广东台山核电 3、4 号机组

环境影响报告书

（建造阶段）

征求意见稿

中广核台山第二核电有限公司

二〇二五年四月

目　录

第一章 概述

第二章 厂址与环境

第三章 环境质量现状

第四章 核电厂

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

第六章 核电厂运行的环境影响

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

第八章 流出物监测与环境监测

第九章 利益代价分析

第十章 结论与承诺

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

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台山核电3、4号机组工程，申请建造的核电机组为两台采用华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组，由中广核台山第二核电有限公司（以下简称“台山二核公司”）负责建设和运营。中广核台山第二核电有限公司成立于2011年1月13日，由中国广核电力股份有限公司控股。

1.1.2 建设性质

广东台山核电3、4号机组为扩建工程，是在一期工程两台机组已经建成运营的基础上，扩建2台百万千瓦级压水堆核电机组。

本项目核电机组电功率为1200MW、额定热功率为3180MW。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

台山核电厂规划建设6台百万千瓦级压水堆核电机组，于2007年进入《核电中长期发展规划（2005-2020年）》。台山核电厂一期工程1、2号两台EPR压水堆核电机组分别于2009年11月和2010年4月开始建设，并分别于2018年12月和2019年9月投入商业运行。

2023年8月，深圳中广核工程设计有限公司对台山核电厂的厂址规划容量进行了复核论证。根据论证结果，推荐台山核电厂3~6号机组采用4台华龙一号机组，以满足环境相容性的要求。

根据广东台山核电3、4号机组的用地预审与选址意见书，本项目规划建设2台百万千瓦级压水堆核电机组。本期工程两台机组在一期工程西南方向扩建，3号机组靠近一期，4号机组在西侧。根据《广东省自然资源厅关于广东台山核电3、4号机组项目用地预审意见的复函》（粤自然资预函（授）〔2024〕6号），本项目拟用地总面积60.6739公顷，其中农用地19.3057公顷（其中耕地2.0619公顷），不含永久基本农田，建设用地41.3682公顷。

台山二核公司委托中广核工程有限公司作为广东台山核电3、4号机组工程建设的总承包单位，具体负责本工程的建设（包括采购、土建、安装、调试、运行

移交等）。深圳中广核工程设计有限公司作为本工程总体设计院，与中广核工程有限公司一体化运作，负责本工程项目的前期咨询、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，为本工程建设各阶段提供相关技术服务。

中广核工程有限公司在建设广东台山核电3、4号机组工程时将充分利用中广核集团丰富的工程建设管理经验，并借鉴在建核电厂积累的经验，把核电设计、装备制造和工程建设结合起来，降低工程造价。

本工程建成后，厂址区域将有四台压水堆核电机组。为了对厂址内所有核电机组实施高效、安全的管理，实行辐射防护最优化，遵循近远期结合、统一规划和循序渐进的原则进行厂址总体规划，对核电厂所有机组与环境保护相关的设施进行统筹安排，包括：

— 设立统一的非居住区边界和规划限制区边界；

— 整个厂区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；

— 实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境实验室和应急指挥中心等。

2025年2月，生态环境部给出了《关于台山核电厂3、4号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审〔2025〕21号），根据批复，生态环境部同意建设单位按照《报告书》所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。同期，核安全局对《台山核电厂3、4号机组选址安全分析报告》及相关文件进行了核安全技术审查，未发现场址存在影响台山核电厂3、4号机组工程安全且不能采取工程措施解决的颠覆性因素，同意依据《台山核电厂3、4号机组选址安全分析报告》中的场址特征参数开展广东台山核电厂3、4号机组的设计工作，并颁发了《广东台山核电厂3、4号机组场址选择审查意见书》（国核安证字第2503号）。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

广东台山核电3、4号机组工程建设两台华龙一号技术融合方案的压水堆核电机组，注册资本金为工程建成价的30%，以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

本项目环保设施与1、2号机组共用的有钦头污水处理站、HSD污水处理站、HS2（大襟岛污水处理设施）、非放射性工业废水处理站、环境实验室、辐射监测站、气象站等。

环境实验室及监督性监测系统当前已完成建设投运，厂内已有环境实验室和监督性监测系统，本工程将针对一期环境实验室进行扩建，新增流出物实验室和地下水监测站位，与一期工程共用监督性监测系统。厂区辐射和气象监测系统环境监测站在本期工程将新增一个BOD子站。

1.4 建设目的

1) 项目建设符合国家能源产业政策，支撑实现“双碳”目标

核电是我国电力工业的重要组成部分，核电厂基本上不排放CO_2等温室气体，属于国家鼓励发展的清洁能源。在日益重视环境保护、全球气候变化的形势下，安全高效推进核电建设，是当前我国能源发展的一项重要战略方针。

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

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

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

2025年2月，国家能源局发布的《2025年能源工作指导意见》提出：“核准一批条件成熟的沿海核电项目，因地制宜推动核能综合利用”。

国家相关政策中关于积极安全有序发展核电的方针政策体现了核能对于我国

当前阶段能源发展以及能源结构调整的重要性和紧迫性，同时核能发展有助于促进国民经济发展，核电供应和使用量的增加能够有效减少二氧化碳排放，助力“30•60 目标”实现。因此，本期工程的建设符合当前国家能源产业政策的需求。

2) 改善环境质量，促进广东节能环保、可持续发展

随着广东省经济快速发展以及工业化、城镇化进程的加快，特别是近年来经济偏向重型化发展，环境污染和生态破坏的态势并未得到有效遏制，污染物排放总量依然很大，环境承载力较差。

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 $PM_{2.5}$ 浓度具有明显的作用。

3) 满足广东省经济社会发展对电力的需求

改革开放以来，广东省社会经济保持快速稳定发展，电力需求也同步快速增长，电力市场迅速扩大。根据广东省“十四五”及中长期规划研究成果，预计 2030 年，全社会用电量和全社会用电最高负荷分别为 10500 亿 kWh 和 203000MW，“十四五”和“十五五”用电最高负荷年均增长率分别为 7.1%和 2.4%。根据电力平衡结果，全省在仅考虑在运、已核准电源以及规划新能源的情况下，气电出力不足，2025 年、2030 年、2035 年电力缺口分别达到 5987MW、10816MW、28429MW。广东珠西南电网也存在较大电力缺口。根据电力平衡结果，不考虑本期工程，2030 年、2031 年、2032 年、2033 年、2034 年和 2035 年存在 3145MW、3548MW、3956MW、4368MW、4717MW 和 8004MW 的缺口。

4) 有助于进一步提高广东省能源自给率，确保能源安全

广东省能源资源匮乏，省内煤、气等资源大量依靠省外输入，水电仅有的开发量已基本开发完毕，新能源开发条件一般，一次能源供应主要依靠外省调入或进口解决，近年来对外依存度均在 80%以上。随着区外一次能源消费的快速增长，未来对广东省的一次能源供应存在不确定性。因此本期工程的建设能够提升广东省内一次能源供应能力，降低能源对外依存度。

可见，本项目建设符合国家能源发展战略，有助于优化广东省能源结构，缓解一次能源紧张供应形势，提高广东能源自给率。

综上所述，本项目是双碳目标背景下的国家重大能源工程，项目建设符合国家核能发展和能源安全产业政策的要求，将为我国早日实现“碳达峰，碳中和”、

降低碳排放提供有力支撑。核电作为低碳清洁能源，是优化电源结构、践行国家能源安全新战略的必然选择。本核电项目建设，有助于优化广东省能源结构，缓解一次能源紧张供应形势，提高广东省能源自给率；有助于改善环境质量、促进节能环保，对可持续发展有重要作用。

1.5 建设项目的进度

根据工程进度安排，单台机组建设周期为60个月，4号机组与3号机组开工间隔12个月。

环保设施建设进度总体按照满足工程冷试、热试及装料等节点的环保需求进行安排。其中BBL、BES、核岛排气及疏水系统等满足FCD+47冷试的需求，烟囱、废气处理系统等满足FCD+52热试的需求，BGR、BGT、BQA/BQB、BER、BEC、BQS/BQT、固体废物处理系统、废液处理系统等满足FCD+56.5装料需求。

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

《广东省能源发展“十四五”规划》中提出，积极安全有序发展核电。“十四五”期间，推动一批核电项目开展前期工作。做好核电厂址保护工作。《江门市能源发展“十四五”规划》中提出，安全高效发展核电。在保障台山核电一期安全运行的基础上，有序开展台山核电二期项目的前期工作，力争项目在“十四五”期间动工建设。《台山市能源发展“十四五”规划》中提出，安全高效发展核电。在保证台山核电一期顺利运行的基础上，以及保障安全和质量的前提下，有序开展并启动台山核电二期、三期项目的前期和筹备工作，力争项目在“十四五”期间动工建设。

综上所述，本项目已被列入当地能源发展“十四五”规划中，为当地能源发展“十四五”规划重点项目。

根据《台山市生态环境保护“十四五”规划》，“十四五”期间台山市生态环境保护重点任务为：聚焦绿色低碳发展、生态环境质量改善、环境风险防范、生态环境治理体系和治理能力现代化等重点方向，着力巩固污染防治攻坚战成果，持续

推进生态文明建设，开创美丽台山建设新局面。深入打好污染防治攻坚战。《台山市生态环境保护“十四五”规划》强调要以臭氧防控为核心推动大气环境质量持续改善，强化挥发性有机物和氮氧化物减排，协同推动大气污染物和二氧化碳排放控制。统筹水资源利用、水生态保护和水环境治理，打造绿色生态水网与秀水长清的美丽河湖。坚持陆海统筹，加强近岸海域污染防治和生态保护，推进美丽海湾建设。坚持预防为主、防控结合，协同推进土壤和地下水污染防治，保障土壤环境安全。持续加强生态保护监管。统筹山水林田湖草沙系统治理，加强生态保护与修复，守住自然生态安全边界，筑牢生态安全格局，维护全市生态安全屏障。做好生态保护红线和自然保护地监管，保护生物多样性。加强固体废物安全处理处置，持续推进重金属和危险化学品风险管控。加强核与辐射安全监管，进一步提升核应急能力。

根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035年）》，要优化国土空间开发保护格局，以“三区三线”为基础，构建“一带一轴双心”的县域国土空间开发格局，打造东西联动发展的沿海经济带，形成南北协同发展的产城融合拓展轴，突出台城—工业新城主中心、广海湾副中心共同发展；维育“四山三湾二水一岛群”的县域国土空间保护格局，形成由古兜山、曹峰山、大隆山脉和紫罗山脉等自然山体，黄茅海、广海湾和镇海湾等海湾，潭江流域和大同河等水系以及川山群岛等共同保护的生态屏障。根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035年）》，台山核电厂厂址周围海域主要为工矿通信用海区、渔业用海区和交通运输用海区、海洋生态保护区、游憩用海区。本期工程已纳入台山市国土空间规划“一张图”，并纳入规划重点建设项目安排表，属于能源基础设施类重点项目，名称为“台山核电3-6号机组”。本期工程为扩建项目，用地区域范围不涉及生态保护红线和永久基本农田。本期工程属于国家重点建设项目，已按《广东省自然资源厅关于优化完善县级国土空间总体规划数据库有关事项的通知》（粤自然资规划〔2024〕1131号）有关规定，通过优化完善台山市国土空间总体规划数据库，落实本期工程城镇建设用地规模。

建设单位已经取得江门市自然资源局《关于中广核台山核电厂部分规划调整内容纳入广东省海岸带及海洋空间规划有关情况的函》（江自然资函〔2024〕1315号），根据该函，中广核台山核电厂部分规划调整内容已经纳入《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》规划编制成果。根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，核电项目4℃温升区范围内的海洋功能区划为“工矿通信用海

区”；核电项目冬季2℃和夏季1℃温升范围内的相关海洋功能分区管控要求中有保障核电温排水用海需求的内容，可以满足核电用海需求。

根据《广东省人民政府关于印发广东省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（粤府〔2020〕71号），全省环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类，其中优先保护单元主要涵盖生态保护红线、一般生态空间、饮用水水源保护区、环境空气质量一类功能等区域；重点管控单元主要包括工业聚集、人口集中和环境质量超标区域；一般管控单元为优先保护单元、重点管控单元以外的区域。本项目所在陆地区域目前为“重点管控单元”。同时，全省共划定海域环境管控单元471个，其中优先保护单元为海洋生态保护红线；重点管控单元主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域和现状劣四类海水海域；一般管控单元为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。本项目取排水工程所在海域为“重点管控单元”。本项目的建设满足生态环境分区管控要求，符合生态环境准入清单中的区域布局管控、能源资源利用、污染物排放管控和环境风险防控的要求。根据《江门市人民政府关于印发江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）的通知》（江府〔2024〕15号），厂址位于台山市重点管控单元2（ZH44078120005）内。本期工程取水口位于大襟岛工业与城镇用海区（HY44070020006），属重点管控单元。本期工程排水口位于广海湾工业与城镇用海区（HY44070020003），属重点管控单元。本工程厂址陆域范围、取排水工程海域范围均满足相应的区域生态环境分区管控要求。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整台山黄茅海局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤府函〔2024〕443号），调整后的近岸海域环境功能区划已获得正式批复。根据已批复的近岸海域环境功能区划，黄茅海海水养殖功能区（1103A）执行二类水质标准，黄茅海工业功能区（1103B）、铜鼓混合功能区（1104）和鱼塘湾、烽火角港口功能区（1105）执行三类水质标准，电厂温排水口附近4℃温升线包络区域、但不超出周围三类功能区的范围，水温不执行海水水质标准。根据本工程温排水数模结果，台山核电1-4号机组与台山火电联合运行夏季1℃冬季2℃温升包络区不涉及二类区（1103A），夏季1℃冬季2℃温升包络区部分进入广东省近岸海域环境功能区划未划定海域（进入面积约12.0km^2），该海域区域在国土空间规划及海岸带规划中为渔业用海区和交通运输用海区，根据江门市自然资源局《关

于中广核台山核电厂部分规划调整内容纳入广东省海岸带及海洋空间规划有关情况的函》，函中明确夏季1℃冬季2℃温升包络区涉及海洋功能分区增加保障核电温排水用海需求，且该海域不涉及其他生态敏感区。台山核电1-4号机组与台山火电联合运行4℃温升包络区范围未超出三类区（1103B）范围，水温不执行水质标准。因此，本工程温排水可以满足近岸海域环境功能区划管控要求。

台山核电厂址区域属于“三区三线”中的城镇空间类型，为集中进行开发建设的工业开发区。

广东台山核电3、4号机组用地预审、用海预审、稳评、取水许可、水土保持、核应急等有关结论性意见和批文如下：

用地：原则同意，《广东省自然资源厅关于广东台山核电3、4号机组项目用地预审意见的复函》（粤自然资预函（授）〔2024〕6号）；

用海：原则同意，《自然资源部办公厅关于台山核电厂3、4号机组项目用海预审意见的函》（自然资办函〔2025〕73号）；

稳评：社会稳定风险等级为低风险，《江门市人民政府关于报送<台山核电3、4号机组项目社会稳定风险评估报告>审查意见的函》（粤自然资预函（授）〔2024〕6号）；

取水许可：批准本项目取水申请，《珠江委关于广东台山核电3、4号机组项目取水许可申请准予水行政许可决定书》（珠许可决〔2024〕50号）；

水土保持：基本同意，《台山核电3、4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〔2024〕80号）；

核应急：基本满足法律法规要求，《国家核事故应急办公室关于广东台山核电3、4号机组项目厂址区域核应急方案审查意见的通知》（国核应办〔2024〕15号）；

军事：广东台山核电厂址30km范围内的军事设施对核电厂安全运行无影响，原则支持台山核电3、4号机组建设选址，南参备函〔2024〕259号。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

（1） 主要法规、条例、部门规章和文件

— 《中华人民共和国环境保护法》（自2015年1月1日起施行）；

— 《中华人民共和国核安全法》（自2018年1月1日起施行）；

— 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日修正）；
— 《中华人民共和国放射性污染防治法》（自2003年10月1日起施行）；
— 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日修正）；
— 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日起施行）；
— 《中华人民共和国噪声污染防治法》（自2022年6月5日起施行）；
— 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年9月1日起施行）；
— 《中华人民共和国水土保持法》（2011年3月1日起施行）；
— 《中华人民共和国土地管理法》（2020年1月1日起施行）；
— 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024年1月1日施行）；
— 《中华人民共和国海域使用管理法》（自2002年1月1日起施行）；
— 《中华人民共和国自然保护区条例》（2017年10月7日修正）；
— 《建设项目环境保护管理条例》（2017年10月1日起施行）；
— 《放射性物品运输安全管理条例》（自2010年1月1日起施行）；
— 《放射性废物安全管理条例》（自2012年3月1日起施行）；
— 《危险化学品安全管理条例》（自2013年12月7日起修订）；
— 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018年3月19日修订）；
— 《排污许可管理条例》（自2021年3月1日起施行）；
— 《核电厂核事故应急管理条例》（2011年1月8日修订）；
— 《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2025年1月1日起施行）；
— 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010年12月22日修正）；
— 《环境影响评价公众参与办法》（自2019年1月1日起施行）；
— 《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》（2019年8月22日修正）；
— 《放射性物品运输安全许可管理办法》（2021年1月4日修正）；
— 《生态环境分区管控管理暂行规定》（自2024年7月6日起施行）；
— 《广东省环境保护条例》（自2015年7月1日起施行，2022年修正）；
— 《广东省固体废物污染环境防治条例》（2022年11月30日修正）；
— 《广东省大气污染防治条例》（自2019年3月1日起施行）；

— 《广东省水污染防治条例》（自2021年9月29日修正）；

— 《广东省民用核设施核事故预防和应急管理条例》（自2024年9月1日起施行）。

（2）标准、导则和规范

1）辐射

— 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

— 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）；

— 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；

— 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；

— 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；

— 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-1989）；

— 《核电厂应急计划与准备准则 第1部分：应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）；

— 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

— 《核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范》（HJ969-2018）；

— 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）；

— 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101-2023）；

— 《核动力厂设计安全规定》（HAF102-2016）；

— 《核设施放射性废物处置前管理》（HAD401/12-2020）。

2）大气

— 《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T55-2000）；

— 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单；

— 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；

— 《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）。

3）水

— 《海水水质标准》（GB3097-1997）；

— 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）及修改单；

— 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）

— 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

— 《排污单位自行监测技术指南 水处理》（HJ1083-2020）；

— 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ1037-2019）；

— 《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）。

4）噪声

— 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；

— 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；

— 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；

— 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）。

5）电磁

— 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；

— 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）。

6）其他

— 《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）；

— 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；

— 《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）；

— 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；

— 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；

— 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）；

— 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ1409-2025）。

1.6.3 相关管理文件

— 生态环境部，关于台山核电厂3、4号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复（环审〔2025〕21号）

— 国家核安全局关于颁发《广东台山核电厂3、4号机组场址选择审查意见书》的通知（国核安发〔2025〕35号）。

1.6.4 相关技术文件

— 台山核电厂3、4号机组含放射性液态流出物数值模拟成果报告，南京水利科学研究院，2024.8；
— 台山核电厂3、4号机组温排原型观测及模型校验专题成果报告，南京水利科学研究院，2024.8；
— 广东台山核电厂5、6号机组海域冬、夏季全潮观测调查与分析报告，国家海洋局南海调查技术中心，2024.3；
— 台山核电厂2024年度环境监测报告，台山核电合营有限公司，2025.3；
— 台山核电厂3、4号机组海洋水文分析与计算报告，天津市海岸带工程有限公司，2024.4；
— 台山核电厂3、4号机组海工可行性研究报告，天津市海岸带工程有限公司，2024.5；
— 台山核电厂3、4号机组水资源论证报告书，中水珠江规划勘测设计有限公司，2024.6；
— 台山核电厂3、4号机组厂址区域非放射性环境质量现状调查报告，苏州热工研究院有限公司，2024.6；
— 台山核电厂3、4号机组陆域生态环境调查报告，苏州热工研究院有限公司，2024.5；
— 台山核电厂3、4号机组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，2024.3；
— 台山核电厂3、4号机组厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查报告，苏州热工研究院有限公司，2024.3；
— 台山核电厂3、4号机组极端气象与常规气象分析专题报告，广东省气候中心，2024.4；
— 广东台山核电厂气象观测系统2024年度数据分析报告，苏州热工研究院有限公司，2025.3；
— 中国广核集团台山核电厂3、4号机组工程厂址区域核应急初步方案，深圳中广核工程设计有限公司，2024.5；
— 台山核电厂3、4号机组泥沙与岸滩稳定性分析报告，交通运输部天津水运工程科学研究所，2024.5；

— 台山核电厂 3、4 号机组泥沙数值模拟研究报告，交通运输部天津水运工程科学研究所，2024.8；
— 台山二期取排水方案研究报告，深圳中广核工程设计有限公司，2024.4；
— 台山核电厂 3、4 号机组选址安全分析报告，深圳中广核工程设计有限公司，2024.7；
— 台山核电厂 3、4 号机组受纳水体水质环境、水生生态与渔业资源调查成果报告，国家海洋环境监测中心，2024.7。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

（1） 运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量要求和排放控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）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核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。6.2 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气态和液态放射性流出物年排放量控制值。

台山核电厂规划建设 6 台压水堆核电机组，其运行状态下向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量不超过 0.25mSv/a。台山核电厂一期工程的剂量要求为 0.12mSv/a，本工程拟建两台机组采用“华龙一号”融合技术方案，采用的公众剂量要求为 0.04mSv/a。

广东台山核电 3、4 号机组采用华龙一号技术融合方案，堆芯额定输出热功率为 3180MW。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）中对于 3000MW 热功率的轻水反应堆设计控制值，则单堆排放量控制值如下：

气载放射性流出物：

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

液态放射性流出物：

— 氚：7.5×10^{13}Bq/a；

— 碳-14：1.5×10^{11}Bq/a；

— 其余核素：9.0×10^{9}Bq/a。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的 6.3 款规定，对于多堆厂址，所有反应堆的流出物年排放总量控制值如下：

气载放射性流出物：

— 惰性气体：6.0×10^{14}Bq/a；

— 碘：2.0×10^{10}Bq/a；

— 粒子（半衰期≥8d）：5.0×10^{10}Bq/a；

— 碳-14：2.8×10^{12}Bq/a；

— 氚：6.0×10^{13}Bq/a。

液态放射性流出物：

— 氚：3.0×10^{14}Bq/a；

— 碳-14：6.0×10^{11}Bq/a；

— 其余核素：5.0×10^{10}Bq/a。

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

（2） 事故工况下的剂量限值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）7.2 款规定，核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

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

— 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

（3） 海水中的放射性核素浓度指标

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

— ^{60}Co： 0.03Bq/L；

— ^{90}Sr： 4.0Bq/L；

— ^{106}Ru：0.2Bq/L；

— ^{134}Cs：0.6Bq/L；

— ^{137}Cs：0.7Bq/L。

1.7.2 非辐射环境影响的评价标准

本工程周围各环境要素的环境功能区划如下：

（1）水环境

根据已批复的近岸海域环境功能区划，本项目排放口附近的近岸海域环境功能区划为：黄茅海海水养殖功能区（1103A）执行二类水质标准，黄茅海工业功能区（1103B）、铜鼓混合功能区（1104）和鱼塘湾、烽火角港口功能区（1105）执行三类水质标准，电厂温排水口附近4℃温升线包络区域、但不超出周围三类功能区的范围，水温不执行海水水质标准。

（2）大气环境

根据《江门市环境保护规划（2006-2020年）》及其附图，本工程所在地属于二类环境空气质量功能区。

（3）声环境

根据《关于印发〈江门市声环境功能区划〉的通知》（江环〔2019〕378号），本工程位于赤溪镇，所在位置为留白区，按照2类区管理。

建设单位向江门市生态环境局申请确认台山核电3、4号机组项目环境影响评价执行标准，并取得了“关于确认台山核电3、4号机组项目环境影响评价执行标准的复函”。本项目非辐射环境影响评价所执行的标准主要依据上述文件，具体如下：

— 环境质量评价标准

（1） 环境空气

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）及其修改单（生态环境部 2018 年第 29 号）二级浓度限值要求。

（2） 海水水质

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）。

（3） 声环境

厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准限值。

声环境保护目标执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 1 类声环境功能区限值。

（4） 电磁环境

厂址区域电磁环境质量执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的对应相关频率的公众曝露控制限值。

— 非放射性污染物排放评价标准

（1） 废水排放标准

运行期间生活污水站出水尽可能回用于厂区的绿化和道路浇洒，超出部分处理达标后排放。运行期间生活污水经处理后排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准。回用水满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中绿化和道路清扫的水质要求。

运行期间非放射性生产废水经处理后排放执行广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）第二时段一级标准。

（2） 大气污染物排放标准

施工期大气污染物排放执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中的第二时段无组织排放限值要求。

（3） 噪声排放标准

施工期间建筑物施工噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的相应限值要求。

运行期间厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）

中的3类限值。

1.8 工程组成

本工程是扩建工程，主体工程有核岛厂房及构筑物、常规岛厂房及构筑物、BOP以及海工工程，相关配套工程使用1、2号机组建设时已经建设的工程，如重件码头、进厂道路和应急道路等。本期工程将新建3、4号机组220kV辅变出线间隔及1回220kV架空进线间隔和1回220kV架空进线（引自220kV牛山变电站），目前已委托广东省电力设计研究院开展220V接入方案论证，待接入系统批复后进行220kV线路可行性研究工作，同时将单独开展环境影响评价、水土保持评价、用地预审等。厂外拟新增1回500kV出线，形成台山核电至桂山、香山各2回出线，合计4回500kV出线。厂外新增的1回500kV线路将利用台山一期已建成线路，使用已建成台山核电至江门圭峰站备用线路，已建成并挂线，无需新建500kV线路。

1.9 环境保护措施

本工程拟建设的环境保护设施主要包括放射性废气管理系统、放射性废液管理系统和放射性固体废物管理系统等。

本工程放射性废物处理系统中放射性废液处理系统和放射性固体废物系统在设计参考电厂环境保护设施的基础上进行了部分改进。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，以保证环境保护措施在机组长期运行期间稳定运行，满足国家环保法规的排放和管理要求。

1.10 评价范围

（1）辐射环境

本项目辐射环境的评价范围是以台山核电厂3号机组反应堆为中心，半径80km范围的区域。

（2）非辐射环境

1）水环境和海洋生态环境

结合核电项目液态流出物排放特点以及海工工程，确定本项目水环境和海洋生

态环境评价范围为温排水所致海域的0.5℃温升包络范围和本项目海工工程影响海域。

2）大气环境

施工期的大气环境影响评价范围为施工场界以及厂址附近的大气环境保护目标。

3）声环境

声环境影响的评价范围为厂界外200m，并适当扩大至声环境保护目标处。

4）电磁辐射环境评价范围

参考《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020），本项目电磁辐射环境影响的评价范围为：厂内开关站界外50m；厂址范围内涉及的输电线路边导线地面投影外两侧各50m（500kV）或40m（220kV）区域。

5）生态环境

参照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目生态环境评价范围以核电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。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

2025年2月19日，生态环境部批复了《台山核电厂3、4号机组环境影响报告书（选址阶段）》（环审〔2025〕21号），同意按照环评报告书所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。同时，批复中提出了在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作。

（一）持续开展温排水监测，加强对中华白海豚等重要敏感生物、经济物种影响的评估。

（二）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。

（三）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。

建设单位就上述要求制定了相应的工作方案，相关内容详见对应章节（5.3、6.1等）。

1、台山核电自一期工程以来，持续在排放口附近海域对温排水开展在线监测和定期取样监测。在线监测方面，通过设置水质监测浮标与水文监测浮标，对附近海

域表层海水温度进行连续监测，监测数据传输至位于环境实验室的服务器。定期取样监测方面，每两月使用便携式多参数水质检测仪对排放口附近海域14个监测点位进行温度监测。建设单位于2024年开展了核电厂温排水对中华白海豚和保护区的影响研究。研究结果表明台山核电厂一期工程温排水对中华白海豚种群状况基本没有不利影响，对大襟岛西侧栖息地利用频率有一定影响。对现有保护区和整合优化后保护区基本没有造成不利影响。台山核电3、4号机组取排水工程不会增大对中华白海豚、现行白海豚保护区及整合优化后保护区的影响。本阶段，建设单位结合中华白海豚自然保护区的调整，正在开展对中华白海豚等重要敏感生物的研究工作。

2、建设单位在台山核电厂一期工程施工期和运行期严格落实了环境保护措施及监测方案，形成了良好的工作实践。在此基础上，建设单位结合台山核电3、4号机组的施工特点对环境监测方案进行了优化，加强施工期的环境管理，确保本项目施工满足环境保护的要求。

3、台山核电始终秉承“开放、透明”理念，积极开展与公众的沟通与互动，旨在让更多不同地区的公众认识和了解核电。台山核电2024年共接待公众近2500人次。自2024年8月中国广核集团首个核电工业旅游预约小程序“硬核walk”开通以来，台山核电共接收了近500人的预约参观，涉及广东省内各个地市的公众，甚至有外省游客专门过来参观，也迎来了首批通过线上预约的香港游客。科普影响范围持续扩大。此外，台山核电联合本地教育局、文旅集团常态化开展核电科普研学游，组织江门市范围内学生群体，前来台山核电参观研学。2024年度，共有近2000名学生来到台山核电科普教育基地参观，人数较往年有较大增长，学校也呈递增趋势。通过以上多种方式积极开展公众宣传和公众参与工作，台山核电加深周边群众对核电认识，维护了良好的社会环境。

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

台山核电厂位于广东省台山市赤溪镇腰古，厂址地处沿海山区，三面环山，东南面临海。厂址西北距赤溪镇和台山市分别约 10.4km、40.3km，北距江门市新会区约 61km。台山核电厂与阳江核电厂（WSW 方位）的直线距离约 80km。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

台山核电厂 3、4 号机组为一期工程建设基础上的扩建工程，本项目拟用地总面积 60.6739hm^2，其中农用地 19.3057hm^2（其中耕地 2.0619hm^2），不含永久基本农田，建设用地 41.3682hm^2。目前，本项目已获取广东省自然资源厅的用地预审与选址意见书以及自然资源部的用海预审意见（自然资办函〔2025〕73 号）。

本工程非居住区以 3、4 号反应堆为中心、半径 500m 的包络区域。从公众剂量的角度，考虑设计基准事故的影响，非居住区边界半径设为 500m 可以满足 GB 6249-2025 对非居住区边界设计基准事故的剂量接受准则要求。台山市人民政府办公室《关于明确台山核电厂非居住区管理要求的复函》（台府办函〔2024〕170 号）同意台山核电厂在厂址周边以各反应堆为中心、半径 500m 的包络线区域设置为非居住区，区域内严禁有常住居民；同意台山核电厂在核电项目寿期内，依法依规有效管理核电厂非居住区边界内的活动。

根据《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》（GB 6249-2025）的要求，本工程厂址周围将设置半径不小于 5km 的规划限制区。《广东省人民政府办公厅关于原则同意划定台山核电 3、4 号机组规划限制区的函》（粤办函〔2024〕122 号）中明确“原则同意在台山核电 3、4 号机组具备条件后，按照有关规定划定规划限制区”。目前建设单位已开展了台山核电厂规划限制区划定论证研究专题工作，并通过专家评审，拟按照台山核电厂 6 台机组半径 5 公里（以每台机组反应堆为中心）为规划限制区。

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

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2 人口分布与饮食习惯

台山核电厂半径 80km 范围内的现有人口数据来源于相关市（区）各级政府统计年鉴、农业统计报表以及当地派出所提供的统计资料，具体涉及广东省 12 个市（区）：江门市及所辖蓬江区、江海区、新会区、台山市、开平市、恩平市和鹤山市，以及阳江市辖阳东区，中山市，珠海市及所辖的香洲区、金湾区和斗门区。另外，厂址半径 80km 范围内还包括澳门特别行政区。本报告所用人口数据主要来源于上述各县市（区）2022 年统计年鉴以及当地派出所及地方政府的统计资料。

本报告评价区域为以台山核电厂 3 号反应堆为中心半径 80km 范围，并以反应堆为中心划分半径为 1，2，3，5，10，20，30，40，50，60，70，80km 的同心圆，辐向的罗盘方位为扇形区中心线，划分为 16 个方位，共 192 个子区。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围

台山核电厂厂址半径 5km 范围内的人口数据细化到自然村，数据来源为赤溪镇政府提供的人口资料，统计口径为常住人口。厂址半径 5km 范围内目前仅有 1 个自然村，为赤溪镇铜鼓村的钦头村，位于厂址 SSW 方位 3.6km，有 698 人，按陆域面积计算，平均人口密度为 14 人/km^2。另外，厂址 ENE 方位 4.7km 处原有一居民点黄茅田村，原黄茅田村居民已搬迁至赤溪圩北门村一带，经实地调查，原黄茅田村所在地房屋破旧，已无人居住。此外，随着村庄范围的扩大，钦头上村和钦头下村已连成一片，中间无明显分隔，故赤溪镇人口统计时不再把钦头村人口分成钦头上村和钦头下村，而是合并成一个自然村（钦头村）。

厂址半径 5km 范围内无 1 万人以上的人口集中区，无工业企业，无旅游资源，除核电厂施工人员外，5km 范围基本无流动人口。目前厂址 5km 范围内没有可能存在的人口机械增长情况。

与选址阶段相比，厂址半径 5km 范围人口总数、自然村数量、公共设施规模无较大变化。

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

本项目厂址半径 5~10km 范围内的人口数据细化到行政村，台山市赤溪镇的人口数据摘自乡镇统计报表，统计口径为常住人口。厂址半径 10km 范围内总人口 20323 人，按陆域面积计算，平均人口密度为 116 人/km^2。

厂址半径 10km 范围内有幼儿园 2 所，中小学 3 所。

厂址附近的各乡镇没有大的医院、疗养院、敬老院。通常各行政村设有 1 个卫生所，社区有卫生服务站，镇区有中心卫生院。距离厂址最近的中心卫生院为台山市赤溪镇卫生院，位于厂址 NW 方位约 10.5km 处，有医护人员 81 人，病床 35 张。厂址半径 10km 范围内卫生所均无病床，无大型医疗设备，每个卫生站各配备一名卫生员。此外，台山核电厂半径 10km 范围内没有监狱和大型文化设施，厂址半径 10km 范围内不存在 10 万人以上的城镇。

根据《台山市赤溪镇总体规划（2016-2030 年）》，赤溪镇规划建设的广海湾工业园位于厂址 WSW~WNW 方位，距厂址约 9~13km，目前园区建设在初期阶段，主要发展产业有港口物流、矿业、清洁能源和能源化工，该园区的建设可能会导致厂址半径 10km 范围的人口机械增长，主要为外来务工人员的流入；桥头海洋经济合作示范区位于厂址 NNE 方位，距厂址约 8~12km，目前该示范区在规划建设阶段，未来重点发展以高端海洋电子信息为特色的智能制造产业，以海洋信息为特色的大数据产业，以海产品精深加工、海洋生物养殖为主的现代化海洋渔业。

根据上述规划，广海湾工业园和桥头海洋经济合作示范区未来重点发展海洋科技、海洋渔业、生物医药、高端装备制造、大数据等产业，没有劳动密集型产业，因此，预计厂址半径 10km 范围内不会出现人口大规模的机械增长。

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

厂址半径 5~15km 范围内的人口数据细化到行政村，台山市赤溪镇、都斛镇、斗山镇的人口数据摘自各乡镇统计报表，统计口径为常住人口。厂址半径 15km 范围内共有赤溪镇的 12 个行政村，斗山镇 1 个行政村以及都斛镇的 5 个行政村，有人口 52666 人，按陆域面积计算，平均人口密度为 201 人/km^2，低于台山市同期（2022 年）平均人口密度 271 人/km^2。

厂址半径 15km 范围内除位于 N 方位约 8.5km 处的赤溪圩（391 人）和 NW 方位 10.3km 处的田头圩（250 人）人口较少外，其余各行政村的人口均在千人以上。

厂址半径 15km 范围内人口最多的居民点是厂址 NW 方位 10.4km 处的田头村，有人口 5551 人。距离厂址最近的行政村是厂址 SW 方位 7.3km 处的铜鼓村，有人口 3144 人。

厂址半径 15km 范围内的居民以农业、渔业生产为主。

厂址 SW 方位 7.5km 处的国能台山发电厂有职工约 1160 人。与厂址隔海相望的大襟岛位于厂址 SE 方位约 6~9km 处，岛上现有常住人口约 10 人。

厂址半径 15km 范围内的经济结构主要以农业、养殖业和工业为主，因为赤溪镇同时有国能粤电台山发电有限公司和台山核电厂两个大电厂，务工人员较多，所以外来流动人口相比周边乡镇略多，流动人员以务工、经商和旅游为主。根据台山市公安局提供的流动人口数据，2022 年赤溪镇全镇有流动人口 4207 人，主要分布在铜鼓村。铜鼓村的外来流动人口约有 3000 人，主要为国能粤电台山发电有限公司和台山核电厂的职工及其家属、电厂后勤服务人员及其他一些务工经商人员。台山核电厂管理人员居住在海韵花园（位于台山核电厂 3 号机组 SSW 方位 3km 处），各承包商施工人员大多居住在铜鼓村。都斛镇和斗山镇的流动人口大多集中在各自镇区，不在厂址半径 15km 范围内。

厂址半径 15km 范围内主要的风景游览区为黑沙湾旅游区和海角城旅游度假中心，分别位于厂址 SW 方位 7.0km 处和厂址 WSW 方位 10.0km 处，每年约有 40~50 万人次的游客，主要集中在夏季，高峰日游客可达 8000 人次。

根据《台山市赤溪镇总体规划（2016-2030 年）》，赤溪镇规划建设的广海湾工业园位于厂址 WSW~WNW 方位，距厂址约 9~13km，目前园区建设在初期阶段，主要发展产业有港口物流、矿业、清洁能源和能源化工，该园区的建设可能会导致厂址半径 10km 范围的人口机械增长，主要为外来务工人员的流入；桥头海洋经济合作示范区位于厂址 NNE 方位，距厂址约 8~12km，目前该示范区在规划建设阶段，未来重点发展以高端海洋电子信息为特色的智能制造产业，以海洋信息为特色的大数据产业，以海产品精深加工、海洋生物养殖为主的现代化海洋渔业。根据上述规划，广海湾工业园和桥头海洋经济合作示范区未来重点发展海洋科技、海洋渔业、生物医药、高端装备制造、大数据等产业，没有劳动密集型产业，因此，预计厂址半径 15km 范围内不会出现人口大规模的机械增长。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内人口分布现状

厂址半径 80km 范围包括广东省 12 个市（区）：江门市所辖蓬江区、江海区、新会区、台山市、开平市、恩平市和鹤山市，以及阳江市辖阳东区，中山市，珠海市所辖香洲区、金湾区和斗门区。另外，厂址半径 80km 范围内还包括澳门特别行政区。厂址半径 15~80km 的数据细化到乡镇，数据来源于蓬江区、新会区、江海区、台山市、开平市、恩平市、鹤山市、阳东区、中山市、香洲区、金湾区、斗门区统计局和澳门特别行政区统计暨普查局提供的统计年鉴，统计口径为户籍人口。截至 2022 年底，台山核电厂半径 80km 范围内总人口数为 7129468 人，评价区内人口密度为 355 人/km^2，陆域面积约占总评价区域的 46%，按陆域面积计算，评价区内人口密度为 771 人/km^2，高于广东省同期（2022 年）平均人口密度 704 人/km^2，高于江门市同期（2022 年）的平均人口密度 423 人/km^2，高于台山市同期（2022 年）的平均人口密度 271 人/km^2。

台山核电厂半径 80km 范围内，城镇人口超过 10 万人的城镇有 16 个。

其中，距厂址最近的 10 万人以上人口中心为台山市台城街道，位于 NNW 方位约 40.3km 处，2022 年底有城镇人口 183308 人，10 万人以上人口中心最大的人口中心是厂址 ENE 方位约 63.2km 处的澳门特别行政区，2022 年底有城镇人口 672800 人。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD 101/03-1987）的要求，需要预测核电厂投运及电厂寿期内（每隔十年）的人口数量。本项目 3 号机组计划于 2030 年实现商运。核电厂设计寿期为 60 年。由此推算核电厂 3 号机组运行第一年（2030 年）以及寿期内每隔 10 年即 2040 年、2050 年、2060 年、2070 年、2080 年和 2090 年厂址半径 80km 范围内的人口分布。

根据广东省发布的人口长期规划资料《广东省人口发展规划（2017-2030 年）》，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，人口年增长率逐渐下降，到 2027 年之后降到 5‰以下。

对于 2030 年以后增长率，采用《广东省“十二五”人口发展战略研究》中的高方案，即考虑了政策放开后的预测结果，该研究采用双性别确定性动态模型进行人口预测分析，预测数据模型考虑参数主要包括：未来的生育率、死亡率以及人口的迁移，预测时间段为 2011~2050 年，同时，保守取 2050 年以后的增长率与 2050 年一致。预测结果显示，人口年增长率预计从 2031 年的 6.2‰逐年降低至 2050 年的 0.4‰，中间略有波动，但总体趋势

不变。

根据澳门统计暨普查局发布的《澳门人口预测（2021-2036）》，澳门特别行政区人口规模将维持持续增长的态势，但增长速度将逐年放缓。人口年增长率预计在 2026 年之前保持在 9.36‰，2026~2030 年间保持在 8.43‰，自 2031 年起降低至 4.59‰，同时，保守取 2031 年以后的增长率与 2031 年一致。

根据上述预期人口增长率，将 2022 年作为基准年，根据人口增长公式计算各预测年人口：

$$N_{预测年}=N_{2022年}\times(1+P_{2023})\times(1+P_{2024})\times\cdots\cdots\times(1+P_{预测年})$$

式中：$N_{预测年}$—预测年份的人口数；

$N_{2022年}$—本次调查的 2022 年的人口数；

P—对应年的人口预测增长率。

经计算，预测 2030 年台山核电厂 3 号机组投产时，厂址半径 80km 范围内的总人口数为 7462432 人；电厂寿期内 2040 年、2050 年、2060 年、2070、2080 年和 2090 年的厂址半径 80km 范围内的人口数分别为 7869913 人、8098208 人、8130666 人、8163240 人、8195956 人和 8228799 人。

台山核电厂半径 15km 范围内主要为台山市赤溪镇管辖范围，厂址近区主要为山地丘陵和海域滩涂，可居住条件较差，赤溪镇属台山市人口密度相对较低的地区。2022 年，广东省平均人口增长率为 3.33‰，用来预测厂址近区的人口相对具有保守性。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

根据第七次人口普查资料和地方政府提供的资料，给出了厂址半径 80km 和 5km 范围内婴儿（≤1 岁）、儿童（1-7 岁（含 7 岁））、青少年（8-17 岁（含 17 岁））和成人组（17 岁以上）的年龄组比例及 5km 各年龄组人口。

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

根据台山核电厂半径 80km 范围内有关县（市）统计部门收集的城镇及农村居民的饮食消费资料，经统计分析，结果表明，厂址半径 80km 内居民食物消费结构和食物消费习

惯与厂址附近居民基本相同，主食均以大米为主，小麦、杂粮和薯类为辅，副食品主要为蔬菜、水果、肉类、禽蛋和水产品。厂址近区居民消费的大米、蔬菜、肉、水果等农副产品一般为自家生产或从当地集市购买，集市所出售产品则以当地集镇周围农村生产为主，奶产品则主要来自外地奶制品企业生产的成品。近区居民食入的海产品主要为鱼类，其次有部分虾、蟹、贝壳类以及海带紫菜等。食入的海产品绝大多数来源于附近养殖和捕捞海域。其中，青少年及儿童的食物消费量根据《中国居民营养与健康状况调查报告之十-营养与健康状况数据集》（2002）中的青少年、儿童食物消费占成人的比例推算得出。

厂址半径 80km 范围内的农村居民食物消费大部分来自本子区，少部分来自外子区；城镇居民消费的食物大部分由本子区或邻近子区的农村供给，少部分来自较远子区或评价区以外的子区。

2.2.3.3 厂址半径 5km 评价区内居民食谱和生活习惯

为了进一步了解厂址附近居民的饮食习惯，2024 年 1 月相关单位针对厂址附近居民的食物消费情况和生活习性进行了现场调查。

调查结果表明：厂址附近居民食物消费结构和厂址半径 80km 内居民食物消费习惯基本相同，均以大米为主，小麦、杂粮和薯类为辅。副食品主要为蔬菜、水果、肉类、蛋类和水产品。相比而言，其水产品消费量较大。厂址近区居民消费的大米、蔬菜、肉、水果等农副产品一般为自家生产或从当地集市购买，集市所出售产品则以当地集镇周围农村生产为主，奶产品则主要来自外地奶制品企业生产的成品。近区居民食入的海产品主要为鱼类，其次有部分虾、蟹、贝壳类以及海带紫菜等。食入的海产品绝大多数来源于附近养殖和捕捞海域。

针对厂址附近地区各年龄组居民的食谱和生活习惯，主要是通过实地走访调查厂址附近 5km 范围内赤溪镇的钦头村发放调查表，共计回收有效的“居民生活食谱及生活习性调查表”129 份，其中成人组 60 份，青少年组 20 份，儿童组 26 份，婴儿组 23 份。走访对象主要包括农民（回收 39 份调查表）、渔民（回收 21 份调查表）、学生等人群。为满足婴儿组调查表不少于 20 份的要求，现场婴儿组分 3 次进行调查，3 次回收的调查表份数分别为 7 份、8 份和 8 份，由于当地婴儿数量较少，采用分季节多次调查的方法。在对回收的调查表进行统计处理时，考虑当地居民生活习惯和消费情况有一定的相似性，结合现场调查所获取的信息及反馈，参考台山市农村居民的消费情况，给出了厂址附近各居民

组的食物消费量和生活习惯因子。对于婴儿的食谱，考虑婴儿在 0~6 月时全部食入母乳（或配方奶粉），6~12 个月婴儿主要食入母乳（或配方奶粉）与辅食。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用现状及规划

（1）土地利用现状及规划

至 2022 年末，台山市土地总面积 3308.24km^2，其中建成区面积 32.68km^2，总耕地面积 603.43km^2，实际耕地面积 480.59km^2（其中，水田 447.60km^2、旱地 22.88km^2、水浇地 10.11km^2），林业用地面积 1561.40km^2。

根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，至 2035 年，台山市耕地保有量不低于 472.95km^2，其中永久基本农田保护面积不低于 433.60km^2；陆域生态保护红线不低于 516.53km^2；城镇开发边界面积控制在 121.04km^2 以内。

厂址所在的赤溪镇为赤溪半岛，以南峰山为主体，突出崖门口和广海湾中，南边临深海，北边有平原。台山核电厂厂址半径 5km 范围属赤溪镇管辖区域，其陆域多为自然山体，植被丰富，绿化覆盖率高，村庄用地和水旱田地分布在沿海一带。

厂址半径 10km 内，乔木林地面积 140.7ha，占总面积的 76.32%；坑塘水面面积为 9.08ha，占总面积 4.92%；沿海滩涂面积为 9.01ha，占土地总面积 4.89%；水田面积为 5.66ha，占土地总面积 3.07%。工业用地 4.11ha，占土地总面积的 2.23%。

根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，台山核电厂 1、2 号机组所在陆域为工业发展区、拟建 3、4 号机组局部区域目前尚未划定为工业发展区。厂址周围海域主要为工矿通信用海区、渔业用海区和交通运输用海区、海洋生态保护区、游憩用海区。

根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址半径 15km 内主要的海洋规划分区如下：

— 工矿通信用海区。允许盐业、固体矿产开采、油气开采、船舶工业、电力工业、海水综合利用等工业用海，电缆管道、海底隧道、海底场馆等海底工程用海。在未开发利用之前可兼容开放式养殖，浴场，游乐场用海；在开发利用后，有条件兼容人工鱼礁、开放式养殖用海、游乐场用海、路桥和航道用海。坚持节约集约用海，严格论证用海方式合理性，降低对生态系统服务功能、海岸地形的影响。

— 渔业用海区。允许渔业基础设施建设、养殖和捕捞生产等渔业利用，可兼容不影

响渔业用海区主导功能的用海类型。鼓励立体式利用，推广发展生态养殖模式，合理规划养殖规模、密度和结构，保障渔业资源可持续发展。积极防治海水污染，禁止在渔业用海区内进行有碍渔业生产或污染水域环境的活动。除渔业基础设施外，严格限制改变海域自然属性。

— 交通运输用海区。允许港口建设、路桥建设、航运等用海，在未开发利用之前有条件兼容开放式养殖、游乐场和浴场用海。禁止在港区、锚地、航道、通航密集区以及公布的航路内进行与航运无关、有碍航行安全的活动，严禁在航运区内建设其他永久性设施。加强港口综合治理，减少对周边功能区环境影响。维护和改善港口用海区和航运用海区原有的水动力和泥沙冲淤环境。

— 海洋生态保护区。落实生态保护红线管理要求，严守自然生态安全边界，加强人为活动管控，对自然保护地核心保护区和其他区域的开发利用活动实施分类管控。

— 游憩用海区。允许准入旅游基础设施建设、浴场和游乐场用海，有条件兼容开放式养殖、线性工程用海。除旅游基础设施建设用海外，严格限制改变海域自然属性，禁止建设与旅游无关的永久性建筑物。维护重要自然景观和人文景观的完整性和原生性，严格控制占用海岸线、沙滩和沿海防护林。

（2）生态保护红线

根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035年）》，台山核电厂址半径10km陆域范围内的生态保护红线有江门台山曹峰山地方级自然保护区（最近距离厂址西北方位约200m）；厂址半径15km海域范围内的生态保护红线有江门中华白海豚地方级自然保护区（最近距离厂址东南方位约9km）。此外，根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，厂址半径15km海域范围内的生态保护红线有江门台山曹峰山地方级自然保护区（海洋生态保护区），该自然保护区距离厂址东南方位约6km。

- 江门台山曹峰山地方级自然保护区（陆域）位于台山市东南部，保护区共涉及赤溪镇7个行政村，总面积78.01km^2，属于南亚热带季风常绿阔叶林生态系统。该自然保护区位于本工程3号反应堆NNW方位，最近距离约200m；位于本工程厂界NNW方位，最近距离约20m；位于本工程3号冷却塔NNW方位，最近距离约1km。
- 江门中华白海豚地方级自然保护区面积为107.7117km^2。该自然保护区最近距离厂址东南方位约9km。

- 江门台山曹峰山地方级自然保护区（海域）面积为0.2469km^2，位于大襟岛岸线侧，其功能区为生态保护区，保护要求为防止海岸侵蚀。该自然保护区距离厂址东南方位约6km。位于本工程排水口SSE方位，最近距离约5.5km。

《台山市国土空间总体规划（2021-2035年）》中对生态保护红线的管控要求如下：

- 规范管控有限人为活动。严格落实国家及省发布的生态保护红线相关的管控办法及规则，坚持从严管控。自然保护地核心保护区内，原则上禁止人为活动。生态保护红线内自然保护地核心保护区外，禁止开发性、生产性建设活动，在符合法律法规的前提下，仅允许开展对生态功能不造成破坏的有限人为活动。
- 规范国家重大项目占用审批。生态保护红线内，除有限人为活动之外，仅允许国家重大项目占用生态保护红线。涉及生态保护红线的国家重大项目须报国务院批准，且需附省级人民政府出具的不可避让论证意见。

本项目陆域范围不进入江门台山曹峰山地方级自然保护区，其施工期和运行期的污染物排放满足国家标准要求，不会破坏江门台山曹峰山地方级自然保护区的生态功能。

本项目不占用海洋生态红线区域，其施工期和运行期的污染物排放满足国家标准要求，温排水夏季1度冬季2度温升范围不涉及江门中华白海豚地方级自然保护区，其温升不会对白海豚的生活环境产生不利影响。本项目的取排水工程距离江门台山曹峰山地方级自然保护区（海洋生态保护区）较远，项目建设和运行不会对其海岸产生侵蚀影响。

目前，本项目已获取广东省自然资源厅的用地预审与选址意见书（用字第4407812024XS0009S01号）。

（3）环境分区管控单元

《江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）》划定了江门市及台山市环境管控单元及管控要求。其中全市环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控单元三类。

全市共划定陆域环境管控单元77个，其中，优先保护单元33个，总面积2678.19km^2，占比为28.08%，主要涵盖生态保护红线、一般生态空间、饮用水水源保护区、环境空气质量一类功能区等区域，主要分布在北部、西部的皂幕山-天露山生态屏障以及中部古兜山-台山沿海丘陵生态屏障；重点管控单元28个，总面积3870.53km^2，占比为40.57%，主要包括工业集聚、人口集中和环境质量超标区域，主要分布在主城区、潭江走廊和大广海湾沿岸；一般管控单元16个，总面积为2990.50km^2，占比为31.35%，为优先保护单元、重点管控单元以外的区域，主要分布于鹤山北部和西部、新会区东部、台山市中部和恩平

市南部。

全市共划定海域环境管控单元46个，其中优先保护单元26个，总面积1135.19km^2，占海域总面积的23.16%，为海洋生态保护红线；重点管控单元10个，总面积501.11km^2，占海域总面积的10.22%，主要为用于拓展工业与城镇发展空间、开发利用港口航运资源、矿产能源资源的海域；一般管控单元10个，总面积3264.67km^2，占海域总面积的66.61%，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

根据《关于印发《江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）动态更新成果》的通知》（江环〔2024〕116号），江门市生态环境局对《“三线一单”生态环境分区管控方案》进行了动态更新并正式发布。根据动态更新成果，厂址位于台山市重点管控单元2（ZH44078120005）内，厂址北侧为台山市优先保护单元2（ZH44078110011）。厂址东南侧海域为广海湾工业与城镇用海区（HY44070020003），属重点管控单元。本期工程取水口位于大襟岛工业与城镇用海区（HY44070020006），属重点管控单元。本期工程排水口位于广海湾工业与城镇用海区（HY44070020003），属重点管控单元。

本项目位于生态保护红线及饮用水水源保护区外，项目运行后将对低放射性废气进行持续监测和监管，符合区域布局管控要求；本项目已开展水资源论证，将按照行业相关要求切实执行最严格水资源管理制度，提高用水效率，符合能源资源利用管控要求；本项目作为清洁能源，正常运行时不排放常规工业企业的大气污染物，低放射性气载流出物的排放值符合相关法规标准，符合污染物排放管控要求；本项目运行期间将严格按照国家和地方标准进行辐射监测，保障工作人员、周围公众和环境免遭超过国家规定限值的核辐射照射和放射性污染，符合环境风险防控要求。

（4）近岸海域环境功能区划

根据《广东省生态环境厅关于同意调整台山黄茅海局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤府函〔2024〕443号），调整后的近岸海域环境功能区划已获得正式批复。根据已批复的近岸海域环境功能区划，黄茅海海水养殖功能区（1103A）执行二类水质标准，黄茅海工业功能区（1103B）、铜鼓混合功能区（1104）和鱼塘湾、烽火角港口功能区（1105）执行三类水质标准。电厂温排水口附近4℃温升线包络区域、但不超出周围三类功能区的范围，水温不执行海水水质标准。因此，本工程温排水可以满足近岸海域环境功能区划管控要求。

由于本项目土建工程尚未正式开工，厂址区域土地利用现状相对上阶段没有发生变化。

2.3.1.2 水体利用现状

台山市现状供水基础设施主要为地表水源工程，地下水源工程较少。目前台山市地表水源工程主要包括大、中、小型水库。台山市现有大型水库 1 宗，中型水库 10 宗，控制集雨面积 375.55km^2，总库容 59785 万 m^3，兴利库容 37878 万 m^3，有效灌溉面积 42.01 万亩，设计调节水量 32626 万 m^3。现有小（1）型水库 58 宗，集雨面积 286.5km^2，总库容 20569 万 m^3，兴利库容 12209 万 m^3，设计调节水量 15536 万 m^3；小（2）型水库 140 宗，集雨面积 130.7km^2，总库容 5625.15 万 m^3，兴利库容 3563.47 万 m^3，设计调节水量 4414 万 m^3。厂址半径 15km 范围内共有 6 座水库，有中型水库 2 座，为猪鲠潭水库和新松水库，有小（1）型水库 4 座，分别为大坑水库、南村塘水库、鲤鱼水库和小金水库。厂址半径 15km 范围内河流均为流量小，长度短的河流。

厂址附近地区地下水量小，缺乏开发利用远景。台山核电厂不使用地下水资源。

台山市现有引水工程 207 宗，控制集雨面积 340.8km^2，设计引水流量 3.73m^3/s，自流灌溉面积 5.2 万亩，设计年供水量 1382 万 m^3。现有提水工程 128 宗，设计提水流量 28.5m^3/s，灌溉面积 9.16 万亩，设计年供水量 7876 万 m^3。

台山市现有乡镇级以上自来水厂 28 间，其中台北片 5 间，东南片 10 间，西南片 9 间，川岛片 4 间。台城水厂规模最大，设计供水量 12 万 t/d，其余水厂规模普遍较小。设计日供水量万吨以上的水厂仅有 6 座，即台城供水厂，大江镇自来水厂、水步新水厂、四九水厂、海宴水厂、上川北斗水厂。台山市自来水厂设计供水规模总计达 24.91 万 t/d，现状供水规模仅达到 12.65 万 t/d。

由于本项目土建工程尚未正式开工，厂址周边水体利用现状相对上阶段没有发生变化。

2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区

厂址半径 15km 范围内没有国家级、省级、市级、县级等各种级别的文物保护单位，有 5 处未定级文物保护单位，其中距厂址最近的为龙潭摩崖石刻，位于赤溪镇曹冲村龙潭山下的龙潭溪中，厂址 NNE 方位 7.2km 处，已经淹没于水中。该地区主要的风景游览区为黑沙湾旅游区和海角城旅游度假中心，分别位于厂址 SW 方位 7.0km 处和厂址 WSW 方位 10.0km 处，游客主要集中在 5~10 月，年接待游客分别为 10 万人次和 40 万人次。根据《台山市全域旅游发展总体规划（2015-2030）》，以台山市现有的旅游资源、接待能力，

以及着眼未来的发展，到 2025 年，争取实现接待游客总量达到 4030 万人次，旅游总收益达到 450 亿元。到 2030 年，争取实现接待游客总量达到 7600 万人次，旅游总收益达到 900 亿元。

厂址附近有台山赤溪曹峰山县级自然保护区及广东江门中华白海豚省级自然保护区。

曹峰山县级自然保护区位于台山市东南部，保护区共涉及赤溪镇 7 个行政村，总面积 94.59km^2，赤溪曹峰山县级自然保护区是具有一定代表性、典型性和完整性的生物群落与非生物环境所组成的南亚热带季风常绿阔叶林生态系统。自然保护区内有许多珍稀动植物，具有较高的保护价值。现有《国家重点保护野生植物名录(第一批)》II 级保护植物 6 种，分别为华南锥、绣球茜草、金毛狗、樟、花榈木、苦梓。此外，有国家重点保护物种 5 种，其中有国家II级重点保护物种 3 种，分别为褐翅鸦鹃，小鸦鹃，黑翅鸢。另外，还有被列入《濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)》中的植物 6 种，保护区内有“三有”物种 56 种，广东省重点保护物种 5 种，《世界自然保护联盟》（IUCN）2016 年濒危物种红色名录近危物种 1 种，低危物种 59 种，《中国濒危动物红皮书》易危物种 4 种，稀有物种 1 种，《濒危野生动植物物种国际贸易公约》附录 II 物种 1 种。根据《台山赤溪曹峰山县级自然保护区总体规划》（2018 年）。区域内土壤的成土母质比较简单，以花岗岩风化物为主，石英砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩及泥质绢云母页岩、泥质页岩和炭质页岩和含卵砾砂夹黏土等次之。由于花岗岩中石英含量高、颗粒大，抗风化能力强，所以这些石英颗粒大多以沙粒保存在风化物中，花岗岩中的长石及云母则大部分发生强烈的化学风化变成黏粒，因而形成质地疏松、通透性好和含钾丰富的土壤。但因地处北回归线以南，自然植被为南亚热带季风常绿阔叶林，土壤形成的富铁铝化作用处于砖红壤带与红壤带之间，地带性土壤应属赤红壤。本区域的低、中海拔目前受到较严重的人为活动影响，将原生林地改造为经济林或其他用地，部分地表裸露，雨季的土壤流失严重；在高海拔区域保留较多原生森林、灌丛等，在裸露石壁周边也发育有较稳定的灌草群落，雨季水土流失小。区域内主要土壤侵蚀类型为轻度侵蚀和中度侵蚀，微度侵蚀类型占比极少，可忽略不计。侵蚀较强的位置多分布于海岸带沿岸以及湖泊、水库等边缘区域，而建筑用地分布的地方一般不受侵蚀影响。

广东江门中华白海豚省级自然保护区位于大襟岛周边海域，2003 年 12 月 13 日，江门市人民政府批准在该海域建立市级自然保护区；2007 年 1 月 25 日，广东省人民政府批准该保护区晋升为省级自然保护区；2008 年 1 月 21 日，该保护区被列入广东省人大自然

保护区议案建设规划；2008年7月10日，广东省机编办批准成立江门中华白海豚省级自然保护区管理处，为副处级事业单位，负责该保护区的具体管护工作。根据《关于调整江门中华白海豚省级自然保护区范围的函》（粤海渔函〔2009〕116号），经广东省人民政府同意，广东省海洋与渔业局已原则同意对江门中华白海豚省级自然保护区的范围作调整，调整方案按《江门中华白海豚省级自然保护区调整可行性论证报告》推荐的方案执行，完成调整后的面积为107.477km^2，其中核心区42.358km^2、缓冲区25.801km^2、实验区39.318km^2。保护区边缘距厂址3号反应堆中心约6km，距离排水口东南方位最近约5.2km。2011年广东省江门市人民政府发文《关于印发江门市中华白海豚自然保护区管理办法的通知》（江府〔2011〕20号），进一步明确了江门市中华白海豚自然保护区的具体管理办法，这是广东省首个关于中华白海豚保护的规范性文件。2022年3月31日，根据《广东省江门市人民政府关于印发〈广东江门中华白海豚省级自然保护区管理办法〉的通知》（江府〔2022〕9号），在保护区内进行活动，应遵守下列规定：

（1）禁止擅自移动或者破坏保护区界标；

（2）禁止在保护区内进行捕捞，但法律、行政法规另有规定的除外；

（3）海上船舶除执行紧急任务或抢险救灾、救护等特殊情况外，注意减速缓行；

（4）禁止在保护区内建设法律法规规定不得建设的项目或生产设施；

（5）限制或者禁止其他影响中华白海豚栖息生存环境的活动。

根据《广东省自然资源厅、广东省林业局关于印发〈广东省自然保护地规划（2021-2035年）〉的通知》（2021年12月）和《江门市自然资源局关于印发〈江门市自然保护地规划（2022-2035年）〉的通知》（江自然资〔2023〕585号，2023年8月），在2025年底前，将基本完成自然保护地的整合优化。整合后的江门中华白海豚地方级自然保护区面积为107.7117km^2、整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区面积为78.0139km^2。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产概况

2.3.2.1.1 基本情况

（1）陆地及耕地

台山核电厂厂址为滨海厂址，评价区范围内约一半面积为海域，陆地部分多为丘陵山

地，并且随着厂址周围各镇经济技术开发区建设规模的不断扩大，耕地数量逐渐减少。厂址所在赤溪镇土地总面积 418605 亩，其中总耕地面积 31853 亩、林业用地面积 252030 亩。

（2）农作物情况

厂址周围地区粮食作物为一年三熟。粮食作物品种主要有稻谷、小麦、玉米、大豆和薯类。蔬菜作物主要为白菜、菠菜、芹菜、韭菜、茄子等。油料作物主要是花生和少量的芝麻。水果品种较多，有香蕉、柑、桔、橙、荔枝、龙眼等。

2.3.2.1.2 主要农产品生产情况

本节中仅按粮食、蔬菜、水果、油料等大类对作物进行统计。

台山核电厂厂址半径 15km 范围内（2022 年）：

— 赤溪镇粮食种植面积为 56836 亩，年产量 22201t；水果收获面积为 1869 亩，产量 3515t；

— 都斛镇粮食种植面积为 87898 亩，年产量 36111t；水果收获面积为 2778 亩，产量 1565t；

— 斗山镇粮食种植面积为 92553 亩，年产量 37587t；水果收获面积为 2058 亩，产量 4092t。

离厂址最近的农田为龙颈村农田，主要种植稻谷、薯类、油料作物等。台山核电厂址半径 10km 范围内无大片农场、牧场，也无奶牛场和奶羊场。

厂址半径 80km 范围内各子区粮食、薯类、蔬菜、水果、油料的种植面积和年产量见附录 B.2。

2.3.2.1.3 农作物及农产品消费和销售情况

台山市是传统农业大市，蔬菜和水果种植业比较发达，如冲蒌“青皮冬瓜”外销到江苏、浙江、山东、北京、上海等地，青椒、黑豆、菜花、凉瓜等大量四季时菜，除供应本市外，还销往深圳、珠海、江苏、浙江等地；荔枝、龙眼等销往江苏、浙江上海等地。此外，台山市生产的“珍香”大米销往珠三角和香港等地。

2.3.2.2 副业生产概况

厂址周围地区的畜牧业以圈养为主、放牧为辅，饲养种类主要是猪、牛、羊、兔和鸡、

鸭等家禽。猪和家禽主要为家庭式饲养，是厂址地区周围绝大多数农户的副业。大牲畜以水牛、黄牛为主，多为役畜，评价区基本无奶牛饲养。

厂址周围地区生产的肉类主要是猪肉和家禽肉，另有少量的牛、羊肉及兔肉。厂址半径 10km 范围内有台山市赤溪镇通用养殖场，位于 3 号反应堆 N 方位 8.5km，2022 年有肉鹅存栏量 23000 只。

2.3.2.3 其他陆生资源概况

2.3.2.3.1 林业资源

台山市在北回归线以南，夏不酷热，冬无严寒，阳光充足，雨量充沛，适宜林业生产，且中低丘陵遍布境内，宜林面积达 161000ha，占全市陆地总面积的 52.6%。其中海拔 500m 以上的山地有 3820ha，海拔 300m 至 500m 的山地有 16813ha，海拔 300m 以下的山地有 140393ha。2022 年，台山市森林总面积 154610ha，林业用地 156140ha，森林覆盖率约 47%，林木绿化率约 49%。

2.3.2.3.2 矿产资源

台山资源丰富。历史上曾有过金、锡、铁采炼，现已探明矿藏有 26 种，其中石灰石、花岗岩、硅砂（玻璃砂）、石英石、水晶、绿柱石、煤矿、锡矿、钨、金矿、黄铁矿等，储量大，开采价值较高。

台山市的矿产资源以非金属矿为主，除建材矿产外，多为小型矿床和矿点。非金属矿产主要有：石灰石、花岗岩、硅砂（玻璃砂）、石英石、水晶、绿柱石和煤矿。金属矿产主要有锡矿、钨矿、金矿和黄铁矿。

根据台山市自然资源局提供资料，台山核电厂半径 15km 范围内有办理采矿许可证的矿山 2 处：

1、江门市合峰石业有限公司台山市赤溪镇长安村罗卜坑高梁顶石场，位于台山市赤溪镇长安村罗卜坑高梁顶，出让总储量 7601.36 万 m^3，其中建筑用花岗岩 4493.2 万 m^3，目前正在办理安全生产许可手续，未开采生产，采矿企业职工人数 10 人。该矿区位于厂址 WNW 方位约 7.5km 处。

2、中电建（台山）绿色建材有限公司台山市赤溪镇蕉湾顶石场，位于台山市赤溪镇铜鼓村蕉湾顶，出让总储量 23217.21 万 m^3，其中建筑用花岗岩 18235.72 万 m^3，目前正在

办理安全生产许可手续，未开采生产，采矿企业职工人数 19 人。该矿区位于厂址 SW 方位约 8km 处。

根据《江门市矿产资源总体规划（2021~2025 年）》，赤溪镇矿产资源规划情况如下：

1、“台山赤溪花岗岩备选开采区”(CS02)：面积 21.77km^2，主要矿产为建筑用花岗岩，江门市合峰石业有限公司台山市赤溪镇长安村罗卜坑高梁顶石场和中电建（台山）绿色建材有限公司台山市赤溪镇蕉湾顶石场均设置在“台山赤溪花岗岩备选开采区”内。

2、空白区新设规划区块 2 个，分别为：

(1)“广东省台山市赤溪狐咀建筑用花岗岩”规划区块(JM032)，面积 0.55km^2，开采矿种建筑用花岗岩；

(2)“广东省台山市赤溪建筑用花岗岩”规划区块(JM037)，面积 1.48km^2，开采矿种建筑用花岗岩。

2.3.2.4 陆生生态系统概况

专题单位于 2024 年 4 月在台山核电厂 3、4 号机组半径 10km 范围内开展陆域生态环境现状的调查，于 2024 年 2 月进行冬季鸟类的观测。调查范围涉及台山市的赤溪镇赤溪圩、长安村、铜鼓村、北门村、渡头村、曹冲村等区域。

根据《台山核电厂 3、4 号机组陆域生态环境调查报告》（2024 年 8 月），厂址半径 10km 范围生态环境状况优，植被覆盖度高、生物多样性丰富，生态系统稳定。本节给出了厂址半径 10km 范围内的陆生生态环境状况。

2.3.2.4.1 植被特点

（1）区域植被类型

调查范围植被类型划分为自然植被和人工植被，其中，自然植被分类采用植被型组、植被型、植被亚型、群系和群丛 5 级分类单元，共划分为 2 个植被型组（森林、灌丛），7 个植被型（常绿针叶林、针阔叶混交林、常绿阔叶林、季雨林、红树林、常绿阔叶灌丛、肉质刺灌丛）、8 个植被亚型（暖性常绿针叶林、暖性针阔叶混交林、季风常绿阔叶林、半常绿季雨林、海滩红树林、海岸半红树林、热性常绿阔叶灌丛、热带海滨沙滩刺灌丛）、12 个群系（马尾松林、马尾松+大头茶林、大头茶林、粘木+大头茶林、白楸林群系、潺槁木姜子林群系、岭南山竹子林、无瓣海桑林、黄槿林、岗松灌丛、酒饼簕灌丛、露兜树

灌丛）和17个群丛；人工植被采用植被型组、植被型、群系和群丛4级分类单元，共划分为1个植被型组（人工乔木林）、4个植被型（人工针叶林、人工阔叶林、果园、粮食作物）、7个群系（湿地松林、桉树林、大叶相思林、台湾相思林、木棉+大果榕林、荔枝林、水稻田）和9个群丛。

1）区域植物关键种、建群种、优势种及特有种

— 关键种：就区域实际而言，陆地主要生态系统经近自然地演替，形成如今稳定的植物组成和群落。这过程基本属于自然演替，并未发生关键物种制约的情况。调查结果显示，区域内未发现十分特别的关键物种。

— 建群种、优势种：区域内陆地生态系统的主体是森林生态系统，区域内主要的乔木群落建群种有马尾松、大头茶、粘木、白楸、岭南山竹子、无瓣海桑、黄槿、湿地松、桉树、大叶相思、台湾相思、荔枝、大果榕等13种，灌木群落建群种有岗松、酒饼簕、露兜树等3种，另外在海岸生境有局部典型群落的建群种，如血桐、海杠果。群落优势种在群落高度结构上有较明显的差异，从高度上划分为乔木层、灌木层和草本层3个群落生态位的差异，乔木层优势种主要有山乌桕、竹节树、山油柑、密花树、大叶黄杨、凹叶红豆、厚皮香、革叶铁榄、楝叶吴萸、假苹婆、紫弹树、五列木、白颜树、亮叶猴耳环、簕欓花椒、榕树等16种；灌木层优势种有楔基腺柃、豺皮樟、黑叶谷木、狗骨柴、鲫鱼胆、许树、石斑木、紫玉盘、九节、桃金娘等10种；草本层优势种有乌毛蕨、芒萁、芒、鹧鸪草、扇叶铁线蕨、半边旗、老鼠簕、卤蕨、鳞籽莎、毛果珍珠茅、砂滨草、水稻等12种。

— 特有种：台山区域特有种有3种，为江门冬青、台山圆唇苣苔和台山仙茅。

2）自然植被与人工植被情况

— 自然植被：调查区内的自然植被主要有以马尾松、大头茶为建群种的针叶林；以粘木、白楸、潺槁木姜子为主要建群种的阔叶林；以岭南山竹子、竹节树、山乌桕主要为建群种的季雨林；以无瓣海桑、黄槿为主的红树林；以岗松、酒饼簕、露兜树为主的灌丛。

— 人工植被：调查区现状植被人工植被主要为湿地松林、桉树林、大叶相思林、台湾相思林、各种农作物群落、木本栽培植被等，它们的具体分布除受自然条件所控制外，还深受人类经营目的、习惯的制约。如今村庄的丘陵缓坡地以各种木本经济林（园）、果园、竹林和坡地旱地作物群落为主。灌丛、草丛也多为人类破

坏后所形成的次生类型；就是残存的各种次生阔叶林也与人类活动历史有关。

（2）植被特点

厂址所处的台山市地处北回归线以南，地带性植被为南亚热带季风常绿阔叶林。区域内广泛分布的群系为大头茶林、岗松灌丛、湿地松林和桉树林，其他群系分布较零散，如白楸林、潺槁木姜子林、岭南山竹子林、无瓣海桑林、黄槿林、露兜树林、大叶相思林和台湾相思林等，均体现出区域植物区系特色。

本区域的低、中海拔目前受到较严重的人为活动影响，将原生林地改造为经济林或其他用地，部分地表裸露，雨季的土壤流失严重；在高海拔区域保留较多原生森林、灌丛等，在裸露石壁周边也发育有较稳定的灌草群落，雨季的水土流失小。

调查区域内记录有苔藓植物 6 纲 22 科 37 属 47 种，优势科有灰藓科、锦藓科、丛藓科、羽藓科、白发藓科、真藓科、凤尾藓科、珠藓科等。维管束植物 153 科 523 属 824 种，其中，蕨类植物 18 科 31 属 46 种，裸子植物数量 4 科 7 属 9 种，被子植物 131 科 485 属 769 种，优势科有樟科、大戟科、茜草科、壳斗科、叶下珠科、锦葵科、唇形科、芸香科、冬青科、禾本科、莎草科等，区域种子植物区系性质表现出非常强烈的热带性特征，调查区域植物多样性丰富。

经调查和资料查阅，厂址半径 10km 范围内共发现重点保护野生植物 14 种，均为 II 级保护，为福建观音座莲、金毛狗、罗汉松、墨兰、四药门花、凹叶红豆、韧荚红豆、茸荚红豆、软荚红豆、亮毛红豆、华南锥、土沉香、绣球茜和苦梓；广东省重点保护植物 3 种，为猪笼草、芳香石豆兰和小果柿；濒危植物有 4 种，其中 CR 级有 1 种，为小果柿；EN 级有 1 种，为纤花冬青；VU 级有 2 种，为土沉香和四药门花。距离厂址最近的国家二级保护植物为亮毛红豆，位于厂界北侧 0.6km 处山坡上。该植物距离厂界较远，厂区内的正常施工作业不会对其产生影响。2024 年 4 月在台山核电厂厂址中心半径 10km 范围内开展了陆域生态环境现状的调查，此次调查发现并记录保护植物 10 种。厂址中心半径 10km 范围内有记录广东省古树名木 4 株，为 3 株榕树，1 株木棉。

重点保护野生植物大多在厂址范围 5km 以外，厂址近区极少量分布，故总体而言，本项目施工和运行对重点保护野生植物不会产生大的影响，古树距离厂址位置均在 10km 左右，距离较远，本项目施工和运行对古树名木无影响。

2.3.2.4.2 陆域脊椎动物

针对调查区开展了冬季（2024 年 2 月）和春季（2024 年 4 月）的两次调查，记录陆生脊椎动物 79 种，包括鸟类 60 种、兽类 5 种、两栖类 5 种、爬行类 9 种。

（1）两栖纲

调查区域内共记录两栖类动物 5 种，分属 1 目 5 科。其中广东省重点保护动物 1 种，即沼水蛙。无国家重点保护动物。其他 3 种为黑眶蟾蜍、泽陆蛙、饰纹姬蛙。项目评价区无国家重点保护两栖类，广东省重点保护动物沼水蛙为偶见种。

（2）爬行纲

调查区域内共记录两栖动物种有 9 种，分属 1 目 5 科，分别为黄斑渔游蛇、铜红脖颈槽蛇、滑鼠蛇、舟山眼镜蛇、银环蛇、变色树蜥、中国壁虎、中国石龙子、南草蜥。评估区域内可能出现的受保护物种有：银环蛇（中国物种多样性红色名录“濒危”）、舟山眼镜蛇（中国生物多样性红色名录“易危”，IUCN 濒危物种红色名录 VU）。根据文献资料记载的物种地理分布，结合访问调查的结果，推测评估区域内可能出现的受保护爬行类物种有：银环蛇（中国生物多样性红色名录“濒危”）和舟山眼镜蛇（中国生物多样性红色名录“易危”，IUCN 濒危物种红色名录 VU）。

（3）鸟纲

2024 年冬季调查记录到鸟类共 11 目 33 科 55 种。其中冬候鸟 14 种，留鸟 41 种。评估区域冬季鸟类以留鸟为主（74.55%），常见留鸟为红耳鹎、白头鹎、麻雀、黑脸噪鹛、八哥、白鹭。冬候鸟是次优势类群（25.45%），水田、养殖水塘和海岸滩涂湿地是其主要栖息地。常见冬候鸟有：黑腹滨鹬、环颈鸻、灰鸻、北红尾鸲等，评估区域为其越冬或停歇地。按照鸟类地理区系，可将评估区域鸟类划分为东洋型 27 种，古北型 3 种，广布型 25 种。东洋型代表种类为白鹭、家燕以及黑脸噪鹛等；古北型种类为北红尾鸲、黄腰柳莺和树鹨。

2024 年春季调查记录到鸟类共 7 目 26 科 44 种。其中夏候鸟 2 种，留鸟 39 种。评估区域春季鸟类以留鸟为主（88.63%），其中以红耳鹎、白头鹎、麻雀、八哥、白鹭、池鹭最为常见。常见夏候鸟有黑卷尾和噪鹛，森林和养殖水塘是其主要栖息地。按照鸟类地理区系，可将评估区域鸟类划分为东洋型 26 种，广布型 18 种。东洋型代表种类为白鹭、家燕以及黑脸噪鹛等。本次调查记录到国家二级重点保护野生鸟类褐翅鸦鹃和松雀鹰。广东省重点保护鸟类 8 种，分别为反嘴鹬、黑翅长脚鹬、红腹滨鹬、黑腹滨鹬、白鹭、斑姬啄木鸟、池鹭和中白鹭。其中，反嘴鹬、黑翅长脚鹬、红腹滨鹬、黑腹滨鹬为冬候鸟。

（4）哺乳纲（兽类）

调查区内常见哺乳类有 5 种，隶属于 2 目 3 科。其中，东洋界兽类 4 种，占总数的 80.00%；属于古北界的有 1 种，占总数的 25.00%。评估区域主要生境类型为农田（包括水田、鱼塘、种植园）和次生林，人类活动频繁，未发现大型兽类。调查样带区域常见的陆栖哺乳动物区系成分中以南方类型为主，古北界成分与东洋界成分相互渗透，但以东洋界成分占优势，区系成分具有明显的亚热带特色。调查中未发现国家级或省级保护物种。普通伏翼和褐家鼠主要分布于居民区，农田兽类以黄胸鼠为主。红颊长吻松鼠和赤腹松鼠栖息于低海拔的杂木林。

（5）野生保护或珍稀濒危、特有动物

调查区内分布有国家二级重点保护动物 2 种（褐翅鸦鹃、松雀鹰）、广东省重点保护动物 9 种（反嘴鹬、黑翅长脚鹬、红腹滨鹬、黑腹滨鹬、白鹭、斑姬啄木鸟、池鹭、中白鹭和沼水蛙），均为现场观察到的种类。列入《中国生物多样性红色名录》受威胁物种 2 种（银环蛇（濒危）、舟山眼镜蛇（易危）），列入 IUCN 受威胁物种红色名单受威胁物种的有 1 种，即舟山眼镜蛇 VU（Vulnerable）。银环蛇和舟山眼镜蛇均为根据资料记载结合生境特点推断有可能出现的种类。

调查区位于东亚-澳大利西亚候鸟迁徙路线上，具有为越冬候鸟提供觅食场所和停歇地的作用。因此，在施工和生产过程中，都需要注意维护沿海岸沙地、滩涂、红树林，以及近海次生林地和农田生境的完整性和健康性。同时，应当严格遵守国家和广东省有关野生动物管理和保护的各项规定，并协助当地林业和渔业部门，推行野生动物保护措施。

厂址半径 10km 范围内有较多鸟类和蛙分布，本项目施工期间的噪声可能会对保护动物产生影响，后续建设单位应注重保护。

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.3.1 水产资源

台山核电厂西南方向的川山群岛周围渔场是渔民生产作业的主要海洋捕捞海域，主要分布在川山群岛周围及靠近外海水域，其中较为闻名的有沙堤口与沙堤外海渔场。台山水产资源丰富，计有各种鱼类 800 多种。虾类、贝类、藻类等资源也相当丰富。海洋中常见的主要经济鱼类有鳌鱼、大黄鱼（黄花）、白花鱼、带鱼、黄皮头、马鲛、池鱼、黄泽、

金线鱼（红三、刀鲤）、犬鱼、鱼、马鲛、马鲅、黑鲳、白鲳、鲨鱼、海鳗（门鳝）、海鲶（赤鱼）、鲣鱼；虾类有火虾、黄虾（对虾）、沙虾、白虾、龙虾等。可供海水养殖的主要经济鱼类、贝类、藻类有鲻鱼（乌耳）、黄鳍鲷、鲈鱼、印鱼、对虾、青蟹、牡蛎（蚝）、青螺、珍珠贝、泥蚶（瓦碌）、毛蚶（毛碌）、白蚬、扇贝、紫菜、石花菜（胶菜）等。海珍品有海参、鲍鱼、海胆。

2022 年，台山市水产品养殖面积为 431032 亩，其中海水养殖 271527 亩、淡水养殖 159505 亩。水产品总产量 421503t，其中海水养殖 265391t、淡水养殖 156112t。赤溪镇水产品总产量为 43888t，其中海洋捕捞 1017t，海水养殖 21380t，淡水养殖 21491t。海洋捕捞的主要种类为鱼类、虾类、蟹类。海水养殖分为海上养殖和滩涂养殖，种类有：鱼、对虾、蚝、贻贝等。

根据调查，厂址附近海域养殖区主要分布在角咀东北海域。角咀东北海域主要养殖蚝。此外，厂址东侧和东北侧附近海域和大襟岛北侧海域也有部分水面养殖蚝类。

2.3.3.2 海域生态概况

国家海洋环境监测中心于 2023~2024 年在厂址半径 15km 范围内海域开展了 4 个季度的海洋生态调查。4 次调查均布设 16 个调查站位。

生态调查时间：秋季：2023 年 11 月；冬季：2024 年 1 月；春季：2024 年 4 月；夏季：2024 年 7 月。

2.3.3.2.1 叶绿素 a

冬季：调查海域各站海域表层叶绿素 a 最大值为 7.03μg/L，最小值为 0.79μg/L，平均值为 2.91μg/L（n=16）表层最大值出现在 5 号站，最小值出现在 11 号站。底层叶绿素 a 最大值为 4.43μg/L，最小值为 0.98μg/L，平均值为 2.60μg/L（n=7）底层最大值出现在 24 号站，最小值出现在 19 号站。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层。

秋季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 9.29μg/L，最小值为 1.67μg/L，平均值为 3.40μg/L（n=16）。表层最大值出现在 1 号站，最小值出现在 24 号站。底层叶绿素 a 最大值为 3.27μg/L，最小值为 1.57μg/L，平均值为 2.15μg/L（n=5）。底层最大值出现在 22 号站，最小值出现在 24 号站。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层。

春季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 6.32μg/L，最小值为 0.86μg/L，平均值为 3.47μg/L（n=16）。表层最大值出现在 10 号站，最小值出现在 19 号站。底层叶绿素 a 最大值为 5.85μg/L，最小值为 0.59μg/L，平均值为 3.04μg/L（n=6）。底层最大值出现在 1 号站，最小值出现在 19 号站。叶绿素 a 垂向分布表现为表层>底层。

夏季：调查海域表层叶绿素 a 最大值为 61.9μg/L，最小值为 5.42μg/L，平均值为 32.80μg/L（n=16）。表层最大值出现在 19 号站，最小值出现在 5 号站。底层叶绿素 a 最大值为 82.9μg/L，最小值为 9.00μg/L，平均值为 37.33μg/L（n=6）。底层最大值出现在 19 号站，最小值出现在 15 号站。叶绿素 a 垂向分布表现为底层>表层。

2.3.3.2.2 初级生产力

冬季：调查海域初级生产力最大值为 815.93mgC/m^2·d，最小值为 9.65mgC/m^2·d，平均值为286.08mgC/m^2·d（n=16）最大值出现在 24 号站，最小值出现在 11 号站。

秋季：调查海域初级生产力最大值为 794.02mgC/m^2·d，最小值为 50.55mgC/m^2·d，平均值为283.03mgC/m^2·d（n=16）最大值出现在 1 号站，最小值出现在 11 号站。

春季：调查海域初级生产力最大值为 1321.68mgC/m^2·d，最小值为 161.26mgC/m^2·d，平均值为 524.03mgC/m^2·d。最大值出现在 15 号站，最小值出现在 7 号站。

夏季：调查海域初级生产力最大值为 4887.82mgC/m^2·d，最小值为 0mgC/m^2·d，平均值为 1783.53mgC/m^2·d。最大值出现在 10 号站，最小值出现在 1、5、6 号站。

2.3.3.2.3 浮游植物

（1）浮游植物种类

台山核电厂邻近水域地处岛屿众多，海洋环境条件复杂，具有典型的河口区水文特征。调查海域属热带–亚热带的典型海区，浮游植物以沿岸暖水性种为主，热带种群区系特征较为明显。

冬季调查共鉴定出浮游植物 3 大类69 种。其中，硅藻 59 种，占 85.5%；甲藻 9 种，占 13.0%，定鞭藻 1 种，占 1.5%。

秋季调查共鉴定出浮游植物 2 大类 17 种。其中，硅藻 12 种，占 70.6%；甲藻 5 种，占 29.4%。

春季调查共鉴定出浮游植物2门17种。其中，硅藻12种，占70.6%；甲藻5种，占29.4%。

夏季调查共鉴定出网采浮游植物 3 门 33 种，其中，硅藻 28 种，占 84.9%；甲藻 4 种，占 12.1%，蓝藻 1 种，占 3%。

（2）浮游植物生物量及分布

冬季调查海域浮游植物的密度较高，调查区内各站位浮游植物细胞数量平面分布差异较大，其波动范围在（4.55~2481.09）×10^4cells/m^3 之间。细胞数量最大值出现在 05 号站 2481.09×10^4cells/m^3，最小在 24 号站 4.55×10^4cells/m^3，浮游植物细胞数量平均为 353.05×10^4cells/m^3。各站位浮游植物种类数较多，其波动范围在 2-38 种之间，种类数最多的站位为 20 号站位，种类数最少的站位为24 号站位，调查海域各站位浮游植物种类数平均为 12 种。

秋季调查区内各站位浮游植物细胞数量平面分布差异较大，其波动范围在（0.34~397.32）×10^4cells/m^3 之间。细胞数量最大值出现在 07 号站 397.32×10^4cells/m^3，最小在 24 号站 0.34×10^4cells/m^3，浮游植物细胞数量平均为 65.47×10^4cells/m^3。各站位浮游植物种类数较少，其波动范围在 1~4 种之间，种类数最多的站位为 07 号站位，种类数最少的站位为 12、14、15、16、23 和 24 站位，仅为 1 种。

春季调查区内各站位浮游植物细胞数量较低，处于海区正常波动范围。调查海域浮游植物细胞数量的平面分布差异较大。浮游植物细胞数量波动范围在（1.98~273.76）×10^4 cells/m^3之间。细胞数量最大值出现在07号站273.76×10^4 cells/m^3，最小在22号站1.98×10^4 cells/m^3，浮游植物细胞数量平均为74.83×10^4 cells/m^3。

夏季调查区内各站位浮游植物细胞数量较高，属于正常范围。调查海域浮游植物细胞数量的平面分布差异较大。调查区内各站位浮游植物细胞数量在（161.96~27665.44）×10^4 cells/m^3 之间。细胞数量最大值出现在 12 号站 27665.44×10^4 cells/m^3，最小在 22 号站 161.96×10^4 cells/m^3，浮游植物细胞数量平均为 8854.20×10^4 cells/m^3。

（3）浮游植物优势种及分布

冬季调查海域浮游植物的优势种为聚生角毛藻（Chaetoceros socialis）、夜光藻（Nocitiluca scintillans）、格式圆筛藻（Coscinodis cusgranii）和塔形冠盖藻（Stepharopyxis turris），优势度分别为 0.111、0.026、0.044、0.021 和 0.021。

秋季调查海域浮游植物优势种出现了 1 种，为热带骨条藻（Skeletonema tropicum），优势度为0.501。

春季调查海域浮游植物的优势种有 3 种，分别为格式圆筛藻（Coscinodiscus granii）、

夜光藻（Nocitiluca scintillans）和哈德掌状藻（Palmeria hardmaniana），优势度分别为 0.713、0.039 和 0.023。

夏季调查海域浮游植物的优势种有 3 种，分别为中肋骨条藻（Skeletonma costatum）、劳氏角毛藻（Chaetoceros lorenzianus）和热带骨条藻（Skeletonema tropicum），优势度分别为 0.565、0.235 和 0.152。

（4）浮游植物生物多样性指数及均匀度

冬季调查各站位生物多样性指数、丰富度指数、优势度指数以及均匀度指数范围分别为 0.29~4.39、0.06~1.82、0.07~0.91 和 0.19~0.85。优势度指数平均为 0.36。多样性指数平均为 2.27。均匀度平均为 0.66。丰富度指数平均为 0.56。总的来说本海域生物多样性指数和均匀度指数较高，反映出浮游植物生物多样性较高，各种类间个体分布程度均匀，稳定性好。所调查海区个别站位藻类细胞数量较高，属正常水平。

秋季调查各站位生物优势度指数范围为 0.33~1，多样性指数范围为 0~1.58，均匀度范围为 0~1，丰富度指数范围为 0~0.15。优势度指数平均为 0.81。多样性指数平均为 0.47。均匀度平均为 0.34。丰富度指数平均为 0.06。总的来说本海域生物多样性指数和均匀度指数偏低，反映出浮游植物生物多样性偏低，各种类间个体分布程度均匀，稳定性一般。所调查海区各站位藻类细胞数量处于海区正常波动范围内。

春季调查各站位生物优势度指数范围为 0.26~0.79，多样性指数范围为 0.54~2.30，均匀度范围为 0.39~0.90，丰富度指数范围为 0.07~0.39。优势度指数平均为 0.54。多样性指数平均为 1.33。均匀度平均为 0.61。丰富度指数平均为 0.21。总体来看，调查海域浮游植物多样性指数较低，其生境等级为一般。

夏季调查各站位生物优势度指数范围为 0.36~0.70，多样性指数范围为 0.99~1.79，均匀度范围为 0.30~0.85，丰富度指数范围为 0.07~0.61。优势度指数平均为 0.50。多样性指数平均为 1.34。均匀度平均为 0.49。丰富度指数平均为 0.29。总体来看，调查海域浮游植物多样性指数较低，其生境等级为一般。

2.3.3.2.4 浮游动物

（1）浮游动物种类

冬季调查共鉴定出浮游动物十大类 78 种（类），浮游动物种类组成主要是亚热带种，以暖水近岸种为主体，伴有暖水外海种，生态属性为暖水近岸群落。

秋季调查共鉴定出浮游动物 13 大类 92 种（类），浮游动物主要种类有小拟哲水蚤(Paracalanus parvus)、亚强次真哲水蚤(Subeucalanus subcrassus)和微驼隆哲水蚤(Acrocalanus gracilis)。浮游动物种类组成主要是亚热带种，以暖水近岸种为主体，伴有暖水外海种，生态属性为暖水近岸群落。

春季调查共鉴定出浮游动物十一大类 72 种（类），浮游动物种类组成主要是亚热带种，以暖水近岸种为主体，伴有暖水外海种，生态属性为暖水近岸群落。

夏季调查共鉴定出浮游动物七大类 57 种（类），浮游动物种类组成主要是亚热带种，以暖水近岸种为主体，伴有暖水外海种，生态属性为暖水近岸群落。

（2）浮游动物栖息密度及生物量

冬季调查海域浮游动物总个体密度 I 型网和II型网均较大，数量相差 2 个数量级。I 型网浮游动物平均数量为 306ind./m^3，各站位数量波动范围在（22~2343）ind./m^3 之间，II 型网浮游动物平均数量为 20584ind./m^3，各站位数量波动范围在（275~78444）ind./m^3 之间，调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布。调查海域 I 型网浮游动物平均种类数为 12ind./站；II型网浮游动物平均种类数为 19ind./站。调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。

秋季调查海域浮游动物总个体密度 I 型（大网）和II型（中网）数量差异较大，相差 2 个数量级。I 型网大型浮游动物数量平均为 571ind./m^3，各站位数量波动范围在 50~2059ind./m^3 之间，II型网中、小型浮游动物数量平均为 10477ind./m^3，各站位数量波动范围在 340~41465ind./m^3 之间，调查海域浮游动物个体密度呈斑块状分布。调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南方海域浮游动物种类组成单纯的特征。

春季调查浮游动物个体密度分布呈斑块状，海域浮游动物总个体密度 I 型网和II型网均较大，数量相差 2 个数量级，I 型网浮游动物和II型网浮游动物总平均数量分别为 874ind./m^3 和 19699ind./m^3，波动范围分别在（61~7350）ind./m^3 之间和（3502~125005）ind./m^3 之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 72mg/m^3，各站位生物量波动范围在（10~550）mg/m^3 之间。调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。

夏季调查海域浮游动物个体密度分布呈斑块状，浮游动物总个体密度 I 型网和II型网均较大，数量相差 2 个数量级，I 型网浮游动物和II型网浮游动物总平均数量分别为 313ind./m^3 和 20945ind./m^3，波动范围分别在（33~1030）ind./m^3 之间和（156~58894）ind./m^3

之间。调查海域浮游动物生物量平均值为 37mg/m^3，各站位生物量波动范围在（8~100）mg/m^3 之间。调查海域浮游动物的种类组成基本反映出我国南海北部近岸海域浮游动物种类生物多样性较高的特征。

（3）浮游动物优势种及分布

冬季调查浮游动物优势种有短角长腹剑水蚤（Oithona brevicornis）、强额拟哲水蚤（Paracalanus crassirostris）、肥胖箭虫（Sagitta enflata）、丹氏纺锤水蚤（Acartia danae）、小拟哲水蚤（Paracalanus parvus）、异体住囊虫（Oikopleura dioica）、简长腹剑水蚤（Oithona simplex）和长尾基齿哲水蚤（Clausocalanus furcatus）。浮游动物种类组成主要是亚热带种，以暖水近岸种为主体，伴有暖水外海种，生态属性为暖水近岸群落。

秋季调查浮游动物优势种有小拟哲水蚤（Paracalanus parvus）、亚强次真哲水蚤（Subeucalanus subcrassus）和微驼隆哲水蚤（Acrocalanus gracilis）。浮游动物种类组成主要是亚热带种，以暖水近岸种为主体，伴有暖水外海种，生态属性为暖水近岸群落。

春季调查海域浮游动物优势种有肥胖三角溞（Evadne tergestina）、鸟喙尖头蚤（Penilia avirostris）、异体住囊虫（Oikopleura dioica）、瘦尾胸刺水蚤（Centropages tenuiriemis）、小纺锤水蚤（Acartia negligens）、肥胖箭虫（Sagitta enflata）、小拟哲水蚤（Paracalanus parvus）、短角长腹剑水蚤（Oithona brevicornis）、多型圆囊溞（Podon polyphemoides）、长尾基齿哲水蚤（Clausocalanus furcatus）和强额拟哲水蚤（Paracalanus crassirostris）。

夏季调查海域浮游动物优势种有丹氏纺锤水蚤（Acartia danae）、强额拟哲水蚤（Paracalanus crassirostris）、长尾基齿哲水蚤（Clausocalanus furcatus）、短角长腹剑水蚤（Oithona brevicornis）、小拟哲水蚤（Paracalanus parvus）、异体住囊虫（Oikopleura dioica）和中华异水蚤（Acartiella sinensis）。

（4）浮游动物生物多样性指数

冬季调查海域I型网浮游动物多样性指数平均为2.994，各站位波动范围在 1.500~4.958 之间；均匀度指数平均值为 0.934，各站位波动范围在 0.865~1.000 之间；丰富度指数平均范围在 0.041~0.375 之间。调查海域II型网浮游动物多样性指数平均值为 3.301，各站位波动范围在 2.041~4.468 之间；均匀度指数平均值为 0.794，各站位波动范围在 0.582~0.967 之间；丰富度指数平均为 1.346，各站位波动范围在 0.668~1.775 之间；优势度指数平均值为 0.170，各站位波动范围在 0.059~0.435 之间。

秋季调查海域大型浮游动物多样性指数平均为 3.32，各站位波动范围在 2.37~4.33 之

间；均匀度指数平均值为 0.76，各站位波动范围在 0.58~0.92 之间。调查海域中、小型浮游动物多样性指数平均值为 3.10，各站位波动范围在 2.13~3.97 之间；均匀度指数平均值为 0.70，各站位波动范围在 0.52~0.92 之间。

春季调查海域 I 型网浮游动物多样性指数平均为 3.062，各站位波动范围在 1.627~4.063 之间；均匀度指数平均值为 0.841，各站位波动范围在 0.701~0.971 之间；丰富度指数平均为 1.473，各站位波动范围在 0.553~3.283 之间；优势度指数平均值为 0.173，各站位波动范围在 0.088~0.397 之间。调查海域II型网浮游动物多样性指数平均值为 3.060，各站位波动范围在 2.572~3.577 之间；均匀度指数平均值为 0.790，各站位波动范围在 0.695~0.867 之间；丰富度指数平均为 1.068，各站位波动范围在 0.575~1.975 之间；优势度指数平均值为 0.173，各站位波动范围在 0.138~0.250 之间。

夏季调查海域I型网浮游动物多样性指数平均为2.774，各站位波动范围在 1.494~3.487 之间；均匀度指数平均值为 0.819，各站位波动范围在 0.553~0.948 之间；丰富度指数平均为 1.545，各站位波动范围在 0.332~3.283 之间；优势度指数平均值为 0.211，各站位波动范围在 0.100~0.442 之间。调查海域II型网浮游动物多样性指数平均值为 2.664，各站位波动范围在 1.645~3.397 之间；均匀度指数平均值为 0.708，各站位波动范围在 0.586~0.955 之间；丰富度指数平均为 1.013，各站位波动范围在 0.403~1.765 之间；优势度指数平均值为 0.255，各站位波动范围在 0.123~0.466 之间。

2.3.3.2.5 大型底栖生物

（1）底栖生物种类

冬季调查共采集记录大型底栖生物 9 类 72 种。其中环节动物 30 种，占种类组成的 41.67%；软体动物 24 种，占种类组成的 33.33%；节肢动物 8 种，占种类组成的 11.11%；棘皮动物 4 种，占种类组成的 5.56%；刺胞动物 2 种，占种类组成的 2.78%；星虫动物 1 种，占种类组成的 1.39%；螠虫动物 1 种，占种类组成的 1.39%；纽形动物 1 种，占种类组成的 1.39%；脊索动物 1 种，占种类组成的 1.39%。

秋季调查共采集记录大型底栖生物 9 类 68 种。其中环节动物 27 种，占种类组成的 39.71%；软体动物 22 种，占种类组成的 32.35%；节肢动物 7 种，占种类组成的 10.29%；棘皮动物 4 种，占种类组成的 5.88%；纽形动物 3 种，占种类组成的 4.41%；

刺胞动物2种，占种类组成的2.94%；脊索动物1种，占种类组成的1.47%；星虫动物1种，占种类组成的1.47%；螠虫动物1种，占种类组成的1.47%。

春季调查共采集记录大型底栖生物8类57种。其中环节动物22种，占种类组成的38.60%；软体动物15种，占种类组成的26.32%；节肢动物10种，占种类组成的17.54%；棘皮动物4种，占种类组成的7.02%；纽形动物2种，占种类组成的3.51%；星虫动物2种，占种类组成的3.51%；刺胞动物1种，占种类组成的1.75%；螠虫动物1种，占种类组成的1.75%。

夏季调查共采集记录大型底栖生物7类56种。其中环节动物23种，占种类组成41.07%；软体动物20种，占种类组成的35.71%；节肢动物6种，占种类组成的10.71%；棘皮动物4种，占种类组成的7.14%；纽形动物1种，占种类组成的1.79%；星虫动物1种，占种类组成的1.79%；螠虫动物1种，占种类组成的1.79%。

（2）生物量及栖息密度

冬季调查底栖生物平均生物量为41.02g/m^2，其中螠虫动物最高为16.20g/m^2，占39.50%；其次是软体动物为15.49g/m^2，占37.76%；节肢动物为3.46g/m^2，占8.44%；环节动物为2.92g/m^2，占7.12%；刺胞动物为2.05g/m^2，占5.00%；棘皮动物为0.78g/m^2，占1.89%；纽形动物为0.06g/m^2，占0.14%；脊索动物为0.06g/m^2，占0.14%；星虫动物为0.01g/m^2，占0.02%。站位平均密度为102.81ind./m^2，其中环节动物最高，为45.00ind./m^2，占43.77%；软体动物为23.13ind./m^2，占22.49%；螠虫动物为18.13ind./m^2，占17.63%；节肢动物为7.19ind./m^2，占6.99%；棘皮动物为5.00ind./m^2，占4.86%；纽形动物为2.19ind./m^2，占2.13%；刺胞动物为0.94ind./m^2，占0.91%；脊索动物为0.63ind./m^2，占0.61%；星虫动物为0.63ind./m^2，占0.61%。密度优势种为短吻铲荚螠（Listriolobus brevirostris）、不倒翁虫（Sternaspis sculata）、双形拟单指虫（Cossurella dimorpha）。

秋季调查底栖生物平均生物量为98.88g/m^2，其中螠虫动物最高为52.89g/m^2，占53.49%；其次是软体动物为37.21g/m^2，占37.63%；刺胞动物为2.86g/m^2，占2.89%；环节动物为2.46g/m^2，占2.48%；棘皮动物为1.53g/m^2，占1.55%；节肢动物为1.31g/m^2，占1.32%；脊索动物为0.47g/m^2，占0.47%；纽形动物为0.14g/m^2，占0.15%；星虫动物为0.03g/m^2，占0.03%。站位平均密度为171.88ind./m^2，其中软体动物最高，为51.25ind./m^2，占29.82%；环节动物为48.75ind./m^2，占28.36%；螠虫动物为43.75ind./m^2，

占 25.45%；刺胞动物为 10.00ind./m^2，占 5.82%；棘皮动物为 8.13ind./m^2，占 4.73%；节肢动物为 6.25ind./m^2，占 3.64%；纽形动物为 2.50ind./m^2，占 1.45%；脊索动物为 0.63ind./m^2，占 0.36%；星虫动物为 0.63ind./m^2，占 0.36%。密度优势种为短吻铲荚蛏（Listriolobus brevirostris）和奇异稚齿虫（Paraprionospio pinnata）。

春季调查底栖生物平均生物量为 56.43 g/m^2，其中蛏虫动物最高为 43.21 g/m^2，占 76.57%；其次是软体动物为 6.66 g/m^2，占 11.80%；环节动物为 2.80 g/m^2，占 4.96%；节肢动物为 2.64 g/m^2，占 4.68%；纽形动物为 0.77 g/m^2，占 1.36%；棘皮动物为 0.29 g/m^2，占 0.51%；星虫动物为 0.06 g/m^2，占 0.11%；刺胞动物为 0.01 g/m^2，占 0.02%。密度优势种为短吻铲荚蛏（Listriolobus brevirostris）、双形拟单指虫（Cossurella dimorpha）和不倒翁虫（Sternaspis sculata）。

夏季调查底栖生物平均生物量为 28.00 g/m^2，其中软体动物最高为 20.42 g/m^2，占 72.92%；其次是蛏虫动物为 4.59 g/m^2，占 16.41%；棘皮动物为 1.75 g/m^2，占 6.25%；节肢动物为 0.80 g/m^2，占 2.86%；环节动物为 0.42 g/m^2，占 1.50%；纽形动物为 0.01 g/m^2，占 0.04%；星虫动物为 0.01 g/m^2，占 0.04%。密度优势种为双形拟单指虫（Cossurella dimorpha）和不倒翁虫（Sternaspis sculata）。

（3）底栖生物多样性指数及均匀度

冬季各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~2.61 之间，多样性指数均值为 0.58。均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.71；丰富度指数在 0.00~1.02 之间，丰富度指数平均值为 0.34；优势度指数在 0.18~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.58。调查海域潮间带动物种类均为南海沿岸常见种，潮间带生物的生物多样性极差。

秋季调查各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~2.63 之间，多样性指数平均值为 0.96；均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.67；丰富度指数在 0.15~1.04 之间，丰富度指数平均值为 0.32；优势度指数在 0.00~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.56。调查海域潮间带动物种类均为南海沿岸常见种，潮间带生物多样性极差。

春季调查各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~3.01 之间，多样性指数平均值为 1.33；均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.78；丰富度指数在 0.15~1.44 之间，丰富度指数平均值为 0.49；优势度指数在 0.00~1.00 之间，优势度指数平均值

为 0.44。调查海域潮间带动物种类均为南海沿岸常见种，潮间带生物多样性极差。

夏季调查各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~ 2.37 之间，多样性指数平均值为 1.17；均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.76；丰富度指数在 0.00~0.85 之间，丰富度指数平均值为 0.40；优势度指数在 0.23~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.52。潮间带生物多样性较差。

2.3.3.2.6 潮间带生物

（1）潮间带生物种类

冬季调查共采集到潮间带大型底栖生物 3 门 36 种，其中软体动物 14 种，占总种数的 38.89%；环节动物 13 种，占总种数的 36.11%；节肢动物 9 种，占总种数的 25.00%。

秋季调查共采集到潮间带大型底栖生物 3 门 37 种，其中软体动物 15 种，占总种数的 40.54%；节肢动物 14 种，占总种数的 37.84%；环节动物 8 种，占总种数的 21.62%。

春季调查共采集到潮间带大型底栖生物 4 门 44 种，其中软体动物 18 种，占总种数的 40.91%；节肢动物 14 种，占总种数的 31.82%；环节动物 11 种，占总种数的 25.00%；纽形动物 1 种，占总种数的 2.27%。

夏季调查共采集到潮间带大型底栖生物 3 门 38 种，其中软体动物 15 种，占总种数的 39.47%；环节动物 12 种，占总种数的 31.58%；节肢动物 11 种，占总种数的 28.95%。

（2）生物量及栖息密度

冬季调查断面各潮带中，潮间带大型底栖生物密度在 5.33~96.00ind./m^2 之间，总密度分布差异较大，各站位潮间带大型底栖生物的平均密度为 28.50ind./m^2，密度优势种为圆球股窗蟹（Scopimera globosa）、黑荞麦蛤（Xenostrobus atratus）和中间拟滨螺（Littoraria intermedia）。潮间带大型底栖生物总生物量在 0.08~230.89g/m^2 之间，总生物量的分布差异较大。调查海域潮间带大型底栖生物各站位平均生物量为 39.94g/m^2。

秋季调查断面各潮带中，潮间带大型底栖生物密度在 4.00~100.00ind./m^2 之间，总密度分布差异较大，各站位潮间带大型底栖生物的平均密度为 26.00ind./m^2。潮间带大型底栖生物总生物量在 0.08~251.89g/m^2 之间，总生物量的分布差异较大。调查海域潮间带大型底栖生物各站位平均生物量为 38.37g/m^2。

春季调查断面各潮带中，潮间带大型底栖生物密度在 8.00~284.00ind./m^2 之间，总密

度分布差异较大。各站位潮间带大型底栖生物的平均密度为 56.17 ind./m^2。春季海域潮间带大型底栖生物优势种为中间拟滨螺（Littoraria intermedia）、黑荞麦蛤（Xenostrobus atratus）、变化短齿蛤（Brachidontes variabilis）。

夏季调查断面各潮带中，潮间带大型底栖生物密度在 6.00~460.00ind./m^2 之间，总密度分布差异较大。各站位潮间带大型底栖生物的平均密度为 51.67ind./m^2。本海域底栖动物优势种密度优势种为中间拟滨螺（Littoraria intermedia）和圆球股窗蟹（Scopimera globosa）。

（3）潮间带生物多样性指数及均匀度

冬季调查海域各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~2.61 之间，多样性指数平均值为 1.03。生物均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.71。生物丰富度指数在 0.00~1.02 之间，丰富度指数平均值为 0.34。优势度指数在 0.18~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.58。

秋季调查海域各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~2.63 之间，多样性指数平均值为 0.96。生物均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.67。丰富度指数在 0.15~1.04 之间，丰富度指数平均值为 0.32。优势度指数在 0.00~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.56。

春季调查海域春季各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~ 3.01 之间。均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.78。丰富度指数在 0.15~ 1.44 之间，丰富度指数平均值为 0.49。优势度指数在 0.00~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.44。

夏季调查海域夏季各站位潮间带大型底栖生物多样性指数在 0.00~ 2.37 之间。均匀度指数在 0.00~1.00 之间，均匀度指数平均值为 0.76。丰富度指数在 0.00~0.85 之间，丰富度指数平均值为 0.40。优势度指数在 0.23~1.00 之间，优势度指数平均值为 0.52。

2.3.3.2.7 鱼卵、稚仔鱼

（1）鱼卵、稚仔鱼种类

冬季调查在台山核电厂附近海域鱼卵、仔稚鱼共采集鱼卵 18 粒、仔稚鱼 11 尾采集的鱼卵定量样品中共鉴定出鱼卵 4 科 5 种，其中鳀科鱼卵最多，为 8 枚，占总鱼卵数量的 42.11%；仔稚鱼采集到 5 科 5 种，小沙丁鱼属 sp.（Sardinella sp.）5 尾最多，占总仔稚鱼

数量的 45.45%。

秋季调查水平和垂直拖网采集的样品中，出现鱼卵 5 目 10 科 21 种，出现仔稚鱼 2 目 3 科 4 种。在采集的 37 个水平及垂直的样品中，经鉴定，共出现了鱼卵 21 种，其中鲈形目鉴定出 11 种，仙女鱼目鉴定出 1 种，鲽形目鉴定出 5 种，鲱形目鉴定出 3 种，鲉形目鉴定出 1 种；共出现仔稚鱼 4 种，其中鲈形目鉴定出 3 种，鲱形目鉴定出 1 种。

春季调查水平和垂直拖网采集的样品中，鉴定到鱼卵 3 目 7 种，鉴定到仔稚鱼 2 目 9 种。鱼卵出现：鲱形目鲱科和小公鱼属，鲈形目鳊科、鲷科、石首鱼科和鳚属，鲽形目的舌鳎科；仔稚鱼出现：鲱形目小公鱼属和小沙丁鱼属，鲈形目多鳞鳚、肩鳃鳚属、金钱鱼、鲾科、美肩鳃鳚和拟矛尾虾虎鱼。

夏季调查水平和垂直拖网采集的样品中，鉴定到鱼卵 5 目 13 种，鉴定到仔稚鱼 5 目 10 种。鱼卵出现：鲽形目舌鳎属、鲱形目小公鱼属和中华小公鱼，鲈形目鳊科、多鳞鳚、鳄齿鱼科、眶棘双边鱼、鲹科、石首鱼科、鳚属，仙女鱼目狗母鱼科，鳀形目鳀科和一种未定种；仔稚鱼出现：鲱形目小公鱼属和小沙丁鱼属，鲈形目鳊科、美肩鳃鳚、双边鱼属、天竺鲷科、虾虎鱼科，鳕亚目银腰犀鳕，银汉鱼目银汉鱼科，鲉形目鲉科。

（2）密度分布及优势种

冬季调查海域鱼卵密度均值为 1.67ind./m^3（0ind./m^3-7.14ind./m^3），密度优势种为小沙丁鱼属 sp.、鳀属 sp.和小公鱼属 sp.；仔稚鱼密度均值为 0.74ind./m^3（0ind./m^3-2.94ind./m^3），4 号站位密度最高，为 2.94ind./m^3，在 3、7、8、14、16、20、21 和 23 共 8 个站位未采集到仔稚鱼样品，仔稚鱼密度优势种为小沙丁鱼属 sp.和鳀属 sp.。

秋季调查海域鱼卵平均密度为 1.12ind./m^3，仔稚鱼平均密度为 0.04ind./m^3；鱼卵数量分布不均匀，密度优势种为舌鳎属；仔稚鱼数量分布不均匀，密度优势种为鹿斑仰口鳊。

春季调查鱼卵平均密度为 0.66ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.61ind/m^3。鱼卵数量分布不均匀，小公鱼属和鳊科为主要优势种。仔稚鱼数量分布不均匀，优势种为美肩鳃鳚。

夏季调查海域鱼卵平均密度为 1.76 ind/m^3，仔稚鱼平均密度为 0.82 ind/m^3；鱼卵数量分布不均匀，密度优势种为鳊科和眶棘双边鱼；仔稚鱼数量分布不均匀，密度优势种为虾虎鱼科。

2.3.3.2.8 游泳动物

（1）游泳动物种类

冬季拖网调查共鉴定游泳动物 61 种。其中，鱼类 31 种，占拖网总种数的 50.82%，虾类 15 种，占 24.59%，蟹类 13 种，占 21.31%，头足类 2 种，占 3.28%。

秋季拖网调查共鉴定游泳动物 61 种。其中，鱼类 31 种，占拖网总种数的 50.82%，虾类 19 种，占 31.15%，蟹类 10 种，占 16.39%，头足类 1 种，占 1.64%。

春季拖网调查共鉴定游泳动物 59 种。其中，鱼类 31 种，占拖网总种数的 52.54%，虾类 12 种，占 20.34%，蟹类 12 种，占 20.34%，头足类 4 种，占 6.78%。

夏季拖网调查共鉴定游泳动物 66 种。其中，鱼类 43 种，占拖网总种数的 65.15%，虾类 9 种，占 13.64%，蟹类 12 种，占 18.18%，头足类 2 种，占 3.03%。

本海域游泳动物，以近岸型低经济价值组成为主，大致可分为近岸性类型、河口性类型和洄游性类型 3 种生态类型。

（2）资源密度和平面分布

冬季调查渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 73.38kg/km^2 和 13.18×10^{3}ind./km^2。鱼类资源重量密度均值为 31.11kg/km^2；虾类 14.73kg/km^2；蟹类 25.39kg/km^2；头足类 2.15kg/km^2；鱼类资源尾数密度均值为 4.45×10^{3}ind./km^2；虾类为 4.33×10^{3}ind./km^2；蟹类为 3.87×10^{3}ind./km^2；头足类为 0.53×10^{3}ind./km^2。冬季调查渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀。

秋季调查渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 318.94kg/km^2 和 39.81×10^{3}ind/km^2。鱼类资源重量密度均值为 52.07kg/km^2；虾类 193.66kg/km^2；蟹类 72.68kg/km^2；头足类 0.53kg/km^2；鱼类资源尾数密度均值为 4.56×10^{3}ind./km^2；虾类为 25.68×10^{3}ind./km^2；蟹类为 9.45×10^{3}ind./km^2；头足类为 0.12×10^{3}ind./km^2。秋季渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀。

春季调查渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 134.88kg/km^2 和 11.44×10^{3}ind./km^2。鱼类资源重量密度均值为 59.63kg/km^2（16.4kg/km^2-145.1kg/km^2）；虾类 32.87kg/km^2（9.2kg/km^2-79.7kg/km^2）；蟹类 30.87kg/km^2（3.4kg/km^2-174.2kg/km^2）；头足类 11.51kg/km^2（0kg/km^2-45.1kg/km^2）。鱼类资源尾数密度均值为 5.14×10^{3}ind./km^2（1.0×10^{3}ind./km^2-15.2×10^{3}ind./km^2）；虾类为 3.58×10^{3}ind./km^2（1.4ind./km^2- 9.3×10^{3}ind./km^2）；蟹类为 2.06×10^{3}ind./km^2（0.6×10^{3}ind./km^2-6.3×10^{3}ind./km^2）；头足类为 0.66×10^{3}ind./km^2

（0ind./km^2-1.9×10^3ind./km^2）。春季渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀。

夏季渔业资源重量密度和尾数密度均值分别为 271.92kg/km^2 和 18.03×10^3ind./km^2。鱼类资源重量密度均值为 193.96kg/km^2（84.4kg/km^2-409.0kg/km^2）；虾类 56.5kg/km^2（15.0kg/km^2-126.2kg/km^2）；蟹类 15.41kg/km^2（2.2kg/km^2-51.7kg/km^2）；头足类 6.05kg/km^2（0kg/km^2-37.9kg/km^2）。鱼类资源尾数密度均值为 11.05×10^3ind./km^2（6.6×10^3ind./km^2-19.1×10^3ind./km^2）；虾类为 5.49×10^3ind./km^2（1.7ind./km^2-13.8×10^3ind./km^2）；蟹类为 1.29×10^3ind./km^2（0.4×10^3ind./km^2-3.9×10^3ind./km^2）；头足类为 0.20×10^3ind./km^2（0ind./km^2-1.2×10^3ind./km^2）。夏季渔获物总重量密度与总尾数密度均分布不均匀。

（3）渔获物优势种及常见种

冬季调查海域，IRI 大于 1000 的鱼类优势种共有 3 种，分别为龙头鱼、多须拟矛尾虾虎鱼、皮氏叫姑鱼；IRI 值在 500-1000 之间的鱼类重要种共有 2 种，分别为鹿斑斜口鳊、鳞鳍叫姑鱼；IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 8 种，分别为长尾沟虾虎鱼、卵鳎、棘头梅童鱼、黄鲫、三线舌鳎、弓斑多纪鲀、线纹鳗鲡、尖尾鳗。

冬季调查海域，IRI 大于 1000 的虾类优势种共有 4 种，分别为口虾蛄、细巧仿对虾、周氏新对虾、长叉三宅虾蛄；IRI 值在 500-1000 之间的虾类重要种共有 3 种，分别为波罗门赤虾、鹰爪虾、猛虾蛄；IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 5 种，分别为须赤虾、长指鼓虾、中国毛虾、近缘新对虾、墨吉对虾。

冬季调查海域，IRI 大于 1000 的蟹类优势种共有 3 种，分别为隆线强蟹、直额蟳、伪装仿关公蟹；IRI 值在 500-1000 之间的蟹类重要种共有 3 种，分别为球形拳蟹、矛形剑泳蟹、疾进蟳；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 3 种，分别为锈斑蟳、变态蟳、绒毛细足蟹。

冬季调查海域，IRI 大于 1000 的头足类优势种共有 2 种，分别为杜氏尾枪乌贼和曼氏无针乌贼。

秋季调查海域中，IRI 大于 1000 的鱼类优势种共有 1 种，为线纹鳗鲡；IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 10 种，分别为拟矛尾虾虎鱼、短吻红舌鳎、中华海鲡、横带银口天竺鲷、多鳞鳢、凤鲚、星康吉鳗、黄姑鱼、叫姑鱼和孔虾虎鱼。

秋季调查海域中，IRI 大于 1000 的虾类优势种共有 4 种，分别为长叉口虾蛄、口虾蛄、细巧仿对虾和长毛明对虾；IRI 值在 500-1000 之间的虾类重要种共有 1 种，为日本囊对虾；

IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 3 种，为猛虾蛄、角突仿对虾和中型新对虾。

秋季调查海域中，IRI 大于 1000 的蟹类优势种共有 4 种，为日本关公蟹、日本蟳、矛形梭子蟹和红星梭子蟹；IRI 值在 500-1000 之间的蟹类重要种共有 2 种，为隆线强蟹和球形拳蟹；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 1 种，为纤手梭子蟹。

秋季调查海域中，IRI 大于 1000 的头足类优势种共有 1 种，为鸢乌贼。

春季调查海域，IRI 大于 1000 的鱼类优势种共有 2 种，分别鹿斑鲾、凤鲚、皮氏叫姑鱼；IRI 值在 500-1000 之间的鱼类重要种共有 2 种，分别为金带小沙丁鱼、卵鳎；IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 3 种，分别为鳙、白姑鱼、皮氏叫姑鱼。

春季调查海域，IRI 大于 1000 的虾类优势种共有 2 种，分别为口虾蛄、周氏新对虾；IRI 值在 500-1000 之间的虾类重要种共有 1 种，为细巧仿对虾；IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 2 种，分别为近缘新对虾、日本鼓虾。

春季调查海域，IRI 大于 1000 的蟹类优势种共有 1 种，为隆线强蟹；IRI 值在 500-1000 之间的蟹类重要种共有 2 种，分别为球形拳蟹、矛形剑泳蟹；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 3 种，分别为双斑蟳、伪装仿关公蟹、日本蟳。

春季调查海域，IRI 大于 1000 的头足类优势种共有 2 种，分别为中国枪乌贼和曼氏无针乌贼；IRI 值在 500-1000 之间的头足类重要种共有 1 种，为枪乌贼 sp.；IRI 值在 100-500 之间的头足类常见种共有 1 种，为金乌贼。

夏季调查海域，IRI 大于 1000 的鱼类优势种共有 2 种，分别褐篮子鱼、圈项鲾；IRI 值在 500-1000 之间的鱼类重要种共有 5 种，分别为大吻叫姑鱼、皮氏叫姑鱼、截尾银姑鱼、克氏副叶鲹、棕斑兔头鲀；IRI 值在 100-500 之间的鱼类常见种共有 7 种，分别为龙头鱼、红牙鲩、项斑项鲾、赤鼻棱鳀、凤鲚、花莲小沙丁鱼、棘头梅童鱼。

夏季调查海域，IRI 大于 1000 的虾类优势种共有 2 种，分别为中型新对虾、近缘新对虾；IRI 值在 500-1000 之间的虾类重要种共有 1 种，为周氏新对虾；IRI 值在 100-500 之间的虾类常见种共有 3 种，分别为刀额新对虾、墨吉对虾、口虾蛄。

夏季调查海域，IRI 大于 1000 的蟹类优势种共有 1 种，为近亲蟳；IRI 值在 500-1000 之间的蟹类重要种共有 3 种，分别为直额蟳、远海梭子蟹、锐齿蟳；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 6 种，分别为疾进蟳、伪装仿关公蟹、锈斑蟳、红星梭子蟹、矛形剑泳蟹、锯缘青蟹。

夏季调查海域，IRI 大于 1000 的头足类优势种共有 1 种，为中国枪乌贼；无 IRI 值在 500-1000 之间的头足类重要种；IRI 值在 100-500 之间的头足类常见种共有 1 种，为目乌贼。

（4）渔获物生物多样性指数及均匀度

冬季调查海域渔获物重量多样性指数（H'）均值为 3.46，均匀度指数（J'）均值为 0.84，丰富度指数（D）均值为 2.83，优势度指数（λ）均值为 0.13。冬季调查海域渔获物尾数多样性指数（H'）均值为 3.76，均匀度指数（J'）均值为 0.91，丰富度指数（D）均值为 1.25，优势度指数（λ）均值为 0.09，综合各生态指标，可见，冬季调查海域渔业资源密度一般，经济种类密度一般。

秋季调查海域渔获物重量和尾数密度多样性指数（H′）均值分别为 2.31 和 2.46，一些站位受到中度污染。通过均匀度指数(J′)评价物种种群稳定性，统计分析结果表明秋季调查海域渔获物重量和尾数密度均匀性指数（J'）分别为 0.64 和 0.69，除了个别站位物种分布不均匀外，大部分站位种间个体分布均匀，群落结构稳定。综合各生态指标，可见，调查水域渔业资源密度分布状况较好，但资源量相对不高。

春季调查海域渔获物重量多样性指数（*H′*）均值为 3.26（1.99-3.81），均匀度指数（*J′*）均值为 0.80（0.51-0.95），丰富度指数（*d*）均值为 2.30（1.75-2.71），优势度指数（*λ*）均值为 0.16（0.08-0.46）。春季调查海域渔获物尾数多样性指数（*H′*）均值为 3.23（2.44-3.68），均匀度指数（*J′*）均值为 0.80（0.59-0.92），丰富度指数（*d*）均值为 0.98（0.98-1.43），优势度指数（*λ*）均值为 0.17（0.10-0.34）。综合各生态指标，可见，春季调查海域渔业资源密度一般，经济种类密度一般。

夏季调查海域渔获物重量多样性指数（*H′*）均值为 3.59（3.12-3.9），均匀度指数（*J′*）均值为 0.79（0.73-0.86），丰富度指数（*d*）均值为 2.82（2.09-3.71），优势度指数（*λ*）均值为 0.12（0.09-0.17）。2024 年 8 月调查海域渔获物尾数多样性指数（*H′*）均值为 3.59（2.94-4.23），均匀度指数（*J′*）均值为 0.79（0.69-0.89），丰富度指数（*d*）均值为 1.59（1.23-2.09），优势度指数（*λ*）均值为 0.13（0.07-0.19）。

综合各生态指标可见，夏季调查海域渔业资源密度一般，经济种类密度一般。

2.3.3.2.9 赤潮生物

冬季调查共鉴定出浮游植物 3 大类 69 种。调查区内浮游植物群落组成为硅藻和甲藻，以硅藻为主，优势度明显，藻类细胞数量属正常水平。调查海域生物多样性指数和均匀度指数较高，反映出浮游植物生物多样性较高，各种类间个体分布程度均匀，稳定性好。所调查海区个别站位藻类细胞数量较高，属正常水平。冬季调查共鉴定出水采浮游植物 4 大类 20 种。调查区内浮游植物群落组成以硅藻为主，属于较典型的南方近岸种类组成。浮游植物细胞数量总平均为 1.92×10^4cells/L。各站位浮游植物种类平均为 2 种。各站位细胞数量均低于赤潮基准密度，无发生赤潮的风险。

秋季调查共鉴定出浮游植物 2 大类 17 种。调查区内浮游植物群落组成为硅藻和甲藻，以硅藻为主，优势度明显，藻类细胞数量属正常水平。该调查海域生物多样性指数和均匀度指数偏低，反映出浮游植物生物多样性偏低，各种类间个体分布程度均匀，稳定性一般。所调查海区各站位藻类细胞数量处于海区正常波动范围内。本次调查共鉴定出水采浮游植物 2 大类 23 种。调查区内浮游植物群落组成以硅藻为主，属于较典型的南方近岸种类组成。浮游植物细胞数量总平均为 1.58×10^3cells/L。各站位浮游植物种类平均约为 3 种。各站位细胞数量均低于赤潮基准密度，无发生赤潮的风险。

春季调查海域共鉴定出网采浮游植物2门17种，其中，硅藻12种，占70.6%；甲藻5种，占29.4%；调查海域各站位浮游植物种类数在2-9种之间，平均值为5种。共鉴定出水采浮游植物2门18种，其中，硅藻12种，占66.7%；甲藻6种，占33.3%；调查海域各站位浮游植物种类数在2-5种之间，平均值为4种。调查海域各站位网采浮游植物细胞数量处于正常范围。调查海域网采浮游植物细胞数量平均为74.83×10^4 cells/m^3。调查海域网采浮游植物的优势种有格式圆筛藻、夜光藻和哈德掌状藻。水采浮游植物细胞数量总平均为1.03×10^3 cells/L。各站位浮游植物种类平均约为4种。各站位细胞数量均低于赤潮基准密度，无发生赤潮的风险。

夏季，本次调查共鉴定出浮游植物 3 门 33 种。其中，硅藻 28 种，占 84.8%；甲藻 3 种，占 12.2%，蓝藻 1 种，占 3%；调查海域各站位浮游植物种类数在 3-18 种之间，平均值为 8 种。共鉴定出水采浮游植物 3 门 29 种，其中，硅藻 21 种，占 72.4%；甲藻 6 种，占 20.7%，蓝藻 2 种，占 6.9%；调查海域各站位浮游植物种类数在 4-12 种之间，平均值为 7 种。调查海域各站位网采浮游植物细胞数量较高，属于正常范围。调查海域网采浮游植物细胞数量平均为 8854.20×10^4 cells/m^3。调查海域网采浮游植物的优势种有 3 种，分别

为中肋骨条藻、劳氏角毛藻和热带骨条藻。水采浮游植物细胞数量总平均为 43.61×10^4 cells/L。各站位浮游植物种类平均约为 7 种。各站位细胞数量均低于赤潮基准密度，调查海域 12 和 24 站位中肋骨条藻细胞数量分别为 1.36×10^6 cells/L 和 1.34×10^6 cells/L，接近但未到达赤潮标准密度（10^7 cells/L），有发生赤潮的风险。

2.3.3.3 主要经济鱼类与海洋保护动物概况

2.3.3.3.1 重要经济种类的生活习性和分布

（1）主要经济鱼类资源

厂址附近黄茅海海域的主要经济鱼类包括花鲚、斑鰶、黄鲫、凤鲚、龙头鱼、竹荚鱼、带鱼、银鲳、刺鲳等：

— 分布于中上层的鱼类有花鲚、斑鰶、黄鲫、竹荚鱼、银鲳等，上述鱼类基本以浮游生物、硅藻和小型游泳动物和甲壳类的幼体为主要饵料；

— 分布于底层的鱼类有凤鲚、龙头鱼、带鱼、刺鲳，上述鱼类基本以浮游动物、底栖甲壳类、软体动物及幼鱼、小型鱼类为主食；刺鲳食料种类主要是硅藻。鱼类的分布主要位于崖门口、荷包岛以南以及上川岛附近海域。此外，在崖门口内附近岛屿暗礁间还分布有杜氏枪乌贼、曼氏无针乌贼和虎斑乌贼。

虾类资源中主要有周氏新对虾、锈斑蟳、口虾蛄等。仔、幼虾栖于盐度低的沿岸浅滩，营浮游生活，摄食小型浮游动植物，主要分布于崖门口和广海湾南部一带；成虾系底栖生活，以摄食底栖生物为主，兼食底层浮游生物。

（2）“三场一通道”情况

根据厂址附近开展的多次海洋生态调查和渔业调查结果，在厂址半径 15km 范围内未发现有海洋生物“三场一通道”的分布。

2.3.3.3.2 海洋保护动物

厂址附近有江门中华白海豚省级自然保护区，位于台山东南海区，包括大襟岛、二襟岛和三杯酒岛海区，地理坐标为东经 112°59′30″~113°04′02″，北纬 21°46′00″~21°53′33″。总面积为 10747.7ha，其中核心区 4235.8ha、缓冲区 2580.1ha、实验区 3931.8ha。保护对象为以中华白海豚为代表的包括瓶鼻海豚等海洋哺乳动物和其他珍稀濒危野生动物及其栖息地；完整的近海海洋生态系统；独特的物种种质资源。排水明渠口门位于保护区顶部

北边界 NNW 方位约 5300m（A 线），取水明渠口门位于保护区西侧北边界 N 方位约 570m（B 线）。

中华白海豚，又名印度-太平洋驼背海豚，属鲸目，齿鲸亚目，海豚科，白海豚属，为一种广泛分布于印度洋、西太平洋沿岸的河口和近岸海域的小型豚类。在 1988 年颁布的《中华人民共和国野生动物保护法》中，中华白海豚被列为国家一级重点保护野生动物，也是目前我国海洋鲸豚中唯一的一种国家一级重点保护野生动物。1991 年，白海豚被濒危野生动植物国际贸易公约列入附录 I 物种，严禁有关该物种的一切贸易活动；自 2008 年开始，被国际自然保护联盟（IUCN）受胁物种红色名录列为“近危”物种。

2012 年 12 月~2014 年 12 月的调查发现江门海域中华白海豚种群数量在 250-310 头次之间。中华白海豚的主要食物包括鳙鱼类、鳓鱼类、鲚鱼类、叫姑鱼类、绫鲾类、梅童鱼类、带鱼类、狗母鱼类和头足类。中华白海豚在夏秋季主要分布在表层水温 25℃-35℃的海区，中华白海豚冬春季主要分布在表层水温 20℃-25℃的海区。

2.3.3.3.3 重要代表物种（RIS）

根据《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》（HJ 1037-2019）6 类 RIS 物种的确定原则，筛选本项目区域的主要 RIS 物种小沙丁鱼、龙头鱼、眶棘双边鱼、皮氏叫姑鱼、赤鼻棱鳀、口虾蛄、球形棕囊藻、夜光藻、中肋骨条藻、日本毛虾、黑荞麦蛤、藤壶、黄斑海蜇、铜藻。各 RIS 物种的生活习性如下：

（1）小沙丁鱼

种属分类：小沙丁鱼（*Sardinella sp.*）是硬骨鱼纲；鲱形目；鲱科；小沙丁鱼属。

生活习性：沙丁鱼为近海暖水性鱼类，一般不见于外海和大洋。它们游泳迅速，通常栖息于中上层，但秋、冬季表层水温较低时则栖息于较深海区。

适温适盐：多数沙丁鱼的适温在 20~30℃左右。小沙丁鱼一般不作远距离洄游，秋、冬季成鱼栖于 70~80 m 以外深水，春季，沿海水温升高鱼群向近岸作生殖洄游。

（2）龙头鱼

种属分类：龙头鱼（*Harpadon nehereus*）是硬骨鱼纲；仙女鱼目；狗母鱼科；龙头鱼属。

生活习性：龙头鱼是近海暖温性中下层鱼类，常栖息于近岸河口、海湾的浅海泥沙底

质中，活动能力强，在各水层均有分布，索饵时常聚集于河口。

适温适盐：对温度和盐度的变化具有较强的适应性。

（3）眶棘双边鱼

种属分类：眶棘双边鱼（*Ambassis gymnocephalus*）是硬骨鱼纲；鲈形目；双边鱼科；双边鱼属。

生活习性：为暖水性小型鱼类，栖息于河口，淡水江河下游或近海。

（4）口虾蛄

种属分类：口虾蛄（*Orgtosaquilla oratoria*）隶属于口足目，虾蛄科，口虾蛄属，俗称虾耙子、耙虾、虾虎、螳螂虾、琵琶虾。

生活习性：口虾蛄多穴居，生活于近岸水域中，幼体和成体都善游泳。为肉食性动物，多捕食小型无脊椎动物，以其他的甲壳类和小鱼、海滨蚯蚓、沙蚕等为食。

适温适盐：适宜温度范围为 20~27℃，适宜盐度范围为 13~33。

（5）皮氏叫姑鱼

种属分类：皮氏叫姑鱼（*Johnius belangerii*）是硬骨鱼纲；鲈形目；石首鱼科；叫姑鱼属。

生活习性：皮氏叫姑鱼多栖息于水深 40 米以内的泥沙底质或岩礁周围，有时进入河口。皮氏叫姑鱼为暖温性近岸中下层小型鱼类。喜栖息于泥沙底以及岩礁附近海区，产卵时能发出“咕咕”叫声。皮氏叫姑鱼以甲壳动物、多毛类、小鱼等为食。产卵期为 5-7 月，盛期为 6 月份。

（6）赤鼻棱鳀

种属分类：赤鼻棱鳀（*Thryssa kammalensis*）是硬骨鱼纲；鲱形目；鳀科；棱鳀属。

生活习性：为浅海中上层小型鱼类，以浮游动物和小型鱼虾为食。产卵期在 5 月~7 月，产卵场在风浪平静的内湾浅水处产卵。

（7）球形棕囊藻

种属分类：球形棕囊藻（*Phaeocystis globosa*），定鞭藻门棕囊藻属。

生活习性：其生活史分为单细胞和囊体两个阶段，单细胞大小为 3~8μm，囊体最大可达 3cm，由几千乃至数万个单细胞所构成，胶质囊为球形或者卵圆形，囊体没有运动能力，主要分布在水体上层。囊体的外壁主要成分为多糖类，当其暴发时，大量的囊体易堵塞核电循环水过滤系统中格栅，从而对冷源系统造成威胁。自 2004 年以来，球形棕囊藻

首次在渤海海域发生藻华，并于 2014 年起，全国各海域均有爆发并严重威胁核电冷源的安全。据不完全统计，2011 年至今，广东近岸海域共发生球形棕囊藻藻华 10 多起，给沿海水体环境造成了极大的危害。棕囊藻赤潮的发生需要富营养化环境，随着经济的发展，大量的水产养殖和陆源污染是导致棕囊藻赤潮多发的原因。

适温适盐：广温广盐。

（8）日本毛虾

种属分类：日本毛虾（*Acetes japonicus*），十足目，樱虾科，毛虾属。

形态特征：其个体较小，体长一般在 1~4cm，甲壳呈半透明。日本毛虾尾足外肢外缘在有毛和光裸部之间无小刺，雄性第一触角鞭抱器有 2 个大刺，尾足内肢基部仅 1 大红点（有时还有 1~2 个小红点），交接器头叶较短，末端显著膨大；生殖板后缘中央有 1 浅凹或无凹陷。

生活习性：毛虾产卵每年有春季和夏季两世代。日本毛虾其夏季世代一般在 7 月~10 月，而后 11 月~次年 5 月为越年世代；夏季世代日本毛虾的寿命在 2.5~3 个月，越年世代的寿命在 7~11 个月。毛虾为中上层虾类，喜栖居于有大量淡水排出的浅海环境和有强大潮流的泥底浅水区，通常栖于湾澳或河口附近。生活在深达 30m 以下的水层，有昼夜垂直移动习性，白天下沉，夜间在表层海域集群。

（9）黑荞麦蛤

种属分类：黑荞麦蛤（*Vignadula atrata*），属于软体动物门双壳纲贻贝目贻贝科荞麦蛤属，

生活习性：该物种通常栖息于岩石海岸的潮下层和潮间带，附着在岩石或岩石缝中，水深为 1~10 m 之间，属于寒温带种类，对低温适应能力强，

适温适盐：生存适温为 1~30℃，生长适温为 8~23℃，繁殖适温为 12~18℃。其适宜生长盐度范围为 26~32。

（10）网纹藤壶

种属分类：网纹藤壶（*Amphibalanus reticulatus*）节肢动物门、甲壳纲、无柄目、藤壶科、纹藤壶属。

生活习性：藤壶分布于黄渤海、东海、南海及台湾沿海，附着于低潮线以下的岩石、贝壳或蟹类的甲壳上，要求盐度较高，常在水下，并附着于船底。大量繁殖附着对海洋水产养殖和滨海核电安全影响巨大。

适温适盐：广泛适应海水和半咸水环境，温度适应范围较广。

（11）黄斑海蜇

种属分类：黄斑海蜇（*Rhopilema hispidum*），钵水母纲，根口水母目，海蜇属。

生活习性：本种与海蜇颇为相似。两种最主要的差别是：本种外伞部表面具有许多短小而尖硬的疣突，并有黄褐色小斑点。每 1/8 伞缘有 8 个长椭圆形的缘瓣。口腕上着生的棒状附属物比较短小，在末端附属物呈球形或捶状。生殖乳突很大，为卵圆形，其表面有尖刺的突起。伞径为 350-540mm，伞部为半球形，伞部中央较肥厚，结实，伞缘较薄。8 个感觉器的内窝处有放射肋，平衡棍末端具有褐色素。16 条辐管都延伸至伞缘。各辐管侧分枝彼此相连构成复杂的网状管。口腕 8 个，3 翼型，具有许多末端膨大的槌状附属物。有 8 对肩板，在肩板上有许多丝状附属物。生殖下穴 4 个。在调查海域：黄斑海蜇出现在 3 月和 5 月，其他月份出现密度较低；堵塞风险主要在 3 月和月份，且风险等级偏低。

适温适盐：广温广盐，喜欢水流稳定的亚热带海洋。

（12）中肋骨条藻

种属分类：中肋骨条藻（*Skeletonema costatum*）隶属硅藻门、中心硅藻纲、圆筛藻目、骨条藻科

生活习性：本种是常见的浮游种类，广温广盐的典型代表。分布极广，从北极到赤道，从外海高盐水团到沿岸低盐水团，甚至在半咸水中皆有，但以沿岸为最多。是中国近海最常见的赤潮生物之一。

适温适盐：在盐度大范围内均可生存，最适盐度在 15~30 之间；温度在 10~34℃的温度范围内均可生存，最适温度范围在 20~30℃之间，其中最佳温度为 25℃；光照在 500~10000 勒克斯的范围内均能生长繁殖，25℃时，饱和光照强度为 5000 勒克斯；酸碱度最适酸碱度范围为 pH 7.5-8.5。

（13）夜光藻

种属分类：夜光藻（*Noctiluca scintillans*），隶属于甲藻门夜光藻属，

生活习性：是单细胞藻类，藻体近圆球形，细胞直径 150~2000μm，肉眼可见。细胞壁透明，由 2 层胶状物质组成，细胞内原生质淡红色，赤潮时常致海水变红。赤潮发生时，夜光藻集中于表层或近表层，条带状或块状分布，呈深粉红色、桔色。赤潮发生期间，夜光藻的细胞丰度一般都在 10^4cells/L 以上，由于单细胞个体较大且表面具有胶状物质，当其暴发时有可能会堵塞核电冷却水系统，造成安全隐患。本种在我国近海广泛分布，对环

境的适应能力强，研究结果显示，夜光藻大量繁殖的最适水温为 18℃，适宜盐度为 25~30，属于耐温耐盐上限较高的赤潮生物。近 30 年该种在我国各海区几乎每年都会引发赤潮。河口区域由于营养丰富，浮游植物生长迅速而改善了夜光藻生长的饵料基础，这可能是夜光藻赤潮暴发的原因之一。广东近岸海域夜光藻赤潮发生时生物物种的空间特征具有明显的区域特征，近 20 年来，夜光藻赤潮多发生于大鹏湾海域，大鹏湾夜光藻的聚集与其特殊的潮汐循环有关，大鹏湾水域适宜夜光藻赤潮的暴发。

（14）铜藻

种属分类：铜藻（*Sargassum horneri*），隶属于褐藻门、墨角藻目、马尾藻科、马尾藻属。

生活习性：藻体分为固着器、主干和叶三部分。固着器为裂瓣状，主干圆柱形、光滑，侧枝由主干各个方向生出，叶扁平，叶缘羽状分裂，有时深裂至中肋，气囊长椭圆形至圆柱状，气囊顶端生有冠叶。

铜藻的生活史为二倍体单相世代型，有性生殖是其主要的繁殖方式。在繁殖季节，藻体上产生独特的繁殖结构——生殖托，当藻体发育成熟，生殖托上出现大量的生殖窝，受精卵由生殖窝释放到环境中，附着到适宜的介质上萌发成为假根，以度过夏季高温环境。当环境适宜时，由假根上形成直立幼体，经过 3-4 个月长成成体。成熟藻体在繁殖细胞释放后逐渐腐烂，只剩残体或假根。除有性生殖外，营养繁殖是离体铜藻的重要繁殖方式，折断的分枝在漂浮过程中可以重新长成新的个体，这是铜藻爆发性增殖形成金潮的生物学基础。

2.3.4 工业、交通和文化设施

2.3.4.1 工业

2.3.4.1.1 工业现状

台山市经济社会发展迅速，国有集体、外资、私营、个体工业并驾齐驱。2022 年，台山市实现地区生产总值 516.5 亿元；规模以上工业增加值 182.52 亿元；全市规模以上企业单位数 293 家。

台山核电厂厂址半径 5km 范围内，均为山地丘陵和海滨滩涂，除台山核电厂之外，没有其它工业企业分布。

厂址半径 15km 范围内涉及台山市的赤溪镇、斗山镇和都斛镇，厂址半径 15km 范围内规模较大的工业企业为国能粤电台山发电有限公司（简称国能台电），位于核电厂址西南侧约 7.5km。该公司成立于 2001 年 3 月 28 日，由中国神华能源股份有限公司出资 80%、广东电力发展股份有限公司出资 20%共同组建。目前有 5 台 600MW 国产亚临界发电机组和 2 台 1000MW 超超临界凝汽式燃煤发电机组正在运行。台山核电厂厂址半径 15km 范围内工业企业主要集中在赤溪镇，厂址半径 15km 范围内无危险化学品生产、使用、销售企业。

2.3.4.1.2 工厂企业规划

厂址 15km 范围内涉及赤溪镇、斗山镇和都斛镇，根据《台山市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（2021 年 2 月），各镇的工业发展方向具体如下：

— 赤溪镇：立足黄茅海跨海通道出口区位优势，依托广海湾深水港和乌猪洲深水港，建设高端产业集聚区、临港产业平台；立足台山核电、国能台电、LNG 接收站等重大能源项目集聚，打造粤港澳大湾区能源高地；建设客家特色能源小镇，未来发展成为宜居宜业宜游的滨海新区。其中广海湾 LNG 接收站项目拟建设两个 16 万 m^3LNG 储罐及相应卸料、储存、外输等系统；配套一座 26.6 万 m^3LNG 船舶泊位，一座工作船码头。建设外输管道工程 45km，站场 2 座及截断阀室 2 座；配套燃气-蒸汽联合循环发电，规划建设规模为 4 台 9F 级机组。上述规划建设的 LNG 接收站项目位于厂址西南方位，最近距离约 9km。

— 斗山镇：继续推进省农产品加工示范区斗山园区建设，打造国家级综合性农产品仓储加工、物流示范园区；把握黄茅海大桥和台山通用机场建设机遇，在工业用地预留、产业配套设施方面向高附加值产品制造企业、湾区产能溢出企业等倾斜，做好承接产业转移准备。

— 都斛镇：做好黄茅海跨海通道赤溪西出口连接线道路工程前期规划工作，提升道路运输承载能力，强化黄茅海大桥“首站”优势。充分利用都斛被认定省数字乡村发展试点镇的机遇，推动“智慧农耕”建设，建立土壤空间管理数据库，为下一步打造“侨乡硒都—都斛”提供科学依据。推进“农渔文旅体”融合，充分融合中国农业公园、富丽湾温泉、义城古树公园、林基路教育基地等旅游资源，打造一条集生态、观光、红色、人文的旅游线路。

2.3.4.2 交通

2.3.4.2.1 陆上交通

（1） 铁路

目前，厂址半径 15km 范围无铁路，后期规划新建的位于厂址半径 15km 的铁路有沿海高铁（珠斗城际及西延线）和鹤合铁路。其中，沿海高铁（珠斗城际及西延线）建设规模为 75km，鹤合铁路建设规模为 60km。

规划新建的沿海高铁（珠斗城际及西延线）最近处位于厂址 NNW 方位约 15km，鹤合铁路最近处位于厂址 W 方位约 10km。

（2） 公路

厂址所在的台山市交通便捷，台山市陆域综合交通网络中公路里程 3128.7km，铁路里程 33km。其中高速公路 162.2km，一级公路 137.1km，二级公路 307.6km，三级公路 323.9km，四级公路 1907.6km。

本项目厂址半径 15km 范围内主要涉及台山市赤溪镇、斗山镇和都斛镇，主要有 G228、G240 国道、S386 省道、X811、X812 县道和西部沿海高速（S32）等构成的交通运输网络。

- G228：丹东-东兴，台山市内总里程 111km，位于厂址 NW 方位约 15.0km。
- G240：保定-台山，台山市内总里程 82km，位于厂址 SW 方位约 7.5km。
- S386：赤溪-电城，台山市内总里程 71km，位于厂址 N 方位约 7.5km。
- 西部沿海高速（S32）：位于厂址 NW 约 13.5km 处。
- X811：都斛圩-浮石，台山市内总里程 16km，位于厂址 NNW 约 13.6km。
- X812：猪仔迳-六福，台山市内总里程 20km，位于厂址 N 约 10.8km。
- 黄茅海跨海通道（S36）：起于珠海市高栏港区，东连港珠澳大桥，西连新台高速并与西部沿海高速相交，终于台山市斗山镇。路线全长约 31km，采用双向 6 车道高速公路标准，设计时速 100km/h。项目目前已建成通车。
- 台山核电厂一期工程已建成应急道路、连接道路、进厂道路，为全厂共用，具体为：应急道路的路线起点位于台山核电厂连接道路工程的终点钦头湾处，终点位于国能台电转盘，全长 6.27km，路面宽 10m。
- 台山核电厂进厂道路起点位于核电厂厂址东北端木船洲附近，终点位于赤溪圩北边约 1km 处与县道 X547 线相接，路线全长 14.43km，路基宽 18m。连接道路连接北

侧的进厂路与南侧的应急路及重件码头的路段，全长 3.3km，路基宽 23m。

2.3.4.2.2 海上交通

（1） 港口现状

江门港包括广海湾、恩平、新会三个沿海港区和主城、开平、鹤山、台山四个内河港区。厂址半径 15km 范围内涉及的港区为广海湾港区。

广海湾港区包括分布在台山市南端广海湾和上、下川岛的码头泊位。广海作业区：广海（一期）有限公司码头，位于广海湾内烽火角水闸下游，建有 3 个泊位（2 个客运和 1 个货运泊位），1988 年建成投入使用，设计吞吐量为 20 万人次和 30 万吨，最大靠泊 1000 吨级船舶，但近年周边围垦造地、海洋养殖以及淤泥沉积等，导致航道淤积严重，码头基本停用。广海鱼塘作业区水域面积广，交通畅顺，目前已建成 2 个 5000 吨级泊位，设计吞吐能力 75 万吨，其中集装箱 3.8 万 TEU。位于铜鼓湾的台山电厂专用煤码头，设计最大靠泊能力为 5 万吨，吞吐能力 1000 万吨。

（2） 海上航道

厂址附近海域有四条主要海上航道。

— 国能台山电厂出海航道：北起电厂环抱港池口门，中间横跨三峡口，南至深水海域，航道全长 14.75km，底宽 155m，设计水深 13.5m。最近处距离台山核电厂西南方向约 10km；

— 大襟岛西航道：位于大襟岛西北方向，现状为 300 吨级一般航道，规划为 1000 吨级航道。最近处距离台山核电厂东南方向约 3.5km；

— 崖门出海西航道：位于大襟岛东北方向，现状为 3000 吨级一般航道，规划为 3000 吨级航道。最近处距离台山核电厂东方向约 10km；

— 川岛内航道：现状 300-500 吨级一般航道，规划为 1000 吨级航道。最近处距离台山核电厂南方向约 10km。

此外，根据《江门港总体规划修编（2035 年）》，广海湾铜鼓湾作业区位于厂址西南方向约 9.5km，其作业区西防波堤内规划新建 1 个 26.6 万 m^3LNG 接卸泊位，1 个最大满足 17.7 万 m^3LNG 出运泊位，进港航道位于厂址西南方向，最近距离约 10km。

2.3.4.2.3 机场及航空线

根据中国民用航空中南地区空中交通管理局的复函（民航中南空局函〔2024〕31 号），台山核电主厂区中心位置与周边现行民航运输机场和航路（线）的位置关系如下。

（1） 机场

台山核电主厂区中心位置 16km 范围内没有现行的民航运输机场。距厂址最近的机场为 ENE 方位 41km 处的珠海金湾机场。

（2） 空中航线

台山核电主厂区中心位置 4km 范围内经过的现行民航使用的航路（线）有 V21 航线，主厂区中心点与 V21 航线投影的垂直距离为 2142m。

V21 航线投影与厂址的垂直距离小于 HAD101/04 所要求的筛选距离值（4km），根据《台山核电厂厂址区域民用飞机坠机概率评价报告》，V21 航线上的飞机在核电厂的坠机概率为 8.46×10^{-9}，远小于筛选概率水平 10^{-7}。厂址附近 4km 内无现行及规划的通用机场飞行航线/作业空域，厂址附近 10km 无现行及规划的通用机场。暂不需要考虑厂址附近通航机场及作业空域引起的坠机风险。

2.3.4.3 危险源

（1）固定危险源

厂址附近的固定危险源主要为加油站、液化气站、炸药库以及危险化学品库。厂址半径 15km 范围内除民用液化石油气供气站、公路沿线的加油站和国能台山发电厂因生产储存的柴油、液氨以及主要服务于黄茅海跨海通道 T7 合同段爆破工程隧道、路基与桩基爆破工程的 1 个临时民爆仓库外，其它工业企业生产原材料和产品的性质比较稳定，不存在贮存、加工、运输或处理有毒、有腐蚀性、有放射性物质的设施，也不存在化学品爆炸、燃烧和有毒、放射性气体或气溶胶释放的危险，这些工业企业的生产活动不会构成影响核电厂安全的潜在外部人为事件危险源。

厂址半径 15km 范围内现有四个加油站：

- 台山市金诚实业有限公司加油站，位于厂址 SW 方位 7.2km 处的台山市赤溪镇铜鼓村，总储量 160m^3；
- 台山市飞驰加油站，位于厂址 N 方位 8.8km 的台山市赤溪镇城北路尾 80 号，总储量 110m^3；
- 台山市赤溪供销社田头加油站，位于厂址 NW 方位 10.8km 的台山市赤溪镇田头圩田

赤路 1 号，总储量 60m^3；

– 中国石油广东江门台山唐美加油站，位于厂址 NW 方位 14km 的台山市斗山镇唐美村委会塘岭村 1 号，总储量 120m^3。

这四个加油站离厂址反应堆距离较远，储量较小，即使出现爆炸、燃烧等意外事故也不会对核电厂的安全构成威胁。

厂址 SW 方位 7.5km 处的国能粤电台山发电有限公司储存有 0#柴油 3600m^3 和液氨 162t。

除上述固定危险源外，厂址半径 15km 范围内无其它生产、储存易燃、易爆化学腐蚀等危险品的设施。

（2）移动危险源

距厂址最近的等级以上公路为 G240 国道，该公路最南端延伸至国能粤电台山发电有限公司，距厂址的最近距离约 7.5km。目前该公路是铜鼓村与外界相通的主要交通途径，主要运输农产品、水产品等货物，除了运送的汽油、柴油以及液氨外，无其它危险物品运输。运送汽油、柴油、液氨时一般采用 30m^3 的槽罐车运输。

离厂址最近的码头为国能粤电台山发电有限公司专用煤码头和油码头距厂址约 8.5km，离厂址最近的有危险品运输的航线为国能台电专用海上航线，距厂址的最近距离约 10km，主要用于运输燃煤和石油。根据江门台山海事处提供资料，国能台电油码头每年约 3 航次，每航次约装卸石油 700 吨，运输船型为油船。

目前，台山核电厂已修建了从铜鼓村通往台山核电厂区的进厂道路，该道路主要用于运送核电厂工作人员与设备，运输车辆较少，基本上无危险物品运输。

根据本工程厂址选择安全分析报告相关结论，厂址附近存在的各固定危险源及移动危险源不会影响核电厂的建设和安全运行。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

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

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.1.1 概述

台山核电厂厂址位于北回归线以南，属南亚热带季风气候区，受海洋影响，常年气候温暖，冬无严寒，夏无酷暑；雨量充沛，但分布很不均匀，有干、湿季之分；日照充沛。温、光、水条件均十分优越，但每年都有可能出现一些灾害性天气。

春季影响广东的冷空气势力较弱，虽也有较明显的冷空气达到沿海，但东移较快，多受弱变性冷高压脊、静止锋、低槽等天气系统控制；夏季则主要受西南季风和热带气旋所影响，高温多雨，是极端最高气温出现的主要时期；秋季是夏、冬过渡季节，地面上锋面的候平均位置已越过南岭，冷高压迅速南下并控制厂址区域；冬季受极地冷高压脊控制，盛行东北季风，天气较为干冷，气温为全年最低，降雨稀少。

2.4.1.2 区域气候特征

为分析台山核电厂 3、4 号机组厂址的区域气候特征，采用了上川气象站 1957 年~2023 年气象观测资料，上川气象站位于厂址 SW 方位 28.3km 处的上川岛涨水湾獭山山顶，紧临海边，四周地势开阔，海拔高度 21.9m，于 1957 年设立，观测项目有气温、气压、相对湿度、风速和风向、降水、日照、蒸发量、云量等。

上川气象站为国家基准气象站，与厂址地形相似、距离近，观测场地形较为开阔，满足《地面气象观测规范》的要求，能够反映观测场周围一定范围内的气象状况和特征。其观测数据经过质量控制和严格审核，其资料是可靠和准确的，对厂址区域气候特征有较好的代表性。

2.4.1.2.1 气温

上川气象站位于广东省南部沿岸，受海洋性气候影响较大，冬暖夏凉，多年平均气温和月平均气温变化规律都很一致。多年平均气温为 22.9℃，其中月平均气温以 7 月份最高，为 28.6℃，1 月份平均气温最低，为 15.2℃。上川气象站年最高气温为 37.0℃，出现在 7 月，年最低气温为 2.7℃，出现在 1 月。

2.4.1.2.2 相对湿度

上川气象站累年各月相对湿度统计结果中年平均相对湿度为 81%，最小相对湿度出现在 12 月，为 16%。

2.4.1.2.3 气压

厂址区域气压的月变化与季风现象有关，11 月至翌年 2 月受冷高压影响，气压较高，夏季 6 月至 8 月受西太平洋副热带高压的影响，气压较低和受热带气旋（台风）影响期间，气压变化幅度较大，历时较短的变化。

上川气象站累年各月气压统计结果中上川气象站累年平均气压为 1010.0hPa，各月平均气压中 1 月和 12 月最高，为 1017.3hPa，月平均气压中 8 月最低，为 1002.4hPa；极端最高气压出现在 1 月，为 1034.8hPa；极端最低气压出现在 9 月，为 959.5hPa。

2.4.1.2.4 蒸发量

蒸发量大小与区域内温、湿、风力、日照、气压等有关。根据上川气象站累年各月及年平均蒸发量，本区域内常年蒸发量为 1453.9mm，其中，上川岛蒸发量 10 月份最大，为 153.3mm，2 月份最小，为 87.9mm。

2.4.1.2.5 日照

上川气象站累年平均日照时数为 1958.1h，区域内夏季日照充足，尤其在 7 月份，月平均日照时数为 235.3h，在冬末春初（2、3 月份），日照时数较短，最短月平均日照时数为 88.4h。

2.4.1.2.6 降水

厂址所在区域是广东省多雨地区之一。年降雨量分布呈双峰型，即冷空气降水和热带气旋（台风）降水，两者的量级相当。根据上川气象站累年各月降雨量统计结果，从多年平均年降水量来看，上川岛为 2233.5mm，日最大降雨量出现在 6 月，为 566.3mm，最大一次降雨量出现在 6 月，为 911.2mm。在一年中，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 83%。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（台风）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。

2.4.1.2.7 风

区域大尺度地面盛行风流场存在着明显的季节变化。冬季受蒙古冷高压影响，厂址地区处于冷高压的东南缘，东北季风气流越过南岭后南下影响到厂址区域。由于冷高压南移是周期性的，一旦南下的冷高压东移出海减弱，本地区处于脊后槽前天气形势，就会转吹偏东南风，因此冬季常出现偏东北与偏东南风交替，但偏东北风占绝对优势。夏季冷高压开始减弱，太平洋副热带高压加强影响，处于西南季风与副热带东南季风的过程区，偏东北风频率减少，偏西南和偏东南风频率增加。随着西太平洋副热带高压的周期性东退和西进，该地区出现了偏西南和偏东南两种气流的交替影响，同时南海的热带辐合带和台风活动有时也带来大风暴雨的天气。

（1） 风速

— 平均风速

上川气象站累年各月风速统计结果中，年平均风速的年内变化基本是冬季大，夏季小。

上川气象站紧邻海边，四周地势开阔，年平均风速达到 4.6m/s，极大风速出现在 9 月，为 51.6m/s（出现在 2008 年 9 月 24 日，为 2008 年广东茂名市的电白县陈村镇沿海登陆的 0814 号超强台风“黑格比”影响造成）。

— 风速年变化

本区域内平均风速在冬季由于受北方冷空气影响，风速较大，上川气象站累年最大月平均风速出现在 12 月，为 5.8m/s，累年最小月平均风速出现在 8 月，为 3.4m/s。

（2） 风向

厂址位于亚热带季风区，其盛行风向的季节变化明显，该区域年盛行风向以东至东北偏北风为主，夏季盛行风向以南风和西南风为主，春秋冬季盛行风向为东北至东北偏北风。根据对上川气象站 1957~2023 年的多年测风资料进行统计。上川气象站全年主导风向为 NNE，频率为 14%。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 热带气旋

热带气旋是发生在西太平洋和南海区域热带洋面上的一种强烈的气旋性涡旋，常伴有大风、暴雨等极为强烈的天气，是一种破坏性极强的灾害性天气系统。根据《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）的要求，设定以台山核电厂厂址为中心，400km 为半径的圆形区域为热带气旋影响评估区域。根据 1949 年～2023 年间台风资料，影响工程海域的热带气旋（含热带低压、热带风暴、强热带风暴和台风）共有 413 个，平均每年约 5.5 个。其中，超强台风 10 个、强台风 41 个、台风 112 个、强热带风暴 90 个，热带风暴 68 个，热带低压 92 个。主要发生于 4～12 月份，发生次数分别为 3 次、14 次、52 次、83 次、103 次、92 次、45 次、16 次和 5 次，1 月～3 月均没有过程发生。

2.4.2.2 龙卷风

按照《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）的要求，调查了厂址为中心经度和纬度各 3 度区域，该区域地处广东省中部和西部沿海地区，是龙卷风发生较多、较强的地区。控制区内龙卷风分布差异大，大致以厂址附近和东、南两侧多，西、北两侧少。统计 1951 年~2023 年 28 个市、县和 1 个岛屿共发生龙卷风 215 个，平均每年出现约 3.0 个，这些龙卷风绝大多数与雷暴、冰雹等强对流天气密切相关。

龙卷风有显著的季节变化，春、夏、秋、冬各季都有发生。但是春季（3~5 月）出现最多，占各季发生总数的 53.5%；次多的夏季（6~8 月），占各季发生数的 32.5%，秋季（9~11 月）、冬季（12~2 月）发生数最少，分别仅占各季总数的 9.8%、4.2%。年内，除 1、11 月未出现龙卷风外，其余月份都有龙卷风发生，夏半年比冬半年多。3~8 月发生较频繁，尤其 4、5 月是龙卷风的高发时段，占全年总数的 42.6%。

根据统计龙卷风的强度 F 等级出现的次数和百分率，出现的最强龙卷级别为 F3 级，共 1 个，次强的 F2 级，出现了 18 个，F1 级别的龙卷出现最多为 117 个，占总数的 54.4%，F0 级 79 个，占总数的 36.7%。

2.4.2.3 飑线

飑线在厂址区域内比较常见，年均发生可达近 100 次。飑线多发生于每年春夏季节的 4~8 月份，占全年的 80%以上，其中以 7~8 月份最多，分别占 21.5%和 21.6%。飑线在一

天的任何时间内都可能出现，但以午后 1~6 时较为多见，占近六成，其中下午 2~6 时发生最多，约占四成。主要是因为太阳辐射对地球大气的影响在午后达到最高峰，这时气温最高，对流旺盛，大气层结构极不稳定，所以强对流天气最易发生。

飑线的持续时间一般为 5~20 分钟。时间长的可在 30 分钟以上。1951~1993 年共发生 8 次持续时间超过 1 小时的飑线。历史上持续时间最长的飑线于 1955 年 2 月 19 日出现在西北部的连县，当日的飑线从早上 6 时 13 分开始，至 10 时 55 分结束，持续时间长达 4 小时 42 分。从年代上看，长时间的飑线都出现在 50 年代，60 年代尚有一些超过 30 分钟的飑线，70~90 年代飑线持续时间均较短。

2.4.2.4 雷暴、冰雹

根据上川气象站（1957 年~2013 年）统计资料，厂址地区雷暴、冰雹出现次数统计结果可知，厂址区域雷暴出现次数较多，年平均出现 59.1d，最多出现 88.0d；冰雹出现次数极少，年平均出现 0.04d，最多出现 1.0d。

2.4.3 当地气象条件

厂址自动气象观测系统包括厂址地面观测站和100m高厂址气象塔。厂址自动气象观测系统于2007年8月起正式运行，2017年5月设备进行了全新更换，并采用了新一代采集系统。

本报告选取厂址自动气象观测系统 2024 年 1 月~2024 年 12 月一整年的气象塔梯度观测数据以及地面站观测数据对厂址的当地气象条件进行统计描述，观测期间整体数据获取率 94.2%。

2.4.3.1 厂址地面气象站观测结果

（1）温度

厂址地区年平均气温为 23.8℃；7 月的月平均气温最高，达到 29.2℃；1 月的月平均气温最低，为 16.8℃；极端气温最高值为 35.9℃，出现在 8 月；极端气温最低值为 4.6℃，出现在 1 月。

（2）气压

厂址地区的年平均大气压为 1006.2hPa，最高月平均气压为 1014.4hPa，出现在 1 月；

最低月平均气压为 999.4hPa，出现在 7 月。极端最高气压为 1024.3hPa，出现在 1 月，极端最低气压为 985.1hPa，出现在 7 月。

（3）相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 83%。最低月平均相对湿度出现在 12 月，为 60%。极端最低相对湿度为 19%，出现在 2 月。

（4）降水量

厂址地区年降水量为2452.9mm，降雨时数为775 小时。5月份降水量最大，为712.4mm，12 月无降水量。

2.4.3.2 厂址气象塔观测结果

（1）温度

厂址气象塔 10m、30m、80m、100m 高度年平均气温分别为 23.8℃、23.6℃、23.2℃、23.1℃。

观测期间厂址各高度均为 7 月平均气温最高，分别为：29.2℃（10m）、29.1℃（30m）、28.9℃（80m）、28.7℃（100m）。1 月份平均气温最低，分别为：16.6℃（10m）、16.5℃（30m）、16.1℃（80m）、15.9℃（100m）。10m、30m、80m、100m 四个高度极端最高气温均出现在 8 月，分别为 10m：35.4℃，30m：34.7℃，80m：35.0℃，100m：34.2℃；极端最低气温均出现在 1 月，分别为 10m：4.5℃、30m：4.4℃，80m：4.1℃，100m：3.7℃。

（2）风向

从统计结果可以看出：各高度全年风向频率表现出较好的一致性，以下给出各高度风频统计结果：

— 气象塔 10m 高度主导风向为 NNE（21.7%），次主导风向为 NE（14.2%），全年静风频率为 0.7%；

— 气象塔 30m 高度主导风向为 NNE（16.1%），次主导风向为 NE（14.6%），全年静风频率为 0.4%；

— 气象塔 80m 高度主导风向为 NNE（20.2%），次主导风向为 NE（14.3%），全年静风频率为 0.3%；

— 气象塔 100m 高度主导风向为 NNE（22.0%），次主导风向为 NE（13.6%），全

年静风频率为 0.0%。

（3）风速

厂址气象塔各层的年平均风速和最大风速分别为：

— 10m 高度年平均风速 3.4m/s、最大风速 20.1m/s；

— 30m 高度平均风速 4.2m/s、最大风速 22.4m/s；

— 80m 高度平均风速 4.6m/s、最大风速 25.1m/s；

— 100m 高度平均风速 4.7m/s、最大风速 25.0m/s。

风速随高度变化总的趋势是低层平均风速小于高层平均风速。厂址地区平均风速也呈现出较明显的季节性变化规律，冬季平均风速为本年度最大，夏季平均风速最小；从月变化来看，本观测年度内 11 月份平均风速最大，8 月份风速最小。

2.4.4 大气稳定度

《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD 101/02-1987）推荐了三种方法来分析厂址地区的大气稳定度状况，分别为太阳辐射－风速方法，温度梯度法，温度梯度－风速法。从分类原理比较，温度梯度法仅考虑在一定高度范围内温度随高度的分布，太阳辐射－风速法则从太阳辐射强弱结合风速来判断稳定度，温度梯度－风速法则在考虑温度垂直分布的基础上考虑风速的影响，既考虑了热力效应又考虑了动力效应在不同大气稳定度天气的表现，从原理上相对来说考虑得更全面。已批复的台山一期项目即采用了温度梯度－风速法进行大气稳定度分类，全面地分析了厂址地区的大气稳定度状况，适用性相对较好。

根据 2024 年 1 月~2024 年 12 月一整年的厂址气象观测资料，利用该观测时段的逐时 10m 高度风向、风速以及气象塔 10m、100m 高度处的温度资料，采用温度梯度－风速法对厂址地区稳定度进行分类，得到厂址地区各稳定度所占比例分别为：A：1.8%；B：11.8%；C：15.9%；D：62.9%；E：0.9%；F：6.7%。

2.4.5 联合频率

按照《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02-1987）导则要求，在联合频率统计中，将风速划分为 6 级，即风速 V<0.5m/s 按静风处理，作为第一级风速，0.5~1.9m/s 为第二级风速，2.0~2.9m/s 为第三级风速，3.0~4.9m/s 为第四级风速，5.0~5.9m/s 为第五级风速，大于 6.0m/s 为第六级风速，并分为有雨和无雨两种情况。

2.4.6 混合层高度及扩散参数

2.4.6.1 混合层高度

苏州热工研究院分别于 2006 年 12 月 7 日~24 日以及 2007 年 8 月 13 日~9 月 5 日进行了冬夏两季现场大气测试。冬季在厂址处设立一个观测点，夏季在厂址 NNW 方位 16km 处增加设立了都斛观测点。

根据试验观测数据统计得到厂址地区混合层高度：厂址地区冬季混合层平均高度为 455m；夏季厂址观测点与都斛观测点混合层高度在 550m 左右。

结合冬、夏两季大气测试期间计算、统计得到的各稳定度混合层高度，并从偏保守的角度，推荐大气扩散模式计算中采用以下混合层高度值：550m（A-C 类稳定度），450m（D 类稳定度）。

2.4.6.2 扩散参数

苏州热工研究院于 2006 年、2007 年开展了冬夏两季平衡球大气扩散试验，夏季共获得平衡球观测数据 131 组，冬季共获得平衡球观测数据 178 组。由于平衡气球观测只能在白天进行，所以得到的扩散参数大多为不稳定和中性大气稳定度下的结果，弱稳定度类天气尚有一些，而较稳定的 F 类情形很少。由于上述原因，采用平衡球观测结果拟合扩散参数时，把 A、B、C 类归在一起，代表不稳定类别；D 类样本数较多，可以准确反映中性稳定度类别；E、F 类归为稳定类别。

观测期间内强不稳定类天气以及强稳定类天气出现天数有限，因此，很难得到能在不同天气条件（六类稳定度）下适用于评价区内的扩散参数。

平衡球试验获得的垂直扩散参数曲线与 P-G 曲线比较，A-C 类稳定类天气下，在下风向 300m 左右距离范围内实测得到的扩散参数值略大于 B 类稳定度下 P-G 曲线值，而略小于 A 类 P-G 曲线扩散参数值，在 300m~1000m 距离范围内则小于 B 类稳定度 P-G 曲线值而大于 C 类稳定度的 P-G 曲线值，在 1000m 以远处则逐渐与 C 类 P-G 扩散曲线接近；D 类天气较 P-G 曲线相比，在近距离处略大于 P-G 扩散曲线值，在 1000m 左右处与 P-G 扩散参数值接近；而 E-F 类天气下实测值与 P-G 曲线值较为接近。

可以看出，在近距离范围内，扩散参数值略大于同稳定度条件下 P-G 扩散参数曲线扩

散参数值，主要受周围山体影响，随着距离逐渐增大，一般在下风向 1000m 左右处及以远处，受山体影响逐渐减小，实测值与 P-G 曲线值较为接近。在试验期间，大气扩散参数实测值可以大致反映出厂址地区试验期间大气扩散特征。

考虑到平衡球观测所获得的厂址区域大气扩散参数的局限性，苏州热工研究院有限公司于 2012 年 7 月 28 日~8 月 30 日和 2012 年 12 月 12 日~2013 年 1 月 17 日分别开展了夏季、冬季现场湍流观测试验，试验期间在厂址气象铁塔 10m 和 80m 两个高度进行湍流特征量的探测。通过湍流探测数据分析，两层高度的风速、风向均有很好的一致性，80m 高度风速略大于 10m 高度，符合大气边界层中风速随高度增加的事实；仪器观测的湍流热通量具有规律的日变化，两套湍流观测仪器观测结果有较好的相关性。

厂址区域高低层湍流测量结果表明，10m 高度湍流脉动标准差和湍流强度均强于 80m 高度。相同高度的顺风向和侧向脉动量有较好的相关性，总体上顺风向脉动强于侧风向，垂直向脉动最弱。高低层的顺风向、侧风向、垂直向湍流脉动的相关性亦较好，80m 高度湍流脉动略小于 10m 高度。

当系统影响较弱时，厂址地区的脉动体现出明显的日变化特征，白天由于太阳辐射较强，湍流脉动标准差和湍流强度均显著增大，夜间则显著减小，体现出明显的热力湍流特征。厂址气象塔 10m 和 80m 高度无因次湍流特征量随 z/L 的变化以及湍流度随风速的变化符合边界层相似理论一般性规律。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了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弥散特征所需要的各种气象参数，设立了厂址气象塔自动观测系统以及地面气象站，以开展气象观测工作。台山核电厂气象观测站由气象梯度观测系统和厂址专用地面站组成，位于核电厂主厂区南侧一座海拔 50m 左右的山包上。本期工程厂坪标高为 8.5m（1985 国家高程基准）。厂址气象站的观测场高程 53m 左右。2007 年由苏州热工院设立、安装完毕，目前运行良好，考虑到厂址三面环山，观测场高程较高，厂址风等气象要素的观测条件较好。

气象观测系统运行前的各气象要素数据联合获取率均应保证在 90%以上。

— 气象观测系统

（1）厂址气象铁塔与气象梯度自动观测

气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），分别测量厂址地面以上各

个高度风向、风速、温度等气象参数，以获取台山核电厂厂址区域有关风场分布、温度场结构变化等气象资料，用于台山核电厂厂址区域的大气环境影响评价。

（2）厂址专用地面气象站

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

此外，为满足低层观测的代表性，目前建设单位正在开展十米风杆观测系统建设的委托工作。观测系统建设完成后将开展厂区的气象观测，观测项目包括：离地 10m 处的风速、风向、气温。观测周期暂定为连续 12 个完整自然月（1 整年），后续可根据观测情况延长观测期。

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

2.5.2.1 水文地质条件

2.5.2.2 含水层及其特征

2.5.2.3 地下水补给、径流、排泄条件

2.5.2.4 地下水开发利用现状

2.5.2.5 厂区场地平整对地下水的影响

2.5.3 洪水

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

2.5.1.1.1 河流和水库

台山市全市河流分属两个流域：北部的河流由东南向西北流归潭江，属珠江流域水系河流；南部和西南部的河流从北向南流入南海，属粤西沿海诸小河水系河流。集雨面积在100km^{2}以上的河流共 10 条。其中，流域面积在 600km^{2}以上的河流有三条，分别是潭江、大隆洞河和那扶河。

— 潭江位于厂址北面，是珠江三角洲水系的一级支流，流域面积 6026km^2，主河道长 248km，平均坡降 0.45‰。主流发源于阳江市的牛围岭，流经台山市北端，在台山市内的流域面积及河长分别是 956km^{2}和 19km。主要支流有新昌水、公益水、白沙水。

— 大隆洞河位于厂址西北部，属粤西水系流域区，集雨面积 709km^2，其中台山市占 678.7km^2。发源于大隆洞山系的婆鬓山，流域三面环山，南临大海，腹部为大片冲积平原。

— 那扶河位于厂址西面，是台山市西南区最大的河流，流域面积 684km^2，主河道长 52km，平均坡降 0.39‰。发源于开平市鱼潭山，流经那扶镇的洪坎、泗门、那扶墟，在横山墟附近注入南海。

厂址附近的河流主要有大隆洞河、镇口河、东滘河、赤溪河和曹冲河等。大隆洞河最近位于厂址 WNW 方位约 16.0km，其支流镇口河最近位于厂址 NW 方位约 15.8km。东滘河距厂址最近距离为 N 方位约 16.3km，赤溪河距厂址最近距离为 N 方位约 8.3km，曹冲河距厂址最近距离为 N 方位约 3.1km。

厂址半径 15km 范围内共有 6 座水库，有中型水库 2 座，为猪龟潭水库和新松水库，有小（1）型水库 4 座，分别为大坑水库、南村塘水库、鲤鱼水库和小金水库。

目前，潭江干流台山河段水质为II类水，而潭江支流的水质一般差于干流水质，除白沙水水质为II类外，公益水下游、新昌水出口水质均为III类。斗山河（大隆洞河支流）上游水质轻污染至清洁，中游重至中污染，下游轻污染；粤西沿海诸小河中海宴河水质污染

比较严重。

除以上河流外，台山市境内其他河流以及水库的水质尚好，水库水质可保持II类。

2.5.1.1.2 电厂淡水水源

台山核电厂 NNE 方向约 4.9km 的新松水库为核电厂 3、4 号机组施工水源和运行期间淡水水源。

新松水库所在的曹冲河流域属水资源分区的粤西诸小河四级区，流域所处的台山沿海地区是广东省的多雨区之一，经分析，其多年平均降雨为 2520mm，多年平均径流深为 1550mm，径流系数 0.615，多年平均径流量 4370 万 m^3。

根据《台山核电厂 3、4 号机组水资源论证报告书》，3、4 号机组施工期淡水年均用水量为 106.9 万 m^3，运行期淡水年用水量为 119.9 万 m^3。在台山核电 1、2 号机组正常运行，3、4 号机组施工期高峰期时，年取用淡水水量为 413.3 万 m^3，新松水库年供水量 413.3 万 m^3，供水保证率为 98.5%，可满足运行期供水保证率 97%和施工期供水保证率 90%的要求。

2.5.1.2 海洋水文

2023 年 7 月 5 日~7 月 12 日和 2023 年 12 月 7 日~12 月 15 日，国家海洋局南海调查技术中心在工程海域台山市广海湾及黄茅海海区开展了夏季和冬季全潮水文和泥沙观测，共设定了 13 个全潮水文连续观测站和 6 个同步潮位观测站。

2.5.1.2.1 海域地理

厂址位于黄茅海西侧近出海口处，黄茅海是珠江八大尾闾的崖门水道和虎跳门水道出海的喇叭状河口湾，顶宽约 1.95km，湾口宽约 24km，南北长约 38km，湾内分布有赤鼻、白排、黄茅、獭洲、南水、三角山、大忙、大襟等主要岛屿，外围则有高栏、荷包、小襟岛为屏障。厂址海区是大片水深小于 2m 的潮坪，属于黄茅海西滩的一部分，是潮水挟带细颗粒泥沙的主要落淤场所。厂址主要受台风形成的风暴潮威胁，厂址附近海区有逐年向外淤积的趋势。

2.5.1.2.2 潮汐

厂址附近海区的潮汐现象主要是太平洋潮波经巴士海峡和巴林塘海峡进入南海后形成的，根据厂址处的验潮资料，厂址海区潮汐属于不正规半日潮型，潮流呈明显往复流特性。

根据厂址附近台山海洋站 2005 年至 2023 年资料分析，多年平均高潮位为 1.28m，多年平均低潮位为-0.03m，多年平均潮差为 1.31m。

厂址设计高潮水位的计算方案是以台山站实测资料，结合台山和三灶站的高潮相关关系，构建厂址年极值高潮位序列，同时考虑洪水位调查的极值潮位，最终确定厂址推算结果为：百年一遇设计高潮位为 4.48m。

根据 2023 年开展的全潮观测结果，本海区的潮汐类型为不正规半日潮。夏季观测海区观测期间的平均海面在 53cm～71cm 之间（85 国家基面），平均潮差在 123cm～135cm 之间，最大潮差在 268cm～354cm 之间。冬季观测海区观测期间的平均海面在 64cm～74cm 之间（85 国家基面），平均潮差在 129cm～136cm 之间，最大潮差在 282cm～335cm 之间。

2.5.1.2.3 海流

夏季大潮：调查海区各站表层平均流速在 17.0cm/s-58.2cm/s 之间；0.6H 层平均流速在 13.5 cm/s-36.6cm/s 之间；底层平均流速在 10.6cm/s-31.5cm/s 之间；垂线平均流速的平均值在 15.7cm/s-37.3cm/s 之间。由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为 121.1cm/s，位于 V5 站；0.6H 层最大流速为 87.4cm/s，也位于 V5 站；底层最大流速为 70.7cm/s，位于 V2 站。在空间分布上，调查各站流态与地形和岸线方向较一致，其中 V7、V11 和 V13 站表层受西南季风影响，流向主要为 S~SE 向。黄茅海及附近主要通道的站（V1、V2、V5、V6 站）流速比其它站流速略大。

夏季中潮：调查海区各站表层平均流速在 15.0cm/s-48.1cm/s 之间；0.6H 层平均流速在 11.6cm/s-40.3cm/s 之间；底层平均流速在 7.9cm/s-33.6cm/s 之间；垂线平均流速的平均值在 11.4cm/s-41.0cm/s 之间。由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为 122.1cm/s，位于 V1 站；0.6H 层最大流速为 93.4cm/s，也位于 V1 站；底层最大流速为 68.1cm/s，位于 V2 站。在空间分布上，调查各站流态与地形和岸线方向较一致，其中 V7、V11 和 V13 站表层受西南季风影响，流向主要为 W~E 向。黄茅海及附近主要通道的站（V1、V2、V5、V6 站）流速比其它站流速略大。

夏季小潮：调查海区各站表层平均流速在 9.6 cm/s-41.0cm/s 之间；0.6H 层平均流速在

8.8cm/s-30.0cm/s 之间；底层平均流速在 5.8cm/s-23.6cm/s 之间；垂线平均流速的平均值在 8.6cm/s-30.9cm/s 之间。由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为 103.4cm/s，位于 V2 站；0.6H 层最大流速为 70.1cm/s，位于 V1 站；底层最大流速为 69.5cm/s，也位于 V1 站。在空间分布上，调查各站流态与地形和岸线方向较一致，其中 V7、V8、V9、V10、V11 和 V13 站表层受西南季风影响，流向主要为 W~S 向。黄茅海及附近主要通道的站（V1、V2、V5、V6 站）流速比其它站流速略大。

冬季大潮：调查海区各站表层平均流速在 11.7cm/s-59.5cm/s 之间；0.6H 层平均流速在 14.5 cm/s-53.7cm/s 之间；底层平均流速在 9.2cm/s-28.0cm/s 之间；垂线平均流速的平均值在 10.2cm/s-49.4cm/s 之间。由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为 143.6cm/s，位于 V1 站；0.6H 层最大流速为 143.6cm/s，也位于 V1 站；底层最大流速为 73.7cm/s，同样位于 V1 站。在空间分布上，调查各站流态与地形和岸线方向较一致，其中 V7、V11 和 V13 站表层受东北季风影响，流向主要为 W~SW 向。黄茅海及附近主要通道的站（V1、V2、V5、V6 站）流速比其它站流速略大。

冬季中潮：调查海区各站表层平均流速在 11.4cm/s-52.0cm/s 之间；0.6H 层平均流速在 9.2cm/s-44.8cm/s 之间；底层平均流速在 7.6cm/s-28.9cm/s 之间；垂线平均流速的平均值在 9.1cm/s-43.2m/s 之间。由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为 118.3cm/s，位于 V1 站；0.6H 层最大流速为 104.5cm/s，也位于 V1 站；底层最大流速为 64.4cm/s，位于 V2 站。在空间分布上，调查各站流态与地形和岸线方向较一致，其中 V7、V11 和 V13 站表层受东北季风影响，流向主要为 W~S 向。黄茅海及附近主要通道的站（V1、V2、V5、V6 站）流速比其它站流速略大。

冬季小潮：调查海区各站表层平均流速在 9.0 cm/s-39.9cm/s 之间；0.6H 层平均流速在 8.7cm/s-31.8cm/s 之间；底层平均流速在 7.0cm/s-17.4cm/s 之间；垂线平均流速的平均值在 7.8cm/s-27.4cm/s 之间。由表层至底层，流速总体呈现减小的趋势。实测表层最大海流流速为 78.7cm/s，位于 V2 站；0.6H 层最大流速为 82.3cm/s，位于 V1 站；底层最大流速为 38.9cm/s，位于 V6 站。在空间分布上，调查各站流态与地形和岸线方向较一致，其中 V7、V8、V9、V10、V11 和 V13 站表层受东北季风影响，流向主要为 W~S 向。黄茅海及附近主要通道的站（V1、V2、V5、V6 站）流速比其它站流速略大。

2.5.1.2.4 余流

夏季观测期间：受西南季风和黄茅海径流的影响，调查海区夏季余流流向较复杂，外侧站表层以东南向为主，底层以东北向为主；黄茅海及其主要通道站以东南~西南向为主。大潮期余流在 0.1 cm/s-55.2cm/s 之间，中潮期余流在 0.3cm/s-23.0cm/s 之间，小潮期余流在 1.5m/s-31.7cm/s 之间。最大余流为 55.2cm/s，流向为 101°，出现在大潮 V7 站的表层。除去 V7 和 V11 站表层余流，其它各站各潮期的流余流相差不大，且各站余流表层大于 0.6H 层，0.6H 层大于底层。空间上，外海站 V7、V11 站以及广海湾内站 V8 站表层的余流明显比其它站的余流大，这主要是西南季风的影响。处于岛屿通道外侧的外海站 V7 站余流大于 V11 站，这可能与崖门水道径流的影响有关。

冬季观测期间：受东北季风和黄茅海径流的影响，调查海区冬季余流流向较复杂，外侧站表层主要以西南向~西北向为主，底层以东北向~东南向为主；黄茅海及其主要通道站以东南~西南向为主。大潮期余流在 1.3 cm/s-40.6cm/s 之间，中潮期余流在 0.7cm/s-33.8cm/s 之间，小潮期余流在 1.9m/s-29.5cm/s 之间。最大余流为 40.6cm/s，流向为 270°，出现在大潮 V11 站的表层。除去 V2、V7 和 V11 站表层及 V1 表层和 0.6H 层余流，其它各站各潮期的余流相差不大，且各站余流主要表现为表层大于 0.6H 层，0.6H 层大于底层。空间上，外海站 V7、V11 站以及崖门水道口的 V1、V2 站表层的余流明显比其它站的余流大，这主要是东北季风和崖门水道径流的影响。

2.5.1.2.5 波浪

（1） 波形

大万山站全年主要为涌浪为主的混合浪，出现频率达 95.6%。而以风浪为主的混合浪只有 1.8%。冬季时以风浪为主的混合浪略有增加，夏季基本是以涌浪为主的混合浪。

荷包岛全年波浪同样是以涌浪为主，出现频率为 68.5%，风浪所占比例大于大万山站，为 31.5%。

（2） 常浪向

大万山站全年波向以 SE 向为主，频率为 55.9%，次波向为 ESE 和 S 向，频率分别为 16.5%和 10.9%，全年的波向分布集中在 E~SW 方向，此范围内出现频率之和达 99%。

荷包岛站各月各波向出现频率统计表明，该站浪向主要集中在 E~SW 方向，出现在此范围内的波浪频率达 79.8%，常浪向为 SE 向，频率占 67.0%。

鹅咀排站年各波向出现频率统计表明，该站常浪向为 SE 方向，频率占 28.3%，浪向

主要集中在 E~S 方向，出现在此范围内的波浪频率达 92.4%。

（3） 强浪向

大万山站强浪向在 SSE 方向，最大 $H_{1/10}$ 为 8.3 m，其次为 SE 方向，为 7.5m。

荷包岛站各向平均 $H_{1/10}$ 变化于 0.4~1.3m 之间，浪向分布较为分散；强浪向在 SE 方向，最大 $H_{1/10}$ 为 5.5m，NE~SW 方向在一年观测期内均出现 $H_{1/10}$ 为 3.0 m 左右的波高。

2.5.1.2.6 海水温度

2023 年开展的冬、夏季全潮水温观测特征如下：

夏季观测期间：大潮观测期间观测海域的平均水温为 27.84℃，表层平均水温为 29.66℃，中层平均水温为 27.32℃，底层平均水温为 26.69℃。中潮观测期间观测海域的平均水温为 27.62℃，表层平均水温为 29.89℃，中层平均水温为 27.01℃，底层平均水温为 26.08℃。小潮观测期间观测海域的平均水温为 27.68℃，表层平均水温为 30.40℃，中层平均水温为 26.88℃，底层平均水温为 25.86℃。整个观测期间，最高水温 33.92℃出现在小潮期 V12 站的表层，最低水温 22.64℃出现在小潮期 V11 站底层。

冬季观测期间：大潮观测期间观测海域的平均水温为 23.41℃，表层平均水温为 23.47℃，中层平均水温为 23.39℃，底层平均水温为 23.38℃。中潮观测期间观测海域的平均水温为 22.95℃，表层平均水温为 23.10℃，中层平均水温为 22.95℃，底层平均水温为 22.84℃。小潮观测期间观测海域的平均水温为 21.99℃，表层平均水温为 21.68℃，中层平均水温为 22.02℃，底层平均水温为 22.34℃。整个观测期间，最高水温 25.58℃出现在中潮期 V3 站的表层，最低水温 20.64℃出现在小潮期 V1 站表层。

本工程厂址海域附近有大万山海洋站，位于厂址约 E 方位约 76km，其 1974~2023 年多年平均表层水温值为 24.0℃。其中，7 月份平均水温最高，为 29.2℃；2 月份平均水温最低，为 17.3℃。大万山站历史最高表层水温值为 33.4℃，发生于 2022 年 7 月 25 日；历史最低表层水温值为 12.7℃，出现时间为 2021 年 1 月 14 日。根据台山核电厂址与大万山站同期水温数据进行相关分析，推算的厂址多年平均水温为 24.2℃。台山厂址历史最高水温为 34.0℃，历史最低水温为 12.4℃。

此外，台山核电厂址附近建有台山海洋站，该站进行长期水温观测，台山海洋站位于台山火电码头处，2008 年至今水温资料完整。

2.5.1.2.7 海水盐度

2023 年开展的冬、夏季全潮海水盐度观测特征如下：

夏季观测期间：盐度的整体分布情况为表层＜中层＜底层。最高盐度 34.34 出现在小潮期 V7 站的底层，最低盐度 0 出现在大潮期 V1 站表层和中层。大潮观测期间观测海域的平均盐度为 23.35，表层平均盐度为 17.78，中层平均盐度为 24.09，底层平均盐度为 25.68。中潮观测期间观测海域的平均盐度为 25.96，表层平均盐度为 21.59，中层平均盐度为 27.06，底层平均盐度为 28.74。小潮观测期间观测海域的平均盐度为 26.78，表层平均盐度为 23.04，中层平均盐度为 27.67，底层平均盐度为 29.08。

冬季观测期间：盐度的整体分布情况为表层＜中层＜底层。最高盐度 33.63 出现在小潮期 V11 站的底层，最低盐度 11.75 出现在小潮期 V1 站表层。大潮观测期间观测海域的平均盐度为 27.35，表层平均盐度为 26.59，中层平均盐度为 27.42，底层平均盐度为 28.17。中潮观测期间观测海域的平均盐度为 26.80，表层平均盐度为 25.63，中层平均盐度为 27.06，底层平均盐度为 27.81。小潮观测期间观测海域的平均盐度为 27.36，表层平均盐度为 25.64，中层平均盐度为 27.66，底层平均盐度为 28.92。

大万山站1974~2023年多年平均表层盐度值为29.0‰。其中，3月份平均盐度全年最高为32.7‰，7月份平均盐度全年最低为20.9‰。

2.5.1.2.8 悬沙

2023 年开展的冬、夏季全潮悬沙观测特征如下：

夏季观测期间：大潮期总体悬沙含量的平均值为 0.03kg/m^3，中潮期为 0.0161kg/m^3，小潮期为 0.0091kg/m^3，整体而言，悬沙含量表现为小潮<大潮<中潮。各站最大含沙量相差较大，悬沙含量垂直分布层化明显。大潮期间悬沙中值粒径在 2.89Φ～7.46Φ之间，中潮期间悬沙中值粒径在 4.96Φ～7.87Φ之间，小潮期间悬沙中值粒径在 4.92Φ～7.45Φ之间。悬沙各组成物质中，以粉砂含量最高。各站悬沙中值粒径的累积频率曲线图成 S 型。对于日单宽输沙量，各站日单宽输沙量相差较大，输沙方向主要和余流方向比较一致。由于大潮的流速和悬沙含量都较大，因此，大潮输沙量较大，中潮次之，小潮最小。

冬季观测期间：大潮期总体的平均值为 0.0104kg/m^3，中潮期为 0.0062kg/m^3，小潮期为 0.0057kg/m^3，整体而言，悬沙含量表现为小潮<中潮<大潮。各站最大含沙量相差较大，悬沙含量垂直分布层化明显。大潮期间悬沙中值粒径在 5.15Φ～6.91Φ之间，中潮期间悬沙

中值粒径在 4.84Φ～7.18Φ之间，小潮期间悬沙中值粒径在 4.44Φ～7.48Φ之间。悬沙各组成物质中，以粉砂含量最高。各站悬沙中值粒径的累积频率曲线图成 S 型。对于周日单宽输沙量，各站日单宽输沙量相差较大，输沙方向主要和余流方向比较一致。

2.5.1.2.9 岸滩稳定性

（1）泥沙来源

工程海域泥沙来源主要由河口入海泥沙、沿岸流输沙、浅滩沟槽泥沙的搬运。洪季，径流挟带的泥沙是黄茅海海域主要的泥沙来源；枯季，上游径流来沙量大大减少，湾内悬沙以风浪掀沙作用为主。此外，沿岸流也有部分挟沙通过外海峡口进入本海域以及在涨潮流作用下外海的少量泥沙被输入工程海区。

（2）大范围海域等深线变化

1964~1998 年海图等深线变化情况和 1998 年~2017 年海图等深线变化情况中可以看出：

a）从 1964~1998 年海图等深线变化情况来看，工程海域-15m 和-20m 等深线基本无变化；-10m 等深线变化不大，局部地段有冲有淤，台山电厂南面-10m 等深线侵蚀后退，表现为冲刷状态；大襟岛西南侧的-5m 等深线有冲有淤，整体保持稳定状态，大襟岛至荷包岛的中出口处-5m 等深线向外海淤涨，淤涨距离在 100m~500m 左右。

工程区附近 0m、-2m 等深线整体表现为向外淤涨的状态，其中，腰古湾—大襟岛之间的工程区 0m、-2m 等深线向外淤涨距离在 200~500m 左右，黄茅海东部水域-2m 等深线向西推进约 200m 左右。

b）从 1998 年~2017 年海图等深线的变化情况来看，黄茅海西侧赤溪湾附近 0m 和-2m 等深线向外淤涨，淤涨距离约在 200m~400m 之间；排水明渠—大襟岛之间的工程区 0m 等深线向外淤涨约 200m~300m，-2m 等深线侵蚀后退，后退最大距离约 700m，其余区域 0m 和-2m 等深线变化不大。

台山电厂至大襟岛西侧海域-5m 等深线明显侵蚀后退，最大后退距离约 1200m，台山电厂南侧-10m 等深线垂直于岸分布，该区域等深线的变化主要受台山电厂的建设以及航道开挖影响，除此以外，工程区附近的-5m、-10m 以及-20m 等深线基本保持不变。

（3）近期取排水口附近等深线变化

排水明渠处采用 2006 年和 2023 年实测水深进行对比，而在取水明渠处的等深线变化分析则采用 2009 年海图数据和 2023 年实测数据进行对比，取排水明渠处的等深线变化情

况中可以看出：

a）2006 年~2023 年期间，排水明渠处各等深线整体侵蚀后退，其中-1m、-2m 等深线后退距离在 50m~600m 之间，-3m 等深线最大后退距离约 700m，在取水明渠口门位置处，出现了-2m 和-3m 等深线，总的来看，排水明渠附近海域整体表现为冲刷状态，这种变化趋势与排水明渠的建设、排水流量以及上游来沙减少有着直接关系。

b）从取水明渠附近水域等深线变化情况来看，取水明渠附近等深线整体向北侧推进，其中-4m、-5m 等深线向北移动距离多在 100m~500m 之间；-6m~-7m 等深线推进距离较大，多在 600m~1100m 之间。取水明渠口门位置水深由-5m 增加到-6m~-7m 左右，总体表现为明显的冲刷趋势。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 水文地质条件

根据水文地质勘察，厂址附近区域以分水岭和地表径流为界，可分为I～V五个水文地质单元。

水文地质单元I：东北侧以山脊连线（分水岭）作为补给边界，西南侧以台电大坑水库作为排泄边界或直接流入海域，地下水流向为自北向南方向，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙汇聚至地表水体或补给南侧的第四系松散岩类孔隙水，最终汇入钦头湾及铜鼓湾海域。

水文地质单元II：西侧以山脊连线（分水岭）作为补给边界，西侧以河流作为排泄边界，地下水流向为自东向西方向，主要接受大气降水及泉水的补给，接受补给后，随地形地势向西径流，最终汇入长沙湾海域。

水文地质单元III：西侧以山脊连线（分水岭）作为补给边界，东侧汇入海域，地下水流向为自西南向东北方向，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，随地形地势向东北方向径流，最终汇入黄茅海海域。

水文地质单元IV：南侧山脊连线（分水岭）作为补给边界，北侧以曹冲河（新松水库）作为排泄边界，地下水流向为自南向北东方向，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，随地形地势向北东方向径流，最终汇入黄茅海海域。

水文地质单元V：东侧山脊连线（分水岭）作为补给边界，北侧以曹冲河（新松水库）

作为排泄边界，地下水流向为自南向北东方向，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，随地形地势向北东方向径流，最终汇入长沙湾海域。

根据水文地质单元内地形地貌、河流流向及排泄条件的差别，又将水文地质单元I、II进一步分为I_1、I_2、I_3和II_1、II_2、II_3六个亚水文地质单元。

亚水文地质单元区I_1：整体属丘陵区，地下水以基岩裂隙水为主，地下水流向为自北东向南西方向，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙汇聚至台电大坑水库。

亚水文地质单元区I_2：北侧丘陵区地下水以基岩裂隙水为主，地下水流向为自北向南方向，南侧为农田，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙径流，补给第四系松散岩类孔隙水。

亚水文地质单元区I_3：北侧丘陵区地下水以基岩裂隙水为主，地下水流向为自北向南东方向，南侧为钦头村，主要为人工回填区及海岸地貌，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙径流，补给第四系松散岩类孔隙水。

亚水文地质单元区II_1：西北侧丘陵区地下水以基岩裂隙水为主，地下水流向为自西北向南东方向，东南侧为海岸地貌区，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙径流，汇入原腰古湾海域。

亚水文地质单元区II_2：厂区所在位置，西侧丘陵区地下水以基岩裂隙水为主，中部核电厂区为人工地貌区，以第四系松散岩系孔隙潜水为主，地下水流向为自西北向东南方向，东侧为海岸地貌区，基岩裂隙水主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙径流，补给第四系松散岩类孔隙水，最终汇入海域。

亚水文地质单元区II_3：西侧丘陵区地下水以基岩裂隙水为主，南侧径流受核电厂人工水渠干扰，地下水流向为自西向东方向，主要接受泉水及大气降水的补给，接受补给后，丘陵区的地下水沿基岩裂隙径流，汇入原腰古湾海域。

综合分析：水文地质单元I_1和I_2以及I_3水文地质单元之间，主厂区所在的水文地质单元II_1和II_2以及II_3之间均以山脊连线（补给边界）或河流（排泄边界）为界，在各自独立分区内接受大气降水的补给，沿基岩裂隙或土体孔隙内径流，最终均汇入黄茅海，相互之间互不影响，无水力联系。

2.5.2.2 含水层、包气带和隔水层及其特征

（1）含水层

根据水文地质勘察，厂址近区域地下水主要分两种类型：第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。

1）第四系松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水主要赋存于区内山间盆地、河谷平原、山前平原和滨海平原。按含水层水文地质特征分为残坡积孔隙潜水、洪积层孔隙潜水、冲积层孔隙潜水及海积层孔隙潜水。残坡积层孔隙含水岩组主要分布在山谷、山麓地带；洪积层、冲积层孔隙含水岩组主要分布于区内较大河流沿岸地区；海积孔隙含水层，主要分布在南部一带，沿海岸线分布。

第四系松散岩类孔隙水主要在海岸地貌范围内分布，根据含水层岩性的不同可以分为以下 4 类：

a）赋存于大湾镇组地层内的孔隙水：分布在调查区南侧钦头村，主要为一套灰白色、灰黄色、黄白色的冲洪积卵砾石、砂砾石、粗砂、含砂粘土等松散堆积物，未固结，地表多为农田耕植土，厚度一般小于 10.0m，富水性一般～较好，透水性一般～较好。

b）赋存于桂洲组地层内的孔隙水：深灰色、灰黑色淤泥、砂泥互层，富含贝壳、皮等钙质壳体，局部含牡蛎壳层，见植物炭屑，局部见腐木，富水性一般，透水性较好。

c）赋存于人工填土层内的孔隙水：多为碎屑状全～强风化岩屑夹混大小不等的中等风化～微风化岩块组成，厚度一般 1.0m～20.0m。富水性弱，透水性中等。

另外，丘陵地貌表层局部还分布有第四系残坡积层，一般分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，岩性主要为粉质黏土，因土层内夹杂有大量风化岩碎屑而少量含水，分布厚度一般小于 10m，透水性差，赋水性贫乏。

根据现场水文地质试验，第四系杂填土为中等透水，其渗透系数为 3.89×10^{-3}cm/s～5.53×10^{-3}cm/s，第四系残坡积层为中等透水～强透水，其渗透系数为 5.64×10^{-3}cm/s～4.00×10^{-2}cm/s。

根据室内水化学分析结果，第四系松散岩类孔隙水按 pH 值分类多属于中性水，按矿化度分类属于淡水。第四系松散岩类孔隙水对混凝土结构有微腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋在干湿交替条件下有微腐蚀性，在长期浸水的条件下有微腐蚀性。

2）基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于中-晚侏罗世侵入的花岗岩类、晚奥陶世侵入石英闪长岩等基岩中。基岩裂隙水以风化裂隙水为主，次为构造带裂隙水，总体富水性弱。

基岩裂隙水主要分布在中部、北部以及西南部的丘陵区内，根据含水层岩性的不同可以分为以下 2 类：

a）赋存于泥盆系桂头群的碎屑岩类孔隙基岩裂隙水：仅在调查区东北部边缘处分布，岩性为灰金色石英质砾岩，砂砾岩、含砾砂岩，中粒砂岩，细粒砂岩，粉砂岩和泥岩，局部夹炭质泥质粉砂岩，地下水主要赋存于岩石的裂隙中，富水性较差。

b）赋存于侵入岩中的裂隙水：调查区内大范围分布，岩性主要为中侏罗世第一阶段第一次侵入的花岗闪长岩、晚侏罗世第一阶段第二次侵入的二长花岗岩、早白垩世第一阶段第一次侵入的二长花岗岩和晚白垩世第一阶段第一次侵入的二长花岗岩，地下水主要赋存于岩体浅部的风化裂隙和构造裂隙中，富水性一般。

根据现场水文地质试验，晚侏罗世第一阶段第二次侵入的中风化二长花岗岩为微-弱透水，其渗透系数为 9.70×10^{-6}cm/s～1.38×10^{-5}cm/s，晚侏罗世第一阶段第二次侵入的微风化二长花岗岩为微透水，其渗透系数为 2.69×10^{-6}cm/s～3.51×10^{-6}cm/s。在厂区范围内布置的水文孔内测得该层地下水水位埋深 0.8m～6.00m，水位标高 8.45m～23.19m。

根据室内水化学分析结果，基岩裂隙水按 pH 值分类基本属于弱碱性水，按矿化度分类属于淡水。基岩裂隙水对混凝土结构有微腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋在干湿交替条件下主要以微腐蚀性为主，在长期浸水的条件下有微腐蚀性。

3）两种地下水的水力联系

根据水文地质勘察，基岩裂隙水主要赋存于丘陵区，第四系松散岩类孔隙水主要赋存于海岸地貌区和人工地貌区，丘陵区地势高于海岸地貌区及人工地貌，受地形控制，基岩裂隙水侧向补给第四系松散岩类孔隙水。

（2）包气带

厂址区包气带岩性主要为表层分布的第四系残坡积层和人工杂填土层，总体上分布厚度一般小于 10m，填土层因土体内含有空隙而少量含水；第四系残积层一般分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，岩性主要为粉质黏土，因土层内夹杂有大量风化岩碎屑而少量含水，根据单环渗水试验结果：第四系残坡积层渗透系数 5.64×10^{-3}cm/s～1.11×10^{-2}cm/s，属中等透水-透水；第四系杂填土层渗透系数 3.89×10^{-3}cm/s～7.09×10^{-3}cm/s，属中等透水。

（3）隔水层

根据现场水文地质试验，晚侏罗世第一阶段第二次侵入的中风化二长花岗岩为微-弱透水，其渗透系数为 9.70×10^{-6}cm/s～1.38×10^{-5}cm/s，晚侏罗世第一阶段第二次侵入的微风化二长花岗岩为微透水，其渗透系数为 2.69×10^{-6}cm/s～3.51×10^{-6}cm/s。中风化和微风化的花岗岩，由于其渗透系数小，透水性能差，可认为是隔水层。

2.5.2.3 地下水补给、径流、排泄条件

（1）第四系松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水主要接受大气降水的入渗补给和丘陵区基岩裂隙水的侧向补给，接受补给后，沿土体内孔隙向地势低洼处径流，地下水的排泄方式主要为汇入地表水体、汇入海域、蒸发、植物蒸腾等。

（2）基岩裂隙水

基岩裂隙水（主厂区）主要接受大气降水的入渗补给，补给量的多少主要与降水的多少以及裂隙发育程度等特征有关；同时，丘陵区水塘等地表水体也会通过裂隙入渗补给地下水。接受补给后，沿裂隙向低处径流，直至裂隙发育段下界，在地势低洼处汇入地表水体或侧向补给第四系松散岩类孔隙水，或以井、泉的方式排泄。

2.5.2.4 地下水开发利用现状

厂址附近的水资源开发利用的程度较低，厂址附近地区地下水量小。本工程半径 5km 范围内仅有唯一的居民点钦头村，位于厂址 SSW 方位 3.6km，该村庄已通自来水，并作为饮用水水源，地下水不作为饮用水水源，地下水主要用于农田灌溉及少部分居民生活。根据水文地质调查专题，厂区和钦头村分别处于两个水文地质单元，厂区地下水污染对钦头村的地下水不会有影响。

此外，本工程半径 5km 内无工业企业，地下水不作为工业用水。台山核电厂不使用地下水资源。

2.5.2.5 核电厂建造施工活动对地下水的影响

核电厂开始施工后，场地内第四系孔隙水和基岩风化裂隙水含水层大部分将被挖除，主要出露微风化基岩，一定程度上减少大气降水的入渗补给量，致使厂区地下水富水性降

低；同时，硬化地表进一步阻断了厂区地下水补给源，造成地下水补给量进一步减少，从而使厂区内局部地段地下水流场发生变化。但厂址附近区域地下水位整体上偏低，地下水径流方向基本受原地形控制，总体上由西北向东南方向流动排入大海，核电厂建设对厂址附近区域整体的地下水特征造成的影响有限。

2.5.3 洪水

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

组合洪水位：

可能最大风暴增水：5.48m

10%超越概率天文高潮位：2.22m

海平面上升：0.21m

设计基准洪水位（DBF）7.91m

3、4 号机组厂坪标高与一期工程保持一致，为 8.5m，高于设计基准洪水位（DBF）7.91m，可免受洪水的威胁。

2.6 地形地貌

2.6 地形地貌

（1）厂址近区域地形地貌

厂址近区域包括两大地貌单元，北部陆地地貌单元和南部海底地貌单元。陆域地势总体北高南低，属于山地－平原地貌，由北向南从剥蚀中低山地（一般海拔800~1000m）到剥蚀低山（海拔500~800m）、剥蚀丘陵（海拔200~500m）和剥蚀台地及冲洪积台地。

海域基本为陆架地貌，可分为内陆架堆积平原和外陆架残留堆积平原。内陆架呈北东向分布，宽广平坦，缓缓向南倾斜（一般水深50m）；外陆架残留堆积平原位于珠江口盆地所在地区，水深50~200m，海底地形较复杂，有海底谷、陆架浅槽、古浅滩、水下阶地、古海岸线、古河道等正负向地形。

（2）厂址附近地形地貌

厂址附近根据地貌成因和形态特征可分为四种类型：低山丘陵、剥蚀残丘、滨海平原和连堤砂岛地形。厂址附近南、西、东三面以低山丘陵为主（海拔200~400m），其中部主要分布剥蚀残丘（海拔＜200m）；平原地形分布于厂址附近东部及东南部（向东南依次出现III级、II级台地）；连岛沙堤位于腰古湾，呈向西凹的腰鼓型，长2.5km，标高4~7m。

（3）厂址区地形地貌

厂址区原始地貌主要为低山丘陵和滨海平原，地形总体呈北西高南东低，东临南海，西倚滨海平原，丘陵区标高约10～320m，滨海平原区标高约0～8m。现二期场地整平已完成，场地平坦开阔，现状地面标高7.34m~9.74m，原丘陵地貌已被开挖，东侧靠近海域地段被回填，形成了人工开挖地貌和人工回填地貌。

截至2025年3月，台山3、4号机组项目的施工临建和正式子项还未开工，处于初始状态，厂区北侧边坡、排洪沟已经按照4台EPR机组厂区范围进行建设。二期场地已场平至8m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 辐射环境现状调查

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境现状调查

台山核电厂负责厂址及周围环境的监测工作，台山核电厂制定了运行期间的《环境监督与监测》程序，该程序随《台山核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（运行阶段）》上报国家生态环境部，并于 2018 年 4 月通过生态环境部批复。

2023 年 4 月，台山核电厂结合台山核电周边环境变化情况，对《环境监督与监测》程序进行了优化升版。2024 年，根据 HJ 61-2021 要求，台山核电厂对环境监测大纲进一步进行了优化完善，对部分样品取样点位、监测项目及监测频率进行了完善。

本节依据台山核电厂 2024 年的环境监测结果对辐射环境质量现状进行描述和评价，并使用 2023 年地表水和 2025 年饮用水的部分监测数据进行补充。

3.1.1.1 监测范围

台山核电厂环境γ辐射的监测范围为以厂址为中心半径 20km 的区域，其余放射性项目的监测范围为以厂址为中心半径 10km 范围。海洋的放射性监测范围为以厂址中心半径 10km 的附近海域，重点监测核电厂排水口周围海域。

3.1.1.2 监测原则

依据国家的有关法规和标准及环保技术监督要求，考虑“三关键”（关键人群组、关键核素、关键途径）的影响，制定核电厂周围地区环境监测方案。为使监测方案更为科学合理，制定时充分考虑下述因素：

— 关键人群居住地区；

— 最大风频下风向区域；

— 与台山核电厂一期工程本底调查中取样点、样品种类等的一致性；

— 周边海域潮汐特点；

— 取样点地理位置特点；

— 核电厂放射性流出物的排放方式及特点；

— 采样品种的代表性；

— 陆生及水生生物的生长周期；

— 放射性核素在海洋生物中的浓集因子；

— 电厂排放渠的具体条件；

— 关键照射途径的影响；

— 环境敏感点，如水产养殖、海滨沙滩的影响。

3.1.1.3 监测内容

3.1.1.3.1 陆域监测内容

（1）陆地γ辐射剂量率

陆地γ辐射剂量率调查范围为厂址半径 20km 区域，以厂址为中心，包括γ剂量率连续监测、原野瞬时γ剂量率和道路瞬时γ剂量率。γ剂量率连续监测设置 10 个监测点，5 个厂内站（AS1~AS5）和 5 个厂外站（BS1~BS5）。对用于γ辐射剂量率监测的仪器进行宇宙射线响应测量，测量地点选择在河源万绿湖。2024 年原野瞬时γ剂量率监测点位一季度为 43 个，二季度至四季度增加补充部分点位至 58 个。2024 年道路瞬时γ剂量率巡测点位一季度为 46 个，二季度至四季度增加部分点位至 58 个。

（2）陆地γ辐射累积剂量

陆地γ辐射累积剂量调查范围为厂址半径 20km 区域，2024 年一季度对 43 个点位进行累积剂量率监测，二季度至四季度增加至 58 个点位进行累积剂量率监测。陆地γ辐射累积剂量监测频次为每季度 1 次。

（3）空气

AS1、AS2、AS3 站点功能包含气溶胶采样，在 D+1 和 D+6 天监测总α、总β（总β偏高时开展γ谱分析）、总α/总β，月度样品累积开展γ谱分析。气溶胶中γ谱分析核素为 ^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs、^{54}Mn、^{7}Be、^{144}Ce 和γ谱分析结果高于探测限的其它人工核素。

AS1、AS2、AS3 站点功能包含空气中碘的采样，采样频次为每周 1 次，监测项目为 ^{131}I、^{133}I。

AS2、BS2 站点功能包含 ^{3}H、^{14}C 和沉降灰采样。AS2 站点 ^{3}H 监测频次为每周 1 次，BS2 站点 ^{3}H 监测频次为每月 1 次，^{14}C 监测频次为每月 1 次。沉降灰采样频次每季度 1 次，监测项目为总β（总β偏高时开展γ谱分析）、年累积样测量 ^{90}Sr。

对 AS2、BS2、粤西分部（对照点）站点开展大流量气溶胶采样，每月开展总β分析，年累积样测量 ^{90}Sr。

（4）雨水

雨水监测设置 3 个点位，利用 AS1、AS2、AS3 站点在降水期进行采样，监测项目为总β（总β偏高时开展γ谱分析）、^{3}H。

（5）地表水

地表水样品中γ谱分析的核素为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{95}Zr、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{134}Cs、^{137}Cs、^{144}Ce 等核素以及在γ谱分析中高于探测限的其它人工核素。地表水布点设置 4 个采样点：台电大坑水库、猪鬾潭水库、新松水库、崖南镇（对照点），监测项目包括：γ谱核素、总β、^{3}H、^{14}C，监测频次为半年 1 次。2023 年枯水期和平水期对新松水库、大坑水库开展 ^{90}Sr 监测。

（6）饮用水

饮用水样品中γ谱分析的核素为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{95}Zr、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{134}Cs、^{137}Cs、^{144}Ce 等核素以及在γ谱分析中高于探测限的其它人工核素。饮用水布点设置 3 个采样点：曹冲村、龙颈村和核电南生活区，监测频次为半年 1 次，监测项目包括：γ谱核素、总β、^{3}H。核电南生活区还监测 ^{14}C、^{90}Sr，监测频次为半年 1 次。2025 年对曹冲村、龙颈村和核电南生活区开展总α监测。

（7）地下水

地下水样品中γ谱分析的核素为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{95}Zr、^{106}Ru、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{134}Cs、^{137}Cs、^{144}Ce 等核素以及在γ谱分析中高于探测限的其它人工核素。地下水布点设置 4 个场内地下水井和 1 个场外地下水采样点。每月对 5 个监测井的水样监测总β（总β偏高时开展γ谱分析）、^{3}H，每半年对 5 个监测井水样开展 ^{90}Sr、^{14}C、γ谱分析。

（8）土壤和沉积物

土壤采集点共 12 个：黄茅田、曹冲村、下村、猪鬾潭水库、赤溪镇、客家山庄、龙颈村、崖南镇、老镇、气象站、长安村、小马农庄。监测项目为γ谱核素、^{90}Sr，其中γ谱分析核素为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{134}Cs、^{137}Cs、^{144}Ce 等核素以及在γ谱分析中高于探测限的其它人工核素。监测频次为每年 1 次。

沉积物设置 3 个采样点：台电大坑水库、新松水库、崖南大旺水库（对照点）。监测项目为γ谱核素、^{90}Sr，γ谱分析核素种类与土壤中γ谱分析相同。监测频次每年 1 次。

（9）陆生生物

陆生生物监测包括水果、农作物、动物和指示生物。水果选择收获期的荔枝开展监测，农作物选择叶菜、萝卜、草和稻米开展监测，动物选取鸡和淡水鱼开展监测，指示生物选择松针/马尾松开展监测。陆生生物的γ放射性核素为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{134}Cs、^{137}Cs、^{144}Ce 等核素和γ谱分析结果高于探测限的其它人工核素。

荔枝的监测设置 3 个采样点位：曹冲村、龙颈村、崖南镇（对照点），监测频次为 1 个收获期，监测项目为γ谱核素、有机氚、自由水氚、^{14}C，龙颈村额外监测 ^{90}Sr。

叶菜、萝卜、鸡的监测设置 3 个采样点位：曹冲村、龙颈村、崖南镇（对照点），监测频次为每年 1 次，监测项目为γ谱核素、有机氚、自由水氚、^{14}C，龙颈村额外监测 ^{90}Sr。

草的监测设置 2 个采样点位：新松水库、下村，监测频次为每年 1 次，监测项目为γ谱核素。

稻米的监测设置 3 个采样点位：曹冲村、龙颈村、崖南镇（对照点），监测频次为每半年 1 次，监测项目为γ谱核素、有机氚、^{14}C，龙颈村额外监测 ^{90}Sr。

淡水鱼的监测设置 3 个采样点位：曹冲村、龙颈村、崖南镇（对照点），监测频次为每年 1 次，监测项目为γ谱核素、^{14}C、^{90}Sr。

松针/马尾松的监测设置 2 个采样点位：新松水库、01 楼附近，监测频次为每半年 1 次，监测项目为γ谱核素、有机氚、^{14}C、^{90}Sr。

3.1.1.3.2 海洋监测内容

（1）海水

在取水口附近、排放渠附近、海陵岛（对照点）各设置 1 个监测点。监测频次为半年 1 次。海水监测项目包括：γ谱核素、去 K 总β、^{14}C、^{90}Sr。

在附近海域设置监测点位（H1-H10），监测频次为双月 1 次，监测项目为 ^{3}H。

（2）海洋沉积物

在曹冲村、排放渠附近、东角山附近海域、下村设置 4 个潮间带监测点位，监测项目为γ谱核素、^{90}Sr。

在 H1、H2、H3、H7、H8、H9、H10 设置潮下带监测点位，监测项目为γ谱核素、^{90}Sr。

在 H4、H5、H6 设置海底沉积物监测点位，监测项目为γ谱核素、^{90}Sr。

监测频次均为每年 1 次。

（3）海洋生物

对甲壳类、软体动物、鱼类、藻类、指示生物开展监测，监测项目为γ谱核素、有机氚、自由水氚、^{14}C、^{90}Sr，其中γ放射性核素为 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{134}Cs、^{137}Cs、^{144}Ce 等核素和γ谱分析结果高于探测限的其它人工核素。监测频次为每年 1 次。

紫菜（藻类）在下村设置 1 个采样点，虾（甲壳类）、青口（软体动物）、牡蛎（指示生物）在曹冲村附近海域、东角山附近海域、下村设置 3 个采样点，划鱼/海鲶（鱼类）在曹冲村附近海域、东角山附近海域、下村、崖南镇（对照点）设置 4 个采样点。

3.1.1.4 监测方法

报告给出了辐射环境监测所采用的测量方法及探测限。

3.1.1.5 核设施、核技术利用情况

厂址半径 30km 范围内无铀、钍矿设施。

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

厂址半径 5km 范围内，仅有台山市赤溪镇台山核电厂现场使用 ^{60}Co 一枚，活度为 3.7E+12，属于II类放射源，用于刻度。

3.1.1.6 陆域辐射环境现状调查结果

（1）陆地环境γ辐射剂量率

2024 年 KRS 系统总体运行情况良好，固定点陆地γ辐射剂量率的年平均值测量结果为（0.106～0.203）μGy/h。

2024 年四个季度原野瞬时γ剂量率扣除宇宙射线响应值的测值范围为（0.048~0.219）μGy/h，均值范围为（0.052~0.169）μGy/h。

2024 年道路瞬时γ剂量率扣除宇宙响应的测值范围为（0.042~0.155）μGy/h，均值范围为（0.046~0.145）μGy/h。

（2）环境γ累积剂量

2024 年 TLD 片未扣除宇响值的测量范围为（0.047~0.220）μGy/h。

（3）气溶胶中放射性核素分析

2024 年度气溶胶总α和总β的放射性水平分别为（<0.016~0.487）mBq/m^3 和

（<0.085~5.49）mBq/m^3。总α与总β比值统计情况显示，2024 年气溶胶样品（D+1）总α/β比值在 0.19 到 0.53 范围内波动。

2024 年每月对 AS1~AS5 站气溶胶月度累积样品进行γ谱分析，监测到微量的 ^{7}Be 和 ^{210}Pb，^{7}Be 的含量范围为（0.756~14.6）mBq/m^3，^{210}Pb 的含量范围为（＜0.103~2.67）mBq/m^3。人工放射性核素 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{131}I 的分析结果均小于探测下限。

2024 年对 AS2、BS2、对照点（粤西分部）开展总β及 ^{90}Sr 分析，^{90}Sr 测量结果范围为（0.17~0.34）μBq/m^3，总β测量结果范围为（0.15~2.82）mBq/m^3。

（4）空气中碘、^{3}H、^{14}C 和沉降灰

台山核电厂放射性气态碘取样点包括 AS1、AS2、AS3，共 3 个站点，2024 年共采集 156 个样品。所有样品中 ^{131}I 和 ^{133}I 放射性比活度均低于γ谱分析方法探测下限。

2024 年空气中 ^{3}H 所有测量结果均小于探测下限。空气中 ^{14}C 含量为（<0.015~0.065）Bq/m^3，空气所含碳中 ^{14}C 的含量为（<0.066~0.303）Bq/g（碳）。

2024 年共采集 8 个沉降灰样品，对各站沉降灰样品进行总β和 ^{90}Sr 分析，总β放射性水平为（4.83~25.04）Bq/（月·m^2），^{90}Sr 放射性水平为（4.4~8.2）mBq/（月·m^2）。

（5）淡水中放射性核素分析

2024 年共采集 AS1、AS2、AS3 三个站点 18 个雨水样品，所有样品的 ^{3}H 比活度均小于方法探测下限。雨水总β测值范围为（0.025~0.209）Bq/L。

2024 年共采集新松水库、台电大坑水库、猪龈潭水库、崖南大旺水库 8 个地表水样品，所有样品 ^{3}H 比活度均小于方法探测下限。各地表水监测点位的总β测量结果范围为（0.047~0.112）Bq/L，^{14}C 测量结果范围（0.67~6.60）mBq/L（（0.21~0.27）Bq/g（碳））。地表水中 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{131}I 等人工放射性核素γ谱分析结果均小于探测下限。2023 年枯水期和平水期对新松水库、大坑水库开展 ^{90}Sr 监测，测量结果范围为（0.32~0.76）Bq/m^3。

2024 年共采集核电生活区、曹冲村、龙颈村 6 个样品，所有样品 ^{3}H 比活度均小于方法探测下限，饮用水总β测量结果范围为（0.063~0.078）Bq/L，^{14}C 测量结果范围为（2.32~3.97）mBq/L，饮用水中 ^{90}Sr 测量结果范围为（0.28~0.54）mBq/L。2025 年饮用水总α分析结果中，饮用水总α测量结果范围为（0.013~0.035）Bq/L。饮用水样品γ谱分析结果中，^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{131}I 等人工放射性核素分析结果均小于探测下限。

2024 年共采集厂内 1#、2#、3#、4#及厂外 5#监测井地下水共 70 个样品。厂区地下

水 ^{3}H 采用直接蒸馏法制样，测量结果均小于探测下限。厂区地下水总β测量结果范围为（0.238~2.13）Bq/L。地下水中 ^{14}C 测量结果范围为（1.49~10.1）mBq/L，^{90}Sr 测量结果范围为（<0.17~1.11）mBq/L。对地下水半年样和年度样进行γ谱分析，分析结果显示，^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{131}I 等人工核素放射性含量均小于探测下限。

（6）土壤及沉积物中放射性核素分析

2024年土壤采集点共12个：黄茅田、曹冲村、下村、猪龅潭水库、赤溪镇、客家山庄、龙颈村、崖南镇、老镇、气象站、长安村、小马农庄，共采集12个样品。陆地沉积物采集点共3个：台电大坑水库、新松水库、崖南大旺水库，共采集3个样品。

土壤监测点位中人工核素 ^{137}Cs 测量结果范围为（<0.79~1.50）Bq/kg，其余 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{131}I 等人工核素γ谱分析结果均低于探测限。

地表水沉积物监测点位中 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{137}Cs、^{134}Cs、^{131}I 等人工核素γ谱分析结果均低于探测限。

对所有土壤和地表水沉积物样品进行 ^{90}Sr 分析，土壤 ^{90}Sr 分析结果范围为（<0.07~0.54）Bq/kg，地表水沉积物 ^{90}Sr 分析结果范围为（<0.64~0.30）Bq/kg。

（7）陆生生物中放射性核素分析

2024年对荔枝、叶菜、萝卜、草、稻米、鸡、淡水鱼等陆生动植物及指示生物松针进行取样，共采集样品27个，所有样品均进行了γ谱分析。分析结果显示，部分样品中检测到微量的 ^{7}Be 和人工核素 ^{137}Cs，未发现 ^{110m}Ag、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。^{137}Cs、^{7}Be 监测结果分别为（<0.01~0.03）Bq/kg（鲜）、（<0.14~21.1）Bq/kg（鲜）。

2024年除了对上述陆生动植物进行γ谱分析外，还对松针、稻米、鸡等样品进行了 ^{90}Sr、^{14}C、有机氚、自由水氚的分析。陆生生物样品中有机氚、自由水氚测量结果均小于探测限，^{90}Sr、^{14}C 监测结果分别为（<0.001~0.29）Bq/kg（鲜）、（5.8~112）Bq/kg（鲜）（（0.20~0.29）Bq/g（碳））。

3.1.1.7 海洋辐射环境现状调查结果

3.1.1.7.1 海水中放射性核素分析

（1）^{3}H

2024年每两个月对H1~H10的海水取样进行^{3}H含量分析，共60个样品中有11个样品^{3}H

含量大于探测下限，含量范围为（1.53~6.09）Bq/L，其他所有监测结果均小于探测下限。

（2）^{14}C、^{90}Sr、去K总β

2024年对取水口和排放渠海水样进行^{14}C、^{90}Sr、去钾总β分析，测量结果范围分别为（5.29~11.5）mBq/L（（0.22~0.24）Bq/g（碳））、（0.33~0.88）mBq/L、（49~250）mBq/L。

（3）γ谱核素

对取水口、排放渠海水进行γ谱分析，分析结果显示，未监测到^{137}Cs、^{134}Cs、^{60}Co、^{58}Co、^{54}Mn、^{110m}Ag、^{106}Ru等人工放射性核素。

3.1.1.7.2 海洋沉积物中放射性核素分析

（1）γ谱核素

2024年对排放渠附近、曹冲村、东角山附近海域、下村取样点潮间带取样，对H1、H2、H3、H7、H8、H9、H10、海陵岛取样点潮下带进行取样，对H4、H5、H6取样点海底沉积物取样，共采集样品15个，所有样品均进行γ谱分析。结果显示，2024年部分海域沉积物样品中监测到微量的^{137}Cs，^{137}Cs的测量范围为（<0.78~1.78）Bq/kg，未监测到其他人工放射性核素。

（2）^{90}Sr

2024 年对潮间带和潮下带共 15 个样品进行 ^{90}Sr 分析，监测结果范围为（<0.06~0.86）Bq/kg。

3.1.1.7.3 海洋生物中放射性核素分析

（1）γ谱核素

2024年对曹冲村附近海域、东角山附近海域、下村、崖南4个取样点海虾、青口、海鱼、牡蛎、海藻等海生生物进行取样分析，共采集样品14个，所有样品均进行γ谱分析。

结果显示，在部分海洋生物中监测到微量的人工核素 ^{137}Cs 和天然核素 ^{7}Be，未监测到 ^{110m}Ag、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。^{137}Cs、^{7}Be 监测结果分别为（<0.02~0.04）Bq/kg（鲜）、（<0.32~1.37）Bq/kg（鲜）。

（2）有机氚、自由水氚、^{14}C、^{90}Sr

2024 年对青口、牡蛎等海生生物样品进行有机氚、自由水氚、^{14}C、^{90}Sr 分析。海洋生物有机氚、自由水氚测量结果均小于探测限，^{90}Sr 监测结果为（<4.1~38.8）Bq/kg（鲜），^{14}C 监测结果为（6.8~66）Bq/kg（鲜）（（0.23~0.30）Bq/g（碳））。

3.1.1.8 环境监测设施

3.1.1.8.1 厂区辐射与气象监测系统

厂区辐射与气象监测系统（KRS）是台山核电厂 1、2 号机组正常运行和事故期间环境辐射监测的重要组成部分，由中央站和 10 个γ辐射监测子站、两台环境监测车、厂址气象观测站及 11 套便携式组网设备组成。

台山核电厂 1、2 号机组配置了两台环境监测车，两台环境监测车配置一致，配备有γ辐射探头、小型气象站、便携式α/β表面污染监测仪、便携式γ剂量率仪、气溶胶/碘取样器、UPS 电源以及无线传输装置等设备。

3.1.1.8.2 环境实验室

环境实验室（HSA）主要用于台山核电厂 1、2 号机组周边环境样品的放射性测量等，承担台山核电厂 1、2 号机组环境介质放射性监测的大部分工作，与 KRS 系统一起完成环境放射性监测的全部工作。

1、2 号机组环境实验室配备的主要测量仪器及其承担的分析项目如下：

— 高纯锗γ谱分析仪：用于分析水、土壤与沉积物、气溶胶、生物样品等介质中γ核素的活度浓度；

— 低本底α/β计数器：用于测量水、土壤、气溶胶样品等介质中的α和β放射性活度；

— 低本底/超低本底液闪谱仪：主要用于测量环境介质中的氚，也可用于其他放射性核素的分析，如 ^{14}C 等；

— 热释光剂量仪：用于测量热释光剂量片记录的环境γ辐射累积剂量。

3.1.1.9 环境监测质量控制体系

3.1.1.9.1 仪器设备质量控制

（1）KRS 及实验室仪器设备检定

台山核电厂环境实验室和 KRS 系统的相关计量器具，定期委托外部计量检定单位或台山核电厂电离辐射计量实验室对其进行检定或校准。

（2）实验室仪器长期稳定性

每月对实验室主要放化分析仪器进行性能测试，检查本底和效率等指标是否正常。实验室各仪器本底、效率等指标均在 3 倍标准偏差范围内，满足管理程序及相应技术程序的质控要求，环境实验室放射性分析仪器性能总体较为稳定，满足环境监测样品分析要求。

（3）实验室低本底设备检验

每年对实验室低本底设备开展检验，检验结果表明仪器合格。

3.1.1.9.2 样品分析质量控制

（1）平行样分析

1）^{3}H

共分析水样 ^{3}H 样品 152 个，对其中 32 个样品进行平行样取样分析，^{3}H 平行样分析率为 21.1%。所有平行样相对平均偏差均＜5%，满足质控要求。

2）总β

共分析水样总β样品 98 个，对其中 24 个样品进行平行样取样分析，平行样分析率为 24.5%。所有平行样相对平均偏差均满足质控要求。

3）γ谱核素

2024 年分析生物、土壤、沉积物类γ谱样 101 个，对其中 24 个样品进行平行样取样分析，平行样分析率 23.8%。平行样分析中，对 432 组数据进行比对。平行样比对结果总体良好，仅 1 组下村土壤样品中 U-238 相对平均偏差超出要求，分析原因为样品混合不均匀导致；另有 3 组数据为一个结果大于探测下限，另一个结果小于探测下限，且大于探测下限的结果比小于探测下限的探测下限值大，分析原因为测量结果在探测限附近，测量不确定度较大导致；其余情况均满足质量控制要求，分析合格率为 99.1%。后续还需从样品采集、制备、分析全过程加强质量控制。

（2）复测分析

共完成γ谱分析样品分析 383 个（不含平行样），其中对气溶胶、土壤样、沉积物、海水及生物样等 28 个样品进行复测分析，除碘盒、淡水外的 γ 谱样品复测率为 13.8%。复测样品中，对 ^{7}Be、^{40}K、^{137}Cs、^{226}Ra、^{232}Th、^{238}U、^{210}Pb 七种核素分析结果共 196 组数据进行比对分析，其中原测与复测中有一个小于探测下限的为 1 组，其他原测与复测数据均小于探测下限或相对平均偏差均在质控要求范围以内，占比 99.5%，复测结果总体良好。

3.1.1.9.3 外部比对

（1）2024 年度辐射监测实验室间放射性测量比对

2024 年，台山核电环境实验室参加生态环境部核与辐射安全中心组织的“2024 年度辐射监测实验室间放射性测量比对”活动，参加比对单位包括国内各核电站环境实验室，以及部分监督站与研究院实验室等。比对项目为水中氚与土壤中 γ 放射性核素。

根据《2024 年度辐射监测实验室间放射性测量比对总结报告》，台山核电环境实验室参与比对的两个项目结果均为满意。

（2）2024 年能力验证

2024 年，环境实验室报名参加中国辐射防护研究院核工业太原环境分析测试中心组织的测量审核，项目包括水中γ核素、水中氚及水中总β。

根据测量审核结果证书，台山核电环境实验室此次测量审核的 3 个项目结果均合格。

（3）与广东省环境辐射监测中心共点监测数据比对

2024 年，针对电厂自主监测与广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心粤西分部监督性监测开展数据比对，比对项目为累积剂量率和大体积气溶胶γ核素。

累积剂量率比对结果中，1~3 季度各点位数据相对平均偏差均小于 20%（未扣宇响），比对结果总体良好。4 季度个别站点偏差超过 20%，分析为 TLD 片老化性能下降，后续制定 TLD 更换周期计划，每年采购新片进行更换，确保 TLD 片性能满足现场使用需求。

3.1.1.9.4 内部比对

2024 年环境实验室内部比对主要从实验室仪器、人员方面开展。各项比对结果均在程序规定质控范围内。

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.2.1 环境贯穿辐射

（1）γ辐射剂量率

2024 年 KRS 系统的γ辐射剂量率瞬时监测结果范围为（0.106～0.203）μGy/h。2024 年台山核电厂及周围环境空气γ剂量率水平无异常。

每个季度使用便携式γ剂量率仪对原野瞬时γ剂量率进行定点监测，原野剂量率测量结果范围为（0.048~0.219）μGy/h，均值范围为（0.052~0.169）μGy/h；每季度使用环境应急监测车车载γ剂量率探头对道路瞬时γ剂量率进行巡测，道路剂量率测量结果范围为（0.042~0.155）μGy/h，均值范围为（0.046~0.145）μGy/h。本底调查中原野剂量率均值范围为（0.02~0.23）μGy/h，道路剂量率均值范围为（0.02~0.24）μGy/h，2024 年台山核电厂及周围环境瞬时γ剂量率水平在本底范围正常波动。

（2）累积剂量

TLD 片未扣除宇响值的测量范围为（0.047~0.220）μGy/h，2024 年台山核电厂及周围

环境γ累积剂量水平在本底范围正常波动。

3.1.2.2 空气中放射性

（1）气溶胶中放射性

2024年气溶胶样品总α和总β的放射性水平分别为（<0.016~0.487）mBq/m^3和（<0.085~5.49）mBq/m^3，总α/β比值在0.19到0.53范围内波动。本底调查中总β放射性水平为（0.033~3.1）mBq/m^3，台山核电厂及周围环境气溶胶总α、总β放射性水平较运行前无明显变化。

2024年气溶胶γ谱分析中，气溶胶人工核素γ谱核素分析结果均低于探测限，气溶胶中^{7}Be测量结果范围为（0.756~14.6）mBq/m^3，^{40}K的含量范围为（＜0.222~2.48）mBq/m^3，^{210}Pb的含量范围为（＜0.103~2.67）mBq/m^3。本底调查中^{7}Be监测结果为（0.73~10.0）mBq/m^3，2024年台山核电厂及周围环境气溶胶γ谱核素放射性水平在本底范围正常波动。

2024年对AS2、BS2、对照点（粤西分部）开展总β及^{90}Sr分析，^{90}Sr测量结果范围为（0.17~0.34）μBq/m^3，总β测量结果范围为（0.15~2.82）mBq/m^3。本底调查中总β监测结果为（0.033~3.1）mBq/m^3，大体积气溶胶总β放射性水平在本底范围内波动。

（2）空气中碘、^{3}H、^{14}C和沉降灰

所有样品中^{131}I和^{133}I放射性比活度均低于γ谱分析方法探测下限。

空气中^{3}H所有测量结果均小于探测下限。

空气中^{14}C含量为（<0.015~0.065）Bq/m^3，空气所含碳中^{14}C的含量为（<0.066~0.303）Bq/g（碳），本底调查中空气中^{14}C含量为（<0.08~0.48）Bq/m^3。

2024年各站点沉降灰样品的总β放射性水平为（4.83~25.0）Bq/（月·m^2），^{90}Sr放射性水平为（4.4~8.2）mBq/（月·m^2）。本底调查中沉降灰总β放射性水平为（3.59~26.0）Bq/（月·m^2）。

综上，2024年台山核电厂及周围环境空气中碘、^{3}H、^{14}C和沉降灰放射性与本底调查阶段处于同一水平。

3.1.2.3 土壤及陆地沉积物中放射性

（1）土壤及陆地沉积物γ谱分析

土壤及陆地沉积物样品中可检测到微量的人工核素^{137}Cs，测量结果范围为

（<0.79~1.50）Bq/kg，其余人工核素γ谱分析结果均低于探测限。本底调查中土壤、沉积物 ^{137}Cs 分析结果为（＜0.93~4.35）Bq/kg，2024 年土壤、沉积物γ谱核素放射性含量在本底水平波动。

（2）土壤及陆地积物中 ^{90}Sr

土壤 ^{90}Sr 分析结果范围为（<0.07~0.54）Bq/kg，陆地沉积物 ^{90}Sr 分析结果范围为（<0.64~0.30）Bq/kg，本底调查中土壤、沉积物 ^{90}Sr 分析结果为（0.03~0.60）Bq/kg，2024 年土壤及陆地沉积物中 ^{90}Sr 活度浓度未见异常。

3.1.2.4 非受纳水体中放射性

（1）雨水中放射性

所有雨水样品的 ^{3}H 比活度均小于方法探测下限，雨水 ^{3}H 放射性处在正常本底水平。

雨水总β测值范围为（0.025~0.209）Bq/L，与本底监测结果（（0.003~0.210）Bq/L）处于同一水平。

（2）地表水中放射性

所有地表水样品 ^{3}H 比活度均小于方法探测下限，地表水中 ^{3}H 放射性处在正常本底水平。

地表水的总β测量结果范围为（0.047~0.112）Bq/L，本底调查中地表水总β监测结果为（0.053~0.078）Bq/L，地表水总β放射性水平较运行前无明显变化。地表水的 ^{14}C 测量结果范围（0.67~6.60）mBq/L，与历史监测结果（（0.62~1.38）mBq/L）处于同一水平。个别值较大主要受季节影响，水中有机物含量高使得含碳量较高，因此监测值较大，而各个点位以碳计的 ^{14}C 测量结果基本一致。

地表水中 ^{90}Sr 测量结果范围为（0.32~0.76）Bq/m^3。

地表水中人工放射性核素γ谱分析结果均小于探测下限。

（3）饮用水中放射性

饮用水 ^{3}H 比活度均小于方法探测下限，饮用水中 ^{3}H 放射性处在正常本底水平。饮用水总β测量结果范围为（0.063~0.078）Bq/L，测量结果与本底监测结果（（0.053~0.078）Bq/L）基本在同一水平。

饮用水总α测量结果范围为（0.013~0.035）Bq/L。饮用水中 ^{90}Sr 测量结果范围为（0.28~0.54）mBq/L，测量结果与 2009 年至 2011 年本底监测结果（（0.86~1.02）mBq/L）

基本在同一水平。

饮用水中^{40}K测量结果范围为（＜109~282）mBq/L，除天然核素^{40}K外，其他核素γ谱分析结果均小于探测下限，未监测到其他人工放射性核素。

（4）地下水中放射性

厂区地下水^{3}H采用直接蒸馏法制样，测量结果均小于探测下限。厂区地下水总β测量结果范围为（0.238~2.13）Bq/L，本底调查中地下水总β测量结果为（0.40~0.51）Bq/L，地下水总β监测结果较运行前无明显变化。

地下水中^{14}C测量结果范围为（1.49~10.1）mBq/L。

地下水中^{90}Sr测量结果范围为（<0.17~1.11）mBq/L，测量结果低于2009年至2011年本底监测结果（（1.98~7.44）mBq/L）。

地下水中除^{232}Th、^{40}K等天然核素外，其他核素放射性含量均小于探测下限，未监测到其他人工放射性核素。

综上，根据2023-2025年的非受纳水体中放射性监测结果分析，台山核电厂及周围环境淡水^{3}H、总β、^{90}Sr、γ谱核素等的放射性监测结果较运行前无明显变化。

3.1.2.5 陆生生物中放射性

陆生生物部分样品中检测到微量的^{7}Be和人工核素^{137}Cs，未发现^{110m}Ag、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{106}Ru和^{54}Mn等人工放射性核素。^{137}Cs、^{7}Be监测结果分别为（<0.01~0.03）Bq/kg（鲜）、（<0.14~21.1）Bq/kg（鲜），本底调查中^{137}Cs、^{7}Be监测结果分别为（0.01~0.67）Bq/kg（鲜）、（<0.08~115）Bq/kg（鲜），陆生动植物γ谱核素放射性含量远小于本底调查水平。

陆生生物样品中有机氚、自由水氚测量结果均小于探测限，^{90}Sr、^{14}C监测结果分别为（<0.001~0.29）Bq/kg（鲜）、（5.8~112）Bq/kg（鲜）（（0.20~0.29）Bq/g（碳））。本底调查中陆生生物^{90}Sr监测结果为（0.27~2.50）Bq/kg（鲜），陆生生物中^{90}Sr放射性含量处于本底水平，有机氚、^{14}C与历史监测结果处在同一水平。

3.1.2.6 受纳水体及沉积物中放射性

（1）海水中放射性

60个海水样品中有11个样品^{3}H含量大于探测下限，含量范围为（1.53~6.09）Bq/L，其

他所有监测结果均小于探测下限。其中^{3}H活度浓度最大值为H5点位，位于排放口SSW方向约3km，活度浓度为6.09Bq/L。^{3}H含量大于探测下限的样品，是由于机组冷却剂贮存和处理系统（TEP）换水使核岛废液监测和排放系统（TEK）样品^{3}H含量较高，海水取样时正值TEK排放期间，造成排放渠附近点位的海水中^{3}H含量稍高于探测下限。

台山核电厂2009年12月至2011年12月和2014年12月至2015年5月分别开展了环境放射性本底辐射水平调查及补充调查，本底调查中检测到^{3}H活度浓度为（0.15~0.38）Bq/L，补充调查中进水口检测到^{3}H活度浓度为（0.15~0.25）Bq/L，出水口检测到^{3}H活度浓度为（0.23~0.24）Bq/L。近三年台山核电厂环境监测结果中大于探测限的样品^{3}H活度浓度范围分别为（2.21~6.86）Bq/L、（1.74~11.02）Bq/L、（1.43~17.1）Bq/L。由此可以看出2024年环境监测结果和近三年相比有所下降，且大部分监测结果低于探测限。

2024年对取水口和排放渠海水样进行^{14}C、^{90}Sr、去钾总β分析，测量结果范围分别为（5.29~11.5）mBq/L（（0.22~0.24）Bq/g（碳））、（0.33~0.88）mBq/L、（49~250）mBq/L。

对取水口、排放渠海水进行γ谱分析，未监测到^{137}Cs、^{134}Cs、^{60}Co、^{58}Co、^{54}Mn、^{110m}Ag、^{106}Ru等人工放射性核素。

海水中^{14}C、^{90}Sr、去钾总β、γ谱核素放射性含量与历史监测结果处在同一水平。

（2）海洋沉积物中放射性

2024年部分海域沉积物样品中监测到微量的^{137}Cs，^{137}Cs的测量范围为（<0.78~1.78）Bq/kg，未监测到其他人工放射性核素。本底调查中^{137}Cs测量范围为（0.19~2.76）Bq/kg，海洋沉积物γ谱核素放射性含量在本底范围内波动。

2024 年对潮间带和潮下带共 15 个样品进行 ^{90}Sr 分析，监测结果范围为（<0.06~0.86）Bq/kg。本底调查中海洋沉积物 ^{90}Sr 监测结果范围为（<0.01~0.28）Bq/kg，海洋沉积物中 ^{90}Sr 放射性含量与本底调查阶段处于同一水平。

3.1.2.7 海洋生物中放射性

部分海洋生物中监测到微量的人工核素 ^{137}Cs 和天然核素 ^{7}Be，未监测到 ^{110m}Ag、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。^{137}Cs、^{7}Be 监测结果分别为（<0.02~0.04）Bq/kg（鲜）、（<0.32~1.37）Bq/kg（鲜）。本底调查中 ^{137}Cs、^{7}Be 核素测量结果为（0.01~0.40）Bq/kg（鲜）、（<0.02~1.08）Bq/kg（鲜），海洋生物γ谱核素放射性含量与本底调查结果处于同一水平。

海洋生物有机氚、自由水氚测量结果均小于探测限，^{90}Sr、^{14}C 监测结果分别为（<4.1~38.8）Bq/kg（鲜）、（6.8~66）Bq/kg（鲜）（（0.23~0.30）Bq/g（碳））。海洋生物中 ^{14}C、有机氚、^{90}Sr 含量与历史监测结果无明显变化。

3.1.2.8 辐射环境质量评价结论

综上所述，台山核电厂陆域和海域辐射环境监测结果整体处于本底监测涨落水平，较历年机组运行期间辐射水平基本一致，未见异常。

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

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

2024 年 4 月 9 日至 16 日，为获取台山核电厂 3、4 号机组厂址区域大气环境质量现状情况，由苏州热工研究院有限公司环境检测中心协同具有环境空气质量检测 CMA 资质的深圳市惠利权环境检测有限公司（CMA 证书号：202319122787）对台山核电厂址周边区域空气质量进行监测。

3.2.1.1 大气环境基本污染物环境质量现状

根据《2023 年江门市生态环境质量状况公报》，2023 年度江门市空气质量较 2022 年同比有所改善，综合指数改善 4.7%；空气质量优良天数比率为 85.8%，同比上升 3.9 个百分点，其中优天数比率为 46.3%（169 天），良天数比率为 39.5%（144 天），轻度污染天数比例为 12.6%（46 天）、中度污染天数比例为 1.1%（4 天）、重度污染天数比例为 0.5%（2 天），无严重污染天气。首要污染物为臭氧，其作为每日首要污染物的天数比例为 72.3%，NO_2、PM_{10} 及 $PM_{2.5}$ 作为首要污染物的天数比率分别为 12.9%、10.4%、4.4%。$PM_{2.5}$ 平均浓度为 22μg/m^3，同比上升 10.0%；PM_{10} 平均浓度为 41μg/m^3，同比上升 2.5%；SO_2 平均浓度为 6μg/m^3，同比下降 14.3%；NO_2 平均浓度为 25μg/m^3，同比下降 7.4%，CO 日均值第 95 百分位浓度平均为 0.9mg/m^3，同比下降 10.0%；O_3 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度平均为 172μg/m^3，同比下降 11.3%，为首要污染物。江门市空气质量综合指数在全国 168 个重点城市中排名前 20 位左右。

3.2.1.2 大气环境保护目标及污染源

大气环境保护目标是厂址周围村庄的居民和进厂道路、应急道路附近的居民，分别是 NE 方向的黄茅田（渔民临时居所）、SW 方向的钦头村、SSW 方向的核电生活区。

厂址半径 5km 范围内空气污染源主要是 S386（进场道路和应急道路）的汽车尾气、居民点餐饮油烟等。

3.2.1.3 监测方案

现场调查时间为2024年4月9日至16日，监测范围是厂址半径5km范围内距离厂址较近的居民区，监测项目包括TSP、SO_2、NO_2、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$，同步观测气温、气压、风向、风速及相对湿度等。

布点原则：厂址区域、上风向、下风向的关注点；进厂道路和应急道路附近居民点。

采样期间天气以晴和多云为主，温度12.1~31.1℃，湿度55~89%RH，气压101.0~101.9kPa，风速1.7~3.7m/s，符合采样相关技术规范要求的环境条件。

采样频次：连续7天。每天采样时间为：SO_2、NO_2的小时浓度取样时间是02:00-03:00、08:00-09:00、14:00-15:00、20:00-21:00，CO的小时浓度取样时间是02:00-2:45、08:00-8:45、14:00-14:45、20:00-20:45；SO_2、NO_2、TSP、PM_{10}和$PM_{2.5}$的24小时浓度取样时间是08:00-次日08:00，CO的24小时浓度取样时间是00:00-23:00。

采样方法按照《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ 194-2017）的要求进行，采样仪器为智能综合大气采样器。

3.2.1.4 监测结果

（1）厂址所在地（台山核电厂二期现场）

由监测结果可以看出，厂址所在地NO_2小时浓度值为0.013~0.033mg/m³，SO_2小时浓度值为<0.007~0.008mg/m³，CO小时浓度值为0.8~1.6mg/m³；NO_2的24小时均浓度值为<0.003~0.004mg/m³，SO_2的24小时浓度值为<0.004~0.006mg/m³，CO的24小时浓度值为1.0~1.2mg/m³，TSP的24小时浓度值为0.072~0.102mg/m³，PM_{10}的24小时浓度值为0.025~0.053mg/m³，$PM_{2.5}$的24小时浓度值为0.022~0.035mg/m³。

所有监测因子均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及修改单中的二级标准。

（2）黄茅田（渔民临时居所）

由监测结果可以看出，黄茅田（渔民临时居所）NO_2小时浓度值为0.010~0.038mg/m³，SO_2小时浓度值为<0.007~0.013mg/m³，CO小时浓度值为0.8~1.5mg/m³；NO_2的24小时均浓度值为<0.003~0.003mg/m³，SO_2的24小时浓度值为<0.004~0.005mg/m³，CO的24小时浓度值为1.0~1.1mg/m³，TSP的24小时浓度值为0.070~0.107mg/m³，PM_{10}的24小时浓度值为0.033~0.047mg/m³，$PM_{2.5}$的24小时浓度值为0.020~0.039mg/m³。

所有监测因子均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及修改单中的二级标准。

（3）钦头村

由监测结果可以看出，钦头村NO_2小时浓度值为0.012~0.035mg/m³，SO_2小时浓度值为<0.007~0.009mg/m³，CO小时浓度值为0.6~1.6mg/m³；NO_2的24小时均浓度值为<0.003~0.003mg/m³，SO_2的24小时浓度值为<0.004~0.005mg/m³，CO的24小时浓度值为1.0~1.1mg/m³，TSP的24小时浓度值为0.078~0.106mg/m³，PM_{10}的24小时浓度值为0.026~0.053mg/m³，$PM_{2.5}$的24小时浓度值为0.019~0.041mg/m³。

所有监测因子均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及修改单中的二级标准。

（4）核电生活区

由监测结果可以看出，核电生活区NO_2小时浓度值为0.011~0.032mg/m³，SO_2小时浓度值为<0.007~0.011mg/m³，CO小时浓度值为0.8~1.8mg/m³；NO_2的24小时均浓度值为<0.003~0.003mg/m³，SO_2的24小时浓度值为<0.004~0.006mg/m³，CO的24小时浓度值为1.0~1.2mg/m³，TSP的24小时浓度值为0.087~0.103mg/m³，PM_{10}的24小时浓度值为0.031~0.052mg/m³，$PM_{2.5}$的24小时浓度值为0.022~0.044mg/m³。

所有监测因子均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及修改单中的二级标准。

3.2.1.5 质量保证

台山核电厂 3、4 号机组大气环境质量监测由深圳市惠利权环境检测有限公司承担，深圳市惠利权环境检测有限公司具备计量认证资质证书（证书编号 202319122787），资质认证包括环境空气监测多项检测资质，覆盖本项目空气质量所需的 TSP、SO_2、NO_2、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$项目。

（1）人员资质

深圳市惠利权环境检测有限公司质量体系完全按照《资质认定评审准则》编制，符合《生态环境检测机构资质认定补充要求》。公司完全遵照质量管理体系文件进行全程质量控制。公司设立了项目经理、技术负责人、质量负责人、采样组、检测组、

报告组、质控组、客户服务组、后勤保障组、应急组。按照质量管理体系，建立岗位责任制，健全各项规章制度。项目监测人员通过岗前培训，均持证上岗，切实掌握样品采集、分析流程与注意事项。

（2）监测方法控制

— 现场采样

环境空气样品按照《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ 194-2017）及分析方法中的规定进行采样。采样前检查采样系统的气密性，并进行流量校准，采样流量的相对误差小于±5%。同时记录采样位置、时间及气象条件。现场采样时，采样器入口距离地面高度不得低于 1.5m，采样不宜在风速大于 8m/s 的天气条件下进行，采样点应避开污染源及障碍物等。采样袋需使用样品清洗 3~4 次后再采集样品。使用滤膜采样时，先检查滤膜的完整性，滤膜毛面应朝进气方向。测定不同浓度每次都需更换滤膜。使用吸收液方法采样时，采样时应注意避光。每批次样品需携带空白样品，空白样品除了不采气之外，其他环境条件与样品相同。

负责采样监测项目执行的采样主管，在采样前，对采样人员进行采样方案的讲解、人员安排、仪器使用培训、安全注意事项、现场采样的质量控制手段。

— 样品保存、运输和交接

SO_2 样品采集、运输和贮存过程中避免阳光照射。$PM_{2.5}$ 及 PM_{10} 样品采集后，在 4℃条件下冷藏保存。NO_2 样品采集后避光保存，样品在 30℃暗处可存放 8h，在 20℃暗处可存放 24h，在 0~4℃冷藏可存放 3d。

为保证从样品采集到测定时间内，样品待测组分不产生任何变异或使发生的变化控制在最小程度，在样品保存、运输等各个环节都严格遵守各检测标准规范。针对样品的不同情况和待测物特性实施保护措施，采样人员根据不同项目的要求，进行有效处理和保管，指定专人运送样品并与实验室人员交接登记，每个样品都有唯一性标识。除现场测定样品外，所有样品都及时运回实验室，保证样品在时效性内进行分析。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

2024 年 4 月 9 日~11 日，为获取台山核电厂 3、4 号机组开工建设前声环境质量现状情况，由苏州热工研究院有限公司环境检测中心对台山核电厂址及周边区域声环境质量现状进行监测。

3.2.2.1 噪声源

厂址半径 5km 范围内的噪声污染源主要是生活噪声、交通噪声和工业噪声，其中以后两种噪声为主。

生活噪声主要是居民点的社会生活噪声。

交通噪声主要是 S386（进场道路和应急道路）等。

工业噪声主要是企业生产过程中的噪声，主要是台山核电厂一期工程运行过程中产生的汽轮机噪声等。

3.2.2.2 监测方案

按照《声环境质量标准》（GB 3096-2008）的要求进行点位布设。

（1）厂界周围和施工场地

选取可到达的厂界四周、施工场地1和2进行噪声监测，测量10min的等效声级L_{eq}，监测两天，昼夜各监测一次。

（2）进厂道路、应急道路现状监测

设置进厂道路 1（曹冲村附近）和进厂道路 2（核电北侧门岗）、应急道路 1（核电操场附近）和应急道路 2（海韵花园门卫旁）共计 4 个监测点位，监测点位位于道路边界 2~5m 左右，测量 20min 的等效声级 L_{eq}，监测两天，昼夜各监测一次。

（3）声环境保护目标现状监测

在黄茅田、钦头村等 2 处布设监测点位，测量 10min 的等效声级 L_{eq}，监测两天，昼夜各监测一次。

监测时天气晴，温度 20~26℃，湿度 62~75%RH，符合多功能声级计（AWA6228）的设备使用环境要求。

3.2.2.3 监测结果

台山核电厂址四周及施工场地 4 月 9 日功能区环境噪声昼间噪声值为（42~47）dB（A），夜间噪声值为（36~45）dB（A）；4 月 10 日功能区环境噪声昼间噪声值为（41~50）dB（A），夜间噪声值为（38~46）dB（A）。满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类 60dB（A）（昼间）、50dB（A）（夜间）标准限值。

进场道路和应急道路4月9日功能区环境噪声昼间噪声值为（46~51）dB（A），夜间噪声值为（39~46）dB（A）；4月10日功能区环境噪声昼间噪声值为（50~66）dB（A），夜间噪声值为（40~44）dB（A）。根据《声环境功能区划分技术规范》（GB/T 15190-2014），道路交通干线两侧区域相邻区域为2类标准的，距离为30m±5m区域划为4类标准适用区域，因此上述监测点位均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中4a类70dB（A）（昼间）、55dB（A）（夜间）标准限值。

声环境保护目标4月9日功能区环境噪声昼间噪声值为（49~51）dB（A），夜间噪声值为（44~45）dB（A）；4月10日功能区环境噪声昼间噪声值为（46~54）dB（A），夜间噪声值为（38~42）dB（A）。满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中1类55dB（A）（昼间）、45dB（A）（夜间）标准限值。

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

3.2.2.4 质量保证

本次监测由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，环境检测中心具备CMA资质（计量认证资质证书编号231012341115）并通过CNAS认可（注册号CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目噪声监测全部内容。

（1）人员资质

本项目现场监测和采样人员来自苏州热工研究院有限公司环境检测中心，环境检测中心具备CMA资质（计量认证资质证书编号231012341115）并通过CNAS认可（注册号CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目噪声监测全部内容，监测人员全部具备环境监测资质且通过环境检测中心内部专业技能考核合格后授权上岗。负责监测过程内部质量监督的人员由环境检测中心授权任命或经公司质保部门培训，负责本专题技术报告审核的人员具备高级工程师资格且取得环境监测上岗资格。

（2）监测环境条件控制

测量时应在无雨雪、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。

选择昼间（6:00~22:00）和夜间（22:00~6:00）两个时段进行噪声监测，采用10min/20min的等效声级，夜间有频发、偶发噪声影响时同时测量最大声级。

（3）监测方法控制

现场监测过程全程三人参加，一名检测人员负责按照作业指导书要求开展仪器操作并负责报数，另一名检测人员负责监督操作，第三名检测人员负责按要求做好记录。

（4）监测设备控制

依据苏州热工研究院有限公司环境检测中心《期间核查程序（RG/CX13-2019）》，为确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态，在设备两次检定/校准之间进行了仪器设备的期间核查。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.3.1 受纳水体环境保护目标及环境功能区划

厂址所在的腰古湾位于黄茅海西岸南端，为面积不足 2km^2 的副湾，湾内平均水深 1m 左右，湾外向东平均水深不足 4m 的浅滩宽度约 3km。工程区往北不远有向东突出的基岩山咀，使腰古湾免受西滩下泄水沙的直接侵扰，造就了近岸的弱流环境；工程区东南为宽约 3km 的大襟岛西口门，是黄茅海湾口最西侧的输水输沙通道，面积达 10km^2 的大襟岛面对外海，阻挡东南强浪进入腰古湾。由工程区向西绕过鹅咀排岬头海岸（厂址所在地）即进入到广海湾，向西南为上、下川岛，往南为开敞海域。

台山核电厂周边 15km 范围内分布大量蚝排，海水养殖主要为牡蛎。2022 年台山市海水养殖面积 1.81 万 hm^2。厂址附近海域养殖区主要分布在角咀东北海域。角咀东北海域主要养殖蚝。此外，厂址东侧和东北侧附近海域和大襟岛北侧海域也有部分水面养殖蚝类。

厂址较近的近岸海域环境功能区划为：黄茅海海水养殖功能区（1103A、二类区）、黄茅海工业功能区（1103B、三类区）、铜鼓混合功能区（1104、三类区）、鱼塘湾、烽火角港口功能区（1105、三类区）、广海湾排污功能区（1106、三类区）和广海湾海水养殖功能区（1107、二类区）。

3.2.3.2 监测方案

国家海洋环境监测中心以排水口为中心向外扩展 15km 范围内的海域作为本次调查范围。调查范围内的海域海水水质布设 26 个调查站位，海洋沉积物布设 14 个沉积物调查站位，海洋生态布设 16 个站位。潮间带断面 4 条，每个断面高潮区设置 2 个站位，中潮区布设 3 个站位，低潮区布设 1 个站位。2023 年 11 月（秋季）、2024 年 1 月（冬季）、2024 年 3 月-4 月（春季）和 2024 年 7 月（夏季）各开展了 1 次核电厂 15km 范围海域的海水环境质量现状调查，海洋沉积物调查在 2023 年 11 月，海洋生物体质量调查时间在 2023 年 11 月和 2024 年 4 月。

调查中水质样品的采集、保存、运输和分析均按照《海洋监测规范》（GB 17378.4-2007）的要求执行。样品采集过程中采取严格的质量控制措施，避免样品污染。水质样品按照《海洋调查规范》（GB 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）采集、固定和处理。水质调查项目采用《海洋调查规范》（GB 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）的分析方法。海洋沉积物的采集方法参照《海洋监测规范》（GB 17378.3/5-2007）的要求执行。海洋沉积物调查项目的分析方法均根据《海洋调查规范》（GB 12763-2007）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）、《海洋监测技术规程 第 2 部分：沉积物》（HY/T 147.2-2013）。海洋生物质量采用《海洋监测规范》（GB17378.6-2007）、《海洋监测技术规程第3 部分：生物体》（HY/T 147.3-2013）中规范方法。

根据《广东省近岸海域环境功能区划》，确定海水调查站位所在环境功能区类型，依据各站位所在功能区的环境管理目标要求，执行相应的水质标准。调查站位广东省近岸海域环境功能区划进行叠图，5、6、19 站位位于二类环境功能区，执行二类水质评价标准；2、3、4、7、11、12、13、17、18 站位位于三类环境功能区，执行三类水质评价标准。

3.2.3.3 水质监测结果

采用 HJ 2.3-2018 附录 D 中的水质指数法进行水质评价，如果评价因子的水质指数值＞1，则表明该因子超过了相应的评价标准，已经不能满足相应功能区的水质要求。反之，则表明该因子能符合功能区的使用要求。

秋季海水各测项水质标准指数结果中，位于二类环境功能区的有 2 个站位（5 表层、6 表层）超标，超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第二类海

水水质标准；位于三类环境功能区的有 6 个站位（2 表层、3 表层、4 表层、7 表层、11 表层、12 表层）超标，超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第三类海水水质标准。

冬季海水各测项水质标准指数结果中，位于二、三类环境功能区的站位均符合对应环境功能区的海水水质标准。

春季海水各测项水质标准指数结果中，位于二类环境功能区的有 2 个站位（5 表层、6 表层）超标，超标因子为无机氮、活性磷酸盐，其余评价因子均符合功能区要求的第二类海水水质标准；位于三类环境功能区的有 7 个站位（3 表层、4 表层、7 表层、11 表层、12 表层、17 表层、18 表层）超标，超标因子为无机氮、活性磷酸盐，其余评价因子均符合功能区要求的第三类海水水质标准。

夏季海水各测项水质标准指数结果中，位于二类环境功能区的有 3 个站位（5 表层、6 表层、19 表层）超标，超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第二类海水水质标准；位于三类环境功能区的有 4 个站位（11 表层、12 表层、13 表层、17 表层）超标，超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第三类海水水质标准。

根据水质调查结果，广东省近岸海域环境功能区划内的点位均有超标，位于近岸海域环境功能区划内的点位无机氮均超标，4、5 号点位活性磷酸盐超标。其中 6、11、12、13 点位位于排水口 10km 范围内，均存在无机氮超标情况。

将本阶段海水水质监测结果与台山核电厂运行前海水水质调查结果（2015-2016 年）进行对比。调查结果对比分析表明，本次调查无机氮、活性磷酸盐浓度有所降低，海水水质有好转，无机氮和活性磷酸盐的超标主要受到海水养殖和陆源输入的影响。

厂址半径 15km 范围共有 2 个废水排放企业，分别是国能粤电台山发电有限公司（SW 方位 7.5km）和江门市合峰石业有限公司（WNW 方位 10.2km），废水主要污染种类均为 pH 值、悬浮物、化学需氧量、五日生化需氧量、总磷（以 P 计）、氨氮（NH_3-N）、动植物油。除此之外厂址北侧 7.3km 的赤溪湾内还分布有滩涂养殖，主要养殖鱼、虾和蟹类，本工程排水口距离厂址北侧赤溪湾里的围海养殖最近的排水渠 4.4km，滩涂养殖的养殖尾水中主要污染物包括有机物、氨氮、亚硝酸盐、硝酸盐、磷等。这些都会对台山核电厂周边海域的海水水质造成影响。

3.2.3.4 沉积物监测结果

秋季海域沉积物调查采用单项沉积物参数评价法评价工程附近海域的沉积物质量状况，沉积物评价标准执行《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）。

秋季调查海域表层沉积物铜超标率 14.3%。调查海域 5、12 号站位的铜超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准，其余站位的铜含量均满足第一类海洋沉积物质量标准要求。

秋季调查海域表层沉积物锌超标率 7.14%。调查海域 12 号站位的锌超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准，其余站位的锌含量均满足第一类海洋沉积物质量标准要求。

秋季调查海域表层沉积物总汞超标率 7.14%。调查海域 22 号站位的总汞超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准，其余站位的总汞含量均满足第一类海洋沉积物质量标准要求。

2019 年秋季 4 个监测站沉积物调查结果表明，调查海域中部分站位的铜超过第一类海洋沉积物质量标准，符合第二类海洋沉积物质量标准，其余评价因子均满足第一类海洋沉积物质量标准要求。

综上，该海域沉积物质量受到个别重金属的轻度影响，质量基本良好，该海域沉积物环境相对稳定，没有较大变化。

3.2.3.5 生物质量监测结果

秋季调查海域所获取的生物种类包括甲壳类和鱼类。其中，甲壳类包括长毛明对虾、日本囊对虾、红星梭子蟹、隆线强蟹、日本蟳、长叉口虾蛄 6 种；鱼类为短吻红舌鳎；双壳贝类为翡翠贻贝。

春季调查海域所获取的生物种类包括甲壳类和鱼类。其中，甲壳类包括中华管鞭虾、隆线强蟹、口虾蛄 3 种；鱼类为刀鲚、鹿斑鲾、多齿蛇鲻 3 种；双壳贝类为蛤蜊和文蛤 2 种。

双壳类贝类采用《海洋生物质量》（GB 18421-2001）第一类海洋生物质量标准进行评价，鱼类、甲壳类和软体动物评价标准参考《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）表 C.1 其他海洋生物质量参考值（鲜重）。

秋季调查海域鱼类、甲壳类、双壳贝类生物体残留物单因子评价结果分析通过鱼

类、甲壳类生物残毒检验结果与评价标准相比，鱼类和甲壳类体内石油烃的生物残留量均超过 HJ 1409-2025 中的参考值，除此之外隆线强蟹（甲壳类）体内砷的生物残留量也超过 HJ 1409-2025 中的参考值，其余残留因子符合参考值。通过双壳贝类生物残毒检验结果与评价标准相比，翡翠贻贝体内铜、铅、镉、锌、铬、石油烃、砷的生物残留量均超过 GB 18421-2001 中第一类海洋生物质量标准，其中锌、镉符合第三类海洋生物质量标准，其余超标因子均符合第二类海洋生物质量标准。

春季调查海域鱼类、甲壳类、双壳贝类生物体残留物单因子评价结果分析通过鱼类生物残毒检验结果与评价标准相比，刀鲚体内铬的生物残留量均超过 HJ 1409-2025 中的参考值，其余残留因子符合参考值。通过甲壳类生物残毒检验结果与评价标准相比，口虾蛄和隆线强蟹体内砷的生物残留量均超过 HJ 1409-2025 中的参考值，其余残留因子符合参考值。通过双壳贝类生物残毒检验结果与评价标准相比，蛤蜊和文蛤体内镉、铬、砷的生物残留量均超过 GB 18421-2001 中第一类海洋生物质量标准，其中蛤蜊和文蛤体内铬、砷均符合第二类海洋生物质量标准，蛤蜊体内的镉符合第二类海洋生物质量标准，文蛤体内的镉符合第三类海洋生物质量标准。

3.2.3.6 质量保证

（1）样品分析质量控制

水质样品根据海洋监测规范要求，pH、浊度、水温、水色、透明度、溶解氧 6 项为现场测定；另外除现场测定的项目外，根据样品保存的时效性要求，需 24h 内测定项目（氰化物、粪大肠菌群）样品在当天航次结束后冷链运输至监测中心实验室分析；其它样品根据各项质控要求固定保存，在当天航次结束后需冷链运输送回监测中心实验室分析，样品运输途中样品保存温度设定为-20℃。

样品的采集与接收质量控制依据实验室《样品管理程序》相关规定。

实验室环境严格按照《海洋调查规范》（GB/T 12763.1-2007）相关规定执行，在样品测试分析过程中，为保证检测结果的准确性和可靠性，对可能影响检测工作质量的环境因素和设施进行有效的监控。

（2）质量控制

国家海洋环境监测中心依据 GB/T/19001-2016/ ISO9001:2015 的质量管理体系的标准，修订了国家海洋环境监测中心的管理体系文件。具有国家认证认可监督管理委员

会颁发的《检验检测机构资质认定证书》，证书编号为：230012050925。 国家海洋环境监测中心质量管理体系可以满足本项目质量管理的要求，对所承担的任务能够进行有效的质量控制，保证调查数据和结果的有效性和公正性。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

苏州热工研究院有限公司承担了台山核电厂 3、4 号机组厂址区域非放射性环境质量现状调查工作，于 2024 年 4 月 10 日对厂址区域的电磁环境进行了监测。

3.2.4.1 电磁环境特征

根据资料收集情况和厂址区域内实际踏勘，整体情况如下：

（1）厂址区域内无雷达、中/微波基站等电磁辐射源。

（2）厂址区域内有台山500kV开关站和220kV变电站及其配套线路，有10kV线路，本次对其进行了实测。

3.2.4.2 监测方案

（1）监测因子

工频电场、工频磁场。

（2）监测方法

根据《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）的要求：

— 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。

— 监测仪器的探头应架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处。也可根据需要在其他高度监测，并在监测报告中注明。

— 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。

— 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。

— 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。

（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（试行）》（HJ 681-2013）中第 4.5 节的要求进行。按照基本覆盖的原则考虑对厂址区域范围内电磁辐射环境进行监测布点。

监测点位包括：厂址四周、220kV 变电站和 500kV 开关站、3#主变和 4#主变，气象站旁 10kV 线路正下方，以及厂址周边的钦头村、核电生活区、黄茅田，同时由于 220kV 变电站和 500kV 开关站不可达，在其最近可达处及线路的出线可达处等共计 15 处设置监测点位。

3.2.4.3 监测结果

由监测结果可知，台山核电厂址区域及出线正下方所有检测点位工频电场范围为（0.347~241.8）V/m，工频磁场范围为（0.0109~1.639）μT。监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中电场强度4000V/m、磁感应强度100μT的公众曝露控制限值要求。

3.2.4.4 质量保证

本项目监测由苏州热工研究院有限公司环境检测中心承担，环境检测中心具备 CMA 资质（计量认证资质证书编号 231012341115）并通过 CNAS 认可（注册号 CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目电磁辐射全部内容。

（1）人员资质

本项目现场监测和采样人员来自苏州热工研究院有限公司环境检测中心，环境检测中心具备 CMA 资质（计量认证资质证书编号 231012341115）并通过 CNAS 认可（注册号 CNASL9634），资质认证和实验室认可范围覆盖本项目电磁辐射全部内容，监测人员全部具备环境监测资质且通过环境检测中心内部专业技能考核合格后授权上岗。

（2）监测环境条件控制

苏州热工研究院有限公司环境检测中心于 2024 年 4 月 10 日对厂址区域的电磁环境进行了监测，监测时天气晴，温度 26℃，湿度 62%RH，符合电磁辐射分析仪（NBM550）

的设备使用环境要求。

（3）监测方法控制

现场监测过程全程三人参加，一名检测人员负责按照作业指导书要求开展仪器操作并负责报数，另一名检测人员负责监督操作，第三名检测人员负责按要求做好记录。

（4）监测设备控制

依据苏州热工研究院有限公司环境检测中心《期间核查程序（RG/CX13-2019）》，为确保检测仪器设备始终处于合格有效的状态，在设备两次检定/校准之间进行了仪器设备的期间核查。

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　施工影响的控制

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

台山核电厂 3、4 号机组为一期工程建设基础上的扩建工程，工程用地总面积约为 65.43hm^2（包含部分一期已征地 4.7561hm^2），为永久用地，用地类型主要为建设用地和农用地，其中厂区面积约为 54.35hm^2，厂外辅助设施区面积约为 11.08hm^2。租地面积约为 53.08hm^2，为临时用地，作为施工准备区。目前，本项目已获取广东省自然资源厅的用地预审与选址意见书（用字第 4407812024XS0009S01 号）。

进厂道路、应急道路、连接道路和重件码头在一期工程中已建成。现场服务区于一期工程一次性建成，不纳入本期工程征占地范围。3、4 号机组占地包括厂区、厂外辅助设施区、厂外取排水构筑物、施工准备区、海工区等，不涉及拆迁移民与专项设施改建。

5.1.1.1 平面布置

台山核电厂 3、4 号机组位于一期工程西南方向。根据厂址特点和规划要求，台山核电厂的总体规划布局为“一厂两区”：包括“厂址片区”和“现场服务区”，其中“厂址片区”规划布置厂区（控制区围栏内，下同）、厂外辅助设施区、施工准备区等功能分区；“现场服务区”规划布置在厂址东南侧的钦头湾附近。

a) 厂区

核电厂厂区是核电厂规划的核心部分，包含有主厂房区（核岛和常规岛）、BOP 区等，其它各区均服务于该区。作为电厂建设的固定端，一期工程两台 EPR 机组布置在厂址东北侧，本期工程 2 台机组在一期工程西南方向扩建。

b) 厂外辅助设施区

厂外辅助设施区主要是为电厂服务的相关配套项目，包括海水预处理站、厂区食堂、工业废物暂存库、环境实验室、应急设施贮存与燃油补给中心等。本期工程厂外辅助设施区规划布置在厂区南侧。

c) 现场服务区

现场服务区的主要功能是满足职工现场值班、文体、休闲等活动的需求。现场服务区规划布置在钦头湾附近，与厂区、厂外辅助设施区及施工准备区通过连接道路相连，本期工程需新建接待展览中心（BOH）、配套公共设施（BOF）、现场服务区餐厅（BOR）、室内活动中心（BOS）等子项，在原现场服务区位置建设。

d) 施工准备区

二期工程施工准备区用地面积约 88.19hm^2，规划布置在海水库东北侧的空地和三期预留场地上。

5.1.1.2 道路

台山核电厂一期工程已建成进厂道路、应急道路和连接道路，为全厂共用。

5.1.1.3 场地平整

台山核电厂 3、4 号机组厂坪标高与一期工程保持一致，为 8.5m，无土石方正挖量。

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

台山核电厂 3、4 号机组陆域施工活动对环境的影响主要是工程负挖、土石方爆破、道路施工、汽车运输以及设备安装等造成的噪声、粉尘和植被破坏、水土流失等影响。

5.1.2.1 对声环境的影响

在核电厂施工建设过程中，厂区内可能产生噪声的活动包括土石方开挖过程中的爆破、道路平整、主厂房（核岛、常规岛）的建设和厂区辅助配套设施的建设，另外设备安装和物料运输也会产生一定噪声。

本报告采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）中推荐的点声源几何衰减公式进行噪声预测，距离噪声源 r 处的噪声声压级为：

$$L_p(r)=L_p(r_0)-20lg（r/r_0）$$

式中：

$L_p(r)$——噪声源在预测点的声压级，dB(A)；

$L_p(r_0)$——参考位置处的声压级，dB(A)；

r_0——参考位置距声源中心的位置，m；

r——声源中心至预测点的距离，m。

各主要噪声源昼间约在 245m 外可达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中 70dB(A)的标准；夜间除土石方施工外，各主要噪声源约在 625m 外可以达到 GB12523-2011 中 55dB(A)的标准，土石方施工尽量不在夜间进行。综合面密度

为 250kg/m^2 的外墙的隔音量为 46dB(A)，因此内部装修时墙体能够起到很有效的噪声屏蔽作用。

台山核电厂 3、4 号机组在一期工程西南方向扩建，距离厂址最近的居民点为位于 SSW 方位 3.6km 的钦头村。施工噪声通过距离衰减和地形隔离后，预计对周围环境影响较小。

类比一期工程施工期间的噪声影响，苏州热工研究院有限公司环境检测中心于核电厂施工期间（2015 年 1 月 20 日~21 日）对台山核电厂址声环境质量现状进行了监测，其中监测点位包含核电厂东、南、西、北厂界外 1m。根据监测结果，核电厂厂界昼间噪声范围为（47.2~58.4）dB(A)，夜间噪声范围为（41.8~49.3）dB(A)，均可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的标准限值要求（昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A)）。

一期工程施工期间各声环境保护目标（现场生活区、黄茅田村和钦头村）2013-2015 年近 3 年的噪声监测结果表明，各声环境保护目标的昼间噪声水平为（50.1~56.3）dB(A)，除 2014 年的第三季度现场生活区、2015 年第三季度上述 3 处声环境保护目标的个别点位个别时段噪声偶有略超《声环境质量标准》（GB3096-2008）1 类声环境功能区标准外，其他大部分时段可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 1 类声环境功能区标准限值的要求（昼间 55dB(A)）。

综上，一期工程施工期间的厂界噪声可满足 GB12523-2011 中的标准限值要求，各声环境保护目标绝大部分时段可满足 GB3096-2008 中 1 类声环境功能区标准限值，因此，预计 3、4 号机组施工期噪声也可满足标准限值，对声环境保护目标影响不大。

在后续施工时建设单位将采取严格的噪声污染控制措施，优化施工方案，尽可能采用液压型低噪声设备，并且避免多台高噪声设备同时在一侧厂界施工，减少施工作业对周围声环境敏感点的影响。同时，在夜间尽量不施工，如特殊原因夜间必须要施工，应采取降噪措施，将噪声控制在排放标准范围内。

5.1.2.2 对大气环境的影响

工程施工期间的主要大气污染物包括 TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$、NO_X、CO 等，来源主要为：现场施工作业扬尘、混凝土搅拌和砂石料生产产生的粉尘、机械设备排放尾气、油漆喷砂车间产生的粉尘和废气等。

施工扬尘主要是指施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放和运输、施工建筑材料的搅拌以及厂房主体结构及装饰装修等环节产生的粉尘和烟尘，对

大气环境质量影响较为明显，TSP 产生量与施工方式、原材料、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。施工过程中，扬尘影响最大的环节为挖土、车辆运输以及爆破。

① 挖土

挖土产生的扬尘量主要与风速和尘粒含水率有关，减少建材的露天堆放和保证一定的含水率是抑制这类扬尘的有效手段。类比相关实测资料，在自由风场中，施工扬尘在 150m 范围外一般不会有大的影响。

② 车辆运输

据有关调查显示，施工工地的扬尘主要是由运输车辆的行驶产生，约占扬尘总量的 60%。这类扬尘与道路路面、车辆行驶速度、尘粒含水率有关。不洒水的情况下：同等路面清洁时，车速越快，扬尘量越大；而车速相同时，路面清洁度越差，则扬尘量越大。施工中可采用覆盖、定期洒水等措施减少扬尘的产生。在场地内堆存超过 24 小时的建筑土方、工程渣土、建筑垃圾采用防尘网遮盖。有资料表明，在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70%左右，将 TSP 污染距离缩小到 20m~50m 范围。

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。对出入施工现场的各种车辆进行限速，并做好场地内交通组织，一方面可以防止车速过快产生扬尘，还可以减少车辆怠速产生的废气排放。主体结构及装修施工时对于混凝土结构件或砌体表面在洒水湿润后作业，喷涂施工时采取遮挡措施。通过采取上述措施，施工扬尘对周边大气环境影响不大。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，大气影响时段有限。

施工时现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等），施工运输过程中会产生一定量汽车尾气，主要污染物为 CO、NO_X 和碳氢化合物等污染物，但排放量较小。

③ 爆破

爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气。国内同类核电厂场平施工爆破通常使用乳化炸药，主要污染物为 NO_X。通常在爆破前对实施爆破的区域喷水，以降低爆破过程的起尘量。爆破时合理布局炸药孔位置，尽量减少大量炸药同时引爆，最大程度降低爆破带来的粉尘和大气污染。在爆破作业完成后，立即采取喷水等降尘措施。

总体上，通过上述措施，能够满足《大气污染物排放限值》（DB 44/27-2001）中第

二时段无组织排放限值要求。

④ 喷漆和调漆作业

喷漆和调漆作业会产生挥发性有机废气，VOCs 具有毒性，通过设置专用车间或设施，在密闭空间内开展作业，并配置废气收集、处理设施处理作业过程产生的废气，有效降低喷漆废气的污染浓度，预计能够满足《固定污染源挥发性有机物综合排放标准》（DB 44/2367-2022）中 NMHC（非甲烷总烃）无组织排放限值要求。

本工程厂址区域附近敏感点的环境空气质量现状评价执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单（生态环境部 2018 年第 29 号）二级浓度限值要求，施工期大气污染物排放执行广东省地方标准《大气污染物排放限值》（DB44/27-2001）中的第二时段无组织排放限值要求，与设计参考电厂太平岭核电厂一期工程一致。因此，本阶段通过类比太平岭核电厂一期工程施工期的大气环境监测结果，说明工程大气污染影响的可控性。经分析，太平岭厂址施工期车辆运输、爆破和土石方开挖活动产生的无组织废气达标排放，周边环境敏感点（新渔老村、沙埔村和东头村，距离厂址分别为 4.9km、1.5km 和 2.8km）空气质量符合相关功能区（二类区）环境要求，喷砂喷漆车间废气有组织排放及部分无组织排放均达标。

综上，本工程的施工过程与太平岭核电厂一期工程相似，距离厂址最近的环境敏感点钦头村（位于厂址 SSW 方位 3.6km）相比太平岭厂址周边的沙埔村和东头村更远，在严格执行排放标准要求的前提下，积极采取对大气环境影响的有效缓解措施，最大限度降低施工过程对大气环境的不利影响，预计可以满足大气污染物排放标准和区域环境空气质量标准。

5.1.2.3 对水环境的影响

本工程厂区在施工期间对水环境的影响主要来自施工生产废水和生活污水。

（1）生产废水

施工期间的生产废水来自土建施工及车辆冲洗等产生的泥浆污水、砂石料生产冲洗污水、混凝土生产冲洗污水、设备安装冲洗污水及核电机组调试期间的调试废水。

土建施工阶段产生的污水成分相对简单，主要为悬浮物，具体可分为泥浆污水、车辆冲洗污水、砂石料冲洗污水、混凝土冲洗污水。

设备安装阶段生产废水主要污染物均包含悬浮物、氨氮、磷酸盐及酸碱废水，其中，核岛安装废水主要来自系统水压试验、冲洗等作业，常规岛及 BOP 安装废水主要来自 BYB 水箱灌水试验、凝汽器灌水试验、ATE 除盐水箱灌水试验、除氧器水压试验及 BOP 厂房系统水压试验排水等。

根据前序项目调试经验，施工期间生产废水主要为混凝土搅拌站的冲洗废水，高峰期日产生量为 40m³/d。混凝土冲洗产生的废水，经过三级沉淀后作为冲洗罐车混凝土用水，循环利用不外排。

台山核电 3、4 机组调试期间也会产生废水，调试期间废水主要污染物有悬浮物、磷酸盐、氨氮等。根据前序项目调试经验，3、4 机组单台机组从调试初期至装料累计排放调试废水约 30-31 万吨，其中含加药废水约 7000-10000 吨，非加药废水 30 万吨左右，基于台山项目雨污分离改造重点工程非放工业废水处理站预计在 2025 年投运且经分析具备调试加药及非加药废水处理工艺及处理能力，台山 3、4 机组调试期间产生的废水将通过管网引入非放射性工业废水处理站（HSF）处理达标后排放至海水库回用。

此外，施工过程中产生的含油废水单独收集后交给有资质单位进行处置。

（2）生活污水

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。参考前序核电项目反馈，台山核电 3、4 号机组项目施工高峰期预估人数约 20000 人，生活污水日产生量约为 700m³ /d。

在施工生活污水一体化处理站（日处理量约 700m³ /d）未投用前，将使用台山核电一期污水处理站作为过渡，FCD+18 正式子项生活污水处理站 BEW（日处理量约 480m³ /d）将会投用作为生活污水处理的补充，能够满足后续厂内施工期的生活污水处理需求。

过渡期施工现场利用台山一期电厂污水处理站处理施工期间的生活污水，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排放；施工生活污水一体化处理站投用后生活污水按照《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）表 1 城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工限值要求进行污水处理，处理达标后回用于厂内绿化、路面浇洒等，不外排。

5.1.2.4 对生态环境的影响

3、4 号机组施工期无土石方正挖量，施工期主要涉及负挖以及地面建筑的施工，施工造成的土壤松动以及挖方、填方过程形成的土堆易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

根据《台山核电 3、4 号机组水土保持方案审批准予行政许可决定书》（水许可决〔2024〕80 号），3、4 号机组水土流失防治目标为：水土流失治理度达到 98.0%，土壤流失控制比 1.00，渣土防护率 97.0%，表土保护率 92.0%，林草植被恢复率 98.0%，林草覆盖率 27.0%。

3、4 号机组的水土保持方案中将本工程场区划分为 6 个水土流失防治分区：厂区、厂外辅助设施区、施工生产生活区、海工区、临时周转场区和表土堆存场区，采用表土剥离、表土回覆、碎石压盖、雨水排水管、土地平整、浆砌石挡墙、干砌石护坡等工程措施，边坡绿化、平台绿化等植物措施，临时排水沟、临时沉沙池、临时苫盖等临时措施。

本工程施工期是产生水土流失的重点时段，3、4 号机组在全面落实水土保持方案报告书中的各项措施后，可减少水土流失量。本工程范围主要在台山核电厂现有厂区内，对生物多样性的影响小，在负挖过程须通过实施水土保持措施，减少水土流失量。在电厂建设过程中，建设单位将有规划地实施厂区绿化，持续建造台山核电人文景观。

5.1.2.5 使用化学物质对环境的影响

核电厂建设施工阶段，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。施工单位应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，使用过程中废弃的化学品以及沾染这些化学物质的包装物、工具等按照《国家危险废物名录》进行鉴别后处理。

施工期间各承包商单独设置危险化学品临时储存库，为减少危险化学品储存设施的环境风险，建设单位均要求各承包商制定严格的管理措施和应急预案，包括危险化学品登记制度、配备干粉灭火器、消防沙、消防栓、防毒面具、消防服等设施、设置链锁防止钢瓶倾倒、危险品库防雨、防腐蚀、防渗处理等，尽可能避免危化品事故的发生。产生的危险固废需进行安全妥善暂存，并由有资质单位定期收集运至厂外处理。

5.1.2.6 施工固体废弃物对环境的影响

台山核电厂 3、4 号机组建设过程中，施工队会产生一定量的生活垃圾、建筑垃圾和工业废弃物，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，如处理不当，不但会占用大量土地，还会造成景观污染，污染大气，被雨水冲刷可能污染周围水体等。

类比其他核电厂，生活垃圾、建筑垃圾、工业固体废物和危险废物的具体产生量如下：

— 生活垃圾：人均生活垃圾产生量约 0.5kg/人·天，对工作人员总数按 20000 人考虑，则施工期间生活垃圾年产生量约 3650t；

— 建筑垃圾：包括混凝土垃圾、厂房浇筑过程的废弃混凝土砂浆，以及厂房装修过程中的废弃砖块、泡沫砖、装修材料、现场清扫的垃圾等建筑垃圾，每年产生建筑垃圾约 2.4 万 m^3；

— 工业固体废物：包括施工现场和木工加工车间产生的废木材、包装木板，作业现场丢弃的废弃密目网、废弃纸屑、废弃铁丝、废弃网片、部分材料下脚料、编织袋等，以及机加工过程产生的金属切削废料，每年产生约 1.6 万 m^3；

— 危险废物：包括废酸、实验废液、废油漆、废油、废切削液、废树脂、废碱、废化学品和沾染危险废物的废包装等，整个施工期间共产生危险废物约 450t。

本工程施工期生活垃圾由当地环卫部门定期外运填埋处置。生活垃圾定点堆放，分类收集、运输，及时清运。施工单位按照制定的建筑垃圾处理方案采取污染防治措施，及时清运。

为减少固体废弃物对环境的影响，建设单位需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；无毒无害固废尽量回收再利用。一般工业固体废物贮存场所如果采用库房、包装工具（罐、桶、包装等）等方式贮存的，贮存过程应满足相应防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求，并制定一般工业固体废物管理台账。

建立施工期危险废物管理制度、危废污染防治责任制，危废产生单位配置专人管理。危险固废按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）设置专门的危废贮存仓库，新建施工危废贮存仓库的面积约 500m^2，危废贮存仓库满足防风、防雨、防晒、防渗漏的要求，配备泄漏液体回收装置、气体导出和净化装置。危险废物定期交由有资质的单位处理或由供货商回收处置。

通过采取上述措施，核电厂施工产生的固体废弃物将尽可能实现回收利用和分类处

理，以减轻对环境的影响。

5.1.2.7 施工活动对社会环境的影响

本工程施工区不涉及历史古迹、考古场地、风景名胜。

核电厂施工期间大量外来施工人员进驻施工现场和附近村镇，对当地居民的日常生活造成了一定影响，但同时也增加了当地居民的就业机会和商业机会。由于核电厂建设施工期较长，大量施工人员在该地区长期居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进当地经济的发展。

但在施工过程中需要尽量避免或减轻对施工区域周边居民群众正常生活的影响，注意交通运输安全。

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

5.2.3 海域施工活动对周围养殖区的影响

5.2.4 海域施工活动对生态敏感区的影响

5.2.5 海域施工活动对航运、防洪堤坝、景观等的影响

5.2.6 施工期供水水源分析

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

台山核电厂 3、4 号机组用海包括取水明渠和 4℃温升区用海等，申请用海总面积为 27.2378hm^2，其中取水隧洞用海面积 11.4666hm^2，用海方式为海底电缆管道，温排水用海面积 15.7712hm^2，用海方式为温、冷排水。台山核电厂 3、4 号机组取水方案采用“原取水明渠取水＋隧洞取水”，排水方案采用明渠合排方案，采用一期工程已建排放明渠。

3、4 号机组海工工程包括取水工程、施工期临时工程。其中取水工程新建一条取水隧洞，施工期临时工程为干施工围堰工程。

1）取水工程方案

主要包括取水隧洞、海水库内护岸、海水库内护岸拆改以及泵房直立翼墙。

在一期已建取水明渠北端建设 1 条取水隧洞，沿 NNW 向延伸约 4350m 后接至已建海水库南端，隧洞内径 7.3m。

此外，在已建海水库西岸，向西建设 2 条取水通道，南、北侧各 1 条：

南侧取水通道通过开挖已建海水库内护岸，接入循环水泵房，底标高由海水库侧 -14.0m 过渡至泵房前池-12.0m；通道两侧需改造已建海水库内护岸约 225.2m、建设 2 座泵房直立翼墙，两侧翼墙总长约 240.4m、顶高程 8.5m。

北侧取水明渠通过开挖已建海水库内护岸，接入 SEC 取水泵房，底标高由海水库侧 -14.0m 过渡至取水明渠-10.0m，取水明渠底宽 9.0m，进入取水前池后底标高过渡至-12.0m；明渠两侧需新建海水库内护岸 528.6m、建设 2 座泵房直立翼墙，两侧翼墙总长 176.8m、顶高程 8.5m。

取水工程中涉海工程为取水隧洞海域部分长 4.0km，取水隧洞采用盾构法施工。

2）施工临时工程

为满足 3、4 号机组海工干施工条件，在已建海水库西岸南、北两端各建设干施工围堰 1 条，共 2 条，总长约 501.5m，满足 2 条取水通道相关构筑物的干施工条件，该施工围堰位于海岸线内侧，无新增用海工程。

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自海工构筑物施工和海上施工船舶产生的含油废水排放等。

（1）海工构筑物施工对海洋生态环境的影响

本工程新建的海工构筑物为 3、4 号机组取水隧洞，取水隧洞位于海底以下较深位置，内底标高在-31.4m（明渠侧）至-42.6m（海水库侧）之间，盾构和钻爆产生的噪音和震动传递至海水中已经较为微弱，且海洋生物会自发远离噪声区域，随着施工期的结束，噪音和震动的影响也将消失，预计施工产生的噪音和震动对海洋生物造成影响的有限。由于施工区域位于海底以下，施工过程中不会产生施工悬浮物，不会对海洋生态资源产生影响。

（2）海上施工船舶含油废水排放对海洋生态环境的影响

本工程海工施工涉及外海的部分主要为取水隧洞施工，施工位置主要位于海床以下，采用盾构施工，施工过程不涉及海上施工船舶的使用，因此，本工程海工施工期间施工船舶不会对海洋生态产生影响。

5.2.3 海域施工活动对周围养殖区的影响

根据调查，厂址附近海域养殖区主要分布在角咀东北海域，主要养殖蚝。此外，厂址东侧和东北侧附近海域和大襟岛北侧海域也有部分水面养殖蚝类。

本工程海工施工涉及外海的部分主要为取水隧洞施工，施工位置主要位于海床以下，预计施工期对海水养殖的影响较为有限。

5.2.4 海域施工活动对生态敏感区的影响

厂址半径 15km 海域范围内有广东江门中华白海豚省级自然保护区（位于厂址东南方位约 6km），此外，排水明渠与海岸线之间分布有零星红树林。

本工程海工施工涉及外海的部分主要为取水隧洞施工，施工位置主要位于海床以下，且远离周边生态敏感区，预计施工期不会对周边生态敏感区产生影响。

5.2.5 海域施工活动对航运、防洪堤坝、景观等的影响

厂址附近海域有 4 条主要海上航道：

— 国能台山电厂出海航道：北起电厂环抱港池口门，中间横跨三峡口，南至深水海域，航道全长 14.75km，底宽 155m，设计水深 13.5m。最近处距离台山核电厂西南方向约 10km；

— 大襟岛西航道：位于大襟岛西北方向，现状为 300 吨级一般航道，规划为 1000 吨级航道。最近处距离台山核电厂东南方向约 3.5km；

— 崖门出海西航道：位于大襟岛东北方向，现状为 3000 吨级一般航道，规划为 3000 吨级航道。最近处距离台山核电厂东方向约 10km；

— 川岛内航道：现状 300-500 吨级一般航道，规划为 1000 吨级航道。最近处距离台山核电厂南方向约 10km。

本工程距离国能台山电厂出海航道、崖门出海西航道和川岛内航道较远，预计不会对其产生影响。本项目用海取水隧洞穿过大襟岛西航道，施工期间施工船只可能会对大襟岛西航道通航产生一定影响，航道运输船只可临时借助其他航道通行，随着施工期结束，对航道的影响将会消失。取水隧洞采用盾构法在海床以下进行施工，对海面不会产生影响。

本工程海工工程主要位于海床以下，预计不会对防洪堤坝、景观产生影响。

5.2.6 施工期供水水源分析

根据《台山核电厂3、4号机组水资源论证报告书》，台山核电厂3、4号机组施工期用水包括施工生产和生活用水。复核后的施工期生活最大日用水量为2703m³/d，生产最大日用水量为3570m³/d。施工期最大日用水量为6273m³/d，发生在土建阶段；按年份统计最大年用水量为109.9万m³；按最大12个月统计最大用水量为110.9万m³；施工期合计用水量为536.8万m³；按工期68个月计算，年均用水量为94.73万m³。

台山核电厂3、4号机组施工期淡水取水水源与一期工程一致，均为新松水库。取水口位于水库坝址上游右岸约150m处，取水口底板高程为15m，取水方式为有压自流。输供水管线采用2条DN800的输水管道，全长11.35km，由隧洞段、沿道路进库段和沿北段进厂道路3段组成。

本项目淡水取自新松水库，该水库位于曹冲河这一独立的水系单元。曹冲河下游现有常住人口 2050 人，预测 2035 年城镇生活、生产及公共设施等综合用水的年需水量为 32.4 万 m³。曹冲河共有水田 1500 亩，旱地 450 亩，每年共需水 188.3 万 m³。通过新松水库的调节计算，不但可以完全满足核电站用水，下游生活用水保证率提高到 95%，灌溉用水保证率提高到 90%。因此本工程取水不会对下游的生活及灌溉用水造成影响。

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 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

台山核电厂 3、4 号机组在施工期间对陆域环境的影响主要是不同工程阶段和工程子项目建设对陆地生态、大气环境和声环境等方面的影响。为最大限度降低该过程对环境的不利影响，建议工程中采取以下相应的有效缓解措施，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，建议施工过程中采取洒水抑尘、深孔爆破、硬化路面、控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，改善施工区域的大气环境；

— 施工过程产生一定量的临时弃土，临时弃土场对环境的影响主要是弃土在堆放过程产生的扬尘污染。为控制临时弃土场对大气环境的不利影响，采取在弃土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；

— 施工期间施工车辆运送原材料、设备和建筑机械设备的运转均会排放一定量的 CO、NO_2 等，排放量小，且属间断性无组织排放，场地开阔，扩散条件良好。建议减少怠速行驶，加强施工管理和设备检查、维护，选择配备除尘器等的环保型机械设备；

— 密闭车间内进行油漆喷砂作业，车间配备废气的收集、吸附、处理设施，如活性炭过滤器等；

— 加强区域内的场地绿化，栽植能减少扬尘的高矮不等的乔木、灌木。

（2）声环境

— 尽量使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减震装置，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；严格控制夜间施工过程，对于可能影响到声环境保护目标的项目，禁止夜间施工，或夜间施工禁止使用重型机械和车辆；

— 对于土石方爆破、场地负挖和设备安装带来的振动和噪声影响，采取深孔爆破方法，合理选择装药量，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放等方式，来控制噪声及振动影响的范围；

— 厂区绿化，选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，以减轻对周

围声环境的影响。

（3）生态环境

— 为减少施工过程特别是场平阶段对厂区生态的影响，应尽量保留原有地表表土，在厂区绿化过程中优先采用原有表土，栽培地方特有物种，搭配对粉尘有较好抑制效果的乔木和灌木；

— 施工过程中，沿厂区外边界、场地四周、厂内主要道路两侧、主要建构筑物基坑周边地表布设临时排水沟，并在出口处配套沉沙池；

— 裸露地表采用土工布苫盖，临时堆土坡脚布设袋装土拦挡，建构筑物基础开挖回填土方周边布设袋装土拦挡、土工布苫盖措施；

— 施工后期沿厂内道路和建筑物周边设置雨水管并顺接至厂区周边排水沟；

— 施工结束后主厂房附近空地采用砾石压盖，保护区外围绿化区进行表土回填、场地平整，并进行园林式绿化；

— 进行水土保持监测，掌握水土流失情况，评价工程的建设对水土流失的实际影响，了解水土流失工程所起的作用，优化水土保持措施。

（4）放射源及化学物品管理

— 施工期间主要用γ射线进行无损探伤检验，管理措施如下：

1）委托有相应辐射安全许可的专业检测公司开展；

2）根据生态环境部颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行管理；

3）放射源存放在厂区内专用源库中，并设专人看管和安保监控；

4）使用放射源的作业区范围内设置警示区和警戒线，防止有人误入控制区；

5）探伤操作人员佩戴个人剂量计和报警器，监控工作过程中个人所受辐射剂量。现场配备巡检仪，监控放射性工作场所的剂量水平。

— 核电厂建设施工阶段，将涉及多种化学物质的使用。在施工时，严格执行制定的化学物品管理使用规定，对化学物品的贮存和使用量严格控制，产生的危险废物由有资质单位处理或由供应商回收处理。

（5）水环境

本工程施工期废水主要由生产、生活污水组成。施工单位拟在各施工项目区设置沉淀池来处理生产废水，废水经沉淀后回用于场地洒水抑尘、车辆冲洗等，不外排。其中施工

含油废水单独收集后交给有资质单位进行处置。调试期间产生的废水将通过管网引入非放射性工业废水处理站（HSF）处理达标后排入海水库回用。施工期产生的生活污水主要通过施工生活污水一体化处理站（日处理量约 700m³ /d）处理，处理达标后回用于厂内绿化、路面浇洒等，不外排。施工期前期，在施工生活污水一体化处理站投入前，产生的生活污水将使用台山核电一期污水处理站作为过渡，生活污水处理达标后排放；后期生活污水处理站 BEW（日处理量约 480m³ /d）建成投用后将作为生活污水处理的补充。

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

台山核电厂在施工期间产生含油废水、生活污水以及海域施工等会对附近海洋环境产生影响。为减少施工期间的海洋环境影响，建议采取的措施主要有：

— 盾构竖井施工采取合理控制单次爆破药量及单孔药量、微差延迟爆破等措施，避免产生过多的噪音和震动；

— 妥善安排施工时间，尽量采取低潮施工、避免在台风或天文大潮等不利气象条件下进行施工，并尽量缩短施工对海水水质影响的时间；

— 施工及办公人员的生活污水由一期已建成的生活污水处理站进行处理，处理后回用于厂内绿化、路面浇洒等。加强对污水站的维护管理，定期监测出水口水质，确保污水站运行稳定；

— 场地冲洗、混凝土搅拌等生产废水经沉淀池处理后，全部回用不外排；

— 施工期间有一定含油废水产生，主要由机械设备维修和车辆冲洗产生，施工含油废水单独收集后外运处置；

— 定期清理隔油池，清理出的含油固体废物交具有接收、贮存、运输危险废物经营许可证的单位接收处理。

5.3.3 施工期环保措施有效性分析

由于目前本项目尚未施工，从类似规模的项目施工经验及类比监测数据来看，在采用了科学合理可行的环保措施后，本项目施工期间对环境的影响可接受。本项目后续施工期间将定期开展环境监测（具体监测方案详见下文描述），根据监测结果进行本项目施工期环保措施有效性的具体分析，确保工程施工期间对周边环境的影响可接受。

5.3.4 施工期环境监测

核电厂的施工包括陆域工程和海域工程的建设，这些工程的建设会造成厂址附近局部陆域及海域环境质量受到影响。为掌握核电厂建设期间对陆域及海域环境造成影响的程度，检验核电厂施工期间采取的减缓环境影响措施的实施效果，促使施工单位采用更合理的工艺以最大限度降低工程建设对周边环境的不利影响，建设单位将委托相关资质单位分别开展台山核电厂 3、4 号机组施工期间的陆域及海域环境监测工作，从施工期开始后定期进行环境动态监测，跟踪区域环境质量变化，及时反馈建设方。

5.3.4.1 陆域环境监测方案

根据《台山项目陆域环境监测实施方案》，本节给出了陆域施工期污染物排放监测和环境监测方案，陆域环境监测内容有环境空气、噪声、废水排放和固体废物四部分。台山核电 3、4 号机组项目陆域环境监测具体监测范围如下：包括核电厂厂区、进厂道路周边、应急道路周边及周边敏感区等。陆域环境监测计划于 2025 年 4 月开始实施。

5.3.4.2 海域环境监测方案

根据《台山项目海域环境监测实施方案》，本节给出了海域施工期环境监测方案，海域环境监测内容有水质、沉积物、生态和生物质量四部分。其中，水质监测点位有 26 个，沉积物监测点位 14 个，生态和生物质量监测点位有 20 个。海域环境监测计划于 2025 年 9 月开始实施。

5.3.4.3 水土保持监测方案

（1）监测范围

根据《生产建设项目水土保持技术标准》（GB 50433-2018），水土保持监测范围确定为二期工程的水土流失防治责任范围，总面积 173.40hm^2。

水土保持监测分区与水土流失防治分区一致，分为厂区、厂外辅助设施区、施工生产生活区、海工区、临时周转场区和表土堆存场区等 6 个监测分区。根据水土流失预测结果，厂区、施工生产生活区和临时周转场区为重点监测区域。

（2）监测时段

二期工程水土保持监测时段应从施工准备期开始，至设计水平年结束；另外，在施工

准备期前进行本底值监测。

（3）监测内容及方法

根据《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T 51240-2018）和《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》（办水保〔2020〕161 号），结合二期工程的实际情况确定监测内容，主要包括水土流失自然影响因素、扰动土地情况、水土流失状况、水土流失防治成效、水土流失危害等。

监测方法主要包括地面监测方法、实地调查量测法、卫星遥感监测、无人机遥感监测和视频监控等。

（4）监测点位

二期工程水土保持监测分区与水土流失防治分区一致，分为厂区、厂外辅助设施区、施工生产生活区、海工区、临时周转场区和表土堆存场区等 6 个监测分区。选择布设水土保持监测点，共 16 处，进行定点、定位监测。

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

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 回顾性评价分析

6.1.2 散热系统方案

6.1.3 散热系统对水体的物理影响

6.1.3.1 散热系统设施对水体的物理影响

6.1.3.2 温排水对水体的物理影响

6.1.4 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.4.1 取水工程对水生生物的影响

6.1.4.2 温排水对水生生物的影响

6.1.5 散热系统对声环境的影响

6.1.6 散热系统对大气环境的影响

6.1.6.1 雾羽和荫屏

6.1.6.2 飘滴和沉降

6.1.6.3 盐沉积

6.1.6.4 下雾与结冰

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

台山核电厂规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，3、4 号机组拟建设 2 台华龙一号技术融合方案机组，采用冷却塔二次循环冷却方式，冷却水源为厂址附近海域海水，夏季总排水流量为 7.2m^3/s，取排水温升为 2.89℃；冬季总排水流量为 7.0m^3/s，取排水温升为 4.06℃。

台山核电 1、2 号机组采用直流冷却方式，取排水系统采用“大襟岛明渠+隧洞取水、明渠离岸远排”的方式。取水明渠规划容量可满足 6 台机组以直流冷却方式进行取水，海水库和排水明渠规划容量可满足 4 台机组以直流冷却方式进行取排水。

在台山核电厂 3、4 号机组冷却方式研究阶段，建设单位委托设计单位对直流冷却和海水冷却塔二次循环方案进行了比选。对于二次循环冷却方式，拟每台机配 1 座淋水面积为 21200m^2 的高位收水海水冷却塔。

考虑到厂址周边已有台山火电厂温排水排放，且附近海域有白海豚自然保护区等生态敏感区，相比直流冷却方式，核电机组采用二次循环冷却方式具有温排水量小（仅为直流冷却方式温排水量的 4%左右），排水温升小（二次循环冷却方式排水温升约为 4℃，直流冷却方式约为 7℃）的优势，从环境影响的角度，二次循环冷却方式整体上对周边海域及生态敏感区造成的影响小，对周边环境更为友好。因此，现阶段推荐 3、4 号机组采用冷却塔二次循环冷却方案。

此外，在确定冷却塔二次循环冷却方案的基础上，针对本期工程取排水工程进行了比选优化。取水方案确定为“原取水明渠取水＋取水隧洞”将海水由取水明渠引至海水库，海水库扩建至 3、4 号补水泵房；排水方案有“4.5km 暗涵远排”和“利用一期已建箱涵和排水明渠排放”两个备选方案，从环境相容性、用海申请难度、工程进度、施工风险等角度综合分析，排水方案最终推荐“利用一期已建箱涵和排水明渠排放”。其取排水方案描述如下：

取水方案：采用“原取水明渠取水＋取水隧洞”的方案取水，利用原取水明渠取水，开挖取水明渠沉沙池，新建一条取水隧洞，3、4 号机组共用，隧洞内径 7.3m，长度约 4.35km，将海水由取水明渠引至海水库，海水库扩建至 3、4 号补水泵房，海水库内取水明渠设计底标高为-10.0m，净底宽不小于 9.0m，取水泵房前池底标高为-12.0m。

排水方案：3、4 号机组的冷却塔排水采用箱涵+明渠型式，排放水自二期 3、4 号机组 CC 井进入已建预留排水箱涵，之后进入一期已建排水明渠，通过排放明渠排入受纳海域，排水明渠长约 2.76km。

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

本工程取排水方案涉及的新建海工工程主要有取水隧洞，工程主要位于海床附近及以下区域，取水共用已建取水明渠，排水方案共用已建排水明渠。本节根据台山核电厂 3、4 号机组泥沙数值模拟研究报告进行描述。

（1）水动力变化

台山核电 3、4 号机组实施后，取排水量仅有少许增大（取水量由 194.2 万 m^3 增加至 202.4 万 m^3）。根据 3、4 号机组实施前后工程区附近的流速变化分布可知，工程实施后对水动力场的改变主要出现在取水明渠和排水明渠内部，其次为排水明渠口门外局部区域，影响范围在 1km 以内，其它区域流速基本无变化。取水明渠和排水明渠内流速呈增大趋势，平均流速增幅均在 0.01m/s 以内，取水明渠内流速变化小于排水明渠。

本项目 3、4 号机组实施后取排水明渠内流速的沿程变化进行细化分析。经分析，1、2 号机组运行现状情况下，取水明渠内各取样点流速介于 0.08m/s~0.20m/s，排水明渠内各取样点流速介于 0.17m/s~0.27m/s。3、4 号机组实施后，取水明渠内各取样点流速介于 0.09m/s~0.21m/s，排水明渠内各取样点流速介于 0.18m/s~0.28m/s，相对 1、2 号运行现状流速略微增大，增幅均在 0.02m/s 以内。总体看，3、4 号机组实施后对现状取排水流速的影响较小。

（2）泥沙冲淤变化

工程的建设将改变工程海域的水动力条件，随着水动力条件的变化将会使得当地岸滩进行重新调整，从而引起岸滩冲淤。

本工程是在台山核电厂 1、2 号机组基础上的扩建工程，相比 1、2 号机组仅取水流量略有增加，取水量由 194.2 万 m^3 增加至 202.4 万 m^3，流量变化幅度较小，从本工程流场模拟情况来看，受取排水流量变化影响，取排水明渠处的流速变化基本保持在 0.01m/s 以内，流速变化较小。随着取水流量的增加，明渠内流速也略有增加，导致水体挟沙力有所加大，部分泥沙不易落淤，由口门进沙导致的泥沙落淤比例进一步降低，因此，3、4 号

机组实施后明渠内的淤积分布和量值与 1、2 号机组运行现状基本一致，周边水域的冲淤变化基本维持现状。

整体来说，本工程建设规模较小，仅取排水流量有些许改变，工程的实施不会对周边海域造成明显的冲淤影响，仅在取、排水明渠口门附近造成略微冲刷，冲刷厚度多在 0.05m 以内。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

建设单位委托专题单位南京水利科学研究院于 2024 年 8 月开展了本期工程温排水数值模拟专题研究，数模考虑了台山核电厂 1-4 号机组与台山火电厂 7 台机组联合运行的工况。本节将根据上述专题分析本工程温排水的影响。

（1）模拟方法

采用 MIKE3 FM 软件的温盐模块开展本项目三维温排水研究。水流数学模型控制方程如下：

该模型是在 Boussinesq 和静水压力的假设下，基于三维不可压缩雷诺平均 Navier-Stokes 方程求解，引入σ坐标系：

$$\sigma = \frac{z - z_b}{h} \tag{1}$$

σ在 0 和 1 之间变化。

在σ坐标系中，控制方程如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} + \frac{\partial hw}{\partial \sigma} = hS \tag{2}$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial hvu}{\partial y} + \frac{\partial hwu}{\partial \sigma} = fvh - gh\frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{hg}{\rho_0}\int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x}dz - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y}\right) + hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{v_v}{h}\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right) + hu_sS \tag{3}$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial hwv}{\partial \sigma} = -fuh - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{hg}{\rho_0}\int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y}dz - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y}\right) + hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{v_v}{h}\frac{\partial v}{\partial \sigma}\right) + hv_sS \tag{4}$$

变化后的σ坐标系中垂向速度为：

$$\omega = \frac{1}{h}\left[\left(w + u\frac{\partial d}{\partial x} + v\frac{\partial d}{\partial y} - \sigma\left(\frac{\partial h}{\partial t} + u\frac{\partial h}{\partial x} + v\frac{\partial h}{\partial y}\right)\right)\right] \tag{5}$$

水平扩散项为：

$$hF_{\mathrm{u}} \approx \frac{\partial}{\partial x}\left(2hA\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hA\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)\right) \quad (6)$$

$$hF_{\mathrm{v}} \approx \frac{\partial}{\partial x}\left(hA\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(2hA\frac{\partial v}{\partial y}\right) \quad (7)$$

式中：t 为时间；

h、η为总水深和水位；

u、v、w 是 x、y、z 方向上的速度分量；

$\mathrm{f} = 2\,\Omega\,\sin\Phi$为科氏力参数（Ω为角速度，Φ为地理纬度）；

g 为重力加速度；

ρ为水的密度，ρ_0 为水的参考密度；

s_{xx}，s_{xy}，s_{yx}，s_{yy}为辐射应力张量的分量；

A 为水平涡粘系数；

v_{t} 为垂向涡粘系数；

P_{a} 为大气压；

S 为源强，（$\mathrm{u_s}$，$\mathrm{v_s}$）为源项速度。

本次数模的边界条件如下：

1）陆边界流速为零；

2）开边界为潮位边界，根据全球潮汐模型给出，并通过模型验证最终确定。

3）自由水面：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u\frac{\partial \eta}{\partial x} + v\frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0,\ \left(\frac{\partial u}{\partial z},\ \frac{\partial v}{\partial z}\right) = \frac{1}{\rho_0 v_t}\ (\tau_{\mathrm{sx}},\ \tau_{\mathrm{sy}})$$

4）水底：

$$u\frac{\partial d}{\partial x} + v\frac{\partial d}{\partial y} + w = 0,\ \left(\frac{\partial u}{\partial z},\ \frac{\partial v}{\partial z}\right) = \frac{1}{\rho_0 v_t}\ (\tau_{\mathrm{bx}},\ \tau_{\mathrm{by}})$$

本次数模采用的热输运控制方程如下：

$$\frac{\partial \mathrm{hT}}{\partial \mathrm{t}} + \frac{\partial \mathrm{huT}}{\partial \mathrm{x}} + \frac{\partial \mathrm{hvT}}{\partial \mathrm{y}} + \frac{\partial \mathrm{hwT}}{\partial \sigma} = \mathrm{hF_T} + \frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\frac{\mathrm{D_v}}{\mathrm{h}}\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial \sigma}\right) + \mathrm{h}\widehat{\mathrm{H}} + \mathrm{hT_s S} \quad (8)$$

$$hF_{\mathrm{T}} \approx \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(hD_{\mathrm{h}}\frac{\partial}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(hD_{\mathrm{h}}\frac{\partial}{\partial y}\right)\right]T \quad (9)$$

式中：T 为水体温度；

T_{s} 为源项温度；

D_v 为温度垂向扩散系数；

D_{h} 为温度水平扩散系数；

K_s为水面综合散热系数；

C_p为水体比热；

$\hat{H}$为水气热交换项。

（2）计算区域

根据工程海域的实际情况，本次研究模拟海域范围北侧选取在珠海（九洲港）国家海洋站附近，南侧边界选取在北津国家海洋站附近，沿岸方向距离约 200km，厂址处离岸方向距离约 70km。整个计算区域包括了厂址附近广海湾和黄茅海口外的诸多岛屿。

计算域采用不等距三角网格进行计算域网格剖分，在水流、地形变化梯度比较大的区域适度加密网格，取排水工程位置处的网格进一步细化，保证网格能够反映出工程尺度，网格尺度最大约 2000m，最小不超过 20m，总网格数约 3.3 万个。垂向均匀分为 6 层。

（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。

1）数学模型验证计算

数学模型验证计算结合 2024 年冬季温排水原型观测资料进行验证。

生态环境部国家海洋环境监测中心于 2024 年 2~3 月开展了工程海域冬季温排水原型观测工作，主要进行了潮位观测、潮流观测、定点水温观测、走航水温观测、海面气象观测和无人机水面温度观测。观测时间为：

—冬季大潮：2024 年 02 月 25 日 10:00～2024 年 02 月 26 日 12:00；

—冬季中潮：2024 年 02 月 28 日 16:00～2024 年 02 月 29 日 16:00；

—冬季小潮：2024 年 03 月 02 日 16:00～2024 年 03 月 03 日 16:00。

温排水原型观测潮位、潮流及水温观测位置中，潮位观测布设了 4 个临时潮位站；潮流观测布设了 6 个分层潮流测站；定点水温观测在工程海域特征位置布设 6 个站位；走航水温观测在取排水工程周边海域（同时考虑台山火电厂的影响）布设 6 条测线。

2）温排水影响预测计算

温排水影响预测计算根据自然资源部南海调查中心在工程海域进行的夏、冬季全潮水文原型测验，选取以下 2 个实测半月潮水文条件开展计算：

2023 年夏季实测半月潮测量时间 2023 年 7 月 1 日～7 月 16 日；

2023 年冬季实测半月潮测量时间 2023 年 12 月 1 日～12 月 16 日。

（4）模型验证

a）水动力验证

结合 2024 年冬季温排水原型观测资料，对建立的三维水流数学模型的水动力结果进行了验证计算。

1）潮位验证结果良好，高、低潮潮位总体一致，高低潮潮时误差总体在 30min 以内，高低潮潮差误差总体在 10cm 以内，表明计算得到的潮波运动与实际潮波吻合良好，数学模型较好地反映了工程所在海域的实际潮波运动情况。

2）流向计算值与实测值吻合较好，除部分测点转流时刻以外的其余时刻总体偏差在 30°以内。

3）流速验证效果较流向验证略差一些，但总体而言，流速计算值与实测值变化过程相近，大多数点位的大多数时刻两者吻合较好，底层流速验证效果优于表层。

综上所述，所建立的三维潮流数学模型较好地模拟了工程附近海域的潮汐、潮流变化情况，可体现出工程近区主要水动力特征，验证了水流数学模型的关键参数选择的合理性。

b）水温验证

各测点表、底层计算水温与实测水温的对比可见：各测点表底层计算温度的变化趋势与实测值相近，绝大多数点位在大潮及中潮时计算值与实测值验证情况良好，小潮时验证情况略差一些，与小潮观测前期附近区域出现降雨有关。

（5）校验后关键模型参数

a）水动力模型参数取值

粗糙高度 h_s 根据工程附近海域的实际情况，结合公式计算和原型观测期间实测水动力结果率定

$$h_s = \left(25.4\left(\frac{0.025}{(5.1-h)^{0.2}} + 0.08e^{h-5.1}\right)\right)^6 \quad (10)$$

水平涡粘系数 A 采用 Smagorinsky 扩散率公式计算，认为水平涡粘系数与水平网格尺度及速度梯度非线性项有关。

$$A_{\mathrm{M}} = {C_s}^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (11)$$

式中：Cs 为常数，选为默认值 0.28；

l 为水平网格尺度；

变形率 $S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right),\ (i,j = 1,\ 2)$

垂向涡粘系数v_t采用 *k*-ε紊流模型计算。

b）热输运模型关键参数取值

热输运数学模型中的关键参数为扩散系数，在三维数学模型中，扩散系数包含了水平扩散系数 D_h 和垂向扩散系数 D_v。

本次数模水平扩散系数采用随空间变化而不随时间变化的值，排水口附近 0.5km 范围内水平扩散系数的平均值约 2.48m²/s，之后随着环段距离的增加总体呈增加趋势。

垂向扩散系数采用随空间变化而不随时间变化的值，排水口附近 0.5km 范围内水平扩散系数的平均值约 2×10^{-4}m²/s，之后随着环段距离的增加总体呈增加趋势。

c）水面综合散热系数取值

水面综合散热系数 K_s 按照《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》（SL160-2012）推荐的公式确定：

$$K_s=(b+k)\alpha+4\varepsilon\sigma(T_s+273)^3+(1/\alpha)(b\Delta T+\Delta e) \quad (12)$$

式中：$\alpha=(22.0+12.5v^2+2.0\Delta T)^{1/2}$；

$\Delta T=T_s-T_a$；

$\Delta e=e_s-e_a$；

$k=\frac{\partial e_s}{\partial T_s}$；

K_s 为水面综合散热系数（W/(m²•℃)）；

α 为水面蒸发系数（W/(m²·hPa)）；

b 可取为 $0.66\times\frac{P}{1000}$（hPa/℃）；

P 为水面以上 1.5m 处的大气压（hPa）；

v 为水面以上 1.5m 处的风速（m/s）；

ε 为水面辐射系数，可取 0.97；

σ 为 Stefan-Boltzman 常数，其值为 5.67×10^{-8}（W/(m²·℃⁴)）；

T_a 为水面以上 1.5m 处的气温（℃）；

T_s 为水面水温（℃）；

e_s 为水温为 T_s 时相应的水面饱和水汽压（hPa）；

e_a 为水面以上 1.5m 处的水汽压（hPa）；

采用厂址海域典型的水文、气象资料，计算得到夏季 K_s 约 48.4W/(m²·℃)，冬季 K_s（1-3

月）约 31.1 W/(m²·℃)。校验后冬季水面综合散热系数最终取 45W/（m²·℃），约为基于规范推荐的公式计算值的 1.45 倍，夏季水面综合散热系数最终取 50W/（m²·℃）。

（6）温升分布预测

a）取水口温升

通过开展厂址附近海域三维温排水数值模拟，得到联合运行工况下夏、冬两季半月潮条件下的取水口温升。

模拟结果表明：夏季半月潮下的最大取水温升为 0.61℃，平均取水温升为 0.42℃；冬季半月潮下的最大取水温升为 0.74℃，平均取水温升为 0.52℃。

b）温升等值线包络面积

通过开展厂址附近海域三维温排水数值模拟，得到联合运行工况下夏、冬两季半月潮的最大温升包络面积。数模半月潮最大温升包络线投影面积为：

—0.5℃温升面积夏季为 169.33km²（核电＋火电），冬季为 192.37km²（核电＋火电）；

—1℃温升面积夏季为 99.30km²（核电＋火电），冬季为 116.69km²（核电＋火电）；

—2℃温升面积夏季为 54.47km²（核电＋火电），冬季为 61.25km²（核电＋火电）；

—3℃温升面积夏季为 24.28km²，冬季为 28.64km²；

—4℃温升面积夏季为 14.72km²，冬季为 16.96km²。

由图和表可知，对于高温升区（3℃及以上），核电侧的最大温升包络面积垂向上呈底层＞中层＞表层的整体趋势，主要是核电排水口近区盐度差异导致的温度分层现象；对于低温升区（3℃以下），由于温排水在远区海域充分稀释扩散，最大温升包络范围在垂向上分布上基本一致。

（7）近岸海域环境功能区划相符性评价

电厂运行期间海水质量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》（GB 3097-1997），即一、二类海水水质“人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃，其他季节不超过 2℃”，三、四类海水水质“人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃”。

根据《广东省生态环境厅关于同意调整台山黄茅海局部海域近岸海域环境功能区划的函》（粤府函〔2024〕443 号），调整后的近岸海域环境功能区划已获得正式批复。根据已批复的近岸海域环境功能区划，黄茅海海水养殖功能区（1103A）执行二类水质标准，黄茅海工业功能区（1103B）、铜鼓混合功能区（1104）和鱼塘湾、烽火角港口功能区（1105）执行三类水质标准，电厂温排水口附近 4℃温升线包络区域、但不超出周围三类功能区的

范围，水温不执行海水水质标准。

根据本工程温排水数模结果，台山核电1-4号机组与台山火电联合运行夏季1℃冬季2℃温升包络区不涉及二类区（1103A），夏季1℃冬季2℃温升包络区部分进入广东省近岸海域环境功能区划未划定海域（进入面积约12.0km^2），该海域区域在国土空间规划及海岸带规划中为渔业用海区和交通运输用海区，根据江门市自然资源局《关于中广核台山核电厂部分规划调整内容纳入广东省海岸带及海洋空间规划有关情况的函》，函中明确夏季1℃冬季2℃温升包络区涉及海洋功能分区增加保障核电温排水用海需求，且该海域不涉及其他生态敏感区。台山核电1-4号机组与台山火电联合运行4℃温升包络区范围未超出三类区（1103B）范围，水温不执行水质标准。因此，本工程温排水可以满足近岸海域环境功能区划管控要求。

（8）国土空间规划相符性评价

a）生态保护红线

广东省人民政府于 2023 年 11 月 14 日正式批复了《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，作为台山市空间发展的指南、可持续发展的空间蓝图以及各类开发保护建设活动的基本依据。根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，本工程厂址半径 15km 范围内海域的生态保护红线为江门中华白海豚地方级自然保护区（厂址南方位约 9km）。

根据温排水模拟结果，本工程和台山火电厂联合运行的夏季1℃冬季2℃最大温升包络线不涉及上述生态保护红线。

夏季1℃冬季2℃温升包络区域涉及江门台山曹峰山地方级自然保护区（海洋生态保护区），该生态保护红线的保护要求为防止海岸侵蚀，本工程温排水与其保护要求不相冲突。

b）海域规划分区

根据《台山市国土空间总体规划（2021-2035年）》，厂址周围海域主要为工矿通信用海区、渔业用海区、交通运输用海区、海洋生态保护区和游憩用海区。广东省自然资源厅于2025年1月23日正式印发《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，该规划为国土空间总体规划中关于海洋空间的专项规划。

根据《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035年）》，核电项目4℃温升区范围内的海洋功能区划为“工矿通信用海区”；核电项目冬季2℃和夏季1℃温升范围内的相关海洋功能分区管控要求中有保障核电温排水用海需求的内容。因此，核电温排水可以满足国

土空间规划及海岸带规划管控要求。

（9）自然保护区相符性评价

目前，本工程厂址半径15km范围内海域的自然保护区为广东江门中华白海豚省级自然保护区（厂址南方位约6km）。根据《关于调整江门中华白海豚省级自然保护区范围的函》（粤海渔函〔2009〕116号），目前广东江门中华白海豚省级自然保护区的面积为107.477km^2，其中核心区42.358km^2、缓冲区25.801km^2、实验区39.318km^2。根据《关于台山核电厂1、2号机组运行阶段非放射性环境影响评价执行标准的复函》，中华白海豚自然保护区海域执行一类水质标准。

根据温排水模拟结果，本工程和台山火电厂联合运行的夏季1℃冬季2℃最大温升包络线部分涉及上述自然保护区。

根据2021年批复的《广东省自然保护地规划（2021-2035年）》，该规划要求对现行自然保护地开展整合优化和范围调整工作，预计于2025年完成。针对广东江门中华白海豚省级自然保护区，其调整后的范围与国土空间规划中的生态保护红线（江门中华白海豚地方级自然保护区）保持一致。根据《江门市自然资源局关于核实台山核电1-4号机组温升包络线是否涉及广东江门中华白海豚省级自然保护区整合优化后范围界线的复函》，台山核电厂1-4号机组夏季1℃冬季2℃最大温升包络线范围不涉及广东江门中华白海豚省级自然保护区目前最新整合优化成果范围界线。

（10）生态环境分区管控方案相符性评价

根据《关于印发<江门市“三线一单”生态环境分区管控方案（修订）动态更新成果>的通知》（江环〔2024〕116号），江门市生态环境局对《“三线一单”生态环境分区管控方案》进行了动态更新并正式发布。根据2024年生态环境分区管控方案及温排水数模结果，夏季1℃冬季2℃温升包络区部分涉及海域环境管控单元包括广海湾工业与城镇用海区（HY44070020003）、大襟岛工业与城镇用海区（HY44070020006）、江门台山曹峰山地方级自然保护区（HY44070010008）、都斛农渔业区（HY44070020007）、黄茅海保留区（HY44070020010）、川山群岛农渔业区-重点管控海域（HY44070020009）、川山群岛农渔业区（HY44070030010）和大襟岛海洋保护区（HY44070020005），4℃温升包络区部分涉及广海湾工业与城镇用海区（HY44070020003）。

经分析，台山核电1-4号机组与台山火电联合运行温排水与涉及海域环境管控单元的管控要求总体相符。

根据《江门市生态环境局关于确认台山核电项目温排水与“三线一单”海域环境管控单元管控要求符合性的函》，江门市生态环境局同意本项目温排水与周边海域环境管控单元管控要求相符的分析结论。

（11）小结

经前文分析，台山核电厂1-4号机组温排水可以满足近岸海域环境功能区划、生态环境分区管控方案、国土空间规划以及调整后的广东江门中华白海豚省级自然保护区的管控要求。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

取水系统对水生生物的影响主要以卷载、卷塞效应为主，水生生物随电厂抽取循环冷却水而进入冷却系统，并在其中受到热、压力等物理因素和氯化等化学因素影响而死亡的现象。一般取水设施产生的卷载、卷塞效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。

卷载、卷塞效应与取水口附近的生物密度、种类以及取水流速、取水口的布置等因素有直接的关系。

（1）对浮游生物影响

本工程 2 台机组运行时的取水量为 8.2m^3/s，年运行时间按 7000h 计算，则运行的年取水量为 2.07×$10^8$$m^3$。根据厂址附近海域海洋生物调查结果，工程海域浮游动物生物量均值为 48.25mg/m^3。以进入取水系统的浮游动物的机械损伤率按 100%计算，则造成损失的浮游动物总生物量为 9.99t/a。

根据以上分析初步预测，台山核电厂 4 台机组运行期间其取水系统产生的卷载效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，使取水口附近小范围内的浮游生物会有所降低。由于浮游生物的生殖周期较短，繁殖较快，其损伤后的恢复也较快。且由于影响范围较小，对于该海域的整体渔业资源来说，其影响是很小的。

（2）取水卷载效应（夹带）对鱼卵仔鱼的影响

台山核电厂的取水口周围海域没有游泳生物的产卵场，也不涉及游泳生物的洄游路线。

根据渔业资源调查专题结果，鱼卵平均密度为 1.30 ind./m^3，仔鱼平均密度为 0.55

ind./m^3，幼鱼平均密度为 3.79×10^3ind/km^2。鱼卵、仔鱼和幼鱼损失率按 100%计算，则本工程 2 台机组运行时卷载效应作用造成鱼卵损失量为 2.69×10^8ind./a，仔鱼损失量为 1.14×10^8ind./a，幼鱼损失量为 7.85×10^5ind./a。

为了缓解取排水卷载效应对海洋生物的影响，台山核电厂考虑在取水头部采取一定的措施，除在取水系统中加装有旋转滤网外，在取水明渠头部的设计中考虑使取水流速尽可能接近潮流流速，以尽可能减少卷载对海洋生物的可能影响。

此外，本工程新增的海工工程主要为一条取水隧洞，位于海床以下，不占用原有底栖生物的生境，预计海工工程对底栖生物造成的影响有限。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

台山核电厂 3、4 号机组排水系统对水生生物的影响主要由热因素和化学因素造成，其中化学影响主要为余氯影响。本节中主要叙述排水系统的热影响，余氯影响见 6.3 节。

核电厂在正常运行过程中，温排水通过排水工程排入周围水体，会导致周围水体温度升高。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，亦有可能使海洋生物不适应而造成死亡。

6.1.3.2.1 温排水对浮游生物的影响

浮游生物是某些鱼、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。温升对浮游生物的影响表现在生物量、种类数量和物种组成等三方面。相关研究表明，当水体适度增温（≤3℃）时，温升区内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%，浮游生物的生物量有较大增长，同时物种组成会产生一定变化，这在水温较低的春、秋和冬季表现尤为明显；而在自然水温较高的夏季，水体强增温（>3℃）会导致浮游生物种类数减少，特别是在强增温（>4℃）且水温超过 35℃时，浮游动物种类数和生物量会明显减少，物种多样性明显降低。

根据温升分布预测，核电厂 3、4 号机组运行后，在核电 4 台机组和台山火电厂 7 台机组温排水的共同作用下，夏季半月潮条件下的核电厂排水口附近海域最大温升 4℃区域不超过 14.72km^2，最大温升 3℃区域不超过 24.28km^2，核电厂温排水引起的温升可能对这

个范围内的浮游生物产生一定的影响。根据海洋生态调查结果，厂址排水口附近海域相比黄茅海北部与大襟岛南部海域的海洋生物密度低。因此，受温排水影响的浮游生物生物量及种类也相对较少。

6.1.3.2.2 温排水对鱼类的影响

鱼类是变温动物，它的体温随环境水温而变化。因此水温对鱼类的各种生命活动过程有很大影响。水温变化对于鱼类可能产生的影响包括：（a）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；如果水温超过适温范围，将会抑制鱼类的新陈代谢和生长发育，对某些鱼类的繁殖、胚胎发育、鱼苗的成活均有不同程度的影响；如果超过其忍受极限，还会有导致其死亡的危险。（b）温度高的增幅（>3℃）对某些鱼类的危害比较明显，增温幅度<3℃对鱼类则表现出有利的影响，鱼类种群数量可能随水温升高而增加。（c）一些鱼类能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温或低温水体具有回避反应，这会降低它们受到热污染威胁的可能；但仔鱼运动能力较差，对高温回避能力弱，可能较容易漂移进入高温升区受到影响。（d）温升对鱼卵的死亡率影响并不显著，但水温的变化会对鱼类产卵、渔汛期时间、渔场位置和渔获量等产生影响。

根据海洋生物调查结果，黄茅海、广海湾及上川岛海域主要经济鱼类有花鲿、斑鲿、黄鲫、凤鲚、龙头鱼、竹荚鱼、带鱼、银鲳、刺鲳。其中花鲿和斑鲿的适温范围为 24~28℃，带鱼的适温范围为 20~29℃，黄鲫、凤鲚的适温范围为 15~26℃，龙头鱼适温范围为 13~32℃，竹荚鱼适温范围为 18~26℃，银鲳适温范围为 14~33℃，刺鲳的适温范围一般在 16~28℃内。结合全潮海洋水温观测结果，当地夏季自然环境平均水温（不超过 28℃）已超出部分鱼类的适温上限。

参考中科院海洋研究所对黄茅海内几种经济鱼类进行的耐热试验研究结果，在 30.8ºC 的驯化温度下，褐篮子鱼、褐菖鲉和褐石斑鱼的最大临界温度（CTM）分别为 34.5~38.1ºC，36.1~38.1ºC 和 36.7~38.6ºC，预测海水水温在 35℃以内，不会对鱼类产生不利影响。夏季海水表层温度相对较高，而秋、冬、春三季海水温度较低，初步预测，由于该区域内的鱼均为暖水性或暖温性鱼类，除夏季以外，其余季节核电厂温排水排入黄茅海以后其水体温度仍在鱼类的适温范围内，因此预测温排水不会对鱼类的生长造成明显的影响。在夏季海水高温期间，温排水对鱼类生长的影响只局限于核电厂排放口附近 4℃温升海域。由于 4℃

温升海域既没有鱼类的产卵区，也没有鱼类的洄游路线，而且鱼类能感受到环境水温的微弱变化，具有回避能力，因此，预测附近海域鱼类受温升的影响有限。

6.1.3.2.3 温排水对底栖生物的影响

根据海洋生物调查结果，该海域底栖生物的优势种为多毛类（奇异稚齿虫）、软体动物（棒锥螺、光滑河篮蛤、西格织纹螺）、甲壳类（模糊新短眼蟹）。底栖动物中的软体动物，像双壳类的贝类和腹足类的螺对温度的耐受力都比较强，在夏季水温 25℃~38℃范围内数量随水温升高而增加，超出这个范围则开始下降，但在某热排水口水温达 39.6℃时仍能保持一定数量。调查中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。参考中科院海洋研究所对黄茅海内两种甲壳类进行的耐热试验研究结果，在 30.8℃ 的驯化温度下，口虾姑和日本蟳的最大临界温度（CTM）分别为 34.6℃~37.5℃ 和 40.7℃~42.5℃，预测海水水温在 35℃以内，不会对甲壳类产生不利影响。

在自然水温（夏季平均水温不超过 30℃）叠加温排水造成的 4℃温升后，仍处于软体动物、甲壳类的适温范围内，温排水 4℃以上温升区对软体动物的影响有限，但可能对甲壳类生物造成一定影响。根据温升分布预测，核电厂 3、4 号机组运行后，在核电 4 台机组和台山火电厂 7 台机组温排水的共同作用下夏季半月潮条件下的核电厂排水口附近海域最大温升 4℃区域不超过 14.72km^2。对于成体虾类和蟹类，耐热试验研究结果表明，4℃以上温升区叠加自然水温不会造成其急性致死，且大多数甲壳类会回避高温区，预测附近海域甲壳类生物受温升的影响有限。

6.1.3.2.4 温排水对厂址附近海水养殖的影响

厂址附近海域养殖区主要分布在角咀东北海域，该海域主要养殖蚝。此外，厂址东侧和东北侧附近海域和大襟岛北侧海域也有部分养殖蚝类。

蚝一般可在水温-3-32℃范围内生长，最适生长水温是 5-28℃。根据全潮水温观测结果，夏季平均水温不超过 30℃，叠加 2℃温升仍在蚝的适温范围内。

6.1.3.2.5 温排水对保护生物的影响

根据海洋生态调查的结果，在台山核电厂附近海域发现有保护生物中华白海豚。中华

白海豚为国家一级重点保护的野生动物，主要分布在亚热带近海水域，所喜居的水温范围约为 25~33℃。在实测最高表层平均水温 30.40℃时，台山核电和台山火电厂温排水对中华白海豚潜在的影响范围限于电厂运行造成的 24.28km^2 的夏季 3℃温升区海域。

中华白海豚的饵料生物以鱼类为主，主要捕食凤鲚、银鲳、梅童鱼、白姑鱼和龙头鱼等常见鱼类。根据海洋渔业调查结果可知，以上鱼类为台山核电厂址海域的主要经济鱼类，广有分布，结合本节温排水对鱼类的影响分析可知，台山核电厂 1-4 号机组所排放的温排水不会对厂址附近海域的以上常见鱼类造成不利影响，也不会对中华白海豚的饵料生物造成不利影响。

此外，建设单位组织开展了台山核电厂温排水对中华白海豚和保护区的影响研究，形成《广东台山核电厂温排水对中华白海豚和保护区的影响研究报告》（2024 年 10 月），并通过专家评审。专题报告的总体结论为：台山核电厂一期工程温排水对中华白海豚种群状况基本没有不利影响，对大襟岛西侧栖息地利用频率有一定影响。对现有保护区和整合优化后保护区基本没有造成不利影响。台山核电 3、4 号机组取排水工程采用了二次循环工艺，取排水量约为一期项目的 4%~5%，温排水冬 2 夏 1 影响包络线没有增大。因此 3、4 号机组温排水不会增大对中华白海豚、现行白海豚保护区及整合优化后保护区的影响。

6.1.3.2.6 温排水造成的生物损失量

参考海域使用论证报告，本工程以机组每年平均运行时间 7000h 计算影响周期，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，则持续周期数为 19.5，其中夏季按 90 天考虑，所以夏季周期数为 90/15=6，则冬、春、秋季三个季节周期数为 19.5-6=13.5；温排水区域平均水深为 3m。夏季生物量取夏季生物调查数据，冬、春、秋季生物量取三季生物调查平均值。

经计算，3、4 号机组温排水温升作用造成鱼卵损失量 9.26×10^6ind/a，仔鱼损失量 3.99×10^6ind/a，游泳生物损失量 130.91kg/a，浮游动物损失量 354.62kg/a。

6.1.3.2.7 温排水对海洋生态影响程度分级

根据上述分析，结合 HJ1409-2025 附录 F 海洋生态影响程度划分表，给出了本工程海洋生态影响程度分级表及划定依据。经分析，本工程对厂址附近海域生态敏感区、生物资源和特殊生境的影响程度为弱，对重要物种的影响程度为中。

6.1.3.2.8 减少电厂散热系统对海洋生物影响的措施

基于多种取排水方案的比选论证，台山核电厂 3、4 号机组采用二次循环冷却的散热方案，从而减小核电厂温排水造成受纳海域中可能对海洋生物产生不利影响的高温升区域。

除了从工程设计上采取有效措施减轻电厂散热系统造成的生物效应外，鉴于有多种陆源因素可能对沿岸海域海洋生物资源造成影响，在核电厂运行过程中，建设单位将加强对附近海域的海洋生态环境监测，以分析海域海洋生态环境变化的原因，并为核电厂对海洋生态环境和海洋生物资源的可能影响积累基本数据。

此外，建设单位将开展红树林修复工程和增殖放流进行生态修复。

红树林修复工程：计划在台山市海宴镇附近海域开展红树林修复工程，通过岸线清理整治、互花米草防治、红树林营造等措施，恢复红树林自然生态功能，保障海岸线生态安全。

增殖放流：通过增殖放流的方式，补偿因工程建设导致的海洋生物资源损失，增殖海洋渔业资源，间接地增殖中华白海豚饵料，提高生物多样性。计划开展 3 年增殖放流活动。

6.1.4 散热系统对声环境的影响

本工程共设置 2 台大型自然通风冷却塔。结合本工程冷却塔初步设计资料及国内现有运行核电厂的各厂房主要设备噪声类比数据给出本工程大型自然通风冷却塔及其他高噪声源的预估噪声源强。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）：任何形状的声源，只要声波波长远远大于声源几何尺寸，该声源可视为点声源。考虑到本工程自然通风冷却塔声源面积大，将其直接简化为点声源处理是不合适的。冷却塔落水噪声随距离的衰减特性符合半球面波在传播过程中随能量分布扩大而衰减的规律，声源为内置的一片圆形进风口，腔体内声波通过进风口向外传播，所以可将环形进风口作为面声源。根据 HJ 2.4-2021，面声源在由近及远的过程中分别按照“面声源”至“线声源”最后至“点声源”的模式衰减。在预测自然通风冷却塔噪声影响时，参考 HJ 2.4-2021 中面声源预测模式进行计算，采用冷却塔底部周长及进风口高度设计值作为面声源参数。

此外，核电厂内的其它噪声源主要还有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，如各种泵、风机、管道、阀门等，由于其声源几何尺寸相对较小，故采用 HJ 2.4-2021 中的点声源几何发散衰减公式预测其噪声贡献。

在预测厂界及周边声环境保护目标噪声值时，将上述所有噪声源对预测点的噪声贡献值进行叠加计算，根据 HJ 2.4-2021 中噪声贡献叠加公式如下：

$$L = 10\lg\left[\sum_{i=1}^{n} 10^{Li/10}\right] \quad (13)$$

式中：L—为 n 个噪声源的合成声压级，dB(A)；

Li—为第 i 个噪声源至预测点处的声压级，dB(A)；

n—噪声源个数。

本项目厂区附近多为山体及森林植被环绕，考虑到江门台山曹峰山地方级自然保护区为 1 类声功能区，为更合理的计算本项目正常运行产生的噪声对声功能区的影响，对于厂区外噪声衰减除考虑距离衰减、空气吸收、地面效应衰减外，还考虑了厂区附近山体及森林植被对噪声的衰减作用。

根据预测结果可知，本工程运行期对厂界（预征地边界）的噪声贡献值小于《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类声环境功能区噪声排放限值（昼间 65dB(A)，夜间 55dB(A)）。由于厂址周边最近居民点钦头村距离约 3.6km，本工程正常运行不会对居民点声环境质量产生影响。

根据《关于印发〈江门市声环境功能区划〉的通知》（江环〔2019〕378 号），江门台山曹峰山地方级自然保护区为《声环境质量标准》（GB 3096-2008）的 1 类声环境功能区。由上述预测可知，本工程运行期对于现行划分的 1 类声环境功能区中有小部分区域（主要为南侧靠近厂界的部分）的噪声贡献值略大于 42dB(A)，对于江门台山曹峰山地方级自然保护区的噪声本底值取厂址北侧和厂址南侧两个测点夜间最低的噪声值 42dB(A)，在叠加噪声本底值后，该部分区域环境噪声值将略大于 45dB(A)。

根据《江门市自然资源局关于印发〈江门市自然保护地规划（2022-2035 年）〉的通知》（江自然资〔2023〕585 号），规划在 2025 年底前，江门市将基本完成自然保护地的整合优化。整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区面积比整合前减小了 16.58km^2。本工程运行期的 45dB(A)噪声等值线将位于整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区范围以外。建议建设单位跟踪关注江门台山曹峰山地方级自然保护区的整合优化情况。

6.1.5 散热系统对大气环境的影响

本工程冷却塔运行对大气环境的影响，采用美国 NRC（核管会）推荐的 SACTI 程序进行评价。

1990 年，美国 Argonne 国家实验室环境影响研究中心的 R. A. Carhart 和 Illinois 大学物理系的 A. J. Policastro，在 Lünen, Chalk Point, Paradise 电厂的 39 组单冷却塔实测数据和 Neurath, Amos 电厂 26 组多冷却塔实测数据的基础上，发展了“第二代”冷却塔运行环境影响的计算模式，也称为 SACTI 模式。在 1999 年制定的核电厂环境标准审查大纲（NUREG-1555 Environmental Standard Review Plan）中，推荐该冷却塔环境影响模式。SACTI 是冷却塔环境影响预测领域权威的模式，符合《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T 20307-2014）。采用 SACTI 模型模拟冷却塔产生的盐沉积、降水、下雾、荫屏影响范围和程度。该程序在美国核电厂环境影响评价中被广泛采用，如用于位于 Mississippi 河边的美国 Grand Gulf（GGNS）核电厂，和位于 Anna 湖边的美国 North Anna 核电厂的冷却塔环境影响评价。

根据 SACTI 模式的说明，飘滴的粒径谱是一个重要的参数。根据设计单位开展的相关收水器试验，收水器可完全去除直径 800μm 以上飘滴。本工程以美国 Chalk Point 电厂实测滴谱资料为基础，删除直径 800μm 以上飘滴，按比例分配到直径 800μm 以下飘滴谱中。

预测冷却塔的物理影响时以 2 座冷却塔的几何中心为环境影响评价中心。

6.1.5.1 雾羽和荫屏

电厂湿式冷却塔内在水、气交换的过程中产生大量蒸汽，蒸汽排出后与周围空气混合，其中一部分可能冷凝形成白色的羽状雾气，即称“雾羽”。雾羽中的雾滴的粒径大约在 4~30μm 之间，由于粒径小，重量轻，可以在自然风的吹送下达到一定距离，并在一定范围内影响太阳辐射，形成大面积阴影，即称“荫屏”，从而减弱到达地面的太阳辐射的能量。

太阳辐射量的自然年际波动范围约为 1%~10%。预计本工程 2 台机组正常运行时冷却塔雾羽引起的荫屏主要集中在厂址周围有限的范围内，厂界外该值在太阳辐射量的自然年际波动范围内，不会对厂址周围的生态造成明显影响。

6.1.5.2 飘滴和沉降

核电厂循环冷却水在冷却塔内溅落过程中，产生大量的细小水滴，被上升气流顶托带出塔外，形成飘滴。飘滴不但损失了循环水，而且对局地环境造成一定的影响。飘滴的环境影响和气象条件密切相关，环境气温高或湿度低，小粒径飘滴容易蒸发消失，对环境影响明显减少；在温度低或湿度大时，则影响加强。

厂址地区年平均降水量超过 2000mm，冷却塔飘滴引起的降水量比自然降水量低 3 个数量级，因此，冷却塔运行导致的水沉积不会对周围环境造成明显影响。

6.1.5.3 盐沉积

电厂冷却塔的循环冷却水一般包含有各类杂质，包括各类可溶固体、悬浮物及其它化合物。这些物质会随飘滴降落在冷却塔周边区域，在地面上产生相应的沉积。

美国核管委 NUREG-1555 5.3.3.2 节中对盐沉积的接受准则如下：

当冷却塔盐沉积大于 10~20kg/(ha·月)时，多数植物的叶片将有可见的损伤。损伤效果受到降水频率、湿度、盐的种类、植物敏度的影响。根据盐沉积的数量级，对盐沉积影响的评价准则如下：

- 盐沉积在数 kg/(ha·月)，盐沉积影响小，没有必要采取缓解措施。
- 盐沉积在数十 kg/(ha·月)，盐沉积有负面影响，但可以通过设计和运行的优化得到减轻，审评者应咨询环境主管，验证设计变更的可实现性，并且通过利益-代价分析的结论是有益的。
- 盐沉积在数百 kg/(ha·月)，盐沉积有负面影响，如果不能通过措施缓解则应改变设计或者重新选址。

我国《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T 20307-2014）8.3.2 节给出了盐沉积的参考指标如下：

- 盐沉积量为 1~2kg/(ha·月)一般不会对植物造成损坏；
- 在植物生长期的任意一个月盐沉积量达到或超过 10kg/(ha·月)可能导致很多种类植物叶片损坏；
- 盐沉积量超过 200kg/(ha·年)认为会对植物造成严重损坏，宜采取防范措施。

本项目冷却塔运行时造成厂界外的环境中盐沉积最大值低于 NUREG-1555 5.3.3.2 节评价准则中的第二级指标，同时低于《核电厂冷却塔环境影响评价技术规范》（NB/T 20307-2014）盐沉积参考指标中第二级指标的阈值。

参考中广核招远核电项目开展的国内海水冷却塔周围盐沉积影响调研和植物盐沉积影响试验的主要成果：通过开展试验研究了含盐飘滴对植物生长繁殖的影响，研究包括三个方面：1）含盐飘滴对植物叶片的急性影响，2）含盐飘滴对典型植物花和繁殖的急性影响，3）含盐飘滴对典型植物生长繁殖的室外模拟影响。试验结果表明，盐沉积小于20kg/(ha·月)的处理组中，均未出现植物受盐沉积明显影响的情况。

不考虑盐经径流和淋溶等途径排出，保守假设机组运行 60 年的盐沉积全部留在表土层（厚度取 20cm）。经计算，冷却塔造成的土壤含盐量最大增量预计不会改变土壤的盐化程度。

综合上述分析，预计本工程冷却塔引起的盐沉积不会对环境造成明显影响。

为控制盐沉积影响，本工程运行期间拟采取如下措施：通过监测循环水盐浓度，严格执行补水，控制盐浓缩倍率在设计范围内运行，避免飘滴盐沉积超出预测值。此外，计划在运行期间开展定期场外植物盐损伤情况检测工作，也可及时反映冷却塔与飘滴盐沉积相关的运行状况，发生问题可临时采取植物保护措施和冷却塔相关运维措施，缓解和降低盐沉积的环境影响。

6.1.5.4 下雾与结冰

国外相关研究表明，自然通风冷却塔不会造成严重下雾和结冰情况。Broehl 和 Zeller 对美国多个发电厂的自然通风冷却塔环境影响的实际调查中均未发现雾羽触地的情况，Hosler 对宾夕法尼亚的基石电厂的研究发现，两年中仅出现一次冷却塔雾羽触地的情况。根据上述研究，预计本项目冷却塔雾羽接触地面可能性较小，即产生下雾和结冰现象的可能性较小。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

6.2.2 照射途径

6.2.3 计算模式和参数

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众最大个人剂量

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.2 正常运行的辐射影响

台山核电厂 3、4 号机组工程申请建设两台华龙一号压水堆核电机组，同时厂址两台 EPR 压水堆核电机组（1、2 号机组）已投入商运。本节根据核电厂正常运行状态下的放射性流出物排放源项，以及厂址周围的环境特征、公众的食物消费和生活习惯，对核电厂正常运行状态下放射性流出物对公众和环境造成的辐射影响进行计算和评价，并采用流出物排放源项预期值进行公众辐射“三关键”分析，本节中四台机组指 3、4 号机组+1、2 号机组。

6.2.1 流出物排放源项

台山核电 3、4 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。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）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。台山核电厂将严格按照国家标准的排放控制要求进行总量控制。本报告给出了台山核电 1、2 号机组单台机组各类放射性流出物年排放量，本报告第四章 4.6 节给出了台山核电 3、4 号机组气载和液态放射性流出物各核素的年排放量。

本报告给出了台山核电 3、4 号机组和 1、2 号机组四台机组各类放射性流出物排放源项设计值与控制值的比较。从表可以看出，台山核电厂厂址四台机组放射性流出物各类放射性核素的年排放量，满足国家标准 GB6249-2025 相应的排放量控制要求。

根据 HJ808-2016 的要求，本节采用设计排放源项对公众的辐射剂量进行估算，采用较为实际的预期源项进行“三关键”分析，确定核电厂放射性流出物排放造成公众辐射影响的关键人群组、关键核素和关键照射途径，以更现实的反映核电厂放射性流出物排放在环境中的分布及影响情况。

气载放射性流出物中的 ^{14}C 在环境介质中的转移过程具有特殊机理，有别于核电厂排放的其它各类气载放射性核素，通常认为，只有以二氧化碳形式存在的 ^{14}C 才能通过光合作用被植物吸收，并以食物的摄入形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 421 号技术报告，欧洲和美国的压水堆核电站以二氧化碳形态向环境排放的 ^{14}C 占 ^{14}C 气态排放量的 5~25%，根据此研究结论，本节在评估气载 ^{14}C 的排放所造成的环境辐射影响时，假定以二氧化碳形态排放的 ^{14}C 占 ^{14}C 气态排放量的 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。

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。

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

台山核电厂运行状态下，气载和液态放射性流出物通过各照射途径对公众造成的剂量估算模式和参数如下：

（1） 大气弥散

根据核安全导则HAD101/02推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔2024年1月至12月一整年逐时观测的风向、风速和温度以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，相关气象数据及大气扩散参数详见本报告书2.4节。根据烟囱设计参数选取对应高度的风向风速数据对厂址区域的长期大气弥散因子和地面沉积因子进行计算。

（2） 水体稀释

根据台山核电厂 3、4 号机组工程液态流出物排放数值模拟结果，排放海域的水体稀释扩散计算采用沿水深平均的平面二维水流浓度场数学模型，水体稀释相对浓度依据该成果。

本报告采用国际原子能机构IAEA 19号安全报告推荐的模型和参数，计算放射性核素迁移扩散过程中在海水悬浮物、沉积物中的浓度。

（3） 环境参数

根据环境调查分析，给出了厂址周围用于剂量计算中考虑的部分放射性物质传递介质参数（如介质含水率、食物从获取到消费的时间间隔等）；根据IAEA 19号安全报告，给出了放射性核素在食物链中转移的特征参数和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，给出了液态照射途径辐射剂量计算参数；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Kd因子，海鱼类和甲壳类海洋生物的浓集因子采用IAEA 19号安全报告的推荐值，而对于IAEA 19号安全报告中未推荐的软体类和藻类生物浓集因子采用IAEA 57号安全报告的推荐值。

（4） 剂量转换因子

公众受各照射途径造成辐射剂量的剂量转换因子中惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子以及其它各类放射性核素的吸入和食入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），除惰性气体外其它核素的空气浸没以及地面沉积外照射剂量转换因子取自IAEA 19号安全报告，水体浸没外照射剂量转换因子取自美国联邦导则12号报告。

（5） 婴儿食入母乳内照射剂量

参考ICRP 95号出版物，给出了母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

（6） 食物消费和生活习惯

厂址半径80km范围内各子区陆上环境介质（如粮食、蔬菜等）的面积、产量，公众的食物消费量以及生活习惯因子见本报告书第二章。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

分别列出了台山核电3号机组的厂址半径80km范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子（^{3}H、^{14}C、^{85}Kr、^{60}Co、^{131}I）、长期地面干沉积因子（^{60}Co、^{131}I）和长期地面湿沉积因子（^{60}Co、^{131}I）。

根据本工程含放射性液态流出物数值模拟计算报告成果对数值模拟模式及相关参数进行描述。

为真实反映工程附近海域潮流变化情况，采用实测半月潮水文条件作为液态流出物计算的典型水文条件。

夏季半月潮水文条件：测量时间 2023 年 7 月 1 日～16 日；

冬季半月潮水文条件：测量时间 2023 年 12 月 1 日～16 日。

由于悬沙对放射性核素吸附和底沙再悬浮引起的放射性核素去附的影响机理较为复杂，迄今尚未有较成熟的计算公式，因此，从保守角度出发，在计算中暂未考虑悬浮泥沙对核素的吸附/去附作用。与此同时，本项目采用的 IAEA 19 号报告推荐的模型和参数中已在 Kd 参数值中反映了悬浮泥沙吸附对剂量贡献的影响。基本方程中悬沙对浓度影响的项“Kd*S*(dC/dt)”取零：

$$\frac{\partial HC_i}{\partial t}+\frac{\partial uHC_i}{\partial x}+\frac{\partial vHC_i}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left(E_x H\frac{\partial C_i}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(E_y H\frac{\partial C_i}{\partial y}\right)-K_d S\frac{\partial C_i}{\partial t}-\lambda_i HC_i+S_i \quad (1)$$

计算参数的选取根据相关规范、规程要求，并考虑了与前期研究的协调性。

水流数学模型中的主要参数为糙率 n 和水平涡粘系数 A。

根据电厂附近海域的实际情况，工程海域糙率随水深变化，当水深较浅或接近露滩时，糙率取值较大，一般在 0.015～0.020 之间。

水平涡粘系数 A 采用 Smagorinsky 扩散率公式，认为水平涡粘系数与水平网格尺度及速度梯度非线性项有关。

$$A = c_s l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \qquad (2)$$

式中：c_s 为常数，选为默认值 0.28，

l 为水平网格尺度，

变形率$S_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$，$(i, j = 1，2)$。

衰变常数 λ 的取值与放射性物质的半衰期有关，根据设计单位的技术要求，此次计算主要考虑余氯和半衰期分别为 8 天、70 天、250 天、5 年和不衰变的 5 种代表核素，其衰减系数（s^{-1}）分别为 1.29×10^{-4}、1.00×10^{-6}、1.15×10^{-7}、3.21×10^{-8}、4.40×10^{-9}。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

根据以上参数和模式，列出了台山核电四台机组运行时厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的环境空气浓度（^{85}Kr、^{60}Co、^{131}I、^{3}H、^{14}C）。环境空气中放射性核素 ^{85}Kr、^{60}Co、^{131}I、^{3}H、^{14}C 年平均浓度最大值均位于 SSW 方位 0~1km 子区，年平均浓度最大值分别为 2.34Bq/m^3、1.07E-07 Bq/m^3、6.07E-05 Bq/m^3、7.54E-01 Bq/m^3、1.68E-02 Bq/m^3。

厂址四台机组运行状况下，给出了台山核电 3、4 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。受纳水体中放射性浓度最大值位于 3、4 号机组排水口 0~1km 海域，核素 ^{3}H、^{14}C 在该海域海水中的年平均浓度分别为 3.38E+01Bq/L、2.17E-02Bq/L。

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，给出了台山核电3、4号机组排水口附近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，其中与台山核电厂液态放射性流出物排放相关的有 ^{60}Co、^{90}Sr、^{106}Ru、^{134}Cs 和 ^{137}Cs 五个核素，其水质指标限值分别为 0.03Bq/L、4.0Bq/L、0.2Bq/L、0.6Bq/L 和 0.7Bq/L。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 1.75E-03 Bq/L、4.33E-07 Bq/L、1.46E-11 Bq/L、4.19E-03 Bq/L 和 4.61E-03 Bq/L，均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

厂址四台机组运行状况下，给出了台山核电 3、4 号机组排水口周围 0~1km 海域底泥的核素浓度，本报告第 3.1 节给出了海洋沉积物中各核素辐射本底水平。经对比可以

看出，台山核电厂排放口附近 0~1km 海域底泥的核素浓度远低于各核素的辐射本底水平。

6.2.6 公众最大个人剂量

（1）公众（成人）个人剂量

本报告分别给出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，给出了各子区公众个人（成人）受到的总有效剂量。

台山核电厂 3、4 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km 子区，造成的最大年有效剂量增量为 3.22E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 2.65E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 5.72E-08Sv。厂址四台机组放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km 子区，造成的最大年有效剂量增量为 7.56E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 5.13E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 2.44E-07Sv。

（2）公众（青少年）个人剂量

本报告给出了台山核电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。

台山核电厂 3、4 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（青少年）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km 子区，造成的最大年有效剂量增量为3.44E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为2.68E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 7.56E-08Sv。厂址四台机组放射性流出物对于一般公众（青少年）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km，造成的最大年有效剂量增量为 8.36E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 5.10E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 3.27E-07Sv。

（3）公众（儿童）个人剂量

本报告给出了台山核电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。

台山核电厂 3、4 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（儿

童）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km，造成的最大年有效剂量增量为 3.34E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 2.67E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 6.75E-08Sv。厂址四台机组放射性流出物对于一般公众（儿童）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km，造成的最大年有效剂量增量为 7.97E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 5.01E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 2.96E-07Sv。

（4）公众（婴儿）个人剂量

本报告给出了台山核电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。

台山核电厂 3、4 号机组正常运行状态下，2 台机组放射性流出物对于一般公众（婴儿）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km 子区，造成的最大年有效剂量增量为 2.92E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 2.73E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 1.98E-08Sv。厂址四台机组放射性流出物对于一般公众（婴儿）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 SSW 方位 3~5km 子区，造成的最大年有效剂量增量为 6.07E-07Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 5.27E-07Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 7.94E-08Sv。

（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，台山核电厂 3、4 号机组运行状态下，放射性流出物对厂址 SSW 方位 3~5km 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的剂量影响：青少年公众个人＞儿童公众个人＞成人公众个人＞婴儿公众个人。

因此，台山核电厂 3、4 号机组运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，运行时其厂址 SSW 方位 3~5km 子区内的青少年受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为 3.44E-07Sv；厂址四台机组运行时厂址 SSW 方位 3~5km 子区内的青少年受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为 8.36E-07Sv。

（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（2030 年），本报告列出了台山核电放射性流出物所造成厂址各子区的年集体有效剂量，3、4 号机组和

厂址四台机组对评价区内公众集体年有效剂量结果分别为 4.47E-02 人•Sv 和 1.56E-01 人•Sv，其中各核素通过气、液态途径所造成的厂址评价区内公众总的集体年有效剂量分别为 3.87E-02 人•Sv、1.32E-01 人•Sv 和 5.92E-03 人•Sv、2.41E-02 人•Sv。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

非人类生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性核素以及核设施排放的放射性流出物，由于生物种类的庞大和生存环境的广阔，目前国际上普遍使用一系列特征生物的概念，包括参考生物，参考动植物，代表物种，特征物种和受体等，对生物进行辐射影响评价。

国际放射防护委员会（ICRP）于 2008 年发布的第 108 号报告中提出了参考动植物（RAP）的概念，并将其定义为“参考动植物是一个假想的实体，具有特定动物或植物类别的假想的基本生物特征，用于描述不同科类生物分类上的共性，具有明确的解剖学、生理学和生命历史的属性，可用于将该种生物体的暴露与辐射剂量，以及剂量与产生效应相联系起来。”根据一系列的选择准则，ICRP 报告推荐了 16 种用于辐射影响评价的参考动植物。

欧盟在 2004-2007 年间开展的 ERICA 项目中选取参考生物的方式与 ICRP 报告稍有不同，它不根据分类学、解剖学、生理学以及生活史等特征选取特定物种，而是基于不同的环境特征中的典型生物类别。

ERICA 项目中采用的一系列水生和陆生生物在不同生境中的剂量学模型也为 ICRP 所采用，在辐射剂量率计算方法上，两者也都采用了 Ulanovsky 等人运用 Monte-Carlo 方法计算不同体形尺寸生物体对α、β、γ辐射的吸收比例，再结合各核素的辐射能量得出各种核素对于不同生物体辐射的剂量转换因子。

6.2.7.1 非人类生物的分类

ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物，其中海洋生态系统的参考生物包括深海鱼类、鸟类、甲壳类、大型藻类、哺乳动物、双壳软体类、浅水鱼、浮游植物、多毛纲蠕虫、爬行动物、海葵珊瑚、导管植物和浮游动物 13 类。陆生生态系统的参考生物包括两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类。

台山核电厂址附近海域海洋生物的种类，按照浅水鱼、深海鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物七类参考生物。

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。

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。

6.2.7.2 参数选取

（1）悬浮物分配因子（K_d）和浓集因子（B_p）

根据国际原子能机构 IAEA 422 号报告，本报告给出了评价中的海水中悬浮物对元素的吸附分配 K_d 因子以及海洋生物浓集因子 B_p。参考 ERICA 程序和 IAEA 479 号报告的陆生参考生物的浓集因子，给出了陆域生态系统生物各类生物的浓集因子。

（2）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，本报告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。本报告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。

（3）各生物居留因子

根据各生物的生物习性并参考 ERICA 程序，本报告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

根据上述介绍的模型及参数，本报告给出了排水口附近海域中的七类海洋生物因核电厂排放的液态放射性流出物造成的辐射剂量率。

从表给出的计算结果可以看出，台山核电 3、4 号机组运行状态下，液态放射性流出物对排放口附近海域水体中深海鱼类、浅水鱼、软体类、甲壳类、藻类、浮游植物和浮游动物七类海洋生物的辐射剂量率均低于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值。因此，台山核电 3、4 号机组运行后，两台机组及厂址四台机组排放的液态放射性流出物对受纳海域水体中深海鱼类、浅水鱼、软体类、甲壳类、藻类、浮游植物和浮游动物七类参考海洋生物不会造成明显的损伤，对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

（2）陆域生物辐射影响

本报告给出了各主要放射性核素通过上述各类途径对陆域生物造成的剂量率。从以上表可以看出，3、4 号机组运行期间对厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为苔藓植物，为 3.45×10^{-3}μGy/h。厂址四台机组运行期间对厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为苔藓植物，为 7.19×10^{-3}μGy/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 10μGy/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

根据厂址调查结果，5km 范围内仅有一个钦头自然村居民点，位于厂址 SSW 方位 3~5km 子区，该子区也是一般公众受照剂量最大的子区。对台山核电 3、4 号+1、2 号机组共四台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，初步考虑一般公众受照剂量较大的厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村，报告书 2.2 节给出了厂址附近上述人群组的食物消费情况以及生活习惯因子。

台山核电厂址 3、4 号两台机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民造成的年有效剂量大于其它子区内渔民、村民或青少年的受照剂量，为 1.70×10^{-7}Sv/a。

本报告给出了台山核电厂址 3、4 号两台机组运行状态下，放射性流出物通过各种途径对厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民个人造成的辐射剂量贡献。

对台山核电四台机组放射性流出物排放造成的辐射影响进行“三关键”分析，本报

告给出了子区内渔民、儿童及青少年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，台山核电厂址四台机运行状态下，放射性流出物排放对厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民造成的年有效剂量大于其它人群的受照剂量，为 3.41×10^{-7}Sv/a。根据上述分析结果，本阶段将厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民作为受台山核电厂址四台机组辐射影响最大的可能关键人群组。

本报告给出了台山核电厂址四台机组运行状态下，放射性流出物通过各种途径对厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民个人造成的辐射剂量贡献。从表可以看出：

— 台山核电厂址四台机组运行状态下，核电厂放射性流出物排放对关键组居民个人造成的有效剂量为 3.41×10^{-7}Sv/a。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 1.26×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 36.88%；通过液态途径造成的剂量贡献为 2.15×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 63.12%。

— 关键照射途径为食入海产品内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为 2.10×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 61.61%。其它重要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分别为 1.02×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 30.03%。

— 关键核素为 ^{14}C，对关键组居民个人造成的有效剂量为 2.62×10^{-7}Sv，占个人总有效剂量的 76.93%；其它重要核素为 ^{65}Zn，对关键组居民个人造成的有效剂量为 2.79×10^{-8}Sv/a，占个人总有效剂量的 8.18%。

6.2.9 辐射影响评价

台山核电厂3、4号机组以及厂址四台机组各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准GB6249-2025相应的控制要求。

（1）公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）规定任何场址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量，每年不得超过 0.25mSv。台山核电厂规划建设 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 0.25mSv/a，其中 1、2 号机组已经投入运行，本期工程 2 台机组向环境释放的放射性物质对公众所受的剂量约束值为 0.04mSv/a。

台山核电厂厂址四台机组放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 8.36E-07Sv/a，占 GB6249-2025 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.334%，3、4 号机组 2 台机组放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 3.44E-07Sv/a，占本期工程剂量约束值（0.04mSv/a）的 0.86%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，台山核电厂址四台机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键居民组为位于厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民，需要关注的关键照射途径为食入海产品内照射途径，需要关注的关键放射性核素为 C-14。台山核电厂址 3、4 号两台机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键居民组为位于厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民，需要关注的关键照射途径为食入海产品内照射途径，需要关注的关键放射性核素为 C-14。

（2） 非人类物种辐射影响评价

台山核电厂 3、4 号机组运行状态下，厂址四台机组液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为 9.02E-03μGy/h，低于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值，因此，台山核电厂 3、4 号机组运行状态下，液态放射性流出物排放不会对排放口附近海域的海洋生物在种群上造成明显的损伤。

台山核电厂 3、4 号机组运行状态下，厂址四台机组气态流出物对厂址周围陆生生物造成的剂量率最大为 7.19E-03μGy/h，远低于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值。因此，台山核电厂 3、4 号机组运行后，对核电厂周围陆域生物辐射影响很小。

台山核电厂 3、4 号机组运行状态下，就放射性流出物的排放控制和公众所受剂量而言，三废处理系统的预期处理效果可以满足国家标准的相应要求。而就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对海洋生物的辐射影响有限，是可以接受的。

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 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

6.3.2 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 其它环境影响

台山核电厂3、4号机组正常运行时，可能造成的环境影响除了温排水影响和辐射影响外，还包括一定的非放射性环境影响，主要包括以下几方面：

— 非放射性化学物质随循环冷却水排放；

— 海水连续加氯处理系统的余氯排放；

— 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

台山核电厂生产过程中需要使用一定量的化学品。这些化学品包括：硼酸、盐酸、硝酸、氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化锂、氨水、水合联氨、次氯酸钠、六氟化硫、氢气、液氮、二氧化碳、轻柴油、润滑油等。此外在检修过程中使用的材料、取样化验和实验室分析药剂还将使用氧气、乙炔、氮气、氩气、氦气等化学品。

本项目海水冷却塔在运行过程中主要投加次氯酸钠、非氧化杀菌剂和阻垢剂等。投加药剂情况如下：1）次氯酸钠：冷却塔取水泵投加1mg/L左右的次氯酸钠，连续投加；2）非氧化杀菌剂：排水混合井投加20~25mg/L左右的非氧化杀菌剂，间断投加；3）阻垢剂：冷却塔取水泵投加6~10mg/L左右的阻垢剂，连续投加。

大宗化学物质的使用主要在除盐水生产系统、凝结水精处理系统、循环水处理车间、常规岛化学加药系统。一定量的化学物质在上述设备使用后可通过加酸或者加碱进行中和、调节至pH6~9后送至HSF子项或BQB子项再处理后回用或达标排放。因此，非放射性化学物质不会对海水水质产生明显的影响。

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

为保护核电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（HClO 和 ClO^-），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（NH_2Cl 和 $NHCl_2$）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现，0.2mg/L的氯可以直接杀死水中60%~80%的藻类；0.1mg/L的氯会使浮游植物光合作用下降50%；当余氯被稀释到0.03mg/L以下时，水中初级生产力可完全恢复；25℃时余氯对咸水中浮游动物的96h半致死浓度（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20μg/L时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。

根据余氯扩散的数值模拟结果，台山核电厂3、4号机组运行后，本工程排水口处余氯绝对浓度为0.1mg/L，计算得到夏季半月潮绝对浓度为0.02mg/L的全潮最大包络面积为2.81km^2，冬季半月潮余氯绝对浓度为0.02mg/L的全潮最大包络面积为2.30km^2。

考虑到海水的稀释扩散作用及光照等因素引起的余氯衰减会降低余氯毒性，预计本工程排放到水中的余氯对电厂周边海域的海洋生物影响较小。

6.3.1.3 浓盐水排放的环境影响

本项目超大型自然通风冷却塔为湿式冷却塔，并且采用海水作为循环冷却水。经由冷却塔喷淋装置喷淋到填料上的热循环水与空气直接接触换热冷却，过程中有一定比例的水汽蒸发损失，使得循环冷却水盐度上升，盐度高于海水，形成浓盐水，浓缩倍率约1.5倍。

系统通过持续向冷却塔循环水系统补充新海水，同时排出浓盐水，维持冷却塔循环冷却水的盐度在指定设计区间内。本期工程冷却塔排放的浓盐水与一期工程1、2号机组项目的直流冷却水一并在已建的排水明渠掺混排放到受纳海域。

本工程采用二维水流浓度场数学模型对台山核电浓盐水排放在受纳海域的分布规律进行计算分析。参考海洋水文观测结果和 1.5 倍的浓缩倍率，夏、冬季 3、4 号机组取水盐度为 29‰，夏、冬季 3、4 号机组排水盐度为 45‰。1~4 号机组通过明渠一同排放。计算条件采用夏、冬季半月潮水文条件（典型夏季半月潮时段为 2023.07.01~07.16，典型冬季半月潮时段为 2023.12.01~12.16），模型计算范围和网格剖分与温排水数模保持一致。

经预测分析，夏季半月潮水文条件下，0.5‰盐度增量的最大包络面积为 4.10 km^2，0.25‰盐度增量的最大包络面积为 56.81 km^2，0.1‰盐度增量的最大包络面积为 163.82 km^2。冬季半月潮水文条件下，0.5‰盐度增量的最大包络面积为 8.21 km^2，0.25‰盐度增量的最大包络面积为 33.17 km^2，0.1‰盐度增量的最大包络面积为 80.22 km^2。

根据数值模拟结果，本项目在运行期间 0.5‰盐度增量主要位于排水明渠附近，对外海的盐度增量则更小，与海水本底盐度接近，预计对周边海域环境及海域生物不会产生明显影响。

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

（1）生活污水

台山核电厂 3、4 号机组正常运行期间产生的生活污水和洗涤、淋浴等非放射性污水，将送入厂区生活污水处理站进行处理。台山核电厂 3、4 号机组新建 1 座生活污水处理站，规划建设规模为 480m^3/d。污水处理站采用 A^2O+MBR 为主体的生化处理工艺，具体处理设备及构筑物为：格栅+调节池+曝气沉砂池+厌氧池+缺氧池+好氧池+MBR 池+消毒池+清水池。3、4 号机组运行期间生活污水经处理后排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级 A 标准。回用水满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中绿化和道路清扫的水质要求。厂区生活污水站出水尽可能回用于厂区的绿化和道路浇洒，超出部分达标排放，排入海域为黄茅海工业功能区

（1103B、三类区）。同时，将在处理工艺中增设消毒工序，以尽可能降低排水中的微生物含量。生活污水处理站产生的剩余污泥外运至江门华杰污泥处理厂进行处置，其工艺为碳化后做肥料。

因此，台山核电厂 3、4 号机组生活污水不会对附近环境造成明显影响。

（2）非放工业废水

核电厂的生产废水主要为正常运行期间产生的工业废水，主要为含油废水及其他非放工业废水。

含油废水根据产生途径由非放含油废水和潜在放射性含油废水组成，针对这两类含油废水，在厂区内分别设置了非放射性含油废水处理站（BES）和潜在放射性含油废水处理站（BER）。BES 出水经 SEW 收集至非放射性工业废水处理站（HSF）处理。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。

其他非放工业废水收集至 HSF 进行处理，HSF 的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，处理达标后的废水排入海水库回用，预计不会对周围海域造成影响。

6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

台山核电厂 3、4 号机组在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、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。固废将进行全部收集并委托专业废弃物公司（其中危废处置将委托有资质单位）外运处置。

3、4 号机组运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区办公及员工生活区的垃圾。生活垃圾实行袋装分类收集，并委托专业公司进行定期收集送交当地环卫所处理，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影响较小。

6.3.2.3 噪声的环境影响

本项目噪声预测评价已在 6.1.4 节描述，除大型自然通风海水冷却塔外，本项目噪声

主要还来自核岛厂房群、汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备，本节主要分析核岛厂房群、汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备的噪声影响。

- 核岛厂房群的噪声主要来自五个方面：

1) 大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；

2) 柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；

3) 为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机组不停运转；

4) 工艺过程的卸压释放系统的安全阀、管道和箱罐等，在执行排放或卸压功能时发出很强噪声；

5) 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：

1) 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；

2) 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；

3) 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；

4) 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的蒸汽通过安全阀和卸压阀向大气排放时，会产生极强的气体动力噪声，但发生这种情况的概率非常低。

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），在采用厂房加装隔声、消声措施后其在厂房外的噪声一般不大于 80dB（A），本项目主要噪声源为冷却塔。

根据预测结果，本项目运行期对厂界（预征地边界）的噪声贡献值小于《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类声环境功能区噪声排放限值。厂址附近居民点距离均较远，本项目不会对居民点声环境质量产生影响。

根据预测，本工程运行期对于现行划分的 1 类声环境功能区中有小部分区域（主要为南侧靠近厂界的部分）的噪声贡献值略超过 42dB(A)，叠加噪声本底值后，该部分区域环境噪声值将略大于 45dB(A)。

根据《江门市自然资源局关于印发〈江门市自然保护地规划（2022-2035 年）〉的通知》（江自然资〔2023〕585 号），规划在 2025 年底前，江门市将基本完成自然保护地的整合优化。本工程运行期的 45dB(A)噪声等值线将位于整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区范围以外。建议建设单位跟踪关注江门台山曹峰山地方级自然保护区的整合

优化情况。

6.3.2.4 电磁的环境影响

本期工程在一期已建 500kV 开关站基础上进行扩建。

500kV 线路：本期工程将利用台山一期已建成线路，使用已建成台山核电至江门圭峰站备用线路，已建成并挂线，无需新建 500kV 线路。

220kV 线路：台山核电厂一期工程已建成第 1 回 220kV 线路，本期工程新建第 2 回 220kV 线路。

因此，本期工程电磁的环境影响评价对象包括，500kV 开关站以及 220kV、500kV 送电线路（厂内部分），评价分析本工程开关站至输电系统第一座铁塔送电线路厂内部分的电磁辐射影响。

参考台山一期工程 500kV 线路，一期工程新建三回 500kV 线路，其中两回接入 500kV 桂山变电站，同塔双回架设，另一回接入 500kV 圭峰变电站，同塔双回架设单侧进线（另一侧线路备用）。接入 500kV 桂山变电站的线路名称为台核-桂山线，接入 500kV 圭峰变电站的线路名称为台核-圭峰线。

本报告给出了台核-桂山线 500kV 双回线路正常运行时工频电场、磁场预测结果，500kV 同塔双回台核-桂山线运行周围所有距离地面 1.5m 高度处的工频电场最大值为 2030.1V/m，工频磁场最大值为 29.887μT，工频电场和工频磁场均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中 4000V/m 和 100μT 的限值要求。

本报告给出了台核-圭峰线 500kV 单回线路正常运行时工频电场、磁场预测结果，台核-圭峰线 500kV 单回路运行周围所有距离地面 1.5m 高度处的工频电场最大值为 2677.8V/m，工频磁场最大值为 16.295μT，工频电场和工频磁场均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中 4000V/m 和 100μT 的限值要求。

两座杆塔的架空线路距离相对较近（两塔基边导线相距约 15m），本报告给出了两座杆塔的架空线路同时运行时工频电场、磁场预测结果。两座杆塔的架空线路周围所有距离地面 1.5m 高度处的工频电场最大值为 3797.9V/m，工频磁场最大值为 40.815μT，工频电场和工频磁场均满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中 4000V/m 和 100μT 的限值要求。

预计本工程输变电工程运行期间周围电磁环境质量可以满足《电磁环境控制限值》

（GB8702-2014）中工频电场 4000V/m，工频磁场 100μT 的控制限值的要求。

苏州热工研究院有限公司环境检测中心于2024年4月对台山核电厂址区域及出线正下方的电磁环境进行了检测，所有检测点位工频电场范围为（0.347~241.8）V/m，工频磁场范围为（0.0109~1.639）μT。现状监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中电场强度 4000V/m、磁感应强度 100μT 的公众曝露控制限值要求。

类比厂区内 4 台核电机组正常运行的宁德核电厂，采用 2018 年 10 月宁德核电厂 3、4 号机组竣工环境保护验收检测结果，选择宁德核电厂 500kV 开关站及 500kV 架空线路附近的电磁环境监测数据进行类比分析。

宁德核电厂 500kV 开关站出线 4 回，厂区内 500kV 送出线路采用架空输电方式，检测期间，1 号机组功率为 1021~1030MW，2 号机组功率为 1016~1028MW，3 号机组功率为 1021~1030MW，4 号机组功率为 1017~1027MW。根据类比电厂监测结果，500kV 开关站周围工频电场最大值为 112.9V/m，位于开关站东侧外 15m，工频磁感应强度最大值是 2.049μT，位于开关站西侧外 5m；500kV 开关站送出线路附近工频电场最大值是 1906V/m，位于 500kV 线路外 8m，工频磁感应强度最大值是 6.459μT，位于两条 500kV 线路中间。

根据上述监测结果，预计台山核电厂 4 台机组运行期间 500kV 开关站及 500kV 架空线路附近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，工频磁感应强度 100μT 的控制限值的要求。

6.4 初步退役计划

6.4.1 退役总原则

6.4.2 退役策略

6.4.3 退役方案设想

6.4.4 退役技术

6.4.5 废物管理

6.4.6 退役经费

6.4.7 知识管理、文档的记录和保存

6.4 初步退役计划

退役是为解除核设施部分或全部监管控制所采取的行政和技术行动，其最终目标是使核设施和（或）场址获得有限制或无限制开放和使用。台山核电厂3、4号机组采用华龙一号技术方案，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环境保护行政主管部门审查。最终详细退役计划及退役环境影响评价将在反应堆正式退役前开展。

6.4.1 退役总原则

核电厂反应堆的退役是一项复杂的技术工作，全部退役活动将在充分保护从事退役工作的人员、周围公众的健康，以及保护环境和保证安全的情况下进行，使之免受或减少来自所关闭核电厂的辐射危害和其它危害，同时又不对后代造成不可接受的潜在危害。其最终目标是核电场址获得有限制或无限制的开放和使用。

退役活动应该准备充分、措施落实、管理严格、监督到位。为了便于核电厂的退役和拆除，营运单位在选址、设计、建造、运行期间均应考虑退役要求，注意收集、保存和修订退役所需的主要资料。

根据“废物最小化”和“安全退役”的原则，建设单位在技术设计、设备材料的选取等方面将针对退役特点进行如下考虑：

1) 反应堆设计成能在最终停堆后的某些规定的时间内完成有关的拆除工作，并使在这期间所需要的监督工作量最小；
2) 反应堆材料的选择，需考虑减少活化、并便于去污。核电厂的设计、布置应具备必要的可达性，容易拆除和移走大部件；
3) 在退役期间对放射性物质从反应堆中实际和可能的泄漏具有控制和监督的能力；
4) 具备对估算反应堆寿期内放射性积存量和退役过程中辐照剂量所需要的主要参数进行监督的能力；
5) 设计上对核电厂的放射性物质和非放射性物质进行严格区分。

此外，根据《中华人民共和国核安全法》《反应堆退役环境管理技术规定》（GB/T 14588-2009），台山核电厂3、4号机组在决定退役时，将向国家生态环境保护行政主管部门（国家核安全主管部门）提交包括核设施退役申请书、安全分析报告、环境影响评价文件、质量保证文件、法律和行政法规规定的其他材料，经审查批准并获得许可后才开始退役工作。

6.4.2 退役策略

退役策略包含两种，即立即拆除和延缓拆除。就地掩埋不作为退役策略，该方式只在特定的情况下（如发生严重事故）时才考虑。

核电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，建设单位初步考虑以下退役方案：

- 立即拆除策略

此策略考虑在电厂最终停闭后尽快完成立即拆除。其优点是能尽快利用场地和部分利用现场原有设备和辅助设施。但是，由于停堆的时间较短，可能还存在高放射性核素，需要采用远距离遥控操作和屏蔽来拆除构件和处理放射性废物，因此操作困难且费用昂贵。

- 延缓拆除策略

此策略考虑在电厂停闭后，进行长期贮存，然后完成退役。大部分放射性核素保留在生物屏蔽和压力壳内让其衰变。此方案较易于拆卸、运走带放射性的构件，但是需对遗留结构进行长期监测和维护，并需研究最终拆卸的方法和手段。

国内《核设施退役安全要求》（GB/T 19597-2004）明确要求在退役经费和退役技术能保障退役活动的安全时，采取立即拆卸的退役策略。初步考虑到本工程运行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。现阶段本工程优先考虑立即拆除策略。

6.4.3 退役方案设想

结合国际上退役实践经验，目前考虑本期工程退役拆除顺序为先进行常规岛、BOP等非污染区域的设备拆卸和厂房拆除工作，然后再进行放射性污染控

制区的拆除作业。根据 IAEA 和国际上核电厂退役的实践经验将本期工程的退役分为如下五个阶段：

a) 第一阶段退役前准备，该阶段工作在核电厂停闭前开展，主要工作是开展核电厂退役可行性研究、退役执照申请、退役设计和退役技术研发等；
b) 第二阶段电厂安全停闭、乏燃料卸载及清理，该阶段是核电机组停止运行并有计划地进行一系列活动，主要工作是乏燃料卸载、源项调查、现场改造、安全维护、运行废物（包括固体废物、废液等）的清理以及主回路、辅助设施和工艺厂房的初步去污等；
c) 第三阶段乏燃料安全贮存，是在第二阶段退役的基础上进行的，其主要任务为乏燃料在乏池内安全储存，进行部分的清理及拆除工作，此阶段末期还需要更新退役计划；
d) 第四阶段去污和拆除，主要是含放射性的系统、设备及受污染厂房的去污和拆除，并按规定处理、贮存或处置放射性废物；退役拆除工作包括主回路设备拆除，如反应堆压力容器及堆内构件、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵、稳压器及主回路管道，还包括辅助系统和厂房的拆除等，部分拆除工作开展前需要进行去污，去污和拆除的工作可能需要借助远程遥控技术或机器人技术；
e) 第五阶段厂址恢复和终态验收，主要任务是厂址恢复（包括其它设施的拆除）、厂址终态调查、终态验收等。

6.4.4 退役技术

一般而言，退役技术主要遵循以下几个原则：

a) 任何技术的采用与否，最为重要的判据或原则是 ALARA，即需证明该技术有助于实现退役对工作人员及公众的剂量达到合理可行尽量低的目标；
b) 最佳环境可行选项（BEPO）和最佳可行方式（BPM）原则，着重关注技术的可操作性、以及采用该技术后退役活动对环境的整体性影响，而不是局部的、阶段性的优劣；

退役的最佳可行技术（BAT）原则，即要求实施方必须采用退役实施时所能达到的最佳技术或技术组合，以人员、公众及环境安全为最高目标。为充分体现

并切实执行上述原则，本期工程的营运单位在退役前需制定详细退役计划的阶段便应该开始进行有关退役技术的情况收集、技术评价、以及代价—利益分析，并以此作为一个重要的设计输入对最终生效的核电厂退役实施计划进行更新和完善，包括整个运行期间针对核电厂退役技术的进步及发展状况进行跟踪，以及核电厂运行期间发生重要技术变更及改造对未来退役实施的影响评估等，以保证核电厂的实际退役活动可以顺利且安全地完成。

6.4.5 废物管理

退役过程中不可避免产生大量的放射性废物，相关放射性废物的管理是退役阶段重要工作之一。在确保安全的前提下，要根据废物的特性、放射性核素种类和活度浓度等，进行合适的分类管理，并根据其分类进行合适的处理与处置。退役过程中需要自始至终考虑并落实废物最小化，降低对人及环境的负面影响。

6.4.6 退役经费

《中华人民共和国核安全法》第四十八条规定，“核设施营运单位应当预提核设施退役费用、放射性废物处置费用，列入投资概算、生产成本，专门用于核设施退役、放射性废物处置。具体办法由国务院财政部门、价格主管部门会同国务院核安全监督管理部门、核工业主管部门和能源主管部门制定。”《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十七条规定，“核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，列入投资概算或者生产成本。费用的提取和管理办法，由国务院财政部门、价格主管部门会同国务院环境保护行政管理部门、核设施主管部门规定。”

本期工程的退役经费，将按照一定的比例逐年从项目发电收益中提取。目前由核电厂营运单位负责对退役资金的管理，以确保资金的安全。在核电厂运行过程中对退役计划等进行更新（IAEA推荐每5年对退役计划进行一次修订），修订内容包括对退役经费的测算、评估等，以确保最终机组退役前有足够的退役经费。

6.4.7 知识管理、文档的记录和保存

退役作为一项长期、复杂的工作，核电厂营运单位应当记录和保留核电厂的环境本底辐射水平或环境水平现状调查；在核动力厂修改和维修活动中获得的关

于受污染或被活化的构筑物、系统和设备的经验和知识。除此以外，建设单位应当制定人力资源计划，以确保有足够的合格人员可用于核动力厂安全运行直至最终停堆，可用于在退役准备期间以安全的方式开展活动，以及可用于安全地进行核动力厂的退役。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》等法律法规要求及核电厂退役实践，建议核电厂的营运单位在设计和建造阶段着手编写核电厂的初步退役计划，统筹考虑退役策略、退役方案、退役进度、退役费用、退役废物管理、安全评价、环境影响评价等。

本期工程运行后，除了日常的维修、试验、检查活动外，在长达60年运行过程中可能发生工程改造和瞬态事件，对最终退役造成影响。核电厂营运单位将如实、准确做好记录，以便为核电厂退役提供详实的数据，实现安全退役及剂量最优的目标。按照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）要求，核电厂营运单位在核动力厂整个寿期内，应记录和保留所有活动中获得的关于受污染或被活化的建（构）筑物、系统和设备的经验和文件。核电厂营运单位还需根据国家政策和当时的退役技术，对退役阶段相关安排进行详细分析，制定核电厂的最终退役计划，并准备退役安全分析报告等申请文件。

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 严重事故

7.3 场内运输事故

7.4 其它事故

7.5 事故应急

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

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

广东台山核电 3、4 号机组建设两台华龙一号核电机组。稀有事故和极限事故均属于设计基准事故范畴，在核电厂设计时，针对每一类设计基准事故，均考虑了针对性的预防和缓解措施。根据 GB6249-2025 的相关要求，稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

本节有关设计基准事故的描述以本工程初步安全分析报告（PSAR）的相关内容为基础，所考虑的设计基准事故是决定压水堆安全相关设计的整个事故谱中事件序列的典型代表，这些事件序列与其对环境的放射性影响相关。

➢ 功率状态下设计基准事故始发事件

功率状态下设计基准事故始发事件，依据《核动力厂安全评价与验证》（HAD102/17-2006），并参照 NUREG-0800 确定设计基准始发事件及其工况分类。

➢ 停堆状态下设计基准事故始发事件

停堆状态下设计基准事故始发事件的选取通过对功率运行始发事件进行扩展（通过分析功率工况下的始发事件是否可能在停堆状态下发生），如停堆工况下的中、小破口等。同时识别由于电厂处于停堆状态可能导致的新的始发事件，如余热排出（RHR）模式下反应堆冷却剂系统（RCP）水位失控下降，余热排出（RHR）模式下失去安注系统（RIS）的一列冷却系统等。

就放射性影响而言，这些设计基准事故涵盖了其他相似事件序列，具有代表性。这些典型事故包括：

— 失水事故（LOCA）；

— RCCA 弹出事故（CREA）；

— 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）；

— 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）；

— 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）；

— 燃料操作事故（FHA）；

— 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）；

— 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故。

（1） 失水事故（LOCA）

发生 LOCA 后，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和周边厂房（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

（2） RCCA 弹出事故（CREA）

当 RCCA 弹出事故发生时，随着假想的控制棒的弹出，燃料中部分放射性核素释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路的放射性活度。分析中保守考虑径向峰值因子（1.65）的影响。考虑以下两条放射性释放途径：

a) 安全壳释放途径

RCCA 弹出事故可能造成一回路（压力容器顶盖）破口，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和周边厂房（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

b) 二回路释放途径

本途径的放射性释放计算中，不考虑一回路发生破口，在 RIS 以 RHR 运行模式接入前，堆芯余热通过二回路导出。

假设事故发生同时厂外电源丧失，LOOP 导致蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

（3） 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道破裂后，破损 SG 最终几乎完全排空，其中所有的水都以蒸汽形式被带走，一回路向二回路的泄漏直接排入大气。此过程中放射性物质随之直接释放到环境。

另外两台完好的 SG 通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

对一回路源项分别考虑事故前碘峰和事故并发碘峰。事故前碘峰模型中，假设 MSLB 事故发生前堆芯发生功率瞬变，一回路冷却剂活度上升至瞬态值并持续到事故结束。事故并发碘峰模型中，假设瞬态发生时碘的释放速率上升至稳态平衡值的 500 倍，并持续 8 小

时，至事故结束。

二回路的蒸汽排放一直持续到 RCP 温度和压力降到 RIS 以 RHR 运行模式接入条件为止。

（4） 蒸汽发生器单根传热管破裂事故（SGTR）

假设在 SGTR 事故发生的同时堆芯发生功率瞬态，导致 RCP 冷却剂中出现事故并发碘尖峰，持续时间为 8 小时。

完好 SG 的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RIS 以 RHR 运行模式接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损 SG 的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后，破损和完好 SG 二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

在破损 SG 传热管裸露的情况下，保守假设 10%的破口流量直接以蒸汽的形式释放入环境。

（5） 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

假设在 SGTR-2 事故发生前堆芯发生功率瞬态，导致 RCP 冷却剂放射性活度达到瞬态值。瞬态的持续时间为 8 小时，即保守假设瞬态的影响从事故前 8 小时开始至事故结束。

完好 SG 的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RIS 以 RHR 运行模式接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损 SG 的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后（从事故发生前 8 小时）破损和完好 SG 二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

（6） 燃料操作事故（FHA）

本节分析的 FHA 为乏燃料池内燃料组件坠落事故。假设乏燃料在运到燃料贮存区过程中，不慎坠入乏燃料水池内。该组件内的所有燃料元件全部损坏，燃料包壳间隙中的惰性气体、碘和碱金属瞬间释放出来。惰性气体不溶于水，将释放到燃料操作厂房。由于碘的可溶性和水解作用，大部分将滞留水中。碱金属全部滞留在水中。从乏燃料水池中释放出来的碘和全部惰性气体进入燃料操作厂房大厅，随着燃料厂房通风系统释放进入环境大气。

（7） 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）

当 LRA 事故发生，假设部分燃料包壳发生破损，燃料间隙中的放射性活度释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回

路的放射性活度。假定事故造成 30%的燃料棒发生破损。

假设蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

二回路的蒸汽排放一直持续到 RCS 温度和压力降到 RIS 以 RHR 运行模式接入条件为止。

分析中保守考虑径向峰值因子（1.65）的影响。

（8） 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故

安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故发生后，含放射性冷却剂释放到相应厂房内，随后释放到环境中。核取样系统（REN）、化学和容积控制系统（RCV）发生安全壳外管线破裂可能造成较严重的放射性后果，这两种类型破口的放射性后果可以包络其他的安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故的放射性后果。

1）当发生安全壳外 REN 系统管线破裂事故时，一回路冷却剂中携带的放射性核素随冷却剂喷放到厂房内，随后释放到环境中。对于 REN 管线破裂，由于管线较小，破口流量能被 RCV 系统上充流量所补充，稳压器水位维持在正常运行水位。当操纵员发现并隔离破口后，向环境的放射性释放终止。假设事故前，一回路系统处于功率运行状态，正通过 REN 系统对稳压器液相区进行取样，此时管线上发生双端剪切断裂。假设破口正好发生在安全壳贯穿件下游。

2）当发生安全壳外 RCV 系统管线破裂事故时，在破口隔离前，放射性核素随冷却剂持续释放到厂房内，随后释放到环境中。破口隔离后，向环境的放射性释放终止。假设事故前，一回路系统处于功率运行状态，两台上充泵运行且稳压器液位发生正常波动，此时 RCV 下泄流量最大。保守假设破口发生在 RCV 下泄管线，正好位于辅助厂房净化单元上游。事故发生后，在破口隔离前，冷却剂持续通过破口喷放到辅助厂房内。净化单元及相应管道中的冷却剂回流到辅助厂房内。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

（1） 气象数据

采用台山核电厂 3、4 号机组厂址气象观测系统 2024 年 1 月~12 月连续 12 个月的逐

时气象观测数据，各气象要素具体信息及大气扩散参数详见2.4节相关描述。根据NRC管理导则RG1.145推荐的用于核电站潜在事故后果评估的大气弥散模式模拟计算厂址短时大气弥散因子。

（2） 非居住区边界和规划限制区外边界上的大气弥散因子

a) 分方位大气弥散因子：计算得到厂址周围16个方位、99.5%概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；各个方位年平均大气弥散因子为该方位按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段的事故大气弥散因子，则利用2h时段的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

b) 全厂址大气弥散因子：计算得到厂址周围各距离全厂址95%概率水平（保守值）及50%概率水平（现实值）的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；年平均大气弥散因子为全年按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段的事故大气弥散因子，则利用厂址2h时段的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

非居住区边界和规划限制区边界上的事故剂量后果计算将采用分方位大气弥散因子和全厂址大气弥散因子之间的最大值进行计算。

7.1.2.2 事故剂量

设计基准事故剂量计算模式主要参考《核事故应急情况下公众受照剂量估算的模式和参数》（GB/T 17982-2018），该标准为核事故应急情况下公众受照剂量的估算提供了可供参考的具体模式，能够准确评估核事故状态下公众所受到的辐射剂量。设计基准事故放射性后果评估时主要考虑事故期间起主要作用的三个照射途径：

— 放射性烟云浸没外照射；

— 沉积在地面的放射性物质外照射；

— 从烟云中吸入放射性物质内照射。

上述三种照射途径的个人剂量计算公式详见附录D。

计算参数：

1) 剂量转换因子（DCF）

计算中采用的剂量转换因子主要取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）、国际辐射防护委员会（ICRP）71 号出版物和国际原子能机构（IAEA）19 号安全报告（2001）。

2) 干沉积速率（V_d）

干沉积速率取自联邦德国辐射防护委员会第十七卷出版物（SSK Bd.17）：

3) 呼吸率（Br）

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则 RG1.195（2003）：

各类设计基准事故中，DBC-3 类工况事故对应于 GB 6249-2025 中的稀有事故，DBC-4 类工况事故对应于 GB 6249-2025 中的极限事故。

（1） 失水事故（LOCA）

LOCA 属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 2.38E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.62E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 2.38%和 2.62%；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 6.82E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 4.71E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.68%和 0.47%。

（2） RCCA 弹出事故（CREA）

RCCA 弹出事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 4.42E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 4.74E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 4.42%和 4.74%；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 8.36E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 6.96E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.84%和 0.70%。

（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。

其中，对于主蒸汽管道破裂-事故并发碘峰计算结果如下：非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.33E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.36E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.13%和 0.24%；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 1.29E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.27E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.13%和 0.23%。

对于主蒸汽管道破裂-事故前碘峰计算结果如下：非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.95E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.35E-03Sv，分别占国家

标准 GB6249-2025 相应限值的 0.19%和 0.24%；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 3.16E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 3.97E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.03%和 0.04%。

（4） 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 3.27E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 5.31E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 3.27%和 5.31%；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 3.82E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 5.87E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.38%和 0.59%。

（5） 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 1.19E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.98E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 1.19%和 1.98%；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 1.35E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.10E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.13%和 0.21%。

（6） 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 2.87E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.86E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 2.87%和 2.86%；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 8.10E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.04E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.81%和 1.04%。

（7） 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（事故并发碘峰）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 4.85E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 6.74E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 9.70%和 13.48%；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 6.76E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 8.91E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 1.35%和 1.78%。

（8） 安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故

安全壳外含一回路冷却剂管线破裂事故属于稀有事故，非居住区边界上 0-2h 公众（成

人）的个人有效剂量最大值为 3.28E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 3.77E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 6.56%和 7.54%；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 3.46E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 3.98E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.69%和 0.80%。

7.1.3 事故后果评价

GB6249-2025 规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在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任意 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 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。

广东台山核电 3、4 号机组以各反应堆为中心、半径 500m 的包络范围作为非居住区边界，以各反应堆为中心、半径 5000m 的包络范围作为规划限制区边界。

根据计算结果可知，所有设计基准事故剂量后果都满足国家标准 GB6249-2025 的相关要求。

对于极限事故，RCCA 弹出事故（CREA）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 4.42%和 4.74%。RCCA 弹出事故（CREA）对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量最大，占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 0.84%。主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）对规划限制区边界上公众所造成的甲状腺当量剂量最大，占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 1.04%。

对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）以及规划限制区边界上（事故持续期间内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，非居住区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 9.70%和 13.48%；规划限制区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准 GB6249-2025 相应限值的 1.35%和 1.78%。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，台山核电厂 3、4 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 GB6249-2025 的相应要求。

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措施

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

本节根据台山核电3、4号机组二级PSA资料，对各释放类工况进行描述并给出源项结果，包含安全壳完整类、安全壳隔离失效类、安全壳早期失效类、安全壳晚期失效类及安全壳旁通类等工况。下文就各释放类具体假设进行说明。

7.2.1.1 RC101 释放类—安全壳完整类

RC101 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

a) 安全壳隔离成功；

b) IVR 有效，当堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟启动 IVR；

c) 安全壳喷淋有效，堆芯出口温度到达 650℃后 12h，再延迟 30min 开启安全壳喷淋；

d) 安全壳自然泄漏率为安全壳设计压力 0.52MPa(abs)下 0.3%，保守考虑厂房通风系统不可用，从安全壳流出的源项直接释放到环境。

7.2.1.2 RC201 释放类—安全壳隔离失效类

RC201 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

a) 堆芯出口温度达到 650℃后，安全壳隔离失效，安全壳出现直径 1000mm 破口；

b) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟启动；

c) 安全壳喷淋有效，堆芯出口温度到达 650℃后 12h，再延迟 30min 开启安全壳喷淋。

7.2.1.3 RC202 释放类—安全壳隔离失效类

RC202 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

a) 堆芯出口温度达到 650℃后，安全壳隔离失效，安全壳出现直径 1000mm 破口；

b) IVR 失效；

c) 安全壳喷淋失效；

d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在地基熔穿时，假设在 0m 位置设置一个 1m^2 的安全壳破口。

根据本项目二级 PSA 分析结果，该工况可以用 RC201 的源项结果代表。

7.2.1.4 RC203 释放类—安全壳早期失效类

RC203 释放类初始工况假设：功率工况，丧失主给水和辅助给水，触发停堆信号后，控制棒下插失败，卡棒 3 根，充排失效，RBS 失效，换料水池冷却失效，进入严重事故，所有缓解措施都失效，早期发生安全壳超压失效。由于该工况假设一回路超压时，故无法开展源项计算。

7.2.1.5 RC301 释放类—安全壳早期失效类（氢气现象）

RC301 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

a) 假设堆内氢气产量达到最大值时，发生氢气爆炸，导致安全壳破口，面积为 1m^2；

b) IVR 有效，堆芯出口达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR；

c) 安全壳喷淋失效；

d) 为使得产氢量达到最大值，假设进入严重事故后恢复低压安注向堆芯注水，通过敏感性分析，找到最大产氢量对应的恢复注入时间点。

7.2.1.6 RC303 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）

RC303 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，堆芯熔化后迁移至下封头，与其中的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸。主要假设如下：

a) 熔融物重置下封头时发生蒸汽爆炸，导致压力容器和安全壳同时失效，失效面积均为 1m^2；

b) IVR 失效；

c) 安全壳喷淋失效。

7.2.1.7 RC305 释放类-安全壳早期失效类（堆内蒸汽爆炸）

RC305 释放类初始工况假设：功率工况下发生完全丧失主给水事故，同时辅助给水、MCD、LCD 均失效，反应堆紧急停堆成功，由于二次侧丧失冷却能力，导致一回路压力

上升，直至稳压器安全阀开启压力，稳压器安全阀的开启导致一回路冷却剂不断丧失，进而堆芯开始裸露，堆芯温度不断上升，当堆芯出口温度达到 650℃后，严重事故卸压阀开启失败，堆芯损伤继续，当堆芯熔化迁移至下封头时，与下封头内的水发生剧烈反应，出现蒸汽爆炸。主要假设如下：

a) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR；

b) 蒸汽爆炸导致压力容器和安全壳出现破口，面积均为 $1m^2$；

c) 安全壳喷淋失效。

根据本项目二级 PSA 资料，该工况可以被 RC303 包络，可以将 RC303 的最终源项释放结果作为该工况的结果。

7.2.1.8 RC401 释放类-安全壳早期失效类（堆外蒸汽爆炸）

RC401 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

a) 非能动 IVR 有效，能动 IVR 失效，堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟投运非能动 IVR，非能动 IVR 注水结束后能动 IVR 启动失败；

b) 由于能动 IVR 不可用，随着堆坑水位降低，压力容器内熔融物逐渐失去冷却，最终导致压力容器失效，在熔融物落入堆坑瞬间，与堆坑内剩余的水发生反应，出现蒸汽爆炸，导致安全壳失效，产生 $1m^2$ 破口。

7.2.1.9 RC403 释放类-安全壳早期失效类（安全壳内 DCH 现象）

RC403 释放类初始工况假设：功率工况下发生完全丧失主给水事故，同时辅助给水、MCD、LCD 均失效，反应堆紧急停堆成功，由于二次侧丧失冷却能力，导致一回路压力上升，直至稳压器安全阀开启压力，稳压器安全阀的开启导致一回路冷却剂不断丧失，进而堆芯开始裸露，堆芯温度不断上升，当堆芯出口温度达到 650℃后，严重事故卸压阀开启失败，堆芯继续损伤，堆芯熔化后迁移至下封头。主要假设如下：

a) IVR 失效；

b) 堆芯损伤后，由于 IVR 失效，压力容器失去冷却，最终导致压力容器失效，在压力容器失效瞬间发生 DCH 现象导致安全壳失效（安全壳失效面积为 $1m^2$）；

c) 安全壳喷淋失效。

7.2.1.10 RC501 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 有效）

RC501 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。主要假设如下：

a) 安全壳喷淋失效；

b) IVR 有效；

c) EUF 有效，安全壳压力达到设计压力 0.52MPa(abs)后延迟 30min 开启 EUF。

7.2.1.11 RC502 释放类-安全壳晚期失效类（EUF 无效）

RC502 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤。

主要假设如下：

a) 安全壳喷淋失效；

b) IVR 有效；

c) EUF 无效，安全壳压力达到设计压力 0.52MPa(abs)后，安全壳失效，安全壳出现 1m^2 破口。

7.2.1.12 RC503 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC503 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

a) 安全壳喷淋有效；

b) EUF 失效；

c) IVR 失效；

d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m^2 的安全壳破口。并考虑基岩及土壤对气态的裂变产物和悬浮的裂变产物（惰性气体除外）具有 90%的过滤效应。这种模拟方式无法真实反映地基熔穿后源项向地下水的释放过程，在裂变产物释放的量上会存在较大的差异。

7.2.1.13 RC504 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC504 释放类初始工况假设：功率工况下冷管段双端剪切大破口事故，一回路压力和

水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，堆芯再淹没，但中、低压安注失效，一回路水装量无法得到有效地补偿，堆芯再次裸露进而发生损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

a) 安全壳喷淋失效；

b) EUF 失效；

c) IVR 失效；

d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m^2 的安全壳破口，并考虑基岩及土壤对气态的裂变产物和悬浮的裂变产物（惰性气体除外）具有 90%的过滤效应。这种模拟方式无法真实反映地基熔穿后源项向地下水的释放过程，在裂变产物释放的量上会存在较大的差异。

7.2.1.14 RC601 释放类-安全壳旁通类

RC601 释放类初始工况假设：功率工况下，发生安全壳外主蒸汽管道双端破口，在一二回路压差最大时诱发 2 根蒸汽发生器传热管破裂。紧急停堆成功，二次侧冷却失效，破损环路主蒸汽隔离阀隔离失败，一回路冷却剂通过破损环路主蒸汽管线不断丧失，由于中压安注失效，无法维持一回路冷却剂装量，导致堆芯裸露进而堆芯损伤，当堆芯出口温度达到 650℃且一回路压力大于 2MPa 时，延迟 10 分钟开启严重事故卸压阀，一回路压力随之快速下降，安注箱投运成功，但由于低压安注失效，待安注箱冷却水耗光后，堆芯最终失去冷却而进一步损伤。主要假设如下：

a) IVR 有效，当堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR；

b) ASG 失效；

c) LCD 失效；

d) MCD 失效。

7.2.1.15 RC701 释放类-安全壳旁通类（ISLOCA）

RC701 释放类初始工况假设：功率工况，RCV 系统上充管线位置发生直径为 100mm 的 ISLOCA 事故，导致一回路冷却剂直接向环境排放，一回路冷却剂装量不断丧失，由于中压安注失效，冷却剂无法得到补偿，出现堆芯裸露，随着一回路压力的不断下降，安注箱投运成功，堆芯淹没，但由于低压安注的丧失，随着安注箱的排空，堆芯最终丧失全部冷却剂，堆芯熔化后迁移至下封头内。主要假设如下：

a) IVR 有效，堆芯出口温度达到 650℃后，延迟 10 分钟投运 IVR 成功；

b) 严重事故卸压阀有效，堆芯出口温度达到 650℃且一回路压力大于 2MPa 时，延迟 10 分钟开启 SADV 成功。

7.2.1.16 RC801 释放类-安全壳晚期失效类（地基熔穿）

RC801 释放类初始工况假设：功率工况下发生压力容器破口，破口位于直筒段底部，破口面积 1m^2，一回路压力和水装量快速下降，堆芯很快裸露，安注箱投入成功，由于破口面积较大，且位置很低，注入堆芯的水很快从破口流出，安注箱快速排空。此外，中、低压安注失效，没有持续的安注水进入堆芯，堆芯最终失去冷却而损伤，随着堆芯的熔化和迁移到下封头，最终导致压力容器失效。主要假设如下：

a) 安全壳喷淋失效；

b) EUF 失效；

c) IVR 失效；

d) 熔融物与堆坑混凝土发生 MCCI 反应，在堆坑位置设置一个 1m^2 安全壳破口。

根据本项目二级 PSA 分析结果，该工况源项可以用 RC502 代表。

7.2.2 事故后果

根据本项目二级 PSA 资料，严重事故 RC101 释放类（安全壳完整）发生频率最高。

本报告对于严重事故后果评价模式采用 NUREG/CR-4691 推荐的事故后果评价模式，模拟放射性物质释放入大气造成的场外后果，主要考虑烟云浸没外照射、地面沉积外照射、空气吸入内照射及污染食物和水的摄入内照射。该模式分为三个模块：ATMOS，EARLY 和 CHRONC。ATMOS 模块模拟放射性物质的大气扩散、输送、沉降过程；EARLY 模块模拟应急阶段的直接照射途径、剂量、缓解措施和健康效应；CHRONC 模块模拟中期和长期阶段的直接和间接照射途径、剂量、缓解措施和健康效应。计算时采用了厂址气象观测系统逐时数据，公众呼吸率采用 NUREG/CR-4691 的缺省值 2.66×10^{-4}（m^3/s），干沉积速度采用联邦德国辐射防护委员会第 17 卷出版物（SSK17），粒子碘和气溶胶取 0.0015m/s，惰性气体不考虑沉降。湿沉积模型描述降水引起物质在地面的沉积量，与降水强度和降水持续时间相关。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），事故后两天、一周、一月和一年内有效剂量的限定阈值分别为 10mSv、50mSv、30mSv 和 1Sv。根据各释放类发生频率及超越指定有效剂量的概率进行加权平均计算，根据计算结果，随距离增大，

超越概率逐渐减小。

7.2.3 严重事故预防和缓解措施

7.2.3.1 严重事故专用卸压阀

严重事故后的一回路卸压功能主要通过严重事故专用卸压阀实现。

严重事故专用卸压阀组位于稳压器顶部，每列管线包括两个串联的阀门。先导式安全阀组和严重事故卸压系统共用的一条卸压管线，排往卸压箱。除正常电源供电外，应急柴油机、SBO 柴油机和严重事故专用电源都可以向严重事故专用卸压阀供电。因此，即使在全厂断电且所有柴油机失效的情况下，严重事故专用卸压阀门也能够开启且保持在开启状态，实现一回路的卸压功能。

严重事故专用卸压阀的启动条件为：当堆芯出口温度达到 650℃且一回路压力高于 2MPa（严重事故管理导则中设定）。其设计时即考虑可以保证在气体温度较高时仍能启动阀门卸压，在全厂断电和应急柴油机不可用的情况下，也能够保证卸压功能的实现，并且一旦启动严重事故专用卸压阀，即使事故升级，卸压路径也能确保畅通。

7.2.3.2 熔融物堆内滞留系统

堆芯熔融物滞留系统在核电厂发生严重事故以后，堆芯熔融物坍塌到反应堆压力容器下封头内，通过非能动（从 IVR 水池取水）+能动（从 IRWST 取水）的方式，向堆坑内注水进行反应堆压力容器外部冷却，并通过安全壳热量导出系统将热量导出安全壳，以保持压力容器完整性。并将堆芯熔融碎片滞留于压力容器中，防止大多数可能威胁安全壳完整性的堆外现象（安全壳直接加热、蒸汽爆炸、熔融物-混凝土反应等）。

为了保证压力容器外部冷却的效率，专门设计了适用于堆坑注水系统的 RPV 保温层。该保温层设置了相应的入水口和出汽口。严重事故工况下堆坑注水后，在一定压差下保温层的入水口和出汽口将会打开，为堆坑注水提供较好的流道，确保压力容器得到良好的冷却，保证其完整性。保温层的流道优化设计将在相应试验分析的基础上开展。此外，反应堆堆坑结构的设计也做了相应考虑，以保证 RPV 保温层的设计不受堆坑结构的影响。

堆坑注水系统投入后，绝大部分堆芯余热由 RPV 壁面导出，再由堆坑水或蒸汽带回 IRWST，最后经换热器排至最终热阱，从而使得堆内熔融物可以滞留在 RPV 内，并达到长期稳定状态。

堆坑注水功能含非能动和能动两种方式。非能动方式通过 IVR 水池取水，能动方式从

IRWST 取水。

设置堆坑注水专用管线，严重事故工况下，当堆芯出口温度超过 650℃时且一回路充分卸压，打开 IVR 水池与堆坑之间连接管道的阀门，通过非能动方式向堆坑内注水，建立早期水位；随后由操纵员手动启动能动堆坑注水系统，包括：解除堆坑注水行政隔离，启动注水泵，开启堆坑注水管线上的电动隔离阀，向反应堆堆坑能动注水。

早期阶段，要求以较大流量注入堆坑，在相当短的时间内将堆坑充满水（约 30 分钟），由堆坑液位监测仪表探测堆坑水位，当堆坑满水时可以转入小流量注入模式，以补偿堆坑内水的蒸发损失。在运行过程中，若堆坑水位低于整定值，将重新切换至大流量模式。

7.2.3.3 安全壳热量导出系统

严重事故下，从主回路释放的大量水蒸汽将会在安全壳内积蓄大量的热量，同时，由于衰变热的持续产生，需要对安全壳进行有效的持续热量导出。

设置安全壳热量导出系统，作为严重事故预防和缓解措施的一部分，在专设安全设施失效、堆芯熔化的情况下，安全壳热量导出系统是限制安全壳超压，保证安全壳和安全壳内换料水箱（IRWST）散热的最终缓解手段。

安全壳热量导出系统（EHR）除非能动堆坑注水子系统外，包括两个相同的系列，每个系列包括：

a) 一条通过 EHR 专用从 IRWST 取水的管线，地坑滤网属于 RIS 系统；

b) 设置在安全厂房 A（B）的一台安全壳热量导出泵和一台热交换器。热交换器用于导出安全壳内的热量，由设备冷却水系统（RRI）或额外冷却系统（ECS）提供冷却；

c) 热交换器下游的三条排放管线（喷淋、堆坑注水和反冲洗），每一条管线上在安全壳厂房外均设有安全壳电动隔离阀；

d) 喷淋支路上的穹顶喷淋子系统，由喷淋环管和若干喷嘴组成，喷淋时可以降低安全壳内的温度和压力。

EHR 系统在下列工况下，将衰变热从安全壳导出至最终热阱：

— 严重事故（DEC-B）；

— 功率工况小破口叠加低压安注失效（RP）；

— 停堆工况小破口叠加低压安注失效（NS/RIS-RHR、MCS）；

— 停堆工况下，丧失余排或 LOOP 后恢复余排失效（MCS）；

— 功率工况完全丧失冷链叠加轴封破口失效（RP）；

— 停堆工况完全丧失冷链（MCS）；

— SBO 工况（MCS）。

在发生完全丧失交流电的事故且二次侧带热不可用的工况下，EHR 系统可以通过与安全注入系统（RIS）的接口向堆芯临时注水，应急冷却堆芯。

EHR 系统保证安全壳的完整性及包容放射性物质：

— 当发生严重事故（DEC-B）时，EHR 系统可以将安全壳内的热量通过 IRWST 传递给最终热阱，从而限制安全壳内温度和压力，保证安全壳的完整性；

— 在严重事故（DEC-B）期间，为了维持安全壳完整性，EHR 系统向堆坑注水对压力容器进行外部冷却，将熔融物碎片和放射性物质滞留于压力容器中；

— 在设计基准事故（DBC）的长期阶段（事故 24h 后），EHR 系统的安全壳喷淋具有放射性碘去除功能，能够有效降低安全壳内的放射性；

— 在发生不需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统参与安全壳的隔离；

— 在发生需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统位于安全壳外的部分构成第三道屏障的一部分，保持安全壳的完整性并包容放射性物质。

7.2.3.4 安全壳可燃气体控制系统

严重事故工况下，由于堆芯得不到足够的冷却，堆芯温度比较高，造成燃料元件包壳破损，锆合金与水反应，会产生大量的氢气。当空气中所含氢气的体积浓度大于 10%以后，就有可能发生较严重的火焰加速现象甚至发生燃爆转换引发氢气爆炸，造成安全壳失效的风险。

为应对事故工况下的氢气燃烧风险，设置安全壳可燃气体控制系统，控制安全壳内的可燃气体的浓度，以确保维持安全壳的完整性。

安全壳可燃气体控制系统包括非能动氢气复合器子系统和氢气监测子系统，系统功能如下：

a) 非能动氢复合器子系统：氢气还原作用。限制严重事故下安全壳内整体平均氢气浓度低于 10%，以此来限制其燃烧引起的安全壳失效风险；限制和降低局部氢气积聚及其燃烧引起的安全壳风险；确保严重事故下的安全壳完整性。

b) 氢气监测子系统：用于严重事故下安全壳大气的氢气浓度测量。

在安全壳相关的位置安装 29 台非能动氢气复合器。其特点为：非能动，不需任何支持系统；其复合反应可在低温下自启动，复合效率高；可在高温高压下正常工作；催化剂

板防水、耐热，可长时间有效。

7.2.3.5 安全壳过滤排放系统

安全壳过滤排放系统通过主动卸压使安全壳内的压力不超过其承载限值，从而确保安全壳的完整性。同时，通过安装在卸压管线上的过滤装置对排放气体的放射性物质进行过滤，尽最大可能的减少放射性产物向环境释放。

安全壳过滤排放系统主要的安全功能是放射性物质的包容，其采用文丘里水洗器和金属过滤器两级过滤的方案。发生严重事故后安全壳大气通过两级过滤设备进行净化，首先通过文丘里水洗器进行第一级过滤，过滤掉大部分的气溶胶和碘；然后通过文丘里水洗器下游的金属过滤器进行第二级过滤，从而达到系统过滤要求。

当安全壳热量导出系统不可用时，安全壳过滤排放系统可以防止严重事故后长期阶段由于压力逐渐升高引起的安全壳破坏，降低安全壳晚期超压失效的风险；此外，通过降低安全壳内的压力也可以减少安全壳在高压状态下的泄漏。

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

7.3.2 乏燃料运输事故

7.3.3 固体废物运输事故

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

新燃料运输货包的设计和制造应满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）及交通运输管理部门的相关管理要求。

国内其它核电厂燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时充分考虑了可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。加上新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。

总体而言，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康，可达到安全可靠。

7.3.2 乏燃料运输事故

乏燃料的厂内运输由乏燃料容器吊车、辅助吊车、乏燃料水池吊车、乏燃料外运走台、乏燃料组件抓具、水下照明装置、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查在准备井和装载井内进行。准备井和装载井为两个毗邻的水池，均位于燃料厂房内乏燃料存储水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料存储水池连成整体结构。其中装载井与乏燃料存储水池相通，并由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料存储水池中，待乏燃料组件的剩余热功率及放射性物质衰变满足乏燃料外运条件时，可将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程中，燃料组件顶部须一直保持至少 2.8m 的屏蔽水层。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输必须遵循《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF 501-1987）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）、《放射性物质安全运输 货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）等准则。应证实容器在承受正常运输条件下和运输中事故条件下的种种试验后，仍能保持符合密封性能与屏蔽性能的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.3.3 固体废物运输事故

放射性固体废物在废物暂存库（BQT）暂存后，将按照国家要求运往放射性废物处置场。放射性固体废物的厂外运输和处置应保证运输人员和公众接受的辐照控制在可合理做到的尽可能低的水平，厂外运输可通过铁路、公路、船舶等方式，符合《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）及交通运输管理部门的相关管理要求，以防范运输过程中的环境风险。

7.4 其它事故

7.4.1 建设期间其它事故分析

7.4.2 运行期间其它事故分析

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用于土石方作业，包括乳化炸药、雷管、导爆索等。爆破用炸药等通过车辆运输，一次最大运输量约 9.8t，临时存于爆破现场仓库，当日使用，多余部分退回。三澳核电厂对炸药入库、出库、运输等过程设专人管理，每次使用前均需向公安部门申报，严格控制炸药使用量。施工过程中，在场地各主要出入口设置警示牌，告知爆破时间，每次爆破前须提前疏散周围施工人员，确保爆炸区无人员车辆后方可实施爆炸作业，将炸药对人员及环境可能产生的风险降至最低。

核电厂在建设阶段可能需要采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理，以避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化。这些化学物质和缓蚀剂主要包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸、硝酸、氢氟酸等，这些化学品如保存管理不当，可能造成泄漏风险，对地表土壤及植被生态造成破坏。由于核电厂设备和管道等均在厂内定点存放或置于专门的酸洗钝化车间，存放位置或车间均考虑防水防雨等不利影响，且施工期间化学物质使用量不大。该部分危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行安全妥善贮存，并由有资质的危险废物处置单位处置。在施工阶段，由于化学品泄漏造成的环境风险较小。

核电厂施工周期较长，施工人数众多，人员来自五湖四海，施工期间大量人员涌入电厂区域及附近施工和居住，如环境卫生管理不到位，特别在夏季，容易使爆发流行性传染病的机会大大增加，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 运行期间其它事故环境风险分析

本节主要依据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）相关要求进行环境风险分析与评价。

7.4.2.1 环境风险识别

台山核电厂 3、4 号机组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。运行期间使用的化学物质主要用于：

- 反应堆冷却剂；
- 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

本节参考《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）相关要求对本项目运行过程中的危险化学品环境风险进行评价。根据 HJ 169-2018 附录 B.1 给出的突发环境事件风险物质及临界量，筛选出环境风险及存量较大的危险化学品，根据 HJ 169-2018 附录 C 危险物质数量与临界量比重计算，台山核电厂 3、4 号机组环境风险较大的危险化学品的最大可能存在量与临界量比值之和 Q 为 30，在运行的台山核电厂一期工程环境风险较大的危险化学品的最大可能存在量与临界量比值之和 Q 为 29.98，台山核电厂址（包括 3、4 号机组及一期工程），总 Q 值为 59.98。

根据 HJ 169-2018，本工程行业及生产工艺为 M4，结合 Q 值在 10≤Q＜100 范围内，可得危险物质及工艺系统危险性（P）的分级为 P4。依据 HJ 169-2018 附录 D 的环境敏感程度（E）分级，厂址周边 5km 范围居住人口小于 1 万人，故大气环境敏感程度分级为 E3。本项目周边没有敏感及较敏感的地表水体，事故情况下通过收集处理，不会向地表水体排放泄漏的危险化学品，对地表水的环境风险很小，地表水环境敏感程度分级为 E3。

本项目周边没有集中式饮用水源地及分散式饮用水源地等地下水敏感或较敏感区域，地下水功能敏感性分区为不敏感，根据本项目厂区地下水勘察结果，厂址区域主要由花岗岩组成，渗透系数一般在 1×10^{-6}cm/s~2×10^{-5}cm/s，包气带平均厚度一般大于 1m，且分布连续、稳定，满足 HJ 169-2018 附录 D 中包气带防污性能等级 D2，根据 HJ 169-2018 地下水环境敏感程度分级判别指标，本项目地下水环境敏感程度分级为 E3。

综上，根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）表 2 可将本项目环境风险潜势划分为Ⅰ级，对应的环境风险评价等级为简单分析，可从危险化学品环境风险影响途径及危害后果、风险防范措施等方面简单分析本项目的环境风险。

本项目危险性相对较大的危险化学品均按照危化品行业规范配备泄漏应急处理设备，地面为混凝土防渗地面，并根据相关规范设置围堰，危险化学品泄漏后不会污染周边地表水或地下水，有毒气体（主要是挥发性较强的氨水泄漏）储存场所不临近厂界，即使发生泄漏，其挥发的气体也不会大量飘散至厂界外造成严重的大气环境污染。本项目储存的稀盐酸（31%）相对较多，但其物化性质与 HJ 169-2018 中的浓盐酸（37%）差异较大，其挥发性及毒性相对于浓盐酸（37%）低很多，本报告从保守角度考虑将稀盐酸（31%）按照 HJ 169-2018 中浓盐酸（37%）临界量进行折算。本项目稀盐酸主要分布在凝结水精处理间及化学品库，有独立的储存设备或仓库，其环境风险实际上很小。同时，针对各类危险化学品，台山核电厂还制定了一系列管控措施，详见下节描述。

7.4.2.3 危险化学品管控措施

台山核电厂 3、4 号机组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行业相关标准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国家相关标准进行分类、分项存放；仓库管理单位必须建立安全操作、发放和回收制度，确保包装完好、标签清楚，配备相应的安全技术说明书供用户查阅；危险化学品仓库的管理人员、搬运人员必须经过专项安全培训和授权才能上岗工作；
- 厂房管理方需对所辖范围内储存的危险化学品进行定期检查，督促存放人落实相关管理措施，保证存放的危险化学品不威胁厂房的安全。

3) 危险化学品使用管理

- 使用危险化学品或在相关系统上操作、取样、检修的工作人员，必须经过培训授权，了解相关化学品的特性及应急防护措施；
- 领取危险化学品时，以满足当天工作需要为准，限量领取；
- 对于易燃品的使用必须采取防火措施，远离热源和火源，防止发生火灾；
- 使用时，应根据危险化学品的种类、特性及工作情况采取相应隔离、清扫、通风、检测、防火、防爆、防毒等安全措施，并使用相应的安全防护用具。

4) 火灾防范

台山核电厂 3、4 号机组设计上将从建筑结构防火、电厂结构布局、电缆设计、走线、隔离、可燃物控制等方面考虑火灾防范。火灾的预防可以分为电厂设计上采取的措施和电厂运行管理上采取的措施。整个电厂的防火设计符合《核动力厂防火与防爆设计》（HAD 102/11-2019）等相关法规标准的要求，并且严格实施有关火灾危险作业的管理措施和管理规程，以使火灾发生的可能性减至最小。

5) 氢爆防范

- 对与氢气相关的设备，严格遵照有关标准设计、制造、施工以及保证质量；
- 用氮气冲入储槽或有关的上部空间，以防止空气漏入，限制水中的氧浓度来防止空气与氢气形成混合爆炸物；
- 放射性气体废物系统废气保护床、延迟床设有氮气管，用于工作前设备的扫气和

检修前的清扫；

- 安全壳内设置有氢气浓度监测系统，在设计基准事故后，由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联锁装置；
- 在酸碱储存区域装有安全淋浴装置和洗眼器；
- 酸碱储存中的浓酸与空气不直接接触。

综上可知，本项目对于各危险物质的管理均设置了可靠的工程措施以及安全管理措施，在严格落实相关措施后，本项目的环境风险较小。

7.5 事故应急

7.5.1 应急计划区划分

7.5.2 核应急组织

7.5.3 核应急设施与设备

7.5.4 核应急响应行动的可行性分析

7.5 事故应急

核事故应急的目的是在核电厂发生导致放射性物质可能向环境大量释放的事故时，能及时有效地实施各种应急响应行动，控制事故状态的发展并努力维持和恢复电厂的安全状态，最大限度地限制和减少事故的后果与影响，以保护公众、保护环境。

7.5.1 应急计划区划分

为在核电厂发生事故时能够迅速采取有效措施保护公众，依据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-2011）的规定，在电厂周围建立应急计划区，即烟羽应急计划区和食入应急计划区，分别在各计划区内做好必要的应急准备，以达到在事故状态下及时有效地采取应急防护行动从而达到保护公众的目的。

烟羽应急计划区针对放射性烟羽产生的直接外照射、吸入放射性烟羽中放射性核素产生的内照射和沉积在地面的放射性核素产生的外照射；食入应急计划区则针对摄入被事故释放的放射性核素污染的食物和水而产生的内照射。烟羽应急计划区内的防护措施是隐蔽、撤离和服用稳定性碘（例如碘片或碘制剂）；而食入应急计划区内则以食品和饮水控制为主要防护措施。

依据《广东台山核电 3、4 号机组项目厂址区域核应急方案》（报批稿），现阶段初步确定的台山核电厂应急计划区范围如下：

1）烟羽应急计划区：内区以台山核电厂 1~4 号机组各反应堆为圆心，以 5 公里为半径的区域。外区以台山核电厂 1~4 号机组各反应堆为圆心，以 10 公里为半径的区域；

厂址统一的烟羽应急计划区内区主要包括台山市赤溪镇铜鼓行政村的钦头村。厂址统一的烟羽应急计划外区主要包括曹冲行政村、渡头行政村、铜鼓行政村、北门行政村、赤溪 圩行政村，以及田头村、长安村、长沙村等行政村的小部分地区。该区域可以包络已划定的台山核电 1、2 号机组项目的烟羽应急计划区外区。

2）食入应急计划区：以台山核电厂 1~4 号机组各反应堆为圆心，以 50 公里为半径的区域。

推荐的厂址统一的食入应急计划区范围西南方位涉及下川岛大部分区域，因此将整个下川岛划入食入应急计划区；为便于食入应急准备与响应的实施，将珠海市斗门区斗门大桥以南、磨刀门水道以西部分划入食入应急计划区。该区域可以包络已划定的台山核电 1、2 号机组项目的食入应急计划区。

7.5.2 核应急组织

台山核电 1、2 号机组营运单位为台山核电合营有限公司（台山核电厂）；台山核电 3、4 号机组营运单位为中广核台山第二核电有限公司。台山核电 3、4 号机组和 1、2 号机组位于同一厂址区域，厂址统一应急范围包括台山核电一期 1、2 号机组和二期 3、4 号机组。本期工程建设实行国家统一领导下的业主法人负责制，业主单位为中广核台山第二核电公司。中广核台山第二核电有限公司通过签订委托协议，委托台山核电合营有限公司代管二期工程建设、运营及退役管理的所有工作，按照“两块牌子，一套人马”的模式一体化运作。

台山核电 1、2 号机组项目已发布《台山核电厂场内核事故应急预案》，已成立专门的场内应急组织，由应急指挥部（SEH）及其领导下的运行控制组（GOP）、技术支持组（TSC）、维修服务组（MSC）、安全防护组（GRP）、后勤支持组（LSC）组成。台山核电 3、4 号机组的施工人员将暂时纳入 1、2 号机组已有的应急响应中进行统一管理。待台山核电 3、4 号机组装料前，可结合机组特征，进一步完善应急响应组织机构的岗位设置，并完善地方的应急预案和应急组织衔接，以实现厂址统一应急。

台山核电厂 3、4 号机组的建设不影响台山核电厂应急组织架构，但是考虑到机组技术路线的差异以及多堆应急对人员的需求，初步考虑在应急指挥部、运行支持组、维修服务组、技术支持组、安全防护组结合 3、4 号机组特点和应急响应需求适当增加岗位，具体岗位将在 3、4 号机组装料前的场内应急计划中详细给出。

核事故应急响应期间，台山核电厂应急指挥部有责任和义务及时向国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、广东省核应急委员会（广东省核事故应急办公室）、国家核安全局、国家能源局、中国广核集团有限公司等部门和单位的应急机构（组织）通告和报告，以保证密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求和获得场外支援。

7.5.3 核应急设施与设备

依据《广东台山核电 3、4 号机组项目厂址区域核应急方案》（报批稿），厂址已建成的应急设施有应急指挥中心（包括技术支持中心）、应急监测与评价设施、辐射防护与医学应急设施、应急通信系统、应急撤离道路等。

台山核电 3、4 号机组项目将根据机组项目特点和厂区环境特征配置应急设施，考虑新建或扩建的应急设施有：主控制室、辅助控制室、环境实验室、职业医疗室、应急设施

存贮与燃油补给中心等，并根据厂区布置适当增加应急集合点和环境监测站等。考虑应急指挥中心等已建的全厂性应急设施的接口与适应性改进，以满足核事故条件下全部应急功能的要求。

主要设施功能如下：

1）主控制室：主控制室是对核电厂运行和事故状态实施运行控制的场所，也是应急响应期间核电厂营运单位应急组织中的运行控制组的工作场所。

2）辅助控制室：辅助控制室内设有足够的仪表及控制设备，以便在主控制室丧失执行重要安全功能时，能使反应堆进入并保持在停堆状态，排出余热并监测电厂主要参数。辅助控制室位于安全厂房内，与主控制室实行电气分隔和实体隔离，与主控制室分属不同的防火分区。从主控制室到辅助控制室有安全、可靠、快捷的连接通道，以便紧急情况下工作人员的转移。

3）应急指挥中心：应急指挥中心在台山 1、2 号机组已建成，为全场共用。集应急指挥、技术支持、后果评价和后勤保障等功能于一体。

本项目不新建应急指挥中心，台山核电 3、4 号机组项目后续阶段进一步评估应急指挥中心的可居留性和可用性，可达性。后期根据需要关注厂址统一应急时不同机组之间配合及接口的问题。

4）环境实验室：环境实验室承担核电厂厂区及周边环境的辐射环境监测及常规环境监测职能，属于辅助应急设施的一部分。其在核电厂正常运行期间进行低活度的环境介质样品的采样、制样及测量分析工作；在事故情况下，且环境实验室未受到污染时，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，按设定路线对环境辐射水平进行测量，并将有关信息发送至应急指挥中心、环境实验室及相关部门。

已建的 1、2 号机组环境实验室位于厂区东北部，进厂道路旁，共设两层，是电站环境辐射监测系统的一部分，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。台山核电 3、4 号机组项目将考虑扩建环境实验室。

5）环境监测站：环境监测站主要功能为自动连续监测核电厂厂区内的环境大气 γ 辐射水平和风向、风速，同时，部分站点还包括气溶胶、碘、气态氚、气态碳-14 等环境样品的取样。其获取的数据通过有线和无线两种互为冗余的方式传输到环境监测网服务器，用于评价公众可能受到的辐射剂量，为应急指挥决策提供必要的技术支持。

台山核电厂 1、2 号机组已建成 10 个固定监测站，位于场区 1~5 公里范围设有 6 个监

测站；场外 5~10 公里范围设有 4 个远程监测站。对电站周围 10 公里范围大气环境中的γ辐射进行连续监测，厂区 AS1~AS3 站配备气溶胶和碘取样装置。

6）应急集合点：台山核电 1、2 号机组项目已设置应急集合点。3、4 号机组后续会根据本期工程布置考虑新增应急集合点。

7）职业医疗应急设施：包括职业医疗室、控制区出入口的去污设施等，形成必要的隔离和快速清除人体放射性污染的能力。台山核电 3、4 号机组项目初步评估考虑扩建或新建职业医疗室。

8）应急设施存贮与燃油补给中心：为满足根据福岛事故教训所新增一些应急设备、设施及储备物质的存储以及燃油的补给任务。台山核电 3、4 号机组项目将新建应急设施存贮与燃油补给中心。

9）应急道路：在厂区 SW 向的台山核电厂应急道路已经修通，该道路连接厂址与铜鼓，向北可以与西部沿海高速和新台高速公路相连，通往省内外，该道路为高等级的二级公路，路宽 12m，两向双车道。在厂区 NE 向，核电厂已建设进厂道路，与西部沿海高速公路相连，该道路同为高等级的二级公路，道路的设计时速均为 60km/h。

10）应急通信系统：台山核电厂所在的台山地区通信网络发达，有线电话网络和无线电话网络均已覆盖厂址所在的周围地区，不会存在应急通信的困难。核电厂应急通信系统按照积极兼容和冗余的原则进行设计，包括安全电话系统、生产/行政电话系统、有线广播系统、声警报系统、卫星电话等。

7.5.4 核应急响应行动的可行性分析

依据《广东台山核电 3、4 号机组项目厂址区域核应急方案》（报批稿）相关分析，厂址半径 10km 范围内道路条件较好，有进厂道路、应急道路及多条县道、省道或国道，撤离人员可通过这些道路向外撤离。与前期工程相比，潜在撤离人口变化不大，对车辆、道路、安置点等资源的需求变化不大，预计本项目不 会影响厂址区域核应急撤离的可行性。

针对灾害性天气下的应急，对厂内工作人员，本厂址场内核事故应急预案已有相应的考虑及应对措施。对厂外的公众，若应急撤离遭遇外部灾害如暴雨、龙卷风，导致无法立即实施安全撤离，应先组织开展隐蔽及服用稳定碘等防护措施，待条件合适（根据事故后气象条件变化、道路恢复情况、环境放射性监测实测数据等综合判断）再实施撤离。此外，

撤离过程中若前方发生道路不可用，组织人员应及时设置标识牌，引导公众绕道撤离，并及时抢修以恢复道路通行。此外，根据厂址所在地居民的居住条件、通信条件、农业发展情况等，实施隐蔽、服用稳定碘以及食物控制等应急措施，预计不存在厂址特殊性困难。

综合来看，台山核电 3、4 号机组项目厂址区域未发现直接妨碍建立应急计划区、影响核应急预案执行的颠覆性因素。台山核电 1、2 号机组项目已建成完善的应急体系。此外，台山核电厂将与地方政府保持密切联系，积极协助相关部门开展场外应急的前期准备工作以及场外核事故应急预案的修订工作。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

广东台山核电 3、4 号机组将建立流出物监测系统，用于监测和控制核电厂流出物的排放。核电厂运行期间放射性流出物有气态和液态两种，即气载放射性流出物和液态放射性流出物。核电厂流出物监测系统分为连续在线监测和取样分析监测，连续在线监测系统同时设置有报警装置和报警阈值，根据放射性流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中控制值的要求，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

8.1.1.1 监测目的

放射性流出物监测的目的是：

— 证明释放到环境中的气态和液态放射性物质的量遵守国家批准的排放量和核电厂本身规定的管理目标值；

— 为判明核电厂的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；

— 为应用适当的环境模式评价环境质量、估算公众所受的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：

— 满足国家相关法律法规及标准要求；

— 根据核电厂流出物排放途径等特点，合理地确定监测点的位置、取样测量频度和需要监测的放射性核素。在选择监测点的位置和取样时，确保监测结果能代表实际的排放；

— 考虑到计划外释放的可能性，用于常规监测的仪表具有足够宽的量程；

— 用于关键释放点的监测仪表，必须考虑冗余度；

— 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物流量、温湿度、压力及气象参数等。

8.1.1.3 放射性流出物辐射监测阈值

为了确保放射性流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中的控制值，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，结合每个季度的排放总量应不超过所批准的年排放总量的二分之一、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。

当前，广东台山核电 3、4 号机组处于申请建造阶段，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 气态流出物监测系统

广东台山核电 3、4 号的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。以下对气载放射性流出物监测系统的描述是 3 号机组的设计，4 号机组的设计和 3 号机组相同。

（1）烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测

烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测通道为3/4KRT8101MAI和3/4KRT8201MAI，其主要任务是正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱气态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。测量对象为烟囱气态排出流的惰性气体释放的β射线。测量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β灵敏探测器测量惰性气体释放出的β射线，得出烟囱气态排出流中惰性气体放射性浓度（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（Bq/h）。探测器能量范围：80keV~3MeV；β射线参考能量：350keV（^{133}Xe）；测量范围：3.7×10^3~$3.7\times10^9Bq/m^3$。

（2）烟囱排气气溶胶放射性浓度监测

烟囱排气气溶胶放射性浓度监测通道为3/4KRT8111MAI和3/4KRT8211MAI，其主要任务是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。测量对象为烟囱排气中的气溶胶释放的β射线。测量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β灵敏探测器测量沉积在滤纸上的气溶胶释放的β射线，得出烟囱气态排出流中气溶胶放射性浓度（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（Bq/h）。探测器能量范围：150keV~3MeV；参考核素：^{137}Cs；测量范围：1~$3.7\times10^6Bq/m^3$。

（3）烟囱排气碘放射性浓度监测

烟囱排气碘放射性浓度监测通道为3/4KRT8121MAI和3/4KRT8221MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱气态排出流中碘的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。测量对象为烟囱排气中的放射性碘释放的γ射线。测量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。设置在碘盒上方的γ灵敏探测器测量在碘盒中放射性碘释放的γ射线，得出烟囱排放管道内的碘放射性浓度（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（Bq/h）。探测器能量范围：100keV~3MeV；参考核素：^{131}I；测量范围：3.7~$3.7\times10^6Bq/m^3$。

（4）烟囱排气气溶胶取样

烟囱排气气溶胶取样装置编码及名称为3/4KRT8141MAL、3/4KRT8241MAL。气溶胶取样装置的主要任务是从烟囱内抽取气体，将取样气体中的气溶胶过滤在取样装置内。

取样方法是连续从烟囱内抽取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。根据电厂运行的需要将滤纸上沉积的气溶胶送往实验室测量分析。取样点布置在烟囱内。

（5）烟囱排气碘取样

烟囱排气碘取样装置编码及名称为3/4KRT8151MAL、3/4KRT8251MAL。碘取样装置的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含活性炭的碘盒内，根据电厂运行的需要将碘盒送往实验室测量分析。取样点布置在烟囱内。

（6）烟囱排气 ^{3}H 和 ^{14}C 取样

烟囱排气 ^{3}H 取样装置为3/4KRT8171MAL和3/4KRT8271MAL，烟囱排气 ^{14}C 取样装置为3/4KRT8181MAL和3/4KRT8281MAL，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}H 和 ^{14}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}H 和 ^{14}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}H 和 ^{14}C 取样装置。空气中的 ^{3}H 和 ^{14}C 分别被滞留在 ^{3}H 取样瓶与 ^{14}C 取样瓶内，定期送流出物分析实验室进行分析，取样点布置在烟囱内。

（7）事故及事故后烟囱排气惰性气体监测

事故及事故后烟囱排气惰性气体监测装置为3/4KRT9501MAI和3/4KRT9502MAI。测量任务为监测事故及事故后经烟囱排放惰性气体的放射性浓度。测量对象是事故及事故后烟囱排气中放射性惰性气体，主要核素为Kr和Xe的放射性同位素。测量方法为从烟囱中抽取气体依次经过气溶胶过滤、碘吸附后，将过滤后的气体送往惰性气体测量装置气体取样室内，使用探测器测量惰性气体的活度，同时测量取样气体流量，计算得出烟囱气态排出流中惰性气体的放射性浓度。探测器能量范围：80keV~3MeV；参考核素：^{133}Xe；测量范围：3.7×10^{6}~$3.7\times10^{15}Bq/m^{3}$。

（8）事故及事故后烟囱排气气溶胶取样

事故及事故后烟囱排气气溶胶取样装置为3/4KRT9541MAL和3/4KRT9542MAL。测量任务为连续从烟囱排气中抽取空气，将取样空气中的气溶胶过滤在取样装置的滤纸上。测量对象是事故及事故后烟囱排气中放射性气溶胶。测量方法为设置专门的取样器和配套装置对放射性气溶胶进行取样，样品送实验室进行分析测量。取样的气溶胶由管道引自烟

囱。

（9）事故及事故后烟囱排气碘取样

事故及事故后烟囱排气碘取样装置为 3/4KRT9551MAL 和 3/4KRT9552MAL。测量任务为连续从反应堆厂房内抽取空气，将取样空气中的气溶胶过滤后送往碘取样装置，碘吸附在取样装置内的活性炭上。测量对象是事故及事故后烟囱排气中放射性碘同位素。测量方法为设置专门的取样器和配套装置对放射性碘同位素进行取样，样品送实验室进行分析测量。取样的碘由管道引自烟囱。

8.1.1.5 液态流出物监测系统

广东台山核电 3、4 号机组的液态放射性流出物将按照国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，通过统一的 BQA/BQB 厂房中槽式排放，废液向环境排放前先送往储存槽逐槽测量，符合排放标准后方可排放。

核岛与常规岛液态流出物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监测

核岛废液流出物放射性浓度监测通道为 8KRT8301MAI。测量任务为监测核岛废液排放系统（TER）排放管道内废液的放射性浓度。测量对象是 TER 系统排放废液释放的γ射线。测量方位为采用γ辐射灵敏探测器在线监测 TER 系统排放管道内废液放射性浓度（Bq/m^3）。探测器需采用 4π角度铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量的影响。监测点位置是 TER 系统的 8TER1243TY 竖直管线上。探测器能量范围：80keV~3MeV；参考核素：^{137}Cs；测量范围：3.7×10^3~$3.7\times10^9 Bq/m^3$ 。

（2）常规岛废液流出物放射性浓度监测

常规岛废液流出物放射性浓度监测通道为 8KRT8401MAI。测量任务为监测常规岛废液排放系统（SEL）排放管道内废液的放射性浓度。测量对象是 SEL 系统排放废液释放的γ射线。测量方法为采用γ辐射灵敏探测器在线监测 SEL 系统排放管道内废液放射性浓度（Bq/m^3）。探测器需采用 4π角度铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量的影响。监测点位置是 SEL 系统的 8SEL1243TY 竖直管线上。探测器能量范围：80keV~3MeV；参考核素：^{137}Cs；测量范围：3.7×10^3~$3.7\times10^9 Bq/m^3$ 。

（3）取样监测

在 TER 系统和 SEL 系统的贮存罐上预留有废液取样接口，废液在排放前需由工作人员手动取样，将废液样品送往流出物实验室进行测量，废液达到相应的放射性控制要求后，才能排放。

8.1.1.6 取样代表性

（1）气载流出物取样代表性分析

广东台山核电 3、4 号机组项目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《核电厂烟囱的气载放射性物质取样》（NB/T 20374-2016）。

（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 流出物监督性监测

流出物监督性监测主要用于：

— 实现对核电厂流出物排放的实时有效监控；

— 对核电厂流出物进行独立的抽样监测，核查核电厂放射性物质排放数据，承担事故条件下的流出物应急样品分析。

流出物监督性监测包括在线监测和抽样监测，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）》要求进行建设。

8.1.2 辐射环境监测

广东台山核电 3、4 号机组是台山核电厂址后续建造工程，根据国家对多堆厂址核电厂“四个统一”的环境管理要求，运营单位应统一环境监测方案，由统一的监测机构进行常规环境辐射监测。因此，本工程运行后的环境监测方案应在一期工程已有的监测方案基础上并结合本项目“三关键”来制定。

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活度浓度进行监测，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 监测范围与布点原则

广东台山核电 3、4 号机组运行期间环境放射性监测范围和布点原则将参考运行前的辐射本底调查方案，监测范围为：

— 环境 γ 辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；

— 其余项目监测范围：一般取厂址半径 10km 区域。

运行期间监测布点原则主要包括：

— 关键居民组居住区域；

— 常年主导风向下风向厂区边界附近居民点以及敏感区域；

— 厂址周边海域潮汐特点；

— 年平均最大剂量点及浓度点；

— 核电厂排水口及其附近海域；

— 尽可能与本底调查时的监测布点一致。

8.1.2.3 监测内容

（1）环境γ辐射水平的监测

— 环境 γ 剂量率连续监测

设立厂区大气γ剂量率实时连续监测网络，实时、连续、自动监测正常运行时放射性烟羽在环境大气中产生的γ剂量率。监测站点布设时将考虑关键居民组的位置、厂址边界、常年主导风向下风向人口密集居民点、本底调查以及敏感地区等因素。环境γ剂量率连续

监测的点位布设及监测设备与应急监测相兼容。

— 瞬时γ剂量率测量

参考本底调查的结果，确定γ剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式γ剂量率仪或监测车巡测厂区周围原野、道路以及室内环境的γ剂量率水平。

— 累积剂量测量

在厂区周围布设若干累积剂量计，定时采集并测读，得到环境大气中累积γ剂量水平。布设的点位可与连续监测和瞬时监测的点位重合，作为γ剂量率监测的补充。

（2）环境介质放射性监测

环境介质采样、分析和测量方法大体上与运行前的环境本底监测相同。

环境介质的监测内容主要包括：

— 大气：气溶胶中总α、总β、γ谱、^{90}Sr，沉降灰中的总β、^{90}Sr，空气中 ^{131}I、^{3}H、^{14}C；

— 陆域水：地表水中的总β、^{3}H、^{14}C、γ谱，饮用水中的总α、总β、^{3}H、γ谱、^{90}Sr、^{14}C，地下水中的 ^{3}H、γ谱、^{90}Sr、^{14}C，降水中的 ^{3}H；

— 土壤：^{90}Sr、γ谱；

— 生物：γ谱、有机氚、自由水氚、^{90}Sr、^{14}C；

— 海水：γ谱、^{90}Sr、^{14}C、^{3}H、去钾总β（或 ^{40}K 与总β）；

— 沉积物：^{90}Sr、γ谱。

上述γ谱分析重点关注核设施排放的特征核素，可根据核设施排放的特征核素来选择分析的核素，气溶胶及沉降物γ能谱分析项目可选择但不限于 ^{7}Be（质控用）、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{131}I、^{137}Cs、^{134}Cs、^{144}Ce 等放射性核素。生物、土壤、沉积物中γ能谱分析项目可选择但不限于 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{137}Cs、^{134}Cs、^{144}Ce 等放射性核素。水中γ能谱分析项目可选择但不限于 ^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{106}Ru、^{65}Zn、^{95}Zr、^{110m}Ag、^{124}Sb、^{137}Cs、^{134}Cs、^{144}Ce 等。

8.1.2.4 辐射环境监督性监测

核电厂监督性监测系统作为核电厂环境保护设施的一部分，负责对核电厂的运行实施监督性监测。核电厂外围辐射环境监督性监测系统由监测子站和前沿站构成，负责对环境辐射水平及相关气象参数、样品中放射性物质等进行监测和采样分析，并实时传输监测数据至省级数据汇总点。此外，系统应同时具备核事故应急环境辐射监测的能力，并具备自动报警和通知功能。

监测子站和前沿站满足《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）》要求。

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 应急监测初步方案

（1）环境γ剂量率监测

事故情况下，核电厂周围环境γ剂量率的监测通过两种方式进行：固定式环境γ辐射连续监测系统和环境监测车移动监测系统。

固定式环境γ辐射连续监测系统设计方案详见8.3.2.2节，在固定式环境γ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，利用应急组网系统替代KRS系统固定式环境监测站点，实现事故及事故后情况下的环境监测。

环境监测车移动监测系统由两辆监测车组成，这些车辆为台山一期工程设备，本期工程不另外新增车辆，设计方案详见8.3.2.2节。

（2）气溶胶和碘的监测

本期工程新增一个厂外固定监测站，不设置气溶胶和碘采样装置，相应取样装置使用一期取样点装置。

（3）环境TLD的布放与监测

主要是利用正常情况监测TLD的点位更换新片，并在监测车巡测路线上沿途各点布放TLD，监测车上备有伴随片和小铅室存放TLD，必要时在电站下风向居民密集区布放TLD。

（4）海上监测

若事故电站在气体放射性释放的同时，有高放废液排放，须在排放渠出口附近取海水样品进行γ谱测量分析。海上巡测以厂址为中心，每隔1km、2km、3km、5km进行选点监测。10km范围内的海域方向，有人居住的海岛、放射性烟羽扩散方向或敏感区域，实施γ辐射水平监测。

（5）地面污染监测

采用便携式γ谱仪，进行地面沉积γ核素和γ剂量率监测。确定放射性烟羽的沉降和居住区受污染的程度，记录测量结果。探测器的测量条件要求：距地面1m进行γ剂量率的监

测，在距地面约 3cm 进行地面沉积γ核素的监测。使用α/β表面污染测量仪开展表面污染测量，原则上β距地面约 1cm，α距地面约 0.5cm，操作时注意防止设备沾污。

（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，将采集的样品做好标签记录，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）厂区辐射与气象监测系统（KRS）

本期工程厂区辐射与气象监测系统新增一个厂外固定监测站。对核电厂周围 10km 范围大气环境中的γ辐射水平进行连续监测。

（2）厂区气象站

厂区气象站包括百米气象塔、地面气象站，百米气象塔对厂区 10m、30m、80m、100m 四层高度风速、风向及空气温度进行监测，地面气象站对雨量、气温、气压、湿度等进行监测。

（3）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：γ辐射剂量率仪、便携式α/β表面污染监测仪、便携式β/γ辐射剂量率仪、气溶胶和碘取样装置、便携式γ谱仪、GPS 卫星定位仪、无线通信设备、车载供电设备以及防护用品。

（4）应急组网系统

事故情况下，该子项应急组网设备可使用原 KRS 系统配套应急组网设备，本期工程不再另行配置应急组网设备。

（5）后备监测实验室

台山核电 1、2 号机组已与阳江核电厂签署支持协议，阳江核电厂环境实验室作为其由于极端外部事件导致环境监测实验室不可用时的后备监测手段。

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.2.3 气象观测

8.2.4 水文观测

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

在 2018 年 12 月-2020 年 10 月期间，建设单位委托生态环境部卫星环境应用中心开展了台山核电厂 1、2 号机组温排水遥感监测工作。卫星遥感调查范围以核电厂排放口为中心，重点调查半径为 15km 范围内的海域，利用 Landsat8/TIRS、Landsat7/ETM 和 GF-5/VIMI 数据对台山核电温排水进行了遥感监测。遥感监测时间自 2018 年 12 月至 2020 年 10 月，监测时段的潮汐过程涵盖了涨急、落急、涨憩、落憩，潮汐类型涵盖了大、中、小潮和非典型潮，机组运行状态涵盖了一台机组满功率运行和两台机组同时满功率运行等运行状态。

建设单位已针对 3、4 号机组热影响开展数模与物模分析，后续将通过布放在排放口附近海域的水文浮标与水质浮标持续对海水温度进行在线监测，同时定期对排放口附近海域多个监测点位表层水温进行就地取样监测。

3、4 号机组建成投运后将委托外部单位通过卫星遥感、无人机监测等方式对机组运行实际产生的热影响情况进行监测。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

广东台山核电 3、4 号机组排水采用一期工程已建排放明渠。

每月在排放渠出口附近海域监测 pH、残余氯；每 2 个月在排放口 10km 范围内海域 H1～H10 监测点取样监测 pH、溶解氧、水温（0.5m）、盐度、叶绿素、蓝绿藻、浊度；每 2 个月在排放渠出口附近点位 H11~H14 监测点监测水温（0.5m）；每季度在核电厂附近海域共 6 个点（H1、H3、H4、H6、H7、H8）取样监测 COD、BOD_5、氨氮、活性磷酸盐、石油类、粪大肠菌群。

广东台山核电 3、4 号机组产生的非放工业废水由一期工程雨污分流处理站进行处理，运行期间出水水质监测执行《排污单位自行监测技术指南水处理》（HJ1083-2020）中表 4 的工业废水集中处理厂废水排放监测指标及最低监测频次的要求。

广东台山核电 3、4 号机组新建 1 座生活污水处理站，运行期间出水水质监测执行《排污单位自行监测技术指南水处理》（HJ 1083-2020）中表 3 的城镇污水处理厂和其他生活污水处理厂废水排放监测指标及最低监测频次的要求。

8.2.3 气象观测

广东台山核电 3、4 号机组使用已建的厂址气象观测系统，由自动气象站和气象观测地面站组成。观测项目包括气象塔 10m、30m、80m、100m 高度温度和风向、风速的自动观测；地面气象站气压、空气温度和湿度、降水、地表温度、太阳总辐射和净辐射的自动观测。自动气象站位于 1、2 号机组主厂房西南大约 500m 处。自动气象站采集的气象数据经 KRS 中央站自动处理后，连同有关的格式和图形文件送到应急局域网络服务器上，通过有线传送到核电厂主控制室、应急指挥中心。

KRS 系统的 5 个环境γ辐射监测站址上设置了 10m 高度的风向和风速测量项目。

8.2.4 水文观测

台山核电于排放明渠外海约 2km 处布放水文监测浮标，布放位置经纬度分别为北纬 21 度 55.168 分、东经 113 度 1.248 分，与台山核电距离大约 5km。浮标通过搭载气象、水质及声学探头，对附近海域的气温、气压、风速、风向、湿度、水温、盐度、潮位、海流、波浪等数据进行实时在线监测，并通过电信 4G 专线网络将数据传回环境实验室的显示终端。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物分析实验室

8.3.2 环境监测设施

8.3 监测设施

8.3.1 流出物分析实验室

本工程建设流出物实验室，即厂区实验室子项（BBL），为 3~6 号机组提供检测服务，位于 4 号机组 MX 厂房西南侧，承担排放废水放射性活度的监测和反应堆厂房排放废气放射性浓度的监测，使其按规程排放，以保护环境。

流出物实验室包括流出物测量间、热准备室、冷准备室等。热准备室、流出物测量间、冷准备室房间面积分别约为 62m^2、79m^2、31m^2。

流出物实验室建设计划：FCD 时间+11 个月开工，FCD 时间+40 个月投用。其中土建工期计划 13 个月，安装工期计划 10 个月，调试工期计划 6 个月。

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

环境实验室在一期已完成建设，本期进行扩建。环境实验室具体职责为：

— 负责运行期间的环境监测和事故时的应急监测；

— 评价正常运行及事故排放时的环境污染水平；

— 调查污染变化趋势，追踪测量异常排放时放射性核素的转移途径；

— 定期向有关环境保护监督管理部门和主管部门报告环境辐射监测结果。

环境实验室配备必要的实验室用房，主要包括制样实验室和分析实验室以及厂区辐射与气象监测系统中央站。制样实验室主要用于制备可供测量的环境样品，比如生物样品碳化、放射化学分析制样等，分析实验室主要用于环境样品的分析测量。扩展的环境实验室设计方案正在制定中。

一期已建环境实验室位于 ENE 方位距离反应堆约 1.5km 处，建筑面积约为 1734m^2。环境实验室配备的测量仪器有：

— 低本底γ谱仪：用于分析水、土壤与沉积物、气溶胶、生物样品等介质中的γ核素的浓度；

— 低本底α/β计数器：用于测量水样、气溶胶等环境介质中的总α/β、^{90}Sr等放射性含量；

— 低本底液闪谱仪：主要用于测量环境介质中的氚，有时也可用于其他放射性核素的分析，如^{14}C等；

— γ辐射剂量率仪：用于测量环境空气中的γ辐射剂量率；

— 热释光剂量仪：用于测读热释光剂量片记录的环境γ辐射累积剂量；

— 多探头水质监测仪：用于监测海水、地表水、地下水等水体的物理化学性质。

8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

厂区辐射与气象监测系统与1、2号机组共用，厂区辐射与气象监测系统环境监测站在本期工程将新增一个厂外固定监测站。

（1）厂区环境γ辐射监测站

已建的厂区环境γ辐射监测站包括厂内环境γ辐射监测站（5个）和厂外环境γ辐射监测站（5个）。厂区内的监测点位为：

— AS1：位于环境实验室楼顶，ENE方位1.46km；

— AS2：位于气象塔旁，SSW方位1.9km；

— AS3：位于生活区营地食堂二楼楼顶，SSW方位3.5km；

— AS4：位于海水库护岸，SE方位0.87km；

— AS5：位于取水隧洞厂区连接段附近，S方位1.6km。

厂外连续监测站点分别为：

— BS1：位于大襟岛（取水口码头），SSE方位6.5km；

— BS2：应急道路岗亭与水处理厂之间，SW方位4.45km；

— BS3：位于赤溪镇田头村，NW方位11.1km；

— BS4：位于新松水库，NNE方位5.2km；

— BS5：位于曹冲小学大楼楼顶（三楼），NE方位4.7km。

广东台山核电3、4号机组为满足方位均布的目的，拟以3号机组为中心，W方位陆域新增一个监测站点BS6，初步选址位于3号反应堆W方位9.8km的叠石小学楼顶。监测项目：γ辐射水平、风速、风向、雨水收集和雨量测量。

（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 中央站建于环境实验室内，它是 KRS 的运行管理与数据处理中心，由自动气象观察站和环境γ辐射监测站数据采集系统、KRS 数据图形工作站、环境监测车数据采集工作站、KRS 网络服务器、值班机、KRS 局域网络及打印机等硬件设备和软件平台组成。主要包括：

— 自动气象观测站和环境γ辐射监测站数据采集系统：用于收集气象数据和大气中γ辐射剂量数据，并形成数据文件最终存入 KRS 网络服务器数据库中；

— 环境监测车数据采集工作站：采集环境监测车所测数据；

— KRS 网络服务器：用于收集气象监测站和环境γ辐射监测站采集的数据并生成数据文件，形成环境监测数据库；网络服务器和相关的数据库将发挥数据管理的有力功能，为 KRS 局域网提供环境监测数据共享服务；

— 值班机：实时显示气象站和各辐射监测站监测数据，并可查询历史数据；

— KRS 数据图形工作站：其作用为对数据进行分析处理，自动生成报表和图形。

另外，还配备了 11 套便携式组网监测系统（1 套备用），当 KRS 系统子站不可用时，利用便携式组网系统提供连续监测数据。

（4）环境应急监测车

目前台山核电厂已配备了两辆环境应急监测车，每辆监测车配置相同。

环境监测车的基本配置及其功能如下：

— γ辐射监测装置：由γ辐射探头和数据采集处理单元组成，其功能为实时测量核电厂周围的环境剂量率，将数据即时传输到车载计算机系统进行数据处理，并通过数据通讯系统，最终发送到 KRS 中央站进行显示；

— 大气气溶胶、碘取样器；

— 小型气象站；

— 车载便携式监测装置，包括γ剂量率仪，便携式β/γ剂量率仪，便携式表面污染仪，主要用于事故应急监测。

8.3.2.3 地下水监测井设置

结合布点原则，广东台山核电 3、4 号机组拟新增 6 个地下水监测点，其中：

N1、N2 位于核岛负挖范围内，分别监测 3、4 号机组核岛区域可能存在的放射性泄漏；N3 分别布置于放射性废物处理厂房（BWX）东侧靠近废液输送管道（BGT）的位置，N4 位于 4 号机组靠近 BGT 的位置，N3、N4 分别用于监测 BWX、BGT 可能存在的放射性泄漏；N5 位于核岛废液贮存罐厂房/常规岛废液贮存罐厂房（BQA/BQB）附近，用于监测 BQA/BQB 可能存在的放射性泄漏；N6 设置在废液排放管道（BGR）附近，用于监测 BGR 可能存在的放射性泄漏。

8.3.2.4 监督性监测设施

台山核电厂辐射环境现场监督性监测系统由核电厂外围辐射环境监测系统和核电厂流出物监测系统两部分组成。其中，核电厂外围辐射环境监测系统由监测子站和前沿站两部分构成；流出物监测系统包括流出物实验室和核电厂在线监测数据的传输系统。

台山核电厂共设 10 个监测子站，综合考虑了核电厂 16 个方位和监测点的代表性、站址的便利性、监测的长期性、系统的安全性和运行的经济性。

10 个监测子站中，包括：7 个为基本型子站，配备γ剂量率仪、γ谱仪、气象设备、数据采集控制系统及基础设施；2 个为标准型子站，以基本型子站上增加大流量气溶胶与碘采样器、氚采样器与 14C 采样器；1 个为增强型子站，在标准型子站的基础上更换大流量气溶胶与碘采样器为超大流量气溶胶采样器，同时配置标准气象观测场。

台山核电厂监督性监测系统前沿站实验室设在广东省环境辐射监测中心（GERC）粤西分部（位于阳江市共青湖附近），与阳江核电厂前沿站实验室共用，现已投入使用。前沿站为一栋四楼建筑，实验室面积共 2686m^2。监督性监测系统前沿站实验室承担了样品采样、制样、前处理和测量的任务。实验室同时配备了移动监测系统（监测车）和采样车各 1 辆。其中，监测车配备了便携式γ辐射剂量率仪、便携式高压电离室和β表面污染仪等设备。

核电厂流出物监督性监测是核电厂辐射环境现场监督性监测系统的重要组成部分，分为在线监测和抽样监测。在线监测：共用核电厂流出物在线监测系统的采样与监测设备，配置相应的独立的传输及通信设备，实时同步传输在线连续监测数据（主要包括烟囱的气溶胶、碘、惰性气体、核岛废液排放和常规岛废液排放活度浓度信息）。抽样监测：抽样监测在广东省环境辐射监测中心粤西分部开展。该分部建设了 1 个流出物监测实验室，配置了进行抽样监测并承担事故时应急监测的相关样品处理和监测的设备，包括高纯锗γ谱仪 2 台、低本底α、β测量仪 2 台，超低本底液闪谱仪 1 台、总碳分析仪 1 台等。

8.4 质量保证

8.4.1 质量管理体系

8.4.2 质量保证计划

8.4 质量保证

为保证台山核电 3、4 号机组流出物和环境监测设备的可靠性，确保流出物和环境监测数据的准确性，核电厂将依据国家有关标准，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设想。

8.4.1 质量管理体系

质量管理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。

目前台山核电厂对环境监测与流出物监测已建立了质量保证管理体系。

8.4.1.1 组织机构

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。

本工程辐射环境监测和流出物监测均由台山核电厂现有的监测部门统筹开展，将沿用 1、2 号机组监测的质量保证体系，从人、机、料、法、环各方面考虑，确保质量要求的落实，开展分析比对等工作确保本工程监测的质量。台山核电厂运行期间的环境辐射监测与流出物监测由台山核电厂化学环保部负责。

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，需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。

台山核电厂制定了《化学环保部岗位培训大纲》制度，规定从事环境监测与流出物监

测工作的人员应获得相应的授权。监测结果的精密度和数据准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，所有参加取样、监测分析、数据统计和审核的人员均必须参加相应的理论和实践培训，经授权后上岗。

所有参与环境监督工作的员工均要完成相应的培训和授权。并持续开展专项培训、经验反馈及工业安全相关培训，以及科内经验反馈培训。

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 质量保证计划

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。样品采集点位选择及采样操作过程严格按照相应标准规范执行，并对采样相关信息进行完整记录；样品运输过程中采取措施避免交叉污染和损失；采集的各类常规样品妥善保存，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。针对检测项目开展空白样、平行样、加标样分析及留样复测等质控措施，确保检测结果的精密度与准确度。

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，必须经过实验室主任签发。

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

为了发现和确定环境实验室分析测量系统的可能存在的系统误差，实验室积极参加国内外权威实验室之间的比对，对存在的系统误差应查明原因，并采取校正措施。

（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，均由权威计量部门提供，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

台山核电厂厂址规划建设 6 台核电机组，可为缓解广东省用电紧张局面、促进粤西经济发展发挥积极作用。

本期工程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，上缴国家和地方的税金数以亿计，此为核电厂运行带来的直接利益。

在保持年平均负荷因子为 80%、资本金内部收益率为 9%等前提下，初步估算计算期内核电厂含税上网电价低于目前国家核定的核电机组标杆电价。后续通过控制建设投资及运营成本、提高机组可用率、延长运营期等措施降低本项目上网电价，进一步提高项目竞争力。本项目建成后的前十五年，还贷的压力较大，随着还贷期的结束，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。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。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计算到电价里，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，本项目的建设和运行也可促进当地经济发展和提高人民的生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其他市政设施条件，优化投资环境，拉动地方经济的增长和促进地方经济的繁荣发展。此外，本项目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。

本项目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，需要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，本项目的建设对推动我国核电事业及相关核工业产业的发展有着积极的意义。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

本项目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，保障广东经济持续稳定高速地增长。

目前，发展化石能源愈来愈受到环境保护和交通运输条件等的制约，特别是 CO_2 已成为国际气候公约谈判减排的争论焦点。因此，尽快提高清洁能源在电力生产中的比重，既是我国能源、电力工业结构调整的当务之急，也是我国能源工业持续发展的长远大计。

核工业是综合性很强的高技术产业，代表了国家工业化程度和科学技术水平，是综合国力的重要体现。它不仅包括核电厂设计和技术服务、项目管理、土建安装、调试和运行维修、核电设备和材料制造、核燃料循环工业、核安全和环境保护、核废物处理、核科技研究支持等众多与核工业相关的专业机构和生产企业，还涉及钢铁、制造、建筑、电子等基础工业，形成了一个涉及几十个行业的庞大产业链。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

大型清洁高效发电装备包括百万千瓦级核电机组等新型能源电力装备属于关键领域重大技术装备和产品。通过一定数量百万千瓦级核电厂的建设，将进一步推动我国制造工业的发展。目前核电在我国电力结构中的占比较小，还具有很大的提升空间。

（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，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，形成具有国际先进水平的核电技术公司。

（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。

本项目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作出贡献。

本项目的建设和运行中，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，为我国核电持续发展和国内其他核电厂的建设培养人才。

（5） 促进当地经济、社会的发展

本项目规模大，工程范围涉及海工工程、土石方工程、混凝土及钢筋混凝土工程、机电仪与金属设备安装工程及其他工程等。工程投资必然引起对钢材、水泥、石材、施工机械、电力、仪控等各种材料和各类产品的需求，从而引起对金属冶炼业、水泥制造业、采矿业、机械制造业、自控及仪表制造业等的需求，这些需求又必然导致工程建设周边地区对生产这些行业投入的需求，如此递推，将会促进广东省相关产业的迅速增长。

本项目施工期间现场施工及安装人员预计将达到 1 万人以上，需要建设配套的生产服务和生活福利等设施，将给社会带来大量的就业机会，促进当地经济发展和提高人民生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其他市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济增长和社会发展有积极的意义。

综上所述，通过本项目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

台山核电厂 3、4 号机组的建设，将使厂址区附近原有的山地、丘陵、坡地等通过总体规划、设计、绿化和美化，构成一个崭新的人文景观。

我国正以高质量发展为主题，深入推进能源革命，加快规划建设新型能源体系和新型电力系统，实现能源更加安全、更加绿色、更加高效能发展。我国传统的能源体系是以燃煤发电装机为主，经过多年发展，至 2022 年燃煤发电装机占全部电力装机总容量的比例已经减少到 49.6%，但燃煤电厂排放的 SO_2 等污染源仍为我国大气的主要污染源之一。用大型商用核电厂代替燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的 SO_2、CO_2、NO_x 等有害气体对环境的污染，减少当地的酸雨发生。火电厂释放的 CO_2 是全球 CO_2 重要来源，而 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。核电是清洁的能源，不排放 SO_2、CO_2、NO_x 等有害气体。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 CO_2 约 1200 万 t、烟尘约 700t、SO_2 约 2500t、NO_x 约 15000t。核电是全生命周期碳排放量最少的电源品种。考虑到核燃料循环前后端，我国核电总的温室气体归一化排放量为 11.9gCO_2/度电。而煤电链为 1072.4gCO_2/度电、水电链为（0.81-12.8）gCO_2/度电、风电链为（15.9-18.6）gCO_2/度电、光伏发电为（56.3-89.9）gCO_2/度电。世界核协会发布的报告也表明，核电全生命周期的温室气体排放可与风电、水电相媲美。

2020 年 9 月，我国明确提出力争 2030 年前实现“碳达峰”，2060 年前实现“碳中和”目标。2021 年 10 月 24 日，中共中央、国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》发布，为碳达峰碳中和工作进行系统谋划、总体部署。随着“双碳”行动持续推进、能源安全战略的深化落实，核能将在支撑中国“双碳”目标实现过程中发挥不可或缺的作用。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

总之，通过对本项目的利益分析，可以看出，本项目的建设是必要的，能获得显著的经济效益、社会效益和环境效益。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

台山核电厂 3、4 号机组两台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为主，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

台山核电厂 3、4 号机组建成运行后，每年需核燃料费、折旧费、摊销费、修理费、运行维护费，退役及后处理费等运行成本，以及电厂运行期间应缴纳税金和还贷利息，此外电厂还需偿还贷款本金。同时，对于运行中产生的放射性废物的处理，将根据与放射性废物处理和处置单位的合同支付相关费用，并计入运行成本。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

台山核电厂 3、4 号机组的建设和运行，不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一定的社会问题。

— 交通运输问题

核电厂的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输；生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，其运输量非常大，将对当地的交通运输造成一定的运输负担。

为解决电厂建设和运行期间的运输问题，核电厂将采取水运和陆运两种运输方式。在陆运方面投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路及修建桥梁。此外，专门开辟事故应急通道。在水运方面投入一定量的资金用于重件码头的建设。

— 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

台山核电厂 3、4 号机组的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，将对厂址所在区域的医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水等市政工程和生活服务设施的需要有所增加。

— 对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将带动当地第三产业的发展，导致厂址周围区域流动人口数量增加，一定程度上将增加当地政府在治安、社会服务等方面的投入和管理负担。这需要电厂业主、

承包商以及当地政府共同努力，适当增加相应的设施和投入，以消除不利影响，共创和谐社会。

此外，各反应堆半径 5km 范围内规划限制区的设立，限制人口增长和工业发展类别，会使该区域经济发展受到一定的限制，可通过调整经济发展方式等办法来缓解设立规划限制区对区域经济的影响。

9.2.2.2 环境代价

台山核电厂 3、4 号机组的建设将造成厂址区域生态环境的变化，主要表现在核电厂的建设将占用大片土地，其表土和植被需要剥离，这将影响当地植物资源量和动物的生存环境。后期通过核电厂建设过程中有计划的绿化和植被恢复，对受到影响的陆域生态环境进行有效的修复。核电厂建成后，当地原有的农业和林业生态环境将被人工景观环境所替代。

本项目建成运行后，会向环境释放放射性物质，其中气载放射性流出物通过污染空气浸没外照射、地面沉积放射物外照射、吸入污染空气内照射和食入污染陆生动植物食品内照射对厂址周围公众产生辐射影响；液态放射性流出物通过水体浸没外照射、水上活动外照射、岸边沉积物外照射、食入海产品内照射对厂址周围公众产生一定的剂量影响。此外，核电厂发生事故时也可能会对厂址周围公众产生辐射影响。

本项目运行产生的低放固体废物和乏燃料作为核废料，将按照国家规定进行严格的处置。低放固体废物在废物暂存库内贮存一定时间后送往国家指定的处置场进行处置。乏燃料一般经过冷却，包装后送入乏燃料暂存系统暂存，暂存达到国家有关标准要求的年限后，送往国家指定的乏燃料处置厂处置。

低放固体废物和乏燃料经过最终处置后，随着时间的推移，对其所采取的人工屏障的性能将逐渐失去作用，由于入渗水的作用，有的核素将从废物体中渗出，经由地下水、地下水载带进入水循环，同时经由生物活动进入生态环境。但此过程是较缓慢的，核素的释放率是较低的。根据相关资料，公众所受到的影响将低于目标管理值，是可接受的。

本项目运行造成的海洋生物损失主要来自于取水系统影响和温排水扩散持续性影响。取水系统影响对渔业资源造成的损失包括机械碰撞、温升、余氯的毒性作用等，一般只对那些穿过了核电厂取水系统滤网装置进入取水系统的水生生物产生明显的伤害。核电厂的温排水会引起排水口附近水温升高，将对海洋生物产生影响。根据温排水影响预测结果，

本期工程两台机组正常运行后，受影响的海域相比整个海域，所占区域很小，对于整个海域的海洋生物来说，其影响较小。此外，本期工程采用二次循环冷却塔方案，温排水量远小于直流冷却方案，因此可减小冷却系统温排水对海洋生态环境的影响。

为了控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全，本项目除了专设安全设施和严重事故预防缓解系统外，设置了放射性废物管理系统、厂区辐射与气象监测系统、应急指挥中心等。在核电厂发生放射性泄漏事故时，建设单位将及时启动应急预案，确保核电厂对周围环境的影响尽可能降低到最小。

第十章　结论与承诺

10.1　核电厂建设项目

10.2　环境保护设施

10.3　放射性排放

10.4　辐射环境影响评价结论

10.5　非辐射环境影响评价结论

10.6　承诺

10.1 核电厂建设项目

台山核电厂位于台山市赤溪镇腰古，规划容量为六台压水堆核电机组。本期工程为扩建工程，是在一期工程两台机组已经建成运营的基础上，扩建的两台华龙一号技术融合方案核电机组。根据工程进度安排，4 号机组开工时间与 3 号机组间隔 12 个月，单台机组建设工期 60 个月，机组的设计寿命均为 60 年。

10.2 环境保护设施

本期工程建设两台“华龙一号”技术融合方案的核电机组，根据设计资料，环境保护设施如下：

1) 每台机组设置一套废气处理系统（TEG），采用滞留衰变的方式，设置复合、压缩、分配、隔离、滞留等子单元进行放射性废气的处理，使废气的放射性活度在向环境排放前降低至环境可接受的水平，并满足法规标准要求；

2) 供暖、通风和空气调节系统控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排放。如有需要，对通风排气进行过滤和除碘处理，以减少气载物质向大气环境的排放。同时，对烟囱排放的气态流出物进行连续在线监测和采样监测，以保证对放射性气载流出物排放的有效控制；

3) 每台机组设置一套冷却剂贮存和处理系统（TEP）。该系统通过脱气、蒸发、除盐等净化设施，保持了反应堆冷却剂良好的去污能力；

4) 两台机组共用一套废液处理系统（TEU）。废液处理系统实现了对放射性废液的分类收集和处理。TEU 采用成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，以确保处理后排放的液态流出物浓度和总量满足国家有关标准的要求；

5) 核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL）均设计有 3 个容积相同的废液贮存罐。废液采用槽式排放的方式，经取样分析合格后，才能向环境排放。在 TER 和 SEL 排放管线上分别设置两级报警阈值的在线监测设备，通过取样监测和在线监测两重控制的方式，确保核岛和常规岛所排放的液态流出物得到有效控制；

6) 固体废物处理系统（TES）采用聚乙烯 HIC 工艺和分拣压缩打包工艺对固体废物进行处理。本期工程产生的高完整性容器废物包（HIC）和 400L 钢桶废物包采用厂内专用运输车运输至废物暂存库暂存，之后运往国家指定的废物处置场进行最终处置；

7) 生活污水经污水处理站处理达标后排放。含油废水经非放射性含油废水处理站（BES）处理后排至雨污分流处理站（HSF），处理达标后外排入海水库；

8) 依据厂址周围的环境特征设计建成统一的厂区环境辐射与气象监测系统（KRS），并建立有效的环境监测大纲。

总体而言，台山核电厂 3、4 号机组环境保护设施的设计性能可以满足环境保护的要求。

10.3 放射性排放

台山核电厂正常运行状态下，3、4 号机组和全厂四台机组放射性流出物各类放射性核素的年排放量，均能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）相应的单堆和全厂排放量控制要求。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），对于受纳水体为海洋的核动力厂场址，其槽式排放出口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 3×10^{7}Bq/L，碳-14 的活度浓度不应超过 3×10^{3}Bq/L，其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000Bq/L，各核素活度浓度应满足附录 D 的要求。本期工程废液处理系统采用成熟处理工艺，选用成熟模块化的设备，处理后的废液浓度可以满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的浓度控制要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）核电厂正常运行时的辐射环境影响

采用厂址气象塔 2024 年 1 月至 12 月连续一年的气象观测数据，计算了台山核电厂 3、4 号机组两台机组及 1~4 号四台机组正常运行工况下对周围环境的放射性影响。计算和评价结果表明，台山核电厂 3、4 号机组正常运行工况下，就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对厂址周围的公众、受纳海水的水质以及陆域生物及海洋生物的影响很小。

— 台山核电厂正常运行工况下，3、4 号机组放射性流出物排放对公众造成的最大有效剂量为 3.44E-07Sv/a，占 3、4 号机组剂量要求（0.04mSv/a）的 0.86%；1~4 号机组共四台核电机组放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 8.36E-07Sv/a，占 GB 6249-2025 年剂量要求（0.25mSv/a）的 0.334%。本期工

程两台机组和厂址四台机组对评价区内公众造成的集体年有效剂量分别为4.47E-02 人•Sv 和 1.56E-01 人•Sv。台山核电厂 3、4 号两台机组以及 1~4 号四台机组运行状态下，可能的关键人群组均为位于厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民，可能的关键照射途径均为食入海产品内照射途径，可能的关键核素均为 C-14。

— 台山核电厂1~4号机组共四台机组的液态放射性流出物与电厂温排水混合后进入受纳水体，并在潮汐作用下稀释扩散，海水中放射性核素^{60}Co、^{90}Sr、^{106}Ru、^{134}Cs和^{137}Cs在1、2号机组和3、4号机组排放口0~1km海域的峰值浓度均满足《海水水质标准》（GB 3097-1997）中相应的浓度限值要求。

— 液态放射性流出物排放对排放口附近海域的深海鱼类、甲壳类、藻类等 7 类海洋生物中浮游动物造成的辐射剂量率最大（本期工程 2 台机组和厂址 4 台机组对其造成的辐射剂量率分别为 2.39E-03μGy/h、9.02E-03μGy/h）；气载放射性流出物对厂址周围陆域生物中苔藓造成的辐射剂量率最大（本期工程 2 台机组和厂址 4 台机组分别为 3.45E-03μGy/h、7.19E-03μGy/h）。本期工程运行后，本期工程两台机组及全厂四台机组对海域和陆域各类生物造成的辐射剂量率均远低于 ERICA 程序推荐的 10μGy/h 剂量率筛选值，因此，可以认为台山核电厂 3、4 号机组正常运行状态下，放射性流出物排放对厂址周边海域和陆域生物总体上辐射影响很小，不会对其在种群上造成明显的损伤。

（2）核电厂事故工况下的辐射环境影响

本报告采用厂址气象塔 2024 年连续一年的气象观测数据，计算了台山核电厂 3、4 号机组非居住区边界上和规划限制区边界上可能造成的辐射后果。

对于极限事故，RCCA弹出事故（CREA）对非居住区边界上（事故发生后2h内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，分别占国家标准GB6249-2025相应限值的4.42%和4.74%。RCCA弹出事故（CREA）对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量最大，占国家标准GB6249-2025相应限值的0.84%。主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）对规划限制区边界上公众所造成的甲状腺当量剂量最大，占国家标准GB6249-2025相应限值的1.04%。

对于稀有事故，蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后2h内）以及规划限制区边界上（事故持续期间内）公众所造成的有效剂量和甲状腺当

量剂量均最大，非居住区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准GB6249-2025相应限值的9.70%和13.48%；规划限制区边界上有效剂量和甲状腺当量剂量分别占国家标准GB6249-2025相应限值的1.35%和1.78%。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，台山核电厂 3、4 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 GB6249-2025 的相应要求。

（3）实施应急计划的可行性

台山核电厂厂址半径 5km 范围内仅有 1 个自然村（钦头村），位于厂址 SSW 方位 3.6km，有 698 人。厂址半径 5km 范围内没有医院、学校、监狱和养老院。因此，厂址半径 5km 范围内没有难以撤离的人群。厂址半径 10km 范围内总人口数为 20323 人，无 10 万人以上居民点或行政村。

厂址周围交通较为发达，厂区与外围交通联系便捷，厂址周围具有良好的应急撤离、疏散和运输条件。无线通信网络已覆盖厂址区域，不存在应急通信的困难。从实施应急计划的可行性的角度考虑，台山核电厂 3、4 号机组的建设不存在制约性因素。

10.5 非辐射环境影响评价结论

— 施工期环境影响

施工期间对周围环境的影响主要是：土石方工程负挖、运输以及其他活动造成的陆域和海洋生态的影响、水土流失的影响、噪声的影响、地表水环境的影响、大气环境的影响，以及施工固体废弃物对环境的影响。施工活动给环境带来的影响是局部的、短期的，并随着工程竣工而消失，施工活动对环境影响较小。

— 运行期环境影响

（1）散热系统影响

台山核电厂3、4号机组采用冷却塔二次循环冷却方式，冷却水源为厂址附近海域海水。3、4号机组的夏季总排水流量为7.2m^3/s，取排水温升为2.89℃；冬季总排水流量为7.0m^3/s，取排水温升为4.06℃。取排水方案为新建一条取水隧洞取水和利用已建排放明渠排水方案。相比采用直流循环冷却的1、2号机组，3、4号机组采用二次循环冷却方式具有温排水量小（仅为直流冷却方式温排水量的4%左右），排水温升小（二次循环冷却方式排水温升约为4℃，直流冷却方式约为7℃）的优势，从环境影响的角度，二次循环

冷却方式整体上对周边海域及生态敏感区造成的影响小，对周边环境更为友好。根据温排水数模结果，台山核电厂1-4号机组温排水影响范围满足已批复的近岸海域环境功能区划和生态环境分区管控方案，本期工程温排水影响满足国土空间规划和海岸带规划。

根据预测，台山核电厂1-4号机组运行期对厂界（预征地边界）的噪声贡献值小于《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中3类声环境功能区噪声排放限值。本期工程运行期对于现行划分的1类声环境功能区中有小部分区域（主要为南侧靠近厂界的部分）的噪声贡献值略大于42dB(A)，在叠加噪声本底值后，该部分区域环境噪声值将略大于45dB(A)。根据《广东省自然保护地规划》（2021-2035年）和《江门市自然保护地规划》（2022-2035年），在2025年底前，江门市将基本完成自然保护地的整合优化，整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区面积比整合前减小了16.58km^2。本工程运行期的45dB(A)噪声等值线将位于整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区范围以外。建议建设单位跟踪关注江门台山曹峰山地方级自然保护区的整合优化情况。

此外，从本期工程两座冷却塔造成的各季节和全年盐沉积计算结果来看，预计不会对环境造成明显影响。建设单位已委托开展厂址附近植物耐盐性研究。根据设计单位在前阶段环评中所做承诺，如采用国内外先进水平收水器等，确保冷却塔运行后可实现消除800μm以上飘滴，从而减轻本期工程盐沉积对周围环境的影响。

（2）化学污染物的影响

台山核电厂3、4号机组建成运行后，核电厂排放的有害化学物质主要是余氯。本期工程排水口处余氯绝对浓度为0.1mg/L，计算得到夏季半月潮绝对浓度为0.02mg/L的全潮最大包络面积为2.81km^2，冬季半月潮余氯绝对浓度为0.02mg/L的全潮最大包络面积为2.30km^2。考虑到海水的稀释扩散作用及光照等因素引起的余氯衰减会降低余氯毒性，预计本期工程排放到水中的余氯对电厂周边海域的海洋生物影响较小。

（3）其他环境影响

运行期间生活污水站出水尽可能回用于厂区的绿化和道路浇洒，超出部分处理达标后排放。运行期间核电厂排放的生活污水经处理后达标排放，排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中的一级A标准。回用水满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中绿化和道路清扫的水质要求。生活污水不会对附近海洋环境造成明显的影响。

核电厂在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，核电厂内人员会产生生活垃圾，在落实固废收集和处置工作后，本期工程的非放射性固废对环境影响较小。

除冷却塔噪声外，运行期间的噪声主要来自汽轮机厂房、循环水泵房、空气压缩机房等厂房内的汽轮机、发电机、循环水泵、送风机及引风机等设备的运转以及变压器区域的主变压器运行，由于厂址最近居民点距离厂址较远，预计机组运行的噪声对厂界和声环境保护目标的影响较小。

通过类比，本期工程输变电工程周围的工频电场和工频磁场均满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中4kV/m和0.1mT的限值要求。

10.6 承诺

为确保台山核电厂3、4号机组相关环保设施和措施得到落实，对周围环境影响可以接受，本期工程做出如下承诺：

（1）建设单位将进一步开展针对盐沉积影响分析的研究，确保冷却塔运行后可实现消除800μm以上飘滴，从而减轻本期工程盐沉积对周围环境的影响。

（2）建设单位将跟踪关注白海豚自然保护区、曹峰山自然保护区的整合优化及厂址附近声环境功能区调整情况，必要时考虑降噪工程措施的可行性。

（3）建设单位严格按照相关法规标准和环评报告要求，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。