

广东陆丰核电 5、6 号机组

环境影响报告书  
(建造阶段)  
(公示版)



中广核陆丰核电有限公司

2021 年 11 月

广东陆丰核电 5、6 号机组

环境影响报告书  
(建造阶段)  
(公示版)

中广核陆丰核电有限公司

2021 年 11 月





## 目 录

### 前言

### 第一章 概述

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

### 第二章 厂址与环境

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

### 第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

## 第四章 核电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽—电力系统
- 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 环境保护设施

### 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

图

图 1.6-1 厂址附近海洋功能区划示意图

图 1.6-2 厂址附近近岸海域环境功能区划示意图

## 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

本建设项目名称为广东陆丰核电 5、6 号机组，申请建造的核电机组为广东陆丰核电 5、6 号两台百万千瓦级华龙一号技术融合方案压水堆核电机组，由中广核陆丰核电有限公司负责建设和运营。

### 1.1.2 建设性质

本项目广东陆丰核电 5、6 号机组为新建商用核电项目。

## 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

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 台华龙一号技术融合方案核电机组。

中广核陆丰核电有限公司负责建设和运营，负责筹措建设所需资金和债务偿还，负责债务的风险管理。为了实现专业化、集约化和科学化的工程建设，中广核陆丰核电有限公司将委托中国广核集团下属的专业化公司中广核工程有限公司进行工程总承包，深圳中广核工程设计有限公司作为陆丰核电 5、6 号机组的设计总包院，负责本期工程项目的工程前期咨询、总体设计、初步设计和主要的施工图设计，负责组织和管理分包设计单位共同完成施工图设计，以及工程建设各阶段的相关技术服务。

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，统一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、设置统一的环境监测中心和应急指挥中心等。

## 1.4 建设目的

- a) 符合国家能源发展的产业政策

核能已成为人类使用的重要能源，是目前可以被大规模商业使用并可以替代化石燃料的成熟清洁能源。在保证安全的前提下，稳步高效推进核电建设，是我国能源发展的一项重要政策，建设在优化能源结构、保证能源安全、促进减排和应对气候变化等方面发挥着不可替代的战略作用。

2019年2月18日，经党中央、国务院同意发布的《粤港澳大湾区发展规划纲要》中提出：“大力发展绿色低碳能源，加快天然气和可再生能源利用，有序开发风能资源，因地制宜发展太阳能光伏发电、生物质能，安全高效发展核电，大力推进煤炭清洁高效利用，控制煤炭消费总量，不断提高清洁能源比重。”

2020年6月5日，国家能源局发布的《2020年能源工作指导意见》中提出：“坚持清洁低碳战略方向不动摇，加快化石能源清洁高效利用，大力推动非化石能源发展，持续扩大清洁能源消费占比，推动能源绿色低碳转型。”“安全发展核电，稳妥推进项目建设和核能综合利用等。”

2020年10月29日中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议通过的《中共中央关于制定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的建议》提出：“降低碳排放强度，支持有条件的地方率先达到碳排放峰值，制定二〇三〇年前碳排放达峰行动方案。”

根据最新的《产业结构调整指导目录》中的有效条款，“核电站建设”列为产业结构调整中的第一类——鼓励类，陆丰核电项目属于鼓励发展的行业。

#### b) 适应广东电力需求发展的需要

改革开放以来，广东省经济社会保持快速、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，未来广东省电力需求仍将继续保持增长。

根据广东省的电力平衡结果分析，考虑年度最高负荷并计及备用容量，若仅仅考虑省内已核准电源项目，广东省 2030 年和 2035 年电力缺口分别约为 16597 兆瓦和 32497 兆瓦。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，必须加快电源的建设力度和速度，以适应省内电力需求快速发展的需要。

#### c) 为广东省电网安全运行提供电源支撑

长期以来，广东省区域经济发展不协调，珠三角地区和粤东西北地区经济总量差距悬殊。珠三角地区经济跨越发展，粤东西北地区包括东翼、西翼和粤北山区，东翼和西

翼分别位于珠三角的东、西两侧，人口资源、生产力发展水平处于中游，北部山区经济发展比较落后。粤东西北地区振兴发展不仅关系粤东西北地区自身的发展，也是珠三角地区加快经济转型升级的迫切需要。在粤东地区建设陆丰核电厂大型电源，能够为经济发展提供强有力的电源保障，有力推动粤东地区振兴发展。同时，广东省内部电源建设条件有限，外电比例较大，陆丰核电厂的建设，可以增加广东电网本地电源比例，有利于提高整个广东省电网的供电可靠性。

d) 为小火电退役创造条件，加快电源结构优化进程

根据广东省人民政府印发的《广东省打赢蓝天保卫战行动方案(2018-2020 年)》（粤府[2018]128 号），珠三角地区禁止新建、扩建燃煤燃油火电机组或企业燃煤燃油自备电站。从中长期看，在运煤电机组随着运行年限增加，将逐步达到服役年限。从控制煤炭消费的角度，达到服役年限的煤电机组将按“煤改气”或搬迁考虑。2035 年前，广东省将约有 16645 兆瓦煤电机组逐步达到服役年限，需要实施升级改造或退役。

核电厂与火力发电厂相比具有减轻运输负担、安静和环境清洁、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，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途径，有利于提高广东省能源供应的安全性和稳定性。

e) 助力实现 2030 年碳达峰、2060 年碳中和的目标

广东省以煤炭消费为主的能源消费结构成为导致大气污染和酸雨现象日趋严重的重要原因之一。核电作为清洁能源，发展核电替代化石能源，对于减少二氧化碳排放，减轻污染物排放，改善环境质量，降低 PM2.5 浓度具有明显的作用。

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，在保证社会电力需求总量稳步增长的前提下，本期工程的建设减少了碳排放量，将为碳达峰、碳中和目标的实现做出重要贡献。

## 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



陆丰核电项目已列入《核电中长期发展规划（2011-2020 年，调整）》，2020 年 5 月，国家能源局组织召开专家座谈会，研究广东陆丰核电 5、6 号机组项目前期工作有关事宜。并于 6 月 9 日，正式印发《关于广东陆丰核电 5、6 号机组项目前期工作专家座谈会的会议纪要》（国能综纪核电[2020]6 号），同意陆丰核电 5、6 号机组按照华龙一号技术路线开展前期工作。

2021 年 3 月通过的《中华人民共和国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》提到，构建现代能源体系，安全稳妥推动沿海核电建设，建成华龙一号，积极有序推进沿海三代核电建设。

2016 年 1 月发布的《广东省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》（粤府[2016]35 号）提出：“到 2020 年地区生产总值约 11 万亿元，人均地区生产总值约 10 万元。”同时提出以核电、天然气、风电、太阳能等为重点，大力发展绿色低碳能源的现代能源体系，推进能源可持续发展。

2018 年广东省发展和改革委员会发布的《广东省能源发展“十三五”规划》提出，安全高效发展核电，推动陆丰等后续项目开工建设。到 2020 年核电装机容量达到 1600 万千瓦。

2021 年 4 月发布的《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》中的“十四五”时期广东省能源保障体系重点建设工程，核电方面，新开工建设陆丰核电等项目。

2018 年 10 月发布的《陆丰市城市总体规划（2011-2035 年）》指出，陆丰市面临新的重大的战略机遇期，尤其是能源项目的建设，如田尾山核电项目（陆丰核电厂）等，对于陆丰市而言，均具有重大的影响和推动作用。规划中，陆丰市城镇空间结构，规划形成“一核两区三轴四组团”的空间发展格局，其中四组团包括“中部碣石-湖东组团”，作用之一有主导核电新能源产业等具有要素集聚和辐射带动的作用。在该规划期内供电规划建筑一个核电站和若干个水电站。

2019 年 5 月形成的《陆丰市市域乡村建设规划（2018-2035 年）》指出，统筹全市范围内电站、电厂建设。规划期内将建筑一个核电站和若干个水电站。到规划期末将能满足区内的用电需求的增长。

2014 年 6 月形成的《陆丰市碣石镇总体规划（2012-2030 年）》指出，在城镇空间发展上，要片区统筹、引导空间差异化发展。将镇域划分为五个功能片区，分别为碣北

产城综合片区、碣西行政居住片区、碣南滨海旅游片区、玄武文化旅游片区、核电发展片区。其中核电发展区建设陆丰市核电站，位于镇域最南端田尾山。在镇域建设区空间中禁建区包含了陆丰核电厂高压走廊保护区，限建区中包含了陆丰核电站规划限制区，并描述了相应的管控要求。

## （2）环境保护相关规划

根据《陆丰市海洋功能区划（2015-2020 年）》，陆丰核电厂用海区域处于代码为“A3-26”的“田尾山工业与城镇用海区”，功能区类型为“工业与城镇用海区”，面积为 4183ha，岸段长度 15382m。

- 该海域使用管理要求有：1) 相适宜的海域使用类型为造地工程用海、工业用海；2) 保障核电用海需求；3) 适当保障交通运输用海需求；4) 优化围填海平面布局，节约集约利用海域资源，提高岸线利用效率；5) 在基本功能未利用时，保留浅海增殖、养殖等渔业用海活动。
- 该海域的海洋环境保护要求有：1) 基本功能未利用时，执行海水水质二类标准、海洋沉积物质量一类标准和海洋生物质量一类标准；2) 工程建设期间及建设完成后，执行第三类海水水质标准、第二类海洋沉积物质量标准和第二类海洋生物质量标准。
- 该海域其它管理要求有：1) 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；2) 加强对围填海、温排水的动态监测和监管；3) 加强海洋环境监测，建立完善的应急体系。

厂址附近的海洋功能区划示意图见图1.6-1。

根据广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复（粤府函[2013]127 号），陆丰核电厂址所在海域为“碣石浅澳工业功能区（406B）”，水质目标为三类，陆丰核电厂排水口设置在田尾山南侧海域，附近有“陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406-1）”，在该区域内，电厂温排水将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。

厂址附近的近岸海域环境功能区划见表 1.6-1 和图 1.6-2。

## 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

- 中华人民共和国环境保护法（自 2015 年 1 月 1 日实施）
- 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（自 2018 年 12 月 29 日起修正施行）
- 中华人民共和国放射性污染防治法（自 2003 年 10 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国大气污染防治法（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）
- 中华人民共和国环境噪声污染防治法（自 2018 年 12 月 29 日起修正施行）
- 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 日修正施行）
- 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 2017 年 11 月 5 日修正施行）
- 中华人民共和国海域使用管理法（自 2002 年 1 月 1 日起施行）
- 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 日施行）
- 建设项目环境保护管理条例（自 2017 年 10 月 1 日起修订施行）
- 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）
- 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 日修正）
- 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（自 2021 年 1 月 1 日起施行）
- 近岸海域环境功能区管理办法（自 2010 年 12 月 22 日起施行）
- 放射性固体废物贮存和处置许可管理办法（自 2014 年 3 月 1 日起施行）
- 放射性物品运输安全许可管理办法（自 2010 年 11 月 1 日起施行）
- 核电厂厂址选择安全规定（HAF101，1991）

- 核动力厂设计安全规定（HAF102，2016）
  - 放射性废物安全监督管理规定（HAF401，1997 年 1 月）
  - 国务院办公厅关于印发国家突发环境事件应急预案的通知（国办函〔2014〕119 号）
  - 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）
  - 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的通知（环办〔2013〕103 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）
  - 关于印发《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》的通知（国核安发〔2020〕44 号）
  - 环境影响评价公众参与办法（自 2019 年 1 月 1 日起施行）
- (2) 技术标准和导则
- 电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）
  - 核动力厂环境辐射防护规定（GB6249-2011）
  - 放射性废物管理规定（GB14500-2002）
  - 放射性物品安全运输规程（GB11806-2019）
  - 核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分（GB/T17680.1-2008）
  - 电离辐射监测质量保证通用要求（GB8999-2021）
  - 核设施流出物监测的一般规定（GB11217-89）
  - 危险化学品重大危险源辨识（GB18218-2018）
  - 海水水质标准（GB3097-1997）
  - 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）
  - 城市污水再生利用-城市杂用水水质（GB/T18920-2020）
  - 环境空气质量标准（GB3095-2012）
  - 声环境质量标准（GB3096-2008）
  - 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB12348-2008）
  - 建筑施工场界环境噪声排放标准（GB12523-2011）

- 电磁环境控制限值（GB8702-2014）
- 建设项目环境影响评价技术导则 总纲（HJ2.1-2016）
- 环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容（HJ808-2016）
- 环境影响评价技术导则 大气环境（HJ2.2-2018）
- 环境影响评价技术导则 地表水环境（HJ 2.3-2018）
- 环境影响评价技术导则 声环境（HJ2.4-2009）
- 环境影响评价技术导则 生态影响（HJ19-2011）
- 环境影响评价技术导则 输变电（HJ24-2020）
- 建设项目环境风险评价技术导则（HJ169-2018）
- 辐射环境监测技术规范（HJ61-2021）
- 近岸海域环境监测技术规范（HJ442-2020）
- 核电厂厂址选择的大气弥散问题（HAD101/02）
- 核电厂厂址选择及评价的人口分布问题（HAD101/03）
- 核电厂厂址选择的外部人为事件（HAD101/04）
- 核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题（HAD101/05）
- 核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）（HJ1037-2019）

### （3）地方法规和标准

- 广东省环境保护条例（2018 年 11 月 29 日修正）
- 广东省民用核设施核事故预防和应急管理条例（2018 年 11 月 29 日修正）
- 广东省固体废物污染环境防治条例（2019 年 3 月 1 日修订施行）
- 广东省海域使用管理条例（自 2007 年 3 月 1 日起施行）
- 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）

### 1.6.3 相关管理文件

- 中国国际工程咨询有限公司，咨核电[2021]541 号，中国国际工程咨询有限公司关于中广核广东陆丰核电厂 5、6 号机组可行性研究报告的审查意见；
- 汕尾市环境保护局，汕环函[2012]256 号，关于陆丰核电厂 220kV 施工及辅助

电源第一回送线路工程项目环境影响报告表的批复；

- 广东省人民政府办公厅，粤办函[2021]94 号，广东省人民政府办公厅关于在陆丰核电厂外围划定规划限制区问题的复函；
- 国家能源局，国能综纪核电[2020]6 号，关于广东陆丰核电厂 5、6 号机组项目前期工作专家座谈会的会议纪要，2020 年 6 月 8 日；
- 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；
- 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。

上述部分文件详见附录 A。

#### 1.6.4 相关技术文件

陆丰核电厂近期已开展的专题成果主要有：

- 广东陆丰核电一期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告，自然资源部第三海洋研究所，2020 年 3 月；
- 广东陆丰核电厂 5、6 号机组陆域生态环境调查及评价报告，中国辐射防护研究院，2020 年 6 月；
- 陆丰核电厂一期工程海域冬、夏季全潮观测报告，国家海洋局南海调查技术中心，2019 年 11 月；
- 广东陆丰核电厂一期工程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，2020 年 3 月；
- 广东陆丰核电厂选址阶段环境辐射本底初步调查报告，苏州热工研究院有限公司，2020 年 7 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组电磁辐射环境现状补充监测报告，苏州热工研究院有限公司，2021 年 7 月；
- 广东陆丰核电一期工程厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查报告，苏州热工研究院有限公司，2019 年 11 月；
- 广东陆丰核电一期工程厂址区域环境特征及外部人为事件调查报告，苏州热工研究院有限公司，2019 年 11 月；

- 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，2021 年 1 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组液态流出物排放数值模拟研究报告，南京水利科学研究院研究院，2020 年 12 月；
- 广东陆丰核电厂三维温排数值模拟专题研究报告，南京水利科学院研究院，2021 年 1 月；
- 广东陆丰核电厂 5、6 号机组泥沙数值模拟专题研究报告，南京水利科学院研究院，2020 年 2 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组项目水土保持方案报告书，广东省电力设计研究院有限公司，2021 年 1 月；
- 广东陆丰核电厂 5、6 号机组海洋水文分析与计算报告（A 版），深圳中广核工程设计有限公司；
- 广东陆丰核电厂 5、6 号机组极端气象设计基准及气象数据收集分析报告（A 版），深圳中广核工程设计有限公司；
- 广东陆丰核电厂 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，2020 年 3 月；
- 广东陆丰核电 5、6 号机组厂址区域核应急方案，深圳中广核工程设计有限公司，2020 年 12 月；
- 广东陆丰核电新增陆域、海域范围项目文物考古调查、勘探报告，广东省文物考古研究所，2020 年 10 月。

## 1.7 评价标准

### 1.7.1 辐射环境影响评价标准

（1）运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量约束值和排放控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的 6.1 款规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值，同时对不同功率反应堆要求根据其功率按照

6.2 条款规定适当调整，6.4 款规定了多堆厂址所有机组年总排放量控制值，此外，6.8 款还规定了不同类型厂址放射性流出物排放浓度控制值。

陆丰核电厂规划建设 6 台压水堆核电机组，其运行状态下向环境释放的放射性物质对公众中任何个人（成人）造成的有效剂量约束值为  $0.25\text{mSv/a}$ ，本次环境影响评价确定 5、6 号两台机组向环境释放的放射性流出物对公众所造成的剂量约束值不超过  $0.08\text{mSv/a}$ 。

陆丰核电 5、6 号机组采用华龙一号核电机组为轻水反应堆，机组额定热功率为  $3180\text{MW}$ 。根据 GB6249-2011 中 6.2 款规定，对于  $3000\text{MW}$  热功率的轻水反应堆设计控制值，其单堆排放量控制值如下：

气载放射性流出物：

- 惰性气体： $6 \times 10^{14}\text{Bq/a}$ ；碘： $2 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ ；粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）： $5 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ ；
- 碳 14： $7 \times 10^{11}\text{Bq/a}$ ；氚： $1.5 \times 10^{13}\text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物：

- 氚： $7.5 \times 10^{13}\text{Bq/a}$ ；碳 14： $1.5 \times 10^{11}\text{Bq/a}$ ；
- 其它核素： $5 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ 。

由于本工程确定的放射性流出物对公众所造成的剂量约束值（ $0.08\text{mSv/a}$ ）约为 GB6249-2011 厂址剂量约束值（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的  $1/3$ ，因此，本工程两台机组的流出物年排放量控制值考虑为 GB6249 厂址控制值的  $1/3$ ，如下：

气载放射性流出物：

- 惰性气体： $8 \times 10^{14}\text{Bq/a}$ ；碘： $2.66 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ ；粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）： $6.66 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ ；
- 碳 14： $9.33 \times 10^{11}\text{Bq/a}$ ；氚： $2 \times 10^{13}\text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物：

- 氚： $1 \times 10^{14}\text{Bq/a}$ ；碳 14： $2 \times 10^{11}\text{Bq/a}$ ；
- 其它核素： $6.66 \times 10^{10}\text{Bq/a}$ 。

GB6249-2011 中 6.8 款规定，对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其它放射性核素浓度不应超过  $1000\text{Bq/L}$ 。本工程液态排放放射性核素浓度控制值为  $900\text{Bq/L}$ 。

## （2）事故工况下的剂量限值

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）7.2 款的规定，核动力厂事故工



况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

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

### （3）海水中的放射性核素浓度指标

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，陆丰核电 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：

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

## 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

本工程在选址阶段环评时向当地环保部门申请了非放执行标准，并获得了复函《汕尾市生态环境局关于提供陆丰核电区域非放射性影响评价等相关标准的复函》，本次环境影响评价所执行排放标准主要依据选址环评的审查反馈建议，并参考复函文件，具体如下：

### （1）环境质量标准

#### a) 环境空气质量标准

厂址区域环境空气质量现状评价执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

#### b) 海水水质标准

厂址区域海水质量评价按厂址附近近岸海域环境功能区划的要求执行《海水水质标准》（GB3097-1997）规定的相应标准。

根据广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复（粤府函[2013]127 号），陆丰核电厂址所在海域为“碣石浅澳工业功能区（406B）”，水质目标为三类，陆丰核电厂排水口设置在田尾山南侧海域，附近有“陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406-1）”，在该区域内，电厂温排水将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。

c) 声环境质量标准

项目附近区域及敏感点的声环境质量现状执行《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

厂址附近工频电场强度和工频磁感应强度评价标准执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的对应于 50Hz 频率的公众曝露控制限值，即：工频电场 4000V/m，工频磁场 100 $\mu$ T。

（2）非放射性污染物排放标准

a) 污水排放标准

电厂建设期间的生活污水处理达标后全部回用，回用时废水执行《城市污水再生利用-城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中相对较严格的冲厕、车辆冲洗水的限值要求。建设期间的生产废水全部回用。

电厂运行期间非放射性生产废水排放执行《广东省水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准。

运行期间生活污水处理后出水按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准执行，全部回用于厂区绿化、道路浇洒等用途。

b) 大气污染物排放标准

电厂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，其中无组织排放期间周界外浓度最高点  $\text{SO}_2$ ：0.40mg/m<sup>3</sup>； $\text{NO}_x$ ：0.12mg/m<sup>3</sup>；颗粒物：1.0mg/m<sup>3</sup>。

c) 噪声污染物排放标准

施工期间的场界噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的限值，即：昼间 70dB（A）、夜间 55dB（A）；

电厂运行期间，厂界噪声排放拟执行《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）。

## 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：海工工程、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 辅助电源工程目前已经建成 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、放射源库、应急道路和淡水供水管线（碣石镇水厂引接管线部分）将单独立项进行环评。另南方电网公司作为 500kV 输变电线的项目建设单位，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。

其余配套工程环评包含在核电厂主体工程环评中。

## 1.9 环境保护设施

本项目拟建设的环境保护设施主要包括废液处理系统、废液排放系统、废气处理系统、固体废物处理系统、非放射性废水处理站、厂区环境和气象监测系统以及相关的放射性废物处理厂房、废液贮存罐厂房、废物辅助厂房、生活污水处理站、环境实验室等。

拟建的环境保护设施主要选择现有核电厂普遍采用的成熟、可靠、经济的方案，并结合本工程机组类型和污染物排放特点进行适当优化，以保证环境保护设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

本项目辐射环境影响评价的范围为以陆丰核电 5 号反应堆为中心，半径为 80km 内的区域。

### （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 1℃温升包络范围和本项目海工工程影响海域。

b) 大气环境

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

c) 声环境

声环境影响评价范围为厂界外 1m，并适当扩大至环境敏感点处。

d) 生态环境

参照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011），本项目生态环境评价范围以核电厂永久占地和临时占地范围为主，并考虑附近自然保护区和生态敏感区。

e) 电磁环境

参照《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020），本项目电磁辐射环境的评价范围为：厂区内变电站、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

2021 年 5 月 14 日，生态环境部批复了《广东陆丰核电 5、6 号机组环境影响报告书（选址阶段）》（环审[2021]37 号），同意按照环评报告书所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。针对批复意见中在工程设计阶段及今后应重点关注的方面，建设单位开展的工作如下：

（一）严格落实相关环境保护措施和环境监测方案，加强施工期间的环境管理，并开展取排水方案的优化工作，以降低温排水对周边环境的影响。

建设单位严格按照法规要求，已委托有资质单位开展施工期间的陆域环境监测，海域委托监测正在招投标中，相关工作将贯穿整个核电厂施工期间，使施工环境影响处于严格监控之中，确保相关环境保护措施得到有效落实和实施。

（二）采取积极有效措施，明确本工程低放固体废物的去向。

本工程产生的放射性固体废物将在厂内 SRTF 暂存不超过五年后，按照国家中低放固体废物区域处置的政策，运至中低放固废处置场予以处置。

（三）积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

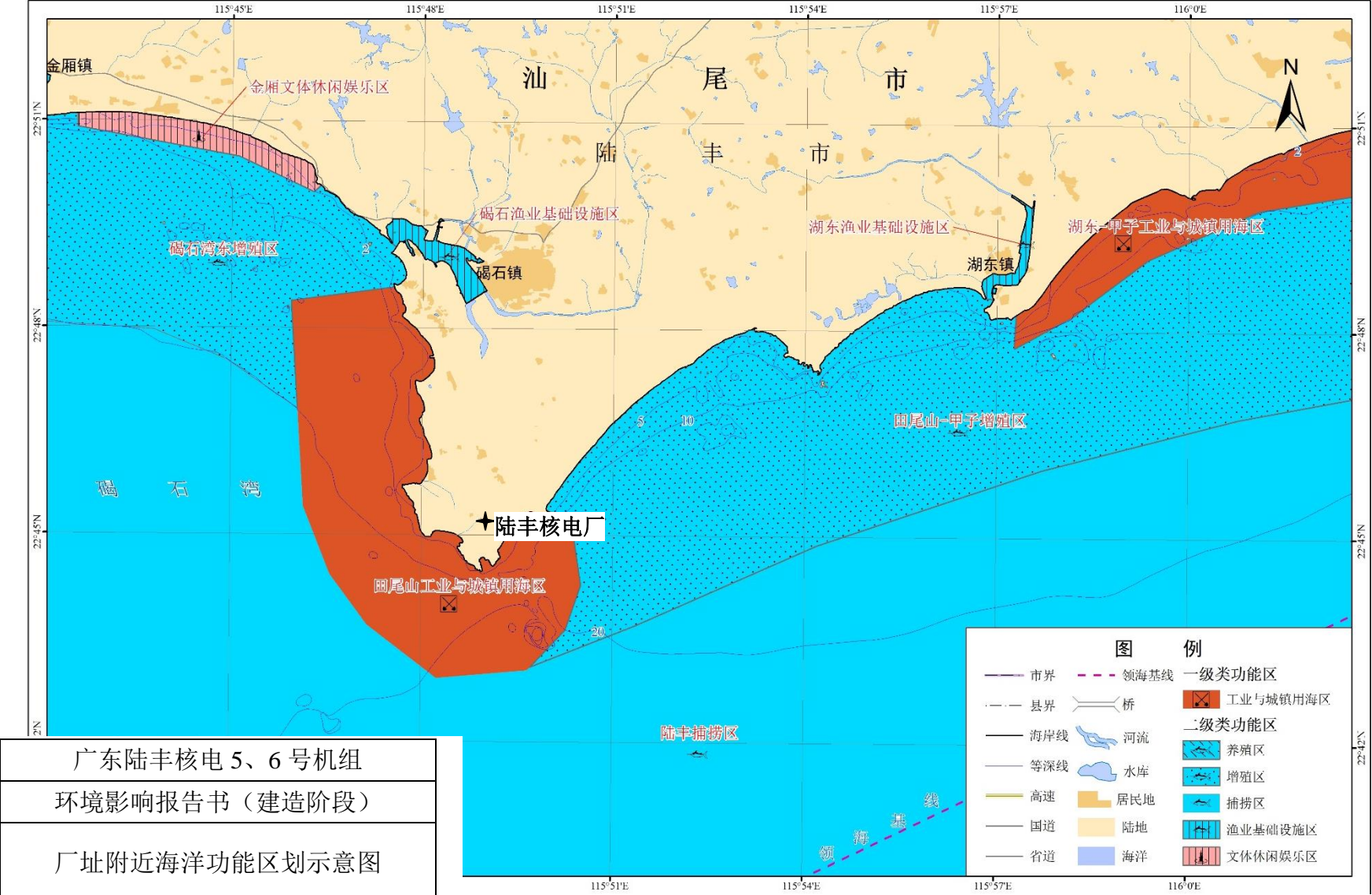
建设单位一直在开展公众沟通与社会责任各项活动，包括邀请政府部门代表和媒体代表座谈、核电科普进校园、邀请周边村民走进核电基地、公众开放体验日、关爱周边弱势群体志愿者等活动。通过与当地公众的沟通交流，并在公众参与过程中充分保障公

众的知情权和参与权，让公众充分理解和支持陆丰核电站的建设，并更加了解核电，维护良好的社会环境。

表 1.6-1 厂址附近近岸海域环境功能区划

标识号	行政区	功能区名称	范围	平均 宽度 km	长度 km	主要功能	水质目标	备注
405A	汕尾市	田尾山生态功能区	三洲澳至沈厝地	1.2	4.5	海洋生态保护	二	
405B	汕尾市	碣石港口工业用海功能区	沈厝地至田尾山	3.0	13.5	港口、工业	三	控制点坐标分别为： A: 115°51'46.37", 22°47'15.96" B: 115°52'37.74", 22°46'55.08" C: 115°53'20.10", 22°46'36.56" D: 115°51'58.95", 22°44'35.35" E: 115°49'35.30", 22°43'20.06" P: 115°49'37.66", 22°43'56.64" O: 115°49'42.57", 22°45'14.90"
406A	汕尾市	碣石浅澳港口、工业功能区	田尾山至西澳农场	1.5	11	港口、工业	三	控制点坐标分别为： O: 115° 49'42.57"; 22° 45'14.90" P: 115° 49'37.66"; 22° 43'56.64" I: 115° 46'55.81"; 22° 45'45.45" J: 115° 48'1.91"; 22° 45'54.80"
406B	汕尾市	碣石浅澳工业功能区	田尾山至西澳农场	2.8	7.5	工业	三	控制点坐标分别为： P: 115° 49'37.66"; 22° 43'56.64" E: 115° 49'35.30"; 22° 43'20.06" F: 115° 47'39.96"; 22° 43'39.81" G: 115° 46'8.35"; 22° 44'16.76" H: 115° 46'9.88"; 22° 45'38.66" I: 115° 46'55.81"; 22° 45'45.45"
406-1	汕尾市	陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区	冷排水口周围海域	0.4	0.8	排污稀释混合区*	/	控制点坐标分别为： K: 115° 48'23.17"; 22° 44'5.46" L: 115° 48'51.66"; 22° 44'5.46" M: 115° 48'51.66"; 22° 43'52.52" N: 115° 48'23.17"; 22° 43'52.52"
412	汕尾市	碣石湾浅海渔业功能区	碣石湾内浅海	—	—	渔场作业区	一	

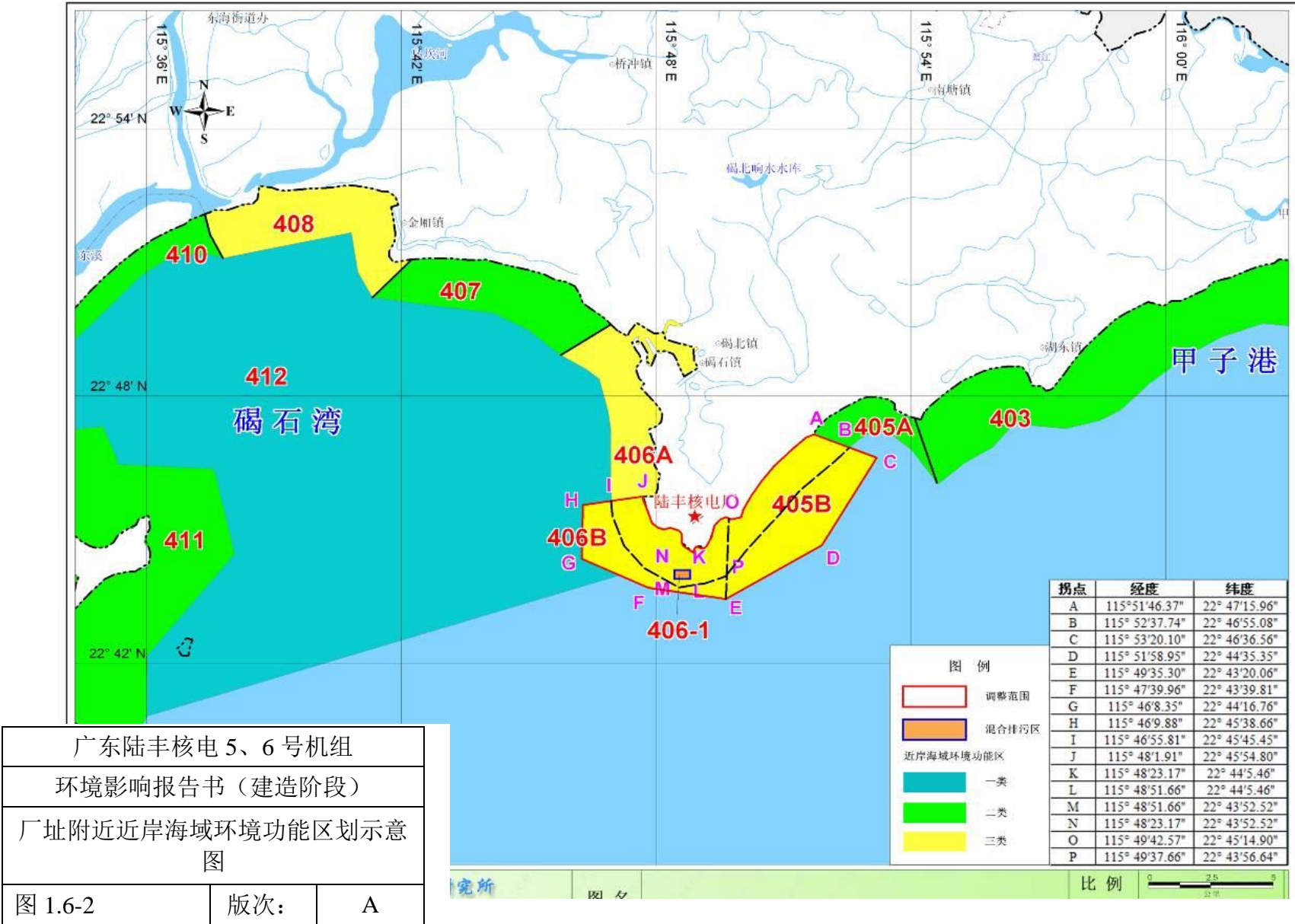
注\*: 电厂排水在该区域内温升不执行海水水质标准。



广东陆丰核电 5、6 号机组  
环境影响报告书（建造阶段）  
厂址附近海洋功能区划示意图

图 1.6-1      版次:      A







## 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

广东陆丰核电厂址位于广东省汕尾市所辖陆丰市碣石镇以南约 8km 的田尾山。厂址西北距陆丰市约 26km，西距汕尾市约 45km，东北距揭阳市惠来县约 58km，东北距汕头市约 120km。

### 2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

本工程非居住区边界为以各反应堆为中心、半径 500m 的包络区域。本工程在设计基准事故发生后 2h 内，非居住区边界的剂量能够满足我国国家标准 GB6249-2011 的相关要求。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），同意中广核陆丰核电有限公司对非居住区行使有效控制。

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》和《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，陆丰核电厂厂址周围应设置半径为 5km 的规划限制区。2021 年 4 月，汕尾市人民政府以汕府[2021]24 号文向省人民政府请求出具划定陆丰核电厂规划限制区意向性文件。2021 年 6 月，广东省人民政府复函（粤办函[2021]94 号）原则同意在国家正式核准陆丰核电 5、6 号机组后，按照有关规定在核电厂周围设置规划限制区。《广东省民用核设施核事故预防和应急管理条例》（2018 年 11 月 29 日修订施行）要求“核电厂和核热电厂取得国家颁发的《核设施建造许可证》后，依法向省人民政府申请设立规划限制区，并配合省人民政府向国务院核安全监督管理部门报批规划限制区”。据此，建设单位将在取得核设施建造许可证后，及时与汕尾市人民政府、广东省生态环境厅就设置核电厂规划限制区事宜进行沟通，并向广东省人民政府申请设立规划限制区。

## 2.2 人口分布与饮食习惯

### 2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

#### 2.2.1.1 厂址半径 5km 范围

#### 2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

#### 2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

### 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

#### 2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口中心

#### 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 范围内内居民的饮食习惯

### 2.2.4 参考资料

表

表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2017 年）

表 2.2-8 碣石镇预期人口增长率

表 2.2-9 碣石镇各主要功能分区的预期人口分布

表 2.2-10 厂址周围地区人口预期增长率

表 2.2-11 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2026 年）

表 2.2-12 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2036 年）

表 2.2-13 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2046 年）

表 2.2-14 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2056 年）

表 2.2-15 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2066 年）

表 2.2-16 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2076 年）

表 2.2-17 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2086 年）

表 2.2-18 厂址半径 5km 范围内不同年龄组一般公众人均食物消费量

表 2.2-19 厂址半径 5km 范围内不同职业食物消费量

表 2.2-20 厂址半径 5km 范围内居民个人生活习性统计情况

表 2.2-21 厂址半径 80km 范围内居民食物消费量

图

图 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2017 年）

图 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2026 年）

图 2.2-8 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2036 年）

图 2.2-9 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2046 年）

图 2.2-10 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2056 年）

图 2.2-11 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2066 年）

图 2.2-12 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2076 年）

图 2.2-13 厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2086 年）

## 2.2 人口分布与饮食习惯

按照《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 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。主要资料来源：

- 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 2018 年的统计年鉴（2017 年数据）；
- 陆丰市公安局提供的陆丰市截止到 2018 年底的户籍人口资料；陆丰市卫健局提供的厂址半径 20km 范围内截止到 2018 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资料；
- 现场实地调查的资料。

厂址半径 80km 范围主要涉及深汕特别合作区、汕尾市、揭阳市、汕头市、惠州市和河源市，具体包括：

- 厂址半径 5km 范围，主要涉及陆丰市碣石镇的后埔、浅澳、上林、新丰、红坡、角清和前堆共 7 个行政村；
- 厂址半径 10km 范围，主要位于陆丰市碣石镇所辖范围，涉及碣石镇镇区及碣石镇所辖部分行政村；
- 厂址半径 15km 范围，主要位于陆丰市碣石镇、湖东镇、金厢镇所辖范围，以及桥冲镇和南塘镇一角；
- 厂址半径 80km 范围，主要涉及广东省深汕特别合作区，汕尾市下辖的汕尾城区、红海湾开发区、华侨管理区、陆丰市、海丰县、陆河县，揭阳市下辖的揭西县、惠来县、普宁市，汕头市下辖的潮南区，惠州市下辖的惠东县小部分地区，以及河源市下辖的紫金县一角。

### 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

厂址半径 5km 范围内涉及陆丰市碣石镇的后埔、浅澳、上林、新丰、红坡、角清和前堆共 7 个行政村，13 个自然村。

根据陆丰市公安局给出的户籍人口统计结果，厂址半径 5km 范围，共有人口 23858

人。按厂址半径 5km 范围总面积计算，人口密度约为 304 人/km<sup>2</sup>；按陆域面积计算，平均人口密度约 982 人/km<sup>2</sup>，高于广东省同期的平均人口密度 622 人/km<sup>2</sup>，也高于汕尾市同期的平均人口密度 565 人/km<sup>2</sup>。5km 范围内，按常住人口统计，共有人口 15171 人。

厂址 NW 方位约 1.4km 的浅澳自然村有村民开发的小规模旅游项目，主要为沙滩和附近出海游玩，游客一般不住宿，游客人数较少，高峰期（十一期间）单日一般不超过千人，厂址半径 5km 范围内未规划大型的旅游景点。厂址半径 5km 范围内各行政村的流动人口以流出为主，流入一般几十人，主要为务工和经商人员，主要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 5km 范围内主要为陆丰市碣石镇农村地区，厂址东北侧紧邻厂区规划有中广核汕尾海洋工程基地（位于 5 号机组 NE~ENE 方位 2.3km~4.5km），正处于建设阶段。厂址半径 5km 范围内无其它现有和规划的较大工业企业。

厂址半径 5km 范围内没有 1 万人以上的居民点。

#### 2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

厂址半径 10km 范围内无大型公共设施，其它各类公共设施主要集中在碣石镇镇政府所在地。

##### — 卫生

碣石镇有人民医院 1 所，位于厂址 N 方位约 8km。碣石镇人民医院共有 200 个床位，256 名医护人员。

##### — 文教

厂址半径 10km 范围主要位于碣石镇，有中学 8 所，小学 31 所，幼儿园 13 所，共有教师 2706 人，学生 35426 人，其中中学 14219 人，小学 16842 人，幼儿园 4365 人。碣石镇镇区设置有幼儿园、初中、高中，以及镇中心小学，一般各行政村有小学或教学点。厂址半径 5km 范围内有 6 所小学，无中学。离厂址最近的学校为浅澳小学，位于厂址 NNW 方位 1.5km，有老师 8 人，学生 48 人，其次为后埔小学，位于厂址 NE 方位 1.8km，有老师 12 人，学生 75 人。

##### — 敬老院、监狱

碣石镇上有一家养老院，位于厂址 N 方位约 8km，现有 25 位老人集中居住，工作

人员 5 人。

厂址半径 10km 范围内没有监狱。

碣石镇城镇位于厂址 N~NNE 方位最近约 5.5km 处，碣石镇城镇（诗书、西门、水朝、后城、西湖 5 个社区）共有户籍人口 77354 人，常住人口 57039 人，碣石镇镇区集中居住区域内共有户籍人口 98009 人，常住人口 72733 人，满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）所规定的“厂址半径 10km 范围内不应有 10 万人以上城镇”的要求。

### 2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

厂址半径 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 个镇所辖行政村，基本上每个行政村人口均在千人以上，但仅碣石镇镇区位于厂址半径 15km 范围内，居民以农业、渔业生产为主以及少量的手工业制造等。

厂址半径 15km 范围内共有（常住口径）总人口 228167 人，（户籍口径）总人口 330232 人，人口密度分别为 323 人/km<sup>2</sup> 和 467 人/km<sup>2</sup>，按陆域面积计算，人口密度分别为 1346 人/km<sup>2</sup> 和 1946 人/km<sup>2</sup>，高于广东省和汕尾市同期平均人口密度。

厂址半径 15km 范围内有行政村 59 个，千人以上行政村有 58 个，该区域中最大的行政村为诗书社区，位于厂址 N 方位 6.8km 处；其次为西门社区，位于厂址 N 方位 6.3km 处。

根据陆丰市卫健局、旅游局的相关资料，厂址半径 15km 范围内仅碣石镇镇区位于该区域内，流动人口主要集中在碣石镇境内，总体流入人口较少，没有明显的季节性变化。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、手工制造业以及渔业养殖等，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。

碣石镇镇内人口流动特点如下：碣石镇流入人口较少，全镇流入人口为 1942 人，流入人口主要集中于镇区；全镇流出人口总数为 53672 人，诗书社区、西门社区、水朝社区、后城社区流出人口最多，分别为 5690 人、4846 人、3916 人、3339 人。

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  $15\text{hm}^2$ ，是佛道两教合一的宗教活动场所，也是粤东地区重要的名胜古迹。2018 年玄武山风景旅游区共接待游客 200 万人次。景区平时游客较为分散，只有在每年节假日期间游客较多，春节期间日高峰接待游客可以达到 30 万人次；旅游人口中大多数为本地居民，也有少部分为外地信徒。

- 金厢滩旅游区位于厂址 NNW 方位 10~15km，为省级风景名胜区，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，日最大接待游客数万人。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。

## 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

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，一半以上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 77 个，其中城镇人口超过 10 万人的乡镇（街道）有 9 个。

距厂址最近的万人以上人口中心为碣石镇镇区，最近处位于厂址 N 方位 7km 处，碣石镇镇区集中居住的户籍人口有 98009 人，常住人口 72733 人。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 70km 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，有 423507 人。

### 2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内总人口数为 8006901 人，评价区内人口密度为  $398\text{人}/\text{km}^2$ ，按陆域面积计算，评价区内人口密度为  $926\text{人}/\text{km}^2$ ，高于广东省同期平均人口密度  $622\text{人}/\text{km}^2$ ，也高于汕尾市同期年平均人口密度  $565\text{人}/\text{km}^2$ 。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 2.2-7 和图 2.2-5。

### 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。

根据《陆丰市碣石镇总体规划（2012-2030）》，在规划期内，碣石镇全镇人口增长率 2015 年到 2020 年期间为 1.1%，2020~2030 年期间则为 1%，见表 2.2-8。

碣石镇将在规划期间北移城镇中心，在碣石镇旧城北侧新建行政文化中心，拉开城镇框架，建设新区、疏散老区，将城镇行政文化中心、现代工业和较高密度的居住区新建于城镇北侧，形成城镇新区，优化城镇结构。

在镇域居住用地规划中，碣石镇将合理引导城区居住用地近期由旧城向东北、远期向西北拓展。全镇将规划形成旧城综合区、碣北产城居住区、碣西居住区三个居住区。旧城综合区由于城镇建设及建设用地的拓展，比现有集中居住区规模略有扩大。碣北产城居住区位于碣石镇东北、厂址 NNE 方位约 10~12km，是未来主要的居住中心；碣西居住区位于碣石镇西北侧沿海公路北侧、厂址 N 方位约 10~11km。碣南半岛将保留原生态村庄居住形态。新建的新城行政文化区位于旧城区北侧，厂址 N 方位约 10.5km。

通过对老城区的调养和对原有镇域范围内人口的合理引导，碣石镇旧城区人口的机械增长将得到控制，人口密度将不断下降，旧城综合区的总人口将保持在一个较为稳定或逐步减少的状态。

根据碣石镇规划的人口预测，全镇人口主要分布在旧城综合区、行政文化区、碣北产城综合区及碣西居住区四个功能区，碣南半岛分布有少数散点状的村庄人口，图 2.2-6 给出了旧城综合区、行政文化区、碣北产城综合区及碣西居住区四个功能区的位置，这三个区与旧城综合区之间的最小间距约 300m。在规划中期（2020 年）和远期（2030 年），碣石镇新城总（户籍）人口分别在 9-10.5 万和 15-18 万人，其中，行政文化区人口分别在 1-1.5 万和 1-2 万人，碣西居住区则分别为 3-3.5 万和 7-8 万人，碣北产城综合区则在 5-5.5 万和 7-8 万人，碣石镇旧城综合区预期人口分别在 8.5-9 万和 7-8 万人。满足 GB6249-2011 所规定的“厂址半径 10km 范围内不应有 10 万人以上城镇”的要求。

表 2.2-9 给出了各规划期内碣石镇新城的各功能分区的预期人口分布。

根据上述规划，在规划期内，碣石镇旧城综合区人口逐步减少，本报告基于保守考虑，假设碣石镇旧城综合区人口在核电厂的整个寿期内不变。碣石镇新城（包括行政文化区、碣西居住区和碣北产城居住区）2030 年以前采用规划的人口增长率，2030

年以后采用同期汕尾市人口增长率。

根据本次调查,厂址半径 5km 范围内人口尚未按照规划预期转移至碣石镇新城区,厂址半径 5km 范围内 2010 年至本次调查期间,人口实际年平均增长率为 2.46%,高于碣石镇农村地区人口规划增长率。因此,厂址半径 5km 规划限制区和其它农村区域行政村内预期人口增长率采用汕尾市同期预期人口增长率。

## （2）厂址半径 80km 范围内其它地区预期人口增长率

本报告采用的广东省各地区的预期人口增长率数据来源于《广东省“十二五”人口发展战略研究》,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,考虑到目前已开放全面二胎政策,本次预测采用该研究报告中的高方案,即考虑了全面二胎政策后的预测结果,同时,保守假定 2050 年以后的增长率与 2050 年一致。表 2.2-10 中给出了人口预测时所使用的广东省及汕尾市、深汕特别合作区和揭阳市的预期人口增长率。

由表 2.2-10 可知,本报告采用的广东省人口增长率从 2018 年 14.1‰逐年下降到 2030 年 7.2‰,根据目前最新的人口长期规划资料《广东省人口发展规划(2017-2030 年)》,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‰,本报告采用的广东省预期人口增长率可包络广东省最新人口发展规划中的人口预计增长率。

对厂址半径 80km 范围内除汕尾、深汕特别合作区和揭阳以外的其余地区采用广东省全省的人口增长率进行预测;对 2050 年以后的人口增长率,保守选取 2050 年的人口增长率。

推算核电厂投运时(2026 年)以及寿期内每隔 10 年(即 2036 年、2046 年、2056 年、2066 年、2076 年、2086 年)厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布。

人口预测以 2017 年底人口数据为基础,预测人口采用指数增长公式计算:

$$N = N_0 e^{rt}$$

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：N 与  $N_0$  之间的时间间隔（年）。

本报告预测厂址半径 80km 内 2026 年人口为 9332230 人，寿期内每隔十年人口为 11320557 人（2036 年）、12422289（2046 年）、12931616 人（2056 年）、13340703 人（2066 年）、13763887 人（2076 年）、14201697 人（2086 年）。

核电厂运行寿期内各子区的人口分布情况见表 2.2-11~表 2.2-17 和图 2.2-7~图 2.2-13。

## 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 2010 年广东省和汕尾市第六次人口普查资料，广东省全省和汕尾市居民的年龄构成为：

	广东省	汕尾市
≤1 岁	占 1.04%；	占 1.15%；
1~7 岁（含 7 岁）	占 7.33%；	占 8.87%；
8~17 岁（含 17 岁）	占 13.89%；	占 22.51%；
>17 岁	占 77.74%。	占 67.47%。

厂址半径 80km 范围内的居民年龄构成如下：

≤1 岁	占 1.09%；
1~7 岁（含 7 岁）	占 8.02%；
8~17 岁（含 17 岁）	占 17.76%；
>17 岁	占 73.13%。

厂址半径 5km 范围内的居民年龄构成数据采用陆丰市第七次人口普查结果：

≤1 岁	占 3%；
1~7 岁（含 7 岁）	占 13%；

8~17 岁（含 17 岁）	占 17%；
>17 岁	占 67%。

### 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。

第一次调查时间为 2019 年 5 月，实地走访的居民位于后埔村、上林村、浅澳村、林厝村、新安村，发放并回收了 196 份有效食物消费情况和生活习惯数据调查表（其中后埔村 45 份、上林村 41 份、浅澳村 36 份、林厝村 39 份、新安村 35 份）。经过统计，本次调查发放回收的 196 份有效调查表中，共包括成人调查表 148 份，婴儿调查表数量 4 份，青少年和儿童的调查表数量均为 22 份。共向可能关键人群组后埔村发放并回收了 45 份有效调查表，包括成人调查表 34 份，青少年和儿童的调查表数量分别为 6 份和 5 份。

补充调查时间为 2021 年 5 月，实地走访的居民位于后埔村，本次调查发放回收的 51 份有效调查表中，共有婴儿调查表 18 份，青少年调查表 16 份，儿童调查表 17 份。

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。

通过调查统计厂址半径 5km 范围内居民饮食及生活习惯，数据统计过程中，调查结果的“平均消费量”即为“算术平均值”；“最大消费量”为将获得的样本中各类食物消费量（生活习性）的数据按照从大到小顺序排列，取单项第 20%数值作为“最大消费量”。

表 2.2-18 给出了成人（17 岁以上）、青少年（8-17 岁（含 17 岁））、儿童（1-7 岁（含 7 岁））和婴儿（<1 岁）的年平均消费量和年最大消费量统计情况，表 2.2-19 根据不同职业给出了食物年平均消费量和年最大消费量，表 2.2-20 给出不同年龄组、不同职业的居民个人生活习性情况。

调查共向渔民发放并收回了 32 份（捕捞渔民 17 份、养殖渔民 15 份）有效居民食谱及生活习性调查表，通过调查了解，厂址近区有部分居民在沿岸海域从事海水捕捞和养殖。其中碣石湾东侧沿海各村中养殖渔民较多，养殖形式主要包括增养殖和岸边滩涂养殖。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，林厝村和新安村据现场走访了解到基本没有渔民从事渔业捕捞。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，在禁渔期以外的月份一般每天出海时间在 6~9 小时，天气良好、风平浪静时每天大约早晨 4~5 点出海，中午 11~13 点回，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。

近两次调查的厂址附近居民食物消费与 2012 年调查结果有所变化，基本相近。从生活习性对比来看，近两次调查结果与 2012 年调查结果较为接近。

### 2.2.3.3 厂址半径 80km 范围内居民的饮食习惯

厂址半径 80km 范围内成人食物消费量来自《广东统计年鉴-2018》提供的 2017 年居民食物消费量数据，年鉴中对于粮食的消费量仅提供了原粮的数据，本报告按照原粮的 75% 折算为成品粮进行统计。青少年及儿童的食物消费量根据成人食物消费量按照《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。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，具体数据见表 2.2-21。

厂址半径 80km 范围内各子区居民人均粮食、肉类、奶类和蔬菜年消费量见附录 B.1，附录 B.1 还给出了厂址半径 80km 范围内各子区居民个人食物品种来自本子区和评价区的份额。

### 2.2.4 参考资料

- [1] 广东陆丰核电一期工程厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查报告，苏州热工研究院有限公司，2019 年 11 月。

表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2017 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1105	0	6187	102363	69075	128534	63426	54765	74174	79106	306660	885395
NNE	0	4865	0	2895	78833	77451	115006	119539	97135	104371	419529	708881	1728505
NE	0	2225	615	2656	13375	58622	71426	67903	118785	12382	156533	977873	1482395
ENE	0	0	0	0	0	66876	199314	243922	154541	395566	211413	228672	1500304
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	54141	0	0	0	0	0	54141
W	0	0	0	0	0	0	16360	145461	261973	20861	19206	26075	489936
WNW	0	0	0	0	0	0	22678	102603	111695	326479	116687	12917	693059
NW	0	3310	0	0	0	24598	292328	88852	39925	137622	16701	20537	623873
NNW	0	0	0	0	4708	61714	109610	65935	43260	101280	101693	61093	549293
合计	0	11505	615	11738	199279	358336	1009397	897641	882079	1172735	1120868	2342708	8006901

**表 2.2-8 碣石镇预期人口增长率**

年份	2015 年~2020 年	2020~2030 年
人口增长率	1.1%	1%

**表 2.2-9 碣石镇各主要功能分区的预期人口分布**

单位：万人

年份	碣石镇旧城区	碣石镇新城区		
	旧城综合区	行政文化区	碣西居住区	碣北产城居住区
2020	8.5-9	1-1.5	3-3.5	5-5.5
2030	7-8	1-2	7-8	7-8



表 2.2-10 厂址周围地区人口预期增长率

单位：%

年份	广东省	汕尾市	深汕特别合作区	揭阳市	年份	广东省	汕尾市	深汕特别合作区	揭阳市
2018	1.41	2.1	19.0	1.56	2035	0.68	0.78	19.0	1.55
2019	1.38	2.07	19.0	1.54	2036	0.62	0.75	1.93	1.48
2020	1.27	1.9	19.0	1.41	2037	0.59	0.71	1.74	1.42
2021	1.25	1.9	19.0	1.40	2038	0.56	0.69	1.58	1.36
2022	1.23	1.84	19.0	1.34	2039	0.54	0.83	1.77	1.40
2023	1.18	1.74	19.0	1.26	2040	0.52	0.84	1.66	1.34
2024	1.14	1.64	19.0	1.17	2041	0.51	0.78	1.47	1.25
2025	1.08	1.54	19.0	1.08	2042	0.49	0.74	1.33	1.16
2026	1.00	1.41	19.0	0.98	2043	0.47	0.66	1.11	1.06
2027	0.94	1.34	19.0	0.92	2044	0.44	0.63	1.00	0.98
2028	0.87	1.23	19.0	0.83	2045	0.4	0.61	0.91	0.88
2029	0.81	1.2	19.0	0.79	2046	0.37	0.56	0.81	0.78
2030	0.72	1.05	19.0	1.98	2047	0.35	0.52	0.70	0.65
2031	0.62	0.88	19.0	1.81	2048	0.3	0.5	0.62	0.57
2032	0.61	0.89	19.0	1.77	2049	0.24	1.06	1.23	0.49
2033	0.58	0.85	19.0	1.70	2050	0.19	0.25	0.25	0.41
2034	0.55	0.82	19.0	1.63					

表 2.2-11 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2026 年）

单位：人

距离（km） 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1297	0	7260	107761	72959	149087	74427	61539	84186	91722	344593	994831
NNE	0	5709	0	3397	105709	100640	133604	134326	109150	117281	471424	796568	1977808
NE	0	2611	722	3117	13669	68577	83111	76302	133478	13914	175487	1093782	1664770
ENE	0	0	0	0	0	78476	233885	281819	173809	444497	237256	256924	1706666
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	63532	0	0	0	0	0	63532
W	0	0	0	0	0	0	19198	170691	307412	24479	91909	124781	738470
WNW	0	0	0	0	0	0	26612	120400	131069	383107	136926	14401	812515
NW	0	3884	0	0	0	28865	343033	104264	46850	161493	19214	22896	730499
NNW	0	0	0	0	4748	72418	128622	77371	50763	118847	119332	71038	643139
合计	0	13501	722	13774	231887	421935	1180684	1039600	1014070	1347804	1343270	2724983	9332230

表 2.2-12 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2036 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1429	0	8003	114205	80423	164340	82042	71034	96149	102403	397759	1117787
NNE	0	6293	0	3745	135165	122685	148857	155050	125991	135376	544158	919467	2296787
NE	0	2878	796	3436	13872	75467	92440	88075	154072	16060	198333	1210216	1855645
ENE	0	0	0	0	0	86504	257813	315830	200439	513076	270667	296206	1940535
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	70031	0	0	0	0	0	70031
W	0	0	0	0	0	0	21162	188154	338863	26984	448316	608656	1632135
WNW	0	0	0	0	0	0	29334	132717	144478	422301	150935	15441	895206
NW	0	4281	0	0	0	31818	378127	114930	51643	178014	20961	24550	804324
NNW	0	0	0	0	4776	79827	141781	85287	55957	131006	131540	77933	708107
合计	0	14881	796	15184	268018	476724	1303885	1162085	1142477	1518966	1867313	3550228	11320557

表 2.2-13 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2046 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1533	0	8585	115279	86276	176299	88012	79740	106850	111289	446505	1220368
NNE	0	6751	0	4017	140604	130572	161442	174052	141431	151967	610846	1032150	2553832
NE	0	3087	853	3686	14031	80869	100080	98869	172954	18028	218629	1308915	2020001
ENE	0	0	0	0	0	92800	276575	344539	224808	575955	300810	332168	2147655
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	75128	0	0	0	0	0	75128
W	0	0	0	0	0	0	22702	201847	363523	28947	512015	695137	1824171
WNW	0	0	0	0	0	0	31469	142376	154992	453034	161919	16213	960003
NW	0	4593	0	0	0	34133	405645	123294	55401	190969	22308	25777	862120
NNW	0	0	0	0	4798	85637	152099	91494	60029	140540	141113	83301	759011
合计	0	15964	853	16288	274712	510287	1401439	1264483	1252878	1666290	2078929	3940166	12422289

表 2.2-14 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2056 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1593	0	8920	115895	89635	183164	91439	83468	111663	115875	467380	1269032
NNE	0	7014	0	4174	143725	135099	168037	182190	148044	159072	639404	1080406	2667165
NE	0	3208	887	3829	14123	83970	104138	103491	181040	18871	227439	1352642	2093638
ENE	0	0	0	0	0	96413	287344	358963	235285	602882	313807	347578	2242272
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	78053	0	0	0	0	0	78053
W	0	0	0	0	0	0	23586	209706	377677	30075	534437	725578	1901059
WNW	0	0	0	0	0	0	32694	147919	161027	470673	168224	16576	997113
NW	0	4772	0	0	0	35462	421439	128095	57558	198405	23041	26355	895127
NNW	0	0	0	0	4810	88971	158021	95056	62366	146012	146607	86314	788157
合计	0	16587	887	16923	278553	529550	1456476	1316859	1306465	1737653	2168834	4102829	12931616

表 2.2-15 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2066 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1633	0	9145	116310	91902	187795	93751	86954	115927	119362	486900	1309679
NNE	0	7191	0	4279	145831	138154	172967	189799	154227	165715	666109	1125529	2769801
NE	0	3289	909	3926	14184	86062	107126	107813	188601	19659	235597	1392544	2159710
ENE	0	0	0	0	0	98850	294609	370267	245039	628062	325901	361981	2324709
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	80026	0	0	0	0	0	80026
W	0	0	0	0	0	0	24182	215008	387226	30835	547950	743923	1949124
WNW	0	0	0	0	0	0	33521	151659	165098	482573	172477	16894	1022222
NW	0	4893	0	0	0	36359	432094	131334	59014	203421	23572	26860	917547
NNW	0	0	0	0	4819	91221	162016	97459	63943	149704	150314	88409	807885
合计	0	17006	909	17350	281144	542548	1494336	1357090	1350102	1795896	2241282	4243040	13340703

表 2.2-16 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2076 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1675	0	9376	116737	94225	192543	96121	90585	120359	122961	507236	1351818
NNE	0	7373	0	4387	147990	141285	178051	197726	160668	172636	693929	1172536	2876581
NE	0	3372	932	4025	14248	88207	110204	112316	196478	20480	244070	1433795	2228127
ENE	0	0	0	0	0	101350	302058	381948	255199	654292	338480	376983	2410310
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	82050	0	0	0	0	0	82050
W	0	0	0	0	0	0	24793	220444	397016	31615	561803	762732	1998403
WNW	0	0	0	0	0	0	34368	155493	169272	494774	176838	17218	1047963
NW	0	5016	0	0	0	37278	443019	134654	60506	208564	24115	27375	940527
NNW	0	0	0	0	4828	93527	166112	99924	65560	153488	154114	90555	828108
合计	0	17436	932	17788	283803	555872	1533198	1398626	1395284	1856208	2316310	4388430	13763887

表 2.2-17 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2086 年）

单位：人

距离 (km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	1717	0	9613	117174	96608	197411	98552	94368	124966	126676	528420	1395505
NNE	0	7559	0	4498	150204	144495	183292	205984	167378	179846	722911	1221507	2987674
NE	0	3457	956	4127	14312	90406	113376	117007	204684	21336	252870	1476445	2298976
ENE	0	0	0	0	0	103912	309695	394023	265781	681619	351564	392610	2499204
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	84124	0	0	0	0	0	84124
W	0	0	0	0	0	0	25420	226018	407054	32414	576008	782016	2048930
WNW	0	0	0	0	0	0	35237	159425	173552	507284	181309	17548	1074355
NW	0	5143	0	0	0	38220	454220	138059	62036	213838	24672	27899	964087
NNW	0	0	0	0	4837	95892	170312	102450	67217	157369	158011	92754	848842
合计	0	17876	956	18238	286527	569533	1573087	1441518	1442070	1918672	2394021	4539199	14201697



表 2.2-18 厂址半径 5km 范围内不同年龄组一般公众人均食物消费量

单位：kg/人 年

食物类型	成人		青少年		儿童		婴儿	
	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量
蔬菜	121.4	138.5	101.2	130.3	81.6	106.8	3.6	4.8
粮食	142.7	178.0	110.4	130.8	71.4	95.9	2.4	3.2
肉类	51.9	87.2	46.8	66.5	25.8	47.4	1.5	2.4
蛋类	19.4	31.6	21	41.4	13.6	19.9	3.6	4.8
水果	34.8	52.0	42.1	69.5	26.1	39.6	3.0	4.2
奶类	15.1	19.8	24.0	56.8	28.8	76.8	182.5	219
海鱼	58.9	68.5	56.4	81.0	37.0	51.6	1.4	2.1
甲壳类海产品	12.7	21.2	14.8	43.2	6.8	11.5	0	0
软体类海产品	6.9	17.3	5.7	18.2	5.4	15.6	0	0
海藻类产品	4.0	15.1	3.5	7.8	1.7	5.4	0	0

表 2.2-19 厂址半径 5km 范围内不同职业食物消费量

单位：kg/人·年

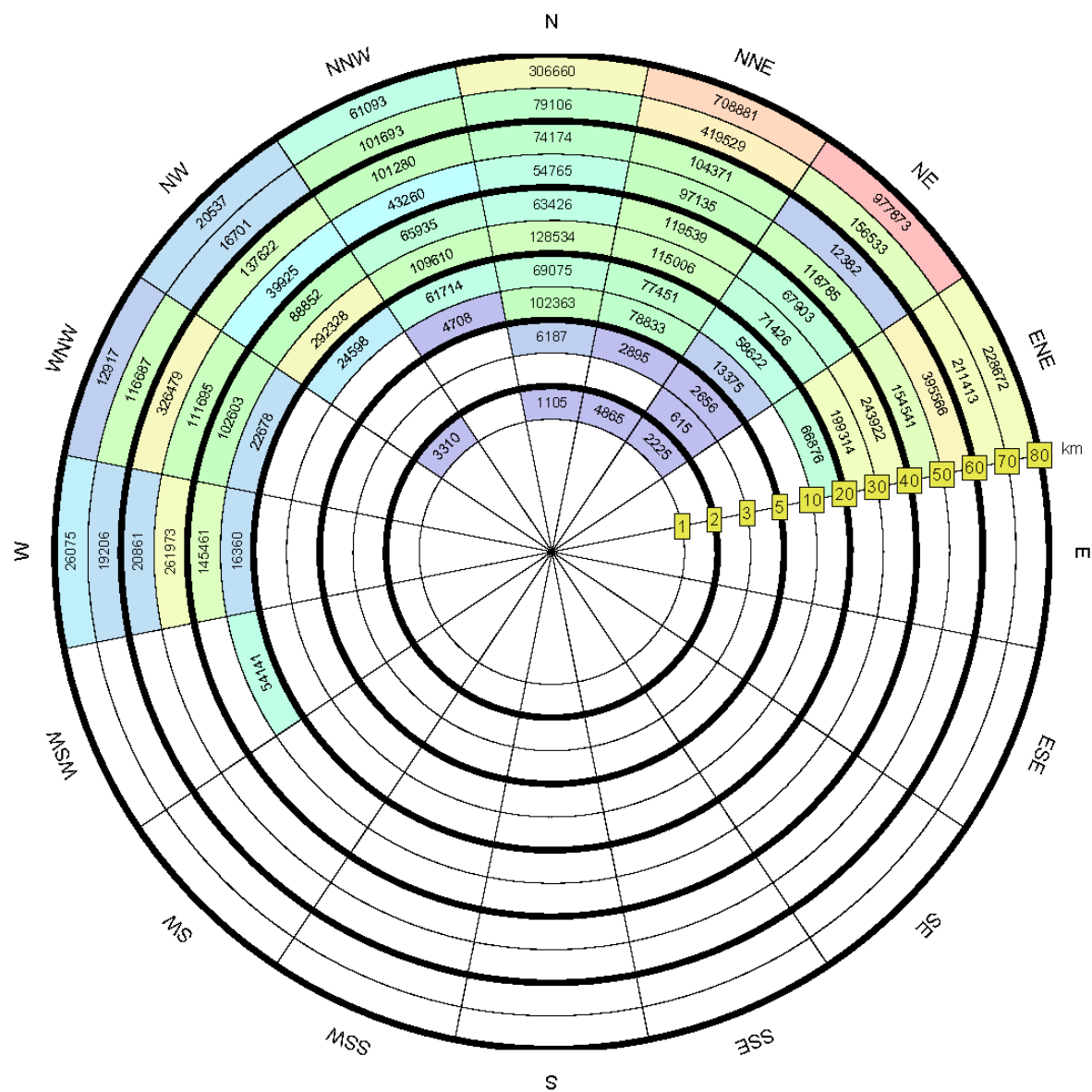
人员类别	农民		渔民	
食物种类	年平均 消费量	年最大 消费量	年平均 消费量	年最大 消费量
蔬菜	124.2	137.5	104.0	128.7
粮食	145.5	173.0	137.3	169.0
肉类	53.5	84.8	31.5	65.4
蛋类	19.9	28.8	19.3	26.5
水果	33.2	54.3	37.8	53.7
奶类	16.1	19.3	10.6	18.5
海鱼	51.1	67.0	80.5	97.8
甲壳类海产品	10.8	20.0	27.1	37.0
软体类海产品	5.1	14.3	18.0	26.8
海藻类产品	2.5	13.4	4.9	15.7

表 2.2-20 厂址半径 5km 范围内居民个人生活习性统计情况

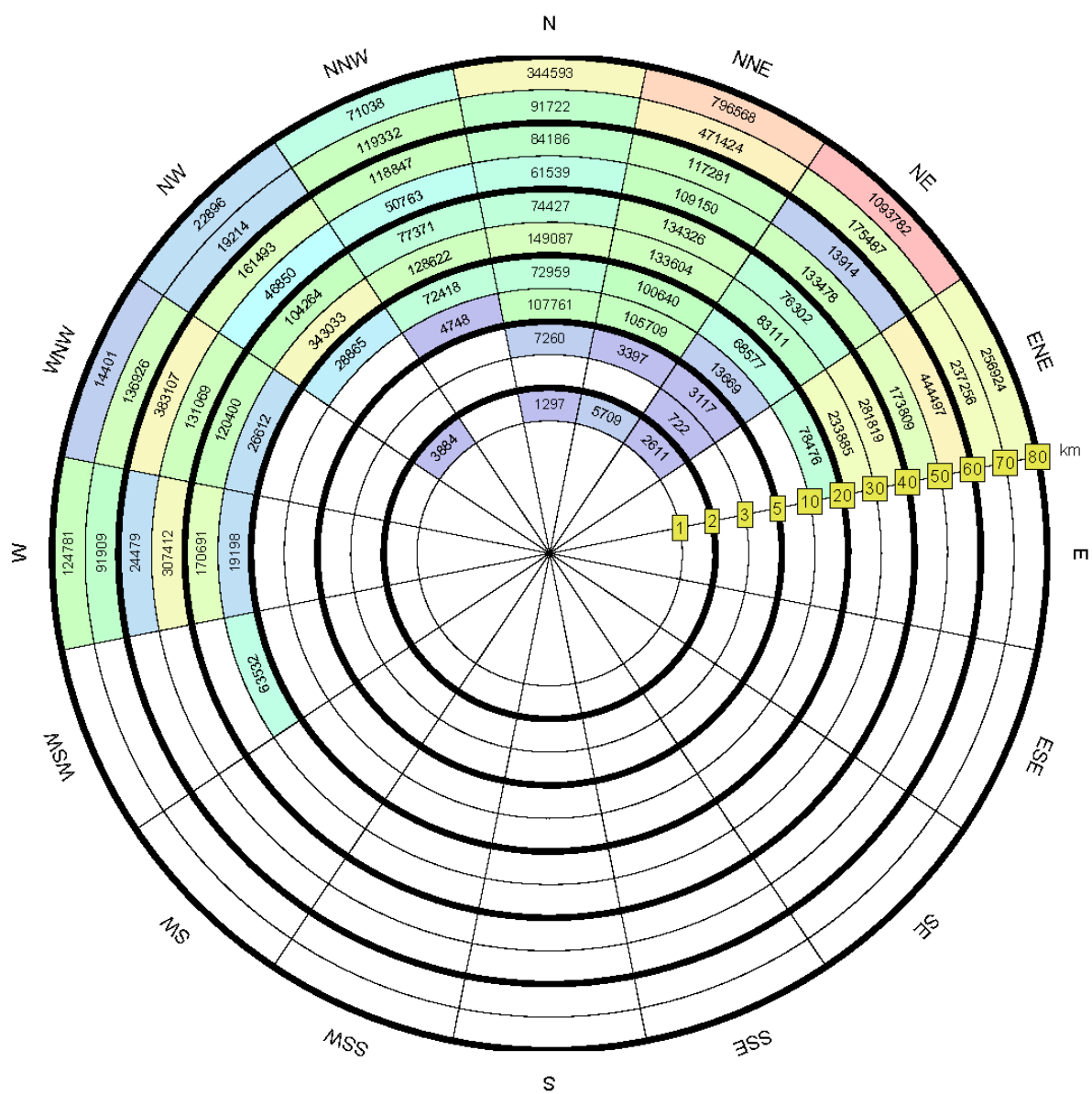
活动方式 年龄组、职业		岸边活动		海里活动		海上活动	
		人年平均时间 (小时)	人年最大时间 (小时)	人年平均时间 (小时)	人年最大时间 (小时)	人年平均时间 (小时)	人年最大时间 (小时)
成人	农民	220	390	39	87	6	30
	渔民	370	752	72	197	1782	3568
青少年		132	238	26	54	0	/
儿童		68	132	15	24	0	/
婴儿		0	0	0	0	0	/

**表 2.2-21 厂址半径 80km 范围内居民食物消费量（单位：kg/a）**

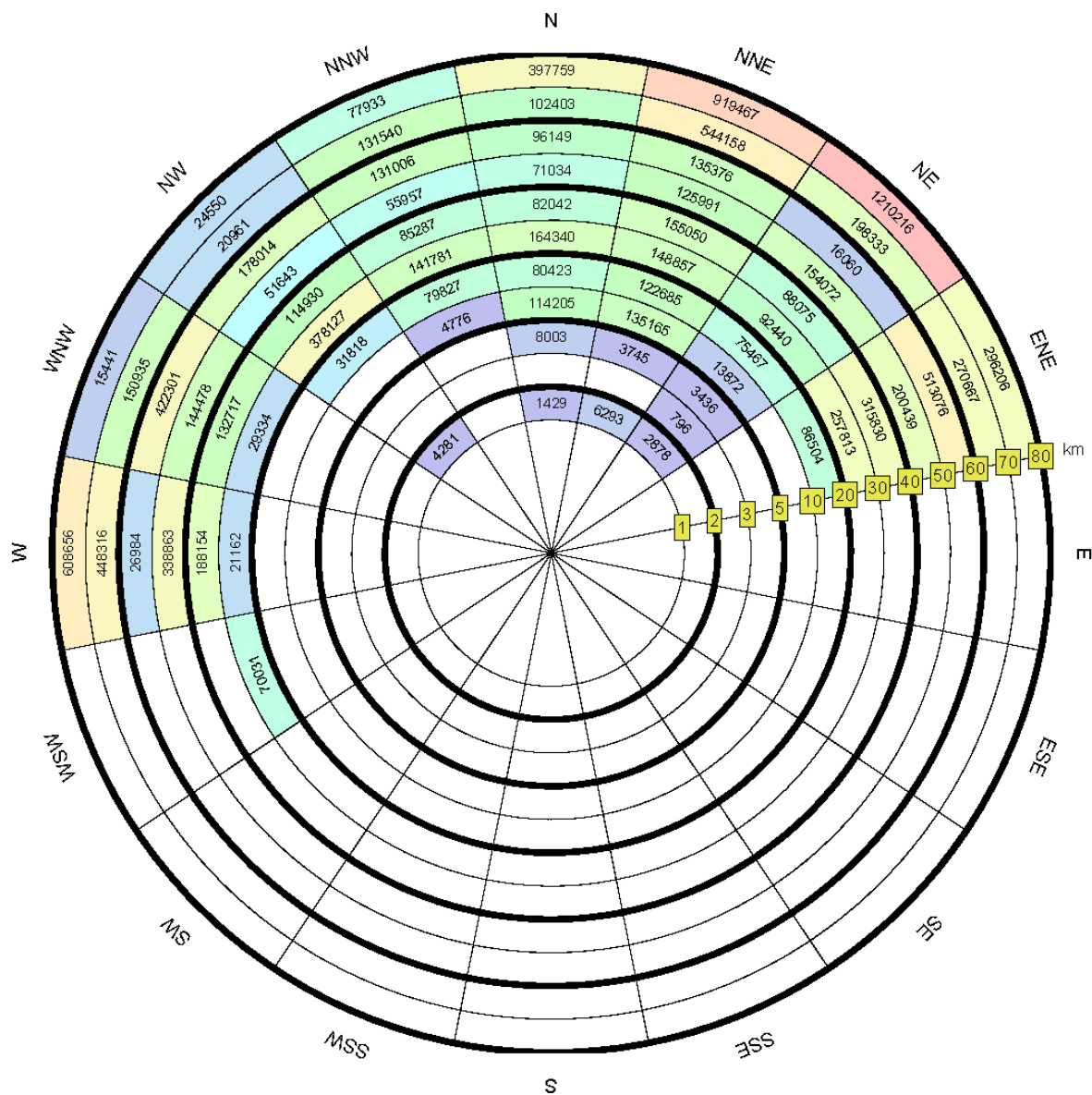
居民类型	年龄组	粮食	蔬菜	肉类	油脂	牛奶	蛋	水产品	水果
城镇居民	成人	70.31	100.76	55.88	8.98	9.74	7.57	24.51	45.46
	青少年	63.23	83.05	52.57	8.08	7.00	22.37	60.30	11.15
	儿童	40.44	49.61	33.68	5.17	8.09	15.93	45.43	18.05
农村居民	成人	124.94	100.75	59.84	9.78	3.32	6.77	19.24	28.55
	青少年	105.35	82.19	56.00	8.25	5.93	17.01	41.24	5.43
	儿童	65.13	47.28	41.16	5.10	5.73	10.71	34.65	14.43



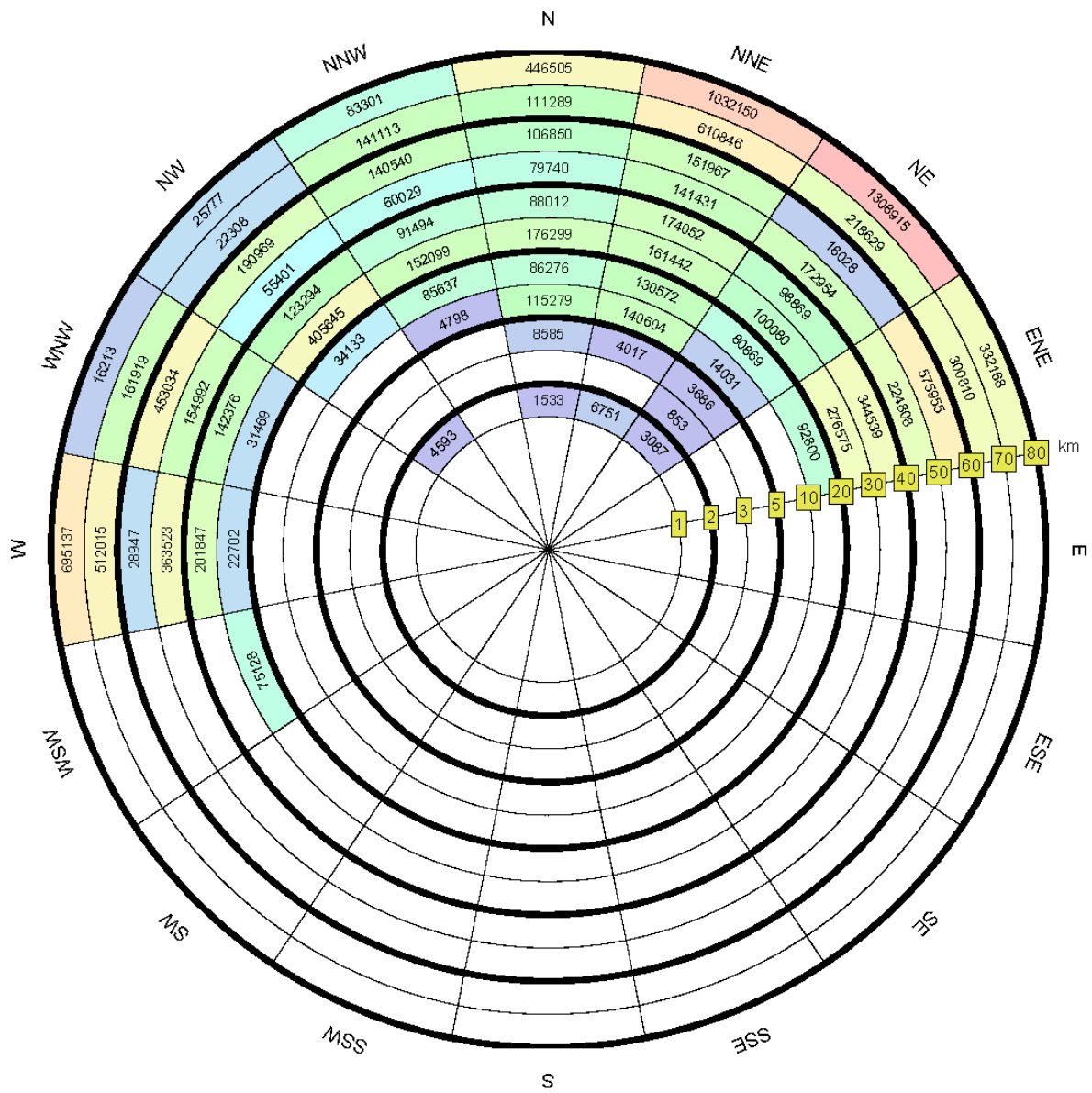
广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2017 年）		
图 2.2-5	版次：	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2026 年）		
图 2.2-6	版次：	A

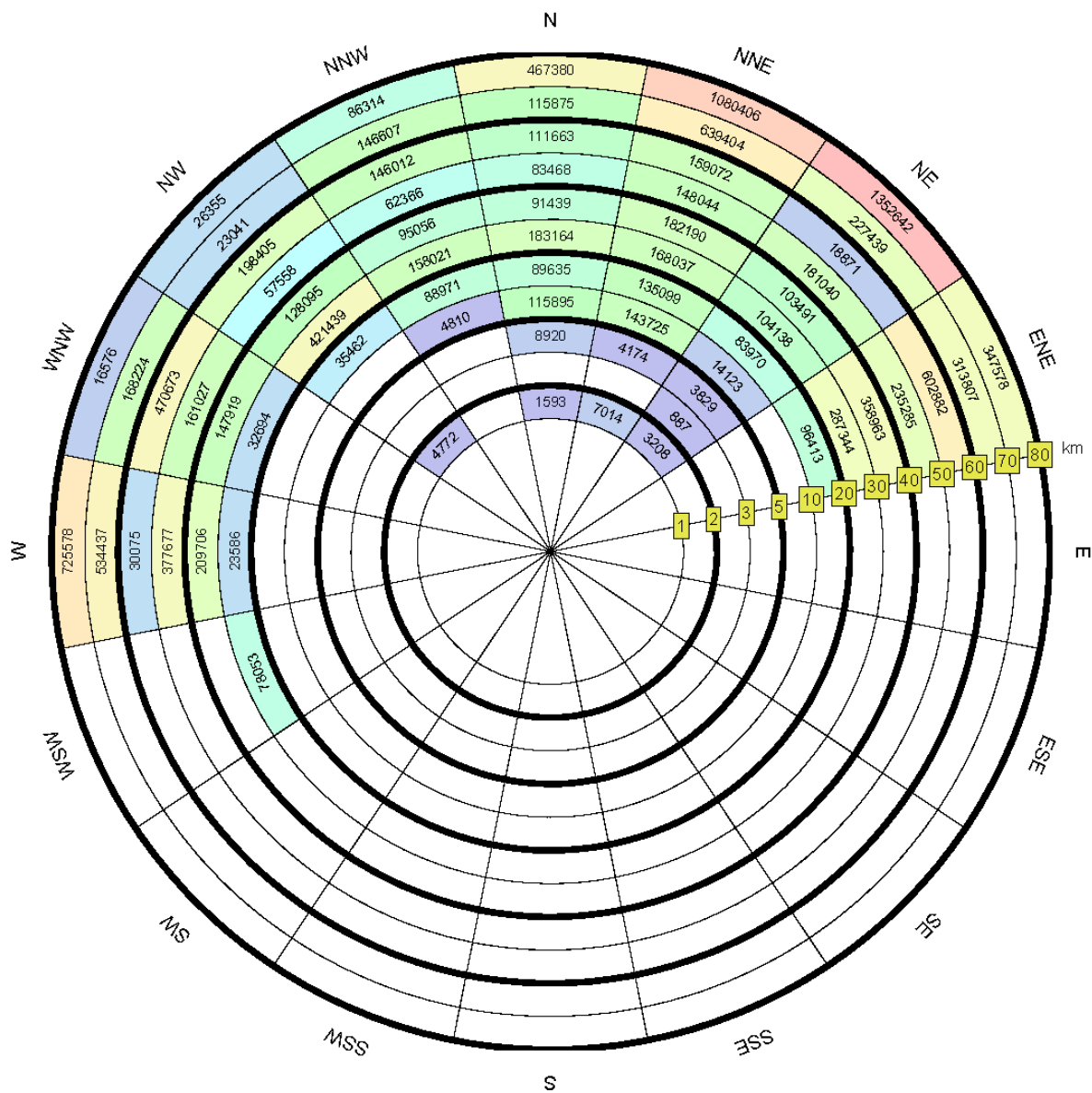


广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2036 年）		
图 2.2-8	版次：	A

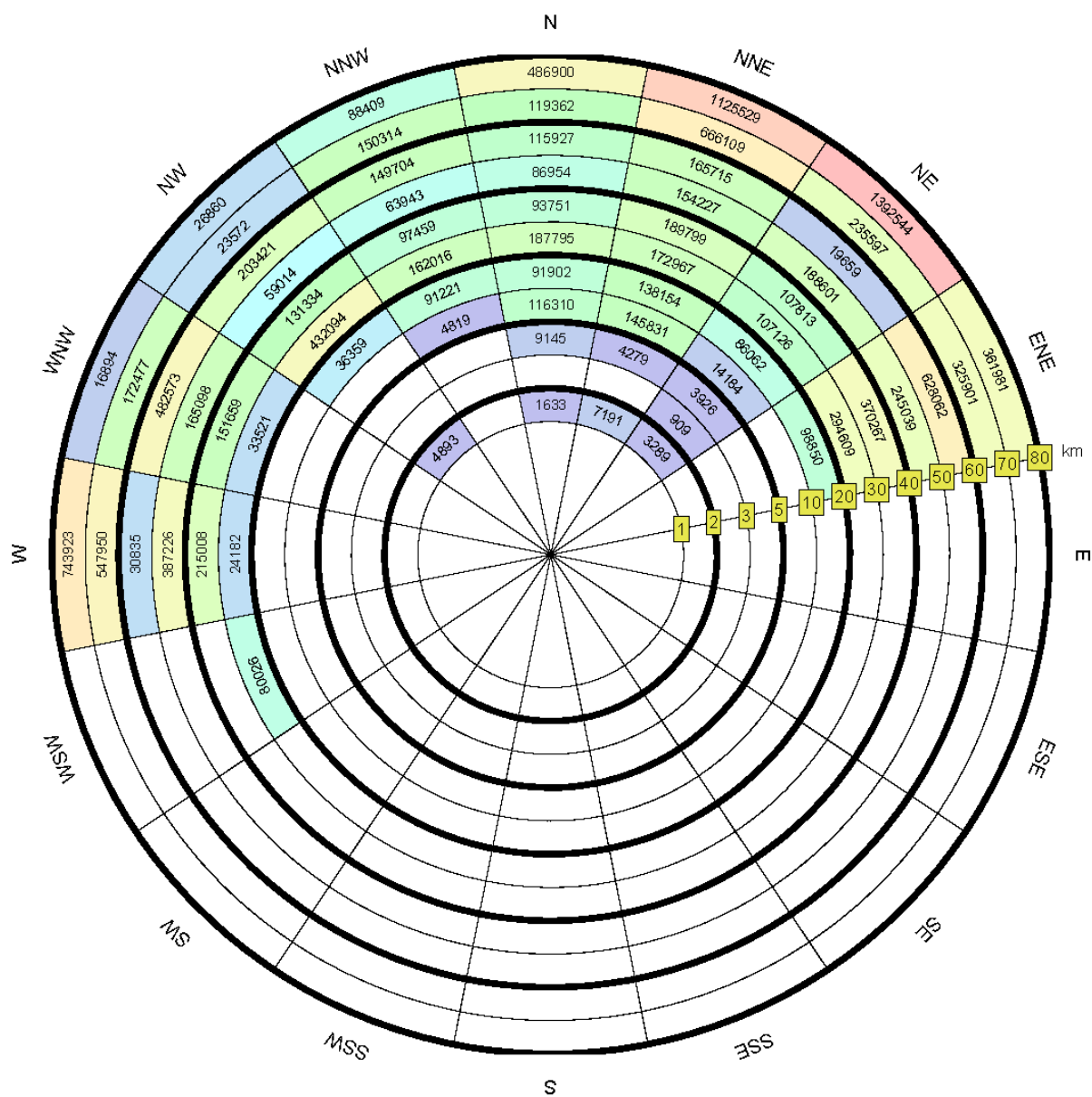


广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2046 年）		
图 2.2-9	版次：	A

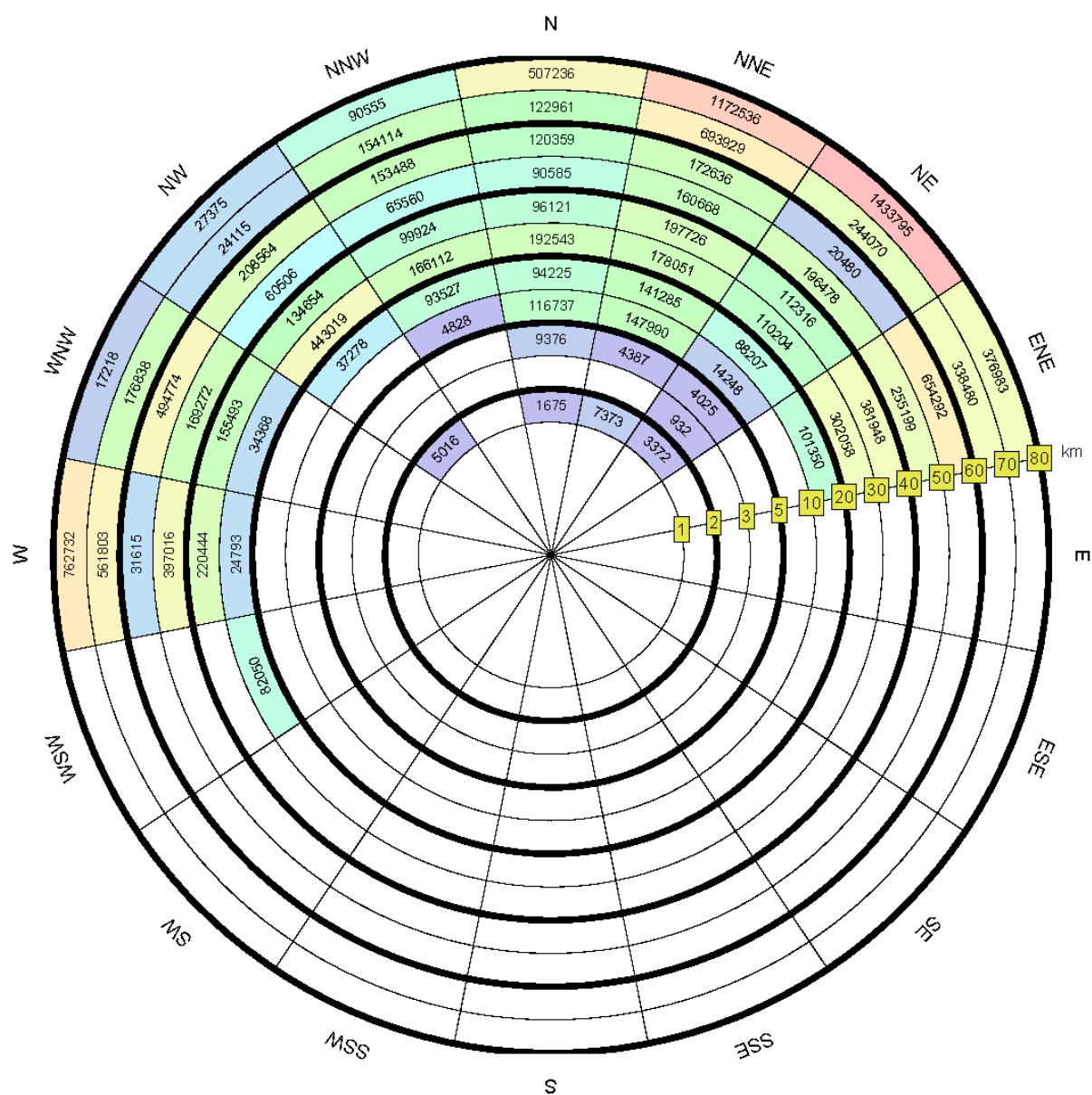




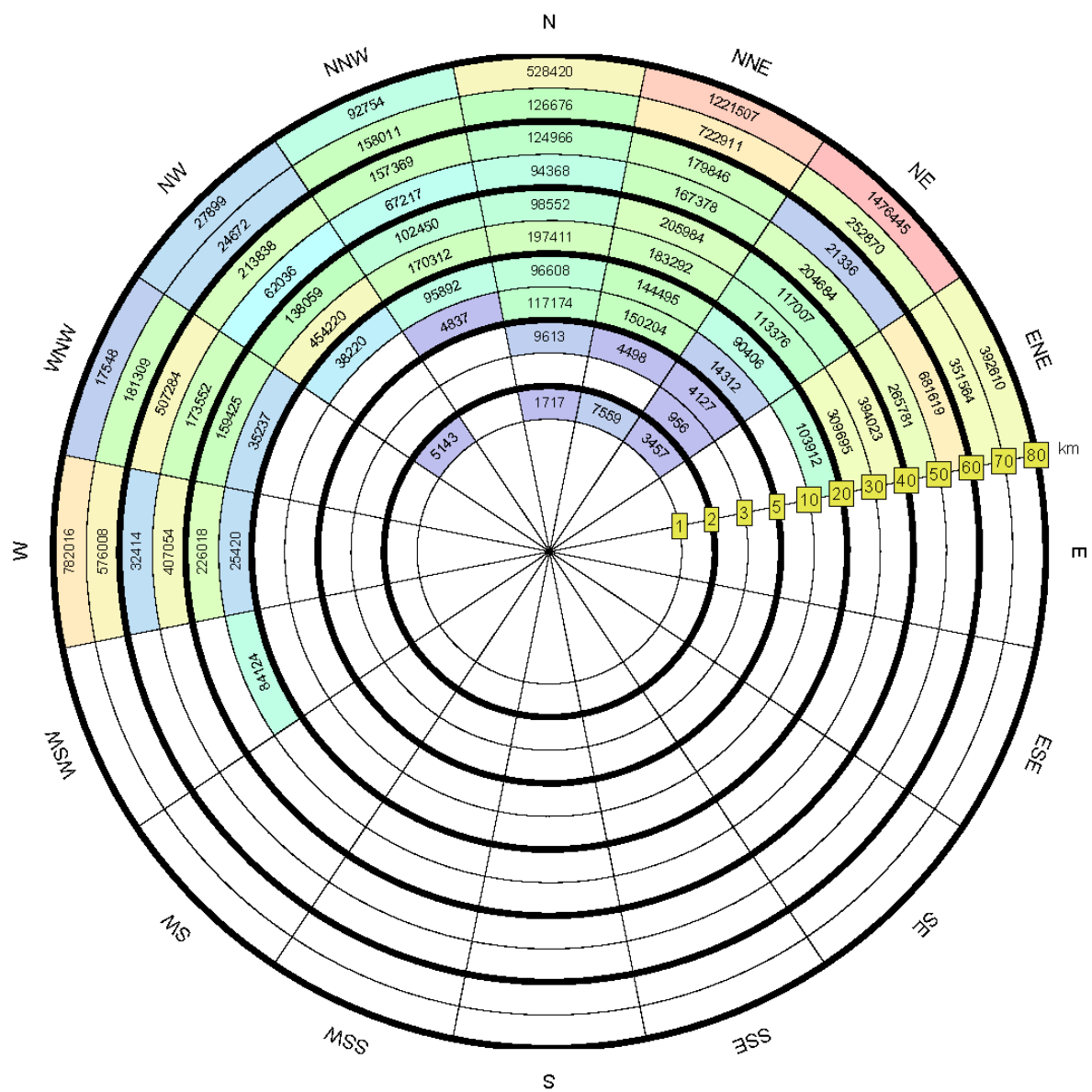
广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2056 年）		
图 2.2-10	版次：	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2066 年）		
图 2.2-11	版次：	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2076 年）		
图 2.2-12	版次:	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区预期人口分布图（2086 年）		
图 2.2-13	版次：	A

## 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 其它陆生资源概况

#### 2.3.2.3 陆生生态系统

#### 2.3.2.4 居民点和农牧场

### 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、交通及其它设施

#### 2.3.4.1 工业、物流商贸

#### 2.3.4.2 交通

#### 2.3.4.3 外部人为事件评价结论

### 2.3.5 参考资料

表

表 2.3-2 农作物生长及其产品储存销售情况

表 2.3-4 家畜生长期、饲养方式、饲料种类及消耗

表 2.3-6 海洋生物调查站位表

表 2.3-7 潮间带站位经纬度

表 2.3-8 15km 范围内水采浮游植物种类数、细胞丰度和优势种与历史资料比较

表 2.3-9 15km 范围内各季节网采浮游植物优势种的年际变化

表 2.3-11 2010 年至 2019 年陆丰核电周边海域赤潮灾害情况统计表

图

图 2.3-6 厂址半径 10km 范围植物调查样带布置图

图 2.3-7 厂址半径 10km 范围动物调查样带布置图

图 2.3-8 15km 范围内海洋生物调查站位分布图

## 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。

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 170067ha。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。2018 年，厂址半径 10km 范围内土地利用情况：耕地 2453.94ha，园地 139.16ha，林地 1980.87ha，草地 738.9ha，建设用地 2725.2ha，其他用地 353.94ha。

根据《陆丰市碣石镇总体规划（2012~2030 年）》，规划期间，碣石镇将结合“北拓、西优、东延、南跨”城镇发展定位，不断优化城乡用地布局，不断优化工业布局，发挥海岸线资源优势，建设成新型海滨现代化城市。

厂址半径 5km 范围内的土地利用规划中建设用地主要为本项目用地，以及中广核汕尾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。

#### 2.3.1.2 水体利用

##### （1）水体利用情况

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1356km<sup>2</sup>。陆丰市境内流域100km<sup>2</sup>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。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44.7km<sup>2</sup>，集雨面积共9.6km<sup>2</sup>，南溪河又叫碣石水，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48.5km<sup>2</sup>，集雨面积共10.8km<sup>2</sup>。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范围内的水库有4座。

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。

### 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15km范围内有1个自然保护区，为陆丰市碣石湾湿地自然保护区。

根据《陆丰市碣石湾湿地自然保护区总体规划（2018-2027年）》，陆丰市碣石湾湿地自然保护区位于碣石镇，于2007年9月经陆丰市人民政府批准成立，为县级自然保护区，总面积 171hm<sup>2</sup>，地理位置坐标为：115°47'20.51"~115°49'05.33"E，22°48'79.49"~22°49'25.10"N，位于厂址NNW~N方位7~9km处。保护区类型为内陆湿地和水域生态系统类型，主要保护对象为湿地水资源、候鸟及其栖息地。碣石湾保护区具有独特的自然环境条件和特殊的湿地生物资源，是多种候鸟南北迁徙的密集交汇区，也是许多珍稀濒危鸟类的迁徙驿站，保护区共记录到国家Ⅱ级重点保护动物4种，广东省重点保护陆生野生动物11种。保护区内没有珍稀濒危及国家重点保护野生植物。

保护区总体目标是通过自然保护区工程建设，健全保护区管理模式，完善管护设施，提高管理效率，使自然保护区的主要保护对象得到全面、有效的保护，以国家重点保护的黑翅鸢、黑耳鸢、普通鵟、褐翅鸦鹃等为代表的野生动植物资源得到恢复和发展。



## （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，以及汕尾碣石湾鲷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。

## （3）风景旅游区

### — 旅游现状

陆丰市全市现已开发的旅游景区有三个，即玄武山、金厢滩和清云山旅游区，其中玄武山、金厢滩风景名胜区位于厂址半径15km范围内，两者均为省级风景名胜区。

玄武山风景名胜区位于碣石镇镇区，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”。2018年玄武山风景旅游区共接待游客200万人次。元山寺平时游客较为分散，在每年春节期间日高峰接待游客可以达到30万人次。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。

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，2018年金厢滩旅游区共接待游客50万人次。

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NW方位约1.4km的浅澳村也有村民开发的小规模旅游项目，主要为沙滩和附近出海游玩，游客一般不住宿，游客人数也较少。

### — 旅游规划：

根据《陆丰市旅游发展总体规划（2018-2035 年）》，厂址半径 15km 范围内涉及的旅游规划主要是玄武山风景名胜区和金厢滩旅游区。

玄武山风景名胜区：根据规划，陆丰市将进一步扩大该旅游区的规模，完善基础设施和配套服务，并对旅游区的周边环境加以整治，对区内的一些影响景观的建筑予

以整修或拆除；在旅游区外面开设特色旅游商品一条街；并在节庆期间，或在安排的时间内在寺的戏台上表演地方戏剧，将该旅游区建设成为集宗教朝拜、特色购物、宗教历史文化探究为一体的特色旅游区。

金厢滩旅游区：根据陆丰市旅游规划，金厢滩旅游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。

#### （4）文物古迹

厂址半径10km范围内的不可移动文物43处，根据《广东陆丰核电新增陆域、海域范围项目文物考古调查、勘探报告》（2020年10月），距厂址最近的文物位于浅澳村，为卢存诚墓，位于厂址用地范围外。

### 2.3.2 陆生资源及生态概况

#### 2.3.2.1 农副业生产概况

厂址半径 80km 范围内无大的森林、草场以及野生珍稀动植物保护区等。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、经济作物、蔬菜和水果。其中：

- 粮食作物品种主要有稻谷、小麦、旱粮和薯类，旱粮中有玉米、粟、蚕豆、豌豆等；
- 经济作物主要为甘蔗、花生、麻类、木薯等；
- 油料作物主要是花生；
- 蔬菜主要有冬瓜、辣椒、青菜、番茄、芦笋、黄瓜、萝卜、马铃薯等；
- 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。

表 2.3-2 给出了农作物生长及其产品储存销售情况。

2018 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 506308 亩，产量 236856t；油料面积 120588 亩，产量 18532t；蔬菜面积 388552 亩，产量 577285t；水果面积 183277 亩，产量 96360t。

- 碣石镇粮食种植面积 25290 亩，产量 24630t；油料面积 6350 亩，产量 906t；蔬菜面积 14410 亩，产量 13052t；水果面积 2700 亩，产量 2799t。

厂址半径 5km 范围内的粮食、水果、蔬菜等农作物基本在当地消费。厂址评价区范围内农产品除水果中有部分外销外，其余主要由当地销售。

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，比例约 60%，小部分销往汕头、广州和深圳等珠三角地区，外销比例约 40%。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，牛主要是耕牛，用于耕地劳役。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 2018 年全年生猪出栏 316274 头，出栏肉用牛 11844 头、羊 12738 只，出栏家禽数 1057.7 万只，禽蛋产量 3328t。

厂址半径 10km 范围所在的碣石镇 2018 年全年生猪出栏 42860 头，出栏肉用牛 1903 头、羊 8960 只，出栏家禽数 28.8 万只，禽蛋产量 38t。

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。表 2.3-4 列出了家畜的生长期、饲养方式及其时间、饲料品种及消耗情况。

厂址半径 80km 范围内各子区农副业生产数据见附表 B.2。

### 2.3.2.2 其他陆生资源概况

#### （1）林业资源

根据陆丰市自然资源局提供的相关资料，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，属亚热带海洋性季风气候，水热条件优越，地带性植被为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。全市森林覆盖率约 42.3%。

#### （2）矿产资源

根据调查，厂址所在区域未发现重要矿产资源。此外，汕尾市自然资源局已发函

确认厂址无压覆矿床（《关于广东陆丰核电厂址是否压覆矿产资源的复函》（汕尾市自然资源局，2020 年 8 月））。

### 2.3.2.3 陆生生态系统

根据《广东陆丰核电 5、6 号机组陆域生态环境调查及评价报告》，专题单位于 2019 年 10-11 月，在厂址半径 10km 范围进行了动、植物样带、样方现场调查，2020 年 1 月在厂址半径 10km 范围内进行了冬季鸟类调查。图 2.3-6 和图 2.3-7 分别给出了厂址半径 10km 范围植物和动物调查样带布置图。

#### （1）生态景观和生态系统

通过调查表明，调查区内的典型生态环境，包括灌木混交林、草丛、农田村庄、海岸滩涂湿地、养殖水塘等生态景观。调查区生态类型：有自然生态系统和人工生态系统。其中自然生态系统有森林生态系统、草原生态系统和淡水生态系统，人工生态系统两大类型有农田生态系统、城市生态系统。各类生态系统情况如下：

- 森林生态系统：调查区的天然植被应为热带常绿季雨林和南亚热带季雨性常绿阔叶林，生态系统为热带雨林生态系统及热带季雨林生态系统，同时又具有南亚热带常绿阔叶林的特点。主要分布在调查区的丘陵、台地上的林地，是调查区内主要的生态系统。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。
- 草原生态系统：属于热带草原的滨海草原类型，滨海沙滩草地、大面积撩荒的农田构成调查区内热带草原景观，陆丰市海滨气候干热，降水量较内陆少，其特点动植物种类较少，群落结构简单，种群密度和群落结构经常发生剧烈变化。植物以草本植物为主，动物具有挖洞、穴居或快速奔跑的行为特点。两栖类和水生动物少见。调查区内海滨，具有较大面积的草地，可作为热带畜牧业生产基地，同时具有调节气候，防水土地沙化的作用。
- 淡水生态系统：其类型为沼泽、河流。分布于调查区内的一些农田水网、沟渠、坑塘等地，面积较小。调查区内没有大型的河流及大片的沼泽湿地。
- 农田生态系统：调查区有面积较大的农田、园地，主要分布于村镇周边的水稻田、旱地、果林园地等。
- 城市生态系统：主要为调查区内的村镇、工厂、交通道路等。

### （2）植被类型和调查区内植被群落的优势种、建群种

调查区植被主要分自然植被和人工植被两大类，其中自然植被包括 4 个植被型组，8 个植被型，30 种群系类型，植被型主要有常绿、落叶阔叶混交林、常绿阔叶林、竹林、落叶阔叶灌丛、常绿阔叶灌丛、灌草丛、草本沼泽、浮水水生植被。人工植被有人工林植被、农作植被两植被型组，包括防护林、用材林、水田作物、旱地作物、常绿果林 5 个植被型，8 个植系类型。根据现场踏勘和卫星遥感影像的解译结果可知，调查区域主要植被类型为山林和果园，其次为灌草丛。山林和果园面积为  $23.17\text{km}^2$ ，占总面积的 7.38%；灌草丛面积为  $22.20\text{km}^2$ ，占总面积的 7.07%。非植被-其他为  $22.02\text{km}^2$ ，占总面积的 7.01%。

项目调查区共有苔类植物 15 科 23 属 30 种、藓类植物 16 科 31 属 41 种。项目调查区维管束植物共有 131 科 399 属 577 种（含种下等级及变种），其中蕨类植物 19 科 30 属 43 种，裸子植物 3 科 4 属 6 种，被子植物 109 科 365 属 528 种。热带分布的科占 81.91%，温带分布的占 18.09%，具有热带性质的植物在本区植物区系中显然起着主导作用，充分体现了调查区地处热带北缘、南亚热带的地理物点。

调查区域的森林植被面积最大，生物量最高的植物群落主要是人工营造的湿地松群系、台湾相思群系、大叶相思群系、木麻黄群系。次生的天然常绿阔叶林，乔木层呈多优势种结构，其建群种有土蜜树、潺槁木姜子、银合欢、朴树等，林下的灌木层优势种的种类有桃金娘、欏木、雀梅藤、马缨丹、车桑子、黄桅子、银合欢、余甘子、鸦胆子、酒饼簕等，草本层的优势种有黄茅、斑茅、五节芒、白茅、芒萁、野古草等，藤本植物有羊角藤、菟丝子、野葛、厚藤等。撂荒的农田杂草以铺地黍为优势种。

### （3）生物多样性

根据生物多样性指数（BI）计算，陆丰核电厂厂址半径 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，该区域物种贫乏，生态系统类型单一，特有属、种不多，生物多样性较低。

### （4）陆生动物情况

调查样带区域共记录两栖动物种类 1 目 4 科 5 种，从两栖动物区系和动物地理区划上看，5 种均为东洋界种类。调查样带区域共记录有爬行动物种类 1 目 6 科 13 种，从爬行动物区系和动物地理区划上看，均为东洋界种类，无古北界种。调查样带区域的鸟类有 12 目 30 科 84 种，其中冬候鸟 35 种，占鸟类总数的 41.67%；夏候鸟 3 种，

占鸟类总数的 3.57%；留鸟 46 种，占鸟类总数的 54.76%；按照鸟类地理分布的东洋种类 42 种，古北种类 29 种，广布种 13 种。调查样带区域共记录有哺乳动物种类 4 目 5 科 8 种，属于东洋界的有 5 种，占总数的 62.50%；属于古北界的有 3 种，占总数的 37.50%。

#### （5）珍稀濒危物种保护状况

本次调查，尚未发现有国家级重点保护野生植物、广东省省级重点保护野生植物及当地政府登记并挂牌保护的古树名木。也未发现当地特有种分布。

调查样带分布有国家二级重点保护动物 6 种（分别为褐翅鸦鹃、黑翅鸢、红隼、岩鹭、普通鸬和黑耳鸢，其中普通鸬和黑耳鸢为资料记载的种类，褐翅鸦鹃、岩鹭、黑翅鸢和红隼，均为现场观察到的种类）、广东省重点保护动物 16 种（分别为池鹭、白鹭、牛背鹭、大白鹭、中白鹭、苍鹭、夜鹭、黑水鸡、红嘴鸥、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、褐翅燕鸥、白翅浮鸥、草鹭、黄斑苇鸬和沼水蛙。其中草鹭、黄斑苇鸬、粉红燕鸥、黑枕燕鸥、褐翅燕鸥和沼水蛙为资料记载的种类，其余均为现场观察到的种类）。列入《中国濒危动物红皮书》种类 5 种（其中稀有等级（R）岩鹭，易危等级（VU）有银环蛇、舟山眼镜蛇、黑翅鸢、褐翅鸦鹃。银环蛇和舟山眼镜蛇为资料记载的种类，岩鹭、黑翅鸢和褐翅鸦鹃现场观察到的种类）。

#### 2.3.2.4 居民点和农牧场

各方位最近的菜地和农田位于居民点附近。离反应堆最近的居民点是位于厂址 NW 方位 1.4km 的浅澳村。

厂址周围半径 15km 范围内无牧场，也无奶牛场和奶羊场。

### 2.3.3 水产资源及生态概况

#### 2.3.3.1 水生生态

自然资源部第三海洋研究所于 2019 年 2 月~11 月期间，对陆丰核电厂邻近海域水质、生态环境和水产资源进行了 4 个季度航次的调查监测工作。调查海区位于陆丰厂址附近半径约 50km 范围内，本节整理了厂址半径 15km 范围内各站位的调查数据统计结果。

#### （1）站位布设

厂址半径 15km 范围内布设 14 个调查站位，潮间带底栖生物调查布设 3 条断面，

相关信息见表 2.3-6~表 2.3-7 和图 2.3-8。

## （2）叶绿素 a 和初级生产力

春季调查海域表层叶绿素 a 含量的平均值为  $12.94\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $5.43\sim 35.72\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素 a 含量的平均值为  $9.89\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $1.88\sim 21.45\text{mg}/\text{m}^3$  之间。

夏季调查海域表层叶绿素 a 含量的平均值为  $3.68\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $1.36\sim 6.69\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素 a 含量的平均值为  $2.95\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $1.97\sim 4.12\text{mg}/\text{m}^3$  之间。

秋季调查海域表层叶绿素 a 含量的平均值为  $3.57\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $1.79\sim 9.71\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素 a 含量的平均值为  $3.52\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $1.39\sim 9.82\text{mg}/\text{m}^3$  之间。

冬季调查海域表层叶绿素 a 含量的平均值为  $4.42\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $2.18\sim 8.38\text{mg}/\text{m}^3$  之间；底层叶绿素 a 含量的平均值为  $4.32\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于  $1.60\sim 8.60\text{mg}/\text{m}^3$  之间。

春季调查海域初级生产力的平均值为  $307.94\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，变化范围在  $33.32\sim 677.59\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间。总体来看，大部分调查站位的初级生产力集中在  $200.00\sim 300.00\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间，平面分布与表、底层叶绿素 a 含量的平面分布均较相似。

夏季调查海域初级生产力的平均值为  $63.68\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，变化范围在  $38.36\sim 95.50\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间。总体来看，大部分调查站位的初级生产力集中在  $50.00\sim 60.00\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间，平面分布与表、底层叶绿素 a 含量的平面分布较相似。

秋季调查海域初级生产力的平均值为  $40.21\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，变化范围在  $14.85\sim 116.44\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间。总体来看，大部分调查站位的初级生产力集中在  $20.00\sim 30.00\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间，平面分布与表、底层叶绿素 a 含量的平面分布均较相似。

冬季（调查海域初级生产力的平均值为  $39.28\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，变化范围在  $26.46\sim 51.50\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  之间。总体来看，调查海域初级生产力变化幅度较小，平面分布与表、底层叶绿素 a 含量的平面分布均较相似。

总体来看，2019 年的调查结果与 2016-2017 年的相比较，除夏季底层的叶绿素 a 浓度有所下降外，其它季节的表、底层叶绿素 a 以及初级生产力均呈现不同程度的提高，其中秋季与冬季的初级生产力的上升幅度远高于叶绿素 a 的上升幅度，原因可能

是 2019 年调查航次和 2016-2017 年调查航次的透明度相差较大有关。

调查研究结果表明：2019 年的水柱平均叶绿素 a 浓度在春季达到最高峰，夏季明显回落，秋季与冬季皆缓慢上升；2016-2017 年则为春季至夏季呈现上升趋势，在夏季达到最高峰，而后秋季回落至最低谷，冬季则略有上升；初级生产力方面，2019 年的春季初级生产力处于全年最高水平，夏季、秋季以及冬季均呈现下降趋势，至冬季为季节最低点；而 2016-2017 年的初级生产力变化趋势与其水柱平均叶绿素 a 浓度的季节变化趋势一致，总体表现为夏季>春季>冬季>秋季。

### （3）浮游植物

#### — 水采浮游植物

厂址半径 15km 以内海域共有浮游植物 204 种，其中硅藻 158 种，甲藻 40 种，金藻 3 种，蓝藻 2 种，裸藻 1 种。其中，冬季物种数最高（146 种），春季次之（94 种），夏季最低（78 种）。

四个季度浮游植物的平均丰度  $235.41 \times 10^3 \text{ cells/L}$ 。其中，秋季丰度最高，达  $411.80 \times 10^3 \text{ cells/L}$ ；夏季次之（ $258.63 \times 10^3 \text{ cells/L}$ ）；冬季的平均丰度最低，仅为  $33.61 \times 10^3 \text{ cells/L}$ 。

厂址半径 15km 海域 4 个季度的优势种数目以秋季最多，有 10 种；夏季次之（8 种）；春季最近少，仅 5 种。其中，丹麦细柱藻、微小细柱藻、柔弱拟菱形藻、尖刺拟菱形藻、中肋骨条藻、菱形海线藻小型变种为三季主要优势种。四季优势种更替较为显著。

表 2.3-8 给出了 15km 范围内水采浮游植物种类数、细胞丰度和优势种与历史资料比较。从种类数上来看，2016-2017 年种类最高出现在夏季，冬季次之，春季和秋季种类数基本持平；2019 年冬季种类数最高，春季次之，夏季最低。两年相比，除了夏季之外，其余季节 2019 年的种类数皆高于 2016-2017 年。

从平均丰度上看，2016-2017 年丰度最高值出现在夏季，其余三季丰度基本持平；2019 年丰度最高值则出现在秋季，春季和夏季次之，冬季最低。两年度相比，除了夏季，2019 年春秋冬三季的丰度远高于 2016-2017 年。

从优势种上看，2019 年四季优势种种类数远高于 2016-2017 年。

2019 年，陆丰 15 公里海域 4 个季度的优势种数目以秋季最多，有 10 种；夏季次之（8 种）。其中，丹麦细柱藻、微小细柱藻、柔弱拟菱形藻、尖刺拟菱形藻、中肋骨



条藻、菱形海线藻小型变种为三季主要优势种。四季优势种更替较为显著。

2016-2017 年，陆丰 15 公里海域 4 个季度的优势种以春季最多（7 种），秋季次之（6 种），夏季和冬季最低（4 种）。其中，仅中肋骨条藻为常见优势种，出现在三个季节里。

2019 年在种类数、丰度和优势种比 2016-2017 年增多的原因可能与 2019 年温度高于 2016-2017 年有关，海水水温的升高会导致春、秋、冬季温度提升，使得海洋环境适宜更多浮游植物的生长繁殖，进而促使浮游植物的种类数、丰度大幅提升，优势种类相应增多；反之，温度的提升会使得夏季的温度进一步增高，使得对高温忍耐力低的种类减少，这可能会导致浮游植物的种类数和丰度大幅下降。

2016-2017 年 7 月为夏季，该季水温较高，加上大陆径流带来丰富的营养盐，促使浮游植物大量繁殖。该季阿拉斯加星杆藻于湾内沿岸 13 测站底部监测出高值，丰度值达到  $1.5 \times 10^6 \text{cells/L}$ ，已经达到赤潮的水平（ $\geq 10^6 \text{cells/L}$ ）。阿拉斯加星杆藻是我国东南沿海常见的赤潮种，它可在全年温度范围（ $14 \sim 32.8^\circ\text{C}$ ）内形成数量高峰，并发生水华。水温升高和水体富营养化为阿拉斯加星杆藻赤潮提供了条件。

#### — 网采浮游植物

厂址半径 15km 以内海域共有网采浮游植物 50 属 130 种，其中硅藻 36 属 106 种，甲藻 8 属 18 种，金藻 3 属 3 种，蓝藻 2 属 2 种，定鞭藻 1 属 1 种。夏季物种数最高，冬季物种数最低。

四个季度网采浮游植物的平均细胞密度  $5207.25 \text{cells/m}^3$ ，夏季的平均细胞密度最高，达  $8709.57 \text{cells/m}^3$ ，冬季的平均细胞密度最低，为  $2821.41 \text{cells/m}^3$ 。

四个季度都以硅藻为主要优势种，其中，菱形海线藻和尖刺拟菱形藻是共同优势种，定鞭藻门的球形棕囊藻只在夏季成为优势种。总的来看，优势种季节变化较明显。

表 2.3-9 给出了 15km 范围内各季节网采浮游植物优势种的年际变化，近年来调查海区的部分优势种发生变化。与 2016-2017 年相比，2019 年春季仅有菱形海线藻和尖刺拟菱形藻两个硅藻种类成为优势种，而 2016-2017 年甲藻优势种夜光藻、三角角藻已不再占优势。2019 年夏季的优势种与 2016-2017 年夏季较为相似，主要都是硅藻种类占优势，但是在 2019 年夏季定鞭藻球形棕囊藻成为一个新的优势种。而在 2019 年秋季，与 2016-2017 年秋季相比，定鞭藻球形棕囊藻和蓝藻红海束毛藻都不占优势，中肋骨条藻是两个年份秋季的共同优势种。2019 年冬季的优势种也都是由硅藻种类组

成，2016-2017 年冬季的甲藻优势种夜光藻在 2019 年同样不再占优势。

综上，通过对比浮游植物优势种的年际变化发现，与浮游植物种类数的变化类似，2019 年优势种主要都是以硅藻种类为主，而 2016-2017 年占据优势的甲藻种类都不再占优势，究其原因，同样与调查海区的温度、盐度和营养盐等环境因子的变化密切相关，推测可能是调查海区营养盐结构发生变化从而导致调查海区优势种组成由硅-甲藻为主转变为硅藻为主。

在赤潮种的调查方面，与以往的历史资料（2016-2017 年）对比发现，2016-2017 年占优势的甲藻赤潮种夜光藻、三角角藻在 2019 年都已不再占优势，2019 年四个季度都以硅藻为主要优势种，其中，值得注意的是赤潮种尖刺拟菱形藻是四个季度的共同优势种，定鞭藻门的球形棕囊藻成为 2019 年夏季的优势种，该种是一种广温广盐的藻类，在南北极及热带海洋中都有分布。尖刺拟菱形藻和球形棕囊藻都是赤潮种，存在在富营养化的海域中短期内爆发性增殖形成有害赤潮的风险，需要注意。

#### （4）浮游动物

厂址半径 15km 以内海域浮游动物夏季物种数最高，冬季物种数最低。

四个季度浮游动物个体密度平均值为  $123.84\text{ind./m}^3$ ，春季的个体密度平均值最高，达  $236.73\text{ind./m}^3$ ，春季的个体密度平均值最低，为  $30.99\text{ind./m}^3$ ；平均湿重生物量为  $466.60\text{mg/m}^3$ ，冬季的平均湿重生物量最高，为  $1315.67\text{mg/m}^3$ ，夏季的平均湿重生物量最低，平均湿重生物量为  $125.93\text{mg/m}^3$ 。

肥胖箭虫在冬季、夏季和秋季均为主要优势种，其优势度在夏季突增；大西洋五角水母在冬季和春季均为优势种；亚强次真哲水蚤在夏季和秋季均为优势种，两个季节优势度均较高；红纺锤水蚤在夏季和秋季均为优势种，其在秋季的优势度较高，球形侧腕水母在冬季和秋季均为优势种，其在冬季的优势度较高。

四个季度中，夏季的多样性指数均值最高，为 3.43；冬季的均匀度指数均值最高，为 0.76。

冬季 15km 范围内湿重生物量在 2019 年明显高于 2017 年，总个体密度低于 2017 年，造成 2019 年湿重生物量异常高的原因在于样品中出现蝶水母；种类丰富度和多样性指数均高于 2017 年，证明 2019 年冬季的群落稳定性更好。两个年份冬季物种均以水母类为最优类群，两个年份的优势种出现部分重复。2019 年以蝶水母为主，2017 年以中华哲水蚤为主，从优势种类的变化更替来看，2019 年的优势种相对于 2017 年的

优势来说，更偏向于适应盐度较低的海区。这种年际优势种的变化与温盐和洋流的变化相关性比较大。

春季 15km 范围内总个体密度在 2019 年明显高于 2017 年，但湿重生物量略低于 2017 年，种类丰富度和多样性指数均高于 2017 年，证明 2019 年冬季的群落稳定性更好。2019 年春季物种以桡足类为最优类群，2017 年春季物种以水母类为最优类群，但两个年份春季桡足类和水母类物种数所占比率相差不大。2019 年优势种以肥胖箭虫为主，2017 年以大西洋五角水母为主，从优势种类的变化更替来看，2019 年的优势种相对于 2017 年的优势来说，一些外海的类群出现在优势种中。这种年际优势种的变化与温盐和洋流的变化相关性比较大。

夏季 15km 范围内总个体密度和湿重生物量在 2019 年都明显高于 2016 年，但 2019 年种类数丰富度和多样性指数均低于 2016 年，证明 2019 年的群落稳定性较差。两个年份夏季物种均以桡足类为最优类群，2016 年第一优势种（亨氏莹虾）和第二优势种（太平洋纺锤水蚤）在 2019 年的被亚强次真哲水蚤和微刺哲水蚤所取代。这种年际优势种的变化与温盐度变化相关。

秋季 15km 范围内总个体密度和湿重生物量在 2016 年都明显高于 2019 年，种类丰富度和多样性指数均高于 2019 年，证明 2016 年的群落稳定性更好。两个年份秋季物种均以桡足类为最优类群，亚强次真哲水蚤在 2016 年为第一优势种，2019 年更替为第二优势种。2016 年优势种的种类多于 2019 年，两个年份的优势种种类重复性比较大。两个年份优势种变化不大。

### （5）微生物

粪大肠菌群是综合评价城市污水尤其是生活污水污染的一个必不可少的重要指标。目前 WHO、ISO、全球水质调查系统以及世界上绝大多数国家都以粪大肠菌群作为水质粪便污染指标菌，我国现行的海水水质标准和养殖用水标准将粪大肠菌群列为指标项目。我国《海水水质标准》规定一至三类海水水质水体中粪大肠菌群的数量标准为 2000 个/L，用于供生食贝类养殖水的粪大肠菌群数 $\leq 140$  个/升。

冬季调查，除 L13 号站、L45 号站表层外，其余各站表、底层粪大肠菌群丰度均未超过供人生食贝类增殖海水水质粪大肠菌群丰度检测标准；L45 站表层粪大肠菌群平均丰度为 3020 个/L，除 L45 站位表层外，其余所有站位粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/L，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

春季调查，除 L45 号站外，其余各站表、底层粪大肠菌群丰度均未超过供人生食贝类增殖海水中粪大肠菌群丰度检测标准；本海区表、底层水体粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/L，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

夏季调查，除 L45 号站外，其余各站表、底层粪大肠菌群丰度均未超过供人生食贝类增殖海水中粪大肠菌群丰度检测标准；本海区表、底层水体粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/L，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。

秋季调查，除 L45 号站外，其余各站表、底层粪大肠菌群丰度均未超过供人生食贝类增殖海水中粪大肠菌群丰度检测标准；L45 站表、底层粪大肠菌群平均丰度为 5500 个/L，除了 L45 号站位外，其余站位粪大肠菌群丰度均不超过 2000 个/L，均符合《海水水质标准》中的一至三类海水水质标准。L45 站位于碣石内湾，养殖较多，水交换能力较差，可能是造成各季调查结果超标的主要原因。

陆丰核电厂区附近 15km 范围内的调查站位中，没有 2016-2017 年调查数据。2016-2017 年调查站位中，位于该范围内的调查站位有 14 号、38 号站，2019 调查中无相应站位，但其 39 号与这两个站相近且距离相当，因此本文中将 2016-2017 年的 14 号、38 号站的平均值与 2019 年的 39 号站各季节数据进行对比。总体上，调查结果表明，2019 年四季平均为表层 8.75 个/升，底层为 13.75 个/升；2016-2017 年四季平均为表层 301.25 个/升，底层为 83.125 个/升，2019 年粪大肠菌群的平均丰度远低于 2016-2017 年；从季节变化看，2019 年为冬季>夏季>秋季=春季，2016-2017 年为春季>夏季>冬季>秋季；从超标结果来看，相近站位中 2019 年的达标情况好于 2016-2017 年的，对比的相应站位中 2019 年不超过我国现行的海水水质标准和养殖用水标准，而 2016-2017 年的夏季和春季表层、冬季和春季底层均有站位超标。

## （6）潮间带底栖生物

### 2019 年冬季

冬季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 50 种，其中环节动物 5 种，软体动物 21 种，节肢动物 12 种，藻类 10 种和其他动物 2 种，岩相平均栖息密度为 599 ind./m<sup>2</sup>，平均生物量为 1275.89 g/m<sup>2</sup>。软相有潮间带生物 29 种，其中环节动物 6 种，软体动物 13 种，节肢动物 8 种和其他动物 2 种。软相潮间带生物的平均栖息密度为 347 ind./m<sup>2</sup>，平均生物量为 47.93 g/m<sup>2</sup>。综合出现频率、栖息密度和生物量，冬季岩相潮间带生物优势种和重要种主要有：粒结节滨螺、塔结节滨螺、东方小藤壶、

鳞笠藤壶、龟足、团聚牡蛎、咬齿牡蛎、鼠尾藻、小珊瑚藻、梳齿片钩虾、施氏玻璃钩虾、变化短齿蛤和双管阔沙蚕等；软相潮间带生物优势种和重要种有：粒结节滨螺、粗糙滨螺、腺带刺沙蚕、凸壳肌蛤和角眼切腹蟹等。

### **2016-2017 年冬季**

冬季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 52 种，其中环节动物 5 种，软体动物 14 种，节肢动物 15 种，藻类 16 种和其他动物 2 种，岩相平均栖息密度为  $1064 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $1282.58 \text{ g/m}^2$ 。软相有潮间带生物 56 种，其中藻类 1 种，环节动物 15 种，软体动物 19 种，节肢动物 17 种和其他动物 4 种。软相潮间带生物的平均栖息密度为  $493 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $154.37 \text{ g/m}^2$ 。综合出现频率、栖息密度和生物量，冬季岩相潮间带生物优势种和重要种主要有：粗糙滨螺、粒结节滨螺、条纹隔贻贝、鳞笠藤壶、龟足、小珊瑚藻、鼠尾藻、梳齿片钩虾、施氏玻璃钩虾和腔齿海底水虱等；软相潮间带生物优势种和重要种有：痕掌沙蟹、甘吻沙蚕、安那鼯蟹、腺带刺沙蚕、日本大螯蜚、青蛤、长紫蛤和菲律宾蛤仔等。

### **2019 年春季**

春季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 49 种，其中藻类 13 种、环节动物 7 种，软体动物 16 种，节肢动物 12 种和其他动物 1 种，岩相潮间带生物的平均栖息密度为  $2205 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $1351.16 \text{ g/m}^2$ 。软相有潮间带生物 50 种，其中藻类有 2 种，环节动物 17 种，软体动物 15 种，节肢动物 13 种和其他动物 3 种。软相潮间带生物的平均栖息密度为  $447 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $49.27 \text{ g/m}^2$ 。综合出现频率、栖息密度和生物量，春季岩相潮间带生物的优势种和重要种主要有粒结节滨螺、塔结节滨螺、东方小藤壶、鳞笠藤壶、毛日藻钩虾、花石莼、半叶马尾藻、施氏玻璃钩虾、变化短齿蛤、腔齿海底水虱和强壮藻钩虾；软相潮间带生物的优势种和重要种有：粗糙滨螺、腺带刺沙蚕和寡节甘吻沙蚕。

### **2016-2017 年春季**

春季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 50 种，其中藻类 10 种、环节动物 6 种，软体动物 16 种，节肢动物 16 种和其他动物 2 种，岩相潮间带生物的平均栖息密度为  $374 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $871.34 \text{ g/m}^2$ 。软相有潮间带生物 46 种，其中环节动物 10 种，软体动物 20 种，节肢动物 14 种和其他动物 2 种。软相潮间带生物的平均栖息密度为  $447 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $49.27 \text{ g/m}^2$ 。综合出现频率、栖息密度

和生物量，春季岩相潮间带生物的优势种和重要种主要有粒结节滨螺、塔结节滨螺、条纹隔贻贝、钟巨藤壶、马尾藻、疣荔枝螺、变化短齿蛤、咬齿牡蛎、花石莼；软相潮间带生物的优势种和重要种有：平掌沙蟹、长指马尔他钩虾、腺带刺沙蚕、凸壳肌蛤、长紫蛤、菲律宾蛤仔。

### **2019 夏季**

夏季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 49 种，其中藻类 11 种、环节动物 6 种，软体动物 19 种，节肢动物 11 种和其他动物 2 种，岩相平均栖息密度为  $467 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $756.10 \text{ g/m}^2$ 。软相有潮间带生物 31 种，其中环节动物 7 种，软体动物 14 种和节肢动物 10 种。软相平均栖息密度为  $704 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $50.56 \text{ g/m}^2$ 。综合出现频率、栖息密度和生物量，夏季岩相潮间带生物优势种和重要种主要有粒结节滨螺、塔结节滨螺、东方小藤壶、鳞笠藤壶、团聚牡蛎、裂片石莼、变化短齿蛤、马尾藻、施氏玻璃钩虾和强壮藻钩虾；软相潮间带优势种和重要种有：粗糙滨螺、腺带刺沙蚕和寡节甘吻沙蚕。

### **2016-2017 夏季**

夏季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 66 种，其中藻类 7 种、环节动物 8 种，软体动物 27 种，节肢动物 28 种，棘皮动物 1 种和其他动物 2 种，岩相平均栖息密度为  $1269 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $826.74 \text{ g/m}^2$ 。软相有潮间带生物 48 种，其中环节动物 10 种，软体动物 21 种，节肢动物 14 种和其他动物 3 种。软相平均栖息密度为  $857 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $61.2 \text{ g/m}^2$ 。综合出现频率、栖息密度和生物量，夏季岩相潮间带生物优势种和重要种主要有粒结节滨螺、塔结节滨螺、东方小藤壶、鳞笠藤壶、隔贻贝、咬齿牡蛎、大角玻璃钩虾、梳齿片钩虾、变化短齿蛤、扎克藻钩虾、施氏玻璃钩虾和双管阔沙蚕；软相潮间带优势种和重要种有：痕掌沙蟹、狄氏斧蛤、沟额湿尖头钩虾、斑点相手蟹、腺带刺沙蚕、三角柄螺赢蜚、黑紫蛤和射带河篮蛤。

### **2019 年秋季**

秋季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 48 种，其中有藻类 10 种、环节动物 6 种，软体动物 18 种，节肢动物 12 种和其他动物 2 种，岩相平均栖息密度为  $318 \text{ ind./m}^2$ ，平均生物量为  $756.10 \text{ g/m}^2$ 。软相有潮间带生物 41 种，其中环节动物 9 种，软体动物 19 种、节肢动物 11 种和其他动物 2 种。软相平均栖息密度为  $685.61$

ind./m<sup>2</sup>，平均生物量为 68.45 g/m<sup>2</sup>。综合出现频率、栖息密度和生物量，秋季岩相潮间带生物优势种和重要种主要有粒结节滨螺、塔结节滨螺、东方小藤壶、鳞笠藤壶、团聚牡蛎、隔贻贝、麒麟菜、变化短齿蛤、马尾藻、小珊瑚藻、施氏玻璃钩虾、异须沙蚕、双管阔沙蚕和细毛背鳞虫；软相潮间带生物的优势种和重要种有：粗糙滨螺、腺带刺沙蚕、北方凹指招潮哥伦比亚刀钩虾和鳞杓拿蛤。

### 2016-2017 年秋季

秋季航次调查所获样品，经初步鉴定岩相断面共有潮间带生物 39 种，其中有藻类 6 种、环节动物 6 种，软体动物 14 种，节肢动物 11 种，棘皮动物 1 种和其他动物 1 种，岩相平均栖息密度为 918ind./m<sup>2</sup>，平均生物量为 1005 g/m<sup>2</sup>。软相有潮间带生物 40 种，其中环节动物 12 种，软体动物 16 种、节肢动物 11 种和其他动物 1 种。软相平均栖息密度为 195ind./m<sup>2</sup>，平均生物量为 91.87g/m<sup>2</sup>。综合出现频率、栖息密度和生物量，秋季岩相潮间带生物优势种和重要种主要有粒结节滨螺、塔结节滨螺、东方小藤壶、鳞笠藤壶、龟足、条纹隔贻贝、毛日藻钩虾和施氏玻璃钩虾；软相潮间带生物的优势种和重要种有：痕掌沙蟹、截额蝉蟹、安娜鰟蟹、腺带刺沙蚕、寡节甘吻沙蚕和长紫蛤。

### （7）潮下带底栖生物

厂址半径 15km 以内海域共有大型底栖动物 323 种，其中多毛类 107 种，软体动物 79 种，节肢动物 89 种，棘皮动物 9 种和其他动物（纽虫、刺胞动物、星虫等）39 种。夏季物种数最高，冬季物种数最低。

四个季度大型底栖生物的平均栖息密度 542ind./m<sup>2</sup>，冬季的栖息密度最高，达 769ind./m<sup>2</sup>，春季的栖息密度最低，为 295ind./m<sup>2</sup>；平均生物量为 41.31g/m<sup>2</sup>，秋季的平均生物量最高，为 60.24g/m<sup>2</sup>，冬季的平均生物量最低，平均生物量为 25.10g/m<sup>2</sup>。

棒锥螺和粗帝汶蛤为该海区主要优势种，在冬季、夏季和秋季优势度均较高。在冬季，优势种主要以环节动物为主和软体动物为主，少数节肢动物端足类优势度也较高。春季优势种出现国家二级保护动物白氏文昌鱼，出现频率为 18.75%，平均栖息密度为 121ind/m<sup>2</sup>，优势种以软体动物居多。夏季和秋季优势种均以软体动物所占比例居多。夏季优势种还包括口虾蛄等经济种类。物种数季节变化明显。

2016-2017 年 15 km 海域共鉴定物种数 212 种，其中，多毛类 97 种，软体动物 53 种，节肢动物 37 种，棘皮动物 8 种和其它动物 17 种。季节变化为秋季（102 种）>夏

季（98 种）>春季（90 种）>冬季（88 种）。与 2019 年调查相比较，2019 年大型底栖动物物种数增长 52.36%。以节肢动物物种数增长最高，为 140.54%；其它动物次之，为 129.41%；环节动物、软体动物和棘皮动物分别增长了 10.31%、49.06%和 12.50%。其季节变化 2019 年为夏季（186 种）>秋季（152 种）>春季（133 种）>冬季（131 种），物种数季节变化存在差异，与 2016-2017 年调查结果相比较，2019 年物种数在夏季增长最高，为 47.31%，其余季节增长 32%左右。

2016-2017 年 15km 海域平均栖息密度和生物量分别为 248 ind./m<sup>2</sup> 和 8.93 g/m<sup>2</sup>，其中，平均栖息密度季节变化为春季(325 ind./m<sup>2</sup>)>冬季(228 ind./m<sup>2</sup>)>秋季(223 ind./m<sup>2</sup>)>夏季（218 ind./m<sup>2</sup>），平均生物量季节变化为冬季（13.96 g/m<sup>2</sup>）>春季（11.99 g/m<sup>2</sup>）>夏季（5.96 g/m<sup>2</sup>）>秋季（3.81 g/m<sup>2</sup>）。

相较 2016-2017 年的平均栖息密度和生物量，2019 年栖息密度增长 54.16%，生物量增长 78.38%。

栖息密度季节变化比较，相较 2016-2017 年，2019 年栖息密度季节增长以冬季最高，为 70.33%，夏季和秋季分别增长 65.31%和 52.91%。春季栖息密度减少，减少了 10.07%。

相较 2016-2017 年，2019 年生物量季节增长以秋季最高，为 93.68%，夏季、春季和冬季分别增长 88.16%、44.37%和 59.38%。

2016-2017 年 15km 海域四季优势种主要以多毛类和软体动物为主。多毛类双鳃内卷齿蚕、奇异稚齿虫和叶须内卷齿蚕在该海域四季均为优势种或重要种，优势度较高，出现频率均高于 45%。国家二级保护动物白氏文昌鱼在秋季、冬季和春季的优势度介于 0.015~0.121，在春季优势度最高，其出现频率介于 18.18%~45.45%。

相较 2016-2017 年主要优势种，2019 年主要优势种发生改变，其中，共有优势种有圆筒原盒螺、中蚓虫、奇异稚齿虫、秀丽波纹蛤以及白氏文昌鱼。优势种存在差异。

### （8）鱼卵仔稚鱼

本次调查，共出现鱼卵和仔稚鱼 29 科 37 属 61 种（含未定种）。其中以春季（4 月）和夏季（8 月）种类较多，分别为 34 种（含未定种）和 32 种（含未定种），冬季降为 19 种（含未定种），秋季种类最少仅出现 9 种（含未定种）。种类上，以鳀科、鲱科和石首鱼科种类最多各为 6 种、鲷科为 5 种居次、狗母鱼科和舌鳎科种类各为 3 种（含未定种），其它各科仅记录 1~2 种。主要种类是鳬属鱼卵、小沙丁鱼和小公鱼的鱼



卵和仔稚鱼，鰕虎鱼仔稚鱼。

本调查四个季度月垂直拖网平均个体数为  $295.0\text{ind}/100\text{m}^3$ ，季节变化明显，其中以春季数量最高个体数平均为  $671.3\text{ind}/100\text{m}^3$ 。夏季居二平均为  $463.3\text{ind}/100\text{m}^3$ 、秋季降至  $45.2\text{ind}/100\text{m}^3$ ，冬季未采到。

水平拖网四季平均为  $495.2/100\text{m}^3$ ，年最高值出现在夏季（8 月），平均高达  $1501.7\text{ind}/100\text{m}^3$ ，春季平均为  $438.9\text{ind}/100\text{m}^3$ ，居年次高峰，秋季急剧下降为  $39.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ，冬季数量进一步下降到年最低谷（ $0.6\text{ind}/100\text{m}^3$ ）。

在数量组成上，垂直拖网以鲷所占比例最高（29%）、其次是小公鱼（22%）、小沙丁鱼和石首鱼科分别占 15% 和 4%、舌鳎占 7%。水平拖网仍以鲷属占主导地位（42%）、石首鱼科占 15% 居次、舌鳎和小沙丁鱼属各占 12% 和 11%、小公鱼属占 7%；其它种类如鲷科种类、斑鲷、脂眼鲱、后鳍鱼、大头狗母鱼和多齿蛇鲷等种类所占的份量较低。但不同季节优势种类的百分组成有明显差异，如垂直拖网的春季以小公鱼属、鲷属、小沙丁鱼和中颌棱鲷占优势。夏季以鲷属为主，小沙丁鱼、石首鱼科、小公鱼、舌鳎和中颌棱鲷为辅。秋季则以舌鳎、鲷属和石首鱼科为主要种类。水平拖网冬季优势种是鲷科种类，春季是鲷属、石首鱼科小公鱼和舌鳎占主导地位。夏季则以鲷属、小公鱼、石首鱼科、小沙丁鱼和舌鳎占优势。秋季以舌鳎占绝对优势，其它数量较高的种类还有石首鱼科和小公鱼。由此可见本调查区鱼卵的优势种类有季节更替。

分布上，冬季（2 月）水平拖网（ $0.6\sim 2.4\text{ind}/100\text{m}^3$ ）仅少量分布在核电厂东部水域和南部水域。

春季（4 月）垂直拖网鱼卵（ $200\sim 1812.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ）高数量区（ $>1000\text{ind}/100\text{m}^3$ ）位于测区西北部和中部水域。水平拖网（ $134.8\sim 1155.8\text{ind}/100\text{m}^3$ ）高数量区（ $>1000\text{ind}/100\text{m}^3$ ）以测区西北部和东北部水域密度最高。

夏季（8 月）垂直拖网鱼卵（ $0\sim 1357.1\text{ind}/100\text{m}^3$ ）和水平拖网（ $56.3\sim 7234.0\text{ind}/100\text{m}^3$ ）密集区均出现在调查区西北部水域。

秋季（11 月）垂直拖网（ $0\sim 187.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ）以东部和西部水域数量较高。水平拖网（ $1.1\sim 251.7\text{ind}/100\text{m}^3$ ）以西部水域最为密集。

仔稚鱼的垂直拖网四季平均数量为  $86.7\text{ind}/100\text{m}^3$ 。其中春季（4 月）数量最高平均为  $288.5\text{ind}/100\text{m}^3$ 。夏季（ $50.2\text{ind}/100\text{m}^3$ ）居次，冬季居三（ $6.2\text{ind}/100\text{m}^3$ ），秋季为年最低值（ $1.7\text{ind}/100\text{m}^3$ ）。

水平拖网四季平均仅为  $2.0\text{ind}/100\text{m}^3$ ，其中以夏季数量最高为  $3.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ，其次是春季（ $2.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ）、秋冬两季数量更低平均分别为  $1.7\text{ind}/100\text{m}^3$  和  $0.2\text{ind}/100\text{m}^3$ 。

分布上，冬季垂直拖网仔稚鱼（ $29.4\sim45.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ）仅零星分布在测区中南部个水域。水平拖网（ $0.4\sim1.1\text{ind}/100\text{m}^3$ ）全区数量低。

春季，垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim681.8\text{ind}/100\text{m}^3$ ）高数量区出现在测区西南部和中部水域。水平拖网（ $0\sim8.6\text{ind}/100\text{m}^3$ ）以西南部水域数量较高。

夏季，垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim269.2\text{ind}/100\text{m}^3$ ）高数量区位于测区东北部（5 号站）水域。水平拖网（ $0.3\sim20.9\text{ind}/100\text{m}^3$ ）以调查区西部湾内水域较密集。

秋季，垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim20.8\text{ind}/100\text{m}^3$ ）出现率低，仅出现在测区西部湾内个别测站。水平拖网（ $0\sim9.5\text{ind}/100\text{m}^3$ ）以调查区中北部水域数量略高。

综上所述，本海区仍有一些鱼类在此栖居和繁殖，但仔稚鱼数量较低，而且大部分种类为浅海小型鱼类。

由于 2016-2017 年的调查垂直拖网未分析，以下仅以水平拖网比较。

从分析结果可以看出，2016-2017 年鱼卵除了春季明显高于 2019 年外，其它季节均较明显低于本次调查，尤其是夏季差距更为明显。但仔稚鱼 2016-2017 年数量除了冬季持平外，其春季、夏季和秋季均高于本航次调查，特别是 2016-2017 年夏季仔稚鱼较明显高于 2019 年。可见本海区鱼卵和仔稚鱼数量有年际变化，或可能与采样的月份不同有关。

分析结果表明，2016-2017 年冬季鱼卵以小沙丁鱼（56%）斑鲷（44%）占优势，仔稚鱼以鲷科（57%）和小沙丁鱼属（18%）和为主要种类。而本次调查冬季鱼卵以鲷科（36%）、鲷（21%）和蓝圆鲷（16%）居前，仔稚鱼以二长棘鲷、斑鲷、黄鳍鲷和平鲷所占比例较高分别达 23%、22%、21%和 14%。2017 年夏季鱼卵优势种是舌鲷（26%）、鲷（16%）和小沙丁鱼，仔稚鱼以舌鲷和小沙丁鱼为主，分别占 38%和 23%。2019 年夏季鱼卵则以鲷（38%）、石首鱼科（16%）和小沙丁鱼（13%）所占比例较高，仔稚鱼以小沙丁鱼属 35%、后鳍鱼 17%、美肩鳃鲷 11%最占优势。可见调查区冬夏两季鱼卵和仔稚鱼优势种的组成均有年际变化，而且 2019 年冬夏两季鱼卵和仔稚鱼的主要优势种类较 2016-2017 年种类多，优势较不突出。这说明不同年度冬夏两季鱼卵和仔稚鱼优势种有较明显的年际变化，这可能与调查的月份不同有关。

在春季，2016-2017 年和 2019 年鱼卵均以鲷最占优势，但 2019 年鲷优势度较

2016-2017 年低。仔稚鱼 2016-2017 年春季以美肩鳃鲷和小沙丁鱼占优势。2019 年春季则以小沙丁鱼属、石首鱼科和美肩鳃鲷最占优势，秋季，2016-2017 年和 2019 年鱼卵均以舌鳎占绝对优势，其它种类所占比例较低，仔稚鱼 2016-2017 年鳢属、白姑鱼和小公鱼为主，本次调查则是美肩鳃鲷、鰕虎鱼和少鳞鳢直占优势，春秋两季在不同年度调查所获的鱼卵和仔稚鱼优势种的组成有年际变化。这说明本调查区春季是鳎、小沙丁鱼和美肩鳃鲷主要繁殖期，秋季为舌鳎的繁殖季节。

### （9）游泳动物

本次调厂址半径 15km 范围内共有游泳动物种类 174 种，其中鱼类 107 种，虾类 18 种，蟹类 27 种，虾蛄类 11 种，头足类 11 种。夏季物种数最高，冬季最低。

四个季度游泳动物平均资源密度为  $463.29\text{kg}/\text{km}^2$ ， $5.49 \times 10^4 \text{ind.}/\text{km}^2$ ，夏季资源密度最高，为  $696.91\text{kg}/\text{km}^2$ ， $11.43 \times 10^4 \text{ind.}/\text{km}^2$ ，冬季最低为  $278.26\text{kg}/\text{km}^2$ ， $2.05 \times 10^4 \text{ind.}/\text{km}^2$ ，春季和秋季相差不大。

二长棘鲷和口虾蛄是春季最主要的优势种，夏季主要优势种为须赤虾和二长棘鲷，秋季主要优势种为虾蛄类，冬季主要优势种为龙头鱼和口虾蛄。总体来看，在调查海域虾蛄类在各个季节都较多，鱼类和虾类种的主要种类二长棘鲷、龙头鱼和须赤虾等则为季节性优势种。

陆丰核电 15km 范围内的游泳动物历史变动与调查整体区域变动趋势一致，在种类组成上除冬季有较为明显的减少外，其它三个季节种类相差不大。在优势种组成上，各季节都表现出一定的差异。春季优势种组成差异较大，除口虾蛄和叫姑鱼外，短吻鳎、中华管鞭虾、赤鼻棱鲷、被二长棘鲷、双斑螯和杜氏枪乌贼取代；夏季的优势种较为相似，主要差别是鲜明鼓虾被蓝圆鲹取代；秋季 2016-2017 年调查以虾蟹类为主，

2019 年龙头鱼和叫姑鱼增多；冬季 2016-2017 年的优势种带鱼已经不再是优势种，龙头鱼依然维持优势地位，此外在 2019 年虾类优势种减少。

本次调查相比与 2016-2017 年资源量明显增加，夏季资源量增加最为明显，冬季则稍有增加。资源量的变化主要是由于优势种类的数量变化造成的，具体表现为，春季二长棘鲷、皮氏叫姑鱼大量增加，而短吻鳎的资源密度下降明显；夏季各优势种的资源密度普遍增多，二长棘鲷的增加最为明显；秋季除优势种的资源量变化外，小个体的虾蟹类被大个体的龙头鱼、叫姑鱼取代也可能是原因之一；冬季资源密度变化不大。调查海域种类和资源量的变化主要是由物种的更替引起，何种更替是渔业资源结

构长期变化的趋势还是调查不同或调查偶然性所致还有待于进一步观察。

### 2.3.3.2 三场一通

根据《广东陆丰核电一期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告》（自然资源部第三海洋研究所，2020 年 3 月），陆丰核电厂址半径 15km 范围内没有三场一通道，具体情况如下：

#### （1）产卵场

陆丰核电厂址半径 15km 范围内海域没有产卵场。

#### （2）索饵场

核电厂附近海域闽南、粤东近海群系鲈鱼索饵场，该鲈鱼闽南、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、粤东近海渡过。

#### （3）越冬场

闽南、粤东近海群系鲈鱼越冬场，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、粤东近海渡过，主要分布于 22°00′~22°30′，116°00′~116°40′，水深 60m~100m，越冬期一般为 12 月至翌年 3 月。

#### （4）洄游通道

蓝圆鲈可分为二个种群：一是东海种群，二是闽南、粤东近海种群。东海种群有二个越冬场：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 100m~150m 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 月~7 月，盛期为 5 月~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 月~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 月~5 月，鱼山、大陈近海为 5 月~6 月，舟山近海为 6 月~7 月，产卵期可延长至 9 月，盛期为 5 月~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鲈鱼的汛期。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。

东海区鲈鱼可分为闽南、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、粤东近海渡过，无明显的越冬现象，冬季主要分布于  $22^{\circ}00' \sim 22^{\circ}30'N$ ， $116^{\circ}00' \sim 116^{\circ}40'E$ ，60m~100m 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 月~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。

### 2.3.3.3 渔业资源及渔业生产现状

陆丰近岸海域主要鱼类资源有带鱼、金线鱼、沙丁鱼、海鳗、鲷鱼、真鲷、白姑鱼、马面鲀、蓝圆鲀等；甲壳类资源主要有梭子蟹、对虾等；藻类资源主要有江篱；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）海洋捕捞生产概况

根据陆丰市海洋渔业部门提供的相关资料，2016 年陆丰市海洋捕捞总产量为 135201t，其中拖网作业捕捞产量 105806t，围网捕捞量 6928t，刺网捕捞量 19751t，张网捕捞产量 102t，钓具捕捞产量 1344t，其他渔具捕捞量 1270t。分类别产量为鱼类 82845t，虾类 13174t，蟹类 14029t，贝类 3733t，藻类 684t，头足类 18154t，其它类 2596t。

#### （2）海水养殖概况

2016 年陆丰市全市海水产品总产量 91172t，养殖面积 6649ha。其中海上养殖产量 25654t，养殖面积 1607ha，滩涂养殖产量 41859t，养殖面积 3504ha，其它水域养殖产量 23659t，养殖面积 1548ha，池塘养殖产量 7926t，养殖面积 1047ha。分类别来看，鱼类养殖产量 29711t，养殖面积 1411ha，虾类养殖产量 7260t，养殖面积 1645t，蟹类养殖产量 4866t，养殖面积 1064ha，贝类养殖产量 42467t，养殖面积 2052ha，藻类养殖产量 6846t，养殖面积 454ha，其它类养殖产量 22t，养殖面积 33ha。

根据《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，2021 年 1 月），近年来陆丰市自然资源局对陆丰市管辖的海域养殖活动进行整顿清理，对已取得海域权证不及时缴纳海域使用金、且拒绝缴纳海域使用金的养殖户进行清理，目前，现存的颁发国海证养殖均在厂址西北向 15km 以外的金厢附近海域。

### （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。目前，已建成汕尾市遮浪角东人工鱼礁区，共投放礁体 860 个，总空方 26691m<sup>3</sup>。此外，陆丰市碣石田尾山人工鱼礁区已易址到陆丰市金厢南人工鱼礁区。陆丰市金厢南人工鱼礁区，位于厂址 NW 方位，距离约 9.5km。目前与厂址距离最近的人工鱼礁区为湖东三洲澳人工鱼礁区，位于厂址 ENE 方位，距离约 7.6km。

#### 2.3.3.4 赤潮

根据 2010 年至 2019 年广东省海洋环境状况公报，陆丰核电周边海域（50km）共发生 5 次赤潮，分别在 2010 年、2011 年、2013 年、2016 年、2019 年，面积为 1.7-10km<sup>2</sup>，暴发的赤潮种也各不相同，分别为锥状斯氏藻、丹麦细柱藻、米氏凯伦藻、红色赤潮藻。具体见表 2.3-11。

#### 2.3.4 工业、交通及其它设施

##### 2.3.4.1 工业、物流商贸

###### （1）工业企业现状

根据陆丰市自然资源局和统计局，以及当地各乡镇提供的相关资料，陆丰市主要形成以新兴产业核能、风能和传统产业圣诞玩具、服装、日用制品为主的行业格局。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，区域内社会经济以农业、渔业为主，以及少量轻工业和手工业制造。区域内碣石镇乡镇工业经济一般，其余各镇工业经济较为薄弱。

陆丰核电厂厂址周围 15km 区域内主要是一些中小型企业，且基本集中在碣石镇镇

区。核电厂半径 5km 范围内无大规模的工矿企业。碣石镇全镇范围内无化工生产和重工业企业。

陆丰核电厂厂址半径 15km 范围内涉及的其它乡镇，如金厢镇、桥冲镇、南塘镇和湖东镇均以农业、渔业为主，工业基础较薄弱。

## （2）工业企业规划

根据《陆丰市城市总体规划（2011-2035 年）》（2018 年 10 月），厂址半径 15km 范围所涉及的碣石镇为重点镇，金厢镇和湖东镇为一般镇。碣石镇的规划目标为市域东南部城镇密集区中心，以圣诞玩具、服装、日用制品为主的加工工业中心，发展休闲旅游和现代商贸业，陆丰市环境优美的中心镇。湖东镇规划为工贸型城镇，金厢镇规划为旅游型城镇。

### 2.3.4.2 交通

#### （1）陆上交通

##### 1) 铁路

厂址所在的陆丰市现有一条铁路，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。

厂址附近规划有汕汕铁路，起自广梅铁路汕头站，终自厦深铁路汕尾站，陆丰市境内设陆丰南站。该线路距厂址最近距离约 18km。

##### 2) 公路

陆丰核电厂厂址附近区域的主要公路干线为深汕高速公路、324 国道、338 省道、陆丰市沿海公路、139 县道和 138 县道。此外，陆丰核电厂进厂道路也已建成通车；应急道路正处于规划选线阶段。厂址附近区域内各村庄已实现了“村村通”。

- 深汕高速公路位于厂址北侧，东西走向，离厂址最近直线距离约 24km；
- G324 国道也位于厂址北侧，总体方向为由西南至东北，离厂址最近直线距离约 22km，为二级公路，路面宽度为 15m，路面类型为水泥砼；
- S338 省道位于厂址北侧，总体方向为由西至东，离厂址最近直线距离约 8km，为二级公路，路面宽度在 7m~24m 之间，路面类型为水泥砼；
- X139 县道位于厂址东侧，起于湖东经南塘止于铜锣湖农场，南北走向，离厂址最近直线距离为 16km，路面宽度在 7m~15m 之间，路面等级大部分为二级，

小部分为三级，路面类型为水泥砼；

- X138 县道位于厂址东北，起于南塘止于内湖，总体方向为由东南至西北，离厂址最近直线距离为 21km，路面等级为三级以上，路面类型为水泥砼；
- X133 县道（碣博河线）位于厂址北侧，从碣石镇经博美镇到达陆河境内，离厂址最近直线距离为 8km，为二级公路，路面宽度约 7m；
- 进厂道路起于碣石镇东部的 338 省道大路岭处，终点位于陆丰核电厂区，路线由北往东南走，按公路二级，水泥混凝土路面，车速 80km/h 设计，全长约 12.6km。目前进厂道路已建成通车。

## （2）海上交通

### 1) 港口和码头

陆丰市地处广东东部沿海，海岸线众多，水运资源丰富。陆丰市境内港口航运用海有甲子、湖东、碣石、金厢、乌坎 5 处。距离厂址最近的港口是碣石港，位于厂址 NNW 方位约 8~10km，其余 4 个港口均在厂址 15km 以外。

碣石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。碣石港定位为渔港，距离厂址约 8km（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 2.5km<sup>2</sup>，碣石渔港正位于碣石镇区内，渔港内配套设施基本齐全，是陆丰市重要的群众渔港之一，为省一级渔港。碣石渔港拥有生产渔船 570 艘，18214t、40467 千瓦，碣石渔港港内岸线长 11300m。碣石渔港航道水深为-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 m<sup>2</sup> 的后方渔业用地，建有 5000m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>，可满足 300 艘渔船停泊避风。

碣石镇沿海还有两个渔业码头，都集中在碣石湾东岸线一侧，分别是乌泥港和浅澳港，其中乌泥港位于厂址 NNW 方位约 7.5km，浅澳港位于厂址 NW 方位约 2.5km。目前乌泥港和浅澳港都未建任何港口设施，只具备供小型渔船上岸的简易设施。

碣石镇油气码头，位于厂址 NNW 方位约 5.1km，现有 2 个码头泊位，主要用途为成品油、液化气。码头为栈桥式，最大靠泊能力 5000DWT。

### （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）。

#### （4） 航道

厂址周围的海上航线主要是香港至上海、广州至汕头和香港至基隆的航线等，过境的近海航路主要有 3 条，分别为：

- 1) 中小型船舶航路，该航路靠近陆岸，水深大多在 20m 以上。离岸 10~20 海里是小型船舶的习惯航线，基本航向为 070°~250°，转向点在遮浪角、南澳岛和南鹏岛附近水域；
- 2) 中型船舶航路，该航路水域宽阔，最小水深为 21m。离岸 20~30 海里是中型船舶的习惯航线，基本航向 065°~245°，航线转向点在南鹏岛西南附近水域；
- 3) 大型船舶航路，该航路水域宽阔，最小水深为 30m。离岸 40~80 海里是大型船舶的习惯航线，基本航向 060°~240°，在离岸 80 海里以外还有 2 条大型船舶习惯航线，这 3 条大型船舶习惯航线在 23°16'N，117°20'E 处汇合后继续北上。

另外，从广州、汕尾或汕头等港口至碣石湾码头的航线位于碣石湾西岸，该航线主要是船舶由外海行驶进入碣石湾海域后停靠至碣石湾码头的航线。船舶在外海北上驶入碣石湾后，一般先停靠至锚地，并经过驳或引航、检疫后，从碣石湾东侧海域向东行驶并停靠至碣石液化气成品油码头，该航线距厂址最近约 5km。另外厂址附近的乌坎港和甲子港的进出港航道也经过厂址附近。

#### （5） 机场及空中航线

陆丰核电厂厂址半径 30km 范围内没有机场。根据中国民用航空中南地区管理局空中交通管理局的文件（民航中南局空管局空管函[2005]1 号），厂址半径 4km 范围内没有民航飞机航线通过。

### 2.3.4.3 外部人为事件评价

#### — 固定危险源

根据厂址安全评价报告，厂址附近固定危险源发生爆炸的安全距离估算结果均远小于各危险源与厂址的实际距离，因此不会对陆丰核电厂址产生安全影响。

#### — 移动危险源

根据厂址安全评价报告，潜在的移动危险源主要考虑厂址附近碣石湾油库的油品

采用海运时的运输船只。碣石湾油库、液化气采用海运，油气船从汕尾港或汕头港，经碣石湾到达碣石镇油气码头。目前由于碣石湾油库停产，海上运输的油船已停运，液化气船仍有少量运输，假定运输船只的最大容量为  $5000\text{m}^3$ ，其安全距离小于碣石湾航道与厂址的最近距离（约  $5\text{km}$ ）。因此碣石湾油气船的运输不会对陆丰核电厂安全有潜在影响。

碣石镇上的加油站和民用液化气均采用公路运输，从碣石湾油气码头至碣石镇镇区的运输线路距离厂址都在  $5\text{km}$  以外，单车运输量一般小于  $30\text{t}$ ，安全距离不超过  $500\text{m}$ ，不会对陆丰核电厂安全有潜在影响。

综合上述分析评价，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。

### 2.3.5 参考资料

- [1] 广东陆丰核电一期工程厂址区域环境特征及外部人为事件调查报告，苏州热工研究院有限公司，2019 年 11 月；
- [2] 广东陆丰核电一期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告，自然资源部第三海洋研究所，2020 年 3 月；
- [3] 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总报告，国家海洋局第三海洋研究所，2018 年 12 月；
- [4] 广东陆丰核电厂 5、6 号机组陆域生态环境调查及评价报告，中国辐射防护研究院，2020 年 6 月；
- [5] 广东陆丰核电新增陆域、海域范围项目文物考古调查、勘探报告，广东省文物考古研究所，2020 年 10 月。

表 2.3-2 农作物生长及其产品储存销售情况

类别	品种名称	生长周期（天）	贮存期	销售情况
粮食	水稻	115-140	12~24 个月	当地销售
	小麦	115-130	—	
	大豆	120	—	
油料	花生	125	3 个月	
薯类	番薯	75-150	6 个月	
	马铃薯	90-120	4 个月	
蔬菜	小白菜	25-60	5 天	
	大白菜	40-80	40 天	
	菠菜	30-60	3 天	
	芹菜	30-60	3 天	
	韭菜	70-80	10 天	
	茄子	330	18 天	
	辣椒	40-80	25 天	
	西红柿	240	20 天	
	黄瓜	240	15 天	
	萝卜	60-110	25 天	
水果	柑桔	240-270	5~6 个月	当地销售为主，部分外销
	香蕉	90-150	15-20 天	
	荔枝	130	1 个月	
	菠萝	120	1-2 个月	

表 2.3-4 家畜生长期、饲养方式、饲料种类及消耗

品种	生长期	饲 料	饲料消耗	饲养方式
猪	180-230 天	全价饲料、花生饼、稻谷、蕃薯、木薯	生产 1kg 肉需 3-5kg 饲料	圈养
牛	720 天	草、稻草	每天 10kg 饲料	圈养、放养
羊	240 天	草、树叶、灌木	每天 4kg 饲料	放养
家禽	80~100 天	青草、稻谷、蔬菜、混合饲料	每天 0.3kg 饲料	养殖户 笼舍饲养为主

大牲畜、猪、家禽从屠宰到消费一般间隔 10 小时~1 天。若经冷库、冰箱冷冻保存则时间较长，长的可达半年。

表 2.3-6 海洋生物调查站位表

站号	经纬度		调查内容		
	东经	北纬	叶绿素 <i>a</i> 和初级生产力、浮游植物、浮游动物、底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳动物	粪大肠菌群	底栖生物阿氏拖网
1	115°55'43.91"	22°47'20.68"	√		
5	115°53'12.2"	22°45'56.8"	√	√	√
8	115°51'26"	22°43'52.2"	√		
10	115°49'8.34"	22°38'12.7"	√		
13	115°46'20.1"	22°46'52.9"	√	√	
14	115°42'33.66"	22°39'11.2"	√		√
16	115°47'8.89"	22°45'21.8"	√		
17	115°42'34.2"	22°49'4.38"	√		√
31	115°48'10.5"	22°42'39.8"	√		√
32	115°46'48.7"	22°40'40.8"	√		
38	115°53'17.2"	22°41'32.9"	√		
39	115°49'11.8"	22°41'21.7"		√	√
40	115°46'18.9"	22°43'41.15"	√		
45	115°49'0.14"	22°47'19.88"		√	

**表 2.3-7 潮间带站位经纬度**

断面	纬度	经度	底质
LFD1	22 °45'1.46"	115 °48'29.15"	岩石
LFD3	22 °47'31.00"	115 °54'.1.74"	岩石
LFD5	22 °49'23.01"	115 °47'50.84"	泥沙

表 2.3-8 15km 范围内水采浮游植物种类数、细胞丰度和优势种与历史资料比较

		春季	夏季	秋季	冬季
2016 年	种数	65	97	69	72
	平均丰度	28.87	485.2	14.61	19.59
	优势种	中肋骨条藻、立 马原甲藻、微小 原甲藻、微小细 柱藻、翼根管藻、 小等刺硅鞭藻、 六异刺硅鞭藻	阿拉斯加星杆 藻、中肋骨条藻、 脆根管藻、血红 哈卡藻	具槽帕拉藻、海 洋原甲藻、柔弱 拟菱形藻、中肋 骨条藻、微小海 链藻、菱形海线 藻	旋链角毛藻、具 槽帕拉藻、柔弱 角毛藻、细弱角 毛藻
2019 年	种数	94	78	90	146
	平均丰度	237.58	258.63	411.8	33.61
	优势种	微小细柱藻、柔 弱拟菱形藻、菱 形海线藻小型变 种、尖刺拟菱形 藻、和中肋骨条 藻	旋链角毛藻、丹 麦细柱藻、尖刺 拟菱形藻、优美 拟菱形藻、中肋 骨条藻、菱形海 线藻、菱形海线 藻小型变种和佛 氏海毛藻	冰河星杆藻、丹 麦细柱藻、尖刺 拟菱形藻、劳氏 角毛藻、菱形海 线藻小型变种、 马氏骨条藻、柔 弱拟菱形藻、微 小细柱藻、中肋 骨条藻和拟旋链 角毛藻	旋链角毛藻、丹 麦细柱藻、微小 细柱藻、具槽帕 拉藻、柔弱拟菱 形藻、翼根管藻 纤细变型和扁面 角毛藻

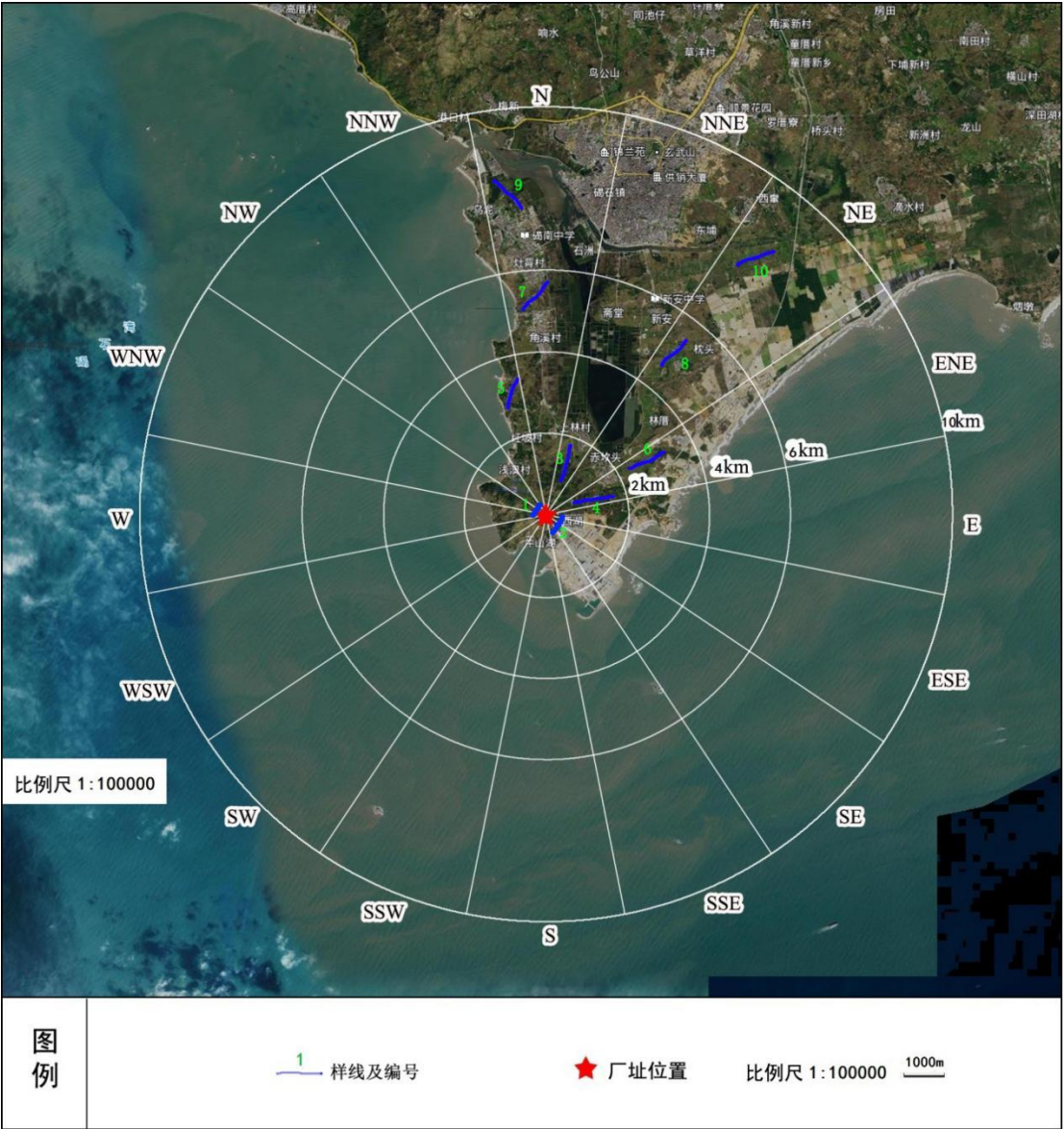
表 2.3-9 15km 范围内各季节网采浮游植物优势种的年际变化

季节	2016-2017 年	2019 年
	主要优势种（按密度从高到低）	主要优势种（按密度从高到低）
春季	优美辐杆藻 夜光藻 哈氏半盘藻 三角角藻 翼根管藻 密连角毛藻	菱形海线藻 尖刺拟菱形藻
夏季	日本星杆藻 菱形海线藻 中肋骨条藻 尖刺拟菱形藻 劳氏角毛藻	菱形海线藻 窄隙角毛藻 伏氏海毛藻 球形棕囊藻 尖刺拟菱形藻 变异辐杆藻
秋季	球形棕囊藻 红海束毛藻 劳氏角毛藻 中肋骨条藻	热带骨条藻 中肋骨条藻 菱形海线藻 日本星杆藻 尖刺拟菱形藻 伏氏海毛藻
冬季	柔弱角毛藻 尖刺拟菱形藻 布氏双尾藻 夜光藻 具槽直链藻 劳氏角毛藻	翼根管藻纤细变型 扭链角毛藻 劳氏角毛藻 笔尖形根管藻 短角弯角藻 菱形海线藻

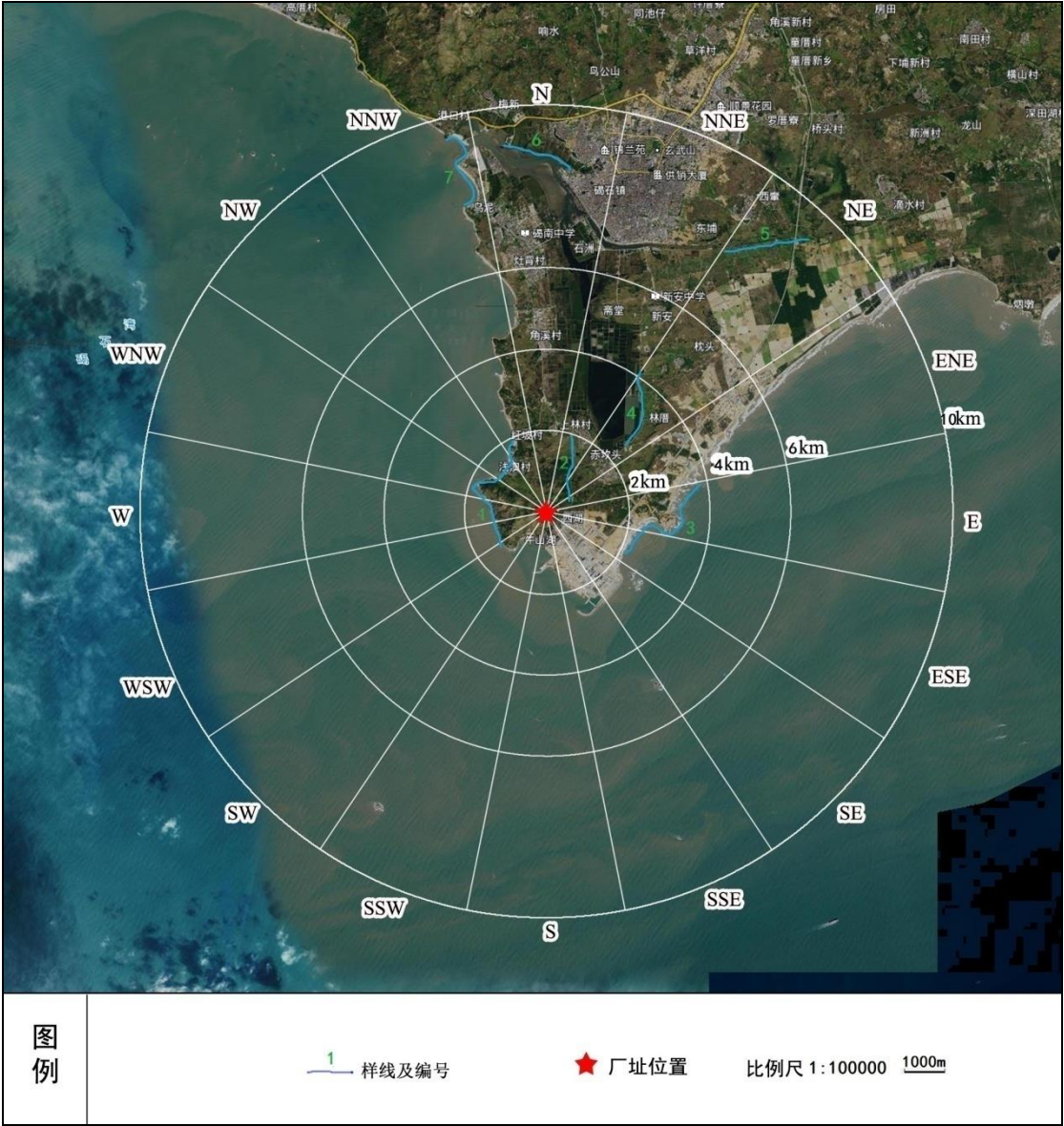


表 2.3-11 2010 年至 2019 年陆丰核电周边海域赤潮灾害情况统计表

序号	发生时间	消亡时间	地点	地区特征	方位、距离	面积 (km <sup>2</sup> )	主要藻类
1	2010.10.13	2010.10.20	汕尾施公寮半岛至径尾村对开海域		W 24km	5	锥状斯氏藻
2	2011.8.7	2011.8.16	汕尾碣石湾海域		NNW 7km	10	丹麦细柱藻
3	2013.4.24	2013.4.28	汕尾红海湾新围村附近海域	内湾、养殖区	WSW 26km	4.4	米氏凯伦藻
4	2016.2.18	2016.2.24	汕尾市捷胜镇南面海岸对开海域	内湾	W 38km	1.7	红色赤潮藻
5	2019.6.4	2019.6.6	汕尾碣石湾海域		NNW 7km	10	丹麦细柱藻

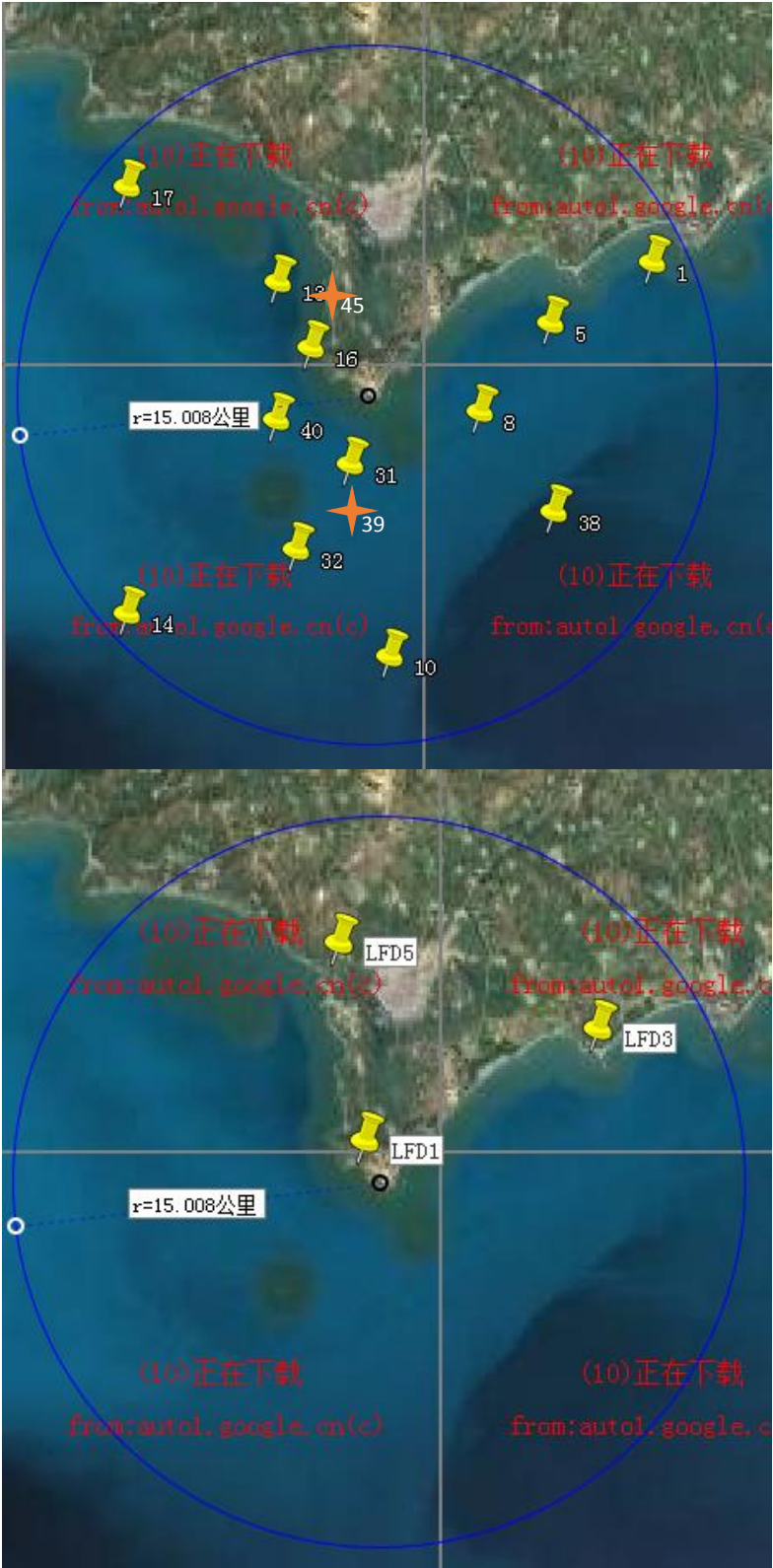


广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 10km 范围植物调查样带布置图		
图 2.3-6	版次:	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 10km 范围动物调查样带布置图		
图 2.3-7	版次:	A





广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
15km 范围内海洋生物调查站位分布图		
图 2.3-8	版次：	A

## 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 降水

#### 2.4.3.5 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（1953~2018 年）
表 2.4-2	汕尾气象站累年风频统计特征值（1966~2018 年）
表 2.4-3	陆丰气象站累年气象参数统计特征值（1959~2018 年）
表 2.4-4	厂址地面站和气象塔各高度气温统计特征值
表 2.4-5	厂址地面站气象参数统计特征值
表 2.4-6	厂址气象塔各高度风玫瑰
表 2.4-7	厂址气象塔各高度月、年平均风速
表 2.4-8	大气测试期间三种稳定度分类方法比较
表 2.4-9	风向、风速、稳定度联合频率
表 2.4-10	厂址扩散参数系数

图

图 2.4-2	汕尾站累年平均季、年风玫瑰图（1966~2018 年）
图 2.4-3	气象塔各高度年风玫瑰图
图 2.4-4	气象塔 10m 高度降水期年风玫瑰图
图 2.4-5	厂址扩散参数与 P-G 扩散参数比较
图 2.4-6	大气观测试验期间热内边界层个例
图 2.4-8	大气观测试验测点

## 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

厂址区域气候描述主要依据厂址附近的汕尾气象站 1953-2018 年和陆丰气象站 1959-2018 年气象观测资料，汕尾气象站为国家基本站，陆丰气象站为一般站。两站数据记录时间均较长，汕尾气象站自 1953 年开始记录整编资料，陆丰气象站自 1959 年开始记录整编资料。汕尾气象站位于厂址 W 方位约 45km，该气象站的地理位置与厂址地区相似，都位于海滨；陆丰气象站位于厂址 NW 方位约 28km，是离厂址最近的气象站。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值；表 2.4-3 给出了陆丰气象站累年气象参数统计特征值。两气象

站的主要情况如下：

- 汕尾气象站：1952 年 8 月 1 日建站，站址经过多次搬迁。测站位置为北纬 22°48′，东经 115°22′，测场海拔 16.7m。观测项目有气压、绝对湿度、相对湿度、风速和风向、气温、降水量、日照、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。
- 陆丰气象站：于 1959 年 10 月开始记录整编资料。测站位置为北纬 22°57′，东经 115°39′，观测场地高度 5.6m，在陆丰市东海镇东风路尾后壁洋；观测项目有气压、绝对湿度、相对湿度、风速和风向、气温、降水量、日照、蒸发量等，仪器设备和资料整理等均符合国家规范。

#### 2.4.1.1 气温

- 汕尾气象站：多年平均气温为 22.4℃；极端最高气温 38.5℃，出现在 7 月；极端最低气温 1.6℃，出现在 1 月；
- 陆丰气象站：多年平均气温为 22.2℃；极端最高气温 38.3℃，出现在 7 月；极端最低气温 0.9℃，出现在 1 月。

厂址区域受海洋性气候影响，呈现冬暖夏凉的气候特征，区域内气温的年温差较小。

#### 2.4.1.2 气压

- 汕尾气象站：多年平均气压为 1012.2hPa；极端最高气压 1035.1hPa，出现在 1 月；极端最低气压 935.1hPa，出现在 9 月；
- 陆丰气象站：多年平均气压为 1012.7hPa；极端最高气压 1036.6hPa，出现在 1 月；极端最低气压 957.5hPa，出现在 9 月。

#### 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。

- 汕尾气象站：多年平均相对湿度为 78%；最小相对湿度 4%，出现在 1 月；
- 陆丰气象站：多年平均相对湿度为 79%；最小相对湿度 7%，出现在 1 月。



#### 2.4.1.4 降水

本区域雨量充沛，年内雨量呈双峰型，即冷空气降水和热带气旋降水，两者的量级相当。汕尾气象站多年平均年降水量 1923.2mm，多年平均年降水日数 136 天，年降水日数最多为 239 天；陆丰气象站多年平均年降水量为 2027.1mm，多年平均年降水日数 165 天，年降水日数最多为 228 天。一年中，各月的降水差异较大，4~9 月为雨季，在这 6 个月中的降水量占全年的总降水量的 85%。在雨季，有明显的两个汛期。4~6 月为前汛期，以冷空气降水为主；7~9 月为后汛期，以热带气旋降水为主。10 月至次年 3 月为旱季，降水较少，平均每月不足 100mm，尤其是 11、12 和次年 1 月，其月平均降水不足 50mm。

#### 2.4.1.5 日照

- 汕尾气象站：多年平均年日照时数为 2052.1h，日照时数夏秋季大于冬春季，7 月日照时数最多，平均为 237.8h，3 月日照时数最少，平均为 107.0h；
- 陆丰气象站：多年平均年日照时数为 2016.0h，日照时数夏秋季大于冬春季，7 月日照时数最多，平均为 229.3h，2 月日照时数最少，平均为 110.6h。

#### 2.4.1.6 风

汕尾气象站多年平均风速为 2.6m/s。

图 2.4-2 给出了汕尾站的累年季、年平均风玫瑰图。

汕尾站年主导风向为 NE，频率为 14.8%，次主导风向为 ENE，频率为 13.4%，静风频率为 10%；春季主导风向为 E，频率为 15.1%，次主导风向为 ENE，频率为 13.6%，静风频率为 10.5%；夏季主导风向为 SW，频率为 20%，次主导风向为 WSW、E，频率为 8.6%，静风频率为 11.4%；秋季主导风向为 NE，频率为 19.3%，次主导风向为 ENE，频率为 17.7%，静风频率为 9.2%；冬季主导风向为 NE，频率为 19.7%，次主导风向为 ENE，频率为 15.2%，静风频率为 8.9%。

### 2.4.2 设计基准气象参数

#### 2.4.2.1 热带气旋

根据中国气象局出版的 1949 年~2018 年的台风年鉴或中央气象台实时发布的台风

资料统计（统计范围：以厂址为中心 300km 为半径的圆），每年选择一个年台风中心最低气压，如果某年没有台风进入该区域或在该区域内台风已减弱为低气压，该年最低气压就取 990hPa。其中 5413 号超强台风中心气压最低为 890hPa，在厂址附近 300km 范围内最低气压为 920hPa，约距厂址 266km，台风中心附近最大平均风速 65m/s，为统计范围内出现的台风最大风速。

根据厂址安全分析报告的成果，热带气旋参数如下：

- 海平面中心千年一遇最低气压  $P_0$  为 887hPa；百年一遇为 913.6hPa；
- 外围气压  $P_w$  为 1006hPa；
- 最大风速半径  $R=30\text{km}$ （计算可能最大增水采用值）；
- 最大风速半径的下限值为  $R=7\text{km}$ （计算风速采用值）；
- 热带气旋移动速度  $V=28.0\text{km/h}$ 。

经修正后，千年及百年一遇最低气压值对应的热带气旋的可能最大海面风速  $V_{gx}=57.2\text{m/s}$  和  $50.8\text{m/s}$ ；取陆地摩擦修正系数为 0.85、登陆填塞修正系数 0.9，千年一遇及百年一遇最大热带气旋中心气压估计值对应的影响陆丰核电厂的最大风速分别为  $43.7\text{m/s}$  和  $38.9\text{m/s}$ 。

#### 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 年~2018 年为主。

陆丰核电厂址评估区域内，1951 年~2018 年间平均每年出现约 2.3 个。2005 年发生龙卷风为 11 次，为历年最多。评估区域内，F1 级龙卷出现最多为 95 个，占总数的 61.7%，其次是 F0 级 51 个，占总数的 33.1%，F2 级个例 8 个，调查中未发现 F3 级以

上的龙卷风。参照美国《ANSI/ANS-2.3.1983》设计基准龙卷风特征参数表，厂址  $10^7$  年一遇的龙卷风事件对应的设计参数如下：

- 最大设计风速：80m/s；
- 最大旋转风速：62.0m/s；
- 最大平移风速：18.0m/s；
- 最大旋转风速半径：98m；
- 总压降：51.5hPa；
- 最大压降速率：9.5hPa/s。

### 2.4.3 当地气象条件

由于厂址气象观测系统经常发生缺测情况，根据统计，近年的厂址气象塔和地面气象站逐时观测数据仅 2018 年 7 月~2019 年 6 月一整年的联合获取率超过 90%，因此本报告采用该时间段逐时观测气象数据的统计分析结果进行描述，该整年气象数据联合获取率为 99.1%。表 2.4-4 给出了厂址地面站和气象塔各高度气温统计特征值，表 2.4-5 给出了厂址地面站气象参数统计特征值，表 2.4-6 给出了厂址气象塔各高度风玫瑰，表 2.4-7 给出了气象塔各高度各月及年平均风速，图 2.4-3 给出了气象塔各高度年风玫瑰图，图 2.4-4 给出了降水期间 10m 高度年风玫瑰图。

#### 2.4.3.1 气温

##### （1）地面气温

厂址地区年平均气温为 23.1℃，7 月平均气温最高，为 28.8℃，1 月平均气温最低，为 16.5℃。极端最高气温为 33.8℃，出现在 9 月，极端最低气温为 7.9℃，出现在 2 月。

##### （2）气象塔塔层气温

气象塔 10m 高度年平均气温 22.6℃，7 月平均气温最高，为 28.4℃，1 月平均气温最低，为 16.2℃。极端最高气温为 32.9℃，出现在 9 月，极端最低气温为 7.9℃，出现在 2 月。

气象塔 30m 高度年平均气温 22.6℃，7 月平均气温最高，为 28.3℃，1 月平均气温最低，为 16.3℃。极端最高气温为 32.7℃，出现在 7 月，极端最低气温为 8.0℃，出现在 2 月。

气象塔 80m 高度年平均气温 22.1℃，7 月平均气温最高，为 27.9℃，1 月平均气温最低，为 15.8℃。极端最高气温为 32.4℃，出现在 9 月，极端最低气温为 8.2℃，出现在 2 月。

气象塔 100m 高度年平均气温 21.9℃，7 月平均气温最高，为 27.8℃，1 月平均气温最低，为 15.8℃。极端最高气温为 32.0℃，出现在 9 月，极端最低气温为 7.4℃，出现在 2 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℃。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℃/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℃/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℃/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℃，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℃/100m，100~400m 高度之间平均气温递减率约为 0.1℃/100m。500m~1000m 高度之间平均气温递减率约为 0.1℃/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 点左右开始出现，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℃/100m；自 20 点之后，逆温层不断向上发展，强度也随之减低，至早上 5 点左右逆温层最高，平均高度为 67m，逆温强度为 1.16℃/100m，早上 8 点贴地逆温消失。

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 点左右开始出现，平均厚度 34m，逆温强度为 0.9℃/100m；至早上 5 点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 点。

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 点出现，平均高度为 98m，平均强度为  $0.77^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ；2 点平均高度最高，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 点。

#### — 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 点，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 1010.7hPa，月平均气压在 1000.0~1019.4hPa 之间，1 月平均气压最高，8 月平均气压最低。极端最高气压 1026.4hPa，出现在 1 月，极端最低气压 990.4hPa，出现在 9 月。

### 2.4.3.3 相对湿度

厂址地区年平均相对湿度为 82%，12 月平均相对湿度最小，为 80%，6 月平均相对湿度最高，为 90%。极端最小相对湿度为 23%，出现在 10 月。

### 2.4.3.4 降水

厂址地区年平均降水量为 1490.3mm。年内各月降水分配不均，雨水主要集中在汛期 3~9 月，占全年降水量的 88%。厂址地区年降水时数 690h，降水日数 124d。厂址地区最大日降水量为 99.5mm，出现在 4 月。

厂址地区各风向降水量为：74.6mm(N)，183.6mm(NNE)，178.8mm(NE)，249.9mm(ENE)，101.2mm(E)，42.6mm(ESE)，26.1mm(SE)，110.8mm(SSE)，46.3mm(S)，81.2mm(SSW)，117.7mm(SW)，25.9mm(WSW)，31.8mm(W)，48.3mm(WNW)，57.6mm(NW)，105.2mm(NNW)，8.7mm(C)。

#### 2.4.3.5 风

##### (1) 风速

表 2.4-7 给出了气象塔 10m、30m、80m 和 100m 高度月、年平均风速值。

厂址地区 10m、30m、80m、100m 高度年平均风速分别为 3.2m/s、4.5m/s、6.0m/s 和 7.1m/s，从各月平均风速来看，气象塔 2 月和 11 月平均风速最大，6 月、8 月平均风速最小。

##### (2) 风向

厂址各高度主导风向为 10m 高度 (ENE, 18.5%)、30m 高度 (E, 22.6%)、80m 高度 (E, 25%)，100m 高度 (SW, 19.4%)。厂址各高度静风频率为 1.5% (10m 高度)、1.2% (30m 高度)、0.5% (80m 高度)、0.0% (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。

###### — 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来流，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。

#### — 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 大气稳定度

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度进行分类。表 2.4-8 给出了使用这三种方法对冬夏两季大气测试期间稳定度分类结果的比较。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，稳定度分布不太合理；莫宁—奥布霍夫长度法各类稳定度出现比例最为合理，但该方法的稳定度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，因此稳定度分类方法推荐采用温度梯度—风速法。

本报告根据厂址气象塔观测系统 2018 年 7 月~2019 年 6 月一个整年 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度分类，各稳定度所占比例分别为：A 类 4.6%，B 类 19.6%，C 类 19.2%，D 类 43.4%，E 类 3.4%，F 类 9.8%。

#### 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、稳定度联合频率分布，结果列于表 2.4-9。

#### 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。图 2.4-8 给出了厂址测点和南溪村测点的位置示意图。

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 2.4-10 给出了各类稳定度的扩散参数系数。图 2.4-5 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 点至次日 8 点，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 点至 20 点，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 点至 11 点间，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 点至 2 点，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 2.4-6 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。其中厂址专用气象站包括厂址气象梯度自动观测、厂址地面气象站，自 2008 年 11 月设立，由于一期工程厂址布置的调整，厂址气象观测系统已于 2012 年 1 月结束观测。建设单位委托汕尾市气象局进行新的厂址气象观测系统建设，并于 2017 年 3 月开始观测，后续于 2020 年 6 月更换相应的传感器设备，设备性能参数不变。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。

电厂应加强气象观测系统的日常运维管理工作，确保用于计算正常运行和事故工况下大气弥散因子所需气象数据的联合获取率满足核安全导则《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）规定的不低于 90% 的要求。

（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（1953~2018 年）

月份	气温（℃）			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	14.8	28.6	1.6	1019.4	1035.1	1003.5	71	4	155	29.4
2	15.4	29.2	2.4	1017.9	1031	1004.2	77	6	111.9	48.7
3	18.1	31.1	4	1015.7	1032.1	1003	80	13	107	72.9
4	21.8	33.3	8.2	1012.4	1027.4	998.3	82	18	120.7	152.9
5	25.2	33.3	14.5	1008.6	1019.2	988.8	84	18	155.1	276.3
6	27.3	36.3	18.2	1005.5	1014.9	975.2	86	27	169.8	391.3
7	28.3	38.5	21.4	1004.9	1014.1	973.1	84	33	237.8	306.5
8	28.1	36.9	18.4	1004.4	1015.5	959.1	84	36	216.5	312.1
9	27.3	37	18	1007.9	1018.2	935.1	79	24	200.9	209.1
10	24.6	34.7	8.9	1013.3	1024	973.7	72	14	215.3	61
11	20.8	33.2	5.8	1016.8	1032.3	1001.5	70	13	184.9	37.7
12	16.6	31.4	2.1	1019.3	1032.1	1005	68	7	177.2	25.3
全年	22.4	38.5	1.6	1012.2	1035.1	935.1	78	4	2052.1	1923.2

表 2.4-2 汕尾气象站累年风频统计特征值（1966~2018 年）

单位：%

月份	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
全年	4.4	7.7	14.8	13.4	12.1	10.1	5.6	1.2	1.5	3.4	8.4	3.8	1.8	0.5	0.6	0.6	10
春季	2.4	4.5	13	13.6	15.1	13.1	6.9	1.2	1.6	3.8	7.8	3.4	1.8	0.4	0.5	0.5	10.5
夏季	1.6	2.1	7.5	7.1	8.6	6.8	5.7	2.2	3.3	8.2	20	8.6	3.9	1	1	0.7	11.4
秋季	6.4	10.2	19.3	17.7	12.7	9.2	4.8	1	0.6	1.1	3.6	1.7	0.9	0.4	0.5	0.9	9.2
冬季	7.1	14.1	19.7	15.2	12.1	11.5	5.1	0.6	0.4	0.5	1.9	1.4	0.8	0.2	0.3	0.3	8.9

表 2.4-3 陆丰气象站累年气象参数统计特征值（1959~2018 年）

月份	气温（℃）			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	14.4	29.6	0.9	1019.9	1036.6	1003.5	72	7	159.5	31.4
2	15.3	29.9	1.8	1018.5	1031.6	1004.1	77	12	110.6	52.4
3	18	30.7	2.8	1016.1	1033.4	1003.2	80	9	109.8	89
4	21.8	32.8	8.1	1012.9	1027.8	999.6	82	18	118.6	160.6
5	25.2	36.1	14.4	1009	1020.3	989	84	16	146.7	286.6
6	27.2	36.7	18.4	1006	1015.2	978.1	86	22	162.4	456.6
7	28.4	38.3	21.8	1005.3	1014.8	967.1	83	34	229.3	316.1
8	28.2	38	21.7	1004.8	1015	975.7	83	28	209.4	327.4
9	27.1	37.7	16.6	1008.6	1018.2	957.5	80	22	195.7	191.4
10	24.2	35.2	8	1013.7	1024.1	977.4	74	20	211	52.7
11	20.4	33.2	5.2	1017.3	1032.5	1002.8	72	12	184.8	33.1
12	16.2	30.2	1	1019.9	1031.4	1006.4	69	8	178.2	29.8
全年	22.2	38.3	0.9	1012.7	1036.6	957.5	79	7	2016	2027.1

表 2.4-4 厂址地面站和气象塔各高度气温统计特征值（2018.7~2019.6）

月份	地面站气温（℃）			10m 气温（℃）			30m 气温（℃）			80m 气温（℃）			100m 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 气温	极端 最高 气温	极端 最低 气温
1	16.5	24.3	9.1	16.2	23.7	9.6	16.1	23.1	9.5	15.8	23.1	9.1	15.8	23.5	8.2
2	17.8	24.7	7.9	17.4	23.5	7.9	17.3	23.1	8.0	16.9	22.4	8.2	16.1	22.0	7.4
3	18.9	26.5	11.8	18.5	26.0	11.7	18.5	26.3	11.6	18.0	26.1	11.2	17.7	25.5	10.4
4	22.9	29.0	16.9	22.3	27.6	16.6	22.3	27.4	16.6	21.7	26.9	16.1	21.8	28.0	15.5
5	24.2	30.9	16.3	23.6	29.0	16.0	23.6	28.8	16.1	22.9	27.7	15.5	22.4	27.4	15.0
6	28.0	32.7	14.8	27.5	31.2	14.6	27.5	30.8	14.7	26.7	30.3	14.3	26.9	30.0	14.4
7	28.8	32.7	25.0	28.4	32.1	24.8	28.3	32.7	24.9	27.9	32.1	24.5	27.8	31.9	24.4
8	28.3	32.6	24.0	27.9	31.9	23.6	27.8	31.3	23.5	27.4	30.4	23.4	27.4	30.5	23.3
9	27.5	33.8	22.9	27.1	32.9	22.6	27.1	32.7	22.8	26.6	32.4	22.3	26.5	32.0	22.2
10	24.0	31.5	14.8	23.7	30.8	18.2	23.7	31.5	19.0	23.3	31.3	18.5	23.2	30.9	18.7
11	21.4	27.1	15.0	21.1	26.3	15.6	20.9	26.1	16.1	20.5	25.6	16.4	20.0	25.4	15.3
12	18.2	28.3	11.2	17.9	27.6	11.1	17.8	27.1	11.0	17.4	26.0	10.4	17.5	27.7	10.3
全年	23.1	33.8	7.9	22.6	32.9	7.9	22.6	32.7	8.0	22.1	32.4	8.2	21.9	32.0	7.4



表 2.4-5 厂址地面站气象参数统计特征值（2018.7~2019.6）

	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	82	40	1019.4	1026.4	1014.3	5.5	20	7
二月	82	48	1016.7	1024.7	1010.3	24.6	17	5
三月	78	29	1013.9	1021.3	1006.9	101.4	79	14
四月	84	56	1010.6	1020.0	1004.5	237.1	53	11
五月	86	44	1007.9	1014.0	1001.8	156.2	82	16
六月	90	47	1004.2	1010.2	997.9	241.6	84	18
七月	83	30	1002.0	1006.5	996.6	143.2	55	10
八月	85	56	1000.0	1009.6	993.1	339.5	129	17
九月	81	45	1006.7	1013.7	990.4	91.6	45	11
十月	73	23	1014.2	1019.0	1009.3	34.8	19	4
十一月	83	42	1015.5	1021.2	1009.8	101.4	82	8
十二月	80	36	1017.9	1026.2	1010.0	13.4	25	3
年	82	23	1010.7	1026.4	990.4	1490.3	690	124

表 2.4-6 厂址气象塔各高度风玫瑰（2018.7~2019.6）

单位：%

	10m 高度	30m 高度	80m 高度	100m 高度
N	6.5	4.0	2.3	2.9
NNE	12.1	8.9	7.5	3.2
NE	13.9	7.2	7.3	5.0
ENE	18.5	18.7	7.4	4.4
E	11.7	22.6	25.0	11.2
ESE	5.0	8.1	17.5	16.5
SE	3.0	2.7	4.5	7.9
SSE	2.3	2.4	2.4	1.8
S	4.9	2.7	2.6	1.6
SSW	6.2	4.3	3.4	2.2
SW	4.4	4.8	3.7	19.4
WSW	2.6	6.4	5.4	15.3
W	1.4	2.3	6.6	4.6
WNW	1.6	1.8	2.0	2.5
NW	1.8	0.7	1.4	1.0
NNW	2.6	1.2	0.8	0.4
C	1.5	1.2	0.5	0.0

表 2.4-7 厂址气象塔各高度月、年平均风速（2018.7~2019.6）

单位：m/s

	10m 高度	30m 高度	80m 高度	100m 高度
1 月	3.4	4.7	6.3	7.7
2 月	3.8	5	6.6	7.8
3 月	3.5	4.8	6.5	7.5
4 月	3.3	4.4	6	6.9
5 月	3.3	4.6	6.3	7.5
6 月	2.6	3.5	5.1	6.4
7 月	3.2	4.4	6.3	6.9
8 月	2.6	3.5	4.8	6
9 月	2.8	3.8	5.1	6.1
10 月	3.2	4.6	6.3	7.3
11 月	3.6	5.1	6.8	7.8
12 月	3.4	4.6	6.3	7.6
年	3.2	4.5	6	7.1

表 2.4-8 大气测试期间三种稳定度分类方法比较（%）

<div>稳定度</div> <div>分类方法</div>	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 2.4-9 (1/3) 风向、风速、稳定度联合频率 (%) (有雨和无雨)

稳定度	风速 (m/s)		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	范围	平均																
A	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.4	0.02	0.06	0.03	0.03	0.08	0.09	0.09	0.05	0.07	0.06	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03
	2.0~2.9	2.5	0.06	0.13	0.07	0.12	0.48	0.44	0.25	0.28	0.67	0.55	0.52	0.10	0.09	0.09	0.01	0.01
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.5	0.23	0.21	0.17	0.10	0.08	0.35	0.21	0.17	0.32	0.45	0.26	0.15	0.15	0.06	0.09	0.09
	2.0~2.9	2.5	0.08	0.28	0.14	0.13	0.29	0.37	0.38	0.10	0.32	0.24	0.15	0.05	0.05	0.02	0.05	0.02
	3.0~4.9	3.8	0.30	0.91	1.16	1.62	3.44	1.43	0.55	0.47	1.16	1.75	0.56	0.23	0.05	0.12	0.02	0.03
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	<0.5	-	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	0.5~1.9	1.5	0.21	0.35	0.38	0.16	0.13	0.18	0.17	0.13	0.21	0.38	0.52	0.16	0.12	0.10	0.12	0.13
	2.0~2.9	2.5	0.14	0.40	0.37	0.31	0.23	0.38	0.24	0.12	0.32	0.51	0.25	0.24	0.03	0.08	0.03	0.10
	3.0~4.9	3.9	0.30	0.68	1.23	1.95	0.92	0.22	0.09	0.14	0.20	0.33	0.12	0.15	0.02	0.07	0.02	0.13
	5.0~5.9	5.4	0.03	0.15	0.24	1.24	1.40	0.15	0.03	0.00	0.02	0.02	0.05	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00
	>6.0	6.4	0.01	0.00	0.12	0.91	0.85	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	<0.5	-	0.02	0.03	0.05	0.06	0.00	0.03	0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.05	0.09	0.06	0.05
	0.5~1.9	1.4	0.78	1.14	0.79	0.58	0.26	0.18	0.15	0.16	0.32	0.48	0.51	0.35	0.25	0.23	0.33	0.55
	2.0~2.9	2.5	0.88	2.28	2.12	1.21	0.39	0.26	0.23	0.25	0.53	0.70	0.79	0.47	0.24	0.17	0.20	0.46
	3.0~4.9	3.7	0.88	1.78	3.80	3.51	1.19	0.36	0.33	0.26	0.45	0.41	0.45	0.46	0.12	0.14	0.18	0.22
	5.0~5.9	5.4	0.05	0.10	0.88	2.56	0.54	0.17	0.08	0.01	0.03	0.02	0.05	0.06	0.00	0.02	0.05	0.03
	>6.0	7.3	0.01	0.07	0.43	3.43	1.07	0.21	0.02	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
E	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0~2.9	2.4	0.46	0.91	0.66	0.26	0.08	0.07	0.08	0.03	0.12	0.13	0.03	0.05	0.07	0.07	0.12	0.18
	3.0~4.9	3.2	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	<0.5	-	0.12	0.08	0.08	0.02	0.01	0.03	0.06	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.09	0.05	0.09
	0.5~1.9	1.3	1.92	2.44	1.30	0.39	0.22	0.14	0.09	0.09	0.15	0.14	0.05	0.06	0.14	0.41	0.53	0.62
	2.0~2.9	2.3	0.14	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



稳定度	风速 (m/s)		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	范围	平均																
A	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.4	0.02	0.06	0.03	0.03	0.08	0.09	0.09	0.05	0.07	0.06	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03
	2.0~2.9	2.5	0.06	0.13	0.07	0.12	0.48	0.44	0.25	0.28	0.67	0.53	0.51	0.10	0.08	0.09	0.01	0.01
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.5	0.23	0.20	0.15	0.10	0.08	0.33	0.21	0.17	0.30	0.40	0.24	0.15	0.14	0.05	0.07	0.07
	2.0~2.9	2.5	0.08	0.26	0.13	0.13	0.29	0.37	0.36	0.10	0.31	0.24	0.15	0.05	0.05	0.02	0.05	0.02
	3.0~4.9	3.8	0.30	0.91	1.16	1.57	3.42	1.42	0.51	0.47	1.14	1.70	0.54	0.22	0.05	0.12	0.02	0.03
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	<0.5	-	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.5	0.12	0.21	0.32	0.13	0.12	0.17	0.17	0.13	0.20	0.35	0.50	0.14	0.12	0.09	0.07	0.10
	2.0~2.9	2.5	0.13	0.36	0.35	0.28	0.21	0.38	0.24	0.12	0.31	0.48	0.22	0.21	0.03	0.06	0.02	0.10
	3.0~4.9	3.9	0.23	0.63	1.14	1.90	0.89	0.18	0.09	0.13	0.16	0.33	0.09	0.15	0.02	0.06	0.02	0.13
	5.0~5.9	5.4	0.03	0.15	0.24	1.24	1.40	0.15	0.03	0.00	0.02	0.02	0.05	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
	>6.0	6.4	0.01	0.00	0.10	0.91	0.85	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	<0.5	-	0.02	0.03	0.05	0.06	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.09	0.05	0.05
	0.5~1.9	1.4	0.66	0.99	0.67	0.51	0.22	0.16	0.13	0.10	0.30	0.45	0.46	0.30	0.24	0.22	0.26	0.45
	2.0~2.9	2.5	0.69	1.84	1.81	1.01	0.36	0.25	0.21	0.21	0.46	0.64	0.75	0.47	0.23	0.14	0.17	0.40
	3.0~4.9	3.7	0.83	1.35	3.07	3.12	0.99	0.32	0.31	0.17	0.36	0.33	0.43	0.43	0.10	0.10	0.14	0.22
	5.0~5.9	5.4	0.03	0.07	0.76	2.49	0.53	0.16	0.08	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	0.02	0.05	0.02
	>6.0	7.1	0.01	0.02	0.3													

稳定度	风速 (m/s)		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
	范围	平均																
A	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.4	0.02	0.06	0.03	0.03	0.08	0.09	0.09	0.05	0.07	0.06	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.03
	2.0~2.9	2.5	0.06	0.13	0.07	0.12	0.48	0.44	0.25	0.28	0.67	0.53	0.51	0.10	0.08	0.09	0.01	0.01
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.5	0.23	0.20	0.15	0.10	0.08	0.33	0.21	0.17	0.30	0.40	0.24	0.15	0.14	0.05	0.07	0.07
	2.0~2.9	2.5	0.08	0.26	0.13	0.13	0.29	0.37	0.36	0.10	0.31	0.24	0.15	0.05	0.05	0.02	0.05	0.02
	3.0~4.9	3.8	0.30	0.91	1.16	1.57	3.42	1.42	0.51	0.47	1.14	1.70	0.54	0.22	0.05	0.12	0.02	0.03
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	<0.5	-	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	1.5	0.12	0.21	0.32	0.13	0.12	0.17	0.17	0.13	0.20	0.35	0.50	0.14	0.12	0.09	0.07	0.10
	2.0~2.9	2.5	0.13	0.36	0.35	0.28	0.21	0.38	0.24	0.12	0.31	0.48	0.22	0.21	0.03	0.06	0.02	0.10
	3.0~4.9	3.9	0.23	0.63	1.14	1.90	0.89	0.18	0.09	0.13	0.16	0.33	0.09	0.15	0.02	0.06	0.02	0.13
	5.0~5.9	5.4	0.03	0.15	0.24	1.24	1.40	0.15	0.03	0.00	0.02	0.02	0.05	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00
	>6.0	6.4	0.01	0.00	0.10	0.91	0.85	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	<0.5	-	0.02	0.03	0.05	0.06	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.03	0.09	0.05	0.05
	0.5~1.9	1.4	0.66	0.99	0.67	0.51	0.22	0.16	0.13	0.10	0.30	0.45	0.46	0.30	0.24	0.22	0.26	0.45
	2.0~2.9	2.5	0.69	1.84	1.81	1.01	0.36	0.25	0.21	0.21	0.46	0.64	0.75	0.47	0.23	0.14	0.17	0.40
	3.0~4.9	3.7	0.83	1.35	3.07	3.12	0.99	0.32	0.31	0.17	0.36	0.33	0.43	0.43	0.10	0.10	0.14	0.22
	5.0~5.9	5.4	0.03	0.07	0.76	2.49	0.53	0.16	0.08	0.00	0.02	0.01	0.03	0.03	0.00	0.02	0.05	0.02
	>6.0	7.1	0.01	0.02	0.35	3.29	0.98	0.10	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
E	<0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.5~1.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0~2.9	2.4	0.45	0.90	0.64	0.26	0.08	0.07	0.07	0.02	0.08	0.13	0.03	0.05	0.06	0.06	0.10	0.16
	3.0~4.9	3.2	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	<0.5	-	0.12	0.08	0.07	0.02	0.01	0.03	0.06	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.08	0.05	0.09
	0.5~1.9	1.3	1.87	2.40	1.24	0.39	0.21	0.10	0.07	0.09	0.14	0.13	0.03	0.05	0.13	0.39	0.52	0.59
	2.0~2.9	2.3	0.14	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

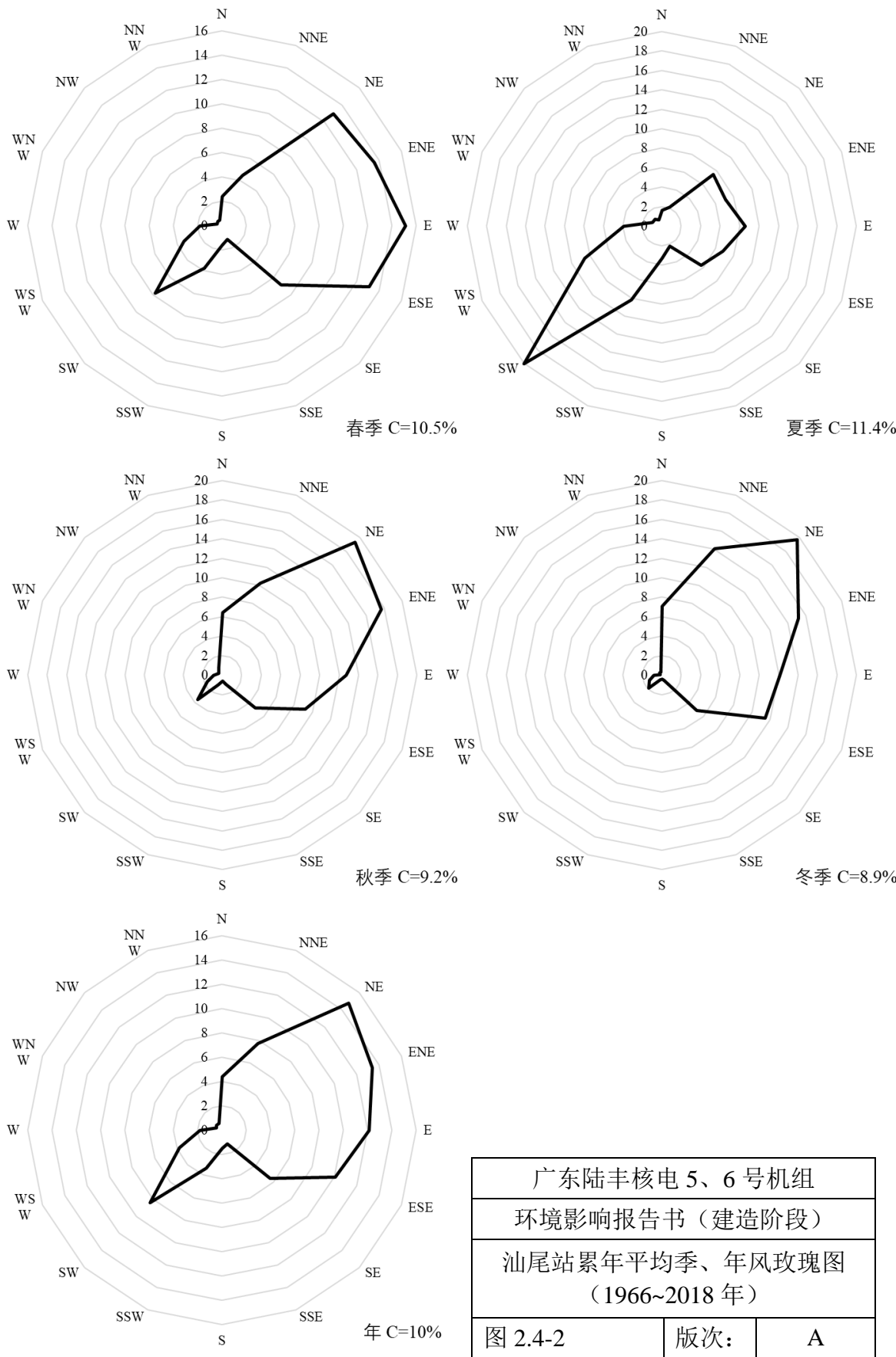
表 2.4-10 厂址扩散参数系数

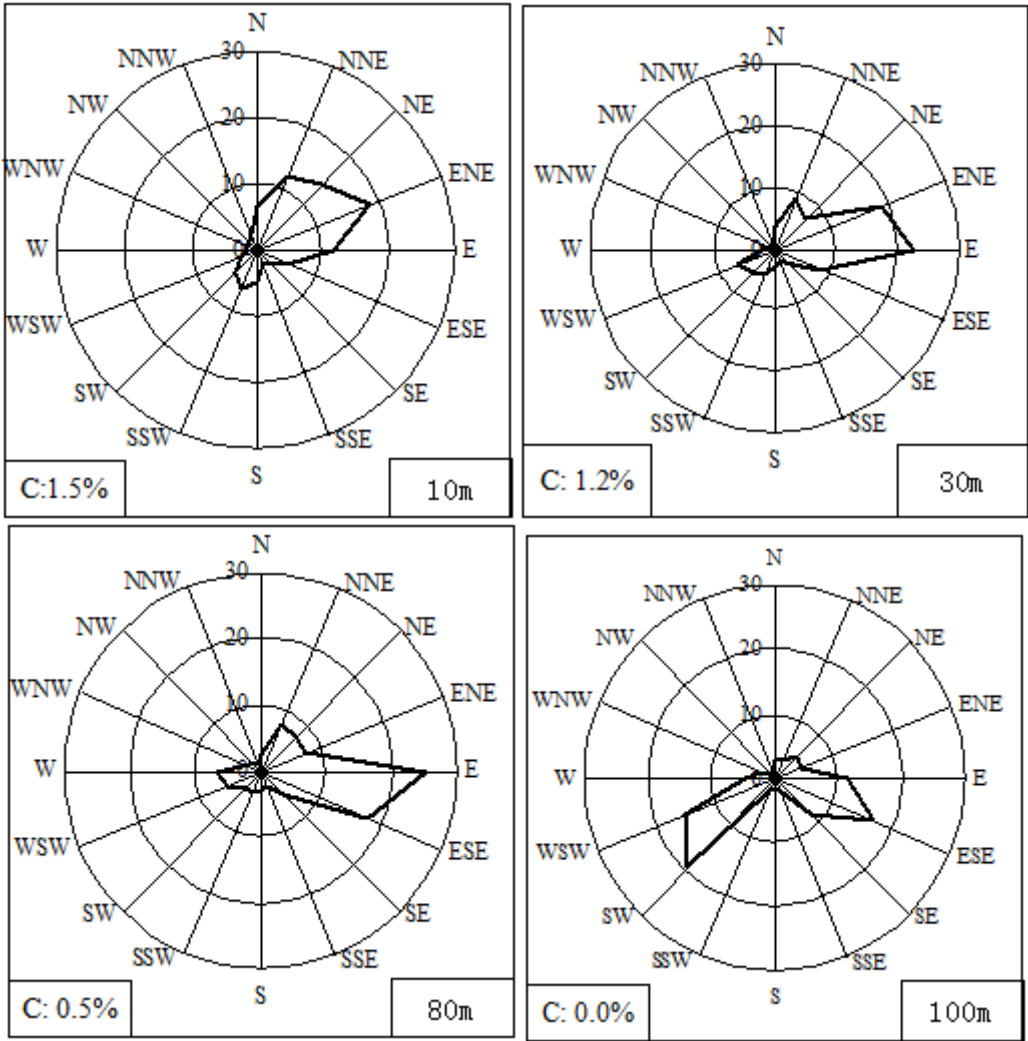
侧向扩散参数： $\sigma_y=ax^b$

垂直向扩散参数： $\sigma_z=cx^d$

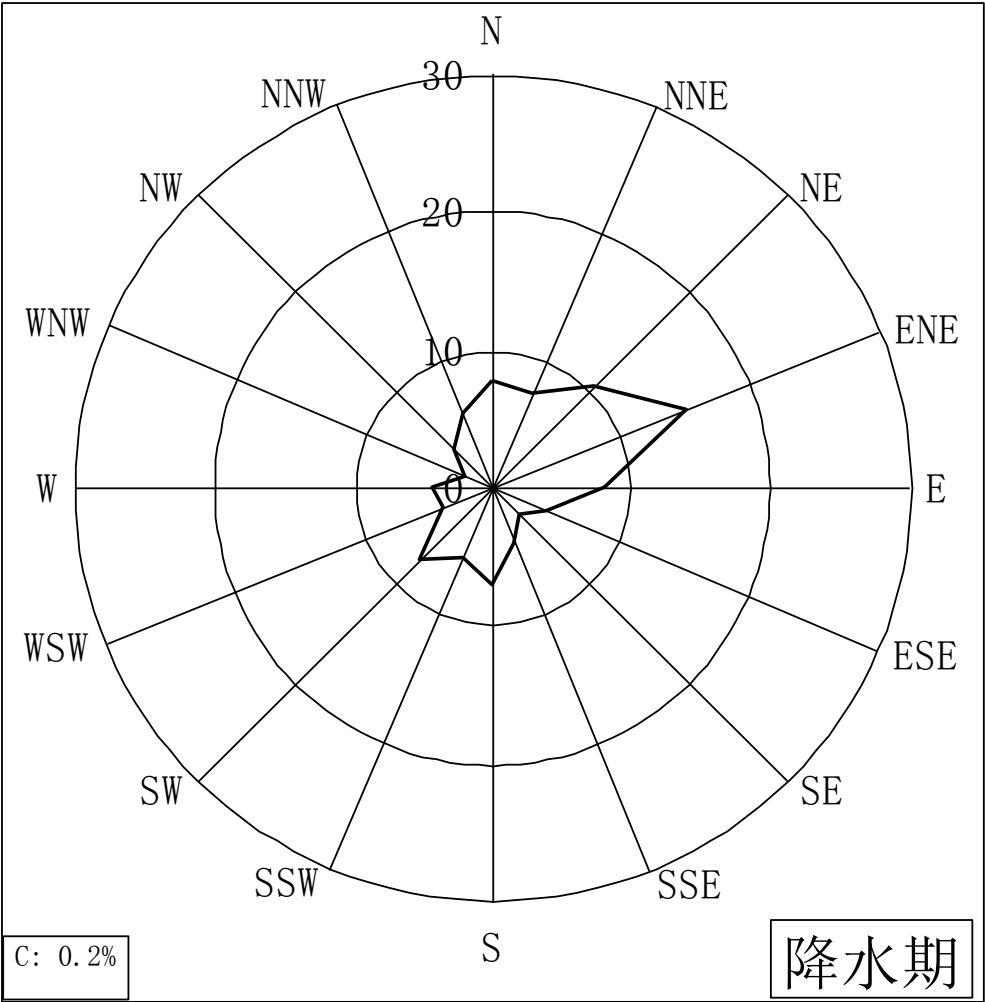
稳定度 系数	A	B	C	D	E	F
a	1.139	1.035	0.877	0.739	0.610	0.545
b	0.748	0.736	0.750	0.733	0.740	0.720
c	0.835	0.670	0.591	0.518	0.434	0.411
d	0.625	0.641	0.630	0.612	0.574	0.536



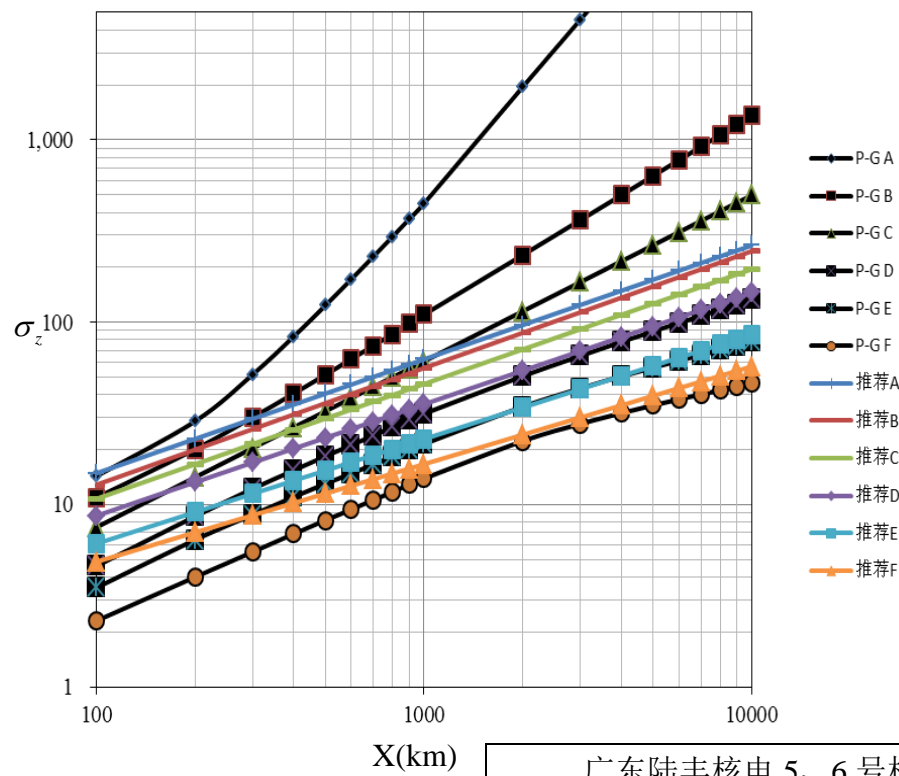
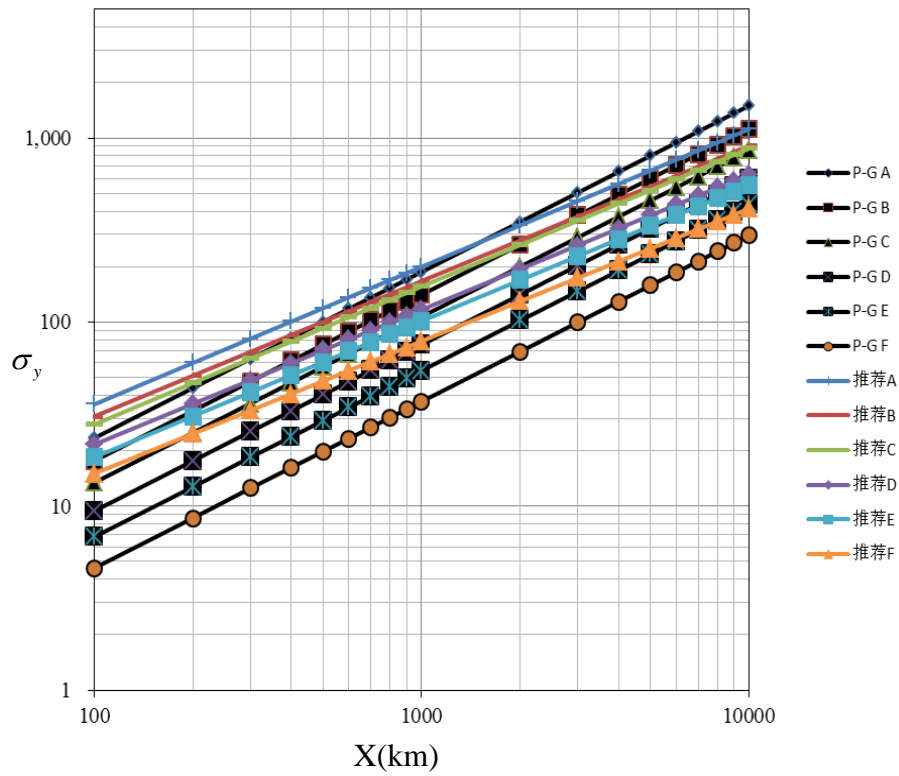




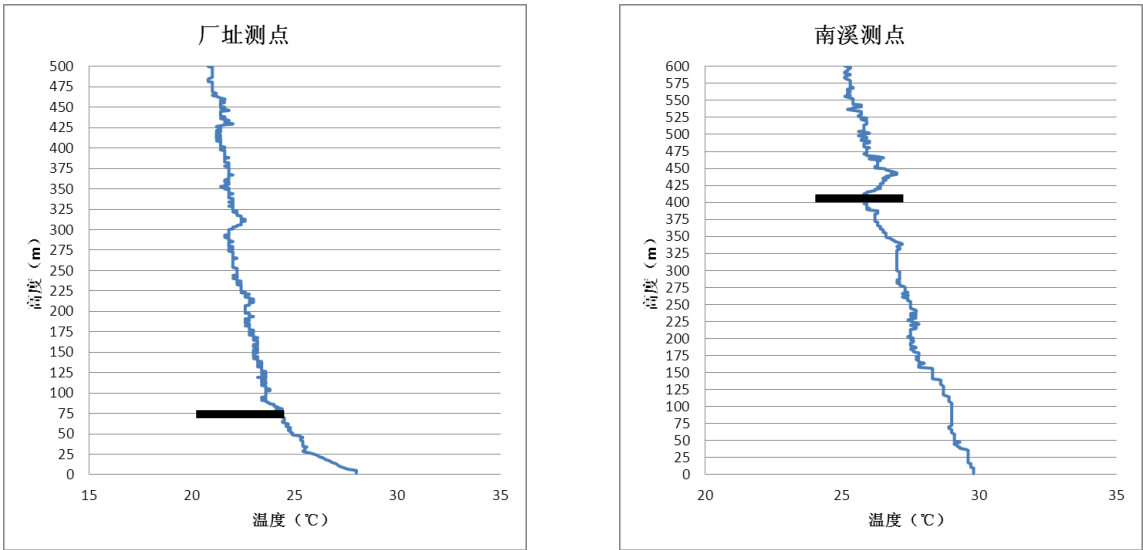
广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
气象塔各高度年风玫瑰图 （2018.7~2019.6）		
图 2.4-3	版次：	A



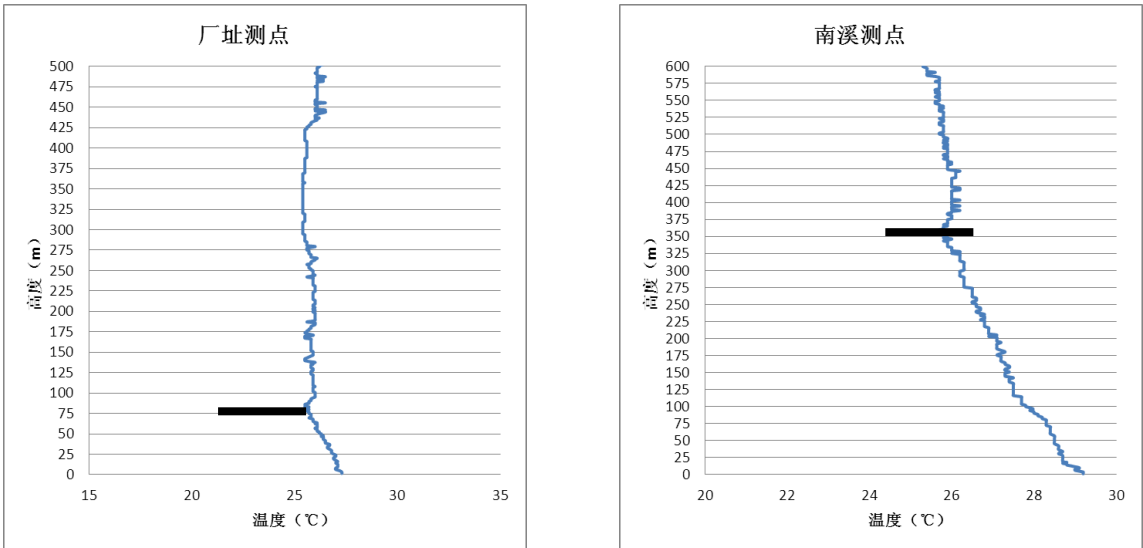
广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
气象塔 10m 高度降水期年风玫瑰图 （2018.7~2019.6）		
图 2.4-4	版次：	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址扩散参数与 P-G 扩散参数比较		
图 2.4-5	版次:	A

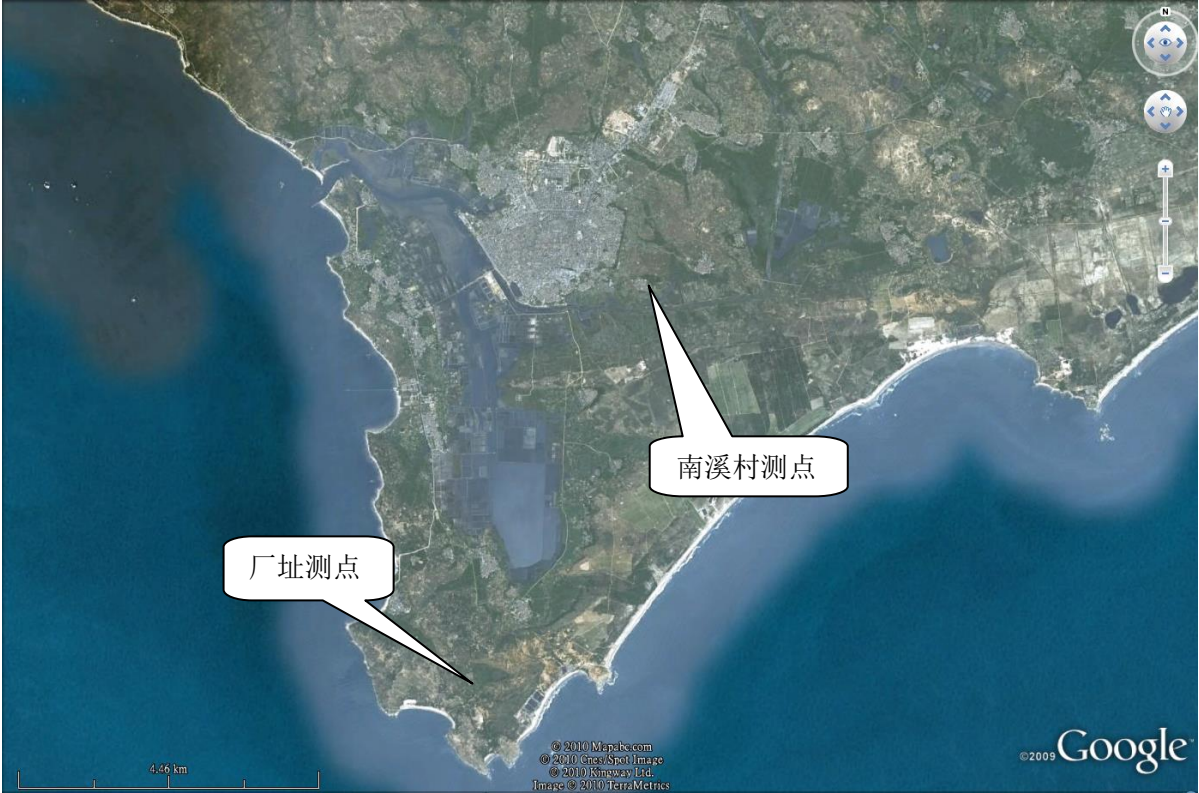


7 月 24 时 14 时



7 月 30 时 14 时

广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
大气观测试验期间热内边界层个例		
图 2.4-6	版次：	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
大气观测试验测点		
图 2.4-8	版次：	A

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

2.5.1.2 海洋水文

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.5.4 参考资料

表

表 2.5-3 厂址附近海域实测潮汐特征值

表 2.5-4 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

表 2.5-5 厂址附近海域各测站余流的流速及相应流向

## 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5、6号机组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1356km<sup>2</sup>。陆丰市境内流域100km<sup>2</sup>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。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44.7km<sup>2</sup>，集雨面积共9.6km<sup>2</sup>，南溪河又叫碣石水，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48.5km<sup>2</sup>，集雨面积共10.8km<sup>2</sup>。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 范围内水库工程主要分布于碣石、南塘和桥冲地区。陆丰市的饮用水取水口全部位于厂址 15km 以外，厂址所在的碣石镇饮用水主要来自以龙潭、巷口水库下游的调蓄水库—尖山水库（NNE 方位 24km）为主要取水点的碣石水厂。尖山水库属于陆丰市龙潭灌区的结瓜水库，为陆丰甲子、碣石等镇供水灌溉的中转站，位于陆丰市南塘镇柴桥头村西北方向约 1.5km 处，距南塘镇约 7.0km。水库坝、址以上集雨面积 0.4km<sup>2</sup>，水库靠本身来水难以蓄满库容，水源来自龙潭和巷口水库，是一座以灌溉为主，兼有防洪任务的综合性小(1)型水利工程，设计灌溉面积 5000 亩，灌溉对象是南塘镇东桥管理区农田，为龙潭灌区的一部分。



## （2）淡水水源条件

运行期生活用水、施工期生产用水由碣石镇市政管网供水。淡水供应取至碣石镇玄武山水自来水厂，水厂处理后的水加压后通过淡水管道送至厂区，供施工期施工及生活用水、调试期间的调试用水、运行期生活用水以及赤潮期间除盐水的应急用水。淡水工程设计水量为  $10000\text{m}^3/\text{d}$ 。淡水供水管线分为两段，一段为从水厂到进厂道路桥头村位置，由市政进行建设。一段为进厂道路桥头村位置沿进厂道路敷设至厂区，为已建管线。

### 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。陆丰海洋站位于厂址以西约 48km，自 1970 年开始观测，主要观测项目有潮位、温度和盐度等。遮浪海洋站位于厂址西南约 27km，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。

2019 年 1 月和 7 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 4 个潮位观测站（碣石港站、陆丰海洋站、遮浪海洋站和厂址站）和 11 个海流观测站。冬季期间，2019 年 1 月 22 日 11 时~23 日 13 时进行大潮期同步观测；2019 年 1 月 25 日 03 时~26 日 05 时进行中潮期同步观测；2019 年 1 月 28 日 18 时~29 日 20 时进行小潮期同步观测。夏季期间，2019 年 7 月 16 日 03 时~17 日 05 时进行大潮期同步观测；2019 年 7 月 07 日 12 时~8 日 14 时进行中潮期同步观测；2019 年 7 月 10 日 22 时~12 日 0 时进行小潮期同步观测。

#### （1）潮汐

国家海洋局南海调查技术中心根据 2019 年实测碣石港站和厂址站（夏季仅实测厂址站）以及收集得到的工程海域附近陆丰海洋站和遮浪海洋站实测潮位数据分析后得知，碣石港站、陆丰海洋站和遮浪海洋站附近海区均为不正规全日潮，厂址站附近为正规全日潮。表 2.5-3 给出了厂址附近海域实测潮汐特征值。

碣石港站 2019 年冬季与夏季观测时段内平均海平面分别为 61.4cm 与 55.3cm（1985 国家高程基准面，下同），最大和最小潮差分别为 198cm 和 10cm；厂址站 2019 年夏季观

测时段内平均海平面为55.3cm，最大和最小潮差分别为155cm和10cm；陆丰海洋站2019年冬季与夏季平均海平面分别为59.3cm与48.7cm，最大和最小潮差分别为182cm和11cm；遮浪站2019年冬季和夏季观测时段内平均海平面分别为63.7cm和53.0cm，最大和最小潮差分别为198cm和12cm。

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以不正规半日潮为主。表2.5-4给出了厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向。

冬季大潮和中潮观测期间，碣石湾内各站海流表现为较明显的西北-东南向，且流速明显小于外海站位，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，沿岸流区域站位的实测海流明显受到冬季广东沿岸流的影响，在东北季风作用下，主要表现为西向流，且流速较大。小潮期全潮海流观测站均表现为东向流的特征，且随着水深的增加，这种东向流的特征愈加明显，而表层因受东北季风的影响，东向逆风流特征被削弱。

大潮期涨潮过程的最大流速出现在 C7 站，大小为 70.5cm/s，方向为西向流，落潮过程的最大流速出现在 C8 站，大小为 58.0cm/s，方向为东南向。中潮期涨潮过程的最大流速出现在 C7 站表层，大小为 52.0cm/s，方向为西北向流，落潮过程的最大流速出现在 C8 站，大小为 41.9cm/s，方向为东南向。小潮期涨潮过程的最大流速出现在 C6 站 0.6H 层，大小为 38.2cm/s，方向为东北向流，落潮过程的最大流速出现在 C14 站，大小为 55.6cm/s，方向为东向。

夏季全潮观测期间，碣石湾内各站海流表现为较明显的西北-东南向，且流速明显小于外海站位，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，沿岸流区域站位的实测海流明显受到夏季西南季风的影响，主要表现为东向流，且流速较大。

大潮期涨潮过程的最大流速出现在 C4 站，大小为 46.9cm/s，方向为西向流，落潮过程的最大流速出现在 C8 站，大小为 51.6cm/s，方向为东南向。中潮期涨潮过程的最大流速出现在 C4 站 0.2H 层，大小为 57.5cm/s，方向为西北向流，落潮过程的最大流速出现在 C14 站表层，大小为 69.3cm/s，方向为东向。小潮期涨潮过程的最大流速出现在 C3 站表层，大小为 76.1cm/s，方向为东向流，落潮过程的最大流速出现在 C3 站表层，大小为 68.8cm/s，方向为东向。

### （3）余流

冬季大潮和中潮观测期，受东北季风影响，调查海域主要表现为西向余流。小潮观测期间，调查海域存在一支较强的东向逆风流自遮浪角，顺时针进入碣石湾，后沿海岸向甲子方向流去。大潮期垂向平均余流的最大值出现在 C7 站，流速为 14.4cm/s，方向为  $251^{\circ}$ 。中潮期垂向平均余流的最大值出现在 C4 站，流速为 13.1cm/s，方向为  $154^{\circ}$ 。小潮期垂向平均余流的最大值出现在 C14 站，流速为 20.7cm/s，方向为  $78^{\circ}$ 。

夏季观测期基本表现为东向余流特征，大潮期垂向平均余流的最大值出现在 C14 站，流速为 8.7cm/s，方向为  $65^{\circ}$ ；中潮期垂向平均余流的最大值出现在 C14 站，流速为 15.1cm/s，方向为  $68^{\circ}$ ；小潮期垂向平均余流的最大值出现在 C14 站，流速为 23.4cm/s，方向为  $72^{\circ}$ 。

表 2.5-5 给出了厂址附近海域实测各站余流的流速和流向。

### （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。遮浪站2005年5月~2006年4月和2017年度两个时段的波浪玫瑰图见图2.5-6。

2005年5月~2006年4月遮浪站波浪观测资料分析结果表明：该海域常浪向为E，而最大 $H_m$ 波高3.5m，出现在E向，受0518号台风影响，发生在9月24日11、17时，对应周期8.2s、8.5s， $H_{1/10}$ 为2.8m。

2017年遮浪站波浪观测资料分析结果表明：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4.1~5.0s，所占频率为45.2%，其次为5.1~6.0s，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。

两个观测年度的资料表明，遮浪站的常浪向均为 E 向，强浪向在 E~SW（顺时针），两个观测年度的强浪向稍有差异，这和观测年度发生的台风有关。总体来看，两个观测年度的波浪资料显示的厂址海域的波浪特征差异不大。

### （5） 水温

冬季全潮观测期间，海区表、中、底层水温日变化范围分别约为 $16.75^{\circ}\text{C}\sim 18.34^{\circ}\text{C}$ 、 $16.77^{\circ}\text{C}\sim 17.69^{\circ}\text{C}$ 和 $16.75^{\circ}\text{C}\sim 17.56^{\circ}\text{C}$ ，垂向平均温度介于 $16.77^{\circ}\text{C}\sim 17.70^{\circ}\text{C}$ 之间。各站温度自表层至底层温度随深度变化不大，70%时间内表底层温度差小于 $0.2^{\circ}\text{C}$ ，不存在温度跃变。这是由于1月份垂直水交换能力强，致使表底层温度趋向一致。全潮观测期间各站均出现底层水温高于表层水温的情况，其中C5和C7站有高于51%的时间里底层水温高于表层水温。水温空间变化范围不大，表层整体上表现出从西北到东南方向逐渐降低，近岸海域的C8、C11站平均水温较高，外海的C5站平均水温较低。中、小潮期，底层温度整体上表现出从西北到东南方向逐渐增加。

夏季全潮观测期间，海区表、中、底层水温日变化范围分别约为 $23.27^{\circ}\text{C}\sim 30.83^{\circ}\text{C}$ 、 $22.31^{\circ}\text{C}\sim 26.25^{\circ}\text{C}$ 和 $22.27^{\circ}\text{C}\sim 23.97^{\circ}\text{C}$ ，垂向平均温度介于 $22.84^{\circ}\text{C}\sim 26.75^{\circ}\text{C}$ 之间。各站温度自表层至底层温度随深度逐渐降低，表底层温度差均大于 $0.45^{\circ}\text{C}$ 。除了小潮期的C1站和C5站之外，其余各站位表层-中层之间存在温度跃变。中层-底层之间不存在温度跃变。全潮观测期间各站表层水温均高于底层水温。水温空间变化范围表层>中层>底层，整体上表现出从西北到东南方向逐渐降低，西北近岸海域的C11站平均水温最高，东部海域的C1站、C3站平均水温最低。

### （6） 盐度

冬季全潮观测期间，海区表、中、底层盐度日变化范围分别约为 $31.10\sim 32.40$ 、 $31.09\sim 32.46$ 和 $31.16\sim 33.05$ ，垂向平均盐度介于 $31.12\sim 32.42$ 之间。各站盐度自表层至底层盐度随深度变化不大，底盐度高于表层盐度，61%时间内表、底层盐度差小于0.2。本海区1月份海水混合强烈，海水以强混合型为主盐度空间变化整体上表现出从西北到东南方向逐渐增加，近岸海域的C13、C4和C11站平均盐度较低，外海的C7站平均盐度较高。

夏季全潮观测期间，海区表、中、底层盐度日变化范围分别约为 $24.158\sim 34.457$ 、

32.933~34.597和33.572~34.603，垂向平均盐度介于31.696~34.479之间。各站表层盐度均小于底层盐度，中底层盐度分布较一致；表、底层盐度差分布范围为0.03~10.5。各潮期各站表层-底层日平均盐度垂向梯度在 $1\sim 10^{-2}$ 之间，表明本海区7月份海水混合较弱，海水以缓混合型为主。盐度空间分布整体表现出从湾内到湾外逐渐增加，东部海域盐度高于西部海域；表、中、底层最高日平均盐度分别出现在C1站、C3站和C3站。

### （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。

2019年冬季全潮期大潮期5个站点总体的垂直平均值为 $0.0153\text{kg/m}^3$ ，中潮期为 $0.0168\text{kg/m}^3$ ，小潮期为 $0.0136\text{kg/m}^3$ ，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。各站悬沙含量在流速较强的涨急和落急时刻，强烈的流速剪切导致悬沙含量明显增大，尤以中（0.6H）、底层最为显著。悬沙浓度随水位的增加而降低，在高潮位时含沙量较低，而在低潮位时含沙量较高。2019年夏季全潮期大潮期5个站点总体的垂直平均值为 $0.0065\text{kg/m}^3$ ，中潮期为 $0.0127\text{kg/m}^3$ ，小潮期为 $0.0047\text{kg/m}^3$ ，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。各站悬沙含量在流速较强的涨急和落急时刻，强烈的流速剪切导致悬沙含量明显增大，尤以中（0.6H）、底层最为显著。悬沙浓度随水位的增加而降低，在高潮位时含沙量较低，而在低潮位时含沙量较高。

### （8） 岸滩稳定性

厂址位于碣石半岛南端，地质地貌基础为花岗岩经侵蚀剥蚀形成的低丘陵，厂址附近海岸属岬湾海岸。花岗岩岬角是一个稳定的地质体，虽然长期承受波浪的冲击，但其侵蚀速度甚慢。近岸沉积物多为砂质。

岬角之间海湾内的砂质堆积体，其海滩受波浪作用，以横向输沙为主，纵向输沙轻微，地形亦相对稳定或轻微侵蚀。岬角以外海床，在水深15m以内，水下地形仍呈岬角形状，再外等深线逐步呈东—西向分布。

## 2.5.2 地下水

### （1）地下水类型及赋存条件

陆丰核电5、6号机组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（I<sub>1</sub>）、浅澳（I<sub>2</sub>）2个水文地质亚单元。

陆丰核电5、6号机组厂址区除东北BOP区部分地段位于碣石水文地质单元（II）外，其余地段均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，所以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，排泄海域而告结束。II单元位于田尾山水文地质单元北部，厂址区仅于北部BOP区涉及该水文地质单元的一部分，该单元南部与田尾山水文地质单元相毗邻。地貌类型主要有位于北部的高丘陵、泻湖平原、老砂堤。单元内地下水除受大气降水补给外，北侧还接受区外地表水和地下水的补给，是一个非完整的水文地质单元，其径流、排泄有直接通过单元内以地下水或转化为地表水的形式排入碣石内港。

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。

松散岩类孔隙水主要赋存于第四系人工堆积层、海积层、冲积层、风-海积层及残积层的砾质黏性土、砂砾等的孔隙中，均为潜水。

—人工堆积层孔隙水主要分布于厂址区东南部一期混凝土骨料堆场，堆积物主要为花岗岩碎块石，厚度一般1.3~6.6m，堆积松散，富水性差，水量贫乏，主要接受大气降水补给，排泄给残积层。

—海积层孔隙水主要分布于厂址区南部一带滨海浅滩区，堆积物以中细砂为主，一般厚5~10m，堆积稍密，该层透水性以中等透水为主，富水性差。海积层孔隙水主要接受大气降水补给，排泄至大海。

—冲积层孔隙水主要分布于厂址区中部沟谷平原区的山间小河两侧，堆积物主要为砾质黏性土，厚度5.4m，富水量中等，除接受大气降水补给外，主要接受溪流直接注入，富水性良好，排泄给残积层。

—风-海积层孔隙水主要分布于厂址区东北部，堆积物主要为中细砂，厚度一般1~

5.1m，堆积密实，富水性差，该层透水性以弱～中等透水为主，主要接受大气降水补给，排泄给残积层。

一残积层孔隙水厂址区广泛分布，地貌上为低缓状丘陵及坡地。堆积物主要为砾质黏性土，含水层厚度 0.8～14.1m，变化较大，该层透水性以微～中等透水为主，主要接受大气降水补给，向下入渗排泄给基岩或向地势低洼的沟谷排泄流出。

基岩裂隙水主要赋存与早白垩世花岗岩基岩地层中，主要为风化裂隙水，其次为构造裂隙水。风化裂隙水主要分布于全风化～强风化带基岩，含水层厚度变化较大，在 1.3～21.2m。根据现场抽水试验，全风化～强风化带基岩渗透系数多在  $1 \times 10^{-4} \sim 4.68 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，透水性以中等透水为主。构造裂隙水主要分布于中等风化～微风化花岗岩中。现场压水试验成果显示，中等风化～微风化花岗岩的透水率多在 0.1～1.0Lu 之间，属微透水层。

## （2）地下水水位

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。在 BOP 区、厂址区中部沟谷及厂址区南部海岸附近三个分区，在各自分区内地下水位高程差别不大，可认为该三个分区内具有稳定的地下水位。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一及贯通性差，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。

## （3）地下水补给、径流、排泄

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%。

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，地下水水位变化较小。地下水以径流等形式排泄，总体而言，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。

#### **（4）地下水开采利用现状**

目前，碣石镇全镇自来水均以通达各村，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，厂址内也无大规模开采利用地下水的情况。

#### **（5）厂址区建造施工影响分析**

厂址区场地平整后，浅部地下水的含水层会消失，厂坪开挖后，厂址区大部分位于花岗岩基岩处，少部分位于回填区域，地下水的补给源仍为大气降水，排泄仍往四周低处渗流，最终排泄于大海。

### **2.5.3 洪水**

陆丰核电 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。

电厂厂坪标高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。

### **2.5.4 参考资料**

- [1] 长江勘测规划设计研究有限责任公司，广东陆丰核电厂 5、6 号机组岩土工程勘察报告（可研阶段），2020 年 3 月。
- [2] 国家海洋局南海调查技术中心，陆丰核电厂一期工程海域冬、夏季全潮观测报告，2019 年 11 月。



表 2.5-3 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)	
		最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
冬季	碣石	200	-25	96	20	198	12	76	7h38min	5h47min
	陆丰	168	-21	94	20	182	12	74	9h10min	6h50min
	遮浪	188	-25	99	23	198	12	76	8h42min	6h06min
夏季	厂址	153	-10	83	23	155	10	60	6h09min	5h05min
	碣石	156	-12	86	20	158	10	66	5h27min	4h46min
	陆丰	138	-15	81	14	129	11	67	8h46min	8h21min
	遮浪	152	-15	84	18	160	13	65	7h53min	7h02min

表 2.5-4 (1/6) 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

冬季大潮

站 位	涨落	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	涨潮	24.1	249	25.7	240	22.6	233	33.3	42	25.9	39	21.3	225
C3		39.5	270	45.9	258	40.5	254	38.0	270	27.6	277	22.2	276
C4		34.6	136	33.0	140	29.0	147	27.7	145	24.0	163	23.3	169
C5		52.0	264	47.5	249	45.8	255	38.2	255	30.6	263	24.9	243
C6		33.9	264	42.3	269	34.6	276	35.9	273	33.1	266	26.6	257
C7		70.5	259	61.8	248	47.5	242	43.6	277	39.0	274	37.4	272
C8		42.3	303	38.1	310	37.7	316	35.7	314	27.1	309	17.4	298
C10		19.8	316	26.1	300	22.2	314	24.5	342	29.7	347	25.2	16
C11		17.9	296	17.1	324	16.9	316	19.2	311	18.3	342	17.4	299
C13		15.3	335	18.7	223	17.1	194	15.4	187	19.2	3	17.4	169
C14		49.0	245	50.0	262	50.2	262	43.0	267	41.8	265	38.4	263
C1	落潮	32.3	93	33.9	80	33.2	73	31.3	72	26.3	64	20.3	54
C3		21.4	232	31.2	254	30.5	255	34.1	91	37.6	95	29.2	96
C4		44.1	137	40.5	138	36.7	137	32.1	146	28.8	140	25.2	8
C5		26.8	114	28.0	88	29.4	89	29.9	88	30.4	93	24.8	93
C6		47.6	108	57.2	91	55.0	91	44.6	87	51.5	81	38.3	80
C7		31.5	233	30.6	232	27.5	234	22.0	240	21.6	64	17.3	62
C8		58.0	146	54.6	139	49.6	131	42.3	124	44.3	311	29.1	115
C10		25.7	143	32.1	119	29.8	127	30.6	123	27.1	125	20.9	319
C11		13.8	131	16.9	90	17.7	92	16.0	106	19.4	281	22.1	84
C13		27.5	136	30.2	123	27.7	51	23.8	121	21.1	98	18.2	47
C14		32.5	98	29.0	91	25.7	83	26.4	72	27.3	61	20.4	61

表 2.5-4（2/6） 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

冬季中潮

站 位	涨落	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	涨潮	25.4	229	25.4	236	22.4	254	19.4	19	22.7	19	21.5	240
C3		32.7	245	35.1	249	33.4	247	31.0	246	26.2	265	21.3	290
C4		32.4	182	36.3	162	31.3	159	30.8	156	28.1	166	28.6	177
C5		37.4	264	35.6	258	33.3	248	27.0	271	21.7	43	18.0	322
C6		33.2	249	38.5	256	37.6	253	35.3	263	39.7	271	31.5	268
C7		42.6	269	40.6	258	34.8	251	31.1	251	24.7	218	26.5	213
C8		52.0	292	55.4	313	48.6	313	37.6	319	35.8	315	28.4	310
C10		19.2	309	20.5	317	18.5	300	17.3	291	18.5	305	15.7	189
C11		15.0	339	12.9	331	14.7	359	16.9	313	15.5	317	16.0	329
C13		15.4	309	18.9	336	17.1	35	17.7	182	17.9	1	23.9	27
C14		40.5	242	41.6	230	38.8	243	33.3	249	25.4	244	14.7	253
C1	落潮	27.4	83	23.9	107	37.2	45	40.2	43	37.7	37	28.2	40
C3		22.5	159	27.5	124	34.2	115	28.2	70	33.2	111	31.9	122
C4		27.8	206	35.2	154	38.5	136	35.3	136	34.9	146	33.5	149
C5		26.7	258	24.9	126	27.1	119	31.0	92	41.7	78	27.1	81
C6		29.1	101	35.1	85	39.6	92	42.0	92	37.9	90	30.5	125
C7		23.7	275	24.0	263	20.7	271	23.6	124	21.3	116	20.6	117
C8		41.8	150	41.7	135	41.9	125	32.9	128	29.5	122	29.8	121
C10		12.3	301	22.0	129	28.0	128	28.7	126	27.3	124	20.9	127
C11		14.4	121	15.0	128	22.4	33	18.6	119	20.2	140	17.5	115
C13		16.0	324	16.9	135	15.8	55	19.7	138	19.5	26	26.6	20
C14		30.7	231	37.9	17	28.4	62	39.0	41	35.8	38	43.6	8

表 2.5-4 (3/6) 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

冬季小潮

站 位	涨落	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	涨潮	38.2	247	33.1	226	28.8	235	29.2	18	34.8	86	31.8	26
C3		24.7	107	35.2	86	35.7	66	34.0	83	29.6	85	24.6	89
C4		19.0	168	29.3	135	28.6	126	23.1	141	25.6	181	28.7	180
C5		23.3	252	29.0	91	33.6	102	44.4	95	40.9	74	26.4	57
C6		28.5	106	34.5	97	36.2	91	36.2	98	41.7	84	28.2	68
C7		36.6	225	31.2	256	34.7	11	38.2	25	34.1	23	30.9	14
C8		32.7	154	34.3	333	32.8	136	33.6	127	28.9	114	28.5	350
C10		20.3	312	17.7	230	19.9	202	29.7	93	28.9	101	25.8	162
C11		19.6	253	22.6	213	21.9	31	19.9	53	33.4	68	32.8	76
C13		25.1	18	22.0	6	28.8	39	28.5	24	22.7	38	20.9	43
C14		25.3	89	37.1	82	51.0	74	52.5	56	42.5	52	41.5	14
C1	落潮	21.0	170	22.4	359	21.9	60	24.9	67	27.9	359	24.1	360
C3		24.7	102	35.6	93	37.4	88	37.5	78	33.5	9	21.2	57
C4		23.1	175	35.6	132	31.6	134	26.6	145	21.9	158	19.1	339
C5		18.4	139	32.0	104	35.7	96	44.4	92	46.0	86	31.6	67
C6		27.0	118	39.9	91	37.5	101	43.4	103	43.9	82	33.3	76
C7		18.8	175	14.5	303	17.0	42	30.7	38	30.1	53	23.9	33
C8		36.3	153	41.4	150	41.2	137	37.8	125	27.1	119	25.7	110
C10		6.4	112	16.3	133	23.6	117	33.1	100	29.4	119	25.4	106
C11		18.9	158	21.5	145	21.8	1	26.6	92	32.2	96	22.2	31
C13		17.8	50	21.1	354	27.2	13	24.7	34	27.7	46	21.7	16
C14		27.4	92	41.0	93	46.7	88	55.6	64	42.2	55	31.3	48

表 2.5-4（4/6） 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

夏季大潮

站 位	涨落	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	涨潮	39.1	261	23.3	244	22.3	242	23.1	234	21.9	249	16.4	251
C3		45.8	282	29.3	268	23.7	249	24.7	244	21.1	251	16.5	295
C4		37.9	300	46.9	289	43.6	292	42.6	293	38.3	296	32.5	303
C5		36.6	105	28.3	281	25.4	275	23.7	279	22.0	276	19.6	280
C8		35.7	326	43.6	310	41.0	312	36.8	311	33.8	305	31.0	304
C10		38.7	256	25.7	331	18.1	342	18.2	331	14.5	60	14.0	61
C11		32.7	157	33.1	52	27.2	271	20.9	351	16.2	220	13.0	225
C13		36.6	216	16.6	295	19.8	350	20.5	356	16.5	358	13.5	353
C14		35.5	78	30.4	225	22.9	234	20.6	64	20.8	260	25.6	299
C1	落潮	18.6	84	25.3	78	26.5	73	22.2	77	17.9	72	14.4	81
C3		31.8	87	33.6	82	28.5	97	25.8	95	20.7	88	15.8	87
C4		49.3	121	51.1	123	46.4	111	42.3	111	37.6	110	33.7	97
C5		49.5	114	37.5	100	38.9	97	33.6	92	27.9	87	24.0	88
C8		48.1	145	51.6	127	49.4	130	42.2	127	36.0	126	27.5	113
C10		14.6	176	29.2	132	28.5	118	27.8	122	19.8	124	16.2	121
C11		14.2	114	14.5	116	21.0	114	21.1	123	18.4	131	16.2	136
C13		25.2	263	10.9	36	14.5	46	13.7	57	12.4	60	12.7	48
C14		43.0	101	43.0	77	37.6	73	33.8	72	29.0	65	23.4	49

表 2.5-4 (5/6) 厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

夏季中潮

站 位	涨落	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	涨潮	9.7	271	29.5	252	28.6	247	20.5	244	17.4	259	12.0	262
C3		30.6	87	20.0	258	20.9	236	16.1	75	22.9	254	17.0	54
C4		32.5	300	57.5	304	52.3	306	50.5	310	47.2	312	42.9	314
C5		22.7	98	16.6	226	20.2	80	21.0	59	16.1	40	12.6	60
C8		30.8	306	33.2	322	30.8	313	27.1	301	24.3	325	27.0	323
C10		11.2	289	17.2	243	15.5	332	10.8	343	13.0	82	15.6	336
C11		10.6	229	16.8	100	12.9	349	10.8	4	13.1	20	13.3	52
C13		18.1	313	15.6	351	14.1	359	17.6	6	18.9	6	18.1	36
C14		42.4	89	19.1	220	19.6	43	22.4	60	20.2	34	16.8	280
C1	落潮	29.8	73	28.9	85	32.6	71	33.2	65	24.5	57	20.5	72
C3		49.8	84	45.1	79	40.4	94	38.6	88	33.1	73	25.3	72
C4		65.1	127	55.1	140	61.6	131	60.0	119	61.4	112	55.5	130
C5		69.2	94	50.6	95	51.1	102	47.0	78	44.0	105	31.1	86
C8		65.5	147	61.4	140	63.5	138	55.2	128	46.1	122	40.4	112
C10		26.2	81	26.1	124	32.6	133	32.3	125	32.3	96	23.9	98
C11		16.3	107	33.6	115	23.7	119	21.5	128	16.2	124	17.6	124
C13		22.1	73	16.1	84	11.8	42	17.0	48	20.4	38	14.3	14
C14		69.3	87	56.4	92	47.9	78	57.4	90	44.2	67	43.1	88

表 2.5-4（6/6）厂址附近海域实测涨、落潮最大流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

夏季小潮

站 位	涨落	表层		0.2H		0.4H		0.6H		0.8H		底层	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	涨潮	31.0	104	22.2	88	20.6	82	21.5	60	17.9	60	17.9	66
C3		76.1	83	33.7	80	28.6	84	36.9	69	30.8	63	27.8	50
C4		35.8	113	34.6	135	37.2	106	33.3	311	37.5	303	21.6	110
C5		64.8	75	24.0	89	34.3	87	36.5	86	34.9	64	32.4	44
C8		39.4	131	31.2	122	25.9	115	27.1	116	26.0	117	20.4	121
C10		35.9	39	16.9	35	19.0	65	24.1	64	20.2	116	22.2	89
C11		15.8	7	18.9	48	13.9	19	15.0	339	20.1	17	12.8	42
C13		11.9	12	19.8	356	13.1	46	14.2	19	18.9	13	18.6	351
C14		60.9	78	31.7	57	32.6	97	33.1	57	33.4	55	29.1	46
C1	落潮	39.6	69	29.1	80	19.8	94	20.1	75	20.7	57	12.2	41
C3		68.8	82	37.5	97	32.9	80	35.4	72	28.5	75	21.6	90
C4		37.2	111	49.8	135	51.0	122	51.6	117	48.0	123	37.6	118
C5		67.0	85	38.8	90	40.7	93	42.6	95	39.3	81	24.6	79
C8		49.2	128	46.8	124	47.4	119	41.4	120	35.3	118	34.9	122
C10		38.7	84	22.8	84	25.8	92	25.0	102	27.1	115	24.1	117
C11		17.6	86	12.7	47	10.7	84	14.8	121	13.3	110	15.0	106
C13		17.7	149	14.4	52	17.8	320	22.4	27	23.0	24	17.3	22
C14		65.9	86	37.2	71	44.2	55	41.2	61	36.6	54	29.0	38

表 2.5-5（1/4） 厂址附近海域实测余流的流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

表层

站位	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	4.0	167	4.7	227	9.6	219	0.6	199	5.0	116	10.5	93
C3	12.9	256	12.4	261	5.0	170	5.2	91	21.2	101	39.4	87
C4	15.9	155	8.7	215	4.1	257	12.5	136	19.7	145	17.7	123
C5	10.7	248	16.6	254	5.3	169	3.4	111	24.2	103	31.6	97
C6	9.0	194	10.3	230	6.0	140	-	-	-	-	-	-
C7	28.2	250	18.8	273	10.9	241	-	-	-	-	-	-
C8	7.0	194	6.5	199	8.5	201	12.5	151	16.9	157	19.6	136
C10	4.6	274	8.5	302	7.0	315	3.4	209	7.9	106	14.5	56
C11	2.7	277	0.8	77	5.1	186	5.1	111	2.9	103	2.6	323
C13	7.3	151	4.5	314	11.0	17	4.7	274	7.0	13	1.7	72
C14	12.4	220	17.0	225	9.7	117	19.5	93	36.2	87	38.3	77



表 2.5-5（2/4）厂址附近海域实测余流流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

0.6H

站位	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	7.7	53	10.4	62	6.9	30	1.6	34	3.3	58	4.9	71
C3	1.2	314	3.0	329	11.6	98	3.4	96	9.5	82	16.5	81
C4	11.7	152	15.4	145	9.3	158	2.0	56	9.6	123	6.5	91
C5	7.8	283	2.6	34	23.9	96	7.9	70	17.3	74	23.1	89
C6	1.5	193	4.2	137	15.3	106	-	-	-	-	-	-
C7	10.8	258	9.3	250	13.6	71	-	-	-	-	-	-
C8	4.6	70	4.7	87	6.2	126	3.0	93	6.0	110	9.1	128
C10	2.9	64	2.4	125	15.0	102	3.8	83	6.9	108	12.7	99
C11	4.1	333	5.7	93	9.5	109	1.3	63	5.4	106	6.2	85
C13	5.0	129	0.8	115	20.2	26	5.7	30	8.4	36	6.6	24
C14	9.4	293	2.2	33	27.0	72	10.0	55	17.4	64	23.7	73

表 2.5-5 (3/4) 厂址附近海域实测余流流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

底层

站位	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	4.1	40	7.0	27	9.8	22	1.1	42	3.4	37	4.7	25
C3	4.8	66	8.2	132	9.8	97	1.8	32	5.7	56	11.4	50
C4	8.4	168	12.3	162	7.1	185	2.9	51	6.6	140	3.7	84
C5	1.4	268	9.3	55	17.4	67	6.1	49	10.2	56	19.4	59
C6	3.2	111	5.9	95	7.8	69	-	-	-	-	-	-
C7	4.0	288	5.3	208	15.7	70	-	-	-	-	-	-
C8	4.2	66	4.7	76	7.1	65	2.8	83	5.4	98	4.6	122
C10	6.4	62	3.9	133	15.9	121	3.2	81	7.6	69	13.8	87
C11	3.3	19	3.9	119	14.5	93	1.5	69	4.5	65	6.9	87
C13	6.1	80	6.5	25	13.0	36	4.2	18	6.4	1	8.6	6
C14	6.4	318	5.5	56	15.7	65	7.9	30	11.7	42	19.4	49

表 2.5-5（4/4）厂址附近海域实测余流流速、流向

单位：流速：cm/s、流向：°

垂直平均

站位	冬季						夏季					
	大潮期		中潮期		小潮期		大潮期		中潮期		小潮期	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
C1	4.5	60	5.4	47	1.0	8	1.4	74	1.4	80	4.5	83
C3	4.4	245	3.2	236	8.8	104	2.8	86	9.4	91	17.7	83
C4	12.5	154	13.1	154	7.2	165	1.5	111	10.7	136	9.2	116
C5	7.1	269	2.3	243	16.6	96	7.0	87	14.4	86	21.5	87
C6	3.3	197	2.5	162	11.9	100	-	-	-	-	-	-
C7	14.4	251	11.0	256	5.1	79	-	-	-	-	-	-
C8	2.6	99	3.3	101	5.2	143	2.8	103	6.6	126	11.8	126
C10	2.3	50	1.5	205	9.6	117	2.5	99	6.4	98	10.3	89
C11	3.1	331	3.6	86	8.1	99	2.6	104	5.1	102	4.6	74
C13	5.6	122	2.6	11	14.8	26	4.2	20	6.2	27	5.6	16
C14	7.5	267	3.2	208	20.7	78	8.7	65	15.1	68	23.4	72

## 2.6 地形地貌

## 2.6 地形地貌

广东陆丰核电 5、6 号机组厂址位于碣石半岛南端，地质地貌基础为花岗岩经侵蚀剥蚀形成的低丘陵，几个丘峰（如田尾山、狮山头）高程数十米至 100 余米，呈西北~东南向排列。丘陵山地西南临海，在平缓处形成海湾。厂区东北及北侧普遍发育高度约 50m 以下的堆积或剥蚀台地。基岩出露区可见相互堆叠的石蛋地貌，岩石表面有海蚀龕、海蚀洞等海蚀痕迹。厂址丘陵山地东北多为堆积台地，高程 15m~40m 的地段主要为晚更新世风海积物；高程 15m 以下地段为全新世海滩中细砂堆积物，局部地段分布有泻湖堆积。

厂区东北侧分布有平原地貌，以海积平原为主，系滨浅海环境下形成的沉积层被抬升而成，其形成时代为晚更新世—全新世。海积地形主要有泻湖、老砂堤和砂地等类型。泻湖分布于西湖东，呈近 EW 向凹状，表面较平坦，大部分已开垦为农田耕作区。

陆丰核电 5、6 号机组厂区范围内以丘陵剥蚀地貌为主，其次为人工地貌和海岸地貌。

### a) 丘陵地貌

呈 NW 向长带状展布，最高峰为西部的田尾山，海拔 134.27m。区内大部分基岩裸露，石蛋地貌发育。山坡坡度一般 10°~30°，局部大于 35°。主厂房主要位于丘陵地貌区。

### b) 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。岩岸分布于厂址区西部及东南部的临海一带，长 230m，由基岩和块石组成，岸线稳定，海蚀地貌发育。海岸沙滩主要分布于田尾山中部及东部海岸潮间带，一般宽 40m~200m 不等。牛山湖和田尾角一带发育有小港湾。沿海边分布有礁石。

### c) 人工地貌

主要分布于厂址区东南侧，由花岗岩碎块石堆砌而成，堆场顶部平整，海拔一般 26m~35m，堆砌坡度一般 30°左右。

### 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 本底调查方案

表 3.1-2 测量项目所采用的仪器、测量方法及监测标准

表 3.1-3 各类样品的探测限

表 3.1-9 水中  $\gamma$  核素、 $^3\text{H}$  和总放平行双样分析结果

表 3.1-10 土壤中  $\gamma$  核素复测分析结果

表 3.1-11 水和土壤（含底泥）中  $^{90}\text{Sr}$  人员间比对分析结果

表 3.1-12 本次调查期间试剂空白分析结果

### 3.1 辐射环境质量现状

#### 3.1.1 辐射环境本底调查

2019 年 6 月，受深圳中广核工程设计有限公司的委托，苏州热工研究院有限公司承担了本次广东陆丰核电厂址区域辐射环境本底调查工作，根据技术任务书和 HJ 969-2018 的要求对厂址区域最新的辐射环境本底开展了调查。现场调查时间为 2019 年 9 月初~2019 年 11 月末，为期三个月。

##### 3.1.1.1 调查方案

###### 3.1.1.1.1 调查范围

陆地环境  $\gamma$  辐射水平：20km。陆地环境介质放射性核素调查：10km，关注核电厂排放附近区域。海洋环境介质放射性核素调查：取排水口附近。

###### 3.1.1.1.2 布点原则

本次调查采样布点与监测考虑以下原则：

- 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  $\gamma$  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  $\gamma$  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；
- 采集饮用水时，一般应同时采集其水源水。



### 3.1.1.1.3 调查内容

#### （1）陆地环境 $\gamma$ 辐射剂量率

布点要求：以反应堆为中心半径 2km、5km、10km、20km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点，对可能的关键居民组、主导风下风向、烟羽最大浓度落点处增加针对性测点位。在人口集中的居民区域、环境敏感区适当增加监测点。

监测频次为 2 次。监测点位主要为原野，一般为田地、草坪、山坡、空地等。

#### （2）陆地环境辐射累积剂量

累积剂量监测点与陆地环境  $\gamma$  辐射剂量率监测点共点。

TLD 的布放高度一般约为 1m，但为了提高回收率，现场布样时酌情增加布放高度，并尽量隐蔽。为了便于回取，在布放时还进行拍照、GPS 定位等方式做好标识。累积剂量监测 1 次，2 个月/次。

#### （3）宇宙射线响应

为获得环境  $\gamma$  辐射剂量率仪在广东陆丰核电厂址 20km 范围内宇宙射线响应，监测点位设置在距离厂址 54km 的公平水库。公平水库湖面半径约 1km，深度大于 3m，满足宇宙射线响应要求，测量的宇宙射线响应值参考 HJ/T-61-2001 推荐的修正公式，修正至厂址中心处宇宙射线响应值。

#### （4）空气中放射性核素

在后埔村和生活区设空气采样点，采集气溶胶样品，气溶胶监测项目为  $\gamma$  核素（ $\gamma$  核素包括  $^{60}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{54}\text{Mn}$  等）、 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$ 。空气采样监测频次为 1 次。

#### （5）土壤中放射性核素

布点要求：以反应堆为中心半径 10km 范围与 8 个方位角形成的扇形区域内布点，在陆地每个方位 1 个点，下风向及人口密集区酌情增加点位。

采样点选取时设置在水土流失的土壤及田间，同时兼顾农田、山地、丘陵等不同类型的土壤。

土壤监测项目包括： $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 。监测频次为 1 次。其中  $\gamma$  核素增加  $^{238}\text{U}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$  等天然核素。

#### （6）地表水及其沉积物中放射性核素

布点要求：地表水在半径 10km 范围内最近的湖泊（水库）、河流、流域内面积最

大的湖泊（水库）及饮用水水源。

布设 4 个监测点，包括滴水村附近湖泊、南溪河、虎陂水库、尖山水库，同步取沉积物。

地表水监测项目包括： $\gamma$  核素、总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ ，监测频次 1 次。

底泥和岸边沉积物监测项目包括  $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ ，监测频次为 1 次。

#### （7）地下水中放射性核素

地下水布点要求：厂址附近地下水，布设 4 个点，浅澳村、后埔村、上林村、赤坎头村。

监测项目包括： $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总  $\alpha$  和总  $\beta$ ，监测频次为 1 次。

#### （8）饮用水中放射性核素

采样布点要求：可能的关键居民组有浅澳村、西陂林、后埔村、上林村以及石头围和新安村，在这些区域设饮用水监测点。

监测项目包括： $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，监测频次为 1 次。

#### （9）海水及海洋沉积物中放射性核素

海水及海洋沉积物采样要求：以厂址取、排水口附近各设海水和沉积物取样点 1 个，在浅澳港和生活区各取岸边沉积物 1 个。

5、6 号机组与 1、2 号机组为同一取水口，排水口不同，增加 5 号排水口监测点。

海水监测项目包括： $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 。沉积物监测项目包括： $\gamma$  核素、 $^{90}\text{Sr}$ 。

本次调查方案见表 3.1-1。

### 3.1.1.1.4 调查方法

本次调查相应监测项目将采用的监测设备和标准方法见表 3.1-2。

本次调查中探测限的计算将根据《环境辐射监测技术规范》（HJ/T 61-2001）等规范要求，根据实际情况下进行表述。探测限一般情况作以下两种表述约定：

#### （1）判断限（ $LLD_N$ ）

$LLD_N$  用于表征仪器检测能力的量，其单位为计数或计数率（以下采用计数方式进行描述）。对于计数率、活度或活度浓度的探测限，均可由最小探测样品净计数  $LLD_N$  算得。一般采用近似满足正态分布的  $LLD_N$  大多是可接受的，其计算公式为：

$$LLD_N = (K_\alpha + K_\beta) S_N$$

式中： $K_\alpha$  为显著性水平等于犯第 I 类错误的概率  $\alpha$  时的标准正态变量的上侧分位数； $K_\beta$  为显著性水平等于犯第 II 类错误的概率  $\beta$  时的标准正态变量的上侧分位数； $S_N$  为样品净计数的标准偏差。在一般环境监测中，常有净计数比本底计数小得多，而使样品总计数标准差  $S_n$  等于本底计数标准差  $S_b$ ，即可得：

$$S_n = \sqrt{2}S_b$$

如果  $\alpha=\beta=0.05$ ，即  $K_\alpha = K_\beta = 1.645$ ：则  $LLD_N$  为：

$$LLD_N = 2.71 + 2\sqrt{2}K_\alpha S_b = 2.71 + 4.65\sqrt{n_b t_b}$$

式中： $n_b$  为本底计数率，cps； $t_b$  为本底测量时间，s。

#### （2）探测限（MDC）

MDC 一般用于表征方法的探测限水平，与  $LLD_N$  及样品灰鲜比、回收率等因素有关。

1)  $\gamma$  能谱的探测限（MDC）采用以下公式：

$$MDC = \frac{K \cdot LLD_N}{t \cdot \varepsilon \cdot P_\gamma \cdot W}$$

式中： $K$  为生物样品的灰鲜比，其余样品  $K$  值为 1； $t$  为样品测量时间； $\varepsilon$  为探测效率； $P_\gamma$  为射线分支比； $W$  为样品量。

对  $\gamma$  谱测量，实际情况下可能采用多条  $\gamma$  射线进行测量，采用各计算用的  $\gamma$  射线分别计算 MDC，取  $MDC_{\min}$  作为表征量。

2) 对总  $\alpha$ 、总  $\beta$  测量，MDC（单位为 Bq/L）表达式为：

$$MDC = \frac{LLD_N}{t_s \cdot \eta \cdot R \cdot V}$$

式中， $t_s$  为样品测量时间，s； $\eta$  为探测效率； $R$  为水残渣回收率； $V$  为水残渣对应的样品体积，单位为 L。

3) 对  $^{90}\text{Sr}$  测量（采用快速法进行测量），MDC 根据下式计算：

$$MDC = \frac{LLD_N}{Y_Y \times t_s \cdot \eta \cdot W \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)}}$$

式中： $Y_Y$  为钇的化学回收率； $t_s$  为样品测量时间； $\eta$  为仪器对钇-90 的探测效率； $W$  为样品量； $t_1$ ：从开始过柱到过柱完毕的中间时刻； $t_2$ ：从开始测量到测量完毕的中间时刻； $\lambda$ ：钇-90 的衰变常数，为  $1.802 \times 10^{-4} \text{min}^{-1}$ 。

4) 对  $^3\text{H}$  测量，其 MDC 由下式进行计算：

$$MDC = \frac{K \cdot LLD_N}{t_s \cdot \eta \cdot W}$$

式中： $t_s$  为样品测量时间； $\eta$  为计数效率； $W$  为测量瓶中  $H_2O$  或  $CO_2$  的重量或体积； $K$ ：样品含  $H_2O$ （包括 TFWT 和 OBT）或含碳率转化率。

本次测量主要分析项目的 MDC 水平（名义值，不代表实际样品 MDC 水平）见表 3.1-3。

### 3.1.1.2 厂址附近电离辐射源调查结果

调查表明：

厂址半径 80km 范围无已运行的核设施，在建的核设施位于惠州市黄埠镇的中广核太平岭核电厂，距厂址约 80km，以及核电厂附近中国科学院近代物理研究所在建的加速器驱动嬗变研究装置（CiADS）（II 类研究堆），距厂址约 78km；

厂址半径 30km 范围内无铀钍矿开采状况；

厂址半径 15km 范围内无因人为活动引起天然辐射照射增加的设施；

厂址半径 15km 范围内无同位素生产和非密封放射性同位素应用；

厂址半径 5km 范围未开展 I 类和 II 类放射源应用，5km 范围内没有医院等涉及的放射源及射线装置的使用单位。

### 3.1.1.3 调查结果

#### 3.1.1.3.1 环境 $\gamma$ 辐射水平

##### （1）瞬时 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果

本次调查共调查 52 个瞬时  $\gamma$  辐射剂量率监测点，所有监测点均为原野监测点位。监测设备采用 6150AD 型便携式  $\gamma$  辐射剂量率监测仪。监测数据已扣除宇宙射线响应值。监测数据中，最小值是 17 nGy/h，最大值是 147nGy/h。

##### （2）TLD 累积剂量率监测

本次调查采用 TLD 对厂址周围 20km 范围内  $\gamma$  辐射剂量率的监测，以用于对瞬时  $\gamma$  辐射剂量率监测数据进行对比补充。本次调查共设 52 个监测点，均与瞬时剂量率监测点位同点，实际有效监测点 49 个，调查厂址 20km 范围内累积剂量换算的剂量率监测范围为（39.3~174.3）nGy/h。

### （3）宇宙射线响应测试

本次调查在正式开展监测前对瞬时  $\gamma$  辐射剂量率测量的 6150AD 型便携式  $\gamma$  辐射剂量率仪进行了宇宙射线响应测试。测试在位于厂址 NW 方位约 54km 的公平水库，该水库集水面积 317km<sup>2</sup>，有效库容 3.83 亿 m<sup>3</sup>。监测时乘坐木质机动船行于水库中央，距岸>1.0km，水深>15m， $\gamma$  辐射剂量率监测的仪器对宇宙射线响应值是 20nGy/h。

#### 3.1.1.3.2 环境介质放射性水平

##### （1）空气

本次调查空气采样点分别位于厂区内生活区和后埔村，采集样品包括空气中 <sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C 和气溶胶，采样频次均为 1 次。

对空气中的 <sup>3</sup>H，以水体积作为单位，测量结果小于 0.58Bq/L；以空气体积为单位，测量结果小于 10.8mBq/m<sup>3</sup>。

对空气中的 <sup>14</sup>C，以碳质量为单位，其活度浓度范围是（0.17~0.18）Bq/gC，以空气体积为单位，其活度浓度范围是（38.7~43.1）mBq/m<sup>3</sup>。

对  $\gamma$  核素分析，所有人工  $\gamma$  放射性核素检测结果均低于探测限。两个点位空气样品中均检测到了宇生放射性核素 <sup>7</sup>Be，其活度浓度范围是（2.34~2.88）mBq/m<sup>3</sup>。

##### （2）土壤

土壤共设 12 个监测点位，分布于厂址半径 2km、5km、10km 各个方位。对分析环境  $\gamma$  辐射剂量率地面贡献来源，监测点位与 TLD 测量点位以及瞬时  $\gamma$  辐射剂量率监测点相同，土壤监测项目包括： $\gamma$  核素和 <sup>90</sup>Sr。本次调查土壤天然核素 <sup>238</sup>U、<sup>232</sup>Th、<sup>226</sup>Ra、<sup>40</sup>K 监测结果范围分别是（<8~79）Bq/kg、（10~120）Bq/kg、（<1~60）Bq/kg、（93~1164）Bq/kg。

土壤中人工放射性核素 <sup>90</sup>Sr 和 <sup>137</sup>Cs 检测结果分别是 <sup>90</sup>Sr 的活度浓度范围为（<0.13~0.49）Bq/kg，<sup>137</sup>Cs 的活度浓度范围是（<0.26~1.64）Bq/kg。

##### （3）地下水（井水）

本次调查设置 4 个地下水采样点，分别为后埔村、赤坎头、上林和浅澳。

从表中可以看出，地下水总  $\alpha$  监测结果范围是（0.014~0.111）Bq/L，略低于广东省地下水中总  $\alpha$  检测结果（0.133~0.286）Bq/L；地下水总  $\beta$  监测结果范围是（0.056~0.858）Bq/L，与广东省地下水总  $\beta$  检测范围结果（0.272~0.397）Bq/L 处于同一水平。

本次调查地下水样品总  $\alpha$  和总  $\beta$  检测结果均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的指导水平 0.5Bq/L 和 1Bq/L。

地下水中  $^3\text{H}$  监测结果均低于探测限 0.58Bq/L，低于 1990 年代原卫生部监测到广东地区井水中氚浓度经修正后的值 0.99Bq/L。

地下水中  $^{90}\text{Sr}$  检测结果是（0.32~3.33）mBq/L，处于正常水平。

地下水中  $\gamma$  放射性核素  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  均低于探测限； $^{137}\text{Cs}$  检测结果是（低于探测限~1.5）mBq/L，处于正常水平。

#### （4）地表水

本次调查共设置 4 个地表水采样检测点位，分别为南溪河、尖山水库、滴水湖和虎陂水库。

从表中可以看出，地表水中总  $\alpha$  监测结果范围是（0.012~0.030）Bq/L，与广东省地表水中总  $\alpha$  检测结果范围（0.017~0.202）Bq/L 处于同一水平；总  $\beta$  监测结果范围是（0.053~0.248）Bq/L，与广东省地表水中总  $\beta$  检测结果范围（0.027~0.206）Bq/L 处于同一水平。

本次调查地表水总  $\alpha$  和总  $\beta$  监测结果均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的指导水平 0.5Bq/L 和 1Bq/L。

对地表水中  $^3\text{H}$  监测结果均小于探测限 0.58Bq/L，与 2014 年广东省环境辐射环境监测中心地表水氚浓度调查结果（ $0.17 \pm 0.05$ ）Bq/L 处于同一水平。

地表水中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果范围是（<0.18~1.08）mBq/L，整体略低于广东省环境辐射监测中心对地表水中  $^{90}\text{Sr}$  调查结果（0.84~2.00）mBq/L，处于正常水平。

地表水中  $\gamma$  放射性核素  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  均低于探测限。

#### （5）饮用水（自来水）

本次调查共设置 6 个饮用水采样检测点位，分别为浅澳、西陂林、后埔、上林、石头围和新安。

从表中可以看出，饮用水中总  $\alpha$  与总  $\beta$  监测结果平均值范围分别是（0.009~0.015）Bq/L 和（0.045~0.057）Bq/L，低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的指导水平 0.5Bq/L 和 1Bq/L。

饮用水中  $^3\text{H}$  监测结果均小于探测限 0.58Bq/L，与 1990 年代原卫生部监测到广东地区饮用水中氚浓度经修正后的值 0.99Bq/L 处于同一水平。

饮用水中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果范围是（0.30~0.56）mBq/L，整体略低于 2014 年广东省环境辐射监测中心调查结果（0.84~2.00）mBq/L，处于正常水平。

饮用水中  $\gamma$  放射性核素  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$  均低于探测限， $^{137}\text{Cs}$  监测结果范围是（<1.5~9.1）mBq/L，浅澳和西陂林两处结果略高于探测限，属于正常水平。

#### （6）沉积物

本次调查在 4 个地表水监测点，同点位采集土壤沉积物。

沉积物中  $^{90}\text{Sr}$  检测结果平均值范围是（<0.14~0.31）mBq/L，处于正常水平。

沉积物中天然核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  监测结果范围分别是（<29~154）Bq/kg、（29~176）Bq/kg、（24~121）Bq/kg、（94~1084）Bq/kg，其余人工核素均低于探测限。

#### （7）海水

本次调查共设置 3 个海水采样监测点位，分别为取水口、1 号排水口和 5 号排水口。

从表中数据可知，海水中  $^3\text{H}$  监测结果均低于探测限 0.58Bq/L，与 1990 年代原卫生部监测到广东地区海水中氚浓度经修正后的值 0.29Bq/L 和 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果范围（ND~0.79）Bq/L 比较，处于同一水平。

海水中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果范围是（0.40~0.89）mBq/L，处于 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果（0.21~2.28）mBq/L 范围内。

海水中  $\gamma$  放射性核素  $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$  和  $^{106}\text{Ru}$  均低于探测限， $^{137}\text{Cs}$  监测结果范围是（2.0~<2.3）mBq/L，与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果（0.40~2.68）mBq/L 处于同一水平。

#### （8）海洋沉积物及潮间带

海洋沉积物及潮间带共设 5 个监测点位，浅澳海域和生活区海域属于潮间带土壤，其余 3 个点位样品为潮下带土壤，与海水同点位。

从表中数据可知，潮下带中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果范围是（<0.10~0.17）Bq/kg，与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果（ND~2.06）Bq/kg 比较，处于同一水平；潮间带中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果均低于探测限 0.14Bq/kg，整体略低于 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果（0.66~5.32）Bq/kg。

潮下带中天然核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  监测结果范围分别是（11~<23）Bq/kg、

(6~11) Bq/kg、(<1~15) Bq/kg、(248~274) Bq/kg，整体略低于 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果(分别为(2.11~6.10)  $\mu\text{g/g}$ 、(29.0~77.7) Bq/kg、(25.0~46.9) Bq/kg 和(290~685) Bq/kg)。

潮间带中天然核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  监测结果范围分别是 (<27) Bq/kg、(10~24) Bq/kg、(11~20) Bq/kg、(133~167) Bq/kg，与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果处于同一水平(分别为(低于探测限~1.70)  $\mu\text{g/g}$ 、(6.46~33.2) Bq/kg、(6.28~30.0) Bq/kg、(202~537) Bq/kg)。

潮下带中  $^{137}\text{Cs}$  监测结果均低于探测限 0.28 Bq/kg，与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果(0.19~1.34) Bq/kg 处于同一水平；潮间带中  $^{137}\text{Cs}$  监测结果范围是 (<0.24~0.58) Bq/kg，2019 年自然资源部第三海洋研究所潮间带样品未检出  $^{137}\text{Cs}$ ，其余人工放射性  $\gamma$  核素均低于探测限。

### 3.1.1.4 质量保证

#### 3.1.1.4.1 质量保证体系

##### (1) 单位资质

本次本底调查工作的承担单位苏州热工研究院有限公司环境检测中心已按照 CNAS—CL01: 2018《检测和校准实验室能力认可准则》、CNAS-CL01-A002: 2018《检测和校准实验室能力认可准则在化学检测领域的应用说明》、RB/T214-2017《检验检测机构资质认定能力评价 检验检测机构通用要求》和《检验检测机构资质认定 生态环境监测机构评审补充要求》建立了质量保证体系，并获得了中国合格评定国家认可委员会颁发的实验室认可证书(CNAS L9634)和江苏省市场监督管理局(原江苏省质量技术监督局)批准的检验检测机构资质认定证书(171012050252)，本次调查包含的项目均在资质认定(CMA)检测能力范围内。

##### (2) 人员资格

承担单位制定并实施《人员管理程序》，对实验室人员的能力要求、人员选择、人员培训、人员监督、人员授权和能力监控等进行规范管理，保证环境检测中心所有可能影响实验室活动的人员，无论是内部人员还是外部人员，应行为公正，受到监督，胜任工作，并按照中心管理体系要求工作。

参加本项目的所有技术人员均经过培训、考核，并取得相应项目的书面授权。



### （3）组织管理

苏州热工研究院有限公司环境检测中心属于苏州热工研究院有限公司下属的非独立法人检测机构，其质量保证工作受院安全质保部监督管理。项目组内部开展监测工作按苏州热工研究院有限公司环境检测中心的质量保证体系运行。

### （4）能力验证

2018 年 11 月参加中实国金国际实验室能力验证研究有限公司（CNAS 能力验证发布单位）组织的水中锶-90 能力验证计划，能力验证结果满意。

2019 年参加国际原子能机构（IAEA）组织的  $\gamma$  核素、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 测量能力验证计划，能力验证结果均为“通过”。

2019 年 11 月，参加了江苏省组织的关于  $\gamma$  辐射剂量率的比对，比对结果满意。

2019 年 8 月，参加了中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织的 2019 年度放射卫生技术机构检测能力考核—放射性核素  $\gamma$  能谱分析能力考核，考核结果为合格。

#### 3.1.1.4.2 质量保证措施

##### （1）调查方案制定的质量保证措施

项目组根据技术任务书和《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）的要求，在现场调查的基础上，编制《广东陆丰核电一期工程选址阶段环境辐射本底初步调查工作大纲》和《广东陆丰核电一期工程选址阶段环境辐射本底初步调查质量保证大纲》，并于 2019 年 8 月 13 日邀请专家对工作大纲和质保大纲进行了审查，根据审查后的工作大纲和质保大纲开展调查工作。

##### （2）样品采集过程的质量保证措施

环境检测中心依据相关标准制定并在采集过程中实施以下样品采集作业指导书，以满足样品采集过程的质量控制：

- RG ZY-101-2016 放射性气溶胶采样作业指导书；
- RG ZY-104-2016 空气中氡采样作业指导书；
- RG ZY-105-2016 空气中碳-14 采样作业指导书；
- RG ZY-107-2016 饮用水、地下水、地表水、废水采样作业指导书；
- RG ZY-108-2016 海水采样作业指导书；

- RG ZY-110-2016 土壤、潮间带土采样作业指导书；
- RG ZY-111-2016 底泥采样作业指导书。

(3) 样品处理过程的质量保证措施

■ 气溶胶样品

本项目气溶胶样品仅检测  $\gamma$  核素，不做预处理，直接放置于  $\gamma$  谱仪上测量。

■ 空气中  $^{14}\text{C}$

将收集瓶内的吸收碱液合并倒入 1000mL 烧杯中，用蒸馏水对各吸收瓶进行清洗，清洗液一并倒入烧杯中。加  $\text{NH}_4\text{Cl}$  调节 pH 值至 10.5。随后逐滴加入  $\text{CaCl}_2$  溶液，形成碳酸钙沉淀，陈化。对陈化的溶液进行抽滤，弃去滤液。将沉淀放入烘箱内，在  $110^\circ\text{C}$  下烘干 1 小时，取出放在干燥器中冷却至室温后用天平称重，将烘干后的  $\text{CaCO}_3$  用研钵研磨成粉末，保存在干燥器中备用。

■ 水样预处理

水样在采集时根据需要进行了酸化处理，酸化至  $\text{pH}=1\sim 2$ 。进行氡分析的水样不酸化。

■ 土壤与沉积物

在烘箱中干燥 48h ( $110^\circ\text{C}$ ) 并称重，然后压碎土块，筛分至 2mm，废渣弃去。筛取部分研细过筛，粒径 40~60 目部分供  $\gamma$  谱测量；粒径大于 100 目部分供  $^{90}\text{Sr}$  分析。

(4) 分析测量过程的质量保证措施

■ 平行样

平行样检测结果可接受性判断方法：

- 依据 GB/T 6379.6-2009《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第 6 部分：准确度值的实际应用》，两个结果的绝对差小于 95% 概率水平下的重复性临界差，则结果可信；
- 依据 GB/T 15483.1-1999《利用实验室间比对的能力验证第 1 部分：能力验证计划的建立和运作》，两个结果的标准化误差指标  $\text{En} \leq 1$ ，则结果可信；
- 如果平行双样中有一个结果大于 MDC，另外一个小于 MDC，则采用大于 MDC 的数值和 MDC 进行比较；如果平行双样中两个结果都小于 MDC，则认为两个平行双样结果可以接受。

本次调查对后埔地下水等 4 个样品中  $^3\text{H}$  进行了平行双样的分析，对后埔饮用水、

南溪河水及取水口海水样品中的  $\gamma$  核素进行了平行双样分析，对后埔饮用水等 2 个样品的总  $\alpha$ 、总  $\beta$  进行了平行双样分析，表 3.1-4 给出了平行双样的分析结果。由表可知，本次调查平行双样分析结果可以接受。

#### ■ 复测样

平行样检测结果可接受性判断方法：

- 依据 GB/T 6379.6-2009《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第 6 部分：准确度值的实际应用》，两个结果的绝对差小于 95% 概率水平下的重复性临界差，则结果可信；
- 依据 GB/T15483.1-1999《利用实验室间比对的能力验证第 1 部分：能力验证计划的建立和运作》，两个结果的标准化误差指标  $En \leq 1$ ，则结果可信；
- 如果平行双样中有一个结果大于 MDC，另外一个小于 MDC，则采用大于 MDC 的数值和 MDC 进行比较；如果平行双样中两个结果都小于 MDC，则认为两个平行双样结果可以接受。

本次调查对 3 个土壤样品中  $\gamma$  核素进行了复测分析，表 3.1-5 给出了土壤中  $\gamma$  核素复测分析结果。由表可知，本次土壤中  $\gamma$  核素复测分析结果可以接受。

#### ■ 人员间比对

不同分析人员对相同样品进行分析，通过分析结果，可以检查分析人员的操作水平和数据质量，人员比对的接受准则如下：

- 人员间比对依据 GB/T 6379.6-2009《测量方法与结果的准确度（正确度与精密度）第 6 部分：准确度值的实际应用》，两个人员监测结果的绝对差小于 95% 概率水平下的再现性临界差，则结果可信。

本次调查对 3 个水样品中  $^{90}\text{Sr}$  和 3 个土壤/沉积物中  $^{90}\text{Sr}$  进行了人员间比对的分析，表 3.1-6 给出了人员间比对的分析结果，本次调查人员间比对结果可以接受。

#### ■ $^{90}\text{Sr}$ 分析空白样

空白样品的分析测量是为了检查实验用水和化学试剂的放射性本底水平及分析人员的操作能力，定期进行化学试剂空白实验。

表 3.1-7 给出了实验本次调查期间开展的试剂空白放化分析结果，由表中结果可以看出，试剂空白样品的计数率在仪器本底涨落范围内，试剂未对分析样品产生放射性计数贡献。

#### （4）数据处理过程的质量保证措施

依据苏州热工研究院有限公司环境检测中心《检测工作控制程序》(RG/CX 07-E0)的要求，项目组制定了关于原始数据记录、数据处理、检测结果报告与审核程序。针对不同的检测项目，编制了专用的原始记录单(包括采样记录，分析测量记录等)。检测人员严格按照分析测量程序规定，真实、准确、完整地记录分析测量过程中的相关信息。在对原始数据进行必要的整理之前，逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、正确。检测人员按规范的检测结果报告要求及时写出检测报告，项目负责人审核原始记录及运算过程是否规范、完整、准确。项目质量员组织质保人员对各分项目组的报告数据进行核实评审。

### 3.1.2 辐射环境质量评价

#### （1）环境 $\gamma$ 辐射剂量率

本次调查共设置了 52 个瞬时  $\gamma$  辐射剂量率监测点位，各点位监测结果略高于 2014 年广东省环境辐射监测中心调查结果，处于广东省和全国环境  $\gamma$  辐射剂量率水平之间。

本次调查共设置了 52 个 TLD 监测点位，实际有效监测点位 49 个，监测结果与同点位  $\gamma$  瞬时剂量率监测值具有较强相关性。

#### （2）空气中放射性

本次调查空气中放射性监测结果表明，所有人工  $\gamma$  放射性核素检测结果均低于探测限，均处于正常范围。

空气中  $^3\text{H}$  测量结果与 2014 年广东省环境辐射环境监测中心调查结果处于同一水平。

空气中的  $^{14}\text{C}$  处于全国正常水平范围。

#### （3）土壤中放射性

本次调查土壤中天然核素与广东省、汕头市、惠阳市及 2014 年广东环境辐射监测中心调查结果处于同一水平。

土壤中  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度与广东省环境辐射监测中心调查结果处于同一水平，其余人工  $\gamma$  核素均低于探测限。

#### （4）非受纳水体中放射性

本次调查的非受纳水体主要包括地下水、饮用水和地表水及其沉积物。

##### 1) 地下水中放射性

本次调查地下水中总  $\alpha$  和总  $\beta$  监测结果与 2014 年广东省环境辐射监测中心调查结果处于同一水平，均低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中规定的指导水平。

地下水中氚监测结果低于 1990 年代原卫生部监测结果，处于正常水平。

地下水中  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  检测结果处于正常水平，其余  $\gamma$  放射性核素均低于探测限。

##### 2) 饮用水中放射性

本次调查饮用水中总  $\alpha$  与总  $\beta$  检测结果低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)中规定的指导水平。

饮用水中氚监测结果均小于探测限。

饮用水中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果略低于广东省环境辐射监测中心调查结果，处于正常水平。

饮用水中除  $^{137}\text{Cs}$  外 人工  $\gamma$  核素监测结果均低于最小可探测浓度水平，属于正常水平。

### 3) 地表水中放射性

本次调查地表水中总  $\alpha$  和总  $\beta$  监测结果与广东省地表水总  $\alpha$  和总  $\beta$  监测结果处于同一水平，均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）中规定的指导水平。

地表水中  $^3\text{H}$  监测结果与 2014 年广东省环境辐射环境监测中心对地表水氚浓度调查结果处于同一水平。

地表水中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果略低于广东省环境辐射监测中心对地表水中  $^{90}\text{Sr}$  调查结果。

地表水中人工  $\gamma$  核素监测结果均低于探测限。

### 4) 沉积物中放射性

地表水沉积物中  $^{90}\text{Sr}$  和天然核素检测结果处于正常水平，其余人工放射性  $\gamma$  核素均低于探测限。

### （5）受纳水体中放射性

本次调查海水氚监测结果均小于探测限。

海水中  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  监测结果与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果处于同一水平，其余人工放射性  $\gamma$  核素监测结果均低于探测限。

### （6）海洋沉积物及潮间带

本次调查潮下带、潮间带中  $^{90}\text{Sr}$  监测结果与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果处于同一水平。

潮下带、潮间带中  $^{137}\text{Cs}$  监测结果与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果处于同一水平，其余人工放射性  $\gamma$  核素均低于探测限。

潮下带中天然核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  监测结果略低于 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果，属于正常水平。

潮间带中天然核素  $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$  监测结果与 2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果处于同一水平。

综上所述，本次本底调查结果与 2014 年广东环境辐射监测中心调查结果、2019 年自然资源部第三海洋研究所调查结果基本一致，陆丰核电厂址周围辐射水平和环境介质中放射性核素处于正常水平。

表 3.1-1 本底调查方案

序号	监测对象		监测项目	取样频次	取样位置	取样量
1	环境贯穿辐射	地表	剂量率瞬时监测	2 次	反应堆为中心半径 2、5、10、20km 与 16 个方位角形成的扇形区域内共布设 52 个点位	—
			TLD	1 次		—
		-	宇宙射线响应	1 次	公平水库	—
2	空气	气溶胶	$\gamma$ 核素	1 次	生活区、后埔村	10000m <sup>3</sup>
			<sup>3</sup> H	1 次		0.5L 水
			<sup>14</sup> C	1 次		2.7 m <sup>3</sup>
3	土壤	表层土	$\gamma$ 核素	1 次	S 方位、霞博、浅澳、红坡、后埔、上林、新饶、张厝、生活区、南溪、石头围、新安	3kg
			<sup>90</sup> Sr	1 次		
4	非受纳水体	地表水	$\gamma$ 核素	1 次	滴水村附近湖泊、南溪河、虎陂水库、尖山水库	50L
			<sup>90</sup> Sr	1 次		50L
			<sup>3</sup> H	1 次		0.5L
			总 $\alpha$ 、总 $\beta$	1 次		3L
		地下水	$\gamma$ 核素	1 次	后埔村、赤坎头、浅澳村和上林村	50L
			<sup>90</sup> Sr	1 次		50L
			<sup>3</sup> H	1 次		0.5L
			总 $\alpha$ 、总 $\beta$	1 次		3L

		饮用水	$\gamma$ 核素	1 次	浅澳村、西陂林、后埔村、上林村、石头围 和新安	50L
			$^{90}\text{Sr}$	1 次		50L
			$^3\text{H}$	1 次		0.5L
			总 $\alpha$ 、总 $\beta$	1 次		3L
		沉积物	$\gamma$ 核素	1 次	同地表水	3kg
			$^{90}\text{Sr}$	1 次		
5	受纳水体 (海水)	水	$\gamma$ 核素	1 次	取水口、1 号排水口、5 号排水口	50L
			$^{90}\text{Sr}$	1 次		50L
			$^3\text{H}$	1 次		0.5L
		沉积物	$\gamma$ 核素	1 次	取水口、1 号排水口、5 号排水口、浅澳港、 生活区	3kg
			$^{90}\text{Sr}$	1 次		



表 3.1-2 测量项目所采用的仪器、测量方法及监测标准

序号	监测项目	仪器设备	测量分析方法依据
1	环境 $\gamma$ 辐射剂量率瞬时监测	6150AD-bH	HJ/T 61-2001；GB/T14583-93
2	环境 $\gamma$ 辐射累积剂量	Harshaw5500	GB/T10264-2014
3	水中 $^3\text{H}$	LB-7 低本底液闪谱仪	GB/T12375-90
4	空气中 $^3\text{H}$	LB-7 低本底液闪谱仪	HJ/T22-1998、 GB/T12375-90
5	空气中 $^{14}\text{C}$	1220Quantulus 超低本底液闪谱仪	EJ/T1008-96
6	水中 $^{90}\text{Sr}$	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	HJ 815-2016
7	水中总 $\alpha$	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	HJ898-2017
8	水中总 $\beta$	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	HJ899-2017
9	水中 $\gamma$ 核素	GEM50P4-83，多道谱仪：DSPECJR2.0	GB/T 16140-1995
10	土壤与沉积物中 $^{90}\text{Sr}$	MPC9604 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪	EJ/T 1035-2011
11	土壤与沉积物中 $\gamma$ 核素	GEM50P4-83，多道谱仪：DSPECJR2.0	GB/T11713-2015、 GB/T11743-2013

表 3.1-3 各类样品的探测限

项目	介质	样品量	测量时间 (min)	本底 (cpm)	探测效率	回收率	MDC
总 $\alpha$	水	3.0L	1000	0.10	5.8%	98.4%	0.005 Bq/L
总 $\beta$	水	3.0L	1000	0.70	46.6%	98.4%	0.002 Bq/L
$^{90}\text{Sr}$	水 <sup>1)</sup>	40L	1000	0.70	52.5%	80%	0.2 mBq/L
	土壤、沉积物	50g 干	1000	0.70	52.5%	80%	0.1 Bq/kg 干
$^3\text{H}$	水	40ml	1000	3.50	23.8%	-	0.58 Bq/L
	空气	-	1000	3.50	23.5%	-	0.58 Bq/L
$^{14}\text{C}$	空气	1.25g 干	500	1.73	50.8%	100%	0.02 Bq/gC
$\gamma$ 核素 ( $^{137}\text{Cs}$ )	土壤、沉积物	0.339kg	1300	0.72	1.41%	-	0.10 Bq/kg
	淡水	40L	1400	0.40	1.99%	-	0.002 Bq/L
	海水	40L	1400	0.36	2.09%	-	0.002 Bq/L

注：对  $^{90}\text{Sr}$  的测量，假定  $^{90}\text{Sr}$  的衰减因子  $e^{-\lambda(t_2-t_1)}=0.9$ 。

表 3.1-4 水中  $\gamma$  核素、 $^3\text{H}$  和总放平行双样分析结果

样品名称	核素	$y_1$	$y_2$	$E_n$	判断结果
后埔饮用水	$^{54}\text{Mn}$	<1.7	<1.7	-	接受
	$^{58}\text{Co}$	<1.4	<1.4	-	接受
	$^{60}\text{Co}$	<2.0	<2.1	-	接受
	$^{131}\text{I}$	<1.6	<1.7	-	接受
	$^{134}\text{Cs}$	<1.5	<1.6	-	接受
	$^{137}\text{Cs}$	<1.8	<1.8	-	接受
南溪河水	$^{54}\text{Mn}$	<1.4	<1.4	-	接受
	$^{58}\text{Co}$	<1.2	<1.3	-	接受
	$^{60}\text{Co}$	<1.7	<1.8	-	接受
	$^{131}\text{I}$	<1.4	<1.4	-	接受
	$^{134}\text{Cs}$	<1.2	<1.2	-	接受
	$^{137}\text{Cs}$	<1.5	<1.6	-	接受
取水口海水	$^{54}\text{Mn}$	<2.0	<2.0	-	接受
	$^{58}\text{Co}$	<2.0	<2.0	-	接受
	$^{60}\text{Co}$	<2.1	<2.0	-	接受
	$^{131}\text{I}$	<1.8	<1.8	-	接受
	$^{134}\text{Cs}$	<1.9	<1.9	-	接受
	$^{137}\text{Cs}$	<2.3	<2.2	-	接受
	$^{106}\text{Ru}$	<18	<18	-	接受
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	<1.9	<1.9	-	接受
后埔地下水	$^3\text{H}$	<0.58	<0.58	-	接受
南溪河水	$^3\text{H}$	<0.58	<0.58	-	接受
取水口海水	$^3\text{H}$	<0.58	<0.58	-	接受
后埔空气	$^3\text{H}$	<0.58	<0.58	-	接受
后埔饮用水	总 $\alpha$	$0.012 \pm 0.003$	$0.012 \pm 0.004$	0.0	接受
后埔饮用水	总 $\beta$	$0.054 \pm 0.006$	$0.049 \pm 0.005$	0.6	接受
南溪河水	总 $\alpha$	$0.018 \pm 0.005$	$0.012 \pm 0.004$	0.9	接受
南溪河水	总 $\beta$	$0.160 \pm 0.016$	$0.151 \pm 0.015$	0.4	接受

注：表中  $\gamma$  核素监测结果单位为 mBq/L， $^3\text{H}$ 、总  $\alpha$ 、总  $\beta$  监测结果单位为 Bq/L。

表 3.1-5 土壤中  $\gamma$  核素复测分析结果（单位：Bq/kg）

样品名称	核素	$y_1$	$y_2$	$E_n$	判断结果
上林土壤	$^{54}\text{Mn}$	$<0.43$	$<0.42$	-	接受
	$^{58}\text{Co}$	$<0.37$	$<0.38$	-	接受
	$^{60}\text{Co}$	$<0.44$	$<0.43$	-	接受
	$^{134}\text{Cs}$	$<0.38$	$<0.38$	-	接受
	$^{137}\text{Cs}$	$0.53\pm0.26$	$<0.44$	-	接受
	$^{238}\text{U}$	$43\pm8$	$32\pm8$	0.9	接受
	$^{232}\text{Th}$	$60\pm4$	$60\pm4$	0	接受
	$^{226}\text{Ra}$	$22\pm1$	$22\pm1$	0	接受
	$^{40}\text{K}$	$201\pm13$	$204\pm13$	0.2	接受
南溪土壤	$^{54}\text{Mn}$	$<0.44$	$<0.44$	-	接受
	$^{58}\text{Co}$	$<0.35$	$<0.35$	-	接受
	$^{60}\text{Co}$	$<0.39$	$<0.40$	-	接受
	$^{134}\text{Cs}$	$<0.36$	$<0.37$	-	接受
	$^{137}\text{Cs}$	$1.06\pm0.28$	$1.36\pm0.29$	0.8	接受
	$^{238}\text{U}$	$49\pm24$	$61\pm24$	0.4	接受
	$^{232}\text{Th}$	$92\pm5$	$94\pm5$	0.3	接受
	$^{226}\text{Ra}$	$55\pm3$	$58\pm3$	0.7	接受
	$^{40}\text{K}$	$143\pm9$	$152\pm10$	0.7	接受
滴水湖底泥	$^{54}\text{Mn}$	$<0.50$	$<0.52$	-	接受
	$^{58}\text{Co}$	$<0.41$	$<0.42$	-	接受
	$^{60}\text{Co}$	$<0.44$	$<0.45$	-	接受
	$^{134}\text{Cs}$	$<0.43$	$<0.44$	-	接受
	$^{137}\text{Cs}$	$<0.49$	$<0.49$	-	接受
	$^{238}\text{U}$	$31\pm10$	$30\pm10$	0.1	接受
	$^{232}\text{Th}$	$130\pm7$	$132\pm3$	0.2	接受
	$^{226}\text{Ra}$	$24\pm2$	$27\pm2$	0.9	接受
	$^{40}\text{K}$	$94\pm8$	$91\pm8$	0.3	接受

表 3.1-6 水和土壤（含底泥）中  $^{90}\text{Sr}$  人员间比对分析结果

样品名称	$y_1$	$y_2$	$ y_1 - y_2 $	重复性限 $r$	$\text{CD}_{0.95}$	判断结果
后埔饮用水, mBq/L	0.29	0.31	0.02	0.03	0.08	接受
南溪河水, mBq/L	1.14	1.08	0.06	0.11	0.31	接受
取水口海水, mBq/L	0.38	0.50	0.12	0.04	0.12	接受
生活区土壤, Bq/kg	0.49	0.41	0.08	0.04	0.11	接受
南溪土壤, Bq/kg	0.47	0.38	0.09	0.04	0.11	接受
5 号排水口 底泥, Bq/kg	0.17	0.16	0.01	0.02	0.04	接受

表 3.1-7 本次调查期间试剂空白分析结果

介质	序号	本底计数 $N_b$	空白计数 $N_{b,s}$	净计数 $N$	判断限 $L_c$ (95%)
水样	1	657	642	15	59
	2	544	523	21	54
	3	562	542	20	55
	4	595	581	14	56
土壤	1	565	524	41	54
	2	651	601	50	58
	3	779	723	56	64
	4	635	581	54	57

注：仪器的本底标称指标 $\leq 0.9\text{cpm}$ ；本底测量时间为 1000min，空白样品测量时间为 1000min。

## 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 电磁环境质量现状调查与评价

表

表 3.2-1 空气质量监测方法和仪器及探测限

## 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

空气质量监测由具有 CMA 资质的浙江鼎清环境检测技术有限公司承担，该公司于 2019 年 9 月 20 日至 9 月 26 日在现场进行了采样。

#### 3.2.1.1 监测因子

2019 年 9 月陆丰核电季节的主要风向为北风，同时结合厂址周边环境空气保护目标，并考虑进厂道路、拟建应急道路和施工场地影响，在厂址南侧、后埔村、1 号机组、中交四航局、角清村 5 处设置监测点位。监测因子为 TSP、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>。

#### 3.2.1.2 监测方法和仪器

大气环境质量监测具体使用方法及仪器详见表 3.2-1。

采样方法按照《环境空气质量监测规范》（试行）的要求进行，采样仪器为智能综合大气采样器。

#### 3.2.1.3 监测点位

结合现场实际情况，选择在厂址南侧、后埔村、1 号机组、中交四航局、角清村 5 处设置监测点位。

各点位现场监测时的环境条件如下：

厂址南侧空气质量监测期间温度 21.3~30.0℃，气压 99.4~100.3kPa，相对湿度 51~71%，风速 2.1~3.6m/s，风向北。

后埔村空气质量监测期间温度 22.4~30.6℃，气压 99.7~100.3kPa，相对湿度 60~73%，风速 1.9~3.1m/s，风向北。

1 号机组空气质量监测期间温度 22.1~30.5℃，气压 99.8~100.3kPa，相对湿度 60~76%，风速 2.4~3.7m/s，风向北。

中交四航局空气质量监测期间温度 22.1~30.5℃，气压 99.4~100.3kPa，相对湿度 60~73%，风速 2.0~3.6m/s，风向北。

角清村空气质量监测期间温度 20.4~25.1℃，气压 101.1~101.6kPa，相对湿度



62~77%，风速 2.1~3.8m/s，风向东南。

### 3.2.1.4 监测结果及评价

#### （1）厂址南侧

厂址南侧  $\text{NO}_2$  小时浓度值为  $< 0.015\sim 0.049\text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  小时浓度值为  $< 0.007\sim 0.055\text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  小时浓度值为  $0.37\sim 0.42\text{mg/m}^3$ ， $\text{NO}_2$  24 小时均浓度值为  $< 0.006\sim 0.013\text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  24 小时浓度值为  $< 0.004\sim 0.017\text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  24 小时浓度值为  $0.36\sim 0.39\text{mg/m}^3$ ， $\text{TSP}$  24 小时浓度值为  $0.062\sim 0.069\text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  24 小时浓度值为  $0.058\sim 0.064\text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  24 小时浓度值为  $0.02\sim 0.025\text{mg/m}^3$ 。

根据监测结果，厂址南侧二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳的 02、08、14、20 小时浓度值和 24 小时浓度值， $\text{TSP}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

#### （2）1 号机组

1 号机组  $\text{NO}_2$  小时浓度值为  $< 0.015\sim 0.031\text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  小时浓度值为  $< 0.007\sim 0.066\text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  小时浓度值为  $0.39\sim 0.56\text{mg/m}^3$ ， $\text{NO}_2$  24 小时均浓度值为  $< 0.006\text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  24 小时浓度值为  $< 0.004\sim 0.006\text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  24 小时浓度值为  $0.37\sim 0.43\text{mg/m}^3$ ， $\text{TSP}$  24 小时浓度值为  $0.053\sim 0.069\text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  24 小时浓度值为  $0.050\sim 0.064\text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  24 小时浓度值为  $0.018\sim 0.021\text{mg/m}^3$ 。

根据监测结果，1 号机组二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳的 02、08、14、20 小时浓度值和 24 小时浓度值， $\text{TSP}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

#### （3）后埔村

后埔村  $\text{NO}_2$  小时浓度值为  $< 0.015\sim 0.072\text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  小时浓度值为  $< 0.007\sim 0.078\text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  小时浓度值为  $0.18\sim 0.41\text{mg/m}^3$ ， $\text{NO}_2$  24 小时均浓度值为  $< 0.006\sim 0.011\text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  24 小时浓度值为  $< 0.004\sim 0.011\text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  24 小时浓度值为  $0.25\sim 0.36\text{mg/m}^3$ ， $\text{TSP}$  24 小时浓度值为  $0.048\sim 0.063\text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  24 小时浓度值为  $0.042\sim 0.058\text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  24 小时浓度值为  $< 0.010\sim 0.018\text{mg/m}^3$ 。

根据监测结果，后埔村二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳的 02、08、14、20 小时浓度值和 24 小时浓度值， $\text{TSP}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

#### （4）中交四航局

中交四航局  $\text{NO}_2$  小时浓度值为  $< 0.015 \sim 0.069 \text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  小时浓度值为  $0.008 \sim 0.14 \text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  小时浓度值为  $0.44 \sim 2.38 \text{mg/m}^3$ ， $\text{NO}_2$  24 小时均浓度值为  $< 0.006 \sim 0.012 \text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  24 小时浓度值为  $0.005 \sim 0.012 \text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  24 小时浓度值为  $0.26 \sim 0.38 \text{mg/m}^3$ ， $\text{TSP}$  24 小时浓度值为  $0.060 \sim 0.069 \text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  24 小时浓度值为  $0.057 \sim 0.066 \text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  24 小时浓度值为  $0.014 \sim 0.022 \text{mg/m}^3$ 。

根据监测结果，中交四航局二氧化硫、二氧化氮和一氧化碳的 02、08、14、20 小时浓度值和 24 小时浓度值， $\text{TSP}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

#### （5）角清村

角清村  $\text{NO}_2$  小时浓度值为  $< 0.015 \sim 0.055 \text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  小时浓度值为  $< 0.007 \sim 0.114 \text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  小时浓度值为  $0.21 \sim 0.39 \text{mg/m}^3$ ， $\text{NO}_2$  24 小时均浓度值为  $< 0.006 \sim 0.016 \text{mg/m}^3$ ， $\text{SO}_2$  24 小时浓度值为  $< 0.004 \sim 0.018 \text{mg/m}^3$ ， $\text{CO}$  24 小时浓度值为  $0.27 \sim 0.37 \text{mg/m}^3$ ， $\text{TSP}$  24 小时浓度值为  $0.047 \sim 0.059 \text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{10}$  24 小时浓度值为  $< 0.041 \sim 0.051 \text{mg/m}^3$ ， $\text{PM}_{2.5}$  24 小时浓度值为  $< 0.010 \sim 0.017 \text{mg/m}^3$ 。

根据监测结果，角清村二氧化氮、二氧化硫和一氧化碳的 02、08、14、20 小时浓度值和 24 小时浓度值， $\text{TSP}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$  的 24 小时浓度值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中 2 级标准要求。

### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

声环境质量现状调查由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，于 2019 年 9 月 22 日至 9 月 23 日在现场监测。

#### 3.2.2.1 监测因子

根据《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《环境影响评价技术导则-声环境》（HJ2.4-2009）和《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求，本项目声环境监测对象主要为核电厂的一期厂界、进厂道路和拟建应急道路、声环境敏感目标。监测因子为工业企业厂界噪声、功能区噪声。

### 3.2.2.2 监测方法

测量时应应在无雨雪、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。

选择两天的昼间（6:00~22:00）和夜间（22:00~6:00）两个时段进行噪声监测，声环境敏感目标采用 10min 的等效声级，核电厂界噪声采用 1min 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。进厂道路和拟建应急道路监测每次测量 20min，记录 20min 的等效声级。

### 3.2.2.3 监测点位

按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）、《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的要求进行点位布设。

#### （1）核电厂一期厂界周围

选取可到达的厂界外 1m 处进行噪声监测。

#### （2）核电厂拟建应急道路与进厂道路周围

选择中核二陆丰项目经理部门口（进场道路北侧约 5m）和中交四航局门口（进场道路北侧约 5m）、角清村村委会（拟建应急道路东侧约 5m）、浅澳村委会（拟建应急道路东侧约 5m）。

#### （3）声环境敏感目标

选择厂址半径 5km 范围内各行政村内小学或卫生所作为声环境敏感目标。

### 3.2.2.4 监测结果及评价

#### （1）核电厂一期厂界噪声

昼间噪声最大值为 56 dB(A)，夜间最大值为 45 dB(A)，满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的排放标准。

#### （2）核电厂拟建应急道路与进厂道路交通噪声

陆丰核电进场公路属于二级公路，根据《声环境功能区划分技术规范》（GB/T 15190-2014），4a 类声环境功能区相邻区域为 1 类声环境功能区的，道路附近 50±5m 范围内的环境功能区执行 4a 类标准，评价标准为昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）。根

据现场调查，中核二二陆丰项目经理部门口（进场道路西侧约 5m）、中交四航局门口（进场道路西侧约 5m），执行 4a 类标准。

调查期间进厂道路的车辆较少，由监测结果可知，进厂道路的连续等效 A 声级昼间最大为 56 dB(A)，夜间最大为 46 dB(A)，均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的 4a 类功能区限值要求。

根据现场调查，角清村村委会（拟建应急道路东侧约 5m），浅澳村委会（拟建应急道路东侧约 5m）均应执行 1 类标准，调查期间拟建应急道路的车辆较少，由监测结果可知，昼间最大为 49 dB(A)，夜间最大为 45 dB(A)，均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的 1 类功能区限值要求。

### (3) 声环境敏感目标

环境敏感点声环境质量应执行 1 类标准，评价标准为昼间 55dB(A)，夜间 45dB(A)。由监测结果可知，昼间最大为 51dB(A)，夜间最大为 45 dB(A)，所有监测点位的连续等效 A 声级满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的 1 类功能区限值要求。

## 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

### 3.2.3.1 受纳水体污染源情况

陆丰核电厂址半径 15km 范围内主要是中小型企业，规模以上工业企业从业人数较少，一般为几人至几十人，镇内无化工生产和重工业企业，其产生的废水主要为生活污水。目前碣石镇产生的生活污水均经由污水管网接入碣石镇污水处理厂处理后达标排放。碣石镇污水处理厂位于厂址方位 NNW 8.9km 处，建设规模为日处理能力 3 万吨。厂址半径 15km 范围内主要可能污染源为：人工养殖废水，碣石湾内渔船及生活废水。

### 3.2.3.2 受纳水体环境质量调查

2019 年，受深圳中广核工程设计有限公司委托，自然资源部第三海洋研究所承担了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工作，本章节引用本次调查结果对受纳水体水质现状进行评价。

15km 范围内，点位 L1 位于二类区域，执行二类海水水质标准；点位 L9、L16 位

于三类区域，执行三类海水水质标准；L45 位于泻湖内，为塘养水域，不执行水质标准；其他点位均按执行一类海水水质标准评价。

### 3.2.3.3 受纳水体环境质量现状评价

依据近岸海域环境功能区划，本次海水水质调查结果中，冬季 4 个点位  $BOD_5$  超标；春季 16 个点位  $BOD_5$  超标，1 个点位无机氮超标，1 个点位铅超标；夏季 9 个点位溶解氧超标，8 个点位  $BOD_5$  超标，2 个点位无机氮超标，2 个点位铅超标；秋季 10 个点位活性磷酸盐超标，3 个点位  $BOD_5$  超标。

### 3.2.4 电磁环境质量现状调查与评价

由苏州热工研究院有限公司环境检测中心于 2019 年 9 月 23 日开展了厂区现场监测电磁环境质量现状调查，并于 2021 年 5 月 11 日补充监测厂区外 5km 范围内的电磁环境敏感目标和拟建 500kV 输电线周围的电磁辐射环境现状水平。

#### 3.2.4.1 监测因子

广东陆丰核电厂规划建设  $6 \times 1000MW$  压水堆核电机组，分期建设，5、6 号机组建设 2 台华龙一号机组。220kV 辅助变电站为单回进线，进线为 220kV 丰庆线。500kV 出线主要为东北方向，就近接入广东省 500kV 电网。电磁环境监测因子为工频电场、工频磁场。

#### 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》（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。

### 3.2.4.3 监测点位

监测布点参照《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）中第 4.5 节的要求进行。

#### （1）220kV 辅助变电站

220kV 辅助变电站为单回进线。在辅助变电站北侧、西侧、南侧围墙外 5m 各布置监测点位；根据变电站周围地形条件（北侧为电缆进线），选取北侧围墙外电缆沟和变电站南侧分别进行衰减断面监测。考虑到线路周边地形条件限制和线路运行情况，选取架空线路丰庆线向东作衰减断面监测。

#### （2）其他区域

在拟建 1/2 号机组区域、拟建 5/6 号机组区域、拟建 500kV 开关站区域，各设置 1 个监测点位。

监测结果及评价：

#### （1）220kV 辅助变电站及 220kV 丰庆线

由监测结果可知，220kV 辅助变电站周围环境最大电场强度为 0.3840V/m，最大磁感应强度为 0.0073 $\mu$ T；由架空线路和地埋电缆沟衰减断面监测结果可知，电场强度最大监测值（831.7V/m）出现在中心线外 1m 处，磁感应强度最大监测值（0.1716 $\mu$ T）出现在地埋线缆沟正上方，监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中电场强度 4kV/m、磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

#### （2）1/2 号机组，5/6 号机组，500kV 开关站拟建区域

由监测结果可知，1/2 号机组，5/6 号机组，500kV 开关站拟建区域电场强度、磁感应强度监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中电场强度 4kV/m、磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

#### （3）500kV 输电线周围和厂区外 5km 范围内电磁环境敏感目标

经检测，广东陆丰核电拟建 500kV 输电线周围所有检测点位的工频电场范围为（0.665~62.64）V/m，工频磁场范围为（0.0081~0.0342） $\mu$ T，广东陆丰核电 5、6 号机组厂区外 5km 范围内电磁环境敏感目标处的工频电场范围为（0.211~3.187）V/m，工频磁场范围为（0.0114~0.0335） $\mu$ T。监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中电场强度 4kV/m、磁感应强度 100 $\mu$ T 的公众曝露控制限值要求。

表 3.2-1 空气质量监测方法和仪器及探测限

序号	监测项目	监测标准（方法）	分析仪器名称	探测限
1	二氧化硫	《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	紫外可见分光光度计	时均 0.007 mg/m <sup>3</sup>
				日均 0.004 mg/m <sup>3</sup>
2	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	紫外可见分光光度计	时均 0.006 mg/m <sup>3</sup>
				日均 0.015 mg/m <sup>3</sup>
3	PM <sub>10</sub>	《环境空气 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub> 的测定 重量法》HJ 618-2011	电子分析天平	0.010 mg/m <sup>3</sup>
4	PM <sub>2.5</sub>	《环境空气 PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub> 的测定 重量法》HJ 618-2011	电子分析天平	0.010 mg/m <sup>3</sup>
5	总悬浮颗粒物（TSP）	《环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法》GB/T 15432-1995	电子分析天平	0.001 mg/m <sup>3</sup>
6	一氧化碳	《空气质量 一氧化碳的测定 非分散红外法》GB/T 9801-1988	一氧化碳测定仪	0.075 mg/m <sup>3</sup>



## 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 厂平总体规划

5.1.3 场地平整

5.1.4 交通道路

5.1.5 陆域施工活动对自然环境的影响

5.1.5.1 声环境的影响

5.1.5.2 大气环境的影响

5.1.5.3 水环境的影响

5.1.5.4 生态环境的影响

5.1.5.5 使用化学物质对环境的影响

5.1.5.6 固体废弃物对环境的影响

5.1.5.7 社会环境的影响

表

表 5.1-2 施工阶段的主要噪声污染源及噪声级

## 5.1 土地利用

陆丰核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆机组，采用一次规划分期建设的模式，5、6 号机组建设 2 台华龙一号融合机组。

### 5.1.1 土地占用

陆丰核电 5、6 号机组建设两台 2 台华龙一号融合机组。核电厂建设所需的临时性用地（如施工场地等），采取租地的方式，减少永久性用地面积。

### 5.1.2 厂址总体规划

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。

### 5.1.3 场地平整

陆丰核电 5、6 号机组位于西田尾山区域，属丘陵地貌，东侧低约 20m，西侧逐渐升高约 135m。场地平整施工工艺为：厂区地形复核→表土剥离→回填区分区域场地平整→正挖区土方开挖→回填区施工→边坡防护施工。

场地平整后，存在人工开挖边坡和人工填方边坡。人工挖方边坡主要位于厂区西侧和北侧，边坡总长约 750m，最大边坡高度约为 64m，高边坡位置的坡脚距核岛厂房最小距离约 200m；人工填方边坡主要位于厂区西北角，长度约 240m，高度约 6m，与主厂房最近距离约 100m。

征地范围内挖方工程量（含边坡）约 788 万  $\text{m}^3$ ，填方工程量约为 46 万  $\text{m}^3$ 。陆丰核电 5、6 号机组不设弃土场，余土通过弃土综合利用进行永久处置。

### 5.1.4 交通道路

根据核电厂对交通运输的要求和厂址的自然条件，本期工程的交通运输采用以水运和公路联运为主的运输方式。施工安装期间大型设备和少量进口设备采用水运，建筑材料及人员交通以公路运输为主。

为满足项目施工和运行期间对外交通运输的要求，厂区与外部交通规划利用一期工程配套的两条主要道路（进厂道路、应急公路）及一座 3000t 级驳船码头。其中

进厂道路和 3000t 级驳船码头已经建好。

#### （1）进厂公路

进厂公路是进出陆丰核电厂的主要通道，起于碣石镇东部的大路岭处南（南塘镇）—碣（碣石镇）公路，向西南经角溪新村、童厝、桥头村与沿海公路相交，然后平行于海岸线向西南延伸至田尾山处，与核电厂区道路相接。路线全长约 12.6km，采用二级公路标准，设计车速采用 80km/h，双向 4 车道，路基宽度 21.5m，水泥混凝土路面，现已建成通车。

#### （2）应急道路

应急公路从厂区西北角起，向北经过上林村、角清村和灶背村，最终至碣石镇，公路里程约 8 公里。当地政府已对上林村至碣石镇的乡道进行了改造升级，采用三级公路标准，沥青混凝土路面，基本满足应急公路的等级要求。核电厂建设从电厂至上林村的应急道路，约 1.2 公里，采用三级公路标准，水泥混凝土路面，道路宽度为 7m。

### 5.1.5 陆域施工活动对自然环境的影响

陆丰核电 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、以及设备安装等造成的噪声、粉尘、植被破坏和水土流失等的影响。

#### 5.1.5.1 声环境的影响

核电厂施工过程中，厂区内可能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，另外设备安装和汽车运输也会产生一定噪声。施工阶段的主要噪声污染源及其噪声级见表 5.1-2。

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。

施工机械作业时可视为点声源，距离加倍时噪声降低 6dB，如果考虑空气吸收，则附加衰减 0.5~1dB/100m，因此，昼间所有机械设备施工噪声通常在 50m 外可小于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中 85dB；夜间除灌注桩机外，在 350m 外可以小于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的 55dB。

电厂主体工程位于规划厂区内，南面临海，附近没有居民点，周边最近居民点位于厂区反应堆 NW 方向 1.4km 处，电厂施工噪声在满足 GB12523-2011 要求前提下（厂界处昼间 70dB、夜间 55dB），按照点声源衰减模式至 1km 外居民点的衰减值为 60dB，考虑地形起伏及空气吸收因素，噪声实际衰减更多，故对该居民点几乎不产生影响，不改变敏感点处的声环境现状情况。在合理安排施工时间和加强进出场地车辆的管理的情况下，不会出现噪声扰民的现象。总体而言，电厂建设施工期间噪声对环境的影响是暂时的，施工结束后，相应环境影响逐渐消失。

#### 5.1.5.2 大气环境的影响

本工程施工期间主要大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气，在这些污染物中，扬尘和粉尘对大气局部环境质量影响较为明显。施工产生的地面扬尘和粉尘主要来自于施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放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。

由于施工时现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等），在施工和运输过程中会产生一定量的汽车尾气，主要成分为 CO、NO<sub>x</sub> 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。国内同类核电厂场平施工爆破通常使用乳化炸药，主要污染物为 NO<sub>x</sub>。通常在爆破前对实施爆破的区域喷水，以降低爆破过程的起尘量。爆破时合理布局炸药孔位置，尽量减少大量炸药同时引爆，最大程度降低爆破带来的粉尘和大气污染。

参考国内核电厂及前期工程施工经验，扬尘影响范围主要局限于施工作业点周围几百米范围，通过实施覆盖、洒水等措施，可有效地控制施工扬尘。有资料表明，在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70% 左右，并可将 TSP 污染距离缩小到 20~50m 范围。因此，在施工活动中，在采取覆盖、定期洒水等减少扬尘的措施后，施工粉尘及扬尘的影响将局限于施工场地周围，对大气环境影响范围有限。另外，由于部分粉尘的粒径和质量较大，将很快在空气中自然沉降，大规模扩散的粉尘量较小。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，影响时段有限。

距离厂址最近的居民点位于厂址 NW 方 1.4km 处，预计施工期间的扬尘无组织排放不会对其产生影响。

#### 5.1.5.3 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的排放。陆丰核电厂厂址附近无大江大河，电厂厂区及临时施工区内无地表水水源，因此受纳水体为电厂附近海域。

施工期间的施工废水主要为砂石厂、搅拌站生产废水和场地、设备冲洗水，施工废水经沉淀处理后全部回用作为作业区地面冲洗等用水，不向环境排放。

施工期间的生活污水主要来自厂区施工人员和办公人员的生活用水，由污水处理系统处理达标后回用。

#### 5.1.5.4 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将完全破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，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。

为减少对环境的影响，施工时充分利用现有的临建设施，将临建用地全部布置在前期扰动范围及本期征地范围内，不在厂外另租用地。

根据《广东陆丰核电 5、6 号机组项目水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决[2021]年 10 号），本项目所在区域地貌类型主要为滨海丘陵；土壤类型主要为赤红壤，土壤侵蚀以轻度水力侵蚀为主，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。工程区域内也不涉及到饮用水源保护区、水功能一级区的保护区、自然保护区、风景名胜区、重要湿地等敏感区域。本工程建设可能造成新增的水土流失总量约 6.60 万 t。根据陆丰核电 5、6 号机组项目水土保持方案，厂址附近 3km 内无主要河流分布，厂址区属于水力侵蚀类型区中的 I4 南方红壤丘陵区，容许土壤流失量为 500t/(km<sup>2</sup>·a)。厂址区水土流失以轻度水力侵蚀为主，水土流失背景值为 330~1020t/

( $\text{km}^2 \text{ a}$ )。

施工期是本工程建设可能产生水土流失最为严重的时期，水土流失防治的重点区域为主厂区和施工生产区。在工程施工结束后的自然恢复期，因本项目建设区域后期地表均硬化，所以基本上不会发生水土流失。

本工程施工期是产生水土流失的重点时段，根据本工程的特点以及对水土流失影响、区域自然条件、工程的功能分区等，将本工程共划分 6 个水土流失防治区，分别为主厂区、边坡及防排洪工程区、附属设施区、海工区、保留区、施工生产区，其中海工区和保留区无需布设水土保持措施。各个分区按照施工和水土流失特点，将临时措施、工程措施、植物措施有机衔接，做到“点、线、面”结合，形成完整的防护体系。通过实施水土保持措施，减少水土流失量，把水土流失危害降到最低限度，生态环境可以得到恢复和改善。本项目水土流失防治执行南方红壤区二级标准。设计水平年水土流失防治综合指标为：水土流失治理度达到 95%、土壤流失控制比 1.00、渣土防护率达到 95%、表土保护率达到 87%、林草植被恢复率达到 95%、林草覆盖率 7%。

当地无特殊生境，在电厂建设过程中，建设单位将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。通过类比前期项目建设前后的生态环境变化，预计工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

#### 5.1.5.5 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，将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。另外施工期间各承包商单独设置危险化学品临时储存库，储存的危险化学品主要为压缩钢瓶气体（有 5L、10L、40L 不等），包括氧气、氮气、氩气、乙炔，根据工程进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。

#### 5.1.5.6 固体废弃物对环境的影响

在陆丰核电 5、6 号机组建设过程中，各施工单位均会产生一定量的生活垃圾和工业废弃物，且部分工业废弃物属于危险固废，如油漆桶、探伤洗片废液，废油布、废油漆等，该部分固体废物虽无放射性危害，但其堆放过程会占用大量土地，破坏地表植被和生物生境，如保存和处理不当，受日晒雨淋影响后，会产生恶臭、蚊蝇、景观方面的污染，有毒有害物质析出后将随雨水冲刷污染大片土地，甚至可能深入地表污染地下水等。

施工过程产生的固体废物量与工程使用的原材料种类、数量和施工项目密切相关。类比国内同类电厂在施工阶段产生的固废种类和数量，预计本工程在施工阶段产生的一般工业固废和危险废物种类数量如下：

- 一般工业固废主要为建筑垃圾中不可回收的部分，预计年产生量约为 3 万 t 左右；
- 生活垃圾年产生量约 100t 左右，由当地环卫部门定期外运填埋处置；
- 危险固废主要为废油漆桶，年产生量约 12000 只左右；废油，年产生量约 400kg 左右；酸洗钝化废液，年产生量约 5t 左右。

为减少固体废弃物对环境的影响，建设单位将制定严格的施工环境管理规定，做到文明施工，尽量减少固废产生量；生活垃圾定点堆放，及时清运；无毒无害固废尽量回收再利用，危险固废按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）（2013 年修订）设置专门的危废贮存仓库，定期交由有资质的单位处理或由供货商回收处置。

通过采取上述措施，核电厂施工产生的固体废弃物将尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

#### 5.1.5.7 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 1.4km 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，将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。

**表 5.1-2 施工阶段的主要噪声污染源及噪声级**

施工期	主要声源	噪声级 dB (A)
负挖	爆破	>120
土石方	挖掘机、推土机、平地机、装载机、压路机、打桩机和摊铺机	76~105
底板和结构	混凝土输送泵、振捣机、电锯、电焊机	90~100
内部装修	电钻、电锤、手工钻、无齿锯	100~110
外部装修	升降机、吊车	65~75
交通运输	轻型载重卡车、混凝土罐车、大型载重车	75~95

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 海域工程概况

### 5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

#### 5.2.2.1 施工悬浮泥沙的影响

#### 5.2.2.2 施工活动对海域生态的影响

#### 5.2.2.3 施工船舶废水排放对海洋环境的影响

#### 5.2.2.4 海洋生物资源损失评估

### 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

表

表 5.2-2 海工工程施工时悬浮物增量各浓度的影响范围

表 5.2-3 施工造成的海洋生物资源平均损失量汇总

## 5.2 水的利用

### 5.2.1 海域工程概况

陆丰核电 5、6 号机组海工工程包括取水导流堤（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。用海类型属于工业用海中的电力工业用海，用海方式有非透水构筑物、海底电缆管道、透水构筑物、取水口、排水口和其他开放式用海（即温排水用海）等。本期工程总申请用海面积约  $62.4313\text{hm}^2$ （含施工临时围堰用海面积  $1.8299\text{hm}^2$ ）。2021 年 5 月 6 日，自然资源部以《（《自然资源部办公厅关于广东陆丰核电 5、6 号机组项目用海预审意见的函》（自然资办函〔2021〕750 号）批复本项目用海控制在  $63\text{hm}^2$ ，本工程申请用海面积处于批复用海控制面积之内。

### 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。

##### （1）导流堤施工

经数值计算，悬浮物浓度增量在  $10\sim 20\text{mg/L}$  的面积约为  $2.74\text{km}^2$ ，悬浮物浓度增量在  $20\sim 50\text{mg/L}$  的面积约为  $0.93\text{km}^2$ ，悬浮物浓度增量在  $50\sim 100\text{mg/L}$  的面积约为  $0.19\text{km}^2$ ，悬浮物浓度增量超过  $100\text{mg/L}$  的面积约为  $0.10\text{km}^2$ 。以上合计悬浮物浓度增量超过  $10\text{mg/L}$  的总面积约为  $3.96\text{km}^2$ 。 $10\text{mg/L}$  增量等值线距污染源代表点最远距离约  $2.49\text{km}$ 。

##### （2）排水口施工

经数值计算，悬浮物浓度增量在  $10\sim 20\text{mg/L}$  的面积约为  $0.79\text{km}^2$ ，悬浮物浓度增量在  $20\sim 50\text{mg/L}$  的面积约为  $0.13\text{km}^2$ ，悬浮物浓度增量在  $50\sim 100\text{mg/L}$  的面积约为  $0.04\text{km}^2$ ，悬浮物浓度增量超过  $100\text{mg/L}$  的面积约为  $0.02\text{km}^2$ 。以上合计悬浮物浓度增量超过  $10\text{mg/L}$  的总面积约为  $0.98\text{km}^2$ 。 $10\text{mg/L}$  增量等值线距污染源代表点最远距离约  $1.18\text{km}$ 。

##### （3）港池疏浚施工

经数值计算，悬浮物浓度增量在10~20mg/L的面积约为3.58km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量在20~50mg/L的面积约为0.95km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量在50~100mg/L的面积约为0.19km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量超过100mg/L的面积约为0.23km<sup>2</sup>。以上合计悬浮物浓度增量超过10mg/L的总面积约为4.95km<sup>2</sup>。10mg/L增量等值线距污染源代表点的最远距离约为2.92km。

#### （4）拦污网墩施工

经数值计算，悬浮物浓度增量在10~20mg/L的面积约为0.96km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量在20~50mg/L的面积约为0.50km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量在50~100mg/L的面积约为0.06km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量超过100mg/L的面积约为0.22km<sup>2</sup>。以上合计悬浮物浓度增量超过10mg/L的总面积约为1.74km<sup>2</sup>。10mg/L增量等值线距污染源代表点的最远距离约为2.33km。

#### （5）施工围堰拆除

经数值计算，悬浮物浓度增量在10~20mg/L的面积约为0.34km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量在20~50mg/L的面积约为0.27km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量在50~100mg/L的面积约为0.07km<sup>2</sup>，悬浮物浓度增量超过100mg/L的面积约为0.14km<sup>2</sup>。以上合计悬浮物浓度增量超过10mg/L的总面积约为0.82km<sup>2</sup>。10mg/L增量等值线距污染源代表点的最远距离约为2.18km。

#### （6）悬浮泥沙对生态敏感区的影响

厂址距离保护区、“三场一通道”10km以上，预计施工活动产生的悬浮泥沙不会对其产生影响。

根据《广东省海洋生态红线》，厂址半径15km内涉及的海洋生态红线区有4处：碣石湾长毛对虾重要渔业海域限制类红线区（序号198）、金厢重要砂质岸线及邻近海域限制类红线区（序号199）、金厢重要渔业海域限制类红线区（序号200）、碣石湾海马珍稀濒危物种集中分布区限制类红线区（序号201）。假设海工工程各设施同时施工，施工时10mg/L悬沙增量范围不超过厂址半径5km范围。海洋生态红线区均距施工海域较远，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。

施工时10mg/L悬沙影响范围的海洋生态红线大陆自然岸线为序号184的浅澳港和序号185湖东港自然岸线。

本项目排水隧洞用海占用大陆自然岸线保有岸段184段，岸线性质为砂质岸线。排水隧洞采用盾构施工，排水隧洞用海位于海底泥面以下至少约7m，其对自然岸线的占用仅表现为用海范围与岸线的交界，不会对砂质岸线的现状形态和自然属性造成影响，符合大陆自然岸线保有岸段184段的管控措施“维持岸线自然属性，向海一侧3.5海里内禁止采挖海砂、围填海、倾废等可能诱发沙滩蚀退的开发活动，保持自然岸线形态，保护岸线原有生态功能，加强对受损自然岸线的整治与修复。保障不改变自然岸线属性的核电基础设施建设。”

本项目施工悬浮泥沙对大陆自然岸线影响主要为悬浮泥沙沉积的影响，包括两个方面：一是粒度较大的泥沙被扰动悬浮到上覆水体后，经过较短距离的扩散即沉降，其沉降范围位于挖泥点附近，这部分泥沙对大陆自然岸线基本没影响；二是粒度较小的颗粒物进入水体而影响海水水质，并长时间悬浮于水体中，经过相对较长距离的扩散后沉降。随着粒度较小的悬浮物的扩散及沉淀，从项目施工区域漂移的悬浮物将成为其所覆盖区域的新的表层沉积物。施工过程中产生的悬浮泥沙扩散和沉降仅影响施工区域及临近的局部海域，且随着施工结束逐渐消失，不会对砂质岸线的现状形态和大陆自然岸线的自然属性产生明显变化。

#### 5.2.2.2 施工活动对海域生态的影响

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、导流堤的建设将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。

##### （1）对底栖生物影响分析

本项目海工工程施工主要为新建导流堤、排水隧洞、拦污网、施工围堰的施工，排水隧洞采用盾构机，隧洞位于项目南侧海底面以下至少 7m，盾构开挖过程对底栖生物无显著影响。新建导流堤、拦污网墩及施工围堰直接影响范围内的底栖生物，其中施工围堰为临时围堰，拆除后，其所占海域的底栖生物可逐步恢复。

调查表明，本项目附近海域的底栖生物在当地的大多数海域中均有大量分布，工程建设及施工不会显著降低物种多样性，总体影响是短暂的，损失的生物群落可以在施工结束后重新建立和恢复。

## （2）对浮游生物的影响分析

### ①对浮游植物影响分析

从海洋生态角度来看，施工海域内的局部海水悬浮物增加，水体透明度下降，从而使溶解氧降低，对水生生物产生诸多的负面影响。最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，进而妨碍浮游植物的细胞分裂和生长，降低单位水体浮游植物数量，导致局部水域内初级生产力水平降低，使浮游植物生物量降低。

国内有研究表明：无论是悬沙的动态试验还是静态试验结果均表明牟氏角毛藻的生长速度随悬沙浓度增大而逐渐减少，而且悬沙含量一旦超过 1000mg/L，对浮游植物生长有非常显著的抑制作用（徐兆礼，2004）。考虑到本项目施工悬沙影响程度较小，因此对浮游植物的生长影响也有限。

### ②对浮游动物影响分析

施工作业引起施工海域内的局部海水的浑浊，这将使阳光的透射率下降，从而使得该水域内的游泳生物迁移别处，浮游生物将受到不同程度的影响，尤其是滤食性浮游动物和营光合作用的浮游植物受到的影响较大，这主要是由于施工作业引起的水中悬浮物增加，悬浮颗粒会粘附在动物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游动物及鱼类会吞食适当粒径的悬浮颗粒，造成内部消化系统紊乱。

此外，据有关资料，水中悬浮物质含量的增加，对浮游桡足类动物的存活和繁殖有明显的抑制作用。过量的悬浮物质会堵塞浮游桡足类动物的食物过滤系统和消化器官，尤其在悬浮物含量大到 300mg/L 以上时，这种危害特别明显。同时，过量的悬浮物质对鱼、虾类幼体的存活也会产生明显的抑制作用。但施工引起的上述环境影响是局部的，且这种不良影响是暂时的，当施工结束后，这种影响不再持续。

## （3）对渔业资源的影响分析

项目海上施工会对渔业捕捞产生一定影响。鱼类等水生生物都比较容易适应水环境的缓慢变化，但对骤变的环境，它们反应则是敏感的。海工作业引起悬浮物质含量变化，并由此造成水体混浊度的变化，其过程呈跳跃式和脉冲式，这必然引起鱼类等其他游泳生物行动的改变，鱼类将避开这一点源混浊区，产生“驱散效应”。本工程施工引起的影响是局部的和暂时的，当施工结束后，这种影响也将随之消失。

海上施工会造成局部水中悬浮物质含量过高，使鱼类的腮腺积聚泥沙微粒，严重

损害鳃部的滤水和呼吸功能，导致鱼类窒息死亡。不同鱼类对悬浮物质含量高低的耐受范围有所区别。据有关实验数据，悬浮物质的含量为 80000mg/L 时，鱼类最多只能存活一天；含量为 6000mg/L 时，最多能存活一周；含量为 300mg/L 时，若每天作短时间搅拌，使沉淀的淤泥泛起，保持悬浮物质含量达到 2300mg/L 时，则鱼类能存活 3~4 周。通常认为悬浮物质的含量在 200mg/L 以下时，不会导致鱼类直接死亡。

本项目海工施工时产生的悬浮泥沙一般分布在施工区域及附近，悬浮泥沙增量较大的区域面积很小，且悬浮物扩散影响是暂时的，会随着施工结束逐渐消失，因此，本项目施工对渔业资源的影响有限。

#### （4）施工振动对海洋生物的影响

本项目施工过程中，主要为盾构施工时产生的振动对海域生态环境造成影响。

盾构施工时产生的振动经由隧道结构和周围土层向外传播，会对依附海底底泥生活的底栖生物等产生影响，而鱼类等因避让行动，影响较小。张波等在《砂卵石地层盾构施工振动影响分布规律研究》中提到，地表振动沿垂直施工轴线方向呈现负指数衰减规律，沿水平方向呈现相似的衰减规律，在距振源 5m 内衰减速度很快，距离 > 5m 时衰减速率减小，逐渐趋于平稳；距离 > 20m 时振动加速度接近平缓，此时在垂直方向的加速度振级 58.8dB，在水平方向的加速度振级 60.2dB；保守认为地表的振动影响距离为 25m，此时在垂直方向的加速度振级 54.5dB。另外，在距振源 6m 时，垂直方向的加速度振级 70.5dB，水平方向的加速度振级 80.2dB。本项目盾构在海底泥面以下至少约 7m 处施工，此时，垂直方向的加速度振级不大于 70.5dB，水平方向的加速度振级不大于 80.2dB，预计会对底栖生物产生一定影响。根据《广东陆丰核电一期工程受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查总报告》，厂址附近海域分布的底栖生物非特有种类，在其他海区可见，同时本项目排水隧洞盾构施工诱发振动作用时间短，峰值小，影响范围小，不足以引起底栖生物群落的破坏。

#### 5.2.2.3 施工船舶废水排放对海洋环境的影响

本工程海工构筑物从陆域往海侧推填为主，施工船有挖泥船等海上施工船只，相对较少。主要是大型设备（如发电机转子、蒸汽发生器、除氧器等）通过 3000t 杂货船进行运输，时间较短。



海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。另外，船上人员也会产生少量生活污水。

船舶废水须至船舶靠岸后委托有资质单位进行处理，不直接排放海域。在采取并落实上述环境管理措施后，预计施工船舶废水不会对海域环境质量造成的影响很小。

#### 5.2.2.4 海洋生物资源损失评估

本工程海工的建设，如导流堤、拦污网墩等的建设对用海区的占用是永久性的，海域属性改变，海洋资源也随之丧失，这是资源损失中较大的一部分；施工时搅动产生的悬浮泥沙会对用海区附近海域生态环境产生一定影响，并造成部分海洋生物的死亡。根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中计算生物资源损失量方法，并参考了《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，2021 年 1 月）中的相关参数估算了生物资源损失量。估算时，采用了厂址半径 15km 范围内海洋生物的平均生物量计算了海域施工活动导致的各类海洋生物资源的损失量。

##### （1）占用海域的海洋生物资源量损害评估

本工程新建的导流堤、拦污网墩及临时围堰直接占用海域范围内的底栖生物将全部损失。各种类生物资源损害量评估按如下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

$W_i$ ——第  $i$  种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

$D_i$ ——评估区域内第  $i$  种类生物资源密度，单位为尾（个）/每平方千米[尾（个）/km<sup>2</sup>]、尾（个）/每立方千米[尾（个）/km<sup>3</sup>]、千克/每平方千米（kg/km<sup>2</sup>）；

$S_i$ ——第  $i$  种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km<sup>2</sup>）或立方千米（km<sup>3</sup>）。

##### （2）悬浮泥沙扩散范围内的海洋生物资源损害评估

悬浮泥沙扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害：

一次性损害：污染物浓度增量区域存在时间少于15天（不含15天）；

持续性损害：污染物浓度增量区域存在时间超过15天（含15天）。

#### ① 一次性平均受损量评估

某种污染物浓度增量超过GB11607或GB3097中II类标准值（GB11607或GB3097中未列入的污染物，其标准值按照毒性试验结果类推）对海洋生物资源损害，按如下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

$W_i$ ——第  $i$  种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

$D_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源密度，单位为尾平方千米(尾/ $\text{km}^2$ )、个平方千米（个/ $\text{km}^2$ ）、千克平方千米（ $\text{kg}/\text{km}^2$ ）；

$S_j$ —— 某一污染物第  $j$  类浓度增量区面积，单位为平方千米（ $\text{km}^2$ ）；

$K_{ij}$ ——某一污染物第  $j$  类浓度增量区第  $i$  种类生物资源损失率，单位为百分比(%)；

$n$ —— 某一污染物浓度增量分区总数。

#### ② 持续性损害受损量评估

当污染物浓度增量区域存在时间超过 15d 时，应计算生物资源的累计损害量。计算以年为单位的生物资源的累计损害量按如下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

$M_i$  —— 第  $i$  种类生物资源累计损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

$W_i$  —— 第  $i$  种类生物资源一次平均损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

$T$  —— 污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。

### （4）评估结果

#### ①底栖生物

底栖生物的损失为直接占用（长期和短期）及疏浚一次性挖除，其中取水导流堤东堤、取水导流堤西堤、拦污网支墩、排水口头部为直接占用，共占用面积 $19.2390 \text{ hm}^2$ ，港池疏浚、施工围堰为一次性挖除或短期（3 年内）占用，共占用面积 $7.9999 \text{ hm}^2$ 。根

据底栖生物的平均生物量 $41.31\text{g/m}^2$ ，按照直接占用20年，一次性挖除或短期按照3年计算总损失量，经估算，底栖生物损失量为168.87t。

#### ②鱼卵仔稚鱼、游泳生物和浮游动物

鱼卵仔稚鱼、游泳生物和浮游动物损失为直接占用和悬浮泥沙影响的损失。直接占用（长期和短期）海域，为取水导流堤东堤、取水导流堤西堤和施工围堰占用，平均水深约5m。根据占用面积以及平均生物量，按照永久占用20年，短期3年计算总损失量，经估算，鱼卵损失量为 $5.33\times 10^7$ 粒，仔稚鱼损失量为 $1.57\times 10^7$ 尾，游泳生物损失量为1.67t，浮游动物生物损失量为8.43t。

施工期悬浮泥沙扩散包括5部分：①新建导流堤及产生的悬浮物；②排水口开挖产生的悬浮物；③港池疏浚产生的悬浮物；④拦污网施工产生悬浮物；⑤施工围堰拆除产生的悬浮物。损失的生物资源包括鱼卵、仔鱼、游泳生物和浮游动物。根据悬浮泥沙增量的影响范围，结合鱼卵仔稚鱼、游泳生物和浮游动物的年平均生物量以及平均水深等参数，经估算，施工期悬浮泥沙一次性造成游泳生物损失量221.42kg，鱼卵损失量为 $3.70\times 10^7$ 尾，仔鱼损失量为 $1.75\times 10^7$ 尾，浮游动物损失量6.19t。

综上，本项目海工施工造成底栖生物损失量为168.87t，造成鱼卵仔稚鱼、游泳生物和浮游动物损失分别为 $9.03\times 10^7\text{ind}$ 、 $3.32\times 10^7\text{ind}$ 、1.89kg和14.62t，详见表5.2-3。

### 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 5、6 号机组施工期间用水包括生活用水均由碣石镇自来水公司采用市政管网供给。

碣石镇自来水厂已根据自身水厂规模和区域内用户水量需求，同意向陆丰核电厂

施工期间供应淡水。预计本项目施工期水资源的利用不会对区域内其他用户的淡水需求造成影响。

表5.2-2 海工工程施工时悬浮物增量各浓度的影响范围

单位:  $\text{km}^2$ 

## 导流堤施工

浓度	10~20mg/l	20~50mg/l	50~100mg/l	100mg/l 以上	10mg/l 最远距离 (km)
总体	2.74	0.93	0.19	0.10	2.49

## 排水口施工

浓度	10~20mg/l	20~50mg/l	50~100mg/l	100mg/l 以上	10mg/l 最远距离 (km)
总体	0.79	0.13	0.04	0.02	1.18

## 港池疏浚

浓度	10~20mg/l	20~50mg/l	50~100mg/l	100mg/l 以上	10mg/l 最远距离 (km)
总体	3.58	0.95	0.19	0.23	2.92

## 拦污网墩施工

浓度	10~20mg/l	20~50mg/l	50~100mg/l	100mg/l 以上	10mg/l 最远距离 (km)
总体	0.96	0.50	0.06	0.22	2.33

## 临时围堰拆除

浓度	10~20mg/l	20~50mg/l	50~100mg/l	100mg/l 以上	10mg/l 最远距离 (km)
总体	0.34	0.27	0.07	0.14	2.18

表 5.2-3 施工造成的海洋生物资源平均损失量汇总

种类	平均生物量	损失量		
		直接损失	悬浮泥沙造成的 损失	总计
底栖生物	41.31 g/m <sup>2</sup>	168.87t	/	168.87t
鱼卵	2.95 ind/m <sup>3</sup>	5.33×10 <sup>7</sup> ind	3.70×10 <sup>7</sup> ind	9.03×10 <sup>7</sup> ind
仔稚鱼	0.87 ind/m <sup>3</sup>	1.57×10 <sup>7</sup> ind	1.75×10 <sup>7</sup> ind	3.32×10 <sup>7</sup> ind
游泳生物	463.29 kg/km <sup>2</sup>	1.67t	221.42kg	1.89kg
浮游动物	466.60 mg/m <sup>3</sup>	8.43t	6.19t	14.62t

5.3 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

5.3.3 施工期环境监测

5.3.3.1 陆域环境监测

5.3.3.2 海域环境监测

5.3.4 水土保持监测

5.3.5 生产和生活废物

表

表 5.3-1 陆丰核电 5、6 号机组施工期陆域环境监测方案

表 5.3-2 陆丰核电 5、6 号机组施工期海域环境监测方案

### 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 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。为最大限度降低对环境的不利影响，建议工程中采取以下有效缓解措施，主要包括：

##### （1）大气环境

- 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，施工过程中可采取洒水抑尘、提高炸药利用率并采用合适的爆破技术、路面硬化、控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，有效改善施工区域的大气环境。
- 施工生产区场地平整施工前部分区域进行表土剥离产生的表土集中运往施工生产区表土堆放场集中堆放，表土堆放场增设砖砌挡墙、覆盖、撒播草籽绿化措施，以降低起尘量。为控制其对大气环境的不利影响，表土在倾倒和堆放过程中适量洒水抑尘，并避免同时进行大规模的弃土倾倒。
- 加强区域内的场地绿化，栽植能阻挡灰尘的高矮不等的乔木、灌木。

##### （2）声环境

- 使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减震装置，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态。
- 合理安排施工进度，避免在施工期间同步使用高噪声设备，必要时设置临时隔声屏障，严格控制夜间施工过程，对于可能影响到声环境敏感点的项目，禁止夜间施工。
- 物料运输过程中严格控制行车速度，禁止鸣笛，尽量降低对周边声环境的影响。
- 对于土石方爆破、场地负挖和设备安装带来的噪声影响，采取适当的爆破方法和技术，合理选择装药量，提高炸药利用率，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放等方式，来控制噪声影响的范围。
- 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，减轻对周围声环境的影响。



### （3）放射源及化学物品管理

- 施工期间主要用  $\gamma$  射线进行无损探伤检验，建议制定以下相应管理措施：
  - 1) 聘请有相应辐射安全许可的专业检测公司开展；
  - 2) 根据环境保护部颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行管理；
  - 3) 放射源存放在厂区内专用源库中，并设有专人看管和安保监控；
  - 4) 使用放射源的作业区范围内设置警示区和警戒线，防止有人误入控制区；
  - 5) 探伤操作人员佩戴个人剂量计和报警器，监控工作过程中个人所受辐射剂量。现场配备一台巡检仪，监控放射性工作场所的剂量水平。
- 核电厂建设施工阶段，将涉及多种化学物质的使用。在施工时，应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。

### （4）固体废弃物管理

建设单位将制定严格的施工环境管理规定，对不同类别的施工垃圾和生活垃圾按分类进行处理。施工垃圾中不可回收利用的无毒无害废弃物运至建设单位指定的临时废弃物堆放场，可回收利用废弃物应尽量回收再利用；有毒有害废弃物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）设置专门的危废贮存仓库，定期交由有资质单位处理或者由供应商回收进行处理。

通过采取上述措施，使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。

## 5.3.2 减少海洋环境影响的措施

陆丰核电 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，建议采取的措施如下：

- 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。
- 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、生活和生产垃圾等废物集中收集，靠岸后交陆域处理，严

禁排放入海。

- 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。
- 本项目所在海域的经济鱼类的产卵期主要集中在 3~5 月，而农业部规定项目所在海域的幼鱼幼虾保护区禁渔期也为 3~5 月，因此项目在 3~5 月应尽量避免海上施工，从而尽最大限度地减少项目对渔业资源的影响。
- 厂区雨污分流，禁止生活污水乱排或未经处理直接排海，加强对污水处理系统的维护管理，定期监测出水口水质，确保污水达标后回用。
- 场地冲洗、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，做到不外排。

### 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，实现工程建设和环境的协调发展。

施工期环境监测包括陆域环境监测和海域环境监测，将贯穿整个施工期间。目前，建设单位已经委托了珠江水利委员会珠江水利科学研究院开展陆域环境监测，于施工期开始后定期进行厂区及附近的环境质量监测，跟踪环境质量变化，及时反馈环境信息。

#### 5.3.3.1 陆域环境监测

##### （1）陆域环境监测方案

根据珠江水利委员会珠江水利科学研究院编制的陆域环境监测方案，给出了陆丰核电 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（SO<sub>2</sub>）、二氧化氮（NO<sub>2</sub>）、一氧化碳（CO）、细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）、总悬浮颗粒（TSP）和可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）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和施工区的无组织排放监测。监测频次为每季度一次，数据有效性应满足 GB3095-2012 和 GB16297-1996 等的相关要求。

- ✓ 噪声监测项目为等效连续 A 声级  $L_{eq}$ ，监测布点包括进厂道路周边、前期厂区内、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、 $BOD_5$ 、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。

## （2）施工监测结果

### 1) 大气环境

珠江水利委员会珠江水利科学研究院受委托，于 2021 年 07 月对厂区及周围大气环境基本上按照监测方案开展了监测。监测时连续检测 7 日，每日开展 4 个时次的小时平均浓度监测以及日平均浓度监测，小时平均浓度监测污染物项目为  $NO_2$ 、 $SO_2$  和  $CO$ ，日平均浓度监测污染物项目为  $NO_2$ 、 $SO_2$ 、 $CO$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  和  $TSP$ 。此外，监测了无组织排放总悬浮颗粒物（ $TSP$ ）2 天，每天监测 1 次，每次 1 小时。

监测点位分别为：厂前区宿舍楼、LC 办公楼、常规岛土建临建办公楼、厂区陆域边界西面监测点、厂区陆域边界北面监测点、浅澳村和后埔村。

监测结果表明：各个监测点位的  $NO_2$ 、 $SO_2$  和  $CO$  的小时平均浓度全部满足 GB3095-2012 二级浓度限值要求， $NO_2$ 、 $SO_2$ 、 $CO$ 、 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{10}$  和  $TSP$  的日平均浓度监测中全部满足 GB3095-2012 二级浓度限值要求，无组织排放的  $TSP$  也满足《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限值要求。可以认为，陆丰核电 5、6 号机组施工期间采取的减少大气环境影响的措施是得当的。

### 2) 噪声环境

珠江水利委员会珠江水利科学研究院受委托，于 2021.07 月对厂区及周围声环境基本上按照监测方案开展了监测。噪声监测时连续监测 2 日，每日昼夜均测量两个时次结果。

噪声监测时共布设 10 个监测点位：本项目陆域边界的东面、西面、南面和北面，进场道路厂前区宿舍楼边（进场道路边）、砼生产链、CA/CV 楼、LC 办公楼、浅澳

村和后埔村。

监测结果表明：陆丰核电 5、6 号机组施工期间，厂区陆域边界东、南、西、北面等环境噪声均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的场界环境噪声标准限值（夜间 55dB（A），昼间 70dB（A））；主要运输道路沿线（进场道路厂前区宿舍楼边）监测结果满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类标准限值（夜间 55dB（A），昼间 70dB（A））；浅澳村和后埔村个别时段的噪声（超标率 25%）超过了《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 1 类标准限值（夜间 45dB（A），昼间 55dB（A））。

可见，通过加强施工期间噪声的治理及管理，本项目施工期间噪声对周围环境影响较小，但还需要加强噪声管理，对于可能影响到声环境敏感点的项目，合理安排施工进度，严格控制夜间施工过程。

#### 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。

在陆丰核电厂一期工程建设期间，已委托相关单位对厂址附近的海域环境进行了监测，本项目为陆丰核电厂拟建设的 5、6 号机组，在施工期同样进行海域环境监测，并持续到工程施工结束，以下为本期海工工程监测方案。在本期海工工程施工监测之前，监测单位将根据本工程的建设特点、并结合国家有关法规和导则要求制定详细的监测大纲，并经评审认定后实施。

施工期海域环境监测分为海水水质、海洋沉积物以及海洋生态三部分，具体如下：

✓ 水质环境质量监测计划。

- 监测站位：布设 14 个水质监测站位；
- 监测项目：水深、水温、透明度、pH、溶解氧、化学需氧量、盐度、浑浊度、活性磷酸盐、铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐、石油类、悬浮物、锌、镉、铅、铜、总铬、总汞、砷；
- 监测频率：在施工开始前采样监测一次；施工期间，每个季度采样监测一

次；工程完工后一个月进行施工期监测最后一次采样。

✓ 沉积物环境质量监测计划

- 监测站位：布设 8 个监测站位；
- 监测项目：粒度、pH、硫化物、石油类、有机碳、锌、镉、铅、铜、总铬、总汞、砷；
- 监测频率：在施工开始前采样监测一次；施工期间，每个季度采样监测一次；工程完工后一个月进行施工期监测最后一次采样。

✓ 海洋生态环境监测计划

- 监测站位：布设 8 个监测站位；
- 监测项目：浮游植物、浮游动物、叶绿素 a 与初级生产力、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼等；
- 监测频率：在施工开始前采样监测一次；施工期间，每个季度采样监测一次；工程完工后一个月进行施工期监测最后一次采样。

### 5.3.4 水土保持监测

陆丰核电 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》（2021 年 1 月），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。

#### （1）监测范围

建设期水土保持监测范围包括工程建设征占、使用和其他扰动区域，与水土流失防治分区一致，为主厂区、边坡及排洪工程区、附属设施区、施工生产区、海工区、保留区等 6 个监测分区。

#### （2）监测内容及方法

扰动土地情况监测：实地量测监测频次应不少于每季度 1 次；临时堆放场监测频次不少于每月监测记录 1 次。

水土流失情况监测：土壤流失面积监测应不少于每季度 1 次。土壤流失量应不少于每月 1 次，遇暴雨、大风等应加测。

水土保持措施监测：工程措施及防治效果不少于每月监测记录 1 次；临时措施不

少于每月监测记录 1 次。

监测方法以调查和查阅资料为主，结合巡查和遥感监测、视频监控等动态监测手段。

### （3）监测点位

监测时段从即日开始至设计水平年结束，即至 2028 年 12 月，监测时同时开展回顾性调查监测。

施工期共选定 11 个监测点，主厂区布设 3 个监测点，边坡及排洪工程区 2 个监测点，附属设施区 3 个监测点，施工生产区 3 个监测点。1~3#监测点布设在厂区排水沟出口沉沙池处，4~5#监测点分别布设在挖方边坡和填方边坡坡脚，6~7#监测点布设在附属设施区临时排水沟沉沙池处，8#监测点布设在附属设施区环境实验室附近的绿化区域，9~10#监测点布设在施工生产区临时排水沟沉沙池处，11#监测点布设在施工生产区表土堆放场坡脚。

### （4）水土流失防治措施

建设单位在施工过程严格按照《广东陆丰核电 5、6 号机组项目水土保持方案报告书》（2021 年 1 月）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、综合治理”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。各水土保持防治区采取的水保措施主要有：

1) 主厂区：场平期，沿区域外边界布设临时排水沟，并配套沉沙池，出口接场地已有排水系统，临时堆土坡脚布设装土草袋挡墙；施工过程中在厂内主要道路两侧布设临时排水沟，排水沟转角及出口设临时沉沙池；建构筑物基坑周边地表布设临时排水沟，并与道路侧临时排水沟连接；裸露地表采用土工布苫盖，临时堆土坡脚布设装土草袋拦挡；施工后期沿厂内道路和建筑物周边设置雨水管并顺接至厂区周边排水沟。施工结束后主厂房附近空地采用砾石压盖。

2) 边坡及防排洪工程区：场平期沿本区布设临时截水沟，拦截上游汇水经沉沙

后排入海域，场平完工后，优先修建本区排洪沟，用于场地排水，施工期裸露边坡覆盖土工布，填方坡脚设编织土袋挡墙；坡顶截水沟先行开挖，施工期可用作临时排水沟，后期衬砌，排水出口设置沉沙池，并顺接至周边水系。边坡施工后期，布设坡面排水沟及跌水、沉沙池，挖方边坡坡面喷混植生绿化、平台及坡顶空地撒播草籽绿化，填方边坡铺植草皮防护。

3) 附属设施区：施工过程中沿场地四周布设临时排水沟，排水沟转角及出口设临时沉沙池；建构筑物基础施工期，建筑桩基施工设置泥浆沉淀池，针对基坑回填土布设编制土袋拦挡、土工布苫盖措施；施工后期，针对建筑周边空地布设园林绿化措施；沿区内道路和建筑物周边设置雨水管，将雨水排至前期排水系统，最终汇入大海。

4) 施工生产区：场平期，沿外边界布设排水沟并配套沉沙池，排水接入前期临时排水系统，针对适合区域进行表土剥离，并在该区集中堆存，表土堆放场地四周布设砖砌拦挡，顶面铺土工布苫盖并撒播草籽绿化措施，场平形成的临时边坡采用喷混植生进行边坡防护；施工期，沿施工道路一侧设置临时排水沟，排水沟转角及出口设临时沉沙池，临时排水沟接入边界排水沟最终将汇水排出场外。施工结束后该区域转为下期工程施工场地继续使用。

5) 海工区：本期新建取水导流堤出露海水面以上部分，占地现状为海域，无需设置水土保持措施。

6) 保留区：本区域本期工程不扰动，现状为林地，无需布设水土保持措施。

此外，本项目施工时，建设单位将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。

### 5.3.5 生产和生活废物

#### (1) 生活垃圾

类比其他类似电厂经验，5、6 号机组施工期间危险固废主要为废油漆桶，年产生量约 12000 只左右；废油，年产生量约 400kg 左右；酸洗钝化废液，年产生量约 5t 左右。上述危险废物由建设单位委托有相应资质的单位统一处置。

类比国内同类核电厂建设过程，施工期生活垃圾年产生量约 100t 左右，由当地

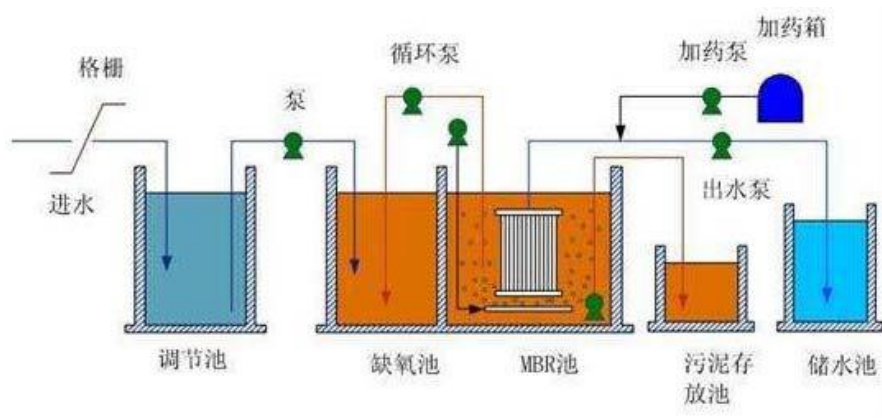
环卫部门定期外运填埋处置。

### （2）生活污水

根据建设单位提供的资料，高峰期项目施工人员不超过 8000 人。对于施工人员，参照《建筑给水排水设计规范》(GB 50015-2019)，用水定额取 50L/(人.d)，则施工期用水总量为 400m<sup>3</sup>/d。污水按照给水的 85%考虑，则污水产生量为 340m<sup>3</sup>/d。生活污水中主要污染物为 COD：500mg/L，SS：220mg/L，动植物油：100mg/L。本工程施工期生活污水经处理达标后全部回用。

根据本工程施工进展的人员进场数量和时间，分阶段建设 2 套处理能力为 200m<sup>3</sup>/d 的一体化污水处理系统，每套污水处理设备配套建设中水回收利用系统，污水处理后全部回收用于绿化、道路冲洗，不排放。在 FCD 前施工区污水量较少，采用抽排外运作为村民的农家肥处理，污水量增加到 40m<sup>3</sup>/d 时，建设投用 1 套一体化污水处理系统，不便于敷设污水管的区域污水通过吸粪车抽排至污水处理系统。

本工程拟建设的一体化污水处理系统采用一体化智能（MBR）净化成套设备，工艺流程如下，一套拟建在中建二局钢筋加工场东北角，另一套暂定在 5、6 号机北侧的临建区中心。MBR 工艺如下：



本工程施工期预计产生污水量为 340m<sup>3</sup>/d，两套一体化污水处理系统设计处理量为 400m<sup>3</sup>/d，因而，预计污水处理站可以满足本工程现场施工人员产生的污水处理需求。处理后的废水或者回用于厂区绿化和地面冲洗等。回用时废水执行《城市污水再生利用-城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中相对较严格的冲厕、车辆冲洗水的限值要求。

### （3）生产废水

电厂施工期间的施工废水主要为砂石厂、搅拌站生产废水和场地、设备冲洗水，



施工废水经沉淀处理后全部回用作为作业区地面冲洗等用水，不向环境排放。

砂石厂废水主要来自于洗砂、降尘过程，废水污染物为 SS，其中部分废水散落在砂石厂内随空气挥发，部分废水被砂石料携带，收集后的废水通过设置平流式沉淀池进行混凝沉淀处理，上清液回用于生产过程，不外排。搅拌站废水主要来自设备和作业区冲洗废水，废水呈弱碱性，SS 含量较高，可达 3000mg/L。类比国内部分核电施工现场砂石厂及搅拌站运行过程中的废水产生情况，预计本项目在施工期间砂石厂和搅拌站同时运行过程产生的废水约 10~15 吨/天。砂石厂和搅拌站废水为间歇产生，施工高峰期设备及场地冲洗频率约 5~8 次/月。搅拌站作业区设置三级沉淀池和澄清池，废水通过场地四周沟渠汇入沉淀池处理，出水回用于冲洗过程，不外排。

对于施工期由设备维修和车辆冲洗产生的废水，其污染物含有石油类，经隔油沉淀处理后回用，不外排。

表 5.3-1（1/2） 陆丰核电 5、6 号机组施工期陆域环境监测方案

类别		位置	监测指标	采样方法	监测频次	说明
环境空气	环境空气	厂区（LC 楼、常规岛土建临建办公楼边等）、进厂道路周边（厂前区宿舍楼边）、厂区陆域边界（厂址区西面、北面）、浅澳村、后埔村	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 、TSP、PM <sub>10</sub> 、CO	《环境空气质量标准》（GB3095-2012）、《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ/T194-2017）、《环境空气质量手工监测技术规范》第一号修改单（HJ/T194-2017/XG1-2018）	每季度一次，一年四次，每次不少于 7 日	SO <sub>2</sub> 、CO 和 NO <sub>2</sub> 需监测小时浓度和日均浓度，TSP、PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 监测日均浓度
	无组织排放	施工区域上风向（参照点）和下风向（监控点），可结合监测时风向调整	TSP、PM <sub>10</sub>	《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）和《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000）》	每季度一次，每次两日，一年四次，每日 1 次	监测连续 1 小时浓度均值。监测点位根据现场施工情况确定。
生活废水		施工区污水处理站的进水口、出水口	流量、pH、色度、浊度、BOD <sub>5</sub> 、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	《水质 采样技术指导》（HJ494-2009）和《城市污水再生利用-城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）	每季度一次，一年四次，每次不少于 2 天	施工区污水处理站暂未投入使用，水质监测从污水处理站投入使用之日起开始执行。
噪声	进厂道路周边	厂前区宿舍楼边、砼生产链旁等	Leq（A）	《建筑施工场界噪声测量方法》（GB12523-2011）、《声环境质量标准》（GB3096-2008）	每季度一次，一年四次，每次不少于 2 天	后续可根据现场情况适当调整点位

表 5.3-1（2/2） 陆丰核电 5、6 号机组施工期陆域环境监测方案

	类别	位置	监测指标	采样方法	监测频次	说明
噪 声	厂区内（施工影响区）	LC 办公楼、CA/CV 楼等	Leq（A	《建筑施工场界噪声测量方法》（GB12523-2011）、《声环境质量标准》（GB3096-2008）	每季度一次，一年四次，每次不少于 2 天	后续可根据现场情况适当调整点位
	厂区陆域边界	厂区陆域边界监测点（项目东、南、西、北边界各布置一个监测点）				
	应急道路监测点	上林村				
	项目周边敏感点	浅澳村、后埔村				

表 5.3-2 陆丰核电 5、6 号机组施工期海域环境监测方案

类别	位置	监测指标	监测方法	频次
水质	布设 14 个水质监测站位	水深、水温、透明度、pH、溶解氧、化学需氧量、盐度、浑浊度、活性磷酸盐、铵盐、硝酸盐、亚硝酸盐、石油类、悬浮物、锌、镉、铅、铜、总铬、总汞、砷	《海水水质标准》（GB3097-1997）、《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）、《海洋监测规范》（GB17378.3-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763.4-2007）、《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2020）、《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》	在施工开始前监测一次；施工期间，每个季度监测一次；工程完工后一个月进行施工期最后一次监测
沉积物	布设 8 个监测站位	粒度、pH、硫化物、石油类、有机碳、锌、镉、铅、铜、总铬、总汞、砷		
海洋生态环境	布设 8 个监测站位	浮游植物、浮游动物、叶绿素 a 与初级生产力、底栖生物、潮间带生物、鱼卵仔鱼		

## 第六章 电厂运行的环境影响

### 6.1 散热系统运行的影响

### 6.2 正常运行的辐射影响

### 6.3 其它影响

### 6.4 初步退役计划

## 6.1 散热系统运行的影响

### 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

### 6.1.4 参考资料

表

表 6.1-1 不同排水口位置时取水温升变化（℃）

表 6.1-2 不同排水口位置时温排影响面积变化（℃）

表 6.1-4 电厂正常运行时的取水口温升（℃）

表 6.1-5 半月潮最大温升包络面积

## 6.1 散热系统运行的影响

陆丰核电 5、6 号机组拟建设两台百万千瓦核电机组，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。两台机组的温排水流量为  $139\text{m}^3/\text{s}$ ，温升约为  $7.2^\circ\text{C}$ 。

### 6.1.1 散热系统方案

#### 6.1.1.1 取水方案

陆丰核电厂在工程前期阶段已经开展了众多取排水方案研究工作，并获得了丰富的工程设计经验。核电厂原规划 6 台 AP1000 核电机组，1~6 号机组共用一期工程的取水明渠，5、6 号机组取水拟在 3、4 号泵房末端设置取水头部构筑物，再通过暗涵输水至泵房前池，最后分开接往相应的泵房前池。目前取水导流堤已经按照 AP1000 机型需求建设完成。由于 5、6 号机组调整为华龙一号技术方案，原一期规划取水方案存在取水构筑物设计标准不满足核安全要求、取水流速不满足设计要求、围堰拆除危及核安全、不满足冷源防护设施设计要求等问题，因此采用共用原一期取水明渠不具有可行性，有必要新建取水口。

在核电厂 5、6 号机组取水方案研究和优化过程中，从保障取水安全，提升冷源安全防护能力，保障核安全角度，针对已建成的重件码头的东西两侧开展方案比选阶段。

码头西侧取水方案分为全明渠独立取水方案和“明渠+暗涵”、“港池+暗涵”取水方案 3 类方案，由于上述方案均无法满足冷源安全需求，因此，码头西侧不作为本项目新建取水口布置的推荐区域。

码头东侧取水方案分为全明渠取水方案和陆域暗涵取水方案，其中陆域暗涵取水方案又分为“小港池+暗涵”（方案一）和“大港池+暗涵”（方案二）两个独立取水子方案。码头东侧全明渠取水方案波稳条件不满足设计要求，陆域暗涵两个方案在暗涵结构、冷源防护基础条件及泥沙淤积等方面一致，均满足冷源安全需求，方案一占用海域面积相对较小，对水动力和冲淤环境的影响小于方案二。

因此，将码头东侧“小港池+暗涵”取水方案作为取水推荐方案。

码头东侧“港池+暗涵”独立取水方案在码头东侧设置取水构筑物，然后通过 3

条取水暗涵引水至 5、6 号机组的泵房前池，暗涵内径 8m，单洞长约 500m。在码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。另外将已建 1~4 号机组取水口导流堤适当延长，对主浪向进行必要的掩护，尽量保证相对平稳的拦污网运维条件，第 1 道网兜处 6 级不利风向下波高约为 1m，满足冷源防护运维基本要求。最终形成口门垂直等深的取水港池，新增导流堤长约 726.5m。

#### 6.1.1.2 排水方案

陆丰核电厂所在海域水深条件较好，5、6 号机组的温排水适宜采用离岸深排方案，利用深水区冷水以及强潮流作用加速掺混减少温升影响范围。

排水方案比选分 2 阶段：第 1 阶段是排水距离比选，第 2 阶段是隧洞洞型比选。

##### 1) 第 1 阶段：排水距离比选

5、6 号单独运行，沿设计轴线选取-12m、-14m、-16m 和-17m（轴线最南端）等深线位置排水口方案进行计算，计算条件为夏季半月潮。

不同水深方案时最大和平均取水水温升统计见表 6.1-1。可以看出，水深越浅，排水口距离取水口越近，取水水温升越大。不同水深方案夏季半月潮表层最大温升包络线面积统计见表 6.1-2。可以看出，随水深变浅温升影响范围逐渐增大。

排水口距离取水口越近，取水水温升越大，从取水水温升角度，推荐水深-17m 处作为排放口。根据温升数值模拟结果，水深越深温升的影响范围越小，对海洋环境的影响越小，由于水深大于-17m，则 1℃温升范围南侧将超过环境功能区划范围，因此，水深-17m 作为排水口既满足海洋功能区划的要求又满足近岸环境功能区划的水质要求。综上，将排水口设置在水深-17m 处作为推荐方案。

##### 2) 第 2 阶段：隧洞洞型比选

根据排水洞径大小，暗排方案可采用沉管和隧洞两种方案，排水构筑物平面布置总体考虑四种方案：方案 1 一机一洞呈直线布置方案、方案 2 一机一洞呈灯泡型布置方案、方案 3 两机一洞呈直线布置方案和方案 4 沉管方案。

综合对环境的影响、工期、工程造价以及检修条件，排水方案 1 和方案 3 相对优于方案 2 和方案 4。由于核电 60 年寿期内需要为排水隧洞提供一定的检修条件，一机一洞具备切换重要厂用水排水的条件和隧洞检修的基础条件，而两机一洞不具备。综上，将一机一洞呈直线布置方案作为推荐方案。



一机一洞呈直线布置方案以排水虹吸井后端为起点边界，自虹吸井向外海布置。排水隧洞长度约为 2.4km，隧洞过水断面直径 5.50m，终点位置设置多点式排水头。隧洞内径 5.5m。

## 6.1.2 散热系统对水体的物理影响

### 6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

根据《广东陆丰核电厂 5、6 号机组泥沙数值模拟专题研究报告》，基于陆丰核电 5、6 号机组推荐的取排水方案，专题单位采用二维泥沙数学模型对 5、6 号机组单独运行工况下的水流和泥沙淤积进行模拟计算。结果分析表明：

近岸水流受岸线控制，基本与岸线平行。重件码头防波堤和取水导流堤突出岸线，形成了新的岸线边界。涨落潮主流区位于重件码头防波堤和取水明渠导流堤外缘，重件码头防波堤掩护下，西北方形成新的岬湾。涨潮时，主流贴取水港池南导流堤外缘上涨至取水港池口门位置，由于取水引流作用，涨潮流分离成两股，一股进入取水港池。另一股沿取水导流堤继续上涨至重件码头防波堤头，在重件码头防波堤掩护区的港池水域形成回流。最高最低潮位时，外海流速极小，取水引流作用下，取水口附近水体被吸入取水明渠至取水前池。落潮时，落潮流在取水明渠导流堤头分成两股，一股贴导流堤外缘，一股进入取水港池。5、6 号机组单独取水时，取水港池口门至 5、6 号机组取水口之间形成明显的主流区，取水引流作用明显，取水港池口门位置涨落潮流速 0.05-0.35m/s，5-6 号机组取水港池内涨落潮流速 0.05-0.10m/s，而 1-4 号机组取水港池内涨落潮流速近乎静水，流速在 0.05m/s 以内。

在一期基础上，建设 5、6 号取水防波堤并把一期取水防波堤延伸，形成大环抱式取水港池后，工程建设的影响主要局限于工程附近很小范围内，取水港池内由于取水引流作用。流速略有增加，最大增幅 0.2m/s，防波堤掩护区内流速减小，最大减小 0.3m/s。说明在一期工程基础上建设 5、6 号取水防波堤工程，对周围水动力影响很小。

泥沙冲淤分析：5-6 号机组运行时，悬沙在取水引流作用下进入港池口门后，只有 5、6 号机组取水至 5、6 号取水口，1-4 号机组取水港池和明渠基本为静水区。水流在港池口门形成更大回流区，淤积强度略有增大，口门区最大淤强约 0.06m/a，淤积量约 0.35 万 m<sup>3</sup>。5、6 号机组取水港池由于两台机组取水，港池流速较小，泥沙淤积略有增

大，最大淤强约 0.04m/a，淤积量约 0.28 万 m<sup>3</sup>。1-4 号机组取水港池和明渠基本为静水区，最大淤强约 0.04m/a，淤积量约 0.25 万 m<sup>3</sup>，主要淤积在口门弱流区。总回淤量约 0.88 万 m<sup>3</sup>。在重件码头区域，进港航道位于防波堤外侧，水流流速较大，航道水深与工程前自然水深相近，泥沙基本不发生沉降。防波堤后港池水域，略有淤积，平均淤强 0.02m/a，回旋水域最大淤强 0.05m/a，整个重件码头港池航道淤积量 0.25 万 m<sup>3</sup>。取水量变化对重件码头区域港池航道淤积基本无影响。

综上，电厂散热系统对海域的流场影响及泥沙冲淤的影响是有限的。

### 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已于 2021 年开展陆丰核电 5、6 号机组单独运行时厂址附近海域三维温排水输移扩散数值模拟。本节将根据相关成果进行描述。

#### （1）模拟方法

数值模拟采用三维潮流数学模型，基于三维不可压缩的雷诺平均 Navier-Stokes 方程，给出的三维浅水方程。连续方程和动量方程分别为：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} + \frac{\partial h\omega}{\partial \sigma} = hS \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} + \frac{\partial h\omega u}{\partial \sigma} = \\ fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{hg}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \frac{\partial \rho}{\partial x} d\sigma + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_t}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial h\omega v}{\partial \sigma} = \\ -fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{hg}{\rho_0} \int_{\sigma}^0 \frac{\partial \rho}{\partial y} d\sigma + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{v_t}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S \end{aligned} \quad (3)$$

$$\omega = \frac{1}{h} \left[ w + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma \left( \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} \right) \right] \quad (4)$$

其中  $\sigma = (z - \eta) / D$  为地形相对坐标，其中  $\sigma = -1$  代表床面， $\sigma = 0$  代表自由表面； $u, v$  为水平方向流速； $\omega$  为  $\sigma$  坐标系下的垂向流速； $w$  为垂直坐标系下的垂向流速；

$\partial\rho/\partial x$  为由密度梯度引起的斜压项； $f$  为科氏力系数； $\nu_t$  为垂向紊动粘性系数。

紊流模型采用 K- $\varepsilon$  模型，其控制方程如下：

$$\frac{\partial hk}{\partial t} + \frac{\partial huk}{\partial x} + \frac{\partial hvk}{\partial y} + \frac{\partial h\omega k}{\partial \sigma} = hF_k + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{\nu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \sigma} \right) + h(P + B - \varepsilon) \quad (5)$$

$$\frac{\partial h\varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial hu\varepsilon}{\partial x} + \frac{\partial hv\varepsilon}{\partial y} = hF_\varepsilon + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma} \right) + h \frac{\varepsilon}{k} (c_{1s}P + c_{3s}B - c_{2s}\varepsilon) \quad (6)$$

$$h(F_k, F_\varepsilon) = h \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( D_{hx} \frac{\partial}{\partial x'} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_{hy} \frac{\partial}{\partial y'} \right) \right] (k, \varepsilon) \quad (7)$$

三维温度运输方程为：

$$\frac{\partial h\Delta T}{\partial t} + \frac{\partial hu\Delta T}{\partial x} + \frac{\partial hv\Delta T}{\partial y} + \frac{\partial hw\Delta T}{\partial \sigma} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \frac{D\nu}{h} \frac{\partial \Delta T}{\partial \sigma} \right) + h\hat{H} + h\Delta T_s S \quad (8)$$

$$F_T = \left( \frac{\partial}{\partial x} (D_h \frac{\partial}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_h \frac{\partial}{\partial y}) \right) \Delta T \quad (9)$$

温度控制方程在水面边界满足以下条件： $D_h \frac{\partial T}{\partial \sigma} = \frac{KT}{\rho_o c_p}$

其中， $\Delta T$  为水体的温升， $F_T$  为水平扩散项， $\Delta T_s$  为源汇项的量， $S$  为源汇项。

## （2）主要参数

### 1) 粗糙高度 $k_s$

经率定，潮流模拟中底床粗糙高度  $k_s$  取为 0.01m。

### 2) 风速

风是影响温排水扩散的重要因素之一。根据海域风况统计，按照典型潮验证时风场作为计算时的风力条件。

### 3) 水面综合散热系数

温度控制方程在水面边界满足以下条件： $D_h \frac{\partial T}{\partial \sigma} = \frac{KT}{\rho_o c_p}$ ，需要确定水面综合散热系数  $K$ 。水面综合散热系数采用“冷却水工程水力、热力模拟技术规程（SL 160-2012）中公式计算确定。利用当地水文气象资料，计算得到工程海域冬季和夏季的水面综合散热系数分别为  $40.9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$  和  $51.2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

$$K = (b + k)\alpha + 4\sigma(T_s + 273)^3 + (80(1 + km) / \alpha) (b\Delta T + \Delta e) \quad (10)$$

$$\alpha = (22.0 + 12.5v^2 + 2.0\Delta T)^{1/2}$$

$$\Delta T = T_s - T_a$$

$$\Delta e = e_s - e_a$$

$$k = \frac{\partial e_s}{\partial T_s}$$

$$m = \frac{0.378}{P} (T_s + 273)$$

式中： $\alpha$ —水面蒸发系数 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ )

$K$ —水面综合散热系数 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ )

$B$ —可取  $0.66 \frac{P}{1000}$  ( $\text{hPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ )

$P$ —水面以上 1.5m 处大气压 (hPa)

$v$ —水面以上 1.5m 处的风速 (m/s)

$\varepsilon$ —水面辐射系数，可取 0.97

$\sigma$ —Stefan-Boltzman 常数， $\sigma = 5.7 \times 10^{-8}$  ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-4}$ )

$T_a$ —水面以上 1.5m 处的气温 ( $^\circ\text{C}$ )

$T_s$ —水面水温 ( $^\circ\text{C}$ )

$e_s$ —水温为  $T_s$  时的相应水面饱和水汽压 (hPa)

$e_a$ —水面以上 1.5m 处的水汽压 (hPa)

#### 4) 扩散系数

水体扩散系数是温排水模计算的关键性参数，通常温排水的扩散和输移与水流运动有关，本模型采用 smagorinsky 公式进行计算：

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (11)$$

式中， $c_s$  为常数，取值 0.25~1.0， $S_{ij}$  采用下式计算

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (i, j = 1, 2) \quad (12)$$

对于垂直方向的扩散系数，考虑浮力影响。

$$\nu_t = (1 + aRi)^{-b} C_\mu K^2 / \varepsilon \quad (13)$$

式中， $a$ 、 $b$  为常数，分别取值 10 和 0.5（实验资料得到）。 $Ri$  为 Richardson 数，由下式表示，

$$R_i = -\frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z} \left[ \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right]^{-1} \quad (14)$$

其中水体密度  $\rho$  为温度的函数。

### （3）水文条件

计算水文条件包括数学模型验证计算所需的实测水文条件和温排水影响预测计算所需的典型水文条件。

利用原型观测水文资料作为水流数学模型验证的水文条件，根据国家海洋局南海技术调查中心针对所在海域进行的夏、冬季全潮水文原型测验，选取以下实测水文条件：

- 冬季大潮：2019 年 1 月 22 日～23 日；
- 冬季小潮：2019 年 1 月 28 日～29 日；
- 夏季大潮：2019 年 7 月 16 日～17 日；
- 夏季小潮：2019 年 7 月 10 日～11 日。

温排水影响预测计算则选取 2019 年 1 月和 7 月的半月潮水文条件。

### （4）计算区域

陆丰核电工程所在海域较为复杂，附近有碣石湾、红海湾等海湾，岸线也比较曲折复杂，根据研究内容、任务要求以及工程区域地形条件，同时为了较好地满足水流、泥沙运动相似，数学模型计算范围包括整个碣石湾和部分红海湾等。东侧位于甲子港以西，西侧位于遮浪以西汕尾附近，外海至-40 米水深处。

模型计算域网格剖分，依地形变化的剧烈程度及计算区域的重要性差异采用不等距网格，在工程附近网格有所加密，网格尺度最大 1500m，最小 50m。垂向采用 Sigma 坐标根据水深分为 6 层，分别为 0.1H（底层）、0.2H、0.4H、0.6H、0.8H、1.0H（表层），H 表示实际水深。

### （5）模型验证

结合 2019 年水文原型观测资料，温排水三维数值模拟过程对冬夏两季大、中、小潮潮位、流速流向均进行了验证。

在潮流验证时，模型采用实测期间的风速、风向值。验证结果表明：潮位计算值与实测值吻合较好，流速流向计算值与实测值整体吻合度较好，小潮期间和表层由于受冬、夏季季风和热带气旋影响，以及工程海域水动力条件复杂，导致部分点位偏差较大，但整体变化趋势与实测结果基本保持一致。总体上，数学模型计算的潮流场基本能够反映海区的海流特征。

## （6）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 6.1-4 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：在该取排水方案下，夏季半月潮下的最大取水温升为  $0.88^{\circ}\text{C}$ ，平均取水温升为  $0.16^{\circ}\text{C}$ ；冬季半月潮下的最大取水温升为  $0.35^{\circ}\text{C}$ ，平均取水温升为  $0.08^{\circ}\text{C}$ 。

### （ii）温升等值线包络面积

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面积见表 6.1-5。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。 $2^{\circ}\text{C}$  温升以上总体表现为温升包络线面积底层最大表层最小。 $2^{\circ}\text{C}$  以下温升包络线面积分层特征为表层  $>$  底层  $>$  中层。由于排放口附近海域水深条件好，电厂高温升区基本局限于受纳海域水体底部，温升也仅局限于排放口附近区域。

数模半月潮最大温升包络线面积最大值为：

- $1^{\circ}\text{C}$  温升面积夏季为  $5.10\text{km}^2$ （表层），冬季为  $5.74\text{km}^2$ （表层）；
- $2^{\circ}\text{C}$  温升面积夏季为  $0.45\text{km}^2$ （底层），冬季为  $0.49\text{km}^2$ （底层）；
- $3^{\circ}\text{C}$  温升面积夏季为  $0.06\text{km}^2$ （底层），冬季为  $0.09\text{km}^2$ （底层）；
- $4^{\circ}\text{C}$  温升面积夏季为  $0.03\text{km}^2$ （底层），冬季为  $0.03\text{km}^2$ （底层）。

## （7）近岸海域环境功能区相符性评价

根据《广东省人民政府关于同意调整汕尾市部分近岸海域环境功能区划的批复》（粤府函[2013]127 号），陆丰核电厂附近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；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；陆丰核电厂冷却水排污稀释混合区（406-1），在该区域内，

电厂温排水将除温升不执行水质标准外外，其他指标均将执行 GB3097-1997 中三类海水水质标准要求。根据《海水水质标准》（GB3097-1997），海水水质一类和二类“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“人为造成的海水温升不超过当时当地的 4℃”。

5、6 号机组采用离岸深排后的夏季半月潮最大 1℃温升外包络范围和冬季半月潮最大 2℃温升外包络范围均位于三类功能区内，温升包络线面积为 5.3km<sup>2</sup>，4℃温升区仅局限排放口区域，5、6 号机组排放口 4℃温升包络面积分别为 0.015 km<sup>2</sup> 和 0.013km<sup>2</sup>，排放口位于三类功能区内但不在排污混合区内，因此，尚不完全满足厂址附近近岸海域环境功能区划的管理要求。

#### （8）海洋生态红线相符性评价

厂址半径 15km 内海域共涉及四处海洋生态红线区以及两处自然岸线，四处海洋生态红线区距离 5、6 号机组均在 7km 以上，温升包络范围也不涉及海洋生态红线区，因此，本工程温排水不会对海洋生态红线区造成影响。另外，厂址相邻的自然岸线有两处，分别是位于厂址西侧的浅澳港和位于厂址东侧的湖东港，两处自然岸线对温升没有管理要求。综上，本工程温排水方案对海洋生态红线区和自然岸线均没有影响。

### 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头部、拦污栅、鼓形滤网、水泵、冷凝器、虹吸井和排水暗管等部分。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 5、6 号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，陆丰核电 5、6 号机组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。

电厂取水工程主要包括：取水港池、取水构筑物、取水暗涵、泵房前池、联合泵房。其中，在取水港池设置 1 道口门自洁网及隔油栅、2 道机械网兜、1 道安全网；在取水构筑物内设置粗格栅、板框滤网，在联合泵房内设有细格栅、鼓形滤网，鼓型滤网过滤后的出水供给各用水系统。

本工程取水口平均流速按 0.2m/s 设计，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回游路线，初步估计取水造成的卷载、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 5、6 号机组运行过程中，其循环冷却水经厂址东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  $35^{\circ}\text{C}$  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  $32^{\circ}\text{C}$ ，因此，估计在电厂温排水  $3^{\circ}\text{C}$  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，温排水造成  $3^{\circ}\text{C}$  温升的影响仅限于在排放口极小范围区域，在夏季半月潮表层温升面积最大不超过  $0.01\text{ km}^2$ （表 6.1-5）。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金线鱼、带鱼和真鲷等。其中，金线鱼适温范围为  $5\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，带鱼的适温范围为  $20\sim 29^{\circ}\text{C}$ ，真鲷适温范围为  $20\sim 28^{\circ}\text{C}$ 。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  $25\sim 33^{\circ}\text{C}$  的驯化温度下，黑鲷、平鲷和细鳞刺的起始致死温度分别为  $34.96\sim 36.42^{\circ}\text{C}$ ， $34.78\sim 35.62^{\circ}\text{C}$  和  $38.76\sim 39.39^{\circ}\text{C}$ 。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  $35^{\circ}\text{C}$  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℃，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℃温升区域内。根据已开展的温排水模拟成果，温排水造成 3℃温升的影响范围小，仅限于在排放口极小范围区域，在夏季半月潮温升面积最大不超过 0.06km<sup>2</sup>，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℃。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℃的驯化温度下，翡翠贻贝的起始致死温度为 34.55~36.04℃。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℃，当容纳水体温升超过 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，温排水造成底层 3℃温升的影响仅限于在排放口极小范围区域，在夏季半月潮温升面积最大不超过 0.06km<sup>2</sup>。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冬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，温排水造成整个海域内 4℃温升的影响范围极小，不超过 0.03km<sup>2</sup>，预计温排水对甲壳类影响是非常有限的。

#### 6.1.3.2.2 温排水对海水养殖的影响

陆丰核电 5、6 号机组厂址半径 15km 范围内没有海水养殖，且电厂采用隧洞离岸深排方式，排放口离岸超过 2km。电厂温排水对厂址附近海域内的温升影响较小，因此，温排水对厂址附近海水养殖没有影响。

#### 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存在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鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区。

碣石湾海马资源自然保护区位于田尾山以南海域，厂址 S~SSE 方位约 20~30km；遮浪角东海洋生态自然保护区位于遮浪角东北部海域，厂址 WSW 方位约 27km；遮浪汇聚流海洋生态系统保护区为省级保护区，位于遮浪南部海域，厂址 WS 方位约 40km；汕尾碣石湾鲷鱼长毛对虾国家级水产种质资源保护区位于粤东汕尾市碣石湾内，厂址 WNW 方位约 17~21km。上述自然保护区均位于厂址半径 15km 以外，远离电厂温排水 1℃温升包络区，预计电厂温排水不会对保护区内海洋生物及其栖息环境造成不良影响。

此外，陆丰核电厂厂址半径 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“三场一通”造成影响。

#### 6.1.4 参考资料

[1]. 国家海洋局南海调查技术中心，陆丰核电厂一期工程海域冬、夏季全潮观测报告，

2019 年 11 月。

[2]. 苏州热工研究院有限公司，厂址区域环境特征及外部人为事件调查报告，2019 年 11 月。

[3]. 南京水利科学研究院，广东陆丰核电厂 5、6 号机组泥沙数值模拟专题研究，2020 年 2 月。

[4]. 南京水利科学研究院，广东陆丰核电厂三维温排数值模拟专题研究报告，2021 年 1 月。

[5]. 国家海洋环境监测中心，广东陆丰核电 5、6 号机组海域使用论证报告书，2020 年 1 月。

表 6.1-1 不同水深方案最大和平均取水温升（℃）

方案	气象条件	水深	取水温升	
			最大	平均
5、6 号机组单独运行	夏季半月潮	-12m	1.76	0.53
		-14m	1.34	0.31
		-16m	1.03	0.19
		-17m	0.80	0.15

表 6.1-2 不同水深方案表层最大温升包络线面积（km<sup>2</sup>）

方案	气象条件	水深	温升等值线包络面积（km <sup>2</sup> ）			
			4℃	3℃	2℃	1℃
5、6 号机组单独运行	夏季半月潮	-12m	<0.01	0.08	1.07	11.38
		-14m	<0.01	0.07	0.63	9.57
		-16m	<0.01	0.05	0.55	6.38
		-17m	<0.01	0.04	0.51	4.98

表 6.1-4 电厂正常运行时的取水口温升（℃）

气象条件	潮型	5、6 号机组单独运行	
		最大	平均
夏季	半月潮	0.88	0.16
冬季	半月潮	0.35	0.08

表 6.1-5 半月潮最大温升包络面积

方案	层数	气象条件	温升等值线包络面积 (km <sup>2</sup> )			
			4℃	3℃	2℃	1℃
5、6 号机组单独运行	底层	夏季	0.03	0.06	0.45	4.64
		冬季	0.03	0.09	0.49	5.37
	0.2H	夏季	0.01	0.03	0.35	4.58
		冬季	0.01	0.04	0.39	5.28
	0.4H	夏季	<0.01	0.01	0.25	4.46
		冬季	0.01	0.01	0.27	5.30
	0.6H	夏季	<0.01	0.01	0.17	4.61
		冬季	<0.01	0.01	0.16	5.39
	0.8H	夏季	<0.01	<0.01	0.10	4.76
		冬季	<0.01	<0.01	0.06	5.50
	表层	夏季	<0.01	<0.01	0.06	5.10
		冬季	<0.01	<0.01	0.03	5.74

## 6.2 正常运行的辐射影响

### 6.2.1 流出物排放源项

### 6.2.2 照射途径

#### 6.2.2.1 气态途径

#### 6.2.2.2 液态途径

#### 6.2.2.3 其他途径

### 6.2.3 计算模式和参数

### 6.2.4 大气弥散和水体稀释

### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

### 6.2.6 公众最大个人剂量

### 6.2.7 非人类生物辐射影响

#### 6.2.7.1 非人类生物的分类

#### 6.2.7.2 参数选取

#### 6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

### 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

### 6.2.9 辐射影响评价

### 6.2.10 参考资料



表

表6.2-1	单台机组放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较
表6.2-2	长期大气弥散计算部分参数
表6.2-3	环境介质参数
表6.2-4	元素特征参数
表6.2-5	气态途径辐射剂量计算相关参数
表6.2-6	液态照射途径辐射剂量计算参数
表6.2-7	海产品可食部份生物浓集因子 $B_p$ 和悬浮物吸附分配因子 $K_d$
表6.2-8	公众受照有效剂量转换因子
表6.2-9	母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射相应核素份额和有效剂量转换因子
表6.2-10	厂址长期大气弥散因子
表6.2-11	厂址长期地面干沉积因子
表6.2-12	厂址长期地面湿沉积因子
表6.2-13	受纳水体各海域放射性相对浓度
表6.2-14	气载放射性排放造成环境空气核素浓度
表6.2-15	液态放射性排放造成海域水体中的浓度
表6.2-16	气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
表6.2-17	液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
表6.2-18	气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
表6.2-19	气态和液态途径对各子区公众个人（青少年）造成的年有效剂量
表6.2-20	气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的年有效剂量
表6.2-21	气态和液态途径对各子区公众个人（婴儿）造成的年有效剂量
表6.2-22	气态和液态途径对对各子区公众集体造成的集体有效剂量
表6.2-23	海洋系统悬浮物 $K_d$ 因子
表6.2-24	海洋生态系统各类生物的浓集因子（ $B_p$ ）
表6.2-25	陆生生态系统各类生物的浓集因子（ $B_p$ ）
表6.2-26	各放射性核素对海洋生物的内照射剂量率转换因子
表6.2-27	各放射性核素对海洋生物的外照射剂量率转换因子

- 表6.2-28 各放射性核素对陆生生物的空气浸没外照射剂量率转换因子
- 表6.2-29 各放射性核素对陆生生物的土表沉积外照射剂量率转换因子
- 表6.2-30 各放射性核素对陆生生物的土中浸没外照射剂量率转换因子
- 表6.2-31 各放射性核素对陆生生物的内照射剂量率转换因子
- 表6.2-32 海洋生态系统各生物居留因子
- 表6.2-33 陆生生态系统各生物居留因子
- 表6.2-34 海洋生物受到的剂量率
- 表6.2-35 陆生生物受到的剂量率
- 表6.2-36 厂址附近各人群受照辐射剂量比较
- 表6.2-37 放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量
- 表6.2-38 公众受照辐射剂量“三关键”计算分析结果

图

图6.2-1 气态照射途径

图6.2-2 液态照射途径

## 6.2 正常运行的辐射影响

广东陆丰核电 5、6 号机组拟建设两台华龙一号型核电机组。本节根据 5、6 号机组正常运行状态下的放射性流出物排放源项，以及厂址周围的环境特征、公众的食物消费和生活习惯，对核电厂正常运行状态下放射性流出物对公众和环境造成的辐射影响进行计算和评价。

### 6.2.1 流出物排放源项

广东陆丰核电 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。本报告第四章 4.6 节给出了气载和液态放射性流出物各核素的年排放量。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求核动力厂必须按每堆实施放射性流出物的年排放总量控制，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值。广东陆丰核电 5、6 号机组将严格执行国家标准的排放控制要求。表 6.2-1 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组单台机组各类放射性流出物年排放量与控制值的比较。从表可以看出，广东陆丰核电 5、6 号机组放射性流出物中各类放射性核素的年排放量，均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的单堆排放量控制要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求槽式排放口处的放射性流出物中除氦和 C-14 外其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。

广东陆丰核电 5、6 号机组的放射性废液经废液处理系统（TEU）处理后，废液被输送至监测排放子系统监测槽，经取样监测满足要求后，再输送至核岛废液排放系统（TER），并按照排放计划向环境受控达标排放；监测结果不达标，则返回废液处理系统（TEU）进行再处理。因此，实际运行过程中，电厂除氦和 C-14 外其它液态放射性核素的排放浓度均可实现本工程的 900Bq/L 的浓度控制要求。

气载放射性流出物中的  $^{14}\text{C}$  在环境介质中的转移过程具有特殊机理，有别于核电厂排放的其它各类气载放射性核素，通常认为，只有以二氧化碳形式存在的  $^{14}\text{C}$  才能通过光合作用被植物吸收，并以食物的摄入形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 421 号技术报告，欧洲和美国的压水堆核电站以二氧化碳形态向环境排

放的  $^{14}\text{C}$  占  $^{14}\text{C}$  总排放量的 5~25%，根据此研究结论，本节在评估气载  $^{14}\text{C}$  的排放所造成的环境辐射影响时，假定以二氧化碳形态排放的  $^{14}\text{C}$  占总排放量的 25%。

## 6.2.2 照射途径

### 6.2.2.1 气态途径

气载放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

- 空气浸没外照射；
- 地面沉积物外照射；
- 吸入空气内照射；
- 食入陆生食品内照射。

公众食入陆生食品包括蔬菜、粮食、水果等作物产品，以及肉类、奶类等动物产品。图6.2-1给出了气载放射性流出物对公众造成辐射的途径。

### 6.2.2.2 液态途径

液态放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

- 水体浸没外照射；
- 水上活动外照射；
- 岸边沉积物外照射；
- 食入海产品内照射。

公众食入海产品包括鱼类、甲壳类、软体类、藻类产品，图6.2-2给出了液态放射性流出物对公众造成辐射的途径。

### 6.2.2.3 其它途径

厂址周围区域不存在可能达到或超过上述途径的个人有效剂量10%的其它照射途径。

### 6.2.3 计算模式和参数

广东陆丰核电5、6号机组运行状态下，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见附录C。相关的计算参数如下：

#### （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2018年7月至2019年6月一整年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。

广东陆丰核电5、6号机组气载放射性流出物的排放烟囱高度为70m，邻近建筑物高度为56.4m，由于排放高度低于邻近建筑物高度的2倍，假定为混合排放方式。大气弥散计算过程中还考虑了气载放射性流出物的雨水冲洗、重力沉降、以及核素衰变等因素造成的烟羽损耗和地面沉积。

表6.2-2给出了长期大气弥散计算部分参数。扩散参数采用本报告2.4节的推荐值。

#### （2） 水体稀释

广东陆丰核电厂属滨海厂址，运行状态下，其5、6号机组产生的液态放射性流出物将随电厂的温排水一同排入电厂附近海域，并在潮流的作用下向周围海域稀释扩散。放射性核素在水体中的稀释扩散采用液态流出物数值模拟计算成果数据，核素在水体和沉积物中的迁移采用国际原子能机构IAEA 19号安全报告推荐的计算模型和参数。

#### （3） 环境参数

根据环境调查分析，表6.2-3给出了厂址周围用于剂量计算中考虑的部分放射性物质传递介质参数（如介质含水率、食物从获取到消费的时间间隔等）；根据IAEA 19号安全报告，表6.2-4给出了元素在食物链中转移的特征参数；表6.2-5给出了用于气态途径辐射剂量计算的相关参数。

根据IAEA 19号安全报告，表6.2-6给出了液态照射途径辐射剂量计算参数；表6.2-7给出了海鱼类、软体类、甲壳类以及藻类四类海产品可食部分的生物浓集因子和海水中悬浮物对元素的吸附分配 $K_d$ 因子，海鱼类和甲壳类海洋生物的生物浓集因子采用IAEA 19号安全报告的推荐值，而对于IAEA 19号安全报告中未推荐的软体类和藻类生物浓集因子采用IAEA 57号安全报告的推荐值。

#### （4） 剂量转换因子

表6.2-8给出了公众受各照射途径造成辐射剂量的剂量转换因子，其中惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子以及其它各类放射性核素的吸入和食入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），除惰性气体外其它核素的空气浸没以及地面沉积外照射剂量转换因子取自IAEA 19号安全报告，水体浸没外照射剂量转换因子取自美国联邦导则12号报告。

#### （5） 婴儿食入母乳内照射剂量

参考ICRP 95号出版物，婴儿食入母乳后受到内照射剂量计算模式见附录C。表6.2-9给出了母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

#### （6） 食物消费和生活习惯

厂址半径80km范围内各子区陆上环境介质（如粮食、蔬菜等）的面积、产量，公众的食物消费量以及生活习惯因子见本报告书第二章及附录B。

### 6.2.4 大气弥散和水体稀释

表 6.2-10、表 6.2-11 和表 6.2-12 分别列出了厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子（ $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）、长期地面干沉积因子（ $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）和长期地面湿沉积因子（ $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）。

根据广东陆丰核电 5、6 号两台机组液态流出物数值模拟计算成果报告，表 6.2-13 给出了液态放射性排放接纳水体各海域相对浓度。

### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

根据以上参数和模式，表 6.2-14 列出了广东陆丰核电 5、6 号机组厂址半径 80km 范围内各子区部分放射性核素的环境空气浓度（ $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）。环境空气中放射性年平均浓度最大值位于 W 方位 0~1km 子区，核素  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{131}\text{I}$  在该子区的年平均浓度分布为  $1.50 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ 、 $3.34 \times 10^{-3} \text{Bq/m}^3$ 、 $5.69 \times 10^{-1} \text{Bq/m}^3$ 、 $3.72 \times 10^{-9} \text{Bq/m}^3$ 、 $2.57 \times 10^{-6} \text{Bq/m}^3$ 。

表 6.2-15 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组排水口周围不同半径海域水体中的各放射性核素的年平均浓度和排水口 0~1km 海域的排放峰值浓度。接纳水体中放射性浓度最大值位于排放口 0~1km 海域，核素  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$  在该海域海水中的年平均浓度分别为

$5.52 \times 10^{-1} \text{Bq/L}$ 、 $2.28 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$ 。

广东陆丰核电5、6号单台机组废液设计年排放量约为 $17500 \text{m}^3$ ，排放速率不超过 $200 \text{m}^3/\text{h}$ ，结合考虑废液与循环冷却水混合以及废液入海后海域的稀释作用，表6.2-15同时给出了5、6号机组排放口附近0~1km海域排放时的峰值浓度。

《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了海水中部分放射性核素的浓度限值，其中与本项目液态放射性流出物排放相关的有 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 和 $^{137}\text{Cs}$ 五个核素，其水质指标限值分别为 $0.03 \text{Bq/L}$ 、 $4.0 \text{Bq/L}$ 、 $0.2 \text{Bq/L}$ 、 $0.6 \text{Bq/L}$ 和 $0.7 \text{Bq/L}$ 。由表可以看出，五个核素在排放口0~1km海域峰值浓度分别为 $3.09 \times 10^{-5} \text{Bq/L}$ 、 $3.95 \times 10^{-8} \text{Bq/L}$ 、 $2.81 \times 10^{-8} \text{Bq/L}$ 、 $3.07 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$ 和 $4.50 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$ ，均能满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

### 6.2.6 公众最大个人剂量

#### （1）公众（成人）个人剂量

表 6.2-16 和表 6.2-17 分别给出广东陆丰核电 5、6 号机组气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价区内各子区一般公众个人（成人）造成的有效剂量，表 6.2-18 给出了各子区公众个人（成人）受到的总有效剂量。

广东陆丰核电 5、6 号机组正常运行状态下，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 1~2km 子区。造成的最大年有效剂量增量为 $1.81 \times 10^{-7} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $1.74 \times 10^{-7} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $6.71 \times 10^{-9} \text{Sv}$ 。

#### （2）公众（青少年）个人剂量

表 6.2-19 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区青少年组公众个人造成的年有效剂量。

广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物对青少年组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 NE 方位 1~2km 子区，对该子区的青少年组公众个人造成的年有效剂量为 $1.99 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

#### （3）公众（儿童）个人剂量

表 6.2-20 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区儿童组公众个人造成的年有效剂量。

广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物对儿童组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 NE 方位 1~2km 子区，对该子区的儿童组公众个人造成的年有效剂量为  $1.85 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

#### （4）公众（婴儿）个人剂量

表 6.2-21 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区婴儿组公众个人造成的年有效剂量。

广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物对婴儿组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 NE 方位 1~2km 子区，对该子区的婴儿组公众个人造成的年有效剂量为  $1.13 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

#### （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，广东陆丰核电 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造成青少年组公众年有效剂量大于儿童组公众剂量，儿童组公众年受照有效剂量大于成人组公众剂量，成人组公众的年受照有效剂量大于婴儿组公众剂量。

因此，广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，厂址 NE 方位 1~2km 子区内的青少年组公众个人受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为该子区的最大受照年龄组，受到的年有效剂量为  $1.99 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

#### （6）集体剂量

根据厂址评价范围内的居民年龄构成和各子区的预期人口分布，表 6.2-22 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组放射性流出物排放对厂址半径 80km 范围内各子区的年集体有效剂量贡献，评价区内公众集体年有效剂量为  $4.33 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ ，其中各核素通过气态、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  $3.48 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$  和  $8.54 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

### 6.2.7 非人类生物辐射影响

非人类生物生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性核素以及核设施排放的气液态放射性流出物，由于生物种类的庞大和生存环境的广阔，目前国际上普



遍使用一系列特征生物的概念，包括参考生物，参考动植物，代表物种，特征物种和受体等，对生物进行辐射影响评价。

国际放射防护委员会（ICRP）于 2008 年发布的第 108 号报告中提出了参考动植物（RAP）的概念，并将其定义为“参考动植物是一个假想的实体，具有特定动物或植物类别的假想的基本生物特征，用于描述不同科类生物分类上的共性，具有明确的解剖学、生理学和生命历史的属性，可用于将该种生物体的暴露与辐射剂量，以及剂量与产生效应相联系起来。”根据一系列的选择准则，ICRP 报告推荐了 16 种用于辐射影响评价的参考动植物。

欧盟在 2004-2007 年间开展的 ERICA 项目中选取参考生物的方式与 ICRP 报告稍有不同，它不根据分类学、解剖学、生理学以及生活史等特征选取特定物种，而是基于不同的环境特征中的典型生物类别。

ERICA 项目中采用的一系列水生和陆生生物在不同生境中的剂量学模型也为 ICRP 所采用，在辐射剂量率计算方法上，两者也都采用了 Ulanovsky 等人运用 Monte-Carlo 方法计算不同体形尺寸生物体对  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  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底栖鱼类、鸟类、甲壳类、大型藻类、哺乳动物、双壳软体类、浮游鱼、浮游植物、多毛纲蠕虫、爬行动物、海葵珊瑚、导管植物和浮游动物 13 类。陆生生态系统的参考生物包括两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类。

根据厂址周边海域的生态调查结果，海洋参考生物选取底栖鱼类、甲壳类、藻类、软体类、浮游鱼、浮游植物和浮游动物进行评价。

根据厂址陆域生态调查结果，本项目推荐用于生物辐射剂量评价的参考植物包括（1）苔藓植物：推荐种类为地钱（苔类植物）和葫芦藓（藓类植物）；（2）草本植物：推荐种类为芒萁；（3）灌木植物：推荐种类为金合欢；（4）乔木类植物：推荐种类为潺槁木姜子；（5）农作物：推荐种类为番薯；（6）果林作物：推荐种类为龙眼。

本项目推荐用于生物辐射剂量评价的参考动物包括（1）腹足纲软体动物：推荐福寿螺；（2）环节动物：推荐用参环毛蚓；（3）食腐类无脊椎动物：推荐海蟑螂；（4）飞行类昆虫类：推荐菜粉蝶；（5）两栖类：推荐斑腿树蛙；（6）爬行动物：推荐中华石龙子；（7）鸟类：推荐喜鹊；（8）小型掘穴类哺乳动物：推荐褐家鼠和黄毛鼠；（9）大型哺乳动物：推荐人工放养的黄牛。

各参考生物的剂量计算模式见附录 C。

#### 6.2.7.2 参数选取

##### （1）悬浮物分配因子（Kd）

水生生态(核电周围海域)中悬浮物分配因子 Kd 值取自 IAEA 422 号报告,表 6.2-23 给出各元素的海洋系统悬浮物 Kd 因子。

##### （2）浓集因子（Bp）

参考 ERICA 程序和 IAEA 422 号报告的海洋参考生物的浓集因子,表 6.2-24 给出了海洋生态系统生物各类生物的浓集因子。

参考 ERICA 程序和 IAEA 479 号报告的陆生参考生物的浓集因子,表 6.2-25 给出了陆域生态系统生物各类生物的浓集因子。

##### （3）放射性核素对生物的辐射剂量转换因子

按 ERICA 程序给出的不同辐射类型权重值,表 6.2-26 和 6.2-27 分别给出了各放射性核素对海洋生物的内照射和外照射辐射剂量率转换因子。

ERICA 程序对陆生生态系统生物依据生物的生活习性将照射类型分为空气浸没外照射、土表沉积外照射、土中浸没外照射和内照射途径。表 6.2-28~表 6.2-31 分别给出了不同核素对于不同陆生生物通过这四种照射途径的剂量率转换因子。其中惰性气体 Kr 和 Xe 采用 EA R&D128 出版物中的数据。

##### （4）各生物居留因子

根据各生物的生物习性并参考 ERICA 程序,表 6.2-32 和 6.2-33 分别给出了海洋生态系统和陆生生态系统各生物的居留因子。

#### 6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

##### （1）水生生物辐射影响

表 6.2-34 给出了厂址周围海域所涉及的 7 类海洋生物受到广东陆丰核电 5、6 号机组液态流出物的剂量率。

由表可以看出，广东陆丰核电 5、6 号机组正常运行状态情况下，厂址周围海域生物受到的附加剂量率值最大的为浮游动物，为  $4.97 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。各类海洋生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

## （2） 陆生生物辐射影响

表 6.2-35 给出了厂址周围陆域所涉及的 13 类陆生生物受到广东陆丰核电 5、6 号机组气态流出物通过各种途径造成的剂量率。

由表可以看出，广东陆丰核电 5、6 号机组正常运行状态情况下，厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为乔木，为  $8.07 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 。各类陆域生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，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

对广东陆丰核电 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 1.5km 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。

表 6.2-36 给出了上述子区各人群通过各种途径受核电厂放射性流出物排放造成的辐射剂量值。从表可以看出，广东陆丰核电 5、6 号机组两台机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 NE 方位 1.5km 的后埔村青少年造成的年有效剂量大于该子区内渔民和农民的受照剂量，为  $8.57 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ 。根据上述分析结果，本阶段将厂址 NE 方位 1.5km 的后埔村青少年作为受广东陆丰核电 5、6 号机组两台核电机组辐射影响最大的可能关键人群组。

表 6.2-37 给出了广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物通过各种途径对厂址 NE 方位 1.5km 的后埔村青少年个人造成的辐射剂量贡献。从表可以看出：

- 广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，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  $8.57 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ 。其中通过气态途径造成的剂量贡献为

$7.79 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 90.87%；通过液态途径造成的剂量贡献为  $7.82 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 9.13%。比较发现，气态途径对关键组居民个人造成的剂量贡献大于液态途径。

- 可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为  $7.30 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 85.15%。其它重要照射途径为食入海产品内照射和吸入空气内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为  $7.63 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$  和  $3.10 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量的 8.90% 和 3.61%。
- 可能的关键核素为  $^{14}\text{C}$ ，对关键组居民个人造成的有效剂量为  $7.66 \times 10^{-8} \text{Sv}$ ，占个人总有效剂量的 89.33%；其它重要核素为  $^3\text{H}$ 、 $^{60}\text{Co}$ ，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为  $5.22 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$  和  $7.12 \times 10^{-10} \text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量的 6.09% 和 0.83%。

表 6.2-38 给出了公众辐射剂量“三关键”分析结果。

### 6.2.9 辐射影响评价

广东陆丰核电 5、6 号机组各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的控制要求。核电厂实际运行过程中，除氚和 C-14 外其它液态放射性核素的排放浓度可以实现本工程的 900 Bq/L 的浓度控制要求。

#### （1）公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25 mSv 的剂量约束值。广东陆丰核电厂厂址规划建设六台百万千瓦级核电机组，针对 5、6 号机组进行评价，确定向环境释放的放射性流出物对公众所造成剂量不超过剂量约束值 0.08 mSv/a。

广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物排放造成的最大有效剂量为  $1.99 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（0.25 mSv/a）的 0.08%，占广东陆丰核电 5、6 号机组剂量约束值（0.08 mSv/a）的 0.25%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，广东陆丰核电 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 1.5 km 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、食入海产品内照射和

吸入空气内照射途径，需要关注的放射性核素包括： $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$  和  $^{60}\text{Co}$  等。

## （2）非人类物种辐射影响评价

广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为  $4.97 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ，气载放射性流出物对厂址周围陆域生物造成的辐射剂量率最大为  $8.07 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ ，均远低于 ERICA 程序推荐的  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，因此，可以认为广东陆丰核电 5、6 号机组运行状态下，放射性流出物排放不会对厂址周边非人类生物在种群上造成明显的损伤。

广东陆丰核电 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，对海洋生物的辐射影响有限，是可以接受的。

## 6.2.10 参考资料

- [1] IAEA Safety Reports Series No.19, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, 2001;
- [2] 中华人民共和国国家标准—电离辐射防护与辐射源安全基本标准，2003年4月1日实施；
- [3] 广东核电厂放射性释放环境影响计算机程序系统——CEIRA，苏州热工研究院有限公司，1992年；
- [4] 放射生态学转移参数手册，原子能出版社，李建国、商照荣等；
- [5] 广东陆丰核电5、6号机组液态流出物排放数值模拟研究报告，南京水利科学研究院，2020.12；
- [6] UNSCEAR. 1996. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1996 Report to the General Assembly, Fifty-first Session, Supplement No. 46 (A/51/46), Annex: “Effects of Radiation on the Environment”, United Nations Sales No. E96.IX.3 (1996)。

表 6.2-1 单台机组放射性流出物的年排放量与 GB6249-2011 控制值比较

单位：Bq/a

气载 放射性 流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	$^3\text{H}$	$1.5 \times 10^{13}$	$4.98 \times 10^{12}$	33.2%
	$^{14}\text{C}$	$7 \times 10^{11}$	$4.44 \times 10^{11}$	63.43%
	惰性气体	$6 \times 10^{14}$	$8.14 \times 10^{13}$	13.57%
	碘	$2 \times 10^{10}$	$2.82 \times 10^8$	1.41%
	粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	$5 \times 10^{10}$	$3.14 \times 10^7$	0.06%
液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	$^3\text{H}$	$7.5 \times 10^{13}$	$4.48 \times 10^{13}$	59.73%
	$^{14}\text{C}$	$1.5 \times 10^{11}$	$1.85 \times 10^{10}$	12.33%
	其余核素	$5 \times 10^{10}$	$5.53 \times 10^9$	11.06%

表 6.2-2 长期大气弥散计算部分参数

机组	物理意义	单位	数值
广东陆丰核电厂 5、6 号机组	烟囱高度	m	70
	烟囱内径	m	3
	烟流出口速度	m/s	13.7
	邻近建筑物高度	m	56.4
干沉积速度		m/s	$3.20 \times 10^{-2}$ （碘）
			$2.00 \times 10^{-3}$ （钴）
			$2.00 \times 10^{-3}$ （铯）
冲洗比例常数		h/（mm s）	$1.10 \times 10^{-4}$ （碘）
			$1.60 \times 10^{-4}$ （钴）
			$1.60 \times 10^{-4}$ （铯）

表 6.2-3 环境介质参数

物理意义	单位	数值
奶牛每天消费的饲料量	kg/d	50
产肉动物每天消费的饲料量	kg/d	5
作物在生长季节中的曝污时间	h	2880
叶类蔬菜在生长季节中的曝污时间	h	1080
作物从收获到被消费的时间间隔	h	1800
从挤奶到牛奶被消费的时间间隔	h	24
从产肉动物被屠宰到被消费的时间间隔	h	24
叶类蔬菜从收获到被消费的时间间隔	h	24
海产品从捕捞到被消费的时间间隔	h	24
单位体积空气中的含水率	g 水/m <sup>3</sup> 空气	16.37
作物中的平均含水率	无量纲	0.160
牛奶中的平均含水率	无量纲	0.881
肉类中的平均含水率	无量纲	0.750
叶类蔬菜中的平均含水率	无量纲	0.928
空气中碳元素的平均浓度	g/m <sup>3</sup>	0.18
植物产品和叶类蔬菜碳元素的含量	g/kg	0.18



表 6.2-4 元素特征参数

元素	$f_v$	$f_L$	$f_M$ (Bq/kg 牛奶)/ (Bq/d)	$f_F$ (Bq/kg 肉)/ (Bq/d)	$B_v$ (Bq/kg 作物)/ (Bq/kg 干土)	$B_L$ (Bq/kg 蔬菜)/ (Bq/kg 干土)	$\lambda_G$ (1/h)	$\lambda_v$ (1/h)	$\lambda_L$ (1/h)
$^{24}\text{Cr}$	0.2	0.2	$2.00 \times 10^{-4}$	$9.00 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-3}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{25}\text{Mn}$	0.2	0.2	$3.00 \times 10^{-4}$	$7.00 \times 10^{-4}$	1.00	$3.00 \times 10^{-1}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{26}\text{Fe}$	0.2	0.2	$3.00 \times 10^{-4}$	$5.00 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-3}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{27}\text{Co}$	0.2	0.2	$1.00 \times 10^{-2}$	$7.00 \times 10^{-2}$	2.00	$8.00 \times 10^{-2}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{38}\text{Sr}$	0.2	0.2	$3.00 \times 10^{-3}$	$1.00 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^1$	$3.00 \times 10^{-1}$	$5.83 \times 10^{-6}$	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{40}\text{Zr}$	0.2	0.2	$6.00 \times 10^{-6}$	$1.00 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-3}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{41}\text{Nb}$	0.2	0.2	$4.00 \times 10^{-6}$	$3.00 \times 10^{-6}$	$2.00 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-2}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{44}\text{Ru}$	0.2	0.2	$3.00 \times 10^{-5}$	$5.00 \times 10^{-2}$	$2.00 \times 10^{-1}$	$5.00 \times 10^{-2}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{51}\text{Sb}$	0.2	0.2	$2.50 \times 10^{-4}$	$5.00 \times 10^{-3}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-3}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{53}\text{I}$	0.2	0.2	$1.00 \times 10^{-2}$	$5.00 \times 10^{-2}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$2.00 \times 10^{-2}$	$5.83 \times 10^{-5}$	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{55}\text{Cs}$	0.2	0.5	$1.00 \times 10^{-2}$	$5.00 \times 10^{-2}$	1.00	$4.00 \times 10^{-2}$	$5.83 \times 10^{-6}$	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{56}\text{Ba}$	0.2	0.2	$5.00 \times 10^{-3}$	$2.00 \times 10^{-3}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$5.00 \times 10^{-2}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$
$^{58}\text{Ce}$	0.2	0.2	$3.00 \times 10^{-4}$	$2.00 \times 10^{-4}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$5.00 \times 10^{-2}$	0	$2.06 \times 10^{-3}$	$2.06 \times 10^{-3}$

表 6.2-5 气态途径辐射剂量计算相关参数

物理意义	单 位	数值
气载放射性流出物在地面上的积累时间	h	525600
土壤中放射性积累时间	h	525600
15cm 深度内土壤的有效面密度	kg 干土/m <sup>2</sup>	200
人的呼吸率 • 成人 • 青年 • 儿童 • 婴儿	m <sup>3</sup> 空气/h	0.96 0.96 0.61 0.22
考虑公众在室外滞留时间及建筑物屏蔽作用等因素确定的空气浸没和地面沉积外照射修正因子	无量纲	0.75
清洗因子	无量纲	0.5

**表 6.2-6 液态照射途径辐射剂量计算参数**

物理意义	单位	数值
悬浮物有效沉积密度	$\text{kg/m}^2$	60
海水中悬浮物的浓度	$\text{kg/m}^3$	0.01
岸边沉积物中放射性积累时间	h	8760

表 6.2-7 海产品可食部份生物浓集因子  $B_p$  和悬浮物吸附分配因子  $K_d$ 

元素	$K_d$ (L/kg)	海产品生物浓集因子 $B_p$ (Bq/kg 海产品) / (Bq/L 海水)			
		海鱼类	甲壳类	软体类	海藻类
$^1_1\text{H}$	1	$9 \times 10^{-1}$	$9.3 \times 10^{-1}$	$9.3 \times 10^{-1}$	$9.3 \times 10^{-1}$
$^{12}_6\text{C}$	$2 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$
$^{52}_{24}\text{Cr}$	$5 \times 10^4$	$2 \times 10^2$	$8 \times 10^2$	$5 \times 10^2$	$3 \times 10^4$
$^{55}_{25}\text{Mn}$	$2 \times 10^5$	$4 \times 10^2$	$5 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
$^{56}_{26}\text{Fe}$	$5 \times 10^4$	$3 \times 10^3$	$3 \times 10^4$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^4$
$^{59}_{27}\text{Co}$	$2 \times 10^5$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^3$
$^{88}_{38}\text{Sr}$	$1 \times 10^3$	2	2	10	10
$^{89}_{39}\text{Y}$	$1 \times 10^7$	20	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^3$
$^{91}_{40}\text{Zr}$	$1 \times 10^6$	20	$5 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^2$
$^{93}_{41}\text{Nb}$	$5 \times 10^5$	30	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^2$
$^{98}_{42}\text{Mo}$	$1 \times 10^2$	10	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$
$^{99}_{43}\text{Tc}$	$1 \times 10^2$	30	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^4$
$^{101}_{44}\text{Ru}$	$3 \times 10^2$	2	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^3$	$2 \times 10^3$
$^{107}_{47}\text{Ag}$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^2$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^5$	$1 \times 10^3$
$^{121}_{51}\text{Sb}$	$1 \times 10^3$	$4 \times 10^2$	$4 \times 10^2$	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^2$
$^{128}_{52}\text{Te}$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
$^{131}_{53}\text{I}$	$2 \times 10^1$	10	10	$1 \times 10^2$	$1 \times 10^3$
$^{137}_{55}\text{Cs}$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^2$	30	10	10
$^{138}_{56}\text{Ba}$	$5 \times 10^3$	10	1	$1 \times 10^2$	$5 \times 10^2$
$^{139}_{57}\text{La}$	$3 \times 10^6$	30*	$1 \times 10^{3*}$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^3$
$^{140}_{58}\text{Ce}$	$2 \times 10^6$	50	$5 \times 10^3$	10	10
$^{141}_{59}\text{Pr}$	$5 \times 10^6$	25	$1 \times 10^3$	—	—

表 6.2-8（1/3）公众受照有效剂量转换因子

核素	物理半衰期	空气浸没转换因子 (Sv/h) / (Bq/m <sup>3</sup> )
<sup>41</sup> Ar	1.83 h	2.21E-10
<sup>85</sup> Kr	10.7 y	9.17E-13
<sup>85m</sup> Kr	4.48 h	2.46E-11
<sup>87</sup> Kr	1.27 h	1.42E-10
<sup>88</sup> Kr	2.84 h	3.50E-10
<sup>133</sup> Xe	6.24 d	5.00E-12
<sup>133m</sup> Xe	2.19 d	4.58E-12
<sup>135</sup> Xe	9.10 h	4.00E-11
<sup>138</sup> Xe	14.2 min	1.96E-10

表 6.2-8（2/3）公众受照有效剂量转换因子

核素	物理半衰期	空气浸没 (Sv/h)/(Bq/m <sup>3</sup> )	空气吸入 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人
<sup>57</sup> Co	271d	2.02E-11	2.80E-09	1.30E-09	8.50E-10	5.50E-10
<sup>58</sup> Co	70.8d	1.71E-10	7.30E-09	3.50E-09	2.40E-09	1.60E-09
<sup>60</sup> Co	6.27y	4.57E-10	4.20E-08	2.10E-08	1.50E-08	1.00E-08
<sup>131</sup> I	8.04d	6.62E-11	2.20E-08	8.20E-09	4.70E-09	2.40E-09
<sup>132</sup> I	2.30h	4.11E-10	9.90E-10	3.60E-10	2.20E-10	1.10E-10
<sup>133</sup> I	20.8h	1.08E-10	6.60E-09	2.10E-09	1.20E-09	5.50E-10
<sup>134</sup> I	52.6min	4.78E-10	4.80E-10	1.70E-10	1.00E-10	5.40E-11
<sup>135</sup> I	6.61h	2.97E-10	2.20E-09	7.80E-10	4.70E-10	2.40E-10
<sup>134</sup> Cs	2.062y	2.74E-10	1.10E-08	1.60E-08	1.20E-08	9.10E-09
<sup>136</sup> Cs	13.1d	3.88E-10	7.30E-09	6.00E-09	3.70E-09	2.50E-09
<sup>137</sup> Cs	30.0y	9.93E-11	8.80E-09	1.80E-08	1.30E-08	9.70E-09
<sup>51</sup> Cr	27.7d	5.48E-12	2.60E-10	1.00E-10	6.40E-11	3.20E-11
<sup>54</sup> Mn	312d	1.48E-10	7.50E-09	3.80E-09	2.40E-09	1.50E-09
<sup>59</sup> Fe	44.5d	2.17E-10	1.80E-08	7.90E-09	5.50E-09	3.70E-09
<sup>89</sup> Sr	50.5d	1.60E-12	3.30E-08	6.50E-08	5.10E-08	3.60E-08
<sup>90</sup> Sr	29.12y	3.54E-13	1.50E-07	1.10E-09	6.90E-10	3.70E-10
<sup>95</sup> Zr	63.98d	1.26E-10	2.00E-08	9.70E-09	6.80E-09	4.80E-09
<sup>95</sup> Nb	35.15d	1.37E-10	6.80E-09	3.10E-09	2.20E-09	1.50E-09
<sup>103</sup> Ru	39.28d	8.22E-11	1.10E-08	5.00E-09	3.50E-09	2.40E-09
<sup>106</sup> Ru	368.2d	4.11E-11	1.40E-07	6.40E-08	4.10E-08	2.80E-08
<sup>125</sup> Sb	2.77y	7.42E-11	2.00E-08	1.00E-08	6.80E-09	4.80E-09
<sup>140</sup> Ba	12.74d	3.09E-11	2.70E-08	1.10E-08	7.60E-09	5.10E-09
<sup>141</sup> Ce	32.5d	1.26E-11	1.40E-08	6.30E-09	4.60E-09	3.20E-09

表 6.2-8（3/3） 公众受照有效剂量转换因子

核素	地面沉积 外照射 (Sv/h) /(Bq/m <sup>2</sup> )	水体浸没 外照射 (Sv/h) /(Bq/m <sup>3</sup> )	食入内照射 (Sv/Bq)				核素	地面沉积 外照射 (Sv/h) /(Bq/m <sup>2</sup> )	水体浸没 外照射 (Sv/h) /(Bq/m <sup>3</sup> )	食入内照射 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人				婴儿	儿童	青少年	成人
<sup>3</sup> H	—	—	4.80E-11	3.10E-11	2.30E-11	1.80E-11	<sup>132</sup> Te	9.02E-12	8.21E-14	3.00E-08	1.60E-08	8.30E-09	3.80E-09
<sup>14</sup> C	—	—	1.60E-09	9.90E-10	8.00E-10	5.80E-10	<sup>110m</sup> Ag	9.70E-12	3.33E-13	1.40E-08	7.80E-09	6.20E-09	2.80E-09
<sup>51</sup> Cr	1.12E-13	1.19E-14	2.30E-10	1.20E-10	7.80E-11	3.80E-11	<sup>124</sup> Sb	6.39E-12	7.13E-13	1.60E-08	8.40E-09	6.20E-09	2.50E-09
<sup>54</sup> Mn	2.97E-12	3.20E-13	3.10E-09	1.90E-09	1.30E-09	7.10E-10	<sup>131</sup> I	1.37E-12	1.43E-13	1.80E-07	1.00E-07	6.20E-08	2.20E-08
<sup>59</sup> Fe	4.11E-12	4.17E-13	1.30E-08	7.50E-09	4.70E-09	1.80E-09	<sup>132</sup> I	8.22E-12	8.75E-13	2.40E-09	1.30E-09	6.20E-10	2.90E-10
<sup>58</sup> Co	3.42E-12	3.41E-13	4.40E-09	2.60E-09	1.70E-09	7.40E-10	<sup>133</sup> I	2.28E-12	2.30E-13	4.40E-08	2.30E-08	1.00E-08	4.30E-09
<sup>60</sup> Co	8.56E-12	8.79E-13	2.70E-08	1.70E-08	1.10E-08	3.40E-09	<sup>134</sup> I	9.47E-12	1.02E-12	7.50E-10	3.90E-10	2.10E-10	1.10E-10
<sup>89</sup> Sr	2.51E-13	5.36E-16	1.80E-08	8.90E-09	5.80E-09	2.60E-09	<sup>135</sup> I	5.48E-12	6.23E-13	8.90E-09	4.70E-09	2.20E-09	9.30E-10
<sup>90</sup> Sr	4.00E-13	6.26E-17	7.30E-10	4.70E-08	6.00E-08	2.80E-08	<sup>134</sup> Cs	5.59E-12	5.90E-13	1.60E-08	1.30E-08	1.90E-08	1.90E-08
<sup>91</sup> Sr	2.08E-12	2.69E-13	4.00E-09	2.11E-09	1.2E-09	6.50E-10	<sup>136</sup> Cs	7.65E-12	8.32E-13	9.50E-09	6.10E-09	4.40E-09	3.00E-09
<sup>90</sup> Y	4.00E-13	1.31E-15	2.00E-08	1.00E-08	5.90E-09	2.70E-09	<sup>137</sup> Cs	2.05E-12	2.14E-13	1.20E-08	9.60E-09	1.30E-08	1.30E-08
<sup>91</sup> Y	2.74E-13	1.96E-15	1.80E-08	8.80E-09	6.20E-09	2.40E-09	<sup>140</sup> Ba	6.25E-13	6.73E-14	1.80E-08	9.20E-09	5.80E-09	2.60E-09
<sup>95</sup> Zr	5.37E-12	2.82E-13	5.60E-09	3.00E-09	1.90E-09	9.50E-10	<sup>140</sup> La	6.67E-12	9.14E-13	1.30E-08	6.80E-09	4.20E-09	2.00E-09
<sup>95</sup> Nb	2.74E-12	2.92E-13	3.20E-09	1.80E-09	1.10E-09	5.80E-10	<sup>141</sup> Ce	2.74E-13	2.74E-14	5.10E-09	2.60E-09	1.50E-09	7.10E-10
<sup>99</sup> Mo	1.05E-12	5.69E-14	3.50E-09	1.80E-09	1.10E-09	6.00E-10	<sup>143</sup> Ce	1.00E-12	1.02E-13	8.00E-09	4.10E-09	2.40E-09	1.10E-09
<sup>99m</sup> Tc	4.45E-13	4.72E-14	1.30E-10	7.20E-11	4.30E-11	2.20E-11	<sup>144</sup> Ce	6.51E-13	6.88E-15	3.90E-08	1.90E-08	1.10E-08	6.20E-09
<sup>103</sup> Ru	1.71E-12	1.76E-13	4.60E-09	2.40E-09	1.50E-09	7.30E-10	<sup>143</sup> Pr	2.79E-20	1.45E-16	8.70E-09	4.30E-09	2.60E-09	1.20E-09
<sup>106</sup> Ru	1.26E-12	1.40E-13	4.90E-08	2.50E-08	1.50E-08	7.00E-09	<sup>144</sup> Pr	9.17E-14	1.49E-14	3.50E-10	1.70E-10	9.50E-11	5.00E-11
<sup>131m</sup> Te	5.59E-12	5.47E-13	1.40E-08	7.80E-09	4.30E-09	1.90E-09							

表 6.2-9 母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射

## 相应核素份额和有效剂量转换因子

母体吸入 或摄入核素	进入婴儿 体内核素	吸入进入婴儿体 内核素相应份额	摄入进入婴儿体 内核素相应份额	吸入对婴儿剂量 转换因子 (Sv/Bq)	摄入对婴儿剂量 转换因子 (Sv/Bq)
$^3\text{H}$	$^3\text{H}$	3.14E-01	3.14E-01	2.00E-11	2.00E-11
$^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$	1.65E-02	1.85E-01	2.30E-11	2.60E-10
$^{59}\text{Fe}$	$^{59}\text{Fe}$	1.17E-03	1.74E-03	4.60E-11	6.80E-11
$^{58}\text{Co}$	$^{58}\text{Co}$	2.81E-02	3.44E-02	2.10E-10	2.50E-10
$^{60}\text{Co}$	$^{60}\text{Co}$	2.87E-02	3.64E-02	9.50E-10	1.20E-09
$^{89}\text{Sr}$	$^{89}\text{Sr}$	1.61E-02	5.61E-02	5.80E-10	2.00E-09
$^{90}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}$	1.80E-02	6.12E-02	3.00E-09	1.00E-08
	$^{90}\text{Y}$	9.48E-03	2.96E-02		
$^{95}\text{Zr}$	$^{95}\text{Zr}$	1.58E-03	4.12E-04	1.40E-11	4.20E-12
	$^{95\text{m}}\text{Nb}$	8.51E-06	1.78E-06		
	$^{95}\text{Nb}$	5.85E-05	1.56E-04		
$^{95}\text{Nb}$	$^{95}\text{Nb}$	5.01E-04	1.20E-04	2.30E-12	5.50E-13
$^{99}\text{Mo}$	$^{99}\text{Mo}$	1.38E-04	1.72E-03	7.80E-13	9.80E-12
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.27E-04	1.58E-03		
	$^{99}\text{Tc}$	3.27E-11	3.59E-10		
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.00E-03	3.60E-02	1.20E-12	7.20E-12
$^{103}\text{Ru}$	$^{103}\text{Ru}$	2.10E-03	1.71E-03	1.50E-11	1.20E-11
	$^{103\text{m}}\text{Rh}$	2.09E-03	1.70E-03		
$^{106}\text{Ru}$	$^{106}\text{Ru}$	2.68E-03	2.11E-03	2.10E-10	1.70E-10
	$^{106}\text{Rh}$	2.68E-03	2.11E-03		
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	1.22E-02	9.67E-03	2.80E-10	2.20E-10
	$^{110}\text{Ag}$	1.59E-04	1.26E-04		
$^{124}\text{Sb}$	$^{124}\text{Sb}$	1.84E-03	4.33E-03	4.60E-11	1.10E-10
$^{131\text{m}}\text{Te}$	$^{131\text{m}}\text{Te}$	2.44E-04	9.00E-04	2.80E-10	2.20E-09
	$^{131}\text{Te}$	5.48E-05	2.02E-04		
	$^{131}\text{I}$	1.55E-03	1.21E-02		
$^{132}\text{Te}$	$^{132}\text{Te}$	3.62E-04	1.33E-03	9.90E-11	4.70E-10
	$^{132}\text{I}$	2.72E-02	1.34E-01		
$^{131}\text{I}$	$^{131}\text{I}$	1.71E-01	3.08E-01	3.10E-08	5.50E-08
$^{132}\text{I}$	$^{132}\text{I}$	3.33E-02	5.85E-02	1.00E-10	1.80E-10
$^{133}\text{I}$	$^{133}\text{I}$	1.25E-01	2.25E-01	6.10E-09	1.10E-08
$^{134}\text{I}$	$^{134}\text{I}$	1.10E-02	1.86E-02	1.20E-11	2.00E-11
$^{135}\text{I}$	$^{135}\text{I}$	7.57E-02	1.36E-01	7.60E-10	1.40E-09
$^{134}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	6.66E-02	1.20E-01	1.70E-09	3.10E-09
$^{136}\text{Cs}$	$^{136}\text{Cs}$	2.44E-02	4.40E-02	3.70E-10	6.60E-10
$^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	6.89E-02	1.24E-01	1.40E-09	2.60E-09
	$^{137\text{m}}\text{Ba}$	6.51E-02	1.18E-01		
$^{140}\text{Ba}$	$^{140}\text{Ba}$	2.17E-03	6.20E-03	8.50E-11	2.00E-10
	$^{140}\text{La}$	7.76E-04	1.76E-03		
$^{141}\text{Ce}$	$^{141}\text{Ce}$	1.50E-03	2.02E-05	1.20E-11	1.60E-13
$^{144}\text{Ce}$	$^{144}\text{Ce}$	1.61E-03	2.08E-05	1.00E-10	1.30E-12
	$^{144\text{m}}\text{Pr}$	2.86E-05	3.71E-07		
	$^{144}\text{Pr}$	1.57E-03	2.08E-05		

注：数据源自 ICRP CD3 数据库

表 6.2-10 (1/3) 厂址长期大气弥散因子 ( $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{85}\text{Kr}$ )单位:  $\text{s/m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.68E-07	6.16E-08	2.80E-08	1.61E-08	8.36E-09	3.96E-09	2.28E-09	1.59E-09	1.21E-09	9.77E-10	8.25E-10	7.14E-10
NNE	2.23E-07	7.60E-08	3.31E-08	1.91E-08	1.00E-08	4.81E-09	2.79E-09	1.95E-09	1.49E-09	1.20E-09	1.02E-09	8.80E-10
NE	1.90E-07	6.69E-08	2.95E-08	1.69E-08	8.88E-09	4.31E-09	2.52E-09	1.78E-09	1.37E-09	1.11E-09	9.35E-10	8.10E-10
ENE	1.97E-07	7.57E-08	3.45E-08	2.00E-08	1.06E-08	5.17E-09	3.01E-09	2.11E-09	1.61E-09	1.30E-09	1.10E-09	9.54E-10
E	1.88E-07	7.22E-08	3.17E-08	1.80E-08	9.51E-09	4.63E-09	2.71E-09	1.90E-09	1.46E-09	1.18E-09	9.97E-10	8.64E-10
ESE	8.60E-08	3.66E-08	1.87E-08	1.16E-08	6.13E-09	2.81E-09	1.55E-09	1.05E-09	7.82E-10	6.17E-10	5.21E-10	4.51E-10
SE	8.19E-08	3.42E-08	1.68E-08	1.00E-08	5.26E-09	2.44E-09	1.36E-09	9.33E-10	6.97E-10	5.55E-10	4.68E-10	4.05E-10
SSE	8.29E-08	3.23E-08	1.57E-08	8.88E-09	4.34E-09	1.89E-09	1.01E-09	6.76E-10	4.99E-10	3.91E-10	3.27E-10	2.83E-10
S	2.71E-07	1.04E-07	5.08E-08	2.85E-08	1.34E-08	5.54E-09	2.86E-09	1.87E-09	1.36E-09	1.05E-09	8.74E-10	7.53E-10
SSW	5.19E-07	1.99E-07	1.02E-07	6.04E-08	2.99E-08	1.28E-08	6.72E-09	4.42E-09	3.19E-09	2.47E-09	2.07E-09	1.79E-09
SW	5.25E-07	1.85E-07	8.88E-08	5.20E-08	2.64E-08	1.18E-08	6.38E-09	4.29E-09	3.15E-09	2.48E-09	2.08E-09	1.80E-09
WSW	5.91E-07	1.88E-07	8.22E-08	4.60E-08	2.38E-08	1.12E-08	6.36E-09	4.40E-09	3.33E-09	2.67E-09	2.25E-09	1.95E-09
W	6.20E-07	2.29E-07	1.10E-07	6.58E-08	3.50E-08	1.64E-08	9.22E-09	6.32E-09	4.72E-09	3.75E-09	3.17E-09	2.75E-09
WNW	3.78E-07	1.39E-07	6.33E-08	3.75E-08	2.01E-08	9.71E-09	5.59E-09	3.89E-09	2.95E-09	2.37E-09	2.01E-09	1.74E-09
NW	1.54E-07	6.09E-08	2.91E-08	1.76E-08	9.47E-09	4.55E-09	2.61E-09	1.81E-09	1.37E-09	1.10E-09	9.31E-10	8.07E-10
NNW	1.20E-07	4.80E-08	2.24E-08	1.33E-08	7.02E-09	3.37E-09	1.94E-09	1.36E-09	1.03E-09	8.32E-10	7.03E-10	6.09E-10



表 6.2-10（2/3） 厂址长期大气弥散因子（ $^{60}\text{Co}$ ）单位：s/m<sup>3</sup>

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.66E-07	6.01E-08	2.70E-08	1.54E-08	7.86E-09	3.65E-09	2.07E-09	1.43E-09	1.09E-09	8.72E-10	7.33E-10	6.32E-10
NNE	2.22E-07	7.50E-08	3.25E-08	1.85E-08	9.61E-09	4.55E-09	2.60E-09	1.81E-09	1.38E-09	1.11E-09	9.37E-10	8.09E-10
NE	1.88E-07	6.56E-08	2.87E-08	1.63E-08	8.49E-09	4.07E-09	2.35E-09	1.65E-09	1.26E-09	1.02E-09	8.58E-10	7.41E-10
ENE	1.95E-07	7.42E-08	3.33E-08	1.92E-08	1.00E-08	4.75E-09	2.72E-09	1.89E-09	1.43E-09	1.16E-09	9.74E-10	8.41E-10
E	1.87E-07	7.12E-08	3.10E-08	1.75E-08	9.11E-09	4.36E-09	2.51E-09	1.75E-09	1.34E-09	1.08E-09	9.10E-10	7.86E-10
ESE	8.47E-08	3.57E-08	1.81E-08	1.11E-08	5.78E-09	2.57E-09	1.38E-09	9.17E-10	6.72E-10	5.26E-10	4.40E-10	3.78E-10
SE	8.07E-08	3.34E-08	1.62E-08	9.61E-09	4.94E-09	2.23E-09	1.21E-09	8.12E-10	6.01E-10	4.74E-10	3.97E-10	3.41E-10
SSE	8.06E-08	3.08E-08	1.47E-08	8.26E-09	3.94E-09	1.65E-09	8.51E-10	5.56E-10	4.03E-10	3.12E-10	2.58E-10	2.21E-10
S	2.66E-07	1.00E-07	4.84E-08	2.69E-08	1.23E-08	4.97E-09	2.49E-09	1.60E-09	1.15E-09	8.80E-10	7.26E-10	6.20E-10
SSW	5.12E-07	1.94E-07	9.77E-08	5.74E-08	2.78E-08	1.15E-08	5.80E-09	3.73E-09	2.65E-09	2.03E-09	1.68E-09	1.43E-09
SW	5.19E-07	1.81E-07	8.57E-08	4.98E-08	2.49E-08	1.08E-08	5.67E-09	3.74E-09	2.72E-09	2.12E-09	1.76E-09	1.51E-09
WSW	5.87E-07	1.86E-07	8.06E-08	4.49E-08	2.29E-08	1.06E-08	5.93E-09	4.07E-09	3.06E-09	2.44E-09	2.05E-09	1.77E-09
W	6.18E-07	2.27E-07	1.08E-07	6.47E-08	3.40E-08	1.57E-08	8.65E-09	5.87E-09	4.37E-09	3.45E-09	2.90E-09	2.50E-09
WNW	3.76E-07	1.38E-07	6.24E-08	3.68E-08	1.96E-08	9.29E-09	5.28E-09	3.65E-09	2.76E-09	2.21E-09	1.86E-09	1.61E-09
NW	1.52E-07	5.99E-08	2.84E-08	1.71E-08	9.10E-09	4.29E-09	2.42E-09	1.67E-09	1.26E-09	1.01E-09	8.46E-10	7.30E-10
NNW	1.18E-07	4.66E-08	2.16E-08	1.26E-08	6.57E-09	3.08E-09	1.74E-09	1.20E-09	9.13E-10	7.34E-10	6.17E-10	5.32E-10

表 6.2-10 (3/3) 厂址长期大气弥散因子 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $\text{s}/\text{m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.57E-07	5.42E-08	2.32E-08	1.28E-08	6.12E-09	2.64E-09	1.43E-09	9.67E-10	7.26E-10	5.78E-10	4.78E-10	4.07E-10
NNE	2.12E-07	6.86E-08	2.85E-08	1.57E-08	7.58E-09	3.36E-09	1.87E-09	1.28E-09	9.70E-10	7.76E-10	6.46E-10	5.51E-10
NE	1.80E-07	6.09E-08	2.58E-08	1.42E-08	6.99E-09	3.12E-09	1.72E-09	1.17E-09	8.81E-10	7.02E-10	5.82E-10	4.96E-10
ENE	1.90E-07	7.03E-08	3.06E-08	1.69E-08	8.16E-09	3.60E-09	1.99E-09	1.36E-09	1.03E-09	8.21E-10	6.82E-10	5.82E-10
E	1.82E-07	6.76E-08	2.86E-08	1.55E-08	7.64E-09	3.45E-09	1.93E-09	1.33E-09	1.01E-09	8.09E-10	6.74E-10	5.77E-10
ESE	8.04E-08	3.24E-08	1.58E-08	9.20E-09	4.24E-09	1.64E-09	8.22E-10	5.40E-10	3.98E-10	3.13E-10	2.58E-10	2.19E-10
SE	7.52E-08	2.94E-08	1.35E-08	7.58E-09	3.47E-09	1.37E-09	6.98E-10	4.61E-10	3.41E-10	2.69E-10	2.21E-10	1.87E-10
SSE	7.15E-08	2.46E-08	1.08E-08	5.76E-09	2.50E-09	9.10E-10	4.30E-10	2.72E-10	1.96E-10	1.52E-10	1.24E-10	1.04E-10
S	2.30E-07	7.51E-08	3.27E-08	1.72E-08	7.25E-09	2.56E-09	1.18E-09	7.42E-10	5.32E-10	4.11E-10	3.35E-10	2.82E-10
SSW	4.58E-07	1.57E-07	7.42E-08	4.18E-08	1.83E-08	6.52E-09	3.02E-09	1.90E-09	1.36E-09	1.05E-09	8.56E-10	7.22E-10
SW	4.79E-07	1.55E-07	6.95E-08	3.87E-08	1.76E-08	6.82E-09	3.41E-09	2.22E-09	1.63E-09	1.27E-09	1.05E-09	8.89E-10
WSW	5.66E-07	1.74E-07	7.31E-08	3.95E-08	1.90E-08	8.17E-09	4.40E-09	2.97E-09	2.22E-09	1.77E-09	1.47E-09	1.26E-09
W	6.04E-07	2.17E-07	1.01E-07	5.85E-08	2.83E-08	1.19E-08	6.28E-09	4.20E-09	3.13E-09	2.48E-09	2.06E-09	1.76E-09
WNW	3.68E-07	1.32E-07	5.83E-08	3.32E-08	1.63E-08	7.20E-09	3.97E-09	2.72E-09	2.05E-09	1.65E-09	1.37E-09	1.17E-09
NW	1.47E-07	5.63E-08	2.58E-08	1.48E-08	7.16E-09	3.05E-09	1.64E-09	1.11E-09	8.35E-10	6.65E-10	5.52E-10	4.70E-10
NNW	1.13E-07	4.30E-08	1.91E-08	1.07E-08	5.13E-09	2.20E-09	1.19E-09	8.04E-10	6.02E-10	4.79E-10	3.96E-10	3.36E-10

表 6.2-11 (1/2) 厂址长期地面干沉积因子 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	3.32E-10	1.20E-10	5.40E-11	3.08E-11	1.57E-11	7.31E-12	4.14E-12	2.86E-12	2.17E-12	1.74E-12	1.47E-12	1.26E-12
NNE	4.43E-10	1.50E-10	6.49E-11	3.71E-11	1.92E-11	9.09E-12	5.21E-12	3.62E-12	2.76E-12	2.23E-12	1.87E-12	1.62E-12
NE	3.75E-10	1.31E-10	5.74E-11	3.26E-11	1.70E-11	8.13E-12	4.71E-12	3.29E-12	2.52E-12	2.03E-12	1.72E-12	1.48E-12
ENE	3.90E-10	1.48E-10	6.66E-11	3.83E-11	2.00E-11	9.50E-12	5.43E-12	3.77E-12	2.87E-12	2.31E-12	1.95E-12	1.68E-12
E	3.73E-10	1.42E-10	6.21E-11	3.49E-11	1.82E-11	8.72E-12	5.02E-12	3.50E-12	2.67E-12	2.16E-12	1.82E-12	1.57E-12
ESE	1.69E-10	7.13E-11	3.63E-11	2.22E-11	1.16E-11	5.14E-12	2.75E-12	1.83E-12	1.34E-12	1.05E-12	8.80E-13	7.56E-13
SE	1.61E-10	6.68E-11	3.25E-11	1.92E-11	9.89E-12	4.45E-12	2.42E-12	1.62E-12	1.20E-12	9.49E-13	7.94E-13	6.83E-13
SSE	1.61E-10	6.16E-11	2.94E-11	1.65E-11	7.88E-12	3.30E-12	1.70E-12	1.11E-12	8.06E-13	6.23E-13	5.17E-13	4.42E-13
S	5.32E-10	2.00E-10	9.69E-11	5.37E-11	2.47E-11	9.93E-12	4.99E-12	3.21E-12	2.30E-12	1.76E-12	1.45E-12	1.24E-12
SSW	1.02E-09	3.87E-10	1.95E-10	1.15E-10	5.57E-11	2.30E-11	1.16E-11	7.46E-12	5.30E-12	4.05E-12	3.35E-12	2.87E-12
SW	1.04E-09	3.62E-10	1.71E-10	9.96E-11	4.97E-11	2.16E-11	1.13E-11	7.48E-12	5.44E-12	4.23E-12	3.53E-12	3.02E-12
WSW	1.17E-09	3.72E-10	1.61E-10	8.98E-11	4.58E-11	2.12E-11	1.19E-11	8.14E-12	6.13E-12	4.88E-12	4.11E-12	3.54E-12
W	1.24E-09	4.54E-10	2.16E-10	1.29E-10	6.80E-11	3.13E-11	1.73E-11	1.17E-11	8.74E-12	6.91E-12	5.81E-12	5.01E-12
WNW	7.52E-10	2.76E-10	1.25E-10	7.36E-11	3.91E-11	1.86E-11	1.06E-11	7.30E-12	5.52E-12	4.43E-12	3.73E-12	3.22E-12
NW	3.04E-10	1.20E-10	5.68E-11	3.42E-11	1.82E-11	8.59E-12	4.85E-12	3.34E-12	2.52E-12	2.01E-12	1.69E-12	1.46E-12
NNW	2.36E-10	9.32E-11	4.31E-11	2.52E-11	1.31E-11	6.15E-12	3.49E-12	2.41E-12	1.83E-12	1.47E-12	1.23E-12	1.06E-12

表 6.2-11 (2/2) 厂址长期地面干沉积因子 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	5.03E-09	1.73E-09	7.43E-10	4.09E-10	1.96E-10	8.45E-11	4.57E-11	3.10E-11	2.32E-11	1.85E-11	1.53E-11	1.30E-11
NNE	6.77E-09	2.20E-09	9.12E-10	5.02E-10	2.43E-10	1.07E-10	5.98E-11	4.10E-11	3.10E-11	2.48E-11	2.07E-11	1.76E-11
NE	5.77E-09	1.95E-09	8.27E-10	4.55E-10	2.24E-10	9.99E-11	5.51E-11	3.75E-11	2.82E-11	2.25E-11	1.86E-11	1.59E-11
ENE	6.07E-09	2.25E-09	9.79E-10	5.40E-10	2.61E-10	1.15E-10	6.36E-11	4.35E-11	3.29E-11	2.63E-11	2.18E-11	1.86E-11
E	5.82E-09	2.16E-09	9.14E-10	4.97E-10	2.44E-10	1.10E-10	6.18E-11	4.26E-11	3.23E-11	2.59E-11	2.16E-11	1.85E-11
ESE	2.57E-09	1.04E-09	5.07E-10	2.94E-10	1.36E-10	5.24E-11	2.63E-11	1.73E-11	1.27E-11	1.00E-11	8.25E-12	6.99E-12
SE	2.41E-09	9.40E-10	4.33E-10	2.43E-10	1.11E-10	4.38E-11	2.23E-11	1.48E-11	1.09E-11	8.60E-12	7.07E-12	5.99E-12
SSE	2.29E-09	7.86E-10	3.46E-10	1.84E-10	8.01E-11	2.91E-11	1.38E-11	8.71E-12	6.27E-12	4.85E-12	3.96E-12	3.32E-12
S	7.35E-09	2.40E-09	1.05E-09	5.50E-10	2.32E-10	8.19E-11	3.78E-11	2.37E-11	1.70E-11	1.31E-11	1.07E-11	9.03E-12
SSW	1.47E-08	5.02E-09	2.37E-09	1.34E-09	5.85E-10	2.09E-10	9.68E-11	6.08E-11	4.35E-11	3.35E-11	2.74E-11	2.31E-11
SW	1.53E-08	4.95E-09	2.22E-09	1.24E-09	5.64E-10	2.18E-10	1.09E-10	7.11E-11	5.21E-11	4.08E-11	3.36E-11	2.85E-11
WSW	1.81E-08	5.55E-09	2.34E-09	1.26E-09	6.08E-10	2.61E-10	1.41E-10	9.50E-11	7.12E-11	5.66E-11	4.71E-11	4.02E-11
W	1.93E-08	6.94E-09	3.24E-09	1.87E-09	9.07E-10	3.81E-10	2.01E-10	1.34E-10	1.00E-10	7.94E-11	6.59E-11	5.62E-11
WNW	1.18E-08	4.23E-09	1.87E-09	1.06E-09	5.23E-10	2.30E-10	1.27E-10	8.70E-11	6.57E-11	5.27E-11	4.39E-11	3.75E-11
NW	4.72E-09	1.80E-09	8.25E-10	4.74E-10	2.29E-10	9.76E-11	5.26E-11	3.56E-11	2.67E-11	2.13E-11	1.77E-11	1.50E-11
NNW	3.62E-09	1.38E-09	6.12E-10	3.43E-10	1.64E-10	7.04E-11	3.81E-11	2.57E-11	1.93E-11	1.53E-11	1.27E-11	1.08E-11

表 6.2-12 (1/2) 厂址长期地面湿沉积因子 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.54E-09	7.72E-10	4.63E-10	2.89E-10	1.54E-10	7.72E-11	4.63E-11	3.31E-11	2.57E-11	2.10E-11	1.78E-11	1.54E-11
NNE	5.47E-10	2.74E-10	1.64E-10	1.03E-10	5.47E-11	2.74E-11	1.64E-11	1.17E-11	9.12E-12	7.46E-12	6.31E-12	5.47E-12
NE	1.46E-09	7.29E-10	4.37E-10	2.73E-10	1.46E-10	7.29E-11	4.37E-11	3.12E-11	2.43E-11	1.99E-11	1.68E-11	1.46E-11
ENE	1.69E-09	8.47E-10	5.08E-10	3.17E-10	1.69E-10	8.47E-11	5.08E-11	3.63E-11	2.82E-11	2.31E-11	1.95E-11	1.69E-11
E	1.02E-09	5.10E-10	3.06E-10	1.91E-10	1.02E-10	5.10E-11	3.06E-11	2.18E-11	1.70E-11	1.39E-11	1.18E-11	1.02E-11
ESE	1.02E-09	5.12E-10	3.07E-10	1.92E-10	1.02E-10	5.12E-11	3.07E-11	2.20E-11	1.71E-11	1.40E-11	1.18E-11	1.02E-11
SE	6.65E-10	3.33E-10	2.00E-10	1.25E-10	6.65E-11	3.33E-11	2.00E-11	1.43E-11	1.11E-11	9.07E-12	7.67E-12	6.65E-12
SSE	1.77E-09	8.83E-10	5.30E-10	3.31E-10	1.77E-10	8.83E-11	5.30E-11	3.79E-11	2.94E-11	2.41E-11	2.04E-11	1.77E-11
S	1.49E-09	7.43E-10	4.46E-10	2.79E-10	1.49E-10	7.43E-11	4.46E-11	3.18E-11	2.48E-11	2.03E-11	1.71E-11	1.49E-11
SSW	2.81E-09	1.40E-09	8.42E-10	5.26E-10	2.81E-10	1.40E-10	8.42E-11	6.01E-11	4.68E-11	3.83E-11	3.24E-11	2.81E-11
SW	2.31E-09	1.16E-09	6.94E-10	4.33E-10	2.31E-10	1.16E-10	6.94E-11	4.95E-11	3.85E-11	3.15E-11	2.67E-11	2.31E-11
WSW	2.53E-09	1.26E-09	7.58E-10	4.74E-10	2.53E-10	1.26E-10	7.58E-11	5.42E-11	4.21E-11	3.45E-11	2.92E-11	2.53E-11
W	2.10E-09	1.05E-09	6.31E-10	3.94E-10	2.10E-10	1.05E-10	6.31E-11	4.50E-11	3.50E-11	2.87E-11	2.43E-11	2.10E-11
WNW	1.24E-09	6.20E-10	3.72E-10	2.32E-10	1.24E-10	6.20E-11	3.72E-11	2.66E-11	2.07E-11	1.69E-11	1.43E-11	1.24E-11
NW	4.98E-10	2.49E-10	1.49E-10	9.34E-11	4.98E-11	2.49E-11	1.49E-11	1.07E-11	8.31E-12	6.80E-12	5.75E-12	4.98E-12
NNW	1.23E-09	6.14E-10	3.68E-10	2.30E-10	1.23E-10	6.14E-11	3.68E-11	2.63E-11	2.05E-11	1.67E-11	1.42E-11	1.23E-11

表 6.2-12 (2/2) 厂址长期地面湿沉积因子 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $1/\text{m}^2$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.06E-09	5.31E-10	3.18E-10	1.99E-10	1.06E-10	5.31E-11	3.18E-11	2.27E-11	1.77E-11	1.45E-11	1.22E-11	1.06E-11
NNE	3.76E-10	1.88E-10	1.13E-10	7.05E-11	3.76E-11	1.88E-11	1.13E-11	8.06E-12	6.27E-12	5.13E-12	4.34E-12	3.76E-12
NE	1.00E-09	5.01E-10	3.01E-10	1.88E-10	1.00E-10	5.01E-11	3.01E-11	2.15E-11	1.67E-11	1.37E-11	1.16E-11	1.00E-11
ENE	1.16E-09	5.82E-10	3.49E-10	2.18E-10	1.16E-10	5.82E-11	3.49E-11	2.49E-11	1.94E-11	1.59E-11	1.34E-11	1.16E-11
E	7.01E-10	3.50E-10	2.10E-10	1.31E-10	7.01E-11	3.50E-11	2.10E-11	1.50E-11	1.17E-11	9.55E-12	8.08E-12	7.01E-12
ESE	7.05E-10	3.52E-10	2.11E-10	1.32E-10	7.05E-11	3.52E-11	2.11E-11	1.51E-11	1.17E-11	9.61E-12	8.13E-12	7.05E-12
SE	4.57E-10	2.29E-10	1.37E-10	8.57E-11	4.57E-11	2.29E-11	1.37E-11	9.80E-12	7.62E-12	6.24E-12	5.28E-12	4.57E-12
SSE	1.21E-09	6.07E-10	3.64E-10	2.28E-10	1.21E-10	6.07E-11	3.64E-11	2.60E-11	2.02E-11	1.66E-11	1.40E-11	1.21E-11
S	1.02E-09	5.11E-10	3.06E-10	1.92E-10	1.02E-10	5.11E-11	3.06E-11	2.19E-11	1.70E-11	1.39E-11	1.18E-11	1.02E-11
SSW	1.93E-09	9.64E-10	5.79E-10	3.62E-10	1.93E-10	9.64E-11	5.79E-11	4.13E-11	3.21E-11	2.63E-11	2.23E-11	1.93E-11
SW	1.59E-09	7.95E-10	4.77E-10	2.98E-10	1.59E-10	7.95E-11	4.77E-11	3.41E-11	2.65E-11	2.17E-11	1.83E-11	1.59E-11
WSW	1.74E-09	8.69E-10	5.21E-10	3.26E-10	1.74E-10	8.69E-11	5.21E-11	3.72E-11	2.90E-11	2.37E-11	2.01E-11	1.74E-11
W	1.45E-09	7.23E-10	4.34E-10	2.71E-10	1.45E-10	7.23E-11	4.34E-11	3.10E-11	2.41E-11	1.97E-11	1.67E-11	1.45E-11
WNW	8.52E-10	4.26E-10	2.56E-10	1.60E-10	8.52E-11	4.26E-11	2.56E-11	1.83E-11	1.42E-11	1.16E-11	9.83E-12	8.52E-12
NW	3.43E-10	1.71E-10	1.03E-10	6.42E-11	3.43E-11	1.71E-11	1.03E-11	7.34E-12	5.71E-12	4.67E-12	3.95E-12	3.43E-12
NNW	8.44E-10	4.22E-10	2.53E-10	1.58E-10	8.44E-11	4.22E-11	2.53E-11	1.81E-11	1.41E-11	1.15E-11	9.74E-12	8.44E-12

表 6.2-13 受纳水体各海域放射性相对浓度

海 域	放 射 性 核 素 半 衰 期			
	8 天	70 天	250 天	5 年
0~1km	2.60E-02	2.60E-02	2.70E-02	2.70E-02
1~2km	8.30E-03	8.45E-03	8.55E-03	8.75E-03
2~5km	6.55E-03	6.80E-03	7.00E-03	7.20E-03
5~10km	3.95E-03	4.25E-03	4.40E-03	4.50E-03
10~20km	2.90E-03	3.25E-03	3.35E-03	3.50E-03

表 6.2-14 (1/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^3\text{H}$ )单位:  $\text{Bq/m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	3.95E-02	1.86E-02	8.52E-03	4.96E-03	2.58E-03	1.23E-03	7.04E-04	4.93E-04	3.76E-04	3.02E-04	2.55E-04	2.21E-04
NNE	5.08E-02	2.30E-02	1.01E-02	5.84E-03	3.08E-03	1.48E-03	8.59E-04	6.00E-04	4.58E-04	3.69E-04	3.13E-04	2.71E-04
NE	4.45E-02	2.06E-02	9.12E-03	5.24E-03	2.76E-03	1.34E-03	7.86E-04	5.53E-04	4.26E-04	3.44E-04	2.91E-04	2.52E-04
ENE	4.93E-02	2.36E-02	1.08E-02	6.28E-03	3.35E-03	1.63E-03	9.50E-04	6.66E-04	5.08E-04	4.10E-04	3.47E-04	3.01E-04
E	4.83E-02	2.28E-02	1.00E-02	5.68E-03	3.02E-03	1.47E-03	8.62E-04	6.06E-04	4.64E-04	3.76E-04	3.19E-04	2.76E-04
ESE	2.18E-02	1.12E-02	5.78E-03	3.57E-03	1.91E-03	8.81E-04	4.86E-04	3.32E-04	2.45E-04	1.94E-04	1.64E-04	1.42E-04
SE	2.02E-02	1.03E-02	5.11E-03	3.07E-03	1.62E-03	7.61E-04	4.26E-04	2.91E-04	2.18E-04	1.73E-04	1.46E-04	1.27E-04
SSE	1.88E-02	9.44E-03	4.61E-03	2.65E-03	1.31E-03	5.75E-04	3.08E-04	2.06E-04	1.52E-04	1.19E-04	1.00E-04	8.65E-05
S	6.16E-02	3.07E-02	1.52E-02	8.59E-03	4.07E-03	1.69E-03	8.78E-04	5.75E-04	4.17E-04	3.25E-04	2.69E-04	2.32E-04
SSW	1.18E-01	5.94E-02	3.07E-02	1.83E-02	9.19E-03	3.95E-03	2.08E-03	1.37E-03	9.88E-04	7.64E-04	6.41E-04	5.53E-04
SW	1.15E-01	5.49E-02	2.66E-02	1.58E-02	8.05E-03	3.60E-03	1.95E-03	1.31E-03	9.60E-04	7.55E-04	6.35E-04	5.49E-04
WSW	1.23E-01	5.49E-02	2.43E-02	1.37E-02	7.14E-03	3.35E-03	1.90E-03	1.31E-03	9.91E-04	7.92E-04	6.69E-04	5.81E-04
W	1.50E-01	7.17E-02	3.44E-02	2.07E-02	1.11E-02	5.21E-03	2.92E-03	2.00E-03	1.50E-03	1.19E-03	1.01E-03	8.71E-04
WNW	9.60E-02	4.48E-02	2.03E-02	1.20E-02	6.47E-03	3.13E-03	1.80E-03	1.26E-03	9.54E-04	7.67E-04	6.50E-04	5.62E-04
NW	3.88E-02	1.90E-02	9.12E-03	5.53E-03	2.99E-03	1.44E-03	8.24E-04	5.71E-04	4.33E-04	3.47E-04	2.95E-04	2.55E-04
NNW	3.00E-02	1.47E-02	6.95E-03	4.14E-03	2.19E-03	1.05E-03	6.09E-04	4.26E-04	3.22E-04	2.61E-04	2.20E-04	1.91E-04



表 6.2-14 (2/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{14}\text{C}$ )单位:  $\text{Bq/m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	8.80E-04	4.15E-04	1.90E-04	1.10E-04	5.74E-05	2.73E-05	1.57E-05	1.10E-05	8.37E-06	6.74E-06	5.69E-06	4.93E-06
NNE	1.13E-03	5.12E-04	2.24E-04	1.30E-04	6.85E-05	3.30E-05	1.91E-05	1.34E-05	1.02E-05	8.23E-06	6.97E-06	6.04E-06
NE	9.92E-04	4.58E-04	2.03E-04	1.17E-04	6.16E-05	2.99E-05	1.75E-05	1.23E-05	9.50E-06	7.67E-06	6.49E-06	5.62E-06
ENE	1.10E-03	5.27E-04	2.41E-04	1.40E-04	7.46E-05	3.63E-05	2.12E-05	1.48E-05	1.13E-05	9.15E-06	7.74E-06	6.71E-06
E	1.08E-03	5.07E-04	2.24E-04	1.27E-04	6.73E-05	3.29E-05	1.92E-05	1.35E-05	1.03E-05	8.37E-06	7.11E-06	6.14E-06
ESE	4.85E-04	2.50E-04	1.29E-04	7.95E-05	4.26E-05	1.96E-05	1.08E-05	7.39E-06	5.47E-06	4.33E-06	3.65E-06	3.17E-06
SE	4.50E-04	2.30E-04	1.14E-04	6.83E-05	3.62E-05	1.70E-05	9.50E-06	6.50E-06	4.86E-06	3.86E-06	3.26E-06	2.82E-06
SSE	4.19E-04	2.10E-04	1.03E-04	5.90E-05	2.91E-05	1.28E-05	6.87E-06	4.60E-06	3.40E-06	2.66E-06	2.23E-06	1.93E-06
S	1.37E-03	6.84E-04	3.38E-04	1.91E-04	9.08E-05	3.77E-05	1.96E-05	1.28E-05	9.29E-06	7.25E-06	6.00E-06	5.17E-06
SSW	2.63E-03	1.32E-03	6.83E-04	4.09E-04	2.05E-04	8.80E-05	4.63E-05	3.05E-05	2.20E-05	1.70E-05	1.43E-05	1.23E-05
SW	2.57E-03	1.22E-03	5.94E-04	3.51E-04	1.79E-04	8.02E-05	4.34E-05	2.91E-05	2.14E-05	1.68E-05	1.41E-05	1.22E-05
WSW	2.74E-03	1.22E-03	5.41E-04	3.06E-04	1.59E-04	7.46E-05	4.23E-05	2.92E-05	2.21E-05	1.77E-05	1.49E-05	1.29E-05
W	3.34E-03	1.60E-03	7.67E-04	4.62E-04	2.47E-04	1.16E-04	6.51E-05	4.46E-05	3.34E-05	2.65E-05	2.24E-05	1.94E-05
WNW	2.14E-03	9.99E-04	4.53E-04	2.68E-04	1.44E-04	6.97E-05	4.02E-05	2.80E-05	2.13E-05	1.71E-05	1.45E-05	1.25E-05
NW	8.66E-04	4.23E-04	2.03E-04	1.23E-04	6.66E-05	3.20E-05	1.84E-05	1.27E-05	9.71E-06	7.74E-06	6.57E-06	5.69E-06
NNW	6.69E-04	3.29E-04	1.55E-04	9.22E-05	4.88E-05	2.35E-05	1.36E-05	9.50E-06	7.18E-06	5.81E-06	4.91E-06	4.26E-06

表 6.2-14 (3/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{85}\text{Kr}$ )单位:  $\text{Bq/m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.50E-01	7.07E-02	3.24E-02	1.88E-02	9.78E-03	4.65E-03	2.67E-03	1.87E-03	1.43E-03	1.15E-03	9.69E-04	8.39E-04
NNE	1.93E-01	8.71E-02	3.82E-02	2.22E-02	1.17E-02	5.62E-03	3.26E-03	2.28E-03	1.74E-03	1.40E-03	1.19E-03	1.03E-03
NE	1.69E-01	7.80E-02	3.46E-02	1.99E-02	1.05E-02	5.09E-03	2.98E-03	2.10E-03	1.62E-03	1.31E-03	1.10E-03	9.57E-04
ENE	1.87E-01	8.97E-02	4.11E-02	2.38E-02	1.27E-02	6.18E-03	3.61E-03	2.53E-03	1.93E-03	1.56E-03	1.32E-03	1.14E-03
E	1.83E-01	8.64E-02	3.81E-02	2.16E-02	1.15E-02	5.60E-03	3.27E-03	2.30E-03	1.76E-03	1.43E-03	1.21E-03	1.05E-03
ESE	8.26E-02	4.25E-02	2.19E-02	1.35E-02	7.25E-03	3.34E-03	1.85E-03	1.26E-03	9.31E-04	7.37E-04	6.22E-04	5.39E-04
SE	7.67E-02	3.92E-02	1.94E-02	1.16E-02	6.16E-03	2.89E-03	1.62E-03	1.11E-03	8.27E-04	6.58E-04	5.55E-04	4.81E-04
SSE	7.14E-02	3.58E-02	1.75E-02	1.01E-02	4.96E-03	2.18E-03	1.17E-03	7.84E-04	5.79E-04	4.53E-04	3.80E-04	3.28E-04
S	2.34E-01	1.16E-01	5.75E-02	3.26E-02	1.55E-02	6.42E-03	3.33E-03	2.18E-03	1.58E-03	1.23E-03	1.02E-03	8.80E-04
SSW	4.48E-01	2.25E-01	1.16E-01	6.96E-02	3.49E-02	1.50E-02	7.88E-03	5.19E-03	3.75E-03	2.90E-03	2.43E-03	2.10E-03
SW	4.37E-01	2.08E-01	1.01E-01	5.98E-02	3.06E-02	1.37E-02	7.39E-03	4.96E-03	3.64E-03	2.86E-03	2.41E-03	2.08E-03
WSW	4.66E-01	2.08E-01	9.21E-02	5.21E-02	2.71E-02	1.27E-02	7.20E-03	4.97E-03	3.76E-03	3.01E-03	2.54E-03	2.19E-03
W	5.69E-01	2.72E-01	1.31E-01	7.87E-02	4.21E-02	1.98E-02	1.11E-02	7.60E-03	5.68E-03	4.52E-03	3.82E-03	3.31E-03
WNW	3.64E-01	1.70E-01	7.72E-02	4.57E-02	2.46E-02	1.19E-02	6.84E-03	4.77E-03	3.62E-03	2.91E-03	2.47E-03	2.13E-03
NW	1.47E-01	7.20E-02	3.46E-02	2.10E-02	1.13E-02	5.45E-03	3.13E-03	2.17E-03	1.64E-03	1.32E-03	1.12E-03	9.69E-04
NNW	1.14E-01	5.60E-02	2.64E-02	1.57E-02	8.32E-03	4.00E-03	2.31E-03	1.62E-03	1.22E-03	9.90E-04	8.36E-04	7.25E-04

表 6.2-14 (4/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{60}\text{Co}$ )单位:  $\text{Bq/m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	9.67E-10	4.54E-10	2.05E-10	1.18E-10	6.05E-11	2.82E-11	1.60E-11	1.11E-11	8.41E-12	6.74E-12	5.67E-12	4.88E-12
NNE	1.26E-09	5.65E-10	2.46E-10	1.42E-10	7.37E-11	3.49E-11	2.00E-11	1.39E-11	1.06E-11	8.57E-12	7.20E-12	6.21E-12
NE	1.09E-09	5.03E-10	2.22E-10	1.27E-10	6.59E-11	3.16E-11	1.83E-11	1.28E-11	9.75E-12	7.86E-12	6.65E-12	5.75E-12
ENE	1.21E-09	5.78E-10	2.61E-10	1.50E-10	7.86E-11	3.73E-11	2.14E-11	1.49E-11	1.13E-11	9.12E-12	7.67E-12	6.62E-12
E	1.19E-09	5.61E-10	2.44E-10	1.38E-10	7.22E-11	3.46E-11	2.00E-11	1.39E-11	1.06E-11	8.57E-12	7.23E-12	6.25E-12
ESE	5.33E-10	2.72E-10	1.39E-10	8.57E-11	4.50E-11	2.01E-11	1.08E-11	7.19E-12	5.27E-12	4.13E-12	3.45E-12	2.96E-12
SE	4.96E-10	2.52E-10	1.23E-10	7.34E-11	3.81E-11	1.73E-11	9.43E-12	6.34E-12	4.69E-12	3.71E-12	3.11E-12	2.67E-12
SSE	4.54E-10	2.25E-10	1.08E-10	6.17E-11	2.98E-11	1.25E-11	6.49E-12	4.25E-12	3.07E-12	2.38E-12	1.97E-12	1.69E-12
S	1.51E-09	7.42E-10	3.62E-10	2.02E-10	9.36E-11	3.80E-11	1.91E-11	1.23E-11	8.80E-12	6.77E-12	5.59E-12	4.78E-12
SSW	2.90E-09	1.45E-09	7.35E-10	4.36E-10	2.13E-10	8.88E-11	4.49E-11	2.89E-11	2.05E-11	1.56E-11	1.30E-11	1.11E-11
SW	2.84E-09	1.34E-09	6.42E-10	3.77E-10	1.89E-10	8.25E-11	4.32E-11	2.85E-11	2.07E-11	1.60E-11	1.34E-11	1.15E-11
WSW	3.03E-09	1.35E-09	5.94E-10	3.33E-10	1.71E-10	7.86E-11	4.40E-11	3.01E-11	2.26E-11	1.80E-11	1.52E-11	1.31E-11
W	3.72E-09	1.78E-09	8.49E-10	5.08E-10	2.68E-10	1.23E-10	6.83E-11	4.64E-11	3.45E-11	2.73E-11	2.30E-11	1.97E-11
WNW	2.37E-09	1.11E-09	5.00E-10	2.95E-10	1.56E-10	7.47E-11	4.25E-11	2.94E-11	2.22E-11	1.78E-11	1.50E-11	1.30E-11
NW	9.51E-10	4.65E-10	2.22E-10	1.34E-10	7.15E-11	3.38E-11	1.91E-11	1.31E-11	9.91E-12	7.94E-12	6.67E-12	5.75E-12
NNW	7.33E-10	3.58E-10	1.67E-10	9.83E-11	5.12E-11	2.41E-11	1.36E-11	9.43E-12	7.15E-12	5.74E-12	4.83E-12	4.17E-12

表 6.2-14 (5/5) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 ( $^{131}\text{I}$ )单位:  $\text{Bq/m}^3$ 

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	6.55E-07	2.95E-07	1.27E-07	6.99E-08	3.37E-08	1.46E-08	7.88E-09	5.34E-09	4.01E-09	3.18E-09	2.64E-09	2.25E-09
NNE	8.49E-07	3.73E-07	1.56E-07	8.60E-08	4.17E-08	1.85E-08	1.03E-08	7.05E-09	5.33E-09	4.27E-09	3.55E-09	3.03E-09
NE	7.49E-07	3.36E-07	1.43E-07	7.88E-08	3.88E-08	1.74E-08	9.54E-09	6.49E-09	4.89E-09	3.90E-09	3.23E-09	2.75E-09
ENE	8.38E-07	3.90E-07	1.71E-07	9.43E-08	4.58E-08	2.02E-08	1.12E-08	7.66E-09	5.77E-09	4.60E-09	3.83E-09	3.27E-09
E	8.21E-07	3.79E-07	1.60E-07	8.77E-08	4.32E-08	1.95E-08	1.09E-08	7.54E-09	5.71E-09	4.58E-09	3.82E-09	3.27E-09
ESE	3.60E-07	1.78E-07	8.77E-08	5.10E-08	2.36E-08	9.15E-09	4.59E-09	3.02E-09	2.22E-09	1.75E-09	1.44E-09	1.22E-09
SE	3.31E-07	1.61E-07	7.43E-08	4.19E-08	1.93E-08	7.66E-09	3.90E-09	2.57E-09	1.90E-09	1.50E-09	1.24E-09	1.04E-09
SSE	2.89E-07	1.33E-07	5.88E-08	3.16E-08	1.38E-08	5.01E-09	2.36E-09	1.50E-09	1.08E-09	8.32E-10	6.77E-10	5.71E-10
S	9.32E-07	4.16E-07	1.81E-07	9.54E-08	4.03E-08	1.42E-08	6.55E-09	4.11E-09	2.95E-09	2.27E-09	1.85E-09	1.56E-09
SSW	1.85E-06	8.60E-07	4.08E-07	2.31E-07	1.02E-07	3.63E-08	1.68E-08	1.05E-08	7.54E-09	5.82E-09	4.75E-09	4.00E-09
SW	1.86E-06	8.32E-07	3.77E-07	2.11E-07	9.60E-08	3.71E-08	1.85E-08	1.20E-08	8.77E-09	6.88E-09	5.66E-09	4.79E-09
WSW	2.07E-06	9.04E-07	3.85E-07	2.10E-07	1.01E-07	4.32E-08	2.31E-08	1.56E-08	1.16E-08	9.26E-09	7.71E-09	6.55E-09
W	2.57E-06	1.21E-06	5.66E-07	3.27E-07	1.59E-07	6.71E-08	3.53E-08	2.36E-08	1.76E-08	1.40E-08	1.16E-08	9.87E-09
WNW	1.65E-06	7.54E-07	3.32E-07	1.89E-07	9.32E-08	4.13E-08	2.28E-08	1.56E-08	1.18E-08	9.49E-09	7.88E-09	6.77E-09
NW	6.55E-07	3.12E-07	1.44E-07	8.27E-08	4.01E-08	1.71E-08	9.21E-09	6.27E-09	4.70E-09	3.74E-09	3.10E-09	2.64E-09
NNW	4.98E-07	2.36E-07	1.05E-07	5.94E-08	2.85E-08	1.23E-08	6.60E-09	4.48E-09	3.36E-09	2.67E-09	2.21E-09	1.88E-09

表 6.2-15（1/2） 液态放射性排放造成海域水体中的浓度（年平均）

单位：Bq/L

核素 \ 海域	0~1km	1~2km	2~5km	5~10km	10~20km
<sup>3</sup> H	5.52E-01	1.79E-01	1.47E-01	9.20E-02	7.15E-02
<sup>14</sup> C	2.28E-04	7.38E-05	6.08E-05	3.80E-05	2.95E-05
<sup>51</sup> Cr	1.65E-06	5.36E-07	4.31E-07	2.69E-07	2.06E-07
<sup>54</sup> Mn	1.43E-07	4.63E-08	3.81E-08	2.38E-08	1.85E-08
<sup>59</sup> Fe	2.69E-07	8.75E-08	7.04E-08	4.40E-08	3.36E-08
<sup>58</sup> Co	6.18E-07	2.01E-07	1.62E-07	1.01E-07	7.72E-08
<sup>60</sup> Co	6.17E-07	2.00E-07	1.65E-07	1.03E-07	8.00E-08
<sup>89</sup> Sr	3.78E-08	1.23E-08	9.89E-09	6.18E-09	4.73E-09
<sup>90</sup> Sr	7.88E-10	2.55E-10	2.10E-10	1.31E-10	1.02E-10
<sup>91</sup> Sr	4.83E-09	1.54E-09	1.22E-09	7.33E-10	5.38E-10
<sup>92</sup> Sr	5.15E-09	1.64E-09	1.30E-09	7.82E-10	5.74E-10
<sup>90</sup> Y	5.97E-11	1.90E-11	1.50E-11	9.06E-12	6.65E-12
<sup>91</sup> Y	1.36E-09	4.43E-10	3.57E-10	2.23E-10	1.70E-10
<sup>95</sup> Zr	1.83E-09	5.94E-10	4.78E-10	2.99E-10	2.28E-10
<sup>95</sup> Nb	1.67E-09	5.43E-10	4.37E-10	2.73E-10	2.09E-10
<sup>99</sup> Mo	7.34E-08	2.34E-08	1.85E-08	1.12E-08	8.19E-09
<sup>99m</sup> Tc	6.31E-08	2.01E-08	1.59E-08	9.58E-09	7.04E-09
<sup>103</sup> Ru	1.94E-09	6.32E-10	5.09E-10	3.18E-10	2.43E-10
<sup>106</sup> Ru	5.62E-10	1.82E-10	1.50E-10	9.36E-11	7.28E-11
<sup>106</sup> Rh	1.05E-13	3.36E-14	2.65E-14	1.60E-14	1.17E-14
<sup>110m</sup> Ag	1.01E-07	3.20E-08	2.62E-08	1.65E-08	1.25E-08
<sup>122</sup> Sb	1.80E-08	5.75E-09	4.54E-09	2.74E-09	2.01E-09
<sup>124</sup> Sb	4.17E-08	1.36E-08	1.09E-08	6.82E-09	5.22E-09
<sup>131</sup> Te	2.81E-09	8.97E-10	7.08E-10	4.27E-10	3.13E-10
<sup>131m</sup> Te	1.48E-09	4.73E-10	3.73E-10	2.25E-10	1.65E-10
<sup>132</sup> Te	2.76E-08	8.82E-09	6.96E-09	4.20E-09	3.08E-09
<sup>134</sup> Te	5.93E-09	1.89E-09	1.49E-09	9.01E-10	6.61E-10
<sup>131</sup> I	2.69E-05	8.59E-06	6.78E-06	4.09E-06	3.00E-06
<sup>132</sup> I	2.40E-06	7.65E-07	6.03E-07	3.64E-07	2.67E-07
<sup>133</sup> I	1.15E-05	3.68E-06	2.90E-06	1.75E-06	1.29E-06
<sup>134</sup> I	2.17E-07	6.93E-08	5.47E-08	3.30E-08	2.42E-08
<sup>135</sup> I	2.80E-06	8.93E-07	7.05E-07	4.25E-07	3.12E-07
<sup>134</sup> Cs	6.13E-06	1.99E-06	1.64E-06	1.02E-06	7.95E-07
<sup>136</sup> Cs	2.70E-06	8.79E-07	7.07E-07	4.42E-07	3.38E-07
<sup>137</sup> Cs	8.98E-06	2.91E-06	2.39E-06	1.50E-06	1.16E-06
<sup>138</sup> Cs	6.31E-07	2.01E-07	1.59E-07	9.58E-08	7.04E-08
<sup>140</sup> Ba	6.83E-08	2.22E-08	1.79E-08	1.12E-08	8.54E-09
<sup>140</sup> La	5.87E-08	1.87E-08	1.48E-08	8.92E-09	6.55E-09
<sup>141</sup> Ce	1.98E-09	6.44E-10	5.18E-10	3.24E-10	2.48E-10
<sup>143</sup> Ce	2.63E-09	8.40E-10	6.63E-10	4.00E-10	2.94E-10
<sup>144</sup> Ce	1.19E-09	3.86E-10	3.18E-10	1.98E-10	1.54E-10
<sup>143</sup> Pr	2.11E-09	6.86E-10	5.52E-10	3.45E-10	2.64E-10
<sup>144</sup> Pr	1.11E-09	3.54E-10	2.79E-10	1.68E-10	1.24E-10

表 6.2-15（2/2） 液态放射性排放造成海域水体中的浓度（峰值）

海域	排水口附近 0~1km 海域		
核素	浓度（Bq/L）	核素	浓度（Bq/L）
$^3\text{H}$	2.76E+01	$^{124}\text{Sb}$	2.09E-06
$^{14}\text{C}$	1.14E-02	$^{131}\text{Te}$	1.41E-07
$^{51}\text{Cr}$	8.26E-05	$^{131\text{m}}\text{Te}$	7.43E-08
$^{54}\text{Mn}$	7.16E-06	$^{132}\text{Te}$	1.38E-06
$^{59}\text{Fe}$	1.35E-05	$^{134}\text{Te}$	2.97E-07
$^{58}\text{Co}$	3.10E-05	$^{131}\text{I}$	1.35E-03
$^{60}\text{Co}$	3.09E-05	$^{132}\text{I}$	1.20E-04
$^{89}\text{Sr}$	1.90E-06	$^{133}\text{I}$	5.78E-04
$^{90}\text{Sr}$	3.95E-08	$^{134}\text{I}$	1.09E-05
$^{91}\text{Sr}$	2.42E-07	$^{135}\text{I}$	1.40E-04
$^{92}\text{Sr}$	2.58E-07	$^{134}\text{Cs}$	3.07E-04
$^{90}\text{Y}$	2.99E-09	$^{136}\text{Cs}$	1.35E-04
$^{91}\text{Y}$	6.83E-08	$^{137}\text{Cs}$	4.50E-04
$^{95}\text{Zr}$	9.15E-08	$^{138}\text{Cs}$	3.16E-05
$^{95}\text{Nb}$	8.38E-08	$^{140}\text{Ba}$	3.42E-06
$^{99}\text{Mo}$	3.68E-06	$^{140}\text{La}$	2.94E-06
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.16E-06	$^{141}\text{Ce}$	9.92E-08
$^{103}\text{Ru}$	9.75E-08	$^{143}\text{Ce}$	1.32E-07
$^{106}\text{Ru}$	2.81E-08	$^{144}\text{Ce}$	5.97E-08
$^{106}\text{Rh}$	5.27E-12	$^{143}\text{Pr}$	1.06E-07
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	5.06E-06	$^{144}\text{Pr}$	5.55E-08
$^{122}\text{Sb}$	9.03E-07		

表 6.2-16 气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.29E-07	—	3.50E-08	1.18E-08	7.63E-09	4.01E-09	3.02E-09	2.01E-09	1.69E-09	1.37E-09	1.59E-09
NNE	—	1.53E-07	—	4.27E-08	1.59E-08	8.49E-09	4.56E-09	3.01E-09	2.29E-09	1.81E-09	1.45E-09	1.30E-09
NE	—	1.74E-07	7.17E-08	4.03E-08	1.86E-08	8.42E-09	4.66E-09	3.06E-09	2.32E-09	1.76E-09	1.56E-09	1.28E-09
ENE	—	—	—	—	—	1.00E-08	5.57E-09	3.68E-09	2.76E-09	2.13E-09	1.80E-09	1.56E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	9.60E-09	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	1.43E-08	9.89E-09	6.46E-09	5.29E-09	4.79E-09	4.42E-09
WNW	—	—	—	—	—	—	1.05E-08	6.82E-09	5.03E-09	3.83E-09	3.31E-09	2.86E-09
NW	—	1.34E-07	—	—	—	8.32E-09	4.16E-09	2.97E-09	2.27E-09	1.70E-09	1.44E-09	1.23E-09
NNW	—	—	—	—	9.70E-09	6.42E-09	3.49E-09	2.40E-09	1.76E-09	1.38E-09	1.13E-09	1.01E-09

表 6.2-17 液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	6.71E-09	—	4.18E-09	1.20E-09	8.68E-10	9.27E-10	8.55E-10	8.72E-10	8.13E-10	8.62E-10	8.87E-10
NNE	—	6.71E-09	—	4.18E-09	1.16E-09	8.87E-10	8.78E-10	8.84E-10	8.36E-10	8.51E-10	9.23E-10	8.74E-10
NE	—	6.71E-09	6.71E-09	4.18E-09	1.13E-09	8.51E-10	8.27E-10	8.48E-10	8.46E-10	9.37E-10	8.32E-10	9.06E-10
ENE	—	—	—	—	—	8.71E-10	8.69E-10	8.63E-10	8.55E-10	8.93E-10	8.60E-10	8.45E-10
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	9.81E-10	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	9.81E-10	8.93E-10	9.32E-10	8.79E-10	9.43E-10	8.32E-10
WNW	—	—	—	—	—	—	8.44E-10	8.70E-10	8.63E-10	9.11E-10	8.40E-10	8.07E-10
NW	—	6.71E-09	—	—	—	8.33E-10	9.46E-10	8.45E-10	8.16E-10	8.67E-10	8.15E-10	8.09E-10
NNW	—	—	—	—	1.12E-09	8.48E-10	8.75E-10	8.55E-10	8.55E-10	8.51E-10	9.20E-10	8.52E-10



表 6.2-18 气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.36E-07	—	3.92E-08	1.30E-08	8.50E-09	4.93E-09	3.87E-09	2.88E-09	2.50E-09	2.24E-09	2.47E-09
NNE	—	1.60E-07	—	4.69E-08	1.71E-08	9.38E-09	5.43E-09	3.89E-09	3.13E-09	2.66E-09	2.38E-09	2.17E-09
NE	—	1.81E-07	7.84E-08	4.45E-08	1.97E-08	9.27E-09	5.49E-09	3.91E-09	3.17E-09	2.70E-09	2.39E-09	2.19E-09
ENE	—	—	—	—	—	1.09E-08	6.44E-09	4.55E-09	3.61E-09	3.03E-09	2.66E-09	2.40E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	1.06E-08	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	1.53E-08	1.08E-08	7.39E-09	6.17E-09	5.73E-09	5.26E-09
WNW	—	—	—	—	—	—	1.13E-08	7.69E-09	5.89E-09	4.75E-09	4.15E-09	3.66E-09
NW	—	1.41E-07	—	—	—	9.15E-09	5.11E-09	3.81E-09	3.09E-09	2.57E-09	2.25E-09	2.04E-09
NNW	—	—	—	—	1.08E-08	7.27E-09	4.36E-09	3.26E-09	2.62E-09	2.23E-09	2.05E-09	1.86E-09

表 6.2-19 气态和液态途径对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.47E-07	—	4.28E-08	1.43E-08	9.67E-09	5.72E-09	4.43E-09	3.34E-09	2.86E-09	2.59E-09	2.88E-09
NNE	—	1.74E-07	—	5.26E-08	1.94E-08	1.09E-08	6.36E-09	4.59E-09	3.66E-09	3.13E-09	2.83E-09	2.57E-09
NE	—	1.99E-07	8.69E-08	4.95E-08	2.24E-08	1.06E-08	6.26E-09	4.51E-09	3.65E-09	3.18E-09	2.77E-09	2.57E-09
ENE	—	—	—	—	—	1.25E-08	7.39E-09	5.27E-09	4.18E-09	3.54E-09	3.09E-09	2.79E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	1.21E-08	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	1.76E-08	1.24E-08	8.57E-09	7.13E-09	6.82E-09	6.14E-09
WNW	—	—	—	—	—	—	1.30E-08	8.95E-09	6.88E-09	5.61E-09	4.85E-09	4.26E-09
NW	—	1.54E-07	—	—	—	1.06E-08	6.04E-09	4.45E-09	3.59E-09	3.02E-09	2.62E-09	2.38E-09
NNW	—	—	—	—	1.19E-08	8.32E-09	5.02E-09	3.74E-09	3.02E-09	2.58E-09	2.41E-09	2.16E-09

表 6.2-20 气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.36E-07	—	3.81E-08	1.31E-08	8.32E-09	4.90E-09	3.72E-09	2.81E-09	2.35E-09	2.16E-09	2.38E-09
NNE	—	1.62E-07	—	4.80E-08	1.74E-08	9.42E-09	5.43E-09	3.89E-09	3.05E-09	2.61E-09	2.41E-09	2.15E-09
NE	—	1.85E-07	7.92E-08	4.50E-08	1.97E-08	9.10E-09	5.30E-09	3.80E-09	3.06E-09	2.71E-09	2.30E-09	2.18E-09
ENE	—	—	—	—	—	1.08E-08	6.31E-09	4.47E-09	3.51E-09	2.99E-09	2.58E-09	2.32E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	1.06E-08	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	1.55E-08	1.07E-08	7.42E-09	6.09E-09	5.84E-09	5.14E-09
WNW	—	—	—	—	—	—	1.12E-08	7.64E-09	5.84E-09	4.78E-09	4.06E-09	3.54E-09
NW	—	1.39E-07	—	—	—	9.08E-09	5.20E-09	3.74E-09	2.98E-09	2.53E-09	2.15E-09	1.94E-09
NNW	—	—	—	—	1.08E-08	7.13E-09	4.25E-09	3.13E-09	2.52E-09	2.15E-09	2.04E-09	1.79E-09

表 6.2-21 气态和液态途径对各子区公众个人（婴儿）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	9.41E-08	—	2.36E-08	9.51E-09	4.65E-09	2.51E-09	1.80E-09	1.34E-09	1.12E-09	9.84E-10	1.03E-09
NNE	—	1.12E-07	—	2.80E-08	1.15E-08	5.25E-09	2.79E-09	1.89E-09	1.45E-09	1.20E-09	1.05E-09	9.42E-10
NE	—	1.13E-07	4.84E-08	2.65E-08	1.20E-08	5.18E-09	2.81E-09	1.91E-09	1.48E-09	1.23E-09	1.07E-09	9.60E-10
ENE	—	—	—	—	—	6.17E-09	3.35E-09	2.27E-09	1.72E-09	1.40E-09	1.21E-09	1.07E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	6.32E-09	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	9.33E-09	6.08E-09	4.18E-09	3.28E-09	2.86E-09	2.49E-09
WNW	—	—	—	—	—	—	6.18E-09	4.03E-09	2.97E-09	2.33E-09	1.97E-09	1.70E-09
NW	—	9.46E-08	—	—	—	5.05E-09	2.64E-09	1.83E-09	1.42E-09	1.15E-09	9.92E-10	8.85E-10
NNW	—	—	—	—	7.84E-09	3.95E-09	2.15E-09	1.52E-09	1.18E-09	9.91E-10	8.90E-10	7.97E-10

表 6.2-22 气态和液态途径造成各子区公众集体有效剂量

单位：人 Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合 计
N	—	1.77E-04	—	2.86E-04	1.41E-03	6.28E-04	7.48E-04	2.92E-04	1.80E-04	2.12E-04	2.08E-04	8.64E-04	5.01E-03
NNE	—	9.21E-04	—	1.62E-04	1.83E-03	9.61E-04	7.39E-04	5.33E-04	3.47E-04	3.17E-04	1.14E-03	1.76E-03	8.72E-03
NE	—	4.78E-04	5.73E-05	1.40E-04	2.74E-04	6.44E-04	4.62E-04	3.02E-04	4.28E-04	3.82E-05	4.25E-04	2.44E-03	5.69E-03
ENE	—	—	—	—	—	8.68E-04	1.53E-03	1.30E-03	6.37E-04	1.37E-03	6.40E-04	6.26E-04	6.97E-03
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—	6.83E-04	—	—	—	—	—	6.83E-04
W	—	—	—	—	—	—	2.99E-04	1.87E-03	2.31E-03	1.53E-04	5.38E-04	6.66E-04	5.84E-03
WNW	—	—	—	—	—	—	3.06E-04	9.42E-04	7.86E-04	1.86E-03	5.78E-04	5.35E-05	4.52E-03
NW	—	5.52E-04	—	—	—	2.68E-04	1.79E-03	4.04E-04	1.47E-04	4.22E-04	4.39E-05	4.73E-05	3.67E-03
NNW	—	—	—	—	5.19E-05	5.34E-04	5.69E-04	2.55E-04	1.34E-04	2.69E-04	2.49E-04	1.34E-04	2.20E-03
合 计	—	2.13E-03	5.73E-05	5.88E-04	3.57E-03	3.90E-03	7.12E-03	5.90E-03	4.97E-03	4.64E-03	3.83E-03	6.59E-03	<b>4.33E-02</b>

表 6.2-23 海洋系统悬浮物 Kd 因子

元素	Kd (Bq/kg)/(Bq/L)	元素	Kd (Bq/kg)/(Bq/L)
$^1\text{H}$	1.00E+00	$^{44}\text{Ru}$	4.00E+04
$^{12}\text{C}$	1.00E+03	$^{45}\text{Rh}$	3.00E+02
$^{24}\text{Cr}$	5.00E+04	$^{47}\text{Ag}$	1.00E+04
$^{25}\text{Mn}$	2.00E+06	$^{51}\text{Sb}$	2.00E+03
$^{26}\text{Fe}$	3.00E+08	$^{52}\text{Te}$	1.00E+03
$^{27}\text{Co}$	3.00E+05	$^{53}\text{I}$	7.00E+01
$^{38}\text{Sr}$	8.00E+00	$^{55}\text{Cs}$	4.00E+03
$^{39}\text{Y}$	9.00E+05	$^{56}\text{Ba}$	2.00E+03
$^{40}\text{Zr}$	2.00E+06	$^{57}\text{La}$	3.00E+06
$^{41}\text{Nb}$	8.00E+05	$^{58}\text{Ce}$	3.00E+06
$^{42}\text{Mo}$	5.00E+04	$^{59}\text{Pr}$	5.00E+06
$^{43}\text{Tc}$	1.00E+02		

表 6.2-24 海洋生态系统各类生物的浓集因子（Bp）

单位：(Bq/kg)/(Bq/L)

元素	底栖鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浮游鱼	浮游植物	浮游动物
$^1\text{H}$	1	1	1	1	1	1	1
$^{12}\text{C}$	1700	1400	1300	650	1700	250	10000
$^{54}\text{Cr}$	200	100	6000	2000	200	5000	1000
$^{55}\text{Mn}$	2600	45000	8600	12000	2600	3500	2500
$^{56}\text{Fe}$	30000	500000	20000	500000	30000	400000	700000
$^{59}\text{Co}$	5300	3500	1700	5300	5300	3100	4800
$^{88}\text{Sr}$	25	49.5	29.3	150	25	188	68
$^{89}\text{Y}$	20	1000	1000	1000	20	100	100
$^{90}\text{Zr}$	85.2	49	1660	3300	85.2	33000	21700
$^{91}\text{Nb}$	30	100	490	880	30	1000	20000
$^{92}\text{Mo}$	10	100	10	10	10	0	0
$^{98}\text{Tc}$	80	17300	53400	8200	80	4.9	100
$^{101}\text{Ru}$	29.4	100	1200	1620	29.4	6680	30000
$^{103}\text{Rh}$	100	1000	0	0	100	0	0
$^{107}\text{Ag}$	11000	36000	3900	36000	11000	69000	6000
$^{121}\text{Sb}$	600	300	225	470	600	1000	1310
$^{128}\text{Te}$	690	1000	425	1500	690	13100	1000
$^{127}\text{I}$	9	39.2	4200	8800	9	950	3100
$^{137}\text{Cs}$	84	53	96	50	84	8.5	130
$^{138}\text{Ba}$	25	49.5	29.3	150	25	188	68
$^{139}\text{La}$	11300	5700	11000	11300	11300	11000	11300
$^{140}\text{Ce}$	390	100	2100	2200	390	11000	6000
$^{141}\text{Pr}$	25	0	0	1000	10	0	0

表 6.2-25 陆生生态系统各类生物的浓集因子 (Bp)

单位：对于 H、C 和惰性气体：(Bq/kg)/(Bq/m<sup>3</sup>)，其他：(Bq/kg)/(Bq/kg)

元素	两栖 动物	环节 动物	食腐节肢 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
<sub>1</sub> H	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02
<sub>6</sub> C	1.34E+03	4.29E+02	4.30E+02	1.34E+03	4.30E+02	8.90E+02	8.90E+02	1.34E+03	1.34E+03	4.30E+02	1.34E+03	8.90E+02	1.30E+03
<sub>24</sub> Cr	5.95E-03	2.77E-02	3.14E-03	9.20E-02	3.14E-03	2.06E-02	5.60E-02	5.95E-03	5.95E-03	2.77E-02	5.95E-03	1.00E-02	5.68E-03
<sub>25</sub> Mn	1.04E-02	1.72E-02	9.79E-02	1.04E-02	9.79E-02	9.17E-02	6.20E-01	2.49E-03	2.49E-03	4.65E-02	1.04E-02	4.40E+00	6.33E-02
<sub>26</sub> Fe	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	3.10E-03	4.90E-02	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	1.10E-02	9.20E-04
<sub>27</sub> Co	1.91E-01	1.88E-02	7.07E-03	1.30E-02	7.07E-03	1.93E-02	8.40E-02	1.91E-01	1.91E-01	1.88E-02	1.91E-01	1.30E-02	5.43E-03
<sub>38</sub> Sr	1.32E+00	6.63E-02	3.43E-01	1.23E+00	3.43E-01	7.83E-01	4.64E+00	1.67E+00	1.67E+00	9.23E-02	4.06E-01	1.80E-01	4.77E-01
<sub>40</sub> Zr	1.31E-01	9.55E-03	7.65E-03	1.31E-01	7.65E-03	3.89E-02	1.81E-01	2.54E-04	2.54E-04	9.55E-03	1.31E-01	5.32E-03	1.12E-02
<sub>41</sub> Nb	4.19E-02	1.53E-01	9.54E-04	1.72E-01	9.54E-04	1.27E-03	2.76E-02	4.19E-02	4.19E-02	1.53E-01	4.19E-02	1.21E-03	1.20E-02
<sub>43</sub> Tc	3.93E-01	3.93E-01	3.93E-01	1.67E-01	3.93E-01	1.39E+01	1.39E+01	3.93E-01	3.93E-01	3.93E-01	3.93E-01	1.16E-02	1.16E-02
<sub>44</sub> Ru	1.20E-01	6.37E-03	6.37E-03	1.20E-01	6.37E-03	2.00E-02	6.46E+00	1.20E-01	1.20E-01	6.37E-03	1.20E-01	4.07E-01	4.07E-01
<sub>47</sub> Ag	5.41E-01	5.41E-01	2.16E-02	5.41E-01	2.16E-02	2.33E+00	1.10E-02	5.41E-01	5.41E-01	5.41E-01	5.41E-01	5.20E-03	4.19E-01
<sub>51</sub> Sb	3.50E-03	4.59E-02	1.12E-02	3.50E-03	1.12E-02	3.74E-02	3.00E-01	3.50E-03	3.50E-03	4.59E-02	3.50E-03	3.74E-02	3.74E-02
<sub>52</sub> Te	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02
<sub>53</sub> I	4.00E-01	1.56E-01	3.01E-01	4.00E-01	3.01E-01	1.40E-01	1.40E-01	4.00E-01	4.00E-01	1.80E-01	4.00E-01	7.03E-04	1.40E-01
<sub>55</sub> Cs	4.57E-01	8.10E-02	1.06E-01	5.63E-01	1.06E-01	1.12E+00	3.78E+00	3.41E+00	3.41E+00	4.05E-02	5.74E-01	1.96E+00	1.36E-01
<sub>56</sub> Ba	2.77E-02	1.38E-02	1.64E-02	1.22E+01	1.64E-02	3.04E-02	9.30E-02	2.77E-02	2.77E-02	4.77E-02	2.77E-02	5.20E-01	1.02E-01
<sub>57</sub> La	5.70E-01	5.86E-03	1.70E-03	5.70E-01	1.70E-03	1.41E-02	2.16E-02	3.38E-02	3.38E-02	5.86E-03	5.70E-01	3.54E-03	3.87E-03
<sub>58</sub> Ce	4.88E-03	4.85E-03	2.16E-03	6.92E-02	2.16E-03	1.36E-02	1.64E-02	4.88E-03	4.88E-03	6.92E-02	4.88E-03	9.15E-03	1.71E-03



表 6.2-26 各放射性核素对海洋生物的内照射剂量率转换因子

单位: ( $\mu\text{Gy/h}$ ) / ( $\text{Bq/kg}$ )

核素	底栖鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浮游鱼	浮游植物	浮游动物
$^3\text{H}$	8.27E-06	8.27E-06	8.22E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.22E-06	8.27E-06
$^{14}\text{C}$	2.96E-05	2.96E-05	2.90E-05	2.85E-05	2.96E-05	2.76E-05	2.85E-05
$^{51}\text{Cr}$	8.99E-06	9.61E-06	7.77E-06	7.92E-06	9.27E-06	7.02E-06	7.21E-06
$^{54}\text{Mn}$	4.84E-05	6.48E-05	2.00E-05	2.35E-05	5.61E-05	7.60E-06	9.50E-06
$^{59}\text{Fe}$	1.22E-04	1.43E-04	8.19E-05	8.83E-05	1.32E-04	5.00E-05	6.50E-05
$^{58}\text{Co}$	7.31E-05	9.05E-05	3.86E-05	4.40E-05	8.27E-05	1.80E-05	2.52E-05
$^{60}\text{Co}$	1.70E-04	2.10E-04	8.78E-05	9.80E-05	1.90E-04	4.60E-05	5.60E-05
$^{89}\text{Sr}$	3.20E-04	3.30E-04	2.61E-04	3.10E-04	3.30E-04	5.77E-05	1.80E-04
$^{90}\text{Sr}$	6.00E-04	6.30E-04	4.66E-04	5.80E-04	6.20E-04	1.16E-04	2.90E-04
$^{91}\text{Sr}$	4.11E-04	4.45E-04	2.98E-04	3.64E-04	4.32E-04	6.05E-05	1.83E-04
$^{92}\text{Sr}$	1.69E-04	1.93E-04	1.21E-04	1.32E-04	1.81E-04	6.09E-05	9.53E-05
$^{90}\text{Y}$	4.90E-04	5.16E-04	3.60E-04	4.65E-04	5.12E-04	5.30E-05	1.93E-04
$^{91}\text{Y}$	3.31E-04	3.38E-04	2.67E-04	3.17E-04	3.37E-04	5.73E-05	1.82E-04
$^{95}\text{Zr}$	1.00E-04	1.20E-04	7.72E-05	8.20E-05	1.10E-04	5.15E-05	6.50E-05
$^{95}\text{Nb}$	6.43E-05	7.95E-05	3.78E-05	4.18E-05	7.24E-05	2.50E-05	2.81E-05
$^{99}\text{Mo}$	2.49E-04	2.56E-04	2.09E-04	2.32E-04	2.52E-04	7.32E-05	1.65E-04
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.97E-05	2.20E-05	1.44E-05	1.49E-05	2.06E-05	1.13E-05	1.24E-05
$^{103}\text{Ru}$	9.36E-05	1.04E-04	7.52E-05	7.80E-05	9.88E-05	5.97E-05	6.79E-05
$^{106}\text{Ru}$	7.30E-04	7.80E-04	5.00E-04	6.60E-04	7.70E-04	5.92E-05	2.04E-04
$^{106}\text{Rh}$	7.20E-04	7.78E-04	4.91E-04	6.53E-04	7.67E-04	4.98E-05	1.95E-04
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	2.90E-04	3.30E-04	1.97E-04	2.30E-04	3.10E-04	5.75E-05	1.30E-04
$^{124}\text{Sb}$	3.58E-04	3.67E-04	2.96E-04	3.37E-04	3.58E-04	1.04E-04	2.25E-04
$^{131}\text{Te}$	1.70E-04	2.00E-04	1.12E-04	1.20E-04	1.90E-04	5.07E-05	8.40E-05
$^{131\text{m}}\text{Te}$	1.83E-04	2.30E-04	1.11E-04	1.23E-04	2.00E-04	6.45E-05	8.06E-05
$^{132}\text{Te}$	1.70E-04	1.80E-04	1.40E-04	1.50E-04	1.80E-04	6.70E-05	1.20E-04
$^{134}\text{Te}$	6.61E-04	7.16E-04	4.99E-04	5.66E-04	6.90E-04	1.64E-04	3.66E-04
$^{131}\text{I}$	3.98E-04	4.43E-04	2.77E-04	3.25E-04	4.21E-04	6.17E-05	1.82E-04
$^{132}\text{I}$	1.02E-04	1.02E-04	9.79E-05	1.01E-04	1.02E-04	7.06E-05	9.28E-05
$^{133}\text{I}$	6.70E-04	7.20E-04	4.88E-04	6.30E-04	7.10E-04	9.83E-05	2.50E-04
$^{134}\text{I}$	3.10E-02	3.10E-02	3.06E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.06E-02	3.10E-02
$^{135}\text{I}$	8.06E-06	8.06E-06	8.10E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.10E-06	8.06E-06
$^{134}\text{Cs}$	6.06E-04	6.47E-04	4.27E-04	5.66E-04	6.41E-04	5.05E-05	1.96E-04
$^{136}\text{Cs}$	3.33E-04	3.49E-04	2.58E-04	3.07E-04	3.43E-04	5.77E-05	1.75E-04
$^{137}\text{Cs}$	7.31E-05	7.64E-05	6.53E-05	6.64E-05	7.45E-05	5.82E-05	6.19E-05
$^{138}\text{Cs}$	3.10E-04	3.16E-04	2.58E-04	2.97E-04	3.14E-04	7.57E-05	1.92E-04
$^{140}\text{Ba}$	2.78E-04	3.11E-04	1.98E-04	2.27E-04	2.95E-04	8.53E-05	1.43E-04
$^{140}\text{La}$	2.20E-04	2.38E-04	1.75E-04	1.88E-04	2.29E-04	8.49E-05	1.47E-04
$^{141}\text{Ce}$	4.64E-04	5.22E-04	3.10E-04	3.75E-04	4.95E-04	6.03E-05	1.89E-04
$^{143}\text{Ce}$	2.87E-04	3.18E-04	2.09E-04	2.36E-04	3.03E-04	6.33E-05	1.51E-04
$^{144}\text{Ce}$	7.16E-04	7.97E-04	4.64E-04	6.11E-04	7.70E-04	5.25E-05	2.00E-04
$^{143}\text{Pr}$	6.77E-05	7.98E-05	4.10E-05	4.82E-05	7.36E-05	6.56E-06	2.57E-05
$^{144}\text{Pr}$	2.66E-04	2.74E-04	2.23E-04	2.48E-04	2.70E-04	8.17E-05	1.77E-04

表 6.2-27 各放射性核素对海洋生物的外照射剂量率转换因子

单位: ( $\mu\text{Gy/h}$ ) / ( $\text{Bq/kg}$ )

核素	底栖鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浮游鱼	浮游植物	浮游动物
$^3\text{H}$	7.95E-13	7.40E-15	5.30E-09	2.90E-12	8.30E-15	1.92E-10	1.60E-13
$^{14}\text{C}$	1.80E-08	2.10E-08	2.15E-07	7.20E-08	2.30E-08	1.68E-06	4.30E-07
$^{51}\text{Cr}$	1.64E-05	1.58E-05	1.77E-05	1.75E-05	1.62E-05	1.84E-05	1.82E-05
$^{54}\text{Mn}$	4.40E-04	4.30E-04	4.69E-04	4.70E-04	4.30E-04	4.82E-04	4.80E-04
$^{59}\text{Fe}$	6.33E-04	6.12E-04	6.72E-04	6.66E-04	6.23E-04	7.04E-04	6.89E-04
$^{58}\text{Co}$	5.10E-04	5.00E-04	5.48E-04	5.40E-04	5.00E-04	5.69E-04	5.60E-04
$^{60}\text{Co}$	1.30E-03	1.30E-03	1.41E-03	1.40E-03	1.30E-03	1.45E-03	1.40E-03
$^{89}\text{Sr}$	1.50E-05	8.40E-06	7.51E-05	2.80E-05	9.50E-06	2.79E-04	1.50E-04
$^{90}\text{Sr}$	5.00E-05	2.30E-05	1.85E-04	7.70E-05	2.70E-05	5.36E-04	3.60E-04
$^{91}\text{Sr}$	5.73E-04	5.39E-04	6.86E-04	6.21E-04	5.52E-04	9.24E-04	8.01E-04
$^{92}\text{Sr}$	7.16E-04	6.93E-04	7.65E-04	7.54E-04	7.05E-04	8.25E-04	7.91E-04
$^{90}\text{Y}$	4.88E-05	2.27E-05	1.79E-04	7.45E-05	2.65E-05	4.86E-04	3.45E-04
$^{91}\text{Y}$	1.82E-05	1.08E-05	8.23E-05	3.17E-05	1.21E-05	2.93E-04	1.66E-04
$^{95}\text{Zr}$	3.90E-04	3.80E-04	4.18E-04	4.10E-04	3.80E-04	4.43E-04	4.30E-04
$^{95}\text{Nb}$	4.00E-04	3.90E-04	4.31E-04	4.30E-04	4.00E-04	4.43E-04	4.40E-04
$^{99}\text{Mo}$	1.47E-04	1.40E-04	1.87E-04	1.64E-04	1.44E-04	3.23E-04	2.30E-04
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.53E-05	6.31E-05	7.06E-05	7.02E-05	6.45E-05	7.38E-05	7.27E-05
$^{103}\text{Ru}$	2.50E-04	2.40E-04	2.65E-04	2.60E-04	2.40E-04	2.80E-04	2.70E-04
$^{106}\text{Ru}$	2.20E-04	1.60E-04	4.45E-04	2.80E-04	1.70E-04	8.85E-04	7.40E-04
$^{106}\text{Rh}$	2.17E-04	1.57E-04	4.45E-04	2.84E-04	1.68E-04	8.85E-04	7.41E-04
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	9.80E-04	9.40E-04	1.07E-03	1.00E-03	9.60E-04	1.21E-03	1.10E-03
$^{124}\text{Sb}$	5.10E-05	4.30E-05	1.08E-04	6.60E-05	4.50E-05	3.00E-04	1.80E-04
$^{131}\text{Te}$	8.20E-04	7.90E-04	8.80E-04	8.70E-04	8.10E-04	9.41E-04	9.10E-04
$^{131\text{m}}\text{Te}$	1.10E-03	1.10E-03	1.22E-03	1.20E-03	1.10E-03	1.27E-03	1.30E-03
$^{132}\text{Te}$	3.00E-04	2.90E-04	3.30E-04	3.20E-04	2.90E-04	4.03E-04	3.50E-04
$^{134}\text{Te}$	1.53E-03	1.48E-03	1.70E-03	1.63E-03	1.50E-03	2.03E-03	1.83E-03
$^{131}\text{I}$	1.25E-03	1.20E-03	1.37E-03	1.32E-03	1.22E-03	1.58E-03	1.46E-03
$^{132}\text{I}$	3.90E-05	3.80E-05	4.61E-05	4.40E-05	3.90E-05	7.34E-05	5.20E-05
$^{133}\text{I}$	1.10E-04	6.50E-05	2.95E-04	1.50E-04	7.20E-05	6.84E-04	5.30E-04
$^{134}\text{I}$	4.50E-09	4.30E-09	4.79E-09	4.70E-09	4.40E-09	4.95E-09	4.90E-09
$^{135}\text{I}$	9.10E-10	8.60E-10	2.03E-09	1.10E-09	8.90E-10	1.91E-09	1.40E-09
$^{134}\text{Cs}$	9.38E-05	5.16E-05	2.73E-04	1.35E-04	5.81E-05	6.49E-04	5.03E-04
$^{136}\text{Cs}$	2.47E-04	2.31E-04	3.22E-04	2.73E-04	2.37E-04	5.24E-04	4.05E-04
$^{137}\text{Cs}$	7.45E-05	7.13E-05	8.24E-05	8.13E-05	7.32E-05	8.95E-05	8.58E-05
$^{138}\text{Cs}$	4.14E-05	3.55E-05	9.29E-05	5.46E-05	3.71E-05	2.77E-04	1.59E-04
$^{140}\text{Ba}$	8.11E-04	7.78E-04	8.91E-04	8.62E-04	7.94E-04	1.00E-03	9.46E-04
$^{140}\text{La}$	4.65E-04	4.47E-04	5.10E-04	4.97E-04	4.57E-04	6.01E-04	5.38E-04
$^{141}\text{Ce}$	1.41E-03	1.35E-03	1.56E-03	1.50E-03	1.38E-03	1.81E-03	1.68E-03
$^{143}\text{Ce}$	8.83E-04	8.52E-04	9.61E-04	9.33E-04	8.67E-04	1.11E-03	1.02E-03
$^{144}\text{Ce}$	1.34E-03	1.26E-03	1.60E-03	1.45E-03	1.29E-03	2.01E-03	1.86E-03
$^{143}\text{Pr}$	3.15E-04	3.02E-04	3.41E-04	3.34E-04	3.09E-04	3.76E-04	3.56E-04
$^{144}\text{Pr}$	1.51E-04	1.43E-04	1.94E-04	1.69E-04	1.47E-04	3.36E-04	2.40E-04

表 6.2-28（1/2） 各放射性核素对陆生生物的空气浸没外照射剂量率转换因子

单位: (μGy/h)/(Bq/m<sup>3</sup>)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	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
<sup>51</sup> Cr	0	0	0	5.81E-06	6.39E-06	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>54</sup> Mn	0	0	0	1.50E-04	1.70E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>59</sup> Fe	0	0	0	2.19E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>58</sup> Co	0	0	0	1.70E-04	2.00E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>60</sup> Co	0	0	0	4.30E-04	5.00E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>89</sup> Sr	0	0	0	1.50E-08	1.70E-08	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>90</sup> Sr	0	0	0	6.40E-12	1.60E-11	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>91</sup> Sr	0	0	0	1.94E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>92</sup> Sr	0	0	0	2.45E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>90</sup> Y	0	0	0	1.50E-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>91</sup> Y	0	0	0	6.67E-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>95</sup> Zr	0	0	0	1.30E-04	1.50E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>95</sup> Nb	0	0	0	1.40E-04	1.60E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>99</sup> Mo	0	0	0	4.65E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>99m</sup> Tc	0	0	0	1.95E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>103</sup> Ru	0	0	0	8.30E-05	9.70E-05	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>106</sup> Ru	0	0	0	3.60E-05	4.20E-05	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>110m</sup> Ag	0	0	0	3.10E-04	3.60E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>122</sup> Sb	0	0	0	8.34E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>124</sup> Sb	0	0	0	1.20E-05	1.40E-05	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>131</sup> Te	0	0	0	2.80E-04	3.20E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>131m</sup> Te	0	0	0	3.80E-04	4.40E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>132</sup> Te	0	0	0	1.00E-04	1.20E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>134</sup> Te	0	0	0	5.19E-04	5.57E-04	0	0	0	0	0	0	0	0

表 6.2-28（2/2） 各放射性核素对陆生生物的空气浸没外照射剂量率转换因子

单位: (μGy/h)/(Bq/m<sup>3</sup>)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	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
<sup>131</sup> I	0	0	0	4.22E-04	4.52E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>132</sup> I	0	0	0	1.10E-05	1.20E-05	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>133</sup> I	0	0	0	7.90E-06	9.00E-06	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>134</sup> I	0	0	0	1.50E-09	1.70E-09	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>135</sup> I	0	0	0	2.10E-10	2.70E-10	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>134</sup> Cs	0	0	0	5.78E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>136</sup> Cs	0	0	0	8.34E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>137</sup> Cs	0	0	0	2.23E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>138</sup> Cs	0	0	0	1.05E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>140</sup> Ba	0	0	0	2.80E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>140</sup> La	0	0	0	1.62E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>141</sup> Ce	0	0	0	4.89E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>143</sup> Ce	0	0	0	3.01E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>144</sup> Ce	0	0	0	4.27E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>143</sup> Pr	0	0	0	1.12E-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>144</sup> Pr	0	0	0	4.85E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<sup>85</sup> Kr	4.00E-06	9.90E-06	2.40E-05	1.80E-06	1.40E-05	1.00E-05	4.20E-05	7.10E-07	2.40E-06	8.50E-06	2.60E-06	4.60E-05	4.60E-05
<sup>88</sup> Kr	1.90E-03	2.30E-03	2.50E-03	1.50E-03	2.40E-03	2.30E-03	2.70E-03	8.20E-04	1.60E-03	2.20E-03	1.60E-03	2.70E-03	2.70E-03
<sup>133</sup> Xe	2.40E-05	2.60E-05	2.90E-05	1.90E-05	2.70E-05	2.70E-05	3.20E-05	6.20E-06	2.20E-05	2.60E-05	2.10E-05	3.20E-05	3.20E-05

表 6.2-29 各放射性核素对陆生生物的土表沉积外照射剂量率转换因子

单位: (μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	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
<sup>51</sup> Cr	6.34E-06	0	6.39E-06	5.79E-06	6.39E-06	6.36E-06	6.39E-06	3.01E-06	6.17E-06	6.39E-06	5.99E-06	5.96E-06	5.06E-06
<sup>54</sup> Mn	1.70E-04	0	1.70E-04	1.70E-04	1.70E-04	1.60E-04	1.71E-04	8.40E-05	1.70E-04	1.70E-04	1.60E-04	1.60E-04	1.30E-04
<sup>59</sup> Fe	2.35E-04	0	2.37E-04	2.20E-04	2.37E-04	2.27E-04	2.37E-04	1.22E-04	2.30E-04	2.37E-04	2.24E-04	2.15E-04	1.85E-04
<sup>58</sup> Co	2.00E-04	0	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	1.90E-04	1.99E-04	9.80E-05	1.90E-04	2.00E-04	1.90E-04	1.80E-04	1.60E-04
<sup>60</sup> Co	4.90E-04	0	5.00E-04	4.90E-04	5.00E-04	4.80E-04	4.96E-04	2.60E-04	4.80E-04	5.00E-04	4.70E-04	4.50E-04	3.90E-04
<sup>89</sup> Sr	1.70E-08	0	1.70E-08	1.70E-08	1.70E-08	1.70E-08	1.72E-08	8.50E-09	1.70E-08	1.70E-08	1.60E-08	1.60E-08	1.30E-08
<sup>90</sup> Sr	1.60E-11	0	1.60E-11	1.60E-11	1.60E-11	1.30E-10	1.63E-11	4.60E-12	1.60E-11	1.60E-11	1.50E-11	5.10E-11	5.90E-12
<sup>91</sup> Sr	2.09E-04	0	2.11E-04	1.94E-04	2.11E-04	2.05E-04	2.11E-04	1.04E-04	2.04E-04	2.10E-04	1.99E-04	1.93E-04	1.64E-04
<sup>92</sup> Sr	2.61E-04	0	2.62E-04	2.45E-04	2.62E-04	2.53E-04	2.62E-04	1.39E-04	2.56E-04	2.62E-04	2.50E-04	2.39E-04	2.06E-04
<sup>90</sup> Y	1.60E-11	0	1.63E-11	1.48E-11	1.63E-11	1.25E-10	1.63E-11	4.68E-12	1.56E-11	1.62E-11	1.54E-11	5.09E-11	5.85E-12
<sup>91</sup> Y	7.15E-07	0	7.19E-07	6.68E-07	7.19E-07	6.91E-07	7.19E-07	3.72E-07	6.99E-07	7.19E-07	6.82E-07	6.53E-07	5.63E-07
<sup>95</sup> Zr	1.50E-04	0	1.50E-04	1.50E-04	1.50E-04	1.50E-04	1.52E-04	7.40E-05	1.50E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.20E-04
<sup>95</sup> Nb	1.60E-04	0	1.60E-04	1.50E-04	1.60E-04	1.50E-04	1.57E-04	7.70E-05	1.50E-04	1.60E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.20E-04
<sup>99</sup> Mo	5.02E-05	0	5.06E-05	4.64E-05	5.06E-05	5.06E-05	5.06E-05	2.34E-05	4.90E-05	5.05E-05	4.78E-05	4.79E-05	4.04E-05
<sup>99m</sup> Tc	2.11E-05	0	2.13E-05	1.95E-05	2.13E-05	2.20E-05	2.13E-05	9.10E-06	2.06E-05	2.13E-05	2.01E-05	2.08E-05	1.75E-05
<sup>103</sup> Ru	9.60E-05	0	9.70E-05	9.60E-05	9.70E-05	9.50E-05	9.68E-05	4.70E-05	9.40E-05	9.70E-05	9.10E-05	9.00E-05	7.60E-05
<sup>106</sup> Ru	4.20E-05	0	4.20E-05	4.10E-05	4.20E-05	4.10E-05	4.20E-05	2.10E-05	4.10E-05	4.20E-05	4.00E-05	3.90E-05	3.30E-05
<sup>110m</sup> Ag	3.60E-04	0	3.60E-04	3.50E-04	3.60E-04	3.50E-04	3.58E-04	1.90E-04	3.50E-04	3.60E-04	3.40E-04	3.30E-04	2.80E-04
<sup>124</sup> Sb	1.40E-05	0	1.40E-05	1.40E-05	1.40E-05	1.40E-05	1.39E-05	6.70E-06	1.30E-05	1.40E-05	1.30E-05	1.30E-05	1.10E-05
<sup>131</sup> Te	3.20E-04	0	3.20E-04	3.10E-04	3.20E-04	3.10E-04	3.19E-04	1.60E-04	3.10E-04	3.20E-04	3.00E-04	2.90E-04	2.50E-04
<sup>131m</sup> Te	4.30E-04	0	4.40E-04	4.30E-04	4.40E-04	4.20E-04	4.36E-04	2.20E-04	4.20E-04	4.40E-04	4.10E-04	4.00E-04	3.40E-04
<sup>132</sup> Te	1.10E-04	0	1.20E-04	1.10E-04	1.20E-04	1.10E-04	1.16E-04	5.60E-05	1.10E-04	1.20E-04	1.10E-04	1.10E-04	9.00E-05
<sup>134</sup> Te	5.54E-04	0	5.57E-04	5.19E-04	5.57E-04	5.39E-04	5.57E-04	2.93E-04	5.44E-04	5.57E-04	5.32E-04	5.11E-04	4.39E-04
<sup>131</sup> I	4.50E-04	0	4.52E-04	4.22E-04	4.52E-04	4.37E-04	4.52E-04	2.40E-04	4.41E-04	4.52E-04	4.32E-04	4.14E-04	3.56E-04
<sup>132</sup> I	1.20E-05	0	1.20E-05	1.20E-05	1.20E-05	1.30E-05	1.24E-05	5.30E-06	1.20E-05	1.20E-05	1.20E-05	1.20E-05	1.00E-05
<sup>133</sup> I	9.00E-06	0	9.00E-06	9.00E-06	9.00E-06	9.10E-06	9.04E-06	4.50E-06	8.80E-06	9.00E-06	8.60E-06	8.60E-06	7.30E-06
<sup>134</sup> I	1.70E-09	0	1.70E-09	1.70E-09	1.70E-09	1.70E-09	1.74E-09	8.60E-10	1.70E-09	1.70E-09	1.60E-09	1.60E-09	1.40E-09
<sup>135</sup> I	2.60E-10	0	2.70E-10	2.60E-10	2.70E-10	3.20E-10	2.68E-10	1.00E-10	2.60E-10	2.70E-10	2.50E-10	2.60E-10	2.00E-10
<sup>134</sup> Cs	6.22E-06	0	6.28E-06	5.78E-06	6.27E-06	6.13E-06	6.28E-06	3.08E-06	6.09E-06	6.26E-06	5.95E-06	5.80E-06	4.91E-06
<sup>136</sup> Cs	8.99E-05	0	9.07E-05	8.34E-05	9.06E-05	8.89E-05	9.07E-05	4.42E-05	8.79E-05	9.05E-05	8.59E-05	8.41E-05	7.10E-05
<sup>137</sup> Cs	2.42E-05	0	2.44E-05	2.23E-05	2.44E-05	2.53E-05	2.44E-05	1.06E-05	2.36E-05	2.44E-05	2.30E-05	2.37E-05	1.97E-05
<sup>138</sup> Cs	1.14E-05	0	1.15E-05	1.05E-05	1.15E-05	1.14E-05	1.15E-05	5.52E-06	1.11E-05	1.14E-05	1.08E-05	1.07E-05	8.94E-06
<sup>140</sup> Ba	3.02E-04	0	3.04E-04	2.80E-04	3.04E-04	2.95E-04	3.04E-04	1.51E-04	2.95E-04	3.03E-04	2.88E-04	2.79E-04	2.38E-04
<sup>140</sup> La	1.75E-04	0	1.77E-04	1.62E-04	1.77E-04	1.74E-04	1.77E-04	8.51E-05	1.71E-04	1.77E-04	1.67E-04	1.64E-04	1.39E-04
<sup>141</sup> Ce	5.26E-04	0	5.30E-04	4.90E-04	5.30E-04	5.13E-04	5.30E-04	2.66E-04	5.14E-04	5.30E-04	5.02E-04	4.84E-04	4.14E-04
<sup>143</sup> Ce	3.22E-04	0	3.24E-04	3.01E-04	3.24E-04	3.12E-04	3.24E-04	1.70E-04	3.15E-04	3.24E-04	3.08E-04	2.95E-04	2.54E-04
<sup>144</sup> Ce	4.55E-04	0	4.57E-04	4.28E-04	4.57E-04	4.41E-04	4.57E-04	2.45E-04	4.47E-04	4.57E-04	4.37E-04	4.18E-04	3.60E-04
<sup>143</sup> Pr	1.21E-04	0	1.22E-04	1.12E-04	1.22E-04	1.19E-04	1.22E-04	5.97E-05	1.18E-04	1.22E-04	1.16E-04	1.13E-04	9.55E-05
<sup>144</sup> Pr	5.27E-05	0	5.31E-05	4.84E-05	5.31E-05	5.31E-05	5.31E-05	2.52E-05	5.14E-05	5.30E-05	5.00E-05	4.99E-05	4.20E-05

表 6.2-30 各放射性核素对陆生生物的土中浸没外照射剂量率转换因子

单位: (μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	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
<sup>51</sup> Cr	1.52E-05	1.54E-05	1.55E-05	0	0	0	0	0	1.44E-05	1.54E-05	1.38E-05	0	0
<sup>54</sup> Mn	4.40E-04	4.40E-04	4.50E-04	0	0	0	0	0	4.20E-04	4.50E-04	4.00E-04	0	0
<sup>59</sup> Fe	6.08E-04	6.15E-04	6.19E-04	0	0	0	0	0	5.82E-04	6.17E-04	5.62E-04	0	0
<sup>58</sup> Co	5.10E-04	5.20E-04	5.20E-04	0	0	0	0	0	4.90E-04	5.20E-04	4.70E-04	0	0
<sup>60</sup> Co	1.30E-03	1.30E-03	1.30E-03	0	0	0	0	0	1.20E-03	1.30E-03	1.20E-03	0	0
<sup>89</sup> Sr	4.40E-08	4.50E-08	4.50E-08	0	0	0	0	0	4.20E-08	4.50E-08	4.10E-08	0	0
<sup>90</sup> Sr	1.50E-10	1.50E-10	1.60E-10	0	0	0	0	0	1.20E-10	1.50E-10	1.10E-10	0	0
<sup>91</sup> Sr	5.40E-04	5.47E-04	5.51E-04	0	0	0	0	0	5.15E-04	5.50E-04	4.95E-04	0	0
<sup>92</sup> Sr	6.80E-04	6.87E-04	6.91E-04	0	0	0	0	0	6.52E-04	6.90E-04	6.30E-04	0	0
<sup>90</sup> Y	1.47E-10	1.53E-10	1.57E-10	0	0	0	0	0	1.24E-10	1.55E-10	1.06E-10	0	0
<sup>91</sup> Y	1.85E-06	1.87E-06	1.88E-06	0	0	0	0	0	1.77E-06	1.88E-06	1.71E-06	0	0
<sup>95</sup> Zr	3.90E-04	4.00E-04	4.00E-04	0	0	0	0	0	3.70E-04	4.00E-04	3.60E-04	0	0
<sup>95</sup> Nb	4.10E-04	4.10E-04	4.10E-04	0	0	0	0	0	3.90E-04	4.10E-04	3.70E-04	0	0
<sup>99</sup> Mo	1.20E-04	1.22E-04	1.22E-04	0	0	0	0	0	1.14E-04	1.22E-04	1.10E-04	0	0
<sup>99m</sup> Tc	4.52E-05	4.57E-05	4.60E-05	0	0	0	0	0	4.31E-05	4.59E-05	4.15E-05	0	0
<sup>103</sup> Ru	2.40E-04	2.50E-04	2.50E-04	0	0	0	0	0	2.30E-04	2.50E-04	2.20E-04	0	0
<sup>106</sup> Ru	1.10E-04	1.10E-04	1.10E-04	0	0	0	0	0	1.00E-04	1.10E-04	9.80E-05	0	0
<sup>110m</sup> Ag	9.30E-04	9.50E-04	9.50E-04	0	0	0	0	0	8.90E-04	9.50E-04	8.60E-04	0	0
<sup>124</sup> Sb	3.50E-05	3.60E-05	3.60E-05	0	0	0	0	0	3.30E-05	3.60E-05	3.20E-05	0	0
<sup>131</sup> Te	8.20E-04	8.30E-04	8.40E-04	0	0	0	0	0	7.80E-04	8.30E-04	7.50E-04	0	0
<sup>131m</sup> Te	1.10E-03	1.10E-03	1.10E-03	0	0	0	0	0	1.10E-03	1.10E-03	1.00E-03	0	0
<sup>132</sup> Te	3.00E-04	3.00E-04	3.10E-04	0	0	0	0	0	2.80E-04	3.00E-04	2.70E-04	0	0
<sup>134</sup> Te	1.45E-03	1.46E-03	1.47E-03	0	0	0	0	0	1.38E-03	1.47E-03	1.33E-03	0	0
<sup>131</sup> I	1.18E-03	1.19E-03	1.20E-03	0	0	0	0	0	1.13E-03	1.19E-03	1.09E-03	0	0
<sup>132</sup> I	2.70E-05	2.70E-05	2.70E-05	0	0	0	0	0	2.60E-05	2.70E-05	2.50E-05	0	0
<sup>133</sup> I	2.30E-05	2.30E-05	2.30E-05	0	0	0	0	0	2.20E-05	2.30E-05	2.10E-05	0	0
<sup>134</sup> I	4.50E-09	4.50E-09	4.60E-09	0	0	0	0	0	4.30E-09	4.60E-09	4.10E-09	0	0
<sup>135</sup> I	5.50E-10	5.60E-10	5.60E-10	0	0	0	0	0	5.20E-10	5.60E-10	4.90E-10	0	0
<sup>134</sup> Cs	1.63E-05	1.65E-05	1.66E-05	0	0	0	0	0	1.54E-05	1.65E-05	1.48E-05	0	0
<sup>136</sup> Cs	2.32E-04	2.36E-04	2.37E-04	0	0	0	0	0	2.21E-04	2.37E-04	2.12E-04	0	0
<sup>137</sup> Cs	5.40E-05	5.48E-05	5.52E-05	0	0	0	0	0	5.14E-05	5.50E-05	4.93E-05	0	0
<sup>138</sup> Cs	2.87E-05	2.91E-05	2.93E-05	0	0	0	0	0	2.72E-05	2.92E-05	2.61E-05	0	0
<sup>140</sup> Ba	7.76E-04	7.85E-04	7.91E-04	0	0	0	0	0	7.40E-04	7.89E-04	7.12E-04	0	0
<sup>140</sup> La	4.44E-04	4.50E-04	4.53E-04	0	0	0	0	0	4.22E-04	4.52E-04	4.05E-04	0	0
<sup>141</sup> Ce	1.36E-03	1.38E-03	1.39E-03	0	0	0	0	0	1.30E-03	1.39E-03	1.25E-03	0	0
<sup>143</sup> Ce	8.38E-04	8.48E-04	8.53E-04	0	0	0	0	0	8.03E-04	8.51E-04	7.75E-04	0	0
<sup>144</sup> Ce	1.20E-03	1.21E-03	1.22E-03	0	0	0	0	0	1.15E-03	1.22E-03	1.11E-03	0	0
<sup>143</sup> Pr	3.16E-04	3.20E-04	3.23E-04	0	0	0	0	0	3.01E-04	3.22E-04	2.88E-04	0	0
<sup>144</sup> Pr	1.31E-04	1.32E-04	1.33E-04	0	0	0	0	0	1.24E-04	1.33E-04	1.19E-04	0	0

表 6.2-31（1/2） 各放射性核素对陆生生物的内照射剂量率转换因子

单位: (μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	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
$^3\text{H}$	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	7.72E-06	8.27E-06	8.22E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06
$^{14}\text{C}$	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.96E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.89E-05	2.96E-05	2.96E-05	2.85E-05	2.96E-05	2.85E-05	2.96E-05
$^{51}\text{Cr}$	8.06E-06	7.57E-06	7.25E-06	1.00E-05	7.39E-06	7.53E-06	7.19E-06	1.90E-05	8.98E-06	7.49E-06	8.78E-06	7.53E-06	1.88E-05
$^{54}\text{Mn}$	2.76E-05	1.68E-05	1.01E-05	7.31E-05	1.25E-05	1.58E-05	9.59E-06	2.96E-04	4.96E-05	1.45E-05	4.37E-05	1.58E-05	2.65E-04
$^{59}\text{Fe}$	9.29E-05	7.76E-05	6.69E-05	1.56E-04	7.12E-05	7.60E-05	6.46E-05	4.51E-04	1.23E-04	7.46E-05	1.16E-04	7.60E-05	3.97E-04
$^{58}\text{Co}$	4.84E-05	3.42E-05	2.64E-05	1.03E-04	2.96E-05	3.31E-05	2.51E-05	3.67E-04	7.42E-05	3.25E-05	6.68E-05	3.31E-05	3.27E-04
$^{60}\text{Co}$	1.10E-04	7.70E-05	5.90E-05	2.40E-04	6.40E-05	7.40E-05	5.70E-05	8.50E-04	1.70E-04	7.10E-05	1.50E-04	7.40E-05	7.30E-04
$^{89}\text{Sr}$	3.10E-04	2.90E-04	2.10E-04	3.30E-04	2.50E-04	2.80E-04	1.96E-04	3.30E-04	3.30E-04	2.80E-04	3.20E-04	2.80E-04	3.40E-04
$^{90}\text{Sr}$	5.90E-04	5.20E-04	3.50E-04	6.30E-04	4.20E-04	5.10E-04	3.17E-04	6.50E-04	6.20E-04	4.90E-04	6.00E-04	5.10E-04	6.50E-04
$^{91}\text{Sr}$	3.76E-04	3.22E-04	2.16E-04	4.59E-04	2.69E-04	3.13E-04	1.97E-04	7.40E-04	4.22E-04	2.99E-04	4.04E-04	3.13E-04	7.04E-04
$^{92}\text{Sr}$	1.37E-04	1.18E-04	9.98E-05	2.07E-04	1.08E-04	1.16E-04	9.52E-05	5.34E-04	1.71E-04	1.14E-04	1.63E-04	1.16E-04	4.69E-04
$^{90}\text{Y}$	4.77E-04	4.13E-04	2.44E-04	5.19E-04	3.29E-04	3.99E-04	2.20E-04	5.35E-04	5.08E-04	3.78E-04	4.88E-04	3.99E-04	5.35E-04
$^{91}\text{Y}$	3.23E-04	2.94E-04	2.16E-04	3.40E-04	2.61E-04	2.90E-04	1.98E-04	3.47E-04	3.35E-04	2.82E-04	3.29E-04	2.90E-04	3.47E-04
$^{95}\text{Zr}$	8.50E-05	7.50E-05	6.70E-05	1.30E-04	7.00E-05	7.30E-05	6.48E-05	3.20E-04	1.10E-04	7.30E-05	1.00E-04	7.30E-05	3.00E-04
$^{95}\text{Nb}$	4.49E-05	3.43E-05	2.91E-05	8.87E-05	3.06E-05	3.43E-05	2.81E-05	2.90E-04	6.53E-05	3.33E-05	6.02E-05	3.43E-05	2.60E-04
$^{99}\text{Mo}$	2.36E-04	2.19E-04	1.83E-04	2.60E-04	2.04E-04	2.17E-04	1.71E-04	3.40E-04	2.49E-04	2.14E-04	2.46E-04	2.17E-04	3.37E-04
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.54E-05	1.36E-05	1.25E-05	2.39E-05	1.30E-05	1.35E-05	1.23E-05	6.23E-05	1.93E-05	1.33E-05	1.87E-05	1.35E-05	6.33E-05
$^{103}\text{Ru}$	8.01E-05	7.42E-05	6.90E-05	1.15E-04	7.21E-05	7.31E-05	6.74E-05	2.35E-04	9.47E-05	7.31E-05	9.05E-05	7.31E-05	2.25E-04
$^{106}\text{Ru}$	6.90E-04	5.40E-04	2.65E-04	7.90E-04	3.60E-04	5.10E-04	2.35E-04	8.80E-04	7.60E-04	4.70E-04	7.20E-04	5.10E-04	8.80E-04
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	2.40E-04	2.00E-04	1.40E-04	3.50E-04	1.70E-04	2.00E-04	1.34E-04	8.10E-04	3.00E-04	1.90E-04	2.80E-04	2.00E-04	7.30E-04
$^{124}\text{Sb}$	3.47E-04	3.16E-04	2.56E-04	3.67E-04	2.85E-04	3.16E-04	2.37E-04	3.87E-04	3.58E-04	3.06E-04	3.58E-04	3.16E-04	3.87E-04
$^{131}\text{Te}$	1.30E-04	1.10E-04	8.80E-05	2.20E-04	9.70E-05	1.00E-04	8.46E-05	6.30E-04	1.70E-04	1.00E-04	1.60E-04	1.00E-04	5.80E-04
$^{131\text{m}}\text{Te}$	1.33E-04	1.02E-04	8.37E-05	2.50E-04	9.08E-05	9.99E-05	8.10E-05	8.10E-04	1.94E-04	9.69E-05	1.73E-04	9.99E-05	7.30E-04
$^{132}\text{Te}$	1.50E-04	1.40E-04	1.20E-04	1.90E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.18E-04	3.40E-04	1.70E-04	1.40E-04	1.70E-04	1.40E-04	3.20E-04
$^{134}\text{Te}$	5.83E-04	5.15E-04	4.08E-04	7.49E-04	4.66E-04	5.08E-04	3.81E-04	1.46E-03	6.66E-04	4.96E-04	6.45E-04	5.08E-04	1.33E-03

表 6.2-31（2/2） 各放射性核素对陆生生物的内照射剂量率转换因子

单位: (μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	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
<sup>131</sup> I	3.38E-04	2.87E-04	2.11E-04	4.69E-04	2.52E-04	2.82E-04	1.94E-04	1.04E-03	4.03E-04	2.73E-04	3.86E-04	2.82E-04	9.35E-04
<sup>132</sup> I	1.02E-04	9.89E-05	9.39E-05	1.12E-04	9.59E-05	9.89E-05	9.12E-05	1.33E-04	1.02E-04	9.79E-05	1.02E-04	9.89E-05	1.33E-04
<sup>133</sup> I	6.50E-04	5.40E-04	3.00E-04	7.20E-04	4.10E-04	5.20E-04	2.77E-04	7.60E-04	7.00E-04	4.90E-04	6.70E-04	5.20E-04	7.60E-04
<sup>134</sup> I	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.06E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02
<sup>135</sup> I	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	7.61E-06	8.06E-06	8.10E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06
<sup>134</sup> Cs	5.86E-04	4.86E-04	2.54E-04	6.53E-04	3.61E-04	4.63E-04	2.26E-04	6.86E-04	6.35E-04	4.31E-04	6.03E-04	4.63E-04	6.85E-04
<sup>136</sup> Cs	3.14E-04	2.81E-04	2.06E-04	3.56E-04	2.47E-04	2.77E-04	1.89E-04	4.81E-04	3.38E-04	2.68E-04	3.29E-04	2.77E-04	4.69E-04
<sup>137</sup> Cs	6.72E-05	6.43E-05	6.23E-05	7.88E-05	6.32E-05	6.41E-05	6.19E-05	1.22E-04	7.28E-05	6.38E-05	7.18E-05	6.41E-05	1.23E-04
<sup>138</sup> Cs	3.01E-04	2.78E-04	2.19E-04	3.18E-04	2.54E-04	2.75E-04	2.04E-04	3.38E-04	3.12E-04	2.69E-04	3.08E-04	2.75E-04	3.37E-04
<sup>140</sup> Ba	2.36E-04	2.03E-04	1.57E-04	3.30E-04	1.80E-04	1.99E-04	1.48E-04	7.27E-04	2.82E-04	1.93E-04	2.69E-04	1.99E-04	6.73E-04
<sup>140</sup> La	1.93E-04	1.75E-04	1.54E-04	2.50E-04	1.66E-04	1.74E-04	1.47E-04	4.93E-04	2.21E-04	1.72E-04	2.15E-04	1.74E-04	4.72E-04
<sup>141</sup> Ce	3.91E-04	3.26E-04	2.24E-04	5.54E-04	2.77E-04	3.18E-04	2.05E-04	1.23E-03	4.73E-04	3.06E-04	4.49E-04	3.18E-04	1.13E-03
<sup>143</sup> Ce	2.45E-04	2.12E-04	1.68E-04	3.36E-04	1.92E-04	2.09E-04	1.57E-04	7.43E-04	2.90E-04	2.04E-04	2.78E-04	2.09E-04	6.68E-04
<sup>144</sup> Ce	6.41E-04	5.08E-04	2.59E-04	8.27E-04	3.71E-04	4.81E-04	2.30E-04	1.42E-03	7.47E-04	4.46E-04	7.02E-04	4.81E-04	1.31E-03
<sup>143</sup> Pr	5.10E-05	4.02E-05	2.97E-05	8.72E-05	3.51E-05	3.94E-05	2.71E-05	2.47E-04	6.84E-05	3.82E-05	6.42E-05	3.94E-05	2.29E-04
<sup>144</sup> Pr	2.52E-04	2.33E-04	1.95E-04	2.79E-04	2.18E-04	2.32E-04	1.83E-04	3.60E-04	2.67E-04	2.28E-04	2.63E-04	2.32E-04	3.56E-04
<sup>85</sup> Kr	1.40E-04	1.40E-04	1.20E-04	1.40E-04	1.30E-04	1.40E-04	1.00E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.00E-04	1.00E-04
<sup>88</sup> Kr	9.80E-04	6.00E-04	3.40E-04	1.40E-03	4.90E-04	6.00E-04	2.00E-04	2.00E-03	1.20E-03	6.40E-04	1.20E-03	1.80E-04	1.80E-04
<sup>133</sup> Xe	8.35E-05	8.15E-05	7.85E-05	8.85E-05	8.05E-05	8.15E-05	7.55E-05	1.02E-04	8.55E-05	8.15E-05	8.65E-05	7.55E-05	7.55E-05



表 6.2-32 海洋生态系统各生物居留因子

生物	水面	水中	水底	底泥
底栖鱼类	0	0	1	0
甲壳类	0	0	1	0
藻类	0	0	1	0
软体类	0	0	1	0
浮游鱼	0	1	0	0
浮游植物	0	1	0	0
浮游动物	0	1	0	0

表 6.2-33 陆生生态系统各生物居留因子

生物	土表	土中	空气中
两栖动物	1	0	1
环节动物	0	1	0
腐食节肢动物	0	1	0
鸟类	1	0	1
飞行类昆虫	1	0	1
草本植物	1	0	1
苔藓植物	1	0	1
大型哺乳动物	1	0	1
小型掘洞哺乳动物	0	1	0
腹足纲软体动物	1	0	1
爬行动物	0	1	0
灌木植物	1	0	1
乔木	1	0	1

表 6.2-34 海洋生物受到的剂量率

单位:  $\mu\text{Gy/h}$ 

生物	内照射剂量率	外照射剂量率	总剂量率
底栖鱼类	9.36E-04	9.53E-07	9.37E-04
甲壳类	1.80E-03	9.25E-07	1.80E-03
藻类	2.12E-03	1.12E-06	2.12E-03
软体类	4.40E-03	1.02E-06	4.40E-03
浮游鱼	9.48E-04	1.39E-06	9.50E-04
浮游植物	7.34E-04	1.86E-06	7.35E-04
浮游动物	4.97E-03	1.67E-06	4.97E-03

表 6.2-35 陆生生物受到的剂量率

单位:  $\mu\text{Gy/h}$ 

生物	空气外照射	土表外照射	土中外照射	内照射	总剂量率
两栖动物	2.64E-04	1.19E-04	0.00E+00	3.14E-04	6.97E-04
环节动物	0.00E+00	0.00E+00	1.26E-06	2.27E-04	2.28E-04
腐食节肢动物	0.00E+00	0.00E+00	1.29E-06	2.27E-04	2.28E-04
鸟类	2.08E-04	1.18E-04	0.00E+00	3.19E-04	6.45E-04
飞行类昆虫	3.35E-04	1.26E-04	0.00E+00	2.15E-04	6.77E-04
草本植物	3.21E-04	1.18E-04	0.00E+00	2.71E-04	7.10E-04
苔藓植物	3.94E-04	1.23E-04	0.00E+00	2.72E-04	7.90E-04
大型哺乳动物	1.09E-04	6.01E-05	0.00E+00	3.23E-04	4.92E-04
小型掘洞哺乳动物	0.00E+00	0.00E+00	1.18E-06	3.20E-04	3.21E-04
腹足纲软体动物	3.06E-04	1.26E-04	0.00E+00	2.27E-04	6.60E-04
爬行动物	0.00E+00	0.00E+00	1.13E-06	3.19E-04	3.20E-04
灌木植物	3.96E-04	1.16E-04	0.00E+00	2.72E-04	7.84E-04
乔木	3.96E-04	9.60E-05	0.00E+00	3.15E-04	8.07E-04

表 6.2-36 厂址附近各人群受照辐射剂量比较

单位: Sv/a

照射途径 \ 人群来源		NE方位1.5km 后埔村渔民	NE方位1.5km 后埔村农民	NE方位1.5km 后埔村青少年
气态	空气浸没外照射	1.43E-09	1.43E-09	1.43E-09
	地面沉积外照射	3.82E-10	3.82E-10	3.82E-10
	吸入空气内照射	2.42E-09	2.42E-09	3.10E-09
	陆生食品内照射	5.81E-08	6.33E-08	7.30E-08
气态途径 剂量合计		6.23E-08	6.75E-08	7.79E-08
液态	岸边沉积外照射	5.29E-10	3.15E-10	1.89E-10
	水上活动外照射	6.04E-13	2.63E-14	1.63E-14
	水产品食入内照射	8.36E-09	4.39E-09	7.63E-09
液态途径 剂量合计		8.89E-09	4.70E-09	7.82E-09
总剂量		7.12E-08	7.22E-08	<b>8.57E-08</b>

表 6.2-37（1/2） 放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量（Sv/a）

（N方位1.5 km，后埔村青少年）

序号	核素	空气浸没外照射		地面沉积物外照射		吸入内照射		食入陆生食品内照射		岸边沉积物外照射		水上活动外照射		食入海产品内照射		气态和液态途径	
		剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数
1	$^3\text{H}$	—	—	—	—	3.10E-09	3.61	1.89E-09	2.21	—	—	—	—	2.34E-10	0.27	5.22E-09	6.09
2	$^{14}\text{C}$	—	—	—	—	—	—	7.08E-08	82.59	4.82E-15	0.00	2.66E-22	0.00	5.78E-09	6.74	7.66E-08	89.33
3	$^{85}\text{Kr}$	8.38E-12	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.38E-12	0.01
4	$^{85\text{m}}\text{Kr}$	2.34E-11	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.34E-11	0.03
5	$^{87}\text{Kr}$	1.42E-10	0.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.42E-10	0.17
6	$^{88}\text{Kr}$	6.48E-10	0.76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.48E-10	0.76
7	$^{133}\text{Xe}$	7.88E-11	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.88E-11	0.09
8	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	2.23E-12	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.23E-12	0.00
9	$^{135}\text{Xe}$	3.12E-10	0.36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.12E-10	0.36
10	$^{138}\text{Xe}$	2.12E-10	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.12E-10	0.25
11	$^{51}\text{Cr}$	1.07E-17	0.00	9.88E-15	0.00	1.60E-16	0.00	2.88E-15	0.00	3.34E-13	0.00	3.18E-16	0.00	1.03E-11	0.01	1.06E-11	0.01
12	$^{54}\text{Mn}$	2.97E-17	0.00	3.01E-13	0.00	6.16E-16	0.00	1.51E-13	0.00	1.50E-11	0.02	6.48E-16	0.00	3.43E-11	0.04	4.98E-11	0.06
13	$^{59}\text{Fe}$	4.31E-17	0.00	5.90E-14	0.00	1.40E-15	0.00	2.31E-14	0.00	2.24E-12	0.00	1.42E-15	0.00	3.57E-10	0.42	3.59E-10	0.42
14	$^{58}\text{Co}$	2.67E-16	0.00	6.13E-13	0.00	4.79E-15	0.00	1.24E-13	0.00	1.59E-11	0.02	3.04E-15	0.00	7.61E-11	0.09	9.27E-11	0.11
15	$^{60}\text{Co}$	2.56E-16	0.00	1.49E-11	0.02	1.07E-14	0.00	5.62E-12	0.01	1.49E-10	0.17	1.11E-15	0.00	5.42E-10	0.63	7.12E-10	0.83
16	$^{89}\text{Sr}$	8.32E-21	0.00	1.06E-16	0.00	6.06E-17	0.00	1.91E-15	0.00	1.18E-16	0.00	4.18E-20	0.00	4.05E-15	0.00	6.25E-15	0.00
17	$^{90}\text{Sr}$	1.74E-22	0.00	1.02E-15	0.00	3.20E-17	0.00	1.95E-13	0.00	1.88E-17	0.00	1.95E-24	0.00	8.53E-16	0.00	1.97E-13	0.00
18	$^{91}\text{Sr}$	1.57E-17	0.00	2.00E-16	0.00	1.12E-16	0.00	1.87E-17	0.00	4.37E-19	0.00	1.02E-18	0.00	7.13E-18	0.00	3.55E-16	0.00
19	$^{92}\text{Sr}$	7.04E-17	0.00	2.47E-16	0.00	1.51E-16	0.00	1.08E-19	0.00	3.88E-19	0.00	3.39E-18	0.00	1.02E-19	0.00	4.73E-16	0.00
20	$^{90}\text{Y}$	3.69E-23	0.00	2.16E-20	0.00	4.14E-20	0.00	2.28E-19	0.00	1.87E-17	0.00	1.92E-21	0.00	6.45E-15	0.00	6.47E-15	0.00
21	$^{91}\text{Y}$	4.05E-22	0.00	4.62E-18	0.00	2.50E-18	0.00	2.59E-17	0.00	1.37E-15	0.00	1.41E-20	0.00	3.62E-14	0.00	3.76E-14	0.00
22	$^{95}\text{Zr}$	1.11E-19	0.00	4.91E-16	0.00	7.66E-18	0.00	4.86E-17	0.00	4.81E-14	0.00	3.60E-18	0.00	7.78E-14	0.00	1.26E-13	0.00
23	$^{95}\text{Nb}$	2.46E-20	0.00	2.80E-17	0.00	5.05E-19	0.00	4.22E-18	0.00	5.79E-15	0.00	1.75E-18	0.00	5.96E-15	0.00	1.18E-14	0.00
24	$^{99}\text{Mo}$	1.75E-17	0.00	1.80E-15	0.00	7.36E-16	0.00	1.37E-15	0.00	2.57E-15	0.00	1.26E-17	0.00	2.16E-14	0.00	2.81E-14	0.00
25	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.07E-19	0.00	2.61E-18	0.00	6.16E-19	0.00	2.34E-20	0.00	2.82E-19	0.00	9.90E-18	0.00	1.14E-15	0.00	1.16E-15	0.00
26	$^{103}\text{Ru}$	1.15E-19	0.00	1.53E-16	0.00	6.29E-18	0.00	4.95E-17	0.00	5.01E-17	0.00	3.64E-18	0.00	5.66E-14	0.00	5.68E-14	0.00
27	$^{106}\text{Ru}$	5.75E-21	0.00	1.06E-16	0.00	7.34E-18	0.00	1.30E-16	0.00	2.45E-17	0.00	2.05E-19	0.00	8.16E-14	0.00	8.19E-14	0.00

表6.2-37（2/2） 各放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量（Sv/a）

（N方位1.5 km，后埔村青少年）

序号	核素	空气浸没外照射		地面沉积物外照射		吸入内照射		食入陆生食品内照射		岸边沉积物外照射		水上活动外照射		食入海产品内照射		气态和液态途径	
		剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数
28	<sup>106</sup> Rh	—	—	—	—	—	—	—	—	1.16E-27	0.00	9.84E-24	0.00	—	—	9.84E-24	0.00
29	<sup>110m</sup> Ag	7.58E-17	0.00	6.05E-13	0.00	2.37E-15	0.00	3.70E-14	0.00	4.40E-13	0.00	1.62E-15	0.00	3.58E-10	0.42	3.59E-10	0.42
30	<sup>122</sup> Sb	1.20E-17	0.00	1.08E-15	0.00	3.62E-16	0.00	1.82E-15	0.00	3.87E-17	0.00	1.28E-17	0.00	2.48E-13	0.00	2.51E-13	0.00
31	<sup>124</sup> Sb	6.99E-17	0.00	1.32E-13	0.00	2.59E-15	0.00	3.11E-14	0.00	4.89E-14	0.00	7.60E-16	0.00	6.29E-12	0.01	6.51E-12	0.01
32	<sup>131</sup> Te	3.43E-17	0.00	2.43E-17	0.00	3.11E-17	0.00	1.84E-35	0.00	1.16E-20	0.00	6.05E-19	0.00	2.25E-32	0.00	9.04E-17	0.00
33	<sup>131m</sup> Te	1.47E-18	0.00	5.87E-17	0.00	1.25E-17	0.00	2.83E-17	0.00	2.30E-19	0.00	1.51E-19	0.00	4.27E-15	0.00	4.37E-15	0.00
34	<sup>132</sup> Te	7.81E-19	0.00	9.90E-16	0.00	1.06E-16	0.00	7.18E-16	0.00	6.11E-17	0.00	1.43E-18	0.00	7.34E-13	0.00	7.36E-13	0.00
35	<sup>134</sup> Te	1.09E-16	0.00	1.20E-16	0.00	1.10E-16	0.00	4.16E-28	0.00	8.52E-20	0.00	2.63E-18	0.00	4.54E-25	0.00	3.42E-16	0.00
36	<sup>131</sup> I	2.15E-15	0.00	1.76E-12	0.00	1.96E-13	0.00	4.37E-11	0.05	5.43E-16	0.00	2.93E-15	0.00	1.80E-10	0.21	2.25E-10	0.26
37	<sup>132</sup> I	1.12E-14	0.00	1.08E-13	0.00	7.65E-15	0.00	6.51E-18	0.00	6.37E-19	0.00	2.94E-16	0.00	2.79E-17	0.00	1.27E-13	0.00
38	<sup>133</sup> I	5.25E-15	0.00	4.79E-13	0.00	7.47E-14	0.00	9.86E-13	0.00	3.55E-18	0.00	1.72E-16	0.00	6.17E-13	0.00	2.16E-12	0.00
39	<sup>134</sup> I	9.12E-15	0.00	3.37E-14	0.00	2.44E-15	0.00	4.69E-24	0.00	1.29E-19	0.00	1.59E-16	0.00	3.42E-23	0.00	4.54E-14	0.00
40	<sup>135</sup> I	8.02E-15	0.00	2.04E-13	0.00	1.63E-14	0.00	7.14E-15	0.00	1.46E-18	0.00	2.51E-16	0.00	1.31E-14	0.00	2.49E-13	0.00
41	<sup>134</sup> Cs	4.27E-15	0.00	9.24E-11	0.11	2.40E-13	0.00	4.88E-11	0.06	3.14E-12	0.00	1.26E-15	0.00	2.48E-11	0.03	1.69E-10	0.20
42	<sup>136</sup> Cs	2.27E-16	0.00	9.49E-14	0.00	2.76E-15	0.00	3.12E-14	0.00	8.29E-14	0.00	1.96E-15	0.00	2.33E-12	0.00	2.55E-12	0.00
43	<sup>137</sup> Cs	2.49E-15	0.00	2.70E-10	0.31	4.17E-13	0.00	2.04E-10	0.24	1.96E-12	0.00	5.33E-17	0.00	2.59E-11	0.03	5.02E-10	0.59
44	<sup>138</sup> Cs	3.32E-15	0.00	2.59E-15	0.00	7.61E-16	0.00	2.21E-30	0.00	4.43E-18	0.00	6.76E-17	0.00	1.04E-28	0.00	6.74E-15	0.00
45	<sup>140</sup> Ba	6.37E-19	0.00	2.76E-16	0.00	2.00E-16	0.00	1.37E-15	0.00	8.67E-16	0.00	1.23E-17	0.00	1.12E-13	0.00	1.15E-13	0.00
46	<sup>140</sup> La	2.26E-19	0.00	1.14E-17	0.00	1.37E-18	0.00	4.01E-18	0.00	3.08E-14	0.00	1.88E-16	0.00	8.73E-13	0.00	9.04E-13	0.00
47	<sup>141</sup> Ce	1.82E-20	0.00	2.08E-17	0.00	8.49E-18	0.00	4.42E-17	0.00	2.10E-15	0.00	5.63E-19	0.00	8.92E-14	0.00	9.14E-14	0.00
48	<sup>143</sup> Ce	1.14E-18	0.00	5.54E-17	0.00	4.10E-17	0.00	8.10E-17	0.00	2.50E-17	0.00	1.61E-19	0.00	6.77E-15	0.00	6.97E-15	0.00
49	<sup>144</sup> Ce	2.83E-21	0.00	6.71E-17	0.00	1.58E-17	0.00	1.20E-16	0.00	5.84E-15	0.00	1.90E-20	0.00	1.52E-13	0.00	1.58E-13	0.00
50	<sup>143</sup> Pr	4.90E-23	0.00	3.61E-20	0.00	2.65E-18	0.00	2.00E-17	0.00	1.16E-17	0.00	4.29E-21	0.00	7.14E-14	0.00	7.14E-14	0.00
51	<sup>144</sup> Pr	2.34E-21	0.00	1.20E-21	0.00	1.36E-20	0.00	—	—	8.28E-20	0.00	6.60E-20	0.00	3.12E-41	0.00	1.66E-19	0.00
合计		1.43E-09	1.67	3.82E-10	0.45	3.10E-09	3.61	7.30E-08	85.15	1.89E-10	0.22	1.63E-14	0.00	7.63E-09	8.90	8.57E-08	100.00
		气态途径：7.79E-08(Sv)， 占总剂量的百分比：90.87								液态途径：7.82E-09(Sv)， 占总剂量的百分比：9.13							

百分数指占总剂量的百分比。

表 6.2-38 公众受照辐射剂量“三关键”计算分析结果

## a) 关键组居民及其受照剂量

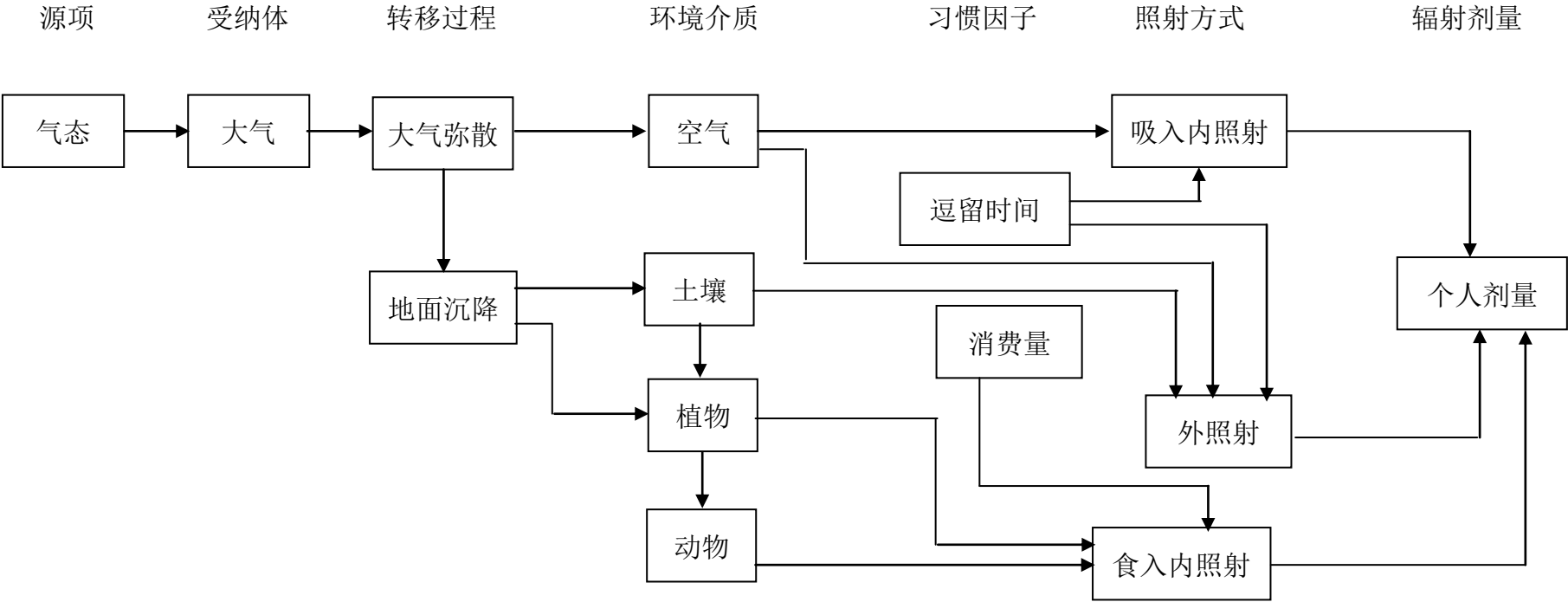
方位	距离 (km)	群体	有效剂量 ( $H_E$ ) (Sv/a)
NE	1.5	后埔村青少年	8.57E-08

## b) 关键照射途径和重要照射途径

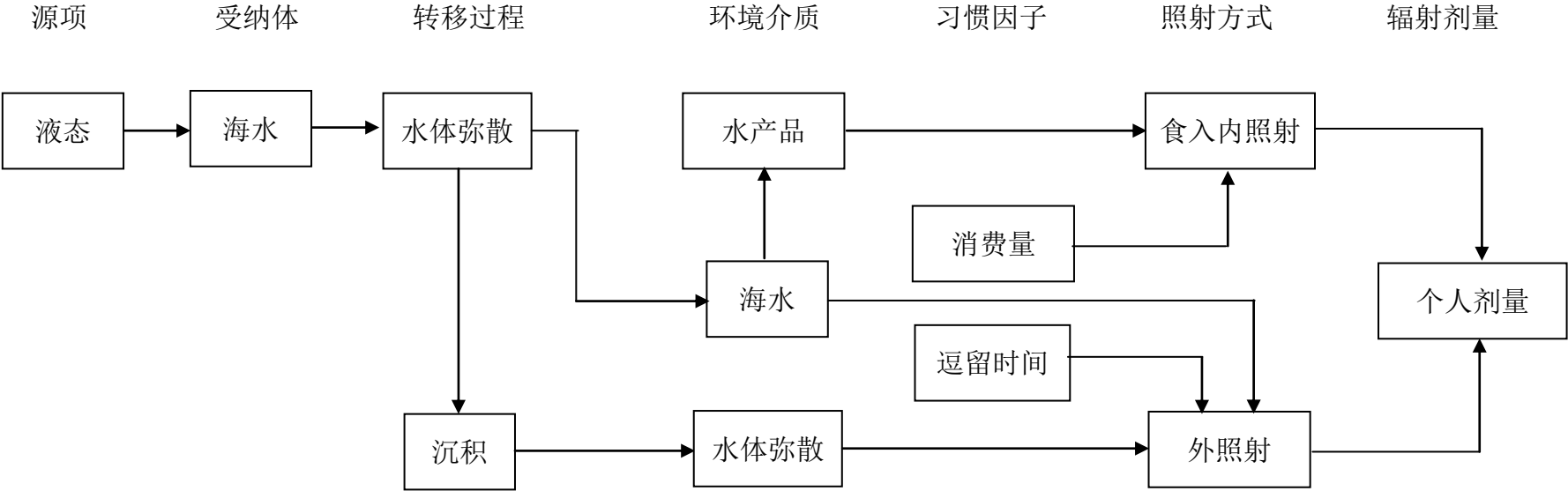
名 称		有效剂量 (Sv/a)	占 $H_E$ 的份额 (%)
关键照射途径	食入陆生食品内照射	7.30E-08	85.15
重要照射途径	食入海产品内照射	7.63E-09	8.90
	吸入空气内照射	3.10E-09	3.61

## c) 关键核素和重要核素

名 称		剂量贡献 (Sv/a)	占 $H_E$ 的份额 (%)	主要照射途径及占 $H_E$ 的份额 (%)
关键核素	$^{14}\text{C}$	7.66E-08	89.33	食入陆生食品内照射: 82.59
重要核素	$^3\text{H}$	5.22E-09	6.09	空气吸入内照射: 3.61
	$^{60}\text{Co}$	7.12E-10	0.83	食入海产品内照射: 0.63



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
气态照射途径		
图 6.2-1	版次:	A



广东陆丰核电 5、6 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
液态照射途径		
图 6.2-2	版次:	A



## 6.3 其它环境影响

### 6.3.1 化学污染物的环境影响

#### 6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

#### 6.3.1.2 余氯排放的环境影响

#### 6.3.1.3 浓盐水排放的影响

### 6.3.2 其他污染物的环境影响

#### 6.3.2.1 非放射性废水的环境影响

#### 6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

#### 6.3.2.3 噪声的环境影响

#### 6.3.2.4 电磁的环境影响

### 6.3.3 参考资料

表

表 6.3-1 正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积

表 6.3-2 主要声源设备噪声级及与厂界距离

### 6.3 其它环境影响

广东陆丰核电5、6号机组正常运行时，可能造成的环境影响除了温排水影响和辐射影响外，还包括一定的非放射性环境影响，主要包括以下几方面：

- 非放射性化学物质随循环冷却水排放；
- 海水连续加氯处理系统的余氯排放；
- 海水淡化浓盐水的排放；
- 污水处理系统的排放；
- 非放射性固废，包括生活垃圾、一般工业废物和危险废物；
- 噪声和电磁辐射。

#### 6.3.1 化学污染物的环境影响

##### 6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

为了保证核电厂的正常运行，需要对电厂工艺用水进行除盐处理，通过加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学活性添加剂（如盐酸、次氯酸钠、联胺等），将淡水经絮凝、沉淀和离子交换除盐，以实现各系统用水的水质要求。除盐过程加入的化学添加剂，除一部分进入固体废物处理外，其余将随电厂温排水排入厂址附近海域。此外，液体放射性废物的处理过程也需要加入少量的化学添加剂，其产生的废水中相应的也会含有一些化学物质。

根据报告书4.7节给出的核电厂化学物质使用情况，广东陆丰核电5、6号机组在正常运行期间排入受纳水体的主要的化学物质可能包括氯化物、无机氮等。

- 氯化物（Cl<sup>-</sup>）：氯化物本身的毒性很低，在低浓度条件下可被水生植物作营养物质。核电厂排放氯化物经冷却水完全混合后浓度约为0.044mg/L，按盐度计算公式该氯化物产生盐度约为0.072mg/L，远低于厂址附近海水天然盐度约30‰（30000mg/L）左右，因此不会对周围海洋生物产生明显影响。
- 无机氮（N）是水生植物生长所必需的元素，也是造成海洋赤潮的重要物质。GB3097-1997中二类海水标准限值为0.30mg/L，附近海域中无机氮的自然背景值0.003-1.609mg/L。本工程排放的无机氮经冷却水完全混合后浓度约0.017mg/L，预计造成的排放口浓度增量在其正常涨落范围内。

### 6.3.1.2 余氯排放的环境影响

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降低，通常在循环冷却系统取水中加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

电厂运行时在线监测冷却水中的活性氯浓度，根据结果控制活性氯加入量。活性氯初始浓度通常控制在1.0mg/L左右，既可保证杀藻的有效性，也使排放水中余氯浓度不致过高。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯直接作用于水生生物，还包括氯可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ $\text{HClO}$  和  $\text{ClO}^-$ ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ $\text{NH}_2\text{Cl}$  和  $\text{NHCl}_2$ ）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和  $\text{NH}_3$  含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现，0.2mg/L的氯可以直接杀死水中60~80%的藻类；0.1mg/L的氯会使浮游植物光合作用下降50%；当余氯被稀释到0.03mg/L以下时，水中初级生产力可完全恢复；25℃时余氯对咸水中浮游动物的96h半致死浓度（ $\text{LC}_{50}$ ）为0.062~0.267mg/L；鱼类受余氯影响也较大，余氯对平鲷等几种海水鱼类48h的 $\text{LC}_{50}$ 为0.18~0.19mg/L；白鲢、银蛙等10种鱼类对氯的回避相应浓度范围为0.04~0.41mg/L。有研究提出由48h的半致死浓度乘以安全因子0.5可确定余氯的安全浓度。

目前国内尚没有对水体中余氯浓度的标准限值。国外研究人员通过对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的120多种水生生物的余氯毒性研究，证明当余氯浓度低于20 $\mu\text{g/L}$ 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。美国EPA于2006年发布的水质基准中，针对氯对海洋生物影响制定的避免急性损伤的基准最大浓度和慢性损伤的基准连续浓度分别为13 $\mu\text{g/L}$ 和7.5 $\mu\text{g/L}$ 。

核电厂正常运行过程中，通常需要向循环冷却水中连续加入1mg/L的次氯化物以抑制海洋生物在管道内的繁殖。根据国内同类电厂的运行经验，预计广东陆丰核电5、

6号机组正常运行情况下，排水口处水中余氯浓度不高于0.15mg/L。根据南京水利科学研究院开展的低放数模计算结果，本工程两台机组正常运行时排放的余氯在附近海域全潮下稀释10倍的浓度（即相对浓度为0.1，余氯绝对浓度值为15μg/L）最大包络面积为1.08km<sup>2</sup>（冬季），见表6.3-1。

另外，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。

### 6.3.1.3 海水淡化环境影响

陆丰核电 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、V 型砂滤池和超滤反洗水达标排放，海淡一级反渗透浓水经过能量交换后排至循环水系统 BCC 井，经循环水排水混合后排放，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。

## 6.3.2 其他污染物的环境影响

### 6.3.2.1 非放射性废水的环境影响

#### （1）生活污水

广东陆丰核电 5、6 号机组的主厂区内拟建一座生活污水处理站以满足全厂运行、值班人员生活污水处理的需要。

生活污水处理站处理工艺拟采用活性污泥法。污水处理站处理能力为 480m<sup>3</sup>/d，出水水质需达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准，处理后的水不外排，全部回用于厂区绿化、道路浇洒等用途。沉淀池中的污泥经脱水浓缩制成泥饼后外运。因此不会对周围环境造成不良影响。

#### （2）含油废水

核电厂正常运行期间可能产生少量的含油废水，主要来自于机油零星泄漏和对机械设备的清洗，污水送入非放射性含油废水处理站（BES）和潜在放射性含油废水处

理站（BER）处理后，分离出的油脂收集后委托有资质单位回收处理。

BES 出水的含油量指标执行《广东省水污染物排放限值》（DB44/26-2001）中第二时段一级标准。BES 出水排至非放生产废水处理站（BST）。非放生产废水处理站 BST 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。BER 出水的含油量指标执行《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 常规岛废液贮存罐厂房。

因此，各类废水均能得到有效处理，且排放量较少，预计不会对周围环境造成影响。

### 6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

广东陆丰核电 5、6 号机组在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，危险固废包括废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。类比已运行核电站的年固废产生量，预计 5、6 号机组正常运行期间的工业固废年产生总量约为 80t，其中一般工业固废约为 60t，危险固废约为 20t。固废将纳入全厂固废收集处理系统，并委托专业废弃物公司（其中危废处置将委托相关有资质单位）外运处置。

广东陆丰核电 5、6 号机组运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区办公及员工生活区的垃圾。生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运。在落实固废收集和处置工作后，本工程非放射性固废对环境的影响较小。

### 6.3.2.3 噪声的环境影响

核电厂运行噪声主要来自核岛厂房群和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备。核岛厂房群的噪声主要来自五个方面：

- 大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；
- 柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；
- 为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机不停运转；

- 工艺过程的泄压释放系统的安全阀、管道和箱罐等，在执行排放或泄压功能时发出很强噪声；
- 电气系统的部分设备也会发出很强噪声，例如：为反应堆控制棒驱动机构供电的发电机组、开式变压器、逆变器等。

汽轮发电机厂房的噪声主要来自以下四个方面：

- 高速运转的汽轮发电机组、主给水泵、增压泵和凝结水泵等机械动力噪声；
- 电动机、变压器等电气设备的磁场交变运动产生的电磁噪声；
- 在甩负荷时，蒸汽排入冷凝器前减温减压器会发出较强的噪声；
- 设备运行中其安全阀或排汽阀事故排汽时，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，各噪声源采用了隔声罩、厂房吸音、厂房封闭隔声等降噪措施。表 6.3-2 给出了保守估计的上述各噪声源源强以及与西侧、北侧和南侧陆域厂界的最近距离。

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。根据预测结果，预计陆丰核电 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 1.4km 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)，叠加该处的环境现状噪声监测结果（昼间 48dB（A），夜间 41dB（A））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。

#### 6.3.2.4 电磁的环境影响

根据国内某运行电厂的实测结果：对于 500kV 开关站，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 0.0772~0.2791 $\mu$ T；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

0.2686~0.2892 $\mu$ T。均远低于《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）工频电场 4000V/m，工频磁场 100 $\mu$ T 的控制限值的要求。

考虑到广东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 100 $\mu$ T 的控制限值的要求。

### 6.3.3 参考资料

- [1] USEPA, National Recommended Water Quality Criteria 2006;
- [2] Brooks A J, Baker A L, Chlorination at power plant: Impact on phytoplankton productivity, Science, 1972, 1414~1415;
- [3] 黄洪辉等, 电厂温排水中的余氯对邻近水域生态环境的影响, 南海研究与开发, 1998 (2), 46~58;
- [4] 刘兰芬等, 电厂温排水中余氯衰减规律及其影响因素的实验研究, 水利学报, 2004 (5), 1~6;
- [5] 张穗等, 大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响, 海洋环境科学, 2000(2), 14~18;
- [6] 曾红宁等, 余氯对水生生物的影响, 生态学报, 2005 (10), 2717~2724;
- [7] Mattice JS, Zittel HE, Site-specific Evaluation of Power Plant Chlorination, Journal - Water Pollution Control Federation, 1976: 2284~2308。

**表 6.3-1 正常运行工况下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积**

相对浓度等值线全潮最大包络面积（km <sup>2</sup> ）										
相对浓度	0.005	0.01	0.02	0.05	0.10	0.13	0.20	0.30	0.40	0.50
夏季	24.68	15.66	7.86	2.40	1.00	0.65	0.32	0.14	0.08	0.04
冬季	26.07	16.94	8.87	2.83	1.08	0.70	0.34	0.15	0.08	0.04



表 6.3-2 主要声源设备噪声级及与厂界距离

噪声源	噪声级 dB(A)	与西侧陆域厂界 最近距离/m	与北侧陆域厂界 最近距离/m	与南侧陆域厂界 最近距离/m
汽轮机厂房 5BMX	90	538	159	227
汽轮机厂房 6BMX	90	280	159	227
联合泵房 BPX	85	742	273	167
空压机房 BZC	85	667	182	288
500kV 开关站区 域 BTB	65	1121	121	545

## 6.4 初步退役计划

### 6.4.1 退役总原则

### 6.4.2 退役策略

### 6.4.3 便于退役的考虑

### 6.4.4 文档的记录和保存

### 6.4.5 放射性废物管理

### 6.4.6 项目管理

### 6.4.7 退役资金

## 6.4 初步退役计划

退役是为解除核设施部分或全部监管控制所采取的行政和技术行动，其最终目标是使核设施和（或）场址获得有限制或无限制开放和使用。广东陆丰核电5、6号机组采用华龙一号核电技术方案，其设计寿期为60年，运行期满将实施退役。

根据《中华人民共和国核安全法》以及《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，核设施营运单位在进行核设施退役活动前应当编制环境影响报告书报国务院生态环境行政主管部门审查。最终详细退役计划及退役环境影响评价将在反应堆正式退役前开展。

广东陆丰核电厂在本阶段开展核电厂初步退役计划编制，统筹考虑退役策略、退役进度、退役费用、退役废物管理等。在运行阶段，还将对5、6号机组的退役计划定期进行修订。此外，到5、6号机组的运行寿期末（永久关停前5年左右），将根据国家的政策、法律法规、核电厂的实际状况、可用的退役技术以及费用等诸多因素，对退役阶段进行详细分析和安排。

### 6.4.1 退役总原则

广东陆丰核电 5、6 号机组项目采用华龙一号技术方案，华龙一号在进行退役设计时以不影响安全运行和维护为前提，设计中贯彻废物最小化原则，使核电厂从运行至退役结束的整个过程中产生的放射性废物数量和活度合理可行尽量低。设计中已考虑了便于核电厂退役的问题，其目的在于使退役期间：尽可能降低退役对人员和公众风险；尽可能减少退役对环境影响；易于去污、拆除的设计特性；尽可能减少废物的产生量；节省退役相关费用等。

华龙一号满足我国核安全法规要求，例如 HAF 102-2016《核动力厂设计安全规定》。在设计阶段，华龙一号核电机组已考虑便于核动力厂放射性废物管理和核动力厂退役和拆除的特性，包括材料的选取，以使放射性废物量尽实际可能地少，并便于去污；必要的可达性和可操作性；管理（例如分离或分拣、表征、分类、预处理、处理和整备）和贮存核动力厂在运行过程中产生的放射性废物所需的设施，以及管理核动力厂在退役时所产生的放射性废物的措施。

华龙一号便于退役的设计工作基于国际退役工程实践、国家法规标准要求、类似核电厂运行经验反馈以及类似核电厂退役良好实践，参考了NB/T 20384-2016《便于核

电厂退役的设计和建造要求》、IAEA出版的《Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning》技术报告等。

广东陆丰核电5、6号机组退役之前可充分利用设计中建立的华龙一号电厂三维模型，包含厂房、系统、设备等信息，有利于支持三维模拟、仿真等技术的应用，可促进退役工作的准备和实施。根据《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《反应堆退役环境管理技术规定》（GB/T14588-2009），广东陆丰核电5、6号机组在决定退役时，将向国家主管部门提交包括核设施退役申请书、安全分析报告、环境影响评价文件、质量保证文件、法律和行政法规规定的其他材料，经审查批准并获得许可后才开始退役工作。

#### 6.4.2 退役策略

根据 GSR Part 6 中的定义，退役两种策略只包含两种，即立即拆除、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。

核电厂反应堆堆本体放射性水平很高，含有很多活化产物，其退役方案因国家不同，采取的退役方案也不同，但总的倾向为缩短封存时间。

根据目前的技术经济条件，结合 IAEA 提出的两种退役策略，广东陆丰核电厂初步考虑以下退役方案：

##### ➤ 立即拆除策略

此策略考虑在电厂最终停闭后尽快完成立即拆除。其优点是能尽快利用场地和部分利用现场原有设备和辅助设施。但是，由于停堆的时间较短，可能还存在高放射性核素，需要采用远距离遥控操作和屏蔽来拆除构件和处理放射性废物，因此操作困难且费用昂贵。

##### ➤ 延缓拆除策略

此策略考虑在电厂停闭后，进行长期贮存，然后完成退役。大部分放射性核素保留在生物屏蔽和压力壳内让其衰变。此方案较易于拆卸、运走带放射性的构件，但是需对遗留结构进行长期监测和维护，并应研究最终拆卸的方法和手段。

国内《核设施退役安全要求》（GB/T19597-2004）明确要求在退役经费和退役技术能保障退役活动的安全时，应采取立即拆卸的退役策略。初步考虑到广东陆丰核电5、

6号机组运行60年后退役，去污技术、拆卸/切割技术、废物管理技术等或有较大发展，经费也能够保障。现阶段广东陆丰核电5、6号机组优先考虑立即拆除策略。

#### 6.4.3 便于退役的考虑

退役不仅仅是反应堆最终停堆后的活动，在反应堆设计建造阶段和运行寿期内就应当对其最终退役处置问题给予充分的重视，并在合理可行的范围内努力创造条件，为其最终停堆退役工作做出积极安排。通过合理的设计，最大限度地减少放射性废物的产生量，并力图简化退役工作。

在设计阶段考虑便于退役的设计，其目的在于使退役期间：

- 1) 尽可能降低人员和公众风险；
- 2) 尽可能减少环境影响；
- 3) 易于去污、拆除；
- 4) 尽可能减少废物产生量；
- 5) 节省资金。

国内已发布《便于核电厂退役的设计和建造要求》对上述工作开展具有较强的指导性，同时国际上包括 IAEA 等组织也出版包括《Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning》在内大量技术报告并持续更新。广东陆丰核电 5、6 号机组项目便于退役的考虑如下：

- 1) 广东陆丰核电厂的厂址已完成初步本底水平调查（详细信息见 3.1 节辐射环境质量现状），并将在首次装料前完成为期两年的辐射本底水平调查，进行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。同时厂址选取时也已考虑运输路线及配套设施退役期间的可用性；
- 2) 总平面分区布置，控制区与非控制区采用不同进出通道，有利于退役期间人员可达，控制污染扩散，减少退役期间废物量；单独设置废物处理厂房进行放射性废物处理，有利于退役期间的废物管理；系统设计上，RCP、RCV 等系统设计两道系统隔离措施，有利于减少系统间放射性污染扩散；设置离线去污系统与移动去污系统，便于核电厂运行、退役期间的去污工作等；
- 3) 材料选择方面包括降低辐照活化产物、提高耐腐蚀性能、减少有害材料、提高可复用材料等；

- 4) 设备设计、工艺设计和布置设计将重点考虑减少污染的残留和沉积、便于去污、便于拆卸、便于设备及部件的转运等；
- 5) 建（构）筑物设计采用易于去污的涂层、金属衬里等，并考虑设备及人员的可达性、建筑物对大件的承载能力及厂房分阶段拆除的可能性等；
- 6) 放射性废物管理满足“三同时”要求以避免大量运行废物积累对退役造成额外负担，根据退役废物的需求后续将考虑退役阶段废物贮存设施的扩容或新建。

#### 6.4.4 文档的记录和保存

为有效保存和维护支撑退役的信息，便于退役的进行，广东陆丰核电厂考虑对以下信息的维护和保存：

1) 在反应堆运行寿期内对某些参数进行监督，便于退役工作实施前正确估算放射性总贮量、分析退役过程中工作人员可能受到的辐射剂量，以及退役过程中和退役的最终状态对环境的影响。

2) 保存与厂址、最终设计和建造有关的资料和信息，作为退役所需要的重要资料。明确反应堆运行寿期末为退役目的所需要准备的基本信息，并在整个反应堆运行寿期内对这些信息进行收集、维护和修订。此外，对于运行期间所有放射性可能释放的事故或事件进行记录，为放射性总量估算提供可靠的数据。

3) 制定严格的文档保管制度，保存好退役工作所需要的各种重要资料，包括：竣工图纸，模型和照片，施工顺序，设备和管道的重量，尺寸和配置，施工详图，结构材料的成分，贯穿件，部件和构筑物可接受的偏离，钢筋的位置等。

#### 6.4.5 放射性废物管理

退役过程中将产生大量的放射性废物，相关放射性废物的管理是退役阶段重要工作之一。确保安全的必要前提条件，同时要根据废物的性状或含有放射性物质的种类和浓度等，进行适当的分类管理，并根据其分类进行适当的处理与处置。需要自始至终考虑并落实废物最小化，降低对人及环境的负面影响。

退役放射性废物按其形式可分为气态、液态和固体废物：由于退役前系统已进行排空和去污，残留放射性废气量极少，此外在使用热切割工具时可能会产生一些。因此基于既有的放射性废气处理系统和部分临时通风系统（必要时可配置 HEPA 高效过

滤器）可以满足退役的要求。液态放射性废物主要源自退役化学去污的废物以及其它系统疏水，可以通过既有设备的除盐、蒸发、过滤及新增临时设施（设备）处理后将放射性核素转移到固体废物中。退役阶段固体废物相对运行阶段差异较大，除了产生工艺废物（如废过滤芯、废树脂等）以及技术废物（如手套、衣服等）外，还将从产生大量的带有放射性的金属废物、混凝土结构等，且废物量巨大。工艺废物及技术废物大多可以基于既有的废物处理设备进行处理，部分难于处理的必要时可增设处理手段；金属废物等应该充分考虑去污后回收利用；其它大量的极低放废物应该优先考虑清洁解控；混凝土结构等表面去污后转换成工业废物进行常规处理。

为落实退役废物最小化，需要从设计阶段起便考虑相应的措施，例如限制含钴材料和含铈材料的使用；进行废物分类，避免不同类别废物混杂以确保各类废物得到有针对性的处理处置；此外尽可能从循环利用的角度尽可能回收材料，比如根据国外退役经验，现场产生的大量金属容器可以通过去污后熔炼的方式减少废物产生量甚至变废为宝。

#### 6.4.6 项目管理

退役作为一项长期、复杂的工作，应建立完善的退役组织结构，明确责任分工，进行科学管理。主要活动涉及：编制退役方案并向相关部门递交退役可行性研究报告、安全分析报告、环境影响评价报告等文件；申请退役许可证；筹措退役资金和组织退役组织及团队；与公众的沟通；建立质保体系和质保大纲等；组织退役实施并接受监督检查和验收等；定期向监管机构报告。除此以外，项目管理还要重视安全文化与人员培训；知识管理等工作。

#### 6.4.7 退役资金

核电厂安全退役的一个重要前提是核电厂运行单位为核电厂的退役准备了充足的资金。根据国际电能生产者与分配者联合会（UNIPED）在20世纪90年代初完成的一项研究给出退役费用约占核设施建造费用或基建费用的10%~20%。我国《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T20048-2011）中提到在国家出台明确的年退役基金标准规范之前，推荐退役基金在运营期内按照固定资产原值的10%逐年提取，目前行业内基本是按照这种做法执行，本工程也将参照该方法执行。

## 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 7.1-16 各个方位非居住区边界处的大气弥散因子

表 7.1-17 各个方位规划限制区外边界处的大气弥散因子

表 7.1-18 剂量转换因子

表 7.1-19 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

表 7.1-20 规划限制区外边界公众个人剂量

表 7.1-21 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

广东陆丰核电 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 GB6249-2011 的相关要求，稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

华龙一号设计基准 DBC-3 和 DBC-4 事故工况分别与 GB6249-2011 的稀有事故和极限事故相对应，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：

- 失水事故（LOCA）；
- RCCA 弹出事故（CREA）；
- 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）；
- 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）；
- 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）；
- 燃料操作事故（FHA）；
- 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）。

### 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 2018 年 7 月至 2019 年 6 月连续 12 个月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。计算模式详见附录 D。

##### （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的释放时段事故大气弥散因子，则利用2h时段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的释放时段事故大气弥散因子，则利用厂址2h时段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 7.1-16 给出了本项目非居住区 500m 边界上 0~2h 时段事故大气弥散因子。表 7.1-17 给出了规划限制区 5km 外边界事故持续期间 30d 内各时段事故大气弥散因子。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。

上述三种照射途径的个人剂量计算公式详见附录 D。

计算参数：

##### 1) 剂量转换因子（DCF）

计算中采用的剂量转换因子见表 7.1-18，它们主要取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、国际辐射防护委员会（ICRP）71 号出版物和国际原子能机构（IAEA）19 号安全报告（2001）。

##### 2) 干沉积速率（V<sub>d</sub>）

干沉积速率取自联邦德国辐射防护委员会第十七卷出版物（SSK Bd.17）：

— 气溶胶：V<sub>d</sub>=1.5×10<sup>-3</sup> m/s；

— 元素碘：V<sub>d</sub>=1×10<sup>-2</sup> m/s；

— 有机碘： $V_d=1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 。

### 3) 呼吸率 (Br)

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则 RG1.195:

— 0 ~ 8h:  $Br=3.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ;

— 8 ~ 24h:  $Br=1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ;

— 24 ~ 720h:  $Br=2.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 7.1.3 事故后果评价

GB6249-2011 规定, 在发生一次稀有事故时, 非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下, 甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时, 非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下, 甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

陆丰核电 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 GB6249-2011 中的极限事故, DBC-3 类工况事故对应于 GB6249-2011 中的稀有事故。

表 7.1-19 和表 7.1-20 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 7.1-21 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。

### (1) 失水事故 (LOCA)

大破口失水事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为  $1.06\text{E-}04\text{Sv}$ , 甲状腺当量剂量最大值为  $8.54\text{E-}04\text{Sv}$ , 分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.11% 和 0.09%; 规划限制区外边界上事故期间公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为  $9.39\text{E-}05\text{Sv}$ , 甲状腺当量剂量最大值为  $6.41\text{E-}04\text{Sv}$ , 分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.09% 和 0.06%。

### (2) 弹棒事故 (CREA)

弹棒事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为  $9.76\text{E-}03\text{Sv}$ , 甲状腺当量剂量最大值  $5.37\text{E-}02\text{Sv}$ , 分别占国家标准 GB6249-2011

相应限值的 9.76%和 5.37%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $2.33\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $2.34\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.33%和 2.34%。

### （3）主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $7.82\text{E-}04\text{Sv}$ （事故前碘峰），甲状腺当量剂量最大值为  $1.17\text{E-}02\text{Sv}$ （事故前碘峰），分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.78%和 1.17%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $3.19\text{E-}04\text{Sv}$ （事故并发碘峰），甲状腺当量剂量最大值为  $5.27\text{E-}03\text{Sv}$ （事故并发碘峰），分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.32%和 0.53%。

### （4）蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）

蒸汽发生器单根传热管破裂事故属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $5.07\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $5.76\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 10.14%和 11.52%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $2.67\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $4.09\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 5.34%和 8.18%。

### （5）蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

蒸汽发生器两根传热管破裂事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $1.75\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $2.12\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.75%和 2.12%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $1.10\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $1.83\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.10%和 1.83%。

### （6）燃料操作事故（FHA）

燃料操作事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $3.88\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $7.14\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.88%和 7.14%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $4.83\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $8.89\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.48%和 0.89%。

### （7）主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）

主泵转子卡死（卡轴）事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $1.18\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $8.68\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.18% 和 0.87%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为  $4.76\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为  $6.17\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.48% 和 0.62%。

由上述分析可知：

对于极限事故，在事故发生后 2h 内，弹棒事故（CREA）对非居住区边界上公众造成的有效剂量最大，燃料操作事故（FHA）对非居住区边界上公众造成的甲状腺当量剂量最大；在事故持续期间内，弹棒事故（CREA）事故对规划限制区外边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均为最大。

对于稀有事故，在事故持续期间，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）以及规划限制区外边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大。上述事故剂量后果都满足国家标准 GB6249-2011 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，广东陆丰核电 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 GB6249-2011 的相应要求。

表7.1-16 非居住区边界上的大气弥散因子 ( $\text{s/m}^3$ )

方位	距离 (m)	大气弥散因子 (0~2h)
N	500	7.01E-05
NNE	500	8.41E-05
NE	500	8.62E-05
ENE	500	6.90E-05
E	500	6.95E-05
ESE	500	1.22E-04
SE	500	1.23E-04
SSE	500	1.23E-04
S	500	1.54E-04
SSW	500	1.57E-04
SW	500	1.39E-04
WSW	500	9.61E-05
W	500	7.44E-05
WNW	500	6.39E-05
NW	500	6.50E-05
NNW	500	5.34E-05
全厂址 (95%概率水平)		1.31E-04

表 7.1-17 规划限制区外边界上的大气弥散因子 ( $s/m^3$ )

方位	距离 (m)	0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	5000	4.63E-06	2.74E-06	1.71E-06	8.34E-07	2.97E-07
NNE	5000	5.08E-06	3.04E-06	1.92E-06	9.50E-07	3.46E-07
NE	5000	5.22E-06	3.04E-06	1.88E-06	8.95E-07	3.09E-07
ENE	5000	4.49E-06	2.53E-06	1.51E-06	6.87E-07	2.22E-07
E	5000	4.46E-06	2.47E-06	1.45E-06	6.44E-07	2.00E-07
ESE	5000	1.35E-05	6.94E-06	3.82E-06	1.53E-06	4.11E-07
SE	5000	1.36E-05	7.05E-06	3.92E-06	1.59E-06	4.36E-07
SSE	5000	1.32E-05	7.05E-06	4.04E-06	1.72E-06	5.06E-07
S	5000	1.95E-05	1.10E-05	6.59E-06	3.00E-06	9.73E-07
SSW	5000	1.91E-05	1.13E-05	7.10E-06	3.46E-06	1.24E-06
SW	5000	1.70E-05	9.95E-06	6.16E-06	2.95E-06	1.03E-06
WSW	5000	9.63E-06	5.84E-06	3.74E-06	1.89E-06	7.07E-07
W	5000	4.95E-06	3.04E-06	1.97E-06	1.01E-06	3.86E-07
WNW	5000	4.00E-06	2.39E-06	1.51E-06	7.43E-07	2.70E-07
NW	5000	4.01E-06	2.32E-06	1.42E-06	6.71E-07	2.29E-07
NNW	5000	3.08E-06	1.74E-06	1.05E-06	4.83E-07	1.58E-07
全厂址 (95%概 率水平)		1.50E-05	9.16E-06	5.96E-06	3.01E-06	1.15E-06



表 7.1-18 剂量转换因子

核素	衰变常数 (1/s)	烟云浸没照射 (Sv/s) / (Bq/m <sup>3</sup> )	地面沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m <sup>2</sup> )	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	7.42E-04	1.85E-14	-	-	-
Xe-135	2.12E-05	1.11E-14	-	-	-
Xe-138	8.15E-04	5.44E-14	-	-	-
I-131	有机碘	9.98E-07	1.84E-14	3.75E-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	2.21E-15	1.90E-10
	粒子碘				9.40E-11
	元素碘				3.10E-10
I-133	有机碘	9.26E-06	3.00E-14	5.97E-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	2.53E-15	5.00E-11
	粒子碘				4.50E-11
	元素碘				1.50E-10
I-135	有机碘	2.91E-05	8.25E-14	1.47E-15	6.80E-10
	粒子碘				3.20E-10
	元素碘				9.20E-10
Rb-88	6.48E-04	3.50E-14	5.95E-16	2.26E-11	1.37E-12
Rb-89	7.61E-04	9.03E-14	1.91E-15	1.16E-11	1.61E-12
Cs-134	1.07E-08	7.58E-14	1.52E-15	1.25E-08	1.11E-08
Cs-136	6.11E-07	1.06E-13	2.09E-15	1.98E-09	1.73E-09
Cs-137	7.33E-10	2.89E-14	2.86E-19	8.63E-09	7.93E-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》（GB18871-2002）。
- 碘和碱金属：吸入内照射有效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）。
- 其它核素：烟云浸没外照射剂量转换因子主要取自美国联邦导则 12 号报告；吸入内照射有效剂量转换因子主要取自美国联邦导则 11 号报告。

表 7.1-19（1/2） 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

非居住区边界公众个人有效剂量（2h）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA	CREA	MSLB(事故前碘峰)	MSLB(事故并发碘峰)	SGTR	SGTR-2	FHA	LRA
N	500	4.73E-05	4.36E-03	3.49E-04	2.60E-04	2.26E-04	7.81E-04	1.73E-03	5.27E-04
NNE	500	5.68E-05	5.23E-03	4.19E-04	3.12E-04	2.72E-04	9.37E-04	2.08E-03	6.32E-04
NE	500	5.82E-05	5.36E-03	4.29E-04	3.20E-04	2.78E-04	9.61E-04	2.13E-03	6.48E-04
ENE	500	4.66E-05	4.29E-03	3.44E-04	2.56E-04	2.23E-04	7.69E-04	1.71E-03	5.19E-04
E	500	4.69E-05	4.32E-03	3.46E-04	2.58E-04	2.24E-04	7.75E-04	1.72E-03	5.22E-04
ESE	500	8.24E-05	7.58E-03	6.08E-04	4.53E-04	3.94E-04	1.36E-03	3.02E-03	9.17E-04
SE	500	8.30E-05	7.65E-03	6.13E-04	4.57E-04	3.97E-04	1.37E-03	3.04E-03	9.24E-04
SSE	500	8.30E-05	7.65E-03	6.13E-04	4.57E-04	3.97E-04	1.37E-03	3.04E-03	9.24E-04
S	500	1.04E-04	9.57E-03	7.67E-04	5.72E-04	4.97E-04	1.72E-03	3.81E-03	1.16E-03
SSW	500	<b>1.06E-04</b>	<b>9.76E-03</b>	<b>7.82E-04</b>	<b>5.83E-04</b>	<b>5.07E-04</b>	<b>1.75E-03</b>	<b>3.88E-03</b>	<b>1.18E-03</b>
SW	500	9.38E-05	8.64E-03	6.92E-04	5.16E-04	4.49E-04	1.55E-03	3.44E-03	1.04E-03
WSW	500	6.49E-05	5.97E-03	4.79E-04	3.57E-04	3.10E-04	1.07E-03	2.37E-03	7.22E-04
W	500	5.02E-05	4.63E-03	3.71E-04	2.76E-04	2.40E-04	8.29E-04	1.84E-03	5.59E-04
WNW	500	4.31E-05	3.97E-03	3.18E-04	2.37E-04	2.06E-04	7.12E-04	1.58E-03	4.80E-04
NW	500	4.39E-05	4.04E-03	3.24E-04	2.41E-04	2.10E-04	7.25E-04	1.61E-03	4.89E-04
NNW	500	3.61E-05	3.32E-03	2.66E-04	1.98E-04	1.72E-04	5.95E-04	1.32E-03	4.01E-04
全厂址（95%概率水平）		8.84E-05	8.14E-03	6.52E-04	4.86E-04	4.23E-04	1.46E-03	3.24E-03	9.85E-04

表 7.1-19（2/2） 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

非居住区边界公众个人甲状腺剂量（2h）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA	CREA	MSLB(事故前碘峰)	MSLB(事故并发碘峰)	SGTR	SGTR-2	FHA	LRA
N	500	3.81E-04	3.25E-02	5.22E-03	3.37E-03	2.57E-03	9.47E-03	3.19E-02	3.88E-03
NNE	500	4.57E-04	3.33E-02	6.27E-03	4.04E-03	3.09E-03	1.14E-02	3.82E-02	4.65E-03
NE	500	4.69E-04	2.66E-02	6.42E-03	4.14E-03	3.16E-03	1.16E-02	3.92E-02	4.77E-03
ENE	500	3.75E-04	2.68E-02	5.14E-03	3.31E-03	2.53E-03	9.32E-03	3.14E-02	3.81E-03
E	500	3.78E-04	4.71E-02	5.18E-03	3.34E-03	2.55E-03	9.38E-03	3.16E-02	3.84E-03
ESE	500	6.64E-04	4.75E-02	9.09E-03	5.86E-03	4.48E-03	1.65E-02	5.55E-02	6.74E-03
SE	500	6.69E-04	4.75E-02	9.17E-03	5.91E-03	4.51E-03	1.66E-02	5.59E-02	6.80E-03
SSE	500	6.69E-04	5.94E-02	9.17E-03	5.91E-03	4.51E-03	1.66E-02	5.59E-02	6.80E-03
S	500	8.38E-04	6.06E-02	1.15E-02	7.40E-03	5.65E-03	2.08E-02	7.00E-02	8.51E-03
SSW	500	<b>8.54E-04</b>	<b>5.37E-02</b>	<b>1.17E-02</b>	<b>7.54E-03</b>	<b>5.76E-03</b>	<b>2.12E-02</b>	<b>7.14E-02</b>	<b>8.68E-03</b>
SW	500	7.56E-04	3.71E-02	1.04E-02	6.68E-03	5.10E-03	1.88E-02	6.32E-02	7.68E-03
WSW	500	5.23E-04	2.87E-02	7.16E-03	4.62E-03	3.53E-03	1.30E-02	4.37E-02	5.31E-03
W	500	4.05E-04	2.47E-02	5.54E-03	3.57E-03	2.73E-03	1.00E-02	3.38E-02	4.11E-03
WNW	500	3.48E-04	2.51E-02	4.76E-03	3.07E-03	2.34E-03	8.63E-03	2.91E-02	3.53E-03
NW	500	3.54E-04	2.06E-02	4.84E-03	3.12E-03	2.38E-03	8.78E-03	2.96E-02	3.59E-03
NNW	500	2.90E-04	3.25E-02	3.98E-03	2.56E-03	1.96E-03	7.21E-03	2.43E-02	2.95E-03
全厂址（95%概率水平）		7.13E-04	5.06E-02	9.76E-03	6.29E-03	4.81E-03	1.77E-02	5.96E-02	7.24E-03

表 7.1-20（1/2） 规划限制区外边界公众个人剂量

规划限制区外边界公众个人有效剂量（事故期间）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA (0~30d)	CREA(0~30d)	MSLB (事故前碘 峰 0~8h)	MSLB (事故并发 碘峰 0~8h)	SGTR (0~8h)	SGTR-2 (0~8h)	FHA (0~24h)	LRA (0~8h)
N	5000	2.26E-05	5.65E-04	2.88E-05	7.73E-05	6.47E-05	2.68E-04	1.15E-04	1.15E-04
NNE	5000	2.57E-05	6.24E-04	3.16E-05	8.56E-05	7.16E-05	2.96E-04	1.26E-04	1.28E-04
NE	5000	2.44E-05	6.32E-04	3.23E-05	8.61E-05	7.20E-05	2.98E-04	1.29E-04	1.29E-04
ENE	5000	1.90E-05	5.34E-04	2.76E-05	7.22E-05	6.04E-05	2.49E-04	1.11E-04	1.08E-04
E	5000	1.79E-05	5.26E-04	2.73E-05	7.08E-05	5.92E-05	2.44E-04	1.10E-04	1.06E-04
ESE	5000	4.48E-05	1.54E-03	8.17E-05	2.02E-04	1.70E-04	6.97E-04	3.34E-04	3.06E-04
SE	5000	4.63E-05	1.55E-03	8.24E-05	2.05E-04	1.72E-04	7.07E-04	3.37E-04	3.10E-04
SSE	5000	4.89E-05	1.53E-03	8.04E-05	2.04E-04	1.71E-04	7.03E-04	3.27E-04	3.07E-04
S	5000	8.29E-05	2.32E-03	<b>1.20E-04</b>	3.14E-04	2.63E-04	1.08E-03	<b>4.83E-04</b>	4.70E-04
SSW	5000	<b>9.39E-05</b>	<b>2.33E-03</b>	1.19E-04	<b>3.19E-04</b>	<b>2.67E-04</b>	<b>1.10E-03</b>	4.73E-04	<b>4.76E-04</b>
SW	5000	8.04E-05	2.06E-03	1.05E-04	2.81E-04	2.35E-04	9.74E-04	4.21E-04	4.20E-04
WSW	5000	5.09E-05	1.19E-03	6.01E-05	1.64E-04	1.37E-04	5.68E-04	2.39E-04	2.44E-04
W	5000	2.71E-05	6.16E-04	3.10E-05	8.51E-05	7.11E-05	2.95E-04	1.23E-04	1.27E-04
WNW	5000	2.01E-05	4.91E-04	2.49E-05	6.73E-05	5.63E-05	2.33E-04	9.91E-05	1.00E-04
NW	5000	1.83E-05	4.84E-04	2.48E-05	6.58E-05	5.50E-05	2.28E-04	9.93E-05	9.84E-05
NNW	5000	1.33E-05	3.67E-04	1.90E-05	4.96E-05	4.15E-05	1.71E-04	7.63E-05	7.43E-05
全厂址（95%概率水平）		8.13E-05	1.86E-03	9.37E-05	2.57E-04	2.15E-04	8.89E-04	3.72E-04	3.82E-04

表 7.1-20（2/2） 规划限制区外边界公众个人剂量

规划限制区外边界公众个人甲状腺当量剂量（事故期间）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA (0~30d)	CREA(0~30d)	MSLB (事故前碘 峰 0~8h)	MSLB (事故并发 碘峰 0~8h)	SGTR (0~8h)	SGTR-2 (0~8h)	FHA (0~24h)	LRA (0~8h)
N	5000	1.54E-04	5.68E-03	4.26E-04	1.28E-03	9.92E-04	4.43E-03	2.11E-03	1.50E-03
NNE	5000	1.75E-04	6.28E-03	4.69E-04	1.41E-03	1.10E-03	4.91E-03	2.32E-03	1.66E-03
NE	5000	1.66E-04	6.33E-03	4.79E-04	1.42E-03	1.10E-03	4.93E-03	2.38E-03	1.66E-03
ENE	5000	1.29E-04	5.32E-03	4.10E-04	1.19E-03	9.24E-04	4.12E-03	2.05E-03	1.39E-03
E	5000	1.22E-04	5.22E-03	4.06E-04	1.17E-03	9.05E-04	4.04E-03	2.03E-03	1.36E-03
ESE	5000	3.02E-04	1.50E-02	1.21E-03	3.32E-03	2.58E-03	1.15E-02	6.15E-03	3.89E-03
SE	5000	3.12E-04	1.52E-02	1.22E-03	3.37E-03	2.61E-03	1.16E-02	6.20E-03	3.94E-03
SSE	5000	3.30E-04	1.51E-02	1.19E-03	3.35E-03	2.60E-03	1.16E-02	6.02E-03	3.92E-03
S	5000	5.63E-04	2.31E-02	<b>1.78E-03</b>	5.17E-03	4.02E-03	1.79E-02	<b>8.89E-03</b>	6.05E-03
SSW	5000	<b>6.41E-04</b>	<b>2.34E-02</b>	1.76E-03	<b>5.27E-03</b>	<b>4.09E-03</b>	<b>1.83E-02</b>	8.71E-03	<b>6.17E-03</b>
SW	5000	5.48E-04	2.07E-02	1.56E-03	4.65E-03	3.61E-03	1.61E-02	7.75E-03	5.44E-03
WSW	5000	3.48E-04	1.20E-02	8.91E-04	2.71E-03	2.11E-03	9.42E-03	4.39E-03	3.17E-03
W	5000	1.86E-04	6.24E-03	4.59E-04	1.41E-03	1.09E-03	4.89E-03	2.26E-03	1.65E-03
WNW	5000	1.37E-04	4.94E-03	3.69E-04	1.11E-03	8.64E-04	3.86E-03	1.82E-03	1.30E-03
NW	5000	1.25E-04	4.84E-03	3.68E-04	1.09E-03	8.43E-04	3.77E-03	1.83E-03	1.27E-03
NNW	5000	9.04E-05	3.66E-03	2.81E-04	8.18E-04	6.35E-04	2.83E-03	1.40E-03	9.57E-04
全厂址（95%概率水平）		5.56E-04	1.88E-02	1.39E-03	4.25E-03	3.30E-03	1.48E-02	6.84E-03	4.97E-03

表 7.1-21 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）	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量 （Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	DBC-4	1.06E-04	0.11%	8.54E-04	0.09%
CREA	DBC-4	9.76E-03	9.76%	5.37E-02	5.37%
MSLB	DBC-4	7.82E-04	0.78%	1.17E-02	1.17%
SGTR	DBC-3	5.07E-04	10.14%	5.76E-03	11.52%
SGTR-2	DBC-4	1.75E-03	1.75%	2.12E-02	2.12%
FHA	DBC-4	3.88E-03	3.88%	7.14E-02	7.14%
LRA	DBC-4	1.18E-03	1.18%	8.68E-03	0.87%

事故	事故 工况	规划限制区边界（5km）			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 （Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量 （Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	DBC-4	9.39E-05	0.09%	6.41E-04	0.06%
CREA	DBC-4	2.33E-03	2.33%	2.34E-02	2.34%
MSLB	DBC-4	3.19E-04	0.32%	5.27E-03	0.53%
SGTR	DBC-3	2.67E-04	5.34%	4.09E-03	8.18%
SGTR-2	DBC-4	1.10E-03	1.10%	1.83E-02	1.83%
FHA	DBC-4	4.83E-04	0.48%	8.89E-03	0.89%
LRA	DBC-4	4.76E-04	0.48%	6.17E-03	0.62%

## 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

#### 7.2.3.1 严重事故预防

#### 7.2.3.2 严重事故缓解措施

表

表 7.2-3 本工程严重事故在事故后的 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离超越指定有效剂量的概率

## 7.2 严重事故

### 7.2.1 事故描述

广东陆丰核电5、6号机组建设两台华龙一号核电机组，设计扩展工况是指不在设计基准事故考虑范围的事故工况，包括没有造成堆芯明显损伤的工况（DEC-A）和堆芯熔化（严重事故）工况（DEC-B）。

本节严重事故环境影响评价，参照本工程初步安全分析报告，选取华龙一号典型 DEC-B 工况的大破口失水事故（LBLOCA）和全厂断电事故（SBO）作为严重事故的始发事件。

### 7.2.2 事故后果

根据 GB18871-2002，应急照射情况下的通用优化干预水平如下：隐蔽为 2 天以内可防止的剂量达到 10mSv，临时撤离为 7 天以内可防止剂量达到 50mSv，临时避迁为 1 个月内可防止剂量达到 30mSv，1 年内永久再定居为长期终身剂量达到 1Sv。

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。

严重事故后果评价采用了厂址气象观测系统 2018 年 7 月至 2019 年 6 月一整年气象数据，公众呼吸率采用 RG 1.183 的推荐值；不考虑惰性气体沉降，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，空气中剩余份额为： $F=\exp(-A \cdot T \cdot IB)$ ，其中 T 和 I 分别为降水持续时间和雨强，A、B 为经验系数，分别取  $9.5E-5$  和 0.8。

根据国家标准 GB18871-2002，事故后两天、一周、一月和一年内有效剂量的限定阈值分别为 10mSv、50mSv、30mSv 和 1Sv。分别计算了大破口失水事故（LBLOCA）和全厂断电事故（SBO）发生后 2 天、7 天、1 个月和 1 年内超越相对应指定有效剂量的概率随距离变化结果，见表 7.2-3。



### 7.2.3 严重事故预防和缓解方案

#### 7.2.3.1 严重事故预防

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。

#### 7.2.3.2 严重事故缓解措施

严重事故缓解的目标是尽可能维持对已高度损坏的堆芯的冷却，实现可控的最终稳定状态，尽可能长时间地维持安全壳的完整性，从而为厂外应急计划赢得更多的时间。尽可能地降低放射性物质向厂外的释放，尽量避免土壤和地下水的长期污染。严重事故的结果很大程度上取决于安全壳的安全性能和安全壳包容放射性物质的能力，在大多数的严重事故序列中，维持安全壳完整性的压力边界由以下两个因素决定：

- 安全壳在结构上承受的载荷大小；
- 安全壳结构上对载荷的响应和安全壳边界的完整性。

陆丰核电 5、6 号机组在严重事故情况下采取的缓解措施有：

- 采用严重事故泄压阀（SADV）防止高压熔堆导致安全壳直接加热；
- 采用安全壳可燃气体控制系统（EUH）防止氢气燃爆；
- 采用安全壳内热量导出系统（EHR）防止安全壳晚期超压失效；
- 采用堆芯熔融物压力容器内滞留系统（IVR）进行堆熔后的熔融物处置；
- 采用安全壳过滤排放系统（EUF），通过可控的过滤排放确保安全壳压力不超过其承载限值，确保安全壳的完整性。

表 7.2-3 本工程严重事故在事故后的 2 天、7 天、1 个月和 1 年内不同距离超越指定有效剂量的概率

距离反应堆中心（km）	严重事故	0.5	1.5	2.5	4	7.5	15	25	大于 30
2 天超越 10mSv 概率	LBLOCA	25.70%	11.50%	4.37%	2.74%	0	0	0	0
	SBO	100%	59.1%	41.7%	18%	8.47%	0	0	0
7 天超越 50mSv 概率	LBLOCA	0	0	0	0	0	0	0	0
	SBO	59.70%	17.30%	11.50%	2.25%	0	0	0	0
30 天超越 30mSv 概率	LBLOCA	3.57%	0.54%	0	0	0	0	0	0
	SBO	100%	100%	91.50%	76.20%	32.10%	0.33%	0.09%	0
1 年超越 1Sv 概率	LBLOCA	0	0	0	0	0	0	0	0
	SBO	7.93%	0	0	0	0	0	0	0

### 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》（GB11806-2019）、《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》（GB11806-2019）、《放射性物质安全运输货包泄漏检验》（GB/T17230-1998）、《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-1991）、《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-1991）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装安全标准》（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：

- $\beta$ 、 $\gamma$  发射体、低毒性  $\alpha$  发射体  $\leq 4\text{Bq/cm}^2$ ；
- 其它  $\alpha$  发射体  $\leq 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

机组运行中产生并经处理整备后的低、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，事故发生率很低。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，故不会对环境造成污染。

#### 7.4 其它事故

##### 7.4.1 建设期间其它事故分析

##### 7.4.2 运行期间其它事故分析

## 7.4 其它事故

### 7.4.1 建设期间其它事故分析

核电厂施工建设期间的环境风险主要包括厂平及负挖期间炸药的储存和运输风险、化学品存储和使用风险、山坡开采和道路施工引起滑坡以及施工营地环境卫生问题导致施工人员的健康风险。

核电厂施工阶段需采用炸药对厂址处岩体进行爆破处理，如炸药储存和运输不当，则可能对施工人员安全及环境安全造成较大风险。核电厂爆破所用炸药集中存放于场外仓库，对炸药入库、出库、运输等过程设专人管理，每次使用前均需向公安部门申报，严格控制炸药使用量。施工过程中，在场地各主要出入口设置警示牌，告知爆破时间，每次爆破前须提前疏散周围施工人员，确保爆炸区无人员车辆后方可实施爆炸作业，将炸药对人员及环境可能产生的风险降至最低。

核电厂可能需要采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理，以避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化。这些化学物质和缓蚀剂主要包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等，如保存管理不当，可能造成泄漏风险，对地表土壤及植被生态造成破坏。由于核电厂设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑防水防雨等不利影响，因此需后续处理过程较少，化学物质使用量不大。该部分危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）可以得到安全妥善贮存，产生的废物由生产厂商回收处理。在施工阶段，由于化学品泄漏造成的环境风险较小。

核电厂施工周期较长，施工人数众多，施工期间大量人员涌入电厂区域及附近进行施工和居住，如环境卫生管理不到位，特别在夏季，容易使爆发流行性传染病的机会大大增加，一旦发生疫情，将对整个施工区内的人员健康造成极大威胁。核电厂施工阶段人员居住于厂区以外的各个村庄，所产生的生活垃圾由所居住村庄处理。在电厂施工期间，将积极做好施工营地及施工场所的卫生管理，做到垃圾日产日清，提供安全的饮食和饮用水，不会对人员的健康产生风险。若发现人员出现疫情特征，及时送往附近医院治疗，减少疫情大规模扩散的几率，保障施工人员的健康。

### 7.4.2 运行期间其它事故分析

本节主要依据《建设项目环境风险评价导则》（HJ169-2018）相关要求对环境



## 风险分析与评价

### 7.4.2.1 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。

### 7.4.2.2 环境风险评价

根据 HJ169-2018，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 HJ169-2018 表 2 内容可将本项目环境风险潜势划分为 II 级，对应的环境风险评价等级为三级，需定性分析说明环境风险影响后果。

根据计算结果，氨水（26%）危险性相对最大。为分析氨水泄漏事故后环境风险影响，采用 HJ169-2018 中推荐的用于轻质气体风险预测模型 AFTOX 和不利气象条件，在不考虑建筑物阻隔和沿途损耗的前提下，预测凝结水精处理间（BMP）氨水储罐发生严重泄漏事故后果，假设单个氨水储罐破裂后氨水瞬间铺满围堰，持续蒸发 30min，采用《危险化学品释放期间核电站控制室可居留性评估》（RG1.78）中氨气限值（ $210\text{mg}/\text{m}^3$ ）作为评价标准，根据模型预测结果，泄漏后的氨气达到 RG1.78 规定限值的距离约 90m，小于凝结水精处理间(BMP)至主控室距离（约 110m），因此氨水泄漏不会影响主控室可居留性。同时，由于氨水储罐周围设有围堰、并配备泄漏应急处

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，因此，氨水储罐泄漏的环境风险较小。对于其他危险化学品，由于其储量及危险性相对氨水更小，且基本储存在室内，在做好相关防护措施后，其他各危险化学品对于外界环境的风险也很小。

#### 7.4.2.3 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《汽车运输危险货物规则》中运输车辆的常规要求，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《危险物品名表》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《核电厂防火》（HAD102/11）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，以保证安全壳的完整性。

#### 6) 腐蚀性事故防范

为防止人员直接与氨、联氨接触，采用机械化设施输送这些物质，在加药泵出口均装有安全释放阀，一旦超压，排出溶液可返回溶液箱或者废水池处理。此外，还增加了通风装置，将有害的气体排到室外。

为防止浓酸、浓碱造成的人员伤害，设计中将采取下列措施：

- 选择的设备、部件均对酸碱具有耐腐蚀性。

- 浓酸、浓碱的输送采用机械化设备。
- 剂量泵出口装有安全释放阀。
- 所有的储罐，剂量箱均有液位报警连锁装置。
- 在酸碱储存区域装有安全淋浴装置和洗眼器。
- 酸碱储存中的浓酸与空气不直接接触。

综上可知，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 应急计划区划分

### 7.5.2 应急状态分级

### 7.5.3 应急组织

### 7.5.4 应急设施和准备

## 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。

《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十五条规定：“核设施营运单位应当按照核设施的规模和性质制定核事故场内应急计划，做好应急准备。出现核事故应急状态时，核设施营运单位必须立即采取有效的应急措施控制事故，并向核设施主管部门 and 环境保护行政主管部门、卫生行政部门、公安部门以及其他有关部门报告。”

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）第十四条要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急计划审查批准后方可装料。《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急计划提出了相应的要求。同时，HAF002/01 还要求：“在整个核电厂运行阶段，应急准备应做到常备不懈；应定期进行核事故应急演练和对应急计划进行复审和修订”。

### 7.5.1 应急计划区划分

为在核电厂发生事故时能够迅速采取有效措施保护公众，依据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）的规定，在电厂周围建立应急计划区，即烟羽应急计划区和食入应急计划区，分别在各计划区内做好必要的应急准备，以达到在事故状态下及时有效地采取应急防护行动从而达到保护公众的目的。

烟羽应急计划区针对放射性烟羽产生的直接外照射、吸入放射性烟羽中放射性核素产生的内照射和沉积在地面的放射性核素产生的外照射；食入应急计划区则针对摄入被事故释放的放射性核素污染的食物和水而产生的内照射。烟羽应急计划区内的防护措施是隐蔽、撤离和服用稳定性碘（例如碘片或碘制剂）；而食入应急计划区内则以食品和饮水控制为主要防护措施。

陆丰核电厂应急计划区初步确定如下：

#### 1) 烟羽应急计划区

烟羽应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 10km 范围内区域。其中内区为以核电厂反应堆为中心，半径 5km 范围内区域。烟羽应急计划区涉及全部为陆丰市碣石

镇所辖区域。

## 2) 食入应急计划区

食入应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域。以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域涉及广东省陆丰市、海丰县、陆河县、普宁市和惠来县。

### 7.5.2 应急状态分级

根据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）规定，陆丰核电厂事故应急状态分为四级：

(1) 应急待命：出现可能导致危及核电厂核安全的某些特定情况或者外部事件，核电厂有关人员进入戒备状态。

应急待命的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平可能下降，但还有时间采取预防性措施以防止向更高级别的应急状态演变。

核电厂安全水平可能下降的主要表现为运行参数超出了核电厂技术规范书中的运行限制条件，在这种情况下允许于规定的时间内变更运行模式。应急待命的事件还包括那些更严重事件的征兆，因为这种征兆也预示着核电厂的安全水平可能下降。在应急待命状态的事件中可能出现少量放射性物质的释放，但是这类释放并不导致启动环境监测或场外应急响应行动。

确定应急待命的目的是使核电厂运行人员和其他有关人员及时启动并处于戒备状态，保证初始的应急响应行动得以顺利实施，使事故处理、信息发送和决策过程等纳入有条不紊的应急组织体系中去。

(2) 厂房应急：事故后果仅限于核电厂的局部区域，核电厂人员按照场内核事故应急计划的要求采取核事故应急响应行动，通知厂外有关核事故应急响应组织。

厂房应急的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平实际上或可能发生大的下降。然而，如果有放射性物质释放的话，预计场外照射水平只是相当于隐蔽通用干预水平的很小部分。厂房应急时，事故的辐射后果或可能的辐射后果仅限于某些厂房内部或核电厂局部区域。

确定厂房应急的目的是保证场内应急响应人员能够迅速有效地做出响应；向场外应急组织提供有关事故的信息资料。

(3) 场区应急：事故后果蔓延至整个场区，场区内的人员采取核事故应急响应行动，

通知广东省核应急办，某些场外核事故应急响应组织可能采取核事故应急响应行动。

场区应急的特征是事故正在进展或已经发生，核电厂的一些安全设施的功能已经丧失或可能丧失。在这种应急状态下，可能出现堆芯损坏的情况，可能从电厂中释放出一些放射性物质。

确定场区应急的目的是保证及时派出环境监测人员进行环境监测；保证场外应急组织及时启动；保证及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

(4) 场外应急：事故后果超越场区边界，实施场内和场外核事故应急计划。

场外应急的特征是事故正在进展或已经发生，堆芯即将或已经极大损坏，甚至熔化，同时安全壳完整性可能丧失。在这种应急状态下，极可能从电厂释放出大量的放射性物质，事故的辐射后果或可能的辐射后果可能使场区边界之外的照射水平超过紧急防护行动干预水平。

不管放射性物质的释放是由于何种原因造成的，进入场外应急状态就意味着场外公众可能需要采取隐蔽或撤离等紧急防护行动。

### 7.5.3 应急组织

陆丰核电厂场内应急组织包括应急指挥部和运行控制组、技术支持组、维修服务组等若干应急行动组。应急总指挥由总经理担任，副总指挥由运行处、执照处或工程部负责人担任。陆丰核电厂场内应急组织机构的设立将以首批核燃料进厂作为节点。考虑核事故的应急组织将在此基础上完善，和地方的应急预案和应急组织衔接。

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，核电厂应急指挥部将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）、国家能源局、中华人民共和国生态环境部（国家核安全局及华南核与辐射安全监督站）、广东省民用核设施核事故预防和应急管理委员会办公室（广东省核应急办）、中国广核集团有限公司等上级主管部门和单位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，必要时请求获得场外支援。

### 7.5.4 应急设施和准备



核电厂应急准备主要包括制定应急行动计划和执行程序；建立能有效实施各项应急职能的组织机构；准备好应急设施和设备并使之保持有效；对应急人员进行培训、演习和练习，使其具有完成特定应急任务的基本知识和技能。陆丰公司将协调有关各方根据项目进展情况进行相关核应急准备。

应急设施与设备是核电厂进入应急状态后应急响应人员需要使用的设备、工具和停留的空间，是核电厂实现应急功能的物质基础。陆丰核电厂将根据《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD 002/01-2019）、《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）》（国家核安全局，2012 年 6 月 12 日）对场内应急设施的要求，配备主控制室、辅助控制室、技术支持中心、运行支持中心、应急指挥中心/应急行动中心、环境监测设施、应急通信系统、场区医疗应急设施、应急集合点、场内人员应急撤离道路、应急设施存贮与燃油补给中心等应急设施。同时，陆丰核电厂配套的场外应急设施主要有前沿指挥所、洗消和去污点、撤离临时安置点、环境监测站点、公众信息中心。

陆丰核电厂场内人员的应急撤离道路包括进厂道路及应急道路，其中进厂道路已建成通车。厂址附近区域的主要公路干线为深汕高速公路、G324 国道、S338 省道、X139 县道、X133 县道和 X138 县道。此外，厂址附近区域内各村庄已实现了“村村通”。

#### — 进厂道路

进厂道路（碣田公路）起于碣石镇东北大路岭处南碣公路，向西南与核电厂区道路相接，全长约 12.6km，采用二级公路标准，设计车速 80km/h，双向 4 车道，路基宽度 21.5m，水泥混凝土路面，已建成通车。沿线无桥梁，共设涵洞 28 道，其中盖板涵 11 道，圆管涵 16 道，箱涵 1 道，涵洞设计荷载为公路 I 级。

#### — 应急道路

应急公路从厂区向西北角起，向北经过上林村、角清村和灶背村，最终至碣石镇，公路里程约 8 公里。

## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

### 8.2 其它监测

### 8.3 监测设施

### 8.4 质量保证

## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

#### 8.1.1.1 监测目的

#### 8.1.1.2 主要原则

#### 8.1.1.3 放射性流出物辐射监测阈值

#### 8.1.1.4 气载放射性流出物监测系统

#### 8.1.1.5 液态放射性流出物监测系统

#### 8.1.1.6 取样代表性

#### 8.1.1.7 SRTF 流出物监测

#### 8.1.1.8 流出物监督性监测系统

### 8.1.2 辐射环境监测

#### 8.1.2.1 监测目的

#### 8.1.2.2 监测范围

#### 8.1.2.3 布点原则

#### 8.1.2.4 监测内容

### 8.1.3 应急监测

#### 8.1.3.1 应急监测初步方案

#### 8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

表

表 8.1-1 放射性流出物监测通道的性能

表 8.1-2 主蒸汽管道在线辐射监测通道参数

表 8.1-3 蒸汽发生器凝汽器排气辐射监测通道参数

表 8.1-4 气载流出物监测方案

表 8.1-5 液态流出物监测方案

表 8.1-6 SRTF 气载流出物的监测项目、取样频率和分析内容

表 8.1-7 SRTF 液态流出物的监测频次、核素和探测限

## 8.1 辐射监测

### 8.1.1 流出物监测

广东陆丰核电 5、6 号机组将建立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载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包括连续在线监测系统和取样分析监测系统，连续在线监测系统设置有报警装置和报警阈值，根据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》（GB6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过设定阈值时，发出报警并停止排放。

#### 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载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、取样测量频率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》（GB6249-2011）中的控制值，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）气载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载放射性浓度、辐射后果、辐射监测仪表的响应参数情况以及在役电厂气载流出物监测通道实际监测的数据反馈情况，确定气载流出物辐射监测通道合理的一级报警阈值；
- 在确保气载流出物年排放总量低于气载放射性流出物控制值的条件下，结合每个月气载流出物月排放总量不应超过所批准的年排放总量的五分之一、辐射后果及辐射监测仪表的响应参数情况，确定气载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目标值、在役电厂液态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控制限值及监测仪表的响应参数确定二级报警阈值。

受设计深度的限制，暂时无法给出准确的报警阈值，最终的报警阈值将在下一阶段的环评报告中反映。

#### 8.1.1.4 气载放射性流出物监测系统

广东陆丰核电 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载放射性流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气载放射性流出物进行连

续在线监测和采样。监测通道的性能见表 8.1-1。

（1）烟囱排气低量程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 5/6 KRT8101MAI 和 5/6 KRT8201MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱气载排出流中惰性气体的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体依次经过气溶胶过滤、碘吸附后，将过滤后的气体送往惰性气体测量装置，使用  $\beta/\gamma$  灵敏探测器测量惰性气体释放出的  $\beta$  和  $\gamma$  射线，得出烟囱气载排出流中惰性气体放射性浓度（等效为  $\text{Xe-133}$  的放射性浓度  $\text{Bq/m}^3$ ）。测量烟囱内气体的排放速率，结合惰性气体的放射性浓度得出单位时间内惰性气体排放总活度（ $\text{Bq/h}$ ）。

本监测通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 采样流量：35LPM；
- $\beta$  射线参考能量：350keV（ $^{133}\text{Xe}$ ）；
- 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 5/6 KRT8111MAI 和 5/6 KRT8211MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中气溶胶的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体送往气溶胶测量装置，气体中的气溶胶被过滤在滤纸上，设置在滤纸上方的  $\alpha/\beta$  灵敏探测器测量沉积在滤纸上的气溶胶释放的  $\alpha$  和  $\beta$  射线，得出烟囱气载排出流中气溶胶放射性浓度（等效为  $^{137}\text{Cs}$  的放射性浓度  $\text{Bq/m}^3$ ）。测量烟囱排放气体的速率，结合气溶胶的浓度得出单位时间内气溶胶排放的总活度（ $\text{Bq/h}$ ）。

该通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：150keV~3MeV；
- 参考核素： $^{137}\text{Cs}$ ；
- 采样流量：35LPM；
- 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 5/6 KRT8121MAI 和 5/6 KRT8221MAI，其主

要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中碘的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体经过气溶胶过滤后送往放射性碘测量装置，气体中的碘被活性炭吸附，设置在活性炭盒上方的  $\gamma$  灵敏探测器测量在碘盒中放射性碘释放的  $\gamma$  射线，得出烟囱排放管道内的碘放射性（等效为  $^{131}\text{I}$  的放射性浓度  $\text{Bq/m}^3$ ）。测量烟囱排放气体的速率并结合碘的放射性浓度得出单位时间内放射性碘排放的总活度（ $\text{Bq/h}$ ）。

该通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：100keV~3MeV；
- 参考核素： $^{131}\text{I}$ ；
- 采样流量：35LPM；
- 测量范围： $3.7\sim3.7\times10^6\text{Bq/m}^3$ 。

#### （4）事故及事故后烟囱排气惰性气体连续在线监测

事故及事故后烟囱排气惰性气体连续在线监测在烟囱上设置了互为冗余的监测通道，用于测量事故后经烟囱排放的惰性气体的放射性浓度。事故及事故后烟囱排气惰性气体监测通道为 KRT9501MAI 和 KRT9502MAI，采用管内在线监测方式，使用  $\gamma$  灵敏探测器。

该通道探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 参考核素： $^{133}\text{Xe}$ ；
- 测量范围： $3.7\times10^6\sim3.7\times10^{15}\text{Bq/m}^3$ 。

#### （5）烟囱排气气溶胶取样监测

烟囱排气气溶胶取样装置为 5/6 KRT8141MAI 和 5/6 KRT8241MAI，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： $\gamma$  谱，每个季度混合样测  $^{90}\text{Sr}$ 。

#### （6）烟囱排气碘取样监测

烟囱排气碘取样装置为 5/6 KRT8151MAI 和 5/6 KRT8251MAI，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：总  $\gamma$  和  $\gamma$  谱（分析核素  $^{131}\text{I}$ 、 $^{133}\text{I}$ ）。

（7）烟囱排气  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  取样监测

烟囱排气  $^3\text{H}$  取样装置为 5/6 KRT8171MAI 和 5/6 KRT8271MAI，烟囱排气  $^{14}\text{C}$  取样装置为 5/6 KRT8181MAI 和 5/6 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  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  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  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  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  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  取样装置。空气中的  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  分别被滞留在  $^3\text{H}$  取样瓶与  $^{14}\text{C}$  取样瓶内，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： $^3\text{H}$  与  $^{14}\text{C}$ 。

（8）烟囱排气惰性气体取样监测

烟囱排气预留惰性气体取样接口，拟采用 3L 气体采样钢瓶进行采样，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： $\gamma$  谱和  $^{85}\text{Kr}$ 。

（9）主蒸汽管道在线监测通道

在主蒸汽系统 VVP 每个主蒸汽管道外，设置冗余监测通道。采用在线管外测量方式，利用  $\gamma$  灵敏探测器在主蒸汽管道外连续监测主蒸汽的放射性活度水平，反应堆功率在 20%~100% 的情况下，通过对主蒸汽中  $^{16}\text{N}$  的测量定量给出蒸汽发生器的泄漏率；反应堆功率低于 20% 的情况下，通过对主蒸汽中惰性气体放射性浓度的测量，实现对蒸汽发生器泄漏情况的定性监测和判断。主蒸汽管道在线辐射监测通道参数见表 8.1-2。

（10）蒸汽发生器凝汽器排气监测通道

设置 ZKRT2301MAI 探测通道，采用在线管外测量方式，利用  $\gamma$  灵敏探测器在 CVI 系统抽真空排气管道外测量排气的放射性浓度（等效为  $^{135}\text{Xe}$  的放射性浓度），实时监测凝汽器抽真空系统（CVI）抽真空排气的放射性浓度，实现对蒸汽发生器早期泄漏的监测和指示。蒸汽发生器凝汽器排气辐射监测通道参数见表 8.1-3。

表 8.1-4 给出了本项目气载流出物监测的项目、频次、探测限等内容，其满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》（国核安发[2020]44 号）要求。

### 8.1.1.5 液态放射性流出物监测系统

广东陆丰核电 5、6 号两台华龙一号机组的液态放射性流出物将按照《电离辐射防

护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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正确，导致放射性浓度超标排放，保证核电厂周围环境安全和公众健康。

#### （1）核岛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，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测核岛废液排放系统（TER）排放废液的放射性浓度。使用  $\gamma$  灵敏探测器连续测量 TER 系统排放管道内的废液放射性浓度（Bq/m<sup>3</sup>）。探测器需采用 4 $\pi$  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：<sup>137</sup>Cs；
- 测量范围：3.7×10<sup>3</sup>~3.7×10<sup>9</sup>Bq/m<sup>3</sup>。

#### （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  $\gamma$  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<sup>3</sup>）。探测器需采用 4 $\pi$  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：<sup>137</sup>Cs；
- 测量范围：3.7×10<sup>3</sup>~3.7×10<sup>9</sup>Bq/m<sup>3</sup>。

#### （3）取样监测

在 TER 系统和 SEL 系统的贮存罐上预留有废液取样接口，废液在排放前需由工作人员手动取样，将废液样品送往流出物实验室进行测量，废液达到相应的放射性控制要求后，才能排放。

表 8.1-5 给出了本项目液态流出物监测的项目、频次、探测限等内容，其满足《核

电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》（国核安发[2020]44 号）要求。

#### 8.1.1.6 取样代表性

##### （1）气载流出物取样代表性分析

广东陆丰核电 5、6 号机组采用华龙一号技术，属单堆布置，每台机组设有两套气载放射性流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气载放射性流出物进行连续在线监测和采样，取样系统的设计满足 ANSI/HPS N13.1-2011，与防城港 3、4 号机组保持一致。在华龙一号示范项目中，已针对核岛烟囱设计开展了一系列计算和试验，验证华龙一号示范核电厂防城港核电厂 3、4 号机组的烟囱气载流出物的取样系统设计满足 ANSI/HPS N13.1-2011 的取样代表性要求。

通过防城港核电厂 3、4 号机组烟囱流场及示踪剂输运情况流体动力学分析（《防城港核电厂 3、4 号机组烟囱气载放射性物质取样代表性试验项目 CFD 计算与预选布置点报告》），在正常运行、最大排风、最小排风和失去厂外电工况下，54.75m 标高的取样截面上的气流速度、平均气旋角、示踪气体浓度分布和示踪气溶胶浓度分布情况均满足 ANSI/HPS N13.1-2011 标准的要求，可作为护套式单嘴取样器的布置位置；通过对示踪剂在烟囱流场纵剖面图上的分布情况分析，在 54.75m 标高处，示踪气体和示踪气溶胶的混合开始趋于均匀。依据《防城港核电厂 3、4 号机组烟囱气载放射性物质取样代表性试验项目比例模型试验总结报告》，在正常通风工况、最小通风工况、失去场外电工况下气旋角、气体流速、示踪气体浓度和示踪气溶胶浓度分布测试结果均符合 ANSI/HPS N13.1-2011 标准的要求，综上所述，在 54.75m 标高处作为取样截面是合适的。

采用 Deposition2001a 对正常运行支路、事故运行支路的粒子传输效率进行详细计算（《防城港核电厂 3、4 号机组气态排出流取样管线粒子传输效率计算报告》），采样管线（含采样头）对  $10\mu\text{mAD}$ （AD：空气动力学直径）气溶胶粒子传输效率大于 50%，结果满足标准要求。

因此，预计本项目气载流出物取样系统设计可满足相关代表性要求。

##### （2）液态流出物取样代表性分析

在每台废液排放泵出口管线上设有就地取样点，在排放前通过取样对液态流出物进行分析。在取样前将开启废液排放泵对废液贮存槽内废液进行循环混匀。为确保混

匀效率，每台废液贮存槽底部循环管线上配置喷射器，在调试期间对喷射器效率将进行验证。取样前先开启取样阀将取样管线内原有的废液排出再进行取样，确保取得废液贮存槽内混匀后的样品。通过以上措施确保液态流出物取样具有代表性。

#### 8.1.1.7 SRTF 流出物监测

SRTF 内设置低放水监测仪对厂房内废液监测箱和洗衣废水箱的废液排放进行放射性连续测量。当排放废液中放射性活度浓度超过预置阈值时，该测量通道将发出报警并连锁关闭相应的排放阀和排放泵，以防止超标废液的排放。

在 SRTF 排放总管中设置一套等速取样装置，对排风气体中的微尘和碘进行连续取样，样品送往电厂的有关实验室进行分析，可为电厂向环境排放的放射性活度提供数据。

厂房排风辐射监测通道的失效报警信息将传送到位于集中控制室的辐射监测信息管理系统进行储存、显示和报警。

SRTF 监测内容主要如下：

##### （1）气态

对 SRTF 排风总管的排风进行连续取样，样品送实验室分析测量，取样测量分析初步考虑如下：

- a) 气溶胶样品：Mn-54、Fe-59、Co-58、Co-60、Zn-65、Sb-124、Sb-125、Cs-134、Cs-137 等；
- b) 碘样品：I-131、I-133、I-134、I-135。

表 8.1-6 给出了 SRTF 气载流出物的监测项目、取样频率和分析内容。

##### （2）液态

SRTF 液态流出物监测将按槽式排放每批进行监测，表 8.1-7 给出了 SRTF 液态流出物的监测频次、核素和探测限。

#### 8.1.1.8 流出物监督性监测系统

为配合地方生态环境部门监督性监测工作，陆丰核电厂将按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》建设监督性监测系统，并为监督性监测系统流出物在线监测提

供数据接口和为地方生态环境部门到电厂内进行流出物取样提供便利和支持。

### 8.1.2 辐射环境监测

#### 8.1.2.1 监测目的

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，其监测方案的制定与实施将充分参考运行前本底调查所获得的监测经验以及厂址最新的环境特征。监测目的是：

- 测定环境介质中放射性核素浓度或辐射水平的变化；
- 评价营运单位执行环境标准和运行控制限值的实施情况；
- 评价核电厂对放射性物质包容和排放控制的有效性；
- 为评价环境辐射安全和估算公众剂量提供依据；
- 鉴别由其它来源引起的污染；
- 为发现未知的照射途径和确定放射性核素在环境中的传输模型提供依据；
- 为应急监测提供预警信息。

#### 8.1.2.2 监测范围

广东陆丰核电厂运行期间辐射环境监测范围和布点原则将充分依据相关标准导则要求，并参考运行前的辐射本底调查方案，监测范围为：

- 环境  $\gamma$  辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；
- 其余项目监测范围：一般取厂址半径 10km 区域。

#### 8.1.2.3 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

##### （1）环境 $\gamma$ 辐射水平的监测

###### — 环境 $\gamma$ 剂量率连续监测

设立厂区环境  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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 $\gamma$ 剂量率测量

参考本底调查的结果，确定  $\gamma$  剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  剂量率监测的补充。

##### （2）环境介质放射性监测

环境介质采样、分析和测量方法大体上与运行前的环境本底监测相同。

环境介质的监测内容主要包括：

- 大气：气溶胶、沉降灰中的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，空气中  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ ；
- 陆域水：地表水、地下水和饮用水中的总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$  和  $\gamma$  谱，降水中的总  $\beta$  和  $^3\text{H}$ ；
- 土壤： $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱；
- 生物： $\gamma$  谱，指示生物加测总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ （有机）、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{14}\text{C}$ ；
- 海水： $\gamma$  谱、 $^{40}\text{K}$ 、去 K 总  $\beta$  和  $^3\text{H}$ ；
- 沉积物： $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱；

#### 8.1.3 应急监测

##### 8.1.3.1 应急监测初步方案

###### （1）环境 $\gamma$ 剂量率监测

事故情况下，核电厂周围环境  $\gamma$  剂量率的监测通过两种方式进行：环境  $\gamma$  辐射连续监测系统和移动监测系统。

环境  $\gamma$  辐射连续监测系统设计方案详见 8.3.2.2 节，在环境  $\gamma$  监测站点由于外部环境条件的原因导致其不可用的情况下，利用临时组网系统替代 KRS 系统环境监测站点，实现事故及事故后情况下的环境监测。

移动监测系统由两辆监测车组成，设计方案详见 8.3.2.3 节。

#### （2）气溶胶和碘的监测

空气中气溶胶和放射性碘的采集通过两种途径进行：一是辐射监测站的空气取样泵和碘取样器，另一途径通过监测车的空气取样泵。对重点关注区域采集气溶胶和碘样品。

#### （3）环境 TLD 的布放与监测

正常情况利用 TLD 点位更换新片，并在监测车巡测路线上沿途各点布放 TLD，监测车上备有伴随片和小铅室存放 TLD，必要时在核电厂下风向居民密集区布放 TLD。

#### （4）海上监测

若事故状态核电厂下风向是海上，需要开展海上监测时，向应急中心求助海上交通工具和人力的支援，监测范围以核电厂排水口为中心的 10km 海域，主要监测任务是：海面上空气环境  $\gamma$  剂量率。若事故核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  $\gamma$  谱测量分析。

#### （5）地面污染监测

地面污染监测采用两种方法监测：一是采用便携式  $\gamma$  谱仪，进行地面沉积  $\gamma$  核素和  $\gamma$  剂量率的监测；二是采用  $\beta/\gamma$  剂量率仪进行地面剂量率的监测，探测器的测量条件要求在距地面 1m 和 3cm 处分别进行。

#### （6）环境样品及食品样品的采集与监测

监测车出动采集地表水、土壤以及关键居民区的饮用水和蔬菜等食品，将采集的样品作好标签记录，送回实验室进行分析。

### 8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

#### （1）厂区辐射和气象监测系统（KRS）

厂区辐射和气象监测系统由 13 个固定监测站组成，其中厂内 7 个，厂外 6 个。对核电厂周围 10km 范围大气环境中的  $\gamma$  辐射水平进行连续监测，其中部分站还配有气溶胶、碘、空气氟、空气碳和干湿沉降取样设备。

### （2）应急环境监测车及便携式仪器

应急环境辐射监测车系统由两辆环境监测车和应急环境辐射监测网络系统组成，主要承担事故期间厂区周界及电厂周围环境辐射巡测任务，及时地确定电厂下风向放射性烟羽扩散的剂量率分布情况。监测车主要配置有： $\gamma$  辐射剂量率仪、便携式  $\alpha/\beta$  表面污染监测仪、便携式  $\beta/\gamma$  辐射剂量率仪、气溶胶和碘取样装置、便携式  $\gamma$  谱仪、GPS 卫星定位仪、无线通讯设备、车载供电设备以及防护用品。

配备 2 套便携式仪器，能够快速的取出使用，配合车或船即可组成两套移动式临时应急监测车或监测船，以供需要时使用。每台移动式临时应急监测车或者监测船可配置 1 台 GPS 定位仪、1 台便携式  $\gamma$  剂量率仪、1 台便携式  $\gamma$  谱仪、1 台便携式  $\alpha/\beta$  表面污染监测仪、1 台便携式  $\beta/\gamma$  剂量仪和 2 台电子剂量计，主要设备清单包含在环境实验室仪器设备中。

### （3）临时组网系统

临时组网系统是用于 KRS 系统不可用时的备用系统，每套监测设备可监测  $\gamma$  辐射、风向、风速等参数，应急情况下能够快速的取出投放到监测点使用。临时组网系统由 14 个移动式环境  $\gamma$  辐射监测仪和 14 个便携式风速风向仪组成，配备通讯组网模块（包括数据采集工作站、网络服务器、网络设备及机柜、无线接收模块）。

### （4）后备监测实验室

广东陆丰核电厂与太平岭核电厂签署支持协议，将太平岭核电厂环境实验室作为其由于极端外部事件导致环境监测实验室不可用时的后备监测手段。



表 8.1-1 放射性流出物监测通道的性能

监测通道	功能	探测器类型	测量对象	测量范围, Bq/m <sup>3</sup>
7KRT8301MAI	正常工况下监测核岛废液排放 $\gamma$ 活度	$\gamma$ 灵敏探测器	$\gamma$	3.7E+03~3.7E+09
7KRT8401MAI	正常工况下监测常规岛废液排放 $\gamma$ 活度	$\gamma$ 灵敏探测器	$\gamma$	3.7E+03~3.7E+09
5/6KRT8101MAI 5/6KRT8201MAI	正常工况下烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测	$\beta/\gamma$ 灵敏探测器	$\beta$ 和 $\gamma$	3.7E+03~3.7E+09
5/6KRT8111MAI 5/6KRT8211MAI	正常工况下烟囱排气气溶胶放射性浓度监测	$\alpha/\beta$ 灵敏探测器	$\alpha$ 和 $\beta$	1.0~3.7E+06
5/6KRT8121MAI 5/6KRT8221MAI	正常工况下烟囱排气放射性碘浓度监测	$\gamma$ 灵敏探测器	$\gamma$	3.7~3.7E+06
5/6KRT9501MAI 5/6KRT9502MAI	事故工况下烟囱排气惰性气体放射性浓度监测	$\gamma$ 灵敏探测器	$\gamma$	3.7E+06~3.7E+15

表 8.1-2 主蒸汽管道在线辐射监测通道参数

监测通道编码	能量范围	参考核素	量程范围
N-16 监测： KRT2101MAI KRT2103MAI KRT2105MAI	4.5MeV~7MeV	N-16	0.1L/h ~5000L/h
总 γ 监测： KRT2101MAI KRT2103MAI KRT2105MAI	100keV~2.2MeV	Xe-135	1.0E+4Bq/m <sup>3</sup> ~1E+10Bq/m <sup>3</sup>

表 8.1-3 蒸汽发生器凝汽器排气辐射监测通道参数

监测通道编码	能量范围	参考核素	量程范围
KRT2301MAI	100keV~2.5MeV	Xe-135	1.0E+04Bq/m <sup>3</sup> ~1.0E+10Bq/m <sup>3</sup>

表 8.1-4 气载流出物监测方案

取样点	采样频次	分析 频次	分析核素	探测下限 (Bq/m <sup>3</sup> )
烟囱	每月 4 次	每月	<sup>3</sup> H	10 <sup>2</sup>
			<sup>14</sup> C	10
			粒子 γ 谱至少包括 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>124</sup> Sb、 <sup>125</sup> Sb、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>65</sup> Zn、 <sup>106</sup> Ru	2×10 <sup>-2</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
			碘 γ 谱 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、	2×10 <sup>-3</sup> ( <sup>131</sup> I)
			惰性气体 γ 谱至少包括 <sup>41</sup> Ar、 <sup>131m</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>133m</sup> Xe、 <sup>135</sup> Xe	10 <sup>3</sup> ( <sup>133</sup> Xe)
			<sup>85</sup> Kr	10 <sup>2</sup>
烟囱	连续	连续	粒子（总 β）	1
	连续	连续	卤素（至少包括 <sup>131</sup> I）	10
	连续	连续	惰性气体	4×10 <sup>3</sup>
	连续	每季度	<sup>90</sup> Sr（颗粒物混合样）	2×10 <sup>-1</sup>

表 8.1-5 液态流出物监测方案

监测 介质	采样 频次	分析频 次	分析核素	探测下限 (Bq/m <sup>3</sup> )
核岛 废液	每批	每批	<sup>3</sup> H	10 <sup>4</sup>
	每批	每批	<sup>14</sup> C	5×10 <sup>4</sup>
	每批	每批	γ 能谱分析, 至少包括 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>124</sup> Sb、 <sup>125</sup> Sb、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>65</sup> Zn、 <sup>106</sup> Ru	10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	季度混 合样	<sup>55</sup> Fe <sup>63</sup> Ni <sup>90</sup> Sr	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>2</sup>
	每批	每批	总 β 或 总 γ	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
其他 排放	每批	每批	<sup>3</sup> H	10 <sup>4</sup>
	每批	每批	总 β 或 总 γ	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	季度混 合样	γ 能谱分析, 至少包括 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>124</sup> Sb、 <sup>125</sup> Sb、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>65</sup> Zn、 <sup>106</sup> Ru	10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	季度混 合样	<sup>14</sup> C <sup>55</sup> Fe <sup>63</sup> Ni <sup>90</sup> Sr、 <sup>89</sup> Sr	5×10 <sup>4</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>2</sup>

**表 8.1-6 SRTF 气载流出物的监测项目、取样频率和分析内容**

取样系统	监测项目	样品性质	分析方法	分析设备	监测频率
SRTF 烟囱 排放监测系 统	气溶胶	固体	$\gamma$ 核素分析	HPGe 谱仪	每周一次
			总 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量	低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 计 数器	每周一次
	碘	固体	$\gamma$ 核素分析	HPGe 谱仪	每周一次

表 8.1-7 SRTF 液态流出物的监测频次、核素和探测限

监测介质	采样频次	分析频次	分析核素	探测下限 (Bq/m <sup>3</sup> )
SRTF 放射性疏水排放监测系统	每批	每批	<sup>3</sup> H	10 <sup>4</sup>
	每批	每批	总 β 或 总 γ	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	每批	<sup>14</sup> C	5×10 <sup>4</sup>
	每批	每批	γ 能谱分析, 至少包括 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>124</sup> Sb、 <sup>125</sup> Sb、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>65</sup> Zn、 <sup>106</sup> Ru	10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	季度混合样	<sup>55</sup> Fe <sup>63</sup> Ni <sup>90</sup> Sr、 <sup>89</sup> Sr	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>2</sup>
SRTF 洗衣房废水排放监测系统	每批	每批	γ 能谱分析, 至少包括 <sup>110m</sup> Ag、 <sup>58</sup> Co、 <sup>60</sup> Co、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs、 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I、 <sup>54</sup> Mn、 <sup>124</sup> Sb、 <sup>125</sup> Sb、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>59</sup> Fe、 <sup>65</sup> Zn、 <sup>106</sup> Ru	10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	每批	总 β 或 总 γ	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> ( <sup>137</sup> Cs)
	每批	季度混合样	<sup>55</sup> Fe <sup>63</sup> Ni <sup>90</sup> Sr、 <sup>89</sup> Sr	10 <sup>3</sup> 10 <sup>3</sup> 10 <sup>2</sup>

## 8.2 其他监测

### 8.2.1 热影响监测

2019 年，建设单位已委托自然资源部第三海洋研究所对陆丰核电厂运行前周围海域的水温开展了四季调查，内容包括厂址半径 50km 内 48 个点位的表层、10m 层和底层海水温度，取得了运行前水温的基础数据。相关结果见本报告书第 3 章。

### 8.2.2 化学污染物和生活污水监测

#### （1）生活污水处理设施监测

依据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）针对生活污水处理设施，需开展以下监测：

废水排放监测：水质取样在污水处理厂处理工艺末端排放口。主要监测项目和频次见表 8.2-1。

无组织排放监测：存在废气无组织排放源的，应设置无组织排放监测点位，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；甲烷监测点设于厂区内浓度最高点，监测点具体布置方案按《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）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。每年监测 1 次。

#### （2）其他工业废水污染物监测

依据《排污单位自行监测技术指南 总则》（HJ819-2017）的要求，应在各个废水排放口开展废水流量和污染物同步监测，各类废水监测指标和监测频次见表 8.2-2。

### 8.2.3 气象观测

气象塔主要观测内容包括：

#### （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。厂址气象观测系统传感器性能指标见报告书 2.4 节。

#### **8.2.4 水文观测**

广东陆丰核电厂目前正在考虑制定运行期间的水文观测初步方案，具体的工作方案将在运行阶段的环评报告中给出。



表 8.2-1 生活污水处理设施废水监测频次

监测指标		监测频次
主要监测指标	化学需氧量（COD）	季度
	生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）	
	悬浮物（SS）	
	动植物油	
	石油类	
	阴离子表面活性剂	
	总氮（以 N 计）	
	氨氮（以 N 计）	
	总磷（以 P 计）	
	色度（稀释倍数）	
	pH	
	粪大肠菌群数（个/L）	
其他监测指标	总汞	年
	烷基汞	
	总镉	
	总铬	
	六价铬	
	总砷	
	总铅	

表 8.2-2 其他工业废水监测指标和频次

废水类别	监测指标	监测频次
循环冷却水排放口	总余氯	季度
非放生产废水处理站 排放口	pH	季度
	色度	
	悬浮物	
	化学需氧量（COD）	
	生化需氧量（BOD <sub>5</sub> ）	
	石油类	
	阴离子表面活性剂	
	氨氮（以 N 计）	
	磷酸盐（以 P 计）	

### 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

核电厂将建立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、厂区环境辐射与气象监测系统和移动监测系统。

##### 8.3.2.1 环境实验室

在核电厂正常运行期间，环境实验室承担核电厂厂区及周边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；当环境实验室内的 KRS 中央站不可用时，其功能转移至应急指挥中心/应急行动中心；

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，且环境实验室未受到污染时可对于周围环境介质的采样和测量分析，执行一定的应急监测功能。如在事故早期对核电厂周围环境介质进行采样和测量分析；应急状态下接受应急技术支持组的指令，启用环境监测车，结合风向及源项释放情况，对设定路线环境辐射水平进行测量，并将有关信息发送至环境实验室、应急指挥中心/应急行动中心及其他相关部门。环境实验室不考虑事故下的可用性。

##### 8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

广东陆丰核电厂拟建立厂区辐射与气象监测系统（KRS 系统），包括 KRS

中央站、气象站、环境监测站和环境监测车（见 8.3.2.3 节）四个工作站。其中，KRS 中央站连续采集、处理、记录和传输气象和大气  $\gamma$  辐射数据。KRS 系统一次建成，全厂共用。

#### （1）环境监测站

广东陆丰核电厂考虑布设 13 个环境监测站，厂内 7 个，厂外 6 个。

##### 1) 厂内监测点位

广东陆丰核电厂厂内共布设 7 个 BOD 子项，临近可能的释放点，分别布置在以 5 号机组核岛为中心的 ENE、E、ESE、SE、SSE、WSW 和 WNW 方位，周围避开高大建、构筑物的影响，布设目的在于尽可能早的发现由核电厂的释放引起的环境辐射剂量率的变化。

##### 2) 厂外监测点位

广东陆丰核电厂厂外共布设 6 个 BOD 子项，分别布置在以 5 号机组核岛为中心的 N、NNE、NE 和 NNW 方位。

#### （2）气象观测站

气象观测站的作用是测量、记录和发送现场风向、风速、温度和湿度等参数，用于计算和评价核电厂气态放射性物质排放对该地区环境影响的气象数据；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

#### （3）KRS 中央站

KRS 中央站设置在环境实验室和应急指挥中心内，其主要作用是负责连续采集、处理和记录气象和环境  $\gamma$  辐射剂量率数据，并对采集的数据进行存储、分析和发布。中央站主要包括：

- 环境  $\gamma$  辐射数据采集工作站：对厂区环境  $\gamma$  辐射监测站进行远程管理，并提供直接监视和操作的平台，收集环境  $\gamma$  辐射监测站采集的  $\gamma$  剂量率数据；
- 气象数据采集工作站：作为气象站的远程监测终端，负责气象数据的采集和处理。

### 8.3.2.3 移动监测系统

广东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  $\gamma$  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  $\gamma$  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  $\gamma$  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。

环境监测车配置电子罗盘并具备自动定北功能，布置在车顶的设备具备折叠功能。

#### 8.3.2.4 地下水监测

##### （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内，重点监测反应堆附近区域。

观测计划考虑为每月采集一次水样，分析总 $\beta$ 、总 $\gamma$ 、氚及Sr-90。

##### （2）布点原则

广东陆丰核电厂地下监测井布点应遵循以下基本原则：

- 监测井的布置需重点考虑反应堆附近区域及其他有放射性泄漏风险的系统；
- 监测井应尽量布置在交通便利、取样方便的区域，以便于样品采集；
- 监测井应选在水质不受海水影响的位置；
- 监测井位置的选择应尽量避免受地表水汇流影响的区域；
- 在反应堆厂房地下水流向的下游应布设监测点；
- 对照点在应布置在地下水流向反应堆的上游，同时为避免正常运行期间 $^3\text{H}$ 排放的影响，对照点应尽量位于最小风频的下风向。

##### （3）点位布置

在反应堆和燃料厂房附近核岛负挖区域设监测井 N1 和 N2，放射性废物处理厂房和 5 号核岛附近废液输送管道附近设监测井 N3，放射性废液贮存罐附近设监测点位 N4，6 号核岛附近废液输送管道附近设 N5，对照点设在 N6。

#### **8.3.2.5 监督性监测设施**

监督性监测系统建设目前已委托开展前期工作，前沿站拟建在汕尾粤东分部，核电厂外围拟建 10 个监测子站，具体设计尚未开展。电厂承诺在电厂装料前按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》建成监督性监测系统。

#### 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**

为保证广东陆丰核电 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。

#### **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

广东陆丰核电 5、6 号机组建设两台百万千瓦级压水堆核电机组，在其整个商业运行寿期内将取得显著的经济利益，上交国家和地方的税金数以亿计，此为核电厂的直接利益。建成后的头十五年，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，将会取得更为显著的经济效益。

我国经济持续快速发展，对能源包括煤炭、石油等的需求越来越大，加上国际油价上涨，造成能源价格和运输费用大幅提高。另外，环保要求燃煤机组须采用除尘、脱硫、脱硝等设备，不但提高了燃煤电厂的造价，还使燃煤机组的运行费用提高。燃煤超超临界机组采用高效除尘、脱硫及脱氮设备，将使工程造价增加 7~8%，厂用电率增加 1.3~1.5%。而核电机组随着设计自主化和设备国产化比例的不断提高，造价将大幅度降低，再加上低廉的运行成本，与燃煤机组相比，核电机组的上网电价将具有较强的竞争性。

评价电源的经济性还应考虑外部成本问题，即各种电源系统的建设和运行的每一环节，包括燃料的开采、精制、运输、发电、废物的处理处置、输电等，都或多或少会对自然环境和社会产生负面影响，但电厂建设的经济分析中一般没有考虑负面影响造成的损失或克服这些损失所需要的投入，客观上把它推给了社会的公众，由社会公众来承担这些损失。据欧洲联盟和美国能源部联合研究的结果表明，燃煤和燃油电厂的外部成本为最高，核能发电的外部成本除风能发电以外是最低的，就燃料循环一项为例，核电厂可以把整个燃料链的成本都打到电价里，而其他发电方式还没有做到这一点，通过比较各种燃料循环的外部成本得出的结论是，燃煤和燃油发电，相关的外部成本 5 美分左右，天然气约 1 美分，核电的平均成本在 0.35 美分左右，风能是 0.15 美分。

除创造显著的经济利益外，广东陆丰核电 5、6 号机组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。此外，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。

广东陆丰核电 5、6 号机组施工期间现场施工及安装人员高峰时预计将达到上万人。因此，必须建设配套的生产服务和生活福利等方面的设施，这都将给社会带来可观的就业机会。另外，本工程引进的第三代核电技术，可在提高核电安全可靠性的同时，降低核电造价，增强核电竞争力的同时，推动我国核电事业及相关核工业产业的发展。

### **9.1.2 建设和运行带来的间接利益**

#### **9.1.2.1 社会效益**

广东陆丰核电 5、6 号机组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。因此，尽快提高清洁能源在电力生产中的比重，既是我国能源、电力工业结构调整的当务之急，也是我国能源工业持续发展的长远大计。

核工业是综合性很强的高技术产业，代表了国家工业化程度和科学技术水平，是综合国力的重要体现。它不仅包括核电厂设计和技术服务、项目管理、土建安装、调试和运行维修、核电设备和材料制造、核燃料循环工业、核安全和环境保护、核废物处理、核科技研究支持等众多与核工业相关的专业机构和生产企业，还涉及钢铁、制造、建筑、电子等基础工业，形成了一个涉及几十个行业的庞大的产业链。通过一定数量核电厂的建设，不仅可以扩大内需，拉动经济增长，带动相关产业的发展，促进国产化能力的提高，而且能够推动我国原材料和制造业的技术创新和高科技产业化进程，改造传统工业，对综合国力的提高起到了十分重要的作用，具体分析如下：

##### **（1）核电建设关系到我国重大设备制造业的发展**

我国的制造工业从整体上看，与世界上先进国家相比还存在着不小的差距，具体体现在质保体系、管理水平、质量意识、制造能力、工艺水平等方面。通过自主发展核电，可以从整体上提高水平，促进产业结构升级和人员素质的提高。

##### **（2）形成我国核电建设自主化的技术队伍**

根据国外有关数据统计，一个核电厂的建设需要约 5000 人年的工程设计和项目管

理方面的技术人员，通过我国核电厂的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，整合、组建和提升核电系统设计院、常规电力设计院和相关研究所的技术力量，锻炼和培养我国高素质的核电设计队伍和项目管理队伍，逐步建立起能够全面掌握核电建设的核心技术，具有规划和设计、采购、施工安装、调试、运行维修、培训等一条龙服务的项目总承包能力，形成国际先进水平的 AE 公司。

### （3）对核燃料工业和核科技发展的影响

我国核燃料已形成了军民两用，与核电相配套的工业体系，核电的发展将有效带动核燃料的产业发展。我国是世界上少数几个拥有较为完整核工业体系的国家之一，发展核电，是和平时期保持铀生产能力和核工业建设力量的手段。

### （4）对钢铁、建材、电子等基础行业的影响

由于核电厂的安全性要求高，所以对核电厂建设所需大量的钢材和建材的质量要求很高，通过一定数量核电厂的建设，有利于我国钢铁行业产品和建筑材料的结构调整，提升国际竞争力。

核电厂还需大量安全等级高的仪控设备，特别是今后全数字化仪控的应用，将进一步推动我国电子行业的发展。

广东陆丰核电 5、6 号机组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，在提高核电机组安全可靠的同时，为我国核电事业的发展做出贡献。

在广东陆丰核电 5、6 号机组的建设和运行中，将带来可观的就业机会，并培养出一批核电厂建设组织管理人才，为我国核电的持续发展和国内其它核电厂的建设培养人才。

### （5）促进当地经济、社会的发展

广东陆丰核电 5、6 号机组施工期间现场施工及安装人员预计将达到 1~2 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

通过广东陆丰核电 5、6 号机组的建设，将使厂址区附近原有的山地、丘陵、坡地等通过总体规划、设计、绿化和美化，构成一个崭新的人文景观。

我国能源消费以煤炭为主，燃煤发电装机占全部电力装机总容量的 74% 以上，燃煤电厂排放的  $\text{SO}_2$  已成为我国大气的主要污染源之一，用大型商用核电厂代替了燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等有害气体对环境的污染，缓解当地的酸雨发生。火电厂释放的  $\text{CO}_2$  是全球  $\text{CO}_2$  重要来源，而  $\text{CO}_2$  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，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。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 t、烟尘约 700t、二氧化硫约 2500t、氮氧化物约 15000t。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

总之，通过对广东陆丰核电 5、6 号机组的利益分析，可以得出，广东陆丰核电 5、6 号机组的建设是必要的，符合我国产业政策，该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

广东陆丰核电 5、6 号机组在建设过程中将从工程设计、设备制造、建安调试、运行和维修四个方面进一步提高国产化率。机组建设投资中资本金以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

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

广东陆丰核电 5、6 号机组的建设和运行，不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一系列急待解决的社会问题。

##### — 交通运输问题

核电厂的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输；生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，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

广东陆丰核电 5、6 号机组的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，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

核电厂建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展，将有大量的流动人口涌入厂址周围区域，如果不加强管理可能会对当地社会的安全造成一定的负面影响，为

使当地有一个安定的生活环境和经济持续发展的社会环境，当地政府必须增加治安、社会服务等方面的投入，经过电厂业主、承包商以及当地政府的努力这种消极影响是可以避免的。

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

广东陆丰核电 5、6 号机组的建设将造成厂址区域生态环境的变化，主要表现在核电厂的建设将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。

广东陆丰核电 5、6 号机组建成运行后，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。

广东陆丰核电 5、6 号机组建成运行后，在发生放射性泄漏事故的情况下，会有一定量的气载放射性流出物排放，对周围环境产生影响。气载放射性流出物对核电厂周围环境产生辐射影响，并通过污染空气浸没外照射、地面沉积放射性外照射、吸入污染空气内照射和食入污染陆生动植物产品内照射对厂址周围公众产生一定的剂量影响。根据本报告对设计基准事故的评价结果，发生事故时气载放射性流出物对周围公众产生的影响很小，满足国家有关标准。

广东陆丰核电 5、6 号机组运行产生的中、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国家指定的区域中、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。

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

广东陆丰核电厂址位于广东省汕尾市所辖陆丰市碣石镇以南约 8km 的田尾山，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 台华龙一号技术融合方案核电机组。

## 10.2 环境保护设施

广东陆丰核电 5、6 号机组采用华龙一号技术融合方案，根据设计资料：

（1）每台机组设置一套废气处理系统（TEG），采用滞留衰变的方式，设置复合压缩、分配、隔离、滞留等子单元进行放射性废气的处理，确保废气排放满足要求。

（2）在烟囱排放管线上设置了废气的净化和控制装置。放射性气载流出物在排入环境前，将通过高效颗粒过滤器和碘吸附器进行净化。同时，在排放管线上设置了监测通道和相关的取样通道（包括氙取样和 C-14 取样），在监测通道上将分别设置两级排放报警阈值，以保证对放射性气载流出物排放的有效控制。

（3）每台机组设置一套冷却剂贮存和处理系统（TEP）。该系统通过脱气、蒸发、除盐等净化设施，保持了反应堆冷却剂良好的去污能力。

（4）每两台机组共用一套废液处理系统（TEU）。实现了对放射性废液的分类收集和处理。TEU 采用过滤、蒸发和除盐等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，以确保处理后排放的液态流出物浓度和总量满足国家有关标准的要求。

（5）核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL），各自分别设计有废液贮存罐。废液采用槽式排放的方式，经取样分析合格后才予以排放。在 TER 和 SEL 排放管线上将分别设置两级报警阈值，通过取样监测和在线监测两重控制的方式，可以保证对核电厂核岛和常规岛所排放的液态流出物进行有效控制。

（6）采用较为成熟的工艺对固体废物进行处理。最终形成的废物包送废物暂存库暂存，废物包暂存时间不超过五年，之后运往国家指定的区域处置场进行最终处置。

（7）为了加强对核电厂运行后辐射环境的监测，陆丰核电厂将依据厂址周围的环境特征设计建成环境辐射与气象监测系统（KRS），并建立有效的环境监测大纲。

总体而言，广东陆丰核电 5、6 号机组环境保护设施的设计性能可以满足环境保护的要求。

### 10.3 放射性排放

广东陆丰核电 5、6 号机组正常运行状态下，每台机组各类放射性流出物的年排放量和两台机组的年排放总量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应控制要求。

本工程两台机组的液态流出物可以满足放射性核素浓度控制值 900Bq/L 要求，即满足 GB6249-2011 中 6.8 款规定的“对于滨海厂址，槽式排放口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L”的浓度控制要求。

### 10.4 辐射环境影响评价结论

#### （1）电厂正常运行的辐射环境影响

本工程运行状态下，放射性流出物排放造成的公众辐射剂量分析结果表明，对于一般公众，厂址 NE 方位 1~2km 子区内的青少年组公众个人受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为  $1.99 \times 10^{-7}$  Sv/a，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.08%，占本工程剂量约束值（0.08mSv/a）的 0.25%。

本工程运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为  $4.97 \times 10^{-3}$   $\mu$ Gy/h，气载放射性流出物对厂址周围陆域生物造成的辐射剂量率最大为  $8.07 \times 10^{-4}$   $\mu$ Gy/h，均远低于 ERICA 程序推荐的 10 $\mu$ Gy/h 剂量率筛选值，因此，可以认为放射性流出物排放不会对厂址周边非人类生物在种群上造成明显的损伤。

辐射环境影响计算和评价结果表明，两台机组对厂址周围公众的辐射影响满足 GB6249-2011 的相应要求，放射性流出物排放对非人类生物以及公众造成的辐射影响有限，对环境造成的辐射影响是可接受的。

公众辐射剂量“三关键”初步分析表明，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 1.5km 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、食入海产品内照射和吸入空气内照射途径，需要关注的放射性核素包括： $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$  和  $^{60}\text{Co}$  等。

#### （2）核电厂事故工况下的环境风险

本报告对陆丰核电 5、6 号机组发生设计基准事故时非居住区边界上和规划限制区外边界上公众所受的潜在辐射后果评价如下：

##### （1）厂址非居住区边界公众辐射剂量

- 对于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）发生 2h 内对非居住区边界上公众造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大，分别为  $5.07 \times 10^{-4} \text{Sv}$  和  $5.76 \times 10^{-3} \text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 10.14% 和 11.52%；
- 对于极限事故，弹棒事故（CREA）发生 2h 内对非居住区边界上公众造成的有效剂量最大，燃料操作事故（FHA）对非居住区边界上公众造成的甲状腺剂量最大，分别为  $9.76 \times 10^{-3} \text{Sv}$  和  $7.14 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 9.76% 和 7.14%。

## （2）规划限制区外边界公众辐射剂量

- 对于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）在事故持续期间对规划限制区外边界上公众造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，为  $2.67 \times 10^{-4} \text{Sv}$  和  $4.09 \times 10^{-3} \text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 5.34% 和 8.18%；
- 对于极限事故，弹棒事故（CREA）在事故持续期间对规划限制区外边界上公众造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别为  $2.33 \times 10^{-3} \text{Sv}$  和  $2.34 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 2.33% 和 2.34%。

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 5、6 号机组的专设安全设施设计性能可靠，厂址周围各类边界（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）的设置是合理的，核电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

## （3）事故应急

陆丰核电厂应急计划区初步确定为：烟羽应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 10km 范围内区域。其中内区为以核电厂反应堆为中心，半径 5km 范围内区域。烟羽应急计划区涉及全部为陆丰市碣石镇所辖区域。食入应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域。以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域涉及广东省陆丰市、海丰县、陆河县、普宁市和惠来县。

陆丰核电厂场内人员的应急撤离道路包括进厂道路及应急道路，其中进厂道路已建成通车。厂址附近区域的主要公路干线为深汕高速公路、G324 国道、S338 省道、X139 县道、X133 县道和 X138 县道。此外，厂址附近区域内各村庄已实现了“村村



通”。

核电厂在建设期间的环境风险主要来自于建设过程中所贮存或运输的有毒有害、易燃易爆物质爆炸及泄漏造成的风险，运行期间的环境风险除上述非放射性因素外，最主要的风险来自于潜在放射性事故造成的放射性物质释放。分析表明，上述风险均在可控和可接受的范围内。同时，核电厂针对放射性和非放射性的风险均建立有完整的风险防范措施和应急预案，能有效的预防和缓解核电厂事故带来的环境影响。因此，从环境风险的角度，陆丰核电 5、6 号机组的建设是可以接受的。

## 10.5 非辐射环境影响评价结论

### （1）散热系统的影响

广东陆丰核电 5、6 号机组采用海水直流冷却方式冷却，以厂址附近的碣石湾海水作为冷却水源。经过对取排水方案综合的分析，“码头东侧港池+暗涵独立取水”方案作为现阶段的取水方案，一机一洞直线型布置的离岸深排方案作为现阶段的排水方案，采用隧洞排至-17m 等深线处。

根据已开展的温排水模拟结果，5、6 号机组采用离岸深排后的排放口位于三类功能区内，夏季半月潮最大 1℃温升外包络范围和冬季半月潮最大 2℃温升外包络范围均位于三类功能区内，温升包络线面积为 5.3km<sup>2</sup>，4℃温升区仅局限排放口区域，5、6 号机组排放口 4℃温升包络面积分别为 0.015 km<sup>2</sup> 和 0.013km<sup>2</sup>。

本工程温排水不会对海洋生态红线区造成影响。另外，厂址相邻的自然岸线有两处，分别是位于厂址西侧的浅澳港和位于厂址东侧的湖东港，两处自然岸线对温升没有管理要求。综上，本工程温排水方案对海洋生态红线区和自然岸线均没有影响。

为尽量减轻取排水卷吸效应对海洋生物的可能影响，陆丰核电 5、6 号机组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吸进入循环水系统。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，减小了对海洋生物的撞击和夹带的影响。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。

### （2）化学流出物的影响

电厂运行期间排放的有害化学物质主要是余氯。现有研究成果表明，海水中余氯浓度在 20μg/L 以下时，其毒性不会对海洋生物产生显著影响。根据国内核电厂的运

行经验来看，预计余氯对厂址附近海域的海洋生物影响很小。

除余氯外，核电厂排放的其它化学物质的量很小，且浓度较低，经电厂循环冷却水和海水混合后，对厂址附近海域的海水水质和海洋生物影响很有限。

### （3）其他环境影响

核电厂产生的生活污水、生产废水经处理达标后排放或回用于厂区绿化及道路洒水。工业固废和生活垃圾均可以妥善收集处置，噪声和电磁对周围环境影响较小，可以满足国家相关标准要求。

## 10.6 公众参与和调查结论

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与办法》的相关规定，建设单位已根据陆丰核电 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等方面分析，在相关环保设施和措施得到落实的情况下，陆丰核电 5、6 号机组对周围环境的影响是可以接受的。

同时，本项目建设单位做出如下承诺：

- （1）厂址所在的碣石镇镇区人口分布特点及实施应急响应行动的可行性应获得建设单位和地方政府的足够重视。建设单位承诺将积极配合当地政府做好对碣石镇人口的规划工作，推进碣石镇规划的实施，以控制电厂寿期内老城区的人口增长并提高碣石镇的应急响应能力；
- （2）为切实掌握本项目建成运行前的环境本底状况，判断核电厂运行的实际环境影响，建设单位将在本项目首次装料前，委托完成厂址区域两年辐射本底调查、海水水温本底观测等工作，以获取准确翔实的环境本底数据。
- （3）本工程排放口及附近的高温升区位于三类功能区内，建设单位承诺将积极与相关管理部门协调，确保符合近岸海域环境功能区划的管理要求。
- （4）建设单位承诺将积极参考国内同类电厂实践，进一步完善对核电厂区及生活区

内的生活污水、非放射性生产废水、含油废水等非放污染物的收集、处理、监测及排放口设置等设计工作。

- (5) 建设单位将严格按照相关法规标准的要求，落实施工期间各项环保措施与环境监测方案，切实减缓核电厂建造施工对周边公众与环境的影响。

广东陆丰核电 5、6 号机组

# 环境影响评价公众参与说明 (建造阶段)



中广核陆丰核电有限公司

2021 年 11 月

广东陆丰核电 5、6 号机组

# 环境影响评价公众参与说明 (建造阶段)

中广核陆丰核电有限公司

2021 年 11 月



# 目 录

1 概述.....	1
2 首次环境影响评价信息公开情况.....	2
2.1 公开内容及日期.....	2
2.2 公开方式.....	2
2.3 公众意见情况.....	5
3 征求意见稿公示情况.....	5
3.1 公开内容及时限.....	5
3.2 公示方式.....	5
3.2.1 网络.....	5
3.2.2 报纸.....	8
3.2.3 张贴.....	9
3.3 查阅情况.....	11
3.4 公众提出意见情况.....	11
4 报批前公开情况.....	11
4.1 公开内容及日期.....	11
4.2 公开方式.....	11
4.3 公众意见情况.....	14
5 其他公众参与情况.....	14
5.1 公众参与座谈会.....	14
5.2 宣传科普情况.....	15
5.2.1 目的及效果.....	15
5.2.2 宣传内容.....	15
5.2.3 宣传对象.....	15
5.2.4 宣传方式及有关数据.....	15
5.3 问卷调查情况.....	18
5.3.1 调查时间.....	18
5.3.2 调查对象.....	18
5.3.3 调查结果.....	18
5.3.3.1 个人问卷部分.....	18
5.3.3.2 团体问卷部分.....	20
6 公众意见处理情况.....	20
6.1 公众意见概述和分析.....	20
6.2 公众意见采纳情况.....	20
6.3 公众意见未采纳情况.....	21
7 存档备查情况.....	21
8 诚信承诺.....	21

## 1 概述

广东陆丰核电厂 5、6 号机组厂址位于广东省汕尾市所辖陆丰市碣石镇以南约 8km 的田尾山,地理坐标为东经 115° 48′ 45″, 北纬 22° 45′ 00″。厂址西北距陆丰市约 26km, 西距汕尾市约 45km, 东北距揭阳市惠来县约 58km, 东北距汕头市约 120km。

中广核陆丰核电有限公司作为中国广核集团有限公司的全资子公司,负责陆丰核电 5、6 号机组项目的建设、运营和管理。

2020 年 6 月 9 日,国家能源局综合司印发《关于广东陆丰核电 5、6 号机组项目前期工作专家座谈会的会议纪要》(国能综纪核电〔2020〕6 号),同意陆丰核电 5、6 号机组继续深入开展项目用地、用海、全厂总体规划等专题论证工作,取得必要的支持性文件,条件成熟后按程序上报核准。

目前,项目执照申请、现场准备、工程设计等工作正按计划有序推进。

按照《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部令部令第 4 号),建设单位向生态环境主管部门报批环境影响报告书前,应当编制公众参与说明并通过网络平台进行公示。

本项目通过信息公开、科普宣传、问卷调查、公众座谈等多形式开展公众参与活动,充分保障公众在环境保护方面的知情权、参与权、表达权和监督权。

## 2 首次环境影响评价信息公开情况

### 2.1 公开内容及日期

确定环境影响报告书编制单位后,2021年5月8日,《广东陆丰核电厂5、6号机组(建造阶段)环境影响评价公众参与一号信息公告》在汕尾市生态环境局公众网和中广核陆丰核电有限公司外网发布,本次信息公告的主要内容包括:

- (一) 建设项目名称、选址、建设内容等基本情况;
- (二) 建设单位名称和联系方式;
- (三) 环境影响报告书编制单位名称;
- (四) 提交公众意见表的方式和途径;
- (五) 公众意见表的网络链接。

本次环境影响评价信息公开内容符合《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部令部令第4号)有关要求。

### 2.2 公开方式

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定,本次环境影响评价信息公开以网络为载体,征求公众对本项目建设的意见。

汕尾市生态环境局网络链接:

[http://www.shanwei.gov.cn/swhbj/470/471/content/post\\_686095.html](http://www.shanwei.gov.cn/swhbj/470/471/content/post_686095.html)

公示内容截图如下:





## 信息公告

发布日期：2021-05-08 录入员：来源：本网 字体：[大] [中] [小] 保护视力色：☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

### 广东陆丰核电厂5、6号机组（建造阶段）环境影响 评价公众参与一号信息公告

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定，为使社会团体及公众了解、参与本项目的环评工作，现将本项目相关内容进行公示，欢迎公众积极参与并提出宝贵意见和建议。

#### 一、建设项目名称、选址、建设内容

项目名称：广东陆丰核电厂5、6号机组

项目选址：广东省陆丰市碣石镇田尾山

建设内容：两台先进百万千瓦级压水堆核电机组

建设性质：新建

#### 二、建设单位名称和联系方式

建设单位：中广核陆丰核电有限公司

联系电话：0660-8670806

咨询时间：工作日 08:00-12:00 14:00-18:00

#### 三、环境影响报告书编制单位名称

编制单位：苏州热工研究院有限公司

#### 四、提交公众意见表的方式和途径

欢迎各企事业单位、社会团体、个人将公众意见表通过邮件、传真或信函方式反馈至我司。

邮箱：lfnp@cg npc.com.cn

传真：0660-8670800

通讯地址：广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼336室

收件人：张明皓

邮编：516545

#### 五、公示时间

2021年5月8日至2021年5月14日

#### 六、公众意见表网络链接

<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/feedback/publicOpinionTable.docx>

中广核陆丰核电有限公司

2021年5月8日

公众意见表网络链接

<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/feedback/publicOpinionTable.docx>

打印本页 关闭



主办：汕尾市生态环境局 粤ICP备05063439号 网站标识码4415000052 粤公网安备 44150202000001号 网站地图 联系方式：06603349424



找错

中广核陆丰核电有限公司网络链接：

[http://www.lfnp.com.cn/lfnp/c100094/2021-05/08/  
content\\_3207fbfd1a814663ba977367a3fe4ba9.shtml](http://www.lfnp.com.cn/lfnp/c100094/2021-05/08/content_3207fbfd1a814663ba977367a3fe4ba9.shtml)

公示内容截图如下:

简 · 繁



首页 > 公司概况 > 企业公告

信息公告

发布时间: 2021-05-08

### 广东陆丰核电厂 5、6 号机组（建造阶段）环境影响 评价公众参与一号信息公告

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定，为使社会团体及公众了解、参与本项目的环境影响评价工作，现将本项目相关内容进行公示，欢迎公众积极参与并提出宝贵意见和建议。

#### 一、建设项目名称、选址、建设内容

项目名称：广东陆丰核电厂 5、6 号机组

项目选址：广东省陆丰市碣石镇田尾山

建设内容：两台先进百万千瓦级压水堆核电机组

建设性质：新建

#### 二、建设单位名称和联系方式

建设单位：中广核陆丰核电有限公司

联系电话：0660-8670806

咨询时间：工作日 08:00-12:00 14:00-18:00

#### 三、环境影响报告书编制单位名称

编制单位：苏州热工研究院有限公司

#### 四、提交公众意见表的方式和途径

欢迎各企事业单位、社会团体、个人将公众意见表通过邮件、传真或信函方式反馈至我司。

邮箱：lfnp@cg npc. com. cn

传真：0660-8670800

通讯地址：广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室

收件人：张明皓

邮编：516545

#### 五、公示时间

2021 年 5 月 8 日至 2021 年 5 月 14 日

#### 六、公众意见表网络链接

<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/feedbak/publicOpinionTable.docx>

中广核陆丰核电有限公司

2021 年 5 月 8 日

### 2.3 公众意见情况

截止环境影响评价公众参与一号信息公告结束，公告预留电话、邮箱、传真、通讯地址均未收到公众意见反馈。

## 3 征求意见稿公示情况

### 3.1 公开内容及时限

《广东陆丰核电 5、6 号机组（建造阶段）环境影响报告书》（征求意见稿）形成后，中广核陆丰核电有限公司组织开展了环境影响评价公众参与二号信息公告工作。

本次信息公开的主要内容包括：

（一）环境影响报告书征求意见稿全文的网络链接及查阅纸质报告书的方式和途径；

（二）征求意见的公众范围；

（三）公众意见表的网络链接；

（四）公众提出意见的方式和途径；

（五）公众提出意见的起止时间。

本次信息公开时限为 2021 年 5 月 17 日至 5 月 28 日。

本次环境影响评价信息公开内容及时限符合《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令部令第 4 号）有关要求。

### 3.2 公示方式

#### 3.2.1 网络

2021 年 5 月 17 日，《广东陆丰核电厂 5、6 号机组（建造阶段）环境影响评价公众参与二号信息公告》在汕尾市生

态环境局公众网和中广核陆丰核电有限公司外网发布。

汕尾市生态环境局网络链接:

[http://www.shanwei.gov.cn/swbj/470/471/content/post\\_687815.html](http://www.shanwei.gov.cn/swbj/470/471/content/post_687815.html)

公示内容截图如下:

**汕尾市生态环境局**

网站支持 IPv6

网站首页

站内搜索

当前位置: 首页 > 汕尾市生态环境局 > 生态保护 > 自然生态

信息公告

发布日期: 2021-05-17 录入员: 来源: 本网 字体: [大] [中] [小] 护眼模式: ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

### 广东陆丰核电厂 5、6 号机组（建造阶段）环境影响 评价公众参与二号信息公告

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定，为使社会团体及公众了解、参与本项目的环境影响评价工作，现将本项目的环境影响评价内容进行公示，欢迎公众积极参与并提出宝贵意见和建议。

#### 一、环境影响报告书征求意见稿查阅方式及途径

环境影响报告书征求意见稿网络链接：  
<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/rep/index.html>

（为方便浏览，建议您使用 360 浏览器或安装有最新版本 FLASH 插件的浏览器）

查阅纸质报告地址：  
广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室

联系人：张明皓

联系电话：0660-8670806

#### 二、征求意见的公众范围

本项目征求意见的公众范围包括厂址半径 15 公里范围内的公民、法人和其他组织。

#### 三、提交公众意见表的方式和途径

欢迎各企事业单位、社会团体、个人针对本项目环境影响及环境保护措施提出宝贵意见或建议，请将公众意见表通过邮件、传真或信函方式反馈至我司。

邮箱：lfnp@cgnpc.com.cn

传真：0660-8670800

通讯地址：广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室

收件人：张明皓

邮编：516545

#### 四、公众提出意见的起止时间

2021 年 5 月 17 日至 2021 年 5 月 28 日

#### 五、公众意见表的网络链接

<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/feedback/publicOpinionTable.docx>

中广核陆丰核电有限公司  
2021 年 5 月 17 日

打印本页 关闭

 主办：汕尾市生态环境局 粤ICP备05063439号 网站标识码:4415000052 粤公网安备 44150202000004号 网站地图 联系方式: 06603349424

[http://www.lfnp.com.cn/lfnp/c100113/2021-05/17/content\\_45aa164de03f45c2bb2d88a66d055a60.shtml](http://www.lfnp.com.cn/lfnp/c100113/2021-05/17/content_45aa164de03f45c2bb2d88a66d055a60.shtml)

中广核

CGN

中广核陆丰核电有限公司

CGN Lufeng Nuclear Power Co.,Ltd.

本站搜索

首页

公司概况

新闻中心

工程建设

企业文化

核电科普

企业与社会

人才招聘

首页 > 企业与社会 > 社会责任

信息公告

发布时间: 2021-05-17

广东陆丰核电厂 5、6 号机组（建造阶段）环境影响  
评价公众参与二号信息公告

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定，为使社会团体及公众了解、参与本项目的环评工作，现将本项目的环境影响评价内容进行公示，欢迎公众积极参与并提出宝贵意见和建议。

**一、 环境影响报告书征求意见稿查阅方式及途径**

环境影响报告书征求意见稿网络链接：  
<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/rep/index.html>

（为方便浏览，建议您使用 360 浏览器或安装有最新版本 FLASH 插件的浏览器）

查阅纸质报告地址：  
广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室  
联系人：张明皓  
联系电话：0660-8670806

**二、 征求意见的公众范围**

本项目征求意见的公众范围包括厂址半径 15 公里范围内的公民、法人和其他组织。

**三、 提交公众意见表的方式和途径**

欢迎各企事业单位、社会团体、个人针对本项目环境影响及环境保护措施提出宝贵意见或建议，请将公众意见表通过邮件、传真或信函方式反馈至我司。

邮箱：[lfnp@cgnpc.com.cn](mailto:lfnp@cgnpc.com.cn)  
传真：0660-8670800  
通讯地址：广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室  
收件人：张明皓  
邮编：516545

**四、 公众提出意见的起止时间**

2021 年 5 月 17 日至 2021 年 5 月 28 日

**五、 公众意见表的网络链接**

<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/feedbak/publicOpinionTable.docx>

中广核陆丰核电有限公司

2021 年 5 月 17 日

Copyright ©2012 中广核陆丰核电有限公司  
All rights reserved. 粤ICP备08132407号

联系我们 | 网站地图 | 网站声明



中广核陆丰核电有限公司于2021年5月27日和5月28日在项目所在地公众易于接触的《汕尾日报》，两次刊登了《广东陆丰核电厂5、6号机组（建造阶段）环境影响评价公众参与二号信息公告》，征求公众对本项目建设的意见。

人。這是一篇長篇小說，描寫了中國社會的黑暗和腐敗，以及知識分子的苦悶和追求。小說的主人公是一個叫作「我」的人，他是一個知識分子，他經歷了許多坎坷和挫折，但他始終保持着對理想的追求。小說通過對「我」的描寫，反映了當時社會的種種醜聞和黑暗，以及知識分子的苦悶和追求。小說的語言生動，情節引人入勝，是中國現代文學的一部傑作。



### 3.2.3 张贴

中广核陆丰核电有限公司在厂址周边公众易于知悉的场所（碣石镇政府、后埔村、上林村、浅澳村、角清村公告栏），张贴了《广东陆丰核电站5、6号机组（建造阶段）环境影响评价公众参与二号信息公告》，公示时间为2021年5月17日至5月28日。张贴情况见下图：



图 1：碣石镇政府公告栏



图 2：后埔村公告栏





图 3：上林村公告栏

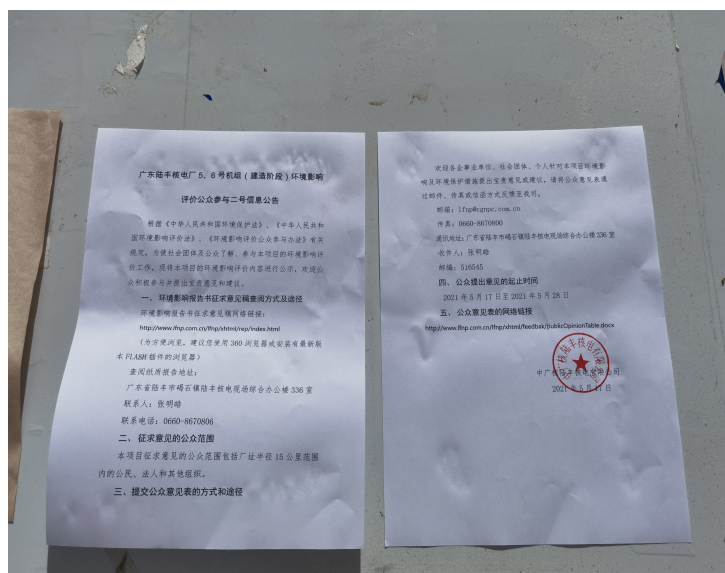


图 4：浅澳村公告栏

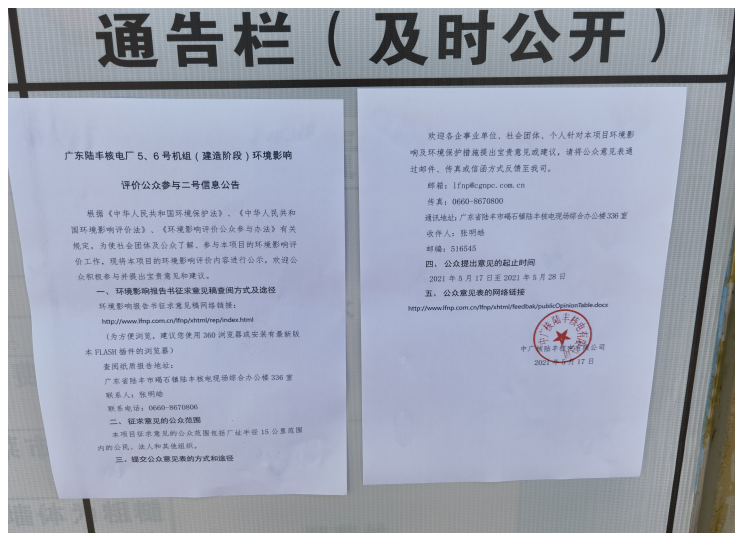


图 5：角清村公告栏



### 3.3 查阅情况

纸质版《广东陆丰核电 5、6 号机组（建造阶段）环境影响报告书》（征求意见稿）查阅地址设置在广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室，公示期间，未有公众查阅情况。

### 3.4 公众提出意见情况

截止环境影响评价公众参与二号信息公告结束，公告预留电话、邮箱、传真、通讯地址均未收到公众意见反馈。

## 4 报批前公开情况

### 4.1 公开内容及日期

2021 年 6 月 1 日，《广东陆丰核电厂 5、6 号机组（建造阶段）环境影响评价公众参与三号信息公告》在汕尾市生态环境局公众网和中广核陆丰核电有限公司外网发布，本次信息公告的主要内容包括环境影响报告书（拟报批稿）和公众参与说明。

本次环境影响评价信息公开内容符合《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令部令第 4 号）有关要求。


### 4.2 公开方式

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定，本次环境影响评价信息公开以网络为载体，征求公众对本项目建设的意见。


汕尾市生态环境局网络链接:


[http://www.shanwei.gov.cn/swbj/470/471/content/post\\_691606.html](http://www.shanwei.gov.cn/swbj/470/471/content/post_691606.html)

公示内容截图如下:

**汕尾市生态环境局**

网站支持IPv6

网站首页

站内搜索

当前位置: 首页 > 汕尾市生态环境局 > 生态保护 > 自然生态

**信息公告**

发布日期: 2021-06-01 录入人员: 来源: 本网 字体: [大] [中] [小] 保护视力色: □□□□□□□□

**广东陆丰核电厂 5、6 号机组（建造阶段）环境影响  
评价公众参与三号信息公告**

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》、《环境影响评价公众参与办法》有关规定，现将项目环境影响报告书和公众参与说明进行公示，欢迎公众积极参与并提出宝贵意见和建议。

**一、环境影响报告书与公众参与说明网络链接**

环境影响报告书网络链接：  
<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/scgsgqw/sindex.html>

公众参与说明网络链接：  
<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/gzcysm/gindex.html>

（为方便浏览，建议您使用 360 浏览器或安装有最新版本 FLASH 插件的浏览器）

**二、建设单位名称和联系方式**

建设单位：中广核陆丰核电有限公司

联系电话：0660-8670806

咨询时间：工作日 08:00-12:00 14:00-18:00

**三、提交公众意见表的方式和途径**

欢迎各企事业单位、社会团体、个人针对本项目环境影响及环境保护措施提出宝贵意见或建议，请将公众意见表通过邮件、传真或信函方式反馈至我司。

邮箱：lfnp@cg npc.com.cn

传真：0660-8670800

通讯地址：广东省陆丰市碣石镇陆丰核电现场综合办公楼 336 室

收件人：张明皓

邮编：516545

**四、公众提出意见的起止时间**

2021 年 6 月 1 日至 2021 年 6 月 7 日


**五、公众意见表的网络链接**


<http://www.lfnp.com.cn/lfnp/xhtml/feedback/publicOpinionTable.docx>

中广核陆丰核电有限公司

2021 年 6 月 1 日

打印本页 关闭

 主办：汕尾市生态环境局 粤ICP备05063439号 网站标识码:4415000052 粤公网安备 44150202000004号 网站地图 联系方式：06603349424

 政府网站 找错

http://www.lfnp.com.cn/lfnp/c100113/2021-05/17/  
content\_45aa164de03f45c2bb2d88a66d055a60.shtml

公示内容截图如下:



### 4.3 公众意见情况

截止环境影响评价公众参与三号信息公告结束，公告预留电话、邮箱、传真、通讯地址均未收到公众意见反馈。

## 5 其他公众参与情况

### 5.1 公众参与座谈会

为提高公众对陆丰核电5、6号机组项目的认知程度，回应群众关切，深入探讨、了解、收集公众对项目建设的意见建议，2021年2月5日下午，汕尾市政府在陆丰市组织召开广东陆丰核电5、6号机组项目公众沟通公众参与座谈会。

来自陆丰地区的农民、工人、学生、商人、干部、待业人员代表共计30人参加了会议，公众代表踊跃发言，就核电安全性、经济性、环保性，核电发展社会效益及对周边渔民影响等问题进行了提问，政府代表、陆丰核电公司代表、核电领域专家就上述问题进行了现场解答，通过沟通交流，公众对陆丰核电项目有了进一步的认识，项目建设取得了公众代表的进一步理解和支持。



## 5.2 宣传科普情况

### 5.2.1 目的及效果

为增进项目周边地区（30 公里范围内）公众对陆丰核电项目的了解，提高公众对陆丰核电项目的可接受性，中广核陆丰核电有限公司始终将科普宣传工作作为一项常态化任务抓实抓细，不断延续公众沟通良好态势，创新思路 and 方式，深化核电科普内容，拓宽核电科普渠道，扩大参与规模，为提高项目周边公众核电知识水平，赢得项目建设的理解与支持，起到了较大推动作用。

### 5.2.2 宣传内容

1. 科普层面：核电安全、环保、高效的能源特征；核电技术基础科普知识；世界核电发展状况；我国核电发展政策和规划；核电安全性和核安全、核应急管理知识。

2. 项目层面：陆丰核电项目建设对国家和地方促进经济发展、产业结构优化、能源结构调整和环境质量改善的重要意义；陆丰核电项目厂址、技术安全特点；项目建成运行后对当地群众在就业、收入、教育、文化生活等方面的促进作用；中广核陆丰核电有限公司项目管理、环境评价与核安全审查、企业文化、队伍建设履行社会责任等内容。

### 5.2.3 宣传对象

项目周边政府公务员、人大代表、政协委员、村干部、村民、离退休老干部、意见领袖、教师、学生、工人、待业人员等。

### 5.2.4 宣传方式及有关数据

1. 参观项目现场：每年邀请政府部门公务员、人大代表、政协委员等到项目现场、科普展厅参观考察，近距离了解核电。平均每年达 500 人次，累计已超过 3500 人次。

2. 专家讲座：陆丰公司成立专家志愿服务队，利用公众宣传和核电科普进课堂等活动，开展专家现场讲座和咨询，将核电科普知识送到基层。平均每年核电科普讲座达到 10 次以上，覆盖人数超过 2 万，累计超过 14 万。

3. 发放宣传科普资料：在汕尾市科技馆、市民中心、周边村活动中心等公共场所派送核电科普宣传手册、中广核社会责任报告等，共计发放核电科普宣传资料 10 万册。

4. 设立宣传科普栏：在项目周边乡村、学校（中小学）设立核电宣传科普栏或科普角，宣传核电科普知识，累计赠送核电科普图书近 5000 册。

5. 发放科普文化品：向项目周边公众派送带有陆丰核电企业文化标识和科普知识内容的核电模型、环保袋、雨伞、保温杯等，覆盖不少于 3000 人，在传播核电科普知识的同时，也把节能环保理念带入项目周边公众中。

6. 爱心公益活动：组织志愿者在汕尾市及项目周边学校开展爱心助学、尊老爱幼、义务服务等公益活动，发挥陆丰核电的正能量作用，拉近公众与核电项目的距离。中广核陆丰核电有限公司工程部对口联系碣石镇中心小学，每年组织支部党员向该小学品学兼优的学生赠款发放学习用品，2020 年疫情期间还捐赠了口罩洗手液等防疫物资一批，成为企地合作共建的典范；安全质保部和财务部每年到碣石镇养老院

为老人开展送温暖活动；此外，中广核陆丰核电有限公司党员志愿者还积极参加汕尾海洋日、地球日、中国科普日活动，以实际行动践行绿水青山就是金山银山理念。

7. 核电科普知识进校园：编制核电科普知识教材，在汕尾市及项目周边中小学开展核电科普进校园活动。从 2015 年起，连续 6 年组织核电科普进校园活动，覆盖学校和人数逐年增加，覆盖学校由最初的 6 所增加到现在的 10 所，覆盖人数累计达 10 万人次。

8. 每年 8 月 7 日“核电公众开放日”，邀请公众、媒体、意见领袖等走进核电基地，感受核安全。从 2014 年起，每年以政府公务员、项目周边原住民、家庭、师生、网友等为对象，策划不同主题核电公众开放活动。其中，为更好密切与周边村民关系，公司策划了搬迁村民回访活动，邀请从整体搬迁出去的人员到现场参观，让他们近距离感受核电建设，并为他们摄影留念。

9. 在中广核陆丰核电有限公司公众网、官微定期更新新闻动态、核电科普、企业文化等信息。从 2015 年开通官方微信“陆丰核电”以来，在公众号上开设核电专栏，累计发布核电科普文章 13 篇，并通过外网和公司微信公众号，发布公司安全文化建设等新闻累计 350 多条次。

10. 在进厂道路布置项目广告宣传牌，展现核电正面形象。每年结合党建、科普等主题更新三角高炮宣传 4 次。

11. 加强陆丰核电硬软件基础建设，提高核电科普吸引力。2016 年起，累计投入资金 2400 万元，建设陆丰核电文

宣中心展厅，并完成陆丰核电科普展厅项目建设、布展、运维管理，建成公众沟通报告厅 1200 平方米，科普展厅 800 平方米，并于 2017 年 6 月 30 日顺利投入使用。同时，开展了展厅讲解员招聘和展厅管理制度编制，保障了展厅运行的及时性和规范性。展厅建成运行以来，成为了陆丰核电对外核电科普和品牌展示的一张名牌。截止目前，展厅已累计开放 100 多次，接待社会各界 2 万多人次。

### 5.3 问卷调查情况

#### 5.3.1 调查时间

2020 年 9 月至 2021 年 1 月

#### 5.3.2 调查对象

根据项目建设特点及受影响范围，此次问卷调查对象为厂址半径 30 公里范围内（重点关注 15 公里范围内，特别是 5 公里范围内）可能受项目建设直接影响或间接影响的公众和团体，主要涉及陆丰市碣石镇、湖东镇、金厢镇、南塘镇、红坡村、后埔村、角清村、浅澳村、上林村、新丰村、前堆村等地。被调查公众主要以厂址周边村镇群众为主，涉及农民、渔民、工人、教师、学生、商人以及公务员等职业，被调查团体主要为汕尾、陆丰、碣石有关政府部门、事业单位、利益相关企业。

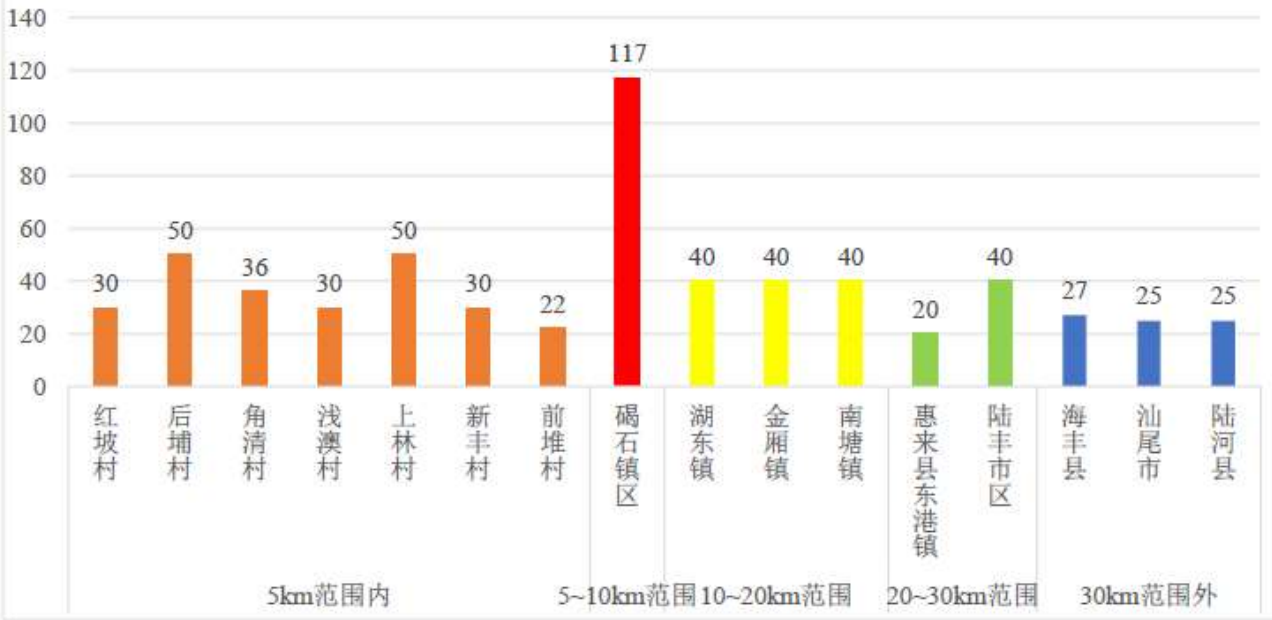
#### 5.3.3 调查结果

##### 5.3.3.1 个人问卷部分

问卷调查按照距离及利益相关群体数量分配各区域调查表，在厂址半径 30 公里范围内共发放了 622 份调查问卷，回收 606 份，其中有效回收 580 份。有效问卷回收率 93.2%。



其中对核电建设持支持态度的占 66.7%（387 份），有条件支持的占 7.9%（46 份），无所谓占 22.8%（24 份），不支持的占 2.6%（15 份）。问卷分布情况详见下表。



（厂址半径 30 公里范围问卷分布情况）

问卷调查表选择题中，环境相关问题统计结果如下：

序号	问题	调查结果	人数	相对比例	备注
1	是否了解核能是一种安全和清洁的能源	非常了解	40	7.0%	12人未填写
		了解较多	98	17.2%	
		了解一般	306	53.8%	
		不了解	125	22.0%	
2	是否了解核电配套设施有环境影响保护措施	非常了解	23	4.3%	49人未填写
		了解较多	84	15.8%	
		了解一般	289	54.3%	
		不了解	136	25.6%	

问卷调查表问答题（对本期工程的关注事项）中，公众所提环境影响方面事项占比 21.7%，涉及保障核安全、妥善处置放射性固体废物、减低噪声和震动、减小施工扬尘等。

#### 5.3.3.2 团体问卷部分

发放团体调查问卷 51 份，收回问卷 51 份。其中，汕尾市相关政府部门 17 份、陆丰市相关政府部门 15 份、基层政府 1 份、基层组织 7 份、企事业单位 11 份。

根据统计结果，50 家单位支持本期工程在当地建设，1 家单位有条件支持本期工程建设。19 家单位认为本期工程基本成熟，可尽早建设；30 家单位认为本期工程很成熟，早就应该建设。

少数被调查单位对本期工程提出了环境影响相关意见建议，主要包括：一是做好核安全工作；二是依法依规有序推进；三是完善配套基础设施；四是加强安全运行防护；五是保护厂址周边环境和周边居民居住安全。

## 6 公众意见处理情况

### 6.1 公众意见概述和分析

如 4.3.3 所述，公众所提环境影响相关意见主要包括保障核安全、妥善处置放射性固体废物、减低噪声和震动、减小施工扬尘、加强安全运行防护、保护厂址周边环境和周边居民居住安全等方面。

### 6.2 公众意见采纳情况

中广核陆丰核电有限公司将在本项目建设中充分考虑

公众提出的意见，承诺采纳公众提出的环境影响方面所有合理意见。

### 6.3 公众意见未采纳情况

无。

## 7 存档备查情况

广东陆丰核电 5、6 号机组（建造阶段）环境影响评价公众参与公示凭证、问卷调查表等相关资料已进行分类归档。

## 8 诚信承诺

我单位已按照《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部令部令第 4 号）要求，在《广东陆丰核电 5、6 号机组环境影响报告书（建造阶段）》编制阶段开展了公众参与工作，在环境影响报告书中充分采纳了公众提出的与环境影响相关的合理意见，对未采纳的意见按要求进行了说明，并按要求编制了公众参与说明。

我单位承诺，本次提交的《广东陆丰核电厂 5、6 号机组环境影响评价公众参与说明（建造阶段）》内容客观、真实，未包含依法不得公开的国家秘密、商业秘密、个人隐私。如存在弄虚作假，隐瞒欺骗等情况及由此导致的后果由中广核陆丰核电有限公司承担全部责任

承诺单位：中广核陆丰核电有限公司

承诺时间：2021 年 11 月 3 日