

田湾核电站 7、8 号机组

环境影响报告书

(运行阶段)

江苏核电有限公司
二〇二五年五月



密级：

图册（文件）编号	
1517LEIRHYS01	
共 1 册	第 1 册
版次：A	状态：CFC

田湾核电站7、8号机组

TIANWAN NUCLEAR POWER STATION UNITS 7 & 8

工 程 号 1517

子项号或系统号

子项或系统名称

设 计 阶 段 施工图设计

工 种 综合

图册（文件）名称 环境影响报告书
(运行阶段)

图册（文件）序号

批 准 宋建军

文件编码	LYG	L	B22B	01	13100000	TR	0001	H
------	-----	---	------	----	----------	----	------	---

本文件产权属中国核电工程有限公司（CNPE）所有，未经书面许可，不得以任何方式复制、传播、发表和外传。



打印编号: 1746519489000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	7v6xc2		
建设项目名称	田湾核电站7、8号机组		
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）	江苏核电有限公司		
统一社会信用代码	91320700138970480K		
法定代表人（签章）	张毅	张毅	
主要负责人（签字）	王伟	王伟	
直接负责的主管人员（签字）	成爱华	成爱华	
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国核电工程有限公司		
统一社会信用代码	911100001000027329		
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
薛娜	2016035110350000003512110317	BH026661	薛娜
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张敬辉	第四章	BH026938	张敬辉
陈春燕	第五章	BH009721	陈春燕
薛娜	第一章、第十章	BH026661	薛娜
魏刚	第九章	BH026932	魏刚

高桂玲	第二章、第七章	BH026937	高桂玲
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣
胥密	第六章	BH071294	胥密

文件修改记录

版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2025.5	-	-	首次出版

总 目 录

第一章 概述

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

第二章 厂址与环境

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

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

- 4.1 厂址规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽-电力系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统
- 4.5 专设安全设施

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其他环境影响

6.4 初步退役计划

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 严重事故

7.3 场内运输事故

7.4 其他事故

7.5 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其他监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

- 10.4 辐射环境影响评价结论
- 10.5 非辐射环境影响评价结论
- 10.6 公众意见采纳情况总结
- 10.7 承诺

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 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

1.6.1 依据的批复文件和相关规划

1.6.2 主要国家法令及国家标准

1.6.3 主要核安全法规和导则

1.6.4 主要部颁规程、规定及地方法规规章

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.9.1 辐射影响防治措施

1.9.2 非放射性影响防治措施

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

1.10.2 非辐射环境影响评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

1.11.1 建造阶段环境影响报告书的批复意见

1.11.2 建造阶段环境影响报告书的批复意见落实情况

图

图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

核电厂名称：田湾核电站 7、8 号机组

项目营运管理单位：江苏核电有限公司

1.1.2 建设性质

田湾核电站 7、8 号机组为扩建项目，是由中国核能电力股份有限公司、江苏省国信资产管理集团有限公司、连云港金联能源投资有限公司分别以 51%、20%、29% 的股比共同投资建设的商业性核电站。江苏核电有限公司（JNPC）是田湾核电站 7、8 号机组的营运单位，对田湾核电站所有工作的质量和电站的安全运行负全面责任。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级核电机组，统一规划，分期建设。

田湾核电站 1~4 号采用 VVER-1000 压水堆核电机组，5、6 号机组采用 M310 加改进核电机组，1~6 号机组已建成投产。

田湾核电站 7、8 号机组采用俄罗斯 VVER-1200 技术，建设两台 VVER-1200 型核电机组及其配套辅助设施。反应堆电功率为 1265.4MW，热功率为 3200MW。本工程机组规划布置在田湾核电站 6 号机组扩建端西北侧场地（船山），与田湾核电站 1~6 号机组属同一厂址。田湾核电站 7、8 号机组工程将充分利用 1~6 号机组已有设施，尽量减少工程投资。

田湾核电站 7、8 号机组与田湾 1-6 号机组在环境保护方面实施“四统一”，即统一管理、统一申请排放量、统一进行流出物和环境监测、统一制定并实施应急计划和准备。

本工程的设计寿期为 60 年。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

田湾核电站 7、8 号机组工程采用与俄方合作的 VVER-1200 机型，项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）采用国内银行贷款解决。其中，直接和间接用于环境保护的费用的建设投资约占总项目计划总资金的 2.51%。

1.4 建设目的

（1）满足江苏省电力负荷增长的需要

江苏省经济持续、快速发展。截至 2018 年底，江苏省内全社会装机容量 126574MW，2018 年江苏省全社会用电量 6128 亿千瓦时，同比增长 5.52%，最高用电负荷 105740MW，中国核电工程有限公司

同比增长 2.34%。根据预测，江苏电网“十五五”期间存在较大电力缺口，至 2030 年电力缺口将扩大为 46000MW。未来江苏电网存在较大的电源建设空间。

（2）积极发展核电是保障国家能源安全的需要

华东地区火电的比重仍然较大，2018 年底华东地区火电装机容量占比为 72.65%，与此同时，水电装机(含抽蓄)和核电装机容量比重分别仅为 8.24%和 6.07%，严重依赖煤炭的能源消费结构加大了能源供应风险。

我国煤炭资源虽然比较丰富，但探明程度很低，煤炭总资源量的探明储量仅相当于世界平均水平的 55.3%，相当于 OECD(经济合作发展组织)国家的 22.5%，相当于美国的 10.2%。从各地区一次能源生产与消费看，我国只有黑龙江、山西、陕西、内蒙古、新疆和山东六省区能够实现能源自给，其他地区则需要依靠外部输入才能实现能源平衡。

降低风险的办法是发展多种能源，改变当前严重依赖煤炭的能源消费结构。从我国的替代能源资源看，积极推进核电是最现实的选择。

江苏省基本没有水力资源，风能资源又存在电量不足、出力稳定性较低等问题，而作为经济大省，电力需求大，为建立安全、可靠、稳定、经济的能源保障体系，能源供应必须采取多元化的战略。发展核电是能源供应多元化战略的重要组成部分，有利于缓解江苏一次能源供应的紧张状况、减轻运输压力，推进江苏电源结构多元化的进程，有利于提高能源供应安全性，为江苏能源供应的可持续发展打下良好基础。

（3）积极发展核电是经济可持续发展的必然选择

华东电网以燃煤电厂为主，煤炭消耗量逐年增加，使二氧化硫、氮氧化物及烟尘灰渣的排放量呈上升趋势，大部分地区被国家划定为酸雨和二氧化硫污染双控区。目前电网内燃煤电厂的排放已对环境造成很大的压力，随着煤炭消耗量的增长，必将进一步加重华东地区的环保压力。

为贯彻党中央、国务院关于打赢蓝天保卫战决策部署，落实《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，全力做好2018-2019年秋冬季大气污染防治工作，生态环境部、国家发展和改革委员会等11部委、4省市政府共同印发《长三角地区2018-2019年秋冬季大气污染综合治理攻坚行动方案》方案中提出，严格控制煤炭消费总量，深入推进燃煤锅炉治理，开展建成区散煤清零行动。相比2017年，2018年上海市、浙江省煤炭消费总量持续下降，江苏省净削减1500万吨以上，安徽省煤炭消费总量实现“由增转降”。

同时严禁新建自备燃煤机组，新建大型燃煤机组实行容量和耗煤量等量或减量替代，积极推进煤炭集中使用，制定专项方案，淘汰能耗、水耗、环保、安全等不达标的30万千瓦以下燃煤机组，2018年江苏、浙江、安徽分别淘汰44万千瓦、42万千瓦和32万千瓦燃煤

机组。

而核电作为清洁能源，发展核电是减少大气污染排放、在控煤背景下提供电力支撑的有效途径和必然选择。

根据江苏省“十三五”期间节能减排综合实施方案，到 2020 年，江苏省全省二氧化硫、氮氧化物排放总量需要分别控制在 66.8 万吨、85.4 万吨，均比 2015 年下降 20%，后续节能减排任务将更加艰巨。在当今世界能源结构中，核电作为一种优质清洁能源，已被人们所广泛接受。由核电厂替代燃煤、燃油电厂，将显著改善区域的环境质量。因此，建设该项目对缓解江苏省的环境保护压力具有重要意义。

（4）发展核电优化电源结构

核能发电作为一种新型的能源，发展迅速，从已运行的核电站装机容量来看美国仍居首位，装机容量占全世界的四分之一。

江苏省经济发展迅速，一次能源自给率低，对外依存度较高。本期工程的建设符合国家能源政策，有利于保障江苏省供电需求，优化江苏省能源、电源结构，提高江苏省能源自给率，对江苏省调整能源结构、推进节能减排具有积极作用。

1.5 建设项目的进度

田湾核电站 1、2 号机组已经分别于 2007 年 5 月和 8 月投入商业运行。3、4 号机组分别于 2018 年 2 月和 12 月投入商业运行。5 号机组已于 2020 年 9 月 8 日投入商运；6 号机组已于 2021 年 6 月 2 日投入商运。

田湾核电站 7 号机组第一罐混凝土浇筑时间（FCD）为 2021 年 5 月，单台机组建设周期为 62 个月，7 号机组预计 2026 年 7 月 19 日具备商运条件，8 号机组预计于 2027 年 5 月 19 日具备商运条件。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 依据的批复文件和相关规划

- 《连云港市城市总体规划》（2021-2035 年）；
- 《江苏省“十四五”生态环境保护规划》；
- 《江苏省地表水环境功能区划》（2021-2030 年）；
- 《江苏省生态空间管控区域规划》（2020 年 1 月）；
- 《连云港市生态文明建设规划》（2022-2030 年）；

— 国家能源局 2019 年 5 月 10 日“关于江苏田湾核电站 7、8 号机组项目有关工作座谈会的会议纪要”（国能综纪核电〔2019〕14 号）。

1.6.2 主要国家法令及国家标准

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- 《中华人民共和国核安全法》（2018 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）；
- 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022 年 6 月 5 日）；
- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）；
- 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月 2 日）；
- 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日修订后实施）；
- 《中华人民共和国消防法》（2021 年 4 月 29 日）；
- 《中华人民共和国土地管理法》（2020 年 1 月 1 日）；
- 《中华人民共和国突发事件应对法》（2024 年 11 月 1 日）；
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）中华人民共和国国务院令 682 号；
- 《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）中华人民共和国国务院令 698 号；
- 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）中华人民共和国国务院令 562 号；
- 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）中华人民共和国国务院令 第 612 号；
- 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日）；
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）；
- 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；
- 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；
- 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 《海水水质标准》（GB 3097-1997）；
- 《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；
- 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB /T18920-2020）；

- 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）；
- 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；
- 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）；
- 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB 11215-89）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-89）；
- 《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）；
- 《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》（GB 14569.1-2011）；
- 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》（GB 12711-2018）；
- 《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）（2018 年版）；
- 《压水堆核电厂设计基准事故源项分析准则》（NB/T20444-2017RK）。

1.6.3 主要核安全法规和导则

- 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-2011）；
- 《核动力厂厂址评价安全规定》（HAF101-2023）；
- 《核动力厂设计安全规定》（HAF102-2016）；
- 《核电厂厂址选择中的地震问题》（HAD101/01-1994）；
- 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02-1987）；
- 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03-1987）；
- 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04-1989）；
- 《核电厂厂址选择中的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05-1991）；
- 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06-1991）；
- 《核电厂厂址查勘》（HAD101/07-1989）；
- 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09-1990）；
- 《核电厂厂址选择的极端气象事件》（HAD101/10-1991）；
- 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11-1991）；
- 《核电厂的地基安全问题》（HAD101/12-1990）；
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01-2019）；
- 《核动力厂防火与防爆设计》（HAD102/11-2019）；

- 《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》（HAD102/15-2021）；
- 《核电厂放射性排出流和废物管理》（HAD401/01-1990）；
- 《核设施放射性废物最小化》（HAD401/08-2016）。

1.6.4 主要部颁规程、规定及地方法规规章

- 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）；
- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- 《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）；
- 《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）；
- 《固体废物处理处置工程技术导则》（HJ 2035-2013）。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

（1）运行状态下剂量约束值和年排放量控制值、排放浓度控制值

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的规定，所有机组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。田湾核电站厂址剂量约束值为 0.25mSv/a，田湾核电站 7、8 号机组拟定的剂量约束值为 0.06mSv/a。

参照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）的规定，放射性排放量设计目标值不超过条款 6.2、6.3 所确定的年排放控制值。具体如下：

气态流出物：

- 惰性气体， 6.0×10^{14} Bq/a；
- 碘， 2.0×10^{10} Bq/a；
- 长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）， 5.0×10^{10} Bq/a；
- 氚， 6.0×10^{13} Bq/a；
- 碳-14， 2.8×10^{12} Bq/a。

液态流出物：

- 氚, 3.0×10^{14} Bq/a;
- 碳-14, 6.0×10^{11} Bq/a;
- 其余核素（除氚、碳-14 外）， 5.0×10^{10} Bq/a。

本厂址属滨海厂址,液态流出物排放浓度执行 GB 6249-2025 第 6.5 条规定的要求,即:
“对于受纳水体为海洋的核动力厂场址,其槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不应超过 3×10^7 Bq/L, 碳-14 的活度浓度不应超过 3×10^3 Bq/L, 其他放射性核素总活度浓度不应超过 1000 Bq/L, 各核素活度浓度应满足附录 D 的要求”。

（2）事故工况下剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025），对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

（3）运行状态下海水水质要求

本工程循环冷却水入海排放口执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）中对放射性核素的规定，即：

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

（4）运行后的排放量申请值

参照《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)的规定，放射性排放量设计目标值不超过条款 6.2、6.3 和 6.4 所确定的年排放控制值。营运单位定期申请的放射性流出物排放量不得高于放射性排放量设计目标值，并经审管部门批准后实施。

1.7.2 非辐射环境影响评价的标准

本工程环境影响评价的非放射性污染物评价标准依据《市生态环境局关于田湾核电站 7、8 号机组非放射性污染排放执行标准请示的复函》（连云港市生态环境局，连环函（2019）68 号），具体标准如下：

（1）环境空气质量标准和大气污染物排放标准

环境空气质量：执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准。

大气污染物排放：执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中表2无组织排放监控浓度限值。

（2）近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

根据田湾核电站附近近岸海域环境功能区划（苏环委办〔2015〕27号），田湾核电站 1~8 号机组运行工况下温排水夏季 1℃最大温升包络线与现有三类功能区界限、四类功能区界限和岸线之间的围合范围为三类功能区，涉及海域面积为 19.4 平方公里，主要功能调整为一般工业用水——核电温排水区，海水水质执行《海水水质标准》（GB 3097-1997）的三类标准；田湾核电站 1~8 号机组运行工况下冬季半月潮最大 4℃温升包络线与取水渠、岸线之间的围合范围为温排水混合区，涉及海域面积为 44.9 平方公里，除水温外，执行《海水水质标准》三类标准。

（3）污水排放标准

生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 排放标准，生活污水回用执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准。生活污水排放主要控制指标及限值如下：

序号	监测项目	限值（mg/L）
1	pH 值	6.0-9.0
2	氨氮	≤5（8）
3	化学需氧量（COD）	≤50
4	总氮	≤15
5	总磷（以 P 计）	≤0.5
6	生化需氧量（BOD ₅ ）	≤10
7	动植物油	≤1
8	石油类	≤1
9	色度（稀释倍数）	≤30
10	悬浮物（SS）	≤10
11	阴离子表面活性剂	≤0.5
12	粪大肠菌群数（个/L）	≤10 ³

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

非放射性生产废水排放执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，主要控制指标及排放限值为：

序号	项目	限值（mg/L）
1	pH	6.0~9.0
2	色度（稀释倍数）	≤50
3	悬浮物（SS）	≤70
4	五日生化需氧量（BOD ₅ ）	≤20

5	化学需氧量（COD）	≤ 100
6	石油类	≤ 5
7	动植物油	≤ 10
8	氨氮	≤ 15
9	阴离子表面活性剂（LAS）	≤ 5

（4）噪声标准

声环境质量：项目区执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中3类标准，项目区外周边村庄执行2类标准；交通噪声执行4a类标准。

厂界噪声：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类标准。

建筑施工噪声：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。

（5）电磁辐射标准

a) 根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），50Hz频率下，环境中工频电场强度的公众曝露控制限值为4kV/m，工频磁感应强度的公众曝露控制限值为0.1mT。

b) 根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于30MHz-3000MHz的频率范围，该标准的公众曝露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续6分钟内的方均根值应小于0.4 W/m²（电场强度限值12V/m）。

1.8 工程组成

本项目主体工程为核岛、常规岛和配套设施BOP工程，具体工程组成详见第四章。

1.9 环境保护措施

1.9.1 辐射影响防治措施

本工程放射性废物处理系统包括特种污水系统，地漏水处理系统（KPF），液体放射性废物贮存系统（KPK），常规岛废液排放系统（LDL），放射性废气处理系统，固体放射性废物贮存系统（KPE），液体放射性废物转运系统（KPH）等。

1.9.1.1 特种污水系统

特种污水系统由反应堆厂房特种污水系统（KTF）、安全厂房特种污水系统（KTL）、辅助厂房特种污水系统（KTH）及核服务厂房特种污水系统（KTT）组成。特种污水系统的功能是分类收集各厂房的特种下水，并将收集的特种下水分别输送到地漏水处理系统（KPF）、含硼疏水收集系统（KTC）的贮槽，将核岛内由 KTT 系统收集的废水输送至特种洗衣房系统（SRP）的监测槽。

1.9.1.2 地漏水处理系统（KPF）

地漏水处理系统（KPF）的功能是接收和处理放射性废液，将蒸发产生的蒸残液送往液体放射性废物贮存系统 KPK 中贮存。处理后达到允许指标的冷凝液尽可能复用作补给

水，其余部分向环境排放。

1.9.1.3 液体放射性废物贮存系统（KPK）

液体放射性废物贮存系统（KPK）用于把核电厂运行和维修过程中产生的放射性废树脂和吸附剂、KPF 系统蒸发产生的蒸残液在送往田湾核电基地放射性废物处理中心（T4UKT）处理之前进行中间贮存。

1.9.1.4 常规岛废液排放系统（LDL）

常规岛废液排放系统（LDL）收集常规岛凝结水精处理系统再生废水，常规岛启动排水和事故、检修时排水，蒸汽发生器排污系统排水，常规岛汽机房管道、设备排水。这些废液在 LDL 系统贮槽内混匀、取样分析，低于规定排放控制值时，通过虹吸井有控制地向环境排放。

1.9.1.5 放射性废气处理系统

放射性废气处理系统包括燃氢系统（KPL10）、放射性气体处理系统（KPL30）、储罐排气处理系统（KPL70）和 HVAC 系统中相关的排风净化系统。

燃氢系统（KPL10）履行下述功能：

- 去除一回路补给水除气器（KBA10BB001）排气中的氢气；
- 去除稳压器卸压箱（JEG10BB001）排气中的氢气；
- 去除一回路有组织泄漏槽（KTA10 BB001）排气中的氢气；
- 确保氢气在催化氢氧复合器内燃烧；
- 将氢浓度不超过 0.2%（体积）的气体混合物送往 KPL30 系统。

放射性气体处理系统（KPL30）处理燃氢系统（KPL10）排气和冷却剂贮槽排气，使其向环境排放的气态流出物的放射水平在国家规定的限值之内。

储罐排气处理系统（KPL70）收集、处理核电厂除 KBB、KBC1、KTC 系统贮槽之外的其他放射性液体贮槽的排气，使向环境排放的气态放射性量在国家标准规定的限值之内。在 KPL30 系统发生故障时，KBB、KBC1、KTC 系统贮槽的排气也送到本系统处理。

核岛通风系统（HVAC）对各厂房进行采暖、通风和空调，根据需要，对送、排风进行过滤和除碘处理，以提供适宜的温度和空气质量良好的环境，减少气态放射性物质向大气环境的排放，确保运行人员健康、安全及设备的有效运行。

1.9.1.6 固体放射性废物贮存系统（KPE）

KPE 系统用于贮存装有固体废物的 200L 钢桶，装有废 IC、NF&TMC 的贮运容器等。

1.9.1.7 液体放射性废物转运系统（KPH）

KPH 系统用于将核岛内液体放射性废物贮存系统（KPK）贮存的废树脂、蒸残液和地

漏水处理系统（KPF）产生的旋流器泥浆转运到 KPM 和 KPN 系统的运输槽车。

1.9.2 非放射性影响防治措施

（1）污水防治措施

本工程生活污水处理设施与前期工程共用。本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至 1、2 号机组已建的南区污水处理站集中处理。生活污水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后，用于降尘浇洒、绿化用水等，回用剩余水量排入大海。南区污水处理站污水处理设计规模 1440m³/d，可满足 1~8 号机组生活污水处理要求。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至含油生产废水油水分离池。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，排入室外废水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。含油生产废水油水分离池设计规模 2×5m³/h。

（2）噪声污染防治措施

本工程通过合理布置总平面，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。

发电机、汽轮机、水泵、空压机等设备在招标过程中提出设备噪声水平控制要求，布置在室内，对设备基础采取减震处理，必要时加装消声器。厂房的建筑结构起到一定的隔声效果。从而使厂区边界处噪声满足国家标准要求。

（3）固体废物污染防治措施

①一般工业固废

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的工业固体废物，将纳入全厂固废收集处理系统，委托专门单位对上述废物进行处置。

②危险废物

对废油漆、废化学品、废润滑油等危险废物，将其归类后，委托具有危险废弃物处置资质的单位对其进行处置。

③生活垃圾及污泥

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。生活污水处理站产生的泥水混合物定期外运处理。

1.10 评价范围

1.10.1 辐射环境影响评价范围

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）及《核辐射环境质量评价一般规定》（GB 11215-89），评价范围为以 7 号机组为中心，半径 80km 的范围。将此区域分别以 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80km 为半径画 12 个同心圆，与圆心角为 22.5° 的 16 个方位相交划分扇形区，共 192 个评价子区，见图 1.10-1。

1.10.2 非辐射环境影响评价范围

（1）大气环境

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）及《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）的相关要求，大气环境影响评价范围为厂界及厂外 5km 范围。

（2）水环境

温排水评价范围参照《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）、《环境影响评价技术导则 海洋生态环境》（HJ 1409-2025）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

（3）声环境

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）及《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）的相关要求，声环境影响的评价范围为厂界及厂外 5km 范围。

（4）电磁辐射

根据《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）及《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），同时结合本项目开关站和输电线路情况，本项目评价范围如下：

工频电场强度、工频磁场强度：以本工程核电厂开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线输电走廊两侧 50m 带状区域。

射频综合场强：调查范围为核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

（5）生态环境

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），陆生生态环境的现状调查评价范围为厂址半径 10km，水生生态的现状调查评价范围为以排水口为中心，向海延伸 15km 范围。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

1.11.1 建造阶段环境影响报告书的批复意见

2021年5月19日，生态环境部《关于田湾核电站7、8号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》（环审〔2021〕40号）要求在工程建造阶段及今后一个时期应重点做好的工作如下：

（1）对已运行的六台机组温排水的实际环境影响进行评估，在此基础上进一步分析全厂八台机组温排水的环境影响。

（2）根据田湾核电站VVER-1000型机组和国内二代改进型机组的流出物排放经验反馈，下阶段完成全厂流出物排放源项的研究和优化。

（3）进一步明确放射性固体废物的最终去向和处置方案。

1.11.2 建造阶段环境影响报告书的批复意见落实情况

以上批复意见的落实情况如下：

（1）根据中国水利水电科学研究院 2024 年 10 月编制的《田湾核电站 7、8 号机组温排水数值模型校验和模拟计算研究报告》，本项目开展了 6 台机组运行后温排水监测工作，对已运行的 6 台机组温排水的实际影响进行评估，在此基础上复核校验温排水数值模型，数值模拟全厂 8 台机组温排水的环境影响。

（2）对于田湾7、8号机组，参考列宁格勒核电站-2（VVER-1200堆型）的设计方案，降低主冷却剂活度的运行限值，同时对田湾7、8号机组的氚和C-14进行了全堆精细模型优化计算。

（3）关于“进一步明确放射性固体废物的最终去向和处置方案”，在运行阶段，将进一步开展田湾核电站7、8号机组放射性固体废物最终去向的优化工作。田湾核电站将在满足相关政策的条件下，以处置为核心，结合核电站废物处置多途径研究成果和国内同行电站的做法，优先考虑市场化模式，并遵守国家的放射性废物处置政策，委托专业公司送往具备相应资质和能力的单位进行处置，并根据具体情况制定送处置计划。

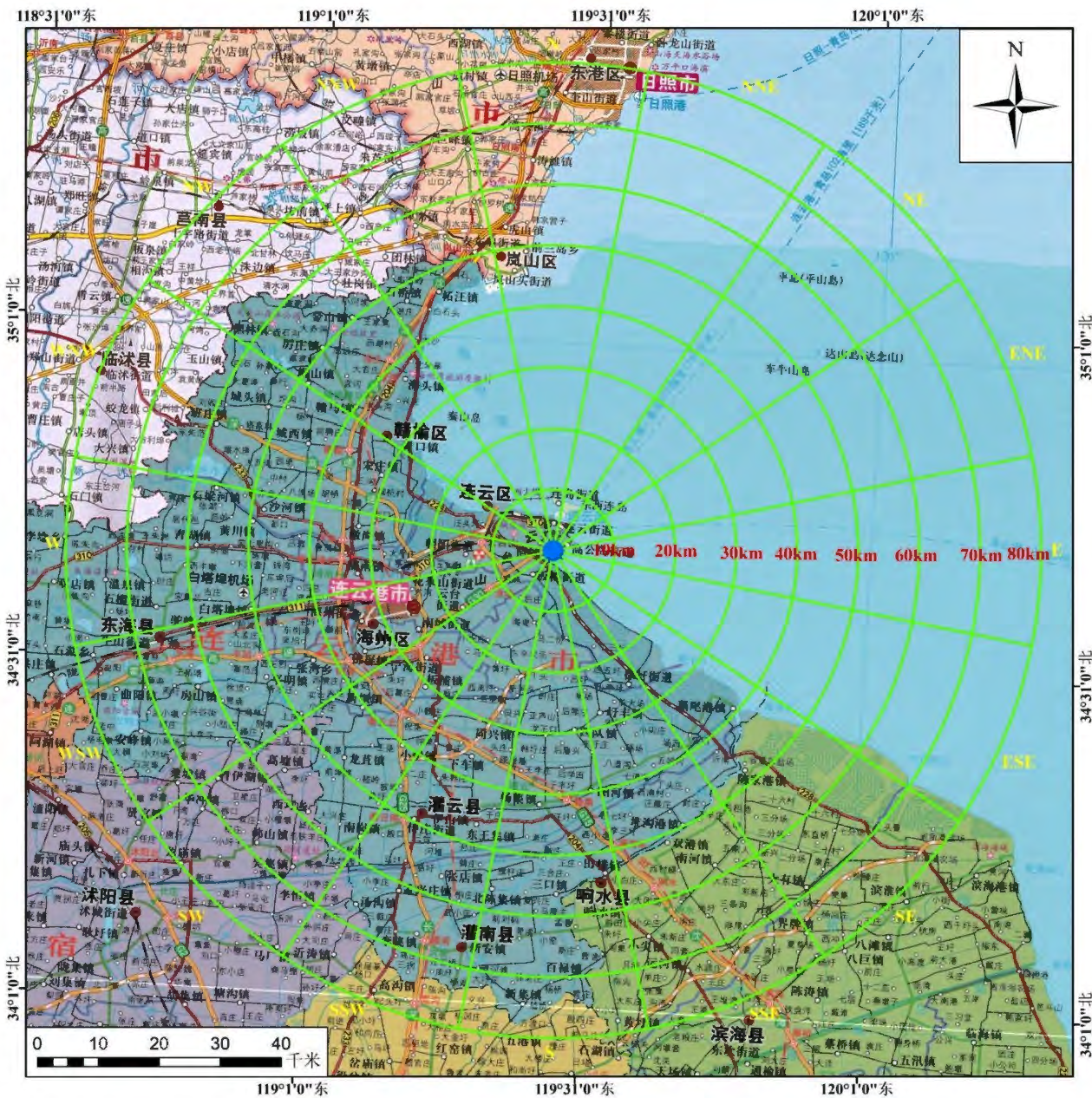


图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 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

2.3 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 水产资源及生态概况

2.3.4 工业、交通及其他相关设施

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值

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

图

图 2.5-1 厂址附近范围综合水文地质图

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

田湾核电站位于江苏省连云港市连云区宿城街道。7、8 号机组位于厂区西北部，7 号机组反应堆中心距 6 号机组反应堆中心直线距离约 292m。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.1.2.1 厂址边界

厂址地产边界即征地边界，征地范围包括厂区用地和施工用地。

本期工程总用地面积 95.84hm²（不含海工工程等厂外设施用地），其中永久设施用地 54.26hm²，施工临时设施用地 41.58hm²。

2.1.2.2 非居住区及规划限制区

运行阶段根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

经计算得到，厂址拟定非居住区边界处（500m）和规划限制区边界（5km）的任何个人，在设计基准事故后的任意 2h 内和整个事故持续期间所接受的最大有效剂量和甲状腺当量剂量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的剂量控制要求，故推荐以反应堆厂房为中心，半径 500m 作为非居住区边界，半径 5km 作为规划限制区边界。

现阶段根据设计基准事故源项，对非居住区边界处公众受照剂量进行了分析和评价，结果表明，非居住区边界 500m 处公众所受剂量满足《核动力厂环境辐射防护规定》规定的相应剂量控制要求，本工程非居住区是适宜的。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》要求，核动力厂必须设置非居住区及规划限制区。规划限制区半径不小于 5km。

故田湾核电站 7、8 号机组非居住区以反应堆厂房为中心，半径 500m 范围；规划限制区以反应堆厂房为中心，半径 5km 范围。非居住区范围内未征地的面积约为 16hm²。

距离厂址最近的居民点为宿城街道的东崖屋村，最近一处住宅位于厂址 WNW 方位 0.58km 处。

田湾 1~8 号机组非居住区范围绝大部分在田湾核电站地产界限内，江苏核电有限公司可有效管理；未在地产界限内的非居住区范围共约 22hm²，位于厂区的北部、西部和西南部，中国核电工程有限公司

其中北部和西部大部分为陡峭的山体，西南局部为平地，这三部分已取得当地政府（连云港市连云区人民政府）批文《关于同意在田湾核电站厂址周边设置非居住区的函》，函中明确“同意在田湾核电站厂址周边设置非居住区”。

根据苏环函〔2017〕39 号《关于报送连云港市城市总体规划-江苏田湾核电站与周边 10km 规划相容性分析专题报告审查意见的函》，田湾核电站 5km 规划限制区已在连云港市城市总体规划（2015-2030）中统筹考虑。

2.2 人口分布与饮食习惯

本节内容依据 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》进行编制。

厂址半径 80km 范围包括江苏省连云港市、淮安市、盐城市、宿迁市；山东省日照市、临沂市共计 2 个省份的 6 个地级市。人口调查的资料和数据来源于：厂址半径 5km 范围内是通过走访各行政村村委会，并结合现场实地调查获得的数据；厂址半径 15km 范围内是通过收集各行政村或所属镇（乡）政府统计部门统计报表的方式和询问各行政村的方式收集资料；厂址半径 15~80km 范围内是评价区域涉及的有关省、市、区、县、镇各级政府及其相关各个部门的统计年鉴或有关统计资料提供的人口数据。

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 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围涉及连云区、连云经济技术开发区 5 个街道的 52 个居民点或自然村。距离厂址最近的居民点为宿城街道东崖屋行政村的东崖屋组，位于厂址 WNW 方位 0.58km 处，共有常住人口约三百人；常住人口最多的居民点为宿城街道高庄村的核电施工生活区，有常住人口五千余人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的人口集中地区。

厂址半径 5km 范围内分布有学校（幼儿园）7 所、3 所医院、6 家规模以上工业企业。厂址半径 5km 范围内没有监狱、敬老院（养老院）。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围共涉及 82 个行政村/社区，其中距离厂址最近的居民点为宿城街道的东崖屋村，最近一处住宅位于厂址 WNW 方位 0.58km 处，共有常住人口五百余人；常住人口最多的居民点为徐圩街道的张圩社区，位于厂址 S 方位 11.47km 处，共有常住人口一万余人。

厂址半径 10km 内分布有 43 所学校（幼儿园）、医院 11 家、养老院（敬老院）2 家、84 家规模以上（产值 2000 万以上）企业。厂址半径 10km 范围内无监狱。

根据《连云港市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，区域中心城市：100—300 万

人的大城市 1 个，规划 210 万人，即连云港市中心城区，包括海州区、连云区、赣榆区，城区与厂址相距 18.6km。

2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围 13 个街道共有流入人口五万余人，均为停留 0-6 个月的短期流动人口（停留 6 个月以上的长期流动人口，政府部门在统计时已计入各居民点的常住人口），流出人口共有一万余人，均为离开本地 6 个月以上长期在外的流出人口。流入人口数最多的乡镇为海州湾街道，海州湾街道是连云区政府所在地，汇集了较多的工业企业及居住区，是务工人口流入的主要目的地。

厂址半径 5km 范围共有流入人口三千余人，主要在当地进行务工及经商，流出人口六千余人，主要去往外地务工、经商、求学或随迁。

厂址半径 15km 范围的热门旅游景点有 7 处，包括宿城船山飞瀑景区、羊山岛景区、凰窝景区、海上云台山景区、连岛景区、渔湾景区、云龙涧原生态景区，旅游旺季多为 8-10 月份。距离厂址最近的景区为宿城船山飞瀑景区，位于厂址 N 方位 0.45km 处，2023 年共接待游客 5.8 万人次。游客人数最多的景区为连岛景区，位于厂址 NNE 方位 7.95km 处，2023 年共接待游客 312.6 万人。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

厂址半径 80km 范围内 2023 年末有常住人口七百三十七万余人，厂址半径 80km 范围内的平均人口密度低于江苏省同期人口密度。

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围内 10 万人以上人口中心和城镇 10 个，10 万人以上人口中心分别是连云港市中心、赣榆区中心、灌云县中心、东海县中心、灌南县中心、响水县中心、岚山区中心、日照市中心、莒南县中心、临沭县中心，其中距离最近的是连云港市中心，位于厂址 WSW~W 方位，人口中心边界距厂址 18.6km，同时也是常住人口数最多的人口中心，有 75.5 万人。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

本节内容依据 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》进行编制。

厂址半径 10km 范围内土地利用类型以林地（23.79%）占比最高，其次是水域及水利设施用地（17.09%）和湿地（12.37%）。厂址所在区域土地利用现状调查结果工业用地。

根据《连云港市国土空间规划（2021-2035）》中的中心城区土地使用规划，厂址范围规划为工业用地。

厂址半径 10km 内陆域涉及的省级以上自然保护区一处，为云台山森林自然保护区，最近处位于厂址 NE 方位 1.4km。

厂址半径 10km 内陆域涉及的风景区一处，为云台山风景区，位于厂址 SW-NE 方位，最近处距离厂址 0.45km。

厂址半径 10km 范围共有 106 处名胜古迹，包括国家级重点文物保护单位 3 处，省级文物保护单位 12 处，市级文物保护单位 45 处，一般不可移动文物 30 处，尚未核定为保护单位的 12 处，已消失的 4 处。距离最近的省级文物保护单位为鹿场抗日石刻，位于厂址 NW 方位，距离 2.20km。

根据《连云港市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，厂址区域不涉及生态保护红线。

截止 2025 年 2 月，厂址半径 10km 陆域范围内涉及优先保护单元 6 处，重点管控单元 8 处，一般管控单元 8 处。

厂址半径 50km 范围内无中型以上水库，共有小型水库 31 座，水库功能以防洪灌溉、生态、养殖等为主，不涉及作为水源地的水库。距离最近的是宿城水库，位于厂址的 WNW 方位，距离 2.64km。

厂址半径 50km 范围内有主要湖泊 8 个（均为人工湖），其中香河湖（位于厂址 SSE 方位 17.04km）和蔷薇湖（位于厂址 WSW 方位 36.69km）是备用水源地。其中距离最近的是刘圩湖，位于厂址 SSE 方位 7.47km。

厂址半径 15km 范围地表水主要为河流、湖泊和水库。河流主要涉及县域内重要河流 4 条，分别为烧香河、复堆河、妇联河和排淡河。湖泊为 3 个人工湖泊，最近的是刘圩湖，位于厂址的 SSE 方位，距离 7.47km。水库均为小型水库，10 座，功能以防洪、灌溉为主，不涉及作为饮用水源地的水库，距离厂址最近的是宿城水库，位于厂址的 WNW 方位，距离 2.64km。

厂址半径 15km 范围内不涉及水井等地下水利用设施，范围内主要使用地表水。

2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》和 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址附近陆域生态环境现状调查及评价成果报告》编制。调查中心为 8 号机组反应堆中心。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围涉及的区县种植的粮食作物主要包括水稻、小麦、薯类和豆类，粮食作物一年两季；经济作物包括油菜籽、花生、芝麻、药材、茶叶和烟叶等；水果种类包括苹果、梨、葡萄、桃、杏、红枣、柿子、山楂、猕猴桃、樱桃；蔬菜种类包括叶菜类（菠菜、芹菜、包菜、油菜、空心菜）、白菜类（大白菜）、瓜菜类（黄瓜、冬瓜、丝瓜、南瓜）、根类（白萝卜、胡萝卜、芋头、生姜、马铃薯、榨菜头）、茄果类（茄子、西红柿、辣椒）、葱蒜类（蒜头、大葱）、菜用豆类（四季豆、豇豆）、水生菜类（莲藕）。

2.3.2.2 畜牧业情况

区域内饲养的家畜和家禽的养殖方式一般为圈养，厂址周边连云区禁止散养家畜家禽，其他区域有少部分的散养；饮用水一般为自来水；饲料主要为袋装饲料，猪的日均饲料消耗量为 5-6 公斤，家禽的日均饲料消耗量为 0.25 公斤；屠宰后的肉的贮存期较短，通过活体运输到目的地进行销售，肉的贮存期最短为 1 天，最长 30 天。生产的肉一般为本地销售，少量的运往省外。

区域内牛、羊的养殖方式有放养和圈养相结合，饮用水主要为自来水，饲料品种有草和袋装饲料。牛的饲料日均消耗量为 10-20kg，羊的消耗量为 2kg。屠宰后的肉的贮存期最短为 3 天，最长为 7 天，肉主要为本地销售，其余的在邻县流动。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

厂址半径 10km 范围内涉及国家级公益林、省级公益林、重点商品林和一般商品林。半径 10km 范围内共有森林 6322.29hm²，其中国家级公益林 5281.27hm²，一般商品林 773.19hm²，省级公益林 149.85hm²，重点商品林 117.98hm²。

根据《连云港市矿产资源总体规划（2021-2025）》，厂址半径 5km 范围内不涉及已探明的矿产资源。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

本节依据 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址附近陆域生态环境现状调查及评价成果报告》编制。

2.3.2.4.1 植物及植被调查

（1）苔藓植物

通过资料查阅结合实地调查，整理出调查区苔藓植物名录，共 25 科 54 属 125 种，其中苔类植物 3 科 3 属 3 种，藓类植物 22 科 51 属 122 种。调查区内的苔藓植物均为常见种，绝大多数种类对环境具有较强的适应能力，科属分布较广，但集中度较低。主要分布在少

量的次生阔叶林地带，生境潮湿、天然植被较多的区段。

（2）维管植物

据实地调查、调查及参考有关文献资料，经过整理统计，在调查区内一共记录到维管植物 165 科 612 属 1143 种，其中现场实地调查到野生维管植物 101 科 395 种；同时重点调查区域，即云台山、连岛区域实地调查共记录维管植物 67 科 156 属 204 种。其中蕨类植物 19 科 32 属 43 种；裸子植物 4 科 10 属 15 种；被子植物 142 科 570 属 1085 种。被子植物科属种数上均占绝对优势，其中双子叶植物共 109 科 406 属 718 种。

经实地调查和文献查阅，调查区内共有保护植物 23 种，其中国家一级保护植物 1 种，为银杏，系人工栽培；国家二级保护植物如野大豆、中华猕猴桃、白及、金荞麦、厚朴等共 18 种；江苏省重点保护野生植物 4 种，为蜈蚣兰、青檀、南京椴、四照花。实地调查到 3 种，其中仅野大豆与中华猕猴桃为野生，银杏为零星种植。文献记录的 20 种中，厚朴、莲、四照花等 8 种为栽培种，其余 12 种为野生种。

根据当地林业局提供的古树名木资料，调查区共记录到 125 株古树，共 31 种，有朴树、黄连木、银杏、红楠、枫香、楸树、广玉兰、赤松、木瓜、柿、紫藤、桂花、黄檀、桧柏、榔榆等。厂区范围内未记录到古树名木。

2.3.2.4.2 陆生脊椎动物调查与分析

（1）鸟类

现场调查时共记录到鸟类物种 11 目 18 科 31 种，结合调查区上次调查资料共统计获得调查区鸟类 13 目 34 科 84 种。

调查区内分布有国家二级重点保护鸟类 6 种，分别为翻石鹬、赤腹鹰、普通鵟、红隼、燕隼和画眉。其中赤腹鹰、红隼和燕隼共 3 种为本次现场调查所记录到的。分布有江苏省重点保护野生鸟类共 53 种，其中斑嘴鸭、小鸕鹚、杜鹃科 4 种、鹭科 5 种、鸻科 5 种、鹬科 26 种、鸥科 5 种、戴胜、灰喜鹊、喜鹊、大山雀、画眉和麻雀。其中小鸕鹚、大杜鹃、夜鹭、池鹭、牛背鹭、草鹭、白鹭、中杓鹬、矶鹬、青脚鹬、红嘴鸥、黑尾鸥、灰背鸥、灰喜鹊、喜鹊、麻雀等共 16 种为现场调查所记录到的，其余为资料调查。

（2）哺乳动物

根据调查区生境状况和云台山区域历史调查数据进行资料整理，共统计到哺乳动物种类有 5 目 12 科 19 种。从物种组成看，啮齿目种类最多，有 7 种；其次食肉目有 6 种；劳亚食虫目有 3 种；翼手目有 2 种；兔形目有 1 种。在科的级别中鼠科种类最多，为 4 种；鼬科有 3 种；鼯鼠科、仓鼠科各 2 种；其他科各 1 种。

根据资料调查，调查区记录到国家二级重点保护野生哺乳动物 2 种，为赤狐和豹猫，

均为云台山历史记录，现场调查时未记录到；记录有江苏省重点保护野生哺乳动物赤狐、豹猫、猪獾、黄鼬、花面狸、东北刺猬和赤腹松鼠等 7 种，现场调查时未记录到。

（3）两栖动物

根据调查区生境状况和周边区域历史调查数据进行资料整理，共统计到两栖动物种类有 1 目 6 科 10 种。从目水平看，仅分布无尾目种类。从科水平看，蛙科种类最多，为 3 种；蟾蜍科、雨蛙科 2 种；其他科各 1 种。

根据资料调查，调查区未记录到国家重点保护野生两栖动物；记录到有江苏省重点保护野生两栖动物 4 种，分别为东方铃蟾、中华蟾蜍、黑斑侧褶蛙和金线侧褶蛙。本调查区域记录到中国特有种 1 种，为金线侧褶蛙。

（4）爬行动物

根据调查区生境状况和周边区域历史调查数据进行资料整理，共统计到爬行动物种类有 1 目 8 科 19 种。从物种组成看，仅 1 目。从科水平看，游蛇科种类最多，为 7 种；其次是蜥蜴科，有 4 种；蝾螈科和壁虎科各 2 种；其他科各 1 种。

调查区未记录到国家重点保护野生爬行动物，记录到江苏省重点保护野生爬行动物 5 种，分别为赤链蛇、黑眉锦蛇、乌梢蛇、翠青蛇、中介蝮。

2.3.2.4.3 陆生无脊椎动物调查与分析

（1）腹足纲软体动物

调查区共记录有腹足纲软体动物 1 纲 2 目 9 科 19 种。

（2）环节动物

调查区共记录环节动物有 3 目 4 科 9 种。

（3）食腐类节肢动物

调查区共记录食腐类动物 5 纲 8 目 16 科 75 种。

（4）飞行类昆虫动物

调查区范围内共有昆虫 17 目 138 科 742 种。

2.3.2.4.4 陆域生态环境分区管控单元

厂址半径 10 km 范围内涉及连云港市区域，根据江苏省生态环境厅官网的“江苏省生态环境分区管控综合服务”查询，本项目厂址半径 10km 陆域范围内涉及优先保护单元 5 处，重点管控单元 8 处，一般管控单元 4 处。厂址位于连云港市中心城区（连云区）重点管控单元（编号：ZH32070321642）。

2.3.2.4.5 陆域生态保护红线

根据连云港市国土空间总体规划中的国土空间控制线规划，厂址区域不占用陆域生态

保护红线。

2.3.3 水产资源及生态概况

本节编制依据为2025年1月完成的《田湾核电站7、8号机组厂址附近海域生态环境现状调查和分析评价（含渔业资源）项目总报告》。

2.3.3.1 海洋生态调查断面和站位的布设

本次海洋生态环境现状调查以核电厂排水口为中心 15km 范围，生态大面调查站位布设 17 个站，沉积物大面调查布设 14 个站，并在项目取水口和排水口附近布设 2 个定点连续观测站。

2.3.3.2 海洋沉积物质量

评价结果显示，油类、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、硫化物、有机碳均符合《海洋沉积物质量》（GB 18668-2002）中第一类标准。

2.3.3.3 厂址附近海域中的生物

厂址半径 15km 范围内海域生态情况如下：

（1）微生物

调查结果显示，四季粪大肠杆菌丰度均符合《海水水质标准》（GB 3097-1997）中的一~三类水质标准（<2000 个/L）。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

冬季调查各站表层叶绿素 a 平均值为 4.78 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域各站底层叶绿素 a 平均值为 4.84 $\mu\text{g/L}$ 。冬季调查海域各站初级生产力平均值为 31.86 $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

春季大潮期调查各站表层叶绿素 a 值的变化范围为（0.15~1.83） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.92 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域各站底层叶绿素 a 值的变化范围为（0.58~1.59） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.00 $\mu\text{g/L}$ 。春季大潮期调查海域各站初级生产力的变化范围为（2.24~26.19） $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 11.79 $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

春季小潮期调查各站表层叶绿素 a 值的变化范围为（0.84~2.28） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.29 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域各站底层叶绿素 a 值的变化范围为（0.80~2.53） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.33 $\mu\text{g/L}$ 。春季小潮期调查海域各站初级生产力的变化范围为（0.70~48.78） $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 13.42 $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

夏季调查各站表层叶绿素 a 值的变化范围为（0.53~2.23） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.02 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域各站底层叶绿素 a 值的变化范围为（0.70~2.73） $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 1.31 $\mu\text{g/L}$ 。夏季调查海域各站初级生产力的变化范围为（7.91~147.72） $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 46.09 $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

秋季调查各站表层叶绿素 a 值的变化范围为 (0.34~1.66) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.77 $\mu\text{g/L}$ ；调查海域各站底层叶绿素 a 值的变化范围为 (0.52~1.15) $\mu\text{g/L}$ ，平均值为 0.80 $\mu\text{g/L}$ 。秋季调查海域各站初级生产力的变化范围为 (2.09~18.57) $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，平均值为 9.51 $\text{mg}\cdot\text{C}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

（3）浮游植物

冬季调查共鉴定出浮游植物 83 种，其中硅藻门 72 种，甲藻门 10 种，金藻门 1 种。春季大潮期调查共鉴定出浮游植物 70 种，其中硅藻门 54 种，甲藻 14 种，金藻 1 种，绿藻 1 种。春季小潮期调查共鉴定出浮游植物 69 种，其中硅藻 56 种，甲藻 12 种，金藻 1 种。夏季调查共鉴定出浮游植物 120 种，其中硅藻 68 种，甲藻 30 种，绿藻 6 种，裸藻 5 种，蓝藻 11 种。秋季调查共鉴定出浮游植物 85 种，其中硅藻 73 种，甲藻 10 种，裸藻 1 种，金藻 1 种。

（4）赤潮生物

根据《赤潮监测技术规程》HY/T069-2005 以及陈楠生等（2021）收集整理的赤潮生物名录，本轮调查 5 航次共记录赤潮生物 78 种，其中硅藻 47 种，甲藻 26 种，金藻 2 种，蓝藻 3 种。

（5）浮游动物

冬季调查共出现浮游动物 19 种，分别属于桡足类（10 种）、毛颚类（7 种）、磷虾类（1 种）和水母类（1 种）。春季大潮期调查共出现浮游动物 22 种，分别属于桡足类（14 种）、毛颚类（5 种）、被囊类（1 种）、端足类（1 种）和糠虾类（1 种）。春季小潮期调查共出现浮游动物 13 种，分别属于桡足类（9 种）、毛颚类（1 种）、被囊类（1 种）、端足类（1 种）和糠虾类（1 种）。夏季调查共出现浮游动物 31 种，分别属于水母类（13 种）、桡足类（11 种）、毛颚类（3 种）、枝角类（2 种）和被囊类（2 种）。秋季调查共出现浮游动物 31 种，分别属于桡足类（18 种）、水母类（4 种）、毛颚类（4 种）、等足类（2 种）、樱虾类（1 种）、磷虾类（1 种）和被囊类（1 种）。

（6）大型底栖生物

冬季调查共获底栖生物 80 种，分别属于环节动物（39 种）、节肢动物（22 种）、软体动物（13 种）、其他动物（5 种）和棘皮动物（1 种）。春季调查共获底栖生物 76 种，分别属于环节动物（26 种）、节肢动物（26 种）、软体动物（15 种）、其他动物（6 种）和棘皮动物（3 种）。夏季调查共获底栖生物 89 种，分别属于环节动物（32 种）、节肢动物（25 种）、软体动物（21 种）、其他动物（7 种）和棘皮动物（4 种）。秋季共获底栖生物 79 种，分别属于环节动物（31 种）、节肢动物（19 种）、软体动物（17 种）、

其他动物（9 种）和棘皮动物（3 种）。

（7）潮间带生物

冬季调查潮间带生物共获 65 种潮间带生物，其中岩相潮间带生物 17 种，包括环节动物（5 种）、软体动物（5 种）、节肢动物（5 种）、其他动物（1 种）和藻类（1 种）；软相潮间带生物 51 种，包括环节动物（25 种）、软体动物（12 种）、节肢动物（10 种）、其他动物（4 种）。春季调查潮间带生物共获 88 种潮间带生物，其中岩相潮间带生物 17 种，包括环节动物（4 种）、软体动物（9 种）、节肢动物（3 种）和其他动物（1 种）；软相潮间带生物 75 种，包括环节动物（25 种）、软体动物（21 种）、节肢动物（19 种）、其他动物（8 种）和棘皮动物（2 种）。夏季调查潮间带生物共获 72 种潮间带生物，其中岩相潮间带生物 15 种，包括环节动物（1 种）、软体动物（10 种）和节肢动物（4 种）；软相潮间带生物 69 种，包括环节动物（21 种）、软体动物（26 种）、节肢动物（15 种）、其他动物（6 种）和棘皮动物（1 种）。秋季调查潮间带生物共获 76 种潮间带生物，其中岩相潮间带生物 23 种，包括环节动物（8 种）、软体动物（9 种）、节肢动物（5 种）和其他动物（1 种）；软相潮间带生物 61 种，包括环节动物（16 种）、软体动物（16 种）、节肢动物（25 种）和其他动物（4 种）。

（8）鱼卵仔鱼

冬季调查垂直拖网鱼卵和仔稚鱼均未出现。水平拖网出现仔稚鱼 3 种，为斑头六线鱼、六线鱼和方氏云鲷，鱼卵未采到。

春季调查垂直拖网出现仔稚鱼 2 种，为鰕虎鱼和尖海龙，鱼卵未出现。水平拖网出现仔稚鱼 2 种，为鰕虎鱼和方氏云鲷，鱼卵 1 种，为斑鲷。

夏季调查垂直拖网出现鱼卵 5 种，为黄姑鱼、鳎、舌鳎、小公鱼和小沙丁鱼，仔稚鱼 3 种，为鰕虎鱼、小公鱼和小沙丁鱼。水平拖网出现鱼卵 7 种，为舌鳎、白姑鱼、黄姑鱼、鳎、中颌棱鲷、小公鱼和小沙丁鱼，仔稚鱼 10 种，为鰕虎鱼、鳎、小带鱼、美肩鳃鲷、黄姑鱼、少鳞鳎、棱鲷、中颌棱鲷、小公鱼和小沙丁鱼。

秋季调查垂直拖网鱼卵和仔稚鱼均未采到。水平拖网出现鱼卵 2 种，为鲈和小公鱼，仔稚鱼 3 种，为鰕虎鱼，小公鱼和日本鳎。

（9）游泳动物

冬季调查共捕获游泳动物 25 种，其中鱼类 13 种，虾类 5 种，蟹类 4 种，虾蛄类 1 种，头足类 2 种。春季调查共捕获游泳动物 36 种，其中鱼类 18 种，虾类 6 种，蟹类 8 种，虾蛄类 1 种，头足类 3 种。夏季调查共捕获游泳动物 43 种，其中鱼类 25 种，虾类 6 种，蟹类 7 种，虾蛄类 1 种，头足类 4 种。秋季调查共捕获游泳动物 33 种，其中鱼类 20 种，虾

类3种，蟹类6种，虾蛄类2种，头足类2种。

2.3.3.4 海洋生物质量

本节生物质量样品来自：（1）2024年1月和4月航次的渔业资源拖网站位的渔获物（鱼类、甲壳类）；（2）潮间带调查采集的贝类和藻类样品，其中牡蛎样品主要通过现场工作人员在岸边岩石上采集获得。

根据监测结果，四个季节中鱼类、甲壳类、软体类中污染物残留单因子评价结果显示，其单因子指数结果均小于1。

2.3.3.5 海域污损生物

本次取水口附近海域的污损生物调查，月板表层试板污损生物共记录有19种。月板底层试板附着生物共记录有8种，

季板表层试板附着生物共记录有9种。底层试板附着生物共记录有9种。

半年板表层试板附着生物共记录有12种，底层试板附着生物共记录9种。

2.3.3.6 海域生态保护红线

根据《连云港市国土空间总体规划（2021-2035年）》，项目取、排水口不占用海域生态保护红线。

2.3.3.7 海域生态环境分区管控单元

根据江苏省生态环境厅网站上的“江苏省生态环境分区管控综合服务”，取水口和排水口位于田湾核电厂特殊用海区重点管控单元（编号：HY32070020014）内。

2.3.3.8 工程周围环境敏感目标及保护水生生物

本工程周围环境敏感区主要包括项目周边山东省和江苏省的自然保护区、海洋特别保护区、种质资源保护区、经济鱼类产卵场/索饵场/越冬场等重要渔业水域。

本工程附近海洋特别保护区主要包括连云港海州湾海湾生态与自然遗迹海洋特别保护区、鸽岛海蚀地貌保护区、羊山岛自然遗迹和非生物资源保护区；本工程附近海洋公园主要包括江苏连云港海州湾国家级海洋公园。本工程取、排水口不占用上述环境敏感目标。

本工程取、排水口半径15km范围内无“三场一通道”。

本工程位于黄海，属于海州湾渔场。

本工程所在海域的主要保护性水生生物为文昌鱼，本次调查中未发现文昌鱼。

2.3.3.9 渔业资源与养殖情况

连云港市位于江苏省东北部，黄海中部沿海，属温带季风气候，沿海是全国著名的海

州湾渔场。连云港市沿海海岸线绵长，水域滩涂资源丰富，海域面积 7516km²。沿海滩涂北起苏鲁交界的绣针河口，南至与盐城交界的灌河口，面积约 1100 km²。大陆海岸线总长 204.82 km。由于近年来沿海开发不断推进，滩涂面积和海岸线长度处于动态变化之中。连云港市水域滩涂资源丰富，气候适宜，具有发展水产养殖良好的自然条件。

2.3.4 工业、交通及其他相关设施

本节内容依据 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》进行编制。

2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围规模以上工矿企业共 125 家，主要为化学原料及化学品制造、建材生产加工、矿业产品加工、农副产品加工等。其中距离最近的是连云港美特佳新型建材有限公司，从事混凝土生产销售，位于厂址 WSW 方位约 2.89km，有员工 55 人。

厂址半径 15km 范围内涉及 3 处重点工业园区：上合物流园（板桥工业园）、连云港经济技术开发区和国家东中西区域合作示范区连云港徐圩新区。

根据现有资料，厂址周围 10km 的工业园区不会对厂址安全构成影响。田湾核电站已运行的 1~6 号机组已划定规划限制区，厂址附近的工业企业规划建设前均需要进行分析评价，以保证与核电厂的相容性。

2.3.4.2 交通

（1）陆上交通

厂址半径 15km 范围内陆上主要交通为 3 条铁路：陇海铁路、连盐铁路徐圩支线和上合组织（连云港）国际物流园专用铁路；3 条国道和 3 条省道。

根据《连云港市“十四五”综合交通规划》（2022 年 1 月），厂址半径 15km 范围内规划公路主要为：S16 连宿高速（SE 方位 14.8km 处）、北疏港高速二期（WNW 方位 11.2km 处）和 G311 国道连云港东段（S 方位 14.9km 处）。铁路规划为徐圩港区铁路专用线和徐圩临港产业区铁路专用线（与厂址的最近距离均为 10.9km）。

（2）海运

厂址半径 15km 范围内涉及连云港区、徐圩港区。

连云港区最近处位于厂址 N 方位 4.70km。港区内东部旗台作业区以大型散货运输为主，中部马腰和庙岭作业区以通用散货和集装箱运输为主，西部墟沟作业区以通用散货和杂货运输为主。

徐圩港区最近处位于厂址 SE 方位 10.84km 处，厂址半径 15km 内徐圩港区无危化品堆场、储罐和库区，主要为干散货、杂货。

根据《连云港市“十四五”综合交通规划》（2022 年 1 月），厂址半径 15km 内涉及的港口规划为庙岭作业区改建和旗台作业区 40 万吨矿石码头。

厂址半径 15km 范围涉及连云港区航道和徐圩港区航道。

连云港区航道最近处位于厂址 NW~NE 方位 6.0km。连云港区航道由主航道、马腰支航道、庙岭支航道和墟沟支航道组成。徐圩港区航道位于厂址 E 方位 14.8km 处。

厂址半径 15km 范围内的内河航道为疏港航道，位于厂址 SSE 方位 2.83km，疏港航道运输货物种类为钢铁、金属矿石，不运输危险品。

（3）空运

厂址半径 16km 范围内无民用机场。距离厂址最近的机场为连云港花果山国际机场，位于厂址 SW 方位，39.2km 处。厂址半径 4km 范围内无空中航路航线。厂址半径 4km 范围内无规划空中航线及通用飞行航线。厂址 16km 范围内无规划建设民用机场及通用机场。

按核安全导则 HAD101/04（1989）的规定，可不考虑飞机坠毁对核电厂安全的影响。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址区域为温带半湿润季风气候区。气候的基本特征是季风气候显著，冬冷夏热，四季分明，具有海洋性气候和大陆性气候双重特点。冬季受欧亚大陆冬季风控制，气候干燥寒冷，呈现明显的大陆性气候，夏季则受从低纬度洋面来的夏季风影响，潮湿多雨，气温偏高，表现出较为明显的海洋性气候特征。春、秋、冬三季常有冷空气侵袭，时常伴有大风和冰雪。

厂址的区域气候受高空天气系统如东亚大槽、西太平洋副热带高压、西风带阻塞、南亚高压、西南低涡、切变线和南支大槽等和地面天气系统如气旋、冷锋、热带气旋、梅雨锋等活动影响，而常年的气候特征基本上由大气环流决定。厂址区域四季大气环流特点如下：

冬季，厂址区域整个对流层在西风带控制之下，我国华北和西北地区处于深厚的东亚大槽后部，苏鲁两省稍靠大槽底部。与此相对应，地面盛行西北气流，引导极地大陆气团南下，形成寒冷干燥的基本气候特点。冬季本区常有气旋生成活动，并由于锋面和气旋活动而经常发生雨雪和随后的大风降温天气。

春季是大气环流由冬季到夏季的转换季节，500hPa 以上的环流基本上仍是冬季形势，但底层的环流形势表现为冬、夏季大气活动中心并存，东亚大槽明显减弱，蒙古高压的强度也显著减弱。地面流场已开始具有夏季环流的特点，这时盛行气旋活动和冷高压过程，天气多变。

夏季，对流层中部 500hPa 等压面上西风带显著北移，长江中下游直至华北南部 5000m 上空气流呈西南-东北向。随着西太平洋副热带高压逐步北进，雨带也随之北移，6 月中下旬至 7 月上旬是长江中下游地区的梅雨期，为全年最集中的多雨期。7 月中旬地面全在夏季风控制之下，该地进入盛夏期，受热带海洋气团的影响，天气潮湿闷热。夏季我国沿海常有热带气旋活动，是形成降水与暴雨的另一种主要天气。梅雨和热带气旋活动都可对连云港地区造成影响。特别是台风和冷空气南下同时发生、干冷空气与暖湿热带海洋气团交汇，可形成强烈的风雨过程。

秋季是过渡季节，自九月份起冬季的大气环流形势开始建立。长江流域和华北地区在平直的西风控制下，华南上空是反气旋环流，槽脊活动较少；副热带高压势力减弱，蒙古高压建立并逐渐增强，多秋高气爽天气，但冷空气南下时对本区也能造成降水和偏南、偏北大风。

厂址周边气象站主要有西连岛站、赣榆气象站、响水气象站、灌云气象站、连云港气象站。

根据厂址周边西连岛、赣榆、灌云、响水和连云港五个气象站多年（~2023 年）气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为 13.9~14.9℃，极端最高气温为 40.2℃，极端最低气温为 -21.7℃；年平均相对湿度为 69.1~75.3%，最小相对湿度为 0%；年平均水汽压为 13.9~14.6hPa；年平均风速为 2.4~5.1m/s，极端最大风速为 36.5m/s，极大风速为 44.4m/s；年平均降水量为 896.5~936.6mm，一日最大降水量为 699.7mm；年平均蒸发量为 1284.6~1749.1mm；年平均气压为 1014.8~1016.8hPa，极端最高气压为 1047.4hPa，极端最低气压为 977.5hPa；年平均日照时数为 2232.2~2395.3h。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

根据西连岛气象站 1971~2023 年的气象要素统计结果，对其气象要素统计值分析如下：

（1）风向、风速

西连岛站年平均风速为 5.1m/s，一年中以 4 月和 11 月份的平均风速最大，为 5.4m/s，7 月份的平均风速最小，为 4.8m/s。极端最大风速和极大风速分别为 36.5m/s 和 44.4m/s。

西连岛站年最多风向为 ESE，频率为 11.9%，年次多风向为 E，频率为 9.3%，年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 5.1%，使用自动站后年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 2.8%。

（2）气温

西连岛站年平均气温为 14.9℃，月平均气温最高值为 26.7℃，出现在 8 月，月平均气温最低值为 1.7℃，出现在 1 月。极端最高气温为 38.5℃，极端最低气温为 -13.4℃。

（3）相对湿度和水汽压

西连岛站年平均相对湿度为 69.1%，各月平均相对湿度变化在 61.6%（12 月）~82.0%（7 月）之间，最小相对湿度为 0%。

西连岛站年平均水汽压为 13.9hPa，月平均水汽压最大值出现在 7 月份，为 28.3hPa，月平均水汽压最小值出现在 1 月份，为 4.6hPa。

（4）降水

西连岛站年平均降水日数为 84.8d，年平均降水量为 896.5mm。月平均降水量最大出现在 7 月份，为 230.2mm，最小出现在 12 月份，仅为 18.2mm。历年记录中最大日降水量为 432.2mm。

（5）气压

西连岛站年平均气压为 1014.8hPa，1 月份平均气压最高，为 1025.3hPa，7 月份平均气压最低，为 1002.2hPa。极端最高气压为 1044.0hPa，极端最低气压为 977.5hPa。

（6）云量

西连岛站年平均总云量为 5.4 成，7 月份平均总云量最多，为 7.0 成，12 月份平均总云量最少，为 4.1 成。年平均低云量为 2.2 成，7 月平均低云量最多，为 3.4 成，1、3、10 月平均低云量最少，均为 1.7 成。

（7）日照

西连岛站年平均日照时数为 2355.5h，一年中平均日照时数以 5 月份最多，为 239.6h，2 月份平均日照时数最少，为 160.4h。

（8）蒸发

西连岛站年平均蒸发量为 1749.1mm，月平均蒸发量以 5 月份最多，为 219.7mm，1 月份平均蒸发量最少，为 61.3mm。

2.4.2.2 极端气象

（1）热带气旋

调查 1949~2023 年间以厂址为中心、半径 400km 范围内的所有热带气旋资料，得到 105 例样本，平均每年约 1.4 个。厂址区域百年一遇热带气旋最大风速为 39.2m/s，百年一遇热带气旋极大风速为 54.9m/s。

（2）龙卷风

龙卷风的调查年限为 1960~2023 年。调查区域为以厂址为中心，经度 3°、纬度 3°的范围，调查面积合计 59745km²。共得到 532 个样本，采用富士达分类法对区域内的龙卷风进行逐个分类，其中 F3 级有 4 个，F2 级有 77 个，F1 级有 175 个，F0 级有 276 个。

以 10^{-7} /年作为设计基准龙卷风的概率水平，得到厂址区域设计基准龙卷风为 F4 级，设计基准龙卷风风速为 94.4m/s。

龙卷风设计基准参数归纳如下：

设计基准龙卷风 F4 级

最大龙卷风风速 94.4m/s

平移速度 18.4m/s

最大旋转风速 76.0m/s

最大气压降 66.5hPa

压降率 24.4hPa/s

（3）极端风速

收集西连岛、赣榆、连云港、响水、灌云五个气象站自建站~2023 年的最大风速资料。采用耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各气象站的实测极值，最终确定百年一遇实测极端风最大风速为 36.5m/s，百年一遇实测极端风极大风速为 51.1m/s。

综合热带气旋和实测极端风的概率统计结果，本工程与核安全有关的抗震 1 类建、构筑物设计基准风速为 54.9m/s（3s 阵风）。

（4）极端气温

收集西连岛、赣榆、连云港、灌云和响水五个气象站自建站~2023 年的极端气温资料。采用耿贝尔函数进行极值拟合，并考虑各气象站的实测极值，最终确定厂址区域百年一遇极端最高气温为 42.2℃，百年一遇极端最低气温为 -21.7℃。

（5）极端积雪

收集西连岛、赣榆、连云港、响水和灌云五个气象站自建站~2023 年的冬季最大积雪深度、冬季连续 2d 和 3d 的最大降水量资料，采用耿贝尔函数对各站历年最大积雪深度、冬季连续 2d 和 3d 最大降水量进行极值拟合，并考虑各气象站的实测极值。冬季 48h 最大降水量取冬季连续 2d 和 3d 拟合结果的平均值。按照导则的要求，百年一遇雪荷载为极端雪深和冬季 48h 最大降水量的叠加值。保守考虑，拟合值小于实测值时选择实测值进行计算，最终确定厂址区域百年一遇雪荷载为 0.98kN/m²。

2.4.3 当地气象条件

（1）风向、风速

观测期间厂址地面站年平均风速为 2.7m/s，月平均风速以 7 月最大，为 3.1m/s，月平均风速以 1、10 和 12 月最小，均为 2.4m/s。最大风速为 13.8m/s，极大风速为 21.7m/s。

观测期间厂址地面站年最多风向为 ENE，频率为 18.7%；年次多风向为 NW，频率为

12.6%；年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 0.4%。

观测期间气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的年平均风速分别为 2.4m/s、3.4m/s、4.1m/s 和 4.2m/s。气象铁塔 10m 高度的月平均风速以 7 月最高，为 2.8m/s，以 1、10、12 月最低，为 2.2m/s；气象铁塔 30m 高度的月平均风速以 7 月最高，为 3.8m/s，以 1 月最低，为 3.0m/s；气象铁塔 70m 高度的月平均风速以 11 月最高，为 4.6m/s，以 8 月最低，为 3.6m/s；气象铁塔 100m 高度的月平均风速以 11 月最高，为 4.8m/s，以 1、8、10 月最低，为 3.7m/s。

气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的最大风速分别为 13.9m/s、17.5m/s、21.5m/s 和 22.8m/s；极大风速分别为 22.6m/s、24.3m/s、27.6m/s 和 28.4m/s。

观测期间气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的年最多风向分别为 E、NE、ENE 和 WSW，频率分别为 13.3%、10.3%、11.0%和 11.3%；各高度年次多风向分别为 NW、WNW、E、ENE 方位，风频分别为 11.4%、9.6%、10.6%和 11.2%。各高度年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率分别为 1.9%、1.3%、1.9%和 2.3%。

（2）气温

观测期间厂址地面站的年平均气温为 16.3℃，8 月份平均气温最高，为 28.7℃；1 月份平均气温最低，为 2.8℃。气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的年平均气温分别为 16.2℃、16.2℃、15.9℃和 15.7℃，月平均气温最高值分别为 28.4℃、28.3℃、27.9℃和 27.7℃，均出现在 8 月份；月平均气温最低值分别为 2.9℃、3.1℃、2.9℃和 2.7℃，均出现在 1 月份。

观测期间厂址地面站出现的极端最高气温为 38.2℃，极端最低气温为-9.4℃。气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的极端最高气温分别为 37.7℃、37.3℃、36.7℃和 36.3℃；极端最低气温分别为-9.2℃、-9.0℃、-9.4℃和-9.7℃。

观测期间气象铁塔 10-30m、10-70m 和 10-100m 出现强逆温的频率分别为 9.93%、2.50% 和 0.77%，出现逆温的频率分别为 29.52%、22.32%和 21.04%。可见，厂址区域 10~30m 高度出现强逆温的频率较高。

观测期间地面站年平均露点温度为 9.5℃，月平均露点温度最高值出现在 7 月，为 24.3℃，月平均露点温度最低值出现在 12 月，为-4.8℃。

（3）相对湿度和水汽压

观测期间厂址地面站年平均相对湿度为 66.2%，各月在 54.2%（12 月）~81.1%（7 月）之间变化。最低相对湿度为 11.0%，出现在 2024 年 3 月 19 日。

观测期间厂址地面站年平均水汽压为 5.0hPa，月平均水汽压最大值出现在 7 月份，为 30.6hPa，月平均水汽压最小值出现在 12 月份，为 4.8hPa。

（4）降水

观测期间地面站年平均降水时数为 583h，年平均降水量为 982.8mm，月平均降水量最高值为 333.3mm，出现在 7 月；月平均降水量最低值为 13.1mm，出现在 1 月。单日降水量最大值为 150.2mm。

观测期间厂址地面站单风向平均降水量最大值为 323.1mm（ENE），单风向平均降水量最小值为 10.8mm（NNW）。

（5）气压

观测期间厂址地面站年平均气压为 1016.1hPa，1 月平均气压最高，为 1026.8hPa，7 月平均气压最低，为 1003.1hPa。观测期间极端最高气压为 1043.6hPa，极端最低气压为 991.5hPa。

（6）辐射

观测期间厂址地面站年平均总辐射量和净辐射量分别为 5201.1MJ/m²和 1906.1MJ/m²，总辐射量月平均值最大出现在 5 月份，为 611.8MJ/m²，月平均最小值出现在 12 月份，为 255.8MJ/m²；净辐射量月平均值最大出现在 6 月份，为 278.6MJ/m²，月平均最小值出现在 12 月份，为 15.2MJ/m²。

2.4.4 大气稳定度

根据厂址 2023 年 1 月~2024 年 12 月两整年的实测气象资料，采用 $\Delta T/U$ 法进行大气稳定度分类，得到厂址区域 D 类稳定度占 34.1%，不稳定的 A、B、C 类分别占 5.7%、21.2% 和 17.5%，稳定的 E、F 类分别占 5.1%和 16.5%。

2.4.5 联合频率

根据 2023 年 1 月~2024 年 12 月厂址气象铁塔 100m 高度的风向、风速和地面站的风向、风速、降水观测资料，以及采用 $\Delta T/U$ 法得到的大气稳定度分类结果，统计计算得到 10m 高度风向-风速-大气稳定度三维联合频率和 100m 高度风向-风速-大气稳定度-降水四维联合频率。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

本厂址各稳定度下混合层高度的推荐值为：

A 类和 B 类稳定度：800m；

C 类和 D 类稳定度：600m。

2.4.6.2 扩散参数值

为研究厂址的大气扩散特征，在厂址现场开展了大气扩散试验，综合不同现场试验的

结果最终得到了厂址区域的大气扩散参数。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价本项目正常运行状态和事故工况下气态放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，在厂址现场应设立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。气象观测系统观测的各气象要素年数据联合获取率均应保证在 90%以上。

地面气象站观测的气象要素包括：风向、风速、气温、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量，气象铁塔观测高度为 10m、30m、70m 和 100m，观测要素为风向、风速和气温。

2023~2024 年观测期间地面站和气象铁塔各气象要素的数据联合获取率为 99.92%，用于计算联合频率的数据联合获取率为 99.5%。满足核安全导则的要求。

2.5 水文

本节如无特别说明，高程均采用 1956 黄海高程基准。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

（1）概述

田湾核电站 7、8 号机组位于江苏省连云港市东北部船山处，毗邻 1-6 号机组，位于 5、6 号机组西侧，厂址远离黄海，西与宿城山谷相邻，南面为黄海滩地。黄海海滩较为平坦，海底坡度较小，水深变化缓慢，等深线大体上与海岸线平行。-5m 等深线距厂址 2~3 公里，距羊山岛岸边约 0.06 公里；-10m 等深线距岸边约 10 多公里。

（2）潮汐

核电站厂址位于海州湾南岸。由潮位资料进行调和分析，求得连云港多年平均的调和常数： $R=(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}=0.31<0.5$ （ H_{K1} 、 H_{O1} 、 H_{M2} 分别为分潮 $K1$ 、 $O1$ 、 $M2$ 的平均振幅）。按照目前我国采用的潮汐类型划分标准，该工程海域的潮汐属半日潮性质，且浅海分潮也较显著，故而该地海域属正规半日潮型。

（3）海流

厂址海域潮流特征如下：

— 潮流性质、运动形式、流向

施测海域潮流类型属于规则半日潮流性质。整体来看，外海测站以逆时针的旋转流为主，近岸测站以往复流为主。观测海域的海流主流向大体为偏 SW~NE 向，偏 NE 向为落潮流向，偏 SW 向为涨潮流向。

— 余流

总体上工程海域基本表现为外海余流的流速值要大于近岸，表层至底层逐渐递减的特征。冬季外海的整体余流方向为 S~SE 向，这与冬季盛行偏北风有关。冬夏季近岸的余流方向表现为多方向性变化，差异显著，无明显规律。

（4）波浪

根据对工程海域波况的统计分析，结果表明：NE 向所占的频率最高为 24%，其次为 E 向和 ENE 向，所占频率分别为 14.1% 和 8.1%，常浪向为 E~NE 向；0.5m 以下的波高 $H_{1/10}$ 所占频率为 72%，2.0m 以上的波高 $H_{1/10}$ 所占频率为 0.6%，强浪向均为 NE~NNE 向；周期频率分布与波高基本一致，其中，E~NE 向，分别占 14.1%、8.1% 和 24.0%，3s 以下平均周期所占频率均为 56.7%，7s 以上的平均周期所占频率为 0.1%。

（5）海水温度

根据连云港站 1960~2014 年的海水温度资料序列，分析得到工程海域水温特征值如下：

— 连云港多年平均水温

根据连云港和厂址的海水温度相关关系，推算得到的厂址多年平均值为 14.1℃。考虑到近些年水温的变化，厂址处平均水温取 15.3℃。

— 年极值水温

连云港站历年表层海水温度最高值和最低值分别为 31.5℃ 和 -2.0℃，分别发生于 1966 年 8 月 6 日和 1963 年 1 月 26 日。

根据连云港和厂址夏季日均水温的关系，推算得到的厂址海域多年最高水温值为 31.6℃。取厂址海域多年最低水温值与连云港站一致，为 -2.0℃。

— 夏季（7~9 月）表层水温累积频率 1% 和 10% 的水温值。

连云港站多年夏季（7~9 月）表层水温累积频率 1% 和 10% 的水温值分别为 29.5℃ 和 28.0℃。

（6）盐度

海水表层盐度多年平均为 29.3，最高盐度值为 33.0（1996 年 5 月 29 日）；历年月平均最高盐度值为 32.5（1996 年 5 月）；海水表层最低盐度值为 5.2（1971 年 8 月 31 日）。

（7）泥沙

冬季测验期间，施测海域涨、落潮平均含沙量为 0.077kg/m³，其中大潮为 0.104kg/m³，中潮为 0.070kg/m³，小潮为 0.056kg/m³，垂线平均最大含沙量大、中、小潮分别为 0.801kg/m³、0.385kg/m³ 和 0.376kg/m³。夏季测验期间，施测海域涨、落潮平均含沙量为 0.027kg/m³，其中大潮为 0.034kg/m³，中潮为 0.020kg/m³，小潮为 0.026kg/m³，垂线平均最大含沙量大、中、小潮分别为 0.889kg/m³、0.144kg/m³ 和 0.290kg/m³。

四季水文测验期间，施测海域的平均含沙量均呈现表层至底层逐渐增大的特征，涨潮段含沙量大于落潮段含沙量的测站要更多一些。

四季水文测验期间，工程海域悬沙平均中值粒径在 0.0044mm~0.0273mm 之间变化，悬沙物质主要为粘土质粉砂。

2.5.1.2 陆地水文

连云港市是多河流的城市，主要河流为蔷薇河，其他河流有大浦河、西盐河、龙尾河、玉带河、妇联河、善后河、烧香河、排淡河、临洪河等。蔷薇河是连云港市唯一的淡水水源河，其上游为人工开挖的淮沐新河，水源主要是洪泽湖水，平常以 40~50m³/s 流量进入连云港市。蔷薇河全长 53km，宽 70~100m，流域面积 1819km²。沿河主要支流有民主河、鲁兰河、乌龙河等。建有排灌站 80 余座，排灌面积 90 万亩。蔷薇河由刘顶处进入连云港市区，市区内长 16km，再经临洪闸汇入临洪河后入海，临洪闸以下至入海口段称临洪河，长约 16km，为感潮河流。除暴雨季节外，省水利部门通过蔷薇河从洪泽湖调水 15~20m³/s，以满足连云港市区生产、生活用水需要。市区内的大浦河、西盐河、龙尾河和玉带河是新浦和海州区内主要河流。

厂址半径 15km 范围内涉及骨干河流 5 条，距离厂址最近的是排淡河，其次是烧香河。排淡河河底宽度 5m，河道宽度 20m，最近处位于厂址 S 方位 1.9km 处；烧香河河底宽度 25~140m，河道宽度 25~140m，最近处位于厂址 SSW 方位 2.8km 处。

厂址半径 15km 范围内无大中型水库，有小型水库。距离厂址最近的水库是宿城水库，相对厂址位置为 NW 方位 2.6km，为小 I 型，集雨面积 5.2km²，该水库是厂址附近村街的主要饮用水源地。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围地下水

根据水文地质调查结果，厂址及其周边水文地质条件相对简单，主要由基岩裂隙水和第四系松散孔隙水组成。含水层的平面分布见厂址附近范围综合水文地质图（图 2.5-1）。

基岩裂隙水主要分布于基岩山区，基岩受褶皱、断裂的构造作用，裂隙比较发育，但因长期裸露地表，遭受风化剥蚀，裂隙多被充填，故其地下水不丰富。在有利于补给的张扭性构造破碎带，有较为丰富的地下水。

第四系松散岩类孔隙水分布在云台山四周坡麓及山涧谷地和平原区，属孔隙潜水，有统一的地下水位，含水层厚度不大，水量较贫乏。厂址附近范围第四系松散孔隙水中多为半咸水、咸水，基本不能饮用。

1) 含水岩组

根据含水层岩性，区内地下水可分两大类型（第四系孔隙水和基岩裂隙水）、三个含水岩组，依埋藏深度，将埋深约 50m 以上的地下水称浅层地下水，50m 以下的地下水称深层地下水。

①第四系松散孔隙水无压—微承压（浅层）含水岩组

主要位于云台山四周坡麓及山涧谷地和平原区的浅层（50m 以上）部位。

含水层主要为含砾砂层和含砾粉土，多不连续，层数较多，厚度较薄。富水性较差，涌水量 0.1~1L/s·m，多为咸水、半咸水，水位埋深多小于 3m。水化学类型多为 Cl·HCO₃—Na·Ca 型或 Cl-Na 型，平原区浅层地下水矿化度多大于 10g/L，硬度多为 30~50 德国度。

②第四系松散孔隙水承压（深层）含水岩组

含水层主要为中细砂及含砾粉土层，其顶板埋深在 30~50m 之间，含水层厚度 3~15m，承压水位埋深一般 1~2m，单位涌水量一般小于 0.7L/s·m，大者可达 1L/s·m，渗透系数 0.1-7m/d，矿化度大于 3g/L，水化学类型以 Cl-Na 型为主，属咸水。

③基岩裂隙含水岩组

云台组岩层富水性受构造节理和风化裂隙控制，一般属隔水层。局部节理裂隙发育地带泉水出露较多，出水量小于 1L/s，富水性弱。矿化度一般小于 0.3g/L，水化学类型以 HCO₃·Cl-Na·Ca 或 HCO₃·Cl-Na 型为主，硬度多小于 3 德国度。云台组深部地下水贫乏。

2) 地下水补给、径流、排泄

①坡麓地带第四系松散孔隙水

补给来源主要有大气降水及基岩裂隙水侧向补给。自山坡向平原或海岸方向流动，在沟谷地段，谷坡中的地下水向沟谷中心径流，渗透系数 1~5m/d。

地下水排泄有蒸发、人工开采、径流三种方式。其中人工开采的水量较小。水位变化受气象控制明显，雨季水位高，旱季水位低。

②平原区第四系松散孔隙水

补给来源主要有大气降水和邻区的侧向径流补给。

地下水从山前向东南方向运动，流入大海，浅部孔隙水的排泄还有蒸发，该层地下水很少被开采使用。

③基岩裂隙水

基岩裸露区，大气降水是唯一补给源，且仅在地形较缓、植被茂盛、裂隙发育、岩石破碎部位，入渗补给较强。渗透系数通常仅有 0.01~0.017m/d，径流一般较弱。排泄有蒸发、径流，或以泉的形式向地表排泄。

基岩隐伏区，有潜水的侧向径流补给及部分地段上覆松散层孔隙水的垂向补给，径流一般很弱。排泄有侧向径流、排入松散层两种途径。地下水由地势高处流向低处，最终流入大海。

3) 地下水取水点调查

根据 2019 年厂址水文地质调查结果，海积平原区部分村庄有取水井，井深一般小于 10m，多已废弃。水井位置见厂址附近范围综合水文地质图（图 2.5-1）。根据 2025 年完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》成果，厂址附近范围已没有正在使用的水井。厂址附近村庄主要分布在厂址的西北侧和东北侧。厂址北侧和西侧均为地势高于厂坪的基岩山区，形成了较好的隔水屏障，厂址南侧为海积平原，东侧为大海。厂址无贯通厂区内外的含水通道。厂址区地下水总体流向由西北向东南流动，最终排入大海，厂址靠近海边，是地下水的排泄区。厂区下游无地下水取水点。因此厂区地下水不会向厂区外围居民点运移。

4) 水力联系

①地下水之间的水力联系

丘陵山体地段基岩裂隙水接受大气降水补给后，以节理裂隙为径流通道，以山体分水岭为界向两侧沟谷或洼地径流，侧向排泄于第四系松散岩类孔隙中形成孔隙潜水，第四系松散岩类孔隙水接受大气降水及基岩裂隙水侧向补给后，一部分向下补给深层地下水，一部分向地势低洼处流动，一部分顺地形坡面形成地表径流向下游流去。

②地下水与地表水的水力联系

厂址区为南温带半湿润季风气候，雨季水量较充沛，水库池塘蓄水、河流上游水系来水后对其周围地下水有较强的补给作用。溪流、沟渠对其两侧的地下水无论是第四系松散岩类孔隙水还是基岩裂隙水均有补给。

③水文地质单元之间的水力联系

厂址附近范围内三个水文地质单元均主要受大气降水补给，排淡河、烧香河两侧地带同时还受河流上游来水补给。各水文地质单元地下水、地表水均由高向低排泄，由山体向平原、洼地排泄，在交界地带（以烧香河、排淡河为界）部分排泄入河流中，最终流向东侧大海。烧香河、排淡河为天然的水文界线，各水文地质单元与这两条河有一定的补给和排泄关系，但彼此之间并无相互补给、排泄的条件。

2.5.2.2 厂址区地下水

2.5.2.2.1 地下水类型

厂址区地下水分两大类，即第四系孔隙潜水和基岩裂隙水。

1) 第四系孔隙潜水

第四系孔隙潜水主要赋存于核电厂范围内的人工回填层以下的第四系土层中。核电厂内原始海积平原区域现均已回填，水位埋深在 4.60~22.05m，标高 1.38~1.94m，田湾核电站 7、8 号机组范围第四系孔隙水水位与海水潮位无联系。海积层以黏性土、淤泥质土为主，富水性差，渗透性低。海积层黏性土的渗透系数为 $1.27 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ~ $2.7 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，其中含砂量较高的地层渗透系数较大。综合来看，渗透等级属微~弱透水。

地下水补给来源主要是大气降水补给、地表径流入渗补给以及基岩裂隙水顺山前侧向径流补给。排泄方式主要有蒸发、径流。

2) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于强、中等风化的二长浅粒岩裂隙中，基岩节理裂隙多为剪节理，节理裂隙张开度多呈闭合~微张，以闭合为主，节理面铁锰质浸染，一般无充填，少数裂隙充填有微晶高岭土（蒙脱石）粘土矿物，节理延伸长度一般在 3~10m，延伸长度最长的大于 20m，微风化岩体平均节理间距为 0.55m，根据主厂区钻孔压水试验结果分析，微风化岩体透水率为 0.09~3.86Lu，渗透系数为 9.00×10^{-7} ~ $3.86 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，属极微透水~弱透水岩体，渗透性很差。因基岩节理裂隙多呈闭合或微张状态，故裂隙赋水性差，仅以脉状或树枝状分布，且无统一的地下水位，水质为淡水。

基岩裂隙水的主要补给源是大气降水，排泄方式有径流、蒸发或以下降泉的形式出露于山间沟谷地带和山间洼地。

2.5.2.2.2 地下水活动特征

厂址区内第四系孔隙水主要受大气降水补给，靠近山体区域同时接受基岩裂隙水侧向补给。原海积平原地势平缓，水力坡度小，含水层渗透性低，第四系孔隙水流速缓慢。排泄方式主要为蒸发和向东、向南方向排泄，部分汇集至厂区南侧的水渠，最终流向大海。

基岩裂隙水主要受大气降水补给，径流一般较弱，且径流途径较短，径流方向基本受地形控制，总体上自高向低处排泄。排泄方式部分蒸发排泄或以下降泉的形式出露于山间沟谷地带和山间洼地，部分径流排泄补给第四系孔隙水，最终向东、南排入大海。根据调查发现，在人工边坡坡面上，发现局部地段裂隙渗水，经裂隙沿坡面呈点滴状或线状渗水，雨后水量明显增大。经观测发现，长时间无雨渗水量明显减少，部分渗水点甚至干涸。

2.5.2.2.3 地下水的化学成分

水化学类型无明显分带性，总的表现为阴离子以 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 为主，阳离子以 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为主。pH 值在 6.99~8.31 之间，属中性水~弱碱性水；基岩裂隙水总矿化度多小于 200mg/L，属淡水；第四系松散岩类孔隙水总矿化度多在 200~3000mg/L 之间，

属淡水～低矿化水（微咸水）。

2.5.2.2.4 水力联系

厂址区所在范围水文地质条件简单，在厂址附近范围内属于 I 后云台山水文地质单元，主要受大气降水补给，通过缓慢渗流后最终向东南方向的大海排泄。

田湾核电站 7、8 号机组厂址区及整个田湾核电站厂区北侧、西侧、南侧均为云台山水体，东侧为大海，无贯通厂区内外的断裂构造所形成的含水通道。因天然山体分水岭的存在，厂址区地下水与其他单元间无相互补给的条件，不存在水力联系。

2.5.2.3 电厂对地下水的利用计划

地下水位受降水影响，年变幅较大，含水层较薄，不具备工业开采价值。厂址区及其周围没有居民开采地下水作为生活用水或用于农业灌溉。

核电厂没有利用地下水的计划。

2.5.2.4 电厂对地下水的可能影响

场地附近没有供水水源地，不存在对供水水源的影响问题。

厂址区内地下水径流方向基本受地形控制，总体上自高向低处流动，最终向南经地表河流或向东直接排入大海。厂址建成运行后也不会改变地下水的总体流向，厂址区地下水下游方向没有居民。因此，即使地下水被污染也不会对周边村庄的居民生活用水造成影响。

无贯通厂区内外的断裂构造所形成的含水通道。

综上所述，电厂运行不会影响厂址周围居民的生活用水，也不会形成向厂址区外围居民点的地下水迁移路径。电厂运行对地下水没有影响。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 海洋洪水

（1）历史洪水

据调查，江苏田湾核电站厂址所在地区 1939 年（民国 28 年）8 月 30 日（农历 7 月 16 日）曾发生过气象海啸。根据对当地居民的调查、历史资料的考证及风暴潮数值模拟计算结果，得到 1939 年的特大洪水位（潮位）为 56 黄海平均海平面上 4.23m。另外，1956 年 9 月的第 22 号台风，曾使本地区出现过一次高水位，估计值为 3.94m。

（2）海潮洪水

— 风暴潮增减水

1) 概率论法

根据厂址高公岛站和连云港站 1997 年 3 月~1998 年 3 月的同期增减水资料，确立其

增、减水的相关关系：

高公岛站与连云港站增水相关方程为：

$$H_{\text{（高公岛站）}} = 0.942 \times H_{\text{（连云港站）}}$$

相关系数 $r=0.836$

标准差 $q=8.45$

高公岛站与连云港站减水相关方程为：

$$H_{\text{（高公岛站）}} = 1.041 \times H_{\text{（连云港站）}}$$

相关系数 $r=0.785$

标准差 $q=8.91$

将连云港站 1951~2014 年的年最大增、减水值分别带入高公岛和连云港增水相关方程与减水相关方程，推算出高公岛历年最大增、减水值；然后分别计算高公岛增、减水年极值序列的 P-III 分布和 GUMBEL 分布，本着合理偏保守的原则，采用 P-III 分布结果作为核电厂址风暴潮重现期增减水值，其中，千年一遇增水值为 2.79m，千年一遇减水值为 -2.54m。

2) 确定论法

确定论法计算厂址可能最大风暴潮增减水，采用三重嵌套网格风暴潮数值模型。对进入或影响厂址附近海域有代表性的台风风暴潮过程进行了模拟计算，计算结果表明，所建立的风暴潮模型能够满足计算核电厂厂址处可能最大风暴潮增、减水的要求。

本着合理偏保守原则，确定可能最大热带气旋 PMTC 参数为：

台风外围气压	$P_{\infty}=1008\text{hPa}$;
台风中心气压	$P_0=920\text{hPa}$;
台风半径	$R=25\text{km}$;
台风移动速度	$V_d=25\text{km/h}$ 。

经计算田湾核电站厂址处可能最大台风增水为 4.33m，减水为 -2.52m。可能最大温带风暴增水（PMSS）为 3.36m，可能最大温带风暴减水（-PMSS）为 -3.09m。

— 假潮

基于连云港海洋站年极值假潮序列计算其 GUMBEL 分布，得到厂址海域千年一遇的假潮为 0.34m。将厂址海域千年一遇的假潮近似作为厂址海域的可能最大假潮值。因此，田湾核电厂址海域的可能最大假潮为 0.34m。

— 海啸

可能最大海啸产生的增、减水，是根据历史海啸资料分析、地震构造环境研究、潜在震源区划分和潜在海啸源鉴别的基础上对工作区内（海域）的海啸源参数进行估算确定。

根据地震海啸数值模拟计算方法，对工作区（30°~40°N，117°~130°E）中的四个海啸源进行了数值计算，其最终结论是位于南黄海的 2 号(T2)潜在海啸源对连云港核电站厂址处海啸增(减)水的影响最大。田湾核电站厂址可能最大地震海啸的增水为 51cm，减水为-59cm。

— 海平面异常

利用连云港站海平面长期监测资料和其他信息，综合分析了工程海域海平面变化状况，田湾核电站厂址所处的海州湾海域海平面上升速率为 0.17cm/a，厂址工程海域未来 80 年海平面上升值约为 14cm。

(3) 波浪

核电站厂址的防波浪措施是通过临海岸边修筑防波堤来实现的。波浪计算的设计高水位是按最高天文潮加百年一遇增水的组合水位进行计算。其组合潮位如下：最高天文潮（2.96m）+百年一遇增水（2.08m）=5.04m。波浪计算的校核高水位，是按可能最大风暴增水（4.33m）+10%超越概率天文高潮位（2.71m）+海平面异常（0.14m）=7.18m 进行计算。

(4) 洪水影响

核电厂址对海洪的防护是按照《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）进行考虑的。核电厂址的设计基准洪水位的组合（不考虑波浪影响）如下：

10%超越概率天文高潮位： 2.71m

可能最大风暴潮增水： 4.33m

海平面上升： 0.14m

设计基准洪水位： 7.18m

田湾核电站 7、8 号机组厂坪标高定为 7.85m，高于不考虑波浪影响的设计基准洪水位。波浪的影响通过修筑防波堤来解决，确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对核岛的安全产生影响。

2.5.3.2 陆地洪水

(1) 厂区暴雨洪水

田湾核电厂址的可能最大降水研究，是在广泛收集自然地理资料、暴雨洪水资料、气象资料的基础上，对区域暴雨洪水特性及暴雨天气成因进行分析，采用确定论法和概率论法分别计算厂址的可能最大降雨，从而得到厂址不同历时的可能最大降雨（PMP）资料 and 不同历时、不同重现期的设计暴雨资料。

厂址的厂区雨水排水，按千年一遇降雨量设计，可能最大降雨 PMP 进行校核，并根据《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》，保证设计基准洪水位叠加千

年一遇降雨工况下核安全相关厂房的防洪安全。

（2）山洪

对于厂址周围山坡上的暴雨径流，采用截洪沟拦截并分别引入两侧排水渠再排入大海，不会对核电厂造成影响。

（3）溃坝洪水

在厂址西南约 4km 的后云台山腹地山间，有一座宿城水库。宿城水库属小型水库，坝型为均质土坝，汇水面积小，来水量也小，干旱季节水库水位已近死库容水位。宿城水库工程特征值如下：

集雨面积（km ² ）	5.23
兴利库容（10 ⁴ m ³ ）	242.0
兴利水位（m）	20.0
汛限水位（m）	20.0
坝体特征：坝顶长（m）	474.0
最大坝高（m）	18.0
坝顶高程（m）	22.4
坝顶宽度（m）	3.5
溢洪道堰顶高程（m）	20.0

在溃坝计算中按假定宿城水库大坝全部垮掉考虑，通过计算至入海口公路处的最高溃坝水位低于核电站厂坪标高，由此可以看出溃坝对厂址没有影响。

（4）溪流与江河洪水

由于厂址三面靠山，一面临海，连云港地区的河流均被云台山阻隔，故无影响厂址的河流洪水。

2.6 地形地貌

厂址原始地貌北部为低山丘陵地貌，南部为海积平原地貌。原地势总体呈东北高，西南低。船山山体地形起伏较大，地面标高在 3.0~321.7m（1956 黄海高程系，下同）；南部原海积平原较平坦，地形起伏小，地面标高多在 0.5~2.6m。

本期工程用地在前期工程建设期间已完成场地平整施工，原始地形地貌已被改变。土石方基本平衡，无外购及外弃。场地东西向长 446~623m，南北向长约 900m；场地北部标高为 7.60m 左右，南部标高在 5.00~7.60m 范围内，土地类别为建设用地。

场地北部为核安全相关边坡，最大高度为 108.40m，西部边坡为非核安全相关边坡，最大高度为 49m；东部毗邻 5、6 号机组工程（已运行）；南部为施工临建区。

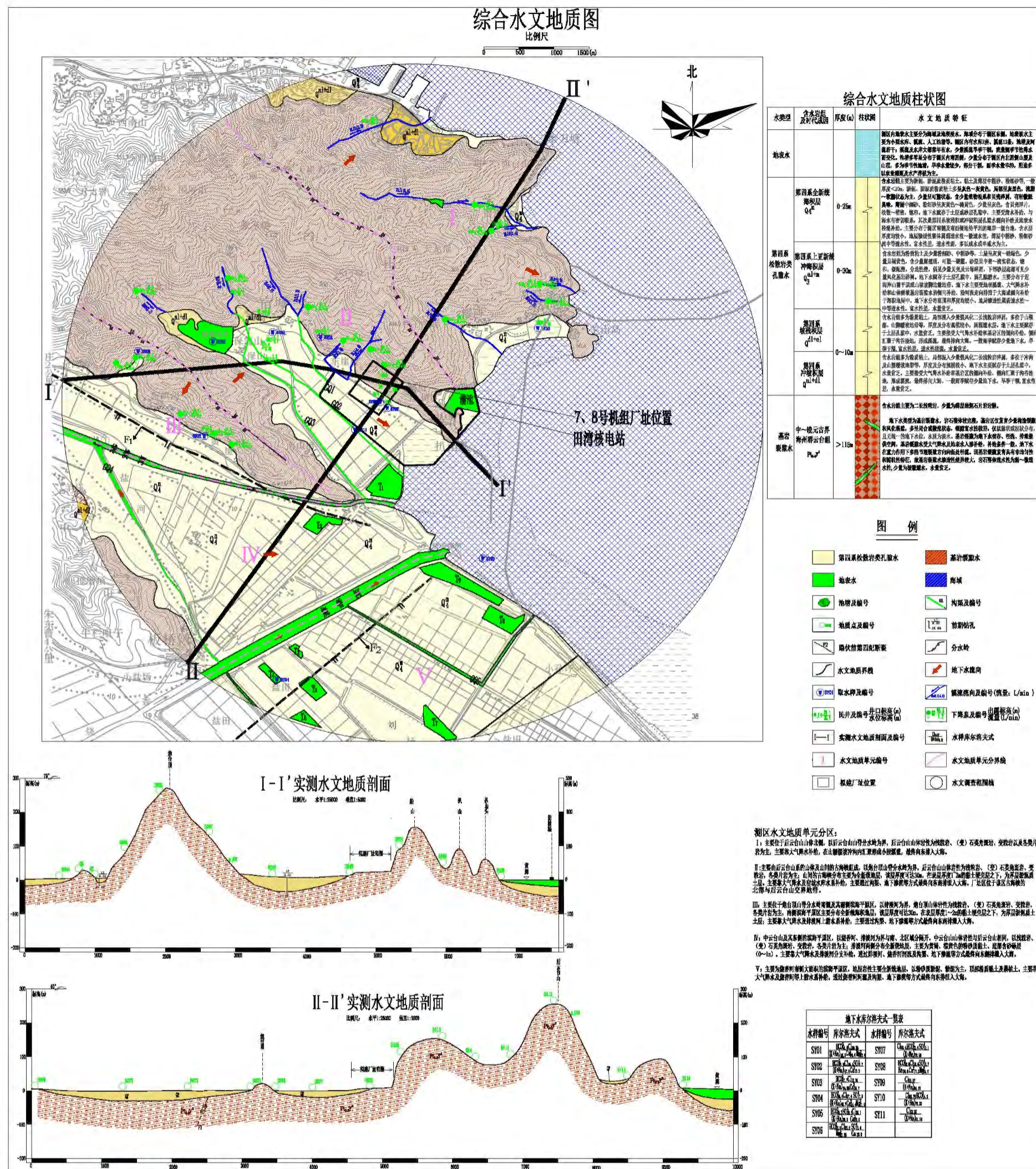


图 2.5-1 厂址附近范围综合水文地质图

第三章 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

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

表

表 3.1-1（1/2） 运行前辐射环境现状调查方案

表 3.1-1（2/2） 运行前辐射环境现状调查方案

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

表 3.1-3（1/3） γ 谱仪分析测量参数

表 3.1-3（2/3） γ 谱仪分析测量参数

表 3.1-3（3/3） γ 谱仪分析测量参数

表 3.1-4 放化分析测量参数

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

表 3.2-2 声环境质量标准

3 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

为编制本章节内容，2023 年 12 月~2024 年 11 月在厂址周围开展为期一年的运行前辐射环境现状调查，以了解田湾核电站 1~6 号机组运行后的辐射环境变化情况，获得 7、8 号机组运行前环境中辐射水平和周围介质放射性现状水平。为评价 7、8 号机组在正常运行期间、事故及事故后对周围环境的影响提供基础数据，编制了《田湾核电站 7、8 号机组运行前辐射环境现状调查报告》（以下简称“本次调查”），并通过了专家评审。本节主要采用本次调查的数据对本厂址周围环境的辐射环境质量现状进行说明。

3.1.1.1 调查依据

本次调查按照国家、行业有关标准规范执行。

3.1.1.2 调查项目

本次调查主要分为资料收集和实地调查两部分：

（1）相关数据和资料收集，主要包括：

1) 厂址半径 50km 范围内人口、气象、水文、地质、自然资源、农牧渔业及养殖业等资料；

2) 厂址半径 30km 范围内核设施、铀、钍矿设施概况；

3) 厂址半径 15km 范围内人为活动引起天然辐射照射增加的设施概况；

4) 厂址半径 15km 范围内同位素生产以及非密封放射源同位素的应用概况；

5) 厂址半径 5km 范围内 I 类和 II 类放射源的应用概况；

6) 厂址所在地的辐射水平历史资料。

（2）厂址周围区域辐射环境现状调查，主要包括：

1) 厂址半径 50km 范围内环境 γ 辐射水平：陆地环境 γ 辐射/贯穿辐射剂量率和累积剂量；

2) 厂址半径 20km 范围内主要环境介质放射性核素活度浓度，监测的环境介质包括土壤、空气、陆地水体、陆地生物和受纳水体。

上述现场调查中调查对象、监测项目以及监测频度等详见表 3.1-1。

3.1.1.3 布点原则及方案

3.1.1.3.1 布点原则

调查的测量点/采样点应重点关注主导风向下风向区域、人口集中的居民区及敏感区，

充分考虑样品和测量点的代表性，布点原则如下：

- （1）近密远疏、均匀覆盖各方位；
- （2）监测点位选址综合考虑厂址周围环境特征，尽可能选择被扰动和破坏可能性小的位置作为监测点位；
- （3）对关键居民组、人口集中的居民区、农牧业和养殖集中区、环境敏感区和主导风下风向适当针对性布点；
- （4）在采样/监测点的选择上应综合考虑初步本底调查、历次现状调查以及田湾核电站环境监测等设置的点位；
- （5）环境 γ 辐射剂量率监测与累积剂量监测同点位布设，土壤采样点的环境 γ 辐射监测点位中选择；
- （6）地表水沉积物和水样采样点位应一致。

3.1.1.3.2 布点方案

（1）地表环境 γ 辐射水平

1) 环境 γ 辐射空气吸收剂量率

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km、50km 的圆所形成的各扇形区域内半径 50km 范围内陆地上布点，共设置 84 个测量点位。

2) 环境 γ 辐射累积剂量

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，16 个方位与半径为 2km、5km、10km、20km 的圆所形成的各扇形区域内半径 50km 范围内陆地上布点，共设置 75 个测量点位。

3) 环境 γ 剂量率连续测量

在厂区内和厂区外分别设置一个点位，共设置 2 个测量点位。

（2）土壤

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，在半径 20km 范围内，8 个方位陆地上进行布点，每个方位 2~4 个点，平均每个方位（陆域）最少 3 个点。共设置 28 个采样点位。

（3）空气

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，半径 10km 范围内进行布点，共设置 5 个采样点位。

（4）陆地水体

1) 饮用水

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，半径 5km 范围内，共设置 4 个采样点位。

2) 地下水

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，半径 5km 范围内，共设置 5 个采样点位。

3) 地表水和沉积物

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，半径 10km 范围内主要地表水体、流域覆盖厂址 20km 范围面积较大的水体及流域覆盖主导风下风向面积较大的水体。共设置 4 个采样点位。

4) 水生生物

调查以 7、8 号机组反应堆连接线中点为中心，半径 10km 范围内，在主导风向下风向或流域覆盖厂址区域面积最大水体以及当地居民主要食用的水生生物的来源水体，选择代表性的水生植物和动物各 1 种，共设置 3 个采样点位。

(5) 陆地生物

调查以厂址中心为中心，半径 20km 范围内。谷类（2 种）各设置 4 个采样点；蔬菜类（4 种）各设置 4 个采样点；水果类（2 种）各设置 3 个采样点；指示生物（1 种）设置 2 个采样点；家禽（2 种）各设置 3 个采样点；家畜（2 种）各设置 3 个采样点；茶叶设置 1 个采样点；牧草设置 1 个采样点；牛奶设置 1 个采样点。

(6) 受纳水体

1) 海水

调查以排水口为中心，半径 10km 的海域范围内，共设置 14 个采样点位。

2) 沉积物

调查以排水口为中心，半径 10km 的海域范围内，共设置 12 个采样点位。

3) 海洋生物

调查以排水口为中心，半径 10km 的海域范围内，采集植物种类 1 种（紫菜），采集动物 6 种，指示生物牡蛎，共设置 3 个采集点位。另采集鱼、虾。

3.1.1.4 测量仪器和分析方法

本次调查中测量项目所采用的仪器、测量方法及依据标准见表 3.1-2，各类环境介质的分析测量参数以及探测下限见表 3.1-3~表 3.1-4。

3.1.1.5 调查结果

（1）厂址周围存在的核设施、辐射或放射源应用情况

1) 厂址半径 30km 范围内工矿企业大多为化学原料及化学品制造、建材生产加工、矿业产品加工、农副产品加工等，无铀、钍矿设施。厂址半径 30km 范围内有在建核电厂，连云港西陇山在建核电厂位于连云港市连云区徐圩镇境内。

2) 厂址半径 15km 范围内无因人为活动引起天然辐射照射增加的设施。

3) 厂址半径 15km 范围内距厂址约 10km 有连云港市立东方医院使用非密封放射性同位素 I-125，医院为丙级辐射工作场所。

4) 厂址半径 5km 范围内厂区外没有 I 类放射源使用情况。厂区内有核工业二三建设有限公司在田湾核电厂区使用 1 枚 Se-75（II 类放射源）和 9 枚 Ir-192（II 类放射源）。田湾核电站使用 14 枚 II 类放射源。

（2）地表环境 γ 辐射水平

1) 环境 γ 辐射空气吸收剂量率

本次调查宇宙射线仪器响应值分别为 32.7nGy/h、30.5nGy/h、31.1nGy/h。

- 道路 γ 辐射剂量率（未扣除宇宙射线响应值）范围为 66.4~139.3nGy/h，均值为 100.9nGy/h。
- 原野 γ 辐射剂量率（未扣除宇宙射线响应值）范围为 70.1~142.1nGy/h，均值为 99.2nGy/h。
- 道路 γ 辐射剂量率（扣除宇宙射线响应值）范围为 35.9~107.7nGy/h，均值为 69.5nGy/h。
- 原野 γ 辐射剂量率（扣除宇宙射线响应值）范围为 39.0~111.0nGy/h，均值为 67.8nGy/h。

2) 陆地环境 γ 辐射累积剂量

- 道路 γ 辐射累积剂量（按小时平均）测量值范围为 63.6~146.5nGy/h，平均值为 98.0nGy/h。
- 原野 γ 辐射累积剂量（按小时平均）测量值范围为 57.5~129.1nGy/h，平均值为 95.7nGy/h。

3) 陆地环境 γ 剂量率连续测量

点位 1 连续监测数据日均值变化范围在 71.2~104.8nGy/h，日均值的平均值为 85.1nGy/h；点位 2 连续监测数据日均值变化范围在 91.6~128.6nGy/h，日均值的平均值为

106.0nGy/h。

（4）土壤

- 土壤样品中 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{134}Cs 、 ^{95}Zr 、 ^{144}Ce 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 测量结果均低于探测限；
- ^{226}Ra 活度浓度范围为 17.0~48.2Bq/kg，均值为 24.5Bq/kg；
- ^{232}Th 活度浓度范围为 19.0~55.7Bq/kg，均值为 37.3Bq/kg；
- ^{238}U 活度浓度范围为 7.4~56.7Bq/kg，均值为 27.8Bq/kg；
- ^{40}K 活度浓度范围为 0.21~1.00kBq/kg，均值为 0.60kBq/kg；
- ^{137}Cs 活度浓度范围为<MDC~2.81Bq/kg，均值为 0.91Bq/kg；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为<MDC~1.54Bq/kg，均值为 0.35Bq/kg；
- $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为<MDC~0.117Bq/kg，均值为 0.053Bq/kg。

（5）厂区外空气

1) 气溶胶

- 气溶胶样品中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{95}Zr 、 ^{144}Ce 测量结果均低于探测限；
- ^7Be 活度浓度范围为 0.11~7.20mBq/m³；
- 总 α 活度浓度范围为 0.023~0.312mBq/m³；
- 总 β 活度浓度范围为 0.206~0.955mBq/m³；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为<MDC~9.6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

2) 沉降物

- 沉降物样品中 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{95}Zr 、 ^{144}Ce 测量结果均低于探测限；
- ^{137}Cs 活度浓度范围为<MDC~15.0mBq/(m²•d)；
- ^7Be 活度浓度范围为 2.69~11.9Bq/(m²•d)；
- 总 α 活度浓度范围为 0.024~0.392Bq/(m²•d)；
- 总 β 活度浓度范围为 0.067~0.962Bq/(m²•d)；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为 1.03~4.37mBq/(m²•d)。

3) 降水

- 降水样品中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测限。
- ^3H 活度浓度范围为 1.58~2.91Bq/L；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为<MDC~3.53mBq/L。

4) 气体

- 气体样品中 ^{131}I 测量结果低于探测限；
- ^3H 活度浓度范围为 $12.8\sim 49.5\text{mBq/m}^3$ ；
- ^{14}C 活度浓度范围为 $29.7\sim 59.0\text{mBq/m}^3$ 。

（6）陆地水体

1) 饮用水

- 饮用水样品中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{106}Ru 、 ^{95}Zr 、 ^{65}Zn 、 ^{144}Ce 测量结果均低于探测限；
- 总 α 活度浓度范围为 $<\text{MDC}\sim 0.069\text{Bq/L}$ ，均值为 0.020Bq/L ；
- 总 β 活度浓度范围为 $0.027\sim 0.177\text{Bq/L}$ ，均值为 0.075Bq/L ；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为 $0.75\sim 1.32\text{mBq/L}$ ，均值为 1.01mBq/L ；
- ^3H 活度浓度范围为 $1.15\sim 1.46\text{Bq/L}$ ，均值为 1.36Bq/L ；
- ^{14}C 活度浓度范围为 $1.23\sim 2.44\text{mBq/L}$ ，均值为 2.02mBq/L 。

2) 厂区外地下水

- 地下水样品中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{106}Ru 、 ^{95}Zr 、 ^{65}Zn 、 ^{144}Ce 测量结果均低于探测限；
- 总 α 活度浓度范围为 $<\text{MDC}\sim 0.106\text{Bq/L}$ ；
- 总 β 活度浓度范围为 $0.027\sim 0.113\text{Bq/L}$ ；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为 $0.47\sim 1.03\text{mBq/L}$ ；
- ^3H 活度浓度范围为 $1.17\sim 1.65\text{Bq/L}$ ；
- ^{14}C 活度浓度范围为 $2.46\sim 4.46\text{mBq/L}$ 。

3) 地表水

- 地表水样品中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{106}Ru 、 ^{95}Zr 、 ^{65}Zn 、 ^{144}Ce 测量结果均低于探测限；
- 总 α 活度浓度范围为 $<\text{MDC}\sim 0.070\text{Bq/L}$ ，均值为 0.022Bq/L ；
- 总 β 活度浓度范围为 $0.045\sim 0.074\text{Bq/L}$ ，均值为 0.059Bq/L ；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为 $0.36\sim 1.16\text{mBq/L}$ ，均值为 0.71mBq/L ；
- ^3H 活度浓度范围为 $1.05\sim 1.66\text{Bq/L}$ ，均值为 1.41Bq/L ；
- ^{14}C 活度浓度范围为 $3.23\sim 5.53\text{mBq/L}$ ，均值为 4.48mBq/L 。

4) 地表水沉积物

- 地表水沉积物样品中 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{95}Zr 、 ^{144}Ce 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 测量结果均低

于探测限；

- ^{90}Sr 活度浓度范围为 0.36~1.16Bq/kg，均值为 0.68Bq/kg；
- $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为 0.011~0.049Bq/kg，均值为 0.028Bq/kg；
- ^{226}Ra 活度浓度范围为 16.0~36.6Bq/kg，均值为 25.2Bq/kg；
- ^{232}Th 活度浓度范围为 23.6~49.6Bq/kg，均值为 32.4Bq/kg；
- ^{238}U 活度浓度范围为 12.5~36.1Bq/kg，均值为 27.2Bq/kg；
- ^{40}K 活度浓度范围为 0.41~1.11kBq/kg，均值为 0.68kBq/kg；
- ^{137}Cs 活度浓度范围为<MDC~1.39Bq/kg，均值为 0.62Bq/kg。

（7）陆地生物及水生生物

- 陆地生物及水生生物样品中 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 测量结果均低于探测限；
- ^{137}Cs 活度浓度范围为<MDC~0.115Bq/kg（鲜），均值为 0.012Bq/kg（鲜）；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为<MDC~3.12Bq/kg（鲜），均值为 0.14Bq/kg（鲜）；
- 生物有机氡活度浓度范围为 0.095~9.21Bq/kg（鲜），均值为 1.27Bq/kg（鲜）；
- 组织自由水氡活度浓度范围为<MDC~1.14Bq/kg（鲜），均值为 0.69Bq/kg（鲜）；
- ^{14}C 活度浓度范围为 2.51~199Bq/kg（鲜），均值为 44.59Bq/kg（鲜）；
- 牛奶样品中 ^{131}I 测量结果均低于探测限。

（8）受纳水体

1）海水

- 海水样品中 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{106}Ru 、 ^{95}Zr 、 ^{65}Zn 、 ^{144}Ce 、 ^{131}I 和总 α 测量结果均低于探测限；
- 总 β 活度浓度范围为 3.56~8.92Bq/L，均值为 6.15Bq/L；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为<MDC~1.28mBq/L，均值为 0.55mBq/L；
- ^{14}C （mBq/L）活度浓度范围为 4.49~9.87mBq/L，均值为 6.81mBq/L；
- ^{40}K 活度浓度范围为 3.15~9.08Bq/L，均值为 6.04Bq/L。

2）海洋沉积物

- 海洋沉积物样品中的 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{95}Zr 、 ^{144}Ce 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 测量结果均低于探测限；
- ^{137}Cs 活度浓度范围为 1.04~1.88Bq/kg，均值为 1.48Bq/kg；
- $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度范围为 0.028~0.676Bq/kg，均值为 0.308Bq/kg；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为<MDC~1.63Bq/kg，均值为 0.80Bq/kg；

- ^{226}Ra 活度浓度范围为 23.7~33.5Bq/kg，均值为 30.4Bq/kg；
- ^{232}Th 活度浓度范围为 32.0~41.9Bq/kg，均值为 36.4Bq/kg；
- ^{238}U 活度浓度范围为 13.1~19.1Bq/kg，均值为 15.9Bq/kg；
- ^{40}K 活度浓度范围为 0.63~0.96kBq/kg，均值为 0.70kBq/kg。

3) 海洋生物

- 海洋生物中 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 测量结果均为探测限；
- ^{137}Cs 活度浓度范围为 <MDC~0.043Bq/kg（鲜），均值为 0.009Bq/kg（鲜）；
- ^{90}Sr 活度浓度范围为 <MDC~0.166Bq/kg（鲜），均值为 0.042Bq/kg（鲜）；
- 生物有机氚（Bq/kg（鲜））活度浓度范围为 0.274~1.53Bq/kg（鲜），均值为 0.72Bq/kg（鲜）；
- 组织自由水氚（Bq/kg（鲜））活度浓度范围为 1.03~7.19Bq/kg（鲜），均值为 2.72Bq/kg（鲜）；
- ^{14}C （Bq/kg（鲜））活度浓度范围为 6.69~32.6Bq/kg（鲜），均值为 20.1Bq/kg（鲜）。

3.1.1.6 质量保证

为了对监测过程进行全面控制，以保证调查结果的代表性、准确性和可靠性，在本次环境放射性质量调查过程中，调查单位采取了一系列质量保证措施。在调查过程中质量保证措施主要有以下几个方面：

3.1.1.6.1 组织机构与人员配备

调查单位在调查工作开始之前针对本次调查成立了本次调查项目组和质保组，在单位领导指导下开展调查工作。本项目的人员配备包括技术组和质保组，其中技术组是指从事与本项目技术活动相关的关键技术人员；质保组是负责质量管理体系运行的人员。参与的所有人员均具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度。

3.1.1.6.2 样品的控制

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

（2）采集的样品按规定进行简单处理，防止样品变质、污染、被容器吸附等。样品中半衰期短的核素，采样后尽快送实验室分析。

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

（4）样品运输前填写样品清单，清点样品，检查包装。

(5) 样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品交接单上签字。

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

(7) 对样品分析的中间过程进行唯一性标识，防止样品间混淆。

3.1.1.6.3 仪器设备的控制

所有仪器均在检定的合格期内使用。对低水平放射性测量装置每月进行 1 次本底测量和效率检验，以确定测量装置的长期稳定性，并依据检验结果绘制本底质控图和效率质控图。

3.1.1.6.4 实验室对比

调查单位积极参加国内外各种实验室间比对、能力验证等质量控制活动，发现质量控制中存在的问题、纰漏，积极纠正、整改，确保实验室分析测试能力水平持续改进、持续提高。调查单位参加的实验室间比对结果均为满意。

3.1.1.6.5 平行样品的测量

为了对项目中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，分别对环境样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同，结果表明样品平行性良好。

3.1.2 辐射环境质量评价

将本次调查结果与《中国环境天然放射性水平》、《2023 年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》（2023）、《2022 年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》（2022）、《2021 年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》（2021）、《田湾核电站 7、8 号机组陆域环境放射性现状调查报告》（2019）、《田湾核电站 3、4 号机组运行前辐射环境现状本底调查报告》（2015）中的数据进行比较，以评价本厂址周围辐射环境水平。

通过对比分析可知，本工程厂址周围环境 γ 辐射水平和环境介质放射性核素活度浓度结果未发现异常数据，处于近年来该区域环境水平。

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司研发中心联合北京浩达建通技术检测有限公司于 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围大气环境现状调查及评价报告》。

执行标准和评价依据为：

—《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

—《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；

—《连云港市生态环境局关于田湾核电站 7、8 号机组非放射性污染排放执行标准请示的复函》连环函（2017）68 号。

项目区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准，规定的标准限值见表 3.2-1。

3.2.1.2 大气环境质量评价

本次现状监测各污染物平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的二级标准，厂址区域大气环境质量较好。

3.2.1.3 质量保证

《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围大气环境现状调查及评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书，证书编号：190112050949，且监测内容在北京浩达建通技术检测有限公司的检验检测的能力范围内。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 声环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司研发中心联合北京浩达建通技术检测有限公司于 2025 年 2 月完成的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围噪声现状调查及评价报告》。

执行标准和评价依据为：

—《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；

—《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

—《连云港市生态环境局关于田湾核电站 7、8 号机组非放射性污染排放执行标准请示的复函》连环函（2017）68 号。

声环境厂界环境噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 3 类标准，居民所在区域执行 2 类标准，交通噪声执行 4a 类标准。《声环境质量标准》（GB 3096-2008）规定的标准限值见表 3.2-2。

3.2.2.2 噪声质量评价

（1）厂界及厂区内

7、8 号机组施工场界噪声共 4 个噪声监测点，编号为 C1~C4；厂界环境噪声共 4 个噪声监测点，编号为 C5~C8；厂区内有 1 个噪声源监测点，即：搅拌站，编号为 C9。

7、8 号机组场界噪声监测点（C1~C4）：昼间噪声等效声级为 58.6~62.9dB（A），夜间噪声等效声级为 42.9~51.0dB（A），均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中规定的标准限值。

厂界环境噪声监测点（C5~C8）：昼间噪声等效声级为 52.1~60.7dB（A），夜间噪声等效声级为 44.5~50.0dB（A），均低于《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准限值。

厂区内噪声源监测点（C9）：昼间噪声等效声级为 54.2~55.6dB（A），夜间噪声等效声级为 41.0~48.8dB（A），均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中规定的标准限值。

（2）声环境敏感目标

声环境保护目标共 15 个噪声监测点：编号为 10~24。

声环境保护目标噪声监测点（编号 10~24）：昼间噪声等效声级为 52.7~59.5dB（A），夜间噪声等效声级为 43.0~49.1dB（A），满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准规定的限值。

（3）厂区外固定噪声源

厂区外固定噪声源共 7 个监测点（编号 1~4、37~39）。

厂区外固定噪声源监测点：昼间噪声等效声级为 52.8~57.6dB（A），夜间噪声等效声级为 45.0~48.8dB（A），满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准规定的限值。

（4）网格噪声

网格噪声共 11 个监测点（编号 25、27~36）。

网格噪声监测点：昼间噪声等效声级为 52.8~57.9dB（A），夜间噪声等效声级为 43.2~47.7dB（A），满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 2 类标准规定的限值。

（5）交通噪声

交通噪声共 5 个监测点（编号 5~9）。

交通噪声监测点：昼间噪声等效声级为 61.4~66.5dB（A），夜间噪声等效声级为 50.8~53.6dB（A），满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 4a 类标准规定的限值。

（6）海域噪声

海域噪声共 6 个监测点（编号 H1-1~H2-3）。

海域噪声监测点：昼间噪声等效声级为 58.8~63.0dB（A），夜间噪声等效声级为 48.2~53.6dB（A），均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 4a 类标准规定的限值。

综上所述，各点位均满足《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的相关标准，厂址区域整体声环境质量较好。

3.2.2.3 质量保证

《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围噪声现状调查及评价报告》引用的监测数据为北京浩达建通技术检测有限公司检验检测并出具的监测报告，北京浩达建通技术检测有限公司具有检验检测机构资质认定证书（证书编号：190112050949），且监测内容在北京浩达建通技术检测有限公司的检验检测能力范围内。监测数据报告印有 CMA 计量认证公章。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

2024 年 1 月至 2024 年 11 月在田湾核电站邻近海域进行了冬、春、夏和秋四个季度的航次调查，调查时间分别为 2024 年 1 月（冬季）、2024 年 4 月（春季）、2024 年 8 月（夏季）和 2024 年 11 月（秋季），其中春季调查进行了大小潮两次调查，其他季节均进行了一次调查，共计 5 个航次。水质调查站位共布设 48 个水质大面调查站和 2 个水质连续观测站。

海水水质调查要素包括水温、水深、盐度、电导率、水色、透明度、浊度、pH、总碱度、溶解氧、化学耗氧量、五日生化需氧量、挥发酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、非离子态氨、活性磷酸盐、活性硅酸盐、硫化物、氯化物、氰化物、氟化物、石油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、悬浮物、硼、重金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬）、砷、硒、余氯等。

调查与评价分析结果如下：

调查结果显示，本项目排水口周边海域海水水质总体良好，且排放口水动力条件良好，污染物排放后能够迅速与周边海水混合得到稀释，对周边海域的影响仅限于排水口局部海域，总体上不会影响区域环境质量。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订，2017 年 10 月 1 日施行）

- 《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）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2023）
- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ 24-2020）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）

3.2.4.2 调查内容及范围

（1）工频电场、工频磁场强度：以本工程核电厂开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线输电走廊两侧 50m 带状区域；

（2）射频综合场强：调查范围为本工程厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

3.2.4.3 监测方法

依据相应监测标准进行现场监测，具体监测方法及要求如下：

（1）工频电场/工频磁场强度

依据《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ 681-2013），监测点选择在地势平坦、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。

监测仪器的探头架设在地面（或立足平面）上方 1.5m 高度处。

监测工频电场时，监测人员与监测仪器探头的距离不小于 2.5m。监测仪器探头与固定物体的距离不小于 1m。

监测工频磁场时，监测探头用一个小的电介质手柄支撑，由监测人员手持。采用一维探头监测工频磁场时，调整探头使其位置在监测最大值的方向。

（2）射频综合场强

根据《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996），每个测点使用非选频式辐射测量仪，分别测量离地 1.7m 的射频综合场强。

现场测量过程中，上述所有测点记录当时的天气情况（晴、雨、雪等）、环境温度、相对湿度、测量时间、风向、风速和大气压。每个测点均拍摄照片，用于反映各测点的原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

3.2.4.4 监测时间

2024 年 11 月 6 日到 11 月 11 日，对田湾核电站 7、8 号机组项目厂址周围电磁环境进行了现场调查。

3.2.4.5 电磁辐射源调查

根据现场调查，厂址区域现有电磁辐射源有运行中的 1~6 号机组、江苏省电力公司 110kV 宿城变电站、110kV 云城线/110kV 香宿线，厂址区域内的 6 个主变、500kV 出线（1~4 号）开关站、500kV 出线（5~8 号）开关站、220kV 应急开关站；500kV 田徐/500kV 田圩/500kV 田伊/500kV 田芦/220kV 云核/220kV 香核输电线路、500kV 宿姚/500kV 宿艾/500kV 宿花/500kV 宿果输电线路、110kV 云城线/110kV 香宿线；还有厂址半径 5km 范围内的移动、联通、电信等通讯基站共计 27 个。

3.2.4.6 监测点设置

（1）厂区内监测点设置

厂区内共设置 11 个监测点，分别在田湾核电站厂区边界（东、南、西、北）各设 1 个监测点，在厂区内设置 7 个监测点，编号 N1~N11。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。

（2）地下输电廊道监测点设置

地下输电廊道地表面共设置 16 个监测点，编号 L1~L16，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度。

（3）开关站（变电站）及第一跨监测点设置

田湾核电站目前共有 3 个开关站：有 500kV 出线（1~4 号）开关站，500kV 出线（5~8 号）开关站和 220kV 应急开关站（全厂共用），在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度。在 500kV 出线（1~4 号）、500kV 出线（5~8 号）输电线路和 220kV 应急输电线路第一跨以导线档距中央弧垂最低位置地面投影处监测工频电场、工频磁场强度。厂区外东崖屋村有宿城 110kV 变电站，在变电站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度。共设置 19 个监测点，编号 K1~K19。

（4）主变压器监测点设置

对于主变压器，选择以主变围墙为起点，在远离进出线一侧设监测点，按 5m 间距，在 0~50m 范围设点，每个主变压器设 11 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度监测。

分别对田湾核电站已建和在建的 8 个主变进行监测。其中，1~6 号机组主变已建成并运行，7、8 号机组主变正在建设中。

（5）输电线路监测点设置

共设 3 处输电线路监测断面（编号 P1~P3），断面设置情况如下：

P1 为 500kV 出线(1~4 号)输电线路(包括 500kV 田徐/500kV 田圩/500kV 田伊/500kV 田芦线)和 220kV 应急输电线路(包括 220kV 云核/220kV 香核线),以上输电线路出线方位相同、走向一致、平行距离较近,设为同一断面进行监测。P2 为 500kV 出线(5~8 号)输电线路(包括 500kV 宿姚/500kV 宿艾/500kV 宿花/500kV 宿果线)监测断面,以上输电线路出线方位相同、走向一致、平行距离较近,设为同一断面进行监测。P3 为 110kV 云城线/110kV 香宿线输电线路监测断面,以上输电线路出线方位相同、走向一致、平行距离较近,设为同一断面进行监测。分别在各输电线路垂直方向和平行方向设置监测断面,每个监测断面上监测点设置如下:

1) 垂直方向的监测断面点位设置

在输电线路边相外设双侧垂直监测断面,以边相地面投影点为起点,与输电线路方向垂直。按 5m 间距,在 0~50m 范围设点,两侧各设 11 个,共设 22 个监测点,监测工频电场强度、工频磁场强度。

2) 平行方向的监测断面点位设置

在输电线路边相导线外设双侧平行监测断面,监测路径选在边相导线对地面投影点外 10m (110kV), 15m (220kV) 或 20m 处 (500kV), 与输电线路方向平行,在此路径上按 10m 间隔设 3 个监测点,共 6 个监测点,监测工频电场强度、工频磁场强度。

对监测点进行逐一编号(P1-1~P1-28、P2-1~P2-28、P3-1~P3-28)。

(6) 厂区外环境敏感区和通信基站监测点设置

厂区外环境敏感区布点原则按照居民点设置监测点,共设置 42 个监测点,编号 1~42。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。

厂区外布设 27 个通信基站监测点,编号 T1~T27,监测射频综合场强。

3.2.4.7 电磁辐射现状评价标准

(1) 根据《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)的要求,50Hz 频率下,环境中工频电场强度的公众曝露控制限值为 4kV/m,工频磁感应强度的公众曝露控制限值为 0.1mT。

(2) 根据《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)的要求,对于 30MHz-3000MHz 的频率范围,该标准的公众曝露控制限值为:环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的平均值应小于 0.4W/m² (电场强度限值 12V/m)。

3.2.4.8 电磁辐射现状监测质量保证措施

为获得完整、正确、可靠的电磁辐射现状调查数据,以及对调查过程进行全面控制,在本次电磁辐射现状监测调查过程中采取了一系列质量保证措施,主要有以下几个方面:

(1) 调查任务承担单位针对本次调查编制了项目质量保证大纲，明确了质保组织机构和各级应负的相应职责，制定和严格执行了全面质量管理程序和质量监督检查程序，本次调查监测工作全过程质量管理遵循本项目质量保证大纲要求。

(2) 监测方法采用国家和行业标准，监测人员经培训考核并持有合格证上岗，并认真履行本项目的任务和要求。

(3) 监测仪器经有相应资质的计量部门检定合格，并处于有效期内。

(4) 每次测量前后，对仪器的工作状态进行检查，确保仪器处于良好的工作状态。

(5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(6) 监测报告严格实行三级审核制度。

(7) 提供所有参与本项目的现场监测人员的培训记录和资质证书的复印件。

(8) 提供所有本项目使用的现场监测设备处于有效期内的校准或检定合格证书的复印件。

(9) 提供本项目在现场监测采样阶段原始记录的复印件。

(10) 合作方配合完成各项与本项目相关的质量保证工作的责任和义务。

3.2.4.9 电磁辐射现状监测结果评价

(1) 厂区内电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

厂区监测点工频电场强度监测值范围在 0.05V/m~4.10V/m 之间。工频电场强度最大值出现在 N2#监测点（厂界南）监测点，其监测值为 4.10V/m，受 500kV 出线（1~4 号）输电线路的影响，此处监测值略高。所有监测点都远小于 GB 8702-2014 中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0030μT~0.7549μT 之间，小于 GB 8702-2014 中标准限值 0.1mT(100μT)，符合标准要求。最大值出现在 N2#监测点（厂界南），其监测值为 0.7549μT。

2) 射频综合场强

所有监测点监测值在 0.21V/m~2.63V/m 之间，所有监测值都小于 GB 8702-2014 中规定的 12V/m 标准限值，符合标准要求。最大值出现在 N4#监测点（厂界北），其监测值为 2.63V/m。

(2) 地下输电廊道电磁辐射监测结果评价

工频电场强度监测值范围在 0.38V/m~4.54V/m 之间。工频电场强度最大值出现在 L10#监测点（地下输电廊道 10）监测点，其监测值为 4.54V/m。所有监测点监测值都远小于

GB 8702-2014 中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0088 μ T~3.2336 μ T 之间，远小于 GB 8702-2014 中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。最大值出现在 L3#监测点（地下输电廊道 3），其监测值为 3.2336 μ T。

（3）开关站（变电站）和厂区内输电线路第一跨监测点电磁辐射监测结果评价

工频电场强度监测值范围在 1.63V/m~1424.2V/m 之间。工频电场强度最大值出现在 K13#监测点（500kV 出线(1-4 号)开关站与第一跨架空线中间）监测点，其监测值为 1424.2V/m。所有监测点都小于 GB 8702-2014 中标准限值 4kV/m，符合标准要求。

工频磁场强度监测值在 0.0187 μ T~4.3017 μ T 之间，远小于 GB 8702-2014 中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。最大值出现在 K2#监测点（500kV 出线（1-4 号）开关站南侧），其监测值为 4.3017 μ T。

（4）主变压器电磁辐射监测结果评价

1) 1 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.60V/m~1.71V/m 之间，最大值出现在 1#主变压器外 0m 处，其监测值为 1.71V/m，然后随距离增加而降低。以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 0.0150 μ T~0.0253 μ T 之间，最大值出现在 1#主变压器外 0m 处，其监测值为 0.0253 μ T，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 0.1mT（100 μ T）的标准限值。

2) 2 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.64V/m~1.19V/m 之间，最大值出现在 2#主变压器外 0m 处，其监测值为 1.19V/m，然后随距离增加而降低。以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 0.1633 μ T~4.7232 μ T 之间，最大值出现在 2#主变压器外 0m 处，其监测值为 4.7232 μ T，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 0.1mT（100 μ T）的标准限值。

3) 3 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.24V/m~1.43V/m 之间，最大值出现在 3#主变压器外 0m 处，其监测值为 1.43V/m，然后随距离增加而降低。以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 $0.1031\mu\text{T}$ ~ $3.0790\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 3#主变压器外 0m 处，其监测值为 $3.0790\mu\text{T}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 的标准限值。

4) 4 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.16V/m ~ 1.39V/m 之间，最大值出现在 4#主变压器外 0m 处，其监测值为 1.39V/m ，然后随距离增加而降低。以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 $0.1962\mu\text{T}$ ~ $4.5400\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 4#主变压器外 0m 处，其监测值为 $4.5400\mu\text{T}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 的标准限值。

5) 5 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.16V/m ~ 2.80V/m 之间，最大值出现在 5#主变压器外 0m 处，其监测值为 2.80V/m ，然后随距离增加而降低。以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 $0.0897\mu\text{T}$ ~ $4.8429\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在拟建 5#主变压器外 0m 处，其监测值为 $4.8429\mu\text{T}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 的标准限值。

6) 6 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 1.89V/m ~ 4.04V/m 之间，最大值出现在 6#主变压器外 0m 处，其监测值为 4.04V/m ，然后随距离增加而降低。以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 $0.4614\mu\text{T}$ ~ $5.1450\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 6#主变压器外 0m 处，其监测值为 $5.145\mu\text{T}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 的标准限值。

7) 7 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.07V/m ~ 0.44V/m 之间，最大值出现在 7#主变压器外 0m 处，其监测值为 0.44V/m ，各监测点监测值变化趋势不明显，以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 $0.0047\mu\text{T}$ ~ $0.0061\mu\text{T}$ 之间。最大值出现在 5#主变压器外 0m 处，其监测值为 $0.0061\mu\text{T}$ ，各监测点监测值变化趋势不明显。所有监测值都小于 GB 8702-2014

中 0.1mT（100 μ T）的标准限值。

8）8 号机组主变压器

工频电场强度监测值在 0.25V/m~0.51V/m 之间，最大值出现在 8#主变压器外 0m 处，其监测值为 0.51V/m，各监测点监测值变化趋势不明显，以上所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 4kV/m 的标准限值。

工频磁场强度监测值在 0.0089 μ T~0.0191 μ T 之间。最大值出现在 8#主变压器外 5m 处，其监测值为 0.0191 μ T，各监测点监测值变化趋势不明显，所有监测值都小于 GB 8702-2014 中 0.1mT（100 μ T）的标准限值。

（5）输电线路电磁辐射监测结果评价

1) P1 监测断面监测数据分析

P1 垂直监测断面工频电场强度监测值在 4.41V/m~2867.0V/m 之间。在东边相下 0m 处最大，其值为 2867.0V/m，然后随距离增加而降低。平行监测断面工频电场强度监测值在 142.09V/m~480.35V/m 之间。以上所有监测点的工频电场强度监测值都小于 4kV/m 的标准限值。

P1 垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.3239 μ T~8.1703 μ T 之间。在东边相下 0m 处最大，其值为 8.1703 μ T，然后随距离增加而降低。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.4138 μ T~2.1514 μ T 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 0.1mT（100 μ T）的标准限值，符合要求。

2) P2 监测断面监测数据分析

P2 垂直监测断面工频电场强度监测值在 40.60V/m~2475.3V/m 之间。在西边相下 0m 处最大，其值为 2475.3V/m，然后随距离增加而降低。平行监测断面工频电场强度监测值在 584.13V/m~1105.6V/m 之间。以上所有工频电场强度监测值都小于 4kV/m 的标准限值。

P2 垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.5241 μ T~3.3791 μ T 之间，在东边相下 0m 处最大，其值为 3.3791 μ T，然后随距离增加而降低。平行监测断面工频磁场强度监测值在 1.2053 μ T~2.3237 μ T 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 0.1mT（100 μ T）的标准限值，符合要求。

3) P3 监测断面监测数据分析

P3 垂直监测断面工频电场强度监测值在 7.23V/m~291.33V/m 之间。在东边相下 0m 处最大，其值为 291.33V/m，其余各监测点监测值随距离增加而降低。平行监测断面工频电场强度监测值在 180.87V/m~205.82V/m 之间。以上所有工频电场强度监测值都小于 4kV/m

的标准限值。

P3 垂直监测断面工频磁场强度监测值在 $0.0102\mu\text{T}$ ~ $0.0643\mu\text{T}$ 之间，在东边相下 0m 处最大，其值为 $0.0643\mu\text{T}$ ，其余各监测点监测值随距离增加而降低。平行监测断面工频磁场强度监测值在 $0.0404\mu\text{T}$ ~ $0.0567\mu\text{T}$ 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 的标准限值，符合要求。

（6）厂区外环境敏感区和通信基站电磁辐射监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

厂区外敏感区所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.03V/m ~ 6.83V/m 之间，最大值出现在 1#点（程圩社区委员会），其监测值为 6.83V/m ，监测点受居民用电输电线路影响，监测值略大。以上所有监测值都远小于标准限值 4kV/m ，符合标准要求。

厂区外敏感区工频磁场强度监测值在 $0.0029\mu\text{T}$ ~ $0.1280\mu\text{T}$ 之间，小于标准限值 0.1mT ($100\mu\text{T}$)，符合要求。最大值出现在 1#点（程圩社区委员会），监测点受居民用电输电线路影响，其监测值为 $0.1280\mu\text{T}$ 。

2) 射频综合场强

环境敏感区监测点监测值在 0.32V/m ~ 2.87V/m 之间。最大值为 18#监测点（高庄村社区委员会），其监测值为 2.87V/m 。所有监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

通信基站监测点监测值在 0.43V/m ~ 3.21V/m 之间。最大值为 T19#监测点（南山湾通信基站#2），其监测值为 3.21V/m 。所有监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的 12V/m 标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1（1/2） 运行前辐射环境现状调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测 频度	调查 范围	点位布 设数量
1	环境贯穿 辐射	地表	γ 辐射剂量 率	1 次/季度	50km	84 个
			累积剂量	1 次/季度	50km	75 个
			剂量率连续 监测	连续	10km	2 个
2	土壤	表层土	γ 谱核素分 析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr	1 次/年	20km	28 个
3	空气	气溶胶	γ 谱核素分 析、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr	1 次/季度	10km	5 个
		沉降物	γ 谱核素分 析、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr			5 个
		降水	γ 谱核素分 析、 ^3H 、 ^{90}Sr			5 个
		气体	^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I			5 个
4	陆地 水体	饮用水	γ 谱核素分 析、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	每年丰水 期、枯水 期各 1 次	5km	4 个
		地下水			5km	5 个
		地表水			10km	4 个
		地表水沉积物	γ 谱核素分 析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr	1 次/半年	10km	4 个
		水生生物	γ 谱核素分 析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr	1 次/收获 期	10km	3 个
				1 次/年		3 个

表 3.1-1（2/2） 运行前辐射环境现状调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	点位布设数量	
5	陆生生物	谷类 (2 种)	γ 谱核素分析、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚、组织自由水氚	1 次/收获期	20km	4 个	
		蔬菜类 (4 种)		1 次/收获期		4 个	
		水果类 (2 种)		1 次/收获期		3 个	
		指示生物		1 次/收获期		2 个	
		茶叶		1 次/收获期		1 个	
		家禽		1 次/年		3 个	
		家畜		1 次/年		3 个	
		牛奶	^{131}I	1 次/半年	10km	1 个	
6	受纳水体	海水		γ 谱核素分析、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I	1 次/半年	10km	14 个
		沉积物		γ 谱核素分析、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr	1 次/年	10km	12 个
		海洋生物	植物	γ 谱核素分析、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚、组织自由水氚	1 次/收获期年	10km	3 个
			动物		1 次/年		3 个

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	环境 γ 辐射瞬时(连续)剂量率	RSS131 高气压电离室	HJ 1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB/T 10264-2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
3	总 α	BH1227 α/β 测量仪 MPC-9604 α/β 测量仪	HJ 898-2017《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》
4	总 β		HJ 899-2017《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》
5	生物灰 ^{90}Sr		HJ 815-2016《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》
6	水中 ^{90}Sr		
7	土壤、沉积物 ^{90}Sr		EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》
8	水中 γ 核素	BE6530 HPGe γ 谱仪 GEM35P483HPGe γ 谱仪 GMS60S 反康 γ 谱仪	GB/T 11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》 GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
9	土壤、沉积物、气溶胶、沉降物		GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 GB/T 11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》 WS/T 184-2017《空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》
10	生物灰 γ 核素		GB/T 11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》 GB/T 16145-2022《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
11	生物中自由有氚和有有机氚		HJ 1126-2020《水中氚的分析方法》 HJ 1324-2023《生物中氚和碳-14 的分析方法 管式燃烧法》
12	水中、空气中 ^3H	QUANTULUS1220 低水平液闪谱仪	HJ 1226-2020《水中氚的分析方法》
13	水中、空气中、生物中 ^{14}C		EJ/T 1008-1996《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》 HJ 1056-2019《核动力厂液态流出物中 ^{14}C 分析方法-湿法氧化法》 HJ 1324-2023《生物中氚和碳-14 的分析方法 管式燃烧法》
14	土壤、沉积物 $^{239+240}\text{Pu}$	Ensemble-8 型号 α 谱仪 7200 型号 α 谱仪	HJ 814-2016《水和土壤样品中钚的放射化学分析方法》

表 3.1-3（1/3） γ 谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量 (keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
土壤，沉积物	^{226}Ra	295.2	0.192	3.70E-02	19	5.9E-01	Bq/kg	0.33kg	-	-
		351.9	0.358	3.35E-02	44	5.0E-01			-	-
	^{232}Th	583.1	0.3096	1.84E-02	90	5.8E-01			-	-
		911.2	0.277	1.36E-02	21	5.1E-01			-	-
	^{238}U	63.3	0.038	4.58E-02	0	2.1E+00			-	-
	^{134}Cs	604.7	0.9762	1.82E-02	0	6.6E-01			-	-
	^{137}Cs	661.7	0.85	1.80E-02	3	4.7E-01			5.0E-01Bq/kg(干)	1.0Bq/kg(干)
	^{40}K	1460.8	0.1067	9.90E-03	273	1.6E+00			-	-
	^{54}Mn	834.8	0.9997	1.48E-02	9	6.0E-01			-	-
	^{58}Co	810.8	0.9945	1.52E-02	0	5.7E-01			-	-
	^{60}Co	1173.2	0.9987	1.12E-02	0	6.9E-01			-	-
	^{95}Zr	756.725	0.5438	1.18E-02	0	1.6E+00			-	-
	^{144}Ce	133.515	0.1109	3.61E-02	0	2.8E+00			-	-
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	0.9561	1.50E-02	0	1.1E+00			-	-
生物灰	^{134}Cs	604.7	0.9762	1.73E-02	11	2.5E-02	Bq/kg(鲜)	0.12kg	-	-
	^{137}Cs	661.7	0.85	1.57E-02	0	9.8E-03			2.0E-03Bq/g(灰)	1.0E-02Bq/kg(鲜)
	^{54}Mn	834.8	0.9997	1.31E-02	13	3.0E-02			-	-
	^{58}Co	810.8	0.9945	1.34E-02	6	3.2E-02			-	-
	^{60}Co	1173.2	0.9987	1.05E-02	2	5.00E-02			-	-

表 3.1-3（2/3） γ 谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量(keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
沉降物	^{137}Cs	661.7	0.8521	1.98E-02	0	2.9E-03	$\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	取样时间:90 天 取样面积:0.25 m^2	3.0E-03 $\text{Bq}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	
	^{134}Cs	604.7	0.976	2.06E-02	0	3.9E-03			-	-
	^{58}Co	810.8	0.9945	1.95E-02	0	9.6E-03			-	-
	^{60}Co	1173.2	0.9987	1.28E-02	0	5.4E-03			-	-
	^{54}Mn	834.8	0.9998	1.75E-02	0	5.5E-03			-	-
	^7Be	477.6	0.1044	2.41E-02	0	9.0E-03			-	-
	^{131}I	364.5	0.811	2.77E-02	0	9.3E-03			-	-
	^{95}Zr	756.725	0.5438	1.68E-02	0	8.6E-03			-	-
	^{144}Ce	133.515	0.1109	3.59E-02	0	7.1E-03			-	-
气溶胶	^{134}Cs	604.7	0.9762	1.80E-02	0	4.6E-06	Bq/m^3	10000 m^3	-	-
	^{137}Cs	661.7	0.85	1.70E-02	3	4.7E-06			5.0E-06 Bq/m^3	1.0E-05 Bq/m^3
	^{54}Mn	834.8	0.9997	1.38E-02	0	5.0E-06			-	-
	^{58}Co	810.8	0.9945	1.41E-02	9	6.5E-06			-	-
	^{60}Co	1173.2	0.9987	1.04E-02	0	6.9E-06			-	-
	^7Be	477.6	0.1044	2.03E-02	6	5.0E-06			-	-
	^{131}I	364.5	0.811	3.80E-02	0	4.5E-04			-	-
	^{95}Zr	756.725	0.5438	3.50E-02	0	9.0E-06			-	-
	^{144}Ce	133.515	0.1109	7.44E-02	0	7.6E-06			-	-
空气	^{131}I	364.5	0.811	3.86E-02	0	2.0E-03	Bq/m^3	300 m^3	-	2.0E-03 Bq/m^3 (碘盒)

表 3.1-3（3/3） γ 谱仪分析测量参数

环境介质	核素	能量(keV)	分支比	探测效率	本底净计数	探测限	单位	样品量	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
降水	^{134}Cs	604.7	0.9762	4.34E-02	0	1.2E-02	Bq/L	0.036kg 固体， 原始水样 10L	-	-
	^{137}Cs	661.7	0.85	4.28E-02	0	1.9E-03			-	-
	^{54}Mn	834.8	0.9997	3.49E-02	0	1.3E-02			-	-
	^{58}Co	810.8	0.9945	3.58E-02	0	2.4E-02			-	-
	^{60}Co	1173.2	0.9987	2.67E-02	0	1.3E-02			-	-
水	^{134}Cs	604.7	0.9762	1.82E-02	0	3.5E-03	Bq/L	0.34kg 固体， 原始水样 200L	-	-
	^{137}Cs	661.7	0.85	1.80E-02	41	1.8E-03			2.0E-03Bq/L	3.0E-03Bq/L
	^{54}Mn	834.8	0.9997	1.48E-02	0	4.5E-03			-	-
	^{58}Co	810.8	0.9945	1.52E-02	0	6.0E-03			-	-
	^{60}Co	1173.2	0.9987	1.12E-02	0	4.5E-03			-	-
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	657.76	0.9561	2.45E-02	0	7.0E-03			-	-
	^{124}Sb	602.726	0.978	2.61E-02	0	8.2E-03			-	-
	^{106}Ru	511.8605	0.204	2.93E-02	0	7.4E-03			-	-
	^{95}Zr	756.725	0.5438	2.18E-02	0	6.7E-03			-	-
	^{65}Zn	1115.539	0.5004	1.64E-02	0	8.5E-03			-	-
	^{144}Ce	133.515	0.1109	4.66E-02	0	9.3E-03			-	-

注：测量仪器为 HPGe 谱仪，相对效率 38%，样品几何尺寸 $\Phi 70\text{mm} \times 70\text{mm}$ ，测量时间 80000s。

表 3.1-4 放化分析测量参数

分析项目	环境介质	分析样品量	本底(cpm)	测量时间(min)	探测效率(%)	化学回收率(%)	探测限	HJ969-2018 要求	HJ61-2021 要求
总 α	气溶胶	10000m ³	0.12	600	3	100	7.2E-06Bq/m ³		15 μ Bq/m ³
	水	3L	0.12	600	3	100	1.5E-02Bq/L	2.0 E-02Bq/L	50mBq/L
	沉降物	90 天 0.25m ²	0.12	600	3	100	1.8E-02Bq/(m ² ·d)		30mBq/(m ² ·d)
总 β	气溶胶	10000m ³	1.14	600	28	100	2.4E-06Bq/m ³		10 μ Bq/m ³
	水	3L	1.14	600	28	100	5.0 E-03Bq/L	5.0 E-02Bq/L	30mBq/L
	沉降物	90 天 0.25m ²	1.14	600	28	100	5.6E-03Bq/(m ² ·d)		20mBq/(m ² ·d)
⁹⁰ Sr	气溶胶	10000 m ³	1.14	600	41	70	1.5E-06Bq/m ³		2.0 μ Bq/m ³
	水	50L	1.14	600	41	80	2.5E-04Bq/L	3.0 E-04Bq/L	1.0mBq/L
	生物灰	30g	1.14	1200	41	70	3.4E-04Bq/g 灰	8.0 E-04Bq/g	2mBq/g(灰)
	土壤及沉积物	50g	1.14	1200	41	80	1.8E-01Bq/kg	2.0 E-01Bq/kg	0.5Bq/kg
	沉降物	90 天 0.25m ²	1.14	600	41	80	5.6E-04Bq/(m ² ·d)	2.0 E-03Bq/(m ² ·d)	1.0mBq/(m ² ·d)
³ H	空气	500ml	1.00	300	23	100	1.6E-01Bq/L	5.0E-01Bq/L	25mBq/m ³
	水	500ml	1.00	300	23	100	1.6E-01Bq/L		2.0Bq/L
	自由水氚	5kg	0.98	600	32	100	9.8E-01Bq/kg·鲜		1.0Bq/kg·鲜
	有机氚	1kg	0.98	600	32	80	4.9E-01Bq/kg·鲜		0.5Bq/kg·鲜
¹⁴ C	空气	3m ³	2.4	600	50	100	4.1E-02Bq/g 碳	5.0E-02Bq/g	0.1Bq/g·碳
	水	50L	2.4	600	50	90	4.1E-02Bq/g 碳		/
	生物	500g	2.4	600	50	92	4.1E-02Bq/g 碳		0.1Bq/g·碳
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	土壤及沉积物	30g	0.00015	1440	21	55	1.5E-02Bq/kg	1.5E-02Bq/kg	1.5E-02Bq/kg

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

污染物名称	平均时间	二级浓度限值	单位
NO ₂	日平均	80	μg/m ³
	小时平均	200	
NO _x	日平均	100	
	小时平均	250	
SO ₂	日平均	150	
	小时平均	500	
CO	日平均	4	mg/m ³
	小时平均	10	
PM _{2.5}	日平均	75	μg/m ³
PM ₁₀	日平均	150	
TSP	日平均	300	
O ₃	日最大 8 小时平均	160	
	小时平均	200	

表 3.2-2 声环境质量标准

类别		昼间	夜间	单位
声环境功能区类别				
0 类		50	40	dB (A)
1 类		55	45	
2 类		60	50	
3 类		65	55	
4 类	4a 类	70	55	
	4b 类	70	60	

注：0类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

1类声环境功能区：指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能，需要保持安静的区域。

2类声环境功能区：指以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域。

3类声环境功能区：指以工业生产、仓储物流为主要功能，需要防止工业噪声对区域环境产生严重影响

影响的区域。
4 类声环境功能区：指交通干线两侧一定距离之内，需要防止交通噪声对区域环境产生严重影响的区域，包括 4a 类和 4b 类两种类型。4a 类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通（地面段）、内河航道两侧区域；4b 类为铁路干线两侧区域。

第四章 核电厂

4.1 厂址规划及平面布置

4.1.1 厂址规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.3 常规岛

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

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

4.4.2 开关站的选型和布置

4.4.3 与电力系统的连接

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 应急堆芯冷却系统

4.5.3 安全壳喷淋系统（JMN）

4.5.4 蒸汽发生器应急给水系统

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 乏燃料贮存系统

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

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物运输

4.1 厂址规划及平面布置

4.1.1 厂址规划

田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划，由东南向西北分四期建设。1~4 号机组采用俄罗斯 VVER-1000 型压水堆核电机组，5、6 号机组采用以福建福清核电厂一期工程技术方案为参考、实施重大技术改进的核电机组，1-6 号机组目前已建成投入运行；田湾核电站 7、8 号机组（本期工程）采用俄罗斯 VVER-1200 压水堆核电机组。

1~6 号机组的厂坪设计标高（核电工程安全重要物项的场地设计标高）为 7.85m（1956 黄海高程系统，下同），已通过安全审查。7、8 号机组与 1~6 号机组紧邻，厂坪设计标高同 1~6 号机组，定为 7.85m。1~6 号机组反应堆厂房中心在一条直线上，7、8 号机组反应堆厂房中心连线较之南移 62m，6 号机组反应堆厂房中心与 7 号机组反应堆厂房中心东西向距离为 285m，7 号机组反应堆厂房中心与 8 号机组反应堆厂房中心东西向距离为 210m（并列布置）。

本工程采用直流冷却，冷却水取自高公岛街道东北侧黄海海域，通过明渠+隧洞的方式输送至厂区；冷却水排水通过暗渠+排水明渠将温排水引入距岸线约 1400m 外的水域排放。

厂址已建淡水厂一座，可以满足本工程的淡水需求，雨水收集经虹吸井排放至排水明渠，生活污水送至污水处理站，处理达标后的污水进行绿化回用或排海。

电力出线在 5、6 号机组建设时已统一考虑，出线方向由配电装置区首先向南，至厂址南排洪沟边缘后向东南与 1~4 号机组电力出线并线，共计出线 4 回，220kV 辅助电源接入 2 回，满足本工程建设要求。

对外交通利用现有的核电南路、核电西路、核电北路三条厂外道路。

本工程利用田湾核电站一期工程厂区前池防波堤北侧已建的 3000T 级自备码头。

本工程用地在 5、6 号机组建设期间已完成场地平整施工，场地北部标高为 7.60m 左右，南部标高在 5.00~7.60m 范围内。北边坡为核安全相关的边坡，最大高度为 108.4m；西边坡为非核安全相关边坡，最大高度 49m。场地北部、西部边坡坡顶设置截洪沟，坡脚设置排洪沟，洪水通过截排洪设施，有组织地汇入大海。

施工临时设施用地占用 1-4 号机组已征土地 18.55hm²，需新增租用土地 23.03hm²。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 布置原则

1) 厂区总平面布置与厂址总体规划协调一致。

2) 充分利用 1~6 号机组已建设施, 降低工程总投资。

3) 合理确定主厂房、循环冷却水设施和配电装置区位置, 尽量保证循环水取排水管道和高压电气廊道的短捷、顺畅。

4) 建构筑物紧凑布置, 节约用地。

5) 通道满足运输、防火、卫生、安全、实物保护、管线布置及施工安装要求。

6) 避免建设机组与运行机组的相互影响。

4.1.2.2 建设规模及项目组成

本期工程规划建设两台 VVER-1200 型压水堆核电机组及配套辅助设施。

4.1.2.3 布置说明

厂区包含主厂房区、循环冷却水设施、配电装置区、辅助生产设施区、厂前建筑区, 循环冷却水设施根据工艺流程依次布置, 配电装置及部分辅助生产设施利用前期已建设施。

(1) 主厂房区

主厂房区主要包括核岛、常规岛。核岛由反应堆厂房 (71UJA/81UJA)、蒸汽间 (71UJE/81UJE)、安全厂房 (71UKD/81UKD)、控制厂房 (71UCB/81UCB)、应急柴油机发电机厂房 (71UBS/81UBS)、重要用户冷却水泵房 (71UQB/81UQB)、辅助厂房 (71UKA/81UKA)、核服务厂房 (71UKC/81UKC)、运输桥架 (71UJG/81UJG)、排风烟囱 (71UKH/81UKH)、新燃料和工艺运输设备贮存厂房 (71UKT)、固体放射性废物贮存厂房 (81UKT)、联合消防泵站 (N1USG)、联合消防泵站储水罐 (N1UGF/ N2UGF) 等组成; 常规岛由汽轮机厂房 (71UMA/81UMA)、主变压器构筑物 (71UBF/72UBF/73UBF/81UBF/82UBF/83UBF)、主变备用相构筑物 (N1UBV)、高压厂用变压器构筑物 (71UBE/72UBE/81UBE/82UBE)、高压厂用备用变压器构筑物 (71UBR/72UBR/81UBR/82UBR)、高压厂用备用变压器进线小间 (71UBU/81UBU)、变压器事故油坑 (71UBH/81UBH)、润滑油转运间 (71UMX/81UMX)、汽机事故油坑 (71UMT/81UMT)、主泵配电间 (71UBA/81UBA)、压缩空气储罐 (72USC/82USC)、柴油发电机厂房 (71UBN/81UBN) 等组成。

7、8 号机组位于 5、6 号机组西侧, 1~6 号机组反应堆厂房中心在一条直线上, 7、8 号机组反应堆厂房中心连线较之南移 62m (建北方向, 下同)。

6 号机组反应堆厂房中心与 7 号机组反应堆厂房中心东西向距离为 285m; 7 号机组

反应堆厂房中心与 8 号机组反应堆厂房中心东西向距离为 210m。

7、8 号机组核岛区各子项基底均位于微风化岩体上，微风化岩体饱和单轴抗压强度为 92.7MPa，剪切波速为 2685m/s，地基承载力特征值为 7.0MPa，完整程度为较完整～完整，以完整为主，基本质量等级主要为 I 级，局部为 II 级，地基均匀稳定。

（2）循环冷却水设施

循环冷却水设施根据工艺流程由北向南依次布置,主要包含重要厂用水取水构筑物（N1UPD）、重要用户冷却水泵房（71UQB/81UQB）、循环水泵房（71UQA/81UQA）、虹吸井（N1UQF），其中重要厂用水取水构筑物位于厂区西北部；重要用户冷却水泵房为核岛厂房一部分，位于反应堆厂房北侧；循环水泵房位于汽轮机厂房西侧；虹吸井位于 7 号常规岛厂房南部。

（3）配电装置区

配电装置区主要包含 500kV 开关站（M1UAB）、网控楼（M1UAC）、220kV 开关站（M1UAD），与 5、6 号机组共用，以上子项在 5、6 号机组建设期间已完成土建施工，本期工程仅需设备安装，其中 500kV 开关站、网控楼位于 5、6 号机组厂区西南部，220kV 开关站位于 3、4 号机组虹吸井的东侧。

（4）辅助生产设施区

辅助生产设施分为放射性辅助生产设施和非放射性辅助生产设施。

放射性辅助生产设施分为新建放射性设施和共用放射性设施。

新建放射性设施为乏燃料干式储存场。乏燃料干式储存场为预留场地，供未来 1~8 号机组乏燃料干式储存使用，位于 7、8 号机组厂区西南部。

共用放射性设施包含特种汽车库（AS）、放射源库（EN）、废物暂存库（QT）、职业去污室（BH）、厂区实验室（AL）、放射性废物处理中心（T4UKT）。特种汽车库、放射源库、废物暂存库与 5、6 号机组共用，位于 5、6 号机组核岛西北侧和北侧；职业去污室、厂区实验室与 5、6 号机组共用，位于 5、6 号机组常规岛东南侧；放射性废物处理中心为 1~8 号机组共用，位于 4 号机组核岛北侧。

非放射性辅助生产设施分为新建非放设施、改扩建非放设施及共用非放设施。

新建非放设施主要包含除盐水处理（N1UGC）、仪用压空机房（N1USC）、制氮车间（N1UTN）、二氧化碳站（71UTG/81UTG）、含油生产废水油水分离池（N1UGM）、气瓶库（M1USK）、地下水监测井（N1UCJ/N2UCJ/N3UCJ/N4UCJ）等。除盐水处理和含油生产废水油水分离池位于 7 号常规岛南部，便于与 7、8 号机组的生产联系；仪用压

空机房两台机组共用，位于 8 号机组常规岛南侧；制氮车间位于仪用压空机房西侧；二氧化碳站采用单元式布置，分别位于 7、8 号机组汽轮机厂房东侧；气瓶库位于一期工程北 BOP 区。

改扩建非放设施包含制氯站（M1UTL）、空气压缩机房（M1USC）、氢气贮存及分配站（M1UTK），位于 5、6 号厂区内，临近 7 号机组主变压器平台，5~8 号机组配电装置区北侧，在 5、6 号机组建设期间已完成土建工程，本期工程设备安装完成后供 5~8 号机组共同使用。

共用非放设施包含保安楼（UG）、机电仪修车间（AF）、辅助锅炉房（T1UTH）。保安楼、机电仪修车间与 5、6 号机组共用。辅助锅炉房为全厂共用，位于 3 号机组核岛北侧。

（5）厂前建筑区

厂前建筑区建设综合办公楼（M1UYC），职工餐厅和档案馆在综合办公楼内。厂前建筑区位于和谐大道以南，生产区西南侧，东侧与总承包商临建办公楼毗邻。

（6）实物保护

根据核电厂实物保护要求，厂区设置控制区围栏、保护区围栏和要害区围栏。

要害区围栏为单层可视围栏并配有轻质防护栏，装备相应的技术防范设施，部分利用核岛厂房建筑外墙并增设相应的安全保卫设施，包围区域为核岛及其附属设施。

保护区围栏为双层铁丝网可视围栏，装备相应的技术防范设施，包围区域为要害区围栏内建构筑物、常规岛、循环水设施区及大部分辅助生产设施。

控制区围栏为单层铁丝网可视围栏，包围区域为保护区范围内所有建构筑物及保护区外控制区内的场地。

控制区、保护区、要害区出入口设置监控系统和执勤哨位，进入人员及车辆必须持有相关证件。

（7）竖向设计

厂区采用平坡式布置，主厂房区场地设计标高 7.85m，核岛厂房和常规岛厂房室内±0.00 设计标高为 8.00m。辅助生产设施区及厂前建筑区场地设计标高由北向南逐步降低，标高范围为 5.00~7.60m。场地排水采用有组织的地下管道排水系统。

（8）交通运输

a. 厂内道路布置

厂内运输主要为设备材料备件以及新燃料、乏燃料、固体废物等的运输，均采用道

路运输方式。

厂内道路分为干路、支路、车间引道、人行道，干路宽度 9m、7m，支路宽度 4m；车间引道根据建筑物出入口尺寸确定；人行道用于各建筑物之间及各建筑物与道路的连接，宽度不小于 1.5m。干路、支路转弯内半径不小于 9m。

沿主厂房四周设置重型路，宽度 7m，转弯内半径不小于 27m，其余道路为轻型路。

上述各类道路，除满足生产运输要求外，还兼具消防功能。

沿控制区、保护区围栏内侧，要害区围栏外侧设置巡逻道路，宽度不小于 4m。

b. 厂区出入口布置

厂区共设置四处出入口，其中位于厂区南部的控制区出入口（M1UYF）为主要出入口，毗邻和谐大道。在控制区出入口东侧约 150m 处设置了货物通行大门。

厂区东北部设置备用出入口，与 5、6 号机组保护区连通，通过 5、6 号机组核岛北侧道路及 1、2 号机组前池北侧道路连接大件码头和厂址次要进厂道路（核电北路），既可以作为大件运输设备出入口，也可以用于厂区应急疏散。

厂区东南部与 5、6 号机组控制区连通，便于与 5~8 号机组配电装置区及 5、6 号机组仓储维修区的生产联系。

（9）铺砌及绿化

由于核电厂对辐射防护、卫生、防火、安全保卫等方面的特殊要求，厂区分分为绿化区和非绿化区。

— 非绿化区。厂区保护区内不进行绿化，采用硬化地面或铺设碎石。

— 绿化区。厂前建筑区及保护区外生产区进行绿化，栽种行道树、花木、加铺草坪等，以改善环境，为核电厂职工提供良好的生产生活空间。

绿化区域的地表均需填筑不低于 30cm 厚的耕植土壤，以利于树木花卉的生长。

4.1.2.4 环境保护相关设施的平面布置

本期新建的环境保护相关设施除核岛外，主要包含乏燃料干式储存场地、生产废水处理设施以及道路、碎石及绿化布置等。

（1）新建的放射性辅助生产设施

乏燃料干式储存场（预留）布置于厂区西南部，为 1~8 号机组乏燃料干式储存提供场地。其布置在厂区边角地带，减少对其他区域的影响。

（2）生产废水处理设施

本期工程新建含油生产废水油水分离池（N1UGM），主要通过室外直埋管道收集厂

内（含油）生产废水，经处理达标后汇入虹吸井（N1UQF），最终排入海域。根据厂区内用地现状及生产废水源位置，将 N1UGM 布置于 7 号机组冷却水泵房南侧。

（3）道路、碎石及绿化布置

本工程在建构筑物周边设置有道路；保护区内在道路与建构筑物之间的场地铺设碎石；保护区外、控制区内的区域设有绿化。

4.1.2.5 环境保护措施

本工程充分考虑环境保护要求，使其对原有地貌的改变不仅能够补偿，而且得到改善，以创造优美的小区域环境。具体实施措施主要有以下几方面：

（1）建构筑物紧凑布置，以节约用地。

（2）厂区内可绿化区域充分进行绿化，并采取多种绿化方式。

（3）尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。

（4）工程完工后，施工场地进行表土回覆和全面整地，采取灌草结合的方式恢复植被。

4.1.3 排放口布置

4.1.3.1 排放口位置

（1）液态流出物排放点

液态流出物为低放废液，通过地下管沟排至虹吸井，并经联合排水暗沟排至排水明渠，再由排水明渠排至排水口，最后进入厂址东南部海域（接纳水体）。

循环冷却水排水、重要厂用水排水、雨水及处理达标的生产废水以及厂区含油废水分离出的水也是通过地下管沟排至虹吸井，并经联合排水暗沟排至排水明渠，再由排水明渠排至排水口，最后进入厂址东南部海域（接纳水体）。

生活污水统一输送至位于田湾核电 1、2 号机组的南区污水处理站进行处理。春夏秋季时，处理达标的生活污水暂存在清水池内供厂区绿化浇洒，无法回用的水排放至 3 号机组循环水闸门井闸门后，最终排入大海；冬季或管道、设备故障时，处理达标的生活污水排海。

（2）气态流出物排放点

气态流出物排放点为核岛通风烟囱（71UKH/81UKH）顶部，核岛气态流出物经处理达标后，通过 7、8 号机组反应堆通风烟囱排入大气。

烟囱顶部的绝对标高为 108m（黄海高程系统）。

4.1.3.2 排放口位置合理性

液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，最终排至大海。

气态流出物排放点位于厂址最大风频的下风向，且远离厂前建筑区及生活配套设施，有效避免气态流出物扩散对生产生活的影响。

4.2 反应堆和蒸汽-电力系统

4.2.1 概述

本工程拟建设两台 VVER-1200 型核电机组，其中核岛以列宁格勒核电站二期工程为参考电站，主 I&C、通讯系统和消防 I&C 除外。常规岛设计相关的标准和要求参考田湾核电站 3、4 号机组。

每台机组的核蒸汽供应系统主要由反应堆冷却剂系统和相关的核辅助系统组成，蒸汽电力转换系统由汽轮发电机组及其辅助系统和二回路热力系统组成。

本工程是两台电功率 1265.4MW 压水堆核电机组。其反应堆装置是额定热功率为 3200MW 的 VVER-1200 型反应堆。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。本工程的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止系统失效。这一层次要求按照恰当的质量水平和工程实践，例如多重性、独立性及多样性的应用，正确并保守地设计、建造、维修和运行核电厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进行安全分级，针对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行的核电站在役检查、维护和试验。设计中也考虑了进行这些活动时的可达性和必要的装备和工具。

第二层次防御的目的是检测和纠正偏离正常运行状态，以防止预计运行事件升级为事故工况。这一层次中最重要的是设置了保护系统，以保证安全相关的重要参数的偏离达到设定的阈值时停闭反应堆，使电站处于安全状态。为此设置了两套独立的停堆系统：控制棒系统和硼酸控制系统。

第三层次防御是必须投入专设安全设施和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如安全注入系统、安

全壳喷淋系统、应急给水系统以及它们的支持系统，这些专设安全设施在事故工况时自动投入运行以控制事故产生的后果。

第四层次防御的目的是针对设计基准可能已被超过的严重事故，以保证放射性的释放保持在尽可能低的水平。这一层次最重要的目的是保护包容功能。除了事故管理规程之外，还有可以防止事故进展的补充措施与规程，以及减轻选定的严重事故后果的措施来达到。

第五层次即最后层次防御的目的是减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。在设计中，要求有适当装备的应急控制中心并编制厂内和厂外应急响应计划。

4.2.2 核岛

核岛包括反应堆厂房、蒸汽间、安全厂房、控制厂房、重要厂用水厂房、核辅助厂房、应急柴油发电机厂房、核服务厂房、新燃料和乏燃料储存厂房及其厂房内的系统设备。

4.2.2.1 堆芯部件

本工程的反应堆组成部分有：压力容器、上部组件、堆内构件（保护管组件，堆芯吊篮，围筒）、堆芯部件（燃料组件，控制棒组件）和堆内监测仪表。控制棒驱动机构装在属于上部组件的反应堆顶盖上。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

1) 系统功能

a) 传热

在核电厂正常运行期间，一回路系统通过沿反应堆——蒸汽发生器——反应堆冷却剂泵——反应堆流动的一回路冷却剂将反应堆堆芯所产生的热量传递给蒸汽发生器二次侧的给水，并使蒸汽发生器二次侧的给水转化为驱动汽轮发电机的饱和蒸汽。本系统的传热功能还包括在反应堆冷却的初期和启动的后期将反应堆的热量传递给二回路系统。

b) 反应性控制

用作反应堆冷却剂的除盐除氧水既用来作为传热的介质，又充当中子慢化剂和反射层以及中子毒物硼酸的溶剂，从而提供一种独立的反应性控制手段作为控制棒的补充。

c) 压力控制

在核电厂正常运行工况下，为了避免在反应堆内出现泡核沸腾，需要将反应堆冷却剂的压力保持在高于反应堆出口温度所对应的饱和压力。反应堆冷却剂的压力由通过波

d) 第三道屏障

一回路系统及其设备作为反应堆冷却剂的压力边界构成防止溶解（或悬浮）在冷却剂中的放射性裂变产物释放的第三道屏障。

2) 系统概述

一回路系统主要由 4 条冷却剂循环环路、一套稳压和卸压系统（JEF/JEG）及有关的连接管道和阀门组成。

每条冷却剂循环环路包括一台 ПГБ-1000МКП 型卧式蒸汽发生器（JEA）、一台 ГЦНА-1391 型反应堆冷却剂泵（JEB）、将蒸汽发生器和反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器连接起来的 DN850 反应堆冷却剂管道（JEC）及有关的连接管道和阀门。

冷却剂在反应堆堆芯将燃料裂变所产生的热量带出堆芯，从反应堆压力容器的出口进入反应堆冷却剂管道的热段，然后从卧式蒸汽发生器的热集流管进入蒸汽发生器传热管将热量传递给二回路的给水，使二回路的给水产生饱和的用于驱动汽轮发电机的蒸汽，被冷却后的一回路冷却剂进入蒸汽发生器的冷集流管并离开蒸汽发生器进入冷却剂管道的过渡段，随后从反应堆冷却剂泵的下部进入反应堆冷却剂泵，在反应堆冷却剂泵内升压后的冷却剂经泵出口进入冷却剂管道的冷段，沿冷段从反应堆压力容器的入口进入反应堆堆芯完成一次循环。

蒸汽发生器的传热管既作为一回路冷却剂与二回路冷却剂传热的表面，也与冷、热集流管一起构成防止放射性裂变产物从一回路进入二回路的屏障。

稳压和卸压系统由一台稳压器、3 组稳压器安全阀、一台卸压箱及有关的连接管道和阀门组成。

稳压器通过一条波动管线使稳压器的下部与 4 号环路的热段相连接，通过一条喷淋管线使稳压器的上部与 3 号环路的冷段相连接。

3) 主要设备

a) 主管道

反应堆冷却剂管道用于将反应堆压力容器、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵等连接起来，以便反应堆冷却剂在一回路系统中进行循环，完成其冷却堆芯并将热量传递给蒸汽发生器二次侧给水的任务。

反应堆冷却剂管道属于安全 2H 级、抗震 1 类设备。

b) 蒸汽发生器

蒸汽发生器是一回路系统中的主要设备之一，作为传热设备用于将一回路冷却剂中的热量传递给二回路的给水，使其产生用于驱动汽轮发电机的干饱和蒸汽；作为一回路压力边界的一部分用于承受一回路冷却剂的压力，并与一回路其他压力边界一起构成防止堆芯放射性裂变产物向二回路或安全壳内释放的屏障。

蒸汽发生器属于安全 1H 级的正常运行设备，抗震类别为 1 类。

在设计污垢系数和堵管率小于 10%的条件下，能在电厂额定功率运行期间可靠地提供所要求的蒸汽流量，并满足湿度不大于 0.20%的所要求的蒸汽品质要求。

在所有的设计工况下，能够可靠地将一回路冷却剂冷却到所要求的温度。

c) 主泵

反应堆冷却剂泵组用于使一回路冷却剂沿反应堆——蒸汽发生器——反应堆冷却剂泵——反应堆进行强迫循环。

在与断电相关的事故工况下冷却剂泵组的惰转能保证冷却剂的循环，以确保堆芯的安全冷却，并为建立冷却剂的自然循环创造条件。

按照安全类别的分级，反应堆冷却剂泵组属于正常运行的装置。承受内压及接头的固定螺栓等部件属于 1H 级，电动机属于 3H 级。反应堆冷却剂泵组属于抗震 1 类设备。

d) 稳压器及卸压系统

稳压器及卸压系统由一台稳压器、3 组稳压器安全阀、一台卸压箱及有关的连接管道和阀门组成。各设备安全分级如下：

- 稳压器：1H；
- 固定件、管式电加热装置：2H；
- 波动管线、喷淋管线、稳压器和稳压器安全阀之间的蒸汽排放管道：2H；
- 稳压器安全阀：23；
- 喷淋管线上的阀门：2H；
- 卸压箱：3H；
- 从稳压器安全阀到卸压箱的蒸汽排放管线：3H。

稳压器和卸压系统所有设备和管道的抗震类别为 1 类。

4.2.2.3 主要辅助系统

VVER-1200 型机组方案核辅助系统主要包括容积和硼酸控制系统、一回路冷却剂净化系统、一回路冷却剂贮存系统、燃料水池冷却系统、燃料水池和硼水贮存箱水净化系统、蒸发器排污系统、蒸发器排污水净化系统、维持一回路冷却剂化学性质的化学药剂

反应堆辅助系统确保下列功能：

- 反应堆冷却剂容积控制和化学控制；
- 反应堆停堆和启动时排出余热；
- 反应堆换料期间燃料组件的装卸。

各系统简要描述如下：

1) 容积和硼酸控制系统（KBA）

主要功能为：维持冷却剂的物质平衡和水质；控制反应堆的反应性；调节水化学工况；净化冷却剂；供给主泵密封水；为了调节一回路的压力及冷却稳压器，向稳压器喷水；用于一回路系统的密封性和强度试验；保证停堆时冷却剂的除气；校正应急堆芯冷却系统非能动部分的蓄压箱中的水位和水质。

系统中设有：两台大流量上充泵；三台小流量活塞式上充泵；一台水压试验泵；下泄再生热交换器；下泄后冷却器；冷却剂排水冷却器；补给水除气器；冷却剂备用下泄热交换器；一回路冷却剂下泄再生热交换器等。

2) 一回路冷却剂净化系统（KBE）

系统主要功能为净化以阴离子和阳离子形式存在的溶解产物，去除处于悬浮状态的放射性腐蚀产物，从而保证一回路的水化学工况标准。主要设备包括阳离子交换器、混合床离子交换器、滤料捕集器和相应的管道、阀门和仪表等。

3) 一回路冷却剂贮存系统（KBB）

系统的主要功能是在正常运行工况（包括电站的启动和停堆工况）和预期运行事件工况下接收和贮存一回路系统的冷却剂；进行一回路冷却剂首次充注；接收和贮存来自含硼疏水收集系统的疏水；并在燃料循环寿期末从冷却剂中除去硼酸。

主要设备包括冷却剂贮槽、冷却剂输送泵、离子交换器、树脂捕集器、阀门、管道及仪表等。

4) 燃料水池冷却系统（FAK）、燃料水池和硼水贮存箱水净化系统（FAL）

燃料水池冷却系统用于完成下列功能：

- ①排出存放在燃料水池内的乏燃料组件的余热；
- ②在正常运行和电站断电时，在反应堆竖井、燃料水池及换料检查井的燃料组件和乏燃料上面形成辐射防护层。

燃料水池和硼水贮存箱水净化系统用于完成以下功能：

①净化燃料水池冷却系统，除去所含的杂质，以降低它的放射性并确保透明度；

②净化含硼水储存系统，除去所含的杂质。

主要设备包括燃料水池冷却泵、燃料水池排水泵、热交换器、预涂床过滤器、离子交换器、硼水冷却器等。

5) 蒸发器排污系统（LCQ-1）、蒸发器排污水净化系统（LCQ-2）

主要功能是从蒸发器中排污、净化和疏水。主要设备包括排污水返回泵、排污冷却器和排污后冷却器、混合床离子交换器、阳离子交换器、过滤器和树脂捕集器等。

6) 维持一回路冷却剂化学性质的化学药剂的配置和供应系统（KBD-1）

系统功能为：接受、配置和暂存指定运行浓度的化学药剂；向一回路提供化学药剂以确保一回路冷却剂化学性质的标准指标。

主要设备有计量泵、间歇性氨溶液贮罐、间歇性联氨溶液贮罐、带有搅拌器的配制槽等。

4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及其厂房内的系统及设备等。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核岛蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换成电能。

蒸汽-电力转换系统主要包括主蒸汽系统、汽水分离再热系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机回热抽汽系统、汽轮机旁路系统和辅助给水系统等。

主蒸汽系统：四根主蒸汽管道将四台蒸汽发生器产生的蒸汽，经过主蒸汽快速隔离阀、汽轮机主汽阀和主汽调节阀后送入汽轮机高压缸。在汽轮机厂房设有主蒸汽联络母管，以均衡各主蒸汽管道的压力。主蒸汽母管上还接有至汽水分离再热器的二级再热蒸汽管道、至汽轮机轴封蒸汽管道、至辅助蒸汽以及汽轮机旁路等系统的管道。

汽水分离再热系统：汽水分离再热器接收来自汽轮机高压缸的排汽，利用分离器去除其湿汽并经汽轮机高压缸抽汽和主蒸汽加热至过热状态，以避免汽轮机叶片腐蚀，并提高电厂效率。

凝结水系统：凝结水系统是介于汽轮机本体和除氧器之间的系统，可将汽轮机乏汽经凝汽器凝结后的凝结水从凝汽器热井抽出，由凝结水泵升压，经过轴封蒸汽冷却器、喉部低加疏水冷却器、凝结水精处理系统和低压加热器后，送至除氧器。除上述主要功能外，凝结水系统还具有接收低加疏水泵出口的疏水，以及向低压缸喷淋系统、凝汽器

水幕保护系统、疏水扩容器和汽轮机旁路系统提供减温水的功能。

主给水系统：主给水系统是介于除氧器和蒸汽发生器给水入口之间的系统，可对给水进行加热、除氧和升压。

汽轮机回热抽汽系统：汽轮机回热抽汽系统包括低压加热器和高压加热器系统。汽轮机回热抽汽系统是利用汽轮机的抽汽、轴封系统的溢流蒸汽以及主汽门和调节汽门阀杆部分漏汽加热凝结水和给水，从而提高汽轮机热力循环效率，并使进入除氧器的凝结水、进入蒸汽发生器的给水达到预定的温度。

汽轮机旁路系统：在机组启动、停机和汽轮机甩负荷时，通过旁排阀（BRU-K），将蒸汽发生器产生的主蒸汽释放到汽轮机凝汽器中。当反应堆功率与汽轮机功率不一致时，该系统通过减压装置把多余的蒸汽排入凝汽器，以防止蒸汽发生器内部压力增加过大而导致大气释放阀（BRU-A）或安全阀动作。

辅助给水系统：在机组启动、停堆、计划冷却等机组过渡工况时向蒸汽发生器供水；当所有主给水泵都无法工作时，为蒸汽发生器供水，使反应堆可以在 7%的额定功率下持续运行。

4.2.3.2 汽轮发电机组

汽轮机为单轴、四缸六排汽再热凝汽式汽轮机。汽轮机包括一个高压缸，三个低压缸及其附件，包括阀门、盘车装置、带顶轴油系统的润滑油系统、仪表和控制系统等。汽轮机采用半速汽轮机，额定转速 1500 转/分钟。

发电机为无刷励磁汽轮发电机，水氢氢冷却方式。

4.2.3.3 凝汽器

汽轮机每个低压缸下部都设有一台凝汽器，从低压缸排出的乏汽进入凝汽器后，在循环冷却水的作用下转变为凝结水。凝结水从凝汽器底部的 6 根凝结水管道汇总成一根母管，再分别进入三台 50%额定容量的凝结水泵。

凝汽器为表面式热交换器，即汽轮机的排汽与循环冷却水（海水）通过传热管表面进行间接换热，冷却水管为钛管。每个凝汽器主要由接颈、壳体、水室、排汽接管和热井等组成。

凝汽器接颈内布置有汽轮机低压缸抽汽管道及汽轮机旁路蒸汽接收装置，最大能接收约 63.67%额定流量的主蒸汽。为防止因汽机旁路蒸汽造成凝汽器温度升高和汽轮机低压缸超温，在凝汽器接颈内设有水幕喷淋保护装置和低压缸喷淋保护装置，由喷水形成水幕以保护凝汽器管束和低压缸。

每台凝汽器喉部接颈位置布置有一台合体低压加热器，每台机组共设置 3 台。

热井布置在管束下方，设计有足够的空间，使流经管束下部的部分蒸汽进入该空间，回流加热管束底部的凝结水，从而减轻传热过程中产生的过冷现象。热井内还附设了凝结水除氧装置，对凝结水进行真空除氧，避免机组在低负荷或空气大量泄漏情况下凝结水的含氧量大于 20ppb。

为确保凝汽器冷却管表面清洁，保证传热效果，每台凝汽器配备两套胶球清洗装置（每侧一套），用以对冷却水管内表面进行定期清洗。在汽轮机适当减负荷至一定程度情况下可对凝汽器任意一半进行清洗或检修。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 海水用水

海水取自黄海，其主要功能是向循环水系统、重要厂用水系统提供冷却水；向制氯站提供生产原水；向滤网提供冲洗水。循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

黄海取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水系统、重要厂用水系统及其他海水用水系统的取水需求，不会出现冷却水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统的情况。

4.3.1.2 淡水用水

核电厂的淡水用水主要包括施工期间的生产用水、人员生活用水、消防用水和施工现场的降尘、洗车用水等，以及运行期间生产用水、生活用水、消防用水、道路浇洒、洗车用水等。

1) 淡水用水量

a) 施工期间用水量

施工期间的淡水用水主要由施工生产用水和施工人员的生活用水组成。施工生产用水主要包括混凝土搅拌、混凝土养护、冲洗砂石、降尘浇洒、砌筑工程、施工机械用水等。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 $1760\text{m}^3/\text{d}$ 。施工高峰期施工人员数 11000 人，7500 人在苹果园生活区居住，生活用水量标准取 $150\text{L}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，其他施工人员不居住在厂区内，生活用水量标准取 $30\text{L}/\text{人}\cdot\text{日}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1230\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场生活用水最大日用水量为 $330\text{m}^3/\text{d}$ 。施工现场降尘和洗车用水量为

134m³/d。考虑管网漏损水量和未预见用水等，施工期间最大日用水量约为 3444m³/d。

b) 运行期间用水量

运行期淡水用水包括生活用水、生产用水、消防用水和洗车、道路浇洒用水等。

生活水系统供给生活用水、采用生活水水质的生产用水、消防补水、洗车用水等。

采用生活水水质的生产用水主要包括循环水泵房用水、核岛用水、常规岛用水等。生产用水主要供给除盐水处理系统原水。

道路浇洒用水采用再生水，洗车用水采用淡水。

考虑管网漏损水量与未预见水量以及淡水厂自用水量，本工程运行期正常运行日用水量为 4641m³/d，最大日用水量为 7842m³/d。本工程正常运行设计耗水指标为 0.023m³/s·GW。本工程工业用水重复利用率约为 99.8%。

2) 供水水源

本工程施工期间和运行期间的淡水由 1、2 号机组已建的淡水厂提供，道路浇洒用水采用再生水，洗车用水采用淡水。淡水厂的原水取自蔷薇河。

根据《田湾核电站 7、8 号机组水资源论证报告书》，鉴于田湾核电站 7、8 号机组和 1-6 号机组的最大日用水量不会在同一天出现，田湾核电站 1-8 号机组运行期最大日用水量出现在七台运行、一台冷启动工况，运行期八台机组最大日用水量约为 23733m³/d。田湾核电站 1、2 号机组已建淡水厂的设计规模为 28000m³/d，可以满足 1-8 号机组的淡水用水需求。

道路浇洒日用水量约为 39m³/d。本工程正常运行期间新增生活污水产生量约为 87m³/d，再生水产生量约为 78m³/d，可以满足道路浇洒的水量要求，洗车用水采用淡水。

4.3.2 核电厂散热系统

本工程海水取排水系统的功能主要是为常规岛和核岛提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、核岛重要厂用水排水以及符合排放标准的液态放射性流出物混合后经排水渠排入海域。

本工程循环冷却水和重要厂用水均采用海水直流供水系统。海水取自黄海，通过引水渠将羊山岛东北侧的海水引至厂外引水隧洞进水构筑物，再经过厂外引水隧洞进入重要厂用水取水构筑物。其中循环冷却水通过循环水进水暗沟→循环水泵房→循环水进水管→汽轮机房→循环水排水管道→虹吸井→循环水联合排水暗沟→排水闸门井→排水明渠→入海；重要厂用水通过重要厂用水进水廊道→重要用户冷却水泵房→重要厂用水排水暗沟→虹吸井→循环水联合排水暗沟→排水闸门井→排水明渠→入海。

7、8 号机组与 1~6 机组共用取水导流堤，厂外引水隧洞进水构筑物在田湾核电站扩建工程 5、6 号机组项目中与 5、6 号机组合建，需进行取水明渠疏浚；7、8 号机组的排水导流堤与 1~6 机组共用，需新建排水口并延长现有导流堤，进行排水明渠疏浚。

1) 取水导流堤与取水明渠

取水明渠道流堤包括南、北两条堤，南、北两条导流堤在 1、2 号机组取水明渠道流堤的基础上东延约 1.5km，其中北导流堤再向东北外延 1.1km，同时南导流堤再向东北延长约 2.6km。取水导流堤已建成。取水明渠位于南、北两条导流堤之间，按照全厂规划容量八台机组考虑共用，明渠内底标高-9.5m 不变，取水明渠底宽随不同工程规划而不同。1~8 号机组共同运行时取水明渠内底宽约 190m。

2) 厂外引水隧洞进水构筑物

在厂外引水隧洞头部设置厂外引水隧洞进水构筑物及相应的运行维护设施，其主要功能是保证隧洞在设计潮位下取用所需水量，使其具有良好的进水条件，并防止杂物进入隧洞，在引水系统需要检修时截断水流。

厂外引水隧洞进水构筑物采用潜孔式进水的布置形式。其主要组成部分包括检修闸门、细格栅及移动式抓斗清污机、旋转滤网、加氯设施和起重机等。

3) 取水隧洞

每台机组设置一条取水隧洞，本期工程共设置 2 条，每条隧洞内径 $d=6.8\text{m}$ ，每条隧洞长度约 $L=3.8\text{km}$ ，设置有检修闸门可单条隧洞独立检修，正常运行工况下取水隧洞内流速约 1.85m/s 。

4) 循环水泵房和重要用户冷却水泵房

本工程每台机组均设置一座循环水泵房和一座重要用户冷却水泵房。

5) 排水构筑物与排水口

排水采用暗渠+排水导流堤+开挖明渠相结合的排水方式。7、8 号机组的循环冷却水排水和重要厂用水排水在厂区排水虹吸井内混合，再通过排水隧洞排向东南侧，穿过南护岸由排水口排入大海。每台机组设置一条排水隧洞。

排水口门在 3~6 号机组排水口门基础上向西拓宽约 68m，需拆除原 3~6 号排水口门喇叭口西侧抛石堤，并在西侧约 68m 处新建 7、8 号机组排水喇叭口西抛石堤，长约 194m，结构与 3~6 号排水喇叭口相同。排水口门由前段的喇叭口结构和后段护坦组成。

6) 排水导流堤与排水明渠

排水明渠道流堤在前期工程已建成的长 1.3km 排水导流堤基础上，平行于海岸向东

南方向延伸 2.05km，排水明渠通过开挖形成。7~8 号机组的排水明渠内底宽约 80m，明渠内底标高-3.5m。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

本工程汽轮发电机组的额定功率为 1265.4MW、发电机额定功率因数为 0.9、额定电压为 27kV，每机组分别与三台单相升压变压器（主变）相连，以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统。

发电机与主变压器通过离相封闭母线相连，母线上设有发电机出口断路器，发电机出口断路器的短路电流开断能力为 210kA。

500kV 配电装置选用 SF₆ 气体绝缘的全封闭组合电器（GIS），采用 3/2 断路器接线。

根据“电规规划〔2019〕223 号”文件《关于印发田湾核电站 7、8 号机组接入系统设计报告评审意见的通知》，本期工程新建的 2 台机组将与 5、6 号机组合用已建成的 500kV 高压配电装置，500kV GIS 将在已建成厂房基础上扩建，不新增 500kV 送出线路，直接利用田湾核电站 5、6 号机组已建配套送出线路，4 回厂外线路分别为宿姚线、宿艾线、宿花线、宿果线，最终形成 4 机 4 线的运行状态。

田湾 1~4 号机组已经建成一座 220kV 开关站，经过两回 220kV 架空线与 220kV 系统连接。田湾 5、6 号机组建设时，对 220kV 开关站进行了扩建，并预留 7、8 号机组出线间隔设备基础和土建预埋件。本期高压厂用备用变压器进线间隔在前期工程预留的厂房和设备基础上扩建 2 个出线间隔。

为了保证发电机组厂用设备供电的冗余性，每个机组都安装了两台容量为 80/40-40MVA、电压等级为 230±8x1.25%/10.5-10.5 kV 的高压厂用备用变压器。高压厂用备用变压器的容量可以满足机组失去厂内电源和厂外主电源时必要负荷的用电需求。220kV 系统与高压厂用备用变压器之间采用 220kV 高压电缆连接。

7 号机组和 8 号机组高压厂用备用变压器之间采用 10kV 跨接电缆进行连接。为避免一台机组的高压厂用备用变压器不恰当地带了两台机组的负荷，高压厂用备用变压器联络母线开关为手动操作，同时在 10kV 母线设置闭锁回路，当一台机组借用另一机组的高压厂用备用变压器时，本机组的高压厂用备用变压器低压侧开关不能合闸。此种变压器借用工况跨接线的投入和切断均为手动操作，需要依靠运行人员对两台机组的运行情况进行人为判断后决定是否投入，不能自动切换。被借用的机组将在短期内无法利用备用电源。

4.4.2 开关站的选型和布置

本工程地处海边，所有电气设备都必须考虑盐雾腐蚀的影响，为提高电气设备供电的可靠性、安全性，500kV 与 220kV 配电装置均布置在户内，500kV 和 220kV 配电装置采用 SF₆ 气体绝缘组合电器（GIS）。

500kV 和 220kV 开关站位置在厂区的南部，出线向南。主变压器及高压厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

4.4.3 与电力系统的连接

本工程可优化江苏省能源及电源结构，有利于缓解一次能源运输的压力，提高能源供应的安全性，对减少碳排放、保护环境发挥着重要作用，同时还可充分利用稀缺的厂址资源和现有的技术力量，具有投资省、见效快的优点。本期 7、8 号机组与 5、6 号机组合用已建成的 500kV 高压配电装置，500kV GIS 在已建成厂房基础上扩建，不新增 500kV 送出线路，直接利用田湾核电 5、6 机组已建配套送出线路，最终形成 4 机 4 线运行状态。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施主要由应急堆芯冷却系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器应急给水系统等系统组成。其中应急堆芯冷却系统包括高压安全注入系统、低压安全注入系统、应急堆芯冷却系统非能动部分。

下面详细介绍关于专设安全设施中各系统的系统设计和性能描述。

4.5.2 应急堆芯冷却系统

应急堆芯冷却系统由以下子系统组成：

- 高压安全注入系统(JND)；
- 低压安全注入系统(JNG-1)；
- 应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)。

在失水事故时，整个应急堆芯冷却系统应保证不断向一回路注入硼酸溶液以冷却反应堆堆芯。在设备切换（包括由于断电的原因）时，在可能中断注入硼酸溶液的持续时间内应防止堆芯冷却的准则遭到破坏。

4.5.2.1 高压安全注入系统（JND）

高压安注系统（JND）在冷却剂丧失事故期间，当反应堆冷却剂系统压力低于高压安注系统（JND）的工作压力时，高压安全注入系统保证快速向一回路注入硼酸溶液，

以冷却堆芯，其注入量随一回路的背压降低而增加。

高压安全注入系统由 4 个相同且相互之间完全独立的系列组成，每个系列的容量为 100%，每个系列具有自己独立的工艺部分、控制系统和支持系统，能独立完成系统功能。每个系列设备实行实体隔离。

每个系列设有一台高压安注泵、阀门及相应的连接管道，以及相应的试验管线和再循环管线。

高压安全注入系统每两个系列通过低压安全注入系统（JNG-1）的管道与含硼水储存系统（JNK）中的地坑水箱连接，地坑水箱贮存低浓度含硼水，其容积能满足高压安全注入系统（JND）、低压安全注入系统（JNG-1）、安全壳喷淋系统（JMN）的泵同时运行的需求。

在高压安注泵的出口管线上的安全壳贯穿处，靠安全壳外侧设有电动隔离阀，靠安全壳内侧设有止回阀。

当发生一回路冷却剂丧失事故且高压安注泵接到信号后，四台高压安注泵分别从两个地坑水箱取水。当一回路中压力达到应急堆芯冷却系统非能动部分（JNG-2）或低压安全注入系统（JNG-1）的运行参数时，操作员可手动停止高压安全注入系统的运行，应急堆芯冷却系统非能动部分（JNG-2）或低压安全注入系统（JNG-1）投入运行。在事故工况下，在要求运行的整个周期时间内系统应连续运行冷却反应堆。

4.5.2.2 低压安注系统（JNG-1）

低压安全注入系统在冷却剂丧失事故期间，包括 DN850 主冷却剂管道的断裂，当冷却剂系统的压力下降到低于 JNG-1 系统的工作参数时，向一回路注入硼酸溶液，以防止燃料组件的熔化和变形，其注入量随一回路的背压降低而增加。

低压安全注入系统由 4 个相同且相互之间完全独立的系列组成，每个系列的容量为 100%，每个系列具有自己独立的工艺部分、控制系统和支持系统，能独立完成系统功能。每个系列设备实行实体隔离。

每个系列设有一台低压安注泵、阀门及相应的连接管道，以及相应的试验管线和再循环管线。

在地坑水箱至低压安注泵的入口管线上设置电动隔离阀，防止地坑水箱中的水丧失。在低压安注泵的出口管线上的安全壳贯穿处，靠安全壳外侧设有电动隔离阀，靠安全壳内侧设有止回阀。在安全壳内一回路环路供给管道上设置止回阀，在正常运行工况下限制一回路冷却剂泄漏。低压安全注入系统（JNG-1）、高压安全注入系统（JND）、安全

壳喷淋系统（JMN）泵进口母管上设置热交换器，用于冷却水或导出余热。

低压安全注入系统每两个系列与含硼水储存系统（JNK）中的地坑水箱连接，地坑水箱贮存低浓度含硼水，其容积能满足高压安全注入系统（JND）、低压安全注入系统（JNG-1）、安全壳喷淋系统（JMN）的泵同时运行的需求。

当发生一回路冷却剂丧失事故且低压安注泵接到信号后，四台低压安注泵分别从两个地坑水箱取水。在事故工况下，在要求运行的整个周期时间内，系统部件运行直至将反应堆装置转入到安全状态。

4.5.2.3 应急堆芯冷却系统非能动部分（JNG-2）

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)的设计功能是：在冷却剂丧失事故期间，当一回路压力下降到低于限值时，快速向一回路注入浓度硼酸溶液。硼酸溶液数量足以冷却反应堆堆芯直至低压安全注入系统投入（JNG-1）。

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)由 4 个相同且相互之间完全独立的系列组成，每一系列包括应急堆芯冷却系统安注箱、管道与阀门。每台安注箱上各安装 2 个先导安全阀用于超压保护。自安注箱至反应堆压力容器的 DN300 管道上设置 2 个止回阀与 2 个快速截止阀。

在核电厂正常运行期间，两个串联的 DN300 止回阀将两台安注箱与反应堆压力容器隔离。当反应堆压力低于安注箱中压力时，止回阀自动开启并将安注箱内的含硼水注入反应堆压力容器，两台安注箱与反应堆入口腔室相连，另外两台与反应堆出口腔室相连。

当安注箱的水位低于一定限值时，产生关闭快速截止阀的信号，以避免氮气进入反应堆。

安注箱的管道直接与反应堆压力容器连接，可避免当一回路冷却剂管道破裂时使注入的水流失，有利于事故后对堆芯进行冷却。

应急堆芯冷却系统非能动部分(JNG-2)在要求其运行的反应堆冷却剂系统的各种泄漏情况下向堆芯注入足够的含硼水。

4.5.3 安全壳喷淋系统（JMN）

安全壳喷淋系统作为防止放射性裂变产物在事故工况下向环境释放的一项措施，其主要功能是导出事故后安全壳内大气中的热量，降低安全壳内的压力和温度，吸附和清除安全壳中的放射性裂变产物（尤其是放射性碘）。

安全壳喷淋系统设有 4 个相互独立的系列，每个系列可提供系统 50%的额定喷淋量。系统由 4 台喷淋泵、4 台化学添加剂泵，2 个化学贮存箱和有关的阀门、截流孔板及管道

每个系列通过低压安注系统的管线与安全壳地坑相连接。

在安全壳内，每个系列的压力管线与装有喷嘴的喷淋母管相连接。喷淋母管和喷嘴安装在安全壳的穹顶部位，喷淋所覆盖体积约为安全壳自由空间的 70%，喷嘴为圆锥体。

JMN 系统的每个系列都有一条试验管线和一条再循环管线。

JMN 共设有两台化学添加箱。四个系列的化学添加泵分别与这两台化学添加箱相连接，构成化学添加子系统。所设的化学添加子系统保证了喷淋水合适的化学性质，这样既降低了喷淋水对不锈钢材料所产生的腐蚀作用，又可提高对裂变产物（尤其是放射性碘）的去除效率，化学添加剂的组成为：100-150g/L 钾离子，10-15g/L 联氨，39.5-44.5g/L 硼酸。

包括管线和阀门在内的部分安全壳喷淋系统的设备位于安全壳内，而另外一部分管线、阀门和设备位于安全厂房中有防火屏障的独立房间内。

在安全壳喷淋系统的设计中考虑了下列设计基准事故：

- 一回路冷却剂系统管线的破裂；
- 位于安全壳内的二回路管线的破裂。

当反应堆一回路发生大破口失水事故或安全壳内的二回路主蒸汽管道发生破裂时，安全壳内压力增加，安全壳喷淋系统向安全壳内喷淋含有化学添加剂的硼溶液。当安全壳地坑的水温度超过一定限值时通过 JNG 系统进行热交换，确保地坑水能够冷却且形成动态循环。这样导出了安全壳内的热量，降低了安全壳内的压力和温度，减少了安全壳内大气中的放射性物质的含量，既保证了安全壳的密封性和结构完整性，也防止了安全壳内的放射性物质向环境释放。

4.5.4 蒸汽发生器应急给水系统

蒸汽发生器应急给水系统（LAR/LAS）用于在正常运行条件偏离工况和设计基准事故下，当主给水系统和辅助给水系统不能供给水时，保证为蒸汽发生器提供给水。系统将在蒸汽发生器中液位降低相关始发事件下和要求应急冷却或机组保持热备用时发挥功能作用。

系统将在断电情况下不晚于 120s 保证向蒸汽发生器供给水。系统将在所有冷却阶段当蒸汽发生器中的压力达到 0.1MPa(g)时，保证向蒸汽发生器供给水。系统将在断电工况下 1 个系列和大气释放阀运行时，保证最大必须冷却速率 15℃/h。系统将确保蒸汽发生器保持给定水位。应急给水管道的将分别独立与蒸汽发生器相接。系统将在事故情况下可

运行，并在事故后保持可用性。

应急给水系统由 4 个完全独立的系列组成，每个系列的容量为 100%，每个系列具有自己独立的系统部分、控制系统和支持系统。各个系列的设备实行实体隔离。在每个系列中设有一台应急给水泵、阀门及相应的连接管道，以及相应的试验管线和再循环管线。

应急给水系统每个系列的泵吸入管道都与容量各为 1000m³ 的除盐水贮存箱相连，箱中除盐水的温度为+25℃到+35℃。

应急给水系统的部分设备，包括管道和止回阀位于安全壳内，其他部分（应急给水泵、阀门、管道）位于相互之间有防火屏障实体隔离的单独的蒸汽隔间内。

根据事件的进展，应急给水系统保证向蒸汽发生器供水，并与大气释放阀一起将反应堆装置维持在热停堆状态直到电源恢复或反应堆装置进入冷停堆状态。

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.6.1 放射性源项

核电厂运行产生的放射性物质主要来源于反应堆燃料芯块内的裂变反应，裂变反应产生的裂变产物绝大部分都被包容在燃料元件包壳内，只有极少量的裂变产物由于燃料元件包壳破损而泄漏到反应堆一回路冷却剂中。同时裂变反应所产生的中子会使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料发生活化而产生生活化产物。

反应堆冷却剂中的放射性活度很大程度上取决于燃料包壳的缺陷特征，以及裂变产物从燃料包壳间渗透入冷却剂的现象。

这些裂变产物和中子活化腐蚀产物通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成对二回路系统的污染。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液管理系统包括下列系统：

- 特种污水系统（KT*）；
- 地漏水处理系统（KPF）；
- 液体放射性废物贮存系统（KPK）；
- 常规岛废液排放系统（LDL）。

其中 KT*、KPF、KPK 系统为单机组设置，LDL 为双机组设置。

4.6.2.1 特种污水系统

特种污水系统由反应堆厂房设备疏水系统（KTA）、含硼疏水收集系统（KTC）、反应堆厂房特种污水系统（KTF）、安全厂房特种污水系统（KTL）、辅助厂房特种污

水系统（KTH）和核服务厂房特种污水系统（KTT）组成。

1) 系统功能

— 分类收集各厂房的特种下水，含硼疏水收集后进入冷却剂贮存系统（KBB）；放射性活度浓度相对较高的特下水进入疏水坑箱 KPF12BB001 中，放射性活度浓度相对较低的废液进入低放介质收集箱 KPF60BB001(002,003)；

— 将收集的特种下水分别输送到地漏水处理系统（KPF）的贮槽；

— 将核岛内收集的废水输送至 SRP 系统监测排放。

2) 系统描述

— 反应堆厂房设备疏水系统（KTA）分类收集设备疏水和泄漏水，其中一回路冷却剂收集在可控泄漏箱 KTA10BB001 并用泵送至 KBA 或 KBB 系统，硼酸溶液收集在含硼疏水槽 KTA40BB001 并用泵送至 KTC 系统，化学去污水收集在 KTA20BB001 贮槽并用泵送至 KTC 系统。

— 含硼疏水收集系统（KTC）分类收集含硼疏水，含硼疏水和泄漏水收集至 KTC 贮槽 KTC10BB001，通过泵送至冷却剂贮存系统（KBB）；

— 反应堆厂房特种污水系统（KTF）分类收集反应堆厂房内控制区内及环形空间内的放射性废液，KTF90 收集的特下水送至贮槽 KPF12BB001，火灾后消防产生的排水送至贮槽 KPF60BB001(002,003)；

— 安全厂房特种污水系统（KTL）分类收集安全厂房的含硼放射性废液，将特下水通过输送泵送到疏水坑箱 KPF12BB001，厂房高层处中相对洁净的排水和消防水自流至核辅助厂房的 KTH11BB001 地坑，由 KTL10 收集的相对洁净的消防水经 KTH11 系统管道进入低放介质收集箱 KPF60BB001/002；

— 辅助厂房特种污水系统（KTH）用于收集核辅助厂房（UKA）控制区内产生的放射性废液，并通过输送泵送至地漏水处理系统（KPF）；

— 核服务厂房特种污水系统（KTT）分类收集和输送来自核服务厂房的特下水、管道和设备的排水、实验设备排水、带潜在放射性沾污的淋浴水和洗手盆排水、消防水以及反应堆冷却剂泵的冲洗水。其中，控制区的淋浴水和反应堆冷却剂泵冲洗水进入 SRP 系统的三个贮槽进行槽式监测排放。如果 SRP 监测槽内废水的放射性浓度超过排放控制值则送往 KPF60 系统进行处理。由 KTT40 收集的特下水自流进入 KPF12BB001 收集后处理；由 KTT20 收集的相对洁净的淋浴水、洗手盆废水和实验室废水进入 KTH11BB001 地坑，输送至 KPF60 进行处理；控制区的消防水由 KTT11

收集并自流入 KTH11BB001 地坑后，输送至 KPF60 进行处理。

— 常规岛过滤器（即除盐器）酸碱再生液由常规岛废液排放系统（LDL）相应的收集槽（LDL10BB001、LDL20BB001、LDL30BB001）收集并进行监测排放；如果经监测发现放射性浓度超过排放控制值，则送往 KPF 系统处理。

4.6.2.2 地漏水处理系统（KPF）

1) 系统功能

地漏水处理系统（KPF）的功能是接收和处理放射性废液，将蒸发产生的蒸残液送往液体放射性废物贮存系统（KPK）中贮存。处理后满足要求的冷凝液尽可能复用做补给水，其余部分向环境排放。

2) 设计基准

根据俄罗斯标准规范 NP-001-15 本系统属于正常运行的系统，核安全等级为“3H”。

根据 NP-089-15《核动力装置的设备和管道设置和安全运行规范》本系统质量等级为“C”组。

根据 NP-031-01 本系统的抗震类别为 II 类。

KPF 系统的设计处理能力为 7100 m³/a。

疏水坑箱 KPF12BB001，凝结水贮存箱 KPF30BB001 及疏水罐 KPF20BB001、KPF20BB002 房间设置钢覆面。

KPF 系统采用蒸发、离子交换的处理方法。蒸发器处理能力为 6t/h，蒸发器总的去污系数为 10⁵，除盐器的去污系数为 10~100。净化后的凝结水作为补给水，非平衡的部分向环境排放。经蒸发处理后，每台机组每年产生含盐量为 400g/L 的蒸残液约 25m³。

3) 系统描述

反应堆厂房、核辅助厂房、安全厂房产生的特下水收集在疏水坑箱 KPF12BB001 内。疏水坑箱 KPF12BB001 被分为洁净水区和污染水区，含有可机械去除杂质的废液送入污染水区，在污染水区进行沉降后产生的泥浆将定期输送至 KPK 系统，此后送至放射性废物处理中心（T4UKT）处理。沉降后的废液进入洁净水区，用泵 KPF12AP001、KPF12AP002 将该废液送入水力旋流器 KPF11AT001、KPF12AT001，在此杂质被分离出来，以泥浆的形式送入液体放射性废物转运系统（KPH）旋流器泥浆接收槽（KPH10BB001）暂存后送至放射性废物处理中心（T4UKT）处理。

经旋流净化后的废液送入疏水罐 KPF20BB001/002。疏水罐 KPF20BB001/002 中的废液在送入蒸发器前，可在贮槽内利用 KBD-2 系统提供的 NaOH 进行 pH 调节并进行废液

取样。用疏水箱泵 KPF21AP001 或 KPF22AP001 将疏水罐 KPF20BB001、KPF20BB002 内的废水混合。

用疏水箱泵 KPF21AP001（或 KPF22AP001）将废液送至过滤器 KPF24AT001/KPF25AT001 后，将废水先输送至蒸发器 KPF30AT001 进行蒸发，浓缩液进入后蒸发器 KPF30AT002 进一步蒸发，蒸发后浓度达 400g/L 的蒸残液进入液体放射性废物贮存系统（KPK）贮槽。

蒸发器 KPF30AT001 的二次蒸汽在冷凝器 KPF30AC010 内冷凝，凝结水自流入凝结水贮存箱 KPF30BB001。凝结水泵 KPF41AP001、KPF42AP001 将 KPF30BB001 的凝结水送至凝结水冷却器 KPF40AC001 冷却，然后经除盐器 KPF40AT001、KPF40AT002 处理后进入控制贮箱 KPF40BB001、KPF40BB002 中的一个，凝结水在监测槽内经混合、取样分析，合格后用泵 KPF43AP001、KPF44AP001 将凝结水送到排放管线。当凝结水监测不合格时，可以将其返回到疏水罐 KPF20BB001、KPF20BB002 进行二次净化。后蒸发器 KPF30AT002 的二次蒸汽在冷凝器 KPF30AC030 内冷凝，之后流入疏水坑箱 KPF12BB001 并重新进行蒸发处理。

未冷凝的蒸汽和气体的混合物从冷凝器 KPF30AC010、KPF30AC030 送到排气冷却器 KPF30AC020。排气冷却器中的不凝气体进入储罐排气处理系统（KPL70），而蒸汽的凝结水同样流入凝结水贮存箱 KPF30BB001，然后进行除盐处理。

KPF60BB001/002 用于接收来自各个厂房相对洁净的排水以及消防水、来自特种洗衣房系统（SRP）的超标洗衣水、核服务厂房特种污水系统收集的放射性浓度超过排放控制值的废水，以及来自常规岛废液排放系统（LDL）的超标废液。在进行取样后将废液送至除盐器 KPF60AT001/002 进行离子交换处理。处理后的废液进入 KPF60BB003，此后将其输送至排放管线进行排放。

4.6.2.3 液体放射性废物贮存系统（KPK）

1) 系统功能

液体放射性废物贮存系统（KPK）用于把核电厂运行和维修过程中产生的放射性废树脂和吸附剂、KPF 系统蒸发产生的蒸残液在送往放射性废物处理中心（T4UKT）处理之前进行中间贮存。

2) 设计基准

进入 KPK 系统的放射性废物为蒸残液和废树脂。

KPK 系统设有 2 个 80m³ 蒸残液贮槽、2 个 30m³ 中放废树脂贮槽、一个 30m³ 低放

废树脂贮槽、一个 80m³ 备用贮槽。

3) 系统描述

— 蒸残液的贮存

KPK 系统接收 KPF 系统后蒸发器 KPK30AT002 产生的蒸残液及核岛内各除盐器水力卸料时产生的离子交换废树脂。

含盐量为 400g/L 的蒸残液自流入蒸残液贮槽 KPK10BB001 或 KPK10BB002。当蒸残液的含盐量低于 400g/L 时，可以将其输送回 KPF20BB001/002 处理。蒸残液需要处理时，使用泵 KPK40AP001、KPK40AP002 通过软管和快速接头把蒸残液从贮槽 KPK10BB001、KPK10BB002 输入蒸残液屏蔽运输槽车，然后送到放射性废物处理中心（T4UKT）处理。

在应急情况下可以把蒸残液从贮槽 KPK10BB001、002 送入备用贮槽 KPK10BB003，当故障排除后介质再返回原贮槽。

— 废树脂的贮存

燃料水池和含硼水箱水净化系统（FAL）、一回路冷却剂净化系统（KBE）、冷却剂贮存系统（KBB）、一回路冷却剂处理系统（KBF）和地漏水处理系统（KPF）产生的放射性较高的废树脂送入废树脂贮槽 KPK20BB001 或 KPK20BB002 贮存。贮槽 KPK20BB001 和 KPK20BB002 互为备用，同时在应急情况下可以把废树脂由 KPK20BB001、002 送入 KPK30BB001，当故障排除后再返回原贮槽。

废树脂需要处理时，使用泵 KPK52AP001、KPK54AP001 通过软管和快速接头把废树脂从 KPK20BB001、KPK20BB002 输入废树脂屏蔽运输槽车，然后送到放射性废物处理中心（T4UKT）处理。

重要用水中间冷却回路系统（KAA）、地漏水处理系统（KPF）和蒸汽发生器排污水净化系统（LCQ-2）除盐器产生的废树脂大部分情况下为非放或极低放树脂，为降低废物产生量，这些系统产生的废树脂先收集在树脂中间容器 KPK60AT001 中，达到清洁解控标准的树脂经过辐射监测和监管部门批准后可作为非放废物处理，宜再生时装入容器桶，存放在固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变；其他树脂送至低放射性树脂槽 KPK30BB001，依据放射性水平进行处理。

4.6.2.4 一回路冷却剂处理系统（KBF）

1) 系统功能

一回路冷却剂处理系统（KBF）用于含硼水的处理，目的是将一回路冷却剂分离成

冷凝液和硼酸浓缩液，复用于一回路系统。

2) 设计基准

按照 NP-001-15 规定，KBF 系统按其指定的功能属于正常运行系统，根据其对安全的作用该系统为安全相关系统。

KBF 系统的设备，管线和阀门（除非在下面单独指明）按照 NP-001-15 属于安全 3 级，分类为 3H，按照 NP-089-15 属于 C 组。

安全壳隔离组的阀门按照 NP-001-15 属于安全 2 级，分类为 2NL，按照 NP-089-15 属于 B 组。

按 NP-031-01，KBF 系统的全部安全 3 级设备的抗震类别为抗震 II 类。

按 NP-031-01，KBF 系统的全部安全 2 级设备的抗震类别为抗震 I 类。

3) 系统描述

来自冷却剂贮存系统（KBB）冷却剂贮罐 KBB11BB001、KBB12BB001 的含硼水由泵 KBF11AP001、KBF12AP001 供应到蒸发器 KBF10AT001。

在进入蒸发器之前，冷却剂在含硼水加热器 KBF10AC001 中被加热。在蒸发器 KBF10AT001 中硼酸被浓缩至 39.5~44.5g/L。二次蒸汽在凝汽器 KBF10AC002 中冷凝。凝结水由泵 KBF21AP001、KBF22AP001 送到凝结水冷却器 KBF20AC001 冷却后供应到补给水贮罐 KBC11BB001、KBC12BB001。如果需要，凝结水可通过 KPF 系统的离子交换器净化处理后从监测槽排放到环境中。从排气冷却器 KBF10AC003 排出的气体被直接排放到储槽排气处理系统（KPL70）；排出的冷凝液被排放到凝结水贮存箱 KBF10BB001。蒸发后的硼酸浓缩液经浓缩硼溶液冷却器 KBF50AC001 冷却后送到浓缩硼溶液贮存箱 KBF50BB001。之后由泵 KBF51AP001、KBF52AP001 输送到过滤器 KBF50AT001（002，003）进行净化。经离子交换器净化后的硼酸浓度为 39.5~44.5g/L 浓缩液被输送到贮罐 JNK10BB002、JNK40BB002。

一个两级阳离子精处理系统用于净化硼浓缩液。此系统的第一级由不可再生过滤器构成，二级由可再生过滤器构成，之后还有一个阴离子交换树脂过滤器。

含硼水储存系统（JNK）贮罐 JNK10BB002、JNK40BB002 的硼浓缩液可以送来进行再净化。硼浓缩液由泵 KBF51AP001、KBF52AP001 吸出，在 KBF50AT001、KBF50AT002 和 KBF50AT003 净化后，送回 JNK10BB002、JNK40BB002。

如有必要，当 KBF 蒸发装置失效时，可用 KPF 系统备用蒸发器处理含硼废水。与此同时，进行 KPF 系统蒸发装置的预先清洗，试验室进行冲洗水的化学控制。含硼水由

泵 KBF11AP001、KBF12AP001 供应到蒸发器 KPF30AT001。处理后的硼酸浓缩液进入浓缩硼溶液贮存箱 KBF50BB001，而冷凝液通过冷却器 KBF20AC001 冷却后进入 KBC-1 系统补给水贮存箱。

过滤器的过滤效率和过滤材料的状态由试验室分析控制。

如果阳离子交换剂（第一级过滤器）和阴离子交换剂交换容量耗尽，则应进行更换。离子交换树脂用水和压缩空气从过滤器卸载到 KPK 系统。新树脂由移动水力传送器 LCQ01AF001 或漏斗装载。

设计上已考虑到第二级阳离子交换剂的树脂再生。

为了反冲和水力输送树脂，过滤器由 KBC-2 系统提供水，由 QEB 系统提供压缩空气。压缩空气通过化学除盐水管线输送。压缩空气管线在 KBC-2 系统中接入除盐水管线。反冲洗的水排向 KPK 系统。

设有过滤介质捕集措施以防止疏排系统过滤器损坏时离子交换树脂流失。

用于蒸发器化学冲洗的冲洗溶液由 KBD-2 系统提供。

4.6.2.5 放射性废水槽式排放

本工程放射性废水按槽式排放原则进行监测排放，包括以下几部分：

- 地漏水处理系统（KPF）的监测与排放单元；
- 特种洗衣房系统（SRP）；
- 常规岛废液排放系统（LDL）。

排放的废水有：

— 特种洗衣房、特种污水系统、控制区卫生出入口等放射性浓度低于排放控制值的废水；

- 常规岛除盐器酸碱再生液；
- 二回路不可控泄漏水；
- 经 KPF 系统处理符合排放要求后的非平衡排水。

1) 地漏水处理系统（KPF）的监测与排放

KPF 系统处理后废水的监测排放见 4.6.2.2 节。

2) 特种洗衣房系统（SRP）的监测与排放

特种洗衣房系统（SRP）对下列废液进行收集、暂存和监测排放：

- 控制区卫生出入口的淋浴水；
- 特种污水系统收集的废水；

— 特种洗衣房有条件的疏水。

这些废液收集在 SRP 系统的 3 个监测槽 SRP50BB001(224m³)、SRP50BB002(194m³)、SRP50BB003 (165m³) 之一。当一个监测槽充满后，取样分析废水的放射性浓度，如果放射性浓度超过排放控制值(除 H-3 和 C-14 外其他放射性核素的浓度上限值为 200Bq/L)时，废水被送往 KPF 系统处理；若取样分析符合排放要求，则废水经排放管线排入循环冷却水排水暗沟（UQN），最终排入海域。在排放管线上设有放射性流出物自动监测仪表，若超过排放控制值则发出警告、报警信号，相应的排放阀会自动关闭，废水被送往 KPF 系统处理。

3) 常规岛废液排放系统（LDL）

常规岛废液排放系统（LDL）对下列废液进行收集、暂存和监测排放：

- 常规岛凝结水精处理系统再生废水；
- 常规岛启动排水和事故、检修时排水；
- 蒸汽发生器排污系统排水；
- 常规岛汽机房管道、设备排水。

这些废液在 LDL 系统贮槽内混匀、取样分析，低于规定排放控制值时，通过虹吸井有控制地向环境排放。

LDL 系统设置三个 500m³ 的废液排放贮槽 LDL10/20/30BB001，贮槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个贮槽同时破裂溢出的全部废液量。三个贮槽中一个用于接收废液，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。LDL 系统每个贮槽设有循环搅拌管线，废液在贮槽内充分混合均匀，经取样分析合格后监测排放。若贮槽内废液放射性浓度超过排放控制值，废液送到 KPF 系统重新进行处理。

三个贮槽有一根共用的排放管线及一根通往 KPF 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪和受监测仪控制的自动隔离阀、一个流量调节阀及一台流量测量仪表。

4.6.2.6 液态流出物排放源项

正常运行状态下从控制区域的辅助厂房监测槽（KPF40BB001/2，KPF60BB003）排放以下废水：

- 反应堆厂房、辅助厂房和安全厂房的非平衡水，一回路系统的不可控泄漏的非平衡水；
- 化学实验室、盥洗室疏水；
- 辅助厂房、安全厂房和核服务厂房的特殊排水系统的有条件清洁疏水；

— LCQ 过滤器再生水。

辅助厂房监测槽 SRP50BB001/2/3 存在以下排放水：

- 卫生检验室淋浴间的疏水；
- 专用洗衣房的有条件清洁疏水。

在设计工况下单台机组排放量：年排放总量（除氙和 C-14）为 $3.20\text{E}+00$ GBq/a，液态氙的年排放量为 $2.62\text{E}+04$ GBq/a，液态 C-14 的年排放量为 $1.74\text{E}+01$ GBq/a。

在现实工况下单台机组排放量：年排放总量（除氙和 C-14）为 $7.05\text{E}-01$ GBq/a，液态氙的年排放量为 $1.84\text{E}+04$ GBq/a，液态 C-14 的年排放量为 $4.10\text{E}+00$ GBq/a。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气处理系统包括氢燃烧系统（KPL10）、放射性气体处理系统（KPL30）、储罐排气处理系统（KPL70）和 HVAC 系统中相关的排风净化系统。每台核电机组配备一套放射性废气处理系统。

4.6.3.1 燃氢系统（KPL10）

1) 系统功能

为防止在正常运行和预计运行事件工况下，在放射性气体处理系统（KPL30）内形成氢氧爆炸性混合气体，燃氢系统履行下述功能：

- a) 去除一回路补给水除气器（KBA10BB001）排气中的氢气；
- b) 去除稳压器卸压箱（JEG10BB001）排气中的氢气；
- c) 去除一回路有组织泄漏槽（KTA10BB001）排气中的氢气；
- d) 确保氢气在催化氢氧复合器内燃烧；
- e) 将氢浓度不超过 0.2%（体积）的气体混合物送往 KPL30 系统。

2) 设计基准

根据俄罗斯标准 HΠ-001-15，KPL10 系统的设备分级如下：

— 根据俄罗斯标准 HΠ-001-15，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道、安全壳隔离阀及其之间的管道的核安全等级为 2 级，其他设备的核安全等级为 3H 级；

— 根据俄罗斯标准 HΠ-089-15，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道、安全壳隔离阀及其之间的管道以及安全壳隔离阀及其之间的管道的质量分组为 B 类，其他设备的质量分组为 C 类；

— 根据俄罗斯标准 HΠ-031-01，稳压器卸压箱排气管路上的截止阀及其之间的管道、安全壳隔离阀及其之间的管道的抗震等级为抗震 I 类，其他设备的抗震等级为抗震 II 类。

KPL10 系统中安全壳隔离阀由第一组可靠供电系统（柴油发电机组）供电，其他能动设备均由第二组可靠供电系统（柴油发电机组）供电。

本系统接收来自一回路补给水除气器（KBA10BB001）的排气 130kg/h （ $\sim 3\text{Nm}^3/\text{h}$ ）；接收稳压器卸压箱（JEG10BB001）的排气 $2\text{Nm}^3/\text{h}$ ；有组织泄漏收集贮槽（KTA10BB001）排气 $20\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

本系统不净化气体中的放射性，只去除气体中的氢气。为防止在本系统内含氢混合气体达到爆炸危险浓度，消除发生火灾的可能性，设计中采取了下述主要措施：

— 进入本系统的含氢混合气体用气量为 $234\text{Nm}^3/\text{h}$ 循环氮气稀释，确保气体中氢的体积浓度不超过 2.5%；

— 在复合器前后均设置双重氢、氧连续监测仪，复合前氧按化学计算量加入，复合后气体中的氢的体积浓度不超过 0.2%；

— 根据俄方提供的资料，在不利条件下本系统可能发生的最大爆炸压力为 0.68MPa ，但系统的抗压强度按 1.0MPa 设计。

3) 系统描述

本系统有两条相同的可互为备用的处理线，一条工作，一条备用。

以第一条生产线为例，来自一回路补给水除气器（KBA10BB001）的汽-气混合物以 130kg/h 的流量进入本系统。二次蒸汽在排气冷凝器（KPL11AC001）中冷凝，不凝性的氮、氢和惰性放射性气体进入循环回路。

在循环回路中用流量 $234\text{Nm}^3/\text{h}$ 的氮气进行稀释，保证回路混合气体中的氢浓度不超过 2.5%（体积）。然后气体进入容积为 9m^3 的缓冲槽（KPL11BB001），便于氢、氧浓度测量和加氧量的控制。

混合气体由压缩机（KPL11AN001）送入电加热器（KPL11AH001），气体被加热到 140°C ，再进入复合器（KPL11BZ001），在催化剂的作用下进行氢、氧复合。复合后气体温度升至 350°C ，进入气体冷却器（KPL11AC002）冷却至 50°C ，再通过调节阀（KPL13AA201）返回缓冲槽，完成闭合回路循环。

稳压器卸压箱（JEG10BB001）排气（ $2\text{Nm}^3/\text{h}$ ）和有组织泄漏收集槽（KTA10BB001）排气（ $20\text{Nm}^3/\text{h}$ ）进入排气冷凝器和缓冲槽之间的管路，与冷凝冷却后的除气器排气混合。

上述不同来源的气体经复合、冷却后送往 KPL30 系统。

缓冲槽和捕集器中的冷凝液流入水封槽（KPL10BB003），再排入 KPF 系统的排水地坑（KPF12BB001）。

为了确保氢、氧复合，在缓冲槽下游的回路中供入氧气。加入量一方面要考虑到在各种工况下可靠地复合，另一方面要注意混合气体的防火、防爆。

当工作生产线发生故障时，操作人员将手动切换到备用生产线。

本系统设备与可靠供电的相应系统连接。当发生断电时，工作生产线的设备通过柴油发电机逐步启动程序启动并继续执行预定功能。

4.6.3.2 放射性气体处理系统（KPL30）

1) 系统功能

放射性气体处理系统处理燃氢系统（KPL10）排气和冷却剂贮槽排气，使其向环境排放的气态流出物的放射性水平在国家规定的限值之内。

2) 设计基准

根据俄罗斯标准 HΠ-001-15，放射性气体处理系统属于安全相关系统。KPL30 系统中所有设备分级如下：

- 根据俄罗斯标准 HΠ-001-15，设备的核安全等级为“3N”；
- 根据俄罗斯标准 HΠ-089-15，设备的质量分组为“C”；
- 根据俄罗斯标准 HΠ-031-01，设备的抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL30 系统沸石再生线以及阀门 KPL41AA105 和 KPL41AA106 由第三组可靠供电系统供电，其他能动设备均由第二组可靠供电系统供电。

在各种工况下，系统确保：

- a) 处理冷却剂贮槽排出的放射性气体 $2\text{Nm}^3/\text{h}$ （贮槽通风） $\sim 62\text{Nm}^3/\text{h}$ （调硼堆冷却剂 60t/h 排放到贮槽）；
- b) 处理含硼疏水箱 KTC10BB001 的放射性排气；
- c) 处理燃氢系统的放射性排气，流量从功率运行时的 $\sim 2\text{Nm}^3/\text{h}$ 到大调硼工况下冷却剂以 60t/h 排入贮槽时的 $\sim 3.76\text{Nm}^3/\text{h}$ ；
- d) 处理燃氢系统的一回路蒸汽发生器顶部的放射性排气，以及停堆期间 $7\text{Nm}^3/\text{h}$ 的反应堆顶盖排气。

正常运行工况和设计基准事故工况下，KPL30 系统收集的废气放射性水平如下：

- 燃氢系统排气的放射性为 $1.00\text{E}-01\sim 1.00\text{E}+04\text{ GBq/m}^3$ ；
- 来自冷却剂贮存系统（KBB）、纯凝结水供应系统（KBC-1）和含硼疏水收集系统（KTC）排气的放射性为 $2.00\text{E}-03\sim 1.00\text{E}+02\text{ GBq/m}^3$ 。

3) 系统描述

本系统由两条相同的互为备用的处理线（一条运行，一条备用）和沸石再生线组成。

由 KPL10 系统压缩机（KPL11AN001 或 KPL12AN001）提供的压头，将 KPL10 的气体以 2~5Nm³/h 流量送入本系统的气体冷却器（KPL31AC001），冷却到 35℃后进入捕集器（KPL31AT001）和过滤器（KPL31AT002）。气水分离后气体进入沸石干燥器（KPL31AT003 或 KPL31AT004）进一步干燥。干燥后气体（湿含量控制在 1.00E-05 kg/m³ 左右）依次通过由四个活性炭床组成的活性炭吸附器（KPL31AT005），放射性碘、氪和氙的同位素被活性炭吸附。每组活性炭吸附器（KPL31AT005）的活性炭总装量为 20m³，在 30℃常压下活性炭对氪和氙的吸附及滞留时间，见下表：

核素	吸附系数	正常运行时滞留时间，h	冷停堆时滞留时间，h
氪	14	87	720
氙	280	1700	2500

来自冷却剂贮存系统（KBB）、纯凝结水供应系统（KBC-1）、含硼疏水收集系统（KTC）的贮槽排气以 2~62Nm³/h 流量进入辅助工作线。辅助工作线的处理工艺与主工作线的相同。通过压缩机吸入总管上的调节阀将房间内的空气送入压缩机入口管线，从而保证压缩机持续稳定运行。

沸石干燥器（KPL31AT003/004、KPL32AT003/004）轮流运行，即一台投运时，另一台正处于再生或备用状态。失效的沸石干燥器，用 93.6Nm³/h 的加热气体闭式循环再生。再生工艺如下：

通过压缩机将气体送入电加热器 KPL41AH001（KPL41AH002）加热到 400℃，逆向吹扫沸石干燥器，解吸的水汽与吹扫气一起进入气体冷却器 KPL41AC001 冷却到 40℃。经捕集器 KPL41AT001 气水分离后进入过滤器 KPL41AT002 除湿。除湿后的气体进入压缩机，完成闭合再生循环。

随着再生的进行，沸石逐步被干燥，随之沸石干燥器出口气体的温度上升，当气温达到 220℃时，再生过程结束，电加热器停运。通过 KAA 侧冷却水对沸石进行冷却，压缩机连续运行，直至沸石被冷却至可投运温度时，压缩机停运，沸石干燥器准备投运。

当工作线内任意一台设备故障时，将燃氢系统 KPL10 的排气转送到辅助工作线，来自 KBC、KBB、KTC 系统贮槽的排气通过阀门 KPL34AA001 转送入 KPL70 储罐排气系统进行净化处理。

当排放管线以及活性炭吸附器（KPL31AT005）出口管线的气体放射性水平超过允许

限值时，阀门 KPL31AA107、KPL32AA107 自动关闭。

本系统设备由可靠供电系统供电。当发生断电时，工作生产线的设备通过柴油发电机逐步启动程序启动并继续执行预定功能。

4.6.3.3 储罐排气处理系统（KPL70）

1) 系统功能

本系统收集、处理核电厂除 KBB、KBC1、KTC 系统贮槽之外的其他放射性液体贮槽的排气，使向环境排放的气态流出物的放射性水平在国家标准规定的限值之内。在 KPL30 系统发生故障时，KBB、KBC1、KTC 系统贮槽的排气也送到本系统处理。

2) 设计基础

根据俄罗斯标准 НП-001-15，储罐排气处理系统是安全相关系统。KPL70 系统中的所有设备分级如下：

- 根据俄罗斯标准 НП-001-15，设备安全等级为“3H”；
- 根据俄罗斯标准 НП-089-15，设备质量分组为“C”；
- 根据俄罗斯标准 НП-031-01，设备抗震等级为“抗震 II 类”。

KPL70 系统中的能动设备均由正常运行的供电系统供电。进入本系统的最大气量为 $160\text{Nm}^3/\text{h}$ ，气体的放射性为 $5.00\text{E}+00\sim 5.00\text{E}-05\text{ GBq}/\text{m}^3$ 。气溶胶过滤器的效率为 99.96%，碘过滤器的效率 $\geq 98\%$ 。

3) 系统描述

系统由两条相同的互为备用的生产线（工作线和备用线）组成。

正常运行工况下，系统最大含有液体放射性介质贮槽的排气以 $160\text{Nm}^3/\text{h}$ 流量进入工作线的气体冷却器（KPL70AC001），冷凝液从捕集器（KPL70AT005）流入水封槽（KPL70BB001），再送到地漏水处理系统排水地坑（KPF12BB001）。

气、液分离后的气体进入气溶胶过滤器（KPL70AT001），过滤后气体由电加热器（KPL70AH001）加热到 $45\sim 50^\circ\text{C}$ ，再进入碘过滤器（KPL70AT002），除碘后的气体由压缩机（KPL70AN001）送往通风系统。

贮槽排气由系统工作压缩机来输送。通过控制调节阀（KPL70AA201 或 KPL70AA202）将房间空气送入电加热器入口管线，来确保通过电加热器和压缩机的气体流量保持恒定，工作线设备故障时，排气由手动切换至备用线处理。

一旦排气管线的放射性水平超过允许排放限值，阀门 KPL70AA105、KPL70AA106 自动关闭，备用管线投运。

4.6.3.4 核岛通风系统（HVAC）

核岛通风系统对各厂房进行采暖、通风和空调，根据需要，对送、排风进行过滤和除碘处理，以提供适宜的温度和良好的空气环境，减少气态放射性物质向大气环境的排放，确保运行人员健康、安全及设备的有效运行。

4.6.3.4.1 系统设计

1) 主要系统

含放射性的废气主要来自于下述厂房，并由相应的通风系统进行处理：

— 反应堆厂房

- 安全壳空间负压通风系统 KLD10、KLD11；
- 事故检修通风系统 KLD20、KLD21；
- 安全壳净化系统 KLA13。

— 辅助厂房

- 主送风系统 KLE10；
- 主排风系统 KLE20；
- 带排风净化的主排风系统 KLE30。

— 安全厂房

- 安全壳环形空间负压通风系统 KLC11、KLC21、KLC31、KLC41；
- 安全厂房通风系统 KLG。

— 储存厂房

- 固体放射性废物储存库通风系统及新燃料储存厂房通风系统 KLF。

— 通风烟囱

2) 设计基准

— 控制区和非控制区房间单独通风；

— 通过通风系统，保证辅助厂房、安全厂房、反应堆厂房、核服务厂房、固体放射性废物储存厂房及新燃料储存厂房控制区房间的完整性；

— 合理的规划及布置，以减少通风系统的数量；

— 保证可能污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排向大气；

— 在污染区内，保证空气从低污染区流向高污染区；

— 每个厂房的通风系统的排风口尽可能远离新风口；

— 从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环；

— 没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中；

— 所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，通过烟囱排放至室外环境中。

4.6.3.4.2 系统组成

每个厂房通风系统主要通过各类过滤器对放射性废气进行过滤处理，包括预过滤器、高效空气粒子过滤器和碘吸附器等。

1) 预过滤器

预过滤器用于除去环境空气中的浮尘，过滤效率不低于 85%。

2) 高效空气粒子过滤器

高效空气粒子过滤器用于捕集气流中的细颗粒，对于气溶胶的过滤效率不低于 99.99%。

3) 碘吸附器

除放射性碘过滤器用于吸附气流中的气态放射性碘，对分子碘的过滤效率不低于 99.996%，对有机碘的过滤效率不低于 99%。

4.6.3.4.3 系统运行

4.6.3.4.3.1 反应堆厂房

1) 安全壳空间负压通风系统 KLD10、KLD11

a) 设计目的

- 维持安全壳内负压；
- 保证气流从低污染区向高污染区流动；
- 在排入通风烟囱前对排风净化；
- 电站正常运行工况下的空气交换。

b) 系统组成

KLD10 进风系统是一个带有密闭隔离阀和防火阀的风管管路。KLD10 系统穿过安全壳边界后，与 KLE10 系统相连；KLD11 排风系统由两台风量均为 100% 的机组（一用一备）、安全壳隔离阀、电动密闭隔离阀、手动控制阀、防火阀和风管组成。每台通风机组由正常可靠供电系统的对应通道供电。它由下述部件组成：

- 除雾器；
- 电加热器；
- 预过滤器；

- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭截断阀；
- 变频风机；
- 止回阀。

c) 系统描述

来自 KLE10 系统的送风通过隔离阀进入安全壳，通过 KLE10 系统将空气送到安全壳中，空气经安全壳隔离阀，通过风管送到安全壳内部的不同标高、楼梯、电梯和环形吊车控制室。

蒸汽发生器间、KBE 过滤器间和 KBA 热交换器间通过风管和安全壳隔离阀排风，经 KLD11 系统过滤机组过滤，由通风烟囱排入大气。

KLE10 系统送风停运，即 KLD10 系统无送风时，KLD11 系统连续工作，通过调节风机电机的转速，使安全壳内负压值保持在指定的水平。

过滤机组发生火灾时，根据火灾探测器信号，安装在过滤器上下游的防火阀由火灾探测器信号控制关闭，相应过滤机组的风机自动停运，备用风机自动启动。

d) 预期的运行方式

正常运行及预期运行事件以及在安全壳内压力达到 0.105 兆帕（绝对）设计事故情况下系统运行。

在设计基准事故下，系统不运行。

2) 事故检修通风系统 KLD20、KLD21

a) 设计目的

— 检修与换料之前，对安全壳内放射性气溶胶和碘进行净化，以确保 NPP 内、外区域的放射性排放满足安全法规的要求；

- 为进入人员提供符合卫生标准的工作环境；
- 保证气流从低污染区流向高污染区；

b) 系统组成

KLD20 送风系统由下述部件组成：

- 空调机组；
- 密闭截断阀；
- 安全壳隔离阀；

- 防火阀；

- 风管。

KLD21 排风系统由下述部件组成：

- 密闭截断阀；

- 安全壳隔离阀；

- 变频风机；

过滤机组包括：

- 密闭隔离阀；

- 防火阀；

- 电加热器；

- 高效空气粒子过滤器；

- 碘吸附器。

c) 系统描述

在定期停堆检修或事故后，KLD20、KLD21 送排风系统以两种模式运行：循环模式和送、排风模式。

在循环模式下，排风机运行风量为 25000m³/h。安全壳内空气经过滤后又送回安全壳内，KLD20 送风系统停止运行。当空气净化达到要求时，操作员可根据 RM（放射性监测）系统指令切换到送、排风模式。

在送、排风模式下，安全壳内空气通过排风烟囱排入大气。通过空调机组处理的室外空气经风管送入安全壳房间和蒸汽发生器房间。在排风管上设有放射性连续监测措施。如果安全壳内放射性增大或燃料组件坠落，检修人员应撤离安全壳。送风系统关闭，排风系统切换到循环模式运行。

在反应堆正常运行工况，为使人员进入中央大厅和 RCP 电机房间，KLD21 系统周期性开启并运行一段时间以净化安全壳内空气。

根据布置在过滤机组下游或过滤器小室内的火灾探测器信号，或者一旦安全壳内发生火灾，KLD20、KLD21 系统送排风将自动停止，相应的防火阀自动关闭。

d) 预期的运行方式

在预防维修保养工况下的系统运行方式见系统描述。

在预期运行事件下，系统不运行。

在设计基准事故下，系统不运行。

3) 安全壳房间空气净化系统 KLA13

a) 设计目的

KLA13 系统是用于净化蒸汽发生器间的放射性污染空气，在正常运行模式和生产计划检修时，保证安全壳中的放射性水平保持规定的运行水平。

b) 系统组成

KLA13 系统包含四台容量为 100%的机组，每个 SG 隔间配备两台机组（一台运行，一台备用）。每台机组均由正常运行电源供电，并由风机、阀门和净化机组组成。净化机组由下述部件组成：

- 除雾器；
- 电加热器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭隔离阀；
- 风机；
- 止回阀。

c) 系统描述

来自 KLA20 系统排气总管的放射性气体经 KLA13 系统过滤净化后，排到系统 KLA20 压力总管中。

系统 KLA13 由 4 台 100%净化设备组成，每间蒸汽发生器隔离室内各 2 台（1 用 1 备）。每台设备由正常供电系统供电。

d) 预期的运行方式

系统在正常工况下、预期运行事故下运行。安全壳内压力超过 0.129MPa 时，系统不运行

4.6.3.4.3.2 核辅助厂房

a) 设计目的

核辅助厂房的通风系统（KLE10、KLE20 和 KLE30）的功能是保证室内换气次数和设计温度，对辅助厂房、安全厂房、反应堆厂房、核服务厂房、储存厂房通风，保证它们所要求的换气次数并将室内温度及负压维持在规定限值内；保证气流从低污染区向高污染区流动；保障 NPP 围墙内外环境的放射性安全。

除了上述功能之外，每个系统具有单独的功能，如下：

KLE10

- 为辅助厂房房间送风；
- 向其他厂房通风系统送风。

1) 反应堆厂房 KLD10；

2) 安全厂房 KLG01；

3) 核服务厂房 KLT10；

4) 新燃料厂房和运输及装卸设备储存间送风（7 号）KLF10、KLF11；KLF12 为固体废物厂房送风（8 号）；

5) 反应堆厂房机组之间空间 KLC01、KLC02、KLC03、KLC04、KLC05。

- 保证反应堆厂房机组之间空间的负压；
- 保持安全壳内负压。

KLE20

- 辅助厂房房间排风并保证房间内部负压；

- 为其他厂房排风：

1) 安全厂房 KLG02；

2) 核服务厂房 KLT20；

3) 储存厂房排风 KLF21（7 号）/KLF 22（8 号）；KLF20（8 号机组）运输及装卸设备储存间；

4) 反应堆厂房环形空间排风负压。

— KLC02、KLC13、KLC23、KLC33、KLC43，为反应堆厂房环形空间排风，并保证该区域内的负压。

KLE30

- 辅助厂房房间排风并保证它们内部负压；

- 为其他厂房排风：

1) 安全厂房 KLG02；

2) 核服务厂房 KLT20；

3) KLC02、KLC13、KLC23、KLC33、KLC43 为反应堆厂房环形空间排风。

— 维持辅助厂房、核服务厂房、安全厂房和反应堆厂房环形空间的控制区房间负压，必要时，对辅助厂房、核服务厂房、安全厂房和反应堆厂房环形空间的控制区房间排风

辅助厂房排风系统 KLE20、KLE30 在核电站正常运行条件下，以及核电站正常运行条件破坏情况下完成其功能，功能如下：

- 必要的通风换气，保持房间内空气温度和负压在规定范围内；
- 保证空气从最小污染区流向最大污染区；
- 保证核电站房间内和核电站之外的放射性安全；
- 过滤器内空气净化程度，按 0.3 微米最容易渗入微粒：
 - 放射性气溶胶，99.99%；
 - 分子碘，99.9%；
 - 碘有机化合物（甲基碘），99%。

系统 KLE10、KLE20、KLE30 保持房间内空气温度在以下范围：

- 反应堆厂房包壳之间的环形空间，+5℃—+40℃；
- 安全厂房，+5℃—+45℃；
- 辅助厂房，+5℃—+45℃；
- 核服务厂房，+15℃—+30℃；
- 固体放射性废料贮存库，工艺运输设备仓库，+15℃—+40℃；新核燃料贮存库 +15℃—+25℃。

b) 系统组成

送风系统 KLE10 由两台均为 100%送风量的空调机组、风管和阀门组成。每台空调机组均由正常运行可靠供电系统的对应通道供电。该系统包括下述部件：

- 电加热线；
- 预过滤器；
- 水加热器；
- 电加热器
- 水冷却器；
- 变频风机。

KLE20 和 KLE30 系统都各自有两台 100%容量的风机，共用通风管道。每台风机都由正常可靠供电系统的对应系列供电。

KLE20 系统的每台风机包括下列部件：

- 隔离阀；

— 带变频控制器和电气旁路的变频风机；

— 止回阀

KLE30 系统还包括一套两台风机共用的过滤装置，包括气溶胶过滤器和碘吸附器：

c) 系统描述

— 主送风系统 KLE10

被处理后的空气通过 KLE10 系统送到辅助厂房的各房间和走廊以及其他厂房的送风系统，送风温度保持在 17℃。

通过改变送风量可控制相关厂房的负压。

— 主排风系统 KLE20

在核电站正常运行工况下，并且排风不需要过滤时，空气由 KLE20 系统排风管路通过烟囱排放至室外环境中。KLE10 和 KLE20 系统为 100%容量运行，KLE30 系统不运行。

— 带排风净化的主排风系统 KLE30

分为 2 种设计工况，一是一个厂房发生污染，二是两个厂房同时发生污染。

第一种工况：当一个厂房探测到放射性泄漏时，系统从无净化的排风系统 KLE20 切换到带有净化的 KLE30。同时，KLE20 系统的风量自动降低，KLE30 系统的风量逐渐增加。KLE10 系统的风量不变。

第二种工况：当 2 个厂房同时发生污染时，根据通风机前负压传感器信号，平稳地将 KLE30 系统的风量增到 100%，排风经 KLE30 系统过滤器净化后排放到大气中。系统 KLE20 的通风机以 50%的风量运行。

d) 预期的运行方式

在正常运行和预期运行事件下，系统运行。

4.6.3.4.3.3 安全厂房

1) 安全壳环形空间负压通风系统 KLC11/21/31/41

a) 设计目的

在设计考虑的事故状态下，通风系统 KLC11/21/31/41 用于保证和维持安全壳环形空间和安全厂房中的负压，且排风经通风烟囱排放到大气之前要先经过净化。

b) 系统组成

KLC11/21/31/41 系统由 4 个相似、但彼此独立的通道组成，共用通风管道。KLC11/21/31/41 系统包括四台排风机组，每台容量 100%的机组、防火阀和风管。

排风机组包括下列部件：

- 止回阀；
- 除雾器；
- 电加热器；
- 空气冷却器；
- 预过滤器；
- 高效空气粒子过滤器；
- 碘吸附器；
- 密闭隔离阀；
- 排风机。

c) 系统描述

接到安全壳内压力高于 0.129MPa 的信号，反应堆厂房环形空间和安全厂房边界上的密闭隔离阀关闭，通过 KLC11/21/31/41 系统排风。反应堆厂房环形空间和安全厂房的排风经过滤器过滤后，通过通风烟囱排放到大气。

KLC11/21/31/41 系统机组应该根据安全壳中的压力升高自动投入。在主控室和备用控制室由操纵员控制。如果运行设备其中一台发生故障，根据压力信号启用另一通道中的备用机组。

--当安全壳中压力升高到大于 300 帕（余压）时，辅助厂房和安全厂房边界上的密封截止阀自动关闭。

反应堆厂房环形空间负压超过 400Pa 时，操纵员在 MCR 或 SCR 关闭一台或两台排风机组。如果负压低于 200Pa 时，操纵员启动一台或两台排风机组。过滤器着火时，防火阀关闭，排风机停运。

手动密闭隔离阀安装在 KLC11/21/31/41 与 KLG 系统的连接管上，作用是将安全厂房与环形空间隔离，以保证核电机组在丧失全部电源的超设计基准事故下，只从环形空间内的房间排风。在其他所有工况下，该阀门打开。

KLC11/21/31/41 系统由应急供电系统供电。

d) 预期的运行方式

在正常运行和预期运行事件下，KLC11/21/31/41 系统不运行。

在核电机组运行时，反应堆厂房环形空间负压系统处于备用状态（一旦事故发生即可投入运行）。

设计基准事故下，系统运行。

2) 安全厂房通风系统 KLG

a) 设计目的

送风和排风系统 KLG01、KLG02、KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 用于保证安全厂房房间必须的通风换气，并保持房间内的负压。循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 用于保证安全厂房 4 个安全通道房间的设计温度。

KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统用于保证 4 个安全通道房间的换气次数。

KLG14、KLG24、KLG34、KLG44 系统为 4 个安全系列楼梯间和电梯竖井加压送风系统，保证在火灾时为人们提供安全的逃生通道；KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统用于火灾时楼梯间的加压送风。

b) 系统组成

- 循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 由循环冷却机组和风管组成；
- KLG01、KLG 02 KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统由安全厂房的送排风管与辅助厂房的 KLE10 和 KLE20（KLE30）系统管网相连。KLG01、KLG02、KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统由密闭隔离阀、防火阀和风管组成，用于切断安全厂房与 KLE10、KLE20 的风管；
- KLG13、KLG23、KLG33、KLG43 系统分别为安全厂房各通道的送排风系统，由防火阀和风管组成；
- KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统由通风机组和风管组成。在接收到安全厂房任意安全通道的火灾信号后，相应的加压送风系统将启动，为楼梯间送风。

c) 系统描述

在设计基准事故、超设计基准事故以及事故后措施实施阶段，在系统维持其可操作性和与之连接的外部系统可用时，KLG01/02 与 KLE10、KLE20 系统风管连接的阀门执行其功能。如果安全壳内压力超过 0.129MPa，阀门保证切断安全厂房与 KLE10、KLE20 通风管网之间的联系，排风使用 KLC11/21/31/41。

循环冷却系统 KLG11、KLG21、KLG31、KLG41 在正常运行、预期运行事件、设计基准事故、超设计基准事故以及事故后措施实施阶段，在与之连接的外部系统可用时，都要执行其功能，保证室内参数满足工艺要求。

在房间中的空气温度高于+40℃时，KLG11/KLG21/KLG31/KLG41 对应冷却系统装置投入，在房间中的空气温度低于+20℃时系统停运。

KLG51、KLG52、KLG53、KLG54、KLG55、KLG56 系统在火灾时，保证楼梯间的正压。

4.6.3.4.3.4 储存厂房

1) 固体放射性废物储存库通风系统

a) 设计目的

KLF10 系统的送风来自辅助厂房的 KLE10 系统，送风至固体放射性废物厂房的各个房间，保证房间的正常换气，维持房间温度。

KLF20 排风系统将固体放射性废物厂房各个房间的排风排至 KLE20 系统。

KLF15 排风系统将运输通道中装载废物进入固体放射性废物厂房时产生的废气排出。

b) 系统组成及描述

KLF10 送风系统要求的风量来自位于辅助厂房的 KLE10 主送风系统。

KLF20 为固体放射性废物厂房各个房间排风，排风系统由防火阀和风管组成。

KLF15 排风系统将运输通道中装载废物进入固体放射性废物厂房时产生的废气排出。由风机、防冲击波阀、风管和柔性软管组成。

c) 预期的运行方式

在 NPP 正常运行工况、预期运行事件工况下，KLF10、KLF20 系统运行；在设计基准事故下，KLF10、KLF20 系统不运行。

在 NPP 正常运行工况，KLF15 系统运行，在预期运行事件工况、设计基准事故下，KLF15 系统不运行。

2) 新燃料储存厂房通风系统

a) 设计目的

KLF11 将系统 KLE10 送来的空气送至新核燃料贮存库房间，保证房间的正常换气，维持房间温度为 $+10^{\circ}\text{C}$ — $+35^{\circ}\text{C}$ ，相对空气湿度不大于 80。

KLF21 排风系统为新燃料储藏厂房房间排风。

KLF16 排风系统为运输通道排风，将运输中产生的废气排至室外。

b) 系统组成及描述

KLF11 送风系统要求的风量来自位于辅助厂房的 KLE10 送风系统，送风至新燃料储藏厂房的各个房间，当需要时启动电加热器，以保证新燃料储藏库的温度要求。

KLF21 排风系统由阀门和风管组成。排风排至室外。

KLF16 排风系统由风机、阀门和风管组成。排风排至室外。

c) 预期的运行方式

在 NPP 正常运行工况、预期运行事件工况下，KLF11、KLF21 系统运行；KLF16 在正常运行工况下运行，在预期运行事件工况、设计基准事故下，KLF16 系统不运行。

4.6.3.4.3.5 通风烟囱

每台电力机组的通风烟囱高度 100m，靠近辅助厂房处。在机组正常运行工况下，通过烟囱的空气流量为 230500m³/h，在计划性维修工况下的空气流量为 228000m³/h，净化工况的空气流量为 151500m³/h（以上数据为一台机组运行时的风量）。烟囱中设有监测气态放射性物质和记录排放废气放射性水平及流量的装置。

4.6.3.5 放射性废气排放源项

正常运行期间气态放射性流出物主要来源于反应堆厂房通风系统、核辅助厂房通风系统、KPL30 放射性气体处理系统、KPL70 储罐排气处理系统和汽轮机厂房的排放。

在设计工况下单台机组排放量：惰性气体的年排放量为 3.83E+04 GBq/a，碘的年排放量为 5.46E-01 GBq/a，气溶胶的年排放量为 6.01E-01 GBq/a，气态氙的年排放量为 2.92E+03 GBq/a，气态 C-14 的年排放量为 3.31E+02 GBq/a。

在现实工况下单台机组排放量：惰性气体的年排放量为 6.70E+03 GBq/a，碘的年排放量为 8.81E-02 GBq/a，气溶胶的年排放量为 4.45E-01 GBq/a，气态氙的年排放量为 2.04E+03 GBq/a，气态 C-14 的年排放量为 8.39E+01 GBq/a。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

放射性固体废物管理系统用于收集和处理本工程产生的放射性固体废物，并对处理后的废物包进行暂存。放射性固体废物管理系统包括本工程新建部分和与其他机组共用部分。新建部分包括：核辅助厂房（UKA）内的液体放射性废物转运系统（KPH）和固体放射性废物贮存系统（KPE）；与田湾核电站 1-6 号机组共用部分包括：放射性废物处理中心（T4UKT）、位于 1、2 号机组放射性固体废物处理系统（KPA）、位于 2 号机组的可降解废物处理系统（KPW）、位于 3、4 号机组的放射性固体废物暂存库（T2UKT）和位于 5、6 号机组的废物暂存库（QT）。

4.6.4.1 设计基准

田湾 7、8 号机组放射性固体废物管理系统设计基准如下：

— 本工程需要处理的放射性固体废物包括废树脂、蒸残液、泥浆和杂项干废物（含可降解废物）。

— 本工程核岛内新建的放射性废物处理系统主要用于转运和暂存放射性固体废物，

包括 KPH 系统和 KPE 系统。KPH 系统用于收集上游产生的放射性泥浆并具有废树脂、蒸残液和泥浆向厂房外转运的功能，KPE 系统用于放射性固体废物的贮存。

— 本工程核岛内液体放射性废物转运系统的旋流器泥浆接收槽为核安全 3 级，相关房间属于抗震类建筑。

— 田湾核电站的放射性固体废物采用集中处理方式，放射性固体废物通过屏蔽转运容器和专用运输车辆转运至 T4UKT（或 1、2 号机组）和 KPW 处理；T2UKT 和 QT 也用于暂存放射性固体废物，KPA、KPW、T4UKT、T2UKT 和 QT 是与其他机组共用的已建设施。

— 废树脂、蒸残液和泥浆采用烘干、超压和水泥固定的处理工艺，经处理后的、装有干燥废物的 200L 钢桶废物包在 T4UKT 的暂存库内短期贮存，然后送往机组的暂存库。

— 装有烘干废树脂、蒸残液干燥盐和烘干泥的 200L 钢桶在送往处置场前，在 T4UKT 用混凝土高完整性容器（HIC）进行二次包装。

— 通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，表面剂量率水平很低，大部分核素是短寿命的，与受轻微污染的大件物品送至 QT 库的专门区域进行贮存衰变，等待清洁解控；如果废通风过滤器芯放射性水平异常，可以作为干废物进行处理。

— 采用可降解防护用品和可降解处理技术，减少废物包产生量；可降解处理产生的二次废物进行水泥固定处理。

— 经处理后产生的最终废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求，水泥固定体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》的要求。

4.6.4.2 系统组成

放射性废物管理系统包括本工程新建部分和与其他机组共用部分。本工程新建的放射性废物管理系统主要用于转运和贮存放射性固体废物，包括 KPH 系统和 KPE 系统。

1) KPH 系统

KPH 系统用于将核岛内的液体放射性废物贮存系统（KPK）贮存的废树脂、蒸残液和地漏水处理系统（KPF）产生的泥浆转运到相应的运输槽车上。KPH 系统的设备位于本工程的核辅助厂房（UKA）内，71UKA 和 81UKA 内各设一套。液体放射性废物转运系统（KPH）分为 3 个子系统：KPH10 子系统用于收集和转运泥浆；KPH20 子系统用于转运蒸残液；KPH30 子系统用于转运废树脂。

KPH 系统的主要设备为旋流器泥浆接收槽、旋流器泥浆泵和转运接口箱。

2) KPE 系统

固体放射性废物贮存系统（KPE）用于贮存装有固体废物的 200L 钢桶、装有废 IC、NF&TMC 的贮运容器等。KPE 系统根据废物包类型及表面剂量率，对废物包进行分区贮存。废树脂、蒸残液、泥浆和杂项干废物在 T4UKT 处理后产生的 200L 钢桶废物包用运输车送至固体放射性废物贮存厂房（81UKT），通过电动桥式吊车吊运至废物包贮存间内贮存。装有废 IC、NF&TMC 的贮运容器在反应堆厂房装满后运至 T2UKT 库贮存。

KPE 系统的主要设备是 1 台电动桥式吊车。

与田湾核电厂 1-6 号机组共用设施包括放射性废物处理中心（T4UKT）、位于 1、2 号机组放射性固体废物处理系统（KPA）、位于 2 号机组的可降解废物处理系统（KPW）、位于 3、4 号机组的放射性固体废物暂存库（T2UKT）和 5、6 号机组的废物暂存库（QT）。1-8 号机组产生放射性固体废物（废树脂、蒸残液、泥浆和杂项干废物）通过专用车辆运送到 T4UKT 统一处理。处理后产生的 200L 钢桶废物包在 T4UKT 短期暂存后送到各机组的放射性固体废物暂存库暂存。可降解废物在 KPW 处理后产生的二次废物在 T4UKT 进行水泥固定处理。T2UKT 用于贮存机组产生的废 IC、NF&TMC。QT 用于存放机组产生的轻微污染的大件废物，也可暂存部分 7、8 号机组产生的 200L 钢桶废物包。

4.6.4.3 系统运行

1) KPH 系统运行

KPH 系统用于转运液体放射性废物贮存系统（KPK）的废树脂、蒸残液和地漏水处理系统（KPF）的泥浆，将贮存在核岛内的液体放射性废物通过屏蔽运输车转运至放射性废物处理中心（T4UKT）进行集中处理。KPH 系统在本工程的核辅助厂房（71UKA 和 81UKA）内各设有一套转运接口箱，通过快速接头与废物运输槽车相连，蒸残液、废树脂和泥浆均用泵输送至运输槽车的屏蔽容器内。

废树脂或蒸残液运输槽车停靠在 UKA 厂房外，运输槽车通过接口箱连接 KPH 系统。

槽车连接完成以后，需进行软管和快速接头泄漏检测试验并确认槽车上各阀门和仪表处于正常状态，检查和试验完成后槽车处于可用状态。

向槽车装载完废树脂、蒸残液或泥浆以后，管道用除盐水进行冲洗，冲洗水流入运输槽车，然后快速接头断开，废物装载完成，槽车可以离开 UKA 厂房将废物运往 T4UKT。

废树脂和蒸残液屏蔽运输槽车和厂房内的接口箱采用双球阀结构的干式快速接头，确保软管和快速接头无泄漏；软管和快速接头在断开前用除盐水进行冲洗，确保软管和快速接头中无废树脂或蒸残液残留；槽车和厂房内的接口箱可以接收偶然发生的极少量

滴漏废液，防止放射性物质外泄造成污染。接收废树脂和蒸残液时，软管和快速接头的结构确保输送和断开时不会发生滴漏，万一软管发生破裂或泄漏时，放射性物质收集在控制区，避免扩散。这些措施保证了废树脂和蒸残液通过软管输送过程中的密封性和安全性，确保转运安全。

本工程新建的放射性固体废物暂存设施为固体放射性废物贮存厂房（81UKT），用来贮存 7、8 号机组运行产生的 200L 钢桶废物包。KPE 系统可将送至库内的物品卸下并放置在专用运输工具上，以转移到临时储存库，或将库内贮存物品取出，装载到外运的运输工具上。设施和设备的设计考虑了辐射防护功能，减少人员的受辐照量。

2) 其他系统运行

其他系统是与厂址机组共用的已建设施，遵循相关设施的运行原则。

废树脂在 UKA 厂房通过废树脂运输槽车运输到 T4UKT 集中处理。废树脂经磨碎后送到锥形干燥器烘干装入 165L 钢桶，再将 165L 钢桶封盖后送至超压站进行超压处理，压实后产生的桶饼送到水泥固定子系统进行水泥固定。水泥固定后的 200L 钢桶进行封盖和放射性检测后在 T4UKT 进行短期存放后送至机组暂存库暂存。

蒸残液在 UKA 厂房通过蒸残液运输槽车转运到 T4UKT 集中处理。在 T4UKT 蒸残液通过接收、混匀、桶内干燥处理形成固体盐块，然后将装有烘干后浓缩液盐块的钢桶送往超级压实机进行超压处理，形成的桶饼经优化组合后装入 200L 钢桶水泥固定。水泥固定后的 200L 钢桶进行封盖和放射性检测后送到 T4UKT 进行短期存放后送至机组暂存库暂存。

泥浆在 UKA 厂房收集后，由运输槽车（与蒸残液共用）运输到 T4UKT 内的泥浆接收槽中。泥浆通过软管计量泵送到桶内干燥器，桶内干燥器产生的装有固态物质的钢桶进行超级压实、桶饼优选、水泥固定、200L 钢桶封盖和放射性检测。最终的 200L 钢桶废物包送到 T4UKT 进行短期存放后送至机组暂存库暂存。

装有烘干废树脂、蒸残液干燥盐和烘干泥的 200L 钢桶在送往处置场前，在 T4UKT 用混凝土高完整性容器（HIC）进行二次包装。

控制区产生的杂项干废物在产生地收集后通过运输槽车运输到 T4UKT，经过分拣、干燥（如需要）、初级压实、超级压实和水泥固定后形成 200L 钢桶废物包；可降解废物在可降解废物处理系统（KPW）处理后，二次废物在 T4UKT 进行超级压实水泥固定处理。水泥固定后的 200L 钢桶进行封盖和放射性检测后在 T4UKT 进行短期存放后送至机组暂存库暂存。

4.6.4.4 废物最小化

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、合理分类收集处理、改进处理工艺和提升运行管理水平来实现，通过优化设计方案和强化管理措施减少放射性废物产生量，提高废物最小化水平。

源头控制方面：

— 根据核电站的运行经验，影响废物产生量的主要因素包括：运行管理水平、相关设备的完好状态、放射性废物产生及消耗材料的使用。在严格的规章制度下，安全稳定运行的同时，采用可靠性高的设备，能够有效减少设备的泄漏和维修。

— 田湾 7、8 号机组采用可降解工作服和防护用品替代传统的棉质防护用品。可压实杂项干废物的量将减少至原来的 40%。

分类收集处理方面：

— 重要用水中间冷却回路系统（KAA）和蒸汽发生器排污与排污水净化系统（LCQ）过滤器产生的废树脂和除盐床产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入容器桶中，送到专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，经监管部门批准可作为非放废物处理。

— 通风系统的废过滤器芯表面剂量率水平很低，大部分核素是短寿命的，送到废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，等待清洁解控。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在专门暂存区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行清洁解控或外运熔炼处理。

— 对于不可压实废物中的金属部件进行贮存衰变，后续阶段可以去污后进行再利用或外运熔炼处理。

— 对核电站运行和维修过程中所产生的废物严格分类收集、处理。

处理工艺方面：

— 采用先进、可靠的工艺，对废树脂采用热态超级压实的方法处理，对蒸残液和泥浆采用蒸发、桶内干燥、超级压实和水泥固定的方法处理，相对于传统的水泥固化工艺可以更有效减容。

— 将放射性废物进行分类收集和处理。

— 可降解废物采用降解工艺处理，可降解处理的减容系数可达 120，显著减少最终固体废物包产生量。

在运行方面：

— 加强宣传与培训，将放射性废物管理相关内容列入员工基本安全授权培训与考核内容中，培养员工的最小化理念，提高员工环保意识，养成良好的作业习惯。

— 提高产生废物的系统安全稳定运行，最大限度地减少停机停堆和可能导致增加放射性废物产生量的瞬变及腐蚀、活化产物的产生和沉积，防止燃料元件破损和反应堆主回路及相关系统的放射性泄漏。

— 优化设备管理，优化预防性维修计划，选用免维护或维修率低的设备，改进设备运行状态，减少设备的跑、冒、滴、漏。

— 防止误操作引起跑水，最大限度地减少放射性的排出。尤其是在换料大修期间，防止由于设备隔离和在线错误导致大量跑水和增加废水量。

— 改善除盐床的运行条件，同时优化废水处理，合理调度，延长树脂使用寿命，有效地减少废树脂的产量。

— 制定周密的检修计划，利用布置好的同一个工作现场，完成机械、仪表、电气等检修工作，防止重复铺设塑料布或搭设 SAS 负压棚。

— 严格分类收集、存放和处理废物，以减少废物货包的数量和体积。

— 加强控制区内人员和物项管理，控制不必要人员进入辐射控制区，严格控制一次性消耗材料的使用量，合理使用辐射防护用品。

— 加强防护用品重复使用管理，减少可压实废物的产生量。

— 尽量对放射性污染的工具、零件、防护用品等物品去污，重复利用。

— 对符合豁免或清洁解控条件的废物及时申请豁免或解控。

— 随着放射性废物处理技术的不断优化发展和最小化良好实践的推广。在满足相关政策条件下，以处置为核心，可采取除本工程设计的处理工艺外的其他处理技术进行减容处理，也可利用具有相应资质和能力的国家或区域集中处理、处置设施进行减容处理，以减少废物最终处置体积。如：针对极低放废物，可采取极低放废物填埋进行处置；针对放射性金属废物，可采取拆解、分拣熔融再利用。针对放射性可燃废物，可采取外运焚烧的方式进行处理。

4.6.4.5 废物最终处置

本工程需要处置的是混凝土 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包，废物包在废物暂存库存放一定年限后，按计划运往放射性废物处置场。

放射性固体废物包（200L 钢桶废物包）装有烘干蒸残液盐块、废树脂压饼的 200L 钢桶在运往处置场之前，在 T4UKT 装入 HIC 高完整性容器。放射性废物厂外运输将遵

守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》和 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》。

放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处置前进行论证，放射性废物的处置将遵守国家的处置政策。

4.6.4.6 放射性固体废物源项

田湾 7、8 号机组产生的放射性固体废物包括废树脂、蒸残液、泥浆和杂项干废物（含可降解废物）。废物源项结合本工程的设计文件和田湾 1-4 号机组的运行数据给出。

a) 废树脂

废树脂来源于下列系统的除盐器：

—燃料水池和含硼水箱水净化系统（FAL）、一回路冷却剂净化系统（KBE）、冷却剂贮存系统（KBB）、一回路冷却剂处理系统（KBF）产生的废树脂送入废树脂贮槽；

—地漏水处理系统（KPF）产生的废树脂送入废树脂贮槽；

—重要用水中间冷却回路系统（KAA）和蒸汽发生器排污水净化系统（LCQ-2）的废树脂进行贮存衰变。

废树脂中的放射性核素包括 Cs-137、I-131、Co-60 和其他核素。

b) 蒸残液和旋流器泥浆

蒸残液来自地漏水处理系统（KPF）的蒸发器，是主要含硼酸钠、硼酸或其他化合物的水溶液。

泥浆来自地漏水处理系统（KPF），含不溶固态物质的泥浆。

蒸残液和泥浆中的放射性核素包括 Cs-137、I-131、Co-60 和其他核素。

c) 杂项干废物

核电厂内的杂项干废物包括受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到放射性废物处理中心（T4UKT）进行分拣（如需要）、干燥（如需要）、超级压实（如需要）和水泥固定处理或送至 1、2 号机组 KPA 系统进行处理。可降解废物经降解处理后产生的二次废物在 T4UKT 进行水泥固化处理，其他放射性固体废物在 T4UKT 在设计上采用了技术先进、减容效果好的固体废物处理工艺进行处理，减少最终废物包产生量。

根据国内核电厂运行数据，杂项干废物中主要核素为 Zr-95、Co-60、Cr-51、Nb-95 等。

4.6.5 乏燃料贮存系统

乏燃料贮存系统是用于暂时贮存和转运乏燃料组件的系统，其功能是把从反应堆卸出的乏燃料组件运送到乏燃料水池中的乏燃料贮存格架中贮存。乏燃料水池冷却和处理系统为乏燃料的贮存和转运提供安全环境。

在贮存过程中乏燃料组件经过冷却、衰变，达到乏燃料运输容器运输的限值后，将乏燃料组件从贮存水池中取出，装入乏燃料运输容器准备从核电厂运出。

4.6.5.1 设计准则

乏燃料贮存系统设计准则如下：

- 1) 乏燃料贮存系统设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》相关章节的要求进行；
- 2) 反应堆及其堆芯卸出的燃料组件的转运、检查，以及贮存和冷却设施、设备都布置在安全壳内；
- 3) 用一台装卸料机在防护水层下进行反应堆换料和燃料转运；
- 4) 在安全壳内的乏燃料水池内贮存乏燃料组件，经过贮存、冷却使其放射性和衰变热降到可运输的允许值；
- 5) 乏燃料水池的贮存容量满足燃料组件的贮存要求；
- 6) 装卸、操作和贮存的燃料组件的次临界度应不小于 0.05；
- 7) 从反应堆卸出的乏燃料组件、控制棒组件放置在乏燃料水池的乏燃料贮存格架中贮存。核电站运行期间，乏燃料水池温度不超过 50℃；在反应堆换料期间，水池温度不超过 60℃；
- 8) 将贮存冷却后的乏燃料组件装入乏燃料运输容器准备从核电厂运出；

4.6.5.2 乏燃料贮存系统描述

从反应堆中卸出的乏燃料组件由装卸料机在防护水层下转运至乏燃料水池的乏燃料贮存格架中存放、冷却，经若干年后其放射性和衰变热衰减到运输要求的允许值后可装入乏燃料运输容器运出核电厂。

乏燃料水池位于反应堆安全壳内，靠近反应堆布置。乏燃料组件在冷却水池中采用强迫循环冷却。

乏燃料水池设有水池冷却和净化系统，用以排出乏燃料组件在贮存期产生的衰变热，并按水质要求净化池水。水池内壁是不锈钢覆面，保证在寿期内不泄漏。水池还设有不锈钢覆面泄漏监测系统，在寿期内可随时监测覆面的密封性。

当乏燃料水池装满乏燃料组件时，池水的深度保证满足辐射防护的安全要求。

4.6.5.3 乏燃料贮存系统及其防护安全措施

为保证乏燃料组件的安全装卸和贮存，在设计中采用了如下防护安全措施：

- 1) 乏燃料组件从反应堆中卸出和转运到乏燃料水池的乏燃料贮存架中贮存，是在足够深的防护水层下用专用程序控制的装卸料机来完成的。
- 2) 乏燃料组件在水池中贮存期间有相应的冷却和净化系统保证导出乏燃料组件产生的剩余热量和池水的净化，保证池水中的放射性物质及杂物在限值之内，以保证工作人员的辐射安全。
- 3) 乏燃料水池设有不锈钢覆面，防止腐蚀和泄漏。为监测水池覆面的密封性设有水池覆面泄漏监测系统，一旦发现泄漏可以及时进行维修。
- 4) 为防止贮存的燃料组件在事故情况下可能发生过热，乏燃料贮存系统的贮存设备、设施及其冷却系统的设计既要保证满足燃料组件的冷却要求，又要保证贮存水池无失水和意外排放的可能。
- 5) 乏燃料水池布置在反应堆安全壳内，对贮存水池池水表面蒸发的水蒸汽采取通风措施，不使其扩散，由安全壳内排出的气体经过滤和放射性监测系统监测达到所要求的限值后方能排入大气，保证不污染环境。
- 6) 为满足乏燃料贮存的核安全要求，采用乏燃料贮存格架，并用相应浓度含硼水充满水池，保证乏燃料贮存的次临界度不小于 0.05。
- 7) 在乏燃料水池正常运行情况下对水池水位、水温和含硼浓度进行监测，并设有放射性超剂量报警装置。
- 8) 乏燃料贮存系统的主要设施和设备都按相应的安全标准、规范进行设计，并根据相应的抗震类别、安全等级和质保等级制造、安装，以确保在 SL-1 和 SL-2 工况下乏燃料的安全装卸和贮存。
- 9) 乏燃料贮存系统的运行和操作都在安全壳内按严格的程序和规程进行，因此不会对环境及居民健康产生不利影响。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

为满足本工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理。化学处理的主要方法是在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证水质并实现以下目的：防止海生物的附着和繁殖、避免设备的腐蚀和结垢、去除水中的氧、水处理装

置的再生、达到水处理工艺效果、调整水的 pH 值、化学清洗、调节反应堆的反应性等。

这些化学物质的最终产物也将随着排水排入到环境中去。

4.7.1.1 化学处理系统设计

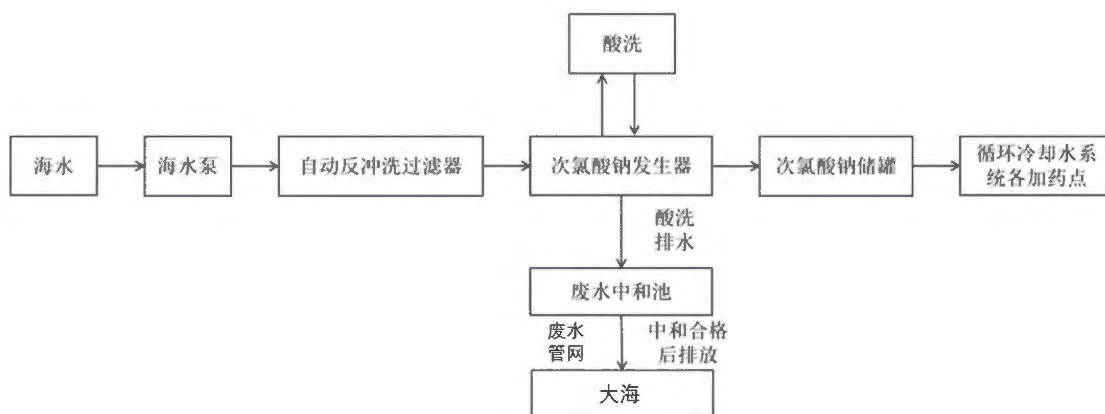
本工程释放到环境中的化学物质主要产生于次氯酸钠生产与分配系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统等系统中。

（1）次氯酸钠生产与分配系统

次氯酸钠生产与分配系统的功能是对主冷却水系统和安全相关用户厂用水系统投加氧化性杀生剂次氯酸钠，防止海生物等在管道、凝汽器内滋生、附着，避免因其繁殖而导致管道断面缩小，阻力增加，流量、换热效率降低，以确保主冷却水系统和安全相关用户厂用水系统的正常运行。

本工程采用电解海水的工艺来获取次氯酸钠，并将其投加至循环冷却水系统中。在 7、8 号机组隧洞取水构筑物 and 7 号机组循环水泵房、8 号机组循环水泵房、重要厂用水取水构筑物连续投加次氯酸钠，加药浓度根据季节及实际需求相应调整；在 7 号机组取水隧洞或 8 号机组取水隧洞的 2 个冲击加药点同时冲击投加次氯酸钠，每天加药 2 次，每次为 0.5 小时，加药浓度根据季节及实际需求相应调整。

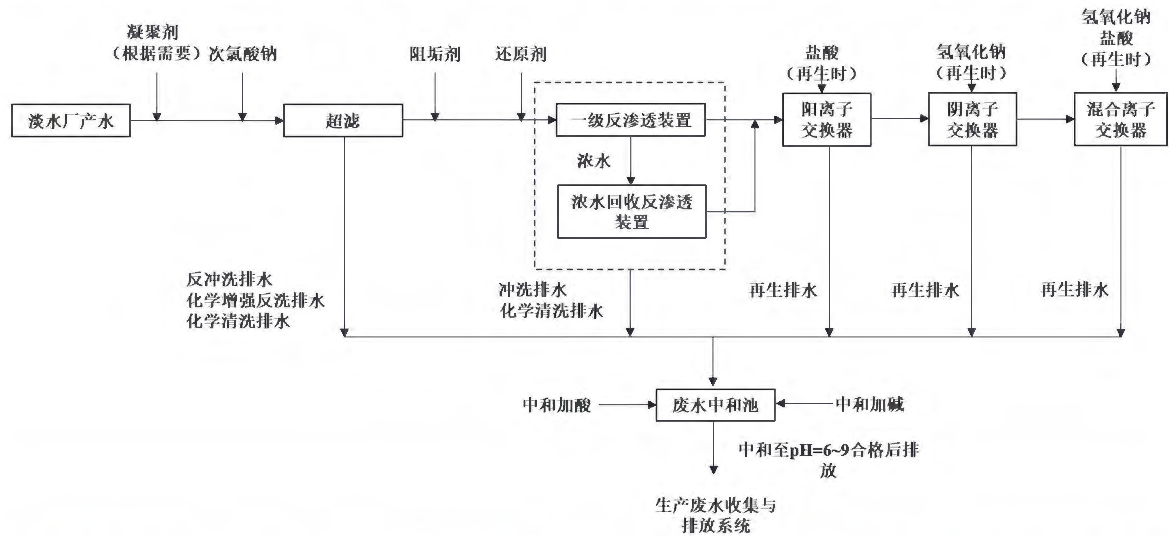
本工程制氯站与 5、6 号机组共用一座制氯站，在 5、6 号机组建设期间已完成厂房建设，本期安装相关电解制氯设备。次氯酸钠生产与分配系统的生产废水来源、处理及排放流程简图如下：



次氯酸钠生产与分配系统产生的生产废水主要为制氯站酸洗系统排水排至废水中和池，经酸碱中和 pH 值达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，最终排至大海。

（2）除盐水生产系统

除盐水生产系统的原水取自 1、2 号机组淡水厂。除盐水生产系统采用超滤+反渗透+离子交换工艺，产水供向厂区除盐水用水点。除盐水生产系统工艺流程简图如下：



除盐水生产系统产生的生产废水主要包括超滤装置化学清洗废水、反渗透装置化学清洗废水，阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器再生废水等。上述废水均收集至废水中和池，废水中和池中废水经过酸碱中和调节 pH 至 6~9，水质指标符合《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）后经生产废水管网排至虹吸井，最终排至大海。

除盐水生产系统在废水中和池的废水中和泵出口设置了 pH 检测仪，当废水中和至 pH 6~9 时方可排放，否则继续投加酸碱药剂、搅拌直至达标。

（3）液态流出物来源及排放

核岛内的放射性废液由特种污水系统（KT*）分类收集后送至地漏水处理系统（KPF）进行蒸发或离子交换处理。通过 NaOH 对蒸发单元前贮槽内的废液进行 pH 调节以保证处理工艺的需要。

常规岛的潜在放射性废液由常规岛废液排放系统（LDL）收集，经取样后，当废液的放射性浓度低于排放控制值时，通过虹吸井排放入大海。

4.7.1.2 废水来源及排放

本工程排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 除盐水生产系统；
- 次氯酸钠生产与分配系统
- 核电站有关厂房的液体流出物及系统排污水处理。

4.7.2 生活废物

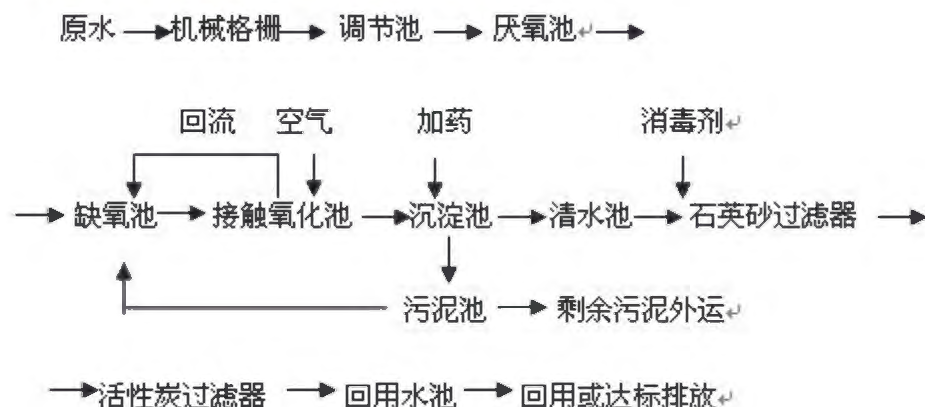
本工程产生的生活废物包括核电站非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期间生活垃圾产生量约为 1.8 吨/天。

生活污水来自厂区、厂前建筑区、其他设施区的各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备以及洗衣房等处的非放射性生活污水的排水。本工程生活污水由生活污水排水系统收集送至已建成南区污水处理站集中处理。生活污水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）城市绿化、道路清扫水质要求，出水用于厂区绿化、道路清扫等。回用剩余水量排入大海。生活污水处理站产生的泥水混合物外运。

南区生活污水处理站分两期改造，一期 840m³/d，二期 600 m³/d，总处理能力达到 1440 m³/d。根据田湾核电站各阶段现场人数，保守估算，1~8 号机组生活污水量峰值为 1181m³/d，小于南区污水处理站的处理能力 1440 m³/d，满足要求。

南区生活污水处理站主要工艺流程图如下：



4.7.3 其他废物

本工程产生的其他非放射性废物主要指非放射性生产废水和固体废物。

4.7.3.1 非放射性生产废水

（1）核岛非放射性生产废水

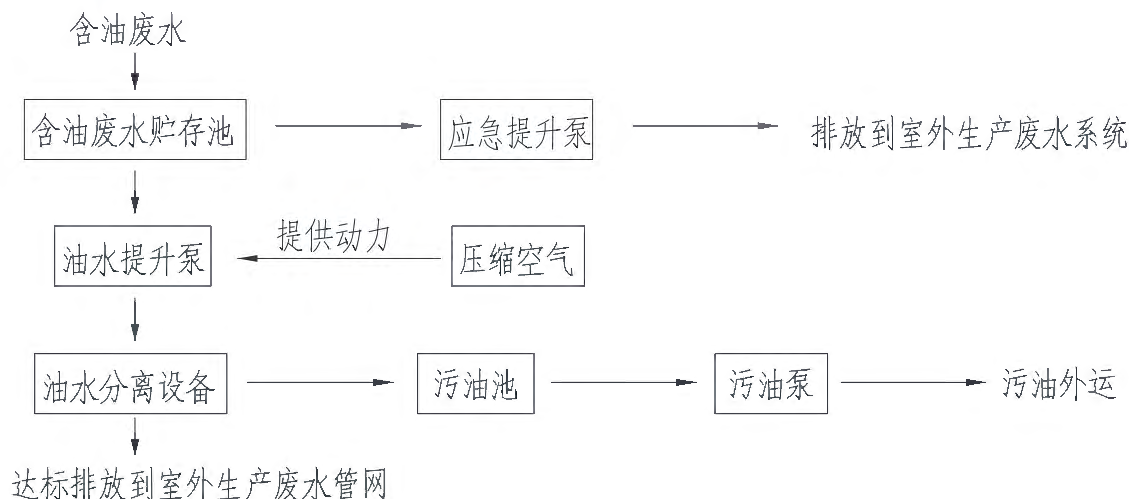
本工程核岛非放射性废水主要由 GM 系统（Process sewage collection and discharge system）产生，废水成分主要为含石油产品和悬浮物的房间地面污水、配备有自动喷水灭火装置的电缆间和含油房间的消防废水等。

（2）常规岛非放射性废水

常规岛闭式冷却水系统废水中含磷酸三钠，正常运行期间不排水。

（3）非放射性含油废水

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至本工程含油生产废水油水分离池。含油生产废水油水分离池设计规模 $2\times 5\text{m}^3/\text{h}$ 。非放射性含油废水处理流程图如下：



本工程运行期非放射性含油废水排放量为 $1400\text{m}^3/\text{a}$ ，污染物种类主要包括悬浮物、石油类。非放射性含油废水经含油生产废水油水分离池处理后，满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，处理后的达标水排入厂区生产废水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。在含油生产废水油水分离池的油水分离器上设置监测仪表对石油类进行在线监测；在含油生产废水油水分离池达标水排放管上设置取样口，开展定期监测。若监测超标则外运委托有资质的单位处理。

（4）制氯站排水

本工程制氯站建设于田湾核电站 5、6 号机组内，运行期制氯站生产废水排放量为 $480\text{m}^3/\text{a}$ ，污染物种类主要为悬浮物。制氯站生产废水通过废水中和池收集，经酸碱中和并监测，pH 达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，最终排至大海。

（5）除盐水厂房排水

本工程运行期除盐水厂房生产废水排放量为 $11885\text{m}^3/\text{a}$ ，污染物种类主要包括酸碱废水、总磷、化学需氧量。除盐水厂房生产废水通过废水中和池收集，酸碱中和后最终排至大海；除盐水厂房末端设置监测仪表对流量、pH 值、总磷、化学需氧量进行手动取样监测。

（6）其他废水

运行期各厂房清洗地面排水进入室外生产废水管网，污染物种类主要为悬浮物；地面含油厂房的含油废水通过室外含油废水管网送至油水分离设施处理。

综合技术廊道内集水坑排水由生活水、生产水、消防水、除盐水、供热水、蒸汽、冷冻水等系统管道检修或泄漏排放产生，污染物种类主要为悬浮物，综合技术廊道集水坑排水最终排至大海。

空调冷凝水排水室外部分直接排至散水，室内部分通过室内管网收集，最终排至大海，无污染物。消防期间的厂房消防排水通过厂房内楼梯间或地面散排至室外管网最终排至大海，主要污染物为悬浮物。

4.7.3.2 固体废物

固体废物主要包括一般工业废物和危险废物。本工程两台机组正常运行期间每年产生一般工业固体废物约 405t，其中可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、零星废金属等）约 50t，不可回收类一般工业固体废物（废塑料、废橡胶、海洋垃圾、废树脂、废保温棉等）约 355t。

本工程运行期产生的一般工业废物。主要包括淡水处理和生活污水处理过程中产生的污泥、膜组件和除盐水处理过程中采用的膜组件、使用的离子交换树脂等。本工程淡水处理、生活污水处理与前期工程共用。

除盐水生产工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内除盐水处理膜元件的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

危险废物在厂区内收集、贮存，委托有危险废物经营许可证的有资质单位外运处置。本工程设有与前期工程共用的危险废物暂存库，集中分类暂存，日常建立危险废物台账并设专人看管，通过与持有合法有效的《危险废物经营许可证》的危废经营单位签订处置合同，将田湾核电站 7、8 号机组现场产生的各类危废外运转移至危废经营单位（合同乙方），通过利用、焚烧、填埋等方式处理。

本工程按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《江苏省固体废物污染环境防治条例》及江苏省生态环境厅关于危险废物规范化管理等相关规定，编制、发布和升版《危险废物管理》程序，建立危险废物的产生、收集、入库、贮存和出库转移处

置的全流程管控制度。危险废物的全生命周期管控都在《江苏省固体废物管理信息系统》中完成，实时处于生态环境部门的监管之下。

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

新燃料组件运输采用的新燃料运输容器的设计和制造遵守俄罗斯放射性物质运输规定，并满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

新燃料运输容器由左右两个圆柱形筒体焊接而成。容器的上部设有吊装耳板，以便于起吊容器。每台容器可以装载两组燃料组件。

新燃料组件及其运输容器有良好的抗震和密封性能，在正常运输条件下，能确保运输过程中的安全，对环境不会产生任何有害辐射影响。在事故情况下，即使容器本身发生变形，内装燃料也满足临界安全准则的要求，不会发生临界反应，而且燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。尤其是新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

田湾核电站 7、8 号机组新燃料组件由燃料生产厂利用运输容器运至田湾核电站 7、8 号机组的新燃料贮存库。

4.8.2 乏燃料运输

从核电厂卸下的乏燃料组件在安全壳乏燃料水池暂存若干年后，将其装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。

乏燃料组件运输容器采用符合 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》要求的乏燃料运输容器，在运输过程中可保证运输人员和沿途居民的安全，并符合环保要求。

乏燃料运输的运输起点为田湾核电站 7、8 号机组，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。本工程乏燃料运输可采用公铁海联运的运输方式，本工程至核电站自备码头间考虑采用公路运输方式进行短途接驳，再由核电站自备码头公海换装后，由专用运输船实施海运。专用运输船到达中转码头，进行海公换装；通过公路短驳方式运输至铁路专用线完成公铁换装、专用线运输，最终运至规划的乏燃料后处理厂。具体运输容器类型、运输方案及路线，由承运部门确定，并由国家相关主管部门批准。

4.8.3 放射性固体废物运输

本工程需要运输的放射性固体废物包括处理前的固体废物和处理后的废物包。处理前的固体废物包括废树脂、蒸残液/泥浆和杂项干废物，处理后的废物包装形式为装有烘干废树脂、蒸残液盐块和烘干泥压实桶饼的 200L 钢桶水泥固定体、装有干废物桶饼的

200L 钢桶水泥固定体和外运处置前二次包装形成的混凝土高完整性容器（HIC）。

4.8.3.1 处理前的固体废物运输

机组运行期间产生的废树脂、蒸残液和泥浆在核岛内暂存一定时间后，将由专用的屏蔽运输槽车从核岛送往放射性废物处理中心（T4UKT）进行烘干处理，运输槽车的屏蔽设施可以保证槽车外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，司机室后的屏蔽保证司机室内剂量率不超过 $10\ \mu\text{Sv/h}$ 。废树脂屏蔽运输槽车和蒸残液屏蔽运输槽车设有泄漏探测和液位探测装置，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

杂项干废物，如衣服、手套、鞋罩、塑料、小型零部件等，集中收集后由专用的封闭式运输车运输，运输车司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

放射性废物运输车辆在厂内专用路线工作，严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

4.8.3.2 处理后的废物包运输

在放射性废物处理中心（T4UKT）处理形成的、装有烘干废树脂、蒸残液盐块和烘干泥压实桶饼的 200L 钢桶水泥固定体废物包和装有杂项干废物桶饼的 200L 钢桶水泥固定体废物包，经一段时间暂存后由专用车辆运输到机组的废物暂存库。废物桶在厂内运输使用专用运输车，外表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废物桶在运输时放入屏蔽容器内，保证运输容器外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，运输车沿规划路线行驶，运输废物期间实行道路管制措施，减小厂区人员受放射性危害的风险。

装有烘干废树脂、蒸残液盐块和烘干泥压实桶饼的 200L 钢桶废物包外运处置前需运输到 T4UKT 进行二次包装，装入混凝土 HIC 后封盖养护形成混凝土 HIC 废物包。机组最终外运的废物包为 200L 钢桶和混凝土 HIC 包装的废物包。

放射性固体废物包外送处置的运输起点为田湾核电厂 7、8 号机组放射性固体废物暂存库和放射性废物处理中心，运输终点为放射性固体废物处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。具体运输方案和运输路线将在废物包外运处置前进行论证，放射性废物的处置将遵守国家的处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》中的有关要求，200L 钢桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物容器 钢桶》的要求，混凝土高完整性容器（HIC）的设计和制造满足 GB 36900.2-2018

《低、中水平放射性废物高完整性容器 混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》的要求。

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设占用土地情况

5.1.2 施工建设对土地利用的影响

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.2.3 减轻海域施工过程对水环境影响的措施

5.3 施工影响控制

5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

5.3.2 施工扬尘的控制措施

5.3.3 施工噪声的控制措施

5.3.4 场地回填的控制措施

5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

5.3.6 非放射性物质的控制措施

5.3.7 放射源的管理措施

5.3.8 设计地形地貌的改造措施

5.3.9 水土保持措施

5.3.10 施工期的节水措施

5.3.11 施工期监测工作

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设占用土地情况

5.1.1.1 征地和土地使用情况

本期工程总用地面积 95.84hm² (不含海工工程等厂外设施用地), 其中永久设施用地 54.26hm², 已在前期工程征用完毕, 为建设用地, 施工临时设施用地 41.58hm²。

永久设施用地已随前期工程征用完毕, 主要包含厂区用地、厂前建筑区用地、其他设施用地及边坡工程用地; 施工临时设施用地占用 1-4 号机组已征土地 18.55hm², 需新租土地 23.03hm²。

5.1.1.2 土地利用合理性

- 充分利用前期工程已有设施, 节约用地。
- 在满足相关规范的前提下, 厂房尽量集中或合并布置。
- 在满足管廊施工、穹顶吊装要求的前提下, 减小核岛中心间距, 减小厂区及非居住区面积。5~8 号机组最初按照 4 台 M310 机组进行规划并征地, 7、8 号机组采用 VVER 堆型, 用地需求增大, 故通过管廊上下叠加敷设、分体吊装, 厂房联合布置等方式减少占地。
- 根据施工进度安排, 利用部分永久设施用地作为施工临时设施用地, 减小施工临时设施用地面积。
- 施工办公设施集中布置, 减小施工临时设施用地面积。
- 厂址附近无大规模的工业企业、交通要道和军事设施, 人口稀少、土地贫瘠, 满足建设核电站的要求。

5.1.2 施工建设对土地利用的影响

场地平整、永久厂外道路、混凝土搅拌站、砂石料生产厂等厂外施工设施以及施工生活区等已在前期工程建设期间完成, 本期工程直接利用, 不会对本期土地利用产生影响。

本期工程生产建设均在厂区内完成, 对土地利用的影响较小。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

场地平整工作已在前期工程完成, 本工程对地形地貌的影响较小。

5.1.3.2 水土流失

本期工程为扩建工程, 应急指挥中心、淡水厂、厂外道路、大件码头等沿用前期工

程已有设施,可能造成水土流失的区域主要为厂区、施工场地、排水口、混凝土搅拌站及砂石料生产厂等。

本工程在建造期间采取相关工程措施(敷设雨水管道、硬化路面、碎石铺设场地等)、绿化措施(种植乔木、绿篱、灌木、攀援等植物)、临时措施(临时排水沟、沉砂池等),尽量减少建设区域的水土流失。

5.1.3.3 对生态环境的影响

工程施工对厂址场地进行了平整,场平需剥离原有地表植被,土石方挖掘工作改变了当地特别是土壤生物的种群及群落结构。挖掘过程产生的部分废弃土石方占用部分土地,堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中,根据现场施工情况采取了相应生态保护措施,工程建成后,厂区内会进行绿化,厂区外的临时施工用地也采取相应的恢复措施,本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

5.1.3.4 对大气环境的影响

在工程施工过程中,由于爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬,大气中粉尘含量增高。施工期间采取有效的防治措施,减少扬尘。在施工建设期间,进行了施工期大气的环境监测工作,一旦发现超标,及时通知施工方进行整改,尽可能降低施工对大气环境的影响。

5.1.3.5 对声环境的影响

施工期间,开挖爆破以及各类施工和运输机具产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响,施工期间采用了相应的措施降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响。在施工建设期间,进行了施工期噪声监测工作,一旦发现超标,及时通知施工方进行整改,尽可能降低施工噪声对环境的影响。

5.1.3.6 对水环境的影响

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。冲洗机具等生产废水经过沟渠进入沉淀池,经过沉淀后复用。

本工程施工期最大日生活污水产生量为 1107 m³/d。其中,苹果园生活区最大日生活污水产生量为 810 m³/d,排至市政污水系统,最终排至宿城街道污水处理站。

施工现场最大日生活污水产生量为 297m³/d,排至临时厕所,委托有资质运输单位,定期由污水车抽吸至厂外有资质的处理单位处置;项目部产生的生活污水通过管线排至江苏核电南区污水处理站,经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水

水质》(GB/T18920-2020)中城市绿化、道路清扫水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级 A 标准后,用于降尘浇洒等,回用剩余水量排入大海。施工期最大日降尘浇洒用水量为 $127\text{ m}^3/\text{d}$,回用剩余排水量为 $127\text{ m}^3/\text{d}$ 。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)中一级 A 标准允许排入《海水水质标准》(GB 3097-1997)中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域,满足排放条件。

因此,陆域施工活动对水环境的影响很小,是局部的、暂时的,是可以接受的。

5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾。本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运;采用定期机械和人工清理、平整和覆盖,避免对地下水、地表水产生影响;采用专用运输车辆(或外运车辆加盖篷布)及时外运,避免运输过程中的遗撒等。根据产生源头、工艺过程、成分分析、危险特性等,初步判断产生的废物是一般固废还是危险废物,再对照《国家危险废物名录》(2025 年版)进行归类;严禁将危险废物混入非危险废物中收集、贮存、运输和处置;危险废物与其他固体的混合物,以及危险废物处理后的废物的属性判定,按照国家规定的危险废物鉴别标准执行,尚未判定的,按危险废物管理;列入《国家危险废物名录》(2025 年版)中危险废物豁免管理清单中的危险废物,在所列的豁免环节,且满足相应的豁免条件时,可以按照豁免内容的规定实行豁免管理。施工期间产生的危险废物主要有酸洗废液、废碱、废弃包装物和容器、废显(定)影剂、油漆类废物、矿物油废物等,由施工单位负责收集,江苏核电负责统一接收、贮存、转移处置、管理计划申报、月报填报等。施工单位作为产废单位(产生源),按照相关法律法规、标准做好危险废物分类收集、包装标识、临时储存、厂内运输及移交等规范化管理工作。因此,本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的,是可以接受的。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

距离厂址最近的自然村为宿城街道东崖屋行政村的东崖屋组,位于厂址 WNW 方位 0.58 km 处,施工不会对其造成影响。

厂址半径 10 km 内陆域涉及的风景区一处,为云台山风景区,最近处距离厂址 0.45 km 。厂址半径 10 km 内陆域涉及的省级以上自然保护区一处,为云台山森林自然保护区,最近处距离厂址 1.4 km 。厂址半径 10 km 范围共有 106 处名胜古迹,距离最近的名胜古迹为一般不可移动文物:高庄知青楼,最近处距离厂址 1.55 km 。

厂址与附近的旅游景区和文物古迹有一定距离, 施工不会对其造成影响。

核电厂工程建设期间需要大量的工程施工人员, 大量的外来施工人员进驻施工现场, 可能对附近居民的日常生活造成轻微的影响, 但同时也可以增加当地居民的就业机会和商机, 而大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活, 可以增强该地区的消费能力, 促进经济的发展。

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

(1) 施工期用水

核电厂施工期用水主要为淡水, 主要包括施工生产用水和施工生活用水。施工生产用水供给混凝土搅拌、混凝土养护、降尘浇洒、砌筑工程、施工机械等用水。施工生活用水供给施工人员生活用水, 其水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2022)。

(2) 施工期用水量

田湾核电站 7、8 号机组施工期间施工生产用水最大日用水量为 $1760\text{m}^3/\text{d}$ 。施工高峰期施工人员数 11000 人, 7500 人在苹果园生活区居住, 生活用水量标准取 $150\text{L}/\text{人}\cdot\text{日}$, 其他施工人员不居住在厂区内, 生活用水量标准取 $30\text{L}/\text{人}\cdot\text{日}$, 施工人员生活用水最大日用水量为 $1230\text{m}^3/\text{d}$ 。施工现场降尘和洗车用水量为 $134\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑管网漏损水量和未预见用水等, 施工期间最大日用水量约为 $3444\text{m}^3/\text{d}$ 。

(3) 供水水源

田湾核电站 7、8 号机组施工期间所需的淡水来自田湾一期已建的淡水厂。淡水厂的原水取自蔷薇河。

(4) 施工期用水对周围水用户的影响

田湾核电站 7、8 号机组与 1~6 号机组为同一水源, 原水取自蔷薇河。根据《田湾核电站 7、8 号机组水资源论证报告书》, 本工程取水对区域水资源可利用量影响小, 取水占蔷薇河总需水量的比例不大, 不影响其他用户取用水条件。

5.2.2 海域施工对水环境的影响

田湾核电站 7、8 号机组海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自排水口建设、排水导流堤延长段的建设、明渠和航道疏浚工程施工以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。

(1) 取排水工程施工对环境的影响

田湾核电站 7、8 号机组排水口与排水堤建设、明渠和航道疏浚工程施工对海洋环境

的影响主要为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响。

工程施工将引起海域悬浮泥沙颗粒物增加, 水体透明度下降, 削弱了水体的真光层厚度, 对浮游植物的光合作用产生不利影响, 导致局部海域内浮游植物生物量下降, 引起初级生产力水平降低。悬浮泥沙对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少, 导致部分浮游动物窒息死亡, 同时悬浮颗粒会粘附在生物体表, 干扰其正常的生理功能, 滤食性浮游生物会吞食适当粒径的颗粒物, 造成内部消化系统的紊乱。悬浮颗粒物还会堵塞鱼类的鳃部, 损害其滤水和呼吸功能。另外, 悬浮物中有害物质的二次污染也会对海水水质产生一定影响。施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要表现在机械的搅动, 施工结束后, 水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主, 在施工停止 3~4 小时后, 绝大部分泥沙将沉降于海底, 海水会很快变清。

采用经验证的二维潮流泥沙数学模型模拟计算了施工期引起的悬浮泥沙扩散情况。对于施工期悬浮泥沙扩散的研究, 一般是研究不利条件下泥沙扩散的最大范围。不利条件一般为工程施工海域的不利动力条件, 选取 2019 年 1 月大潮和小潮分别作为代表潮型。通过代表潮水动力条件下泥沙扩散最大包络线的比较, 来确定施工期悬浮泥沙扩散范围。根据数模预测结果, 项目施工期产生的悬浮泥沙浓度增量(全潮)超 10mg/L 浓度影响面积约 27.9km², 超 20mg/L 浓度的影响面积约 17.5km², 超 50mg/L 浓度的影响面积约 9.3km², 超 100mg/L 浓度的影响面积约 5.3km²。

悬浮泥沙大于 10mg/L 的包络线影响实际确权养殖范围远小于现状养殖, 仅局部影响了 3 个养殖户, 并且施工引起悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的包络线并未影响到江苏连云港海州湾国家级海洋公园等敏感目标。本工程渠道疏浚施工时, 施工单位合理安排施工船舶数量、位置、挖泥进度, 尽量减少疏浚作业对底质的搅动强度和范围, 采用对环境影响较小的抓斗式挖泥船进行作业。

根据泥沙数模预测结果, 田湾核电工程实施后, 水动力变化和地形冲淤分布主要受排水导流堤建设的影响局限在排水工程附近水域, 对羊山岛自然遗迹和非生物资源保护区所在海域的水动力环境影响有限, 保护区附近海域潮流流速变化基本在 0.01m/s 以内, 达到基本冲淤平衡状态时泥沙淤积在 0.10m 以内。此外, 田湾核电站 7、8 号机组施工引起的悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的包络线范围(全潮)接近羊山岛自然遗迹和非生物资源保护区, 但并未影响到上述保护区。因此, 可以认为田湾核电站取、排水工程的施工对羊山岛自然遗迹和非生物资源保护区基本无影响。

田湾核电站附近海域悬浮泥沙本底值较高, 且扩散的悬沙最多持续一个潮周期左右

后基本落淤完毕,持续影响时间不长;同时较大增量的悬浮物虽然能致使浮游动植物死亡,但每天工程施工活动停止后,由于潮汐作用,会将外海的浮游动植物带入施工区及其附近海域,使施工区浮游动植物得以补充,因此,本工程施工造成的入海悬浮泥沙对浮游生物数量不会产生长期不利影响。施工期间,泥沙入海对鱼类会产生一定影响。随着施工作业点的移动,具体水域受悬浮泥沙影响的时间尺度不长,加上鱼虾蟹类的规避作用,施工产生的悬浮泥沙对游泳生物的影响较小。总体上,虽然施工期产生的泥沙入海将对该范围内的浮游植物、浮游动物和鱼卵仔鱼的存活率产生一定的影响,但施工引起的这种环境影响是局部的、暂时的,当施工结束后,这种影响不再持续。并且,潮汐作用下外海的浮游动植物会带入施工区及其附近海域,使施工区浮游动植物得以补充。综上所述,施工悬沙扩散对工程区域的海洋环境影响较小。

(2) 海上施工船舶含油废水排放对环境的影响

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。本项目船舶含油废水的处理采用与第三方签订协议方式,含油废水由有资质的专业单位回收处理。

5.2.3 减轻海域施工过程对水环境影响的措施

采取下列措施可减轻施工过程对水环境的影响:

1) 减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

- (1) 避免在台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- (2) 将施工期环保要求列入招投标内容。

2) 减轻施工过程对海域环境影响的环保措施

(1) 施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具,如在不影响施工进度情况下尽可能选用较小的抓斗,尽量将悬沙影响和溢油风险降至最低。

(2) 开工前应对所有的施工设备,尤其是泥舱的泥门进行严格检查,发现有可能泄漏污染物(包括船用油和开挖泥沙)的必须先修复后才能施工;在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象,如有发现,应立即采取措施。

3) 施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

(1) 施工船舶含油污水不能随意排放,对于未安装油水分离器的小型船舶,可考虑施工期在岸上增设油水分离和处理设施。

(2) 施工船舶应加强管理, 要经常检查机械设备性能完好情况, 对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业, 以防止发生机油溢漏事故。

(3) 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物; 不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

(4) 重件码头到港船舶未配备油水分离处理设施, 或因故障未能正常运行的, 应直接交予有资质的含油污水接收处理船接收处理。

5.3 施工影响控制

5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

土石方爆破严格遵守相关规定, 为了控制建构筑物负挖对 1~6 号机组及其它已建设施的影响, 采用以下措施:

- 石方爆破根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法;
- 合理选择最大装药量, 控制震动速度和安全距离。

爆破单位根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械合理选择了爆破方法; 根据爆破区周边构筑物情况, 制定了最大装药量, 严格控制振动速度和安全距离。

5.3.2 施工扬尘的控制措施

- 现场主要道路及出入口已全部硬化。
- 车辆清洗废水经二次沉淀后循环使用用于硬化路面洒水降尘。
- 各区域均有责任单位负责清扫维护, 各加工场地及堆场由责任单位负责组织清扫。
- 渣土、石料等运输时严密覆盖。
- 现场水泥、珍珠岩粉、高效石膏粉、干粉砂浆、界面粘结剂等入库或严密覆盖。
- 砼、砂浆搅拌台封闭, 水泥及其他砼原料料仓封闭, 砼骨料仓与搅拌机组之间, 运输通道封闭, 砂石厂设备封闭并采用先进制砂工艺及除尘设施, 气候干燥时砂等粒径小的物料洒水润湿。
- 未在道路和人行道上堆放或转运易扬尘的建筑材料。
- 施工现场无排放有毒烟尘和气体、无洗石灰、煎熬沥青等情况出现。
- 所有场地完工后全部及时清理和平整。
- 切割、打磨作业集中进行。
- 粉尘工作环境中施工人员均配备口罩等防尘措施。
- 施工现场无焚烧垃圾现象, 职工食堂均使用电作为能源。
- 临时办公点、职工宿舍、食堂打扫卫生及施工现场和楼地面要及时清理, 清理前

要洒水。

- 所有土石方运输车辆均需洗车后才能离场。

以上措施有效的控制了施工现场的扬尘。

5.3.3 施工噪声的控制措施

为尽量减少对附近居民的影响, 应总结前期施工降噪经验, 用于本期工程施工建设中; 严格遵守土石方爆破《爆破安全规程》(GB 6722-2014) 的相关规定。施工期间采取了以下措施, 确保将施工噪声控制在相关规定的限度内:

- 施工现场倡导文明施工, 减少人为的大声喧哗。
- 所有施工机械符合环保标准, 操作人员接受过环保教育。
- 施工过程中, 控制推土机一次推土量、装载机装载量, 无超负荷运转。
- 施工机械按时维修保养, 确保机械设备处于完好的技术状态。
- 选择低噪声设备, 为操作工人配备相应的劳动保护用品。
- 车辆噪声采取保持技术状态完好和适当减低速度的方法进行控制。
- 振捣棒使用完毕后, 及时清理干净, 保养好; 振捣混凝土时, 无振钢筋或钢模板现象。
- 对混凝土泵、混凝土罐车操作人员开展培训及责任心教育, 保证混凝土罐车平稳运行。
- 从声源上降低噪声。选用低噪声设备和工艺, 选用环保型机械设备。
- 从传播途径上控制噪声。对于噪声较大的设备, 如空压机、发电机等, 采取吸声、隔音、隔振和阻尼等声学处理方法降低噪声, 必要时设立专用工作间, 以降低噪声。
- 施工现场禁止夜间使用噪声比较大的机械, 靠近居民区的施工区域夜间禁止炮锤作业; 模板、脚手架等支拆、搬运、修理轻拿轻放, 维修时禁止使用大锤敲打, 降低人为产生的噪声等。

以上措施有效减少了噪声污染, 降低对周边居民区的影响。

5.3.4 场地回填的控制措施

回填运输车辆已全覆盖, 防止跑冒滴漏; 回填过程中, 落实湿法作业, 防止扬尘污染; 回填所使用的非道路移动机械已申请或张贴环保标签, 设备定期维护保养, 处于良好状态以上措施有效的降低了回填过程中的扬尘及噪声污染。

5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

- 对于施工期间现场废物垃圾的处置, 制定相应的管理规定, 并严格执行;

— 从源头控制, 使废物垃圾产生的数量最小化;

— 集中储存, 做好防护措施, 使其对环境的影响降至最低;

— 采用专用运输车辆及时外运, 避免运输过程中的遗撒;

— 污水采用有组织排水方式, 项目部产生的污水通过管线排至江苏核电南区污水处理站, 处理达标后排入大海; 其余各承包商生活污水委托有资质运输单位运输至核电厂外污水处理站; 洗车机废水经二级过滤循环使用;

— 建筑垃圾集中储存, 储存点地面硬化, 防渗漏; 承包商委托有资质第三方定期入场清运建筑垃圾, 运至厂外垃圾处理站集中处理。

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。冲洗机具等生产废水经过沟渠进入沉淀池, 经过沉淀后复用。

本工程施工期最大日生活污水产生量为 $1107 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其中, 苹果园生活区最大日生活污水产生量为 $810 \text{ m}^3/\text{d}$, 排至市政污水系统, 最终排至宿城街道污水处理站。

施工现场最大日生活污水产生量为 $297 \text{ m}^3/\text{d}$, 排至临时厕所, 委托有资质运输单位, 定期由污水车抽吸至厂外有资质的处理单位处置; 项目部产生的生活污水通过管线排至江苏核电南区污水处理站, 经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020) 中城市绿化、道路清扫水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中一级 A 标准后, 用于降尘浇洒等, 回用剩余水量排入大海。施工期最大日降尘浇洒用水量为 $127 \text{ m}^3/\text{d}$, 回用剩余排水量为 $127 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 中一级 A 标准允许排入《海水水质标准》(GB 3097-1997) 中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域, 满足排放条件。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运; 采用定期机械和人工清理、平整和覆盖, 避免对地下水、地表水产生影响; 采用专用运输车辆 (或外运车辆加盖篷布) 及时外运, 避免运输过程中的遗撒等。以上措施实现了建筑垃圾和污水的零排放目标, 从源头进行处理, 避免了后续的一系列污染问题。

5.3.6 非放射性物质的控制措施

— 对需进行表面处理的设备、管道、钢材等, 要求设备承包商在出厂前进行处理;

— 必须在现场处理的, 由施工单位严格执行化学物品使用管理规定, 对其使用量严格控制。

5.3.7 放射源的管理措施

依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

(1) 放射源的使用

对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的人员不得上岗。

放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作他用。

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查。

根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收。

探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查。

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

(2) 放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀

性物品。

运输采用符合防护及安全要求的防护容器及车辆,对货包进行表面污染及辐射水平测量,并安排专人押运,防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中,并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁,放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内,专设屏蔽厂房进行贮存,并对其防护墙根据最大辐照量进行计算,使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌,必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

(3) 放射源的处理

本项目产生的废源按采购合同约定的方式,优先考虑由供货方回收。

5.3.8 设计地形地貌的改造措施

— 严格按照设计要求进行施工;

— 选择合理的施工时间,雨季施工已做好防护措施,对新开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖,防止雨水冲刷;

— 优化施工工序,对工程开挖区修建了临时性排水沟以避免径流对开挖场地的冲刷;对工程开挖的弃土弃渣已及时清运;对开挖面、填方段等新形成的不稳定边坡及时护坡,避免长时间裸露;

— 基础开挖的土、石方集中堆放,并及时回填于需要填方的地点或指定场地,避免了水土流失;

— 厂区内地下设施繁多,施工时合理安排施工顺序,遵循了由深而浅、统筹安排的原则,确定临近地下设施尽量同槽一次开挖,同时保持基坑土方边坡的稳定,基面不受扰动;

— 所有建筑工地排水、设备清洗水集中处理,尽量重复利用,对施工场所进行喷洒,减少地面起尘;

— 施工结束后,在厂址范围内,凡裸露地面全部进行硬化或覆盖,可进行绿化的用地均充分绿化。

5.3.9 水土保持措施

中核苏能核电有限公司委托东北电力设计院有限公司于 2019 年 10 月编制完成了《田

湾 7、8 号机组水土保持方案报告书(报批稿)》。水利部于 2019 年 11 月 7 日以水许可决(2019) 83 号文对该方案进行了批复。

工程建设造成的水土流失主要发生在施工期。7、8 号机组是在核电厂已有厂址上进行的扩建工程,除厂区工程的建设可能引发水土流失,其它如四通一平工程、厂外道路、淡水厂、输电线路、海工工程、大件码头、施工准备区等均已在前期工程建设完毕,这些工程的建设均是在保证厂区安全的前提下,充分按照水土保持原则,符合水土保持要求的条件下完成的,改扩建子项也已在前期工程中完成土建施工,本次工程仅需设备安装。

本节主要阐述厂区工程、厂外取排水设施以及施工生产区的水土保持。

5.3.9.1 水土流失防治措施

1) 防治区划分

根据水土流失防治责任范围主体工程布局、施工工艺以及水土流失特点等,本期工程水土流失防治分区按照主体工程布局划分为厂区、施工生产区和厂外取排水设施区。厂区主要为核岛、常规岛、重要厂用水取水构筑物负挖和建(构)筑物周边土石方回填,以及地下管沟设施施工,水土流失需要重点防治;施工生产区利用前期工程的施工场地。在施工期间,总承包单位办公区基本无扰动,其他场地以材料堆放、设备安装为主,对土地扰动方式主要为占压,临时堆石料场扰动频繁,水土流失需要重点防治;厂外取排水设施区中,厂外取水隧洞采取钻爆法施工,排水暗沟采用盾构施工工艺,土石方主要为隧洞、排水暗沟的出渣和临时堆放。

2) 水土保持措施

a) 厂区

施工过程中,在本期厂区内设置雨水管线,在厂区保护区围栏内铺设碎石,在 7 号机组常规岛的东侧沿道路一侧设置临时排水沟。施工结束后,对可绿化区域进行绿化。

b) 施工生产区

施工过程中,在总承包单位办公区与常规岛施工场地之间,沿施工道路一侧设置临时排水沟,在临时排水沟末端设置沉砂池;在临时堆石料场周围设置临时挡渣墙、表面采取密目网防护。施工结束后,对施工生产区进行表土回覆、全面整地。

c) 厂外取排水设施区

施工过程中,对临时堆料场采取密目网防护。施工结束后,对施工场地进行表土回覆和全面整地,采取灌草结合的方式恢复植被。

5.3.9.2 水土保持实施情况

1) 工程主体施工进度

截止到 2025 年 1 季度末, 7、8 号核岛、常规岛和 BOP 工程子项处于土建工程和安装工程阶段, 7 号机组主控室部分可用、主控室投用、安全系统冲堆完成、外穹顶外部房间首批移交、KBC50/59 系统移交 (UKD 厂房用户回路)、UKT 具备模拟组件接收条件 1 环主泵电机吊装就位, 实物保护系统满足 7 号机组新燃料进场检查条件, 8 号机组汽轮机安装开始、发电机定子到场、预应力张拉完成, 71UJA 反应堆厂房水箱浇筑完成, 7 号核岛主泵电机及可抽出部件安装开始。

2) 监测工作实施情况

水土保持方案中水土流失防治责任范围面积共计 94.77hm^2 , 实际扰动面积以现场实际情况为准。截至 2025 年第 1 季度, 项目累计扰动土地面积 98.10hm^2 。

由于 2025 年 1 季度对厂区进行了扰动, 根据扰动情况对厂区和施工生产区各布设 1 个定位监测点, 其他区域进行调查巡查。

3) 水保方案实际完成工程量

2024 年度无工程措施实施、无植物措施实施, 临时措施包括: 密目网苫盖 6.30hm^2 、临时碎石覆盖 0.08hm^2 、洒水降尘 400 台时。

2025 年 1 季度对临时堆场、搅拌站和排水口施工区的裸地进行临时苫盖, 实施面积约 0.20hm^2 , 同时项目对现状临时排水沟、临时苫盖、碎石覆盖等已有水土保持措施进行维护。

4) 水土保持措施防治效果

根据水土保持监测结果, 本工程已实施水土保持措施具有合格的水土流失防治效果。水土保持监测单位于 2020 年 3 月进场监测, 从 2020 年 3 月至 2025 年 3 月, 三色评价结果均为绿色。

5.3.10 施工期的节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施, 如下:

- 实行用水计量管理, 严格控制施工阶段用水量。
- 施工现场生产、生活用水使用节水型用水器具, 在水源处设置明显的节约用水标识。
- 洗车池二级沉淀, 经过沉淀后进行回收, 循环利用。
- 施工过程中采用节水工艺。

— 混凝土养护时采用节水措施。

— 定期检查管网, 减小渗漏损失。

5.3.11 施工期监测工作

5.3.11.1 大气环境

本小节依据中国核电工程有限公司 2020 年 10 月~2024 年 9 月期间开展的 16 次施工期大气环境监测结果编制。本轮监测, 设置大气环境监测点 6 个。

根据调查的结果得到以下数据分析:

(1) 2020-2024 年 16 次监测无组织排放监测点 SO_2 最大小时浓度为 $28\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《大气污染物综合排放标准》(DB32/4041-2021) 中 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

(2) 2020-2024 年 16 次监测无组织排放监测点 NO_x 最大小时浓度为 $78\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《大气污染物综合排放标准》(DB32/4041-2021) 中 $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

(3) 2020-2024 年 16 次监测无组织排放监测点 TSP 最大小时浓度为 $285\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《施工场地扬尘排放标准》(DB32/4437-2022) 中 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

(4) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 SO_2 最大小时浓度为 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$; 最大日均浓度为 $16\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级浓度限值。

(5) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 NO_2 最大小时浓度为 $48\mu\text{g}/\text{m}^3$; 最大日均浓度为 $42\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级浓度限值。

(6) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 NO_x 最大小时浓度为 $60\mu\text{g}/\text{m}^3$; 最大日均浓度为 $53\text{mg}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级浓度限值。

(7) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 CO 最大小时浓度为 $1.3\text{mg}/\text{m}^3$; 最大日均浓度为 $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。所有小时浓度和日均浓度均满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级浓度限值。

(8) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 PM_{10} 最大日均浓度为 $97\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级标准 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

(9) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 TSP 最大日均浓度为 $159\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级标准 $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

(10) 2020-2024 年 16 次环境空气监测点共测得 $\text{PM}_{2.5}$ 最大日均浓度为 $69\mu\text{g}/\text{m}^3$, 满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 规定的二级标准 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值。

根据调查的结果及数据分析可以看出: 无组织排放源监测点的 SO_2 、 NO_x 和颗粒物浓度均满足《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”要求。

环境空气监测点的 SO_2 、 NO_2 、 NO_x 、CO、TSP、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度符合《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 中二级标准限值要求。

中核二三和中核华兴均在各自临建区建有油漆喷砂车间, 每年邀请有资质第三方对油漆喷砂车间排放气体进行检测, 检测结果均合格。

综上所述, 田湾核电站 7、8 号机组施工期间, 厂址附近大气环境质量状况较好。

5.3.11.2 声环境

本小节依据中国核电工程有限公司2020年10月~2024年9月期间开展的16次施工期噪声监测结果编制。本项目根据施工活动状况等情况, 在施工场界及厂区内共设7个监测点, 其中, 核电厂7、8号施工场界监测点4个; 5、6号机组厂界监测点1个; 厂区内噪声源监测点2个(华兴搅拌站和华兴搅拌站北)。在厂址半径5km范围内的居民点布设5个监测点, 交通道路布设2个监测点位, 对其进行昼夜监测。

田湾核电站7、8号机组施工场界4个监测点位(C1、C2、C3、C4)噪声监测结果昼间 L_{eq} 值范围在46.6-68.8dB(A), 夜间 L_{eq} 值范围在32.6-53.1dB(A), 均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)标准限值。

厂界区域3个监测点位(C5、C6、C7)昼间 L_{eq} 值范围在46.6-65.0dB(A); 夜间 L_{eq} 值范围在35.8-53.5dB(A), 均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)标准限值。

声环境保护目标噪声监测结果昼间 L_{eq} 值范围在44.3-54.6dB(A); 夜间 L_{eq} 值范围在31.4-48.1dB(A), 均满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)2类标准限值。

厂区外交通噪声监测结果昼间 L_{eq} 值范围在52.3-67.9dB(A); 夜间 L_{eq} 值范围在40.4-53.7dB(A), 均满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)4a类标准限值。

综上所述, 田湾核电站 7、8 号机组施工期间, 厂址附近声环境质量状况良好。

5.3.11.3 水环境

海域工程的施工会引起厂址附近局部海域环境发生暂时性变化, 从而对该海域造成影响, 为此委托相关单位开展海域工程施工期海域环境监测分析及评价工作, 以了解施

工对厂址周围海域环境所造成的影响,验证施工期所采取的环保措施的有效性。监测计划自海工工程施工开始至施工结束,海水水质在施工期间每季度大、小潮各监测一次;沉积物质量在施工期的典型季节进行监测;水生生物(包括仔鱼、鱼卵)及生物质量在施工期内典型季节进行监测。

(1) 站位布设

田湾核电站 7、8 号机组施工期海域监测调查共布设 15 个大面水质监测站位,其中 2 个兼做水质连续站,10 个进行沉积物和生物监测;3 条潮间带断面,进行潮间带生物和潮间带底质监测。

(2) 监测内容

大面海水水质监测项目:水温、水色、浊度、透明度、pH 值、盐度、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、无机氮(硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮)、非离子态氨、活性磷酸盐、活性硅酸盐、总悬浮物、挥发性酚、石油类、汞、镉、铅、铜、锌、六价铬、总铬、砷、硫化物、余氯和阴离子表面活性剂等。

连续海水水质监测项目:水温、盐度、pH 值、溶解氧、化学需氧量、无机氮(亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮)、活性磷酸盐、活性硅酸盐、总悬浮物、余氯、石油类等。

浅海沉积物质量监测:pH 值、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机碳、硫化物、含水率、氧化还原电位、沉积物类型等。

潮间带沉积物质量监测:氧化还原电位、有机碳、含水率、硫化物、石油类、铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷等。

浅海和潮间带生物质量监测:石油类、铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷等。

海洋生物生态监测:叶绿素 *a*、微生物(大肠菌群、粪大肠菌群)、浮游动物(含鱼卵、仔鱼)、浮游植物、潮间带生物、底栖生物。

(3) 监测频率

海水水质在施工期间每季度大、小潮各监测一次;沉积物质量在施工期的秋季进行监测;水生生物及生物质量在施工期内春季和秋季进行监测。

(4) 监测结果

1) 海水水质评价结论

2022 年 8 月至 2024 年 5 月大面站 15 个站位 8 个季度大小潮监测共 16 个航次中,所监测项目中 pH 值、非离子态氨、挥发性酚、硫化物、石油类、阴离子表面活性剂、重金属(Cu、Zn、Cd、Cr、As、Hg)等满足海水水质一类标准。

2022 年 8 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、13.3%、60%，劣四类站位比例为 26.7%；活性磷酸盐一、二、四类站位比例分别为 86.7%、13.3%、0；溶解氧一至四类站位比例分别为 60%、40%、0、0；其余指标均为一类。

2022 年 8 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、40%、60%；活性磷酸盐一类、二类、四类站位比例分别为 46.7%、53.3%、0；溶解氧一至四类站位比例分别为 80%、20%、0、0；其余指标均为一类。

2022 年 10 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、6.7%、80%，劣四类站位比例为 13.3%；活性磷酸盐一类、二类、四类站位比例分别为 33.3%、60%、6.7%；其余指标均为一类。

2022 年 10 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、46.7%、53.3%；活性磷酸盐一、二、四类站位比例分别为 46.7%、46.7%、6.7%；其余指标均为一类。

2022 年 12 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、0、40%，劣四类站位比例为 60%；活性磷酸盐一、二、四类站位比例分别为 0、40%、53.3%，劣四类站位比例为 6.7%；化学需氧量一至四类站位比例分别为 66.7%、33.3%、0、0；其余指标均为一类。

2022 年 12 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、0、40%，劣四类站位比例为 60%；活性磷酸盐一、二、四类站位比例分别为 0、40%、53.3%，劣四类站位比例为 6.7%；化学需氧量一至四类站位比例分别为 66.7%、33.3%、0、0；其余指标均为一类。

2023 年 5 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、0、46.7%，劣四类站位比例为 53.3%；活性磷酸盐一、二、四类站位比例分别为 0、53.3%、40%，劣四类站位比例为 6.7%；化学需氧量一至四类站位比例分别为 40%、60%、0、0；生化需氧量一至四类站位比例分别为 46.7%、53.3%、0、0；其余指标均为一类。

2023 年 5 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、0、0、13.3%，劣四类站位比例为 86.7%；活性磷酸盐一、二、四类站位比例分别为 0、46.7%、53.3%；化学需氧量一至四类站位比例分别为 53.3%、46.7%、0、0；生化需氧量一至四类站位比例分别为 80%、20%、0、0；其余指标均为一类。

2023 年 8 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、86.7、13.3%、0；其余指标均为一类。

2023 年 8 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 0、100%、0、0；其余指标均为一类。

2023 年 10 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 26.7%、73.3%、0、0；其余指

标均为一类。

2023 年 10 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 33.3%、66.7%、0、0；其余指标均为一类。

2024 年 1 月小潮期无机氮一至四类站位比例分别为 46.7%、53.3%、0、0；化学需氧量一至四类站位比例分别为 93.3%、6.7%、0、0；其余指标均为一类。

2024 年 1 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 86.7%、13.3%、0、0；化学需氧量一至四类站位比例分别为 0、40%、60%、0；生化需氧量一至四类站位比例分别为 40%、60%、0、0；其余指标均为一类。

2024 年 5 月小潮期化学需氧量一至四类站位比例分别为 26.7%、40%、33.3%、0；生化需氧量一至四类站位比例分别为 66.7%、33.3%、0、0；铅一至四类站位比例分别为 93.3%、6.7%、0、0；其余指标均为一类。

2024 年 5 月大潮期无机氮一至四类站位比例分别为 93.3%、6.7%、0、0；其余指标均为一类。

2) 海洋沉积物及潮间带底质质量评价结论

2022 年 10 月至 2024 年 5 月，10 个大面站站位及 3 个潮间带底质站位共 4 个航次的调查结果显示，海域沉积物及潮间带底质中重金属（铜、铅、镉、铬、锌、汞、砷）、有机碳、石油类、硫化物均满足第一类海洋沉积物标准，所有监测数据均满足相应站位要求的海洋功能区划。

3) 生物质量评价结论

2022 年 10 月至 2024 年 5 月，10 个大面站站位及 3 个潮间带底质站位共 4 个航次的调查结果显示，鱼类、甲壳类均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》和《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的“海洋生物质量评价标准”部分中规定的生物质量标准；贝类均符合《海洋生物质量》第一类标准，藻类中的汞、砷、铅、铜均符合《无公害食品水产品中有毒有害物质限量》规定的标准，均符合海洋功能区划的要求。

4) 海洋生态环境现状评价结论

a) 叶绿素 a

2022 年 10 月叶绿素 *a* 含量在 $1.83\text{mg/m}^3 \sim 4.18\text{mg/m}^3$ 之间，平均值为 2.87mg/m^3 ；2023 年 5 月叶绿素 *a* 含量在 $2.06\text{mg/m}^3 \sim 6.02\text{mg/m}^3$ 之间，平均值为 3.27mg/m^3 ；2023 年 10 月叶绿素 *a* 含量在 $0.74\text{mg/m}^3 \sim 2.88\text{mg/m}^3$ 之间，平均值为 1.81mg/m^3 ；2024 年 5 月叶绿素 *a* 含量在 $1.46\text{mg/m}^3 \sim 5.32\text{mg/m}^3$ 之间，平均值为 2.92mg/m^3 。

b) 微生物

大肠菌群和粪大肠菌群含量均满足《海水水质标准》第一类标准。

c) 浮游植物

共获得浮游植物 51 种, 其中硅藻门 43 种, 甲藻门 6 种, 绿藻门、蓝藻门各 1 种。

d) 浮游动物

共计获得浮游动物 50 种, 其中桡足类 21 种, 浮游幼虫 11 种, 刺胞动物 7 种, 原生动物 5 种, 尾索动物 2 种, 毛颚动物、十足目、糠虾目、介形类各 1 种。

e) 底栖生物

共获得底栖生物 72 种, 其中软体类 45 种, 多毛类 15 种, 甲壳类 8 种, 棘皮动物 2 种, 纽形动物、脊索动物各 1 种。

f) 潮间带生物

共获得 43 种潮间带生物, 其中软体动物 27 种, 甲壳类、多毛类各 8 种, 纽形动物 1 种。

g) 鱼卵仔稚鱼

共鉴定出鱼卵仔稚鱼 5 种, 隶属 4 目 5 科, 分别为鲱科、鲷科、鳀科、虾虎鱼科和尖海龙。

5.3.11.4 水土保持监测

(1) 监测范围及分区

本工程的监测范围为项目的水土流失防治责任范围面积, 水土保持方案中水土流失防治责任范围面积共计 94.77m²。在实际监测过程中以实际扰动土地面积为准。

根据项目建设区内的地形条件和自然条件以及建设项目施工工艺, 在全面勘察和分析的基础上, 按照项目组成及其水土流失特点, 划分 3 个水土保持监测分区: 厂区、施工生产区和厂外取排水设施区。

(2) 监测时段与频次

监测时段: 分为施工准备期、施工期和自然恢复期。本工程于 2020 年 8 月 26 日开工, 水土保持监测单位于 2020 年 3 月进场监测。

监测频次: 依据《水利部办公厅进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》(办水保〔2020〕161 号) 文件的要求, 以及《生产建设项目水土保持监测规程(试行)》的通知(办水保〔2015〕139 号) 中的有关规定, 在施工期对项目水土流失防治责任范围变化情况、水土流失情况和水土保持措施实施情况每个月监测记录一次; 水土流失防治

成效至少每季度监测一次;主体工程建设进度、水土流失影响因子、水土保持植物措施生长情况等至少每 3 个月监测记录一次;试运行期对植被生长情况至少每季度监测一次;水土流失危害事件发生后一周内完成监测。

(3) 气象要素监测

2025 年第 1 季度,项目区累计降水量为 67.50mm,24h 最大降水量为 40.00mm。

(4) 扰动土地面积监测

2025 年第 1 季度主要进行了 7、8 号机组厂区施工、BOP 项目施工。

2025 年第 1 季度未新增占地,项目累计扰动土地面积 98.10hm²。

(5) 水土流失状况监测

2025 年第 1 季度 7、8 号机组厂区扰动范围内静态不施工区域部分裸露地表进行了密目网苫盖,经监测显示,水土流失较轻微;施工生产区施工场地大部进行了临时硬化,水土流失较轻微;厂外给排水设施区中排水口施工区苫盖严密,水土流失较轻微;临时堆石(料)场堆放的土石方在利用后未能及时并完全采用密目网苫盖,出现一定程度的水土流失。

现场布设监测点,结合监测设施进行现场监测,2025 年 1 季度,项目区共发生土壤侵蚀量为 74.18t。

(6) 土石方情况监测

经监测统计,2025 年第 1 季度无挖方产生,截止到目前,7、8 号机组土石方挖方总量为 223.97 万 m³,填方总量为 56.68 万 m³,累计运往砂石料厂加工使用 91.40 万 m³,累计运往排水导流堤使用 52.33 万 m³,场内堆场剩余 33.14 万 m³。以上方量均为实方计量。

(7) 水土保持措施监测

2025 年第 1 季度对临时堆场、搅拌站和排水口施工区的裸地进行临时苫盖,实施面积约 0.20hm²,同时项目对现状临时排水沟、临时苫盖、碎石覆盖等已有水土保持措施进行维护。

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

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 计算模式与参数

6.2.4 大气弥散和水体弥散

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众的最大个人剂量

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

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.4 初步退役计划

6.4.1 概述

6.4.2 退役策略

6.4.3 退役计划的制定

6.4.4 退役方案简述

6.4.5 便于退役的考虑

6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

6.4.7 退役费用的考虑

6.4.8 退役管理设想

6.4.9 结论

表

表 6.2-1（1/2） 气态剂量计算剂量转换因子

表 6.2-1（2/2） 气态剂量计算剂量转换因子

表 6.2-2 气态剂量计算转移系数和浓集因子

表 6.2-3（1/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-3（2/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.3-1 田湾核电站 7、8 号机组 2019 年与 2025 年电磁辐射监测数据对比表

图

图 6.2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

田湾核电站 7、8 号机组采用以海水为冷却水的直流供水系统。田湾核电站取水采用明渠+取水隧洞方案。取水明渠考虑规划容量 8 台机组共用一个取水明渠，该取水明渠南、北两条导流堤已建成，南、北两条导流堤在 1、2 号机组取水明渠导流堤的基础上东延约 1.5km，其中北导流堤再向东北外延 1.1km，同时南导流堤再向东北延长约 2.6km，南、北导流堤中心线间距约 320m。南北导流堤内通过开挖形式形成取水明渠，1~8 号机组取水明渠从南向北依次并排布置，明渠之间相互不影响。1~4 号机组共同运行时明渠底宽约 100m，1~6 号机组共同运行时明渠底宽约 155m，1~8 号机组共同运行时明渠底宽约 190m。取水明渠设计底标高为-9.5m。

田湾核电站排水采用排水隧洞+排水明渠方案，利用单边导流堤将 1、2 号机组排水与扩建工程排水集中向东南侧顺岸出流。排水明渠导流堤已建成，排水导流堤总长约 1.3km。7、8 号机组排水明渠导流堤在前期工程已建成的长 1.3km 排水导流堤基础上，平行于海岸向东南方向延伸 2.05km。3~6 号机组的排水口位于 1、2 号机组排水口西南侧，7、8 号机组排水口位于 3~6 号机组排水口的西侧。排水明渠为相连布置，分期开挖。其中，1、2 号机组的排水明渠内底宽 60m，明渠内底标高-3.5m；3~6 号机组的排水明渠内底宽约 160m，明渠内底标高-3.5m；7~8 号机组的排水明渠内底宽约 80m，明渠内底标高-3.5m。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 工程前后潮流场变化与岸滩、底床冲淤变化

（1）不考虑光伏工程影响情况下泥沙冲淤数模分析

田湾核电 1~8 号机组实施后，原排水导流堤西侧排水水域水流流速有增有减，其中 3~8 号排水明渠内水流流速主要呈增加趋势。受排水导流堤延长影响，延长段内侧近岸和堤头附近水域水流流速呈增加趋势，平均流速增加值介于 0.1~0.6m/s 之间，最大流速增加值介于 0.1~1.0m/s 之间；导流堤北侧浅水水域流速呈减小趋势，平均流速减小值介于 0.1~0.45m/s 之间，最大流速减小值介于 0.1~0.85m/s 之间。受取水量增加和取水明渠浚深影响，取水明渠内水流流速有增有减。

排水导流堤延长 2.05km 工程实施后达到基本平衡状态时，取水工程附近滩面冲淤基本没有变化，排水导流堤北侧滩面呈淤积趋势，导流堤延长段内侧近岸存在一定冲刷，冲深介于 0.2~3.5m 之间。

（2）考虑光伏工程影响情况下泥沙冲淤数模分析

光伏工程建设对原有涨、落潮流流态影响不大，对流速的影响主要集中在光伏场区附

近海域。光伏场区内的涨、落潮流速较工程前均有不同程度的减小，涨潮平均流速变化量在 $-0.05\sim-0.10\text{m/s}$ 左右，落潮平均流速变化在 $0\sim-0.05\text{m/s}$ 左右；田湾核电站航道、高公岛航道以及南北两侧光伏场区之间的通道内的涨潮平均流速变化量在 $0.10\sim0.20\text{m/s}$ 左右、落潮平均流速变化量在 $0.05\sim0.10\text{m/s}$ 左右；烧香河口、排淡河口、核电站取水导堤附近的流速变化较小。

2) 地形冲淤变化

田湾核电 7~8 号机组导流堤延长段的建设会造成导流堤内侧发生一定程度的冲刷，其他海域地形较现状的变化主要以淤积为主，外海及邻近的旗台、徐圩港区的地形基本无变化。受 7~8 号机组建设的影响，导流堤延长段内侧的冲刷深度普遍在 $0.50\sim2.00\text{m}$ ；光伏工程建设引起的地形冲淤变化主要集中在光伏场区附近海域，光伏场区桩基内的淤积厚度普遍在 $0.30\sim1.30\text{m}$ 左右。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

2021 年在田湾核电厂址海域开展了 1~6 号机组运行后的温排水原型观测工作。根据 6 台机组运行后的温排水实际影响进一步复核校验温排水数值模型，数值模拟全厂 8 台机组温排水的环境影响。此外，2024 年 5 月田湾核电站排水海域海上光伏工程开工建设，2024 年 6 月田湾核电厂 3、4 号机组核能供汽项目建成投产，依据这些新的条件变化对不同工况进行温排水模拟预报，评价田湾核电站 1~8 号机组正常运行期间温排水的影响，完成了《田湾核电站 7、8 号机组温排水数值模型校验和模拟计算研究报告》（中国水利水电科学研究院，2024 年 10 月）专题成果报告。基本结论如下：

1) 厂址海域建设光伏工程后，会造成温排水温升范围和面积的改变。通过在温排水数学模型中加入光伏遮挡造成的辐射、蒸发变化以及桩基阻力等，模拟分析了光伏建设后对温排水的影响。结果表明增加光伏影响后，冬季温升面积均有一定减小；夏季 4°C 温升范围有一定增加， 1°C 温升面积减小。从温升形态上，增加光伏后，受桩基阻力影响，温升场形态有一定变化， 4°C 温升范围南侧和北侧有一定外凸，东北和西侧有一定内缩。

2) 8 台机组共同运行时，抽汽供热和光伏影响均不考虑的情况下，计算得到的冬季半月潮全潮最大 4°C 温升面积为 28.0km^2 ，全潮最大 1°C 温升面积为 123.3km^2 ；夏季半月潮全潮最大 4°C 温升面积为 20.2km^2 ，全潮最大 1°C 温升面积为 80.5km^2 。

3) 8 台机组共同运行时，不考虑 3、4 号机组抽汽供热、只增加光伏影响情况下，计算得到的冬季半月潮全潮最大 4°C 温升面积为 27.9km^2 ，全潮最大 1°C 温升面积为 113.9km^2 ；夏季半月潮全潮最大 4°C 温升面积为 21.3km^2 ，全潮最大 1°C 温升面积 79.4km^2 。

4) 8 台机组共同运行时，考虑 3、4 号机组抽汽供热、同时增加光伏影响情况下，计

算得到的冬季半月潮全潮最大 4℃温升面积为 27.2km²，全潮最大 1℃温升面积为 111.8km²；夏季半月潮全潮最大 4℃温升面积为 20.8km²，全潮最大 1℃温升面积 77.7km²。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，目前设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水头部尺寸、型式的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以达到减少对水生生物影响的目的。在取水明渠内设置拦网设施，是通过拦截的方式来减少进入到取水系统的水生生物，以达到减少对水生生物影响的目的。

根据田湾核电站前期取水生物损失量调查及取水对环境影响评价专题研究工作，研究结果表明田湾核电全厂址 8 台机组取水卷塞效应对三疣梭子蟹、青鳞鱼、日本蟳、中国花鲈、斑鲈、梭鱼、黑鳃梅童鱼、日本枪乌贼等取水重要代表性物种的影响基本可以忽略。

全厂址 8 台机组卷载效应导致的生物损失应不会对海洋生态环境造成影响，卷载效应对具体取水重要代表性物种的影响也会相对有限。

6.1.3.2 温排水影响分析

本工程开展了重要生物代表种调查及温排水对环境影响分析和评价专题研究工作，研究结果表明，田湾核电厂温排水在春季、夏季和秋季对口虾蛄、三疣梭子蟹等部分代表性重要物种或幼体存在一定影响。本项目温排水热扩散区处于“小丁湾”内，四周均为港口工业用海，紧邻连云港港口主港区口门及主港区工业用海区，并且在连云港人字形 30 万吨级航道包围范围内，远离主要经济物种鱼类的三场一通道，距离周边自然保护区、海洋特别保护区、海洋公园和种质资源保护区距离较远，未产生直接影响，总体上本项目热扩散区设置合理。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

(1) 气态流出物排放源项

本工程运行状态下，气态流出物排放量申请值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的气态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程单台机组排放量申请值 Bq/a	单台排放量控制值 (根据功率调整后) Bq/a	比值
惰性气体	3.83E+13	1.06E+14	36.13%

碘	5.46E+08	3.20E+09	17.06%
粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	6.01E+08	9.30E+09	6.46%
氚	2.92E+12	1.60E+13	18.25%
C-14	3.31E+11	7.17E+11	46.16%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

厂址 8 台机组运行状态下，气态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的厂址气态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1-4 号机组 申请值 Bq/a	5、6 号机 组申请值 Bq/a	本工程 2 台机组申 请值 Bq/a	厂址 8 台 机组总量 Bq/a	厂址排放 量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.53E+14	9.09E+13	7.66E+13	3.21E+14	6.00E+14	53.42%
碘	7.40E+08	6.45E+08	1.09E+09	2.48E+09	2.00E+10	12.38%
粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	2.40E+08	7.16E+07	1.20E+09	1.51E+09	5.00E+10	3.02%
氚	1.28E+13	5.37E+12	5.84E+12	2.40E+13	6.00E+13	40.02%
C-14	1.00E+12	6.77E+11	6.62E+11	2.34E+12	2.80E+12	83.54%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的厂址年排放量控制值要求。

（2）液态流出物排放源项

本工程运行状态下，液态流出物排放量申请值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程单台机组排放 量申请值 Bq/a	单台排放量控制值 （根据功率调整后） Bq/a	比值
氚	2.62E+13	7.67E+13	34.16%
C-14	1.74E+10	1.52E+11	11.47%
其余核素	3.20E+09	9.60E+09	33.33%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

厂址 8 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1-4 号机组 申请值 Bq/a	5、6 号机 组申请值 Bq/a	本工程 2 台机组申 请值 Bq/a	厂址 8 台 机组总量 Bq/a	厂址排放 量控制值 Bq/a	比值
氚	1.26E+14	6.20E+13	5.24E+13	2.40E+14	3.00E+14	80.13%
C-14	6.00E+10	5.66E+10	3.48E+10	1.51E+11	6.00E+11	25.23%
其余核素	1.20E+10	2.46E+10	6.40E+09	4.30E+10	5.00E+10	86.00%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2025 规定的年排放量控制值要求。

每台机组设置有液态放射性废物处理和液态流出物排放系统，放射性废水按槽式排放原则进行监测排放，包括有地漏水处理系统（KPF）的监测与排放单元、特种洗衣房系统（SRP）、常规岛废液排放系统（LDL）。保守工况下，分别计算这三个系统排放槽中放射性核素浓度最大值，液态流出物槽式排放口核素浓度设计值与浓度限值的比较如下：

核素类别	浓度设计值(Bq/L)	浓度限值(Bq/L)	占比
氚	2.96E+06	3.00E+07	9.87%
C-14	1.97E+03	3.00E+03	65.67%
其余核素	2.18E+01	1000	2.18%

本工程运行状态下，核岛的放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 2.18E+01Bq/L，能满足 GB 6249-2025 规定的其他核素总活度浓度不超过 1000 Bq/L 的要求。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

本工程运行状态下，气态流出物排放到环境后对公众的照射途径见图 6.2-1，可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。各照射途径描述如下：

空气浸没外照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，分布在空气中的放射性核素通过空气浸没外照射途径对公众造成辐射剂量。

地面沉积外照射：气态流出物发生迁移扩散并沉积到地面，地面沉积的放射性核素通过外照射对公众造成辐射剂量。

吸入空气内照射：气态流出物在空气中发生迁移扩散，空气中的放射性核素由公众吸入后在人体内通过内照射途径造成辐射剂量。

食入农牧产品内照射：气态流出物发生迁移扩散后，放射性核素通过沉积和转移进入生物圈，公众食入农牧产品通过内照射对公众造成辐射剂量。

6.2.2.2 液态途径

本工程运行状态下，液态流出物与循环冷却水混合后排入受纳海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径见图 6.2-1，可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。各照射途径描述如下：

食入海产品内照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，放射性核素转移到海产品中，公众通过食入海产品造成内照射剂量。

岸边沉积的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，部分核素会吸附沉积在岸边，对岸边活动的公众造成外照射剂量。

在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射：液态流出物排入受纳海域并经过稀释扩散后，公众在游泳、划船和从事水上作业时直接或间接接触海水，海水中的放射性核素对公众造成外照射影响。

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

6.2.2.3 其他途径

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% 的其他照射途径。

6.2.3 计算模式与参数

（1）气态途径

本工程气态流出物在大气中迁移和扩散及其对公众的辐射剂量的计算采用的是核环境影响评价程序包的正常气态流出物评价模块。该程序的正常气态流出物评价模块已于 2007 年通过国家环保总局的验收，可以用来计算核设施运行状态下排放的气态流出物对环境的影响。

该程序可以进行大气弥散计算以及剂量估算。在大气弥散计算中考虑了风摆效应、静风的分配、大气稳定度、混合层高度、建筑物尾流以及不同地形特征的修正；同时还根据排放口的特征对排放源类型进行了分类考虑，包括高架排放、地面排放、混合排放以及面源排放；该程序可以计算出评价区内各子区的大气弥散因子和核素浓度。在剂量估算中，该程序可以进行多源排放的剂量估算，对放射性核素衰变及地表沉积、清除和转移进行了考虑，并根据食谱、生活习性以及剂量转换因子的不同对各年龄组进行分别考虑，计算了空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和农产品与动物产品食入内照射四种途径的辐射剂量。

在使用核环境影响程序包计算气态流出物在大气中迁移和弥散时，本工程使用了 100m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率。在计算运行状态下气态流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则 12 号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB 18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9，见表 6.2-1；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.2-2；居民食谱和生活习性数据以及动植物养殖和种植数据取自本报告第 2.2、2.3 节，人口分布数据取自本报告第 2.2 节中厂址 2026 年的预期人口数。

（2）液态途径

在计算运行状态下液态流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：食入有效剂量转换因子采用 GB 18871-2002 中的数据；地表沉积和水中浸没剂量转化因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993）；核素的 K_d 系数采用 IAEA 安全丛书 19 号报告的数据，其中 Co、Cs 和 Sr 的沉积吸附分配系数 K_d 采用中国辐射防护研究院 2001 年 2 月提供的《泥沙对放射性核素吸附、去附、沉积和再悬浮实验研究及综合分析（B 版）》中的研究成果，各数据见表 6.2-3。在剂量评价中，使用厂址半径 5km 范围内居民最大食谱计算厂址半径 5km 范围内公众所受到的最大个人剂量，使用厂址半径 80km 范围内居民食谱计算厂址半径 5~80km 范围内公众所受到的最大个人剂量。人口分布数据取厂址 2026 年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

Cs-137 的年均大气弥散因子范围为 $4.05E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.13E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $3.79E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.13E-07 \text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $4.27E-10 \text{ s/m}^3 \sim 5.14E-07 \text{ s/m}^3$ 。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $6.08E-13 \text{ m}^{-2} \sim 7.69E-10 \text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $3.79E-12 \text{ m}^{-2} \sim 5.13E-09 \text{ m}^{-2}$ 。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围为 $9.95E-14 \text{ m}^{-2} \sim 1.73E-10 \text{ m}^{-2}$ 。

（2）水体弥散

在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取最不利潮型—典型小潮的相应结果。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程在运行状态下气态流出物主要通过高 100m 烟囱排入大气。气态流出物中的代表性放射性核素 Cs-137、I-131 和 Kr-85 年均放射性活度浓度的最大值均出现在厂址 WSW 方位 0~1km 处，分别为 $3.84\text{E-}06\text{ Bq/m}^3$ 、 $4.07\text{E-}06\text{ Bq/m}^3$ 和 $9.98\text{E-}03\text{ Bq/m}^3$ 。

田湾核电站 7、8 号机组为单堆布置，每台机组设置一套低放废液排放系统。田湾核电站 7、8 号机组运行状态下排放海域的海水水质满足 GB 3097-1997 中相应的放射性指标要求。

即使考虑排放海域内现有的放射性核素的实测浓度与田湾 7、8 号机组液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合《海水水质标准》（GB 3097-1997）中相应的放射性指标要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.08\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $5.44\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $3.81\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $3.07\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $4.79\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $3.60\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.22\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $8.29\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。

（3）气液态综合

本工程运行状态下，气液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.29\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.15\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.60\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.14\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。厂址半径 80km 范围内公众所受到的最大个人有效剂量为 $5.29\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占本工程剂量约束值（ 0.06mSv/a ）的 8.82%。

本工程建成后将与田湾核电站 1~6 号机组一起运行，8 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.98\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.57\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.01\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $4.66\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。厂址半径 80km 范围内公众所受到的最大个人有效剂量为 $1.98\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 7.92%，其中气态途径剂量为 $1.36\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $1.84\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，由于气、液态放射性流出物

的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类生物”辐射剂量评估模型的基础。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。

6.2.7.4 参数选取

ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ 。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站 1~8 号八台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 1~8 号八台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 $0.137 \text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

根据现实源项的评价结果，厂址半径 80km 范围内各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）的最大个人有效剂量分别为 $1.30\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.02\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $6.44\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $3.10\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。受到的最大个人有效剂量为 $1.30\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，最大个人有效剂量出现在厂址 WNW 方位 $0\sim 1\text{km}$ 处，此处居住的是东崖屋村的村民，关键居民组为成人组。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 56.91%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 28.90%；吸入内照射和地面沉积外照射途径分别占气态途径的 6.11%和 8.08%。气态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占气态剂量的 46.95%；其他贡献较大的核素为 Kr-88 和 H-3，分别占气态途径总剂量的 15.70%和 14.76%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，占液态途径总剂量的 97.49%。液态途径的主要核素为 C-14，它所造成的剂量约占液态途径总剂量的 92.53%；其他贡献较大的核素为 Cs-134 和 Fe-59，分别占液态途径总剂量的 2.22%和 1.53%。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.13\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 86.43%；其次为气态途径的食入农牧产品的内照射途径，占气液态总剂量的 6.20%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $1.14\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 87.15%；另外，H-3 和 Cs-134 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 2.64%和 2.11%。

本工程建成后将与田湾核电站 1~6 号机组一起运行，8 台机组运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 WNW 方位 $0\sim 1\text{km}$ 处，此处居住的是东崖屋村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.02\text{E-}05 \text{ Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $9.95\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 93.96%；其次为岸边沉积造成的外照射途径，占气液态总剂量的 2.69%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 $8.82\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 83.34%；另外，Co-60 和 Fe-59 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 4.89%和 4.11%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程及厂址 8 台机组运行状态下，气态和液态途径排放总量、液态途径排放的放射性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程及厂址 8 台机组运行状态下，厂址附近 0~80km 范围内水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均小于 ERICA 推荐的筛选值（10 μ Gy/h）。

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

田湾核电站 7、8 号机组运行对环境的其他影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

本工程排放的化学物质主要来自下列工艺过程产生的废水：

- 除盐水生产系统；
- 凝结水精处理；
- 次氯酸钠生产与分配系统。

淡水厂在 1、2 号机组时已一次性建设完成，不在本工程范围内描述。

6.3.1.1 除盐水生产系统

参照田湾核电站厂址附近海域海洋生物及其生态环境调查相关报告，海域环境测试中测到的含盐量在 26.37~27.34g/L 范围。树脂床再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2 g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的，再经循环冷却水稀释后，其浓度更低。《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB 3097-1997）中用于海水分类的项目指标。因此不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.2 凝结水精处理

本工程精处理再生处理过程中投加 HCl 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用使 pH=6~9，然后通过废水泵送到常规岛废液排放系统（LDL）。

6.3.1.3 次氯酸钠生产与分配系统

次氯酸钠生产与分配系统的功能是对主冷却水系统和安全相关用户厂用水系统投加氧化性杀生剂次氯酸钠，防止海生物等在管道、凝汽器内滋生、附着，避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量、换热效率降低，以确保主冷却水系统和安全相关用户厂用水系统的正常运行。

田湾核电站 7、8 号机组采用电解海水的工艺来获取次氯酸钠，并将其投加至循环冷

却水系统中。本工程在 7、8 号机组隧洞取水构筑物和 7 号机组循环水泵房、8 号机组循环水泵房、重要厂用水取水构筑物连续投加次氯酸钠，加药浓度根据季节及实际需求相应调整；在 7 号机组取水隧洞或 8 号机组取水隧洞的 2 个冲击加药点同时冲击投入次氯酸钠，每天加药 2 次，每次为 0.5 小时，加药浓度根据季节及实际需求相应调整。

加入循环冷却水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氯氨（氨氮、有机胺、氯化合而成），如一氯胺（ NH_2Cl ）、二氯胺（ NHCl_2 ）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要因素是残余氯在海区中的稀释与扩散，冷却水排入海域后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到海区中去，并进一步得到消耗。循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度已经降的很低，不会对环境造成影响。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其他生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至本工程含油生产废水油水分离池。含油生产废水油水分离池设计规模 $2\times 5\text{m}^3/\text{h}$ 。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准，经厂区生产废水系统管网排至虹吸井，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至 1、2 号机组南区污水处理站集中处理。田湾核电站 8 台机组所产生的生活污水量最大为 $1181\text{m}^3/\text{d}$ 。南北区生活污水处理能力能够满足要求，且还有一定的裕量。南、北区污水处理站经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后，用于降尘浇洒等，回用剩余水排入大海。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准的生活污水和满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中一级标准的生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB 3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。

因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）规定，本项目所处声环境功能区为 3 类地区，确定本项目声环境影响评价工作等级为三级，评价范围为厂界外 1m。同时评价本项目对厂址附近最近居民点即位于厂址 NW 方位的东崖屋村。

采用 Cadna/A 程序进行噪声的预测计算。田湾核电站 7、8 号机组运行后，声源对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中规定 3 类标准限值，即昼间 65dB(A)和夜间 55dB(A)。对离厂址最近的东崖屋村的贡献值为 22.9dB(A)，远小于当地的声环境本底值，工程运行对东崖屋村的影响可忽略不计。

6.3.2.3 电磁的环境影响

田湾核电站目前有 3 个开关站，分别为 1~4 号机组共用的 500kV 出线开关站、5~8 号机组共用的 500kV 出线开关站和全厂共用的 220kV 应急开关站。根据 HJ24-2020 标准要求，对于目前田湾核电站的电磁环境影响分析，可以采用类比分析的方法，与本项目厂址于 2019 年 4 月的电磁辐射强度的实际测量情况进行类比，对本工程建成后电磁环境影响进行预测分析。

田湾核电站 7、8 号机组 2019 年与 2025 年电磁辐射监测数据对比情况见表 6.3-1。

由表 6.3-1 可见，两份报告调查范围均为厂址半径 5km 范围内，2025 年报告中，厂区内运行机组增加了两个，变压器增加了两台；厂区外 500kV 输电线路增加了 5 条，220kV 输电线路增加了 1 条。厂区内及厂区外环境敏感区域工频电、磁场监测值无明显变化，500kV 输电线路监测值的最大值略有增加。距离田湾核电站 500kV 开关站及开关站出线至第一跨输电线路最近的居民区处工频电场强度监测值为 0.75V/m，工频磁场监测值为 0.0059 μ T，受居民自用电线路影响，此处监测值略高。在 2019 年 4 月的电磁辐射报告中，此处的工频电场强度监测值为 0.371V/m，工频磁场监测值为 0.043 μ T。

由表 6.3-1 及以上分析可见，两次调查中厂址 5km 范围内包括附近居民区的电磁辐射监测值均变化不大，且所有工频电场、工频磁场监测值都小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。因此预测，田湾核电站 7、8 号机组投运后 500kV 开关站及开关站出线至第一跨处输电线路对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家相关标准的要求。

6.3.2.4 固体废弃物的影响

固体废物主要包括一般工业废物和危险废物。本工程两台机组正常运行期间每年产生一般工业固体废物约 405t，其中可回收类一般工业固体废物（木材、纸壳、零星废金属等）

约 50t，不可回收类一般工业固体废物（废塑料、废橡胶、海洋垃圾、废树脂、废保温棉等）约 355t。

本工程运行期产生的一般工业废物主要包括淡水处理和生活污水处理过程中产生的污泥、膜组件和除盐水处理过程中采用的膜组件、使用的离子交换树脂等。本工程淡水处理、生活污水处理与前期工程共用。

除盐水生产工艺设计采用超滤膜组件和反渗透膜组件。根据膜元件厂商的建议及调研国内除盐水处理膜元件的使用情况，超滤膜元件、反渗透膜元件的使用年限为 5 年。膜元件的更换时间应根据现场实际运行情况，监测反渗透膜的运行情况，合理确定、定期更换。经除盐水工艺用过的废弃膜元件不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

本工程运行期产生的危险废物主要包括过期、废弃的危险化学品及其包装物、容器，废有机溶剂、矿物油废物、油漆类废物、废显（定）影剂、废蓄电池、酸洗废液、废酸等。本工程设有与前期工程共用的危险废物暂存库，集中分类暂存，日常建立危险废物台账并设专人看管，定期组织符合要求的单位进行合规处理。

因此，固体废弃物不会对附近环境质量造成明显影响，是可以接受的。

6.4 初步退役计划

6.4.1 概述

对核电厂来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对田湾核电厂 7、8 号机组将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

6.4.2 退役策略

核电机组退役的推荐策略为：立即拆除、延迟拆除。

— 立即拆除：是指在核设施最终关闭后，对污染的设备、结构进行拆除或去污，直

至该核设施的放射性水平达到允许开放并无限制使用，或达到监管机构规定的使用限值。

— 延迟拆除：有时也称核设施的安全封存，是指核设施最终关闭后，对部分被放射性污染的设备、建筑物或非放设备、建筑物进行处理处置，污染较严重的设备被安全封存，直至其放射性水平达到可以进行后续去污和/或拆除，从而达到允许该设施无限制使用或者由监管机构进行限制使用的策略。

对于核电站营运单位，应基于多因素分析，选择最优的退役策略，考虑的方面如下：安全、环境保护、公众健康保护、工程成本，对核电站所在区域的社会经济和环境影响，以及所需的财务、技术、材料和人力资源等。但是，最重要的是，应根据现行法律（法规）和管理文件的要求，论证退役策略（无论按照哪种策略）能够确保员工、当地公众和环境的安全。

影响核电机组退役经济指标的关键因素是安全封存的高成本（计划的作业、部件的更换、辐射保障和技术安全）。因此，选择“延迟拆除”的退役策略，核电机组的安全封存费用与退役工程的费用相当。

影响核电机组退役策略选择的其他重要条件是，关键技术和积累参考经验，以便进一步进入世界核电站退役市场，并储备合格的运行人员。

综合上述分析，将“立即拆除”策略作为田湾核电站 7、8 号机组退役的退役策略，“立即拆除”作为实施该方案的主要方法。

6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

6.4.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

6.4.3.2 中期退役计划

核电厂运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统

和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

6.4.3.3 最终退役计划

核电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

6.4.4 退役方案简述

6.4.4.1 “立即拆除”退役方案

核电机组选择在核电站最终关闭后，对污染的设备、结构进行拆除或去污，直至该核设施的放射性水平达到允许开放并无限制使用，或达到监管机构规定的使用限值的立即拆除退役方案。

选择退役方案时，可对基础方案进行组合和调整。在多机组核电站厂址退役项目方案框架内，具体方案的选择和组成取决于工程、经济、生态和其他因素的最佳组合。

因退役工作非常复杂，其过程可以分为数个阶段，包含核电机组安全封存阶段，该阶段使用安全实体屏障，通过放射性物质的衰变来降低设施的放射性风险水平。

为了论证核电站退役方案，营运单位应保证进行核电机组各种退役方案研究所必需的机组调查。

经授权机构做出决定以及编制必需的文件后，营运单位最终停堆以进行机组退役。

按照规定期限最终停堆后，通过移除乏燃料，核电机组进入安全关闭状态。

“立即拆除”退役方案可分为两个阶段：

- 核电机组拆除准备阶段；
- 核电机组作为“放射性设施”拆除阶段。

6.4.4.2 环境本底辐射水平调查

田湾核电厂 7、8 号机组建造前，已建有首堆田湾 1、2 号机组，根据国家相关标准的要求，首堆田湾核电厂 1、2 号机组首次装料前，必须完成本厂址的环境本底辐射水平调查，并至少应获得最近两年的调查数据。本底调查包括环境 γ 辐射、陆地环境介质监测和海洋介质监测。环境 γ 辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。主要监测内容为：

(1) 厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；

(2) 两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：

- 环境 γ 辐射： γ 辐射剂量率瞬时定点测量； γ 辐射累积剂量测量。
- 陆地介质：大气及沉降物、土壤和底泥以及陆生生物。

— 海洋介质：海水、海洋沉积物、海洋生物。

（3） ^{14}C 本底调查的项目，主要包括以下几类：

— 陆域介质：水、生物。

— 海洋介质：海水、生物。

6.4.4.3 退役废物管理

在田湾核电厂 7、8 号机组退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）、《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）等废物管理相关标准的规定对各类废物进行分类，并进行相关的处理处置工作。

（1）放射性固体废物

退役过程中产生的高放废物包装和暂存后采取深地质处置方式处置；中放废物送废物处理设施进行检测、处理、整备，最终送中等深度处置场处置，处置深度通常为地下几十到几百米；低放废物可以在具有工程屏障的近地表处置设施中处置；极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，送至新建废物处理设施进行处理，经检测进行解控或送至极低放填埋场填埋。

（2）放射性液体废物

系统倒空、系统串洗过程中产生的放射性废液，用原废液处理系统进行处理。

设备离线去污产生的废液，通过去污设施内配建的废液处理系统进行处理。

退役过程中工作人员产生的洗澡水等放射性水平较低的废液，利用原有系统进行收集、处理及最终排放；当原有系统拆除后，利用新建的废物处理设施的相关系统进行收集、处理和排放。

（3）放射性气态废物

退役过程中，放射性气态废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

6.4.5 便于退役的考虑

6.4.5.1 材料的选择

选择可使产生的放射性材料体积及放射性材料弥散降至最低的材料、措施，以便表面

去污。

在核电站的设计阶段，应特别注意结合有利于放射性废物管理以及核电站退役和拆除的特点。

特别是设计应适当考虑：

—材料的选择，应尽可能减少放射性废物的数量，并便于去污；

—可能必要的可达能力和处理方法；

—处理和贮存运行中产生的放射性废物以及管理（如分离或整理、表征、分类、预处理、处理和重组）核电站退役过程中产生的放射性废物所需设施的规定。

在核电站设计过程中，应考虑与退役有关的辐射防护要求。设计工程方案和措施应在降低废物的辐射剂量率、体积和放射性水平，从而降低与核电站退役过程相关的成本，提供核电站退役的措施与运行期间的辐射防护和废物处理同等重要。这些措施包括，如建筑材料的选择。

6.4.5.2 主要系统和设备的设计

主要系统和设备便于退役的设计主要包括拆卸和清除大型部件的措施、方便拆除和远程清除高放射性水平部件的措施、系统去污措施。

田湾核电站 7、8 号机组采用 VVER-1200 堆型，在进行设计时，考虑了运行中需要尽可能地满足污染最严重设备和土建构筑物的拆除需求。田湾核电站 7、8 号机组布置和土建工程设计方案使得可以根据“立即拆除核电站”方案终止机组的运行。

6.4.5.3 退役关键支持系统可用性

核电站设计应按照技术维护、测试和检查大纲要求，保证机组运行期间，以及退役期间所需系统和部件的工作能力，如设备寿命到期，通过更换设备和系统部件方式确保其工作能力。

此外，还应保证电站机组退役期间厂房和构筑物土建结构的承重能力，并考虑机组退役相关工作可能造成的载荷。

机组退役准备期间，应根据工程调研结果（设备、系统和部件实际技术状态），对执行退役相关工作的系统设备和部件，编制工作能力（或恢复、改进和更换能力）报告。

6.4.5.4 便于退役的厂房布局和设备布置

反应堆装置的布置和反应堆厂房的结构，保障了反应堆装置的大型设备（压力容器除外）在核电机组运行过程中更换的可能性。为此在设计中预留了从设备隔间运输的孔洞、设备远程拆卸和将其从反应堆厂房运到机组现场的装置（吊车、索具、运输小车、运输闸门）。

核电站退役时，依靠这些设计技术方案和设备可将设备从工作位置拆除并通过运输闸门整体运送到电站现场的临时存放点，或者运送到新建装置上将大型设备破拆成可以在现场运输的部件，以便对拆除的设备实施进一步的后处理、回收和处置。

核电站设计时考虑了最大限度地减轻运行过程中污染最严重的设备和土建结构的拆卸难度的可能性。

6.4.5.5 便于退役的标准建（构）筑物和系统

核电站设计的目标之一应是便于核电站之后的退役，包括退役过程中采用标准的核电站建（构）筑物和系统。

田湾核电站 7、8 号机组退役期间，设备、系统、运输方面的标准构筑物 and 工艺措施是指反应堆机组和核电站设计中将使用并配备可防止核素与污染物扩散到控制区外的实体屏障。

6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核电厂设计、竣工文件，所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核电厂运行的几十年期间，因核电厂的变更和改进，这些文件与核电厂的真实状况的相符性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。

6.4.7 退役费用的考虑

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，并列入投资概算或生产成本。根据《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T 20048-2011），本工程退役基金按固定资产原值的 10% 计提，从投产后第一年开始平均提取。

6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有相关部门负责完成此项工作。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动。

这一阶段的任务主要是尽量完成需要类似运行期操作的系统作业，如全系统在线去污（如果需要），还应将运行期间堆放的废物收集做妥善处理整备，另外应对设施系统的放射性盘存量进行调查。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和厂址

清理，使厂址最终无限制开放。

6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：

（1）核电厂退役策略选择受多种因素影响，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，将采用立即拆除策略。

（2）田湾核电厂 7、8 号机组在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，运行阶段也将采取便于退役措施。

（3）在核电厂安全关闭期,将指定责任部门负责退役的前期工作。

核电厂退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。

表 6.2-1（1/2） 气态剂量计算剂量转换因子

核素\途径	空气浸没	地表沉积	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
	Sv.m ³ /Bq.s	Sv.m ² /Bq.s	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
H-3	3.31E-19	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	7.30E-11	1.20E-10	2.70E-11	3.45E-11	4.65E-11	9.60E-11
C-14	2.65E-18	1.68E-20	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	6.20E-12	8.90E-12	1.10E-11	1.90E-11
Kr-83m	1.87E-18	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131m	4.37E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.11E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	5.44E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	1.85E-14	3.82E-16	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	7.40E-09	1.90E-08	3.70E-08	7.20E-08
I-132	1.14E-13	2.29E-15	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	9.40E-11	2.20E-10	4.50E-10	1.10E-09
I-133	3.00E-14	6.43E-16	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	1.50E-09	3.80E-09	8.30E-09	1.90E-08
I-134	1.32E-13	2.63E-15	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	4.50E-11	1.10E-10	1.80E-10	4.80E-10
I-135	8.09E-14	1.52E-15	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	3.20E-10	7.90E-10	1.70E-09	4.10E-09
Cr-51	1.53E-15	3.12E-17	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	3.70E-11	6.60E-11	1.00E-10	2.60E-10
Mn-54	4.14E-14	8.22E-16	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	1.50E-09	2.40E-09	3.80E-09	7.50E-09
Co-58	4.82E-14	9.61E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.10E-09	3.10E-09	4.50E-09	9.00E-09
Co-60	1.27E-13	2.38E-15	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	3.10E-08	4.00E-08	5.90E-08	9.20E-08

表 6.2-1（2/2） 气态剂量计算剂量转换因子

核素\途径	空气浸没	地表沉积	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
	Sv.m ³ /Bq.s	Sv.m ² /Bq.s	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
Sr-89	4.46E-16	1.68E-18	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08
Sr-90	1.33E+00	2.24E-04	2.80E-08	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.60E-07	1.80E-07	2.70E-07	4.20E-07
Fe-55	0.00E+00	0.00E+00	3.30E-10	1.10E-09	1.70E-09	7.60E-09	3.80E-10	6.00E-10	1.40E-09	1.90E-09
Fe-59	6.04E-14	1.13E-15	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	3.70E-09	5.50E-09	7.90E-09	1.80E-08
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	2.80E-08	4.10E-08	6.40E-08	1.40E-07
Cs-134	7.66E-14	1.54E-15	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	2.00E-08	2.80E-08	4.10E-08	7.00E-08
Cs-137	2.92E-14	6.03E-16	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.90E-08	4.80E-08	7.00E-08	1.10E-07
Ar-41	6.60E-14	1.26E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ag-110m	1.38E-13	2.68E-15	2.80E-09	5.20E-09	7.80E-09	2.40E-08	7.60E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.50E-08
Sb-122	2.19E-14	5.02E-16	1.70E-09	3.70E-09	6.10E-09	1.80E-08	1.00E-09	1.80E-09	2.80E-09	6.30E-09
Sb-124	9.28E-14	1.76E-15	2.50E-09	5.20E-09	8.40E-09	2.50E-08	6.40E-09	9.60E-09	1.40E-08	3.10E-08

表 6.2-2 气态剂量计算转移系数和浓集因子

核素\途径	浓集因子		转移系数	
	牧草	农作物可食部分	奶 d/L	肉 d/kg
Co	2.00E+00	8.00E-02	1.00E-02	7.00E-02
Cr	1.00E-01	1.00E-03	2.00E-04	9.00E-02
Cs	1.00E+00	4.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
I	1.00E-01	2.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Mn	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-04	7.00E-04
Sr	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-03	1.00E-02

表 6.2-3（1/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉	水中浸	食入有效 Sv/Bq				底泥沉积吸附分配
	Sv.m ² /Bq	Sv.m ³ /Bq	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /kg
H-3	0.00E+0	0.00E+0	4.20E-	5.70E-	7.30E-	1.20E-	1.00E-04
C-14	1.68E-20	2.99E-21	5.80E-	8.00E-	9.90E-	1.40E-	2.00E-01
Ag-110	2.85E-15	3.02E-16	2.80E-	5.20E-	7.80E-	2.40E-	1.00E-01
Ba-140	2.44E-15	2.76E-16	4.60E-	1.00E-	1.60E-	5.20E-	5.00E-01
Ce-141	7.51E-17	7.78E-18	7.10E-	1.50E-	2.60E-	8.10E-	2.00E+02
Ce-143	3.19E-16	2.89E-17	1.10E-	2.40E-	4.10E-	1.20E-	2.00E+02
Ce-144	1.86E-16	7.03E-18	5.25E-	1.11E-	1.92E-	6.66E-	2.00E+02
Co-58	9.61E-16	1.04E-16	7.40E-	1.70E-	2.60E-	7.30E-	1.50E+00
Co-60	2.38E-15	2.77E-16	3.40E-	1.10E-	1.70E-	5.40E-	1.50E+00
Cr-51	3.12E-17	3.34E-18	3.80E-	7.80E-	1.20E-	3.50E-	5.00E+00
Cs-134	1.54E-15	1.66E-16	1.90E-	1.40E-	1.30E-	2.60E-	4.77E-01
Cs-136	2.12E-15	2.34E-16	3.00E-	4.40E-	6.10E-	1.50E-	4.77E-01
Cs-137	6.06E-16	6.71E-17	1.30E-	1.00E-	9.60E-	2.10E-	4.77E-01
Fe-55	0.00E+0	0.00E+0	3.30E-	1.10E-	1.70E-	7.60E-	5.00E+00
Fe-59	1.13E-15	1.31E-16	1.80E-	4.70E-	7.50E-	3.90E-	5.00E+00
I-131	3.82E-16	4.04E-17	2.20E-	5.20E-	1.00E-	1.80E-	2.00E-03
I-132	2.29E-15	2.46E-16	2.90E-	6.20E-	1.30E-	3.00E-	2.00E-03
I-133	6.42E-16	6.79E-17	4.30E-	1.00E-	2.30E-	4.90E-	2.00E-03
I-134	2.63E-15	2.86E-16	1.10E-	2.10E-	3.90E-	1.10E-	2.00E-03
I-135	1.52E-15	1.75E-16	9.30E-	2.20E-	4.70E-	1.00E-	2.00E-03
La-140	2.24E-15	2.57E-16	2.00E-	4.20E-	6.80E-	2.00E-	5.00E-01
Mn-54	8.22E-16	8.98E-17	7.10E-	1.30E-	1.90E-	5.40E-	2.00E+01
Mo-99	3.07E-16	2.95E-17	1.24E-	2.40E-	4.10E-	1.55E-	—

表 6.2-3（2/2） 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸 附分配
	Sv/(Bq s m ⁻²)	Sv/(Bq s	成人	青少年	儿童	婴儿	
Nb-95	7.57E-16	8.20E-17	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	5.00E+01
Pr-143	2.07E-17	2.27E-19	1.20E-09	2.60E-09	4.30E-09	1.40E-08	2.00E+02
Pr-144	1.65E-16	5.07E-18	5.00E-11	9.50E-11	1.70E-10	6.40E-10	2.00E+02
Rb-88	7.62E-16	7.50E-17	9.00E-11	1.70E-10	3.00E-10	1.10E-09	—
Ru-103	4.70E-16	4.95E-17	7.34E-10	1.51E-09	2.41E-09	7.15E-09	3.00E-02
Ru-106	3.54E-16	1.08E-16	7.16E-09	1.53E-08	2.55E-08	8.54E-08	3.00E-02
Sr-89	6.89E-17	5.23E-19	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	8.50E-02
Sr-90	1.12E-16	1.14E-18	2.98E-09	6.59E-08	5.70E-08	2.61E-07	8.50E-02
Sr-91	1.09E-15	1.09E-16	1.68E-09	3.43E-09	5.87E-09	1.72E-08	8.50E-02
Tc-99m	1.22E-16	1.33E-17	6.40E-10	1.30E-09	2.30E-09	1.00E-08	1.00E-02
Te-131	4.94E-16	4.54E-17	8.70E-11	1.90E-10	3.50E-10	9.00E-10	1.00E-01
Te-131m	1.39E-15	1.54E-16	1.90E-09	4.30E-09	7.80E-09	2.00E-08	1.00E-01
Te-132	2.31E-16	2.31E-17	3.80E-09	8.30E-09	1.60E-08	4.80E-08	1.00E-01
Y-90	1.10E-16	1.03E-18	2.70E-09	5.90E-09	1.00E-08	3.10E-08	1.00E+03
Y-91	7.49E-17	9.56E-19	2.40E-09	5.20E-09	8.80E-09	2.80E-08	1.00E+03
Y-93	2.14E-16	1.13E-17	1.20E-09	2.50E-09	4.30E-09	1.40E-08	1.00E+03
Zr-95	7.32E-16	7.91E-17	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	1.00E+02

表 6.3-1 田湾核电站 7、8 号机组 2019 年与 2025 年电磁辐射监测数据对比表

	田湾核电站7、8号机组厂址区域电磁辐射本底测量及现状评价报告（2019.4）	田湾核电站7、8号机组厂址区域电磁辐射现状调查及评价报告（2025.2）
厂区内电磁辐射源	运行中的1-4号机组； 建设安装的5、6号机组； 已建500kV开关站2个，已建220kV辅助开关站1个； 4台主变压器	运行中的1~6号机组； 建设安装的7、8号机组； 已建500kV开关站2个，已建220kV辅助开关站1个； 6台主变压器
厂外电磁辐射源	3条500kV输电线，1条220kV输电线，2条110kV输电线，1个110kV变电站，通信基站19座	8条500kV输电线，2条220kV输电线，2条110kV输电线，1个110kV变电站，通信基站27座
厂区内工频电场、工频磁场监测值	工频电场：0.164V/m~1428.52V/m 工频磁场：0.036μT~9.793μT	工频电场：0.05V/m~1424.2V/m 工频磁场：0.0088μT~4.3017μT
输电线路工频电场、工频磁场监测值	工频电场：1.326V/m~2044.64V/m 工频磁场：0.035~6.817μT	工频电场：4.41V/m~2867.0V/m 工频磁场：0.0102~8.1702μT
厂外敏感区工频电场、工频磁场监测值	工频电场：0.118V/m~3.968V/m 工频磁场：0.038μT~0.087μT	工频电场：0.03V/m~6.83V/m 工频磁场：0.0029μT~0.1280μT

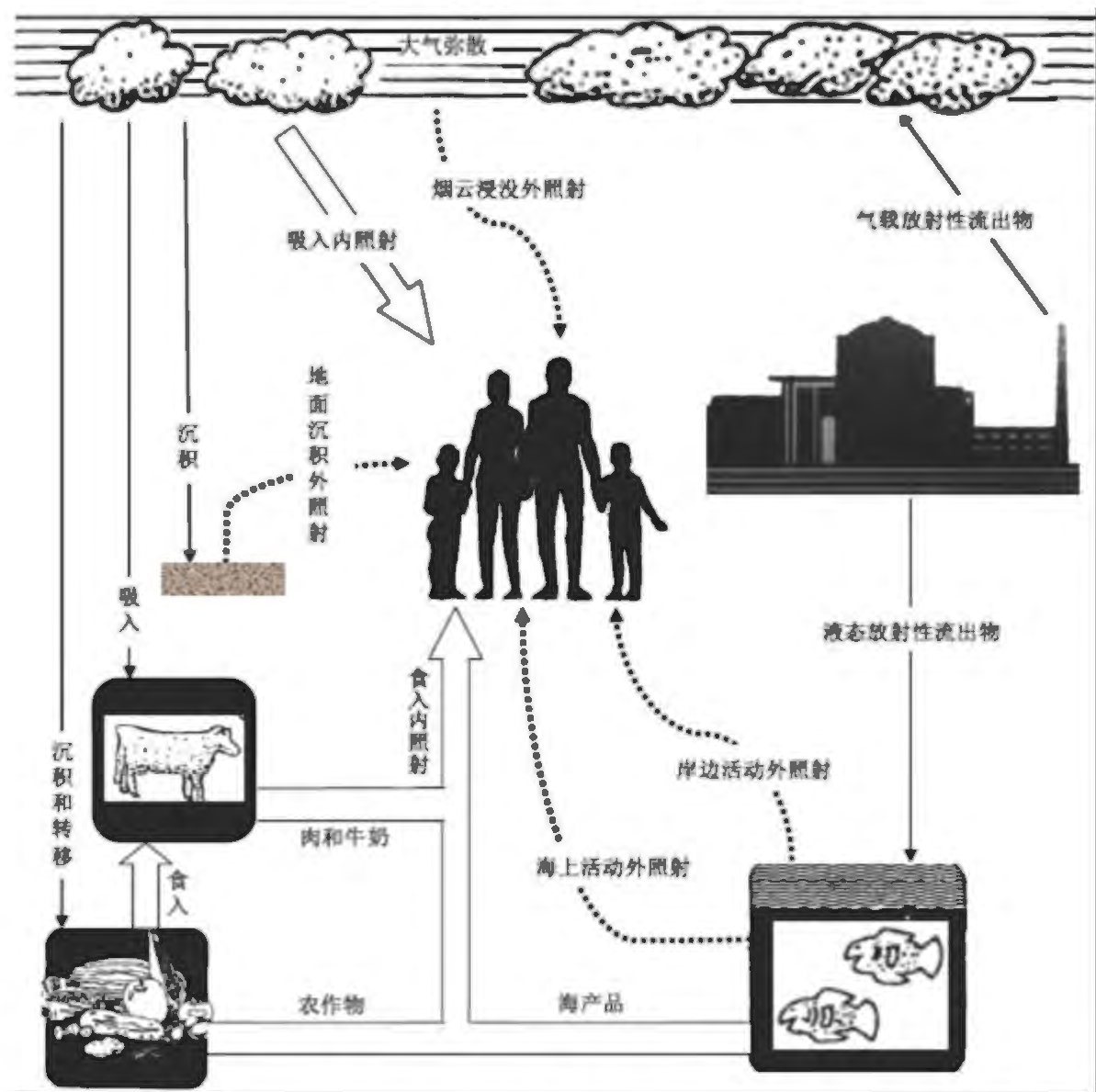


图 6.2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

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

7.1.1 事故描述

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

7.2.2 事故后果

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

7.3.2 乏燃料运输事故

7.3.3 放射性固体废物运输事故

7.4 其他事故

7.4.1 化学物爆炸

7.4.2 火灾

7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

7.5 事故应急

7.5.1 制定应急计划的主要依据

7.5.2 应急组织

7.5.3 应急状态分级

7.5.4 应急设施

7.5.5 应急响应能力的维持

7.5.6 应急计划区的划分

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2025 中事故工况下的辐射防护要求,需要对核电厂设计基准事故的潜在剂量后果进行评价。田湾核电站 7、8 号机组采用俄罗斯 VVER-1200 型商用压水堆核电技术,参考电厂为俄罗斯列宁格勒核电厂二期工程。本章根据 VVER-1200 型机组设计基准事故源项,采用田湾核电站厂址气象数据,计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果,并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2025 的要求。

在核电站事故中,放射性物质环境释放值很大程度上取决于以下因素:

- 燃料元件损坏程度,它决定了放射性气体和气溶胶从燃料到冷却剂中的释放量;
- 冷却剂回路损坏程度,它决定了放射性气体和气溶胶向安全壳中的释放量;
- 隔离系统的状态,它决定了放射性气体和气溶胶向环境中的释放量。

根据上述因素,基于对设备和堆芯损坏的事故序列的分析,设计中确定了场景组,以估计放射性物质的环境释放量和频率,以及核电站内的辐射情况。结合每种事故类别中导致最严重辐射后果的关键工况,本工程所考虑的主要设计基准事故如下:

- 当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏;
- 蒸汽发生器传热管破裂,随后以 60℃/h 的速度冷却;
- 安全壳外仪表管线或含有一回路冷却剂的其他管线破裂;
- 当量直径大于 100mm 的一回路管道破裂(包括主管道破裂)导致冷却剂大量泄漏;
- SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏。

依据 GB 6249-2025,上述 5 个设计基准事故中,(1)当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏事故;(2)蒸汽发生器传热管破裂,随后以 60℃/h 的速度冷却事故;(3)安全壳外仪表管线或含有一回路冷却剂的其他管线破裂事故,以上三种事故为第 3 类设计基准工况,属于 GB 6249-2025 中规定的稀有事故;(4)当量直径大于 100mm 的一回路管道破裂(包括主管道破裂)导致冷却剂大量泄漏事故;(5)SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏事故,以上两种事故为第 4 类设计基准工况,属于 GB 6249-2025 中规定的极限事故。

7.1.1.1 当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏

当量直径小于 100mm 的一回路管道破裂所致的冷却剂小泄漏事故所考虑的始发事件为 3 类工况,对该事故工况下本项目机组反应堆装置的安全运行结果进行了分析,计算分

析直到反应堆装置达到受控状态。

考虑了主管道冷段上当量直径为 25mm 的断裂谱, 该场景导致的环境释放量最大。保守估计泄漏的位置在反应堆入口处的冷段管道的下部母线上, 因为一回路发生了更低位置的泄漏。

7.1.1.2 蒸汽发生器传热管破裂, 随后以 60℃/h 的速度冷却

蒸汽发生器传热管破裂, 随后以 60℃/h 的速度冷却事故为 3 类工况。

计算分析进行到反应堆装置达到受控状态。传热管破裂导致一回路冷却剂泄入蒸汽发生器二次侧(两个 Dnom13), 并可通过以下标志识别:

- 故障蒸汽发生器蒸汽管线的活度增加;
- 一回路冷却剂存量减少(一回路冷却剂压力降低, 稳压器排空)而安全壳内的压力没有变化;
- 故障蒸汽发生器中锅炉水位增加。

计算分析是在厂用电丧失的假设下进行的。采用的分析方案中分析了用于确定有故障的蒸汽发生器的介质释放量。

7.1.1.3 安全壳外仪表管线或含有一回路冷却剂的其他管线破裂

该事故为 3 类工况。

本节对安全壳外部内径 10 mm 仪表管线破裂和直径 98 mm 下泄管线破裂工况进行了反应堆装置安全性分析。

计算分析中假设厂用电失电发生在控制和保护系统的控制棒开始移动的时刻。对于仪表管线和下泄管线破裂的工况, 也假设对一台柴油发电机进行维修(在始发事件发生之前), 导致一条高压安注系统通道和一条应急给水系统通道不可用。因此, 在仪表管线破裂模式下, 两个高压安注系统通道和两个应急给水系统通道仍在运行。在下泄管线破裂模式下, 三个高压安注系统通道和三个应急给水系统通道仍在运行。

7.1.1.4 当量直径大于 100mm 的一回路管道破裂(包括主管道破裂)导致冷却剂大量泄漏

该事故为 4 类工况。

根据对反应堆装置和核电站的功能影响, 所考虑的始发事件是指随着一回路冷却剂存量的减少而发生的一组始发事件。

因主管道破裂而导致的 LB LOCA 可通过以下迹象识别:

- 一回路压力降低;

- 稳压器液位下降;
- 安全壳内压力增加。

事故分析中考虑了最热含钚燃料棒的包壳最高温度方案。

7.1.1.5 SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏

集管盖完全抬起后,发生当量直径 D_{nom} 43 mm 泄漏流入故障蒸汽发生器的蒸汽空间,该事故为 4 类工况。

该事故可通过以下现象识别:

- 事故蒸汽发生器的蒸汽管线活度增加;
- 一回路冷却剂压力下降;
- 事故蒸汽发生器内压力增加;
- 稳压器压力下降。

采用的分析方案对故障 SG 的最大介质释放量进行评估。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

采用田湾厂址 2023 年-2024 年的 10m 高度风向—风速—稳定度三维联合频率以及厂址实测扩散参数,计算全厂址时间保证概率水平为 95%以及各方位概率水平为 99.5%的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子,取各方位的最大值与全厂址 95%概率水平的值比较,取其中较大值作为 0~2 小时保守的大气弥散因子;取全厂址 50%概率水平的小时大气弥散因子作为 0~2 小时现实的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子,则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子,采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径:

- 放射性烟云浸没外照射;
- 沉积在地面的放射性物质外照射;
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

外照射剂量转换因子取自 GB 18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB 18871-2002,甲状腺吸入内照射剂量转换因子取自于 ICRP71 号报告;对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺当量剂量转换因子,则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。

7.1.3 事故后果评价

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2025)中规定,对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求:

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

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

根据上述事故源项和相关参数,分别计算设计基准事故在保守和现实两种大气弥散因子模型下的剂量后果。计算结果表明,当采用保守和现实两种大气弥散因子模型时,各设计基准事故所导致的剂量后果均小于 GB 6249-2025 中相关的剂量控制值。田湾核电站 7、8 号机组设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB 6249-2025 的要求。

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

根据内部事件二级 PSA 分析成果,本工程包括 7 个放射性释放类。

按照二级 PSA 释放份额随时间的变化曲线,利用拟合方法确定严重事故的释放烟羽时段。对于释放超过 4 天的事故序列,保守起见,将释放等比压缩至前 4 天内。本节将对该事故的环境风险进行评价。

7.2.2 事故后果

依据 HJ808-2016《环境影响评价技术导则核电厂环境影响报告书的格式和内容》相关规定,针对二级 PSA 事故谱各事故序列,计算严重事故后两天、一周、一月和一年内不同距离超越指定剂量的概率,在此基础上,考虑各释放类的发生频率,计算得到二级 PSA 全事故谱对应的超越剂量概率水平,其中对于有多种代表序列的释放类,如 IC 类和 CFE 类,选取释放类中放射性后果最大的事故序列用于全事故谱超越剂量概率水平的分析。

其中,2 天、7 天有效剂量的通用优化干预水平取自 GB 18871-2002 附录 E,即隐蔽的通用优化干预水平是 2 天内可防止剂量为 10mSv,临时撤离的通用优化干预水平是 7 天内可防止剂量为 50mSv。对于 1 个月和 1 年有效剂量的指定剂量,均参考 GB 18871-2002 中临时避迁的通用优化干预水平,取 30mSv。随着距反应堆中心距离的增加,条件概率降低。

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

本节主要描述了严重事故预防阶段、严重事故后果缓解阶段的事故管理措施。

7.2.3.1 预防措施

在事故初始阶段,进行管理的主要目的之一是保证安全壳在冷却剂向安全壳内泄漏的始发事件后隔离安全壳。

安全壳隔离阀从一级可靠应急电源系统获得可靠供电。分配要遵守一个原则:应从电源系统的不同序列为位于同一条管道的两个安全壳隔离阀供电。

此外,操纵员可以从相应的 MCR/SCR 面板启动定位。

恢复堆芯余热导出需要满足以下要求:

- 一回路冷却剂的量保持在必要水平
- 将余热导出至最终热阱

事故严重阶段开始之前,进行管理的主要目的是恢复一回路供水系统的设备,建议在检测到严重事故阶段之前开始向反应堆装置一回路供水。

如果大气释放阀或蒸汽发生器非能动排热系统正在运行,热量就会被排放到大气中。

如果发生严重事故而没有发生一回路泄漏,则只需使用之前说明的任意措施恢复最终排热器的排热即可。

需要在安全壳内提供足够量的蒸汽来使蒸汽气体介质惰化,以便在发生严重事故时控制氢气状况。安全壳喷淋系统的运行对安全壳内的蒸汽量有很大影响。由于安全壳喷淋系统与一回路注入系统具有相同的支持系统,因此它可能因共同的原因而发生故障。然而,如果安全壳喷淋系统在严重事故期间运行,它的运行会减少安全壳内的蒸汽量;这可能导致安全壳内产生爆炸危险的氢浓度。由于该原因,为了防止这种情况的发生,建议在检测到所有反应堆装置一回路注入系统发生故障时断开安全壳喷淋系统。

7.2.3.2 缓解措施

(1) 安全壳内氢状态的管理

管理措施的主要目的:防止安全壳房间内氢浓度达到爆炸危险。

安全壳内可燃气体通过遍布整个安全壳空间的氢气复合器催化剂单元发生氧化反应,从而以非能动方式减少。

安全壳消氢系统(JMT)采用非能动工作原理(不需要支持系统)。氢复合器的布置和总数量依据计算分析的结果选取。

为了确保一回路泄漏严重事故下的氢气安全,需要采取额外的主动控制措施。为了降

低泄漏房间中的氢浓度,规定将反应堆装置一回路氢气重新分配至远离泄漏地点的安全壳房间。氢气通过系统 JNA 管道通过特殊的排放管线排放到集水池,从而重新分配。

如果事故情景发生时,一回路压力较高,这是二回路排热不良事故的典型特征,安全壳内有足够的蒸汽,不需要进行氢气重新分配活动。

(2) 预防高压条件下反应堆压力容器的失效

当反应堆压力容器发生熔融物泄漏时,应将压力降至 2.0 MPa 以下,以防止直接加热安全壳。

在严重事故情景中,如果二回路的热量排出受到影响,当冷却剂温度达到 400℃时,一回路压力可能会超过 2MPa。在这种情况下,需要操纵员采取控制措施,当堆芯上方的温度达到 650℃时,操纵员应打开稳压器先导式释放阀和应急排气系统的至少两个安全阀。该技术措施可防止反应堆压力容器在高压情况下发生故障,并降低反应堆一回路压力较高的情况下放射性物质通过蒸汽发生器管道释放到大气中的风险。

(3) 堆芯捕集器中的堆芯熔渣冷却

如果发生燃料熔化的设计扩展工况(堆芯上方温度达到 400℃),堆芯捕集器各隔室注满冷却水,转入到热备用状态。

(4) 事故发生时堆内和堆外的次临界状态

严重事故时燃料的次临界状态,借助核电站设备的物理特性和严重事故管理措施得以实现。通过在堆内和堆外严重事故阶段对各种燃料状态进行中子物理计算,可以对该功能进行验证。

(5) 采取措施向地坑水箱注入碱溶液,吸附放射性碘

(6) 预防安全壳在内部升压时损坏

为了使未发生燃料熔化的设计扩展工况(DEC-A)和发生燃料熔化的设计扩展工况(DEC-B)下的压力和温度保持在设计限值内,本项目设计考虑采用安全壳非能动余热排出系统。

(7) 预防乏燃料水池故障

提供标准系统燃料池冷却系统用于冷却乏燃料池。当该系统有能力工作时,更倾向于使用该系统来冷却乏燃料池。当场外电源恢复时,可以利用燃料池水净化系统和硼化水储罐对乏燃料池进行补充。

7.2.3.3 设计扩展工况电源系统

设计扩展工况电源系统用于在失去所有电源(包括柴油发电机组)时,为设计扩展工况仪表和控制系统用电设备供电 72 小时。

7.2.3.4 采取措施降低严重事故后期阶段安全壳内压力

管理严重事故的一系列初期控制行动实施后,需要确保降低安全壳内压力。安全壳内的主要放热源以及导致壳内压力升高的原因是一回路冷却剂、事故过程中形成的不凝结的气体、堆芯捕集器内的堆芯熔渣、乏燃料池内的燃料,以及事故发展过程中释放的部分热量在安全壳内的土木工程结构中。

综上,为可靠降低安全壳内压力,必须让所有蒸汽冷凝,抑制所有蒸汽源(堆芯捕集器和乏燃料池)。计算分析表明,为有效降低安全壳内压力,需恢复运行安全壳喷淋系统和 KAA 中间冷却回路。

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

田湾核电站 7、8 号机组的新燃料组件运输采用新燃料运输容器,容器的设计和制造遵守俄罗斯放射性物质运输规定,并满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

在正常运输条件下,新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能确保运输的安全,对环境不会产生任何有害影响。新燃料运输容器在设计中考虑,即使发生运输事故使容器本身发生变形,也不会发生临界事故,同时燃料棒包壳密封仍然保持完好,不会发生燃料散落。此外新燃料组件未经辐照,放射性水平很低。所以,新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

7.3.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在安全壳内的乏燃料水池中暂存,在水池贮满之前运往乏燃料后处理厂。田湾核电站 7、8 号机组采用满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》要求的乏燃料运输容器进行乏燃料运输。

除了运输容器本身具有高的安全性以外,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。从 2003 年开始,我国进行了多次大亚湾乏燃料运输工作,大亚湾乏燃料安全运输经验表明,我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此,预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.3.3 放射性固体废物运输事故

机组运行期间产生的废树脂、蒸残液和旋流器泥浆在核岛内暂存一定时间后,将由专用的屏蔽运输槽车从核岛送往放射性废物处理中心(T4UKT)进行烘干处理,运输槽车的屏蔽设施可以保证槽车外表面剂量率 $\leq 2\text{ mSv/h}$,降低运输过程中的放射性危害。废树脂屏蔽运输槽车和蒸残液屏蔽运输槽车设有泄漏探测和液位探测装置,防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

废树脂屏蔽运输槽车与厂房内管道通过双球阀结构的干式快速接头连接,确保软管和快速接头无泄漏。这些措施可以防止废树脂通过软管输送过程发生放射性物质泄漏。废树脂屏蔽运输槽车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成,外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统,内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成,双层容器配有搅拌装置、液位仪表和泄漏探测系统,防止运输过程中发生放射性物质泄漏。放射性废物运输车辆在运输过程中严格限速行驶,并设置警告标识,其他人员未经允许不得靠近,从管理上确保废物运输安全。屏蔽转运容器设计标准为在装有额定容量废物时表面剂量率 $\leq 2\text{ mSv/h}$,司机室后设有屏蔽,屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 $10\text{ }\mu\text{ Sv/h}$ 。屏蔽转运容器安装在运输车上,运输过程中屏蔽容器处于位置锁定状态,防止废物桶运输过程中跌落和放射性废物散落。

干废物通常放射性水平很低,由专用的厢式封闭货车进行运输,防止运输过程中废物掉落。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全,运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施,降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。放射性废物运输车辆司机上岗前经过驾驶训练和培训,在运输过程中严格限速行驶,并设置警告标识,其他人员未经允许不得靠近,从管理上确保废物运输安全。

7.4 其他事故

在本电站中其他事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放,但可能产生其他一些影响环境的后果(例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏)。设计中已对这类事故给予充分的注意,采取了切实的保护措施,可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

7.4.1 化学物爆炸

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外,都不是直接易爆的化学物。氮气作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧,清除覆盖气体时,是将这些气体排入氢燃烧系统的复合

器。复合器上游用氮气稀释,保证混合气体中的氢浓度不超过 2.5vol.%。复合器使氢气在催化剂上燃烧,降低氢气浓度,复合器下游氢浓度不超过 0.2vol.%。复合器上下游均配备有氢氧监测器,以监测系统内氢氧浓度并验证复合器效果,因此氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量,从而不会发生氢气爆炸事故。

7.4.2 火灾

核电站可能产生火灾危险的设备有很多,如所有使用润滑油的设备、电气设备和电缆、使用燃油的设备、碘吸附器、特殊的防护材料等。

核电站的防火设计严格执行有关的设计规范,贯彻以防为主,消防结合的方针。通过预防火灾、限制火灾蔓延、火灾探测以及通过自动的或由电厂运行人员操作的灭火措施来实现防火的目的。

7.4.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

HJ169-2018 附录 B 给出了应重点关注的危险物质,针对田湾核电站危险化学品的环评风险,按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)的相关要求,根据田湾核电站涉及的危险物质及工艺系统危险性和环境敏感程度确定环境风险潜势,并根据风险潜势确定评价工作等级。

根据 HJ169-2018 附录 C,本项目环境风险潜势为 I,仅需要开展简单分析。

本项目仅涉及危险物质的使用与贮存,主要包括硝酸、盐酸、氨水、高锰酸钾、乙炔等,不贮存危险数量的酸碱溶液。针对危险化学品的物理化学性质,在其使用过程中均采取相应的防护措施。

液体状态的酸碱溶液及氨水,用槽车运入电厂内,盛装在专用贮槽或贮罐内。对运输和装卸采取一些保护措施,确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保守的设计,保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面,即使发生泄漏,泄漏液也能被收集,不会释放到环境中。因此本项目在运输、装卸和贮存危化品期间,预期不会导致环境风险。

7.5 事故应急

7.5.1 制定应急计划的主要依据

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》(HAF002)要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作,新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急预案审查批准后方可装料,《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAF002/01)则对核电厂营运单位制定事故应急预案提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时,使事故迅速得到控制,以防止或减少放射性物质向环境的释放,并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全,迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

按照国家核事故应急条例、核应急法规要求,田湾核电站已根据要求完成编制《田湾核电站场内核事故应急预案》。

7.5.2 应急组织

7.5.2.1 场内核应急组织

田湾核电站 7、8 号机组将与场内 1~6 号机组采用统一的核应急组织体系。田湾核电站场内应急组织由应急指挥部及其领导下的运行控制一组、运行控制二组、运行控制三组、运行控制四组、技术支持组、设备抢修一组、设备抢修二组、设备抢修三组、设备抢修四组、仪控抢修组、辐射防护组、后勤保障组、保卫消防组、公众信息组、扩建工程协调组组成。

7.5.2.2 与场外应急组织的接口关系

根据国务院《核电厂核事故应急管理条例》,我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。核事故应急期间,田湾核电站应急指挥部有责任和义务及时向国家核事故应急协调委员会(国家核事故应急办公室)、生态环境部(国家核安全局)、华北核与辐射安全监督站、江苏省核事故应急委员会以及国家能源局、中国核工业集团有限公司和中国核能电力股份有限公司等部门和单位的应急机构(组织)通报和报告,并密切予以配合,协调一致地实施应急响应行动。必要时,田湾核电站应急指挥部可请求和获得场外支援,同时电站也将接受来自上述单位的指示。

7.5.3 应急状态分级

核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》(HAF002)和核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01-2019)明确了我国核电厂核事故应急状态分为“应急待命”、“厂房应急”、“场区应急”和“场外应急”四个等级:

(1) 应急待命:出现可能危及核动力厂安全的某些特定工况或事件,表明核动力厂安全水平处于不确定或可能有明显降低。宣布应急待命后,核动力厂有关工作人员处于戒备状态。

(2) 厂房应急:核动力厂的安全水平有实际的或潜在的大的降低,但事件的后果仅限于场区的局部区域,不会对场外产生威胁。宣布厂房应急后,营运单位按应急计划要求实施应急响应行动,场外应急响应组织得到通知。

(3) 场区应急: 核动力厂的工程安全设施可能严重失效, 安全水平发生重大降低, 事故后果扩大到整个场区, 但除了场区边界附近, 场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平。宣布场区应急后, 营运单位应迅速采取行动缓解事故后果, 保护场区人员; 场外应急组织可能采取某些应急响应行动(如开展辐射监测), 并视情况做好实施防护行动的准备。

(4) 场外应急: 事故后果超越场区边界, 场外某个区域的放射性照射水平大于紧急防护行动干预水平。宣布场外应急后, 应立即采取行动缓解事故后果, 实施场内、场外应急防护行动, 保护工作人员和公众。

7.5.4 应急设施

田湾 7、8 号机组将与 1、2 号机组共用消防站、环境监测楼、厂区南气象站, 与 3、4 号机组共用应急指挥中心、放射性废物处理中心, 与 5、6 号机组共用厂区实验室(非放射性部分)、保安楼。

同时, 根据国家有关核应急法规的要求, 遵循积极兼容的原则, 7、8 号机组还将新建部分应急响应设施, 如应急通信系统、厂区连接道路等。

7.5.5 应急响应能力的维持

中核集团公司核电厂核事故应急支援方案和应急执行程序由中国核能电力股份有限公司负责制定和修订, 中核集团根据国家相关规定, 组织应急相关专家对应急支援方案和应急执行程序进行审查。

各应急支援单位应本着“积极兼容、平战结合”的原则建立必需应急响应设施, 配备必要的应急设备和应急物资。并通过定期或不定期的检查、试验来保证其可靠性。中核集团根据需要安排应急支援单位参与救援工作所必需的经费, 各单位应保证其救援工作所必需的人力配备和经费, 将应急经费计入生产成本, 做到专款专用。

集团公司核应急办公室负责组织应急支援单位的应急培训工作, 在各核电厂自身应急培训的基础上, 开展核电厂核事故快速救援队应急培训。集团公司核应急办公室负责组织集团公司核应急专项演习(包括应急支援单位与核电厂单项演习)。

同时, 为使田湾核电站的应急响应能力保持“常备不懈”, 田湾核电站在《田湾核电站场内核事故预案》中对保持和提高应急响应能力的基本环节如应急培训、应急演习、应急预案的评审与修订、应急设施、设备、器材的管理等均作了明确规定, 主要包括:

(1) 根据电站各级人员所承担的应急响应任务的不同, 设置了应急基础培训(基本安全培训)、应急启动与响应培训、专业技能培训三类应急培训, 以使田湾核电站的所有

人员,熟知各自在应急准备和应急响应中所承担的职责,以便在应急状态下,应急响应人员能及时到岗并按应急预案和应急程序的规定采取响应行动,非应急响应人员能熟悉应急广播通知、应急警报,按程序和预案要求执行有关应急防护响应行动。

(2) 根据《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》和国家核事故应急协调委员会《核应急演习管理规定》的要求以及田湾核电站的实际情况,规定了场内演习的频度,包括单项演习、场内综合演习以及场内外联合演习。

(3) 为保证田湾核电站场内应急预案及其执行程序的有效性,将依据国家法规、标准、安全导则和其他相关文件的变化,核电站周围情况的变化,场内组织机构、设施和程序的变化,关键系统、设备和装置的改变,场外应急组织的改变,对演练和演习的评价意见,内、外部经验反馈等情况对应急预案及其应急程序进行定期、不定期的复审和修订,并每五年对应急预案进行一次全面修订。

(4) 制定应急设施、设备以及器材的定期试验和维修大纲,并建立相应的设施设备器材管理制度。田湾核电站按照程序 EP-TW-111《应急文件与设施和设备管理》的规定对相关应急设施、设备、器材以及资料进行定期检查并及时跟踪落实改进行动,应急管理部门负责对其进行独立监督检查,以确保其处于随时可用的状态。

7.5.6 应急计划区的划分

核电厂应急计划区范围的测算需要满足《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/T 17680.1-2008的相关要求:

(1) 既应考虑设计基准事故,也应考虑严重事故,以使在所确定的应急计划区内所做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。

(2) 对于发生概率极小的事故,在确定核电厂应急计划时可以不予考虑,以免使所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担。

(3) 在确定应急计划区范围时,根据核电厂的设计,所考虑的最严重的事故的放射性后果不超过发生确定性健康效应剂量阈值;并考虑选用能代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故,计算其后果并与通用干预水平的数值相比较。

依据国标 GB/T 17680.1-2008 和 HAD 002/01-2019《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》,田湾核电站 7、8 号机组烟羽应急计划区的划分准则为:

(1) 在烟羽应急计划区之外,对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列,相应于特定紧急防护行动的预期剂量在数值上一般应不大于 GB 18871-2002 所规定的相应的通用优化干预水平。其中,烟羽应急计划区内区预期剂量应小于撤离的通用优化干预水平,

外区预期剂量应小于隐蔽和碘防护的通用优化干预水平。

(2) 在烟羽应急计划区之外, 所考虑的后果最严重的严重事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过 GB 18871-2002 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平。

田湾核电站 7、8 号机组食入应急计划区的划分准则为:

在食入应急计划区之外, 大多数严重事故序列所造成的食品和饮用水的污染水平不应超过 GB 18871-2002 所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

依据目前所获取的事故源项资料, 计算设计基准事故场外公众所受的预期剂量, 以及二级 PSA 事故谱超过指定剂量的条件概率, 在此基础上, 结合我国法规标准要求, 并参考国内同类核电站应急计划区的划分经验, 测算后推荐将 5km 作为田湾核电站 7、8 号机组烟羽应急计划区的内区边界, 将 10km 作为烟羽应急计划区的外区边界; 推荐食入应急计划区半径为 50km。

第八章 流出物监测与环境监测

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

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.2.3 气象观测

8.2.4 水文观测

8.2.5 生态监测

8.2.6 噪声监测

8.2.7 电磁环境监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

表

表 8.1-1（1/3） 环境监测大纲

表 8.1-1（2/3） 环境监测大纲

表 8.1-1（3/3） 环境监测大纲

表 8.1-2（1/2） 环境监测核素、方法、探测下限表

表 8.1-2（2/2） 环境监测核素、方法、探测下限表

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

气态和液态流出物是造成核电厂环境污染和居民受照剂量负担的主要来源，因此在流出物监测中对气态和液态流出物进行重点监测。

流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国最新有效的有关法规标准和核电厂的实际情况制定。

8.1.1.1 监测依据

田湾核电站 7、8 号机组流出物监测系统的设计方案除满足俄罗斯的相关法规标准外，还满足我国的流出物监测相关法规标准。

8.1.1.2 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- 监测释放到环境中的气态和液态流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和核电站本身规定的排放管理目标值；
- 为判明核电厂的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为评价环境影响、估算公众受照剂量提供放射性测量数据和资料；
- 使公众确信核电厂的放射性物质排放确实受到严格的控制；
- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，为鉴别排放性质、种类及其程度提供监测数据，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放，可为核电厂在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.3 监测原则

本工程运行期间流出物监测方案的制定和监测系统的设计应遵循的主要原则有：

- 满足国家标准法规及国家环境保护部在多堆厂址统一管理规定上的要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于计划内排放，进行取样分析；对于存在计划外释放可能性的排放途径，应进行连续监测且仪表有足够宽的量程；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- 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；

- 根据国家标准规定的年排放控制值和浓度限值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值；
- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.4 气态流出物监测

本工程的气态流出物中放射性主要来自核岛通风烟囱和常规岛凝汽器抽真空系统的排气。

（1）核岛通风烟囱气态流出物监测

本工程的每个机组都设有一个烟囱。正常工况下，辐射控制区房间的排气和工艺排气通过通风烟囱排放。如果机组发生事故，且安全和包容系统在设计条件下运行且电源可用的情况下，环形空间的排气通过核岛通风烟囱排放。

1) 气态流出物连续监测

每个烟囱的气态流出物监测系统由三个相互独立的连续监测道系列进行监测。每套设备包括气溶胶活度浓度测量装置、碘活度浓度测量装置、放射性惰性气体活度浓度测量装置、 γ 剂量率测量装置、流量、温度和相对湿度测量装置。设置 γ 剂量率测量装置的目的在于对烟囱进行连续监测，增加了测量方式的多样性，以提高应急监测的可靠性，防止在应急情况下失去监测功能。

2) 气态流出物取样监测

在其中一条监测道中设置了气体取样回路，可以对气溶胶、碘、 ^3H 、 ^{14}C 和惰性气体进行取样。样品采集后，送至实验室进行测量分析。另外，还设置有一台工艺谱仪对放射性惰性气体核素的组成和活度进行测量。

（2）凝汽器抽真空系统（MAJ）排气监测

本工程在汽轮机厂房内安装放射性惰性气体监测道，监测汽轮机凝汽器抽真空系统排气的活度浓度，评估放射性核素释放到环境中的情况，同时验证蒸汽发生器传热表面密封性丧失有关的应急情况。

测量数据在本地显示并上传到自动辐射监测系统（ARMS）。当检测到污染或设备故障时，设备会发出就地报警信号，ARMS 系统上层也会发出报警。

（3）气态流出物排放量计算方法

气态放射性流出物分为惰性气体、气溶胶、碘、氡和碳-14 五类，对于某类核素一年排放量计算方法如下：

$$A_{\text{年}} = \sum \{ (C_1 + C_2 + \dots + C_n + \dots) \times V_k \}$$

其中 $A_{\text{年}}$ 表示该年某类核素的排放量，Bq； Σ 表示一年内各次排放量求和； C_1 、 C_2 、 C_n 表示某次排放废气中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度，Bq/m³； V_k 取样时间段内烟囱排放的气体体积，m³。当监测结果高于探测下限时，以监测结果参与计算；当监测结果低于探测下限时，应通过实验分析进行合理估算。

（4）烟囱气体取样代表性

烟囱取样系统为保证气体流出物取样结果具有代表性，采用了多嘴取样口的设计进行取样。

8.1.1.5 液态流出物监测

本工程液态流出物分为核岛液态流出物和常规岛液态流出物。所有的液态流出物都经过净化和放射性监测，再排放到环境中。

（1）核岛液态流出物

向环境排放前将对各个贮槽中废液进行取样分析，当废液的活度浓度低于排放控制值时，可返回工艺循环中重复使用或进行排放，高于排放控制值时，需要再次净化。

废液排放期间均由排放监测道进行连续监测。当超过预定阈值或功能故障时，给出报警信号，联锁排放泵停运和废液排放隔离阀关闭，停止废液排放。

（2）常规岛液态流出物

废液在贮槽内混匀、取样分析，低于排放控制值且常规污染物不超过限值时，通过虹吸井有控制地排放入大海；高于排放控制值时，废液将进行再次处理。

常规岛废液排放系统设置了离线液体活度监测道用于测量废液的活度。

当排放废液放射性浓度高于预定阈值或监测道故障时，给出报警信号，联锁废液排放泵停运和废液排放隔离阀关闭，停止废液排放。

（3）液态流出物排放量计算方法

液态流出物分为氚、碳-14 和其余核素三类。对于某类核素一年排放量计算方法如下：

$$A_{\text{年}} = \Sigma (C_1 + C_2 + \dots + C_n + \dots) \times V$$

其中 $A_{\text{年}}$ 表示该年某类核素的排放量，Bq； Σ 表示一年内各次排放量求和； C_1 、 C_2 、 C_n 表示某次排放废液中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度，Bq/m³； V 表示该次排放的废液的排放体积，m³。当监测结果高于探测下限时，以监测结果参与计算；当监测结果低于探测下限时，应通过实验分析进行合理估算。

（4）液态流出物取样代表性

液态流出物在就地取样前，需要进行如下操作：关闭泵出口排放阀，启动泵对排放槽

进行全流量循环，以使所取的样品均匀，具有代表性。

8.1.1.6 地方环保部门监督性监测

为了满足地方环保部门进行监督性监测，田湾核电站 7、8 号机组建成后满足地方环保部门进行流出物监督性监测的主要措施有：

- 气态、液态放射性流出物在线连续监测的数据传输至相关环保部门。
- 经常保持与地方环保部门联系，及时争取地方环保部门的监督与指导。
- 积极配合地方环保部门进行流出物监督性监测工作，并为地方环保部门定期取样提供方便，包括：根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；提供烟囱中 ^3H 和 ^{14}C 样品给地方环保部门进行测量；从贮槽中提取样品时，可同时为地方环保部门提取平行样品。
- 向地方环保部门及时提供流出物监测月报表；核电站流出物监测及样品测量分析数据可随时供地方环保部门查询。
- 进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.1.2 辐射环境监测

目前，本厂址已经建立了一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施，并进行核电站运行期间的环境监测。同时，本厂址也制定了详细的辐射环境监测大纲，从 2004 年开始按照监测大纲进行日常的环境监测，并逐步进行了完善。在本厂址已有辐射环境监测大纲基础上，本工程新增 4 个地下水监测点位。本工程将根据本厂址周围环境的变化情况、国内外监测法规技术的变动及更新，以及监管部门的要求等，定期对目前实施的环境监测大纲进行适应性修改，以实现对整个核电基地环境进行统一监测。监测大纲将根据环境的变化情况进行修订，本工程环境监测大纲详见表 8.1-1。

8.1.2.1 监测依据

运行期间环境监测按照国家、行业有关标准规范执行。

8.1.2.2 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估田湾核电站排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- 及时发现环境介质中放射性活度的变化，并查找原因，以便采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规和核电厂所在厂址的具体情况，监测范围如下：

- 陆地 γ 辐射的监测范围一般为厂区半径 20~50km，其余项目监测范围为半径 5~10km 范围内区域。
- 海洋环境监测范围为 10km，重点监测废液排放口 3km 范围内的海域和 4km 范围内滩涂。

8.1.2.4 布点原则

制订监测方案的主要依据是国家的有关法规和标准，同时参考本底调查时环境监测方案并综合分析田湾核电站几年来运行环境监测经验反馈信息，制订监测方案时，充分考虑到下述因素：

- 环境 γ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向、厂区边界附近区域；
- 考虑厂址区域附近地区的地形等条件及废液排放方式及特点、潮汐规律；海上取样点主要设在总排放口及其附近海域；土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- 对能够浓集放射性核素的指示性介质进行测量分析。通过对指示生物的分析，以便及时发现环境介质中放射性含量的变化；
- 根据近密远疏的原则布点。
- 气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况；
- 充分利用运行前本底调查所获得的资料，并在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化；
- 相关监测点及介质品种尽可能与本底调查一致，以便进行运行前后的对照分析，同时根据环境监测的经验反馈、监测技术进步及厂址周围可能的环境变化进行调整；
- 环境监测站的设置与地方监督性监测子站设置位置互补，考虑人口分布、风向、供电通信条件后，基本保证在核电厂周围 16 个方位的陆域都设有一个自动监测站；
- 为区分核电厂的辐射来源与其他的辐射来源，设置部分对照点。

8.1.2.5 监测项目

（1）气象要素

本厂址设置有自动气象站、拉线气象塔和自立塔，主要观测的气象要素包括风速、风向、温度、湿度、大气压、降雨量、天空总辐射及净辐射。

（2）环境 γ 辐射水平

1) γ 辐射空气吸收剂量率

本厂址共设置 14 个环境监测站，每个监测站内设置有固定式环境 γ 辐射剂量率测量仪，对 γ 剂量率进行连续监测。

2) γ 辐射累积剂量

γ 辐射累积剂量测量采用热释光剂量计，放置在有代表性的不受附近建筑物影响的空旷地区。

（3）空气

空气监测项目包括：气溶胶中 γ 能谱、 ^{90}Sr 的测量；沉降物中 γ 能谱、 ^{90}Sr 的测量；气体中 ^{131}I 、 ^{14}C 、 ^3H （HTO）的测量；降水中 ^3H （HTO）的测量。

（4）表层土壤

表层土壤监测项目包括 ^{90}Sr 、 γ 能谱和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

（5）陆生生物

陆生生物样品包括农作物、禽、畜、指示生物松针。

农作物包括青菜和茶叶。青菜的监测项目包括 ^3H （TFWT，OBT）、 ^{14}C 、 γ 能谱、 ^{90}Sr 。

禽、畜包括鸡和猪，监测项目包括 ^3H （TFWT，OBT）、 ^{14}C 、 γ 能谱、 ^{90}Sr 。

指示生物松针的监测项目包括 ^{14}C 、 γ 能谱、 ^{90}Sr 。

（6）陆地水

陆地水样品包括地表水、地表水沉积物、控制区内地下水、控制区外地下水和饮用水。

地表水监测项目包括总 β 、 γ 能谱、 ^3H 和 ^{14}C 。

地表水沉积物监测项目包括 ^{90}Sr 、 γ 能谱和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

控制区内地下水监测项目包括 γ 能谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 。

控制区外地下水监测项目包括 γ 能谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 。

饮用水监测项目包括 ^3H 、 γ 能谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 和 ^{14}C 。

（7）海洋

1) 海水与海洋沉积物

海水监测选取 6 个点位海水监测 ^3H 、总 β ；选取 3 个点位海水监测 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱；

选取 4 个点位测量 ^3H 、 ^{14}C 、总 α 、总 β 、 γ 能谱。

海洋沉积物选取 8 个点位监测 ^{90}Sr 、 γ 能谱；选取 2 个点位监测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

2) 海洋生物

海洋生物分别采集 1 个藻类样品、1 个鱼类样品、1 个软体类样品、1 个贝壳类样品以及 1 个指示生物（牡蛎）。监测项目为 ^3H （TFWT，OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱。

8.1.2.6 测量方法

根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法，监测方法及探测下限详见表 8.1-2。

8.1.2.7 地方环保部门的监督性监测

田湾核电站已为省地方环保部门建设了监督性监测前沿站和 15 个监督性监测子站。

本工程将主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

（1）为地方环保部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、人员配合、用水用电及监测场地的支持等；

（2）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解。

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 监测目的

田湾核电站环境辐射应急监测目的是，在核电站事故应急状态下，及时了解和掌握环境辐射水平和放射性污染情况。在田湾核电站发生事故时，应急监测车将携带便携式仪表对厂址区域的环境 γ 辐射水平进行快速测量。如有必要，环境介质采样车将对空气、土壤、地面水、陆地生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质取样，并根据事故发展情况调整取样频度，送至环境监测楼中进行测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故性质、源项大小以及应采取的防护措施提供数据支持。

8.1.3.2 监测范围

田湾核电站应急监测范围分为厂区内监测和外环境监测。厂区内监测主要以反应堆为中心，划分不同等级的监测区域，制定厂区巡测路线，在厂房应急状态时实施厂区巡测。外环境监测范围重点为厂址周围半径 5km 内的地域，视情况适当扩大范围，但一般不超过半径 10km，制定相应的厂外巡测路线以及巡测点，在应急状态时开展巡测。

8.1.3.3 监测内容

（1）厂区内监测的主要内容为：

- 环境 γ 剂量率（连续测量和即时测量）；

- 监测车便携式仪表即时测量；
- 地表 α 、 β 污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度测量。

(2) 厂区外环境监测内容为：

- 环境 γ 剂量率；
- 地表 α 、 β 污染水平测量；
- 空气中放射性污染物浓度测量；
- 热释光剂量计测量累积剂量；
- 车载在线 γ 谱仪分析测量核素。

8.1.3.4 监测设备

参与环境应急监测的监测设施和设备主要包括：

环境监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持 72 小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。

应急监测车和环境监测采样车：车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出环境 γ 辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。

气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外环境 γ 辐射监测站的风速、风向传感器。

环境监测楼：环境监测楼在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

应急监测又分为厂区内巡测和厂区外环境巡测。

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

为评估温排水的热影响，计划采用遥感等方式对温排水进行监测。监测范围以电厂为中心，沿涨潮方向长不小于 8km，沿落潮方向长不小于 16km，水面宽度不小于 5km 的海域。

监测仪器主要为航天遥感卫星。获取航天遥感数据和潮汐等基础资料后，参照《滨海核电厂温排水卫星遥感监测技术规范（试行）》（HJ1213-2021）、《遥感影像平面图制作规范》（GB/T15968-2008）等规范，制作满足核电站温排水遥感测量的一系列成果图像、图像和数据分析图表。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

为评估田湾核电站 7、8 号机组排水中非放射性化学污染物对附近环境的潜在影响，对排水口的水质进行监测，主要监测指标包括 pH 等，具体监测项目及频次以田湾核电站实际执行的监测程序为准。

田湾核电站生活污水通过管网汇集至南区污水站集中处理。污水站内设置在线监测装置，连续监测氨氮、化学需氧量、pH 等指标。结合手动定期监测方式，包括化学需氧量、总磷等。同时委托有资质的第三方对现场无法开展的项目进行监测，包括烷基汞等。

厂区生活污水经处理后，水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）中绿化回用要求，并定期进行水质监测，厂区内存在绿化需求时，优先用于绿化回用。

8.2.3 气象观测

厂址地面气象站位于厂址东南侧，配备自动气象站于 2004 年 4 季度开始正常观测，空间上具有厂址代表性。气象塔的位置紧邻厂区地面站，并于 2022 年开始正式观测。

自动气象观测系统包括地面气象站、气象塔和相应的通讯设备。地面气象观测要素包括：风向、风速、温度、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量等。塔层气象观测高度为 10m、30m、70m 和 100m 四层。观测要素为风向、风速、温度。

数据采集系统能实现对所有的数据实时采集、保存，提供整分和整时的测量数据，并实时显示多层的数据，还能单独显示每层的数据及变化曲线，存储数据能够在局域网上共享。

田湾核电站气象站地面与气象塔 2021~2024 年每年各气象要素的联合获取率分别为 99.99%、99.71%、100%和 99.84%。数据获取率满足 HAD 101/02 规定的大于 90%的要求。

在气象观测设施运行期间，对所有观测设备设有足够的备品备件，建立必要的质量保证体系。同时对所有传感器将定期送国家相关仪器检定部门进行标定。采用与运行前相同的厂址气象观测数据质量评定措施，以保证运行期间厂址气象观测数据良好可靠的质量。

8.2.4 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。根据电站的实际运行情况，在运行期间适时开展水文观测。

8.2.5 生态监测

田湾核电站运行期间拟采用以下方案开展厂址附近海域生态监测。

（1）监测项目

- 海洋生物：叶绿素，浮游生物、底栖生物的种类组成和数量分布等。
- 渔业资源：资源密度，优势种；鱼卵、仔稚鱼种类和密度。
- 根据监测区域的实际情况，监测可能影响冷源系统的海洋生物。

（2）监测点位布设与监测频次

- 以排水口为中心点，半径 15km 内，监测点位不少于 10 个。
- 选择代表性季节，每 5 年进行 1 次监测。

田湾核电站将参考同行业和国内同类电站的做法，根据《中华人民共和国海洋环境保护法》（2024 年 1 月）、《海洋监测规范》（GB 17378-2007）等相关标准规范要求，逐步开展监测方案的制定等工作，目前计划每 5 年开展 1 次生态监测。

8.2.6 噪声监测

（1）监测频次

田湾核电站运行期间，计划每季度对田湾核电站厂界开展 1 次噪声监测。

（2）监测点位的布设

田湾核电站共设 4 个噪声监测点。

（3）监测方法

每季度对各监测点进行测量，监测方法执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中相关监测要求。

8.2.7 电磁环境监测

（1）监测频次

田湾核电站运行期间，计划每季度对核电站内及周围的居民点开展电磁监测。

（2）监测点位的布设

监测方案共设 8 个监测点。

（3）监测方法

各监测点在全天任一时间段进行测量，每个点位测量工频电场、工频磁场、电场强度、功率密度四组数据，每次测量均连续测量 2min 取均值。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.1.1 电厂流出物实验室

流出物实验室用于监测核电站气态和液态流出物的样品，以确定被排放气态和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。本工程流出物实验室位于 7 号机组和 8 号机

组的核服务厂房的放射化学实验室。

7 号机组流出物实验室包括流出物样品制备间和核素分析间，8 号机组流出物实验室包括流出物样品制备间和核素分析间。流出物实验室配备了流出物监测的仪器和设备，能够满足流出物监测的需求。本工程气态放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目、测量核素、测量方法、测量周期等符合现行国家规范要求。

8.3.1.2 监督性流出物监测设施

根据《田湾核电厂辐射环境现场监督性监测系统能力建设用户需求》，田湾核电站原厂外监督性流出物实验室用房面积不满足使用需求，在田湾核电站内新建监督性流出物实验室，使用面积为 380m²。监督性流出物实验室用于环保部门开展核电厂气态和液态流出物样品的监督性监测，测量结果为评价田湾核电站的流出物排放达标情况提供依据。

8.3.2 环境监测设施

环境监测设施为全厂共用设施，主要包括环境监测站、环境监测楼、自动气象观测系统、环境监测车辆、地下水监测井、监督性监测系统前沿站和子站等。田湾核电站 7、8 号在本机组厂址周围增设 4 口地下水监测井，其余均将沿用已有监测设施。

8.3.2.1 环境监测站

本厂址已建设 14 个环境监测站。

环境监测站的设备配备包括γ辐射探测器、取样装置、数据传输装置等。测量参数包括大气中环境γ辐射水平的连续监测、气溶胶采样、³H、¹⁴C 和 ¹³¹I 采样、雨水/沉降灰采样、风速、风向、雨量等参数。

8.3.2.2 环境监测楼

环境监测楼位于江苏省连云港市连云区经济技术开发区，处于本厂址 W 方向，距离 10.8 公里。

环境监测楼用房总面积 2000 平方米，功能设置有环境监测样品前处理、实验分析和测量、数据处理中心、办公室。

8.3.2.3 自动气象观测系统

自动气象观测系统包括地面气象站、气象铁塔和相应的通讯设备。地面气象观测要素包括：风向、风速、温度、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量等。塔层气象观测高度为 10m、30m、70m 和 100m 四层。观测要素为风向、风速、温度。

这些气象数据在应急指挥中心和环境监测楼中央计算机的相应服务器处理、贮存，并与实时收集的核电站地区γ辐射监测数据一起传至环境监测实时数据网，进行集中管理、

贮存、显示、传输、查询和发布。

8.3.2.4 移动监测车辆和设备

本厂址已配备了 1 辆环境监测采样车和 2 辆应急监测车，正常运行时用于厂区及周围环境 γ 辐射水平进行巡测、环境介质的快速测量、环境介质样品的采样和传送及环境辐射与气象监测系统的日常维护，也可进行热释光元件（TLD）的布设及回收，事故条件下进行应急监测及采样。

8.3.2.5 厂区地下水监测井

本厂址已设置 6 口地下水监测井。

针对本工程，结合本工程厂平面布置增设 4 口地下水监测井。

8.3.2.6 监督性前沿站和监测子站

田湾核电站已为省地方环保部门建设了监督性监测前沿站和 15 个监督性监测子站。前沿站位于连云港市经济技术开发区峨眉山路，处于 W 方位 10.8km。

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.1.1 建立质量保证体系

从 2003 年环境监测设施建成运行开始，田湾核电站就依据国家相关标准，建立了包括人员培训、样品采集和处理、仪器刻度和检验、样品测量分析、标准参考物质使用和数据处理等一系列质量保证措施。田湾核电站定期组织质量保证监察，检查环境监测和流出物监测管理大纲、质保大纲、程序、技术文件、标准是否齐全适用，是否切实遵守并有效实施，并对质保体系持续改进。田湾核电站环境辐射监测和流出物监测相关的程序和规程定期进行升版。

8.4.1.2 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品。为达到此目的，采取了以下质量控制措施：

- 制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品。
- 根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录，各种记录均有责任者签名。
- 制定了操作样品时防止交叉污染的措施。

- 环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检。
- 保存的各类常规样品（包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品），并附有可靠的标签和专门的记录。

8.4.1.3 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

- 样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品。
- 在分析测量的操作过程中落实《环境监测质量保证措施》（EMC-0-UCJ00-001）程序规定，防止样品之间的交叉污染的措施。
- 为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施。
- 分析测量掺标样品或标准参考物质，以确定分析测量的准确度。分析测量时，采用与相应的待测样品相同的操作程序。
- 环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检。
- 保存的各类常规样品（包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品），并附有可靠的标签和专门的记录。
- 分析测量空白样品。空白样品与待测样品同时进行预处理和化学分析比对。
- 为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性，可比性，田湾核电站非常重视实验室内部和外部的比对，积极组织了与外部单位的及实验室内部的比对。
- 仪器的刻度和检验：田湾核电站对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准，同时还采取如下的检验措施以确保仪器在测量时仍然处于刻度时的良好状态：
 - 标准（参考）样品分析。
 - 对 γ 谱仪、低本底 α/β 测量仪每月至少进行一次本底、效率检验，并制作仪器本底、效率的控制图；对低本底液闪谱仪每月至少进行一次本底检验，并制作仪器本底的控制图。
 - 对 γ 谱仪、低本底 α/β 测量仪等每年进行一次以说明仪器计数是否满足泊松分布

的 χ^2 检验。

- 每月进行能量分辨率和能量刻度检验。
- 所有放射性测量仪器，每年刻度一次，刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

8.4.1.4 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

- 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字，原始记录和环境监测结果将永久保存。
- 详细、准确的质量控制记录，包括所有采样和分析测量仪器性能的检定、校准、检验和维修情况；质量控制样品分析和实验室间的比对情况；标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和掺标样品、载体和标准溶液的配制情况；计算机程序验证情况等。将有关质量控制文件长期保存。
- 进行数据统计学处理。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果进行严格审核，审核人在审核报告上签字。
- 对于偏离正常值的异常结果，依据《环境监测数据处理作业指导书》和《流出物分析质量控制要求》程序，开展偏离正常值的识别工作。
- 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准。

8.4.1.5 实验室比对

为了发现和确定实验室分析测量所产生的系统不确定度，田湾核电站将积极参与实验室间分析测量比对。

8.4.2 质量管理

质量管理涉及到组织管理、人员资格和培训以及检查和经验反馈。

8.4.2.1 组织机构

- 编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权力等级。
- 统一的环境监测组织机构，对田湾核电站地区的环境监测进行统一管理。
- 环境管理科设有科长、环境监测物理分析工程师、环境监测化学分析工程师及技术员。

8.4.2.2 人员资格和培训

田湾核电站环境监测部门和流出物监测部门建立和完善了工作人员资格和培训管理

规定，对辐射监测人员严格执行培训与授权制度，所有人员必须经过培训考核合格，并取得相应的授权，才有资格上岗从事相关工作。

田湾核电站积极开展年度培训工作，结合实验室认可工作要求，组织人员参加实验室认可内审员、测量不确定度评估、实验室检测或校准结果符合性判定及质量控制人员专业能力培训等相关认可培训，掌握认可有关基础知识和技能，开展辐射监测相关技术标准和程序、辐射监测中放射性数据处理岗位培训，提高监测人员的技术水平。2024 年，对所有辐射监测人员都进行了基本安全授权培训（复训），按监测项目开展岗位培训、考核和授权。

8.4.2.3 技术交流

田湾核电站不定期与江苏省辐射环境监测管理站（省站）开展交流，主要包括：

- 进行技术交流；
- 召开研讨会；
- 与其工作人员交流监测质量控制工作中的经验。

表 8.1-1（1/3） 环境监测大纲

监测对象			监测项目	监测频次	布点数量
γ 辐射	空气吸收剂量率		γ辐射空气吸收剂量率	连续	14
	累积剂量		γ辐射累积剂量	季	51
空气	气溶胶		γ能谱	周	1
			γ能谱	月	5
			⁹⁰ Sr	年	6
	沉降物		γ能谱	季	5
			⁹⁰ Sr	年	
	气体		¹⁴ C、 ¹³¹ I	月	5
			³ H（HTO）	月	4
			³ H（HTO）	周	1
	降水		³ H	月	5
陆地	表层土壤		⁹⁰ Sr、γ能谱	年	13
			²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	年	11
	农作物	青菜	³ H（TFWT，OBT）、 ¹⁴ C、γ能谱、 ⁹⁰ Sr	年	2
		茶叶	³ H（TFWT，OBT）、 ¹⁴ C、γ能谱	年	2

表 8.1-1（2/3） 环境监测大纲

监测对象			监测项目	监测频次	布点数量
陆地	禽、畜	鸡	^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 γ 能谱、 ^{90}Sr	年	2
		猪肉	^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 γ 能谱、 ^{90}Sr	年	2
	松针（指示生物）		^{14}C 、 γ 能谱、 ^{90}Sr	年	1
陆地水	地表水		总 β 、 γ 能谱、 ^3H	平/枯水期	3
			^{14}C		1
	地表水沉积物		^{90}Sr 、 γ 能谱	年	3
			$^{239+240}\text{Pu}$	年	1
	地下水		γ 能谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	月	10
			γ 能谱、 ^{90}Sr 、 ^3H	半年	2
	饮用水		^3H 、 γ 能谱、总 α 、总 β	半年	3
			^{90}Sr 、 ^{14}C	半年	1
海洋	海水		^3H 、总 β	半年	6
			^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	半年	3
			^3H 、 ^{14}C 、总 α 、总 β 、 γ 能谱	半年	4

表 8.1-1（3/3） 环境监测大纲

监测对象			监测项目	监测频次	布点数量
海洋	沉积物	潮下带	^{90}Sr 、 γ 能谱	年	6
		潮下带	$^{239+240}\text{Pu}$	年	1
		潮间带	^{90}Sr 、 γ 能谱	年	2
		潮间带	$^{239+240}\text{Pu}$	年	1
	藻类	海带	^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	年	1
	鱼类	蓝点鲅	^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	年	1
	软体类	蛤仔	^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	年	1
	甲壳类	虾	^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	年	1
	牡蛎（指示生物）		^3H （TFWT, OBT）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 γ 能谱	年	1

表 8.1-2（1/2） 环境监测核素、方法、探测下限表

监测项目		分析方法参考标准	探测下限要求
环境 γ 辐射	连续监测	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	10nGy/h
	瞬时测量	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	10nGy/h
	累积测量	《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》（GB/T 10264-2014）（参考）	10 μ Gy
总 α 、总 β	水	《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017） 《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）	陆地水 α :0.05 ; β :0.03 海水 α :2; β :0.8 Bq/L
	气溶胶	《核电厂周围环境气溶胶中总 α 、总 β 分析操作规程》（DB35/T 2063-2022）	α :15 ; β :10 μ Bq/m ³
	沉降物	《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）（参考） 《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）（参考）	α :30 ; β :20 mBq/(m ² .d)
³ H	空气	《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）（参考）	25mBq/m ³
	水	《水中氚的分析方法》（HJ 1126-2020）	2.0 Bq/L
	生物	《生物中氚和碳-14 的分析方法 管式燃烧法》（HJ1324-2023）	根据水氚的探测下限 算生物鲜样
¹⁴ C	空气	《空气中 ¹⁴ C 的取样与测定方法》（EJ/T 1008-1996）	0.1 Bq/g(碳)
	生物	《生物中氚和碳-14 的分析方法 管式燃烧法》（HJ1324-2023）	0.1 Bq/g(碳)
⁹⁰ Sr	水	《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》（HJ 815-2016）	1.0 mBq/L
	土壤	《土壤中锶-90 的分析方法》（EJ/T 1035-2011）	0.5 Bq/kg
	底泥/沉积物	《土壤中锶-90 的分析方法》（EJ/T 1035-2011）（参考）	0.5 Bq/kg
	气溶胶		2.0 μ Bq/m ³
	沉降物		1.0 mBq/(m ² .d)
	生物	《水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法》（HJ 815-2016）	2 mBq/g（灰）

表 8.1-2（2/2） 环境监测核素、方法、探测下限表

监测项目		分析方法参考标准	参考探测下限
^{137}Cs	气溶胶	《水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法》（HJ 816-2016） （参考）	2 mBq/L
^{131}I	空气	《空气中碘-131 的取样与测定》（GB/T 14584-1993）	2.0 mBq/m ³
	牛奶	《水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法》（HJ 841-2017）	5.0 mBq/L
γ 能谱	气溶胶	《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》（HJ 1149-2020） 《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022）	10 (^{137}Cs) $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
	土壤、沉积物、底泥、潮间带	《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022）	1.0 (^{137}Cs) Bq/kg(干)
	沉降物		3.0 (^{137}Cs) mBq/(m ² .d)
	生物		25 (^{137}Cs) mBq/kg(鲜)
	水		3.0 (^{137}Cs) mBq/L

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

田湾核电站 7、8 号机组工程是由中国核能电力股份有限公司、连云港金联能源投资有限公司、江苏省国信集团有限公司共同出资建设，建设规模为百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿期为 60 年，经济评价期为 30 年。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

（1）社会效益

江苏省地处我国沿海地区，是我国经济发展较快的省份之一。田湾核电站 7、8 号机组工程的建设将有效地满足江苏省的能源需求，缓解交通运输的紧张状况，提供大量当地的就业机会，带动金融行业、医疗卫生、零售业等相关产业发展，提高人民的生活水平。燃煤的火电机组仍然为江苏省电网的重要电源，田湾核电站 7、8 号机组的运行将进一步有效地优化江苏省能源结构，减轻环境影响的压力。

田湾核电站 7、8 号机组工程的建设投资大、建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题：建设期间可提供约 6 万人年的各种建设人才的就业机会；运行期间核电站各岗位的就业人数总计约为 800 人，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。同时，核电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。

同时，田湾核电站 7、8 号机组工程项目通过对厂区范围环境的绿化装饰美化了周边的生活环境，带来了新的景观。

核能合作是中俄战略合作的重要组成部分，受到中俄两国国家领导人的高度关注。田湾核电站 7、8 号机组项目是中俄两国核能领域一揽子合作的重要组成部分，是中俄全面战略协作伙伴关系的重要体现。

田湾核电站 7、8 号机组工程的运行将进一步有利于当地的能源、交通、就业、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快连云港地区的经济发展具有重要意义。

（2）环境效益

核电厂两台百万千瓦级核电机组的环境效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应。

火电厂释放的 CO_2 是全球 CO_2 重要来源，而 CO_2 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。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。而核电作为一种安

全、成熟的清洁能源，温室气体接近零排放，不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物。本工程的建设，实际上相当于减少了同等容量火电厂的建设，有效减少了 CO₂、SO₂、NO_x、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

核电厂建设项目环境保护费用分建设期的环保设施投资和运行期的环保费用。

田湾核电站 7、8 号机组工程的项目计划总资金包括工程费用（建筑工程费、设备购置费及安装工程费）、工程其他费用（项目建设管理费、勘察设计和技术服务费、联合试运转费等）、预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金及建设期可抵扣增值税等费用。其中用于环境保护的建设投资占项目计划总资金 2.51% 左右。

建设期环保投资主要包括环保设施投资和绿化投资两部分，其中环保设施投资包括废物处理处置系统、流出物监测和环境监测系统、环境整治以及施工期环保投入等。其中废物处理处置系统包括核岛废物处理和排放系统、三废处理设施及环境保护系统；流出物监测和环境监测系统包括辐射监测系统；环境整治包括边坡及截排洪沟等；施工期环保投入包括水土保持、海域监测、大气环境监测、噪声监测、倾倒区海域监测及爆破震动监测等费用。

运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。其中乏燃料后处理费从投产后第六年开始提取。中低放废物处理处置费从投产后第一年年开始提取。退役基金从计算期第一年年开始提取。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

本工程厂区、生活区需要长期征用大量的土地。除了厂区、生活区用地外，还规定了距离反应堆 5km 范围内为规划限制区，在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其他事业的发展。

田湾核电站 7、8 号机组工程的运输包括施工期间设备、大型设备和建筑材料的运输，生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可避免地增加当地的运输负担。但是由于在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

此外，本工程对于当地的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性对涉及切身利益的公众进行充分的宣贯，消除公

众担忧甚至恐惧的心理，增强公众对核电项目建设与发展的接受与理解，有利于核电项目的顺利进行和营造更为和谐的核电发展环境。

9.2.2.2 环境代价

本工程对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、放射源、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境和保护公众的目的，田湾核电站 7、8 号机组工程设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响均在可接受的范围内。本报告书的前序章节已对田湾核电站 7、8 号机组工程的环境影响做出了详细的论证。

综上所述，田湾核电站 7、8 号机组工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张、经济发展迅速的地区来说，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。田湾核电站 7、8 号机组工程的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

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

10.5.1 施工期间的环境影响

10.5.2 运行期间的环境影响

10.6 公众意见采纳情况总结

10.7 承诺

10.1 核电厂建设项目

田湾核电站位于江苏省连云港市连云区宿城街道，本工程 7、8 号机组位于厂区西北侧。

田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级核电机组，统一规划，分期建设。田湾核电站 1~4 号采用 VVER-1000 压水堆核电机组，5、6 号机组采用 M310 加改进核电机组，1~6 号机组已建成投产。田湾核电站 7、8 号机组采用俄罗斯 VVER-1200 技术，建设两台 VVER-1200 型核电机组及其配套辅助设施，于 2021 年 5 月开工建设，单台机组建设周期为 62 个月，7 号机组预计 2026 年 7 月 19 日具备商运条件，8 号机组预计于 2027 年 5 月 19 日具备商运条件。

田湾核电站 7、8 号机组采用俄罗斯 VVER-1200 型商用压水堆核电技术，建设两台百万千瓦级核电机组，以俄罗斯列宁格勒核电站二期工程为参考电站。根据田湾 7、8 号机组中俄技术设计合同、总合同，俄方负责核岛设计，中方负责常规岛和 BOP 设计及相关联合设计。江苏核电有限公司作为 7、8 号机组工程项目的营运单位，承担全面核安全责任。中国核电工程有限公司负责核岛技术后援工作、常规岛和 BOP 工程设计、采购、建安等工程总承包工作。

10.2 环境保护设施

本工程配套建设放射性废物处理设施，对“三废”进行处理。“三废”处理设施采用成熟可靠技术，可以保证放射性废液和放射性废气处理后达标排放；放射性固体废物处理后满足安全处置要求，通过优化设计方案和强化管理措施减少放射性废物产生量，提高废物最小化水平。

本工程利用已建好的一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施与气象监测系统，并且制订了环境辐射监测方案。此外，江苏省地方环保部门针对田湾核电站建设相应的流出物和环境监测设施，进行监督性监测。

本工程生活污水处理设施与前期工程共用。本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至 1、2 号机组已建的南区污水处理站集中处理。经处理达标后，用于降尘浇洒、绿化用水等，回用剩余水量排入大海。本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至含油生产废水油水分离池，经生产废水系统管网排至虹吸井，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

田湾核电站 7、8 号机组的废物处理系统的设计性能和放射性流出物监测系统的预期效果，完全可以满足对核电站周围环境保护的要求。

10.3 放射性排放

田湾核电站 7、8 号机组的设计年排放量及厂址 8 台机组的排放量均满足国标 GB6249-2025 的要求。本厂址属滨海厂址，槽式排放口处的液态流出物中氚的活度浓度不超过 3×10^7 Bq/L，碳-14 的活度浓度不超过 3×10^3 Bq/L，其他放射性核素总活度浓度不超过 1000 Bq/L。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）运行状态下对公众的辐射影响

本工程运行状态下，气液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $5.29\text{E-}06$ Sv/a、 $4.15\text{E-}06$ Sv/a、 $2.60\text{E-}06$ Sv/a、 $1.14\text{E-}06$ Sv/a。厂址半径 80km 范围内公众所受到的最大个人有效剂量为 $5.29\text{E-}06$ Sv/a，约占本工程剂量约束值（ 0.06mSv/a ）的 8.82%。

本工程状态下分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。田湾 7、8 号机组运行状态下，公众受到的最大个人有效剂量为 $1.30\text{E-}06$ Sv/a，最大个人有效剂量出现在厂址 WNW 方位 0~1km 处，此处居住的是东崖屋村的村民，关键居民组为成人组。气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.13\text{E-}06$ Sv/a，约占气液态总剂量的 86.43%；其次为气态途径的食入农牧产品的内照射途径，占气液态总剂量的 6.20%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $1.14\text{E-}06$ Sv/a，约占气液态总剂量的 87.15%；另外，H-3 和 Cs-134 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 2.64%和 2.11%。

（2）运行状态下对非人类物种的辐射影响

田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

田湾核电站 1~8 号八台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同介质中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 1~8 号八台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

田湾核电站 7、8 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 7、8 号两台机组

正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同介质中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-3} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 1-8 号八台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（3）事故工况的辐射影响

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025），在运行阶段，应对设计基准事故的放射性后果进行分析和评价。根据机组设计基准事故源项，采用田湾核电厂厂址气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB6249-2025 的要求。

计算结果表明，在所评价的稀有事故中，事故后任意 2h 非居住区边界（500m）公众所受剂量后果最严重的事故为蒸汽发生器传热管破裂，随后以 60°C/h 的速度冷却事故，保守模型下，有效剂量最大为 $6.59\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大为 $3.52\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2025 相应剂量控制值的 13.18%和 7.04%；事故持续期间规划限制区边界（5000m）公众所受有效剂量后果最严重的事故为蒸汽发生器传热管破裂，随后以 60°C/h 的速度冷却事故，保守模型下，有效剂量为 $7.23\text{E-}05\text{Sv}$ ，占 GB6249-2025 相应剂量控制值的 1.45%；事故持续期间规划限制区边界（5000m）公众所受甲状腺当量剂量后果最严重的事故为安全壳外仪表管线破裂事故，保守模型下，甲状腺当量剂量为 $5.73\text{E-}04\text{Sv}$ ，占 GB6249-2025 相应剂量控制值的 1.15%。

在所评价的极限事故中，放射性后果最为严重的事故为 SG 集管盖抬起时一回路向二回路泄漏事故，保守模型下，该事故后任意 2h 非居住区边界（500m）处公众受到的有效剂量最大为 $1.15\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大为 $6.12\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2025 相应剂量控制值的 1.15%和 0.61%；事故持续期间规划限制区边界（5000m）处公众受到的有效剂量为 $1.26\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $6.72\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2025 相应剂量控制值的 0.13%和 0.07%。

从计算结果可以看出，田湾核电站 7、8 号机组各设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2025 的要求。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

核电站工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生

轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

（2）水土流失

本期工程为扩建工程，应急指挥中心、淡水厂、厂外道路、大件码头等沿用前期工程已有设施，可能造成水土流失的区域主要为厂区、施工场地、排水口、混凝土搅拌站及砂石料生产厂等。

本工程在建造期间采取相关工程措施（敷设雨水管道、硬化路面、碎石铺设场地等）、绿化措施（种植乔木、绿篱、灌木、攀援等植物）、临时措施（临时排水沟、沉砂池等），尽量减少建设区域的水土流失。

（3）施工噪声

施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响，施工期间采用了相应的措施降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响。在施工建设期间，安排了施工期噪声监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工噪声对环境的影响。

（4）大气环境的影响

在工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量增高。施工期间采取有效的防治措施可减少扬尘的释放。在施工建设期间，安排进行了施工期大气的环境监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工对大气环境的影响。

（5）对水环境的影响

本工程其他生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至本工程含油生产废水油水分离池。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，经厂区生产废水系统管网排至虹吸井，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集送至 1、2 号机组南区污水处理站集中处理。南区生活污水处理能力能够满足要求，且还有一定的裕量。南区污水处理站经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于降尘浇洒等，回用剩余水量排入大海。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准的生活污

水和满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。

因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（6）固体废弃物的影响

施工期间的固体废弃物主要是生活垃圾和建筑垃圾。本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。根据产生源头、工艺过程、成分分析、危险特性等，初步判断产生的废物是一般固废还是危险废物，再对照《国家危险废物名录》（2025 年版）进行归类；严禁将危险废物混入非危险废物中收集、贮存、运输和处置；危险废物与其他固体的混合物，以及危险废物处理后的废物的属性判定，按照国家规定的危险废物鉴别标准执行，尚未判定的，按危险废物管理；列入《国家危险废物名录》（2025 年版）中危险废物豁免管理清单中的危险废物，在所列的豁免环节，且满足相应的豁免条件时，可以按照豁免内容的规定实行豁免管理。施工期间产生的危险废物主要有废弃冷冻机油、废弃矿物油、废弃柴油、废弃汽油、油漆桶、废弃蓄电池、废油漆、废酸等，由施工单位负责收集，江苏核电负责统一接收、贮存、转移处置、管理计划申报、月报填报等。施工单位作为产废单位（产生源），按照相关法律法规、标准做好危险废物分类收集、包装标识、临时贮存、厂内运输及移交等规范化管理工作。因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

（7）对生态环境的影响

工程施工对厂址场地进行了平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作改变了当地特别是土壤生物的种群及群落结构。挖掘过程产生的部分废弃土石方占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，根据现场施工情况采取了相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也采取相应的恢复措施，本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

10.5.2 运行期间的环境影响

（1）温排水的影响

8 台机组温排水的影响海域主要为工业用海区，无自然保护区及渔业资源区。取水口

机械损伤、生物效应的影响较小，基本不会对渔业经济和海洋生态及其生态平衡产生影响。

（2）生产废水和生活污水的影响

本工程非放射性含油废水经过含油生产废水油水分离池，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准后排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至南区污水处理站，生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）中城市绿化、道路清扫水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于降尘浇洒、绿化用水等，回用剩余水量排入大海。满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准的生活污水和满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。同时，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，回用剩余水量排入大海，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（3）化学污染物的环境影响

除盐水生产系统树脂床再生废水的 NaCl 排放浓度很低，两小时内最大释放浓度小于 2g/L，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的，再经循环冷却水稀释后，其浓度更低。《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB3097-1997）中用于海水分类的项目指标。因此，不会影响附近海域的海水质量。

本工程精处理再生处理过程中投加 HCl 和 NaOH，用于阳树脂和阴树脂的再生。再生产生的废水排入废水中和池内，系统设有加酸、加碱装置，通过废水泵的搅拌中和作用使 pH=6~9，然后通过废水泵送到常规岛废液排放系统（LDL），处理达标后排放，不会影响附近海域的海水质量。

循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度降得很低。余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。

综上所述，从田湾核电站 7、8 号机组厂址的自然条件和社会条件分析，能满足 7、8 号机组建设的要求。本工程施工建设对环境的影响以及电厂正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核电站建设和运行对环境的影响角度看，建设田湾核电站扩建工程 7、8 号机组是可行的。

10.6 公众意见采纳情况总结

江苏核电有限公司依据相关法规标准的要求开展了田湾核电站 7、8 号机组的公众参与活动，包括田湾核电站 7、8 号机组建造阶段首次环境影响评价信息公开（2020 年 8 月 10 日起）、征求意见稿公示（2020 年 8 月 24 日—2020 年 9 月 7 日）及田湾核电站周边公众问卷调查情况、核电科普、7、8 号机组开展的公众问卷调查意见处理等内容。在本次公示期间，建设单位或环评单位均共收到 2 位公众通过邮件咨询。第一位咨询本项目是否有考虑热电联产，向附近工业区供应高压蒸汽，替代燃煤锅炉生产蒸汽，实现环境效益的相关信息；第二位咨询本项目环保方向的 4 条问题。本次调查工作人员已及时给予回复。

10.7 承诺

本工程运行期间，将严格进行流出物监测和环境监测；严格管理，加强设备维护和保养，确保“三废”处理设施稳定运行，尽可能降低放射性流出物排放量。