

台山核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(选址阶段)

中广核台山第二核电有限公司

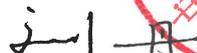
二〇二四年八月

台山核电厂 3、4 号机组

环境影响报告书

(选址阶段)

中广核台山第二核电有限公司

法定代表人：刘丹 

地址：广东省台山市赤溪镇铜鼓村委会核电生活区 6
号（台山核电现场总部办公楼）2 层 B222 房

邮政编码：529228



编制单位和编制人员情况表

项目编号	qokxtu		
建设项目名称	台山核电厂3、4号机组环境影响报告书（选址阶段）		
建设项目类别	55—167核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理设施；放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	台山核台山第二核电有限公司		
统一社会信用代码	91440781568217368K		
法定代表人（签章）	刘丹		
主要负责人（签字）	尚德宏		
直接负责的主管人员（签字）	陈锋		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	苏州热工研究院有限公司		
统一社会信用代码	913205084669547113		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐续	07353243506320629	BH 020263	徐续
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐天寒	6.2节	BH 062605	徐天寒
吴添凡	2.1~2.4节、2.6节	BH 068258	吴添凡
鲍昕杰	第七章	BH 011464	鲍昕杰
刘靛辉	2.5节、第五章、6.1节、6.3节	BH 036095	刘靛辉

蔺鹏	第四章	BH 058783	蔺鹏
邵贤明	第三章、第八章	BH 055874	邵贤明
徐续	第一章、第九章、第十章	BH 020263	徐续

目 录

第一章 概述	1
1.1 建设项目名称和建设性质	2
1.2 建设项目的规模和厂址总体规划	2
1.3 建设项目经费和环保设施投资	3
1.4 建设目的	4
1.5 建设项目的进度	6
1.6 环境影响报告书编制依据	6
1.7 评价标准	13
1.8 工程组成	16
1.9 环境保护措施	16
1.10 评价范围	16
第二章 厂址与环境	18
2.1 厂址地理位置	19
2.2 人口分布与饮食习惯	22
2.3 土地利用及资源概况	28
2.4 气象	59
2.5 水文	70
2.6 地形地貌	85
第三章 环境质量现状	87
3.1 辐射环境质量现状	88
3.2 非辐射环境质量现状	105
第四章 核电厂	118
4.1 厂区规划及平面布置	119
4.2 反应堆和蒸汽—电力系统	125

4.3	核电厂用水和散热系统	134
4.4	输电系统	138
4.5	专设安全设施	140
4.6	放射性废物管理系统和源项	153
4.7	非放射性废物处理系统	181
4.8	放射性物质厂内运输	186
第五章	核电厂施工建设过程的环境影响	189
5.1	土地利用	190
5.2	水的利用	197
5.3	施工影响控制	201
第六章	核电厂运行的环境影响	207
6.1	散热系统的环境影响	208
6.2	正常运行的辐射影响	231
6.3	其它环境影响	244
第七章	核电厂事故的环境影响和环境风险	250
7.1	核电厂放射性事故和后果评价	251
7.2	场内运输事故	257
7.3	其它事故	260
7.4	事故应急	266
第八章	流出物监测与环境监测	271
8.1	辐射监测	272
8.2	其它监测	279
8.3	监测设施	281
8.4	质量保证	284

第九章 利益代价分析	288
9.1 利益分析	289
9.2 代价分析	293
第十章 结论与承诺	296
10.1 核电厂建设项目	297
10.2 环境保护设施	297
10.3 放射性排放	298
10.4 辐射环境影响评价结论	298
10.5 非辐射环境影响评价结论	300
10.6 公众参与和调查结论	302
10.7 承诺	302

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

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称及其业主

本建设项目名称为台山核电厂 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，由中国广核集团有限公司 100%控股。

1.1.2 建设性质

台山核电厂 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。

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。

台山核电厂 3、4 号机组拟采用华龙一号技术融合方案，单台机组额定功率为 1200MWe。项目已列入国家《核电中长期发展规划（2023-2035 年）》、《“十四五”现代能源体系规划》、《广东省能源发展“十四五”规划》和广东省 2024 年重点建设前期预备项目计划。

台山二核公司委托中广核工程有限公司作为台山核电厂 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，负责本工程项目的初期咨询、总体设计、初步设计和主要的施工图设计，负责

组织和管理分包设计单位，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台山核电厂 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。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

台山核电厂 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，工程总投资约亿元人民币，注册资本金为工程建成价的%，以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

初步估算本项目环保投资额约为万元，约占总投资的%。

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 CO₂ 等温室气体，属于国家鼓励发展的清洁能源。在日益重视环境保护、全球气候变化的形势下，安全高效推进核电建设，是当前我国能源发展的一项重要战略方针。

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

2020 年 6 月 5 日，国家能源局发布的《2020 年能源工作指导意见》中提出：“坚

持清洁低碳战略方向不动摇，加快化石能源清洁高效利用，大力推动非化石能源发展，持续扩大清洁能源消费占比，推动能源绿色低碳转型。”、“安全发展核电，稳妥推进项目建设和核能综合利用等。”

2021年3月5日，十三届全国人大四次会议的《政府工作报告》中提出“推动煤炭清洁高效利用，大力发展能源，在确保安全的前提下积极有序发展核电。”

2021年3月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中提出“安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源消费总量占比提高至20%左右。”，还提出“积极有序推动沿海核电建设”、“核电装机容量达到7000万千瓦”。

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

碳达峰、碳中和已成为我国长期政策目标，在保证社会电力需求总量稳步增长的前提下，本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”。

2023年4月，国家能源局发布的《2023年能源工作指导意见》提出：“在确保安全的前提下，有序推动沿海核电项目核准建设”。

国家相关政策中关于积极安全有序发展核电的方针政策体现了核能对于我国当前阶段能源发展以及能源结构调整的重要性和紧迫性，同时核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

根据本工程进度计划，本工程 3 号机组按 2025 年 12 月核岛主体工程开工考虑，单台机组建设工期为 60 个月，本工程 3 号机组投产时间为 2030 年 12 月，4 号机组开工时间与 3 号机组间隔 12 个月，4 号机组投产时间为 2031 年 12 月。机组的设计寿期均为 60 年。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 区域发展规划和环境保护相关规划

《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”期间开工建设。《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”期间开工建设。

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《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《广东省近岸海域环境功能区划》，厂址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、二类区）、黄茅海工业排污混合功能区（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）。

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。

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 日起施行）；
- 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例》（2018 年 3 月 19 日修订）；
- 《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 2021 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）；
- 《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）；
- 《生态环境分区管控管理暂行规定》（自 2024 年 7 月 6 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》（GB6249-2011）；
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- 《核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

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

1.6.3 相关管理文件

- 电力规划设计总院，关于广东台山核电厂址规划容量复核论证报告的评审意见（电规发电〔2023〕450号）；
- 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）；
- 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）；
- 原广东省国土资源厅，关于台山核电项目建设用地是否压覆矿床的审查意见（粤国土资矿查〔2007〕045号）；

- 中国地震局关于台山核电厂3、4号机组抗震设防要求的批复（中震安评（2024）22号）；
- 江门市文化广电旅游体育局关于《台山核电二、三期项目用地文物考古调查、勘探报告》评估意见的复函（江文广旅体许字（2024）7号）；
- 中国民用航空中南地区空中交通管理局，关于商请确认台山核电二期项目厂址区域上空民用航线位置及距厂址平面距离的复函（民航中南空局函（2024）31号）；
- 广东台山核电3、4号机组项目前期工作座谈会议纪要（国能综纪核电（2024）2号）；
- 江门市生态环境局，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（2024年7月19日）；
- 江门市生态环境局，关于原则同意调整台山核电项目周边相关生态环境功能区的复函（2024年8月22日）；
- 广东省人民政府关于商请支持受理台山核电3、4号机组项目选址环评报告的函（粤府函（2024）180号）；
- 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说明的函（江自然资函（2024）1315号）；
- 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（江自然资函（2024）1313号）；
- 中共江门市委机构编制委员会办公室关于明确4家省级自然保护区管理处有关机构编制划转事项的函（江机编办（2024）69号）。

上述相关文件详见附录 A。

1.6.4 相关技术文件

- 台山核电厂3、4号机组液态流出物数值模拟成果报告，南京水利科学研究院，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 2023 年度环境监测报告，台山核电合营有限公司，2024.3；
 - 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 2023 年度数据分析报告，苏州热工研究院有限公司，2024.3；
 - 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 辐射环境影响评价标准

(1) 运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量约束值和排放控制值

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

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。台山核电厂一期工程的剂量约束值为 0.12mSv/a，因此，本次环境影响评价确定 3、4 号两台机组向环境释放的放射性流出物对公众所造成的剂量约束值不超过 0.06mSv/a。

台山核电厂 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》（GB6249-2011）中对于 3000MW 热功率的轻水反应堆设计控制值，则单堆排放量控制值如下：

气载放射性流出物：

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

液态放射性流出物：

- 氚： 7.5×10^{13} Bq/a；

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

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的 6.4 款规定，对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在上述单堆排放量控制值的 4 倍以内。

此外，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011），滨海核动力厂的槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其它放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L 。本工程核岛废液排放系统的设计排放限值为 900Bq/L ，常规岛废液排放系统的设计排放限值为 600Bq/L ，满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求。

（2）事故工况下的剂量限值

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）5.9 款规定，在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv ；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv 。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 $2 \times 10^4 \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

（3）海水中的放射性核素浓度指标

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

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

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

建设单位向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：

一 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

厂址区域海水水质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。

一 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。

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。本项目新增的 220kV 和厂外 500kV 输变电工程单独立项、单独环评。

1.9 环境保护措施

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

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 1℃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评价的范围为：厂内开关站界外 50m；厂址范围内涉及的输电线路边导线地面投影外两侧各 50m（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。

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布与饮食习惯

2.3 土地利用及资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地形地貌

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

图

图 2.1-1 台山核电厂地理位置示意图

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。台山核电厂 3 号反应堆中心地理位置坐标为东经 112°58'，北纬 21°54'。图 2.1-1 给出了台山核电厂的地理位置示意图。

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，工程征地面积约为 66.35hm²、施工区面积约 88.19hm²。本工程非居住区暂定为以 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，考虑选址假想事故的影响，非居住区边界半径设为 500m 可以满足 GB 6249-2011 对非居住区边界选址假想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 6249-2011）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”。

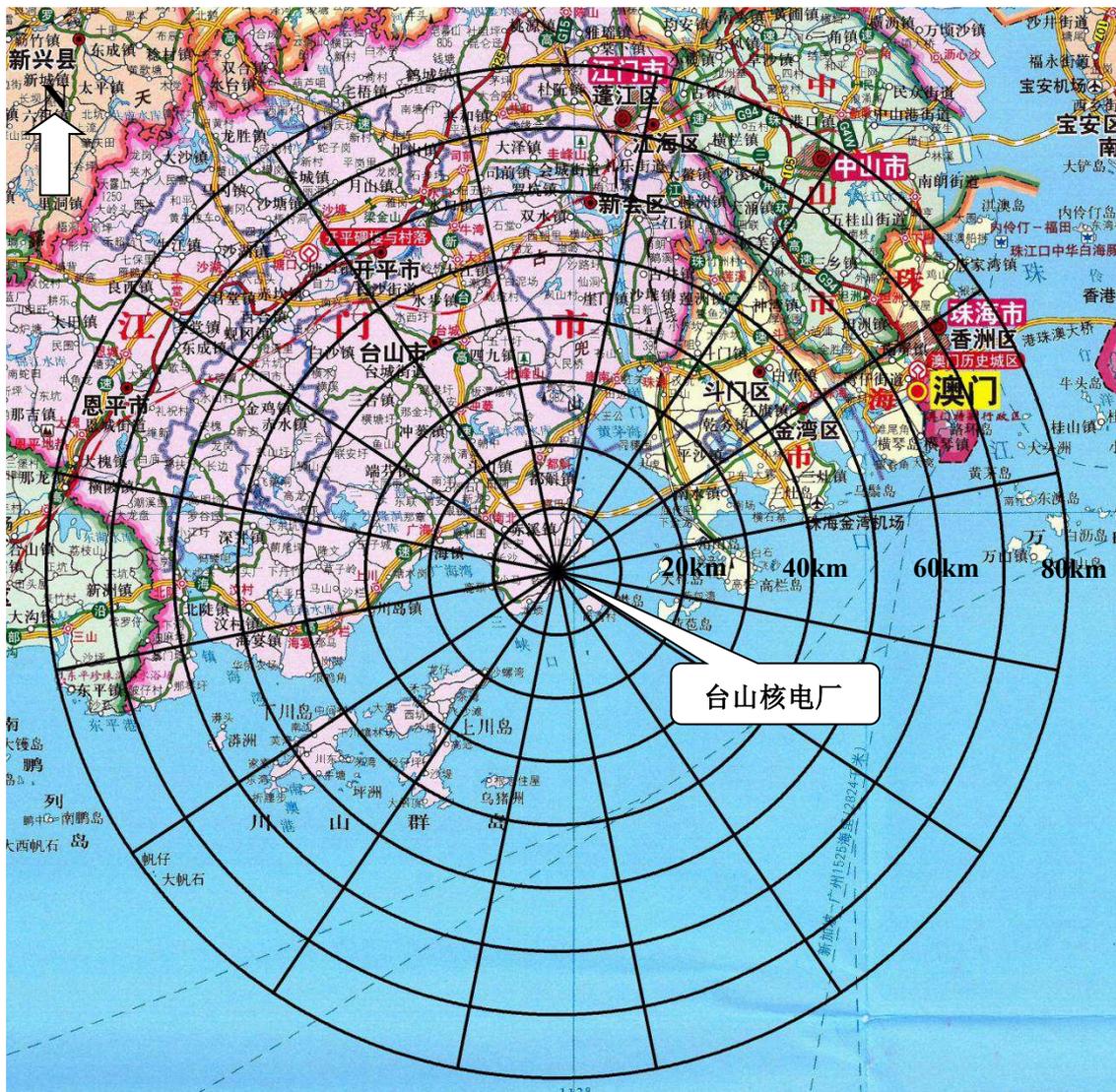


图 2.1-1 台山核电站地理位置示意图

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.2 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/km²。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 范围内不存在 1 万人以上的乡镇。

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

本项目厂址半径 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/km²。

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。一般行政村有卫生所，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。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。

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

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/km²，低于台山市同期（2022 年）平均人口密度 271 人/km²。

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。

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。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/km²，陆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/km²，高于广东省同期（2022 年）平均人口密度 704 人/km²，高于江门市同期（2022 年）的平均人口密度 423 人/km²，高于台山市同期（2022 年）的平均人口密度 271 人/km²。

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：

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

式中： $N_{\text{预测年}}$ —预测年份的人口数；

$N_{2022\text{年}}$ —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是相对保守的。

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）的年龄构成。

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

根据从台山核电厂半径 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，各地居民的饮食习惯差别不大，当地居民主食以大米为主，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。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的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”113 份，其中成人组 60 份，青少年组 20 份，儿童组 26 份，婴儿组 7 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。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、交通和其他设施

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 3308.24km²，其中建成区面积 32.68km²，总耕地面积 603.43km²，实际耕地面积 480.59km²（其中，水田 447.60km²、旱地 22.88km²、水浇地 10.11km²），林业用地面积 1561.40km²。

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 472.95km²，其中永久基本农田保护面积不低于 433.60km²；陆域生态保护红线不低于 516.53km²；城镇开发边界面积控制在 121.04km² 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，占总土地总面积的 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：

- 一 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（陆域）；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和江门台山曹峰山地方级自然保护区（海域）。

- 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 78.01km²，属于亚热带季风常绿阔叶林生态系统。该自然保护区最近距离厂址西北方位约 200m。
- 江门中华白海豚地方级自然保护区面积为 107.7117km²。该自然保护区最近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（海域）面积为 0.2469km²，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。

根据“三区三线”分布情况，本工程 3、4 号机组陆域局部区域暂不能被国土空间规划中的城镇开发边界所包络。目前建设单位正在办理相关用地手续。

（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》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 2675.20km²，占比为 28.14%，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 3849.03km²，占比为 40.48%，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 2983.32km²，占比为 31.38%，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、新会东部、台山中部和恩平南部。

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 1134.71km²，占海域总面积的 23.26%，为海洋生态保护红线；重点管控单元 10 个，总面积 501.48km²，占海域总面积的 10.28%，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 3226.82km²，占海域总面积的 66.46%，为优先保护单元、重点管控单元以外的海域。

根据《江门市“三线一单”生态环境分区管控方案》，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-劣四类海域（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-劣四类海域（HY44070020003），属重点管控单元。

（4）近岸海域环境功能区划

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）、

黄茅海工业排污混合功能区（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）。

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 375.55km²，总库容 59785 万 m³，兴利库容 37878 万 m³，有效灌溉面积 42.01 万亩，设计调节水量 32626 万 m³。现有小（1）型水库 58 宗，集雨面积 286.5km²，总库容 20569 万 m³，兴利库容 12209 万 m³，设计调节水量 15536 万 m³；小（2）型水库 140 宗，集雨面积 130.7km²，总库容 5625.15 万 m³，兴利库容 3563.47 万 m³，设计调节水量 4414 万 m³。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 340.8km²，设计引水流量 3.73m³/s，自流灌溉面积 5.2 万亩，设计年供水量 1382 万 m³。现有提水工程 128 宗，设计提水流量 28.5m³/s，灌溉面积 9.16 万亩，设计年供水量 7876 万 m³。

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。

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。

厂址附近有台山市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 94.59km²，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。自然保护区内有許多珍稀动植物，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，《濒危野生动植物种国际贸易公约》附录 II 物种 1 种。

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 107.477km²，其中核心区 42.358km²、缓冲区 25.801km²、实验区 39.318km²。保护区边缘距厂址约 6km。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（2022-2035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107.7117km²、整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区面积为78.0139km²。

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。台山核电厂厂址半径 10km 范围内无大片农场、牧场，也无奶牛场和奶羊场。

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，如冲葵“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粱顶石场，位于台山市赤溪镇长安村罗卜坑高粱顶，出让总储量7601.36万m³，其中建筑用花岗岩4493.2万m³，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m³，其中建筑用花岗岩18235.72万m³，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21.77km²，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粱顶石场和中电建（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 0.55km², 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 1.48km², 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 6 月), 厂址半径 10km 范围生态环境状况优, 植被覆盖度高、生物多样性丰富, 生态系统稳定。本节给出了厂址半径 10km 范围内的陆生生态环境状况。

2.3.2.4.1 植被特点

(1) 区域植被类型

调查范围内有 2 个植被型组, 7 个植被型、8 个植被亚型、21 个群系和 22 个群丛。

1) 常绿针叶林

包括马尾松林群系马尾松-大头茶+岗松-芒萁群丛, 区域内主要分布在中海拔段的山腰和小山脊区域。

2) 针阔叶混交林

包括马尾松+大头茶林。

3) 常绿阔叶林

包括大头茶林、粘木+大头茶林、白楸林群系和潺槁木姜子林群系。

4) 季雨林

包括岭南山竹子林。

5) 红树林

包括无瓣海桑林和黄槿林。

6) 常绿阔叶灌丛

包括岗松灌丛, 主要分布在山坡山脊线区域的较干旱地段, 多为砂质土壤, 偶尔

在山谷的砂石滩有零散分布。

7) 肉质刺灌丛

包括露兜树灌丛，主要分布在沿海沙石滩上，群落整体比较低矮。

8) 区域植物关键种、建群种、优势种、特有种及优势种

— 关键种：就区域实际而言，陆地主要生态系统经近自然地演替，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、海芒果。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。

9) 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。如近村庄的丘陵缓坡地以各种木本经济林（园）、果园、竹林和坡地旱地作物群落为主。灌丛、草丛也多

为人类破坏后所形成的次生类型；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 级有种，为纤花冬青，VU 级有 2 种为，土沉香和四药门花。

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。

（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）。

（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、环颈鸪、灰鸪、北红尾鹟等，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鹟、黄腰柳莺和树鹛。

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。

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鳘鱼、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、马鲛、黑鲟、白鲟、鲨鱼、海鳗（门鳢）、海鲶（赤鱼）、鳀鱼；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、藻类有鲷鱼（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）、白蚶、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 7.03 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.79 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.91 $\mu\text{g/L}$ （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 4.43 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 0.98 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.60 $\mu\text{g/L}$ （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 9.29 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 1.67 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 3.40 $\mu\text{g/L}$ （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 3.27 $\mu\text{g/L}$ ，最小值为 1.57 $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 2.15 $\mu\text{g/L}$ （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。

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 815.93 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为 9.65 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 286.08 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ （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 794.02 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，最小值为 50.55 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 283.03 $\text{mgC/m}^2\cdot\text{d}$ （n=16）最大值出现在 1 号站，最小值出现在 11 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%。

（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 $(4.55-2481.09) \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。细胞数量最大值出现在 05 号站 $2481.09 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，最小在 24 号站 $4.55 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，浮游植物细胞数量平均为 $353.05 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。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 $(0.34-397.32) \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。细胞数量最大值出现在 07 号站 $397.32 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，最小在 24 号站 $0.34 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，浮游植物细胞数量平均为 $65.47 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。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。

（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 (*Nocutiluca 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。

（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。

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。

（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./m³，各站位数量波动范围在（22~2343）ind./m³ 之间，II 型网浮游动物平均数量为 20584ind./m³，各站位数量波动范围在（275~78444）ind./m³ 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./m³，各站位数量波动范围在 50~2059ind./m³ 之间，II 型网中、小型浮游动物数量平均为 10477ind./m³，各站位数量波动范围在 340~41465ind./m³ 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。

（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*)、筒长腹剑水蚤 (*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 (*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。

(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。

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%；蠕虫动物 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%。

（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/m²，其中螠虫动物最高为 16.20g/m²，占 39.50%；其次是软体动物为 15.49g/m²，占 37.76%；节肢动物为 3.46g/m²，占 8.44%；环节动物为 2.92g/m²，占 7.12%；刺胞动物为 2.05g/m²，占 5.00%；棘皮动物为 0.78g/m²，占 1.89%；纽形动物为 0.06g/m²，占 0.14%；脊索动物为 0.06g/m²，占 0.14%；星虫动物为 0.01g/m²，占 0.02%。站位平均密度为 102.81ind./m²，其中环节动物最高，为 45.00ind./m²，占 43.77%；软体动物为 23.13ind./m²，占 22.49%；螠虫动物为 18.13ind./m²，占 17.63%；节肢动物为 7.19ind./m²，占 6.99%；棘皮动物为 5.00ind./m²，占 4.86%；纽形动物为 2.19ind./m²，占 2.13%；刺胞动物为 0.94ind./m²，占 0.91%；脊索动物为 0.63ind./m²，占 0.61%；星虫动物为 0.63ind./m²，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/m²，其中螠虫动物最高为 52.89g/m²，占 53.49%；其次是软体动物为 37.21g/m²，占 37.63%；刺胞动物为 2.86g/m²，占 2.89%；环节动物为 2.46g/m²，占 2.48%；棘皮动物为 1.53g/m²，占 1.55%；节肢动物为 1.31g/m²，占 1.32%；脊索动物为 0.47g/m²，占 0.47%；纽形动物为 0.14g/m²，占 0.15%；星虫动物为 0.03g/m²，占 0.03%。站位平均密度为 171.88ind./m²，其中软体动物最高，为 51.25ind./m²，占 29.82%；环节动物为 48.75ind./m²，占 28.36%；螠虫动物为 43.75ind./m²，占 25.45%；刺胞动物为 10.00ind./m²，占 5.82%；棘皮动物为 8.13ind./m²，占 4.73%；节肢动物为 6.25ind./m²，占 3.64%；纽形动物为 2.50ind./m²，占 1.45%；脊索动物为 0.63ind./m²，占 0.36%；星虫动物为 0.63ind./m²，占 0.36%。密度优势种为短吻铲荚螠（*Listriolobus brevirostris*）和奇异稚齿虫（*Paraprionospio pinnata*）。

（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，潮间带生物的生物多样性极差。

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%。

（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./m² 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./m²，密度优势种为圆球股窗蟹（*Scopimera globosa*）、黑莽麦蛤（*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/m² 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/m²。

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./m² 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./m²。潮间带大型底栖生物总生物量在 0.08~251.89g/m² 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/m²。

（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。

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，鲾形目鉴定出 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。

（2）密度分布及优势种

冬季调查海域鱼卵密度均值为 1.67ind./m³ (0ind./m³-7.14ind./m³)，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./m³ (0ind./m³-2.94ind./m³)，4 号站位密度最高，为 2.94ind./m³，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./m³，仔稚鱼平均密度为 0.04ind./m³；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鲷。

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%。

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 $73.38\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $13.18 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 $31.11\text{kg}/\text{km}^2$ ；虾类 $14.73\text{kg}/\text{km}^2$ ；蟹类 $25.39\text{kg}/\text{km}^2$ ；头足类 $2.15\text{kg}/\text{km}^2$ ；鱼类资源尾数密度均值为 $4.45 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；虾类为 $4.33 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；蟹类为 $3.87 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；头足类为 $0.53 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。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 $318.94\text{kg}/\text{km}^2$ 和 $39.81 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。鱼类资源重量密度均值为 $52.07\text{kg}/\text{km}^2$ ；虾类 $193.66\text{kg}/\text{km}^2$ ；蟹类 $72.68\text{kg}/\text{km}^2$ ；头足类 $0.53\text{kg}/\text{km}^2$ ；鱼类资源尾数密度均值为 $4.56 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；虾类为 $25.68 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；蟹类为 $9.45 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ ；头足类为 $0.12 \times 10^3 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。秋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，分别为鹿斑斜口鲷、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、线纹鳗鲶、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、直额螯、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、疾进螯；IRI 值在 100-500 之间的蟹类常见种共有 3 种，分别为锈斑螯、变态螯、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、中华海鲢、横带银口天竺鲷、多鳞鱧、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、日本螯、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。

（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，调查水域渔业资源资源密度分布状况较好，但资源量相对不高。

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 1.92×10^4 cells/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 1.58×10^3 cells/L。各站位浮游植物种类为平均约为 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。

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鲢、斑鲢、黄鲫、凤鲚、龙头鱼、竹荚鱼、带鱼、银鲳、刺鲳等：

一 分布于中上层的鱼类有花鲢、斑鲢、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矽藻。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、锈斑螯、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 $112^{\circ}59'30''\sim 113^{\circ}04'02''$ ，北纬 $21^{\circ}46'00''\sim 21^{\circ}53'33''$ 。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鲷鱼类、鳊鱼类、鲚鱼类、叫姑鱼类、绫鲛类、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。

2.3.4 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的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 m³LNG 储罐及相应卸料、储存、外输等系统；配套一座 26.6 万 m³LNG 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“侨乡晒都—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。项目于 2020 年 6 月开工，计划于 2024 年建成通车。
- 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，终点位于国华台电转盘，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大件码头的路段，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^3 LNG 接卸泊位，1 个最大满足 17.7 万 m^3 LNG 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 7.86×10^{-10} ，远小于筛选概率水平。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 160m³；
- 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 110m³；
- 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 60m³；
- 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 120m³。

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 3600m³ 和液氨 162t。

厂址西北面的赤溪镇黄茅海跨海通道 T7 合同段爆破工程隧道、路基与桩基爆破

工程,有一个临时小型民用爆炸物品储存库,位于台山市赤溪镇狮山村,距离厂址 NNW 方位约 11.6km。最大储存量雷管 20000 发,炸药 4.8t。一次最大运输量根据运输车辆要求,储存不超过核定储存量。

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 30m³ 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 处的上川岛漆水湾獭山山顶，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

根据上川气象站累年各月相对湿度统计结果，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

上川气象站累年各月及年平均蒸发量大小与区域内温、湿、风力、日照、气压等有关，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

根据上川气象站累年各月平均日照时数，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。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看出，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%

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 飏线

飏线在厂址区域内比较常见，年均发生可达近100次。飏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%。飏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。

飏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 小时的飏线。历史上持续时间最长的飏线于 1955 年 2 月 19 日出现在西北部的连县，当日的飏线从早上 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，长时间的飏线都出现在 50 年代，60 年代尚有一些超过 30 分钟的飏线，70~90 年代飏线持续时间均较短。

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 2023 年 1 月~2023 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 98.5%。

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 23.6℃；7 月的月平均气温最高，达到 29.1℃；1 月的月平均气温最低，为 15.9℃；极端气温最高值为 37.3℃，出现在 5 月；极端气温最低值为 6.7℃，出现在 12 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 1013.9hPa，出现在 12

月；最低月平均气压为 998.1hPa，出现在 8 月。极端最高气压为 1025.2hPa，出现在 12 月，极端最低气压为 978.4hPa，出现在 9 月。

（3）相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 86%。最低月平均相对湿度出现在 1 月，为 67%。极端最低相对湿度为 14%，出现在 1 月。

（4）降雨量

厂址地区年降雨量为 2671.5mm，降雨时数为 860 小时。9 月份降雨量最大，为 708.6mm，12 月降雨量最小，为 2.8mm。

2.4.3.2 厂址气象塔观测结果

（1）温度

根据厂址气象塔各层逐月温度统计结果，厂址气象塔 10m、30m、80m、100m 高度年平均气温分别为 23.4℃、23.4℃、23℃、22.8℃。

观测期间厂址各高度均为 7 月平均气温最高，分别为：29℃（10m）、29℃（30m）、28.6℃（80m）、28.4℃（100m）。1 月份平均气温最低，分别为：15.6℃（10m）、15.5℃（30m）、15.2℃（80m）、15℃（100m）。10m、30m、80m、100m 四个高度极端最高气温均出现在 7 月，分别为 10m：35.6℃，30m：35.1℃，80m：34.4℃，100m：34.4℃；极端最低气温均出现在 12 月，分别为 10m：6.4℃、30m：6.2℃，80m：6℃，100m：5.6℃。

（2）风向

根据厂址气象塔 10m、30m、80m 和 100m 四层全年和各季的风频，10m、30m、80m 和 100m 四个高度的年平均风向玫瑰图，10m 高度降水期风向玫瑰图。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 ENE（18.1%），次主导风向为 NE（17.0%），全年静风频率为 0.1%；
- 气象塔 30m 高度主导风向为 ENE（16.1%），次主导风向为 NE（13.8%），全年静风频率为 0.5%；
- 气象塔 80m 高度主导风向为 NNE（15.9%），次主导风向为 NE（13.7%），

全年静风频率为 0.3%；

- 气象塔 100m 高度主导风向为 NNE（16.2%），次主导风向为 N（13.8%），全年静风频率为 0.3%。

（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 3.2m/s、最大风速 28.3m/s；
- 30m 高度平均风速 3.9m/s、最大风速 31.7m/s；
- 80m 高度平均风速 4.3m/s、最大风速 32.6m/s；
- 100m 高度平均风速 4.5m/s、最大风速 33.3m/s。

风速随高度变化总的趋势是低层平均风速小于高层平均风速。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 1 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的更全面。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，全面的分析了厂址地区的大气稳定度状况，适用性相对较好。

根据 2023 年 1 月~2023 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: 1.4%；B: 10.6%；C: 13.1%；D: 66.0%；E: 0.7%；F: 8.3%。

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 $V < 0.5\text{m/s}$ 按静风处理，作为第一级风速， $0.5\sim 1.9\text{m/s}$ 为第二级风速， $2.0\sim 2.9\text{m/s}$ 为第三级风速， $3.0\sim 4.9\text{m/s}$ 为第四级风速， $5.0\sim 5.9\text{m/s}$ 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。

利用 2023 年 1 月至 2023 年 12 月一整年气象资料按照温度梯度—风速法统计得到的风向、风速、稳定性和降水的联合频率分布。

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。

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 300~1000m 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 consistency,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。

根据实测湍流度,采用 Draxler 方案估算了厂址地区湍流扩散参数。

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。

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。

系统设备数据远距离网络传输的功能，可定时向远程控制终端发送所有的气象观测数据。

- 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 含水层及其特征
 - 2.5.2.2 水文地质条件
 - 2.5.2.3 地下水的补给与排泄
 - 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

表

表2.5-1 台山市流域面积100km²以上河流主要概况表

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100km²以上的河流共10条，见表2.5-1。其中，流域面积在600km²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6026km²，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956km²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709km²，其中台山市占678.7km²。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684km²，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。

此外，距厂址最近的斗山河、大同河与镇口河三条河在厂址西北约18km处汇聚成三夹海后汇入广海湾。

厂址半径15km范围内共有6座水库，有中型水库2座，为猪鬃潭水库和新松水库，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NW方向约5km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m³。

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用水量106.9万m³，运行期淡水年用水量为119.9万m³。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m³，新松水库年供水量413.3万m³，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间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13.5cm/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。

2.5.1.2.3 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。

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：

夏季全潮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：

冬季全潮观测期间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。

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：

夏季全潮观测，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 $2.89\Phi\sim 7.46\Phi$ 之间，中潮期间悬沙中值粒径在 $4.96\Phi\sim 7.87\Phi$ 之间，小潮期间悬沙中值粒径在 $4.92\Phi\sim 7.45\Phi$ 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。

冬季全潮观测，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 $5.15\Phi\sim 6.91\Phi$ 之间，中潮期间悬沙中值粒径在 $4.84\Phi\sim 7.18\Phi$ 之间，小潮期间悬沙中值粒径在 $4.44\Phi\sim 7.48\Phi$ 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

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100~500m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，腰鼓湾—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200~400m之间；排水明渠—大襟岛之间的工程区0m等深线向外淤涨约200~300m，-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50~600m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100~500m之间；-6~-7m等深线推进距离较大，多在600~1100m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I₁、I₂、I₃和II₁、II₂、II₃六个亚水文地质单元。

亚水文地质单元区I₁：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I₂：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I₃：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II₁：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II₂：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II₃：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I₁和I₂以及I₃水文地质单元之间，主厂区所在的水文地质单元II₁和II₂以及II₃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，最终均汇入黄海，相互之间互不影响，无水力联系。

2.5.2.2 含水层及其特征

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：

1) 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。

2) 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。

3) 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 $3.89 \times 10^{-3} \sim 5.53 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，第四系残坡积层为中等透水~强透水，其渗透系数为 $5.64 \times 10^{-3} \sim 4.00 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 。

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：

1) 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。

2) 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 $9.70 \times 10^{-6} \sim 1.38 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，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 $2.69 \times 10^{-6} \sim 3.51 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。在厂区范围内布置的水文孔内测得该层地下水水位埋深 $0.8\text{m} \sim 6.00\text{m}$ ，水位标高 $8.45\text{m} \sim 23.19\text{m}$ 。

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。

2.5.2.3 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，无工业用水，地下水主要用于农田灌溉及少部分居民生活。

台山核电厂不使用地下水资源。

2.5.2.5 厂区场地平整对地下水的影响

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

2.5.3 洪水

根据《滨海核电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。

表2.5-1 台山市流域面积100km²以上河流主要概况表

水 系	河 名	流域面积 (km ²)	多年平均流量 (m ³ /s)	干流长度 (km)	平均坡降 (‰)
珠三角	潭江	956/6026	—	19/248	0.45
珠三角	新昌水	575.4/576	14.77	52	1.81
珠三角	五十水	101	3.83	20	—
珠三角	三合水	110	4.50	22	0.1
珠三角	公益水	136	5.02	28	0.68
珠三角	白沙水	145.2/383	5.97	12/49	0.77
粤西诸河	大隆洞河	678.7/709	24.97	60	0.8
粤西诸河	斗山河	209.1	9.27	33.9	1.17
粤西诸河	那扶河	569.1/684	10.51	52.0	0.39
粤西诸河	深井河	148.2/225.9	7.40	35.5	1.07

注：在流域面积和干流长度两栏中，分母数字为流域总面积或总河长，分子数字为台山市所占面积或河长。

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。

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

台山核电厂根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的要求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，根据 GB 6249-2011 要求，结合 HJ 61-2021 以及台山核电周边环境条件变化情况，对部分样品取样点位、频次及监测项目进行了适当优化调整。

本节依据台山核电厂 2023 年的环境监测结果对辐射环境质量现状进行描述和评价。监测期间，台山核电厂 1、2 号机组正常运行。

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，以厂址中心点位置为中心，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），连续监测。原野瞬时 γ 剂量率和道路瞬时 γ 剂量率季度监测，分别设置 43 个和 46 个监测点位。

（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，共设置 43 个监测点。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 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 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 ^3H 、 ^{14}C 和沉降灰采样。 ^3H 、 ^{14}C 监测频次为每季度 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）。

AS2 站点功能包含大流量气溶胶采样，每月开展 γ 谱分析， γ 放射性核素为 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^7Be 和 γ 谱分析结果高于探测限的其它人工核素。

（4）土壤和沉积物

土壤放射性核素含量的监测点选取以厂址为中心，半径 10km 以内，尽量兼顾 8 个方位；设置在无水土流失的山地及田间，兼顾农田、山地等不同类型的土壤；主导

风向下风向、可能的关键居民组设置采样点。共设置 8 个点位，包括黄茅田、曹冲村、下村、猪鬃潭水库、赤溪镇、客家山庄、龙颈村、崖南镇（对照点）。监测项目为 γ 谱核素和 ^{90}Sr ，其中 γ 谱分析核素为天然核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 和人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 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、松仔坑水库（对照点）。监测项目为 γ 谱核素和 ^{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。

（5）雨水

雨水样品中 γ 谱分析的核素为天然核素 ^{40}K 和人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ，以及在 γ 谱分析中高于探测限的其它人工核素。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，每年选取 6 个降水期，监测项目为总 β （总 β 偏高时开展 γ 谱分析）、 ^3H 。

（6）地表水

地表水样品中 γ 谱分析的核素为天然核素 ^{40}K 和人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ，以及在 γ 谱分析中高于探测限的其它人工核素。设置 4 个采样点：台电大坑水库、猪鬃潭水库、新松水库、崖南镇（对照点），监测项目包括： γ 谱核素、总 β 、 ^3H 、 ^{14}C ，监测频次为半年 1 次。

（7）饮用水

饮用水样品中 γ 谱分析的核素为天然核素 ^{40}K 和人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ，以及在 γ 谱分析中高于探测限的其它人工核素。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 、 ^3H 。

（8）地下水

地下水样品中 γ 谱分析的核素为天然核素 ^{40}K 和人工核素 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ，以及在 γ 谱分析中高于探测限的其它人工核素。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）、 ^3H ，每半年对 1#、2#井水样开展 γ 谱分析，每年对 3#、4#、5#井水样开展 γ 谱分析。

（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 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 和 γ 谱分析结果高于探测限的其它人工核素。

荔枝、萝卜、鸡的监测设置 2 个采样点位：曹冲村、龙颈村，监测频次为每年 1 次，监测项目为 γ 谱核素。

叶菜、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。

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 。

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、崖南镇（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 ^3H 。

（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，在 H1、H3、H4、H6、H7、H8 设置潮下带监测点位。监测频次为每年 1 次，海洋沉积物监测项目为 γ 谱核素、 ^{90}Sr 。

（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、 ^{14}C ，指示生物额外监测 ^{90}Sr ，其中 γ 放射性核素为 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 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

本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，仅有台山核电合营公司台山市赤溪镇台山核电厂现场使用 ^{60}Co 一枚，活度为 $3.7\text{E}+12$ ，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

陆地 γ 辐射剂量率调查范围为厂址半径 20km 区域，以厂址中心点位置为中心，包括固定点陆地 γ 辐射剂量率、原野 γ 辐射剂量率和道路 γ 辐射剂量率。

2023 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测量结果为 $(0.112\sim 0.210)\mu\text{Gy/h}$ 。

2023 年每个季度在布放 TLD 进行环境 γ 累积剂量监测的同时，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，监测点位 43 个。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 $(0.056\sim 0.208)\mu\text{Gy/h}$ ，均值范围为 $(0.070\sim 0.199)\mu\text{Gy/h}$ 。

2023 年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，巡测点位 46 个。道路瞬时 γ 剂量率扣除宇宙响应的测值范围为 $(0.064\sim 0.199)\mu\text{Gy/h}$ ，均值范围为 $(0.072\sim 0.193)\mu\text{Gy/h}$ 。

（2）环境 γ 累积剂量

本次调查采用 TLD 对厂址周围 20km 范围内的 γ 辐射剂量进行监测，监测频次为每季度一次，在同一点位布设下一季度的样品时，回收上个季度的样品。累积剂量片共布设了 43 个点位，四个季度共有 5 片 TLD 片丢失，TLD 布样回收率为 97.1%。2023

年 TLD 片未扣除宇响值的测量范围为（93~269）nGy/h。

（3）气溶胶中放射性核素分析

2023 年每日对 KRS 系统监测子站采集的样品（D+1 样品）和衰变 5 天后的样品（D+6 样品）进行总 α 、总 β 分析，并计算总 α/β 比。总 α 和总 β 的放射性水平分别为（0.031~0.732）mBq/m³和（0.163~5.40）mBq/m³。总 α 与总 β 比值统计情况显示，2023 年气溶胶样品（D+1）总 α/β 比值在 0.32 到 0.52 范围内波动。

2023 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 ⁷Be、⁴⁰K 和 ²¹⁰Pb，⁷Be 的含量范围为（1.36~7.66）mBq/m³，⁴⁰K 的含量范围为（0.662~2.68）mBq/m³，²¹⁰Pb 的含量范围为（<5.66E-02~2.07）Bq/m³。人工放射性核素 ⁵⁴Mn、⁵⁸Co、⁶⁰Co、¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、¹³¹I 的分析结果均小于探测下限。此外每月对 AS2 开展大体积气溶胶取样，进行 γ 谱分析。

（4）空气中碘、³H、¹⁴C 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，2023 年共采集 156 个样品。所有样品中 ¹³¹I 和 ¹³³I 放射性比活度均低于 γ 谱分析方法探测下限。

2023 年按照季度频率对空气中的 ³H、¹⁴C 进行取样分析。空气中 ³H 所有测量结果均小于探测下限。空气中 ¹⁴C 含量为（0.039~0.086）Bq/m³，空气所含碳中 ¹⁴C 的含量为（0.186~0.251）Bq/g 碳。

2023 年共采集 8 个沉降灰样品，对各站沉降灰样品进行总 β 分析，总 β 放射性水平为（6.44~21.7）Bq/（月·m²）。

（5）土壤、地表水沉积物中放射性核素分析

2023 年土壤采集点共 8 个：黄茅田、曹冲村、下村、猪鬃潭水库、赤溪镇、客家山庄、龙颈村、崖南镇（对照点），共采集 8 个样品。地表水沉积物采集点共 3 个：台电大坑水库、新松水库、松仔坑水库（对照点），共采集 3 个样品。

土壤监测点位中天然核素 ⁴⁰K、²²⁶Ra、²³²Th、²³⁸U 测量结果范围分别为（536~1185）Bq/kg、（42.6~224）Bq/kg、（58.9~329）Bq/kg、（<56.5~231）Bq/kg；人工核素 ¹³⁷Cs 测量结果范围为（<1.26~3.06）Bq/kg，其余人工核素 γ 谱分析结果均低于探测限。

地表水沉积物监测点位中天然核素 ⁴⁰K、²²⁶Ra、²³²Th、²³⁸U 测量结果范围分别为（496~998）Bq/kg、（133~288）Bq/kg、（216~451）Bq/kg、（134~245）Bq/kg，人工核素 ¹³⁷Cs 测量结果范围为（<1.58~3.16）Bq/kg，其余人工核素 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（0.084~0.267）Bq/kg，地表水沉积物 ^{90}Sr 分析结果范围为（0.256~0.314）Bq/kg。

（6）淡水中放射性核素分析

2023 年共采集 AS1、AS2、AS3 三个站点 18 个雨水样品，所有样品的 ^3H 比活度均小于方法探测下限。雨水总 β 测值范围为（0.009~0.120）Bq/L。

2023 年共采集新松水库、台电大坑水库、猪鬃潭水库、崖南松仔坑/大旺水库 8 个地表水样品，所有样品 ^3H 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（0.060~0.107）Bq/L。对 4 个点位地表水进行 ^{14}C 测量，监测点位的 ^{14}C 测量结果范围（0.64~0.90）mBq/L（（0.20~0.26）Bq/g_碳）。地表水中人工放射性核素 γ 谱分析结果均小于探测下限， ^{40}K 测量结果范围为（<20.13~261）mBq/L， ^{226}Ra 测量结果范围为（<2.50~27）mBq/L， ^{232}Th 测量结果范围为（<1.98~14.9）mBq/L。

2023 年共采集核电生活区、曹冲村、龙颈村 6 个样品，所有样品 ^3H 比活度均小于方法探测下限，饮用水总 β 测量结果范围为（0.044~0.085）Bq/L。 ^{40}K 测量结果范围为（<20.0~97.6）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。

2023 年共采集厂内 1#、2#、3#、4#及厂外 5#监测井地下水共 67 个样品，厂区地下水 ^3H 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（0.28~2.73）Bq/L。对地下水半年样和年度样进行 γ 谱分析，分析结果显示，天然核素 ^{232}Th 、 ^{40}K 的测量结果分别为（<2.31~33.4）mBq/L、（108~2574）mBq/L，其他核素放射性含量均小于探测下限。

（7）陆生生物中放射性核素分析

2023 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 ^7Be 和人工核素 ^{137}Cs ，未发现 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。 ^{137}Cs 、 ^7Be 监测结果分别为（<0.01~0.063）Bq/kg_鲜、（<0.09~32.5）Bq/kg_鲜。

2023 年除了对上述陆生动植物进行 γ 谱分析外，还对松针、稻米等样品进行了 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚的分析。陆生生物样品中有机氚测量结果均小于探测限， ^{90}Sr 、 ^{14}C 监测结

果分别为（0.026~0.166）Bq/kg_鲜、（38~93）Bq/kg_鲜（（0.20~0.28）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）³H

2023年每两个月对H1~H10的海水取样进行³H含量分析，共60个样品中有8个样品³H含量大于探测下限，含量范围为（1.43~17.1）Bq/L，其他所有监测结果均小于探测下限。

（2）¹⁴C、⁹⁰Sr、去K总β

2023年对取水口和排放渠海水样进行¹⁴C、⁹⁰Sr、去钾总β分析，测量结果范围分别为（5.3~6.6）mBq/L（（0.20~0.26）Bq/g_碳）、（0.36~0.64）mBq/L、（40.9~80.8）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¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、⁵⁴Mn、^{110m}Ag、¹⁰⁶Ru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

2023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、H3、H4、H6、H7、H8取样点潮下带进行取样，共采集样品10个，所有样品均进行γ谱分析。结果显示，2023年部分海域沉积物样品中监测到微量的¹³⁷Cs和⁴⁰K、²²⁶Ra、²³²Th、²³⁸U等天然核素，¹³⁷Cs的测量范围为（<1.43~1.73）Bq/kg，天然核素⁴⁰K、²²⁶Ra、²³²Th、²³⁸U测量结果范围分别为（379~1095）Bq/kg、（29.4~127）Bq/kg、（44.8~136）Bq/kg、（43.3~190）Bq/kg，未监测到其他人工放射性核素。

（2）⁹⁰Sr

2023年对潮间带和潮下带共10个样品进行⁹⁰Sr分析，监测结果范围为（<0.079~0.261）Bq/kg。

3.1.1.7.3 海洋生物中放射性核素分析

（1） γ 谱核素

2023年对曹冲村附近海域、东角山附近海域、下村、都斛4个取样点海虾、青口、海鱼、牡蛎、紫菜等海生生物进行取样分析，共采集样品24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 ^7Be ，未监测到 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。 ^{137}Cs 、 ^7Be 监测结果分别为（ $<0.02\sim 0.12$ ） $\text{Bq/kg}_{\text{鲜}}$ 、（ $<0.16\sim 0.80$ ） $\text{Bq/kg}_{\text{鲜}}$ 。

（2）有机氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr

2023年对青口、牡蛎等海生生物样品进行有机氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 分析。海洋生物有机氚测量结果均小于探测限， ^{90}Sr 、 ^{14}C 监测结果分别为（ $<0.005\sim 0.008$ ） $\text{Bq/kg}_{\text{鲜}}$ 、（ $5.1\sim 30$ ） $\text{Bq/kg}_{\text{鲜}}$ （ $(0.24\sim 0.28)$ $\text{Bq/g}_{\text{碳}}$ ）。

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、生物样品等介质中的 γ 谱分析的浓度；

- 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) ^3H

共分析水样 ^3H 样品 152 个，对其中 29 个样品进行平行样取样分析， ^3H 平行样分析率为 19.1%。所有平行样相对平均偏差均 $<10\%$ ，满足质控要求。

2) 总 β

共分析水样总 β 样品 98 个，对其中 60 个样品进行平行样取样分析，平行样分析率为 61.2%。所有平行样相对平均偏差均 $<10\%$ ，满足质控要求。

3) γ 谱核素

2023 年分析生物、土壤、沉积物类 γ 谱样 99 个，对其中 21 个样品进行平行样取样分析，平行样分析率 21.2%（因气溶胶与碘盒样品不具备平行样取样条件，未开展平行样取样）。平行样分析中，对 7 个核素共 135 组数据进行比对，平行样测量结果均小于探测下限与相对平均偏差在 30% 以内的有 129 组，占比 95.6%，平行样比对结果总体良好。

（2）复测分析

共完成 γ 谱分析样品分析 327 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 39 个样品进行复测分析，样品复测率 11.9%。复测样品中，对 ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 、 ^{210}Pb 七种核素分析结果共 241 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，其余 240 组原测与复测数据均小于探测下限或相对平均偏差在 20% 以内占比 99.6%，复测结果总体良好。

3.1.1.9.3 外部比对

（1）2023 年度辐射监测实验室间放射性测量比对

2023 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“2023 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厂环境实验室，以及部分监督站与研究院实验室等。比对项目为水中 ^{137}Cs 与环境累积 γ 剂量率。

根据《2023 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）2023 年全国辐射环境监测质量考核和比对

2023 年，台山核电参加生态环境部辐射环境监测技术中心组织的“2023 年全国辐射环境监测质量考核和比对”活动，参与考核项目包括水中氡、水中 γ 谱核素（ ^{241}Am 、 ^{57}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）以及水中总 β 。

根据考核证书，台山核电环境实验室参与此次考核比对的 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

2023 年，针对电厂自主监测与广东省环境辐射监测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。

累积剂量率比对结果各点位数据相对平均偏差均小于 20%（未扣字响），比对结果

总体良好。

3.1.1.9.4 内部比对

2023 年环境实验室内部比对主要从实验室仪器、人员方面开展。比对情况显示，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

2023 年 KRS 系统的 γ 辐射剂量率瞬时监测结果范围为（0.112~0.210） $\mu\text{Gy/h}$ 。2023 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（0.056~0.208） $\mu\text{Gy/h}$ ，均值范围为（0.070~0.199） $\mu\text{Gy/h}$ ；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（0.064~0.199） $\mu\text{Gy/h}$ ，均值范围为（0.072~0.193） $\mu\text{Gy/h}$ 。本底调查中原野剂量率均值范围为（0.02~0.23） $\mu\text{Gy/h}$ ，道路剂量率均值范围为（0.02~0.24） $\mu\text{Gy/h}$ ，2023 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（93~269） nGy/h ，2023 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

2023 年气溶胶样品总 α 和总 β 的放射性水平分别为（0.031~0.732） mBq/m^3 和（0.163~5.40） mBq/m^3 ，总 α/β 比值在 0.32 到 0.52 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。

2023 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 ${}^7\text{Be}$ 测量结果范围为 $(1.36\sim 7.66)\text{ mBq/m}^3$ ， ${}^{40}\text{K}$ 的含量范围为 $(0.662\sim 2.68)\text{ mBq/m}^3$ ， ${}^{210}\text{Pb}$ 的含量范围为 $(<5.66\text{E-}02\sim 2.07)\text{ Bq/m}^3$ 。本底调查中 ${}^7\text{Be}$ 监测结果为 $(0.73\sim 10.0)\text{ mBq/m}^3$ ，2023 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。

(2) 空气中碘、 ${}^3\text{H}$ 、 ${}^{14}\text{C}$ 和沉降灰

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

空气中 ${}^3\text{H}$ 所有测量结果均小于探测下限。

空气中 ${}^{14}\text{C}$ 含量为 $(0.039\sim 0.086)\text{ Bq/m}^3$ ，空气所含碳中 ${}^{14}\text{C}$ 的含量为 $(0.186\sim 0.251)\text{ Bq/g}_{\text{碳}}$ ，本底调查中空气中 ${}^{14}\text{C}$ 含量为 $(<0.08\sim 0.48)\text{ Bq/m}^3$ 。

2023 年各站点沉降灰样品的总 β 放射性水平为 $(6.44\sim 21.7)\text{ Bq}/(\text{月}\cdot\text{m}^2)$ ，本底调查中沉降灰总 β 放射性水平为 $(3.59\sim 26.0)\text{ Bq}/(\text{月}\cdot\text{m}^2)$ 。

综上，2023 年台山核电厂及周围环境空气中碘、 ${}^3\text{H}$ 、 ${}^{14}\text{C}$ 和沉降灰放射性与本底调查阶段处于同一水平。

3.1.2.3 土壤及地表水沉积物中放射性

(1) 土壤及地表水沉积物 γ 谱分析

土壤及地表水沉积物样品中可检测到微量的人工核素 ${}^{137}\text{Cs}$ ，测量结果范围为 $(<1.26\sim 3.16)\text{ Bq/kg}$ ，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 ${}^{137}\text{Cs}$ 分析结果为 $(<0.93\sim 4.35)\text{ Bq/kg}$ ，2023 年土壤、沉积物 γ 谱核素放射性含量在本底水平波动。

(2) 土壤及地表水沉积物中 ${}^{90}\text{Sr}$

土壤 ${}^{90}\text{Sr}$ 分析结果范围为 $(0.084\sim 0.267)\text{ Bq/kg}$ ，地表水沉积物 ${}^{90}\text{Sr}$ 分析结果范围为 $(0.256\sim 0.314)\text{ Bq/kg}$ ，本底调查中土壤、沉积物 ${}^{90}\text{Sr}$ 分析结果为 $(0.03\sim 0.60)\text{ Bq/kg}$ ，2023 年土壤及地表水沉积物中 ${}^{90}\text{Sr}$ 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 ${}^3\text{H}$ 比活度均小于方法探测下限，雨水 ${}^3\text{H}$ 放射性处在正常本底水平。

雨水总β测值范围为（0.009~0.120）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 ^3H 比活度均小于方法探测下限，地表水中 ^3H 放射性处在正常本底水平。

地表水的总β测量结果范围为（0.060~0.107）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（0.64~0.90）mBq/L，与历史监测结果（（0.62~1.38）mBq/L）处于同一水平。

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 ^3H 比活度均小于方法探测下限，饮用水中 ^3H 放射性处在正常本底水平。饮用水总β测量结果范围为（0.044~0.085）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。

饮用水中 ^{40}K 测量结果范围为（<20.0~97.6）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 ^3H 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（0.28~2.73）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，2023 年台山核电厂及周围环境淡水 ^3H 、总β、γ 谱核素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 ^7Be 和人工核素 ^{137}Cs ，未发现 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。 ^{137}Cs 、 ^7Be 监测结果分别为（<0.01~0.063）Bq/kg_鲜、（<0.09~32.5）Bq/kg_鲜，本底调查中 ^{137}Cs 、 ^7Be 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测量结果均小于探测限， ^{90}Sr 、 ^{14}C 监测结果分别为 (0.026~0.166) Bq/kg_鲜、(38~93) Bq/kg_鲜 ((0.20~0.28) 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8个样品 ^3H 含量大于探测下限，含量范围为(1.43~17.1) Bq/L，其他所有监测结果均小于探测下限。 ^3H 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 ^3H 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 ^3H 含量稍高于探测下限。

2023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(5.3~6.6) mBq/L ((0.20~0.26) Bq/g_碳)、(0.36~0.64) mBq/L、(40.9~80.8) 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 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{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

2023年部分海域沉积物样品中监测到微量 ^{137}Cs ， ^{137}Cs 的测量范围为(<1.43~1.73) 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 谱核素放射性含量与本底调查阶段处于同一水平。

2023年对潮间带和潮下带共10个样品进行 ^{90}Sr 分析，监测结果范围为(<0.079~0.261) 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 ^7Be ，未监测到 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 和 ^{54}Mn 等人工放射性核素。 ^{137}Cs 、 ^7Be 监测结果分别为

($<0.02\sim 0.12$) Bq/kg_鲜、($<0.16\sim 0.80$) Bq/kg_鲜。本底调查中 ^{137}Cs 、 ^7Be 核素测量结果为 ($0.01\sim 0.40$) Bq/kg_鲜、($<0.02\sim 1.08$) 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。

海洋生物有机氚测量结果均小于探测限， ^{90}Sr 、 ^{14}C 监测结果分别为 ($<0.005\sim 0.008$) Bq/kg_鲜、($5.1\sim 30$) Bq/kg_鲜 (($0.24\sim 0.28$) 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%，NO₂、PM₁₀ 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/m³，同比上升 10.0%；PM₁₀ 平均浓度为 41μg/m³，同比上升 2.5%；SO₂ 平均浓度为 6μg/m³，同比下降 14.3%；NO₂ 平均浓度为 25μg/m³，同比下降 7.4%，CO 日均值第 95 百分位浓度平均为 0.9mg/m³，同比下降 10.0%；O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度平均为 172μg/m³，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、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、SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、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：SO₂、NO₂ 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；SO₂、NO₂、TSP、PM₁₀ 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 NO₂ 小时浓度值为 0.013~0.033mg/m³，SO₂ 小时浓度值为 <0.007~0.008mg/m³，CO 小时浓度值为 0.8~1.6mg/m³；NO₂ 的 24 小时均浓度值为 <0.003~0.004mg/m³，SO₂ 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，PM₁₀ 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）黄茅田村

由监测结果可以看出，黄茅田村 NO₂ 小时浓度值为 0.010~0.038mg/m³，SO₂ 小时浓度值为 <0.007~0.013mg/m³，CO 小时浓度值为 0.8~1.5mg/m³；NO₂ 的 24 小时均浓度值为 <0.003~0.003mg/m³，SO₂ 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，PM₁₀ 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NO₂小时浓度值为0.012~0.035mg/m³，SO₂小时浓度值为<0.007~0.009mg/m³，CO小时浓度值为0.6~1.6mg/m³；NO₂的24小时均浓度值为<0.003~0.003mg/m³，SO₂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，PM₁₀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NO₂小时浓度值为0.010~0.038mg/m³，SO₂小时浓度值为<0.007~0.013mg/m³，CO小时浓度值为0.8~1.5mg/m³；NO₂的24小时均浓度值为<0.003~0.003mg/m³，SO₂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，PM₁₀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。

3.2.1.5 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、SO₂、NO₂、CO、PM₁₀、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《检验检测机构资质认定能力评价检验检测机构通用要求》（RB/T 214-2017）以及《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

SO₂ 样品采集、运输和贮存过程中避免阳光照射。PM_{2.5} 及 PM₁₀ 样品采集后，在 4℃ 条件下冷藏保存。NO₂ 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、核电生活区等 3 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（46~57）dB（A），夜间噪声值为（38~45）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。

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 质量保证措施

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

厂址所在的腰鼓湾位于黄茅海西岸南端，为面积不足 2km² 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，使腰鼓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 10km² 的大襟岛面对外海，阻挡东南强浪进入腰鼓湾。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。

厂址半径 15km 范围内赤溪镇、都斛镇都拥有海水养殖，赤溪镇海水养殖面积 23531 亩，都斛镇海水养殖面积 42018 亩。根据《台山市养殖水域滩涂规划(2021-2023)》，都斛青蟹养殖区是台山市沿海养殖产业带之一，包括都斛镇的黄茅海海域和赤溪镇的部分黄茅海沿海海域，沿岸分布有大面积咸围养殖，堤围外侧为开放式养殖。

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）、黄茅海工业排污混合功能区（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于 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，共设 26 个水质监测站。

调查中水质样品的采集、保存、运输和分析按照《海洋调查规范》（GB/T 12763-2007）和《海洋监测规范》（GB 17378-2007）的要求执行。

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。5、6、11、12 站位位于二类环境功能区，执行二类水质评价标准；19、24 站位位于三类环境功能区，执行三类水质评价标准；2、4、13、17、18 站位位于四类环境功能区，执行四类水质评价标准；其余站位位于一类环境功能区，执行一类水质评价标准。

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的现状评价，如果评价因子的水质指数值 >1 ，则表明该因子超过了相应的评价标准，已经不能满足相应功能区的水质要求。反之，则表明该因子能符合功能区的使用要求。

位于一类功能区的站位超标因子为 pH、无机氮、生化需氧量、铅，其余评价因子均符合功能区要求的第一类海水水质标准；位于二类功能区的站位超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第二类海水水质标准；位于三类功能区的站位评价因子均符合功能区要求的第三类海水水质标准；位于四类功能区的站位超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第四类海水水质标准。

位于一类功能区的站位超标因子为铅，其余评价因子均符合功能区要求的第一类海水水质标准；位于二、三、四类功能区的站位均符合对应环境功能区的海水水质标准。

位于一类功能区的站位超标因子为无机氮、无机磷、总汞、铅，其余评价因子均符合功能区要求的第一类海水水质标准；位于二类功能区的站位超标因子为无机氮、无机磷，其余评价因子均符合功能区要求的第二类海水水质标准；位于三类功能区的站位评价因子均符合功能区要求的第三类海水水质标准；位于四类功能区的站位超标因子为无机氮，其余评价因子均符合功能区要求的第四类海水水质标准。

夏季海水各测项水质标准指数结果中，位于一类环境功能区的站位超标因子为 pH、无机氮、无机磷、铅，其余评价因子均符合功能区要求的第一类海水水质标准；位于二类环境功能区的站位超标因子为 pH、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、四类环境功能区的站位评价因子均符合对应功能区要求的海水水质标准。

各季污染因子超标的原因主要是受人类活动的影响，养殖和工业废水排水或水体富营养化导致无机氮、无机磷等污染指数的超标，调查海域 pH 个别站位超标，可能受水温、光照强度以及夏季降雨量大的影响，或与氮磷污染相关。

3.2.3.4 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、粪大肠杆菌）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。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《质量管理体系 要求》（GB/T 19001-2016/ISO 9001:2015）的质量管理体系的标准，按照《检验检测机构资质认定能力评价 检验检测机构通用要求》（RB/T 214-2017）的要求，修订了国家海洋环境监测中心的管理体系文件。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） μ T。监测结果均满足《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中电场强度4000V/m、磁感应强度100 μ T的公众曝露控制限值要求。

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

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

4.1 厂区规划及平面布置

台山核电厂一期两台 EPR1750MW 机组已建成投产，台山核电厂 3、4 号机组拟在台山核电厂一期厂址西侧扩建两台百万千瓦级核电机组。

4.1.1 厂区规划

厂址总体规划是厂区总平面布置的优先环节，主要是对核电厂各设施、功能区进行协调布置、统筹安排，为合理确定厂区总平面布置提供外部条件。

厂址总体规划布置一般应遵循以下原则：

- 总体规划应按国家批准的核电厂规划容量、结合当地的自然资源条件及电力系统的发展进行；
- 遵从国家和地方有关城市规划、土地利用规划、海洋功能区划及现行的国家法规和标准，与地方经济发展战略相适应，与当地城市发展相协调；
- 妥善处理好核电与环境、建设与运行、临时与永久、厂内与厂外等各方面的关系；
- 核岛厂房等与核安全相关的厂房和设施，应布置在埋深适宜、承载力满足要求的均匀、稳定的场地上；
- 以核电厂厂区布局为中心，功能分区明确，辅助配套设施齐全，满足工艺流程及生产、生活的需要，满足物料运输流向及消防、安全的需要；
- 应充分利用自然条件，因地制宜，减少厂区工程量和基建费用；
- 坚持节约用地、合理用地及节省投资的原则；
- 近、远期相结合，统筹规划，分期实施，永久建筑与生产临建相结合，根据要求做好施工场地的规划。

全厂规划容量按照六台百万千瓦级核电机组进行厂区总平面规划布置，主要规划内容如下：

a) 分区规划

根据核电厂工程建设与生产运营特点，并结合台山核电厂的厂址特点和规划要求，厂址片区规划布置厂区、厂外辅助设施区、施工准备区等功能分区。

b) 电力出线规划

台山核电厂本期通过 500kV 电压等级接入系统，拟恢复襟圭乙线，新建圭峰~文

山双回，将铜鼓 BC 厂与圭峰-文山在圭峰站外跳通，形成铜鼓 BC~文山双回；将圭峰~台山核电双回与圭峰~香山双回在圭峰站外跳通，形成台山核电至香山双回。220kV 通过 2 回线路接入系统。最终接入系统方案，以本期工程的接入系统审查批复意见为准。

c) 取排水规划

本期工程循环冷却水和重要厂用水均采用海水作为冷却水源，新建一条输水隧洞，洞径 7.3m，长度 4.35km，从海水库中开挖明渠接至取水泵房。本期工程排水经排水明渠排至外海。

d) 淡水水源规划

台山核电厂淡水由新松水库供给。本期工程新建两台华龙一号机组，施工期、运行期的淡水取自新松水库。

e) 防排洪规划

台山核电厂一期已经按照 4 台 EPR 机组建设排洪沟。本期工程充分利用一期已建排洪沟，拦截附近山体降雨，将雨水排入附近海域。

f) 交通运输规划

1) 进厂道路

自厂区 HUA 大门东侧的跨排洪沟大桥（HCT）开始，北端与 S386 连接，路线全长约 14.337km，为二级公路标准，路面宽 7.5~12m，设计速度为 60km/h。

2) 应急道路

应急道路位于厂区西南侧，路段起于基地大门 1#岗，向西延伸接至 G240，路线全长约 4.6km，为二级公路标准，路面宽 7.5m。

3) 连接道路

连接道路作为重件运输通道，连接核电钦头湾生活片区和主厂区，线路长约 2.83km。

4) 重件码头

台山核电厂一期已建成 3000t 级重件码头，位于现场服务区附近。本期工程核电大件设备考虑通过海运运至台山核电厂重件码头后转陆运的方式运至厂址区域，即：台山核电厂重件码头→已建大件运输道路→厂区。

4.1.2 厂区平面布置

总平面布置一般需遵循以下基本原则：

- 总平面布置与总体规划相协调一致，满足规划容量的要求，统一规划、分期实施；
- 核岛厂房等与核安全相关的厂房和设施，应布置在埋深适宜、承载力满足要求的均匀、稳定的场地上；
- 工艺流程合理，功能分区明确，交通运输便捷；
- 确定合理的通道宽度，满足管网布置、生产运行管理和施工安装要求；
- 合理利用厂址地形、地质条件，减少土石方工程量；
- 对与生产厂房联系密切的辅助设施、管理设施拟采用成组布置或联合建筑形式，减少占地面积，节省土地资源和投资成本；
- 在满足安全的基础上，综合考虑经济性、可实施性合理确定厂坪标高；
- 节约用地。

1) 主厂房区

主厂房建筑群主要由反应堆厂房（BRX）、核辅助厂房（BNX）、进出厂房（BAX）、安全厂房（BSX）、应急柴油发电机厂房（BDX）以及汽轮发电机厂房（BMX）等组成，是核电厂最重要的组成部分。核岛、常规岛以及泵房由西北向东南布置，固定端位于厂址东北侧，1至4号核岛呈“一字型”布置。

2) BOP 厂房区

与生产和运行联系密切的大部分新建 BOP 设施主要围绕主厂房区布置，运行值班楼、辅助给水泵房/稳压罐间、厂用气体贮存区（4BZA）、核岛废液贮存罐厂房/常规岛废液贮存罐厂房利用主厂房区空地布置，潜在放射性含油废水处理站/非放射性含油废水处理站、空压机房、厂用气体贮存区（8BZA）、氨氮处理设施及其它 BOP 厂房布置在控制区。

3) 开关站设施区

一期已建 500kV 开关站和 220kV 开关站，位于一期工程和本期工程之间，按四机共用规模考虑。500kV 开关站采用屋内 GIS 设备，至主变的连接采用 500kV GIL 管道母线。220kV 开关站与辅助变压器间采用 220kV 电缆连接。

4) 取排水工程

循环水系统采用带冷却塔的循环供水方案，每台机配 1 座高位收水冷却塔。补给水取自已建成的海水库，在海水库中新增取水泵房取水。补给水经海水预处理站后由配水泵房送至循环水泵房前池。

5) 厂前区建筑

厂前行政办公区包括综合办公楼、厂区食堂等，靠近本期工程主要出入口布置。

6) 实物保护及出入口

实物保护分控制区、保护区及要害区，三个区域为纵深布局，保护区在控制区内，要害区在保护区内，实物保护措施逐级加强。

7) 厂区管网规划

台山核电厂 3、4 号机组将根据生产工艺特点，管线和廊道的性质及不同的技术要求，合理选择管线和廊道的敷设方式、走向、间距与敷设宽度。力求达到经济、合理、安全生产的目的。

8) 厂区交通运输及道路

核电厂厂区运输主要包括施工期间的建材运输和大件设备的运输、运行期间新乏燃料、固体废物、废液及职工上下班人员的运输。运输主要采用公路方式，根据物料的数量、重量及外形尺寸选用适用的汽车、平板车、电瓶车、叉车等。人流、一般货流线路与放射性物流尽量分开，厂区内各建（构）筑物之间的物料运输道路应顺直、短捷。

9) 厂区绿化规划

核电厂厂区由于有剂量防护、卫生防火及安全保卫等方面的特殊要求，在厂区保护区内一般不进行绿化，仅在厂前区及其以外的地方进行绿化，本期绿化面积约为 1.5 公顷。

4.1.3 排放口布置

台山核电厂 3、4 号机组产生的放射性废气主要通过各自位于燃料厂房顶部的烟囱排入环境。机组烟囱的高度拟设计为约 70.00m。正常工况下排放速率 330840m³/h（3 号机组）和 231040m³/h（4 号机组），3 号机组烟囱出口内径 3.0m，4 号机组烟囱出口内径为 2.8m。

放射性废液经过放射性废液系统处理后采用槽式排放，贮存在贮存槽中的放射性

废液经处理、监测达到排放标准后，与电厂的温排水混合后最终排入大海。

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

4.2.2.4 核辅助系统

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

4.2.3.3 汽轮机发电机组

4.2.3.4 凝汽器

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

台山核电厂 3、4 机组拟建 2 台华龙一号机组，每台机组由核岛、常规岛和电厂配套设施组成，部分设施按全厂共用原则设置。

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

华龙一号充分借鉴融合了三代核电技术的先进设计理念和我国现有压水堆核电厂设计、建造、调试、运行的经验，以及近年来核岛发展及研究领域的成果，满足我国最新核安全法规要求和国际、国内最先进的标准要求，同时参考国际先进轻水堆核电厂用户要求（URD 和 EUR），满足三代核电技术的指标要求，满足“采用国际最高安全标准”要求。此外，华龙一号采用经过验证的技术，并充分利用我国目前成熟的装备制造体系，具有技术成熟性和完全自主的知识产权，采用能动与非能动技术相结合的技术，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

核岛主厂房包括反应堆厂房（BRX）、安全厂房（BSA、BSB、BSC）、燃料厂房（BFX）和核辅助厂房（BNX）。

（1）反应堆厂房（BRX）

反应堆厂房的布置是以压力容器为中心，三个环路的蒸汽发生器和主泵围绕压力容器布置，三个主环路对称布置可以使六条管道对压力容器的推力达到平衡。安全壳采用双层结构，外壳满足抗大型商用飞机撞击的要求，内壳具备包容放射性功能，内壳和外壳之间设置环廊，安全壳内设置内环墙。

在安全壳内环墙和内壳之间设有环形空间，环形空间内设置有电梯、楼梯间或斜梯，可以保证人员在不同楼层之间通行；内环墙可以屏蔽来自环墙内部的大部分辐射，

保证人员处于环形空间时所承受的辐射剂量降至尽可能低。

在三个环路之间以及每个环路的主泵房间和蒸汽发生器间均采用实体隔离，防止各环路或者设备因为产生飞射物而影响到其它环路设备。

由于考虑地震因素，主回路中重量大的设备尽可能设置在低层。

穹顶设有安全壳热量导出系统的两条环形喷淋集管。接近穹顶布置跨整个反应堆厂房的环形吊车，用于完成反应堆厂房安装阶段大型设备吊装及运行期间的吊装作业。

（2）安全厂房（BSA、BSB、BSC）

安全厂房在平面上分为 BSA、BSB、BSC 三个实体及空间隔离的厂房，分别称为安全厂房 A、B、C，并分别对应相应的三个安全系列。安全厂房与反应堆厂房、燃料厂房共处同一筏基上，三个厂房靠近布置，且与反应堆厂房均有连接，环绕反应堆厂房，整体呈方形排布。其中 BSA 厂房与燃料厂房有连接，BSB 厂房与燃料厂房、核辅助厂房和进出厂房均有连接。

安全厂房 A、B 分别位于反应堆厂房的两侧，在空间上相互隔离，两者的间距约为 40m，安全厂房 C 外墙和屋面被设计成能抗击大飞机撞击，这种设计方式使安全厂房满足防大型商用飞机撞击的要求。同时，对于内部灾害利用实体隔离边界结构设计保证一个分区内发生的内部灾害不会影响另外两个分区。

疏排水地坑、RIS、EHR、RRI、SEC 等安全系统的设备和管道均布置在+4.90m 以下，从+4.90m 到厂房顶部设置为电气、仪控、暖通区域。

在 BSA、BSB 厂房布置有 VVP、ARE 系统的阀门间，其中在安全厂房 A 中，VVP、ARE 的阀门间各布置 1 个，在安全厂房 B 中，VVP、ARE 的阀门间各布置 2 个。三个环路 VVP、ARE 的阀门间之间满足实体或空间隔离的要求。

主控室位于安全厂房 C 中，可以有效防止大型商用飞机撞击。

（3）燃料厂房（BFX）

燃料厂房毗邻反应堆厂房、安全厂房及核辅助厂房，与反应堆厂房和安全厂房共用筏基。

燃料厂房在横向上划分为相对独立的三个布置分区，以满足内部灾害防护要求及安全相关物项的列间实体隔离要求。PTR 系统三列执行乏燃料水池冷却功能的物项分别布置三个分区内。两列 RBS 系统及两列 RCV 系统分别布置在与其系列对应的两个分区内。

燃料厂房在竖向上划分为三个主要功能区，分别为±0.00m 及以下楼层的工艺流体机械设备布置区，±0.00m 以上楼层的 PMC 系统设备布置区和暖通设备布置区。

燃料转运通道的标高和反应堆水池的水面标高决定了乏燃料水池、装载井和转运井的高度，乏燃料水池、装载井和转运井通过两个水闸门相连通。在乏燃料水池中布置有燃料贮存格架等 PMC 系统的设备，装载井底部设有减震层，转运井与反应堆厂房相连通，井内设有燃料转运装置等 PMC 系统的设备。

为减少吊装风险及简化吊车的控制与操作，装载井、准备井及燃料吊装孔布置在一条直线上。

（4）核辅助厂房（BNX）

核辅助厂房位于反应堆厂房 45° 角方位，分别与燃料厂房和安全厂房 B 相连，临近但不与反应堆厂房相连，呈长方形，主要用于布置核岛安全系统以外的辅助系统设施，并作为核岛废物收集处理中转站。

根据系统功能配置，辐射防护及内外部灾害防护等布置要求，核辅助厂房的布置方案整体划分为三个功能区域：以厂房零米层内部主要人员和设备通道为分区边界，在靠近燃料厂房的区域主要布置冷却剂净化、分离、除气设备和核岛废气处理系统设备；在厂房靠近安全厂房 B 的区域，+11.25m 以下控制区为核岛主要取样和净化区域，布置核岛主要的过滤器、除盐床和集中取样设备，+11.25m（含）以上为暖通设备布置区；厂房南侧区域主要为 TEP、RPE 系统储罐布置区及 TEG 系统滞留单元设备布置区。

±0.00m 层为核辅助厂房重要的楼层，该层包含控制区和非控制区。控制区内包含厂房主要进出通道和大型设备运输通道，正常运行工况下，操作人员只能从本层进入核辅助厂房控制区，核岛控制区内的设备转运也安排在本层（主设备除外）；同时，该层还设有废物转运操作区域，电厂运行过程中产生和暂存的废物从该转运区转至放射性废物处理厂房处理；非控制区内主要布置 DER 系统冷水机组，也是整个核辅助厂房内非控制区人员进出和设备运输主要通道。

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.2.1 设计准则

堆芯装载必须提供足够的剩余反应性，使平衡循环末的平均卸料燃耗不低于设计

值，组件最大卸料燃耗不超过相应设计限值。

堆芯内最大核功率峰值因子和焓升因子不得超过相应的设计限值，以保证在热工水力设计中不发生偏离泡核沸腾和芯块的熔化，确保燃料元件的机械完整性。

设置两套依据不同原理相互独立的反应性控制系统：控制棒束和可溶硼控制系统。在任何功率水平下，即使当反应性价值最大的一束控制棒卡在堆芯外，用剩余控制棒仍可迅速实现热停堆，并有足够的停堆裕度。正常运行时，必须限制控制棒提升和硼稀释所引入的反应性变化速率。

在热态零功率以上运行时，慢化剂温度系数必须为负值。

4.2.2.2.2 堆芯描述

华龙一号堆芯由 177 个燃料组件组成，堆芯的等效直径为 323cm，堆芯活性段高度（冷态）为 365.76cm。

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

4.2.2.2.3 反应性控制

堆芯反应性控制由控制棒、可溶硼和可燃毒物来实现。可溶硼主要补偿燃耗和氙毒等引起的反应性变化，可燃毒物用来降低寿期初的临界硼浓度和帮助展平堆芯功率分布。堆芯反应性控制主要由控制棒和可溶硼来实现，其中反应性的快速变化由控制棒来实现。

华龙一号方案采用 Mode G 运行方式，堆芯的控制棒总数为 69 束，控制棒组分为 G1、G2、N1、N2、R 和 SA、SB、SC、SD。控制棒吸收材料为 Ag-In-Cd 和 S.S.（不锈钢）。在最大卡棒情况下，控制棒的总的控制能力按最小热停堆裕度（EOL）大于 3300pcm 设计。

4.2.2.2.4 功率分布控制

堆芯的总功率峰值因子由径向功率分布和轴向功率分布确定。堆芯的径向功率分布可以借助具有不同 ^{235}U 富集度的燃料组件的分区装载和可燃毒物在堆芯的合理布置

展平。在正常运行期间，径向功率分布相对变化较小，容易控制在允许的范围内。而轴向功率分布则不然，它受到功率水平、燃耗、氙瞬态以及控制棒束的强烈影响，变化较大。在这些因素中，影响最大的是控制棒的插入和提升。因此，必须对棒束控制组件进行合理的分组和制定合适的提棒程序，以使功率分布保持在限值以内。

在 Mode G 运行方式下，正常功率运行期间，允许向堆芯插入功率补偿棒棒组，来补偿因功率水平变化所引入的反应性。为了使功率补偿棒组的插入对堆芯轴向功率分布的扰动减至最小，应首先插入价值最小的灰棒组 G1，接着插入价值较大的灰棒组 G2，然后才插入价值更大的黑棒组 N1 和 N2。

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

华龙一号反应堆冷却剂系统（RCP）由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成，执行三大基本安全功能：反应性控制、堆芯热量导出、放射性物质包容。主要设备包括：

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

RCP 的每一条环路有一台反应堆冷却剂泵和一台蒸汽发生器。反应堆冷却剂泵使冷却剂通过反应堆压力容器和冷却剂环路循环。作为冷却剂、慢化剂和硼酸溶剂的水在通过堆芯时被加热，然后流入蒸汽发生器，将热量传递给二回路系统，最后返回到反应堆冷却剂泵重复循环。

反应堆冷却剂系统还包括反应堆冷却剂压力控制和超压保护所需的设备。压力控制通过电加热器和稳压器喷淋阀实现。超压保护通过稳压器安全阀实现。

反应堆冷却剂系统配置了堆顶排气系统，及严重事故专用卸压阀。稳压器安全阀与严重事故专用卸压阀的排放管线连接至公共母管后排入稳压器卸压箱。

堆顶排气系统用于设计扩展工况下排出压力容器顶部不可凝气体，以保障自然循

环。

严重事故专用卸压阀用于严重事故工况下防止高压熔堆。

4.2.2.4 核辅助系统

核辅助系统保证反应堆和一回路的正常启动、运行与停堆。核辅助系统包括：化学和容积控制系统（RCV）、反应堆硼和水补给系统（REA）、反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）、燃料装卸及贮存系统（PMC）、蒸汽发生器排污系统（APG）、额外冷却系统（ECS）、核取样系统（REN）、核岛排气和疏水系统（RPE）、冷却剂贮存和处理系统（TEP）等，其中：

化学和容积控制系统（RCV）：采用定量上充、调节下泄的方式通过一条下泄管线和一条上充管线对一回路冷却剂进行连续的下泄和上充。上充管线将处理后的冷却剂（净化、化学添加等）送回至冷却剂系统，并且在需要时提供稳压器的辅助喷淋。另外，RCV 向主泵提供轴封注入水并回收轴封泄漏水。

反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）：PTR 系统冷却回路包含三个冷却系列，三个冷却系列分别由独立的取回水管线、一台离心泵和一台换热器组成，三台换热器分别由 RRI 系统提供冷却，A 列换热器还可以由 ECS 系统提供后备冷源，另外乏燃料水池补水手段也多样化。

蒸汽发生器排污系统（APG）：通过对 3 台蒸汽发生器在不同工况下的连续排污，以保证蒸汽发生器二次侧的水质符合要求。此外，在 3 台蒸汽发生器之间 APG 系统设置了传输管线，在发生蒸汽发生器传热管破裂（SGTR）时能从受影响的 SG 向另一台完好的蒸汽发生器转移多余的水，避免受影响的蒸汽发生器满溢。

额外冷却系统（ECS）：用于 RRI/SEC 丧失时，提供多样化热阱，通过机械通风冷却塔导出安全壳和乏燃料水池的热量至大气。ECS 系统包括中间冷却回路和终端冷却回路。

核取样系统（REN）：REN 系统对反应堆冷却剂系统、蒸汽发生器二次侧、核辅助系统、三废系统、安全壳大气核安全壳内置换料水箱（IRWST）的液体和气体样品集中或就地取样，以进行化学和放射化学分析。REN 系统可分为三个取样子系统：一次侧取样子系统、二次侧取样子系统和事故后取样子系统。一次侧取样子系统对反应堆冷却剂、核辅助系统和三废系统的液体和其他进行取样，通过测量或分析确定样品

特性。二次侧取样子系统对蒸汽发生器二次侧和蒸汽发生器排污系统（APG）净化单元的液体样品进行取样，通过测量或分析确定样品特性。事故后取样子系统在事故后对安全壳内气体和液体进行取样。

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

常规岛主厂房包括汽轮发电机厂房（BMX）与毗屋。汽轮发电机厂房内主要安装有汽轮机、发电机、励磁机、汽水分离再热器、凝汽器、凝结水泵、低压加热器、除氧器、电动给水泵组、启动给水泵、凝结水精处理设备、高压加热器、化学取样设备、暖通设备、电气开关柜、蓄电池组以及其它辅助设备；毗屋内设有凝结水精处理车间、润滑油传送间等。

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

蒸汽—电力转换系统由核岛蒸汽供应系统供汽，驱动额定输出功率为 1200MW 级的汽轮发电机组。蒸汽电力转换系统包括常规岛主蒸汽及疏水系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、汽机回热抽汽系统、汽机旁路系统、主给水系统和其它辅助系统。

4.2.3.3 汽轮机发电机组

（1）汽轮机

本期工程核电半转速汽轮机为：单轴三缸四排汽凝汽式汽轮机，配有一级汽水分离和两级再热装置，额定转速为 1500r/min。

由核岛三台蒸汽发生器产生的蒸汽汇入主汽联箱后，分成四路并由相应的蒸汽管线进入高压缸，主蒸汽管线上共设置四组高压主汽调节阀联合阀，每组联合阀体上有 1 个主汽门和 1 个调节汽门。蒸汽通过高压缸膨胀后，依次流经两台汽水分离再热器 MSR、蒸汽管线、再热主汽阀和再热调节阀后进入中压缸再进入低压缸，膨胀作功后的乏汽最终排往凝汽器进行冷却。

汽轮机抽汽用于七级给水加热：四级低加，一级除氧器和二级高加，它们分别取自汽轮机的七个抽汽点。第一、二级从两个低压缸抽汽，第三、四级从中压缸抽汽（以

东汽机组为例），第五级除氧器加热用蒸汽取自高压缸排汽，第六级和第七级高加加热用蒸汽为高压缸抽汽。第三级至第七级抽汽点的抽汽管上都装有隔离阀和动力辅助逆止阀，以防止汽轮机跳闸时蒸汽回流引起汽轮机超速以及避免加热器疏水倒流入汽轮机。

（2）发电机

发电机的额定容量与汽轮机额定功率相匹配。设计在 24kV（或 27kV）、3 相、50Hz 下运行，额定功率因数 0.9（滞后）。发电机定子线圈用水冷却，定子铁芯，转子线圈用氢冷却。

励磁系统功能是调节发电机的机端电压和无功功率，在发电机出现故障时能够快速灭磁，保护发电机并防止事故扩大；同时维持电网的安全稳定，确保电力可靠输送。

4.2.3.4 凝汽器

凝汽器为双背压、单流程的表面式热交换器，凝汽器冷却管采用钛管。凝汽器由下部（含管束）、上部（喉部）、水室、内部管道等构成。每台凝汽器壳体喉部均安装有复合低压加热器。凝汽器装有用于热井水位控制和取样的管道。进入凝汽器的蒸汽被冷凝后汇流进入热井，然后被凝结水泵抽出送入二回路凝结水加热系统。

凝汽器不仅接收并冷凝满负荷运行时的汽轮机排汽，还需接收二回路热力循环系统中的各个设备及热力管道的排汽和疏水。这些流体通过凝汽器被循环水冷却，热量随循环冷却水排出，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝汽器的设计既可以消纳低压缸的排汽，旁路排放时，也可以接收 85%满负荷主蒸汽流量。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.2 核电厂散热系统

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 核电厂用水来源

核电厂淡水用水主要有生活用水、汽车冲洗用水、浇洒道路、场地及绿地用水、工业用水、除盐水用水、施工用水等。

台山核电厂 3、4 号机组施工期和运行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。

台山核电厂 3、4 号机组施工期用水主要包括生活营地生活用水、施工现场砂石料生产、混凝土搅拌、混凝土养护、绿化、道路浇洒、办公、消防等用水。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 号机组除盐水生产系统补水、生产用水、生活用水等淡水水源来自新松水库。正常运行期间平均时耗水量为 141m³/h，最高日耗水量为 3384m³/d，考虑施工用水、机组启动等，最高日取水量为 10500m³/d。机组运行期间年取水量约为 130 万 m³/a。

4.3.1.2 核电厂用水系统

(1) 与热交换相关的系统主要有：

核岛冷却链相关系统包括设备冷却水系统（RRI）和重要厂用水系统（SEC），其功能是将核岛用户的热量移出到最终热阱。

a) 重要厂用水系统（SEC）

重要厂用水系统（SEC）是一个开式系统，从大海吸取冷却水，冷却 RRI/SEC 换热器，再将冷却 RRI/SEC 换热器后的热水排至大海，执行其将 RRI 系统收集的热负荷

输送至最终热阱的安全功能。SEC 系统由三个系列组成。

b) 设备冷却水系统 (RRI)

设备冷却水系统(RRI)是一个闭式回路的冷却水系统,通过重要厂用水系统(SEC)与最终热阱相连,导出核岛安全和非安全相关系统及设备的热量。RRI 系统由三个冷却系列组成,每个系列由相互独立的 SEC 为其提供冷却。RRI 系统作为核岛一回路和环境之间的一道屏障,能够防止放射性物质泄漏到环境,同时也可以防止未经处理的海水进入安全壳或反应堆系统中。

(2) 与冷却水循环相关的系统主要有:

本期工程循环水系统采用冷却塔循环供水方式,从一期已建成的海水库取水,排水利用一期已建成的排水明渠。冷却塔的排水和 SEC 系统排水统一排入一期已建设的排水明渠。

1) 循环水处理系统

循环水处理系统的功能是对循环水系统及重要厂用水系统进行加药处理,以有效地控制其海水中微生物的繁殖和生长,从而防止冷却设备堵塞和腐蚀的产生,使凝汽器和换热设备有良好的传热性能。

2) 循环水系统

循环冷却水系统采用带高位收水冷却塔的单元制循环供水系统,循环水泵房设在冷却塔附近,冷却水由冷却塔水池经自流方孔沟自流至循环水泵房前池,然后由循环水泵提升经压力水管送至主厂房凝汽器,经热交换后利用余压由管道输送回冷却塔中央竖井,冷却后经高位收水装置收集,重复循环使用;循环水补给水为海水,通过补给水系统供给。每台机组配一座淋水面积为 20000m² 的高位收水冷却塔。

循环水系统组成如下:

- 自然通风冷却塔,每台机组配 1 座高位收水冷却塔;
- 循环水泵房,每台机组设 1 座循环水泵房;
- 凝汽器前循环水压力给水管;
- 凝汽器;
- 凝汽器后循环水压力排水管;
- 塔与泵房间循环水回水沟;
- 补给水系统;

— 循环水排水系统。

4.3.2 核电厂散热系统

本期工程从一期已建成的海水库取水，排水利用已建设的排水明渠。冷却塔的排水和 SEC 系统排水统一排入已建设的排水明渠。

4.3.2.1 取水工程

目前台山一期投运 2 条取水隧洞，本期拟新建一条取水隧洞，建成后 3 条取水隧洞满足一期和二期的取水需求。

4.3.2.2 排水工程

台山核电厂 3、4 号机组排水利用已建设的排水明渠，将冷却塔的排水和 SEC 系统排水统一排入一期已建设的排水明渠。

4.4 输电系统

4.4 输电系统

（1）接入系统方案

本期工程在已建500kV开关站基础上进行扩建，开关站布置在厂区北侧，其500kV出线主要为西北方向，就近接入广东省500kV电网。

台山核电厂本期通过500kV电压等级接入系统，考虑新增1回出线，线路截面为 $4 \times 720\text{mm}^2$ 。本期恢复襟峰乙线至台山核电，新建圭峰~文山双回，将铜鼓BC厂与圭峰-文山在圭峰站外跳通，形成铜鼓BC~文山双回；将圭峰~台山核电双回与圭峰~香山双回在圭峰站外跳通，形成台山核电至香山双回。最终接入系统方案，以本期工程的接入系统审查批复意见为准。

220kV：台山核电厂一期工程已建成第1回220kV线路，接入220kV唐美站。本期工程新建第2回220kV线路，考虑接入220kV牛山站，线路长度约45km，线路截面为 $2 \times 400\text{mm}^2$ 。最终接入系统方案，以本期工程220kV接入系统专题的审查批复意见为准。

（2）输电线路设计要求

根据输电线路设计要求，500kV输电线路不应跨越长期住人的建筑物；220kV线路在必要时可考虑跨越民房，但应尽量避免，以减少电磁辐射对居民的影响。此外，高压输电线路应尽量上山，少占用平地或耕地，尽量减少对当地建设和发展规划影响。

500kV输电线路跨越非长期住人的建筑物或邻近民房时，房屋所在位置离地面1.5m高处的未畸变电场不得超过4kV/m，两边相导线地面投影外5m以内不允许有长期住人的建筑物。

- 4.5 专设安全系统
 - 4.5.1 安全壳及安全壳系统
 - 4.5.2 安全注入系统（RIS）
 - 4.5.3 应急硼化系统（RBS）
 - 4.5.4 应急给水系统（ASG）
 - 4.5.5 蒸汽大气排放系统（VDA）
 - 4.5.6 二次侧非能动余热排出系统（ASP）
 - 4.5.7 额外冷却系统（ECS）
 - 4.5.8 余热排出系统（RHR）

4.5 专设安全系统

根据核电厂工程运行期间事件/事故的预期发生频率,可以将核电机组的设计基准工况分为如下四类:

- DBC-1: 正常运行瞬态;
- DBC-2: 预期运行事件;
- DBC-3: 稀有事故;
- DBC-4: 极限事故。

除设计基准工况外,设计上还考虑了两类设计扩展工况(DEC),分别为没有造成堆芯明显损伤的设计扩展工况(DEC-A)类事故和严重事故(DEC-B)类事故。其中,DEC-A类为DBC工况未涵盖的、但为满足概率安全目标或放射性后果必须加以考虑的多重失效复杂事故;DEC-B类为严重事故。

本工程的专设安全设施主要由安全注入系统(RIS)、应急硼化系统(RBS)、应急给水系统(ASG)、二次侧非能动余热排出系统(ASP)、冷链系统(设备冷却水系统(RRI)/重要厂用水系统(SEC)/额外冷却系统(ECS))、安全壳及相关系统等几个系统组成。专设安全设施的设计目标为:在核电厂发生设计基准事故(DBC)和DEC-A后,通过这些安全系统将核电厂带入可控状态和安全停堆状态(对于DEC-A工况为最终状态)。

4.5.1 安全壳及安全壳系统

安全壳系统主要包括安全壳、安全壳热量导出系统(EHR)、安全壳隔离系统(EIE)、安全壳可燃气体控制系统(EUH)、安全壳泄漏率试验和监测系统(EPP)、安全壳环廊通风系统(EDE)和安全壳过滤排放系统(EUF)。这些系统的设计保证或有助于实现下述安全功能:

- 在运行状态和事故工况下包容放射性物质;
- 在运行状态和事故工况下的辐射屏蔽;
- 防御外部自然事件和人为事件。

4.5.1.1 安全壳

4.5.1.1.1 安全壳功能设计

安全壳起到第三道包容屏障的作用，在正常运行时及在发生放射性产物释放到安全壳内的事故后，安全壳构筑物和附属物（贯穿件、隔离系统、人员闸门和设备闸门等）提供良好的密封性能，防止放射性物质不可控制的释放。

本工程采用双层安全壳，内层为带钢衬里的预应力钢筋混凝土安全壳，外层为钢筋混凝土安全壳，在内层和外层安全壳之间留有环廊，环廊保持负压状态，以收集可能通过内壳墙体泄漏的物质，并在泄漏物质通过烟囱释放到外部大气环境之前通过环廊通风系统进行过滤。

内层安全壳包容整个反应堆冷却剂系统（RCP）、安全壳内置换料水箱（IRWST）、安全壳内堆坑注水水池、部分主蒸汽系统和部分主给水系统。当发生安全壳内管道破裂事故时，内层安全壳包容所有放射性物质并承受 RCP 或蒸汽发生器二次侧质能释放产生的最大压力和温度。内层安全壳同时也具备下列功能：

- 正常运行时的密封；
- 在正常运行及事故工况下保护现场人员免受包容屏障内辐射源的辐照；
- 保护反应堆冷却剂系统免受外部灾害影响。
- 外层安全壳执行如下几项功能：
 - 和内层安全壳一起，在正常运行和事故期间对厂区人员和环境提供辐射屏蔽；
 - 保护外层安全壳内的系统和部件不受外部假设始发事件的影响；
 - 捕集从安全壳泄漏到环廊中的漏气。

4.5.1.1.2 安全壳总体参数

安全壳总体设计参数如下：

- 设计压力：0.52MP（abs）；
- 设计露点温度：145℃；
- 安全壳内部自由容积：73500m³；
- 内层安全壳的整体泄漏率限值：在设计压力下，每天的总泄漏量为安全壳内包容的自由气体和蒸汽总量的 0.3%；
- 外层安全壳的整体泄漏率限值：在 620Pa 环廊负压、20℃下，外层安全壳每天的泄漏率为其包容体积的 1.5%。

4.5.1.2 安全壳热量导出系统（EHR）

EHR 系统作为严重事故预防和缓解措施的一部分，在严重事故工况下，是限制安全壳超压并保证安全壳及安全壳内置换料水箱（IRWST）散热的最终缓解手段。

EHR 系统在设计扩展工况（DEC）下通过安全壳喷淋降低安全壳的温度和压力，并将热量导出至最终热阱。在 DEC-B 工况下，EHR 系统通过向堆坑注水对压力容器外部进行冷却，从而将堆芯熔融物滞留于压力容器内，防止放射性物质向外释放。EHR 系统还可在部分 DEC 工况下向一回路注水，补充由于蒸发导致的一回路水位下降。此外，在 DEC 长期阶段（24 小时后），可通过安全壳喷淋降低安全壳内设备鉴定剂量。

4.5.1.3 安全壳隔离系统（EIE）

4.5.1.3.1 系统功能

安全壳隔离系统（EIE）通过安全壳贯穿件隔离阀来执行安全壳隔离功能。在安全壳内有裂变产物释放时，安全壳隔离系统确保安全壳的密封性以减少放射性向外部大气的释放。安全壳贯穿件和其隔离设施确保正常运行和事故期间安全壳的完整性。

安全壳隔离功能有助于放射性物质的包容，以确保在伴有放射性物质释放的事故期间，能将通过流体贯穿件释放到环境中的放射性减小到最低程度。

4.5.1.3.2 系统设计

EIE 通过在流体贯穿件上安装隔离阀（手动阀、气液联动阀、电动阀和/或止回阀）来实现安全壳隔离功能。在需要隔离时能确保能实现安全壳的隔离。

a) 与一回路冷却剂相连的管线或者直接通向安全壳大气的管线

根据对应的管壁厚度，管线上装有一个或两个隔离阀（一个在安全壳外侧，另一个（如需要）在安全壳内侧）。两个隔离阀为安全壳贯穿件提供了双重隔离屏障。如果安全压力整定值高于安全壳设计压力的 1.5 倍，那么安全阀可用作隔离阀。

- 仅在停堆期间使用的系统：两个手动阀或两个由主控室控制的电动阀。
- 在正常运行或事故工况下使用的特定系统（指部分在安全壳外，并形成一封闭边界的系统）：安全壳外的封闭管道视为安全壳的一部分，并在设计中保证能抵抗安全壳的设计压力。对此类贯穿件，在其安全壳外的部分装有一个自动隔离阀。
- 在正常运行或事故工况下使用的其它系统：设置两个安全壳自动隔离阀，一个

在安全壳内，另一个在安全壳外；对输送流体进安全壳的管线，设置一个自动隔离阀，一个止回阀，其中止回阀安装在安全壳内。

- RIS 和 EHR 系统贯穿件：仅在其安全壳外部分装有一个隔离阀。这些阀门都需要在主控室手动关闭。在地坑和隔离阀之间的管道上装有一个套管（保护管），为这些贯穿件提供了双重密封屏障。

b) 不直接与安全壳内大气相通，且不属于二回路系统的管线

对某些进入安全壳的管线，它们不直接通向安全壳内大气，不和一回路冷却剂系统相连，且不属于二回路系统。在这些管线上，安全壳外侧都装有一个隔离阀，为贯穿件提供了双重屏障（安全壳内是闭合系统，安全壳外装有隔离阀）。

c) 部分属于二回路系统的管线

当蒸汽发生器传热管完好时，蒸汽和给水管线贯穿件不承担安全壳功能。此时，安全壳功能由二回路系统压力边界承担。在发生蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）后，二回路系统隔离阀有助于实现长期的安全壳功能。

d) 只穿过安全壳外侧墙体的管线

对于只穿过安全壳外侧墙体，且与环廊内大气相通的管线，在其安全壳外侧装有一个隔离阀或一个止回阀；对于只穿过安全壳外侧墙体，且与环廊内大气隔离的管线，不安装隔离阀。

4.5.1.3.3 系统运行

在正常运行时，不需要执行安全壳隔离功能，隔离阀的状态取决于所属系统状态。发生事故时，除了用来缓解事故的安全系统外，其他所有流体贯穿件都将被隔离。

在接收到反应堆保护系统的隔离信号后，安全壳自动隔离阀关闭。这不适用于缓解事故危害特定的安全系统。只有在完全关闭和隔离信号取消后，隔离阀才可能重新打开。允许操纵员在主控室手动控制安全壳隔离阀。安全壳自动隔离阀是电动的，其供应电源有应急电源作为备用，或者按故障安全设计（一般而言，除因缓解事故危害的需要运行的安全系统外，故障安全状态是常闭的）。主控室能查看隔离阀的状态和可用性信息。

4.5.1.4 安全壳可燃气体控制系统（EUH）

所谓可燃气体主要是指氢气和一氧化碳，当安全壳内的氢气浓度达到一定比例后，在外界条件（例如温度、压力、氧气浓度等）适合的情况下，可能会发生氢气燃烧或迅速爆燃从而造成与安全有关的设备和系统的局部损坏，甚至损坏安全壳的结构，造成大量的放射性物质进入环境，所以危及安全相关设备和系统的氢气局部燃烧和危及安全壳完整性的整体氢气爆炸必须被排除。EUH 系统包括消氢子系统和氢气浓度测量子系统。

消氢子系统的设计目标是减低设计扩展工况下安全壳内氢气浓度，同时也用于降低失水事故（LOCA）等设计基准事故工况下安全壳内的氢气浓度。消氢子系统的设计应满足以下要求：

- 在设计基准（DBC）事故下，氢气复合器数量及消氢能力要保证事故长期阶段安全壳内氢气体积浓度始终低于 4%可燃限值，确保事故后安全壳结构和功能完整；
- 在设计扩展工况事故期间及以后，相当于 100%活性区锆包壳-冷却剂反应产生的氢气在安全壳内均匀分布时，控制安全壳内的氢气平均浓度低于 10%；
- 在 1) 2) 功能的要求下，氢气仍可能发生局部燃烧时，结合安全壳结构设计，仍能保障安全壳结构和功能完整性。

氢气测量子系统由布置在安全壳内的氢气浓度探测器和布置在安全壳外的信息处理柜以及通往主控室的显示装置组成。氢气测量子系统将为操纵员提供严重事故下的安全壳内氢气浓度信息，为严重事故导则中的操作提供依据。

4.5.1.5 安全壳过滤排放系统（EUF）

核电厂安全壳是防止放射性产物释放到环境中的最后一道屏障。在发生严重事故后，如果安全壳内的压力逐渐升高，最终可能会破坏安全壳的完整性，造成放射性物质的外泄。EUF 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。

EUF 系统的设计目标是防止安全壳大气压力逐渐升高从而引起的安全壳破坏，它不能用于应付短期内较高的压力瞬态（例如，由安全壳内氢气爆炸引起的压力瞬态）。

4.5.2 安全注入系统（RIS）

安全注入系统（RIS）的主要功能是事故后向反应堆应急注水以补偿水装量的丧失或淹没堆芯，将热量从反应堆导出，此外，RIS 系统还执行正常停堆和事故工况下余热排出的功能。

4.5.2.1 系统功能

安注注入系统（RIS）执行安全功能和运行功能。

a) 安全功能

— 反应性控制

在 DBC2-4 和 DEC-A 情况下，RIS 系统在安注模式下，将 IRWST 和安注箱内的含硼水注入到 RCP 系统，以控制堆芯的反应性。

— 余热排出

在丧失冷却剂事故下（小破口失水事故（SB-LOCA）到双端剪切断裂失水事故（2A-LOCA）、SGTR）将水注入反应堆内，防止堆芯裸露，限制燃料包壳温度的峰值。另外，如果破口发生在冷段，低压安注（LHSI）通过冷、热段同时注入，防止硼在堆芯燃料上结晶导致的传热恶化。

在 DBC 或 DEC-A 事故工况下，通过余热排出（RHR）运行模式或冷、热同时注入模式，将堆芯衰变热排出，使机组进入安全停堆状态或最终状态。

LOCA 工况下，过滤进入 IRWST 内的碎片，确保 RIS 泵和 EHR 泵的正常运行。

— 放射性包容

在中破口失水事故（IB-LOCA）及以上的破口事故下，LHSI 泵下游的换热器对注入堆芯的含硼水进行冷却，并通过冷、热段同时注入的方式限制破口处产生的蒸汽，保证安全壳完整性。

IRWST 作为安全壳内的热阱，吸收安全壳大气内的热量，限制安全壳压力和温度的升高，保护安全壳不超压。

中压安注（MHSI）的注入压力低于主蒸汽系统（VVP）安全阀的设定压力，防止在 SGTR 事故下 VVP 安全阀被打开，导致放射性物质大量向大气释放。

b) 运行功能

在电厂正常停堆期间，RIS 系统在 RHR 模式下运行，带走堆芯衰变热并降低冷却

剂的温度，维持一回路在冷停堆状态。

当 RCP 内的压力低于化学与容积控制系统（RCV）下泄管线运行要求时，通过 RIS 的管线完成低压下泄，并将冷却后的冷却剂输送至 RCV 系统进行净化。

在冷停堆期间，将安注箱降压后与一回路连接，保证主泵在低压状态下的运行条件，防止主泵损坏。

4.5.2.2 系统描述

RIS 由分别位于 3 个安全厂房的 3 个独立系列组成（每个 RCP 环路对应一个系列），分别为 A、B、C 列，RIS 系统 A、B 列的设计和 C 列的设计除下述不同外基本一致：

- 1) A 列和 B 列与 RCV 系统用于净化的部分相连；
- 2) A 列上的 LHSI 泵电机设置有多样化的冷源，除了可以由设备冷却水系统（RRI）提供冷却外，还设置了来自 DEL 的备用冷源。

每一列 RIS 系统由 MHSI 子系统、LHSI 子系统、安注箱子系统组成，每一列 MHSI 泵和 LHSI 泵通过共用取水管道从 IRWST 取水。

MHSI 泵、安注箱和 LHSI 泵都通过共用的注入管线，将含硼水直接注入到对应环路的 RCP 主管道冷段。在 LHSI 泵的下游安装了余热排出换热器，冷却注入 RCP 冷段的硼水，带走堆芯和安全壳内的热量。

正常停堆工况下，RIS 系统以 RHR 模式运行，执行余热排出的功能，在规定的时间内按一定的降温速率把一回路冷却到并维持在冷停堆工况，每一列 RIS 系统都可以执行 RHR 功能。

RHR 模式运行期间，每一列 LHSI 泵都从 RCP 一个环路的热段取水，通过余热排出换热器的管侧冷却后，返回到对应 RCP 环路的冷段，热量被传递给余热排出换热器壳侧的设备冷却水系统。

4.5.2.3 设备和部件描述

每一列 RIS 系统由 MHSI 泵、LHSI 泵、安注箱、余热排出换热器和相关的阀门和管道组成，IRWST 为 3 列共用的设备。

- 1) 安注箱

安注箱是利用氮气加压的、充有含硼水的压力容器，其结构为带有半球状上封头

和下封头的圆柱形立式储罐，它由碳钢材料制成，内衬不锈钢，安注箱布置在安全壳内。

2) LHSI 泵

LHSI 泵为卧式多级离心泵，采用不锈钢制造，水平安装在安全厂房内，RRI 系统为 LHSI 泵的电机和轴封提供冷却，A 列 LHSI 泵的电机还可以由 DEL 系统提供冷却。

3) MHSI 泵

MHSI 泵为卧式多级离心泵，采用不锈钢制造，水平安装在安全厂房内，3 列 MHSI 泵的电机都由 RRI 系统提供冷却。

4) 余热排出换热器

余热排出换热器为 U 形管式换热器，水平安装在安全厂房。余热排出换热器的管侧为一回路冷却剂或 IRWST 的硼水，壳侧为 RRI 系统提供的设备冷却水。

5) 安全壳内换料水箱（IRWST）

IRWST 为正常停堆换料和事故下 RIS 泵和 EHR 泵的运行提供水源，IRWST 内含硼水的硼浓度为停堆硼浓度，IRWST 的正常水装量满足停堆换料时的水量要求，IRWST 的液位高度可以确保所有从 IRWST 取水的泵（RCV、RIS、EHR 和 PTR 系统）具有足够的可用汽蚀余量（NPSHa）。

4.5.3 应急硼化系统（RBS）

4.5.3.1 系统功能

RBS 系统是一个专设安全系统，在事故工况下对堆芯进行硼化，用于补偿由于堆芯冷却和氙毒减少引入的正反应性。DBC2-4 中或 DEC-A 中，由操作员手动投入 RBS 系统，使得一回路可以进一步降温、降压，直到堆芯达到安全状态。在发生由控制棒故障引起的未能紧急停堆的预期瞬态（ATWS）时，RBS 系统自动投入运行，保证堆芯处于次临界状态。

4.5.3.2 系统描述

RBS 系统是一个安全系统，由两列 100%容量的系列组成。

每列 RBS 系统由一个应急硼酸箱、一台活塞泵及其相关阀门、仪表和连接管线组成。每列 RBS 向 RCP 的三个环路注入，活塞泵输送硼酸溶液，经安全壳隔离阀和 RCPB

隔离阀，并经由 RIS 系统的管线注入到 RCP 系统对应环路的冷管段中。

其中 B 列的 RBS 泵用于一回路水压试验。一回路水压试验时，通过开启与 RCV 系统连接管线上的手动阀，RBS 泵从 RCV 容控箱取水，通过 RCV 的轴封注入管线注入到 RCP 系统。

RBS 泵需要进行定期试验，由泵从应急硼酸箱取水，通过定期试验管线最终返回到对应列的应急硼酸箱上。泵也可以通过此回流管线对应急硼酸箱进行定期搅混。在泵出口设置有安全阀，对 RBS 系统内可能的超压瞬态进行保护。

RBS 系统使用 7000mg/kg~7700mg/kg 的浓硼酸溶液，为防止硼结晶，要求系统介质温度不低于 20℃，介质温度由暖通系统和硼加热系统予以保障。

4.5.3.3 主要设备特性

RBS 系统主要设备包括应急硼酸箱和应急硼化泵。

应急硼酸箱为常压的立式不锈钢水箱，其有效水容积足以提供事故下反应堆达到安全状态所需的硼酸。

应急硼化泵为活塞泵。泵的排出压力需考虑事故工况下 RBS 能够向 RCP 注入足够流量的硼酸溶液；泵的最大排出压力还需满足执行一回路水压试验要求。泵采用空冷方式，由燃料厂房通风系统（DWK）冷却。

4.5.4 应急给水系统（ASG）

4.5.4.1 系统功能

应急给水系统（ASG）是一个专设安全系统，用于缓解正常给水系统失效或丧失的设计基准事件或事故工况（包括 DBC 和 DEC-A 事件或事故，ASG 系统不参与 DEC-B 事故的缓解），正常给水系统包括主给水流量控制系统（ARE）以及启动和停堆给水系统（AAD）。事故期间，ASG 系统向蒸汽发生器提供给水，恢复或维持蒸汽发生器水位，反应堆的衰变热和显热通过蒸汽发生器从一次侧传导到二次侧，在汽机旁路系统（GCT，如果可用）或蒸汽大气排放系统（VDA）的配合下，最终将热量导出到最终热阱（大气或海水）。

4.5.4.2 系统描述

ASG 系统由 3 个独立的连接至 3 个环路的蒸汽发生器的应急给水系列组成。每个系列包含：

- 1 个应急给水箱；
- 1 台应急给水电泵（1×100%），由应急电源供电；
- 泵吸入口与排出口相关的管道、阀门等。

三个系列泵吸入侧及出口侧均通过集管方式连接，集管可由操纵员现场手动打开。应急给水通过与主给水系统相独立的应急给水管线注入蒸汽发生器。

4.5.4.3 主要设备特性

ASG 系统主要设备有：

1) 应急给水箱

应急给水箱为混凝土结构水池，在水池内表面内衬不锈钢衬里。

2) 应急给水泵

应急给水泵为多级卧式离心泵，采用奥氏体不锈钢制造。

4.5.5 蒸汽大气排放系统（VDA）

4.5.5.1 系统功能

蒸汽大气排放系统（VDA）参与以下安全功能。

— 反应性控制

蒸汽流量过度增加的事故工况中，VDA 的隔离必须作为一回路过冷保护的一部分，参与执行反应性控制。

— 余热排出

事故工况下，VDA 可通过向大气排放蒸汽来排出余热。

— 放射性物质包容

VDA 参与蒸汽发生器二次侧超压保护，保证蒸汽发生器二次侧完整性。

SGTR 事故中，一回路压力下降至中压安注注入条件后，通过提高 VDA 开启设定值，将放射性包容在受影响的蒸汽发生器之内，从而限制受影响 SG 向安全壳外的放射性释放。

在严重事故情况下，VDA 参与安全壳的隔离。

4.5.5.2 系统描述

每台机组的 VDA 系统由 3 列相同的安全级排放序列组成（每个蒸汽发生器对应一列）。每列包括：

- 1 个主蒸汽释放隔离阀（MSRIV）；
- 1 个主蒸汽释放控制阀（MSRCV），位于 MSRIV 下游；
- 1 个消音器，位于 MSRCV 下游的排放管道上；
- 连接管道。

VDA 位于反应堆厂房之外 3 个相同的阀站内，其中 1 个阀站位于安全厂房 A 的顶部，另外 2 个阀站位于安全厂房 B 的顶部。

4.5.5.3 主要设备特性

1) MSRIV

MSRIV 为先导式截止阀，通过执行机构中的电磁阀控制阀门动作。MSRIV 应在安全分析要求的时间内快速开启，满足蒸汽发生器二次侧超压保护需求。

2) MSRCV

MSRCV 为电动调节阀，负责控制蒸汽发生器二次侧压力以及事故工况下控制降温速率。MSRCV 也作为 MSRIV 的冗余隔离。

3) 消音器

在安全厂房屋顶，每列 VDA 排放管线的末端安装一台消音器，用以限制蒸汽排放产生的噪音，保护人员及环境。

4.5.6 二次侧非能动余热排出系统（ASP）

ASP 系统主要用于设计扩展工况，应对的工况为需要 ASG 系统投运以排出一回路热量且 ASG 失效的事故工况，在这些工况中 ASP 能够持续排出一回路热量。这些工况主要包括：

- 全厂断电（SBO）叠加 ASG 失效；
- 全部丧失给水；
- 其他需要 ASG 启动的事故叠加 ASG 失效。

此外，ASP 还可在所有需要通过 ASG 和 VDA 系统进行排热的设计扩展工况的长期阶段为 ASG 提供水源，在反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）冷却回路机械系统完全失效的设计扩展工况的长期阶段为乏燃料水池补水。在 SGTR 工况下，作为蒸汽发生器（SG）压力边界范围的 ASP 设备参与 SG 隔离功能。

在严重事故工况下，通过隔离自身，参与隔离安全壳外二次侧系统。

4.5.7 额外冷却系统（ECS）

ECS 系统在下列工况下执行余热排出安全功能：在部分 DEC-A 工况（完全丧失冷链（TLOCC）、SBO 工况）和 DEC-B 下，通过 EHR 系统导出堆芯及安全壳内余热；通过冷却 PTR 系统的换热器来移出燃料厂房乏燃料水池的衰变热。

ECS 设置了中间冷却回路，通过中间波动箱保证该回路运行压力始终高于 EHR 系统和 PTR 系统，从而确保放射性物质的包容。

除定期试验外，电厂正常运行期间无需 ECS 系统运行。

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

4.6.5 乏燃料暂存系统

4.6 放射性废物管理系统和源项

放射性废物管理系统主要包括放射性废液管理系统、放射性废气管理系统和放射性固体废物管理系统。

本节描述台山核电厂3、4机组的放射性废物管理系统和放射性源项，包括堆芯积存量、一回路和二回路的放射性活度，液体、气体和固体放射性废物处理系统，气载和液体放射性流出物的排放量及固体放射性废物的产生量。

放射性排放量主要取决于：

- 一回路冷却剂的放射性活度；
- 处理系统的设计处理能力及运行效能。

4.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，运行状态下裂变产生的放射性裂变产物基本上都包容在燃料元件的包壳内，只有极少量的裂变产物通过包壳缺陷泄漏到一回路冷却剂中；同时裂变产生的中子使一回路冷却剂、硼酸和其它结构材料受到辐照而产生中子活化产物。这些裂变产物和活化产物形成反应堆冷却剂中的放射性源。它们通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成对核辅助系统和二回路的污染。

4.6.1.1 堆芯积存量

堆芯积存量计算假定如下：所有组件均以39MW/tU的比功率从0MWd/tU辐照至52000MWd/tU，组件富集度为4.45%，单组件铀元素质量为0.46t。各放射性核素活度均取整个辐照史内的最大值。

4.6.1.2 一回路冷却剂的放射性活度

反应堆运行时燃料元件中产生的气态和固态放射性产物，在元件中迁移并积存，当发生包壳破损情况后以一定的几率释放到冷却剂中，构成冷却剂中裂变产物源项，包括惰性气体、卤素等。

此外，一方面由于堆内构件因受到中子照射而具有放射性，在发生腐蚀后释放到冷却剂中；另一方面一回路管道和设备的材料由于氧化和腐蚀进入到冷却剂中，随冷

却剂流经堆芯受到堆芯及其相邻区域的中子照射后具有放射性，主要有Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58、Co-60、Ag-110m、Sb-122和Sb-124等核素。这些构成了冷却剂中的腐蚀产物源项。

1) 裂变产物

针对台山核电厂3、4机组的燃料管理方案，平衡循环采用富集度为4.45%的全M5 AFA3G燃料组件，循环长度为478EFPD。使用CPFPP程序计算稳态工况下一回路冷却剂系统的裂变产物稳态源项。瞬态工况下的裂变产物活度通过稳态工况的裂变产物活度与“峰值因子”计算获得。峰值因子采用与中国广核集团在运百万千瓦级压水堆机组18个月换料设计相同的峰值因子。

在CPFPP程序中，裂变产物在燃料中产生并随后进入反应堆冷却剂的模型分为五个过程。

- a) 通过裂变、放射性衰变或中子俘获产生裂变产物；
- b) 裂变产物通过扩散、反冲和击出等方式进入燃料棒内间隙；
- c) 裂变产物通过包壳缺损释入反应堆冷却剂；
- d) “沾污铀”在中子照射下发生裂变及裂变产物的释放；
- e) 考虑反应堆运行参数后，裂变产物在反应堆冷却剂系统的分布。

根据燃料循环管理策略中平衡循环特性，使用CPFPP程序模拟共8个循环，并将第3至第8循环寿期末的最大值提取作为裂变产物源项值。

在进行源项计算时，采用如下三套假设：

— 0.1GBq/t I-131当量工况

对于本工况裂变产物的稳态值，在1根燃料棒包壳破损、34微米破口尺寸的假设下，使用CPFPP计算并归一化，再考虑1g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为0.1GBq/t。此工况下的源项称为“预期源项”。该活度谱主要用于排放源项预期值（预期工况）的计算和放射性废物最小化管理。

— 5GBq/t I-131当量工况

对于本工况裂变产物的稳态值，在12根燃料棒包壳破损、34微米破口尺寸的假设下，使用CPFPP计算并归一化，再考虑3g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为5GBq/t。该活度谱用于流出物排放源项设计值计算，满足环境影响评价和排放量申请的需要。

— 37GBq/t I-131当量工况

对于本工况裂变产物的稳态值，在0.25%燃料元件发生破损（相当于117根燃料棒破损）、34微米破口尺寸的假设下，使用CPFP计算并归一化，再考虑3g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为37GBq/t。该活度谱是其他情况的包络值，主要用于事故分析、废物管理系统屏蔽设计和作为运行技术规格书限值。

2) 活化腐蚀产物

反应堆冷却剂中的活化腐蚀产物主要由于堆芯及结构材料所含的某些元素被中子照射后活化产生。冷却剂中的溶解物和悬浮物颗粒与基体金属、氧化物薄层以及沉积物之间不停地进行物质交换，这个过程是非常复杂的。

本项目以中国广核集团在运机组近年来的冷却剂活化腐蚀产物的运行监测数据为基础，经过对这些运行反馈数据的分析，设计出活化腐蚀产物源项。本项目定义了两套冷却剂活化腐蚀产物源项，即预期源项和设计源项。这两套源项均包括机组稳态功率运行、瞬态和停堆三种工况。在机组功率运行期间，冷却剂活化腐蚀产物源项采用“对运行数据取百分比包络性”的方式确定，具体为：

- a) 预期源项的稳态值包络50%运行数据；
- b) 设计源项的稳态值包络95%的运行数据；
- c) 预期源项和设计源项的瞬态值均为包络100%的运行数据。

在机组停堆前通常会采用氧化操作使沉积在管道表面的腐蚀产物溶解，从而形成停堆期间活化腐蚀产物活度的快速增加（即停堆的氧化峰）。本项目停堆期间的活化腐蚀产物源项来自中广核在运机组运行数据以及法国压水堆的运行数据。

根据国内外在运机组的大量运行经验，沉积在一回路主管道并且对辐射防护起主要贡献的是Co-58和Co-60，其他核素（包括Cr-51、Mn-54、Fe-59、Ag-110m、Sb-122和Sb-124）的贡献很小。根据中国广核集团在运电站的辐射防护运行监测数据，设计得到本项目一回路系统典型沉积源项。

4.6.1.3 二回路系统的放射性活度

二回路系统的活度由蒸汽发生器传热管束泄漏造成。带放射性的一回路冷却剂经由破损的蒸汽发生器传热管进入蒸汽发生器二次侧。蒸汽发生器中带放射性的蒸汽均匀混合，经汽轮机膨胀做功后进入冷凝器。在冷凝器中，蒸汽中所有惰性气体和部分

的碘及其他核素（份额与汽水分配因子有关）从冷凝器抽真空系统向大气排放。其他的放射性蒸汽全部被冷凝成液体后经过凝结水除盐器回到给水系统。二回路的泄漏主要发生在冷凝器后端的给水系统中。

二回路冷却剂源项计算考虑预期值、运行值和设计值，分别对应0.1GBq/t I-131当量、5GBq/t I-131当量和37GBq/t I-131当量。预期值考虑蒸汽发生器处一回路至二回路的泄漏率在整个循环内保持恒定为1.5kg/h；运行值和设计值考虑蒸汽发生器处一回路至二回路的泄漏率在整个循环内保持恒定为3kg/h。

4.6.1.4 氙源项

氙主要是由裂变反应以及硼、锂和氘的中子活化产生。本项目18个月换料周期情况下，单台机组氙的年产生量预期值和设计值分别为 $3.80\text{E}+04\text{GBq/a}$ 和 $4.88\text{E}+04\text{GBq/a}$ 。

氙的半衰期较长，且无法被处理单元有效去除，故计算中保守假设一回路冷却剂系统中产生的氙全部向环境排放，其中通过气态和液态途径排放的氙分别考虑为总量的10%和90%。因此，每台机组每年经由气态和液态途径释放的氙源项为：

- 对于预期工况，气态氙源项为 $3.80\text{E}+03\text{GBq}$ ，液态氙源项为 $3.42\text{E}+04\text{GBq}$ 。
- 对于设计工况，气态氙源项为 $4.88\text{E}+03\text{GBq}$ ，液态氙源项为 $4.39\text{E}+04\text{GBq}$ 。

4.6.1.5 C-14 源项

C-14 主要由中子与存在氧化物燃料和慢化剂里的 O-17 之间的 (n, α) 反应、中子与燃料中的杂质 N-14 的 (n, p) 反应以及三元裂变产生。本项目 8 个月换料周期情况下，单台机组一回路 C-14 的年产生量预期值和设计值分别为 $3.90\text{E}+02\text{GBq/a}$ 和 $4.33\text{E}+02\text{GBq/a}$ 。

C-14 半衰期长且无法被处理单元有效去除，故计算中保守假设一回路冷却剂系统中产生的 C-14 全部向环境排放，其中通过气态和液态途径排放的氙分别考虑为总量的 93%和 7%。因此，每台机组每年经由气态和液态途径释放的 C-14 源项为：

- 对于预期工况，气态C-14源项为 $3.63\text{E}+02\text{GBq}$ ，液态C-14源项为 $2.73\text{E}+01\text{GBq}$ 。
- 对于设计工况，气态C-14源项为 $4.03\text{E}+02\text{GBq}$ ，液态C-14源项为 $3.03\text{E}+01\text{GBq}$ 。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液系统指具有控制、收集、处理、输送、贮存及排放放射性废液能力的系统，主要包括：

- 冷却剂贮存和处理系统（TEP）；
- 废液处理系统（TEU）；
- 核岛废液排放系统（TER）；
- 放射性废水回收系统（SRE）；
- 核岛排气和疏水系统（RPE）。

除此之外，其它已被污染或可能被污染的液体也由下列系统处理或收集：

- 化学和容积控制系统（RCV）；
- 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）；
- 蒸汽发生器排污系统（APG）；
- 常规岛废液排放系统（SEL）。

4.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（TEP）

冷却剂贮存和处理系统（TEP）接收和贮存电站正常运行中可复用一回路冷却剂，通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和 7000mg/kg-7700mg/kg 的硼酸溶液返回一回路复用。通过除气工艺，降低一回路冷却剂中放射性水平。

根据不同的运行功能，TEP 系统被分成冷却剂贮存和供给，净化，处理和除气 4 个子系统：

- 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）；
- 冷却剂净化子系统（TEP2）；
- 冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）；
- 冷却剂除气子系统（TEP4）。

（1）系统功能

冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）执行以下功能：

- 接收和贮存电站正常运行中由于燃耗、负荷变化（包括负荷跟踪）和启动与停机瞬态从反应堆冷却剂系统（RCP）排放的冷却剂；
- 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的反应堆冷却剂（可复用的一回路疏水）；

- 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的反应堆冷却剂（安全阀排放的可复用一回路冷却剂）；
- 贮存和供给除气后的蒸馏液到反应堆硼和水补给系统（REA），用于反应堆冷却剂的补给和更换；
- 冷却剂净化子系统（TEP2）执行去除固体和离子杂质功能，以降低待处理一回路冷却剂放射性水平。

冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）执行以下功能：

- 将电站正常运行中暂存在 TEP1 系统中的一回路冷却剂分离成 7000mg/kg-7700mg/kg 的硼酸溶液和补给水，供反应堆冷却剂系统复用；
- 对经过处理单元分离得到的蒸馏液在重新注入到反应堆冷却剂系统或者从电站排放（在氚浓度高的时候）前进行除气操作；
- 对补偿排放用的中性除盐水分系统（SED）除盐补给水进行除气操作。

冷却剂除气子系统（TEP4）执行以下功能：

- 在反应堆冷却剂系统（RCP）压力容器顶盖因换料或者维修打开之前，去除一回路冷却剂中的放射性气体和氢气；
- 当反应堆冷却剂系统（RCP）压力容器顶盖闭合之后，去除 RCP 系统中溶入一回路冷却剂中的氧气；
- 在机组功率运行时，如果一回路冷却剂接近设计的放射性限值，或者冷却剂化学性质的要求，通过冷却剂除气子系统（TEP4）除气，减少惰性气体和其它气体的浓度。

（2）系统描述

冷却剂贮存和处理系统根据电厂正常运行工况设计。

1) 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）

冷却剂贮存和供给子系统主要由 6 个容积相同的冷却剂贮存箱以及一条除盐水母管（除盐水管线）和一条冷却剂母管（硼水管线）组成。每一个冷却剂贮存箱都可通过电动阀与冷却剂母管或除盐水母管相连。在电厂正常运行时，一个冷却剂贮存箱与冷却剂母管永久连接，同时另一个贮存箱与除盐水母管永久连接。接收和输送冷却剂或除盐水可同时进行。

需要的话，可使用硼酸蒸馏塔补给泵通过连接硼水管线和除盐水管线的旁路管线

在冷却剂贮存箱之间输送液体。

一回路冷却剂通过以下来源进入硼水管线：

- 通过化学和容积控制系统（RCV）容控箱上游的三通阀。一个设置在三通阀下游的逆止阀防止倒流回 RCV 系统；
- 核岛排气和疏水系统（RPE）（可复用的一回路疏水）。

另外，下列流体也流入 TEP1 系统：

- 来自中性除盐水分配系统（SED）的除盐水，作以下用途：
 - 补给除盐水
 - 设备冲洗/疏排
- 来自废气处理系统（TEG）的氮气用于吹扫冷却剂贮存箱并保持负压。

一回路冷却剂通过硼水管线输送到冷却剂处理子系统以便分离为硼酸溶液和除盐水。

冷却剂贮存箱中的除盐水通过除盐水管线输送回反应堆硼和水补给系统（REA）。

2) 冷却剂净化子系统（TEP2）

TEP2 将冷却剂从 TEP1 输送到 TEP3 并通过 TEP2 的除盐床进行除盐过滤，混床除盐床充满阴阳树脂，用来清除未被 RCV 系统净化除盐床去除的铯和其他同位素离子，同时也去除去往冷却剂处理子系统的离子和胶体悬浮物。

一个筒式过滤器用来除去来自除盐床的树脂颗粒或通过除盐床的杂质。

除盐床和过滤器可以有效防止可溶和不溶杂质在冷却剂处理子系统中聚集，避免通过 REA 系统再次进入反应堆冷却剂系统。

硼水通过硼水管线由硼酸蒸馏塔补给泵从冷却剂贮存箱输送到冷却剂净化子系统净化后，冷却剂被输送到 TEP3 的硼酸蒸馏塔中。废树脂通过冲排管道输送到固体废物处理系统（TES）。

3) 冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）

TEP3、5、6 有 4 种工作模式：

- 不需要除气操作的蒸馏分离，处理后复用

冷却剂通过一个硼酸蒸馏塔补给泵输送，经过两级再生式热交换后（分别回收硼酸蒸馏塔生产的浓硼酸以及蒸馏液的热量），进入硼酸蒸馏塔。通过加热沸腾，蒸发上升的蒸汽通过两台蒸汽压缩机抽出并加压送入硼酸蒸馏塔热交换器壳侧，加热塔釜料

液并冷凝。冷凝液收集罐和冷凝液罐收集冷凝液并完成汽水分离，通过冷凝液输送泵把冷却到 50℃ 的冷凝液输送到 TEP1 冷却剂贮存箱贮存。塔釜的硼酸溶液被浓缩到 7000mg/kg-7700mg/kg，并通过硼酸输送泵输送到 REA 系统。

— 需要除气操作的蒸馏分离，处理后复用

在这种工作模式下，其他操作同第 1 种工作模式操作，但冷凝液在进入再生式预热器前，通过旁路进入 TEP6，除气后通过再生式预热器及后续冷却器冷却到 50℃ 输送到 TEP1 冷却剂贮存箱复用。

— 需要除气操作的蒸馏分离，处理后排放冷凝液

当冷凝液水质不满足复用要求时，如一回路氘含量超标需要排氘，处理后的冷凝液通过与上第 2 条相同的操作后，不输送到 TEP1 而直接输送到 TER 系统排放。

— 补给水除气

当冷凝液被部分排放后，需要补充除盐水。补给水由 SED 系统提供，通过补给水预热器加热进入 TEP6，除气后冷却到 50℃ 输送到 TEP1 冷却剂贮存箱贮存备用。

硼酸用 2 台硼酸输送泵中的 1 台通过再生式硼酸冷却器输送到 REA 系统。利用硼酸蒸馏塔进料冷却硼酸。硼酸输送泵下游的控制阀保证输送到 REA 系统的硼酸溶液浓度在 7000mg/kg-7700mg/kg。

从冷凝液泵输出的蒸馏液被注入蒸汽压缩机吸入管嘴中，以保证压缩机排出的蒸汽达到饱和状态。同时一部分蒸馏液被输送到硼酸蒸馏塔的顶部用来净化蒸汽，其余的蒸馏液泵冷却器进一步冷却到 50℃，送往 TEP1 冷却剂贮存箱贮存。

启动蒸发单元时，在蒸汽还没达到硼酸蒸馏塔顶部之前，用硼酸蒸馏塔循环泵下游的电加热器加热料液。这个电加热器需要一直使用直到蒸汽压缩机可以启动。在蒸发单元正常运行时，这个电加热器可以以小功率运行或者完全关闭。

由冷凝器收集的不凝气体在输送到 TEG 系统之前用气体冷却器冷却。分离出的不凝气主要由氢气组成，用氮气吹扫冷凝液罐，防止任何爆炸风险。

当处理单元停运的时候，用氮气吹扫硼酸蒸馏塔以清除蒸汽冷凝后可能残留的氢气。

SED 除盐水可以用作补给水，在被输送到冷却剂贮存箱前，SED 除盐水经过加热后送冷凝液除气塔除气。

SED 除盐水也可以直接通过补给水预热器预热后送到 REA 系统硼水混合单元，用

以配置新的硼酸溶液。

4) 冷却剂除气子系统 TEP4

— 在电站正常运行和停堆前降低放射性气体或氢气含量

冷却剂通过下泄管线从 RCV 输送到冷却剂除气子系统（TEP4）。除气后的冷却剂送回 RCV 系统。一回路冷却剂中脱除的气体送到 TEG 或核辅助厂房通风系统（DWN）。

约 50°C 的一回路冷却剂从 RCV 系统输送到冷却剂除气塔顶，逆流经过上升的蒸汽后脱除溶解在其中的不凝气体。为了使料液沸腾，运行压力保持在 0.0125MPa(a)。在这一条件下，大部分冷却剂里溶解的气体会析出。

除气后的冷却剂由除气输送泵送回 RCV 系统。泵下游有一条小流量管线回到除气塔。

除气塔循环泵将除气塔塔釜的一回路冷却剂送到除气塔电加热器，以获得蒸发所需要的热量，再回到除气塔。

除气塔内上升的蒸汽基本全都被冷凝器冷凝，回流到除气塔的顶部塔盘。冷凝液被保持在沸点温度以防止析出的气体再次溶解。冷凝器下游的气体冷却器冷却和干燥析出的气体。

冷却剂在 50°C 沸腾所需的真空度由除气塔真空泵保证，真空泵同时抽出除气塔内析出的气体。析出的气体与 TEG 系统注入的氮气混合，混合气体再送回 TEG 系统。

有两个吹扫气的注入点：

- 除气塔顶部用来控制塔内运行压力
- 真空泵出口端用来降低氢气浓度

管道内的氢气浓度总被保持在爆炸极限以下。

除气塔真空泵的密封液（除盐水）在密封液罐内与气体分离。密封液通过密封液冷却器和密封液过滤器循环回除气塔真空泵。

为保证除气塔内工作压力 0.0125MPa(a)，注入除气塔真空泵吸入口端的密封液饱和蒸汽压必须低于吸入口端的工作压力。为达到这一状态，密封液冷却器需要把密封液冷却到大约 20°C。

— 换料后一回路冷却剂除气

除吹扫气源和气体排放下游，其他除气运行与上述一致。

在排放气体放射性足够低或者当 TEG 系统氧含量需要降低时，气体可送到 DWN

系统。

如果 TEG 系统不可用或氧含量超过一定限值，则通过氮气分配系统（SGN）注入氮气。

（3）主要设备特性

报告给出了TEP系统的主要设备特性。

4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

（1）系统功能

TEU 系统位于 BWX 厂房，为两台机组共用。用于接收、贮存、监测并处理机组正常运行期间及预计运行事件工况期间产生的不可复用放射性废液，并将处理合格的废液送入废液排放系统（TER）排放。

TEU 系统处理四类放射性废液：工艺废液、化学废液、地面废液和洗涤废液。上述废液主要由核岛排气和疏水系统、放射性废水回收系统收集。

（2）系统描述

放射性废液根据放射性浓度和化学组份主要由 RPE 系统和 SRE 系统分类收集，然后送至 TEU 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

- 工艺废液为化学杂质含量低的放射性废液，可由除盐、蒸发+除盐或暂存等多种方式进行处理；
- 化学废液的化学杂质含量及放射性浓度均较高，可由蒸发、蒸发+除盐或暂存等多种方式进行处理；
- 地面废液的放射性浓度较低，含悬浮固体和颗粒物等，可采用过滤工艺进行处理，若放射性浓度超过排放限值，可由蒸发工艺进行处理；
- 洗涤废液的放射性浓度极低，含悬浮固体和纤维物质等，采用过滤工艺进行处理。

TEU 系统划分为废液贮存子系统、废液处理子系统、化学加药子系统、取样分析子系统以及监测排放子系统，分别执行放射性废液收集及贮存、废液处理、化学试剂贮存与加注和系统集中取样监测等功能。

a) 废液贮存子系统

废液贮存子系统分别设置工艺废液贮存槽、地面废液贮存槽、化学废液贮存槽以

及洗涤废液贮存槽用于贮存不同类别的放射性废液。同类别贮槽均配备专门的排水泵，用于贮槽内废液的搅混和倒罐操作，并在贮槽达到设定液位时输送槽内的废液到废液处理子系统进行处理。

工艺排水进入工艺废液贮存槽，地面排水进入地面废液贮存槽，化学排水由化学废液贮存槽接收，洗涤废液由洗涤废液贮存槽接收。每类贮槽中总有一个贮槽处于接收状态。贮槽装满后要进行搅拌、取样分析、添加化学试剂等，然后进行处理。

b) 废液处理子系统

废液处理子系统设计采用三种工艺用于分离在机组正常运行期间所产生废液中含有的放射性物质或化学组分：除盐、蒸发和过滤。

--- 除盐处理单元

当废液需要采用除盐工艺进行处理时，先将废液于相应收集槽内混合搅拌，取样分析后，输送至除盐单元。除盐单元含有 3 台除盐床，可根据需要确定废液通过路径。除盐单元中的任何一除盐床均可根据需要被旁路。

当废液在蒸发单元处理之后需要再进行除盐操作时，蒸发处理过的废液可通过除盐床进行进一步处理。

--- 蒸发处理单元

当废液需要采用蒸发工艺进行处理时，将废液于相应收集槽内混合搅拌，取样分析后，经由蒸发器进料泵输送至蒸发单元处理。若蒸发处理后废液满足排放要求，可直接送至监测槽内贮存，若不满足要求，则需经过除盐床进行进一步处理。

--- 过滤处理单元

当废液在收集槽内混合均匀，取样分析结果显示废液放射性活度浓度低于排放限值时，可由过滤进行处理后直接排往 TER 系统监测槽。过滤处理单元由三台过滤器组成。

c) 化学加药子系统

化学加药子系统配置能够精确剂量的计量泵及附属部件，以满足废液贮存时系统对废液的 pH 值等化学性质调节的需要。

d) 取样分析子系统

取样分析子系统配备专门的取样箱，将分布于系统内不同地点的取样管线汇集到一起进行取样操作及分析。以掌握废液在贮存和处理过程中的特性，随时跟踪各处理

设备的状态。取样箱配备有通风、疏排水和管线冲洗等附属设施。

e) 监测子排放系统

监测排放子系统由监测槽、排放泵组成，用于收集经过废液处理子系统处理后废液，取样合格后，排往核岛废液排放系统（TER）进行排放。

（3）主要设备特性

报告给出了废液处理系统（TEU）的主要设备特性。

4.6.2.3 核岛废液排放系统（TER）

（1）系统功能

TER 系统运行功能如下：

— 收集来自 TEU 系统的达标废液和 TEP 的排气废液，对这些废液进行暂存、混匀、监测，并有控制地向环境水体进行排放；

— 当 SEL 系统贮存能力不足、贮罐破裂或排往 SEL 系统的废液放射性水平较高时，接收该部分废液；

— 经取样分析或电厂辐射监测系统（KRT）监测，废液放射性水平超过排放管理限值时，将其送回 TEU 系统进行处理；

— 排放废液时，监测并记录废液的放射性剂量水平、流量和累计水量。

（2）系统描述

TER 系统配置三台容积相同的废液贮存罐，每台废液贮存罐配备一台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三台废液贮存罐共用一根向环境的排放总管，排放总管上设有 KRT 系统的在线监测设备，监测排放废液的放射性水平。本系统所在厂房设有地坑，用于收集系统泄漏或放空的废液，地坑内设有地坑泵，用于将地坑内收集的废液送回废液贮存罐。

（3）主要设备特性

报告给出了 TER 系统的主要设备特性。

4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）

（1）系统功能

SRE 系统分类收集下列场所产生的放射性废液或可能带有放射性的废液，然后送

往废液处理系统（TEU）进行处理。

- 放射性废物处理厂房（BWV）的各类疏排水；
- 热机修车间和仓库（BBH）产生的放射性废液；
- 厂区实验室（BBL）产生的放射性废液；
- 职业医疗室（BBC）产生的放射性废液。

废物辅助厂房（BQS）内产生的放射性废液通过 BQS 废液地坑泵经 SRE 管道输送到 TEU 系统进行处理。

（2）系统描述

1) BWV 厂房的各类疏排水

BWV 厂房内产生的各类疏排水及地面冲洗水根据其废液性质收集到不同的废液地坑中，然后由地坑泵送至 TEU 系统进行处理。

2) BBH 厂房产生的放射性废液

BBH 厂房内产生的放射性废液收集后，经 SRE 管线输送至 TEU 系统进行处理。

3) BBL 厂房产生的放射性废液

BBL 厂房内产生的放射性废液收集后，经 SRE 管线输送至 TEU 系统进行处理。

4) BBC 厂房产生的放射性废液

BBC 厂房产生的人体去污废液依靠重力流入 SRE 系统人体去污废液收集箱内，然后通过废液排放泵送到 TEU 系统进行处理。

5) BQS 厂房产生的放射性废液

BQS 厂房内产生的放射性废液收集后，经 SRE 管线输送至 TEU 系统进行处理。

（3）主要设备特性

报告给出了 SRE 系统的主要设备特性。

4.6.2.5 常规岛废液排放系统（SEL）

（1）系统功能

SEL 系统的功能为：

— 收集来自常规岛废液收集系统（SEK）和蒸汽发生器排污系统（APG）排放的潜在放射性废液收集，对于这些废液进行暂存、混匀、监测，并有控制地向环境水体

进行排放；

— 经取样分析或电厂辐射监测系统（KRT）监测，废液放射性水平超过管理限值时，将其送回 TEU 系统进行处理；

— 排放废液时，监测并记录废液的放射性剂量水平、流量和累计水量。

（2）系统描述

SEL 系统设置三个容积相同的废液贮存罐，每个废液贮存罐各配备一台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三个废液贮存罐共用一根排放总管，排放总管上设有 KRT 系统的在线监测设备，监测排放废液的放射性水平。

系统所在厂房罐区和泵房各设有一个地坑，用于收集泄漏或排空的废液，各地坑内设有一台地坑泵，用于将地坑内收集的废液送回废液贮存罐。

（3）主要设备特性

报告给出了 SEL 系统的主要设备及特性。

4.6.2.6 核岛排气和疏水系统（RPE）

（1）系统功能

核岛排气和疏水系统（RPE）收集核岛内产生的放射性废液和废气，它们来自：

- 机组正常运行；
- 换料停堆、维修停堆各阶段及随后的启动；
- 设备维修及维修前设备排水；
- 正常泄漏和事故泄漏；
- 各种瞬态。

根据废物的特性以及收集后的处理方式，分别由各自的管网输送到下游系统进行处理或监测排放。

（2）系统描述

RPE 系统分类收集来自反应堆厂房，安全厂房，核辅助厂房，燃料厂房以及进出厂房的放射性废物。根据废物的种类、来源进行收集。

系统接收废物分类如下：

a) 可复用废液

1) 反应堆厂房产生的反应堆冷却剂废液

这些排放物是含氢的反应堆冷却剂，主要来自：

- 一回路系统的泄漏；
- 堆腔内部泄漏；
- 稳压器除气管线的排气；
- RPE 真空泵气液分离罐的排水；
- 稳压器卸压箱排水；
- 一回路系统的管道和设备的排水。

除稳压器卸压箱的排水被直接转送去 TEP 系统外，其他反应堆冷却剂废液均收集于反应堆冷却剂疏水箱（由 TEG 系统吹扫）或一回路废液收集箱。反应堆冷却剂疏水箱内的废液经热交换器冷却后排向 TEP 系统，废气排向 TEG 系统。

一回路废液收集箱通常在停堆期间使用，收集来自一回路系统的排气和疏水，一回路废液收集箱排气连接到安全壳换气通风系统（EBA）。

2) 核辅助厂房反应堆冷却剂废液

下述废液收集于核辅助厂房内反应堆冷却剂收集箱中，经泵输送到 TEP 系统处理：

- 输送反应堆冷却剂的设备和管道的排水；
- 输送反应堆冷却剂的设备和管道安全阀的排放。

3) 安全厂房和燃料厂房产生的反应堆冷却剂废液

这些废液主要来自维修期间安全注入系统（RIS）、安全壳热量导出系统（EHR）和反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）产生的反应堆冷却剂废液，经泵输送至 TEP 系统处理。

b) 不可复用废液

1) 工艺废液

工艺废液主要来自含有一回路冷却剂系统设备和管道冲洗产生的废液，这些废液收集于各个厂房工艺废液收集箱。

工艺废液收集箱和厂房通风系统相连，且配置转运废液的疏水泵。

安全厂房和燃料厂房收集的工艺废液可以通过泵转运到位于核辅助厂房内的工艺废液中转箱。

工艺废液中转箱内的废液可以通过泵输送到位于核辅助厂房内的工艺废液暂存箱，

再转送至废液处理系统（TEU）进行处理。

2) 化学废液

化学废液主要来自于核辅助厂房热实验室分析间产生的废液以及化学组分含量比较高的设备疏排水，收集位于核辅助厂房的化学废液收集箱，经泵转送至 TEU 系统进行处理。

3) 地面废液 1

地面废液 1 主要是反应堆厂房、核辅助厂房、燃料厂房、安全厂房产生的废液，主要来自于控制区输送一回路冷却剂的设备房间的地面冲洗水、设备泄漏水、空调冷凝水。废液依靠重力通过收集管网、地漏和漏斗流入各厂房相应的地面废液 1 地坑。地坑中配置潜水泵将废液转运位于核辅助厂房内的地面废液 1 中转地坑。地面废液 1 中转地坑内的废液由泵输送至核辅助厂房内的地面废液暂存箱，然后再被转送到 TEU 系统处理。

4) 地面废液 2

地面废液 2 主要是反应堆厂房、进出厂房、燃料厂房和核辅助厂房产生的废液，主要来自于控制区含有二次侧或辅助系统流体的设备房间的地面冲洗水、设备维修排水或泄漏水、空调冷凝水。废液依靠重力通过收集管网、地漏和漏斗流入各厂房相应的地面废液 2 地坑。地坑中配置潜水泵将废液转运位于核辅助厂房内的地面废液 2 中转地坑，地面废液 2 中转地坑内的废液由泵输送至核辅助厂房内的地面废液暂存箱，然后再被转送到 TEU 系统处理。

5) 地面废液 3

地面废液 3 一般没有被放射性污染，主要来自于非控制区设备维修、泄漏和地面冲洗废液以及控制区的核辅助厂房通风系统（DWN）新风冷却盘管冷凝水。废液依靠重力通过收集管网、地漏或漏斗流入各厂房相应的收集地坑，被地坑泵转运至核辅助厂房的地面废液 3 中转地坑。地面废液 3 中转地坑废液正常情况下排向常规岛废液收集系统（SEK），经 SEK 管道送往常规岛废液排放系统（SEL）受控排放；放射性监测超标则排去 TEU 系统处理。地面废液 3 中转地坑泵排放管道上设置有电厂辐射监测系统（KRT）监测仪表，监测到放射性超标时自动关闭排向 SEK 系统管道的电动阀。地面废液 3 中转地坑泵出口管道上还设置有核取样系统（REN）的取样管线，可按需取样

分析，对 KRT 仪表进行可靠性验证。

c) 废气

除了反应堆厂房一回路废液收集箱废气排至 EBA 系统外，其他反应堆冷却剂收集箱内的放射性废气排至 TEG 系统，主要有：

- 压力容器的排气；
- 稳压器排气；
- RPE 系统反应堆冷却剂收集箱排气。

压力容器开盖前一回路吹扫及一回路充水前的抽真空过程均会产生废气，产生的这些废气由真空泵抽取，排向 TEG 或 EBA 系统。

(3) 主要设备特性

报告给出了 RPE 系统的主要设备及特性。

4.6.2.7 放射性废液的排放源项

液态放射性流出物源项计算主要考虑冷却剂贮存和处理系统(TEP)含³H废液释放、废液处理系统（TEU）系统释放和二回路系统释放。

本工程运行状态下的放射性液态流出物排放采用槽式排放的方式，即所有的放射性废液均通过核岛废液排放系统（TER）或常规岛废液排放系统（SEL）取样分析达标后排放，流出物源项计算中考虑其滞留衰变影响。

(1) TEP系统含³H废液释放

为了控制一回路冷却剂系统中反应堆冷却剂的³H浓度，使之不超过化学技术规范中的期望值，蒸馏液必要时不复用并通过TER系统排往环境，放射性核素将随蒸馏液的排放而向环境释放。计算中还应考虑一回路冷却剂在TEP系统中的暂存及处理时间。

(2) TEU系统释放

核电厂产生的废液类型种类繁多，根据废液的物理化学特性和放射性水平，TEU系统处理的废液可分为以下四类：

a) 化学废液：主要来自放射性机修和去污车间、放射性试验室、取样系统的取样间等的废液，一般而言，这些废水中化学杂质含量较高；

b) 工艺废液：主要来自各系统的废树脂冲洗水、不再复用的主冷却剂泄漏和排水等，一般而言，这些废水中化学杂质较少；

c) 地面废液：主要来自不回收的设备泄漏水、核岛厂房地面冲洗水、设备冷却水系统的排水等，这些废水一般是带有各种杂质的低放废水；

d) 洗涤废液：主要来自热洗衣房产生的洗涤废液。这些废液一般放射性水平较低，可直接经过滤处理后排放，计算中忽略。

根据放射性活度水平，选择相应的处理工艺对排往TEU系统的各类废液进行处理，保证TEU系统处理完的废液放射性浓度满足排放要求。计算中还应考虑一回路冷却剂在TEU系统中的暂存及处理时间。

（3）二回路系统释放

由于蒸汽发生器传热管处一回路冷却剂向二回路系统的泄漏，二回路系统中流体也具有放射性。经二回路系统释放到环境中的放射性废液主要包括不回收的蒸汽发生器排污和二回路系统泄漏。

在功率运行期间，蒸汽发生器排污系统（APG）将蒸汽发生二次侧水通过除盐器处理后，返回二回路系统中复用。但当处理设施失效、冷凝器不能使用、或者二回路水质超标时，蒸汽发生器排污水不再复用，而直接通过SEL系统向环境释放。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气系统收集、贮存反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准的相关要求后排入大气。处理的废气包括含空气废气和含氢废气：

- 对放射性含氢废气进行控制、收集、运输、贮存、衰变和监测，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放；
- 对放射性含空气废气进行控制、收集、运输和处理，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放。

放射性废气系统主要包括废气处理系统（TEG）、空调、加热、冷却及通风系统和冷凝器真空系统（CVI）。

4.6.3.1 废气处理系统（TEG）

（1）系统功能

反应堆堆芯产生氦和氩等放射性裂变气体，部分裂变气体会释放到反应堆冷却剂

中，并随着工艺流体的交换进入电厂各一回路相关系统。同时，为控制一回路冷却剂氧浓度，通过化学和容积控制系统（RCV）向反应堆冷却剂加氢。由于氢气的易爆性，需对相连系统的设备进行氮气吹扫来控制设备中的氢气浓度。

TEG 系统主要执行如下运行功能：

- 通过循环吹扫回路向相连容器中注入或抽出一定量的气体，平衡上游系统容器气空间中的压力，并将其维持在一定范围内；
- 通过循环吹扫置换出上游系统容器气空间中的氢气和放射性气体，限制其氢氧浓度分别低于 4%和 2%，并通过微负压设计，将放射性物质包纳在系统内，防止放射性气体释放到设备所在的厂房；
- 对吹扫气体进行氢氧复合处理，氢氧复合后气体中的氢氧浓度分别低于 0.3%和 0.1%，保证吹扫气体可以循环复用；
- 处理核电厂正常运行期间产生的放射性废气，通过活性炭滞留床对放射性气体进行滞留并自然衰变，使其在排放到大气前，放射性活度降至可接受的水平。

（2）设计准则

TEG 系统设计准则如下：

- 吹扫含有反应堆冷却剂的容器，置换出气相空间的氢气和放射性惰性气体，维持氢浓度在 4%以下，氧浓度在 2%以下，避免燃爆的潜在风险；
- 建立一个闭环回路，吹扫气体经过氢氧复合后降低氢氧浓度后（氢浓度低于 0.3%，氧浓度低于 0.1%）进行复用，减少废气向环境的排放量；
- 根据上游系统要求，维持上游系统微负压（RCV 容控箱除外）。同时充分考虑系统的密封性设计，防止放射性气体释放到厂房环境；
- 瞬态工况下循环回路中多余气体排入滞留单元，进行足够时间的衰变，方可通过 DWN 系统的烟囱排至环境，排放期间通过 KRT 系统连续监测。

1) 废气压缩单元

废气压缩机和相关吹扫管线的流量设计准则是基于待吹扫贮罐和容器中的最大氢气量的稀释流量要求，废气压缩机能为与 TEG 系统相连设备提供足够的氮气吹扫流量，使系统中 H_2/O_2 浓度低于爆炸限值。

正常运行时，通过废气压缩机的吸入压力维持上游系统微负压。

2) 复合单元

复合器设计的目的是使吹扫气体中氢气和氧气发生催化复合反应。 H_2 和 O_2 的最大体积浓度分别为 4% 和 2%。

H_2 和 O_2 在催化作用下发生复合反应，催化剂的量取决于催化剂的类型和待处理气体的最大流量。

复合反应可在室温下进行，在复合器设计中考虑配置了加热棒，保证氢氧复合的启动速率及可靠性。

3) 滞留单元

机组正常功率运行（包括负荷跟踪）时，系统处于稳态运行模式，TEG 系统基本保持闭环运行。

机组启动、停运等工况时，系统进入波动运行模式，相连系统设备的大量气体进入 TEG 系统，造成 TEG 系统压力增加。过量气体进入活性炭滞留单元进行处理，这部分气体主要包括一回路冷却剂膨胀产生、开盖前反应堆压力容器气空间吹扫产生、TEP 系统冷却剂贮存箱补充除盐水产生、相关容器检修过程中的吹扫氮气等。含有氚、氦等放射性核素的废气经过一定时间的滞留衰变后，则通过 DWN 系统的烟囱进行排放。

(3) 系统描述

根据 TEG 运行功能，TEG 系统划分为 6 个子功能单元，分别是氢氧复合单元、废气压缩单元、气体分配单元、安全壳隔离单元、滞留单元和热交换器冷冻水供应单元。

a) 氢氧复合单元

氢氧复合单元的主要功能是降低循环吹扫气体中的氢气和氧气浓度，为吹扫单元提供满足要求的载气。氢氧复合单元主要包括气体干燥器、氢气、氧气和氮气供应、氢气/氧气测量回路和氢氧复合器。

b) 废气压缩单元

废气压缩单元的主要功能是通过压缩气体维持本系统内气体循环的动力。废气压缩单元主要包括冗余设置的两台压缩机及密封液供应回路、压缩机出口的压力和流量调节回路以及压缩气体预干燥设备。

c) 气体分配单元

气体分配单元的主要功能是通过吹扫带出各容器气空间中的氢气、氧气和放射性气体等，维持设备运行的压力和氢氧浓度限值要求，限制放射性气体向设备所在的厂房环境释放。气体分配单元主要包括核辅助厂房的吹扫管线、反应堆厂房的吹扫管线、

安全厂房吹扫管线、燃料厂房吹扫管线。

d) 安全壳隔离单元

安全壳隔离单元主要包括在反应堆厂房吹扫管线上设置的四个安全壳隔离阀，为反应堆厂房的吹扫管线提供安全壳隔离功能。

e) 滞留单元

滞留单元的主要功能是衰变处理放射性废气，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。滞留单元主要包括滞留床、电加热器、硅胶干燥器、气体过滤器、取样管线、向通风系统的排放管线和放射性活度连续监测设备。

f) 冷冻水供应单元

冷冻水供应单元的主要功能是为 TEG 系统各热交换器提供冷冻水。热交换器冷冻水供应单元主要包括 TEG 系统各热交换器供应冷冻水的管线和阀门。

4.6.3.2 放射性废气的排放源项

运行状态下气态放射性核素向环境释放的途径主要有以下三种：

- a) 通过废气处理系统（TEG）向环境释放；
- b) 通过厂房通风系统向环境释放；
- c) 通过二回路系统向环境释放。

其中，TEG 系统中气态放射性核素来自于放射性液体储罐和一回路冷却剂系统的气相空间的吹扫以及对于一回路冷却剂的脱气。厂房通风系统中气态放射性核素来自于各放射性设备的泄漏以及开放水面的蒸发。二回路系统中气态放射性核素来自于蒸汽发生器一二次侧泄漏情况下冷凝器真空系统对不凝气体的抽气。

(1) 通过 TEG 的释放

TEG 系统处理的废气主要来自于核岛排气和疏水系统（RPE）的反应堆冷却剂疏水箱和冷却剂废液收集箱、化学和容积控制系统（RCV）的容控箱、冷却剂贮存和处理系统（TEP）的贮罐及除气单元、反应堆硼和水补给系统（REA）的贮罐产生的气体。这些废气进入 TEG 系统循环管线，并通过滞留床滞留衰变后通过烟囱排放。

在 TEG 排放计算中，保守假设通过 RCV 下泄的一回路冷却剂中全部的惰性气体和部分的碘进入 TEG 循环管线内循环衰变，碘的汽水分配因子为 10^{-3} 。

在计算中考虑一年中 3 次停堆，每次停堆 TEP 系统对反应堆冷却剂完全脱气。

机组功率运行期间进入 TEG 系统的废气在循环管线内实现循环吹扫，同时考虑循环管线 $0.2\text{m}^3/\text{h}$ 的泄漏率。机组停堆期间反应堆冷却剂系统脱气产生气量较大，计算中考虑废气全部进入滞留床衰变后排放环境。放射性核素 Kr、Xe 和 I 在滞留床内的停留时间不少于 40h、40 天和 10000h。废气经过滞留处理后，经废气处理系统排气放射性浓度监测道（KRT2711MAI）监测后控制排放。

（2）通过厂房通风系统的释放

反应堆厂房大气中放射性核素主要来自于厂房中放射性液体的泄漏以及堆坑周围的空气活化。核辅助厂房、燃料厂房、安全厂房和放射性废物处理厂房大气中放射性核素主要来自于厂房中放射性液体的泄漏以及开放水面的蒸发。汽轮机厂房大气中放射性核素主要来自于在反应堆冷却剂系统向二回路系统泄漏的情况下汽轮机冷凝器的抽气。

在核岛厂房中存在放射性冷却剂的泄漏时，泄漏的冷却剂中所含的全部惰性气体和部分碘都会释放到厂房大气中：

- a) 在热泄漏 ($t > 60^\circ\text{C}$) 和冷泄漏时，对碘的汽水分配因子分别取为 10^{-3} 和 10^{-4} ；
- b) 对气溶胶和惰性气体的汽水分配因子分别取为 5×10^{-4} 和 1。

核辅助厂房中反应堆冷却剂的泄漏率计算中考虑为：

- a) 对于冷泄漏， 31kg/h ；
- b) 对于热泄漏 ($t > 60^\circ\text{C}$)， 2kg/h 。

假设反应堆厂房内一回路冷却剂泄漏率为 6.5kg/h 。燃料厂房、安全厂房和放射性废物处理厂房的开放水面蒸发率根据饱和水汽压差、相对湿度、水面风速为因子的水面蒸发率公式计算得出，泄漏率考虑厂房内主要放射性设备和管道的泄漏。

核岛厂房大气中放射性核素最终都通过核辅助厂房通风系统（DWN）释放到环境中，计算中假定 DWN 系统过滤器对碘和惰性气体的去污因子分别为 10 和 1，其他核素去污因子为 100。

（3）二回路系统的释放

由于蒸汽发生器传热管处一回路冷却剂向二回路系统的泄漏，二回路系统中流体也具有放射性。经二回路系统释放到环境中的放射性废气主要通过凝汽器真空系统释放。

在凝汽器真空系统中，对惰性气体、碘和其他核素的汽水分配因子分别取为 1、 10^{-4} 和 10^{-4} 。抽出的气体通过 DWN 系统经辐射监测后排放。

（4）氡和 C-14 源项

氡和 C-14 源项在 4.6.1 节中已经有所描述。

（5）气溶胶

运行状态下向环境释放气溶胶核素的途径主要有以下两种：

- a) 通过二回路系统向环境释放；
- b) 通过厂房通风系统向环境释放。

二回路系统中的放射性气溶胶核素来源于蒸汽发生器中一次侧向二次侧的泄漏，泄漏进入二次侧的放射性气体通过冷凝器真空系统排向 DWN 系统，经辐射监测后排放。

通过各厂房通风系统向环境释放气溶胶的产生、排放与气态碘排放模型一致，计算时考虑各厂房放射性设备泄漏及开放水面的蒸发所形成的气态放射性核素，保守考虑这部分核素不经过衰变直接通过厂房通风系统排放到环境中。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

（1）系统功能

固体废物处理系统（TES）为核电厂运行和维修时所产生的放射性湿废物和干废物提供收集、处理、整备及暂存的功能。TES 系统处理以下几种废物：

- a) 干废物（包括废纸、抹布、塑料、金属等）
- b) 湿废物
 - 废离子交换树脂（简称“废树脂”）
 - 废过滤器芯（简称“废滤芯”）
 - 浓缩液

TES 系统按不同的功能主要分为三部分：

第一部分为湿废物处理，包括湿废物的收集、转运、处理、整备等管理。湿废物处理相关的设备位于核辅助厂房（BNX）和废物处理厂房（BWV），其中核辅助厂房为单机组布置。

第二部分为干废物处理，包括干废物的收集、转运、处理、整备等管理。干废物

处理相关的设备位于废物辅助厂房（BQS）。

最后一部分为废物包暂存，包括各类废物包的引入、暂存及引出等管理。废物包暂存于废物暂存库（BQT）。

（2）系统描述

a) 湿废物处理

1) 废树脂

废树脂来自下列系统的除盐器：化学和容积控制系统（RCV）、冷却剂贮存和处理系统（TEP）、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）、废液处理系统（TEU）、蒸汽发生器排污系统（APG）。

在BNX厂房内，TES系统设置有两台废树脂贮槽用于收集RCV/PTR/TEP系统除盐器产生的放射性废树脂，放射性树脂采用泵力冲排。同时，设置有一台APG树脂分离罐用于收集APG系统正常运行工况下除盐器产生的放射性极低废树脂，采用除盐水冲排。在APG树脂分离罐中，通过底部滤网将树脂中的游离水排尽，再利用真空抽吸装置将废树脂装入桶中，APG废树脂桶运至BQS厂房暂存衰变。在特殊情况下（如蒸汽发生器破管），APG产生的废树脂放射性水平较高，此时通过管道支路，利用除盐水将树脂冲排至废树脂贮槽中作为放射性废树脂处理。

在BWX厂房内，TES系统设置有两台废树脂暂存槽用于接收BNX厂房废树脂贮槽内收集的废树脂及TEU系统产生放射性废树脂。当废树脂暂存槽中废树脂需进行水泥固化时，将贮槽内的废树脂送往废树脂计量槽中进行计量。400L钢桶由辊道传输系统传输至自动取封盖站位进行卸盖，再传输至湿料接收位与湿料加注罩配合接收计量好的废树脂，然后送至干料接收位与干料加注罩及桶内搅拌器配合进行水泥添加，同时启动桶内搅拌器进行水泥固化操作，固化完毕后将钢桶传输至自动取封盖站位进行封盖，再进行养护。生产的废树脂废物包通过厂内运输车辆运至BQT库暂存。

2) 废滤芯

废过滤器芯子主要来自下列系统的过滤器：PTR、RCV、RPE、TEP、TEU系统。其中，布置在核辅助厂房（BNX）的系统产生过滤器芯失效时，需利用废滤芯更换装置来进行拆取、运输废过滤器芯子和装载新过滤器芯子等操作，布置在BWX厂房的TEU系统过滤器芯采用配套的废滤芯更换转运装置进行更换。

更换的表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯运至BQS厂房进行超压及灌浆固定处理；表

面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废滤芯通过转运装置运至废物处理厂房，进行水泥灌浆固定。生产的废滤芯废物包通过厂内运输车辆运至BQT库暂存。

3) 浓缩液

当TEU系统暂存的浓缩液需进行水泥固化时，将贮槽内的浓缩液通过管道送往浓缩液计量槽中进行计量。400L钢桶由辊道传输系统传输至自动开封盖站位进行卸盖，再传输至湿料接收位与湿料加注罩配合接收计量好的浓缩液，然后送至干料接收位与干料加注罩及桶内搅拌器配合进行水泥添加，同时启动桶内搅拌器进行水泥固化操作，固化完毕后将钢桶传输至自动开封盖站位进行封盖，再进行养护，最后通过厂内运输车辆将其运往BQT库暂存。

b) 干废物处理

干废物（纸、衣服、塑料、金属等）在产生地经初步分类后装入不同颜色的塑料袋中，然后运输至BQS厂房，倒入分拣箱中进行分拣。其中，含水废物被分拣至200L钢桶内，送至干燥器干燥。干燥后的废物重新送至分拣箱进行分拣。分拣箱内设置了液压剪，可将体积较大的废物切成小块，以便于装桶。

经分拣箱分拣后的废物装入200L钢桶，运输至初级压缩机进行桶内预压，对压出的空间可再次填充废物，反复压实满桶后封盖。利用2000t超级压缩机将封盖好的200L废物桶压缩成桶饼。表面剂量率不大于 2mSv/h 的废过滤器芯也在200L桶内被超级压缩机压缩成桶饼。

超级压缩后的桶饼被输送到优选盘上存放，根据桶饼厚度选择装入400L钢桶，以达到一个400L钢桶内放尽可能多的桶饼的要求，一般一个400L钢桶可放3~4个桶饼。400L钢桶装满桶饼后进行水泥灌浆固定，封盖后的400L钢桶送BQT库暂存。

对于检修过程中可能产生的表面剂量率大于 2mSv/h 的干废物，可根据废物的特性，采取适当方式运输至BQS或BWX厂房进行处理。

c) 废物包暂存

TES系统生产的放射性废物包类型为400L钢桶，暂存在BQT中。BQT库贮存容量满足4台机组运行5年产生的废物桶贮存需求。废物桶由废物转运车辆运到BQT库后，通过数控吊车和专用吊具把废物桶吊至桶检测间，根据桶的表面剂量率，用数控吊车把废物桶吊至指定区域暂存。废物桶按照其表面剂量率的不同分别存放在非超标废物桶贮存区和超标废物桶贮存区，400L钢桶垂直码放四层。表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废物

桶均采用屏蔽容器运输，屏蔽容器采用数控吊车远程开盖，以降低对操作人员的辐照剂量。

本工程单台机组放射性固体废物及最终废物包年产生量的预期值中，单台机组干废物产量预期值综合考虑了其他三代机型、二代机型干废物预期产生值及运行值。随着新堆投用，机组运行经验得以累积、管理措施得以优化后，可考虑在该值的基础上对固体废物产生量进行优化。

（3）放射性固体废物的最终处置

根据我国有关法规文件的要求，核电厂产生的放射性固体废物，在厂内暂存不超过5年，然后送往放射性废物处置场所进行处置。

（4）放射性废物最小化

本项目将从优化系统、布置和设备设计方面、从再循环、再利用方面以及最小化放射性废物处理工艺优化方面贯彻废物最小化。

4.6.5 乏燃料暂存系统

a) 系统功能

乏燃料贮存系统的主要功能是对从反应堆中卸出的乏燃料组件，在运往后处理厂之前进行贮存和冷却。

b) 系统描述

本期工程采用 18 个月换料方式，反应堆在平衡循环每次换料产生 72 组乏燃料组件。乏燃料组件采用水下湿法贮存，贮存在燃料厂房乏燃料水池里。乏燃料水池设置有水下燃料贮存格架和破损燃料组件贮存小室等设备，总的贮存容量满足 14 个正常换料循环产生的乏燃料组件量和一个全堆芯紧急卸出的燃料组件量。

从堆芯卸出的燃料组件贮存在乏燃料水池里水下燃料贮存格架中；破损的燃料组件存放到破损燃料组件贮存小室中。在贮存期间保持燃料组件的次临界状态、保证燃料组件衰变热的有效导出和保持燃料包壳的完整性。

水下燃料贮存格架采用安全的几何布置和物理方法来防止临界事故，安装有固定式中子吸收体，确保在全部装载最高预期富集度的燃料组件、假定充满纯水并考虑不确定的因素后，其有效增值系数 K_{eff} 不超过 0.95。

水下燃料贮存格架的每个贮存小室底部设有流水孔，顶部为开口，使贮存的燃料

组件能得到有效冷却。

反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）导出乏燃料组件的衰变热，保证水池水温、水质、水位及放射性水平在一定限度内。乏燃料水池设有水位、水温监测系统及水池检漏系统，可随时监测水池水位、水温并检查水池的密封情况。

乏燃料贮存区设有通风系统，能及时过滤空气里的放射性物质。乏燃料贮存产生的放射性排放量已包含在 4.6.3.2 节中的放射性废气排放源项中。

乏燃料贮存区内设置剂量监测点，以确保操作人员的安全。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其他废物

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

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、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。上述化学品中，大宗的化学物质排放主要来自以下系统：

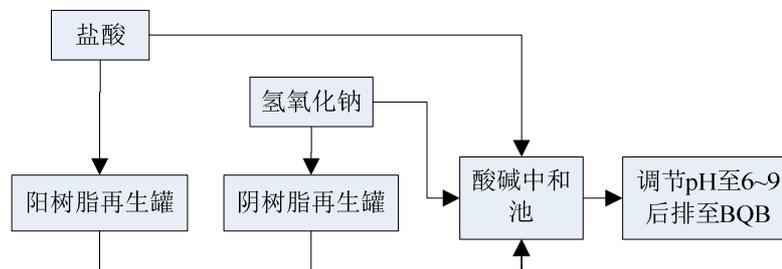
- 除盐水生产系统；
- 凝结水精处理系统；
- 循环水处理车间；
- 常规岛化学加药系统；

(1) 除盐水生产系统

除盐水生产系统产生的废水主要来自离子交换树脂酸碱再生产生的酸碱废液。树脂再生废液排入酸碱中和池，再通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后送往雨污分流处理站处理后排放。

(2) 凝结水精处理系统

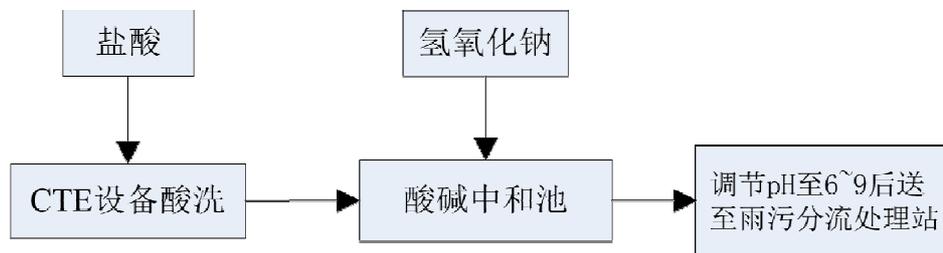
凝结水精处理系统用于净化核电厂二回路系统凝结水。系统内设有前置阳床和混床，运行一段时间后阴阳离子需要再生，再生需要使用酸（如盐酸）、碱（如NaOH），再生废水排至中和池，再生废水中和处理也需要投入一定量的酸碱，最后调节pH值至6~9后送往BQB子项集中处理。凝结水精处理系统化学物质使用及排放简图如下：



(3) 循环水处理

为满足核电厂运行的要求，对循环冷却水连续加入次氯酸钠处理（电解氯化钠溶

液）。电解设备运行一段时间需要酸（如盐酸）洗，产生酸洗废液收集至中和池，用碱（如NaOH）进行中和调节pH6~9后送至雨污分流处理站处理后排放。循环水处理系统化学物质使用及排放简图如下：



（4）常规岛化学加药系统

常规岛化学加药系统，将化学添加剂注入二回路系统，用以控制二回路系统中水的化学工况，使蒸汽发生器在正常运行和停机保养中的腐蚀和固体沉积物减少至最小。在凝结水精处理混床出水和给水中实施加氨、加联氨处理。此外，磷酸三钠作为腐蚀抑制剂注入常规岛闭式冷却水系统中调节pH为9左右。

4.7.2 生活废物

台山核电厂 3、4 号机组产生的与放射性有关的固体生活废物均按放射性废物做专门处理，非放射性垃圾按生活垃圾处理规定收集处理。台山核电厂 3、4 号机组在正常运行过程中产生的生活废物主要有厂区办公及员工生活区产生的废塑料、废纸张、废布料、玻璃和食堂产生的食物残渣、果皮、剩菜剩饭等，生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运，人均生活垃圾产生量约 0.5kg/人·天。

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 480m³/d。污水处理站采用 A²O+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。

台山核电厂 3、4 号机组新建 1 座生活污水处理站，生活污水处理站能够满足本期电厂运行期间的厂区生活污水处理要求。台山核电厂 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。

4.7.3 其他废物

(1) 含油污水

本工程运行期所产生的含油废水包括：非放射性含油废水和潜在放射性含油废水。针对这两类含油废水，在厂区内分别设置了非放射性含油废水处理站（BES）和潜在放射性含油废水处理站（BER）。

非放射性含油废水处理站（BES）用于处理来自汽轮机厂房、开关站区域、辅助锅炉房以及变压器区域的含油废水。不含放射性的含油废水汇集到专门的管网内，进入非放射性含油废水处理站（BES），经过贮存、油水分离处理。

BES 厂房设置两套油水分离器，每套油水分离器处理量为 10m³/h，总处理能力为 20m³/h。具体处理工艺流程如下：

非放射性含油废水→调节池（隔油池）→油水分离器→中间水池→出水排放
 ↓
 污油池→外运

潜在放射性含油废水处理站（BER）用于处理常规岛内潜在放射性废水，不含油部分直接送往 BQB 厂房，含油部分，送往放射性含油废水处理站（BER）。分离出的油脂暂存于厂内，放射性废油的最终处置将跟踪国内其他核电厂的情况适时跟进。

具体处理工艺流程如下：

潜在放射性含油废水→调节池（隔油池）→油水分离器→中间水池→BQB 厂房
 ↓
 污油池→暂存

(2) 非放工业废水

非放工业废水处理达标后的废水进行工业回用，其余通过厂区排放口排放。非放工业废水处理排放执行《水污染物排放限值》（DB 44/26-2001）中第二时段一级标准。

具体的处理工艺流程如下：生产废水→中转池→收集池→中和池→混凝池→絮凝池→斜管沉淀池→加氯除氨池→中和脱氯池→石英砂过滤器→活性炭过滤器→最终排放池→海水库。

(3) 工业固废

核电厂在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，

其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调及其他工业垃圾，危险废物种类主要为废树脂、废抗燃油、废油漆、废显影液、废荧光灯管、废蓄电池、废矿物油、废有机溶剂、废电路板、废化学试剂、废化学品空瓶/包装物等。类比同类百万千瓦机组核电厂运行经验，台山核电厂 3、4 号机组两台机组每年预期产生危险废物约 150 吨，一般工业固体废物约 1000 吨。

固废将纳入固废收集处理系统，委托专业废弃物公司将一般固体废物外运处置。危险废物将委托具有相关处理资质的公司进行外运处置。

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料组件运输

4.8.3 放射性固体废物运输

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电厂的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。中子源有一次源组件和二次源组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节简要叙述新燃料、乏燃料和放射性固体废物的运输。

4.8.1 新燃料运输

本期工程采用全 M5 AFA 3G 燃料组件。每台机组的堆芯有 177 组燃料组件以及相关组件（控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件）组成。新燃料组件可采用公路运输运抵核电厂的燃料厂房。

新燃料货包的设计和制造满足国务院令第562号《放射性物品运输安全管理条例》和《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

新燃料及运输容器的运输、贮存都将执行专门的包装技术条件和新燃料接收贮存设计准则，均要满足《核电厂堆芯和燃料管理》（HAD 103/03-1989）、《核燃料组件采购、设计和制造中的质量保证》（HAD 003/10-1989）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的有关条款要求，达到安全可靠。

新燃料组件运输到核电厂后，在燃料厂房新燃料接收间将新燃料组件从新燃料运输容器中卸出，经外观检查合格后，运送至位于新燃料贮存间的新燃料贮存格架贮存或进行控制棒抽插试验，以及技术条件规定的其它检查项目。在确认抽插试验及其他检查结果符合新燃料组件接收的技术条件要求后，新燃料组件留在新燃料贮存格架中贮存，或者吊运至乏燃料水池中的水下燃料贮存格架中进行贮存。

4.8.2 乏燃料组件运输

本期工程采用 18 个月换料，反应堆在平衡循环每次换料产生 72 组乏燃料组件。乏燃料组件采用水下湿法贮存，贮存在乏燃料水池里。本期工程乏燃料贮存采用分区布置设计，水下燃料贮存的容量能容纳 14 个正常换料循环堆芯卸出的乏燃料组件量加上一个全堆芯的紧急卸出的燃料组件量。

乏燃料组件在乏燃料水池中存放到一定年限后，采用专用运输容器装载外运。乏

燃料装入运输容器并交付至 PMC 运输间由乏燃料水池吊车、乏燃料容器吊车、辅助吊车及其它操作工具完成。乏燃料装入容器的操作及容器的检查、清洗在燃料厂房的装载井和准备井内进行。当装满乏燃料的乏燃料运输容器在 PMC 运输间交付后，满载容器由专用运输车按设计的运输路线运送至厂内指定地点，按规程进行交接、外运。

从核电厂卸出的乏燃料在乏燃料水池暂存一定时间后，需要将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池，做后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的概率很小，一般不需要做经常性的运输，换出的相关组件可以存放在乏燃料水池内，在反应堆退役时，作为废弃物运走。

本期工程具体的运输方案、运输路线和接口需待国家乏燃料处理中心选址确定后，由乏燃料专业运输公司与项目业主开展可行性研究后共同确定。

4.8.3 放射性固体废物运输

核电厂运行过程中产生的放射性固体物质（如废树脂、废过滤器芯子、干废物等）将根据其性质进行分类，并按照《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）的要求进行包装处理。

低、中水平放射性固体废物包表面剂量率限值：

- 直接操作进行装卸、搬运、贮存和处置的低、中水平放射性固体废物包，其表面任意一点的剂量率应 $\leq 2.0\text{mSv/h}$ 。超过此限值者，应采取外加屏蔽（如外包装容器等）或采用远距离操作；
- 场外运输的低、中水平放射性固体废物包，其剂量率限值应满足 GB 11806-2019 相关规定。

低、中水平放射性固体废物包表面污染限值要求：

- β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体不超过 4Bq/cm^2 ；
- 其它 α 发射体不超过 0.4Bq/cm^2 。

固体废物经过一定时间暂存后（不超过 5 年）最终将送往国家指定的区域中、低放废物处置场。公路运输的经验表明，事故发生率（次/ $\text{km} \cdot \text{车}$ ）以及预计事故次数都很低的。

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响的控制

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

5.1.1.1 平面布置

5.1.1.2 道路

5.1.1.3 场地平整

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

5.1.2.1 对声环境的影响

5.1.2.2 对大气环境的影响

5.1.2.3 对水环境的影响

5.1.2.4 对生态环境的影响

5.1.2.5 使用化学物质对环境的影响

5.1.2.6 施工固体废弃物对环境的影响

5.1.2.7 施工活动对社会环境的影响

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

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 66.35hm²，用地类型主要为建设用地和农用地，其中厂区面积约为 54.35hm²，厂外辅助设施区面积约为 12hm²。租地面积约为 88.19hm²，为施工准备区。

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。厂区有主厂房区、BOP 区等，其它各区均服务于该区。

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。

距离噪声源 r 处的噪声声压级为：

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20 \lg (r/r_0)$$

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。

根据公式初步计算，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/m² 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。

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、PM₁₀、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 20~50m 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制要求。

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，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。

5.1.2.3 对水环境的影响

本工程在施工期间的生产废水来自场地冲洗水、混凝土拌合水、砂石料洗涤用水、车辆冲洗废水和降水冲刷，污染物为悬浮颗粒物和油类，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。

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，生活污水处理后循环利用，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。

本工程施工期是产生水土流失的重点时段，通过实施水土保持措施，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，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药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。

类比前期机组和国内同类核电厂建设过程，施工期生活垃圾年产生量约 100t 左右，由当地环卫部门定期外运填埋处置。生活垃圾定点堆放，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，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 号机组现阶段推荐采用“原取水明渠取水+取水隧洞”的取水方案。排水方案现阶段推荐明渠合排方案，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。其中取水工程采用隧洞取水，用海面积为 11.4666hm²；排水工程采用一期排水明渠，无需新建；施工期临时工程为临时围堰工程。

1) 取水工程

主要包括海水库内护岸、海水库内护岸拆改、泵房直立翼墙以及取水隧洞。

取水隧洞采用“盾构法+钻爆法”的方式进行建设，采用 1 台盾构分别由隧洞对应的盾构井始发，掘进至终点后在取水头部拆卸吊出。考虑海域环境复杂性及安全性，盾构最小覆土按 1 倍隧洞外径控制。取水隧洞涉海部分采用盾构法施工。

2) 施工临时工程

主要包括干施工围堰、干施工围堰拆除。

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

台山核电厂 3、4 号机组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环境的影响

海工构筑物施工过程中的基槽挖泥和抛石会对海洋生态环境产生影响，爆破挤淤时产生的冲击波以及在水中传递的声场会对水生生物产生损害甚至致死效应，爆破振动声波对水生生物影响随距离爆破中心半径加大而逐渐减小。施工过程中一部分泥、沙与海水混合，增加了水中悬浮物质的含量，其中细小微粒会随海水的运动而迁移，造成海水浑浊，其中最直接的影响是削弱了水体的真光层厚度，从而降低了海洋初级生产力，使浮游植物生物量下降。挖泥区底质沉积物如果重金属含量较高，则疏浚过程可能产生重金属二次污染。施工作业产生的悬浮物对海洋生物的影响只是局部的和暂时的，施工作业结束后，水质将逐渐得到恢复，海洋生物也会逐渐增加和恢复。

(2) 海上施工船舶含油废水排放对海洋环境的影响

海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。船舶废水须进行铅封后带至陆地进行处理，不直接排放海域。在采取并落实上述环境管理措施后，预计施工船舶含油废水不会对海域环境质量造成明显影响。

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）。

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 $2703\text{m}^3/\text{d}$ ，生产最大日用水量为 $3570\text{m}^3/\text{d}$ 。施工期最大日用水量为 $6273\text{m}^3/\text{d}$ ，发生在土建阶段；按年份统计最大年用水量为 109.9万m^3 ；按最大12个月统计最大用水量为 110.9万m^3 ；施工期合计用水量为 536.8万m^3 ；按工期68个月计算，年均用水量为 94.73万m^3 。

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m^3 。曹冲河共有水田1500亩，旱地450亩，每年共需水 188.3万m^3 。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

5.3.3.1 陆域环境监测方案

5.3.3.2 海域环境监测方案

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、NO₂ 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，生产、生活污水处理后循环利用，不外排。

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。

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的悬浮泥沙、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：

- 隧洞、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；
- 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；
- 船舶所产生的油类污染物，含油的机舱水和污染严重的压舱水，均需收集上岸，同时应强化作业船舶的维修保养，减少作业船只由跑、冒、滴、漏产生的油污。加强防范措施和应急准备，坚决杜绝污染事故特别是人为溢油事故发生；
- 除机舱通岸接头（接收出口）管系外，船舶的油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污水管路直接相连的阀门应予以铅封；
- 施工船舶上施工人员和驾驶人员的生活污水统一收集，上岸后运至陆域施工营地生活污水处理装置处理达标后排放，不得直接排海；
- 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。

5.3.3.1 陆域环境监测方案

本节给出了陆域施工期污染物排放监测和环境监测方案的建议，陆域环境监测内容有环境空气、污水站出水和噪声和固体废物管理四部分。

a、环境空气监测：点位布设于厂区、厂界、钦头村、进厂道路和应急道路。监测指标包括总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、细颗粒物（PM_{2.5}）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）、臭氧（O₃）。监测频次为每季度一次，每季度应选择有代表性的 7 天开展，SO₂、NO₂、CO、O₃ 监测小时浓度和日均浓度，TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 监测日均浓度，数据有效性应满足 GB3095-2012 的相关要求。厂区施工区设置上风向参照点和下风向监控点，点位随施工位置和进度调整，监测指标为 TSP，季度监测，每次取连续监测 1 小时浓度均值。

b、对于油漆喷砂废气，在厂房周界外 1m 处设置油漆喷砂废气监测点，监测指标为非甲烷总烃（NMHC）。监测频次为每季度一次。

c、废水排放监测：在厂区生活污水处理站的废水排放口设置一个采样点，监测指标为流量、pH、水温、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、石油类、氨氮、总磷、总氮。监测频次为每季度一次。

d、噪声监测：点位布设于厂界和钦头村，监测等效连续 A 声级（L_{Aeq}）。监测频次为每季度一次，每次分昼间和夜间监测。

e、固体废物管理：监测频次为半年一次，核查建筑垃圾、生活垃圾和污水处理设施产生的污泥等处理情况、转运清单、管理台账。

5.3.3.2 海域环境监测方案

本工程施工期海域监测尚未制定监测大纲及监测计划。本节简述监测方案和要求。

海域监测是施工期环境监测的重点内容，点位布设范围较广，监测因子种类较多、样品采集分析方法较复杂。监测工作应于施工期开始后实施，建议每年监测两次或四次，尽量兼顾海工施工的高峰期，并在海域施工完毕后进行一次后监测。

监测方案建议分为监督监测和全面监测，监督监测在施工期每月进行 1 次（全面监测月份不进行监督监测），根据施工进度做必要调整，监测内容为海水；全面监测包括施工期每年监测 2 次海水、沉积物和生物生态，生物质量每年监测 1 次，施工结束后再对海水、沉积物、生物生态和生物质量监测 1 次。

监测站位布设应重点考虑台山核电厂 3、4 号机组海工施工区附近海域，海域工程附近布点应较密，远区可稍稀疏，并兼顾水产养殖区等敏感目标。根据台山核电厂一期海域监测范围，监测共布设 15 个站位。监测方案应满足《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2020）、《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等的相关要求。

台山核电厂 3、4 号机组陆域和海域施工前，将委托有资质单位承担监测工作。专题单位根据环保相关法律法规、环境影响评价报告要求编制监测大纲，待大纲通过审查后开展监测工作。

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 回顾性评价分析

台山核电厂规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，1、2 号机组采用两台 EPR 核电机组，已于 2019 年全部投入商运，采用直流冷却方式，取排水流量和温升设计值分别为 $194.22\text{m}^3/\text{s}$ 和 7.38°C 。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。取水口设在大襟岛西南的凤尾咀附近，取水明渠输送至大襟岛西北角后，利用隧洞穿过电厂与大襟岛之间的海峡送至电厂海水水库。排水口设在位于厂区东北方向的大洲咀附近海域，电厂温排水通过暗涵排至虹吸井，再经排水暗涵排至排水明渠。

台山核电 1、2 号机组运行后，按照国家相关法规要求适时开展温排水影响监测。根据《台山核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（运行阶段）》，广东省水利水电科学研究院基于 2005 年夏季和 2006 年冬季典型潮水文观测结果，并结合台山核电厂 2 台机组及国能粤电台山发电有限公司（下文简称“台山火电厂”）7 台机组的温排水流量和取排水温升设计值开展受纳海域的温排水输移扩散数值模拟研究。台山火电厂位于台山核电厂 SW 方位约 7.5km ，一期工程 5 台机组的取排水流量和温升设计值分别为 $114.1\text{m}^3/\text{s}$ 和 7.67°C ；二期工程 2 台机组的取排水流量和温升设计值分别为 $64\text{m}^3/\text{s}$ 和 7.97°C 。

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，剔除有云干扰和数据质量较差后的有效数据为 23 景，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。通过对 23 景有效数据进行统计分析得出， 1°C 温升区面积最大为 6.6km^2 ， 2°C 温升区最大面积为 1.73km^2 ， 3°C 温升区最大面积为 1.33km^2 ， 4°C 温升区最大面积为 0.59km^2 ， 5°C 温升区最大面积为 0.56km^2 。 1°C 以上温升区总面积最大为 8.77km^2 。

将遥感监测结果与夏季大潮数模结果进行对比分析。遥感监测包络线与数模结果

的对比可以看出，各级温升的遥感监测包络线在空间分布范围上可被数模结果所包络，温升分布以电厂排水口为中心，向周围呈扇形扩散。

1、2 号机组运行后遥感监测温升包络线与近岸海域环境功能区划的叠加图可以看出，台山核电厂 2 台机组运行期间排放的温排水造成的全潮最大温升 1°C、2°C、3°C、4°C 遥感温升包络线均在三类海域环境功能区范围内，电厂运行期间海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）三类水质标准（4°C 以上温升区域作为温排水混合区，不执行温升标准）。

综上，根据遥感监测结果，1、2 号机组实际运行时温排水符合近岸海域环境功能区划的管控要求，其遥感监测包络线均位于温排水数模包络线内。

6.1.2 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 7.2m³/s，取排水温升为 2.47°C；冬季总排水流量为 7.0m³/s，取排水温升为 4.06°C。

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 座高位收水海水冷却塔，单塔淋水面积约 20000m²，塔零米层直径约 173.85m，塔高约 236.44m。

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°C，直流冷却方式约为 7°C）的优势，从环境影响的角度，二次循环冷却方式整体上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，其取排水初步方案描述如下：

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，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。

排水方案：3、4 号机组的冷却塔排水和 SEC 系统排水通过已建排放明渠排入受纳海域，排水明渠长约 2.76km。

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

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 ）。由 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。

6.1.3.2 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：

$$\sigma = \frac{z-z_b}{h} \quad (1)$$

σ 在 0 和 1 之间变化。

在 σ 坐标系中，控制方程如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} + \frac{\partial hw}{\partial \sigma} = hS \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial hvu}{\partial y} + \frac{\partial hwu}{\partial \sigma} = fvh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \\ hF_u + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + hu_s S \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} + \frac{\partial hww}{\partial \sigma} = -fuh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{hg}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \\ hF_v + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{v_v}{h} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + hv_s S \end{aligned} \quad (4)$$

变化后的 σ 坐标系中垂向速度为：

$$\omega = \frac{1}{h} \left[(w + u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} - \sigma (\frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y})) \right] \quad (5)$$

水平扩散项为：

$$hF_u \approx \frac{\partial}{\partial x} (2hA \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (hA (\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x})) \quad (6)$$

$$hF_v \approx \frac{\partial}{\partial x} (hA (\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x})) + \frac{\partial}{\partial y} (2hA \frac{\partial v}{\partial y}) \quad (7)$$

式中： t 为时间；

h 、 η 为总水深和水位；

u 、 v 、 w 是 x 、 y 、 z 方向上的速度分量；

$f = 2 \Omega \sin \Phi$ 为科氏力参数（ Ω 为角速度， Φ 为地理纬度）；

g 为重力加速度；

ρ 为水的密度， ρ_0 为水的参考密度；

S_{xx} 、 S_{xy} 、 S_{yx} 、 S_{yy} 为辐射应力张量的分量；

A 为水平涡粘系数；

ν_t 为垂向涡粘系数；

P_a 为大气压；

S 为源强， (u_s, v_s) 为源项速度。

本次数模的边界条件如下：

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：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} - w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 \nu_t} (\tau_{sx}, \tau_{sy})$$

4) 水底：

$$u \frac{\partial d}{\partial x} + v \frac{\partial d}{\partial y} + w = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \frac{1}{\rho_0 \nu_t} (\tau_{bx}, \tau_{by})$$

本次数模采用的热输运控制方程如下：

$$\frac{\partial hT}{\partial t} + \frac{\partial huT}{\partial x} + \frac{\partial hvT}{\partial y} + \frac{\partial hwT}{\partial z} = hF_T + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right) + h\hat{H} + hT_s S \quad (8)$$

$$hF_T \approx \left[\frac{\partial}{\partial x} (hD_h \frac{\partial}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (hD_h \frac{\partial}{\partial y}) \right] T \quad (9)$$

式中： T 为水体温度；

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（九州港）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示意图中，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

1) 固定点温度验证

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。24 个固定水温测站中有 19 个站位（约占 80%）的水温计算值与实测值的偏差在 0.5℃ 以内。另外 5 个站位计算水温与实测水温偏差大于 0.5℃，分别为 VT4、VT5、TZ5、TB1 和 TB11，其中 TZ5 位于核电排水口附近水域，VT5 位于火电排水口附近水域，其余 3 个站位距离核火电排水口较远。

2) 走航表层水温验证

由于大潮未开展走航观测，而小潮观测期存在降雨，因此仅以中潮为例进行对比

分析。走航表层水温验证情况可见：大部分潮态的大部分断面温度计算值与实测值吻合较好，数值和变化趋势相近，仅部分时段模拟计算值与实测结果有一定偏差。

综合上述水温的验证情况可见，大多数点位、走航断面模拟水温与观测结果接近，数模计算的温度场分布形态与遥感温度场分布形态基本相似。个别点位、断面或区域模拟水温与实测水温存在一定差异，这主要是由于本厂址海域的复杂天然条件，以及温排水数学模型难以完全模拟现场的复杂气象（如阵风、非均匀区域风场）及多变地形与曲折岸线导致的复杂水动力及热力现象。

（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。

$$A_M = C_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (11)$$

式中： C_s 为常数，选为默认值 0.28；

l 为水平网格尺度；

$$\text{变形率 } S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad (i, j = 1, 2)$$

垂向涡粘系数 ν_t 采用 $k-\varepsilon$ 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，其中排水口 500m 半径范围内水平扩散系数平均值约 $3\text{m}^2/\text{s}$ ，0.5km~2km 环段内水平扩散系数平均值约 $2.2\text{m}^2/\text{s}$ ，远区采用全潮平均的水流水平涡粘系数平均值。

垂向扩散系数采用随空间变化而不随时间变化的值，其中排水口 500m 半径范围内垂向扩散系数平均值约 $3 \times 10^{-5}\text{m}^2/\text{s}$ ，0.5km~2km 环段内垂向扩散系数平均值约 1.3

$\times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ ，远区采用全潮平均的水流垂向涡粘系数平均值。

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（ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ）；

α 为水面蒸发系数（ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{hPa})$ ）；

b 可取为 $0.66 \times \frac{P}{1000}$ （ $\text{hPa}/^\circ\text{C}$ ）；

P 为水面以上 1.5m 处的大气压（hPa）；

v 为水面以上 1.5m 处的风速（m/s）；

ε 为水面辐射系数，可取 0.97；

σ 为 Stefan-Boltzman 常数，其值为 5.67×10^{-8} （ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^4)$ ）；

T_a 为水面以上 1.5m 处的气温（ $^\circ\text{C}$ ）；

T_s 为水面水温（ $^\circ\text{C}$ ）；

e_s 为水温为 T_s 时相应的水面饱和水汽压（hPa）；

e_a 为水面以上 1.5m 处的水汽压（hPa）；

采用厂址海域典型的水文、气象资料，计算得到夏季 K_s 约 $48.4 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ，冬季 K_s （1-3 月）约 $31.1 \text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

（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 0.41°C ，平均取水温升为 0.19°C ；冬季半月潮下的最大取水温升为 0.15°C ，平均取水温升为 0.06°C 。

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：

- 1°C温升面积夏季为 135.95km²（核电+火电），冬季为 127.34km²（核电+火电）；
- 2°C温升面积夏季为 72.39km²（核电+火电），冬季为 55.06km²（核电+火电）；
- 3°C温升面积夏季为 26.54km²，冬季为 34.33km²（核电+火电）；
- 4°C温升面积夏季为 13.87km²，冬季为 14.13km²。

由图和表可知，对于高温升区（3°C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°C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°C，其他季节不超过2°C”，三、四类海水水质“人为造成的海水温升不超过当时当地4°C”。黄茅海海水养殖功能区（1103A）执行二类水质标准，黄茅海工业排污混合功能区（1103B）、铜鼓混合功能区（1104）执行三类水质标准（4°C以上温升区域作为温排水混合区，不执行温升标准），鱼塘湾、烽火角港口功能区（1105）执行三类水质标准，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，本工程运行的4°C温升包络区域均位于三类区（1103B）内；夏季1°C冬季2°C温升包络区域大部分位于三类区（1103B、1104和1105），北侧温升包络线部分涉及二类区（1103A）。因此，本工程温排水尚不满足现行有效的近岸海域环境功能区划的要求。

目前，江门市正在申请调整本工程附近海域的近岸海域环境功能区划，已经取得广东省人民政府相关函件，根据该函，广东省将依法依规加快推进台山核电厂近岸海域环境功能区划调整工作，以满足近岸海域环境功能区划的相容性要求。

(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°C 冬季 2°C 最大温升包络线不涉及上述生态保护红线。

夏季 1°C 冬季 2°C 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。

经分析，本工程和台山火电厂联合运行的夏季 1°C 冬季 2°C 最大温升包络线和 4°C 最大温升包络线部分涉及渔业用海区，但整体上对其渔业生产影响较小。

目前，《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035）》正在修编中，目前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》，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，其中：核电项目 4°C 温升区范围内的海洋功能区划已经调整为“工矿通信用海区”；核电项目冬季 2°C 和夏季 1°C 温升范围内的相关海洋功能分区管控要求中已经增加保障核电温排水用海需求的内容。调整后的海岸带规划可以满足核电用海需求。上述规划编制成果已经上报自然资源部审查。

(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°C 冬季 2°C 最大温升包络线部分涉及上述自然保护区，与目前自然保护区执行的水质管理要求不相符。

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，并于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的复函，台山核电厂1-4号机组夏季 1°C 冬季 2°C 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

为了持续改善生态环境质量，稳步提高能源资源利用效率，提升绿色发展水平，增强生态环境治理能力，江门市于2021年起开始施行《江门市“三线一单”生态环境分区管控方案》，该生态环境分区管控方案划定了江门市及台山市环境管控单元及生态环境准入清单。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。厂址附近海域的优先保护单元主要有江门台山曹峰山地方级自然保护区（HY44070010008）、江门中华白海豚地方级自然保护区-一般控制区（HY44070010013）和江门中华白海豚地方级自然保护区-核心区（HY44070010003）；重点管控单元主要有广海湾工业与城镇用海区-劣四类海域（HY44070020003）、大襟岛工业与城镇用海区（HY44070020006）、都斛农渔业区-劣四类海域（HY44070020007）、川山群岛农渔业区-劣四类海域（HY44070020009）、湛江-珠海近海农渔业区-劣四类海域（江门范围）（HY44070020008）、大襟岛海洋保护区-劣四类海域（HY44070020005）和黄茅海保留区-劣四类海域（江门范围）（HY44070020010）。

根据温排水模拟结果，本工程和台山火电联合运行的温排水夏季 1°C 冬季 2°C 最大温升包络线不涉及江门中华白海豚地方级自然保护区-核心区和江门中华白海豚地方级自然保护区-一般控制区2个优先保护单元；夏季 1°C 冬季 2°C 温升包络区域涉及江门台山曹峰山地方级自然保护区，该优先保护单元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。

此外，除温升外，本工程和台山火电联合运行的温排水可满足都斛农渔业区-劣四类海域、川山群岛农渔业区-劣四类海域、湛江-珠海近海农渔业区-劣四类海域（江门

范围）、大襟岛海洋保护区-劣四类海域、黄茅海保留区-劣四类海域（江门范围）等重点管控单元的管控要求。

目前，《广东省海岸带及海洋空间规划（2021-2035）》正在修编中，该规划已考虑台山核电厂温排水用海需求。江门市生态环境局《关于原则同意调整台山核电项目周边相关生态环境功能区划的复函》中原则同意按照海洋空间规划的功能区管控要求对台山核电周边生态环境功能区进行管控，实现生态环境功能区与国土空间规划管理相衔接，并按程序对生态环境功能区进行动态调整。预计本工程温排水可以满足动态调整后的生态环境分区管控要求。

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

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

根据东北师范大学环境科学研究所有关研究的结果，机械冲击对进入冷却系统中的浮游植物造成的损伤率达到 11.98%~27.08%，现场进行损伤后恢复实验的结果表明，经过 72 小时后，浮游藻类的数量与自然海水中的数量相同，说明 3 天以后即可恢复到原来的数量水平；浮游动物的总损伤率为 55%，浮游动物生殖周期短（一般 1~7 天）、繁殖快，生物周转率较高，恢复实验证明浮游动物各种类恢复到原来数量的时间为 30 小时~6 天，其中原生动物约 30 小时，无节幼体约 5 天，桡足类中的大型蚤约 6 天。

台山核电 4 台机组运行时的取水量为 $202.4\text{m}^3/\text{s}$ ，年运行时间按 7000h 计算，则 4 台机组的年取水量为 $5.1 \times 10^9\text{m}^3$ 。根据厂址附近海域海洋生物调查结果，工程海域浮游植物细胞平均密度为 $2.33 \times 10^7\text{cells}/\text{m}^3$ ，浮游动物生物量均值为 $38.35\text{mg}/\text{m}^3$ 。以进入取水系统的浮游植物和浮游动物的机械损伤率分别为 27%和 55%算，则造成损失的浮游植物细胞丰度为 $3.22 \times 10^{16}\text{cells}/\text{a}$ ，浮游动物总生物量为 $107.57\text{t}/\text{a}$ 。

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 1.3025 ind./m^3 ，仔鱼平均密度为 0.5525 ind./m^3 。鱼卵、仔鱼出现率按 50% 计，则 4 台机组运行时卷载效应作用造成鱼卵损失量为 $3.32 \times 10^9 \text{ ind./a}$ ，仔鱼损失量为 $1.41 \times 10^9 \text{ ind./a}$ 。

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。

6.1.4.2 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。

6.1.4.2.1 温排水对浮游生物的影响

浮游生物不但是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，同时其数量的多少也决定海域海洋初级生产力的大小，从而影响渔业资源的潜在量。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（ $\leq 3^\circ\text{C}$ ）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 ($>3^{\circ}\text{C}$) 会导致浮游生物种类数减少，特别是在强增温 ($>4^{\circ}\text{C}$) 且水温超过 35°C 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°C 区域不超过 13.87km^2 ，最大温升 3°C 区域不超过 26.54km^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的生物量及种类也相对较少。

6.1.4.2.2 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 ($>3^{\circ}\text{C}$) 对某些鱼类的危害比较明显，增温幅度 $<3^{\circ}\text{C}$ 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鲢、斑鲢、黄鲫、凤鲚、龙头鱼、竹荚鱼、带鱼、银鲳、刺鲳。其中花鲢和斑鲢的适温范围为 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，带鱼的适温范围为 $20\sim 29^{\circ}\text{C}$ ，黄鲫、凤鲚的适温范围为 $15\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，龙头鱼适温范围为 $13\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，竹荚鱼适温范围为 $18\sim 26^{\circ}\text{C}$ ，银鲳适温范围为 $14\sim 33^{\circ}\text{C}$ ，刺鲳的

适温范围一般在 16~28°C 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°C）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 30.8°C 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 34.5~38.1°C，36.1~38.1°C 和 36.7~38.6°C，预测海水水温在 35°C 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°C 温升海域。由于 4°C 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°C 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°C 时仍能保持一定数量。调查中甲壳类的适温范围多在 18°C~32°C 之间，大于 38°C 不能正常运动，大于 39°C 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°C 的驯化温度下，口虾蛄和日本蟳的最大临界温度（CTM）分别为 34.6~37.5°C 和 40.7~42.5°C，预测海水水温在 35°C 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 28°C）叠加温排水造成的 4°C 温升后，仍处于软体动物、甲壳类的适温范围内，温排水 4°C 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°C 区域不超过 13.87km²。对于成体虾类和蟹类，耐热试验研究结果表明，4°C 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 28℃，叠加 4℃温升仍在蚝的适温范围内，可能对 4℃以上温升区的蚝排养殖会造成一定影响。

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 26.54km²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。

6.1.3.2.6 减少电厂散热系统对海洋生物影响的措施

基于多种取排水方案的比选论证，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。

6.1.5 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，本报告给出了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。

采用上述声源源项及 HJ 2.4-2021 中的相关预测模式。

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）的噪声贡献值略超过 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不满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）1 类声环境功能区的环境噪声夜间 45dB(A)的限值要求。

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），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 16.58km²。本工程运行期的噪声可以满足整合后的江门台山曹峰山地方级自然保护区的环境噪声限值 1 类声环境功能区要求。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。

6.1.6 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。

模型计算采用的气象数据为厂址气象观测系统 2023 年一整年逐时气象观测数据（风向、风速、温度、相对湿度、大气稳定度）。

根据设计单位开展的相关收水器试验，收水器可去除直径 800 μm 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 800 μm 以上飘滴，按比例分配到直径 800 μm 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。

6.1.6.1 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 4~30 μm 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。

冬季，荫屏时间和太阳能损失百分比最大值均出现在 NW 方位 400m 处，分别为 182h 和 13.5%。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 3.6%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 2.0%。

春季，荫屏时间最大值为 229h，出现在 W 方位 400m 处。太阳能损失百分比最大值为 10.0%，出现在 WNW 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 4.2%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 2.6%。

夏季，荫屏时间最大值为 239h，出现在 NE 方位 200m 处。太阳能损失百分比最大值为 15.0%，出现在 NE 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 3.1%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 2.2%。

秋季，荫屏时间和太阳能损失最大值均，出现在 WNW 方位 400m 处，分别为 211 h 和 13.6%。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 2.7%，距评价中心 2000 m 处，太阳能损失百分比最大为 1.3%。

全年，荫屏时间最大值为 704.4h，出现在 NW 方位 200m 处。太阳能损失百分比最大值为 11.8%，出现在 NW 方位和 NNW 方位 200m 处。距评价中心 1000m 处，太阳能损失百分比最大为 2.7%，距评价中心 2000m 处，太阳能损失百分比最大为 1.5%。

太阳辐射量的自然年际波动范围约为 1%~10%。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。预计不会对厂址周围的生态造成明显影响。

6.1.6.2 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，对环境的影响明显减少；在温度低或湿度大时，则影响加强。

全年和各季水沉积的最大值出现在冷却塔中心 900m~1000m 处，冬季为 214 kg/(ha·月)，春季为 115kg/(ha·月)，夏季为 238kg/(ha·月)，秋季为 127kg/(ha·月)，全年为 110kg/(ha·月)，换算成降水量，110kg/(ha·月)的年平均水沉积量相当于增加约 0.13mm/年的降水量。

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。

6.1.6.3 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。

全年和各季盐沉积的最大值：冬季为 9.2kg/(ha·月)，出现在 SSW 方位 1000m 处；春季为 3.96kg/(ha·月)，出现在 W 方位 1000m 处；夏季为 9.49kg/(ha·月)，出现在 NE 方位 1000m 处（厂区内）；秋季为 5.52kg/(ha·月)，出现在 WSW 方位 1000m 处；全年为 4.64kg/(ha·月)，出现在 SSW 方位 1000m 处。

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 $\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ ，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/T20307-2014）8.3.2节给出了盐沉积的参考指标如下：

- 盐沉积量为 $1\sim 2\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ 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 $10\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ 可能导致很多种类植物叶片损坏；
- 盐沉积量超过 $200\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{年})$ 认为会对植物造成严重损坏，宜采取防范措施。

从本工程2座冷却塔造成的各季节和全年盐沉积计算结果来看，厂区外环境中盐沉积最大值出现在冬季，为 $9.2\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{月})$ ，出现在SSW方位1000m处，预计不会对环境造成明显影响。

为控制冷却塔的盐沉积影响，建议建设单位在后续阶段开展厂址附近植物耐盐性研究。结合同类电厂运行经验，确保冷却塔运行后可实现消除 $800\mu\text{m}$ 以上飘滴。在项目运行过程中根据相关行业规范开展厂址周边盐沉积监测工作。

6.1.6.4 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

台山核电厂 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》（GB6249-2011）要求核动力厂必须按每堆实施放射性流出物的年排放总量控制，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值。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。根据《台山核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（运行阶段）》（2017 年 12 月），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 节给出了台山核电厂 3、4 号机组气载和液态放射性流出物各核素的年排放量。

本报告给出了台山核电 3、4 号和 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 GB6249-2011 相应的排放量控制要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求槽式排放口处的放射性流出物中除氚和 ^{14}C 外其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。台山核电厂 3、4 号机组工程预期和设计工况下各类放射性废液经过处理后，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和 ^{14}C 外其它放射性核素浓度满足国标中规定的 1000Bq/L 浓度控制要求。

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，以更现实地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:气载流出物进入空气后对公众造成的直接外照射剂量;

— 地面沉积物外照射:由于干湿沉积作用流出物沉积于地面对公众地面活动造成的直接外照射剂量;

— 吸入空气内照射:气载流出物进入空气后被公众吸入体内造成的内照射;

— 食入陆生食品内照射:气载流出物由于植物光合作用、根部吸收等途径进入植物体内,动物食入植物进而进入动物体内。公众食入相关动植物食品造成内照射剂量。

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:液态流出物进入水体后公众由于游泳活动造成的浸没外照射剂量;

— 水上活动外照射:液态流出物进入水体后公众由于划船活动造成的水上外照射剂量;

— 岸边沉积物外照射:液态流出物进入水体后被泥沙吸附进而由海水冲刷作用沉

积至岸边对公众在岸边活动造成的外照射剂量；

— 食入海产品内照射：液态流出物进入水体后转移至海产品内，公众食入海产品摄入放射性核素造成的内照射剂量。

公众食入海产品包括鱼类、甲壳类、软体类、藻类产品。

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见附录C。相关的计算参数如下：

（1） 大气弥散

根据核安全导则HAD101/02推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔2023年1月至2023年12月一整年10m和80m两层高度逐时观测的风向、风速和温度，以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，计算厂址区域的长期大气弥散因子和地面沉积因子。

台山核电厂3、4号机组气载放射性流出物排放烟囱高度为70m，邻近建筑物高度为63.4m，由于排放高度低于邻近建筑物高度的2倍，假定为混合排放方式。大气弥散计算还考虑了气载放射性流出物雨水冲洗、重力沉降以及核素衰变等因素造成的烟羽损耗和地面沉积。

本报告给出了长期大气弥散计算参数。扩散参数采用本报告书2.4节的推荐值。

（2） 水体稀释

台山核电厂3、4号机组采用冷却塔二次循环方式排放液态放射性废物。排放海域的水体稀释扩散计算采用平面二维非恒定水流浓度场数学模型。

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；给出了用于气态途径辐射剂量计算的相关参数。

根据IAEA 19号安全报告，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

本报告给出了公众受各照射途径造成辐射剂量的剂量转换因子，其中惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子以及其它各类放射性核素的吸入和食入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护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

本报告给出了母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

（6） 食物消费和生活习惯

厂址半径80km范围内各子区陆上环境介质（如粮食、蔬菜等）的面积、产量，公众的食物消费量以及生活习惯因子见本报告书第二章及附录B。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

本报告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（ ^3H 、 ^{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 ）。

对于水体稀释模拟，以下根据《台山核电厂3、4号机组液态流出物数值模拟成果报告》成果对数值模拟模式及相关参数进行描述。

数值模拟选择的潮型和观测时间为：夏季半月潮 2019年7月7日~22日；冬季半

月潮 2019 年 1 月 20 日~2 月 4 日。液态流出物浓度计算采用完整半月潮的水文条件。

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，因此在计算中暂未考虑悬浮泥沙对核素的吸附/去附作用。基本方程中悬沙对浓度影响的项“ $K_d \cdot S \cdot (dC/dt)$ ”取零：

$$\frac{\partial HC_i}{\partial t} + \frac{\partial uHC_i}{\partial x} + \frac{\partial vHC_i}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E_x H \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(E_y H \frac{\partial C_i}{\partial y} \right) - K_d S \frac{\partial C_i}{\partial t} - \lambda_i HC_i + S_i$$

计算参数的选取根据相关规范、规程要求，并考虑了与前期研究的协调性。

水流数学模型中的主要参数为糙率 n 和紊动粘性系数 ν_t 。

根据电厂附近海域的实际情况，工程海域糙率随水深变化，当水深较浅或接近露滩时，糙率取值较大，一般在 0.015~0.020 之间。

紊动粘性系数 ν_t 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。

$$\nu_t = c_s l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$$

式中 c_s 为常数，选为默认值 0.28， l 为水平网格尺度，变形率 $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$ ，($i, j = 1, 2$)。

浓度场数学模型中扩散系数采用 Elder 公式计算， $E_x = E_y = 5.9u^*H$ ， u^* 为摩阻流速。

衰变常数 λ 的取值与放射性物质的半衰期有关，根据设计单位的技术要求，此次计算主要考虑余氯和半衰期分别为 8 天、70 天、250 天、5 年和不衰变的 5 种代表核素，其衰减系数 (s^{-1}) 分别为 1.29×10^{-4} 、 1.00×10^{-6} 、 1.15×10^{-7} 、 3.21×10^{-8} 、 4.40×10^{-9} 。

根据专题成果，本报告给出了台山核电 3、4 号和 1、2 号机组液态放射性排放受纳水体各海域相对浓度。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

根据以上参数和模式，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 、 ^3H 、 ^{14}C)。环境空气中放射性核素 ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^3H 、 ^{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 2.15Bq/m^3 、 $9.79\text{E-}08\text{ Bq/m}^3$ 、 $4.91\text{E-}05\text{ Bq/m}^3$ 、 $7.21\text{E-}01\text{ Bq/m}^3$ 、 $1.60\text{E-}02\text{ Bq/m}^3$ 。

本报告给出了台山核电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排水口 0~1km 海域,核素 ^3H 、 ^{14}C 在该海域海水中的年平均浓度分别为 $3.38\text{E+}01\text{ Bq/L}$ 、 $2.55\text{E-}02\text{ Bq/L}$ 。

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 $1.75\text{E-}03\text{ Bq/L}$ 、 $4.33\text{E-}07\text{ Bq/L}$ 、 $1.46\text{E-}11\text{ Bq/L}$ 、 $4.19\text{E-}03\text{ Bq/L}$ 和 $4.61\text{E-}03\text{ Bq/L}$,均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

6.2.6 公众最大个人剂量

（1）公众（成人）个人剂量

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 $3.36\text{E-}07\text{Sv}$,其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.50\text{E-}07\text{Sv}$,通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $8.53\text{E-}08\text{Sv}$ 。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 $7.90\text{E-}07\text{Sv}$,其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $5.19\text{E-}07\text{Sv}$,通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $2.72\text{E-}07\text{Sv}$ 。

（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 $3.57\text{E-}07\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.53\text{E-}07\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $1.03\text{E-}07\text{Sv}$ 。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 $8.70\text{E-}07\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $5.15\text{E-}07\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $3.54\text{E-}07\text{Sv}$ 。

（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 $3.35\text{E-}07\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.45\text{E-}07\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $8.93\text{E-}08\text{Sv}$ 。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 $8.05\text{E-}07\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $4.87\text{E-}07\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $3.18\text{E-}07\text{Sv}$ 。

（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 $2.86\text{E-}07\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $2.65\text{E-}07\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $2.09\text{E-}08\text{Sv}$ 。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 $6.13\text{E-}07\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $5.40\text{E-}07\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $7.35\text{E-}08\text{Sv}$ 。

（5）最大受照年龄组

对上述各年龄组公众的个人剂量结果进行比较分析发现，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 $3.57\text{E-}07\text{Sv}$ ；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 $8.70\text{E-}07\text{Sv}$ 。

（6）集体剂量

根据厂址评价范围内的居民年龄构成和各子区的预期人口分布（2030 年），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 $4.97\text{E-}02$ 人·Sv 和 $1.61\text{E-}01$ 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 $4.03\text{E-}02$ 人·Sv、 $1.34\text{E-}01$ 人·Sv 和 $9.35\text{E-}03$ 人·Sv、 $2.75\text{E-}02$ 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，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，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。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，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

台山核电厂 3、4 号机组液态放射性流出物对排放口附近海域的深海鱼类、甲壳类、藻类、软体类、浅水鱼、浮游植物和浮游动物等七类海洋生物造成总的附加辐射剂量率分别为 $4.19\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 、 $7.19\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 、 $7.88\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 、 $1.53\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 、 $4.24\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 、 $2.65\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 和 $2.29\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 。台山核电厂址四台机组对上述七类海洋生物造成总的附加辐射剂量率分别为 $4.02\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 、 $1.11\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ 、 $4.30\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 、 $1.00\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ 、 $4.18\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 、 $3.17\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 和 $1.86\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ 。

从表给出的计算结果可以看出，台山核电厂 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 $10\mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值。因此，台山核电厂 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

从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表可以看出，3、4 号机组及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，分别为 $2.96\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 、 $7.07\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 。各类陆域生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值，对核电厂周围陆域中的生物总体上影响很小。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

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。

从上述子区内钦头村渔民、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子区内青少年、儿童的受照剂量，为 $3.68\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。根据上述分析结果，本阶段将厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头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居民组。

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中可以看出：

- 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 $3.68\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 $1.36\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 37.00%；通过液态途径造成的剂量贡献为 $2.32\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 63.00%。
- 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 $2.27\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 61.65%。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为 $1.12\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 30.45%。
- 关键核素为 C-14，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $3.20\text{E-}07\text{Sv}$ ，占个人总有效剂量的 86.77%；其它重要核素为 H-3，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $2.25\text{E-}08\text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 6.1%。

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 GB6249-2011 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》（GB6249-2011）规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。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 0.06mSv/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 $8.70E-07Sv/a$ ，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.348%，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 $3.57E-07Sv/a$ ，占本期工程剂量约束值（0.06mSv/a）的 0.595%。

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 的软头村渔民，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 $1.86E-01\mu Gy/h$ ，低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu Gy/h$ 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 $7.07E-03\mu Gy/h$ ，远低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu Gy/h$ 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。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。

本工程 3、4 号机组冷却塔排放的浓盐水与 1、2 号机组冷却循环水混合后排入海域，由于冷却塔排放水相对直流循环冷却水量小的多，两者混合后的盐度与直流循环冷却水中的盐度接近，且与海水本底盐度接近。因此，预计本项目冷却塔排放的浓盐水对周边海域盐度不会产生明显影响。

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加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

电厂运行时在线监测冷却水中的活性氯浓度，根据结果控制活性氯加入量。活性

氯初始浓度通常控制在1.0mg/L左右，既可保证杀藻的有效性，也使排放水中余氯浓度不致过高。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯直接作用于水生生物，还包括氯可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ HClO 和 ClO^- ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ NH_2Cl 和 NHCl_2 ）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的pH值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现，0.2mg/L的氯可以直接杀死水中60~80%的藻类；0.1mg/L的氯会使浮游植物光合作用下降50%；当余氯被稀释到0.03mg/L以下时，水中初级生产力可完全恢复；25°C时余氯对咸水中浮游动物的96h半致死浓度（ LC_{50} ）为0.062~0.267mg/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20 $\mu\text{g/L}$ 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。

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2.81 km^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2.30 km^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。

6.3.2 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。

生活污水经处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准中的规定水质要求后达标排放。同时，将在处理工艺中增设消毒工序，以尽可能降低排水中的微生物含量。生活污水处理站产生的剩余污泥外运。

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 收集至雨污分流处理站（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。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。处理达标后的需排放的废水经 HSF 排水口与大量的温排水混合后排放，因其排放量极少，预计不会对排放口周围海域造成影响。

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。固废将纳入全厂固废收集处理系统，并委托专业废弃物公司（其中危废处置将委托有资质单位）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，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运。在落实固废收集和处置工作后，本工程非放射性固废对环境的影响较小。

6.3.2.3 噪声的环境影响

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和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和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备噪声影响。

➤ 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。

距本项目较近的声环境保护目标为曹峰山县级自然保护区，为 1 类声环境功能区。曹峰山县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）。根据预测，本项目运行期对曹峰山部分区域的噪声贡献值高于 42dB（A），叠加噪声本底值后，该部分区域环境噪声值将不满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）1 类声环境功能区的环境噪声限值要求。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《工业企业厂界噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类声环境功能区噪声排放限值。

建议建设单位在后续阶段采取措施，以保证本项目对声环境保护目标的影响满足

标准要求。

6.3.2.4 电磁的环境影响

本期工程电磁的环境影响评价对象包括，500kV 开关站以及 220kV、500kV 送电线路（厂内部分）。

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。

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 29.887 μ T，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 100 μ T 的限值要求。

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 16.295 μ T，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 100 μ T 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），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 40.815 μ T，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 100 μ T 的限值要求。

根据类比分析，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 100 μ T 的控制限值的要求。

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 场内运输事故

7.3 其它事故

7.4 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

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的规定：核动力厂周围应设置非居住区和规划限制区。非居住区和规划限制区边界的确定应考虑选址假想事故的放射性后果。不要求非居住区是圆形，可以根据厂址的地形、地貌、气象、交通等具体条件确定，但非居住区边界离反应堆的距离不得小于 500m；规划限制区半径不得小于 5km。台山核电厂 3、4 号机组非居住区边界为核电厂各反应堆为中心，半径 500m 范围内的包络区域；规划限制区拟设为各反应堆为中心，半径 5km 包络区域。

核动力厂的选址假想事故仅适用于审批厂址阶段，作为确定厂址非居住区、规划限制区边界的依据。对于水冷反应堆，该事故一般应考虑全堆芯熔化，否则应进行充分有效的论证。

在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^4 人·Sv。

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

核电厂选址假想事故是用于厂址适宜性评价的假想事故。对于本项目，选址源项的假想事故考虑伴有堆芯熔化的失水事故（LOCA），这种事故在核电厂寿期内极不可能发生。放射性物质向环境的释放主要考虑以下途径：

本项目机组为双层安全壳设计，发生 LOCA 后，由于应急堆芯冷却系统失效引起的堆芯大规模熔化，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。安全壳保持完整，安全壳喷淋系统能有效运行。内层安全壳中的核素经由泄漏进入内外层安全壳之间的环廊以及周边厂房。当环廊、周边厂房为正压时，环廊、周边厂房中的核素直接泄漏至外界环境。当环廊、周边厂房处于负压环境时，环廊、周边厂房中的核素经由通风系统及过滤器释放到外界环境。

7.1.1.2 事故源项

事故源项分析主要可分为以下几个步骤：

1) 计算事故后释放至内层安全壳大气的放射性活度。一回路冷却剂系统及堆芯向内层安全壳的放射性释放可分为三个阶段：

- 一回路冷却剂释放阶段：假设一回路冷却剂中放射性核素在事故初始时刻瞬间进入内层安全壳大气中；
- 包壳释放阶段：燃料芯块和包壳间隙内的放射性核素，假设该部分的核素在事故后 30s 瞬间进入内层安全壳大气；
- 早期压力容器内释放阶段：由于堆芯熔化，造成部分燃料芯块中的放射性核素向外释放，假设该部分核素在事故后 0.5h 瞬间进入内层安全壳大气。

2) 计算内层安全壳内放射性活度随时间的变化情况，进而计算由内层安全壳向环廊及周边厂房释放的放射性活度。根据环廊及周边厂房的负压环境维持情况及通风流量、过滤器去除效率，计算环廊、周边厂房向外部环境释放的放射性源项。

选址假想事故源项计算考虑裂变产物堆芯积存量和一回路冷却剂比活度的贡献。裂变产物从堆芯释放分为两个阶段：

- 包壳释放阶段：该阶段导致 5% 的惰性气体，5% 的卤素及 5% 的碱金属释放到内层安全壳大气中；
- 早期压力容器内释放阶段：该阶段导致 95% 的稀有气体，35% 的卤素及 25% 的碱性金属释放到安全壳大气中。

a) 碘的化学形态

考虑进入内层安全壳大气中放射性碘的化学形态如下：

- 有机碘：0.15%
- 分子碘：4.85%
- 气溶胶碘：95%

b) 内层安全壳泄漏率

保守假定 LOCA 发生后 24 小时内的内层安全壳泄漏率为 0.3%/d，24 小时以后安全壳泄漏率为 0.15%/d。

由内层安全壳泄漏至环廊和周边厂房的放射性核素，其旁通环廊直接释放到外界环境的份额保守取 10%。

安全壳泄漏率在环廊和周边厂房的分配比例为：

- 环廊：40%
- 周边厂房：60%

c) 环廊、周边厂房事故后通风系统过滤器的过滤效率

环廊中过滤器对核素的过滤效率为：

- 稀有气体：0.00%
- 有机碘：99.00%
- 分子碘：99.00%
- 气溶胶：99.9%

d) 环廊及周边厂房负压维持情况及通风量

假定环廊和周边厂房在事故初始时刻丧失负压环境，相应通风系统事故列投运后重新建立并维持负压，通风过滤相关考虑如下：

- 对于环廊，事故发生 600s 内泄漏至环廊内的核素，不经过通风过滤直接释放到外部环境；事故 600s 后负压重新建立，由内层安全壳泄漏到环廊的核素，通过环廊的通风系统过滤后排放至外界环境；事故 600s 至 1080s 内，环廊通风换气率为 $8.73\text{E-}06\text{s}^{-1}$ ；事故 1080s 后，环廊的通风换气率为 $7.56\text{E-}06\text{s}^{-1}$ 。
- 对于周边厂房，事故发生 1800s 内泄漏至周边厂房内的核素，不经过通风过滤直接释放到外部环境；事故 1800s 后周边厂房负压重新建立，由内层安全壳泄漏到周边厂房的放射性核素，通过周边厂房的通风系统过滤后排放至外界环境；事故 1800s 后，周边厂房的通风换气率为 $2.13\text{E-}04\text{s}^{-1}$ 。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

本节采用厂址气象观测系统 2023 年 1 月至 2023 年 12 月逐时气象观测数据进行厂址事故大气弥散因子的计算，各气象要素具体信息及大气扩散参数详见 2.4 节相关描述。采用苏州热工研究院有限公司研发的 CEIRA 程序系统计算事故短期大气弥散因子。计算模式详见附录 D。

- (1) 非居住区边界和规划限制区外边界上的事故大气弥散因子

一分方位大气弥散因子：计算得到厂址周围16个方位、99.5%概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；各个方位年平均大气弥散因子为该方位按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段事故大气弥散因子，则利用0-2h事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

一全厂址大气弥散因子：计算得到厂址周围各距离全厂址95%概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；年平均大气弥散因子为全年按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段事故大气弥散因子，则利用0-2h事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

非居住区边界上的事故剂量后果计算将采用0~2h各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。规划限制区外边界上的事故剂量后果计算将采用0~30d各时段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。

（2）用于事故集体剂量计算的大气弥散因子

对于用于事故集体剂量计算的各时段的大气弥散因子，首先采用高斯扇形平均公式计算厂址半径80km范围内192个子区99.5%概率水平下的小时大气弥散因子，作为0~2h的事故大气弥散因子，对于持续时间长于2h的释放时段事故大气弥散因子，则利用0-2h事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。然后根据公众个人有效剂量以及运行时期的电厂人口数据计算出厂址半径80km范围集体有效剂量。

7.1.2.2 事故剂量

7.1.2.2.1 事故剂量估算模式

在事故释放期间，公众可能受到的辐射照射途径有：

- 烟云浸没外照射；
- 空气吸入内照射。

计算模式详见附录 D。

7.1.2.2.2 计算参数的选取

（1）剂量转换因子

事故剂量计算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》（GB 18871-2002）、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）、美国联邦导则 12 号报告和美国联邦导则 11 号报告等。

（2）呼吸率

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则 RG 1.183-2000：

- 0~8h 时间段： $B_r=3.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ；
- 8~24h 时间段： $B_r=1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ；
- 24~720h 时间段： $B_r=2.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

7.1.3 事故后果评价

根据上述计算模型及参数，本报告给出了台山核电厂 3、4 号机组半径 80km 范围内各子区公众在选址假想事故发生持续期间受到的集体有效剂量；给出了事故后 0-2h 非居住区边界处各方位个人受照的有效剂量；给出事故后 0~30d 规划限制区边界处各方位个人受照的有效剂量；给出事故公众个人剂量和集体剂量与国家标准的比较。

（1）个人剂量

选址假想事故发生后任意 2h 内非居住区边界（500m）的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $2.02 \times 10^{-2} \text{ Sv}$ ，占国家标准限值的 8.08%；事故持续时间 30d 内，规划限制区边界上（5km）的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.98 \times 10^{-2} \text{ Sv}$ ，占国家标准限值的 7.92%。

（2）集体剂量

选址假想事故发生持续期间 30d 内，厂址半径 80km 范围内公众群体所受到的集体有效剂量为 $3.19 \times 10^3 \text{ 人} \cdot \text{Sv}$ ，占国家标准限值的 15.95%。

因此，基于选址假想事故的辐射影响评价结果分析，以 3、4 号机组半径 500m 和半径 5km 分别作为非居住区和规划限制区边界能够满足核安全相关法规的要求。

7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.2 场内运输事故

7.2.1 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》（GB 11806-2019）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。

7.2.2 乏燃料运输事故

乏燃料的厂内运输由容器吊车、乏燃料水池吊车、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、检查在装载井和清洗池内进行。装载井和清洗池为两个毗邻的水池，均位于燃料厂房内乏燃料水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料水池连成整体结构。其中装载井与存储水池相通，并由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料水池中，直到裂变产物的活度降低到允许运输的程度。然后，将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程中，燃料组件活性区顶部须一直保持至少 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。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

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合理可行尽量低，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。

7.3 其它事故

7.3.1 建设期间其它事故分析

7.3.2 运行期间其它事故环境影响分析

7.3 其它事故

7.3.1 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、山坡开采以及施工营地环境卫生问题导致施工人员的健康风险。

核电厂施工阶段需采用炸药对厂址处岩体进行爆破处理，如炸药储存和运输不当，则可能对施工人员安全及环境安全造成较大风险。核电厂爆破所用炸药集中存放于场外仓库，对炸药入库、出库、运输等过程设专人管理，每次使用前均需向公安部门申报，严格控制炸药使用量。施工过程中，在场地各主要出入口设置警示牌，告知爆破时间，每次爆破前须提前疏散周围施工人员，确保爆炸区无人员车辆后方可实施爆炸作业，将炸药对人员及环境可能产生的风险降至最低。

核电厂可能需要采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理，以避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化。这些化学物质和缓蚀剂主要包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等，如保存管理不当，可能造成泄漏风险，对地表土壤及植被生态造成破坏。由于核电厂设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑防水防雨等不利影响，化学物质使用量不大，因此需后续处理的过程较少。因化学品的使用产生的危险固废需按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）进行安全妥善暂存，并由相关资质单位定期收集运至厂外处理。根据类似项目施工管理经验，在施工阶段，由于化学品泄漏造成的环境风险较小。

核电厂施工周期较长，施工人数众多，施工期间大量人员涌入电厂区域及附近进行施工和居住，如环境卫生管理不到位，特别在夏季，容易使爆发流行性传染病的机会大大增加，一旦发生疫情，将对整个施工区内的人员健康造成极大威胁。核电厂施工阶段人员居住于厂区以外的部分村庄，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。

7.3.2 运行期间其它事故环境影响分析

本节主要参考《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）相关要求对环境风险分析与评价。

7.3.2.1 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。

7.3.2.2 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 号机组各类风险较大的危险化学品的最大储存量与临界量比值之和 Q 为 29.35。

根据 HJ 169-2018，本工程行业及生产工艺为 M4，结合 Q 值可得危险物质及工艺系统危险性（ P ）的分级为 P4。依据 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 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s} \sim 2 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，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。

7.3.2.3 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连锁装置；
- 在酸碱储存区域装有安全淋浴装置和洗眼器；
- 酸碱储存中的浓酸与空气不直接接触。

综上所述，本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。

7.4 事故应急

7.4.1 执行应急计划的初步可行性

7.4.2 应急计划区初步划分方案

7.4 事故应急

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016），在选址阶段，应描述执行应急计划的初步可行性，说明不存在妨碍区域人群隐蔽、撤离以及应急时所需外部资源进出的不利厂址条件，重点考虑厂址周边人口分布、区域环境、潜在危险源等与厂址相关的重要因素。

7.4.1 执行应急计划的初步可行性

1) 人口分布及区域社会环境

厂址半径 5km 范围内仅有钦头村一个自然村，位于厂址 SSW 方位 3.6km，有人口 698 人。厂址半径 10km 范围内共有人口 20323 人，没有大的人口中心。厂址半径 50km 范围内最大的人口中心是台山市台城街道，位于厂址 NNW 方位约 40.9km 处，2022 年底有城镇人口 183308 人。

厂址半径 15km 范围较大规模工业企业为国能粤电台山发电有限公司，位于核电厂厂址 SW 方位最近约 7.5km，有职工约 1160 人。除国能粤电台山发电有限公司外，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，主要从事五金、塑胶原料、环保建材、钟表、玩具制造和食品加工等生产活动。

厂址半径 15km 范围主要涉及台山市赤溪镇、都斛镇和斗山镇，该区域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台山发电厂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。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，主要为国能台山发电厂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，各承包商施工人员大多居住在铜鼓村。

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 万~50 万人次的游客，主要集中在夏季，高峰日游客可达 8000 人次。

厂址半径 10km 范围内最大的学校为台山市赤溪中学，位于厂址 N 方位 8.8km 处，有教职员工 84 人，学生 1146 人。厂址半径 10km 范围内没有大型疗养院、医院，各镇设有卫生院，距离厂址最近的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。

除此之外，厂址半径 10km 范围内无影剧院、监狱等其他设施。

2) 交通情况

台山核电厂一期工程已建成应急道路、连接道路、进厂道路，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，终点位于国华台电转盘，全长 6.27km，道路宽度 10m。
- 连接道路连接北侧的进厂路与南侧的应急路及大件码头的路段，全长 3.3km，道路宽度 23m。
- 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，道路宽度 18m。

除应急道路、连接道路、进厂道路外，本项目厂址半径 15km 范围内的道路主要有：S32（西部沿海高速公路），位于厂址 NW 方位约 13.5km；G228（丹东-东兴），位于厂址 NW 方位约 15.0km 处；G240（保定-台山），位于厂址 SW 方位约 7.5km 处；S386 省道（赤溪-电城），位于厂址 N 方位约 7.5km 处。各公路位置情况详见 2.3 节相关描述。

厂址半径 15km 范围内没有铁路交通，台山核电厂附近海域有国能粤电台山发电有限公司专用海上航道、大襟岛西航道、崖门出海西航道和川岛内航道。

距厂址最近的机场为 ENE 方位 41km 处的珠海金湾机场。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。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 7.86×10^{-10} ，远小于《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）中的筛选概率水平 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。

3) 外部人为事件

台山核电厂厂址半径 15km 范围内固定危险源为公路沿线的四个加油站，加油站离厂址距离较远，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。

赤溪镇狮山村的临时小型民用爆炸物品储存库位于厂址 NNW 方位约 11.6km。

仓库最大储存量为雷管 20000 发，炸药 4.8t。一次最大运输量根据运输车辆要求，储存不超过核定储存量。

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。

台山核电厂址半径 15km 范围内，G240 距厂址最近距离约 7.5km，该公路上有运送汽油、柴油的槽罐车通过。运送的汽油、柴油时一般采用 30m³ 的槽罐车运输。离厂址最近的有危险品运输的航海线为国能台山电厂专用海上航线，距厂址的最近距离约 8.5km，主要用于运输燃煤和石油。

规划建设的江门广海湾 LNG 接收站项目位于厂址西南方位，最近距离约 9.5km。其外输管道工程约 45km，从 LNG 接收站向北方向布设，距离厂址最近距离约 8.5km。

根据本项目选址安全分析报告相关结论，上述外部危险源不会影响核电厂的建设和安全运行。

5) 通讯网络

厂址半径 10km 范围内移动、联通和电信公司的移动通讯网络健全，移动通讯信号良好。厂址附近的移动通信基站建在山坡上和道路旁。架设方式通常为落地铁塔或楼顶塔。

综上，从厂址周边人口分布、社会经济及交通条件等核应急相关内容来看，厂址区域实施核应急计划不存在难以克服的困难。

7.4.2 应急计划区初步划分方案

我国应急计划区划分为烟羽应急计划区和食入应急计划区，烟羽应急计划区需要做好采取撤离、隐蔽和服用稳定碘片等应急防护行动的准备。根据《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD 002/01-2019）：对于多堆厂址，应急计划区应有统一的考虑。其范围应包括针对每一反应堆机组所确定的应急计划区的范围，其边界可以是各机组应急计划区边界的包络线。

根据《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》（2024 年 5 月），初步建议台山核电厂 3、4 号机组工程应急计划区范围如下：

a) 烟羽应急计划区：以台山核电厂 3、4 号反应堆为中心，半径 10km 范围内的包络区域。其中内区为半径 5km 范围内的包络区域。

b) 食入应急计划区：以台山核电厂 3、4 号反应堆为中心，半径 50km 范围内的包络区域。

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

台山核电厂 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 6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

本节简要介绍台山核电厂 3、4 号机组运行期间流出物监测的初步设想。

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、取样测量频率和需要监测的放射性核素。在选择监测点的位置和取样时，确保监测结果能代表实际的排放；
- 考虑到计划外释放的可能性，用于常规监测的仪表具有足够宽的量程；

- 用于关键释放点的监测仪表，必须考虑冗余度；
- 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物流量、温湿度、压力及气象参数等。

8.1.1.3 气态流出物监测系统

台山核电厂 3、4 号机组为华龙一号机型，属单堆布置，每台机组各设置 1 套气载放射性流出物监测系统，运行期间气载放射性流出物的总排放口是烟囱，气态流出物监测主要是对烟囱中的惰性气体、碘、粒子、 ^3H 和 ^{14}C 等进行监测。

气态流出物在线连续监测系统的设置将满足在正常运行和事故运行工况下对测量范围的要求，设有气溶胶在线连续监测通道、碘在线连续监测通道、惰性气体在线连续监测通道和事故后惰性气体连续监测通道。

气态流出物取样监测设置有气溶胶取样装置、碘取样装置、惰性气体取样装置、 ^3H 和 ^{14}C 取样装置、事故后气溶胶取样装置和事故后碘取样装置。取样方法和测量周期根据流出物的排放方式、排放周期和放射性物质的特性来确定，并满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》的要求，取样通道需安装流量、温度、压力传感器，并设置流量校准接口。

8.1.1.4 液态流出物监测系统

台山核电厂 3、4 号机组的液态流出物将按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的要求进行槽式排放，废液在向环境排放前先送往储存槽逐槽监测，符合排放标准后方可排放。其测量项目包括 γ 核素、氚等分析，当测量结果低于排放管理限值时，则排放该贮存罐内的废液，否则需返回处理。废液在采样和排放前必须混合均匀，在经过充分混合后进行采样分析，分析项目满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》的要求。

核岛与常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测系统主要是对 TER 系统和 SEL 系统排放废液的放射性浓度进行连续监测，防止因工作人员误操作、实验室仪器故障和取样分析结果不正确，导致放射性浓度超标排放，保证核电厂周围环境安全和公众健康。液态流出物监测子系统设计 2 个在线监测通道，分别在线监测 TER 与 SEL 排放管线上的放射性。

8.1.1.5 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。

流出物监督性监测包括在线监测和抽样监测，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。

8.1.2 辐射环境监测

台山核电厂 3、4 号机组是台山核电厂址后续建设工程，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前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。

核电厂运行期间的环境监测包括正常运行时的环境辐射监测和事故时的应急辐射监测。本节介绍台山核电厂运行期间环境监测的初步方案设想，详细的环境监测方案将在后续阶段的环境影响评价中给出。

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

台山核电厂 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；
- 海洋放射性监测范围为以厂址为中心半径 10km 的附近海域，重点监测核电站排水口周围海域。

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与监测设备与应急监测相兼容。

— 瞬时 γ 剂量率测量

参考本底调查的结果，确定 γ 剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式 γ 剂量率仪或监测车巡测厂区周围原野、道路以及室内环境的 γ 剂量率水平。

— 累积剂量测量

在厂区周围布设若干累积剂量计，定时采集并测读，得到环境大气中累积 γ 剂量水平。布设的点位可与连续监测和瞬时监测的点位重合，作为 γ 剂量率监测的补充。

（2）环境介质放射性监测

环境介质采样、分析和测量方法大体上与运行前的环境本底监测相同。监测的主要环境介质是大气（气溶胶、沉降灰、空气中³H、¹⁴C、碘等）、水（地表水、地下水、饮用水、降水）、土壤、动植物（特别是指示生物）以及若干海洋介质（包括海洋生物、海水、底泥和潮间带土）。对环境介质的监测，一般包含了取样、制样、测量、分析等过程，是核电厂常规环境监测的主要内容。核电厂在进行实际点位布设时，可根据本底调查的监测经验以及厂址周围环境变化，按照最优化原则，对点位进行调整。此外，随着核电厂运行期间环境监测数据的累积，核电厂将对本底调查时所确定的指示生物作进一步鉴别和分析，以最终确定对放射性污染具有指示意义的生物。

（3）气象观测

核电厂运行期间将进行气象观测，以提供评价短期或长期放射性释放对环境造成的影响所需的气象资料。核电厂已设立专用的气象观测站，可与厂区环境 γ 剂量率连续监测系统同步。气象观测项目包括：厂址 10m、30m、80m 和 100m 高度的风向、风速和温度，地面处的降水、湿度、气压等。当发生事故时，气象观测应能够提供实时气象参数，为应急决策提供支持。

（4）监测方案

参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，制定环境监测方案，包括点位布设、监测项目和监测频次，具体方案将在后续阶段环境影响报告书中给出。

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测系统则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，并实施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

台山核电厂 3、4 号机组在运行期间将制定必要的应急监测方案或实施程序，用于

测量核事故时放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度，为应急决策提供数据支持。应急监测具备以下能力：

- 用于应急监测的环境 γ 辐射连续监测系统具备厂址半径 5~10km 范围内事故条件下的连续监测的能力，以适应应急监测的要求；
- 设置必要的环境监测机构，配备应急响应时使用的测量仪表、环境监测车和取样车以及相应的取样和分析器材等，具备快速监测和响应的能力。

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 其它监测

8.2.1 热影响监测

建设单位将根据国内同类核电厂温排水监测经验和监测技术发展，适时考虑对台山核电厂运行后的温排水开展监测工作。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

建设单位将在厂区污水站建成后及时委托相关资质单位对污水站出水中的化学污染物开展定期水质监测，监测指标包括 pH 值、COD、BOD₅、氨氮、总磷、总氮、石油类、悬浮物等。台山核电厂 3、4 号机组运行期间的生活污水经处理后需满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准。

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

厂区实验室子项为新建 3、4 号机组提供检测服务，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。

子项中流出物实验室包括流出物测量间、热准备室、冷准备室等。承担电厂排放废水的放射性活度和排放废气的放射性浓度检测，使其按规定排放。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境实验室

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，相关的设备主要有 γ 谱仪、低本底 α/β 计数器、低本底液闪谱仪等。

8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

(1) 厂区环境 γ 辐射监测站

厂区环境 γ 剂量率监测系统主要对厂区环境空气中的 γ 剂量率进行在线、实时、连续、自动监测。系统包括若干监测站点，站点通常分布在厂址半径 10km 以内，站点的设置主要考虑以下因素：

- 厂址周围的环境特征，重点监测厂址附近环境敏感点（主要是人口密集区域），以用于评价敏感人群和公众所受的剂量水平；
- 设置点具有代表性，能够反映区域的污染特征，比如气载流出物大气弥散后在环境中最大浓度的位置可设置监测点；
- 考虑监测设备布置和数据传输的可行性；

— 设置必要的参考点。

(2) 气象观测站

气象观测站的作用是测量、记录和发送现场风向、风速、温度和湿度等参数，用于计算和评价核电厂气态放射性物质排放对该地区环境影响的气象数据；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

(3) 中央站

中央站设置在环境实验室内，其主要作用是负责连续采集、处理和记录气象和环境 γ 辐射剂量率数据，并对采集的数据进行存储、分析和发布。中央站主要包括：

- 环境 γ 辐射数据采集工作站：对厂区环境 γ 辐射监测站进行远程管理，并提供直接监视和操作的平台，收集环境 γ 辐射监测站采集的 γ 剂量率数据；
- 气象数据采集工作站：作为气象站的远程监测终端，负责气象数据的采集和处理。

8.3.2.3 地下水监测井设置

根据国家法规标准规定，结合厂址周边环境特征，充分考虑厂址特征以及反应堆可能的泄漏点和其他项目经验反馈，本期工程在核岛附近、核岛废液贮存罐厂房和常规岛废液贮存罐厂房附近以及虹吸井附近设置地下水监测井。布点原则为：

- 监测井的布置需重点考虑反应堆附近区域及其他有放射性泄漏风险的子项或系统；
- 监测井尽量布置在交通便利、取样方便的区域，以便于样品采集；
- 监测井选在水质不受海水影响的位置；
- 监测井位置的选择尽量避开受地表水汇流影响的区域；
- 依据地下水流场情况，在进入核电厂厂界的地下水上游和下游均将布点；
- 厂外布点尽可能考虑作为饮用水或灌溉用水的地下水。

8.3.2.4 移动监测系统

台山核电厂应在 3、4 号工程运行前配置一定数量的环境监测车和环境监测采样车，车内配备相应的监测设备和采样设备。在核电厂运行期间环境监测车可对厂址周围环境 γ 剂量率进行巡测，在发生核事故时亦可用于应急监测。

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

为保证台山核电厂 3、4 号工程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。

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管理，及时发现异常并采取措施，确保排放符合国家法规要求；执行有效的管理措施，减少废液产生量、排放量，减少对环境的影响；通过对电厂环境工作的监督与管理，确保电站各种废物处理、排放设施的可靠运行及环保机构的正常运作，达到保护环境的目的。

8.4.1.2 人员的资格与培训

监测结果准确度与工作人员的工作经验、专业知识和技术水平有关，所有参加取样、监测、数据统计和审核的人员均应按规程要求，参加相应的理论和实践培训，经授权后上岗。从事放射性环境监测的人员，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。

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，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2.2 外部质量控制

实验室外部质量控制的主要措施有：

（1）比对

为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，实验室定期参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差应查明原因，并采取校正措施。

（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，上交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不断提高，造价将大幅度降低，再加上低廉的运行成本，与燃煤机组相比，核电机组的上网电价将具有较强的竞争性。

评价电源的经济性还应考虑外部成本问题，即各种电源系统的建设和运行的每一环节，包括燃料的开采、精制、运输、发电、废物的处理处置、输电等，都或多或少会对自然环境和社会产生负面影响。但电厂建设的经济分析中一般没有考虑负面影响造成的损失或克服这些损失所需要的投入，客观上把它推给了社会的公众，由社会公众来承担这些损失。据欧洲联盟和美国能源部联合研究的结果表明，燃煤和燃油电厂的外部成本为最高，核能发电的外部成本除风能发电以外是最低的，就燃料循环一项为例，核电厂可以把整个燃料链的成本都计算到电价里，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它市政设施条件，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 CO₂ 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提高。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，是平时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做出贡献。

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它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

产服务和生活福利等设施，将给社会带来大量的就业机会，促进当地经济发展和提高人民生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其它市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济增长和社会发展有积极的意义。

综上所述，通过本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

通过台山核电厂 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 SO₂ 等污染源仍为我国大气的主要污染源之一。用大型商用核电厂代替燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的 SO₂、CO₂、NO_x 等有害气体对环境的污染，缓解当地的酸雨发生。火电厂释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，而 CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。核电是清洁的能源，不排放 SO₂、CO₂、NO_x 等有害气体。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 CO₂ 约 1200 万 t、烟尘约 700t、SO₂ 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 11.9gCO₂/度电。而煤电链为 1072.4gCO₂/度电、水电链为（0.81-12.8）gCO₂/度电、风电链为（15.9-18.6）gCO₂/度电、光伏发电为（56.3-89.9）gCO₂/度电。世界核协会发布报告也表明，核电全生命周期的温室气体排放可与风电、水电相媲美。

2020 年 9 月，我国明确提出力争 2030 年前实现“碳达峰”，2060 年前实现“碳中和”目标。2021 年 10 月 24 日，中共中央、国务院印发的《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 号机组投入总资金约亿元人民币，其中环保设施总投资为万元，约占项目总投资的%。

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。

一 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。

一 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。

一 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，本项目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，本项目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 公众参与和调查结论

10.7 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，本期工程的3号机组计划于2025年具备核岛主体工程开工条件，4号机组开工时间与3号机组间隔12个月，单台机组建设工期60个月，机组的设计寿命均为60年。

10.2 环境保护设施

本期工程建设两台“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采用过滤、蒸发和除盐等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，以确保处理后排放的液态流出物浓度和总量满足国家有关标准的要求；

5) 核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL）均设计有3个容积相同的废液贮存罐。废液采用槽式排放的方式，经取样分析合格后，才能向环境排放。在TER和SEL排放管线上分别设置两级报警阈值的在线监测设备，通过取样监测和在线监测两重控制的方式，确保核岛和常规岛所排放的液态流出物得到有效控制；

6) 固体废物处理系统（TES）采用较为成熟的水泥固化工艺和分拣压缩打包工艺对固体废物进行处理。TES 系统最终形成的低、中放废物包为 400L 钢桶，采用厂内专用运输车运输至废物暂存库暂存，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》（GB6249-2011）相应的单堆和全厂排放量控制要求。

本期工程核岛废液排放系统的设计排放限值为 900Bq/L，常规岛废液排放系统的设计排放限值为 600Bq/L，满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的浓度控制要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）核电厂正常运行时的辐射环境影响

采用厂址气象塔 2023 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、接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 $3.57E-07Sv/a$ ，占 3、4 号机组剂量约束值（ $0.06mSv/a$ ）的 0.595%；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 $8.70\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，占 GB6249-2011 年剂量约束值 (0.25mSv/a) 的 0.348%。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 $4.97\text{E-}02$ 人 $\cdot\text{Sv}$ 和 $1.61\text{E-}01$ 人 $\cdot\text{Sv}$ 。台山核电厂四台机组运行状态下，可能的关键人群组为位于厂址 SSW 方位 3.6km 的钦头村渔民，可能的关键照射途径为食入海产品内照射途径，可能的关键核素为 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》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。
- 液态放射性流出物排放对排放口附近海域的深海鱼类、甲壳类、藻类等7类海洋生物中浮游动物造成的辐射剂量率最大（本期工程2台机组和厂址4台机组对其造成的辐射剂量率分别为 $2.29\text{E-}02\mu\text{Gy/h}$ 、 $1.86\text{E-}01\mu\text{Gy/h}$ ）；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 $2.96\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ 、 $7.07\text{E-}03\mu\text{Gy/h}$ ）。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 $10\mu\text{Gy/h}$ 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2023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。

选址假想事故发生后2h内，非居住区边界上（500m）的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $2.02 \times 10^{-2}\text{Sv}$ ，占国家标准限值的8.08%；事故持续时间30d内，规划限制区边界上（5km）的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.98 \times 10^{-2}\text{Sv}$ ，占国家标准限值的7.92%。

选址假想事故发生持续期间30d内，厂址半径80km范围内公众群体所受到的集体有效剂量为 3.19×10^3 人 $\cdot\text{Sv}$ ，占国家标准限值的15.95%。

因此，基于选址假想事故的辐射影响评价结果分析，以3、4号机组半径500m和半

径5km分别作为非居住区和规划限制区边界能够满足核安全相关法规的要求。

（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。无线通讯网络已覆盖厂址区域，不存在应急通讯的困难。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

一 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。

一 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7.2m³/s，取排水温升为2.47℃；冬季总排水流量为7.0m³/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暂与近岸海域环境功能区划、国土空间规划和生态环境分区管控方案存在不适应之处，目前相关部门正在开展与本工程相关规划的调整工作，并已出具原则同意调整或调整情况说明的

函件。

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》（GB12348-2008）中3类声环境功能区噪声排放限值。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)，在叠加噪声本底值后，该部分区域环境噪声值将不满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类声环境功能区的环境噪声夜间45dB(A)的限值要求，但可以满足整合优化后的江门台山曹峰山地方级自然保护区（1类声环境功能区）的环境噪声限值要求。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，根据计算，厂区外环境中盐沉积最大值出现在冬季，为9.2kg/(ha·月)。预计不会对环境造成明显影响。建议建设单位后续开展厂址附近植物耐盐性研究，结合同类电厂运行经验，采用国内外先进水平的收水器，确保冷却塔运行后可实现消除800 μ m以上飘滴，减轻本项目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2.81km²，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2.30km²。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。

（3）其他环境影响

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》（GB18918-2002）中的一级A标准。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的影响较小。

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》（GB8702-2014）中4kV/m和0.1mT的限值要求。

10.6 公众参与和调查结论

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与办法》的相关规定，建设单位根据台山核电厂厂址特点和社会环境状况，进行了信息公示，未收到公众的反对意见。

10.7 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，本工程做出如下承诺：

- （1）建设单位将配合主管部门，落实本工程附近的近岸海域环境功能区划、国土空间规划和生态环境分区管控方案的调整，使本工程的建设满足相关规划和方案的要求。
- （2）建设单位将进一步开展针对盐沉积影响分析的研究，在项目运行过程中开展厂址周边盐沉积监测工作。
- （3）台山核电厂3、4号机组作为台山核电厂扩建工程，建设单位将在1、2号机组已有环保设施基础上统筹考虑本工程环保设施的设计布局，确保全厂运行满足环保要求。
- （4）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。
- （5）建设单位进一步持续开展公众宣传、科普、信息公开等工作，以使公众对核电建设的认识更为理性和科学，缓解公众恐核心理。

**台山核电厂 3、4 号机组
环境影响报告书（选址阶段）
全文公开说明**

**中广核台山第二核电有限公司
二〇二四年八月**

参照《环境影响评价公众参与办法》（部令第4号）的相关规定，对《台山核电厂3、4号机组环境影响报告书（选址阶段）》全文公开中“涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私等内容”实行删减并予以说明。具体的删减内容及说明详见附表。

附表 环境影响报告书具体删减内容和说明

章节号		删除内容				删除说明
		正文页码	表	图	具体删除内容	
1	概述	/	/	/	投资及环保设施投资	不宜公开的资料
2	2.1 厂址地理位置	2.1-1	/	图 2.1-2~图 2.1-4	厂址工程坐标、征地、非居住区边界示意图、规划限制区包络边界示意图	不宜公开的资料
	2.2 人口分布与饮食习惯	2.2-1~2.2-5	表 2.2-1~2.2-17	图 2.2-1~2.2-11	居民点人口数量及分布、流动人口、学校、卫生院和敬老院、游客人数、预期人口增长率及预期人口等详细数据	不宜公开的资料
	2.3 土地利用及资源概况	2.3-1~2.3-24	表 2.3-1~2.3-15	图 2.3-1~2.3-18	土地利用、生态红线、自然保护区、旅游业、畜牧业、矿业资源、水产养殖、工业企业现状及规划、交通、危险源等详细数据	不宜公开的资料
	2.4 气象	2.4-1~2.4-9	表 2.4-1~2.4-20	图 2.4-1~2.4-8	厂址相关气象资料、大气稳定度、扩散参数、联合频率等详细数据	不宜公开的资料
	2.5 水文	2.4-1~2.4-9	表 2.5-2~2.5-7	图 2.5-1~2.5-7	厂址相关水文实测成果等详细数据	不宜公开的资料
	2.6 地形地貌	2.6-1	/	图 2.6-1	厂址场地现状示意图	不宜公开的资料
3	3.1 辐射环境质量现状	3.1-1~3.1-12	表 3.1-1~3.1-53	图 3.1-1~3.1-7	辐射环境监测方案、监测点位置、测量方法、测量设备、探测限等详细数据	不宜公开的资料
	3.2 非辐射环境质量现状	/	表 3.2-1~3.2-9	图 3.2-1~3.2-4	电磁环境监测结果及布点图等详细数据	不宜公开的资料
4	核电厂	/	表格	图件	核电厂相关设计参数、源项、专设安全设施、放射性废物和非放射性废物处理系统等	不宜公开的资料
5	5.1 土地利用	/	表 5.1-1~5.1-4	/	厂址土石方量表、噪声源及影响情况	不宜公开的资料
	5.2 水的利用	/	/	/	/	/
	5.3 施工影响的控制		表 5.3-1~5.3-2	/	施工期陆域、海域环境监测方案	不宜公开的资料

章节号		删除内容				删除说明
		正文页码	表	图	具体删除内容	
6	6.1 散热系统的环境影响	/	表 6.1-1~6.1-11	图 6.1-1~6.1-23	全潮最大温升外包络范围及计算参数、温排水的计算、冷却塔的参数、温升叠图及噪声预测等详细数据	不宜公开的资料
	6.2 正常运行的辐射影响	/	表 6.2-1~6.2-45	图 6.2-1~6.2-2	3、4 号机组源项及气液态照射途径	不宜公开的资料
	6.3 其它环境影响	/	表 6.3-1~6.3-3	图 6.3-1	电磁预测结果及余氯全潮绝对浓度包络线	不宜公开的资料
7	7.1 核电厂放射性事故和后果评价	/	表 7.1-1~7.1~10	/	选址假想事故源项、计算参数和假设、各个方位非居住区边界和规划限制区边界处的大气弥散因子、剂量转换因子等	不宜公开的资料
	7.2 场内运输事故	/	/	/	/	/
	7.3 其它事故	/	表 7.3-1	/	危险化学品贮存情况	不宜公开的资料
	7.4 事故应急	7.4-1~7.4-2	/	/	与事故应急相关的详细内容	不宜公开的资料
8	流出物监测与环境监测	/	表 8.3-1	/	流出物实验室主要的仪器设备	不宜公开的资料
9	利益代价分析	/	/	/	/	/
10	结论	/	/	/	/	/
附录	附录	/	/	/	包括政府批文、剂量计算模式、环境参数	不宜公开的资料