

华能霞浦核电项目压水堆一期工程

环境影响报告书

(选址阶段)

华能霞浦核电有限公司

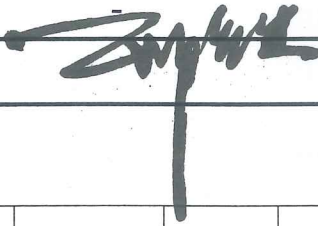
二〇二二年五月



密级：

图册(文件)编号	
1915-J00HYK01	
共 1 册	第 1 册
版次： A	状态： CFC

华能霞浦核电项目压水堆一期工程

工 程 号	1915
子项号或系统号	
子项或系统名称	
设计阶段	可行性研究
工 种	综 合
图册(文件)名称	环境影响报告书 (选址阶段)
图册(文件)序号	
批 准	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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。

中国核电工程有限公司

工程咨询单位资信证书：甲 012021010146

二〇一二年五月



0102033537A

编制单位和编制人员情况表

项目编号			
建设项目名称	华能霞浦核电项目压水堆一期工程		
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(选址阶段)		
一、建设单位情况			
单位名称(盖章)	华能霞浦核电有限公司		
统一社会信用代码	91350900MA32U56N8C		
法定代表人(签章)	张涛		
主要负责人(签字)	万骥		
直接负责的主管人员(签字)	燕伟		
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
郑伟	05351323505130418 (环评资格证书管理号); 0000547(核安全资格证编号), ZNPPC45-1903(登记证编号)	BH026934	郑伟
2.主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
郑伟	第一章、第十章	BH026934	郑伟
郑伟 李京	第二章、第六章	BH026934 BH026930	郑伟 李京
王欣	第三章、第八章	BH026929	王欣
张敬辉	第四章	BH026938	张敬辉
高桂玲	第五章	BH026937	高桂玲
薛娜	第七章	BH026661	薛娜
魏刚	第九章	BH026932	魏刚

文件修改记录

版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2022.5	-	-	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

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 放射性废物系统和源项

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其它环境影响

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 厂内运输事故

7.3 其他事故

7.4 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 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

1.7 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

1.10 评价范围

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

本项目的名称为“华能霞浦核电项目压水堆一期工程”，华能霞浦核电有限公司作为业主，全面负责建设、调试、运营和管理。

1.1.2 建设性质

华能霞浦核电项目压水堆一期工程规划建设两台融合后的“华龙一号”百万千瓦级核电机组。华能霞浦核电有限公司成立于2015年7月13日，公司注册地址福建省宁德市，由华能核电开发有限公司、华能国际电力开发公司、华能（福建）能源开发有限公司、中国核能电力股份有限公司、福建福能股份有限公司、宁德市国有资产投资经营有限公司分别按30%、22.5%、22.5%、10%、10%、5%股比共同出资组建。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

华能霞浦核电项目共规划建设4台百万千瓦级压水堆核电机组和1台60万高温气冷堆核电机组，一期工程规划建设两台融合后的“华龙一号”百万千瓦级核电机组，一次规划布置，连续建设实施。目前厂址还有中核两台机组正在建设中。华能霞浦核电项目压水堆工程及高温堆工程均由华能霞浦公司统一运行管理，中核霞浦核电有限公司负责的中核项目的统一运行管理，运行管理过程按照国家法律法规及相关要求开展；整个厂址的排放量根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）申请；整个厂址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。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

华能霞浦核电压水堆一期工程采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组（华龙一号）。按照工程固定价总投资资金需求，资金拟通过以下途径筹措：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）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。

1.4 建设目的

1) 发展核电是福建能源供应可持续发展的需要

福建省是能源资源缺乏的省份，为了满足经济和社会发展的用电需要，今后需要从省外输入越来越多的发电资源。从建立安全、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，有利于缓解福建省一次能源供应紧张状况、减轻运输压力，推进福建省电源结构多元化的进程，有利于提高能源供应安全性，为福建省能源供应的可持续发展打下良好基础。

2) 发展核电是环境保护的要求

福建省东、南临海，西、北部多高山，与周边省份阻隔。西、北部广大山区，静风频率高、大气扩散条件差，地区大气环境容量较小。东南沿海地区经济发达，人口集中，城镇众多，工农业和近海养殖生产以及城乡居民生活对环境质量造成影响，空气中 TSP 浓度普遍较高。

福建省酸雨污染类型主要为硫酸型，闽东南沿海地区为酸雨污染的中心区域。福建省列入国家酸雨和二氧化硫污染“双控区”的有：福州市、厦门市、三明市、泉州市、漳州市、龙岩市；经省政府批准，莆田市也按“酸雨控制区”有关规定进行管理。随着对环境保护要求的日益严格，二氧化硫排放空间越来越小，制约了燃煤电厂的建设规模，燃气电厂虽比燃煤电厂污染小，但也排放二氧化硫和氧化氮等大气污染物。核电是清洁能源，发展核电是减少大气污染排放的有效途径。

此外，在减排温室气体方面，核电可大规模替代矿物燃料、有效减少二氧化碳排放，今后我国的能源政策中势必对环保提出更高的要求，在我国大力发展核电从环保角度也是迫切需要的。

3) 填补福建电网电力缺口，改善未来福建电力一次能源结构的需要

核电工程符合国家能源发展战略，是国家鼓励的清洁能源项目。福建是常规能源短缺的省份。水电资源目前已基本开发完；风能资源较丰富，但预计风电所占福建电力一次能源需求比例将十分有限；潮汐能资源也较丰富，但与港口资源开发相矛盾、且造价高，开发潜力不大。

随着电力需求的不断增长，今后能源需求缺口还将持续加大。福建省远离我国煤炭基地，如果电力发展完全依靠煤炭，必将会受到全国煤炭供应及运输条件的制约。随着未来国民经济和社会的不断发展，福建的能源供应局面是相当严峻的。因此，从长远来看，福建电网必须实现能源供给多元化、优化电力一次能源结构，加快发展核电是解决福建省能源供给的有效途径。

1.5 建设项目的进度

华能霞浦核电项目压水堆一期工程计划 1 号机组 FCD 时间为 2023 年 9 月 30 日，单台机组建设周期为 60 个月，两台机组开工日期相隔 10 个月，分别计划于 2028 年 9 月、2029 年 7 月投入商业运行。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 主要法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；

- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）；
- (4) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月5日）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日）；
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018年12月29日）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016年11月7日）；
- (9) 《中华人民共和国水土保持法》（2016年7月2日）；
- (10) 《中华人民共和国海岛保护法》（2010年3月1日）；
- (11) 《中华人民共和国核安全法》（2018年1月1日）；
- (12) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年10月1日）；
- (13) 《放射性物品运输安全管理条例》（2010年3月1日）；
- (14) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害与海洋环境管理条例》（2018年3月19日）；
- (15) 《放射性废物安全管理条例》（2012年3月1日）；
- (16) 《近岸海域环境功能区管理办法》（2010年12月22日）；
- (17) 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局[1997]第18号令）；
- (18) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；
- (19) 《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）；
- (20) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401）。

1.6.2 技术导则、标准

- (1) 《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）；
- (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ2.3-2018）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2021）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2020）；
- (8) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；
- (9) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；
- (10) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；
- (11) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；

- (12) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；
- (13) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）；
- (14) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
- (15) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；
- (16) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）；
- (17) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (18) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2021）；
- (19) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (20) 《海洋调查规范》（GB12763.1~7-2007）；
- (21) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002）；
- (22) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (23) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (24) 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB11216-89）；
- (25) 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；
- (26) 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）；
- (27) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）；
- (28) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (29) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (30) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-1988）；
- (31) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (32) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (33) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- (34) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- (35) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (36) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (37) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- (38) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- (39) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (40) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (41) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）；
- (42) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001）；

- (43) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ 1186-2005)；
- (44) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》(GB14589-93)；
- (45) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》(HJ681-2013)；
- (46) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)；
- (47) 《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)；
- (48) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3-1996)；
- (49) 《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 988-2005)；
- (50) 《核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）》(HJ1037-2019)；
- (51) 《近岸海域环境监测技术规范》(HJ442-2020)。

其它有关的国家标准和核行业标准。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

本报告运行状态和事故工况下的剂量评价标准，遵循《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)中的有关规定。

(1) 运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

运行状态下的剂量约束值遵循 GB6249-2011 的规定：“任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质，对公众中任何个人造成的有效剂量每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值”，结合本报告第二章厂址环境特征和本报告第四章三废处理系统设计的情况下，根据本报告第六章关键人群组的剂量计算结果，本工程 2 台华龙一号机组的剂量约束值暂定 0.08mSv/a。

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011) 6.2 节的规定，核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制，对于 3000MW 热功率的反应堆，其控制值如下：

气载流出物，惰性气体：6.0E+14Bq/a；碘：2.0E+10Bq/a；粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）：5.0E+10 Bq/a；碳 14：7.0E+11Bq/a；氚：1.5E+13Bq/a。

液态流出物，氚：7.5E+13Bq/a；碳 14：1.5E+11Bq/a；其余核素：5.0E+10Bq/a。

GB6249-2011 的 6.4 节要求：对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在上述规定值的 4 倍以内。对于不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值则由审管部门批准。

按照 GB6249-2011 的规定，对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。

(2) 事故工况下的剂量控制值

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

（3）海水中的放射性核素浓度标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，受纳海域中海水的放射性核素浓度执行以下标准：

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

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

（1）环境空气质量标准和大气污染物排放标准

厂址地区环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012），根据环境空气功能区分类，本厂址为二类区，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中表 2 中的无组织排放监控浓度限值。

（2）海水水质标准

依据《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划（宁德三都澳北部局部海域、福宁湾南部海域）的批复》（闽政文〔2016〕283 号）。厂址周围海域为长表岛三类区（FJ158-C-II），海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中二类标准，其中，水温执行海水水质三类标准。

（3）污水排放标准

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）中车辆冲洗水质标准。其他非放射性生产废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准。

（4）噪声标准

厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的3类标准（工业区），即昼间为65dB（A），夜间为55dB（A）。

附近居民环境噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2类声环境功能区标准：即昼间：60dB（A），夜间50dB（A）。厂界内区域执行3类标准。

施工期间采用《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）。

（5）电磁辐射标准

厂址电磁辐射执行《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）和《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的相关标准限值。

主要指标如下：

工频电场强度（公众曝露控制限值） 4kV/m；

磁感应强度（公众曝露控制限值） 0.1mT(100μT)；

对于30MHz~3000MHz的频率范围,环境射频综合场强等效平面波功率密度 S_{eq} （任意连续6分钟内的方均根值） $<0.4W/m^2$ 。

1.8 工程组成

本工程规划建设两台融合华龙一号压水反应堆核电机组及其配套辅助设施。主体工程为核岛、常规岛和BOP工程，具体详见本报告第四章。

本项目的配套工程或设施主要包括辐射环境监督性监测系统、环境实验室、核电厂环境监测子站，环境监测站、应急进厂道路、进厂道路、施工供水、施工供电、厂外综合办公区等，其中辐射环境监督性监测系统、环境实验室、核电厂环境监测子站，环境监测站、应急进厂道路、进厂道路、施工供水、施工供电工程与中核两台机组共用。应急进厂道路、进厂道路、施工供水、施工供电、霞浦核电辐射监督性系统中心实验室相关环评批复见附件，其余配套工程尚未取得批复。

1.9 环境保护措施

（1）辐射影响防治措施

放射性废物管理系统包括核岛疏水排气系统（RVD）、废液处理系统（ZLT）、废气处理系统（ZGT）和固体废物处理系统（ZST）。它们分别用以收集、处理、监测、暂存或排放核电厂运行过程中产生的放射性液体、气体和固体废物。

核岛疏水排气系统（RVD）分成反应堆冷却剂疏水子系统、工艺疏水子系统、地面疏水子系统、化学疏水子系统、含氢废气子系统、含氧废气子系统，共6个独立的子系统，每个子系统收集不同种类的放射性废物。根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含

氢或含氧废气）以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统（ZBR）、废液处理系统（ZLT）和废气处理系统（ZGT）。

废液处理系统（ZLT）的功能为收集、贮存和监测核电厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统（ZLD）向环境排放。

废气处理系统（ZGT）的功能是对核电厂产生的放射性惰性气体、卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、核电站工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备本项目在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

（2）非放射性影响防治措施

① 污水处理设施

本工程拟新建生活污水处理站、非放射性含油废水处理站等污水处理设施。

本工程主厂房、集中控制楼及辅助、附属建筑物等卫生间排水和厂区食堂的生活污水排水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，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）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等。生活污水处理站全厂共用设计规模 1500m³/d。生活污水处理站建成前，施工期生活污水外运处理。

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，汇集至非放射性含油废水处理站。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，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。非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m³/h，每套设备设计处理能力为 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要求，并布置在室内、对设备基础采取减震处理、必要时加装消声器。厂房四周墙体选用隔声较好的结构，必要时采用吸声材料，使厂房的建筑结构将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

a. 一般工业固体废物

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，有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，将纳入全厂固废收集处理系统，委托专业单位对上述废物进行处置。

b. 危险固体废物

运行时，将会产生废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等危险固体废物，将其归类后，委托具有危险废弃物处置资质的单位对其处置。

c. 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。海水淡化厂房和生活污水处理站分别设置污泥浓缩池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

1.10 评价范围

根据《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89），辐射环境影响评价范围是以霞浦核电项目压水堆一期工程为中心，半径 80km 的地域范围。为进行剂量估算，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。厂址半径 80km 评价子区划分示意图见图 1.10-1。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）以及厂址周围敏感点的分布情况，本次大气环境影响评价范围为厂界及厂外 5 公里范围内主要敏感点。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2009）以及厂址周围敏感点的分布情况，本次声环境影响评价的范围为厂界外 1 米及厂外 5 公里范围内主要敏感点。

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

射频综合场强：调查范围为本工程核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

水环境影响评价的范围将参照《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T 2.3-93）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT 19485-2014）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

生态环境的评价范围：

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）的要

求，陆生生态环境的现状调查评价范围为厂址半径 10km 陆域；水生生态环境的评价范围为厂址半径 15km 海域。

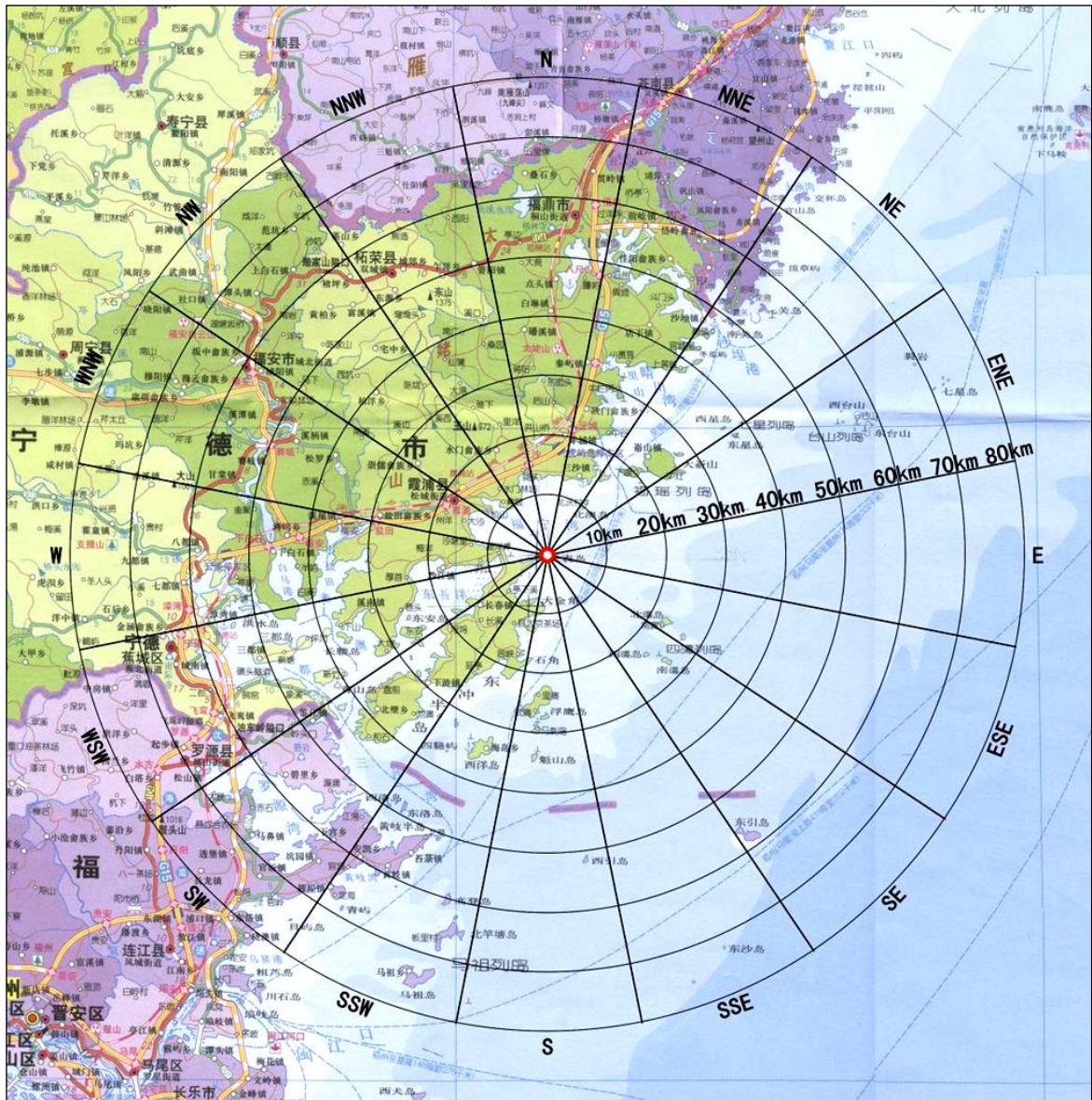


图 1.10-1 厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

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 水产资源及水生态概况

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

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

表

表 2.4-1 厂址周围气象站的基本信息

表 2.4-2 各站逐日最大风速和极大风速实测值的拟合公式

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 2.4-4 地面观测主要气象要素技术指标一览表

图

图 2.4-1 三沙站累年各月风玫瑰图

图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰图（2019.12~2021.11）

图 2.4-3 地面气象站各季及年风玫瑰图（2019.12~2021.11）

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

华能霞浦核电项目厂址位于福建省宁德市霞浦县长春镇长门村的长表岛，地处东冲半岛东北部、福宁湾西南岸，在长门澳东侧海域内，毗邻东海。

厂址东北距离宁德核电厂约 27km，西西北距离霞浦县城约 18km，西西南距离宁德市约 59km。

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

华能霞浦核电项目规划建设 4 台华龙一号机组和 1 台高温气冷堆机组，本期工程建设 2 台华龙一号机组及其配套辅助设施。

厂址拟定的工程总用地面积 144.93hm²。其中岛内用地总面积 113.92hm²，岛外用地总面积 31.01hm²。

2.1.2.2 非居住区和规划限制区

规划限制区半径为 5km，非居住区半径为 500m。

2.1.2.3 移民搬迁及厂址附近居民点

厂址非居住区范围内没有常住居民，不存在移民拆迁。

厂址半径 5km 范围内全部在长春镇内，没有万人以上集中居民点。距厂址最近的自然村为天堂自然村。

2.2 人口分布与饮食习惯

本节根据中国核电工程有限公司于 2020 年 11 月完成的《福建霞浦核电基地项目厂址周围人口、环境及其外部人为事件补充调查和统计报告》进行编制。

厂址半径 80km 范围内共涉及福建省福州市罗源县、连江县；宁德市寿宁县、柘荣县、周宁县、福鼎市、霞浦县、福安市、蕉城区；浙江省温州市泰顺县、苍南县。人口调查的资料和数据来源为：厂址半径 5km 范围内通过收集各行政村或镇（乡）的统计报表的方式进行收集，厂址半径 5~15km 范围内通过收集各行政村或所属镇（乡）政府统计部门和派出所、公安局户籍管理部门的 2018 年统计报表获得，厂址半径 15~80km 范围通过走访评价范围内各省、市（县）的相关部门（计生、公安、统计等）获得相关资料。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围内涉及 1 个乡镇（长春镇）的 2 个行政村，共计 3 个自然村，2018 年底户籍人口总数约为 1.7 千人，其中，距离厂址最近的自然村为天堂村，位于厂址 WSW 方位，距离厂址 2.2km，截止到 2018 年底户籍人口总数约 3 百人；人口最多的自然村是渔家地村，人口约 9 百人，位于厂址的 WSW 方向，距离厂址 4.8km。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内无学校、医院、卫生院、敬老院、监狱等。

2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围涉及霞浦县所辖的 4 个镇，分别是长春镇、沙江镇、松港街道、三沙镇，共计涉及 47 个社区和行政村，2018 年底共有户籍人口约 9.2 万人，距离厂址中心最近的居民点是位于厂址 WSW 方位 3.5km 处的长门村，2018 年底户籍人口总数约为 9 百人；厂址半径 15km 范围内人口最多的是位于厂址 SSW 方位 11.9km 的长春镇大京村，2018 年底户籍人口总数为 7.6 千人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围内的长期流动人口以流出为主。流入人口约 1.6 万人，主要为务工、经商、随迁、上学人员。流出人口约 2.4 万人，主要为外出务工、经商、随迁。

厂址半径 15km 范围内短期流动人口主要来源于东冲半岛风景名胜区，该风景名胜区位于宁德市霞浦县东南沿海，最近处位于厂址 S 方位约 3.0km 处，根据霞浦县文体和旅游局给出的 2018 年的数据，景区日最大游客接待量为 1.8 万人/日。

厂址半径 5km 范围内包括了长门村和渔家地村两个行政村下辖的三个自然村。2018 年，流入人口约 1.1 千人，主要在当地进行务工、经商及渔业养殖；流出人口约 80 人，主要是外出务工和上学人员，上学人员主要在霞浦县县城各中小学就学。

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 2018 年底户籍人口总数约 439 万人。

厂址半径 80km 范围内平均人口密度低于福建省同期的平均人口密度。

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 范围内无百万人以上的大城市，有 5 个十万人以上的城镇，分别是霞浦县县城、福鼎市市区、福安市市区、宁德市市区和罗源县县城。其中，霞浦县县城位

于厂址 WNW 方位 17.6km 处，2018 年底户籍人口约 17 万数人；福鼎市市区位于厂址 N 方位 59.0km 处，2018 年底户籍人口数约 16.4 万人；福安市市区位于厂址 WNW 方位 59.0km 处，2018 年底户籍人口数约 12 万人；宁德市市区位于厂址 WSW 方位 60.6km 处，2018 年底户籍人口数约 466.5 万人；罗源县县城位于厂址 SW 方位 68.8km 处，2018 年底户籍人口数约 13.3 万人。

2.3 土地利用及资源概况

本节根据中国核电工程有限公司于 2020 年 11 月完成的《福建霞浦核电基地项目厂址周围人口、环境及其外部人为事件补充调查和统计报告》进行编制。

2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围涉及霞浦县长春镇、沙江镇、三沙镇、松港街道，厂址半径 5km 范围有农用地 7522.2 亩，农用地中耕地面积 963.6 亩，基本农田面积 586.5 亩，园地面积 22.2 亩，林地面积 6535.8 亩，无牧草地，其它农用地面积 0.6 亩；建设用地 155.9 亩，其中居民点及独立工矿用地 155.9 亩；未利用地 2721 亩，其中水域面积 849.2 亩，未利用土地 1871.9 亩。

厂址半径 5km 范围内没有压覆重要的矿产资源。

厂址半径 15km 范围内无省级以上自然保护区。

厂址半径 15km 范围内有省级及以上文物保护单位 3 个，即：大京城堡、传胪城堡、松山天后宫，均为省级文物保护单位，分别距离厂址 11.7km、10.8km 和 11.8km。

厂址半径 15km 范围内有一个省级风景名胜区：东冲半岛风景名胜区，位于厂址 S 方位 3km，东冲半岛风景名胜区 2018 年各季旅游各季节旅游人数分别为春季 3.5 万，夏季 8 万，秋季 6 万，冬季 3 万，单日最大接待人数为 1.8 万。

厂址半径 50km 范围内大中型以上主要湖泊、水库有 4 个。距厂址最近的是溪西水库，位于霞浦县柏洋乡，位于厂址 NW 方位约 30km。厂址半径 15km 范围内无湖泊和大中型水库，无集中饮用和生活用水水源保护区，有小型水库 8 个。距厂址最近的是武曲水库，为小（2）型水库，库容 11.65 万 m^3 ，位于厂址 WSW 方位约 5.7km。

厂址半径 5km 范围内没有水库和河流。长春镇全镇各村自来水均已经普及，长门村没有地下水井，渔家地村有 2 口水井，但基本处于闲置状态。

根据宁德市霞浦县水资源配置规划，水资源配置总体布局按照“东西两溪、中线支撑”构建。规划新建吴坑中型水库，两个中型水库供水范围覆盖松港、松城两街道、沙江镇、长春镇上半区的用水。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产情况

根据涉及区县及所属子区范围统计年鉴资料，厂址附近主要种植的农作物有粮食作物、经济作物、蔬菜、水果等，其中粮食作物和经济作物占绝大多数。粮食作物主要是水稻、薯类和豆类，水稻一年 3 季；经济作物有花生、芝麻、药材，此外还有茶叶等；水果种类很多，有梨、柑橘、橙、柚和其他热带水果，如枇杷、杨梅、此外还种植有少量的桃、李、葡萄和食用坚果等。

2.3.2.2 畜牧业情况

猪和家禽的养殖方式一般为圈养，家禽有少部分的散养；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。

牛、羊的养殖方式有放养和圈养相结合；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，一般本地消费量占总量的 85-90%。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

长春镇位于霞浦县县境东南沿海，东冲半岛北部，境内山水、森林、旅游等自然资源丰富。全镇山地面积 23.5 万亩，耕地面积 3.2 万亩，森林面积 11.3 万亩，森林覆盖率 60% 以上。霞浦县森林面积 138.1 万亩，森林覆盖率 62.84%，林木蓄积量 499 万立方米。

霞浦县已发现铜、银、钼、钨、铍、铁、锰、金、铅、锌等金属矿产资源 10 种，叶腊石、高岭土、伊利石、明矾石、硅石、蛭石、钾长石、沸石、黄铁矿、饰面石材、建筑石料等非金属矿产。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

本节依据中核第四研究设计工程有限公司于 2022 年 2 月完成的《厂址附近陆域生态环境调查及分析评价专题报告》编制。

2.3.2.4.1 调查方法

本项目采用资料收集和现场调查相结合的方法，调查范围为以华能霞浦 2 号机组为中心，半径 10km 的陆域范围。

2.3.2.4.2 植物

（1）苔藓植物

调查区内分布有苔藓类植物 22 科 30 属 36 种，其中苔类植物 6 科 6 属 9 种、角苔类 1 科 2 属 2 种，藓类植物 15 科 22 属 25 种。

（2）维管植物

据实地踏勘、调查及参考有关文献资料，经过整理统计，调查区内分布有维管束植物 129 科 427 属 722 种（含种下等级及变种），其中蕨类植物 17 科 41 属 56 种；裸子植物 3 科 4 属 7 种；被子植物 109 科 382 属 659 种。

（3）调查区主要植被类型

调查区自然植被划分为：针叶林包括马尾松林；阔叶林包括落叶阔叶林、常绿阔叶林；竹林包括暖性竹林、热性竹林；灌丛和灌草丛包括落叶阔叶灌丛、常绿阔叶灌丛、灌草丛、沼生植被。

调查区人工植被划分有人工林植被、经济林植被、果林植被、农作植被 4 个植被型组，有防护林、用材林、常绿经济林、水田作物、旱地作物、落叶果林、常绿果林植被 6 个植被型。

（4）保护野生植物和古树名木

本次调查，发现有国家级二级重点保护野生植物——野大豆两处；当地政府登记并挂牌保护的古树名木为雅榕、榕树。

2.3.2.4.3 动物

（1）鸟类

结合调查区域 2016 年夏季调查的种类和本次秋冬季调查的结果，统计获得调查样线区域的整体鸟类有 12 目 34 科 73 种。

调查样线区域内分布有国家二级重点保护鸟类有岩鹭、白腹鹭、游隼、燕隼、红隼、普通鵟、林雕、白胸翡翠和画眉。福建省重点保护 8 种，分别为苍鹭、大白鹭、白鹭、小鸕鶿、绿背鸕鶿、西伯利亚银鸥、家燕和喜鹊。

（2）哺乳动物

分布的小型兽类共记录有 4 目 5 科 6 种，从物种组成看，啮齿目种类最多，有 3 种；其他目各 1 种；在科的级别中鼠科种类最多，为 2 种；其它科各 1 种。调查样线区域分布有福建省重点保护哺乳动物黄鼬 1 种。

（3）两栖动物

调查样线区域共记录两栖动物种类 1 目 5 科 8 种，从目水平看，仅分布无尾目种类；从科水平看，蛙科种类 3 种，最多，其次为树蛙科 2 种，其他科各 1 种。

项目调查区分布有国家二级重点保护虎纹蛙 1 种。

（4）爬行动物

调查样线区域的爬行动物有 1 目 6 科 13 种。从物种组成看，游蛇科种类最多，为 7 种；其次是石龙子科 2 种；壁虎科、蜥蜴科、眼镜蛇科和蝮科各 1 种。

调查样线区域未发现国家重点保护野生爬行动物和福建省重点保护动物。

（5）腹足纲软体动物

本次调查在调查区共记录有腹足纲软体动物 1 个纲 3 目 5 科 6 种。

（6）环节动物

本次调查在调查区共记录有 1 纲 2 目 3 科 4 种。

（7）食腐类节肢动物

在调查区共记录食腐类动物 5 纲 6 目 7 科 8 种，分别为唇足纲、甲壳纲、倍足纲、软甲纲和昆虫纲，其中唇足纲 3 种，倍足纲 1 种，甲壳纲 2 种、软甲纲和昆虫纲均为 1 种。

（8）飞行类昆虫

共计有飞行类昆虫 11 目 43 科 72 种。未发现国家和省级重点保护的昆虫种类。

2.3.2.5 距离反应堆最近的农田、菜园、养殖场等

与反应堆最近的农田位于反应堆 WSW 方向约 4.8km，最近的菜园位于反应堆 WSW 方向约 4.5km，最近的养殖场位于反应堆 SW 方向约 6.8km。

2.3.2.6 生态红线

厂址半径 10km 范围内，距离厂址最近的生态空间分区编码为 YS3509211110001。

2.3.3 水产资源及水生态概况

本节编制依据国家海洋局东海环境监测中心 2020 年 6 月完成的《福建霞浦核电基地厂址邻近海域生态调查专题报告》和中国科学研究院海洋研究所 2020 年 6 月完成的《福建霞浦核电项目渔业资源调查报告》编制。

2.3.3.1 厂址附近海洋环境条件概况

监测海域沉积物监测指标石油类、有机碳、硫化物、锌、铬、汞、镉、铅、砷、六六六、滴滴涕和多氯联苯均符合《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）第一类沉积物质量标准。铜均符合第二类沉积物质量标准。

2.3.3.2 厂址邻近海域中的海洋生物

厂址半径 15km 范围内海洋生态环境情况如下：

（1）微生物

四季各站粪大肠菌群样品的分析结果均低于《海水水质标准》（GB3097-1997）规定的第一至第三类水质的标准值（ ≤ 2000 个/L）。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

春季，调查海域表层叶绿素 a 含量变化范围在 4.25 $\mu\text{g/L}$ ~224.14 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 71.39 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 含量变化范围在 4.48 $\mu\text{g/L}$ ~76.80 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 28.80 $\mu\text{g/L}$ 。

夏季，调查海域表层叶绿素 a 含量变化范围在 0.88 $\mu\text{g/L}$ ~1.80 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 1.29 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 含量变化范围在 0.88 $\mu\text{g/L}$ ~2.16 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 1.47 $\mu\text{g/L}$ 。

秋季，调查海域表层叶绿素 a 含量变化范围在 0.46 $\mu\text{g/L}$ ~1.12 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.77 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 含量变化范围在 0.44 $\mu\text{g/L}$ ~0.88 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.66 $\mu\text{g/L}$ 。

冬季，调查海域表层叶绿素 a 含量变化范围在 0.44 $\mu\text{g/L}$ ~0.88 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.63 $\mu\text{g/L}$ 。底层叶绿素 a 含量变化范围在 0.43 $\mu\text{g/L}$ ~0.77 $\mu\text{g/L}$ 之间，平均值为 0.56 $\mu\text{g/L}$ 。

（3）浮游植物

春季调查海域浮游植物网样共鉴定出 2 门 35 种，硅藻门在总物种中占最大优势，共鉴定出 24 种；甲藻门次之，共鉴定出 11 种。

夏季调查海域浮游植物网样共鉴定出 3 门 77 种，硅藻门种类最多，共 57 种；甲藻门次之，共 19 种；蓝藻门种类较少，仅 1 种。

秋季调查海域浮游植物网样共鉴定出 3 门 42 种，硅藻门种类最多，共 33 种；甲藻门次之，共 8 种；蓝藻门种类较少，仅 1 种。

冬季调查海域浮游植物网样共鉴定出 3 门 42 种，硅藻门种类最多，共 39 种；甲藻门次之，共 2 种；蓝藻门种类较少，仅 1 种。

（4）浮游动物

春季大面站共鉴定浮游动物 14 类 30 种，浮游幼虫类共 9 种，桡足类 8 种，水母类和毛颚类各 2 种，其余各类种类相对较少。

夏季大面站共鉴定浮游动物 13 类 44 种，桡足类共 12 种，浮游幼虫类 11 种，水母类 9 种，其余各类种类相对较少。

秋季大面站共鉴定浮游动物 9 类 35 种，桡足类共 14 种，浮游幼虫类 7 种，水母类 5 种，其余各类种类相对较少。

冬季大面站共鉴定 9 类 22 种，桡足类共 7 种，浮游幼虫类 6 种，水母类 2 种，其余各类种类相对较少。

（5）大型底栖生物

春季，共鉴定有 8 大类 29 种大型底栖生物，其中环节动物 14 种，软体动物 6 种甲壳动物 4 种，其他动物 5 种。

夏季，共鉴定有 8 大类 35 种大型底栖生物，其中环节动物 19 种，甲壳动物 6 种，软

体动物 4 种，脊索动物 2 种，其他动物 4 种。

秋季，共鉴定有 7 大类 28 种大型底栖生物，其中环节动物 15 种，甲壳动物 6 种，昆虫动物和棘皮动物同为 2 种，其他动物 3 种。

冬季，共鉴定有 8 大类 30 种大型底栖生物，其中环节动物 14 种，甲壳动物 5 种，软体动物 4 种，棘皮动物和脊索动物同为 2 种，其他动物 3 种。

（6）潮间带生物

春季共鉴定出潮间带生物 7 大类 73 种，其中软体动物共 37 种，甲壳类共 21 种，环节动物 7 种，脊索动物 4 种，其他类 4 种。

夏季共鉴定出潮间带生物 9 大类 87 种，其中软体动物共 39 种，甲壳动物 22 种，环节动物 17 种，脊索动物 3 种，棘皮动物 2 种，其他类 4 种。

秋季共鉴定出潮间带生物 4 大类 63 种，其中软体动物 34 种，环节动物 10 种，甲壳动物 18 种，其他类 1 种。

冬季共鉴定出潮间带生物 5 大类 60 种，其中软体动物 31 种，甲壳动物 14 种，环节动物 13 种，其他类 2 种。

（7）鱼卵仔鱼

①鱼卵

水平拖网调查中，共采集到鱼卵 14 种：11 个已鉴定种(黄鲫、康氏小公鱼、赤鼻棱鯧、青鳞沙丁鱼、白姑鱼、带鱼、海鳗、鳓、鳙、六指马鲛和短吻红舌鳎) 和 3 个未定种。

垂直拖网中，共采集到鱼卵 8 种(白姑鱼、带鱼、康氏小公鱼、赤鼻棱鯧、青鳞沙丁鱼、黄鲫、短吻红舌鳎和六指马鲛)和 1 个未定种。

②仔稚鱼

四个季度水平拖网调查中，共采集到仔稚鱼 15 种(黄鲫、康氏小公鱼、赤鼻棱鯧、青鳞沙丁鱼、海鳗、六指马鲛、龙头鱼、白姑鱼、带鱼、红狼牙鰕虎鱼、短吻红舌鳎、黑鲷、鳓、鲈和鳙)和 3 个未定种。

垂直拖网调查共采集到仔稚鱼 11 种(鳓、白姑鱼、带鱼、康氏小公鱼、赤鼻棱鯧、黄鲫、鳙、黑鲷、龙头鱼、短吻红舌鳎和红狼牙鰕虎鱼)和 3 个未定种，种类数低于水平拖网调查。

（8）游泳动物

在厂址 15km 范围内的四个季度中，共采集到游泳动物 74 种，包括软体动物(头足类)5 种，甲壳动物 19 种，鱼类 50 种。大多数为常年在当地近岸-近海短距离索饵、产卵和越冬的常见种。

2.3.3.3 渔业资源和海洋捕捞

本节渔业生产状况主要依据福建省和浙江省渔业统计年鉴和相关县市区海洋渔业局渔业统计数据、现场走访调研资料和文献编制。

霞浦全县海洋捕捞年产量 12 万吨，海水养殖年产量 24.3 万吨，主要由鱼类、虾蟹类、贝类、藻类四大类构成。

拖网渔获物中，经济种类包括棘头梅童鱼、龙头鱼、凤鲟、窄体舌鳎、小黄鱼等。张网渔获物中经济种类包括银鲳、黄鲫、棘头梅童鱼、金头鲷、白姑鱼等。

2.3.3.4 养殖业

调查水域内各县市的主要养殖方式有池塘养殖、普通网箱和深水网箱养殖、浮筏式养殖、吊笼养殖、底播养殖等，另外有少量工厂化养殖。其中，普通网箱养殖、海带延绳式养殖、紫菜浮筏式养殖、鲍筏式和网箱养殖和紫菜半浮动筏式养殖设置于浅海养殖功能区内，网箱包含海水鱼类、鲍和海参等养殖。深水网箱养殖设置于深水养殖功能区内。牡蛎棚架式养殖（吊蛎）、滩涂贝类养殖（底播养殖）设置于滩涂养殖功能区内，滩涂贝类主要有蛏、蚶、蛤和螺等。池塘养殖设置于池塘养殖功能区内。池塘养殖包括鱼类、虾蟹类和蛭等单养和多品种混养。

2.3.3.5 厂址附近保护区

根据《福建省海洋功能区划（2011-2020）》，厂址附近有福瑶列岛海洋保护区、浮鹰岛海洋保护区、盐田港红树林海洋保护区、日屿-七星列岛海洋保护区、官井洋大黄鱼海洋保护区、环三都澳水禽红树林海洋保护区、湾坞红树林海洋保护区、东引-东沙岛领海基点海洋保护区、台山列岛-星仔列岛海洋保护区、沙埕港红树林海洋保护区。

2.3.3.6 重要经济物种及“三场一通道”

厂址半径 80km 水域内主要经济物种包括鳎、海鳗、鮑、黄姑鱼、白姑鱼、大黄鱼、带鱼、鲳、花鲈、棘头梅童、鲷、口虾蛄、三疣梭子蟹、哈氏仿对虾、脊尾白虾、短蛸、蛭、蚶和蛤等。另外还有数量较多的低质小型鱼类如六指马鲛、叫姑鱼、短吻红舌鳎和大鳞舌鳎等。

除大黄鱼外，多数物种不做长距离洄游，零散分布于近岸水域产卵，无特定洄游路线或产卵场。海湾是相对比较集中的产卵或索饵区，厂址半径 80km 水域内主要有大渔湾、沿浦湾、晴川湾、福宁湾、东冲半岛、官井洋、罗源湾和黄岐半岛附近水域等。

2.3.3.7 生态红线

根据福建省 2018 年发布的《福建省海洋生态保护红线划定成果》，厂址半径 20km 范

围内的福宁湾重要渔业水域生态保护红线区、福瑶列岛国家海洋公园海洋保护区生态保护红线区、东冲半岛东部重要自然岸线及沙源保护海域生态保护红线区、四礂列岛重要渔业水域生态保护红线区、东吾洋重要渔业水域生态保护红线区。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内共有 19 家规模较大、职工人数较多的企业，从事海洋捕捞、海水养殖及加工、销售的企业较多，工业企业门类较少。主要分布在长春镇、松港街道、三沙镇沿岸。其中距离厂址最近的企业为霞浦县福润园生态农业发展有限公司，位于厂址 WSW 方位 6.2km，从事水产品生产，有员工 25 人；企业人数最多的为福建伟邦聚合材料有限公司，位于厂址 W 方位 13.7km，从事合成革加工，有员工 619 人。

厂址半径 15km 范围内目前没有工业发展规划，不会对厂址安全构成影响。

厂址半径 15km 范围内有汽油加油站 4 家，距厂址最近的是中石化森美（长春）加油站，位于厂址 SW 方位约 12.7km，危险品为汽油，单个储罐最大贮存量为 30m³。储量最大的是泰岳石化滨海加油站，位于厂址 WNW 方位 14.2km，单罐汽油最大储量 50m³。汽油运输路线最近为省道 S201，运输路线最近点位于厂址 W 方位 6.4km，运输工具为油罐车，单次最大运输量为 15m³；汽油运输量最大的运输路线位于厂址 NNE 方位 14.0km，最大运输量 30m³汽油。

厂址半径 15km 范围内涉及液化石油气、化学品的企业有 17 家，主要涉及的危险品有液化石油气、乳化炸药、液氨。

根据计算，这些危险品企业及其运输车辆均不会对核电厂安全构成潜在危险。

2.3.4.2 交通

（1）公路

厂址半径 15km 范围内有一条国道(G15 沈海高速), 1 条县道(X973), 1 条省道(S201), 22 条乡村公路，已经形成了连接城镇，基本通达乡村的公路网络。

厂址半径 15km 范围内没有铁路。

（2）港口、码头、航道

厂址半径 15km 范围附近分布有码头 12 个，主要储用货物为水产品、杂货。

厂址半径 15km 范围涉及危险品储用的码头 1 个-渔洋埠粗鲁澳三级渔港，位于长春镇渔洋埠村，年均停靠船只 200 艘次，停泊船只最大吨位为 100 吨，储用货物主要为海带、紫菜、柴油等，危险品为柴油，最大存放及装卸量为 100 吨。位于厂址 W 方位约 8.0km。

经过分析计算，该码头不会对核电厂安全构成潜在危险。

厂址半径 15km 范围附近规划新建、改建码头 5 个，4 个为渔业码头、避风锚地 1 个，主要储用货物为水产、杂货等，无危险品储用。

厂址半径 15km 范围有 1 条海上航道三沙航道：距厂址最近点位于 ENE 方位约 13.3km。航道内油品船为 1000~3000 吨级（油品主要为汽油、柴油），散、杂货船最大船舶吨位为 10000 吨级。

厂址附近的海上航线没有发展规划。经过分析计算，三沙航道运输的石油不会对核电厂安全构成潜在危险。

（3）空运

厂址半径 30km 范围内现无民用机场。长乐国际机场位于厂址西南，距厂址 107km。距厂址最近的民用航线为连江飞往东山的 B221 航线，其投影线距厂址垂直距离约 15km。

厂址半径 4km 范围内没有起落航道或其他航线，厂址半径 10km 范围内没有机场。厂址 16km 范围内没有年起落大于 193d² 的机场，厂址 16km 范围外没有年起落大于 386d² 的机场。按照核安全导则 HAD101/04 的要求，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

厂址气候属中亚热带海洋性季风气候，境内气候总体特征是：温暖湿润，四季分明，降水量比较充沛。夏半年多偏南风，暖热多雨；冬半年多偏北风，寒冷干燥。年主导风向偏东北风。大气环流的主要特征如下：

冬季，蒙古高压-西伯利亚高压处于强盛时期，冷高压楔沿青藏高原东侧伸向华南，太平洋北部为阿留申低压控制，福建处于东亚大槽槽底稍偏西的位置，高空吹西北偏西风，地面盛行东北风，与春、夏、秋三季相比气候干冷，是年内晴冷少雨期，隆冬时期山区还会出现霜冻、结冰等现象，北部地区偶见下雪，沿海东北大风。

春季，是大气环流由冬转夏的过渡季节，3~4 月为春雨季，5~6 月为梅雨季。前者的基本环流形态与冬季相似，但极涡已明显减弱，印度闭合低压已形成，台湾海峡气压梯度明显减小，福建地区低层有时为西南气流控制，冷、热多变，既有春寒、倒春寒可能，还常见强对流天气过程，雨日、降水量较冬季明显加大。5、6 月西北太平洋副高进一步增强北进，西风带的冷空气与低纬暖湿气流交绥于华南上空，“极锋”雨带控制福建，雨势较强，暴雨频繁，为福建洪汛多发季节。

夏季，西风环流北退，西太平洋副热带高压随之北跳西伸，演变为福建的主要环流控制系统，来自低纬洋面的热带气旋，时可影响福建。有些年份即使盛夏，当西风带有深厚的槽脊系统活动时，冷空气也可波及福建，不过概率较小。福建夏季常见四种流型：第一类是受副热带高压控制，盛行晴热少雨天气；第二类是受台风环流影响，出现狂风暴雨天气；第三类为辐合区形势，常出现局部或区域性雷雨天气；第四类为低槽冷锋活动，出现短暂性降水、降温天气。

秋季，高空西风带明显南压，东亚大槽加深，南支急流建立，西太平洋副高进一步南落回撤，福建的台风季基本结束，而冷空气则开始活跃。地面气压场上，蒙古高压和阿留申低压已经形成，印度低压减弱，台湾海峡的东北大风增强、增多，降水减少，气温下降。

作为常规气象、极端气象参数资料收集的厂址周边气象站主要有：霞浦、宁德和三沙三个气象站，各气象站的基本情况见表 2.4-1。

根据厂址周边霞浦、宁德和三沙三个气象站的多年（~2018 年）气象观测资料分析结果，厂址区域年平均气压为 1004.4hPa~1012.7hPa，极端最高气压为 1037.1hPa，极端最低气压为 966.7hPa。年平均气温为 18.9℃~19.5℃，极端最高气温为 40.2℃，极端最低气温为-3.4℃。年平均风速为 1.2m/s~4.5m/s，最大风速为 41.7m/s，极大风速为 57.5m/s。年平均相对湿度为 78%~79%，最小相对湿度为 7%。年平均降水量为 1338.0mm~2039.4mm。年平均蒸发量为 1103.7mm~1545.3mm。年平均日照时数为 1603.1h~1729.0h。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

根据霞浦气象站 1960~2018 年（三沙站 2008~2018 年）的多年观测资料，对其气象要素统计值分析如下：

1) 气压

年平均气压为 1012.7hPa，其中 12 月平均气压最高，为 1021.5hPa；7、8 月份平均气压最低，为 1003.2hPa。建站以来出现的极端最高气压为 1037.1hPa，出现在 1983 年 1 月 22 日和 2000 年 1 月 31 日；极端最低气压为 972.6hPa，出现在 2009 年 8 月 9 日。

2) 气温

年平均气温为 18.9℃，7 月份最高为 28.5℃，1 月最低为 9.5℃。建站以来出现的极端最高气温为 40.1℃，出现在 2003 年 7 月 14 日；极端最低气温为-3.4℃，出现在 1962 年 1 月 31 日和 2016 年 1 月 25 日。

3) 水汽压

年平均水汽压为 18.9hPa, 年内变化与气温相似, 呈单峰型, 峰值出现在 7 月, 为 30.8hPa, 谷值出现在 1 月, 为 9.3hPa。水汽压极大值为 40.1hPa, 出现在 2012 年 8 月 9 日, 水汽压极小值为 1.9hPa, 出现在 1963 年 1 月 26 日。

4) 相对湿度

年平均相对湿度为 79%, 平均相对湿度最高值出现在 6 月份, 为 85%。最低值出现在 10 月份, 为 73%。最小相对湿度极值为 12%, 出现在 2008 年 12 月 9 日和 2011 年 3 月 29 日。

5) 蒸发量

年平均蒸发量为 1409.3mm, 平均值以 7 月最高, 为 207.9mm, 2 月最少, 为 53.6mm。年最大蒸发量极值为 1779.6mm, 出现在 2013 年, 年最小蒸发量极值为 847.0mm, 出现在 2015 年。

6) 降水量

年平均降水量为 1401.5mm, 降水量的年际变化明显, 介于 770.7mm~2297.9mm 之间。降水量月分布为 12 月最少, 仅 41.0mm; 6 月最多, 达 218.7mm。一日最大降水量为 274.1mm, 出现在 2005 年 7 月 19 日, 成因系统是台风。累年中最大连续日降水量为 477.7mm, 出现在 1960 年 8 月 5 日~17 日, 降水过程中最大风速为 9.4m/s, 风向东北偏东。

7) 风向、风速

当地年平均风速为 4.5m/s, 月平均风速在 3.5m/s~5.6m/s 之间。图 2.4-1 为三沙站各月及年风玫瑰图, 可见年最多风向为 NNE, 风频为 21%, 次多风向为 NE, 风频为 19%, 累年静风 ($u \leq 0.5\text{m/s}$) 频率为 1%。

建站以来出现的最大风速极值为 41.7m/s, 资料记录范围内极大风速值为 57.5m/s, 当时风向为 E, 出现在 2018 年 7 月 11 日, 由 2018 年 8 号台风“玛利亚”登陆带来。

8) 日照

年平均日照时数为 1729.0h, 月平均日照时数以夏秋较多, 冬春较少, 月平均日照时数以 7 月最多为 247.3h, 2 月最少为 85.9h。

2.4.2.2 极端气象

1) 热带气旋

调查 1949~2018 年间以厂址为中心、半径 400km 的范围的热带气旋资料, 共得到热带气旋样本 289 个, 年均 4.1 个。采用耿贝尔函数进行极值拟合, 得到厂址区域百年一遇热带气旋最低中心气压为 889.6hPa, 百年一遇热带气旋最大风速为 55.5m/s, 百年一遇热

带气旋极大风速为 86.6m/s。

2) 龙卷风

收集以厂址为中心经度 3°，纬度 3°范围内的龙卷风资料，调查年代为 1959~2018 年，共得到龙卷风样本 127 例，采用富士达~皮尔森强度分类法对 127 例龙卷风进行评级，结果为：F2 级 16 例，F1 级 50 例，F0 级 61 例。

以 10^{-7} /年概率水平进行评价，得到厂址区域龙卷风设计基准风速为 80.0m/s，设计基准龙卷风为 F3 级。依据核安全导则推荐的简单的压降模型，其他设计基准龙卷风相关参数如下：

——最大旋转风速半径 $R_m=50\text{m}$ ；

——最大旋转风速 $V_m=64.5\text{m/s}$ ；

——平移速度 $V_t=15.5\text{m/s}$ ；

——压降速率 $dp/dt=1.67\text{kPa/s}$ ；

——总压力降 $\Delta P=5.38\text{kPa}$ 。

3) 极端风

收集厂址周边的霞浦、三沙和宁德三个气象站自建站~2018 年的实测极端风资料，采用耿贝尔函数对霞浦和宁德站最大风速序列进行极值拟合，三沙站不同重现期的最大风速则由三沙站与霞浦站风速比值 1.41 来推算，得到厂址区域百年一遇最大风速为 46.7m/s。

由于各站极大风观测数据年限均较短，不能直接采用实测资料进行设计基准的计算。因此采用各站近几年逐日最大风和极大风实测值的线性拟合公式（见表 2.4-2）来反推各站的极大风设计基准值，得到百年一遇极大风速为 65.5m/s。

综合热带气旋和实测极端风的设计基准，最终确定厂址区域 10m 高度百年一遇设计基准最大风速为 55.5m/s，百年一遇极大风速为 86.6m/s。本工程与核安全有关的抗震 I 类构筑物设计基准风速为 86.6m/s（3s 阵风）。

4) 极端气温

收集厂址周边霞浦、三沙和宁德三个气象站自建站~2018 年的极端气温资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，得到厂址区域百年一遇极端最高气温为 41.8℃，百年一遇极端最低气温为 -5.3℃。

2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址地面气象站和气象铁塔 2019 年 12 月~2021 年 11 月的气象观测资料，分析厂址的当地气象条件。

1) 风向、风速

全年中除铁塔 10m 高度的主导风向为偏东南风外，其他各高度（100m、75m、50m 和 30m）均为偏东北风。各高度（100m、75m、50m、30m 和 10m）的年最多风向分别为 ENE、ENE、NE、NE、ESE，频率分别为 16.5%、14.9%、15.4%、14.1% 和 23.1%；各高度年次多风向分别为 NE、NE、ENE、ENE、SE；频率分别为 14.1%、13.3%、14.4%、11.7% 和 17.1%。铁塔各高度（100m、75m、50m、30m 和 10m）的年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率分别为 0.7%、0.4%、0.8%、0.2% 和 0.4%。

基于铁塔各高度的风频分析结果，10m 高度的主导风向与其余各高度出现明显差异，说明铁塔所处地理位置和下垫面因素对低层大气的影响不容忽视。

地面站的年最多风向为 ENE，频率为 21.2%，年静风（ $u \leq 0.5\text{m/s}$ ）频率为 0.4%。图 2.4-2~图 2.4-3 给出了铁塔不同高度及地面站年风玫瑰图。

铁塔各高度（100m、75m、50m、30m 和 10m）的年平均风速分别为 4.6 m/s、4.4 m/s、4.3 m/s、3.5 m/s 和 2.2 m/s，除铁塔 10m 外，其他各高度月平均风速均以 10 月份最大，分别为 6.6 m/s、6.4 m/s、6.2 m/s、4.5 m/s 和 2.3 m/s，各高度月平均风速均以 5、6 月份最小，分别为 3.5 m/s、3.4 m/s、3.3 m/s、2.9 m/s 和 2.0 m/s。地面站年平均风速为 2.6 m/s，月平均风速以 10、12 月份最大，为 3.1 m/s，以 5 月份月平均风速最小，为 2.2 m/s，地面站各月平均风速均大于铁塔 10m 高度的值。观测期间地面站的最大风速为 15.4 m/s，极大风速为 26.9 m/s；铁塔各高度（100m、75m、50m、30m 和 10m）的最大风速分别为 19.5 m/s、18.5 m/s、17.9 m/s、16.0 m/s 和 10.8 m/s，极大风速分别为 26.1 m/s、24.5 m/s、26.3 m/s、27.6 m/s 和 19.2m/s。

上述分析表明，铁塔 10m 高度处的风向、风速的代表性较差，在稳定度分类和联合频率计算时，均采用地面站的风向、风速观测数据来进行统计。

2) 气温

厂址地面站年平均气温为 19.8℃，7 月份月平均气温最高，为 28.5℃；1 月份月平均气温最低，为 10.9℃。铁塔各高度（100m、75m、50m、30m 和 10m）年平均气温分别为 19.3℃、19.3℃、19.5℃、19.6℃ 和 19.8℃，最高月平均气温均出现在 7 月份，分别为 27.8℃、27.8℃、28.0℃、28.1℃ 和 28.4℃；最低月平均气温均出现在 1 月份，分别为 10.4℃、10.4℃、10.6℃、10.7℃ 和 10.9℃。地面站与铁塔 10m 高度的年平均气温、最高和最低月平均气温相近，气温总体变化为随高度增加而降低。

观测期间地面站的极端最高气温为 36.5℃，出现在 2020 年 7 月 24 日和 8 月 25 日；极端最低气温为 0.8℃，出现在 2021 年 1 月 1 日。铁塔各高度（100m、75m、50m、30m

和 10m) 的极端最高气温分别为 34.3℃、34.2℃、34.5℃、34.8℃和 35.8℃，均出现在 7 月份；极端最低气温分别为 0.7℃、0.9℃、1.2℃、1.3℃和 1.4℃，分别出现在 1 月和 12 月。

观测期间铁塔各层(10~30m、10~50m、10~75m、10~100m)强逆温的频率分别为 0.6%、0.4%、0.2%和 0.1%；出现逆温的频率分别为 13.4%、15.2%、11.9%和 13.2%。可见厂址区域全年强逆温出现频率都很低。

地面站年平均露点温度为 16.1℃，月平均最高值出现在 7、8 月，为 25.2℃，月平均最低值出现在 1 月，为 6.2℃。最高露点温度为 31.6℃，出现在 2021 年 9 月 14 日；最低露点温度为-11.0℃，出现在 2021 年 1 月 9 日。

3) 相对湿度

地面站年平均相对湿度为 80.4%，各月在 74.1%（12 月）~87.0%（5 月）之间变化。观测期间地面站最大相对湿度达 100%，出现在 2020 年 4 月 5 日和 2021 年 8 月 13 日；最低相对湿度为 22.8%，出现在 2021 年 9 月 14 日。

铁塔 100m 高度处年平均相对湿度为 80.0%，各月在 72.2%（12 月）~88.7%（8 月）之间变化。观测期间铁塔 100m 高度处最大相对湿度为 100%，曾多次出现；最低相对湿度为 13.1%，出现在 2020 年 5 月 4 日。铁塔 100m 高度处的年平均相对湿度略低于地面站观测的相对湿度。

4) 降水

观测期间每年的降水量分别为 734.8mm 和 1591.2mm，总降水时数分别为 713h 和 934h，年平均降水量为 1163mm。两年观测期间，月降水量最高值为 325.4mm，出现在 2021 年 8 月；月降水量最低值为 3.1mm，出现在 2020 年 11 月。一日最大降雨量为 99.9mm，出现日期为 2021 年 11 月 10 日。观测期间雨时雨量多分布在偏东北风向上，受本区地形影响，主导风向偏东北风带来的降水出现次数也较多，强度也较集中。

5) 气压

观测期间厂址年平均气压为 1005.2hPa，月平均气压最高值出现在 1 月份，为 1012.8 hPa，月平均气压最低值出现在 7 月份，为 995.4 hPa。观测期间的极端最低气压为 981.8 hPa，出现在 2021 年 7 月 25 日，极端最高气压为 1078.6 hPa，出现在 2020 年 4 月 16 日。

6) 辐射

观测期间厂址年平均总辐射为 164.7W/m²，7 月份总辐射最大，为 250.2 W/m²；12 月份总辐射最小，为 94.0 W/m²。年最大值为 1060.3 W/m²，出现在 2021 年 6 月 7 日。年平

均净辐射为 81.5 W/m^2 ，7 月份最大，为 140.5 W/m^2 ；12 月份最小，为 28.5 W/m^2 ，年最大值为 766.7 W/m^2 ，出现在 2021 年 8 月 2 日，最低值为 -106.7 W/m^2 ，出现在 2021 年 10 月 6 日。

7) 水汽压

观测期间厂址年平均水汽压为 20.2 hPa ，7、8 月份平均水汽压最高，为 32.1 hPa ，1 月份平均水汽压最低，为 10.1 hPa 。最大水汽压为 46.6 hPa ，出现在 2021 年 9 月 14 日；最低水汽压为 2.6 ，出现在 2021 年 1 月 9 日。

2.4.4 大气稳定度

使用厂址 2019 年 12 月~2021 年 11 月铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差以及地面站 10m 高度逐时风向、风速资料，采用 $\Delta T\sim u$ 法确定大气稳定度。可见，厂址当地以中性稳定度（D 类）为主，占 53.0% ；不稳定（A、B、C 类）次之，占 33.0% ；稳定类（E、F 类）相对较少，占 14.0% 。

2.4.5 联合频率

根据 2019 年 12 月~2021 年 11 月厂址地面站 10m 和铁塔 100m 高度的风向、风速和地面气象站的雨量观测结果，以及采用 $\Delta T\sim u$ 法得到的稳定度分类，统计计算得到 10m 高度的风向-风速-稳定度三维联合频率和 75m 高度的风向-风速-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

2015 年 1 月 24 日~2 月 13 日（冬季）和 2015 年 9 月 25 日~10 月 17 日（秋季）在厂址一带开展了大气边界层观测试验。

结合上述探空观测结果，确定正常运行状态下计算采用的混合层高度为：

A-B 类： 1097m ；

C 类： 1009m ；

D 类： 881m 。

2.4.6.2 扩散参数值

扩散参数采用《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02，1987）中推荐的 P-G 曲线。

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期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，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。气象观测系统各气象要素数据联合获取率均应保证在 90% 以上。

厂址气象塔和地面气象站已建成，并已于 2015 年 1 月 29 日开始正式观测，气象观测系统由气象铁塔风、温、湿（100m）梯度测量系统组成，其中梯度观测包括对 10m、30m、50m、75m 和 100m 处的风向、风速和气温观测，100m 高度的湿度观测；地面气象观测包括对 10m 风向、风速、气温、湿度、总辐射、净辐射、气压、雨量（包括固态降水）、蒸发共 9 项要素的观测。各传感器的性能指标和技术指标详见表 2.4-3~表 2.4-4。

观测期间用于计算联合频率的所有数据的联合获取率为 99.1%，满足核安全导则的要求。

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

2.5.1.1.1 地理、地形条件

厂址位于福建省东北部，由福宁湾~福瑶列岛~四礂列岛所涵海域组成；海岸地貌属于基岩质海岸，岸线曲折，岬角、海湾众多，岬角间海湾多发育滩涂地貌；海底地势较为平坦，等深线总体上平行于岸线呈南北走向，水深整体上自西向东缓慢逐渐增大。

距厂址海域最近的海洋站有三沙和北礂海洋站，三沙海洋站位于霞浦县三沙镇五澳村，主要观测项目有气象、表层水温、盐度及潮位，本报告的潮位、水温、盐度资料主要采用了该站的资料；北礂海洋站位于霞浦县四礂列岛的北礂岛，是距厂址最近的波浪观测站，该站距三沙 28km，距陆地较近点约 10 海里，其主要观测项目有海浪、表层水温、盐度及海洋气象，本报告的波浪资料主要采用了该站的资料。厂址站和三沙站的潮位过程曲线及调和结果表明，两站同属于正规半日潮港，而且浅水效应都很小，潮位分布形态也非常一致，在进行厂址站相关潮位方面的计算时，选取三沙海洋站作为参证站是合适的。考虑到北礂海洋站的观测资料测波年限最长，偏北向波浪代表性较好，在计算厂址海图 20m 等深线偏北方向的重现期波要素时，主要采用北礂海洋站资料作为参证站。

2.5.1.1.2 潮汐

根据厂址站和三沙站两站的潮汐相关分析将三沙海洋站 1980~2015 年的多年潮汐特征值引至厂址天堂站，可知工程海域潮汐属正规半日潮区。

采用厂址站与三沙站的潮汐相关分析及海平面传递方法，将厂址站短期资料延伸至多年，进行理论最低潮面计算。厂址多年平均海面在 1985 国家高程基准上 0.33m，理论最低潮面在多年平均海面下 3.63m。

2.5.1.1.3 重现期潮位

利用厂址天堂专用潮位站与三沙海洋站 2015 年 1 月 1 日~12 月 31 日同步潮位观测的高、低潮资料相关分析，可得天堂站与三沙站高、低潮位相关公式如下：

天堂站与三沙站高潮位相关公式

$$HW_{TT}=0.9949\times HW_{SS}+11.0738 \quad (\text{cm})$$

相关系数=0.987

天堂站与三沙站低潮位相关公式

$$LW_{CBD}=0.9999\times LW_{SS}-0.4356 \quad (\text{cm})$$

相关系数=0.993

上述诸式中：TT——厂址天堂潮位专用站；

SS——三沙海洋站；

HW——高潮位；

LW——低潮位。

以上高、低潮分析结果说明，天堂站与三沙海洋站的高、低潮位相关性良好，两站潮汐性质较为一致。根据厂址天堂专用站与三沙站的高、低潮位相关公式，推算出厂址站 1975 年~2014 年逐年极值高、低潮位资料，分别用耿贝尔极值 I 型分布方法及 P-III 型曲线方法求得各不同重现期的水位，其最终结果如下：

10000 年一遇高潮位：5.69m，10000 年一遇低潮位：-4.18m；

1000 年一遇高潮位：5.19m，1000 年一遇低潮位：-4.02m；

100 年一遇高潮位：4.69m，100 年一遇低潮位：-3.86m；

50 年一遇高潮位：4.57m，50 年一遇低潮位：-3.81m；

33 年一遇高潮位：4.50m，33 年一遇低潮位：-3.78m。

2.5.1.1.4 海流

水文测验 2019 年 12 月和 2020 年 6 月在工程海域布设 13 条测验垂线（1#-13#垂线）分别在冬、夏两季大、中、小期间进行同步约 27 小时（覆盖两个完整潮期）的海流观测。

1) 潮流场特征

涨潮时，来自东海的潮波主要由东南向西北方向来到测区外海，受福瑶列岛和四礂列岛地形的夹峙效应，潮流转而由东向西进入测区海域，来到近岸时，潮流受沿岸地形的导流、归流作用而呈现流向上的变化，流向特征因地制宜，落潮时，上述涨潮流系沿原路由返回东海，这构成了测区流场的主体流况特征。厂址外围海域的 4#、7#、8#、9#、10#、

11#垂线和厂址南北 5#、6#、13#垂线的旋转流态势较为明显，其余垂线多呈往复流态势。

2) 潮位、潮流运动关系

各垂线的潮位、潮流运动关系呈现驻波特征；潮流的“转流”时刻（垂线平均流速接近或为零）基本与潮位过程的高、低潮时刻相近，两者时差一般不超过 30 分钟；潮流的涨急、落急时刻一般出现在潮位的半潮面时刻。

3) 最大潮流流速

冬季福宁湾水域，2#、3#垂线实测最大涨潮流速分别为 62cm/s、54cm/s，实测最大落潮流速分别为 60cm/s、55cm/s。该水域实测分层最大涨潮流速为 62cm/s(287°)，出现在 2#垂线中潮汛面层，实测分层最大落潮流速为 60cm/s(90°、75°)，出现在 2#垂线大、中潮汛面层。

冬季厂址南北水域，5#、12#、1#、6#、13#垂线实测最大涨潮流速分别为 50cm/s、38cm/s、47cm/s、61cm/s、39cm/s，实测最大落潮流速分别为 45cm/s、32cm/s、36cm/s、79cm/s、25cm/s。该水域实测分层最大涨潮流速为 61cm/s(184°)，出现在厂址南侧 6#垂线大潮汛面层，实测分层最大落潮流速为 79cm/s(26°)，出现在厂址南侧 6#垂线中潮汛 0.2H 层。

冬季厂址外围水域，4#、7#、8#、9#、10#、11#垂线实测最大涨潮流速分别为 54cm/s、74cm/s、60cm/s、60cm/s、68cm/s、75cm/s，实测最大落潮流速分别为 60cm/s、86cm/s、56cm/s、70cm/s、74cm/s、77cm/s。该水域实测分层最大涨潮流速为 75cm/s(267°)，出现在 11#垂线大潮汛面层，实测分层最大落潮流速为 86cm/s(48°)，出现在 7#垂线中潮汛面层。

夏季福宁湾水域，2#、3#垂线实测最大涨潮流速分别为 61cm/s、66cm/s，实测最大落潮流速分别为 55cm/s、63cm/s。

夏季厂址南北水域，1#、5#、6#、12#、13#垂线实测最大涨潮流速分别为 53cm/s、60cm/s、60cm/s、32cm/s、38cm/s，实测最大落潮流速分别为 38cm/s、58cm/s、69cm/s、38cm/s、35cm/s。

夏季厂址外围水域，4#、7#、8#、9#、10#、11#垂线实测最大涨潮流速分别为 46cm/s、63cm/s、52cm/s、58cm/s、51cm/s、61cm/s，实测最大落潮流速分别为 62cm/s、92cm/s、59cm/s、75cm/s、83cm/s、88cm/s。

4) 余流

测区各垂线的全潮垂线平均余流量值整体较小，除了夏季 7#、10#垂线的全潮垂线平均余流量值大于 10cm/s(介于 10.2~13.7cm/s)，其余垂线的余流量值均小于 10cm/s。对测区整体来说，冬季测次，厂址南北水域余流量值略大，厂址外围水域次之，福宁湾水域略

小。夏季测次，测区余流由外海向近岸水域略有递减，厂址外围水域余流量值略大，厂址南北水域次之，福宁湾水域略小。

2.5.1.1.5 海水温度

厂址冬、夏季进行了大、中、小潮期间 12 条垂线同步约 27 小时连续分层采样观测，测验垂线采用冬、夏季海流观测中的 1#-12#垂线，取样起讫时间和冬、夏季海流观测同步，取样层次采用积点法，测区水温的分布与变化，主要受到太阳辐射、潮流、径流、地形等因素的影响。

冬季观测期间最高水温为 18.07℃，最低水温为 13.96℃；大、中、小潮测区平均水温分别为 15.33℃、15.68℃、16.13℃；水温的周日变化多呈双峰形态，水温随潮流和潮位的涨、落而呈现半日周期的变化过程，在一个周日内水温出现两高、两低的特征时刻。夏季观测期间最高水温为 29.46℃，最低水温为 21.39℃；大、中、小潮测区平均水温分别介于 24.10℃、24.28℃、24.91℃。测区水温均表现为近岸福宁湾和厂址南北水域略高于外海厂址外围水域的平面分布特征。测区总体上属于浅海水域，水深不大，且流速相对较大，使得水体垂向混合作用较强，进而水温的垂向变化较小，测区水温总体上均呈现由面层随水深增加向底层而略有降低的垂向分布特征。

2.5.1.1.6 海水盐度

厂址冬、夏季进行了大、中、小潮期间 12 条垂线同步分层盐度观测，测验垂线、观测时间及观测层次均与冬、夏季海水温度观测同步，结果表明：

冬季观测期间，最高盐度为 30.012，最低盐度为 27.899；大、中、小潮测区平均盐度分别为 28.557、28.722、28.824；测区盐度呈现厂址南北水域略高于福宁湾和厂址外围水域的平面分布特征。夏季观测期间，最高盐度为 35.506，最低盐度为 30.047；大、中、小潮测区平均盐度分别为 32.414、32.344、33.131；测区盐度呈现外海厂址外围水域略高于近岸福宁湾和厂址南北水域的平面分布特征。测区总体上属于浅海水域，水深不大，且流速相对较大，使得水体垂向混合作用较强，进而盐度的垂向变化较小，测区盐度均呈现由面层随水深增加向底层逐渐略有升高的垂向分布特征。

2.5.1.1.7 泥沙

厂址冬、夏季进行了大、中、小潮期间 12 条垂线同步约 27 小时连续分层采样悬浮泥沙观测，测验垂线、观测时间及观测层次均与冬、夏季海水温度观测同步，结果表明：

冬季观测期间，各水域的含沙量均表现为大潮大于中、小潮，测点最大含沙量为 0.897kg/m³，测点最小含沙量为 0.005kg/m³，各垂线平均含沙量在 0.029kg/m³~0.183kg/m³

之间。夏季观测期间，测区平均含沙量均表现为随大、中、小潮汛的演变而逐渐降低的潮汛变化特征，测点最大含沙量为 $0.139\text{kg}/\text{m}^3$ ，最小含沙量为 $0.001\text{kg}/\text{m}^3$ ，各垂线平均含沙量介于 $0.006\sim 0.031\text{kg}/\text{m}^3$ 。测区属于低含沙量水域，总体上含沙量较低，各水域的含沙量彼此接近、相差很小，冬季观测期间测区平均含沙量表现为外海厂址外围水域略高于近岸的福宁湾和厂址南北水域的平面分布特征，夏季观测期间测区平均含沙量表现为近岸的福宁湾和厂址南北水域略高于外海厂址外围水域的平面分布特征。测区各垂线的含沙量呈现由面层随水深的增加向底层而逐渐升高的垂向分布特征。

冬季观测期间大、中、小潮的平均悬沙中值粒径分别为 0.0060mm 、 0.0057mm 、 0.0055mm 。夏季观测期间大、中、小潮的平均悬沙中值粒径分别为 0.0094mm 、 0.0086mm 、 0.0070mm 。

2.5.1.1.8 海冰

根据三沙海洋站 1980~2015 年水温资料，多年平均水温为 19.8°C ，极端最高水温为 32.8°C ，极端最低水温为 6.2°C 。厂址海域属于亚热带地区，不存在冰情影响问题。

2.5.1.1.9 波浪

厂址位于福建省宁德市霞浦县长门村东侧的长表岛附近海域，工程地处东冲半岛的东北部、福宁湾的西南岸。厂址 NE~E~SE~S 向直接与外海相通，外海波浪可直接影响到厂址海域。根据厂址水文专用站 2015 年 1 月~2016 年 1 月观测期间实测波浪资料， $H_{1/10}$ 波高年平均值为 1.04m ，年平均波高 H_{ave} 为 0.52m 。波浪的影响详见 2.5.3.6 节中描述。

2.5.1.2 陆地水文

厂址所属霞浦县境内水系皆为独流入海的小河流，干流长 1km 以上的河流 24 条，集水面积 50km^2 以上的河流有七都溪、杯溪、罗汉溪、三河、钱塘溪。七都溪集水面积 382km^2 ，为福鼎市与霞浦县界河，在上游福鼎市界内称为赤溪，集水面积 294km^2 （其中柘荣县境内集水面积 85km^2 ），下游霞浦县境内称七都溪，集水面积 88km^2 。杯溪是霞浦县境内最大的河流，集水面积 286km^2 ，发源于县境北部的柏洋乡境内，由北往南流经崇儒乡，至盐田乡入海。罗汉溪为霞浦县境内第二大河流，集水面积 206km^2 ，发源于柏洋乡洋里村，自西北向东南流经溪西、洋沙溪、石井、吴坑岩、水磨坑、江边、桥头至县城东郊的后港入海。

霞浦县境内河流均为山区性小河流，河道短，坡降陡。洪水由暴雨引发，多发生于 5 月至 9 月间，洪水暴涨暴落，洪峰模数大。由于降雨时空分布不均，加之流域调蓄能力弱，蓄水工程规模小，常常遭受旱灾袭击。

霞浦县境内无泥沙实测资料，但通过区域比较分析，境内河流含沙量不大，除三河外，主要河流多年平均悬移质含沙量在 $0.2\text{kg}/\text{m}^3$ 以下，多年平均年输沙量属 $100\text{-}200\text{t}/\text{km}^2$ 分区，全县多年平均悬移质年输沙量为 22.34 万吨。

2.5.2 地下水

华能霞浦核电项目压水堆一期工程厂址位于孤岛——长表岛上，岛内地下水条件不受岛外陆域地下水影响，因此本节重点描述厂址的水文地质条件。本节内容主要依据《华能霞浦核电项目压水堆一期工程可行性研究阶段岩土工程勘察报告》（核工业南京工程勘察院，2021.11）及《华能霞浦核电项目可行性研究阶段岩土工程勘察总报告》（国核电力规划设计研究院，2016.4）相关成果编制而成。

2.5.2.1 水文地质特征

1) 地下水类型及分布规律

根据厂区地形地貌、含水介质、地下水成因及赋存条件，厂址区内地下水主要划分为第四系孔隙水和基岩裂隙水两种类型。

a) 第四系孔隙水

第四系孔隙水主要赋存于陆域人工填土层，少量分布在残积层中。人工填土层主要分布于厂址中部和东北角，为中核工程挖方临时堆填，地层主要由开山、爆破形成的块石、碎石组成，位于陆域区域人工填土层充填有岩屑和岩粉，位于海域区域人工填土层充填有淤泥、粉质黏土。人工填土层具有孔隙大，渗透性好的特点，但局部地段由于存在淤泥及粉质黏土的填充差异，而使渗透性呈现较大差异。残积层零星分布于厂区中部，含水层岩性为粉质黏土，厚度为 $0.9\sim 5.8\text{m}$ ，属于中等透水~微透水。

第四系孔隙水的含水层一般呈层状或带状分布，地下水水量受季节影响明显，雨季补给充足，但储水能力较差，含水层中水量整体较少。

根据水质分析资料，厂址第四系孔隙水总矿化度为 $115.3\sim 980.8\text{mg}/\text{L}$ ，属淡水，pH 值为 $6.42\sim 7.68$ ，属中性~弱碱性水。水化学类型为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}-\text{Na}$ 、 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型水。总的来说，第四系孔隙水以淡水为主，在靠近海岸地带人工填土层中，存在第四系孔隙水与海水水力联系而使地下水矿化度升高。

b) 基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于强风化地层中，少量分布于中等风化及微风化地层中的脉状裂隙中。厂区陆域基岩裂隙水赋存条件差，水量贫乏，渗透性弱，无统一的地下水位。根据压水试验结果，局部透水能力较强，微风化岩体透水率为 $0.50\sim 5.22\text{Lu}$ ，属微透水~

弱透水岩体。

基岩裂隙水以淡水为主，仅在近海岸地带接近海平面且节理裂隙较发育的地段存在与海水连通的节理裂隙而赋存咸水。

2) 地下水的补给、径流、排泄条件

厂址内地下水主要补给来源为大气降水的入渗补给，受地形地貌、地层岩性控制，地下水径流途径短，基本上就地入渗补给、就近沿地势由高到低排泄，其中浅表层孔隙水多以泉（下降泉）的形式溢出地表。

第四系孔隙水与海水有一定水力联系，其补给和排泄受潮汐的影响。

基岩裂隙水主要来源于大气降水的入渗补给和第四系孔隙水渗透补给，其次为海岸及局部近海岸部位少量潮汐补给，排泄方式以渗流和蒸发为主。

3) 地下水与地表水、地下水之间水力联系

a) 地下水与地表水的水力联系

厂址位于长表岛中西部，南、北两侧临海，厂址内及周边地表水体为海水。

厂区南侧及东北角为人工填土层，回填料以块石为主，厂址内第四系人工填土层孔隙水主要赋存于该回填区内，与厂址南、北两侧海水有水力联系。

根据已有资料，除回填区外，厂区陆域沿海岸地带节理裂隙发育，基岩裂隙水以线状流的形式排泄至海洋，但向陆域方向，水力联系逐渐减弱。

b) 地下水之间的水力联系

厂区第四系孔隙水与基岩裂隙水之间存在一定水力联系。在地下水流动过程中，部分第四系孔隙通过下渗补给基岩裂隙水，基岩裂隙水沿基岩与第四系接触面渗出后侧向补给第四系孔隙水。

2.5.2.3 现有和计划的地下水利用情况

厂址所在长表岛上无地下水用户，电厂也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

核电厂设计厂坪标高为 15.6m，场地平整后，厂址区地势仍高于海平面，因此厂区陆域区受大气降雨等补给后，地下水总体排泄方式并未改变，仍为厂区内地下水向大海径流、排泄的趋势。在地下水径流途径上无地下水取水点，电厂建设对地下水无影响。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 天文潮

厂址工程海域的最高（低）天文潮位和 10%超越概率天文高（低）潮位是依据三沙

站多年实测逐时潮位资料计算得到的调和常数推算其 21 年天文潮位统计得出，最高天文潮位为 3.74m，最低天文潮位为-3.44m，10%超越概率天文高潮位为 3.61m，10%超越概率天文低潮位为-3.31m。

2.5.3.2 风暴潮增、减水

(1) 概率论法

对三沙海洋站 1973 年~2015 年的增、减水年极值样本进行重现期分析，可得三沙站不同重现期的增、减水值。由厂址天堂专用潮位站与三沙海洋站 2015 年 1 月 1 日至 12 月 31 日同期的增、减水资料相关分析，可得到厂址天堂专用潮位站与三沙海洋站的增、减水相关公式：

$R_{TT}=1.0771 \times R_{SS}+0.0171$ (cm) ($R=0.955$)，式中， R_{TT} 代表厂址天堂站， R_{SS} 代表三沙站。

厂址区不同重现期增、减水结果如下：

10000 年一遇增水：2.49m，10000 年一遇减水：-1.55m；

1000 年一遇增水：2.07m，1000 年一遇减水：-1.30m；

100 年一遇增水：1.65m，100 年一遇减水：-1.06m；

50 年一遇增水：1.53m，50 年一遇减水：-0.99m；

(2) 确定论法

1) 可能最大热带气旋有关的气象参数

可能最大风暴潮（PMSS）的计算，不仅需要经过检验的风暴潮数学模型，而且需要合理地确定可能最大热带气旋（PMTTC）的有关参数，确定参数均以核安全导则 HAD101/11 为依据。其中 P_0 （可能最大热带气旋的中心气压）用确定论法和统计法两种方法计算，并通过认真分析计算结果，最终确定其值。

经过统计分析，计算 PMSS 时所采用的 PMTTC 参数如下：

台风外围气压	$P_{\infty}=1010\text{hPa}$ ；
台风中心气压	$P_0=863\text{hPa}$ （海上）， $P_0=901\text{hPa}$ （登陆时）；
台风半径	$R=40\text{km}$ ；
台风移动速度	$V_d=26\text{km/h}$ 。

2) 可能最大台风风暴增水及减水

经过多次试计算，确定西北型（315°）台风路径是引起霞浦长表岛厂址的可能最大台风增水的路径。利用确定的 PMTTC 台风参数，计算出霞浦长表岛厂址的 PMSS 值。数值

法计算的霞浦长表岛厂址可能最大台风增水(PMSS)为 4.94m。它由西北向型台风(315°)距长表岛厂址南侧一个台风最大风速半径(40km)处的台风路径引起。

经过多次试计算,确定东北偏北型(20°)台风路径是引起霞浦长表岛厂址的可能最大台风减水的路径。利用确定的 PMTC 台风参数,计算出霞浦长表岛厂址的可能最大台风减水(-PMSS)值。数值法计算的霞浦长表岛厂址可能最大台风减水(-PMSS)为-2.75m。它由东北偏北向型台风(20°)距长表岛厂址东侧一个台风最大风速半径(40km)处的台风路径引起。

综上所述,厂址可能最大风暴潮增水(PMSS)为 4.94m,可能最大风暴潮减水(-PMSS)为-2.75m。

2.5.3.3 海平面异常

根据国家海洋局最新公布成果,中国沿海海平面平均上升速率为 3.0mm/年。预计未来 30 年,东海沿海海平面将上升 70~145mm,即东海海平面平均上升速率约为 3.6mm/年。霞浦核电厂址海域处于东海海区,由此推算,预计 80 年内核电厂址海平面将升高约 29cm。虽然该海平面上升的量值并不大,但它对核电厂址的影响却是长期的,根据规程要求,在厂址的 DBF 计算中应予以考虑。

海温、气温、气压和季风变动等是引起海平面异常变化的重要原因。在厂址的 DBF 计算中对海平面上升予以考虑,确保厂坪标高位于 DBF 以上。

2.5.3.4 假潮

假潮是海湾地形对外力的一种响应。当外力周期与海湾的固有振动周期一致时,则激发假潮。HAD101/09 指出,假潮的振型仅取决于海湾的几何形状和水深。振幅则取决于外力的大小。

长表岛厂址位于高罗湾北端。高罗湾长度约为 7.18km,宽度约 4km,利用梅良公式得高罗湾基态自然周期为 $T_1=1h39min$ 。由于厂址海域周期与之相近的 M_6 分潮振幅小于 1cm,而根据厂址资料计算得出的可能最大台风增水为 4.94m,因此假潮即便存在其振幅值也远小于台风暴潮,可忽略不计。

2.5.3.5 海啸

厂址位于福建省北部,紧邻东海和台湾海峡。历史上在台湾海峡、台湾岛东北、琉球海沟都发生过地震海啸。综合局地海啸震源、区域海啸震源和越洋海啸震源的计算结果,得到霞浦厂址可能最大海啸波幅(增水)值为 1.44m,最大海啸波幅(减水)值为-0.95m。震源为东菲律宾 1 号断层(127°06'E, 8°54'N),可能最大震级 9.2 级,震源深度 25km。

通过调查分析，厂址所在区域历史上没有遭受过远程地震海啸的破坏，潜在海啸源在厂址海域引起的海啸波远小于可能最大风暴潮增水（4.94m），分析厂址设计基准洪水位（DBF）的组合事件时，不考虑可能最大海啸泛滥的影响。

2.5.3.6 波浪影响

厂址位于福建省宁德市霞浦县长门村东侧的长表岛附近海域，工程地处东冲半岛的东北部、福宁湾的西南岸。厂址 NE~E~SE~S 向直接与外海相通，外海波浪可直接影响到厂址海域。外海深水波要素采用以下三种方法推算，即：

1、台风浪数值模拟：使用 LAGFD-NWM 第三代海浪模式对各选取台风全过程所引发的海浪场进行数值模拟，摘取后报各台风过程期间工程海区 20m 等深线代表点处的极值波高，并对其采用 P-III型频率分析方法推算不同重现期外海深水波要素。

2、根据北礮海洋站的实测波浪年极值资料，按照 P-III型频率分析的方法计算外海波要素。

3、根据收集到的北礮海洋站的风速年极值资料，对该资料进行高度订正、海陆订正，按照 P-III型频率分析的方法计算得到海面 10m 高度各重现期设计风速，再根据设计风速推算外海波要素。

分析比较台风浪数值模拟、实测波浪资料及实测风速资料三种不同资料推算的外海波要素结果，综合分析工程所处海域的波况、掩护条件、工程安全性及海洋站实测资料的代表性等因素，其中 NE(NNE)、E(ENE)向取实测波浪要素推算得到的结果，SE(ESE)、S(SSE)向采用台风浪数值模拟推算的结果作为工程区海图 20m 等深线代表点处的重现期深水波要素。

采用相同的可能最大热带气旋（PMTc）的参数，计算得 PMSS-风速-波浪时程曲线，与+PMSS 对应的霞浦核电厂址海域海图 20m 等深线处的可能最大台风浪 $H_{1/100}$ 为 16.02m， $H_{1\%}$ 波高为 14.56m， $H_{13\%}$ 波高为 10.93m，平均周期 T 为 12.9s。

2.5.3.7 海洋洪水

根据 HAD101/09《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》相关要求，确定厂址的设计基准洪水位（DBF）组合如下：

可能最大台风风暴增水	4.94m
10%超越概率天文高潮位	3.61m
海平面异常	0.29m
设计基准洪水位	8.84m

厂坪设计标高为 15.6m，高于不考虑波浪影响的设计基准洪水位。对于波浪影响的防御通过修筑护岸防波堤来实现，保证与厂区安全有关的构筑物不被海洪淹没。

2.5.3.8 陆域洪水

（1）大范围流域洪水

厂址处于孤岛，为滨海厂址，厂址所属霞浦县境内皆为山区性小河流，故无影响厂址的河流洪水。

（2）厂址外围降雨汇水

厂址位于福宁湾的西南岸，东冲半岛的东北部的长表岛，为深入海中的孤岛，即厂址外围无汇水区域，无需考虑厂址外围防排洪设计的问题。

（3）厂区排水

本工程平整后在与中核中核霞浦项目分界处、厂区西侧、东冲半岛尖端区域形成了高边坡，暂考虑在高边坡的坡底设置排洪沟，将雨水导排至大海。厂区雨水排水按照千年一遇重现期设计，可能最大降雨（PMP）进行校核，并保证设计基准洪水位叠加千年一遇降雨工况条件下的厂区防洪安全。

2.6 地形地貌

长表岛为无居民海岛，与其西侧的东冲半岛最近处相距约 90m。长表岛东部现已平整至 17.50m 标高（1985 国家高程基准，下同）。长表岛中部形成一座南北方向的人工挖方边坡，长度约 560.9m，边坡坡顶标高约 38.00m~83.00m。长表岛东北及南侧海域已部分回填，并在长表岛西南侧形成一水塘。

表 2.4-1 厂址周围气象站的基本信息

站名	海拔高度 (m)	气象站类型	区站号	站点变动信息		
				建站时间	迁站次数	现址开始工作时间
霞浦	12.9	基本站	58843	1960/1/1	1	1966/7/1
宁德	32.9	基本站	58846	1959/1/1	-	1959/1/1
三沙	92.2	一般站	58850	2008/1/1	-	2008/1/1
厂址气象站	93.5	-	-	2015/1	-	-

表 2.4-2 各站逐日最大风速和极大风速实测值的拟合公式

站点	数据年限	阵风系数	R
霞浦	2008.1.1-2018.12.31	1.42	0.937
宁德	2003.1.1-2017.12.31	1.77	0.908
三沙	2009.1.1-2018.12.31	1.40	0.964

表 2.4-3 铁塔气象观测要素技术指标一览表

名称	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	0.3~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}$ ($\leq 10\text{m/s}$) $\pm(0.03V)$ ($>10\text{m/s}$)	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	0°~360°	$\pm 5^\circ$	3°	启动风速为 0.3m/s
温度	-50°C~+50°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1°C	
100m 湿度	0~100%	$\pm 1.5\%RH$	1%	

表 2.4-4 地面观测主要气象要素技术指标一览表

名称	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	0.3m/s~60m/s	$\pm 0.3\text{m/s}$ ($\leq 10\text{m/s}$) $\pm(0.03\text{V})(>10\text{m/s})$	0.05m/s	启动风速为 0.3m/s
风向	$0^\circ\sim 360^\circ$	$\pm 5^\circ$	3°	启动风速为 0.3m/s
温度	$-40^\circ\text{C}\sim +85^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ\text{C}$	0.1°C	
降雨量	0~4mm/min	$\pm 1\%$ ($\leq 10\text{mm/hr}$) $\pm 3\%$ (10~20mm/hr) $\pm 5\%$ (20~30mm/hr)	0.1mm	
总辐射	0~2000 W/m ²	$<0.1\%/^\circ\text{C}$ (温度依赖性)WMO 二级	1 W/m ²	15 $\mu\text{v/W/m}^2$
净辐射	-2000 W/m ² ~ 2000 W/m ²	$<-0.1\%/^\circ\text{C}$ (温度依赖性) WMO 二级	1 W/m ²	10 $\mu\text{v/W/m}^2$
蒸发	0~100mm	$\pm 0.3\text{mm}$,累积蒸发 3000mm 条件下	0.1mm	
气压	600 hPa~1100 hPa	0.119hPa, 900hPa~1100hPa	0.1 hPa	
湿度	0~100%	$\pm 1.5\%\text{RH}$	1%	

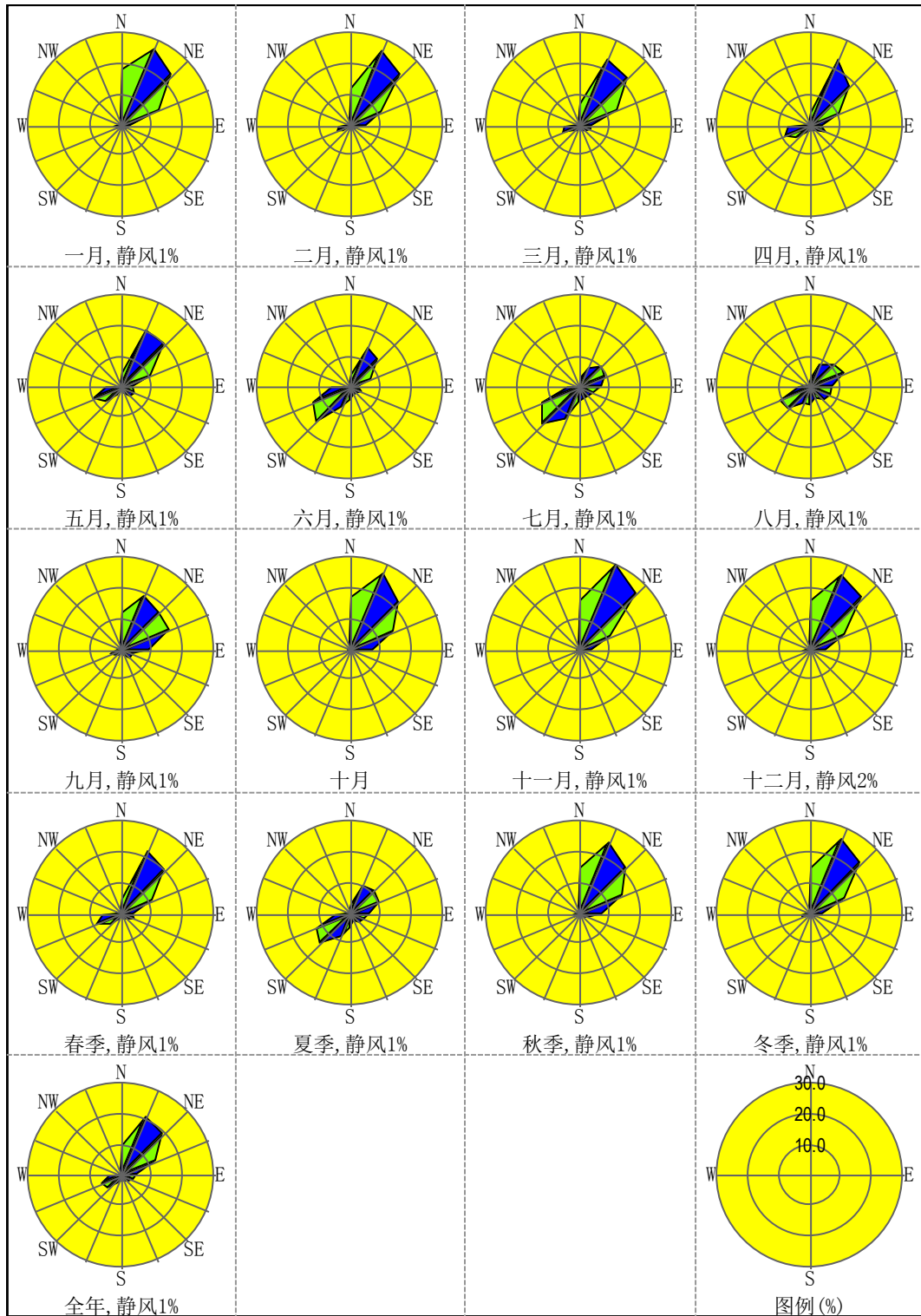


图 2.4-1 三沙站累年各月风玫瑰图

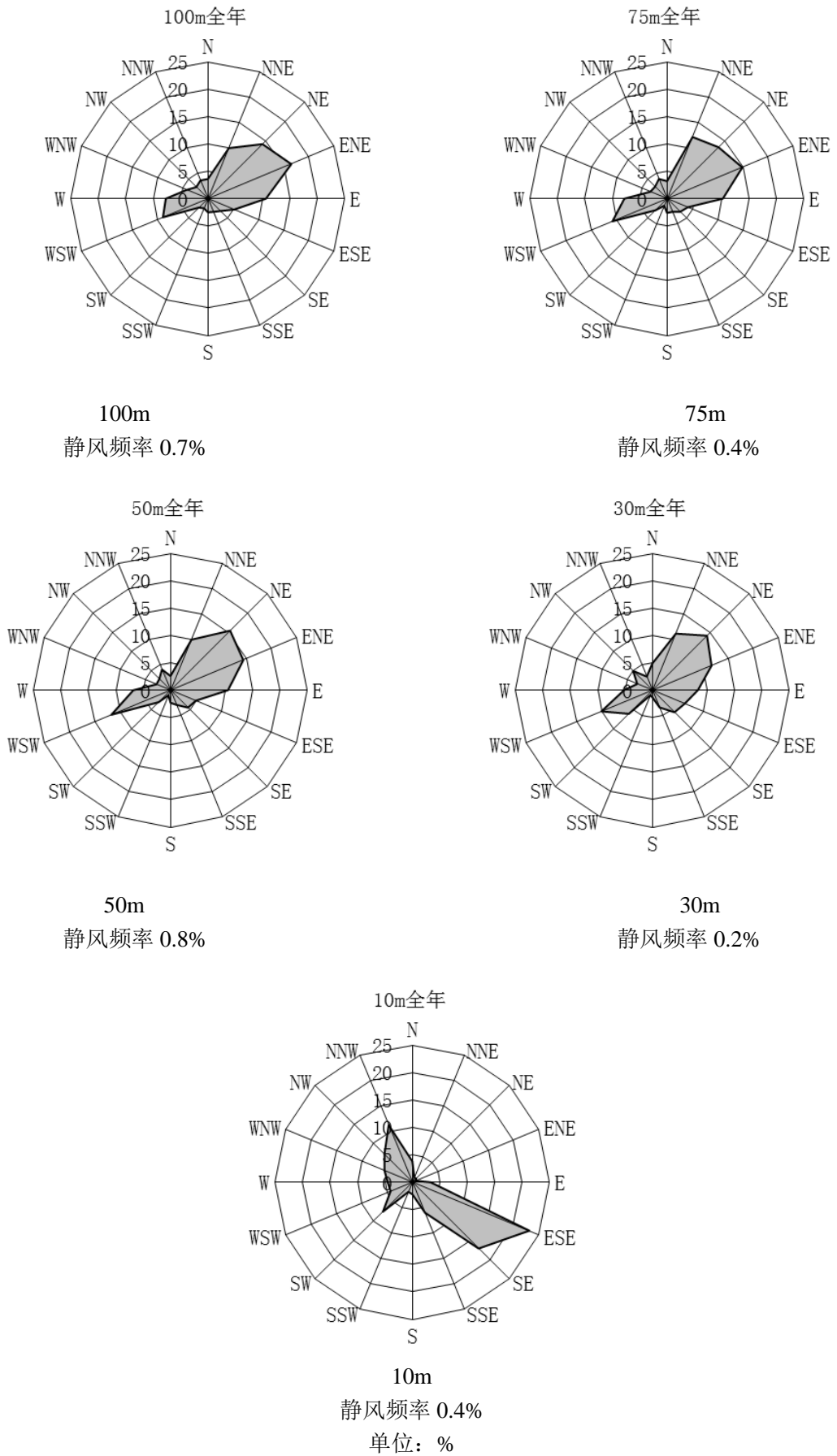


图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰图（2019.12~2021.11）

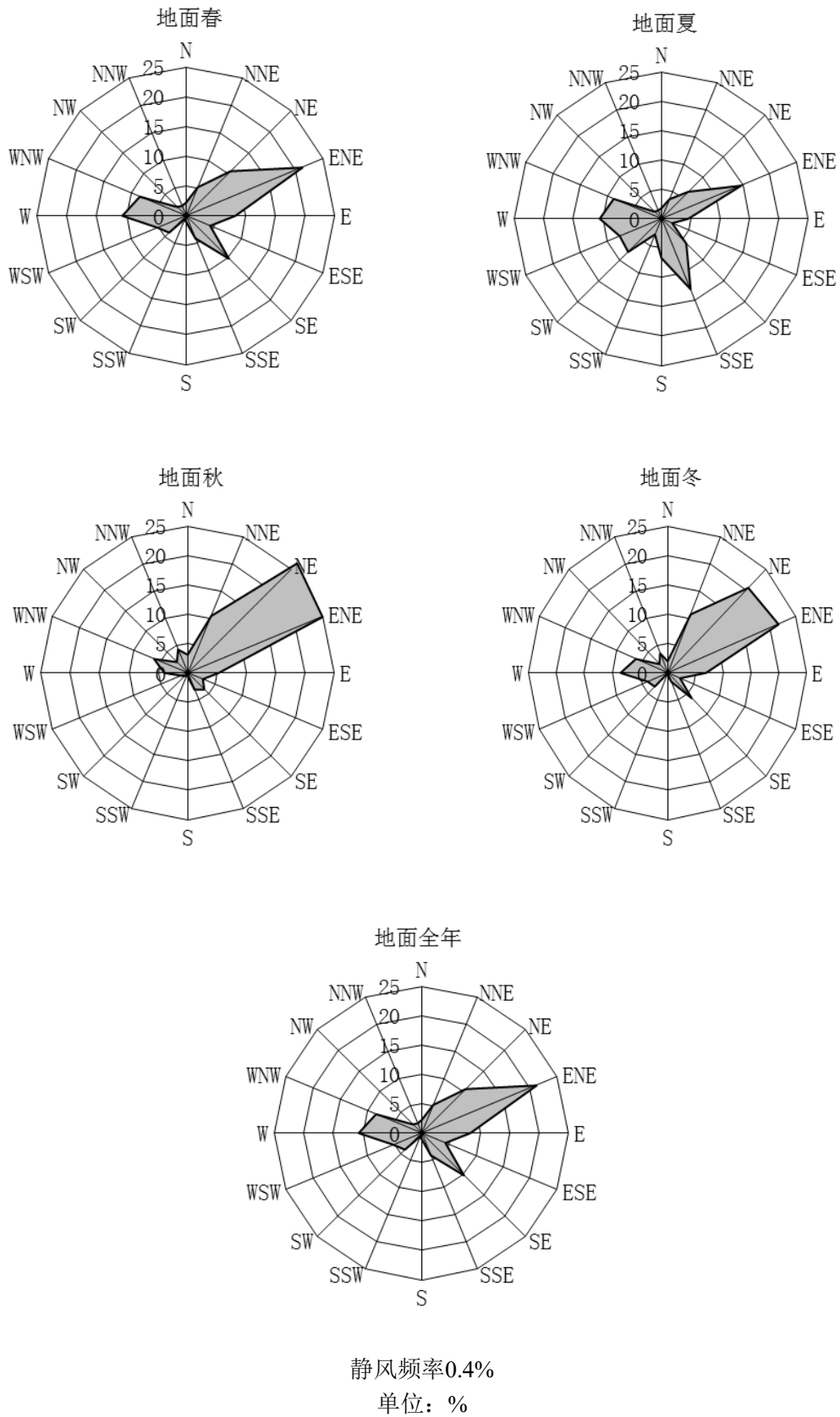


图 2.4-3 地面气象站各季及年风玫瑰图（2019.12~2021.11）

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

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 福建霞浦核电项目选址阶段环境放射性质量调查方案

表 3.1-2 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量测量点位置

表 3.1-3 气溶胶采样点

表 3.1-4 土壤采样点

表 3.1-5 陆地水体采样点

表 3.1-6 海水采样点

表 3.1-7 海洋沉积物采样点

表 3.1-8 环境放射性质量调查采用的主要方法及测量仪器

表 3.1-9 气溶胶样品 γ 谱探测下限

表 3.1-10 土壤（底泥、海洋沉积物）样品 γ 谱探测下限

表 3.1-11 水样品 γ 谱探测下限

表 3.1-12 各类样品其它分析方法的探测下限

表 3.1-13 厂址周围 30km 范围内射线装置信息

表 3.1-14 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

表 3.1-15 陆地环境 γ 辐射累积剂量测量结果

表 3.1-16 土壤样品测量结果

表 3.1-17 气溶胶样品测量结果（一）

表 3.1-18 气溶胶样品测量结果（二）

表 3.1-19 饮用水、地下水、地表水样品测量结果

表 3.1-20 底泥样品测量结果（一）

表 3.1-21 底泥样品测量结果（二）

表 3.1-22 海水样品测量结果

表 3.1-23 海洋沉积物样品测量结果（一）

表 3.1-24 海洋沉积物样品测量结果（二）

表 3.1-25 项目主要仪器和设备检定情况表

表 3.1-26 调查中使用的放射性标准物质

表 3.1-27 掺标样品的分析结果

表 3.1-28 土壤平行样品测量结果

表 3.1-29 饮用水平行样品测量结果

表 3.1-30 底泥平行样品测量结果

表 3.1-31 海水平行样品测量结果

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

表 3.2-2 环境噪声限值 单位：dB（A）

表 3.2-3 电磁辐射监测仪器一览表

表 3.2-4 厂区内电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-5 开关站监测点设置

表 3.2-6 主变压器监测点编号一览表

表 3.2-7 输电线路监测点设置情况

表 3.2-8 厂区外监测点设置情况

表 3.2-9 厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-10 开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-11 主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-12 输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果

表 3.2-13 厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-14 厂区内监测值统计情况

表 3.2-15 输电线路监测值统计情况

表 3.2-16 厂区外环境敏感区监测值统计情况

图：

图 3.1-1 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率、累积剂量和土壤采样布点图

图 3.1-2 气溶胶采样布点图

图 3.1-3 陆地水体采样布点图

图 3.1-4 海水和海洋沉积物采样点布设图

图 3.1-5 质量职能组织机构图（——领导关系，……质保关系）

图 3.1-6 两次陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率对比图

图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

图 3.2-2 开关站监测点设置示意图

图 3.2-3 主变压器监测断面设置示意图

图 3.2-4 霞浦核电厂厂区外输电线路（P5~P7）监测点设置示意图

图 3.2-5 厂区外监测点设置情况示意图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底调查

2015年3月至2015年6月，依托中核项目中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院在厂址周围进行了为期3个月的环境放射性质量调查，形成《福建霞浦核电项目选址阶段环境放射性质量调查报告》并最终通过专家评审。中核项目尚未投入运行，本厂址辐射环境仍为本底水平，本节采用该报告中的调查数据，对本工程所在厂址周围环境的放射性本底情况进行说明。

3.1.1.1 标准规范

环境放射性质量调查时参照的主要标准有：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）
- 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）
- 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-88）
- 《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）

调查分析方法依据的主要标准规范见3.1.1.4节。

3.1.1.2 调查内容

环境放射性质量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

- 厂址周围30km范围内核设施或矿产开发设施的基本情况；
- 厂址周围30km范围内非密封放射性同位素源及10km范围内密封放射性同位素源的基本情况。

（2）现场实际调查

- 厂址半径20km范围内的陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率；
- 厂址半径15km范围内的陆地环境 γ 辐射累积剂量；
- 厂址半径15km范围内土壤（表层土）放射性核素活度浓度；
- 厂址半径15km范围内大气中气溶胶放射性核素活度浓度；
- 厂址半径10km范围内陆地水体（饮用水、地下水、地表水和底泥（沉积物））放射性核素活度浓度；
- 取、排水口附近接纳水体（海水和沉积物）放射性核素活度浓度。

上述调查对象的相关监测项目、监测频度以及采样情况等详见表3.1-1。

3.1.1.3 布点方案

在设置采样点/测量点时，充分考虑了中核项目厂址周围人口、水文、气象、水产资源以及可能受影响的主要居民点，并考虑了首台机组首次装料前本底调查以及电厂运行后环境监测的延续性，保证了所取样品的和监测数据的代表性。采样点/测量点按“近密远疏”的原则安排，均匀覆盖各方位，并避免选择可能受规划中建设项目影响或遭受破坏的采样点/测量点。各测量项目的具体点位设置情况如下：

(1) 环境 γ 辐射空气吸收剂量率

- 调查范围：以厂址为中心，半径 20km 范围内，按半径 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位角的扇形区域内分别选取测量点。
- 布点方案：2km 范围内有 5 个测量点，2~5km 范围内有 4 个测量点，5~10km 范围内有 11 个测量点，10~15km 范围内有 13 个测量点，15~20km 有 17 个测量点，测量点的具体位置详见表 3.1-2 和图 3.1-1。
- 点位个数：共布设 50 个点位，其中，道路上有 23 个点位，包括水泥路、沙土路、沥青路和大理石路面等；原野中有 27 个点位，包括草地、田地、林地和荒土地等。

(2) 环境 γ 辐射累积剂量

- 调查范围：以厂址为中心，半径 15km 范围内，按半径 2km、5km、10km、15km 的 8 个方位角的扇形区域内分别选取测量点。
- 布点方案：2km 范围内有 2 个测量点，2~5km 范围内有 3 个测量点，5~10km 范围内有 6 个测量点，10~15km 范围内有 9 个测量点，环境 γ 辐射累积剂量测量点的具体位置详见表 3.1-2 和图 3.1-1。
- 点位个数：共布设 20 个点位。

(3) 气溶胶

- 调查范围：以厂址为中心，半径 15km 范围内。
- 布点方案：在气象站、大京村和长春镇设置采样点，采样点位信息具体见表 3.1-3 和图 3.1-2。
- 点位个数：共布设 3 个点位。

(4) 土壤

- 调查范围：以厂址为中心，半径 15km 范围内。
- 布点方案：在水门林场、三沙镇、大京村、长春镇、气象站、厂址中心、亭下溪村和界石村设置采样点，土壤采样点位信息具体见表 3.1-4 和图 3.1-1。

- 点位个数：共布设 8 个点位。

（5）饮用水、地下水

- 调查范围：以厂址为中心，半径 15km 范围内。
- 布点方案：长门村和亭下溪村设置饮用水采样点，并在长门村点位采集 1 个平行样品；长门村和武曲村设置地下水采样点。采样点位信息具体见表 3.1-5 和图 3.1-3。
- 点位个数：饮用水布设 2 个点位，地下水布设 2 个点位。

（6）地表水和沉积物

- 调查范围：以厂址为中心，半径 10km 范围内。
- 布点方案：厂址附近的地表水（河流、水库）设置采样点，可能受到核电厂运行影响的主要河流设置采样点，采样点位信息具体见表 3.1-5 和图 3.1-3。
- 点位个数：地表水和沉积物各布设 5 个点位。

（7）受纳水体（海水和海洋沉积物）

- 调查范围：取、排水口附近。
- 布点方案：在取水口、排水口、附近养殖场和东吾洋设置采样点，采样点位信息具体见表 3.1-6~3.1-7 和图 3.1-4。
- 点位个数：海水布设 7 个点位，海洋沉积物布设 5 个点位。

3.1.1.4 测量仪器及测量方法

具体测量仪器及测量方法依据详见表 3.1-8。各分析测量项目在选定分析测量方法时一律采用国家标准，在没有国家标准情况下选用行业标准。

3.1.1.5 探测下限

本次调查中各调查项目测量方法的探测下限见表 3.1-9~表 3.1-12。

3.1.1.6 调查结果

（1）核设施及矿产开发设施情况

通过对市、县（市、区）环保局、核管办、国土局等部门实际走访调查。调查过程中，矿产开发设施按照环保部发布的《矿产资源开发利用辐射环境监督管理名录（第一批）》进行，具体调查种类包括：稀土、铌、钽、锆及氧化锆、钒、石煤等。调查显示，截止到 2015 年 3 月，厂址半径 30km 范围内存在福建宁德核电站一处核设施，没有上述名录中的矿产开发设施。基本情况如下：

福建宁德核电站位于福建省宁德市辖福鼎市太姥山镇备湾村，位于本项目厂址 NNE 方向约 30km 处。项目规划总容量为 6 台百万千瓦级机组，其中一期工程建设 4 台机组，

单机容量为 108.9 万千瓦，以岭澳核电站为参考电站，采用二代改进型压水堆核电技术（CPR1000）。宁德核电站于 2008 年 2 月正式开工建设，首台机组于 2013 年 4 月投入商业运行，2、3、4 号机组相继于 2014~2016 年间投运，一期工程 4 台机组于 2016 年 7 月 21 日全面建成。

厂址半径 30km 范围内没有上述名录中的矿产开发设施，仅有几家碎石矿用于开采建筑用石料。

（2）密封与非密封放射源情况

通过走访宁德市核与辐射环境监督管理站得知，截止到 2015 年 3 月，厂址半径 30km 范围内共有 III 类射线装置 19 台，均位于霞浦县境内，主要的使用单位为医院，用于日常的射线摄影检查。另外，霞浦县汽车站和火车站各有 1 台射线装置，用于乘客的行李包安全检查。所有射线装置均为在用。厂址半径 30km 范围内没有其他放射源的使用情况。具体见表 3.1-13。

（3）陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率

A. 宇宙射线测量

2015 年 3 月在桑园水库对宇宙射线响应值进行了测定，该水库为近山水库，位于厂址 NNW 方位、38.0km 处，测点处距岸边约 100m，水深大于 10m，所用船只为水库管理部门的巡测船，船体以塑料为主，附有不锈钢护栏和铁质发动机。测量值为 $39.0 \pm 1.8 \text{ nGy/h}$ 。

B. 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率

陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量点位共计 50 个，分别于 2015 年 3 月和 2015 年 6 月进行了两次测量。将相同点位两次测量结果相比（第一次/第二次），其比值范围为 0.85~1.09，比值平均值为 1.00 ± 0.06 ，表明相同点位两次测量结果没有明显差异。相同点位两次测量结果的均值范围为 $44.8 \sim 146 \text{ nGy/h}$ ，最低值出现在厂址中心点位，为草地；最高值出现在长沙村点位，为田地。所有点位测量结果的平均值为 $86.2 \pm 18.8 \text{ nGy/h}$ 。

23 个道路点位的测量值范围为 $73.5 \sim 114 \text{ nGy/h}$ ，平均值为 $91.7 \pm 11.1 \text{ nGy/h}$ ，最低值出现在浮山村点位，沥青路面；最高值出现在下沙头村点位，水泥路面。27 个土地点位的测量值范围为 $44.8 \sim 146 \text{ nGy/h}$ ，平均值为 $81.7 \pm 22.8 \text{ nGy/h}$ ，最低值出现在厂址中心点位，为草地；最高值出现在长沙村点位，为田地。具体测量结果见表 3.1-14。

（4）陆地环境 γ 辐射累积剂量

陆地环境 γ 辐射累积剂量点位共计 20 个，放置期间有 3 个样品丢失，有效点位共计 17 个。由测量结果可知，累积剂量测量范围为 $1.73 \times 10^{-4} \text{ Gy} \sim 2.87 \times 10^{-4} \text{ Gy}$ ，换算成剂量率范

围为 77.5~130.0nGy/h，最低值出现在气象站点位，最高值出现在亭下溪村点位。将相同点位由累积剂量换算得到的剂量率值与由高气压电离室测量得到的值相比，比值范围为 0.65~0.91，两者之间基本相符。具体测量结果见表 3.1-15。

（5）土壤中放射性核素活度浓度

本次调查共有8个土壤采样点，土壤的采样工具为小铁铲，采样前用自来水冲洗干净，采样容器为聚乙烯塑料袋。在比较开阔的未耕区，去除采样点表层土后，按五点法（四角和中心）在土壤表层下1cm~5cm处采集样品，混合成原始样品，每个样品的采样量一般大于2kg。

所有样品均给出了 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 和 ^{90}Sr 的测量结果， ^{137}Cs 有1个样品的测量结果低于探测限，其他核素（包括： ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs ）测量结果均低于探测限。其中：

^{238}U 的测量结果范围为28.7~84.4Bq/kg，最低值出现在厂址中心点位，最高值出现在水门林场点位，均值为 $47.8\pm 18.2\text{Bq/kg}$ 。

^{232}Th 的测量结果范围为34.9~83.3Bq/kg，最低值出现在厂址中心点位，最高值出现在水门林场点位，均值为 $57.3\pm 14.6\text{Bq/kg}$ 。

^{226}Ra 的测量结果范围为16.0~56.0Bq/kg，最低值出现在厂址中心点位，最高值出现在亭下溪村点位，均值为 $36.1\pm 12.5\text{Bq/kg}$ 。

^{40}K 的测量结果范围为676~ $1.25\times 10^3\text{Bq/kg}$ ，最低值出现在水门林场点位，最高值出现在三沙镇点位，均值为 $984\pm 169\text{Bq/kg}$ 。

^{137}Cs 的测量结果范围为 $<\text{LLD}$ ~8.32Bq/kg，三沙镇点位测量结果低于探测限，最高值出现在厂址中心点位，均值为 $3.31\pm 2.35\text{Bq/kg}$ 。

^{90}Sr 的测量结果范围为0.56~2.54Bq/kg，最低值出现在长春镇点位，最高值出现在界石村点位，均值为 $1.37\pm 0.63\text{Bq/kg}$ 。

土壤样品测量结果具体见表 3.1-16。

（6）气溶胶中放射性核素活度浓度

本次调查中共有3个气溶胶采样点，采用青岛崂山电子仪器总厂生产的KC-1000型大流量采样器，每个采样点每月采样时间为7天左右，瞬时流量调为 $1.00\text{m}^3/\text{min}$ 左右。

所有样品均给出了总 α 、总 β 、 ^7Be 和 ^{40}K 的测量结果，其他核素（包括： ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）的测量结果均低于探测限。其中：

总 α 的测量结果范围为0.27~0.47mBq/m³，最低值出现在长春镇点位，最高值出现在气

象站点位，均值为 $0.38 \pm 0.11 \text{mBq/m}^3$ 。

总 β 的测量结果范围为 $1.55 \sim 3.17 \text{mBq/m}^3$ ，最低值出现在长春镇点位，最高值出现在气象站点位，均值为 $2.28 \pm 0.83 \text{mBq/m}^3$ 。

^7Be 的测量结果范围为 $3.82 \sim 4.30 \text{mBq/m}^3$ ，最低值出现在气象站点位，最高值出现在大京村点位，均值为 $4.11 \pm 0.26 \text{mBq/m}^3$ 。

^{40}K 的测量结果范围为 $0.21 \sim 0.37 \text{mBq/m}^3$ ，最低值出现在大京村点位，最高值出现在长春镇点位，均值为 $0.28 \pm 0.09 \text{mBq/m}^3$ 。

气溶胶样品测量结果具体见表 3.1-17~3.1-18。

(7) 陆地水体中放射性核素活度浓度

本次调查中饮用水和地下水各有 2 个饮用水采样点，地表水和底泥各设 5 个饮用水采样点位。地表水用塑料桶直接采集表层水；地下水和饮用水从出水口直接接取至塑料桶中；底泥样品用长柄铁锹伸入河塘底部挖取，将采集到的底泥剔除明显的石子、草根等杂物后装入聚乙烯塑料袋内。对于放射性测量，地表水、地下水和饮用水每个样品采集 50L 左右，在现场进行酸化处理。对于分析 ^3H 的样品采集 2.5L，地表水、地下水和饮用水在现场不做任何处理。底泥运回实验室后剔除草根等杂物后的样品量取 2~3kg。

饮用水、地下水和地表水样品均给出了总 α 、总 β 、 ^3H 和 ^{90}Sr 的测量结果， γ 谱核素（包括： ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）的测量结果均小于探测限。样品测量结果具体见表 3.1-19~表 3.1-21。

A. 饮用水

长门村点位样品的测量结果分别为（将平行样品的结果进行平均）：总 α ， $0.091 \pm 0.013 \text{Bq/L}$ ；总 β ， $0.052 \pm 0.003 \text{Bq/L}$ ； ^3H ， $0.23 \pm 0.01 \text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr ， $4.74 \pm 0.55 \text{mBq/L}$ 。亭下溪村点位样品的测量结果分别为：总 α ， $0.075 \pm 0.046 \text{Bq/L}$ ；总 β ， $0.050 \pm 0.013 \text{Bq/L}$ ； ^3H ， $0.28 \pm 0.08 \text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr ， $6.03 \pm 0.09 \text{mBq/L}$ 。

B. 地下水

长门村点位样品的测量结果分别为：总 α ， $0.22 \pm 0.07 \text{Bq/L}$ ；总 β ， $0.20 \pm 0.02 \text{Bq/L}$ ； ^3H ， $0.28 \pm 0.08 \text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr ， $9.79 \pm 0.11 \text{mBq/L}$ 。武曲村点位样品的测量结果分别为：总 α ， $0.91 \pm 0.12 \text{Bq/L}$ ；总 β ， $1.49 \pm 0.04 \text{Bq/L}$ ； ^3H ， $0.20 \pm 0.07 \text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr ， $6.67 \pm 0.09 \text{mBq/L}$ 。

C. 地表水

总 α 的测量结果范围为 $0.089 \sim 0.19 \text{Bq/L}$ ，最低值出现在亭下溪村点位，最高值出现在北溪水库点位，均值为 $0.13 \pm 0.04 \text{Bq/L}$ 。

总 β 的测量结果范围为0.031~0.074Bq/L，最低值出现在亭下溪村点位，最高值出现在棋盘山水库点位，均值为0.060 \pm 0.018Bq/L。

^3H 的测量结果范围为0.22~0.26Bq/L，最低值出现在棋盘山水库点位，最高值出现在长春镇往大京村路边河水点位，均值为0.24 \pm 0.02Bq/L。

^{90}Sr 的测量结果范围为7.25~17.7mBq/L，最低值出现在长春镇往大京村路边河水点位，最高值出现在长门村往天堂公路边水库点位，均值为0.24 \pm 0.02Bq/L。

D. 底泥

底泥样品均给出了 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、总 α 、总 β 和 ^{90}Sr 的测量结果， ^{137}Cs 有1个样品的测量结果低于探测限，其他核素（包括： ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs ）的测量结果均低于探测限。其中：

^{238}U 的测量结果范围为31.3~100Bq/kg，最低值出现在长春镇往大京村路边河水点位，最高值出现在棋盘山水库点位，均值为70.9 \pm 24.0Bq/kg。

^{232}Th 的测量结果范围为43.2~102Bq/kg，最低值出现在长春镇往大京村路边河水点位，最高值出现在北溪水库点位，均值为78.4 \pm 21.1Bq/kg。

^{226}Ra 的测量结果范围为31.3~86.3Bq/kg，最低值出现在长春镇往大京村路边河水点位，最高值出现在棋盘山水库点位，均值为57.6 \pm 19.3Bq/kg。

^{40}K 的测量结果范围为782~1.39 $\times 10^3$ Bq/kg，最低值出现在北溪水库点位，最高值出现在亭下溪村点位，均值为(1.04 \pm 0.25) $\times 10^3$ Bq/kg。

^{137}Cs 的测量结果范围为<LLD~2.08Bq/kg，棋盘山水库点位测量结果低于探测限，最高值出现在北溪水库点位，均值为1.28 \pm 0.54Bq/kg。

总 α 的测量结果范围为907~1860Bq/kg，最低值出现在长春镇往大京村路边河水点位，最高值出现在棋盘山水库点位，均值为(1.39 \pm 0.33) $\times 10^3$ Bq/kg。

总 β 的测量结果范围为(1.09~1.49) $\times 10^3$ Bq/kg，最低值出现在长春镇往大京村路边河水点位，最高值出现在亭下溪村点位，均值为(1.32 \pm 0.15) $\times 10^3$ Bq/kg。

^{90}Sr 的测量结果范围为0.64~3.06Bq/kg，最低值出现在北溪水库点位，最高值出现在亭下溪村点位，均值为1.61 \pm 1.06Bq/kg。

(8) 海域放射性核素活度浓度

海水布设7个点位，海洋沉积物布设5个点位。海水直接用水桶采集表层海水，沉积物用船锚勾取。海水采集完成现场酸化后，运回实验室进一步处理，对于分析 ^3H 的样品采集2.5L，在现场不做任何处理，采集好样品后用汽车直接运回实验室。沉积物剔除明显

的杂质后，装入聚乙烯塑料袋，运回实验室后剔除草根等杂物后的样品量取 2~3kg。

A. 海水

所有样品均给出了总 β 、 ^3H 、 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 的测量结果，其他核素（包括：总 α 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）的测量结果均低于探测限，海水样品测量结果具体见表 3.1-22，其中：

总 β 的测量结果范围为 7.11~9.27Bq/L，最低值出现在东吾洋点位，最高值出现在取水口 1 点位，均值为 $8.53\pm 0.72\text{Bq/L}$ 。

^3H 的测量结果范围为 0.23~0.46Bq/L，最低值出现在养殖场 1 点位，最高值出现在取水口 2 点位，均值为 $0.32\pm 0.08\text{Bq/L}$ 。

^{90}Sr 的测量结果范围为 1.68~2.57mBq/L，最低值出现在养殖场 1 点位，最高值出现在取水口 1 点位，均值为 $2.07\pm 0.27\text{mBq/L}$ 。

^{137}Cs 的测量结果范围为 1.42~1.73mBq/L，最低值出现在养殖场 2 点位，最高值出现在排水口 1 点位，均值为 $1.58\pm 0.12\text{mBq/L}$ 。

B. 海洋沉积物

所有样品均给出了 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{137}Cs 、总 α 、总 β 和 ^{90}Sr 的测量结果，其他核素（包括： ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs ）的测量结果均低于探测限。海洋沉积物样品测量结果具体见表 3.1-23~3.1-24。其中：

^{238}U 的测量结果范围为 34.3~49.8Bq/kg，最低值出现在排水口 1 点位，最高值出现在东吾洋点位，均值为 $41.7\pm 6.1\text{Bq/kg}$ 。

^{232}Th 的测量结果范围为 53.5~67.2Bq/kg，最低值出现在养殖场 2 点位，最高值出现在东吾洋点位，均值为 $59.8\pm 5.3\text{Bq/kg}$ 。

^{226}Ra 的测量结果范围为 26.9~33.6Bq/kg，最低值出现在取水口 1 点位，最高值出现在东吾洋点位，均值为 $28.9\pm 2.7\text{Bq/kg}$ 。

^{40}K 的测量结果范围为 855~916Bq/kg，最低值出现在取水口 1 点位，最高值出现在东吾洋点位，均值为 $886\pm 25\text{Bq/kg}$ 。

^{137}Cs 的测量结果范围为 1.20~3.12Bq/kg，最低值出现在东吾洋点位，最高值出现在养殖场 2 点位，均值为 $2.27\pm 0.90\text{Bq/kg}$ 。

总 α 的测量结果范围为 619~971Bq/kg，最低值出现在养殖场 2 点位，最高值出现在排水口 1 点位，均值为 $808\pm 129\text{Bq/kg}$ 。

总 β 的测量结果范围为 993~1140Bq/kg，最低值出现在排水口 1 点位，最高值出现在

养殖场 1 点位，均值为 $(1.03 \pm 0.07) \times 10^3 \text{Bq/kg}$ 。

^{90}Sr 的测量结果范围为 0.77~1.76Bq/kg，最低值出现在排水口 1 点位，最高值出现在养殖场 1 点位，均值为 $1.06 \pm 0.41 \text{Bq/kg}$ 。

3.1.1.7 质量保证措施

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采取了一系列质量保证措施。在调查过程中质量保措施主要有以下几个方面：

（1）组织机构和人员配备

调查单位成立调查项目组及质量保证组，本项目质量职能组织机构图见图 3.1-5。根据工作进度与实际需要，从事对质量活动有影响的人员具备从事该任务所必须的学历、经历和业务熟练程度，项目负责人和质保负责人具有硕士研究生以上学历，从事环境辐射本底调查相关工作 5 年以上，项目参加人员具有大专以上学历，具有环境辐射本底调查相关工作 1 年以上，并按照要求进行质保培训与考核。

（2）样品采集、预处理及运输过程的质量控制

本次调查涉及到的样品采集和预处理全部按照相关作业指导书进行，主要包括：

- 《气溶胶样品采集操作规范》；
- 《饮用水、地下水、地表水的采集和预处理操作规范》；
- 《土壤的采集和预处理操作规范》；
- 《海水的采集和预处理操作规范》；
- 《海洋沉积物的采集和预处理操作规范》。

按照相关操作规范采集完成并做好标识的样品，按照样品的特性进行适当的包装，在运输前认真填写样品清单，清点样品，并且检查包装是否符合要求，然后用集装箱车公路运输样品到实验室，样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品清单上签字，将样品有条理的放置在样品室的未检区，分析人员按规定领取样品，及时分析测量。

（3）仪器设备的控制

现场使用的仪器经长途运输到达现场后，工作人员首先查看仪器外形是否有损伤、变形，异常部位应着重检查，以消除隐患。经外观确认正常后，通电检查，按照说明书上的技术要求操作，查看仪器是否工作正常。现场仪器经运输后，使用前已检验，确认其性能良好后才使用。

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门

或其授权单位进行校准或检定，以保证检测测量值具有溯源性。表 3.1-25 列出调查开展时期所使用的主要仪器和设备的检定情况。用于刻度放射性测量仪器的标准源、标准溶液和标准物质，均由 IAEA-AQCS 或中国计量科学研究院等计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家的或国际的基准提供了有力的保证。工作中使用的放射性标准物质见表 3.1-26。所有测量仪器都经过刻度或标定，并绘制质控图，以分析仪器的稳定性及可靠性。

（4）化学试剂的控制

用标准溶液配置工作溶液时，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录。在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污。实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、配置日期，有的试剂还写明有效期。

（5）装卸、储存和运输的控制

样品、采样及测量仪器设备在装卸过程中轻拿轻放，防止样品破损和设备损坏。样品、仪器设备在运输前按照规程和仪器设备说明书正确包装。采集到的样品需在现场暂时存放的明确标识后安全放置，以防损伤、变质和丢失。现场采样、测量仪器设备使用后及时放入包装箱或符合规定的地点。仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染。水生动物及肉类样品采用冰块降温等措施以防止腐坏。

（6）测量分析实施过程控制

A. 调查方法的选定

本项目中采样及分析测量的作业指导书方法均严格执行我国已颁布的有关标准和法规。整个调查过程严格按照作业指导书进行。

B. 采样点的定位

采用 GPS(卫星定位仪)测量外环境各采样点位的经纬度，并记录采样点相对于场址位置的方位和距离，在指定的地点采样或测量。

C. 掺标样品盲样

为了确定分析测量的准确度，进行掺标样品分析。掺标样品由质保人员提供，要求测量结果与参考值的相对偏差 $<15\%$ ，表 3.1-27 给出本项目中质量控制样品的分析结果。

D. 实验室比对

调查单位每年参加由 IAEA 组织的比对活动，比对的介质包括空气滤膜、生物及有机物、水、土壤、沉积物等介质，分析项目包括天然及人工 γ 放射性核素、Sr-90、Ra-226、U-235、Cs-134、Cs-137、Am-241 等，IAEA 的比对内容基本涵盖了本项目调查内容中的重要方面。与本项目有关的内容的比对结果均为合格。

E. 平行样品

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，对土壤、饮用水、底泥、海水等样品分别采集了1个平行样，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，平行样品的测量结果见表3.1-28~表3.1-31。由平行样测量结果可知，平行样品相对偏差均低于30%的组数占95.45%。

3.1.2 辐射环境质量评价

（1）核设施或矿产开发设施情况

厂址半径30km范围内核设施主要为福建宁德核电站；厂址半径30km范围内没有矿产开发设施，仅有几家碎石矿用于开采建筑用石料。

（2）密封及非密封放射源情况

通过走访宁德市核与辐射环境监督管理站得知，厂址半径30km范围内共有III类射线装置19台，均位于霞浦县境内，主要的使用单位为医院，用于日常的射线摄影检查。所有射线装置均为在用，统一接受监督管理，对周围环境影响很小。

（3）环境 γ 辐射水平

陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量点位共计50个，分别于2015年3月和2015年6月进行了两次测量，两次 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果的对比见图3.1-6。23个道路点位的测量值范围为73.5~114nGy/h，平均值为 91.7 ± 11.1 nGy/h，与《中国环境天然放射性水平》中宁德市道路本底值63.5~221nGy/h基本处于同一水平。27个土地点位的测量值范围为44.8~146nGy/h，平均值为 81.7 ± 22.8 nGy/h，与《中国环境天然放射性水平》中宁德市原野本底值42.3~186.6nGy/h基本处于同一水平。

陆地环境 γ 辐射累积剂量点位共计20个，将累积剂量换算出的贯穿辐射剂量率，结果范围为77.5~130nGy/h（未扣除宇宙射线）。将相同点位由累积剂量换算得到的剂量率值与由高气压电离室测量得到的值相比，比值范围为0.65~0.91，两者之间基本相符。

综上可认为，本次调查区域内的陆地环境 γ 辐射水平与福建省环境天然放射性水平调查监测值基本处于同一水平。

（4）土壤放射性核素活度浓度

本次调查，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活动浓度分别为28.7~84.4Bq/kg、34.9~83.3Bq/kg、16.0~56.0Bq/kg、 $676 \sim 1.25 \times 10^3$ Bq/kg；《中国环境天然放射性水平》宁德市土壤调查结果中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活动浓度分别为33.9~134Bq/kg、44.3~243Bq/kg、43~138Bq/kg、222~1317Bq/kg，通过对比，基本处于同一水平。 ^{137}Cs 活度浓度为

$<LLD \sim 8.32 \text{Bq/kg}$, ^{90}Sr 活度浓度为 $0.56 \sim 2.54 \text{Bq/kg}$, ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 等人工放射性核素活度浓度均低于最小探测限而未检出。因此, 可认为核电厂厂址周围环境中土壤中放射性核素活度浓度水平属天然本底水平。

(5) 气溶胶放射性核素活度浓度

本次调查中气溶胶样品总 α 的测量结果范围为 $0.27 \sim 0.47 \text{mBq/m}^3$, 2013年及2014年《全国辐射环境质量报告》中福建省气溶胶中总 α 活度浓度分别为 $0.02 \sim 0.36 \text{mBq/m}^3$ 、 $0.06 \sim 0.46 \text{mBq/m}^3$, 结果较为一致。

总 β 的测量结果范围为 $1.55 \sim 3.17 \text{mBq/m}^3$, 2013年及2014年《全国辐射环境质量报告》中福建省气溶胶中总 β 活度浓度分别为 $0.07 \sim 1.98 \text{mBq/m}^3$ 、 $0.19 \sim 2.0 \text{mBq/m}^3$, 结果较为一致。

^7Be 的测量结果范围为 $3.82 \sim 4.30 \text{mBq/m}^3$, ^{40}K 的测量结果范围为 $0.21 \sim 0.37 \text{mBq/m}^3$, 其他核素(包括: ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs)的测量结果均低于探测限。

所有测量点的总 α 、总 β 、 ^7Be 、 ^{40}K 测量结果无异常偏高数据, 可认为厂址周围气溶胶中的放射性核素活度浓度为天然本底水平。

(6) 陆地水体放射性核素活度浓度

A. 饮用水

长门村点位样品中 ^3H 的活度浓度为 $0.23 \pm 0.01 \text{Bq/L}$, ^{90}Sr 的活度浓度为 $4.74 \pm 0.55 \text{mBq/L}$ 。总 α 、总 β 的活度浓度分别为 $0.091 \pm 0.013 \text{Bq/L}$ 、 $0.052 \pm 0.003 \text{Bq/L}$, 满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)要求。亭下溪村点位样品中 ^3H 的活度浓度为 $0.28 \pm 0.08 \text{Bq/L}$, ^{90}Sr 的活度浓度为 $6.03 \pm 0.09 \text{mBq/L}$, 总 α 、总 β 的活度浓度分别为 $0.075 \pm 0.046 \text{Bq/L}$ 、 $0.050 \pm 0.013 \text{Bq/L}$, 满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)要求。

B. 地下水

长门村点位样品的测量结果分别为: 总 α , $0.22 \pm 0.07 \text{Bq/L}$; 总 β , $0.20 \pm 0.02 \text{Bq/L}$; ^3H , $0.28 \pm 0.08 \text{Bq/L}$; ^{90}Sr , $9.79 \pm 0.11 \text{mBq/L}$ 。武曲村点位样品的测量结果分别为: 总 α , $0.91 \pm 0.12 \text{Bq/L}$; 总 β , $1.49 \pm 0.04 \text{Bq/L}$; ^3H , $0.20 \pm 0.07 \text{Bq/L}$; ^{90}Sr , $6.67 \pm 0.09 \text{mBq/L}$, 其中总 α 和总 β 测量结果相对略高, 将在后续调查工作中给予关注。 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 活度浓度的测量结果均小于探测限。

C. 地表水

地表水中总 α 、总 β 活度浓度分别为 $0.089 \sim 0.19 \text{Bq/L}$ 、 $0.031 \sim 0.074 \text{Bq/L}$ 。2014年《全国辐射环境质量报告》中主要江河流域的总 α 、总 β 活度浓度分别为 $0.01 \sim 0.27 \text{Bq/L}$ 、

0.01~0.87Bq/L，2015年《全国辐射环境质量报告》中主要江河流域的总 α 、总 β 活度浓度分别为0.01~0.33Bq/L、0.03~0.62Bq/L，可见本次调查中地表水总 α 、总 β 活度浓度在正常本底范围内。

^3H 活度浓度为0.22~0.26Bq/L， ^{90}Sr 活度浓度为7.25~17.7mBq/L， ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 活度浓度的测量结果均小于探测限。本次调查结果未发现明显异常数据，可认为厂址周围地表水中的放射性核素活度浓度为天然本底水平。

D. 底泥样品

底泥样品中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 含量分别为31.3~100Bq/kg、43.2~102Bq/kg、31.3~86.3Bq/kg、782~1390Bq/kg；《中国环境天然放射性水平》宁德市土壤调查结果中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活动浓度分别为33.9~134Bq/kg、44.3~243Bq/kg、43~138Bq/kg、222~1317Bq/kg，通过对比，基本处于同一水平。

^{137}Cs 的测量结果范围为 $<\text{LLD}$ ~2.08Bq/kg，总 α 的测量结果范围为907~1860Bq/kg，总 β 的测量结果范围为 $(1.09\sim 1.49)\times 10^3\text{Bq/kg}$ ， ^{90}Sr 的测量结果范围为0.64~3.06Bq/kg。因此，可认为厂址周围沉积物中的放射性核素活度浓度为天然本底水平。

(7) 海域放射性核素活度浓度

A. 海水

样品中总 β 的测量结果范围为7.11~9.27Bq/L，均值为 $8.53\pm 0.72\text{Bq/L}$ ； ^3H 的测量结果范围为0.23~0.46Bq/L，均值为 $0.32\pm 0.08\text{Bq/L}$ ； ^{90}Sr 的测量结果范围为1.68~2.57mBq/L，均值为 $2.07\pm 0.27\text{mBq/L}$ ； ^{137}Cs 的测量结果范围为1.42~1.73mBq/L，均值为 $1.58\pm 0.12\text{mBq/L}$ 。总 α 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 的测量结果均低于探测限未检测出。未收集到该地区以往海水中放射性核素活度浓度的历史数据，本次调查结果未发现明显异常数据，可认为厂址周围海水中的放射性核素活度浓度为天然本底水平。

B. 海洋沉积物

样品中 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 活度浓度分别为34.3~49.8Bq/kg、53.5~67.2Bq/kg、26.9~33.6Bq/kg、855~916Bq/kg， ^{137}Cs 的测量结果范围为1.20~3.12Bq/kg，总 α 的测量结果范围为619~971Bq/kg，总 β 的测量结果范围为993~1140Bq/kg， ^{90}Sr 的测量结果范围为0.77~1.76Bq/kg。 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 的测量结果均低于探测限而未检出。未收集到该地区以往海洋沉积物中放射性核素活度浓度的历史数据，本次调查结果未发现明显异常数据，可认为厂址周围海洋沉积物中的放射性核素活度浓度为天然本底水平，不属于高本底地区

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

（1）执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）；

——《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）。

《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）规定的标准限值见表 3.2-1。

（2）监测结果

各监测点 SO₂ 各测点的小时浓度范围在未检出~16μg/m³ 之间，日均浓度范围在 5~9μg/m³ 之间，SO₂ 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值。

各监测点 NO₂ 各测点的小时浓度范围在 7~25μg/m³ 之间，日均浓度范围在 10~17μg/m³ 之间，NO₂ 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值。

各监测点 NO_x 各测点的小时浓度范围在 10~30μg/m³ 之间，日均浓度范围在 16~23μg/m³ 之间，NO_x 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值。

各监测点的小时浓度范围小时浓度均值变化范围为未检出~0.9mg/m³，日均值变化范围未检出~0.5mg/m³，CO 小时浓度和日均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

各监测点 TSP 各测点的日均值变化范围为 70~99μg/m³，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

各监测点 PM₁₀ 各测点的日均值变化范围 20~60μg/m³，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

各监测点 PM_{2.5} 各测点的日均值变化范围 10~28μg/m³，满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准限值。

综上所述，本次现状监测各污染物 1 小时平均质量浓度和 24 小时平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

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

（1）执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ/T 2.4-2009）；

——《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

——《城市区域环境噪声适用区划分技术规范》（GB/T15190-2014）。

厂界噪声监测点、厂内噪声环境现状监测点、厂区外环境敏感目标监测点按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 2 类环境噪声限值评价；厂区附近噪声源监测点按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类环境噪声限值评价；交通噪声监测点、海域噪声监测点按照《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 4a 类环境噪声限值评价。见表 3.2-2。

（2）监测结果

厂界噪声及厂区内现状监测点满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准。固定噪声源满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。声环境敏感目标监测点满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。交通噪声监测点满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准。海域噪声监测点满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）4a 类标准。三个监测点位（D1、D2、D3）满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.3.1 受纳水体环境质量现状调查

为了解厂址附近海域的海洋环境状况，水生生态调查范围以核电厂排放口为中心，最外围的调查半径设为 50km。目前已开展的调查工作的时间为 2019 年 5 月（春季）、2019 年 8 月~9 月（夏季）、2019 年 12 月（秋季）和 2020 年 2 月（冬季），调查内容为海水水质、海洋生态、沉积物质量和生物体质量调查。

水质调查设置大面观测站 48 个，定点连续观测站 2 个，在拟建厂址取排水口处设置两站位分别为 5 号站位和 6 号站位。

监测项目：大面站水质调查要素包括 pH、溶解氧(DO)、悬浮物、化学需氧量（锰法）、五日生化需氧量(BOD5)、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、非离子态氨、活性磷酸盐、硅酸盐、总氮、总磷、氰化物、硫化物、氟化物、挥发性酚、阴离子表面活性剂、石油类、重金属(砷、汞、铜、镉、铅、总铬、锌)、硼、氯化物、余氯、硒、总碱度。连续站水质调查参数为 pH、悬浮物、溶解氧、化学耗氧量、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐和活性硅酸盐。

观测层次：水深 $H < 10\text{m}$ ，只采表层；水深 10m 表层 $< 25\text{m}$ ，采表、底层；水深 25m、

底<50m，采集表层、10m、底层；水深 50m；水<100m，采集表层、10m、50m、底层；水色、透明度根据海洋监测规范，观测表层，油类只采表层。

监测方法：按《海洋调查规范》和《海洋监测规范》进行样品采集、保存与分析。

3.2.3.2 受纳水体环境质量评价

根据国家海洋局东海环境监测中心 2019 年 5 月-2020 年 2 月期间春、夏、秋、冬四季航次水生态调查结果，2019 年 5 月调查期间除三沙湾营养盐含量较高外，整个外部海域营养盐含量较低。2019 年 5 月调查期间海水水质超标参数有五日生化需氧量、化学需氧量、pH、石油类、铅、无机氮、活性磷酸盐。

2019 年 8 月夏季航次大面站水体调查中，海水水质超标参数有活性磷酸盐、无机氮、五日生化需氧量和金属锌，其中主要超标参数为活性磷酸盐和无机氮，其余检测要素均满足第一类海水水质标准。

2019 年 12 月秋季航次和 2020 年 2 月冬季航次大面站水体调查中，海水水质主要超标参数均为铅、无机氮和活性磷酸盐。

四季调查期间活性磷酸盐和无机氮仅在三沙湾内含量较高，且呈现出从近岸向外海逐渐降低变化趋势，虽略有超标但仍以第一类海水水质标准为主。

监测海域仅在三沙湾海域出现轻度富营养化，总体水质状态良好。

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）
- 《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）
- 《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 988-2005）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（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：以本工程核电厂拟建开关站为中心的半径 0.5km 的

环形区域以及电力出线送电走廊两侧 50m 带状区域；

（2）射频综合场强：调查范围为本工程核电厂厂址周围 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》（HJ 681-2013），监测点应选择在地势平坦、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。

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

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

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

（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 监测仪器

本次监测使用的仪器见表 3.2-3。

3.2.4.5 监测时间及天气

2019 年 12 月 5 日、7 日、8 日、9 日对华能霞浦核电项目建设项目厂址周围电磁环境进行了现场调查。每个测点对应的测量时间和天气状况详见表 3.2-9~表 3.2-13。

3.2.4.6 电磁辐射源调查

根据现场踏勘资料，厂址区域现有电磁辐射源有建设中的中核项目机组、核电站 110kV 施工变电站、核电站北侧基站、核电站南侧基站、站外基站 1 和站外基站 2。

3.2.4.7 监测点设置

a) 厂区监测点设置

本次监测根据厂区内电磁辐射源和敏感区分布情况设置监测点如下：

共设置 13 个监测点，在厂区边界设 4 个（东南西北），厂区内 9 个。编号 1~13#，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。

监测点名称、编号见表 3.2-4 和图 3.2-1。

b) 开关站监测点设置

厂址范围内拟建 4 个开关站，在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。编号 14~29#。

开关站监测点设置情况见表 3.2-5 和图 3.2-2。

c) 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，共设 11 个监测点，监测工频电场强度与工频磁场强度。

对厂址范围内已建的 1 个主变和拟建的 7 个主变进行监测，监测点编号见表 3.2-6，监测断面位置见图 3.2-3。

d) 输电线路监测点设置

根据现场踏勘资料，厂区外已有 3 条输电线路分别为：中核 10kV 施工电源 9#、天堂村山道 110kV 输电线、岚华线 110kV 输电线路；厂区内有 4 条拟建输电线路分别为华能 500kV 出线输电线路、华能应急 220kV 输电线路、中核项目 220kV 出线输电线路和中核项目应急 220kV 输电线路，因此共设 7 处监测断面（编号 P1~P7），P1 为华龙 500kV 出线输电线路监测断面，P2 为华能应急 220kV 输电线路监测断面，P3 为中核项目 220kV 出线输电线路监测断面，P4 为中核项目应急 220kV 输电线路监测断面，P5 为中核 10kV 施工电源 9#监测断面，P6 为天堂村山道 110kV 输电线监测断面，P7 为岚华线 110KV 输电线路监测断面，且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

在输电线路边相外设双侧平行监测断面，监测路径选在边相地面投影点外 20m 处，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。

现场监测过程中根据实际情况（如地形限制等）对监测点数量进行调整，并逐一编号（P1-1~P1-x、P2-1~P2-x、P3-1~P3-x、P4-1~P4-x、P5-1~P5-x、P6-1~P6-x、P7-1~P7-x）。

输电线路监测断面设置情况见表 3.2-7，图 3.2-13、图 3.2-4。

e) 厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站监测点设置

在厂区外环境敏感区（居民点和学校）、施工变电站和通讯基站设置 45 个监测点，编号 30~74#。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。

监测点设置情况见表 3.2-8 和图 3.2-5。

3.2.4.8 电磁辐射现状监测数据

厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-9。

开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-10。

主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-11。

输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果见表 3.2-12。

厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-13。

3.2.4.9 电磁辐射现状评价标准

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暴露控制限值为 4kV/m，工频磁感应强度的公众暴露控制限值为 0.1mT。

b) 厂址区域电磁辐射采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）的要求，对于 30MHz-3000 MHz 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 0.4 W/m²（电场强度限值 12V/m）。

3.2.4.10 电磁辐射现状监测质量保证措施

本次调查及评价工作严格按照《华能霞浦核电项目厂址区域电磁辐射本底测量及现状评价质量保证大纲》，采取的主要质量保证措施有：

（1）监测方法采用国家和行业标准，监测人员经考核并持有资格证上岗。

（2）质保人员进行现场数据采集同步跟踪和同步记录，确保监测数据的有效性。

（3）根据质量保证大纲及监测规范的要求，监测仪器经由相应资质的计量检定部门检定合格，并处于有效期内。每次监测前后，都检查仪器的工作状态，确保仪器处于良好的工作状态。

（4）监测人员按操作规程操作仪器，并做好相应的数据记录。

3.2.4.11 电磁辐射现状监测结果评价

a) 厂区内电磁辐射监测结果评价

厂区内监测值统计情况见 3.2-14。

厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围 0.42V/m~448.72V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.006 μ T~0.05 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

厂区内所有监测点射频综合场强监测值在 0.0005W/m²~0.0027 W/m² 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的 0.4 W/m² 标准限值。

b) 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路监测值统计情况见表 3.2-15。

输电线路所有监测点工频电场强度监测值范围 0.57V/m~709.72V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.005 μ T~0.134 μ T 之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

c) 厂区外环境敏感区监测结果评价

厂区外环境敏感区监测值统计情况见表 3.2-16。

厂区外监测点工频电场强度监测值在 0.36V/m~201.7V/m 之间，所有监测值都小于标准限值 4kV/m，符合要求；工频磁场强度监测值在 0.003 μ T~0.262 μ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 μ T），符合要求。

所有监测点监测值在 0.0004 W/m²~0.0391 W/m² 之间。最大值为 41#监测点（核电站北侧基站西侧），其监测值为 0.0931 W/m²。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中的 0.4W/m² 标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 福建霞浦核电项目选址阶段环境放射性质量调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数	样品个数	平行样品	样品总数
1	陆地环境 γ 辐射		空气吸收剂量率	2 次	20km	50 个	100	0	100
			累积剂量	1 次	15km	20 个	20	0	20
2	土壤（表层土）		γ 谱分析 (^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U)、 ^{90}Sr	1 次	15km	8 个	8	1	9
3	气溶胶		γ 谱分析 (^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^7Be)、总 α 、总 β	1 次	15km	3 个	3	0	3
4	陆地水体	饮用水	γ 谱分析 (^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs)、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H	1 次	10km	2 个	2	1	3
		地下水		1 次	10km	2 个	2	0	2
		地表水		1 次	10km	5 个	5	0	5
		底泥		1 次	10km	5 个	5	1	6
5	受纳水体	海水	γ 谱分析 (^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{106}Ru)、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H	1 次	取、排水口附近	7 个	7	1	8
		沉积物	γ 谱分析 (^{22}Na 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U)、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr	1 次		5 个	5	0	5
合计							157	4	161

表 3.1-2(1/3) 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量测量点位置

序号	点位名称	方位($^{\circ}$)	距离(km)	监测项目	地表描述	备注
1	厂址中心	39	0.041	剂量率和累积剂量	草地	环境敏感点
2	厂址东	303	0.097	剂量率	草地	环境敏感点
3	厂址南	359	0.216	剂量率	草地	环境敏感点
4	厂址西	38	0.24	剂量率和累积剂量	草地	环境敏感点
5	厂址北	181	0.385	剂量率	草地	环境敏感点
6	天堂村	68	3.12	剂量率和累积剂量	荒草地	环境敏感点、主要居民区
7	到天堂公路	72	3.43	剂量率	沙土路	环境敏感点
8	长门村	80	4.59	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
9	气象站	83	4.81	剂量率和累积剂量	荒草地	环境敏感点
10	渔家地村	64	5.62	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
11	武曲村	78	7.24	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
12	秋竹岗村	88	7.61	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区
13	下洋城村	56	8.12	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区
14	渔洋埠村	96	8.14	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
15	积石村	41	8.65	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区
16	界石村	24	8.66	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区、 主导下风向
17	亭下溪村	53	8.78	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
18	渔洋里村	93	9.56	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区
19	中炉坑村	68	9.65	剂量率	田地	环境敏感点、主要居民区

表 3.1-2(2/3) 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量测量点位置

序号	点位名称	方位($^{\circ}$)	距离(km)	监测项目	地表描述	备注
20	斗米村	15	9.8	剂量率和累积剂量	水泥路面	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
21	洪江村	90	11.4	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
22	传庐村	63	11.9	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区
23	大京村	32	12.7	剂量率和累积剂量	田地	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
24	沙塘里村	105	12.9	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区
25	大京茶场	40	12.9	剂量率	茶园(田地)	环境敏感点
26	长春镇	59	13.5	剂量率和累积剂量	林地	主要居民区
27	长沙村	113	13.8	剂量率和累积剂量	田地	主要居民区
28	三沙镇	200	13.8	剂量率和累积剂量	荒土地	主要居民区
29	水门林场	152	14.3	剂量率和累积剂量	林间草地	
30	古桶村	189	14.3	剂量率和累积剂量	水泥路面	主要居民区
31	石头鼻村	173	14.6	剂量率	荒草地	主要居民区
32	武歧村	61	14.8	剂量率	水泥路面	主要居民区
33	陇头村	169	14.9	剂量率和累积剂量	沥青路面	主要居民区
34	三澳村	211	15.1	剂量率	水泥路面	主要居民区
35	大沙村	118	15.3	剂量率	砾石水泥路面	主要居民区
36	下沙头村	123	15.3	剂量率	水泥路面	主要居民区
37	浮山村	163	15.4	剂量率	沥青路面	主要居民区
38	水尾宫村	52	15.6	剂量率	水泥路面	主要居民区

表 3.1-2(3/3) 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率和累积剂量测量点位置

序号	点位名称	方位($^{\circ}$)	距离(km)	监测项目	地表描述	备注
39	涵江村	88	15.8	剂量率	水泥路面	主要居民区
40	后港村	136	15.8	剂量率	水泥路面	主要居民区
41	小京村	23	15.9	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
42	小古镇村	212	16.6	剂量率	水泥路面	主要居民区
43	霞浦县城	131	16.7	剂量率	大理石路面	主要居民区
44	瑶山洞村	36	16.7	剂量率	水泥路面	主要居民区
45	閩峡村	19	16.9	剂量率	水泥路面	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
46	凤溪洋村	46	17.6	剂量率	田地	主要居民区
47	沙江镇	87	18	剂量率	田地	主要居民区
48	县下塘村	135	18.1	剂量率	水泥路面	主要居民区
49	文歧村	63	18.2	剂量率	田地	主要居民区
50	港尾村	19	18.7	剂量率	田地	主要居民区、主导下风向

表 3.1-3 气溶胶采样点

样品编号	采样位置	方位°	距离(km)	采样时间	采样量(m ³)	备注
XPLRJ150301	气象站	83	4.89	2015.03.25~2015.03.31	11205.4	环境敏感点
XPLRJ150302	大京村	32	12.7	2015.03.25~2015.03.31	11243.0	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
XPLRJ150303	长春镇	58	13.9	2015.03.25~2015.03.31	10738.7	主要居民区

表 3.1-4 土壤采样点

样品编号	采样地点	位置		地表状况	备注
		方位(°)	距离(km)		
XPLTR150301	厂址中心	39	0.041	草地	环境敏感点
XPLTR150302-1	气象站	83	4.81	荒草地	环境敏感点
XPLTR150302-2	气象站	83	4.81	荒草地	
XPLTR150303	亭下溪村	53	8.78	田地	环境敏感点、主要居民区
XPLTR150304	界石村	24	8.66	田地	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
XPLTR150305	大京村	32	12.7	田地	环境敏感点、主要居民区、主导下风向
XPLTR150306	长春镇	59	13.5	林地	主要居民区
XPLTR150307	三沙镇	200	13.8	荒土地	主要居民区
XPLTR150308	水门林场	152	14.3	林间草地	

表 3.1-5 陆地水体采样点

名称	采样地点	方位 ($^{\circ}$)	距离 (km)	备注
饮用水	长门村	80	4.45	环境敏感点、主要居民区
	亭下溪村	52	8.43	环境敏感点、主要居民区
地下水	长门村	80	4.45	环境敏感点、主要居民区
	武曲村	76	7.34	环境敏感点、主要居民区
地表水和底泥	亭下溪村	53	8.78	环境敏感点、主要居民区
	棋盘山水库	53	12.2	
	长门村往天堂公路边水库	72	6.42	
	北溪水库	61	7.35	
	长春镇往大京村路边河水	49	16.0	

表 3.1-6 海水采样点

样品编号	点位名称	方位 ($^{\circ}$)	距离 (km)	备注
XPHHS150301-1	取水口 1	123	0.556	
XPHHS150301-2	取水口 1	123	0.556	
XPHHS150302	取水口 2	349	1.66	
XPHHS150303	排水口 1	21	1.77	
XPHHS150304	排水口 2	185	0.662	
XPHHS150305	养殖场 1	272	2.91	
XPHHS150306	养殖场 2	249	1.54	
XPHHS150307	东吾洋	69	10.1	

表 3.1-7 海洋沉积物采样点

样品编号	点位名称	方位 ($^{\circ}$)	距离 (km)	备注
XPHCJ150301	取水口 1	123	0.556	
XPHCJ150302	排水口 1	21	1.77	
XPHCJ150303	养殖场 1	272	2.91	
XPHCJ150304	养殖场 2	249	1.54	
XPHCJ150305	东吾洋	69	10.1	

表 3.1-8 环境放射性质量调查采用的主要方法及测量仪器

序号	测量项目	测量方法依据	测量仪器
1	剂量率	GB/T 14583-1993 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范	高气压电离室
2	累积剂量	GB/T 10264-1988 个人和环境监测用热释光剂量监测系统	热释光剂量仪
3	总 α	EJ/T 1075-1998 水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
4	总 β	EJ/T 900-1994 水中总 β 放射性的测定方法 蒸发法	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
5	γ 核素	GB 11713-1989 用半导体 γ 谱仪分析低比活度 γ 放射性样品的标准方法	γ 谱仪
		GB 11743-1989 土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法	
		GB/T16140-1995 水中放射性核素的 γ 能谱分析方法	
6	Sr-90	EJ/T 1035-2011 土壤中锶-90 的分析方法	低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
		GB 6766-1986 水中锶-90 放射化学分析方法二-（2-乙基己基） 磷酸萃取色层法	
7	H-3	GB/T 12375-1990 水中氚的分析方法	低本底液闪谱仪

表 3.1-9 气溶胶样品 γ 谱探测下限

测量时间：80000s

样品量：10389m³

核素	能量(keV)	发射几率(η)	探测下限($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
⁷ Be	477.6	0.1035	63
²² Na	1274.5	0.9994	8.7
⁵⁴ Mn	834.8	0.9998	7.6
⁵⁸ Co	810.8	0.9945	7.3
⁶⁰ Co	1173.2	0.999	9.0
¹³¹ I	364.5	0.8116	7.2
¹³⁴ Cs	604.8	0.9756	7.7
¹³⁷ Cs	661.7	0.851	8.1
²³⁸ U	63.3	0.03826	92
²³² Th	911.3	0.270	32
²²⁶ Ra	609.3	0.461	18
⁴⁰ K	1460	0.1067	121

表 3.1-10 土壤（底泥、海洋沉积物）样品 γ 谱探测下限

测量时间：80000s

样品量：0.300kg ($\phi 75 \times 50\text{mm}$)

核素	能量(keV)	发射几率(η)	探测下限(Bq/kg)	
			仪器型号	
			GR3019	GMX50-S
²³⁸ U	63.3	0.03826	8.0	5.0
²³² Th	911.3	0.270	1.9	1.0
²²⁶ Ra	609.3	0.461	1.2	0.78
⁴⁰ K	1460	0.1067	7.6	5.8
²² Na	1274.5	0.9994	0.53	0.22
⁵⁴ Mn	834.8	0.9998	0.49	0.20
⁵⁸ Co	810.8	0.9945	0.48	0.20
⁶⁰ Co	1173.2	0.999	0.56	0.22
¹³¹ I	364.5	0.812	0.42	0.21
¹³⁴ Cs	604.8	0.9756	0.46	0.24
¹³⁷ Cs	661.7	0.851	0.53	0.23

表 3.1-11 水样品 γ 谱探测下限

测量时间：80000s

样品量：50L

核素	能量(keV)	发射几率(η)	探测下限(mBq/L)
^{22}Na	1274.5	0.9994	3.2
^{54}Mn	834.8	0.9998	1.5
^{58}Co	810.8	0.9945	1.3
^{60}Co	1173.2	0.999	1.7
^{131}I	364.5	0.812	2.0
^{134}Cs	604.8	0.9756	1.4
^{137}Cs	661.7	0.851	1.6

表 3.1-12 各类样品其它分析方法的探测下限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测限
1	气溶胶	1000m ³	总 α	100min	$8.0 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$
		1000m ³	总 β	100min	$6.0 \times 10^{-5} \text{Bq/m}^3$
2	土壤、底泥 海洋沉积物	50g	^{90}Sr	900min	0.3Bq/kg
		0.2g	总 α	1000min	84 Bq/kg
		0.2g	总 β	1000min	24 Bq/kg
3	海水	50 mL	总 α	1000min	4.0 Bq/L
		50 mL	总 β	1000min	1.2 Bq/L
		250mL	^3H	1000min	0.35Bq/L
		50 L	^{90}Sr	500min	$1.5 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$
4	地表水、地下水、 饮用水	3L	总 α	60min	$5.0 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$
		3L	总 β	60min	$8.0 \times 10^{-3} \text{Bq/L}$
		250mL	^3H	1000min	0.35Bq/L
		50L	^{90}Sr	500min	$1.5 \times 10^{-4} \text{Bq/L}$

表 3.1-13 厂址周围 30km 范围内射线装置信息

单位名称	所在地	相对厂址位置		类别	台数	射线用途	使用状况
		方位	距离(km)				
福建省霞浦县中医院	霞浦县松城街道府前路 36 号	WNW	19	Ⅲ类	3	拍片	在用
霞浦县下浒卫生院	霞浦县下浒镇塘里 16 号	SW	28	Ⅲ类	1	拍片	在用
霞浦县长春中心卫生院	霞浦县长春镇直路 3 号	SW	14	Ⅲ类	1	拍片	在用
霞浦县溪南中心卫生院	霞浦县溪南镇昌新街	WSW	29	Ⅲ类	1	拍片	在用
霞浦县盐田卫生院	霞浦县盐田乡盐田村南街 25 号	W	28	Ⅲ类	1	拍片	在用
霞浦县医院	霞浦县松城街道 617 路 391 号	WNW	19	Ⅲ类	4	拍片	在用
霞浦县牙城中心卫生院	霞浦县牙城镇城楼下 1 号	N	21	Ⅲ类	1	拍片	在用
霞浦松城社区卫生服务中心	霞浦县松城街道俊星社区太康路 83 号	WNW	19	Ⅲ类	1	拍片	在用
福建霞浦福宁医院	霞浦县松港街道六一七路 1 号	NW	15	Ⅲ类	4	拍片	在用
霞浦汽车站	霞浦县山河路 2 号	WNW	19	Ⅲ类	1	行李包安全检查	在用
霞浦火车站	霞浦县赤岸村	WNW	19	Ⅲ类	1	行李包安全检查	在用

表 3.1-14(1/3) 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

序号	点位名称	剂量率(nGy/h)					
		2015年3月		2015年6月		(A1+A2)/2	A1/A2
		未扣除宇宙射线	扣除宇宙射线(A1)	未扣除宇宙射线	扣除宇宙射线(A2)		
1	厂址中心	81.2±3.0	42.2	86.3±2.5	47.3	44.8	0.89
2	厂址东	93.1±2.1	54.1	91.8±3.2	52.8	53.5	1.02
3	厂址南	100±3	61.5	103±3	64.0	62.8	0.96
4	厂址西	94.5±3.7	55.5	99.4±4.2	60.4	58.0	0.92
5	厂址北	99.5±2.3	60.5	107±4	67.9	64.2	0.89
6	天堂村	113±4	73.8	115±3	76.3	75.1	0.97
7	到天堂公路	126±2	87.5	142±3	103	95.3	0.85
8	长门村	98.4±1.8	59.4	96.0±4.0	57.0	58.2	1.04
9	气象站	93.9±1.4	54.9	94.1±2.3	55.1	55.0	1.00
10	渔家地村	128±1	88.6	135±4	96.2	92.4	0.92
11	武曲村	115±1	75.5	115±3	75.6	75.6	1.00
12	秋竹岗村	119±2	80.3	118±4	79.0	79.7	1.02
13	下洋城村	140±2	101	139±3	100	101	1.01
14	渔洋埠村	104±3	64.7	106±2	66.7	65.7	0.97
15	积石村	127±2	88.2	122±5	82.7	85.5	1.07
16	界石村	116±2	76.7	115±3	76.2	76.5	1.01
17	亭下溪村	149±3	110	153±3	114	112	0.96
18	渔洋里村	118±3	79.3	114±4	75.2	77.3	1.05

表 3.1-14(2/3) 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

序号	点位名称	剂量率(nGy/h)					
		2015年3月		2015年6月		(A1+A2)/2	A1/A2
		未扣除宇宙射线	扣除宇宙射线(A1)	未扣除宇宙射线	扣除宇宙射线(A2)		
19	中炉坑村	163±3	124	161±4	122	123	1.02
20	斗米村	116±3	77.4	123±3	84.1	80.8	0.92
21	洪江村	133±3	94.0	130±3	90.6	92.3	1.04
22	传胪村	121±2	81.5	126±4	86.7	84.1	0.94
23	大京村	119±3	80.2	115±4	76.5	78.4	1.05
24	沙塘里村	140±2	101	147±4	108	105	0.94
25	大京茶场	133±2	93.8	125±2	86.4	90.1	1.09
26	长春镇	129±3	90.0	133±4	93.6	91.8	0.96
27	长沙村	186±3	147	183±3	144	146	1.02
28	三沙镇	126±3	86.8	122±3	83.5	85.2	1.04
29	水门林场	130±3	91.3	123±4	83.8	87.6	1.09
30	古桶村	137±2	98.1	134±6	95.1	96.6	1.03
31	石头鼻村	106±3	66.8	113±3	74.4	70.6	0.90
32	武歧村	134±3	95.3	137±4	97.8	96.6	0.97
33	陇头村	121±4	81.5	114±3	75.4	78.5	1.08
34	三澳村	128±3	89.1	133±3	94.3	91.7	0.94
35	大沙村	143±3	104	141±4	102	103	1.02
36	下沙头村	156±4	117	149±3	110	114	1.06

表 3.1-14(3/3) 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

序号	点位名称	剂量率(nGy/h)					
		2015年3月		2015年6月		(A1+A2)/2	A1/A2
		未扣除宇宙射线	扣除宇宙射线(A1)	未扣除宇宙射线	扣除宇宙射线(A2)		
37	浮山村	114±2	75.0	111±3	72.0	73.5	1.04
38	水尾宫村	137±4	98.4	132±4	93.0	95.7	1.06
39	涵江村	138±2	99.3	130±3	91.1	95.2	1.09
40	后港村	125±5	86.4	127±3	88.2	87.3	0.98
41	小京村	115±5	76.3	115±4	75.9	76.1	1.01
42	小古镇村	120±3	80.6	122±4	83.5	82.1	0.97
43	霞浦县城	147±2	108	146±5	107	108	1.01
44	摇山洞村	133±3	94.5	130±4	90.8	92.7	1.04
45	闾峡村	133±2	93.9	129±3	90.3	92.1	1.04
46	凤溪洋村	139±3	99.9	142±3	103	101	0.97
47	沙江镇	127±3	88.1	129±2	89.5	88.8	0.98
48	县下塘村	140±3	101	140±4	101	101	1.00
49	文歧村	148±3	109	139±3	99.8	104	1.09
50	港尾村	107±4	67.6	110±2	71.3	69.5	0.95
测量值范围(nGy/h)		81.2~186	42.2~147	86.3~183	47.3~144	44.8~146	0.85~1.09
测量值均值(nGy/h)		125±20	86.2±19.5	125±19	86.3±18.4	86.2±18.8	1.00±0.06

表 3.1-15 陆地环境 γ 辐射累积剂量测量结果

序号	点位名称	放置时间	回收时间	布放时间 (h)	累积剂量 (10^{-4} Gy)	换算为剂量率 结果 A(nGy/h)	相应点位剂量率测 量结果 B(nGy/h)	A/B
1	厂址中心	2015.03.29 15:46	丢失	-	-	-	83.8	-
4	厂址西	2015.03.29 16:52	丢失	-	-	-	96.9	-
6	天堂村	2015.03.28 16:32	丢失	-	-	-	114	-
8	长门村	2015.03.29 18:17	2015.06.30 09:14	2222.95	1.96±0.05	88.3±1.9	97.2	0.91
9	气象站	2015.03.29 08:27	2015.06.30 08:53	2232.43	1.73±0.04	77.5±1.6	94	0.82
10	渔家地村	2015.03.28 15:37	2015.06.30 16:42	2257.08	2.60±0.06	115±3	131	0.88
11	武曲村	2015.03.27 08:45	2015.06.29 09:06	2256.35	2.20±0.05	97.4±2.1	115	0.85
14	渔洋埠村	2015.03.27 09:15	2015.06.29 09:30	2256.25	2.09±0.05	92.8±2.0	105	0.88
16	界石村	2015.03.30 09:20	2015.06.30 15:34	2214.23	2.16±0.05	97.6±2.1	115	0.85
17	亭下溪村	2015.03.30 08:21	2015.06.30 14:58	2214.62	2.87±0.07	130±3	151	0.86
20	斗米村	2015.03.28 14:24	2015.06.30 13:49	2255.42	2.30±0.06	102±3	120	0.85
21	洪江村	2015.03.27 09:50	2015.06.29 10:22	2256.53	2.44±0.06	108±3	131	0.82
22	传庐村	2015.03.27 08:14	2015.06.29 08:30	2256.27	2.36±0.06	105±3	123	0.85
23	大京村	2015.03.28 13:24	2015.06.30 13:25	2256.02	2.31±0.06	102±3	117	0.87
26	长春镇	2015.03.28 17:30	2015.06.30 19:00	2257.5	2.36±0.06	105±3	131	0.80
27	长沙村	2015.03.27 11:08	2015.06.29 11:25	2256.28	2.72±0.06	120±3	185	0.65
28	三沙镇	2015.03.27 17:26	2015.06.29 16:40	2255.23	2.52±0.06	112±3	124	0.90
29	水门林场	2015.03.27 14:31	2015.06.29 14:02	2255.52	2.47±0.06	109±3	127	0.86
30	古桶村	2015.03.27 16:05	2015.06.29 15:25	2255.33	2.35±0.06	104±3	136	0.76
33	陇头村	2015.03.27 15:17	2015.06.29 14:42	2255.42	2.34±0.06	104±3	117	0.89

注：表中数据未扣除宇宙射线影响；B值为两次测量的平均值。

表 3.1-16 土壤样品测量结果

单位：Bq/kg

样品编号	点位名称	γ 谱分析 用量(g)	U-238	Th-232	Ra-226	K-40	Cs-137	Sr-90	Na-22	Mn-54	Co-58	Co-60	I-131	Cs-134
XPLTR150301	厂址中心	213.63	28.7±5.7	34.9±1.4	16.0±0.5	(1.03±0.01)×10 ³	8.32±0.42	1.78±0.10	<1.3	<1.1	<1.1	<1.4	<0.83	<0.90
XPLTR150302-1	气象站	240.24	35.7±2.1	48.4±1.5	25.6±0.7	902±9	4.80±0.35	1.13±0.09	<1.2	<1.0	<0.91	<1.3	<0.82	<0.87
XPLTR150302-2	气象站	241.55	35.3±2.1	50.2±1.4	25.2±0.7	897±9	3.03±0.35	1.00±0.13	<1.2	<1.1	<0.93	<1.2	<0.80	<0.88
XPLTR150303	亭下溪村	292.56	70.0±3.1	69.9±1.5	56.0±0.9	(1.13±0.01)×10 ³	1.20±0.22	1.97±0.12	<1.2	<1.0	<0.96	<1.3	<0.82	<0.87
XPLTR150304	界石村	229.70	36.0±2.1	46.7±1.5	35.4±0.8	886±10	3.42±0.38	2.54±0.11	<1.2	<1.7	<1.0	<1.3	<0.83	<0.93
XPLTR150305	大京村	280.19	46.1±2.8	56.9±1.4	41.7±0.8	(1.10±0.01)×10 ³	1.56±0.33	0.87±0.11	<1.4	<1.0	<0.94	<1.3	<0.79	<0.84
XPLTR150306	长春镇	269.08	45.2±1.9	56.9±1.4	37.1±0.8	982±9	1.54±0.23	0.56±0.09	<1.1	<1.0	<0.96	<1.2	<0.78	<0.85
XPLTR150307	三沙镇	258.53	48.6±2.6	68.3±1.5	39.3±0.9	(1.25±0.01)×10 ³	<1.1	1.52±0.13	<1.2	<1.1	<0.99	<1.4	<0.86	<0.93
XPLTR150308	水门林场	235.98	84.4±3.6	83.3±1.7	49.0±0.9	676±9	2.60±0.40	0.98±0.12	<1.2	<1.1	<1.0	<1.2	<0.91	<0.98
测量值范围			28.7~84.4	34.9~83.3	16.0~56.0	676~1.25×10 ³	<LLD~8.32	0.56~2.54						
测量值均值			47.8±18.2	57.3±14.6	36.1±12.5	984±169	3.31±2.35	1.37±0.63						

注：⁹⁰Sr 的分析用量为~30 g/样。

表 3.1-17 气溶胶样品测量结果（一）

单位：mBq/m³

样品编号	点位名称	γ 谱分析用量(m ³)	总 α	总 β	Be-7		K-40
					测量结果	修正日期	
XPLRJ150301	气象站	11205.4	0.47±0.02	3.17±0.05	3.82±0.05	2015.03.28	0.26±0.02
XPLRJ150302	大京村	11243.0	0.39±0.02	2.11±0.04	4.30±0.05	2015.03.28	0.21±0.02
XPLRJ150303	长春镇	10738.7	0.27±0.01	1.55±0.03	4.22±0.05	2015.03.28	0.37±0.02
测量值范围			0.27~0.47	1.55~3.17	3.82~4.30		0.21~0.37
测量值均值			0.38±0.11	2.28±0.83	4.11±0.26		0.28±0.09

注：⁷Be的测量结果修正到采样中间时刻。

表 3.1-18 气溶胶样品测量结果（二）

单位：μBq/m³

样品编号	点位名称	γ 谱分析用量(m ³)	U-238	Th-232	Ra-226	Na-22	Mn-54	Co-58	Co-60	I-131	Cs-134	Cs-137
XPLRJ150301	气象站	11205.4	<93	<32	<18	<8.6	<7.4	<6.7	<8.5	<7.2	<7.6	<7.7
XPLRJ150302	大京村	11243.0	<92	<31	<18	<8.5	<7.7	<7.3	<9.0	<7.2	<7.5	<7.8
XPLRJ150303	长春镇	10738.7	<97	<34	<19	<9.0	<7.8	<7.5	<9.2	<7.4	<7.7	<8.0

表 3.1-19 饮用水、地下水、地表水样品测量结果

单位：mBq/L

水体类型	样品编号	点位名称	γ 谱分析 用量(L)	总 α	总 β	H-3	Sr-90	Na-22	Mn-54	Co-58	Co-60	I-131	Cs-134	Cs-137	
				Bq/L	Bq/L	Bq/L									
饮用水	XPLYY150301-1	长门村	50.9	0.099±0.042	0.053±0.010	0.22±0.08	5.12±0.12	<1.7	<1.7	<1.5	<1.8	<91	<1.8	<1.8	
	XPLYY150301-2	长门村	51.8	0.082±0.042	0.050±0.012	0.23±0.08	4.35±0.11	<1.8	<1.6	<1.5	<1.9	<93	<1.8	<1.8	
	XPLYY150302	亭下溪村	50.5	0.075±0.046	0.050±0.013	0.28±0.08	6.03±0.09	<1.8	<1.7	<1.5	<1.9	<92	<1.8	<1.8	
地下水	XPLDX150301	长门村	52.4	0.22±0.07	0.20±0.02	0.28±0.08	9.79±0.11	<1.7	<1.6	<1.7	<2.0	<91	<1.8	<1.6	
	XPLDX150302	武曲村	52.3	0.91±0.12	1.49±0.04	0.20±0.07	6.67±0.09	<2.6	<2.0	<2.0	<2.9	<94	<2.1	<1.8	
地表水	XPLDB150301	亭下溪村	49.8	0.089±0.040	0.031±0.010	0.23±0.08	11.4±0.2	<1.6	<1.6	<1.4	<1.5	<95	<1.7	<1.5	
	XPLDB150302	棋盘山水库	48.2	0.13±0.05	0.074±0.013	0.22±0.08	14.5±0.2	<1.6	<1.7	<1.5	<1.7	<95	<1.7	<1.6	
	XPLDB150303	长门村往天堂 公路边水库	51.1	0.12±0.05	0.071±0.013	0.23±0.08	17.7±0.2	<1.5	<1.6	<1.4	<1.6	<93	<1.7	<1.6	
	XPLDB150304	北溪水库	50.4	0.19±0.07	0.060±0.016	0.24±0.08	7.49±0.10	<1.4	<1.5	<1.4	<1.4	<89	<1.6	<1.6	
	XPLDB150305	长春镇往大京 村路边河水	51.4	0.12±0.06	0.066±0.013	0.26±0.08	7.25±0.10	<1.8	<1.7	<1.6	<1.8	<92	<1.8	<1.7	
	测量值范围				0.089~0.19	0.031~0.074	0.22~0.26	7.25~17.7							
	测量值均值				0.13±0.04	0.060±0.018	0.24±0.02	11.7±4.6							

注：总 α、总 β 分析用量为 2.0 L/样，⁹⁰Sr 分析用量与 γ 谱相同；³H 分析用量为 8.0 mL 浓集液/样。

表 3.1-20 底泥样品测量结果（一）

单位：Bq/kg

样品编号	点位名称	γ 谱分析 用量(g)	U-238	Th-232	Ra-226	K-40	Cs-137	总 α	总 β	Sr-90
XPLDN150301-1	亭下溪村	297.2	62.7±5.2	73.4±1.1	50.9±0.6	(1.39±0.01)×10 ³	0.78±0.17	(1.28±0.13)×10 ³	(1.49±0.04)×10 ³	2.74±0.12
XPLDN150301-2	亭下溪村	294.0	63.7±5.0	72.8±1.1	45.6±0.6	(1.29±0.01)×10 ³	0.89±0.18	(1.26±0.13)×10 ³	(1.41±0.04)×10 ³	3.06±0.19
XPLDN150302*	棋盘山水库	233.6	100±4	97.1±1.9	86.3±1.2	865±10	<0.93	(1.86±0.15)×10 ³	(1.24±0.04)×10 ³	0.71±0.10
XPLDN150303	长门村往天堂公路边水库	270.0	84.5±5.2	81.8±1.2	66.6±0.8	932±7	1.54±0.18	(1.56±0.14)×10 ³	(1.41±0.05)×10 ³	0.96±0.12
XPLDN150304*	北溪水库	203.1	83.4±3.6	102±2	64.8±1.1	782±10	2.08±0.29	(1.47±0.14)×10 ³	(1.30±0.04)×10 ³	0.64±0.10
XPLDN150305*	长春镇往大京村路边河水	332.19	31.3±2.0	43.2±1.2	31.1±0.6	960±8	1.12±0.20	907±106	(1.09±0.04)×10 ³	1.57±0.13
测量值范围			31.3~100	43.2~102	31.3~86.3	782~1.39×10 ³	<LLD~2.08	907~1.86×10 ³	(1.09~1.49)×10 ³	0.64~3.06
测量值均值			70.9±24.0	78.4±21.1	57.6±19.3	(1.04±0.25)×10 ³	1.28±0.54	(1.39±0.33)×10 ³	(1.32±0.15)×10 ³	1.61±1.06

注：总α、总β分析用量为0.2 g/样，⁹⁰Sr的分析用量为~30 g/样；标*样品测量用γ谱仪器型号为GR3019，其余样品测量用γ谱仪器型号为GMX50-S。

表 3.1-21 底泥样品测量结果（二）

单位：Bq/kg

样品编号	点位名称	γ 谱分析用量(g)	Na-22	Mn-54	Co-58	Co-60	I-131	Cs-134
XPLDN150301-1	亭下溪村	297.2	<0.61	<0.50	<0.44	<0.62	<0.49	<0.50
XPLDN150301-2	亭下溪村	294.0	<0.61	<0.48	<0.45	<0.63	<0.50	<0.49
XPLDN150302*	棋盘山水库	233.6	<1.3	<1.3	<1.2	<1.4	<1.3	<1.1
XPLDN150303	长门村往天堂公路边水库	270.0	<0.60	<0.52	<0.45	<0.60	<0.52	<0.54
XPLDN150304*	北溪水库	203.1	<1.4	<1.3	<1.2	<1.8	<1.0	<1.1
XPLDN150305*	长春镇往大京村路边河水	332.19	<0.95	<0.83	<0.77	<1.1	<0.65	<0.71

注：标*样品测量用 γ 谱仪器型号为 GR3019，其余样品测量用 γ 谱仪器型号为 GMX50-S。

表 3.1-22 海水样品测量结果

单位：mBq/L

样品编号	点位	γ 谱分析 用量(L)	总 β (Bq/L)	H-3 (Bq/L)	Sr-90	Cs-137	总 α (Bq/L)	Na-22	Mn-54	Co-58	Co-60	Ru-106	I-131	Cs-134
XPHHS150301-1	取水口 1	53.1	9.02±0.39	0.27±0.08	2.57±0.09	1.52±0.30	<3.0	<0.94	<0.95	<0.83	<1.1	<7.6	<93	<0.85
XPHHS150301-2	取水口 1	51.2	9.27±0.39	0.32±0.08	2.00±0.13	1.64±0.29	<3.2	<1.0	<0.92	<0.87	<1.1	<8.3	<92	<0.94
XPHHS150302	取水口 2	52.1	8.06±0.36	0.46±0.08	2.12±0.15	1.65±0.24	<2.8	<1.1	<0.94	<0.86	<1.1	<7.8	<94	<0.90
XPHHS150303	排水口 1	52.5	8.25±0.33	0.39±0.08	2.01±0.09	1.73±0.32	<2.8	<0.97	<0.91	<0.84	<1.0	<7.7	<90	<0.89
XPHHS150304	排水口 2	53.4	8.45±0.35	0.30±0.08	2.26±0.10	1.46±0.29	<2.9	<0.98	<0.88	<0.81	<1.0	<7.8	<93	<0.86
XPHHS150305	养殖场 1	51.6	9.04±0.37	0.23±0.08	1.68±0.12	1.56±0.30	<2.9	<1.0	<0.94	<0.85	<1.0	<8.1	<91	<0.91
XPHHS150306	养殖场 2	52.6	9.02±0.27	0.30±0.08	1.87±0.10	1.42±0.20	<2.1	<0.96	<0.91	<0.86	<1.0	<7.9	<92	<0.88
XPHHS150307	东吾洋	51.8	7.11±0.23	0.30±0.08	2.03±0.10	1.69±0.26	<1.9	<1.0	<0.93	<0.90	<1.0	<8.5	<92	<0.93
测量值范围			7.11~9.27	0.23~0.46	1.68~2.57	1.42~1.73								
测量值均值			8.53±0.72	0.32±0.08	2.07±0.27	1.58±0.12								

注：总 α、总 β 分析用量为 50 mL/样，⁹⁰Sr 分析用量与 γ 谱相同；³H 分析用量为 8.0 mL 浓集液/样。

表 3.1-23 海洋沉积物样品测量结果（一）

单位：Bq/kg

样品编号	点位名称	γ 谱分析用量(g)	U-238	Th-232	Ra-226	K-40	Cs-137	总 α	总 β	Sr-90
XPHCJ150301	取水口 1	219.58	43.8±3.4	57.2±1.1	26.9±0.6	855±7	3.01±0.19	778±102	(1.01±0.04)×10 ³	0.96±0.11
XPHCJ150302	排水口 1	229.16	34.3±3.3	58.9±1.1	27.5±0.5	896±7	2.57±0.19	971±111	993±32	0.77±0.13
XPHCJ150303	养殖场 1	262.26	43.2±3.9	62.4±1.0	28.3±0.5	895±6	1.43±0.17	858±106	(1.14±0.04)×10 ³	1.76±0.11
XPHCJ150304	养殖场 2	224.80	37.5±3.5	53.5±1.1	28.4±0.5	869±7	3.12±0.19	619±43	(1.01±0.02)×10 ³	1.00±0.12
XPHCJ150305	东吾洋	240.80	49.8±3.9	67.2±1.1	33.6±0.6	916±7	1.20±0.18	813±47	(1.01±0.02)×10 ³	0.81±0.12
测量值范围			34.3~49.8	53.5~67.2	26.9~33.6	855~916	1.20~3.12	619~971	993~1.14×10 ³	0.77~1.76
测量值均值			41.7±6.1	59.8±5.3	28.9±2.7	886±25	2.27±0.90	808±129	(1.03±0.07)×10 ³	1.06±0.41

注：总 α、总 β 分析用量为 0.2 g/样，⁹⁰Sr 的分析用量为~30 g/样。

表 3.1-24 海洋沉积物样品测量结果（二）

单位：Bq/kg

样品编号	点位名称	γ 谱分析用量(g)	Na-22	Mn-54	Co-58	Co-60	I-131	Cs-134
XPHCJ150301	取水口 1	219.58	<0.62	<0.51	<0.44	<0.64	<0.52	<0.53
XPHCJ150302	排水口 1	229.16	<0.61	<0.52	<0.45	<0.61	<0.50	<0.53
XPHCJ150303	养殖场 1	262.26	<0.56	<0.47	<0.41	<0.58	<0.48	<0.49
XPHCJ150304	养殖场 2	224.80	<0.60	<0.49	<0.46	<0.63	<0.50	<0.53
XPHCJ150305	东吾洋	240.80	<0.61	<0.51	<0.44	<0.58	<0.50	<0.53

表 3.1-25 项目主要仪器和设备检定情况表

序号	仪器设备名称	型号规格	最近检定日期	检定证书号	检定周期
1	HPGe γ 谱仪	GC3519	2014.8.15	GFJGJL1005140001002	二年
2	HPGe γ 谱仪	GR3019	2014.8.17	GFJGJL1005140001001	二年
3	反康 γ 谱仪	GMX-50S	2014.8.15	GFJGJL1005140001003	二年
4	低水平液闪谱仪	Tri-carb3170TR/SL	2014.6.19	GFJGJL1005140000524	二年
5	α/β 测量仪	LB770	2015.6.10	校字第[2015]-D005	二年
6	α/β 测量仪	FJ-2600	2015.6.10	校字第[2015]-D006	二年
7	分析天平	MS104S	2015.4.8	(2015)天字 08 号	一年

表 3.1-26 调查中使用的放射性标准物质

序号	名称	来源	证书号/编号	用途
1	^{241}Am , ^{40}K 粉末标准源	中国计量院	Fspa2000-12072	总 α , 总 β 测量
2	点源系列	英国 AMERSHAM	QCRI	γ 谱仪刻度
3	土壤放射性参考物质	美国 EML	QAP-9803	γ 谱测量
4	土壤放射性参考物质	美国 RESL	MAPEPEP-99-S6	γ 谱测量
5	沉积物放射性参考物质	IAEA	IAEA-384	γ 谱测量
6	放射性水溶液参考物质	美国 RESL	MAPEPEP-97-W5	γ 谱测量

表 3.1-27 掺标样品的分析结果

核素名称	XPLTR150309			XPLY150303		
	参考值 (Bq/kg)	测量值 (Bq/kg)	相对标准 偏差(%)	参考值 (Bq/kg)	测量值 (Bq/kg)	相对标准 偏差(%)
Sr-90	35.8	34.3	-4.19	54.3	55.6	2.39
Co-60	76.7	78.0	1.69	43.6	42.4	-2.75
Cs-134	79.8	79.7	-0.13	90.8	87.0	-4.19
Cs-137	58.2	58.7	0.86	66.2	70.1	5.89
H-3	-	-	-	398	388	-2.51

表 3.1-28 土壤平行样品测量结果

单位：Bq/kg

样品编号	点位名称	U-238	Th-232	Ra-226	K-40	Cs-137	Sr-90
XPLTR150302-1	气象站	35.7	48.4	25.6	902	4.80	1.13
XPLTR150302-2	气象站	35.3	50.2	25.2	897	3.03	1.00
相对标准偏差（%）		1.13	3.65	1.57	0.56	45.2	12.2

表 3.1-29 饮水平行样品测量结果

水体类型	样品编号	点位名称	总 α (Bq/L)	总 β (Bq/L)	H-3 (Bq/L)	Sr-90 (mBq/L)
饮用水	XPLYYY150301-1	长门村	0.099	0.053	0.22	5.12
	XPLYYY150301-2	长门村	0.082	0.050	0.23	4.35
相对标准偏差（%）			18.8	5.83	4.44	16.3

表 3.1-30 底泥平行样品测量结果

单位：Bq/kg

样品编号	U-238	Th-232	Ra-226	K-40	Cs-137	总 α	总 β	Sr-90	
XPLDN150301-1	62.7	73.4	50.9	1.39×10 ³	0.78	1.28×10 ³	1.49×10 ³	2.74	
XPLDN150301-2	63.7	72.8	45.6	1.29×10 ³	0.89	1.26×10 ³	1.41×10 ³	3.06	
相对标准偏差(%)		1.58	0.82	11.0	7.46	13.2	1.57	5.52	11.0

表 3.1-31 海水平行样品测量结果

样品编号	点位	总 β(Bq/L)	H-3(Bq/L)	Sr-90(mBq/L)	Cs-137(mBq/L)
XPHHS150301-1	取水口 1	9.02	0.27	2.57	1.52
XPHHS150301-2	取水口 1	9.27	0.32	2.00	1.64
相对标准偏差(%)		2.73	16.9	24.9	7.59

表 3.2-1 环境空气污染物基本项目浓度限值

单位：mg/m³（标准状态）

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫（SO ₂ ）	年平均	20	60	μg/m ³
		24小时平均	50	150	
		1小时平均	150	500	
2	二氧化氮（NO ₂ ）	年平均	40	40	
		24小时平均	80	80	
		1小时平均	200	200	
3	一氧化碳（CO）	24小时平均	4	4	mg/m ³
		1小时平均	10	10	
4	臭氧（O ₃ ）	日最大8小时平均	100	160	μg/m ³
		1小时平均	160	200	
5	颗粒物 （粒径小于等于10μm）	年平均	40	70	
		24小时平均	50	150	
6	颗粒物 （粒径小于等于2.5μm）	年平均	15	35	
		24小时平均	35	75	

表 3.2-2 环境噪声限值 单位：dB（A）

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

表 3.2-3 电磁辐射监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度测量仪	电磁场强测量仪
型号	SMP160	TES-593
频率响应	5Hz~100kHz	100kHz~3GHz
分辨率	0.001V/m, 1nT	0.01V/m
测量灵敏度/准确度	0.01V/m, 1nT	0.3V/m
计量标定标号	XDdj2019-3314	XDdj2019-3269
有效期	2020年11月19日	2020年7月15日

表 3.2-4 厂区内电磁辐射监测点设置情况

编号	监测点名称	编号	监测点名称	编号	监测点名称
1	厂界东	6	华能 3、4 号机组中心	11	大修中心
2	厂界南	7	中核项目 1、2 号机组中心	12	调试检修楼
3	厂界西	8	综合办公楼	13	大件码头
4	厂界北	9	应急指挥中心	/	/
5	华能 1、2 号机组中心	10	保安楼	/	/

表 3.2-5 开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
华能 500kV 出线开关站	东、南、西、北围墙外 5m 处 监测工频电场、工频磁场强度 和射频电场强度。	14~17
华能应急 220kV 开关站		18~21
中核项目 220kV 出线开关站		22~25
中核项目应急 220kV 开关站		26~29

表 3.2-6 主变压器监测点编号一览表

监测点名称	中核项目 1#主变压器	拟建中核项目 2#主变压器	拟建华能 1#主变压器	拟建华能 2#主变压器	拟建华能 3#主变压器	拟建华能 4#主变压器	拟建华能 应急 220kV 主变压器	拟建中核项目 应急 220kV 主变压器
监测点编号	A1-A11	B1-B11	C1-C11	D1-D11	E1-E11	F1-F11	G1-G11	H1-H11

表 3.2-7 输电线路监测点设置情况

输电线路名称	编号
拟建华能 500kV 出线输电线路	P1-1~P1-28
拟建华能应急 220kV 输电线路	P2-1~P2-28
拟建中核项目 220kV 出线输电线路	P3-1~P3-28
拟建中核项目应急 220kV 输电线路	P4-1~P4-28
中核 10kV 施工电源 9#	P5-1~P5-28
天堂村山道 110kV 输电线	P6-1~P6-28
岚华线 110KV 输电线路	P7-1~P7-28

表 3.2-8 厂区外监测点设置情况

编号	名称	编号	名称
▼30	天堂村	▼53	核电站南侧基站东侧
▼31	长门村	▼54	核电站南侧基站东北侧
▼32	渔家地村	▼55	核电站南侧基站北侧
▼33	渔家地村基站南侧	▼56	核电站南侧基站西北侧
▼34	渔家地村东边 5-1 号	▼57	核电站南侧基站西侧
▼35	渔家地村东边 5 号	▼58	核电站南侧基站西南侧
▼36	长门村宫边路 33 号 3 楼	▼59	核电站南侧基站南侧
▼37	长门村宫边路 27 号 2 楼	▼60	核电站南侧基站东南侧
▼38	长门村宫边路 26 号东侧空地	▼61	站外基站 1 西侧 80m 处
▼39	长门村宫边路 20 号 3 楼	▼62	站外基站 1 南侧 56m 处
▼40	核电站北侧基站西南侧	▼63	站外基站 1 东侧 50m 处
▼41	核电站北侧基站西侧	▼64	站外基站 1 北侧 104m 处
▼42	核电站北侧基站西北侧	▼65	站外基站 1 南侧 117m 处
▼43	核电站北侧基站北侧	▼66	站外基站 1 南侧 165m 处
▼44	核电站北侧基站东北侧	▼67	站外基站 1 西侧 125m 处
▼45	核电站北侧基站东侧	▼68	站外基站 1 北侧 153m 处
▼46	核电站北侧基站东南侧	▼69	站外基站 2 西侧 248m 处
▼47	核电站北侧基站南侧	▼70	站外基站 2 西侧 180m 处
▼48	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站西南界外 5m	▼71	站外基站 2 西侧 64m 处
▼49	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站西北界外 5m	▼72	站外基站 2 东侧 75m 处
▼50	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站东北界外 5m	▼73	站外基站 2 东侧 194m 处
▼51	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站东南界外 5m	▼74	站外基站 2 东北侧 87m 处
▼52	天堂村拟建基站		

表 3.2-9 厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (W/m^2)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
1	厂界东	12月5日 11:24	0.43	0.007	0.0005	15.6	74	99.8	2.9	东北	晴
2	厂界南	12月5日 11:56	0.45	0.007	0.0007	15.8	70	99.8	3.2	东北	晴
3	厂界西	12月7日 14:44	0.42	0.009	0.0009	15.1	48	99.9	1.8	东北	晴
4	厂界北	12月5日 10:38	0.54	0.009	0.001	15.4	72	100.0	2.8	东北	晴
5	华能 1、2 号机组中心	12月5日 11:47	0.62	0.007	0.0011	15.8	70	99.8	2.2	东北	晴
6	华能 3、4 号机组中心	12月5日 12:10	0.53	0.009	0.0011	15.9	68	99.8	1.7	东北	晴
7	中核项目 1、2 号机组中心	12月5日 11:13	0.59	0.014	0.0009	15.3	74	99.9	2.3	东北	晴
8	综合办公楼	12月5日 10:43	0.86	0.008	0.001	15.3	71	100.0	2.8	东北	晴
9	应急指挥中心	12月5日 12:21	1.27	0.009	0.0012	15.8	70	99.8	2.2	东北	晴
10	保安楼	12月5日 12:28	0.51	0.007	0.0005	15.9	72	99.8	3.1	东北	晴
11	大修中心	12月8日 11:17	448.72	0.05	0.0027	13.2	68	99.9	1.6	东北	晴
12	调试检修楼	12月7日 14:51	0.57	0.01	0.0008	15	48	99.9	3.1	东北	晴
13	大件码头	12月7日 9:36	0.83	0.008	0.0012	10.6	75	100.8	2.3	东北	晴

表 3.2-10 开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (W/m^2)	温度($^{\circ}\text{C}$)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
14	华能 500kV 出线开关站东围墙外 5m	12月7日 11:53	1.22	0.009	0.0006	13.3	62	99.8	3.0	东北	晴
15	华能 500kV 出线开关站南围墙外 5m	12月7日 11:50	0.67	0.008	0.0005	13.3	62	99.8	2.7	东北	晴
16	华能 500kV 出线开关站西围墙外 5m	12月7日 12:00	0.82	0.008	0.0006	13.3	62	99.8	3.2	东北	晴
17	华能 500kV 出线开关站北围墙外 5m	12月7日 11:56	0.92	0.008	0.0007	13.3	62	99.8	2.9	东北	晴
18	华能应急 200kV 开关站东围墙外 5m	12月7日 11:23	0.63	0.008	0.0007	13.2	62	99.8	3.2	东北	晴
19	华能应急 200kV 开关站南围墙外 5m	12月7日 11:27	0.67	0.008	0.0006	13.2	62	99.8	2.9	东北	晴
20	华能应急 200kV 开关站西围墙外 5m	12月7日 11:31	0.72	0.008	0.0007	13.2	62	99.8	3.2	东北	晴
21	华能应急 200kV 开关站北围墙外 5m	12月7日 11:34	0.78	0.008	0.0008	13.2	62	99.8	2.8	东北	晴
22	中核项目 220kV 出线开关站东围墙外 5m	12月8日 15:16	0.63	0.008	0.0008	16.2	60	100.1	1.7	东北	晴
23	中核项目 220kV 出线开关站南围墙外 5m	12月8日 15:10	0.63	0.008	0.0009	16.2	60	100.1	1.6	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (W/m^2)	温度($^{\circ}\text{C}$)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
24	中核项目 220kV 出线开关站西围墙外 5m	12月8日 15:25	0.63	0.008	0.0007	16.2	60	100.1	1.8	东北	晴
25	中核项目 220kV 出线开关站北围墙外 5m	12月8日 15:21	0.69	0.008	0.0007	16.2	60	100.1	2.4	东北	晴
26	中核项目应急 220kV 开关站东围墙外 5m	12月8日 14:43	0.59	0.008	0.0008	16.8	54	100.1	3.1	东北	晴
27	中核项目应急 220kV 开关站南围墙外 5m	12月8日 14:47	0.74	0.008	0.0006	16.8	55	100.1	2.5	东北	晴
28	中核项目应急 220kV 开关站西围墙外 5m	12月8日 14:35	0.83	0.008	0.0008	16.9	55	100.1	1.9	东北	晴
29	中核项目应急 220kV 开关站北围墙外 5m	12月8日 14:39	0.71	0.008	0.0007	16.9	55	100.1	2.9	东北	晴

表 3.2-11 主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度 ($^{\circ}$ C)	湿度 (%)	大气压(kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
中核项目 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
A1	中核项目 1#主变压器 A1-南向 0m	12月7日 16:16	0.86	0.008	13.9	58	100.9	2.8	东北	晴
A2	中核项目 1#主变压器 A2-南向 5m	12月7日 16:18	0.84	0.008	13.9	58	100.9	1.7	东北	晴
A3	中核项目 1#主变压器 A3-南向 10m	12月7日 16:19	0.85	0.009	13.8	59	100.9	1.8	东北	晴
A4	中核项目 1#主变压器 A4-南向 15m	12月7日 16:21	0.79	0.008	13.8	59	100.9	1.8	东北	晴
A5	中核项目 1#主变压器 A5-南向 20m	12月7日 16:22	0.75	0.008	13.7	60	100.9	1.6	东北	晴
A6	中核项目 1#主变压器 A6-南向 25m	12月7日 16:24	0.72	0.009	13.7	60	100.9	3.1	东北	晴
A7	中核项目 1#主变压器 A7-南向 30m	12月7日 16:25	0.70	0.009	13.7	61	100.9	2.9	东北	晴
A8	中核项目 1#主变压器 A8-南向 35m	12月7日 16:27	0.65	0.008	13.7	61	100.9	3.2	东北	晴
A9	中核项目 1#主变压器 A9-南向 40m	12月7日 16:28	0.65	0.008	13.6	62	100.9	2.6	东北	晴
A10	中核项目 1#主变压器 A10-南向 45m	12月7日 16:30	0.78	0.008	13.5	62	100.9	1.7	东北	晴
A11	中核项目 1#主变压器 A11-南向 50m	12月7日 16:31	0.86	0.008	13.4	62	100.9	2.0	东北	晴
拟建中核项目 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
B1	拟建中核项目 2#主变压器 B1-南向 0m	12月7日 15:58	0.63	0.007	14.2	56	100.8	1.9	东北	晴
B2	拟建中核项目 2#主变压器 B2-南向 5m	12月7日 15:59	0.59	0.007	14.2	56	100.8	1.7	东北	晴
B3	拟建中核项目 2#主变压器 B3-南向 10m	12月7日 16:00	0.60	0.008	14.1	56	100.8	2.6	东北	晴
B4	拟建中核项目 2#主变压器 B4-南向 15m	12月7日 16:02	0.53	0.008	14.1	56	100.8	2.4	东北	晴
B5	拟建中核项目 2#主变压器 B5-南向 20m	12月7日 16:03	0.52	0.008	14.1	56	100.8	1.8	东北	晴
B6	拟建中核项目 2#主变压器 B6-南向 25m	12月7日 16:05	0.47	0.007	14.1	57	100.8	3.0	东北	晴
B7	拟建中核项目 2#主变压器 B7-南向 30m	12月7日 16:06	0.52	0.008	14.1	57	100.8	1.7	东北	晴
B8	拟建中核项目 2#主变压器 B8-南向 35m	12月7日 16:08	0.52	0.008	14	57	100.8	1.7	东北	晴
B9	拟建中核项目 2#主变压器 B9-南向 40m	12月7日 16:09	0.51	0.007	14	57	100.8	2.8	东北	晴
B10	拟建中核项目 2#主变压器 B10-南向 45m	12月7日 16:11	0.44	0.007	14	57	100.8	3.3	东北	晴
B11	拟建中核项目 2#主变压器 B11-南向 50m	12月7日 16:12	0.42	0.007	14	58	100.8	1.6	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%)	大气压(kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
拟建华能 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
C1	拟建华能 1#主变压器 C1-南向 0m	12月7日 15:37	0.46	0.006	14.6	53	100.5	2.5	东北	晴
C2	拟建华能 1#主变压器 C2-南向 5m	12月7日 15:38	0.51	0.006	14.5	54	100.5	3.3	东北	晴
C3	拟建华能 1#主变压器 C3-南向 10m	12月7日 15:40	0.54	0.007	14.5	54	100.5	2.5	东北	晴
C4	拟建华能 1#主变压器 C4-南向 15m	12月7日 15:41	0.55	0.006	14.5	54	100.5	2.9	东北	晴
C5	拟建华能 1#主变压器 C5-南向 20m	12月7日 15:43	0.55	0.006	14.5	54	100.6	2.5	东北	晴
C6	拟建华能 1#主变压器 C6-南向 25m	12月7日 15:44	0.62	0.006	14.4	55	100.6	3.3	东北	晴
C7	拟建华能 1#主变压器 C7-南向 30m	12月7日 15:46	0.58	0.007	14.4	55	100.6	3.2	东北	晴
C8	拟建华能 1#主变压器 C8-南向 35m	12月7日 15:47	0.54	0.007	14.4	55	100.6	2.6	东北	晴
C9	拟建华能 1#主变压器 C9-南向 40m	12月7日 15:49	0.49	0.007	14.4	55	100.6	2.8	东北	晴
C10	拟建华能 1#主变压器 C10-南向 45m	12月7日 15:50	0.51	0.007	14.3	55	100.6	1.7	东北	晴
C11	拟建华能 1#主变压器 C11-南向 50m	12月7日 15:52	0.53	0.007	14.3	55	100.6	2.4	东北	晴
拟建华能 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
D1	拟建华能 2#主变压器 D1-南向 0m	12月7日 15:16	0.51	0.007	14.8	48	100.5	2.3	东北	晴
D2	拟建华能 2#主变压器 D2-南向 5m	12月7日 15:18	0.51	0.007	14.8	48	100.5	3.0	东北	晴
D3	拟建华能 2#主变压器 D3-南向 10m	12月7日 15:19	0.54	0.006	14.8	48	100.5	1.6	东北	晴
D4	拟建华能 2#主变压器 D4-南向 15m	12月7日 15:21	0.55	0.006	14.8	49	100.5	3.0	东北	晴
D5	拟建华能 2#主变压器 D5-南向 20m	12月7日 15:22	0.52	0.006	14.7	50	100.5	3.0	东北	晴
D6	拟建华能 2#主变压器 D6-南向 25m	12月7日 15:24	0.50	0.007	14.7	50	100.5	1.9	东北	晴
D7	拟建华能 2#主变压器 D7-南向 30m	12月7日 15:25	0.56	0.007	14.7	50	100.5	2.6	东北	晴
D8	拟建华能 2#主变压器 D8-南向 35m	12月7日 15:27	0.48	0.007	14.7	51	100.5	2.1	东北	晴
D9	拟建华能 2#主变压器 D9-南向 40m	12月7日 15:28	0.53	0.006	14.7	52	100.5	2.9	东北	晴
D10	拟建华能 2#主变压器 D10-南向 45m	12月7日 15:30	0.57	0.006	14.6	52	100.5	2.3	东北	晴
D11	拟建华能 2#主变压器 D11-南向 50m	12月7日 15:32	0.57	0.006	14.6	52	100.5	2.2	东北	晴
拟建华能 3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%)	大气压(kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
E1	拟建华能 3#主变压器 E1-南向 0m	12月7日 10:58	0.63	0.007	11.7	61	100.3	2.5	东北	晴
E2	拟建华能 3#主变压器 E2-南向 5m	12月7日 11:00	0.62	0.007	11.7	61	100.3	1.9	东北	晴
E3	拟建华能 3#主变压器 E3-南向 10m	12月7日 11:02	0.59	0.007	11.8	61	100.3	3.0	东北	晴
E4	拟建华能 3#主变压器 E4-南向 15m	12月7日 11:03	0.58	0.008	11.8	61	100.3	2.5	东北	晴
E5	拟建华能 3#主变压器 E5-南向 20m	12月7日 11:05	0.58	0.007	11.9	61	100.3	3.2	东北	晴
E6	拟建华能 3#主变压器 E6-南向 25m	12月7日 11:07	0.53	0.008	11.9	61	100.3	1.6	东北	晴
E7	拟建华能 3#主变压器 E7-南向 30m	12月7日 11:09	0.5	0.008	11.9	61	100.3	2.6	东北	晴
E8	拟建华能 3#主变压器 E8-南向 35m	12月7日 11:11	0.52	0.008	12	60	100.3	2.8	东北	晴
E9	拟建华能 3#主变压器 E9-南向 40m	12月7日 11:13	0.47	0.008	12	60	100.3	3.1	东北	晴
E10	拟建华能 3#主变压器 E10-南向 45m	12月7日 11:15	0.52	0.007	12	60	100.3	3.3	东北	晴
E11	拟建华能 3#主变压器 E11-南向 50m	12月7日 11:17	0.49	0.007	12.1	60	100.3	2.0	东北	晴
拟建华能 4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
F1	拟建华能 4#主变压器 F1-南向 0m	12月7日 14:52	0.52	0.007	15	46	100.4	2.8	东北	晴
F2	拟建华能 4#主变压器 F2-南向 5m	12月7日 14:54	0.54	0.008	15	46	100.4	1.6	东北	晴
F3	拟建华能 4#主变压器 F3-南向 10m	12月7日 14:55	0.51	0.007	15	46	100.4	3.0	东北	晴
F4	拟建华能 4#主变压器 F4-南向 15m	12月7日 14:57	0.53	0.008	15	46	100.4	2.9	东北	晴
F5	拟建华能 4#主变压器 F5-南向 20m	12月7日 14:58	0.51	0.007	14.9	46	100.4	2.6	东北	晴
F6	拟建华能 4#主变压器 F6-南向 25m	12月7日 15:00	0.52	0.008	14.9	46	100.4	2.8	东北	晴
F7	拟建华能 4#主变压器 F7-南向 30m	12月7日 15:01	0.48	0.007	14.9	46	100.4	2.2	东北	晴
F8	拟建华能 4#主变压器 F8-南向 35m	12月7日 15:03	0.58	0.008	14.9	46	100.4	2.4	东北	晴
F9	拟建华能 4#主变压器 F9-南向 40m	12月7日 15:04	0.51	0.008	14.9	46	100.4	2.6	东北	晴
F10	拟建华能 4#主变压器 F10-南向 45m	12月7日 15:06	0.57	0.007	14.9	46	100.4	3.0	东北	晴
F11	拟建华能 4#主变压器 F11-南向 50m	12月7日 15:07	0.53	0.007	14.9	46	100.4	2.1	东北	晴
拟建华能应急 220kV 主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
G1	拟建华能应急 220KV 主变压器 G1-南向 0m	12月7日 12:10	0.70	0.008	13.2	60	99.9	3.0	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%)	大气压(kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
G2	拟建华能应急 220KV 主变压器 G2-南向 5m	12月7日 12:12	0.74	0.008	13.2	60	99.9	2.6	东北	晴
G3	拟建华能应急 220KV 主变压器 G3-南向 10m	12月7日 12:14	0.72	0.007	13.2	60	99.9	1.9	东北	晴
G4	拟建华能应急 220KV 主变压器 G4-南向 15m	12月7日 12:16	0.74	0.007	13.3	60	99.9	3.0	东北	晴
G5	拟建华能应急 220KV 主变压器 G5-南向 20m	12月7日 12:17	0.67	0.006	13.3	60	99.9	2.7	东北	晴
G6	拟建华能应急 220KV 主变压器 G6-南向 25m	12月7日 12:19	0.63	0.006	13.3	60	99.9	3.2	东北	晴
G7	拟建华能应急 220KV 主变压器 G7-南向 30m	12月7日 12:21	0.63	0.007	13.4	59	99.9	1.7	东北	晴
G8	拟建华能应急 220KV 主变压器 G8-南向 35m	12月7日 12:23	0.55	0.008	13.4	59	99.9	1.7	东北	晴
G9	拟建华能应急 220KV 主变压器 G9-南向 40m	12月7日 12:25	0.63	0.006	13.4	59	99.9	3.3	东北	晴
G10	拟建华能应急 220KV 主变压器 G10-南向 45m	12月7日 12:27	0.62	0.007	13.5	58	99.9	1.9	东北	晴
G11	拟建华能应急 220KV 主变压器 G11-南向 50m	12月7日 12:29	0.60	0.006	13.5	58	99.9	3.3	东北	晴
拟建中核项目应急 220kV 主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
H1	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H1-南向 0m	12月8日 14:52	0.54	0.007	17.2	55	100.2	3.2	东北	晴
H2	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H2-南向 5m	12月8日 14:54	0.52	0.006	17.5	58	100.2	3.3	东北	晴
H3	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H3-南向 10m	12月8日 14:55	0.55	0.008	17.3	56	100.2	2.0	东北	晴
H4	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H4-南向 15m	12月8日 14:57	0.48	0.008	17.2	54	100.2	1.7	东北	晴
H5	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H5-南向 20m	12月8日 14:58	0.65	0.007	17.4	52	100.2	1.6	东北	晴
H6	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H6-南向 25m	12月8日 15:00	0.57	0.007	17.2	58	100.2	3.0	东北	晴
H7	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H7-南向 30m	12月8日 15:01	0.68	0.008	17.1	57	100.2	1.9	东北	晴
H8	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H8-南向 35m	12月8日 15:03	0.62	0.008	17.2	58	100.2	2.0	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压(kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
H9	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H9-南向 40m	12月8日 15:04	0.54	0.007	17.5	57	100.2	3.3	东北	晴
H10	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H10-南向 45m	12月8日 15:06	0.51	0.008	17.2	58	100.2	1.7	东北	晴
H11	拟建中核项目应急 220KV 主变压器 H11-南向 50m	12月8日 15:07	0.56	0.007	17.3	58	100.2	2.9	东北	晴

表 3.2-12 输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (℃)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
华能 500kV 输电线路 (P1 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P1-1	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 0mP1-1	12 月 9 日 14:03	0.65	0.008	16.2	58	100.2	1.9	西北	晴
P1-2	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 5mP1-2	12 月 9 日 14:05	0.62	0.007	16.3	58	100.2	2.8	西北	晴
P1-3	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 10mP1-3	12 月 9 日 14:06	0.61	0.006	16.4	58	100.2	1.7	西北	晴
P1-4	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 15mP1-4	12 月 9 日 14:08	0.60	0.007	16.4	55	100.2	2.8	西北	晴
P1-5	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 20mP1-5	12 月 9 日 14:09	0.62	0.007	16.2	58	100.2	2.5	西北	晴
P1-6	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 25mP1-6	12 月 9 日 14:10	0.62	0.007	16.3	56	100.2	2.2	西北	晴
P1-7	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 30mP1-7	12 月 9 日 14:12	0.60	0.007	16.2	58	100.2	2.0	西北	晴
P1-8	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 35mP1-8	12 月 9 日 14:13	0.61	0.007	16.5	54	100.2	1.6	西北	晴
P1-9	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 40mP1-9	12 月 9 日 14:15	0.64	0.007	16.2	58	100.2	3.0	西北	晴
P1-10	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 45mP1-10	12 月 9 日 14:16	0.72	0.007	16.3	57	100.2	3.3	西北	晴
P1-11	华能 500kV 出线输电线路垂直方向东向 50mP1-11	12 月 9 日 14:18	0.86	0.008	16.2	56	100.2	1.7	西北	晴
P1-12	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 0mP1-12	12 月 9 日 14:21	0.58	0.007	15.9	56	100.3	2.5	西北	晴
P1-13	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 5mP1-13	12 月 9 日 14:23	0.60	0.007	15.9	56	100.3	1.8	西北	晴
P1-14	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 10mP1-14	12 月 9 日 14:24	0.57	0.008	15.9	56	100.3	2.8	西北	晴
P1-15	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 15mP1-15	12 月 9 日 14:26	0.57	0.007	15.9	56	100.3	2.3	西北	晴
P1-16	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 20mP1-16	12 月 9 日 14:27	0.59	0.006	16.1	55	100.3	2.3	西北	晴
P1-17	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 25mP1-17	12 月 9 日 14:29	0.60	0.007	15.9	55	100.3	3.1	西北	晴
P1-18	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 30mP1-18	12 月 9 日 14:30	0.61	0.006	16	56	100.3	2.0	西北	晴
P1-19	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 35mP1-19	12 月 9 日 14:32	0.61	0.007	15.9	56	100.3	2.0	西北	晴
P1-20	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 40mP1-20	12 月 9 日 14:33	0.60	0.007	16	57	100.3	2.7	西北	晴
P1-21	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 45mP1-21	12 月 9 日 14:35	0.59	0.008	16.1	57	100.3	3.3	西北	晴
P1-22	华能 500kV 出线输电线路垂直方向西向 50mP1-22	12 月 9 日 14:36	0.58	0.008	15.9	56	100.3	3.1	西北	晴
P1-23	华能 500kV 出线输电线路平行方向东向 0mP1-23	12 月 9 日 14:46	0.58	0.007	15.6	58	100.4	1.8	西北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度(°C)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P1-24	华能 500kV 出线输电线路平行方向东向 10mP1-24	12月9日 14:48	0.58	0.007	15.6	57	100.4	1.6	西北	晴
P1-25	华能 500kV 出线输电线路平行方向东向 20mP1-25	12月9日 14:50	0.61	0.008	15.7	57	100.4	2.9	西北	晴
P1-26	华能 500kV 出线输电线路平行方向西向 0mP1-26	12月9日 14:39	0.59	0.007	15.5	58	100.4	1.9	西北	晴
P1-27	华能 500kV 出线输电线路平行方向西向 10mP1-27	12月9日 14:41	0.58	0.006	15.9	56	100.4	1.6	西北	晴
P1-28	华能 500kV 出线输电线路平行方向西向 20mP1-28	12月9日 14:43	0.60	0.008	15.6	58	100.4	3.2	西北	晴
华能应急 220KV 输电线路（P2 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P2-1	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 0mP2-1	12月9日 14:52	0.59	0.007	15.1	56	100.5	2.9	西北	晴
P2-2	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 5mP2-2	12月9日 14:54	0.59	0.007	15.2	56	100.5	2.1	西北	晴
P2-3	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 10mP2-3	12月9日 14:55	0.59	0.007	15.1	56	100.5	2.3	西北	晴
P2-4	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 15mP2-4	12月9日 14:57	0.59	0.006	15.2	57	100.5	2.4	西北	晴
P2-5	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 20mP2-5	12月9日 14:58	0.59	0.007	15.1	57	100.5	2.9	西北	晴
P2-6	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 25mP2-6	12月9日 15:00	0.59	0.007	14.9	56	100.5	2.4	西北	晴
P2-7	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 30mP2-7	12月9日 15:01	0.59	0.007	15.1	58	100.5	3.1	西北	晴
P2-8	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 35mP2-8	12月9日 15:03	0.59	0.007	14.9	56	100.5	2.8	西北	晴
P2-9	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 40mP2-9	12月9日 15:05	0.58	0.007	15.1	58	100.5	2.4	西北	晴
P2-10	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 45mP2-10	12月9日 15:06	0.60	0.008	15	56	100.5	1.6	西北	晴
P2-11	华能应急 220KV 输电线路垂直方向东向 50mP2-11	12月9日 15:07	0.58	0.007	15.1	57	100.5	2.6	西北	晴
P2-12	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 0mP2-12	12月9日 15:10	0.59	0.007	14.6	59	100.6	2.3	西北	晴
P2-13	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 5mP2-13	12月9日 15:11	0.60	0.007	14.5	59	100.6	2.3	西北	晴
P2-14	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 10mP2-14	12月9日 15:13	0.59	0.008	14.5	59	100.6	1.9	西北	晴
P2-15	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 15mP2-15	12月9日 15:15	0.59	0.006	14.4	57	100.6	2.8	西北	晴
P2-16	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 20mP2-16	12月9日 15:16	0.60	0.007	14.6	59	100.6	2.9	西北	晴
P2-17	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 25mP2-17	12月9日 15:18	0.59	0.007	14.4	59	100.6	3.2	西北	晴
P2-18	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 30mP2-18	12月9日 15:19	0.59	0.008	14.6	61	100.6	1.9	西北	晴
P2-19	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 35mP2-19	12月9日 15:21	0.59	0.007	14.5	59	100.6	2.4	西北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (°C)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P2-20	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 40mP2-20	12月9日 15:22	0.59	0.007	14.5	60	100.6	2.0	西北	晴
P2-21	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 45mP2-21	12月9日 15:23	0.59	0.008	14.6	59	100.6	1.9	西北	晴
P2-22	华能应急 220KV 输电线路垂直方向西向 50mP2-22	12月9日 15:25	0.59	0.007	14.6	58	100.6	2.7	西北	晴
P2-23	华能应急 220KV 输电线路平行方向东向 0mP2-23	12月9日 15:36	0.60	0.007	14.4	59	100.6	1.8	西北	晴
P2-24	华能应急 220KV 输电线路平行方向东向 10mP2-24	12月9日 15:38	0.58	0.008	14.5	59	100.6	2.9	西北	晴
P2-25	华能应急 220KV 输电线路平行方向东向 20mP2-25	12月9日 15:40	0.58	0.008	14.4	58	100.6	1.6	西北	晴
P2-26	华能应急 220KV 输电线路平行方向西向 0mP2-26	12月9日 15:28	0.58	0.007	14.5	59	100.6	2.9	西北	晴
P2-27	华能应急 220KV 输电线路平行方向西向 10mP2-27	12月9日 15:30	0.60	0.006	14.4	60	100.6	3.2	西北	晴
P2-28	华能应急 220KV 输电线路平行方向西向 20mP2-28	12月9日 15:32	0.59	0.008	14.2	61	100.6	2.4	西北	晴
中核项目 220KV 出线输电线路（P3 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-1	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 0mP3-1	12月8日 16:04	0.58	0.007	14.7	65	100.6	1.6	东北	晴
P3-2	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 5mP3-2	12月8日 16:05	0.60	0.007	14.4	66	100.6	2.4	东北	晴
P3-3	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 10mP3-3	12月8日 16:07	0.59	0.007	14.6	67	100.6	2.6	东北	晴
P3-4	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 15mP3-4	12月8日 16:08	0.61	0.007	14.5	66	100.6	2.7	东北	晴
P3-5	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 20mP3-5	12月8日 16:10	0.58	0.006	14.6	66	100.7	3.2	东北	晴
P3-6	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 25mP3-6	12月8日 16:11	0.57	0.008	14.7	67	100.7	3.2	东北	晴
P3-7	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 30mP3-7	12月8日 16:13	0.58	0.008	14.5	66	100.7	2.1	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度(°C)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P3-8	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 35mP3-8	12月8日 16:14	0.61	0.008	14.6	68	100.7	2.1	东北	晴
P3-9	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 40mP3-9	12月8日 16:16	0.59	0.007	14.7	66	100.7	1.9	东北	晴
P3-10	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 45mP3-10	12月8日 16:17	0.61	0.008	14.4	65	100.7	2.0	东北	晴
P3-11	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向东向 50mP3-11	12月8日 16:18	0.60	0.008	14.7	66	100.7	1.6	东北	晴
P3-12	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 0mP3-12	12月8日 16:21	0.61	0.007	14.2	67	100.8	2.7	东北	晴
P3-13	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 5mP3-13	12月8日 16:22	0.58	0.008	13.9	67	100.8	2.1	东北	晴
P3-14	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 10mP3-14	12月8日 16:23	0.59	0.008	14.2	65	100.8	2.0	东北	晴
P3-15	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 15mP3-15	12月8日 16:25	0.60	0.007	14.1	67	100.8	2.4	东北	晴
P3-16	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 20mP3-16	12月8日 16:26	0.58	0.008	14.2	64	100.8	2.2	东北	晴
P3-17	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 25mP3-17	12月8日 16:27	0.58	0.007	14	67	100.8	2.2	东北	晴
P3-18	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 30mP3-18	12月8日 16:29	0.61	0.007	14.1	68	100.8	3.1	东北	晴
P3-19	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 35mP3-19	12月8日 16:30	0.61	0.007	14.1	67	100.8	2.3	东北	晴
P3-20	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 40mP3-20	12月8日 16:32	0.61	0.007	14.2	69	100.8	2.4	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (°C)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P3-21	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 45mP3-21	12月8日 16:33	0.61	0.008	14.3	67	100.8	2.6	东北	晴
P3-22	中核项目 220KV 出线输电线路垂直方向西向 50mP3-22	12月8日 16:34	0.61	0.007	14.2	65	100.8	2.9	东北	晴
P3-23	中核项目 220KV 出线输电线路平行方向东向 0mP3-23	12月8日 16:44	0.62	0.007	14.1	66	100.9	2.9	东北	晴
P3-24	中核项目 220KV 出线输电线路平行方向东向 10mP3-24	12月8日 16:46	0.59	0.007	13.9	67	100.9	2.6	东北	晴
P3-25	中核项目 220KV 出线输电线路平行方向东向 20mP3-25	12月8日 16:48	0.59	0.007	14	66	100.9	3.3	东北	晴
P3-26	中核项目 220KV 出线输电线路平行方向西向 0mP3-26	12月8日 16:37	0.59	0.008	14.1	65	100.9	3.3	东北	晴
P3-27	中核项目 220KV 出线输电线路平行方向西向 10mP3-27	12月8日 16:39	0.57	0.007	14.1	66	100.9	3.1	东北	晴
P3-28	中核项目 220KV 出线输电线路平行方向西向 20mP3-28	12月8日 16:41	0.60	0.007	14.1	68	100.9	3.3	东北	晴
中核项目应急 220KV 输电线路 (P4 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P4-1	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 0mP4-1	12月8日 15:24	0.58	0.008	16.9	60	100.4	2.0	东北	晴
P4-2	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 5mP4-2	12月8日 15:25	0.58	0.007	17	61	100.4	2.2	东北	晴
P4-3	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 10mP4-3	12月8日 15:27	0.60	0.008	16.8	61	100.4	2.3	东北	晴
P4-4	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 15mP4-4	12月8日 15:28	0.57	0.007	16.9	61	100.4	2.3	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度(°C)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P4-5	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 20mP4-5	12月8日 15:30	0.58	0.006	17.2	59	100.4	1.8	东北	晴
P4-6	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 25mP4-6	12月8日 15:31	0.60	0.007	16.9	59	100.4	3.3	东北	晴
P4-7	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 30mP4-7	12月8日 15:33	0.61	0.007	16.8	60	100.4	3.1	东北	晴
P4-8	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 35mP4-8	12月8日 15:34	0.58	0.007	16.9	58	100.4	2.7	东北	晴
P4-9	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 40mP4-9	12月8日 15:36	0.58	0.006	16.9	57	100.4	2.3	东北	晴
P4-10	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 45mP4-10	12月8日 15:37	0.59	0.008	16.7	60	100.4	2.7	东北	晴
P4-11	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向东向 50mP4-11	12月8日 15:39	0.58	0.008	16.9	60	100.4	2.9	东北	晴
P4-12	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 0mP4-12	12月8日 15:42	0.61	0.007	15.7	64	100.5	2.0	东北	晴
P4-13	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 5mP4-13	12月8日 15:43	0.57	0.007	15.5	63	100.5	3.1	东北	晴
P4-14	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 10mP4-14	12月8日 15:45	0.59	0.008	15.6	64	100.5	2.7	东北	晴
P4-15	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 15mP4-15	12月8日 15:46	0.58	0.006	15.7	65	100.5	2.0	东北	晴
P4-16	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 20mP4-16	12月8日 15:48	0.58	0.005	15.5	63	100.5	2.7	东北	晴
P4-17	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 25mP4-17	12月8日 15:49	0.58	0.007	15.6	63	100.5	3.0	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度(°C)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P4-18	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 30mP4-18	12月8日 15:51	0.60	0.007	15.7	64	100.5	3.2	东北	晴
P4-19	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 35mP4-19	12月8日 15:52	0.59	0.008	15.7	64	100.5	1.7	东北	晴
P4-20	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 40mP4-20	12月8日 15:53	0.61	0.007	15.6	64	100.5	1.6	东北	晴
P4-21	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 45mP4-21	12月8日 15:54	0.61	0.008	15.5	66	100.5	3.0	东北	晴
P4-22	中核项目应急 220KV 输电线路垂直方向西向 50mP4-22	12月8日 15:55	0.62	0.008	15.6	65	100.5	2.4	东北	晴
P4-23	中核项目应急 220KV 输电线路平行方向东向 0mP4-23	12月8日 16:03	0.61	0.007	15.3	66	100.6	1.7	东北	晴
P4-24	中核项目应急 220KV 输电线路平行方向东向 10mP4-24	12月8日 16:05	0.61	0.007	15.1	65	100.6	1.7	东北	晴
P4-25	中核项目应急 220KV 输电线路平行方向东向 20mP4-25	12月8日 16:07	0.60	0.007	15.1	63	100.6	2.2	东北	晴
P4-26	中核项目应急 220KV 输电线路平行方向西向 0mP4-26	12月8日 15:56	0.67	0.007	15.2	64	100.6	2.3	东北	晴
P4-27	中核项目应急 220KV 输电线路平行方向西向 10mP4-27	12月8日 15:58	0.63	0.007	15.3	65	100.6	3.0	东北	晴
P4-28	中核项目应急 220KV 输电线路平行方向西向 20mP4-28	12月8日 16:00	0.61	0.006	15.3	66	100.6	1.9	东北	晴
中核 10kV 施工电源 9# (P5 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P5-1	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 0mP5-1	12月7日 9:42	75.58	0.028	10.8	65	100.8	2.6	东北	晴
P5-2	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 5mP5-2	12月7日 9:44	43.08	0.028	10.8	65	100.8	3.2	东北	晴
P5-3	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 10mP5-3	12月7日 9:46	30.49	0.026	10.8	65	100.8	2.0	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度(°C)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P5-4	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 15mP5-4	12月7日 9:48	24.04	0.012	10.8	65	100.8	1.6	东北	晴
P5-5	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 20mP5-5	12月7日 9:50	19.45	0.01	10.9	65	100.8	2.4	东北	晴
P5-6	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 25mP5-6	12月7日 9:52	9.19	0.009	10.9	65	100.8	2.0	东北	晴
P5-7	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 30mP5-7	12月7日 9:54	6.44	0.008	10.9	65	100.8	2.5	东北	晴
P5-8	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 35mP5-8	12月7日 9:57	2.45	0.007	10.9	65	100.8	2.4	东北	晴
P5-9	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 40mP5-9	12月7日 9:59	1.18	0.007	10.9	65	100.8	2.4	东北	晴
P5-10	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 45mP5-10	12月7日 10:02	0.95	0.007	11	65	100.8	1.6	东北	晴
P5-11	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向东向 50mP5-11	12月7日 10:04	0.84	0.007	10.8	65	100.8	1.8	东北	晴
P5-12	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 0mP5-12	12月7日 10:10	64.46	0.03	10.9	69	100.7	1.7	东北	晴
P5-13	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 5mP5-13	12月7日 10:12	45.9	0.022	10.9	69	100.7	3.0	东北	晴
P5-14	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 10mP5-14	12月7日 10:14	26.46	0.02	11	69	100.7	3.0	东北	晴
P5-15	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 15mP5-15	12月7日 10:16	16.31	0.02	11	69	100.7	2.1	东北	晴
P5-16	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 20mP5-16	12月7日 10:18	9.43	0.02	11	69	100.7	2.7	东北	晴
P5-17	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 25mP5-17	12月7日 10:20	6.33	0.014	11	69	100.7	2.1	东北	晴
P5-18	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 30mP5-18	12月7日 10:23	4.32	0.01	11.1	69	100.7	1.8	东北	晴
P5-19	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 35mP5-19	12月7日 10:24	3.33	0.01	11.1	69	100.7	2.8	东北	晴
P5-20	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 40mP5-20	12月7日 10:26	1.77	0.009	11.2	69	100.7	1.9	东北	晴
P5-21	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 45mP5-21	12月7日 10:28	1.41	0.009	11.2	69	100.7	2.9	东北	晴
P5-22	中核 10kV 施工电源 9#垂直方向西向 50mP5-22	12月7日 10:30	1.08	0.008	11.2	68	100.7	2.8	东北	晴
P5-23	中核 10kV 施工电源 9#平行方向东向 0mP5-23	12月7日 10:34	18.96	0.01	11.4	64	100.6	2.2	东北	晴
P5-24	中核 10kV 施工电源 9#平行方向东向 10mP5-24	12月7日 10:36	20.66	0.012	11.4	63	100.6	2.0	东北	晴
P5-25	中核 10kV 施工电源 9#平行方向东向 20mP5-25	12月7日 10:38	19.51	0.009	11.4	63	100.6	3.1	东北	晴
P5-26	中核 10kV 施工电源 9#平行方向西向 0mP5-26	12月7日 10:43	9.68	0.016	11.4	63	100.6	2.5	东北	晴
P5-27	中核 10kV 施工电源 9#平行方向西向 10mP5-27	12月7日 10:45	9.66	0.02	11.5	63	100.6	2.8	东北	晴
P5-28	中核 10kV 施工电源 9#平行方向西向 20mP5-28	12月7日 10:47	9.3	0.018	11.5	63	100.6	2.2	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (°C)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
天堂村山道 110KV 输电线 (P6 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P6-1	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 0mP6-1	12月8日 12:08	709.72	0.05	16.4	50	99.7	2.6	东北	晴
P6-2	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 5mP6-2	12月8日 12:10	404.94	0.038	16.5	50	99.7	2.7	东北	晴
P6-3	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 10mP6-3	12月8日 12:11	134.28	0.03	16.4	51	99.7	2.8	东北	晴
P6-4	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 15mP6-4	12月8日 12:13	26.49	0.028	16.5	50	99.7	2.6	东北	晴
P6-5	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 20mP6-5	12月8日 12:14	17.4	0.022	16.4	50	99.7	3.1	东北	晴
P6-6	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 25mP6-6	12月8日 12:16	11.61	0.02	16.4	50	99.7	3.3	东北	晴
P6-7	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 30mP6-7	12月8日 12:17	4.44	0.02	16.4	52	99.7	3.0	东北	晴
P6-8	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 35mP6-8	12月8日 12:19	3.74	0.02	16.4	50	99.7	3.0	东北	晴
P6-9	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 40mP6-9	12月8日 12:20	2.61	0.01	16.4	54	99.7	2.2	东北	晴
P6-10	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 45mP6-10	12月8日 12:22	1.96	0.01	16.4	52	99.7	2.1	东北	晴
P6-11	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向北向 50mP6-11	12月8日 12:23	1.56	0.009	16.6	50	99.7	2.2	东北	晴
P6-12	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 0mP6-12	12月8日 12:28	468.6	0.048	16.7	52	99.7	1.6	东北	晴
P6-13	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 5mP6-13	12月8日 12:30	360.32	0.038	16.7	51	99.7	2.1	东北	晴
P6-14	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 10mP6-14	12月8日 12:31	256	0.03	16.5	50	99.7	2.6	东北	晴
P6-15	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 15mP6-15	12月8日 12:33	180.78	0.03	16.7	52	99.7	2.1	东北	晴
P6-16	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 20mP6-16	12月8日 12:34	132.22	0.024	16.5	53	99.7	2.2	东北	晴
P6-17	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 25mP6-17	12月8日 12:36	81.24	0.02	16.7	51	99.7	1.6	东北	晴
P6-18	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 30mP6-18	12月8日 12:37	50.21	0.02	16.5	53	99.7	3.1	东北	晴
P6-19	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 35mP6-19	12月8日 12:39	30.72	0.02	16.7	50	99.7	3.2	东北	晴
P6-20	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 40mP6-20	12月8日 12:40	15.4	0.012	16.8	53	99.7	1.6	东北	晴
P6-21	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 45mP6-21	12月8日 12:42	4.54	0.009	16.7	54	99.7	3.1	东北	晴
P6-22	天堂村山道 110kV 输电线垂直方向南向 50mP6-22	12月8日 12:43	2.34	0.008	16.6	53	99.7	2.1	东北	晴
P6-23	天堂村山道 110kV 输电线平行方向北向 0mP6-23	12月8日 12:56	19.27	0.024	16.8	52	99.8	3.0	东北	晴
P6-24	天堂村山道 110kV 输电线平行方向北向 10mP6-24	12月8日 12:58	18.89	0.024	16.6	51	99.8	1.9	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	温度 (°C)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P6-25	天堂村山道 110kV 输电线平行方向北向 20mP6-25	12月8日 13:00	18.62	0.022	16.6	52	99.8	2.8	东北	晴
P6-26	天堂村山道 110kV 输电线平行方向南向 0mP6-26	12月8日 12:48	129.28	0.026	16.8	55	99.8	2.9	东北	晴
P6-27	天堂村山道 110kV 输电线平行方向南向 10mP6-27	12月8日 12:50	133.14	0.022	16.7	52	99.8	2.2	东北	晴
P6-28	天堂村山道 110kV 输电线平行方向南向 20mP6-28	12月8日 12:52	128.74	0.024	16.8	53	99.8	3.0	东北	晴
岚华线 110KV 输电线路（P7 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P7-1	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 0mP7-1	12月9日 11:12	387.26	0.042	16.5	57	99.9	1.8	西北	晴
P7-2	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 5mP7-2	12月9日 11:14	391.12	0.038	16.4	55	99.9	3.3	西北	晴
P7-3	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 10mP7-3	12月9日 11:15	306.84	0.03	16.5	56	99.9	2.1	西北	晴
P7-4	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 15mP7-4	12月9日 11:17	204.46	0.028	16.7	53	99.9	2.2	西北	晴
P7-5	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 20mP7-5	12月9日 11:18	137.46	0.03	16.5	55	99.9	2.8	西北	晴
P7-6	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 25mP7-6	12月9日 11:19	98.43	0.02	16.7	52	99.9	2.5	西北	晴
P7-7	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 30mP7-7	12月9日 11:21	65.64	0.02	16.5	55	99.9	1.7	西北	晴
P7-8	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 35mP7-8	12月9日 11:22	37.53	0.018	16.6	55	99.9	1.7	西北	晴
P7-9	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 40mP7-9	12月9日 11:24	19.22	0.018	16.6	54	99.9	1.8	西北	晴
P7-10	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 45mP7-10	12月9日 11:25	7.66	0.014	16.5	54	99.9	2.0	西北	晴
P7-11	岚华线 110KV 输电线路垂直方向东向 50mP7-11	12月9日 11:27	6.83	0.012	16.5	55	99.9	2.8	西北	晴
P7-12	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 0mP7-12	12月9日 11:30	265.74	0.054	16.8	53	99.8	1.6	西北	晴
P7-13	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 5mP7-13	12月9日 11:32	192.04	0.048	16.9	53	99.8	2.4	西北	晴
P7-14	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 10mP7-14	12月9日 11:33	76.39	0.056	16.7	53	99.8	1.8	西北	晴
P7-15	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 15mP7-15	12月9日 11:35	75.36	0.058	16.7	53	99.8	2.8	西北	晴
P7-16	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 20mP7-16	12月9日 11:36	44.57	0.074	16.8	52	99.8	2.4	西北	晴
P7-17	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 25mP7-17	12月9日 11:38	21.75	0.082	16.9	52	99.8	1.7	西北	晴
P7-18	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 30mP7-18	12月9日 11:39	12.47	0.08	16.8	55	99.8	2.5	西北	晴
P7-19	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 35mP7-19	12月9日 11:40	10.39	0.088	16.7	53	99.8	3.2	西北	晴
P7-20	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 40mP7-20	12月9日 11:42	13.56	0.114	16.8	54	99.8	2.1	西北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)	温度(°C)	湿度(%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
P7-21	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 45mP7-21	12月9日 11:43	20.53	0.126	16.8	53	99.8	1.7	西北	晴
P7-22	岚华线 110KV 输电线路垂直方向西向 50mP7-22	12月9日 11:45	26.39	0.134	16.8	54	99.8	2.5	西北	晴
P7-23	岚华线 110KV 输电线路平行方向东向 0mP7-23	12月9日 11:56	135.14	0.026	16.9	52	99.8	2.5	西北	晴
P7-24	岚华线 110KV 输电线路平行方向东向 10mP7-24	12月9日 11:58	144.34	0.026	16.8	53	99.8	2.5	西北	晴
P7-25	岚华线 110KV 输电线路平行方向东向 20mP7-25	12月9日 12:00	137.64	0.022	16.9	52	99.8	3.3	西北	晴
P7-26	岚华线 110KV 输电线路平行方向西向 0mP7-26	12月9日 11:48	47	0.062	16.7	51	99.8	2.5	西北	晴
P7-27	岚华线 110KV 输电线路平行方向西向 10mP7-27	12月9日 11:50	47.64	0.062	16.7	52	99.8	2.7	西北	晴
P7-28	岚华线 110KV 输电线路平行方向西向 20mP7-28	12月9日 11:52	46.42	0.06	16.9	52	99.8	3.3	西北	晴

表 3.2-13 厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (W/m^2)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
30	天堂村	12月8日 10:02	1.25	0.008	0.0007	14.6	68	99.8	1.9	东北	晴
31	长门村	12月7日 14:44	0.81	0.007	0.0014	18.2	46	99.9	3.3	东北	晴
32	渔家地村	12月5日 14:30	10.05	0.262	0.0009	16.2	72	99.9	1.8	东北	晴
33	渔家地村基站南侧	12月5日 14:08	0.83	0.028	0.0041	16	72	100.0	2.1	东北	晴
34	渔家地村东边 5-1 号	12月5日 14:16	0.63	0.003	0.0319	16.1	72	100.0	2.0	东北	晴
35	渔家地村东边 5 号	12月5日 14:22	0.57	0.003	0.0009	16.1	72	100.0	3.3	东北	晴
36	长门村宫边路 33 号 3 楼	12月7日 14:18	0.60	0.009	0.0013	14.8	64	100.0	2.8	东北	晴
37	长门村宫边路 27 号 2 楼	12月7日 14:24	0.63	0.008	0.0017	14.9	64	100.2	2.0	东北	晴
38	长门村宫边路 26 号 东侧空地	12月7日 14:28	0.63	0.036	0.0048	15.1	64	100.2	2.0	东北	晴
39	长门村宫边路 20 号 3 楼	12月7日 14:36	0.64	0.008	0.0073	15	64	100.2	3.3	东北	晴
40	核电站北侧基站西南侧	12月7日 16:48	2.67	0.007	0.0154	11	68	101.1	2.9	东北	晴
41	核电站北侧基站西侧	12月7日 16:52	5.28	0.008	0.0391	11	68	101.1	2.9	东北	晴
42	核电站北侧基站西北侧	12月7日 16:56	3.16	0.008	0.0319	11	68	101.1	2.8	东北	晴
43	核电站北侧基站北侧	12月7日 17:01	2.35	0.007	0.007	11	68	101.1	3.1	东北	晴
44	核电站北侧基站东北侧	12月7日 17:05	1.12	0.008	0.0055	11	69	101.1	2.1	东北	晴
45	核电站北侧基站东侧	12月7日 17:09	10.2	0.007	0.0079	11	69	101.1	2.9	东北	晴
46	核电站北侧基站东南侧	12月7日 17:14	1.62	0.007	0.0041	10.8	69	101.1	2.9	东北	晴
47	核电站北侧基站南侧	12月7日 17:19	2.51	0.007	0.0022	10.6	69	101.1	3.1	东北	晴
48	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站西南界外 5m	12月8日 10:14	95.2	0.009	0.0007	13.2	62	99.9	2.3	东北	晴
49	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站西北界外 5m	12月8日 10:18	2.16	0.007	0.0006	13.2	62	100.0	2.8	东北	晴
50	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站东北界外 5m	12月8日 10:29	16.58	0.009	0.0008	13.3	62	99.9	1.6	东北	晴

测点编号	测点名称	监测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μT)	射频综合场强 (W/m^2)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	大气压 (kPa)	风速 (m/s)	风向	天气
51	华能霞浦核电站 110kV 施工变电站东南界外 5m	12月8日 10:23	66.06	0.022	0.0009	13.3	62	99.9	2.9	东北	晴
52	天堂村拟建基站	12月8日 11:46	0.5	0.008	0.0005	14.8	63	99.8	2.4	东北	晴
53	核电站南侧基站东侧	12月8日 16:52	0.63	0.006	0.0011	13	69	101.0	1.7	东北	晴
54	核电站南侧基站东北侧	12月8日 16:56	0.73	0.006	0.001	13	69	101.0	2.8	东北	晴
55	核电站南侧基站北侧	12月8日 17:39	0.81	0.007	0.0042	12.8	69	101.0	2.2	东北	晴
56	核电站南侧基站西北侧	12月8日 17:12	0.69	0.007	0.0146	12.9	69	101.0	2.5	东北	晴
57	核电站南侧基站西侧	12月8日 17:16	0.81	0.007	0.026	12.9	70	101.0	1.8	东北	晴
58	核电站南侧基站西南侧	12月8日 17:20	0.74	0.007	0.0039	12.8	70	101.0	2.6	东北	晴
59	核电站南侧基站南侧	12月8日 17:25	0.62	0.006	0.0018	12.8	70	101.0	1.6	东北	晴
60	核电站南侧基站东南侧	12月8日 16:50	0.56	0.007	0.0036	12.9	70	101.0	2.5	东北	晴
61	站外基站 1 西侧 80m 处	12月9日 9:23	26.86	0.028	0.0008	13	72	100.6	2.4	东北	晴
62	站外基站 1 南侧 56m 处	12月9日 9:28	0.59	0.042	0.0007	13	72	100.6	2.6	东北	晴
63	站外基站 1 东侧 50m 处	12月9日 9:32	0.36	0.036	0.0006	13	72	100.6	1.9	东北	晴
64	站外基站 1 北侧 104m 处	12月9日 9:49	0.37	0.009	0.0016	13.2	70	100.6	1.7	东北	晴
65	站外基站 1 南侧 117m 处	12月9日 9:36	66.9	0.022	0.0007	13.1	70	100.6	2.6	东北	晴
66	站外基站 1 南侧 165m 处	12月9日 9:39	62.23	0.018	0.0011	13.1	71	100.6	3.2	东北	晴
67	站外基站 1 西侧 125m 处	12月9日 9:45	201.7	0.03	0.001	13.2	70	100.6	2.1	东北	晴
68	站外基站 1 北侧 153m 处	12月9日 9:53	0.5	0.007	0.0007	13.2	70	100.6	2.1	东北	晴
69	站外基站 2 西侧 248m 处	12月9日 10:15	0.56	0.006	0.0005	13.8	66	100.5	3.3	东北	晴
70	站外基站 2 西侧 180m 处	12月9日 10:19	0.53	0.007	0.0016	13.8	66	100.5	2.7	东北	晴
71	站外基站 2 西侧 64m 处	12月9日 10:24	0.52	0.007	0.001	13.9	66	100.5	2.2	东北	晴
72	站外基站 2 东侧 75m 处	12月9日 10:28	0.6	0.007	0.0008	13.9	66	100.5	3.3	东北	晴
73	站外基站 2 东侧 194m 处	12月9日 10:32	0.74	0.007	0.0006	13.9	66	100.5	3.2	东北	晴
74	站外基站 2 东北侧 87m 处	12月9日 10:38	0.53	0.006	0.0004	13.9	66	100.5	1.9	东北	晴

表 3.2-14 厂区内监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场 (V/m)	0.42~448.72	448.72	4000
	工频磁场 (μT)	0.007~0.05	0.05	100
	射频综合场强 (W/m^2)	0.0005~0.0027	0.0027	0.4
拟建开关站	工频电场 (V/m)	0.59~1.22	1.22	4000
	工频磁场 (μT)	0.008~0.009	0.009	100
	射频综合场强 (W/m^2)	0.0005~0.0009	0.0009	0.4
主变压器	工频电场 (V/m)	0.42~0.86	0.86	4000
	工频磁场 (μT)	0.006~0.009	0.009	100

表 3.2-15 输电线路监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
华能 500kV 出线输电线路输电线路（P1 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.57~0.86	0.86	4000
		平行监测断面：0.58~0.61	0.61	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.006~0.008	0.008	100
		平行监测断面：0.006~0.008	0.008	
华能应急 220kV 输电线路（P2 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.58~0.6	0.6	4000
		平行监测断面：0.58~0.6	0.6	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.006~0.008	0.008	100
		平行监测断面：0.006~0.008	0.008	
中核项目 220kV 出线输电线路（P3 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.57~0.61	0.61	4000
		平行监测断面：0.57~0.62	0.62	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.006~0.008	0.008	100
		平行监测断面：0.007~0.008	0.008	
中核项目应急 220kV 输电线路（P4 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.57~0.62	0.62	4000
		平行监测断面：0.6~0.67	0.67	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.005~0.008	0.008	100
		平行监测断面：0.006~0.007	0.007	
中核 10kV 施工电源 9#（P5 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.84~75.58	75.58	4000
		平行监测断面：9.3~20.66	20.66	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.007~0.03	0.03	100
		平行监测断面：0.009~0.02	0.02	
天堂村山道 110kV 输电线（P6 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：1.56~709.72	709.72	4000
		平行监测断面：18.62~133.14	133.14	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.008~0.05	0.05	100
		平行监测断面：0.022~0.026	0.026	
岚华线 110kV 输电线路（P7 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：6.83~391.12	391.12	4000
		平行监测断面：46.42~144.34	144.34	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.012~0.134	0.134	100
		平行监测断面：0.022~0.062	0.062	

表 3.2-16 厂区外环境敏感区监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区外监测点	工频电场 (V/m)	0.36~201.7	201.7	4000
	工频磁场 (μT)	0.003~0.262	0.262	100
	射频综合场强 (W/m^2)	0.0004~0.0391	0.0391	0.4

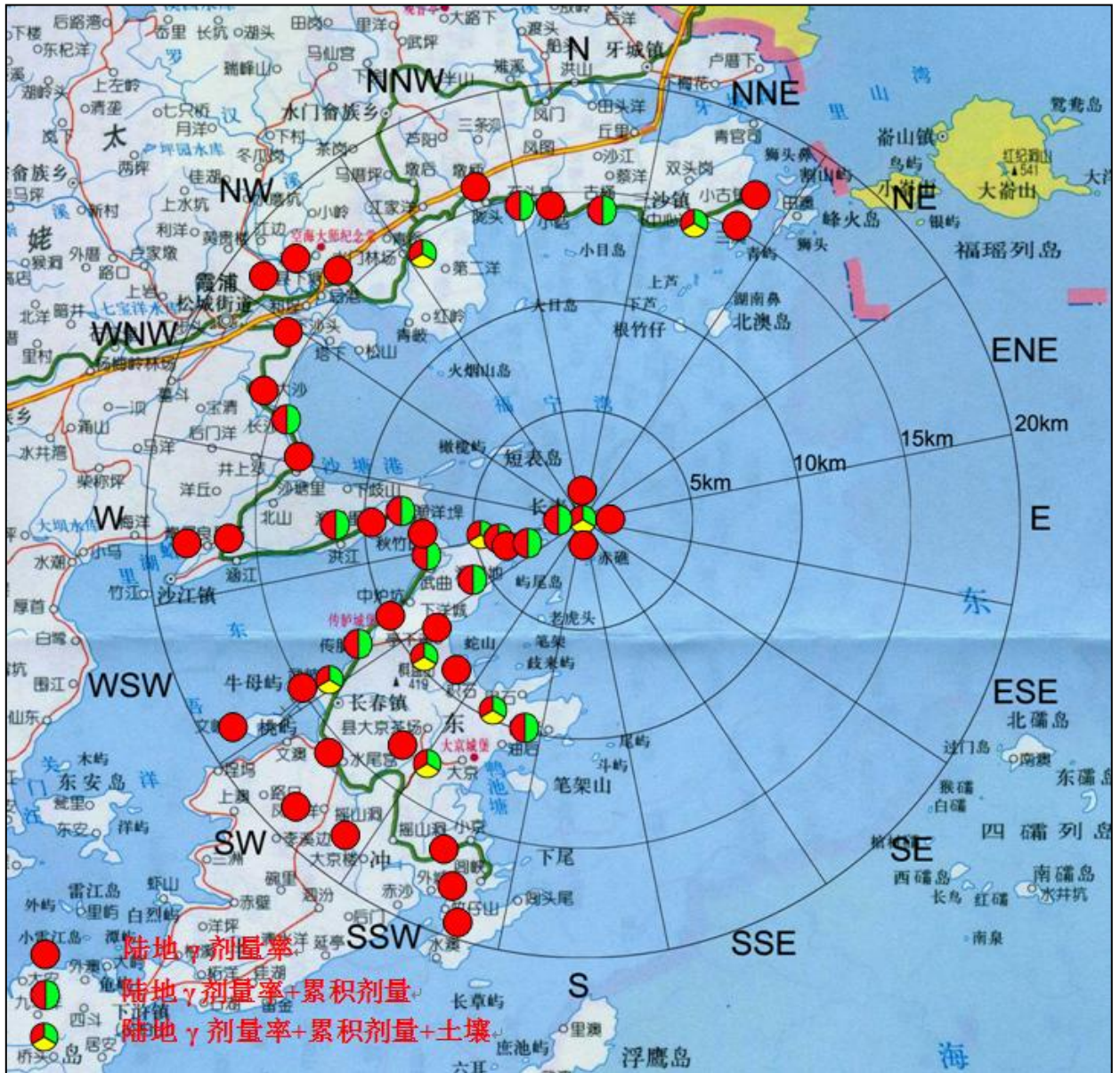


图 3.1-1 陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率、累积剂量和土壤采样布点图

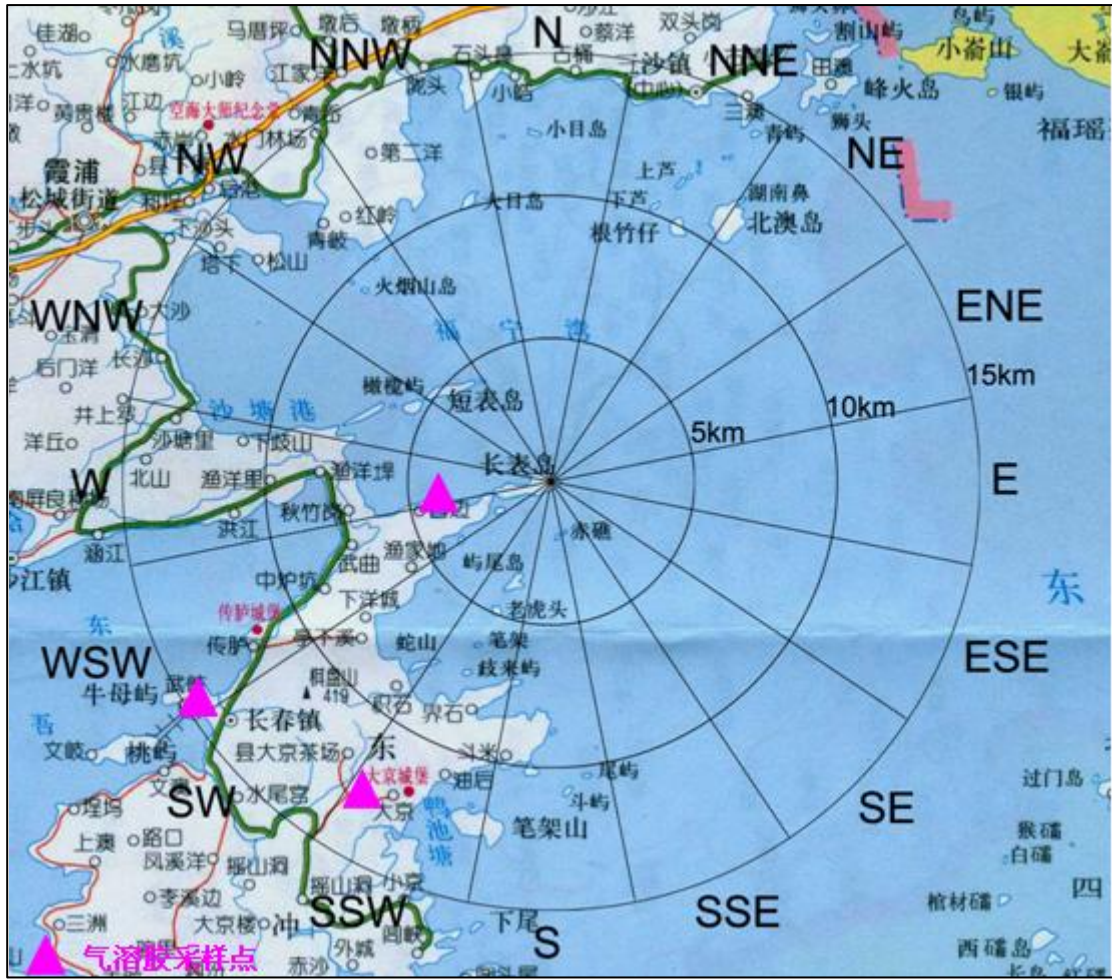


图 3.1-2 气溶胶采样布点图



图 3.1-3 陆地水体采样布点图

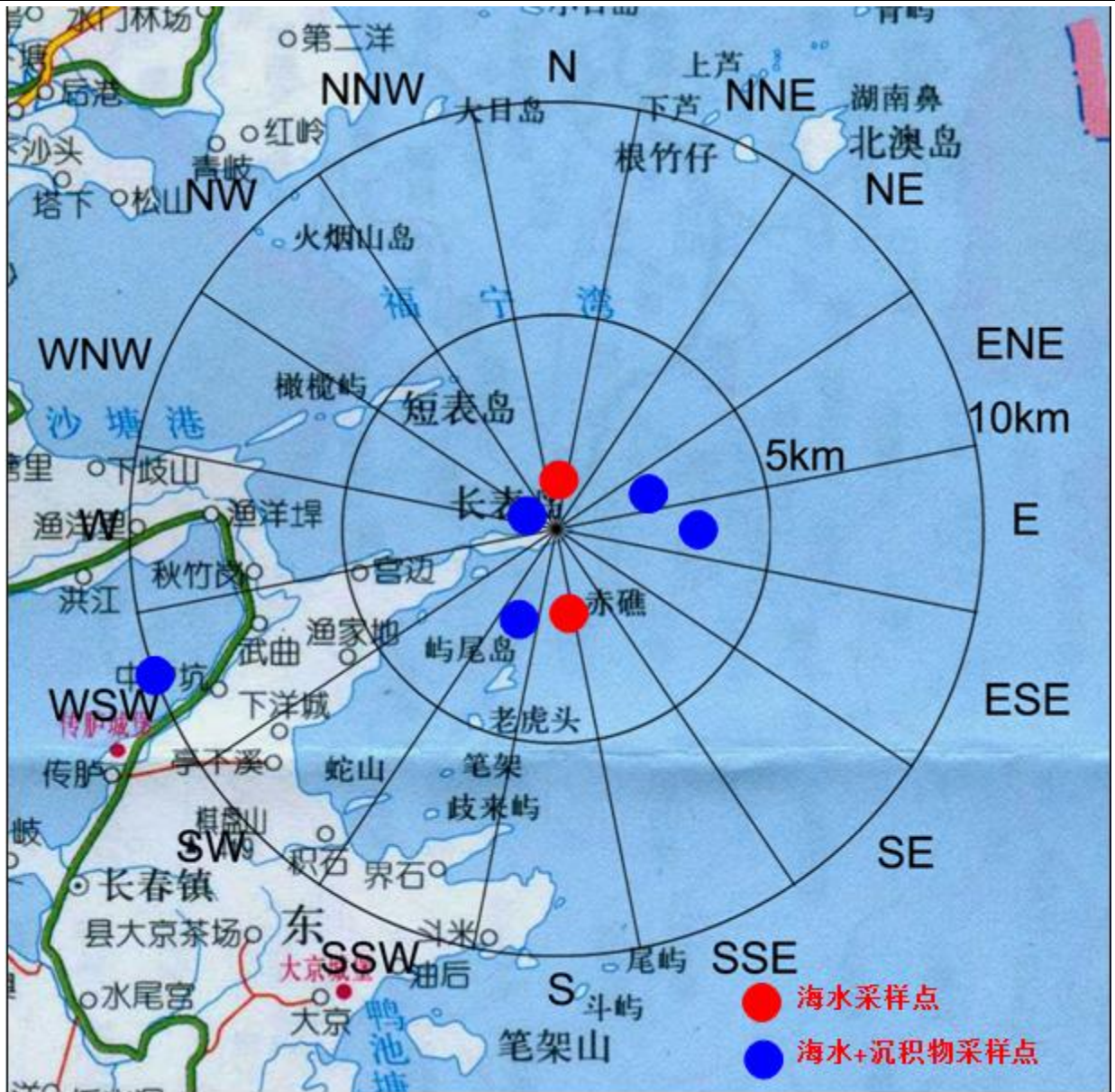


图 3.1-4 海水和海洋沉积物采样点布设图

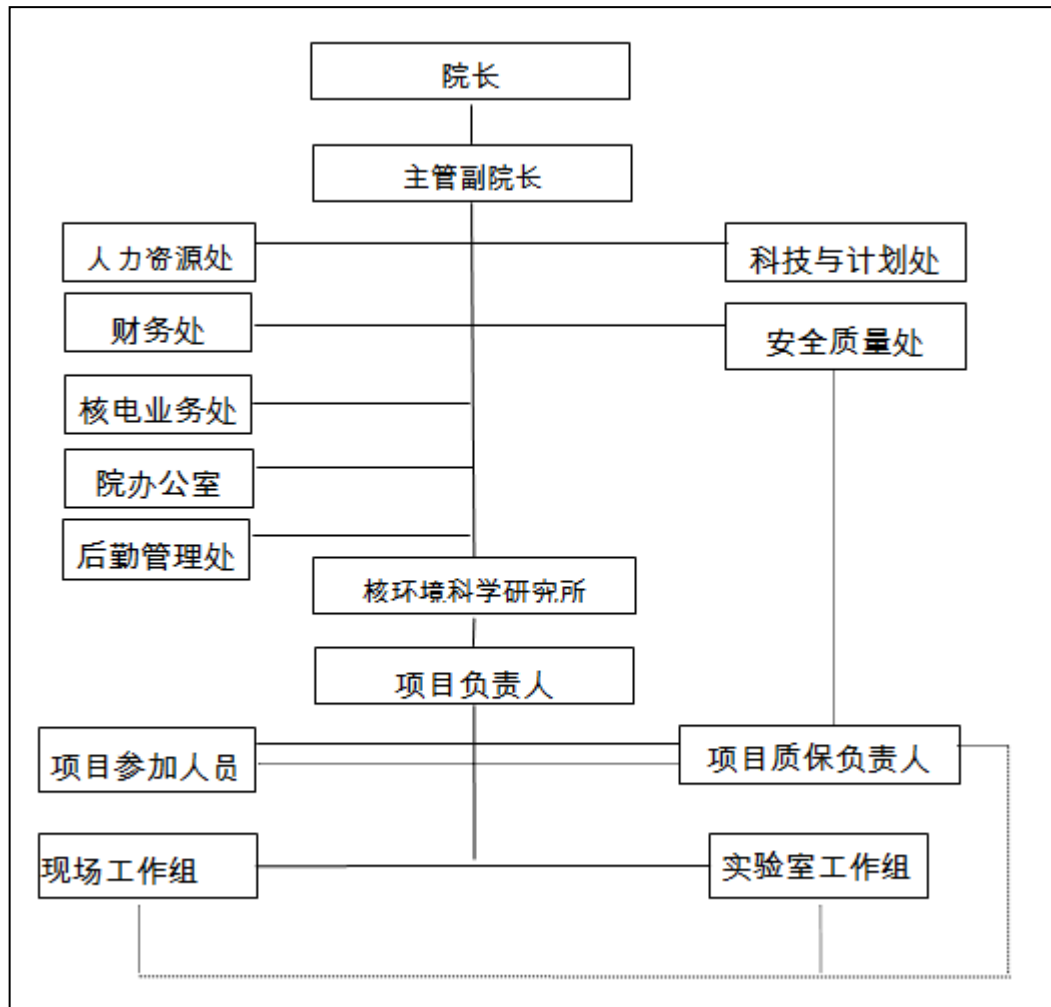


图 3.1-5 质量职能组织机构图（——领导关系，.....质保关系）

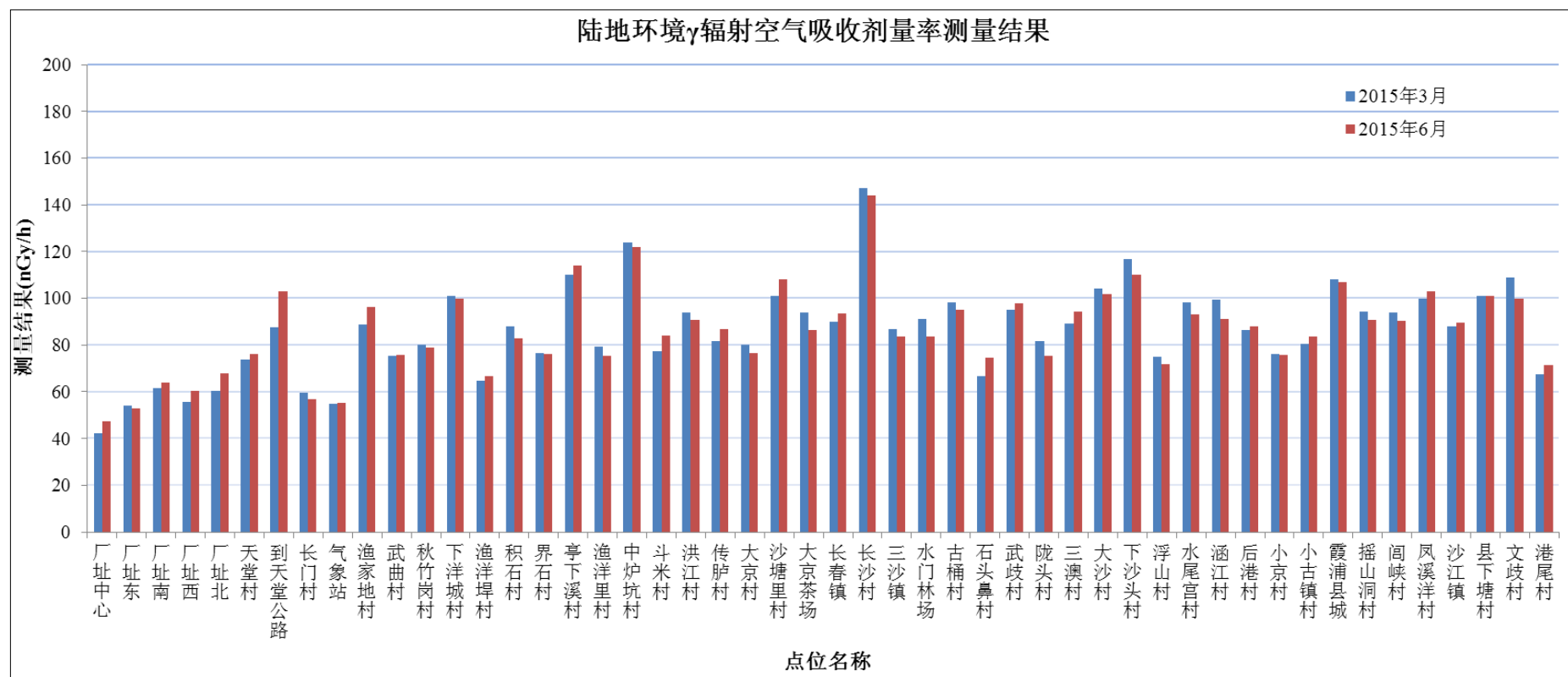


图 3.1-6 两次陆地环境 γ 辐射空气吸收剂量率对比图

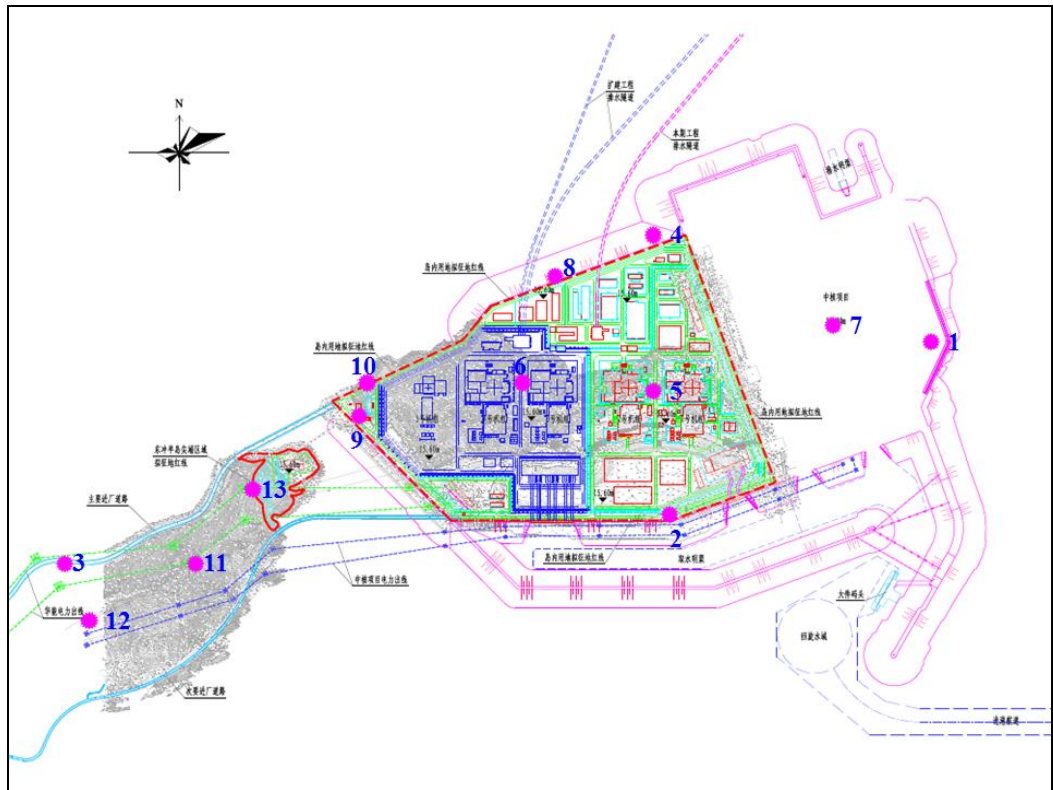


图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

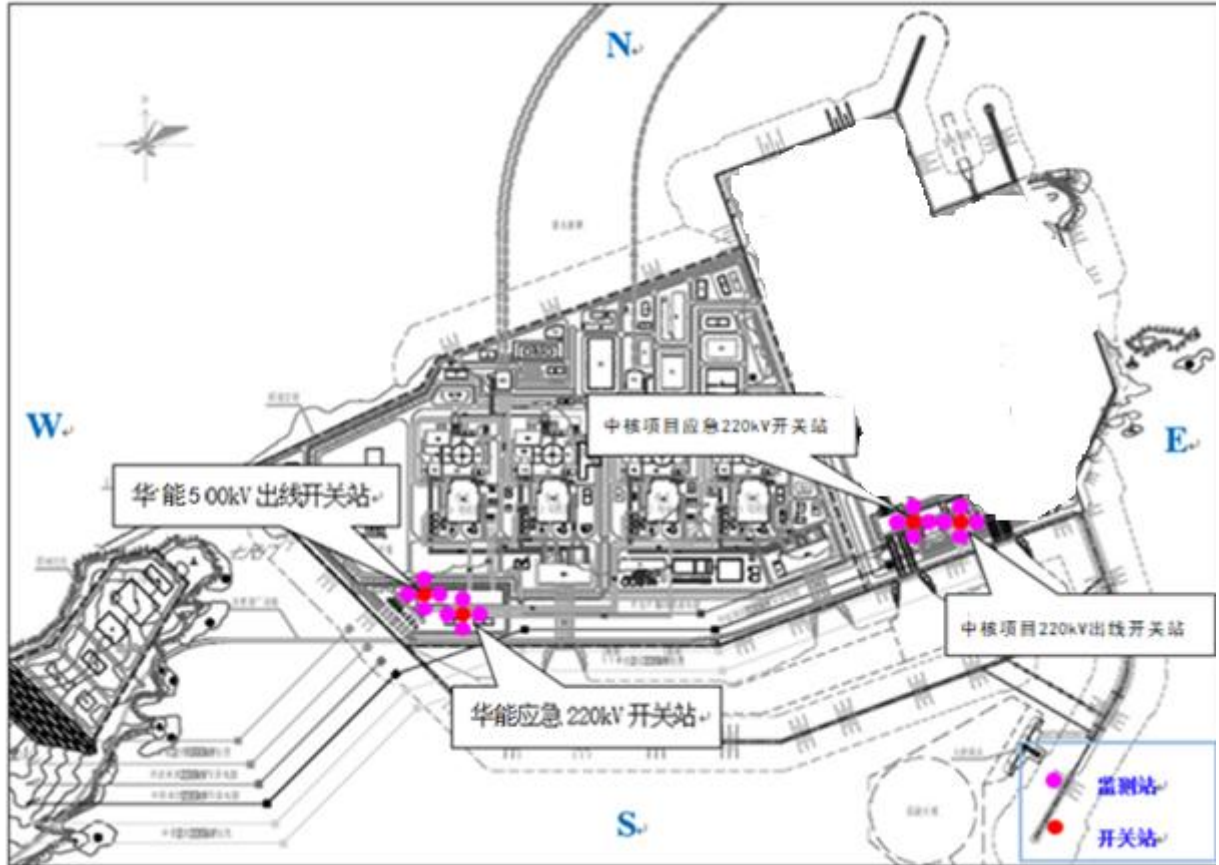


图 3.2-2 开关站监测点设置示意图

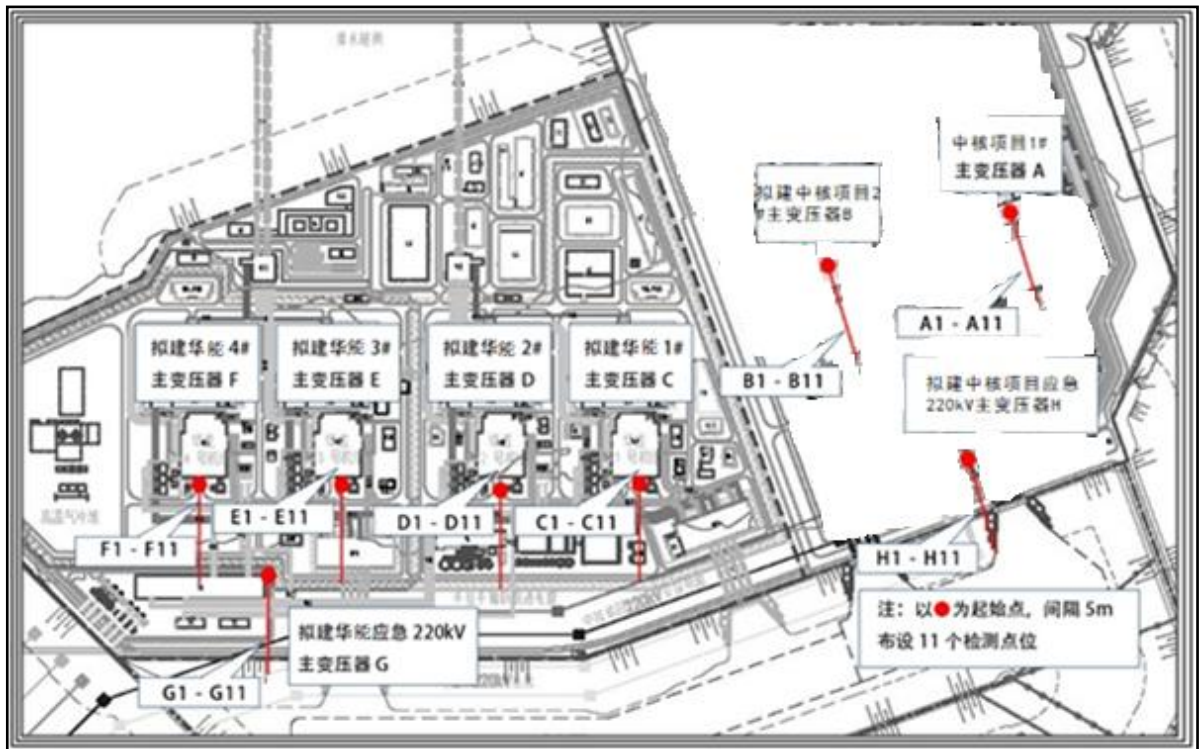


图 3.2-3 主变压器监测断面设置示意图

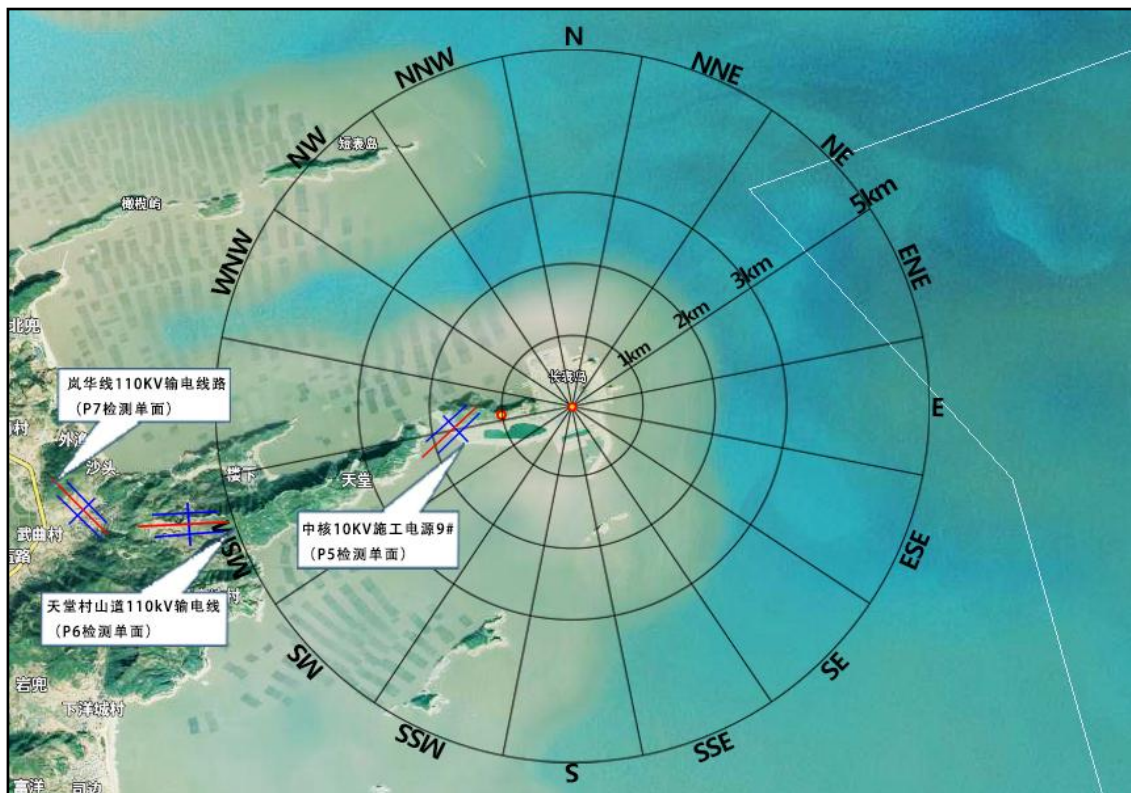


图 3.2-4 霞浦核电厂厂区外输电线路（P5~P7）监测点设置示意图

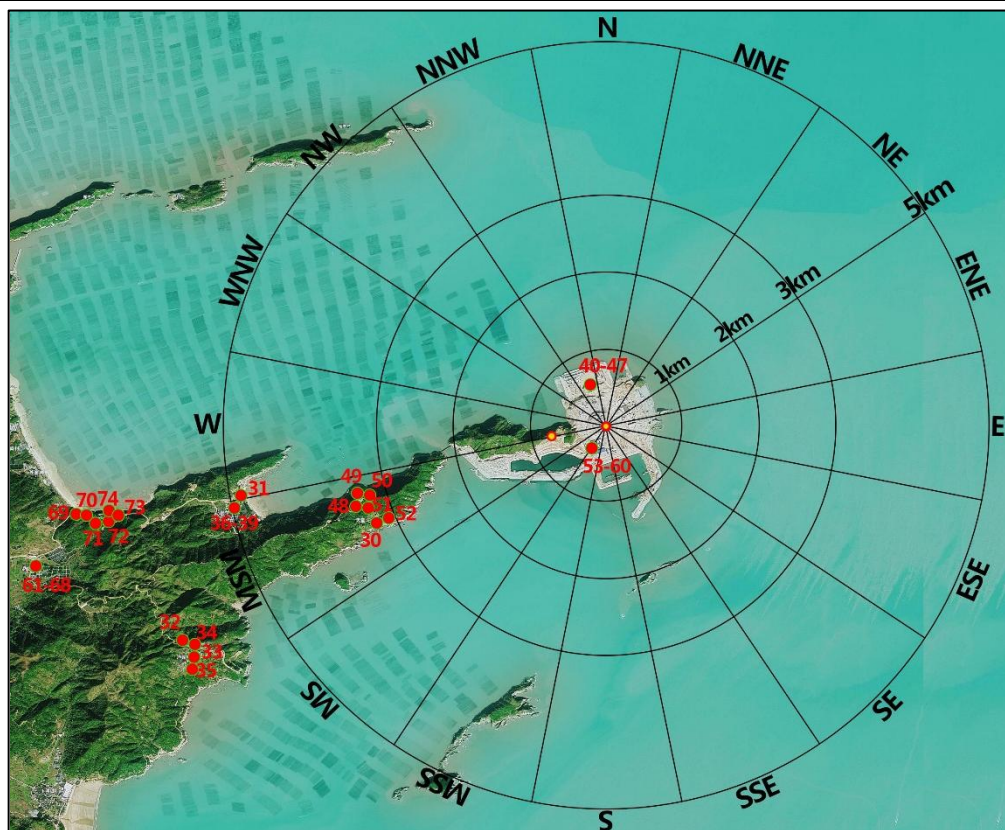


图 3.2-5 厂区外监测点设置情况示意图

第四章 核电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统

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 与电力系统的连接

4.4.3 开关站的选型和布置

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

4.5.2 安全注入系统

4.5.3 安全壳喷淋系统

4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

4.5.5 安全壳隔离系统

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液处理系统及源项

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

4.6.4 放射性固体废物管理

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 其它废物

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 放射性固体废物的运输

表:

表 4.3-1 海水冷却水量及其它用水量

图:

图 4.2-1 RBM 系统流程简图

图 4.2-2 RHR 系统流程简图

图 4.2-3 蒸汽-电力转换系统流程示意图

图 4.3-1 取排水工程平面布置图

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

长表岛厂址由华能集团牵头负责厂址总体规划与资源保护。华能霞浦核电项目位于长表岛西部，规划建设4台华龙一号机组和1台高温气冷堆机组，5台机组由东向西依次建设，高温气冷堆机组位于厂址最西端。5台机组统一规划、分期建设，本期工程建设2台华龙一号机组及其配套辅助设施。

4.1.1.1 厂坪设计标高

厂坪设计标高（即核安全重要建、构筑物室外散水标高）定为15.60m。

4.1.1.2 主厂房位置

将5台机组的主厂房建筑群尽可能紧凑地并列布置在长表岛西部岛体区域，核岛朝北、常规岛朝南。

4.1.1.3 电力出线规划

本期工程暂按4回500kV线路出线接入电网，并引接1回220kV辅助电源至厂区，终期考虑2回独立的专用供电线路。最终接入系统方案以相关部门的审查意见为准。

4.1.1.4 取排水设施及海（水）工工程规划

本工程采用海水直流冷却方式，取排水方向为南取北排。取水工程采用明渠取水方案，排水工程采用隧洞排水方案。

厂区南侧、西南侧、西北侧和北侧根据防护需要设置取水内护岸、西南护岸、西南护岸挡墙段和北护岸，承担厂区防洪功能。

4.1.1.5 对外交通运输设施

本项目对外交通设施主要包括一条主要进厂道路、一条次要进厂道路和一座3000t级大件码头。

4.1.1.6 厂区工程

厂区工程按功能可分为岛内厂前区和生产区，其中生产区包括主厂房区、冷却水设施、配电装置区、辅助生产设施。

4.1.1.7 厂外设施规划

厂外设施主要分为厂前区设施和环境监督监测设施。

4.1.1.8 施工场地

在长表岛内利用场地平整后的预留用地规划施工生产区，在长表岛外的武曲村附近租地作为补充。

施工生活区布置在长表岛外，由承包商自行规划。

4.1.1.9 场地平整

厂区(指长表岛内区域)和东冲半岛尖端区域采用平坡式布置,场地平整标高 15.10m。

工作在本期工程一次性完成,最终余方约 37.04 万 m³,土石方基本平衡。平整后在长表岛区域内形成 1 座边坡,在东冲半岛尖端区域形成 1 座边坡。

4.1.1.10 防排洪规划

厂坪设计标高高于 DBF,因此可以保证与安全有关的构筑物不被海洪淹没。通过在边坡坡脚处修建排洪沟、在坡顶处修建截洪沟,实现对于降雨产生洪水的防御。对于波浪影响的防御,是通过临海岸边修筑护岸、护堤和挡浪墙来实现的,保证安全相关厂区的防洪安全。

4.1.1.11 厂址区域土地利用

厂址拟定的工程总用地面积 144.93hm²,其中岛内用地总面积 113.92hm²,岛外用地总面积 31.01hm²。

4.1.1.12 核电厂的建设与附近城镇发展规划的协调性

厂址距离霞浦县城约 18km,城镇规划方向远离厂区。厂址所在岛屿属于无居民海岛,与长春镇以海相隔,不在其发展规划范围内。核电厂的建设与附近城镇的总体规划是相互适宜和可行的。

4.1.1.13 移民搬迁

厂址非居住区和岛内、岛外拟征地范围内没有常住居民,不存在工程拆迁与移民。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 建设规模及项目组成

本期工程建设 2 台华龙一号机组及其配套辅助设施,按照当前规划机型,5 台机组共用的配套辅助设施在本期工程一次性建成。

4.1.2.2 厂区总平面布置

厂区平面布置内容主要包括主厂房区、冷却水设施、配电装置区、辅助生产设施、岛内厂前区、厂区环境监督监测设施和部分厂前区设施。

4.1.2.3 竖向布置

厂区竖向布置采用平坡式布置,场地排水采用有组织的管道排水系统。

4.1.2.4 绿化与美化布置

由于辐射防护、卫生、防火、安全保卫等方面的特殊要求,保护区内不进行绿化,将生产区划分为绿化区和非绿化区。

4.1.2.6 环境保护相关设施的布置

1) 核岛厂房

核岛厂房中与环境保护相关的设施主要是带放射性的厂房，包括反应堆厂房、A 列安全厂房、B 列安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房和核废物厂房。2 台华龙一号机组的核岛厂房东西向并列布置在厂区中部，地基条件良好。

2) 放射性辅助生产设施

放射性辅助生产设施包括核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房、放射性机修及去污车间、放射源库、厂区实验楼、放射性废油暂存库、废物处理中心、放射性固体废物暂存库和特种车辆库。上述厂房集中布置在厂区边缘，尽量避免放射性废物运输与人员交通相互影响。

3) 废、污水处理设施

废、污水处理设施包括污水系统油水分离器和生活污水处理构筑物。污水系统油水分离器布置在 1、2 号机组汽轮发电机厂房之间，方便为汽轮发电机厂房及周边附属设施服务。生活污水处理构筑物布置在厂区北部尖端区域，靠近主要产生生活污水的岛内厂前区。

4) 应急指挥中心

应急指挥中心布置在厂区北部尖端区域，临近环岛道路，方便对外联系。布置处在最大风频上风向，且厂房基础均可坐落在基岩上，地基均匀、稳定。

5) 环境监督监测设施

在本期工程厂区范围内布置的环境监督监测设施包括环境监测站和厂区地下水监测井。环境监测站的布置考虑与监督性监测子站的布置互补，原则上按本工程周围 16 个方位角陆域方向上布设，在充分考虑利用已建站点的基础上，在厂区内适合位置布置，重点考虑主导风向下风向、次下风向和与环境保护相关设施的布置区域。厂区地下水监测井监测对象为存在放射性物质可能渗入地下的区域，重点布置在核岛厂房周边。

6) 取、排水口

取水口位于厂区东南，在取水内护岸堤身内，通过设置八字口翼墙，形成开敞的进水口，面向取水明渠内部。排水方式采用排水隧道排水，排水口设置在排水隧道的端头处，位于厂址东北方向的海域，距厂区较远。

4.1.2.7 环境保护措施

- 厂区用地类型均为林地，没有占用农田和有其它利用价值的土地。
- 在总体规划中合理规划厂外设施的位置、组成和规模，考虑将职工生活区规划在城内，充分利用城市现有的公共资源，并尽可能利用已建设施，减少工程量及投资，并减少工程建设对环境的影响。

- 厂区总平面布置特别是保护区（为非绿化区）内各设施的布置尽量紧凑布局，节约用地，并使非绿化区面积尽量小。
- 厂坪标高的确定，除重点考虑厂址设计基准洪水位、总平面布置要求、建筑物基础埋置深度等因素外，土石方工程量也作为重要的因素充分予以考虑，尽量减少土石方开挖、回填范围和数量，减少对现状地貌的改变。
- 排水采用隧洞排水方案，施工方案考虑采用盾构方式，对海域影响小，施工后海域生态环境能更好更快地进行自我修复。
- 厂区内充分进行绿化，并采取多种绿化方式，包括立体绿化、屋顶绿化等，凡可绿化的设施（如永久边坡），在经济可行的前提下，均考虑绿化。
- 利用本工程建设时机，改善厂址区域的原始地貌，减少海岸冲刷及水土流失，改善小区域气候。并考虑海岛生态修复措施（如异地还绿）。
- 施工场地利用场地平整形成的预留用地，并在岛外采用临时租地的形式进行补充，不额外占用海洋海岛资源，施工结束后恢复原土地性质并归还当地政府。

4.1.3 排放口布置

排放口分为气载流出物排放口、液态流出物排放口和其它非放射性物质排放口。

4.1.3.1 气载流出物排放口

本期工程有气载流出物排放的厂房为2台机组的核辅助厂房。

4.1.3.2 液态流出物排放口

本期工程有液态流出物排放的厂房为核岛液态流出物排放厂房和常规岛液态流出物排放厂房，由于液态流出物与温排水合流排放，因此液态流出物排放口即本期工程排水隧道的排放口，位于厂址东北海域。排放口设置在排水隧道的端头处。

4.1.3.3 其它非放射性物质排放口

经处理达标的污水、废水通过污水和废水管网排至虹吸井，通过排水隧道排入东北方向海域。

厂区内雨水经厂区雨水管网排至虹吸井，通过排水隧道排入东北方向海域。

4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统

4.2.1 概述

华能霞浦核电项目压水堆一期工程采用华龙一号压水堆核电机组。该核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

反应堆堆芯由177组华龙一号燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径3.23m，堆芯活性段高度3.66m。为了展平功率分布，首循环按铀-235富集度的不同分三区装载；后

续循环使用固体可燃毒物钎，并采用低泄漏或部分低泄漏的装载方式。堆芯燃料各区平均富集度将根据最终的堆芯燃料管理方案来确定。

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。华能霞浦核电项目压水堆一期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核电站的在役检查、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提供附加的设备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，如应急硼注入系统、安全壳喷淋系统、快速卸压系统、蒸汽发生器辅助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，还可以由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

4.2.2.1 堆芯部件

本项目核电机组反应堆由反应堆压力容器、堆芯、堆内构件、堆内测量装置、控制棒驱动机构等部件组成。其中堆芯由 177 组 AFA 3G3 燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，堆芯活性段高度 3.66m。

4.2.2.1.1 燃料组件

AFA 3G 燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架由 24 根导向管部件、1 根仪表管、11 个格架（2 个端部格架、6 个结构搅混格架及 3 个中间搅混格架）、上管座部件、下管座部件和相应的连接件组成。

反应堆运行期间，冷却剂从下管座进入燃料组件，与燃料棒进行热交换，带走堆芯热量，并从上管座流出燃料组件。

4.2.2.1.2 相关组件

AFA 3G 燃料相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件。其中控制棒组件为可动式相关组件，其余为固定式相关组件。相关组件用于反应堆的启停堆、变更功率、改善功率分布等。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

1) 系统功能

— 堆芯冷却和传热：在反应堆正常运行期间，反应堆冷却剂系统把堆芯核裂变产生的热量由冷却剂经蒸汽发生器传递给二回路的水，使其产生供汽轮机发电用的饱和蒸汽。

— 压力控制：在反应堆正常运行期间，通过稳压器控制冷却剂系统的压力，使其保持稳定。瞬态时，限制压力的变化范围，使其保持在允许的范围。一旦反应堆冷却剂系统的压力达到安全阀的整定值时，则通过稳压器的安全阀将蒸汽排放到卸压箱来防止反应堆冷却剂系统的超压。

— 慢化中子和控制反应性：除了控制棒之外，反应堆冷却剂还作为慢化剂和反射层以及硼酸的溶剂，为反应性的控制提供了另一种独立的控制手段。并且保持冷却剂温度变化速率，确保不发生不可控的反应性变化。

— 压力边界：反应堆冷却剂系统作为压力边界，可以包容反应堆冷却剂，限制放射性物质的释放，构成防止放射性物质释放的一道屏障。

2) 系统描述

反应堆冷却剂系统由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成。每条环路包括一台蒸汽发生器和一台反应堆冷却剂泵。在反应堆冷却剂一条环路上设置一台稳压器，用于反应堆冷却剂系统的压力控制。

反应堆冷却剂进入反应堆压力容器后，在堆芯吊篮和反应堆压力容器壁之间的环形流

道中向下流动，至反应堆压力容器底部反向向上，通过堆芯达到出口，然后进入蒸汽发生器冷却，经反应堆冷却剂泵升压后再返回到反应堆压力容器。

稳压器通过波动管与一条主传热环路相连，波动管的布置与水平面有适当的夹角，减轻由于热分层效应引起的热应力和疲劳，防止波动管与稳压器之间连接的焊缝出现裂纹。

稳压器上部设有两条喷淋管线，此两条管线从两条主传热环路的冷段（反应堆冷却剂泵的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

在稳压器上设置有三条超压保护管线。在稳压器接管和到稳压器卸压箱的排放总管之间的每条管线上串联安装有两台先导式安全阀。第一台安全阀起超压保护作用，正常时关闭。第二台安全阀起隔离作用，正常时开启。在第一台安全阀因故障不“回座”时，第二台安全阀保证隔离。

为了在严重事故下执行快速卸压功能，在稳压器上部还设置有快速卸压管线，分为两个冗余的系列，每个系列的排量为 525t/h(为超压保护管线三组安全阀排量之和)。每个系列由一台电动闸阀和一台电动截止阀组成。两个系列都排放到稳压器安全阀的排放环管上，最终通过稳压器排放总管排到稳压器卸压箱。

反应堆冷却剂系统还包括反应堆压力容器高位排气系统，由正常排气和事故排气子系统两部分组成。事故排气子系统由两个冗余的并联系列组成，包括四个常关的电磁阀以及相连的管道、仪表等。

反应堆冷却剂系统的主要参数如下：

反应堆堆芯额定功率：	3180 MWt
NSSS 额定热功率：	3190 MWt
环路数：	3
运行压力：	15.5 MPa（绝对压力）
每条环路流量：	
最佳估计	24680 m ³ /h
热工设计	23500 m ³ /h
机械设计	25670 m ³ /h
反应堆冷却剂温度（热工设计流量下）：	
反应堆压力容器入口	291.2 °C
反应堆压力容器出口	328.8 °C
设计压力：	17.2 MPa（绝对压力）

设计温度：343 °C

(稳压器设计温度 360 °C)

3) 主要设备

(1) 蒸汽发生器

蒸汽发生器用于生产饱和蒸汽。每台蒸汽发生器按满负荷运行时传递三分之一的反应堆热功率设计。蒸汽发生器的设计应能够在设计污垢系数及设计堵管量的条件下使电厂以额定的功率运行，蒸汽发生器出口处的压力达到 6.73MPa（绝对压力）。

本工程的蒸汽发生器为 ZH-65 型，是立式自然循环 U 形管式。蒸汽发生器由两大部分组成，即用于使给水加热产生饱和蒸汽的蒸发段部分和用于将所产生的汽水混合物进行分离的汽水分离段部分。

蒸发段是由倒 U 形布置的因科镍-690 制成的传热管构成。一回路冷却剂在传热管内流动，二回路水的蒸发在传热管的外侧进行。

汽水分离段由分离器和干燥器组成。离开管束后的汽水混合物首先进入旋风分离器，通过离心作用除去大部分水分，然后进入干燥器。经干燥器分离后的蒸汽湿度小于 0.1%。干燥后的蒸汽通过位于上封头中央的出口接管流出蒸汽发生器。

(2) 反应堆冷却剂泵

反应堆冷却剂泵用于驱动高温高压的反应堆冷却剂，补偿系统的压力降，保证冷却剂在反应堆冷却剂系统中的循环。

主要部件包括泵壳、叶轮、隔热屏、下部径向轴承、密封件及电动机。

主泵上配置飞轮，以增加主泵的转动惯量，使主泵在丧失电源时有足够的惰转时间，保证驱动主泵向堆芯提供冷却剂。反应堆冷却剂进口在泵壳的底部，出口在泵壳侧面。

(3) 稳压器

稳压器是一个立式、带有半球形顶部和底部封头的圆筒形容器，它的下部封头放置在圆筒形的裙座上。稳压器的主要功能是建立并维持压力，避免反应堆冷却剂在反应堆内沸腾。在正常运行时将反应堆冷却剂系统保持在恒定的压力下；在负荷瞬变时限制压力的变化。借助于加热和喷淋来控制水-汽平衡温度，从而保持所要求的冷却剂压力，将反应堆冷却剂系统的压力变化限制在一个允许的范围内，并防止其超压。

通过安全阀将稳压器内的蒸汽排放到卸压箱内，达到反应堆冷却剂系统的超压保护目的。

此外，稳压器的快速卸压阀具备严重事故条件下的安全卸压能力，避免出现高压熔堆。

(4) 卸压箱

稳压器卸压箱的功能是接纳来自稳压器的安全阀和快速卸压阀、安全壳内的余热排出系统的安全阀或化学和容积控制系统所释放的蒸汽，以及反应堆压力容器事故排气系统排出的气体，这些蒸汽通过与卸压箱内的水的混合达到冷凝和冷却。

卸压箱是一个卧式、带有椭圆形封头的圆筒形容器。

箱内通常容纳水和以氮气为主的气体。采用氮气是为了保证箱内压力以及便于定期分析可能聚集的氢和氧的含量。

(5) 反应堆冷却剂管道

反应堆冷却剂管道应能承受反应堆冷却剂系统预计运行工况的压力和温度，管道材料应具有抗腐蚀性并和工作介质相容，保证冷却剂的正常输运。

反应堆冷却剂系统共有三条环路，每条环路由三段管道组成。根据流体流动的方向，它们分别是：

热 段：即反应堆压力容器与蒸汽发生器之间的管段；

过渡段：即蒸汽发生器与反应堆冷却剂泵之间的管段；

冷 段：即反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器之间的管段。

稳压器波动管与反应堆冷却剂管道的一条热段相连接。

4.2.2.3 主要辅助系统

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

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。

化学和容积控制系统，担负正常运行期间反应堆冷却剂系统的容积、化学和反应性的控制。事故（小破口、弹棒和卡棒等）时，保持反应堆冷却剂系统的水装载量，与反应堆硼和水补给系统一起能使反应堆停堆，并维持在热态次临界状态。该系统的主要设备（上充泵、除盐器和容积控制箱）布置在核辅助厂房内。

反应堆硼和水补给系统为化学和容积控制系统提供除盐除气水和硼酸溶液以及防止压力边界材料产生腐蚀的化学药剂。系统流程简图见图 4.2-1。

余热排出系统，在停堆后，当反应堆冷却剂温度和压力已降至不能通过蒸汽发生器排出热量时，排出反应堆冷却剂系统中的衰变热。该系统布置在安全壳内，以避免经过核辅

助厂房输送大量的反应堆冷却剂。系统流程简图见图 4.2-2。

燃料装卸和贮存系统，用于新燃料组件的接收、燃料组件的更换、贮存和装卸运输。由于换料期间，从反应堆中卸出的乏燃料具有很强的放射性，要求在水下运输和贮存，这样既能看清操作又能有足够的辐射防护。燃料操作设备主要布置在反应堆厂房操作大厅和燃料厂房操作大厅，反应堆厂房和燃料厂房之间通过燃料转运通道连通或者隔离。乏燃料组件通过装卸料机从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车将乏燃料组件吊运至乏燃料贮存架内。经过一定的衰变时间，将乏燃料组件从贮存水池中取出，装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。接收的新燃料组件贮存在新燃料贮存架内（干贮存），或乏燃料贮存水池中（湿贮存）。通过燃料转运通道将新燃料组件送入反应堆厂房，向堆芯装料。

消防系统是为核电站可能发生火灾的场所提供灭火措施的系统。核电站设计对可能发生的火灾隐患，采取了层层设防，一旦发生火灾，启用预先设置的各种行之有效的灭火设施灭火，使火灾危害降到最低限度。核岛厂房内的消防系统包括：核岛消防系统（含反应堆厂房、核辅助厂房、核废物厂房和核燃料厂房）、电气厂房消防系统（含电气厂房和运行服务厂房）、柴油发电机厂房消防系统、安全厂房消防系统及移动式 and 便携式消防设备。BOP 各厂房包括泵站、除盐水处理站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，不存在较大的火灾危险，在厂房内均设置消火栓和手提式灭火器。常规岛消防系统，能通过自动水喷雾灭火系统、水喷水灭火系统、气体灭火系统以及消火栓和手提式灭火器，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。

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设备。

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蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换为电能。本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个双流高压缸和两个双流低压缸组成，它与透平型同步发电机（三相、50Hz、27kV 暂定）同轴连接。汽轮发电机组转速为 1500rpm，额定功率 >1215MW（暂定）。

蒸汽-电力转换系统流程示意图见图 4.2-3。

蒸汽-电力转换系统包括主蒸汽系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、主给水系统、汽轮机旁路系统、汽轮机回热抽汽系统等。

主蒸汽系统功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽输送至汽轮发电机组发电，同时根据运行需要将主蒸汽输送至汽轮机旁路系统、汽轮机轴封系统、辅助蒸汽系统。

为了保护低压缸，减少对低压缸叶片的刷蚀，提高系统热经济性，在高压缸和低压缸之间设置两台汽水分离再热器。其主要作用是将湿度较大的高压缸排汽经分离段除去水份，然后进入位于分离段上方的一级再热器、二级再热器接受再热，使蒸汽在流入低压缸之前，温度得到提高。

凝结水系统是汽机热力系统的一个主要组成部分，它的主要功能是将凝结水从热井抽出，升压后送至低压加热器进行加热，同时向汽轮机低压缸喷水系统、凝汽器旁路扩散装置等提供减温水。

主给水系统的功能是将除氧器中满足蒸汽发生器温度、含氧量要求的给水升压，经过高压加热器向蒸汽发生器提供所需给水。

汽轮机旁路系统的主要功能是在汽轮机启动和停运、甩负荷、跳闸和反应堆紧急停堆等工况下，可将过量的主蒸汽排至凝汽器，为反应堆提供人为负荷，平衡反应堆与汽轮机之间的功率差，确保机组的安全运行。

汽轮机回热抽汽系统的主要功能是利用汽轮机抽汽对凝结水和主给水进行加热，提高机组的热经济性，同时确保供至蒸汽发生器的主给水温度满足核岛的要求。机组配置 7 级回热抽汽，分别是两级高压加热器、四级低压加热器和一级除氧器。

4.2.3.2 凝汽器

汽轮机低压缸排汽、旁路系统排放蒸汽和其它汽水流体，进入凝汽器冷却和除氧。汽水凝结时的放热量由循环水带出，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝汽器由汽轮发电机组制造商成套供货。

凝汽器的热工设计符合美国热交换协会的法规和标准要求。凝汽器系双壳体、单流程、单背压表面式凝汽器，每个低压缸下部配有单独布置的凝汽器，两个凝汽器的热井由连接管相连。凝汽器是由喉部、壳体、水室、热井等组成的全焊接结构。

凝汽器壳体由碳钢制成，低压加热器布置在凝汽器喉部。

凝汽器换热管采用钛管，每台凝汽器壳体内布置有两组钛管管束。蒸汽在凝汽器钛管管束附近冷凝成水，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。

凝汽器热井布置在管束的下方，设计有足够的空间，流经管束下部的部分蒸汽能进入该空间，回流加热管束底部的凝结水，从而减轻传热过程中出现的过冷现象。凝汽器热井装有液位计，在现场可观测到热井水位；在热井内装有液位控制器，用以将液位信号反馈到主控制室。

为保证凝汽器冷却管的表面清洁，达到设计的换热效果，每组管束配备一套胶球清洗装置，用以对冷却管内表面进行定期清洗。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水。

热废水为常规岛管道、设备等放水，可能带放射性，排至汽机房非油污水池，经泵升压送至常规岛液态流出物排放厂房进行处理。

非放射性含油废水为汽机房检修、运行中产生的含油废水，排放至汽机房含油污水池，经泵升压送至含油生产废水油水分离池进行处理。

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

华能霞浦核电项目压水堆一期工程的海水用水系统主要有：

- 循环水系统
- 重要厂用水系统
- 海水淡化系统
- 循环水处理系统等

海水取自东海，作为循环水、重要厂用水、海水淡化和循环水处理系统等的水源，其取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水、重要厂用水、海水淡化和循环水处理系统等的取水需求。

华能霞浦核电项目压水堆一期工程海水系统平均用水量详见表 4.3-1。

东海取水条件好、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、绿化浇洒洗车用水等。

（1）淡水用水量

1) 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、生产、浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘、砌砖等施工用水。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 $1675\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1730\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量为 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $4514\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 运行期间用水量

运行期间的淡水供水系统主要包括饮用水系统、生产水系统和中水系统。

饮用水系统主要提供运行期人员的生活用水、采用生活水水质的生产用水、消防补充水、绿化浇洒用水等。采用生活水水质的生产用水包括核岛、常规岛及厂区其他用户的生产用水。

生产水系统主要为除盐水处理系统提供原水，并作为锅炉降温水及空调冷冻机组冷却水的补充水以及消防补水的备用水源。

绿化、浇洒、洗车等用水采用再生水，由中水系统提供。

考虑管网漏损水量和未预见用水等，本工程正常运行日用水量约为 $5768\text{m}^3/\text{d}$ ，最大日用水量约为 $11476\text{m}^3/\text{d}$ 。

(2) 供水水源

施工期间淡水用水和运行期间的生活用水由霞浦第一自来水厂供给，海水淡化厂房建成后，海水淡化产品水可以作为备用水源。降尘、绿化、浇洒、洗车等用水由中水系统提供。海水淡化厂房按照全厂 5 台机组共用设计，设计规模初步定为 $20160\text{m}^3/\text{d}$ ，一期设计规模为 $12000\text{m}^3/\text{d}$ ，满足核电厂运行期间生活水、消防水、生产正常用水等需求。运行期道路浇洒、洗车用水日用水量约为 $379\text{m}^3/\text{d}$ 。本工程正常运行期间生活污水产生量约为 $437\text{m}^3/\text{d}$ ，再生水产生量约为 $393\text{m}^3/\text{d}$ 。

4.3.2 核电厂散热系统

华能霞浦核电项目压水堆一期工程规划建设 2 台百万千瓦“华龙一号”压水堆机组，拟采用海水直流冷却方式，海水水源取自厂址南侧福宁湾的海水，水源充足可靠。1、2 号机组取排水量分别约为 $72\text{m}^3/\text{s}$ 、 $72\text{m}^3/\text{s}$ 。本工程拟采用明渠取水、隧洞排水的取排水方案，见图 4.3-1。

取水工程采用明渠取水方案，本工程 1、2 号机组与后续 3 台机组和中核霞浦项目 2 台机组共用取水明渠，明渠底标高-11.0m。取水明渠口门朝向西南，口门最窄处明渠底宽不小于 110m，口门处底标高为-11.0m。取水明渠轴线大致为东西走向，全长约 1775m。按渠底宽度的不同，可分为 2 段，本工程 1、2 号机组和中核霞浦项目 2 台机组段明渠宽 110m，后续 3 台机组段底宽 90m。

排水工程采用隧洞排水方案，本工程 1、2 号机组暂按照两机一洞的隧洞排水方式考虑，排至厂区东北侧-10.0m 等深线处，排水隧洞长 1899m，内径 8.1m。隧洞出口段设置 2 个排水口，2 个排水口净距 130m，每个排水口设置 10 个排水立管。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

华能霞浦核电项目规划 4 台华龙一号机组和 1 台 600MW 级高温气冷堆机组，本期建设两台华龙一号机组（2×1200MW 级）。本期工程 2 台机组分别以发电机-变压器组的接线方式，经主变升压后接入新建的 500kV 主开关站。发电机和主变压器之间装设发电机出口断路器(GCB)，发电机经 GCB 至主变低压侧回路采用离相封闭母线连接。

4.4.2 与电力系统的连接

本工程设置一座 500kV 主开关站，以 500kV 接入电网，500kV 主开关站采用一个半断路器接线，远景预留分段可能，本期建设 2 个完整串、2 个半串，包括 2 回发变组进线、4 回线路出线，最终主接线方案以接入系统评审意见为准。考虑项目送出线路较长，为限制工频过电压，结合对侧变电站总平面布置情况，线路按配置高抗考虑。

本工程设置一座 220kV 辅助开关站，在厂用主电源丧失时，220kV 辅助电源系统经过辅助变向常备、应急设施供电，以保证电厂的安全运行。220kV 辅助开关站采用双母线接线，2 回线路出线，其中 1 回至附近变电站，1 回至中核项目辅助电源开关站。具体系统引接点以安全备用电源接入系统评审意见为准。

4.4.3 开关站的选型和布置

500kV 和 220kV 开关站采用 SF₆ 气体绝缘金属封闭开关设备(简称 GIS)，户内布置。500kV 开关站布置在厂区西南侧，采用架空导线向西出线；220kV 开关站布置在厂区西南侧，采用 220kV 电缆出线。

4.5 专设安全设施

4.5.1 概述

专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统。

4.5.2 安全注入系统

在发生反应堆失水事故时，安全注入系统提供冷却核燃料所需的手段，限制燃料元件包壳损伤和由此产生的裂变产物的释放，它能保证：

(1) 冷却堆芯

1) 任何失水事故工况下由安全注入系统注入堆芯的流量能充分排出堆芯产生的热量。使得：

- 燃料包壳的最高温度不超过1204℃；
- 燃料包壳的最大氧化厚度在各处都不超过包壳氧化前总厚度的17%；
- 水（或蒸汽）与包壳化学反应产生的氢气总量不超过假定所有包壳金属都起反应

所能产生的氢气量的1%；

- 堆芯几何形状的任何改变都应能保持对堆芯进行冷却的能力；
- 堆芯能长期维持在足够低的温度（排出余热）。

2) 安全注入系统能保证在事故下只有一小部分燃料元件可能受损坏。确保在事故下履行安全功能。

（2）堆芯补水

在蒸汽管道破裂事故工况下，安注系统的注入流量足以用来补偿由于不可控的蒸汽释放导致的反应堆冷却剂过冷而引起的容积变化。

（3）反应性控制

安全注入系统投运后，系统向堆芯注入来自内置换料水箱的含硼水，以控制堆芯的反应性。

安全注入系统的主要设备有：

- 2台中压安注泵；
- 3个安注箱；
- 2台低压安注泵；
- 1台水压试验泵。

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱(IRWST)取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

水压试验泵用于反应堆冷却剂系统压力试验，并且在核电机组丧失全部交流电源时用来给主泵的轴密封供水。

4.5.3 安全壳喷淋系统

安全壳喷淋系统在发生设计基准事故情况下，提供从安全壳内迅速地排出余热和清除裂变产物所需手段，以确保安全壳内的压力、温度和释放到环境的裂变产物水平保持或降低到设计范围之内。

安全壳喷淋系统为每台机组专用，由两个实体隔离的相同系列组成，每个系列均能独立地满足喷淋功能的要求。

除在喷淋前期两个系列均从化学添加剂（NaOH）水箱取水外，该系统的两个系列之间没有任何直接连接。

（1）系统设计的考虑

1) 排热能力考虑：

- 该系统设计得能长期工作，可达几个月，这取决安全壳完整性对它的要求。

—喷嘴的设计能使液滴的直径符合最大限度地排热和尽可能高效除碘的要求。

—安全壳喷淋系统作为能长期冷却安全壳的手段，它的热交换能力应足以排出余热，通过降低安全壳内压力和温度来防止安全壳超过设计条件。

—按热阱温度等于历史记录的最高温度计算系统的热交换能力。

—支撑喷嘴的喷淋环尽可能布置在穹顶下最高处，使水滴落差尽可能大。

—喷淋管或喷淋环上的喷嘴的间距、位置、方位的选择使喷淋覆盖的面积尽可能大，在安全壳内尽可能均匀分布，重叠喷淋尽可能少，使喷淋能覆盖安全壳的横截面积。

2) 对化学考虑

—选择 pH 值时，在保证其除碘效率下，尽可能减少腐蚀影响，限制金属与辐照分解的水发生反应时和金属腐蚀时产生的氢与氧的释放。

—采取了有利于化学添加剂溶液长期贮存措施，防止沉淀、化学反应和分解。并提供了防止添加剂冷却结晶措施。

3) 单一故障准则的应用

安喷系统喷淋子系统的所有能动部件和非能动部件及化学添加子系统的能动部件遵守单一故障准则。

喷淋子系统由两个容量为 100% 且相互独立的系列组成。

热交换器的冷却由设备冷却水系统与重要厂用水系统二个容量 100% 的独立的系列来确保。

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

(2) 系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

1) 喷淋子系统

喷淋子系统由两个相同的系列组成。每个系列配有一台泵，一台由设备冷却水进行冷却的热交换器，两根位于穹顶的带喷嘴的喷淋环管。

系统启动后，安喷泵从内置换料水箱 IRWST 取水，5 分钟后与来自化学添加剂箱的氢氧化钠溶液混合后由喷嘴喷出。

2) 化学添加剂子系统

化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠贮存箱，靠喷射器从该箱吸取氢氧化钠溶液，在泵吸入口混合后经喷淋环管喷嘴喷出。化学添加剂子系统包括一个氢氧化钠混合和循环系统，以防止氢氧化钠结晶。

3) 系统运行方式

当发生安全壳高压力信号时，安全壳喷淋系统就自动投入运行。喷淋水经热交换器冷却后再进行喷淋。化学添加剂在喷淋信号 5 分钟后自动开始注入，在化学添加剂箱低液位时停止注入。

4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

蒸汽发生器辅助给水系统属于专设安全设施。在任一正常给水系统发生事故时，辅助给水系统运行，能够确保向蒸汽发生器供应适量的水，以导出堆芯余热，直到反应堆冷却剂系统达到余热排出系统可投入的状态。此外，还应保证供水不会导致蒸汽发生器满溢。反应堆冷却剂系统的热量通过由辅助给水系统供水的蒸汽发生器传给二回路系统产生蒸汽；二回路系统蒸汽通过汽轮机旁路系统排入凝汽器或排向大气。

电站机组的设备包括两个辅助贮水池、一个泵子系统和一套与蒸汽发生器相连的给水管线，给水管线上装有流量调节阀和给水隔离阀。

辅助给水泵从辅助贮水池 001BA 和 002BA（内装适当 pH 值的除盐除氧水）吸水，并将其送入安全壳内主给水止回阀下游，靠近蒸汽发生器入口处的主给水管道内。

从辅助贮水池和与每台蒸汽发生器相连的注入管线通过取样来检查系统的水质。样品在非放射性实验室内进行分析。

辅助给水泵子系统主要设备包括：

——两台 50%流量的汽动泵(003PO、004PO)，它由蒸汽发生器主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管供汽，乏汽经过一个消音器排入大气。

——两台 50%流量的电动泵(001PO、002PO)，它由应急电源(柴油发电机)供电。

每台电动泵和每台汽动泵并联布置组成一个系列，都各自配置下列管道：

——吸水管线(来自辅助贮水池)；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线(包括调节阀和电动隔离阀)。

如果热停堆时间超过 8 小时，辅助贮水池的正常贮水量不能满足要求。此时，可由除氧装置向辅助贮水池补水，以保证有足够的水带走一回路热量。

另外，在电站启动前，该装置还能对硼水补给水系统的贮水箱进行初次充水，以及在电站运行中当硼回收系统故障时，向硼水补给水箱补充除盐除氧水。

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

当失去厂外电源时，由应急柴油发电机向除氧装置的泵供电，且允许直接由常规岛除盐水分系统（WCD）系统对贮水池进行补水。

除氧装置能使蒸汽发生器辅助给水中溶解氧的总含量保持在 0.01ppm 以下。

当任一正常给水设备不能使用时，辅助给水系统向蒸汽发生器供水，以导出堆芯余热，产生的蒸汽向大气排放，如果凝汽器可以使用时，则向凝汽器排放。

4.5.5 安全壳隔离系统

安全壳是阻挡核电厂放射性裂变产物释放到环境中去的最后一道实体屏蔽，在正常运行时以及在发生放射性物质释放到安全壳内的事故以后保证具有规定的密封性，为工作人员和公众提供辐射防护，并可保护核岛免受外部人为事件的危害。

考虑专设安全设施投入运行，安全壳结构设计成能承受设计基准事故引起的机械应力和热应力。设计基准事故是指反应堆冷却剂系统的管道瞬时双端环向断裂（LOCA），或者安全壳内二回路蒸汽管道断裂等事故。

本工程采用双层安全壳，内层安全壳是包容核蒸汽供应系统(NSSS)的主要物项，在所有可以想象的情况下提供对环境、工作人员和公众有效的辐射防护，这些情况包括导致安全壳内压力和温度急剧升高以及气态裂变产物释放的一回路冷却剂管道完全断裂的事故（LOCA 事故）。外层安全壳主要抵抗飞机撞击和龙卷风飞射物及外部爆炸等外部事件。

安全壳还应能承受由于安喷系统误投入运行造成的内部负压。

内层壳为带密封钢衬里的预应力钢筋混凝土结构，外层壳为钢筋混凝土结构。

为在事故工况下保持安全壳的密封性，防止放射性物质向环境释放超过可接受限值，贯穿内外壳的管线（专设安全设施运行所需要的管线除外），以及仅贯穿外层壳并与环形空间大气联通的管线在事故工况下必须能可靠地隔离，为此设置了安全壳隔离系统。

安全壳隔离系统的安全功能为：

（1）在反应堆失水事故时，隔离与专设安全设施无关的安全壳贯穿件，以减少放射性物质向大气的释放。

（2）在安全壳内出现各种高活度放射性物质情况下，隔离安全壳大气，防止和控制放射性物质向环境的释放。

（3）在主蒸汽管道破裂时，隔离蒸汽发生器，防止反应堆冷却剂系统过快降温或安全壳超压。

安全壳隔离系统的设计，每条管线上串联设置的安全壳电动隔离阀由不同的电源序列供电，所有气动隔离阀在失去非安全相关的仪表压缩空气系统后，处于关闭状态。因此任何单一故障都不会妨碍系统执行隔离功能。

内层安全壳设计，在失水事故时泄漏率不超过下面规定的最大泄漏率：在包容性失水事故下，规定总的最大泄漏率为 24 小时内不超过安全壳内气体质量的 0.3%。

外层安全壳的设计必须是密闭的，以便安全壳环形空间通风系统可以维持环形空间内

的负压状态。

安全壳环形空间通风系统确保环形空间保持持续的负压状态，该负压状态能有效引导内、外部的泄漏都向该环形空间汇集，从而可以避免来自内层安全壳的泄漏（比如在发生失水事故时）直接进入环境。

在排放之前，内层安全壳和外层安全壳的泄漏要经过过滤。

安全壳设计要求能保护地下水，不使放射性核素或化学物质在事故工况下渗漏到地下水中。

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，裂变产生的放射性核素基本上都包容在燃料元件芯块与包壳之内，只有极少量的裂变产物会由于燃料元件破损而泄漏到反应堆冷却剂中，或者由极少量的燃料元件加工制造过程中的表面铀沾污而直接进入主冷却剂。同时裂变产生的中子使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料受到激活而产生中子活化及活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化及活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关放射性系统的主要放射性来源。

4.6.2 放射性废液处理系统及源项

华龙一号放射性废液系统用于控制、收集、处理、输送、贮存、监测和排放核电厂正常运行期间（包括发生预期运行事件时）产生的放射性废液。其废液管理系统由下列系统组成：

- 硼回收系统（ZBR），
- 废液处理系统（ZLT），
- 核岛液态流出物排放系统（ZLD），
- 放射性废水回收系统（WSR），
- 核岛疏水排气系统（RVD）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

- 化学和容积控制系统（RCV），
- 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT），
- 蒸汽发生器排污系统（TTB），
- 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

4.6.2.1 硼回收系统（ZBR）

硼回收系统（ZBR）对来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛疏水排气系统（RVD）

的含氢反应堆冷却剂，先利用过滤、除盐和除气装置进行净化处理。然后，利用蒸发装置进行硼水分离处理，制取补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（RBM），复用于反应堆。

在燃耗末期，本系统还可对来自 RCV 系统的含硼浓度低的反应堆冷却剂下泄流用离子交换工艺进行除硼处理。

（1）设计基准

ZBR 系统为单机组布置，位于核辅助厂房。系统由净化、水与硼分离和除硼三部分组成。

本系统设计成能处理反应堆在基本负荷运行、负荷跟踪运行（12-3-6-3，50%满功率）、及各种运行瞬态时排放的含氢反应堆冷却剂。

本系统的前贮槽和净化部分可接收和处理来自 RCV 系统的最大下泄流（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）。

中间贮槽的容积可以满足本系统前、后两部分独立运行，从而不影响反应堆的运行状态。中间贮槽共三个，每个贮槽的有效容积为 350m^3 。

中间贮槽的容积能够容纳机组在燃料循环末期的两次冷停堆期间所产生的废液，即指：

- 冷停堆 6 小时；
- 温度升至反应堆零功率时的温度并保持反应堆零功率 1 小时；
- 返回冷停堆并保持此工况 6 小时；
- 升到满功率。

本系统蒸发部分将除气后的反应堆冷却剂分离为冷凝液和浓缩液，处理能力为 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。冷凝液含硼量低于 5ppm，经冷却后通常可作为反应堆补给水复用。当一回路氙的浓度高于控制值时，ZBR 冷凝液被送往 ZLD 系统监测、排放；浓缩液含硼量为 7000ppm，质量合格时可作为 4% 硼酸溶液复用。

（2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

- 净化部分：包括前贮槽、过滤器、除盐器和除气装置。
- 水和硼酸分离部分：包括中间贮槽、蒸发装置、冷凝液监测槽和浓缩液监测槽。
- 除硼部分：包括阴床除盐器、混床除盐器。

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽（001BA 或 008BA）接收。然后，用前贮槽泵（001PO，002PO）经除盐预过滤器（001FI）、阳床除盐器（001DE）、混床除盐器（003DE）、树脂滞留过滤器（003FI）净化后，进入除气塔（001DZ）进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵（003PO，004PO）输送，经再

生热换热器（001EX）与除气塔液体冷却器（001RF）冷却后进入中间贮槽（002BA、003BA或004BA）暂时贮存。

从除气塔排出的二次蒸汽经排气冷凝器（001CS）冷凝、冷却后，废气通过核岛疏水排气系统（RVD）送到废气处理系统（ZGT）的含氢废气子系统进行贮存衰变。冷凝液返回除气塔。

三个中间贮槽（002BA或003BA、004BA）共用一台输送和混合泵（007PO）。

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器（001EV、002EV）的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约4%的硼酸溶液和冷凝液，经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽（007BA，016BA）和冷凝液监测槽（005BA，006BA）内。经取样分析监测合格后，用浓缩液泵（014PO）和冷凝液泵（012PO，013PO）送到反应堆硼和水补给系统（RBM）的4%硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

如果冷凝液中硼含量偏高（ $> 5\text{ppm}$ ）时，则可以在未被污染的混床除盐器（006DE）进行除硼处理。

ZBR系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

a) 正常运行

前贮槽、除盐器和除气塔的操作都是自动连续进行的。蒸发和除硼操作是由操作人员按需要间歇进行的。

每个前贮槽在使用前，首先用氮气吹扫以降低气相中氧气的浓度。然后，再用RBM系统的除盐水从前贮槽开始，逐渐往后充填过滤器、除盐器，直至检查液体中氧的含量低于 0.1ppm （ $100\mu\text{g/L}$ ）时才算合格。

前贮槽001BA（008BA）覆盖着一定数量的氮气。在正常操作状况下，不排出气体，气体覆盖层压力随液位变化而变化，通常在 0.12 至 0.32MPa （绝压）之间变化。前贮槽除了有压力与液位检测报警外，槽顶气相与槽底液相管路上均设有安全阀可以保护贮槽。

前贮槽001BA（008BA）的液位与压力检测系统自动控制除气塔001DZ的启动和停运。

前贮槽的正常液位控制在 $10\sim 32\text{m}^3$ 之间，以确保前贮槽在净化部分不能使用时，仍能贮存反应堆以最大排放速率（ $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ）送来的冷却剂至少半小时的量。

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。

蒸发操作前，要先用输送和混合泵007PO将中间贮槽中的料液连续搅动混合。然后，

取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经二次蒸汽冷凝器 003CS（004CS）冷凝后，再经冷凝液冷却器 003RF（004RF）冷却至 50℃，进入冷凝液监测槽 005BA（006BA）。

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

— 如果冷凝液的水质满足反应堆补给水要求，则由冷凝液泵 012PO（013PO）将其直接送到反应堆硼和水补给系统(RBM)作补给水使用；

— 如果冷凝液中硼含量略高，则将其送到未被污染的混床除盐器 006DE 进一步除硼后送 RBM 系统作补给水使用；

— 如果冷凝液不合格，需再处理时，则用冷凝液泵 013PO（012PO）打回中间贮槽，重新经蒸发处理；

— 为了维持反应堆冷却剂中合适的氘浓度，将含氘量高的冷凝液送到废液排放系统（ZLD）排放。

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器 005RF（006RF）冷却后进入浓缩液监测槽 007BA（016BA）。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

— 如果浓缩液合格，则用浓缩液泵 014PO 送到 RBM 系统作为补给硼酸用；

— 如果浓缩液不合格（硼含量远小于 7000ppm，但其他指标合格），则经浓缩液泵（014PO）返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；

— 如果浓缩液不合格，送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理；

b) 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

当 RHR 系统运行时，将 RCV 系统容控箱 RCV002BA 的进料液转送到本系统的前贮槽，经本系统的净化部分处理后，再送回到容控箱 RCV002BA。

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

— 用蒸发器对除盐水分系统（WND）的除盐水除氧。

当 RBM 系统的水箱需补水时，可以用蒸发器对除盐水进行除氧，使其达到补给水要求。这是 ZBR 系统的一个特殊任务。此时，要求在蒸发器运行前，除盐水送入本系统的中间贮槽，蒸发后的二次蒸汽冷凝液送到 RBM 系统的补给水箱内。

— 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

这项操作也是本系统的一个特殊任务。其要求与上述相同，须在蒸发器运行前，将需

除氧的补给水经由输送和混合泵 007PO 送入中间贮槽。然后，向选定的蒸发器供料。除氧后的冷凝液用冷凝液泵 013PO（或 012PO）送回 RBM 系统的补给水箱。

4.6.2.2 废液处理系统（ZLT）

废液处理系统收集、贮存和监测核电厂正常运行工况产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行处理。处理过的废液经监测合格后，通过核岛液态流出物排放系统（ZLD）向环境排放。

（1）设计基准

废液处理系统的设计基准是确保核电厂放射性液态流出物的年排放量低于国家规定的限值，使公众和运行人员所受的辐射照射满足“可合理达到尽量低”的 ALARA 原则。

废液处理系统是按容纳和处理核电厂正常运行产生的最大预期废液量和最大预期放射性活度、并留有适当的裕量而进行设计的。

（2）系统描述

放射性废液根据放射性浓度和化学成分由 RVD 系统分类收集。然后，送至 ZLT 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

— 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为 27.2 m³/h。地面排水量约为 5000 m³/a，服务排水量约为 1250 m³/a。

— 工艺排水放射性浓度高，化学物质含量低，一般采用除盐工艺处理，处理能力为 8 m³/h，去污因子为 10000~100000。工艺排水量约为 2250 m³/a。

— 化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为 3.5 t/h，去污因子为 1000，处理废液量约为 1500 m³/a。

设计中考虑了各类废液与每一种处理系列之间的横向联接，以便根据废液水质情况选择合适的处理方法。

地面排水接收槽的容积为 3×50 m³，化学排水接收槽的容积为 3×50 m³，工艺排水接收槽的容积为 2×50 m³，工艺排水缓冲槽 1×20 m³（单机组分别布置），化学排水缓冲槽 1×20 m³（单机组分别布置），监测槽的容积为 2×50 m³。

a) 除盐工艺包括：

— 两个工艺排水接收槽 ZLT001/002BA。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。

— 一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放管理限值时，也用其将废液送往过滤器 ZLT002/012FI 过滤后经 ZLD 系统监测、排放。

— 一台预过滤器 ZLT004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

— 一套化学试剂注入装置，本装置用于连续注入化学试剂，以破坏较难去除胶体的稳定性，从而有利于下游的活性炭床将这些杂质有效地去除。根据在线监测器取样结果调节化学试剂的注入量。

— 一台活性炭床 ZLT001DE，经上游注入絮凝剂后，通过 001DE 去除废液中的悬浮物、胶体和部分离子。

— 四台串联的除盐器 ZLT002/003/004/005DE。

— 一台树脂滞留过滤器 ZLT005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA。

b) 蒸发工艺包括：

— 三个化学排水接收槽 ZLT006/007/008BA，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。

— 一台化学排水泵 ZLT003PO，用于 ZLT006/007/008BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

— 一化学中和站由酸、碱试剂槽和两台计量泵组成，用于调节接收槽中废液的 pH 值。

— 一蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 ZLT005PO、蒸发器预过滤器 ZLT001FI、预热器 ZLT001EX，加热器 ZLT001RE、蒸发器 ZLT001EV、旋风式分离器 ZLT001ZE、泡罩塔 ZLT002ZE、蒸馏液冷凝器 ZLT001CS、蒸馏液冷却器 ZLT001RF、冷凝水冷却器 ZLT002RF 和冷凝水平衡槽 ZLT014BA。

蒸发浓缩液由浓缩液槽 ZLT020BA 收集。然后，用泵送至 ZST 系统浓缩液槽。

蒸馏液由两个监测槽（ZLT009/010BA）接收。

蒸发净化单元包括化学试剂注入装置，可调节蒸发器内废液 pH 值；当蒸发器处理易起泡的废液时，也可由本装置注入消泡剂。

蒸发净化单元和除盐净化单元设有集中和就地取样点，通过取样分析来监测废液的特性及处理效果。

对监测槽 ZLT009/010BA 中的废液进行取样分析。如果其放射性浓度和化学特性符合排放要求，则排往核岛液态流出物排放系统（ZLD）监测排放。否则，送至蒸发器重新处理。

c) 过滤工艺包括：

— 三台地面排水接收槽 ZLT003/004/005BA，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混和、取样分析及化学中和。

— 地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

— 两台并联使用的过滤器 ZLT002/012FI。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯。

— 当地面排水接收槽内废液的放射性浓度高于排放管理限值时，可采用蒸发工艺处理，或由除盐单元处理。

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

（3）系统运行

ZLT 系统总的运行原则如下：

— ZLT 系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在 IAW 工作站监测系统的运行。

— 每类废液的接收槽（包括工艺排水接收槽、化学排水接收槽及地面排水接收槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。接收槽充满后，要对槽内废液进行搅拌和取样。

— 根据取样分析结果，废液经过滤装置送往 ZLD 系统监测、排放；或由蒸发净化单元或除盐净化单元处理后送往 ZLD 系统监测、排放。

— 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 除盐器是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。

4.6.2.3 核岛液态流出物排放系统（ZLD）

（1）设计基准

a) 核岛液态流出物排放系统逐槽收集下列来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地稀释排放。

① 放射性液态流出物

— 硼回收系统（ZBR）：蒸发器产生的冷凝液。

— 废液处理系统（ZLT）：包括蒸馏液、经除盐器处理的液态流出物，经过滤器处理的液态流出物。

— 放射性废水回收系统（WSR）。

— 核岛疏水排气系统（RVD）排水。

— 核岛液态流出物排放系统（ZLD）地坑疏排水。

— 固体废物处理系统（ZST）的疏水。

② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

b) 当因环境稀释能力不足而要求延迟排放、或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物放射性浓度超过规定排放限值时，可暂存液态流出物。

c) 将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

ZLD 系统设置三个 500m³ 的废液排放槽 ZLD001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 ZLD001/002 /003PO，用于在取样、分析之前搅拌槽内液态流出物并排放或将液态流出物送往废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 ZLD004/005PO 安装在地坑 ZLD001PS 内，地坑泵 ZLD007PO 安装在地坑 ZLD003PS 内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

三个排放槽有一根共用的排放管线及一根通往 ZLT 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪（IRM901MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

排放管线厂房内的部分材料为不锈钢，TR 沟内的部分均为不锈钢。该管线上的其它设备的材料采用不锈钢。

（3）系统运行

正常运行时，三个 ZLD 排放槽中的一个接收液态流出物，一个混合、取样分析和监测排放液态流出物，另一个备用。各系统来的液态流出物在排放槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据液态流出物放射性水平及环境稀释能力来确定液态流出物的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

当排放槽液态流出物放射性浓度超过排放限值时，液态流出物被送回 ZLT 系统化学排水接收槽重新进行处理。

ZLD 系统和 WQB 系统相连，互为备用。当 ZLD 系统的排放槽不能接收废水时，WQB 的备用排放槽将用于接收核岛的液态流出物。

4.6.2.4 放射性废水回收系统（WSR）

（1）设计基准

本系统有选择地收集下列场所产生的放射性废液或可能带放射性的废液：

- 核岛厂房内放射性洗衣房排放废液，
- 核岛厂房内卫生出入口产生的放射性废液，
- 核岛厂房内可降解废物处理系统产生的放射性废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的放射性机修及去污车间（HH 厂房）产生的机械去污废液和化学去污废液，

— 核岛辅助设施（BOP）的厂区实验室（BL 厂房）产生的废液。

收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 ZLT 系统、ZLD 系统或 ZST 系统。

（2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

NA 厂房热淋浴间和热更衣间的地面排水靠重力收集于废水贮槽 WSR001/002BA 中。WSR001/002BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接由泵 WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

废水贮槽 WSR001/002BA 房间内的地坑 WSR003PS 收集的废液由地坑泵 WSR008PO 送往 WSR001/002BA。

洗衣房洗衣和初次漂洗的排放废液，经粗过滤后借助于重力流入废水贮槽 WSR003BA。二次漂洗的排放废液，借助重力流入废水贮槽 WSR004BA。WSR003/004BA 内的废液经混匀和取样分析后，如果需要处理，将其经核岛疏水排气系统（RVD）送到废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理，如果放射性水平低于排放限值，则直接由泵 WSR003/004PO 送往 ZLD 系统监测排放。

可降解废物处理系统产生的放射性废液直接进入 WSR003/004BA，经取样检测后，送往废液处理系统（ZLT）进行蒸发或过滤处理或直接送往 ZLD 系统监测排放。

洗衣房废水贮槽 WSR003/004BA 房间内的地坑 WSR903PS 收集来自洗衣房和可降解废物处理设施产生的地面排水，并由地坑泵 WSR908PO 送往 WSR003/004BA。

WSR 系统 BOP 部分为两台机组共用，收集下列系统及场所的废液：

a) 放射性机修车间及去污车间排放废液

放射性机修及去污车间排放的化学去污废液靠重力流入化学去污水疏水箱 WSR202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 WSR202PO 送往 ZLT 系统的化学排水接收槽处理或送往 ZST 系统的浓缩液槽待后续处理。

放射性机修及去污车间排放的机械去污废液靠重力流入机械去污水疏水箱 WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 WSR201PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

b) 厂区试验室排放废液

厂区试验室排放废液靠重力流入厂区试验室疏水箱 WSR203BA，经过混匀和取样分

析后，由厂区试验室排水泵 WSR203PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

（3）系统运行

— 核岛部分

当废水贮槽 WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR001/002PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

当废水贮槽 WSR003/004BA 的液位达到高液位时，泵 WSR003/004PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 WSR003/004PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

— BOP 部分

a) 放射性机修及去污车间排放的化学去污废液

化学去污水疏水箱 WSR202BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员进行必要的处理后，根据取样分析结果，将废液送到 ZST 系统的浓缩液贮槽或 ZLT 系统的化学排水槽。出现低液位信号时，自动停泵。可以注入化学试剂调节废液的 pH 值，以防止沉淀物在回路中沉积。

b) 放射性机修及去污车间排放的机械去污废液

机械去污水疏水箱 WSR201BA 高液位报警信号通知操作人员水箱已充满。操作人员可进行必要的处理，根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

c) 厂区试验室排放废液

厂区试验室疏水箱 WSR203BA 的高液位信号自动启动泵。根据取样分析结果，将废液送往 ZLT 系统的地面排水槽或 ZLD 系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

4.6.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

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

根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含氢或含氧废气）以及收集后的处理方式，这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统（ZBR）、废液处理系统（ZLT）和废气处理系统（ZGT）。在反应堆发生事故以后，将高放废液再注入反应堆厂房。RVD 系统不直接履行安全功能（安全壳贯穿件除外）。但它起到限制放射性废物释放到环境中去的作用。

（1）设计基准

根据所收集的放射性物质的种类不同，RVD 系统分为六个独立的子系统：反应堆冷却剂疏水子系统、工艺疏水子系统、地面疏水子系统、化学疏水子系统、含氢废气子系统、含氧废气子系统。

RVD 系统采用的设计基准如下：

— 从与安全有关设备间来的废水，要防止由于疏水管线回流而造成与安全有关设备的淹没；

— 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；

— 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；

— 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；

— 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

（2）系统描述

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统收集含氢的反应堆冷却剂疏水和回路的泄漏。同时还收集当硼酸浓度发生变化时排出的反应堆冷却剂。这些废液被送至 ZBR 系统处理。

b) 工艺疏水子系统

该系统收集含氧的反应堆冷却剂疏水和泄漏以及树脂冲洗水。这些疏水通常是化学成分含量低的放射性废液。对这些废液的收集和输送方法是：

— 送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵输送到 ZLT 系统；

— 由 ZLT 系统直接收集；

— 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、512PS、513PS）的高放废液再注入反应堆厂房。

c) 地面疏水子系统

该系统收集反应堆厂房、安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房、电气厂房的地面疏水。这些疏水是化学成分含量不定的低放射性废水。这些废水按下述方法进行收集和输送：

- 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；
- 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）；
- 废水排至各自厂房地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；

核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 ZLT 系统；

— 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）和安全厂房地面疏水坑（RVD014PS、514PS）的高放射废液再注入反应堆厂房。

d) 化学疏水子系统

该系统收集核岛放化实验室、热机修车间的废水和来自处理含有放射性化学物质系统的疏水。

这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。

除反应堆厂房地面疏水被直接送到 ZLT 化学排水接收槽（ZLT006BA、007BA、008BA），通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RVD003PS），再由泵输送到 ZLT 化学排水接收槽。

e) 含氢废气子系统

该系统收集反应堆冷却剂系统、ZBR 系统除气塔运行中产生的含氢废气及用氮气吹扫各种箱体的覆盖层所产生的含氢废气。这些废气被送到 ZGT 含氢废气子系统进行处理。

f) 含氧废气子系统

该系统收集反应堆在启动、冷停堆时设备排气及常压贮槽、手套箱等排气，这些废气被送到 ZGT 含氧废气子系统进行处理。

(3) 系统运行

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房产生的反应堆冷却剂疏水被收集到反应堆冷却剂疏水箱（RVD001BA），并由两台并联安装的泵（RVD001PO 或 RVD002PO）输送。

b) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

位置高于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水靠重力收集到核辅助厂房的 ZLT 工艺排水缓冲槽。

在反应堆厂房标高在 -6.70m 以上的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA），再用泵（RVD014PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。

工艺疏水箱（RVD003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RVD031PS）。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

— 送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵（RVD023PO、RVD024PO）输送到 ZLT 系统。

— 靠重力直接送到 ZLT 系统。

c) 化学疏水子系统

本系统靠重力收集疏水，这些废水被送到化学疏水坑（RVD003PS），再用泵输送到 ZLT 化学排水接收槽。

d) 地面疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它能在机组正常运行期间和各种预期瞬态期间保持连续运行。

反应堆厂房标高-3.40m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD011PS），疏水坑装有多个水位探测器，根据预先设定的高高和低液位整定值来分别控制泵的启动和关闭（逻辑）。这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

机组的计算机同时记录从一个液位到另一个液位的切换、泵的启动次数和每次启动的运行时间，以便探测安全壳内的泄漏。在安全壳疏水坑的总管上装有容积式流量计，该流量计位于安全壳外，周期性地显示从安全壳内排出的水量。

反应堆厂房标高-6.70m 以上的地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RVD031PS），这些疏水由泵将其送至核辅助厂房的地面疏水坑（RVD001PS）。

位于反应堆堆腔和安全壳疏水坑（RVD011PS）之间的阀门（RVD608VE），正常情况下是关闭的，以便检测在反应堆冷却剂系统正常压力运行期间是否有泄漏进到堆腔里。

燃料厂房和安全厂房中的地面疏水通过重力收集到各自厂房的疏水坑，再用泵送至 ZLT 系统地面排水接收槽（ZLT003、004、005BA）。

核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）接收核辅助厂房的设备泄漏、疏水，及其它厂房地面疏水和房间地面疏水（一般情况下放射性水平低于排放标准），再用泵将疏水坑中废液输送到 ZLT 地面排水接收槽。

e) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

f) 含氧废气子系统

位于反应堆厂房的本系统，通过安全壳换气通风系统（CSV）的排风机使系统在运行

时保持负压。

机组在停堆期间本系统主要用来收集反应堆冷却剂系统中的饱和湿气，这些气体经过疏水含氧废气罐（RVD002BA）被分离后，气体排入安全壳换气通风系统（CSV），废水排入 RVD 工艺疏水子系统。

核辅助厂房的含氧废气排至废气处理系统（ZGT），由 ZGT 的排风机保持负压。

4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

（1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCS）提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制；
- 与硼和水补给系统（RBM）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；
- 控制气体的浓度；
- 净化和过滤；
- 含氧量和 pH 值的控制（与 RBM 系统一起）。
 - 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

- 为稳压器提供辅助喷淋；
- 稳压器满水时控制 RCS 压力；
- 为余热排出系统（RHR）的投运作准备；
- 为 RCS 系统充水、排水和进行水压试验。

（2）系统描述

RCV 系统由两个子系统组成：上充、下泄、密封水子系统和反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

a) 上充、下泄、密封水子系统

化学和容积控制系统的上充和下泄功能用于保持反应堆冷却剂系统稳压器中的水位，从而在电厂所有的运行阶段内保持适当的反应堆冷却剂的容量。

反应堆冷却剂的下泄流从反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热。然后，下泄流流过上泄孔板进行降压，再流过上泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

下泄流流过两台混床除盐装置中的一台进行净化，去除离子态腐蚀产物和多数裂变产物。在需要降低反应堆冷却剂中的铯和过量的锂时，可以再流过阳床除盐装置。

下泄流流过反应堆冷却剂的过滤器并从容积控制箱顶部的一条喷淋接管进入容积控制箱。氢气连续不断地供给容积控制箱，以扫除容控箱气相空间的裂变气体和控制在堆芯处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

两台离心式上充泵中的两台从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

b) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

化学和容积控制系统与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和氩毒变化所引起的反应性的慢变化。

去除反应堆冷却剂中的腐蚀产物和裂变产物，以便将反应堆冷却剂中的杂质含量及放射性水平控制在允许的范围內。

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

(3) 系统运行

在反应堆启动时，化学和容积控制系统可为反应堆冷却剂系统充水、加压及排气。在充水和排气操作完成后，即可建立化容控制系统的上充和下泄流量。在反应堆启动和冷却剂系统升温时，利用余热排出系统和化容系统的低压下泄管线控制反应堆冷却剂的压力。

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

在停堆过程中，在堆芯冷却期间，由于冷却剂的收缩要求增加上充流量进行补偿。同期，将硼浓度提高到冷停堆的数值。在达到冷停堆状态之前，如果必须打开反应堆压力容器，则通过用氮气置换容积控制箱中的氢气使反应堆冷却剂的氢含量降到 5mL/kg 以下，定期将容积控制箱的气体排到废气处理系统，释放出溶解的氢气。在电厂停堆时，如果要进行换料或维修操作，可利用化容系统的除盐装置净化放射性离子并采用扫气去除裂变气体，从而降低反应堆冷却剂的放射性水平。

4.6.2.7 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）

（1）设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路要满足单一故障准则的要求。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。

a) 乏燃料水池冷却回路

冷却回路取决于乏燃料水池中乏燃料组件的剩余功率，乏燃料水池剩余功率将根据换料工况和乏燃料组件贮存情况确定。

换料操作采用“全卸全装”的方式，即每次卸料时将堆芯的燃料组件全部卸入乏燃料水池。

在正常工况下，反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）或两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过 50℃（按设备冷却水系统水温为 35℃考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

b) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m³/h；

过滤孔径：除盐装置前置过滤器过滤粒度为 5μm，除盐装置后过滤器过滤粒度为 25μm。

c) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m³/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

（2）系统描述

a) 服务于乏燃料水池的设施

乏燃料水池分为 4 个部分：燃料转运舱、乏燃料水池、乏燃料容器装载井、乏燃料容器冲洗井。

— 冷却回路：水泵 001PO、002PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF、002RF，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

b) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤回路

— 反应堆换料水池充水和排水

当反应堆换料水池需急速充水时，使用低压安注泵；缓慢充水则可用该系统的 002PO 水泵。

反应堆换料水池排水采用重力排水，直接排入内置换料水箱的方式，排水过程可根据池壁喷淋清洗的要求随时终止，并在池壁喷淋清洗之后恢复。反应堆换料水池排空后，必须将水池排水管上的隔离阀切换至开启。

（3）系统运行

乏燃料贮存水池通常是充满水的。在换料时，反应堆换料水池和燃料转运舱需充满水。当反应堆压力容器进行检查时，反应堆换料水池也需充满水。反应堆堆内构件存放区单独充水时，可用水闸门与反应堆换料水池隔离。

系统正常运行：

— 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

从乏燃料组件贮存在乏燃料水池起，冷却回路开始连续运行，水池的水温不高于 50℃。用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池。

冷却回路的流量为 450m³/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m³/h，其中 60m³/h 提供给过滤和除盐回路。

过滤和除盐回路连续运行，其处理流量 60m³/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

回路最高工作温度根据树脂要求定为 60℃。当温度高于 60℃时，温度控制器发出报警信号，要求隔离过滤和除盐回路。

根据乏燃料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 5m³/h。

— 反应堆换料水池和附属回路

在整个反应堆压力容器开盖和换料水池充水过程中，应通过余热排出系统、化学和容积控制系统和硼回收系统对反应堆冷却剂进行去污处理，但要防止降低换料水池操作时的硼浓度。裂变气体和溶解的氢则通过化学和容积系统的容积控制箱和硼回收系统的除气塔去除。

当反应堆压力容器封头打开，反应堆换料水池充水后，过滤回路投入连续运行，过滤水量为 100m³/h，由流量计监测。

余热排出系统保持反应堆换料水池的冷却剂最高温度为 60℃。

根据反应堆换料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 6m³/h。

4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

（1）设计基准

a) 在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 76.5t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的 1.2%（即 25.5t/h）。

b) 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

（2）系统描述

蒸汽发生器排污系统分为排污水收集、冷却、减压、处理、回收或排放五部分，主要由热交换器、减压和流量控制阀、过滤器、离子交换器以及相应的管道和阀门等组成。

每台蒸汽发生器的排污水是靠两个径向对称的支管段在管板上收集的，并在其中的一根支管上设置一根取样接管，供取样分析用。两根支管在安全壳内合并后穿过安全壳。在安全壳外的排污管上设置了一根供蒸汽发生器保养用的氮气接管，并在每一根排污管上安装了一个无泄漏的隔离阀和一个手动流量控制阀，操作人员可以根据二次侧水质的好坏通过此阀控制排污量的大小。在功率运行时，排污量在 10~76.5 t/h 之间变化。

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，或非再生热交换器。一般来说，在电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热交换器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热交换器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热交换器进行冷却。再生热交换器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热交换器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（即 45~56°C 左右）之后，通过一个减压和流量控制阀，将热交换器下游的压力限制到 1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5 μ m 的过滤器，然后通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为 25 μ m 的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

在反应堆冷却剂系统向二回路泄漏之后的一台或多台蒸汽发生器的疏水情况下，处理后的排污水不能返回到凝汽器，而排往液态流出物排放系统。

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

- 处理设施失效；
- 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

在处理设施失效的情况下，排污水要进行连续的放射性监测，然后再送到液态流出物排放系统。

（3）系统运行

a) 正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~76.5t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

b) 特殊稳态运行

① 使用非再生热交换器

在再生热交换器不可用或是冷凝器和凝结水泵不可用的情况下，排污水经过非再生热交换器冷却，一般排污流量限制在 37t/h。

② 向常规岛液态流出物排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛液态流出物排放系统的排放槽，进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统待处理。

③ 特殊瞬态运行

— 蒸汽发生器的疏水

当热交换器或减压阀失效时，可用临时接管旁通失效设备进行疏水，也可利用重力疏水，还可经过安全壳隔离阀下游的支路进行疏水。

— 蒸汽发生器传热管断裂

当蒸汽发生器传热管断裂时，该蒸汽发生器必须切断给水供应，保持最大排污流量以便完全排空。

4.6.2.9 常规岛液态流出物排放系统（WQB）

（1）设计基准

本系统收集以下来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放：

— 常规岛废液收集系统（WLC）的液态流出物：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。

— TTB 系统排放的液态流出物。

— 其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

— 在异常情况下，WQB 系统的贮槽在三个 ZLD 系统的排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

（2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 WQB001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，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。

每个排放槽配有一台排放泵 WQB001/002/003PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内液态流出物，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 WQB004PO 安装在泵房地坑 WQB001PS 内。地坑泵 WQB005PO 安装在滞留池地坑 WQB002PS 内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往 ZLT 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（IRM902MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

（3）系统运行

正常运行时，三个 WQB 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 ZLT 系统化学排水槽作再处理。

当 WQB 系统的贮槽不能接收废水时，ZLD 的备用贮槽将用于接收常规岛的废液。

4.6.2.10 放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性浓度；
- 与液体放射性释放有关的电厂设备性能，特别是泄漏率和净化工序的去污因子等；
- 废液的运输、收集、滞留、处理期间的衰变。

液态放射性流出物排放源项分两种工况（现实和保守）考虑：现实工况假设整个循环中主冷却剂比活度都处于 0.1GBq/t I-131 当量下，其结果称为现实排放源项；保守工况假设整个循环主冷却剂比活度都处于 4.44GBq/t I-131 当量下，其结果称为保守排放源项。

液态放射性流出物的排放途径主要来自于硼回收系统、废液处理系统和二回路相关系统。

1) 硼回收系统

在整个燃料循环时间内（18 个月），硼回收系统的设计废水量处理量为：

- 直接来自于主回路的量（未经 RCV 净化）：2000t/a；
- 运行状态时经 RCV 净化的量：508.8t/a；
- 热停堆（8 小时左右启堆）过程中经 RCV 净化的量：360.5t/a；
- 热停堆（90 小时后启堆）过程中经 RCV 净化的量：565t/a；
- 冷停堆过程中经 RCV 净化的量：375.5t/a。

硼回收系统将主冷却剂除盐、蒸发后，蒸馏液进入硼水补给系统后等待复用，当需降低反应堆冷却剂中的氚浓度时，硼回收系统会将蒸馏液排往废液排放系统中，构成硼回收系统的排放。

主冷却剂在硼回收系统中处理的最短时间为 5 天。

化容系统的除盐器的去污因子为 10；化容系统前置过滤器对腐蚀产物的去污因子为 50；硼回收系统的前置除盐器的去污因子为 100，硼回收系统蒸发器的去污因子为 1000，故硼回收系统总的去污因子为 100000。考虑到除盐器对 Ag-110m 的去污效率较低，其去污因子较其他核素低一个量级。

在排放源项的估算中，保守的假定硼回收系统处理后得到的蒸馏液全部排往废液排放系统中。

2) 废液处理系统

废液处理系统中废液的化学性质和放射性因废液来源的不同而存在差异。根据废液的化学性质和放射性的不同，将废液分类为工艺排水、化学排水、地面排水和服务排水，正常处理方式如下：

- 工艺排水经除盐装置（连续注入絮凝+离子交换）处理；
- 地面排水经过滤装置排放；
- 化学排水经蒸发装置处理；
- 服务排水一般不处理即排放。

单台机组经废液处理系统处理的总水量为 10000m^3 ，其中工艺排水为 2250m^3 ，其相对比活度（相当于主冷却剂比活度份额）为 100%；化学排水为 1500m^3 ，其相对比活度为 67%；地面排水为 5000m^3 ，相对比活度为 0.1%；服务排水为 1250m^3 ，其放射性可忽略。

排放源项的估算考虑了各处理装置前置贮槽的废液收集期间以及处理期间的滞留衰变效应。其中收集时间是根据 GB/T 13976-2008 给出的方法推算的。对各单元的处理时间，除盐装置约为 7h、蒸发装置约为 20h、过滤装置处理时间约为 2h。

除盐装置的去污因子为 10000，蒸发装置的去污因子为 1000，计算中不考虑过滤装置的去污因子。考虑到除盐器对 Ag-110m 的去污效率较低，其去污因子较其他核素低一个

量级。

3) 二回路相关系统

二回路中的放射性来源于蒸汽发生器内一次侧向二次侧泄漏。运行期间的汽轮机厂房疏水排放、换料或维修冷停堆期间蒸汽发生器内死水的排空，可能导致放射性物质进入环境。

在二回路液态放射性流出物估算中，假定存在常年泄漏和附加泄漏。保守工况下，三台蒸汽发生器在整年中均存在 1kg/h 的常年泄漏，假定在停堆前的两个月内发生附加泄漏，附加泄漏率由 0~72kg/h 线性增大。现实工况下，只考虑 0.5kg/h 的常年泄漏。

蒸汽发生器二次侧的水或随蒸汽发生器排污系统处理后进入凝汽器成为补给水，或随蒸汽携带进入汽轮机厂房中。这里考虑排污系统处理总流量为 52.5t/h，其除盐器去污因子为 10；并考虑 70% 的蒸汽在汽轮机厂房做功后进入凝汽器，经凝结后在凝结水精处理系统中处理（精处理系统对铯的去污因子为 2，对碘和其他核素的去污因子为 10），30% 的蒸汽旁路入低压给水加热系统、给水除氧器系统、高压给水加热等系统中。

考虑到排污系统及精处理系统除盐器对 Ag-110m 的去污效率较低，其去污因子较其他核素低一个量级。

按照 4.6.1 节，现实工况反应堆主冷却剂中氙的年产生量为 39.25TB，保守工况反应堆主冷却剂中氙的年产生量为 45.98TBq。主冷却剂中 C-14 年产生量的设计值为 393GBq。平衡循环氙的年排放量设计值中假定 90% 经由液态途径排放，10% 由气态途径排放。实际设计中出于保守的考虑，认为主冷却剂中产生的氙全部经液态途径排放，则现实工况下单台机组氙的年排放量为 39.3TBq/a，保守工况下单台机组氙的年排放量为 46.0TBq/a。

主冷却剂中产生的 C-14 大部分以气态形式排放，少量以液态形式排放。按照 4.6.1 节给出的 C-14 产生量计算值，依据法国电厂实际运行排放源项中的气、液比（150:11），则以液态形式排放的 C-14 保守工况下排放量为 26.9GBq/a。

C-14 现实排放源项参考国内压水堆核电厂的运行经验和法国保健物理机构的推荐值，初步预估为：

气态：220GBq/（机组·年）

液态：10GBq/（机组·年）

随着我国压水堆核电厂运行经验的积累，将对现实排放源项开展进一步的研究工作，在后续的工程设计阶段，不断完善现实源项的分析工作。

现实工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.01E+00GBq/a，液态氙为 39.3TBq/a，液态 C-14 为 10GBq/a；保守工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量

为 $7.11\text{E}+00\text{GBq/a}$ ，液态氙为 46.0TBq/a ，液态 C-14 为 26.9GBq/a 。

核岛及 BOP 的年排放量为 32200m^3 ，常规岛的年排放量为 245900m^3 。现实工况，核岛及 BOP 液态流出物排放浓度为 62.2Bq/L ，常规岛液态流出物排放浓度为 $2.09\text{E}-02\text{Bq/L}$ ；保守工况，核岛及 BOP 液态流出物排放浓度为 399Bq/L ，常规岛液态流出物排放浓度为 5.59Bq/L 。现实工况和保守工况核岛及 BOP、常规岛的液态流出物排放浓度均低于 1000Bq/L ，满足我国核动力厂环境辐射防护规定 GB6249-2011 的要求。

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

4.6.3.1 废气处理系统（ZGT）

（1）系统功能

废气处理系统（ZGT）的功能是对核电厂产生的放射性惰性气体、卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的放射性废气年释放量、核电站工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

ZGT 系统不直接履行安全功能。但由于 ZGT 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外并存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 ZGT 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

ZGT 系统提供足够的处理能力，使气态流出物中的放射性排放低于国家标准 GB6249-2011《核电厂环境辐射防护规定》中规定的限值；

ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB/T22158-2008《核电站防火设计规范》的要求；

ZGT 系统能在正常运行期间提供足够的处理能力，含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 $2\times 100\%$ 。

ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成屏障 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；

ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。

ZGT 系统为单机组设置。主要设备位于 NX 厂房内。

（3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

1) 含氢废气子系统

含氢废气主要是由氢气、氮气、衰变过程中产生的放射性惰性气体（例如 Xe, Kr）和碘等组成。

这类废气有如下两个来源：

①来自装有反应堆冷却剂的容器，即反应堆冷却剂系统（RCS）的稳压器卸压箱、化学和容积控制系统（RCV）的容积控制箱和核岛疏水排气系统（RVD）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、两次。

②来自硼回收系统（ZBR）的除气单元。这类气体流量小，约 1.2m³(STP)/h，但排气次数较多。

该类废气进入本系统后采用压缩、贮存衰变的方法降低废气的放射性浓度。贮存期满后进行分析，如符合要求即可将废气排至 NX 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

2) 含氧废气子系统

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成。

这类废气来自容器的排气（并可能含有放射性气体）。

该类废气由核岛疏水排气系统（RVD）收集于含氧废气母管中，进入本系统后经碘吸附器进行除碘处理后排至通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

（4）系统运行

1) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐（ZGT001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。来自 RVD 系统集气管的含氢废气中的氧含量由缓冲罐进气总管上的两台氧分析仪连续监测。当氧浓度达到 1.5%至 3.5%时，触发主控制室内的报警信号，并在主控制室内记录该测量值。

正常运行时，含氢废气压缩机（ZGT001/002CO）可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

当缓冲罐压力上升达到 0.025MPa（表压）时，第一台含氢废气压缩机启动。

如果缓冲罐压力继续上升到 0.03MPa（表压）时，第二台含氢废气压缩机自动启动。

在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.005MPa（表压）时，正在运行的压缩机停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器（ZGT001/002RF）冷却后，送至衰变箱（ZGT002/003/004/005BA）。

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

在向烟囱排放前，衰变箱内的废气要进行取样分析和在线监测，测其放射性浓度等与安全排放有关的参数。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气排放。

如果 VNA 系统碘吸附器出现故障，NX 厂房的烟囱放射性超过阈值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则自动停止排放。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在 5~84 个小时内以预定的流量排放到 NX 厂房 VNA 系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值时，发出报警信号，并联锁关闭排放阀 028/029VY，废气停止排放。

在基本负荷运行工况下，含氢废气在衰变箱内有 60 天的贮存期；在废气量大而放射性浓度低的负荷跟踪运行工况下，贮存期为 45 天。

2) 含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当第一台风机停运后，第二台风机即自动启动（包括与之相关的电加热器和碘吸附器）。

含氧废气干管内的负压由止回式调节阀门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节阀门引入的空气，可经电加热器加热，用以降低气体的相对湿度，以保护碘吸附器中活性炭的活性。

经过碘吸附器处理后的含氧废气，经 VNA 系统的主排风稀释后，排向 NX 厂房的烟囱。

4.6.3.2 核岛厂房通风系统（HVAC）

（1）设计目的

通风系统对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员的安全健康以及设备的有效运行。

核岛厂房处理带放射性空气的主要通风系统如下：

— 反应堆厂房

安全壳连续通风系统（CCV）

安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳大气监测系统（CAM）

安全壳换气通风系统（CSV）

环形空间通风系统（CAV）

— 安全厂房

安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

— 核燃料厂房

核燃料厂房通风系统（VFL）

— 核辅助厂房

核辅助厂房通风系统（VNA）

— 核废物厂房

核废物厂房通风系统（VRW）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

- 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；
- 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；
- 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

- 蓄电池房间每小时换气次数为 12 次；
- 有氢危险的房间按稀释氢气浓度进行计算。

（2）设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风进风口。

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，并通过烟囱排放至室外环境中。

在厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）分别备有 1E 级的 AC 电源。

有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如支吊架、基座等。设备安装符合空间的可达性、运行和维修计划的要求。

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

进风预过滤器

为送风气流中的大气除尘设置了预过滤器。这些过滤器的效率较低，但至少为 85%。

排风预过滤器

排风预过滤器设在高效过滤器（或 HEPA 过滤器）上游，用来收集气流中粗颗粒灰尘，以提高高效过滤器的使用寿命，这些过滤器效率至少为 85%。

高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

高效粒子空气过滤器（HEPA）

高效粒子空气过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘。这些过滤器净化系数至少为 3000。

过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。除非另有说明，过滤器介质使用玻璃纤维材料。单元过滤器放在碳钢涂漆的框架上或放在密封过滤小室（或箱体）中。

碘吸附器

碘吸附器用于不同的 HVAC 系统，用来吸附气流中气载放射性碘。这些过滤器吸附分子碘的净化系数至少为 5000。

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

除设有独立通风的堆坑和控制棒驱动机构的热负荷外（见 CPV 和 RRV 系统），CCV 系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备。为使混凝土内应力低于容许极限，混凝土的内外温差不得超过 40℃。在反应堆厂房内，CCV 系统作为一个再循环系统运行。

b) 安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳空气净化系统的设计，考虑了反应堆厂房内部发生放射性污染时，要减少空气中放射性污染浓度，以便工作人员在一定时间范围内有可能进入。

CUP 系统取用 CCV 系统的部分空气，经高效粒子空气过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止 CUP 高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，空气取自 CCV 送风干管，使其能利用安全壳连续通风系统（CCV）的预过滤器。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和混凝土小室外两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100% 的净化回路组成，包括：

- 电动隔离阀；
- 电加热器；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数 > 3000）；
- 碘吸附器（净化系数（对分子碘） > 5000）；
- 手动平衡阀。

两台容量为 100% 冗余配置的风机并联。每台风机后设止回阀，风机前设隔离阀。当 CUP 系统运行时，两台风机中一台及净化机组运行。

c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下四个子系统组成：

- 混合子系统，在 LOCA 后作为安全壳大气的循环系统运行。
- 小扫气子系统是直流系统，在反应堆正常运行期间，它确保安全壳大气的净化，

使排风经过高效粒子空气过滤器（HEPA）和碘吸附器的过滤。其功能为：

降低安全壳内空气放射性水平；

在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。

- 泄漏试验子系统，使用压缩空气系统（WAS）的空气给安全壳加压。
- 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

监测安全壳大气的温度和压力。

用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

d) 安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

- 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。
- 减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便在冷停堆期间尽可能快地允许工作人员持续进入。

— 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐（RVD 002BA）处在轻微负压状态下。

CSV 系统是直流式通风系统，从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（VNA）排至烟囱后向大气排放。

e) 环形空间通风系统 CAV

CAV 系统是连续运行的，保证内外壳之间空间（环形空间）的负压，保证来自内层安全壳内部的空气在排放前经过过滤，避免被污染的空气直接流向环境。

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的碘排风子系统（一用一备），满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

- 带有隔离阀和防火阀的排风管；
- 一个正常排风子系统；
- 两个碘排风子系统；
- 共用静压箱的密封连接的风管。

CAV 包括以下两个子系统：

1) 正常排风子系统由一台预过滤器（过滤效率：85%）、一台高效粒子过滤器（净化系数 >3000 ）和配有逆止阀的排风机组成。

2) 两个碘排风子系统的组成均包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效粒子过滤器（净化系数 >3000 ）；
- 一台碘吸附器（净化系数（对分子碘） >5000 ）；
- 一台 100%容量并联的排风机，并配有逆止阀。

f) 安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

在正常运行期间，VMO 系统为直流式通风系统，对安全厂房机械设备区进行通风。在事故工况下，VMO 系统以低流量碘排风过滤系统运行。

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是为了保证安全厂房机械设备区的通风换气，在设备维修和定期试验时，保持电动机房的压力稍高于相应泵房的压力，以防电动机房被污染。即：

- 防止放射性产物释放到环境中去；
- 在安全壳喷淋系统（CSP）和安注系统（RSI）运行期间，容许维修人员进入。

VMO 系统由控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

- 两台并联连接的 50%容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、送风机），配有止回阀；

- 两台并联排风过滤器（预过滤器、高效粒子过滤器）；
- 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；
- 两台并联连接的 50% 容量的排风机，配有止回阀；
- 送、排风管道；
- 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

- 两台串联的 100% 容量的加热器；
- 排风过滤器（高效粒子过滤器、碘过滤器）；
- 两台并联连接的 100% 容量的排风机，配有止回阀；
- 排风管道；
- 防火阀。

g) 核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在 LOCA 情况时，低流量排风与-5.30m 以下房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统的设计都能保持其功能。同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100% 容量并联的机组，每个机组包括：

- 两台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 两台高效粒子空气过滤器（净化系数 > 3000）；
- 两个阻塞补偿阀；
- 两台 100% 容量并联的排风机，装有逆止阀；
- 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与室外隔离。

h) 核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行或工作人员的健康要求；
- 按辐射防护分级，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；

- 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；
- 减少释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；
- 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

- 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求；

- 在厂房火灾的情况下，从核辅助厂房的电气房间排烟。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VNA 系统由送风机组、无碘污染房间的排风机组（称“正常排风”）、潜在碘污染房间的排风机组（称“碘排风”）、排烟机组、送风管道和排风管道及烟囱组成。

① 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

- 四台并联的预过滤器（过滤效率：85%）（三用一备）；
- 四台并联的高效粒子空气过滤器（净化系数 >3000 ）（三用一备）；
- 四台 50% 冗余设置的风机，并联连接，并配置逆止阀（两用两备）；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

② 碘排风机组

两个容量为 100% 的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

- 两台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效粒子空气过滤器（净化系数 >3000 ）；
- 一台碘吸附器（净化系数 >5000 ）；
- 一台配有逆止阀的风机；
- 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

③ 排烟机组

排烟机组的组成：

- 一台过滤器机组，包括一台预过滤器（过滤效率：85%）和一台高效粒子空气过滤器（净化系数 >3000 ）；

- 两台 100% 容量并联连接的风机，并配置逆止阀；

- 连接电气房间的排烟的管道，并配置排烟阀。

④ 排风烟囱

排风烟囱固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 76.53m，高出反应堆厂房 3m。

在烟囱中设有一个监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

⑤ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

在固体废物处理系统（ZST）排风管出口处的预过滤器，是用来截留固体废物装桶系统运行时所产生的水泥粉尘。

i) 核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 在厂房火灾的情况下，从核废物厂房的电气房间排烟；

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统和排烟子系统组成。

① 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管路组成，每台空调机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效过滤器（净化系数>3000）；

— 一台配有止回阀的风机。

① 正常排风子系统

正常排风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管路组成，每台空调机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；

— 一台配有止回阀的风机。

② 碘排风子系统

碘排风子系统由 2 台 100%容量的机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的碘排风管路组成，每台机组包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000 ）；
- 一台碘吸附器（净化系数 >5000 ）；
- 一台配有止回阀的风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

③ 排烟子系统

排烟子系统由 1 台 100% 容量的机组以及配有排烟阀的排烟管路组成，机组包括：

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 >3000 ）；
- 两台 100% 容量并联连接的风机，并配置止回阀。

4.6.3.3 放射性废气排放源项

气载放射性流出物主要来源于主冷却剂脱气（含氢废气）和各厂房的通风排放（含氧废气），具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 核废物厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放。

气载放射性流出物排放源项也分现实排放源项和保守排放源项两种方法考虑，计算中使用主冷却剂比活度的假设与液态同。

1) 废气处理系统

废气处理系统的大部分活度来源于主冷却剂在硼回收系统脱气而产生的含氢废气。废气处理系统将含氢废气压缩、衰变后排放。

主冷却剂在硼回收系统的脱气考虑了对直接来自主回路（不经 RCV 处理）的主冷却剂、功率运行期间经 RCV 处理的主冷却剂、热停堆（8 小时启堆和 90 小时启堆）过程中处理的主冷却剂、冷停堆过程中处理的主冷却剂的脱气，并考虑了冷停堆期间一回路全部主冷却剂经脱气塔的脱气。

对气载碘，考虑了脱气塔的汽水分配因子（ 10^3 ），并考虑化容系统的去污因子（10）以及硼回收系统前置除盐器对碘的去污因子（100）。

考虑衰变箱的充满时间为 30d，贮存衰变时间为 60d。

对废气处理系统排放的气载粒子，是根据 GB/T 13976-2008 给出的模式和参数估算的。

2) 反应堆厂房通风排放

安全壳内空气中的放射性来源于主冷却剂在安全壳厂房的泄漏。为维持安全壳内的压力，或降低安全壳大气中惰性气体、氙的放射性，需不定期启动安全壳大气监测系统进行小风量清洗（小扫气），将部分壳内空气排往环境中，空气在排放前经过高效粒子过滤器和碘吸附器的净化。反应堆厂房中反应堆冷却剂的泄漏估计为 66kg/h，泄漏的碘的分配因子取 10^{-3} 。小扫气流量为 1800m³/h，每年运行 280h。

安全壳环形空间通风系统使安全壳环形空间始终处于负压状态，这样可保证从内侧安全壳经贯穿件泄漏的气体进入环形空间，经高效过滤器过滤后排放。这里考虑运行期间向夹层空间的泄漏率为 6.1m³/h。

在停堆前，为保证工作人员安全进入安全壳内，需将进行壳内空气换气（大扫气），排出的空气进入辅助厂房通风系统中，经高效粒子过滤器过滤后排放。

对反应堆厂房排放的气载粒子，是根据 GB/T 13976-2008 给出的模式和参数估算的。

3) 辅助厂房的通风排放

辅助厂房中直接处理主冷却剂的系统为化容系统。下泄流在化容系统中经降温降压（<60℃）后进入除盐器中（对碘的去污因子考虑为 10），处理后的主冷却剂又经升温升压作为上充流返回一回路中，在这些过程中都可能发生泄漏。

在核辅助厂房中反应堆冷却剂的泄漏率为：

- 冷泄漏，31kg/h；
- 热泄漏，2kg/h。

泄漏的主冷却剂全部惰性气体、部分碘进入辅助厂房空气中，对热泄漏（>60℃）中的碘，汽水分配因子取 10^{-3} ；对于冷泄漏的碘，汽水分配因子取 10^{-4} 。

对辅助厂房排放的气载粒子，是根据 GB/T 13976-2008 给出的模式和参数估算的。

4) 燃料厂房的排放

燃料厂房排放源项的计算是根据 GB/T 13976-2008 给出的数据估算的。这里考虑运行期间燃料厂房碘排放与主冷却剂比活度的归一值为 0.038 (GBq/a)/(GBq/t)，停堆期间为 0.093 (GBq/a)/(GBq/t)。

5) 二回路相关系统的排放

二回路的气载放射性流出物排放主要包括随汽轮机厂房的蒸汽泄漏和凝汽器真空系统排放的不凝性气体。

蒸汽发生器一次侧向二次侧泄漏构成了二回路的放射性来源，放射性物质随蒸汽进入汽轮机厂房后，部分蒸汽泄漏入环境中。蒸汽在做功后进入凝汽器中冷凝成水，不凝性气体经凝汽器真空系统抽走并排放。

汽轮机厂房的蒸汽泄漏是根据 GB/T 13976-2008 给出的参数估算的。对凝汽器真空系统，考虑对碘的气水分配因子为 10^{-3} 。

二回路相关系统气态流出物估算的其他假定与液态同。

按照 4.6.1 节，现实工况反应堆主冷却剂中氙的年产生量为 39.25TB，保守工况反应堆主冷却剂中氙的年产生量为 45.98TBq。主冷却剂中 C-14 年产生量的设计值为 393GBq。

考虑 10% 的氙由气态途径排放，则现实工况下单台机组氙的年排放量为 3.93TBq/a，保守工况下单台机组气态氙的年排放量为 4.60TBq/a。

主冷却剂中产生的 C-14 大部分以气态形式排放，少量以液态形式排放。按照 4.1 节给出的 C-14 产生量计算值，依据法国电厂实际运行排放源项中的气、液比（150:11），则以气态形式排放的 C-14 为 366GBq/a。

碳-14 现实排放源项基于核电厂的运行经验。根据 4.6.2 节给出的数据，现实工况下气态碳-14 的排放量为 220 GBq/a。

现实工况下一台机组的惰性气体排放量为 $9.70E+02$ GBq/a，气载碘的排放量为 $1.16E-02$ GBq/a，气载粒子的排放量为 $4.68E-02$ GBq/a，气态氙的排放量为 $3.93E+03$ GBq/a，气态 C-14 的排放量为 220GBq/a；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为 $5.74E+04$ GBq/a，气载碘的排放量为 $7.06E-01$ GBq/a，气载粒子的排放量为 $9.36E-02$ GBq/a，气态氙的排放量为 $4.60E+03$ GBq/a，气态 C-14 的排放量为 366GBq/a。

4.6.4 放射性固体废物管理

放射性固体废物管理主要包括固体废物处理系统（ZST）、废物最小化以及废物最终处置三部分内容。

4.6.4.1 固体废物处理系统（ZST）

4.6.4.1.1 系统功能

固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备本项目在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

本系统处理下列几种类型的废物：

- 废树脂；
- 废活性炭；
- 浓缩液；

——废过滤器芯；

——杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、蒸汽发生器排污系统（TTB）、乏燃料水池净化系统（RFT）和废液处理系统（ZLT）。

废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的活性炭床。

浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器。

废过滤器芯来自核辅助厂房（NX）和核废物厂房（QX）内 RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

本系统设计所采用的主要标准规范：

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| — 《核动力厂环境辐射防护规定》 | GB 6249-2011 |
| — 《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》 | GB 9132-2018 |
| — 《放射性物质安品运输规程》 | GB 11806-2019 |
| — 《低、中水平放射性固体废物包安全标准》 | GB 12711-2018 |
| — 《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》 | EJ 1042-2014 |
| — 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》 | GB14589-93 |
| — 《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》 | GB 36900.2-2018 |

4.6.4.1.3 系统描述

（1）ZST 系统组成

本项目的 ZST 系统由核辅助厂房（NX）内部分、核废物厂房（QX）内部分、废物处理中心及固体废物暂存库组成。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理。

（2）废物处理工艺描述

ZST 系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

ZLT 系统产生的浓缩液收集在 QX 厂房的浓缩液贮槽中，需要处理时分批注入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入

混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房和 QX 厂房的废树脂贮槽中，用屏蔽运输车送到废物处理中心的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在废物处理中心厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 暂存。

正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NX 厂房直接装入 200L 钢桶。然后，送到固体废物暂存库贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中，然后送到废物处理中心进行烘干后装入 200L 金属桶。

将 NX 厂房和 QX 厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至废物处理中心。在废物处理中心将装有废过滤器芯的 200L 钢桶开盖并进行水泥固定，经封盖和剂量检测后送至固体废物暂存库暂存；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的过滤芯可视为干废物进行超压处理。经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，在分拣箱分拣成可压实干废物、需要烘干的潮湿干废物和不可压实废物进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→剪切（必要时）→初级压实→超级压实→水泥固定→200L 钢桶封盖→表面剂量率和表面污染检测→送固体废物暂存库暂存。

（3）固体废物暂存库

固体废物暂存库用于暂存四台华龙一号机组和一台高温气冷堆五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯、TTB 废树脂桶的临时贮存场所。

固体废物暂存库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

废物暂存库贮存区域包括 HIC 废物包贮存室、HIC 废物包贮存区、200L 废物桶贮存室、200L 废物桶贮存区、TTB 废树脂桶贮存区、轻微污染设备贮存区。

表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存室和 HIC 废物包贮存室；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存区和 HIC 废物包贮存区。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。轻微污染废物贮存部分贮存 TTB 废树脂桶、轻微污染的大尺寸废物和通风废过滤器芯。

贮存的放射性废物贮存一定年限后（不超过 5 年），转运到放射性固体废物处置场进行处置。

4.6.4.1.4 系统运行

(1) 浓缩液的处理

浓缩液收集于 QX 厂房的浓缩液贮槽内，随后用浓缩液泵装入 200L 钢桶进行桶内干燥，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车运送到固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

(2) 废树脂和废活性炭的处理

产生在 NX 厂房的废树脂用水力输送至 NX 厂房的废树脂贮槽，产生在 QX 厂房的废树脂和废活性炭用水力输送至 QX 厂房的废树脂贮槽，再用废树脂运输车运送到废物处理中心废树脂接收槽。最后将废树脂和废活性炭用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，转运至固体废物暂存库装入混凝土 HIC 后暂存。

(3) 废过滤器芯的处理

废过滤器芯是用一个过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）来拆卸的，拆卸后通过下降通道装入事先放置在辊道上的 200L 钢桶中，钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯定位，并保证均匀的生物防护，再通过屏蔽运输车和辊道送到水泥固定装置进行水泥固定。为确保水泥浆分布均匀，可以将容器放在振动台上振动几分钟。处理后产生的钢桶废物包送到固体废物暂存库暂存。

(4) 杂项干废物的处理

杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到废物处理中心进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的废物包送到固体废物暂存库暂存。

(5) 废物包暂存

固体废物暂存库设有检测装置用于检测入库废物包表面剂量率、核素组成、重量和表面污染。然后，根据废物包的表面剂量率及包装类型，通过数控起重机将废物包吊运到指定的区域码放贮存。

4.6.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

1) 浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为现实工况和设计工况两类；对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类，现实工况基于运行经验反馈数据的平均值，设计工况基于经验反馈数据的最大值。

经分析，在分析固体废物源项的过程中，现实工况对应的主冷却剂源项能够在一定的保守范围内，反映机组正常运行过程中的现实状态，因此，在分析固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物现实源项的分析。

设计工况对应的主冷却剂源项能够在一定的范围内，包络机组运行过程中可能出现的

各种预期运行事件，因此，在分析固体废物设计源项的过程中，可以考虑用于固体废物设计源项的分析，该设计源项可用于固体废物总量估算以及废物管理的辅助决策，而不用于辐射屏蔽设计。

结合现实源项和设计源项的考虑，对 ZBR、ZLT、RCV、RFT 和 TTB 系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯整备前后的活度水平。

2) 杂项干废物

核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等），“华龙一号”核电厂单台机组年产生杂项干废物产量设计值为 140m^3 ，其中 119m^3 为可压实废物， 15.75m^3 为可直接压实废物， 5.25m^3 为不可压实废物。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到废物处理中心厂房压实装桶或装桶水泥固定。

根据国内核电站的运行数据得出杂项干废物（包括可压实废物和不可压实废物）的放射性水平，取 $1.5\text{E}+06\text{Bq/kg}$ 作为处理前杂项干废物的设计源项，取 $7.50\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 作为处理前杂项干废物的现实源项。

根据国内核电厂统计数据，假设可压实干废物处理前密度为约 150kg/m^3 ，采用超级压实工艺处理，则处理后可压实干废物的比活度设计值为 $5.05\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为 $2.53\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

不可压实废物直接进行水泥固定处理，假设不可压实废物堆积密度为 500kg/m^3 ，则处理后不可压实废物的比活度设计值为 $4.28\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为 $2.14\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

4.6.4.2 废物最小化

4.6.4.2.1 废物最小化原则

在核电厂设计、建造、运行和退役过程中，通过废物的源头控制、再循环与再利用、清洁解控、优化废物处理和强化管理等措施，经过代价利益分析，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）可合理达到尽量低。

核电厂废物最小化应以确保安全为前提，以废物处置为核心，通过技术和管理措施实现废物最小化，遵循源头控制优先、全过程管理、全员责任和持续优化的原则。

4.6.4.2.2 设计阶段的废物最小化

4.6.4.2.2.1 控制放射性废物产生的设计措施

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、合理分类收集处理和改进处理工艺来实现，拟采取以下主要措施：

(1) 源头控制

— 核岛内 16"以下管道法兰密封不采用含银垫片，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

(2) 合理分类

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到固体废物暂存库的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，进行清洁解控。

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。

— 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，将其放在固体废物暂存库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

(3) 改进处理工艺

— 浓缩液采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液用桶内干燥器干燥后形成浓缩液盐块。

— 废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶。

— RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

4.6.4.3 废物最终处置

计划每两年向规划中的放废物处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为华能霞浦核电项目的固体废物暂存库，运输终点为规划中的放射性固体废物处置场。放射性废物运输必须遵守国标 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》。

由于区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。

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，包括燃料转运舱、乏燃料

贮存水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施。

乏燃料贮存在乏燃料贮存水池中的乏燃料贮存格架中。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。

4.6.5.1 系统描述

乏燃料组件从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车吊运乏燃料组件，垂直存放在水下的乏燃料贮存格架中。破损的燃料组件装入破损燃料组件贮存小室内存放。需要定量检查辐照燃料组件的破损程度时，采用离线啜吸检测装置进行检测。当乏燃料组件贮存一定时间需要外运时，将组件装入乏燃料运输容器，经过清洗，检查乏燃料容器的表面辐射水平和污染水平满足运输标准规定后，可运往乏燃料后处理厂。

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道关闭并隔离换料水池与转运舱，只有换料时才打开。

乏燃料贮存水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料贮存水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区。Ⅰ区用于装载新燃料组件、破损燃料组件、未达到规定燃耗限值的乏燃料组件和换料时全堆芯的燃料组件。Ⅱ区用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满含硼水，以保证乏燃料贮存水池内燃料组件的冷却和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料贮存水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

4.6.5.2 设计准则

乏燃料贮存设计按 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，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

(1) 乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行故障期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，

乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态。在设计中摒除了事故工况下置信部分水池中可溶硼的方法来保证临界安全，即在 I 区贮存格架装载最高预期富集度的新燃料组件，而 II 区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，有效增殖系数 $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ；

- (2) 乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；
- (3) 防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；
- (4) 贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；
- (5) 贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；
- (6) 必须提供贮存破损燃料组件的设施；
- (7) 贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；
- (8) 应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；
- (9) 乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；
- (10) 乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；
- (11) 乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；
- (12) 乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；
- (13) 乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施；
- (14) 乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件；
- (15) 在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全；
- (16) 在乏燃料贮存水池中设有多道水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的冷却和处理系统用于保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料贮存水池以及

燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

当反应堆冷却剂系统打开，且余热排出系统完全失效时，反应堆换料水池及乏燃料贮存水池冷却和处理系统可作为余热排出系统的备用。这种备用同样允许对余热排出系统进行维修，而不降低装置的安全水平。

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

2) 系统的设计基准

该系统设有两台冷却泵；由柴油发电机组作为它们的应急电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

乏燃料贮存水池冷却系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

为满足华能霞浦核电项目压水堆一期工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理，用于生产淡水的海水淡化系统所需的原海水也需要进行一定的预处理。

化学处理的主要方法是在系统中加入一定量的杀菌剂、阻垢剂、还原剂、树脂再生用酸碱药剂、调节 pH 值用酸碱药剂、除氧药剂等，以保证相关工艺系统的正常运行。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

华能霞浦核电项目压水堆一期工程释放到环境中的化学物质主要产生于海水淡化系统（包括海水淡化预处理系统和海水淡化膜处理系统）、除盐水生产系统、凝结水精处理系统、循环水处理系统、放射性废液处理系统等。

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入次氯酸钠溶液，在重要厂用水系统和循环水系统流道内连续加氯使循环水系统及重要厂用水的海水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

华能霞浦核电项目压水堆一期工程采用电解海水制氯的工艺来获取次氯酸钠，海水经过滤网过滤后进入电解系统。从次氯酸钠发生器中出来的次氯酸钠溶液进入次氯酸钠储罐，氢气在其中被分离出去，经排氢风机鼓风稀释后排入大气。次氯酸钠溶液从次氯酸钠储罐通过加药泵输送至加药点。

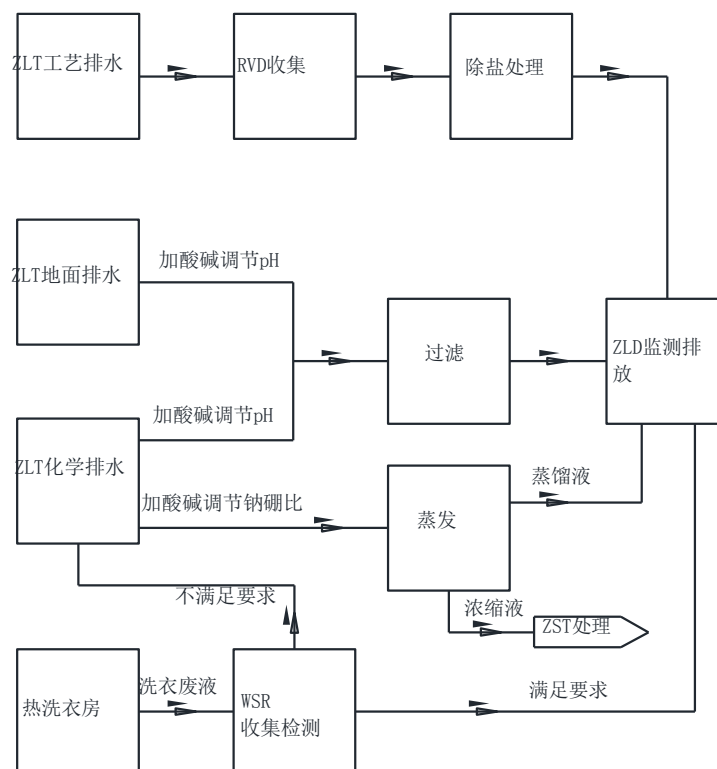
生产生活用水系统的原水取自海水，海水淡化系统采用“混凝沉淀+V型滤池+超滤+两级反渗透”工艺。本工程海水淡化系统浓盐水最大日排放量约为 17430 m³。

海水淡化系统加入的化学物质主要为次氯酸钠、聚合氯化铁、盐酸、氢氧化钠、阻垢剂和 Na₂SO₃。海水淡化系统的酸碱废水经中和处理达标（pH 调节至 6~9）后排放。

经过海水膜反渗透装置处理的一级产水再经二级反渗透处理后分别供向除盐水生产系统、饮用水系统和生产水系统。

除盐水生产系统从二级淡水箱获取原水，原水经过阳离子交换器、阴离子交换器、混合离子交换器处理后进入除盐水箱。除盐水生产系统的树脂再生废液中含有 NaCl、以及少量的 HCl 或 NaOH。再生废液经中和处理达标（pH 调节至 6~9）后排放。

三废系统化学物质排放系统图如下：



4.7.1.2 废水来源与排放

华能霞浦核电项目压水堆一期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：

循环水处理系统；

海水淡化系统的浓盐水、酸碱等化学废水；

除盐水生产系统的酸碱废水；

凝结水精处理系统；

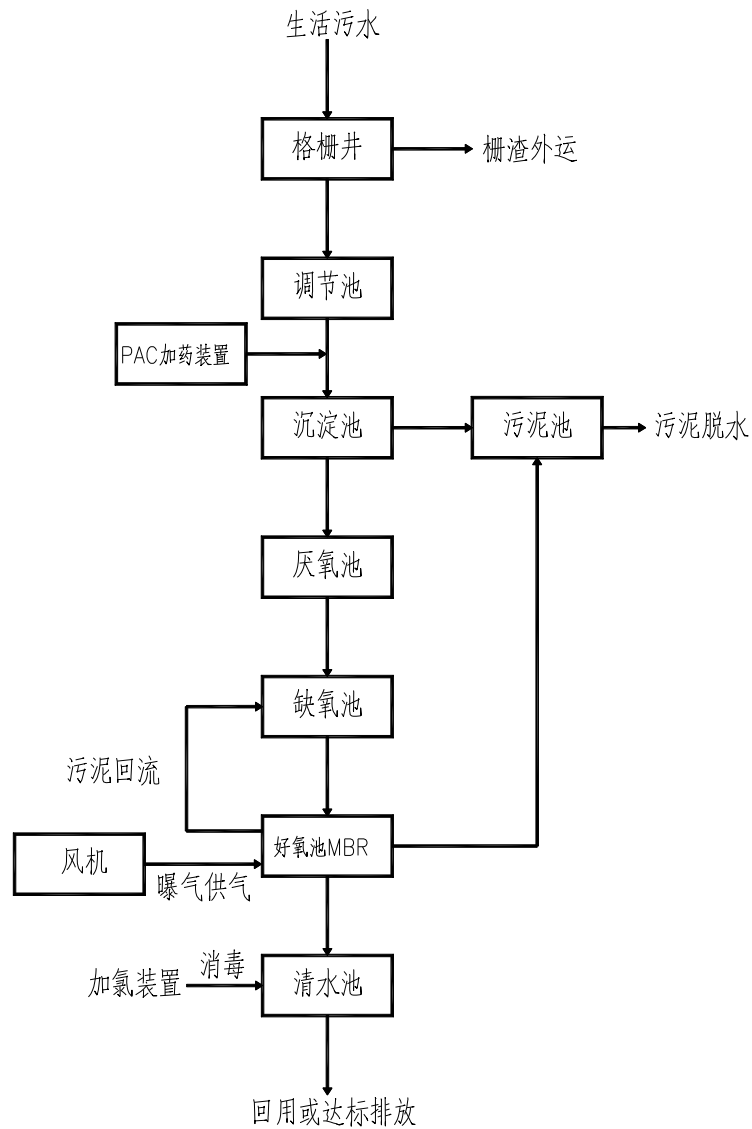
放射性废液处理系统；

4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括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 2.7 吨/天。

生活污水来自本工程主厂房、集中控制楼及辅助、附属建筑物等卫生间排水和厂区食堂等处卫生设备的非放射性生活污水的排水。本工程生产区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，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）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等。华能霞浦核电项目压水堆一期工程正常运行期间生活污水产生量约为 437m³/d，大修和启动工况增加至 680m³/d。生活污水处理站全厂共用设计规模 1500m³/d。生活污水处理站主要工艺流程图如下：



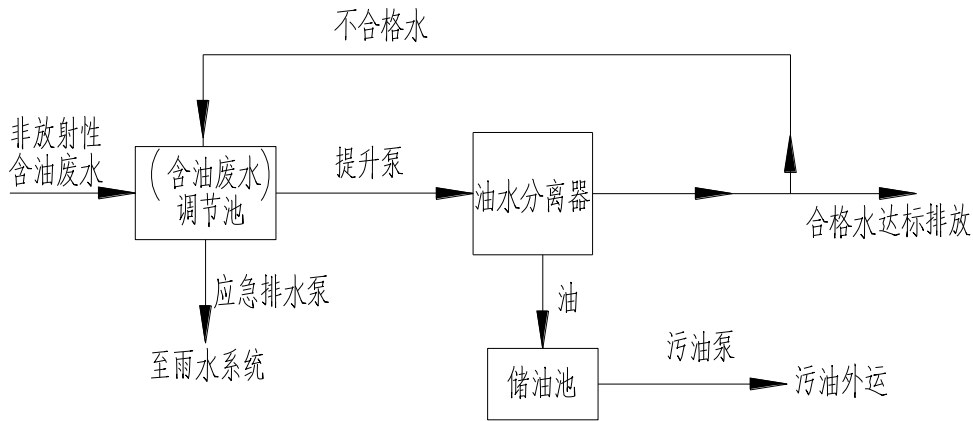
4.7.3 其它废物

4.7.3.1 非放射性含油废水、废油

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。

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，汇集至非放射性含油废水处理站。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(含油类<5mg/L)，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。非放射性含油废水处理能力：正常 5 m³/h，最大 10 m³/h。

非放射性含油废水处理流程图如下：



本工程运行期产生的固体废物主要包括危险废物和一般工业废物。一般工业废物主要为海水淡化和生活污水处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程的海水淡化厂房和生活污水处理站拟设置污泥脱水装置，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。本工程运行期产生的危险废物由具有收集、贮存、处置危险废物资质的指定单位进行收集、贮存和处置。

4.7.3.2 固体废物

本工程运行期产生的固体废物主要包括一般工业废物。

一般工业废物主要为水处理过程中产生的污泥、废弃的膜组件和离子交换树脂。海水淡化预处理和生活污水处理过程中产生的污泥，污泥产生量与原水水质和药剂添加量有关。本工程海水淡化预处理厂房设置污泥池和污泥脱水机等设备，对污泥进行减量化处理后，定期外运处理。

海水淡化膜处理系统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。经海水淡化膜处理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。

除盐水处理过程中使用的离子交换树脂使用年限为5~8年。树脂的更换时间应根据现场实际运行情况，监测离子交换树脂的运行情况，合理确定、定期补充或更换。经除盐工艺用过的或常规岛凝结水精处理过程中产生的废弃树脂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。

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 燃料供应

本项目选用 AFA 3G 或 CF3 型燃料组件，现阶段暂按 AFA3G 考虑，后续待 CF3 组件进展适时调整，组件由中国原子能工业有限公司（CNEIC）供应。新燃料组件采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至本项目的燃料厂房。

4.8.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件特性：

物理状态	固体
主要成份	UO ₂
²³⁵ U 富集度	
首炉装料	1.8%，2.4%，3.1%，3.9%
平衡循环	4.45%，4.95%
每个燃料组件中燃料重量	约 460kg

首循环 177 组燃料组件，总重量约 118.21 吨。平衡循环每次换料 72 组，总重量 48.08 吨。

新燃料运输容器特性：

货包类型	A (F)
燃料组件装载后货包剂量率	
货包表面	$< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$
离货包表面 1 米处	$< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

新燃料运输容器由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。每台新燃料容器可装载 2 组新燃

料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

4.8.2 乏燃料运输

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

本项目的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件。按平衡换料数量考虑，使用装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。如果后处理厂选在中核四〇四有限公司，运输方式拟采用陆路的运输方式。如果选在沿海地区，待厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

4.8.3 放射性固体废物的运输

华能霞浦核电项目运行期间产生的固体废物包括废树脂、废活性炭、浓缩液、废过滤器芯和杂项干废物。

废树脂和废活性炭收集在厂房的废树脂贮槽中，需要处理时用屏蔽运输车送到废物处理中心进行烘干处理并装入 200L 钢桶，装有烘干废树脂和活性炭的 200L 钢桶用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。废树脂、废活性炭的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。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输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。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，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 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在厂房的浓缩液贮槽中，采用 200L 钢桶桶内干燥工艺进行处理，经处理后的装有烘干盐块的 200L 钢桶通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库装入 HIC 后暂存。

废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后形成的 200L 钢桶水泥固定体用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。上述屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个 200L 钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。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 μ Sv/h，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。

华能霞浦核电项目产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有烘干后的废树脂和废活性炭、干燥后的浓缩液盐块的混凝土 HIC，装有废过滤器芯、杂项干废物（或压缩桶饼）的 200L 钢桶水泥固定体。厂外运输的是 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率 \leq 2mSv/h 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $>$ 2mSv/h 的废物包，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

计划每两年向规划中的放射性废物处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为华能霞浦核电项目的固体废物暂存库，运输终点为规划中的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。由于目前阶段区域处置场尚未选定，待处置场选定后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。放射性废物的处置将遵守国家相关政策。

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》的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。HIC 的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性固体废物高完整性容器——混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《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装安全标准》和 GB 9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》（发布稿）的要求。

表 4.3-1 海水冷却水量及其它用水量

机组 编号	凝汽器 冷却水量 (m ³ /h)	辅助冷却 水量 (m ³ /h)	重要厂用水 (m ³ /h)	海水淡化 用水 (m ³ /h)	海水制氯 用水 (m ³ /h)	冲洗水 (m ³ /h)	总水量	
							(m ³ /h)	(m ³ /s)
1	240480	6000	3800	2500	270	600	253650	70.46
2	240480	6000	3800	0	270	600	251150	69.76
合计	480960	12000	7600	2500	540	1200	504800	140.22

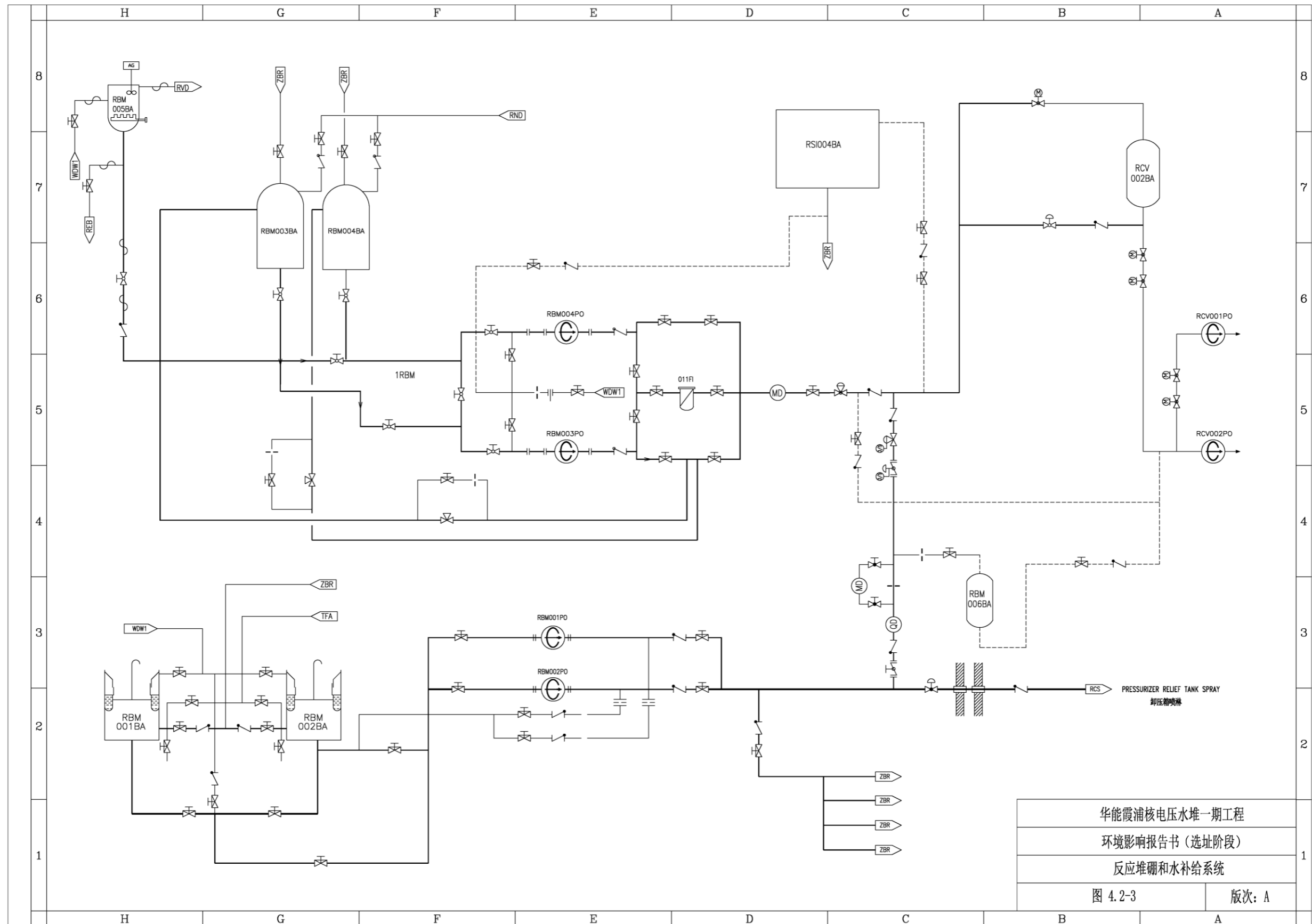


图 4.2-1 RBM 系统流程简图

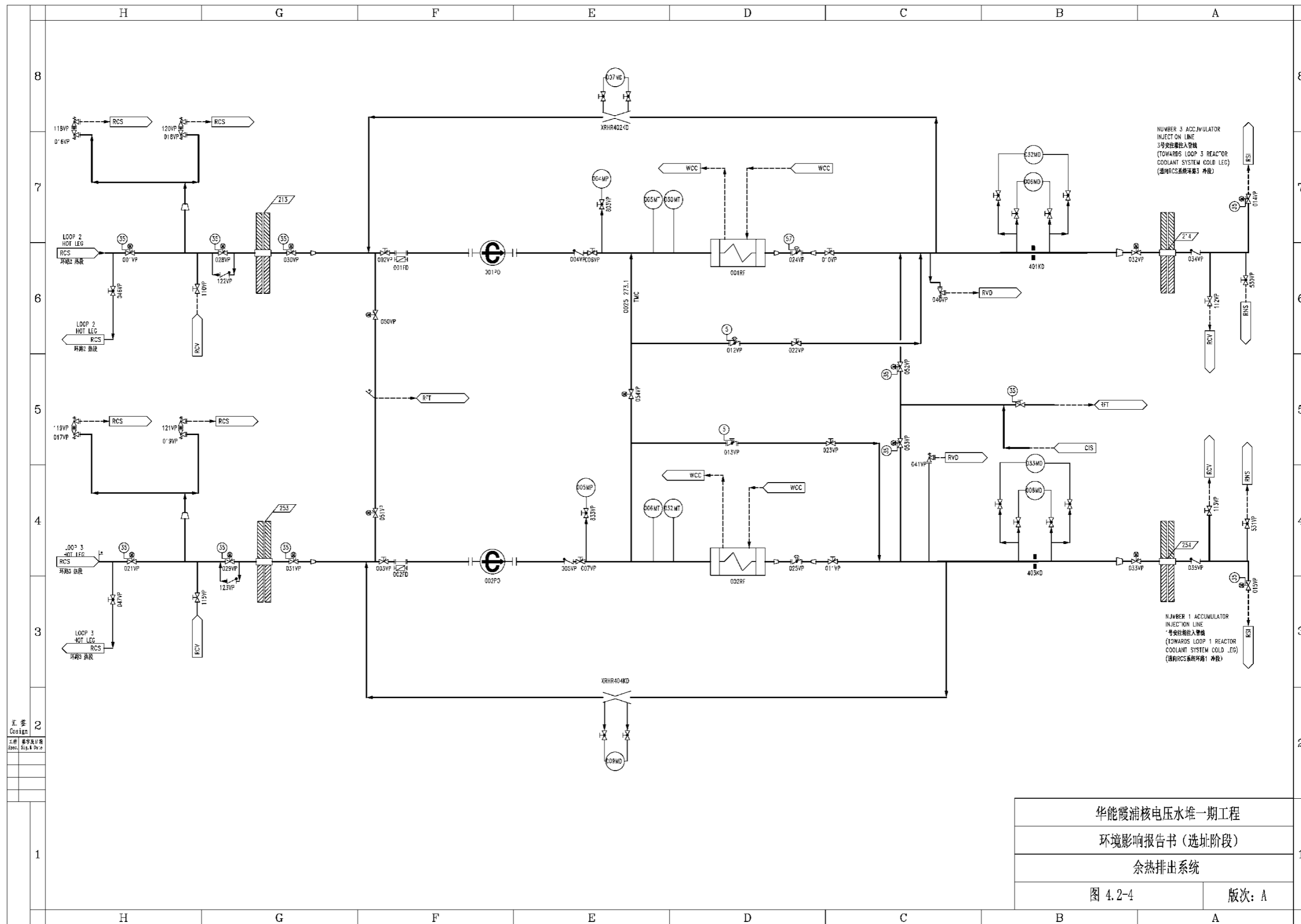


图 4.2-2 RHR 系统流程简图

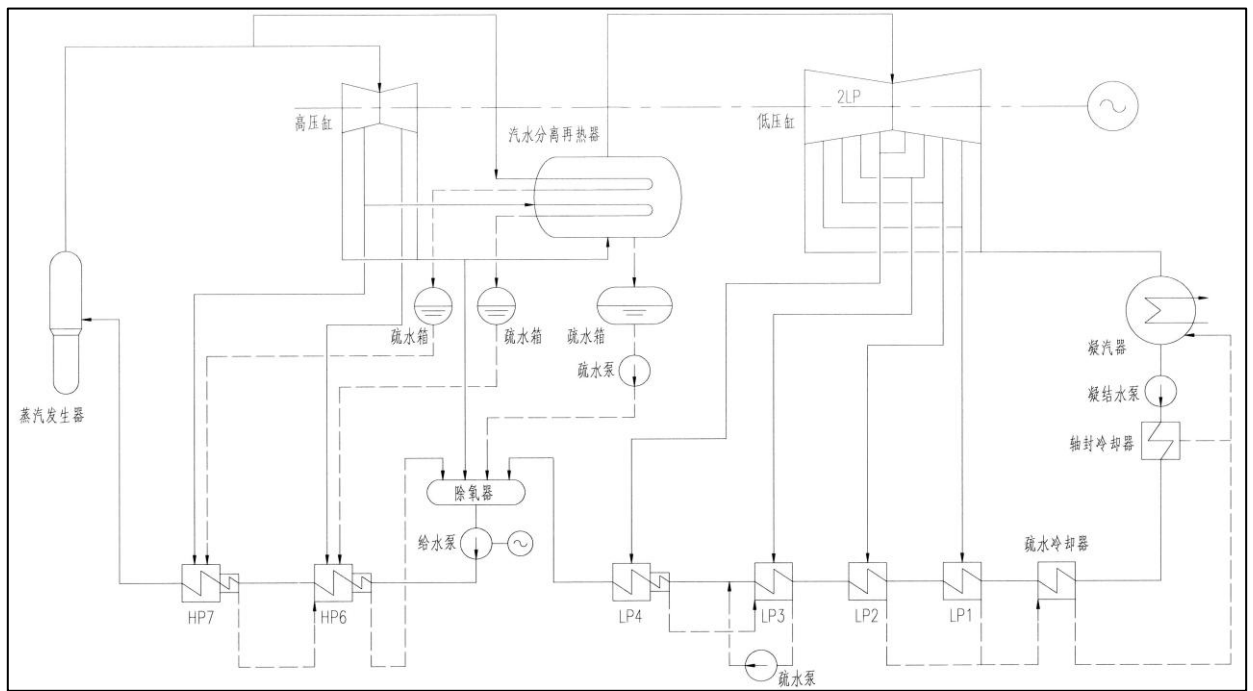


图 4.2-3 蒸汽-电力转换系统流程示意图

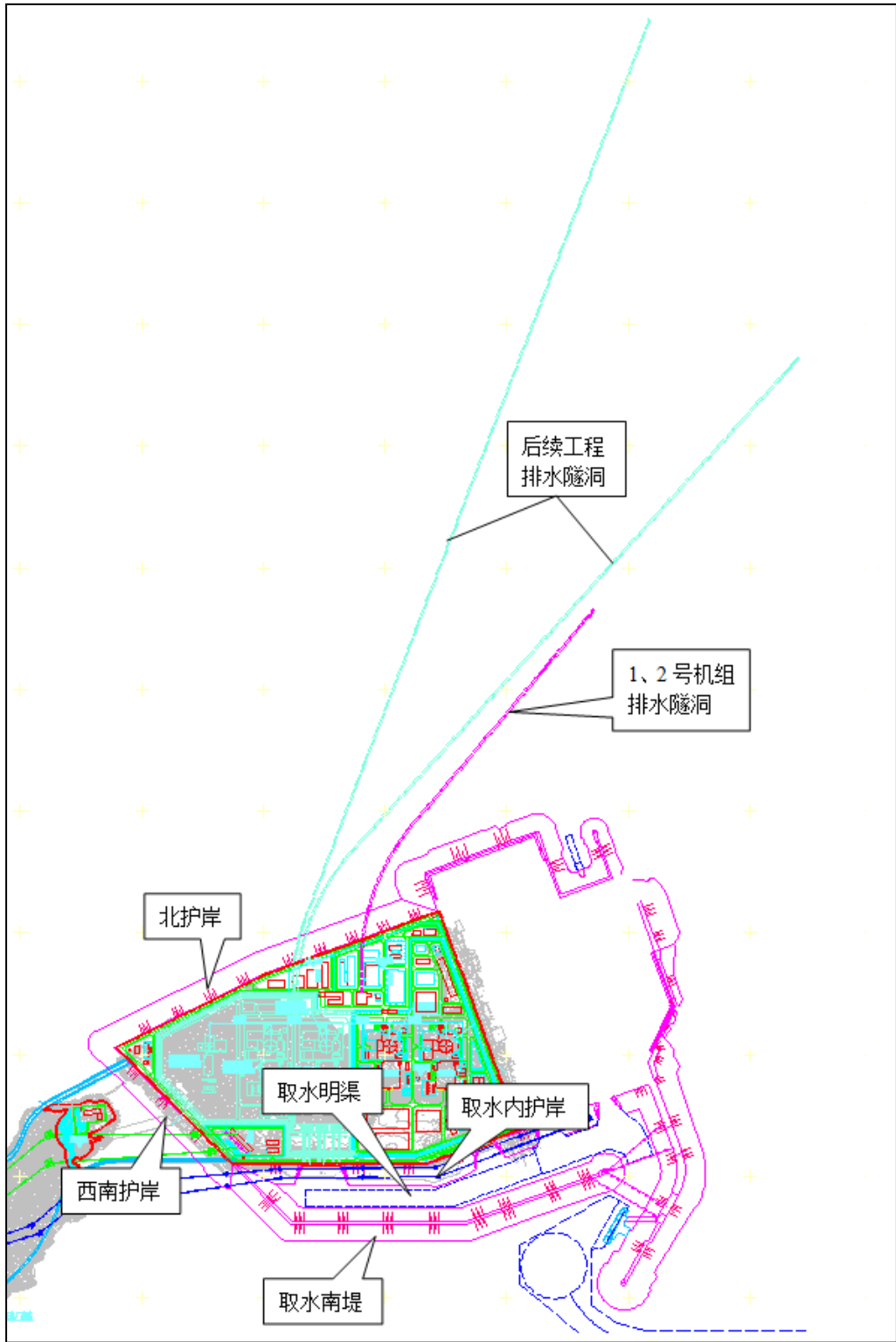


图 4.3-1 取排水工程平面布置图

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 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

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

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 施工期监测计划

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.1.1 土石方开挖与回填的影响

场地平整范围包括长表岛西部岛体和周边海域，以及东冲半岛尖端区域。场地平整工作在本期工程一次性完成，最终余方约 37.04 万 m³，土石方基本平衡。此外海工工程产生约 604.21 万 m³ 淤泥。

5.1.1.2 临时和永久道路建造的影响

本工程岛外设置主要进厂道路和次要进厂道路，由于上述道路委托外单位设计，施工建设对环境的影响以道路工程的相关环境评价内容为准。并且两条道路均已完成建设，将不涉及道路建造的影响。

5.1.1.3 建筑材料供应区开辟的影响

本期工程的砂石料场拟利用场地平整形成的预留用地，既靠近施工现场，又节约岛外用地。本期工程的场地平整工作土石方基本平衡，因此不存在取土场及弃土场，当开挖与回填进度不匹配或实际土石方工程量产生误差时，可能存在临时堆放在已平整区域的情况，并采取临时防护措施。本期工程产生的淤泥拟与其它回填类工程的业主签订淤泥处置合同，供其使用，或与政府签订倾倒协议，将淤泥抛至指定的抛泥区。

砂石料场设置防护措施，且运输距离较短，同时运输车辆采用绿网维护，尽量降低对周边环境的影响。

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.2.1 厂址用地规模

厂址拟定的工程总用地面积 144.93hm²。其中岛内用地总面积 113.92hm²，岛外用地总面积 31.01hm²。

5.1.2.2 土地利用合理性分析

结合厂址用地类型、厂址区域现有设施情况、对现状环境的改善措施、厂区布置情况综合分析，厂址的土地利用是相对合理的。

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

在工程建设期间，对原始地形地貌需要按设计要求进行相应的改造：开挖山体，回填海域、陆域，开挖边坡，建造护岸、截洪沟、排洪沟等人工设施。由于相关改造仅涉及厂址周围，范围有限，因此对地形地貌改造的影响是局部的。

后续通过优化施工工序、设置临时集中堆放场地、采取必要的工程及植物措施防护，可有效防止水土流失。通过厂区绿化美化、异地还绿等措施，可补偿由于土石方工程及核电厂建造对原有地貌的改变。

5.1.3.2 水土流失

水土流失主要发生在施工期间，表现为施工过程中对地面的扰动。现阶段的主要施工活动为场地平整工程，水土流失主要由场地裸露、土石方搬运和临时堆置等因素引起。

工程施工结束后，因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失，地表扰动也基本停止，施工区域的水土流失将明显减少。通过有效的工程措施、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

5.1.3.3 对生态环境的影响

工程施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

在建设施工过程中，将根据现场施工情况采取相应生态保护措施，工程建成后，厂区内会进行绿化，厂区外的临时施工用地也将采取相应的恢复措施，预计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

施工过程中，由于负挖的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

5.1.3.5 对声环境的影响

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。距离厂址最近的自然村为天堂村，位于厂址 WSW 方位，距离厂址 2.2km，距离较远，预计不会出现扰民现象。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

5.1.3.6 对水环境的影响

本工程施工期间生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，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）中车辆冲洗水质标

准后，用于施工场地降尘和洗车等。生活污水处理站建成前，施工期生活污水外运处理。生活污水处理站的全厂共用设计规模 $1500\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程施工期部分生产废水经沉淀、过滤后回收利用，含酸碱废水、非放射性含油废水及废油收集后统一外运处理。

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、建筑垃圾和危险废物。本工程的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。

土建、安装施工产生的各类危险废物，分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位统一外运处理。

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。

5.2 水的利用

5.2.1 施工活动对水资源利用的影响

1) 施工期用水量

本工程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。施工生产用水主要包括生产、浇注、养护、系统冲洗、打压试验和系统充水和降尘、砌砖等施工用水。

本工程施工期间施工生产用水最大日用水量为 $1675\text{m}^3/\text{d}$ ，施工人员生活用水最大日用水量为 $1730\text{m}^3/\text{d}$ ，施工现场降尘和洗车用水量为 $230\text{m}^3/\text{d}$ 。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 $4514\text{m}^3/\text{d}$ 。

2) 供水水源

本工程施工期间施工生产用水和施工人员生活用水由霞浦第一自来水厂供给，霞浦第一自来水厂针对华能霞浦核电项目压水堆一期工程的日供水量约为 $5000\text{m}^3/\text{d}$ ，可满足本工程施工期全部淡水用水需求。

3) 施工期用水对周围水用户的影响

本工程位于长表岛，周围无水用户。

综上所述，本工程施工期用水是合理的，对水资源利用无影响。

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.2.2.1 海域施工的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取水明渠导流堤、护岸、排水隧洞、临

时施工围堰等海工工程施工。海工构筑物的施工会造成厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域的环境造成一定的影响。

海域工程施工对水环境的影响主要表现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砂颗粒物增加，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。施工期影响仅是短期影响，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止一段时间后，绝大部分泥沙将沉降于海底，海水会很快变清。

5.2.2.2 减轻施工过程中对海域环境影响的措施

采取下列措施可减轻施工过程中对水环境的影响：

- 1) 减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施
 - a) 避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
 - b) 将施工期环保要求列入招投标内容。
- 2) 减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施
 - a) 基槽和爆破挤淤淤泥清淤时，建议尽量采用抓斗式挖泥船并尽量采用封闭式抓斗挖泥船，以减少悬浮泥沙入海量。
 - b) 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，设置拦污屏等防护措施，尽量将悬沙影响和溢油风险降至最低。
 - c) 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
 - a) 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。
 - b) 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。
 - c) 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。
 - d) 根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552-2018《船舶水污染物排放控制标准（发布稿）》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

e) 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。

5.2.2.3 施工期海域环境监测

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，开展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，在施工期的每年春、夏、秋、冬四季中具有代表性月份的大小潮进行海水水质、沉积物质量、水生生物资源及海洋生物质量的监测。监测内容主要有：

(1) 海水水质

水深、透明度、水温、水色、浊度、盐度、pH 值、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、无机氮（亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、非离子态氨、活性磷酸盐、悬浮物、挥发性酚、石油类、汞、镉、铅、铜、锌、总铬、砷、硫化物和阴离子表面活性剂 27 项。

(2) 沉积物质量、水生生物资源及海洋生物质量

沉积物质量监测的项目：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。

水生生物资源：叶绿素 a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵、仔鱼）、底栖生物、微生物（大肠菌群、粪大肠菌群）、潮间带生物等，说明这些生物的种类、密度、数量、多样性指数以及分布随时空的变化。

海洋生物质量：对潮间带质量开展潮间带底质调查和潮间带生物质量调查，潮间带底质调查项目包括：铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机质、硫化物、含水率和氧化还原电位等 12 项。潮间带生物质量调查，调查生物选取贝类、藻类和甲壳类等 3 种代表生物，监测项目包括：铜、铅、锌、铬、镉、汞、砷、石油类等 8 个项目。

5.3 施工影响控制

5.3.1 水土保持方案

水土保持设计水平年为主体工程完工后的第一年；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、岛外施工生产区、厂外取排水设施区和厂外供电设施区。

5.3.1.1 水土流失预测

1) 预测范围

预测范围为各防治分区的扰动面积，预测单元与水土流失防治分区划分单元一致。

2) 预测时段

包括施工期（含施工准备期）和自然恢复期。施工期预测时段根据各单元的施工扰动时间，结合产生土壤流失的季节，按最不利条件确定；自然恢复期时段确定为2年。

3) 预测方法

水土流失预测采用经验公式法，并参考《生产建设项目土壤流失量测算导则》（SL773-2018）计算本工程建设区不同地貌侵蚀背景值，预测新增水土流失量。

5.3.1.2 水土流失防治措施

本项目主要通过工程措施、植物措施、临时措施达到水土流失防治目标，突出工程措施与植物措施结合，重点时段、重点区域集中治理的特点。

5.3.1.3 水土保持监测

水土保持监测时段从施工准备期开始，至设计水平年结束，并考虑施工准备期前进行本底值监测。监测范围为水土流失防治责任范围，监测分区与水土流失防治分区一致。

本期工程监测内容主要包括水土流失影响因素监测、水土流失状况监测、水土流失危害监测、水土保持措施监测等。

本期工程采用地面观测、实地量测、遥感监测、调查监测及资料分析、巡查监测相结合的方式监测。

根据不同监测项目中的监测内容和监测方法，制定监测频次计划表并落实。

5.3.2 节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

- 采用用水量少、耗水量低的施工工艺，降低用水量。
- 采用新型管材，推广节水器具。
- 提高水的重复利用率。
- 加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

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。石料加工场及冲洗机具等生产废水经过沟渠进入沉淀池，经过二级沉淀后复用。

本工程施工期间生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，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）中车辆冲洗水质标准后，用于施工场地降尘和洗车等。生活污水处理站建成前，施工期生活污水外运处理。生活污水处理站的设计规模1500m³/d。生活污水处理站主要工艺详见4.7.2节。

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。土建、安装施工产生的各类危险废物，分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位统一外运处理。

5.3.4 施工扬尘的控制措施

- 施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；
- 严格控制行车速度；
- 改善道路路面；
- 尽量减少土方的临时堆置时间；
- 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；
- 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；
- 加强施工管理，合理调度运输车辆等；
- 在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

5.3.5 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；应严格遵守土石方爆破《爆破安全规程（GB6722-2014）》的相关规定。施工期间将采取以下措施，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，尽量减少人为的大声喧哗，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。
- 所有施工机械应符合环保标准，操作人员需经过环保教育。
- 施工过程中，严格控制推土机一次推土量、装载机装载量，严格超负荷运转。
- 加强施工机械的维修保养，缩短维修保养周期，确保机械设备处于完好的技术状态。
- 要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。
- 在噪声敏感区域均需选低频振捣棒。振捣棒使用完毕后，及时清理干净，保养好；振捣混凝土时，禁止振钢筋或钢模板。
- 加强对混凝土泵、混凝土罐车操作人员的培训及责任心教育，保证混凝土罐车平稳运行。
- 从声源上降低噪声。尽量选用低噪声设备和工艺，尽量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，应采取吸声、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。

— 施工现场应切实采取措施，控制噪声的产生。如进场使用的机械设备要定期维护保养；施工过程中严禁机械设备超负荷运转；禁止夜间使用噪声比较大的机械；模板、脚手架等支拆、搬运、修理应轻拿轻放，维修时禁止使用大锤敲打，尽量降低人为产生的噪声等。

— 加大治理噪声的宣传和奖惩力度，充分利用教育、经济等手段做好噪声的治理。

施工噪声的控制应满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），并按照 GB12523-2011 进行建筑施工场地边界线处的等效声级测量。

5.3.6 施工期监测计划

5.3.6.1 施工期大气环境监测及分析评价方案

1) 场地平整及土建阶段

场地平整及土建阶段应每个季度至少进行一次施工期大气环境监测，每次监测保证至少 7 天有效数据。监测应选择施工高峰期间进行，特别是爆破施工、负挖施工、填海施工等对大气环境质量造成很大影响的施工活动比较密集、频繁且施工车辆较多的时间进行监测。

2) 安装阶段

安装阶段应每个季度进行一次施工期大气环境监测，每次监测保证 7 天有效数据。监测应尽量选择施工高峰期间进行，特别是如有部分未完成的土建施工等对大气环境质量造成较大影响的施工期间进行监测。

3) 调试阶段

调试阶段可每个季度或半年进行一次施工期大气环境监测，每次监测保证 7 天有效数据。监测尽量选择施工高峰期间进行。

5.3.6.2 施工期声环境监测及分析评价方案

场地平整及土建阶段应每个季度至少进行一次施工期噪声监测。监测应选择施工高峰期间进行，特别是爆破施工、负挖施工、填海施工等噪声很大的施工活动比较密集、频繁且施工车辆较多的时间进行监测。

安装及调试阶段应每个季度进行一次施工期噪声监测。监测应尽量选择施工高峰期间进行。

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 其它污染物的环境影响

表：

表 6.2-1 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

表 6.2-3 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-4（1/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

表 6.2-4（2/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

表 6.2-4（3/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

表 6.2-4（4/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

表 6.3-1 二回路化学加药系统危险性药剂及其预计用量（一台机组）

表 6.3-2 主要化学品及其预计用量表

表 6.3-3 凝结水精处理系统危险性药剂表

表 6.3-4 主要化学品及其预计用量

表 6.3-5 华能霞浦核电项目与田湾核电站电磁辐射源类比表

图：

图 6.1-1 取排水工程方案平面布置图

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

华能霞浦核电项目压水堆一期工程规划建设 2 台百万千瓦“华龙一号”压水堆机组，拟采用海水直流冷却方式，海水水源取自厂址南侧福宁湾的海水，水源充足可靠。1、2 号机组取排水量分别约为 $72\text{m}^3/\text{s}$ 、 $72\text{m}^3/\text{s}$ 。本工程拟采用明渠取水、隧洞排水的取排水方案，见图 6.1-1。

取水工程采用明渠取水方案，本工程 1、2 号机组与后续 3 台机组和中核项目 2 台机组共用取水明渠，明渠底标高-11.0m。取水明渠口门朝向西南，口门最窄处明渠底宽不小于 110m，口门处底标高为-11.0m。取水明渠轴线大致为东西走向，全长约 1775m。按渠底宽度的不同，可分为 2 段，本工程 1、2 号机组和中核项目 2 台机组段明渠宽 110m，后续 3 台机组段底宽 90m。

排水工程采用隧洞排水方案，本工程 1、2 号机组暂按照两机一洞的隧洞排水方式考虑，排至厂区东北侧-10.0m 等深线处，排水隧洞长 1880m，内径 8.1m。隧洞出口段设置 2 个排水区，2 个排水区净距 130m，每个排水区设置 10 个排水立管。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

为了了解厂址海域的海床及岸滩稳定性条件和泥沙冲淤演变情况，掌握其发展变化规律，本工程开展了岸滩稳定性分析和泥沙冲淤数值模拟试验研究，分析论证核电厂取排水工程方案的泥沙运动规律和冲淤情况。根据泥沙冲淤数值模拟结果，本工程 1、2 号机组运行兼顾考虑中核项目 2 台机组运行工况下，取水明渠各区域年淤积强度介于 $0.04\sim 0.90\text{m/a}$ 之间，平均为 0.47m/a 。可以看出，海床冲淤分布主要集中在工程附近局部水域，新建取水南堤西侧和南侧局部水域受南堤挑流和阻流影响地形有冲有淤，大部分水域冲淤幅度在 0.50m 以内，少部分水域冲淤幅度介于 0.5~1.0m 之间。屿尾岛至核电取水南堤局部水域存在淤积，达到基本平衡状态时淤积幅度基本在 0.4m 以内，该水域水深条件较好（-10.0m），不会对其地形变化产生明显产生影响。取水东堤堤头附近水域呈冲刷状态，最大冲刷深度为 0.93m。排水口附近局部水域存在冲刷，最大冲深约-1.21m。外湖澳水域、七尺门水道以及长表岛东侧岛群附近水域地形基本保持稳定状态。取水口门附近滩面存在一定淤积但不会影响核电取水安全。总体来看，工程实施后不会改变周边大范围水域的水动力环境，因此也不会造成周边水域出现明显的地形冲淤变化，冲淤变化主要位于取排水工程附近局部水域。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排水对取水口温升及厂址附近海域的影响，本工程委托中国海洋大学开展了温排水三维数值模拟计算研究工作。

本工程 2 台机组+中核项目 2 台机组共同运行工况下，根据温排水三维数模计算结果，夏季半月潮工况华能 2 台机组排水口附近 1℃和 4℃温升包络面积分别为 37.77 km²和 0.19 km²。冬季半月潮工况华能 2 台机组排水口附近 2℃和 4℃温升包络面积分别为 4.11 km²和 0.12 km²。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

（1）机械卷载效应的影响

本工程营运期对海洋生物的卷载效应（entrainment），其定义为电厂取、排水过程对于水体中能通过滤网系统而进入冷凝器的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体造成的损害。

本工程取排水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取排水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体产生伤害，但不会对整个东山湾的海洋生态环境造成大的影响。

（2）减小机械卷载效应措施

针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，设计中考虑的主要措施为控制取水流速。控制取水流速是指通过对取水明渠的宽度、深度的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以保证取水口处的取水流速低于或接近海域的天然流速，维护水生生物的自然环境现状，达到减少对水生生物影响的目的。

通过调整明渠的宽度，保证取水流速与海域的天然潮流流速一致或低于海域的潮流流速，以减少由于电厂取水引起的变化，成鱼等较大生物不致于由于电厂取水被吸入渠道。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

（1）对保护区的影响

根据《福建省海洋功能区划（2011-2020 年）》，长表岛周边海域为长表保留区，厂址周边海域有福瑶列岛海洋保护区（距离厂址约 18km）、浮鹰岛海洋保护区（距离厂址约 20km）、日屿-七星列岛海洋保护区（距离厂址约 31km）和东引-东沙岛领海基点海洋保护区（距离厂址约 45km）等保护区。初步判断 1℃温升包络线不会影响到上述保护区。

（2）对海洋生态环境的影响

在表层水中，温度是影响鱼类分布重要的环境因子。热排放进入受纳水体后，会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布，引起群落结构的变化。不同增温区对鱼类的影响也不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

研究表明，通常情况下热排放对邻近水域鱼类的产卵活动会产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。鱼类一般避开温升 1.0℃ 以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）产卵。

综上所述，工程引起排放口附近温升 4℃ 范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，但仅限于排放口附近，以外海域由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响明显减少。特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气载流出物排放源项

本工程两台机组运行状态下，气载流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台机组排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.15E+14	1.20E+15	9.57%
碘	1.41E+09	4.00E+10	3.53%
粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）	1.87E+08	1.00E+11	0.19%
氙	9.20E+12	3.00E+13	30.67%
碳-14	7.32E+11	1.40E+12	52.29%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 7 台机组（4 台华龙一号机组+1 台高温气冷堆+2 台中核项目），根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。在本阶段，暂参考 GB 6249-2011 所规定的同一堆型多堆厂址的年排放量控制值进行评价，所有机组的年总排放量按 GB6249-2011 中 3000MWt 轻水堆单台机组控制值的 4 倍考虑。

厂址 7 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较，各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

（2）液态流出物排放源项

本工程两台机组运行状态下，液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台机组排放量控制值 Bq/a	比值
氚	9.20E+13	1.50E+14	61.33%
碳-14	5.38E+10	3.00E+11	17.93%
其余核素	1.42E+10	1.00E+11	14.22%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本厂址共规划建设 7 台机组（4 台华龙一号机组+1 台高温气冷堆+2 台中核项目），根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值由审管部门批准。在本阶段，暂参考 GB 6249-2011 所规定的同一堆型多堆厂址的年排放量控制值进行评价，所有机组的年总排放量按 GB6249-2011 中 3000MWt 轻水堆单台机组控制值的 4 倍考虑。

厂址 7 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 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较，各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本工程运行状态下，核岛及 BOP 的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 399Bq/L，满足 GB6249-2011 规定的排放控制值的要求。

6.2.2 照射途径

（1）气态途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：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。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态放射性流出物与循环冷却水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：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。

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。

6.2.3 计算模式与参数

（1）气态途径

在大气弥散计算中：该模式对于影响大气弥散的因素进行了较为全面的考虑，进行了

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、地面排放和混合排放；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。

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》（GB18871-2002），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 GB18871-2002 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。居民人口分布、食谱、生活习性数据详见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

（2）液态途径

剂量估算计算中食入有效剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），地表沉积和水中浸没剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993），沉积吸附分配系数 K_d 取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，各数据见表 6.2-3。居民人口分布、食谱、生活习性数据详见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

厂址地处东冲半岛的东北部、福宁湾西南岸，在长门澳东侧海域内，毗邻东海，对气载放射性流出物在大气中迁移和扩散有利。在使用核环境影响程序包计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，本工程使用了 75m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率。

Cs-137、H-3 和 C-14 的年均大气弥散因子范围为 $1.83E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.07E-07 \text{ s/m}^3$ ，I-131 的年均大气弥散因子范围为 $1.75E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.07E-07 \text{ s/m}^3$ ，Kr-85 的年均大气弥散因子范围为 $1.85E-10 \text{ s/m}^3 \sim 4.07E-07 \text{ s/m}^3$ 。大气弥散因子最大值均出现在厂址 WSW 方位 0-1km 处。根据本报告 2.4.3 节，气象站 75m 高度主导风向为 ENE，与大气弥散因子结果一致。

Cs-137 的相对干沉积因子范围为 $2.74E-13 \text{ m}^{-2} \sim 6.10E-10 \text{ m}^{-2}$ ，I-131 的相对干沉积因子范围为 $1.75E-12 \text{ m}^{-2} \sim 4.07E-09 \text{ m}^{-2}$ 。相对干沉积因子最大值均出现在厂址 WSW 方位 0-1km 处。

Cs-137 和 I-131 的相对湿沉积因子范围为 $2.04E-14 \text{ m}^{-2} \sim 1.09E-10 \text{ m}^{-2}$ ，相对湿沉积因子最大值均出现在厂址 SSW 方位 0-1km 处。

（2）水体弥散

南京水利科学研究院于 2022 年 2 月完成了《华能霞浦核电项目压水堆一期工程液态流出物数值模拟计算阶段报告》。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—典型小潮时的相应结果。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 76.5m 的烟囱排入大气。气载流出物中的放射性核素经大气弥散作用后，在厂址半径 80km 范围内各子区空气中的年均放射性活度浓度的最大值出现在厂址 WSW 方位半径 0~1km 处，几种代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为 $1.72 \times 10^{-7} \text{ Bq/m}^3$ (Cs-137)、 $1.04 \times 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$ (I-131)、 $2.36 \times 10^{-2} \text{ Bq/m}^3$ (Kr-85)、 $1.19 \times 10^{-1} \text{ Bq/m}^3$ (H-3)、 $2.36 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ (C-14)。

本工程运行状态下排放海域的海水水质满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的放射性指标要求，即使考虑排放海域内放射性本底与核电站液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合 GB3097-1997 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

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 $2.22\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $2.19\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.49\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.39\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

（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）公众个人造成的最大有效剂量分别为 $1.04\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $6.59\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $5.87\text{E-}07\text{Sv/a}$ 、 $1.21\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

（3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气载和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）公众个人造成的最大有效剂量分为 $1.26\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $8.78\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $7.37\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 、 $2.60\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。

本工程 2 台华龙一号机组加 2 台中核霞浦项目机组运行状态下，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 $1.53\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.09\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.37\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $4.83\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $1.53\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 的 0.61%。其中气态途径剂量为 $4.85\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $1.04\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 。

本厂址规划建设 7 台核电机组，共 4 台华龙一号机组+2 台中核工程机组+1 台高温气冷堆。7 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 $3.10\text{E-}06$ Sv/a、 $2.34\text{E-}06$ Sv/a、 $1.79\text{E-}06$ Sv/a、 $9.19\text{E-}07$ Sv/a。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为 $3.10\text{E-}06$ Sv/a，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 1.24%。其中气态途径剂量为 $1.23\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $1.87\text{E-}06$ Sv/a。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

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土壤照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

6.2.7.2 评价模式

本节计算正常运行时气、液态放射性流出物对周围环境介质中生物的辐射剂量采用 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“非人类物种”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

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物体的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、媒介、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）本工程 2 台华龙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，2 台华龙机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水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，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。因此，2 台华龙机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）2 台华龙和 2 台中核工程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，厂址 2 台华龙和 2 台中核工程机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水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，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，小于 ERICA

推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。因此，厂址 2 台华龙和 2 台中核工程机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（3）全厂址 7 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，全厂址 7 台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水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，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。因此，全厂址 7 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）本工程 2 台华龙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，本工程 2 台华龙机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介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小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。因此，本工程 2 台华龙机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）2 台华龙和 2 台中核工程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，厂址 2 台华龙和 2 台中核工程机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介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小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。因此，厂址 2 台华龙和 2 台中核工程机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（3）全厂址 7 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，全厂址 7 台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介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小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。因此，全厂址 7 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

厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人所致有效剂量见表 6.2-4，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为 $4.10\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $2.87\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $1.96\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $4.55\text{E-}08\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~

3km 处，此处居住的是天堂村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $4.10\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，其中气载途径所致的剂量为 $7.44\text{E-}08\text{ Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $3.35\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。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 $4.18\text{E-}02\text{ 人}\cdot\text{Sv/a}$ 。

气态途径的主要途径为食入农牧产品内照射途径，它所致的剂量为 $5.77\text{E-}08\text{Sv/a}$ ，约占气态总剂量的 77.57%；主要核素为 C-14，它所致的剂量为 $5.58\text{E-}08\text{Sv/a}$ ，约占气态总剂量的 75.01%。其它贡献比较大的核素为 H-3、Kr-88 和 Co-60，分别占气态途径总剂量的 21.10%、1.29% 和 0.65%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，所致的剂量为 $3.13\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，占液态途径总剂量的 93.30%。主要核素为 C-14，它所致的剂量为 $2.67\text{E-}07\text{Sv/a}$ ，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 79.62%；其它贡献较大的核素为 Co-58、Co-60 和 I-131，占液态途径总剂量的 6.62%、5.76% 和 3.17%。

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 $3.13\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 76.36%；其次为气态途径的食入农牧产品内途径，占气液态总剂量的 14.08%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $3.23\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 78.78%；另外，Co-58、H-3 和 Co-60 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 5.43%、4.83% 和 4.58%。

本厂址规划建设 7 台核电机组，共 4 台华龙一号机组+2 台中核霞浦项目机组+1 台高温气冷堆。7 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 $1.55\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.25\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $7.96\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 、 $5.26\text{E-}07\text{ Sv/a}$ 。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是天堂村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为 $1.55\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，可能的关键途径为气态途径的食入农牧产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $6.26\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 40.37%；其次为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，所致的剂量为 $5.68\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 36.65%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $9.64\text{E-}07\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 62.17%；另外，Cs-137 和 Ar-41 的的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 9.35% 和 8.19%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程运行状态下，气态和液态排放源项、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。

本工程运行状态下，厂址附近水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

6.3 其他环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

华能霞浦核电项目压水堆一期工程工艺系统中化学污染物对环境的其它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：

- 海水淡化系统；
- 除盐水生产系统；
- 凝结水精处理；
- 循环水处理系统。

6.3.1.1 海水淡化系统

海水淡化系统产生的废水其主要化学物质是海水预处理过程产生的悬浮物和沉淀泥浆、海水淡化反渗透装置排出的浓盐水。

由于海水淡化预处理过程中所用的化学药品均是根据原水水量、悬浮物及浊度等条件按比例投加的，含有悬浮物和氢氧化铁的沉淀泥浆水进行脱水，固体物质不排入水体，滤出液经循环冷却水稀释后 Fe 的浓度已是很低，滤出液排至滤池反洗水池，与滤池反洗水一起回收至混合反应沉淀池进水端，不排放，这些化学物质将不会影响附近海域的海水质量。污泥脱水后泥饼外运，不向水体排放固体物质。

海水膜反渗透装置排放的浓盐水总量约 17430 m³/d，本工程循环水排水流量约 140 m³/s，浓盐水的排放量约为循环水排水量的 1/694。浓盐水先经循环水稀释后，含盐量已降得很低，至海水排放口进一步稀释，浓盐水的温升、各关键水质的排放指标满足 HY/T 0289-2020《海水淡化浓盐水排放要求》，不会影响附近海域的海水质量。

6.3.1.2 除盐水生产系统

除盐水生产系统树脂再生废水的 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。《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。

6.3.1.3 凝结水精处理

凝结水精处理系统是介于凝结水泵和低压加热器之间的系统，经过净化和加药的水通过低压加热器后进入除氧器。它是汽机热力系统的一个主要组成部分。

6.3.1.3.1 化学加药系统

常规岛化学试剂注入系统将所需的化学药品注入凝结水、给水、闭式水系统，维持系

统的合适水化学工况，保证这些系统免于腐蚀和结垢。该系统包括加氨装置一套用于给水、凝结水系统正常和湿保养期间的加药；加联氨装置一套用于给水、凝结水系统正常和湿保养期间的加药。常规岛化学加药间、药品贮存间和氨水储存间设置在 ME 厂房内。

该系统可能存在的危害在于卸、输送过程中药品可能泄露，系统管道可能连接不严密或被腐蚀泄露，灼伤工作人员；氨水和联氨易挥发，使房间内氨气和联氨浓度过高，造成工作人员中毒。

（1）常规岛化学药剂供给系统

常规岛化学试剂注入系统将所需的化学药品注入凝结水、给水、闭式水系统，维持系统的合适水化学工况，保证这些系统免于腐蚀和结垢。该系统包括加氨装置、加乙醇胺装置一套用于给水、凝结水系统正常和保养期间的加药；加联氨装置一套用于给水、凝结水系统正常及湿保养期间的加药。常规岛化学加药间、药品贮存间和氨水储存间设置在 ME 厂房内。

该系统可能存在的危害在于卸、输送过程中药品可能泄露，系统管道可能连接不严密或被腐蚀泄露，灼伤工作人员；氨水和联氨易挥发，使房间内氨气和联氨浓度过高，造成工作人员中毒。

该系统所涉及到的具体危险性药剂见表 6.3-1。

本期工程两台机组使用的主要化学品及其预计用量详见表 6.3-2。

二回路加药系统采用 25%氨水（氨水贮存箱，5m³/台机），51.2%联氨（液体桶装，25kg/桶，3 桶/台机），99%乙醇胺（液体桶装，25kg/桶，60 桶/台机），氨水贮存箱布置于 ME 厂房化学加药间的氨水储存间，联氨桶和乙醇胺桶放置于药品贮存间内。

6.3.1.3.2 凝结水精处理再生系统

凝结水精处理离子交换树脂再生需要酸、碱液，采用 98%硫酸（液体 2×20m³的立式酸贮存罐）及 32%氢氧化钠（液体 2×20m³的立式碱贮存罐），布置于 ME 厂房精处理酸碱贮存区。该系统所涉及到的具体危险性药剂如下，按凝结水精处理系统连续全流量运行，给水 pH 控制在 9.6 计算。凝结水精处理系统危险性药剂见表 6.3-3，主要化学品及其预计用量见表 6.3-4。

凝结水精处理系统中的离子交换树脂失效后需进行再生，针对再生后排出的废水，设置了一套完整的酸、碱再生废水中和设施。废水经中和至 pH 值为 6~9 后送至常规岛废液收集系统。

6.3.1.4 循环水处理系统

循环水处理系统对流经循环水系统和重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即加入

次氯酸钠溶液，在重要厂用水系统、循环水系统流道连续加氯使循环水系统及重要厂用用的海水中的次氯酸钠的浓度达到 1 ppm，以防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

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。另一主要的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，余氯浓度将至很低。

根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1 mg/L 时，鱼的种类多样性指数下降 50%。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05 mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3 mg/L 时初生组织将完全受到抑制。浮游动物对氯化作用敏感性则较差，余氯浓度为 0.3 mg/L 左右时，幼鲈的不孵化率为 36%，浓度为 0.05 mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05 mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

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。由于相关报告尚无最终成果，余氯的影响具体范围尚未确定。排海区域水量丰富，扩散稀释能力较好，根据经验初步判断余氯不会对受纳水体产生明显影响。

6.3.2 其它污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其它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。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，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。

本工程运行期间生产区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至的生活污水处理站，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）中车辆冲洗水质标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等。

满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生产废水允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。因此，生产废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

通过分析华能霞浦核电项目压水堆一期工程正常运行对厂界的噪声贡献值可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中规定3类标准限值,即昼间65 dB(A)和夜间55 dB(A)。

6.3.2.3 电磁的影响

华能霞浦核电项目500kV开关站目前尚未建立,因此该开关站的电磁环境影响根据HJ24-2020标准要求,采用和已运行的田湾1-4号机用的500kV开关站、5-8号机的500kV开关站的电磁辐射强度和分布的实际测量,对本工程建成后电磁环境影响进行预测。

本工程500kV开关站与田湾核电站现有开关站比较内容见表6.3-5。

田湾核电厂厂址区域5km范围内电磁环境的主要评价结论如下:

—工频电磁/工频磁场:田湾核电厂厂区工频电场强度监测值在0.164V/m~1428.52V/m之间,工频磁场强度监测值在0.036 μ T~9.793 μ T之间;输电线路工频电场强度监测值范围在1.326V/m~2044.64V/m之间,工频磁场强度监测值在0.035 μ T~6.817 μ T之间;田湾核电厂区外环境敏感区工频电场强度监测值在0.118V/m~106.80V/m之间,工频磁场强度监测值在0.038 μ T~0.087 μ T之间。根据以往工程经验,机组正常运行时,开关站电场强度最大值一般出现在靠近输电线路边相外0-5m处,最大磁场强度一般在中相导线的正下方附近,然后随距离增加而降低。距离田湾核电站厂址最近的居民区为位于厂址NNW方位约1.4km处的东崖屋村,此处工频电场监测值为0.371V/m,工频磁场监测值为0.043 μ T。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和0.1mT(100 μ T),符合标准要求。

华能霞浦核电项目拟建开关站距厂址中心最近的自然村位于厂址SW方位,其居民区距厂址中心最近距离约2.2km,天堂村的工频电场强度在1.25V/m左右,工频磁场为0.008V/m,且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。所以预计工程正常运行对该自然村环境影响较小,可忽略不计。

由表6.3-5及以上分析可见,华能霞浦核电项目厂址区域附近电磁辐射污染源要少于田湾核电站厂址区域。可以预见,华能霞浦核电项目建成投运后500kV开关站对周围环境的电磁辐射影响也能够满足国家相关标准的要求。

表 6.2-1 (1/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m ³ /Bq.s	地表沉积 Sv.m ² /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			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-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-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-57	5.68E-15	1.16E-16	2.10E-10	5.80E-10	8.90E-10	2.90E-09	1.00E-09	1.50E-09	2.30E-09	4.40E-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
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
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

表 6.2-1 (2/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m ³ /Bq.s	地表沉积 Sv.m ² /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
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
Zr-95	3.65E-14	7.32E-16	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	4.80E-09	6.80E-09	9.70E-09	2.00E-08
Nb-95	3.78E-14	7.57E-16	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	1.50E-09	2.20E-09	3.10E-09	6.80E-09
Ru-103	2.28E-14	4.69E-16	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	2.40E-09	3.50E-09	5.00E-09	1.10E-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
Sb-125	2.05E-14	4.31E-16	1.10E-09	2.10E-09	3.40E-09	1.10E-08	4.80E-09	6.80E-09	1.00E-08	2.00E-08
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-136	1.07E-13	2.12E-15	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	2.80E-09	4.10E-09	5.70E-09	1.50E-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
Ba-140	8.83E-15	2.00E-16	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.10E-09	7.60E-09	1.10E-08	2.70E-08
Ce-141	3.53E-15	7.51E-17	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	3.20E-09	4.60E-09	4.60E-09	5.00E-04

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

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
Ba	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-03	2.00E-03
Ce	1.00E-01	5.00E-02	3.00E-04	2.00E-04
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
Fe	1.00E-01	1.00E-03	3.00E-04	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
Nb	2.00E-01	1.00E-02	4.00E-06	3.00E-06
Ru	2.00E-01	5.00E-02	3.00E-05	5.00E-02
Sb	1.00E-01	1.00E-03	2.50E-04	5.00E-03
Sr	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-03	1.00E-02
Zr	1.00E-01	1.00E-03	6.00E-06	1.00E-05

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	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m ² /Bq.s	Sv.m ³ /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /kg
H-3	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-11	2.30E-11	3.10E-11	6.40E-11	1.00E-04
C-14	1.68E-20	2.99E-21	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	2.00E-01
Cr-51	3.12E-17	3.34E-18	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	5.00E+00
Mn-54	8.22E-16	8.98E-17	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	2.00E+01
Fe-59	1.13E-15	1.31E-16	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	5.00E+00
Co-58	9.61E-16	1.04E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.00E+01
Co-60	2.38E-15	2.77E-16	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	2.00E+01
Sr-89	6.89E-17	5.43E-19	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	1.00E-01
Sr-90	1.68E-18	1.12E-19	2.80E-10	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.00E-01
Sr-91	7.52E-16	7.61E-17	6.50E-10	1.20E-09	2.10E-09	5.20E-09	1.00E-01
Sr-92	1.27E-15	1.49E-16	4.30E-10	8.20E-10	1.40E-09	3.40E-09	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
Zr-95	7.32E-16	7.91E-17	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	1.00E+02
Nb-95	7.57E-16	8.20E-17	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	5.00E+01
Mo-99	1.85E-16	1.62E-17	6.00E-10	1.10E-09	1.80E-09	5.50E-09	0.00E+00
Tc-99m	1.22E-16	1.33E-17	6.40E-10	1.30E-09	2.30E-09	1.00E-08	1.00E-02
Ru-103	4.69E-16	4.95E-17	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	3.00E-02
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	3.00E-02
Ag-110m	2.68E-15	2.97E-16	2.80E-09	5.20E-09	7.80E-09	2.40E-08	1.00E-01
Sb-124	1.76E-15	2.00E-16	2.50E-09	5.20E-09	8.40E-09	2.50E-08	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-131	4.94E-16	4.54E-17	8.70E-11	1.90E-10	3.50E-10	9.00E-10	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
Te-134	8.89E-16	9.36E-17	1.10E-10	2.20E-10	3.90E-10	1.10E-09	1.00E-01

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				沉积吸附分配系数
	Sv.m ² /Bq.s	Sv.m ³ /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m ³ /kg
I-131	3.82E-16	4.04E-17	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	2.00E-03
I-132	2.29E-15	2.46E-16	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	2.00E-03
I-133	6.43E-16	6.49E-17	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	2.00E-03
I-134	2.63E-15	2.86E-16	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	2.00E-03
I-135	1.52E-15	1.75E-16	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	2.00E-03
Cs-134	1.54E-15	1.66E-16	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	3.00E-01
Cs-136	2.12E-15	2.34E-16	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	3.00E-01
Cs-137	3.04E-18	6.70E-17	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.00E-01
Cs-138	2.34E-15	2.66E-16	9.20E-11	1.70E-10	2.90E-10	1.10E-09	3.00E-01
Ba-140	2.00E-16	1.91E-17	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.00E-01
La-140	2.24E-15	2.57E-16	2.00E-09	4.20E-09	6.80E-09	2.00E-08	0.00E+00
Ce-141	7.51E-17	7.78E-18	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	2.00E+02
Ce-143	3.19E-16	2.89E-17	1.10E-09	2.40E-09	4.10E-09	1.20E-08	2.00E+02
Ce-144	2.06E-17	1.95E-18	5.20E-09	1.10E-08	1.90E-08	6.60E-08	2.00E+02
Pr-143	2.07E-17	2.27E-19	1.20E-09	2.60E-09	4.30E-09	1.40E-08	0.00E+00
Pr-144	1.65E-16	5.07E-18	5.00E-11	9.50E-11	1.70E-10	6.40E-10	0.00E+00

表 6.2-4（1/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N						6.81E-08	6.00E-09	5.69E-09	5.56E-09	5.49E-09	5.44E-09	5.40E-09
NNE						6.76E-08	5.76E-09	5.54E-09	5.45E-09	5.40E-09	5.37E-09	5.34E-09
NE						6.91E-08	6.49E-09	5.99E-09	5.78E-09	5.65E-09	5.57E-09	5.51E-09
ENE												
E												
ESE												
SE												
SSE												
S					1.65E-07		6.73E-09					
SSW					1.74E-07	7.27E-08	7.86E-09	6.65E-09		6.00E-09	5.85E-09	
SW				2.02E-07	1.73E-07	7.26E-08	7.95E-09	6.77E-09	6.32E-09	6.07E-09	5.90E-09	5.78E-09
WSW			4.10E-07	2.01E-07	1.72E-07	7.21E-08	7.74E-09	6.63E-09	6.22E-09	5.99E-09	5.84E-09	5.74E-09
W					1.68E-07	7.07E-08	7.18E-09	6.36E-09	6.04E-09	5.86E-09	5.74E-09	5.65E-09
WNW						6.88E-08	6.32E-09	5.87E-09	5.69E-09	5.59E-09	5.52E-09	5.46E-09
NW						6.89E-08	6.39E-09	5.92E-09	5.72E-09	5.60E-09	5.52E-09	5.47E-09
NNW						6.84E-08	6.18E-09	5.79E-09	5.63E-09	5.54E-09	5.47E-09	5.43E-09

表 6.2-4 (2/4) 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N						4.66E-08	4.23E-09	3.95E-09	3.84E-09	3.78E-09	3.73E-09	3.70E-09
NNE						4.61E-08	4.02E-09	3.82E-09	3.75E-09	3.70E-09	3.67E-09	3.65E-09
NE						4.75E-08	4.67E-09	4.22E-09	4.04E-09	3.92E-09	3.85E-09	3.80E-09
ENE												
E												
ESE												
SE												
SSE												
S					1.14E-07		4.87E-09					
SSW					1.21E-07	5.07E-08	5.86E-09	4.80E-09		4.23E-09	4.10E-09	
SW				1.51E-07	1.20E-07	5.05E-08	5.94E-09	4.91E-09	4.51E-09	4.29E-09	4.14E-09	4.04E-09
WSW			2.87E-07	1.49E-07	1.20E-07	5.02E-08	5.75E-09	4.78E-09	4.42E-09	4.23E-09	4.09E-09	4.00E-09
W					1.16E-07	4.89E-08	5.26E-09	4.55E-09	4.27E-09	4.11E-09	4.00E-09	3.92E-09
WNW						4.73E-08	4.51E-09	4.11E-09	3.96E-09	3.87E-09	3.80E-09	3.76E-09
NW						4.73E-08	4.58E-09	4.15E-09	3.98E-09	3.88E-09	3.81E-09	3.76E-09
NNW						4.69E-08	4.39E-09	4.05E-09	3.90E-09	3.82E-09	3.77E-09	3.73E-09

表 6.2-4（3/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N						2.81E-08	2.48E-09	2.35E-09	2.30E-09	2.26E-09	2.24E-09	2.23E-09
NNE						2.79E-08	2.39E-09	2.29E-09	2.25E-09	2.23E-09	2.22E-09	2.21E-09
NE						2.85E-08	2.69E-09	2.48E-09	2.39E-09	2.33E-09	2.30E-09	2.27E-09
ENE												
E												
ESE												
SE												
SSE												
S					6.84E-08		2.78E-09					
SSW					7.18E-08	3.01E-08	3.25E-09	2.74E-09		2.48E-09	2.41E-09	
SW				8.24E-08	7.14E-08	3.00E-08	3.28E-09	2.80E-09	2.61E-09	2.51E-09	2.44E-09	2.39E-09
WSW			1.96E-07	8.18E-08	7.11E-08	2.98E-08	3.20E-09	2.74E-09	2.57E-09	2.48E-09	2.41E-09	2.37E-09
W					6.95E-08	2.92E-08	2.97E-09	2.63E-09	2.50E-09	2.42E-09	2.37E-09	2.33E-09
WNW						2.84E-08	2.61E-09	2.42E-09	2.35E-09	2.31E-09	2.28E-09	2.26E-09
NW						2.85E-08	2.64E-09	2.44E-09	2.36E-09	2.31E-09	2.28E-09	2.26E-09
NNW						2.83E-08	2.55E-09	2.39E-09	2.32E-09	2.29E-09	2.26E-09	2.24E-09

表 6.2-4（4/4）本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N						8.89E-09	2.04E-09	1.63E-09	1.37E-09	1.20E-09	1.07E-09	9.75E-10
NNE						7.98E-09	1.44E-09	1.19E-09	1.03E-09	9.25E-10	8.50E-10	7.94E-10
NE						7.89E-09	1.47E-09	1.23E-09	1.07E-09	9.58E-10	8.76E-10	8.15E-10
ENE												
E												
ESE												
SE												
SSE												
S					1.80E-08		1.11E-09					
SSW					1.78E-08	7.41E-09	1.00E-09	8.44E-10		7.00E-10	6.63E-10	
SW				2.78E-08	1.84E-08	7.68E-09	1.15E-09	9.36E-10	8.22E-10	7.51E-10	7.03E-10	6.68E-10
WSW			4.55E-08	2.55E-08	1.81E-08	7.56E-09	1.09E-09	9.03E-10	7.99E-10	7.34E-10	6.90E-10	6.58E-10
W					1.76E-08	7.44E-09	1.04E-09	8.80E-10	7.87E-10	7.27E-10	6.85E-10	6.55E-10
WNW						8.17E-09	1.47E-09	1.18E-09	1.02E-09	9.11E-10	8.36E-10	7.82E-10
NW						8.82E-09	1.85E-09	1.45E-09	1.22E-09	1.07E-09	9.68E-10	8.92E-10
NNW						8.60E-09	1.75E-09	1.39E-09	1.18E-09	1.04E-09	9.43E-10	8.71E-10

表 6.3-1 二回路化学加药系统危险性药剂及其预计用量（一台机组）

项目	浓度	状态	药品等级	备注
氨水	25%	液体	GB/T 631-2007 《化学试剂 氨水》优等品	槽车
联氨	51.2%	液体	HG/T 3259-2012 《工业水合肼》优等品	桶装
乙醇胺	99%	液体	HG/T 2915-1997 《工艺用一乙醇胺》优等品	桶装

表 6.3-2 主要化学品及其预计用量

分布单元	主要化学品	月用量（2台机）	最大贮存量（2台机）
二回路加药系统	氨水、联氨、乙醇胺	<ul style="list-style-type: none"> — 氨水（25%）：64t（加药量按 3ppm 计）； — 联氨（51.2%）：1.4t（加药量按 100ppb 计）； — 乙醇胺（99%）：13.5t（加药量按 2.5ppm 计）。 	<ul style="list-style-type: none"> — 氨水：5m³/台机； — 联氨：25kg/桶 3 桶/台机； — 乙醇胺：25kg/桶 60 桶/台机。

表 6.3-3 凝结水精处理系统危险性药剂

项目	浓度	状态	储存量	药品等级
硫酸	98%	液体	40m ³	GB/T 534-2014 《工业硫酸》优等品
氢氧化钠	32%	液体	40m ³	GB11999-2006 《高纯氢氧化钠》优等品

表 6.3-4 主要化学品及其预计用量

分布单元	主要化学品	月用量（2台机）	最大贮存量（2台机）
凝结水精处理系统	硫酸、氢氧化钠	<ul style="list-style-type: none"> — 硫酸（98%）：56t； — 氢氧化钠（32%）：8t。 	<ul style="list-style-type: none"> — 硫酸：40m³/台机； — 氢氧化钠：40m³/台机。

表 6.3-5 华能霞浦核电项目与田湾核电站电磁辐射源类比表

	华能霞浦核电项目	田湾1-8号机组
建设规模	2*1200 MW	田湾一、二期工程2*1060 MW 田湾5、6号机组2*1000 MW 田湾7、8号机组2*1200MW
电压等级	500kV	500kV
厂区内电磁辐射源	拟建500kV开关站1个，拟 建220kV开关站1个，拟建8 台主变	已建500kV开关站2个，220kV 辅助开关站1个，已建6台主变 压器
厂外电磁辐射源	拟建500kV输电线1条， 220kV输电线1条，110kV 输电线2条	3条500kV输电线，1条220 kV 输电线，2条110 kV输电线

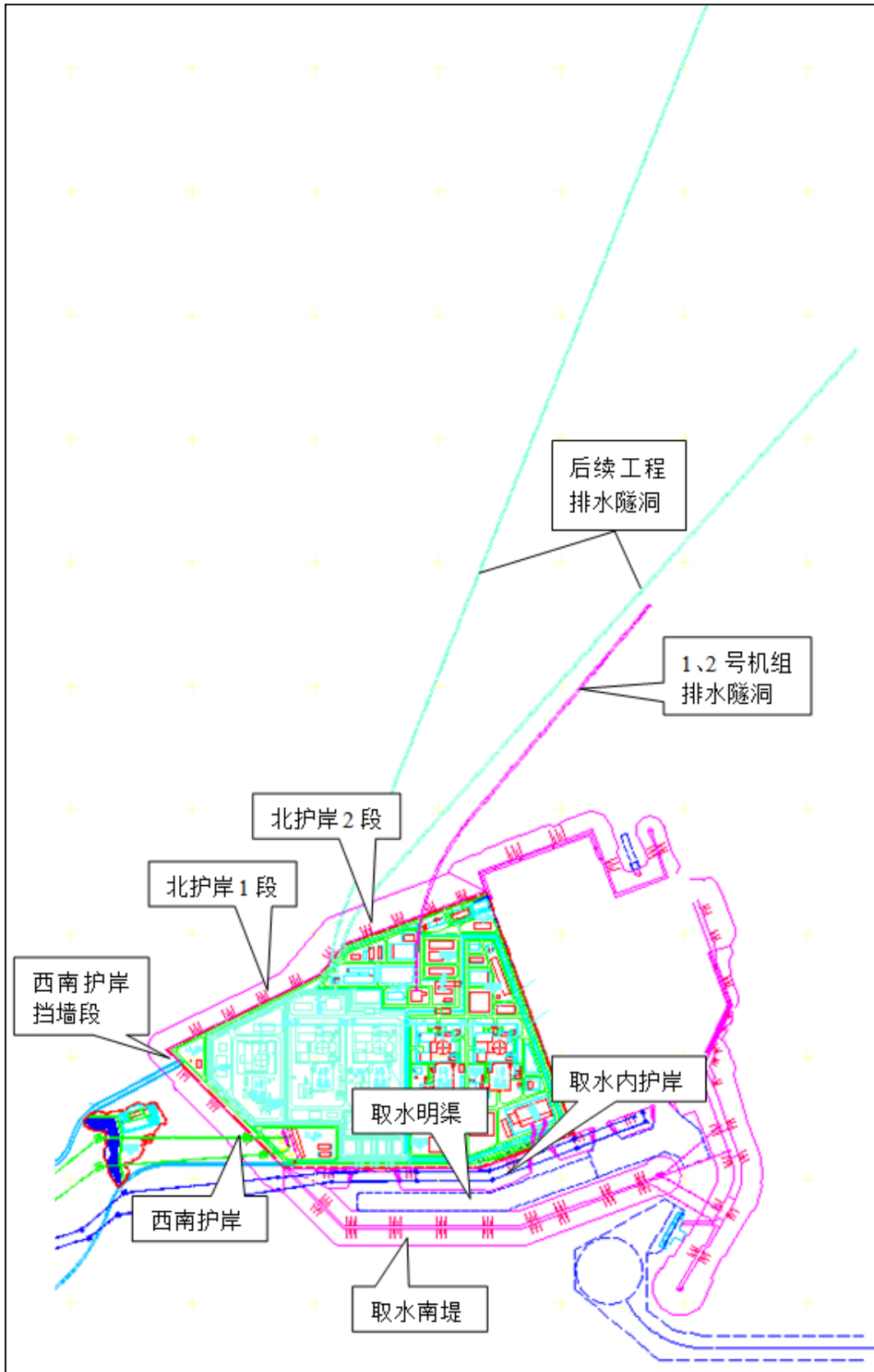


图 6.1-1 取排水工程方案平面布置图

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 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 厂内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其它事故

7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.4 小结

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

华能霞浦核电项目压水堆一期工程拟采用融合“华龙一号”机型。

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址审批阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。本节对华能霞浦核电项目压水堆一期工程选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

7.1.1.1 事故描述

依据《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）给出的准则对选址假想事故源项及其放射性后果进行分析和评价。该准则采用设计基准大破口失水事故（DBALOCA）作为选址假想事故。通常假设这种事故的发生与大的失冷事故 LOCA 相关，由于一回路管道双端断裂，冷却剂从破口中大量流失，而作为专设安全设施的安全注入系统全部失效，堆芯得不到及时冷却，从而过热引起堆芯大规模熔化。熔化的燃料芯块中的全部惰性气体、部分的卤素和少部分的挥发性固态核素将从一回路系统的破口进入安全壳中。

7.1.1.2 事故源项

融合“华龙一号”机型设计采用双层安全壳。双层安全壳环形空间在正常及事故工况下均通过排风维持负压。该系统的设计考虑了百年一遇的极大风速值，通过变频风机来改变系统的风量（或风压）值（计风量及风压值 $(300\sim 3000\text{m}^3/\text{h}, 1350\sim 4150\text{Pa})$ ）来抵御高速对双层安全壳间负压能力的影响。对于高速对二次安全壳保持负压能力影响的初步估算结果表明，大风可能导致二次安全壳旁通泄漏量有极微小的增加，厂址非居住区边界（500m）处的个人在事故后 2h 可能受到的有效剂量和甲状腺剂量仅有很微小的增加，分别为 0.2%和 0.32%，其影响可以忽略不计。因此，二次安全壳可有效包容内壳泄漏到环形空间的放射性物质，并通过环形空间安全系列过滤排放，进一步控制向环境的放射性释放。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

利用 NB/T 20182-2012《核电厂事故工况气载放射性物质释放辐射环境影响评价技术规范》推荐的计算模式计算用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子。采用霞浦核电厂址 2019.12~2021.11 的风向、风速、稳定度三维联合频率以及 P-G 扩散参数，计算各方位 99.5%概率水平的轴线大气弥散因子，将各方位最大值与全厂址 95%概率水平的结果比较，选择较大的结果作为 0-2 小时的大气弥散因子。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

在事故释放期间，考虑公众受到烟云外照射和吸入空气内照射两种途径的影响。

烟云浸没外照射剂量转换因子和吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871、联邦导则 12 号报告(EPA-402-R-93-081)以及 ICRP71 号报告。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

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

7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，厂址拟定非居住区边界处（500m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 2.64E-02Sv，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内（30d）接受的有效剂量为 6.39E-04Sv，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 10.56%和 0.26%。

厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 879 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 4.39%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，华能霞浦核电项目压水堆一期工程（华龙一号）厂址是适宜的。

7.2 厂内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

本项目选用的燃料组件运输容器，容器的设计和制造满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。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，不会发生燃料芯块散落的情况。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。

7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

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，我国每年都进行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。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

华能霞浦核电项目运行期间产生的固体废物包括废树脂、废活性炭、浓缩液、废过滤器芯和杂项干废物。

废树脂和废活性炭收集在厂房的废树脂贮槽中，需要处理时用屏蔽运输车送到废物处理中心进行烘干处理。废树脂、废活性炭的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。在装载时，废树脂运输车和接口箱在厂房控制区内，即使发生泄漏，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输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。废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，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 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

浓缩液收集在厂房的浓缩液贮槽中，采用桶内干燥工艺进行处理，经处理后的装有烘干盐块的钢桶通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。废过滤器芯用废过滤器芯屏蔽运输车转运至废物处理中心，在废物处理中心处理后形成的钢桶水泥固定体用屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。上述屏蔽运输车包括运输车本体和屏蔽容器两部分，屏蔽运输容器内能够容纳一个钢桶，屏蔽容器外表面剂量率不超过 2mSv/h ，屏蔽容器的盖子能够锁死，以保证运输过程中的安全。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 $10\mu\text{Sv/h}$ ，从而能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

杂项干废物用专用运输车运送到废物处理中心，经处理后通过屏蔽运输车转运至固体废物暂存库暂存。

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。

7.3 其它事故

在本电站中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它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 事故应急

我国《核电厂核事故应急管理条例》要求，在核电厂选址阶段应考虑在核事故时执行应急预案的可能性。如果推荐的核设施厂址在制定和执行应急预案方面出现难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。

7.4.1 厂址周围的人口分布

厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市。厂址半径 15km 范围内无 10 万人以上的城镇厂址半径 5km 范围内无 1 万人以上的乡镇

厂址半径 5km 范围内无学校、医院、卫生院、敬老院、监狱等。

厂址半径 15km 范围内的长期流动人口以流出为主。

厂址半径 5km 范围内涉及一处风景游览区，东冲半岛风景名胜區。

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址半径 50km 范围内有国家基本气象站、国家气象观测站、区域自动气象站。此外，厂址气象铁塔及地面气象站也可为核电厂提供长期与实时的基础资料。

厂址半径 10km 范围均达到了村村通固定电话；中国移动、中国电信、中国联通按信号覆盖需要在各乡镇区域均建有各自移动通讯基站，3G、4G 通讯信号可以覆盖全境；广播电视信号已覆盖全境；邮政站点已覆盖至境内各行政村。光纤宽带已覆盖至主要行政村。

厂址半径 10km 范围内有派出所、消防队。应急情况下，厂址周围的公安、消防力量可以为场外应急、公众隐蔽和撤离等行动提供支持和帮助。

7.4.3 厂址周围交通条件

厂址所在霞浦县已初步形成集公、铁、水于一体的综合交通网络。霞浦县公路通车里程为 1645km，已经形成了连接城镇，基本通达乡村的公路网络。G15 沈海高速公路、国道 G228 是最重要的干线公路，承担着大量的过境交通和县域内经济区之间的交通联系，是霞浦县对外联系的主要公路通道。

7.4.4 小结

从现有厂址环境条件看，华能霞浦核电项目压水堆一期工程厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市，半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇，半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。厂址半径 5km 范围内人口较少，且无学校、医院、卫生院、敬老院、监狱等特殊人群，对应急条件下实施应急响应行动有利。厂址周围气象观测、通讯条件、公安及消防条件良好，可以为场外应急预案的实施提供支持。在需要执行撤离的防护行动情况下，厂址有两条道路供实施陆地撤离。由于厂址位于独立海岛，可考虑海上撤离作为补充的应急撤离方式。但是海上撤离的风险更高更容易受气象、环境等不确定因素的影响，须制定更系统完善的撤离方案确保撤离顺利实施。从厂址环境条件来看，厂址实施应急是可行的。

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 其它监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.3 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 气载放射性流出物连续监测道情况

表 8.1-2 放射性流出物分析大纲

表 8.1-3 液态放射性流出物连续监测道情况

表 8.1-4 霞浦核电压水堆一期工程正常运行期间环境辐射监测方案

表 8.2-1 非放射性化学污染物和生活污水监测初步方案

表 8.3-1 环境监测站和监督性监测子站站址方位

表 8.3-2 环境实验室主要房间功能

表 8.3-3 环境实验室的设备及性能指标

图：

图 8.1-1 气载流出物监测流程示意图

图 8.1-2 液态流出物在线监测流程示意图

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

华能霞浦核电项目压水堆一期工程的运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。其中，气载和液态放射性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源项，因此在流出物监测中对气载和液态放射性流出物进行重点监测。

放射性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

制定流出物监测方案的主要依据是：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 8999-2021	《电离辐射监测质量保证通用要求》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
GB 11217-89	《核设施流出物监测的一般规定》
GB/T 7165.1-2005	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第1部分：一般要求》
GB/T 7165.2-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第2部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.3-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第3部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.4-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第4部分：放射性碘监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.5-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第5部分：氡监测仪的特殊要求》
GB/T 12726.1-2013	《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第1部分：一般要求》
GB/T 12726.2-2013	《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第2部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》
ANSI N13.1-2011	《核设施烟囱和管道释放气载放射性物质的取样和监测》
环发[2012]16号文件	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》

环发[2014]49号文件 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体技术要求（试行）》

国核安发[2020]44号 《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》

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载和液态放射性流出物的浓度，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

华能霞浦核电项目压水堆一期工程运行期间流出物监测方案的制定和监测系统的设计遵循的主要原则有：

- 满足国家标准法规及国家生态环境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；
- 对于定期排放，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，如流出物的流量、温湿度及气象参数等；
- 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 气载放射性流出物监测

（1）气载放射性流出物连续监测

华能霞浦核电项目压水堆一期工程两个机组各设有一个排风烟囱。每个烟囱设有：烟囱排气气溶胶活度监测道（1/2IRM029MA、1/2IRM030MA），烟囱排气碘活度监测道（1/2IRM031MA、1/2IRM032MA），烟囱排气低量程和高量程惰性气体 β 活度监测道（1/2IRM005MA、1/2IRM006MA、1/2IRM015MA、1/2IRM016MA），各监测道的详细信息见表 8.1-1。每个烟囱监测道流程图见图 8.1-1。

低量程和高量程惰性气体 β 活度监测道按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，每个机组包括两列冗余的监测设备，安全级别为 F-SC2 级，抗震类别为 I 类，泵及控制设备的电源均由保护组重要电源系统提供。由低量程惰性气体 β 活度监测道给出的高阈值报警信号自动联锁关闭安全壳内大气监测相关隔离阀和废气处理系统的排放阀。

（2）气载放射性流出物取样测量

与烟囱连续监测设备并行设置了连续取样设备，对烟囱气态流出物中的气溶胶、碘、 ^3H 、 ^{14}C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至实验室进行分析。气载放射性流出物取样点位、分析项目、测量方法以及分析核素见表 8.1-2。

利用上述样品分析的数据，连续监测仪器测得的数据以及烟囱排放总流量可计算出电厂通过烟囱向环境中排出的总活度。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测

（1）液态放射性流出物连续监测

华能霞浦核电项目压水堆一期工设有 QA/QB 废液排放厂房。QA 厂房主要收集、贮存核岛废液排放系统废液；QB 厂房主要收集、贮存常规岛废液排放系统废液。在 QA、QB 厂房各设置一套临线介质活度监测仪（9IRM901MA、9IRM902MA），其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度，以验证实验室所分析的排放前贮罐中的样品浓度，同时监视已分析过的废液贮罐废液是否在排放。当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。低放液体排放监测道是非安全级设备，无抗震要求，监测道的信息见表 8.1-3，监测道流程图见图 8.1-2。

（2）液态放射性流出物取样测量

在 QA/QB 的废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测量仪及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

液态放射性流出物样品的分析项目包括 γ 谱分析、氚、碳-14 等活度浓度测量及必要时的 ^{90}Sr 分析，液态放射性流出物取样点位、分析项目、测量方法以及分析核素见表 8.1-2。

8.1.1.6 配合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，本工程将采取一系列措施，以满足地方环保部门进行流出物监督性监测。这些措施主要包括：

- (1) 经常保持与地方环保部门联系，接受地方环保部门的监督与指导；
- (2) 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：
 - 可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 ^{14}C 和 ^3H 样品给地方环保部门进行测量；
- (3) 向地方环保部门及时提供流出物监测月报表；
- (4) 定期进行监测结果的比对和监测技术的交流；
- (5) 依托中核工程，正在为福建省环保部门建设监督性流出物实验室。本工程将把气载、液态流出物在线连续监测的数据统一、实时、同步传输至监督性监测前沿站。

8.1.2 辐射环境监测

为了确保运行期间的放射性流出物对周围环境和居民的影响符合国家的有关规定，将与中核工程统筹考虑，制定本核电厂址的环境监测大纲，建设相关环境监测设施，并按照大纲开展运行期间的环境监测。本阶段的环评报告简要描述本工程运行后的环境监测设施及监测方案。

运行期间环境监测参照的主要标准规范有：

- 《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 6249-2011）；
- 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ527-90）；
- 《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98 号文）；
- 《核电厂辐射监测现场监督性监测系统建设规范（试行）》（环发[2012]16 号文）；
- 《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体技术要求（试行）》（国核安发[2012]49

号文)。

8.1.2.1 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，以评估本工程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。

8.1.2.2 监测方案

本工程运行后，本厂址的环境监测初步监测方案参见表 8.1-4，详细环境监测大纲将在运行阶段的环评报告中提供。

8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规，运行期间拟进行环境辐射监测的范围如下：

(1) 环境 γ 辐射水平监测范围为半径 20km 范围内，其余陆地环境放射性监测项目的监测范围为 10km。

(2) 海洋环境放射性监测半径为 10km，重点监测排水口 2km 以内的海域。

8.1.2.4 布点原则

环境监测布点将结合运行前的放射性本底调查结果具体制定。同时为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则有：

- 依据相关标准及技术规范，并充分结合厂址区域附近地区的地形等条件；
- 与运行前本底调查保持适当比例的同位点；
- 陆地监测点以厂址为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- 对居民密集地区、主导风下风向及环境敏感点布设监测点；
- 环境 γ 辐射监测点和大气介质取样点的布置将结合厂址特点考虑厂区边界附近区域，周围没有高大的树木、建筑物；
- 海上取样点主要设在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；
- 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。位置尽量能与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；

- 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。

8.1.2.5 监测项目

运行期间主要进行以下项目的监测工作：

(1) 气象观测

气象观测系统将在运行期间根据需要开展相应的自动气象观测，观测项目包括：

- 10m、30m、50m、70m、100m 高度处的风向、风速和温度；
- 1.5m 高度处的温湿度、大气压、总辐射和净辐射；
- 降雨量。

(2) 大气环境 γ 剂量率

- 大气中环境 γ 辐射水平的连续监测；
- 累积剂量监测；
- 非连续监测的瞬时剂量率。

(3) 环境介质放射性核素浓度监测

A. 大气

- 气溶胶：总 β 及 γ 谱分析；
- 大气沉降物： ^{90}Sr 及 γ 核素分析；
- 空气中 ^3H 、 ^{14}C 和 ^{131}I 。
- 降水： ^3H

B. 水监测

- 饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；
- 地表水（水库、河流等）：总 β 、 ^3H 、 ^{14}C 及 γ 能谱分析；
- 地下水： ^3H 、 ^{90}Sr 及 γ 核素分析，选择部分点位分析 ^{14}C 。

C. 陆生生物

- 肉类、水果、粮食、蔬菜等样品：进行 ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 γ 核素分析，每类至少选择一个样品进行 ^{90}Sr 分析；
- 牛奶：进行 ^{131}I 分析测量；
- 指示生物： ^{90}Sr 和 γ 核素分析。

D. 海洋介质

- 海水：总 β 、 ^3H 、 ^{40}K ，可选择部分点位分析 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 谱分析；
- 海洋沉积物： ^{90}Sr 及 γ 谱分析，在排放方位 5km 范围内选择点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ ；
- 海洋生物样品： ^3H (TFWT, OBT)、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 及 γ 谱分析，部分点位测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

E. 土壤及底泥

- ^{90}Sr 和 γ 核素分析，每个方位最近的 1 个点位加测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

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：

(1) 实验室分析测量（对环境介质样品）

物理测量和分析：使用低本底 α/β 测量仪、低本底 γ 谱仪、低本底液体闪烁测量装置等仪表进行 α/β 放射性活度测量、 γ 能谱核素分析、 ^3H 和 ^{14}C 放射性活度测量。

放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环境介质中的 ^{90}Sr 、 ^{131}I 等核素进行测量分析。

(2) 固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

设置环境 γ 辐射监测站，进行连续监测；

在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；

设置环境监测车/应急监测车进行本工程周边环境 γ 辐射监测，车上设有车载 γ 剂量率监测仪、便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

(3) 气象观测

在气象铁塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测厂区的局部气象状况。

8.1.2.7 地方环保部门的监督性监测

为了大力配合地方环保部门监督性监测工作的实施，本工程考虑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、水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。

(3) 监督性监测子站和前沿站目前正在建设中。

8.1.3 应急监测

事故工况下的环境应急监测是应急计划的重要组成部分，将根据厂址的应急环境监测

大纲，对监测原则、监测方法和步骤、监测项目、监测路线、监测组织机构、监测数据发布等做出规定。在事故工况下，根据应急监测大纲对环境中 γ 辐射水平及大纲中规定的环境介质进行快速取样，样品根据大纲要求和有关测量程序进行放射性测量。

可参与应急环境监测的监测设施和设备主要包括：

（1）环境辐射与气象监测系统：

- 固定式环境 γ 辐射监测站：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。
- 环境监测车/应急监测车和环境介质取样车：监测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固定式环境 γ 辐射监测站的风速风向传感器。
- 移动式环境 γ 辐射监测子系统：考虑到极端外部事件下固定式环境 γ 辐射监测站可能受到损坏，因此考虑设置可在事故后投入使用的移动式环境 γ 辐射监测子系统，作为环境 γ 辐射水平监测的补充手段，以快速恢复环境监测能力。

（2）环境实验室

环境实验室建设在烟羽应急计划区以外，避免事故情况下对环境实验室测量的影响，使其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。

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

在核电厂机组运行前，核电厂将委托编制温排水监测方案，并在运行期间按照计划定期完成本工程的温排水监测。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

计划在生活污水处理站工艺末端进行生活污水的监测，主要监测项目包括水温、pH值、COD、BOD₅、氨氮、总氮、总磷、悬浮物、阴离子表面活性剂、色度等。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

流出物实验室用于监测核电厂气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流

出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。

流出物实验室包括热制备间、冷制备间、流出物 γ 谱仪测量室、流出物测量间。其中热制备间用于核岛气液态流出物样品制样，冷制备间用于常规岛气液态流出物样品制样，流出物 γ 谱仪测量室用于流出物 γ 谱放化测量，流出物测量间用于流出物放化测量。

流出物实验室需配备总有机碳分析仪、抽滤装置、干燥箱、温控电热板、高纯锗 γ 谱仪、低本底 α/β 测定仪、液闪计数仪等流出物监测用仪器和设备，来满足流出物监测的需求。

本工程气载放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目包括：烟囱气态氙、烟囱气态 C-14、烟囱惰性气体、烟囱气态碘、烟囱气溶胶、核岛液态氙、核岛液态 C-14、核岛液态 γ 核素以及核岛液态流出物中 Sr-90。

8.3.2 环境监测设施

依托中核工程，本厂址正在建设环境监测设施，用于整个厂址环境监测，包括：

- 环境辐射与气象监测系统：包括 3 个厂内监测站、6 个厂外监测站、中央站、气象站（气象铁塔、地面气象观测站）等，监测站位置详见表 8.3-1。

- 环境实验室及环境监测车辆

- 监督性监测系统

- 厂区地下水监测井：8 个

华能霞浦核电项目将在此基础上新增 4 个环境监测站及 3 个厂区地下水监测井。

8.3.2.1 环境监测站

针对华能霞浦核电项目，在已有环境监测站基础上拟新增 4 个环境监测站，用于正常运行期间及应急期间的环境 γ 辐射剂量率的连续监测、部分环境介质取样。在监测站位置选择时，主要与结合监督性监测子站互补基本覆盖核电厂周围陆域各方位，在主导风下风向、关键居民组布设站址，综合考虑人口分布、交通、通讯、供电、运行维护等综合因素。

- 设备配备：环境 γ 剂量率监测仪、能谱型环境 γ 剂量率监测仪、大流量气溶胶取样器、超大流量气溶胶取样器、碘取样器、 ^3H 取样器、 ^{14}C 取样器、雨水/沉降灰收集器、风速/风向传感器、雨量计、数据传输设备等；

- 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、H-3、C-14 和 I-131 采样、雨水/沉降灰采样，厂外的监测站还具有风速、风向、雨量测量。

8.3.2.2 环境实验室

依托中核工程环境实验室，本工程共用此环境实验室。环境实验室位于福建省宁德市

霞浦县福宁工业园区中东部，位于厂址 WNW 方位，距厂区约 14.5km，在核电厂烟羽应急计划区以外，用于对从厂区周围环境采集回来的环境介质样品进行处理、测量和分析，并在事故期间参与应急环境监测，目前环境实验室正处于选址阶段。实验室测量的项目包括 γ 谱分析、总 α 、总 β 、H-3、C-14、Sr-90、累积剂量测量分析等。

环境实验室主楼建筑面积约为 2580 平方米，共 4 层。环境实验室内设置低本底物理测量房间、样品预处理及制备房间、化学制样及分析房间及其他辅助房间，各房间功能见表 8.3-2。实验室内配置相关仪器设备，设备种类及性能的设计指标见表 8.3-3。

8.3.2.3 气象站

气象站目前已建成，位于霞浦县长春镇长门村西北 1km 处，海拔约 98 米，站址区域地形平坦，无高大建筑物与山体的影响。在本工程运行期间，气象观测系统包括梯度观测和地面气象观测，梯度观测包括 10m、30m、50m、75m 和 100m 处的风向、风速和温度观测，100m 高度的湿度观测；地面气象观测包括风向、风速、温度、相对湿度、总辐射、净辐射、气压、雨量（包括固态降水）的观测。

8.3.2.4 厂区地下水监测井

依托中核工程设置的 8 个厂区地下水监测井，本工程将在厂区内新增 4 个厂区地下水监测井。用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。监测井位置将根据厂区地下水径流等情况进行确定，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境实验室进行测量分析。

8.3.2.5 环境监测车辆

环境监测车辆包括环境监测车、应急巡测车和环境取样车。在本工程正常运行情况下，环境监测车和环境介质采样车用于对厂区及周围的环境 γ 辐射水平进行巡测、环境介质样品的采样和传送、环境介质的快速测量、气象和环境监测系统设备的日常维护，以及进行热释光元件（TLD）的布设及回收等监测相关工作。在事故情况下，应急监测车将快速出动，利用便携式仪表对厂区内及厂址周围的辐射水平进行快速测量。测量数据可通过无线方式传输到应急指挥部。

环境监测车辆配置的主要设备有：车载 NaI 谱仪探测器、便携式多道 γ 谱仪、便携式气溶胶、碘取样器、便携式表面 α/β 污染测量仪、便携式 γ 剂量率仪、手持式风速风向仪、无线通讯设备等。

8.3.2.6 外围环境监督性监测设施

（1）监督性监测前沿站

依托中核工程，正在建设监督性监测前沿站，监督性监测前沿站和环境实验室设置于一个小区内，监督监测前沿站地上3层，建筑面积1654.89m²。按照工作需要及工艺流程，分为物理测量区、环境样品制样区、数据处理区、用品存放区、辅助动力区。

（2）监督性监测子站

依托中核工程，正在建设监督性监测子站，厂址周围设置了10个监督性监测子站，分布在厂址不同的方位上，与环境监测站共同可覆盖本工程周围16个方位的陆域方向，选址位置见表8.3-1。

8.4 质量保证

为了保证环境监测和流出物监测结果达到足够的可信度，确保获取的数据的有效性和可靠性，本工程将按照国家和行业标准规范的要求，制订环境监测大纲，对流出物及周围环境的监测进行质量控制和质量管理工作。

8.4.1 质量控制

8.4.1.1 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。
- 准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在10%以内。
- 操作样品时具有防止交叉污染的措施。
- 采样时的样品数量包括分析样品总数5%的质量控制样品及分析样品总数的20%的保留样品。
- 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。

可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）部分保存十年，并附有可靠的标签和专门的记录。强沾污样品及有特殊情况的样品将保存到作出结论后再处理。

8.4.1.2 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注意防止样品之间的交叉污染。
- 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。
- 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和可比性，参加国家和环境监测系统主管部门组织的实验室之间分析测量的比对和国际比对。

仪器的刻度和检验：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。

8.4.1.3 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。
- 进行数据统计学处理，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；对于异常结果，计算者和审核者应及时查明原因，若属于分析测量差错或其它过失应该及时采取纠正或补救措施。
- 对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。
- 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。

对不符合质量保证要求的监测结果，必须进行审查、评价，并确定是否使用，还是废弃或采取补救办法。

8.4.2 质量管理

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、权限等级。
- 制定组织机构，分工明确，对本工程的环境监测及流出物监测统一管理。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，拟制定下列措施：

- 从事环境监测的人员必须具有高中或中等专业学校以上的文化程度以及环境监测专业知识和工作能力。
- 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训，要求熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。
- 为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

表 8.1-1 气载放射性流出物连续监测道情况

监测道编号	监测道名称	测量范围	探测器类型	测量对象	标定核素
1/2IRM005MA	烟囱排气低量程惰性气体 β 活度监测道（A 列）	$3.7E+04 \sim 3.7E+12Bq/m^3$	半导体探测器	β	Co-60
1/2IRM006MA	烟囱排气高量程惰性气体 β 活度监测道（A 列）	$1E+06 \sim 3.7E+15Bq/m^3$	电离室	β	Cs-137
1/2IRM015MA	烟囱排气低量程惰性气体 β 活度监测道（B 列）	$3.7E+04 \sim 3.7E+12Bq/m^3$	半导体探测器	β	Co-60
1/2IRM016MA	烟囱排气高量程惰性气体 β 活度监测道（B 列）	$1E+06 \sim 3.7E+15Bq/m^3$	电离室	β	Cs-137
1/2IRM029MA	烟囱排气气溶胶活度监测道	$1 \sim 3.7E+06Bq/m^3$	半导体探测器	β	Tl-204 Pu-238
1/2IRM030MA	烟囱排气气溶胶活度监测道	$1 \sim 3.7E+06Bq/m^3$			
1/2IRM031MA	烟囱排气碘活度监测道	$3.7 \sim 3.7E+06Bq/m^3$	NaI（Tl）闪烁体探测器	γ	Ba-133 Co-60
1/2IRM032MA	烟囱排气碘活度监测道	$3.7 \sim 3.7E+06Bq/m^3$			

表 8.1-2 放射性流出物分析大纲

种类	取样点	介质	分析项目	分析核素
液态	ZLD(废液排放系统)	水	pH	——
			总 γ	——
			碳-14	碳-14
			³ H	³ H
			总 α、总 β	总 α、总 β
	γ 能谱	^{110m} Ag, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ⁵¹ Cr, ¹³⁷ Cs, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³³ I, ⁵⁴ Mn, ¹²⁴ Sb, ¹²⁵ Sb, ⁵⁹ Fe		
	ZLD 月度混合样	水	锶-90	⁹⁰ Sr
	WQB(常规岛废液排放系统)	水	pH	——
			总 γ	——
			γ 能谱	^{110m} Ag, ⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ⁵¹ Cr, ¹³⁷ Cs, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³³ I, ⁵⁴ Mn, ¹²⁴ Sb, ¹²⁵ Sb, ⁵⁹ Fe
³ H			³ H	
WQB 月度混合样	水	¹⁴ C	¹⁴ C	
气态	ZGT(废气处理系统)	惰性气体	γ 能谱	⁸⁵ Kr, ⁸⁸ Kr, ¹³³ Xe, ¹³⁵ Xe, ⁴¹ Ar
		滤膜	γ 能谱	⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹²⁴ Sb, ¹³⁷ Cs
		单碘盒	γ 能谱	¹³¹ I, ¹³³ I
		氟水	³ H	³ H
	CAM(安全壳大气检测系统)	惰性气体	γ 能谱	⁴¹ Ar, ⁸⁵ Kr, ⁸⁸ Kr, ¹³³ Xe, ¹³⁵ Xe 等
		滤膜	γ 能谱	⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹²⁴ Sb, ¹³⁷ Cs
		单碘盒	γ 能谱	¹³¹ I, ¹³³ I
		氟水	³ H	³ H
	连续排放样品	惰性气体	γ 能谱	⁴¹ Ar, ⁸⁵ Kr, ⁸⁸ Kr, ¹³³ Xe, ¹³⁵ Xe
		滤膜	γ 能谱	⁵⁸ Co, ⁶⁰ Co, ¹²⁴ Sb, ¹³⁷ Cs
		单碘盒	γ 能谱	¹³¹ I, ¹³³ I
		氟水	³ H	³ H
		碱溶液	¹⁴ C	¹⁴ C
	烟囱月度滤膜混合样	滤膜	锶-90	⁹⁰ Sr
	烟囱	气体	总 β	惰性气体

表 8.1-3 液态放射性流出物连续监测道情况

监测道编号	监测道名称	测量范围	探测器类型	测量对象	标定核素
9IRM901MA	核岛废液 γ 活度监测道	3.7×10 ³ ~3.7×10 ⁸ Bq/m ³	NaI (TI) 闪烁体探测器	γ	Cs-137
9IRM902MA	常规岛废液 γ 活度监测道				

表 8.1-4 霞浦核电压水堆一期工程正常运行期间环境辐射监测方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	
1	陆地环境 γ 辐射	剂量率	空气吸收剂量率	1 次/季	20km	
		累积剂量	γ 辐射累积剂量	1 次/季	20km	
2	陆地介质	空气	气溶胶	总 α 、总 β 、 γ 谱分析	1 次/季	10km
			沉降物	总 β 、 ⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/季	10km
			³ H、 ¹⁴ C 和 ¹³¹ I	¹⁴ C、HTO、 ¹³¹ I	1 次/季	10km
		水	降水	总 α 、总 β 、 ³ H、 γ 谱分析	1 次/季	10km
			饮用水	总 α 、总 β 、 ³ H、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地下水	总 α 、总 β 、 ³ H、 ⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
			地表水		1 次/半年	10km
		土壤	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/半年	10km	
		底泥		1 次/半年	10km	
		陆生生物	粮食类	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	收获期	10km
			蔬菜	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	收获期	10km
			肉类	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	10km
			牛奶	¹³¹ I	1 次/年	10km
淡水鱼	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析		1 次/年	10km		
水果类	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析		1 次/年	10km		
指示生物	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	10km			
3	海洋介质	海水	总 β 、 ⁹⁰ Sr、 ³ H、 γ 谱分析	1 次/半年	10km	
		沉积物	潮间带	⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
			潮下带			
		海洋生物	藻类	⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
			贝类	⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
			甲壳类	⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
			鱼类	⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km
指示生物	⁹⁰ Sr、 γ 谱分析	1 次/半年	10km			

注：1) γ 谱分析的核素主要包括 Na-22、Mn-54、Co-58、Co-60、Cs-134、Cs-137、I-131 以及在 γ 谱仪上有明显特征峰的其他核素。

2) 在部分环境水体及生物中将适当增加对 C-14 的测量。

表 8.2-1 非放射性化学污染物和生活污水监测初步方案

监测对象	监测指标	监测频次	监测点位	备注
生活污水	流量、pH值、水温、化学需氧量、氨氮、总磷、总氮	自动监测	生活污水处理站处理工艺末端排放口	由运行主管部门负责
	悬浮物、色度、五日生化需氧量、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群数	季度		
	pH值、水温、化学需氧量、五日生化需氧量、悬浮物、动植物油、石油类、阴离子表面活性剂、总氮、氨氮、总磷、色度、粪大肠菌群数	以地方环保要求为准	生活污水处理站处理工艺末端排放口	由地方环境保护行政主管部门或专业检测机构执行
酸碱废水	pH	自动监测	海水淡化厂房、除盐水厂房等废水中和池排放管	

表 8.3-1 环境监测站和监督性监测子站站址方位

站点编号	站点名称	方位	与厂址距离	备注
环境监测站				
01UCJ-1	北侧排水口站	-	-	厂内
01UCJ-2	应急指挥中心站	-	-	厂内
01UCJ-3	厂址西侧边界	-	-	厂内
01UCJ-4	前沿站	WNW	约 14.5km	厂外
01UCJ-5	渔阳里村站	W	约 9.5km	厂外
01UCJ-6	气象观测场站	WSW	约 4km	厂外
01UCJ-7	武曲村站	WSW	约 6.5 km	厂外
01UCJ-8	积石村站	SW	约 8.4km	厂外
01UCJ-9	蜘蛛网村站	SSW	约 10km	厂外
监督性监测子站				
01UCN-1	三沙子站	NNE	约 15.8km	厂外
01UCN-2	小皓村站	N	约 14.8km	厂外
01UCN-3	浮山村站	NNW	约 14.9km	厂外
01UCN-4	省控点站	NW	约 16.0km	厂外
01UCN-5	前沿站	WNW	约 14.5km	厂外
01UCN-6	渔洋埠村站	W	约 6.9km	厂外
01UCN-7	气象观测场站	WSW	约 4km	厂外
01UCN-8	下洋城村站	SW	约 7.5km	厂外
01UCN-9	界石村站	SSW	约 8.2km	厂外
01UCN-10	长表岛站	-	-	厂内

表 8.3-2 环境实验室主要房间功能

序号	分区	房间	功能
1	物理 测量区	γ 谱仪测量室	样品的 γ 核素分析
		α/β 测量室	总 α 、总 β 、Sr-90、Cs-137 测量
		液闪测量室	H-3、C-14 测量
		热释光测量室	累积剂量测量
		数据处理间	测量数据的处理、记录、报告生成
2	化学 制样取	鲜样处置存放间	鲜样的预处理及存放
		化学实验室	样品的化学制样
		碳化室	生物样品碳化
		灰化室	生物样品灰化
		样品干燥间	样品干燥
		天平间	精密称量
		光谱测量室	原子吸收光谱仪测量
		标准样品准备间	标准物质的准备
3	用品 存放区	试验用品存放间	运行期间用品存放
		试剂间	化学试剂存放
		存放间	存储空间
		已测样品存放间	已测样品的存放
		工具存放间	取样容器等存放
4	办公区	办公室	办公用房
		会议室	办公用房
		资料室	资料存档
5	辅助 用房	值班室及门厅	值班用房
		变配电间	配电系统用房
		空调机房	通风系统用房
		气瓶间	气瓶存放
		楼梯间	正常行走及疏散
		卫生间	卫生设施

表 8.3-3（1/2） 环境实验室的设备及性能指标

序号	设备名称	主要技术特性	单位	数量
1	P 型高纯锗谱仪	测量能量范围：50keV~10MeV 相对测量效率：60% 能量分辨率：≤2.1keV（在 1.33MeV 处）	套	2
2	N 型高纯锗谱仪	测量能量范围：5keV~3MeV 相对测量效率：40% 能量分辨率：≤ 2.1keV（在 1.33MeV 处）	套	1
3	低本底 α/β 测量仪	有效探测面积为 φ50mm 探头个数：不少于 8 个测量通道 本底计数：α：≤ 0.05cpm（φ0.05） β：1cpm（φ50mm） 测量效率：α：≥37%（ ²⁴¹ Am 4π 立体角） ≥42%（ ²¹⁰ Po 4π 立体角） β：≥45%（ ⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y） ≥40%（ ²⁰⁴ Tl）	套	3
4	液体闪烁计数器	光电倍增管：低本底材料、发光效率高 测量对象：β 射线 能量范围：0~2MeV 探测效率：对密封的充过氮的有机样品 ³ H：>60% ¹⁴ C：>95%	套	2
5	热释光剂量计读数器	加热盘尺寸与热释光探测器形状匹配 热释光剂量探测元件 LiF (Mg, Cu, P)	套	2
6	微量铀分析仪	检测下限：≤ 0.02ng/ml（三倍标准偏差） 量程：0-20ng/ml 精度：<5%（1ng/ml 测量）	套	1

表 8.3-3 (2/2) 环境实验室的设备及性能指标

序号	设备名称	主要技术特性	单位	数量
7	原子吸收光谱仪	波长范围：190~900nm 石墨炉温度范围：室温~2600℃	台	1
8	电子分析天平 1	最小读数：0.01mg 最大读数：80g	台	1
9	电子分析天平 2	最小读数：0.1mg 最大读数：210g	台	2
10	氚蒸馏装置	蛇型冷凝器 1000ml 磨口三角瓶 数显加热套：2000ml	套	4
11	通用型通风柜	最大排风量：1800 m ³ /h	台	13
12	固定通风罩 1	排风量：1800 m ³ /h	套	12
13	固定通风罩 2	排风量：800 m ³ /h	套	1
14	分析实验台	外形尺寸：高度约为 0.90m； 宽度约为 0.75m 工作台面：环氧树脂材料	延米	若干
15	天平台	0.90m 环 0.61m×0.76m(长×宽×高) 材料：大理石或环氧树脂	台	3
16	放射源保险柜	内部容积不小于 60 升 落地式	个	3

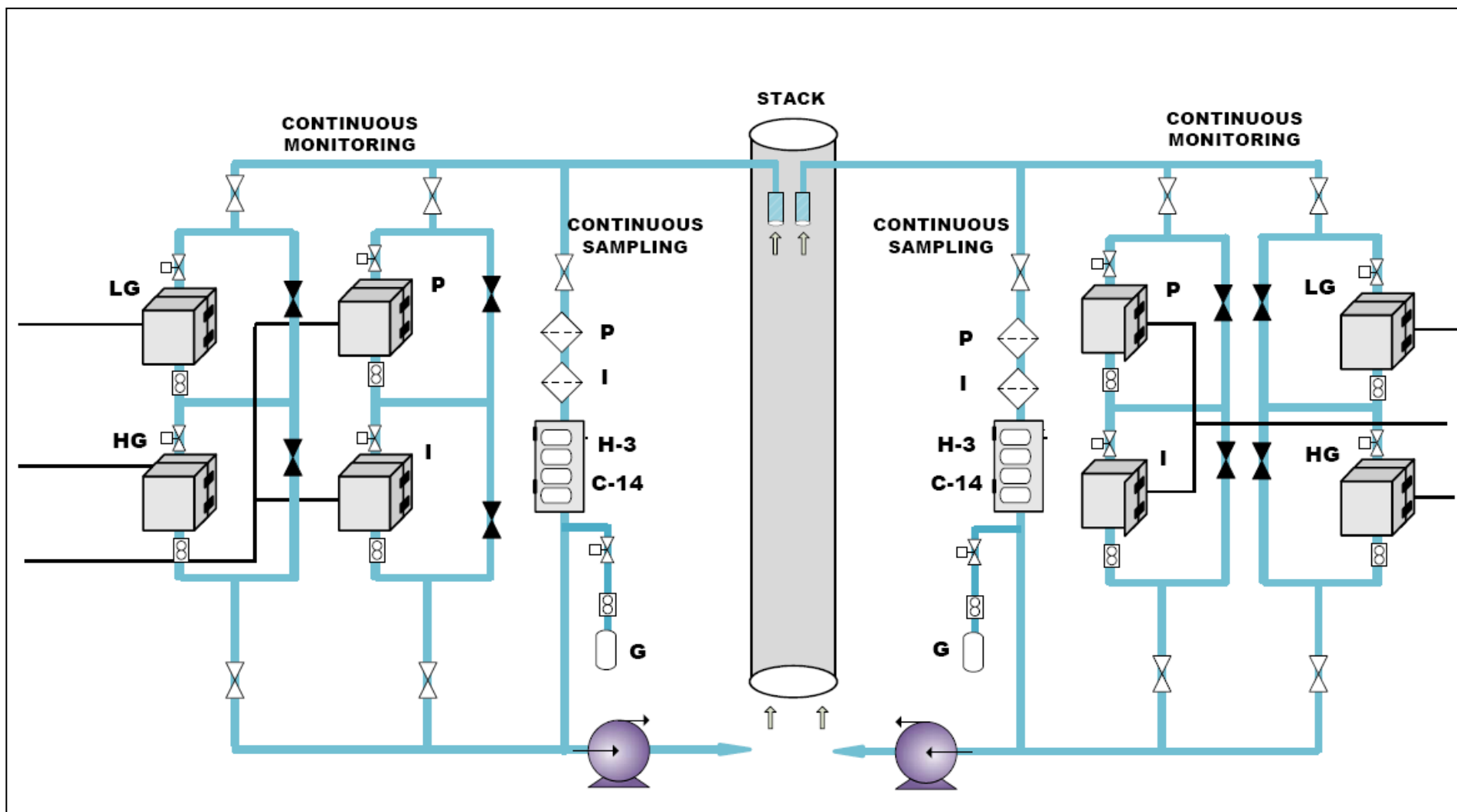


图 8.1-1 气载流出物监测流程示意图

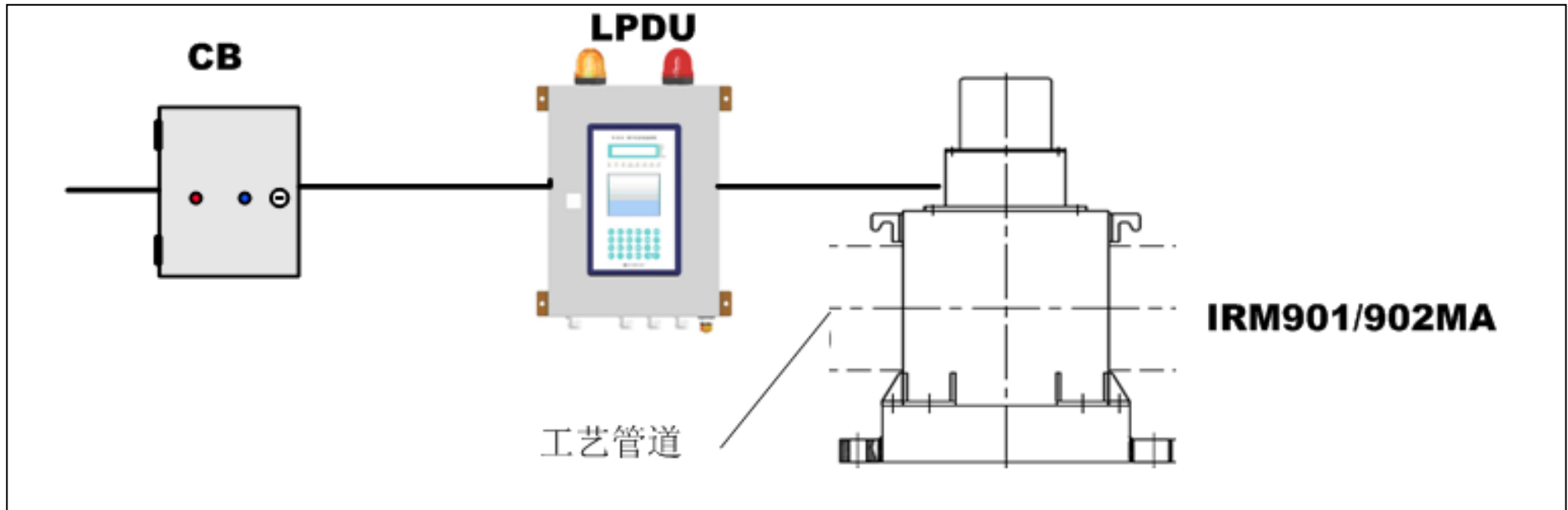


图 8.1-2 液态流出物在线监测流程示意图

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

华能霞浦核电压水堆一期工程（华龙一号）是在霞浦核电基地已有核电多堆型厂址上开展的扩建项目。霞浦核电厂长表岛东侧为中核霞浦项目由中核霞浦核电有限公司控股，正在建设中。长表岛西侧华能霞浦核电项目规划建设四台华龙一号机组和一台高温气冷堆机组，一期工程建设规模为不小于 $2 \times 1200\text{MW}$ 百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。

据财务分析结果，工程投产后在 30 年经济评价期内，在资本金内部收益率为 9% 时，项目盈利能力与一期工程经济评价结果相当，有较好的经济效益。

9.1.2 建设运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

华能霞浦核电压水堆一期工程的建设，不仅将有效地解决福建省的能源供求矛盾，还将缓解交通运输的紧张状况，推动当地的经济的发展，提高人民的生活水平。

核电厂本身配套有进场道路、大件码头。海运的使用有效缓解当地陆路交通的压力。

核电厂项目投资大，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，核电厂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。

大额建设期贷款本息，促进当地金融等服务产业发展。同时，优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。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。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、标准化发展，并培养出一批核电厂建设组织管理人才，为其后续机组和国内其它核电厂的建设培养人才。从而全面推动我国核电事业的发展。

9.1.2.2 环境效益

从本报告书第六章可以看到，华能霞浦核电压水堆一期工程正常情况下，放射性流出物对周围居民的辐射影响明显小于规定的限值，对生态环境的影响也较小。

核电是一种技术成熟的清洁能源，温室气体接近零排放，不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物。华能霞浦核电压水堆一期工程的建设，实际上相当于减少了同等容量火电厂的建设。华能霞浦核电压水堆一期工程采用的“华龙一号”三代核电技术，每年可减排二氧化硫约 0.34 万吨，氮氧化物约 0.32 万吨，二氧化碳约 1782 万吨。同时，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。

同时，华能霞浦核电压水堆一期工程利用海水淡化技术，节约淡水资源。在 1、2 号机组建设工程中，厂前区子项将在厂外建设，也拟对该区域室外进行硬化、景观绿化。华能霞浦核电压水堆一期工程机组建设规划中，拟对已破坏的生态进行修复，改善周围的生态环境。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

（1）建设期环保设施投资

华能霞浦核电压水堆一期工程的项目计划总资金包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费等工程费用和建设单位管理费、设计和技术服务费、联合试运转费、工程其他费用以及预备费、建设期贷款利息和融资费用、铺底流动资金、进口环节增值税。其中建设期的环境保护设施费用占总项目计划总资金的 2.95% 左右。

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。

乏燃料后处理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开始提取。

退役基金从计算期第一年开始提取，总额以发电工程固定资产原值为基数，提取比例为 10%。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

按规定，在核电厂外边界半径 5km 范围内为限制区，即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它事业的发展。

华能霞浦核电压水堆一期工程运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输，生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输，以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可避免的增加当地的运输负担。

但是由于在核电厂的施工过程中，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。

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

核电厂施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、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，华能霞浦核电压水堆一期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在可接受的范围内。本报告书的前面章节已对华能霞浦核电压水堆一期工程的环境影响做出了详细的论证。

核电厂运行期间非放射性因素对环境的影响主要表现在机械损伤和卷吸效应、温排水、化学物质的排放以及生活污水等方面。但是由于华能霞浦核电压水堆一期工程项目采用直流循环海水冷却方式，在电厂运行期间对整个当地的渔业资源和水生生物产生的影响很小，不会因冷却水取水导致大批成鱼机械损伤，对浮游生物造成的卷吸效应也不会很明显；由于海湾所具有的优良自然条件，核电厂排出的温排水可以得到充分的掺混、稀释，并逐渐向外海迁移，因而造成的影响范围很小；核电厂运行期间排出的各种废水所含化学物质数量较少，而且在标准规定的控制浓度以下，所以，化学物质排放不会对核电厂所在海域产生明显的不利影响；所有厂房的生活污水都在厂区用管道收集并提升排至健跳镇污水管网，由健跳镇污水处理厂进行处理达标后排放。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，经管网排至大海；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。因此，非放废水不会对环境产生影响。

华能霞浦核电压水堆一期工程正常运行期间对环境产生的辐射影响是很小的，对周围环境和公众的辐射影响在可接受的范围内；在事故工况下，亦能够满足 GB6249—2011 规定的剂量控制值。

从以上分析可以得出结论：华能霞浦核电压水堆一期工程是经济的、环保的。虽然前期资金投入较大，但对于电力需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，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。华能霞浦核电压水堆一期工程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 承诺

10.1 核电厂建设项目

华能霞浦核电项目厂址位于福建省宁德市霞浦县长春镇长门村的长表岛，地处东冲半岛东北部、福宁湾西南岸，在长门澳东侧海域内，毗邻东海。厂址东北距离宁德核电厂约 27km，西西北距离霞浦县城约 18km，西西南距离宁德市约 59km。

华能霞浦核电项目共规划建设 4 台百万千瓦级压水堆核电机组和 1 台 60 万高温气冷堆核电机组。一期工程规划建设两台融合后的“华龙一号”百万千瓦级核电机组，一次规划布置，连续建设实施。目前厂址还有中核两台机组正在建设中。华能霞浦核电项目压水堆一期工程计划 1 号机组 FCD 时间为 2023 年 9 月 30 日，单台机组建设周期为 60 个月，两台机组开工日期相隔 10 个月，分别计划于 2028 年 9 月、2029 年 7 月投入商业运行。

华能霞浦核电压水堆一期工程采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组（华龙一号）。按照工程固定价总投资资金需求，资金拟通过以下途径筹措：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）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。

根据本报告书的分析，厂址的自然条件和社会条件可以满足本工程建设的需要。本工程的建设过程对环境的影响、工程运行的环境影响、事故的环境影响以及环境对电厂的可能影响均满足我国有关法规、标准的要求，非放射性污染影响不会对环境造成明显的影响。从安全和环境影响等方面综合分析，在厂址建设本工程是可行的。

10.2 环境保护设施

本工程放射性废气处理系统对核电厂产生的放射性惰性气体、碘和悬浮粒子进行收集和处理，最终在排放烟囱对惰性气体、碘、气溶胶等进行监测，可以对气载流出物排放进行有效控制，使之达到国家排放标准；放射性废液处理系统采用过滤、除盐和蒸发工艺对不同类型的放射性废液进行处理，处理后的废液通过槽式排放，液态流出物排放前进行取样分析，排放时进行连续检测，能够按法规标准要求对浓度控制和总量控制，满足环境质量与污染物排放总量控制和浓度控制要求；固体废物处理系统采用的废物处理工艺能保证核电厂长期稳定运行，处理后产生的混凝土 HIC 废物包和 200L 钢桶废物包可满足近地表处置要求。

华能霞浦核电项目压水堆一期工程拟建生活污水处理站对生活污水进行收集和处理，再生水回用满足回用水相关标准；通过室外管网收集各子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站进行处理，排水水质满足国标的相关要求。非放射性固体废物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。

本工程正常运行产生的噪声污染和各类固体废物也都设置了相应的防治措施，可以满

足要求。

10.3 放射性排放

本工程运行状态下槽式排放口出的放射性流出物中除氡和 C-14 外其他放射性核素满足 GB6249-2011 规定的排放浓度控制值要求。

经分析，本工程 2 台华龙一号机组的气载和液态流出物排放量均能满足 GB6249-2011 中的排放量控制值要求；厂址 7 台机组运行状态下，气、液态流出物满足 GB6249-2011（参照执行）中的年排放量控制值的要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

本工程运行状态下，各年龄组中成人组的剂量最大。

厂址 7 台机组运行状态下，各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量约占厂址个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 1.24%。

本工程运行状态下，可能的关键居民组为天堂村的成人组。

厂址 7 台机组运行状态下，可能的关键居民组为天堂村的成人组。

（2）对非人类物种的辐射影响

本工程 2 台华龙机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

全厂址 7 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。

本工程 2 台华龙机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

全厂址 7 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

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及选址假想事故条件下拟定非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体受到的集体有效剂量的计算结果，在采用保守计算假设的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故后果的角度来看，华能霞浦核电项目压水堆一期工程厂址是适宜的。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期环境影响

（1）社会生活影响

厂址范围的陆域土地类别均为林地，暂不涉及移民搬迁，对当地村民的生活影响很小。工程建设期间大量的工程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期

的居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进当地经济的发展。

（2）水土流失

施工期间将有开挖和填筑裸露面产生，裸露面表层结构疏松，植被覆盖度较低，使区域内土壤抗侵蚀能力下降；同时，大量土石方的搬运和堆置，也将造成工程区及其附近施工区域的局部水土流失加剧。工程施工结束后，因施工引起水土流失的各项因素逐渐消失，地表扰动也基本停止，施工区域的水土流失将明显减少。通过有效的工程措施、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

（3）施工噪声

土石方的爆破，主要是各类施工和运输机具所产生的噪音对厂址周围声环境的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声随即消失。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

（4）大气环境的影响

施工过程中，由于回填、开挖、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，造成大气环境质量局部恶化。土石方施工完成后，当地的大气环境质量将很快得以恢复。因此施工中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

（5）对水环境的影响

本工程施工期间生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站，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）中车辆冲洗水质标准后，用于施工场地降尘和洗车等。生活污水处理站建成前，施工期生活污水外运处理。生活污水处理站的全厂共用设计规模 1500m³/d。本工程施工期部分生产废水经沉淀、过滤后回收利用，含酸碱废水、非放射性含油废水及废油收集后统一外运。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。

（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、建筑垃圾和危险废物。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。土建、安装施工产生的各类危险废物，分类临时存放，委托具有危废处理资质的单位统一外运处理。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

海岛形态对植被影响分析表明，因地形地貌引起的局部差异对植被分布未起主导性作用；对岛上鸟类资源的影响分析表明，岛上的鸟类为常见种类，长表岛的海岛形态不具有典型性或特殊保护意义；地质灾害分析结果表明，施工建设产生的人工边坡整体是稳定的，施工造成的地形地貌变化不会导致长表岛地质灾害的增加；景观资源影响分析表明，长表岛的景观资源品质一般，施工对景观资源的影响是可以接受的。

因此，从施工对海岛生态系统、诱发地质灾害、景观资源品质的影响几个方面分析，本工程的施工建设对周围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

本工程 2 台机组+中核项目 2 台机组共同运行工况下，根据温排水三维数模计算结果，夏季半月潮工况华能 2 台机组排水口附近 1℃和 4℃温升包络面积分别为 37.77 km²和 0.19 km²。冬季半月潮工况华能 2 台机组排水口附近 2℃和 4℃温升包络面积分别为 4.11 km²和 0.12 km²。

（2）生产废水的影响

本工程排放的生产废水满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准，允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为二类功能区域，满足排放条件。因此，生产废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

为满足华能霞浦核电项目压水堆一期工程的运行要求，需对核电厂有关系统的用水作某些化学处理，用于生产淡水海水淡化系统所需的原海水也需要进行一定的预处理。化学处理的主要方法是在系统中加入一定量的杀菌剂、阻垢剂、还原剂、树脂再生用酸碱药剂、调节 pH 值用酸碱药剂、除氧药剂等，以保证相关工艺系统的正常运行。这些化学物质的最终产物也将随着排水排入到环境中去，排放的各项指标均能满足相关标准规范的要求，不会影响海水质量。

10.6 承诺

本报告书给出的对本工程建造和运营单位在环境保护方面的承诺如下：

将严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度。

工程建造过程中，将严格制定施工期间的环境保护管理制度，并加强监测和检查，有效防止水、气、声、渣等非放污染物的环境影响。