 1.45km²，码头前沿水域 0.129 km²，进港航道全长 3.2km，航道宽 60m。

（3） 锚地

陆丰核电厂厂址半径 15km 范围内有 3 个锚地，分别为碣石港大型船舶临时避风锚地（厂址 SW 方位 12km，半径 2 海里）、过驳锚地（W 方位 10km，半径 2 海里）、引航检疫锚地（WNW 方位 7km，半径 0.5 海里）。

同时，根据规划，新增 15#引航检疫锚地，半径 0.5 海里，位于厂址 SSE 方位 7km 处，新增 19#锚地（厂址 ENE 方位约 9km），同时移动 9#锚地（移动后位于厂址 SW 方位约 14km）。

（4）航道

厂址附近海域海上航线主要有以下几条：

- 外海海域由珠三角北上至上海等地或反方向的驶经汕尾海区的西南-东北方向的航线，该航线距离厂址最近约 18km；
- 碣石航道，由外海驶入碣石湾海域后经碣石港锚地而停靠在碣石湾码头的船舶，控制船型为 5 千吨级液化气船，该航线最近距厂址约 5km；
- 田尾山作业区进港航道，由田尾山作业区至外海，控制船型为 5 万吨级，该航线最近距厂址约 3km；
- 乌坎港东线航道，控制船型为 3 千吨级集装箱船，该航线最近距厂址约 3km；
- 甲子航道，控制船型为 1 千吨级杂货船，该航线最近距厂址约 8km。

（5）机场及空中航线

根据《关于陆丰核电厂址区域上空民用航线或起落通道距厂址平面距离的复函》（民航中南空局函[2024]82 号），厂址半径 16km 范围内没有在用的民用运输机场。厂址半径 30km 范围内经过的现行民航使用的航路（线）有 R200，厂址与 R200 航线投影垂直距离为 15.8km。

陆丰核电厂址 30km 范围内其他航线有 J109 和 J111，距厂址投影垂直距离分别为 27.5km 和 12.2km。各航线均超过了 HAD101/04 规定的 4km 航线筛选距离。

根据《关于陆丰核电厂址区域上空民用航线或起落通道距厂址平面距离的复函》（民航中南空局函[2024]82 号）：“厂址附近已规划民航航线，厂址与最近航线投影的垂直距离为 533m”。根据《广东陆丰核电厂址民用航线查询及坠机概率分析报告》（审定稿，2025 年 1 月）专家评审意见，民航中南空管局原则同意调整航路航线规划，以满足筛选概率水平。意见同时建议相关方进一步推进航路航线规划调整的落实，加强核电建设与航路航线规划的协调性。因此，建议建设单位尽快推动规划航线的调整工作，预计规划航路航线调整后，可以满足陆丰核电厂址的筛选概率水平。

2.3.4.3 外部人为事件评价

厂址周边存在的潜在外部人为事件风险源不会对厂址安全构成影响。

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 降水

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

2.4.3 当地气象条件

2.4.3.1 气温

2.4.3.2 气压

2.4.3.3 相对湿度

2.4.3.4 露点

2.4.3.5 降水

2.4.3.6 风

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 扩散参数值

2.4.6.3 海陆风

2.4.6.4 热内边界层

2.4.7 运行前的厂址气象观测

表

表 2.4-1 汕尾气象站累年气象参数统计特征值（1953~2023 年）

表 2.4-2 汕尾气象站累年风频统计特征值（1953~2023 年）

表 2.4-3 厂址地面站和气象塔各高度气温统计特征值

表 2.4-4 厂址地面站气象参数统计特征值

表 2.4-5 厂址气象塔各高度风玫瑰

表 2.4-6 厂址气象塔各高度月、年平均风速

表 2.4-7 大气测试期间三种稳定度分类方法比较

表 2.4-8 风向、风速、稳定度联合频率

表 2.4-9 厂址扩散参数系数

图

图 2.4-1 汕尾站累年平均季、年风玫瑰图（1953~2023 年）

图 2.4-2 气象塔各高度年风玫瑰图

图 2.4-3 气象塔 10m 高度全年降水期风玫瑰图

图 2.4-4 厂址扩散参数与 P-G 扩散参数比较

图 2.4-5 大气观测试验期间热内边界层个例

2.4 气象

陆丰核电厂位于广东省东部陆丰市碣石镇以南的碣石湾沿岸，背山面海。厂址所在的陆丰市地处广东省东部、北回归线以南的低纬度地区，属南亚热带季风气候，具有四季温暖，雨量充沛，日照充分，无霜期长，海洋性季风明显等特点。厂址所处区域各季节气候概况：

冬季（12~2 月份）普遍盛行东北风或北风，来自北方既寒冷又干燥的空气，经过长途跋涉以后，增温、增湿，强度大为减弱，到达广东时风速已经变小、气温偏高，所以冬季较温暖。但个别年份在寒潮来临时，也可出现霜冻天气。

春季（3~5 月份）气温和降水均处在上升时期。正因为这个时候是冷暖天气交替的变化季节，所以它的不稳定性很大。有的年份会出现春光明媚的天气，而有的年份却会出现持续的低温阴雨倒春寒天气；在某些年份因为雨季来得迟，可能出现持续性的干旱。但从常年的情况来看，雨季在 4 月份便开始了，各地先后进入前汛期。

夏季（6~8 月份）受海洋气团的影响，普遍吹偏南风，带来丰沛的雨水。6 月份是广东前汛期的降雨高峰期，各地出现暴雨的机会甚多。同时，每年的 6~10 月又是热带气旋影响广东的主要时段，影响广东的热带气旋，有 89% 以上出现在这个时段内。据 1949~1998 年的资料统计，平均每年有 7~8 个热带气旋影响广东，登陆广东的也有 3~4 个，占登陆我国热带气旋个数的 4 成。

秋季（9~11 月份）气温逐渐下降。此时多晴朗天气，少降水，开始进入干季。热带气旋活动的次数减少。11 月份虽不是热带气旋最活跃的季节但仍有出现的可能，平均 10 年有一个热带气旋登陆广东。

2.4.1 区域气候

厂址周边 80km 范围内的国家气象站有汕尾、海丰、陆丰、惠来和揭西五个国家气象站。根据厂址地面气象站与周边国家气象站的三性分析，选择汕尾气象站作为陆丰核电厂址的代表站。汕尾气象站位于厂址西面约 46km 处，建于 1952 年，为国家基本气象站，在 1953 年、1958 年和 1991 年进行过三次迁站。观测项目有气压、绝对湿度、相对湿度、风速和风向、气温、降雨量、日照、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。该气象站目前位于汕尾市后径山，经度 115°22'，纬度 22°48'，观测场海拔高度 16.7m，观测场附近地形开阔平坦，没有高大建筑阻挡，观测环境良好。

厂址区域气候描述依据汕尾气象站 1953-2023 年气象观测资料，表 2.4-1 给出了汕尾气象站累年气象参数统计特征值，表 2.4-2 给出了汕尾气象站累年风频统计特征。

2.4.1.1 气温

年平均气温 22.4℃，最热月 7 月平均气温 28.4℃，最冷月 1 月平均气温 14.9℃，气温年较差 13.5℃；极端最高气温 38.5℃（1982 年 7 月 29 日）；极端最低气温 1.6℃（1967 年 1 月 17 日），年平均最高气温为 26.0℃，年平均最低气温为 19.8℃。

2.4.1.2 气压

年平均气压为 1011.3hPa，月平均气压在 1003.5~1018.5hPa 之间，1 月最高，8 月最低，极端最高气压 1035.1hPa（出现在 2016 年 1 月 24 日），极端最低气压 935.1hPa（出现在 2013 年 9 月 22 日，为 2013 年在汕尾登陆的 1319 号超强台风“天兔”影响造成）。

2.4.1.3 相对湿度

厂址区域冬季相对湿度较小，夏季相对湿度较大，最高 6 月平均相对湿度 86%，最低 12 月平均相对湿度 68%。多年平均相对湿度为 78%；最小相对湿度 4%，出现在 1 月。

2.4.1.4 降水

受海洋暖湿气流影响，汕尾雨水充沛，但干湿季仍然明显。年平均雨量 1913.2mm，最少的年份仅有 894.7mm（1963 年），最多的年份可达 2953.9mm（1983 年），约为最少年份的 3.3 倍。年内雨水主要集中在汛期（4~9 月），占全年雨量的 85.5%；冬半年（10 月~翌年 3 月）降雨只占全年的 14.5%。一日最大降雨量为 475.7mm，出现在 1983 年 6 月 18 日。最大一次降雨量为 808.0mm，出现在 2017 年 6 月 13~22 日，最长连续降雨日数是 19d，出现在 2014 年 6 月 15 日~7 月 3 日。1h 最大降雨量为 114.5mm，24h 最大降雨量为 468.1mm。

2.4.1.5 日照

年平均日照时数 2052.1h，年平均日照百分率为 46%，月平均日照时数在 109.5~236.6h 之间，具有明显的季节特征，7 月最高，3 月最低，日照百分率在 29~60% 之间，10 月最高，3 月最低。

2.4.1.6 风

汕尾气象站年平均风速为 2.9m/s，年内各月风速冬、春季大，夏、秋季小；10 分钟最大风速为 45.0m/s，极大风速为 60.4m/s（出现在 1979 年 8 月 2 日，为 1979 年在深圳登陆的 7908 号台风影响造成）。

图 2.4-1 给出了汕尾气象站的累年季、年平均风玫瑰图。

汕尾气象站年最多风向为 NE 和 ENE，频率为 14%，次多风向为 E，频率为 13%，静风频率为 10%；春季最多风向为 E，频率为 15%，次多风向为 ENE 和 ESE，频率为 14%，静风频率为 10%；夏季最多风向为 SW，频率为 20%，次多风向为 WSW、SSW、E，频率为 9%，静风频率为 11%；秋季最多风向为 NE，频率为 19%，次多风向为 ENE，频率为 18%，静风频率为 9%；冬季最多风向为 NE，频率为 18%，次多风向为 ENE，频率为 16%，静风频率为 10%。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 热带气旋

根据 1949~2024 年间台风资料，影响工程海域的热带气旋（含热带低压、热带风暴、强热带风暴和台风）共有 407 个，平均每年 5.34 个。其中，超强台风 14 个、强台风 37 个、台风 105 个、强热带风暴 106 个，热带风暴 61 个，热带低压 84 个，1 月~3 月没有发生，主要发生于 4~12 月份。

根据《广东陆丰核电海洋水文参数分析与计算复核专题》确定设计基准热带气旋参数如下：

- 热带气旋中心千年一遇最低气压 P_0 为 885hPa；
- 外围气压 P_w 为 1008hPa；
- 最大风速半径 $R=30\text{km}$ ；
- 热带气旋移动速度 $V=30.0\text{km/h}$ 。

2.4.2.2 龙卷风

龙卷风是一种小尺度的强对流天气系统，常与飑线、低压、锋面、热带气旋等天气系统相伴出现。陆丰核电厂厂址地处北回归线以南，属于南亚热带海洋性气候，春、夏时节天气变化剧烈，强对流天气频繁出现，夏、秋季节热带气旋活跃，均为龙卷风形成提供了有利条件。

资料收集的空间范围以陆丰核电厂址为中心，经度宽 3 度、纬度宽 3 度区域内的所有气象站点和区域，具体为陆丰、汕尾、海丰、惠来、揭西、普宁、潮阳、揭阳、汕头、澄海、潮州、南澳、饶平、深圳、博罗、惠阳、惠东、河源、紫金、龙川、兴宁、五华、丰顺、梅县 24 个县（市）等。进行定量统计和分析的资料年限以 1951~2023 年为主。

1951 年~2023 年间，陆丰核电厂址 3 个经纬度区域内，共发生龙卷风 159 个，平均每个县（市）约 11 年出现 1 个。龙卷风的地区分布差异大，大致以厂址附近的沿海地区较多，内陆地区较少。揭阳、潮州、深圳等地平均约 4 年~5 年左右出现 1 次，其次是陆丰、惠来、普宁、博罗、河源等地约 6 年~8 年出现 1 次；少的地方则 20 年以上才出现 1 次，南澳岛 56 年来没有龙卷风记录。厂址附近海域资料记录较少，只记录到 1958 年夏（6 月），陆丰县城南面约 6 公里的碣石湾乌坝港内发生过一次“海龙卷”。评估区域内，F1 级龙卷风出现最多为 94 个，占总数的 59.1%，其次是 F0 级 56 个，占总数的 35.2%，F2 级 9 个，调查中未发现 F3 级以上的龙卷风。

2.4.3 当地气象条件

本报告采用 2023 年 7 月至 2025 年 6 月两整年逐时观测气象数据的统计分析结果进行描述，该时间段气象数据联合获取率为 97.8%。表 2.4-3 给出了厂址地面站和气象塔各高度气温统计特征值，表 2.4-4 给出了厂址地面站气象参数统计特征值，表 2.4-5 给出了厂址气象塔各高度风玫瑰，表 2.4-6 给出了气象塔各高度各月及年平均风速，图 2.4-2 给出了气象塔各高度年风玫瑰图，图 2.4-3 给出了气象塔 10m 高度全年降水期风玫瑰图。

2.4.3.1 气温

（1）地面气温

厂址地区年平均气温为 23.4°C，7 月平均气温最高，为 29.5°C，1 月平均气温最低，为 15.3°C。极端最高气温为 36.2°C，出现在 7 月，极端最低气温为 4.6°C，出现在 1 月。

（2）气象塔塔层气温

气象塔 10m 高度年平均气温 23.1°C，7 月平均气温最高，为 29.0°C，1 月平均气温最低，为 15.1°C。极端最高气温为 34.5°C，出现在 7 月，极端最低气温为 4.6°C，出现在 1 月。

气象塔 30m 高度年平均气温 22.9°C，7 月平均气温最高，为 28.8°C，1 月平均气温最低，为 15.1°C。极端最高气温为 34.3°C，出现在 7 月，极端最低气温为 4.5°C，出现在 1 月。

气象塔 80m 高度年平均气温 22.6°C，7 月平均气温最高，为 28.6°C，1 月平均气温最低，为 14.9°C。极端最高气温为 33.8°C，出现在 7 月，极端最低气温为 4.1°C，出现在 1 月。

气象塔 100m 高度年平均气温 22.5°C，7 月平均气温最高，为 28.5°C，1 月平均气温最低，为 14.8°C。极端最高气温为 33.6°C，出现在 7 月，极端最低气温为 4.0°C，出现在 1 月。

（3）边界层温廓线

为了解陆丰核电厂址地区大气扩散特征，苏州热工研究院有限公司于 2010 年开展了现场大气扩散试验。根据厂址地区冬夏两季大气测试结果，厂址地区两测点气温相差不大，气温的日变化规律也基本相同。从全天平均气温统计来看：夏季，厂址地区近地层 100m 高度范围内空气温度在 28~29°C。最高气温出现在 14 时，最低气温出现在 5 时。厂址测点和南溪测点的垂直气温递减率相差不大，在 0.8~0.9°C/100m 左右。白天由于地表辐射强，近地面常会出现超绝热递减的现象，因此温度递减率较大，在 1.22~1.56°C/100m 左右；夜间近地面气温递减率则小于白天，100m 高度范围内递减率约为 0.3°C/100m。冬季，厂址地区近地面 100m 高度范围内平均温度在 15.6~16.3°C，最高气温出现在 14 时，最低气温出现在 8 时。平均气温随高度的增加而降低，但气温的递减率小于夏季，温度递减率的昼夜差别不大。100m 高度内的平均气温递减率约为 0.78°C/100m，100~400m 高度之间平均气温递减率约为 0.1°C/100m。500m~1000m 高度之间平均气温递减率约为 0.1°C/100m。

（4）逆温

— 贴地逆温

夏季大气测试期间，厂址地区的贴地逆温均出现在夜间，符合辐射逆温的生消特征。厂址测点贴地逆温在 20 时左右开始出现，逆温出现时厚度较低，平均厚度为 27m，但此时日落不久，地表辐射强，逆温强度大，达到 $2.33^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ；自 20 时之后，逆温层不断向上发展，强度也随之减低，至早上 5 时左右逆温层最高，平均高度为 67m，逆温强度为 $1.16^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，早上 8 时贴地逆温消失。

南溪测点的贴地逆温生消规律与厂址测点相似，但出现和消失时刻均晚于厂址测点，逆温强度也较弱。南溪测点的贴地逆温在 23 时左右开始出现，平均厚度 34m，逆温强度为 $0.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ；至早上 5 时贴地逆温高度达到最高，平均厚度为 61m，逆温强度为 $0.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，逆温最晚可持续到早上 8 时。

总的来说厂址区域夏季的贴地逆温出现频率为 11%，逆温层平均厚度为 50m，平均强度为 $1.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

冬季大气测试期间，厂址地区贴地逆温出现频率略低于夏季，为 10.5%。逆温层平均厚度则高于夏季，达 113m，平均强度为 $1.1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。厂址地区贴地逆温最早在 20 时出现，平均高度为 98m，平均强度为 $0.77^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ；2 时平均高度最高，达 155m，平均强度 $0.95^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ；逆温最晚可持续到早上 8 时。

— 空中逆温

夏季大气测试期间，厂址地区空中逆温出现高度无明显规律性可循，500m 高度以下空中逆温出现频率为 12.1%，其中，逆温层厚度在 100m 以上的仅为 2%，出现在清晨 5 时和夜间 20 时，逆温强度为 $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。南溪测点 500m 高度以下空中逆温出现频率为 13.8%，逆温层厚度在 100m 以上的仅为 0.6%，出现在 20 时，逆温强度为 $1.1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

冬季大气测试期间，厂址地区空中逆温的出现频率达到 90%。逆温层底部平均高度约为 500m，一般厚度可达 100m 以上，平均逆温强度约为 $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

2.4.3.2 气压

厂址地区年平均气压为 1010.5hPa，月平均气压在 1002.5~1019.0hPa 之间，1 月平均气压最高，8 月平均气压最低。极端最高气压 1029.7hPa，出现在 1 月，极端最低气压 985.0hPa，出现在 7 月。

2.4.3.3 相对湿度

厂址地区年平均相对湿度为 78%，12 月平均相对湿度最小，为 68%，6 月和 8 月平均相对湿度最高，为 85%。极端最小相对湿度为 20%，出现在 11 月。

2.4.3.4 露点

厂址地区年平均露点为 19.2°C，7、8 月平均露点最高，为 25.9°C，1 月平均露点最低，为 9.8°C。最小露点为 -4.9°C，出现在 12 月。

2.4.3.5 降水

厂址地区年平均降水量为 1768.7mm。年内各月降水分配不均，雨水主要集中在汛期 4~9 月，占全年降水量的 91%。厂址地区年降水时数 595h，降水日数 92d。

厂址地区各风向降水量为：275.9mm（N），375.5mm（NNE），768.5mm（NE），407.4mm（ENE），196.5mm（E），42.7mm（ESE），113.0mm（SE），159.3mm（SSE），370.0mm（S），166.9mm（SSW），205.3mm（SW），228.5mm（WSW），70.5mm（W），50.1mm（WNW），42.1mm（NW），53.3mm（NNW），11.8mm（C）。

2.4.3.6 风

表 2.4-5 给出了厂址气象塔各高度风玫瑰，表 2.4-6 给出了气象塔 10m、30m、80m 和 100m 高度月、年平均风速值。

（1）风速

厂址地区 10m、30m、80m、100m 高度年平均风速分别为 3.1m/s、4.4m/s、5.7m/s 和 6.0m/s。

（2）风向

厂址各高度主导风向为 10m 高度（ENE，19.2%）、30m 高度（NE，22.1%）、80m 高度（NE，23.5%），100m 高度（NE，22.2%）。厂址各高度静风频率为 0.9%（10m 高度）、0.3%（30m 高度）、0.1%（80m 高度）、0.2%（100m 高度）。

（3）风廓线

厂址地区冬夏两季大气测试的结果显示，厂址地区受系统风影响较强，风速大、

风向时空变化小。

一 风速

夏季大气测试期间，在 500m 以下的观测高度中，风速随高度的增加而增大，在 400m~500m 左右，风速最大，达到 6.1m/s，自 500m~1300m 风速随着高度增加有较好的递减规律。从昼夜风速变化来看，厂址测点各高度的白天平均风速大于夜间；南溪测点风廓线变化趋势与厂址测点基本相同，在 500m 以下风速有较好的递增趋势，在 500m 平均风速最大，为 6.0m/s，在 500m~1300m 风速同样也规律性递减。昼夜风速变化来看，南溪测点也是白天风速大，夜间风速小。

两测点平均风速对比可以看出，厂址测点在低层 300m 范围内平均风速大于南溪测点，而在高空，两测点平均风速相差较小，这可能是由于厂址区域主要为偏南向的海上水流，相对于南溪测点而言厂址测点距海更近，风速的衰减更小。从统计情况来看，厂址测点在 50m~100m 范围内风速迅速增大，而南溪测点风速值随高度增速则相对较慢。这主要是由于厂址西侧和南侧有山体造成粗糙度大，而南溪测点周围地形平坦。

冬季大气测试期间，厂址测点在 400m 高度以下较好地符合风速随高度增加而增加的规律，100m~400m 高度，平均风速在 7.0m/s 以上，其中，200m~300m 左右高度风速最大，达到 7.8m/s。而自 500m~1000m 高度左右，风速随高度规律性递减。

此外，通过昼夜风速比较可以看出，500m 高度以下白天风速均小于夜间，而 500m 高度以上白天风速则大于夜间风速。

一 风向

夏季大气测试期间，根据分昼夜各高度的风向频率统计来看，日间和夜间风向频率分布相差不大，一般白天和夜间风向偏差在一个方位范围内，从风向随高度的变化规律来看，风向随高度呈顺时针偏转，尤其是东南风风带控制时，50m 以下 ENE 风为主导风，100m~200m 则是 E 风为主导风，300m~500m 以 ESE 为主导风向，500m 以上则以 SE 为主导风向；西南风向控制时 500m 以下 SW 为主导风向，500m 以上则 WSW 为主导风向。

冬季大气测试期间，根据分昼夜各高度的风向频率统计来看，日间和夜间风向频率同样没有明显差异。从风向随高度的变化规律来看，在低层 500m 高度以下，以 E、ENE 风向出现较多，随着高度增加 ESE 风向出现增多。

2.4.4 大气稳定性

根据厂址气象观测系统和大气扩散试验观测的气象要素，可使用温度梯度-风速法、莫宁-奥布霍夫长度法和温度梯度法三种方法对稳定性进行分类。表 2.4-7 给出了使用这三种方法对冬夏两季大气测试期间稳定性分类结果的比较。从分类原理比较，温度梯度—风速法和莫宁—奥布霍夫长度法均同时考虑了热力湍流和机械湍流，而温度梯度法仅考虑热力湍流，厂址地区风速较大，机械湍流作用不可忽略，因此对于本厂址而言前两种方法的评价指标更为全面。从分类结果来看，温度梯度法 D 类和 E 类比例太高，A、B、C 和 F 类比例太低，稳定性分布不太合理；莫宁—奥布霍夫长度法各类稳定性出现比例最为合理，但该方法的稳定性分类需要湍流观测数据，常规气象观测数据不能使用该方法；温度梯度—风速法的 F 类出现比例过低，但整体与莫宁—奥布霍夫长度法分类结果相近，因此稳定性分类方法推荐采用温度梯度—风速法。

本报告根据厂址气象观测系统 2023 年 7 月至 2025 年 6 月两整年 10m 高度风向、风速、10m 和 80m 高度温度逐时观测资料，采用温度梯度-风速法对厂址地区稳定性分类，各稳定性所占比例分别为：A 类 8.9%，B 类 18%，C 类 14.3%，D 类 44.2%，E 类 4.7%，F 类 9.9%。

2.4.5 联合频率

统计得出厂址全年以及有雨或无雨条件下的风向、风速、稳定性联合频率分布，结果列于表 2.4-8。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

为了解陆丰核电厂址地区大气扩散特征，苏州热工研究院有限公司开展了现场大气扩散试验，观测分析厂址地区大气边界层风、温特征和湍流特征。试验分冬夏两季进行，冬季试验时间为 2010 年 1 月 21 日~2 月 8 日，共进行了 18 天；夏季试验时间为 2010 年 7 月 8 日~8 月 3 日，共开展了 27 天。

冬季试验期间在厂址测点，进行了小球测风和测温，平衡球观测，以及气象塔塔层湍流观测；夏季试验期间在南溪村和厂址测点同时进行，厂址测点进行了小球测风和测温，平衡球观测，南溪村进行小球测风和测温，在厂址气象塔塔层进行了湍流观测。

根据统计，冬季测试期间小球测风有效观测组数共 124 组，1500m 以上的 36 组，1000m~1500m 的 18 组，500m~1000m 的 70 组。

夏季测试期间，厂址测点小球测风有效观测组数共 173 组，其中观测高度达 1500m 以上的 61 组，1000m~1500m 的 54 组，500m~1000m 的 58 组；南溪测点夏季测试小球测风有效数据共 176 组，其中，观测高度达 1500m 以上的 65 组，1000m~1500m 的 68 组，500m~1000m 的 43 组。

冬夏两季测试期间，由于探空仪信号较好，温廓线观测资料与小球测风有效数据组数相同。探空温度观测高度相对较高，一般在 1500m~2000m。

2.4.6.1 混合层高度

混合层是指湍流受热对流控制的近地面层以上的大气边界层，混合层特点是层结不稳定，对流旺盛，位温和风向风速都变化甚小，常发生于晴朗的白天，其高度主要由热对流的高度决定，与地面的垂直湍流热通量和大气层结稳定度有关，边界层以下的大尺度下沉运动和平流作用对其高度也有影响。

冬夏两季大气测试期间均进行了温度探空试验。使用探空曲线资料，根据干绝热法计算得夏季各类稳定度下混合层高度为：1400m（A 类）、1213m（B 类）、1029m（C 类）和 520m（D 类）；冬季各类稳定度下混合层高度为：1400m（A 类）、1200m（B 类）、900m（C 类）和 550m（D 类）。从探空曲线分析发现，夏季试验期间厂址地区温度随高度增加呈良好的递减规律，干绝热法计算结果较为合理。冬季试验期间厂址上空受平流逆温影响存在一个常逆温层，其出现高度与稳定度无关，底部平均高度约为 500m。该现象说明冬季厂址上空混合层主要受平流影响，干绝热法不能反映平流作用，因此不适用于厂址。混合层高度应取厂址上空常逆温层底部平均高度 500m。

大气测试结果表明，厂址地区夏季混合层较高，冬季混合层高度主要受平流作用影响，与稳定度无关。本报告从保守的角度出发，推荐各类稳定度的混合层高度取冬季的 500m。

2.4.6.2 扩散参数值

为获取大气扩散参数值，厂址开展了固定点湍流观测、平衡球观测和中小尺度风场与输送规律研究。

大气测试期间，固定点湍流观测有效数据样本数共 682 组。按温度梯度-风速分类方法，各类稳定度样本数为：4 组（A 类），109 组（B 类），114 组（C 类），353 组（D 类），61 组（E 类），41 组（F 类）。

平衡球观测有效数据共 118 组，由于平衡球试验只能在白天进行，因此未捕捉到 E 类和 F 类稳定度，各类稳定度样本数为：7 组（A 类），54 组（B 类），29 组（C 类），28 组（D 类）。

将湍流观测法和平衡球法计算扩散参数曲线比较，两种方法计算的扩散参数在近区比较接近，但在远区平衡球法计算扩散参数小于湍流观测法，这可能是由平衡球方法的固有缺陷造成的。平衡球的观测距离有限，总观测时间一般在 15 分钟以内，平衡球的运动尚无法反映低频涡旋的作用，导致估算的扩散参数在远区偏小。这也从另一个角度反映了湍流观测计算扩散参数的合理性。

中小尺度风场数值模拟专题以美国 NCEP 的 FNL 数据为基础，采用 WRF 模式+风场诊断模式+随机游走扩散模式计算扩散参数，其中模拟的风向、风速以气象塔实测数据进行验证。在数值模拟拟合扩散参数的个例选取中考虑了向岸流（偏南风）情形下污染物在陆地表面扩散的情况，以代表污染物在陆地扩散对周围人群的影响，并从保守性上考虑风速不大的时次。基于上述分析，模拟中挑选了各类稳定度下风场分布较均匀、风向持续少变的 38 个例进行扩散模拟，拟合扩散参数。各类稳定度个例数为：A 类 6 例、B 类 5 例、C 类 5 例、D 类 6 例、E 类 7 例、F 类 9 例。

数值模拟研究发现，厂址地区风场类型主要为天气系统环流风场和局地海陆风环流风场。其中厂址海陆风环流个例出现较少。各月具有典型海陆风环流特征的个例分别为 1 月 1 例、4 月 1 例、7 月 5 例、10 月没有发现海陆风环流特征。

厂址地区大气污染物地面输送扩散主要受低层大气背景风场和区域地形的共同影响。在背景大气环流形势影响下，污染物扩散具有明显的季节性特征。由于厂址附近地形相对平坦，污染物的扩散相对均匀。

本报告最终推荐的扩散参数值为数值模拟试验和湍流试验获得的扩散参数的算术平均值，表 2.4-9 给出了各类稳定度的扩散参数系数。图 2.4-4 将推荐扩散参数与 P-G 曲线进行了比较，从图中可以看出，推荐的扩散参数与 P-G 曲线对比相对偏大，特别是侧向扩散参数值有所偏大。

2.4.6.3 海陆风

夏季大气测试期间，从每次观测的风廓线图来看，在西南季风、东南季风和台风影响时，厂址地区风向时空变化不明显。只有在台风影响过后，系统转换的间隙风场才体现出一定的海陆风特征。根据两次台风过后系统转换间隙的风场时空变化可以看出，23 时至次日 8 时，厂址测点和南溪测点 200m~400m 高度以下出现偏北风，高层为偏南风，11 时至 20 时，低层和高层一般均为偏南风，只有系统风非常弱时，高空才能出现弱的偏北风返流层。

冬季大气测试期间，北方冷空气周期性南下北退。当厂址受冷空气影响时，厂址地区为系统性偏北风。由于冷空气抑制了陆地升温，同时系统风速大，白天和晚上的低空风向仅有略微偏转，而高空风向基本无变化。冷空气影响时厂址地区仅在低层体现出微弱的海陆下垫面影响。当冷空气北退时，厂址受暖湿气流影响，夜间和清晨雾气较大甚至出现降雨，太阳辐射较弱，陆地温差变化不大，厂址地区也没有出现海陆风现象。

冬夏两季的观测表明，厂址地区冬季出现海陆风的可能性较低。夏季当满足下列条件时可出现海陆风现象：1) 台风过后 1~2 天，系统转换间隙；2) 天气晴朗。其出现日数约占夏季的 15%。出现海陆风时，一般情况下近地面的风向昼夜变换，而高层由于系统影响风向不会发生转向，低层风的变化规律是：上午 8 时至 11 时，陆风转为海风，白天太阳辐射强时，其高度可以达到 800m；夜间 23 时至 2 时，海风转为陆风，其高度在 200m~400m。厂址地区出现海陆风环流的可能性很低，只有在天气系统非常弱且太阳辐射强烈的正午才可能出现短时间的环流。

2.4.6.4 热内边界层

陆丰核电厂址位于海陆交界处，气流由海至陆后可能产生温度层结自上而下的变化，形成沿海热内边界层。沿海厂址出现热内边界层的必要条件是：1) 太阳辐射强，海陆温差大；2) 气流为向岸流；3) 远海点温跃层高度高于近海点。

图 2.4-5 给出了夏季测试期间具有热内边界层特征的温度廓线。7 月 24 日 14 时、7 月 30 日 14 时和 8 月 1 日 14 时、17 时共观测到了四次沿海热内边界现象。7 月 24 日 14 时，风向为东南风，厂址测点热内边界层高度在 100m 左右，而南溪测点热内边界层高约为 400m；7 月 30 日 14 时，厂址地区为西南风，厂址测点热内边界层高约为

90m，南溪测点热内边界层高约为 400m；8月1日的14时和17时，厂址地区为东南风，厂址测点热内边界层约为 100m 左右，南溪测点热内边界层为 150m~250m。

冬季测试期间厂址地区主要受冷气团影响，风向为偏东北风，虽然由于厂址小尺度的半岛地形，气流从海上吹来，但由于此时厂址地区温度低，下垫面对来流的加热有限，试验中未出现热内边界层。当冷空气北退时，东南气流为厂址地区带来较多水汽，造成厂址地区多雾和降水，削弱了太阳辐射，下垫面对海上来流的影响较弱，东南气流时也未观测到热内边界层现象。

冬夏两季大气测试表明，厂址地区沿海热内边界层出现频率不高。夏季出现明显热内边界层的频率约为 2%；厂址地区热内边界层高度在 100m 左右。冬季无论是受冷气团影响还是受东南风影响时，厂址地区均很难出现热内边界层。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

运行前的现场气象观测是用来观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的厂址弥散特性所需要的各种参数，陆丰核电厂址已开展的气象观测包括厂址专用气象站观测和厂址大气扩散试验。当前陆丰核电厂址气象观测系统于 2018 年观测，气象传感器所有设备于 2024 年 1 月重新完成安装调试，所有传感器设备使用前经过检定校准，塔层设备在安装前进行了 3 天左右的水平比对测试，经测试确认性能满足观测要求后再开始上塔观测。气象观测系统数据采集系统对实时数据进行采集，采集后存储于本地工控机内；根据相关标准及规范要求对存储的数据进行统计分析。气象塔所在场地标高在 21m 左右，周边其它场地均较为平坦，标高在 20m 左右。

（1）厂址气象梯度自动观测

气象梯度自动观测共设 4 层（10m、30m、80m 和 100m），观测风向、风速和气温。

（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。

表 2.4-1 汕尾气象站累年气象参数统计特征值（1953~2023 年）

月份	气温 (°C)			气压 (hPa)			相对湿度 (%)		日照 (h)	降水量 (mm)
	平均气温	极端最高气温	极端最低气温	平均气压	极端最高气压	极端最低气压	平均相对湿度	最小相对湿度		
1	14.9	28.6	1.6	1018.5	1035.1	1002	71	4	154.6	28.2
2	15.5	29.2	2.4	1017.1	1030.4	1002.8	77	6	113.8	48.7
3	18.2	31.1	4	1014.6	1032.1	1001.7	79	13	109.5	72.9
4	21.8	33.3	8.2	1011.6	1026.9	998.3	82	18	122.9	149.2
5	25.3	33.3	14.5	1007.8	1018	988.8	84	18	154.5	272.9
6	27.3	36.3	18.2	1004.7	1013.5	974.2	86	27	168.2	393.4
7	28.4	38.5	21.4	1004	1012.9	971.9	84	33	236.6	301.6
8	28.2	36.9	18.4	1003.5	1014.1	958.6	84	36	214.8	312.2
9	27.4	37	18	1007	1017.7	935.1	78	23	201.7	205.9
10	24.7	34.7	8.9	1012.4	1022.9	973.7	72	14	213.3	65.3
11	20.9	33.2	5.8	1015.9	1030.8	1001	70	13	185.7	37.4
12	16.7	31.4	2.1	1018.4	1031.5	1005	68	7	176.5	25.5
全年	22.4	38.5	1.6	1011.3	1035.1	935.1	78	4	2052.1	1913.2

表 2.4-2 汕尾气象站累年风频统计特征值（1953~2023 年）

单位： %

月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
全年	4	8	14	14	13	11	5	2	1	4	8	4	2	1	1	1	10
春季	2	4	12	14	15	14	6	2	2	4	7	4	2	0	1	1	10
夏季	1	2	7	7	9	7	5	3	3	9	20	9	4	1	1	1	11
秋季	5	10	19	18	14	10	4	1	0	2	4	2	1	0	0	1	9
冬季	6	14	18	16	13	13	5	1	0	1	2	2	1	0	0	1	10

表 2.4-3 厂址地面站和气象塔各高度气温统计特征值

月份	100m 气温 (°C)			80m 气温 (°C)			30m 气温 (°C)			10m 气温 (°C)			地面站气温 (°C)			露点 (°C)		
	平均气温	极端最高气温	极端最低气温	平均气温	极端最高气温	极端最低气温	平均气温	极端最高气温	极端最低气温	平均气温	极端最高气温	极端最低气温	平均气温	极端最高气温	极端最低气温	平均	最高	最低
1	14.8	20.3	4.0	14.9	20.6	4.1	15.1	21.1	4.5	15.1	21.5	4.6	15.3	23.4	4.6	9.8	17.5	-3.7
2	15.4	23.6	7.3	15.4	23.8	7.5	15.8	24.3	8.2	16.1	25.1	8.1	16.4	26.6	7.5	12.5	22.9	0.5
3	17.8	27.2	8.5	17.9	27.5	8.6	18.2	28.4	9.0	18.4	29.3	9.2	18.7	29.9	9.3	14.7	24.6	-0.3
4	22.3	27.4	10.6	22.4	27.6	10.8	22.8	28.4	11.3	23.1	29.4	11.6	23.3	31.6	11.6	20.2	26.8	1.8
5	24.1	29.8	17.9	24.2	30.1	17.9	24.7	31.0	18.2	25.0	32.4	18.5	25.4	34.8	18.7	21.8	27.9	7.4
6	27.1	30.3	20.3	27.2	30.5	20.4	27.7	31.3	20.7	28.1	32.3	20.7	28.4	35.7	20.7	25.6	34.7	17.6
7	28.5	33.6	24.2	28.6	33.8	24.2	28.8	34.3	24.5	29.0	34.5	24.4	29.5	36.2	24.3	25.9	28.4	21.9
8	27.8	31.0	23.8	27.8	32.2	23.8	28.1	32.0	24.2	28.4	32.5	24.3	28.8	34.6	24.3	25.9	28.4	21.6
9	27.4	33.4	23.0	27.5	33.5	23.0	27.7	33.1	23.6	27.9	33.8	23.5	28.2	35.1	23.6	24.9	27.9	21.6
10	24.9	31.1	20.1	25.0	31.9	20.2	25.2	32.1	20.4	25.4	33.0	20.4	25.9	34.3	20.2	20.7	26.5	11.9
11	21.4	29.3	13.7	21.5	29.5	13.7	21.7	29.8	13.3	21.8	30.5	12.4	22.0	31.6	11.1	15.9	24.4	-3.5
12	16.7	24.5	6.5	16.8	25.0	6.8	16.9	25.1	7.0	17.1	25.8	7.1	17.3	27.0	7.2	11.1	23.4	-4.9
全年	22.5	33.6	4.0	22.6	33.8	4.1	22.9	34.3	4.5	23.1	34.5	4.6	23.4	36.2	4.6	19.2	34.7	-4.9

表 2.4-4 厂址地面站气象参数统计特征值

	相对湿度 (%)	最小相对湿 度 (%)	气压 (hPa)	最高气压 (hPa)	最低气压 (hPa)	降水量 (mm)	降水时数 (h)	降水天数 (d)
一月	71	23	1019.0	1029.7	1011.1	5.2	15	3
二月	79	32	1018.3	1028.9	1008.7	23.7	29	7
三月	79	22	1014.9	1024.5	1003.7	27.5	28	6
四月	84	21	1009.8	1019.0	1001.7	383.9	66	8
五月	81	30	1008.4	1015.1	999.2	245.1	72	11
六月	85	55	1005.5	1010.9	998.6	143.1	63	13
七月	82	47	1003.6	1011.9	985.0	292.8	98	11
八月	85	58	1002.5	1009.9	996.3	217	56	8
九月	83	50	1004.3	1010.6	990.3	332.6	107	10
十月	74	34	1010.1	1016.6	997.8	65.7	31	6
十一月	70	20	1014.6	1021.7	1001.2	28.1	22	3
十二月	68	23	1017.5	1027.9	1008.5	4.1	5	3
年	78	20	1010.5	1029.7	985.0	1768.7	595	92

表 2.4-5 厂址气象塔各高度风玫瑰

单位：%

方位	10m 高度	30m 高度	80m 高度	100m 高度
N	7.7	8.9	9.3	7.5
NNE	14.1	15.5	14.2	12.9
NE	16.8	22.1	23.5	22.2
ENE	19.2	13.6	11.3	14.4
E	7.1	6.2	5.8	7.0
ESE	3.3	2.8	3.1	3.3
SE	2.9	3.0	3.3	3.2
SSE	3.2	2.7	3.7	3.8
S	5.5	5.0	5.6	5.7
SSW	4.0	6.0	4.8	5.1
SW	4.9	4.3	4.1	3.9
WSW	2.7	2.1	2.3	2.7
W	1.7	1.7	1.7	1.6
WNW	1.4	1.3	1.5	1.5
NW	2.0	1.8	2.0	1.7
NNW	2.6	2.7	3.8	3.2
C	0.9	0.3	0.1	0.2

表 2.4-6 厂址气象塔各高度月、年平均风速

单位：m/s

月/年	10m 高度	30m 高度	80m 高度	100m 高度
1 月	3.4	5.1	6.8	7
2 月	3.6	5.3	6.7	6.7
3 月	2.9	4.4	5.7	5.7
4 月	2.6	3.8	5.1	5.1
5 月	3.1	4.5	5.8	5.5
6 月	2.7	4.0	5.3	5.6
7 月	2.8	3.8	4.9	5.3
8 月	2.6	3.5	4.4	4.8
9 月	2.7	4.1	5.0	5.5
10 月	3.5	4.8	6.2	6.6
11 月	3.8	5.2	6.5	7.8
12 月	3.5	4.8	6.0	7.1
年	3.1	4.4	5.7	6.0

表 2.4-7 大气测试期间三种稳定度分类方法比较 (%)

稳定度 分类方法	A	B	C	D	E	F
温度梯度-风速法	0.58	15.95	16.73	51.76	8.95	6.03
温度梯度法	4.86	4.28	5.06	58.95	25.10	1.75
莫宁-奥布霍夫长 度分类法	5.45	9.73	20.43	42.22	11.87	10.31

表 2.4-8 (1/3) 风向、风速、稳定度联合频率 (%) (有雨和无雨)

表 2.4-8 (2/3) 风向、风速、稳定度联合频率 (%) (有雨)

表 2.4-8 (3/3) 风向、风速、稳定性联合频率 (%) (无雨)

表 2.4-9 厂址扩散参数系数

侧向扩散参数: $\sigma_y=ax^b$ 垂直向扩散参数: $\sigma_z=cx^d$

稳定度 系数	A	B	C	D	E	F
a	1.139	1.035	0.877	0.739	0.610	0.545
b	0.748	0.736	0.750	0.733	0.740	0.720
c	0.835	0.670	0.591	0.518	0.434	0.411
d	0.625	0.641	0.630	0.612	0.574	0.536

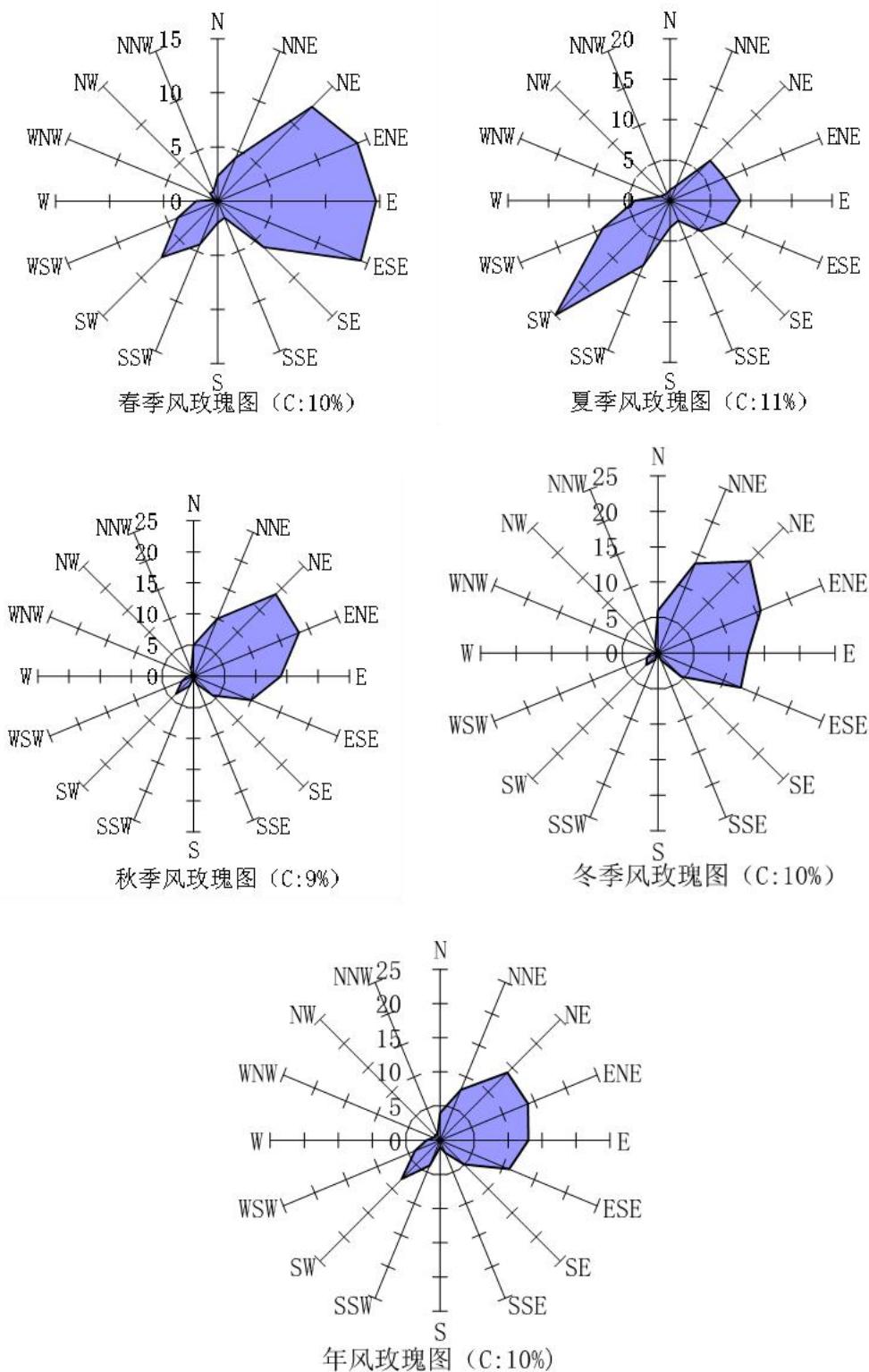


图 2.4-1 汕尾气象站累年平均季、年风玫瑰图（1953~2023 年）

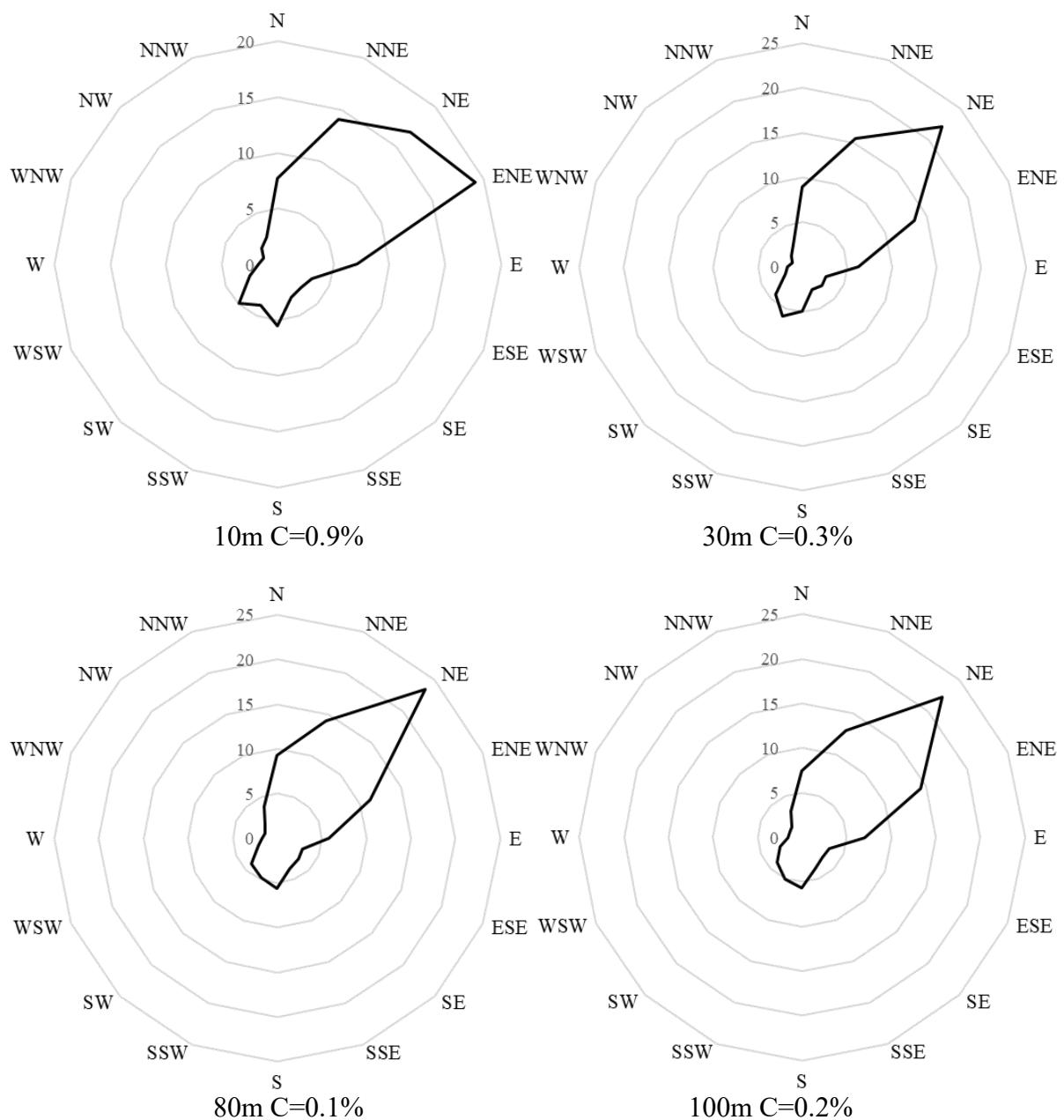


图 2.4-2 气象塔各高度年风玫瑰图

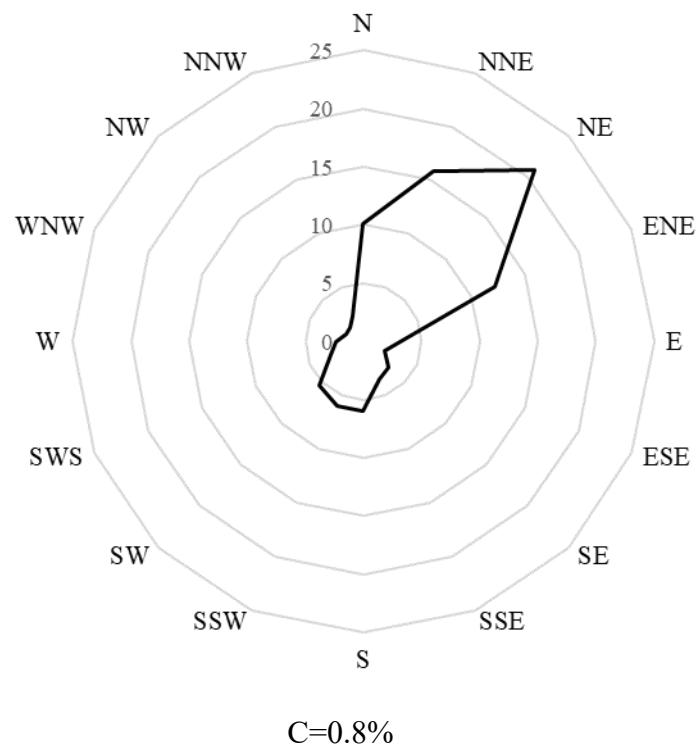


图 2.4-3 气象塔 10m 高度全年降水期风玫瑰图

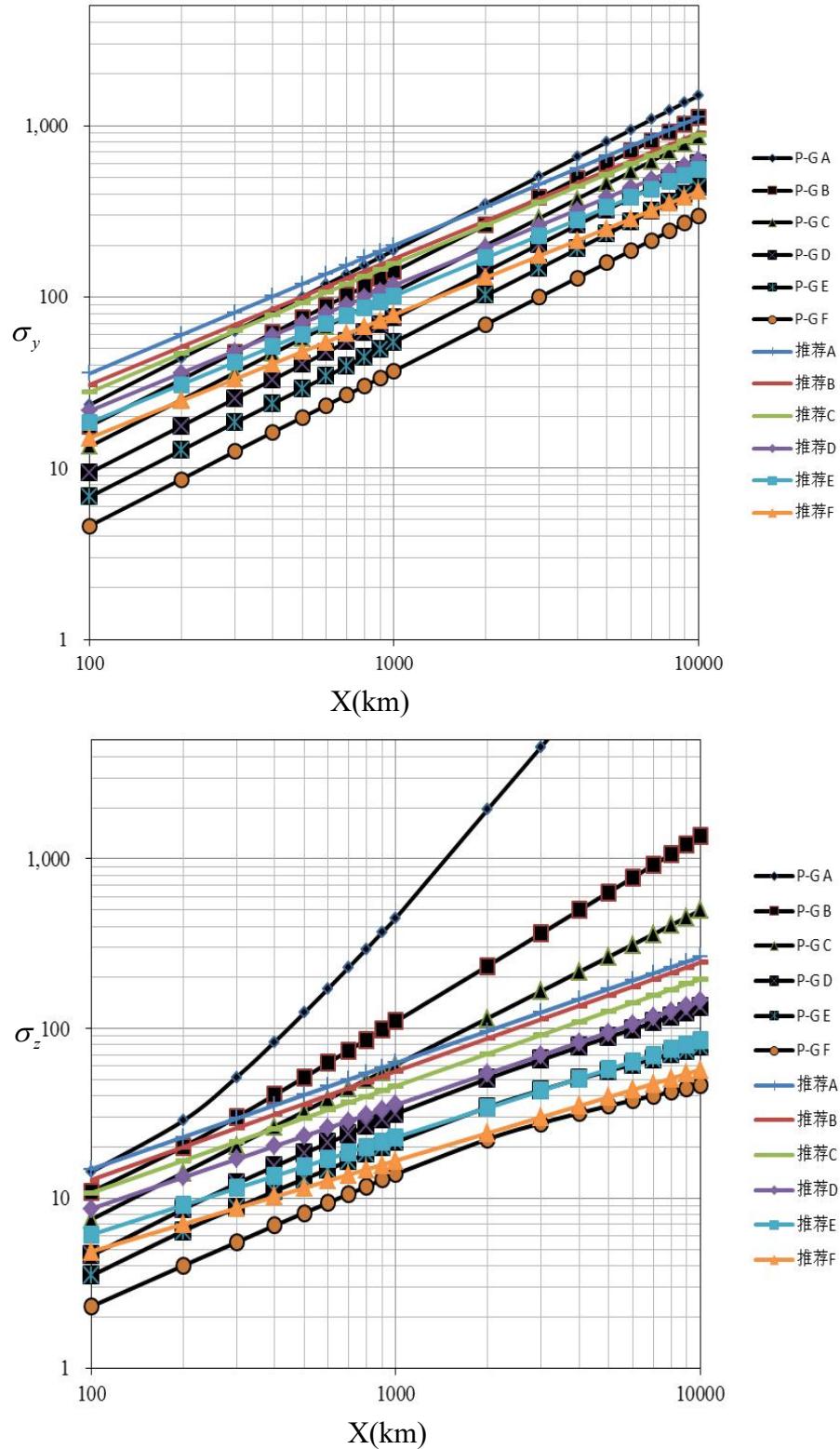
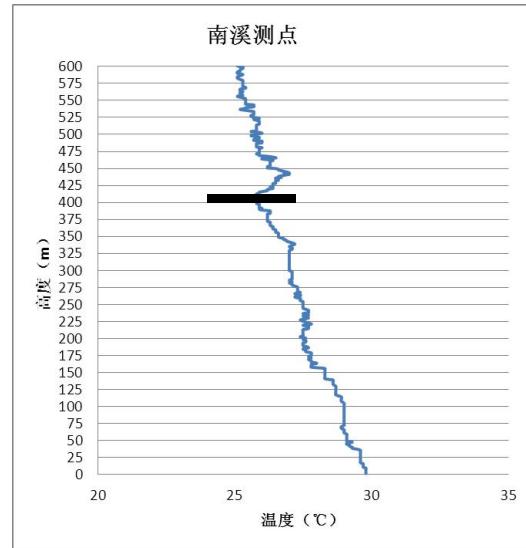
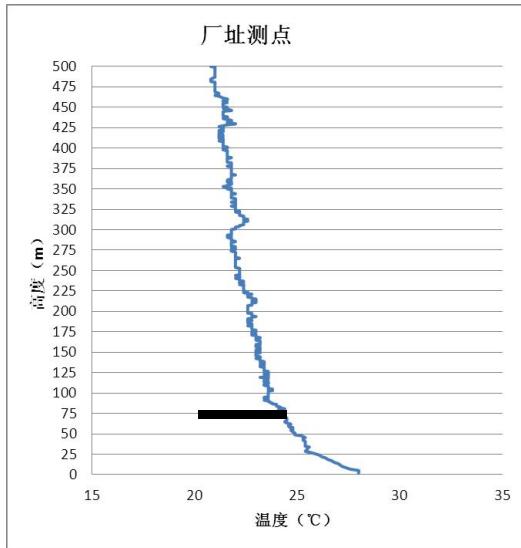
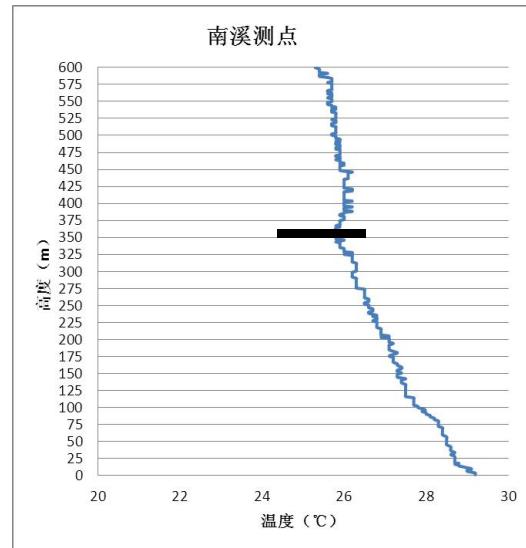
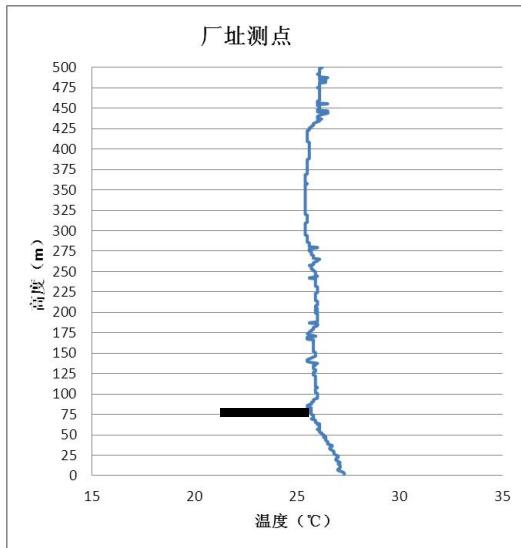


图 2.4-4 厂址扩散参数与 P-G 扩散参数比较



7月 24时 14时



7月 30时 14时

图 2.4-5 大气观测试验期间热内边界层个例

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

表

表 2.5-1 厂址附近海域实测全潮观测站坐标统计表

表 2.5-2 厂址附近海域实测潮汐特征值

表 2.5-3 厂址附近海域实测最大流速和平均流速

表 2.5-4 厂址附近海域实测余流流速、流向

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

（1）河流与水库

陆丰核电厂厂址位于陆丰市东南面，濒临南海，属低丘陵、台地及平原地区，附近无大江大河，多数小河短小分散，独流入海，集水面积小，径流量少，无大型水利工程进行径流调节，枯水季节尤其是特枯水期和连续枯水期径流量甚小。

陆丰市境内螺河、乌坎两大水系从北向南注入南海，此外境内有鳌江、龙潭河等。其中，螺河河长 102km，发源于陆河县与紫金县交界的三神凸山，为陆丰第一大河，集雨面积 1356km²。陆丰市境内流域 100km² 以上一级支流有螺溪、南北溪、新田河；境内主要的水库有龙潭、巷口、五里牌、秣投围、三溪水、牛角隆水库等。

陆丰市主要水源为螺河、乌坎河和龙潭河，分为西部片区、中部片区和东部龙潭水库片区。其中陆丰核电厂址供水属于东部龙潭水库片区，该片区由龙潭水库通过串瓜水库～尖山水库供给甲子、甲西、甲东、南塘、碣石、湖东等六个镇和华侨管理区的生活用水。

厂址所在碣石镇饮用水为自来水，取水点位于厂址 NNE 方位约 24km 处的尖山水库。碣石镇农业灌溉用水水源主要为流经该镇的南溪河，最近处位于厂址 N 方位 7km，厂址半径 15km 范围内没有居民饮用水源地。

厂址半径 15km 范围内主要的小河流包括湖东水和南溪河。湖东水距厂址 NE~ENE 方位约 12km，发源于西山山脉后径山，河流长 13.5km，于湖东港注入南海，流域面积 44.7km²，集雨面积共 9.6km²。南溪河距厂址 N 方位约 7km，发源于西山山脉黄土岭，河流长 13.9km，经碣石港流入南海碣石湾，流域面积 48.5km²，集雨面积共 10.8km²。南溪河水流经碣石镇后经狭窄的口门水道由碣石港汇入南海碣石湾，为泻湖型水系，河口受潮汐影响严重，碣石内港是陆地内的水域，碣石湾海水则随潮由内港进入内洋；随着南溪河原有进潮通道受阻，纳潮面积缩小，纳潮量减少，加上南溪上游水土流失严重，泥沙随水下移，港口淤积，围起来的内洋则不断淤积形成荒涂和水塘。

厂址半径 15km 范围内共有 7 个水库，均为小（1）型水库，其中最近的为响水库，距厂址 N 方位约 11km。

（2）淡水水源条件

陆丰核电厂的淡水水源主要有水厂供水及海水淡化两部分。本工程运行期生产用水采用海水淡化供水，海水淡化供给运行期生产用水（包含除盐水生产系统补水），运行期的生活用水取自陆丰市玄武山自来水厂（碣石镇水厂）和陆丰市城乡供水公司水厂。玄武山水厂的水取自尖山水库，陆丰城乡供水厂的水来自于螺河-碣石引水工程，建设单位已经与自来水厂签订供水协议，可满足5、6号机组运行期的生活用水需求。

2.5.1.2 海洋水文

厂址海区附近共有陆丰、遮浪两个长期海洋水文观测站。陆丰海洋站自1970年开始观测，主要观测项目有潮位、温度和盐度等。遮浪海洋站自1962年开始观测波浪，2002年1月开始潮汐观测。厂址专用站位于厂址海域，自2005年7月1日至2006年6月30日观测潮位、表层水温和盐度，其中潮位观测至2007年4月30日。

2024年1月和6月，国家海洋局南海调查技术中心在厂址附近海域开展了冬季和夏季大、中、小潮水文观测。此次观测共设置了3个潮位观测站和11个海流观测站。冬季期间，2024年1月5日12时~6日14时进行小潮期同步观测；2024年1月9日12时~10日14时进行中潮期同步观测，2024年1月12日11时~13日13时进行大潮期同步观测。夏季期间，2024年6月16日11时~17日13时进行小潮期同步观测；2024年6月19日11时~20日13时进行中潮期同步观测，2024年6月22日8时~23日10时进行大潮期同步观测。水文观测站坐标统计表见表2.5-1。

（1）潮汐

国家海洋局南海调查技术中心根据2024年遮浪海洋站（T4）、T1站和陆丰海洋站（T3）实测潮位数据分析后得知，遮浪站和T1站所在海域潮汐类型为不正规全日潮，陆丰站所在海域潮汐类型为正规全日潮，海区的潮汐类型从西到东逐渐由不正规全日潮过渡到正规全日潮。表2.5-2给出了厂址附近海域实测潮汐特征值。

2024年冬季观测期间的平均海面在54cm~55cm之间（85国家基面），最高潮位在150cm~161cm之间，平均潮差在85cm~89cm之间，最大潮差在176cm~188cm之间；夏季观测期间的平均海面在53cm~54cm之间（85国家基面），最高潮位在142cm~152cm之间，平均潮差在79cm~81cm之间，最大潮差在152cm~162cm之间。

在长序列潮位数据方面，根据厂址潮位观测站2006年5月~2007年4月完整一周年验潮资料与汕尾站同期资料对比，由汕尾站多年的验潮资料分析得工程海域潮汐特征值。

由汕尾站1970年~2018年历年验潮资料统计可得到多年平均高潮位为0.97m，多年平均低潮位为0.11m，多年平均潮位为0.58m。对于厂址位置处多年潮汐特征值，同样采用差比关系可得到多年平均高潮位为0.85m，多年平均低潮位为0.12m，多年平均潮位为0.54m。

（2）海流

厂址附近海域的潮流主要受太平洋潮波的作用。太平洋潮波自巴林塘海峡和巴士海峡进入南海后，以前进波的形式向广东沿岸传播，由于地形、地貌复杂，对潮波运动产生各种影响。在广东沿海浅海范围内，潮波分布复杂，潮波性质、大小、运动形式均因地而异，厂址附近海域潮流性质为不规则半日潮流。表2.5-3给出了厂址附近海域实测最大流速和平均流速。

冬季全潮观测期间，海区实测流速呈现大潮期>中潮期>小潮期，由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为56.7cm/s，位于C6站；0.2H层最大流速为62.0cm/s，位于C6站；0.4H层最大流速为61.8cm/s，位于C6站；0.6H层最大流速为60.7cm/s，位于C6站；0.8H层最大流速为57.2cm/s，位于C4站；底层最大流速为46.4cm/s，位于C6站，均为大潮期观测。

冬季大潮与中潮期间，碣石湾内各站海流表现为较明显的旋转流；厂址附近站位的实测海流明显受到码头地形岸线的影响，沿着平行于岸线的方向运动，呈明显的西北-东南向往复流；沿岸流区域站位的实测海流受潮流及冬季广东沿岸流的影响，主要表现为东北东-西南向往复流，且东北东向流多于西南向流。小潮期全潮海流观测站各层均表现为东北~东南向流的特征，观测区域左边站位（C11、C13、C14）主要表现为东北向流，核电厂码头区（C4、C8）站位主要表现为东南向流，其它站位（C1、C3、C5、C6、C7、C10）主要表现为东向流。

夏季全潮观测期间，海区实测流速呈现大潮期>中潮期>小潮期，由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为124.5cm/s，位于C7站；0.2H层最大流速为69.5cm/s，位于C3站；0.4H层最大流速为73.5cm/s，位于C4站；0.6H层最大流速为64.6cm/s，位于C6站；0.8H层最大流速为59.7cm/s，位于C4站；底层最大流速为49.1cm/s，位于C4站，均为大潮期观测。

夏季大、中、小潮实测海流分布规律相似，碣石湾内各站海流表现为较明显的旋转流，C13站主要流向湾内、C10主要流出湾外，且流速小于外海站位；厂址附近站

位的实测海流明显受到码头地形岸线的影响，沿着平行于岸线的方向运动，呈明显的西北-东南向往复流，且东南向流明显大于西北向流；沿岸流区域站位，除去部分站层次（C1 站、C6 站表层）表现出东北东-西南向往复流，而其它站流向主要集中北-东向之间。

（3）余流

冬季观测期间，大潮期余流在 0.7cm/s - 13.7cm/s 之间，中潮期余流在 2.3cm/s - 25.4cm/s 之间，小潮期余流在 1.6cm/s - 28.1cm/s 之间。最大余流为 28.1cm/s ，流向为 99° ，出现在小潮 C6 站的 $0.6H$ 层，余流流速呈现大潮期＜中潮期＜小潮期的规律。大、中、小潮观测期间，余流方向为东向，且小潮期最强，大潮期最弱。

夏季观测期间，大潮期余流在 1.6cm/s - 55.9cm/s 之间，中潮期余流在 1.3cm/s - 49.9cm/s 之间，小潮期余流在 1.2cm/s - 43.7cm/s 之间。最大余流为 55.9cm/s ，流向为 87° ，出现在大潮 C5 站的表层，余流流速呈现大潮期＞中潮期＞小潮期的规律。大潮期、中潮期和小潮期余流分布规律基本相似，碣石湾内 C13 站余流主要表现为流入湾内，C10 站则流出湾外。核电厂区域 C4、C6 和 C8 站余流基本为东南向余流，基本与岸线平行。其它各站余流方向则主要为东北~东南向。

表 2.5-4 给出了厂址附近海域实测余流的流速和流向。

（4）波浪

厂址观测站的波浪观测时段为2005年5月~2006年4月，后续没有再观测，因此采用遮浪站的波浪资料进行分析。

根据遮浪站波浪观测历史资料，该海域 0.5m 以下的波高 $H_{1/10}$ 所占频率仅为 8.6% ，而 1.5m 以上的波高 $H_{1/10}$ 所占频率为 30.7% ；出现频率最大的周期为 $4.1\sim 5.0\text{s}$ ，所占频率为 45.2% ，其次为 $5.1\sim 6.0\text{s}$ ，所占频率为 35.4% 。该海域常浪向为 E，出现频率为 23.7% ；其次为 NNE、ENE 和 ESE 向，分别占 11.3% 、 14.4% 和 10.2% ；该海域强浪向为 SSE、SW 和 SE 向，其中，以 SSE 最强， SW 和 SE 向次之。

（5）水温

冬季全潮观测期间海水温度差异较小，其中表层水温变化范围相对中层和底层较大。大潮观测期间，各层水温存在由海域东北部向西南部逐渐升高的趋势，表层水温变化范围为 18.2°C ~ 20.2°C ，中层水温变化范围为 18.2°C ~ 19.8°C ，底层水温变化范围为 18.2°C ~ 19.2°C ；中潮观测期间，各层水温空间分布由北向南逐渐升高，表层水温变化

范围为18.2℃~19.4℃，中层水温变化范围为18.2℃~19.0℃，底层水温变化范围为18.2℃~18.4℃；小潮观测期间，表层水温变化范围为18.2℃~19.4℃，中层和底层水温变化范围为18.0℃~18.8℃，表层水温值相对中层和底层偏高。

冬季全潮观测期间，在垂向分布方面，冬季风速较大，海水混合剧烈，海水温度的垂向差异较小，表、中、底层海水温度比较接近，全潮期间的表、底层平均温度的温差最大只有2.23℃。

夏季全潮观测期间，大潮期间各层海水温度等值线分布走向大致相同，大致由海域西北侧向东南侧海域水温逐渐降低；表层水温变化范围为28.2℃~30.8℃，中层水温变化范围为22.6℃~24.4℃，底层水温变化范围为22.6℃~23.6℃。中潮观测期间，水温分布特征和大潮期比较接近，表层水温由观测海域西北侧向东南侧海域逐渐降低，中底层水温由北向南逐渐降低；表层水温变化范围为28.0℃~29.4℃，中层水温变化范围为22.6℃~25.2℃，底层水温变化范围为22.4℃~24.2℃。小潮观测期间，表层水温平面分布温差较小，中底层水温由北向南逐渐降低；表层水温变化范围为26.6℃~27.1℃，中层水温变化范围为23.2℃~25.8℃，底层水温变化范围为23.0℃~25.4℃。

夏季全潮观测期间，在垂向分布方面，夏季太阳辐射强烈，海水温度的垂向差异明显，表、中、底层海水温度差异较大，全潮期间的表、底层平均温度的温差最大达到7.29℃。各站各层水温随着水深增加逐渐降低，表层水温>中层水温>底层水温。表层水温大致存在大潮期>中潮期>小潮期，其他层水温在各潮期水温变化特征不明显。

（6）盐度

冬季全潮观测期间，大潮观测期间观测海域的平均盐度为32.82，表层平均盐度为27.53，中层平均盐度为34.21，底层平均盐度为34.32，各点盐度整体上表现为底层>中层>表层。中潮观测期间观测海域的平均盐度为32.97，表层平均盐度为28.62，中层平均盐度为34.17，底层平均盐度为34.33，各点盐度整体上表现为底层>中层>表层。小潮观测期间观测海域的平均盐度为33.00，表层平均盐度为30.08，中层平均盐度为33.97，底层平均盐度为34.23，站点盐度整体上表现为底层>中层>表层。

冬季全潮观测期间，在垂向分布方面，除C7、C14站海水盐度有层化外，其他站海水混合充分，盐度分布均匀几乎无垂向差异。最高盐度34.48出现在中潮期C7站的中层，最低盐度33.14出现在小潮期C11站表层，各潮期各层盐度值差异较小。在平面分布方面，各潮期各层的盐度平面分布特征比较接近，都是由近岸向外海盐度值递增，

表层盐度值的变化范围相对中层和底层偏大。

夏季全潮观测期间，大潮观测期间观测海域的平均盐度为32.82，表层平均盐度为27.53，中层平均盐度为34.21，底层平均盐度为34.32，各点盐度整体上表现为底层>中层>表层。中潮观测期间观测海域的平均盐度为32.97，表层平均盐度为28.62，中层平均盐度为34.17，底层平均盐度为34.33，各点盐度整体上表现为底层>中层>表层。小潮观测期间观测海域的平均盐度为33.00，表层平均盐度为30.08，中层平均盐度为33.97，底层平均盐度为34.23，站点盐度整体上表现为底层>中层>表层。

夏季全潮观测期间，在垂向分布方面，海水盐度有明显的层化，表底层盐度差异较大。最高盐度34.52出现在大潮期C10站的0.4H层，最低盐度10.40出现在中潮期C11站表层。各站各潮期随深度增加盐度升高，表层平均盐度最低，中底层盐度随深度和潮期变化较小。在平面分布方面，表、中、底层盐度平面分布中除底层盐度分布相对均匀，盐度值空间差异较小外，其他各潮期各层的盐度平面分布特征比较接近，都是由观测海域西北部海域向东部海域盐度值递增，表层盐度值的变化范围相对中层和底层偏大。

（7）泥沙

厂址所在海区没有河流来沙影响，水体含沙量不大，潮流流速较弱，远离本海域的高含沙量水体不可能随着潮流运移到本海域，海域的水体泥沙主要是在波浪作用下的泥沙再悬浮。

冬季全潮期大潮期5个站点总体的垂直平均值为 $0.0076\text{kg}/\text{m}^3$ ，大潮期为 $0.0073\text{kg}/\text{m}^3$ ，中潮期为 $0.0080\text{kg}/\text{m}^3$ ，小潮期为 $0.0075\text{kg}/\text{m}^3$ ，悬沙含量为大潮<小潮<中潮。大、中、小潮期间，大部分站点的悬沙含量在垂直方向上呈现出表层<0.6H层<底层的特征，悬沙浓度受流速及平流作用影响较大。海区悬沙中值粒径的平均值大潮期（ 0.0089mm ）>中潮期（ 0.0088mm ）>小潮期（ 0.0087mm ），三个潮相差很小。

夏季全潮期大潮期5个站点总体的垂直平均值为 $0.0040\text{kg}/\text{m}^3$ ，大潮期为 $0.0052\text{kg}/\text{m}^3$ ，中潮期为 $0.0029\text{kg}/\text{m}^3$ ，小潮期为 $0.0040\text{kg}/\text{m}^3$ ，悬沙含量为中潮<小潮<大潮。大、中、小潮期间，调查期间各站悬沙含量在垂向上分布较为均匀，大潮和小潮表层悬沙含量较高，中潮0.6H层悬沙含量较高，悬沙浓度受流速及平流作用影响较大。海区悬沙中值粒径的平均值大潮期（ 0.0146mm ）>中潮期（ 0.0113mm ）>小潮期（ 0.0112mm ），中潮期和小潮期相差很小。

（8）岸滩演变

工程位于碣石湾出口东岸田尾角。碣石湾东西两侧由花岗岩等岩石构成的丘陵和台地，伸入海中形成基岩岬角。地质地貌基础为花岗岩经侵蚀剥蚀形成的低丘陵，高程数十米至一百余米。田尾角东北面为海岸沙坝、沙丘（高程10余米）和沙地（高程数米），地形向西北向倾斜。南部为典型的岬湾海岸，常年受风浪冲击，岩体暴露。岬角之间为海湾，湾内和边缘有较大规模的沙坝和海滩，海滩为西北-东南走向，略呈弧形，由细砂组成，受SSW向波浪长期作用。海滩向上以高度1.5-2.0m的陡坡过渡至滩肩上部，沉积物为砾砂或粗砂。田尾角以外海床水深在15m以内，水下地形仍呈岬角形状，向外等深线呈东-西分布。由于东桔礁的存在，使得岛礁周围水流湍急，泥沙难以聚集，20m等深线向北突出，离岸较近。

陆丰核电厂于2024年对工程周边海域水下地形进行了测量，结合2009（核电厂建设前）和2019年工程区域地形图分析核电厂建设前后海域地形变化特征。

对比2009年至2024年间工程区域的等深线变化情况，可以更清晰的看出，田尾角西南侧重件码头防波堤和取水口导流堤沿岸凸入外海约300m，东南侧核电厂围填海，岸线向海凸出200m以上，在很大程度上改变了近岸地形特征。造成过程局部地形变化。重件码头防波堤堤头附近-8m以深等深线向外海推移，其中-10m等深线向外海最大推移了近100m。重件码头掩护区内-8m以浅等深线分布变化则不大。重件码头至取水口之间岸线和等深线则基本无变化。取水口附近-12m等深线则推移至取水明渠导流堤最外端。田尾角东南侧核电厂围填部分海域-8m等深线被推移至核电厂陆域边缘防波堤处。-8m以深等深线变化不大。总体上看，核电厂重件码头和取水明渠建设造成田尾角西侧岸线发生变化，向外推移近300m，造成-8m以深等深线向外海最大推移约100m。厂区东侧-8m等深线变化则相对较小。

2024年工程区新建西侧取水防波堤，东侧防波堤向口门水域延伸。对比2019年和2024年工程区域等深线，可以看出，取水口内等深线变化并不明显，西侧新建防波堤区域，在很大程度上改变了近岸地形特征，原有的-8m等深线向西北侧后退约100m，防波堤周边水深约为-10m；而东侧防波堤延伸长度有限，整体而言对于东侧防波堤周边区域等深线影响有限，未改变区域原有等深线走势。在取水口外侧海域-10m、-12m和-14m等深线均呈现后退态势，分别后退约30~50m。田尾角东南侧核电厂近岸区域地形较为陡峭，等深线总体变化不大。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 地下水类型及赋存岩性特征

（1）5km 范围地下水类型及岩性特征

1) 地下水类型

陆丰核电厂址附近范围的水文地质单元可划分为田尾山水文地质单元（I）和碣石水文地质单元（II）。依据次级分水岭，进一步将 I 单元划分为西湖（I₁）、浅澳（I₂）2 个水文地质亚单元。

陆丰核电厂址区位于田尾山水文地质单元（I）。I 单元北部以浅澳-西湖一带低丘陵、老红砂堤分水岭为界，西南临大海，以海为界。地貌类型主要为低丘陵、老砂堤。水文地质单元边界清楚，严格受上述界线控制，陆域部分溪沟切割深度均大于分水岭岩石风化深度，由于地下水既无法外排又无法接受其它单元的补给，此单元的地下水唯一补给是大气降水，再经本单元之内的地表水与地下水较为简单方式的转化过程，最终排泄入海。

根据地层的含水介质特征及水理性质，厂址区地下水可分为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两类。

a) 松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水主要赋存于第四纪残坡积层(Q^{el})、风—海积层 (Q_3^{meol})、泻湖沉积层 (Q_4^{ml})、海积层 (Q_4^m) 和全新世冲积层 (Q_4^{al}) 的砂、砂砾孔隙中，均为潜水。含水层厚度约为 1~20m 之间不等。

b) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于早白垩世中粒斑状黑云母二长花岗岩浅部基岩风化带中，以风化裂隙水为主，次为构造裂隙水。基岩的原生裂隙和构造裂隙在地表风化作用下不断扩大、延伸、交错成网，使浅部风化裂隙极其发育，向深度随着风化程度的减弱而减弱，到微风化带基本呈不透水层。厂址区基岩裂隙水常以下降泉的形式出露于山坡及坡脚，地下水贫乏。

2) 岩性特征

a) 包气带特征：松散岩类孔隙水分布于沿海砂堤、砂地、泻湖平原、山间谷地及汇水盆地。地下水主要赋存于第四纪残坡积层(Q^{el})、风—海积层 (Q_3^{meol})、泻湖沉积

层(Q_4^{ml})、海积层(Q_4^m)、全新世冲积层(Q_4^{al})的黏土、淤泥、砂、砂砾等孔隙中，均为潜水。包气带主要位于潜水自由水面之上，主要岩性特征同样是第四纪残坡积层(Q^{el})、风—海积层(Q_3^{meol})、泻湖沉积层(Q_4^{ml})、海积层(Q_4^m)、全新世冲积层(Q_4^{al})的粘土、淤泥、砂、砂砾。

b) 隔水层特性

厂址周边区域基岩裂隙水分布于侵蚀构造地形和剥蚀构造地形的广大地区，主要岩性为早白垩世中粒斑状黑云母二长花岗岩及少量细粒斑状黑云母二长花岗岩和流纹质晶屑熔结凝灰岩。隔水层主要为早白垩世中粒斑状黑云母二长花岗岩、黑云母二长花岗岩和流纹质晶屑熔结凝灰岩的微风化部分或新鲜岩石。

2.5.2.2 地下水水位及渗透特性

(1) 地下水水位

根据水位观测统计，松散岩类孔隙水的地下水位标高变化范围较大，高程4.27~20.49m。基岩裂隙水以基岩风化裂隙水为主，多呈脉状分布，由于岩体节理分布不均匀及贯通性差，未形成统一的地下水位。基岩区钻孔所测地下水位受钻探及降雨影响，并不能形成稳定地下水位。

(2) 渗透特性

根据水文地质调查及岩土工程勘察结果，厂址区位于田尾山水文地质单元(I)的亚单元—西湖(I₁)和浅澳(I₂)。

根据现场勘察的抽水试验结果，含水层主要为全风化、强风化花岗岩，其渗透系数多在 $1.03 \times 10^{-4} \sim 4.68 \times 10^{-3}$ cm/s，渗透等级以中等透水为主。根据现场勘察的压水试验结果，中等风化及微风化岩体透水率多在0.1~1.0Lu，属微透水，1~10Lu次之，属弱透水，总体上为弱~微透水。

2.5.2.3 地下水补给、径流、排泄

厂址区各水文地质单元相对独立，与邻区缺乏水力联系，各亚单元间也无水力联系，自成体系。按地下水赋存类型叙述地下水补给、径流、排泄条件如下：

(1) 松散岩类孔隙水

补给来源主要有大气降水，其次为地表水塘的渗流补给及少量基岩裂隙水侧向补给。地下水一般在含水层中作层状渗流，其渗流速度取决于自然地形坡度。地下水排

泄有蒸发、人工开采、以及向沟谷分散排泄等方式，其中人工开采水量较少。水位变化明显受气象条件控制，雨季水位高，旱季水位低。地下水流向同地形倾斜方向一致，最终流入大海。根据松散岩类孔隙水地下稳定水位测算，厂址区南部海岸地段向大海排泄的水力坡降约3.6%~4.6%；厂址区中部沟谷地段向大海排泄的水力坡降约0.7%~0.9%。

（2）基岩裂隙水

厂址区内基岩裂隙水主要受大气降水补给，辅以松散岩类孔隙水补给，水位变化具有季节性和差异性，一般节理不发育地段，地下水贫乏。地下水径流方向由贯通性较好的节理向原始地形低洼地带运移，最终向大海排泄，其次通过蒸发方式排泄。根据地质测绘，地表泉点及水塘水面高程一般7~10m，地下水位顺地形向山体逐渐抬高，水力坡降平缓。

2.5.2.4 地下水的水质、水量、水温

（1）水质

厂址区I₁水文地质单元地下水根据水质分析实验表明：

- 按pH值分类：均为中性水；
- 按硬度分类：极软水~微硬水；
- 按矿化度分类：均为淡水。

（2）水量

松散岩类孔隙水中的海积层孔隙水根据民井抽水试验，位于松散岩类孔隙水含水层的民井单位涌水量Q为2.217t/d·m。

调查区基岩裂隙水常以下降泉的形式出露于山坡及坡角（照片），泉水流量为0.018~0.033L/s，地下水为水量中等。块状岩类裂隙水多赋存于早侏罗世中粒斑状黑云母二长花岗岩浅部基岩风化带中，民井单位涌水量Q为1.755~4.234t/d·m，泉水流量为0.018~0.033L/s，其富水程度属于贫乏。

（3）水温

经对调查区泉点进行测温，松散岩类孔隙水的水温在25℃左右。

2.5.2.5 地下水的化学特性

（1）水化学类型

厂址区 I₁ 水文地质单元地下水按 pH 为中性水，按硬度为极软水~微硬水，按矿化度为淡水。

（2）矿化度

厂址区地下水矿化度范围在 69.6mg/L~183.5mg/L 之间。

（3）腐蚀性

据水质分析，厂址区地下水在弱透水层中对混凝土结构有微腐蚀性；海边附近井水在强透水层中对混凝土结构有中等腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋在干湿交替条件下有微腐蚀性，在长期浸水的条件下有微腐蚀性。

2.5.2.6 地下水开采利用现状

厂址区及厂址附近范围的地下水分布不均，地下水基本上渗流入海，水资源开发利用程度很低，无大量抽取地下水的厂矿或企业，也没有大规模开采地下水的规划。

厂址附近 10km 范围内的碣石镇各村均使用自来水，基本不使用地下水。厂址 5km 范围内村庄地下水开发利用程度低，水井共有 4 个，分别位于浅澳村、后埔村、赤坎头村和上林村。碣石镇全镇自来水均已通达各村，是居民饮用水的主要来源，水井水仅用于普通洗衣、家畜饮用等活动。

2.5.2.7 核电厂运行对地下水可能的影响

厂址区没有大型河流和水库等地表水体。目前厂区第四系地层均已被剥除，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。由于厂址位于田尾山水文地质单元（I）的地下水流向通道的下游，场平后不会对区域内其他用户造成显著影响。目前地下水的迁移途径为：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。

本工程建设后厂区局部地下水特征虽有少量变化，厂区仍为相对独立的水文地质单元，和相邻单元无直接水力联系。地下水的主要补给来源为降雨入渗，除少量蒸发外，地下水均排向大海，地下水的主要特征无大的变化。厂区临近海边，处于田尾山水文地质单元（I）的下游，居民区和农业生产区处于本水文地质单元的上游区或其他水文地质单元，由于本工程运行不会对周边的地下水产生显著影响。

2.5.3 洪水

陆丰核电厂5、6号机组厂址为滨海厂址，厂址附近无大江河及水库等水利工程，无其它汇水区域的输水及水库溃坝等产生的洪水威胁，厂址防洪主要是防御海域最大风暴潮引起的洪水和厂址附近汇水区域可能最大降雨引起的洪水。

陆丰核电厂的组合洪水主要考虑对厂址有重要影响的极端事件，组合如下：

可能最大风暴潮增水（PMSS）	5.21m
10%超越概率天文潮高潮位	1.47m
海平面升高	0.22m
厂址设计基准洪水位（DBF）	6.90m（85国家高程基准）

核电厂厂坪标高为15.30m，远高于海域洪水水位，波浪的防护考虑采取工程措施。降雨产生厂区内的积水将通过厂区排水渠道组成的自然排水系统排入厂前的大海，保证核岛区内的积水不超过0.2m。

表 2.5-1 (1/2) 厂址附近海域实测全潮观测站坐标统计表（海流观测站）

站位	实测站位坐标											
	冬季						夏季					
	大潮期 (2024.01.12~13)		中潮期 (2024.01.09~10)		小潮期 (2024.01.05~06)		大潮期 (2024.06.22~23)		中潮期 (2024.06.19~20)		小潮期 (2024.06.16~17)	
	经度 (E)	纬度 (N)										
C1	115°59.996'	22°48.502'	115°59.998'	22°48.524'	116°00.017'	22°48.509'	116°00.012'	22°47.785'	116°00.060'	22°47.663'	116°00.035'	22°48.121'
C3	116°02.051'	22°45.030'	116°02.051'	22°45.015'	116°02.030'	22°45.029'	116°02.042'	22°44.979'	116°02.005'	22°45.014'	116°02.003'	22°44.998'
C4	115°48.744'	22°44.316'	115°48.772'	22°44.391'	115°48.743'	22°44.247'	115°48.630'	22°44.243'	115°48.621'	22°44.169	115°48.651'	22°44.341
C5	115°48.992'	22°41.691'	115°48.992'	22°41.691'	115°48.999'	22°41.659'	115°48.847'	22°41.436'	115°48.923'	22°41.736'	115°49.062'	22°41.810'
C6	115°48.900'	22°43.740'	115°48.901'	22°43.750'	115°48.924'	22°43.753'	115°48.901'	22°43.636'	115°48.942'	22°43.644'	115°48.774'	22°43.694'
C7	115°49.048'	22°38.093'	115°48.956'	22°38.024'	115°48.956'	22°38.024'	115°48.695	22°38.609'	115°48.998'	22°38.239'	115°49.060'	22°37.964'
C8	115°47.601'	22°44.879'	115°47.784'	22°44.743'	115°47.516'	22°44.869'	115°47.460'	22°44.780'	115°47.420'	22°44.757'	115°47.410'	22°44.817'
C10	115°43.901'	22°44.099'	115°43.944'	22°44.048'	115°43.845'	22°44.033'	115°43.619'	22°43.996'	115°43.107'	22°44.010'	115°43.780'	22°44.050'
C11	115°41.428'	22°48.882'	115°41.442'	22°48.855'	115°41.442'	22°48.455'	115°41.372'	22°48.493'	115°41.489'	22°48.508	115°41.404'	22°48.529'
C13	115°38.588'	22°44.214'	115°38.570'	22°44.220'	115°38.954'	22°44.218'	115°38.514'	22°44.724'	115°38.572'	22°44.715'	115°38.600'	22°44.217'
C14	115°34.961'	22°38.170'	115°35.018'	22°38.135'	115°34.999'	22°38.152'	115°34.860'	22°38.182'	115°34.958'	22°38.172'	115°34.958'	22°38.172'

表 2.5-1 (2/2) 厂址附近海域实测全潮观测站位坐标统计表（潮位站观测）

站位	冬季		夏季	
	经度 (E)	纬度 (N)	经度 (E)	纬度 (N)
T1	115°48.446'	22°44.779'	115°48.446'	22°44.779'
T3 (陆丰海洋站)	116°04.700'	22°50.800'	116°04.700'	22°50.800'
T4 (遮浪海洋站)	115°34.000'	22°39.000'	115°34.000'	22°39.000'

表 2.5-2 厂址附近海域实测潮汐特征值

季节	站名	潮位 (cm)					潮差 (cm)			涨落潮历时(h)	
		平均潮位	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	平均潮差	最大潮差	最小潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
冬季 (1月)	遮浪站	54	156	-36	96	7	89	188	11	9.78h	7.09h
	T1 站	54	161	-45	93	9	85	184	11	10.02h	7.07h
	陆丰站	55	150	-38	98	9	89	176	12	11.03h	7.92h
夏季 (6月)	厂址	54	152	-27	92	13	79	162	16	8.31h	7.00h
	碣石	53	147	-30	92	12	81	159	14	8.51h	8.22h
	陆丰	53	142	-30	91	12	79	152	12	8.55h	9.34h

表 2.5-3 (1/6) 厂址附近海域实测最大流速和平均流速（冬季大潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

最大流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	32.9	93	33.1	81	31.6	72	37.1	62	28.6	93	26.1	32
C3	38.3	87	37.1	125	36.3	127	33	125	34.5	121	31.8	126
C4	53.1	300	50	139	47.3	132	51.7	306	57.2	318	43.2	318
C5	46.3	102	46.1	94	44.5	95	42	94	35.5	92	30.8	84
C6	56.7	101	62	100	61.8	99	60.7	96	53.9	97	46.4	90
C7	35.2	130	43.6	120	44.3	106	36	107	35.8	38	29.1	51
C8	49.7	130	49.6	135	47.3	138	44.8	132	37	131	30.1	130
C10	23.9	138	36.4	102	31.9	121	32.3	123	25.2	122	24.6	149
C11	17.5	348	16.7	340	19.3	99	20.2	62	18.6	164	19.1	48
C13	26.3	89	29.4	72	27.7	65	26.5	68	25.7	133	20.8	86
C14	51.3	44	52.2	72	50.6	76	51.7	81	48	89	38.2	85

平均流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂线平均
C1	14.6		16.6		17.1		17.2		15.3		12		14.4
C3	16.3		13.2		15.6		12.5		16.6		14.8		14.2
C4	19.9		22.9		24.1		22.5		21.6		18.3		21.4
C5	11.7		16.8		16.7		15.4		15.4		13.2		14.1
C6	20.6		24.1		24		23.9		22.4		19.4		22.4
C7	17.7		17.6		17.1		17.6		16.9		14.5		15.9
C8	20.7		20.3		21.5		20.8		18		15.1		18.2
C10	11		13		13.6		13.7		13.7		12.3		10.7
C11	8		9.5		11.1		9.4		9.9		8.5		5.7
C13	10.8		11.3		11.4		11.7		11.7		11.3		7.9
C14	25.5		18.8		17.5		17		16.3		15.6		16.3

表 2.5-3 (2/6) 厂址附近海域实测最大流速和平均流速（冬季中潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

最大流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	32.9	93	33.1	81	31.6	72	37.1	62	28.6	93	26.1	32
C3	38.3	87	37.1	125	36.3	127	33	125	34.5	121	31.8	126
C4	53.1	300	50	139	47.3	132	51.7	306	57.2	318	43.2	318
C5	46.3	102	46.1	94	44.5	95	42	94	35.5	92	30.8	84
C6	56.7	101	62	100	61.8	99	60.7	96	53.9	97	46.4	90
C7	35.2	130	43.6	120	44.3	106	36	107	35.8	38	29.1	51
C8	49.7	130	49.6	135	47.3	138	44.8	132	37	131	30.1	130
C10	23.9	138	36.4	102	31.9	121	32.3	123	25.2	122	24.6	149
C11	17.5	348	16.7	340	19.3	99	20.2	62	18.6	164	19.1	48
C13	26.3	89	29.4	72	27.7	65	26.5	68	25.7	133	20.8	86
C14	51.3	44	52.2	72	50.6	76	51.7	81	48	89	38.2	85

平均流速

层次 站号	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	14.6	16.6	17.1	17.2	15.3	12	14.4
C3	16.3	13.2	15.6	12.5	16.6	14.8	14.2
C4	19.9	22.9	24.1	22.5	21.6	18.3	21.4
C5	11.7	16.8	16.7	15.4	15.4	13.2	14.1
C6	20.6	24.1	24	23.9	22.4	19.4	22.4
C7	17.7	17.6	17.1	17.6	16.9	14.5	15.9
C8	20.7	20.3	21.5	20.8	18	15.1	18.2
C10	11	13	13.6	13.7	13.7	12.3	10.7
C11	8	9.5	11.1	9.4	9.9	8.5	5.7
C13	10.8	11.3	11.4	11.7	11.7	11.3	7.9
C14	25.5	18.8	17.5	17	16.3	15.6	16.3

表 2.5-3 (3/6) 厂址附近海域实测最大流速和平均流速（冬季小潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

最大流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	31.3	82	38.5	77	29.3	76	28	43	25.3	40	23.2	40
C3	50.6	84	44.7	79	48.2	72	45	82	39.1	77	26.4	81
C4	36.5	143	37.8	141	33.1	121	30.5	116	29.6	113	27.8	109
C5	41.9	76	43.1	89	41.8	87	40.7	80	38.4	68	28.0	72
C6	46.8	80	47.4	93	44.9	100	45	87	38.6	88	33.9	84
C7	42.5	104	42.4	97	41.6	100	38	94	34.2	84	27.3	79
C8	35.5	136	36.1	137	33.4	132	33.2	60	25.4	126	22.2	145
C10	21.2	119	29.1	85	27.1	103	26	106	24.2	106	19.2	49
C11	14.4	60	19.7	55	17	74	18.9	157	18.4	78	20.8	74
C13	27.5	330	29.2	25	30.3	12	32.1	348	32.6	347	32.3	343
C14	51.9	71	50.2	71	48.4	75	47.8	58	39.8	47	24.9	40

平均流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂线平均
C1	14.0		16.5		16.2		15.7		13.9		11.8		13.7
C3	22.3		25.0		25.2		23.8		20.8		15.7		21.9
C4	16.7		19.2		19.5		18.6		17.4		13.1		16.6
C5	15.1		23.6		24.7		24.3		21.9		15.9		21.4
C6	19.6		25.6		26.4		28.2		26.6		21.6		25.3
C7	17.9		21.6		21.7		19.6		19.6		14.3		19.3
C8	18.9		18.6		20.3		19.1		17.2		14.4		17.0
C10	11.9		15.3		17.8		18.6		16.4		11.7		15.4
C11	7.2		7.5		7.7		9.4		9.7		9.3		4.9
C13	10.3		13.2		15.2		15.7		14.3		13.0		12.8
C14	24.1		26.3		26.2		25.5		23		15.3		23.7

表 2.5-3 (4/6) 厂址附近海域实测最大流速和平均流速（夏季大潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

最大流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	40.7	68	35.9	94	37.5	78	29.3	82	25.4	67	21.7	73
C3	103.7	85	69.5	79	45.4	97	37.0	109	32.0	102	37.5	203
C4	44.9	128	66.6	111	73.5	116	64.0	117	59.7	108	49.1	102
C5	117.6	90	66.5	89	50.5	96	42.8	97	34.6	66	25.5	123
C6	80.0	83	66.7	91	61.9	112	64.6	113	53.4	87	48.8	265
C7	124.5	99	54.5	93	40.1	95	39.6	78	32.8	78	28.3	73
C8	58.0	141	59.0	145	59.3	138	56.0	141	50.0	139	41.1	133
C10	29.5	61	32.8	66	25.8	116	37.0	145	35.1	145	33.0	143
C11	13.8	316	17.3	141	17.9	126	15.7	136	14.1	291	13.1	299
C13	28.0	44	32.3	45	26.4	38	29.1	323	20.5	30	17.9	353
C14	116.2	70	61.7	99	59.3	82	55.1	65	50.8	47	45.0	42

平均流速

层次 站号	表层	0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	垂线平均
		0.2H	0.4H	0.6H	0.8H						
C1	14.7	16.3	17.3	15.9	13.7	11.1	14.5				
C3	41.1	25.7	18.7	18.3	16.1	14.1	18.8				
C4	19.0	24.3	29.7	29.2	26.5	21.7	24.9				
C5	58.9	24.5	20.4	21.3	17.8	14.9	21.9				
C6	32.3	28.4	24.2	23.9	23.1	20.2	23.4				
C7	55.5	30.4	20.7	20.0	17.6	14.8	23.6				
C8	23.4	20.2	25.2	24.5	21	17.5	20.6				
C10	14.2	11.6	11.5	12.1	11.9	9.9	10.1				
C11	5.0	6.2	8.0	7.3	6.3	6.0	5.3				
C13	12.8	16.8	14.8	11.1	8.7	7.4	10.2				
C14	44	28.1	25.4	24.6	24.1	19.6	25.5				

表 2.5-3 (5/6) 厂址附近海域实测最大流速和平均流速（夏季中潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

最大流速

层 次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	27.5	76	27.5	80	27.4	70	26.3	250	18.9	94	19.7	247
C3	48.3	88	39.4	108	31.4	87	33.3	90	26.4	75	18.9	73
C4	58.3	138	54.5	119	54.3	113	54.9	109	43.8	103	39.7	98
C5	56.2	82	41.8	90	44.3	87	40.5	76	33.7	69	25.5	78
C6	51.5	107	54.0	122	48.1	101	47.1	81	38.5	72	30.1	67
C7	87.2	69	49.8	77	45.1	93	41.4	111	25.9	94	21.1	121
C8	48.3	140	51.8	140	46.8	141	44.7	149	41.8	129	33.9	124
C10	44.3	84	33.0	77	28.2	113	33.6	90	23.3	97	20.4	90
C11	13.9	320	20.5	90	17.3	115	17.9	118	14.0	125	16.4	108
C13	38.4	178	17.6	68	23.5	51	26.2	50	21.2	30	14.5	94
C14	54.2	94	50.0	97	49.7	78	43.3	67	35.7	47	26.8	4

平均流速

层 次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层		垂线平均
	流速 (cm/s)	流向 (°)	流速 (cm/s)										
C1	9.0		12.6		12.1		12.0		11.1		8.1		10.6
C3	23.6		20.9		13.6		14.0		13.1		9.6		13.8
C4	21.8		23.2		24.4		24.1		21.9		21.3		22.1
C5	38.9		18.4		17.5		18.0		15.5		11.4		17.2
C6	26.1		24.1		21.5		19.3		17.5		14.1		18.6
C7	51.8		31.2		21.8		18.3		14.6		11.4		21.3
C8	21.3		21.7		19.8		19.9		17.0		12.5		17.3
C10	22.5		17.6		12.2		12.8		11.5		9.7		12.7
C11	5.0		6.7		6.5		7.4		6.3		6.3		5.4
C13	11.6		8.0		13.9		10.6		8.4		7.5		7.6
C14	36.2		29.4		23.5		23.4		21.7		16.4		22.5

表 2.5-3 (6/6) 厂址附近海域实测最大流速和平均流速（夏季小潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

最大流速

层次 站号	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
	流速 (cm/s)	流向 (°)										
C1	17.2	52	23.3	260	25.9	254	20.2	214	18.5	79	12.2	64
C3	57.5	85	42.2	86	27.9	91	26.1	96	23.7	86	16.9	87
C4	28.7	112	41.4	121	40.8	114	39.5	124	34.6	121	32.3	106
C5	60.9	88	46.6	77	37.5	92	28.4	81	26	71	20.4	52
C6	44.3	100	43.7	98	35.6	104	33.4	116	31.3	99	27.4	75
C7	82.7	56	51.6	85	45.4	68	30.7	68	26.4	44	20.2	44
C8	31.1	133	33.3	137	36.9	151	33.4	131	34.4	116	25.5	108
C10	24.9	122	23.8	116	22.7	99	20.9	97	18.8	85	13.9	82
C11	13.3	302	9	153	7.9	97	9.4	86	10.4	115	8.9	75
C13	23.3	160	24.7	156	29.1	59	19.3	31	18.4	47	20.4	35
C14	54.8	82	41.9	97	38.9	99	38	55	35.4	58	24.6	31

平均流速

层次 站号	表层	0.2H	0.4H	0.6H	0.8H	底层	垂线平均
C1	6.5	11.6	10	10.3	8.8	6.4	8.3
C3	29.7	19.9	13.7	12.9	12.2	8.9	14.2
C4	10.5	17.9	17.7	17.5	17.1	15.9	15.1
C5	34.2	25.2	18.3	19.1	15.1	10.8	18.9
C6	25.2	24.4	20	15.8	16.1	13.9	17.1
C7	42.7	31.5	26.1	20.2	15.8	12.5	23.3
C8	15.3	15.4	17.5	15.7	13.4	9.6	13.6
C10	10.7	9.1	8.2	9.2	10.6	7.7	7.6
C11	5.8	4	4	3.6	4.6	5.3	2.9
C13	9.5	9.6	12.8	11.9	8.8	7.2	7.6
C14	34.8	27.7	23.9	22.7	19	15.4	20.8

表 2.5-4 (1/6) 厂址附近海域实测余流流速、流向 (冬季大潮)

单位：流速：cm/s、流向：°

站号 层次	要素	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11	C13	C14
表层	流速(cm/s)	2.3	2.0	13.7	5.2	2.3	7.8	6.6	4.6	0.9	5.6	13.0
	流向(°)	164	106	179	158	182	89	173	13	354	206	8
0.2H	流速(cm/s)	4.3	4.4	11.9	6.4	2.5	9.5	5.7	3.7	1.2	3.3	9.7
	流向(°)	102	101	157	82	92	109	144	81	311	358	39
0.4H	流速(cm/s)	4.9	4.9	9.7	7.8	4.4	11.7	4.8	6.3	1.4	3.0	10.1
	流向(°)	63	98	146	112	89	118	126	81	187	74	45
0.6H	流速(cm/s)	7.0	7.0	8.8	9.2	5.3	10.2	4.4	7.0	0.7	7.9	9.3
	流向(°)	51	99	131	93	86	132	118	93	183	51	65
0.8H	流速(cm/s)	6.6	5.8	7.9	9.3	5.7	7.1	4.6	7.7	4.4	7.4	8.6
	流向(°)	48	106	112	108	75	118	93	115	97	52	83
底层	流速(cm/s)	4.8	5.7	5.9	7.1	4.3	5.5	4.6	7.9	5.9	3.3	7.6
	流向(°)	38	107	102	105	59	82	127	123	55	38	84
垂线 平均	流速(cm/s)	4.7	5.1	8.9	7.4	3.9	8.8	4.6	5.5	1.0	3.8	8.7
	流向(°)	62	102	143	104	85	115	129	98	101	49	53

表 2.5-4 (2/6) 厂址附近海域实测余流流速、流向（冬季中潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

站号 层次 要素		C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11	C13	C14
表层	流速(cm/s)	4.7	13.2	15.1	12.4	8.1	21.2	11.0	10.9	5.2	2.3	7.6
	流向(°)	136	79	151	141	100	111	125	117	158	100	78
0.2H	流速(cm/s)	10.0	12.3	16.0	15.9	11.7	25.4	10.5	16.7	4.0	11.5	14.1
	流向(°)	81	78	144	94	97	91	131	106	189	59	64
0.4H	流速(cm/s)	10.4	12.9	15.1	16.6	13.4	22.4	10.1	17.8	3.5	9.8	15.6
	流向(°)	69	81	133	96	106	93	129	112	172	27	71
0.6H	流速(cm/s)	12.0	10.0	14.5	17.0	14.6	20.7	8.8	17.1	4.1	14.5	13.5
	流向(°)	64	86	125	92	103	83	111	117	114	38	76
0.8H	流速(cm/s)	11.3	12.1	12.5	15.8	14.0	18.6	8.0	15.3	7.9	15.5	12.7
	流向(°)	47	73	120	88	95	71	112	121	98	32	66
底层	流速(cm/s)	6.9	9.6	9.9	11.4	12.4	14.2	5.6	11.4	6.0	10.2	11.8
	流向(°)	55	69	124	88	87	69	104	112	102	20	52
垂线 平均	流速(cm/s)	9.4	11.7	13.9	15.0	12.7	20.5	9.0	15.6	4.1	11.1	13.0
	流向(°)	67	78	133	96	99	87	121	114	131	38	68

表 2.5-4 (3/6) 厂址附近海域实测余流流速、流向（冬季小潮）

单位：流速：cm/s、流向：°

站号 层次 要素	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11	C13	C14
表层	流速(cm/s)	8.6	18.7	11.7	13.0	18.2	14.9	16.1	10.6	3.6	4.1
	流向(°)	81	86	149	97	86	88	139	97	105	49
0.2H	流速(cm/s)	15.1	23.4	16.6	22.8	25.0	19.5	16.8	15.1	3.0	11.8
	流向(°)	83	84	123	88	97	90	135	93	126	47
0.4H	流速(cm/s)	16.6	24	18.8	23.8	26.4	19.4	18.0	17.5	1.6	13.8
	流向(°)	74	84	120	90	100	88	127	98	112	40
0.6H	流速(cm/s)	14.7	22.7	18.5	22.5	28.1	17.3	18.0	18.0	6.2	13.7
	流向(°)	58	80	116	87	99	82	130	99	88	35
0.8H	流速(cm/s)	14.6	19.8	17.1	19.9	26.2	17.8	16.9	16.2	7.8	13.2
	流向(°)	54	78	110	83	96	74	132	98	81	33
底层	流速(cm/s)	10.7	15.3	11.8	14.0	21.7	12.6	12.7	11.1	5.0	12.0
	流向(°)	49	69	110	76	88	66	121	97	69	32
垂线 平均	流速(cm/s)	13.8	21.3	16.3	20.4	25.1	17.4	16.8	15.5	4.4	12.1
	流向(°)	67	81	119	87	96	83	131	97	91	38

表 2.5-4 (4/6) 厂址附近海域实测余流流速、流向 (夏季大潮)

单位: 流速: cm/s、流向: °

站号 层次 要素		C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11	C13	C14
表层	流速(cm/s)	5.6	36.4	14.1	55.9	28.6	51.1	16.5	3.0	4.0	3.9	39.7
	流向(°)	63	92	118	87	99	94	125	127	323	106	81
0.2H	流速(cm/s)	4.2	22.1	10.2	21.8	16.6	30.3	14.0	3.1	2.1	14.8	23.3
	流向(°)	93	95	106	90	92	87	116	135	90	28	88
0.4H	流速(cm/s)	9.9	15.4	11.2	15.9	10.3	19.6	8.3	4.5	1.7	13.1	20.5
	流向(°)	88	95	126	104	126	87	124	139	126	24	80
0.6H	流速(cm/s)	8.2	12.9	7.8	17.8	11	18.7	6.3	8.1	1.6	8.4	20.9
	流向(°)	65	88	121	79	114	70	138	132	77	33	66
0.8H	流速(cm/s)	6.3	11.9	5.7	16.4	9.0	16.2	6.1	7.8	2.9	5.8	19.7
	流向(°)	65	77	104	68	100	60	134	91	73	45	47
底层	流速(cm/s)	5.1	7.9	5.6	11.6	6.4	13.7	4.2	5.8	2.5	3.5	15.2
	流向(°)	58	74	80	61	86	56	127	86	10	30	42
垂线 平均	流速(cm/s)	6.6	16.7	8.7	20.7	12.6	22.8	8.9	5.2	1.5	8.8	21.5
	流向(°)	75	90	114	84	104	81	125	117	66	33	71

表 2.5-4 (5/6) 厂址附近海域实测余流流速、流向 (夏季中潮)

单位: 流速: cm/s、流向: °

站号 层次 要素		C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11	C13	C14
表层	流速(cm/s)	5.7	22.1	19.6	38.3	25.1	49.9	18.6	20.9	3.4	7.0	35.3
	流向(°)	86	96	123	87	105	79	132	87	275	187	82
0.2H	流速(cm/s)	1.5	15.2	17.6	15.7	19.5	30.5	18.1	14.4	3.7	5.1	27.5
	流向(°)	338	90	112	97	104	76	130	100	74	24	89
0.4H	流速(cm/s)	1.3	8.3	14.3	14	10.7	17.7	15.1	10.1	3.2	13.7	21.3
	流向(°)	352	97	109	94	102	88	133	100	82	13	79
0.6H	流速(cm/s)	2.2	7.6	10.6	15.8	8.8	15	8.8	10.6	3.8	9.7	20.9
	流向(°)	44	91	109	81	74	77	133	88	84	29	66
0.8H	流速(cm/s)	4.2	9.0	7.6	13.4	10.5	12.5	5.5	9.1	4.2	6.7	20.2
	流向(°)	62	71	91	58	55	53	125	87	102	48	38
底层	流速(cm/s)	2.7	6.7	7.7	8.8	10.2	8.5	3.9	7.4	4.1	5.3	15
	流向(°)	56	68	76	48	41	51	109	75	83	34	18
垂线 平均	流速(cm/s)	2.2	10.7	12.5	15.9	12.4	20.6	11.7	11.6	3.0	6.7	21.4
	流向(°)	49	88	108	82	88	75	131	92	85	28	69

表 2.5-4 (6/6) 厂址附近海域实测余流流速、流向 (夏季小潮)

单位: 流速: cm/s、流向: °

站号 层次 要素		C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C10	C11	C13	C14
表层	流速(cm/s)	5.5	30.8	10.0	34.5	25.6	43.7	13.0	5.1	5.0	4.7	36
	流向(°)	59	95	121	90	106	56	124	76	291	180	79
0.2H	流速(cm/s)	1.6	19.8	18.3	25.2	25.3	31.6	14.8	7.6	1.5	3.8	27.7
	流向(°)	282	95	125	94	106	83	135	102	269	57	82
0.4H	流速(cm/s)	1.4	10.3	17.8	18.1	15.7	26.1	15.9	7.2	1.3	12.4	22.1
	流向(°)	207	99	115	99	109	77	135	105	42	45	96
0.6H	流速(cm/s)	4.2	12.2	14.3	18.4	11.4	20.3	13.4	8.9	1.2	12.2	22.8
	流向(°)	81	97	112	82	111	66	128	119	87	44	71
0.8H	流速(cm/s)	4.8	11.8	8.9	14.9	12.3	16.1	9.2	10.5	3.9	8.5	19.2
	流向(°)	52	79	105	63	87	55	112	81	94	47	32
底层	流速(cm/s)	4.2	7.5	8.4	10.4	11.2	12.8	6.2	7.3	4.5	6.4	14.5
	流向(°)	58	71	112	51	66	54	104	58	74	45	16
垂线 平均	流速(cm/s)	2.3	14.5	13.5	19.3	16.3	24.0	12.4	7.6	1.0	7.7	21.4
	流向(°)	62	92	116	85	102	69	128	95	62	49	71

2.6 地形地貌

2.6 地形地貌

陆丰核电厂址半径 5km 范围内主要为平原地形、山地地形和水体。

厂址位于陆丰市石碣镇以南沿海的半岛上，地形总体呈现沿海岸及西侧略高。厂区原始地貌类型主要为丘陵剥蚀地貌，其次为海岸地貌和人工地貌。丘陵山体的山脊呈 NW 向展布，发育球状风化体，表面常形成石蛋地貌，在地表大量分布；山坡坡度一般为 10~30°，局部大于 35°。海岸地貌主要分布于厂址区南部沿海一带，包括岩岸和沙滩等地貌，靠海一侧受海潮冲蚀，岩岸较为陡峭，局部地段基岩裸露，海岸地貌发育，见有海蚀穴、海蚀崖、海蚀沟等海蚀地貌；海岸沙滩主要分布于田尾山中部及东部海岸潮间带，沿海边分布有礁石。人工地貌主要位于联合泵房东侧骨料堆石场，为开挖山体后堆填的大量块石，依山形堆填，并形成下山道路。

现场 5、6 号机组厂区范围已经整平至厂坪标高，场地平坦。目前主厂房均已建成，BOP 区建筑物正在建设中。厂区北侧为施工准备区，分布临建；西侧分布人工开挖边坡，现已建成；南侧岸边为护岸，现已建成。

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 辐射环境本底调查

3.1.2 辐射环境质量评价

表

表 3.1-1 监测项目、频次及点位布设情况汇总表

表 3.1-2 环境 γ 辐射剂量率监测点位信息表

表 3.1-3 空气介质采样监测信息

表 3.1-4 土壤采样监测信息

表 3.1-5 陆生生物样品采样监测信息

表 3.1-6 非受纳水体采样监测信息

表 3.1-7 海水及海洋沉积物采样监测信息

表 3.1-8 海洋生物采样监测信息

表 3.1-9 测量分析方法一览表

表 3.1-10 采样设备一览表

表 3.1-11 制样设备一览表

表 3.1-12 测量设备一览表

表 3.1-13 放化分析项目典型探测下限值

表 3.1-14 土壤中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

表 3.1-15 气溶胶中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

表 3.1-16 沉降灰中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

表 3.1-17 生物灰中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

表 3.1-18 淡水中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

表 3.1-19 海水中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

表 3.1-20 宇宙射线响应测量结果

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)要求，在核动力厂场址首台机组运行前，营运单位应完成辐射环境本底水平的调查，至少应获得最近连续两年的调查数据。5、6号机组作为陆丰核电厂址首期运行工程，正在开展2024年7月初至2026年6月末为期两年的运行前辐射环境本底水平调查工作。本阶段依据本次调查的第一年度（2024年7月~2025年6月）调查成果对广东陆丰核电5、6号机组运行前周围辐射环境现状进行描述和评价。

3.1.1.1 调查方案

3.1.1.1.1 调查范围

(1) 资料收集范围

核设施、铀钍矿、核技术等设施利用情况调查范围：

- 厂址半径30km范围内核设施、铀、钍矿设施，调查区域主要包括陆丰市和汕尾市遮浪街道；
- 厂址半径15km范围内人为活动引起天然辐射照射增加的设施概况，调查范围主要包括陆丰市的碣石镇、金厢镇、桥冲镇、南塘镇和湖东镇；
- 厂址半径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，调查范围主要包括陆丰市的碣石镇、金厢镇、桥冲镇、南塘镇和湖东镇；
- 厂址半径5km范围内I类II类放射源的应用概况，调查范围主要包括碣石镇的后埔村、浅澳村、上林村、新丰村、红坡村、角清村、前堆村和灶背村。

(2) 辐射环境本底调查范围

- 环境 γ 辐射水平调查范围为厂址半径50km范围，重点调查半径20km范围。
- 环境介质中放射性核素含量调查范围为厂址周围半径20km范围，重点调查厂址周围10km范围。

3.1.1.1.2 布点原则

在采样和监测布点时，充分考虑电厂周围人口分布、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：

- 近密远疏、均匀覆盖各方位；
- 结合核电厂周围的环境特征综合考虑，在人口稀少且交通非常不便的山区（或岛屿）可适当减少监测点位；
- 对可能的关键居民组、人口集中的居民区域、农牧渔业和养殖集中区、环境敏感区和主导风下风向应适当针对性布点；
- 尽可能选择未来被扰动和破坏可能性小的位置作为监测点位，以便电站运行期间以及同一厂址后续建造的机组调查时可作为监测点位长期使用；
- 所选点位应能够采集到有代表性样品，避免各类自然和人为因素的影响；
- 所选点位应便于达到、采样和布设仪器设备，并考虑供电、安全等因素；
- 地表 γ 辐射剂量率监测与累积剂量监测应同点布设，土壤采样点一般应有地表 γ 辐射监测；
- 地表水体（非受纳水体）水样与沉积物采样点一般应一致；
- 受纳水体水底沉积物与水样采集点一般应一致。

3.1.1.3 调查内容

本次调查监测项目统计见表 3.1-1。

（1）环境对照点和宇响监测点

陆域对照点：选择厂址 NNE 方位约 58km 处的普宁市梅林镇作为本阶段辐射环境调查陆域环境介质采样监测的对照点。

海域对照点：陆丰核电厂西侧海域约 85km 处为太平岭核电厂，因而陆丰核电厂西侧无适合的海域对照点，而东侧海域 50~100km 范围内则无辐射污染排放源，因而，选择厂址 50km 评价范围之外厂址东侧约 55km 处的神泉港海域作为本阶段辐射环境调查海域环境介质采样监测的对照点。

宇宙射线响应监测点：宇宙射线响应监测要求测量点位水深大于 3m，距岸大于 1km，陆丰核电厂周围满足该要求最近的湖泊/水库，位于 NW 方位约 170km 处的河源市东源县万绿湖（新丰江水库），万绿湖为华南第一湖，水面面积广阔，最宽处长宽达到 6km，平均水深 30~40 米，最深处达 80~90 米，满足宇宙射线响应的监测要求。

（2）环境 γ 辐射剂量率

— 环境 γ 辐射剂量率瞬时监测

环境 γ 辐射水平调查范围为厂址半径 50km，结合《核动力厂运行前辐射环境本底

调查技术规范》(HJ 969-2018) 对监测点位布置的要求，重点关注 20km 范围。

本项目环境 γ 辐射剂量率瞬时监测在厂界外以 5#机组反应堆为中心、16 个方位以半径为 2km、5km、10km、20km、30km、40km、50km 的圆所形成的扇形区域内陆(岛屿)上布点，对可能关键居民组、主导风下风向、烟羽最大浓度落点增加针对性点位，在人口集中区、环境敏感区适当增加针对性点位。

结合现场环境，厂址半径 50km 范围内共布设环境 γ 辐射剂量率瞬时监测点位 55 个，监测点位编号、点位名称、方位以及距离见表 3.1-2。

γ 辐射剂量率瞬时监测点包括：原野 45 个、道路 9 个，另设对照点 1 个。点位分布方面：厂址半径 2km 范围内布设点位 8 个，2km~5km 范围内布点 8 个；5km~10km 范围内布点 7 个，10km~20km 范围内布点 6 个，20~30km 范围内布点 9 个，30km~40km 和 40km~50km 范围内各布点 8 个。

γ 辐射剂量率瞬时监测频次为 1 次/季度，共监测 8 次。对于仪器宇宙射线响应测量，在项目开展前以及结束时各开展 1 次，共监测 2 次。

— TLD 累积剂量监测

TLD 累积剂量布设点与环境 γ 辐射剂量率瞬时监测共点。厂址半径 50km 范围内 TLD 累积剂量监测点位共布设 51 个，对照点位于厂址 NNE 方位约 58km 处的普宁市梅林镇。TLD 累积剂量点位信息见表 3.1-2。

TLD 累积剂量监测频次为 1 次/季度，调查周期内共监测 8 次。

— 环境 γ 辐射剂量率连续监测

陆地环境 γ 辐射剂量率布设 2 处连续监测点，1 处位于后埔村(关键居民组所在居民点)，另 1 处位于浅澳村(距厂址最近的居民点)。

为判定剂量率连续监测时受降雨的影响，在剂量率连续监测时同步监测降雨量，确定降雨量对剂量率的影响。

剂量率连续监测获取每日、每小时的 γ 辐射剂量率监测数据。连续监测 1 年以上。

(3) 环境空气中放射性

环境空气介质样品的监测项目包括：

- 气体介质样品监测项目包括： ${}^3\text{H}$ 、 ${}^{14}\text{C}$ 、 ${}^{131}\text{I}$
- 气溶胶和沉降灰介质样品监测项目包括： γ 核素、 ${}^{90}\text{Sr}$
- 雨水样品监测项目包括： γ 核素、 ${}^{90}\text{Sr}$ 、 ${}^3\text{H}$

监测的 γ 核素包括： ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{7}Be 以及 γ 谱中可识别出特征峰的其它人工核素。

空气取样点共布设 3 处，分别为后埔村（关键居民组）、上林村（5km 范围内最大居民点）、浅澳村（最近居民点），另设对照点 1 处，位于厂址 NNE 方位约 58km 处的普宁市梅林镇。空气采样信息见表 3.1-3。

空气样品的监测频次为 1 次/季，调查周期内共监测 8 次。

（4）土壤中放射性

土壤共布设 12 处采样点位，采样点位与累积剂量/剂量率瞬时监测点共点，对照点设置在厂址 NNE 方位约 58km 处的普宁市梅林镇。

对照点以及各方位最近采样点的土壤进行 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析。采样点包括：田尾山西、浅澳东南、后埔村和对照点等 4 处。采样点位信息见表 3.1-4。

土壤样品监测项目包括： γ 核素、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

监测的 γ 核素包括：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 、 ^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 以及在 γ 谱中可识别出特征峰的其它人工核素。

土壤样品的监测频次为 1 次/年，共开展 2 次。

（5）陆生生物中放射性

结合当地陆生生物耕种和养殖分布情况，陆生生物的采样区域包括：厂址距离 1~2km（后埔村、上林村）、5~10km（南溪河边、宋厝寮村）、对照点梅林镇周边三处采样区域。

采集陆生生物种类包括：谷物类 1 种（玉米）、蔬菜类 4 种（红薯、青菜、芥兰、萝卜）、水果类 2 种（香蕉、木瓜）、禽畜类 1 种（鸭）、指示生物 1 种（松针），每个采样点共采集陆生生物 9 种，陆生生物采样信息见表 3.1-5。

陆生生物样品监测项目包括： γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机结合氚（OBT）和组织自由水氚（TFWT）。其中 γ 能谱分析核素为 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{54}Mn 、 ^{7}Be 以及在 γ 谱中可识别出特征峰的其它人工核素。本项目厂址半径 20km 范围内无牛（羊）奶场，牛（羊）奶中 ^{131}I 不具备采样条件。

陆生植物监测频次为 1 次/收获期，陆生动物监测频次为 1 次/年。

（6）非受纳水体中放射性

本项目非受纳水体监测介质有饮用水、地下水、地表水，地表水沉积物和水生生

物（水生植物和水生动物）。采样点信息见表 3.1-6。

饮用水的采样点包括：厂址 5km 范围内的后埔村（关键居民组）、浅澳村（最近居民点）、上林村（最大居民点），以及厂址 50km 以外的对照点梅林镇饮用水。

地下水的采样点与饮用水采样点基本同点位，地下水采样点包括：厂址 5km 范围内的后埔村（关键居民组）、浅澳村（最近居民点）、上林村（最大居民点）和西坡林村，以及厂址 50km 以外的对照点梅林镇。

地表水和地表水沉积物采样点结合厂址附近地表水的分布情况共设置 4 处，分别为：东湖水库、南溪河、响水水库和对照点梅林镇境内崩坎水河，地表水同点位采集沉积物。

水生生物采样点结合当地水草分布和淡水鱼类的可捕捞条件选择：厂址半径 10km 范围内的南溪河、厂址 50km 以外的对照点梅林镇境内的崩坎水河，共 2 处采样点，水草和淡水鱼各采集 1 种。

各介质样品的监测项目如下：

- 饮用水： γ 核素、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 和 ^3H 。
- 地下水： γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 和 ^3H 。
- 地表水： γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 和 ^3H 。
- 地表水沉积物： γ 核素、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。
- 水生生物： γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机结合氚（OBT）和组织自由水氚（TFWT）。

监测的 γ 核素包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{110m}Ag 、 ^{106}Ru 以及 γ 能谱中可识别出特征峰的其它人工核素。对于底泥还需监测天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 。

监测频次为每年的平水期、枯水期各 1 次，共采集 4 次。地表水沉积物和水生生物每年监测 1 次，采样周期内共采集 2 次。

（7）受纳水体中放射性

陆丰核电厂为滨海厂址，受纳水体为海水，监测介质包括：海水、海洋沉积物和海洋生物。

海水采样点在 5#机组排放口半径 10km 范围内共布设海水取样点 16 处，并在排放口东方位约 55km 处的神泉港设对照点 1 处。

海洋沉积物采样点共设 19 处，其中 17 处沉积物采样点与海水采样点同点位，另 2 处位于浅澳村近岸和核电东北侧厂界外近岸。海水和海洋沉积物采样点位信息见表

3.1-7。

海洋生物采样区域结合本厂址周围海域特点，设置排放口西侧碣石湾海域、东侧海域以及对照点神泉港海域等三处海洋生物采集的捕捞海域。海洋生物共调查 5 类 10 种，包括水生植物 2 种，海鱼 2 种、海虾 2 种、贝类 2 种以及软体类 2 种，具体采样信息见表 3.1-8。

各介质样品的监测项目如下：

- 海水： γ 核素、 ^{131}I 、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 。
- 海洋沉积物： γ 核素、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ （每个方位 5km 范围内样品）。
- 海洋生物： γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚（OBT）和组织自由水氚（TFWT）。

监测的 γ 核素包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 以及 γ 能谱中可识别出特征峰的其它人工核素。海洋沉积物还需监测 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 。

海水监测频次为 1 次/半年，调查周期内共采样监测 4 次；海水沉积物监测频次为 1 次/年，调查周期内共采样监测 2 次。

海洋水生植物的监测频次为 1 次/收获期，海洋水生动物为 1 次/年，调查周期内共采样监测 2 次。

3.1.1.4 样品采集和预处理

(1) 气溶胶

— 采样设备

现场共使用 2 台气溶胶采样设备，过滤材料选用对直径 $0.3\mu\text{m}$ 粒子捕集效率 95% 以上的可灰化纤维素滤纸。

— 样品采集

每季度样品采集时，将采样器安装到位，设定采样流量（1.0~1.3） m^3/min ，每个采样点采集时间约为 7 天，样品采集总体积大于 10000m^3 。

采样前将滤纸烘干，装入自封袋中备用，现场采样前先确认采样器能正常工作并记下采样起始时间和起始流量，最后记下结束时间、体积和相关环境参数，计算出采样量，样品滤纸采集后载尘面向里折叠成较小尺寸，用塑料膜包好密封，装入样品袋，并在样品袋上标识清楚，以便样品交接与管理。

— 样品预处理

采样结束后把滤膜按采样先后次序，从下向上依次相叠放进特制的圆柱形塑料样

品盒里待测。完成 γ 能谱测量后，将滤膜样品置于马弗炉内于 450°C 灰化，灰化完成后进行 ^{90}Sr 放化处理和测量分析。

（2）空气中碘-131

— 样品采集

空气中碘-131 使用空气碘取样器采集，流量设置约 80L/min，连续采样时间不少于 24h，采样体积不低于 100m³。

— 样品预处理

采样结束后将滤膜和活性炭盒放入自封袋内双层密封，通过快递寄回实验室立即测量。

（3）空气中氚

空气中氚采用除湿机收集空气中的冷凝水，采样器进气口距离地面 1.0~1.5m。采样期间采用温湿度计联网记录小时温度和湿度，并根据采样期间的平均温度和平均湿度推算绝对湿度。水样采样量不低于 100mL，样品收集后转移至 250mL 棕色玻璃瓶内，密封保存。

（4）空气中碳-14

空气碳-14 采样时流速设置为 30L/h，氧化炉温度设置为 450°C，采集有机碳与无机碳。采样共有 4 个捕集瓶，分别装入 2mol/L 的 NaOH 吸收溶液 120mL，前两个捕集瓶吸收无机碳，后两个捕集瓶吸收有机碳氧化生成的 CO₂。确保采集样品体积不少于 3m³。采样结束后，样品转移至 1L 聚乙烯样品瓶内，并使用去离子水，清洗采样玻璃瓶 2-3 次，清洗液也转入样品瓶内。

（5）沉降灰和降水

— 样品采集

沉降灰收集器采用直径 70cm 的不锈钢盆，受灰面积 0.3848m²，深度 40cm，采样不锈钢盆固定在 1.5m 高度的架子上；雨水采样器具与沉降灰收集器相同，在底部安装出水管，出水管连接下部的聚乙烯雨水收集桶，聚乙烯雨水收集桶容量为 30L，共配备 4 个，雨水通过出水管可同时流入下方的收集桶内。

沉降灰一个季度采样结束后，全部移入 5L 塑料桶中，附着在采样盆上的尘埃，用去离子水冲洗干净，一并收集；雨水一个季度采样结束后，从收集桶内取出 500mL 水样转入棕色玻璃瓶中，用于氚分析，其它则连同收集桶一起寄回实验室分析，现场更

换新的收集桶进行下一季度的雨水收集。

— 样品预处理

沉降灰和降水样品收集后使用硝酸酸化至 pH<2，降水用于分析氚的样品不酸化。

(6) 水样

— 样品采集

水样采集时，氚分析项目样品容器选用 500mL 棕色玻璃瓶，其它分析项目根据分析用量选用不同规格的聚乙烯塑料桶。采样前预先使用低浓度硝酸清洗样品容器，再用净水冲洗干净备用。

地表水样品采样时用待采水样洗涤2-3次后开始采集，使用水泵取样时尽量防止扰动水体和杂物进入。有排放水和支流汇入处，选在其汇合点的下游，在两者充分混合的地方采样。水库水取样避开河川的流入或流出处采取表面水。

饮用水样品取自自来水管末端水，地下水样品取自地下水井，凡用泵或直接从自来水管取样时，预先放水，使管内的积水排出后再采样。采集前洗净塑料桶，用取样的水洗涤三次，取所需体积的样品。

海水样品在海面指定区域采集，采集前洗净塑料桶，用采样点海水洗涤三次，取所需体积的样品。

对水样来说，考虑各种样品测量的用量，同时考虑一定的富余量。

— 样品预处理

水样采集后，除用于³H、¹⁴C 和¹³¹I 分析的样品外，用浓 HNO₃ 酸化至 pH<2，送至实验室分析测量，保存水样不超过 2 个月。

(7) 土壤、沉积物和潮间带土

土壤样品使用采样铲采集，在 10m×10m 的范围内采用梅花形布点，采集 0~10cm 的表层土，在条件不具备时采用蛇形布点。将采集的土壤样品去除石块、草根等杂物，现场混合后取 2~3kg 样品，装在双层塑料袋内密封，寄回实验室分析。

浅水部分沉积物样品使用采样铲采样，深水部分沉积物样品使用专用采泥器采集。样品采集后挤压去除水分，装入自封袋内，密封保存，寄回实验室分析。

(8) 生物样品

— 样品采集和预处理

谷物：根据当地谷物类种植情况，本次调查采集的谷类样品选择玉米。在指定的

种植区域采样，样品采集后进行去皮脱粒处理，去除夹杂物。

蔬菜类：采集青菜、芥兰、红薯、萝卜等四种。在收获季节，在指定种植区域采样，在蔬菜生长均匀的菜地选 5~7 处采样。样品采集后去除杂物和不可食部分，称量鲜重。

水果类：采集香蕉和木瓜。在收获季节，在指定的种植区域采样，在果园内选 5~7 处采样。样品采集后剥去外壳，称量鲜重。

陆生指示生物松针：采集二年生的松针叶作为样品，称量鲜重。

家禽：选择鸭，在采样点位的养殖户家随机选取若干个体，去毛、去骨后取肉和内脏作为样品，称量鲜重。

陆生水生生物选择水葫芦和罗非鱼。水葫芦样品在采样点位所在河流采集，沥干水分后称量鲜重。罗非鱼样品在采样点位所在河流捕捞，去鳞去骨后取鱼肉作为样品，称量鲜重。

海洋生物：采集藻类的海草和海带、鱼类的白鱼和杂鱼、虾类的皮皮虾和海虾、软体类八爪鱼和鱿鱼、贝类的牡蛎和青口，其中藻类委托当地渔民在相关海域捞取，其它则在相关海域的就近码头购买。

一 样品的现场处理

生物样品采集完毕后，抽取 2~3kg 鲜样，通过生鲜快递邮寄回实验室分析生物中氚和生物中碳-14。

海草和海带样品去除砂粒、碎片等杂物，控干水份后称量鲜重；青口、牡蛎样品去除外壳，初步滤干水分后称量鲜重；采集的鱼类样品采集后经去鳞去内脏处理后称量鲜重；海虾和皮皮虾样品滤干水分后称量鲜重。

上述样品经初步处理，采用高温烘箱在现场完成灰化后寄回实验室进行 γ 能谱分析和锶-90 分析。

3.1.1.5 样品管理

（1）现场记录

原始、全面、翔实记录所有采样过程中的信息。必要时可用卫星定位、摄像和数码拍照等方式记录现场，以保证现场监测或采样过程客观、真实和可追溯。电子介质存储的记录采取适当措施备份保存，保证可追溯和可读取，以防止记录丢失、失效或篡改。采样人员及时填写采样记录表和样品标签，并签名。记录表由他人复核，并签

名。保持样品标签字迹清楚。所有对记录的更改（包括电子记录）要全程留痕，包括更改人签字。记录表的内容要尽量详尽，其格式与内容严格按照采样记录表进行填写。

（2）样品运输

样品采集完毕经简单前处理后尽快运输至实验室分析，在保证样品不被污染和改变性状的前提下，委托物流公司运送。样品运输过程中的基本要求如下：

- 妥善包装，防止样品受到污染，防止样品破损洒落污染其他样品，特别是水样瓶颈部和瓶盖在运输过程中不能破损或丢失，注意包装材料本身不能污染样品；
- 为避免样品容器在运输过程中因震动碰撞而破碎，用箱子包装和采取必要的减震措施；
- 需要冷藏的样品（如生物样品）必须达到冷藏的要求，水样存放点要尽量远离热源，不要放在可能导致水温升高的地方，避免阳光直射；
- 对于半衰期特别短的样品，采样完成后立即通过顺丰次日达，返回实验室后及时开展测量。

（3）样品保存

经过现场制备的水样，需尽快分析测定，保存期一般不超过 2 个月。生物样品在采集和现场制备后要注意保鲜。采集后的样品分类分区保存，并有明显标识，以免混淆和交叉污染。测量完后的样品（ γ 能谱分析的水样、土壤样品、生物样）在实验室保留至项目结束，以备复查。

（4）样品交接

送样人员、接样人员会同质保人员按送样单和样品标签信息认真清点样品，接样人员对样品的时效性、完整性和保存条件进行检查和记录，对不符合要求的样品可以拒收，或明确告知送样人有关样品偏离情况，并在报告中注明。确认无误后，双方在送样单上签字。样品验收后，存放在样品贮存间或实验室指定区域内，由样品管理人员妥善保管，严防丢失、混淆和污染，注意保存期限。分析人员按规定程序领取样品。

（5）留样管理

本项目对土壤、沉积物和生物灰样品进行留样保存，保存的样品为完成放射性核素 γ 能谱分析的样品（土壤、沉积物干样约 300g，生物灰样约 80-100g）。

项目执行期间留样样品暂存于项目承担单位留样间，由项目承担单位负责保存；项目结束后，待项目建设单位实验室具备样品存放条件后，交由项目建设单位保存。

3.1.1.1.6 检测方法、设备和探测限

（1）方法依据

本底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。本底调查采用的测量方法依据见表 3.1-9。

（2）采样、监测和分析设备

本底调查主要采样、监测和分析设备见表 3.1-10~表 3.1-12，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）探测限

本底调查放化分析项目可达到的典型探测下限值见表 3.1-13， γ 谱核素分析项目可达到的典型探测下限值见表 3.1-14~表 3.1-19。

3.1.1.2 辐射类污染源调查结果

（1）核电厂周围 30km 范围内核设施概况

厂址半径 30km 范围内暂未发现其它核设施。

（2）核电厂周围 30km 范围内铀、钍矿设施概况

厂址半径 30km 范围内的矿产资源以高岭土、石英砂、锡、锆、钛铁、硫铁矿等为主，未发现铀、钍矿资源，涉及区域内没有铀、钍矿设施。

（3）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

厂址半径 15km 范围没有“人为活动引起天然辐射照射增加”有关的设施。

（4）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

厂址半径 15km 范围内无同位素生产设施，无非密封放射性同位素的应用企业。

（5）核电厂周围 5km 范围内 I 类和 II 类放射性源的应用概况

除陆丰核电厂项目施工现场涉及 II 类源射线装置使用外，厂址半径 5km 范围内无 I 类和 II 类放射性源的应用。

3.1.1.3 辐射环境现状调查结果

3.1.1.3.1 环境 γ 辐射剂量率

（1）宇宙射线响应

环境 γ 辐射剂量率监测期间，对用于 γ 辐射剂量率监测的设备进行了宇宙射线的响应测量，测量点选择在广东河源市万绿湖（东经 114°34'17"、北纬 23°47'02"，水面海

拔高度为 109m)，宇响测量时船在水域中心时距陆地距离大于 1km，水深大于 3m。宇宙射线响应测量结果见表 3.1-20。

本次调查所有环境 γ 辐射剂量率监测点，海拔高度为 1~94m，经度最远点为 $116^{\circ}10'17''$ ，纬度最远点为 $22^{\circ}40'34''$ ，与宇宙射线响应监测点之间：海拔高度差别≤200m，经度差别≤ 5° ，纬度差别≤ 2° ，根据 HJ61 关于宇宙射线响应值的修正要求，本阶段环境 γ 辐射剂量率统计时对扣减的宇宙射线响应值不进行修正。

（2）环境 γ 辐射剂量率瞬时监测

本项目第一年度环境 γ 辐射剂量率瞬时监测时段为 2024 年 9 月至 2025 年 6 月，监测点涉及范围为厂址半径 50km，含对照点共 55 个点位。

环境 γ 辐射剂量率第 1 个季度（2024 年 9 月）瞬时监测值的范围为 15~160nGy/h，第 2 个季度（2024 年 12 月）的范围为 15~152nGy/h，第 3 个季度（2025 年 3 月）的范围为 10~157nGy/h，第 4 个季度（2025 年 6 月）的范围为 6~149nGy/h。

林厝村和大厝寮村两处测量点位的环境 γ 辐射剂量率瞬时监测值最低，扣除宇响后的均值分别为 12 ± 5 nGy/h 和 17 ± 5 nGy/h； 汕尾职业技术学校测量点剂量率瞬时值最大，扣除宇响后均值为 154 ± 5 nGy/h。

第一年度环境 γ 辐射剂量率瞬时监测值范围为 6~160nGy/h（扣除宇响），与本项目初步本底调查的剂量率水平（20~146 nGy/h）以及 1995 年《中国环境天然放射性水平》的普查结果（17.7~193.1nGy/h）基本在同一水平。

（3）TLD 累积剂量

本阶段第 1 个季度（2024 年 6 月~9 月）TLD 共布设 51 个点位，丢失 4 处，回收率为 92.2%，布设点位的监测结果范围为 48~206nGy/h；第 2 个季度（2024 年 9 月~12 月）TLD 共布设 51 个点位，丢失 2 处，回收率为 96.1%，布设点位的监测结果范围为 53~231nGy/h；第 3 个季度（2024 年 12 月~2025 年 3 月）TLD 共布设 51 个点位，丢失 4 处，回收率为 92.2%，布设点位的监测结果范围为 72~232nGy/h；第 4 个季度（2025 年 3 月~6 月）TLD 共布设 51 个点位，丢失 1 处，回收率为 98.0%，布设点位的监测结果范围为 42~195nGy/h。

第一年度 TLD 累积剂量小时均值范围为 42~232nGy/h（未扣宇响值），与陆丰核电厂初步本底调查结果（39~174nGy/h）以及全国辐射环境质量报告广东省的剂量水平（56.8~175nGy/h）基本在同一水平。

（4）环境 γ 辐射剂量率连续监测

环境 γ 辐射剂量率连续监测点共设 2 处，分别位于后埔村（关键居民组所在居民点）和浅澳村（距电厂最近居民点），后埔村剂量率连续监测设备安装调试后于 2024 年 9 月 3 日 0 点正式稳定运行，至 2025 年 9 月 30 日 23 点，共运行 393 天合计 9432 小时，该时段内共获取 9432 条小时数据，数据获取率为 100%；浅澳村剂量率连续监测设备安装调试后于 2024 年 9 月 21 日 0 点正式稳定运行，至 2025 年 9 月 30 日 23 点，共运行 375 天合计 9000 小时，该时段内共获取 9000 条小时数据，数据获取率为 100%。

后埔村连续监测剂量率小时年均值为 $91.2 \pm 1.7 \text{nGy/h}$ ，剂量率日均值范围为 $82.5 \sim 100.9 \text{nGy/h}$ ；浅澳村连续监测剂量率小时年均值为 $61.7 \pm 2.6 \text{nGy/h}$ ，剂量率日均值范围为 $58.0 \sim 72.7 \text{nGy/h}$ ，剂量率统计结果均已扣除宇宙射线响应值。

两处监测点位剂量率变化趋势基本相同，总体上连续剂量率较为稳定，剂量率的波动主要受降雨影响，监测期间未发现监测点位周围环境存在对剂量率变化有影响的辐射源项。

3.1.1.3.2 空气中放射性

空气采样介质包括：空气中氚、空气中碳-14、空气中碘-131、气溶胶、沉降灰和降水，采样监测点共设 4 处，分别位于后埔村、上林村、浅澳村和对照点（梅林镇）。

（1）空气中氚

空气中氚检出率为 8/16，检出值的范围为 $0.42 \sim 1.18 \text{Bq/L}\cdot\text{水}$ ，按空气体积单位统计的结果范围为 $5.0 \sim 24.7 \text{mBq/m}^3\cdot\text{空气}$ ，与全国辐射环境质量报告中公布的广东省数据 ($<1.1 \text{Bq/L}\cdot\text{水}$) 基本在同一水平，结果未见异常。

（2）空气中碳-14

空气中碳-14 检出率为 16/16，监测结果范围为 $43.0 \sim 56.2 \text{mBq/m}^3\cdot\text{空气}$ ，碳的比活度浓度结果范围为 $0.20 \sim 0.23 \text{Bq/g}\cdot\text{C}$ ，结果未见异常。

（3）空气中碘

空气中碘的监测结果均小于探测下限，与全国辐射环境质量报告中公布的广东省监测数据基本在同一水平，结果未见异常。

（4）气溶胶中放射性

气溶胶中 γ 核素仅检测出 ${}^7\text{Be}$ ，检出率为 16/16，监测结果范围为 $(1.04 \sim 6.16) \text{mBq/m}^3$ ，其它关注的人工 γ 核素以及气溶胶年度混合样品中的 ${}^{90}\text{Sr}$ 均小于探测下限。

气溶胶中放射性监测结果与陆丰核电厂初步本底调查结果以及全国辐射环境质量报告中公布的广东省数据基本在同一水平，均在本底涨落范围内，结果未见异常。

（5）沉降灰中放射性

沉降灰中未检出⁹⁰Sr，各点位不同季节监测结果均低于探测限，与全国辐射环境质量报告中公布的广东省⁹⁰Sr 的监测数据（0.04~0.39mBq/m²·d）基本在同一水平。

沉降灰中宇生放射性核素⁷Be 的监测结果均大于探测限，检出率为 16/16，结果范围为（194~1266）mBq/m²·d。与全国辐射环境质量报告中公布的广东省⁷Be 的监测数据（50~7800mBq/m²·d）基本在同一水平。

沉降灰中其他关注的人工 γ 核素分析监测结果均低于探测限。

（6）降水中放射性

降水中³H 的检出率为 4/15，检出值的范围为 0.79~1.62Bq/L。

降水中⁹⁰Sr 的检出率为 2/15，检出值的范围为 0.14~0.48 μ Bq/L。

降水中宇生放射性核素⁷Be 的检出率为 15/15，结果范围为 96~1690mBq/L，其他关注的 γ 能谱人工核素中仅¹³⁷Cs 有检出，检出率为 1/15，检出值结果为 2.7±1.7mBq/L，其余均小于探测下限。

3.1.1.3.3 土壤中放射性

土壤中 γ 能谱天然核素²³⁸U、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K 活度浓度均高于探测下限，检出率为 12/12，监测结果范围分别为 22~151Bq/kg·干、22~176Bq/kg·干、17~161Bq/kg·干和 108~1147Bq/kg·干；人工核素仅¹³⁷Cs 有检出，检出率为 8/12，检出值的范围为 0.39~1.04Bq/kg·干，其余 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

土壤中⁹⁰Sr 检出率为 4/12，检出值的范围为 0.127~0.300Bq/kg·干；²³⁹⁺²⁴⁰Pu 的检出率 4/4，结果范围为 0.044~0.062Bq/kg·干。

监测结果表明，土壤中放射性水平与陆丰核电厂初步本底调查、《中国天然放射性水平》中的数据以及全国辐射环境质量报告中公布的广东省 2020 年至 2022 年数据基本在同一水平，监测结果未见异常。

3.1.1.3.4 非受纳水体中放射性

（1）饮用水

饮用水采样监测点共设 4 处，包括：后埔村、上林村、浅澳村和对照点（梅林镇），饮用水监测项目包括：³H、¹⁴C、总 α 、总 β 、⁹⁰Sr 和 γ 核素，平水期和枯水期每年各 1 次。

饮用水中³H 的检出率为 3/8，检出值的范围为 0.59~0.81Bq/L。

饮用水中¹⁴C 的检出率为 8/8，结果范围为 1.3~2.1mBq/L，碳比活度浓度范围为 0.14~0.23Bq/g·C。

饮用水中总 α 的检出率为 6/8，检出值的范围为 0.006~0.021Bq/L；总 β 的检出率为 8/8，监测结果范围为 0.057~0.101Bq/L；均低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022) 中规定的限值 (α : <0.5Bq/L, β : <1Bq/L)。

饮用水中⁹⁰Sr 的检出率为 8/8，监测结果范围为 0.41~0.72mBq/L。

饮用水中 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

饮用水中放射性监测结果与陆丰核电厂初步本底调查以及全国辐射环境质量报告中公布的广东省 2020 年至 2022 年数据基本在同一水平，监测结果未见异常。

(2) 地下水

地下水采样监测点共设 5 处采样点位，包括：后埔村、上林村、浅澳村、西坡林村和对照点（梅林镇），地下水监测项目包括：³H、¹⁴C、⁹⁰Sr 和 γ 核素，丰水期和枯水期各采样 1 次。

地下水中³H 所有监测结果均小于下探测限。

地下水中¹⁴C 的检出率为 10/10，监测结果范围为 1.5~11.2mBq/L，碳的比活度浓度范围为 0.09~0.20Bq/g · C。

地下水中⁹⁰Sr 的检出率为 5/10，检出值的范围为 0.17~1.61mBq/L。

地下水中 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

地下水中放射性监测结果与陆丰核电厂初步本底调查结果基本在同一水平，监测结果未见异常。

(3) 地表水

地表水采样监测点共设 4 处采样点位，包括：东湖水库、南溪河、响水水库、崩坎河，地下水监测项目包括：³H、¹⁴C、⁹⁰Sr 和 γ 核素，丰水期和枯水期各采样 1 次。

地表水中³H 的检出率为 1/8，仅对照点崩坎河水中³H 在 2024 年下半年有检出，结果为 0.63 ± 0.26 Bq/L，其余监测结果均小于探测下限。

地表水中¹⁴C 的检出率为 8/8，监测结果范围为 2.2~10.4mBq/L，碳比活度浓度范围为 0.17~0.25Bq/g·C。

地表水中⁹⁰Sr 的检出率为 8/8，结果范围为 0.31~1.14mBq/L。

地表水中 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

地表水中放射性监测结果与陆丰核电厂初步本底调查结果基本在同一水平，监测结果未见异常。

（4）地表水沉积物

地表水沉积物采样监测点共设 4 处，包括：东湖水库、南溪河、响水水库和对照点（崩坎河），地表水沉积物监测项目包括： $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 和 γ 核素，采样频率每年 1 次。

地表水沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ 的检出率为 4/4，监测结果范围为 0.043~0.086Bq/kg·干。

地表水沉积物中 ^{90}Sr 的检出率 1/4，检出值为 $0.147\pm0.066\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，与陆丰核电厂初步本底调查结果基本在同一水平。

地表水沉积物中天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的检出率均为 4/4，监测结果范围分别为 43~169Bq/kg·干、48~246Bq/kg·干、25~160Bq/kg·干和 139~760Bq/kg·干，与陆丰核电厂初步本底调查结果基本在同一水平。

γ 能谱人工核素仅 ^{137}Cs 有检出，检出率为 1/4，检出值为 $1.28\pm0.63\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ，其余 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

（5）水生生物

水生生物采样监测点共设 2 处，南溪河和对照点（崩坎河），水生生物选择水葫芦和罗非鱼共 2 种，监测项目包括：自由水氚、有机结合氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 核素，监测频次为每年 1 次。

水葫芦中自由水氚和有机结合氚的监测结果均小于探测下限， ^{14}C 的检出率为 2/2，监测结果范围为 4.1~5.4Bq/kg·鲜，碳比活度浓度范围为 0.20~0.26Bq/g·C； ^{90}Sr 的检出率为 2/2，监测结果范围为 0.037~0.049Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 2.50~4.16Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中仅 ^{7}Be 有检出，检出率为 1/2，检出值为 $2.97\pm0.42\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$ ，灰样的活度浓度为 $200\pm28\text{Bq/kg}\cdot\text{灰}$ ，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

罗非鱼中自由水氚的检出率为 2/2，监测结果范围为 0.37~0.45Bq/kg·鲜（0.52~0.63Bq/L·水）；有机结合氚的监测结果均小于探测下限； ^{14}C 的检出率为 2/2，监测结果范围为 23.5~28.6Bq/kg·鲜，碳中 ^{14}C 的活度浓度为 0.21Bq/(g·C)； ^{90}Sr 的检出率为 2/2，监测结果范围为 0.090~0.102Bq/kg·鲜，灰样活度浓度范围为 3.29~4.58Bq/kg·灰；

γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

3.1.1.3.5 陆生生物中放射性

陆生生物的调查共设 3 处采样区域，分别为厂址距离 1~2km 区域、5~10km 区域、对照点等三处，选择的生物种类包括：谷物类（玉米）、蔬菜类（青菜、芥兰、红薯、萝卜）、水果类（香蕉、木瓜）、指示生物（松针）和家禽类（鸭）等五大类 9 种陆生生物样品，监测项目包括：自由水氚、有机结合氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 核素，监测频次为每个收获期 1 次。

谷物类自由水氚的监测结果均低于探测限；有机结合氚的检出率为 3/3，监测结果范围为 0.09~0.19Bq/kg·鲜或 (1.1~1.8Bq/L·水)； ^{14}C 的监测结果范围为 6.6~38Bq/kg·鲜，碳中 ^{14}C 的活度浓度范围为 0.20~0.30Bq/g·C； ^{90}Sr 的检出率为 3/3，监测结果范围为 0.003~0.012Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.41~1.43Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出率为 1/3，检出结果为 $0.013\pm0.007\text{Bq/kg}$ ·鲜，灰样的活度浓度为 $1.70\pm0.89\text{Bq/kg}$ ·灰，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

蔬菜类自由水氚的检出率为 8/12，监测结果范围为 0.39~1.18Bq/kg·鲜 (0.44~1.35Bq/L·水)；有机结合氚监测结果均小于探测下限； ^{14}C 的检出率为 12/12，监测结果范围为 4.0~28.8Bq/kg·鲜，碳中 ^{14}C 的活度浓度范围为 0.19~0.25Bq/g·C； ^{90}Sr 的检出率为 12/12，监测结果范围为 0.003~0.117Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.52~10.8Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出率为 4/12，检出值范围为 0.018~0.029Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 1.57~4.47Bq/kg·灰，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

水果类自由水氚的检出率为 1/6，检出结果为 $1.9\pm0.8\text{Bq/kg}$ ·鲜 ($2.0\pm0.8\text{Bq/L}$ ·水)；有机结合氚的检出率为 1/6，检出结果为 $0.05\pm0.08\text{Bq/kg}$ ·鲜 ($1.2\pm2.3\text{Bq/L}$ ·水)； ^{14}C 的检出率为 6/6，监测结果范围为 7.4~23.0Bq/kg·鲜，碳中 ^{14}C 的活度浓度范围为 0.18~0.26Bq/g·C； ^{90}Sr 的检出率为 6/6，监测结果范围为 0.007~0.026Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.71~3.73Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 检出率为 1/6，检出值的结果为 $0.007\pm0.004\text{ Bq/kg}$ ·鲜，灰样的活度浓度结果为 $1.45\pm0.90\text{ Bq/kg}$ ·灰， ^{7}Be 检出率为 1/6，检出值的结果为 $0.17\pm0.13\text{ Bq/kg}$ ·鲜，灰样的活度浓度结果为 $24\pm19\text{Bq/kg}$ ·灰，除 ^{137}Cs 和 ^{7}Be ，其余 γ 能谱人工核素均小于探测下限。

指示生物（松针）自由水氚检出率为 1/3，检出值的结果为 $0.25\pm0.12\text{Bq/kg}$ ·鲜

(0.49 ± 0.25 Bq/L·水); 有机结合氚监测结果均小于探测下限; ^{14}C 的检出率为 3/3, 监测结果范围为 39~57Bq/kg·鲜, 碳中 ^{14}C 的活度浓度范围为 0.19~0.26Bq/g·C; ^{90}Sr 的检出率为 3/3, 监测结果范围为 0.033~0.468Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度范围为 1.1~39.5Bq/kg·灰; γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 的检出率为 2/3, 检出值范围为 0.044~0.063Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度结果为 1.5~5.3Bq/kg·灰; ^{7}Be 检出率为 3/3, 检出值范围为 3.91~15.1Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度结果为 133~1280Bq/kg·灰, 除 ^{137}Cs 和 ^{7}Be , 其余 γ 能谱人工核素均小于探测下限。

家禽类自由水氚检出率为 2/3, 检出值范围为 0.36~0.44Bq/kg·鲜(0.66~0.79Bq/L·水); 有机结合氚检出率为 1/3, 检出值为 0.54 ± 0.23 Bq/kg·鲜 (1.42 ± 0.60 Bq/L·水); ^{14}C 的检出率为 3/3, 监测结果范围为 55.5~71.2Bq/kg·鲜, 碳中 ^{14}C 的活度浓度范围为 0.24~0.25Bq/g·C; ^{90}Sr 的检出率为 2/3, 检出值的范围为 0.006~0.009Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度范围为 0.74~1.13Bq/kg·灰; γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出, 检出率为 2/3, 检出值的范围为 0.009~0.011Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度范围为 1.15~1.48Bq/kg·灰, 其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

3.1.1.3.6 受纳水体中放射性

(1) 海水

海水采样监测点共设 17 处, 包括排放口 10km 范围内各方位点位 16 个, 以及对照点 1 处 (神泉港海域), 监测项目包括: ^{3}H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{131}I 和 γ 核素, 采样频次每半年 1 次。

海水中 ^{3}H 的检出率为 9/34, 检出值的范围为 0.44~1.38Bq/L。

海水中 ^{14}C 的检出率为 33/33, 监测结果范围为 5.2~7.1mBq/L, 碳的比活度浓度范围为 0.20~0.26Bq/g·C。

海水中 ^{90}Sr 的检出率为 26/34, 检出值的范围为 0.14~0.72mBq/L。

海水中 ^{131}I 的监测结果均小于探测下限。

海水中人工 γ 核素 ^{137}Cs 的检出率为 34/34, 监测结果范围为 1.56~3.09mBq/L; 其它人工 γ 核素的所有监测结果均小于探测下限。

(2) 沉积物

海洋沉积物采样监测点共设 19 处, 包括 16 个潮下带沉积物 (Sd1~Sd16) 和 3 个潮间带沉积物 (Sd17~Sd19), 监测项目包括: $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr 和 γ 核素, 采样频率为每年

1 次。

沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ 的检出率为 11/11，监测结果范围为 0.034~0.297Bq/kg·干。

沉积物中 ^{90}Sr 的检出率为 1/19，检出值的结果为 $0.12\pm0.07\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ 。

沉积物中 γ 能谱天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活度浓度均高于探测限，检出率为 19/19，监测结果范围分别为 11~66Bq/kg·干、7~61Bq/kg·干、9~42Bq/kg·干和 113~680Bq/kg·干。

γ 能谱人工核素仅 ^{137}Cs 有检出，检出率为 15/19，检出值的范围为 0.69~1.34Bq/kg·干；其余人工 γ 核素的所有监测结果均小于探测下限。

（3）海洋生物

海洋生物的调查共设 3 处采样海域，分别为排放口西侧碣石湾海域、排放口东侧海域、对照点神泉港海域，海洋生物的调查种类包括海水植物类（海草、海带）、海鱼类（白鱼、杂鱼）、虾类（海虾、皮皮虾）、贝类（青口、牡蛎）和软体类（八爪鱼、鱿鱼）等五大类 10 种海洋生物样品，监测项目包括：自由水氚、有机结合氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 核素，监测频次为每年 1 次。

海水植物类自由水氚的检出率为 2/5，检出值的范围为 0.8~1.2Bq/kg·鲜（1.1~1.5Bq/L）；有机结合氚的检出率 1/5，检出值的结果为 $0.07\pm0.10\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$ （ $1.1\pm1.8\text{Bq/L}$ ）； ^{14}C 的检出率为 6/6，监测结果范围为 5.1~13Bq/kg·鲜，碳的比活度浓度范围为 0.22~0.29Bq/g·C； ^{90}Sr 的监测结果均小于探测下限； γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

白鱼类自由水氚检出率为 3/6，检出值的范围为 0.41~1.54Bq/kg·鲜（0.70~2.12Bq/L·水）；有机结合氚检出率为 2/6，检出值的范围为 0.20~0.23Bq/kg·鲜（1.2~1.50Bq/L·水）； ^{14}C 的检出率为 6/6，监测结果范围为 21.4~53.8Bq/kg·鲜，碳的比活度浓度范围为 0.20~0.27Bq/g·C； ^{90}Sr 的检出率为 1/6，检出值的结果为 $0.253\pm0.020\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$ ，灰样的活度浓度结果为 $6.36\pm0.50\text{Bq/kg}\cdot\text{灰}$ ； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出率为 3/6，检出值的范围为 0.020~0.045Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.92~1.62Bq/kg·灰，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

海虾类自由水氚检出率为 2/6，检出值的范围为 0.8~1.39Bq/kg·鲜（1.1~1.82Bq/L·水）；有机结合氚检出率为 2/6，检出值的范围为 0.13~0.17Bq/kg·鲜（1.1~1.7Bq/L·水）； ^{14}C 的检出率为 6/6，监测结果范围为 16.6~22.0Bq/kg·鲜，碳比活度浓度范围为

0.19~0.27Bq/g·C; ^{90}Sr 的检出率为 5/6, 检出值的范围为 0.027~0.039Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度范围为 0.33~0.65Bq/kg·灰; γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出, 检出率为 2/6, 检出值的范围为 0.041~0.059Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度范围为 0.69~0.80Bq/kg·灰, 其余 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

贝类自由水氚检出率为 2/6, 检出值的范围为 0.65~2.6Bq/kg·鲜 (0.76~3.0Bq/L·水); 有机结合氚检出率为 1/6, 检出值结果为 $0.15\pm0.18\text{Bq/kg·鲜}$ ($1.4\pm1.6\text{Bq/L·水}$); ^{14}C 的检出率为 6/6, 监测结果范围为 9.7~32Bq/kg·鲜, 碳比活度浓度范围为 0.20~0.28Bq/g·C; ^{90}Sr 的检出率为 2/6, 检出值的范围为 0.010~0.029Bq/kg·鲜, 灰样活度浓度范围为 0.70~1.74Bq/kg·灰; γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 的检出率为 2/6, 检出值的范围为 0.008~0.011Bq/kg·鲜, 灰样活度浓度范围为 0.85~0.92Bq/kg·灰, ^{7}Be 的检出率为 2/6, 检出值的范围为 0.18~0.77Bq/kg·鲜, 灰样活度浓度范围为 12.5~52Bq/kg·灰, 其它 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

软体类自由水氚和有机结合氚的监测结果均小于探测下限; ^{14}C 的检出率为 6/6, 监测结果范围为 16~26Bq/kg·鲜, 碳比活度浓度范围为 0.20~0.26Bq/g·C; ^{90}Sr 的检出率为 4/6, 检出值的范围为 0.013~0.172Bq/kg·鲜, 灰样活度浓度范围为 0.58~13.1Bq/kg·灰; γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出, 检出率为 2/6, 检出值的范围为 0.016~0.020Bq/kg·鲜, 灰样活度浓度范围为 0.72~1.5Bq/kg·灰, 其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

3.1.1.4 质量保证

3.1.1.4.1 组织管理

陆丰核电厂 5、6 号机组运行前辐射环境本底调查在公司管理体系的框架范围内运作，公司领导和各部门在其职责范围内对本项目进行管理，并给予支持和协作。

陆丰核电厂 5、6 号机组运行前辐射环境本底调查由安质环技术中心负责承接，中心下属环境工程技术研究所负责项目的具体实施。中心和下属研究所负责人直接参与组织和领导本项目的运作。

项目负责人由具有高级工程师及以上职称且具有三年以上类似项目工作经验人员担任。项目主要检测人员均通过了中心内部专业技能考核合格后授权上岗。负责检测过程内部质量监督的人员经中心授权任命，负责检测数据审核和专题报告审核的人员具备高级工程师及以上资格。检测人员资格和培训按中心《人员管理程序》要求执行，并保存相关的培训、考核及授权记录。同时，项目开展前，项目组组织项目合同中要求的相关培训，让参与项目管理的管理人员和关键岗位人员全面了解项目的专门要求，包括项目管理方面和技术方面的要求，以及项目质保大纲和项目管理程序的相关要求。

3.1.1.4.2 调查方案审查

受深圳中广核工程设计有限公司委托，苏州热工研究院有限公司承担本次调查项目后，在前期社会环境调查的基础上，根据技术任务书、HJ 808-2016、HJ 969-2018 等要求编制了工作大纲和质保大纲（简称“两纲”），2024 年 5 月 28 日，委托单位在苏州组织召开了两纲评审会，根据审查意见，调查单位对两纲进行了修订，并按照修订后的工作大纲开展调查工作。

3.1.1.4.3 仪器设备

项目开展期间，设备均在检定/校准有效期内。本项目所用到的计量设备按照实验室设备期间核查计划，对于仪器的主要参数和有效信息每年进行核查，项目实施期间，设备核查结果均为满意。

对用于低本底测量的装置（高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测量仪、液闪谱仪）依据 HJ 61-2021 附录 E 的检验方法和步骤，每年一次开展 1 次执行泊松分布检验，本项目开展期间，所使用的 2 台高纯锗 γ 谱仪（1 台 N 型、1 台 P 型）谱仪，2 台液闪谱仪，2 台低本底 α 、 β 测量仪（共 6 个探测器）测量计数均满足泊松分布检验，仪器工作正常。

低本底测量的装置每月还开展一次本底和效率的长期稳定性检验，项目实施期间，

设备长期稳定性测量结果无超过控制线 ($\pm 3\sigma$) 的数据，仪器设备处于长期稳定状态。

3.1.1.4.4 分析方法

本次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，所采用的方法均经过方法的有效性验证。本项目采用的分析方法详见表 3.1-9。

3.1.1.4.5 数据处理

(1) 有效数字和数值修约

- 在计算过程中多保留一位或几位有效数字。
- 一个有n位有效数字的监测结果，它的相对误差限的范围为 $5 \times 10^{-(n+1)} \sim 5 \times 10^{-n}$ 。

监测结果的有效数位数反映的相对误差限要与测量值的相对误差相当，一般取2~3位，同时有效数字所能达到的数位不能超过探测下限有效数字所能达到的数位。

(2) 小于探测下限数据的处理

- 一个样品重复测量时，不管测量值是否小于探测下限（甚至净计数小于零）都应取其实际测量值参与平均。
- 在平行样测量中，当出现一个结果高于探测限、一个结果低于探测限时，平行样品的评定按照实际测量值进行评定。
- 平行样品的平均值计算，一般取其实际测量值（包括实测的负值和零值）参与计算。
- 在给出含有小于探测下限的统计结果时，说明小于判断限和小于探测下限的结果是如何参与平均值计算的，以及相应的小于判断限和小于探测下限的数据在全部数据中的比例。

(3) 可疑数据的判断与处理

在未经对取样、测量、记录、计算等各环节是否存在差错的仔细审查前，不得轻易剔除可疑数据。在仔细审查未发现由导致数据偏离一般范围的原因后，采用 Grubbs 准则对数据进行统计判断。

当判断存在可疑数据时，对周围环境条件的变化、NORM 及核技术应用等人为活动因素展开调查。对可疑数据进行记录，以备查询。

3.1.1.4.6 现场监测质量控制

（1）测量仪器的选择

采用高压电离室开展 γ 辐射剂量率测量，仪器量程、相对固有误差、能量响应等技术参数满足 HJ 1157-2021 的要求，仪器校准合格后才能使用。

（2）测量要求

雨天不开展 γ 剂量率测量；测量时高压电离室固定于专用测量三脚架上，探测器中心距离地面约为 1m。

（3）仪器期间核查

实验室针对需校准/检定的设备，在设备校准/检定完成后，对校准/检定结果的有效性开展设备溯源确认，并填写《仪器设备溯源结果确认记录表》。 γ 辐射剂量率量值溯源确认主要技术参数有仪器相对固有误差不超过 $\pm 15\%$ 。

（4）稳定性检验

在开展剂量率测量期间，每次使用前对测量仪器进行固定场所剂量率监测，以检验仪器使用期间的稳定性。各次剂量率测量期间设备相对偏差均不超过 10%，满足 HJ 1157-2021 中对仪器相对固有误差低于 15% 的要求。

（5）记录要求

原始、全面、翔实记录测量过程中的信息，包括监测点位、监测时间、监测人员、点位经纬度、海拔等数据；开展辐射剂量率监测的点位记录点位周围环境并附图示，以保证现场监测或采样过程客观、真实和可追溯。

3.1.1.4.7 TLD 的质量控制

（1）选片

将同批的 TLD 剂量片置于 Eurotherm 3508 型热释光精密退火炉内在 240℃高温下退火 10 分钟，取出放置于铜盘上快速冷却后用 Modell 2210 型 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 辐照器进行照射，照射量与一季度的累积剂量值相当。

采用 Harshaw 5500 型热释光剂量仪进行测量。选片按分散性不大于 5% 的原则进行筛选。

用真空镊子将筛选合格的 TLD 装入指定剂量片盒的卡槽内，每个卡槽内装多个 TLD 剂量片，剂量片盒外采用双层密封袋密封，防止水汽进入密封袋。

封装好的剂量片盒集中放置于铅盒内，记录剂量片组装时间。

（2）伴随本底剂量片

每批 TLD 剂量片除用于现场布防的剂量片外，同时封装一部分剂量片用做伴随本底剂量片，用于扣除运输途中的剂量贡献。伴随本底剂量一般不少于 10 片。

（3）TLD 剂量片运输和布放

将组装的剂量片（含伴随本底组）放置于铅盒内，随身携带或物流等方式运输至布放目的地。

布放时，尽可能把热释光剂量片挂在离地面约 1m 的高度；剂量片挂在非金属栅栏、小树或轻质木柱上。为了便于回收，在布放点附近做好相应的标志，如喷漆、挂警示牌等。布置点位选择周围辐射场比较均匀的位置，能代表周围环境的辐射水平。

（4）TLD 剂量片回收

每季度回收一次，回收时各点位剂量片单独封装于自封袋内，用油性记号笔在自封袋上标识点位编号或粘贴专用点位标签，每次布放和回收的位置尽可能保持一致。回收后的剂量片放置于铅盒内。

（5）现场记录

记录内容包括：剂量片准备时间、布放时间、回收时间，剂量片布置的点位名称、点位编号等，填写《环境剂量计采样记录表》。

3.1.1.4.8 剂量率连续监测质量控制

连续监测使用的高压电离室安装前经校准合格，后续监测过程中，为保证监测数据的连续性，连续监测过程中不再进行拆卸。采用仪器间比对的方式对连续测量设备准确性进行验证，设备检定后每季度对连续监测的高压电离室开展一次测量比对。

每次用于比对的仪器为当次测剂量率所用的高压电离室，与连续剂量放置于同一高度进行比对测量，通过核查，设备对比测量结果相对偏差不超过 10%，满足 HJ 1157-2021 中对仪器相对固有误差低于 15% 的要求。现场连续监测用设备在监测过程中具有较好的稳定性和准确性。

3.1.1.4.9 样品分析过程的质量控制

（1）平行样分析

— γ 核素平行样分析样品数量分别为：5 个土壤/沉积物样品、4 个淡水样品、4 个海水样品和 9 个生物样品，平行测量结果评价均为满意。

- ^{90}Sr 平行样分析样品数量分别为：5 个土壤/沉积物样品、6 个淡水和海水样品和 9 个生物样品，平行测量结果评价均为满意。
- ^{3}H 平行样分析样品数量分别为：4 个淡水样品、3 个海水样品、8 个生物样品，平行测量结果评价均为满意。
- ^{14}C 平行样分析样品数量分别为：4 个淡水样品、4 个海水样品、9 个生物样品，平行测量结果评价均为满意。
- $^{239+240}\text{Pu}$ 平行样分析共 3 个土壤及潮下带样品，平行测量结果评价均为满意。
- 总 α 、总 β 平行样分析共 2 个饮用水样品，平行测量结果评价均为满意。
- ^{131}I 平行样分析共 4 个海水样品，平行测量结果评价均为满意。

(2) 空白样

本项目空白实验一次至少平行测定 2 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。

本项目空白测量结果均为满意，说明本项目样品在样品预处理、分析、测量等过程中未引入可观测到的放射性沾污。

(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。加标样测量结果评价均为满意。

(4) 样品复测

本项目主要对具备留样条件的放射性核素 γ 能谱分析样品进行留样，随机抽取部分样品开展了留样复测。留样复测评价方法参考 HJ 61-2021 中“平行样和留样复测相对偏差控制指标”，即： γ 能谱分析留样复测 ^{40}K 控制指标为 10%，本项目评价时天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{7}Be 均参考该指标实施。

各环境介质样品中共有 1 个气溶胶样品、3 个沉降灰样品、4 个土壤及沉积物样品、4 个水样品和 10 个生物样品开展了 γ 能谱核素分析留样复测，复测样品测量结果评定均为满意。

3.1.1.4.10 实验室间比对

项目实施期间，参加的实验室间比对测量中与本次调查内容相关的主要有：

由中国辐射防护研究院核工业太原环境分析测试中心组织的能力验证（参与项目包括： γ 辐射空气吸收剂量率、土壤中锶-90 的分析、水中总 α 的分析、生物灰中 γ 核素的分析、水中总 β 的分析）；由中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织的实验室间比对（参与项目包括：放射性核素 γ 能谱分析能力比对、总 α 总 β 放射性测量能力比对）。实验室间比对评价结果均为满意。

3.1.2 辐射环境质量评价

（1）环境 γ 辐射剂量率

陆丰核电厂址周围 50km 范围内环境 γ 辐射剂量率第一年度的瞬时监测值范围为 6~160nGy/h（扣除宇宙射线），与本项目初步本底调查结果以及 1995 年《中国环境天然放射性水平》普查结果基本在同一水平。

TLD 累积剂量小时均值范围为 42~232nGy/h（未扣宇宙射线），与陆丰核电厂初步本底调查结果以及全国辐射环境质量报告公布的广东省剂量水平基本在同一水平。

后埔村连续监测剂量率小时年均值为 91.2 ± 1.7 nGy/h，剂量率的日均值变化范围为 82.5~100.9nGy/h；浅澳村连续监测剂量率小时年均值为 61.7 ± 2.6 nGy/h，剂量率的日均值变化范围为 58.0~72.7nGy/h，剂量率统计结果均已扣除宇宙射线响应值。

（2）空气中放射性

— 空气中氚检出值的范围为 5.0~24.7mBq/m³·空气（0.42~1.18Bq/L·水），与广东省近年全省调查结果基本在同一水平，结果未见异常。

— 空气中碳-14 的监测结果范围为 43.0~56.2mBq/m³·空气（0.20~0.23Bq/g·C）；

— 空气碘的监测结果均小于探测下限，与全国辐射环境质量报告中广东省空气中碘-131 的监测结果一致，结果未见异常；

— 气溶胶中 γ 能谱人工核素仅检测出 ^{7}Be ，监测结果范围为 1.04~6.16mBq/m³，其它关注的 γ 能谱人工核素及 ^{90}Sr 均小于探测下限，与陆丰核电厂初步本底调查结果以及全国辐射环境质量报告中广东省的结果基本在同一水平，均在本底涨落范围内，结果未见异常；

— 沉降灰中 γ 能谱仅检测出 ^{7}Be ，监测结果范围为 194~1266mBq/d·m²，其它关注的 γ 能谱人工核素及 ^{90}Sr 均小于探测下限，与全国辐射环境质量报告中广东省的监测结果基本在同一水平，均处于本底涨落范围内，监测结果未见异常；

— 降水中 ^3H 检出值范围为 0.79~1.62Bq/L, ^{90}Sr 检出值范围为 0.14~0.48Bq/L, γ 能谱 ^7Be 的监测结果范围为 96~1690mBq/L, ^{137}Cs 检出结果为 $2.7 \pm 1.7\text{mBq/L}$, 其余均小于探测下限。

（3）土壤中放射性

陆丰核电厂址周围土壤中 γ 能谱天然核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 结果范围分别为 22~151Bq/kg·干、22~176Bq/kg·干、17~161Bq/kg·干和 108~1147Bq/kg·干, 人工核素仅 ^{137}Cs 有检出, 检出值的范围为 0.39~1.04Bq/kg·干, 其余 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

土壤中 ^{90}Sr 检出值的范围为 0.127~0.300Bq/kg·干, $^{239+240}\text{Pu}$ 监测结果范围为 0.044~0.062Bq/kg·干。

（4）非受纳水体中放射性

饮用水中 ^3H 检出值的范围为 0.59~0.81Bq/L; ^{14}C 的监测结果范围为 1.3~2.1mBq/L、碳的比活度浓度范围为 0.14~0.23Bq/(g·C); 总 α 检出值的范围为 0.006~0.021Bq/L, 总 β 监测结果范围为 0.057~0.101Bq/L; ^{90}Sr 监测结果范围为 0.41~0.72mBq/L; 饮用水中 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

地下水 ^3H 所有监测结果均小于探测下限; ^{14}C 监测结果范围为 1.5~11.2mBq/L, 碳的比活度浓度范围为 0.09~0.20Bq/(g·C); ^{90}Sr 检出值的范围为 0.17~1.61mBq/L; γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

地表水中 ^3H 仅检出 1 样次, 检出值的结果为 $0.63 \pm 0.26\text{Bq/L}$; ^{14}C 监测结果范围为 2.2~10.4mBq/L, 碳比活度浓度范围为 0.17~0.25Bq/(g·C); ^{90}Sr 监测结果范围为 0.31~1.14mBq/L; γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

地表水沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ 监测结果范围为 0.043~0.086Bq/kg·干; ^{90}Sr 检出值的结果为 $0.147 \pm 0.066\text{Bq/kg·干}$; γ 能谱天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 监测结果范围分别为 43~169Bq/kg·干、48~246Bq/kg·干、25~160Bq/kg·干和 139~760Bq/kg·干, 人工核素仅 ^{137}Cs 有检出, 检出值的结果为 $1.28 \pm 0.63\text{Bq/kg·干}$, 其余人工放射性核素监测结果均小于探测下限。

水葫芦中自由水氯和有机结合氯的监测结果均小于探测下限; ^{14}C 的监测结果范围为 4.1~5.4Bq/kg·鲜, 碳比活度浓度范围为 0.20~0.26Bq/g·C; ^{90}Sr 的监测结果范围为 0.037~0.049Bq/kg·鲜, 灰样的活度浓度范围为 2.50~4.16Bq/kg·灰; γ 能谱人工核素中 ^7Be

检出值的结果为 $2.97 \pm 0.42 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度为 $200 \pm 28 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ，其它 γ 能谱人工核素均小于探测下限。

罗非鱼中自由水氚监测结果范围为 $0.37 \sim 0.45 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ($0.52 \sim 0.63 \text{Bq/L} \cdot \text{水}$)；有机结合氚监测结果均小于探测下限； ^{14}C 的监测结果范围为 $23.5 \sim 28.6 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，碳的比活度浓度范围为 $0.21 \sim 0.21 \text{Bq/g} \cdot \text{C}$ ； ^{90}Sr 的监测结果范围为 $0.090 \sim 0.102 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样活度浓度范围为 $3.29 \sim 4.58 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ； γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

(5) 陆生生物中放射性

谷物类自由水氚的监测结果均小于探测下限；有机结合氚监测结果范围为 $0.09 \sim 0.19 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ($1.1 \sim 1.8 \text{Bq/L} \cdot \text{水}$)； ^{14}C 的监测结果范围为 $6.6 \sim 38 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，碳比活度浓度范围为 $0.20 \sim 0.30 \text{Bq/g} \cdot \text{C}$ ； ^{90}Sr 的监测结果范围为 $0.003 \sim 0.012 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度范围为 $0.41 \sim 1.43 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出值的结果为 $0.013 \pm 0.007 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度为 $1.70 \pm 0.89 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ，其它 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

蔬菜类自由水氚检出值的范围为 $0.39 \sim 1.18 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ($0.40 \sim 1.35 \text{Bq/L} \cdot \text{水}$)；有机结合氚监测结果均小于探测下限； ^{14}C 的监测结果范围为 $4.0 \sim 28.8 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，碳的比活度浓度范围为 $0.19 \sim 0.25 \text{Bq/g} \cdot \text{C}$ ； ^{90}Sr 的监测结果范围为 $0.003 \sim 0.117 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度范围为 $0.52 \sim 10.8 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出值的范围为 $0.018 \sim 0.029 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度范围为 $1.57 \sim 4.47 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

水果类自由水氚的检出率为 $1/6$ ，监测结果为 $1.9 \pm 0.8 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ($2.0 \pm 0.8 \text{Bq/L} \cdot \text{水}$)；有机结合氚的检出率为 $1/6$ ，监测结果为 $0.05 \pm 0.08 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ($1.2 \pm 2.3 \text{Bq/L} \cdot \text{水}$)； ^{14}C 的监测结果范围为 $7.4 \sim 23.0 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，碳的比活度浓度范围为 $0.18 \sim 0.26 \text{Bq/(g} \cdot \text{C)}$ ； ^{90}Sr 的监测结果范围为 $0.007 \sim 0.026 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度范围为 $0.71 \sim 3.73 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ； γ 能谱人工核素 ^{137}Cs 检出值的结果为 $0.007 \pm 0.004 \text{ Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度范围为 $1.45 \pm 0.90 \text{ Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ， ^{7}Be 检出值的结果为 $0.17 \pm 0.13 \text{ Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，灰样的活度浓度范围为 $24 \pm 19 \text{Bq/kg} \cdot \text{灰}$ ，除 ^{137}Cs 和 ^{7}Be ，其余 γ 能谱人工核素均小于探测下限。

指示生物（松针）自由水氚检出值的监测结果为 $0.25 \pm 0.12 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ($0.49 \pm 0.25 \text{Bq/L} \cdot \text{水}$)；有机结合氚监测结果均小于探测下限； ^{14}C 的监测结果范围为 $39 \sim 57 \text{Bq/kg} \cdot \text{鲜}$ ，碳比活度浓度范围为 $0.19 \sim 0.26 \text{Bq/g} \cdot \text{C}$ ； ^{90}Sr 的监测结果范围为

0.033~0.468Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 1.1~39.5Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 的检出率为 2/3，检出值范围为 0.044~0.063Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度结果为 1.5~5.3Bq/kg·灰； ^7Be 检出率为 3/3，检出值范围为 3.91~15.1Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度结果为 133~1280Bq/kg·灰，除 ^{137}Cs 和 ^7Be ，其余 γ 能谱人工核素均小于探测下限。

家禽类自由水氚检出值的范围为 0.36~0.44Bq/kg·鲜 (0.66~0.79Bq/L·水)；有机结合氚仅检出 1 样次，检出值的结果为 $0.54\pm0.23\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$ ($1.42\pm0.60\text{Bq/L}\cdot\text{水}$)； ^{14}C 的监测结果范围为 55.5~71.2Bq/kg·鲜，碳中 ^{14}C 的活度浓度范围为 0.24~0.25Bq/g·C； ^{90}Sr 检出值的范围为 0.006~0.009Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.74~1.13Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出值的范围为 0.009~0.011Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 1.15~1.48Bq/kg·灰，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

(6) 受纳水体中放射性

海水中 ^3H 检出值的范围为 0.44~1.38Bq/L； ^{14}C 的监测结果范围为 5.2~7.1mBq/L，碳的比活度浓度范围为 0.20~0.26Bq/g·C； ^{90}Sr 检出值的范围为 0.14~0.72mBq/L； ^{131}I 的监测结果均小于探测下限； γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 监测结果范围为 1.56~3.09mBq/L，其它 γ 能谱人工核素的所有监测结果均小于探测下限。

海洋沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ 监测结果范围为 0.034~0.297Bq/kg·干； ^{90}Sr 检出 1 样次，检出值的结果为 $0.12\pm0.07\text{Bq/kg}\cdot\text{干}$ ； γ 能谱天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 监测结果范围分别为 11~66Bq/kg·干、7~61Bq/kg·干、9~42Bq/kg·干和 113~680Bq/kg·干，人工核素仅 ^{137}Cs 有检出，检出值的范围为 0.69~1.34Bq/kg·干，其余 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

海水植物类自由水氚检出值的范围为 0.8~1.2Bq/kg·鲜 (1.1~1.5Bq/L)；有机结合氚检出 1 样次，检出值的结果为 $0.07\pm0.10\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$ ($1.1\pm1.8\text{Bq/L}$)； ^{14}C 监测结果范围为 5.1~13Bq/kg·鲜，碳的比活度浓度范围为 0.22~0.29Bq/g·C； ^{90}Sr 的监测结果均小于探测下限； γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

白鱼类自由水氚检出值的范围为 0.41~1.54Bq/kg·鲜 (0.70~2.12Bq/L·水)；有机结合氚检出值的范围为 0.20~0.23Bq/kg·鲜 (1.2~1.50Bq/L·水)； ^{14}C 监测结果范围为 21.4~53.8Bq/kg·鲜，碳的比活度浓度范围为 0.20~0.27Bq/g·C； ^{90}Sr 检出 1 样次，检出值的结果为 $0.253\pm0.020\text{Bq/kg}\cdot\text{鲜}$ ，灰样的活度浓度结果为 $6.36\pm0.50\text{Bq/kg}\cdot\text{灰}$ ； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出值的范围为 0.020~0.045Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围

为 0.92~1.62Bq/kg·灰，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

海虾类自由水氚检出值的范围为 0.8~1.39Bq/kg·鲜 (1.1~1.82Bq/L·水)；有机结合氚检出值的范围为 0.13~0.17Bq/kg·鲜 (1.1~1.7Bq/L·水)； ^{14}C 监测结果范围为 16.6~22.0Bq/kg·鲜，碳比活度浓度范围为 0.19~0.27Bq/g·C； ^{90}Sr 检出值的范围为 0.027~0.039Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.33~0.65Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中仅 ^{137}Cs 有检出，检出值的范围为 0.041~0.059Bq/kg·鲜，灰样的活度浓度范围为 0.69~0.80Bq/kg·灰，其余 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

贝类自由水氚检出值的范围为 0.65~2.6Bq/kg·鲜 (0.76~3.0Bq/L·水)；有机结合氚检出 1 样次，检出值结果为 $0.15\pm 0.18\text{Bq/kg·鲜}$ ($1.4\pm 1.6\text{Bq/L·水}$)； ^{14}C 监测结果范围为 9.7~32Bq/kg·鲜，碳比活度浓度范围为 0.20~0.28Bq/g·C； ^{90}Sr 检出值的范围为 0.010~0.029Bq/kg·鲜，灰样活度浓度范围为 0.70~1.74Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 检出值的范围为 0.008~0.011Bq/kg·鲜，灰样活度浓度范围为 0.85~0.92Bq/kg·灰， ^{7}Be 检出值的范围为 0.18~0.77Bq/kg·鲜，灰样活度浓度范围为 12.5~52Bq/kg·灰，其它 γ 能谱人工核素的监测结果均小于探测下限。

软体类自由水氚和有机结合氚监测结果均小于探测下限； ^{14}C 监测结果范围为 16~26Bq/kg·鲜，碳比活度浓度范围为 0.20~0.26Bq/g·C； ^{90}Sr 检出值的范围为 0.013~0.172Bq/kg·鲜，灰样活度浓度范围为 0.58~13.1Bq/kg·灰； γ 能谱人工核素中 ^{137}Cs 检出值的范围为 0.016~0.020Bq/kg·鲜，灰样活度浓度范围为 0.72~1.5Bq/kg·灰，其它 γ 能谱人工核素监测结果均小于探测下限。

综上，第一年度陆丰核电厂调查区域内环境介质的各项监测，其结果与陆丰核电厂初步本底调查结果、《中国天然放射性水平》(1995 年)以及全国辐射环境质量报告中公布的广东省 2020 年至 2022 年相关数据进行比较，基本在同一水平，处于本底涨落范围内，调查结果未见异常。

表 3.1-1 监测项目、频次及点位布设情况汇总表

监测介质		监测项目	频次	监测点位	点位数	
环境 γ辐射 剂量率		宇宙射线响应	首尾各 1 次	万绿湖	1	
		连续剂量率	连续	后埔村、浅澳村	2	
		瞬时剂量率	1 次/季	厂址半径 50km 范围	55	
		累积剂量率	1 次/季			
空气	气体	${}^3\text{H}$ 、 ${}^{14}\text{C}$ 、 ${}^{131}\text{I}$	1 次/季	后埔村 上林村 浅澳村 梅林镇	4	
	气溶胶	γ 核素、 ${}^{90}\text{Sr}$				
	沉降灰	γ 核素、 ${}^{90}\text{Sr}$				
	降水	γ 核素、 ${}^{90}\text{Sr}$ 、 ${}^3\text{H}$				
土壤	表层土		1 次/年	厂址 20km 范围、对照点	12	
	${}^{239+240}\text{Pu}$	各方位最近采样点、对照点		4		
陆生植物	谷物类	玉米	1 次/收获期	上林村、宋厝寮村、葵潭镇	3	
		红薯		上林村、南溪河边、梅林镇	3	
	蔬菜类			上林村、南溪河边、梅林镇	3	
	芥兰	上林村、南溪河边、梅林镇		3		
	萝卜	后埔村、南溪河边、梅林镇		3		
	水果类			上林村、南溪河边、梅林镇	3	
	香蕉	上林村、宋厝寮村、船铺镇		3		
	木瓜			后埔村、南溪河边、梅林镇	3	
	指示生物	松针				
陆生动物	禽畜类	鸭	1 次/年	上林村、宋厝寮、梅林镇	3	
非受纳水体	饮用水		1 次/丰水期 1 次/枯水期	后埔村、上林村、浅澳村、梅林镇	4	
	地下水			后埔村、上林村、浅澳村、西坡林村、梅林镇	5	
	地表水			东湖水库、南溪河、响水库、崩坎河	4	
	地表水沉积物		1 次/年	东湖水库、南溪河、响水库、崩坎河	4	
	${}^{239+240}\text{Pu}$	东湖水库、南溪河、崩坎河		3		
	水生植物	水葫芦	1 次/收获期	南溪河、崩坎水河	2	
水生动物	罗非鱼		1 次/年	南溪河、崩坎水河	2	
受纳水体	海水		1 次/半年	排放口半径 10km 范围各方位、对照点	17	
	海洋沉积物		1 次/年	排放口半径 10km 范围各方位、对照点	19	
				排放口半径 5km 范围各方位、对照点	11	
	${}^{239+240}\text{Pu}$					
	水生植物	海草	1 次/收获期		3	
		海带			3	
	海鱼类				3	
	白鱼			3		
	海虾类		1 次/年		3	
	杂鱼			3		
	贝类				3	
	海虾			3		
	软体类				3	
	皮皮虾			3		
	贝类				3	
	青口			3		
	软体类				3	
	牡蛎			3		
	软体类				3	
	八爪鱼			3		
	软体类				3	
	鱿鱼			3		

表 3.1-2 环境 γ 辐射剂量率监测点位信息表

序号	点位名称	方位	距离(km)	备注	序号	点位名称	方位	距离(km)	备注
1	红坡村南	N	1.7	γ 、TLD	29	十二岗	NNW	11.9	γ 、TLD
2	上林村南	NNE	1.5	γ 、TLD	30	澄海农场	N	23.8	γ 、TLD
3	后埔村	NE	1.7	γ 、TLD	31	苑西村	NNE	24.7	γ 、TLD
4	赤坎头村	NE	1.9	γ 、TLD	32	车轴寮	NE	24.0	γ 、TLD
5	碣石公路	ENE	1.8	γ 、TLD	33	大厝寮	ENE	24.6	γ 、TLD
6	田尾山西	NW	1.3	γ 、TLD	34	田寮村	WSW	27.1	γ 、TLD
7	浅澳村	NNW	1.7	γ	35	叠石	W	25.1	γ 、TLD
8	浅澳东南	NNW	1.1	γ 、TLD	36	大湖镇	WNW	27.0	γ 、TLD
9	西坡林村	N	2.3	γ 、TLD	37	东海第三中	NW	25.9	γ 、TLD
10	角清村	N	4.0	γ 、TLD	38	莲池	NNW	22.9	γ 、TLD
11	上林村	NNE	2.3	γ 、TLD	39	内洋村	N	33.9	γ 、TLD
12	内洋农场	NNE	3.5	γ 、TLD	40	双坑村	NNE	36.0	γ 、TLD
13	林厝村	NE	3.1	γ 、TLD	41	虎仔水库	NE	34.4	γ 、TLD
14	沈地	NE	4.2	γ 、TLD	42	东林村	ENE	35.2	γ 、TLD
15	风电产业园	ENE	2.4	γ	43	龙溪大园	W	35.5	γ 、TLD
16	红坡村	NNW	2.2	γ 、TLD	44	东坑农场	WNW	34.3	γ 、TLD
17	灶背村	N	5.5	γ 、TLD	45	湖口林场	NW	34.5	γ 、TLD
18	玄武山景区	NNE	8.2	γ	46	博联学校	NNW	37.3	γ 、TLD
19	送厝寮村	NNE	7.6	γ 、TLD	47	大坪镇	N	47.8	γ 、TLD
20	碣石公路	NE	6.3	γ	48	月塘村	NNE	46.0	γ 、TLD
21	南溪林场	NE	7.2	γ 、TLD	49	后山村	NE	43.3	γ 、TLD
22	滴水村	NE	9.5	γ 、TLD	50	和双村	ENE	42.4	γ 、TLD
23	西澳农场	NNW	8.7	γ 、TLD	51	大鹏山公园	W	45.4	γ 、TLD
24	东竹村	N	15.3	γ 、TLD	52	桃河镇	WNW	45.6	γ 、TLD
25	上池村	NNE	15.9	γ 、TLD	53	西南镇	NW	43.9	γ 、TLD
26	南田村	NE	12.9	γ 、TLD	54	大安农场	NNW	46.8	γ 、TLD
27	湖东镇	ENE	16.1	γ 、TLD	55	对照点	NNE	58.0	γ 、TLD
28	金厢镇	NW	15.5	γ 、TLD				/	

表 3.1-3 空气介质采样监测信息

采样介质	监测项目	采样点	采样频次	备注
气体介质	³ H	后埔村 上林村 浅澳村 对照点（梅林镇）	1 次/季度	氚采样器采集
	¹⁴ C		1 次/季度	碳 14 采样器采集
	¹³¹ I		1 次/季度	碘采样器采集
气溶胶介质	⁹⁰ Sr、 γ 核素		1 次/季度	大流量采样器采集
沉降灰	⁹⁰ Sr、 γ 核素		1 个/季度	按季度累积收集
降水	³ H、 ⁹⁰ Sr、 γ 核素		1 个/季度	按季度累积收集

表 3.1-4 土壤采样监测信息

编号	点位名称	方位	距离 (km)	采样频次	监测项目
1	田尾山西	NW	1.2	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$
2	浅澳东南	N	1.5	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$
3	后埔村	NE	1.3	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$
4	西澳农场	N	8.7	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
5	南溪林场	NE	7.1	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
6	灶背村	N	5.5	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
7	南溪林场	NE	7.2	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
8	宋厝寮村	NE	7.6	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
9	金厢镇	NW	15.5	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
10	东竹村	N	15.3	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
11	南田村	NE	12.9	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr
12	对照点	NNE	58	1 次/年	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$

表 3.1-5 陆生生物样品采样监测信息

样品类别			采样频次	采样点	监测项目
陆生植物	谷物类	玉米	1 次/收获期	上林村、宋厝寮村、葵潭镇	γ 核素 ^{90}Sr ^{14}C OBT TFWT
	蔬菜类	红薯		上林村、南溪河边、梅林镇	
		青菜		上林村、南溪河边、梅林镇	
		芥兰		上林村、南溪河边、梅林镇	
		萝卜		后埔村、南溪河边、梅林镇	
	水果类	香蕉		上林村、南溪河边、梅林镇	
		木瓜		上林村、宋厝寮村、船铺镇	
	指示生物	松针		后埔村、南溪河边、梅林镇	
陆生动物	禽畜类	鸭	1 次/年	上林村、宋厝寮村、梅林镇	

表 3.1-6 非受纳水体采样监测信息

样品类别	采样点位	方位	距离 (km)	点位描述	监测项目
饮用水	后埔村	NE	1.9	关键居民组	γ 核素 总 α 、总 β ^{90}Sr ^3H ^{14}C
	上林村	NNW	2.6	5km 范围内最大的居民点	
	浅澳村	NNE	2.7	最近的居民点	
	梅林镇	NNE	58	对照点	
地下水	后埔村	NE	1.9	关键居民组	γ 核素 ^{90}Sr ^3H ^{14}C
	上林村	NNW	2.6	最大居民点	
	浅澳村	NNE	2.7	最近居民点	
	西坡林村	N	2.3	/	
	梅林镇	NNE	58	对照点	
地表水/ 沉积物	东湖水库	NE	9.5	10km 范围内最近的湖泊	水体： γ 核素、 ^{90}Sr 、 ^3H 和 ^{14}C 沉积物： γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$
	南溪河	NNE	7.4	碣石镇农业灌溉用水水源	
	崩坎水河	NNE	58	对照点	
	响水水库	N	11	流域内面积最大的水库	
水生植物 (水葫芦)	南溪河	NNE	7.0	/	γ 核素 ^{90}Sr ^{14}C 有机结合氯 (OBT) 组织自由水氯 (TFWT)
	崩坎水河	NNE	58	/	
水生动物 (罗非鱼)	南溪河	NNE	7.4	/	
	崩坎水河	NNE	58	/	

表 3.1-7 海水及海洋沉积物采样监测信息

点位编号	方位	距离	点位描述	海水监测项目	沉积物监测项目
S1/Sd1	/	0km~5km	5#机排水口	γ 核素 ^{131}I ^{90}Sr ^{3}H ^{14}C	γ 核素 ^{90}Sr $^{239+240}\text{Pu}$
S2/Sd2	NE		取水口		
S3/Sd3	E		/		
S4/Sd4	SE		/		
S5/Sd5	S		/		
S6/Sd6	SW		/		
S7/Sd7	W		/		
S8/Sd8	NW		/		
S9/Sd9	NE	5km~10km	/	γ 核素 ^{90}Sr ^{3}H ^{14}C	γ 核素 ^{90}Sr
S10/Sd10	E		/		
S11/Sd11	SE		/		
S12/Sd12	S		/		
S13/Sd13	SW		/		
S14/Sd14	W		/		
S15/Sd15	NW		/		
S16/Sd16	N		南溪河入海口		
S17/Sd17	E	55km	对照点	/	γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$
Sd18	N	0km~5km	浅澳村近岸		γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$
Sd19	NNE		核电东北侧近岸		γ 核素、 ^{90}Sr 、 $^{239+240}\text{Pu}$

注：S 为海水采样点编号，Sd 为海洋沉积物采样点编号。

表 3.1-8 海洋生物采样监测信息

海洋生物类别		采样频次	采样点	监测项目
水生植物	海草	1 次/收获期		γ 核素 ^{90}Sr ^{14}C OBT TFWT
	海带			
海鱼类	白鱼	1 次/年	碣石湾海域 排放口东侧海域 对照点神泉港海域	
	杂鱼			
海虾类	海虾			
	皮皮虾			
贝类	青口			
	牡蛎			
软体类	八爪鱼			
	鱿鱼			

表 3.1-9 测量分析方法一览表

序号	监测项目	方法依据
1	γ辐射剂量率、剂量率连续监测	HJ 1157-2021 环境γ辐射剂量率测量技术规范
2	累积剂量	GB/T 10264-2014 个人和环境监测用热释光剂量测量系统
3	土壤、沉积物、沉降灰等类固体中γ核素	
4	生物中γ核素	GB/T 11713-2015 高纯锗γ能谱分析通用 方法
5	水中γ核素	GB/T 16145-2022 环境及生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法
6	空气中γ核素	HJ 1149-2020 环境空气 气溶胶中γ放射性核素的测定 滤膜压片γ能谱法 WS/T 184-2017 空气中放射性核素的γ能谱分析方法
7	土壤、沉积物、沉降灰等类固体中锶-90	EJ/T 1035-2011 土壤中锶-90 的分析方法
8	生物中、水中、空气中锶-90	HJ 815-2016 水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法
9	水中总α	HJ 898-2017 水质 总α放射性的测定 厚源法
10	水中总β	HJ 899-2017 水质 总β放射性的测定 厚源法
11	土壤、沉积物中 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	HJ 814-2016 水和土壤样品中钚的放射化学分析方法
12	OBT、TFWT	HJ 324-2023 生物中氚和碳-14 的分析方法 管式燃烧法
13	水中、空气中 ³ H	HJ 1126-2020 水中氚的分析方法
14	生物中 ¹⁴ C	GB/T37865-2019 生物样品中 ¹⁴ C 的分析方法 氧弹燃烧法
15	水中 ¹⁴ C	ISO 13162-2021 水质-碳 14-液闪计数测试方法
16	空气中 ¹⁴ C	EJ/T 1008-1996 空空气中 ¹⁴ C 的取样与测定方法
17	水中 ¹³¹ I	HJ 841-2017 水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法
18	空气中 ¹³¹ I	GB/T 14584-93 空空气中碘-131 的取样与测定

表 3.1-10 采样设备一览表

名称	型号	数量	编 号	主要用途
大气采样器	崂山 2031	3 台	HJ-194、HJ-195、 HJ-196	气溶胶采样
孔口流量计	HY-2300 ⁺	1 台	HJ-131	大气采样器校准
空气碳-14 取样器	RAC-14	2 台	HJ-210、HJ-211	空气 ¹⁴ C 取样
除湿机	—	1 台	—	空气 ³ H 采样
温湿度计	—	1 台	HJ-154	空气 ³ H 采样
空气碘取样器	RAIS-1001	1 台	HJ-217	空气碘取样
雨量计	—	2 台	—	雨量测量
干湿沉积取样器	—	4 套	—	沉降灰和雨水取样
抓斗底泥采样器	KH0201	1 个	HJ-68	底泥采样

表 3.1-11 制样设备一览表

名称	型号	编号
氧弹燃烧装置	1921	HJ-40
淬火炉	CARBOLITE	HJ-27-01
双温区管式炉	MTT12-65-900	HJ-43、HJ-143
元素分析仪	Vario-MACRO-cube	HJ-128
冻干机	LABCONCO4.5L	HJ-44
超纯水器	EPED-10 TH	HJ-46
分析天平	XS-105DU	HJ-35
电子天平	EMB500-1	HJ-66
分析天平	XS204	HJ-33、HJ-34
电子台秤	TCS-300	HJ-99
电导率仪	FE30K	HJ-36
电导率仪	STARTEA 300C	HJ-171
pH 计	FE28	HJ-167
pH 计	STARTEA 300	HJ-174
移液枪	5-50uL	—
移液枪	100-1000uL	—
移液枪	0.5-5mL	—
移液枪	1-10mL	—
马弗炉	LT40.11/P330	HJ-109、HJ-213、HJ190
灰化炉	AAF11/18	HJ-48
高温烘箱	HYGW500-2	HJ-231、HJ-232
烘箱	UFE500	HJ-50、HJ-51、HJ-52

表 3.1-12 测量设备一览表

序号	仪器名称	型号	编号	用途
1	高压电离室	RS-S131-200-ER0000	HJ-181	γ 辐射剂量率测量
2	高压电离室	S131-110-ER000C	HJ-3	γ 辐射剂量率连续测量
3	高压电离室	S131-110-ER000C	HJ-32	γ 辐射剂量率连续测量
4	P 型高纯锗 γ 谱仪	GEM50P4-83	HJ-26	γ 能谱分析、空气 ^{131}I 测量
5	N 型高纯锗 γ 谱仪	GMX50P4-83	HJ-124	γ 能谱分析、空气 ^{131}I 测量
6	超低本底液体闪烁谱仪	Quantnlus1220	HJ-28	^3H 、 ^{14}C 测量
7	低本底液体闪烁谱仪	LB7	HJ-29	^3H 、 ^{14}C 测量
8	低本底液体闪烁谱仪	LSA 3000	HJ-208	^3H 、 ^{14}C 测量
9	低本底 α 、 β 测量仪	MPC9604	HJ-30	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、水中 ^{131}I 测量
10	低本底 α 、 β 测量仪	MPC9604	HJ-142	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、水中 ^{131}I 测量
10	热释光测量系统	Harshaw 5500	HJ-27	环境累积剂量
11	双通道 α 谱仪	ORTEC alpha-Duo	HJ-72	$^{239+240}\text{Pu}$ 测量

表 3.1-13 放化分析项目典型探测下限值

项目	介质	样品量	测量时间 min	本底 cpm	探测 效率	回收率	MDC
总α	水	1.0 L	1000	0.10	6%	96%	0.016Bq/L
总β	水	1.0 L	1000	0.80	45%	96%	0.005Bq/L
⁹⁰ Sr*	水	40 L	1000	0.80	50%	80%	0.17mBq/L
	土壤、沉积物	50g 干	1000	0.80	50%	80%	0.13Bq/kg
	沉降灰	22.5m ² ·d	1000	0.80	50%	80%	0.29mBq/m ² ·d
	生物	10g 灰	1000	0.80	50%	80%	0.66mBq/g
	气溶胶	10000m ³	1000	0.80	50%	80%	0.66μBq/m ³
³ H	水、空气中的水	40mL	1000	3.5	25%	—	0.46Bq/L
	生物中的水	8mL	1000	0.75	25%	—	1.1Bq/L
¹⁴ C	水	20L	1000	2.5	60%	90%	3.6mBq/L
	空气	3.5m ³	1000	2.5	60%	90%	2.1mBq/m ³
	生物	1.5g 干样	1000	2.5	60%	90%	4.8mBq/g
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	土壤、沉积物	30g	2800	0.001	23%	80%	11mBq/kg
¹³¹ I	海水	5L	1000	0.8	26%	50%	3.4mBq/L
	空气	100m ³	1000	0.675	4%	—	0.44mBq/m ³

注：*表中 ⁹⁰Sr 样品探测限计算时，⁹⁰Y 衰减因子取 0.85。

表 3.1-14 土壤中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

仪器型号	GMX50P4-83		测量时间	80000 s	
样品盒尺寸	$\Phi 75*70\text{mm}$ (样品盒)		分析样品量	0.33kg 干样	
核素名称	特征峰 KeV	分支比 %	探测效率 %	本底计数	探测下限 Bq/kg
^{238}U	63.29	3.665	2.415	4232	13
^{232}Th	238.63	43.6	2.640	2546	0.78
^{226}Ra	351.93	35.6	1.978	2282	1.2
^{40}K	1460.82	10.66	0.722	1158	7.9
^{134}Cs	604.72	97.62	1.310	654	0.36
^{137}Cs	661.66	85.1	1.300	565	0.39
^{58}Co	810.76	99.45	1.066	483	0.38
^{54}Mn	834.85	99.976	1.045	502	0.39
^{60}Co	1332.49	99.826	0.745	246	0.39

表 3.1-15 气溶胶中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

仪器型号	GMX50P4-83		测量时间	80000 s	
样品盒尺寸	$\Phi 75*35\text{mm}$ (样品盒)		分析样品量	10000m ³	
核素名称	特征峰 KeV	分支比 %	探测效率 %	本底计数	探测下限 mBq/ m ³
^7Be	477.61	10.52	2.69	804	0.18
^{54}Mn	834.85	99.98	1.80	315	0.004
^{58}Co	810.76	99.45	1.84	392	0.005
^{60}Co	1332.49	99.83	1.41	244	0.005
^{134}Cs	604.72	97.62	2.24	420	0.004
^{137}Cs	661.66	85.10	2.01	462	0.005

表 3.1-16 沉降灰中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

仪器型号	GMX50P4-83		测量时间	80000 s	
样品盒尺寸	$\Phi 75*35\text{mm}$ (样品盒)		分析样品量	0.25m ² •90d	
核素名称	特征峰 KeV	分支比 %	探测效率 %	本底计数	探测下限 $\mu\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{D})$
^{54}Mn	834.85	99.98	3.79	502	1.6
^{58}Co	810.76	99.45	3.87	483	1.5
^{60}Co	1332.49	99.83	2.03	246	2.1
^{134}Cs	604.72	97.62	4.33	654	1.6
^{137}Cs	661.66	85.10	4.24	565	1.7

表 3.1-17 生物灰中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

仪器型号	GMX50P4-83		测量时间	80000 s	
样品盒尺寸	$\Phi 75*35\text{mm}$ (样品盒)		分析样品量	100g 灰样	
核素名称	特征峰 KeV	分支比 %	探测效率 %	本底计数	探测下限 mBq/g 灰
^{134}Cs	604.72	97.62	2.189	654	0.72
^{137}Cs	661.66	85.1	2.058	565	0.78
^{58}Co	810.76	99.45	1.797	483	0.72
^{54}Mn	834.85	99.976	1.763	502	0.72
^{60}Co	1332.49	99.826	1.322	246	0.72

表 3.1-18 淡水中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

仪器型号	GEM50P4-83		测量时间	80000 s	
样品尺寸	1L 马林杯 (样品盒)		分析样品量	40 L	
核素名称	特征峰 KeV	分支比 %	探测效率 %	本底计数	探测下限 mBq/L
^{134}Cs	604.72	97.62	2.326	518	1.5
^{106}Ru	621.93	9.93	2.284	460	14
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	95.3	2.199	417	1.5
^{137}Cs	661.66	85.1	2.059	463	1.8
^{58}Co	810.76	99.45	1.868	360	1.5
^{54}Mn	834.85	99.976	1.82	389	1.6
^{60}Co	1332.49	99.826	1.061	219	2.1

表 3.1-19 海水中放射性核素 γ 能谱分析典型探测下限值

仪器型号	GEM50P4-83		测量时间	80000 s	
样品尺寸	$\Phi 75*35\text{mm}$ (样品盒)		分析样品量	60 L	
核素名称	特征峰 KeV	分支比 %	探测效率 %	本底计数	探测下限 mBq/L
^{134}Cs	604.72	97.62	1.912	518	1.2
^{106}Ru	621.93	9.93	1.878	460	11
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	95.3	1.81	417	1.2
^{137}Cs	661.66	85.1	1.804	463	1.4
^{58}Co	810.76	99.45	1.59	360	1.2
^{54}Mn	834.85	99.976	1.561	389	1.3
^{60}Co	1332.49	99.826	1.188	219	1.3

表 3.1-20 宇宙射线响应测量结果

序号	仪器型号	仪器编号	仪器类型	测量日期	测量值nGy/h
1	S131-110-ER000C	HJ-3	高压电离室	2024/09/01	34
2	S131-110-ER000C	HJ-32	高压电离室	2024/09/01	36
3	RSS-131	HJ-181	高压电离室	2024/09/01	37

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

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

表

表 3.2-1 环境空气监测方法、仪器和检出限

表 3.2-2 环境空气质量监测结果

表 3.2-3 噪声检测结果

表 3.2-4 秋季海水水质监测结果

表 3.2-5 冬季海水水质监测结果

表 3.2-6 春季海水水质监测结果

表 3.2-7 夏季海水水质监测结果

表 3.2-8 秋季水质评价结果

表 3.2-9 冬季水质评价结果

表 3.2-10 春季水质评价结果

表 3.2-11 夏季水质评价结果

表 3.2-12 厂址半径 15km 范围内海洋沉积物质量调查及评价结果

表 3.2-13 厂址附近海域各物种质量调查结果

表 3.2-14 厂址附近海域生物体中残留物单因子评价结果

表 3.2-15 电磁环境检测及评价结果

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

苏州热工研究院有限公司协同具有环境空气质量监测 CMA 资质的深圳市惠利权环境检测有限公司（CMA 证书号：202319122787）2025 年 2 月 25 日至 3 月 4 日在陆丰核电厂址现场进行了采样。采样期间天气以晴和多云为主，温度：13.0~28.1℃；湿度：56~71 %；大气压：100.3~102.6kPa；风向：东北/南；风速：1.5~2.8 m/s，符合采样相关技术规范要求的环境条件。

本节根据该次监测成果报告编写。

3.2.1.1 大气环境基本污染物环境质量现状

依据《2024 年汕尾市生态环境状况公报》，厂址所在的汕尾市 2024 年 SO₂ 年平均质量浓度为 7μg/m³，NO₂ 年平均质量浓度为 10μg/m³，PM_{2.5} 年平均质量浓度为 17.7μg/m³，PM₁₀ 年平均质量浓度为 26.5μg/m³，CO 第 95 百分位数浓度值为 0.8μg/m³，O₃ 日最大 8 小时均值第 90 百分位数浓度值为 135μg/m³，均达到《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的二级标准，说明当地的环境空气质量现状良好。

厂址半径 5km 范围内空气污染源主要是建筑施工扬尘、汽车尾气、餐饮油烟等。

3.2.1.2 大气环境特征污染物调查方案

3.2.1.2.1 监测因子及频次

监测项目包括 TSP、SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃、TVOC，同时在后埔村和厂址南侧增加监测甲苯、二甲苯和非甲烷总烃，同步观测气温、气压、风向、风速及相对湿度等。

TSP、SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃ 各点位连续监测 7 天，每日采样时间不低于 20 小时，每小时采样时间不低于 45min；O₃ 日最大 8 小时平均值为滑动取样；CO 每小时记录 1 次数据，连续记录 7×24h，每小时记录不低于 4 个数据。SO₂、NO₂、CO 给出日均值和时均值，TSP、PM₁₀、PM_{2.5} 仅给日均值；O₃ 给出时均值和日最大 8 小时平均值；时均值至少包括 2、8、14、20 时的监测数据。

TVOC 各点位连续监测 7 天，每天监测 1 次，采样时间 09:00-17:00，每次采样时间 8 小时。甲苯、二甲苯和非甲烷总烃各点位连续监测 2 天，每天监测 4 次，采样时间 09:00、

11:00、14:00、16:00，每次采样时间1小时。

3.2.1.2.2 监测方法和仪器

采样方法按照《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ 194-2017）的要求进行，采样仪器为智能综合大气采样器，表3.2-1给出了环境空气质量监测方法、仪器和检出限。

3.2.1.2.3 监测点位

结合监测时风向，在产业园、浅澳村、后埔村、厂址南侧等4处设置监测点位。

3.2.1.2.4 监测结果及评价

表 3.2-2 给出了各点位环境质量现状监测结果，表中还给出了监测结果占相应标准质量浓度限值的百分比情况。

根据监测结果，各监测点的 SO₂、NO₂、CO 的小时平均浓度值和 24 小时平均浓度值，O₃ 的小时平均浓度值，TSP、PM₁₀、PM_{2.5} 的 24 小时平均浓度值，O₃ 日最大 8 小时平均浓度值符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的二级标准要求。TVOC 的 8 小时平均浓度值、甲苯和二甲苯小时平均浓度值均符合《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）附录 D 的限值要求。非甲烷总烃小时平均浓度值符合《大气污染物综合排放标准详解》中非甲烷总烃 1 小时平均浓度限值。

3.2.1.2.5 质量保证

空气环境质量监测由深圳市惠利权环境检测有限公司承担。该公司具备计量认证资质证书（证书编号 202319122787），资质认证包括环境空气监测多项检测资质，覆盖本项目空气质量所需的 TSP、SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃、TVOC、甲苯、二甲苯和非甲烷总烃等项目。

该公司遵照质量管理体系文件进行全程质量控制，监测人员通过岗前培训，均持证上岗，切实掌握样品采集、分析流程与注意事项。公司在多年的监测工作中逐步形成了一套切实可行的质量管理体系和机制，包括监测设备控制、采样、样品保存、运输和交接、检测、分析评价以及结果质量控制全过程质量保障机制，使得监测评价工作的每一个环节都有章可循、有据可依。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

苏州热工研究院有限公司环境检测中心于 2025 年 2 月 26 日~28 日对陆丰核电厂

址及周边区域声环境质量现状进行检测。本节内容根据该次检测成果报告编写。

调查时的气象条件（地面风向、风速）：监测时天气晴，温度 13~22℃，湿度 55~70%RH，风速 0.5~3.7m/s，符合多功能声级计（AWA6228）的设备使用环境要求。

3.2.2.1 噪声源调查

厂址半径 5km 范围内的噪声污染源主要是工业生产噪声、生活噪声和交通噪声。

- 工业生产噪声主要是汕尾临港产业园内企业生产噪声。
- 生活噪声主要是居民点的社会生活噪声。
- 交通噪声主要是进厂道路和应急道路行驶车辆交通噪声。

3.2.2.2 监测因子及频次

声环境监测因子为等效连续 A 声级。

监测两天，昼夜各监测一次。

3.2.2.3 监测方法

测量时在无雨雪、无雷电，风速小于 5m/s 下进行。

距离任何反射物（地面除外）至少 3.5m 外测量，距离地面高度 1.2m 以上；在噪声敏感建筑物外，距墙壁或窗户 1m 处，距地面高度 1.2m 以上；厂界外 1m、高度 1.2m 以上、距任一反射面距离不小于 1m。

选择昼间（6:00~22:00）和夜间（22:00~6:00）两个时段进行噪声监测，采用 10min/20min 的等效声级，夜间有频发、偶发噪声影响时同时测量最大声级。

现场使用 1 个多功能声级计，型号 AWA6228+，有效期为 2024 年 4 月 8 日至 2025 年 4 月 7 日。

3.2.2.4 监测点位

按照《声环境质量标准》（GB 3096-2008）、《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）和《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011，监测时 GB 12523-2025 未发布）的要求进行点位布设。

（1）施工厂界周围现状监测

在厂址北侧、厂址西北侧、厂址西侧、厂址西南侧、厂址南侧、厂址东侧、厂址东北侧等厂界外1m处进行噪声监测，测量20min的等效声级 L_{eq} ，监测两天，昼夜各监测一次。

（2）进厂道路、应急道路现状监测

设置进场道路、应急道路（点位距道路边界约30m）等共计2个监测点位，监测点位位于道路边界2m~5m左右，测量20min的等效声级 L_{eq} ，监测两天，昼夜各监测一次。

（3）环境保护目标现状监测

在前堆小学、灶背小学、上南小学、红坡村、浅澳小学、上林小学、办公区、后埔小学、新丰卫生站、新安职业技术学校等10处布设监测点位，测量10min的等效声级 L_{eq} ，监测两天，昼夜各监测一次。

3.2.2.5 监测结果及评价

监测结果见表3.2-3。

厂址厂界四周2月26日建筑施工厂界昼间噪声值为（54~63）dB(A)，夜间噪声值为（47~52）dB(A)；2月27日建筑施工厂界昼间噪声值为（53~59）dB(A)，夜间噪声值为（47~50）dB(A)。两次的噪声检测结果均满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中70dB(A)（昼间）、55dB(A)（夜间）标准限值。昼间噪声最大占标准限值90.00%，夜间噪声最大占标准限值94.55%。

核电厂内办公区2月26日和2月27日昼间噪声值为（54~55）dB(A)，夜间噪声值为（45~46）dB(A)。两次的噪声检测结果满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中2类60dB(A)（昼间）、50dB(A)（夜间）标准限值。昼间噪声最大占标准限值91.67%，夜间噪声最大占标准限值92.00%。

核电厂进场道路和应急道路两侧外30m范围内2月26日和2月27日昼间噪声值为（61~67）dB(A)，夜间噪声值为（51~54）dB(A)。两次的噪声检测结果满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中4a类70dB(A)（昼间）、55dB(A)（夜间）标准限值。昼间噪声最大占标准限值95.71%，夜间噪声最大占标准限值98.18%。

厂址周边声环境保护目标2月26日功能区昼间噪声值为（46~54）dB(A)，夜间噪声值为（38~44）dB(A)；2月27日功能区昼间噪声值为（45~54）dB(A)，夜间噪声值

为（40~44）dB(A)。两次的噪声检测结果满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中1类55dB(A)（昼间）、45dB(A)（夜间）标准限值。昼间噪声最大占标准限值98.18%，夜间噪声最大占标准限值97.78%。

3.2.2.6 质量保证

本项目噪声监测由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，环境检测中心具备计量认证资质证书（证书编号 231012341115），资质认证范围覆盖本项目区域功能区噪声监测全部内容。

本项目监测人员全部具备环境监测资质且通过环境检测中心内部专业技能考核合格后授权上岗。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，负责报告审核的人员具备高级工程师资格且取得环境监测上岗资格。

现场监测过程全程三人参加，一名检测人员负责按照作业指导书要求开展仪器操作并负责报数，另一名检测人员负责监督操作，第三名检测人员负责按要求做好记录。依据苏州热工研究院有限公司环境检测中心《期间核查程序（RG/CX13-2019）》，为确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态，在设备两次检定/校准之间进行了仪器设备的期间核查，确保设备正常运行。另外，监测单位从量值溯源、数据记录控制、数据处理质量控制、安全控制等方面进行质量管理。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

国家海洋环境监测中心承担了陆丰核电厂邻近海域水质环境、水生生态与渔业资源调查工作，本节引用该调查报告《广东陆丰核电工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查（2023）报告》的相关内容对受纳海域现状环境质量进行评价。

根据《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025），受纳海域环境质量现状调查包括海水水质、海洋沉积物、海洋生态（含生物生态、生物资源、生物质量），其中海洋生态中的生物生态和生物资源已反映在本报告书的 2.3 节，本节对本工程受纳海域的海水水质、海洋沉积物以及海洋生物质量进行反映和评价。

国家海洋环境监测中心于 2023 年 11 月 21~25 日（秋季）、2024 年 1 月 14~19 日（冬季）、2024 年 4 月 12~16 日（春季）和 2024 年 7 月 8~12 日、8 月 21~22 日（夏季）开展了厂址附近海域的海水水质调查，海洋沉积物调查在秋季开展，与海水水质

同步调查，海洋生物体质量调查时间在秋季和春季。

3.2.3.1 海水水质现状及评价

厂址 15km 范围内的入海排污口多为城镇雨洪排口、规模以下水产养殖排污口、城镇生活污水散排口。涉及的废水排污许可共有 2 个，分别为陆丰市碣石铭豪污水处理有限公司、陆丰市碣石镇生猪定点屠宰场有限公司，排放口均位于碣石港内，具体如下：

- 陆丰市碣石铭豪污水处理有限公司排污口，位于厂址 NNW 方位 8.4km，排放污染物种类有石油类、总汞、总镉、烷基汞、总铅、化学需氧量、pH 值、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)、动植物油、粪大肠菌群、总氮（以 N 计）、六价铬、五日生化需氧量、总磷（以 P 计）、悬浮物、流量、色度、总砷、总铬、阴离子表面活性剂；
- 陆丰市碣石镇生猪定点屠宰场有限公司有 2 个排水口，位于厂址 NNW 方位 8.3km。废水排放口：排放污染物种类有总磷（以 P 计）、大肠菌群数、pH 值、色度、总氮（以 N 计）、悬浮物、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)、五日生化需氧量、动植物油、化学需氧量、阴离子表面活性剂、溶解性总固体；初期雨水排放口：排放污染物种类有化学需氧量、悬浮物。

国家海洋环境监测中心于 2023~2024 年开展了 4 个季度陆丰核电厂邻近海域海水水质调查，调查项目有：pH、水温、盐度、悬浮物、COD、 BOD_5 、DO、硫化物、石油类、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、无机氮、氨氮、活性磷酸盐、活性硅酸盐、余氯、挥发酚、重金属（Hg、Cu、Pb、Cr、Zn、Cd、As、Ni、Se）、B 等。位于厂址半径 15km 范围内的调查点位共有 15 个，根据《海洋监测规范 第 3 部分：样品采集、贮存与运输》（GB 17378.3-2007）的要求，分层采样。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421 号），调查点位 15、17 执行二类海水水质标准（水温执行三类标准）；点位 1、5、6 执行三类海水水质标准；其他点位均执行一类海水水质标准。

厂址半径 15km 范围内 2023-2024 年秋、冬、春、夏四个季度海水水质监测结果见表 3.2-4~表 3.2-7。表 3.2-8~表 3.2-11 给出了各项水质占 GB 3097-1997 相应水质因

子标准限值的百分比。

依据近岸海域环境功能区划对应的水质标准，厂址半径 15km 范围内各季水质情况如下：

- 秋季海水水质调查结果中，除了个别点位的溶解氧、铜、铅超标外，其他各项水质监测因子满足其所执行的海水水质标准。
- 冬季和春季除个别点位铅超标外，其他各项水质监测因子满足其所执行的海水水质标准。
- 夏季部分点位的溶解氧（DO）、五日生化需氧量（BOD₅）、无机氮超标，其他各项水质监测因子满足其所执行的海水水质标准。

监测因子超标原因可能是调查海域距离碣石镇碣石港及泻湖较近，碣石港及泻湖水质较差，涨落潮时海水进行水体交换，进而影响附近海水水质。

对于粪大肠菌群，其与生物生态和生物资源同步进行调查，调查结果表明：秋季核电海域水质粪大肠菌群调查结果均为未检出（检出限为 20 MPN/L）；冬季、春季、夏季核电海域水质粪大肠菌群调查结果仅在个别站位检出，其余站位的表层水及底层水均为未检出（检出限为 20MPN/L）。核电海域海水中粪大肠菌群个数远低于第一类水质标准值 2000 个/L。

3.2.3.2 海洋沉积物质量现状及评价

国家海洋环境监测中心于 2023 年 11 月 21~25 日（秋季）开展了陆丰核电厂邻近海域海洋沉积物调查，调查项目有：有机碳、硫化物、油类、重金属（铜、铅、锌、镉、铬、砷、汞）。位于厂址半径 15km 范围内的调查点位共有 9 个。

厂址半径 15km 范围内海洋沉积物质量监测结果见表 3.2-12。采用《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中第一类沉积物质量标准进行评价，表 3.2-12 也给出了各项因子占 GB 18668-2002 相应因子标准限值的百分比。

调查结果表明，厂址半径 15km 范围内海洋沉积物质量均满足第一类的海洋沉积物质量标准。

3.2.3.3 海洋生物质量现状及评价

国家海洋环境监测中心于 2023 年 11 月 21~25 日（秋季）、2024 年 4 月 12~16 日

(春季)开展了陆丰核电厂邻近海域海洋生物质量调查,调查项目有:潮间带和近海海域海洋生物体内石油烃、重金属(Hg、Cu、Pb、Cr、Cd、Zn、As)、B等,共计8项。位于厂址半径15km范围内的调查点位秋季有4个,春季有5个。厂址半径15km范围内海洋生物质量监测结果见表3.2-13。

双壳贝类(翡翠贻贝、斧蛤),采用《海洋生物质量》(GB 18421-2001)第一类海洋生物质量标准进行评价;鱼类、甲壳类和其他软体动物(非双壳贝类)采用《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)中给出的参考值进行评价。按照上述评价标准或参考值,表3.2-14给出了评价结果。

秋季海洋生物质量通过与评价标准或参考值相比,鱼类石油烃含量、甲壳类砷含量超过了《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》(HJ 1409-2025)给出的参考值;双壳贝类生物体内铬、砷、镉、总汞超GB 18421-2001一类标准,但符合二类标准,其他生物残留因子均符合一类标准。

春季海洋生物质量通过与评价标准相比,除软体类砷含量超过了HJ 1409-2025给出的参考值,其他生物残留因子均满足HJ 1409-2025给出的参考值。双壳贝类生物体内铬、铅、石油烃超过GB 18421-2001中的一类标准,但符合二类标准,其他生物残留因子均符合一类标准。

综上所述,厂址周边海域中生物体质量调查,鱼类、甲壳类和软体动物生物残毒检验结果大部分符合相应标准或参考值,少量不符合标准或参考值的原因主要为海上作业频繁、人类活动以及周边工业用海区的影响。

3.2.3.4 质量保证

厂址邻近海域水质环境、水生生态与渔业资源调查工作由国家海洋环境监测中心开展调查,其中海水水质测项COD、BOD₅、DO、营养盐、硫化物、挥发酚委托协作单位广东宇南检测技术有限公司进行检测及分析。

国家海洋环境监测中心具有国家认证认可监督管理委员会颁发的《检验检测机构资质认定证书》,证书编号为:230012050925。国家海洋环境监测中心依据GB/T19001-2016/ISO9001:2015的质量管理体系的标准,按照《检验检测机构资质认定能力评价 检验检测机构通用要求》(RB/T 214-2017)的要求,修订了国家海洋环境监测中心的管理体系文件。检测工作均按照质量体系文件、实施方案以及实施方案

中规定的国家最新颁布的规范、规程和标准实行严格的质量控制。国家海洋环境监测中心针对本项目设立专门的项目管理机构，调查工作的样品采集、贮存与运输严格按照《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)进行，对样品采集、贮存与运输、分析方法进行全面的质量控制。实验室环境严格按照《海洋调查规范 第 1 部分：总则》(GB/T 12763.1-2007) 相关规定执行，在样品测试分析过程中，为保证检测结果的准确性和可靠性，对可能影响检测工作质量的环境因素和设施进行有效的监控。

广东宇南检测技术有限公司取得广东省市场监督管理局颁发的计量认证资质(CMA)，认证领域包括：海水水质、海洋沉积物、海洋生态、水生生态、生物质量、水和废水、空气和废气、土壤、噪声、环境毒理、生物多样性观测等十大类 2000 多个认证项目。广东宇南检测技术有限公司对于样品采集、保存、运输、测试、数据处理及上报等全过程进行控制。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

苏州热工研究院有限公司环境检测中心 2025 年 2 月 25 日开展了厂区现场监测电磁环境质量现状调查，本节内容来自该次成果。

目前，厂址区域的电磁环境现状如下：

- (1) 厂址区域内无雷达、中/微波基站。
- (2) 厂址区域内在运的电磁辐射源主要是 220kV 庆核变电站及配套的地下线缆和架空线路，另有在建的 500kV 开关站及配套线路。
- (3) 厂址区域外附近村庄主要是 10kV 公用台变和输电线路。

3.2.4.1 监测因子及点位

监测因子为工频电场、工频磁场。

厂址四周、500kV 开关站、220kV 变电站、1~6 号主变、浅澳村、上林村、红坡村、后埔村等共计 18 处设置监测点位。

3.2.4.2 监测方法

根据《交流输变电工程电磁环境监测方法》(试行)(HJ 681-2013) 的要求：

- (1) 监测点应选在地势平坦、远离树木且没有其他电力线路、通信线路及广播线路的空地上。

(2) 监测仪器的探头应架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处。也可根据需要在其他高度监测，并在监测报告中注明。

(3) 监测工频电场时，监测人员与监测仪器探头的距离至少 2.5m。监测仪器探头与固定物的距离应不小于 1m。

(4) 监测工频磁场时，监测探头可以用一个小小的电介质手柄支撑，并可由监测人员手持。采用一维探头监测工频磁场时，应调整探头使其位置在监测最大值方向。

(5) 测量读数：在输变电工程正常运行时间内进行监测，每个监测点连续测 5 次，每次监测时间不小于 15 秒，并读取稳定状态的最大值。若仪器读数起伏较大时，应适当延长监测时间。求出每个监测位置的 5 次读数的算术平均值作为监测结果。

监测使用设备为电磁辐射分析仪，仪器型号为 NBM550/EHP50D，设备有效期 2024 年 9 月 23 日至 2025 年 9 月 22 日。监测时天气晴，温度 17~18℃，湿度 60~65%RH，符合电磁辐射分析仪（NBM550）的设备使用环境要求。

3.2.4.3 监测结果及评价

表 3.2-15 给出了电磁环境质量检测及评价结果。由监测结果可知，陆丰核电厂址区域及周围所有检测点位工频电场范围为（0.160~581.7）V/m，工频磁场范围为（0.0004~0.0977） μ T，监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）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，电场强度最大占标准限值 14.54%，磁感应强度最大占标准限值 0.10%。

3.2.4.4 质量保证

本项目电磁辐射监测由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，环境检测中心具备计量认证资质证书（证书编号 231012341115），资质认证范围覆盖本项目电磁辐射监测全部内容。

本项目监测人员全部具备环境监测资质且通过环境检测中心内部专业技能考核合格后授权上岗。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，负责报告审核的人员具备高级工程师资格且取得环境监测上岗资格。

现场监测过程全程三人参加，一名检测人员负责按照作业指导书要求开展仪器操作并负责报数，另一名检测人员负责监督操作，第三名检测人员负责按要求做好记录。

依据苏州热工研究院有限公司环境检测中心《期间核查程序（RG/CX13-2019）》，为确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态，在设备两次检定/校准之间进行了仪器设备的期间核查，确保设备正常运行。另外，监测单位从量值溯源、数据记录控制、数据处理质量控制、安全控制等方面进行质量管理。

表 3.2-1 环境空气监测方法、仪器和检出限

检测项目	分析仪器型号	检测方法	检出限
二氧化硫	紫外可见分光光度计 UV-7504	《环境空气 二氧化硫的测定 甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》HJ 482-2009 及其修改单(生态环境部公告 2018 年第 31 号)	时均值: 0.007 mg/m ³
二氧化氮		《环境空气 氮氧化物(一氧化氮和二氧化氮)的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》HJ 479-2009 及其修改单(生态环境部公告 2018 年第 31 号)	日均值: 0.004 mg/m ³
一氧化碳	便携式红外线气体分析器 GXH-3011A	《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》GB 9801-88	时均值: 0.005 mg/m ³
总悬浮颗粒物		《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》HJ 1263-2022	日均值: 0.003 mg/m ³
PM ₁₀	电子天平 AUW120D	《环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 的测定 重量法》HJ 618-2011 及其修改单(生态环境部公告 2018 年第 31 号)	0.3 mg/m ³
PM _{2.5}			7 μg/m ³
臭氧	紫外可见分光光度计 UV-7504	《环境空气 臭氧的测定 靛蓝二磺酸钠分光光度法》HJ 504-2009 及其修改单(生态环境部公告 2018 年第 31 号)	0.010 mg/m ³
TVOC	气相色谱质谱仪 GCMS-QP2010SE	《环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法》HJ 644-2013	0.010 mg/m ³
甲苯			10 μg/m ³
二甲苯			0.4 μg/m ³
非甲烷总烃	气相色谱仪 GC-2014C	《环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法》HJ 604-2017	0.6 μg/m ³

**表 3.2-2 (1/4) 环境空气质量监测结果
(产业园)**

监测项目	结果类型	检测结果 (mg/m ³)	标准限值 (mg/m ³)	占标准限值比
SO ₂	小时平均浓度值	<0.007~0.011	0.500	2.20%
NO ₂	小时平均浓度值	<0.005~0.017	0.200	8.50%
CO	小时平均浓度值	2.1~2.9	10	29.00%
SO ₂	24 小时平均浓度值	0.005~0.009	0.150	6.00%
NO ₂	24 小时平均浓度值	<0.003~0.003	0.080	3.75%
CO	24 小时平均浓度值	2.4	4	60.00%
TSP	24 小时平均浓度值	0.073~0.094	0.300	31.33%
PM ₁₀	24 小时平均浓度值	0.027~0.043	0.150	28.67%
PM _{2.5}	24 小时平均浓度值	0.024~0.034	0.075	45.33%
O ₃	小时平均浓度值	0.048~0.132	0.200	66.00%
O ₃	日最大 8 小时平均浓度值	0.083~0.098	0.160	61.25%
TVOC	8 小时平均浓度值	18.2~47.4 μg/m ³	600 μg/m ³	7.90%

表 3.2-2 (2/4) 环境空气质量监测结果

(浅澳村)

监测项目	结果类型	检测结果 (mg/m ³)	标准限值 (mg/m ³)	占标准限值比
SO ₂	小时平均浓度值	<0.007~0.011	0.500	2.20%
NO ₂	小时平均浓度值	<0.005~0.020	0.200	10.00%
CO	小时平均浓度值	1.3~2.4	10	24.00%
SO ₂	24 小时平均浓度值	0.005~0.008	0.150	5.33%
NO ₂	24 小时平均浓度值	<0.003~0.003	0.080	3.75%
CO	24 小时平均浓度值	1.9~2.0	4	50.00%
TSP	24 小时平均浓度值	0.050~0.088	0.300	29.33%
PM ₁₀	24 小时平均浓度值	0.020~0.042	0.150	28.00%
PM _{2.5}	24 小时平均浓度值	0.016~0.033	0.075	44.00%
O ₃	小时平均浓度值	0.041~0.133	0.200	66.50%
O ₃	日最大 8 小时平均浓度值	0.079~0.100	0.160	62.50%
TVOC	8 小时平均浓度值	10.7~51.3μg/m ³	600 μg/m ³	8.55%

**表 3.2-2 (3/4) 环境空气质量监测结果
(后埔村)**

监测项目	结果类型	检测结果 (mg/m ³)	标准限值 (mg/m ³)	占标准限值比
SO ₂	小时平均浓度值	<0.007~0.011	0.500	2.20%
NO ₂	小时平均浓度值	<0.005~0.020	0.200	10.00%
CO	小时平均浓度值	1.5~2.9	10	29.00%
SO ₂	24 小时平均浓度值	0.005~0.007	0.150	4.67%
NO ₂	24 小时平均浓度值	<0.003~0.003	0.080	3.75%
CO	24 小时平均浓度值	2.1~2.3	4	57.50%
TSP	24 小时平均浓度值	0.056~0.094	0.300	31.33%
PM ₁₀	24 小时平均浓度值	0.019~0.043	0.150	28.67%
PM _{2.5}	24 小时平均浓度值	0.011~0.027	0.075	36.00%
O ₃	小时平均浓度值	0.043~0.132	0.200	66.00%
O ₃	日最大 8 小时平均浓度值	0.093~0.102	0.160	63.75%
TVOC	8 小时平均浓度值	15.8~86.2μg/m ³	600 μg/m ³	14.37%
甲苯	小时平均浓度值	0.6~4.3μg/m ³	200 μg/m ³	2.15%
二甲苯	小时平均浓度值	6.8~29.5μg/m ³	200 μg/m ³	14.75%
非甲烷总烃	小时平均浓度值	0.63~1.02	2.0	51.00%

表 3.2-2 (4/4) 环境空气质量监测结果

(厂址南侧)

监测项目	结果类型	检测结果 (mg/m ³)	标准限值 (mg/m ³)	占标准限值比
SO ₂	小时平均浓度值	<0.007~0.010	0.500	2.00%
NO ₂	小时平均浓度值	<0.007~0.010	0.200	5.00%
CO	小时平均浓度值	0.7~1.9	10	19.00%
SO ₂	24 小时平均浓度值	0.005~0.007	0.150	4.67%
NO ₂	24 小时平均浓度值	<0.003~0.003	0.080	3.75%
CO	24 小时平均浓度值	1.4~1.7	4	42.50%
TSP	24 小时平均浓度值	0.039~0.097	0.300	32.33%
PM ₁₀	24 小时平均浓度值	0.015~0.035	0.150	23.33%
PM _{2.5}	24 小时平均浓度值	0.013~0.032	0.075	42.67%
O ₃	小时平均浓度值	0.039~0.132	0.200	66.00%
O ₃	日最大 8 小时平均浓度值	0.083~0.096	0.160	60.00%
TVOC	8 小时平均浓度值	4.1~45.1 μg/m ³	600 μg/m ³	7.52%
甲苯	小时平均浓度值	2.2~5.3 μg/m ³	200 μg/m ³	2.65%
二甲苯	小时平均浓度值	6.7~87.2 μg/m ³	200 μg/m ³	43.60%
非甲烷总烃	小时平均浓度值	0.54~0.84	2.0	42.00%

表 3.2-3 (1/4) 噪声检测结果
厂址区域建筑施工场界 (2月 26 日~27 日)

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值		夜间噪声值	
		检测值(dB(A))	占标准限值比	检测值(dB(A))	占标准限值比
1	厂址北侧	63	90.00%	52	94.55%
2	厂址西北侧	60	85.71%	47	85.45%
3	厂址西侧	54	77.14%	48	87.27%
4	厂址西南侧	55	78.57%	50	90.91%
5	厂址南侧	56	80.00%	52	94.55%
6	厂址东侧	54	77.14%	50	90.91%
7	厂址东北侧	54	77.14%	49	89.09%

表 3.2-3 (2/4) 噪声检测结果
厂址周围功能区环境(2月 26 日~27 日)

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值		夜间噪声值	
		检测值(dB(A))	占标准限值比	检测值(dB(A))	占标准限值比
1	前堆小学	53	96.36%	43	95.56%
2	灶背小学	54	98.18%	43	95.56%
3	上南小学	49	89.09%	41	91.11%
4	红坡村	49	89.09%	40	88.89%
5	浅澳小学	54	98.18%	44	97.78%
6	上林小学	53	96.36%	44	97.78%
7	应急道路	67	95.71%	53	96.36%
8	办公区	54	90.00%	45	90.00%
9	进场道路	64	91.43%	54	98.18%
10	后埔小学	48	87.27%	41	91.11%
11	新丰卫生站	52	94.55%	43	95.56%
12	新安职业技术学校	46	83.64%	38	84.44%

表 3.2-3 (3/4) 噪声检测结果
厂址区域建筑施工场界 (2月27日~28日)

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值		夜间噪声值	
		检测值(dB(A))	占标准限值比	检测值(dB(A))	占标准限值比
1	厂址北侧	55	78.57%	50	90.91%
2	厂址西北侧	59	84.29%	50	90.91%
3	厂址西侧	54	77.14%	49	89.09%
4	厂址西南侧	53	75.71%	47	85.45%
5	厂址南侧	56	80.00%	48	87.27%
6	厂址东侧	55	78.57%	49	89.09%
7	厂址东北侧	55	78.57%	46	83.64%

表 3.2-3 (4/4) 噪声检测结果
厂址周围功能区环境 (2月27日~28日)

检测点序号	检测点位置	昼间噪声值		夜间噪声值	
		检测值(dB(A))	占标准限值比	检测值(dB(A))	占标准限值比
1	前堆小学	54	98.18%	44	97.78%
2	灶背小学	48	87.27%	42	93.33%
3	上南小学	47	85.45%	41	91.11%
4	红坡村	49	89.09%	42	93.33%
5	浅澳小学	52	94.55%	43	95.56%
6	上林小学	54	98.18%	44	97.78%
7	应急道路	61	87.14%	51	92.73%
8	办公区	55	91.67%	46	92.00%
9	进场道路	63	90.00%	54	98.18%
10	后埔小学	49	89.09%	43	95.56%
11	新丰卫生站	52	94.55%	44	97.78%
12	新安职业技术学校	45	81.82%	40	88.89%

表 3.2-4 (1/2) 秋季海水水质监测结果

盐度: ‰; pH 无单位; 水深: m; 温度: °C; 其他: mg/L

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需 氧量	五日生 化需氧 量	氨氮	硝酸盐 氮	亚硝酸盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸盐	执行 标准
1	表	20.1	8.19	22.2	0.03	32	7.66	0.42	0.4	0.005L	0.005	0.0009L	0.00795	0.006	0.973	三类
1	底	—	8.2	21	0.03	32.1	6.05	0.34	0.5	0.008	0.007	0.007	0.022	0.003	0.882	三类
2	表	17	8.19	22.3	0.02	32.2	5.4	0.74	0.4	0.005L	0.003L	0.0009L	0.00445	0.002	0.889	一类
2	底	—	8.2	21.8	0.02	32.2	6.32	0.78	0.6	0.005L	0.005	0.004	0.0115	0.002	0.817	一类
3	表	27.2	8.15	22.4	0.02	32.6	6.28	0.65	0.8	0.018	0.178	0.003	0.199	0.015	0.688	一类
3	中	—	8.19	22.6	0.02	32.6	5.77	0.57	0.7	0.029	0.083	0.005	0.117	0.013	0.61	一类
3	底	—	8.2	22.2	0.02	32.5	7.62	0.33	0.4	0.006	0.008	0.002	0.016	0.003	0.61	一类
4	表	12.2	8.21	21.5	0.03	32.4	6.75	0.57	0.6	0.005L	0.009	0.0009L	0.01195	0.002	0.895	一类
4	底	—	8.22	20	0.02	30.9	5.43	0.72	0.9	0.006	0.013	0.0009L	0.01945	0.004	0.746	一类
5	表	13.6	8.2	20.7	0.03	32.2	6.9	0.57	0.5	0.005	0.011	0.011	0.027	0.004	0.908	三类
5	底	—	8.21	21.6	0.02	32.1	6.88	0.65	0.7	0.007	0.012	0.007	0.026	0.004	0.837	三类
6	表	14.5	8.2	22	0.03	31.8	7.09	0.57	0.5	0.005L	0.022	0.012	0.0365	0.001L	0.895	三类
6	底	—	8.2	21	0.03	32.1	6.3	0.43	0.5	0.005L	0.01	0.003	0.0155	0.004	0.817	三类
7	表	17.2	8.19	22.2	0.03	32.2	6.16	0.18	0.5	0.008	0.01	0.011	0.029	0.004	0.817	一类
7	底	—	8.2	21.2	0.03	32.2	6.33	0.25	0.5	0.015	0.006	0.0009L	0.02145	0.005	0.973	一类
8	表	22.2	8.19	22.2	0.03	32.2	6.96	0.74	0.6	0.005L	0.004	0.003	0.0095	0.002	0.766	一类
8	底	—	8.18	21.2	0.02	32.3	6.99	0.58	0.5	0.007	0.029	0.0009L	0.03645	0.005	0.824	一类
9	表	9.5	8.2	22.6	0.03	32.3	7.76	0.87	0.5	0.005L	0.019	0.017	0.0385	0.005	0.766	一类
9	底	—	8.3	22.4	0.03	32.2	7.81	0.93	0.8	0.005L	0.012	0.012	0.0265	0.005	0.746	一类
10	表	20	8.19	22.3	0.03	32.2	7.15	0.7	0.8	0.005L	0.029	0.0009L	0.03195	0.001L	0.895	一类
10	底	—	8.2	21	0.03	32.1	5.82	0.73	0.7	0.005L	0.015	0.018	0.0355	0.003	0.915	一类
15	表	14.7	8.19	22.3	0.02	32.1	7.49	0.74	0.9	0.005L	0.003L	0.0009L	0.00445	0.003	0.83	二类
15	底	—	8.2	21.2	0.02	32.1	5.86	0.72	0.7	0.033	0.008	0.006	0.047	0.003	0.889	二类
16	表	17.2	8.19	22.5	0.02	32.3	7.09	0.82	0.7	0.005L	0.03	0.0009L	0.03295	0.002	0.882	一类
16	底	—	8.18	21.4	0.02	32.2	7.29	0.5	0.6	0.005L	0.018	0.015	0.0355	0.004	0.856	一类

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需 氧量	五日生 化需氧 量	氨氮	硝酸盐 氮	亚硝酸盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸盐	执行 标准
17	表	24.6	8.21	22.5	0.02	32.3	6.05	0.6	0.8	0.005L	0.02	0.01	0.0325	0.004	0.733	二类
17	底	—	8.2	22.2	0.02	32.4	6.52	0.57	0.6	0.005L	0.02	0.011	0.0335	0.006	0.707	二类
18	表	24.2	8.2	22.4	0.03	32.5	5.46	0.58	0.6	0.005L	0.013	0.004	0.0195	0.004	0.649	一类
18	底	—	8.21	22.2	0.03	32.5	6.25	0.54	0.7	0.005L	0.027	0.004	0.0335	0.005	0.72	一类
21	表	13	8.24	22.1	0.02	31.9	6.63	0.86	0.8	0.01	0.014	0.015	0.039	0.006	0.759	一类
21	底	—	8.3	22	0.02	31.9	7.52	0.77	0.5	0.012	0.011	0.0009L	0.02345	0.005	0.766	一类
最小值	表	9.5	8.15	20.7	0.02	31.8	5.4	0.18	0.4	0.005	0.004	0.003	0.00445	0.002	0.649	/
最大值		27.2	8.24	22.6	0.03	32.6	7.76	0.87	0.9	0.018	0.178	0.017	0.199	0.015	0.908	/
平均值		17.81	8.20	22.1	0.03	32.2	6.72	0.64	0.6	0.01	0.028	0.01	0.03495	0.005	0.823	/
最小值	底	/	8.18	20	0.02	30.9	5.43	0.25	0.4	0.006	0.005	0.002	0.0115	0.002	0.61	/
最大值		/	8.3	22.4	0.03	32.5	7.81	0.93	0.9	0.033	0.029	0.018	0.047	0.006	0.973	/
平均值		/	8.21	21.5	0.02	32.1	6.60	0.59	0.6	0.012	0.013	0.008	0.02689	0.004	0.807	/
总平均 值	/	/	8.20	21.8	0.03	32.2	6.63	0.61	0.6	0.005	0.021	0.006	0.03369	0.004	0.808	/
一类标 准	/	/	7.8~8.5	人为造成 的海水温升不 超过当时当 地 4°C	/	/	> 6	2	1	/	/	/	0.2	0.015	/	/
二类标 准	/	/	7.8~8.5		/	/	> 5	3	3	/	/	/	0.3	0.03	/	/
三类标 准	/	/	6.8~8.8	人为造成 的海水温升夏 季不超过当 时当地 1°C，其它季 节不超过 2°C	/	/	> 4	4	4	/	/	/	0.4	0.03	/	/

表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-4 (2/2) 秋季海水水质监测结果

悬浮物: mg/L; 总汞: ng/L; 其他单位: μg/L

站位	层次	硫化物	挥发酚	悬浮物	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	硼	镍	硒	执行标准
1	表	3.1	1.1L	2.4	3.50L	11.1	0.8	5.98	5.43	1.5	0.03L	0.89	1386	0.23L	0.20L	三类
1	底	2.2	1.1L	12.6	-	10.5	0.77	4.07	4.61	1.57	0.03L	0.95	1385	0.25	0.20L	三类
2	表	3.3	1.1L	4.8	4.03	10	0.79	3.02	3.38	1.92	0.05	0.49	1712	0.47	0.20L	一类
2	底	2.8	1.1L	6.2	-	13.4	0.74	2.38	3.66	2	0.03L	0.94	1802	0.87	0.20L	一类
3	表	2.1	1.1L	2	3.50L	14.8	0.79	3.69	9.73	1.81	0.03L	1.36	2132	0.25	0.20L	一类
3	中	2.4	1.1L	2.2	-	22.5	1.04	7.93	8.54	1.77	0.03L	1.12	2064	0.32	0.20L	一类
3	底	1.2	1.1L	3.2	-	7.28	0.64	2.19	13.2	1.12	0.03L	1.8	2243	1.05	0.20L	一类
4	表	1.8	1.1L	3.6	3.50L	7.78	0.76	2.82	1.82	1.68	0.07	0.9	1320	0.23L	0.20L	一类
4	底	1.6	1.1L	3.8	-	11.1	0.67	2.31	3.21	1.48	0.03L	0.64	1343	0.61	0.20L	一类
5	表	2.6	1.1L	2.2	4.08	11.9	0.68	2.09	3.74	1.65	0.03L	0.88	1360	0.36	0.20L	三类
5	底	1	1.1L	3.6	-	10.3	0.86	5.05	2.31	1.62	0.03L	1.03	1366	0.23L	0.20L	三类
6	表	1.2	1.1L	2.2	4.03	8.93	0.97	2.76	6.2	1.99	0.03L	1.13	1628	0.61	0.20L	三类
6	底	1.4	1.1L	8.2	-	6.63	0.74	1.95	3.66	1.84	0.03L	0.79	1544	0.54	0.20L	三类
7	表	2.7	1.1L	3.8	3.50L	10.9	0.82	5.75	2.67	1.37	0.03L	0.56	1312	0.51	0.20L	一类
7	底	2.1	1.1L	4.2	-	10.4	0.63	5.85	2.26	1.34	0.03L	0.57	1313	0.23L	0.20L	一类
8	表	2.6	1.1L	5	5.33	11.6	2	3.58	6.83	1.8	0.03L	1.17	1695	0.47	0.20L	一类
8	底	2	1.1L	5.4	-	8.16	0.9	5.39	1.69	1.86	0.03L	0.71	1683	0.54	0.20L	一类
9	表	0.8	1.1L	5.4	3.50L	10.6	0.79	1.96	4.09	1.3	0.05	1.15	1201	0.38	0.20L	一类
9	底	1.2	1.1L	5.8	3.50L	9.86	0.86	1.28	4.18	1.44	0.03L	0.21	1288	0.51	0.20L	一类
10	表	1.4	1.1L	3.2	3.50L	13.1	0.66	4.78	5.94	1.79	0.04	0.58	1712	0.61	0.20L	一类
10	底	1.1	1.1L	3.4	-	6.93	0.87	8.92	3.78	1.88	0.03L	0.63	1769	0.32	0.20L	一类
15	表	1.7	1.1L	7.4	3.50L	8.25	0.92	2.04	6.32	1.91	0.03L	1.4	1899	0.76	0.20L	二类
15	底	1.4	1.1L	8.2	-	9.31	0.95	6.26	6.24	1.87	0.04	0.8	1888	1.98	0.20L	二类
16	表	1.4	1.1L	4.6	4.09	8.06	0.82	2.39	5.86	1.88	0.04	0.88	1860	0.54	0.20L	一类
16	底	1.6	1.1L	10	-	12.8	0.55	3.11	5.2	1.89	0.03L	0.65	1685	0.51	0.20L	一类
17	表	0.9	1.1L	2.2	3.8	10.5	0.65	2.05	4.59	1.66	0.03L	0.94	1737	0.58	0.20L	二类
17	底	1.2	1.1L	6.6	-	9.5	0.9	2.06	12.7	1.67	0.09	0.85	1758	0.61	0.20L	二类

站位	层次	硫化物	挥发酚	悬浮物	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	硼	镍	硒	执行标准
18	表	2.2	1.1L	2.4	3.50L	8.03	1.09	1.84	4.21	1.51	0.03L	1	1961	1.66	0.20L	一类
18	底	1.3	1.1L	3.6	-	10.7	0.88	2.39	6.81	1.57	0.04	1.37	1947	0.87	0.20L	一类
21	表	1.5	1.1L	3	3.50L	22.7	0.76	2.21	4.4	1.69	0.03L	0.36	1325	0.29	0.20L	一类
21	底	1.8	1.1L	3.4	-	10.6	0.69	1.37	5.34	1	0.03L	0.94	1352	0.24	0.20L	一类
最小值	表	0.8	1.1L	2	3.8	7.78	0.65	1.84	1.82	1.3	0.04	0.36	1201	0.25	0.20L	/
最大值	表	3.3	1.1L	7.4	5.33	22.7	2	5.98	9.73	1.99	0.07	1.4	2132	1.66	0.20L	/
平均值	表	2.0	1.1L	3.6	4.23	11.22	0.89	3.13	5.01	1.70	0.05	0.91	1616	0.58	0.20L	/
最小值	底	1	1.1L	3.2	/	6.63	0.55	1.28	1.69	1	0.04	0.21	1288	0.24	0.20L	/
最大值	底	2.8	1.1L	12.6	/	13.4	0.95	8.92	13.2	2	0.09	1.8	2243	1.98	0.20L	/
平均值	底	1.6	1.1L	5.9	/	9.83	0.78	3.64	5.26	1.61	0.01	0.86	1624	0.59	0.20L	/
总平均值	/	1.8	1.1L	4.7	4.23	10.91	0.84	3.53	5.25	1.66	0.03	0.89	1635	0.57	0.20L	/
一类标准	/	20	5	人为增加的量≤10	50	0.05	50	5	20	20	1	1	/	5	10	/
二类标准	/	50	5		50	0.2	100	10	50	30	5	5	/	10	20	/
三类标准	/	100	10	人为增加的量≤100	300	0.2	200	50	100	50	10	10	/	20	20	/

表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-5 (1/2) 冬季海水水质监测结果

盐度: ‰; pH 无单位; 水深: m; 温度: °C; 其他单位: mg/L

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需 氧量	五日生 化需氧 量	氨氮	硝酸盐 氮	亚硝酸 盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸盐	执行 标准
1	表	9.8	8.077	18.1	0	33.5	8.7	0.73	0.7	0.006	0.005	0.0009L	0.01145	0.003	0.903	三类
2	表	17.2	8.085	17.9	0	33.8	8.51	0.64	0.5	0.012	0.022	0.007	0.041	0.009	0.809	一类
2	底	—	8.082	17.8	0.02	33.6	7.86	0.65	0.6	0.006	0.025	0.008	0.039	0.005	0.85	一类
3	表	21.2	8.165	18.8	0.04	34.1	7.8	0.32	0.5	0.008	0.109	0.017	0.134	0.011	0.897	一类
3	底	—	8.161	18.7	0.01	34.1	9.53	0.55	0.5	0.005L	0.046	0.011	0.0595	0.006	0.696	一类
4	表	9.3	8.075	18.4	0	33.5	8.51	0.84	0.7	0.005L	0.023	0.006	0.0315	0.003	0.796	一类
5	表	13.5	8.007	18.1	0	33.7	8.6	0.46	0.5	0.013	0.02	0.001	0.034	0.005	0.868	三类
5	底	—	8.078	18	0	33.6	7.93	0.48	0.5	0.016	0.02	0.003	0.039	0.007	0.827	三类
6	表	12	8.084	18	0	33.5	8.16	0.23	0.4	0.005L	0.022	0.001	0.0255	0.006	0.755	三类
6	底	—	8.08	18	0	33.5	8.87	0.37	0.4	0.005L	0.019	0.0009L	0.02195	0.006	0.838	三类
7	表	15.2	8.103	17.9	0	33.9	9.13	0.5	0.5	0.019	0.034	0.004	0.057	0.01	0.59	一类
7	底	—	8.095	17.8	0	34	8.23	0.56	0.5	0.005L	0.018	0.007	0.0275	0.004	0.678	一类
8	表	17	8.095	17.9	0	33.7	7.92	0.41	0.4	0.005L	0.015	0.003	0.0205	0.015	0.779	一类
8	底	—	8.085	17.8	0	33.8	8.87	0.52	0.6	0.008	0.022	0.005	0.035	0.008	0.844	一类
9	表	7.4	8.178	18.7	0	33.6	8.08	0.64	0.5	0.005L	0.024	0.009	0.0355	0.008	0.773	一类
10	表	15.3	8.11	18.1	0	33.7	9.9	0.63	0.6	0.005	0.025	0.004	0.034	0.004	0.897	一类
10	底	—	8.098	18.2	0	33.8	8.05	0.62	0.5	0.005L	0.03	0.005	0.0375	0.013	0.903	一类
15	表	14.2	8.078	17.9	0	33.4	8.68	0.39	0.5	0.009	0.026	0.009	0.044	0.006	0.767	二类
15	底	—	8.067	18	0	33.4	8.38	0.73	0.6	0.005	0.004	0.0009L	0.00945	0.006	0.839	二类
16	表	22	8.084	17.9	0	33.7	7.91	0.38	0.4	0.005L	0.023	0.008	0.0335	0.001L	0.868	一类
16	底	—	8.082	17.8	0	33.9	7.63	0.57	0.4	0.005L	0.006	0.002	0.0105	0.012	0.809	一类
17	表	13.4	8.076	17.8	0	33.7	7.59	0.41	0.4	0.005L	0.022	0.008	0.0325	0.003	0.85	二类
17	底	—	8.073	18	0	33.8	7.82	0.78	0.6	0.007	0.007	0.002	0.016	0.005	0.838	二类
18	表	15.2	8.104	17.8	0	33.9	9.48	0.38	0.3	0.014	0.014	0.005	0.033	0.012	0.838	一类
18	底	—	8.098	17.7	0	33.6	9.58	0.55	0.5	0.005L	0.021	0.007	0.0305	0.006	0.814	一类

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需 氧量	五日生 化需氧 量	氨氮	硝酸盐 氮	亚硝酸 盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸盐	执行 标准
21	表	11.5	8.109	18	0	34	8.6	0.65	0.7	0.008	0.016	0.002	0.026	0.01	0.678	一类
21	底	—	8.171	18.2	0	33.8	8.78	0.47	0.5	0.018	0.016	0.002	0.036	0.009	0.785	一类
最小值	表	7.4	8.007	17.8	0	33.4	7.59	0.23	0.3	0.005	0.005	0.001	0.01145	0.003	0.59	/
最大值	表	22	8.178	18.8	0.04	34.1	9.9	0.84	0.7	0.019	0.109	0.017	0.134	0.015	0.903	/
平均值	表	14.3	8.095	18.1	0.00	33.7	8.50	0.51	0.5	0.010	0.027	0.006	0.0396	0.0075	0.805	/
最小值	底	/	8.067	17.7	0	33.4	7.63	0.37	0.4	0.005	0.004	0.002	0.00945	0.004	0.678	/
最大值	底	/	8.171	18.7	0.02	34.1	9.58	0.78	0.6	0.018	0.046	0.011	0.0595	0.013	0.903	/
平均值	底		8.098	18.0	0.00	33.7	8.46	0.57	0.5	0.010	0.020	0.005	0.03016	0.007	0.810	/
总平均 值	/	14.3	8.096	18.0	0.00	33.7	8.49	0.54	0.5	0.010	0.023	0.006	0.03538	0.007	0.807	/
一类标 准	/	/	7.8~8.5	人为造成的海 水温升夏季不 超过当时当地 1°C, 其它季节 不超过 2°C	/	/	> 6	2	1	/	/	/	0.2	0.015	/	/
二类标 准	/	/	7.8~8.5		/	/	> 5	3	3	/	/	/	0.3	0.03	/	/
三类标 准	/	/	6.8~8.8	人为造成的海 水温升不超过 当时当地 4°C	/	/	> 4	4	4	/	/	/	0.4	0.03	/	/

注：表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-5 (2/2) 冬季海水水质监测结果

悬浮物: mg/L; 总汞: ng/L; 其他: μg/L

站位	层次	硫化物	挥发酚	悬浮物	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	硼	镍	硒	执行标准
1	表	2.2	1.1L	7	13.7	9.37	0.59	1.31	3.23	0.97	0.03L	0.41	1771	0.23L	0.20L	三类
2	表	2.2	1.1L	6.4	19.2	6.05	0.34	0.69	1.46	1.04	0.03L	0.68	1190	0.23L	0.20L	一类
2	底	2.4	1.1L	6.6	-	8.85	0.45	1.64	4.23	1.14	0.05	0.62	1021	0.23L	0.20L	一类
3	表	2.2	1.1L	8.8	18.7	12.4	0.42	0.81	23.8	1.49	0.03L	1.06	1775	0.23L	0.20L	一类
3	底	2.6	1.1L	24	-	5.78	0.33	1.54	7.89	1.05	0.04	0.77	1631	0.23L	0.20L	一类
4	表	2.7	1.1L	4.8	17.1	3.00L	0.51	0.42	2.07	0.75	0.03L	0.68	1518	0.23L	0.20L	一类
5	表	2.7	1.1L	5	13.8	7.41	0.8	0.96	2.9	0.8	0.03L	0.78	1702	0.23L	0.20L	三类
5	底	2.5	1.1L	7.6	-	3.00L	0.51	0.49	3.25	0.86	0.03L	0.84	1702	0.23L	0.20L	三类
6	表	2.4	1.1L	2.8	16.4	12.1	0.48	0.58	2.31	0.83	0.03L	0.86	1725	0.23L	0.20L	三类
6	底	2.7	1.1L	3.4	-	3.00L	0.59	0.34	1.16	1	0.03L	0.74	1664	0.23L	0.20L	三类
7	表	2	1.1L	10.4	15.3	5.57	0.4	1.39	3.77	1.06	0.03L	0.51	1090	0.23L	0.20L	一类
7	底	2.6	1.1L	10.8	-	8.54	0.43	0.56	2.14	1.1	0.03L	0.71	1070	0.23L	0.20L	一类
8	表	2.5	1.1L	6.2	12.2	7.38	0.64	2.28	2.9	1.16	0.03L	1	1011	0.23L	0.20L	一类
8	底	2.2	1.1L	7.6	-	7.29	0.46	2.7	2.09	1.18	0.1	0.89	1104	0.23L	0.20L	一类
9	表	1.9	1.1L	15	19.3	3.00L	0.66	1.02	2.81	0.58	0.03L	0.92	1528	0.23L	0.20L	一类
10	表	2.3	1.1L	3	15.4	3.00L	0.8	1.33	2.86	0.97	0.03L	1.02	1652	0.23L	0.20L	一类
10	底	1.8	1.1L	9.4	-	3.00L	0.66	0.81	2.66	0.78	0.03L	0.63	1652	0.23L	0.20L	一类
15	表	1.8	1.1L	6	16.1	8.95	0.49	0.71	5.67	0.92	0.03L	0.74	1759	0.23L	0.20L	二类
15	底	1.7	1.1L	6.2	-	4.75	0.66	0.92	5.47	0.98	0.03L	0.64	1800	0.23L	0.20L	二类
16	表	2.2	1.1L	2.4	20.6	8.43	0.4	1.56	4.38	1.16	0.03L	0.48	1022	0.23L	0.20L	一类
16	底	2.2	1.1L	11.6	-	13.1	0.61	1.87	9.15	1.22	0.03L	0.96	1103	0.23L	0.20L	一类
17	表	2.1	1.1L	14.4	13.8	16.8	0.74	0.81	4.05	1	0.03L	0.48	1096	0.23L	0.20L	二类
17	底	2.1	1.1L	15.8	-	6.6	0.71	0.91	3.71	0.97	0.03L	0.64	1900	0.23L	0.20L	二类
18	表	2.3	1.1L	9	19.2	10	0.43	0.81	3.27	1.1	0.03L	0.82	1203	0.23L	0.20L	一类
18	底	2.2	1.1L	15.4	-	4.27	0.51	1.11	3.84	1.24	0.03L	1.21	1159	0.23L	0.20L	一类
21	表	2	1.1L	4	27.1	3.00L	0.52	0.47	2.53	0.76	0.03L	0.91	1538	0.23L	0.20L	一类
21	底	2.1	1.1L	6.4	-	3.00L	0.58	0.79	2.77	0.86	0.06	1.12	1559	0.23L	0.20L	一类

站位	层次	硫化物	挥发酚	悬浮物	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	硼	镍	硒	执行标准
最小值	表	1.8	1.1L	2.4	12.2	5.57	0.34	0.42	1.46	0.58	L	0.41	1011	0.23L	0.20L	/
最大值	表	2.7	1.1L	15	27.1	16.8	0.8	2.28	23.8	1.49	L	1.06	1775	0.23L	0.20L	/
平均值	表	2.2	1.1L	7.0	17.2	9.50	0.55	1.01	4.53	0.97	L	0.76	1439	0.23L	0.20L	/
最小值	底	1.7	1.1L	3.4	-	4.27	0.33	0.34	1.16	0.78	0.04	0.62	1021	0.23L	0.20L	/
最大值	底	2.7	1.1L	24	-	13.1	0.71	2.7	9.15	1.24	0.1	1.21	1900	0.23L	0.20L	/
平均值	底	2.3	1.1L	10.4	-	7.40	0.54	1.14	4.03	1.03	0.06	0.81	1447	0.23L	0.20L	/
总平均值		2.2	1.1L	8.5	9.6	8.56	0.55	1.07	4.31	1.00	0.06	0.78	1442	0.23L	0.20L	/
一类标准	/	0.02	0.005	人为增加的量≤10	0.05	0.05	50	5	20	20	1	1	/	5	10	/
二类标准	/	0.05	0.005		0.05	0.2	100	10	50	30	5	5	/	10	20	/
三类标准	/	0.1	0.01	人为增加的量≤100	0.3	0.2	200	50	100	50	10	10	/	20	20	/

注：“-、/”表示无数据；“L”表示检出限。

表 3.2-6 (1/2) 春季海水水质监测结果

盐度: ‰; pH 无单位; 水深: m; 温度: °C; 其他: mg/L

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解 氧	化学需 氧量	五日生 化需氧 量	氨氮	硝酸盐 氮	亚硝酸 盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸 盐	硫化 物	执行 标准
1	表层	20	8.25	24.9	0.01	35.08	7.1	0.58	0.6	0.005L	0.011	0.001	0.0145	0.007	1.32	1.9	三类
1	底层	—	8.17	24.8	0	35.06	6.35	0.34	0.4	0.005L	0.015	0.014	0.0315	0.003	1.32	1.9	三类
2	表层	21	8.15	25.1	0.01	34.96	7.06	0.47	0.5	0.005L	0.018	0.011	0.0315	0.007	1.4	2	一类
2	底层	—	8.16	24.8	0.02	35.19	6.53	0.51	0.5	0.008	0.015	0.008	0.031	0.004	1.34	1.9	一类
3	表层	28	8.15	25.3	0.03	35.2	6.15	0.5	0.5	0.005L	0.035	0.015	0.0525	0.006	1.21	1.8	一类
3	中层	—	8.17	23.9	0.03	35.06	6.82	0.57	0.6	0.009	0.026	0.011	0.046	0.003	1.18	1.9	一类
3	底层	—	8.17	23.8	0.02	35.28	7.15	0.36	0.5	0.005L	0.022	0.008	0.0325	0.008	1.32	1.9	一类
4	表层	9.8	8.11	24.5	0.02	35.04	7.41	0.36	0.4	0.005L	0.01	0.001	0.0135	0.006	1.36	1.9	一类
5	表层	15	8.15	24.5	0.01	35.13	7.05	0.55	0.5	0.005L	0.007	0.006	0.0155	0.004	1.36	1.9	三类
5	底层	—	8.16	23.5	0.02	35.15	7.41	0.59	0.4	0.005L	0.012	0.003	0.0175	0.005	1.18	1.8	三类
6	表层	14.5	8.13	24.4	0.01	35.02	6.74	0.54	0.6	0.005L	0.024	0.023	0.0495	0.003	1.34	2.6	三类
6	底层	—	8.12	24.3	0	35.07	6.63	0.58	0.5	0.005L	0.019	0.018	0.0395	0.004	1.29	1.7	三类
7	表层	13	8.18	24.8	0.03	35.12	7.05	0.56	0.6	0.005L	0.017	0.014	0.0335	0.005	1.25	1.7	一类
7	底层	—	8.14	24	0	35.19	7.25	0.54	0.6	0.005L	0.02	0.012	0.0345	0.004	1.17	1.6	一类
8	表层	21	8.16	25	0.02	35.24	7.05	0.52	0.6	0.007	0.031	0.004	0.042	0.007	1.3	2.4	一类
8	底层	—	8.16	24.5	0.02	35.31	6.66	0.48	0.5	0.005L	0.025	0.006	0.0335	0.007	1.34	1.7	一类
9	表层	8	8.09	24.3	0	33.74	7.11	0.49	0.5	0.008	0.03	0.017	0.055	0.007	1.28	2	一类
10	表层	17.7	8.15	24.1	0.02	35.17	7.13	0.51	0.5	0.006	0.014	0.005	0.025	0.006	1.43	2.1	一类
10	底层	—	8.14	23.9	0	35.25	7.05	0.58	0.5	0.005L	0.036	0.007	0.0455	0.007	1.31	2.4	一类
15	表层	16	8.14	24.1	0.01	35.11	6.58	0.66	0.6	0.005L	0.019	0.014	0.0355	0.006	1.45	1.8	二类
15	底层	—	8.18	23.4	0.03	35.21	6.71	0.35	0.5	0.005L	0.013	0.009	0.0245	0.007	1.49	1.9	二类
16	表层	22.5	8.17	25.1	0.03	35.19	6.53	0.35	0.5	0.005	0.011	0.008	0.024	0.006	1.43	1.8	一类
16	底层	—	8.15	23.3	0.01	35.32	6.32	0.46	0.5	0.005L	0.012	0.006	0.0205	0.008	1.46	2.1	一类
17	表层	15	8.17	24.4	0	34.53	6.33	0.5	0.5	0.005L	0.023	0.006	0.0315	0.004	1.42	2.2	二类
17	底层	—	8.22	23.7	0.01	35	6.49	0.48	0.5	0.008	0.019	0.016	0.043	0.004	1.34	2.1	二类

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需氧量	五日生化需氧量	氨氮	硝酸盐氮	亚硝酸盐氮	无机氮	活性磷酸盐	硅酸盐	硫化物	执行标准
18	表层	21	8.17	24.3	0.02	35.3	6.75	0.51	0.6	0.011	0.031	0.002	0.044	0.005	1.41	2.2	一类
18	底层	—	8.15	24.3	0.03	34.8	6.92	0.48	0.5	0.005L	0.023	0.008	0.0335	0.004	1.43	2.3	一类
21	表层	13	8.14	23.8	0.01	35.07	6.69	0.58	0.6	0.005L	0.292	0.005	0.2995	0.011	1.34	2.7	一类
21	底层	—	8.15	23.7	0.01	34.17	6.42	0.36	0.5	0.005L	0.096	0.004	0.1025	0.007	1.39	2.6	一类
最小值	表层	8	8.09	23.8	0	33.74	6.15	0.35	0.4	0.005	0.007	0.001	0.0135	0.003	1.21	1.7	/
最大值	表层	28	8.25	25.3	0.03	35.3	7.41	0.66	0.6	0.011	0.292	0.023	0.2995	0.011	1.45	2.7	/
平均值	表层	17.03	8.15	24.57	0.02	34.99	6.85	0.51	0.5	0.01	0.04	0.01	0.05	0.006	1.35	2.1	/
最小值	底	/	8.12	23.3	0	34.17	6.32	0.34	0.4	0.008	0.012	0.003	0.0175	0.003	1.17	1.6	/
最大值	底	/	8.22	24.8	0.03	35.32	7.41	0.59	0.6	0.008	0.096	0.018	0.1025	0.008	1.49	2.6	/
平均值	底	/	8.16	24.00	0.01	35.08	6.76	0.47	0.5	0.008	0.025	0.009	0.038	0.006	1.34	1.99	/
总平均值	/	8.16		24.29	0.01	35.03	6.81	0.50	0.5	0.008	0.032	0.009	0.045	0.006	1.34	2.03	/
一类标准	/	/	7.8~8.5	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地1°C，其它季节不超过2°C	/	/	> 6	2	1	/	/	/	0.2	0.015	/	20	/
二类标准	/	/	7.8~8.5		/	/	> 5	3	3	/	/	/	0.3	0.03	/	50	/
三类标准	/	/	6.8~8.8		/	/	> 4	4	4	/	/	/	0.4	0.03	/	100	/

注：表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-6 (2/2) 春季海水水质监测结果

悬浮物: mg/L; 总汞: ng/L; 其他: μg/L

站位	层次	挥发酚	悬浮物	油类	总汞	硼	总铬	镍	铜	锌	砷	镉	铅	硒	执行标准
1	表层	1.1L	12.2	13.5	8.92	3678	0.21	0.23L	0.42	3.39	1.15	0.03L	1.13	0.20L	三类
1	底层	1.1L	15.4	-	18	3760	0.52	0.23L	0.98	11	1.25	0.03L	1.27	0.20L	三类
2	表层	1.1L	10.8	9.89	7.35	3574	0.21	0.23L	0.45	2.17	1.03	0.03L	0.56	0.20L	一类
2	底层	1.1L	13.6	-	8.17	3705	0.42	0.23L	0.79	6.2	1.03	0.04	0.95	0.20L	一类
3	表层	1.1L	6.2	7.44	8.3	5880	0.44	0.23L	1.08	3.67	1.94	0.03L	0.67	0.20L	一类
3	中层	1.1L	6.4	-	10.3	5357	0.34	0.23L	0.77	3.04	1.77	0.03L	0.61	0.20L	一类
3	底层	1.1L	6.6	-	15.9	5242	0.29	0.23L	1.19	13.9	1.85	0.04	1.3	0.20L	一类
4	表层	1.1L	11.6	7.11	11.3	3919	0.42	0.23L	0.65	2.05	1.25	0.03	1.18	0.20L	一类
5	表层	1.1L	10.6	11.9	10.8	3655	0.37	0.23L	0.56	4.47	1.16	0.05	0.98	0.20L	三类
5	底层	1.1L	11	-	14	3805	0.27	0.23L	0.42	4.75	1.2	0.03L	1	0.20L	三类
6	表层	1.1L	11.2	7.17	13	3780	0.44	0.23L	0.69	2.49	1.08	0.03L	1.12	0.20L	三类
6	底层	1.1L	14.8	-	10.4	3699	0.51	0.23L	0.88	7.58	1.51	0.03L	1.01	0.20L	三类
7	表层	1.1L	7.4	6.83	12.9	3722	0.49	0.23L	1.58	3.9	1.3	0.04	1.95	0.20L	一类
7	底层	1.1L	9.2	-	12.4	3712	0.31	0.23L	0.68	5.33	1.26	0.03L	0.87	0.20L	一类
8	表层	1.1L	2.6	13.2	7.6	5030	0.34	0.23L	0.66	3.02	1.36	0.05	0.95	0.20L	一类
8	底层	1.1L	8.2	-	10.4	5176	0.54	0.23L	1.06	4.5	1.35	0.03L	1.49	0.20L	一类
9	表层	1.1L	5.2	10.1	9.26	6283	0.29	0.3	2.22	3.16	1.86	0.03	1.07	0.20L	一类
10	表层	1.1L	3.8	5.91	7.84	5255	0.37	0.23L	0.99	3.41	1.5	0.03	0.72	0.20L	一类
10	底层	1.1L	5	-	19	5741	0.45	0.23L	0.67	3.32	1.66	0.03L	1.01	0.20L	一类
15	表层	1.1L	7.6	8.1	8.09	3730	0.32	0.34	0.86	4.26	1.02	0.05	1.03	0.20L	二类
15	底层	1.1L	10	-	17.9	3643	0.36	0.23L	0.59	7.72	1.09	0.09	0.86	0.20L	二类
16	表层	1.1L	8.6	4.92	10.9	3728	0.44	0.23L	0.55	4.66	1.07	0.03	0.81	0.20L	一类
16	底层	1.1L	11	-	10.6	3637	0.29	0.23L	0.42	5.79	1.17	0.03	0.56	0.20L	一类
17	表层	1.1L	2	15.4	9.25	5439	0.33	0.23L	0.9	3.39	1.4	0.03	0.81	0.20L	二类
17	底层	1.1L	8	-	16.7	5015	0.41	0.23L	0.73	11	1.52	0.03L	0.79	0.20L	二类
18	表层	1.1L	9.4	16.7	10.4	4477	0.28	0.23L	0.76	2.72	1.24	0.07	0.85	0.20L	一类
18	底层	1.1L	9.8	-	13.1	4817	0.25	0.23L	0.54	2.24	1.31	0.03L	0.91	0.20L	一类

站位	层次	挥发酚	悬浮物	油类	总汞	硼	总铬	镍	铜	锌	砷	镉	铅	硒	执行标准
21	表层	1.1L	6.6	17.9	10.3	5848	0.39	0.23L	1.16	3.04	1.74	0.08	0.63	0.20L	一类
21	底层	1.1L	7.2	-	19.6	5273	0.49	0.23L	1.51	7.33	1.48	0.04	1.23	0.20L	一类
最小值	表层	1.1L	2	4.92	7.6	3637	0.25	0.3	0.42	2.24	1.02	0.03	0.56	0.20L	/
最大值	表层	1.1L	11	17.9	19.6	6283	0.54	0.34	2.22	11	1.86	0.09	1.49	0.20L	/
平均值	表层	1.1L	7.0	6.1	12.06	4873	0.37	0.32	0.91	4.64	1.38	0.04	0.91	0.20L	/
最小值	底	1.1L	5	/	8.17	3637	0.25	0.23L	0.42	2.24	1.03	0.03	0.56	0.20L	/
最大值	底	1.1L	15.4	/	19.6	5741	0.54	0.23L	1.51	13.9	1.85	0.09	1.49	0.20L	/
平均值	底	1.1L	10.0	/	14.3	4402	0.39	0.23L	0.80	7.0	1.36	0.05	1.02	0.20L	/
总平均值		1.1L	8.7	6.1	11.8	4503	0.37	0.32	0.85	4.9	1.36	0.05	0.98	0.20L	/
一类标准	/	0.005	人为增加的量≤10	0.05	0.05	/	50	5	5	20	20	1	1	10	/
二类标准	/	0.005		0.05	0.2	/	100	10	10	50	30	5	5	20	/
三类标准	/	0.01	人为增加的量≤100	0.3	0.2	/	200	20	50	100	50	10	10	20	/

注：表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-7 (1/2) 夏季海水水质监测结果

盐度: ‰; pH 无单位; 水深: m; 温度: °C; 其他: mg/L

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需 氧量	五日生化 需氧量	氨氮	亚硝酸 盐氮	硝酸 盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸 盐 (执行 标准
1	表层	19	8.17	30.2	0.01	25.57	6.59	1	0.8	0.039	0.072	0.01	0.121	0.003	0.563	三类
1	底层	-	8.13	27.8	0	30.17	7.57	1.09	0.8	0.01	0.06	0.01	0.08	0.001	0.6	三类
2	表层	20	8.21	30.8	0.03	25.71	6.98	0.99	0.8	0.135	0.122	0.009	0.266	0.003	0.475	一类
2	底层	-	8.11	27.6	0.03	30.95	6.2	2.13	1.8	0.11	0.046	0.03	0.186	0.001	0.586	一类
3	表层	26	8.1	30.4	0.02	25.8	7.62	0.54	0.4	0.143	0.068	0.056	0.267	0.001L	1.47	一类
3	中层	-	8.08	28.3	0.02	30.72	6.05	1.08	0.8	0.007	0.122	0.071	0.2	0.001L	1.41	一类
3	底层	-	8.18	27.5	0.01	30.92	6.04	0.58	0.5	0.112	0.078	0.054	0.244	0.001L	1.23	一类
4	表层	8	8.24	30.2	0	25.93	6.55	1.39	1	0.142	0.051	0.031	0.224	0.001	0.681	一类
5	表层	11	8.26	30.4	0	26.23	7.08	1.23	1.1	0.005	0.064	0.009	0.078	0.002	0.687	三类
5	底层	-	8.22	28.9	0.02	29.28	7.91	1.4	1	0.015	0.025	0.011	0.051	0.004	0.674	三类
6	表层	11	8.14	29.8	0.02	26.65	7.73	0.87	0.7	0.011	0.02	0.013	0.044	0.001	0.619	三类
6	底层	-	8.07	26.8	0	31.14	6.24	0.92	0.8	0.138	0.048	0.011	0.197	0.001	0.693	三类
7	表层	16	8.19	30.3	0.05	26.26	6.89	0.92	0.8	0.132	0.082	0.067	0.281	0.001	0.488	一类
7	底层	-	8.18	28.4	0	29.66	7.09	0.49	0.4	0.006	0.015	0.011	0.032	0.001L	0.781	一类
8	表层	23	8.1	30.5	0.02	25.62	6.63	1.12	0.9	0.123	0.09	0.072	0.285	0.001L	0.432	一类
8	中层	-	8.13	28.1	0.03	30.86	6.45	0.92	0.7	0.139	0.153	0.126	0.418	0.001	0.63	一类
8	底层	-	8.2	27.4	0	31.02	6.52	0.51	0.6	0.057	0.02	0.01	0.087	0.004	1.4	一类
9	表层	7	8.28	30.6	0.05	25.32	7.86	1.24	1.1	0.105	0.13	0.103	0.338	0.001L	0.768	一类
10	表层	16	8.22	30.7	0	25.89	7.59	1.12	0.8	0.056	0.093	0.014	0.163	0.001L	1.19	一类
10	底层	-	8.04	26.3	0.02	32.61	7.25	0.92	0.7	0.005L	0.02	0.013	0.0355	0.001L	0.454	一类
15	表层	15	8.22	30.3	0.02	26.5	6.64	0.59	0.6	0.051	0.176	0.116	0.343	0.001L	0.457	二类
15	底层	-	8.06	26.6	0.02	32.53	6.22	0.95	0.9	0.008	0.087	0.055	0.15	0.004	0.492	二类
16	表层	20	8.17	29.9	0.04	26.14	7.46	0.76	0.6	0.099	0.03	0.027	0.156	0.001L	0.506	一类
16	中层	-	8.16	27.9	0.03	30.39	6.9	0.92	0.8	0.283	0.209	0.153	0.645	0.001L	0.58	一类
16	底层	-	8.11	26.6	0	31.37	6.05	0.44	0.4	0.007	0.027	0.01	0.044	0.001L	0.592	一类
17	表层	13	8.03	26	0.01	31.7	7.51	0.25	0.4	0.061	0.055	0.04	0.156	0.001L	0.562	二类

站位	层次	水深	pH	温度	余氯	盐度	溶解氧	化学需 氧量	五日生化 需氧量	氨氮	亚硝酸 盐氮	硝酸 盐氮	无机氮	活性磷 酸盐	硅酸 盐 (执行 标准
17	底层	-	8	25.6	0.01	32.86	6.03	1.4	1.1	0.088	0.027	0.014	0.129	0.001L	0.724	二类
18	表层	17	8.19	29.9	0.02	26.14	7.59	0.44	0.4	0.116	0.048	0.031	0.195	0.001L	0.466	一类
18	底层	-	7.96	24.8	0.02	33.62	6.04	1.08	0.9	0.092	0.036	0.016	0.144	0.001L	0.51	一类
21	表层	22	8.31	30.4	0.03	25.81	7.87	0.75	0.7	0.02	0.1	0.05	0.17	0.003	0.762	一类
21	底层	-	8.23	28.5	0.02	29.28	7.52	0.94	0.8	0.163	0.09	0.047	0.3	0.004	0.423	一类
最小值	表层	7	8.03	26	0	25.32	6.55	0.25	0.4	0.005	0.02	0.009	0.044	0.001	0.432	/
最大值	表层	26	8.31	30.8	0.05	31.7	7.87	1.39	1.1	0.143	0.176	0.116	0.343	0.003	1.47	/
平均值	表层	16.27	8.19	30.0	0.02	26.35	7.24	0.88	0.7	0.083	0.080	0.043	0.21	0.002	0.68	/
最小值	底层	0	7.96	24.8	0	29.28	6.03	0.44	0.4	0.006	0.015	0.01	0.032	0.001	0.423	/
最大值	底层	0	8.23	28.9	0.03	33.62	7.91	2.13	1.8	0.163	0.09	0.055	0.3	0.004	1.4	/
平均值	底层	0	8.11	27.1	0.01	31.19	6.67	0.99	0.8	0.067	0.045	0.022	0.129	0.003	0.70	/
总平均 值	/	16.27	8.15	28.6	0.02	28.80	6.92	0.93	0.8	0.082	0.073	0.042	0.195	0.002	0.71	/
一类标 准	/	/	7.8~8. 5	人为造成 的海水温升夏 季不超过当 时当地 1°C, 其它季 节不超 过 2°C	/	/	> 6	2	1	/	/	/	0.2	0.015	/	/
二类标 准	/	/	7.8~8. 5		/	/	> 5	3	3	/	/	/	0.3	0.03	/	/
三类标 准	/	/	6.8~8. 8	人为造成 的海水温升不 超过当 时当地 4°C	/	/	> 4	4	4	/	/	/	0.4	0.03	/	/

注：表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-7 (2/2) 夏季海水水质监测结果

悬浮物: mg/L; 总汞: ng/L; 其他: µg/L

站位	层次	硫化物	挥发酚	悬浮物	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	硼	镍	硒	执行标准
1	表层	2	1.1L	8.8	19.3	3.14	0.32	0.72	6.7	1.57	0.04	0.54	2276	0.23L	0.20L	三类
1	底层	1.6	1.1L	11	-	3.74	0.43	0.76	6.42	1.56	0.04	0.93	2631	0.23L	0.20L	三类
2	表层	1.9	1.1L	9.8	22	5.82	0.53	0.96	4.3	1.45	0.14	0.96	2982	0.23L	0.20L	一类
2	底层	1.7	1.1L	10.8	-	3.00L	0.55	1.51	3.32	1.55	0.09	0.72	3208	0.23L	0.20L	一类
3	表层	1.5	1.1L	16.6	17	3.00L	0.51	0.85	4.06	1.21	0.12	0.78	2652	0.23L	0.20L	一类
3	中层	1.5	1.1L	13.2	-	3.00L	0.35	0.46	1.74	1.4	0.06	0.65	2516	0.23L	0.20L	一类
3	底层	1.5	1.1L	19.8	-	3.00L	0.43	0.39	2.54	1.49	0.03L	0.64	2736	0.23L	0.20L	一类
4	表层	2.1	1.1L	12.4	23.6	3.00L	0.5	0.95	3.84	1.63	0.52	0.72	2458	0.23L	0.20L	一类
5	表层	1.4	1.1L	12.6	21.3	5.01	0.33	0.5	2.21	1.73	0.04	0.59	2464	0.23L	0.20L	三类
5	底层	1.7	1.1L	14.2	-	4.78	0.49	1.19	3.15	1.66	0.13	0.75	3049	0.23L	0.20L	三类
6	表层	1.6	1.1L	14.6	15	10.1	0.31	0.74	3.23	1.79	0.04	0.46	2696	0.23L	0.20L	三类
6	底层	1.4	1.1L	15.6	-	9.74	0.39	0.76	4.12	1.92	0.17	0.61	2897	0.23L	0.20L	三类
7	表层	1.7	1.1L	11.4	14.9	6.86	0.52	0.75	2.5	1.74	0.07	0.99	2875	0.23L	0.20L	一类
7	底层	1.9	1.1L	12.2	-	11.9	0.47	0.61	3.12	1.81	0.65	0.35	3322	0.23L	0.20L	一类
8	表层	1.1	1.1L	12.4	43.9	6.4	0.37	0.96	4.62	1.69	0.14	0.86	3029	0.23L	0.20L	一类
8	中层	1.5	1.1L	12.2	-	3.00L	0.4	0.68	3.78	2.17	0.23	0.85	3274	0.23L	0.20L	一类
8	底层	1.7	1.1L	12.6	-	3.00L	0.47	0.64	2.52	1.8	0.16	0.66	3285	0.23L	0.20L	一类
9	表层	1.5	1.1L	15	21.2	3.00L	0.43	0.38	3.3	1.45	0.2	0.72	2139	0.23L	0.20L	一类
10	表层	1.8	1.1L	12.8	18.5	3.00L	0.53	0.81	2.82	1.19	0.06	0.75	2115	0.23L	0.20L	一类
10	底层	1.6	1.1L	19.4	-	3.00L	0.39	0.41	2.82	1.88	0.3	0.61	2923	0.23L	0.20L	一类
15	表层	2.1	1.1L	7	28.1	4.3	0.51	1.79	3.75	1.54	0.26	1.06	2303	0.23L	0.20L	二类
15	底层	1.8	1.1L	12	-	9.35	0.35	0.67	2.95	1.38	0.13	0.69	2691	0.23L	0.20L	二类
16	表层	1.6	1.1L	10	25.1	4.67	0.52	0.76	5.25	1.42	0.14	1.08	2293	0.23L	0.20L	一类
16	中层	1.8	1.1L	7.2	-	13.2	0.28	0.64	6.33	1.36	0.42	0.61	2471	0.23L	0.20L	一类

站位	层次	硫化物	挥发酚	悬浮物	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	硼	镍	硒	执行标准
16	底层	1.7	1.1L	16.8	-	3.84	0.41	0.63	3.25	1.09	0.07	0.55	2551	0.23L	0.20L	一类
17	表层	1.8	1.1L	8.4	5.8	3.00L	0.52	1.39	8.7	1.75	0.14	0.82	2498	0.23L	0.20L	二类
17	底层	1.8	1.1L	9	-	3.74	0.25	1.16	5.4	1.46	0.56	1.06	2660	0.23L	0.20L	二类
18	表层	1.4	1.1L	2.4	20.9	3.05	0.31	0.93	3.75	1.28	0.42	0.88	2245	0.23L	0.20L	一类
18	底层	1.3	1.1L	3.6	-	3.72	0.29	0.81	2.65	1.39	0.25	0.79	2518	0.23L	0.20L	一类
21	表层	1.6	1.1L	18.6	20.9	3.00L	0.38	0.54	2.3	1.26	0.1	0.69	2129	0.23L	0.20L	一类
21	底层	1.4	1.1L	21	-	3.00L	0.42	0.68	1.8	1.42	0.19	0.73	2301	0.23L	0.20L	一类
最小值	表层	1.1	1.1L	2.4	5.8	3.05	0.31	0.38	2.21	1.19	0.04	0.46	2115	0.23L	0.20L	/
最大值	表层	1.1	1.1L	2.4	5.8	3.05	0.31	0.38	2.21	1.19	0.04	0.46	2115	0.23L	0.20L	/
平均值	表层	1.7	1.1L	11.5	21.2	5.48	0.44	0.87	4.09	1.51	0.16	0.79	2477	0.23L	0.20L	/
最小值	底	1.3	1.1L	3.6	0	3.72	0.25	0.39	1.8	1.09	0.04	0.35	2301	0.23L	0.20L	/
最大值	底	1.9	1.1L	21	0	11.9	0.55	1.51	6.42	1.92	0.65	1.06	3322	0.23L	0.20L	/
平均值	底	1.5	1.1L	12.7	0	6.35	0.38	0.73	3.15	1.46	0.20	0.65	2627	0.23L	0.20L	/
总平均值		1.6	1.1L	12.0	21.2	6.30	0.41	0.78	3.66	1.50	0.18	0.72	2568	0.23L	0.20L	/
一类标准	/	0.02	0.005	人为增加的量≤10	0.05	0.05	50	5	20	20	1	1	/	5	10	/
二类标准	/	0.05	0.005		0.05	0.2	100	10	50	30	5	5	/	10	20	/
三类标准	/	0.1	0.01	人为增加的量≤100	0.3	0.2	200	50	100	50	10	10	/	20	20	/

注：表中：“—、/”表示无数据，“L”表示检出限。

表 3.2-8 (1/2) 秋季水质评价结果

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	五日生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	执行标准
1	0.664	0.584	0.095	0.113	0.037	0.150	三类
2	0.797	1.024	0.38	0.500	0.040	0.133	一类
3	0.787	0.915	0.258	0.633	0.553	0.689	一类
4	0.810	0.985	0.323	0.750	0.079	0.200	一类
5	0.669	0.581	0.153	0.150	0.066	0.133	三类
6	0.667	0.597	0.125	0.125	0.065	0.133	三类
7	0.797	0.961	0.108	0.500	0.126	0.300	一类
8	0.790	0.860	0.33	0.550	0.115	0.233	一类
9	0.833	0.437	0.45	0.650	0.163	0.333	一类
10	0.797	0.925	0.358	0.750	0.169	0.200	一类
15	0.797	0.749	0.243	0.267	0.086	0.200	二类
16	0.790	0.834	0.33	0.650	0.171	0.200	一类
17	0.803	0.796	0.195	0.233	0.110	0.333	二类
18	0.803	1.025	0.28	0.650	0.133	0.300	一类
21	0.847	0.848	0.408	0.650	0.156	0.367	一类

表 3.2-8 (2/2) 秋季水质评价结果

站位	硫化物	挥发酚	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	镍	硒	执行标准
1	0.027	L	L	0.054	0.004	0.101	0.050	0.031	L	0.092	L	L	三类
2	0.153	L	0.081	0.234	0.015	0.540	0.176	0.098	0.050	0.715	0.134	L	一类
3	0.095	L	L	0.297	0.016	0.921	0.525	0.078	L	1.427	0.108	L	一类
4	0.085	L	L	0.189	0.014	0.513	0.126	0.079	0.070	0.770	L	L	一类
5	0.018	L	0.014	0.056	0.004	0.071	0.030	0.033	L	0.955	L	L	三类
6	0.013	L	0.013	0.039	0.004	0.047	0.049	0.038	L	0.096	0.029	L	三类
7	0.120	L	L	0.213	0.015	1.160	0.123	0.068	L	0.057	L	L	一类
8	0.115	L	0.107	0.198	0.029	0.897	0.213	0.092	L	0.940	0.101	L	一类
9	0.050	L	L	0.205	0.017	0.324	0.207	0.069	0.050	0.680	0.089	L	一类
10	0.063	L	L	0.200	0.015	1.370	0.243	0.092	0.040	0.605	0.093	L	一类
15	0.031	L	0.107	0.044	0.009	0.415	0.126	0.063	0.008	0.220	0.137	L	二类
16	0.075	L	0.082	0.209	0.014	0.550	0.277	0.094	0.040	0.765	0.105	L	一类
17	0.021	L	0.076	0.050	0.008	0.206	0.173	0.056	0.018	0.179	0.060	L	二类
18	0.088	L	L	0.187	0.020	0.423	0.276	0.077	0.040	1.185	0.253	L	一类
21	0.083	L	L	0.333	0.015	0.358	0.244	0.067	L	0.650	0.053	L	一类

注：表中“L”表示检出限。

表 3.2-9 (1/2) 冬季水质评价结果

站位	pH	溶解氧	化学需氧量)	五日生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	执行标准
1	0.598	0.238	0.183	0.175	0.029	0.100	三类
2	0.722	0.199	0.323	0.550	0.200	0.467	一类
3	0.775	0.598	0.218	0.500	0.484	0.567	一类
4	0.717	0.434	0.420	0.700	0.158	0.200	一类
5	0.579	0.124	0.118	0.125	0.091	0.200	三类
6	0.601	0.185	0.075	0.100	0.059	0.200	三类
7	0.733	0.481	0.265	0.500	0.211	0.467	一类
8	0.727	0.316	0.233	0.500	0.139	0.767	一类
9	0.785	0.223	0.320	0.500	0.178	0.533	一类
10	0.736	0.676	0.313	0.550	0.179	0.567	一类
15	0.715	0.250	0.187	0.183	0.089	0.400	二类
16	0.722	0.644	0.238	0.400	0.110	0.800	一类
17	0.716	0.649	0.198	0.167	0.081	0.267	二类
18	0.734	0.598	0.233	0.400	0.159	0.600	一类
21	0.760	0.516	0.280	0.600	0.155	0.633	一类

注：表中“L”表示检出限。

表 3.2-9 (2/2) 冬季水质评价结果

站位	硫化物	挥发酚	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	镍	硒	执行标准
1	0.022	L	0.046	0.047	0.003	0.026	0.032	0.019	L	0.041	L	L	三类
2	0.115	L	0.384	0.149	0.008	0.233	0.142	0.055	0.050	0.650	L	L	一类
3	0.120	L	0.374	0.182	0.008	0.235	0.792	0.064	0.040	0.915	L	L	一类
4	0.135	L	0.342	L	0.010	0.084	0.104	0.038	L	0.680	L	L	一类
5	0.026	L	0.046	L	0.003	0.015	0.031	0.017	L	0.081	L	L	三类
6	0.026	L	0.055	L	0.003	0.009	0.017	0.018	L	0.080	L	L	三类
7	0.115	L	0.306	0.141	0.008	0.195	0.148	0.054	L	0.610	L	L	一类
8	0.118	L	0.244	0.147	0.011	0.498	0.125	0.059	0.100	0.945	L	L	一类
9	0.095	L	0.386	L	0.013	0.204	0.141	0.029	L	0.920	L	L	一类
10	0.103	L	0.308	L	0.015	0.214	0.138	0.044	L	0.825	L	L	一类
15	0.035	L	0.322	0.034	0.006	0.082	0.111	0.032	L	0.138	L	L	二类
16	0.110	L	0.412	0.215	0.010	0.343	0.338	0.060	L	0.720	L	L	一类
17	0.042	L	0.276	0.059	0.007	0.086	0.078	0.033	L	0.112	L	L	二类
18	0.113	L	0.384	0.143	0.009	0.192	0.178	0.059	L	1.015	L	L	一类
21	0.103	L	0.542	L	0.011	0.126	0.133	0.041	L	1.015	L	L	一类

注：表中“L”表示检出限。

表 3.2-10 (1/2) 春季水质评价结果

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	五日生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	硫化物	执行标准
1	0.672	0.595	0.115	0.125	0.058	0.167	0.019	三类
2	0.770	0.883	0.245	0.500	0.156	0.367	0.098	一类
3	0.776	0.895	0.238	0.533	0.218	0.378	0.093	一类
4	0.740	0.631	0.180	0.400	0.068	0.400	0.095	一类
5	0.642	0.106	0.143	0.113	0.041	0.150	0.019	三类
6	0.625	0.598	0.140	0.138	0.111	0.117	0.022	三类
7	0.773	0.320	0.275	0.600	0.170	0.300	0.083	一类
8	0.773	0.037	0.250	0.550	0.189	0.467	0.103	一类
9	0.727	0.171	0.245	0.500	0.275	0.467	0.1	一类
10	0.763	0.189	0.273	0.500	0.176	0.433	0.113	一类
15	0.773	0.752	0.168	0.183	0.100	0.433	0.037	二类
16	0.773	0.623	0.203	0.500	0.111	0.467	0.098	一类
17	0.797	0.780	0.163	0.167	0.124	0.267	0.043	二类
18	0.773	0.585	0.248	0.550	0.194	0.300	0.113	一类
21	0.763	0.610	0.235	0.550	1.005	0.600	0.133	一类

表 3.2-10 (2/2) 春季水质评价结果

站位	挥发酚 (μg/L)	石油类	总汞	总铬	镍	铜	锌	砷	镉	铅	硒	执行标准
1	L	0.033	0.067	0.002	L	0.014	0.072	0.024	/	0.120	L	三类
2	L	0.149	0.155	0.006	L	0.124	0.209	0.052	0.040	0.755	L	一类
3	L	0.149	0.230	0.007	L	0.203	0.344	0.093	0.040	0.860	L	一类
4	L	0.142	0.226	0.008	L	0.130	0.103	0.063	0.030	1.180	L	一类
5	L	0.040	0.062	0.002	L	0.010	0.046	0.024	0.050	0.099	L	三类
6	L	0.024	0.059	0.002	L	0.016	0.050	0.026	L	0.107	L	三类
7	L	0.137	0.253	0.008	L	0.226	0.231	0.064	0.040	1.410	L	一类
8	L	0.264	0.180	0.009	L	0.172	0.188	0.068	0.050	1.220	L	一类
9	L	0.202	0.185	0.006	0.060	0.444	0.158	0.093	0.030	1.070	L	一类
10	L	0.118	0.268	0.008	L	0.166	0.168	0.079	L	0.865	L	一类
15	L	0.162	0.065	0.003	0.068	0.073	0.120	0.035	0.014	0.189	L	二类
16	L	0.098	0.215	0.007	L	0.097	0.261	0.056	0.030	0.685	L	一类
17	L	0.308	0.065	0.004	L	0.082	0.144	0.049	0.006	0.160	L	二类
18	L	0.334	0.235	0.005	L	0.130	0.124	0.064	0.070	0.880	L	一类
21	L	0.358	0.299	0.009	L	0.267	0.259	0.081	0.060	0.930	L	一类

注：表中“L”表示检出限。

表 3.2-11 (1/2) 夏季水质评价结果

站位	pH	溶解氧	化学需氧量	五日生化需氧量	无机氮	活性磷酸盐	执行标准
1	0.639	0.152	0.261	0.200	0.251	0.067	三类
2	0.773	0.910	0.780	1.300	1.130	0.133	一类
3	0.747	0.913	0.367	0.567	1.185	L	一类
4	0.827	0.916	0.695	1.000	1.120	0.067	一类
5	0.689	0.339	0.329	0.263	0.161	0.100	三类
6	0.614	0.103	0.224	0.188	0.301	0.033	三类
7	0.790	0.563	0.353	0.600	0.783	0.067	一类
8	0.762	0.918	0.425	0.733	1.317	0.167	一类
9	0.853	2.034	0.620	1.100	1.690	L	一类
10	0.753	1.122	0.510	0.750	0.496	L	一类
15	0.760	0.778	0.257	0.250	0.822	0.133	二类
16	0.764	0.137	0.353	0.600	1.408	L	一类
17	0.677	0.886	0.275	0.250	0.475	L	二类
18	0.717	1.136	0.380	0.650	0.848	L	一类
21	0.847	1.647	0.423	0.750	1.175	0.233	一类

注：表中“L”表示检出限。

表 3.2-11 (2/2) 夏季水质评价结果

站位	硫化物	挥发酚	石油类	总汞	总铬	铜	锌	砷	镉	铅	镍	硒	执行标准
1	0.018	L	0.064	0.017	0.002	0.015	0.066	0.031	0.004	0.074	L	L	三类
2	0.090	L	0.440	0.116	0.011	0.247	0.191	0.075	0.115	0.840	L	L	一类
3	0.075	L	0.340	L	0.009	0.113	0.139	0.068	0.090	0.690	L	L	一类
4	0.105	L	0.472	L	0.010	0.190	0.192	0.082	0.520	0.720	L	L	一类
5	0.016	L	0.071	0.024	0.002	0.017	0.027	0.034	0.009	0.067	L	L	三类
6	0.015	L	0.050	0.050	0.002	0.015	0.037	0.037	0.011	0.054	L	L	三类
7	0.090	L	0.298	0.188	0.010	0.136	0.141	0.089	0.360	0.670	L	L	一类
8	0.072	L	0.878	0.128	0.008	0.152	0.182	0.094	0.177	0.790	L	L	一类
9	0.075	L	0.424	L	0.009	0.076	0.165	0.073	0.200	0.720	L	L	一类
10	0.085	L	0.370	L	0.009	0.122	0.141	0.077	0.180	0.680	L	L	一类
15	0.039	L	0.562	0.034	0.004	0.123	0.067	0.049	0.039	0.175	L	L	二类
16	0.085	L	0.502	0.145	0.008	0.135	0.247	0.065	0.210	0.747	L	L	一类
17	0.036	L	0.116	0.019	0.004	0.128	0.141	0.054	0.070	0.188	L	L	二类
18	0.068	L	0.418	0.068	0.006	0.174	0.160	0.067	0.335	0.835	L	L	一类
21	0.075	L	0.418	L	0.008	0.122	0.103	0.067	0.145	0.710	L	L	一类

注：表中“L”表示检出限。

表 3.2-12 (1/2) 厂址半径 15km 范围内海洋沉积物质量调查及评价结果

(单位：有机碳为%，pH 无单位，其余为 mg/kg)

站位	硫化物	pH	油类	有机碳	铬	铜	锌	砷	镉	铅	总汞
1	12.5	8.34	26	0.69	39.3	14.7	80.5	7.6	0.06	42.1	0.047
3	14.2	8.86	29.7	0.64	32.4	8.83	58.4	8.97	0.04	23.7	0.048
4	10.5	8.48	22	0.62	35.5	11.9	63.7	7.57	0.04	35.5	0.06
6	30	8.47	17.7	0.21	33	8.63	52.2	5.84	0.03	27.5	0.041
7	22	8.52	32.2	0.29	41.9	14.1	77.4	8.76	0.04	41.1	0.124
15	29.6	8.61	17.2	0.24	34.6	12	65.7	9.37	0.04	36.4	0.044
16	12.3	8.44	20.9	0.3	41.9	15.1	79.8	9.08	0.06	45.2	0.059
17	19.9	8.63	16.5	0.35	38.9	13.3	71.4	10.5	0.03	38.8	0.051
21	10.7	8.73	16.8	0.31	36.1	11.3	66.79	11.08	0.03	33.8	0.049
第一类标准	300	/	500	2	80	35	150	20	0.5	60	0.2

表 3.2-12 (2/2) 厂址半径 15km 范围内海洋沉积物质量调查及评价结果

(单位：有机碳为%，pH 无单位，其余为 mg/kg)

站位	硫化物	油类	有机碳	铬	铜	锌	砷	镉	铅	总汞
1	0.04	0.05	0.35	0.49	0.42	0.54	0.38	0.12	0.7	0.24
3	0.05	0.06	0.32	0.41	0.25	0.39	0.45	0.08	0.4	0.24
4	0.04	0.04	0.31	0.44	0.34	0.42	0.38	0.08	0.59	0.3
6	0.1	0.04	0.11	0.41	0.25	0.35	0.29	0.07	0.46	0.2
7	0.07	0.06	0.15	0.52	0.4	0.52	0.44	0.08	0.68	0.62
15	0.1	0.03	0.12	0.43	0.34	0.44	0.47	0.07	0.61	0.22
16	0.04	0.04	0.15	0.52	0.43	0.53	0.45	0.13	0.75	0.3
17	0.07	0.03	0.18	0.49	0.38	0.48	0.53	0.07	0.65	0.26
21	0.04	0.03	0.16	0.45	0.32	0.45	0.55	0.07	0.56	0.25

表 3.2-13 厂址附近海域各物种质量调查结果

(秋季)

(单位: mg/kg)

站位	物种	硼	铬	铜	锌	砷	镉	铅	总汞	石油烃
21	绒纹线鱗鰐	0.79	0.93	0.46	6.36	0.47	0.03L	0.38	0.0002L	15.4
3	拉氏狼牙虾虎鱼	0.6	0.91	0.55	8.23	0.28	0.03L	0.46	0.0058	23.4
5	鸡额玉蟹 0.3	6.01	0.91	1.54	10.3	2.1	0.13	0.54	0.0076	4.62
C1	翡翠贻贝	0.95	1.44	1.17	10.4	1.93	0.22	0.06	0.087	3.1
/	鱼类评价标准	—	—	20	40	1	0.6	2	0.3	20
/	甲壳类评价标准	—	—	100	150	1	2.0	2	0.2	20
/	软体类(非双壳贝类)评价标准	—	—	100	250	1	5.5	10	0.3	20
/	双壳贝类评价标准(第一类)	—	0.5	10	20	1.0	0.2	0.1	0.05	15
/	双壳贝类评价标准(第二类)	—	2.0	25	50	5.0	2.0	2.0	0.10	50

(春季)

站位	物种	硼	铬	铜	锌	砷	镉	铅	总汞	石油烃
2	金乌贼	0.66	0.6	0.63	10	6.77	0.03L	0.03L	0.044	0.2L
15	枪乌贼	0.68	0.64	0.83	8.41	0.75	0.05	0.03L	0.027	1.09
8	皮氏叫姑鱼	1.26	0.47	0.15	5.72	0.73	0.03L	0.06	0.0002L	0.2L
10	中华管鞭虾	1.29	0.76	1.86	6.03	2.14	0.03L	0.1	0.0002L	0.39
C2	斧蛤	1.69	0.91	1.02	11.3	0.7	0.04	0.16	0.018	17.9

表 3.2-14 厂址附近海域生物体中残留物单因子评价结果

(秋季)

站位	物种		铬	铜	锌	砷	镉	铅	总汞	石油烃
21	皱纹线鱗鯧		—	0.02	0.16	0.47	/	0.19	/	0.77
3	拉氏狼牙虾虎鱼		—	0.03	0.21	0.28	/	0.23	0.02	1.17
5	鸡额玉蟹		—	0.02	0.07	2.10	0.07	0.27	0.04	0.23
C1	翡翠	一类	2.88	0.12	0.52	1.93	1.10	0.60	1.74	0.21
	贻贝	二类	0.72	0.05	0.21	0.39	0.11	0.03	0.87	0.06

(春季)

站位	物种		铬	铜	锌	砷	镉	铅	总汞	石油烃
2	金乌贼		—	0.01	0.04	6.77	/	/	0.15	/
15	枪乌贼		—	0.01	0.03	0.75	0.01	/	0.09	0.05
8	皮氏叫姑鱼		—	0.01	0.14	0.73	/	0.03	/	/
10	中华管鞭虾		—	0.02	0.04	2.14	/	0.05	/	0.02
C2	斧蛤	一类	1.82	0.10	0.57	0.70	0.20	1.60	0.36	1.19
		二类	0.46	0.04	0.23	0.14	0.02	0.08	0.18	0.36

注：“—”表示无评价标准，“/”表示低于探测限。

表 3.2-15 电磁环境检测及评价结果

检测点序号	检测点位置	工频电场		工频磁场	
		检测值 (V/m)	占标准限值比	检测值 (μT)	占标准限值比
1	1 号主变	0.309	0.01%	0.0035	0.00%
2	2 号主变	0.313	0.01%	0.0036	0.00%
3	3 号主变	0.304	0.01%	0.0034	0.00%
4	4 号主变	0.307	0.01%	0.0031	0.00%
5	5 号主变	0.364	0.01%	0.0020	0.00%
6	6 号主变	0.326	0.01%	0.0016	0.00%
7	500kV 开关站	0.265	0.01%	0.0049	0.01%
8	220kV 变电站	0.164	0.00%	0.0047	0.01%
9	220KkV 地下电缆	0.160	0.00%	0.0697	0.07%
10	厂址西侧	0.553	0.01%	0.0007	0.00%
11	厂址北侧	0.407	0.01%	0.0018	0.00%
12	厂址东侧	0.408	0.01%	0.0050	0.01%
13	500kV 线路	0.292	0.01%	0.0038	0.00%
14	厂址 220kV 线路 (65 号杆)	581.7	14.54%	0.0370	0.04%
15	浅澳村	14.74	0.37%	0.0014	0.00%
16	上林村	0.496	0.01%	0.0040	0.00%
17	红坡村	0.263	0.01%	0.0004	0.00%
18	后埔村	10.53	0.26%	0.0977	0.10%

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

陆丰核电厂全厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，5、6 号机组建设 2 台华龙一号核电机组。

4.1.1 厂区总体规划

厂址总体规划和分区规划需遵循以下原则：

- 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；
- 遵从国家和地方有关城市规划、土地利用规划、水功能区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；
- 应处理好核电与环境、建设与运行、临时与永久、厂内与厂外等各方面的关系；
- 必须在确保电厂安全运行及工程有序建设的前提下，突出以近期规划为重点，主体与配套设施同步进行，因地制宜地开展总体规划工作；
- 应坚持节约用地、合理用地及节省投资的原则；
- 必须坚持保护和改善生态环境，防止污染和造成其它危害，保护绿地，加强环境建设；
- 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；满足物料运输流向及消防、安全的需要；
- 近、远期相结合，统筹规划，分期实施，永久建筑与生产临建相结合，根据要求做好施工场地的规划；
- 充分利用现场条件，规划布局尽量减少后期施工对前期生产运行的影响；
- 注重环境建设，节约用地。

根据生产工艺流程特点，结合现场实际情况，全厂总体规划主要分为核电厂厂区、厂外辅助设施区、现场服务区、施工准备区等。

4.1.2 厂区总平面布置

厂区总平面布置原则：

- 总平面布置与总体规划相协调一致，满足规划容量的要求；
- 主厂房布置在埋深适宜、承载力满足要求、均匀稳定的基岩上；
- 工艺流程合理，功能分区明确，交通运输便捷；
- 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；
- 合理利用厂址地形、地质条件，减少土石方工程量；
- 合理确定厂坪标高，降低运行费用；
- 节约用地。

4.1.3 排放口布置

本工程放射性废气主要通过各自位于厂房顶部的烟囱排入环境。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。

本项目温排水采用离岸深排方案，可以利用深海潮流动力强、掺混充分的特点，减少温排水对环境的影响。液态流出物、非放生产废水和部分生活污水随循环冷却水排放，有利于在水体中的稀释扩散。本项目气态流出物经比周边厂房更高的高烟囱排放，利于弥散并减少对周边环境的影响。

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

本工程拟建 2 台华龙一号机组，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。一回路工作压力为 15.5MPa。

华龙一号机组充分借鉴融合了三代核电技术的先进设计理念和我国现有压水堆核电厂设计、建造、调试、运行的经验，以及近年来核岛发展及研究领域的成果，满足我国最新核安全法规要求和国际、国内最先进的标准要求，同时参考国际先进轻水堆核电厂用户要求（URD 和 EUR），满足三代核电技术的指标要求，满足“采用国际最高安全标准”要求。此外，华龙一号采用经过验证的技术，并充分利用我国目前成熟的装备制造业体系，具有技术成熟性和完全自主的知识产权，采用能动与非能动技术相结合的技术，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

4.2.2 核岛

核岛主厂房包括反应堆厂房（BRX）、安全厂房（BSA、BSB、BSC）、燃料厂房（BFX）、核辅助厂房（BNX）和应急柴油发电机厂房（BDA、BDB、BDC）、SBO 柴油发电机厂房（BDU）。

本期工程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，堆芯额定热功率为 3180MWt，一回路工作压力为 15.5MPa。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，具有最高富集度的燃料组件放置在堆芯外围区域，构成第三区。

4.2.3 常规岛

常规岛主厂房包括汽机房与辅助间。汽机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、高压加热器等；辅助间内主

要安装有除氧器、电动给水泵组、启动给水泵、凝结水精处理设备、化学取样设备、暖通设备、电气开关柜以及其它辅助设备；毗屋内设有凝结水精处理车间、润滑油传送间等。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

陆丰核电厂的淡水水源主要有水厂供水及海水淡化两部分。5、6 号机组建设一座海水淡化厂，海水淡化厂为除盐水站和工业用水提供淡水。

本工程生活用水采用碣石镇玄武山自来水厂和陆丰市城乡供水公司供水。施工期用水 81 万 m^3/a ，其中，生产用水 58.1 万 m^3/a 、生活用水 22.9 万 m^3/a ，均采用碣石镇市政供水。两台机组正常运行最高日耗水量约为 $3480m^3/d$ ，启动工况下最高日取水量约为 $6000m^3/d$ 。考虑机组启动、漏损和未预见水量，两台机组年取水量约为 135 万 m^3/a 。本工程取水条件好，水厂水量充足可靠，流量随季节变化不大。

4.3.2 核电厂散热系统

本期工程采用“港池+暗涵”的取水方案以及隧洞离岸远排的排水方案。

4.4 输电系统

陆丰核电厂 5、6 号机组规划建设 2 台百万千瓦级核电机组，核电厂配套的 500kV 开关站按照 6 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。500kV 开关站布置在厂区北侧，500kV 出线向北侧出线，就近接入广东省 500kV 电网。

根据输电线路设计要求，500kV 输电线路不应跨越长期住人的建筑物；220kV 线路在必要时可考虑跨越民房，但应尽量避免，以减少电磁辐射对居民的影响。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。

500kV 输电线路跨越非长期住人的建筑物或邻近民房时，房屋所在位置离地面 1.5m 高处的未畸变电场不得超过 4kV/m，两边相导线地面投影外 5m 以内不允许有长期住人的建筑物。

4.5 专设安全设施

本工程的专设安全设施主要包括：安全注入系统（RIS）、蒸汽大气排放系统（VDA）、应急给水系统（ASG）、应急硼化系统（RBS）等组成。

4.6 放射性废物系统和源项

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。

4.6.1 放射性源项

核电厂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，运行状态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对核辅助系统和二回路的污染。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液系统指具有控制、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);
- 常规岛废液排放系统 (SEL)。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

废气处理系统 (TEG) 主要执行如下运行功能：

- 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，平衡上游系统容器气空间中的压力，并将其维持在一定范围内；
- 通过循环吹扫置换出上游系统容器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内，防止放射性气体释放到设备所在的厂房；

- 对吹扫气体进行氢氧复合处理，氢氧复合后气体中的氢氧浓度分别低于 0.3% 和 0.1%，保证吹扫气体可以循环复用；
- 处理核电厂正常运行期间产生的放射性废气，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。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

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。

4.6.5 乏燃料暂存系统

乏燃料贮存系统的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。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

本项目生产过程中需要使用一定量的非放化学品。这些化学品包括：絮凝剂、助凝剂、亚硫酸氢钠、次氯酸钠、盐酸、氢氧化钠、氨水、水合联氨等。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)。

4.7.2 生活废物

本工程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，生活垃圾按规定收集暂存并送到相应的垃圾场处理。

本工程主厂区建设一座厂区污水处理站 (BEW) 满足本期工程厂区生活污水处理的需要。该污水处理站处理能力为 480m³/d。BEW 出水优先回用厂区绿化、道路清扫及冷源拦截设施清洗等用途（运行期间生活污水全厂中水回用率按照 70%及以上控制），剩余部分达标排放。

4.7.3 其他废物

(1) 含油废水

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)。

(2) 非放射性工业废水处理系统 (SWT)

非放射性工业废水处理站 (BST 子项) 功能是接收处理核电厂正常运行期间以及电

站建设调试期间产生的非放射性工业废水，处理达标后的废水排放至虹吸井。该子项为全厂 1~6 号机组共用子项，在本期建设。

（3）一般固废、危险固废和其他

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体废物，其中一般工业固体废物有废木材、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。一般工业固体废物及危险废物产生情况与电厂运行条件和大修等密切相关，类比同类百万千瓦机组核电厂运行经验，陆丰核电厂 5、6 号机组两台机组每年预期产生危险废物约 200 吨，一般工业固体废物约 1000 吨。

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、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019) 的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，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

本工程设计采用12英尺全M5 AFA3G 核燃料组件，每台机组堆芯由177组核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。

新燃料组件运输到核电厂后，开进燃料厂房的运输间内，用辅助吊车将新燃料运输容器吊起，通过燃料吊装孔吊至燃料厂房操作大厅以上，再运至新燃料接收间就位。打开新燃料运输容器盖，用辅助吊车和新燃料组件抓具将新燃料组件从容器中取出。进行新燃料组件外观检查，检查合格后，用辅助吊车和新燃料组件抓具将新燃料组件运至新燃料贮存格架中检查并贮存。待入堆的新燃料组件运至新燃料升降机，然后由乏燃料水池吊车和乏燃料组件抓具将新燃料组件运至水下燃料贮存格架中贮存。

4.8.2 乏燃料组件运输

乏燃料厂外运输遵循《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 562 号）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）要求，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。根据厂址地理位置及其附近交通状况以及运输公司的运输经验，乏燃料拟采用公路运输或公海铁联运的方式。

4.8.3 放射性固体废物运输

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、技术废物等）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》（GB12711-2018）的要求进行包装处理。

废物包装容器外表面任意一点的表面剂量率不超过 2.0mSv/h , 超过此限值者, 采用外加屏蔽容器进行运输。表面污染物水平低于以下限值:

- β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体 $\leq 4\text{Bq/cm}^2$;
- 其它 α 发射体 $\leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

5、6 号机组低、中放射性固体废物经处理后产生的废物包形式为 400L 钢桶。厂外运输的运输物为 400L 钢桶废物包。

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，本工程低放射性固体废物最终处置预计为龙和处置场。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是很低的。另外，废物桶的设计和制造符合《低、中放水平放射性固体废物包装安全标准》(GB12711-2018) 和《放射性物品安全运输规程》(GB11806-2019) 的要求，即使废物桶从运输车辆上坠落，最大限度只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小，即便散落少量废物，也可以采取措施收集，故不会对环境造成污染。

第五章 核电厂施工建设过程对环境的影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

5.1.2 施工进展

5.1.3 陆域施工活动对自然环境的影响

5.1.4 陆域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

陆丰 5、6 号机组厂区总体规划主要分为核电厂厂区、厂外辅助设施区、现场服务区、施工准备区等。目前 5、6 号机组不动产权证书已办理，用途为工业用地。本项目用地在已办理证书的用地范围内。

5.1.2 施工进展

截至 2025 年 12 月，5 号机组反应堆厂房安全壳内壳已封顶，核岛周边厂房结构已封顶，5BMX 厂房主体框架施工完成。6 号机组 6BMX 厂房主体框架结构施工完成。

取水暗涵、取水头部结构施工完成，取水头部闸门、板框滤网安装正在进行；5、6 号排水隧洞二衬混凝土施工完成，5、6 号隧洞排水头部海上抛石作业完成；BOP 子项已开工 48 个，冷试相关 BOP 子项已全部开工。

5.1.3 陆域施工活动对自然环境的影响

陆丰核电厂 5、6 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、汽车运输、建材预制、砂石料破碎、混凝土搅拌以及设备安装等造成的噪声、粉尘、有机废气、焊接烟气和植被破坏、水土流失等生态方面的影响。

本工程施工期间的配套工程项目包括砂石料厂、混凝土搅拌站、中核华兴的油漆喷砂车间和酸洗钝化车间、中核二三的生产厂房、浙江火电的生产厂房、一体化生活污水处理站、危废暂存仓库等。其中中核华兴的油漆喷砂车间和酸洗钝化车间、中核二三的生产厂房、浙江火电的生产厂房单独开展环评并已完成竣工环保验收。

中核华兴油漆喷砂车间获得汕尾市生态环境局陆丰分局的环境影响报告表批复（汕环陆丰审〔2022〕8 号），项目承担 5、6 号机组搭建所需的钢衬里、预埋件及钢结构等的表面喷砂和喷涂处理工作。中核华兴酸洗钝化车间获得汕尾市生态环境局的环境影响报告表批复（汕环审〔2022〕22 号），生产工艺包括脱脂、酸洗钝化等。中核二三陆丰核电项目部生产厂房建设项目获得环境影响报告表批复（汕环审〔2023〕53 号），承担 5、6 号机组核岛安装工程所需的小管预制，风管、支架等的机加工、酸洗钝化、表面喷砂、喷涂和液体渗透处理工作。浙江火电陆丰核电项目部生产厂房建设项目获得环境影响报告表批复（汕环审〔2024〕46 号），承担 5、6 号机组常规岛及

BOP 安装工程所需的预制碳钢/不锈钢管道、支吊架、镀锌风管、法兰、阀门、保温外壳等材料的机加工、酸洗钝化、表面喷砂、油漆和液体渗透处理工作。

陆丰核电厂按照各自环评批复文件进行管理，严格落实批复中要求的水污染防治措施、大气污染防治措施、噪声污染防治措施和固体废物分类处置措施和建议。

5.1.3.1 声环境的影响

核电厂施工过程中，厂区内产生噪声的活动包括场地负挖、土石方爆破、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，以及设备安装和汽车运输。爆破施工是间歇性的，集中在施工初期场地平整阶段。现场施工机械设备如挖掘机、推土机、钻孔机等噪声值较高，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。

建设单位为进一步控制施工期噪声的影响，尽可能使用噪声低的先进施工设备、合理安排施工时间等方式降低噪声的影响，加强施工期间对高噪声设备的管理，避免高噪声设备同步使用。

施工期间建设单位委托资质单位开展 5、6 号机组陆域环境监测，根据 2024~2025 年的陆域环境监测结果（具体见 5.3 节），厂界四个方向监测点的噪声监测结果均可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中昼间 70dB（A）和夜间 55dB（A）的限值要求，后埔村、浅澳村 2 个声环境敏感点满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类声功能区昼间 55dB（A）和夜间 45dB（A）的限值要求，进厂道路两个点位环境噪声满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 4a 类标准限值（昼间 70dB（A），夜间 55dB（A））。

因此，施工期间厂界噪声满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）中昼间 70dB（A）和夜间 55dB（A）的限值要求，各声环境保护目标能满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 1 类声功能区昼间 55dB（A）和夜间 45dB（A）的限值要求。

5.1.3.2 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、粉尘和汽车尾气，其中，扬尘和粉尘

对大气环境质量影响较为明显。施工产生的地面扬尘和粉尘主要来自施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放和运输以及施工建筑材料的搅拌等环节，TSP 产生量与施工方式、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。施工运输过程中现场车辆、大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等）会产生一定量汽车尾气，主要污染物为 CO、NO_x 和碳氢化合物。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。

在项目施工过程中采取了以下措施来减轻对周围环境的影响：在施工过程中严格执行湿法作业，以降低粉尘产生量。施工区域设有专用洒水车，及时清扫施工区和相关道路上散落的灰土，经常对道路路面洒水；开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，尽量减少土方的堆置时间；渣土及水泥等材料妥善保管，防护要求符合环保要求。

施工期间建设单位委托资质单位开展 5、6 号机组陆域环境监测，根据 2024~2025 年的陆域环境监测结果（具体见 5.3 节），后埔村、浅澳村、厂界陆域边界西面和北面监测点位的 NO₂、SO₂ 和 CO 的小时平均浓度均满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 二级浓度限值要求，NO₂、SO₂、CO、PM_{2.5}、PM₁₀ 和 TSP 的日平均浓度监测结果均满足 GB 3095-2012 二级浓度限值要求。无组织排放的 TSP 满足广东省《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 中第二时段的无组织排放监控浓度限值要求。

根据广东中海环境检测有限公司对危废暂存仓库的监测，危废仓库废气处理后氯化氢、硫酸雾、苯、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃均满足广东省《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 中第二时段的标准限值。仓库下风向非甲烷总烃浓度最大值为 0.59mg/m³，满足 DB 44/27-2001 中第二时段非甲烷总烃周界外浓度最高点 4.0mg/m³ 的限值要求。

中核华兴油漆喷砂车间内高效除尘系统包括两台旋风除尘器和两台滤筒除尘器，喷砂房内为负压工作状态，油漆、烘干生产线作业过程中产生的废气可通过漆雾过滤系统、活性炭吸附系统、催化燃烧再生系统进行处理。漆雾过滤系统可使废气进行初步净化，活性炭吸附系统对有机废气进行吸附，达到再次净化的效果，催化燃烧系统可对活性炭进行脱附再生，脱附出来的气体通过催化燃烧装置燃烧生成二氧化碳、水和部分的热量等无害气体。

根据广东悦翔检测技术有限公司对中核华兴公司陆丰项目部生产厂房的监测结果，

喷砂房排气筒排放的颗粒物浓度满足广东省《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）的第二时段二级标准。喷漆房排气筒排放的颗粒物浓度满足 DB 44/27-2001 第二时段二级标准（浓度 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ），甲苯、二甲苯、TVOC 均能满足《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB 44/2367-2022）限值要求。生产厂房下风向无组织废气中甲苯、二甲苯未检出，总颗粒物、氟化物、氮氧化物均满足 DB 44/27-2001 中第二时段的无组织排放监控浓度限值。

根据广东悦翔检测技术有限公司对中核二三公司陆丰项目部生产厂房的监测结果，喷漆房排气筒排放的颗粒物满足广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）第二时段二级标准（浓度 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ），非甲烷总烃、二甲苯均能满足《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB 44/2367-2022）限值要求。生产厂房下风向无组织废气中非甲烷总烃的最大监测值为 $0.84\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足 DB 44/27-2001 第二时段无组织排放监控浓度限值（非甲烷总烃 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ ）。厂界无组织废气下风向监控点的颗粒物、氟化物、氮氧化物均满足广东省《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）第二时段无组织排放监控浓度限值。

综上，本工程施工期间对周围大气环境影响较小可控。

5.1.3.3 水环境的影响

本工程在陆域工程施工期间对水环境的污染主要来自施工生产废水和生活污水。

（1）生产废水

本工程施工期生产废水主要来自土建施工废水、安装工业废水及调试工业废水。针对安装工业废水及调试工业废水，《广东陆丰核电 5、6 号机组环境影响报告书（建造阶段）》（B 版）中处理方式为：“湿保养及二次侧水压试验废水（除盐水+联氨），高压水冲洗及重力水冲洗废水（除盐水+灰尘），统一排放至废液处理池内集中处理后回用。”，后陆丰核电厂 5、6 号机组现场实际存在废水回用能力有限，且无法区分商运和在建机组的工业废水等现实问题，调整陆丰核电厂 5、6 号机组设备安装及调试废水的处理方式，由“全部回用”调整为“在非放射性工业废水处理站（BST 子项）投运前仍采取回用措施，在 BST 子项投运之后，本项目设备安装及调试废水产生的非放工业废水均通过 SEW 管网或临时管线统一收集后至 BST 子项进行处理，经处理达标后进行排放至 5、6 号机组 BCC 井”。变动后，设备安装及调试废水通过 BST 子项处

理达标后排放，BST 子项已在全国排污许可证管理信息平台完成固定污染源排污登记。

上述变动同时已向国家核安全局进行备案，BST 排放执行广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位），排放至 5、6 号机组 BCC 井（《关于备案陆丰核电厂 5、6 号机组建造阶段设备安装及调试废水处理和排放方式变动的函》，2025 年 1 月）。本次变动 BST 子项未变动处理规模、生产工艺，非放废水污染物排放未新增污染物种类，不新增废水直接排放口和改变废水的排放方式，废水污染物排放量增加约 5.84%，小于 10%，根据《关于印发<污染影响类建设项目重大变动清单（试行）>的通知》（环办环评函〔2020〕688 号）分析，本变动不属环境影响评价重大变动。

（2）生活污水

目前施工期生活污水产生量约 800m³/d 左右，本项目与 1、2 号机组高峰期施工人员预计在 3 万人左右，施工高峰期生活污水量预计约 1200m³/d。

施工期间厂区内的生活污水由已建的 5、6 号机组施工区一体化生活污水处理站和 1、2 号机组临时生活污水处理站进行处理，基地现场最大处理能力可达 1380m³/d，基本满足高峰期生活污水处理需求。如遇特殊情况无法处理的生活污水可委托外运至碣石镇污水厂处理，确保生活污水合规处理。

5、6 号机组施工区一体化生活污水处理站工艺为“ A^2O+MBR ”，回用时废水执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中相对较严格的冲厕、车辆冲洗用水标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准中的较严值。

由 2024 年和 2025 年的监测结果（具体见 5.3 节），施工区一体化污水处理站出水满足 GB/T 18920-2020 中冲厕、车辆冲洗的水质标准 pH 为 6.0~9.0、色度≤15、浊度≤5NTU、五日生化需氧量≤10mg/L、氨氮≤5mg/L、阴离子表面活性剂≤0.5mg/L、总氯≥1.0mg/L、溶解性总固体≤1000mg/L、溶解氧≥2.0mg/L 的要求，其余因子满足 GB 18918-2002 及修改单中一级 A 标准。

以上施工期间所采取的水污染控制和水环境影响减缓措施可行，能够确保废水达标回用或排放，项目对地表水环境影响可以接受。

5.1.3.4 生态环境的影响

核电厂在施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，大量的土石方挖掘工作也会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，如若处理不当将会造成严重的水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

当地无特殊生境，在电厂建设过程中，建设单位有规划地对整个厂区和厂外道路实施绿化，建造全新的人文景观。

本工程实施的水土保持措施包括雨水排水管网、排水沟、截水沟、砾石压盖、边坡喷混、绿化、临时排水沟、沉砂池、密目网苫盖等。项目区水土保持措施落实基本到位，发挥了较好的水土流失防治效果，其中土壤侵蚀形式以面蚀为主；在各汇水口处建设的沉砂池有效地防范泥沙进入水体，苫盖措施的布设也明显降低了雨水对土石方的冲刷。项目区开挖边坡区域及时布设植物措施、拦挡措施及临海边坡区域及时布设苫盖措施和边坡喷砼措施，有效改善了施工扰动造成的水土流失情况。

5.1.3.5 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，为避免盐雾锈蚀和表面氧化，会采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理。这些化学物质和缓蚀剂包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等。上述物质有些是有毒化学物品，因此施工时，要求设备承包商在出厂时按照相关要求处理。需要在现场进行补充处理的，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。另外施工期间设置危险化学品临时集中储存库，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，根据工程进展储量从几瓶到几十瓶不等；油漆，包括底漆、面漆、稀释剂，储量几十到几百公斤不等；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，建设单位均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，中广核工程有限公司依据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）并按照《危险废物管理实施细则》对危废暂存库进行管控，并由相关资质单位定期收集运至厂外处理。

5.1.3.6 固体废物对环境的影响

在陆丰核电厂 5、6 号机组建设过程中，施工活动会产生一定量的固体废物，包括建筑垃圾、生活垃圾和危险废物，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、滋生细菌、蚊蝇，污染大气，被雨水冲刷可能污染周围水体等。

当前陆丰核电厂基地产生建筑垃圾约 9 万 t/年（含 1、2 及 5、6 号机组），建筑垃圾产生量将随工程建设进展发生变化，其中无机类建筑垃圾主要为废砼块、渣土、废泥、废砼渣、废砂浆、废砖瓦等，有机类建筑垃圾主要为木质废料、包装废料、废布料、塑料类废料、橡胶类废料等其它有机物料。建筑垃圾存放在建筑垃圾中转场，根据有机类、无机非金属类、金属类和其他类，将建筑垃圾中转站划分出四个分区，每个分区设置实体隔离栏，确保垃圾不发生混存。完善建筑垃圾管理制度，对建筑垃圾贮存标准、清运时限进行了规定，确保各类建筑垃圾堆放不超出分区边界。在建筑垃圾中转站设置了渗滤液收集管网及收集井，配备了洒水、喷淋等抑尘措施，并在中转站出口建设标准化洗车池。建筑垃圾委托资质单位进行处置。

本工程排水隧洞淤泥经过泥水盾构配备的泥水分离系统，通过两级旋流分离。施工现场设置泥浆池与沉淀池，避免直接排放，外运前对车辆进行冲洗，防止带泥上路。

陆丰核电厂基地施工现场砂石场每天产生污泥约 100t/d（含 1、2 及 5、6 号机组），委托有资质的单位外运处置。生活垃圾分类存放，每天产生量约 90m³/d（含 1、2 及 5、6 号机组），由当地环卫部门定期外运处置。

本工程在施工场所建设了危险废物暂存库，本工程危险废物产生量约 225t/年，各施工单位按照危险废物的国家标准要求建立台账，危险废物最终由资质单位珠海汇华环保技术有限公司统一集中处置。

通过采取上述措施，核电厂施工产生的固体废弃物尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

5.1.4 陆域施工活动对社会环境的影响

本项目征地范围内不涉及居民搬迁，离厂址最近的居民点是浅澳自然村，位于 5 号机组 NW 方位 1.3km 处。本项目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，会对当地居民的日常生活造成一定影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商业机会。由于核电建设施工期较长，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

5.2.3 海域施工活动对养殖区的影响

5.2.4 海域施工活动对航运等的影响

5.2.5 施工期供水水源分析

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

陆丰核电厂 5、6 号机组海工工程中涉及用海的构筑物包括取水导流堤（西堤）、取水导流堤（东堤）、排水隧洞、拦污网及取水构筑物前的临时围堰等。本项目用海类型为工业用海中的电力工业用海，用海方式包括非透水构筑物、透水构筑物、海底电缆管道、取、排水口和专用航道、锚地及其他开放式。

2022 年自然资源部批准了本工程用海，详见《自然资源部办公厅关于广东陆丰核电 5、6 号机组项目用海的函》（自然资办函〔2022〕2552 号），批复本工程用海类型为工业用海。本工程已获取用海权证。

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

5.2.2.1 施工悬浮泥沙的影响

海工施工时，不可避免产生悬浮泥沙，本项目产生悬浮泥沙的环节包括导流堤、排水口和拦污网墩建设以及港池疏浚和临时围堰拆除等。产生的较粗泥沙很快沉降海底，较细泥沙颗粒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。施工时产生的悬浮泥沙一般分布在施工区域附近。

本工程悬浮泥沙浓度 10mg/L 包络线影响区域位于陆丰核电厂矿通信用海区（630-057）。陆丰核电厂矿通信用海区空间准入要求：允许工业等用海、海底电缆管道用海；可兼容人工鱼礁、开放式养殖等增养殖用海，路桥隧道、航运、风景旅游、科研教育、海洋保护修复及海岸防护工程等用海；在开发利用前可兼容开放式养殖等增养殖用海，浴场、游乐场等文体休闲娱乐用海；探索推进海域立体分层设权，光伏发电、增养殖、海底电缆管道等用海空间可立体利用；优先保障军事用海及军事设施安全；保障陆丰核电、汕尾（陆丰）临港产业园的用海需求。利用方式：允许适度改变海域自然属性；优化用海平面布局，节约集约利用海域资源。保护要求：工业用海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；切实保护严格保护岸线；严格保护岸线所在的潮间带区域，以保护修复目标为主，保障潮间带自然特征不改变、面积不减少、生态功能不降低；保护和合理利用无居民海岛资源；保护基岩岸滩、砂质海岸及其生境。其他要求：重点防范风暴潮和海平面上升灾害风险，保障临海工业核电的温排水需求。本工程悬浮泥沙影响符合工矿通信用海区管控要求。

厂址距离自然保护区、“三场一通道” 10km 以上，施工活动产生的悬浮泥沙不会对其产生影响。

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》（粤府函〔2023〕336 号），厂址 15km 范围内海域有 2 处生态保护红线，分别为金厢生态保护区生态保护红线（厂址 NW 方位约 8km）和碣石湾近海生态保护区生态保护红线（S 方位约 14km）。本工程施工期悬浮泥沙浓度 10mg/L 包络线的最大影响距离为 2.92km，海洋生态保护红线均距施工海域较远，不处于悬浮泥沙增量 10mg/L 包络线范围内，悬浮泥沙对其影响很小。

5.2.2.2 施工活动对海域水质和生态的影响

本项目海工工程包括取排水构筑物、导流堤、拦污网、施工围堰等，工程取排水构筑物、导流堤的建设会永久性改变占用海域原有岸线性质和底质条件，另外施工期间围堰抛石、疏浚挖泥等海上作业方式也对周边的海洋生态产生不同程度的影响。

根据第一海洋研究所 2023~2024 年和汕头海洋中心 2024~2025 年的监测结果，第一海洋研究所监测期间，2023 年位于一类区的 4 个站点，2 个站位锌、镉、铅超标；位于二类区和三类区的站位均符合相应海水质量标准。2024 年全面监测中位于一类区的 4 个站点，1 个站位铜超标；位于二类区和三类区的站位均符合相应海水质量标准。2024 年监督监测中位于一类区的 2 个站位均有超标，超标因子包括石油类、镉、铅；位于二类区的 1 个站位石油类超标；位于三类区的站位均符合相应海水质量标准。

汕头海洋中心监测期间，2024 年活性磷酸盐和铅的超标率分别为 15%、38%，2025 年铅的超标率为 38%，活性磷酸盐超标情况消失，铅超标站位与 2024 年一致，为 L13、L17、L21、L40、L41 站位。

对比本工程建造阶段环评报告书中引用的《广东陆丰核电一期工程邻近海域水质环境、水生生态与渔业资源调查（2020）》中 2019 年的监测结果，依据近岸海域环境功能区划，2019 年海水水质调查结果中，三类功能区调查点位海水水质全部达标，二类功能区调查点位海水水质主要是 BOD_5 和溶解氧不达标，一类功能区调查点位海水水质主要是 BOD_5 、活性磷酸盐和溶解氧以及个别点位铅和无机氮不达标。

根据 2023~2025 年监测结果，周边海域氮和生化需氧量超标情况消失，海水水质有所好转，2024~2025 年二类和三类功能区站位水质全部达标，一类功能区站位中仅有

活性磷酸盐和铅超标，超标污染物种类有所减少。

2023-2024 年在工程邻近海域监测范围内，悬浮物高值区均不在工程区，悬浮物含量变化均未呈现出以工程区为中心的分布。2024 年 1 月和 7 月厂址附近表层海水悬浮物浓度较高，但底层悬浮物无高值区，悬浮物浓度较高不是本工程施工造成的，高值区可能和监测期间的海况及风浪有关。监测结果表明 2023-2024 年施工期间悬浮物扩散未超出数值模拟的包络线范围（见 5.3 节），工程施工对海水水质影响较小。

汕头海洋中心 2024~2025 年调查中，2024 年冬季和 2025 年春季平均浮游动物生物量分别为 $101.28\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $878.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，2024 年冬季微刺哲水蚤为第一优势种（类），2025 年春季夜光虫为调查海区绝对优势种。2024 年冬季和 2025 年春季底栖生物平均生物量分别为 $5.35\text{g}/\text{m}^2$ 和 $5.80\text{g}/\text{m}^2$ ，口虾蛄、中蚓虫分别为第一优势种。2024 年冬季和 2025 年春季垂直拖网平均鱼卵密度分别为 0.566ind./m^3 和 2.531ind./m^3 ，平均仔稚鱼密度分别为 0.105ind./m^3 和 0.944ind./m^3 。2024 年冬季和 2025 年春季游泳生物平均重量资源密度分别为 163.3kg/km^2 和 119.0kg/km^2 。

对比本工程建造阶段环评报告书中引用的《广东陆丰核电一期工程邻近海域水质环境、水生生态与渔业资源调查（2020）》中 2019 年的监测结果。2019 年春季监测海区各监测站位浮游动物湿重生物量的均值为 $305.31\text{mg}/\text{m}^3$ ，2025 年春季较 2019 年浮游动物生物量有所上升。2019 年春季陆丰核电大型底栖生物的平均总生物量为 $17.13\text{g}/\text{m}^2$ ，2025 年春季较 2019 年底栖生物生物量降低。2019 年春季垂直拖网鱼卵（ $0.52\sim38.889\text{ind./m}^3$ ），春季垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim25.278\text{ind./m}^3$ ），2025 年春季较 2019 年鱼卵、仔稚鱼密度降低。2019 年春季调查海域渔业资源重量为 410.99kg/km^2 ，2025 年春季较 2019 年游泳动物重量资源密度降低。

综上，厂址周边海域氮和生化需氧量超标情况消失，海水水质有所好转，海域浮游动物生物量有所上升，底栖生物生物量降低，游泳动物重量资源密度降低。海域工程施工对工程附近海域海洋水质和海洋生态有一定影响，影响总体较小。

5.2.3 海域施工活动对养殖区的影响

目前，项目临近海域养殖区距离厂址较远，施工期悬浮物不会扩散到该区域，因此项目用海对养殖区影响很小。

5.2.4 海域施工活动对航运等的影响

本工程距离货运航道较远，不会对其产生影响。

5.2.5 施工期供水水源分析

陆丰核电厂 5、6 号机组施工期间施工用水由陆丰市玄武山自来水厂供给。陆丰市玄武山自来水厂增补了响水库作为水厂的第二水源，水厂供水可靠性得到较大提升且供应水质符合国家《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022）。待螺河引水工程竣工投用后，陆丰核电厂用水保障性将得到增强。建设单位已分别与玄武山水厂和陆丰市城乡供水公司签订了供水合同，两个水厂的水质均满足要求。

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

5.3.4 施工期环境监测结果

5.3.5 生产和生活废物

5.3 施工影响控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

陆丰核电厂 5、6 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期间对陆地生态、大气环境和声环境等方面的影响。施工期间环保措施包括施工期水土保持、噪声控制、粉尘控制、厂区绿化等，为最大限度降低施工过程中的不利影响，工程中采取了以下相应的有效缓解措施，主要包括：

（1）大气

- 施工期间爆破、混凝土搅拌和载重车辆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，在施工过程中严格执行湿法作业，以降低粉尘产生量，按照地方施工扬尘控制技术要求执行，改善施工区域的大气环境；
- 施工区域设专用洒水车，及时清扫施工区和相关道路上散落的灰土，对道路路面进行洒水；
- 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，尽量减少土方的堆置时间；
- 渣土及水泥等材料应妥善保管，防护要求符合环保要求；
- 加强区域内的场地绿化，栽植能减少扬尘的高矮不一的乔木、灌木。

（2）噪声

- 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，对噪声影响进行控制，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，确保声环境影响满足标准要求；
- 对于土石方爆破、场地负挖和设备安装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）固体废物

- 制定严格的施工环境管理规定，对一般工业固体废物、建筑垃圾、生活垃圾和危险废物按分类进行处置。对于不可回收利用的无毒无害废弃物运至指定的临

时废弃物堆放场所，可回收利用废弃物尽量回收再利用；

- 危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）设置专门的危废贮存仓库，由资质单位统一处置。

（4）水土保持

- 厂区主要施工道路两侧布置排水沟，设置临时沉沙池缓流沉沙；
- 厂区建筑物基坑开挖的土方就近堆置，并在外围设置临时草袋挡墙，临时堆土表面采用毡布覆盖；
- 施工后绿化区进行场地平整、表土回填，随后进行绿化，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；
- 厂区保护区裸露面采用碎石压盖措施；
- 对厂区进行水土保持监测，掌握水土流失情况，分析评估工程的建设对水土流失的实际影响，了解水土流失防护工程所起的作用，优化水土保持措施。

（5）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：

- 聘请有相应辐射安全许可的专业检测公司开展；
- 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；
- 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；
- 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，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。

（6）其他生态环保措施

- 本工程根据批复的水土保持方案，在水土流失防治中采取拦护、植被恢复等措施，并采用临时措施、植物措施与工程措施相结合的防治方法，建立完整有效的水土保持防护体系；
- 施工期节水措施：生活污水处理达标后，回用于绿化、道路浇洒、洗车，砂石厂、搅拌站生产废水沉淀处理后循环利用或回用于场地洒水抑尘、绿化等，不外排。

综上，建设单位对施工期间的废物全过程管理、生活污水和生产废水的收集、处理和排放，以及噪声污染、大气污染、水土保持管理等按要求进行，并按计划开展了陆域环境监测。根据施工期环境监测结果，施工单位严格按照施工程序及有关规定开展了施工期环境保护工作，施工期间环境保护措施有效，施工期的环境影响总体较小可控。

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

陆丰核电厂 5、6 号机组在施工期间产生的悬浮泥沙、含油废水、生活污水等会对附近海洋环境产生影响。为减少海洋环境影响，采取的措施如下：

- 挖泥船挖掘过程尽量做到精确定位，减少作业中不必要的超深、越宽疏浚量。
在运输泥浆途中，严格检查泥舱泥门的密封性，发现有泄漏污染物的现象，立即采取措施封堵。
- 加强对施工船舶、施工机械的维护保养；防止跑、冒、滴、漏引起水体污染。
- 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；施工船舶产生的机舱油污水、生活污水靠岸后交陆域处理或在指定海域排放，生活和生产固体垃圾等废物集中收集，靠岸后交陆域处理，严禁排放入海。
- 盾构施工的生产废水和生活污水在岸上进行处理，不直接排入海域。
- 对于岸边堆放的土方及建筑材料，加强场地管理，增加防护措施，以防止由于外界因素进入水体。
- 在海域的禁渔期尽量避免在外部海域上施工，从而尽最大可能地减少项目对渔业资源的影响。
- 厂区雨污分流，施工期生活污水优先回用，加强对污水处理站的维护管理，定期监测出水口水质，确保污水站运行稳定。
- 砂石厂和搅拌站生产废水等生产废水经沉淀池处理后，回用于场地洒水抑尘和绿化等，不外排。
- 加强施工人员的业务培训和安全教育，树立良好的风险防范和安全生产意识，避免人为事故，把人为因素导致的溢油事故的发生概率降至最低。
- 开展施工期的海域监测，掌握施工过程中海域环境质量的时空变化状态、生态环境、重要环境敏感目标受影响的程度，进而根据监测结果发现存在问题，及

时修正、调整环保措施。

建设单位严格按照施工程序及有关要求开展海域工程施工，开展海域环境影响跟踪监测结果，施工期的海域环境影响总体较小可控。

5.3.3 施工期环境监测

为了及时掌握施工期环境现状的变化情况，了解工程建设过程中对环境的影响，有必要制定并实施施工期环境监测计划。通过施工期环境监测，掌握核电厂建设期间对陆域及海域环境造成影响的程度，及时发现存在的问题，进而改进环境保护措施，控制施工活动对环境的影响，使施工对环境的影响降到最低，更好地贯彻有关环境保护法律法规，保护好环境质量。

建设单位已委托相关资质单位分别开展陆丰核电厂 5、6 号机组施工期间的陆域及海域环境监测工作，从施工开始后定期进行环境动态监测，跟踪区域环境质量变化，及时反馈建设单位。

5.3.3.1 陆域环境监测

（1）陆域环境监测方案

根据陆域环境监测方案，陆丰核电厂 5、6 号机组施工期间的陆域环境监测计划包括大气、噪声、废水监测，具体如下：

大气环境监测内容包括二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）、细颗粒物（PM_{2.5}）、总悬浮颗粒（TSP）和可吸入颗粒物（PM₁₀）等项目，分为厂区、进厂道路周边、陆域边界及厂区周边敏感点的环境空气监测。施工区的无组织排放监测内容包括二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）、总悬浮颗粒（TSP）等项目。监测频次为每季度一次，数据有效性应满足 GB 3095-2012 和 GB 16297-1996 等的相关要求。

噪声监测项目为等效连续 A 声级 Leq，监测布点包括进厂道路周边、前期厂区内外、厂区陆域边界外 1m、应急道路周边以及厂址附近敏感点等，监测频次为每季度一次，每年四期。

废水排放监测：在施工区污水处理站进出口设置一个采样点，监测流量、pH、色度、浊度、BOD₅、氨氮、阴离子表面活性剂、溶解性总固体、溶解氧、总氯、大肠

埃希氏菌等。监测频次为每季度一次。

除此之外，中核华兴、中核二三委托外部单位开展油漆喷砂车间、酸洗钝化车间、危险废物暂存库的废气、噪声监测。

5.3.3.2 海域环境监测

海工工程施工期间可能会造成厂址附近海域的海水水质暂时变化、泥沙含量增加，从而对该海域的海洋环境造成影响。通过对海工工程海洋环境全程动态监测，了解工程用海项目建设前后海域状况变化，掌握工程过程中海域环境质量的时空变化状态、生态环境、重要环境敏感目标受影响程度。

根据《陆丰核电厂施工期海洋环境监测项目工作方案》和相关规范要求，本工程海洋环境质量共布设监测站位 23 个，其中海水水质（含海洋水文气象）监测站位 23 个，海洋沉积物监测站位 13 个（表层样），海洋生物生态（含生物质量）监测站位 15 个，潮间带生物站位 6 个，粪大肠菌群监测站位 4 个，。

生物质量分析选取当地代表性的鱼类、甲壳类和贝类等三类生物样品，其监测站位根据海洋生物资源实际调查情况来确定。计划的调查站位获取的生物样品量不够时，选择在当地水产市场或渔港码头购买。

海洋水文监测项目：水深、水温、盐度、透明度、水色、天气现象。

海水水质监测项目：悬浮物、油类、溶解氧、化学需氧量、pH、生化需氧量、总碱度、活性硅酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、氨、活性磷酸盐、汞、砷、铜、铅、锌、镉、总铬。

海洋沉积物监测项目：氧化还原电位、含水率、pH、油类、有机碳、硫化物、汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬。

海洋生物质量监测项目：汞、砷、铜、铅、锌、镉、铬、石油烃。

海洋生物生态监测项目：叶绿素 a（初级生产力）、浮游植物、浮游动物、鱼卵仔稚鱼、大型底栖生物、游泳动物（渔业资源）、潮间带生物、微生物（粪大肠菌群）。

5.3.3.3 水土保持监测

陆丰核电厂 5、6 号机组位于广东省汕尾市陆丰市碣石镇，根据《广东陆丰核电 5、6 号机组项目水土保持方案报告书》，工程建设占地区域不属于国家、广东省或汕尾市

重点预防区和重点治理区，水土流失防治标准执行南方红壤区建设类项目二级标准。

建设单位在施工过程中严格按照《广东陆丰核电 5、6 号机组项目水土保持方案报告书》中提出的相关措施要求进行施工期的水土流失防治。防治措施体系总体上按“分片集中治理、分单元控制”的方式进行布局。

水土流失防治措施布局贯彻“预防为主、因地制宜、综合防治”的原则，通过不同措施的配置形成以工程促植物，以植物保工程，临时预防与永久防治并重的综合防治体系。水土流失防治措施由工程措施、植物措施和临时措施组成。工程措施以排水、排洪、表土剥离、工程护坡、砾石覆盖工程为主，植物措施主要为园林绿化、铺植草皮、撒播草籽绿化等为主，临时防护工程主要包括临时排水、沉沙、泥浆池、拦挡、覆盖等。

本项目施工时，建设单位委托开展水土保持的监测和监理。建设中加强施工管理，做好未完工的水土保持措施施工组织，明确施工界限，减少扰动地表面积和重复土石方挖填量。按照水土保持措施数量及进度安排与主体工程同时施工，并注意加强施工期临时防护措施，控制水土流失。

5.3.4 施工期环境监测结果

5.3.4.1 陆域环境监测结果

根据珠江水利委员会珠江水利科学研究院和深圳市宇驰检测技术股份有限公司最新的 2024 年和 2025 年一、二季度的陆域环境监测报告，厂址区域及周边大气环境、噪声、生产废水和生活污水的检测结果如下。

1) 大气环境

后埔村、浅澳村、厂界陆域边界西面和北面监测点位的 NO₂、SO₂ 和 CO 的小时平均浓度全部满足 GB 3095-2012 二级浓度限值要求，NO₂、SO₂、CO、PM_{2.5}、PM₁₀ 和 TSP 的日平均浓度监测中全部满足 GB 3095-2012 二级浓度限值要求。

无组织排放的 TSP 满足广东省《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中的第二时段二级标准限值要求。

由此可见，陆丰核电厂 5、6 号机组施工期间采取的减少大气环境影响的措施是有效的。

2) 噪声环境

厂区陆域边界东、南、西、北面等场界昼间噪声等效声级最大值为 69dB (A) , 夜间噪声等效声级最大值为 54dB (A) , 均满足《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025) 中的场界环境噪声标准限值(夜间 55dB (A) , 昼间 70dB (A)) ; 浅澳村和后埔村环境噪声(昼间噪声等效声级最大值为 54.8dB (A) , 夜间噪声等效声级最大值为 44.9dB (A)) 满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 中的 1 类标准限值(夜间 45dB (A) , 昼间 55dB (A)) ; 进厂道路两个点位环境噪声(昼间噪声等效声级最大值为 67dB (A) , 夜间噪声等效声级最大值为 54dB (A)) 满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 中的 4a 类标准限值(昼间 70dB (A) , 夜间 55dB (A))。

可见, 通过加强施工期间噪声的治理及管理, 本工程施工期间噪声对周围环境影响符合标准限值要求。

3) 生活污水处理站

深圳市宇驰检测技术股份有限公司于 2024 年三、四季度和 2025 年一季度对施工区一体化污水处理站的进出水口开展了监测, 并在 2025 年对臭气、氨、硫化氢等无组织废气进行了取样监测。

施工区一体化污水处理站出水口水水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020) 中的冲厕、车辆冲洗限值标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 及修改单中一级 A 标准中的较严值。

一体化污水处理站边界臭气最大浓度为 <10, 氨最大浓度为 0.34mg/m³, 硫化氢最大浓度为 0.017mg/m³, 废气排放口旁甲烷最大浓度为 1.57mg/m³ 和 0.0002%。满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中的一级标准(臭气浓度为 10, 氨为 1.0mg/m³, 硫化氢为 0.03mg/m³, 甲烷为 0.5%)。

4) 危废暂存仓库

根据广东中海环境检测有限公司对危废暂存仓库的监测, 危废仓库废气处理后氯化氢为 <0.61mg/m³, 硫酸雾为 <5mg/m³, 苯为 0.03mg/m³, 甲苯为 0.03mg/m³, 二甲苯为 0.17mg/m³, 非甲烷总烃为 0.70mg/m³, TVOC 为 0.79mg/m³, 满足广东省《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 中第二时段的氯化氢 100mg/m³、硫酸雾 35mg/m³、苯 12mg/m³、甲苯 40mg/m³、二甲苯 70mg/m³、非甲烷总烃 120mg/m³ 的排放浓度限值。仓库下风向非甲烷总烃浓度最大值为 0.59mg/m³, 满足 DB 44/27-2001 中第二时段非甲烷总烃周界外浓度最高点 4.0mg/m³ 的限值要求。

5) 生产厂房（油漆喷砂车间和酸洗钝化车间）

根据广东悦翔检测技术有限公司对中核华兴公司陆丰项目部生产厂房的监测结果，喷砂房排气筒排放的颗粒物浓度为 $<20\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足广东省《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 的第二时段标准。喷漆房排气筒排放的颗粒物浓度值 $<20\text{mg}/\text{m}^3$ ，甲苯浓度为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，二甲苯浓度为 $0.01\text{mg}/\text{m}^3$ ，TVOC 浓度为 $4.46\text{mg}/\text{m}^3$ 。颗粒物满足 DB 44/27-2001 中第二时段标准（浓度 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ），甲苯、二甲苯、TVOC 均能满足《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》(DB 44/2367-2022) 限值要求（苯系物 $40\text{mg}/\text{m}^3$ ，TVOC $100\text{mg}/\text{m}^3$ ）。生产厂房下风向无组织废气中甲苯、二甲苯未检出，TVOC 的最大浓度为 $0.41\text{mg}/\text{m}^3$ ，总颗粒物的最大浓度为 $0.650\text{mg}/\text{m}^3$ ，氟化物、氮氧化物最大监测值分别为 $0.0017\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.062\text{mg}/\text{m}^3$ ，均满足 DB 44/27-2001 中第二时段的无组织排放监控浓度限值（甲苯 $2.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，二甲苯 $1.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，颗粒物 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，氟化物 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ ）。

根据广东悦翔检测技术有限公司对中核二三公司陆丰项目部生产厂房的监测结果，喷漆房排气筒排放的颗粒物最大浓度为 $<20\text{mg}/\text{m}^3$ ，二甲苯最大浓度为 $0.130\text{mg}/\text{m}^3$ ，非甲烷总烃最大浓度为 $2.94\text{mg}/\text{m}^3$ 。颗粒物满足广东省地方标准《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 第二时段二级标准（浓度 $120\text{mg}/\text{m}^3$ ），非甲烷总烃、二甲苯均能满足《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》(DB 44/2367-2022) 限值要求（非甲烷总烃 $80\text{mg}/\text{m}^3$ ，苯系物 $40\text{mg}/\text{m}^3$ ）。生产厂房下风向无组织废气中非甲烷总烃的最大监测值为 $0.84\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足 DB 44/27-2001 第二时段的无组织排放监控浓度限值（非甲烷总烃 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ ）。厂界无组织废气下风向监控点的颗粒物、氟化物、氮氧化物最大监测值分别为 $0.721\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.0016\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $0.064\text{mg}/\text{m}^3$ ，均满足广东省《大气污染物排放限值》(DB 44/27-2001) 第二时段的无组织排放监控浓度限值（颗粒物 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ ，氟化物 $0.020\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ ）。

5.3.4.2 海域环境监测结果

本工程先后委托自然资源部第一海洋研究所和自然资源部汕头海洋中心开展附近海域的海洋环境质量动态监测。

(1) 水质监测结果

第一海洋研究所监测方案（2023~2024 年）：2024 年 1 月和 7 月的监督监测共布

设 14 个水质站位，8 个沉积物监测站位，8 个生物生态监测站位和 2 个潮间带生物监测站位；2023 年 10 月和 2024 年 4 月全面监测共布设 25 个水质站位，15 个沉积物监测站位，15 个生物生态监测站位和 4 个潮间带生物监测站位。

汕头海洋中心监测方案（2024~2025 年）：该项目 23 个生态跟踪监测站位中有 13 个生态跟踪监测站位位于汕尾市近岸海域功能区划中，共涉及 7 个功能区，分别为陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406C）、碣石湾东浅湖渔业功能区（412-1）、石浅澳港口、工业功能（406B）、碣石湾浅海渔业功能区（412）、白沙湖养殖功能区（411A）、湖东养殖区、渔业功能区（403A）、田尾山生态功能区（405A）。

由第一海洋研究所 2023~2024 年和汕头海洋中心 2024~2025 年的监测结果及评价可知，2023~2024 年除锌、镉、铅、铜、石油类外，各个站位的化学需氧量、无机氮、总铬、汞、砷均符合所在功能区的海水质量标准，2024~2025 年除活性磷酸盐、铅外，汕尾市近岸海域功能区中各个站位的溶解氧、化学需氧量、pH、油类、无机氮、锌、镉、铜、总铬、汞、砷均符合所在功能区的海水质量标准。

第一海洋研究所监测期间，2023 年位于一类区的 4 个站点，2 个站位锌、镉、铅超标；位于二类区和三类区的站位均符合相应海水质量标准。2024 年全面监测中位于一类区的 4 个站点，1 个站位铜超标；位于二类区和三类区的站位均符合相应海水质量标准。2024 年监督监测中位于一类区的 2 个站位均有超标，超标因子包括石油类、镉、铅；位于二类区的 1 个站位石油类超标；位于三类区的站位均符合相应海水质量标准。

汕头海洋中心监测期间，2024 年活性磷酸盐和铅的超标率分别为 15%、38%，2025 年铅的超标率为 38%，活性磷酸盐超标情况消失，铅超标站位与 2024 年一致，为 L13、L17、L21、L40、L41 站位。

对比本工程建造阶段环评报告书中引用的《广东陆丰核电一期工程邻近海域水质环境、水生生态与渔业资源调查（2020）》中 2019 年的监测结果，依据近岸海域环境功能区划，2019 年海水水质调查结果中，三类功能区调查点位海水水质全部达标，二类功能区调查点位海水水质主要是 BOD_5 和溶解氧不达标，一类功能区调查点位海水水质主要是 BOD_5 、活性磷酸盐和溶解氧以及个别点位铅和无机氮不达标。

根据 2023~2025 年监测结果，周边海域氮和生化需氧量超标情况消失，海水水质有所好转，2024~2025 年二类和三类功能区站位水质全部达标，一类功能区站位中仅有活性磷酸盐和铅超标，超标污染物种类有所减少。

根据施工期间邻近海域 4 个季度的悬浮物分布监测，在工程邻近海域监测范围内，悬浮物高值区均不在工程区，悬浮物含量变化均未呈现出以工程区为中心的分布。2024 年 1 月和 7 月厂址附近表层海水悬浮物浓度较高，但底层悬浮物无高值区，悬浮物浓度较高不是本工程施工造成的，高值区可能和监测期间的海况及风浪有关。监测结果表明 2023-2024 年施工期间悬浮物扩散未超出数值模拟的包络线范围，工程施工对海水水质影响较小。

（2）沉积物监测结果

除油类、锌外，所有站位的有机碳、硫化物、铜、铅、镉、铬、汞、砷均符合第一类海洋沉积物质量标准，2024 年 L17 站位的油类符合第二类沉积物质量标准，2025 年 L10 站位的锌符合第二类沉积物质量标准。整体上，监测区域的海洋沉积物质量较好。

（3）海洋生物质量监测结果

汕头海洋中心海洋生物质量分析样品共选取 15 个站位 15 个生物样品，2024 年样本包括龙头鱼、口虾蛄和红星梭子蟹 3 种生物，2025 年样本包括龙头鱼、眼斑豹鳎、细鳞鰆、口虾蛄和中国枪乌贼 5 种生物。生物质量分析项目包括铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油烃等 8 项，各站位鱼类、软体动物和甲壳类的汞、锌、铜、铅、镉和石油烃均低于《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）中推荐的生物质量标准，甲壳类、软体动物和部分站位鱼类中砷的单项指数均大于 1，超过 HJ 1409 推荐的生物质量标准。

汕头海洋中心 2024~2025 年调查中，2024 年冬季和 2025 年春季平均浮游动物生物量分别为 $101.28\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $878.03\text{mg}/\text{m}^3$ ，2024 年冬季微刺哲水蚤为第一优势种（类），2025 年春季夜光虫为调查海区绝对优势种。2024 年冬季和 2025 年春季底栖生物平均生物量分别为 $5.35\text{g}/\text{m}^2$ 和 $5.80\text{g}/\text{m}^2$ ，口虾蛄、中蚓虫分别为第一优势种。2024 年冬季和 2025 年春季垂直拖网平均鱼卵密度分别为 $0.566\text{ind.}/\text{m}^3$ 和 $2.531\text{ind.}/\text{m}^3$ ，平均仔稚鱼密度分别为 $0.105\text{ind.}/\text{m}^3$ 和 $0.944\text{ind.}/\text{m}^3$ 。2024 年冬季和 2025 年春季游泳生物平均重量资源密度分别为 $163.3\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $119.0\text{kg}/\text{km}^2$ 。

对比本工程建造阶段环评报告书中引用的《广东陆丰核电一期工程邻近海域水质环境、水生生态与渔业资源调查（2020）》中 2019 年的监测结果。2019 年春季监测海区各监测站位浮游动物湿重生物量的均值为 $305.31\text{mg}/\text{m}^3$ ，2025 年春季较 2019 年浮游动物生物量有所上升。2019 年春季陆丰核电大型底栖生物的平均总生物量为 $17.13\text{g}/\text{m}^2$ ，

2025 年春季较 2019 年底栖生物生物量降低。2019 年春季垂直拖网鱼卵 (0.52~38.889ind./m³)，春季垂直拖网仔稚鱼 (0~25.278ind./m³)，2025 年春季较 2019 年鱼卵、仔稚鱼密度降低。2019 年春季调查海域渔业资源重量为 410.99kg/km²，2025 年春季较 2019 年游泳动物重量资源密度降低。

5.3.4.3 水土保持监测结果

(1) 水土保持措施实施情况

本工程已实施的水土保持工程措施主要有：排水沟、表土剥离、边坡喷混、雨水排水管网等；水土保持植物措施主要有栽植乔木、灌木、铺植草皮等；已实施的水土保持临时措施主要有临时排水沟、土工布覆盖和密目网覆盖措施。

(2) 水土保持措施防治效果

广东陆丰核电厂 5、6 号机组施工期间在采取相应的水土保持措施后，未发生水土流失危害和重大水土流失事件。项目区水土保持措施落实基本到位，发挥了较好的水土流失防治效果。项目区开挖边坡区域及时布设植物措施、拦挡措施及临海边坡区域及时布设苫盖措施和边坡喷砼措施，有效改善了施工扰动造成的水土流失情况。

5.3.5 生产和生活废物

当前陆丰核电厂基地产生建筑垃圾约 9 万 t/年（含 1、2 及 5、6 号机组），分为无机类建筑垃圾（主要为废砼块、渣土、废泥、废砼渣、废砂浆、废砖瓦等）和有机类建筑垃圾（主要为木质废料、包装废料、废布料、塑料类废料、橡胶类废料等其它有机物料），暂存在建筑垃圾中转场，委托资质单位进行处置。

本工程在施工场所建设了危险废物暂存库，本工程危险废物产生量约 225t/年，各施工单位按照危险废物的国家标准要求建立台账，危险废物最终由资质单位珠海汇华环保技术有限公司统一集中处置。

陆丰核电厂基地施工现场砂石场每天产生污泥约 100t/d（含 1、2 及 5、6 号机组），委托有资质的单位外运处置。生活垃圾分类存放，每天产生量约 90m³/d（含 1、2 及 5、6 号机组），由当地环卫部门定期外运处置。

施工期间的生活污水主要来自厂区现场施工人员和办公人员的生活用水。目前施工期生活污水产生量约 800m³/d，本项目与 1、2 号机组施工高峰期生活污水量预计约

1200m³/d。施工期间厂区内产生的生活污水由已建的 5、6 号机组施工区一体化生活污水处理站和 1、2 号机组临时污水处理站进行处理，基本满足高峰期生活污水处理需求。如遇特殊情况无法处理的生活污水可委托外运至碣石镇污水厂处理，确保生活污水合规处理。

本工程施工期生产废水主要来自土建施工废水、安装工业废水及调试工业废水。砂石料厂生产废水经管道输送至水处理系统处理，清水回流清水池重新用于生产，下层沉淀污泥脱水后，经皮带机送入弃渣池，作为一般工业固体废弃物处理。搅拌站沉淀池采用三级沉淀，冲洗搅拌机、混凝土搅拌车的废水流入沉淀池，经沉淀后，沉淀池中清水抽入混凝土搅拌车用于道路和场地降尘冲洗，沉淀物经晾晒后作为一般工业固体废弃物处理。

针对安装工业废水及调试工业废水，根据《关于备案陆丰核电厂 5、6 号机组建造阶段设备安装及调试废水处理和排放方式变动的函》（2025 年 1 月），在非放射性工业废水处理站（BST 子项）投运前仍采取回用措施，在 BST 子项投运之后，本项目设备安装及调试废水产生的非放工业废水均通过 SEW 管网或临时管线统一收集后至 BST 子项进行处理，经处理达标后进行排放至 5、6 号机组 BCC 井。BST 排放执行广东省《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位）。

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

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 取水系统对水生生物的影响

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

表

表 6.1-1 5、6 号机组运行时的取水口温升

表 6.1-2 5、6 号机组运行时半月潮最大温升包络面积

表 6.1-3 5、6 号机组运行时半月潮平均温升包络面积

表 6.1-4 温排水与生态环境分区管控相符性评价

表 6.1-5 本工程海洋生态影响程度分级表

6.1 散热系统的环境影响

陆丰核电厂 5、6 号机组拟建设两台华龙一号百万千瓦压水堆核电机组，采用海水直流冷却方式，以厂址附近的碣石湾海水作为冷却水源，电厂散热系统产生的乏热通过电厂循环冷却水随潮外泄、进入碣石湾附近广大海域。

6.1.1 散热系统方案

5、6 号机组采用码头东侧“港池+暗涵”取水方案。在码头导流堤堤根东侧设置取水构筑物，然后通过 2 条取水暗涵引水至 5、6 号机组的泵房前池。在码头导流堤堤头东侧设置一道平行于岸线的导流堤，以减少海域流道开挖后的泥沙回淤同时兼顾冷源防护基础条件。

5、6 号机组采用隧洞离岸深排方案，隧洞采用一机一洞直线型布置。

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

根据《广东陆丰核电 5、6 号机组泥沙数模研究报告》，基于陆丰厂址的取排水方案，专题单位结合 2024 年全潮水文观测资料，采用二维泥沙数学模型对 5、6 机组取排水工程实施前后的水流和泥沙淤积进行模拟计算。

（1）水动力变化

在 5、6 号机组取水后，流速变化主要集中在 2 处。一处为口门附近，5、6 号机组取水后，口门两侧水体流路改变，流向 5、6 号机组取水口，流速减小在 0.1m/s 以下。另一处为口门至 5、6 号机组在取水前池沿线，由于 5、6 号机组取水，在口门至 5、6 号机组在取水前池之间形成了较为明显的流动水体，造成流速增加；口门处西侧导堤处形成挑流，最大流速在 0.15m/s 左右；靠近取水口处流速增幅减小，增加幅度不超过 0.1m/s。

（2）泥沙冲淤变化

工程区泥沙冲淤变化相对较轻。由于取水引流，含沙水流进入 5、6 号机组取水港池水域，淤积强度为 0.02m/a，回淤量 0.10 万 m³；口门水域的回淤强度为 0.03m/a，重件码头水域淤积强度为 0.01m/a，口门水域和重件码头的回淤量分别为 0.26 万 m³ 和 0.11 万 m³，总回淤量 0.48 万 m³。

全寿命周期内工程局部海床的冲淤变化主要表现为防波堤突出位置发生冲刷，防波堤掩护的位置将发生一定范围的淤积，工程附近海域海床冲淤幅度在 $\pm 2.0\text{m}$ 以内。

综上，本工程建设后导致的周边海域水动力和泥沙冲淤变化主要分布在海工工程附近的较小范围内，预计不会对整个工程海域的水动力条件和泥沙冲淤造成较大改变。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为分析电厂温排水对厂址附近海域的温升影响，南京水利科学研究院根据测潮及工程设计开展陆丰核电 5、6 号机组厂址附近海域三维温排水输移扩散数值模拟。

(1) 温升分布预测

(i) 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 给出了模拟得到 5、6 号机组正常运行期间夏、冬两季实测半月潮条件下的取水口温升。

模拟结果表明：在现阶段取排水方案下，夏季半月潮下 5、6 号机组最大取水温升为 0.46°C ，平均取水温升为 0.19°C ；冬季半月潮下 5、6 号机组最大取水温升为 0.61°C ，平均取水温升为 0.28°C 。

(ii) 温升等值线包络面积

通过数值模拟得到的 5、6 号机组正常运行期间夏、冬两季半月潮的最大温升包络线面积见表 6.1-2，平均温升包络面积见表 6.1-3。对比不同深度温升影响，表、中、底各层温升有较为明显的分层，同温升整体表现为底层、中层、表层包络面积依次增大。

数模半月潮流温升最大包络线投影面积为：

- 0.5°C 温升面积夏季为 42.13km^2 ，冬季为 101.95km^2 ；
- 1°C 温升面积夏季为 15.36km^2 ，冬季为 26.52km^2 ；
- 2°C 温升面积夏季为 2.50km^2 ，冬季为 4.85km^2 ；
- 3°C 温升面积夏季为 0.55km^2 ，冬季为 0.98km^2 ；
- 4°C 温升面积夏季为 0.17km^2 ，冬季为 0.30km^2 。

(2) 近岸海域环境功能区相符性评价

根据《广东省生态环境厅关于同意调整汕尾东海岸、碣石局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤环函〔2024〕421 号），调整后的近岸海域环境功能区已获得正式批复，陆丰核电厂附近现行有效的近岸海域环境功能区包括：田尾山生态功能区

(405A)，主要功能为海洋生态保护，水质目标为二类（水温执行三类标准）；碣石港口工业功能区(405B)，主要功能为港口、工业区，水质目标为三类；碣石浅澳港口、工业功能区(406A)，主要功能为港口、工业，水质目标为三类；碣石浅澳工业功能区(406B)，主要功能为工业，水质目标为三类；碣石湾浅海渔业功能区(412)，主要功能为渔场作业区，水质目标为一类；碣石湾东浅海渔业功能区(412-1)，主要功能为渔场作业区，水质目标为一类（水温指标执行三类标准）；陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区(406C)，在该区域内，除温升不执行水质标准外，其他指标均将执行 GB3097-1997 中三类海水水质标准要求，此外，陆丰核电厂温排水排放口海水温升 4℃包络线超出本功能区，但不超过周边三类近岸海域环境功能区时，超出区域参照本功能区管理。根据《海水水质标准》(GB3097-1997)，海水水质一类和二类标准为“人为造成的海水温升夏季不超过当时当地的 1℃，冬季不超过 2℃”，三类标准为“人为造成的海水温升不超过当时当地的 4℃”。

5、6 号机组运行期间的夏季半月潮最大 1℃温升外包络范围和冬季半月潮最大 2℃温升外包络范围涉及的功能区水温均执行三类标准(405B、406B 和 412-1)，4℃温升区均位于陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区(406C)内，因此，5、6 号机组运行期间的温升影响满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

(3) 海岸带及海洋空间规划相符性评价

根据《广东省海岸带及海洋空间规划(2021-2035 年)》，本工程用海位于陆丰核电厂矿通信用海区(630-057)，本工程温排水夏季 1℃冬季 2℃最大温升包络区域和 4℃最大温升包络区域均位于陆丰核电厂矿通信用海区，不涉及汕尾南部渔业用海区。

本工程运行期间温排水满足陆丰核电厂矿通信用海区和汕尾南部渔业用海区的管控要求。

(4) 生态环境分区相符性评价

根据《汕尾市“三线一单”生态环境分区管控方案(修订版)》(汕环〔2024〕154 号)，本工程温排水涉及的生态环境分区主要包括 1 个重点管控单元田尾山工业与城镇用海区(HY44150020005)，1 个一般管控单元珠海-潮州近海农渔业区(汕尾范围)(HY44150030007)。

表 6.1-4 给出了陆丰核电厂 5、6 号机组温排水与生态环境分区管控相符性分析。

经分析，陆丰核电厂 5、6 号机组温排水与田尾山工业与城镇用海区和珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）的管控要求相符。

总体上，本工程温排水温升涉及农渔业区的范围相对较小，暖水性游泳生物（鱼类、头足类）适温范围较广，且有避开升温场的回避能力，甲壳类生物（虾姑、梭子蟹）具有更强的热耐受性，因此，预计核电厂温排水对该海域农渔业区的海洋水生生物的影响可接受。

（5）海域生态保护区（生态保护红线）相符性评价

根据《陆丰市国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目工程海域周边的生态保护区主要有金厢生态保护区、碣石湾生态保护区和碣石湾近海生态保护区。

温排水冬季 2°C 夏季 1°C 最大温升包络线不涉及海域生态保护区。

（6）严格保护岸线相符性评价

根据《陆丰市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址 15km 范围内主要为碣石港南侧-角清村（最近距厂址 W 方位 1.5km）、湖东林场（最近距厂址 NE 方位 9.3km）等严格保护岸线。根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035 年）》（粤自然资发〔2025〕1 号），厂址附近严格保护岸线与陆丰市国土空间总体规划不同，该规划中严格保护岸线东西两端均紧邻厂址。严格保护岸线管控要求：应确保严格保护岸线生态功能不降低、长度不减少、性质不改变。除国防安全需要外，禁止在严格保护岸线的保护范围内构建永久性建筑物、围填海、开采海砂、设置排污口等损害海岸地形地貌和生态环境的活动。

温排水冬季 2°C 夏季 1°C 最大温升包络线不涉及严格保护岸线，预计不会对该岸线的生态功能造成影响。此外，海工工程建设后会对碣石港南侧-角清村严格保护岸线产生轻微冲刷，但冲刷幅度不超过 0.05m，且涉及区域较小，由于该严格保护岸线整体为基岩岸线，预计本工程不会改变海岸地形地貌。综上，本工程海工工程实施和运行期间的温排水可以满足其管理要求。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

陆丰核电厂取排水系统主要包括取水明渠、拦污栅、鼓形滤网、水泵、冷凝器、虹吸井和排水隧洞等部分。取排水系统各个部分对海洋生物可能产生的影响主要通过机械因素、热因素和化学因素实现。在所有这些影响因素中，最主要的是排水系统的

热影响以及取水系统卷载、卷塞的影响。

6.1.3.1 取水系统对水生生物的影响

卷载效应是指水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。一般取排水产生的卷载效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。卷载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。卷塞效应是指冷却水进入冷却系统时被拦截在滤网等装置上导致的生物伤害或死亡的物理现象。

陆丰核电厂 5、6 号机组两台机组正常运行过程中，需抽取大量的海水作为循环冷却用水。为尽量减轻取排水卷载效应对海洋生物的可能影响，本工程将考虑采取一定工程措施尽可能地减少仔鱼等小型海洋生物被卷载进入循环水系统。

5、6 号机组的取水工程主要是取水明渠。取水明渠内布置拦污网，浮式网兜和安全兜底网。本工程取水口平均流速小于邻近海域平均流速，不会对周边水域流态产生明显影响，具有游泳能力的海生物能直接游离取水口区域，不会带来明显的生物撞击影响。由于流速较低，结合各电厂实际运行情况，拦污网捕获的较大型鱼类和贝类数量相对有限，因此电厂取水对较大鱼类和贝类撞击的损失量可忽略不计。电厂取水口流速与邻近海域海流流速接近，不会对周边水域流态产生明显影响，减小了对海生物的撞击和夹带的影响。

此外，陆丰核电厂的取水口周围海域没有海洋生物的产卵场，也不涉及海洋生物的洄游路线，预计取水造成的卷载、卷塞影响较小。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

陆丰核电厂 5、6 号机组运行过程中，其循环冷却水经厂址南侧的排水口排入南海，将导致排水口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，温度的升高将可能导致海洋生物的生长受到抑制或死亡。另外，自然水体经过冷却系统后骤然形成的高温差，亦有可能影响海洋生物的正常活动。

6.1.3.2.1 温排水对海洋生物的影响

（1）温排水对浮游生物的影响

浮游生物不但是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，同时其数量的多少也决定海域海洋初级生产力的大小，从而影响渔业资源的潜在量。如果核电厂的温排水对浮游生物产生严重危害，其后果也会间接影响到本海域的渔业资源量。

温排水与浮游生物的种类数关系密切。一般说来，当水体适度增温时($\Delta T \leq 3^{\circ}\text{C}$)，群落中的种类数增加，其中浮游植物的种类数平均可增加 50%，浮游动物种类数平均可增加 76%，底栖动物可增加 40%。尤其是水温较低的春、秋和冬季表现更加明显。有观测结果表明，春季温度场弱增温区($\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$)生物量最高，是自然水温区生物量的 1.3 倍；而冬季的浮游动物生物量是自然水温区生物量的 2.4 倍。但是在水体强增温时($\Delta T > 3^{\circ}\text{C}$)，会使浮游生物生长有不利影响，特别在夏季自然水温较高时，可能引起浮游生物的种类和数量的减少、群落物种多样性较低，并改变群落中的物种组成。

在水体温度不超过 35°C 时，多数浮游生物的生长不会被抑制或造成死亡，且浮游生物多存在于海域的表层。根据陆丰核电厂海域冬夏季全潮观测报告的观测数据，海域水温日变化一般不超过 32°C ，因此，在电厂温排水 3°C 以上温升区域内的浮游生物的种类和生物量将产生一定影响。根据已开展的温排水模拟成果，5、6 号机组运行温排水造成 3°C 温升的影响仅限于在排放口小范围区域，在夏季半月潮表层最大温升包络面积为 0.55 km^2 （表 6.1-2）。因此预计温排水对排水口附近局部区域的浮游生物造成的不利影响范围有限。

（2）温排水对鱼类的影响

由于鱼类是变温动物，它的体温随环境水温的变化而变化，并依靠游动行为来选择所需的适宜温度。因此，水温对鱼类的各种生命活动过程有很大影响。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，包括：在强增温区、亚增温区会对鱼类洄游行为造成明显逆反影响；会提早鱼类性腺发育成熟产卵，对鱼类生殖产生影响；会使鱼类饵料生物发生变化，从而影响鱼类生长，可能引起种群结构的变动；可能增多寄生虫病的危害，增加对鱼类的致病影响。鱼类喜在适宜温度水域内活动，对超出适宜温度范围的高温或低温水体具有回避反应。在自然水体中，近海区鱼类一般都有随季节水

温变化而进行洄游的现象，这是鱼类对温度的选择。

根据调查，陆丰核电厂周围海域的主要经济鱼类有银姑鱼、尖尾幔、龙头鱼、金线鱼、带鱼和真鲷等。其中，银姑鱼适温范围为 15~28°C，尖尾幔适温范围为 18~30°C，龙头鱼适温范围为 20~30°C，金线鱼适温范围为 5~26°C，带鱼的适温范围为 20~29°C，真鲷适温范围为 20~28°C。根据中科院南海所对大亚湾内几种经济鱼类进行的耐热试验研究结果，在 25~33°C 的驯化温度下，黑鲷、平鲷和细鳞刺的起始致死温度分别为 34.96~36.42°C，34.78~35.62°C 和 38.76~39.39°C。由于该海域内鱼类与大亚湾鱼类同属暖水性种类或暖温性种类，预计海水水温在 35°C 以内时，不会对鱼类产生不利影响。

陆丰核电厂邻近海域水温季节变化十分明显，根据陆丰核电厂海域冬夏季全潮观测报告的观测数据，海域水温日变化一般不超过 32°C，夏季水温相对较高，其他季节水温相对较低。初步预计，由于该区域内鱼类均为暖水性或暖温性鱼类，除夏季外，其他季节温排水入海后水体温度仍在鱼类的适温范围内，因此可以估计温排水不会对鱼类的生长造成明显的影响。夏季海水高温期间，温排水引起的海水升温对鱼类生长的影响局限于核电厂排放口附近的 3°C 温升区域内。根据已开展的温排水模拟成果，5、6 号机组运行温排水造成 3°C 温升的影响范围小，仅限于在排放口小范围区域，在夏季半月潮最大温升包络面积为 0.55km²，且大多数鱼类能够回避高温升区，因此预计温排水对海域内鱼类不会产生明显影响。

（3）温排水对贝类的影响

有关实验结果表明，贝类是变温动物，由于新陈代谢的水平低以及缺乏完善的温度调节导致其体温不恒定。温度过高，能使贝类呼吸急促而不规则，缺氧窒息，还可能造成蛋白质凝固，以至昏迷死亡。适温范围内，贝类新陈代谢旺盛，对呼吸与排泄、运动与摄食、消化与生长、性腺发育与繁殖均产生积极作用。贝类的浮游幼虫，在适温范围内生长和发育速度随水温升高而加速。水温超过一定范围时，生长率下降、发育速度受阻，甚至停止生长，导致幼虫死亡。例如牡蛎属于暖水种，对热有较强的忍受能力，生长的适宜水温 15~35°C。根据中科院南海所对大亚湾内贝类进行的耐热试验研究成果，在 25~35°C 的驯化温度下，翡翠贻贝的起始致死温度为 34.55~36.04°C。鉴于陆丰核电厂附近海域与大亚湾同属南海近海，上述研究成果对于陆丰核电厂具有一定的参考价值。

根据调查，陆丰核电厂周围海域的主要贝类有翡翠贻贝和牡蛎等，其主要生长分

布于海域沿岸的浅水底部。根据陆丰核电厂海域冬夏季全潮观测报告的观测数据，夏季海域底层水温日变化一般不超过 32℃，当受纳水体温升超过 3℃时，则可能对牡蛎和翡翠贻贝产生影响。根据已开展的温排水模拟成果，5、6 号机组运行温排水造成底层 3℃温升的影响仅限于在排放口小范围区域，在夏季半月潮底层温升面积最大不超过 0.03km²。因此，预计温排水对贝类产生的影响范围有限。

（4）温排水对甲壳类（虾、蟹）的影响

甲壳类的适温范围多在 18~32℃之间，大于 38℃不能正常运动，大于 39℃将导致其死亡。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。

根据调查，厂址附近海域内甲壳类主要有长毛对虾、南美白对虾和三疣梭子蟹等，幼体虾主要生活于浅海，并随着发育和生长逐渐向深海区迁移，而三疣梭子蟹主要分布于浅海的底层。在冬季期间，预计核电厂 5、6 号机组温排水引起的温升对该海域内的虾、蟹类不会有明显影响。在夏季期间，根据陆丰核电厂海域夏季全潮观测报告的观测数据，夏季海域水温日变化一般不超过 32℃，已开展的温排水模拟成果表明，5、6 号机组运行温排水造成整个海域内 4℃温升的影响范围极小，不超过 0.17km²，预计温排水对甲壳类影响是非常有限的。

（5）温排水对底栖生物、潮间带生物的影响

温度变化对底栖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。由于底栖生物主要生活在海水底层，本次选用温排水底层温升面积进行评价。

根据温排水影响预测结果，5、6 号机组运行夏、冬季全潮底层最大 4℃温升外包络面积均小于 0.02km²，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。

6.1.3.2.2 温排水对海水养殖的影响

海水养殖均远离 5、6 号机组温排水夏季 1℃冬季 2℃温升包络区域，预计温排水对厂址附近海水养殖的影响有限。

6.1.3.2.3 温排水对自然保护区的影响

陆丰核电厂厂址附近的自然保护区有碣石湾海马资源自然保护区、遮浪角东海洋生态自然保护区、遮浪汇聚流海洋生态系统保护区和汕尾碣石湾鲻鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区。

陆丰核电厂址半径 15km 范围内海域没有产卵场，核电厂附近的索饵场和越冬场主要分布于闽南、粤东近海但远离厂址，蓝圆鲹、东海区鲐台鱼等鱼的洄游通道也距离厂址较远，预计电厂温排水不会对上述“三场一通”造成影响。

厂址周边用海 15km 范围内无红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等特殊生境。

6.1.3.2.4 温排水对海洋生态影响程度分级

根据上述分析，结合 HJ 1409-2025 附录 F 海洋生态影响程度划分表，给出了本工程海洋生态影响程度分级表及划定依据，见表 6.1-5。经分析，本工程对厂址附近海域生态敏感区、生物资源和重要物种的影响程度为弱，对特殊生境无影响。

6.1.3.2.5 减少对水生生物不利影响的措施

为了减少温排水的影响，本工程开展了多种取排水方案的比选论证，离岸深排有利于电厂温排水与深层冷海水快速掺混、降温、稀释，从而减小核电厂温排水造成受纳海域中的高温升区域，尽可能避免或减小对海洋生态的影响。

此外，本工程已利用岸线修复、沙滩养护修复和海洋生物资源恢复等措施，以补偿本工程建设导致的岸线占用和海洋生物资源损失。

表 6.1-1 5、6 号机组运行时的取水口温升 (℃)

潮型	5、6 号机组取水口取水温升特征值	
	平均	最大
夏季半月潮	0.19	0.46
冬季半月潮	0.28	0.61

表 6.1-2 5、6 号机组运行时半月潮最大温升包络面积 (km^2)

潮型	垂向位置	4°C	3°C	2°C	1°C	0.5°C
夏季半月潮	表层	0.17	0.55	2.50	15.36	41.66
	中层	0.02	0.06	0.21	1.19	21.19
	底层	0.02	0.03	0.10	0.33	12.43
	投影	0.17	0.55	2.50	15.36	42.13
冬季半月潮	表层	0.30	0.98	4.85	26.52	98.89
	中层	0.04	0.12	0.40	3.02	85.59
	底层	0.02	0.06	0.18	1.02	78.22
	投影	0.30	0.98	4.85	26.52	101.95
夏、冬季半月 潮叠加	投影	夏季 4.0°C+冬季 4.0°C		夏季 1.0°C+冬季 2.0°C		
		0.30		15.36		

表 6.1-3 5、6 号机组运行时半月潮平均温升包络面积 (km^2)

潮型	垂向位置	4°C	3°C	2°C	1°C	0.5°C
夏季半月潮	表层	<0.001	<0.001	0.001	0.41	3.45
	中层	<0.001	<0.001	<0.001	0.07	0.31
	底层	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.05
	平均	<0.001	<0.001	<0.001	0.06	0.33
冬季半月潮	表层	<0.001	<0.001	<0.001	0.47	6.35
	中层	<0.001	<0.001	0.001	0.11	1.17
	底层	<0.001	<0.001	<0.001	0.02	0.23
	平均	<0.001	<0.001	0.001	0.10	1.46

表 6.1-4 温排水与生态环境分区管控相符性评价

环境管控单元编码	HY44150020005	HY44150030007
环境管控单元名称	田尾山工业与城镇用海区	珠海-潮州近海农渔业区（汕尾范围）
管控单元分类	重点管控单元	一般管控单元
区域布局管控	1-1.通过科学论证，合理安排工业用海、核电用海需求、港口航运用海需求，工程建设及营运期间采取有效措施降低对周边功能区的影响。 1-2.在未开发利用前，保留浅海增养殖等渔业用海。	1-1.以保护海洋生态为前提，合理保障渔业用海，交通运输、旅游、核电、海洋能、矿产、倾废、海底管线及保护区等用海需求。 1-2.保护重要渔业品种的产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。
能源资源利用	4-1.工业与城镇用海区突出节约集约用海原则，合理控制规模，优化空间布局，提高海域空间资源的整体使用效能。 4-2.深化港口岸线资源整合，推进沿海港口规模化、专业化协调发展；港口基础设施及临港配套设施建设应集约高效利用岸线资源和海域空间。	4-1.严格控制近海捕捞强度，严格执行伏季休渔制度和捕捞业准入制度。
污染物排放管控	2-1.向海域排放陆源污染物必须严格执行国家或者地方规定的标准和有关规定。 2-2.船舶及有关作业活动应当遵守有关法律法规和标准，采取有效措施，防止造成海洋环境污染。	2-1.海水养殖应当科学确定养殖密度，并应当合理投饵、施肥，正确使用药物，防止造成海洋环境的污染。不得将海上养殖生产、生活废弃物弃置海域。
环境风险防控	3-1.加强港口应急设施、预警和处置能力建设。	/
相符性分析	本用海区允许合理安排核电用海需求，5、6号机组运行期间温排水也可以满足近岸海域环境功能区划、国土空间总体规划和海岸带及海洋空间规划等对该用海区的管控要求。总体上，温排水与该管控单元管控要求相符。	陆丰核电 5、6 号机组运行期间夏季 1℃冬季 2℃温升包络区域仅小部分进入该管控单元，温升包络区域进入部分无产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道。总体上，温排水与该管控单元管控要求相符。

表 6.1-5 本工程海洋生态影响程度分级表

影响要素	影响程度	判定依据
生态敏感区	弱	根据陆丰核电厂 5、6 号机组总平面布局方案，工程未占用、损害或阻隔海洋生态敏感区，但施工期和运营期可能会对周边的海洋生态红线产生间接影响。
生物资源	弱	本工程附近海域没有重要水生生物“三场一通道”，工程施工和运营期间温排水会对工程海域的生物资源造成轻微损害，生产能力略受损害。
重要物种	弱	本工程附近海域筛选出浮游生物、鱼类、底栖生物、潮间带生物和甲壳类生物的重要物种，工程施工和运营期间温排水会导致生物数量和种群规模略有减小，工程占用和温排水高温升区会间接干扰重要物种生境，使其活动空间略有受限。
特殊生境	无	本工程附近海域未发现红树林、珊瑚礁、海草床和海藻场等特殊生境。

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

6.2.3 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 非人类生物的辐射剂量

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 正常运行的辐射影响

陆丰核电厂 5、6 号机组工程拟建设两台华龙一号压水堆核电机组。本节根据核电厂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，并采用流出物排放源项预期值进行公众辐射“三关键”分析。

6.2.1 流出物排放源项

陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，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。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）第 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单堆年排放量控制值及多堆场址所有机组年总排放量控制值。陆丰核电厂 5、6 号机组放射性流出物各类放射性核素的年排放量，满足国家标准 GB6249-2025 相应的排放量控制值要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于受纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放口处的液态流出物中 ${}^3\text{H}$ 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ， ${}^{14}\text{C}$ 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其它放射性核素总浓度不应超过 1000Bq/L ，各核素活度浓度应满足 GB 6249-2025 附录 D 的要求。

陆丰核电厂 5、6 号机组将参考其他华龙核电机组的运行经验，控制一回路中的放射性水平以及设置监测控制值，确保本项目 ${}^3\text{H}$ 和 ${}^{14}\text{C}$ 的排放浓度满足 GB 6249-2025 的要求。陆丰核电厂 5、6 号机组其他核素预期工况下的排放浓度满足 GB 6249-2025 附录 D 的要求。

根据 HJ808-2016 的要求，本节采用申请排放源项对公众的辐射剂量进行估算，采用较为实际的预期源项进行“三关键”分析，确定核电厂放射性流出物排放造成公众辐射影响的关键人群组、关键核素和关键照射途径，以更现实的反映核电厂放射性流出物排放在环境中的分布及影响情况。

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：气载流出物进入空气后对公众造成的直接外照射剂量。
- 地面沉积物外照射：由于干湿沉积作用流出物沉积于地面对公众地面活动造成的直接外照射剂量。
- 吸入空气内照射：气载流出物进入空气后被公众吸入体内造成的内照射。
- 食入陆生食品内照射：气载流出物由于植物光合作用、根部吸收等途径进入植物体内，动物食入植物进而进入动物体内。公众食入相关动植物食品造成内照射剂量，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。

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：液态流出物进入水体后公众由于游泳活动造成的浸没外照射剂量；
- 水上活动外照射：液态流出物进入水体后公众由于划船活动造成的水上外照射剂量。
- 岸边沉积物外照射：液态流出物进入水体后被泥沙吸附进而由海水冲刷作用沉积至岸边对公众在岸边活动造成的外照射剂量。
- 食入海产品内照射：液态流出物进入水体后转移至海产品内，公众食入海产品摄入放射性核素造成的内照射剂量。

公众食入海产品包括鱼类、甲壳类、软体类、藻类产品。陆丰核电厂液态流出物排放受纳水体为南侧海域，不涉及饮用水及灌溉。因此，不考虑公众或陆生动植物通过饮用海水、用海水灌溉导致摄入放射性核素而造成辐射照射的过程。

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

陆丰核电厂运行状态下，气载和液态放射性流出物通过各照射途径对公众造成的剂量估算模式和参数如下：

(1) 大气弥散

根据核安全导则 HAD101/02 推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔 2023 年 7 月至 2025 年 6 月两整年 10m 和 80m 两层高度逐时观测的风向、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。

(2) 水体稀释

根据本工程液态流出物排放数值模拟结果，排放海域的水体稀释扩散计算采用沿水深平均的平面二维水流浓度场数学模型，水体稀释相对浓度依据该成果。

本报告采用国际原子能机构 IAEA 19 号安全报告推荐的模型和参数，计算放射性核素迁移扩散过程中在海水悬浮物、沉积物中的浓度。

(3) 食物消费和生活习惯

厂址半径 80km 范围内各子区地上环境介质（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

根据上述计算模式和参数计算得到陆丰核电 5 号机组的厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子、长期地面干沉积因子和长期地面湿沉积因子。

为真实反映工程附近海域潮流变化情况，采用实测半月潮水文条件作为液态流出物计算的典型水文条件。

夏季半月潮水文条件：测量时间 2024 年 6 月 15 日～30 日；

冬季半月潮水文条件：测量时间 2024 年 1 月 5 日～20 日。

由于悬沙对放射性核素吸附和底沙再悬浮引起的放射性核素去附的影响机理较为复杂，迄今尚未有较成熟的计算公式，因此，从保守角度出发，在计算中暂未考虑悬浮泥沙对核素的吸附/去附作用。与此同时，本项目采用的 IAEA 19 号报告推荐的模型

和参数中已在 K_d 参数值中反映了悬浮泥沙吸附对剂量贡献的影响。基本方程中悬沙对浓度影响的项“ $K_d \cdot S \cdot (dC/dt)$ ”取零：

$$\frac{\partial HC_i}{\partial t} + \frac{\partial u HC_i}{\partial x} + \frac{\partial v HC_i}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x H \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y H \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) - K_d S \frac{\partial C_i}{\partial t} - \lambda_i H C_i + S_i \quad (1)$$

计算参数的选取根据相关规范、规程要求，并考虑了与前期研究的协调性。

水流数学模型中的主要参数为糙率 n 和紊动粘性系数 ν_t 。

根据电厂附近海域的实际情况，工程海域糙率随水深变化，当水深较浅或接近露滩时，糙率取值较大，一般在 $0.015 \sim 0.020$ 之间。根据电厂附近海域的实际情况，率定后糙率取 0.017。

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。

$$A = c_s l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (2)$$

式中： c_s 为常数，选为默认值 0.28，

l 为水平网格尺度，

$$\text{变形率 } S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (i, j = 1, 2).$$

浓度场数学模型中扩散系数采用 Elder 公式计算， $E_x = E_y = 5.9 u_* H$ ， u_* 为摩阻流速。

衰变常数 λ 的取值与放射性物质的半衰期有关，根据设计单位的技术要求，此次计算主要考虑余氯和半衰期分别为 8 天、70 天、250 天、5 年和不衰变的 5 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

环境空气中放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^3H 和 ^{14}C 年平均浓度最大值位于 SW 方位 0~1km 子区，年平均浓度最大值分别为 $0.945 \text{Bq}/\text{m}^3$ 、 $1.28 \times 10^{-8} \text{Bq}/\text{m}^3$ 、 $0.241 \text{Bq}/\text{m}^3$ 和 $5.05 \times 10^{-3} \text{Bq}/\text{m}^3$ 。 ^{131}I 年平均浓度最大值位于 WSW 方位 0~1km 子区，年平均浓度最大值为 $4.02 \times 10^{-5} \text{Bq}/\text{m}^3$ 。

受纳水体中放射性浓度最大值位于 5、6 号机组排水口 0~1km 海域，核素 ^3H 、 ^{14}C 在该海域海水中的年平均浓度分别为 $1.44 \text{Bq}/\text{L}$ 、 $5.59 \times 10^{-4} \text{Bq}/\text{L}$ 。

《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，

其中与陆丰核电厂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 。五个核素在排放口 $0\sim 1\text{km}$ 海域峰值浓度分别为 $1.06\times 10^{-4}\text{Bq/L}$ 、 $1.37\times 10^{-7}\text{Bq/L}$ 、 $9.43\times 10^{-8}\text{Bq/L}$ 、 $1.06\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 和 $1.45\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ，均满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中相应的浓度限值要求。

排放口附近 $0\sim 1\text{km}$ 海域底泥的核素浓度远低于各核素的辐射本底水平（或探测限水平）。

6.2.6 公众最大个人剂量

（1）公众（成人）个人剂量

陆丰核电厂 5、6 号机组正常运行状态下，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 NE 方位 $1\sim 2\text{km}$ 子区，造成最大年有效剂量增量为 $2.46\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.21\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $2.54\times 10^{-8}\text{Sv}$ 。

（2）公众（青少年）个人剂量

陆丰核电厂 5、6 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（青少年）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 NE 方位 $1\sim 2\text{km}$ 子区，造成最大年有效剂量增量为 $2.63\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.33\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $2.97\times 10^{-8}\text{Sv}$ 。

（3）公众（儿童）个人剂量

陆丰核电厂 5、6 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（儿童）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 NE 方位 $1\sim 2\text{km}$ 子区，造成最大年有效剂量增量为 $2.40\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.15\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $2.55\times 10^{-8}\text{Sv}$ 。

（4）公众（婴儿）个人剂量

陆丰核电厂 5、6 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（婴儿）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 NE 方位 $1\sim 2\text{km}$ 子区，造成最大年有效剂量增量为 $1.04\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $9.95\times 10^{-8}\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $4.46\times 10^{-9}\text{Sv}$ 。

（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，陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物对厂址 NE 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对公众造成的年受照有效剂量青少年组公众个人>成人组公众个人>儿童组公众个人>婴儿组公众个人。

因此，陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，运行时其厂址 NE 方位 1~2km 子区内的青少年受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为 2.63×10^{-7} Sv。

（6）集体剂量

5、6 号机组对评价区内公众集体年有效剂量结果为 3.70×10^{-2} 人•Sv，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 3.18×10^{-2} 人•Sv 和 5.27×10^{-3} 人•Sv。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

非人类生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性核素以及核设施排放的放射性流出物，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。

陆丰核电厂址附近海域海洋生物的种类，按照浅水鱼、深海鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物七类参考生物。

6.2.7.2 非人类生物辐射影响评价

(1) 水生生物辐射影响

陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，液态放射性流出物对排放口附近海域水体中深海鱼类、浅水鱼、软体类、甲壳类、藻类、浮游植物和浮游动物七类海洋生物的辐射剂量率均低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy}/\text{h}$ 剂量率筛选值，其中浮游动物受到的剂量最大，为 $2.45 \times 10^{-4}\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。因此，陆丰核电厂 5、6 号机组运行后，两台机组排放的液态放射性流出物对受纳海域水体中深海鱼类、浅水鱼、软体类、甲壳类、藻类、浮游植物和浮游动物七类参考海洋生物不会造成明显的损伤，对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

(2) 陆域生物辐射影响

陆丰核电厂 5、6 号机组运行期间对厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为苔藓植物，为 $1.61 \times 10^{-3}\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。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 $10\mu\text{Gy}/\text{h}$ 剂量率筛选值，对核电厂周围陆域中的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

对陆丰核电厂 5、6 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，初步考虑一般公众受照剂量较大的 NE 方位 1.6km 后埔村居民，对该子区考虑渔民、农民和青少年三类人群，相关生活习性和食

谱消费情况见本报告 2.2 节。

陆丰核电厂址 5、6 号两台机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 NE 方位 1.6km 的后埔村青少年造成的年有效剂量大于其它子区内渔民、村民或青少年的受照剂量，为 $1.26 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。本阶段将厂址 NE 方位 1.6km 的后埔村青少年作为受陆丰核电厂址 5、6 号两台机组辐射影响最大的可能关键人群组。

陆丰核电厂址 5、6 号两台机组运行状态下，核电厂放射性流出物排放对关键组居民个人造成的有效剂量为 $1.26 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 $1.03 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 81.64%；通过液态途径造成的剂量贡献为 $2.31 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 18.36%。

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效果剂量为 $9.64 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 76.48%。其它重要照射途径为食入海产品内照射，对关键组居民个人造成的效果剂量分别为 $2.31 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 18.3%。

关键核素为 ^{14}C ，对关键组居民个人造成的效果剂量为 $1.15 \times 10^{-7} \text{Sv}$ ，占个人总有效剂量的 91.04%；其它重要核素为 ^3H ，对关键组居民个人造成的效果剂量为 $6.09 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 4.83%。

6.2.9 辐射影响评价

陆丰核电厂 5、6 号两台机组运行状态下各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准 GB6249-2025 相应的控制要求。5、6 号机组运行过程中，液态流出物中氚、碳 14 以及除氚碳 14 外其它液态放射性核素的排放浓度满足相应排放浓度控制要求。

(1) 公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）第 6.1 款规定任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的效果剂量，每年不得超过 0.25mSv 。陆丰核电厂规划建设六台机组，其中陆丰核电厂 5、6 号机组年个人有效剂量要求为 0.08mSv/a 。

陆丰核电厂厂址 5、6 号机组放射性流出物排放造成的效果剂量为 $2.63 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占本期工程剂量要求 (0.08mSv/a) 的 0.33%。其中通过气态途径造成的效果剂量为 $2.33 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占 5、6 号机组气态剂量管理目标值 (0.07mSv/a) 的 0.33%；通过液态途径造成的效果剂量为 $2.97 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占 5、6 号机组液态剂量管

理目标值（ 0.01mSv/a ）的 0.30%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键人群组为位于厂址 NE 方位 1.6km 的后埔村青少年，需要关注的照射途径包括：食入陆生食品内照射途径和食入海产品内照射，需要关注的放射性核素包括： ^{14}C 、 ^{3}H 。

（2）非人类物种辐射影响评价

陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，两台机组液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为 $2.45 \times 10^{-4}\mu\text{Gy/h}$ ，低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值，因此，可以认为陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，液态放射性流出物排放不会对排放口附近海域的海洋生物在种群上造成明显的损伤。

陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，厂址两台机组气态流出物对厂址周围陆生生物造成的剂量率最大为 $1.61 \times 10^{-3}\mu\text{Gy/h}$ ，远低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值。因此，可以预计，陆丰核电厂 5、6 号机组运行后，对核电厂周围陆域中的生物辐射影响很小。

陆丰核电厂 5、6 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。

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3 其它环境影响

陆丰核电厂 5、6 号机组正常运行时，可能造成的环境影响除了前述温排水影响和辐射影响外，还包括循环冷却水中的化学物质、非放生产废水、固体废物等非放射性的影响。核电厂排放的化学物质主要来自于非放射性化学物质排放、污水处理系统的流出物排放以及海水连续加氯处理系统的余氯排放等工艺过程。

本节将对上述非放射性污染物对环境的可能影响进行分析和评价。

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 余氯排放的影响

为保护核电厂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的降低，通常在循环冷却系统的取水中加入一定浓度的次氯化物。加氯处理在抑制浮游生物在管道内繁殖的同时，也造成了电厂排放的冷却水中有一定数量的余氯。余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯对水生生物的影响，还包括在水中氯与有机物形成某些有毒的有机氯化合物而具有长期的毒性，可能进入食物链对人体健康造成危害。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ HOCl 和 OCl^- ），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。水体的化学性质、pH 值、温度以及外界光照，对余氯的生物效应都有影响。较低的 pH 值、 NH_3 含量和较高的温度，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。

陆丰核电工程碣石湾湾口岬角处，针对工程所在海域的地形、边界及水流特性模式数模专题单位采用沿水深平均的平面二维水流浓度场数学模型，并根据电厂附近海域的实际情况采用相关参数，开展余氯稀释扩散模拟研究。专题计算结果显示，余氯的半衰期很短，衰减常数较大，随温排水流出排水口后很快被自然水体所掺混、稀释，其相对浓度影响范围较小，基本限于排水口附近东西两侧近岸海域，呈扁长状分布形态。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约 $150\mu\text{g}/\text{L}$ 。本工程两台机组正常运行后排放的余氯在附近海域全潮下稀释至余氯绝对浓度值为 $20\mu\text{g}/\text{L}$ （稀释因子约为 0.13）时最大包络面积为 0.94km^2 。余氯排放对周围海域中海洋

生物有毒性影响的范围限于有限的范围内。

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。

6.3.1.2 非放射性化学物质排放的影响

陆丰核电厂 5、6 号机组生产过程中需要使用一定量的化学品。这些化学品包括：絮凝剂、助凝剂、亚硫酸氢钠、次氯酸钠、盐酸、氢氧化钠、氨水、水合联氨等。

非放射性工业废水处理站（BST 子项）通过非放射性工业废水处理系统（SWT）进行水质处理，出水水质指标执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位）。非放射性工业废水处理站总设计处理能力 100m³/h，各项非放射性化学物质与循环冷却水混合后对海水环境本底值增量有限。因此，非放射性化学物质排放对海水水质影响有限。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 含油废水环境影响

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。BES 出水的石油类指标执行广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准，BES 出水排至非放射性工业废水处理站。非放射性工业废水处理站出水水质指标执行广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位）。BER 出水的石油类指标执行广东省《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准。BER 出水排至 BQB 厂房的常规岛废液排放系统（SEL）进行统一处理排放。

本工程排放的石油类污染物与循环冷却水混合后对海水环境本底值增量有限，对海洋沉积物环境影响同样有限。因此，预计不会对周围环境造成影响。

6.3.2.2 生活污水环境影响

本工程主厂区建设一座厂区污水处理站（BEW）满足厂区生活污水处理的需要，BEW 出水优先回用厂区绿化、道路清扫及冷源拦截设施清洗等用途，剩余部分达标排

放，排放时执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及修改单一级 A 标准和《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位）的较严要求，回用时执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020) 中城市绿化、道路清扫的限值和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及修改单一级 A 标准，在无法全部回用时剩余部分达标排放至虹吸井与循环水进一步混合，对厂址周围的海洋环境造成影响很小。

主厂区外生活区污水处理站（372 子项）出水全部回用，回用时执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及修改单一级 A 标准限值以及《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)中城市绿化、道路清扫的限值要求，对环境不造成影响。

6.3.2.3 海水淡化环境影响

陆丰核电厂 5、6 号机组除盐水生产系统补水、生产用水水源由海水淡化系统供给，拟采用反渗透法海水淡化方案。海水淡化系统中，混凝沉淀池的泥渣废水排至污泥浓缩池，然后污泥经过脱水后运出厂区由相关有资质单位处理；污泥浓缩池排出的清水、超滤反洗水、超滤加强反洗排水及厂房内地面排水排至海管网，最终送至循环水系统 BCC 井。海淡反渗透浓水经过能量交换后，通过海管网排至循环水系统 BCC 井，经循环水排水混合后排放。

本工程海水淡化系统出力按照满足 2 台机组运行需求考虑，本期工程海水淡化系统二级反渗透正常运行出力为 $260\text{m}^3/\text{h}$ ，一级反渗透正常运行出力为 $310\text{m}^3/\text{h}$ 。

海水淡化系统添加的盐酸、氢氧化钠、次氯酸钠废水经中和调节后，统一收集，送至海水废水收集池，中和后通过海管网送至 BCC 井与循环冷却水排放。海水淡化的浓盐水中盐分约为原海水中盐分的 1.5 倍，本项目原海水的盐度约为 35‰，浓盐水中的盐分含量约为 52‰，对循环冷却水中的盐度增量约为 0.1%，盐度增量有限，预计浓盐水排放对厂址附近海域环境造成影响有限。海水淡化预处理添加的絮凝剂和助凝剂经过污泥系统处理，最后经压榨成污泥外运，对环境影响有限。

6.3.2.4 非放射性固废环境影响

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体废物，其中一般工业固体废物有废木材、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。

本工程设置工业废物暂存库（BKI）对产生的一般工业固体废物和危险废物进行暂存。本工程运行期间所产生的危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）暂存，委托具有相关处理资质的公司进行外运处置，一般工业固体废物委托专业废弃物公司进行外运处置，对环境不产生影响。

核电厂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不直接进入环境，对环境无影响。

6.3.2.5 噪声环境影响

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组不停运转；
- 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。根据国内核电厂相关资料，每台泵、风机、设备的噪声源强为 85~110dB (A)。为了降低噪声对环境的影响，各噪声源采用了厂房吸音、厂房封闭隔声等降噪措施。

采用考虑几何发散引起的声级衰减的保守预测公式和某点处受多个声源噪声叠加公式计算上述预测点的噪声，预计陆丰核电厂 5、6 号机组正常运行时，对西侧的厂界噪声贡献小于 35dB(A)，对北侧的厂界噪声贡献小于 35dB(A)，对南侧的厂界噪声贡献小于 33dB(A)，即使叠加环境现状噪声监测结果（昼间 56dB (A)，夜间 45dB (A)），在电厂厂界外 1m 造成的噪声级均可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类排放限值要求（昼间 60dB (A)，夜间 50dB (A)）。

对距离电厂最近的居民点（厂址 NW 方位 1.3km 的浅澳村）进行噪声预测，电厂运行后对该处的噪声贡献小于 20dB(A)，远低于该处的环境现状噪声监测结果（昼间 54dB (A)，夜间 44dB (A)）后，叠加后该处的声环境仍可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类功能区限值要求。

6.3.2.6 电磁环境影响

对于 500kV 开关站，根据红沿河核电厂开关站的实测结果，其周界外的工频电场强度范围为 28.61~82.32V/m，工频磁场强度范围为 0.0772~0.2791μT；500kV 送电线路正下方及附近 10m 范围内的工频电场强度范围为 341.16~352.30V/m，工频磁场强度范围为 0.2686~0.2892μT。均远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）工频电场 4000V/m，工频磁场 100μT 的控制限值的要求。

考虑到陆丰核电厂的开关站、输电线路规模与上述实测电厂的规模相同，因此，可以预计陆丰核电厂开关站、输电线路运行后对环境造成的工频电场强度以及工频磁场强度贡献与上述实测结果不会存在量级上的差异，预计项目周围的电磁环境质量可以满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）工频电场 4000V/m，工频磁场 100μT 的控制限值的要求。

6.4 初步退役计划

6.4.1 退役总原则

6.4.2 环境辐射本底水平

6.4.3 退役策略

6.4.4 退役方案设想

6.4.5 退役技术

6.4.6 废物管理

6.4.7 退役经费

6.4.8 知识管理、文档的记录和保存

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。陆丰核电厂 5、6 号机组采用华龙一号核电技术方案，运行期满将实施退役。

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》的规定，机组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。

6.4.1 退役总原则

核电厂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厂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。为了便于核电厂的退役和拆除，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。核电厂的设计、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) 设计上对核电厂的放射性物质和非放射性物质进行严格区分。

6.4.2 辐射环境本底水平调查

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）要求，在核动力厂场址首台机组运行前，营运单位应完成辐射环境本底水平的调查，至少应获得最近连续两年的调查数据。5、6号机组作为陆丰核电厂址首期运行工程，开展的辐射本底调查可为将来退役完成后的厂址验收提供比较依据。

同时，建设单位将密切跟踪行业进展，制定合理的退役前辐射水平调查方案，并体现在退役前的最终退役计划中。待本工程退役后对可能受污染的建（构）筑物、系统设备、土壤、水体、沉积物等开展环境辐射水平调查工作。

6.4.3 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。

核电厂反应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。

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。初步考虑到本工程退役时，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。现阶段本工程优先考虑立即拆除策略。

6.4.4 退役方案设想

结合国际上退役实践经验，目前考虑本期工程退役拆除顺序为先进行常规岛、BOP 等非污染区域的设备拆卸和厂房拆除工作，然后再进行放射性污染控制区的拆除作业。根据 IAEA 和国际上核电厂退役的实践经验将本期工程的退役分为如下五个阶段：

- a) 第一阶段退役前准备，该阶段工作在核电厂停闭前开展，主要工作是开展核电厂退役可行性研究、退役执照申请、退役设计和退役技术研发等；
- b) 第二阶段电厂安全停闭、乏燃料卸载及清理，该阶段是核电机组停止运行并有计划地进行一系列活动，主要工作是乏燃料卸载、源项调查、现场改造、安全维护、运行废物（包括固体废物、废液等）的清理以及主回路、辅助设施和工艺厂房的初步去污等；

- c) 第三阶段乏燃料安全贮存，是在第二阶段退役的基础上进行的，其主要任务为乏燃料在乏池内安全储存，进行部分的清理及拆除工作，此阶段末期还需要更新退役计划；
- d) 第四阶段去污和拆除，主要是含放射性的系统、设备及受污染厂房的去污和拆除，并按规定处理、贮存或处置放射性废物；退役拆除工作包括主回路设备拆除，如反应堆压力容器及堆内构件、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵、稳压器及主回路管道，还包括辅助系统和厂房的拆除等，部分拆除工作开展前需要进行去污，去污和拆除的工作可能需要借助远程遥控技术或机器人技术；
- e) 第五阶段厂址恢复和终态验收，主要任务是厂址恢复（包括其它设施的拆除）、厂址终态调查、终态验收等。

6.4.5 退役技术

退役的最佳可行技术（BAT）原则，即要求实施方必须采用退役实施时所能达到的最佳技术或技术组合，以人员、公众及环境安全为最高目标。为充分体现并切实执行上述原则，本期工程的营运单位在退役前需制定详细退役计划的阶段便应该开始进行有关退役技术的情况收集、技术评价、以及代价—利益分析，并以此作为一个重要的设计输入对最终生效的核电厂退役实施计划进行更新和完善，包括整个运行期间针对核电厂退役技术的进步及发展状况进行跟踪，以及核电厂运行期间发生重要技术变更及改造对未来退役实施的影响评估等，以保证核电厂的实际退役活动可以顺利且安全地完成。

6.4.6 废物管理

退役过程中不可避免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。在确保安全的前提下，要根据废物的特性、放射性核素种类和活度浓度等，进行合适的分类管理，并根据其分类进行合适的处理与处置。退役过程中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。

6.4.7 退役经费

《中华人民共和国核安全法》第四十八条规定，“核设施营运单位应当预提核设施退役费用、放射性废物处置费用，列入投资概算、生产成本，专门用于核设施退役、放射性废物处置。具体办法由国务院财政部门、价格主管部门会同国务院核安全监督管理部门、核工业主管部门和能源主管部门制定。”《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十七条规定，“核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，列入投资概算或者生产成本。费用的提取和管理办法，由国务院财政部门、价格主管部门会同国务院环境保护行政管理部门、核设施主管部门规定。”

本期工程的退役经费，将按照一定的比例逐年从项目发电收益中提取。目前由核电厂营运单位负责对退役资金的管理，以确保资金的安全。

6.4.8 知识管理、文档的记录和保存

退役作为一项长期、复杂的工作，核电厂营运单位应当记录和保留核电厂的环境本底辐射水平或环境水平现状调查；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，可用于在退役准备期间以安全的方式开展活动，以及可用于安全地进行核动力厂的退役。

本期工程运行后，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。核电厂营运单位将如实、准确做好记录，以便为核电厂退役提供详实的数据，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 6249-2025）要求，核电厂营运单位在核动力厂整个寿期内，应记录和保留所有活动中获得的关于受污染或被活化的建（构）筑物、系统和设备的经验和文件。核电厂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，制定核电厂的最终退役计划，并准备退役安全分析报告等申请文件。

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 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

7.1.1.2 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

表

表 7.1-1 非居住区边界上的大气弥散因子

表 7.1-2 规划限制区外边界上的大气弥散因子

表 7.1-3 剂量转换因子

表 7.1-4 非居住区边界上公众个人剂量

表 7.1-5 规划限制区外边界公众个人剂量

表 7.1-6 事故后果与国家标准的比较

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

陆丰核电厂 5、6 号机组建造两台百万千瓦级华龙一号技术融合方案压水堆核电机组。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 GB 6249-2025 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。

本工程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。

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：

(1) 极限事故 (DBC-4):

- 大破口失水事故
- RCCA 弹出事故
- 蒸汽系统管道大破口事故
- 蒸汽发生器传热管破裂事故（同一个 SG 有 2 根传热管破裂）
- 燃料操作事故
- 主泵转子卡死（卡轴）或主泵轴断裂事故
- 安全壳外 RHR 管道破裂事故

(2) 稀有事故 (DBC-3)

- 蒸汽发生器传热管破裂事故（1 根传热管破裂）
- 单个控制棒失控抽出事故
- 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故
- 废气储存罐破损事故
- 容积控制箱破损事故
- 小破口失水事故

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

根据陆丰核电厂厂址气象观测系统 2023 年 7 月至 2025 年 6 月连续两年的逐时气象观测数据及本报告第二章 2.4 节厂址大气扩散参数，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。

表 7.1-1 给出了本项目非居住区 500m 边界上 0~2h 时段的事故大气弥散因子。表 7.1-2 给出了规划限制区 5km 外边界事故持续期间 30d 内各时段的事故大气弥散因子。非居住区边界和规划限制区外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。

计算中采用的剂量转换因子见表 7.1-3。

7.1.3 事故后果评价

GB 6249-2025 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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

陆丰核电厂 5、6 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 6249-2025 中的极限事故，DBC-3 类工况事故对应于 GB 6249-2025 中的稀有事故。

表 7.1-4 和表 7.1-5 分别给出了设计基准事故在非居住区边界和规划限制区边界上造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量。表 7.1-6 给出了这些事故的放射性后果与国家标准相应控制值的比较。

由事故剂量结果分析可知：

对于极限事故，RCCA 弹出事故对非居住区边界上公众在事故发生后任意 2h 内，以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内造成的效果剂量和甲状腺当量剂量均最大。事故剂量后果都满足国家标准 GB 6249-2025 的相应要求。

对于稀有事故，单个控制棒失控抽出事故对非居住区边界上公众在事故发生后任意 2h 内造成的效果剂量最大，蒸汽发生器传热管破裂事故（1 根传热管破裂）对非居住区边界上公众在事故的整个持续时间内造成的效果剂量和甲状腺当量剂量最大；单个控制棒失控抽出事故对规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内造成的效果剂量和甲状腺当量剂量均为最大。事故剂量后果都满足国家标准 GB 6249-2025 的相应要求。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，陆丰核电厂 5、6 号机组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 GB 6249-2025 的相应要求。

表7.1-1 非居住区边界上的大气弥散因子 (s/m³)

方位	距离 (m)	大气弥散因子 (0~2h)
N	500	8.07E-05
NNE	500	8.46E-05
NE	500	7.92E-05
ENE	500	7.56E-05
E	500	9.11E-05
ESE	500	7.38E-05
SE	500	7.68E-05
SSE	500	1.15E-04
S	500	1.42E-04
SSW	500	1.50E-04
SW	500	1.38E-04
WSW	500	8.74E-05
W	500	8.01E-05
WNW	500	7.72E-05
NW	500	7.06E-05
NNW	500	6.58E-05
全厂址 (95%概率水平)		1.28E-04
全厂址 (50%概率水平)		3.56E-05

表 7.1-2 规划限制区外边界上的大气弥散因子 (s/m³)

方位	距离 (m)	0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	5000	5.47E-06	3.23E-06	2.01E-06	9.77E-07	3.46E-07
NNE	5000	5.49E-06	3.17E-06	1.94E-06	9.12E-07	3.09E-07
NE	5000	5.10E-06	3.00E-06	1.87E-06	9.02E-07	3.18E-07
ENE	5000	4.95E-06	2.76E-06	1.64E-06	7.34E-07	2.33E-07
E	5000	6.62E-06	3.59E-06	2.08E-06	8.97E-07	2.69E-07
ESE	5000	4.99E-06	2.74E-06	1.60E-06	7.01E-07	2.15E-07
SE	5000	5.42E-06	3.03E-06	1.81E-06	8.17E-07	2.61E-07
SSE	5000	1.31E-05	6.88E-06	3.87E-06	1.60E-06	4.48E-07
S	5000	1.69E-05	9.71E-06	5.93E-06	2.78E-06	9.35E-07
SSW	5000	1.76E-05	1.07E-05	6.85E-06	3.46E-06	1.30E-06
SW	5000	1.47E-05	8.87E-06	5.66E-06	2.84E-06	1.05E-06
WSW	5000	6.46E-06	4.12E-06	2.75E-06	1.48E-06	6.12E-07
W	5000	5.42E-06	3.26E-06	2.07E-06	1.03E-06	3.77E-07
WNW	5000	4.57E-06	2.63E-06	1.61E-06	7.55E-07	2.55E-07
NW	5000	4.43E-06	2.55E-06	1.55E-06	7.28E-07	2.45E-07
NNW	5000	4.30E-06	2.48E-06	1.52E-06	7.13E-07	2.41E-07
全厂址 (95%概率水平)		1.37E-05	8.62E-06	5.68E-06	3.00E-06	1.20E-06
全厂址 (50%概率水平)		2.09E-06	1.68E-06	1.38E-06	1.02E-06	6.64E-07

表 7.1-3 剂量转换因子

核素	衰变常数 (1/s)	烟云浸没照射 (Sv/s) / (Bq/m ³)	地面沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m ²)	吸入内照射 (Sv/Bq)	甲状腺吸入 (Sv/Bq)
Kr-83m	1.05E-04	2.43E-18	-	-	-
Kr-85m	4.30E-05	6.83E-15	-	-	-
Kr-85	2.05E-09	2.55E-16	-	-	-
Kr-87	1.52E-04	3.94E-14	-	-	-
Kr-88	6.78E-05	9.72E-14	-	-	-
Xe-131m	6.74E-07	3.70E-16	-	-	-
Xe-133m	3.66E-06	1.27E-15	-	-	-
Xe-133	1.53E-06	1.39E-15	-	-	-
Xe-135m	1.75E-08	1.85E-14	-	-	-
Xe-135	2.12E-05	1.11E-14	-	-	-
Xe-138	1.88E-08	5.44E-14	-	-	-
I-131	有机碘	9.98E-07	1.84E-14	3.81E-16	1.50E-08
	粒子碘				7.40E-09
	元素碘				2.00E-08
I-132	有机碘	8.37E-05	1.14E-13	2.28E-15	1.90E-10
	粒子碘				9.40E-11
	元素碘				3.10E-10
I-133	有机碘	9.26E-06	3.01E-14	6.34E-16	3.10E-09
	粒子碘				1.50E-09
	元素碘				4.00E-09
I-134	有机碘	2.20E-04	1.33E-13	2.63E-15	5.00E-11
	粒子碘				4.50E-11
	元素碘				1.50E-10
I-135	有机碘	2.91E-05	8.24E-14	1.52E-15	6.80E-10
	粒子碘				3.20E-10
	元素碘				9.20E-10
Rb-88	6.48E-04	3.36E-14	5.95E-16	2.26E-11	1.37E-12
Rb-89	7.61E-04	1.06E-13	1.91E-15	1.16E-11	1.61E-12
Cs-134	1.07E-08	7.61E-14	1.55E-15	6.60E-09	6.30E-09
Cs-136	6.11E-07	1.08E-13	2.12E-15	1.20E-09	1.00E-09
Cs-137	7.33E-10	2.76E-14	5.71E-16	4.60E-09	4.40E-09
Cs-138	3.58E-04	1.21E-13	2.19E-15	2.74E-11	3.57E-12

注：

- 惰性气体：烟云浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。
- 碘和碱金属：吸入内照射有效剂量转换因子和甲状腺当量剂量转换因子主要取自国际辐射防护委员会（ICRP）71号出版物；烟云浸没外照射、地面沉积外照射剂量转换因子主要取自国际原子能机构（IAEA）19号安全报告（2001）。

表 7.1-4 (1/4) 非居住区边界上公众个人剂量
有效剂量 (0-2h)

单位: Sv

方位	距离 (m)	大破口失水 事故	RCCA 弹出 事故	蒸汽系统管道大破口事故		蒸汽发生器 传热管破裂 事故 (2 根)	燃料操作事 故	主泵转子卡 死 (卡轴) 或主泵轴断 裂事故	安全壳外 RHR 管道破 裂事故
				事故前碘峰	事故并发碘 峰				
N	500	1.94E-03	6.08E-03	1.78E-04	1.22E-04	2.98E-03	5.15E-04	2.62E-03	5.43E-04
NNE	500	2.03E-03	6.37E-03	1.86E-04	1.27E-04	3.12E-03	5.40E-04	2.75E-03	5.70E-04
NE	500	1.90E-03	5.97E-03	1.74E-04	1.19E-04	2.92E-03	5.05E-04	2.57E-03	5.33E-04
ENE	500	1.81E-03	5.70E-03	1.66E-04	1.14E-04	2.79E-03	4.82E-04	2.45E-03	5.09E-04
E	500	2.19E-03	6.86E-03	2.00E-04	1.37E-04	3.36E-03	5.81E-04	2.96E-03	6.13E-04
ESE	500	1.77E-03	5.56E-03	1.62E-04	1.11E-04	2.72E-03	4.71E-04	2.40E-03	4.97E-04
SE	500	1.84E-03	5.79E-03	1.69E-04	1.16E-04	2.83E-03	4.90E-04	2.49E-03	5.17E-04
SSE	500	2.76E-03	8.66E-03	2.53E-04	1.73E-04	4.24E-03	7.34E-04	3.73E-03	7.74E-04
S	500	3.41E-03	1.07E-02	3.12E-04	2.14E-04	5.24E-03	9.06E-04	4.61E-03	9.56E-04
SSW	500	3.60E-03	1.13E-02	3.30E-04	2.26E-04	5.53E-03	9.57E-04	4.87E-03	1.01E-03
SW	500	3.31E-03	1.04E-02	3.04E-04	2.08E-04	5.09E-03	8.80E-04	4.48E-03	9.29E-04
WSW	500	2.10E-03	6.58E-03	1.92E-04	1.32E-04	3.22E-03	5.58E-04	2.84E-03	5.88E-04
W	500	1.92E-03	6.03E-03	1.76E-04	1.21E-04	2.95E-03	5.11E-04	2.60E-03	5.39E-04
WNW	500	1.85E-03	5.82E-03	1.70E-04	1.16E-04	2.85E-03	4.93E-04	2.51E-03	5.20E-04
NW	500	1.69E-03	5.32E-03	1.55E-04	1.06E-04	2.60E-03	4.50E-04	2.29E-03	4.75E-04
NNW	500	1.58E-03	4.96E-03	1.45E-04	9.91E-05	2.43E-03	4.20E-04	2.14E-03	4.43E-04
全厂址 (95%概率水平)		3.07E-03	9.64E-03	2.82E-04	1.93E-04	4.72E-03	8.17E-04	4.16E-03	8.62E-04

表 7.1-4 (2/4) 非居住区边界上公众个人剂量
有效剂量 (0-2h)

单位: Sv

方位	距离 (m)	蒸汽发生器传热管破裂事故 (1 根)	单个控制棒失控抽出事故	安全壳外含一回路冷却剂管线 破裂事故		废气储存罐破 损事故	容积控制箱破 损事故	小破口失水事 故
				REN 系统管线 破裂	RCV 系统管线 破裂			
N	500	4.42E-04	7.05E-04	1.43E-04	2.96E-04	2.70E-04	3.16E-04	8.34E-05
NNE	500	4.63E-04	7.39E-04	1.50E-04	3.10E-04	2.83E-04	3.32E-04	8.74E-05
NE	500	4.33E-04	6.92E-04	1.40E-04	2.90E-04	2.65E-04	3.10E-04	8.18E-05
ENE	500	4.14E-04	6.60E-04	1.34E-04	2.77E-04	2.53E-04	2.96E-04	7.81E-05
E	500	4.99E-04	7.96E-04	1.62E-04	3.34E-04	3.05E-04	3.57E-04	9.41E-05
ESE	500	4.04E-04	6.45E-04	1.31E-04	2.71E-04	2.47E-04	2.89E-04	7.63E-05
SE	500	4.20E-04	6.71E-04	1.36E-04	2.82E-04	2.57E-04	3.01E-04	7.94E-05
SSE	500	6.29E-04	1.00E-03	2.04E-04	4.22E-04	3.85E-04	4.51E-04	1.19E-04
S	500	7.77E-04	1.24E-03	2.52E-04	5.21E-04	4.75E-04	5.57E-04	1.47E-04
SSW	500	8.21E-04	1.31E-03	2.66E-04	5.50E-04	5.02E-04	5.88E-04	1.55E-04
SW	500	7.55E-04	1.21E-03	2.45E-04	5.06E-04	4.62E-04	5.41E-04	1.43E-04
WSW	500	4.78E-04	7.63E-04	1.55E-04	3.20E-04	2.92E-04	3.43E-04	9.03E-05
W	500	4.38E-04	7.00E-04	1.42E-04	2.94E-04	2.68E-04	3.14E-04	8.28E-05
WNW	500	4.23E-04	6.74E-04	1.37E-04	2.83E-04	2.58E-04	3.03E-04	7.98E-05
NW	500	3.86E-04	6.17E-04	1.25E-04	2.59E-04	2.36E-04	2.77E-04	7.30E-05
NNW	500	3.60E-04	5.75E-04	1.17E-04	2.41E-04	2.20E-04	2.58E-04	6.80E-05
全厂址 (95%概率水平)		7.01E-04	1.12E-03	2.27E-04	4.69E-04	4.28E-04	5.02E-04	1.32E-04

表 7.1-4 (3/4) 非居住区边界上公众个人剂量
甲状腺当量剂量 (0-2h)

单位: Sv

方位	距离 (m)	大破口失水 事故	RCCA 弹出 事故	蒸汽系统管道大破口事故		蒸汽发生器 传热管破裂 事故 (2 根)	燃料操作事 故	主泵转子卡 死 (卡轴) 或主泵轴断 裂事故	安全壳外 RHR 管道破 裂事故
				事故前碘峰	事故并发碘 峰				
N	500	2.39E-02	6.08E-02	2.15E-03	2.16E-03	4.85E-02	6.94E-03	2.61E-02	3.59E-03
NNE	500	2.51E-02	6.37E-02	2.25E-03	2.26E-03	5.08E-02	7.28E-03	2.74E-02	3.76E-03
NE	500	2.35E-02	5.97E-02	2.11E-03	2.12E-03	4.76E-02	6.81E-03	2.57E-02	3.52E-03
ENE	500	2.24E-02	5.70E-02	2.01E-03	2.02E-03	4.54E-02	6.50E-03	2.45E-02	3.36E-03
E	500	2.70E-02	6.86E-02	2.42E-03	2.44E-03	5.47E-02	7.83E-03	2.95E-02	4.05E-03
ESE	500	2.19E-02	5.56E-02	1.96E-03	1.97E-03	4.43E-02	6.35E-03	2.39E-02	3.28E-03
SE	500	2.28E-02	5.79E-02	2.04E-03	2.05E-03	4.61E-02	6.60E-03	2.49E-02	3.42E-03
SSE	500	3.41E-02	8.66E-02	3.06E-03	3.07E-03	6.91E-02	9.89E-03	3.73E-02	5.11E-03
S	500	4.21E-02	1.07E-01	3.78E-03	3.80E-03	8.53E-02	1.22E-02	4.60E-02	6.31E-03
SSW	500	4.45E-02	1.13E-01	3.99E-03	4.01E-03	9.01E-02	1.29E-02	4.86E-02	6.67E-03
SW	500	4.09E-02	1.04E-01	3.67E-03	3.69E-03	8.29E-02	1.19E-02	4.47E-02	6.14E-03
WSW	500	2.59E-02	6.58E-02	2.32E-03	2.34E-03	5.25E-02	7.52E-03	2.83E-02	3.89E-03
W	500	2.38E-02	6.03E-02	2.13E-03	2.14E-03	4.81E-02	6.89E-03	2.60E-02	3.56E-03
WNW	500	2.29E-02	5.82E-02	2.05E-03	2.06E-03	4.64E-02	6.64E-03	2.50E-02	3.43E-03
NW	500	2.09E-02	5.32E-02	1.88E-03	1.89E-03	4.24E-02	6.07E-03	2.29E-02	3.14E-03
NNW	500	1.95E-02	4.96E-02	1.75E-03	1.76E-03	3.95E-02	5.66E-03	2.13E-02	2.93E-03
全厂址 (95%概率水平)		3.80E-02	9.64E-02	3.40E-03	3.42E-03	7.69E-02	1.10E-02	4.15E-02	5.69E-03

表 7.1-4 (4/4) 非居住区边界上公众个人剂量
甲状腺当量剂量 (0-2h)

单位: Sv

方位	距离 (m)	蒸汽发生器传热管破裂事故 (1 根)	单个控制棒失控抽出事故	安全壳外含一回路冷却剂管线 破裂事故		废气储存罐破 损事故	容积控制箱破 损事故	小破口失水事 故
				REN 系统管线 破裂	RCV 系统管线 破裂			
N	500	6.13E-03	5.76E-03	1.36E-03	5.18E-05	6.19E-05	5.33E-05	8.34E-04
NNE	500	6.43E-03	6.03E-03	1.42E-03	5.43E-05	6.49E-05	5.58E-05	8.74E-04
NE	500	6.02E-03	5.65E-03	1.33E-03	5.08E-05	6.07E-05	5.23E-05	8.18E-04
ENE	500	5.75E-03	5.39E-03	1.27E-03	4.85E-05	5.80E-05	4.99E-05	7.81E-04
E	500	6.92E-03	6.50E-03	1.53E-03	5.85E-05	6.98E-05	6.01E-05	9.41E-04
ESE	500	5.61E-03	5.26E-03	1.24E-03	4.74E-05	5.66E-05	4.87E-05	7.63E-04
SE	500	5.84E-03	5.48E-03	1.29E-03	4.93E-05	5.89E-05	5.07E-05	7.94E-04
SSE	500	8.74E-03	8.20E-03	1.93E-03	7.38E-05	8.82E-05	7.59E-05	1.19E-03
S	500	1.08E-02	1.01E-02	2.39E-03	9.12E-05	1.09E-04	9.37E-05	1.47E-03
SSW	500	1.14E-02	1.07E-02	2.52E-03	9.63E-05	1.15E-04	9.90E-05	1.55E-03
SW	500	1.05E-02	9.84E-03	2.32E-03	8.86E-05	1.06E-04	9.11E-05	1.43E-03
WSW	500	6.64E-03	6.23E-03	1.47E-03	5.61E-05	6.70E-05	5.77E-05	9.03E-04
W	500	6.09E-03	5.71E-03	1.35E-03	5.14E-05	6.14E-05	5.29E-05	8.28E-04
WNW	500	5.87E-03	5.51E-03	1.30E-03	4.96E-05	5.92E-05	5.10E-05	7.98E-04
NW	500	5.37E-03	5.04E-03	1.19E-03	4.53E-05	5.41E-05	4.66E-05	7.30E-04
NNW	500	5.00E-03	4.69E-03	1.11E-03	4.22E-05	5.04E-05	4.34E-05	6.80E-04
全厂址 (95%概率水平)		9.73E-03	9.13E-03	2.15E-03	8.22E-05	9.81E-05	8.45E-05	1.32E-03

表 7.1-5 (1/4) 规划限制区外边界公众个人剂量
有效剂量 (0-30d)

单位: Sv

方位	距离 (m)	大破口失水 事故	RCCA 弹出 事故	蒸汽系统管道大破口事故		蒸汽发生器 传热管破裂 事故 (2 根)	燃料操作事 故	主泵转子卡 死 (卡轴) 或主泵轴断 裂事故	安全壳外 RHR 管道破 裂事故
				事故前碘峰	事故并发碘 峰				
N	5000	3.85E-04	9.88E-04	3.66E-05	1.11E-04	3.09E-04	3.83E-05	6.64E-04	6.15E-05
NNE	5000	3.75E-04	9.78E-04	3.64E-05	1.09E-04	3.10E-04	3.84E-05	6.57E-04	6.18E-05
NE	5000	3.58E-04	9.19E-04	3.40E-05	1.03E-04	2.88E-04	3.57E-05	6.17E-04	5.74E-05
ENE	5000	3.24E-04	8.65E-04	3.25E-05	9.54E-05	2.79E-04	3.45E-05	5.79E-04	5.57E-05
E	5000	4.19E-04	1.14E-03	4.31E-05	1.24E-04	3.72E-04	4.61E-05	7.61E-04	7.45E-05
ESE	5000	3.20E-04	8.65E-04	3.26E-05	9.48E-05	2.81E-04	3.48E-05	5.78E-04	5.61E-05
SE	5000	3.56E-04	9.49E-04	3.56E-05	1.05E-04	3.05E-04	3.78E-05	6.35E-04	6.10E-05
SSE	5000	7.99E-04	2.22E-03	8.45E-05	2.39E-04	7.35E-04	9.10E-05	1.48E-03	1.47E-04
S	5000	1.15E-03	3.00E-03	1.12E-04	3.34E-04	9.54E-04	1.18E-04	2.02E-03	1.90E-04
SSW	5000	1.30E-03	3.24E-03	1.19E-04	3.66E-04	9.98E-04	1.23E-04	2.18E-03	1.98E-04
SW	5000	1.07E-03	2.69E-03	9.89E-05	3.04E-04	8.33E-04	1.03E-04	1.81E-03	1.65E-04
WSW	5000	5.13E-04	1.23E-03	4.43E-05	1.40E-04	3.67E-04	4.55E-05	8.25E-04	7.27E-05
W	5000	3.92E-04	9.90E-04	3.64E-05	1.12E-04	3.07E-04	3.80E-05	6.66E-04	6.10E-05
WNW	5000	3.12E-04	8.13E-04	3.03E-05	9.05E-05	2.58E-04	3.19E-05	5.46E-04	5.14E-05
NW	5000	3.01E-04	7.88E-04	2.94E-05	8.78E-05	2.50E-04	3.10E-05	5.29E-04	4.98E-05
NNW	5000	2.94E-04	7.66E-04	2.85E-05	8.54E-05	2.43E-04	3.01E-05	5.14E-04	4.84E-05
全厂址 (95%概率水平)		1.06E-03	2.57E-03	9.34E-05	2.94E-04	7.79E-04	9.64E-05	1.73E-03	1.54E-04

表 7.1-5 (2/4) 规划限制区外边界公众个人剂量
有效剂量 (0-30d)

单位: Sv

方位	距离 (m)	蒸汽发生器传热管破裂事故 (1 根)	单个控制棒失控抽出事故	安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故		废气储存罐破损事故	容积控制箱破损事故	小破口失水事故
				REN 系统管线破裂	RCV 系统管线破裂			
N	5000	5.29E-05	1.59E-04	1.91E-05	2.04E-05	2.03E-05	2.18E-05	1.16E-05
NNE	5000	5.28E-05	1.57E-04	1.92E-05	2.05E-05	2.04E-05	2.19E-05	1.16E-05
NE	5000	4.93E-05	1.48E-04	1.78E-05	1.90E-05	1.89E-05	2.03E-05	1.08E-05
ENE	5000	4.73E-05	1.39E-04	1.73E-05	1.85E-05	1.84E-05	1.97E-05	1.04E-05
E	5000	6.29E-05	1.83E-04	2.31E-05	2.47E-05	2.46E-05	2.64E-05	1.39E-05
ESE	5000	4.75E-05	1.39E-04	1.74E-05	1.86E-05	1.85E-05	1.99E-05	1.05E-05
SE	5000	5.18E-05	1.52E-04	1.89E-05	2.02E-05	2.01E-05	2.16E-05	1.14E-05
SSE	5000	1.24E-04	3.55E-04	4.58E-05	4.88E-05	4.86E-05	5.23E-05	2.75E-05
S	5000	1.62E-04	4.83E-04	5.91E-05	6.30E-05	6.27E-05	6.74E-05	3.57E-05
SSW	5000	1.71E-04	5.21E-04	6.15E-05	6.56E-05	6.53E-05	7.02E-05	3.73E-05
SW	5000	1.43E-04	4.33E-04	5.14E-05	5.48E-05	5.45E-05	5.86E-05	3.11E-05
WSW	5000	6.35E-05	1.97E-04	2.26E-05	2.41E-05	2.40E-05	2.58E-05	1.37E-05
W	5000	5.26E-05	1.59E-04	1.89E-05	2.02E-05	2.01E-05	2.16E-05	1.15E-05
WNW	5000	4.40E-05	1.31E-04	1.60E-05	1.70E-05	1.70E-05	1.82E-05	9.65E-06
NW	5000	4.26E-05	1.27E-04	1.55E-05	1.65E-05	1.64E-05	1.77E-05	9.36E-06
NNW	5000	4.14E-05	1.23E-04	1.50E-05	1.60E-05	1.60E-05	1.72E-05	9.08E-06
全厂址 (95%概率水平)		1.34E-04	4.14E-04	4.79E-05	5.11E-05	5.08E-05	5.46E-05	2.91E-05

表 7.1-5 (3/4) 规划限制区外边界公众个人剂量
甲状腺当量剂量 (0-30d)

单位: Sv

方位	距离 (m)	大破口失水 事故	RCCA 弹出 事故	蒸汽系统管道大破口事故		蒸汽发生器 传热管破裂 事故 (2 根)	燃料操作事 故	主泵转子卡 死 (卡轴) 或主泵轴断 裂事故	安全壳外 RHR 管道破 裂事故
				事故前碘峰	事故并发碘 峰				
N	5000	2.78E-03	7.60E-03	2.34E-04	1.34E-03	3.46E-03	4.72E-04	6.15E-03	2.43E-04
NNE	5000	2.72E-03	7.53E-03	2.32E-04	1.32E-03	3.46E-03	4.73E-04	6.07E-03	2.44E-04
NE	5000	2.59E-03	7.07E-03	2.17E-04	1.25E-03	3.22E-03	4.40E-04	5.72E-03	2.27E-04
ENE	5000	2.37E-03	6.66E-03	2.07E-04	1.15E-03	3.12E-03	4.27E-04	5.34E-03	2.20E-04
E	5000	3.08E-03	8.78E-03	2.74E-04	1.51E-03	4.17E-03	5.71E-04	7.01E-03	2.94E-04
ESE	5000	2.35E-03	6.66E-03	2.07E-04	1.15E-03	3.14E-03	4.30E-04	5.33E-03	2.22E-04
SE	5000	2.60E-03	7.31E-03	2.27E-04	1.27E-03	3.41E-03	4.67E-04	5.86E-03	2.41E-04
SSE	5000	5.93E-03	1.71E-02	5.36E-04	2.90E-03	8.23E-03	1.13E-03	1.36E-02	5.82E-04
S	5000	8.35E-03	2.31E-02	7.14E-04	4.04E-03	1.07E-02	1.46E-03	1.86E-02	7.51E-04
SSW	5000	9.27E-03	2.49E-02	7.60E-04	4.43E-03	1.11E-02	1.52E-03	2.02E-02	7.82E-04
SW	5000	7.69E-03	2.07E-02	6.33E-04	3.68E-03	9.29E-03	1.27E-03	1.68E-02	6.53E-04
WSW	5000	3.62E-03	9.41E-03	2.84E-04	1.70E-03	4.10E-03	5.57E-04	7.68E-03	2.87E-04
W	5000	2.82E-03	7.62E-03	2.33E-04	1.35E-03	3.43E-03	4.67E-04	6.17E-03	2.41E-04
WNW	5000	2.26E-03	6.26E-03	1.93E-04	1.10E-03	2.88E-03	3.94E-04	5.04E-03	2.03E-04
NW	5000	2.19E-03	6.07E-03	1.87E-04	1.06E-03	2.79E-03	3.82E-04	4.89E-03	1.97E-04
NNW	5000	2.13E-03	5.90E-03	1.82E-04	1.03E-03	2.71E-03	3.71E-04	4.75E-03	1.91E-04
全厂址 (95%概率水平)		7.53E-03	1.98E-02	6.00E-04	3.56E-03	8.68E-03	1.18E-03	1.61E-02	6.09E-04

表 7.1-5 (4/4) 规划限制区外边界公众个人剂量
甲状腺当量剂量 (0-30d)

单位: Sv

方位	距离 (m)	蒸汽发生器传热管破裂事故 (1 根)	单个控制棒失控抽出事故	安全壳外含一回路冷却剂管线 破裂事故		废气储存罐破 损事故	容积控制箱破 损事故	小破口失水事 故
				REN 系统管线 破裂	RCV 系统管线 破裂			
N	5000	5.23E-04	1.35E-03	9.17E-05	3.51E-06	4.20E-06	3.61E-06	6.20E-05
NNE	5000	5.23E-04	1.34E-03	9.20E-05	3.52E-06	4.21E-06	3.62E-06	6.21E-05
NE	5000	4.87E-04	1.26E-03	8.55E-05	3.27E-06	3.91E-06	3.36E-06	5.78E-05
ENE	5000	4.68E-04	1.17E-03	8.30E-05	3.18E-06	3.80E-06	3.26E-06	5.58E-05
E	5000	6.22E-04	1.54E-03	1.11E-04	4.25E-06	5.08E-06	4.36E-06	7.45E-05
ESE	5000	4.70E-04	1.17E-03	8.36E-05	3.20E-06	3.83E-06	3.29E-06	5.62E-05
SE	5000	5.13E-04	1.29E-03	9.08E-05	3.48E-06	4.16E-06	3.57E-06	6.11E-05
SSE	5000	1.22E-03	2.98E-03	2.20E-04	8.41E-06	1.00E-05	8.63E-06	1.47E-04
S	5000	1.61E-03	4.10E-03	2.83E-04	1.09E-05	1.30E-05	1.11E-05	1.91E-04
SSW	5000	1.69E-03	4.44E-03	2.95E-04	1.13E-05	1.35E-05	1.16E-05	2.00E-04
SW	5000	1.41E-03	3.69E-03	2.46E-04	9.44E-06	1.13E-05	9.69E-06	1.67E-04
WSW	5000	6.28E-04	1.69E-03	1.08E-04	4.15E-06	4.96E-06	4.26E-06	7.37E-05
W	5000	5.20E-04	1.36E-03	9.08E-05	3.48E-06	4.16E-06	3.57E-06	6.15E-05
WNW	5000	4.35E-04	1.11E-03	7.66E-05	2.93E-06	3.51E-06	3.01E-06	5.17E-05
NW	5000	4.21E-04	1.07E-03	7.43E-05	2.84E-06	3.40E-06	2.92E-06	5.01E-05
NNW	5000	4.09E-04	1.04E-03	7.21E-05	2.76E-06	3.30E-06	2.83E-06	4.86E-05
全厂址 (95%概率水平)		1.33E-03	3.54E-03	2.30E-04	8.80E-06	1.05E-05	9.03E-06	1.56E-04

表 7.1-6 (1/2) 事故后果与国家标准的比较

事故	事故工况	非居住区边界 (500m)			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 (Sv)	控制值占比	最大剂量 (Sv)	控制值占比
大破口失水事故	DBC-4	3.60E-03	3.60%	4.45E-02	4.45%
RCCA 弹出事故	DBC-4	1.13E-02	11.30%	1.13E-01	11.30%
蒸汽系统管道大破口事故	DBC-4	3.30E-04	0.33%	4.01E-03	0.40%
蒸汽发生器传热管破裂事故 (2 根)	DBC-4	5.53E-03	5.53%	9.01E-02	9.01%
燃料操作事故	DBC-4	9.57E-04	0.96%	1.29E-02	1.29%
主泵转子卡死(卡轴) 或主泵轴断裂事故	DBC-4	4.87E-03	4.87%	4.86E-02	4.86%
安全壳外 RHR 管道破裂事故	DBC-4	1.01E-03	1.01%	6.67E-03	0.67%
蒸汽发生器传热管破裂事故 (1 根)	DBC-3	8.21E-04	16.42%	1.14E-02	22.80%
单个控制棒失控抽出事故	DBC-3	1.31E-03	26.20%	1.07E-02	21.40%
安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故	DBC-3	5.50E-04	11.00%	2.52E-03	5.04%
废气储存罐破损事故	DBC-3	5.02E-04	10.04%	1.15E-04	0.23%
容积控制箱破损事故	DBC-3	5.88E-04	11.76%	9.90E-05	0.20%
小破口失水事故	DBC-3	1.55E-04	3.10%	1.55E-03	3.10%

表 7.1-6 (2/2) 事故后果与国家标准的比较

事故	事故工况	规划限制区边界 (5000m)			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 (Sv)	控制值占比	最大剂量 (Sv)	控制值占比
大破口失水事故	DBC-4	1.30E-03	1.30%	9.27E-03	0.93%
RCCA 弹出事故	DBC-4	3.24E-03	3.24%	2.49E-02	2.49%
蒸汽系统管道大破口事故	DBC-4	3.66E-04	0.37%	4.43E-03	0.44%
蒸汽发生器传热管破裂事故 (2 根)	DBC-4	9.98E-04	1.00%	1.11E-02	1.11%
燃料操作事故	DBC-4	1.23E-04	0.12%	1.52E-03	0.15%
主泵转子卡死(卡轴) 或主泵轴断裂事故	DBC-4	2.18E-03	2.18%	2.02E-02	2.02%
安全壳外 RHR 管道破裂事故	DBC-4	1.98E-04	0.20%	7.82E-04	0.08%
蒸汽发生器传热管破裂事故 (1 根)	DBC-3	1.71E-04	3.42%	1.69E-03	3.38%
单个控制棒失控抽出事故	DBC-3	5.21E-04	10.42%	4.44E-03	8.88%
安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故	DBC-3	6.56E-05	1.31%	2.95E-04	0.59%
废气储存罐破损事故	DBC-3	6.53E-05	1.31%	1.35E-05	0.03%
容积控制箱破损事故	DBC-3	7.02E-05	1.40%	1.16E-05	0.02%
小破口失水事故	DBC-3	3.73E-05	0.75%	2.00E-04	0.40%

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

7.2.2 事故后果

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

根据陆丰核电5、6号机组的二级PSA资料，严重事故释放类包含安全壳完整类、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。

7.2.2 事故后果

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。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 2023 年 7 月至 2025 年 6 月两年气象数据，公众呼吸率采用 RG 1.183 的推荐值；惰性气体不考虑沉降，其他核素组均考虑干湿沉降；干沉积速度采用 NUREG/CR-4691 示例中的默认缺省值；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，得到各释放类事故发生后两天、一周、一月和一年内的有效剂量将超过上述限值的概率。

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

核电厂最基本的安全原则是纵深防御原则。纵深相依的几道屏障，其完整性由多重的安全设施与规程予以保护。因此单项的人因失误或设备故障不会造成屏障的丧失。纵深防御的各项措施有助于保住基本的安全功能：控制堆功率、冷却堆芯燃料、防止放射性外逸。核电厂事故预防与缓解，目的就在于巩固充实纵深防御。国际经验表明，核电厂采用的纵深防御原则是有效的，在核电厂的设计、建造、调试、运行和退役中必须坚持，因此将这一概念和措施扩展到事故的处置中。事故处置，即严重事故对策，

包括两方面的内容：

- 在事故发生后采取一切可用的手段，中止事故进程，防止堆芯损伤这一部分称为事故预防；
- 当堆芯不可避免地受损时，则采用各种手段，尽量减少放射性物质向厂外的释放，这一部分称为事故缓解。

事故预防是严重事故应对的工作重点，特别是预防可能引起堆芯损坏的事故。事故处置对策归结为确保三个安全功能：

- 为了防止或及早中止堆芯损坏过程，应当首先确保停堆能力，始终维持反应堆处于次临界状态；
- 同时，应确保堆芯的冷却能力以顺利带出堆芯余热，为此可采用的手段有二次侧补泄过程、一次侧补泄过程及辅助喷淋等；
- 为了维持放射性包容能力，应当考虑安全壳隔离措施和必要的减压措施。

陆丰核电厂 5、6 号机组严重事故预防和缓解系统包括二次侧非能动余热排出系统（ASP）、安全壳热量导出系统（EHR）、额外冷却水系统（ECS）、安全壳过滤排放系统（EUF）、安全壳可燃气体控制系统（EUH）等。

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同时满足《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)、《放射性物品运输安全管理条例》(国务院令第 562 号)和交通运输部《放射性物品道路运输管理规定》的要求。

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《中华人民共和国核材料管制条例》(HAF501)、《放射性物品安全运输规程》(GB 11806-2019)、《放射性物质安全运输 货包泄漏检验》(GB/T 17230-1998)、《乏燃料运输容器技术条件》(EJ/T 565-1991)、《核级容器制造质量保证》(EJ/T 619-1991) 和《放射性物质安全运输条例》(IAEA No.TS-R-1) 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

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、技术废物等）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。

废物包装容器外表面任意一点的表面剂量率不超过 2.0mSv/h ，超过此限值者，采用外加屏蔽容器进行运输。表面污染物水平低于以下限值：

- β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体 $\leqslant 4\text{Bq/cm}^2$ ；
- 其它 α 发射体 $\leqslant 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

经处理整备后的低、中放射性固体废物包以及待解控废物包等运至废物暂存库暂存。在废物暂存库贮存一定年限后，将送往国家指定的区域中、低放废物处置场。

公路运输经验表明事故的发生率很低。且运输用废物桶的设计和制造符合《低、中放水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）和《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，即使废物桶从运输车辆上掉下来，最大限度只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小，即便散落少量废物，也可以采取措施收集故不会对环境造成污染。

7.4 其它事故

7.4.1 环境风险识别

7.4.2 环境风险评价

7.4.3 危险化学品管控措施

7.4 其它事故

本节主要依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）相关要求对陆丰核电厂 5、6 号机组运行期间其它事故环境风险进行分析与评价。

7.4.1 环境风险识别

陆丰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。陆丰核电厂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 环境风险评价

根据《建设项目环境风险评价导则》（HJ 169-2018）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，根据危险物质数量与临界量比重计算，陆丰核电厂各危险物质最大储存量与临界量的比值之和 Q 为 26.0。

根据 HJ 169-2018，本项目行业及生产工艺为 M4，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。同时，本项目不位于地表水和地下水环境敏感区。根据 HJ 169-2018 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。

上述危险化学品均在室内储存，配备泄漏应急处理设备，地面为混凝土防渗地面，泄漏后不会污染周边地表水或地下水，有毒气体（主要是氨水挥发）不会大量飘散至厂界外造成严重的大气环境污染。因此，在做好相关管控防护措施后，上述危险化学

品储存设施的环境风险很小。

7.4.3 危险化学品管控措施

陆丰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相关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) 火灾事故防范

陆丰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》(HAD 102/11-2019) 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) 爆炸事故防范

- 对涉及爆炸性气体（主要为氢气）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；
- 制氢站尽量远离主要厂房及设备，并做好严格的安全管理措施；
- 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，由两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，以保证安全壳的整体性。

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；
- 计量泵出口装有安全释放阀；
- 所有的储罐，计量箱均有液位报警联锁装置；
- 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。

综上可知，本项目对于各危险物质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，本项目的环境风险较小。

7.5 事故应急

7.5.1 应急计划区

7.5.2 应急组织

7.5.3 应急设施

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

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）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主要是隐蔽、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。

对于陆丰核电厂 5、6 号机组，烟羽应急计划区以陆丰核电厂 5 号和 6 号反应堆中心为圆心，半径 10km 的圆的包络线为基础划定。烟羽应急计划区内区分别以陆丰核电厂 5 号和 6 号反应堆中心为圆心，半径 5km 的圆的包络线为基础划定。食入应急计划区为以陆丰核电厂 5 号反应堆为中心，半径为 50km 的范围。

7.5.2 应急组织

陆丰核电厂场内核事故应急组织由应急指挥部及其领导下的运行控制组、技术支持组、维修服务组、安全防护组、后勤支持组组成，负责电厂核事故的应急响应与处置工作。相关的应急执行程序和指令单规定了各应急响应组每个应急岗位的职责和分工及不同应急状态下应采取的应急响应行动。后续，建设单位将在考虑全厂六台机组的基础上，进一步完善有关应急组织和应急程序。

根据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002），我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。核事故应急期间，陆丰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）、国家能源局、广东省核应急委员会（广东省核应急指挥部）以及中国广核集团有限公司等单位和部门的场外应急机构建立起报告联系，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。

7.5.3 应急设施

陆丰 5、6 号机组根据《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）、《核动力厂场内应急设施设计准则》（NNSA-HAJ-0001-2017）以及《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98 号）对场内应急设施的要求，配备了主控制室、辅助控制室、应急指挥与行动中心、环境实验室、环境监测站、气象观测站、应急集合点、应急撤离道路、应急设施存贮与燃油补给中心等应急设施。

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

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

陆丰核电厂 5、6 号机组两台华龙一号机组建设了放射性流出物监测系统，用于监测和控制核电厂流出物的排放。核电厂运行期间放射性流出物分为气态放射性流出物和液态放射性流出物。放射性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阈值和报警装置。

8.1.1.1 监测目的

放射性流出物监测的目的是：

- 证明释放到环境中的气态和液态放射性物质的数量遵守国家批准的排放限值和核电厂管理目标值；
- 为判明核电厂运行以及放射性废物的处理工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为应用适当环境模式评价环境质量、估算公众所受剂量提供源项数据和资料；
- 使公众确信核电厂的放射性排放确实受到严格的控制；
- 迅速发现和鉴别计划外排放的性质、种类及其程度，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理排放，提供有关应急响应信息。

8.1.1.2 主要原则

制定运行期间流出物监测计划的主要原则有：

- 根据核电厂流出物排放途径等特点，合理地确定监测点的位置、取样测量频度和需要监测的放射性核素。在选择监测点的位置和取样时，确保监测结果能代表实际的排放。
- 考虑到计划外释放的可能性，用于常规监测的仪表具有足够宽的量程；
- 用于关键释放点的监测仪表，必须考虑冗余度；
- 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物流量、温湿度及气象参数等。

8.1.1.3 放射性流出物辐射监测阈值

为了确保放射性流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中控制值和申请值要求，监测系统中设置有报警装置，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。

放射性流出物辐射监测通道报警阈值的设定方法如下：

（1）气态流出物辐射监测通道报警阈值的设定

- 在确保年排放气体的总活度低于所批准年排放总量的要求下，结合本项目排往烟囱各通风系统的气态放射性浓度、辐射后果、辐射监测仪表的响应参数情况以及在役电厂气态放射性流出物监测通道实际监测的数据反馈情况，确定气态放射性流出物辐射监测通道合理的一级报警阈值；
- 在确保气态放射性流出物年排放总量低于气态放射性流出物控制值的条件下，结合辐射后果及辐射监测仪表的响应参数情况和同类型电厂成熟设计经验，确定气态放射性流出物辐射监测通道的二级报警阈值。

（2）液态流出物辐射监测通道报警阈值的设定

- 在确保液态放射性流出物年排放总量低于液态放射性流出物控制值及排放浓度限值的条件下，结合在役电厂液态放射性流出物监测通道实际监测的数据反馈及辐射监测仪表的响应参数情况，经过分析和论证，确定一级报警阈值；
- 在确保液态放射性流出物年排放总量低于液态放射性流出物控制值及排放浓度限值的条件下，结合本项目废液排放浓度的设计限值及监测仪表的响应参数确定二级报警阈值。

8.1.1.4 气态放射性流出物监测系统

陆丰核电厂 5、6 号两台华龙一号机组属单堆布置，每台机组设有两套气态放射性流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气态放射性流出物进行连续在线监测和采样。

（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，本监测通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；

- 参考核素： ^{133}Xe ；
- 测量范围： $3.7 \times 10^3 \sim 3.7 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ 。

(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，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： $1 \sim 3.7 \times 10^6 \text{Bq/m}^3$ 。

(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，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： $3.7 \sim 3.7 \times 10^6 \text{Bq/m}^3$ 。

(4) 烟囱排气气溶胶取样监测

烟囱排气气溶胶取样装置为 KRT8141MAL 和 KRT8241MAL，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，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排放管内抽取空气并将取样空气送往气溶胶取样装置。空气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 能谱，每个季度混合样测 ^{90}Sr 。

(5) 烟囱排气碘取样监测

烟囱排气碘取样装置为 KRT8151MAL 和 KRT8251MAL，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，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排放管内抽取空气并将取样空气中的气溶胶过滤后，再将空气送往碘吸附器，空气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： γ 能谱（分析核素 ^{131}I 、 ^{133}I ）。

(6) 烟囱排气 H-3 和 C-14 取样监测

烟囱排气 H-3 取样装置为 KRT8171MAL 和 KRT8271MAL，烟囱排气 C-14 取样装置为 KRT8181MAI 和 KRT8281MAI，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将

取样气体中的 H-3 和 C-14 滞留在取样装置内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气，利用 H-3 和 C-14 取样装置自带的过滤器将取样气体中的气溶胶与碘过滤后，再将过滤后气体依次送往 H-3 和 C-14 取样装置。空气中的 H-3 和 C-14 分别被滞留在 H-3 取样瓶与 C-14 取样瓶内，定期送流出物分析实验室进行分析。

（7）事故及事故后烟囱排气惰性气体连续在线监测

事故及事故后烟囱排气惰性气体监测通道为 KRT9501MAI 和 KRT9502MAI。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： $3.7 \times 10^6 \sim 3.7 \times 10^{15} \text{Bq/m}^3$ 。

（8）事故及事故后烟囱排气气溶胶取样

事故及事故后烟囱排气气溶胶取样装置为 KRT9541MAL 和 KRT9542MAL。测量任务为连续从烟囱排气中抽取空气，将取样空气中的气溶胶过滤在取样装置的滤纸上。测量对象是事故及事故后烟囱排气中放射性气溶胶。测量方法为设置专门的取样器和配套装置对放射性气溶胶进行取样，样品送实验室进行分析测量。取样的气溶胶由管道引自烟囱。

（9）事故及事故后烟囱排气碘取样

事故及事故后烟囱排气碘取样装置为 KRT9551MAL 和 KRT9552MAL。测量任务为连续从反应堆厂房内抽取空气，将取样空气中的气溶胶过滤后送往碘取样装置，碘吸附在取样装置内的活性炭上。测量对象是事故及事故后烟囱排气中放射性碘同位素。测量方法为设置专门的取样器和配套装置对放射性碘同位素进行取样，样品送实验室进行分析测量。取样的碘由管道引自烟囱。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测系统

陆丰核电厂 5、6 号两台华龙一号机组的液态放射性流出物将按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）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。

核岛与常规岛废液排出流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

和取样分析结果不准确，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）核岛废液排出流放射性浓度在线连续监测

核岛废液排出流放射性浓度在线连续监测通道为 7KRT8301MAI，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：Cs-137；
- 测量范围： $3.7 \times 10^3 \sim 3.7 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ 。

（2）常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测

常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测通道为 7KRT8401MAI，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/m^3 ）。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：Cs-137；
- 测量范围： $3.7 \times 10^3 \sim 3.7 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ 。

（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。

8.1.1.6 流出物排放控制

8.1.1.6.1 气态流出物排放控制

本项目烟囱连续排放的放射性活度由 KRT 系统（KRT8101MAI、KRT8201MAI、KRT8111MAI、KRT8211MAI，KRT8121MAI、KRT8221MAI）进行连续监测，其结果记录在主控室。烟囱连续性排放无须进行排放申请，每月定期进行 4 次取样、分析。

8.1.1.6.2 液态流出物排放控制

（1）排放条件

液态流出物的排放可分为正常排放和特殊排放。

1) 正常排放

TER废液同时满足下列条件的排放为正常排放：

- 废液连续循环混合时间： ≥ 6 小时；
- pH: 6.0~9.0；
- 总 γ 活度浓度： $< 5 \times 10^5 \text{Bq/m}^3$ ；
- ${}^3\text{H}$ 活度浓度： $< 3 \times 10^{10} \text{Bq/m}^3$ ；
- ${}^{14}\text{C}$ 活度浓度： $< 3 \times 10^6 \text{Bq/m}^3$ ；
- 放射性核素活度浓度满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的要求，其中难测核素（ ${}^{55}\text{Fe}$ 、 ${}^{63}\text{Ni}$ 、 ${}^{90}\text{Sr}$ ）活度浓度可根据现实源项或运行经验估算；

- 只有一罐 TER 进行排放。

SEL废液同时满足下列条件的排放为正常排放：

- 废液连续循环混合时间： ≥ 3 小时；
- pH: 6.0~10.5；
- ${}^3\text{H}$ 活度浓度： $< 3 \times 10^{10} \text{Bq/m}^3$ ；
- 总 γ 活度浓度： $\leq 2 \times 10^4 \text{Bq/m}^3$ ；
- 总 γ 活度浓度： $> 2 \times 10^4 \text{Bq/m}^3$ 时，进行 γ 谱分析并统计该罐次废液排放量，分析结果中放射性核素活度浓度满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的要求，其中难测核素（ ${}^{55}\text{Fe}$ 、 ${}^{63}\text{Ni}$ 、 ${}^{90}\text{Sr}$ ）活度浓度可根据现实源项或运行经验估算。

2) 特殊排放

对于TER、SEL废液不能满足上述任一条件的排放为特殊排放，需特殊排放批准人审批同意后方可进行排放，其中：

- 当 SEL pH<6 或>10.5、TER pH<6 或>9 时，各自的上游系统可能有酸、碱泄漏，在查明原因后，由环境监测科提出处理建议，pH满足排放要求后，由运行部批准实施；
- 当 TER 总 γ 活度浓度： $\geq 5 \times 10^5 \text{Bq/m}^3$ 且 $< 9 \times 10^5 \text{Bq/m}^3$ ，环境监测科必须另取一个

样品进行核实。核实以后，流出物需返回TEU罐进行再处理或贮存衰变，对于未进行处理的上述流出物，由特殊排放批准人决定是否进行排放；

- 当TER总 γ 活度浓度 $\geq 9 \times 10^5 \text{Bq}/\text{m}^3$ 或放射性核素活度浓度不满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）要求，则属异常事件，禁止排放。若机组必须排放，应按相关程序向国家核安全和环境主管部门提出特殊申请；
- 当SEL总 γ 活度浓度 $\geq 4 \times 10^5 \text{Bq}/\text{m}^3$ 且 $< 6 \times 10^5 \text{Bq}/\text{m}^3$ ，需查找事件原因，排放控制标准参考TER的规定执行，并由特殊排放批准人批准实施，排放完毕统计放射性排放量；
- 当SEL总 γ 活度浓度 $\geq 6 \times 10^5 \text{Bq}/\text{m}^3$ 或放射性核素活度浓度不满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）要求，则属异常事件，禁止排放。若机组必须排放，应按相关程序向国家核安全和环境主管部门提出特殊申请。

（2）过程控制

1) 排放申请

当TER或SEL罐充满并开始循环混和后，当班机组长需及时填写排放申请单，并逐一填写排放单中相应内容。如循环时间不能满足要求而需提前取样，则必须报请特殊排放批准人同意，并在排放单上注明情况。

2) 取样

取样前必须确认排放罐内的流出物进行了充分混合（满足循环混合时间要求）；对排放单中申请的排放罐进行取样。

3) 分析

- TER 总 γ 比活度 $\geq 0.5 \text{MBq}/\text{m}^3$ ，必须另取一个样品进行核实；
- TER 废液氚活度浓度 $\geq 3 \times 10^{10} \text{Bq}/\text{m}^3$ 时，必须另取一个样品进行核实，核实以后，尽快通知当班运行值长，分析、查找原因，并采取相应措施；
- TER 废液碳-14 活度浓度 $\geq 3 \times 10^6 \text{Bq}/\text{m}^3$ 时，必须另取一个样品进行核实，核实以后，尽快通知当班运行值长，分析、查找原因，并采取相应措施；
- TER 废液除氚和碳-14 外其他放射性核素总 γ 活度浓度 $\geq 9 \times 10^5 \text{Bq}/\text{m}^3$ 或放射性核素活度浓度不满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）要求，必须另取一个样品进行核实，核实以后，尽快通知当班运行值长，分析、查找原因，并采取相应措施；

- TER 样品及总 γ 比活度小于 $0.02\text{MBq}/\text{m}^3$ 的 SEL 样品，分别进行定量收集贮存，并对 TER 月度混合样、SEL 季度混合样进行 ^{55}Fe 、 ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 分析；
- SEL 总 γ 比活度 $\geq 0.02\text{MBq}/\text{m}^3$ 且 $< 0.5\text{MBq}/\text{m}^3$ ，必须进行 γ 谱分析如下核素的活度： ^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{131}I 、 ^{133}I 、 ^{134}Cs 、 ^{136}Cs 、 ^{137}Cs ，并纳入月度排放量统计；
- SEL 总 γ 比活度 $\geq 0.5\text{MBq}/\text{m}^3$ 或 $^{3}\text{H} \geq 2\text{MBq}/\text{m}^3$ ，必须另取一个样品进行核实，核实以后，尽快通知当班运行值长，分析、查找原因，并采取相应措施。

8.1.1.7 流出物排放量统计

(1) 气态、液态放射性流出物年排放量的统计计算公式如下：

$$Q = C_1 V_1 + C_2 V_2 + \dots + C_n V_n = \sum_{i=1}^n C_i V_i$$

式中：

Q ：本工程实际放射性年排放量， Bq/a ；

C_i ：一年中第 i 次气态流出物烟囱取样或液态流出物排放前取样分析核素活度浓度， Bq/m^3 ；

V_i ：一年中第 i 次排放的体积， m^3 ；

n ：一年中气态流出物烟囱取样或液态流出物系统排放的总次数。

液态流出物系统排放口处放射性核素活度浓度即为每次排放前对于废液储存罐取样分析的结果。

对于核素活度浓度，测量结果取值：

- 样品的测量结果大于或等于方法判断限时，分析结果取实测值；
- 样品的测量结果小于方法判断限时，进行复测，复测结果仍小于判断限，无特别说明按 0 进行统计计算。

(2) 对于年排放量统计，方法如下：

- TER 废液

参加统计的核素有 ^{3}H 、 ^{14}C 及其他核素（包括 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{136}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{133}I ，如有其他能够识别出特征峰的人工核素，也需统计）。

^{55}Fe 、 ^{63}N 、 ^{90}Sr 按月度混合样测量结果纳入排放量统计。

— SEL 废液

当总 $\gamma \geq 0.02\text{MBq}/\text{m}^3$ 时，按 TER 监测和统计，总 $\gamma < 0.02\text{MBq}/\text{m}^3$ 时留样分析季度混合样，季度混合样分析结果低于判断限不统计，大于等于判断限按实测值纳入统计。

— 烟囱连续排放 (DWN)

对于惰性气体，统计 ^{41}Ar 、 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 、 ^{133}Xe 、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ 、 ^{135}Xe 、 ^{85}Kr 、 ^{88}Kr 。

对于卤素，统计 ^{131}I 和 ^{133}I ，如有其他能够识别出特征峰的人工碘核素，也需统计。

对于粒子（气溶胶），统计的核素有 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{51}Cr 、 ^{59}Fe 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru ，如有其他能够识别出特征峰的人工核素，也需统计。

^{3}H 和 ^{14}C 也参与统计。

^{90}Sr 按季度混合样测量结果纳入排放量统计。

8.1.1.8 流出物监督性监测系统

陆丰核电厂辐射环境现场监督性监测系统由前沿站、流出物实验室和监测子站组成。流出物监测系统是核电厂辐射环境现场监督性监测系统的重要组成部分，对核电厂释放到环境中的放射性气态、液态排放物进行监测，一般分为在线连续监测和抽样监测。气态、液态流出物监督性监测的在线连续监测，共用核电厂自行实施的流出物在线连续监测系统的采样与监测设备，配置独立的相应传输及通信设备，实时同步传输在线连续监测数据至相关现场监督单位、省区市及国家数据处理汇总中心。流出物监测实验室用于流出物抽样监测并承担事故时应急样品分析。

陆丰核电厂监督性监测系统的流出物监测利用粤东分部的流出物实验室。

陆丰核电厂监督性监测流出物实验室主要是通过实时或取样测量方式对气载流出物和液态流出物的放射性水平进行监测，监测能力应能满足《核动力厂流出物放射性监督性监测管理要求》（国核安发〔2025〕149号）。

8.1.2 辐射环境监测

8.1.2.1 监测目的

核电厂运行期间的环境辐射监测主要是针对厂址周围的辐射水平和环境介质中的放射性比活度进行监测。监测目的是：

- 监测核电厂放射性流出物排放对海洋环境、大气环境和陆地环境的影响；
- 监测和评估核电厂周围环境放射性水平的变化趋势；
- 验证核电厂放射性流出物排放及其环境影响是否符合国家有关规定和标准；
- 评估由于核电厂放射性流出物排放而使公众实际上或可能受到的辐射影响；
- 评估与验证核电厂放射性流出物排放控制的有效性；
- 对发现的异常情况进行分析，通过监测、评估数据及信息反馈，改进核电厂排放控制，保证核电环境保护的持续改进。

8.1.2.2 监测范围

陆丰核电厂运行期间环境放射性监测范围和布点原则充分参考运行前的辐射本底调查方案，监测范围为：

- 环境 γ 辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；
- 陆域其余项目监测范围：一般取厂址半径 10km 区域
- 海域监测范围：以排水口为中心半径 10km 区域。

8.1.2.3 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。

8.1.2.4 监测内容

环境放射性监测的重点为关键居民组影响最大的环境介质和排放核素，环境放射性监测由大气放射性监测、陆地放射性监测和海洋放射性监测三部分组成。大气、陆地放射性监测项目以环境 γ 辐射、空气、水、土壤、沉积物、陆生及水生生物为主；海洋放射性监测项目重点关注核电厂排水口附近海域海水、海生物。

（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、碘、沉降物、空气中 ^{3}H 和 ^{14}C 、降水；
- 陆地水：地表水、地表水沉积物、地下水和饮用水；
- 陆地土壤：表层土壤；
- 陆地生物：植物（玉米、稻米、蔬菜）、动物（禽）、指示生物（松针）；
- 海洋环境：海水及海洋沉积物；
- 海洋生物：海藻、虾、青口、鱿鱼、杂鱼、牡蛎。

8.1.2.5 监测方法与探测限

1) 测量方法

- 环境 γ 辐射监测：环境 γ 剂量率采用固定点连续监测系统进行在线、连续、实时监测，采用便携式 γ 剂量率仪进行现场监测，采用热释光剂量（TLD）进行累积 γ 剂量测量；
- 环境介质样品放射性活度测量包括 γ 谱测量、低本底液闪、低本底 α/β 测量方法等。

2) 放射性仪器探测限

统计置信水平为 95% 时，仪器探测下限（LLD）按下式计算：

$$LLD = 4.66\sqrt{N_b/T}$$

N_b --本底计数；

T--测量时间。

8.1.3 应急监测

根据核电厂事故放射性释放对公众的照射途径，确定不同阶段应急环境辐射监测的任务和内容，从而制定应急环境辐射监测方案和确定监测方法及手段。

8.1.3.1 事故早期应急监测

事故早期：从出现明显的放射性物质释放的先兆到开始释放后的几个小时。该阶段主要环境辐射风险来源于放射性烟羽外照射和放射性吸入内照射。环境监测任务要求及时响应，根据应急监测目的，参照电厂风向、辐射评价结果来确定监测区域和监测内容，并根据空气环境 γ 剂量率监测结果，确定烟羽的位置和特征。结合事故工况和操作干预水平给出防护行动建议。事故早期应急环境监测任务是：

- 确定烟羽特征：方向、放射性水平以及随时间和空间的变化；
- 核实辐射后果评价结果；
- 关键区域的污染评价。

根据事故早期任务确定以下监测内容：

- 大气环境 γ 剂量率；
- 空气中气溶胶和放射性碘；
- 环境 TLD。

其中空气中气溶胶和碘的监测、环境 TLD 的监测可在放射性污染区确定后进行。

8.1.3.2 事故中期应急环境监测

事故中期：从放射性物质开始释放后的几小时到几天或几周。在中期阶段，大部分的放射性物质已经沉积于地面，同时放射性释放可能仍在持续，该阶段辐射危害主要来自烟羽放射性外照射、地面沉积外照射、放射性物质的吸入以及污染食品和水的摄入造成的内照射。该阶段环境监测任务的重点对下风向污染区空气、水、食物进行

监测，主要监测项目：

- 环境 γ 剂量率；
- 空气中气溶胶和放射性碘；
- 环境 TLD；
- 地面污染监测；
- 水库水和饮用水；
- 食物样品。

8.1.3.3 事故后期应急环境监测任务及内容

事故后期（恢复阶段）：从事故中期以后可能延伸几周或几个月甚至若干年。在后期阶段事故电厂放射性释放已经停止，但照射途径基本同于事故中期，主要是地面沉积外照射和食入、吸入放射性造成的内照射。事故后期应急环境监测任务在于确定整个事故释放所造成的污染水平及范围，重点监测内容：

- 环境 γ 剂量率；
- 环境 TLD；
- 水库水和饮用水；
- 植物、土壤等样品。

8.1.3.4 应急环境监测范围和路线

- 根据应急环境辐射监测要求，应急巡测范围为厂址周围 10km 的区域，海上应急监测范围为厂址周围 5km 海域（必要时可扩大监测范围）。

若事故机组下风向是海上，需要开展海上监测。监测范围以电厂排水口为中心的海域（B 线），主要监测任务是：海面上空气环境 γ 剂量率。若事故电厂在气体放射性释放的同时，有高放废液排放，则须取海水样品进行 γ 谱测量分析。

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 水文水质观测

8.2.5 生态监测

8.2.6 噪声监测

8.2.7 电磁监测

表

表 8.2-1 非放射性生产废水监测方案

表 8.2-2 生活污水监测方案

表 8.2-3 陆丰核电厂取排水口海水水质水文监测

表 8.2-4 陆丰核电厂陆域非放监测方案

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

核电厂运行前，对核电厂周围海域水温开展本底监测，以取得运行前海水温度的分布范围，详见本报告书第三章。

运行后，采用已有的 KRU 海水水质在线监测系统和水体实际测量（航测）或遥感测量等多种方式对厂址周边海域进行温排水影响范围的观测。

监测点位：覆盖数模预温升的包络范围，在热扩散区着重考虑，上中下层水温的监测。

监测频次：至少一次大范围和全潮程的水温测量工作。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

（1）工业废水污染物监测

本项目运行期间使用的化学品主要是酸、碱等。本项目运行期间的非放射性生产废水最终经非放射性工业废水处理站（BST）处理后排放，其出水水质指标执行《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位）。依据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）要求，BST 排放口废水监测指标和监测频次见表 8.2-1。

（2）生活污水处理设施监测

本项目生活污水处理站（BEW）水质取样在污水处理厂工艺末端排放口。生活污水处理站设置了污水水量自动计量装置、自动比例采样装置，以及 pH、水温、COD、氨氮、总磷、总氮等在线监测设备。依据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ 819-2017）、《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）要求，本工程生活污水具体监测方案见表 8.2-2。

无组织排放监测：生活污水处理站存在废气无组织排放源，将设置无组织排放监测点位，监测氨、硫化氢、臭气浓度、甲烷等。氨、硫化氢、臭气浓度监测点设于污水处理厂厂界或防护带边缘的浓度最高点；甲烷浓度监测点设于厂区内地浓度最高点，监测点具体布置方案按 GB 16297-1996 中附录 C 设置，一般在上风向布置 1 个点，下风向布置 4 个点位。根据《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ 1083-2020）、

《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）要求，氨、硫化氢、臭气浓度每半年监测 1 次，甲烷浓度每年监测 1 次。

8.2.3 气象观测

陆丰核电厂气象传感器所有设备于 2024 年 1 月重新完成安装调试，所有传感器设备使用前经过检定校准，塔层设备在安装前进行了 3 天左右的水平比对测试，经测试确认性能满足观测要求后再开始上塔观测。气象观测系统数据采集系统对实时数据进行采集，采集后存储于本地工控机内；根据相关标准及规范要求对存储的数据进行统计分析。气象塔所在场地标高在 21m 左右，周边其它场地均较为平坦，标高在 20m 左右。主要观测内容包括：

（1）厂址气象梯度自动观测

气象梯度自动观测共设 4 层（10m、30m、80m 和 100m），观测风向、风速和气温。

（2）厂址专用地面气象站

常规气象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。

为保证气象站观测数据的准确性，每年对气象观测设备检定一次，并出具标定证书。

8.2.4 水文水质观测

建设单位通过在取、排水口布设水文水质浮标在线监测，以实现对受纳水体在运行期间的水文和水质状况的监测，浮标位置及监测项目见表 8.2-3。另排放口附近点位将定期监测海水中的余氯和硼。

建设单位将定期（每十年一次）开展水下地形观测。厂址区域地下水观测将基于厂区地下水观测井定期开展地下水的观测，包括色度、浊度、总硬度、总溶解固体、pH、水位、电导率、水温等。

8.2.5 生态监测

本工程运行期间对海域生态环境监测，将根据本工程的实际运行具体情况并参考

同类电厂经验制定相应监测方案。监测范围主要根据工程海域的海流流向、流速以及受纳海域影响范围来确定，布点分布于取水口附近 15km 范围内海域。

监测内容包括浮游植物、浮游动物、潮下带大型底栖生物和潮间带生物的种类组成、生物量、优势种、群落结构等；鱼卵、仔鱼和污损生物的种类、数量分布和优势种；叶绿素 a 和初级生产力等。

监测频次：每 5 年开展一次海洋生态监测，对春、秋季各进行一次监测。

8.2.6 噪声监测

依据《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）对运行期间的厂界及声环境保护目标开展噪声监测。运行期间噪声监测频次为每季度 1 次，运行期间噪声监测方案见表 8.2-4。

8.2.7 电磁监测

运行期间将开展电磁环境监测，频次为每年 1 次，运行期间电磁环境监测方案见表 8.2-4。

表 8.2-1 非放射性生产废水监测方案

监测点位	监测指标	监测频次
BST 排放口	流量、pH 值、水温、化学需氧量、氨氮、总磷、总氮	自动监测
	色度、悬浮物	日
	五日生化需氧量、石油类、总镉、总铬、总汞、总铅、总砷、六价铬	月
	阴离子表面活性剂、磷酸盐	季度

表 8.2-2 生活污水监测方案

监测项目	监测点位（取样地点）	监测频度（出水）
pH	生活污水处理站排放口	在线监测
色度	生活污水处理站排放口	1 天/次
化学需氧量	生活污水处理站排放口	在线监测
五日生化需氧量	生活污水处理站排放口	一周 1 次
石油类	生活污水处理站排放口	一季度 1 次
悬浮物（SS）	生活污水处理站排放口	一季度 1 次
总磷（以 P 计）	生活污水处理站排放口	在线监测
总氮（以 N 计）	生活污水处理站排放口	在线监测
氨氮（以 N 计）	生活污水处理站排放口	在线监测
阴离子表面活性剂	生活污水处理站排放口	1 周/次
粪大肠菌群数	生活污水处理站排放口	一季度 1 次
动植物油	生活污水处理站排放口	一季度 1 次
浊度	生活污水处理站排放口	1 天/次
嗅	生活污水处理站排放口	1 天/次
溶解性总固体	生活污水处理站排放口	1 周/次
溶解氧	生活污水处理站排放口	1 天/次
总氯	生活污水处理站排放口	1 天/次
大肠埃希氏菌	生活污水处理站排放口	1 周/次

*流量、水温在线监测

**其他监测指标：总汞、烷基汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅，半年监测一次

表 8.2-3 陆丰核电厂取排水口海水水质水文监测

序号	监测地点	监测项目	其他
1	排水口	水温、pH、COD、BOD、NH ₃ -N、总磷、DO、叶绿素、浊度、总藻类、海流	水质表层监测（水温表、中、底层监测）、海流分层监测
2	取水口	水温、pH、COD、BOD、NH ₃ -N、总磷、DO、叶绿素、总藻类、潮位、盐度、浊度、海流	海流分层监测、其它要素（潮位除外）表层监测

表 8.2-4 陆丰核电厂陆域非放监测方案

监测介质	频度	监测点位数	监测点位	监测分析项目
电磁	年	64	500kV 开关站围墙四周、500kV 开关站衰减断面、500kV 厂内送电线路衰减断面、500kV 地下输电线缆、220kV 开关站围墙四周、220kV 开关站衰减断面、220kV 厂内送电线路衰减断面、5号主变压器、6号主变压器、5号辅助变压器、6号辅助变压器、5号厂变压器、6号厂变压器	电场强度、磁感应强度
噪声	季度	5	厂界西侧、厂界北侧、厂界东北侧、办公区、后埔村	Ld、Ln

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 监测设施

8.3.1 流出物实验室

核电厂放射性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。实验室作为厂区实验室（7BBL 实验室）的一部分，属于两台机组公用设施。放射性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。

8.3.2 环境监测设施

核电厂建立了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、移动监测系统和地下水监测井。

8.3.2.1 环境实验室

陆丰核电厂环境实验室（BEE 子项）位于核电厂厂外辅助设施区，BEE 子项平面呈长方型，地上四层建筑。

在核电厂正常运行期间，BEE 子项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，其功能如下：

- a) 接收各环境连续监测站点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 BEE 子项内的厂区辐射和气象监测系统（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；
- b) 定期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 BEE 子项未受到污染时可实现对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。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 BEE 子项、应急指挥中心/应急行动中心及其他相关部门。

8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

陆丰核电厂建立了厂区辐射与气象监测系统（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 γ 辐射数据。KRS 系统一次建成，全厂共用。

8.3.2.3 移动监测系统

陆丰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，实时显示车辆位置在电子地图上，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。

8.3.2.4 地下水监测

（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。

参考HJ 61-2021对核动力厂运行期间辐射环境监测的要求，陆丰核电厂5、6号机组厂内地下水监测井的监测内容为 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 。

（2）布点原则

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开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应布设监测点；
- 对照点在应布置在地下水流向反应堆的上游。

（3）点位布置

根据陆丰核电厂 5、6 号机组总平面布置、厂区地下水分布特征、厂址气象扩散特征，结合布点原则，陆丰核电厂 5、6 号机组拟设置 6 个地下水监测。

8.3.2.5 监督性监测设施

陆丰核电厂辐射环境现场监督性监测系统由前沿站、流出物实验室和监测子站组成。其中，前沿站和流出物实验室位于广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心粤东分部内，监测子站位于汕尾市碣石镇、大湖镇等区域。

核电厂外围辐射环境监测系统一般由监测子站和前沿站两部分构成，用于对环境辐射水平及相关气象参数、样品中放射性物质等进行监测和采样分析，并实时按统一协议传输监测数据至省级数据汇总点。

前沿站用于监控和汇集各监测子站数据，实时传输监测数据至省级数据汇总点端口。前沿站利用已经建好的粤东分部实验室。

8.4 质量保证

8.4.1 质量管理

8.4.2 质量控制

8.4 质量保证

为保证陆丰核电厂 5、6 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，核电厂应依据国家有关标准，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。本节主要描述运行期间流出物与环境监测质量保证的主要内容。

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

适当的组织和管理机构是核电厂流出物和环境监测质量保证体系的重要组成部分，该组织机构内的人员设置及其职责应有明文规定。核电厂成立组织机构的目的在于：通过对流出物与环境监测以及排放的监督和管理，及时发现异常并采取措施，确保排放符合国家法规要求；执行有效的管理措施，减少废液产生量、排放量，减少对环境的影响；通过对电厂环境工作的监督与管理，确保电站各种废物处理、排放设施的可靠运行及环保机构的正常运作，达到保护环境的目的。

陆丰核电厂流出物监测工作由化学环保科负责，归口管理于陆丰公司技术部。

环境监测由环境监测科实施，环境监测人员应根据大纲制定每年的环境监测计划，并分解到每个月度，跟踪环境监测取样完成率。

8.4.1.2 人员的资格与培训

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规程要求，参加相应的理论和实践培训，经授权后上岗。从事放射性环境监测的人员，应掌握辐射防护基础知识和放射性环境监测技术，熟悉有关环境保护和环境监测的法规和标准。同时，相关部门应不定期地组织测量、分析人员就放射性测量仪器、测量原理及测量方法展开探讨和研究，以提高对测量仪器的了解和样品测量、分析水平。

8.4.1.3 数据审查制度

为了检查质量保证的执行情况，确保监测结果的准确性，必须对监测数据进行有计划的检查。检查应该由在被检查方面没有直接职务的有资格的人员来进行，检查人员应对检查结果写出书面报告，并经过对检查工作负责的管理单位复审。对存在的问题应该采取进一步的措施，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

样品采集、运输和贮存的质量控制的目的是保证采集具有代表性并保持放射性核素在分析前的原始浓度。为此应该准确地测量样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 $\pm 10\%$ 以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。采集的各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。

（2）分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析质量控制样品。

为了发现和确定实验室分析测量系统的不确定性，有必要时参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差应查明原因，并采取校正措施。用于分析测量装置，应对其性能定期进行检定、校准和检验，测量过程使用的标准源应定期进行标定。

（3）数据处理

每个样品从采集、预处理、分析测量到结果计算全过程中的每一步都应有清楚、详细和准确的记录。数据处理应采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对于偏

离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2.2 外部质量控制

实验室外部质量控制的主要措施有：

（1）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）量值溯源

用于刻度放射性测量仪器的标准源、标准溶液或标准物质，均由计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家基准提供有力的保证。

（3）测量仪器定期检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量或检定设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证所进行的检测有溯源性。

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

陆丰核电厂址规划按照6台百万千瓦核电机组建设，5、6号机组建设2台华龙一号核电机组。在其整个商业运行寿期内将取得显著的经济利益，每年可上交国家和地方的税金数十亿，此为核电厂的直接利益。建成后初期还贷的压力较大，随着还贷期的结束，核电厂将凭其大容量、低运行成本和较高的年负荷因子，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、石油与天然气等需求大，造成能源价格和运输费用大幅提高。核电机组随着我国三代华龙机组的设计自主化和设备国产化比例的不断提高，以及机组的批量化建造，造价将大幅度降低，再加上相对低廉的运行成本，作为基本电源，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。

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它市政设施条件，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。本工程的建设还有利于实现广东省能源供应多元化，提高能源自给率，保障广东省的能源安全和实现经济可持续发展，有利于缓解广东省能源需求和节能减排所带来的双重压力。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

本工程的建设将对缓解广东省内电力供求矛盾、优化电源结构和电网结构起到积极的作用，保障广东经济的持续稳定高速地增长。发展火电目前愈来愈受到环境保护和交通运输条件的制约，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。通过三代

华龙核电厂的建设，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，核电的发展将有效带动核燃料的产业发展，对综合国力的提高起到重要作用。

通过核电的自主发展与批量化建设，可以从整体上提高核工业水平，促进产业结构升级，通过核电厂自主设计和自主建设，可以充分利用并发展核工业现有技术体系和人才力量，提升核电系统相关研究所的设计能力和技术力量，锻炼和培养高素质的核电设计队伍和项目管理队伍。本工程将积极推进我国核电设计自主化和核电设备制造本地化，充分发挥国内设计院和工程建设单位的潜力，在建设和运行中，将带来可观的就业机会，并培养出一批核电厂建设与运行的组织管理人才，为我国核电持续发展和国内其它核电厂的建设培养人才。

本工程施工期间现场施工及安装人员高峰期达到上万人，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它市政设施条件，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。

综上所述，通过本工程的建设可进一步提高国内核电技术力量，包括核电设计及核电设备的国产化，同时也有助于提高核设备、仪表、建筑安装和科研等方面的技术水平。通过提高设备的国产化率，进一步缩短工期、提高质量、降低造价，为缓解广东省用电紧张局面、促进广东省经济发展发挥积极作用。

9.1.2.2 环境效益

通过本工程的建设，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。

核电作为低碳清洁能源，和煤炭或天然气的发电站相比，核电的热源的裂变反应，形成闭合回路，没有 SO_2 、 NO_x 排放。根据资料，核电生命周期单位发电量碳排放仅为 $11\text{gCO}_2/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，低于煤电、气电、水电、光伏等其他发电方式。在碳中和及清洁能源发展的背景下，核能发电方式越来越受到欧盟及美国等世界上各国与地区的关注。

我国能源消费以煤炭为主，2024 年全国发电量统计中火力发电占比 67.36%，核能发电占比 4.73%，用大型核电厂代替燃煤火力发电厂，将大大降低燃煤火力发电厂释放的 SO_2 、 CO_2 、 NO_x 等气体对环境的污染，缓解气候污染。火电厂释放的 CO_2 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。中国政府已向世界承诺，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。碳达峰、碳中和已成为我国长期政策目标。因此，积极发展核电将是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。据测算，建设 2 台百万千瓦级核电机组替代相同容量的脱硫煤电机组，每年可减排二氧化碳约 1200 万吨、同时有效减少 SO₂、NO_x、颗粒物等污染物排放。因此，积极发展核电将是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，通过对本工程建设的利益分析，可以得出，本工程的建设是必要的，符合我国产业政策，项目的建设和运行能获得显著的社会效益、经济效益和环境效益。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

陆丰核电 5、6 号机组的总投资约四百余亿元，环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统等。除了建设费用，两台机组建成运行后，每年需要核燃料费、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，此外，电厂运行期间还应缴纳税金、还贷利息，并偿还贷款本金。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

本工程的建设和运行，不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一系列急待解决的社会问题。

— 对交通运输的影响

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，将加大当地的交通运输量。

为解决电厂建设和运行期间的运输问题，核电厂采取以水运为主，陆运为辅的运输方式。在陆运方面需投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路及修建桥梁。此外，专门开辟事故应急通道。

— 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

本工程的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，厂址所在区域的医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水、供热等市政工程和生活服务设施的需要将有所增加。

— 对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将促进当地工业发展并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，厂址半径 5km 范围内规划限制区的设立，会使该区域经济发展受到一定的

限制，可通过调整当地产业布局、合理规划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

本工程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在规划区内占用大量土地，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。通过核电厂建设工程中有计划的绿化和植被恢复，将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更为优美的人工景观环境所替代。

本工程建设期间，对环境的影响主要表现在施工期噪声、扬尘、施工废水排放及水土流失，以及施工建设对厂区局地生态造成一定程度的占用与破坏。本工程建设及施工过程中，严格按照国家和地方有关规定进行施工管理，制定施工期环境保护措施并开展环境监测，做好环境保护工作，施工对周围环境造成的影响是较为有限的，且随着施工结束相应影响也不复存在。

本工程建成运行后，会向环境释放放射性物质。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，核电厂设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量监测系统、屏蔽防护及应急设施等。

本工程运行产生的中、低放固体废物和乏燃料作为核废料，将均按照国家规定进行严格的处置。中、低放固体废物在废物暂存库内贮存一定时间后送往区域中、低放固体废物处置厂进行处置。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。

中、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，其中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。此外，处置场址主动监护结束后，公众将有可能无意闯入，从而受到一定的外照射和内照射影响，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。

在核电厂发生放射性泄漏事故时，营运单位将及时启动应急计划，确保核电厂对

周围环境的影响尽可能降低到最小。

本工程温排水采用离岸深排方案，在温排水温升区域内的生物的种类和生物量将产生一定影响，该范围局限在排放口附近范围，不会造成区域的长期生态问题，同时，建设单位将对厂址周边海域海洋生态开展长期的跟踪监测。核电的散热将很快在水体和大气中消散，不会改变局地气候。本工程已签订淡水供水协议，对周边淡水供应产生的负担在可接受范围内。

为达到保护环境及人身安全的目的，核电厂必须对放射性三废进行严格的治理。因此，核电厂专门设置了废液、废气和固体废物处理和贮存设施、以及放射性流出物监测、环境监测和事故应急设施，尽可能降低放射性废物对公众的照射。

- 环境监测：核电厂设置环境监测系统，对电厂运行期间的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，电厂环境监测设施包括：辐射监测设备、数据采集及试验仪表、气象数据采集设施和环境放射性监测设备等。
- 流出物监测：核电厂设置流出物监测系统，对电厂运行期间的气载和液态流出物进行监测，用于测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核电厂放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。
- 应急设施：核电厂除考虑正常运行情况下的环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

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

10.1 核电厂建设项目

陆丰核电厂位于广东省汕尾市陆丰市碣石镇以南约 8km 的田尾山，规划容量为六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，5、6 号建设两台“华龙一号”融合技术核电机组及其配套设施，5、6 号机组分别于 2022 年 9 月和 2023 年 8 月浇筑第一罐混凝土（FCD），主体工程正式开工。根据工程进度安排，陆丰核电厂 5、6 号机组分别计划于 2027 年和 2028 年首次装料。

陆丰核电厂 5、6 号机组为采用华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组，核电建设满足安全性、经济性、成熟性等要求，满足“三代”核电技术的指标要求，项目建设采用成熟、可靠的技术和设备，在技术和工程上均是可行的。

本报告书针对陆丰核电厂 5、6 号机组两台华龙一号核电机组开展环境影响评价，编制时遵循了我国相关的法律、法规、标准和导则，在充分分析陆丰核电厂址的环境特征和机组特点的基础上，根据核电厂最终设计资料及环保设施性能对陆丰核电厂 5、6 号机组的潜在环境影响进行了分析评价，同时提出流出物年排放量申请及详细完整的流出物监测和环境监测计划，对陆丰核电厂 5、6 号机组两台华龙一号融合技术核电机组环境保护设施设计和建设的落实情况及环保措施有效性进行论证。

10.2 环境保护设施

陆丰核电厂 5、6 号机组采用华龙一号融合方案核电机组，根据陆丰核电厂 5、6 号机组最终设计资料，环境保护设施的设计性能和效能可以满足电厂运行的要求。

10.3 放射性排放

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）要求核动力厂必须按每堆及多堆场址实施流出物的年排放总量控制，陆丰核电厂 5、6 号机组年排放量申请值能满足国家标准 GB 6249-2025 相应控制值要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）对核动力厂流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 $3 \times 10^7 \text{Bq/L}$ ，碳-14 的活度浓度不应超过 $3 \times 10^3 \text{Bq/L}$ ，其它放射性核素总浓度不应超过 1000Bq/L 。本工程液态其他放射性核素总活度浓度控制值为 900Bq/L 。5、6 号机组运行过程中，液态流出物中氚、碳-14 以及除氚碳外其它液态放射性核素

的排放浓度满足相应排放浓度控制要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）核电厂运行状态的辐射环境影响

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）第 6.1 款规定任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成有效剂量，每年不得超过 0.25mSv 。陆丰核电厂规划建设六台机组，其中陆丰核电厂 5、6 号机组年个人有效剂量要求为 0.08mSv/a 。

陆丰核电厂厂址 5、6 号机组流出物排放造成最大有效剂量为 $2.63 \times 10^{-7}\text{Sv/a}$ ，占本期工程剂量要求（ 0.08mSv/a ）的 0.33%。其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $2.33 \times 10^{-7}\text{Sv/a}$ ，占 5、6 号机组气态剂量管理目标值（ 0.07mSv/a ）的 0.33%；通过液态途径造成的年有效剂量为 $2.97 \times 10^{-8}\text{Sv/a}$ ，占 5、6 号机组液态剂量管理目标值（ 0.01mSv/a ）的 0.30%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键人群组为位于厂址 NE 方位 1.6km 的后埔村青少年，需要关注的照射途径包括：食入陆生食品内照射途径和食入海产品内照射，需要关注的放射性核素包括： ^{14}C 、 ^{3}H 。

陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，气液态流出物对厂址周围海域和陆域生物造成的剂量率均远低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值。因此，陆丰核电厂 5、6 号机组运行后，对核电厂周围非人类生物辐射影响很小。

陆丰核电厂 5、6 号机组运行状态下，就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。

（2）设计基准事故的辐射环境影响

GB6249-2025 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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在

1000mSv 以下。

对本工程设计基准事故的事故后果分析可知：

对于极限事故，RCCA 弹出事故对非居住区边界上公众在事故发生后任意 2h 内，以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内造成有效剂量和甲状腺当量剂量均最大。事故剂量后果都满足国家标准 GB 6249-2025 的相应要求。

对于稀有事故，单个控制棒失控抽出事故对非居住区边界上公众在事故发生后任意 2h 内造成有效剂量最大，蒸汽发生器传热管破裂事故（1 根传热管破裂）对非居住区边界上公众在事故的整个持续时间内造成甲状腺当量剂量最大；单个控制棒失控抽出事故对规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内造成有效剂量和甲状腺当量剂量均为最大。事故剂量后果都满足国家标准 GB 6249-2025 的相应要求。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，陆丰核电厂 5、6 号机组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 GB 6249-2025 的相应要求。

对于陆丰核电厂 5、6 号机组，烟羽应急计划区以陆丰核电厂 5 号和 6 号反应堆中心为圆心，半径 10km 的圆的包络线为基础划定。烟羽应急计划区内区分别以陆丰核电厂 5 号和 6 号反应堆中心为圆心，半径 5km 的圆的包络线为基础划定。食入应急计划区为以陆丰核电厂 5 号反应堆为中心，半径为 50km 的范围。

陆丰核电厂场内核事故应急组织由应急指挥部及其领导下的运行控制组、技术支持组、维修服务组、安全防护组、后勤支持组组成，负责电厂核事故的应急响应与处置工作。相关的应急执行程序和指令单规定了各应急响应组每个应急岗位的职责和分工及不同应急状态下应采取的应急响应行动。

对于场内应急设施，陆丰核电厂 5、6 号机组配备了主控制室、辅助控制室、应急指挥与行动中心、环境实验室、环境监测站、气象观测站、应急集合点、应急撤离道路、应急设施与备件物资存储库等应急设施。

10.5 非辐射环境影响评价结论

（1）散热系统影响

陆丰核电厂 5、6 号机组取水工程将码头东侧“港池+暗涵”取水方案作为取水推荐方案，排水工程将一机一洞呈直线布置方案作为推荐方案。结合已开展温排水模拟结果，5、6 号机组运行期间的夏季半月潮最大 1℃温升外包络范围和冬季半月潮最大

2℃温升外包络范围涉及的功能区水温均执行三类标准（405B、406B 和 412-1），4℃温升区均位于陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406C）内，因此，5、6号机组运行期间的温升影响满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

本工程温排水夏季1℃冬季2℃最大温升包络区域和4℃最大温升包络区域均位于陆丰核电厂通信用海区，不涉及汕尾南部渔业用海区。本工程运行期间温排水满足陆丰核电厂通信用海区和汕尾南部渔业用海区的管控要求。

本工程取水口平均流速小于邻近海域平均流速，不会对周边水域流态产生明显影响，具有游泳能力的海生物能直接游离取水口区域，不会带来明显的生物撞击影响。陆丰核电厂的取水口周围海域没有海洋生物的产卵场，也不涉及海洋生物的洄游路线，预计取水造成的卷载、卷塞影响较小。

(2) 化学污染物的影响

本工程常规岛化学加药系统化学物质随二回路排水排放。海水淡化系统酸碱废水送至海水废水收集池，经中和调节 pH 值后排至海水管网，亚硫酸氢钠反应后成为硫酸钠溶液，随海淡浓水一并排放。除盐水处理系统酸碱废水排入中和池，调节 pH 值后回用至海水淡化系统。循环水处理系统的酸洗废水经中和调节 pH 值后送至非放射性工业废水处理站达标排放。凝结水精处理系统酸碱废水排入凝结水精处理废水池，通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值后排至常规岛废液贮存罐厂房。

本工程两台机组正常运行后排放的余氯对周围海域中海洋生物有毒性影响的范围限于有限的范围内，余氯对电厂周边海域的海洋生物影响较小。

(3) 其他环境影响

本工程运行期的非放射性生产废水最终经非放射性工业废水处理站（BST）处理达标后排放，排放执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准（其他排污单位），水质达标的废水通过5、6号机组BCC井排放，各项非放射性化学物质与循环冷却水混合后对海水环境本底值增量有限。因此，非放射性化学物质排放对海水水质影响有限。

本工程主厂区建设一座厂区污水处理站(BEW)满足厂区生活污水处理的需要。BEW 出水优先回用厂区绿化、道路清扫及冷源拦截设施清洗等用途，剩余部分达标排放，排放时执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 及修改单一级 A 标准和《水污染物排放限值》(DB 44/26-2001) 中第二时段一级标准(其他

排污单位）的较严要求，回用时执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫的限值和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）及修改单一级 A 标准，在无法全部回用时剩余部分达标排放至虹吸井与循环水进一步稀释，对厂址周围的海洋环境造成影响很小。主厂区外生活区污水处理站（372 子项）出水全部回用，对环境不造成影响。

各项固体废弃物均有有效处理手段处置，不会对当地环境造成不利影响。

本工程正常运行期间噪声不会对厂址边界以外的声环境造成影响，本工程运行期间噪声排放可满足要求。

类比监测结果表明，陆丰核电厂开关站的电磁辐射能够满足相关评价标准，开关站投运后对周围居民不会产生不利影响。

海水淡化系统中污泥经过脱水后运出厂区由相关有资质单位处理，浓盐水与循环冷却水混合后对海水盐度增量有限，预计浓盐水排放不会对厂址附近海域环境造成影响。

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，建设单位已根据陆丰核电 5、6 号机组厂址特点和社会环境状况，开展了信息公开及全本公示工作，并按相关要求编制了公众参与说明。三次公示期间均未收到公众意见反馈。

10.7 承诺

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与环保措施落实情况等方面分析，陆丰核电厂 5、6 号机组运行对周围环境的影响是可以接受的。陆丰核电厂 5、6 号机组运行期间，建设单位将确保环保设施安全有效地运行，严格进行流出物监测和环境监测，做好相应环境保护工作。同时本项目做出如下具体承诺：

- (1) 建设单位将在陆丰核电厂 5、6 号机组运行前，严格落实环保设施的有效性，落实“三同时”要求，在运行后将结合流出物与环境监测相关技术要求和运行经验反馈，持续优化做好核电厂运行期间的流出物、三废处置和应急管理等方

面工作，以及陆域和海洋环境监测及评价，反映本工程对环境的实际影响情况；

- (2) 建设单位将持续开展公众宣传、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，对于周边群众的相关合理诉求，将在条件允许的情况下尽最大可能予以积极响应，以最终实现核电建设与当地经济社会发展的共赢。