

福建福清核电厂 5、6 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)



福建福清核电有限公司
二〇一四年十月

福建福清核电厂 5、6 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)

福建福清核电有限公司

法定代表：陈桦

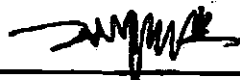
地址：福建省福清市三山镇福建福清核电有限公司

邮政编码：350318



图册(文件)编号	
1188-J00HYC01	
共 1 册 第 1 册	
版次: B	状态: CFC

福建福清核电厂 5、6 号机组

工 程 号	1188
子项号或系统号	
设 计 阶 段	初步设计
工 种	综 合
图册(文件)名称	环境影响报告书 (建造阶段)
图册(文件)序号	
批 准	

C	P	X	0	0	5	1	0	0	0	1	B	2	0	0	0	2	G	N
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

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
国环评证 甲 字第 1053 号
二〇一四年十月



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：中国核电工程有限公司
 住所：北京市海淀区西三环北路 117 号
 法定代表人：刘巍
 证书等级：甲级
 证书编号：国环评证 甲 字第 1053 号
 有效期：至 2015 年 11 月 6 日
 评价范围：环境影响报告书类别 - 甲级；核工业***

环境影响报告表类别 - 一般项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表***



二〇一一年十一月七日

项目使用
 本证书仅限福清 5.6

项目名称：福建福清核电厂 5、6 号机组环境影响报告书

评价机构：中国核电工程有限公司 (签章)

法定代表人：刘巍 (签章)

评价文件类型：报告书 (核工业) (注明类别)
(建造阶段)

福建福清核电厂 5、6 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)

项目负责人	登记类别	登记证编号	签字
郑伟	核工业	A10530091300	郑伟
毛亚蔚	核工业	A10530101300	毛亚蔚

审核人	岗位证号	签字
赵博	A10530015	赵博

编写章节或内容	姓名	职称	登记证编号或岗位证号	签字
第一、十一章	郑伟	研高	A10530091300	郑伟
第二章	李京	研高	A10530161100	李京
第三章	张威	高工	A10530201300	张威
第四章	麻锦琳	高工	A10530171300	麻锦琳
第五章	林小凤	工程师	A10530211200	林小凤
第六章	毛亚蔚	研高	A10530101300	毛亚蔚
第七章	高桂玲	研高	A10530081300	高桂玲
第八章	王欣	研高	A10530191300	王欣
第九章	魏刚	高工	A10530181300	魏刚
第十章	李廷君	研高	A10530111300	李廷君

经环境保护部环境影响评价工程师职业资格
 登记管理办公室审查， 郑伟
 具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准
 予登记。

职业资格证书编号： 0001050

登记证编号： A10530090400

有效期限： 2008年11月25日至2010年11月08日

所在单位： 中国核电工程有限公司

登记类别： 化工石化医药类环境影响评价



再 次 登 记 记 录

时间	有效期限	签章
2011.05.13	延至 2013年 11月 08日	
2013.11.14	延至 2016年 11月 08日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

变更登记记录
 登记类别 变更为核工业类，登记证编号
 变更为 A10530091300

2013年11月14日

变更登记记录

年 月 日

变更登记记录

年 月 日

变更登记记录

年 月 日

经环境保护部环境影响评价工程师职业资格
登记管理办公室审查， 毛亚蔚
具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准
予登记。

职业资格证书编号： 0004411

登记证编号： A10530101300

有效期限： 2008年11月25日至2010年11月08日

所在单位： 中国核电工程有限公司

登记类别： 核工业类环境影响评价



再次登记记录

时间	有效期限	签章
2011.04.01	延至 2013年 11月 08日	
2013.11.14	延至 2016年 11月 08日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

福建福清核电厂 5、6 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)

审批:	信天民 信天民 2012.11.18	赵博 赵博 2012.11.18				
审定:	荆春宁 荆春宁 2013.11.15	郑伟 郑伟 2013.11.15	毛亚蔚 毛亚蔚 2013.11.15	邱林 邱林 2013.11.15	张弘 张弘 2013.11.15	窦慧元 窦慧元 2013.11.15
	宋代勇 宋代勇 2013.11.15	郑权利 郑权利 2013.11.15	李军 李军 2013.11.15	王东海 王东海 2013.11.15	范君龙 范君龙 2013.11.15	肖代云 肖代云 2013.11.15
	戴一辉 戴一辉 2013.11.15	谢亮 谢亮 2013.11.15	王旭宏 王旭宏 2013.11.15	郑俊铭 郑俊铭 2013.11.15		
审核:	毛亚蔚 毛亚蔚 2013.11.11	邱林 邱林 2013.11.11	郑伟 郑伟 2013.11.11	高桂玲 高桂玲 2013.11.11	江小川 江小川 2013.11.11	黄伟峰 黄伟峰 2013.11.11
	袁霞 袁霞 2013.11.11	吴德成 吴德成 2013.11.11	朱京梅 朱京梅 2013.11.11	刘江 刘江 2013.11.11	李丽娟 李丽娟 2013.11.11	侯燕鸿 侯燕鸿 2013.11.11
	王劲 王劲 2013.11.11	耿学勇 耿学勇 2013.11.11	王勇 王勇 2013.11.11	张志银 张志银 2013.11.11	郭静涛 郭静涛 2013.11.11	余蓉 余蓉 2013.11.11
	李笑楠 李笑楠 2013.11.11	唐兴贵 唐兴贵 2013.11.11				
校对:	白晓平 白晓平 2013.11.8	刘新建 刘新建 2013.11.8	杜红燕 杜红燕 2013.11.8	麻锦琳 麻锦琳 2013.11.8	周耀权 周耀权 2013.11.8	杨伟 杨伟 2013.11.8
	张国强 张国强 2013.11.8	赵树峰 赵树峰 2013.11.8	侯燕鸿 侯燕鸿 2013.11.8	宋勇超 宋勇超 2013.11.8	李建奇 李建奇 2013.11.8	严沁生 严沁生 2013.11.8
	王梅 王梅 2013.11.8	于红斌 于红斌 2013.11.8	丘锦萌 丘锦萌 2013.11.8	郎瑞峰 郎瑞峰 2013.11.8	丁亮 丁亮 2013.11.8	杜文欣 杜文欣 2013.11.8
	金宏 金宏 2013.11.8	侯树强 侯树强 2013.11.8	张文霖 张文霖 2013.11.8	孙登科 孙登科 2013.11.8	张学勤 张学勤 2013.11.8	王欣 王欣 2013.11.8
	苑晓东 苑晓东 2013.11.8	薄美芳 薄美芳 2013.11.8	李博 李博 2013.11.8			
编写:	郑伟 郑伟 2013.11.5	王晓亮 王晓亮 2013.11.5	熊章辉 熊章辉 2013.11.5	黄树明 黄树明 2013.11.5	白晓平 白晓平 2013.11.5	王炳衡 王炳衡 2013.11.5
	魏国强 魏国强 2013.11.5	贺博 贺博 2013.11.5	李凤菊 李凤菊 2013.11.5	朱好 朱好 2013.11.5	周耀权 周耀权 2013.11.5	杜红燕 杜红燕 2013.11.5
	史海富 史海富 2013.11.5	路清 路清 2013.11.5	李凤菊 李凤菊 2013.11.5	韩旭 韩旭 2013.11.5	吴健 吴健 2013.11.5	刘长亮 刘长亮 2013.11.5
	史海富 史海富 2013.11.5	于沛 于沛 2013.11.5	陈广恒 陈广恒 2013.11.5	杜文欣 杜文欣 2013.11.5	王彦龙 王彦龙 2013.11.5	陈怀宇 陈怀宇 2013.11.5
	朱明华 朱明华 2013.11.5	赵新海 赵新海 2013.11.5	金宏 金宏 2013.11.5	叶欣楠 叶欣楠 2013.11.5	张川 张川 2013.11.5	王梅 王梅 2013.11.5
	郭新海 郭新海 2013.11.5		高瑞发 高瑞发 2013.11.5	嗽楠 嗽楠 2013.11.5		

徐建刚 刘铁军 郑保军 赵德鹏 秦文超 李 宁
2013.11.5 刘铁军 2013.11.5 郑保军 2013.11.5 赵德鹏 2013.11.5 秦文超 2013.11.5 李 宁 2013.11.5
王 慈 杨立建 刘 涛 杨妮蓉 杨妮蓉
王 慈 2013.11.5 杨立建 2013.11.5 刘 涛 2013.11.5 杨妮蓉 2013.11.5

MODIFICATION
文件修改记录

REV	DATE	CHAPTER	PAGE	MODIFICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2013-11-25			首次出版
B	2014-10-24			根据环境保护部核与辐射安全中心的形式审查意见对报告书前言、第一章、第四章及第九章进行升版。

总目录

前言

第一章 概述

- 1.1 核电厂名称和建设性质
- 1.2 建设规模和规划
- 1.3 建设经费
- 1.4 建设目的
- 1.5 建设进度
- 1.6 环境影响报告书编制依据
- 1.7 评价遵循的法规、导则和标准
- 1.8 评价范围及子区划分

第二章 厂址与环境

- 2.1 地理位置
- 2.2 人口分布
- 2.3 土地利用及资源概况
- 2.4 厂址附近的工业、交通
- 2.5 气象
- 2.6 水文
- 2.7 地质与地震

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非放环境质量现状

第四章 电厂

- 4.1 “华龙一号”技术特点
- 4.2 厂区总平面布置
- 4.3 反应堆和蒸汽—电力转换系统
- 4.4 电厂用水和散热系统
- 4.5 输电系统
- 4.6 专设安全设施
- 4.7 放射性废物系统和源项

4.8 化学物质排放

4.9 生活废物

4.10 放射性物质运输

第五章 电厂施工建设过程对环境的影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响的控制

5.4 施工期监测方案

第六章 电厂运行的环境影响

6.1 散热系统运行的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其它影响

6.4 退役

第七章 电厂事故的环境影响

7.1 电厂放射性事故

7.2 放射性物质运输事故

7.3 其他事故

7.4 事故应急

第八章 流出物监测和环境监测

8.1 运行期间的流出物监测方案

8.2 运行期间的环境监测方案

8.3 应急监测

8.4 非放监测方案

8.5 质量保证计划

第九章 公众参与

9.1 公众参与的目的和作用

9.2 福建福清核电厂1、2号机组和3、4号机组已完成的公众参与工作

9.3 福清核电厂5、6号机组已完成的公众参与工作

9.4 小结

第十章 电厂建设和运行的效益分析

10.1 利益分析

10.2 代价分析

10.3 代价效益分析

10.4 结论

第十一章 结论与承诺

11.1 结论

11.2 承诺

附件 1-《福建省环境保护厅关于再次确认福建福清核电厂环境质量和污染物排放（非放射性）执行标准的函》

前 言

受福建福清核电有限公司的委托，中国核电工程有限公司根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等法律法规、标准和导则的要求，参照《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（NEPA-RG1）及其征求意见稿，按照福清 5、6 号机组采用的“华龙一号”机型的设计，并考虑福建福清核电厂 3-6 号机组选址阶段环评的审查意见及本阶段环评的重点，编写本报告书。

福建福清核电厂规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划，分期建设。福清 1、2 号机组的两台 M310 加改进压水堆核电机组处于装料阶段，福清 3、4 号机组正在建设两台同堆型百万千瓦级压水堆核电机组。福建福清核电厂 5、6 号机组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），电站设计寿命 60 年。单台机组建设周期为 62 个月。

福建福清核电厂 5、6 号机组工程位于福建福清核电厂厂内，西邻福建福清核电厂 3、4 号机组工程，行政隶属于福建省福清市三山镇前薛村，厂址地处突入兴化湾的岐尾山，三面环海，通过东北侧与陆地连接。5、6 号机组场地平整已在 1、2 号机组场地平整时一次施工完成。部分辅助生产设施将直接利用 1、2 号机组已有的设施。

中国核电工程有限公司于 2008 年 8 月编制完成了福建福清核电厂 3-6 号机组（M310 加改进压水堆核电机组）选址阶段环评报告，2009 年 9 月环境保护部以环审[2009]403 号文“关于福建福清核电厂三至六号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复”对报告书进行了批复，认可了报告书的评价结论，福建福清核电厂 3、4 号机组已分别于 2010 年 12 月、2012 年 11 月开工。2011 年 3 月福岛事故后，中核集团按照“国四条”要求，加快了 ACP1000 重点科技专项的研发和设计工作，决定福清 5、6 号机组堆型采用 ACP1000。ACP1000 百万千瓦级核电机组是在我国已经掌握的成熟技术基础上，按照最新的法规标准要求，通过实施一系列重要安全设计和技术改进形成的中国先进压水堆核电品牌，其安全和技术指标达到了三代核电厂的要求，技术方案兼顾了安全性、成熟性、先进性和经济性，采用了能动与非能动相结合的先进设计理念，充分利用了我国压水堆核电站设计、建造、调试和运行的科研成果和成功经验。

随后，国家能源局协调中核集团和中国广核集团公司（以下简称中广核集团）开展技术合作，在中核集团 ACP1000 和中广核 ACPR1000+ 的基础上联合开发自主三代核电技术“华龙一号”，2014 年 8 月，“华龙一号”总体技术方案通过国家能源局和国家核安全局组织的专家评审会的技术审评。

遵照《中华人民共和国环境影响评价法》第二十四条的要求，由于“华龙一号”机型与 M310 加改进压水堆核电机组在设计上的差异，以及“福建福清核电厂三至六号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复”自批准之日已超过五年，中核集团福建福清核电有限公司委托中国核电工程有限公司开展了福建福清核电厂 5、6 号机组选址阶段环评报告差异性分析工作，并完成了《福建福清核电厂 5、6 号机组厂址环评复核报告》。2014 年 10 月环保部通过了对该报告的审核。

根据福建福清核电有限公司《关于继续推进福清核电 5、6 号 机组工程总承包工作的函》（福核商函〔2012〕64 号文），中国核电工程有限公司开展了福建福清核电厂 5、6 号机组建造阶段环评报告的编制工作。

为满足《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》的要求，本报告中在充分利用 1-6 号机组现有专题成果的基础上，又有针对性地新委托了多项专题。并在 4.1 节“华龙一号的技术特点”中给出了满足《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》和“三代核电技术的指标要求”等方面的内容。

本报告评价结果表明：

“华龙一号”机型的设计考虑了满足《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》的要求，满足“三代”核电技术的指标要求。在“三废”处理方面采用先进的放射性废物处理工艺，使处理后的气载、液态放射性流出物的排放满足 GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》及 GB14587-2011《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》的规定，使每台机组处理、整备后的放射性固体废物低于 50m³/年。预测的核电厂运行状态和事故工况下的辐射后果影响较小，均满足 GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》的相关要求。核电厂运行产生的其他非放污染影响均不会对环境造成明显的影响。对作为多堆厂址的福清核电厂的环保设施进行统筹了安排：统一规划并设立非居住区边界和规划限制区边界；设置了统一的取、排水口，并从设计上综合考虑六台机组取、排水设计方案，既保证机组满功率的需要，又有利于减少环境的影响；整个厂区的总平面布置中功能分区明确，统一合理布置了放射性区域和非放射性区域和设施；针对所有机组实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境监测中心、应急指挥中心和放射性废物库等。通过开展福清 5、6 号机组的公众参与工作，赢得了核电厂周围绝大多数公众对核电建设的认可、理解和支持。

本报告书是福建福清核电有限公司和报告书编制单位共同财产，任何单位或个人未经允许不得复制或引用。

第一章 概述

目 录

1.1 核电厂名称和建设性质.....	1
1.1.1 核电厂名称及其业主.....	1
1.1.2 建设性质.....	1
1.2 建设规模和规划.....	1
1.3 建设经费.....	2
1.4 建设目的.....	2
1.4.1 福建电网和电力系统现状.....	2
1.4.2 福建省电力发展规划.....	3
1.4.3 建设与发展核电的必要性.....	2
1.4.3.1 建设核电是福建能源供应可持续发展的需要.....	3
1.4.3.2 建设核电是福建环境保护的要求.....	3
1.4.3.3 建设核电是福建电力需求发展的需要.....	4
1.5 建设进度.....	5
1.6 环境影响报告书编制依据.....	5
1.6.1 依据的文件.....	5
1.6.2 依据的外委专题报告.....	5
1.7 评价遵循的法规、导则和标准.....	5
1.7.1 遵循的主要法规、标准和导则.....	5
1.7.2 评价标准.....	8
1.7.2.1 放射性评价标准和依据.....	8
1.7.2.2 主要非放射性评价标准.....	9
1.8 评价范围及子区划分.....	10

图 表

表 1.7-1 福建福清核电厂 1-6 号机组运行状态下的放射性流出物年设计排放量

图 1.8-1 福建福清核电厂 5、6 号机组厂址半径 15km 范围评价子区划分示意图

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称及其业主

核电厂的名称为“福建福清核电厂5、6号机组”，业主为“福建福清核电有限公司”。

1.1.2 建设性质

本项目为新建商业运行核电项目，福清5、6号机组是由中国核能电力股份有限公司、华电福新能源股份有限公司和福建省投资开发集团有限责任公司共同出资营建的商业性核电站。

本工程的建设将充分体现国家对核电自主化的要求，认真贯彻执行项目法人责任制、招投标制和监理制等法律、法规要求，工程建设管理中将严格实行对质量、进度、投资、技术、安全和环境的六大控制。核电厂工程设计和建设管理全面实行由中国核电工程有限公司总承包方式，承担工程建设的安全、质量、进度、投资、技术与环境控制的项目管理责任，完成从前期准备、设计采购、土建、安装、调试、移交运行、建成投产并通过竣工验收等全过程。

通过开展必要的先进技术引进和咨询服务，工程设计全部由国内设计院完成，设备采购将采取自主设计、按部件采购的方式进行，国产化率不低于85%的水平。

1.2 建设规模和规划

福建福清核电厂规划容量为6×1000MW级核电机组，一次规划、连续建设。

福清核电厂5、6号机组工程采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组，电站设计寿命60年。

福建福清核电厂5、6号机组工程是在福建福清核电厂1-4号机组工程的基础上进行建设的项目，能充分利用1-4号机组有关设施和宝贵的电厂建设资源，如取排水工程，海工工程、防护工程、厂外道路、施工场地、部分BOP子项等。5、6号机组建成后，整个厂址区域将形成一址多堆的核电基地。福清核电厂对多堆厂址的环保设施进行统筹安排，包括：

- 统一规划并设立非居住区边界和规划限制区边界；
- 设置了统一的取、排水口，并从设计上综合考虑六台机组取、排水设计方案，既保证机组满功率的需要，又有利于减少环境的影响；
- 整个厂区的总平面布置中功能分区明确，统一合理布置了放射性区域和非放射性区域和设施；
- 针对所有机组实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境监测中心、应急指挥

中心和放射性废物库等。

1.3 建设经费

福建福清核电厂 5、6 号机组采用我国自主创新的百万千瓦级压水堆核电机组（“华龙一号”技术），部分项目利用 1~4 号机组的设施，不再重复建设。

该项目已完成初步设计及概算，随着工程的进展，投资结果及财务分析均会逐渐细化。项目计划总资金包括建设投资和铺底流动资金，并包括建设期发生的可抵扣增值税。资金来源包括自筹资本金和融资部分。

环保设施包括以下内容：

- （1）非放射性和放射性废物处理处置系统（如放射性废物厂房、常规岛废水处理厂房；去污和热检修车间、特种汽车库、化学品库、生活污水处理设施等）；
- （2）流出物监测和环境监测系统（如核岛辐射监测系统、环境监测系统等）；
- （3）环境整治（如厂区绿化等）；
- （4）施工期环保投入（水、气、声、渣和生态方面的环保设施投入以及监测系统）。

环境监测部分、放射性废物处理厂房、固体暂存库、特种汽车库、化学品库、生活污水处理设施等利用 1~4 号机组的设施。福建福清核电厂 5、6 号机组直接和间接用于环境保护的费用约占项目计划总资金 5% 左右。

1.4 建设目的

1.4.1 福建电网和电力系统现状

福建省地处东海之滨，东与台湾省相望，东北与浙江省毗邻，西北与江西省交界，西南与广东省相连。下辖福州、厦门、漳州、泉州、莆田、三明、南平、龙岩和宁德 9 个区市。

2012 年全社会用电量 1579.5 亿千瓦时，同比增长 4.2%；最高负荷 2537.8 万千瓦，同比增长 3.9%；最大峰谷差 862 万千瓦，同比增长 5.5%；

目前福建电网存在的主要问题有：

- （1）电源与电网协调发展问题：电源布局大量集中在福建北部，随着北部核电等大电源的投运，电网北电南送容量呈现越来越大趋势，电网输电压力日趋加大。
- （2）福建与省外电网联系仍较薄弱：电网目前仅一个通道 2 回 500 千伏线路与华东联网，电力输送、交换和事故支援能力不足，能源资源优化配置能力不能满足电力发展需要，区外联络能力薄弱对资源利用已成为制约问题。
- （3）局部建设项目受阻导致供电能力不足：局部建设项目受阻导致供电区不能及时

转移负荷，供电紧张，2012年最大负载率超过80%有500千伏三阳、莆田、厦门变电站，

（4）调峰压力日趋加大：目前火电调峰深度已近60%极限，随着负荷发展，电网峰谷差逐年增大，虽然“十二五”期间有在建可投运的120万千瓦抽蓄电源为电网调峰提供支撑，但随大规模核电、风电的建设，电网调峰压力将日趋加大。

（5）电网密集区短路电流问题显性：目前福建500千伏电网均未超过50千伏安，220千伏电网超过40千安的节点比例约5%（未超过开关设备遮断容量）。随着电网密集程度的提高和在建、规划的大电源接入，福建电网短路电流问题将日益显性。

1.4.2 福建省电力发展规划

对应华东区域电源发展战略，福建省根据其自身的特点，也制定了多元化发展战略，并以良好的港口优势，积极利用国内、国外两种资源，发展煤电和燃气电厂，并加快发展核电，合理利用水能资源，继续发展水电，抓紧抽水蓄能电站建设工作，产业化、规模化开发风电，开展对其他新能源的试验、研究工作。

规划“十二五”期间新增电源装机13846MW，均为在建、已核准、取得路条项目，其中核电7623MW。

规划“十三五”期间新增电源装机9219MW：包括福清核电二期后三台机组。

1.4.3 建设与发展核电的必要性

1.4.3.1 建设核电是福建能源供应可持续发展的需要

福建是无油、无天然气，常规能源缺乏的省份，水力资源比较丰富，但至2009年水电开发率接近80%，风能资源丰富，但短期内难以大规模开发，且风能出力稳定性较低，潮汐资源比较丰富，但与港口资源开发相矛盾、且造价高，开发潜力不大。

福建省内煤炭品种单一，绝大部分为无烟煤，工业储量5亿吨左右，难以满足省内电厂及工业需求，更难以满足福建的发展需要，因此，需要从省外大量调进煤炭。按负荷预测中方案，仅发电一次能源2015年缺额超过4000万吨标煤，2020年缺额超过6000万吨标煤，即使考虑LNG燃气电厂项目及一些风电，2020年缺额仍非常大，这对福建省的交通运输所造成的压力是相当大的。

为建立安全、可靠、稳定、经济的能源保障体系，能源供应必须采取多元化的战略。发展核电是能源供应多元化战略的重要组成部分，有利于缓解福建一次能源供应的紧张状况、减轻运输压力，推进福建电源结构多元化的进程，有利于提高能源供应安全性，为福建能源供应的可持续发展打下良好基础。

1.4.3.2 建设核电是福建环境保护的要求

福建省东、南面临海，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、大气扩散条件较差，城市空气环境质量易受到本地污染源影响，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，工农业和近海养殖业生产活动以及城乡居民生活活动，对环境质量造成影响，空气中TSP浓度普遍较高。

2011年福建省降水pH年平均值为5.08，酸雨频率平均值为43.9%，较2010年提高了0.9个百分点，酸雨频率较高。2010年福建省实际SO₂排放量达到39.3×10⁴t、氮氧化物实际排放量达到44.8×10⁴t，根据国务院《“十二五”节能减排综合性工作方案》，2015年福建省SO₂和氨氮排放总量控制计划分别为36.5×10⁴t和40.9×10⁴t，减排压力较大。核电站的建设可以有效减少由于燃煤发电所带来的环境污染，是减少大气污染排放的有效途径。初步测算，1000MW核电发电机组替代相应容量脱硫煤电机组后，可以减少SO₂年排放量约0.19×10⁴t、NO₂年排放量约1.13×10⁴t、CO₂年排放量约552×10⁴t。福建省根据《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发〔2007〕15号）精神制定和落实各项优惠政策，大力发展：风能、水能等可再生能源，核能等清洁能源和先进高效的火电机组。在这种可持续发展形势要求下，鉴于福建省一次能源资源严重短缺、生产和消费以及交通运输、保护环境要求等因素的制约，建设核电是减少大气污染排放的有效途径，有利于福建省环境质量的改善及社会经济的可持续发展。

1.4.3.3 建设核电是福建电力需求发展的需要

核能发电作为一种新型的能源，发展迅速，根据国际原子能机构截至 2012 年 7 月底的统计数据来看，全世界共有 435 台运行中的核电机组，装机容量达 3.7 亿千瓦。正在建造中的核电机组有 62 台。

从已运行的核电站装机容量来看美国仍居首位，装机容量占全世界的四分之一，其次是法国、日本、德国和俄罗斯。从发展速度来看除法国、日本仍保持较高的发展速度外，韩国和中国在核能发展上代表新升的发展国家。目前法国核能发电量已超过总发电量的 80%。韩国自 1980 年开始引进建造大、中型压水堆和重水堆多堆型的核电站至今已建成 16 座核电站，装机容量近 15000MW，目前在建的有 4 座百万千瓦级核电站。

从发展趋势来看，在今后 30 年内将会有更多国家和地区拥有核电站，预计到 2025 年，核电站总数将达到 1000 座，核电发电量将占总发电量的约三分之一，由此可见核电将成为电力工业的支柱。

截至 2012 年 7 月，我国大陆已有 15 台运行中的核电机组，总装机容量超过 1200 万千瓦，在建核电机组 26 台，总装机容量约 2900 万千瓦。根据 2007 年 10 月国家正式颁布

的《核电中长期发展规划（2005-2020 年）》，到 2020 年，核电运行装机容量争取达到 4000 万千瓦，2020 年末在建核电容量应保持 1800 万千瓦左右。

华东地区作为全国经济最发达的地区之一，目前核电装机容量仅占总装机容量的 3%，远远低于世界平均水平。因此，华东电网发展核电还有较大的空间。

目前，福建电网没有核电机组，径流水电比重较高，电网供电可靠性受“天”影响很大，在福建沿海发展核电，可以改善福建电源结构，提高供电可靠性。

综上所述，福建省是一个缺电、缺能、而经济发展迅速的省份。实施能源结构多元化、积极发展清洁能源，是今后电源发展的基本方针。目前，清洁能源主要是指技术上成熟的水电、天然气电与核电。在福建省发展天然气电站，天然气需要从国外大量进口，无论从外汇平衡，还是从能源供应安全来看，进口天然气均应有限度。因此，从长远看，核电应该成为福建主要电源之一，发展核电是非常必要的。

1.5 建设进度

福清核电厂 5、6 号机组的建设进度计划如下：

福清核电厂 5 号机组计划于 2014 年开工浇灌第一罐混凝土（FCD），建设周期为 62 个月，5、6 号两台机组间隔 10 个月。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 依据的文件

福建省环境保护厅《福建省环境保护厅关于再次确认福建福清核电厂环境质量和污染物排放（非放射性）执行标准的函》闽环辐射函【2013】47 号，见附件 1。

1.6.2 依据的外委专题报告

本工程为续建工程，专题报告充分利用了福清 1、2 号机组和 3、4 号机组已有的最新成果，并补充了针对 5、6 号机组的外委成果，同时为满足外委成果的时效性等要求，本工程已新委托开展专题。所有专题成果已全部于 2013 年 4 月前完成。

1.7 评价遵循的法规、导则和标准

1.7.1 遵循的主要法规、标准和导则

本报告编制遵循的主要法规、标准和参照的主要导则如下：

- 中华人民共和国环境保护法（1989 年 12 月 26 日）；
- 中华人民共和国海洋环境保护法（2000 年 4 月 1 日）；
- 中华人民共和国放射性污染防治法（2003 年 10 月 1 日）；
- 中华人民共和国环境影响评价法（2003 年 9 月 1 日）；

- 中华人民共和国大气污染防治法（2000 年 9 月 1 日）；
- 中华人民共和国水污染防治法（2008 年中华人民共和国主席令第八十七号，2008 年 6 月 1 日起施行）；
- 中华人民共和国环境噪声污染防治法（1997 年 3 月 1 日）；
- 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2005 年 4 月 1 日）；
- 中华人民共和国水土保持法（2011 年 3 月 1 日）中华人民共和国主席令第 39 号；
- 中华人民共和国土地管理法（2004 年 8 月 28 日）；
- 中华人民共和国突发事件应对法（2007 年 11 月 1 日）；
- 建设项目环境保护管理条例（1998）中华人民共和国国务院令 253 号；
- 建设项目环境影响评价分类管理名录（2008 国家环保部第 2 号令）；
- 放射性物品运输安全管理条例（2010 年 1 月 1 日）中华人民共和国国务院令 562 号；
- 核电厂核事故应急管理条例（1993 年 8 月 4 日）；
- 放射性废物安全管理条例（2012 年 3 月 1 日）中华人民共和国国务院令 第 612 号；
- 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（2008 年）中华人民共和国国务院令 507 号；
- 近岸海域环境功能区管理办法 国家环境保护总局令第 8 号(1999 年 12 月 10 日)；
- 核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标；
- 福建省环境保护条例；
- 福建省海洋环境保护条例；
- 福建省固体废物污染防治若干规定；
- 核电厂环境影响报告书的内容和格式（NEPA-RG1 1988 年 8 月 1 日）；
- 环境影响评价公众参与暂行办法（环发 2006[28 号]）；
- 建设项目环境影响报告书简本编制要求（环境保护部公告 2012 年第 51 号）；
- 核电厂厂址选择安全规定（HAF101）；
- 核动力厂设计安全规定（HAF102）；
- 滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定（HAD101/09）；
- 核电厂厂址选择的极端气象现象（HAD101/10）；
- 核电厂设计基准热带气旋（HAD101/11）；
- 核电厂厂址选择中的地震问题（HAD101/01）；

- 核电厂厂址选择的大气弥散问题（HAD101/02）；
- 核电厂厂址选择及评价的人口分布问题（HAD101/03）；
- 核电厂厂址选择的外部人为事件（HAD101/04）；
- 核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题（HAD101/05）；
- 核电厂厂址选择与水文地质的关系（HAD101/06）；
- 环境影响评价技术导则 总纲（HJ2.1-2011）；
- 环境影响评价技术导则 大气环境（HJ2.2-2008）；
- 环境影响评价技术导则 地面水环境（HJ/T2.3-1993）；
- 环境影响评价技术导则 声环境（HJ2.4-2009）；
- 环境影响评价技术导则 生态影响（HJ19-2011）；
- 电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）；
- 核动力厂环境辐射防护规定（GB6249-2011）；
- 放射性废物管理规定（GB14500—2002）；
- 放射性废物的分类（GB9133—1995）；
- 核设施流出物监测的一般规定（GB11217-89）；
- 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）；
- 环境核辐射监测规定（GB12379-90）；
- 放射性物质安全运输规程（GB11806-2004）；
- 核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定（GB14589-93）；
- 可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度（GB27742-2011）；
- 海水水质标准（GB3097-1997）；
- 污水综合排放标准（GB8978-1996）；
- 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）；
- 城市污水再生利用城市杂用水水质（GB/T18920-2002）；
- 环境空气质量标准（GB3095—1996）；
- 大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）；
- 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB 12348-2008）；
- 建筑施工场界环境噪声排放标准（GB 12523-2011）；
- 声环境质量标准（GB 3096-2008）；
- 电磁辐射防护规定（GB8702-88）；
- 500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范（HJ/T24-1998）；

- 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）；
 - 高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法（GB/T7349-2002）；
 - 高压交流架空送电线无线电干扰限值(GB15707-1995)；
- 其它有关的国家标准和核行业标准。

1.7.2 评价标准

1.7.2.1 放射性评价标准和依据

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》GB6249—2011 中的有关规定。

1) 运行状态下的剂量约束值

运行状态下的剂量约束值，遵循国家标准 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”。

福建福清核电厂 6 台百万级核电机组以 0.25mSv/a 作为公众的辐射剂量约束值。

2) 事故工况下的剂量控制值

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

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

3) 福建福清核电厂 5、6 号机组运行状态下的排放量和排放浓度控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB6249-2011 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，福建福清核电厂厂址所有机组的年放射性排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内，福建福清核电厂建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，厂址 6 台机组运行状态下的排放量控制值如下：

气载放射性流出物

- 惰性气体， 2.4×10^{15} Bq/a；
- 碘， 8.0×10^{10} Bq/a；
- 长寿命粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)， 2.0×10^{11} Bq/a；
- 氚， 6.0×10^{13} Bq/a；

——C-14， 2.8×10^{12} Bq/a。

液态放射性流出物

——氚， 3.0×10^{14} Bq/a；

——C-14， 6.0×10^{11} Bq/a；

——其余核素（除氚、C-14 外其他核素）， 2.0×10^{11} Bq/a。

福建福清核电厂 1-4 号机组建设 M310 加改进型核电机组，5、6 号机组采用自主设计的“华龙一号”机组。厂址 6 台机组的年设计排放量和厂址的排放量控制值见表 1.7-1，从表中可见：5、6 号机组及厂址 6 台机组的年排放量均低于国标 GB6249-2011 规定的控制值。

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(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。

4) 《海水水质标准》(GB3097-1997) 中放射性核素浓度标准

本工程采用的标准值为：

Co-60: 0.03 Bq/L;

Sr-90: 4 Bq/L;

Ru-106: 0.2 Bq/L;

Cs-137: 0.7 Bq/L;

Cs-134: 0.6 Bq/L。

1.7.2.2 主要非放射性评价标准

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》(GB3095-1996)，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 GB3095-1996 及修改单中的二级标准。大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 中表 2 中二级标准。

2) 海洋环境功能区划和执行的海水水质标准

根据福建省人民政府文件闽政文[2011]45 号文《福建省人民政府关于印发福建省近岸海域环境功能区划（修编）的通知》，福清核电厂附近海域海水水质执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 中的三类标准。其中，温排水混合区除水温指标外，其余指标仍按海水水质三类标准执行。

3) 污水排放标准

废水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中表 4 中的一级标准；生活污水

排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级B标准；回用水水质执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）的要求。

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）。

环境噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）3类声环境功能区标准：即昼间：65dB（A），夜间55dB（A）。

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《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）、《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）和《电磁辐射防护规定》（GB8702-88）的相关标准限值。

主要指标如下：

工频电场强度	4kV/m;
磁感应强度	0.1mT(100 μ T);
无线电干扰（0.5MHz 晴天条件）	≤ 46 dB（ μ V/m）（电压 110KV）;
无线电干扰（0.5MHz 晴天条件）	≤ 53 dB（ μ V/m）（电压 220~330KV）;
无线电干扰（0.5MHz 晴天条件）	≤ 55 dB（ μ V/m）（电压 500KV）;
环境射频综合场强功率密度（任意连续 6 分钟平均值）	< 0.4 W/m ² 。

上述非放执行标准已由福建省环境保护厅以闽环辐射函【2013】47号文（见附件1）进行了批复。

1.8 评价范围及子区划分

根据《核辐射环境质量评价一般规定》GB11215-89，本次评价范围以福建福清核电厂6号机组的烟囱为中心，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80km评价子区划分示意图见图1.8-1。

表 1.7-1 福建福清核电厂 1-6 号机组运行状态下的放射性流出物年设计排放量

单位：Bq/a

类别 项目	气载放射性流出物					液态放射性流出物		
	惰性气体	碘	粒子($T_{1/2} \geq 8d$)	氡	C-14	氡	C-14	其余核素
1-4 号机组年排放量 (4 台 M310 机组)	2.02×10^{14}	1.43×10^9	1.59×10^8	1.26×10^{13}	1.70×10^{12}	1.26×10^{14}	1.24×10^{11}	1.12×10^{11}
5、6 号机组年排放量 (2 台“华龙一号”机 组)	1.30×10^{14}	1.94×10^9	1.40×10^8	9.18×10^{12}	7.68×10^{11}	9.18×10^{13}	5.63×10^{10}	3.17×10^{10}
1-6 号机组年排放量	3.32×10^{14}	3.37×10^9	2.99×10^8	2.18×10^{13}	2.47×10^{12}	2.18×10^{14}	1.80×10^{11}	1.44×10^{11}
厂址年排量控制值	2.40×10^{15}	8.00×10^{10}	2.00×10^{11}	6.00×10^{13}	2.80×10^{12}	3.00×10^{14}	6.00×10^{11}	2.00×10^{11}
1-6 号机组年排放量占 厂址控制值的份额	13.83%	4.21%	0.15%	36.33%	88.13%	72.67%	30.00%	72.00%

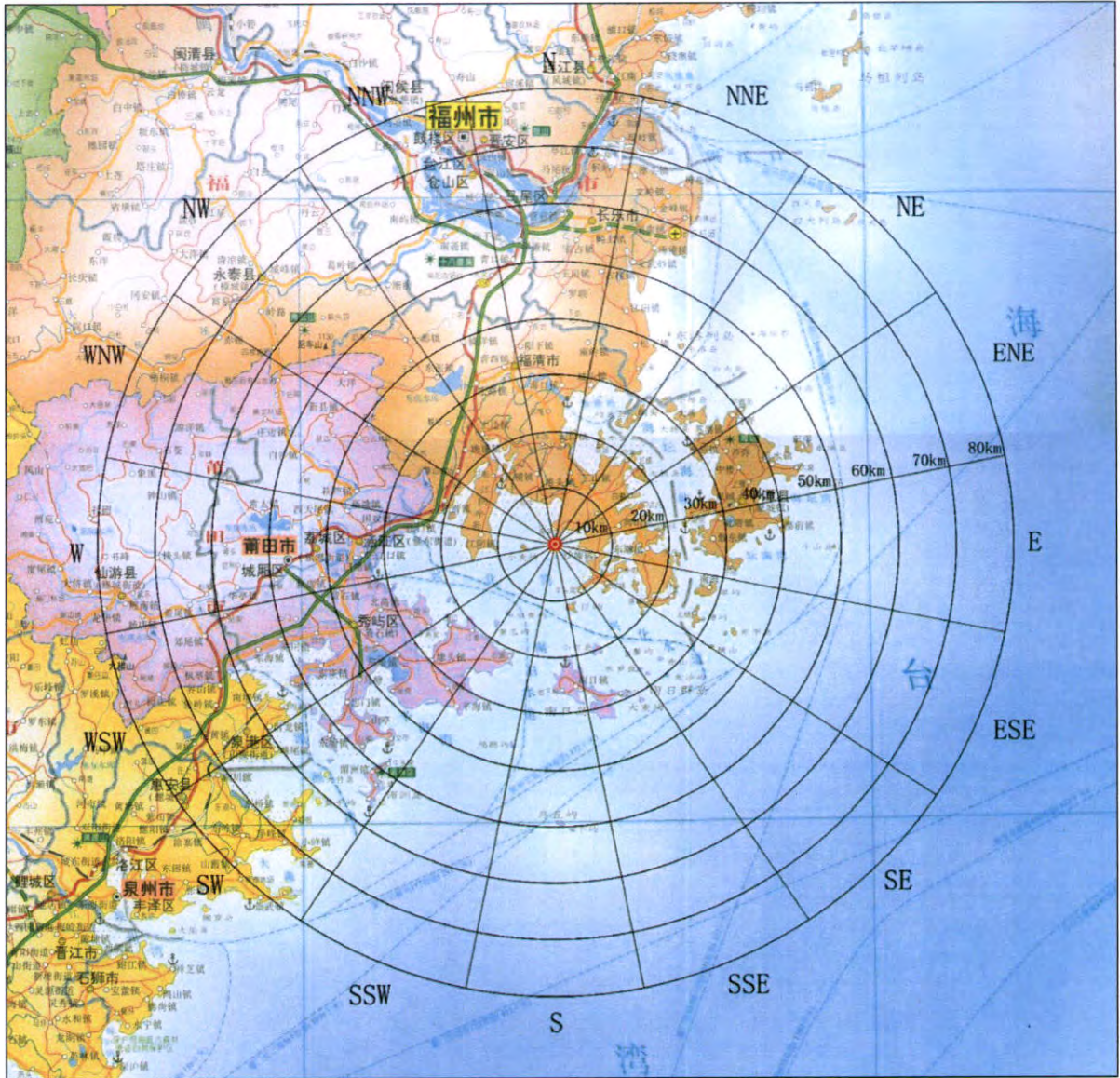


图 1.8-1 福建福清核电站 5、6 号机组厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

目 录

2.1 地理位置	1
2.1.1 厂址位置	1
2.1.2 厂址说明	1
2.2 人口分布	4
2.3 土地利用及资源概况	4
2.3.1 土地和水体的利用	4
2.3.2 陆生资源及生态概况	5
2.3.2.1 农牧业生产情况	5
2.3.2.2 林业资源与自然资源情况	5
2.3.3 水产资源及生态概况	6
2.4 厂址附近的工业、交通	7
2.4.1 工业设施	7
2.4.2 交通	7
2.5 气象	9
2.5.1 区域气候	9
2.5.2 当地气象条件与现场气象观测	9
2.5.2.1 风向和风速	9
2.5.2.2 温度	9
2.5.2.3 相对湿度	10
2.5.2.4 水汽压	10
2.5.2.5 降雨量	10
2.5.2.6 大气压	10

2.5.2.7 辐射	10
2.5.2.8 蒸发	10
2.5.3 设计基准气象参数	10
2.5.4 联合频率	10
2.5.5 大气稳定度	10
2.5.6 混合层高度及扩散参数值	11
2.5.7 厂址气象观测	11
2.5.7.1 运行前的现场气象观测大纲	11
2.5.7.2 运行时的现场气象观测大纲	12
2.6 水文	12
2.6.1 地表水	12
2.6.1.1 陆地水文	13
2.6.1.2 海洋水文	13
2.6.2 地下水	19
2.6.2.1 厂址附近范围水文地质特征	19
2.6.2.2 电厂对地下水的利用计划	21
2.6.2.3 电厂对地下水的可能影响	21
2.6.3 洪水	22
2.6.3.1 海洋洪水	22
2.6.3.2 陆地洪水	22
2.7 地质与地震	23
2.7.1 地质	23
2.7.1.1 区域地质特征	23
2.7.1.2 厂址地质特征	24

2.7.2 地震.....	25
---------------	----

图 表

表 2.6-1 主要潮汐特征值

表 2.6-2 厂址重现期高潮位和重现期低潮位(高低潮相关)

表 2.6-3 厂址附近范围泉水调查结果一览表

表 2.6-4 民井抽水试验成果一览表

表 2.6-5 调查井地下水分析成果一览表

表 2.6-6 厂址附近范围民井调查一览表

图 2.1-1 厂址地理位置图

2.1 地理位置

2.1.1 厂址位置

福建福清核电厂 5、6 号机组位于福建福清核电厂厂内。福清核电厂厂址地处福清市三山镇前薛村的岐尾山前沿。

厂址地处突入兴化湾的岐尾山，北、南、西三面环海，东北侧与陆地连接。厂址北距省会福州市 71km，北距长乐市 58km，距福清市 32km，西距莆田市 43km。6 号核岛中心距最近的前薛村村委会 2.1km，距前薛村最近住户 1.29km（均为直线距离）。

厂址地理位置见图 2.1-1，厂址区域位置见图 2.1-2。

根据全厂总体规划，1、2 号机组布置在厂区的西端，3、4 号机组布置在厂区中部，5、6 号机组布置在厂区东部，4 号与 5 号机组间距为 250m，5 号与 6 号机组间距为 220m。

2.1.2 厂址说明

1) 厂址周围情况

福清 5、6 号厂区用地位于在建 1~4 号机组东侧，福清核电厂 6 台机组规划用地内。5、6 号机组厂区用地 24.16hm²，在规划预留用地内。该厂址已通过国家核安全局和中华人民共和国环境保护部批复。国家核安全局国核安发〔2009〕139 号文批复意见为“从核安全方面未发现福建福清核电厂三号至六号机组厂址与核电厂建设不相适应的问题，该厂址是可以接受的”；环境保护部环审〔2009〕403 号文批复意见为“报告书提供了厂址与环境的相关数据，说明了拟建核电厂的主要技术特征和拟采取的环境保护措施，并对核电厂正常运行和事故状态下的环境影响进行了分析和评价，环境影响是可以接受的”。

福建福清核电厂厂址位于福清市三山镇前薛村的岐尾山前沿，地处半岛前端，北、南、西三面环海，并且半岛南北两侧均为较大范围的滩涂，东北侧与陆地连接（以上描述指建北）。

以 6 号机组反应堆厂房为中心半径 5km 范围内共计 6 个行政村 8 个自然村，人口总数为 15562 人。厂址半径 1km 范围内无村庄和居民。最近居民点距 6 号核岛中心 1.29km，距地产边界最近距离 660m。

距厂址最近的学校和幼儿园分别为厂址 NNE 方位 2.1km 的前薛小学和前薛幼儿园。

距厂址最近的自然保护区为莆田市老鹰尖自然保护区，位于厂址 NW 方位约 48km，为省级自然保护区。

距厂址最近的风景名胜区位于厂址 NNE 方位约 19km，为福清东壁岛旅游度假区，为 3A 级风景游览区。

厂址半径 15km 范围内公路以省级、县级和乡级公路形成交通网络，省道 305 在厂址东北方向直线距离约 10.8km 处通过，在厂址北侧约 9.4km 建有福清渔溪至平潭海峡大桥高速路。厂址半径 5km 范围内的交通以乡道和村道为主，各村之间均有村道相连，路面全面硬化，路况良好。核电厂已建进厂道路、应急道路与省道 305 衔接。

厂址半径 5km 范围内没有海上航线，离厂址最近的下垄港区航线相对厂址最近距离约 7.6km。在厂址用地的西部建有核电厂大件码头。

距厂址最近的铁路为福厦铁路，福清站位于厂址北部直线距离约 30km 处。

10km 范围内无机场，无空中航线。

厂址半径 5km 范围内没有监狱、疗养院，有 1 所敬老院—前薛敬老院。

2) 非居住区边界及规划限制区外边界

福清核电厂 5、6 号机组与 1~4 号机组处于同一厂址。1~4 号机组采用《核电厂环境辐射防护规定》（GB6249-1986）中规定的最大可信事故进行评价，要求非居住区边界上的任何个人在事故发生后 8h 内受到的有效剂量不大于 0.25Sv，确定厂址的非居住区半径为 500m，厂址规划限制区半径为 5km。

5、6 号机组按照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中规定，采用“华龙一号”的选址假想事故对厂址进行评价，厂址的非居住区边界和规划限制区边界依然满足要求；针对电厂可能发生的各类设计基准事故进行了放射性后果计算（见第七章），结果表明，对于所有设计基准事故，非居住区 500m 边界和规划限制区 5km 边界上的公众所受剂量照射满足 GB6249-2011 的相关规定。

因此确定福建福清核电厂厂址非居住区半径为 500m，规划限制区半径为 5km。福清核电厂非居住区范围为以 6 台机组反应堆厂房中心为半径 500m 范围的包络；规划限制区范围为以 6 台机组反应堆厂房中心为半径 5km 范围的包络。

福建省人民政府闽政文【2008】46 号文《关于福清核电厂近厂区范围限制发展的批复》中明确：“设置以反应堆为中心半径不小于 0.5 公里的非居住区，设置以反应堆为中心半径不小于 5 公里的限制区。严格控制限制区内的人口增长和规划、发展，满足在核电厂半径 5 公里范围内，不出现万人以上的集中居民点……。”

3) 厂区征地、征海

厂址根据 6 台机组进行总体规划，规划容量拟征地面积 192.19 hm²。1~4 号机组建设时已征地 179.2286hm²，福清 5、6 号机组建设需补征地 12.9614 hm²，该用地目前为 1~4 号机组的临时用地。

1、2号机组已核准用地 157.59 hm^2 （发改能源[2008]2956号），其中陆域面积 129.55 hm^2 已获得国土资源部的最终批复（国土资函[2009]1227号）；填海造地 28.04 hm^2 （按多年大潮平均高潮线 2.75m 为海域与陆域的分界线）已获得国家海洋局批复。

3、4号机组建设陆域用地 21.6386 hm^2 已获得国土资源部的最终批复（国土资函[2012]588号）。

1、2号机组征海总面积 1261.6949 hm^2 ，国家海洋局批复的海域使用权文号为（国海管字[2011]37号）及（国海证 083570005）。其中温排水征海面积 1057.7174 hm^2 （按1、2号机组 1°C 温升征海），其余为填海、非透水构筑物征海、港池征海及取排水口征海。因1、2号机组 1°C 温升征海范围包络了1~6号机组 4°C 温升范围，所以5、6号机组不再征海。

4) 地产界限、厂址边界

福清核电地产界限为征地和征海范围边界之和。陆域地产边界包围厂区、其它设施区、部分施工场地、施工准备区及维修调试生活区，并结合地形地貌取整划定。

因非居住区范围在地产界限范围内，所以厂址边界线同厂址地产界限。

5) 废液排放口和接纳水体

本工程循环冷却水和重要厂用水的排水口为废液排放口。低放废液通过地下管沟排至虹吸井，稀释后经循环水排水暗渠排至排水明渠，最后通过排水明渠排至排水口（废液排放点），进入厂址南部海域（接纳水体）。此废液排放点在核电厂海域地产界线内。距征海边界最近距离为：东向边界线约 1293m ，南向边界线约 2806m ，西向边界线约 1725m ，北向边界线约 1338m ；距陆域征地边界最近距离为 1855m 。

2.2 人口分布

厂址半径 80km 范围内 2012 年底现有人口总数为 8,674,975 人。

厂址半径 80km 范围内平均人口密度为 431 人/km²，福建省同期人口密度为 300 人/km²，厂址半径 80km 范围内的平均人口密度虽略高于福建省平均人口密度，但均低于福清市（844 人/km²）、福州市（530 人/km²）、莆田市（791 人/km²）、泉州市（611 人/km²）的人口密度。厂址半径 5km 范围的平均人口密度低于福建省平均人口密度。

厂址半径 80km 范围内有一个 100 万人口以上城市，即厂址 NNW 方位 73km 的福州市城区（含鼓楼、台江、仓山、晋安四个区 30 个街道，9 个镇），2012 年底人口数为 153.58 万人；此外，厂址半径 80km 范围内有 7 个 10 万人口以上城镇，分别为厂址 NNW 方位 32km 的福清市区，2012 年底人口数为 29.99 万人；厂址 W 方位 43.5km 的莆田市市区，2012 年底人口数为 24.31 万人；厂址 WSW 方位 38.5km 的秀屿区城区，2012 年底人口数为 12.25 万人；厂址 E 方位 35km 的平潭城区，2012 年底人口数为 15.63 万人；厂址 N 方位 68km 的长乐市城区，2012 年底人口数为 21.82 万人；厂址 W 方位 75km 的仙游县城区，2012 年底人口数为 13.27 万人；厂址 WSW 方位 64km 的泉港区城区，2012 年底人口数为 10.77 万人。

厂址半径 15km 范围内涉及福清市三山镇、江阴镇、江镜镇、港头镇、高山镇、东瀚镇、沙埔镇及江镜农场即 7 个乡镇和 1 个农场，下辖的重要居民点（行政村）共有 138 个（包括 6 个镇区），总人数为 447,019 人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围内涉及三山镇的前薛村、楼前村、泽岐村、韩瑶村、前庄村及沙埔镇的西山村，共计 6 个行政村，8 个自然村，厂址半径 5km 范围内涉及居民点 2012 年底的人口数为 15562 人。

厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。距厂址最近的和人口数最多的自然村为位于前薛行政村的前薛自然村，位于厂址 NNE 方位，村委会距厂址距离为 2.1km，最近的居民住房距厂址距离为 1.29km；2012 年底人口数为 6348 人。厂址半径 1km 范围内无村庄和居民。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 15km 范围涉及福清市三山镇、江阴镇、江镜镇、港头镇、东瀚镇、沙埔镇、龙田镇、江镜农场。厂址所在三山镇土地总面积为 22.7 万亩，其中耕地 6.4 万亩、林地 2.1 万亩，分别占土地总面积的 28.3%和 9.1%。

厂址半径 15km 范围所在的龙高半岛位于福清市境东南，地势和缓，低丘起伏，无大型河流，地表水与地下水资源均较贫乏，主要靠大气降水补充。

厂址半径 15km 范围供水水源主要为东张水库管渠调水、闽江引水、境内小型水库供水、山塘洼地积水、渠溪提水和打井取水等。居民生活用水大部分来源于东张水库管渠调水、闽江引水、境内小型水库、渠溪提水和打井取水等；农业生产灌溉主要靠自然降水，不足部分由附近水库和外调引水补充；工业用水主要来自东张水库管渠调水、闽江引水、境内小型水库供水。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农牧业生产情况

厂址半径 80km 范围内的农业以种植粮食作物为主，其次为蔬菜，还有部分油料作物和水果。各种作物主要在评价区内销售，部分销往附近省市。

厂址半径 15km 范围各乡镇主要的农作物为稻谷、甘薯、杂豆类，由于人均耕地面积偏少，粮食多由外地区调入。厂址半径 5km 范围农业生产基础薄弱，主要为旱地，农作物以甘薯和花生为主，农业没有灌溉条件，粮食、蔬菜、水果均不能自给，主要由外地调入。前薛和楼前靠近海边，滩涂养殖业是当地主要收入，养殖品种主要有缢蛏、牡蛎、菲律宾蛤仔和紫菜等。

厂址半径 80km 范围内家禽主要是鸡、鸭、鹅，家畜主要品种为猪、牛、羊（主要是山羊）。其中牛、羊主要为放养。猪为圈养，饲料主要是米糠、豆粕等。家禽中鸡为圈养，鸭和鹅则以放养为主。家畜、家禽主要在评价区内销售，部分销往相邻省份。厂址半径 80km 范围内奶牛饲养量不大，且主要集中在厂址 N、NNE、W、WNW、NNW 等几个方位 20~80km 范围内，半径 15km 范围内饲养量很少，半径 5km 范围内没有饲养。

2.3.2.2 林业资源与自然资源情况

厂址半径 15km 范围的龙高、江阴半岛地处沿海，土壤干燥瘦薄，植被较低矮、盖度小、生长差，多为中旱性灌木和草木，主要树种有黑松、马尾松、相思树、木麻黄、杉类。厂址半径 15km 范围内无自然保护区、无成片森林分布，森林覆盖率较低。厂址半径 5km 范围内海域面积约占 82.5%，陆地面积约占 17.5%，森林覆盖率仅约为 11.2%。

厂址半径 15km 范围仅三山埧和江阴镇部分地区有建筑用花岗岩开采，除此之外无其它具有工业价值的矿藏资源分布及相应的开采活动。厂址半径 5km 范围内没有压覆重要的矿产资源。

厂址半径 80km 范围内没有国家级自然保护区，仅有的三处省级自然保护区分别为长

乐市闽江口湿地自然保护区、福州市永泰藤山自然保护区和莆田市老鹰尖自然保护区。这些自然保护区均距离厂址 48km 以外。厂址半径 15km 范围内没有国家级和省级自然保护区。

厂址半径 15km 范围内没有国家级和省级文物、古迹保护单位和风景名胜区。

2.3.3 水产资源及生态概况

厂址临福建省最大海湾——兴化湾。兴化湾水温适中，水体肥沃，属于强潮型海湾，是福建省重要的水产养殖海湾之一。厂址附近兴化湾前薛海域的环境功能区划为三类区，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的三类海水水质标准。

兴化湾主要鱼类资源有马鲛鱼、鳓鱼、带鱼、鲷鱼、鲳鱼、黄姑鱼，鲷鱼、鲮鱼、长毛对虾、日本对虾、梭子蟹等；贝类资源主要有褶牡蛎、菲律宾蛤仔、缢蛏等；藻类资源主要有海带、紫菜、江篱等。

2.4 厂址附近的工业、交通

2.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内的企业主要分布在江阴工业集中区，主要经营物流、医药、化工、电力能源和冶金机械。除江阴工业集中区外，厂址半径 15km 范围内 2012 年还有 10 家规模以上（年产值 2000 万元以上）的工业企业，主要分布在福清市的高山镇、沙埔镇、港头镇、江镜镇，均位于厂址 7.9km 以外，主要经营饲料、电力、服装、家具、汽车零部件和建材。厂址半径 5km 范围内没有规模以上的工业企业。

福州市江阴工业集中区位于福清江阴镇南部的江阴半岛，位于厂址 W、NNW 方位，其规划边界与厂址最近距离约 10km。其总体规划面积 158.6km²，一期规划建设 67.51km²。主要由西部工业区、东部重工业区、港区、仓储物流园和江阴生活配套区五大部分组成。根据规划，该开发区将建设成为集大型国际集装箱主枢纽港、大型现代物流中心和临港产业基地为一体的福建省新经济增长区域，其产业布局为东部发展电力能源、冶金、机械装备制造和修造船；中部发展以保税物流园区为龙头的现代物流产业；西部发展医药重化工业。江阴工业集中区于 2001 年 6 月 15 日正式挂牌成立，初步形成了港口运输和现代物流、医药、化工、电力能源和循环经济五大产业。

厂址半径 15km 范围内还涉及一个正在规划的闽台（福州）蓝色经济产业园区，其规划区域位于厂址 NNW、N 方位、距离厂址 5~15km 范围。其发展定位为以海洋产业为主、生态环境优美的闽台合作示范产业区；产业发展规划为重点发展临海装备制造产业，培育发展海洋生物产业，配套发展海洋服务产业。该园区规划的人口居住区位于园区西北部，相对厂址最近距离为 12.5km。

厂址半径 15km 范围内储存和使用易燃易爆危险品的企业主要有 14 个加油站、4 家液化气站和 3 家贮存民爆品的企业。此外，在江阴工业集中区分布有 12 家储存和使用危险化学品的企业，分布在厂址 W 方位 12.1~18km 范围内，涉及的主要危险化学品为液氨、氢氧化钠、甲醇等。根据核安全导则 HAD101/04 附录 II 和 III 中的建议关系式，对上述加油站、液化气站、民爆品仓库以及厂址周围公路上运输汽油、柴油、炸药的槽车进行分析和计算，均不会对核电厂安全构成潜在危险。对于江阴工业集中区内使用危险化学品的企业，由于距离厂址 12km 以外，可不考虑其对核电厂安全的影响。

2.4.2 交通

(1) 公路

厂址所在福清市交通比较发达，境内有 1 条福厦铁路。公路主要有沈海高速福清段

G15、渔平高速 S1551、渔平高速 S1551 江阴支线，国道福州-昆明 G324，省道蕉成漳湾-东山 S201、平潭-福清宏路 S305，已形成高速公路、国道、省道、县、乡、村道交织的公路网。

厂址半径 15km 范围内已形成省道、县道、乡道、村道交织的公路网，实现了村村通公路，交通比较方便。其中，省道 S305 线福清段全线为二级公路，沿东瀚镇—高山镇—三山镇—龙田镇—福清市区，东可接平潭县；省道 S201 线福清段为二级加三级公路，北接长乐市，南接莆田市，连接福清松下港、江阴港、元洪开发区。此外，厂址半径 15km 内还有 1 条专用公路（福清核电大道）、4 条县道和 36 条乡道，核电厂可通过福清核电大道经省道 S305 线连接到沈海高速公路 G15、渔平高速 S1551、国道 G324、省道 S201 线，通往福清市区及相邻市县。

（2）海运

厂址东临台湾海峡，海上交通比较发达，厂址半径 80km 范围内涉及的港口主要有福州港、湄洲湾港、泉州港肖厝港区，水路交通十分通畅。

厂址半径 15km 范围内的码头主要分布在江阴港区和下垅港区，以及一些乡、镇和部分行政村的简易码头，这些简易码头主要用于渔业捕捞及海上养殖活动，只能停靠 100 马力以下的小船。

江阴港区地处兴化湾中部北岸，分为新厝、壁头、万安、牛头尾和草屿作业区，其中，厂址半径 15km 范围涉及壁头作业区和牛头尾作业区，分别位于厂址 W 方位 9~18km 和厂址 SE 方位 9~15km 范围内，其航线相对厂址最近距离分别为 11km 和 10km。一期规划建设的江阴港区壁头作业区，规划岸线 14.6km，建设 55 个泊位，其中，1#~5#泊位（国际集装箱码头）和 24#泊位（7 万吨级煤码头）已投入使用，主要装卸货物为电机、玻璃、家具、服装、建材、电子配件等，还涉及少量液氨、氢氧化钠、甲醇等危险品的运输。由于运输路线距离厂址 11km 以外，可不考虑其对核电厂安全的影响。牛头尾作业区目前有两个码头投入使用，均为客货码头，停泊船只最大吨位分别为 100 吨和 500 吨，没有危险品运输。

下垅港区处于江阴东港北端西岸，位于厂址 NW 方位 15km，其航线相对厂址的最近距离为 7.6km。下垅港区现有 2 个 3000 吨级散货码头（其中一个码头可兼靠 5000 吨级），2012 年共停靠船只 141 艘，涉及主要危险品为重油、燃料油，最大装载量为 5000 吨。按照核安全导则 HAD101/04 附录 II 中的建议关系式，对 5000 吨重油、燃料油进行计算得到的安全距离远小于其航线相对厂址的最近距离，不会对核电厂安全构成潜在危险。

对于厂址附近乡镇出没的小渔船,采取多种安全保护措施,包括在海面上设置浮漂警示和警告牌、在取水头部一定距离处设置拦船网、安排人员每天定期巡视、请海监及渔政等部门加强宣传和管理等,足以防止小渔船对取水口安全的影响。

(3) 空运

福州长乐国际机场位于厂址 NNE 方位 58km,为距离厂址最近的民航机场。厂址上空飞行航线水平投影相对厂址最近距离为 28km。

按核安全导则 HAD101/04 的规定,在筛选距离 10km 范围内无机场,空中航线距离厂址也很远,不会对核电厂安全构成影响。

2.5 气象

2.5.1 区域气候

厂址区域属典型的亚热带海洋性季风气候。区域内日照充足,温度适宜。当地受季风和海风的影响明显,冬、夏季风方向随季节交替而转换,冬季多为偏北风,夏季多为东南风。风速自沿海向平原及内地山区减弱。常见的大风多由北方冷空气南下和台风侵袭而引起。台风每年大多出现在7月中旬至9月下旬。强台风正面袭击时往往伴有暴雨,易造成风灾水患。

2.5.2 当地气象条件与现场气象观测

根据厂址代表性气象站平潭站 1971 年~2012 年的气象要素统计结果,和 2011 年 1 月~2011 年 12 月厂址现场气象要素观测统计结果,厂址的当地气象特征如下。

2.5.2.1 风向和风速

当地常年风速较大,年平均风速为 5.0m/s。最大风速为 29m/s。年静风(≤ 0.5 m/s)频率为 3.4%。年最多风向为 NNE,次多风向为 NE。

现场观测期间的铁塔 10m、30m 和 50m 高度的最多风向为 NNE,次多风向为 NE。70m 和 100m 高度的最多风向为 NE,次多风向为 NNE。地面站的最多风向为 NNE,次多风向为 NE。厂址 10m 高度的静风(≤ 0.5 m/s)频率为 1.1%。观测期间地面站年平均风速为 5.6m/s,铁塔 10m 和 100m 高度年平均风速分别为 5.0 m/s 和 8.3 m/s。地面站各月平均风速略大于铁塔 10m 高度值。厂址地面站的最大风速为 14.6 m/s,极大风速为 24.3m/s。

2.5.2.2 温度

当地年平均温度为 19.8℃。极端最高气温为 35.6℃,极端最低气温为 0.9℃。

现场观测期间，气象铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 高度的年平均温度分别为 19.4℃、19.1℃、19.0℃、18.9℃和 18.6℃；地面站年平均气温为 19.5℃，年平均露点温度为 15.6℃。

2.5.2.3 相对湿度

当地年均相对湿度为 80%，最低相对湿度为 12%。现场观测期间年平均相对湿度为 79%，最低相对湿度为 20%。

2.5.2.4 水汽压

当地年平均水汽压为 20.0hPa。现场观测期间的年均水蒸汽压为 20hPa。

2.5.2.5 降雨量

多年平均降水量为 1267.0mm，一日最大降雨量为 297mm。2011 年厂址的年降水量为 797.5mm。

2.5.2.6 大气压

当地年平均气压为 1011.5hPa，极端最高气压为 1032.6hPa，极端最低气压为 968.3hPa。

现场观测期间的年平均气压为 996hPa，极端最低气压为 971.3hPa，极端最高气压为 1018.8hPa。

2.5.2.7 辐射

厂址现场观测的年均总辐射为 158.1 W/m²，年最大值为 1060.1 W/m²。净辐射年均为 73.4 W/m²，年最大值为 750.6 W/m²，最低值为-179.2 W/m²。

2.5.2.8 蒸发

当地年平均蒸发量为 1729.5mm。

2.5.3 设计基准气象参数

根据对厂址周边极端气象调查分析和评价，确定厂址设计基准风速为 68.4m/s；最大龙卷风风速为 71.4m/s，对应龙卷风强度等级为 F3 级；厂址极端温度的设计基准为百年一遇最高温度 42.0℃，最低温度-4.4℃。

2.5.4 联合频率

根据 2011 年 1 月至 2011 年 12 月厂址气象铁塔 10m 和 70m 高度的风向、风速，地面气象站的雨量观测，以及采用 $\Delta T-U$ 法得到的稳定度分类，计算 10m 高度的风向-风速-稳定度三维联合频率和 70m 高度的风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率。

2.5.5 大气稳定度

大气稳定度分类采用国际原子能机构推荐的 $\Delta T-u$ 法进行分类，利用厂址 2011 年气象铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差以及 10m 高度风速逐时确定 A~F 各类稳定度类别。

观测期间 D 类稳定度出现最多。这与厂址常年风速偏大的情况一致。从稳定度分类和风速的结果可以判断当地的大气弥散条件较好，有利于气载污染物的扩散。

2.5.6 混合层高度及扩散参数值

1) 混合层高度

根据冬、夏两季在厂址开展的边界层探测温度资料计算各观测点的混合层高度。采用干绝热曲线法计算冬、夏两季各观测点的混合层高度。厂址区域的大气混合层能力午后较上午好，冬季污染物稀释扩散能力最好的时间在 13 时左右，夏季在 16 时左右，夏季观测点得到的平均混合层高度值比冬季观测得到的结果低。A-B 类稳定度时，混合层高度较高，当稳定度为 E—F 类时，混合层高度较低，总体上看，观测期间混合层高度随大气层结变得稳定而降低。

2) 大气扩散参数

2007 年和 2008 年在福清厂址进行了大气扩散试验，主要包括大气边界层特征的观测与分析、湍流观测、中小尺度风场与输运规律研究、SF₆ 野外示踪实验研究等。通过对比 SF₆ 野外示踪实验、湍流观测和数值模拟获得的扩散参数结果，以示踪实验获得的 D 类扩散参数为基础，其它稳定度类别的扩散参数按照 P-G 曲线的变化趋势关系采用类比的方法推算，综合分析后得到厂址地区各类天气条件下的扩散参数。

2.5.7 厂址气象观测

2.5.7.1 运行前的现场气象观测大纲

为了观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，在厂址现场应设立气象铁塔自动观测系统以及地面气象站以开展气象观测工作。气象观测系统运行前的各气象要素数据联合获取率均应保证在 90% 以上。

福清厂址气象站建于 2005 年 7 月初，建站至今已实现了三期观测。第一期观测为 2005~2007 年，第二期为 2007~2009 年，第三期为 2010~2012 年底。

气象观测系统由气象铁塔风温梯度测量系统、地面气象 8 要素自动观测系统、监控系统平台三部分构成。

1) 气象铁塔风温梯度测量系统

在 102m 的气象铁塔上架设了 5 层（10m、30m、50m、70m 和 100m）风速、风向和温度传感器，实现对应高度的风速、风向和温度测量，并通过变送器、信号线将电信号传输至数据采集器，记录每小时 15 个要素的平均值与极值。

2) 地面气象自动观测系统

地面自动气象观测系统与铁塔同步观测，完成温度、湿度、风速、风向、降雨量、总辐射、净辐射、气压的实时测量，通过数据采集器计算并存储气象要素的平均值和极值等。

3) 监控系统平台

监控系统平台设置在观测室内，由微机及其气象观测系统软件包构成。通过智能端口、光电隔离装置与信号传输线实现对数据采集器的控制与气象要素监测数据的传输。软件部分具备数据显示、处理、输出与存贮功能。

4) 数据获取率

2011 年 1 月~2011 年 12 月观测期间塔层和地面气象站的数据联合获取率为 96.71%。数据获取率满足 HAD01/02 规定的大于 90%的要求。

5) 气象观测的质量保证

观测仪器在出厂前都经过了检定，并送国家气象计量站进行了测试，来保证观测仪器的可靠性。

在正式观测前，对铁塔 5 层和地面站的风向、风速和温度传感器开展了水平比对试验，结果表明塔层与地面站风温传感器的测量数据一致性良好。

为保证观测质量，现场观测人员在进入现场前进行了上岗培训和实际操作培训。

气象观测系统运行安装结束后，进行了气象观测系统的预观测工作。

2.5.7.2 运行时的现场气象观测大纲

运行时的现场气象观测是为确定长期常规放射性释放和短期事故工况下放射性释放对环境的实际影响提供必要的气象资料；在发生核事故时，为实施应急计划和应急行动提供厂区实时的气象资料，为事故的环境后果预测和评价及采取相应的防护措施提供依据。

运行时的气象观测系统与运行前基本保持一致，主要包括气象铁塔、自动气象站和相应的通讯设备。即铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 的风向、风速、温度观测，地面气象站风、温、压、湿、辐射、降水等常规气象要素的观测。

数据采集系统能实现对所有的数据实时采集、存贮，监控系统能够记录整时的或由用户定义时间间隔内的测量数据。该系统能够同时显示多层的数据。在核电厂运行阶段，现场气象观测数据将能直接上传至应急指挥中心等场所，为事故情况下实施应急计划提供及时准确的资料。

2.6 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 85 国家高程。

2.6.1 地表水

2.6.1.1 陆地水文

（1）水文描述

福清市位于福建东南沿海，属于亚热带海洋性气候，暖热湿润，全市多年平均年降水量 1327mm。多年平均年径流深约在 560~650mm，降水量分布由西北向东南递减，多年平均年降水量从西北山区 1850mm 到东南沿海 1030mm。

全市河流多为独立入海水系，溪流短促，水资源以降水补给为主，多年平均水资源总量 11.74 亿 m^3 。目前，福清市人均水资源占有量 995.6 m^3 ，仅为全国人均水平的三分之一，仅为该省人均水平的四分之一，是该省严重缺水地区之一。

建国以来，先后建成东张水库、闽江调水工程为重点的一系列水利工程。目前全市共有 95 座小（二）型以上水库，其中大中型各一座（分别为东张水库、建新水库），小（一）型水库 25 座，小（二）型水库 68 座，总库容 3.15 亿 m^3 。

三山镇小（一）型水库 2 座，小（二）型水库 21 座，总共 23 座蓄水水库。合计兴利库容 589 万 m^3 。前薛村没有水库，北林水库为总库容 99.15 $\times 10^4 m^3$ 的小（一）型水库。

（2）核电厂淡水水源

福清核电厂的淡水取自北林水库，北林水库位于福清三山镇西南部，距三山镇政府约 3km，距离厂址约 11km。北林溪主河道长 2.475km，主河道上有两条支流汇入，坝址位于两支流汇合口往东南约 70m，坝址以上控制流域面积 2.3 km^2 。库区属于沿海低丘台地，山坡比较平缓。

北林水库为小 I 型水库，年平均径流量 149.5 $\times 10^4 m^3$ ，校核洪水标准为 1000 年一遇，设计洪水标准为 50 年一遇，最大坝高 10.6m，坝顶长度 337.64m，坝型为均质土坝，校核洪水位 16.72m（黄海高程），设计洪水位 16.36m（黄海高程），正常蓄水位 16.30m（黄海高程），死水位 10.30m（黄海高程），总库容 99.15 $\times 10^4 m^3$ ，兴利库容 88.54 $\times 10^4 m^3$ ，死库容 0.6 $\times 10^4 m^3$ 。

综合上述北林水库的特点，核电厂用淡水须经闽江调水经北林水库调节后向电厂供水。现闽江调水工程龙高支线已通到北林水库，设计流量 1.25 m^3/s ，年水量 3942 $\times 10^4 m^3$ 。经过闽江调水，可保证核电厂施工及正常运行期间的生活用水和生产用水。

2.6.1.2 海洋水文

由于厂址只有一年的海洋水文观测资料，必须借助附近海域的长期海洋观测站的同步观测资料与厂址处的海洋水文观测资料进行相关，拓延厂址处的海洋水文资料序列。

平潭海洋站位于平潭县澳前镇东澳村，地理位置为 N25°28'，E119°50'，主要观测项

目有气象、潮流、温盐及潮汐，其中温盐、潮汐测点在站房 WNW 方 800m，气象、波浪测点在站房 SW 方 100m。

平潭海洋站是离厂址最近的国家级海洋水文站，具有长期的实测资料，因此，在本报告中采用平潭海洋站作为参证站。

（1）地理、地形条件

福建福清核电厂厂址位于福清市三山镇前薛村的岐尾山前沿。厂址地处突入兴化湾的岐尾山中，其西面为小麦屿及江阴岛，离江阴岛球尾的距离为 8km，东南距离牛头尾约 9km，东北与前薛村陆地连接，距前薛东林自然村 1.8km。厂址西北侧及东南侧至牛头尾为大片的滩涂，滩涂宽阔平坦，易于形成陆域，退潮时干出。歧尾突出部 2m 等深线呈 NW-SE 走向，-9m 等深线离岸最近距离约 200m，岸线前沿水深条件较好，厂址南向约 3km 处有一沙礁。

兴化湾是福建省最大的海湾，长 28km，宽为 23km，岸线长达 223.4km（不含岛屿岸线），总面积为 619.4km²。海湾深入内陆，岬湾相间，岸线曲折，岛礁棋布。周边为花岗岩山地丘陵环绕，台地和平原广阔，地势由陆向海降低，呈梯级地形分布。水下地势平缓，水深大部分在 10m 以内，水深 20m 以上仅见于湾口区南日群岛周围海域及窄长水道，最大水深不超过 40m。

（2）潮汐

根据福清核电厂厂址海洋水文气象站 2005 年 7 月~2006 年 8 月实测潮位资料进行调和和分析计算，得到厂址海域的主要潮汐调和常数。厂址的调和常数计算 $R = (HK1 + HO1) / HM2 < 0.50$ ，说明本海区的潮汐为正规半日潮型。工程海域的潮汐特征是：每个潮汐日（大约 24.8 小时）有两次高潮和两次低潮；两次高潮和两次低潮的高度相差不明显。

潮流运动形式：潮流运动形式基本是往复流变化。

（3）潮位

① 理论深度基准面的确定

福清核电厂址位于兴化湾中部。根据兴化湾海图信息，江阴岛及三江口一带理论最低潮面（海图基准面）位于当地平均海平面下 4.27m，本报告采用该值作为厂址基本高程关系；另外，利用厂址（2005.7~2006.8）现场观测资料计算获得厂址平均海平面位于 85 国家高程基准上 28cm。

② 潮位特征值

分析统计福清核电厂厂址海洋水文气象站 2005 年 7 月~2006 年 8 月实测潮位资料，

可得福清核电厂厂址海域验潮期间潮位特征值，详见表 2.6-1。

③ 不同重现期的潮位值

对福清核电厂厂址海洋水文气象站与平潭海洋站 2005 年 7 月~2006 年 8 月同步高、低潮水位资料进行相关分析，可得到该两站高（低）潮相关曲线及其相关公式如下：

高潮位相关公式

$$H(\text{厂址})=1.174\times H(\text{平潭})-417.186$$

$$\text{相关系数 } r=0.962$$

$$\text{标准差 } q=10.12$$

低潮位相关公式

$$H(\text{厂址})=1.138\times H(\text{平潭})-404.15$$

$$\text{相关系数 } r=0.965$$

$$\text{标准差 } q=11.85$$

两站高（低）潮的相关分析结果表明：福清核电厂厂址海洋水文气象站与平潭海洋站高（低）潮相关较好，其高（低）相关系数均高达 0.962 和 0.965，该结果可说明两站的潮汐性质和潮汐现象较为相近，这给缺乏长期验潮资料的福清核电厂厂址工程引用平潭海洋站潮位资料提供较为充分的科学依据。

利用上述的厂址海洋水文气象站和平潭海洋站两站高（低）潮相关公式，计算厂址站多年（1968~2012 年）年最高、最低潮位；最后计算其 P-III 分布和耿贝尔分布，计算出福清核电厂厂址的工程设计潮位，计算结果见表 2.6-2。厂址洪水位调查表明，近百年来厂址最大洪水位发生于 1996 年 8 月 1 日，估算值为 5.31m，与百年一遇高潮位基本相同，说明该结果合理可靠。

（4）海流

兴化湾位于台湾海峡西岸，太平洋的半日潮波分两支经台湾海峡北口和南口传入，在该海域交汇，形成驻波波腹区；同时这两支潮波又与海岸反射波叠加，在此又形成驻波系统的波腹区。因此，兴化湾潮差很大，平均潮差大于 4.5 米，是我国少见的大潮差区。潮波从兴化湾湾口向湾顶行进过程中，因水深逐渐变浅，导致波幅逐渐增大。太平洋的日潮波沿台湾海峡轴线，呈前进波形式由北向南传播，振幅远小于半日潮波，因此，兴化湾的潮汐形态呈正规半日潮，潮流属正规半日潮流。

兴化湾海流组成的成分主要是潮流。木兰溪、三江口的年平均流量仅 $49.5\text{m}^3/\text{s}$ ，荻芦溪、渔溪等小河流流量很小，因此除河口附近很小水域外，径流一般对海流无明显影响；持

续时间较长、且风向较稳定的风也产生风生环流，依据海洋动力学理论，可以断定，与潮流相比，风生环流流速一般较小。兴化湾湾口有南日岛等大量岛屿，阻塞出入兴化湾的潮波的行进，造成湾内外潮位有明显的位相差。这种潮位位相差，导致周期性的湾内外水位落差，使得潮流最大流速增大，所以，兴化湾虽位于半日潮驻波波腹区，但其潮流仍然较强；位相差也使涨潮流最大流速出现时间提前，落潮流最大流速出现时间滞后。

为了获得更详细的资料，在厂址附近海域布设了 10 个周日连续观测站，进行了冬、夏两季的潮流观测。根据实测资料的统计分析计算表明：

①流速、流向

——流向

核电厂测区的涨潮流外海经南日水道和兴化水道，东南向西北偏北流动；落潮时，由东港下泄向东南进入工程水域。

各测站潮流明显受地形和边界条件制约，往复流特征显著，从大面看，观测水域涨、落潮流的主轴表现较为对称。

测区涨潮流占优，涨潮流较落潮流速大，落潮历时较涨潮流历时长。

——流速

根据本次 10 个潮流观测站的实测资料计算统计，随着大、中、小潮汛期的更迭，大潮实测最大流速大于中潮，中潮大于小潮，流速垂向上各站随水深的增大而减小，但涨、落潮流强度因各站所处位置有一定的差别。

实测最大潮流流速和流向统计表明，实测涨潮流单点最大流速表层为 166cm/s（S0508 站）、底层为 139cm/s（S0508 站）、垂线为 150cm/s（S0508 站），相应的流向分别为 293°、317°和 299°，落潮流单点最大流速表层为 90cm/s（S0503 站）、底层为 82cm/s（S0510 站）、垂线为 88cm/s（S0510 站），相应的流向分别为 170°、135°和 134°。从实测涨落潮流最大流速分析变化特征看，各测站一般以涨潮优势流为主，小潮表现为落潮优势流为主。

涨潮最大平均流速单点表层为 103cm/s、底层为 88cm/s、垂线为 97cm/s，相应的流向分别为 298°、300°和 300°，出现在 S0508 站，其余各站各层涨潮平均流速量值均在 60cm/s 以下，这说明测区平均流速总体上说量值不强。落潮最大平均流速单点表层为 53cm/s（S0503、S0508 站）、底层为 44cm/s（S0503 站）、垂线为 49cm/s（S0503 站），各站各层落潮平均流速量值均在 60cm/s 以下。

——涨落潮历时

厂址附近海域总体上表现为落潮流历时长于涨潮流历时。

②潮流类型

根据潮流理论和港工规范之规定，港域的潮流类型由主太阴日分潮流（ O_1 ）与太阴太阳赤纬日分潮流（ K_1 ）的椭圆长半轴之和与主太阴半日分潮流（ M_2 ）的椭圆长半轴之比值，即 $(W_{K_1}+W_{O_1})/W_{M_2}$ 来确定。

厂址各站、层的 $(W_{K_1}+W_{O_1})/W_{M_2}$ 比值均小于 0.5，因此，该区拟属正规半日潮流类型，表征浅水效应强弱的 W_4/W_{M_2} 比值较大（0.03~0.23），综合以上几方面的因素，该区隶属不正规浅海半日潮流类型。

③潮流运动形式

潮流运动形式可依主要分潮流 M_2 的椭圆率 $|K|$ 予以判定。 $|K|$ 值越小，往复流形式显著；反之，旋转流特征强烈。并规定当 K 值为正时，潮流呈逆时针的旋转； K 为负时，潮流呈顺时针向旋转。厂址各站的 $|K|$ 值在 0.30 以下，各站的潮流基本呈现往复流运动形式。除了目屿岛附近的 S0508 站潮流是逆时针旋转外，其余各测站旋转方向基本上是顺时针向。

④余流

余流乃指消除周期性潮流后的一种相对稳定的流动。对实测海流资料进行分离、计算分析，结果表明：测量海域的各测站的余流值相对较小，一般在 10cm/s 以下，表层最大余流为 21.2cm/s，底层最大余流为 20.9cm/s，均出现在 S0508 站大潮；余流的流速值随潮汛变化不明显，大、中潮差不多，小潮最小，各测站的平均值大潮为 7.6cm/s，中潮为 8.2cm/s，小潮为 6.1cm/s；垂向上余流值是表层稍大于中层，中层要大于底层；余流的流向除 S0504 和 S0507 测站余流流向规律性不很强，其流向主要以偏东为主；其余各站各层基本上为涨潮流方向。

（5）海水温度

由于厂址海域没有长期的水温资料，利用平潭海洋站 1996~2012 年的表层水温资料，以及厂址与平潭海洋站 2005 年 7 月~2006 年 8 月、2009 年 8 月~2009 年 10 月同期表层水温资料，通过相关分析延长厂址站的水温观测序列，计算得到厂址年平均水温 19.7℃，最热三个月累计率为 10% 的海水表层水温为 28.8℃，以及 T7 值 29.9℃。

（6）海水盐度

利用平潭海洋站 1960~2005 年共 46 年的连续观测获取的资料，对工程海域海水盐度变化进行了统计分析。工程海域海水盐度的多年平均值为 31.0‰；7 月份最高为 33.7‰，8 月份次之为 33.0‰，11 月份最低为 29.5‰。工程海域海水盐度历史最高达到了 35.3‰，分别出现在 1980 年 7 月、1995 年 6 月与 1996 年 7 月；而 1973 年 6 月达到了历史最低的

21.4‰。

（7）泥沙

根据兴化湾多年来的水文泥沙全潮测验资料分析，工程海域水体含沙量不大。为了获得更详细的资料，在厂址附近海域布设了10个悬沙测站，进行冬、夏两季的悬沙观测。测验采用10条船同步定点，进行大、中、小潮连续27小时观测采样。悬沙水样除S0501、S0504站由于水浅按三点法分层采样，其余站点均按六点法分层采样。

根据10个悬沙测站的实测资料统计表明：测区冬季含沙量稍高于夏季，冬、夏二季平均含沙量分别为 0.071kg/m^3 和 0.051kg/m^3 ；垂线平均值冬季分布在 $0.032\sim 0.157\text{kg/m}^3$ ，夏季分布在 $0.011\sim 0.181\text{kg/m}^3$ 之间。实测最大含沙量冬季为 0.323kg/m^3 ，夏季为 0.216kg/m^3 ；实测最小值冬季为 0.018kg/m^3 ，夏季为 0.001kg/m^3 。大潮时中值粒径值为 $5.38\mu\text{m}\sim 13.94\mu\text{m}$ ，平均值为 $8.29\mu\text{m}$ ，小潮时中值粒径值为 $6.10\mu\text{m}\sim 13.86\mu\text{m}$ ，平均值为 $7.99\mu\text{m}$ 。

根据实测资料表明：兴化湾含沙量分布与季节有关，冬季含沙量最高，夏季含沙量最低；涨潮含沙量一般高于落潮，但相差不大，涨、落潮全潮平均含沙量冬季分别为 0.072kg/m^3 和 0.070kg/m^3 ，夏季分别为 0.053kg/m^3 和 0.047kg/m^3 ；含沙量的水平分布冬、夏季存在差异，冬季测区含沙量是由湾里向湾口递增，夏季则由湾里向湾口递减；含沙量的垂向分布变化，无论冬夏两季，还是大小潮均自表层往底层递增。

根据实测资料计算的单宽输沙结果表明：测区冬季净输沙明显强于夏季，冬季平均净输沙量为 $10.1\text{t/m}\cdot\text{d}$ ，最大净输沙量为 $63.7\text{t/m}\cdot\text{d}$ ，最小净输沙量为 $0.2\text{t/m}\cdot\text{d}$ ；夏季平均输沙量为 $6.3\text{t/m}\cdot\text{d}$ ，最大净输沙量为 $28.1\text{t/m}\cdot\text{d}$ ，最小净输沙量为 $0.2\text{t/m}\cdot\text{d}$ 。测区输沙量强度自湾内向湾口递增，西侧向东侧递增。涨潮输沙强于落潮输沙。

（8）海冰

本海区地处亚热带，属于亚热带季风性气候，光照充足，热量丰富，终年气温较高，基本无霜冻，季风较明显，干湿季分明，不存在冰情影响问题。

（9）波浪作用

福清核电工程厂址进行了一年（2005.7~2006.8）现场波浪观测。对观测结果进行统计分析，结果表明：工程海域总的波浪状况是，波浪较弱，波浪以风浪为主，常浪向和强浪向都为S~SW，最大波高是2.06m， $H_{4\%}$ 大波波高是1.59m，发生于2005年9月1日，相应的平均周期是4.50秒，波向为SSW；年最大周期出现在2005年9月，平均周期为8.54秒。

2.6.2 地下水

2.6.2.1 厂址附近范围水文地质特征

（1）地下水类型

厂址附近范围地下水主要为第四系海积层孔隙水、第四系残坡积层孔隙裂隙水、基岩裂隙水三类。

①第四系海积层孔隙水

主要分布于海积阶地、海漫滩和滩涂区，含水岩组由海积粉细砂、淤泥、淤泥质土组成，地下水赋存于粉细砂和淤泥的孔隙中，地下水类型为孔隙潜水。含水层厚度 1.00~12.95m，水位埋深 0.00~0.95m，单井涌水量约 20m³/d，水量贫乏。

含水层渗透系数 $3.17 \times 10^{-5} \sim 1.74 \times 10^{-3}$ cm/s，属中等~弱透水层。

②第四系残坡积层孔隙裂隙水

广泛分布于残积红土台地，位置较高，含水岩组主要为第四系的残坡积砂质粘性土、砾质粘性土，局部夹有碎石，地下水赋存于网状裂隙和孔隙中，是区内的主要含水层之一，地下水类型为孔隙裂隙潜水。含水层厚度 3.00~10.00m，水位埋深 0.20~7.41m，水位年变化幅度 3~6m，泉水流量 0.018~0.15L/s（表 2.6-3），单井涌水量为 5.00~20.00m³/d，水量贫乏。据抽水试验成果（表 2.6-4），含水层渗透系数 $2.32 \times 10^{-4} \sim 7.64 \times 10^{-4}$ cm/s，属中等透水性。据室内渗透试验成果，含水层垂直渗透系数 $2.93 \times 10^{-5} \sim 7.07 \times 10^{-4}$ m/s，水平渗透系数 $1.15 \times 10^{-5} \sim 2.19 \times 10^{-4}$ cm/s，属中等透水~弱透水层。综合判定第四系残坡积层孔隙裂隙水透水性弱~中等。

③基岩裂隙水

主要分布于丘陵区基岩裸露区和残积红土台地底部的基岩风化裂隙和构造裂隙中，是厂址附近范围主要的地下水类型。含水岩组为南园组火山熔岩、黑云母花岗岩及其后期侵入岩脉。

风化裂隙水赋存于全~强风化基岩中，由于全风化、强风化基岩风化裂隙很发育，裂隙贯通性较好，可形成统一的地下水位，其埋深与岩体的风化破碎程度有关，一般岩体破碎、风化深度大时，含水层厚度大，富水性较好。一般地势较高处水位埋深较大，低洼处水位埋深较浅，水平透水性较均匀，垂直方向随深度的增加而减弱。区内全~强风化岩分布于地表浅部，降水入渗地下后随地形由高向低径流，排泄于沟谷和低洼处，仅在雨后 1~2 天内有渗水，之后就干枯，地下水不易赋存，水量贫乏。

构造裂隙水赋存于中等~微风化基岩中，受风化程度及构造裂隙发育程度控制，由于

构造裂隙贯通性差，未形成统一的含水层及地下水位，且富水性微弱，水量大小不均。含水层的埋深与岩体的破碎程度有关，往往岩体破碎、风化深度大时，地下水位亦深；岩体相对完整时，则地下水位较浅。据厂区钻孔揭露，地下水位变化大，有的干孔，有的埋深大于 10m，有的埋深则小于 5m，说明地下水与岩石节理发育程度、完整程度有关。

经调查，泉水流量 0.015~0.027L/s，水量贫乏，地下水类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Mg}$ 型水，矿化度 125.47mg/L，pH 值 6.91，属淡水。海岸部分受海潮影响，海水沿裂隙缓慢渗透，使地下水与海水混合，地下水矿化度 1408.44mg/L，pH 值 6.98，水化学类型为 $\text{Cl—K}\cdot\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型水，属微咸水。

全~强风化岩体渗透系数 0.0272~0.0448m/d，即 $3.15\times 10^{-5}\sim 5.18\times 10^{-5}\text{cm/s}$ ，属弱透水岩体；中风化岩透水率 0.67~2.30Lu，微风化岩透水率 0.25~2.30Lu，属弱~微透水岩体。

（2）地下水的补给、径流、排泄

厂址附近范围地下水主要来源于大气降水的入渗补给，由于受地形地貌、地层岩性控制，地下水径流短，基本上是就地降雨入渗补给、就近沿沟谷两侧渗出后排泄入海。地下水的流向由地势较高地区向地势较低地区渗流。

第四系海积层孔隙水分布在阶地和滩涂地区，处在潮间带，孔隙水的补给和排泄直接受海水涨、退潮的影响。

第四系残坡积层孔隙裂隙水分布于红土台地，地下水的补给来源有大气降水和基岩裂隙水。第四系残坡积层呈片状分布，地势较为平缓，有利于降雨和表流入渗补给，以及基岩裂隙水的侧向补给，但其表面粘性土渗透性差，严重影响地下水的补给。地下水由高向低沿孔隙或裂隙径流，以下降泉或渗流形式排泄地表。地下水排泄主要有蒸发、泻流两种方式，民井取水也是重要排泄方式。地下水位受降水的影响很大，前薛村民井中的地下水位雨后接近地表，枯旱时多数井基本干枯无水，地下水位年变幅 3~6m。

基岩裂隙水分布在丘陵区，地下水主要来源于大气降水的入渗补给，由于受地形地貌、地层岩性控制，地下水径流短，基岩裸露，植被不发育，大气降水除少部分通过裂隙入渗补给地下水外，大部分降雨都沿地表呈表流下泄，基本上是就地降雨入渗补给、就近沿沟谷两侧渗出后排泄入海。地下水的流向由地势较高地区向地势较低地区渗流。

（3）地下水与地表水的水力联系

根据调查，厂址附近范围以地表分水岭为界，可划分成若干个小的独立的水文地质单元，每个水文地质单元的地下水之间无水力联系。地下水以基岩裂隙水（风化）和残坡积孔隙裂隙水为主要类型，含水层埋藏浅，地下水分水岭与地表水分水岭基本一致。地下水

面与地形基本一致，因此地下水顺地形坡降向大海方向径流排泄，地下水流向基本顺地形向下径流，半岛两侧海岸直接向大海排泄，厂址北部前薛村庄地势较低，地下水总流向为南西～西，在低洼处汇集后流向大海。区内没有河流、水库等大型地表水体，仅在前薛村以北有 4 个近于干枯的小型水塘，因此，不存在地表水体与厂区内地下水之间的水力联系。

区内北东分布有三条近于平行的北东东向断裂，最近的距厂址 4.5km，按走向延伸东至泽岐或海域、西至外围较远海域，不通过厂区，不存在切穿厂区内地下水分水岭的断裂构造和其它含水通道，因此厂区内地下水与区外的地下水、地表水无水力联系。

（4）地下水与海水的水力联系

第四系海积层孔隙水，含水层属海相沉积，地下水补给排泄直接受海水涨、落潮的影响，地下水形成咸水或盐水，与海水关系密切。

第四系残坡积层孔隙裂隙水，含水层属基岩风化产物，透水性弱~中等，为淡水和微咸水（表 2.6-5），高台地和无居民区的台地范围地下水为淡水，近海岸低台地和居民集中区地下水为微咸水，主要是受海产品、养殖等含盐成分经降雨或地表排水等淋滤、冲刷渗入地下污染所致，不存在海水入侵的问题。

基岩裂隙水赋存于节理裂隙中，区内裂隙大都为闭合裂隙，透水性弱-微透水，补给来源主要来源于大气降水，与海水无水力联系，属淡水。近海岸与海水接触的影响带很小，位于潮水位以下泉水水质为微咸水，受潮水影响海水沿节理裂隙缓慢渗入造成。

2.6.2.2 电厂对地下水的利用计划

厂址附近范围有前薛村、楼前、东薛、韩瑶、泽岐村、洋坪等村庄，没有水库，供农业灌溉仅靠 4 个小山塘储水灌溉，另有 71 口水井（表 2.6-6），井深 4~16.5m，平均出水量 3m³/d，主要供村民生活用水，大约有 5000 人和家畜饮用，目前仅能满足居民生活用水。民用井均位于厂址以北，与厂址内地下水没有水力联系，这些井未受到海水入侵。

如上所述本区含水层水量不丰富，属贫水区，仅能满足居民生活用水，不具备工业开采价值。核电厂没有利用地下水的计划，核电厂用淡水取自北林水库。

2.6.2.3 电厂对地下水的可能影响

福清核电厂位于前薛村的岐尾山前沿，地处半岛前端，厂址区域地形狭长，厂区水文地质单元北、南、西三面环海，仅东北侧与厂区外其他单元相邻。现在场地平整后，厂区东北侧地势高于厂内其他区（标高 11m）及厂外前薛村、东林村（标高约 6~12m），该区域为分割厂区内与区外联系的分水岭。勘察及厂坪开挖未见贯通厂区内外的断裂构造和其它含水通道。厂区范围可视为一个独立的水文地质单元。

现场地平整后，5、6 号机组场地大部分为基岩出露，出露岩体主要为中等风化~微风化岩体。核岛地基岩体主要为微风化岩体，仅 6 号机组局部分布有中等风化岩体。

场地整平后，厂区地下水主要为基岩裂隙水和第四系人工回填层孔隙水。基岩裂隙水主要分布于厂坪开挖后的基岩出露区，水量贫乏。第四系人工回填层孔隙水主要分布于基岩区两侧低于厂坪标高的回填区，回填区直接临海，该层地下水与海水存在水力联系。厂区地下水主要补给源为大气降水的入渗补给，由于受地形地貌、地层岩性控制，地下水径流短，基本上是就地降雨入渗补给、从基岩区向两侧人工回填区排泄，并最终汇入大海。

如前所述厂区范围为一独立的水文地质单元，与厂区外地下水无水力联系。而厂址附近范围的居民生活取水点均在厂址区以北，厂址地下水径流途径下游无居民取水点。

因此电厂建设不会对周边村庄的地下水造成影响。

2.6.3 洪水

2.6.3.1 海洋洪水

福清核电厂厂址对海洪的防护是按照《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）进行考虑的。该导则要求在所有时间内确保安全停堆、堆芯冷却和放射性物质的抑制，其中包括防止以后可能发生外部洪水给核设施所带来的不利影响。福清核电厂厂址的设计基准洪水位的组合如下：

10%超越概率天文高潮位：	4.01m
可能最大台风增水：	4.37m
海平面异常：	<u>0.20m</u>
设计基准洪水位：	8.58m

厂坪标高定为 11.00m（85 国家高程）。为了防御外海台风浪的影响，在厂区东、西、南方向修筑海工构筑物，确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下核安全相关构筑物的安全不受影响。

2.6.3.2 陆地洪水

（1）厂区暴雨洪水

厂区雨水排水系统分为二部分，即主厂区排水系统和厂前区排水系统。主厂区排水系统按千年一遇降雨量设计，可能最大降水（PMP）来校核，厂前区排水按百年一遇降雨量进行设计，并且厂区排水应满足《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》的规定，即在超设计基准水淹场景（设计基准洪水位叠加千年一遇降雨）时保证厂区的防洪安全。主厂区及厂前区雨水通过各自的雨水管网排入兴化湾。每个厂房屋顶都设有屋面

雨水收集系统用来输送和排泄屋面雨水。考虑到特大降水的排除，在平屋面女儿墙一定标高设置一定数量的溢水口以保证屋面水的及时排除。

（2）山洪的防护

福清核电厂厂址位于福清市南部兴化湾北岸，厂址附近最高点位于厂区范围内，根据厂址周围地形条件，厂址东、南、西三面环海，只有东北侧与陆域相接，因此这三个方向不会受到山洪的威胁。

主厂区东北侧依次是预留用地、厂前区和施工临建区。施工临建区位于整个半岛的最高点，临建区的雨水通过区域内独立的雨水管网排入大海，因此，主厂区东北侧也不存在山洪的威胁。

（3）溃坝洪水对厂区的影响

福清核电厂在半岛突出部，厂区集雨面积小。北林水库坝址位于三山镇道北村北林溪，距厂址约 11km，不属厂址流域，经调查厂区流域范围内无水库和大的河流，不存在上游水库溃坝和河流洪水的影响问题。

（4）溪流与江河洪水的防护

由于本厂址属滨海厂址，厂址附近无溪流和江河通过，因此不存在溪流和江河在厂址上引起洪水泛滥。

2.7 地质与地震

2.7.1 地质

2.7.1.1 区域地质特征

厂址在区域大地构造上位于东南沿海加里东褶皱带的闽东中生代火山断陷带上，在新构造上位于闽东沿海差异弱隆起区的长乐—诏安断裂北段差异弱上升区内，新生代以来一直处于弱隆起状态。区域没有现代火山活动。

区域主要发育北东—北北东向断裂带，其次是近东西—北西向断裂带，它们共同组成区域内的破裂网格，北东—北北东向断裂带是本区的主要构造。晚更新世以来，陆域的断裂绝大多数已基本上停止活动或十分微弱，而海域和台湾地区的滨海断裂台湾海峡段、台西山麓断裂带和台湾海峡东侧断裂带仍有较强的活动。

区域内主要的发震构造共 9 条段，其中震级最高的发震构造为台西山麓断裂带，最大潜在地震震级为 8.0 级，距离厂址最近约 175km；距离厂址最近的发震构造为滨海断裂带台湾海峡段中的南日岛海外段，最大潜在地震震级为 6.5 级，距离厂址最近约 44km。

厂址在近区域大地构造上位于闽东中生代火山断陷带内相对完整和稳定的构造部位，

在新构造上位于闽东沿海断裂差异活动区的滨海台地、平原与残丘差异活动带内，新构造运动以断块差异升降运动和继承性断裂活动为基本特征。

厂址近区域陆域发育北北东—北东向和北西西向两组 8 条断裂，其中北北东—北东向断裂可归属于长乐—诏安断裂带和沿海岛屿断裂带；北西西向断裂仅有一条，即南日岛断裂，这些断裂活动年代为早第四纪—前第四纪。厂址近区域海域晚更新世以来的沉积层内没有断层。厂址近区域内没有晚更新世以来活动断裂，也没有发震构造。

厂址附近出露的地层主要为晚侏罗世火山岩系和燕山早期花岗岩，其次为第四纪覆盖层。厂址附近范围内陆域断裂均为前第四纪断裂；厂址附近范围内海域晚更新世以来的沉积层内没有断层。经能动断层鉴定，厂址附近范围内没有能动断层。

厂址附近范围内不存在影响厂址安全的不良地质作用与地质灾害。

2.7.1.2 厂址地质特征

厂区原地貌形态分为两类：即构造剥蚀缓坡丘陵地貌和海成地貌。因土石方开挖、回填，各地貌形态特征发生较大变化，现地貌形态分为人工开挖地貌、海成滩涂地貌、人工回填地貌。核岛位于人工开挖地貌单元。

厂区地层岩性简单，主要为燕山期黑云母花岗岩和人工回填土。核岛位于现厂坪开挖后的基岩出露区，出露基岩主要为黑云母花岗岩，局部为辉绿岩、闪长玢岩岩脉。联合泵房地段主要出露人工回填片石。

厂区没有发现断层。受区域构造长乐~诏安、平原~高山断裂控制及区域动力变质作用影响，厂址区内花岗岩中片理化较明显。岩体构造节理裂隙较发育，产状以走向北东 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 为主，发育方向与区域构造方向基本一致。

厂区不存在滑坡、泥石流、岩溶、地面塌陷和沉降等不良地质作用与地质灾害。厂区及附近没有可开采的矿产资源，也没有采空区、地下工程等影响地基安全的人类活动。

现场地平整后，厂区大部分地段为基岩出露区，出露基岩绝大部分为微风化岩体，局部有中等风化、强风化岩体、全风化岩体。微风化岩体剪切波速 2000m/s 以上，中等风化岩体剪切波速 1565m/s，强风化岩体剪切波速 642m/s，全风化岩体剪切波速 439m/s，出露微风化~中等风化基岩区场地类别为 I₀类，出露强风化基岩区及全风化基岩厚度小于 5m 区场地类别为 I₁类，出露全风化基岩且厚度大于等于 5m 区场地类别为 II 类。厂区两侧低于厂坪标高处为回填区，回填块石剪切波速 280m/s，回填厚度小于 5m 区场地类别为 I₁类，回填厚度大于等于 5m 区场地类别为 II 类。厂区大部分建（构）筑物位于 I₀类场地。

设计基本地震动峰值加速度为 0.10g，对应的地震基本烈度为 7 度，厂址为设计地震

分组第三组。

5、6 号机组核岛地基主要为微风化岩体，仅 6 号核岛核辅助厂房（6NX）南部局部存在中风化花岗岩。联合泵房地基为微风化岩体，岩性以黑云母花岗岩为主。重要厂用水进水廊道底面标高处岩体绝大部分为微风化花岗岩，仅局部存在中、强风化花岗岩。微风化黑云母花岗岩属坚硬岩，岩体较完整~完整，岩体基本质量等级为 I~II 级，承载力特征值 6.0MPa；中等风化黑云母花岗岩属较硬岩，岩体基本质量等级为 III~IV 级，以 III 级为主，承载力特征值 2.0MPa；强风化黑云母花岗岩承载力特征值 0.5MPa。地基承载能力高，且地基岩体无软弱夹层和临空面，不存在地基滑移的可能，地基稳定。

5、6 号机组主厂区地下水主要为基岩裂隙水，联合泵房场地地下水主要为第四系人工回填层孔隙水和基岩裂隙水。基岩裂隙水对混凝土具有微腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋在长期浸水状态下具有微腐蚀性，在干湿交替状态下具有微腐蚀性；回填层孔隙水对混凝土具有中腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋在长期浸水状态下具有弱腐蚀性，在干湿交替状态下具有强腐蚀性。地下水中无有毒有害物质。

厂区不存在核安全相关人工边坡。

2.7.2 地震

区域处于强地震活动带的影响区内。区域范围自公元 963 年至 2006 年 2 月共记录到 $M_S \geq 4.7$ 级地震 97 次，其中 7.0~7.9 级地震 2 次；6.0~6.9 级地震 17 次；5.0~5.9 级地震 58 次；4.7~4.9 级地震 20 次。区域地震分布总体呈现出南强北弱的特征，莆田以北地区仅发生个别中等强度破坏性地震，区域内绝大多数破坏性地震分布在莆田以南地区，并呈现出由台湾岛、台湾海峡到东南沿海、福建内陆地区由强变弱的趋势。6 级以上地震均发生在台湾海峡和台湾岛上，陆地部分只发生一些 6 级以下的中等地震。

近区域范围内地震活动不强，自 963 年至 2006 年 2 月共记录到 $M_S 1.0 \sim 1.9$ 级地震 42 次， $M_S 2.0 \sim 2.9$ 地震 12 次， $M_S 3.0$ 级、 $M_S 3.5$ 级、 $M_S 5\frac{1}{2}$ 级地震各 1 次。自 1990 年以来未发生过 $M_S 2.5$ 级以上地震；厂址附近范围内未记录到 $M_S 1.0$ 级以上地震。近区域内的微震分布较为零散，与近区域范围内第四纪活动断裂没有相关性，属于随机性较强的小震活动。

厂址所遭受的历史地震影响多为有感或强烈有感，破坏影响记载很少，且大多为来自于台湾海峡和台湾地区的远场大地震的影响；厂址遭受历史地震最大影响烈度为 VII 度，来自 1604 年泉州海外 $7\frac{1}{2}$ 级地震。

经复核，厂址属于《中国地震动参数区划图》中 0.10g 分区，厂址地震基本烈度为 VII 度。

厂址 SL-2 级地面运动基岩水平向峰值加速度为 0.19g。

表 2.6-1 主要潮汐特征值

平均潮位	0.28m
平均高潮位	2.83m
平均低潮位	-2.28m
平均潮差	5.10m
最大潮差(推算)(2003年11月)	8.06m
平均涨潮历时	6小时6分
平均落潮历时	6小时19分
潮高基面	85国家高程

表 2.6-2 厂址重现期高潮位和重现期低潮位(高低潮相关)

重现期 (年)	频率 P %	重现期高潮位(m)			重现期低潮位(m)		
		P—III 分布	概率 70%的 置信区间	耿贝尔 分布	P—III 分布	概率 70%的 置信区间	耿贝尔 分布
10000	0.01	6.52	±0.87		-4.68	±0.15	
1000	0.1	5.94	±0.58	5.62	-4.52	±0.10	-4.61
500	0.2	5.76	±0.50	5.46	-4.47	±0.08	-4.54
200	0.5	5.52	±0.39	5.26	-4.40	±0.07	-4.45
100	1	5.34	±0.32	5.10	-4.35	±0.06	-4.37
50	2	5.15	±0.25	4.95	-4.29	±0.05	-4.30
33	3	5.04	±0.21	4.84	-4.26	±0.05	-4.25
20	5	4.89	±0.16	4.74	-4.21	±0.05	-4.21
10	10	4.69	±0.12	4.58	-4.14	±0.04	-4.13
5	20	4.47	±0.09	4.36	-4.07	±0.04	-4.03
2	50	4.14	±0.07	4.16	-3.94	±0.03	-3.94

表 2.6-3 厂址附近范围泉水调查结果一览表

泉水编号	出露高程 m	涌水量 L/S	水温 ℃	泉水性质	含水层	备注
S01	15.50	0.15	16	下降泉	残积土强风化岩	
S02	14.43	0.022	16	下降泉	全~强风化岩	
S03	4.33	0.054	17.5	下降泉	强风化	
S04	11.80	0.062	13	下降泉	强风化岩	
S05	12.50	0.018	16	下降泉	残积土强风化岩	
S06	4.50	0.015	18	下降泉	微风化岩	
S07	26.50	0.039	16	下降泉	残积土	
S08	5.00	0.027	16	下降泉	弱风化岩	
S09	3.20	0.022	16	下降泉	弱风化岩	
S10	11.0	0.14	13	下降泉	残积土	

表 2.6-4 民井抽水试验成果一览表

编号	含水层岩性	水位埋深 m	井口标高 m	降深 m	涌水量	单位涌水量	渗透系数		渗透性
					m ³ /d	m ³ /d·m	cm/s	m/d	
J04	残坡积土	5.40	8.60	3.85	12.96	3.36	7.64×10^{-4}	0.66	中等透水性
J20	残坡积土	2.34	12.30	3.50	7.28	2.08	2.32×10^{-4}	0.20	中等透水性

表 2.6-5 调查井地下水分析成果一览表

含水层	采样地点	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	HCO ₃ mg/l	K ⁺ +Na ⁺ mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	NH ₄ ⁺	侵蚀性 CO ₂	pH 值	矿化度 mg/l	水化学类型	按矿化度分类	备注
残积土	J08	105.99	40.75	128.91	56.69	48.58	13.76	1.20	2.11	7.43	334.91	Cl.HCO ₃ -Ca.Na	淡水	厂区边,高台地
残积土	J020	287.78	213.45	122.77	145.08	76.91	58.95	1.22	5.24	7.30	845.05	Cl.SO ₄ -Na.Mg.Ca	淡水	前薛村边,远离海边
残积土	J048	119.32	261.96	178.02	121.24	68.82	41.76	1.12	2.92	7.57	703.67	SO ₄ .Cl.HCO ₃ -Na.Ca.Mg	淡水	前薛村内
残积土	J04	442.20	252.25	165.74	206.56	153.83	56.5	1.02	5.14	7.08	1196.76	Cl.SO ₄ -Na.Ca	微咸水	距海边约150m
残积土	J036	364.99	213.45	319.21	142.64	149.78	81.06	1.07	20.21	7.70	1113.14	Cl.HCO ₃ -Ca.Mg.Na	微咸水	距海边约220m

表 2.6-6 (1/3) 厂址附近范围民井调查一览表

井泉 编号	地面标高 (m)	水位埋深 (m)	涌水量 (m ³ /d)	岩 性
J1	5.6	2.0	5.0	砂质粘性土
J2	9.2	2.72	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J3	7.3	2	6.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J04	8.64	6.28	12.96	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J05	3.6	0.2	36.00	弱风化花岗岩
J06	16.5	4.8	12.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J07	3.0	2.3	0.50	弱风化花岗岩
J08	8.4	1.98	15.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J09	10.6	7.41	8.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J10	3.5	0.95	15.0	粉细砂
J11	13.2	7.15	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J12	14.0	8.65	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J13	14.2	7.4	5.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J14	9.94	5.2	27.13	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J15	9.29	5.8	18.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J16	12.83	6.4	5.80	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J17	13.71	7.8	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J18	13.66	6.55	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J19	12.46	5.7	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J20	12.3	2.34	17.28	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J21	10.3	3.89	15.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J22	8.63	2.47	13.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J23	6.49	1.56	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J24	6.56	2.96	15.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J25	9.71	5.5	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J26	9.15	5.05	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J27	6.75	0.96	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩

表 2.6-6 (2/3) 厂址附近范围民井调查一览表

井泉 编号	地面标高 (m)	水位埋深 (m)	涌水量 (m ³ /d)	岩 性
J28	7.5	1.74	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J29	6.1	2.89	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J30	5.8	2.2	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J31	6.52	2.86	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J32	7.32	1.42	15.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J33	8.04	6.7	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J34	9.5	5.72	6.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J35	11.29	3.8	18.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J36	9.4	2.98	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J37	4.82	2.2	10.0	上为砂质粘性土，下为强-中风化花岗岩
J38	4.8	3.66	8.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J39	5.24	0	15.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J40	5.62	3.18	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J41	5.6	2.68	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J42	7.8	1.97	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J43	14.1	7.48	6.0	上为砂质粘性土，下为强-中风化花岗岩
J44	16.2	10.33	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J45	11.84	7.51	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J46	8.7	2.01	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J47	8.23	2.78	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J48	16.2	4.73	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J49	17.25	3.65	5.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J50	12.3	1.24	5.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J51	14.62	8.10	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J52	14.94	3.12	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J53	20.40	7.88	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J54	9.8	1.95	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J55	14.80	5.73	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩

表 2.6-6 (3/3) 厂址附近范围民井调查一览表

井泉编号	地面标高 (m)	水位埋深 (m)	涌水量 (m ³ /d)	岩性
J56	17.3	9.36	8.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J57	15.4	4.54	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J58	17.5	6.6	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J59	8.8	2.69	8.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J60	5.88	3.26	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J61	11.4	4.65	7.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J62	6.60	1.53	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J63	7.0	0.18	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J64	7.42	1.03	5.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J65	7.50	0.97	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J66	4.20	0.90	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J67	5.40	1.06	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J68	12.40	7.46	12.0	上为砂质粘性土，下为强-中风化花岗岩
J69	4.20	0.72	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J70	4.34	0.91	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J71	4.46	0.68	12.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩



图 2.1-1 厂址地理位置图

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状	1
3.1.1 基本概况	1
3.1.2 辐射环境质量现状	4
3.2 非放环境质量现状	13
3.2.1 非放环境质量调查	14
3.2.1.1 电磁辐射现状调查	14
3.2.1.2 噪声现状调查	16
3.2.1.3 大气环境质量现状调查	17
3.2.1.4 海水水质现状调查	17
3.2.2 非放环境质量现状	18
3.2.2.1 电磁辐射环境质量现状	18
3.2.2.2 噪声环境质量现状	21
3.2.2.3 大气环境质量评价	22
3.2.2.4 海水质量评价	22

表

表 3.1-1 福建福清核电厂环境放射性两年本底调查监测大纲
表 3.1-2 环境辐射本底调查主要的仪器设备及测量方法依据
表 3.1-3 环境辐射本底调查测量方法探测限
表 3.1-4 各类环境样品中 Cs-134 的探测下限
表 3.1-5 各类环境样品中 I-131 的探测下限
表 3.1-6 各类环境样品中 Cs-137 放化分析的探测下限
表 3.1-7 γ 辐射空气吸收剂量率每个月均值* (nGy/h)
表 3.1-8 两年本底调查与一年本底初步调查气溶胶中放射性水平对比表
表 3.1-9 福岛事故以后沉降灰样品中主要放射性核素的测量结果 (Bq/m ²)
表 3.1-10 空气中 ³ H 和 ¹⁴ C 均值
表 3.1-11 两年本底调查与一年本底初步调查 ³ H 和 ¹⁴ C 测量结果对比表 (mBq/m ³)
表 3.1-12 两年本底调查与一年本底初步调查土壤中放射性水平对比表
表 3.1-13 降水样品测量结果均值

- 表 3.1- 14 两年本底调查与一年本底初步调查降水中放射性水平对比表
- 表 3.1- 15 地表水样品测量结果均值
- 表 3.1- 16 两年本底调查与一年本底初步调查地表水中放射性水平对比表
- 表 3.1- 17 地下水样品测量结果均值
- 表 3.1- 18 两年本底调查与一年本底初步调查地下水中放射性水平对比表
- 表 3.1- 19 饮用水中放射性核素活度浓度的测量结果均值
- 表 3.1- 20 两年本底调查与一年本底初步调查地下水中放射性水平对比表（mBq/L）
- 表 3.1- 21 淡水样品测量结果比较
- 表 3.1- 22 陆地生物样品测量结果均值
- 表 3.1- 23 陆地生物样品测量结果范围
- 表 3.1- 24 两年本底调查与一年本底初步调查陆地生物样品测量结果对比表
- 表 3.1- 25 海水样品测量结果各点均值
- 表 3.1- 26 两年本底调查、一年本底初步调查、海洋放射性调查中海水测量结果对比表
- 表 3.1- 27 海洋沉积物中放射性核素活度浓度测量结果均值情况
- 表 3.1- 28 两年本底调查、一年本底初步调查、海洋放射性调查中海洋沉积物测量结果对比表
- 表 3.1- 29 海洋生物样品中放射性核素活度浓度的测量结果均值情况
- 表 3.1- 30 两年本底调查与一年本底初步调查海洋沉积物测量结果对比表
- 表 3.1- 31 两年本底调查中使用的主要仪器和设备检定情况表
- 表 3.1- 32 调查中使用的放射性标准物质
- 表 3.2- 1 厂区内电磁辐射监测点设置情况
- 表 3.2- 2 福建福清核电厂开关站监测点设置
- 表 3.2- 3 福建福清核电厂主变压器监测点编号一览表
- 表 3.2- 4 福建福清核电厂外监测点设置情况
- 表 3.2- 5 监测仪器一览表
- 表 3.2- 6 环境噪声限值
- 表 3.2- 7 大气各监测项目评价标准
- 表 3.2- 8 无线电干扰限值
- 表 3.2- 9 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内工频电场/工频磁场强度现状监测结果
- 表 3.2-10 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内无线电干扰场强现状监测结果
- 表 3.2-11 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内射频综合场强现状监测结果

表 3.2-12 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内各开关站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-13 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内各开关站无线电干扰场强现状监测结果

表 3.2-14 福建福清核电厂 5、6 号机组各输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-15 福建福清核电厂 5、6 号机组各输电线路监测断面无线电干扰场强现状监测结果

表 3.2-16 福建福清核电厂 5、6 号机组各主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-17 福建福清核电厂 5、6 号机组各主变压器无线电干扰场强现状监测结果

表 3.2-18 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区外环境敏感区工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-19 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区外环境敏感区无线电干扰场强现状监测结果

表 3.2-20 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区外环境敏感区射频综合场强现状监测结果图

图 3.1-1 5km 范围内原野贯穿辐射剂量率、累积剂量测量点和土壤布点示意图

图 3.1-2 50km 范围内原野贯穿辐射剂量率、累积剂量测量点布点示意图

图 3.1-3 因日本核事故增加的剂量率测量点位

图 3.1-4 气溶胶、沉降物、降水和空气采样点布点图

图 3.1-5 底泥采样点布点图

图 3.1-6 饮用水、地表水和地下水采样点布点图

图 3.1-7 陆地生物样品采样点布点图

图 3.1-8 海水及海洋沉积物采样点布点图

图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

图 3.2-2 福建福清核电厂开关站监测点设置

图 3.2-3 福建福清核电厂主变压器监测断面设置示意图

图 3.2-4 福建福清核电厂输电线路监测断面设置示意图

图 3.2-5 福建福清核电厂区外监测点设置情况示意图

图 3.2-6 福建福清核电厂邻近海域物理化学调查站位图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 基本概况

福建福清核电厂厂址位于福清市龙高半岛中部三山镇西南前薛村，地处突入兴化湾的岐尾山前沿，东、南、西三面环海，东北与前薛村陆地连接。福清 5、6 号机组紧邻福清 1、2 号机组。

运行前环境监测的内容主要是对厂址周围地区的环境辐射现状水平的调查。根据国家相关标准的要求，核动力厂厂址首台机组首次装料前，必须完成环境本底辐射水平的调查，至少应获得最近两年的调查数据。同一厂址后续建造的机组应至少获得最近一年的辐射环境水平现状调查数据。

2006 年 1 月，福清核电有限公司委托中国辐射防护研究院于在福清核电基地的厂址周围进行了为期一年的环境放射性本底初步调查，并于完成了《福建福清核电厂设计阶段环境放射性本底调查报告》。2010 年 7 月中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院开展连续两年的环境放射性本底调查。

鉴于 2011 年 3 月日本发生 9 级地震引发了福岛核电站的放射性泄漏，中国核电工程有限公司立即对两年本底调查的内容进行了补充，加强了对 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及 ^{131}I 等核素测量，确保能较准确地测量福岛事故后福清核电基地周围放射性本底状况。中国辐射防护研究院已经完成了两年本底调查的全部工作，形成最终的调查报告并通过了专家评审。本报告中将采用通过专家评审的《福建福清核电厂 1、2 号机组工程申请装料许可证阶段环境放射性本底调查报告》中的本底调查数据，对福清核电厂 5、6 号机组运行前的本底情况进行说明，并采用《福建福清核电厂 1、2 号机组工程申请装料许可证阶段环境放射性本底调查质量保证总结报告》中的有关内容对本底调查过程中所采取的质保措施进行了简要描述。

1) 运行前环境本底调查工作中参照的主要标准规范和文献资料：

a) 标准和规范：

- GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- GB 6249-2011 《核动力厂环境辐射防护规定》
- GB 12379-1990 《环境核辐射监测规定》
- GB 11216-89 《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》

- GB11215-89 《核辐射环境质量评价一般规定》
- GB/T 14583 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》
- HJ/T 61-2001 《辐射环境监测技术规范》
- NB/T 20246-2013 《核电厂辐射环境监测规定》

b) 文献资料：

- 《福建福清核电厂设计阶段环境放射性本底调查报告》
- 《福建福清核电厂海洋放射性调查报告》
- 《福建福清核电厂 1、2 号机组工程申请装料许可证阶段环境放射性本底调查报告》
- 《福建福清核电厂 1、2 号机组工程申请装料许可证阶段环境放射性本底调查质量保证总结报告》

2) 环境监测大纲

两年环境放射性本底调查编制了本底调查大纲。从第一年度的第 4 季度开始，鉴于福岛核电事故的影响，在原大纲的基础上补充了测量项目，主要增加了部分介质的 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 及 ^{131}I 的测量，尤其是 ^{137}Cs 的放化测量分析。最终的调查大纲见表 3.1-1。

3) 监测范围

两年环境放射性本底调查中环境 γ 辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。

4) 布点原则

两年环境放射新本底调查中，布点主要考虑以下原则：

- 主要依据相关标准规范中对调查范围及采样点设置相关规定；
- 结合福清核电厂周围地区的水文、气象、资源、人口分布及该地区生态环境的特点；
- 核电厂周围不同的方位和距离；
- 在采样/监测点的选择上涵盖一年本底调查设置的点位，对原设置点位进行分析后考虑进行取舍；
- 对于一年调查中发现的异常点加强监测。

5) 监测内容

A. 厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；

B. 环境放射性监测项目，主要包括以下几类：

b) 环境 γ 辐射：

- γ 辐射剂量率瞬时定点测量；
- γ 辐射累积剂量测量。

c) 陆地介质：

- 大气及沉降物：
 - 大气中的 ^3H 和 ^{14}C 测量分析；
 - 气溶胶：总 α 、总 β 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 沉降灰： ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、总 β 和 γ 谱核素分析。
- 土壤和底泥：
 - 陆地土壤： ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 河/塘底泥： ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 海洋沉积物（潮间带和潮下带）：总铀、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。
- 水：
 - 降水中的总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 地表水中的总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 饮用水中的总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 地下水中的总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
- 陆生生物：
 - 粮食作物、蔬菜、淡水鱼、水果、肉类、松针的 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；
 - 牛奶 ^{131}I 及 γ 谱核素分析。

d) 海洋介质：

- 海水：总铀、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析；
- 海洋沉积物：总铀、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析；
- 海洋生物：藻类、贝类、甲壳类和软体类动物的总铀、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析。

2011 年 3 月日本福岛第一核电站 1~4 号机组相继发生核岛厂房爆炸事故，向大气环境及海洋环境中释放了放射性物质。为了更加明确日本福岛事故是否对福建福清核电厂周围环境的放射性本底造成影响，为福清核电厂运行后提供更准确可靠的本底数据，从第一年度的第 4 个季度开始，本次调查对陆地和海洋介质中增加对 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 和 ^{131}I 的测量，具体如下：

a) 在以下测量项目中增加 ^{137}Cs 的放化分析：

- 气溶胶：所有测点；
- 沉降物：所有测点；
- 降水：所有测点；
- 饮用水：1 个测点；
- 地表水：1 个测点；
- 海洋沉积物：2 个测点，重点在电厂总排放口附近；
- 海洋生物：2 个测点，重点在排放口附近。

b) 所有需进行 γ 谱分析的项目中明确给出 ^{131}I 和 ^{134}Cs 的测量结果。

6) 测量仪器及测量方法

福清核电厂两年本底调查所采用的分析测量方法，均按照国家有关的规定、标准制定。具体测量仪器及测量方法依据详见表 3.1-2。

7) 测量方法探测限

各测量方法探测限详见表 3.1-3~表 3.1-6。

3.1.2 辐射环境质量现状

本节将以福建福清核电厂环境放射性两年本底调查的调查结果为主，结合福清核电厂 2006 年为期一年的本底初步调查数据，对福清核电厂 5、6 号机组厂址周围环境放射性本底状况进行说明。

1) 厂址周围存在的放射源情况

根据 2011 年 10 月份调查结果，福清市辖区放射源调查结果如下：

- II 类放射源 6 枚，核素为 Ir-192 用作伽玛探伤机；
- IV 类放射源 2 枚，其中一枚核素为 Co-60；另一枚核素为 Cs-137；
- V 类放射源 8 枚，其中 4 枚核素为 Pm-147，；4 枚核素为 Cs-137。

福清市射线装置调查结果如下：

- II 类射线装置 3 个，均为 X 射线探伤机；
- III 类射线装置 53 个，其中 7 个为测厚仪；其余 46 个均为福清辖区各个医院、卫生院，主要是 X 光机。

厂址附近没有 ^{131}I 放射源的使用。

2) 环境 γ 辐射剂量率瞬时测量

A. 宇宙射线测量

2010 年 8 月和 2011 年 12 月在东张水库测量了两次宇宙射线，测点处水深大于 5.0m，

距岸边距离大于 500m。两次测量结果分别为 $37.3 \pm 1.6 \text{ nGy/h}$ 和 $35.9 \pm 1.7 \text{ nGy/h}$ ，均值为 $36.6 \pm 1.0 \text{ nGy/h}$ 。

B. 环境 γ 辐射剂量率瞬时测量

C. γ 辐射剂量率通过 YB-IV 型高压电离室环境辐射剂量率仪进行测量。一共测量了 61 个点位，具体位置详见图 3.1-1 和图 3.1-2。每个月测量一次，其中 27 个测量点位是道路，包括水泥路和砂石路地表；34 个测量点位是土地，包括田地、田间土路、草地和沙土地等地表。 γ 辐射空气吸收剂量率的月平均值的范围为 $28.2 \sim 131 \text{ nGy/h}$ 。表 3.1-7 给出了 61 个点位结果平均值。

D. 由于日本发生核事故，在 2011 年 3 月下旬对福清核电周围东部沿海一带增加测量了 11 个剂量率点位，具体测量点见图 3.1-3。增加的点位包括草地、田地、水泥地、沙土地等地表。11 个点位测量结果平均值为 93.0 nGy/h ，范围为 $73.9 \sim 121 \text{ nGy/h}$ 。

E. 在 2006 年进行的一年本底初步调查中，1 至 12 月份各测点的剂量率测量结果的范围为 $56.5 \sim 159 \text{ nGy/h}$ 。

调查结果表明，两年本底调查的环境 γ 辐射剂量率与为期一年的初步调查结果相比，测量结果相近， γ 辐射剂量率的测值没有发现异常，在环境本底水平范围内。在 3 月下旬之后，福岛事故对于福清核电厂周围环境的 γ 剂量水平无明显影响。

3) 环境 γ 辐射累积空气吸收剂量率测量

福清核电厂的两年本底调查中，累积剂量共布设了 50 个点位，布点详见图 3.1-1 和图 3.1-2。由于各种原因，在放置期间有少量样品丢失，每次的回收率大于 90%。累积剂量的布设点位与部分剂量率测量点位重合。采用 RGD-3 型热释光仪进行测量。累积剂量换算为剂量率后的季度均值范围为 $69.4 \sim 145.0 \text{ nGy/h}$ 。瞬时剂量率点位均值范围为 $64.8 \sim 168.0 \text{ nGy/h}$ 。累积剂量测量与瞬时剂量率测量趋势基本一致。

2006 年的一年本底初步调查共布设了 16 个累积剂量点位，两年本底调查的环境 γ 累积剂量与一年本底初步调查结果相比，测量结果基本一致，在环境本底水平范围内。

4) 气溶胶中放射性水平

气溶胶样品的采集采用 KC-1000 型大流量采样器，滤膜采用玻璃纤维滤膜，规格为 $20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$ ，每月采集体积约为 5000 m^3 。气溶胶分析项目包括每月一次的总 α 、总 β 分析，每季度一次的 γ 谱分析、 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 的放化分析，布点位置详见图 3.1-4。日本核事故后，从 2011 年 4 月份开始增加每月一次的 ^{131}I 、 γ 谱分析。

- ^{232}Th 的活度浓度范围为 $< \text{LLD} \sim 0.046 \text{ mBq/m}^3$ ，两年均值为 $0.024 \pm 0.007 \text{ mBq/m}^3$ ；
- ^{226}Ra 的活度浓度范围为 $< \text{LLD} \sim 0.036 \text{ mBq/m}^3$ ，两年均值为 $0.018 \pm 0.008 \text{ mBq/m}^3$ ；

- ^{40}K 的活度浓度范围为 $0.13\sim 0.46\text{mBq/m}^3$ ，两年均值为 $0.25\pm 0.08\text{mBq/m}^3$ ；

2011 年 4 月份在福清市测出了 ^{131}I ，测量结果为 $0.014\pm 0.005\text{mGq/m}^3$ 。在前薛村和福清市测出了 ^{137}Cs ，结果分别为：前薛村 ^{137}Cs 为 $0.011\pm 0.002\text{mBq/m}^3$ ，福清市 ^{137}Cs 为 $0.022\pm 0.006\text{mBq/m}^3$ ，在 4 月份以后的其它气溶胶样品中 ^{131}I 和 ^{137}Cs 均低于 γ 谱分析的探测限。

总 α 的放射性水平范围为 $0.10\sim 1.71\text{mBq/m}^3$ ，两年均值为 $0.53\pm 0.24\text{mBq/m}^3$ 。总 β 的放射性水平范围为 $0.091\sim 4.91\text{mBq/m}^3$ ，两年均值为 $1.92\pm 0.65\text{mBq/m}^3$ 。 ^{137}Cs 放化分析结果范围 $<\text{LLD}\sim 4.48\ \mu\text{Bq/m}^3$ ，两年均值为 $1.12\pm 0.84\ \mu\text{Bq/m}^3$ 。 ^{90}Sr 放化分析结果范围 $<1.41\sim 28.5\ \mu\text{Bq/m}^3$ ，两年均值为 $9.41\pm 5.99\ \mu\text{Bq/m}^3$ 。

2006 年的一年本底初步调查的测量结果中，气溶胶中总 α 放射性的水平范围为 $0.227\sim 1.21\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $0.56\pm 0.22\text{mBq/m}^3$ ；总 β 放射性的水平范围为 $0.116\sim 1.51\text{mBq/m}^3$ ，均值为 $0.77\pm 0.40\text{mBq/m}^3$ ； ^{90}Sr （除前薛村三季度样品外）放射性的水平范围为 $2.16\sim 19.0\ \mu\text{Bq/m}^3$ ，均值为 $6.02\pm 3.54\text{mBq/m}^3$ 。两年本底调查第一年度与一年本底初步调查的结果对比情况详见表 3.1-8。

调查结果表明，两年本底调查的气溶胶测量结果与一年初步调查结果相比，测量结果相近。

日本福岛事故以后，在 2011 年 4 月在福清市采集的样品中检测出了 ^{131}I 及 ^{137}Cs ，在前薛村测出了 ^{137}Cs ，除 4 月外其他月份的气溶胶样品均未检测出，推测气溶胶样品很可能受到了福岛核事故的影响，但影响时间较短。可以认为福岛核事故在事故后 1 至 2 个月的时期内，对调查范围内气溶胶中放射性水平有一定的影响，但这种影响在 3 个月之后可以忽略。

5) 沉降灰的放射性水平

沉降灰采样接收装置为不锈钢板制成的正方形采样槽，接收面积为 0.25m^2 ，采用湿法采样。沉降灰样品的分析项目包括每季度一次的 γ 谱分析、 ^{90}Sr 和每月一次的总 β 分析，点位布置图详见图 3.1-4。日本核事故后，从 2011 年 4 月份开始增加每月一次的 ^{131}I 、 γ 谱分析及每季一次的 ^{137}Cs 放化分析。

γ 谱分析测量结果中：

- ^{238}U 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 22.1\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ；
- ^{232}Th 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 15.2\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ，两年均值 $2.25\pm 2.62\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ；
- ^{226}Ra 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 11.9\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ，两年均值 $1.62\pm 2.05\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ；
- ^{40}K 的活度浓度范围为 $<\text{LLD}\sim 177\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ，年均值为 $31.8\pm 43.5\text{Bq/m}^2\cdot\text{月}$ ；

日本福岛事故以后，沉降灰中主要核素的活度浓度详见表 3.1-9。在 2011 年 4 月份的样品中 5 个点位均测出了 ^{131}I ， ^{137}Cs 结果低于探测限。两年内其余样品中的 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 测量结果均小于探测限。

总 β 的放射性水平范围为 $7.22\sim 233\text{Bq}/\text{m}^2$ ，均值为 $56.3\pm 70.6\text{Bq}/\text{m}^2$ 。 ^{90}Sr 的活度浓度范围为 $0.07\sim 0.84\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ，两年均值为 $0.26\pm 0.16\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ； ^{137}Cs 的活度浓度范围为 $3.88\sim 41.2\text{mBq}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ，两年均值为 $16.9\pm 11.2\text{mBq}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ；总 β 每月测量结果的放射性水平范围为 $2.93\sim 402\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ ，两年均值为 $16.9\pm 11.2\text{Bq}/\text{m}^2\cdot\text{月}$ 。

一年本底初步调查测量结果中， ^{232}Th 的浓度活度范围为 $< \text{LD}\sim 1.15\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ， ^{226}Ra 的浓度活度范围为 $< \text{LD}\sim 0.84\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ， ^{40}K 的浓度活度范围为 $1.01\sim 16.2\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，均值为 $7.20\pm 4.58\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ， ^{137}Cs 的浓度活度范围为 $< \text{LD}\sim 0.093\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 。 ^{90}Sr 的浓度活度范围为 $0.023\sim 1.94\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，均值为 $0.29\pm 0.50\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 。

两年本底调查与一年的本底初步调查结果对比情况详见表 3.1-9。调查结果表明，两年本底调查的沉降灰中 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 在环境本底水平范围之内。日本福岛事故以后，在 2011 年 4 月 5 个点位的样品中均检测出了 ^{131}I ，其余的样品中未检测出 ^{131}I ，可能是受福岛事故影响，但影响时间较短。可以认为福岛核事故在事故后 1 至 2 个月的时期内，对调查范围内气溶胶中放射性水平有一定的影响，但这种影响在 3 个月之后可以忽略。

6) 空气中 ^3H 和 ^{14}C 的放射性水平

空气中 ^3H 和 ^{14}C 的分析为每季度一次，布点位置详见图 3.1-4。空气中 ^3H 的采集采用硅胶吸附的方法，每个样品采集体积大于 10m^3 。空气中 ^{14}C 的采集用抽气泵与装有 NaOH 溶液的鼓泡器连接，使空气中的 CO_2 完全被碱液吸收捕集，采样体积约为 $3\sim 4\text{m}^3$ 。

^3H 的活度浓度范围为 $6.69\sim 78.0\text{mBq}/\text{m}^3$ ，两年均值为 $26.7\pm 18.5\text{mBq}/\text{m}^3$ 。 ^{14}C 的活度浓度范围为 $10.5\sim 32.7\text{mBq}/\text{m}^3$ ，两年均值为 $19.8\pm 5.2\text{mBq}/\text{m}^3$ 。 ^3H 和 ^{14}C 各点均值及按季节均值见表 3.1-10。

两年本底调查测量结果与一年的本底初步调查结果比较情况见表 3.1-11。调查结果表明，两年本底调查时的空气中 ^3H 和 ^{14}C 与一年本底初步调查的调查结果相比，无明显差异，均在环境本底水平范围之内。

7) 土壤中的放射性水平

土壤采样按五点法（四角和中心）在土壤表层下 $1\text{cm}\sim 5\text{cm}$ 处采集，采样量约为 2kg 。混合成原始样品。土壤样品的分析项目为每半年一次的 γ 谱分析和 ^{90}Sr 分析，点位布置图详见图 3.1-1。

γ 谱分析测量结果中：

- ^{238}U 的活度浓度范围为 6.47~53.1Bq/kg，两年均值为 $27.9 \pm 10.3\text{Bq/kg}$ ；
- ^{232}Th 的活度浓度范围为 11.1~97.1Bq/kg，两年均值为 $38.7 \pm 19.8\text{Bq/kg}$ ；
- ^{226}Ra 的活度浓度范围为 5.86~44.9Bq/kg，两年均值为 $24.9 \pm 9.3\text{Bq/kg}$ ；
- ^{40}K 的活度浓度范围为 249~1270Bq/kg，两年均值为 $528 \pm 211\text{Bq/kg}$ ；
- ^{137}Cs 在部分样品中给出了测量结果，其余核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I ）测量结果均小于探测限。 ^{137}Cs 的活度浓度范围为 $<\text{LLD} \sim 2.70\text{Bq/kg}$ ，两年均值为 $0.76 \pm 0.54\text{Bq/kg}$ ；

放化分析结果 ^{90}Sr 的活度浓度范围为 0.25~7.06Bq/kg，年均值为 $2.28 \pm 1.62\text{Bq/kg}$ 。

两年本底调查与一年本底初步调查的测量结果比较详见表 3.1- 12。

调查结果表明，两年本底第一年度测量结果与一年本底初步调查结果相比，测量结果较为接近，均在本底水平范围内。

8) 底泥的放射性水平

底泥采用长柄铁锹进行挖取，每个样品的采样量约为 2~3kg。底泥分析项目为每半年一次的 γ 谱分析和 ^{90}Sr 分析，点位布置详见图 3.1-5。

γ 谱分析测量结果中：

- ^{238}U 的活度浓度范围为 6.47~53.1Bq/kg，两年均值为 $27.9 \pm 10.3\text{Bq/kg}$ ；
- ^{232}Th 的活度浓度范围为 11.1~97.1Bq/kg，两年均值为 $38.7 \pm 19.8\text{Bq/kg}$ ；
- ^{226}Ra 的活度浓度范围为 5.86~44.9Bq/kg，两年均值为 $24.9 \pm 9.3\text{Bq/kg}$ ；
- ^{40}K 的活度浓度范围为 249~1270Bq/kg，两年均值为 $528 \pm 211\text{Bq/kg}$ ；
- ^{137}Cs 的活度浓度范围为 $<\text{LLD} \sim 2.70\text{Bq/kg}$ ，两年均值为 $0.76 \pm 0.54\text{Bq/kg}$ 。

放化分析结果 ^{90}Sr 的活度浓度范围为 0.25~7.06Bq/kg，年均值为 $2.28 \pm 1.62\text{Bq/kg}$ ；

一年本底初步调查中，底泥样品中各种放射性核素的含量水平范围和均值为： ^{238}U ：19.6~45.8Bq/kg，均值为 $34.5 \pm 9.8\text{Bq/kg}$ ； ^{232}Th ：29.6~73.0Bq/kg，均值为 $46.8 \pm 17.2\text{Bq/kg}$ ， ^{226}Ra ：17.8~41.6Bq/kg，均值为 $29.1 \pm 8.1\text{Bq/kg}$ ， ^{40}K ：304~927Bq/kg，均值为 $674 \pm 207\text{Bq/kg}$ ， ^{137}Cs ：0.26~2.21Bq/kg，均值为 $0.83 \pm 0.70\text{Bq/kg}$ ， ^{90}Sr ：0.62~3.70Bq/kg，均值为 $1.96 \pm 0.92\text{Bq/kg}$ 。

两年本底调查第一年度的调查结果与一年本底初步调查结果相比，各核素的结果范围和均值都很接近。两次调查结果相比，范围和均值都很接近，同一点位 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 、 ^{90}Sr 没有显著差异，均在环境本底水平范围之内。

9) 降水的放射性水平

降水的点位布置图详见图 3.1-4，测量结果具体见表 3.1-13。 γ 谱测量结果中 ^{40}K 只有部分样品给出了测量结果，其余样品低于探测限。包括 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 测量结果均低于探测限。放化分析 ^3H 测量结果活度浓度范围 0.31~0.75Bq/L，两年均值为 $0.49\pm 0.11\text{Bq/L}$ 。 ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.25~29.7mBq/L，两年均值为 $10.9\pm 7.4\text{mBq/L}$ ；总 β 测量结果活度浓度范围 0.015~0.76Bq/L，两年均值为 $0.079\pm 0.128\text{Bq/L}$ 。 ^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 <LLD~1.54mBq/L，两年均值为 $0.31\pm 0.36\text{mBq/L}$ 。

因日本核事故增加了两个降水样品，采样地点在三山镇。两个降水样品 ^{90}Sr 测量结果范围为 1.25~19.6 mBq/L，均值为 $10.0\pm 6.7\text{mBq/L}$ 。总 β 测量结果范围为 0.020~0.096Bq/L，均值为 $0.060\pm 0.027\text{Bq/L}$ 。其余均低于探测限。

两年本底调查降水的测量结果与一年本底初步调查比较情况见表 3.1-14，属于本底水平范围，测量结果相近。

10) 地表水的放射性水平

地表水的点位布置图详见图 3.1-6，地表水测量结果具体见表 3.1-15。

γ 谱测量结果中：

- ^{40}K 给出了测量结果，活度浓度范围 74.2~2530mBq/L；
- ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 均低于探测限。

^3H 测量结果活度浓度范围 0.25~0.82Bq/L 两年均值为 $0.68\pm 0.10\text{Bq/L}$ 。 ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.26~8.88mBq/L，两年均值为 $4.30\pm 2.08\text{mBq/L}$ ；总 α 测量结果活度浓度范围 $L_D\sim 0.60\text{Bq/L}$ ，总 β 测量结果活度浓度范围 0.030~1.33Bq/L。

两年本底调查地表水的测量结果与一年本底初步调查结果的比较情况见表 3.1-16。

11) 地下水的放射性水平

地下水的点位布置图详见图 3.1-6，地下水测量结果均值情况见表 3.1-17。

γ 谱测量结果中：

- ^{40}K 全部给出了测量结果，活度浓度范围 92.1~399mBq/L，两年均值为 $267\pm 110\text{mBq/L}$ ；
- ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 测量结果均低于探测限。

^3H 测量结果活度浓度范围 0.27~1.02Bq/L，两年均值为 $0.52\pm 0.21\text{Bq/L}$ 。 ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 1.61~9.59mBq/L，两年均值为 $5.15\pm 2.16\text{mBq/L}$ 。总 α 测量结果活度浓度范围 $L_D\sim 0.16\text{Bq/L}$ ，总 β 测量结果活度浓度范围 0.086~0.42Bq/L。

两年本底调查地下水的测量结果与一年本底初步调查比较情况见表 3.1-18。调查结果表明，两年本底调查的结果在本底水平范围之内。

12) 饮用水的放射性水平

饮用水的点位布置图详见图 3.1-6，饮用水测量结果具体表 3.1-19。

γ 谱测量结果中：

- ^{40}K 全部给出了测量结果，范围 76.7~320mBq/L，两年均值为 $188 \pm 77\text{mBq/L}$ ；
- ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 测量结果均低于探测限。

放化分析 ^3H 测量结果活度浓度范围0.32~0.96Bq/L，两年均值为 $0.53 \pm 0.16\text{Bq/L}$ 。 ^{90}Sr 测量结果活度浓度范围1.37~21.8mBq/L，两年均值为 $5.17 \pm 4.32\text{mBq/L}$ 。总 α 测量结果活度浓度范围 $L_D \sim 0.26\text{mBq/L}$ ，总 β 测量结果活度浓度范围0.075~0.43mBq/L。

两年本底调查的测量结果与一年本底初步调查的测量结果比较情况见表 3.1-20，测量结果相近。

降水、地下水、地表水和饮用水中放射性核素含量比较见表 3.1-21。

13) 陆地生物放射性水平

陆地生物样品共17种，包含了粮食类、蔬菜类、肉类、牛奶、鱼类、树叶、水果等，陆生生物采样点位布置图详见图3.1-7，均值情况见表3.1-22。所有生物样品都给出了 ^{40}K 和 ^{90}Sr （除牛奶外）的测量结果，部分样品中 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{137}Cs 含量低于探测限，其它核素（包括 ^{238}U 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I ）测量结果均低于探测限。

各样品的测量范围及灰鲜比情况详见表3.1-23。两年本底调查的测量结果与一年本底初步调查的对比情况详见表3.1-24。

两次调查结果相比，可以认为两次调查结果基本一致，所存在的差异属于正常的本底涨落。

14) 海水的放射性水平

海水通过租用当地渔民的渔船采集，用水桶采集表层海水。海水采样点位布置图详见图 3.1-8，海水中放射性核素浓度的测量结果见表 3.1-25。

γ 谱分析结果中：

- ^{226}Ra 活度浓度范围 $<L_D \sim 8.42\text{mBq/L}$ ，均值为 $5.59 \pm 1.90\text{mBq/L}$ ；
- ^{137}Cs 活度浓度范围 1.25~2.83mBq/L，均值为 $1.99 \pm 0.42\text{mBq/L}$ ；
- ^{40}K 活度浓度范围 7.51~13.1Bq/L，均值为 $10.1 \pm 1.1\text{Bq/L}$ ；
- 其它核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{106}Rh 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{65}Zn ）测量结果均低于探测限。

放化分析的所有项目均给出了测量结果，其中：

- ^3H 活度浓度范围 0.20~1.02Bq/L，两年均值为 $0.49 \pm 0.20\text{Bq/L}$ ；

- ^{90}Sr 活度浓度范围 0.47~5.34mBq/L，两年均值为 $1.98 \pm 1.30\text{mBq/L}$ ；
- 总 U 活度浓度范围 2.52~3.13 $\mu\text{g/L}$ ，两年均值为 $2.93 \pm 0.13\mu\text{g/L}$ ；
- 总 β 活度浓度范围 7.29~13.6Bq/L，两年均值为 $10.3 \pm 1.5\text{Bq/L}$ 。

两年本底调查、一年本底初步调查、海洋放射性本底调查的测量结果比较情况见表 3.1- 26。调查结果表明，两年本底调查第一年度的测量结果与一年本底初步调查及海洋放射性调查的结果相近，均在环境本底水平范围内。

15) 海洋沉积物的放射性水平

海洋沉积物通过租用当地渔民的渔船采集，用船锚勾取。海洋沉积物采样点布点图详见图 3.1- 8，海洋沉积物的放射性核素活度浓度测量结果见表 3.1- 27。

γ 谱分析结果中：

- ^{238}U 活度浓度范围 18.0~79.7Bq/kg，两年均值为 $38.7 \pm 11.0\text{Bq/kg}$ ；
- ^{232}Th 活度浓度范围 27.8~156Bq/kg，两年均值为 $51.0 \pm 21.4\text{Bq/kg}$ ；
- ^{226}Ra 活度浓度范围 14.4~60.7Bq/kg，两年均值为 $27.7 \pm 7.4\text{Bq/kg}$ ；
- ^{40}K 活度浓度范围 579~1210Bq/L，两年均值为 $789 \pm 108\text{Bq/L}$ ；
- ^{137}Cs 活度浓度范围 <LLD~2.69Bq/kg，两年均值为 $1.24 \pm 0.53\text{Bq/kg}$ ；
- 其它核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I ）测量结果均低于探测限。

放射分析的所有项目均给出了测量结果， ^{90}Sr 活度浓度范围 0.23~5.09Bq/kg，两年均值为 $1.85 \pm 1.18\text{Bq/kg}$ ；总 U 活度浓度范围 1.29~4.59 $\mu\text{g/g}$ ，两年均值为 $2.64 \pm 0.68\mu\text{g/g}$ ；总 β 活度浓度范围 685~1636Bq/kg，两年均值为 $995 \pm 173\text{Bq/kg}$ 。

两年本底调查第一年度、一年本底初步调查、海洋放射性本底调查测量结果对比情况详见表 3.1- 28。对比结果表明，三次调查的海洋沉积物中的放射性核素活度浓度的结果相近。

16) 海洋生物样品的放射性水平

海洋生物样品主要来自调查范围内的海水养殖场和附近海域，样品的采集委托当地的渔民购买。海洋生物样品共采集了 12 种，包含了藻类、贝类、甲壳类、鱼类和软体类等。海洋生物物的放射性核素活度浓度测量结果见表 3.1- 29。

所有生物样品都给出了 ^{40}K 、 ^{90}Sr 、总 U 和总 β 的测量结果，部分样品中 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{137}Cs 含量低于探测限，只有部分样品给出了测量结果，其它核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I ）测量结果均低于探测限。

两年本底调查与一年本底调查的比对情况具体见表 3.1- 30。

两次调查结果相比，可以认为两次调查结果基本一致，所存在的差异属于正常的本底

涨落。

3.1.3 质量保证措施

在申请装料许可证阶段的环境放射性两年本底调查过程中，质量保证主要有：

- (1) 组织机构和人员控制
- (2) 文件控制
- (3) 设计控制
- (4) 采购控制
- (5) 物项控制
- (6) 调查实施过程控制
- (7) 记录控制

通过以上工作，保证了整个调查过程处于质量控制状态。

1) 样品采集、预处理及运输过程的质量控制

两年本底调查中涉及到的样品采集及预处理都有相应的操作规范。在实际工作中严格按照操作规范操作，并做好标识。按照样品的特性进行适当的包装，在运输前填写样品清单，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。

2) 仪器设备的控制

i. 测量装置的检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，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 3.1-31 列出了使用的主要仪器和设备的检定情况。

ii. 刻度放射性测量仪器用的标准物质

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 3.1-32。

iii. 放射性测量装置的刻度和性能检验

γ 谱仪采用 Am-241、Ba-133、Cs-137、Na-22 等 9 个点源进行刻度。系统每次开关机后、关机前或仪器连续运行一个月以上时测量 γ 谱仪系统的本底、效率和稳定性（峰位），在仪器连续运行一周后测量以上参数并绘制质控图，确保设备工作在正常状态下。

α β 测量仪采用中国计量科学研究院提供的 Am-241 粉末标准物质制成与待测样品相

同形式的标准源标定仪器的总 α 效率，采用 K-40 标定总 β 效率。仪器连续运行一段时间后，测量本底，绘制质控图。

液闪谱仪在仪器运行一段时间后，测量本底和效率，并绘制质控图。

在本底调查过程中 γ 谱仪、 α β 测量仪、液闪谱仪均在正常稳定工作状态下。

3) 调查实施过程控制

i. 调查方法的选定

调查过程中采样及分析测量方法均严格执行我国已颁布的有关标准和法规，指定作业指导书并严格执行

ii. 采样的控制

样品采集和预处理严格按照制定的作业指导书进行。

iii. 野外测量的控制

本项目中使用的 YB-II 和 YB-III 环境 γ 辐射监测仪在实施野外监测工作之前，经国防科工委放射性计量一级站进行了刻度，并出具证书。关于环境 γ 辐射累积剂量测量，中福院自 1981 年开始参加国际环境 TLD 测量对比，所采用仪器每年进行计量院检定并获取检定证书。

iv. 实验室分析测量的控制

- 掺标样品盲样

为确定分析测量的准确度，调查单位质保人员提供掺标样品进行测量分析。所有掺标样品的测量结果与参考值的相对偏差均小于 10%。

- 国际对比样品

中福院在 2011 年至 2012 年参加了国际原子能机构组织的国际对比，对比内容包括 3 个水样品及 1 个土壤样品，对比结果相差最大不超过 15%

- 平行样品测量

在项目实施过程中分别对水、土壤、底泥、陆生生物、海水、海洋沉积物和海洋生物等种类的样品采集了平行样。平行样从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。平行样的个数占总样品数的 10%左右。

3.2 非放环境质量现状

在本节中给出福清核电基地厂址区域目前的非放射性环境质量现状，包括电磁辐射、噪声以及海水水质调查等内容。

本节中所给出的福清核电厂厂址周围大气环境质量和噪声现状情况主要是核电厂建设前的背景值，目前 1-4 号机组处于施工当中，关于核电厂陆域施工过程中厂址周围

大气环境质量和噪声的现状情况见第五章相关内容。

3.2.1 非放环境质量调查

3.2.1.1 电磁辐射现状调查

1) 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》 1989 年 12 月
- 《中华人民共和国环境影响评价法》 2003 年 9 月
- 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局[1997]18 号令）
- 《电磁辐射防护规定》（GB8702-1988）
- 《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）
- 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T 24-1998）
- 《高压架空输电线、变电站无线电干扰测量方法》（GB/T 7349-2002）
- 《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）

2) 调查目的

通过现场测量，调查福清核电厂 5、6 号机组运行前核电厂厂址区域电磁辐射现状，以获取设计阶段环境影响报告书编制所需要的电磁辐射现状测量数据。同时，为今后评价厂址区域核电厂工作人员及周围公众所接受电磁辐射照射水平、无线电干扰影响等环境影响收集本底数据。

为福清核电厂 5、6 号机组运行后的长期电磁辐射水平测量方法奠定基础。

3) 调查内容及范围

- 工频电场、工频磁场强度：以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 0.5km 带状区域；
- 无线电干扰场强：开关站墙外 2km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 2km 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。

4) 监测方法

a) 工频电磁场

依据《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/T988-2005），每个测点分别测量离地 1.5m 处的工频电场强度/工频磁场强度。在特定的时间、地点和气象条件下，若仪表读数是稳定的，测量读数为稳定时的仪表读数；若仪表读数是波动的，

应每 1min 读一个数，取 5min 的平均值为测量读数。

b) 无线电干扰

依据《高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法》（GB/T7349-2002）进行，每个测点位置上分别测量离地 2m 处的无线电干扰场强。

c) 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。

5) 监测点的设置

a) 厂址区域电磁辐射源调查

根据现场踏勘资料，厂址区域现有电磁辐射源有华南风电厂（在厂址中心 ENE 方向 3.9km 处）、移动通讯基站、核电厂 110kV 施工进线、220kV 倒送电线路。在建电磁辐射源有正在建设当中的福清核电厂和 500kV 出线。

b) 厂区内监测点设置

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：本次调查工作共设置 10 个监测点（具体位置详见表 3.2-1 和图 3.2-1），在厂区边界设 4 个（东南西北），厂区内 6 个。编号 1-10，每个监测点分别监测工频电场/工频磁场强度、无线电干扰场强、射频综合场强。

c) 开关站监测点设置

福建福清核电厂目前共有 3 个开关站，拟在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场和工频磁场强度；同时在东、南、西、北边界外 20m 处监测无线电干扰场强。编号 11-22。

开关站监测点设置情况见表 3.2-2 和图 3.2-2。

d) 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，其中，工频电场强度与工频磁场强度监测按 5m 间距，在 0-50m 范围设点，共设 11 个监测点；无线电干扰场强监测按 2m 间距，在 0-512m 范围设点，共设 11 个监测点，并对 20m 处不同频率的无线电干扰场强进行监测。现场监测过程中根据实际情况（地形限制等）对监测点数

量进行了相应的调整，并逐一编号，监测点设置编号见表 3.2-3，监测断面位置见图 3.2-3。

e) 输电线路监测点设置

本次调查工作共设 3 处监测断面（编号 P1-P3），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。按一定的间隔监测工频电场强度、工频磁场强度、无线电干扰场强。

工频电场/工频磁场强度监测点：按 5m 间距，在 0-50m 范围设点，两侧各设 11 个，共设 22 个监测点。

无线电干扰场强监测点：按 2nm 间距，在 0-2km 范围设点，两侧各设 13 个，共设 26 个监测点。

（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，均监测工频电场/工频磁场强度、无线电干扰场强。

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~P1-54、P2-1~P2-56、P3-1~P3-52）。福建福清核电厂送电线路监测断面设置情况见图 3.2-4。

f) 厂区外环境敏感区监测点设置

在福建福清核电厂厂区外设置 11 个监测点，编号 23-33。每个监测点分别监测工频电场/工频磁场强度、无线电干扰场强、射频综合场强。监测点设置情况见表 3.2-4 和图 3.2-5。

6) 监测仪器

本次监测使用的仪器见表 3.2-5。

3.2.1.2 噪声现状调查

因为福清核电厂 5、6 号机组工程是福清核电厂的扩建工程，5、6 号机组与 1、2 号机组同处一个厂址，尽管现今 1、2 号机组工程施工已近尾声，但是此时厂址噪声现状只能反映 1、2 号机组工程施工对环境噪声的影响，所以，对于福清核电厂 5、6 号机组工程建造前的环境噪声现状或本底情况，只能依据 2006 年完成的《福建福清核电厂前薛厂址区域环境噪声本底水平测量及现状评价报告书（可研阶段）》来说明。

执行标准和评价依据

- 《环境影响评价技术导则 声环境》HJ2.4-2009；
- 《声环境质量标准》GB 3096-2008。

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的标准限值见表 3.2-6。

3.2.1.3 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司和北京华测北方检测技术有限公司于 2013 年 4 月共同完成的《福建福清核电厂 5、6 号机组周围大气环境现状调查及评价报告》。

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 3095-1996 及修改单。

《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）及修改单中的标准限值见表 3.2-18。

3.2.1.4 海水水质现状调查

本部分内容主要根据国家海洋局第三海洋研究所于 2013 年完成的《福建福清核电厂厂址邻近海域海洋生物及其生态环境调查综合报告》编制。

1) 调查范围、站位与采样层次设置

福清核电厂厂址附近海域物理化学调查的范围：自核电工程向南延伸 15km，向兴化湾底延伸 10km，向兴化湾口延伸 15km，总面积约 370km²。在该海域垂直岸线布设 6 条断面，共计 20 个大面观测站，进行海洋物理特性、环境化学要素观测；另在取排水口附近设 2 个定点连续站。测站位置见图 3.2- 6。油类和重金属采集表层水样；其余监测要素采样要求为：<5m，采集表层；≥5m，<10m，采集表底层；≥10m，采集表中底层。

2) 观测频率

调查期限为 1 年，从 2012 年 5 月开始。大面监测分别在春、夏、秋、冬季四个季节大潮期各进行 1 个航次的监测，并在春季增加一个小潮航次，共计 5 个航次。在取水口和排水口附近分别布设一个连续观测点，监测航次与大面监测相同，共 5 个航次。

3) 监测项目

大面站：物理特性观测要素：水温、深度、盐度、电导率、水色、透明度、浊度；化学观测要素：pH、总氮、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、总磷、活性磷酸盐、溶解氧、化学耗氧量、总碱度、生化需氧量、活性硅酸盐、悬浮物、总可溶性物质、总有机碳、余氯、硼、阴离子表面活性剂、硫化物、氰化物、氯化物、氟化物、硫酸根、油类和重金

属（汞、铜、铅、锌、镉、铬、砷）等。

连续站：海流、水温、深度、盐度、水位、浊度、pH、总氮、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、总磷、活性磷酸盐、溶解氧、化学耗氧量、活性硅酸盐、悬浮物。

4) 实验和分析方法

样品采集、保存和分析方法分别按 GB/T 12763-2007《海洋调查规范》、GB17378.4-2007《海洋监测规范》海水分析分册中规定的有关方法进行。

3.2.2 非放环境质量现状

3.2.2.1 电磁辐射环境质量现状

1) 电磁辐射评价标准

开关站及高压架空送电线路走廊的工频电磁场强度参照《500kV 超高压输变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》HJ/T24-1998 的推荐值，以离地面 1.5m 高度处 4kV/m 作为居民区工频电场评价标准，以 0.1mT（100 μ T）作为磁感应强度的评价标准。

- 高压架空送电线路的无线电干扰场强根据《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）中规定的限值标准进行评价。具体限值见表 3.2-8。
- 射频电场强度采用《电磁辐射防护规定》GB 8702-1988 标准，对于 30-3000MHz 的频率范围，该标准的公众照射限值为：环境电磁辐射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），该限值包括 30-3000 MHz 的频率范围所有电磁辐射源的作用。

2) 质量现状结论

各项测量数据结果见表 3.2-9~表 3.2-20。

根据评价区域电磁辐射测量结果，得到如下结论：

a) 厂区内电磁辐射监测结果

- 厂区内工频电场强度监测值范围在 0.045V/m~0.282V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.017 μ T ~0.038 μ T 之间，分别小于 HJ/T24-1998 中标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。
- 厂区内 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 40.2dB（ μ V/m）~50.4dB（ μ V/m）之间，平均值为 48.1dB（ μ V/m），最大值与最小值之间相差 10.2dB（ μ V/m）。
- 厂区内射频综合场强监测值在 0.38V/m ~1.63V/m 之间。所有监测值都小于 GB8702-88 中规定的 12V/m 标准限值。

b) 开关站电磁辐射监测结果

- 所有监测点工频电场强度监测值范围在 0.762V/m~6.421V/m 之间，小于 HJ/T24-1998 中标准限值 4kV/m，符合标准要求；工频磁场强度监测值在 0.016 μ T~0.051 μ T 之间，小于 HJ/T24-1998 中标准限值 0.1mT（100 μ T），符合标准要求。
- 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 39.8dB（ μ V/m）~51.3dB（ μ V/m）之间，最大值出现在 12#监测点（110kV 施工进线开关站南边界），其监测值为 51.3dB（ μ V/m）。

c) 输电线路电磁辐射监测结果

- 110kV 施工进线垂直监测断面工频电场强度监测值在 8.335V/m~442.7V/m 之间；平行监测断面工频电场强度监测值在 74.56V/m~105.2V/m 之间。以上所有工频电场强度监测值都小于 HJ/T24-1998 中 4kV/m 的标准限值。
- 110kV 施工进线垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.018 μ T~0.141 μ T 之间；平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.021 μ T~0.027 μ T 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 HJ/T24-1998 中 0.1mT 的标准限值，符合标准要求。
- 110kV 施工进线垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 39.8dB（ μ V/m）~56.1 dB（ μ V/m）之间。东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 43.2dB(μ V/m)和 44.2dB(μ V/m)；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 42.2dB（ μ V/m）~43.8dB（ μ V/m）之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 46 dB(μ V/m)的标准限值。
- 500kV 出线垂直监测断面工频电场强度监测值在 1.854V/m~100.2V/m 之间。由于西侧监测断面随距离的增加而靠近 110kV 施工进线，所以西侧监测断面较东侧监测断面上监测值稍大，且西侧监测断面随距离的增加监测值增大，而在西边相外 50m 处最大，其值为 36.920V/m。平行监测断面工频电场强度监测值在 2.318V/m~10.95V/m 之间。以上所有工频电场强度监测值都小于 HJ/T24-1998 中 4kV/m 标准限值。
- 500kV 出线垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.019 μ T~0.026 μ T 之间，各监测点的监测值变化差异不明显。平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.022 μ T~0.024 μ T 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 HJ/T24-1998 中

0.1mT 的标准限值，符合标准要求。

- 500kV 出线垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 47.5dB ($\mu\text{V/m}$) ~52.8 dB ($\mu\text{V/m}$) 之间，各监测点的监测值差异不大。东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 49.6dB($\mu\text{V/m}$)和 49.1dB($\mu\text{V/m}$)；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 49.8dB ($\mu\text{V/m}$) ~50.2dB ($\mu\text{V/m}$) 之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 55 dB($\mu\text{V/m}$)的标准限值。
- 220kV 倒送电线路工频电场强度监测 29.64V/m~627.5V/m 之间；平行监测断面工频电场强度监测值在 167.5V/m~425.1V/m 之间。以上所有工频电场强度监测值都小于 HJ/T24-1998 中 4kV/m 的标准限值。
- 220kV 倒送电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.022 μT ~0.029 μT 之间；平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.022 μT ~0.026 μT 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 HJ/T24-1998 中 0.1mT 的标准限值，符合标准要求。
- 220kV 倒送电线路垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 44.2dB ($\mu\text{V/m}$) ~48.1 dB ($\mu\text{V/m}$) 之间。南、北边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 46.1dB($\mu\text{V/m}$)和 46.7dB($\mu\text{V/m}$)；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 46.1dB ($\mu\text{V/m}$) ~46.7dB ($\mu\text{V/m}$) 之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 53 dB($\mu\text{V/m}$)的标准限值。

d) 主变压器电磁辐射监测结果

- 所有 1~6#主变压器监测断面工频电场强度监测值在 0.066V/m~0.850V/m 之间，以上所有监测值都小于 HJ/T24-1998 中 4kV/m 标准要求；工频磁场强度监测值在 0.019 μT ~0.043 μT 之间，都小于 HJ/T24-1998 中 0.1mT (100 μT) 标准限值。各监测断面上不同点位工频电场/工频磁场强度随距离的增加没有明显变化。
- 所有 1~6#主变压器 0.5MHz 的无线电干扰场强监测值在 46.2dB ($\mu\text{V/m}$) ~52.6dB ($\mu\text{V/m}$) 之间，各监测断面上不同点位 0.5MHz 的无线电干扰场强监测值随距离增加变化趋势不明显。
- 110kV 施工进线主变压器工频电场强度监测值在 0.278V/m~2.615V/m 之间，最大值出现在 110kV 施工进线主变压器外 0m 处，其监测值为 2.615V/m，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 HJ/T24-1998 中 4kV/m 标准要求。

- 110kV 施工进线主变压器工频磁场强度监测值在 $0.035\mu\text{T}\sim 0.067\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 110kV 施工进线主变压器外 0m 处，其监测值为 $0.067\mu\text{T}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 HJ/T24-1998 中 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 标准限值。
 - 110kV 施工进线主变压器 0.5MHz 的无线电干扰场强监测值在 $49.0\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})\sim 52.3\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 之间，最高值出现在 110kV 施工进线主变压器外 2m 处，其值为 $52.3\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ，随距离增加没有明显变化。
 - 220kV 倒送电主变压器工频电场强度监测值在 $0.988\text{V}/\text{m}\sim 1.321\text{V}/\text{m}$ 之间，最大值出现在 220kV 倒送电主变压器外 0m 处，其监测值为 $1.321\text{V}/\text{m}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 HJ/T24-1998 中 $4\text{kV}/\text{m}$ 标准要求。
 - 220kV 倒送电主变压器工频磁场强度监测值在 $0.020\mu\text{T}\sim 0.030\mu\text{T}$ 之间，最大值出现在 220kV 倒送电主变压器外 0m 处，其监测值为 $0.030\mu\text{T}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 HJ/T24-1998 中 0.1mT ($100\mu\text{T}$) 标准限值。
 - 220kV 倒送电主变压器 0.5MHz 的无线电干扰场强监测值在 $38.6\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})\sim 42.7\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 之间，最高值出现在 220kV 倒送电主变压器外 4m 处，其值为 $42.7\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ ，随距离增加没有明显变化。
- e) 厂区外环境敏感区监测结果
- 所有监测点工频电场强度监测值范围在 $0.914\text{V}/\text{m}\sim 63.85\text{V}/\text{m}$ 之间，所有监测值都小于 HJ/T24-1998 中标准限值 $4\text{kV}/\text{m}$ ，符合标准要求；工频磁场强度监测值在 $0.022\mu\text{T}\sim 0.082\mu\text{T}$ 之间，都小于 HJ/T24-1998 中标准限值 0.1mT ($100\mu\text{T}$)，符合标准要求。
 - 所有监测点 0.5MHz 监测值在 $49.6\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})\sim 58.4\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 之间。其中，有三个点位的 0.5MHz 无线电干扰场强监测值超过了 $55\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ 。其中 24#（前薛村）和 32#（泽岐小学）监测点附近有高压线通过，受其影响。33#（风力发电厂）点位受风力发电机组影响。
 - 所有监测点监测值在 $0.12\text{V}/\text{m}\sim 0.96\text{V}/\text{m}$ 之间，所有监测值都小于《电磁辐射防护规定》（GB 8702-88）中的 $12\text{V}/\text{m}$ 标准限值，符合标准要求。

3.2.2.2 噪声环境质量现状

监测结果表明，在评价区域内，环境噪声监测期间，学校昼间噪声水平偏高，海域夜间噪声水平偏高，噪声环境质量总体状况良好。

3.2.2.3 大气环境质量评价

监测结果表明，厂址评价区域大气环境质量现状良好，大气环境中 SO₂、NO₂、CO、TSP、PM₁₀ 的浓度均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）及修改单中二级标准的要求。

3.2.2.4 海水质量评价

1) 评价标准

根据《福建省人民政府关于印发福建省近岸海域环境功能区划（修编）的通知》（闽政[2011]45 号），福清核电厂附近海域执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的三类标准。

2) 海水水质质量现状评价

本调查海区海水环境质量基本良好，部分调查指标有超标现象。

（1）大面站海水水质调查

所有季节所有调查站位的 pH 值均达到一类、二类海水水质标准。

所有调查站位的化学需氧量(COD)含量均达到一类海水水质标准（≤2.0 mg/L）。

所有调查站位的溶解氧含量均达到一类海水水质标准（≥6.0 mg/L）。

个别站位的生化需氧量（BOD₅）超一类海水水质标准，达到二类海水水质标准，其他站位生化需氧量（BOD₅）值均达到一类海水水质标准。

所有站位的硫化物含量全部符合海水水质一类标准（≤20 μg/L）。

全部站位的阴离子表面活性剂含量全部符合海水水质一类标准（<0.03 mg/L）。

所有站位的硫化物含量全部符合海水水质一类标准（≤20 μg/L）。

全部站位的水样氰化物含量均达到一二类海水水质标准（≤0.005 mg/L）。

调查站位的铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类的含量均达到一类海水水质标准。

超标指标主要集中于营养盐指标，如下：

1) 春季大潮期表层无机氮含量符合一类海水水质标准（≤0.2 mg/L）的站位数占总站位数的 50%，符合二类海水水质标准（≤0.3 mg/L）的站位数占总站位数的 45%，超过四类海水水质标准（≤0.5 mg/L）的站位数占总站位数的 5%；中层符合一类海水水质标准（≤0.2 mg/L）的站位数占总站位数的 75%，符合二类海水水质标准（≤0.3 mg/L）的站位数占总站位数的 25%；底层无机氮含量符合一类海水水质标准（≤0.2 mg/L）的站位数占

总站位数的 66.67%，符合二类海水水质标准(≤ 0.3 mg/L)的站位数占总站位数的 26.67%，符合三类海水水质标准 (≤ 0.4 mg/L) 的站位数占总站位数的 6.66%。

春季小潮期表层无机氮含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L) 的站位数占总站位数的 50%，符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L) 的站位数占总站位数的 40%，超过四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 10%；中层无机氮含量全部符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L)；底层无机氮含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L) 的站位数占总站位数的 71.43%，符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L) 的站位数占总站位数的 14.29%；符合三类海水水质标准 (≤ 0.4 mg/L) 的站位数占总站位数的 14.29%。

夏季大潮期所有站位无机氮含量全部符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L)。

秋季大潮期表层无机氮含量符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L) 的站位数占总站位数的 90%，符合三类海水水质标准 (≤ 0.4 mg/L) 的站位数占总站位数的 10%；中层无机氮含量全部符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L)；底层无机氮含量符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L) 的站位数占总站位数的 87.5%，符合三类海水水质标准 (≤ 0.4 mg/L) 的站位数占总站位数的 12.5%。

冬季大潮期表层无机氮含量符合四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 45%，超过四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 55%；中层无机氮含量符合四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 42.9%，超过四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 57.1%；底层无机氮含量符合四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 25%，超过四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L) 的站位数占总站位数的 75%。

2) 春季大潮期表层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L) 的站位数占总站位数的 25%，符合二三类海水水质标准 (≤ 0.030 mg/L) 的站位数占总站位数的 60%，符合四类海水水质标准 (≤ 0.045 mg/L) 的站位数占总站位数的 10%，超过四类海水水质标准 (≤ 0.045 mg/L) 的站位数占总站位数的 5%；中层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L) 的站位数占总站位数的 75%，符合二三类海水水质标准 (≤ 0.030 mg/L) 的站位数占总站位数的 25%；底层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L) 的站位数占总站位数的 33.33%，符合二三类海水水质标准 (≤ 0.030 mg/L) 的站位数占总站位数的 60%，超过四类海水水质标准 (≤ 0.045 mg/L) 的站位数占总站位数的 6.67%。

春季小潮期表层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准（ ≤ 0.015 mg/L）的站位数占总站位数的 65%，符合二三类海水水质标准（ ≤ 0.030 mg/L）的站位数占总站位数的 25%，超过四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 10%；中层活性磷酸盐含量全部符合一类海水水质标准（ ≤ 0.015 mg/L）；底层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准（ ≤ 0.015 mg/L）的站位数占总站位数的 85.71%，符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 14.29%。

夏季大潮期表层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准（ ≤ 0.015 mg/L）的站位数占总站位数的 80%，符合二三类海水水质标准（ ≤ 0.030 mg/L）的站位数占总站位数的 20%；中层和底层活性磷酸盐含量全部符合一类海水水质标准（ ≤ 0.015 mg/L）。

秋季大潮期表层活性磷酸盐含量符合二三类海水水质标准（ ≤ 0.030 mg/L）的站位数占总站位数的 55%，符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 45%；中层活性磷酸盐含量符合二三类海水水质标准（ ≤ 0.030 mg/L）的站位数占总站位数的 70%，符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 30%；底层活性磷酸盐含量符合二三类海水水质标准（ ≤ 0.030 mg/L）的站位数占总站位数的 62.4%，符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 31.3%，超过四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 6.3%。

冬季大潮期表层活性磷酸盐含量符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 80%，超过四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 20%；中层活性磷酸盐含量符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 64.3%，超过四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 35.7%；底层活性磷酸盐含量符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 75%，超过四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L）的站位数占总站位数的 25%。

（2）连续点水质调查

所有季节所有调查站位的 pH 值均达到一类、二类海水水质标准。

所有调查站位的化学需氧量(COD)含量均达到一类海水水质标准（ ≤ 2.0 mg/L）。

所有调查站位的溶解氧含量均达到一类海水水质标准（ ≥ 6.0 mg/L）。

调查站位的铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类的含量均达到一类海水水质标准。

超标指标主要是营养盐，如下：

1) 春季大潮期连续点 A 全部时刻无机氮含量符合二类海水水质标准 ($<0.2, \leq 0.3$ mg/L)。连续点 B 有 2 个时刻的表层含量达到三类海水水质标准 ($<0.3, \leq 0.4$ mg/L)，其他时刻符合二类海水水质标准 ($<0.2, \leq 0.3$ mg/L)。

春季小潮期连续点 A 有 8 个水样的无机氮含量达到二类海水水质标准 ($<0.2, \leq 0.3$ mg/L)，其他样品含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L)。连续点 B 有 4 个样品的无机氮含量达到二类海水水质标准 ($<0.2, \leq 0.3$ mg/L)，2 个水样的无机氮含量达到三类海水水质标准 ($<0.2, \leq 0.3$ mg/L)，其他样品含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L)。

夏季大潮期连续点无机氮含量全部符合一类海水水质标准 (≤ 0.2 mg/L)。

秋季大潮期连续点 A 全部时刻无机氮含量符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L)。连续点 B 有 1 个时刻的表层含量达到三类海水水质标准 (≤ 0.4 mg/L)，其他时刻符合符合二类海水水质标准 (≤ 0.3 mg/L)。

冬季大潮期连续点 A 有 3 个时刻的表层无机氮含量超过四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L)，其他符合四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L)。连续点 B 有 4 个时刻的表层含量超过四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L)，其他时刻符合符合四类海水水质标准 (≤ 0.5 mg/L)。

2) 春季大潮期连续点 A 和 B 全部时刻活性磷酸盐含量符合二三类海水水质标准 ($>0.015, \leq 0.030$ mg/L)。

春季小潮期连续点 A 有 1 个水样的活性磷酸盐含量达到二三类海水水质标准 ($>0.015, \leq 0.030$ mg/L)，其他样品含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L)。连续点 B 点有 1 个样品的活性磷酸盐含量达到二三类海水水质标准 ($>0.015, \leq 0.030$ mg/L)，1 个水样的活性磷酸盐含量超过四类海水水质标准 (>0.045 mg/L)，其他样品含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L)。

夏季大潮期连续点 A 有 4 个水样的活性磷酸盐含量达到二三类海水水质标准 ($>0.015, \leq 0.030$ mg/L)，其他样品含量符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L)。连续点 B 全部水样均符合一类海水水质标准 (≤ 0.015 mg/L)。

秋季大潮期连续点 A 有 6 个水样和连续点 B 有 8 个水样的活性磷酸盐含量符合四类海水水质标准 (≤ 0.045 mg/L)，其他符合二三类海水水质标准 ($>0.015, \leq 0.030$ mg/L)。

冬季大潮期连续点 A 和 B 所有水样的活性磷酸盐含量符合四类海水水质标准 ($>0.030, \leq 0.045$ mg/L)。

综上所述，福建福清核电厂厂址邻近海域，海洋环境质量整体良好，未受显著污染。

表 3.1-1 福建福清核电厂环境放射性两年本底调查监测大纲

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数	
1	陆地环境	γ 辐射	剂量率	空气吸收剂量率	1 次/月	50km	61 个
			累积剂量	γ 辐射累积剂量	1 次/季	50km	50 个
2	陆地介质	空气	气溶胶	总 α、总 β	1 次/月	20km	5 个
				⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs 及 γ 谱分析	1 次/季	20km	5 个
			沉降物	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/季	20km	5 个
				总 β	1 次/月	20km	5 个
		水	³ H 和 ¹⁴ C	¹⁴ C、HTO	1 次/季	20km	4 个
			降水	总 α、总 β、 ³ H、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/季	20km	4 个
			饮用水		1 次/季	20km	3 个
			地下水		1 次/半年	20km	4 个
		地表水	1 次/半年		20km	3 个	
		土壤	²³⁸ U、 ²³² Th、 ²²⁶ Ra、 ⁴⁰ K、 ¹³⁷ Cs、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	20km	12 个	
		底泥		1 次/半年	20km	6 个	
		陆生生物	粮食类（大米 2 季、红薯、花生）	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	收获期	20km	3 个
			蔬菜（豆角、空心菜、芹菜）	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	收获期	20km	2 个
			肉类（猪肉、鸡肉）	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个
			牛（羊）奶	¹³¹ I 及 γ 谱分析	1 次/半年	20km*	2 个
			淡水鱼（罗非鱼、鲢鱼、草鱼）	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个
茶叶	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析		1 次/年	20km	2 个		
松针	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析		1 次/年	20km	1 个		
水果（两种）	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个			
3	海洋介质	海水*	总铀、总 β、 ⁹⁰ Sr、 ³ H、γ 谱分析	1 次/半年	20km	8 个	
		沉积物	潮间、潮下带	总铀、总 β、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	8 个
			藻类（紫菜、海带）	总铀、总 β、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个
		生物样品	贝类（蚬子、牡蛎、贻贝）	总铀、总 β、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个
			甲壳类（中国对虾、日本对虾、青	总铀、总 β、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个

序号	调查对象	监测项目	监测频度	调查范围	采样点数
	蟹)				
	鱼类(乌母鱼、鲈鱼、鲢鱼)	总铀、总 β、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个

注：γ 谱主要包括 ¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、⁵⁸Co、⁶⁰Co、⁵⁴Mn、¹³¹I、²³²Th、²²⁶Ra、⁴⁰K、^{110m}Ag 等

表 3.1-2 环境辐射本底调查主要的仪器设备及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	环境原野贯穿辐射剂量率	YB-IV 型环境辐射剂量率仪 (高压电离室)	GB/T 14583-1993《环境地表原野贯穿辐射剂量率测定规范》 GB12379-1990《环境核辐射监测规定》 EJ/T379-1989《环境贯穿辐射监测一般规定》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB8998-1988, 环境热释光剂量计及其使用方法 GB10246-1988, 个人和环境监测用热释光剂量测量系统
3	总 α	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》 EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》
4	总 β	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ/T61-2001《辐射环境监测技术规范》 EJ/T 900-1994《水中总 β 放射性测定 蒸发法》
5	³ H	Tri-carb3170TR/SL 低水平液闪	GB 12375-1990《水中氚的分析方法》
6	生物灰 ⁹⁰ Sr	BH1217B 双路弱 α/β 测量仪	GB 11222.1-1989《生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法 二—(2-乙基己基)磷酸萃取色层法》
7	水中 ⁹⁰ Sr	BH1217B 双路弱 α/β 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》
8	土壤、沉积物 ⁹⁰ Sr	BH1217B 双路弱 α/β 测量仪	EJ/T 1035-1996《土壤中锶-90 的分析方法》
9	水中 γ 核素	GC3519HPGeγ 谱仪 GR3019HPGeγ 谱仪 GMX-50S 反康 γ 谱仪	GB/T 16140-1995《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 GB 11713-1989《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
10	土壤、沉积物、气溶胶、沉降灰 γ 核素	GC3519HPGeγ 谱仪 GR3019HPGeγ 谱仪 GMX-50S 反康 γ 谱仪	GB 11743-1989《土壤中放射性核素 γ 能谱测定》 GB/T 16145-1995《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
11	生物灰 γ 核素	GC3519HPGeγ 谱仪 GR3019HPGeγ 谱仪 GMX-50S 反康 γ 谱仪	GB/T 16145-1995《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 GB 11713-1989《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
12	空气中 ¹⁴ C	Tri-carb3170TR/SL 低水平液闪	EJ/T1008-1996《空气中 ¹⁴ C 的取样与测定方法》
13	水及空气中 ³ H	Tri-carb3170TR/SL、低水平液闪	GB/T12375-1990《水中氚的分析方法》
14	总 U	激光铀分析仪	EJ/T550-2000《土壤、岩石等样品中铀的测定激光荧光法》 GB12377-1990《空气中微量铀的分析方法激光荧光法》

表 3.1-3 环境辐射本底调查测量方法探测限

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	8.0×10 ⁻⁵ Bq/m ³
		1000m ³	总 β	100min	6.0×10 ⁻⁵ Bq/m ³
		10000m ³	⁹⁰ Sr	500min	4.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³
		10000 m ³	¹³⁷ Cs	300min	6.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³
		10000 m ³	γ 谱分析	1000min	⁴⁰ K: 1.5×10 ⁻⁴ Bq/m ³
2	沉降物	2g	总 α	100min	0.10Bq/m ² ·月
		2g	总 β	100min	0.15Bq/m ² ·月
		5g	⁹⁰ Sr	500min	3.0×10 ⁻² Bq/m ² ·月
		0.25m ² 灰×3 个月	γ 谱分析	1000min	¹³⁷ Cs: 6.0×10 ⁻² Bq/m ² ·月 ²³² Th: 0.40Bq/m ² ·月 ²²⁶ Ra: 0.30Bq/m ² ·月 ⁴⁰ K: 2.0Bq/m ² ·月
3	空气	10m ³	HTO	1000min	8.0×10 ⁻³ Bq/m ³
		3 m ³	¹⁴ C	1000min	0.1Bq/g·碳
4	土壤、底泥、海洋 沉积物	50g	⁹⁰ Sr	900min	0.3 Bq/kg
		250g	γ 谱分析	1000min	¹³⁷ Cs: 0.40Bq/kg ⁵⁸ Co: 0.35Bq/kg ⁶⁰ Co: 0.40Bq/kg ^{110m} Ag: 0.40Bq/kg ⁵⁴ Mn: 0.40Bq/kg ²³⁸ U: 1.9Bq/kg ²³² Th: 2.0Bq/kg ²²⁶ Ra: 1.5Bq/kg ⁴⁰ K: 6.5Bq/kg
5	地表水、海水、地 下水、饮用水、降 水	3L	总 α	60min	5.0×10 ⁻³ Bq/L
		3L	总 β	60min	8.0×10 ⁻³ Bq/L
		250mL	³ H	1000min	0.35Bq/L
		50L	⁹⁰ Sr	500min	1.5×10 ⁻⁴ Bq/L
		50L	γ 谱分析	1000min	¹³⁷ Cs: 3.5×10 ⁻³ Bq/L ⁴⁰ K: 6.5×10 ⁻² Bq/L
6	生物灰	10g	⁹⁰ Sr	500min	2.0×10 ⁻³ Bq/g 灰
		50g	γ 谱分析	1000min	¹³⁷ Cs: 2.0×10 ⁻³ Bq/g 灰 ⁵⁸ Co: 2.0×10 ⁻³ Bq/g 灰 ⁶⁰ Co: 3.0×10 ⁻³ Bq/g 灰 ^{110m} Ag: 2.2×10 ⁻³ Bq/g 灰 ⁵⁴ Mn: 2.3×10 ⁻³ Bq/g 灰 ⁴⁰ K: 0.20Bq/g 灰
7	牛奶	20L	γ 谱分析	1000min	¹³⁷ Cs: 2.0×10 ⁻³ Bq/g 灰 ¹³¹ I: 0.01Bq/kg 鲜

表 3.1-4 各类环境样品中 Cs-134 的探测下限

样品种类	测量时间	样品量	Cs-134 探测下限
气溶胶	80000s	10389m ³	5.8 μ Bq/m ³
沉降灰	74000s	0.796m ² ·月	0.074Bq/m ² ·月
土壤、底泥、沉积物	80000s	0.3kg	0.24Bq/kg
生物样品	80000s	61.3g 灰	1.1Bq/kg 灰
水样品	80000s	50L	1.4Bq/kg 灰

表 3.1-5 各类环境样品中 I-131 的探测下限

样品种类	测量时间	样品量	I-131 探测下限
气溶胶	80000s	10389m ³	5.8 μ Bq/m ³
沉降灰	74000s	0.5 m ² ·月	0.5Bq/m ² ·月
淡水	80000s	50L	1.0E-3Bq/L
海水	80000s	50L	1.0E-3Bq/L
海洋沉积物	80000s	0.3kg	0.8Bq/kg
土壤	80000s	0.3kg	1Bq/kg
海洋生物	80000s	60g	1Bq/kg 灰
生物样品（牛奶）	80000s	15L	1.3E-2Bq/L

表 3.1-6 各类环境样品中 Cs-137 放化分析的探测下限

样品种类	测量时间	样品量	I-131 探测下限
气溶胶	1000min	10000m ³	1.45 μ Bq/m ³
沉降灰	1000min	0.75 m ² ·月	0.019Bq/m ² ·月
淡水	1000min	50L	2.9E-4Bq/L
海水	1000min	50L	1.0E-3Bq/L
海洋生物	1000min	30g 灰	0.02Bq/kg 鲜

表 3.1-7 γ 辐射空气吸收剂量率每个月均值* (nGy/h)

月份	平均值	月份	平均值	月份	平均值
2010 年 7 月	72.8±21.9	2011 年 3 月	69.0±21.9	2011 年 11 月	69.8±21.4
2010 年 8 月	72.8±22.1	2011 年 4 月	71.5±22.3	2011 年 12 月	71.0±20.9
2010 年 9 月	66.3±21.0	2011 年 5 月	67.8±21.7	2012 年 1 月	69.5±21.5
2010 年 10 月	67.6±21.9	2011 年 6 月	69.7±21.6	2012 年 2 月	69.9±21.3
2010 年 11 月	68.4±20.7	2011 年 7 月	69.5±20.6	2012 年 3 月	70.1±21.7
2010 年 12 月	69.9±21.1	2011 年 8 月	68.3±19.9	2012 年 4 月	68.1±22.2
2011 年 1 月	68.7±21.2	2011 年 9 月	68.0±20.6	2012 年 5 月	68.0±21.0
2011 年 2 月	70.0±21.6	2011 年 10 月	71.0±20.6	2012 年 6 月	64.1±22.0

*注：表中数据已扣除宇宙射线影响。

表 3.1-8 两年本底调查与一年本底初步调查气溶胶中放射性水平对比表

气溶胶		总 α (mBq/m ³)	总 β (mBq/m ³)	⁹⁰ Sr(μ Bq/m ³)
一年本底 初步调查	范围	0.227~1.21	0.116~1.51	2.16~19.0
	均值	0.56±0.22	0.77±0.40	6.02±3.54
两年本底调查	范围	0.10~1.71	0.091~4.91	1.4~27
	均值	0.53±0.38	1.66±0.97	9.1±6.6

表 3.1-9 福岛事故以后沉降灰样品中主要放射性核素的测量结果（Bq/m²）

沉降灰		²³² Th	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
一年本底 初步调查	范围	<L _D ~1.15	<L _D ~0.84	1.01~16.2	<L _D ~0.093	0.023~1.94
	均值	——	——	7.20±4.58	——	0.29±0.50
两年本底 调查	范围	<L _D ~15.2	<L _D ~11.9	<L _D ~177	<L _D	0.07~0.84
	均值	2.25±2.62	1.62±2.05	23.3±33.4	<L _D	0.26±0.16

表 3.1-10 空气中 ^3H 和 ^{14}C 均值

均值		^3H (mBq/m ³)	^{14}C (mBq/m ³)
按季度均值	2010 年秋季	38.2±6.8	22.2±5.6
	2010 年冬季	17.9±60	18.7±3.1
	2011 年春季	23.0±9.6	17.0±2.7
	2011 年夏季	66.4±10.3	14.0±3.2
	2011 年秋季	26.9±3.1	21.2±2.2
	2011 年冬季	7.06±0.25	18.3±2.7
	2012 年春季	12.1±1.7	18.4±3.8
	2012 年夏季	22.1±2.0	28.5±4.1

表 3.1-11 两年本底调查与一年本底初步调查 ^3H 和 ^{14}C 测量结果对比表 (mBq/m³)

项目名称		^3H	^{14}C
一年本底初步调查	范围	18~45	14~46
	均值	27.9±8.1	31.8±10.4
两年本底调查	范围	6.69~78.0	10.5~32.7
	均值	26.7±18.5	19.8±5.2

表 3.1-12 两年本底调查与一年本底初步调查土壤中放射性水平对比表

单位：Bq/kg

项目名称		^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
一年本底 初步调查	范围	10.3~96.8	18.4~95.7	10.8~51.8	239~1665	0.26~5.36	0.33~1.82
	均值	33.3±21.7	45.4±23.0	26.1±11.1	705±342	1.88±1.26	0.99±0.49
两年本底调查	范围	7.74~45.2	11.7~95.6	5.86~44.9	289~1140	<LD~2.12	0.76~4.88
	均值	27.5±9.5	40.3±21.4	25.3±9.8	544±197	—	2.05±1.47

表 3.1-13 降水样品测量结果均值

均值		$^3\text{H}(\text{Bq/L})$	$^{90}\text{Sr}(\text{mBq/L})$	$^{137}\text{Cs}(\text{mBq/L})$	总 β (Bq/L)
按季度均值	2010 年秋季	0.35 ± 0.03	3.36 ± 2.07	—	0.04 ± 0.04
	2010 年冬季	0.46 ± 0.11	13.6 ± 3.8	—	0.047 ± 0.042
	2011 年春季	0.55 ± 0.08	9.63 ± 5.20	—	0.24 ± 0.35
	2011 年夏季	0.54 ± 0.09	2.28 ± 0.79	—	0.044 ± 0.028
	2011 年秋季	0.39 ± 0.05	9.26 ± 4.74	—	0.078 ± 0.042
	2011 年冬季	0.58 ± 0.01	14.6 ± 7.7	—	0.058 ± 0.023
	2012 年春季	0.50 ± 0.08	22.7 ± 5.7	—	0.084 ± 0.031
	2012 年夏季	0.60 ± 0.10	12.1 ± 2.2	—	0.045 ± 0.023

表 3.1-14 两年本底调查与一年本底初步调查降水中放射性水平对比表

单位：mBq/L

项目名称		总 α	总 β	^{90}Sr	^3H (Bq/L)
一年本底初步调查	范围	范围	13.5~283	0.35~2.85	0.90~1.82(上半年)
	均值	均值	68.0 ± 74.8	1.19 ± 0.71	1.39 ± 0.35 (上半年)
两年本底调查	范围	范围	15~760	1.25~29.7	0.31~0.75
	均值	均值	79 ± 128	10.9 ± 7.4	0.49 ± 0.11

表 3.1-15 地表水样品测量结果均值

均值		$^{40}\text{K}(\text{mBq/L})$	$^3\text{H}(\text{Bq/L})$	$^{90}\text{Sr}(\text{mBq/L})$	总 β (Bq/L)
按季度均值	2010 年秋季	417±386	0.70±0.09	2.99±1.27	0.44±0.38
	2011 年春季	820±981	0.67±0.12	4.36±3.11	0.57±0.49
	2011 年秋季	476±240	0.35±0.08	4.27±1.12	0.50±0.31
	2012 年春季	646±432	0.47±0.07	5.31±2.09	0.54±0.46

表 3.1-16 两年本底调查与一年本底初步调查地表水中放射性水平对比表

单位：(mBq/L)

项目名称		总 α	总 β	^3H (Bq/L)	^{40}K	^{90}Sr
初步 调查 均值	魏庄水库	16.5±19.3	108±64	0.68±0.30	83.0±28.3	5.12±2.56
	华南河	48.3±31.7	904±563	0.58±0.38	$(1.01±0.70) \times 10^3$	3.43±2.88
	官厅水库	50.4±59.0	139±131	0.88±0.25	60.1±18.3	3.45±0.46
两年 本底 调查 均值	魏庄水库	260±60	0.60±0.19	363±163	3.86±1.34	260±60
	华南河	$(1.11±0.22) \times 10^3$	0.52±0.17	$(1.36±0.82) \times 10^3$	2.72±1.14	$(1.11±0.22) \times 10^3$
	官厅水库	580±50	0.54±0.21	594±65	6.06±2.14	580±50
A/ B*	魏庄水库	0.42	1.13	0.23	1.33	0.42
	华南河	0.81	1.12	0.74	1.26	0.81
	官厅水库	0.24	1.63	0.10	0.57	0.24

注：*中 A 表示初步调查均值，B 表示两年本地调查均值。

表 3.1-17 地下水样品测量结果均值

均值		K-40 mBq/L	H-3 Bq/L	Sr-90 mBq/L	总 β Bq/L
按季度均值	2010 年秋季	271±159	0.55±0.11	5.71±0.73	0.28±0.17
	2011 年春季	267±116	0.78±0.19	5.26±1.99	0.24±0.10
	2011 年秋季	280±119	0.36±0.07	5.41±3.57	0.31±0.12
	2012 年春季	251±106	0.39±0.04	4.38±1.86	0.26±0.11

表 3.1-18 两年本底调查与一年本底初步调查地下水中放射性水平对比表

单位：mBq/L

分析项目		总 β	³ H (Bq/L)	⁴⁰ K	⁹⁰ Sr
初步调查	气象站	92.8±66.8	0.78±0.56	69.4±30.5	3.50±1.51
	虎邱村	128±14	0.43±0.28	99.6±41.6	3.95±2.29
本次调查	气象站	100±20	0.53±0.15	98.5±11.0	3.91±2.63
	虎邱村	320±30	0.55±0.27	310±8	6.07±1.92
初步调查/本次调查	气象站	0.93	1.47	0.70	0.90
	虎邱村	0.40	0.78	0.32	0.65

表 3.1-19 饮用水中放射性核素活度浓度的测量结果均值

	均值	K-40 (mBq/L)	H-3 (Bq/L)	Sr-90 (mBq/L)	总 β (Bq/L)
按季度均值	2010 年秋季	186±96	0.59±0.11	4.56±0.82	0.17±0.08
	2010 年冬季	160±63	0.38±0.06	3.60±1.47	0.15±0.07
	2011 年春季	204±78	0.60±0.12	8.39±9.21	0.21±0.11
	2011 年夏季	244±85	0.57±0.24	3.64±2.89	0.27±0.11
	2011 年秋季	191±87	0.46±0.08	6.44±5.16	0.17±0.04
	2011 年冬季	118±30	0.77±0.16	5.53±5.21	0.18±0.07
	2012 年春季	184±54	0.46±0.05	3.29±0.75	0.21±0.06
	2012 年夏季	210±104	0.43±0.05	5.34±1.98	0.21±0.07

表 3.1-20 两年本底调查与一年本底初步调查地下水中放射性水平对比表 (mBq/L)

项目名称		总 α	总 β	^3H (Bq/L)	^{40}K	^{90}Sr
一年本底 初步调查	范围	16.1~39.7	49.4~169	0.44~1.60	45.3~106	1.73~18.2
	均值	28.0 ± 7.8	95.0 ± 44.6	0.84 ± 0.47	69.3 ± 22.3	8.72 ± 5.72
两年本底 调查	范围	$L_D \sim 260$	75~430	0.32~0.96	76.7~320	1.37~21.8
	均值	—	200 ± 80	0.53 ± 0.16	188 ± 77	5.17 ± 4.32

表 3.1-21 淡水样品测量结果比较

水样类型	单位	降水	饮用水	地下水	地表水
^{40}K	mBq/L	—	188 ± 77	267 ± 110	599 ± 565
^3H	Bq/L	0.49 ± 0.11	0.53 ± 0.16	0.52 ± 0.21	0.54 ± 0.17
^{90}Sr	mBq/L	10.9 ± 7.4	5.17 ± 4.32	5.15 ± 2.16	4.30 ± 2.08
总 β	Bq/L	0.079 ± 0.128	0.20 ± 0.08	0.27 ± 0.11	0.52 ± 0.39

表 3.1-22 陆地生物样品测量结果均值

单位：Bq/kg 鲜

样品名称	样品个数	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr	灰鲜比
大米	8	0.056±0.028	0.022±0.013	—	33.6±7.4	0.10±0.12	0.00587±0.00133
红薯	2	0.13±0.06	0.052±0.066	0.011±0.010	65.9±18.9	0.085±0.050	0.00808±0.00112
花生	4	1.09±0.06	0.22±0.02	0.12±0.06	208±9	0.53±0.23	0.0229±0.0007
空心	4	0.19±0.03	0.10±0.01	0.009±0.003	73.1±8.8	0.17±0.15	0.00947±0.00089
豆角	2	0.039±0.026	—	0.010±0.006	61.2±7.8	0.33±0.37	0.00545±0.00083
芹菜	3	0.047±0.006	—	—	86.1±13.6	0.14±0.12	0.00853±0.00069
猪肉	2	—	—	0.055±0.006	95.9±10.1	0.094±0.037	0.0104±0.0007
鸡肉	2	0.054±0.012	—	0.011±0.008	61.8±28.7	0.15±0.01	0.0119±0.0027
牛奶	11	—	—	—	52.5±3.8	—	0.0135±0.004
罗非	4	0.23±0.02	0.082±0.023	0.026±0.005	58.8±4.0	0.094±0.060	0.0119±0.0021
鲢鱼	2	0.057±0.013	—	—	64.5±3.5	0.061±0.027	0.00952±0.00209
草鱼	2	—	—	0.015±0.004	69.0±7.1	0.087±0.001	0.0101±0.0013
松针	2	4.03±2.03	1.11±0.92	0.056±0.050	180±25	12.3±7.6	0.0306±0.0035
甜瓜	4	0.048±0.033	0.022±0.014	0.026±0.005	82.1±13.7	0.056±0.001	0.00638±0.00143
杨桃	2	0.069±0.008	0.016±0.001	0.019±0.023	45.8±7.5	0.097±0.047	0.00358±0.00003
木麻黄	1	1.32	0.76	0.081	242	10.7	0.0798
相思树	1	3.57	2.05	0.064	305	31.3	0.0519

表 3.1-23 陆地生物样品测量结果范围

样品名称	样品个数	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr	灰鲜比
大米	8	<0.03-0.077	<0.01-0.042	<LLD	27.7-50.9	0.0088-0.39	0.00449-0.00844
红薯	2	0.089-0.17	<0.01-0.099	<0.008-0.018	52.5-79.2	0.049-0.12	0.00729-0.00887
花生	4	1.04-1.17	0.20-0.25	0.064-0.17	197-218	0.36-0.87	0.0219-0.0237
空心	4	0.16-0.23	0.082-0.11	<0.01-0.011	65.8-85.8	0.022-0.30	0.00893-0.0108
豆角	2	<0.04-0.057	<LLD	<0.01-0.014	55.6-66.7	0.063-0.59	0.00486-0.00604
芹菜	3	0.042-0.053	<0.01-0.023	<LLD	74.3-101	0.054-0.28	0.00773-0.00896
猪肉	2	<LLD	<LLD	0.051-0.059	88.7-103	0.067-0.12	0.00998-0.0109
鸡肉	2	<0.09-0.062	<LLD	<0.01-0.017	41.5-82.1	0.14-0.16	0.0100-0.0138
牛奶	11	<LLD	<LLD	<LLD	49.2-60.9	<LLD	0.00706-0.0187
罗非	4	0.20-0.24	0.048-0.096	0.020-0.031	54.5-64.0	0.046-0.18	0.00919-0.0136
鲢鱼	2	0.048-0.066	<LLD	<LLD	62.0-67.0	0.042-0.080	0.00804-0.0110
草鱼	2	<LLD	<LLD	0.012-0.018	64.0-74.0	0.087-0.087	0.00922-0.0110
松针	2	2.59-5.46	0.46-1.76	<0.04-0.091	162-198	6.99-17.7	0.0281-0.0331
甜瓜	4	<0.04-0.091	<0.02-0.034	0.020-0.031	71.2-96.6	0.055-0.057	0.00507-0.00781
杨桃	2	0.063-0.075	0.015-0.016	<0.005-0.035	40.5-51.1	0.063-0.13	0.00356-0.00360

*注：花生、松针、木麻黄和相思树单位为 Bq/kg(干)，最后为灰干比

表 3.1-24 两年本底调查与一年本底初步调查陆地生物样品测量结果对比表

单位：(Bq/kg 鲜)

	样品名称	^{228}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr
初步调查	红薯	0.08±0.01	0.15±0.01	0.013±0.003	58.1±0.3	0.052±0.002
	花生(干)	0.31±0.09	0.06±0.07	<LLD	217±2	0.049±0.006
	牛奶	<LLD	<LLD	<LLD	21.4±0.2	0.027±0.002
	罗非鱼	0.029±0.009	0.064±0.014	0.021±0.004	63.9±0.4	1.16±0.04
	鲢鱼	<LLD	<LLD	0.017±0.004	64.1±0.4	0.025±0.004
两年调查	红薯	0.13±0.06	0.052±0.066	0.011±0.010	65.9±18.9	0.085±0.050
	花生(干)	1.09±0.06	0.22±0.02	0.12±0.06	208±9	0.53±0.23
	牛奶	<LLD	<LLD	<LLD	52.5±3.8	—
	罗非鱼	0.23±0.02	0.082±0.023	0.026±0.005	58.8±4.0	0.094±0.060
	鲢鱼	0.057±0.013	<LLD	<LLD	64.5±3.5	0.061±0.027
A/B*	红薯	0.62	2.88	1.18	0.88	0.61
	花生(干)	0.28	0.27	—	1.04	0.09
	牛奶	—	—	—	0.41	—
	罗非鱼	0.13	0.78	0.81	1.09	12.3
	鲢鱼	—	—	—	0.99	0.41

注：*A 表示初步调查，B 表示两年本底调查

表 3.1-25 海水样品测量结果各点均值

点位名称		^{226}Ra mBq/L	^{137}Cs mBq/L	^3H Bq/L	^{40}K Bq/L	总 U $\mu\text{g/L}$	总 β Bq/L	^{90}Sr mBq/L
按季度 均值	2010 年 7 月	3.73±1.99	2.39±0.30	0.54±0.18	9.34±0.92	2.88±0.14	10.4±1.5	1.83±1.13
	2011 年 3 月	6.53±1.66	2.20±0.38	0.70±0.20	9.92±0.79	2.89±0.17	9.60±0.70	3.56±1.25
	2011 年 7 月	5.42±1.84	1.78±0.12	0.33±0.08	11.2±1.1	3.05±0.06	11.0±1.7	1.25±0.53
	2012 年 3 月	4.65±1.46	1.60±0.23	0.40±0.06	9.92±0.84	2.90±0.05	10.3±1.8	1.28±0.46

表 3.1-26 两年本底调查、一年本底初步调查、海洋放射性调查中海水测量结果对比表

项目名称		^{226}Ra (mBq/L)	^{137}Cs (mBq/L)	^3H (Bq/L)	^{90}Sr (mBq/L)	总 β (Bq/L)	总 U($\mu\text{g/L}$)	
初步调查	范围	——	2.32~3.98	0.47~0.51	1.03~1.72	10.1~16.2	——	
	均值	——	2.89±0.25	0.48±0.03	1.33±0.28	12.9±2.1	——	
海洋本底	春季	范围	1.76~4.43	1.17~1.63	0.82~1.21	0.78~1.25	2.28~10.2	1.67~4.43
		均值	3.25±0.91	1.38±0.18	0.92±0.12	0.95±0.15	6.22±2.53	3.62±0.76
	秋季	范围	1.90~5.36	1.31~1.96	0.40~0.70	0.44~1.47	4.29~10.2	2.56~4.03
		均值	3.30±0.91	1.56±0.22	0.57±0.10	0.84±0.33	7.71±1.58	3.16±0.43
两年本底调查	范围	<LLD~8.42	1.25~2.83	0.20~1.02	0.47~5.34	7.29~13.6	2.52~3.13	
	均值	5.08±1.98	1.99±0.42	0.49±0.20	1.98±1.30	10.3±1.5	2.93±0.13	

表 3.1-27 海洋沉积物中放射性核素活度浓度测量结果均值情况

单位：Bq/kg

均值类型	点位名称	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr	总 U($\mu\text{g/g}$)	总 β
按季度 均值	2010 年秋季	40.4±15.4	52.7±37.1	28.1±12.3	1.24±0.59	797±160	2.25±0.84	3.25±0.74	977±253
	2011 年春季	37.9±9.1	54.4±17.6	28.4±5.3	1.40±0.56	792±85	2.87±1.38	2.67±0.68	959±108
	2011 年秋季	43.3±9.4	51.6±12.7	28.0±6.0	1.10±0.44	790±103	1.16±0.75	2.08±0.39	980±140
	2012 年春季	33.1±7.2	45.5±8.8	26.2±4.7	1.24±0.57	779±86	1.14±0.66	2.57±0.31	$(1.06\pm0.17)\times 10^3$

表 3.1-28 两年本底调查、一年本底初步调查、海洋放射性调查中海洋沉积物测量结果对比表

单位：Bq/kg

项目名称	点位名称	^{238}U	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
初步调查	排放口	36.3±4.2	44.6±1.5	25.8±2.8	746±25	0.96±0.03	1.43±0.59
	厂址东南	34.6±0.6	45.9±4.7	28.7±1.4	782±46	1.65±0.03	1.60±0.06
	厂址西	35.7±6.2	51.4±10.5	27.8±5.9	799±36	0.95±0.81	1.52±0.01
	气象站东	32.8±5.1	74.6±36.0	26.8±2.4	881±75	1.63±0.34	1.52±0.20
	小麦岛西	37.2±0.2	41.7±1.1	23.3±0.1	782±21	1.07±0.15	0.93±0.09
本次调查	排放口	36.8±5.4	44.0±2.9	27.8±1.1	803±26	0.89±0.24	2.17±1.67
	厂址东南	37.8±6.2	48.4±3.5	29.4±1.0	778±36	1.54±0.26	2.07±0.90
	厂址西	47.6±8.3	53.7±4.0	28.5±1.7	828±37	1.70±0.37	1.63±0.82
	气象站东	52.9±19.4	91.9±44.9	39.6±14.3	941±185	1.32±0.64	1.96±1.07
	小麦岛西	31.5±7.0	38.7±10.2	21.3±6.3	701±90	1.06±0.70	1.34±0.68
初步调查/ 本次调查	排放口	0.99	1.01	0.93	0.93	1.08	0.66
	厂址东南	0.92	0.95	0.98	1.01	1.07	0.77
	厂址西	0.75	0.96	0.98	0.96	0.56	0.93
	气象站东	0.62	0.81	0.68	0.94	1.23	0.78
	小麦岛西	1.18	1.08	1.09	1.12	1.01	0.69

表 3.1-29 海洋生物样品中放射性核素活度浓度的测量结果均值情况

单位：Bq/kg 鲜

样品名称	样品个数	Th-232	Ra-226	Cs-137	K-40	总 U($\mu\text{g}/\text{kg}$ 鲜)	总 β	Sr-90	灰鲜比
海带*	6	13.2 \pm 4.5	2.60 \pm 1.24	0.16 \pm 0.06	1355 \pm 362	342 \pm 28	1268 \pm 351	2.43 \pm 1.22	0.184 \pm 0.038
紫菜*	4	1.62 \pm 0.74	0.53 \pm 0.28	—	825 \pm 869	235 \pm 238	823 \pm 857	4.96 \pm 7.22	0.111 \pm 0.005
蚬子	4	0.98 \pm 0.32	0.31 \pm 0.12	0.025 \pm 0.011	51.2 \pm 25.8	59.0 \pm 25.7	51.0 \pm 17.1	0.50 \pm 0.14	0.0285 \pm 0.0038
牡蛎	7	0.47 \pm 0.12	0.21 \pm 0.05	0.023 \pm 0.007	46.3 \pm 29.0	61.1 \pm 20.2	48.8 \pm 31.2	0.29 \pm 0.09	0.0270 \pm 0.0071
贻贝	6	0.52 \pm 0.65	—	0.020 \pm 0.007	49.5 \pm 17.2	74.2 \pm 14.7	56.4 \pm 21.8	0.49 \pm 0.68	0.0259 \pm 0.0054
明虾	8	0.23 \pm 0.23	—	—	75.2 \pm 24.0	8.11 \pm 3.86	71.1 \pm 22.7	0.081 \pm 0.036	0.0135 \pm 0.0043
九节	4	—	—	0.021 \pm 0.005	76.0 \pm 39.6	12.2 \pm 8.5	68.4 \pm 42.5	0.094 \pm 0.094	0.0150 \pm 0.0057
青蟹	4	0.48 \pm 0.25	—	—	60.1 \pm 18.3	42.0 \pm 47.9	54.3 \pm 16.8	0.24 \pm 0.07	0.0304 \pm 0.0072
乌母	4	0.23 \pm 0.12	0.033 \pm 0.020	0.031 \pm 0.010	71.6 \pm 18.4	13.4 \pm 11.2	80.3 \pm 4.1	0.062 \pm 0.04	0.0124 \pm 0.0038
鲈鱼	4	0.056 \pm 0.032	—	0.035 \pm 0.011	65.9 \pm 6.8	9.69 \pm 7.45	64.2 \pm 5.2	0.13 \pm 0.04	0.0114 \pm 0.0014
红鱼	8	0.068 \pm 0.030	—	0.038 \pm 0.006	74.9 \pm 10.8	14.1 \pm 11.6	69.4 \pm 15.0	0.063 \pm 0.027	0.0130 \pm 0.0021
章鱼	2	0.025 \pm 0.014	—	0.0049 \pm 0.0041	6.39 \pm 1.41	3.39 \pm 2.71	6.13 \pm 1.10	0.028 \pm 0.001	0.00294 \pm 0.00007

表 3.1-30 两年本底调查与一年本底初步调查海洋沉积物测量结果对比表

单位：Bq/kg

	样品名称	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs	^{90}Sr
初步调查	紫菜（干）	4.51±0.35	546±6	0.32±0.76	4.17±0.10
	海带（干）	2.49±0.46	$(4.49±0.02) \times 10^3$	0.49±0.17	0.73±0.07
	牡蛎（鲜）	0.04±0.01	22.4±0.2	0.010±0.003	0.092±0.004
两年本底调查	紫菜（干）	0.53±0.28	825±869	—	4.96±7.22
	海带（干）	2.60±1.24	1355±362	0.16±0.06	2.43±1.22
	牡蛎（鲜）	0.21±0.05	46.3±29.0	0.023±0.007	0.29±0.09
A/B*	紫菜（干）	1.73	0.40	2.00	1.72
	海带（干）	4.70	5.44	—	0.15
	牡蛎（鲜）	0.19	0.48	0.43	0.32

注：*A 为初步调查，B 为两年本底调查

表 3.1-31 两年本底调查中使用的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	2009.6.24	DYHq2009-6315	三年
2	HPGe γ 谱仪	GR3019	2009.6.24	DYHq2009-6316	三年
3	反康 γ 谱仪	GMX-50S	2009.6.24	DYHq2009-6317	三年
4	α/β 低本底测量仪	FJ-2600	2011.6.14	校字第(2011)-D001	二年
5	α/β 测量仪	LB770	2011.6.13	校字第(2011)-D005	二年
6	低水平液闪谱仪	Tri-carb3170TR/SL	2009.6.24	DYHq2009-6321	三年
7	环境 γ 辐射监测仪	YB-II	2011.3.15	校字第(2011)-R038	一年
	环境 γ 辐射监测仪	YB-III	2011.5.3	校字第(2011)-R039	一年
8	分析天平	B6	2010.11.4	(2010)天字第 45	一年
10	微量铀分析仪	MUA	2009.8.21	放字第 2009-04	二年

表 3.1-32 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 3.2-1 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	5	综合办公楼界外	9	1、2 号机组中心
2	厂界南	6	电信通讯基站	10	大件码头
3	厂界西	7	5、6 号机组中心		
4	厂界北	8	3、4 号机组中心		

表 3.2-2 福建福清核电厂开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
110kV 施工进线开关站	东、南、西、北边界外： (1) 5m 处监测工频电场和工频磁场强度； (2) 20m 处监测无线电干扰场强。	11~14
500kV 出线开关站		15~18
220kV 辅助开关站		19~22

表 3.2-3 福建福清核电厂主变压器监测点编号一览表

监测项目	1#主变 压器	2#主变 压器	3#主变 压器	4#主变 压器	5#主变 压器	6#主变 压器	110kV 施工进 线主变 压器	220kV 倒送电 主变压 器
工频电 磁场强 度	A1~A8	C1~C8	E1~E8	G1~G8	R1~R10	V1~V7	S1~S11	Y1~Y7
无线电 干扰场 强	B1~B8	D1~D8	F1~F8	H1~H8	K1~K9	N1~N8	L1~S11	Z1~Z8

表 3.2-4 福建福清核电厂外监测点设置情况

编号	名称	编号	名称	编号	名称
23	东林村	27	楼前小学	31	泽岐村
24	前薛村	28	韩瑶村	32	泽岐小学
25	前薛小学	29	东薛村	33	风力发电厂
26	楼前村	30	洋平村		

表 3.2-5 监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度 测量仪	干扰场强测量仪	电磁场强测量仪
型号	PMM8053A (EHP50C)	KH3950B(ZN30900B)	PMM8053A (EP330)
频率响应	5Hz~100kHz	150kHz~30MHz	100kHz~3GHz
分辨率	0.01V/m, 1 nT	-	0.01V/m
测量灵敏度/准确度	±0.1V/m, ±10 nT	±2dB	±0.3V/m
计量标定标号	XDdj2012-2407	XDdj2012-2540	XDdj2012-2696
有效期	2013 年 8 月 6 日	2013 年 10 月 18 日	2013 年 8 月 19 日

表 3.2-6 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

0 类声环境功能区：指康复疗养区等特别需要安静的区域。

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

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

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

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

表 3.2-7 大气各监测项目评价标准

单位：mg/m³（标准状态）

监测项目	GB 3095-1996 及修改单		
	一级标准	二级标准	三级标准
NO ₂	0.08（日平均）	0.12（日平均）	0.12（日平均）
	0.12（一小时平均）	0.24（一小时平均）	0.24（一小时平均）
SO ₂	0.05（日平均）	0.15（日平均）	0.25（日平均）
	0.15（一小时平均）	0.50（一小时平均）	0.70（一小时平均）
CO	4.00（日平均）	4.00（日平均）	6.00（日平均）
	10.00（一小时平均）	10.00（一小时平均）	20.00（一小时平均）
PM ₁₀	0.05（日平均）	0.15（日平均）	0.25（日平均）
TSP	0.12（日平均）	0.30（日平均）	0.50（日平均）

表 3.2-8 无线电干扰限值

电压 (kV)	110	220~330	500
无线电干扰限值 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)	46	53	55

注：表中数据为距离边导线 20m、频率 0.5MHz 时的限值。

表 3.2-9 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1	厂界东	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.091	0.025
2	厂界南	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.213	0.019
3	厂界西	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.211	0.025
4	厂界北	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.185	0.038
5	综合办公楼界外	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.138	0.022
6	电信通讯基站	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.226	0.027
7	5、6 号机组中心	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.205	0.033
8	3、4 号机组中心	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.282	0.021
9	1、2 号机组中心	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.163	0.033
10	大件码头	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.045	0.017

表 3.2-10 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内无线电干扰场强现状监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	天气 情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)											
									监测频率 MHz											
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30		
1	厂界东	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.4									
2	厂界南	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.3									
3	厂界西	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.1									
4	厂界北	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.3									
5	综合办公楼界外	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.3									
6	电信通讯基站	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.2									
7	5、6 号机组中心	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.5									
8	3、4 号机组中心	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.1									
9	1、2 号机组中心	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.8									
10	大件码头	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			40.2									

表 3.2-11 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内射频综合场强现状监测结果

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度 (V/m)	测量仪器最低检测限 (V/m)
1	厂界东	25°26.435'N 119°26.853'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.18	0.3
2	厂界南	25°26.289'N 119°26.036'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.49	0.3
3	厂界西	25°26.553'N 119°26.331'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.83	0.3
4	厂界北	25°27.014'N 119°27.127'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.58	0.3
5	综合办公楼 界外	25°26.823'N 119°26.945'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.12	0.3
6	电信通讯基 站	25°26.623'N 119°27.008'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.25	0.3
7	5、6 号机组 中心	25°26.519'N 119°26.678'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.87	0.3
8	3、4 号机组 中心	25°26.394'N 119°26.500'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.06	0.3
9	1、2 号机组 中心	25°26.188'N 119°26.242'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.38	0.3
10	大件码头	25°26.096'N 119°26.053'E	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.63	0.3

表 3.2-12 福建福清核电站 5、6 号机组厂区内各开关站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
11	110kV 施工进线开关站东边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	4.728	0.029
12	110kV 施工进线开关站南边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	2.609	0.034
13	110kV 施工进线开关站西边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	4.586	0.025
14	110kV 施工进线开关站北边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	4.826	0.051
15	500kV 出线开关站东边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.325	0.026
16	500kV 出线开关站南边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	2.168	0.018
17	500kV 出线开关站西边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	2.628	0.019
18	500kV 出线开关站北边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.762	0.022
19	220kV 倒送电开关站东边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.927	0.023
20	220kV 倒送电开关站南边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	5.036	0.021
21	220kV 倒送电开关站西边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	6.421	0.019
22	220kV 倒送电开关站北边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.138	0.016

表 3.2-13 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区内各开关站无线电干扰场强现状监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
11	110kV 施工进线开关站东边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			49.8							
12	110kV 施工进线开关站南边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			51.3							
13	110kV 施工进线开关站西边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			51.1							
14	110kV 施工进线开关站北边界	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			46.7							
15	500kV 出线开关站东边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			45.2							
16	500kV 出线开关站南边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			43.6							
17	500kV 出线开关站西边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			42.7							
18	500kV 出线开关站北边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			43.1							
19	220kV 倒送电开关站东边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			41.2							
20	220kV 倒送电开关站南边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			39.8							
21	220kV 倒送电开关站西边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.6							
22	220kV 倒送电开关站北边界	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			42.2							

表 3.2-14 福建福清核电厂 5、6 号机组各输电线路监测断面工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
110kV 施工进线（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	110kV 施工进线东边相下 0m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	354.6	0.138
P1-2	110kV 施工进线东边相外 5m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	422.7	0.084
P1-3	110kV 施工进线东边相外 10m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	266.2	0.05
P1-4	110kV 施工进线东边相外 15m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	169.8	0.033
P1-5	110kV 施工进线东边相外 20m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	103.1	0.023
P1-6	110kV 施工进线东边相外 25m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	62.16	0.021
P1-7	110kV 施工进线东边相外 30m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	34.81	0.021
P1-8	110kV 施工进线东边相外 35m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	26.43	0.022
P1-9	110kV 施工进线东边相外 40m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	21.72	0.024
P1-10	110kV 施工进线东边相外 45m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	17.6	0.022
P1-11	110kV 施工进线东边相外 50m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	11.61	0.021
P1-12	110kV 施工进线西边相下 0m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	442.7	0.141
P1-13	110kV 施工进线西边相外 5m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	333.5	0.106
P1-14	110kV 施工进线西边相外 10m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	217.5	0.067
P1-15	110kV 施工进线西边相外 15m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	116.1	0.046
P1-16	110kV 施工进线西边相外 20m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	81.83	0.035
P1-17	110kV 施工进线西边相外 25m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	37.94	0.026
P1-18	110kV 施工进线西边相外 30m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	28.75	0.026

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
P1-19	110kV 施工进线西边相外 35m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	19.06	0.023
P1-20	110kV 施工进线西边相外 40m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	13.62	0.022
P1-21	110kV 施工进线西边相外 45m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	9.962	0.02
P1-22	110kV 施工进线西边相外 50m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	8.335	0.018
110kV 施工进线（P1 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P1-23	110kV 施工进线东边相外 20m(1)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	105.2	0.021
P1-24	110kV 施工进线东边相外 20m(2)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	98.45	0.022
P1-25	110kV 施工进线东边相外 20m(3)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	102.2	0.021
P1-26	110kV 施工进线西边相外 20m(1)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	75.39	0.026
P1-27	110kV 施工进线西边相外 20m(2)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	80.12	0.026
P1-28	110kV 施工进线西边相外 20m(3)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	74.56	0.027
500kV 出线（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	500kV 出线东边相下 0m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	1.919	0.022
P2-2	500kV 出线东边相外 5m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	1.854	0.024
P2-3	500kV 出线东边相外 10m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.318	0.02
P2-4	500kV 出线东边相外 15m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.314	0.019
P2-5	500kV 出线东边相外 20m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.416	0.023
P2-6	500kV 出线东边相外 25m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	3.288	0.024
P2-7	500kV 出线东边相外 30m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.937	0.021
P2-8	500kV 出线东边相外 35m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	3.228	0.021
P2-9	500kV 出线东边相外 40m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	3.754	0.024

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
P2-10	500kV 出线东边相外 45m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	3.543	0.024
P2-11	500kV 出线东边相外 50m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	3.611	0.025
P2-12	500kV 出线西边相下 0m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	3.544	0.022
P2-13	500kV 出线西边相外 5m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	5.443	0.026
P2-14	500kV 出线西边相外 10m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	7.083	0.024
P2-15	500kV 出线西边相外 15m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	9.572	0.023
P2-16	500kV 出线西边相外 20m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	10.980	0.023
P2-17	500kV 出线西边相外 25m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	11.61	0.021
P2-18	500kV 出线西边相外 30m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	10.26	0.024
P2-19	500kV 出线西边相外 35m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	9.263	0.021
P2-20	500kV 出线西边相外 40m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	23.11	0.024
P2-21	500kV 出线西边相外 45m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	59.2	0.023
P2-22	500kV 出线西边相外 50m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	135.5	0.021
500kV 出线（P2 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P2-23	500kV 出线东边相外 20m(1)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.435	0.024
P2-24	500kV 出线东边相外 20m(2)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.318	0.024
P2-25	500kV 出线东边相外 20m(3)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	2.424	0.023
P2-26	500kV 出线西边相外 20m(1)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	10.23	0.022
P2-27	500kV 出线西边相外 20m(2)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	9.980	0.023
P2-28	500kV 出线西边相外 20m(3)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	10.95	0.022
220kV 倒送电线路（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										

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
P3-1	220kV 倒送电线路南边相下 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	517.1	0.024
P3-2	220kV 倒送电线路南边相外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	627.5	0.025
P3-3	220kV 倒送电线路南边相外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	613.7	0.023
P3-4	220kV 倒送电线路南边相外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	507.2	0.024
P3-5	220kV 倒送电线路南边相外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	422.7	0.023
P3-6	220kV 倒送电线路南边相外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	302.9	0.022
P3-7	220kV 倒送电线路南边相外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	209.2	0.022
P3-8	220kV 倒送电线路南边相外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	155.7	0.022
P3-9	220kV 倒送电线路北边相下 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	368.9	0.029
P3-10	220kV 倒送电线路北边相外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	371.8	0.027
P3-11	220kV 倒送电线路北边相外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	361.2	0.026
P3-12	220kV 倒送电线路北边相外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	260.8	0.025
P3-13	220kV 倒送电线路北边相外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	169.5	0.026
P3-14	220kV 倒送电线路北边相外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	99.57	0.022
P3-15	220kV 倒送电线路北边相外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	72.27	0.023
P3-16	220kV 倒送电线路北边相外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	57.73	0.024
P3-17	220kV 倒送电线路北边相外 40m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	47.61	0.024
P3-18	220kV 倒送电线路北边相外 45m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	36.27	0.023
P3-19	220kV 倒送电线路北边相外 50m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	29.64	0.022
220kV 倒送电线路（P3 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-23	220kV 倒送电线路南边相外 20m(1)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	423.5	0.022

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)
P3-24	220kV 倒送电线路南边相外 20m(2)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	418.7	0.023
P3-25	220kV 倒送电线路南边相外 20m(3)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	425.1	0.022
P3-26	220kV 倒送电线路北边相外 20m(1)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	172.3	0.025
P3-27	220kV 倒送电线路北边相外 20m(2)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	167.5	0.024
P3-28	220kV 倒送电线路北边相外 20m(3)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	168.7	0.026

表 3.2-15 福建福清核电厂 5、6 号机组各输电线路监测断面无线电干扰场强现状监测结果

测点 编号	测点位置	监测时间	天气 情况	温 度 ℃	湿 度 %	风 向	风 速 m/s	大 气 压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)														
									监测频率 MHz														
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30					
110kV 施工进线 (P1 监测断面) 垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																							
P1-29	110kV 施工进线东边相下 0m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			56.0												
P1-30	110kV 施工进线东边相外 1m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			54.8												
P1-31	110kV 施工进线东边相外 2m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			51.2												
P1-32	110kV 施工进线东边相外 4m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			49.1												
P1-33	110kV 施工进线东边相外 8m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			47.2												
P1-34	110kV 施工进线东边相外 16m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			45.8												
P1-35	110kV 施工进线东边相外 20m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	60.7	50.3	43.2	54.2	47.3	45	48.8	47.1	50.4	46.3					
P1-36	110kV 施工进线东边相外 32m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			41.6												
P1-37	110kV 施工进线东边相外 64m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			41.2												
P1-38	110kV 施工进线东边相外 128m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			40.8												
P1-39	110kV 施工进线东边相外 256m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			40.2												
P1-40	110kV 施工进线西边相下 0m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			56.1												
P1-41	110kV 施工进线西边相外 1m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			55.3												
P1-42	110kV 施工进线西边相外 2m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			53.2												
P1-43	110kV 施工进线西边相外 4m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			51.9												
P1-44	110kV 施工进线西边相外 8m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			49.6												
P1-45	110kV 施工进线西边相外 16m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			46.8												
P1-46	110kV 施工进线西边相外 20m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	59.8	55.9	44.2	52.6	46.5	44.9	47.5	45.0	47.5	46.1					
P1-47	110kV 施工进线西边相外 32m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			41.8												
P1-48	110kV 施工进线西边相外 64m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			40.3												
P1-49	110kV 施工进线东边相外 128m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			40.1												

测点 编号	测点位置	监测时间	天气 情况	温 度 ℃	湿 度 %	风 向	风 速 m/s	大 气 压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)											
									监测频率 MHz											
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30		
P1-50	110kV 施工进线东边相外 256m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			39.8									
110kV 施工进线 (P1 监测断面) 平行监测断面无线电干扰场强监测数据																				
P1-49	110kV 施工进线东边相外 20m(1)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			43.6									
P1-50	110kV 施工进线东边相外 20m(2)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			42.8									
P1-51	110kV 施工进线东边相外 20m(3)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			42.2									
P1-52	110kV 施工进线西边相外 20m(1)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			43.8									
P1-53	10kV 施工进线西边相外 20m(2)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			42.6									
P1-54	10kV 施工进线西边相外 20m(3)	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			42.2									
500kV 出线 (P2 监测断面) 垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																				
P2-29	500kV 出线东边相下 0m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.4									
P2-30	500kV 出线东边相外 1m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.7									
P2-31	500kV 出线东边相外 2m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.7									
P2-32	500kV 出线东边相外 4m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.9									
P2-33	500kV 出线东边相外 8m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.1									
P2-34	500kV 出线东边相外 16m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.8									
P2-35	500kV 出线东边相外 20m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	59.2	57.6	49.6	47.5	48.2	46.1	45.2	46.6	45.5	43.9		
P2-36	500kV 出线东边相外 32m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			48.8									
P2-37	500kV 出线东边相外 64m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			48.2									
P2-38	500kV 出线东边相外 128m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			47.5									
P2-39	500kV 出线西边相下 0m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			51.4									
P2-40	500kV 出线西边相外 1m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			52.8									
P2-41	500kV 出线西边相外 2m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			52.3									
P2-42	110kV 施工进线西边相外 4m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.5									

测点 编号	测点位置	监测时间	天气 情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气 压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)											
									监测频率 MHz											
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30		
P2-43	500kV 出线西边相外 8m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.7									
P2-44	500kV 出线西边相外 16m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.6									
P2-45	500kV 出线西边相外 20m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2	58.5	52.8	49.1	47.2	46.5	46.1	45.2	45.1	42.9	41.5		
P2-46	500kV 出线西边相外 32m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.4									
P2-47	500kV 出线西边相外 64m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.4									
P2-48	500kV 出线东边相外 128m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.4									
P2-49	500kV 出线东边相外 256m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.2									
P2-50	500kV 出线东边相外 512m	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.9									
500kV 出线 (P2 监测断面) 平行监测断面无线电干扰场强监测数据																				
P2-51	500kV 出线东边相外 20m(1)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.8									
P2-52	500kV 出线东边相外 20m(2)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.1									
P2-53	500kV 出线东边相外 20m(3)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			49.9									
P2-54	500kV 出线西边相外 20m(1)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.1									
P2-55	500kV 出线西边相外 20m(2)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.2									
P2-56	500kV 出线西边相外 20m(3)	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.2									
220kV 倒送电线路 (P3 监测断面) 垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																				
P3-29	220kV 倒送电线路南边相下 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.6									
P3-30	220kV 倒送电线路南边相外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.3									
P3-31	220kV 倒送电线路南边相外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.2									
P3-32	220kV 倒送电线路南边相外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.1									
P3-33	220kV 倒送电线路南边相外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.8									
P3-34	220kV 倒送电线路南边相外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.5									
P3-35	220kV 倒送电线路南边相外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	50.2	49.5	46.3	45.3	45.1	44.7	44.9	43.2	38.9	38.2		

测点 编号	测点位置	监测时间	天气 情况	温 度 ℃	湿 度 %	风 向	风 速 m/s	大 气 压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)											
									监测频率 MHz											
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30		
P3-36	220kV 倒送电线路南边相外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			45.2									
P3-37	220kV 倒送电线路北边相下 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			48.1									
P3-38	220kV 倒送电线路北边相外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.8									
P3-39	220kV 倒送电线路北边相外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.6									
P3-40	220kV 倒送电线路北边相外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.2									
P3-41	220kV 倒送电线路北边相外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.1									
P3-42	220kV 倒送电线路北边相外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.1									
P3-43	220kV 倒送电线路北边相外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	50.5	49.2	46.8	46.2	46.1	45.1	45.2	43.1	40.2	40.1		
P3-44	220kV 倒送电线路北边相外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			45.3									
P3-45	220kV 倒送电线路北边相外 64m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			45.1									
P3-46	220kV 倒送电线路北边相外 128m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			44.2									
220kV 倒送电线路（P3 监测断面）平行监测断面无线电干扰场强监测数据																				
P3-47	220kV 倒送电南边相外 20m(1)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.2									
P3-48	220kV 倒送电南边相外 20m(2)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.1									
P3-49	220kV 倒送电南边相外 20m(3)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.3									
P3-50	220kV 倒送电北边相外 20m(1)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.7									
P3-51	220kV 倒送电北边相外 20m(2)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.5									
P3-52	220kV 倒送电北边相外 20m(3)	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.2									

表 3.2-16 福建福清核电厂 5、6 号机组各主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
A1	1#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.243	0.021
A2	1#主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.380	0.028
A3	1#主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.368	0.022
A4	1#主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.489	0.028
A5	1#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.438	0.030
A6	1#主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.369	0.040
A7	1#主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.233	0.028
A8	1#主变压器外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.299	0.025
2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
C1	2#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.713	0.026
C2	2#主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.850	0.028
C3	2#主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.687	0.025
C4	2#主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.762	0.026
C5	2#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.784	0.027
C6	2#主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.621	0.028
C7	2#主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.389	0.043
C8	2#主变压器外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.218	0.026
3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
E1	3#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.211	0.037
E2	3#主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.081	0.024
E3	3#主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.086	0.027
E4	3#主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.094	0.031
E5	3#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.195	0.034

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
E6	3#主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.137	0.029
E7	3#主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.196	0.023
E8	3#主变压器外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.128	0.032
4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
G1	4#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.106	0.021
G2	4#主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.081	0.021
G3	4#主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.075	0.024
G4	4#主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.173	0.020
G5	4#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.094	0.021
G6	4#主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.066	0.022
G7	4#主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.172	0.023
G8	4#主变压器外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.198	0.024
5#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
R1	5#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.089	0.025
R2	5#主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.085	0.025
R3	5#主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.173	0.028
R4	5#主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.118	0.027
R5	5#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.146	0.022
R6	5#主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.106	0.022
R7	5#主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.254	0.025
R8	5#主变压器外 35m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.213	0.027
R9	5#主变压器外 40m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.216	0.019
R10	5#主变压器外 45m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.083	0.025
6#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
V1	6#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.122	0.026

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
V2	6#主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.089	0.024
V3	6#主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.132	0.027
V4	6#主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.103	0.025
V5	6#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.092	0.026
V6	6#主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.115	0.024
V7	6#主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.183	0.023
110kV 施工进线主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
S1	110kV 施工进线主变压器外 0m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	2.615	0.067
S2	110kV 施工进线主变压器外 5m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	1.831	0.054
S3	110kV 施工进线主变压器外 10m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	1.367	0.051
S4	110kV 施工进线主变压器外 15m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	1.146	0.048
S5	110kV 施工进线主变压器外 20m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.882	0.045
S6	110kV 施工进线主变压器外 25m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.662	0.043
S7	110kV 施工进线主变压器外 30m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.516	0.041
S8	110kV 施工进线主变压器外 35m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.501	0.041
S9	110kV 施工进线主变压器外 40m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.452	0.040
S10	110kV 施工进线主变压器外 45m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.308	0.038
S11	110kV 施工进线主变压器外 50m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	0.278	0.035
220kV 倒送电主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
Y1	220kV 倒送电主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.321	0.030
Y2	220kV 倒送电主变压器外 5m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.196	0.023
Y3	220kV 倒送电主变压器外 10m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.164	0.021
Y4	220kV 倒送电主变压器外 15m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.126	0.02
Y5	220kV 倒送电主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.117	0.021
Y6	220kV 倒送电主变压器外 25m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	1.049	0.021

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速m/s	大气压kPa	工频电场强度(V/m)	工频磁感应强度(μT)
Y7	220kV 倒送电主变压器外 30m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.988	0.020

表 3.2-17 福建福清核电厂 5、6 号机组各主变压器无线电干扰场强现状监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
1#主变压器无线电干扰场强监测结果																		
B1	1#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.5							
B2	1#主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.8							
B3	1#主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.8							
B4	1#主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.9							
B5	1#主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.1							
B6	1#主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			48.9							
B7	1#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	58.2	53.1	50.4	48.2	46.8	45.2	45.3	44.7	44.2	43.1
B8	1#主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.2							
2#主变压器无线电干扰场强监测结果																		
D1	2#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.8							
D2	2#主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.7							
D3	2#主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.9							
D4	2#主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.4							
D5	2#主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.3							
D6	2#主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.5							
D7	2#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	57.9	54.0	49.4	48.9	47.1	45.3	45.1	47.2	48.3	46.7
D8	2#主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.1							
3#主变压器无线电干扰场强监测结果																		
F1	3#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.8							
F2	3#主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.8							
F3	3#主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.2							

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)											
									监测频率 MHz											
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30		
F4	3#主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.7									
F5	3#主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.7									
F6	3#主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.7									
F7	3#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	65.8	69.1	50.4	52.2	48.0	33.7	46.0	45.1	49.5	46.1		
F8	3#主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.0									
4#主变压器无线电干扰场强监测结果																				
H1	4#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.2									
H2	4#主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.9									
H3	4#主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.0									
H4	4#主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.9									
H5	4#主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.4									
H6	4#主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.9									
H7	4#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	60.3	54.4	50.1	49.2	53.2	48.8	45.2	45.4	47.9	46.6		
H8	4#主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.3									
5#主变压器无线电干扰场强监测结果																				
K1	5#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			52.6									
K2	5#主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.8									
K3	5#主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.9									
K4	5#主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.6									
K5	5#主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.7									
K6	5#主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			46.2									
K7	5#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	58.2	51.8	49.6	47.5	43.5	45.2	45.1	44.8	47.0	46.0		
K8	5#主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.7									

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)											
									监测频率 MHz											
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30		
K9	5#主变压器外 64m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.0									
6#主变压器无线电干扰场强监测结果																				
N1	6#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			52.0									
N2	6#主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.2									
N3	6#主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			52.4									
N4	6#主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.8									
N5	6#主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.8									
N6	6#主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.0									
N7	6#主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	57.8	50.5	49.2	47.5	46.2	44.6	44.5	44.7	44.5	46.1		
N8	6#主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			51.5									
110kV 施工进线主变压器无线电干扰场强监测结果																				
L1	110kV 施工进线主变压器外 0m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			51.5									
L2	110kV 施工进线主变压器外 1m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			50.6									
L3	110kV 施工进线主变压器外 2m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			52.3									
L4	110kV 施工进线主变压器外 4m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			49.7									
L5	110kV 施工进线主变压器外 8m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			49.2									
L6	110kV 施工进线主变压器外 16m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			51.4									

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
L7	110kV 施工进线主变压器外 20m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5	57.6	55.4	51.2	53.6	46.6	45.1	45.2	48.7	47.8	46.5
L8	110kV 施工进线主变压器外 32m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			49.0							
L9	110kV 施工进线主变压器外 64m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			50.3							
L10	110kV 施工进线主变压器外 128m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			52.1							
L11	110kV 施工进线主变压器外 256m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			50.4							
220kV 倒送电主变压器无线电干扰场强监测结果																		
Z1	220kV 倒送电主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			39.4							
Z2	220kV 倒送电主变压器外 1m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			38.6							
Z3	220kV 倒送电主变压器外 2m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			40.3							
Z4	220kV 倒送电主变压器外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			42.7							
Z5	220kV 倒送电主变压器外 8m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			39.9							
Z6	220kV 倒送电主变压器外 16m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			40.4							
Z7	220kV 倒送电主变压器外 20m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	50.9	41.2	39.6	38.9	34.6	34.2	33.6	33.1	33.5	36.3
Z8	220kV 倒送电主变压器外 32m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			39.5							

表 3.2-18 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区外环境敏感区工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μT)
23	东林村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	3.813	0.022
24	前薛村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	2.307	0.078
25	前薛小学	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	1.046	0.052
26	楼前村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	5.341	0.039
27	楼前小学	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	1.126	0.052
28	韩瑶村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	2.611	0.027
29	东薛村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	6.482	0.060
30	洋平村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	6.382	0.022
31	泽岐村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	2.366	0.045
32	泽岐小学	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.914	0.056
33	风力发电厂	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	63.85	0.082

表 3.2-19 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区外环境敏感区无线电干扰场强现状监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度 ℃	湿度 %	风向	风速 m/s	大气压 kPa	无线电干扰强度 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
23	东林村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			52.3							
24	前薛村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			56.4							
25	前薛小学	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			54.9							
26	楼前村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			53.4							
27	楼前小学	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			53.6							
28	韩瑶村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			49.8							
29	东薛村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			52.7							
30	洋平村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			49.6							
31	泽岐村	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			53.3							
32	泽岐小学	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			56.1							
33	风力发电厂	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6			58.4							

表 3.2-20 福建福清核电厂 5、6 号机组厂区外环境敏感区射频综合场强现状监测结果

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度 (V/m)	测量仪器最低检测限 (V/m)
23	东林村	25°27.749'N 119°26.840'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.015	0.3
24	前薛村	25°27.840'N 119°27.172'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.30	0.3
25	前薛小学	25°27.466'N 119°27.017'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.30	0.3
26	楼前村	25°28.135'N 119°26.925'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.29	0.3
27	楼前小学	25°28.142'N 119°26.820'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.21	0.3
28	韩瑶村	25°28.515'N 119°26.802'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.54	0.3
29	东薛村	25°28.017'N 119°27.146'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.29	0.3
30	洋平村	25°28.295'N 119°27.539'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.42	0.3
31	泽岐村	25°28.681'N 119°27.445'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.12	0.3
32	泽岐小学	25°28.611'N 119°27.487'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.19	0.3
33	风力发电厂	25°28.175'N 119°28.762'E	2013.3.23AM	晴	15.6	62	东	2.8	100.6	0.96	0.3

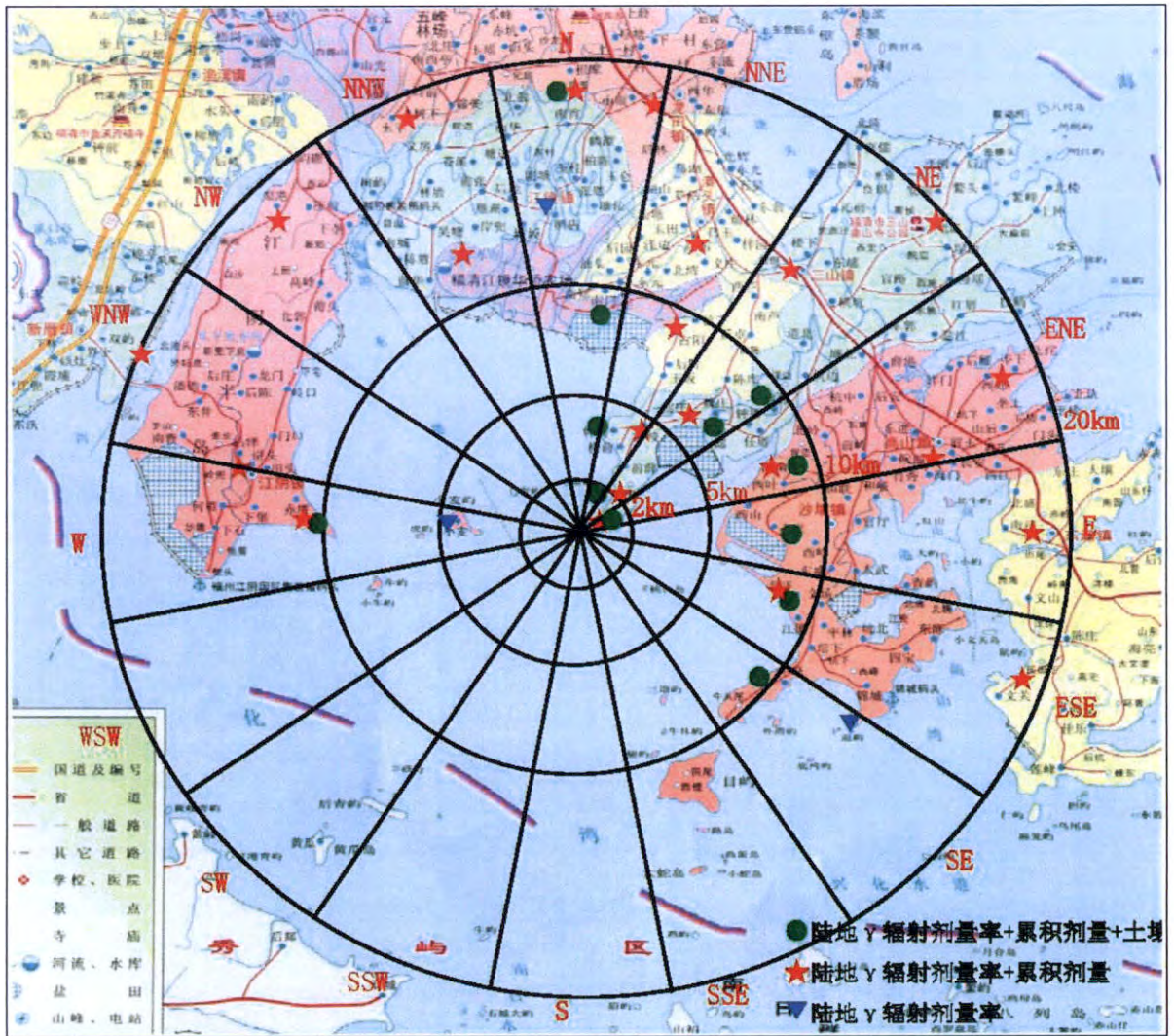


图 3.1-1 5km 范围内原野贯穿辐射剂量率、累积计量测量点和土壤布点示意图

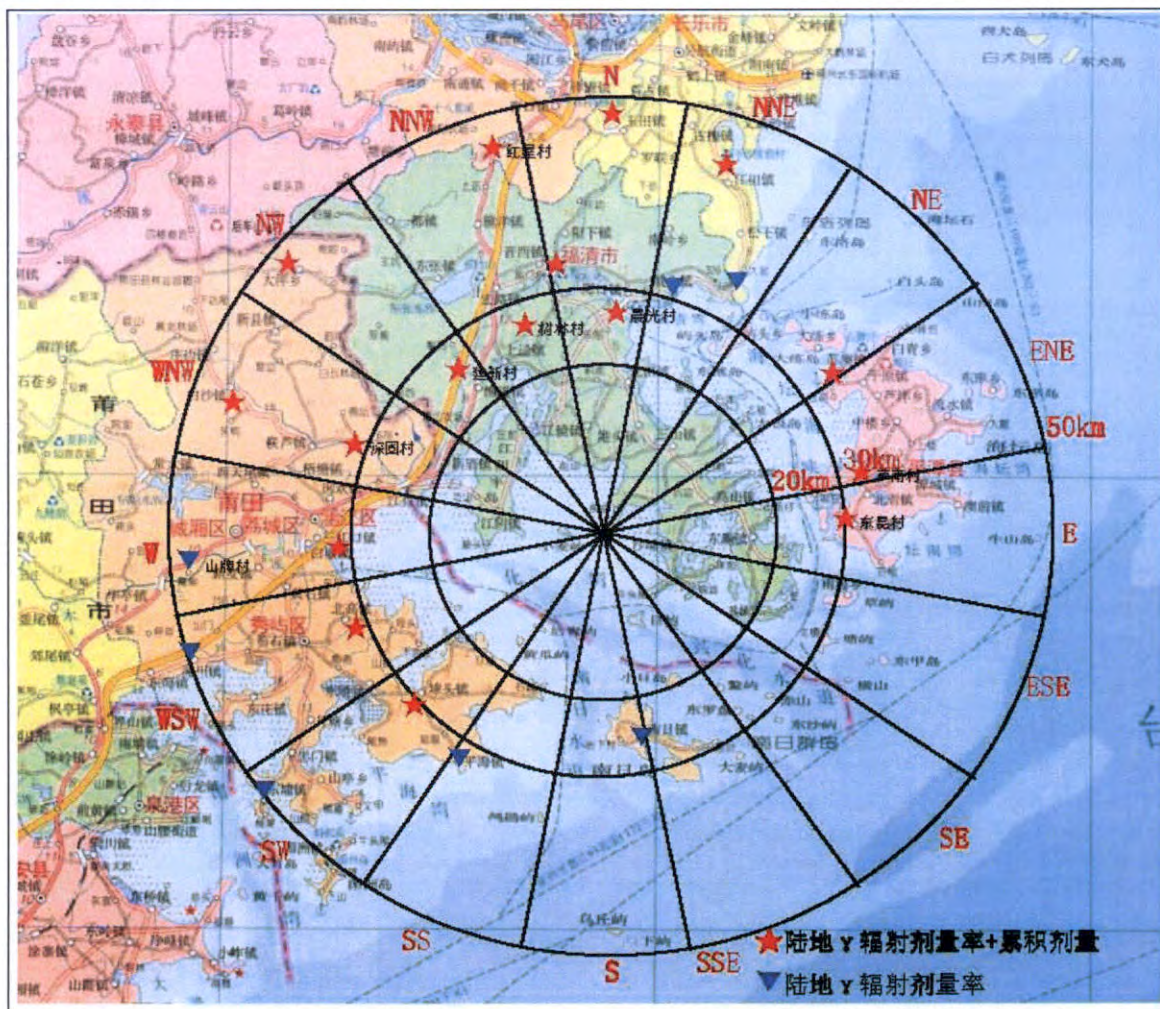


图 3.1-2 50km 范围内原野贯穿辐射剂量率、累积剂量测量点布点示意图

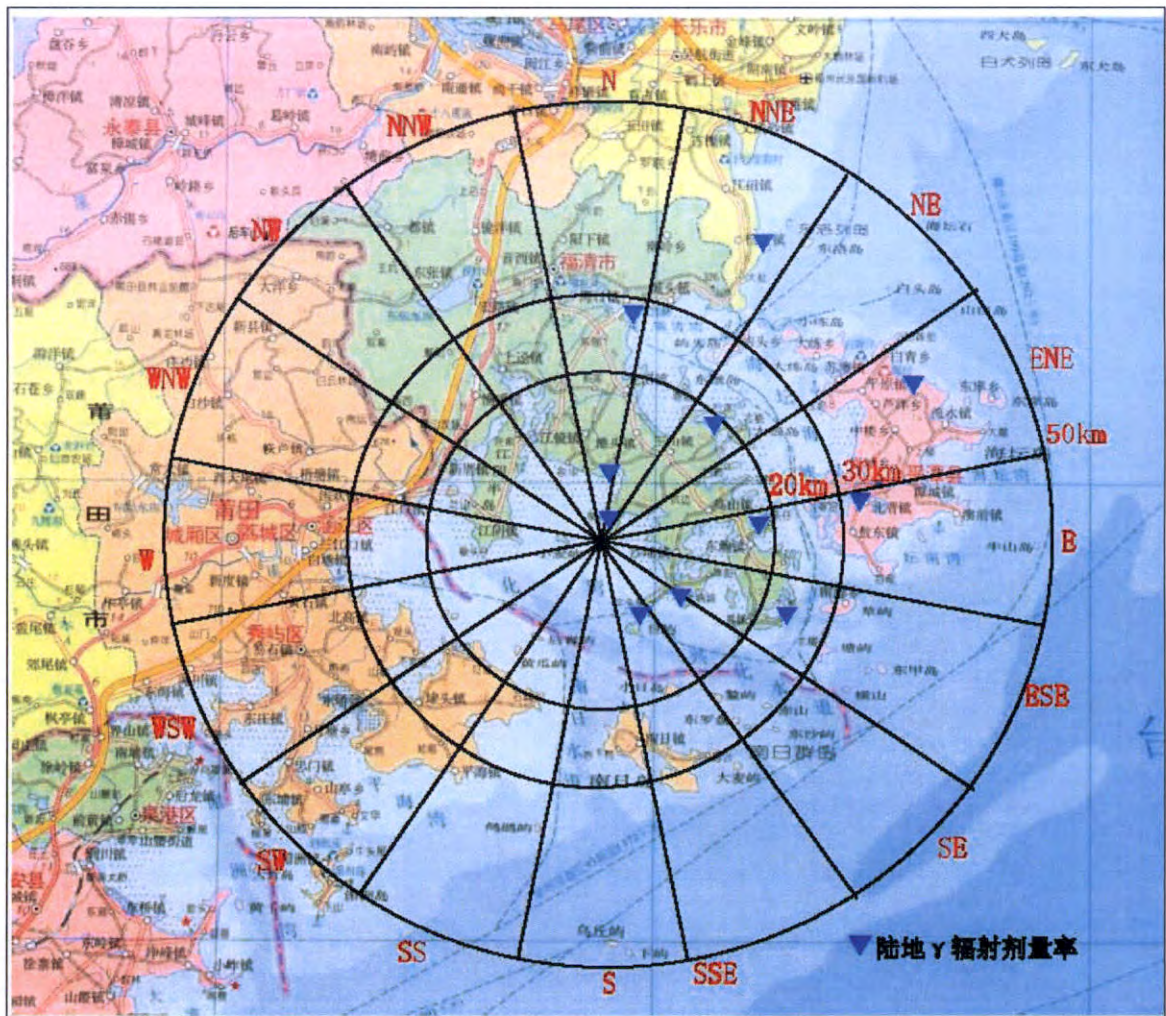


图 3.1-3 因日本核事故增加的剂量率测量点位

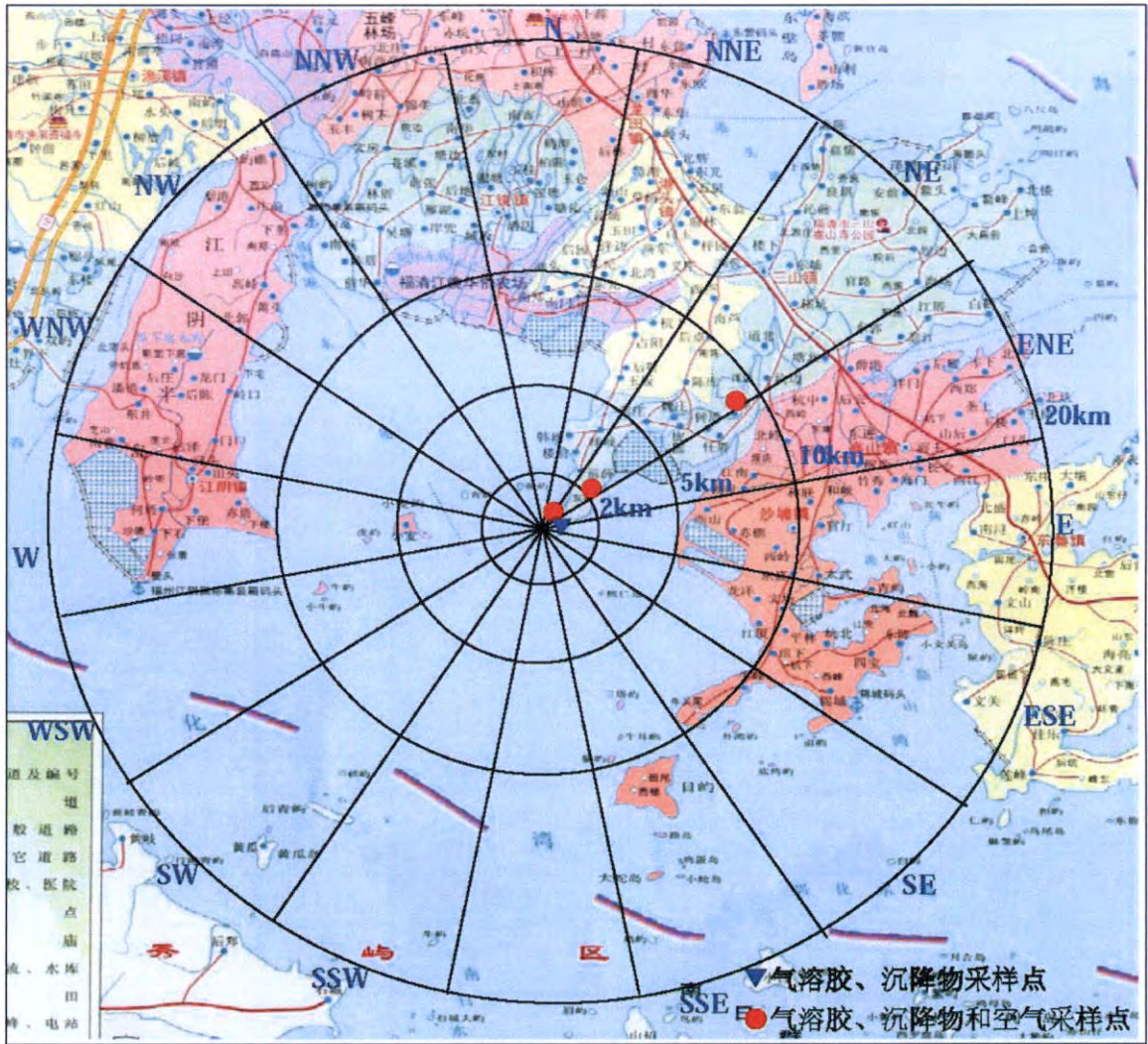


图 3.1-4 气溶胶、沉降物、降水和空气采样点布点图

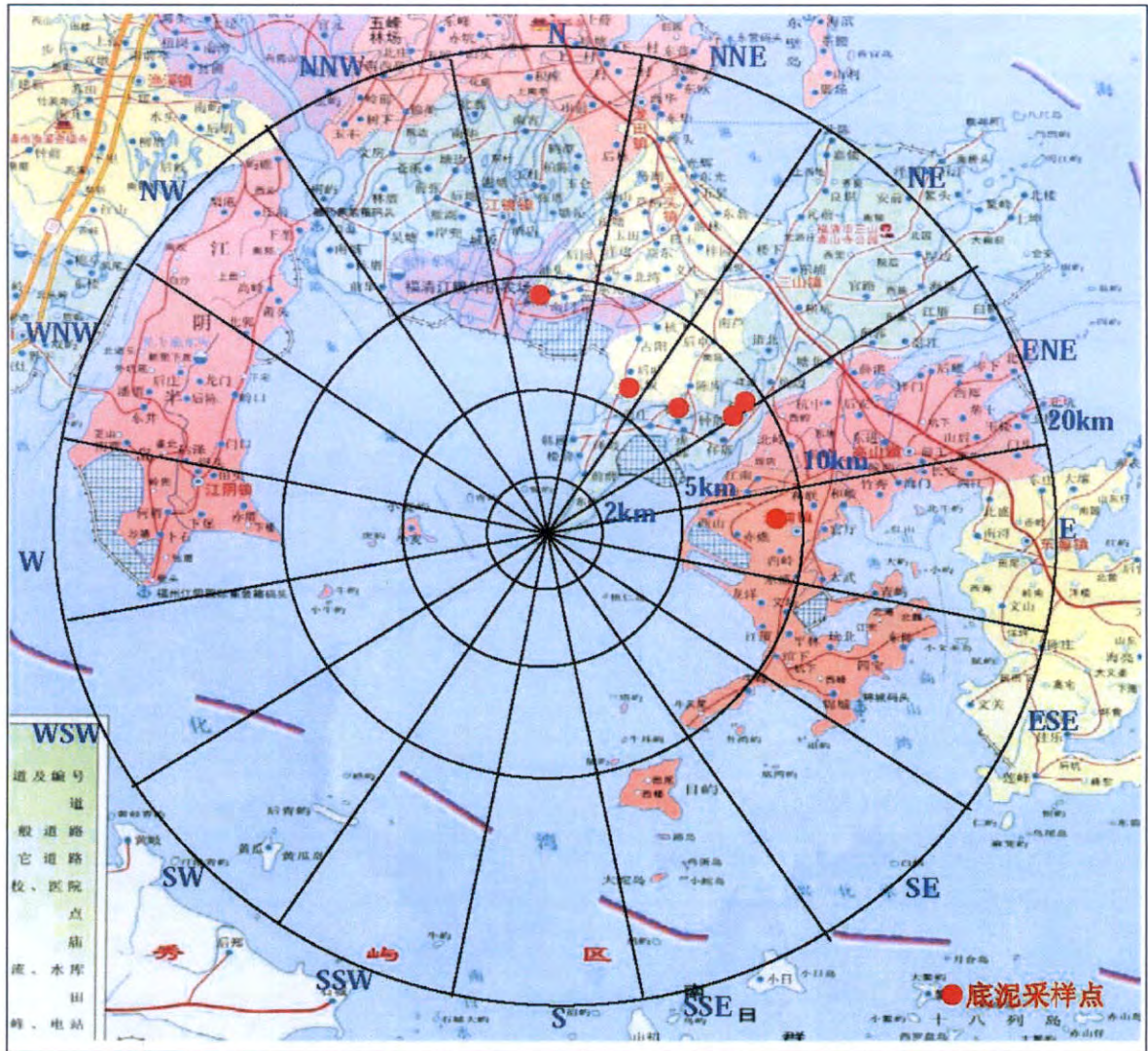


图 3.1-5 底泥采样点布点图

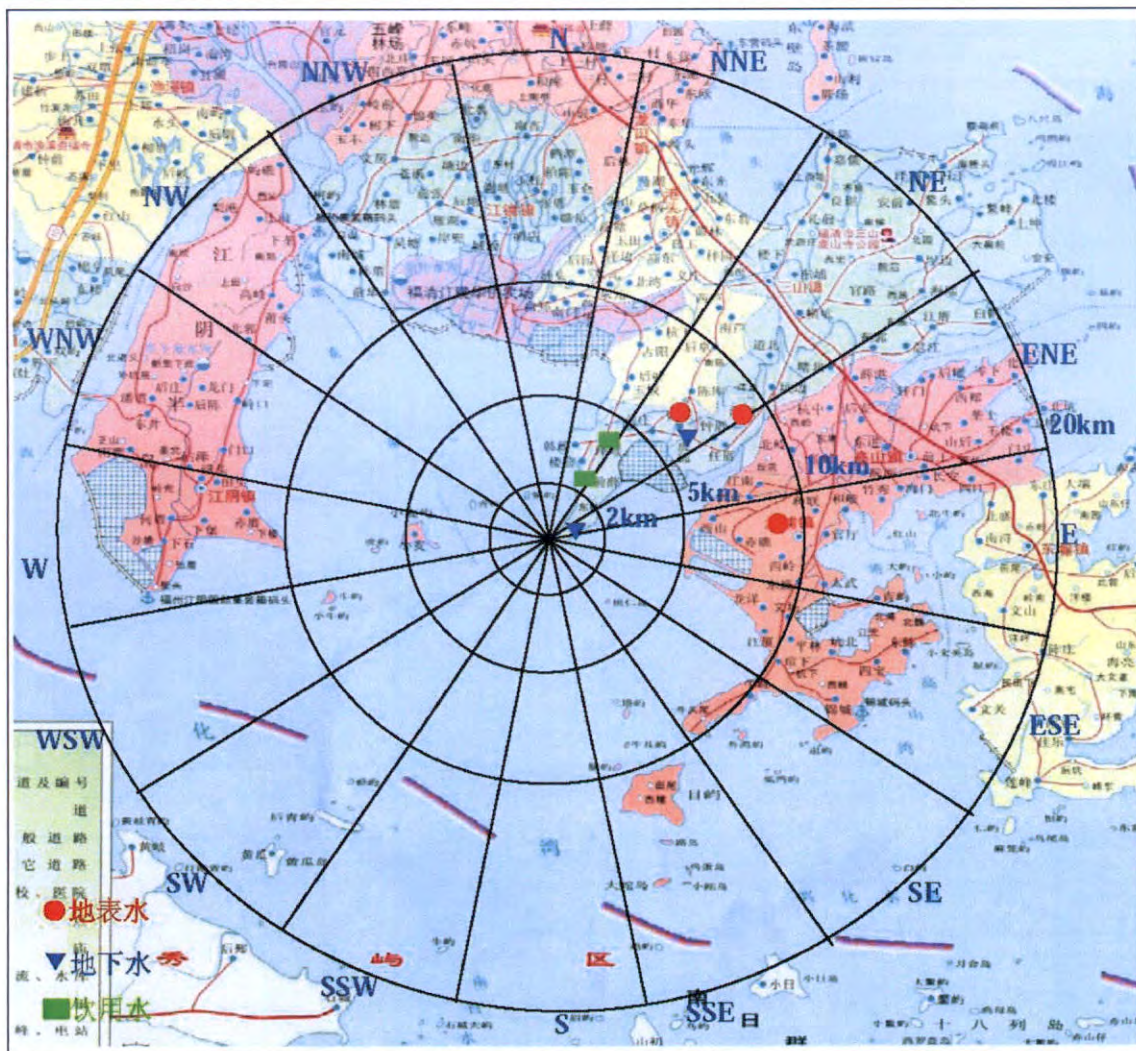


图 3.1-6 饮用水、地表水和地下水采样点布点图

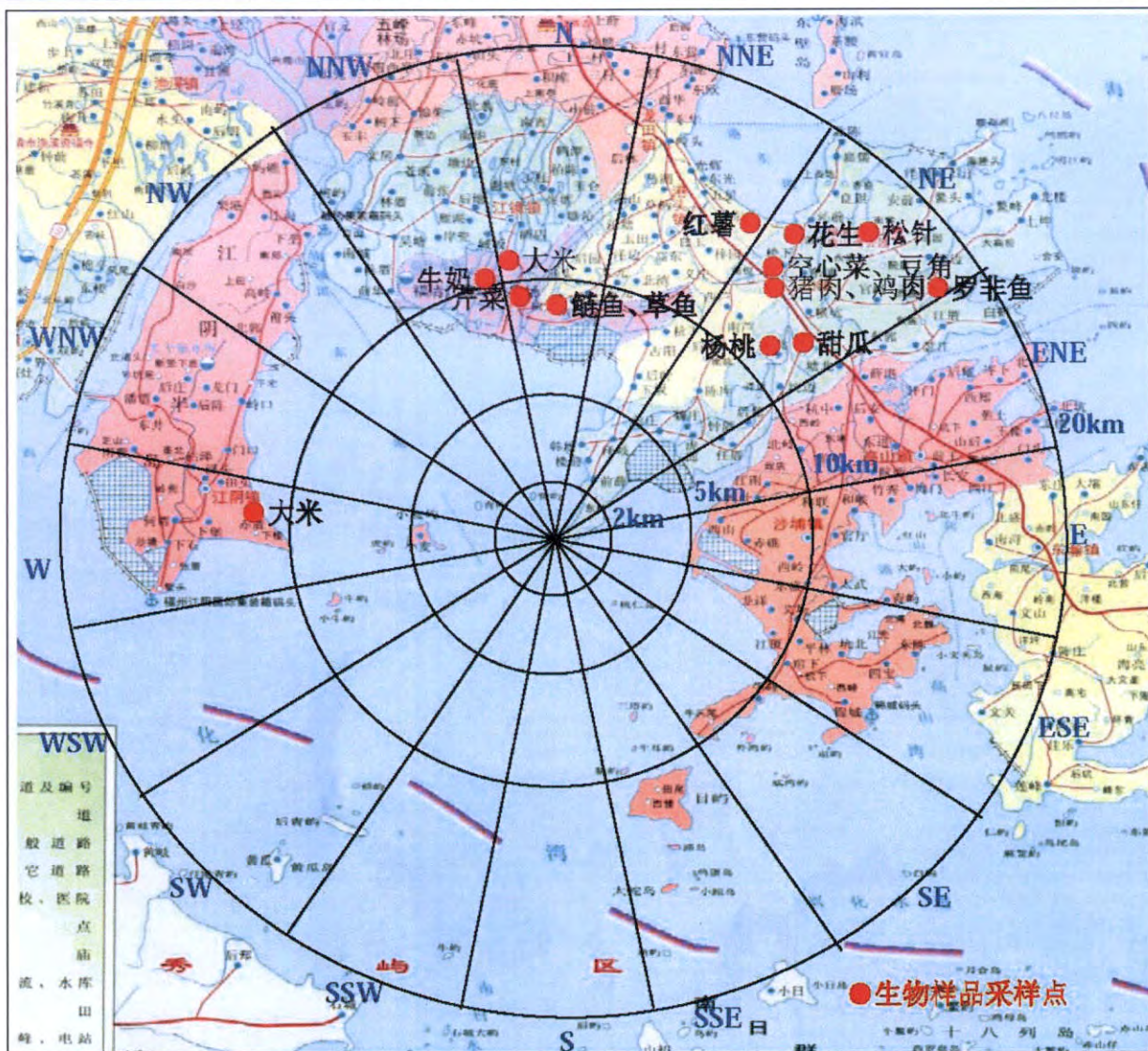


图 3.1-7 陆地生物样品采样点布点图

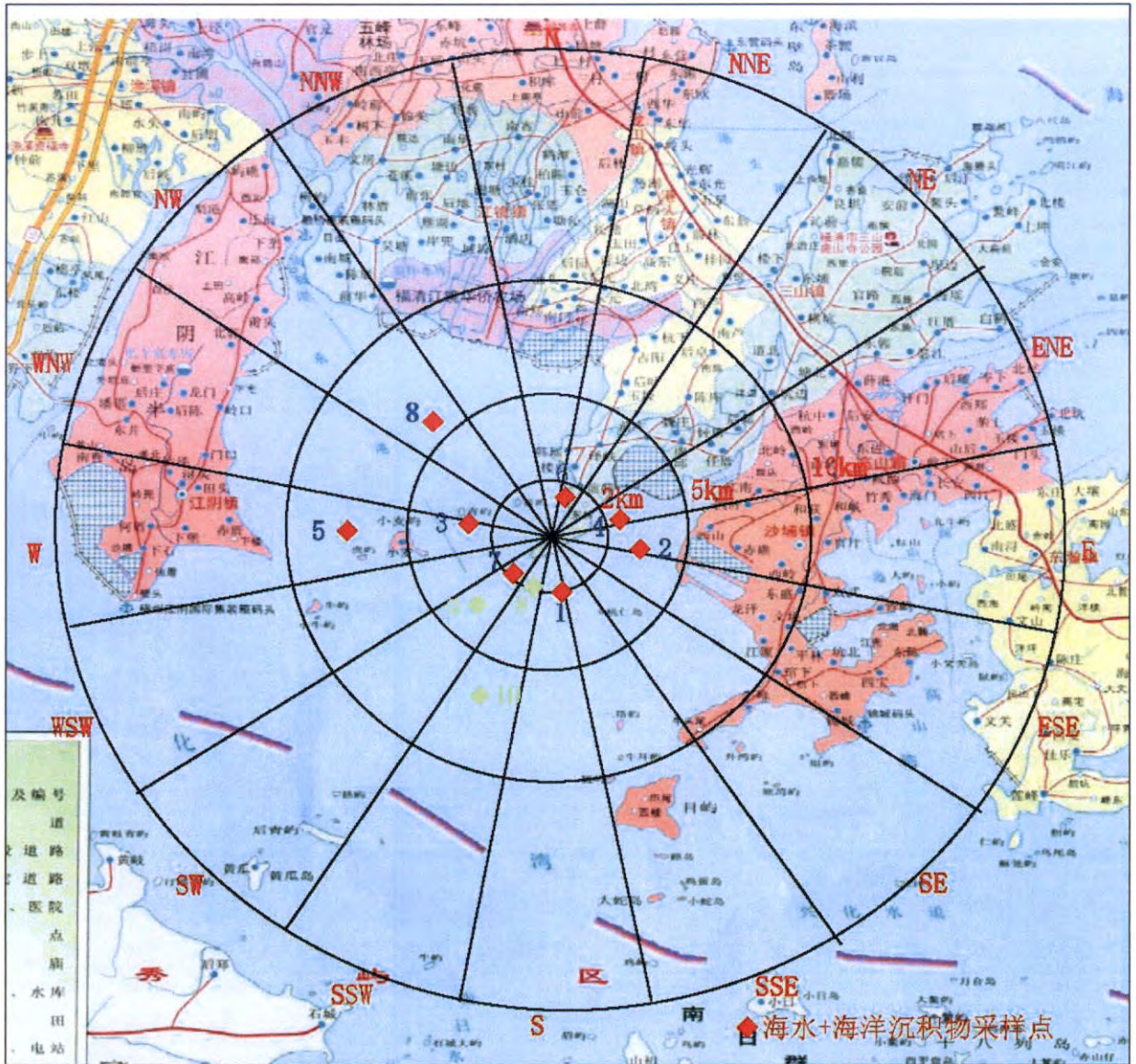


图 3.1-8 海水及海洋沉积物采样点布点图

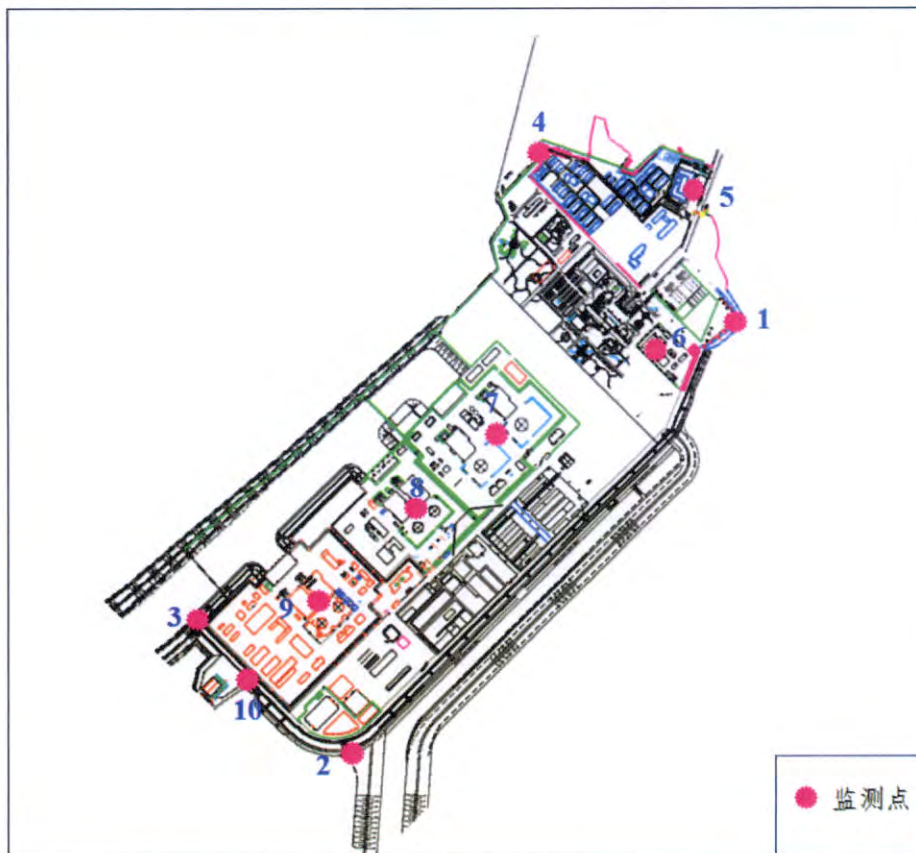


图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

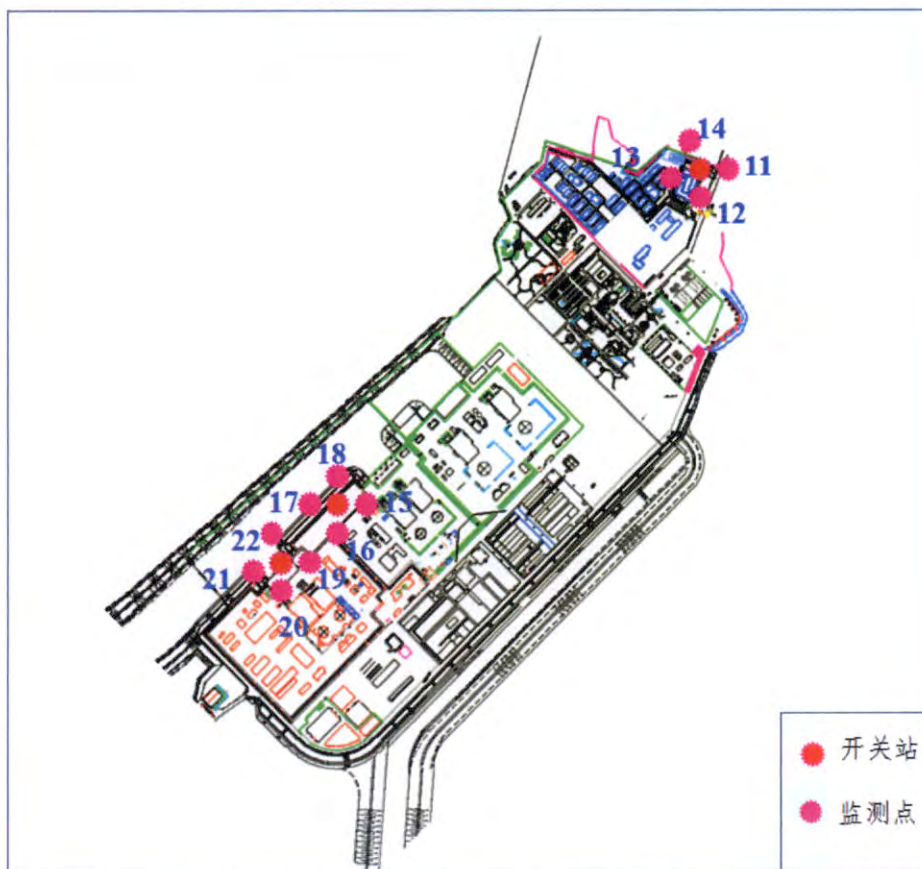


图 3.2-2 福建福清核电厂开关站监测点设置

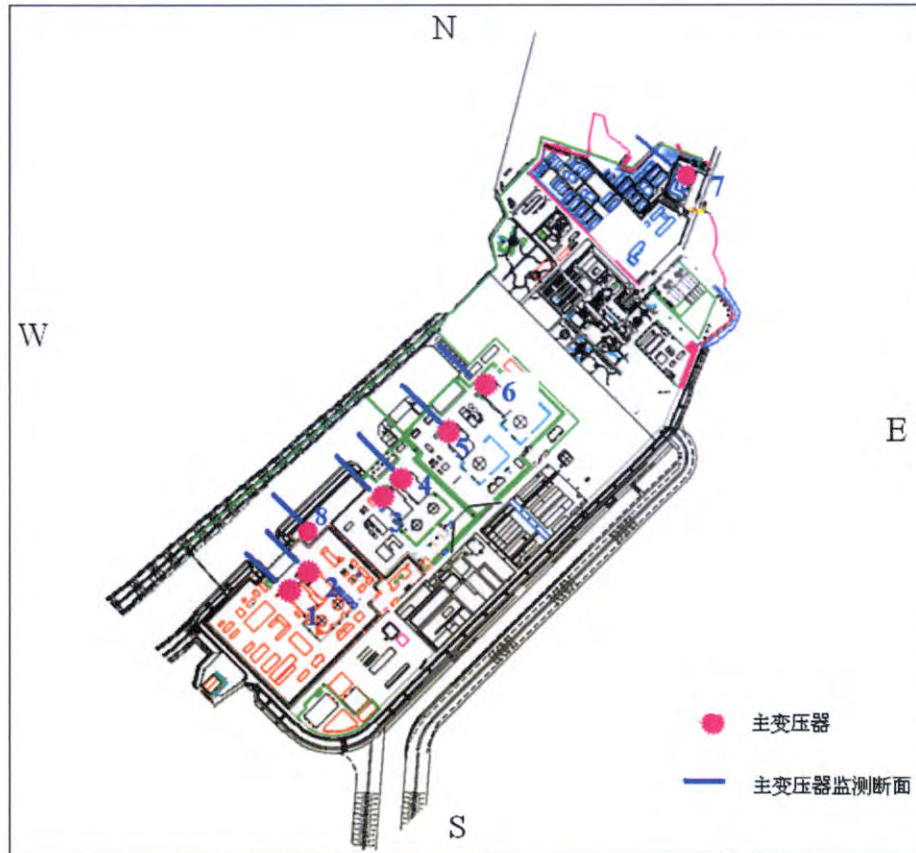


图 3.2-3 福建福清核电站主变压器监测断面设置示意图

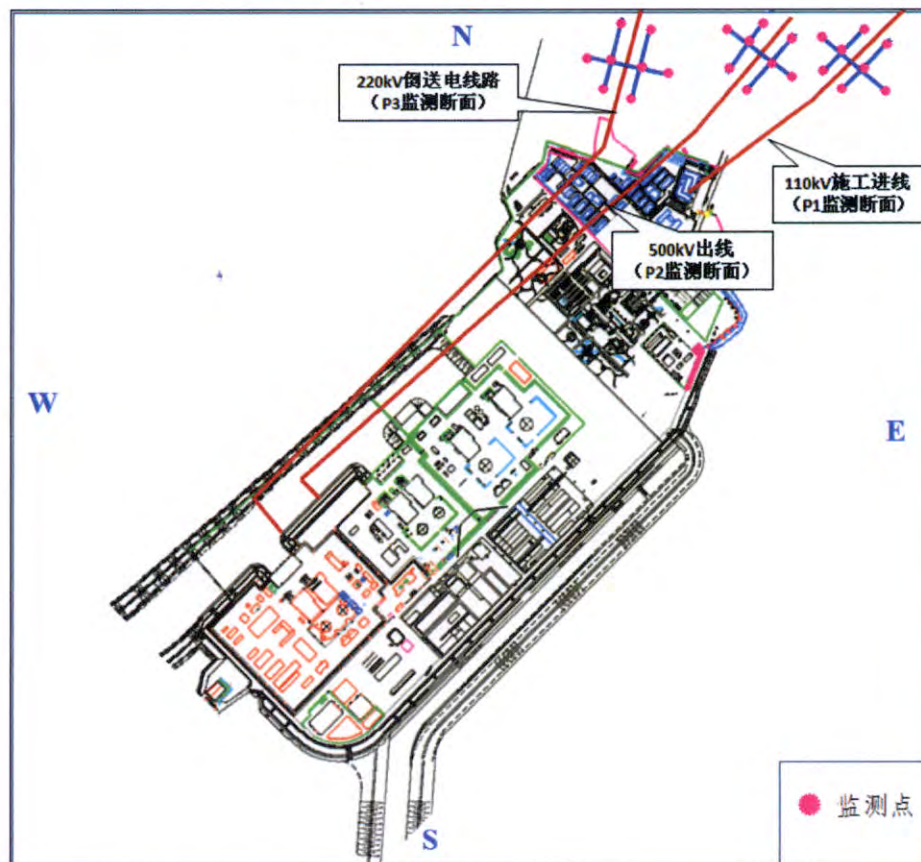


图 3.2-4 福建福清核电站输电线路监测断面设置示意图

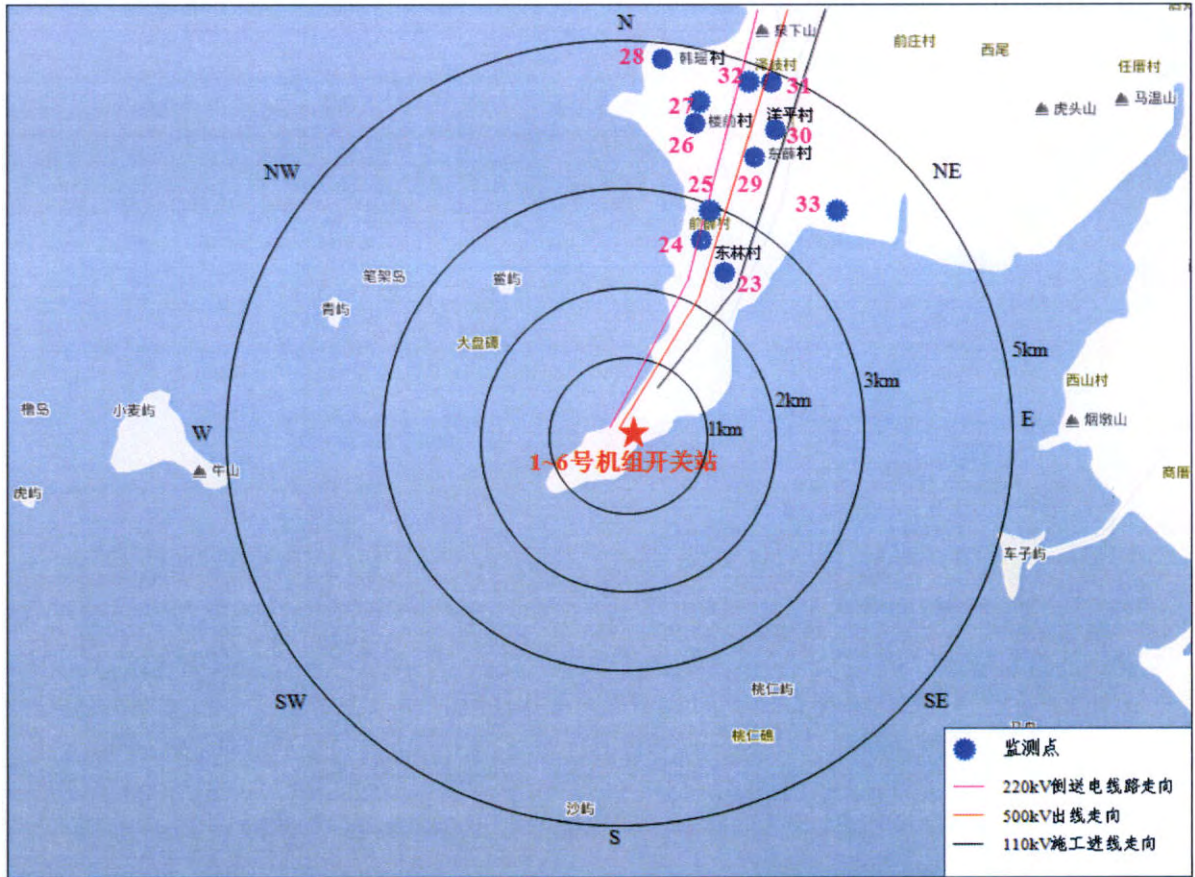
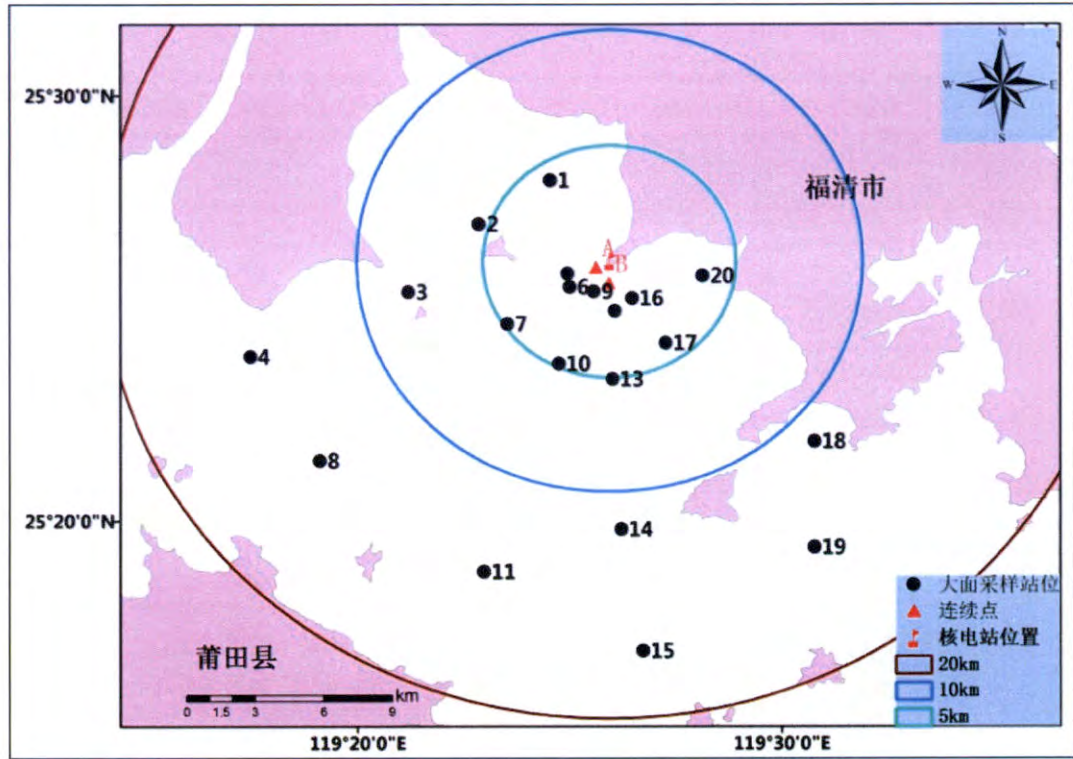


图 3.2-5 福建福清核电站区外监测点设置情况示意图



第四章 电厂

目 录

4.1 “华龙一号”技术特点	1
4.2 厂区总平面布置	2
4.2.1 建设规模及项目组成	2
4.2.2 厂区总平面布置	2
4.2.2.1 布置原则	2
4.2.2.2 平面布置	3
4.2.2.3 竖向布置	5
4.2.2.4 厂内道路	5
4.2.2.5 绿化与美化	6
4.2.3 核电站环保设施的布置	6
4.2.4 施工场地规划	7
4.2.5 主要技术经济指标	7
4.2.6 反应堆厂房及废气、废液排放点的位置和标高	7
4.2.7 环境保护措施	8
4.3 反应堆和蒸汽 — 电力转换系统	8
4.3.1 概述	8
4.3.2 核岛	9
4.3.2.1 堆芯部件	9
4.3.2.2 反应堆冷却剂系统	10
4.3.2.3 主要辅助系统	13
4.3.2.4 严重事故预防与缓解设施系统	14
4.3.2.4.1 堆腔注水冷却系统（CIS）	14
4.3.2.4.2 非能动安全壳热量导出系统（PCS）	15
4.3.2.4.3 安全壳消氢系统（CHC）	16
4.3.2.4.4 安全壳过滤排放系统（CFE）	17
4.3.3 常规岛	18
4.3.4 蒸汽-电力转换系统	18
4.4 电厂用水和散热系统	19

4.4.1 电厂取排水系统	19
4.4.1.1 取水系统	19
4.4.1.2 排水系统	20
4.4.2 用水	20
4.4.2.1 海水用水系统	20
4.4.2.2 淡水用水系统	20
4.5 输电系统	21
4.5.1 电气主接线	21
4.5.2 开关站的选型和布置	22
4.5.3 与电力系统的连接	22
4.6 专设安全设施	22
4.6.1 安全壳系统	22
4.6.1.1 安全壳性能设计	22
4.6.1.2 安全壳热量排出系统	24
4.6.1.3 安全壳隔离系统	24
4.6.1.4 安全壳可燃气体控制	27
4.6.1.5 安全壳整体强度试验和密封性试验	28
4.6.2 裂变产物去除和控制系统	31
4.6.2.1 专设安全设施的过滤系统	31
4.6.2.2 安全壳喷淋系统	33
4.6.2.3 裂变产物控制系统	35
4.7 放射性废物系统和源项	35
4.7.1 放射性源项	35
4.7.2 放射性废液处理系统及源项	35
4.7.2.1 硼回收系统（ZBR）	36
4.7.2.2 废液处理系统（ZLT）	39
4.7.2.3 核岛液态流出物排放系统（ZLD）	41
4.7.2.4 放射性废水回收系统（WSR）	42
4.7.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）	45
4.7.2.6 可降解废物处理系统（ZDT）	48
4.7.2.7 化学和容积控制系统（RCV）	48

4.7.2.8 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）	50
4.7.2.9 蒸汽发生器排污系统（TTB）	52
4.7.2.10 常规岛液态流出物排放系统（WQB）	54
4.7.2.11 放射性废液排放源项	55
4.7.3 放射性废气处理系统及源项	55
4.7.3.1 废气处理系统（ZGT）	56
4.7.3.2 厂房通风系统（HVAC）	59
4.7.3.3 放射性废气排放源项	65
4.7.4 放射性固体废物处理系统	65
4.7.4.1 设计基准	65
4.7.4.2 系统组成	67
4.7.4.3 系统运行	71
4.7.4.4 废物最小化	73
4.7.4.5 废物最终处置	74
4.7.4.6 放射性固体废物源项	74
4.7.5 放射性流出物监测系统	74
4.7.5.1 气态放射性流出物监测系统	74
4.7.5.2 放射性液态流出物监测系统	75
4.7.6 乏燃料贮存系统	75
4.7.6.1 系统描述	76
4.7.6.2 设计准则	76
4.7.6.3 乏燃料水池的冷却和处理	77
4.8 化学物质排放	78
4.8.1 核电厂主要化学药剂的使用	78
4.8.2 核电厂主要化学物质的排放	78
4.8.3 化学物质处理流程图：	78
4.9 生活废物	80
4.10 放射性物质运输	80
4.10.1 新燃料运输	80
4.10.1.1 燃料供应	81
4.10.1.2 新燃料运输容器	81

4.10.2 乏燃料运输	81
4.10.3 放射性固体废物运输	82

图 表

表 4.2-1 建、构筑物一览表

表 4.2-2 与 1~4 号机组共用建、构筑物一览表

表 4.2-3 主要技术经济指标

表 4.4-1 海水系统最大用水量

表 4.7-1 化学和容积控制系统（RCV）定量设计基准

表 4.7-2 厂房通风系统送、排风量表

表 4.8-1 核电厂使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

表 4.8-2 核电厂排放的主要非放射性化学物质的名称、排放方式、排放浓度等估算值

4.1 “华龙一号”技术特点

“华龙一号”核电技术充分吸收借鉴国家引进的三代核电技术，充分汲取福岛事故经验反馈，设计和建造将按国家要求执行“最先进的标准”，满足国家核安全局已颁发的现行有效的核安全法规和核安全导则的要求，同时参照国际原子能机构所颁布的最新安全标准的要求，设计和建造执行的法规和标准能够确保核电厂构筑物、系统和设备的安全性达到或满足国际上核电发达国家的法规和标准要求。“华龙一号”核电技术充分考虑了运行和在建核电厂已有的设计、建造和运行经验，具备自主设计能力与知识产权。

“华龙一号”主要技术特点如下：

- 设计上采用确定论、工程判断和概率论相结合的方法，符合国家核安全法规的要求；
- 反应堆压力容器 neutron 测量管布置在上封头，提高了反应堆压力容器结构的安全性，降低事故工况下下封头失效的概率；
- 堆芯采用 177 组燃料组件方案；
- 采用先进燃料组件，换料周期为 18 个月；
- 采用单堆布置方案，更好的实现实体隔离，减少机组间的相互影响，便于电厂建造、运行和维护，提高核电厂址方案选择的灵活性；
- 采用双层安全壳并增大安全壳自由容积，提高设计基准事故和严重事故下安全壳作为第三道屏障的安全性；
- 采用全数字化仪控系统和先进的主控室设计，具有良好的人机接口；
- 反应堆压力容器和双层安全壳设计寿命为 60 年，同时考虑完善的电厂老化管理措施，通过必要的维修和更换使电站设计寿期达到 60 年，以提高电站的经济性和安全性；
- 电站平均可利用率大于等于 90%；
- 标准设计地震输入采用地面最大加速度 0.3g；
- 采用抗商用大飞机撞击设计；
- 采用比较完善的严重事故预防和缓解措施：
 - ① 考虑能动与非能动相结合的堆腔注水冷却方案，防止堆芯熔融物熔穿压力容器并同安全壳底板混凝土反应而破坏其完整性；
 - ② 设置非能动的氢气复合系统，防止严重事故时安全壳内的氢气浓度超过 10%；防止发生氢气爆炸，以及由此造成的安全壳早期失效；
 - ③ 设置一回路快速卸压系统，防止发生高压堆熔；
 - ④ 设置反应堆压力容器高位排气系统，排除事故后积聚在压力容器上封头处的不可

凝气体；

- ⑤ 设置二次侧非能动余热排出系统，为发生全厂断电事故时堆芯及一回路的热量导出提供手段；
- ⑥ 设置非能动安全壳热量导出系统，用于在超设计基准事故工况下安全壳的长期排热。

— 采用先进的放射性废物处理工艺，使处理后的液态、气载放射性流出物排放满足 GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》及 GB14587-2011《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》的规定，使每台机组处理、整备后的放射性固体废物低于 $50\text{m}^3/\text{年}$ 。

— 吸收福岛核电站事故的经验反馈，进行了应对福岛核电站事故的相关改进：

- ① 水压试验泵可靠电源方案；
- ② 应急供水的设计方案；
- ③ 临时供电的设计方案；
- ④ 提高严重事故条件下应急指挥中心、运行支持中心的可居留性和可用性；
- ⑤ 延长操纵员不干预时间；
- ⑥ 改进乏燃料贮存水池的冷却和监测手段方案。

— 建立并保持对放射性危害的有效防御，保护人员、社会和环境免受危害。堆芯损坏频率（目标值） $< 1 \times 10^{-6}$ ，大量放射性物质释放至环境的频率 $< 1 \times 10^{-7}$ ，满足“‘十二五’期间新建核电厂安全要求”的核安全目标。

综上所述，“华龙一号”满足三代核电技术的指标要求。“华龙一号”技术吸取了近些年来国内外已有核电厂在安全方面的一些成功经验和福岛核电站事故的经验反馈，采用了成熟、可靠的技术和设备，在技术和工程上均是可行的。

4.2 厂区总平面布置

4.2.1 建设规模及项目组成

福清核电厂 5、6 号机组建设 2 台“华龙一号”压水堆核电机组，2 台“华龙一号”压水堆核电机组主厂房建筑群及辅助生产设施建、构筑物工程组成详见表 4.2-1，部分辅助生产设施利用 1~4 号机组已建设施，与 1~4 号机组共用设施详见表 4.2-2。

4.2.2 厂区总平面布置

4.2.2.1 布置原则

- 厂区总平面布置应与总体规划相协调一致。
- 核岛、常规岛应尽量坐落在埋深适宜、承载力特征值满足要求的均匀、稳定的基岩

上。

- 避免汽轮机飞射物危及与核安全有关的建、构筑物。
- 功能分区明确，合理划分放射区和非放射区。
- 循环冷却水取水、排水管线力求短捷，电力出线力求顺捷。
- 辅助生产设施尽量考虑利用 1~4 号机组已建设施的可能性。
- 满足运输、防火、卫生、安全、管网布置及施工安装要求。
- 满足分期建设的要求，减少施工对前期运行的影响。

4.2.2.2 平面布置

- 主厂房区

六台机组的主厂房建筑群由西向东并列布置，5、6 号机组布置在厂区东部（以下方位按建北描述）。

主厂房区包括核岛厂房、常规岛厂房，核岛、常规岛南北向一字型布置，核岛南向、常规岛北向。

5、6 号机组与 3、4 号机组反应堆厂房中心距离：

4 号与 5 号----250.00m

5 号与 6 号----220.00m

主厂房建筑群基础均坐落在微风化黑云母花岗岩上，岩体较完整~完整，岩体的基本质量等级为 II~I 级。建筑场地类别为 I 类。微风化黑云母花岗岩的承载力特征值为 6.0MPa，剪切波速为 2741m/s。

- 循环水设施区

循环冷却水和重要厂用水采用北取南排方案。机组取排水管道采用单元式，明渠取水、暗涵与明渠结合的排水方式。引水明渠和排水明渠已建成。

循环水设施区主要包括联合泵房、制氮站以及引水明渠、虹吸井和排水暗渠、排水明渠等水工设施。其中引水明渠设在厂区北部岸边；联合泵房和制氮站布置在主厂房北部引水明渠的北护岸上；联合泵房与汽机厂房之间以循环水冷却水进水管道连接；重要厂用水进水廊道由联合泵房经汽机厂房东侧进入核岛厂房；核岛厂房与虹吸井之间以重要厂用水排水廊道连接；汽机厂房与虹吸井之间以循环水冷却水出水管道连接；排水明渠设在厂区南部岸边。

- 开关站区

开关站包括 500kV 开关站、220kV 开关站、网控楼及辅助变压器区域及公用 6.6kV 配

电间。

5、6 号机组 500kV 开关站、220kV 开关站、网控楼在 1、2 号机组开关站内已经预留并建设完成，布置在 2 号与 3 号机组主厂房群的中部靠近取水明渠的北护岸处；辅助变压器区域及公用 6.6kV 配电间布置在 5 号机组主厂房的西部。主变与开关站之间采用电缆沟连接，电缆沟在 3、4 号机组建设时已规划，其中处于 3、4 号机组区内的电缆沟已敷设。出线方向为厂区北侧滩涂东向出线。

• 辅助生产区

辅助生产区包括放射性辅助生产厂房和非放射性辅助生产厂房两类。

放射性厂房原则上集中布置，布置在主导风向下风向。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、厂区实验楼布置在 5、6 号机组用地的西南部主厂房区的西、南侧；废油暂存库布置在 1、2 号机组三废区内，固体废物暂存库北部。

非放射性辅助生产厂房中的除盐水生产厂房、除盐水贮存罐、6.6kV 公用配电站，布置在 5 号与 6 号机组之间；综合仓库、大件仓库、库区办公楼，布置在厂前建筑区北部，其南侧为 3、4 号机组仓库区；厂区附加电源柴油发电机厂房布置在 5 号汽轮机厂房的西部；常规岛及 BOP 消防泵房布置在 5 号机组北部，联合泵房西侧；机修车间布置在 6 号机组北部，制氮站东侧；大修专用工具库布置在 3、4 号机组用地范围内，东侧为 3、4 号机组的除盐水生产厂房；废油存库暂布置在 1、2 号机组用地范围内，在废物辅助厂房的东侧、固体废物暂存库的北侧；自建库布置在大件码头东侧；自建库布置在大件码头东侧；污水处理站布置在控制区围栏外，虹吸井西侧；有防爆要求的氢气贮存及分配站布置在 5、6 号机组用地边缘，5 号汽机厂房的西北；5、6 号机组公共气体贮存区布置在 5、6 号机组北侧；空气压缩机房布置在 5 号机组西侧；保卫控制中心布置在保护区入口的西侧，保护区围栏内；生产检修办公楼布置在入口东侧，控制区内。

其他辅助生产设施如放射性固体废物处理辅助厂房、固体废物暂存库、放射源库、非放射性机修车间、电仪修车间及仓库、化学试剂库、洗衣房、润滑油和油脂库、辅助锅炉房、性能实验室等共计 29 个子项利用 1~4 号机组工程已建设施，详见表 4.2-2。

• 厂前区

厂前区在 1、2 号机组工程时已做了全厂统一规划，布置在主厂房区东侧厂区扩建端，朝向进厂道路，并且在常年主导风向的上风向。厂前区包括综合办公楼、档案馆、食堂，其中综合办公楼及食堂在原址扩建，档案馆利用已有设施。

- 实物保护：为确保核电厂的安全，厂区设置三道实体保卫围墙：控制区围栏，为单层铁丝网围栏，高度 2.5m；保护区围栏，为双层铁丝网围栏，围栏高度均为 2.5m；要害区围栏，为单层铁丝网围栏，或利用建筑物外墙并增加相应的安全保卫设施。围栏外侧设置轻质防护栏，围栏与轻质防护栏之间净宽度 1m，防护栏高度为 1.0m。

保护区和要害区围栏装备相应的技术防范设施，控制区、保护区和要害区围墙出入口处设置监控系统，进出人员、车辆必须持有专用证件和磁卡。控制区出入口为 7UA 子项，保护区出入口为 7UD 子项。

- 其它设施区：位于厂前区北部及东北，包括车队管理楼、停车场及候车廊、培训中心、接待展览中心、公安楼、消防站、警卫营房、应急指挥中心及维修调试生活区等。这些子项大部分在 1、2 号机组工程中已经建成，部分在原址附近扩建。

维修调试生活区在 1、2 号机组建设时已经建成，主要为建设期的工程管理、维修调试及运行期间的倒班而建，5、6 号机组利用这些已有设施。维修调试生活区位于进厂道路北侧、厂区用地东侧。维修调试生活区用地中 12.9614 hm²，为 1~4 号机组临时用地，5、6 号机组建设拟征用，该用地正在办理相关用地手续。

- 海工设施：厂区设置南护岸、北护岸、明渠防波堤、码头防波堤等海工设施，其中除南护岸顶高程为+10.20m 外，其余顶高程均为+11.00m，均满足设计基准洪水位的要求。

- 边坡：场地平整工程完成后，在厂区用地和维修调试生活区用地之间出现人工挖方边坡，边坡长约 594.0m，平均高差 3m，最大高差 5m，坡面已经过处理，且处于稳定状态，为非核安全相关边坡。边坡距 5、6 号机组控制区围栏最近距离为 754m。边坡不会对核安全物项构成威胁，是安全的。该边坡已建成。

4.2.2.3 竖向布置

福清核电厂设计基准洪水位(DBF)为 8.58m(10%超越概率天文高潮位+可能最大台风增水+海平面异常 0.20m)，1、2 号机组厂坪设计标高 11.00m，高于设计基准洪水位，已通过初步安全分析报告评审。5、6 号机组与 1、2 号机组为同一厂址，厂坪设计标高与其相同，定为 11.00m。厂区竖向采用平坡式布置，核岛及安全相关厂房的±0.00 标高为 11.30m，厂区建构筑物室外散水标高 11.00m，核电厂的竖向设计满足安全要求。

4.2.2.4 厂内道路

厂内道路分为主干道、次干道、支道和人行道。道路均采用城市型道路、水泥混凝土路面。主干道布置在主厂房四周，并连接至大件码头，路面宽度 9m，道路转弯内半径最小 20m；次干道沿保护区围墙内侧布置，并划分厂内各分区，路面宽度 7m，道路转弯内

半径不小于 9 m；支道用于各建筑物与主、次干道的连接，路面宽度 4m，转弯内半径不小于 6m；人行道用于各建筑物之间及各建筑物与其它道路的连接，路面宽度不小于 1.5m；沿控制区和保护区围墙内侧、要害区围墙外侧，设置巡逻通道，路面宽度 4m 或 6m。上述各级道路除满足生产运输安全保卫要求外，还兼作消防通道。

5、6 号机组厂区共设置三座出入口，其中核燃料运输出入口设置在 5、6 厂区南侧；人流出入口设置在厂区南侧东部，衔接进厂道路；在厂区东北角设置备用出入口，与应急道路相连，用于厂区应急等特殊情况。

三废区集中布置在厂区的西南角，靠近三废区的货运出入口，减少与非放射性运输的交叉。

4.2.2.5 绿化与美化

在核电厂厂区，由于对辐射防护、卫生、防火、安全保卫等方面的特殊要求，厂区分绿化区和非绿化区。

——非绿化区。厂区保护区围栏内不进行绿化。保护区内除道路、广场外，均采用碎石铺地。碎石粒径 40~60mm，厚 100mm 左右。

——绿化区。保护区以外区域均可进行绿化。绿化以栽种行道树、花木及加铺草坪等，以改善环境，充分运用和发挥绿化功能，为核电厂职工提供良好的工作环境。

为实施绿化，在厂区绿化区地段的地表均需填筑 $\geq 30\text{cm}$ 厚的耕植土壤，以利于花卉树木的成长。

在核电厂投产后，厂区南部的施工场地可作为大面积集中绿化区，整个厂区将处在两面绿色植物环抱，两面临海的优美环境中。

4.2.3 核电站环保设施的布置

• 环保设施的布置原则：放射性厂房与非放射性厂房分区布置；放射性厂房集中布置；放射性厂房布置在盛行风向的下风向或最小风频的上风向；远离人流集中区域及人流集散地；布置在厂区用地的边缘地带。污水处理站宜靠近最终排出口方向布置，并宜处于电厂全年主导风向的下风向。应急指挥中心应设在厂址征地边界内与主控制室相分离的地方，应满足在严重事故状态下的可居留性要求。

• 放射性厂房布置：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、厂区实验楼布置在 5、6 号机组用地的西南部主厂房区的西、南侧，形成 5、6 号机组三废区；废油暂存库布置在 1、2 号机组三废区内，固体废物暂存库北部，供 6 台机组共用，成区布置。三废区位于厂区用地的西南角，厂区用地的边缘地带，远离

人流集中区域及人流集散地，处于全厂主导风向的下风向。

- 污水处理站布置：污水处理站位于 6 号机组南部控制区围栏之外 CC 井西侧，方便排放，且位于主导风向下风向。

- 应急指挥中心布置：应急指挥中心位于厂前区的东北方向，距离 6 号反应堆厂房中心直线距离约 623m，距离厂前区最近距离 197m，处于全厂主导风向上风向，并位于 500m 非居住区外。

- 环境实验室布置：环境实验室位于港头镇东元村，应急道路 K10+440 附近。

4.2.4 施工场地规划

电厂施工场地包括土建施工场地、设备安装场地、混凝土搅拌站及石料加工场地等，均位于南部滩涂回填区。5、6 号机组施工场地利用 1、2 号机组施工场地，不需新建。

施工道路与生产运行道路在道路设计及交通组织上采用分流的方法。

施工期间的施工运输通道：进厂道路—经十路—纬二路。

施工期间的生产运行通道：进厂道路—经十一路—纬一路。

4.2.5 主要技术经济指标

主要技术经济指标见表 4.2-3。

4.2.6 反应堆厂房及废气、废液排放点的位置和标高

5、6 号机组反应堆厂房中心建筑坐标（建筑坐标为福清核电坐标系统）：

5 号机组反应堆厂房 A=4855.300 B=7000.000

6 号机组反应堆厂房 A=5075.300 B=7000.000

反应堆厂房±0.00 标高为 11.30m，室外散水标高 11.00m。

5 号机组反应堆厂房中心距非居住区边界最小距离为：东向边界线 720m，南向边界线 500m，西向边界线 1355.300m，北向边界线 500m；6 号机组反应堆厂房中心距非居住区边界最小距离为：东向边界线 500m，南向边界线 500m，西向边界线 1575.30m，北向边界线 500m。

废气排放点：核电厂 5、6 号机组反应堆厂房产生的放射性废气经过处理达标后，通过 5、6 号机组反应堆排风烟囱排入大气。5 号机组反应堆排风口绝对标高为 76.53m，距离陆域地产边界线最小距离为：东向边界线 1090m，南向边界线 156m，西向边界线 1233m，北向边界线 340m；6 号机组反应堆排风口绝对标高为 76.53m，距离陆域地产边界线最小距离为：东向边界线 870m，南向边界线 399m，西向边界线 1453m，北向边界线 429m。

废液排放点：本工程循环冷却水和重要厂用水的排水口为废液排放口。低放废液通过

地下管沟排至虹吸井，稀释后经循环水排水暗渠排至排水明渠，最后通过排水明渠排至排水口（废液排放点），进入厂址南部海域（受纳水体）。此废液排放点在核电厂海域地产业界线内。距征海边界最近距离为：东向边界线约 1293m，南向边界线约 2806m，西向边界线约 1725m，北向边界线约 1338m；距陆域征地边界最近距离为 1855m。

4.2.7 环境保护措施

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

- 在厂址总体规划及厂区总平面布置中，尽量紧凑布局，节约用地。
- 鉴于核电厂保护区内属非绿化区，因此在厂区总平面布置、尤其对保护区内各设施的布置上，力求合理、紧凑，尽量减少非绿化区面积。
- 所有边坡、挡土墙均采取水保措施。
- 尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。
- 利用本工程建设时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。

4.3 反应堆和蒸汽 — 电力转换系统

4.3.1 概述

福清 5、6 号机组采用“华龙一号”型压水堆核电机组。该核电机组由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛、包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛和 NOP 组成。

反应堆堆芯由 177 组经过修改的 AFA 3G 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 富集度的不同分区装载；后续循环使用固体可燃毒物钐，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。福清 5、6 号机组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。

4.3.2 核岛

4.3.2.1 堆芯部件

福清核电厂5、6号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组经过修改的AFA 3G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；后续循环使用部分载钷燃料，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。

4.3.2.1.1 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，组件骨架包括上管座、下管座、格架、导向管和仪表管。导向管上下端通过机械方式与上下管座连接，通过焊接

方式与格架连接，格架的内外条带相互嵌插焊接构成 17×17 排列的栅元，燃料棒插入格架栅元中，靠栅元的夹持保持径向定位，并与上下管座保持轴向间隙，为反应堆运行过程中燃料棒的轴向辐照生长提供空间，避免燃料棒与管座接触进而产生变形。本工程用到的燃料组件在目前普遍采用的格架改进型 AFA 3G 燃料组件的基础上，对上下管座进行了适应性修改，以满足堆芯探测器从堆顶插入的要求。

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。

4.3.2.1.2 相关组件

AFA 3G 燃料相关组件包括控制棒组件、可燃毒物组件、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。为适应堆芯探测器从堆顶插入的要求，对固定式相关组件的中心筒进行了适应性修改。

4.3.2.2 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内。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和卸压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，在堆芯吊兰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：	3050 MWt
NSSS 额定热功率：	3060 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	23790 m ³ /h
热工设计	22840 m ³ /h
机械设计	24740 m ³ /h
反应堆冷却剂温度：	
反应堆压力容器入口	291.5 °C
反应堆压力容器出口	328.5 °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 6.85MPa（绝对压力），蒸汽湿度不超过 0.25%。

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 0.25%。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。

飞轮安装在电动机的顶端，以增加主泵的转动惯量，使主泵在丧失电源时有足够的情转时间，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，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。

4.3.2.3 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除余热；
- 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。

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。

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。

4.3.2.4 严重事故预防与缓解设施系统

严重事故预防与缓解设施系统包括堆腔注水冷却系统、非能动安全壳热量导出系统、安全壳消氢系统和安全壳过滤排放系统。

4.3.2.4.1 堆腔注水冷却系统（CIS）

a) 系统功能

堆腔注水冷却系统在发生堆芯熔化的严重事故后，通过压力容器外冷却带走堆芯熔融物热量，降低反应堆压力容器外壁的温度，维持压力容器的完整性，实现压力容器内堆芯熔融物的滞留。

b) 系统概述

1) 能动子系统

能动注入子系统设置了并联的两个系列，每个系列配备了一台堆腔注水泵，其入口分别与安注系统相应系列的安注泵的入口管道相连，严重事故工况下由安全注入系统(RSI)的安全壳内置换料水箱(RSI004BA)取水；同时，堆腔注水泵的入口还与消防水分配系统相连，将消防水作为能动注入的备用水源。两台堆腔注水泵出口管线在经过安全壳隔离阀，贯穿安全壳后再合并为母管后注入堆腔。注水管道与保温层的底部相连，注入的冷却水通过 RPV 外壁与保温层内壁之间的流道向上流动，最终从保温层筒体上部的排放窗口流出，并返回到安全壳内置换料水箱。

2) 非能动子系统

系统的非能动部分设置在安全壳内，在安全壳内设置非能动堆腔注水箱，用于维持较长时期的堆腔注入流量。为保证非能动堆腔注水的可靠性，设置了四台并联的直流电动阀和两台逆止阀作为隔离部件，分为两列，每一列包括两台直流电动阀和一台逆止阀，其中两台直流电动阀一台常开，另一台常关。在经过上述阀门后，两根非能动堆腔注水支管线再次合并为一根母管贯穿到堆腔内部与压力容器保温层相连接。在严重事故发生，同时能动注入系列不可用时，隔离阀开启，非能动堆腔注水箱中的水依靠重力通过能动系列注入管道注入反应堆压力容器与保温层之间的环形流道，并逐渐淹没反应堆压力容器下封头，实现“非能动”的冷却。

非能动子系统非能动堆腔注水箱内的水持续注入堆腔，能够补偿由于汽化而损失的冷却水量，从而满足对压力容器一定时间内蒸发冷却要求。

为了收集来自非能动安全壳热量导出系统换热器的冷凝水，堆腔注水冷却系统设置了 12 根接于换热器底部集液盘的管道，并最终汇合于一根母管流入非能动堆腔注水箱。如果系统能动部分可用，为了防止在设计基准事故时，安全壳喷淋系统启动，喷淋水汇集到非能动安全壳热量导出系统换热器集液盘，而后进入非能动堆腔注水箱。从而安全壳喷淋系统可用水量，因此该收集母管还设置了电动隔离阀，且处于常关状态。

4.3.2.4.2 非能动安全壳热量导出系统 (PCS)

a) 系统功能

非能动安全壳热量导出系统用于在超设计基准等事故工况下安全壳的长期排热，包括与全厂断电和喷淋系统故障相关的事故。在电站发生超设计基准事故(包括严重事故)时，将安全壳压力和温度降低至可以接受的水平，保持安全壳完整性。

b) 系统概述

非能动安全壳热量导出系统考虑设置三个相互独立的系列。每个系列包括一台换热水箱、一个蒸汽排放装置以及两个换热系列（每个换热系列包括一组换热器、一台汽水分离器、一台常开的电动隔离阀、两个并联常关的电动阀）。换热器布置在安全壳内的圆周上；换热水箱是钢筋混凝土结构不锈钢衬里的设备，布置在双层安全壳外壳的环形建筑物内。系统设计采用非能动设计理念，利用内置于安全壳内的换热器组，通过水蒸汽在换热器上的冷凝、混合气体与换热器之间的对流和辐射换热实现安全壳的冷却，通过换热器管内水的流动，连续不断地将安全壳内的热量带到安全壳外，在安全壳外设置换热水箱，利用水的温度差导致的密度差实现非能动安全壳热量排出。

蒸汽排放装置在系统备用时通过水封实现换热水箱与外界的隔离，防止安全壳换热水箱水质被壳外环境污染。电站正常运行和检修时，系统配置了循环水泵和加药措施防止安全壳外换热水箱微生物滋生和水质降低。

电站发生超设计基准事故时，安全壳内温度迅速上升。高温的蒸汽—空气或者蒸汽—氢气（或其他不凝结气体）的混合物冲刷非能动安全壳热量导出系统换热器表面。来自安全壳外换热水箱的低温水在换热器内升温、膨胀，沿着非能动安全壳热量导出系统上升管将安全壳内的热量导出至安全壳外换热水箱。安全壳内高温混合气体和换热水箱的温度差以及换热水箱和换热器的高度差是驱动非能动安全壳热量导出系统进行自然循环，带走壳内热量的驱动力。随着水箱温度不断升高，换热水箱温度达到对应压力下的饱和温度，排出部分蒸汽最终进入大气。

安全壳内压力高，安全壳喷淋系统不可用时，系统下降管上的安全壳电动隔离阀接受来自主控室的开启信号，非能动安全壳热量导出系统投入运行。

在循环回路系统出现破口时，如不采取隔离措施，安全壳内放射性物质由破口进入水箱，最终排至安全壳外大气。为了保证电站第三道安全屏障的完整性，防止放射性外泄，设置在安全壳外的电动阀组和电动阀根据壳外上升管辐射监测信号关闭阀门，实现安全壳隔离。

4.3.2.4.3 安全壳消氢系统（CHC）

a) 系统功能

安全壳消氢系统用于在设计基准事故和超设计基准事故工况下将安全壳大气中的氢浓度减少到安全限值以下，从而避免发生由于氢气爆炸而导致的第三道屏障—安全壳的失效。

b) 系统概述

安全壳消氢系统由 33 台非能动催化氢复合器组成，不需任何监测和控制措施。

自动催化氢复合器在条件适合的情况下自动工作。其工作原理为：氢复合器的金属外壳可引导气流向上通过氢复合器，在壳体的下部装有一个插入很多平行的竖直催化剂板的框架，在这些催化剂板上涂满活性催化剂。含氢气体混和物在催化剂作用下发生氢—氧化学反应，并释放出热量使复合器下部的的气体密度降低，进而加强了气体对流，以使大量的含氢气体进入与催化剂接触，以此来保证高效的消氢功能。

自动催化氢复合器设计成可在高温高压下工作，其设备本身强度能承受安全停堆地震，其内部的催化剂涂层是防水、耐热的，可以长时间保持有效。氢复合器内部框架的结构允许在役检查和试验时很容易地取出里面的催化剂板。

催化金属板的定期试验和再生在专用的装置里进行，该装置是一种简便的试验装置。

4.3.2.4.4 安全壳过滤排放系统（CFE）

a) 系统功能

核电站安全壳是防止放射性产物释放到环境中的最后一道屏障。在发生堆芯熔穿压力容器严重事故时，由于堆芯熔融物与混凝土底板的反应而产生的不凝结气体不断增加，导致安全壳内的压力不断升高，最终可能会破坏安全壳的完整性，造成放射性物质的外泄。

安全壳过滤排放系统通过主动卸压使安全壳内的大气压力不超过其承载限值，从而确保安全壳的完整性。并且，通过本系统中的过滤装置对排放气体中的放射性物质进行过滤，以减少释放到环境中的放射性物质。

b) 系统概述

安全壳过滤排放系统只在严重事故下运行，在机组正常运行和设计基准事故下始终处于备用状态。

发生严重事故之后，为了保证安全壳的完整性，安全壳过滤排放系统在适当情况下通过手动方式投入运行，进行安全壳的卸压排气。

安全壳内气体经过安全壳隔离阀后进入文丘里水洗器。文丘里水洗器内装有一组文丘里喷管，喷管均被淹没在含有重量浓度为 0.5%NaOH 和 0.2%Na₂S₂O₃ 的化学溶液中，排出的气体以很高的流速通过文丘里喷管。而高速流动的气体在文丘里喷管的喉部产生吸力，使化学溶液进入喷管，而高速气流与化学溶液之间形成速度差，从而将气体中的大部分气溶胶去除，滞留在文丘里容器内。与此同时，进入文丘里喷管的液滴在喉管内部提供了很大的交换面积，与碘发生充分的化学反应，从而有效的吸附排放气体中的碘。另外，从气体在文丘里喷管内的机械运动来看，大部分的碘及气溶胶粒子在文丘里喷管内就已分离。

淹没文丘里喷管的化学溶液既起了第一道液滴分离的作用，又实现了气溶胶及碘的滞留。

气体穿过文丘里水洗器之后进入其下游的金属纤维过滤器进行下一步的过滤。经文丘里水洗器过滤后的气体中仍留有少量难滞留的气溶胶，同时还含有一些由于化学溶液表面的气泡破裂而产生的微小粒径的水滴（直径一般在 $0.1\mu\text{m}$ 左右），这些都将通过金属纤维过滤器进行过滤。金属纤维过滤器作为第二级滞留措施，能够保证整个系统在长期内的高滞留率及高效液滴分离性能。

由于大量的放射性物质（气溶胶及碘）滞留在文丘里水洗器的溶液中，积聚的放射性物质的衰变热将随着混合液的蒸发被导出文丘里水洗器。蒸汽继续经过金属纤维过滤器（液滴分离）由排放管通过烟囱排向大气。

4.3.3 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。

4.3.4 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成电能。每台机组包括一台额定输出功率为 1161MWe 的汽轮发电机组。汽轮机由一个 1500rpm 的高中压组合汽缸和两个双流低压缸组成，它与 24kV、三相、50Hz 的交流发电机直接相连。

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

其中主蒸汽系统、主给水系统和辅助给水系统与核安全相关。

主蒸汽系统用于将蒸汽由蒸汽发生器输送到下列设备和系统：

- 主汽轮机及其辅助设备包括汽轮机轴封系统、凝汽器和汽水分离再热器；
- 通向凝汽器和大气蒸汽旁路系统；
- 除氧器给水系统；
- 汽动辅助给水泵汽轮机；
- 辅助蒸汽转换器。

汽水分离再热器系统：汽水分离器可除去汽轮机高压缸高湿度的蒸汽中的水分，然后再经过再热器加热，使蒸汽在流入低压缸之前温度提高，以减少对低压缸中长叶片的刷蚀，并使低压缸的出力增大，从而提高了汽轮发电机组的热效率。

凝结水系统：凝结水系统位于汽轮机本体和低压给水加热器之间，具有接受汽轮机及其旁路出口排汽，并将排汽冷凝成水，以及对凝结水进行除气和过滤净化处理等功能。

主给水系统：用于从低压给水加热器至蒸汽发生器给水入口进行除氧、升压、加热和调节。

汽轮机旁路系统：该系统用于特殊情况下，使主蒸汽不经过汽轮机，而由旁路经过减压装置后排入凝汽器和在受控方式下排向大气。从而使反应堆在汽轮机负荷突然发生大的瞬变时，可以继续运行，它使反应堆可以不依赖汽轮发电机组而独立运行。

辅助给水系统：辅助给水系统属于专设安全设施，在主给水系统和启动给水系统受损失或失效的情况下保证蒸汽发生器的给水。

汽轮发电机额定容量为 1333MVA，运行参数为 24kV、三相和 50Hz。发电机定子用水冷却，转子用氢冷却。励磁机与发电机的外侧端子连接，它包含一台永磁副励磁机，通过自动励磁调节器激励主励磁机的磁场。主励磁机的输出通过装在轴上的硅二极管整流，直流电能通过导体输送到发电机磁场绕组。

4.4 电厂用水和散热系统

4.4.1 电厂取排水系统

4.4.1.1 取水系统

福建福清核电厂工程规划总装机容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，厂区一次规划，分期建设。

福清核电厂利用兴化湾海域作为热阱，1~4号机组每台机组冷却水量为 $56.5\text{m}^3/\text{s}$ （包括重要厂用水），5~6号机组每台机组冷却水量为 $61\text{m}^3/\text{s}$ 。

福清核电厂取排水总体方案是根据目前厂址工程水文研究资料，并结合厂址的实际地形情况和环境条件，经温排水的水力、热力特性和对电厂取水温升以及施工等方面进行综合比较确定。

核电厂冷却水取水工程采用明渠取水方案，即在厂址西北侧布置取水明渠，1~6号机组合建一条取水明渠，取水明渠由东北往西南与-9.0m水深处的海床相接。取水明渠底宽由口门向末端逐渐变小，口门段底宽为160m，末端底宽为60m。明渠底高程为-8.50m。核电厂六台机组全部运行时，取水量为 $348\text{m}^3/\text{s}$ 。在平均高潮位2.83m时，明渠口门段平均流速为0.174m/s；在平均潮位0.28m时，明渠口门段平均流速为0.229m/s；在平均低潮位-2.28m时，明渠口门段平均流速为0.330m/s；在33年一遇低潮位时，明渠口门段平均流速为0.493m/s；在百年一遇低潮位-4.35m时，明渠口门段平均流速为0.504m/s。

为防止外部船只进入取水口以及附近海域可能漂来的杂物而影响取水安全，在取水明渠进口处设置拦船网和拦污网。引水明渠除定期清淤维护外，还设有值班人员沿两侧防波

堤进行经常性巡视，如遇较大的杂物黏附在拦船网或拦污网上，随时进行清理。

4.4.1.2 排水系统

结合厂址三面临海的实际地形情况，采用暗渠+排水明渠相结合的排水方式。温排水自虹吸井出来后，通过各自的排水暗渠排到南护堤旁的排水明渠，经排水明渠排入大海。1~6 号机组每台机组设一条排水暗渠，5、6 号机组的循环冷却水由循环冷却水泵出口到冷凝器经虹吸井接至排水暗渠，最终由南护堤边上的共用排水口进入兴化湾。重要厂用水由重要厂用水泵房接出，在虹吸井处与循环冷却水汇合，与循环冷却水一起排入兴化湾。1~6 号机组共用一条排水明渠，排水明渠底宽为 60~90m，排水明渠一直延伸到约-8.3m 水深处。

4.4.2 用水

核电厂的主要用水系统分为海水用水系统和淡水用水系统。

4.4.2.1 海水用水系统

海水取自兴化湾，其主要功能是向循环水系统（WCW）、重要厂用水系统（WES）提供冷却水；向循环水处理系统（WCT）提供生产原水；向循环水过滤系统（WCF）提供冲洗水。循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

最大用水量：上述海水系统的最大用水量详见表 4.4-1。

平均用水量：表 4.4-1 中除了冷却水量（循环水系统+重要厂用水系统）的平均用水量为 214600 m³/h，其他系统平均用水量与最大用水量相同。

兴化湾取水条件好、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。

4.4.2.2 淡水用水系统

核电厂的淡水主要供给施工期间的生产用水和人员生活用水，以及供给运行期间生产用水、生活用水、消防用水、道路浇洒、洗车及绿化等用水。本工程的淡水来源为已经建成的福清核电淡水厂。

4.4.2.2.1 淡水用水量

1) 施工期间用水量

施工期间的淡水用水量主要由施工生产用水量和施工人员的生活用水量组成。施工生产用水主要用于混凝土骨料清洗、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。福清核电站 5、6 号机组施工期间设计生产供水量约 2250 m³/d，设计生活供水量 1905m³/d。两台机组施工期间设计供水量约为 4155m³/d。

2) 运行期间用水量

运行期间的用水系统分为饮用水系统和生产水系统用水。

饮用水系统主要供给运行期人员的生活用水、生活水水质的生产用水及消防补充水、浇洒用水等。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用水。

运行期生产水系统主要为除盐水生产系统供给，并作为水泵轴封水及空调冷冻机组冷却水的补充水、消防补水的备用水源。

福清 5、6 号机组运行期最大日用水量出现在一堆运行、一堆冷启动工况，设计供水量约为 10550 m³/d；两堆正常运行供水量约为 7332 m³/d。

结合 1~4 号机组以及 5、6 号机组的用水需求，核算六台机组运行设计供水量约为 25000m³/d，福清核电厂淡水厂的设计规模为 26000m³/d，因此能满足福清核电厂六台机组运行需要。

4.4.2.2.2 淡水水源

福清 5、6 号机组淡水水源与 1~4 号机组为同一水源。淡水厂的原水取自北林水库。北林水库为核电厂专用水库，距离核电厂址 11km，通过闽江调水，可保证核电厂的淡水用水量。在北林水库建取水泵房，有两根 DN600 输水管线送至淡水厂。取水口、取水泵站及输水管线设计供水能力 30000 m³/d，可满足 1~6 号机组用水要求。

福建福清核电厂 5、6 号机组的水资源论证报告沿用《福建福清核电厂 3-6 号机组工程水资源论证报告书》。根据工程进展，目前福建福清核电有限公司已获得太湖流域管理局批准并核发的取水许可证取水量为 558.4 万 m³/年，有效期至 2017 年年底。其中含福建福清核电厂 1、2 号机组的取水量 226 万 m³/年；福建福清核电厂 3-6 号机组取水量 332.4 万 m³/年（含 2017 年底之前的 3、4 号机组运行，5、6 号机组施工）。

同时，经福清市人民政府协调，目前东张水库已经作为淡水的备用水源，且备用水源引水工程的设计工作已经完成，工程招投标工作已经启动，计划在 2014 年 10 月底开标。

因此，不会出现淡水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统。

4.5 输电系统

4.5.1 电气主接线

福清 5、6 号机组采用中核集团自主研发的“百万千瓦级中国先进压水堆核电技术”“华龙一号”技术方案，汽轮发电机组的额定发电容量暂按照 2 台 1150MW（目标值）机组考虑，发电机额定电压 24kV。两台机组分别以发电机—双卷变压器组单元接线升压至 500kV 接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

福清核电站 6 台百万千瓦级机组以 500kV 电压等级接入系统，电站最终出线 4 回，按分期建设原则考虑。一期工程 2 台机组出线 3 回，2 回至规划拟建的 500kV 莆田北变，1 回至 500kV 东台变；二期工程（3 至 6 号机组）在一期工程基础上，增加 1 回至东台变的 500kV 线路。

500kV 配电装置选用 SF₆ 气体绝缘的全封闭组合电器(GIS)，采用一个半断路器接线。

为核电厂配置厂外备用电源（或称辅助电源），一期工程由厂外 220kV 电网（220kV 华塘变）引来一回 220kV 专用线路，接至厂区内的 220kV 辅助开关站。福清 3、4 号机组投产时考虑由系统引接第 2 回 220kV 线路，本工程 5、6 号机组不再考虑新增厂外辅助电源。220kV 辅助开关站采用双母线接线，GIS 设备。福清核电厂 1、2 号机组厂外 220kV 备用电源经两台 220/6.9kV，34MVA 厂用备用变压器（或称辅助变压器）降至 6.9kV，作为核电厂厂用电的备用电源；3~6 号机组厂外 220kV 备用电源经四台 220/6.9kV，34MVA 厂用备用变压器（或称辅助变压器）降至 6.9kV，作为核电厂厂用电的备用电源；

220kV 辅助开关站在厂用主电源丧失时，为电站提供连续供电的 6.6kV 电源，通过 6.6kV 配电盘向常备、应急和公用设施供电。

4.5.2 开关站的选型和布置

500kV 和 220kV 配电装置采用 SF₆ 气体绝缘组合电器（GIS），户内布置。

核电厂 500kV 和 220kV 开关站位置在厂区的东北部，出线向北。主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

4.5.3 与电力系统的连接

依据福建福清核电厂初可研报告对福建电网现状与发展规划的描述，结合福建近期电力发展的态势和福建经济发展规划、发展潜力、经济结构调整和工业化进程，在多种方法预测的基础上，并参考沿海经济发展较快的省市电力需求增长情况以及对福建省电力需求的预测，综合考虑电力平衡，针对核电站的机组容量，福清核电站 6 台百万千瓦级机组最终出线 4 回，按分期建设原则考虑。一期工程 2 台机组出线 3 回，2 回至规划拟建的 500kV 莆田北变，1 回至 500kV 东台变；二期工程（3 至 6 号机组）在一期工程基础上，增加 1 回至东台变的 500kV 线路。本工程 500kV 送出线路为两个线路走廊，每个走廊都按同杆双回路设计。

4.6 专设安全设施

4.6.1 安全壳系统

4.6.1.1 安全壳性能设计

安全壳是防止裂变产物释放的第三道屏障，在反应堆正常运行和发生重大事故时，安全壳是阻挡放射性物质释放到环境中去的最后一道核安全屏障。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影响。

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断裂（LOCA），或者安全壳内二回路蒸汽管道断裂等事故。

安全壳在极限安全地震震动（SL-2）、普通飞机及商用大飞机坠落和火灾等外部事件造成的载荷下应保持其机械完整性。

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。

事故后最初几分钟内安全壳的压力和温度迅速上升到峰值。喷淋系统的投入使压力和温度下降，下降的速率使安全壳的热应力和压力都是可以接受的。

在设计基准事故的情况下，安全壳的设计压力取 0.52MPa（绝对）。

安全壳的主要设计参数如下：

- 安全壳的设计压力：0.52MPa(绝对)
- 喷淋系统误动作引起的设计负压：-0.019MPa
- 最小净容积：86000m³
- 安全壳的设计泄漏率(最初 24 小时)：在设计温度和设计压力下为气体质量的 0.3%。

反应堆厂房采用双层安全壳。

内层安全壳是预应力混凝土结构，呈圆筒形，有一个半球形穹顶和一个平的筏形基础。壳体内表面衬以钢板用以防止泄漏。混凝土保护层覆盖了内层安全壳筏基之上的衬里部分。内层安全壳结构混凝土在正常工况和事故工况下提供生物屏蔽。

反应堆外层安全壳是普通钢筋混凝土结构，包括圆柱形筒体、外挂水箱、准球形穹顶和筏形基础。外层安全壳主要起屏蔽作用，保护内层安全壳及其内部结构，设计成能承受所有可能的荷载组合，包括正常荷载，飞机撞击荷载以及各种不利环境工况引起的荷载。内外层安全壳之间有 1.8m 净距的环形空间，并维持负压以收集任何从内层安全壳泄漏的物质，这种双层安全壳的设置当发生预想的事件或严重事故时，为避免出现环境辐射提供了有效的防护。

内层安全壳的主要尺寸如下：

- 内表面钢衬里厚度：6mm

- 筒壁厚度：1.30m
- 穹顶厚度：1.05m
- 穹顶内侧至底板（-8.200 处）的内高：76.73m
- 钢衬里包容的容积：约 118600m³
- 净容积：约 87000m³。

4.6.1.2 安全壳热量排出系统

安全壳热量排出系统用于在设计基准事故下限制安全壳的压力和温度，以保持安全壳的完整性，此项功能是由安全壳喷淋系统（CSP）实现的，即在发生引起安全壳压力和温度上升的事故后（失水事故或二回路管线破裂事故），安全壳喷淋系统（CSP）投入运行以降低安全壳内的压力和温度，从而减小安全壳的泄漏率；同时，在一回路管道破裂事故情况下，也减少了安全壳内的气载裂变产物量（特别是碘），从而降低安全壳内气体的放射性水平，减轻安全壳外的放射性后果。

安全壳喷淋系统（CSP）由两个相同且相互独立的系列和一个公用的化学添加剂系统组成。

安全壳喷淋系统为实现其功能，向安全壳内喷淋混合有氢氧化钠的含硼水。

安全壳喷淋系统（CSP）的喷淋溶液是来自安全注入系统的内置换料水箱中冷的含硼水，在含硼水中混合有来自 CSP 001 BA 水箱的氢氧化钠溶液。

安全壳喷淋系统设计能迅速降低安全壳的压力和温度：在喷淋开始阶段，用至少一个喷淋系列提供额定值为 994m³/h 的流量，为了最大限度地导出安全壳内的热量，选取了适当的喷头喷淋的液滴直径，平均直径约为 0.27mm。

安全壳喷淋系统的两台喷淋泵提供的最小流量可排出安全壳大气中的热量，并满足安全壳应力强度的允许要求。

CSP 系统设计成可运行长达数月并且用于长期余热导出。

4.6.1.3 安全壳隔离系统

安全壳隔离系统在设计基准事故下，将安全壳贯穿件隔离阀关闭，以减少放射性物质对大气的释放。

本节涉及假想事故时用于隔离安全壳的贯穿件阀门。

(1) 设计基准

(a) 在 LOCA 时，安全壳隔离系统用于隔离与工程安全设施无关的安全壳贯穿管路，以减少放射性物质向大气的释放；

(b) 在主蒸汽管路破裂时，蒸汽管路隔离信号隔离蒸汽发生器，以防止反应堆冷却剂系统（RCS）过快降温，或安全壳超压；

(c) 在安全壳内发生燃料操作事故时，安全壳隔离系统隔离安全壳大气，以控制放射性物质向安全壳外侧大气的排放；

(d) 安全壳隔离系统设计满足单一故障准则；

(e) 安全壳隔离系统能够防御内部飞射物和管道甩击；

(f) 安全壳隔离系统的机械设备属安全 2 级，电气设备的安全级为 1E 级；

(g) 安全壳隔离系统设计成能够承受 LOCA 后环境条件；

(h) 安全壳隔离系统能承受至少与安全壳试验压力相等的外部压力；

(i) 安全壳隔离系统设计成在极限安全地震震动（SL-2）情况下仍能保持其功能，按抗震 1 类设计；

(j) 安全壳外侧的安全壳隔离阀尽可能安装在靠近安全壳处。

(2) 系统描述

(a) 若贯穿安全壳的管路属主回路的一部分，或者直接与安全壳内大气相通，或不满足在安全壳内侧形成封闭系统的要求，应按下列方式之一设置隔离阀：

——安全壳内侧一个锁闭的隔离阀，安全壳外侧一个锁闭的隔离阀；

——安全壳内侧一个自动的隔离阀，安全壳外侧一个锁闭的隔离阀；

——安全壳内侧一个锁闭的隔离阀，安全壳外侧一个自动的隔离阀；

——安全壳内、外侧各一个自动隔离阀；

——对于事故后要求运行，而在安全壳内侧不可能操作的情况，在安全壳外侧设置两个自动隔离阀；

——在完全满足下列条件情况下，可在安全壳外侧设置一个自动隔离阀：

- 系统在安全壳外是封闭的；
- 系统能适应能动部件的单一故障；
- 系统属于工程安全设施；
- 安全壳贯穿件直至所含阀门之间的回路部分封闭在一个密封的包壳内。

(b) 对于贯穿安全壳但既不是主回路的一部分，也不直接与安全壳内的大气相通，并满足在安全壳内是封闭系统的各条管路，至少在安全壳外设置一个安全壳隔离阀。该阀可以是自动隔离阀、锁闭的隔离阀，或远距离手动操作的隔离阀。

(c) 对于在安全壳内和安全壳外都是封闭系统的某些仪表管线，不设安全壳隔离阀。

(d) 对于仅贯穿外层安全壳并与环形空间内大气连通的管线，仅在安全壳外设置一个锁关的手动隔离阀；对于其中出环形空间的管路，在环形空间保持负压的条件下，可以在安全壳外设置一个止回阀。

(e) 对于仅贯穿外层安全壳并在环形空间内是封闭系统的管线，可以不设置隔离阀。

(3) 系统运行

安全壳隔离系统有隔离阀、执行机构、信号系统及动力供应系统组成。安全壳隔离分两个阶段启动：A 阶段和 B 阶段。

(a) 出现下列情况之一时，产生安全壳 A 阶段隔离：

- (A) 稳压器低—低压力，
- (B) 安全壳内高压（高压 2），
- (C) 蒸汽管路高流量，同时出现蒸汽管路低压力，或反应堆冷却剂低—低平均温度，
- (D) 任一蒸汽管路低压力，
- (E) 手动启动。

信号（A）和（B）表明发生了 LOCA 事故，自动启动相应安全壳隔离。

信号（C）和（D）表明发生了蒸汽管路断裂事故，信号（C）自动启动蒸汽管路的隔离。

A 阶段的隔离信号隔离那些专设安全设施（ESF）的运行所不需要的，且其隔离不会增加安全壳设备受损坏的可能性的贯穿安全壳的所有工艺管路，与 A 阶段隔离动作同时，应急柴油发动机启动，安全注入泵及支持系统投入运行。

(b) B 阶段隔离由安全壳内高压（高压 4）信号或手动启动。

B 阶段隔离信号隔离那些在 A 阶段没有隔离的，且专设安全设施（ESF）运行所不需要的贯穿安全壳的工艺管路。这些管路属于反应堆冷却剂泵冷却水供水管路。在 B 阶段隔离的同时，启动安全壳喷淋系统。

在接到下列信号之一时，启动蒸汽管路隔离：

- (A) 蒸汽管路高流量，同时出现蒸汽管路低压力，或反应堆冷却剂低—低平均温度；
- (B) 低—低蒸汽管路压力；
- (C) 安全壳内高压（高压 3）。

高放射性信号（燃料操作事故等）隔离下列管线：

- (A) 安全壳换气通风系统（CSV）；
- (B) 安全壳大气监测系统（CAM）；小风量清扫系统；

(C) 核岛疏水排气系统：反应堆疏水、地板疏水、工艺疏水贯穿件。

每条管线上串联设置的安全壳自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。

对于能从安全壳大气通往外界环境的管线，阀门的关闭时间小于 5s。其中对于安全壳换气通风系统隔离阀关闭时间为 3s，对于安全壳大气监测系统隔离阀关闭时间为 1s。

一些安全壳隔离阀可由反应堆保护系统（RRP）自动启动。

4.6.1.4 安全壳可燃气体控制

在设计基准事故下，安全壳消氢系统能够限制安全壳内的氢气浓度低于安全限值，以确保维持安全壳结构和密封的完整性。

(1) 氢的主要来源和采用的假设

当电厂发生 LOCA 事故时，氢气释入安全壳，其主要来源如下：

- 堆芯和内置换料水箱中水的辐照分解；
- 锆—水反应（燃料包壳的锆合金受到事故期间冷却剂或蒸汽的侵蚀）；
- 安全壳中的金属（铝和锌）受到安全壳喷淋水中添加溶液的腐蚀；
- 反应堆冷却剂中的氢。

为此，电厂设置安全壳内可燃气体控制系统，以维持在设计基准事故时安全壳内大气的氢浓度低于 4.1% 体积浓度的最低可燃浓度极限。

(2) 设计基准

(a) 设计基准事故下的消氢准则

在设计基准事故工况下，安全壳消氢系统能够将安全壳内氢浓度维持在一个足够低的数值上（体积比小于 4.1%），以此预防安全壳内氢—氧混合气体燃烧、甚至发生爆炸的危险。

(b) 单一故障准则

安全壳消氢系统设计在应对设计基准事故时，满足单一故障准则的要求。系统设置 2 台非能动氢气复合器用于设计基准事故的消氢，考虑了单台氢复合器不可用时另外一台仍能满足要求。

2 台用于设计基准事故消氢的非能动氢气复合器在布置上距离尽可能远，防止设备同时失效。

(3) 系统描述

根据隔间内布置情况，安全壳消氢系统的非能动氢复合器独立的分布在安全壳内，与其它系统和设备无接口，不需要控制信号、电源、气源等。

非能动氢复合器主要由装置本体和催化板组成。装置本体主要部件有外壳体和催化床。外壳体是由角钢和钢板焊接而成的一个气流通道，壳体的前面板由螺钉固定，可以拆卸，方便检验和清洗。防护壳顶部封闭，气流出口采用侧向开口方式，实现了必要的防滴设计。催化床位于壳体底部，为可更换“抽屉式”结构，便于更换催化板，使得维护更加方便可靠。装置根据现场需要采用钢支撑、连接件、紧固件、膨胀螺栓或其他方式安装在所需的位置。整机受力构件采用焊接框架式结构，外敷设壳板，满足抗震要求。外壳体和催化床所用材质均选用奥氏体不锈钢材料。整套装置中未采用铸铁材料、铝及其合金，锌及其合金等禁用材料。使用的所有材料能够抵抗由介质或外部影响造成的腐蚀和磨损，且不受辐照的影响。

非能动氢气复合器的核心部件是催化板，催化板采用金属网板作为基材， TiO_2 等组分作为活性组分载体，两种贵金属作为活性组分。两种贵金属组分对 H_2 复合反应产生增强效应，提高了催化板低温启动性能。每一片催化板均具有永久唯一的编号，该编号方便催化板在安装和在役检查时快速、正确的放置。

(4) 系统运行

(a) 电厂正常运行

电厂正常运行期间，不需要本系统运行。

(b) 电厂特殊稳态运行

电厂特殊稳态运行期间，不需要本系统运行。

(c) 电厂特殊瞬态运行

当发生设计基准事故时，通过本系统消氢。非能动氢复合器不需要任何电源、气源或控制，当事故后安全壳内氢气浓度达到非能动氢气复合器启动阈值时，氢复合器自动启动消氢，安全壳内氢气浓度达到非能动氢气复合器停止阈值时停止消氢。

4.6.1.5 安全壳整体强度试验和密封性试验

本工程采用双层安全壳，本节主要描述内层安全壳的强度试验和密封性试验。

(1) 试验的类型和目的

(a) 强度试验

在机组投入运行之前进行内层安全壳强度试验，以证明它能经受 LOCA 事故工况和主蒸汽管道断裂事故（MSLB）工况的能力。试验在冷态下进行，安全壳设计考虑 LOCA 时

的最大环境温度为 145℃。

强度试验期间，内层安全壳内大气在环境温度下，加压到 0.483MPa（表压）的试验压力，等于内层安全壳设计压力 0.420MPa（表压）的 1.15 倍。

(b) 安全壳贯穿件的局部密封性试验

试验的目的是为了测量和就地探测安全壳贯穿件的泄漏。

局部密封性试验分为 B 类试验和 C 类试验，试验可以采用局部加压测量压降或直接测量泄漏流量的方法。

B 类试验涉及以下部分：

- 燃料运输通道盲板的密封件；
- 电气贯穿件外壳；
- 人员空气闸门的密封装置，包括贯穿件；
- 设备闸门的密封装置。

C 类试验涉及安全壳管道贯穿件上的所有隔离阀和止回阀，但那些在二回路水或蒸汽系统上的阀门以及那些只能在 A 类整体性密封试验中被检查的阀门除外。

(c) 内层安全壳整体密封性试验

试验目的是在内层安全壳建造完毕之后和反应堆装料之前测量内层安全壳的整体泄漏率。在安全壳设计压力 0.42MPa（表压）下进行整体密封性试验。

(2) 试验描述和验收准则

● 内层安全壳整体密封性试验

(a) 试验前的条件

- 安全壳安装了永久性的密封、隔离装置和贯穿件；
- 完成了试验前的目视检查；
- 一旦安装好永久隔离装置，则要进行 B 类或 C 类试验，以探测相应贯穿设备的泄漏率。
- 此类试验涉及的系统和设备应尽可能处在假想 LOCA 条件下。

(b) 方法

利用“绝对法”测量泄漏率，即通过测量压力的变化来确定内层安全壳中干空气质量的相对变化。测量值按平均温度和湿度的波动进行修正。

(c) 仪表

采用的仪表如下：

——温度传感器

——湿度传感器

——压力传感器

(d) 试验步骤

试验开始时，在 0MPa（表压）下进行测量，以校核测量的有效性和估算仪表引起的误差。

在 0.1MPa（表压）下进行泄漏率探测试验，如果发现较大的泄漏，要对泄漏点进行修复，然后重新进行整体试验。

在 0.21MPa（表压）（0.5P）下进行一次完整的泄漏率测量，以得到粗略的泄漏值。

在 0.42MPa（表压），即内层安全壳设计压力（P）时，分两次间隔进行测量，两个时段各历时 24 小时，中间阶段压力达到 0.483MPa（表压）（1.15P）的试验压力（强度试验，仅在首次运行前进行）。

(e) 验收准则

如果满足下列准则，则试验满足要求：

$F_m + \Delta F_m < 0.160\% / 24$ 小时（试验条件下内层安全壳内气体质量）。

● 安全壳贯穿件的局部泄漏率试验

(a) 概述

其泄漏率占内层安全壳整体泄漏率的一部分，需要检验和改善每个部件的密封性。

(b) 整体泄漏率在内层安全壳各部件的分配

局部试验期间安全壳屏障各部分的允许泄漏率取决于所用密封系统的类型（例如，密封件、焊接、阀门等），部件的功能，密封件的预计老化以及产生磨损的工况（尤其是人员闸门、密封圈和阀门的磨损）。

(c) B 类和 C 类局部密封试验的验收准则

——B 类试验的部件

这些部件的泄漏率必须低于下列数值，所有泄漏率都表示为内层安全壳整体允许泄漏率的百分数：

电气贯穿件：1%，对所有电气贯穿件的总泄漏率；

人员（应急）闸门：1%，对每个闸门；

设备闸门：1%；

燃料转运通道盲板法兰：1%；

——C 类试验的部件

C 类试验涉及安全壳管道贯穿件上的所有隔离阀和止回阀，但那些在二回路水或蒸汽系统上的阀门以及那些只能在 A 类整体密封试验中被检查的阀门除外。承受 C 类局部试验的所有隔离阀的总泄漏率：50%。

4.6.2 裂变产物去除和控制系统

在事故工况下，特别是一、二道实体屏障出现破损时，安全壳内将有大量气载放射性物质。安全壳喷淋系统为此提供了有效的抑制手段，将可能泄漏出安全壳的高活度液体收集后重新注回安全壳内，并由特定的通风系统对泄漏的气载放射性物质进行“动态密封”和过滤排放以维持一定的室内环境条件。

同时，核电厂设计中针对事故情况下裂变产物的释放设计了专门的系统和专门的空气过滤措施。

4.6.2.1 专设安全设施的过滤系统

(1) 主控制室空调系统（VCL）

(a) 设计基准

——提供一个温度适宜，空气质量好的环境，以保证工作人员舒适，健康和安全以及设备能有效运行和完好。

——在正常运行和应急工况期间保持控制室内的压力高于大气压，以防止室外空气渗入。

VCL 系统中的一部分在应急工况期间是用来保证控制室的可居留性的，这一部分称为应急过滤系统。

(b) 系统说明

应急过滤系统包括两条冗余设置由柴油机发电机组应急供电的容量为 100%过滤管路。每条过滤管路包括：一组预过滤器、一台电加热器、一组 HEPA 过滤器、一组碘吸附器、一组 HEPA 过滤器和一台送风机。

当放射性监测系统(IRM)探测室外空气被污染时，应急过滤系统就自动投入运行，去除控制室进气中裂变产物，维持控制室的可居留性。

VCL 系统设计考虑以下事故：

——厂外电源丧失

为了维持控制室的可居留性，正常空调机组和应急过滤通风机组由柴油发电机组作为备用电源。

——地震

应急过滤通风机组设计成能承受极限安全地震震动（SL-2）。

——功能丧失

VCL 系统的设计满足能动部件单一故障准则，保证 VCL 系统能够连续运行。两个应急过滤系列是同时运行的，因为风机是两台 100%冗余的，在一个系列丧失功能的情况下，则转换另一个系列履行其功能。

（c）应急过滤通风机组的功能

两台冗余设置的放射性监测器来监测引入新风的放射性浓度，当浓度超标时通风系统由正常通风管路切换到应急过滤管路。

吸收剂是具有渗透 1%碘化钾（KI）的活性炭。

过滤除碘的去污因子设计值为 10^3 。

（2）燃料厂房的通风系统（VFL）

（a）设计基准

VFL 系统的设计要能完成如下任务：

- 为设备的正常运行及工作人员进入维持一个适宜的环境温度；
- 维持厂房压力略低于大气压力（负压值约 0.5daPa，此值在系统调试时验证）以减少气载放射性物质的泄漏；
- 在机组正常运行期间，限制厂房内相对湿度（保证室内环境相对湿度控制在 70% 以内）以防止乏燃料水池大厅壁面结露；
- 在下列情况下，减少排风中的气载放射性物质向大气中排放：
 - 燃料装卸事故；
 - 乏燃料水池大厅内的高放射性水平；
 - LOCA。

（b）系统说明

在正常运行期间，VFL 系统以“直流式”的全新风系统运行。

在事故情况下，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。

为了在机组所有运行模式下，维持适当的环境，当任何一台风机或快速隔离阀出现单一能动故障时，系统的设计都能保持其功能。事故工况下使用的低流量排风子系统，配有

柴油机应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

(c) 低流量排风子系统的功能

在燃料装卸事故或高放射性水平情况下，由放射性监测系统自动将系统从正常运行模式切换到低流量排风运行模式，也可在控制室或乏燃料水池大厅手动完成。

放射性气体在运行层与隔离阀之间的扩散和传递时间比隔离阀的驱动和快速关闭时间长。而且，在排到室外之前经过过滤（高效空气粒子过滤器和碘吸附器）的。这样，就不会有放射性气体失控释放到大气中的事件发生。

(3) 安全壳环形空间通风系统（CAV）

(a) 设计基准

安全壳环形空间是指由内层安全壳和外层安全壳所围和的空间。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。

(b) 系统说明

系统用来满足维持环形空间负压以及用来过滤内层安全壳泄漏的部分，及其支持系统（比如供电等）的设计满足单一故障准则要求。在事故工况下，CAV 系统的单列运行可以维持环形空间的负压状态以及环形空间内的净化效率。

全壳环形空间通风系统包括两个空气进口和 3 个 100%容量的并联系列。其中 2 个系列用于事故后运行，每个系列包括一台隔离阀、一台电加热器、一台预过滤器、一台 HEPA 过滤器、一台碘吸附器、一台排风机、一台通风逆止阀；1 个系列用于电站正常运行，包括上游的两个电动隔离阀和 1 个下游手动隔离阀、一台预过滤器、一台 HEPA 过滤器、一台排风机、一台通风逆止阀。

在电站正常运行期间，系统的正常运行系列运行，维持环形空间内的负压状态。当发生事故时，正常运行系列被隔离，用于事故运行的两个系列投入运行。系统的风机和加热器可由应急柴油机供电。

4.6.2.2 安全壳喷淋系统

4.6.1.2 节中已经描述了安全壳喷淋系统（CSP）。本节着重讨论该系统的化学添加剂子系统。

(1) 概述

安全壳喷淋系统（CSP）的一个重要功能是去除裂变产物。LOCA 事故后裂变产物弥散到安全壳大气中，需要通过喷淋液的水滴来吸附裂变产物，特别是放射性碘。喷淋液通过布置在安全壳穹顶下的大量喷头喷淋到安全壳内。使得喷淋液滴和安全壳大气之间有很大的接触表面积，从而使喷淋液具有足够的吸附裂变产物的能力。为了增强喷淋液对碘的吸收能力，在喷淋液中加入了氢氧化钠。

化学添加剂系统按安全 3 级和抗震 1 类设计。非能动设备，如化学添加箱，为两列共用；系统主要由两个容量为 100% 的相同的且独立的管线组成。系统的设备有防灾害的保护措施。

(2) 系统设计

(a) 化学添加剂子系统

该子系统的设置是为了控制 pH 值，使 pH 值维持在 9.4 左右，一方面可以防止金属构件的腐蚀，另一方面控制由于金属与水反应及金属腐蚀产生的氢和氧的释放。为此，该子系统提供了重量浓度为 30% 的氢氧化钠溶液。溶液贮存箱的设计能保证防止添加剂出现沉积、化学反应和分解。

化学添加剂子系统利用泵和喷淋总管输送化学添加剂并将其喷淋到安全壳大气中。化学添加箱的氢氧化钠溶液被混入来自内置换料水箱（IRWST）的水中，并且由 CSP 泵送到 CSP 喷淋环管和喷头。

子系统包括：

- 一台装有氢氧化钠溶液的贮存箱（化学添加箱 CSP 001 BA）；
- 一台氢氧化钠搅拌机，及化学添加剂子系统仪表和控制装置；
- 两台喷射器（每个系列一台喷射器）用于吸入氢氧化钠并将其注射到喷淋水中，来自喷淋泵的加压水注入喷射器并使其工作。

(b) 设计参数

为了有效的和快速地排除碘，选定的全部设计参数为：

- 喷淋水量很大：从 $994\text{m}^3/\text{h}$ 到 $1988\text{m}^3/\text{h}$ （一台或两台安全壳喷淋泵在运行）。
- 液滴的尺寸非常小，平均直径： $270 \times 10^{-6}\text{m}$
- 降落高度约为 42m。

(c) 运行方式和给水源

a. 运行方式

安全壳喷淋系统的运行方式及条件参见 4.6.1.2 节。

化学添加剂子系统在安全壳喷淋系统（CSP）启动后 5 分钟自动启动并由化学试剂添加箱的低液位信号自动停止。

b. 给水源

喷淋开始时水来自内置换料水箱，其中添加了化学添加剂；

长期阶段喷淋水来自下列混合物：

- 内置换料水箱的水；
- 注入到喷淋水中的化学添加剂；
- 溢入安全壳内的混有裂变产物以及放射性腐蚀产物的反应堆冷却剂；
- 来自安注箱的水；

(d) 材料

与氢氧化钠溶液相接触的系统的的所有部分都是奥氏体不锈钢制造的。

4.6.2.3 裂变产物控制系统

为了保持安全壳高度密封，在设计中采取了许多措施。安全壳墙体、衬焊接钢板、机械和电气贯穿件、隔离阀、人孔盖和气闸等都具有密封功能，可在事故时限制放射性物质向环境释放。

在失水事故和蒸汽管道双端断裂事故工况下，安全壳喷淋系统通过向安全壳内注入大量喷淋水，降低安全壳内、外压差，使安全壳大气中的裂变产物向厂外泄漏量减少，从而限制了厂外的放射性水平。

4.7 放射性废物系统和源项

4.7.1 放射性源项

略。

4.7.2 放射性废液处理系统及源项

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。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），
- 常规岛废液收集系统（WLC），
- 常规岛液态流出物排放系统（WQB）。

4.7.2.1 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。当一回路氘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，经再生热交换器（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°C ，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氟浓度，将含氟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。

4.7.2.2 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。

本系统工艺排水缓冲槽及其疏水泵以及化学排水缓冲槽及其疏水泵是单机组布置于核辅助厂房内，其他部分为两堆共用，位于核废物厂房内。所有贮槽均布置在相应的设备间内，设备间设计成可滞留贮槽泄漏或破损时流出的放射性废液。

（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。

— 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。

— 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。

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。

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）。
- 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。
- 一台深床过滤器 ZLT005FI。
- 一台加压泵 ZLT012PO。
- 四台串联的除盐器 ZLT001/002/003/004DE。
- 一台树脂滞留过滤器 ZLT006FI。

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。

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。

4.7.2.3 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。

4.7.2.4 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（AC 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（AL 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 系统核岛部分 AR 厂房部分为单机组设置，核废物厂房内部分为双机组共用。收集下列系统及场所的废液：

AR 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 5/6WSR001/002BA 中。5/6WSR001/002BA 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 5/6WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

废水贮槽 5/6WSR001/002BA 房间内的地坑 5/6WSR003PS 收集的废液由地坑泵 5/6WSR008PO 送往 5/6WSR001/002BA。

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 7WSR003BA。二次漂洗的排放废液，借助重力流入废水贮槽 7WSR004BA。7WSR003/004BA 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 7WSR003/004BA，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 7WSR003/004BA 房间内的地坑 7WSR903PS 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 7WSR908PO 送往 7WSR003/004BA。

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 7WSR202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 7WSR202PO 送往 ZLT 系统

的化学排水接收槽处理或送往 ZST 系统的浓缩液槽待固化处理。

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 7WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 7WSR201PO 送往 5 号机组 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 5 号机组 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 5/6WSR001/002BA 的液位达到高液位时，泵 5/6WSR001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 5/6WSR001/002PO 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 7WSR003/004BA 的液位达到高液位时，泵 5/6WSR003/004PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 7WSR003/004PO 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 7WSR202BA 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 7WSR201BA 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 5 号机组 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 7WSR203BA 的高液位信号自动启动泵。根据取样分析结果，将废液送往 5 号机组 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。

4.7.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）除核废物厂房（QX 厂房）部分为两机组共用外，系统的其他部分均为单堆布置。

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、核废物厂房的地面疏水。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）；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；
- 核岛放化实验室的放射性废水，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。

除反应堆厂房的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。

— 收集在 QX 厂房工艺疏水坑（RVD502PS），再用泵输送到 ZLT 系统工艺排水接收槽。

— 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，再用泵送至核废物厂房 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。

核废物厂房地面疏水收集在核废物厂房地面疏水坑（RVD501PS）中，再由泵将疏水坑中的废液输送到 ZLT 系统地面排水接收槽。

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。

4.7.2.6 可降解废物处理系统（ZDT）

（1）设计基准

可降解废物处理系统的功能是将可降解防护用品进行溶解，并对溶解废水进行暂存、处理、取样分析，最终输送至放射性废水回收系统。

（2）系统说明

对可降解防护用品处理采用湿式氧化处理技术，处理过程分为三大部分：溶解、过滤和热氧化。

4.7.2.7 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。

定量设计基准参见表 4.7-1。

（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，下泄流流过下泄孔板进行降压，再流过下泄热交换器的管侧，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。轴封水向下引到泵轴轴承和热屏蔽冷却盘管上部，一部分冷却下部轴承。然后，通过迷宫密封和热屏蔽进入反应堆冷却剂系统。其余的轴封水沿着泵轴向上流到密封水泄漏。密封水泄漏流排到位于安全壳内的一条公用集水管。然后，通过密封水返回过滤器和轴封水热交换器流到上充泵吸入侧或通过替换通道流到容积控制箱。

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、燃烧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内。

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。

4.7.2.8 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。冷却水泵和热交换器的冗余度为 3×100%。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统冷却回路的安全等级为 3 级。

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 或 006PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF、002RF 或 003RF，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。

4.7.2.9 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 73.5t/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24.5t/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10~73.5 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 10~73.5t/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。

4.7.2.10 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。

（2）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。

4.7.2.11 放射性废液排放源项

略。

4.7.3 放射性废气处理系统及源项

放射性废气处理系统为单机组设置，用于收集、贮存并处理反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准及核电厂管理规范要求后排放入大气。放射性废气分为含氢放射性废气和含氧放射性废气两大类。

裂变过程产生的放射性气体主要是氦和氙的各种同位素。由于少量的燃料包壳破损，燃料包壳内存积的裂变气体进入反应堆冷却剂。在高压下裂变气体溶解于冷却剂中，但当系统内存在气相空间时，裂变气体就会释放出来，特别是在对堆冷却剂进行除气处理时，几乎所有的裂变气体都将随着溶解的氢气或氮气一起解吸出来，形成含氢放射性废气，被收集到缓冲罐中。

含氧放射性废气（含空气废气）主要来自核辅助系统，特别是三废处理系统中可能进入空气的各种贮槽的呼排气、吹扫气、鼓泡排气或抽气（保持负压）等，由核岛疏水排气系统集中收集在一根管路里，通过系统排气风机吸入废气处理系统（ZGT），经碘过滤器处理后排到核辅助厂房通风系统（VNA）。含氧废气所含的放射性核素主要以气溶胶的形式存在，含有分子碘和有机碘等。

放射性废气处理系统主要包括：

- 废气处理系统（ZGT），
- 厂房通风系统（HVAC），
- 主冷凝器真空系统（TTV）。

4.7.3.1 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 GB9136—1988《轻水堆核电厂放射性废气处理系统技术规定》及 GB/T22158-2008《核电站防火设计规范》的要求；

- ZGT 系统要能在主要设备停运检修（单一故障）期间和产生过多废气量期间提供足够的处理能力，所以主要能动设备都考虑冗余：含氢废气子系统的含氢废气压缩机的容量为 2×100%；含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 2×100%。

- ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成安全 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、安装氢气和氧气检测仪表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。

a) 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 $1.2\text{m}^3(\text{STP})/\text{h}$ ，但排气次数较多。

这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。

b) 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

a) 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。

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）：

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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。

在向大气环境排放之前，衰变箱内的废气要进行取样分析，测其放射性浓度、氢气含量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，则手动停止排放。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，并连锁关闭排放阀 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。

b) 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。当信号显示第一台风机停运后，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风门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节风门引入的空气，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碳的活性。

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。

4.7.3.2 厂房通风系统（HVAC）

（1）设计目的

通风系统对每个可能被污染的厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个适宜的温度和良好的室内环境，确保人员的安全、健康、舒适以及设备的有效运行。

主要的通风系统如下：

— 核燃料厂房：

·核燃料厂房通风系统（VFL）。

— 安全厂房：

·安全厂房机械设备区通风系统（VMO）。

— 核辅助厂房：

·核辅助厂房通风系统（VNA）。

— 放射性废物厂房：

·放射性废物厂房通风系统（VRW）。

— 反应堆厂房：

·安全壳连续通风系统（CCV）；

·安全壳内空气净化系统（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）。

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：

— 设有电气蓄电池的房间每小时换气次数为12次；

— 核辅助厂房有氢危险的房间每小时换气次数为10次。

（2）总的设计特性

在污染区内，空气要排出之前，正常的气流路线是从低潜在污染区依次流向高潜在污染区。

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。

每个通风系统使用的各种部件组合的说明如下：

- 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。

- 碘过滤器（碘吸附器）

碘过滤器用于不同的 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。厂房通风系统的送、排风量见附表 4.7-2。

主要通风系统如下：

- （1）核燃料厂房的通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统以“直流式”的全新风系统运行。

在事故情况下，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。

为了在机组所有运行模式下，维持适当的环境，当任一风机或自动隔离阀出现单一能

动故障时，系统的设计都能保持其功能。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：

- 二台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 二台高效粒子空气过滤器（净化系数 > 3000）；
- 二个阻塞补偿阀；
- 二台 100%容量并联的排风机，装有逆止阀；
- 一支通向烟囱的排气管，配有二个冗余设置的快速关闭蝶阀，在事故时把系统与室外隔离。

（2）安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

VMO 系统为“直流式”通风系统，对低压安注泵和安全壳喷淋泵的电动机房进行通风。

VMO 系统提供最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的设计是为了设备维修和定期试验时，保持适当的环境条件，并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）再循环阶段，容许维修人员进入。

VMO 系统是就地控制的。

VMO 系统的组成如下：

- 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；
- 两台并联风过滤器（预过滤器、高效粒子过滤器）；
- 五台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；
- 两台管道电加热器；
- 两台室内电加热器；
- 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。

（3）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，设计成能完成如下任务：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房放射性区域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”）、排烟环路、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%）（用三备一）；
- 四台并联的高效粒子空气过滤器（净化系数 >3000 ）（用三备一）；
- 四台 50% 冗余设置的风机，并联连接，并配置逆止阀（用二备二）；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道；
- 一组末端加热盘管和冷却盘。

2) 碘排风机组

二套容量为 100% 的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

- 二台电加热器；
- 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) 排烟环路

排烟环路的组成：

- 过滤器机组[预过滤器(过滤效率：85%)和高效粒子空气过滤器(净化系数 >3000)；
- 二台 100% 容量并联连接的风机，并配置逆止阀；

— 从电气房间和阻火器来的排烟的管道。

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

在没有跟踪加热的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。

（4）环形空间通风系统 CAV

CAV 系统是连续运行的。保证内外壳之间的空间（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。

在事故后所有运行模式期间，为减少释放到周围环境中的放射性，用于事故工况的碘排风子系统，设计成在任一部件单一故障时，仍能保持其功能，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；
- 烟囱上游配有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。

（5）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。

（6）安全壳内空气净化系统（CUP）

安全壳内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 高效粒子空气过滤器（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。

净化机组由两个容量为 50% 冗余配置的并联净化回路组成，每个回路组成如下：

- 电动隔离阀；
- 电加热器（一台）；
- 高效粒子空气过滤器（一台）（净化系数 > 3000）；
- 碘吸附器（一台）（净化系数（对分子碘） > 5000）；
- 手动平衡阀；
- 静压箱。

两台容量为 100% 冗余配置的风机并联。每台风机后设逆止阀，风机前设隔离阀。当 CUP 系统运行时，两台风机中一台及两个净化机组运行。

（7）安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下四个子系统组成：

- 1) 混合和取样子系统设计成在 LOCA 后作为安全壳大气的循环系统运行。
- 2) 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的最大值 60mbar。
 - 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。
- 3) 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。

4) 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。

(8) 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能承受的环境温度。
- 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 系统是按直流通风系统的运行模式来完成上述功能的。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。

4.7.3.3 放射性废气排放源项

略。

4.7.4 放射性固体废物处理系统

固体废物处理系统（ZST），是为核电厂运行和维修时所产生的放射性废物在处置之前提供收集、暂存、固化（固定）、压实、包装和临时贮存而设计的。ZST 系统由位于核辅助厂房（NX）内部分、核废物厂房（QX）内部分、废物处理辅助厂房（QS）和放射性固体废物暂存库（QT）组成。

NX 厂房内部分每台机组一套，用于收集和暂存 NX 厂房产生的废树脂和废过滤器芯。废树脂和废过滤器芯用屏蔽运输车送到 QX 厂房处理。QX 厂房内部分两台机组共用，用于对湿废物（浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯）进行处理后封装入 400L 钢桶内。

福建福清核电厂 1、2 号机组的 QS 厂房能够处理 6 台机组产生的干废物，本工程不再新建。福建福清核电厂 1、2 号机组 QT 库的库容按 6 台机组运行 5 年产生的废物量进行设计，本工程不再新建。

4.7.4.1 设计基准

固体废物处理系统（ZST）无安全功能，属非核安全级（NC），设计基准如下：

- ZST 系统处理五种放射性废物：
 - 废液处理系统（ZLT）蒸发器产生的浓缩液；
 - 来自化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）、废液处理系统（ZLT）和蒸汽发生器排污系统（TTB）

除盐器产生的废树脂；

- 废液处理系统（ZLT）活性炭床产生的废活性炭；
- 来自化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）、废液处理系统（ZLT）和蒸汽发生器排污系统（TTB）水过滤器的废过滤器芯；
- 核电厂各控制区产生的杂项干废物（包括抹布、塑料、纸、防护鞋套、口罩、手套、衣服等和废弃的设备零部件等）。

— 各种固体废物根据各自的性质进行处理，说明如下：

- 浓缩液收集到 QX 厂房的浓缩液贮槽中，采用含硼浓缩液高效固化工艺处理；
- 废树脂收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中。然后，用屏蔽运输车送到 QX 厂房，采用湿法氧化和高效固化工艺处理。

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 QX 厂房进行湿法氧化和高效固化处理；

- 废活性炭采用水泥固化工艺处理，用桶外批次混合器与水泥、添加剂和水混合均匀后装入 400L 钢桶；
- 表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 放射性废过滤器芯装入 400L 钢桶内。然后，在 QX 厂房用水泥浆（湿混料）固定；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯装入 200L 钢桶送到福建福清核电厂 1、2 号机组的 QS 厂房，进行烘干、超级压实和水泥固定处理；

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；

- 本工程将采用可降解的一次性聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，穿用后的可降解防护用品送到可降解废物处理装置，处理后形成可以排放的废液和少量二次废物。二次废物采用超级压实和水泥固定处理；

杂项干废物用专用运输车运送到福建福清核电厂 1、2 号机组的 QS 厂房，分成可压实杂项干废物、潮湿的可压实杂项干废物、可直接超级压实废物和不可压实废物四类进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→初级压实（必要时）→超级压实→水泥固定→400L 钢桶封盖→表面剂量率和表面污染检测→在 QS 厂房养护→送 QT 库暂存；

- 为了减少操作人员所受辐射照射，ZST 系统在就地控制室进行监测和控制；
- 常压贮槽考虑了足够的排气和溢流能力，以防贮槽出现超压或负压。浓缩液贮槽

和废树脂贮槽的设备间设有滞留堰，以防止贮槽破损时废物外流；

一 废物包暂存：

- 固体废物处理后产生的废物包送到福建福清核电厂 1、2 号机组的 QT 库暂存。QT 库的废物贮存区包括“贮存室”、“废物桶贮存区”和极低放废物贮存部分。“贮存室”用于贮存表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的 400L 废物桶；“废物桶贮存区”，用于贮存表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 400L 废物钢桶；极低放废物贮存部分贮存 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），转运到低、中放固体废物处置场进行处置。
- 极低放废物储存部分中符合 GB/T28178-2011 规定的送规定地点填埋处置。

4.7.4.2 系统组成

废树脂和废过滤器芯主要收集在 NX 厂房，固体废物处理过程在 QX 厂房和 QS 厂房内进行，处理后产生的钢桶废物包运至 QT 库暂存。

1) 位于核辅助厂房（NX）中的设备

废物处理站位于核辅助厂房(NX)内部，用于将 NX 厂房产生的废树脂和废过滤器芯收集后送到 QX 厂房处理，当废过滤器芯表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 时将其送到 QS 厂房处理。

a) 废树脂收集和运输设备

ZST 系统在 NX 厂房设有两个废树脂收集槽（ZST002BA、003BA），接收和暂存从 RCV、ZBR 和 RFT 系统送来的废树脂。贮槽设有除盐水和压缩空气入口，来自核岛除盐水分系统（WND）的除盐水和来自公用压缩空气分配系统（WAS）的压缩空气用于废树脂的松动，贮槽上部设有溢流管。

在废树脂贮槽 ZST002BA 和 ZST003BA 设备间，设置电厂辐射监测系统（2 个通道）测量废树脂贮槽的辐射剂量率。

在 TTB 系统除盐器下游设有一个移动式 TTB 废树脂贮槽(ZST004BA)，正常情况下，TTB 系统产生的废树脂仅受轻微放射性污染，可将其通过临时软管用水力输送进入 ZST004BA。贮槽边进树脂边通过容器下部的排水管排水，接收结束后，再经过一段时间，沥出所有表面水分后，将排完水的废树脂用真空装桶设备装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到 QT 库贮存衰变。若废树脂经衰变达到 GB27742-2011《免于放射防护监管的物料中放射性核素活度浓度值》规定的清洁解控水平后，经审管部门批准，可作为非放废物处理；在异常情况下，TTB 系统产生的废树脂排至废树脂贮槽(ZST002BA 或 ZST003BA)，

通过排入屏蔽运输车的运输容器内再运送到 QX 厂房，采用湿法氧化和高效固化工艺（WOHEST）处理后装在 400L 钢桶中。

相关系统冲排除盐器废树脂的水、冲洗废树脂输送管道的水、冲洗贮槽和计量槽的水以及反冲滤网的水均经核岛疏水排气系统（RVD）送往 ZLT 系统处理。贮槽内的废气由 RVD 系统收集。

废树脂收集槽（ZST002BA、003BA）中的废树脂在 NX 厂房装入屏蔽运输槽车，运送到 QX 厂房并卸到废树脂接收槽中，等待后续进行湿法氧化和高效固化工艺处理。

b) 废过滤器芯更换和运输设备

废过滤器芯更换转运容器用于远距离更换和转运废过滤器芯。容器用铅作为屏蔽层（故又称铅容器或铅罐），外有不锈钢外壳，并设有一套定位装置、与过滤器芯运输通道连接的滑动底板和升降装置。

废过滤器芯从 NX 厂房（RCV、ZBR、RFT 和 TTB 系统）过滤器室的上部取出。利用吊车将废过滤器芯更换转运容器吊至废过滤器芯输送通道上。废过滤器芯输送通道的下端设有一个阀门，上端设有一个供过滤器芯更换转运容器连接的定位底座。废过滤器芯更换转运容器的升降装置将废过滤器芯经输送通道放入带有废过滤器芯定位支架的 400L 钢桶中。

表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯用带有锁紧装置的屏蔽运输容器的专用运输车送到 QX 厂房的湿废物处理量装置进行水泥固定；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯送到 QS 厂房进行烘干、超级压实和水泥固定。

2) 位于核废物厂房（QX）中的设备

固体废物处理系统位于核废物厂房内的部分用于进行浓缩液、废树脂、废活性炭及废过滤器芯的处理。

a) 湿废物接收设备

ZLT 系统蒸发器产生的蒸发浓缩液由浓缩液贮槽接收。为防止浓缩液在槽内产生结晶沉淀，贮槽设有两组电加热器及一个搅拌器。一台测量仪用于测量贮槽浓缩液贮槽的剂量率。

ZLT 系统产生的废树脂用管道输送到 QX 厂房的废树脂接收槽等待处理。废树脂接收槽设有除盐水和压缩空气入口，用除盐水和压缩空气松动废树脂，贮槽上部设有溢流管。

ZLT 系统产生的废活性炭用管道送到 QX 厂房的废活性炭收集槽待水泥固化处理。废活性炭接收槽设有除盐水和压缩空气入口，用除盐水和压缩空气松动废活性炭，贮槽上部

设有溢流管。

废过滤器芯从 QX 厂房（ZLT 系统）过滤器室的上部取出。利用吊车将废过滤器芯更换转运容器吊至废过滤器芯输送通道上。废过滤器芯输送通道的下端设有一个阀门，上端设有一个供过滤器芯更换转运容器连接的定位底座。废过滤器芯更换转运容器的升降装置将废过滤器芯经输送通道放入带有废过滤器芯定位支架的 400L 钢桶中。表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯在 QX 厂房水泥固定；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯送到 QS 厂房处理。

b) 湿废物处理

QX 厂房内的湿废物处理装置用于将湿废物（浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯）进行处理后封装入 400L 钢桶内，浓缩液采用再浓缩、造粒和高效固化工艺处理，废树脂采用湿法氧化和高效固化工艺处理，废活性炭采用水泥固化工艺处理，废过滤器芯采用水泥固定工艺处理，包括“浓缩液再浓缩和造粒单元”、“废树脂湿法氧化和高效固化单元”和“固化和固定单元”共三部分。

— 浓缩液再浓缩和造粒单元

浓缩液再浓缩和造粒单元用于浓缩液再浓缩和造粒。

浓缩液再浓缩和造粒单元采用含硼废液高效固化技术处理含硼浓缩液，该技术采用无机固化剂进行固化。

— 废树脂湿法氧化和高效固化单元

废树脂湿法氧化和高效固化单元用于废树脂湿法氧化和氧化残留物的高效固化。

最终废物包满足近地表处置要求。

— 固化和固定单元

固化和固定单元用于含硼废液造粒后废物的高效固化、废活性炭水泥固化和废过滤器芯水泥固定。含硼废物颗粒、废活性炭和废过滤器芯等废物和固化剂通过批次式混合器混合均匀后装入钢桶。

湿废物处理装置的操作设在控制间的监视器、摄像机控制系统和设在装桶站各处摄像机组成的视频监视系统监视，并使用计算机在 ZST 控制室进行远距离控制。为避免误操作或设备误动作造成放射性物质无控制释放，操作控制程序中包括了一系列连锁保护措施。

放射性物料装桶时，能保证将防护门闭锁。在失去动力源时，应急电源将投入使用，主要装卸动作和固化操作不会停止，不会产生安全问题，不会对环境及人身安全产生影响。

400L 钢桶废物包外表面剂量率、表面污染情况及废物桶的重量在屏蔽的设备间内测量。

3) 位于 QS 厂房中的设备

本工程与福建福清核电厂 1、2 号机组共用 QS 厂房，该 QS 厂房具有处理 6 台机组产生的杂项干废物的能力。

一 水泥贮存和干混料配制

QS 厂房中存有固化用的水泥，并设有干混料配置设备，将配置好的干混料装入料斗后运往核辅助厂房。在 QS 厂房中可配制少量湿混料用于 400L 钢桶内的干废物压实饼或不可压实废物的固定。

一 杂项干废物的处理

核电厂内的其他被放射性污染的干废物（如抹布、纸、塑料及废的设备零部件等）在 QS 厂房进行处理，杂项干废物中约 85% 为可压实废物（部分为需要烘干的浸湿干废物），15% 为不可压实废物（部分为可直接超级压实废物）。它们在产生地按照可压实与不可压实及不同的污染程度被收集在不同颜色的塑料袋内送到废物处理辅助厂房进行分检。

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；可压实废物用压实力约为 30t 的初级压实机压实在 200L 钢桶内，压实比为 3，再用压实力为 2000t 的超级压实机将装有初级压实废物的 200L 桶压成钢桶饼。然后，将桶饼装入 400L 钢桶内用水泥固定。

可直接超级压实废物装入 200L 钢桶用超级压实机压实后，将桶饼装入 400L 钢桶内用水泥固定；不可压实的废物装到 400L 钢桶内水泥固定。

一 其它废物的装桶

外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯子装入 200L 钢桶后送入 QS 厂房，进行烘干、超级压实和水泥固定处理。

可降解废物处理后产生的二次废物装入 200L 钢桶后送入 QS 厂房，进行烘干、超级压实和水泥固定处理。

一 装有干废物的 400L 钢桶的封盖

装有废物的 400L 钢桶加入一定量的湿混料并震动密实，经养护一段时间后再封盖。

4) 位于 QT 库中的设备

福建福清核电厂一期工程的放射性固体废物暂存库（QT）用于暂存福建福清核电厂 1~6 号机组在运行中产生的装有水泥固化和固定废物的 400L 钢桶废物包、轻微污染设备、通风过滤器芯以及装有轻微污染 TTB 废树脂的 200L 钢桶废物包。贮存的低、中水平放射

性废物最终转运到低、中水平放射性固体废物处置场处置。QT 厂房的废物包贮存部分设有钢桶内核素检测装置，用于检测各废物桶内的核素。

福建福清核电厂一期工程的的 QT 库建筑物设计使用寿命为五十年；库内废物的贮存以定型包装、分区贮存、监测管理、限期转运处置场为原则。

QT 库主体为单层，分为贮存区、人员工作区和辅助设施区共三部分，贮存区分为“废物桶贮存区”和“贮存室”。“废物桶贮存区”，用于贮存表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 200L、400L 废物钢桶及轻微污染设备。“贮存室”用于贮存表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的水泥固化废物钢桶，贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。每个贮存单元能够容纳 4 个垂直码放的 400L 金属桶，上方覆有混凝土防护盖板。放射性固体废物暂存库内设有一台双梁远距离数控起重机，用于吊运废物桶。

5) 设计特点

ZST 系统所有操作均为手动或就地远距离控制操作，并在电视监视下进行，许多远距离控制的顺序都有相应的连锁。所有与浓缩液和废树脂接触的设备用不锈钢制造。

放射性固体废物处理系统厂房的设备布置使得操作人员受到的照射减至最少，设计特点如下：

- 高放射性活度的设备布置在带屏蔽的设备间内；
- 中、低活度设备的分组布置，使操作人员进入检查和维修时所受剂量减至最少；
- 废物桶的装卸和贮存均在带屏蔽的固体废物区内进行。
- 从过滤器隔间取出过滤器芯子是用带屏蔽的转运容器进行的。
- 厂房布置提供了放射性固体废物处理系统在控制室进行遥控操作。

4.7.4.3 系统运行

(1) 湿废物装桶

RCV、ZBR 和 RFT 系统除盐床中的废树脂用水力将除盐器中的废树脂输送至废树脂收集槽，再用废树脂运输车运送到 QX 厂房的废树脂接收槽；ZLT 系统的废树脂直接用水力将除盐器中的废树脂输送至 QX 厂房的废树脂接收槽。QX 厂房废树脂接收槽中的树脂将进行湿法氧化和高效固化处理。

处理后产生的钢桶废物包送到废物暂存库暂存。蒸汽发生器排污除盐器中的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入 200L 钢桶后送到废物暂存库的专门区域贮存衰变。非放或仅受轻微放射性污染的 TTB 废树脂装入 200L 钢桶内。然后，送到废物暂存库的专门区域贮存衰变等待清洁解控。

废液处理系统产生的废活性炭用管道送到 QX 厂房的废活性炭水槽后进行水泥固化，

处理后产生的钢桶废物包送到废物暂存库暂存。

浓缩液通过管道送到 QX 厂房的浓缩液接收槽，再用计量泵送入再浓缩槽进行再浓缩，再浓缩产生的蒸气经除雾器与冷凝器冷凝后输送至疏水排气系统处理；再浓缩得到的超浓缩废液，则输送到造粒器进行造粒。最后，再将废物颗粒输入固化混合槽与固化剂和水搅拌均匀后装入 400L 废物桶，产生的钢桶废物包送到废物暂存库暂存。为了防止结晶，分别通过电加热器和伴热电缆对浓缩液贮槽和管道加热，使浓缩液的温度始终保持在 55℃ 左右。

利用吊车将过滤器室的常规塞子移走，并置于房间楼板上，换上专用塞子，打开过滤器顶盖。这些操作均由操作人员手动和遥控进行。用吊车将过滤器芯更换转容器吊至过滤器室正上方。用过滤器芯更换转容器的升降装置将吊具下降到过滤器室里面，将过滤器芯吊篮提起，并将它吊入过滤器芯更换转容器内。然后关闭过滤器芯更换转容器底部滑板，将过滤器芯更换转容器运至废过滤器芯输送通道上，在输送通道正上方定位后，将过滤器芯经下降通道放入已就位于的 400L 钢桶内。一个聚乙烯塑料袋随吊具一起上下，以防止污染物滴落或飞溅到过滤器小室、铅罐、输送通道或地板上面。钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯子定位，并保证均匀的生物防护。

NX 厂房产生的废过滤器芯通过屏蔽容器和运输车送到 QX 厂房，QX 厂房产生的废过滤器芯不必使用运输车运输，在湿废物处理装置辊道上装有废过滤器芯的 400L 钢桶用桶外混合器配制的湿混料固定。为确保湿混料分布均匀，将容器放在震动台上震动几分钟。处理后产生的钢桶废物包送到废物暂存库暂存。

(2) 杂项干废物装桶

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，送到废物处理辅助厂房进行分拣、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，处理后产生的钢桶废物包送到废物暂存库暂存。

可压实干废物用 QS 厂房的废物压实装桶间内的初级压实机（10t）压实在 200L 钢桶内，封盖后将 200L 钢桶用超级压实机（2000t）压成圆饼后装入 400L 钢桶内，通常一桶装三个圆饼。然后向桶内注入一定量的湿混料并振实，养护一段时间后再封盖，封盖后的 400L 钢桶送废物暂存库暂存。

可直接超级压实的废物进行超级压实和水泥固定处理。

外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯进行烘干、超级压实和水泥固定处理。

不可压实废物装入 400L 钢桶进行水泥固定。

(3) 废物包暂存

废物暂存库设有检测装置用于检测入库废物的表面剂量率、核素组成、重量和表面污染。然后，对废物进行分区存放。

从 QX 和 QS 厂房运出的 400L 钢桶废物包，在运往厂外进行最终处置之前，先在废物暂存库（QT）暂存。然后，送到低、中水平放射性固体废物区域处置场进行处置。

4.7.4.4 废物最小化

本工程在废物最小化方面主要通过源头控制、合理分类收集处理和改进处理工艺来实现，拟采取以下主要措施：

- 采用可降解的一次性聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，可压实干废物产生量降低到运行核电厂的 1/3。
- 对于被 ^{110m}Ag 污染的废液，经暂存衰变后，用注入和活性炭吸附工艺处理，防止树脂过早失效，减少废树脂的产生量；并能降低 ^{110m}Ag 对废液处理系统蒸发器的污染。
- 采用湿法氧化和高效固化工艺处理废树脂；
- 采用再浓缩、造粒和高效固化工艺处理含硼浓缩液。
- 采用 400L 钢桶作为废物包装容器，湿废物增容少。
- 湿废物处理装置采用桶外混合器，提高废物桶的装填率。
- 废过滤器芯根据放射性水平的不同，分类处理，表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯装入 400L 钢桶进行水泥固定；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯送到 QS 厂房进行烘干、超级压实和水泥固定；通风系统的废过滤器芯表面剂量率水平很低，大部分核素是短寿命的，送到 QT 库的专门区域进行贮存衰变。
- 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储存衰变一段时间后再进行湿法氧化和高效固化。蒸汽发生器排污系统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 QT 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，经审管部门批准可作为非放废物处理。
- 将干废物分为可压实杂项干废物、浸湿的可压实杂项干废物、可直接超级压实废物和不可压实废物四类，并根据废物可压实与否分别进行处理。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 400L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 400L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 400L 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 QT 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。

- QS 厂房设有超级压实后的废物饼优化测量装置，提高 400L 钢桶内的废物填充率。

4.7.4.5 废物最终处置

废物包从福建福清核电厂 1、2 号机组的放射性固体废物暂存库（QT）送到规划中的低、中放废物区域处置场处置，放射性废物厂外运输应遵守 GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》。极低放废物送到满足 GB/T28178-2011 的规定的极低放废物处置场填埋处置。

4.7.4.6 放射性固体废物源项

略。

4.7.5 放射性流出物监测系统

4.7.5.1 气态放射性流出物监测系统

福清核电厂 5、6 号机组采用“华龙一号”第三代核电技术，单堆布置，核岛反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、人员通行厂房、安全厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放。汽轮机厂房通风通过常规岛通风排放管道进行排放。因此，气载放射性流出物监测集中对核岛烟囱和常规岛通风排放管道中排放的气体进行监测。并对烟囱排气进行取样测量，取样装置的设计和布置必须满足 ISO2889-2010 的要求，以便获取代表性的样品，并在电厂运行前完成取样代表性的验证试验。

（1）放射性惰性气体连续监测

烟囱放射性惰性气体监测分为正常情况放射性惰性气体监测和事故情况放射性惰性气体监测，探测器的总量程要足够宽，能满足核电厂正常排放和事故排放要求，而且至少互相重叠一个量级。它们是事故后监测通道，属安全 1E 级设备，具有仪表量程宽等特点，有显示、记录打印和报警功能。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，这些要求包括：

- 采用应急电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行；
- 试验：对设备进行定期试验、校准。

（2）气溶胶和放射性碘取样和监测

烟囱气溶胶和放射性碘监测包括正常情况下连续监测和取样；事故情况下取样测量。

- 连续监测和取样：在正常情况下，对气溶胶和放射性碘连续监测，具有显示、记录打印和报警功能。与连续监测管路并行设置了一套气溶胶、碘取样装置，对烟囱气载流出物中的气溶胶及碘进行取样，每周的累积样品送实验室进行测量分析，测量结果用于计算气载放射性流出物的周排放量。

- 事故情况取样：当放射性气溶胶和碘的浓度超出正常量程范围时，气溶胶、碘探测器停止工作，取样流体将正常情况的惰性气体、气溶胶和碘探测器监测回路旁路，进入事故情况气溶胶、碘取样和事故情况惰性气体监测回路，事故量程的气溶胶、碘样品送现场实验室进行测量分析。

（3） ^{14}C 和 ^3H 的取样和测量

烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 监测为连续取样，样品定期送现场实验室进行测量分析。

（4）惰性气体定期取样和测量

取样管路上设置了气体取样口，定期进行惰性气体放射性浓度的分析，分析结果用于校正惰性气体活度连续监测仪。

4.7.5.2 放射性液态流出物监测系统

放射性废液主要来自放射性废物厂房液体放射性废物系统、蒸汽发生器排污系统电除盐流出物和废液、汽轮机厂房废水系统排放以及汽轮机厂房厂用水系统排污，废液经处理后分别汇总到核岛液体放射性废物排放系统及常规岛废水排放系统的贮罐中作为液态放射性流出物集中排放。

液体放射性流出物监测包括取样测量和排放时在线监测。液态放射性流出物排放前，将样品在现场实验室分析合格后才实施排放。样品分析测量项目有：总 β 、 ^{90}Sr 、总 γ 、 γ 谱和氡分析。并对液态流出物中的 ^{14}C 尝试开展测量。

在排放期间要用液体放射性活度监测仪对排放废液的体积活度进行连续监测，当放射性废液体积活度达到设定值时，监测仪发出报警，并发出连锁信号关闭排放阀门停止排放，以防止异常排放。

4.7.6 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。

4.7.6.1 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是隔离的，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 区为锆乏燃料贮存格架，用于贮存由堆芯卸出的燃料组件。II 区为高密度硼不锈钢乏燃料贮存格架，利用硼不锈钢板作为中子吸收材料，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。

4.7.6.2 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。

4.7.6.3 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

乏燃料水池冷却和处理系统的设备的安全等级为3级；与余热排出系统连接的管路以及带隔离阀的安全壳贯穿件的安全等级为2级；在安全壳内的所有其他部分为非安全级。

该系统设有三台同样的泵，每台泵可提供100%的流量；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。

4.8 化学物质排放

为满足福清核电站 5、6 号机组的运行要求，需对核电站有关系统的水作某些化学处理，即在系统中加入一定数量的杀菌剂、腐蚀抑制剂或化学添加剂、再生剂等，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。

4.8.1 核电站主要化学药剂的使用

福清核电站 5、6 号机组使用化学药剂的主要环节有循环水系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统、二回路、闭式冷却水系统等环节。

核电站使用的主要非放射性化学物质的名称、用途、使用量等详见表 4.8-1。

4.8.2 核电站主要化学物质的排放

福清核电站 5、6 号机组释放到环境中的化学物质主要产生于循环水系统排放水；循环水处理系统、除盐水生产系统、凝结水精处理系统的酸碱中和废水、硼酸的回收和排放以及含油废水的排放等环节。

核电站排放的主要非放射性化学物质的名称、排放方式、排放浓度、排放控制的依据等详见表 4.8-2。

4.8.3 化学物质处理流程图：

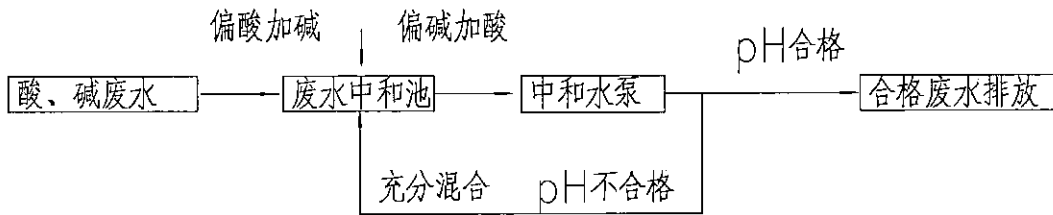
上述化学物质的处理，主要包含酸碱中和处理、非放射性含油废水处理、三废系统化物质处理三部分。

酸碱中和处理：酸、碱药液分别通过加碱和加酸进行中和处理，使 pH 值达到 6~9 排放。处理容量满足一次再生酸碱废水总量。

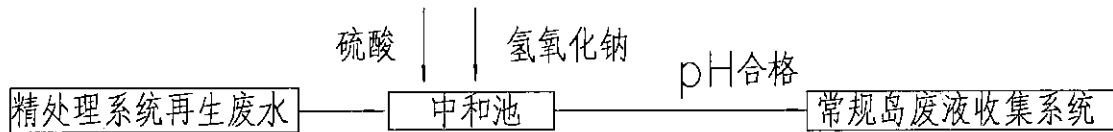
非放射性含油废水处理的能力：正常 5 m³/h，最大 10 m³/h。

三废系统化学物质处理容量：满足福清 5、6 号机组的三废排放需求。

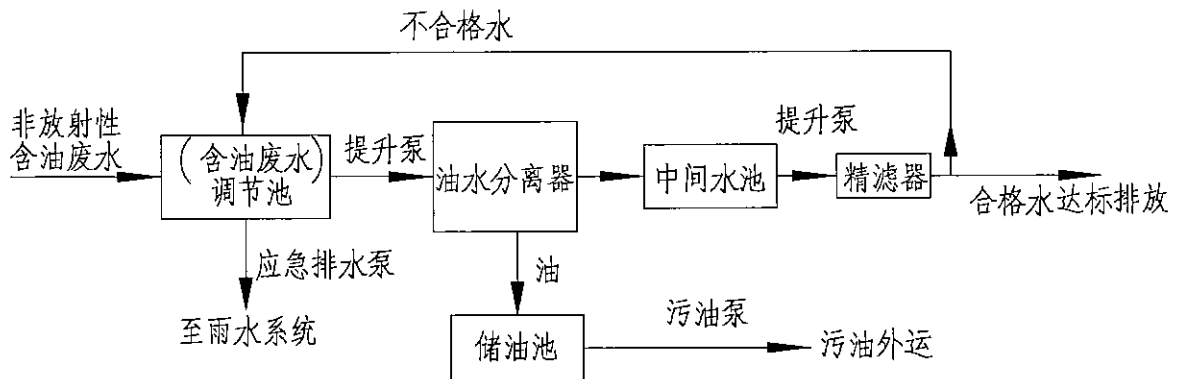
除盐水生产系统、循环水处理系统的酸碱中和处理流程图如下：



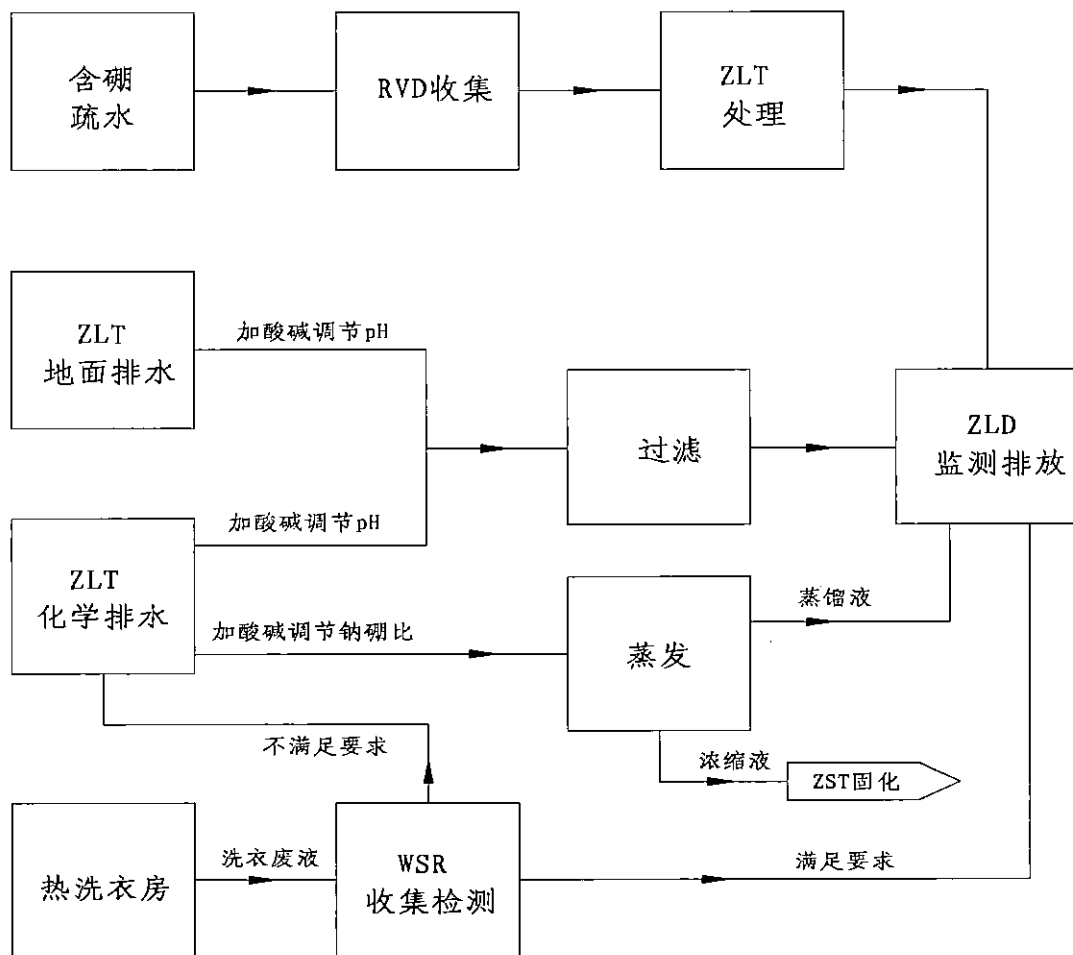
凝结水精处理酸碱废水处理简易流程图如下：



非放射性含油废水处理流程图如下：



三废系统化学物质排放系统图如下：



4.9 生活废物

福清核电站 5、6 号机组产生的生活废物包括核电站非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。

生活污水来自 5、6 号机组主厂区各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备以及洗衣房等处的非放射性生活污水的排水。5、6 号机组主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至主厂区的生活污水处理站（ED4）。生活污水经过生化处理，其水质在达到国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918）中一级标准的 B 标准之后，就近排放至生产废水和雨水系统管道，最终通过 CC 虹吸井排至大海；沉淀池中的污泥定期清运。5、6 号机组主厂区的生活污水处理站设计规模 200 m³/d。

4.10 放射性物质运输

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 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》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。

4.10.1 新燃料运输

4.10.1.1 燃料供应

福建福清核电厂 5、6 号机组选用 17×17-25 改进型格架 AFA 3G 燃料组件，组件由中核燃料元件有限公司供应。新燃料运输容器采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至福清核电厂 5、6 号机组燃料厂房。

4.10.1.2 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
• U ²³⁵ 富集度	
首炉装料	1.8%， 2.4%， 3.1%
平衡循环	4.45%
• 每个燃料组件中铀的重量	约 460kg

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	$< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$
距货包表面 1 米处	$< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

新燃料运输容器是由上、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。容器内设置有一个减震框架，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 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》的要求。

4.10.2 乏燃料运输

乏燃料组件的运输必须遵守下列标准规范：《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF 501）、《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 562 号）、《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2004）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）。

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、可燃毒物组件等，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。

乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》的要求。

运输起点为福建福清核电厂 5、6 机组燃料厂房。

运输终点为乏燃料后处理厂，该厂目前正在进行规划选址论证工作。

4.10.3 放射性固体废物运输

福建福清核电厂 5、6 号机组产生的放射性废物包括：高效固化的废树脂和浓缩液、水泥固定的废过滤器芯、以及超级压实的干废物，厂外运输的是 400L 钢桶废物包。大部分桶的外表面剂量率不大于 2mSv/h，少量外表面剂量率 > 2mSv/h 的废物桶在运输中将采取必要的辐射防护措施。

计划每两年向规划中的低、中放废物区域处置场运输一次放射性固体废物包，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。运输起点为福建福清核电厂 1、2 号机组的 QT 库，运输终点为规划中的低、中放废物区域处置场。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。放射性废物的处置将遵守国家的区域处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》中的有关要求，防止事故发生，确保运输人员和沿途居民的安全和健康。废物桶的设计和制造满足 EJ1042-1996《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求，采用加厚桶，密封采用法兰连接，螺栓紧固；钢桶经过堆码试验、贯穿试验和自由下落试验检验，试验证明钢桶跌落不会产生严重破损和开裂，能够防止桶内固体的散失。废物体的性能满足 GB 14569.1-2011《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》，其抗冲击性能可保证从 9 米高处竖直自由下落后固化体没有明显破碎。废物桶和废物体构成的废物包符合 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》和 GB 12711-1991《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》的要求。即使在运输过程中废物桶从运输车辆上掉下来，最大限度只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小，即便散落少量废物，也是易于收集的块状水泥固化物，故不会对环境造成污染。

表 4.2-1 建、构筑物一览表

分区	序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
核岛	1	5RX/6RX	反应堆厂房	16130.00×2	2463.00×2	LS	I类	
	2	5SL/6SL 5SR/6SR	安全厂房	17450.00×2	1123.71×2 1038.34×2	LS	I类	
	3	5KX/6KX	燃料厂房	6088.00×2	2060.88×2	LS	I类	
	4	5LX/6LX	电气厂房	22060.00×2	2486.29×2	LS	I类	
	5	5NX/6NX	核辅助厂房	16650.00×2	2489.05×2	LS	I类	
	6	5DX/6DX	柴油发电机厂房	1197.00×4	348.08×4	LS	I类	包括 5DA/5DB/6DA/6DB
	7	5DU/6DU	SBO 柴油发电机组厂房	140.00×2	140.00×2		I类	位置待定
	8	5KP/6KP	核岛龙门架	/				
	9	5AR/6AR	运行服务厂房	7090.00×2	1181.37×2	LS	I类	
	10	5KY/6KY	应急空压机房	435.00×2	222.73×2			
	11	5FR/6FR	核岛消防泵房	1097.00×2	394.32×2			
	12	7QX	核废物厂房	14720.00	1831.16	LS	I类	
	13	6WX	连接厂房	1366.00	310.91	LS	I类	仅 6 号机组

分区	序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
常规岛及附属设施	14	5MX/6MX	汽机厂房	28277×2	8936.18			
	15	5PB/6PB	再生除盐水箱	/	50.27×2			
	16	5PC/6PC	仪用压缩空气储气罐	/	12.00×2			
	17	5TA/6TA	主变压器	/	1675.73×2			
	18	7TX	备用变压器平台	/	108.12			
	19	5FF/6FF	常规岛事故排油坑	/	25×2			
放射性辅助生产区	20	7AC	放射性机修及去污车间	8608.22	4179.95			3-6 机组共用
	21	7AL	厂区实验楼	2967.64	1033.78			
	22	7QA	核岛液态流出物排放厂房	1770.34	1770.34	LS	I 类	仅滞留池为 LS
	23	7QB	常规岛液态流出物排放厂房			LS	I 类	仅滞留池为 LS
	24	7QR	废油暂存库	527.25	527.25			6 台机组共用位于一期三废区
非放射性辅助生产区	25	7AB1	综合仓库	9937.8	4716.08			位于厂前建筑区北部
	26	7AB2	大件仓库	2678.80	3151.08			
	27	7BX	生产检修办公楼	6089.10	1387.65			
	28	7DY	厂区附加电源柴油机发电机厂房	1041.74	658.85			
	29	ED4	污水处理站	260.0	140.6			

分区	序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
非放射性辅助生产区	30	7FS	含油生产废水油水分离池	200.0	117.0			
	31	7HX	制氯站	589.95	665.71			
	32	7PF	厂区消防泵房	511.70	632.44			
	33	7PX	联合泵房	3427.10	6770.61	LS	I类	
	34	7TF	6.6kV 公用配电站	147.25	197.95			
	35	7UA	控制区大门	480.70	927.60			
	36	7UD	保护区大门	220.80	472.45			
	37	7UG	保卫控制中心	864.60	864.60	LS	I类	
	38	7YA	除盐水生产厂房	2621.09	3522.07			
	39	7YB	除盐水贮存罐					
	40	7ZA5	5号机组公共气体贮存区	82.20	312.00			
	41	7ZA6	6号机组公共气体贮存区	9.90	66.0			
	42	7ZB	氢气贮存及分配站		681.9			棚区面积 681.90m ²
	43	7ZC	空气压缩机房	515.90	515.90			
44	7AA1	机修车间	1000.0	1000.0				

分区	序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
非放射性辅助生产区	45	7AZ	大修专用工具库	2028.00	2028.00			
	46	7AB0	库区办公楼	1455.90	496.28			
	47	EF3	自建库 3	2730.56	2730.56			位置待定
	48	EY4-4	武警岗楼	42.79	42.79			
	49	EY4-5	武警岗楼	42.79	42.79			
	50	7UB	围栏					
辅变及电缆沟	51	7JX	辅助变压器区域及公用 6.6kV 配电间	167.00	310.36			
	52	7DG	5TA/6TA-TB 电缆沟					
	53	7GJ	TD-7JX 电缆沟					
水工设施	54	7CC	虹吸井和排水暗渠		2060.00			
厂前区	55	BA	综合办公楼	3800.0				扩建
	56	SA	食堂	2300.0				扩建
	57	7TH	厂前区变电站					土建按 6 台机组共用建设

分区	序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
其它设施区	58	FL	值班宿舍	20000.0				
	59	7EA	培训中心					位置待定
	60	EB	技能中心	7700.0				
	61	EY1	武警营房	3200.0				扩建
	62	EY3	公安楼	100.0				扩建
	63	EY5	警务室	350.0				
	64	EY2	消防站	1700.0				扩建
	65	TK	变电站	450.0				
主要管沟	66	5GA/6GA	重要厂用水进水廊道			LS	I类	
	67	7GB	综合技术廊道					
	68	7GC	废液排放管沟			LS	I类	NX厂房与QA/QB厂房之间段
	69	5GD/6GD	循环水冷却水进排水管道					
	70	5GH/6GH	核岛降排水盲沟					
	71	5GS/6GS	重要厂用水排水管道					
	72	5GF1/6GF1	TA-SL 电缆沟					
	73	5GF2/6GF2	SL-NX 电缆沟					

分区	序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
	74	GT	开关站至厂区低压电缆沟					
	75	00	室外工程					

注：部分子项规模待补充。表中安全等级未注明的子项其安全等级均为 NC 级，抗震类别未注明的子项均按《建筑抗震设计规范》执行。

表 4.2-2 与 1~4 号机组共用建、构筑物一览表

序号	子项号	建、构筑物名称	序号	子项号	建、构筑物名称
1	AX1	化学试剂库	16	AP	停车场及候车廊
2	AX2	化学危险品库	17	MG	车队管理楼
3	FC	润滑油和油脂库	18	AD	档案馆
4	AQ	龙门吊及环吊小车仓库	19	BA	综合办公楼
5	YK	放射源库	20	SA	食堂
6	AA2	铆焊车间	21	EI	接待展览中心
7	QS	废物辅助厂房	22	EM	应急指挥中心
8	QT	固体废物暂存库	23	EY1	武警营房
9	AS	特种汽车库	24	EY2	消防站
10	FX	新燃料组件运输中转贮存场地	25	EY3	公安楼
11	VA	辅助锅炉房	26	SD	施工变电所
12	EL	洗衣房及浴室	27	CS	维修调试生活区
13	TB	500KV 开关站	28	ED1	生活污水处理站
14	TC	网控楼	29	AY	移动式柴油机组库房
15	TD	220KV 开关站	30		

表 4.2-3 主要技术经济指标

编号	内容		单位	数量	备注	
1	厂区用地	规划容量	m ²	746444.19		
		本期工程	m ²	243529.30	控制区围栏内	
2	单位容量用地	规划容量	m ² /kW	0.107		
		本期工程	m ² /kW	0.105	控制区围栏内	
3	建筑物、构筑物用地		m ²	85002.03	控制区围栏内	
				10606.83	厂前仓库区	
4	露天设备用地		m ²	无		
5	露天堆场用地		m ²	无		
6	建筑系数		%	34.90	控制区围栏内	
7	道路广场用地		m ²	50691.60		
	其中	重型道路用地	m ²	27523.30		
		轻型道路用地	m ²	23168.30		
8	道路广场系数		%	20.8		
9	厂区内场地利用面积		m ²	175341.10		
10	利用系数		%	72.00		
11	厂区绿化用地面积		m ²	8995.37		
12	厂区绿地率		%	3.69		
13	厂区土石方工程量		挖方	万 m ³	无	
			填方	万 m ³	无	
			余方	万 m ³	无	
14	循环冷却水供水排水管道	进水管道	m	791		
		排水管道	m	1709		
		重要厂用水廊道	进水廊道	m	1067	
			排水管道	m	1084	
	放射性废液排放管沟		m	1085		
	主要管道(沟)长度	电气廊道	500kV 电缆沟	m	538	5、6号厂区内
				m	675	3、4号厂区内
			220kV 电缆沟	m	100	5、6号厂区内
		m		717	3、4号厂区内	
		主变至安全厂房电缆沟		m	284×2	
		安全厂房至核辅助厂房电缆沟		m	224×2	
开关站至厂区低压电缆沟	m	197	5、6号厂区内			
		506	3、4号厂区内			
综合技术廊道		m	2497			
15	厂区围墙长度	控制区围栏	m	1085		
		保护区围栏	m	1370×2		
		要害区围栏长度	m	1353×2		

表 4.4-1 海水系统最大用水量

机组编号	冷却水量（循环水系统+重要厂用水系统） (m ³ /h)	循环水处理系统 (m ³ /h)	循环水过滤系统 (m ³ /h)	总海水用水量	
				(m ³ /h)	(m ³ /s)
5	219600	220	540	220360	61.211
6	219600	220	540	220360	61.211
合计	439200	440	1080	440720	122.422

表 4.7-1 化学和容积控制系统（RCV）定量设计基准

设计参数	单位	参数值
三台反应堆冷却剂泵总的密封水注入流量		
—— 正常	m ³ /h	5.76
—— 最大	m ³ /h	9
三台反应堆冷却剂泵总的密封水返回流量		
—— 正常	m ³ /h	2.4
—— 最大	m ³ /h	17
下泄流量：		
—— 正常	m ³ /h	15.7
—— 最大	m ³ /h	31.4
上充流量（不包括密封水）：		
—— 正常	m ³ /h	12.33
—— 最大	m ³ /h	28
反应堆冷却剂下泄流进入 RCV 系统的温度	℃	292
上充流进入反应堆冷却剂系统（RCS）的温度：		
—— 正常流量时	℃	266
—— 最大流量时	℃	233
每台上充泵旁路流量	m ³ /h	13.6
反应堆冷却剂系统水压试验所需的最大压力	MPa	22.9

表 4.7-2 厂房通风系统送、排风量表

序号	系统名称与系统代号	正常送风量 m ³ /h	正常排风量 m ³ /h	碘排风量, 低流量排风量 m ³ /h	排风时的过滤、净化设备名称
1	燃料厂房的通风系统 (VFL)	40000	46000	4400	正常排风时：二台预过滤器、二台高效粒子过滤器（互为备用）。低流量排风时：一台高效粒子过滤器、一台碘吸附器。
		(新进风)	(VNA 烟囱)	(VNA 烟囱)	
2	安全厂房机械设备间通风系统 (VMO)	16000	16000	0	正常排风时：二台预过滤器、二台高效粒子过滤器（互为备用）。
		(新进风)	(管网)		
3	核辅助厂房通风系统 (VNA)	120000	94000	碘排风 34000	正常排风时：四台并联的预过滤器和四台并联的高效离子过滤器（用二备二）。 碘排风时：一台预过滤器、一台高效粒子过滤器、一台碘吸附器（另有一套备用）。
		(新进风)	(VNA 烟囱)	(VNA 烟囱)	
4	环形空间通风系统 (CAV)	无送风，只有排风	300~3000	300~3000	正常排风时：一台预过滤器、一台高效粒子过滤器。 碘排风时：一台预过滤器、一台高效粒子过滤器、一台碘吸附器。
			(VNA 烟囱)	(VNA 烟囱)	
5	安全壳连续通风系统 (CCV)	222000	0	0	无（只有进风预过滤器三台，用二备一）（为封闭室空气循环系统）。
		(新进风)			
6	安全壳内空气净化系统 (CUP)	23000	0	0	无（只有进风高效粒子过滤器二台、碘吸附器二台、并联使用无备用）（为闭式回路的空气循环系统）
		(从 CCV 引入)			
7	安全壳空气监测系统 (CAM)	1800	1800		正常排风时：一台预过滤器、一台高效粒子过滤器、一台碘吸附器（无备用）。
		(从 VFL 引入)	(VNA 烟囱)		
8	安全壳换气通风系统 (CSV)	60000	64000	碘污染：送 32000m ³ /h，排 34000m ³ /h	冷停堆期间，CSV 通风换气正常运行，在有碘污染的情况下，CSV 排风经过 VNA 碘吸附器。
		(从 VNA 引入)	(入 VNA 风机)		

表 4.8-1 核电厂使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

化学物质名称	浓度或纯度	用途	年最大使用量 (t)	年平均使用量 (t)
NaClO	2132ppm	杀菌、防止海生物滋生	5046	4837
NaOH	32%	除盐、凝结水处理再生、酸碱中和	710	710
HCl	31%	除盐再生、酸碱中和	180	180
H ₂ SO ₄	98%	凝结水处理系统再生	640	640
NH ₃	99.6%	除盐系统、二回路化学添加剂注入系统调节pH值	200	
N ₂ H ₄	51.2%	二回路水化学工况除氧处理	24	
Na ₃ PO ₄	98.5%固体	闭式水系统缓蚀剂	28	
H ₃ BO ₃	99.9%	控制反应性	不定	

注：

1. 表中“①”，循环水系统运行期间。
2. 表中“②”，硼大部分被硼回收系统（ZBR）回收。
3. 表中“③”，核岛废液流出物排放系统（ZLD）向环境排放废液最高硼酸浓度 300mg/L，排放流量不超过 150m³/h，该系统向环境排放时要求至少有一台循环冷却水泵运行（流量为 29.75m³/s）且循环冷却水稀释倍数≥500 时，才允许废液排放，排放渠的浓度至少被稀释至 0.44mg/L。

我国国家标准《污水综合排放标准》GB8978 以及福建省地方排放标准对污水中硼的排放限制均没有规定。参考其他省地方排放标准中硼浓度限值 2mg/L，本项目总排放口浓度（0.44mg/L）满足参考标准的限值。

4. 表中有些空白项目尚不能确定，待下一阶段提供。

表 4.8-2 核电厂排放的主要非放射性化学物质的名称、排放方式、排放浓度等估算值

化学物质名称	排放浓度	年排放总量	排放方式	排放控制的依据
NaClO	≤0.15mg/L	循环水量	持续①	保证循环水系统防海生物的效果
NaCl	≤6mg/L	1.3×10 ⁵	间断	②
Na ₂ SO ₄				
NH ₄ Cl			每天	②
(NH ₄) ₂ SO ₄				
H ₃ BO ₃ (99.9%)	③		间歇	④
油类	<5mg/L		偶尔	《污水综合排放标准》 GB8978

注：1、表中“①”，循环水系统运行期间。

2、表中“②”，《污水综合排放标准》GB8978中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》GB3097中用于海水分类的项目指标。

3、表中“③”，核岛废液流出物排放系统（ZLD）向环境排放废液最高硼酸浓度 300mg/L，排放流量不超过 150m³/h，该系统向环境排放时要求至少有一台循环冷却水泵运行（流量为 29.75m³/s）且循环冷却水稀释倍数≥500时，才允许废液排放，排放渠的浓度至少被稀释至 0.44mg/L。

我国国家标准《污水综合排放标准》GB8978 以及福建省地方排放标准对污水中硼的排放限制均没有规定。参考其他省地方排放标准中硼浓度限值 2mg/L，本项目总排放口浓度（0.44mg/L）满足参考标准的限值。

4、表中“④”，硼大部分被硼回收系统（ZBR）回收。

5、表中空白项目尚不能确定，待下一阶段提供。

第五章 电厂施工建设过程对环境的影响

目 录

5.1 土地利用	1
5.1.1 土地被占用情况	1
5.1.1.1 工程规划用地.....	1
5.1.1.2 土地使用情况.....	1
5.1.1.3 土地合理利用.....	1
5.1.2 施工活动的影响	1
5.1.2.1 施工活动对环境的影响.....	1
5.1.2.2 施工活动对社会环境的影响.....	4
5.1.2.3 施工活动对地区历史古迹及风景区影响.....	4
5.1.2.4 施工活动对厂区周围生态的影响.....	4
5.2 水的利用	5
5.2.1 陆域施工用水	5
5.2.2 海域施工	5
5.2.3 施工期海域环境监测	6
5.3 施工影响的控制	8
5.3.1 土石方开挖工程的控制措施	8
5.3.2 施工扬尘的控制措施	8
5.3.3 施工噪音的控制措施	9
5.3.4 场地回填的控制措施	9
5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施	9
5.3.6 非放射性物质的控制措施	10
5.3.7 放射源的管理措施	10
5.3.8 设计地形地貌的改造措施	10
5.3.9 水土保持措施	11
5.3.9.1 厂区工程水土保持防治措施.....	11
5.3.9.2 水土保持监测.....	14
5.3.10 施工期的节水措施	15

5.1 土地利用

5.1.1 土地被占用情况

5.1.1.1 工程规划用地

福清5、6号机组是福清核电厂扩建工程，除5、6号机组厂区工程及维修调试生活区部分子项需按规划扩建外，其余设施均利用前期工程已建设施。

5、6号机组建设用地包括两部分：厂区工程用地及维修调试生活区用地，其中厂区工程用地24.16hm²；扩建的维修调试生活区用地12.9614hm²。

5、6号机组分项用地指标见下表。

序号	项目		单位	数量	备注
1	厂区用地面积		hm ²	24.16	2台机组，控制区围栏内
	其中	主厂房区面积	hm ²	13.03	
		辅助生产区面积	hm ²	11.13	
		开关站区面积	hm ²	-	仅设备扩建
2	维修调试生活区用地面积		hm ²	12.9614	

5.1.1.2 土地使用情况

5、6号机组建设用地中厂区用地24.16hm²，是在福清核电已征地范围内的建设；扩建的维修调试生活区用地12.9614hm²，需要新征，该地目前被福清核电厂租用。5、6号机组用地类别均为建设用地。

5.1.1.3 土地合理利用

福清5、6号机组尽量少征地，且征地类别为建设用地，土地得到合理利用；尽可能利用前期工程已建设施，减少子项设置，有效减少土地的占用，节约用地；厂区总平面布置，尽量减少机组间距离，减少通道宽度，紧凑布置，节约用地且降低前期建设投资和后期运行费用；单体设计采用联合厂房或多层建筑、地下管线采用综合管廊、竖向设计采用平坡设计等措施，节约用地；施工场地通过协调，和前期工程共用，不再新增用地，节约用地。

比对《电力工程项目建设用地指标》，5、6号机组扩建子项实际用地较用地指标减少约0.47hm²，满足《电力工程项目建设用地指标》的要求，土地利用合理。

5.1.2 施工活动的影响

5.1.2.1 施工活动对环境的影响

陆上施工活动主要是主厂房负挖土石方爆破、运输产生的噪声、粉尘以及施工安装期

间等造成的影响。

（1） 对当地气候的影响

厂址三面环海，5、6号机组工程用地为1~4号机组工程初平场地，标高在10.7m左右。5、6号机组工程主要是负挖工程，场地标高变化在0.3m范围内。因地形改变很小，由此产生的气流变化可以忽略，不足以影响厂址边界以外的局部气流。

（2） 施工噪声的影响

由于5、6号机组工程场地初平工作在1~4号机组工程施工时已全部完毕，不需要大规模的土石方开挖，只有建构筑物 and 管沟的负挖，又由于5、6号机组工程施工现场距离3、4号机组较近，为了安全，施工中必须采用每日定时爆破，放小炮等安全措施，且施工用地附近没有居民点，施工的噪声影响仅限于施工人员，不会出现扰民现象。福清核电厂1-4号机组施工期间噪声的监测结果表明，开挖爆破、各类施工和运输机具以及安装和内部装修等对厂址周围声环境造成的影响不大，在采取了相应的降噪措施以及对施工运输车辆加强维护和保养，避开夜间施工等措施后，降低了施工噪声的影响。福清5、6号机组的施工过程包括土建、安装、内部装修、调试等，这些施工过程与福清1-4号机组施工过程基本一样，因此可以预计，5、6号机组施工造成的声环境影响也是有限的，而且这种影响是暂时的和局部的，随着施工的开始，施工噪声的影响也随之消失。

（3） 对大气环境质量的影响

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、粉尘增高，从而造成局部大气质量的恶化。但通过洒水降尘、场地清理、降低车速等措施，可大大减少对环境的影响，土石方施工过后，当地的大气质量很快得以恢复。福清核电厂 1-4 号机组施工期间大气环境的监测结果表明，

爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量相对增高，随着土石方施工结束后，大气环境质量可以很快得以恢复。福清 5、6 号机组施工过程中爆破、负挖、正挖、浇注混凝土、车辆运输等环节可能产生一定的扬尘、尾气，这些施工过程与福清 1-4 号机组施工过程基本一样，因此可以预计，5、6 号机组施工造成的大气环境质量影响是暂时的和局部的，采取定期清扫进厂道路地面、局部已竣工的地点尽快种植植被、尽可能减少砂土裸露的环境等措施，可以将这种影响降低，并且随着施工的开始，这种影响也随之消失。

（4） 施工安装的影响

核电厂施工建设阶段，各种设备和连接管道需要运输、贮存和现场安装，为避免盐雾

锈蚀和表面氧化，采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理。钢材的处理包括除油、酸洗和钝化。除油采用磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂及一些表面活性剂、去污剂等；酸洗采用硫酸、磷酸、有机酸及缓蚀剂；钝化通过磷化、有机物或铬酸盐完成，钝化后有时用油做表面防护。上述物质有些是有毒化学物品，因此施工时，要求设备由承包商在出厂时按要求处理。需要在现场补充处理的，由施工单位按照制定的化学物品使用管理规定严格执行，对其使用量严格控制，产生的废弃物由承包商集中带回原产地，因此不会对环境造成污染。

（5） 运输对沿线居民的影响

厂外道路已施工完毕，并通车。5、6 号机组施工期间，只有极少量的运输车辆和通勤车通过。建造期间厂外运输路线为：305 省道—进厂道路—厂区。厂外运输主要包括建设人员的通勤运输及建筑材料运输。建设人员的通勤每天大约 150 频次，大多集中在上午 8:00~9:00、下午 16:30~18:00；建筑材料主要是袋装水泥和钢材，运输车辆比较随机，但绝大多数在白天上班时间。

进厂道路距自然村有一定距离，沿线两侧有几处零散居民居住，距道路边界均在 5m 以外，运输对沿线居民的可能影响主要是扬尘和噪音，并采取了 5.3 节中的措施来控制扬尘和噪声。根据福清核电厂 1、2 号机组施工期间施工噪声的影响和施工对大气环境质量的影响分析，可以预计运输不会对沿线居民生活和工农业生产造成影响。

（6） 固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是建筑垃圾和生活垃圾。1、2 号机组施工期间对于固体废弃物指定承包单位，负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运。堆放场地位于厂区用地的东北部，占地面积约 1hm²；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。因此，1、2 号机组施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的和暂时的，是可以接受的。

5、6 号机组固体废弃物的堆放、清理、平整、外运和管理等采用 1、2 号机组成熟的经验，且堆置于同一堆场。因此，通过类比分析可知，5、6 号机组施工期间固体废弃物对环境的影响是可以接受的。

（7） 建筑材料供应区的开辟对环境的影响

建筑材料包括水泥、沙子、石子、地砖、墙砖、钢材、管材、涂料及止水带等，除石子取自厂区正、负挖存料外，其余建材均外购。外购水泥自带包装存于搅拌站仓库内，无

需倒运；外购沙子存于搅拌站料仓内，场内车辆倒运；外购地砖、墙砖自带包装及篷布运至施工区域临时周转场地；外购钢材、管材运至施工单位临建区，场内车辆倒运；涂料、止水带外购运至施工区域临时周转场地；石子取自厂区料场堆场及石料厂内堆场，运输为场内车辆短倒，绿网维护。建筑材料均堆置于库内或有防护措施的堆场，没有长距离倒运，所以对环境的影响是可以接受的。

石料堆场的石子来自石料加工厂，加工厂位于施工场地的最东部，远离办公和临时生活区，位于厂区主导风向下风向，较大骨料在此分解，成料在此堆放。石料加工期间会产生扬尘和噪音，为减少噪音对环境的影响，采用先进的生产工艺和设备，噪音得到有效控制；通过加设防护和洒水措施，有效降低粉尘影响。

混凝土搅拌站位于厂址的东南角，共 4 条封闭生产线，所有原料均存于料仓内，加工过程无扬尘溢出仓外。

根据福清核电厂 1、2 号机组施工期间敏感点噪声监测结果，可以预计，5、6 号机组施工所需石料加工厂、混凝土搅拌站（利用 1、2 号机组设施）对环境的影响是可以接受的。

5.1.2.2 施工活动对社会环境的影响

5、6 号机组用地均为建设用地，不涉及动迁居民，不会对当地居民造成不利影响。

核电厂工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量的外来施工人员进驻施工现场，可能对附近居民的日常生活造成轻微的影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商机，而大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

5.1.2.3 施工活动对地区历史古迹及风景区影响

核电厂近区域无历史古迹及风景区，因此，建设活动对当地历史古迹及风景区无影响。

5.1.2.4 施工活动对厂区周围生态的影响

福清 5、6 号机组的建设是在前期工程已平整的场地内的建设。由于前期工程对厂址原地形地貌已按设计要求进行了改造，开挖形成的边坡进行了工程及植物措施的防护，回填的滩涂在临海侧设立了护岸及海堤，从而防止了水土流失。为了减少降雨和山洪对厂址的威胁，在厂区东北面修筑了截洪沟。随着 5、6 号机组的建设，福清核电厂作为一个核电基地，厂区的绿化美化将逐步完善，并在电厂运行后全面完成，施工场地将还绿。对厂区周围生态是有利的。

5.2 水的利用

5.2.1 陆域施工用水

核电厂施工期用水系统主要为淡水，主要包括施工生产用水和施工生活用水。

（1）施工生产用水

施工生产用水供给混凝土骨料清洗、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。施工生产用水由已建的施工生产供水管网提供。

（2）施工生活用水

施工生活用水系统供给施工人员生活用水，水源来自淡水厂。施工生活用水由已建的施工生活供水管网提供，其水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。

（3）供水水源

福清核电 5、6 号机组施工期间所需的淡水来自已经建成的福清核电淡水厂。

（4）污染物排放量和排放方式

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排水经过沟渠进入沉淀池，经过二级沉淀后复用，仅需补充水。

施工期间生活临建区的生活污水经管道收集后排入生活临建区原有生活污水处理站处理，生活临建区的生活污水处理站已建成，并由专业的公司运营，并对最终出水水质监测排放。

5.2.2 海域施工

本工程的取排水工程及大件码头在二期时已经完成。本阶段的海域施工仅涉及局部护岸的施工和清淤工程，随着疏浚区沉积物的挖出，疏浚区原有沉积环境将不复存在，底栖生物将被损伤破坏。

通过采取下列措施减轻施工过程对水环境的影响：

（1）减轻疏浚过程对海域环境影响的环保措施

① 基槽和爆破挤淤淤泥清淤时，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。

② 开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发现，应立即采取措施。

（2）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

① 施工船舶含油污水不能随意排放，对于未安装油水分离器的小型船舶，可考虑施

工期在岸上增设油水分离和处理设施。

② 施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

③ 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

④ 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《船舶污染物排放标准》（GB3552-1983）要求后到港外排放，禁止在港内排放。

⑤ 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。

5.2.3 施工期海域环境监测

福清核电厂海工工程主要包括大件码头工程、填海工程、取水工程、排水工程等，取排水工程及大件码头在一期工程时已经建成。为了解海工施工对厂址周围海域环境造成的影响，国家海洋局第三海洋研究所从 2008 年底到 2012 年初开展了福清核电厂施工期海域环境的监测工作，并于 2012 年 10 月完成了《福清核电一期工程施工期间海域环境跟踪监测总报告（2008-2012 年）》。

（1）水质质量

监测结果表明，所有水质监测项目的含量及其变化基本处于本海域的正常范围。与施工前本底调查的结果相比，水质 13 个参数中，COD、磷酸盐、悬浮物、石油类、铅、镉以及汞等 7 个参数不同程度升高，升高幅度为 16.4%~156%。而无机氮、硫化物、砷以及铬等 4 个参数不同程度降低。

根据国家海洋和环境功能区划的有关规定，目前厂址附近海域执行《海水水质标准》GB3097—1997 中的第三类海水水质标准。三年半的跟踪监测数据表明，水化学要素溶解氧、pH、COD、BOD、非离子氨等基本均符合一类海水水质标准。环境化学要素石油类、硫化物以及铜、砷、锌、镉、铬、汞等重金属除部分站位属于国家二类海水水质标准外，总体上符合一类海水水质标准。主要超标因子为营养盐无机氮、活性磷酸盐，此情况与施工前的本底调查结果一致，其他指标均符合三类海水水质标准。从 2008-2012 连续三年半的跟踪监测结果可知，活性磷酸盐含量春、夏季基本符合二、三类海水水质标准（ ≤ 0.030 mg/L），秋、冬季一般符合四类海水水质标准（ ≤ 0.045 mg/L），但在有些航次的部分站位（如 4 号、8 号站位）等会出现超四类海水水质标准；无机氮含量夏季航次符合一类海水水质标准（ ≤ 0.2 mg/L），秋季除部分样品出现四类或超四类海水水质标准外（ ≤ 0.5 mg/L），

基本符合三类海水水质标准 ($\leq 0.4 \text{ mg/L}$)，冬季航次基本符合国家四类海水水质标准，春季大部分站位为超四类海水水质标准。

另外跟踪监测期间存在的异常情况，在 2010 年夏季氮、磷和硅酸盐水平明显低于其余三季，在夏季小潮调查航次中西南部海域的 3 号、4 号、7 号和 8 号站位呈现异常，pH 和溶解氧高于正常值，叶绿素-a、化学需氧量和生化需氧量呈现较高值，而硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐及活性磷酸盐都呈现极低值，甚至磷酸盐均为未检出。可能是由于浮游植物大量繁殖、生长旺盛，消耗大量营养盐并使海水中的溶解氧和 pH 值等升高。2010 年冬季航次大潮期跟踪监测悬浮物含量较高，调查期间施工方正开展排水东堤水上抛填和理坡，扭王字块的安装；西堤主要是水上抛填；南护堤压脚棱体抛理；取水矾头护堤胸墙混凝土浇筑，安装扭王字块；取水明渠内挖泥。此项工程会促使泥、沙与海水混合，增加了水中悬浮物质的含量，而且细小微粒会随海水的运动而迁移，对附近海域海水水质产生一定的影响。从调查数据可知，可能有受到施工的影响是悬浮物含量大大增加，其含量基本是小潮期的 4 倍左右。

总体而言，无机氮及活性磷酸盐含量基本呈现出由西部海域向东部海域逐渐递减的趋势，兴化湾西部海域海水水质较差，可能与秋芦溪及木兰溪入海污染及高密度水产养殖有关。对照本底调查情况，该监测海区水质环境质量并无明显波动，由此可见该项目施工期对附近海域的水质状况未造成明显影响。

(2) 沉积物质量

施工期间沉积物监测结果与施工前相比，沉积物质量总体良好，海工工程施工未对海域沉积物质量造成明显影响。

(3) 海洋生物质量

施工期间生物质量调查共采集到藻类（5 个）、贝类（8 个）、鱼类（8 个）和甲壳类（5 个）等样品 26 个，与施工前相比，施工期间监测海域生物质量总体上略有下降。

(4) 水生生物

施工期间海洋生物调查结果与施工前相比，海工施工对厂址附近叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物等略有影响，但随着大规模炸礁、挖泥、爆破等施工活动的结束，厂址附近海域海洋生物各项指标可以得到逐渐改善。

综上所述，海工施工活动结束后，厂址附近海域生态环境将得到恢复。

5.3 施工影响的控制

本工程建设主要是主厂房负挖土石方爆破、运输产生的噪声、粉尘以及施工安装等活动对周围环境的影响，为此需要采取一定的控制措施，以减少对环境造成的不利影响。

5.3.1 土石方开挖工程的控制措施

土石方爆破应严格遵守《爆破安全规程（GB6722-2003）》的相关规定，为了控制构筑物负挖对 1~4 号机组及其它已建设施的影响，可采用以下措施：

- 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 对各种临时弃土、弃渣按照“先挡后弃”的原则处理。

爆破震动安全允许标准参见下表

序号	保护对象类别	安全允许振速（cm/s）		
		<10Hz	10Hz~ 50Hz	50Hz~ 100Hz
1	土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.5~1.0	0.7~1.2	1.1~1.5
2	一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
3	钢筋混凝土结构房屋	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0
4	发电厂中心控制室设备	0.5		
5	新浇大体积混凝土：			
	龄期：初期~3d	2.0~3.0		
	龄期：3d~7d	3.0~7.0		
	龄期：7d~28d	7.0~12		

5.3.2 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；
- 在环境保护目标附近，应使用隔离板使施工区与周围环境隔离；
- 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。

5.3.3 施工噪音的控制措施

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（GB6722-2003）》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：

- 土石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- 控制土石方爆破范围；
- 合理安排施工进度；
- 使用噪声低的先进施工设备；
- 加强在施工期间对高噪声设备的管理，避免高噪声设备的同步使用；
- 夜间尽量不施工，或禁止使用重型机械施工；
- 爆破噪声为间歇性脉冲噪声，在爆破中每一个脉冲噪声应控制在 120dB 以下。复杂环境条件下，噪声控制由安全评估确定。

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）。

等效声级 LAeq[dB(A)]

施工阶段	主要噪声源	噪声限值	
		昼间	夜间
土石方	推土机、挖掘机、装载机等	75	55
打桩	各种打桩机等	85	禁止施工
结构	混凝土搅拌机、振捣棒、电锯等	70	55
装修	吊车、升降机等	65	55

表中所列噪声值是指与敏感区域相应的建筑施工场地边界线处的限值。

5.3.4 场地回填的控制措施

5、6号机组工程施工期间仅有建筑物基础和管沟等的少量回填，没有大面积的场地回填工作。

海工施工均在内堤施工，对海域无影响。

5.3.5 建筑垃圾及污水的控制措施

- 对于施工期间现场废物垃圾的处置，制定相应的管理规定，并严格执行；
- 从源头控制，使废物垃圾产生的数量最小化；
- 集中储存，做好防护措施，使其对环境的影响降至最低；
- 采用专用运输车辆及时外运，避免运输过程中的遗撒；
- 污水采用有组织排水方式，处理达标后排入大海。

5.3.6 非放射性物质的控制措施

- 对需进行表面处理的设备、管道、钢材等，要求设备承包商在出厂前进行处理；
- 必须在现场处理的，由施工单位严格执行化学物品使用管理规定，对其使用量严格控制。

5.3.7 放射源的管理措施

施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验，管理措施如下：

- 据国家颁布的《放射性同位素与射线装置放射防护条例》，制订放射源管理制度。
- 放射源存放在带有屏蔽的厂房内，并设有专人看管；
- 使用放射源的作业区范围内设置警示区，防止有人误入工作区；
- 探伤操作人员佩带个人剂量报警器，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。

5.3.8 设计地形地貌的改造措施

- 严格按照设计要求进行施工；
- 选择合理的施工时间，尽量避开雨季施工。若不能避开，雨季施工应做好防护措施，对新开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖，防止雨水冲刷；
- 优化施工工序，对工程开挖区要先修建临时性排水沟以避免径流对开挖场地的冲刷；对工程开挖的弃土弃渣要及时清运；弃土（渣）场地必须先拦后弃，防止弃土（渣）流失；对开挖面、填方段等新形成的不稳定边坡要及时护坡，避免长时间裸露；
- 厂区东北设截排洪设施；
- 基础开挖的土、石方要集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失；
- 厂区施工中场地平整应与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，避免或减少二次倒运；
- 厂区内地下设施繁多，施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹安排的原则，确定临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时应保持基坑土方边坡的稳定，基面不受扰动；

—所有建筑工地排水、设备清洗水要集中处理，尽量重复利用，对施工场所进行喷洒，减少地面起尘；

—施工结束后，在全部厂址范围内，凡裸露地面全部进行硬化或绿化，可进行绿化的用地均充分绿化。

5.3.9 水土保持措施

福建福清核电厂 1~6 号机组是按照 6 台百万千瓦级核电机组进行的规划，具有“一次规划、连续建设”的特点。水土保持方案报告书共编制 3 份，均已批复。

福建福清核电有限公司委托方案编制单位于 2007 年 1 月编制完成了《福建福清核电厂一期工程水土保持方案报告书（报批稿）》。水利部于 2007 年 12 月 20 日以水利部水保函[2007]361 号文对该方案进行了批复；福建福清核电有限公司委托方案编制单位于 2009 年 11 月编制完成了《福建福清核电厂三至六号机组工程水土保持方案报告书（报批稿）》。水利部于 2010 年 1 月 5 日以水利部水保函[2010]4 号文对该方案进行了批复；福建福清核电有限公司委托江河水利水电咨询中心于 2013 年 5 月编制完成了《福建福清核电厂 5、6 号机组水土保持方案报告书（报批稿）》。水利部于 2013 年 7 月 11 日以水保函[2013]209 号文对该方案进行了批复。

工程建设造成的水土流失主要发生在施工期。5、6 号机组是在核电厂已有厂址上进行的扩建工程，除厂区工程的建设可能引发水土流失，其它如四通一平工程、厂外道路、北林水库区、输水管线、淡水厂、输电线路、海工工程、大件码头、施工准备区、施工生产区等均在 1、2 号机组工程时建设完毕，这些措施的建设均是在保证厂区安全的前提下，充分按照水土保持原则，符合水土保持要求，维修调试生活区、厂前区及其它设施区等只有个别子项在原址扩建，故本节主要阐述厂区工程及子项扩建的水土保持。

福清 5、6 号机组项目建设区总占地面积 48.85hm²，直接影响区 49.87，经过对项目区占地性质的分析计算，确定本工程水土流失防治责任范围面积 49.87hm²。

水土保持主要通过工程措施、植物措施、临时措施及水土保持监测等达到水保要求。

5.3.9.1 厂区工程水土保持防治措施

5、6 号机组厂区工程主要包括主厂房区、辅助生产区、厂内道路区、已建设施扩建区、施工生产区、临时堆渣区、弃土（渣）区、取土场等。

1) 主厂房区

- 工程措施：敷设排水管网、碎石压盖。
- 植物措施：不采取植物措施。

- 临时措施：拟在施工区周边布设临时排水沟，采用人工开挖土质排水沟，梯形断面，在排水沟汇水出口位置设沉沙池1座，采用浆砌石结构。

2) 辅助生产区

- 工程措施：主要包括主体已经设计的排水管网、碎石压盖；水土保持方案新增土地整治、覆土等措施。

- 植物措施：保护区围栏内不进行绿化，采用硬化或铺设碎石，厚度10cm；保护区以外区域进行绿化。植物配置上兼顾水土保持与园林美化相结合，乔灌草相结合，总格局以大面积草坪为主，辅以灌木、乔木。

- 临时措施：为了防止施工期雨水进入建筑物，周边地基开挖基沟，沿基沟周边布设临时土质排水沟。

3) 厂内道路区

- 工程措施：主要包括主体已经设计的排水管网、碎石压盖；水土保持方案新增土地整治、覆土等措施。

- 植物措施：保护区以外的厂内道路，在道路两侧栽植行道树，选用榕球树种，树下撒播狗牙根草籽。

4) 已建设施扩建区

- 工程措施：工程施工结束后对场地进行清理平整，覆土厚30cm。

- 植物措施：施工结束后，除建构筑物、硬化区域外，裸露地面保护区内碎石压盖，保护区外采取种草的植被恢复方式，主要采用撒播狗牙根进行绿化。

- 临时措施：为了防止施工期雨水进入建筑物，周边地基开挖基沟，沿基沟周边布设临时土质排水沟，梯形断面。

5) 施工生产区

- 工程措施：工程施工结束后对场地进行清理平整，为使植被更好的生长成活，需对该区的空地土地整治。由于临时建筑物拆除后，土壤表面残余有大量残渣，不利于树木和草的成活与生长，为满足植物生长要求，需在平整场地的同时对绿化区进行覆土，覆土厚30cm，土料来源为外购。

- 植物措施：施工结束后，进行场地清理平整，对裸露地表种植水土保持林草进行植被恢复，采用木麻黄、相思1:1混交，并撒播狗牙根草籽快速覆盖。

- 临时措施：在施工开始时，应先在场地周围布置土质排水沟，将其排入西侧辅助生产区排水管网中，采用梯形断面，在排水沟汇水出口设沉沙池1座，采用浆砌石结构。沉

沙池与临时堆渣区西侧辅助生产区排水管网相连。

6) 临时堆渣区

工程临时转运土石料统一堆放于临时堆渣土场。临时堆渣区设置在两处：一号临时堆渣区位于 6 号机组东侧的预留发展用地处，二号临时堆渣区位于厂区内气象站西侧。

- 工程措施：工程施工结束后对场地进行清理平整，覆土厚 30cm。

- 植物措施：施工结束后，进行场地清理平整，采用木麻黄、相思 1:1 混交，并撒播狗牙根草籽快速覆盖。

- 临时措施：利用现有石料，在临时堆渣区周围垒石拦挡，采用矩形断面；在临时堆渣区周边设置临时排水明沟，断面为梯形；在排水沟汇水出口位置设沉沙池 1 座，采用浆砌石结构。

7) 弃土（渣）区：本工程弃土（渣）区位于厂前区北侧，为平地型弃土（渣）区。在弃土（渣）区一侧堆放弃土，最大堆土高度 10m。弃土堆放边坡坡度为 1:1，分二级堆放，每 5m 设一级台阶，台阶宽 4.5m，堆土平面做成微拱型，以利于向周边排水。

- 工程措施：

在弃土（渣）区边坡和顶面设置浆砌石排水沟，导排场内汇水，防止对弃土的冲刷及减小挡土墙所承受静水压力，确保挡墙的稳定。在堆土台阶处设置土质排水沟，并将台阶处堆土向内倾斜，设 1% 的坡降，使雨水自然汇流到土质排水沟中。

在边坡排水沟和台阶排水沟末端设置沉沙池，收集边坡和顶面来水，使雨水通过沉沙池消能后安全排入厂区雨水管网。另外，需要在沉沙池上外接浆砌石排水沟至厂区排水管网。为避免弃土（渣）区水土流失，在弃土（渣）区四周的排水沟出口以及在台阶上设置各设一座浆砌石沉沙池，共 2 座。经沉沙池沉淀水流中的泥沙后，再排至厂区雨水管网。

为防止弃土随径流流失或发生自然坍塌，应遵循“先拦后弃”的原则，弃土前首先在弃土周围设置重力式挡土墙，拦挡堆土期间表面滚落的碎块。

弃土（渣）区堆土结束以后，应该首先弃土（渣）区进行土地整治，在弃土（渣）区覆种植土，覆土厚 30cm。

- 植物措施：施工结束后，对弃土表面和坡面进行覆土绿化，覆土厚度为 30cm，撒播狗牙根草籽

- 临时措施：本工程在开工前已经进行了厂区的“四通一平”工作，因此开挖的表层土需要进行熟化方可用于绿化覆土。将开挖的表层土堆放于弃土（渣）区西侧，堆土设计为梯形，边坡 1:1。在临时堆土堆放前，需要在四周外侧 1m 处开挖土质排水沟，排水沟

采用梯形断面，另外在排水沟汇水出口位置设1个浆砌石沉砂池，沉砂池与堆土的临时排水沟相连，在临时堆土表面进行苫盖，防止大风天气对周围环境造成影响。

8) 取土场：取土场位于厂区北侧，用于辅助生产区、厂内道路区、已建设施扩建区、施工生产区和临时堆渣区的覆土绿化，取土场开挖的全部绿化覆土堆放于弃土（渣）区。

- 工程措施：工程措施主要包括水土保持方案新增土地整治、覆土等措施。

- 植物措施：取土施工结束后，在土地整治的基础上恢复植被。种植榕球，并撒播狗牙根草籽快速覆盖。

5.3.9.2 水土保持监测

5.3.9.2.1 监测内容

施工期的监测内容主要包括：水土流失防治责任范围、水土流失面积和水土流失量，项目扰动地表面积，挖方、填方量及面积，项目区林草植被覆盖率的变化情况；施工区排水、厂区临时堆土场的土体变化情况等。

运行初期主要是水保措施实施效果监测、水保措施的保存情况和效益监测。内容包括：水土保持措施的实施数量和质量、林草措施的成活率、生长情况和覆盖度，防护工程的稳定性、完好程度和运行情况；各项防治措施的拦渣保土效益，水土保持六项指标，即扰动土地治理率、水土流失治理度、植被恢复系数、植被覆盖率、水土流失控制比、拦渣率等。

监测项目如下：

- 项目区水土流失背景监测
- 防治责任范围动态监测
- 主体工程建设扰动、破坏地表和植被面积的监测
- 弃土弃渣监测
- 土壤流失量监测
- 水土流失防治措施及防治效果监测

5.3.9.2.2 监测时段、点位、频次

本工程为建设生产类项目，水土保持监测时段从工程准备期开始，至工程建设完成结束。

按照水土流失防治区，结合水土流失重点地段布设监测点。在厂区布设2个监测点。

主体工程动工前对项目区水土流失背景值监测一次；每年汛前、汛后及冬季各进行一次调查及巡查监测，监测点在布设后监测期内每年汛前、汛后及冬季各进行一次固定监测；汛期每月固定监测一次，雨季每月监测频次增多，大雨或暴雨后加测一次。

5.3.9.2.3 监测方法

水土保持监测采用调查、巡查监测法、地面定位观测法等。

5.3.10 施工期的节水措施

施工期节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

- 采用用水量少、耗水量低的工艺系统，降低了用水量。
- 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。

第六章 电厂运行的环境影响

目 录

6.1 散热系统运行的环境影响	1
6.1.1 物理影响	1
6.1.1.1 取排水方案	1
6.1.1.2 温排水试验（冷却水量为 339 m ³ /s）	1
6.1.1.3 温排水试验（冷却水量为 348 m ³ /s）	6
6.1.1.4 混合区和减少温排水影响的措施	7
6.1.2 生物效应	7
6.1.2.1 温排水对海洋生态的影响	7
6.1.2.2 卷吸效应和机械损伤	9
6.2 正常运行的辐射影响	11
6.2.1 正常运行对公众的辐射影响	11
6.2.1.1 气载流出物的辐射影响	11
6.2.1.2 液态流出物的辐射影响	12
6.2.1.3 年辐射剂量汇总及分析	13
6.2.1.4 福清核电站六台机组正常运行对公众的辐射影响估算	13
6.2.2 正常运行对水生生物的辐射影响	13
6.2.2.1 水生生物的辐射效应	14
6.2.2.2 评价模式	14
6.2.2.3 参考生物的分类	14
6.2.2.4 参数选取	14
6.2.2.5 水生生物辐射影响的估算	14
6.3 其它影响	16
6.3.1 除盐处理过程产生的废水	16
6.3.2 循环系统的排放水	16

6.3.3 废水处理的排放物	16
6.3.4 海水连续加氯处理和排水	17
6.3.5 液体放射性废物处理的化学废水	18
6.4 退役	19
6.4.1 概述	19
6.4.2 退役策略选择和退役阶段划分	19
6.4.2.1 退役策略选择	19
6.4.2.2 退役阶段划分	20
6.4.3 退役计划的制定	20
6.4.3.1 初始退役计划	20
6.4.3.2 中期退役计划	20
6.4.3.3 最终退役计划	21
6.4.4 核电厂寿期不同阶段对便于退役的考虑	21
6.4.4.1 设计、建造、运行阶段的考虑	21
6.4.4.2 便于退役的设计考虑	21
6.4.5 退役经费	22

图 表

表 6.1-1 模型比尺参数
表 6.1-2 各工况取水温升
表 6.1-3 全潮最大温升包络面积
表 6.1-4 全潮平均温升包络面积
表 6.1-5 温升影响区最大顺、离岸距离
表 6.1-6 各工况全潮最大等温升线包络面积
表 6.1-7 各工况全潮平均等温升线包络面积
表 6.1-8 各工况取水温升统计表
表 6.1-9 厂址月均表层水温统计表（℃）

图 6.1-1 取排水工程平面布置图

图 6.1-2 物模模拟范围

图 6.1-3 温升包络面积顺离岸距离量测示意图

图 6.1-4a 夏季典型大潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4b 夏季典型大潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4c 夏季典型中潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4d 夏季典型中潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4e 夏季典型小潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4f 夏季典型小潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4g 冬季典型大潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4h 冬季典型大潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4i 冬季典型中潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4j 冬季典型中潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4k 冬季典型小潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4l 冬季典型小潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4m 夏季半月潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4n 夏季半月潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-4o 冬季半月潮全潮最大温升图—推荐方案

图 6.1-4p 冬季半月潮全潮平均温升图—推荐方案

图 6.1-5 福州市近岸海域环境功能区划图

6.1 散热系统运行的环境影响

6.1.1 物理影响

6.1.1.1 取排水方案

福清核电厂取排水具体方案如下（见图 6.1-1）：

——取水方案

根据厂址工程水文条件，核电厂冷却水取水工程采用明渠取水方案，即在厂址西北侧布置引水明渠，1~6 号机组合建一条引水明渠，引水明渠由东北往西南与水深-9.00m 处海床相接。明渠底宽由口门向末端逐渐变小，口门段底宽为 160m，末端底宽为 60m，明渠底高程为-8.5m。福清核电厂 1~6 号机组的冷却水量为 348m³/s。

原有温排水计算成果采用的 1~6 号机组冷却水量为 339 m³/s，由于 5、6 号机组单台机组冷却水量由 56.5 m³/s 增至 61 m³/s，相应 1~6 号机组冷却水量变为 348 m³/s。在 6.1.1.2 节和 6.1.1.3 节分别介绍了两种冷却水量的计算结果。

——排水方案

福清核电厂排水采用排水暗渠+排水明渠的方案。核电厂循环冷却水从 CC 虹吸井出来后，经排水暗渠排入排水明渠，通过排水口进入兴化湾。排水明渠位于厂区西南角，南护堤外侧。1~6 号机组共用一个排水明渠，排水明渠出水口布置在-8.3m 水深处。

排水明渠渠内底高程为-2.5m~-8m 左右，排水明渠底宽为 60m~90m。为了使电厂的排水沿着明渠排出，在明渠两侧分别布置东、西两条导流堤。

6.1.1.2 温排水试验（冷却水量为 339 m³/s）

（1）数学模拟计算

1) 模型选择

采用丹麦水力学所开发的平面二维数学模型 mike21 来研究潮流和温度场分布。模拟计算采用的垂向平均平面二维数学模型如下。

二维浅水环流和热扩散问题的基本方程组为：

连续性方程：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t}$$

运动方程：

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp \sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \Omega q = E \left[\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] + \frac{Q_x}{A_s} U \sin \theta$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} + \Omega q = E \left[\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] + \frac{Q_s}{A_s} U \sin \theta$$

对流传输方程：

$$\frac{\partial}{\partial t} (h\Delta T) + \frac{\partial}{\partial x} (uh\Delta T) + \frac{\partial}{\partial y} (vh\Delta T) = \frac{\partial}{\partial x} \left(h \cdot D_x \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h \cdot D_y \cdot \frac{\partial \Delta T}{\partial y} \right) - \frac{K_s \Delta T}{\rho c_p} + S$$

式中： $h(x, y, t)$ 为水深； $d(x, y, t)$ 为时变水深； $\zeta(x, y, t)$ 为潮位； $p, q(x, y, t)$ 分别为 x, y 方向上的垂线平均流量分量； $C(x, y)$ 为谢才参数； g 为重力加速度； $V, V_x, V_y(x, y, t)$ 分别为风速和 x, y 方向上的分量； $\Omega(x, y)$ 为柯氏力系数； x, y 为空间坐标。 ΔT 为温升， u, v 为 x, y 方向的水平速度分量； D_x, D_y 为 x, y 方向的扩散系数； K_s 为水面综合散热系数， $S = Q_s \cdot (T_s - T_0) / A_s$ ， Q_s 为源汇的流量； A_s 为排水口位置的流体微团面积， T_s 为排放温度， T_0 为环境温度， E 为涡粘性系数。

运动方程和连续方程均采用交替隐式离散法（ADI）进行离散求解。而对流扩散方程采用的是 QUICKEST 格式离散求解，这种格式具有节省计算时间，稳定性好的特点。方程矩阵采用双向扫描（Double Sweep）算法求解，该格式具有二阶精度。

2) 定解条件

流场定解条件如下。

a) 边界条件：

水边界： $\zeta(x, y, t) = \zeta^*(x, y, t)$ “*”表示已知值；

$C(x, y, t) = C^*(x, y, t)$ 流入计算域；

$\frac{\partial(hC)}{\partial t} + \frac{\partial(uhC)}{\partial x} + \frac{\partial(vhC)}{\partial y} = 0$ 流出计算域；

陆边界： $Q_n = 0$ 法线方向流量为零；

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

b) 初始条件：

$\zeta(x, y)|_{t=0} = \zeta_0(x, y)$ ζ_0 取几条水边界起始潮位的平均值；

$p(x, y)|_{t=0} = p_0(x, y)$ p_0 取零；

$q(x, y)|_{t=0} = q_0(x, y)$ q_0 取零；

$C(x, y)|_{t=0} = C_0(x, y)$ C_0 取零

3) 参数选择

a) 水流边壁阻力系数 n ，理论上可依据专门的试验确定，但实际上因为数值化的作用， n 应依具体的对象在研究时根据实践经验加以确定。本数值研究取为 $0.02 \sim 0.025$ 。

b) 水流涡粘性系数 E ，取值 $0.5 \sim 4 \text{m}^2/\text{s}$ 。

c) 扩散系数 D ，随具体水流等环境的变化，物质扩散系数在一个较大的范围内变化，本次计算中 D 的取值范围为 $5 \sim 15 \text{m}^2/\text{s}$ 。为了解扩散系数取值对计算结果的敏感性，选取大潮情况 $6 \times 1000 \text{MW}$ 装机情况不同扩散系数取值进行了计算，计算结果表明，扩散系数上下浮动 33% 情况下， 1°C 温升包络面积差别在 9% 以内， 0.5°C 温升包络面积差别在 1.2% 以内。

d) 表面综合散热系数 K

根据水文气象条件，采用以下公式进行 K 的计算。

$$K = (k + b)\alpha + 4\varepsilon\sigma(T_s + 273)^3 + (1/\alpha)(b\Delta T + \Delta e)$$

式中：

$$\Delta T = T_s - T_a,$$

$$\Delta e = e_s - e_a$$

$$k = \frac{\partial e_s}{\partial T_s}$$

$$\alpha = [22.0 + 12.5v_w^2 + 2.0(T_s - T_a)]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1})$$

式中， b 可取 $0.66P/1000$ ($\text{hPa} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)， P 为大气压 (hPa)， v 为风速 (m/s)， ε 为水面辐射系数，可取 0.97。 σ 为 Stefan-Boltzman 常数， $\sigma = 5.6 \times 10^{-8}$ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)， T_a 为气温 ($^\circ\text{C}$)， T_s 为水面水温 ($^\circ\text{C}$)， e_s 是水温 T_s 时的相应水面饱和水汽压 (hPa)， e_a 是水面以上 1.5m 处的水汽压 (hPa)。

根据厂址附近的气象、水温条件，夏季水面综合散热系数取 $47 \text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 。

4) 计算区域

数值模拟区域北至闽江口的梅花水文站北部，南至泉州湾的崇武海洋站，外海至海图水深 -60m 等深线附近，这个计算域长约 160km，宽约 100km，面积约 16000km^2 。

5) 网格尺度

大区域网格大小选择 945m，小区域网格大小选择 315m，另外为了更好地模拟取排水口的结构，在其附近网格进行加密，最小网格大小为 35m。

6) 流场验证

通过对实测大、中、小潮潮位及流速流向进行验证结果，验证结果表明潮位计算值与实测值吻合良好，除个别点、个别时段外的大部分验证点流速、流向计算值与实测值基本相符。可以认为所采用的流场数值模型及选定的参数是合适的，能够用于电厂温排水对环境影响的数值预报。

（2）物模试验

1) 模型范围

模型模拟海域 21km×10.5km，面积约 220 平方公里的范围。模型为多开边界全潮海工模型，包含兴化湾 NW—SE 走向主深槽之东北部分。其长开边界基本与该深槽位置吻合；西北边界至江阴半岛岸边；东南边界达目屿岛。模拟范围见图 6.1-2。

2) 模型设计

模型设计应以重力相似为主，兼顾浮力相似，即：

$$\text{重力相似: } (Fr)_r = \left(\frac{V}{\sqrt{gH}} \right)_r = 1$$

$$\text{浮力相似: } (F_\Delta)_r = \left(\frac{V}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho} gH}} \right)_r = 1$$

$$\text{阻力相似: } n_r = \frac{L_r}{H_r^{2/3}} = 1$$

$$\text{温度相似: } (\Delta T)_r = (T_1 - T_a)_r = 1$$

模型几何比尺：水平比尺 $L_r = 350$ ，垂向比尺 $H_r = 100$ ，几何变态率 $\varepsilon = 3.5$ ，属小变态模型。

按照上述模型相似准则，模型比尺关系如下：

流量比尺：

$$Q_r = L_r \cdot H_r^{3/2}$$

流速比尺：

$$V_r = H_r^{1/2}$$

糙率比尺：

$$n_r = H_r^{2/3} \cdot L_r^{-1/2}$$

时间比尺：

$$t_r = L_r \cdot H_r^{-1/2}$$

模型比尺参数见表 6.1-1。

3) 模型验证

通过厂址海域实测冬、夏两季大、中、小潮资料对模型进行率定和验证。验证结果表明：潮位的模型值与实测值吻合良好；除个别点、个别时段外，验证点流速、流向的模型值与实测值基本相符，本模型能够用于核电厂温排水的试验研究工作。

(3) 计算结果

通过温排水数值模拟计算的比选及物模试验的优化，福清核电厂最终的取排水方案详见图 6.1-1。该方案的计算结果如下：

1) 取水温升及各温升等值线面积

由于物理模型试验与数模计算结果存在一定差异，产生差异的主要原因在于：

a) 排水近区水域表现为复杂的三维水力、热力特性，二维数模属于远区模型，无法准确模拟近区排水出流的水动力、热力特性；

b) 排水口地处-8.0m 深槽附近；取水口设置于-9m 地形处，均有温度分层现象出现。二维数模水深平均模式，无法模拟分层，而将表层较高温升平均到全水深。因而可能使取水温升偏高；高温升面积减少。物理模型则较真实地模拟了近区卷吸掺混为主的水力热力变化过程以及温差分层现象，对取水温升和高温升区的预报比二维数模准确。物模试验表明：

①排水明渠出口附近水域温度分层现象明显，热水层厚度约 2~3m，表底层温差约 3~5℃，最大温差出现在低平潮时段；

②取排水口之间水域，随着与排水口间距离的增大，水体表底层温差逐渐减小，其中表层水体温降梯度明显大于底层水体。热水层厚度变化不大，基本为 2~3m，表底层最大温差约 2℃左右；

③取水口附近水域水体表底温差已大幅度降低，一般约 0.3~0.7℃，最大温差出现在水深较大的高平潮时段。

c) 物理模型限于模拟域不够大，会有部分低温升热水流出模拟域，对温度场特别是靠近模拟区域边界的温升分布会有一些影响，故此，需采取适当措施予以修正；再者，物模不能准确模拟对大气散热过程，因而物模对远区散热为主区域的模拟误差将逐渐加大。综合比较研究可知：2℃或 1℃以下的远区特性取决于该区广大水域对大气的散热和潮流对温排水的对流运输，该区水流的温度分层已很弱或基本消失，其垂向水力热力特征量的

分布特性较适合二维数模计算。因而,对远区热力过程的模拟,二维数模强于物模。

依据上述分析,物理模型与数学模型模拟结果存在一定差异当属正常。最终数据的采纳,应对具体问题作具体分析,并参考类似工程处理方式对研究成果做近、远区的区别对待。因此,温排水试验中对试验的最终数据进行了如下处理:

- 各工况取水温升结果取用已有修正的物模数据。
- 全潮最大等温升线包络面积分界点取为 2°C 。 2°C 以上(含 2°C)全潮最大温升包络面积采用物模试验结果; 2°C 以下采用二维数模计算结果。
- 全潮平均等温升线包络面积分界点取为 1°C 。 1°C 以上(含 1°C)全潮平均温升包络面积采用物模试验结果; 1°C 以下采用二维数模计算结果。

计算结果详见表 6.1-2~表 6.1-4。

2) 各温升等值线距排水口距离

取排水方案 4、3、2、1、 0.5°C 温升影响区最大顺、离岸距离详见表 6.1-5。

由于核电站排水明渠走向大概是南北方向,温升影响区顺岸、离岸距离均以电厂明渠出口中点为基准算起,按实际的正南正北方向量测,具体示意如图 6.1-3 所示。各温升包络线顺、离岸距离统计见表 6.1-5。

从试验结果看,电厂排出的温排水的扩散仅局限在很小的范围内,考虑核电站六台机组同时运行所致的最大温升大于《海水水质标准》(GB3097-1997)规定 4°C 温升的涉及范围约为 1.53km^2 ,离排水口最远距离仅为 1.30km ,仅局限于排水口附近水域。因而,本项目排放的温排水对兴化湾海域的影响是非常有限的。

6.1.1.3 温排水试验(冷却水量为 $348\text{m}^3/\text{s}$)

5、6号机组的冷却水量发生变化,每台机组的冷却水流量为 $61\text{m}^3/\text{s}$ 。1~6号机组总冷却水量为 $348\text{m}^3/\text{s}$ 。委托中国水利水电科学研究院开展了温排水数值模拟补充计算研究报告,计算结果见表 6.1-6~8 和图 6.1-4。

由计算结果得:

1) 温升影响面积和取水温升由于电厂 5、6号机组冷却水量的变化,较原有计算结果有所差异,但总体变化不大。其中,排水口近区高温升区(4°C 、 3°C 和 2°C 温升区)包络面积变化不明显; 1°C 温升等值线包络面积有所增加,变幅在 3%左右。取水温升值变幅不超过 0.04°C 。

2) 核电站六台机组运行:夏季工况条件下,电厂温排水影响带来 1°C 温升影响区全潮平均包络面积不超过 27.4km^2 ,全潮最大包络面积不超过 41.8km^2 ;冬季工况条件下, 1°C 温升影响区全潮平均包络面积不超过 34.9km^2 ,全潮最大包络面积不超过 67.6km^2 。

3) 电厂取水温升平均值不超过 1.28°C ，最大值不超过 1.52°C 。

4) 根据冷却水量变化后计算结果，六台机组运行的 1°C 温升最大包络范围在三类区内， 4°C 温升最大包络范围在排污混合区内。

6.1.1.4 混合区和减少温排水影响的措施

根据《福建省人民政府关于福州市近岸海域环境功能区划的批复》，福清核电站排水口处的混合区如图 6.1-5 所示，该海域为工程温排水 4°C 以上温升区范围，调整后划为排污混合区，主导功能为核电站用海。

为了减少和降低温排水的影响范围，对取排水方案进行了优化设计。厂址所在兴化湾水下地形整体趋势是北高南低，尤其湾顶及厂址东西岸更有浅滩，低潮位时将大片裸露。受本区域主潮流特性影响，厂址所在区域潮流主流向基本表现为西北北—东南南方向，与深槽走向基本一致。根据厂址的地形特征和潮流特性，提出了多种排水方案，包括：排水明渠（明渠长度分别为 0.8km 、 2.0km 、 2.2km 和 2.7km ）、排水暗渠（长度为 1.8km 和 2.0km ）等。综合考虑各方案的温排水环境影响、工程造价和取水安全等因素，最终确定了目前采用的取排水方案。

6.1.2 生物效应

6.1.2.1 温排水对海洋生态的影响

1) 对生态敏感区的影响

在厂址附近海域，多次调查记录到的海洋生物均为常见种，没有国家规定的珍稀保护物种。厂址半径 15km 范围内没有国家级和省级自然保护区。

福清核电站 6 台机组运行后，在冬季大潮工况下（影响距离最远）， 0.5°C 最大温升包络线离岸距离约 9.24km ，因此，温排放对敏感区没有影响。

2) 对厂址海域生物的影响

a) 温排水对贝类的影响

根据海洋生态调查，排水口所处兴化湾海域贝类资源主要有褶牡蛎、菲律宾蛤仔、缢蛏等。调查到的甲壳类适温范围多在 $18\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间，水温大于 38°C 不能正常运动，大于 39°C 将导致其死亡。根据实验研究，在一定适温范围内，温升可以促进仔虾的生长和体重的增加，对中国对虾而言，在 $20^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$ 的范围内，其生长速度随水温升高而加快。

2005 年 8 月~2006 年 7 月对福清核电站工程海域进行了为期一年的水温观测，后又于 2009 年 8 月~2009 年 10 月对工程海域进行了三个月的水温观测，观测统计结果见表 6.1-9。

从表 6.1-9 可以看出，厂址海域月平均最高水温为 29.3°C ，对于位于强增温区（温升 $>3^{\circ}\text{C}$ 时）内的养殖区，在夏季最热季节可能会对贝类的生长有些影响，但对于春、秋、

冬三季而言，反而有利于贝类的生长。

b) 温排水对鱼类的影响

鱼类属变温动物，一般在适温范围内，水温提高会促进鱼类的生长。但如果超过其适温范围，则会抑制鱼类的新陈代谢和生长发育；超过其忍受限度，还会导致死亡。调查鱼类以适温性分析看，调查海区渔获的鱼类，均为暖水性和暖温性的鱼类，未出现冷温性和冷水性鱼类。当海水水温超过 35℃，对鱼类生长有一定影响。按分布水层而言，调查海区渔获的鱼类，以底层和中下层鱼类最多。

从表 6.1-9 可以看出，厂址海域月平均最高水温为 29.3℃，即使位于强增温区（温升>3℃时）内的养殖区，在夏季最热季节温度也很少能达到 35℃，因此在夏季，温排水对鱼类的生长影响也比较小，但对于春、秋、冬三季而言，反而有利于鱼类的生长。

c) 温排水对仔鱼、鱼卵的影响

林昭进（大亚湾核电站温排水对邻近水域鱼卵、仔鱼的影响。热带海洋，2000，19(1): 44-51）等研究结果表明，尽管鱼卵和仔鱼数量的年间波动很大，但是历年的季节变化趋势却比较一致，高峰期一般出现在 4-9 月份，温排水对整个大鹏澳水域的鱼卵和仔鱼数量及其季节变化尚未有全局性的影响。不同温排水影响区鱼卵的数量分布有明显差别：以进水口水域数量最多，其次是温升 0.5-1.0℃水域，而温升 1.0℃以上的水域最少；仔鱼的分布情况与鱼卵不同，在 4 个水域中的数量差别不大。这一现象说明，温排水对邻近水域鱼类的产卵活动影响较为明显，而对仔鱼的生存及分布影响不大。大亚湾核电站温排水对鱼卵死亡率的影响也不显著，说明温排水对鱼卵和仔鱼的生存影响不大。但受温排水的影响，大鹏澳水域鱼类的种群结构已发生了一定的变化，有的种类数量增多，有的减少或者消失。

因此，初步判断，福清核电厂运行后，温排水对整个兴化湾水域的鱼卵和仔鱼数量及其季节变化将不会有全局性的影响。温排水将对邻近水域鱼类的产卵活动产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。受温排水的影响，温排水附近水域鱼类的种群结构将可能发生一定的变化，有的种类数量可能增多，有的可能减少或者消失。在电厂运行期间会加强跟踪调查，以制定应变措施。

d) 温排水对藻类的影响

温排水会改变浮游生物群落中的物种组成。有关调查结果表明，一般当水体适度增温时(温升≤3℃时)，温升区内浮游植物的种类数平均可增加 50%，尤其是水温较低的春、秋和冬季表现更明显。

根据有关研究资料，即使在夏季水温升高 6~8℃，也仅引起浮游植物光合作用强度减弱，并未破坏浮游植物细胞，经过几个小时后(一般不超过一昼夜)，浮游植物就能恢复

光合作用。此外，在一定范围内，水温升高还可以促进浮游植物的生长繁殖。这种情况在水温较低的春、秋、冬季更为明显。但多数浮游生物的生存水体温度超过 35℃时，生存条件将明显受到威胁，将抑制其生长或造成死亡。

从表 6.1-9 可以看出，厂址海域月平均最高水温为 29.3℃，即使位于强增温区（温升>3℃时）内的养殖区，在夏季最热季节温度也很少能达到 35℃，因此在夏季，温排水对藻类的生长影响较小，但对于春、秋、冬三季而言，反而有利于藻类的生长。

在大亚湾海洋生态调查前，人们曾预测核电站运行后水温升高，大型藻类可能大量减少，甚至马尾藻场消失，从而担心大亚湾鱼类产卵场和仔幼鱼肥育场受到破坏，但调查结果表明，西大亚湾海洋生物多样性仍较高，暖水种有所增加，大型藻类(主要是丰叶马尾藻)生物量不仅没有减少，反而有所增加，核电站东南部或西南部海域在电站运行后形成鱼卵密集区；渔业年捕捞量总的趋势较为稳定，呈逐年上升的趋势。

6.1.2.2 卷吸效应和机械损伤

核电厂六台机组运行过程中，冷却装置系统需用大量海水，由于水泵急速抽取海水，致使水生生物与取水系统的旋转滤网、拦污栅产生机械碰撞损伤，对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。

一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显伤害。

(1) 对浮游生物的影响分析

福清核电厂 5、6 号机组海水用水量约 122m³/s，电厂全年运行时间按 7000h，按 2012 年工程区周年现场调查结果，浮游植物四季细胞丰度在 20.24×10⁵~851.33×10⁵cells/m³，浮游动物四季平均总湿重生物量约为 222.3mg/m³。以进入管道系统浮游生物全部被杀伤，则造成损失的浮游植物细胞丰度为 6.2×10¹⁵~2.6×10¹⁷cells/a，浮游动物总湿重生物量约为 683t/a。据此分析，取水系统产生的卷吸效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，会使取水口附近水域浮游生物量有所减少，降低海洋初、次级生产力。但浮游生物的生殖周期短，繁殖快，取水口附近水域浮游生物因受潮汐影响较易受外海水补充，其种群损伤后恢复较快，同时，相对整个兴化湾的浮游生物总量来说，因卷吸效应引起的浮游生物损伤是非常少的，对整个兴化湾的浮游生物总量影响不大。

(2) 对鱼卵仔鱼的影响分析

根据 2012 年工程区春、秋两季鱼卵仔鱼的调查结果，取水口区鱼卵年平均数量取 1.49ind./100m³，仔鱼年平均丰度取为 8.60 ind./100m³，以进入管道系统鱼卵仔鱼全部被杀伤，鱼卵、仔鱼出现率每年 6 个月，5、6 号机组海水用水量约 122m³/s，电厂全年运行时

间按 7000h 算，则 5、6 号机组运行期卷吸效应每年对鱼卵、仔鱼造成的损失量分别约为鱼卵损失约为 2.3×10^7 粒，仔鱼损失为 1.32×10^8 尾，相对整个兴化湾的鱼卵仔鱼总量来说，因卷吸效应引起的鱼卵仔鱼的损伤是非常少的，对整个兴化湾的鱼卵仔鱼总量影响不大，更不会影响到整个兴化湾的海洋渔业资源。

（3）对成鱼的影响分析

福清核电厂取水明渠口门底宽约为 160m，核电厂六台机组全部运行时，冷却水量为 $348 \text{m}^3/\text{s}$ 。在平均高潮位 2.83m 时，明渠口门段平均流速为 0.174m/s；在平均潮位 0.28m 时，明渠口门段平均流速为 0.229m/s；在平均低潮位 -2.28m 时，明渠口门段平均流速为 0.330m/s；在 33 年一遇低潮位时，明渠口门段平均流速为 0.493m/s；在百年一遇低潮位 -4.35m 时，明渠口门段平均流速为 0.504m/s。从以上可以看出，即使在百年一遇低潮位时，明渠口门处的流速还是比较低的，成鱼在进入明渠后能够凭借自身力量游出明渠，因此，福清核电厂六台机组在运行阶段，对成鱼的卷吸效应影响不大。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 正常运行对公众的辐射影响

根据第四章对核电厂放射性废物系统和源项的描述，核电厂正常运行时对公众的辐射影响主要是由气载放射性流出物和液态放射性流出物造成的。本节将针对核电厂正常运行时气、液两种途径对公众的辐射影响进行评价。

6.2.1.1 气载流出物的辐射影响

1) 排放源项

福清核电厂 5、6 号机组运行时，气载放射性流出物主要通过高 76.5m、直径 3m 的烟囱排入大气，经大气弥散对公众造成辐射影响。

根据气载放射性流出物年排放量，本工程按照 2 台机组运行状态下（即正常运行和预计运行事件两类工况的统称）的排放源项进行辐射环境影响评价。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），福清核电厂的气载放射性流出物年排放量应低于以下控制值：

- 惰性气体 $2.40 \times 10^{15} \text{Bq/a}$;
- 碘 $8.00 \times 10^{10} \text{Bq/a}$;
- 长寿命粒子 ($T_{1/2} \geq 8\text{d}$) $2.00 \times 10^{11} \text{Bq/a}$;
- 氡 $6.00 \times 10^{13} \text{Bq/a}$;
- C-14 $2.80 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ 。

本工程 2 台机组运行时，气载放射性流出物释放量归纳如下：

- 惰性气体 $1.30 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 5.40%；
- 碘 $1.94 \times 10^9 \text{Bq/a}$ ，为控制值的 2.43%；
- 长寿命粒子 ($T_{1/2} \geq 8\text{d}$) $1.40 \times 10^8 \text{Bq/a}$ ，为控制值的 0.07%；
- 氡 $9.18 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 15.30%；
- C-14 $7.68 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 27.42%。

均满足控制值的要求。

2) 照射途径

在福清核电厂运行状态时，其气载放射性流出物释放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地表沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

3) 评价模式

福清核电厂 5、6 号机组在运行状态下，气载放射性流出物在大气中迁移和弥散是根据中国辐射防护研究院于 2012 年 11 月编制完成的《福建福清核电厂气象观测成果报告

（2011.01~2011.12）》中给出的 70m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率来计算年均大气弥散因子和相对干沉积因子。评价中所使用的大气扩散计算程序与我国核安全导则 HAD101/02 所建议采用的模式基本一致。

4) 剂量估算

根据 2011 年 1 月~2011 年 12 月的气象资料统计的厂址气象铁塔 70m 高度风向、风速、稳定度联合频率表可知，厂址附近以中性（D 类）天气为主，频率为 69.7%，不稳定的 A、B、C 三类天气的频率总和为 24.4%，稳定的 E、F 类天气频率总和为 5.9%。全年主导风向为 NE，风频为 32.09%；次主导风向为 NNE，风频为 26.68%。年平均风速为 7.9m/s，静风频率占 0.44%。

厂址地处突入兴化湾的岐尾山，东、南、西三面环海，东北侧与陆地连接，气载放射性流出物在大气中迁移和弥散条件较好。

经计算，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）公众个人造成的最大有效剂量分别为 1.15×10^{-6} Sv/a、 1.28×10^{-6} Sv/a、 1.39×10^{-6} Sv/a 和 1.78×10^{-6} Sv/a。

6.2.1.2 液态流出物的辐射影响

1) 照射途径

福清核电厂 5、6 号机组运行时，液态放射性流出物排放到厂址所在的兴化湾，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海水生物造成的内照射，岸边沉积的外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

福清核电厂为滨海厂址，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。

2) 评价模式

根据液态途径排放的源项数据和国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了液态途径释放的放射性物质对厂址半径 80km 范围内公众个人的最大有效剂量。

3) 排放源项

根据液态放射性流出物年排放量，本工程按照 2 台机组运行状态下的排放源项进行辐射环境影响评价。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），福清核电厂的液态放射性流出物年排放量应低于以下控制值：

· 氚 3.00×10^{14} Bq/a；

· C-14 6.00×10^{11} Bq/a；

·其余核素 2.00×10^{11} Bq/a。

本工程 2 台机组运行时，液态放射性流出物释放量归纳如下：

- 氚 9.18×10^{13} Bq/a，为控制值的 30.60%；
- C-14 5.63×10^{10} Bq/a，为控制值的 9.38%；
- 其余核素 3.17×10^{10} Bq/a，为控制值的 15.86%。

均满足控制值要求。

4) 剂量估算

经计算，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 3.60×10^{-6} Sv/a、 2.07×10^{-6} Sv/a、 1.85×10^{-6} Sv/a 和 5.77×10^{-7} Sv/a。

5) 间歇排放的浓度评价

本工程运行状态下，液态放射性流出物排放是按照间歇排放方式进行的，液态放射性流出物以槽式排放的方式与冷却水混合后排出。由根据排放源项与排放参数计算得到的核电厂总排放口处的放射性核素浓度（只考虑液态流出物与冷却水完全混合后的浓度）可知，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厂低放废水排放的叠加效应，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。

6.2.1.3 年辐射剂量汇总及分析

综合 6.2.1.1 节和 6.2.1.2 节，厂址半径 80km 范围内各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）受到的个人最大有效剂量分别为 4.75×10^{-6} Sv/a、 3.35×10^{-6} Sv/a、 3.24×10^{-6} Sv/a 和 2.36×10^{-6} Sv/a。在各年龄组中成人组的剂量最大，因此关键居民组为前薛自然村的成人组（主要为渔民），受到的剂量为 4.75×10^{-6} Sv/a，约占个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 1.90%，满足个人剂量约束值的要求，厂址周围的公众是安全的。

6.2.1.4 福清核电厂六台机组正常运行对公众的辐射影响估算

福清核电厂规划建设六台百万千瓦级核电机组（1~4 号机组为 M310 机型核电机组和 5、6 号机组为“华龙一号”机型核电机组）同时运行时，对厂址半径 80km 范围内公众造成的个人最大有效剂量为 1.47×10^{-5} Sv/a，约占公众个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 5.87%，满足个人剂量约束值的要求，厂址周围的公众是安全的。

6.2.2 正常运行对水生生物的辐射影响

本节主要估算福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时，由于液态放射性流出物的排放，所致周围水体中水生生物的辐射剂量水平，同时还考虑了福清核电厂六台机组正常运行时

对水生生物的辐射影响。

6.2.2.1 水生生物的辐射效应

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。

6.2.2.2 评价模式

福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时，液态放射性流出物对周围水体中水生生物的辐射剂量采用欧洲委员会推荐的可以用来计算水生生物所受到的辐射剂量的程序。

福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时的液态放射性流出物对周围水体中水生生物的辐射影响评估中，在一级筛选的基础上进行了二级筛选。

6.2.2.3 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。评价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。

6.2.2.4 参数选取

由生物的剂量率限值（评价程序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。

6.2.2.5 水生生物辐射影响的估算

（1）福建福清核电厂 5、6 号机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时，水生生物辐射影响采用与公众辐射影响评价相同的源项（液态途径）进行估算。

①各水生生物影响率的计算

影响率是核素在介质中的浓度与相应 EMCL 的比率，该值反映了当前介质中该核素的浓度对该种水生生物的危险程度。

福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时，附近海域中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下。

②剂量率估算

经计算，福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时，各类水生生物所受的总剂量率均小于评价程序推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

综上所述，从影响率和剂量率的结果来看，福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时，厂址附近海域水生生物是安全的。

（2）福建福清核电厂6台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

福建福清核电厂6台机组正常运行时，水生生物辐射影响采用与公众辐射影响评价相同的源项（液态途径）进行估算。

经计算，福建福清核电厂6台机组正常运行时，附近海域中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 数量级以下，各类水生生物所受的总剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，福建福清核电厂6台机组正常运行时，厂址附近海域水生生物是安全的。

6.3 其它影响

福清核电厂 5、6 号机组工程运行对环境的其它影响主要是化学物质向福清核电厂海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

核电厂排放的化学物质来自下列工艺过程产生的废水中：

- 除盐处理排水；
- 循环系统排水；
- 污废水处理后排水；
- 循环水处理系统海水连续加氯处理和排水；
- 液体放射性废物处理。

6.3.1 除盐处理过程产生的废水

核电厂除盐处理包括除盐水生产过程和凝结水精处理过程。此类废水中的化学物质是除盐过程和凝结水精处理过程中树脂再生废水产生的氯化盐和硫酸盐

除盐处理系统和凝结水处理系统树脂床再生废水经中和处理后排入厂区排水管网，除盐水生产系统中反渗透装置的浓盐水（含盐量约为淡水含盐量的 4 倍）也排入厂区排水管网，再与循环冷却水排水混合，经混合后排入附近海域。被循环水排水稀释后，核电厂排水中含盐量增加不大于 6mg/L（除盐处理废水排放峰值 2 小时内），与海域内天然含盐量相比，核电厂排水中所增加的含盐量很低。《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中对含盐量没有限制，且含盐量也不是《海水水质标准》（GB3097-1997）中用于海水分类的项目指标。因此不会影响附近海域的海水质量。

6.3.2 循环系统的排放水

核电厂所有工艺循环系统的水都是相当纯净的，这种水由几乎没有化学添加剂的除盐水制成。因此，这类水随循环水排放入附近海域，对环境不会造成影响。

6.3.3 废水处理的排放物

这类排放物主要指核电厂生活污水及其他非放射性废水处理的排放物。

废水处理的排放物除总有机物外，不会导致任何有毒化学物质进入受纳水体环境中。福清核电厂 5、6 号机组运行厂区内生活污水最大排放量为 200m³/d（大修期间），正常运行时排放量为 165m³/d，经生化工艺处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级标准的 B 标准之后，就近排入雨水排水系统，最终排入大海。

废油和非放射性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），排入雨水排水系统，最终通过 CC 虹吸井排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。含

油生产废水油水分离池的处理能力为：正常 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，最大 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级标准的 B 标准、《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域，福清核电海水区域为三类功能区域，满足排放条件。同时，生活污水处理站最大排放量为 $200 \text{ m}^3/\text{d}$ ，经循环冷却水排水稀释后各非放化学物质的排放浓度降低至约 $1/51524$ 倍，经与《福建福清核电厂 1、2 号机组厂址邻近海域海洋生物及其生态环境》（2013 年 10 月出版）中相关非放指标对比分析，对海域本底指标影响极小。叠加后各项指标均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中三类功能区域标准。

6.3.4 海水连续加氯处理和排水

循环水处理系统中排放废水主要是制氯设备酸洗后的排放废水，间断排放，经中和处理后排入厂区雨水管网，其 NaCl 排放浓度很低，再与厂区生产废水系统汇合稀释后，就近排放至厂区雨水管网，最终排入大海。关于含盐量的影响已经在第 6.3.1 节中进行了分析，不会影响海水的质量。

循环水处理系统对流经循环水冷却系统的海水作连续加氯处理，即在取水设施处采取连续加入浓度达到 1 mg/L 的次氯酸钠溶液。这个浓度可以防止海洋生物在整个循环水系统的管道内和排放口繁殖，以避免因其繁殖而导致的整个系统的管道断面缩小、阻力增加和流量的降低。

加入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。

冷却水中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度约为 0.15 mg/L 左右。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，幼蝶的不孵化率为 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。

余氯半衰期仅 1 小时，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。根据《福清核电厂 5、6 号机组低放废水数值模拟补充计算研究报告》中关于余氯浓度场的计算结果和分析表明：浓度场主要以排水口附近为中心，影响范围较小。计算结果表明：规划总装机容量下，全潮平均浓度 0.02 mg/L 等值线包络面积不大于 0.41km²，全潮最大浓度 0.02 mg/L 等值线包络面积不大于 0.86km²。可见，余氯浓度大于 0.05mg/L 时的影响范围会更小。

6.3.5 液体放射性废物处理的化学废水

此类废水中的化学物质由化学添加剂和放射性核素两部分组成。

——工艺水中的少量化学添加剂

按照运行规程的要求，这些化学物质的浓度通常相当低。这类废水经大量循环冷却水稀释后排入海水中，对海水中的含盐量和海水中的生物量的影响是非常有限的。

——放射性核素

放射性核素的辐射影响已在本报告 6.2 节论述。

6.4 退役

6.4.1 概述

退役是核电厂安全关闭后的阶段，其目的是通过全面细致的计划和评估，确定逐步和系统地减少放射性危害的措施，从而确保在退役实施和结束时工作人员、公众和环境安全得到保护。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在场址选择、总图布置、材料规范、系统设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至最低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对福建福清核电厂 5、6 号机组将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段所考虑的便于退役的有关因素和要求，并在退役费用方面提出了考虑。

6.4.2 退役策略选择和退役阶段划分

6.4.2.1 退役策略选择

目前国际原子能机构将退役策略分为三种：就地埋葬、延迟拆除和立即拆除。

就地埋葬策略是将放射性物项长期安全包容在场址，从本质上相当于放射性物质就地处置，这与目前我国放射性废物管理和核能发展战略不符合，因此对于本核电厂不考虑就地埋葬策略。

延迟拆除策略是通过封存和放射性衰变减少将来拆除时的人员受照剂量。延迟拆除是首先卸出反应堆中的乏燃料和排空冷却剂，随后进行局部拆除，安全封存压力容器，并建立封存监测屏障。封存几十年后最终拆除达到无限制开放水平。选择延迟拆除策略会导致系统包容性恶化、档案资料散失、人员流失、长期监督维护和高额费用等缺陷。

立即拆除策略是在核电厂停止运行不再使用后，经过安全关闭过渡期后立即实施反应堆拆除，直至达到场址最终无限制开放。但由于反应堆立即拆除的环境处于较高的辐射水平，因此需要配备先进的退役设备和掌握较高的退役技术。

随着国内核设施退役工作的进展已积累了较为丰富的退役经验，核设施退役技术也逐渐完善。立即拆除所需的遥控拆除等技术可以直接从国外引进，估计几十年后退役技术和设备的发展已不会成为选择立即拆除策略的制约因素。对于放射性废物管理方面，乏燃料可以送后处理厂处理，中低放废物可送往低、中水平放射性废物近地表处置场，极低放废物可送极低放废物填埋场，从废物出路来说没有障碍。退役费用可以从电站收益中预提。因此，就目前来看，除运行时发生重大事故可能会改变策略外，对于核电厂宜优先选择立即拆除策略。

但影响核电厂退役策略选择的因素有很多，其关键因素有：国家有关退役的法规政策、退役费用估算和筹资方式、放射性废物管理、退役技术发展等。核电厂最终采用何种退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在退役阶段的专门可行性研究和环境影响评价工作后再行确定并分阶段实施。

6.4.2.2 退役阶段划分

无论选择哪种退役策略，退役实施都需要分阶段进行，对于核电厂的退役实施可分为三个阶段，即：安全关闭过渡阶段、去污拆除阶段、场址清理验收阶段。

安全关闭过渡阶段即退役的准备阶段。在不超出批准的运行最终安全分析报告的范围内，利用现有条件尽可能消除和减少放射性危害，为后续退役创造条件。主要活动包括乏燃料的卸出与转运、系统排空和清洗、处理处置运行期间的废物、设施初态特性调查、上报最终退役计划、编制上报退役申请所需的安分和环评报告、进行退役所需的技术研发等。

去污拆除阶段是退役实施的主要阶段。在获得退役许可申请批准的基础上，完成对系统设备的去污拆除；拆除废物的分类、包装、运输、整备和处置；以及建（构）筑物的拆除等工作。

场址清理验收阶段是实现核电厂退役最终目标、达到退役最终状态的阶段。其主要工作包括编制场址清理计划、场址特性调查、场址清理实施、场址退役终态放射性监测、退役最终总结报告和最终环评报告编制上报、场址解控复查和验收等工作。最终获得核安全监管部门的批复，结束整个退役工程。

6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于缜密的和有组织的计划。国家核安全监管部要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同而调整。核电厂退役计划分为三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划中的重要组成部分，是确保退役期间工作人员、公众和环境安全，免受或减少由于退役产生的放射性和非放射性危害的关键。

6.4.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期间需使用的现有设施、系统和设备。

6.4.3.2 中期退役计划

核电厂运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计

划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

6.4.3.3 最终退役计划

核电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

6.4.4 核电厂寿期不同阶段对便于退役的考虑

目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。尽可能在场址选择、总图布置、材料规范、系统设备布置等方面考虑利于退役的因素，以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，从退役废物产生源头进行控制，贯彻废物最小化原则，有效减少退役施工难度和费用。

6.4.4.1 设计、建造、运行阶段的考虑

设计阶段对于新建核电厂厂址本底放射性水平特性调查至关重要，本底调查还应包括所用建筑材料中的天然放射性水平，这些数据是评估退役完成后厂址对环境影响的辐射基准水平。

在核电厂设计阶段应考虑从便于退役的角度审查设计，提出便于退役的设计要求（见下节），这些设计上的要求要与核电厂安全、运行和维护的要求统筹考虑。

在核电厂运行阶段要考虑优化放射性废物管理，尽量减少运行废物的产生，对产生的废物严格分类，控制废物流。为便于今后退役可考虑进行部分材料样品辐照实验，以便今后进行测量值与计算值比对，最终确定残留放射性总量。

应将记录保存的相关资料在核电厂寿期不同阶段与退役直接联系起来。核电厂选址、设计、建造和运行改造、维修等有关的设计技术规格书和竣工图等全部资料，都应该作为退役所需资料予以保存。应考虑建立一个完整的数据库，这样在核电厂安全关闭时，保存的资料就能详细反映设施当前的状况。保存方式要考虑这些资料长期保存的可读取性，及为保证保存安全进行的备份等。

6.4.4.2 便于退役的设计考虑

核电厂服役期满之后的退役处理具有特殊性和复杂性。必须在设计阶段对其相关影响因素进行研究分析并提出便于退役的设计要求，这对于将来退役工作的实施是非常重要的。

1) 核电厂设计中考虑了退役的技术可行性，以及在保障操作人员、居民和环境的安全下，拆除、运输和处理厂房、构筑物、设备、管道等活动的可操作性。

- 2) 在厂房和构筑物设计时，考虑某个机组退役，而其它机组继续运行的条件。
- 3) 核电站厂区内建（构）筑物布置，考虑了允许机组退役时在厂区组织合理通畅的物流，保证水平和垂直空间的运输路线。
- 4) 对于大型设备部件考虑易于拆除和解体，最好能整体拆移。
- 5) 在选择材料时，选择长寿命活化核素比较少、易于表面去污的材料。
- 6) 铺设在建筑结构内的工艺管道，通常能在退役时与建筑物拆开。
- 7) 设计中采用特殊的密封覆面，以减少放射性核素对混凝土结构的污染。
- 8) 为减少拆除工程量，在容易受辐照的地方设置移动式辐射屏蔽。
- 9) 在设计系统时，使其容易隔离，以便去污或拆除。
- 10) 在设计整体生物防护层时，要考虑其可能的拆除方案。
- 11) 在设计放射性废物暂存设施时，考虑对废物的回取。
- 12) 考虑退役期间在现场安置移动式去污和放射性废物处理设备的可能性。
- 13) 设备设计尽量采用结构简单的设计，便于维修、拆卸，设计中避免结构死角，设备与土建结构之间一般采用螺栓连接方式，便于退役时设备的拆卸。
- 14) 为避免污染扩散，放射性废物管道设备（除泵、安全阀及法兰等外）均采用焊接，泵均须有简单的机械密封。

6.4.5 退役经费

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，列入投资概算或者生产成本。根据 NB/T 20048-2011《核电站建设项目经济评价方法》，福清 5、6 号机组的退役基金将按固定资产原值的 10% 计提，从投产后第一年开始平均提取。

表 6.1-1 模型比尺参数

Q_r	V_r	n_r	t_r
3.5×10^5	10	1.15	35

表 6.1-2 各工况取水温升

工况	装机容量 (MW)	潮型	取水温升 (°C)	
			全潮最大	全潮平均
1	2×1000	夏季典型大潮	0.4	0.2
2		夏季典型中潮	0.5	0.3
3		夏季典型小潮	0.5	0.3
4		冬季典型大潮	0.4	0.2
5		冬季典型中潮	0.5	0.3
6		冬季典型小潮	0.5	0.3
7	4×1000	夏季典型大潮	0.5	0.3
8		夏季典型中潮	0.7	0.4
9		夏季典型小潮	0.7	0.5
10		冬季典型大潮	0.6	0.4
11		冬季典型中潮	0.8	0.5
12		冬季典型小潮	0.8	0.6
13	6×1000	夏季典型大潮	0.8	0.5
14		夏季典型中潮	1.0	0.6
15		夏季典型小潮	1.0	0.7
16		冬季典型大潮	0.9	0.6
17		冬季典型中潮	1.0	0.7
18		冬季典型小潮	1.1	0.8

表 6.1-3 全潮最大温升包络面积

工况	装机容量 (MW)	潮型	全潮最大等温升线包络面积 (km ²)				
			4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
1	2×1000	夏季典型大潮	0.22	1.03	3.02	8.2	26.5
2		夏季典型中潮	0.28	1.19	3.24	8.5	27.1
3		夏季典型小潮	0.33	1.36	3.83	9.2	28.7
4		冬季典型大潮	0.26	1.1	3.14	10.8	32.7
5		冬季典型中潮	0.31	1.25	3.73	12.1	34.2
6		冬季典型小潮	0.38	1.47	3.93	14.8	39.7
7	4×1000	夏季典型大潮	0.52	1.89	4.51	22.9	44
8		夏季典型中潮	0.62	2.17	5.17	25.3	46.4
9		夏季典型小潮	0.69	2.48	6.48	31.9	50.3
10		冬季典型大潮	0.58	2.02	5.15	28.9	54.2
11		冬季典型中潮	0.67	2.33	6.31	32.1	56.4
12		冬季典型小潮	0.74	2.60	6.62	36.9	66.9
13	6×1000	夏季典型大潮	1.1	3.22	7.62	32.5	73.2
14		夏季典型中潮	1.31	3.78	8.84	37.8	75.0
15		夏季典型小潮	1.45	3.96	9.00	40.9	80.7
16		冬季典型大潮	1.22	3.53	8.45	57.5	99.3
17		冬季典型中潮	1.40	4.14	10.26	61.0	103.3
18		冬季典型小潮	1.53	4.46	11.08	65.4	110.9

注：表内双线宽栏中数据为二维数模计算结果，下同。

表 6.1-4 全潮平均温升包络面积

工况	装机容量 (MW)	潮型	全潮平均等温升线包络面积 (km ²)				
			4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
1	2×1000	夏季典型大潮	/	0.21	0.82	2.68	14.4
2		夏季典型中潮	/	0.25	0.93	3.25	15.5
3		夏季典型小潮	/	0.27	1.00	3.45	17.4
4		冬季典型大潮	/	0.24	0.89	2.94	18.4
5		冬季典型中潮	/	0.27	1.00	3.38	20.8
6		冬季典型小潮	/	0.30	1.12	4.03	25.6
7	4×1000	夏季典型大潮	0.1	0.44	1.45	5.09	22.2
8		夏季典型中潮	0.12	0.54	1.59	5.91	24.3
9		夏季典型小潮	0.14	0.61	1.77	7.16	30.1
10		冬季典型大潮	0.12	0.51	1.55	5.74	34.2
11		冬季典型中潮	0.14	0.61	1.69	6.6	37.9
12		冬季典型小潮	0.16	0.68	1.91	7.91	45.6
13	6×1000	夏季典型大潮	0.24	0.89	2.33	10.26	39.9
14		夏季典型中潮	0.28	0.98	2.68	10.61	44.1
15		夏季典型小潮	0.32	1.06	2.92	12.16	53.0
16		冬季典型大潮	0.27	0.94	2.52	10.62	60.9
17		冬季典型中潮	0.3	1.02	2.84	11.48	64.8
18		冬季典型小潮	0.34	1.2	3.21	13.39	76.9

注：表内双线宽栏中数据为二维数模计算结果，“/”表示因为数据太少，无法画出包络线，故没有统计数据，下同。

表 6.1-5 温升影响区最大顺、离岸距离

装机容量 MW	夏季潮型	特征值	温升环境影响距离 (km)									
			4℃		3℃		2℃		1℃		0.5℃	
			顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)
2000	夏季典型 大潮	最大	0.14/0.37	0.56/0.00	0.40/0.78	0.93/0.30	0.71/1.26	1.51/0.82	1.06/1.91	2.79/1.90	1.66/2.90	3.62/6.40
		平均	/	/	0.20/0.35	0.49/0.00	0.40/0.65	0.86/0.24	0.69/1.22	1.29/0.73	1.00/2.32	2.86/4.46
	夏季典型 中潮	最大	0.10/0.51	0.56/0.00	0.34/0.99	0.90/0.31	0.65/1.33	1.57/0.82	1.15/1.55	2.43/1.87	1.96/2.89	3.21/6.24
		平均	/	/	0.19/0.40	0.56/0.21	0.41/0.78	0.88/0.16	0.78/1.44	1.38/0.60	1.36/2.43	2.60/4.54
	夏季典型 小潮	最大	0.13/0.50	0.59/0.14	0.35/0.91	1.01/0.56	0.66/1.31	1.76/1.15	1.30/1.75	2.60/1.35	2.21/3.22	3.33/4.94
		平均	/	/	0.14/0.38	0.61/0.06	0.39/0.63	1.05/0.40	0.74/1.17	1.66/0.95	1.36/2.57	2.64/4.24
4000	夏季典型 大潮	最大	0.26/0.57	0.73/0.13	0.57/1.04	1.13/0.57	0.9/1.59	1.63/1.12	1.90/2.69	3.35/4.90	2.82/3.84	4.32/6.83
		平均	0.12/0.22	0.38/0.00	0.29/0.52	0.62/0.12	0.52/0.92	1.00/0.40	0.91/1.60	1.90/1.08	1.89/2.66	3.45/4.71
	夏季典型 中潮	最大	0.22/0.74	0.74/0.11	0.47/1.34	1.13/0.59	0.93/1.81	1.79/1.00	1.94/2.90	3.13/5.14	2.65/4.03	3.96/6.41
		平均	0.08/0.31	0.41/0.13	0.29/0.61	0.72/0.09	0.56/0.99	1.12/0.25	1.05/1.96	1.79/0.99	1.95/2.93	3.07/5.23
	夏季典型 小潮	最大	0.21/0.70	0.81/0.29	0.52/1.15	1.27/0.85	0.84/1.79	2.03/1.54	2.42/3.71	3.01/5.14	3.43/4.50	3.62/5.92
		平均	0.10/0.26	0.5/0.00	0.22/0.57	0.86/0.17	0.48/0.93	1.26/0.49	0.93/2.02	2.03/1.49	2.12/3.44	2.98/5.33
6000	夏季典型 大潮	最大	0.42/0.81	0.94/0.35	0.74/1.36	1.36/0.87	1.14/2.06	1.94/1.51	2.71/3.31	4.23/5.61	4.50/5.62	5.22/8.98
		平均	0.20/0.39	0.52/0.00	0.45/0.69	0.83/0.26	0.61/1.17	1.24/0.56	1.26/1.93	2.47/1.90	2.98/3.38	4.37/6.23
	夏季典型 中潮	最大	0.35/1.06	0.95/0.29	0.62/1.70	1.42/0.95	1.16/2.34	2.28/1.47	2.52/3.45	3.91/6.18	4.25/5.23	5.00/8.39
		平均	0.17/0.48	0.55/0.00	0.44/0.76	0.91/0.17	0.72/1.26	1.44/0.47	1.37/2.58	2.33/1.53	3.19/3.80	3.93/6.72
	夏季典型 小潮	最大	0.42/0.91	1.08/0.52	0.67/1.46	1.58/1.11	1.04/2.10	2.48/1.92	2.97/4.02	3.51/6.06	4.56/5.77	4.32/7.53
		平均	0.16/0.41	0.69/0.03	0.33/0.73	1.08/0.31	0.64/1.25	1.49/0.75	1.19/2.68	2.52/2.07	3.65/4.56	3.50/6.21

装机容量 (MW)	冬季潮型	温升环境影响距离 (km)										
		特征值	4℃		3℃		2℃		1℃		0.5℃	
			顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)	顺岸 (东/西)	离岸 (南/北)
2000	冬季典型 大潮	最大	0.11/0.39	0.69/0.00	0.34/0.77	1.06/0.34	0.71/1.22	1.74/0.85	1.51/1.86	3.16/2.10	2.28/3.12	4.22/6.71
		平均	/	/	0.11/0.36	0.62/0.00	0.29/0.68	1.00/0.28	0.56/1.22	1.46/0.85	1.59/2.33	3.37/5.45
	冬季典型 中潮	最大	0.11/0.41	0.75/0.00	0.33/0.84	1.26/0.22	0.80/1.34	1.90/0.95	1.42/2.05	3.24/2.54	2.55/2.97	3.83/7.04
		平均	/	/	0.12/0.40	0.65/0.00	0.34/0.71	1.18/0.24	0.64/1.41	1.60/0.79	1.40/2.35	3.27/5.58
	冬季典型 小潮	最大	0.19/0.45	0.73/0.09	0.38/0.88	1.09/0.72	0.69/1.40	1.53/1.25	1.22/2.49	2.81/4.36	1.75/4.19	3.81/7.18
		平均	/	/	0.15/0.43	0.64/0.04	0.36/0.76	1.02/0.42	0.72/1.46	1.66/1.01	1.50/3.37	3.23/6.51
4000	冬季典型 大潮	最大	0.25/0.57	0.92/0.06	0.51/1.00	1.28/0.60	0.84/1.56	2.00/1.14	2.23/2.86	3.84/5.51	3.34/4.10	5.26/7.22
		平均	0.10/0.26	0.43/0.00	0.23/0.51	0.80/0.12	0.41/0.90	1.17/0.46	0.83/1.66	2.00/1.24	2.57/2.99	4.15/5.82
	冬季典型 中潮	最大	0.22/0.60	1.06/0.00	0.56/1.12	1.51/0.43	1.01/1.77	2.12/1.16	2.40/3.04	3.68/6.06	3.17/4.10	5.08/7.53
		平均	0.10/0.30	0.48/0.00	0.22/0.58	0.94/0.02	0.47/0.94	1.37/0.34	0.93/1.88	2.08/1.38	2.51/3.19	4.23/6.56
	冬季典型 小潮	最大	0.31/0.65	0.87/0.29	0.55/1.14	1.30/1.02	0.90/1.78	2.02/1.58	2.41/3.53	4.24/6.33	3.49/4.92	5.40/7.66
		平均	0.09/0.29	0.53/0.00	0.26/0.61	0.88/0.23	0.51/1.01	1.24/0.61	1.01/2.03	2.21/1.55	2.88/3.75	4.38/6.58
6000	冬季典型 大潮	最大	0.40/0.78	1.12/0.30	0.67/1.33	1.63/0.90	1.11/1.97	2.40/1.46	4.25/4.44	5.79/7.88	5.29/5.89	6.39/9.24
		平均	0.18/0.38	0.59/0.02	0.33/0.69	1.00/0.24	0.57/1.11	1.39/0.71	1.23/2.25	2.65/1.69	4.03/4.14	5.37/8.05
	冬季典型 中潮	最大	0.38/0.91	1.30/0.16	0.83/1.46	1.84/0.72	1.34/2.13	2.85/1.59	4.70/4.12	5.11/7.91	5.06/6.18	6.07/9.19
		平均	0.15/0.42	0.68/0.00	0.33/0.77	1.12/0.11	0.65/1.23	1.59/0.54	1.31/2.38	2.71/1.80	4.62/4.59	5.22/8.12
	冬季典型 小潮	最大	0.45/0.93	1.07/0.62	0.83/1.49	1.64/1.30	1.17/2.26	2.57/2.06	3.63/4.98	4.81/7.40	5.55/6.16	5.75/9.00
		平均	0.17/0.43	0.70/0.71	0.38/0.76	1.10/0.41	0.68/1.28	1.54/0.90	1.27/2.75	2.64/2.06	4.46/5.21	5.12/7.76

表 6.1-6 各工况全潮最大等温升线包络面积

工况	装机容量 (MW)	气象条件	潮型	全潮最大等温升线包络面积 (km ²)				
				4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
A1	6×1000 (226m ³ /s (8.5℃) +122 m ³ /s(8.5℃))	夏季	夏季典型大潮	0.62	1.2	2.6	33.1	75.3
A2			夏季典型中潮	0.67	1.4	3.1	38.7	77.1
A3			夏季典型小潮	1.2	1.6	3.6	41.8	83.0
A4			夏季半月潮	0.87	1.5	3.4	40.5	77.8
A5		冬季	冬季典型大潮	1.1	1.6	2.9	59.4	101.7
A6			冬季典型中潮	1.2	1.9	3.2	63.5	105.4
A7			冬季典型小潮	1.3	2.1	5.2	67.6	114.4
A8			冬季半月潮	1.3	2.1	4.7	65.3	106.9

注：此表中“(226m³/s (8.5℃) +122 m³/s (8.5℃))”为“(1~4号机组流量(取排水温差)+5~6号机组(取排水温差))的格式”，下同。

表 6.1-7 各工况全潮平均等温升线包络面积

工况	装机容量 (MW)	气象条件	潮型	全潮平均等温升线包络面积 (km ²)				
				4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
A1	6×1000 (226m ³ /s (8.5℃) +122 m ³ /s (8.5℃))	夏季	夏季典型大潮	0.13	0.82	1.4	18.0	41.1
A2			夏季典型中潮	0.14	0.86	1.7	21.3	45.8
A3			夏季典型小潮	0.16	0.87	2.4	27.4	54.8
A4			夏季半月潮	0.16	1.0	1.5	20.3	49.7
A5		冬季	冬季典型大潮	0.21	1.2	2.2	23.5	63.0
A6			冬季典型中潮	0.25	1.2	2.5	26.2	67.5
A7			冬季典型小潮	0.31	1.3	2.8	34.9	79.5
A8			冬季半月潮	0.28	1.3	2.4	29.2	65.9

表 6.1-8 各工况取水温升统计表

工况	装机容量 (MW)	气象条件	潮型	取水温升 (℃)	
				全潮最大	全潮平均
A1	6×1000 (226m ³ /s (8.5℃) +122 m ³ /s (8.5℃))	夏季	夏季典型大潮	1.32	1.05
A2			夏季典型中潮	1.37	1.12
A3			夏季典型小潮	1.42	1.20
A4			夏季半月潮	1.38	1.09
A5		冬季	冬季典型大潮	1.33	1.10
A6			冬季典型中潮	1.47	1.24
A7			冬季典型小潮	1.52	1.28
A8			冬季半月潮	1.51	1.19

表 6.1-9 厂址月均表层水温统计表（℃）

月份	2006 1	2006 2	2006 3	2006 4	2006 5	2006 6	2006 7	2005 8	2005 9	2005 10	2005 11	2005 12	平均
前 薛	10.0	9.4	10.9	15.2	19.0	23.5	26.9	28.0	27.3	23.6	19.6	12.0	18.8
月 份								2009 8	2009 9	2009 10			
前 薛								29.3	28.5	23.8			

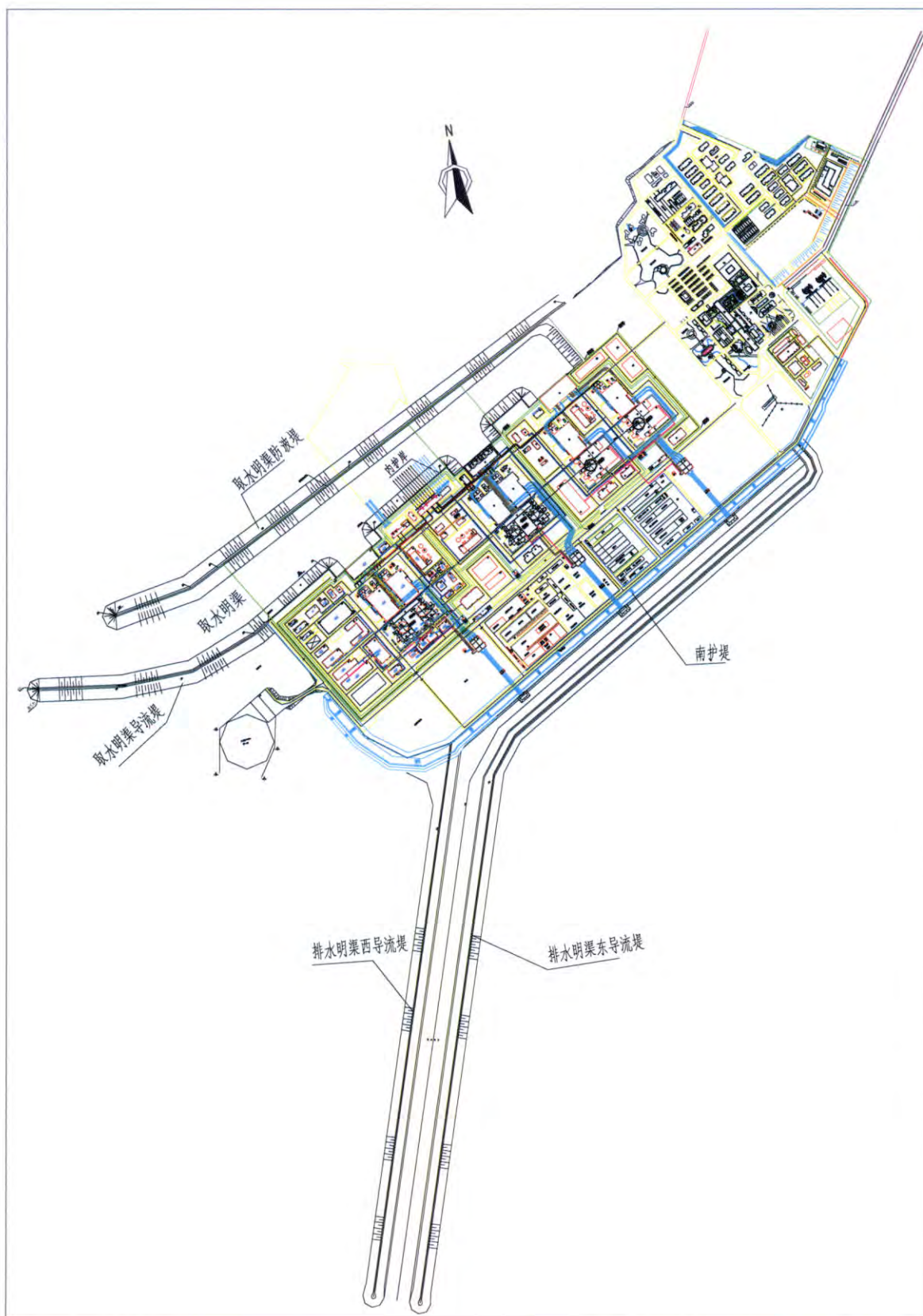


图 6.1-1 取排水工程平面布置图

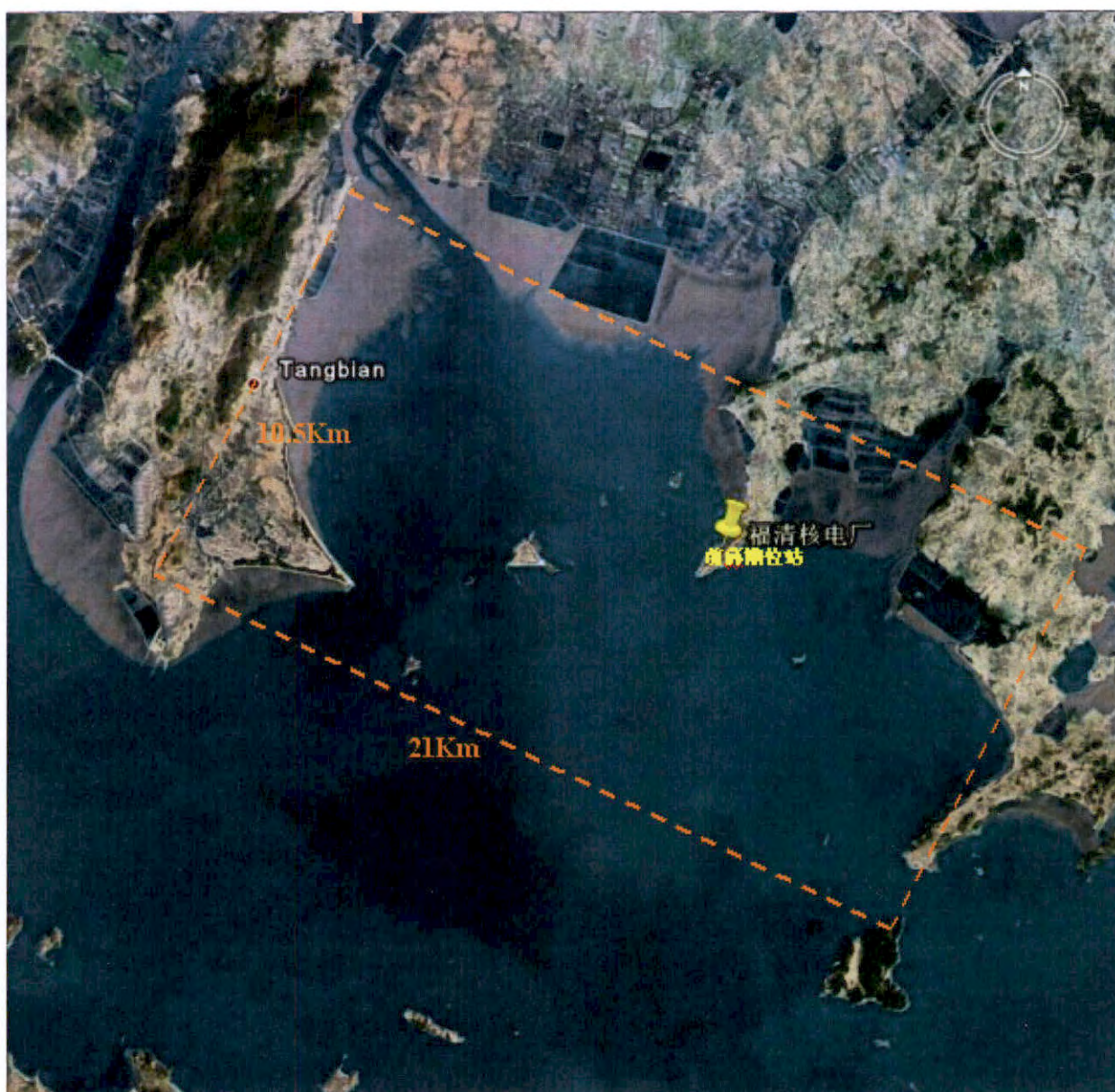


图 6.1-2 物模模拟范围

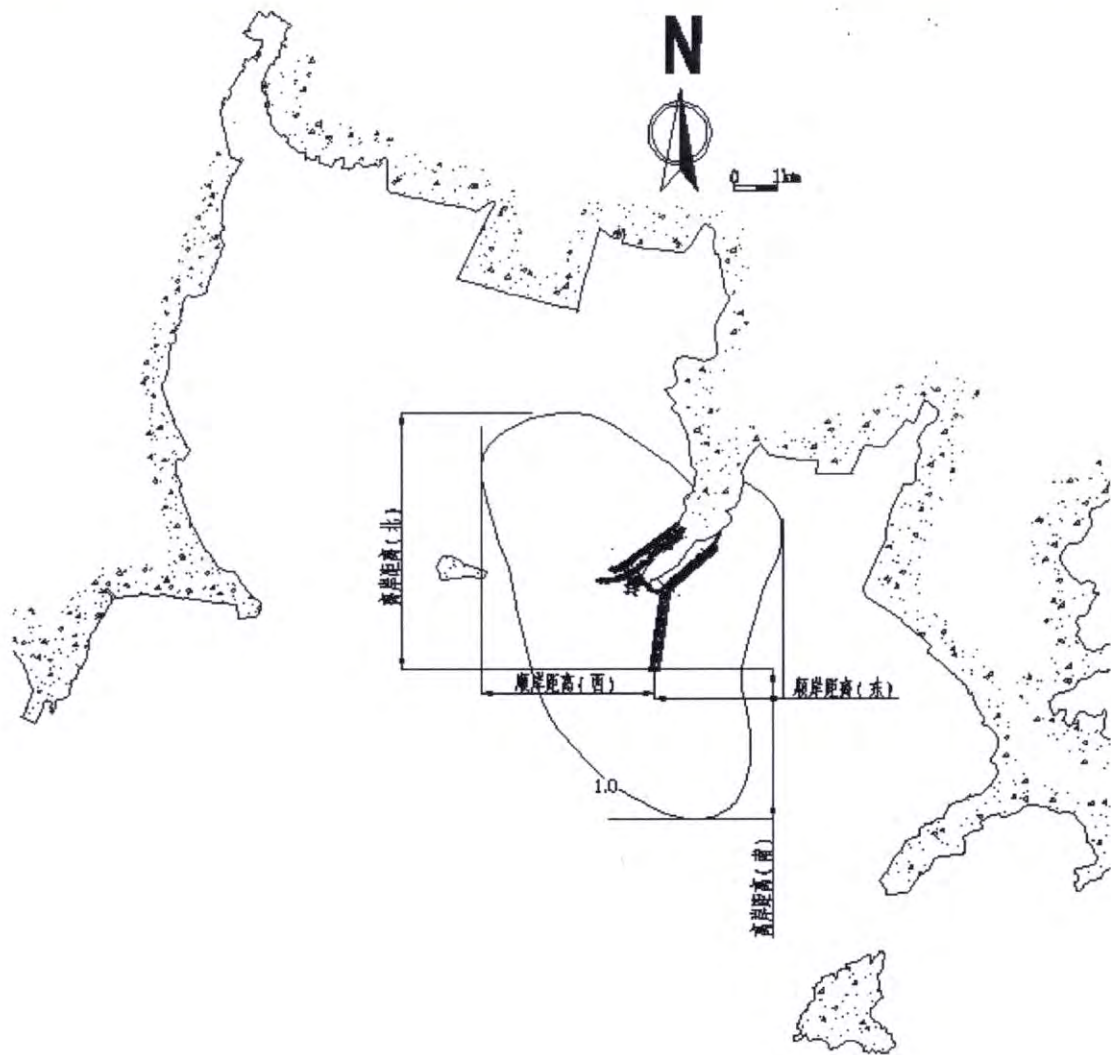


图 6.1-3 温升包络面积顺离岸距离量测示意图

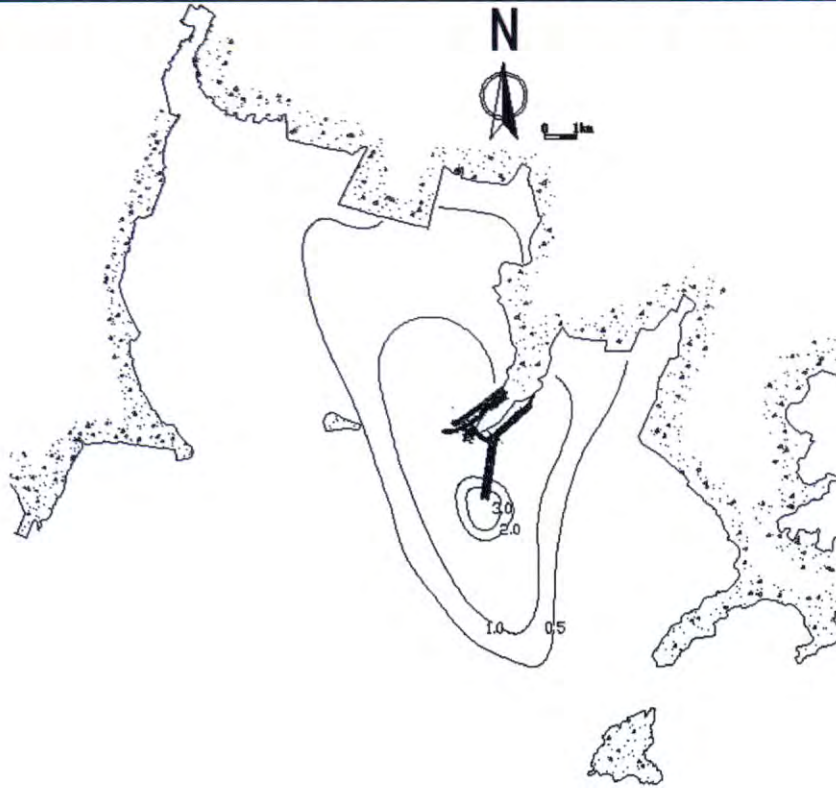


图 6.1-4a 夏季典型大潮全潮最大温升图—推荐方案

($6 \times 1000\text{MW}$, 取排水流量 $(4 \times 56.5 + 2 \times 61) \text{ m}^3/\text{s}$, 温差 8.5°C)



图 6.1-4b 夏季典型大潮全潮平均温升图—推荐方案

($6 \times 1000\text{MW}$, 取排水流量 $(4 \times 56.5 + 2 \times 61) \text{ m}^3/\text{s}$, 温差 8.5°C)

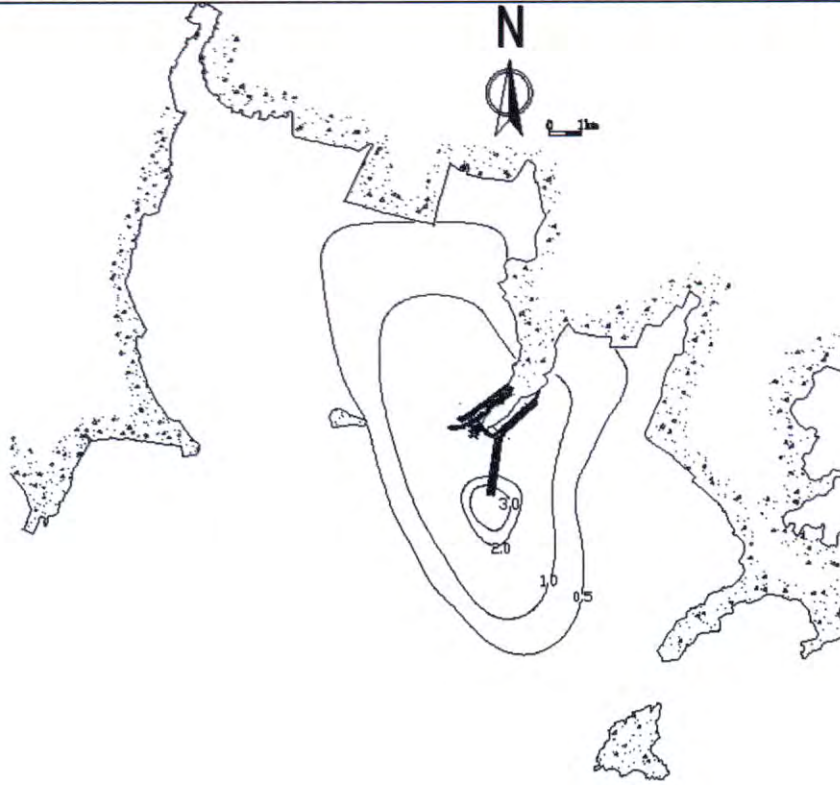


图 6.1-4c 夏季典型中潮全潮最大温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)



图 6.1-4d 夏季典型中潮全潮平均温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)

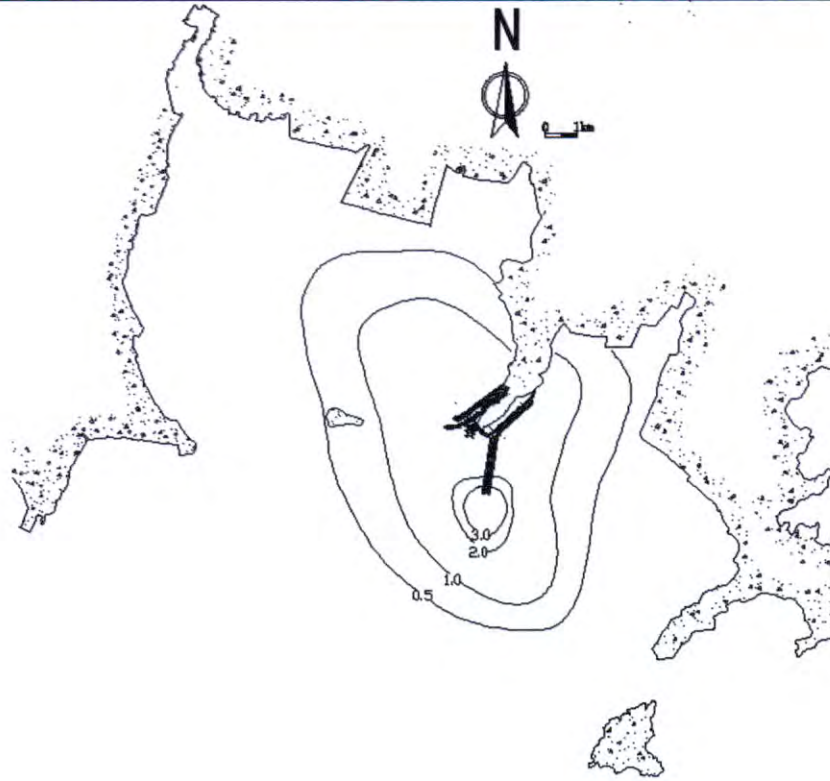


图 6.1-4e 夏季典型小潮全潮最大温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5°C)

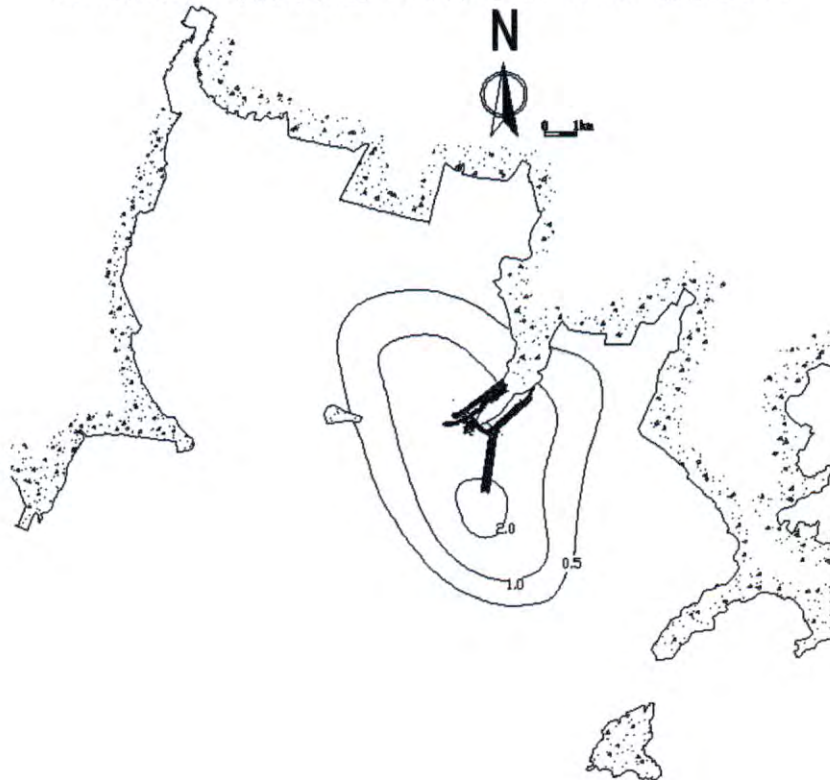


图 6.1-4f 夏季典型小潮全潮平均温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5°C)



图 6.1-4g 冬季典型大潮全潮最大温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)



图 6.1-4h 冬季典型大潮全潮平均温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)



图 6.1-4i 冬季典型中潮全潮最大温升图—推荐方案

($6 \times 1000\text{MW}$, 取排水流量 $(4 \times 56.5 + 2 \times 61) \text{ m}^3/\text{s}$, 温差 8.5°C)



图 6.1-4j 冬季典型中潮全潮平均温升图—推荐方案

($6 \times 1000\text{MW}$, 取排水流量 $(4 \times 56.5 + 2 \times 61) \text{ m}^3/\text{s}$, 温差 8.5°C)

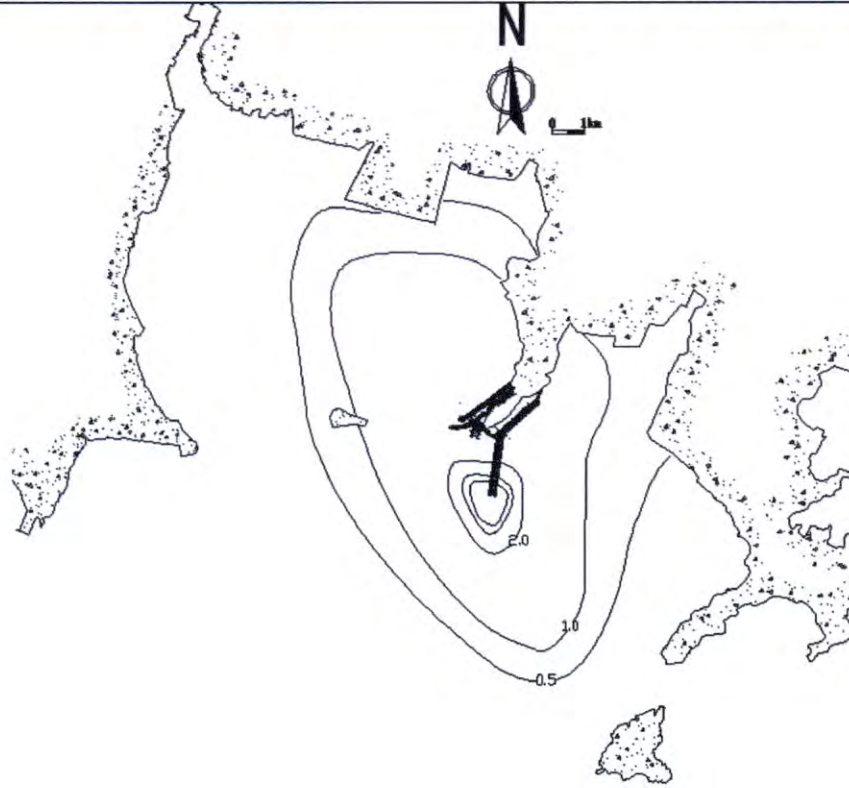


图 6.1-4k 冬季典型小潮全潮最大温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)

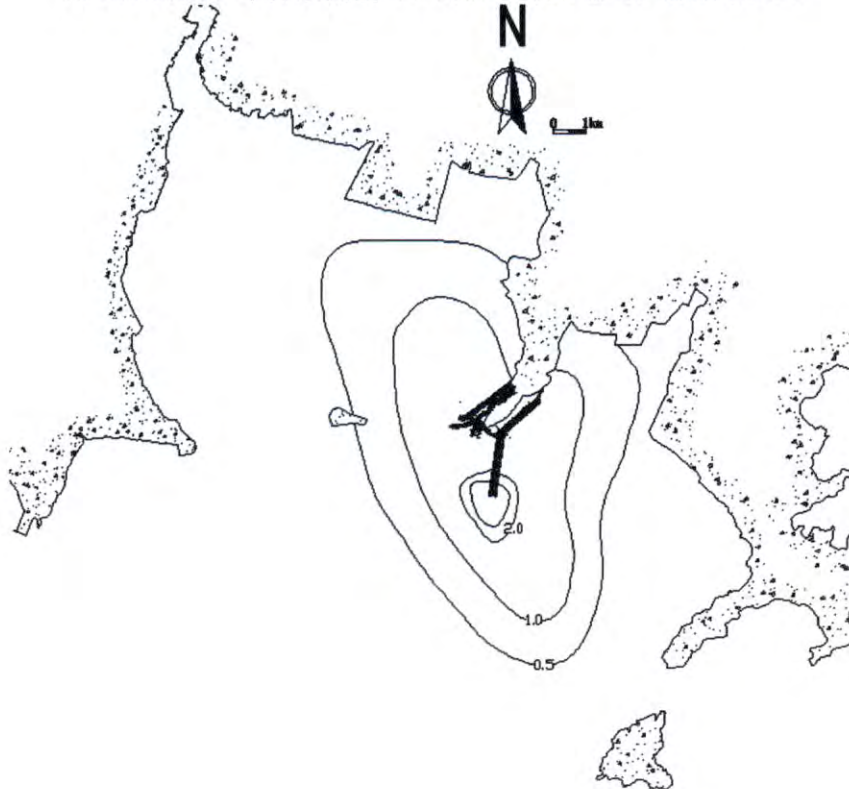


图 6.1-4l 冬季典型小潮全潮平均温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)

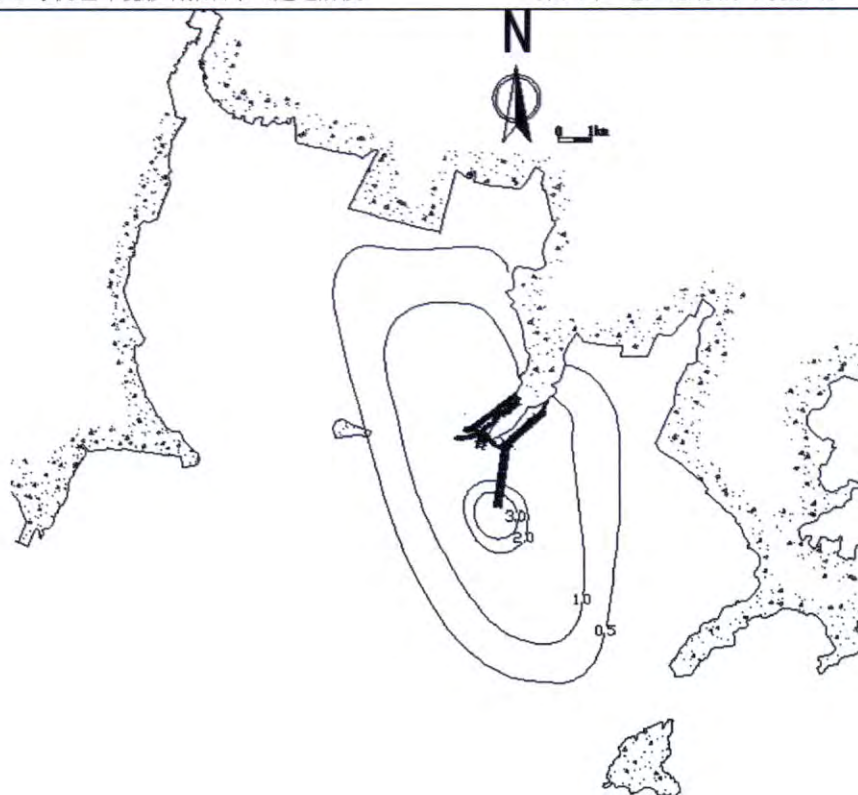


图 6.1-4m 夏季半月潮全潮最大温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)

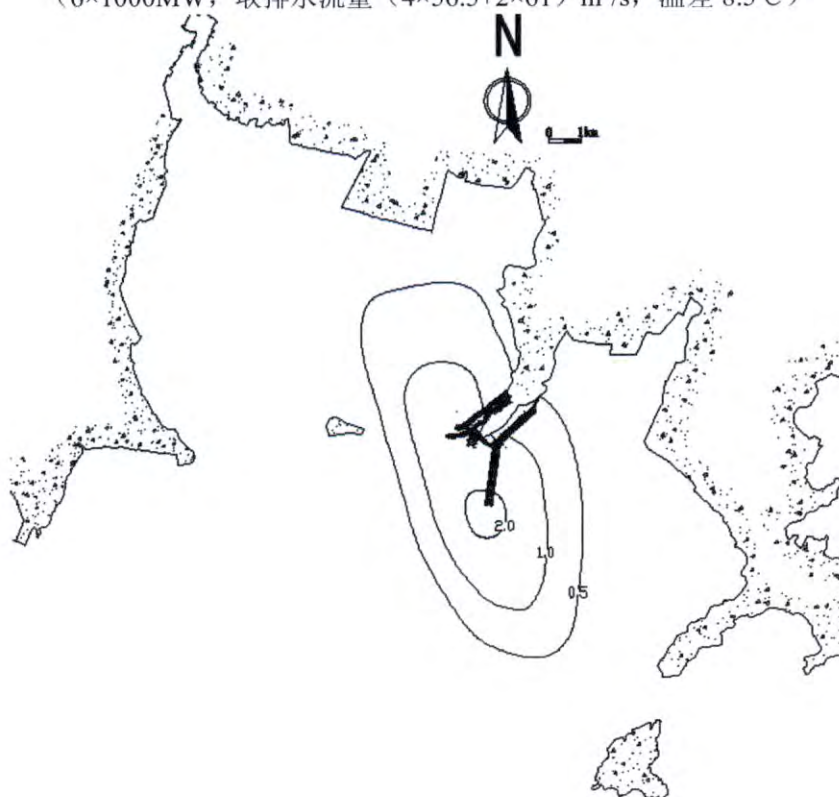


图 6.1-4n 夏季半月潮全潮平均温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)

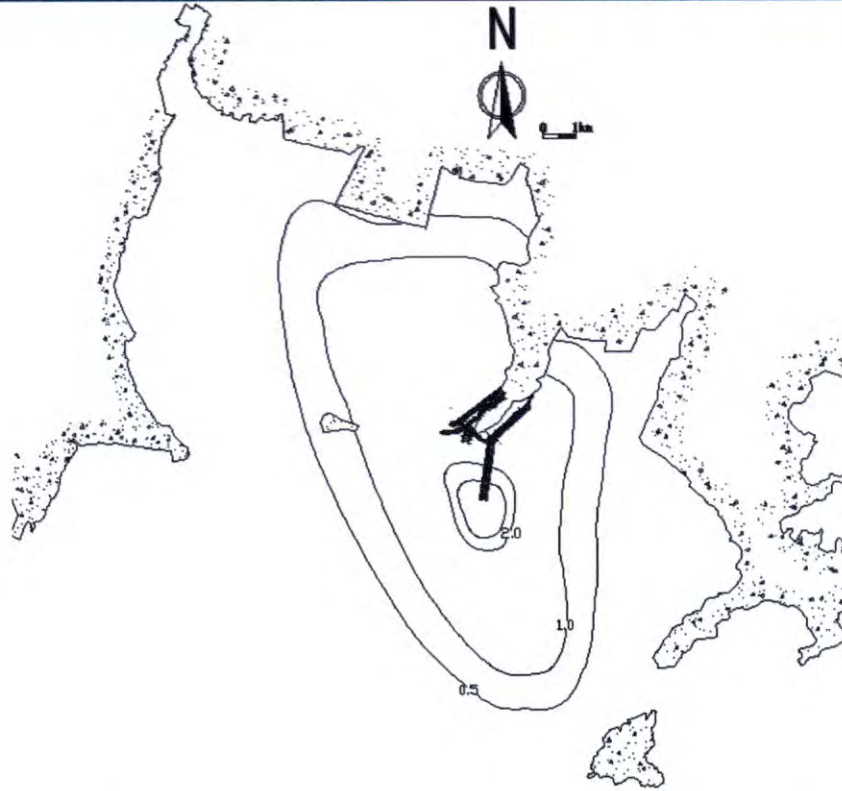


图 6.1-4o 冬季半月潮全潮最大温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)



图 6.1-4p 冬季半月潮全潮平均温升图—推荐方案

(6×1000MW, 取排水流量 (4×56.5+2×61) m³/s, 温差 8.5℃)

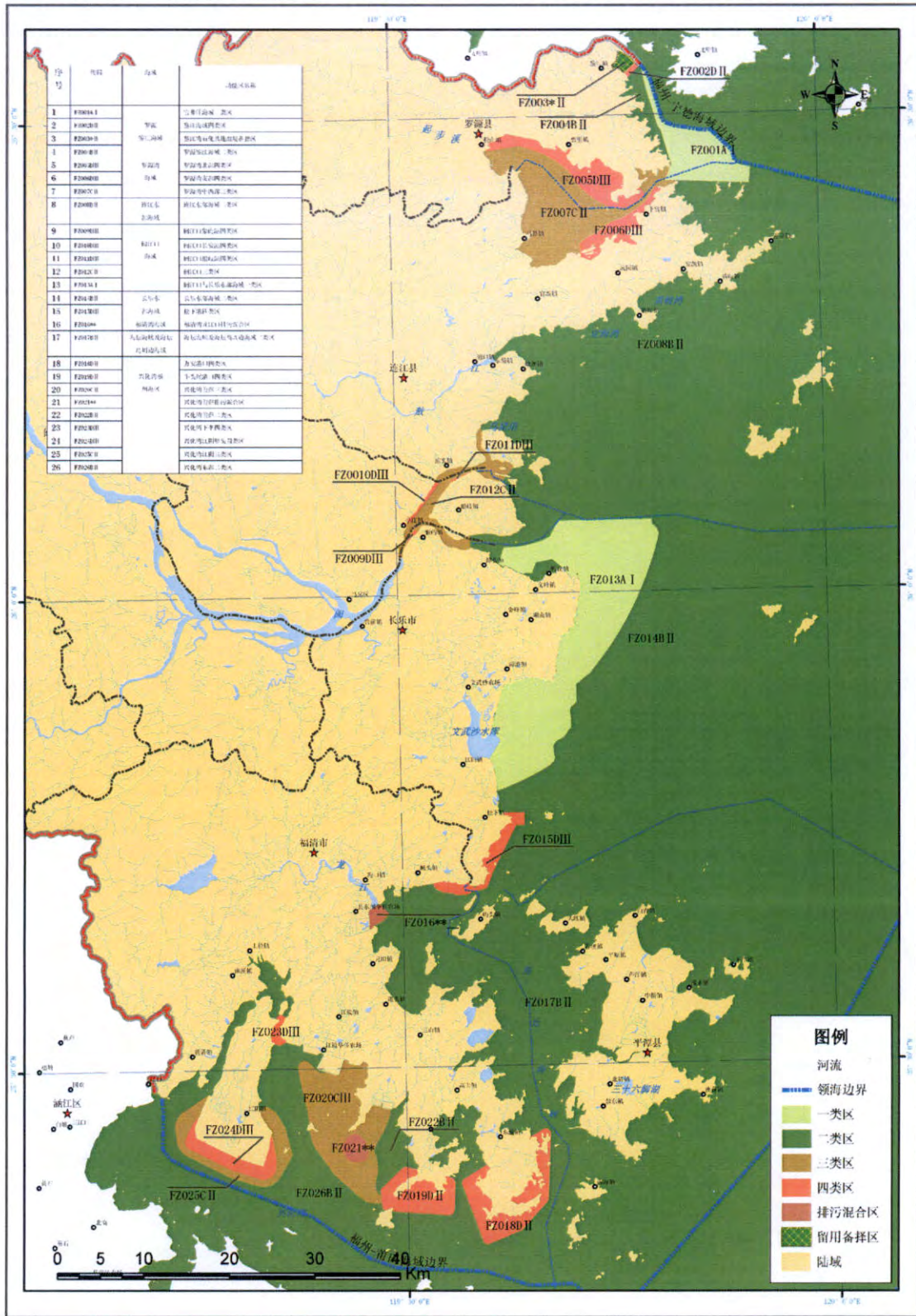


图 6.1-5 福州市近岸海域环境功能区划图

第七章 电厂事故的环境影响

目 录

7.1 电厂放射性事故.....	1
7.1.1 事故描述.....	1
7.1.1.1 失水事故.....	1
7.1.1.2 控制棒弹出事故.....	2
7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故.....	2
7.1.1.4 卡轴事故.....	2
7.1.1.5 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故.....	2
7.1.1.6 主蒸汽管道破裂事故.....	2
7.1.1.7 废气处理系统衰变箱破裂事故.....	3
7.1.1.8 化学容积控制系统容控箱破裂事故.....	3
7.1.1.9 燃料操作事故.....	3
7.1.1.10 最终热阱丧失事故.....	3
7.1.1.11 主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故.....	4
7.1.2 事故后果计算.....	6
7.1.2.1 事故大气弥散.....	6
7.1.2.2 事故剂量.....	6
7.1.3 事故后果评价.....	6
7.2 放射性物质运输事故.....	8
7.2.1 新燃料运输事故.....	8
7.2.2 乏燃料运输事故.....	8
7.2.3 放射性固体废物运输.....	8
7.3 其他事故.....	10
7.4 事故应急.....	11
7.4.1 目的.....	11
7.4.2 依据.....	11
7.4.3 适用范围.....	12
7.4.4 应急计划区.....	12
7.4.5 应急组织及其职责.....	13

7.4.5.1 概述.....	13
7.4.5.2 应急准备组织.....	13
7.4.5.3 应急响应组织及职责.....	14
7.4.5.4 各级应急组织及其组织间的接口.....	15
7.4.6 应急状态分级	18
7.4.6.1 应急状态的类别.....	18
7.4.6.2 应急待命.....	18
7.4.6.3 厂房应急.....	18
7.4.6.4 场区应急.....	19
7.4.6.5 场外应急.....	19
7.4.7 应急响应设施	20
7.4.8 应急响应行动	22
7.4.9 应急撤离路线	24
7.4.10 应急培训与演习	25

图 表

图 7.4-1 应急状态下厂内外联络渠道

图 7.4-2 厂址应急撤离集合点分布图

图 7.4-3 福清核电厂应急撤离路线示意图

7.1 电厂放射性事故

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 中事故工况下的辐射防护要求，需要对核电厂设计基准事故的潜在照射后果进行评价。福清核电厂 5、6 号机组采用“华龙一号”机型，本章根据“华龙一号”机组设计基准事故源项，采用福清核电厂厂址气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2011 的要求。

福建福清核电厂 5、6 号机组所考虑的主要设计基准事故如下：

- LOCA-失水事故
- CREA-弹棒事故
- SGTR-蒸汽发生器传热管破裂事故
- LRA-卡轴事故
- SLB-安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故
- MSLB-主蒸汽管道破裂事故
- ZGT-废气处理系统衰变箱破裂事故
- RCV-化学容积控制系统容控箱破裂事故
- FHA-燃料操作事故

另外评价了两个特殊工况：

- LOFH-最终热阱丧失事故
- MSLB+100SGTR-主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故

上述事故中包含了 9 个设计基准事故和 2 个特殊工况。其中，LOCA，CREA，LRA，MSLB，FHA 属于 GB 6249-2011 中规定的极限事故；SGTR，ZGT，RCV，SLB 属于 GB 6249-2011 中规定的稀有事故；LOFH 及 MSLB+100SGTR 属于特殊工况，按照极限事故进行评价。

7.1.1 事故描述

7.1.1.1 失水事故

一回路系统中等效直径大于 34.5cm 的破裂定义为大破口失水事故。大破口事故发生后，反应堆冷却剂快速喷放，经破口释放的质量和能量使安全壳压力升高。

大破口情况下，当一回路压力低于安注箱排放压力整定值时，安注箱开始向 RCS 环路注水，出现安全壳高压后延迟 20 秒安全壳喷淋启动，降低安全壳的压力和温度，从而保证安全壳的完整性，最大限度地降低裂变产物的释放。

大破口失水事故属于极限事故。

7.1.1.2 控制棒弹出事故

控制棒弹出事故是由于控制棒密封壳套的机械破裂导致控制棒和驱动杆弹出堆芯引起的，其后果是反应性迅速增加造成不利的功率分布以及冷却剂温度、压力增加，从而导致局部燃料元件损坏，使燃料元件中裂变产物进入反应堆冷却剂。

控制棒弹出事故属于极限事故。

7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故

蒸汽发生器传热管断裂事故(SGTR)考虑一根传热管完全双端剪切断裂。假定事故出现在功率运行时，反应堆冷却剂被裂变产物污染的程度相当于具有有限数量破损燃料棒连续运行的情况。由于该事故使放射性冷却剂从 RCS 向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。

蒸汽发生器传热管破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.4 卡轴事故

该假想事故假设反应堆冷却剂泵转子瞬间卡住，受影响反应堆冷却剂环路的流量快速降低，导致反应堆在流量低信号下触发紧急停堆。如果事故发生时反应堆正在功率运行状态，堆芯流量降低会导致冷却剂温度快速升高。这种温度升高可能使燃料棒发生 DNB，此时如果反应堆没有紧急停堆，就可能导致燃料损伤。

卡轴事故属于极限事故。

7.1.1.5 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故

这类事故是同反应堆冷却剂系统相连接并贯穿安全壳的小管道（例如取样管）破裂引起的。这类小截面管道破裂引起的冷却剂排放流量可以由一台上充泵来补充，稳压器内维持运行水位，允许操作员实施正常停堆。排放物所含放射性核素浓度与一次冷却剂的相同。安全壳外含有一次冷却剂的小管道破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.6 主蒸汽管道破裂事故

蒸汽系统管道损坏最保守的假设是导致最快降温冷却的双端剪切断裂。

蒸汽系统管道破裂引起的蒸汽排放，最初将使蒸汽流量增加，而后在事故期间由于蒸汽压力下降，蒸汽流量减小。从一回路导出能量导致冷却剂的温度和压力下降。在存在负的慢化剂温度系数的情况下，降温导致正反应性引入。

主蒸汽管道破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.7 废气处理系统衰变箱破裂事故

废气处理系统（ZGT）的功用在于滞留衰变反应堆冷却剂中的裂变气体，以及处理和
控制放射性气体向环境释放。该系统由废气缓冲罐、过滤器、废气压缩机和废气衰变箱
等部件组成。

废气处理系统或设备破损事故中可能导致较为严重的放射性释放是废气衰变箱或与
之相联的管道发生破损的事故。

事故发生时，废气衰变箱破裂导致容器内全部放射性气体排放出来，并且在操作员
隔离该废气衰变箱上充管之前，仍有放射性物质不断地从进气管线进入衰变箱再通过破
口处连续释放出来。

废气处理系统衰变箱破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.8 化学容积控制系统容控箱破裂事故

某些贮液罐含有放射性液体和气体，当这些容器破损时，不可避免地造成容器内放
射性物质向外释放。

此类事故指化容系统（RCV）的容控箱破裂。

当容积控制箱破裂时，容控箱内的放射性液体和气体不可控制地释放到它所在的房
间内，并且在操作员隔断 RCV 下泄管之前，放射性液体以一确定流量连续释放。

为了减轻容器溢流、泄漏或破损造成的影响，在厂房设计上采取了一系列设施，可
以防止放射性液体扩散，因此，在事故分析中，只考虑气态放射性释放对环境的影响。

化学容积控制系统容控箱破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.9 燃料操作事故

燃料操作事故是指一组乏燃料组件跌落在乏燃料水池内导致经过辐照的这组乏燃料
组件燃料棒包壳破损，致使放射性裂变产物释放到燃料厂房，并通过厂房通风系统释放
到环境。假定事故发生在停堆后 100h，这是停堆后将乏燃料送至贮存池的最短时间。事
故导致组件内所有的燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性物质全部立即释放到乏燃料
水池中。裂变产物中惰性气体不滞留水中，乏燃料水池对分子碘和贯穿碘(贯穿碘指有机
碘和粒子碘的总称)两种化学形态的滞留因子不同。

燃料操作事故属于极限事故。

7.1.1.10 最终热阱丧失事故

最终热阱丧失的原因可能是：

- 一 重要厂用水系统（WES）泵站阻塞或重要厂用水泵丧失，

— 设备冷却水（WCC/WES）热交换器结垢或设备冷却水泵丧失。

事故后果和需要操纵员采取的行动取决于机组初始工况。初始工况可以分为以下两种：

— 余热排出系统（RHR）未投入（功率运行、热停堆、中间停堆）：适用 H1.1 规程；

— 余热排出系统（RHR）投入（RHR 投入的中间停堆、冷停堆、换料和维修停堆）：适用 H1.2 规程。

H1.1 规程定义最终热阱完全丧失这种特殊运行工况下适用的运行模式，机组初始状态覆盖从功率运行到中间停堆（RHR 未投入）。退防模式是温度小于 170℃、压力低于 4.5MPa 的次临界中间停堆状态。在这样的温度、压力下，即使冷却完全丧失，反应堆冷却剂泵轴封泄漏流量几乎为零。这种状态只要求向反应堆冷却剂回路提供非常少的补水，这是由机组的试验泵来保证的。余热由蒸汽发生器导出。RHR 不能投入，辅助给水贮存箱可以由可用的厂内水源重新补充水。

最终热阱丧失可在很长的时间内缓解。

H1.2 规程适用于反应堆压力容器未开启或开启两种情况。

a) 反应堆冷却剂系统未开启（冷停堆，中间停堆），蒸汽发生器都可用，通过可用的蒸汽发生器的自然循环排出余热，反应堆冷却剂温度稳定。

b) 反应堆冷却剂系统开启（换料停堆或维修停堆）和（或）SG 都不能用。在换料期间，反应堆堆腔充满水或准备灌水（压力容器上封头已移开，堆腔底部已封死）；需要的话，利用一台低压安注泵对反应堆堆腔灌水；该低压安注泵从 RFT 水箱吸水。确认输运管道处于关闭状态，以避免水在反应堆堆腔和乏燃料水池间反向流动。几小时后反应堆堆腔内的水可能沸腾；随着堆芯余热的下降，蒸发流量逐渐下降。当反应堆堆腔水位下降至一定程度，通过一台 RFT 泵以及 RHR-RFT 连接，从乏燃料水池向反应堆堆腔补水。维修冷停堆期间如果 RHR 系统丧失，规程规定转换至 RFT 系统应急运行。如果两个系统同时发生故障（超设计基准工况），则可以应用相应的规程处理。

最终热阱丧失事故属于特殊工况，按极限事故进行评价。

7.1.1.11 主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故

主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故可能由下列情况引起：

— 安全壳外不可隔离的主蒸汽管道双端剪切断裂（即安全壳外、主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管道断裂或安全壳外主蒸汽管道断裂同时主蒸汽隔离阀关闭失效）；

— 同时，主蒸汽管道断裂引起同一台蒸汽发生器的 100 根传热管同时断裂。

所分析的工况为反应堆初始 100%功率情况。

主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故属于特殊工况，按极限事故进行评价。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散

福建福清核电厂 5、6 号机组应用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子，根据 USNRC 的管理导则 RG1.145 推荐的模式和方法，采用计算机程序 PAVAN 进行计算。

计算短期大气弥散因子所用到的大气扩散参数采用中国辐射防护研究院大气扩散试验推荐的一套适用于福清厂址的扩散参数，联合频率由《福建福清核电厂气象观测成果报告》（2011.01~2011.12）中的逐时气象资料统计得到。根据 GB6249-2011 对核电厂非居住区半径不得小于 0.5km 和规划限制区半径不得小于 5km 的规定，计算厂区非居住区边界（取 0.5km）和规划限制区外边界（取 5km）处的大气弥散因子，使用 PAVAN 程序的输出得到 16 个方位 0-2h、0-8h、8-24h、24-96h、96-720h 五个时段的大气弥散因子。根据 RG1.145 的规定，该结果具有各方位 99.5% 和全厂址 95% 概率水平的包络性，计算时作为保守模型的取值，在事故评价时取各方位最大值。

为了得到现实模型的结果，在 PAVAN 程序的输出文件中，选取 16 个方位约 95% 概率水平的弥散因子作为 0-2 小时弥散因子，用小时大气弥散因子和年均大气弥散因子进行双对数内插可以得到各个时间段的事事故大气弥散因子，在事故后果评价时取各方位最大值。

7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

考虑上述三种照射途径，分别计算非居住区边界处公众在各设计基准事故后 2h 内，以及规划限制区边界处公众在各设计基准事故持续期间受到的有效剂量有及甲状腺当量剂量。

剂量计算采用的烟羽外照射剂量转换因子和吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871；美国联邦导则第 12 号报告以及 ICRP71 号报告。

7.1.3 事故后果评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界

上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。

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

通过对福建福清核电厂 5、6 号机组所考虑的设计基准事故及特殊工况的剂量结果进行计算，可以得到：在极限事故中，放射性后果最严重的是弹棒事故。在一系列的保守假设下，该事故导致在非居住区边界上公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $1.06E-02Sv$ ，甲状腺当量剂量为 $1.35E-01Sv$ ；导致规划限制区边界处公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $1.25E-03Sv$ ，甲状腺当量剂量为 $1.71E-02Sv$ 。在稀有事故中，放射性后果最严重的是蒸汽发生器传热管破裂事故，该事故导致非居住区边界公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $1.73E-03Sv$ ，甲状腺当量剂量为 $3.04E-02Sv$ ；导致规划限制区外边界上公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $1.09E-04Sv$ ，甲状腺当量剂量为 $1.92E-03Sv$ 。可见，极限事故和稀有事故的放射性后果均低于 GB 6249-2011 中规定的剂量控制值。

经过计算，所有事故的剂量后果均小于 GB6249-2011 中相关的剂量控制值。因此，福建福清核电厂 5、6 号机组设计基准事故和特殊工况的环境影响满足 GB6249-2011 的要求。

7.2 放射性物质运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

福建福清核电厂 5、6 号机组的新燃料组件运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》的要求。

新燃料组件及其运输容器的抗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，在水池尚未贮满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 11806-2004《放射性物质安全运输规程》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

福建福清核电厂 5、6 号机组运行过程中产生的中、低放固体废物，处理后形成 400L 钢桶废物包，在厂内固体废物暂存库贮存一定年限后，再运往中、低放废物处置场。在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》中的有关要求，防止事故发生，确保运输人员和沿途居民的安全和健康。

放射性固体废物的运输拟采用公路运输，而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。

废物桶的设计和制造满足 EJ1042-1996《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求，采用加厚桶，密封采用法兰连接，螺栓紧固；钢桶经过堆码试验、贯穿试验和自

由下落试验检验，试验证明钢桶跌落不会产生严重破损和开裂，能够防止桶内固体的散失。废物体的性能满足 GB 14569.1-2011《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》，其抗冲击性能可保证从 9 米高处竖直自由下落后固化体没有明显破碎。废物桶和废物体构成的废物包符合 GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》和 GB 12711-1991《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》的要求。即使在运输过程中废物桶从运输车辆上掉下来，最大限度只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小，即便散落少量废物，也是易于收集的块状水泥固化物，故不会对环境造成污染。

7.3 其他事故

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了充分的注意，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。

福建福清核电厂 5、6 号机组的防火设计严格执行有关的设计规范，贯彻以防为主，消防结合的方针。通过预防火灾、限制火灾蔓延、火灾探测以及通过自动的或由电站运行人员操作的灭火措施来实现防火的目的。使用非易燃的建筑材料和设备，对易产生火灾的物品选择安全贮存的位置进行贮存。

液体状态的酸碱溶液，用槽车运入电厂内，盛装在专用贮槽或贮罐内。对运输和装卸采取保护措施，确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保守的设计，保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏液也能被收集，不会释放到环境中。因此酸碱溶液在运输、装卸和贮存期间，预期不会导致环境风险。

厂区内不会有危险数量的汽油贮存。应急柴油机房贮存有一定量的柴油，对此设计了安全防火系统，确保不会发生危及环境安全的火灾。

危险品仓库内仅贮有少量化学试剂，不贮存危险数量的酸碱溶液，不存在危及环境安全的化学物品泄漏事故的可能性。

7.4 事故应急

7.4.1 目的

本节描述了福建福清核电厂 5、6 号机组工程的环境概况，应急设施和设备功能，应急计划区的测算，以及应急撤离的考虑。以便在 1、2 号机组发生事故影响到 5、6 号机组在建区域时，有效执行福清核电厂场内应急计划，及时实施全场应急响应行动，保护人员和环境安全、最大限度地减少事故后果及其危害。

7.4.2 依据

- 《中华人民共和国安全生产法》，（2002 年 6 月 29 日中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过，2002 年 11 月 1 日起施行）
- 《中华人民共和国放射性污染防治法》，（2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过，2003 年 10 月 1 日起施行）
- 《国家核应急预案》，（中华人民共和国国务院，2005 年 5 月 24 日）
- 《中华人民共和国突发事件应对法》，（2007 年 8 月 30 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过，2007 年 11 月 1 日起施行）
- 《核电厂核事故应急管理条例》，（中华人民共和国国务院，1993 年 8 月 4 日，核安全法规 HAF002）
- 《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》，（核安全法规 HAF002/01 国家核安全局 1998 年 5 月 12 日发布）
- 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细则之二附件一——核电厂营运单位报告制度》，（HAF001/02/01）
- 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》，（核安全导则 HAD002/01 国家核安全局 2010 年 8 月 20 日发布）
- 《地方政府对核动力厂的应急准备》，（核安全导则 HAD002/02 国家核安全局、原国家环境保护局、卫生部 1990 年 5 月 24 日批准发布）
- 《核事故医学应急准备和响应》，（核安全导则 HAD002/05，国家核安全局、原卫生部 1992 年 6 月 24 日批准发布）
- 《核或辐射应急的干预原则与干预水平》，（国防科工委、国家环保总局、卫生部联合发布：科工委二司【2002】22 号）
- 《核事故医学应急管理规定》，（1994 年卫生部令第 38 号发布）
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，（国家标准 GB18871-2002）

- 《核动力厂环境辐射防护规定》，（国家标准 GB6249-2011）
- 《核电厂应急计划与准备准则——应急计划区的划分》，（国家标准 GB/T17680.1-2008）

7.4.3 适用范围

本计划适用于福建福清核电厂 5、6 号机组工程建设阶段的应急准备及响应有关的所有活动。5、6 号机组在建期间，当 1、2 号机组发生事故影响到 5、6 号机组在建区域时，在 5、6 号机组现场区域内的所有人员应按照福清核电厂应急计划的要求，及时地实施应急响应行动。

7.4.4 应急计划区

对于核电厂应急计划区范围测算应考虑的事故需要满足 GB 17680.1-2008 的相关要求：

（1）既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，以使在所确定的应急计划区内所做的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。

（2）对于发生概率极小的事故，在确定核电厂应急计划时可以不予考虑，以免使所确定的应急计划区的范围过大而带来不合理的经济负担。

（3）在确定应急计划区范围时，根据核电厂的设计，所考虑的最严重的事故的放射性后果不超过发生确定性健康效应剂量阈值；并考虑选用能代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故，计算其后果并与通用干预水平的数值相比较。

福建福清核电厂规划容量为 6×1000MW 级压水堆核电机组，将统筹考虑厂址的应急计划区。目前已经完成的 1-4 号机组应急计划区测算报告中，将 S2 源项作为最严重的事故序列来考虑，S3 源项作为代表各种设计基准事故和大多数严重事故序列的事故。

福清核电厂 5、6 号机组申请采用“华龙一号”核电机组。“华龙一号”核电技术充分吸收借鉴国家引进的三代核电技术，充分汲取福岛事故经验反馈，采用比较完善的严重事故预防和缓解措施：

- ① 考虑能动与非能动相结合的堆腔注水冷却方案，防止堆芯熔融物熔穿压力容器并同安全壳底板混凝土反应而破坏其完整性；
- ② 设置非能动的氢气复合系统，防止严重事故时安全壳内的氢气浓度超过 10%；防止发生氢气爆炸，以及由此造成的安全壳早期失效；
- ③ 设置一回路快速卸压系统，防止发生高压堆熔；
- ④ 设置反应堆压力容器高位排气系统，排除事故后积聚在压力容器上封头处的不可凝气体；

- ⑤ 设置二次侧非能动余热排出系统，为发生全厂断电事故时堆芯及一回路的热量导出提供手段；
- ⑥ 设置非能动安全壳热量导出系统，用于在超设计基准事故工况下安全壳的长期排热。

“华龙一号”机组能够建立并保持对放射性危害的有效防御，保护人员、社会和环境免受危害。堆芯损坏频率（目标值） $< 1 \times 10^{-6}$ ，大量放射性物质释放至环境的频率 $< 1 \times 10^{-7}$ ，满足“十二五”期间新建核电厂安全要求”的核安全目标。

福清核电厂 5、6 号机组的应急计划区半径按照 GB 17680.1-2008 和参考电站的实践，烟羽应急计划区内区按半径 5km 考虑、外区按半径 10km 考虑，食入应急计划区按半径 50km 考虑。

7.4.5 应急组织及其职责

7.4.5.1 概述

福建福清核电有限公司做为福建福清核电厂的营运管理公司，按照国家“常备不懈，积极兼容，统一指挥，大力协同，保护公众，保护环境”的应急管理工作方针进行应急准备，在事故情况下实施应急响应，负有下列主要责任：

- 贯彻执行国家关于核事故应急工作的方针、政策和法规；
- 制定福建福清核电厂场内应急计划，建立应急组织，做好福建福清核电厂工地的场内应急准备；
- 确定核事故应急状态等级，统一指挥福建福清核电厂工地的应急响应行动，并向福建省核电厂核事故应急委员会（简称福建省核应急委）提出进入场外应急状态和采取公众防护行动的建议；
- 按规定及时向国防科工委（国家核事故应急办公室）、国家环境保护总局（国家核安全局）、福建省核应急委等有关部门报告事故情况，提供必要的资料；
- 配合和协助地方应急组织的应急准备和应急响应。

7.4.5.2 应急准备组织

福建福清核电有限公司总经理对福建福清核电厂应急准备与响应负全部责任。各分管副总经理、总经理助理、各处负责人、电厂员工以及福清核电工地各承包商按其职责范围分别承担各自相应的应急准备和响应职责。

(1) 总经理

- 贯彻执行国家有关核事故应急的方针、政策和法规、标准；

- 批准实施应急计划并保证实施应急准备与响应所需的资源；
- 在场区及以上应急状态下担任工地应急总指挥。

(2) 副总经理

副总经理在其职责范围内协助总经理履行核安全责任，在应急计划与准备方面根据分工承担具体的领导责任，在场区及以上应急状态下根据总经理的授权担任工地应急总指挥。

(3) 各处负责人（处长、副处长）

各处负责人为本处应急计划与准备的负责人，职责如下：

- 根据应急计划和有关程序领导本部门（处）的应急准备，包括人员培训及本部门（处）管理范围内的应急设施、设备、器材和文件的准备，使之处于随时可用的状态；
- 在应急状态下，担任应急指挥部或应急响应组的负责人，组织指挥和协调应急响应行动，或根据应急计划和有关程序的要求及应急指挥部的决定，领导本部门（处）员工正确采取应急防护行动。

(4) 电厂员工

电厂员工根据应急计划和有关程序的要求，接受相应的应急培训，参加演练和演习，提高应急响应能力，在应急状态下，正确采取应急响应行动。

(5) 承包商

核电工地所有为福建福清核电厂 5、6 号机组建设提供支持服务的承包商应根据有关程序的要求进行应急准备，并在应急状态下正确采取防护行动。

(6) 应急计划与准备的统一管理部门

保健物理处为福建福清核电厂在建期间应急准备的归口管理部门，对应急计划与准备的实施进行统一管理，具体职责包括：

- 组织制定场内应急计划，全面管理和协调核电工地的应急准备；
- 组织应急响应人员的培训、演练和场内综合演习以及非应急响应人员的基础培训和教育；
- 支持和检查核电工地各承包商单位应急培训与教育；
- 通过检查、试验和改进保证应急设施、设备、器材和文件处于随时可用状态；
- 协助和配合场外应急组织的应急计划与准备。

7.4.5.3 应急响应组织及职责

为适应应急状态需要，福建福清核电厂 5、6 号机组建设工程建立应急组织体系，确定厂内外应急联系渠道。

应急指挥部是福清核电厂应急响应时的指挥核心，全面负责应急决策和指挥应急响应行动，以及与国家、地方及行业主管部门和其它应急组织进行联系和协调。

应急指挥部由应急总指挥、运行指挥、技术支持指挥、后勤保障指挥、在建工程指挥和总协调员组成。应急总指挥由电厂总经理担任，负责统一指挥核电厂应急期间的应急响应行动，并保持与国家核安全局、国家能源局、环境保护部华东核与辐射安全监督站、福建省核应急委和中核集团上级部门的联系。运行指挥由主管运行的副总经理担任，主要职责为领导指挥运行控制组和应急抢修组，并直接领导与运行安全和紧急抢修有关的应急响应行动。技术支持指挥由主管技术的副总经理担任，主要职责为领导指挥技术支持组和辐射防护组，指挥进行机组状态诊断、事故后果评价、辐射防护行动、场内外环境监测、医疗救护等行动。后勤保障指挥由主管行政的副总经理担任，主要职责为领导指挥消防保卫组和后勤保障组，指挥进行应急状态下的后勤、保卫、消防、交通，非应急响应人员的撤离、厂房外人员搜救等行动。在建工程指挥由主管工程的副总经理担任，主要职责为领导指挥建安组和调试组，组织协调与项目总承包商和调试队的应急响应行动。总协调员由保健物理处处长担任，负责协调核电厂场内、场外各应急响应组织之间的联系，在必要时听取各应急响应小组的汇报，报告应急指挥部，协调各应急响应小组的响应行动，并经应急总指挥授权组织实施核电厂事故进展情况和应急状态等级的及时对外通报。

7.4.5.4 各级应急组织及其组织间的接口

- 各级应急组织及其相互关系

根据国家核事故应急管理条例，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。核事故应急期间，核电厂应急指挥部将及时与国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、国家环境保护部（国家核安全局）、上海监督站、福建省核电厂事故应急委员会以及国防科工局、中国核工业集团公司等单位 and 部门建立报告联系，通报应急状态，并密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求场外支援。

- 与场外应急组织间的接口

- (1) 国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）

福清核电厂进入应急待命或以上状态时，核电厂应急指挥部将及时向其报告本核电厂的事故情况，并按规定提供后续报告，必要时核电厂应急组织将向其请求援助。

（2）国家能源局

在核事故应急状态下，核电厂应急指挥部将向其报告事故情况和应急信息。

（3）国家核安全局

国家核安全局是根据国家核安全监督法规、导则对全国民用核设施的安全实施监督管理的部门。在核事故应急情况下，福清核电厂应急指挥部根据核安全相关法规和要求向其报告事故情况和应急信息，并接受其监督管理。

FQNPC 已向国家核安全局上报民用核设施应急管理人员联系表。

（4）环境保护部华东核与辐射安全监督站

在核事故应急情况下，福清核电厂应急指挥部根据核安全相关法规和要求向其报告事故情况和应急信息，并接受其现场监督管理。

（5）福建省核电厂事故应急委员会

福建省核电厂事故应急委员会统一领导和协调福建省的场外核应急计划与准备。在核事故应急状态下，福清核电厂应急指挥部将向其通报事故情况和应急信息。在事故严重恶化，放射性物质可能或已经严重影响核电厂以外区域时，向其提出进入场外应急状态并采取场外应急防护措施的建议，必要时通过其请求地方和军队提供交通运输、治安保卫、医疗急救、洗消去污和通信保障等方面的支援。

福建省核电厂事故应急委员会已实行成员单位联络员制度。FQNPC 已指定联络员与业务联络部门，并认真执行《省核应急委成员单位联络员职责》。

（6）中国核工业集团公司（中国核能电力股份有限公司）

在核事故应急状态下，核电厂应急指挥部将向其报告事故情况和应急信息，并接受其提供的专家支持和公众信息发布的支持。

中核集团应急指挥部设立有专家咨询组，聘请反应堆工程、辐射防护、放射医学、环境保护等方面的专家兼职组成，负责应急咨询工作。

中核集团应急指挥部设立有三个核事故应急技术后援中心，作为非常设专业单位，由有关专业研究院、所、医院兼容组成。各应急技术后援中心成立应急救援队，平时做好准备与训练，应急响应时赴现场执行任务。

（7）其他部门

福清核电厂与厂址所在地的三山镇派出所、福清市公安局均有联络接口，为我厂提供公安支持。

福清核电专职消防队为福清核电厂的主要消防力量，福清市公安消防大队、福州市公

安消防支队作为外援消防单位为核电厂提供消防支持。

通过委托合同，核工业总医院为福清核电厂提供核事故应急医学救护支持，具体见安全分析报告第十三章。

福清市核应急委员会负责联络民防和救灾管理等部门，为福清核电厂提供必要的支持。

应急状态下厂内外联络渠道见图 7.4-1。

7.4.6 应急状态分级

7.4.6.1 应急状态的类别

根据每一种核事故的特征、性质、规模、后果及严重程度，将核事故的应急状态依次分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四类。

(1) 应急待命：出现可能导致危及福建福清核电厂安全的某些特定工况，核电厂的有关人员得到通知进入应急准备状态，必要时可以通知场外有关组织处于待命状态；

(2) 厂房应急：辐射后果只限于厂房内部或福建福清核电厂的局部区域，场区人员行动起来，并通知场外有关组织；

(3) 场区应急：紧急状况的后果只限于场区，事故释放的放射性物质虽蔓延到福建福清核电厂之外，但场外尚不必采取防护措施。场区内的人员行动起来，并通知场外应急组织；

(4) 场外应急：有大量的放射性物质释放，场外必须采取防护措施。

7.4.6.2 应急待命

宣布应急待命的目的是：

(1) 这是保证以后执行必要应急响应的第一步；

(2) 使运行人员作好准备；

(3) 可以系统地分析处理异常情况和作出相关决策。应急待命的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平可能下降，但还有时间采取预防性措施以防止向更高级别的应急状态演变。在这类事件中，预期不会出现需要采取场外响应行动（如进行辐射监测）的放射性物质释放。

核电厂安全水平可能下降的主要表现为运行参数超出了核电厂技术规格书中的运行限制条件，在这种情况下允许于规定的时间内变更运行模式。应急待命的事件还应包括那些更严重事件的征兆，因为这种征兆也预示着核电厂的安全水平可能下降。在应急待命状态的事件中可能出现少量放射性物质的释放，但是这类释放并不导致启动环境监测或场外应急响应行动（事故后果剂量小于 0.1mSv）。

7.4.6.3 厂房应急

宣布厂房应急的目的是：

(1) 启动核电厂营运单位的应急组织；

(2) 如果事态进一步恶化，保证场内应急响应人员能够迅速有效地作出响应，如果有需要，将完成预先确定的辐射监测计划；

(3) 向场外应急组织提供有关事故或事件的信息资料。

厂房应急的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平实际上或可能发生大的下降。然而，如果有放射性物质释放的话，预计场外照射水平只是相当于隐蔽干预水平的下限（全身 5mSv 或甲状腺 50mSv）的很小部分。厂房应急时，事故的辐射后果或可能的辐射后果仅限于某些厂房内部或核电厂局部区域。

此时关注的重点不应是判断安全水平的下降是否足够大，而是关注安全系统出现问题的后果是否需要为进一步加强核电厂安全状态的监控而进入厂房应急状态，即确定当班运行人员是否需要支持，而不论此时是否已经确定了核电厂安全水平的下降。加强监控即可更好地确定核电厂的安全状态，确定是否需要将应急状态升级、降级或终止应急状态。厂房应急事件的后果剂量只是相当于隐蔽干预水平的下限的很小部分，全身剂量在 0.1—1.0mSv 之间。

7.4.6.4 场区应急

宣布场区应急的目的是：

- (1) 保证场外负责应急响应的组织配备了人员；
- (2) 保证及时派出辐射监测人员进行环境监测；
- (3) 如果事态进一步恶化，保证负责场址附近区域撤离的人员已经到位；
- (4) 保证及时与场外应急组织协调应急行动；
- (5) 通过政府的应急组织向公众提供必要的正确的信息。

场区应急的特征是事故正在进展或已经发生，核电厂的一些安全设施的功能已经丧失或可能丧失。在这种应急状态下，可能出现堆芯损坏的情况，可能从电站中释放出一些放射性物质。除在场区边界附近之外，预计场外其它区域的照射水平不会超过隐蔽干预水平的下限（全身 5mSv 或甲状腺 50mSv）。经后果评价确定场外区域的照射水平超过隐蔽干预水平后，应立即向场外应急组织建议宣布进入场外应急状态，并采取相应的防护行动。

7.4.6.5 场外应急

宣布场外应急的目的是：

- (1) 启用为保护公众所预先确定的防护行动；
- (2) 持续评价核电厂的事故状态和环境监测数据；
- (3) 按实际的或可能的放射性释放量，补充或修改应急防护行动；
- (4) 及时与场外应急组织协调应急行动；
- (5) 通过政府的应急组织向公众提供信息。

场外应急的特征是事故正在进展或已经发生，堆芯即将或已经极大损坏，甚至熔化，同时安全壳完整性可能丧失。在这种应急状态下，极可能从电站释放出大量的放射性物质，事故的辐射后果或可能的辐射后果可能使场区边界之外超过干预水平。

不管放射性物质的释放是由于何种原因造成的，进入场外应急状态就意味着场外公众将必须采取隐蔽、服用碘片或撤离等防护行动。如果场址周围的人口密度很高，应重点关注安全系统或构筑物（如安全壳）失效的可能性，以及诸如废气贮存罐大量释放放射性气体、严重的乏燃料破损等事故的后果。为了及时通知场外应急组织，确定场外应急状态应主要以核电厂安全系统功能为判据，其次是事故后果评价的预期剂量。就包容裂变产物的三道屏障而言，如果其中两道屏障失效同时第三道屏障也可能失效，就应建议进入场外应急状态。

7.4.7 应急响应设施

福清核电厂 5、6 号机组配备的应急设施主要包括：主控制室、紧急停堆盘、技术支持中心、应急指挥中心、事故后果评价设施、应急监测设施、医学救护设施、职业医疗设施、保卫消防设施、公众信息中心等。

(1) 核电厂主控制室

核电厂主控制室位于电气厂房，是核电厂正常和事故工况下实施机组运行控制的中心，也是应急响应期间运行控制组的工作场所，其应急响应的主要功能为：

- 对反应堆运行状态进行集中控制和监测，显示并提供安全参数；
- 在应急初始阶段应急指挥部启动到位之前可作为应急指挥中心，并发出早期应急警报；
- 在应急的各阶段，对电厂实施运行控制，分析和争端事故状态，提出应急状态级别建议，保证安全状态的重新恢复或尽可能减少事故后果。

(2) 紧急停堆盘

紧急停堆盘位于电气厂房。在主控制室因火灾等原因不能停堆时，可用紧急停堆盘代替执行。用紧急停堆盘可使反应堆迅速达到并维持在冷、热停堆状态。通过紧急停堆盘对系统进行操作，可以排出堆芯余热、控制反应堆冷却剂的压力和体积、往反应堆冷却剂加入硼酸使反应堆保持在次临界状态以及使必要的辅助系统保持运行。

主控室和紧急停堆盘分别位于不同的防火区域，它们之间的距离保证操纵员在 15 分钟之内能够到达，撤离路径是安全的。

(3) 技术支持中心

2 个机组设置了一个共用的技术支持中心。在事故条件下，技术支持中心具有和主控

制室相同的可居留性条件。

(4) 应急指挥中心

福清核电厂应急指挥中心（EM 楼）位于核电厂厂前区的公安楼的南侧、培训中心的对面，距离 1、2# 机组反应堆厂房的中点约 1500m，距离规划中的 6 号机组约 600m，为核电厂 6 台机组所共用。该设施是应急响应期间全面指挥和协调场内一切应急响应行动的场所，其主要功能包括应急指挥、应急通讯、事故评价、信息发布等。

应急指挥中心内设有应急指挥室、辐射评价室、通讯室、保安控制间、配电间、柴油发电机房、风机房等房间，其出入口设有表面污染监测仪，对进出中心的人员和设备、物资等进行污染检查。去污间配备有可对污染人员进行淋浴式去污、头部去污和体表局部去污的设施设备以及干净的衣物。在 EG 楼还配备有碘片、个人剂量监测仪表以及防护面罩。

此外，EM 楼内设有厨房、休息室、食品贮存间和必备的生活设施，贮存有足够的生活用水和食品。

EM 楼墙壁及屋顶为厚 300mm 的钢筋混凝土，对 γ 外照射有足够的屏蔽能力；通风系统设置高效过滤器和碘过滤器对进入楼内的空气进行过滤，以减弱楼外受污染的空气进入室内对人员造成吸入内照射。确保事故期间应急控制中心的可居留性。

(5) 应急通讯系统

应急通信系统的基本任务是：

- 保障福建福清核电厂应急指挥部与国家及地方应急组织之间的通信联络和数据信息的传输；
- 保障福建福清核电厂与场外应急支援组织的通信联络和数据信息的传输；
- 保障福建福清核电厂应急指挥部和各应急响应小组之间（包括流动的环境监测车、监测取样人员、电站保卫人员），以及各应急响应小组之间的通信联络和数据信息的传输；
- 保障福建福清核电厂的应急警报和应急通知的发布；
- 记录福建福清核电厂应急指挥部与国家及地方应急组织以及电站各应急响应小组之间的重要通话内容。

(6) 监测及评价设施

应急评价与监测设施主要包括：

● 电厂辐射监测系统（KRT）

该系统提供反应堆的各工艺系统的辐射参数、不同区域的辐射水平、气态和液态流

出物的排放活度，从而为分析反应堆的安全状态、事故后果的评价提供必要的数据库。

● 事故后监测系统（PAMS）

该系统提供核电站事故后的安全重要参数，如堆芯和主回路温度、压力；地坑液位；蒸汽发生器压力、液位；安全壳空气压力、温度、剂量率；安注、安喷系统参数等。事故后监测系统的设备均按照 1E 级设备考虑。

● 地震仪表系统

其功能是对厂址周围可能出现的地震进行观测记录，当地震加速度超过规定值时发出报警信号，以便运行人员及时采取相应的应急措施。

● 环境辐射和气象监测系统（KRS）

该系统包括气象站、固定式环境 γ 监测站、数据采集系统、环境监测车等，另外还设有环境实验室。应急期间 KRS 系统和电厂环境实验室人员负责场区及场区附近（应急计划区内）的应急监测工作，应急计划区外的应急环境监测由地方政府环境监测部门承担。

● 事故后果评价系统

主要任务是评价和预测辐射污染的范围和程度、公众已经或可能接受的辐射剂量与健康危害，为实施应急响应行动的决策提供依据。事故后果评价包括事故工况评价、堆芯损伤评价、事故源项估计、事故的环境后果评价等内容，每项评价均有相应的专用评价程序。评价所需要的堆芯物理参数、工艺系统参数、流出物和环境辐射监测参数、气象参数等均通过专用信息系统传送到 EG 楼辐射评价室。

(7) 职业医疗设施

在核电站厂区内设置有职业医疗中心，应急指挥中心内部也设有医疗处置室，并配备一些简易医疗设备和器材，可分别在不同应急状况下进行伤员的现场救护和体表污染洗消。

(8) 保卫消防设施

保卫消防设施在应急时可实施区域控制、人员清点、厂区交通管制、火灾监控和报警。

(9) 公众信息中心

公众信息中心主要功能是接待公众和新闻媒体的采访，发布有关核电站应急状态的信息，收集公众对有关应急的舆论和反映。

7.4.8 应急响应行动

可用来避免或限制辐射照射的防护措施包括有：撤离、隐蔽、服用稳定碘、避迁和食物控制。具体采用的防护措施取决于包括厂址位置和事故时的气象条件在内的许多因

素。

场内的应急防护响应完全基于对福清核电厂事故工况和堆芯损伤情况的评价以及事故释放源项和后果的估计。应急防护响应行动必须在福清核电厂应急总指挥的统一指挥下协调进行。

(1) 应急干预的基本原则

《核或辐射应急的干预原则与干预水平》确定了公众人员的干预原则：

- 应尽所有可能的努力来防止严重的确定性健康效应，使受照人员的剂量保持低于确定性效应的阈值以下；
- 干预应是正当的，即行动的利益要大于其危害；
- 干预应是最优化的，以使防护措施产生最大的净利益。

对于核电厂的工作人员而言，干预原则有所区别，因为工作人员涉及的是一种预先有准备的受控的照射，同时可能还需要在事故后立即进行救生活动或是防止灾情的进一步发展。但还是应当遵守受照工作人员的剂量限值，尽所有可能的努力来防止严重的确定性效应。

(2) 场内人员警报、通知方式

依据应急状态，将需要采取的应急防护响应行动及时通知到场区的所有人员（包括核电厂非应急响应人员和应急响应人员、消防队人员和武警战士、参观人员、施工人员、承包商人员、临时工及其他人员）。对场内人员的警报和通知手段包括：电话通知、调度电话通知、生产广播系统音响报警、手机短信群发等。

(3) 场内人员集合、清点

为了更快捷地进行场内人员清点和迅速执行应急撤离行动，福建福清核电厂按照六台机组规划，将在厂址边界内设置 17 个应急集合地点(见图 7.4-2)，它们分别设置在：1-6#核岛冷更衣室、1-4#机组 AL 实验室、1-6#机组汽机厂房、1-6#机组联合泵房、附属工程区、厂前区、备品备件库等位置。在出现“场区应急”或“场外应急”状态时，所有非应急响应人员人数立即赶赴就近集合点进行集合、人员清点。在应急集合点将设置读卡器，以便快速、准确地完成人员清点。

根据当时出现的不同的事故状态、后果和可能的影响范围，应急指挥部迅速决策对部分或全部场内非应急响应人员实施的应急撤离措施。

承包商人员的集合与撤离均由各承包商按其制定的应急计划自行负责，福清核电厂只负责对其警报通知，但必要时可提供支援。凡是不在本单位营地的承包商人员可到就近的

应急集合点集合，服从该集合点清点负责人的指挥，同时应及时通报本单位自己的位置。

(4) 公众通知的方式

在事故严重恶化，放射性物质可能或已经严重影响核电厂以外区域时，核电厂应急指挥部向福建省应急组织提出场外应急并采取场外应急防护措施的建议。在进入场外应急状态时，地方政府和地方场外应急组织负责将应急信息及时告知核电厂附近的居民，并采取有效的应急防护响应措施。为保证核电厂厂址附近居民及时、准确地得到应急信息，可考虑由当地核应急组织在核电厂附近居民聚居点（各村庄）架设应急广播系统，一旦进入场外应急状态，即可利用该广播系统及时、准确、有效地通知当地居民。必要时，由地方政府统一指挥，对核电厂厂址半径 5 公里范围内的居民实施快速、有序的应急撤离。

7.4.9 应急撤离路线

福清核电厂规划两条主要厂外道路即进厂道路和备用进厂道路，做为专用应急道路。此外，可利用厂址附近现存的数条乡道做为应急撤离的备用道路，在专用应急道路交通状况发生异常时，选用这些备用路线，保证人员的及时撤离。

(1) 进厂道路

进厂道路已于 2008 年 10 月份建成、通车。路线起点位于陈三公路与省道 305 交叉点处，路线经西芦、南芦、后卓、陈厝、南林、华杭、天炉、前庄、泽岐、前薛、东林等村庄，道路终点位于核电厂规划厂前区福清核电厂大门口。见图 7.4-3。

进厂道路作为进出核电厂址的主要通道除了承担施工安装期间及生产运行期间的大部分运输外，还承担应急状态下的非应急人员的撤离，设计交通量大。道路采用二级公路标准，路面为混凝土路面，路面宽度为 18.0m，路基宽度为 21.0m，路线长度 11.39km，设计行车速度为 60km/h。

(2) 备用进厂道路

福清核电厂设计修建的应急道路起点位于核电厂址，为使道路的方向与进厂道路有较大的角度，道路沿前薛半岛的西侧布线到达前薛村，利用前薛村西侧的村道进行加宽改造。道路继续前行到达楼前村，沿楼前村西侧布线到达楼前山西侧，为缩短路线长度，道路过楼前村后右转沿楼前山北侧，韩瑶山南侧的山凹通过；道路继续前行到达泽岐村西侧后，过韩瑶山与庄下山之间的埕口后沿兴化湾海岸边前行，到达碧山村西侧后，沿江镜华侨农场山垅右侧的山坡布线，过占阳村，杭下村，玉塘村西侧后，在东华地面库东侧接上省道 305 线。

应急道路主要承担应急状态下的应急撤离，道路按照《厂矿道路设计规范》(GBJ22-87) 厂外道路平原微丘三级标准进行设计，路面为沥青混凝土路面，路面宽 7m，路基宽 9m，路线总长度 11.459km，设计速度 60km/h(见图 7.4-3)。

(3) 应急撤离备用道路

在进厂道路和备用进厂道路之间，有三条乡道可做为备用撤离道路和撤离路线之间的联络线(见图 7.4-3)。

备用撤离路线 1：核电厂西北侧出口（备用应急道路起点）→韩瑶→泽岐→玉坂→后叶→占阳→东元→港头镇→省道 305 交叉点处；

备用撤离路线 2：核电厂大门口（进厂道路）→前庄→虎邱→仁厝→后郑→坑边→省道 305 交叉点处；

联络线 1：韩瑶→泽岐→前庄；

联络线 2：占阳→南陈。

以上各条线路与省道 305 一起在局部形成了“三横四纵”的交通网，而且绝大部分乡道路段路面均有 7 米宽，可保证两辆大客车并排通行，少数路面宽度小于 7 米的路段可进行拓宽。这样，当实施应急撤离时，如某条路段发生堵塞，撤离车辆可及时调整撤离线路，选择通畅路段行驶，保证撤离时的正常行车速度，尽量缩短从烟羽应急计划区撤出所用时间，达到尽可能降低人员受照剂量的目的。此外，正在建设的福清渔溪至平潭的平渔高速公路将行跨两条专用应急道路，这条高速公路的建成将为福清核电厂及厂址周边居民又添加一条事故应急撤离、疏散通道。

7.4.10 应急培训与演习

为了有效保证福建福清核电厂工作人员及承包商具有足够的应急知识和应急响应能力，按照应急准备工作的需要，核电厂应进行相关的应急培训和演习。对于应急响应人员和非应急响应人员以及承包商，应按照本核电厂的要求定期接受应急培训和演习。核电厂应急培训分为应急基础培训、再培训和应急专项培训。核电厂应急演习分为单项演习、综合演习和联合演习。按照国家相关法规和核电厂的具体情况，福建福清核电厂已在《福建福清核电厂一、二号机组场内应急计划》中对演习的内容和频度作详细的要求。其中单项演习根据演习的内容有不同的频度要求，综合演习每两年进行一次，联合演习每五年进行一次。

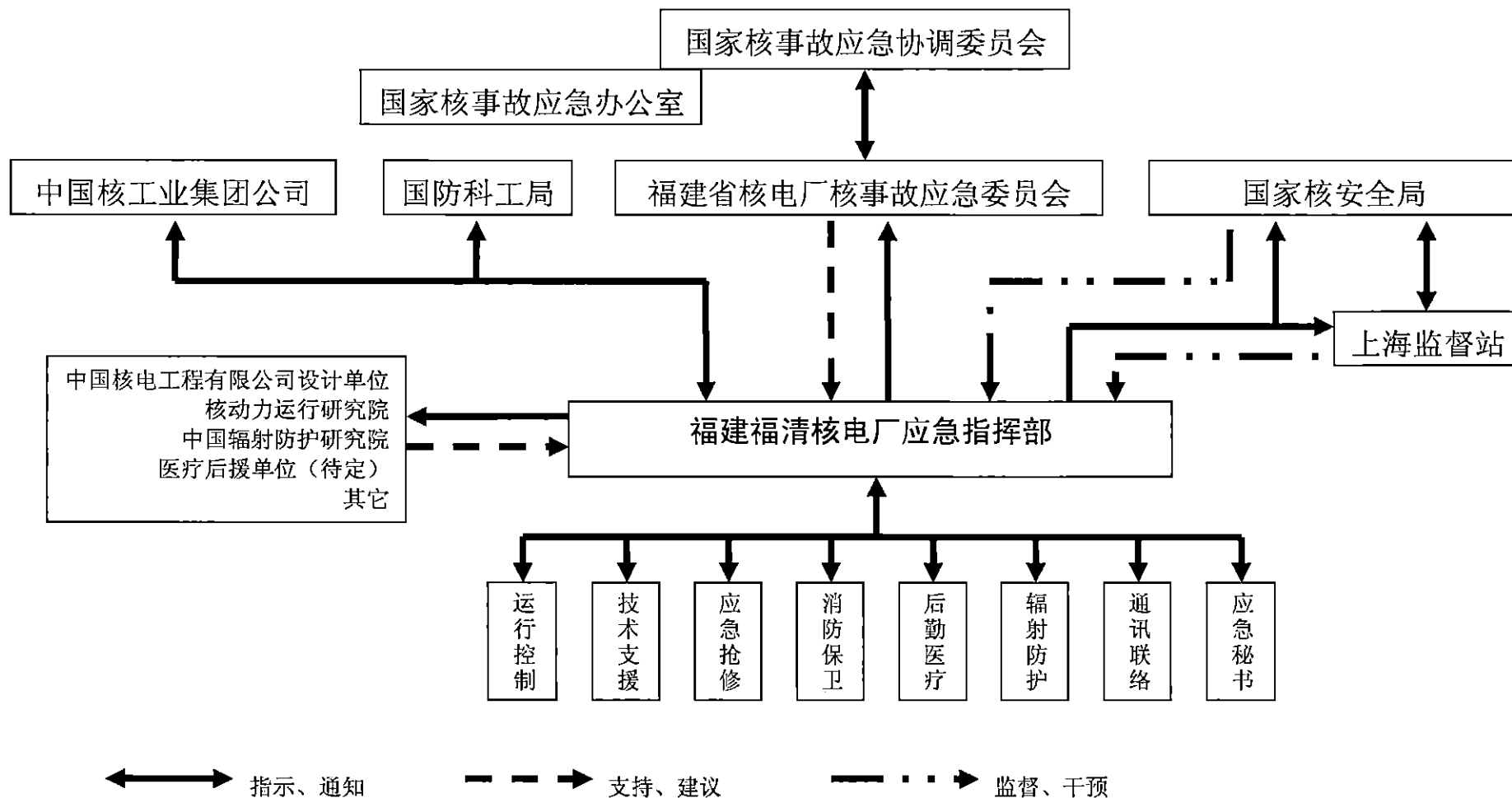


图 7.4-1 应急状态下厂内外联络渠道

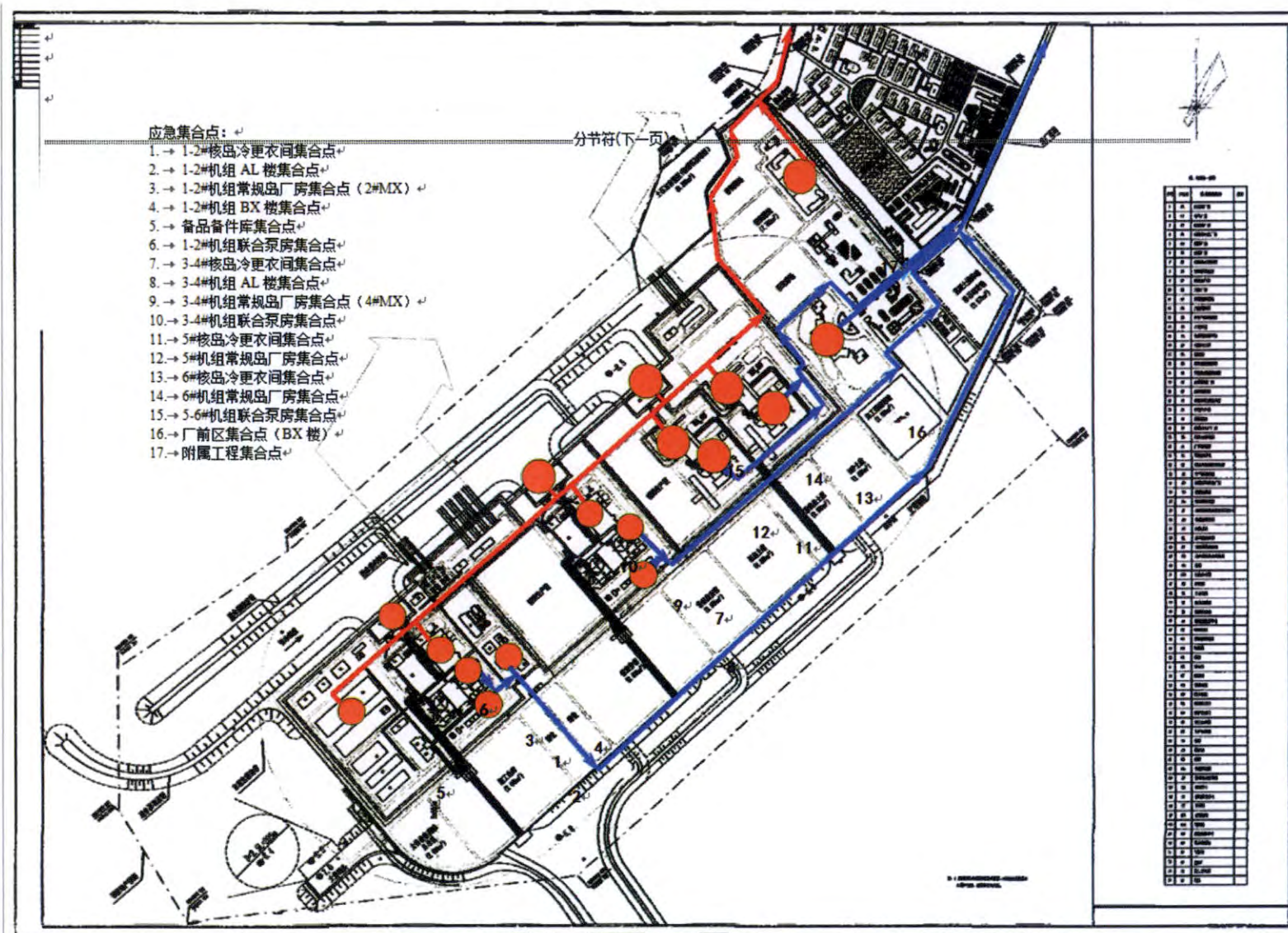


图 7.4-2 厂址应急撤离集合点分布图

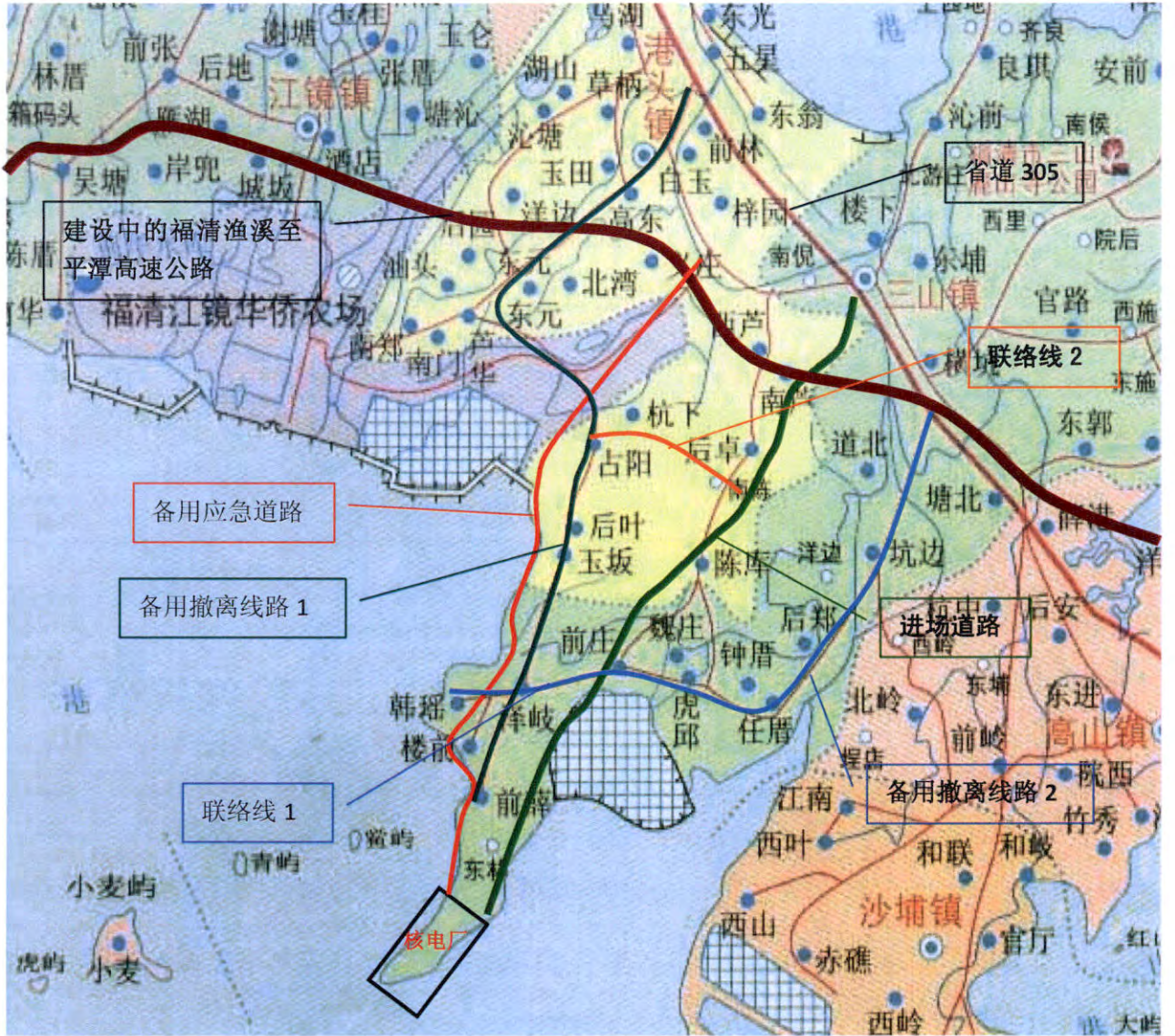


图 7.4-3 福清核电站应急撤离路线示意图

第八章 流出物监测和环境监测

目 录

8.1 运行期间的流出物监测方案	1
8.1.1 监测目的	1
8.1.2 制定监测方案的主要原则	2
8.1.3 气载放射性流出物监测	2
8.1.4 液态放射性流出物监测	3
8.1.5 其他放射性物质的监测	4
8.1.6 地方环保局监督性监测的配合	4
8.2 运行期间的环境监测方案	5
8.2.1 监测目的	6
8.2.2 监测范围和布点原则	6
8.2.3 监测项目及测量方法	7
8.2.4 环境监测系统及设施	9
8.2.5 地方环保局监督性监测	12
8.3 应急监测	12
8.4 非放监测方案	13
8.5 质量保证计划	14
8.5.1 质量控制	14
8.5.2 质量管理	16

图 表

表 8.2- 1 福建福清核电厂运行期间环境监测大纲
表 8.2- 2 福清核电厂厂外监测子站的基本信息表
表 8.2- 3 福清核电厂环境实验室主要设备及性能参数
表 8.2- 4 福清核电厂监督性监测子站基本信息表
图 8.2- 1 厂内环境 γ 辐射监测站拟选站址分布
图 8.2- 2 厂外环境 γ 辐射监测站拟选站址分布
图 8.2- 3 福清核电厂监督性监测子站及核电厂监测子站分布图

8.1 运行期间的流出物监测方案

福清核电站 5、6 号机组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，气态和液态放射性流出物是造成核电站环境污染和人员受照剂量负担的主要源项，因此在流出物监测中对气态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站的实际情况制定。

制定流出物监测方案的主要依据是：

- GB 6249-2011 《核动力厂环境辐射防护规定》
- GB 14587-2011 《核电站放射性液态流出物排放技术要求》
- GB 11217-89 《核设施流出物监测的一般规定》
- GB 18871-2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- GB 11216-89 《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》
- GB 7165.1-2005 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备一般要求》
- GB 7165.2-2008 《放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》
- GB 7165.3-2008 《放射性惰性气体监测仪的特殊要求》
- GB 7165.4-2008 《放射性碘监测仪的特殊要求》
- GB 7165.5-2008 《氡监测仪的特殊要求》
- GB 12726.1-91 《核电站事故及事故后辐射监测设备，第一部分：一般要求》
- GB 12726.2-91 《核电站事故及事故后辐射监测设备，第二部分：气态排出流中放射性惰性气体连续监测设备的特殊要求》
- GB 3097-1997 《海水水质标准》
- GB 8978-1996 《污水综合排放标准》

8.1.1 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- 验证释放到环境中的气态和液态放射性流出物的数量是否符合国家批准的排放控制值、核电站本身规定的管理目标值
- 为判明核电站的运行以及放射性废物的处理和装置的工作是否正常有效，提供数据和资料；
- 为应用适当的环境模式评价环境质量、估算人员所受的剂量提供源项数据和资料；

- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，鉴别其性质、种类及其程度，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放，可为核电厂在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.2 制定监测方案的主要原则

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：

- 满足国家标准法规提出的流出物监测管理要求。
- 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。
- 对于约定排放，进行定期取样分析；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测。
- 根据国家标准规定的年排放控制值，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并行测量。

8.1.3 气载放射性流出物监测

对核电站气载放射性流出物的排放监测和控制是防治环境污染措施的重要组成部分。福清核电站 5、6 号机组采用“华龙一号”核电技术，单堆布置，核岛反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、人员通行厂房、安全厂房的放射性排风经过滤后汇总到核岛烟囱集中排放。汽轮机厂房通风通过常规岛通风排放管道进行排放。因此，气载放射性流出物监测集中对核岛烟囱和常规岛通风排放管道中排放的气体进行监测。并对烟囱排气进行取样测量，取样装置的设计和布置必须满足 ANSI/HPS N13.1-1999 的要求，以便获取代表性的样品，并在电厂运行前完成取样代表性的验证试验。

核岛烟囱气载流出物排放监测包括下述几个方面。

1) 放射性惰性气体连续监测

烟囱放射性惰性气体监测分为正常情况放射性惰性气体监测和事故情况放射性惰性气体监测，探测器的总量程要足够宽，能满足核电厂正常排放和事故排放要求，而且至少互相重叠一个量级。它们是事故后监测通道，属安全 1E 级设备，具有仪表量程宽等特点，有显示、记录打印和报警功能。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，这些要求包括：

- 系统设计为冗余监测，冗余设备之间进行实体隔离和电气隔离；

- 采用应急电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行；
- 试验：对设备进行定期试验、校准。

2) 气溶胶和放射性碘取样和监测

烟囱气溶胶和放射性碘监测包括正常情况下连续监测和取样及事故情况下取样测量。

- 正常情况下的连续监测和取样：对气溶胶和放射性碘进行连续监测，并设有显示、记录打印和报警功能。同时，与连续监测管路并行设置了一套气溶胶、碘取样装置，对烟囱气载流出物中的气溶胶及碘进行取样，样品定期送现场实验室进行测量分析，其实验室测量分析结果用于计算气载放射性流出物中的气溶胶和碘的排放量。
- 事故情况下的取样：当放射性气溶胶和碘的浓度超出正常量程范围时，气溶胶、碘探测器停止工作，取样流体将正常情况的惰性气体、气溶胶和碘探测器监测回路旁路，进入事故情况气溶胶、碘取样和事故情况惰性气体监测回路，事故量程的气溶胶、碘样品送现场实验室进行测量分析。

3) ^{14}C 和 ^3H 的取样和测量

烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 监测为连续取样，样品定期送现场实验室进行测量分析。

4) 惰性气体定期取样和测量

取样管路上设置了气体取样口，定期进行惰性气体放射性浓度的分析，分析结果用于校正惰性气体活度连续监测仪。

气态排出流监测通过在速度和浓度均匀分布的位置采用单点取样，获得烟囱气载放射性流出物具有代表性的样品进行测量，取样方法符合 ANSI/HPS N13.1-1999 核设施的烟道和通风管道中的放射性物质取样标准。

常规岛通风排放管道气载流出物排放监测是通过对通风排放管道内放射性惰性气体的活度浓度测量进行的。

8.1.4 液态放射性流出物监测

放射性废液主要来自放射性废物厂房液体放射性废物系统、蒸汽发生器排污系统电除盐流出物和废液、汽轮机厂房废水系统排放以及汽轮机厂房厂用水系统排污，废液经处理后分别汇总到核岛液体放射性废物排放系统及常规岛废水排放系统的贮罐中作为液态放射性流出物集中排放。

液体放射性流出物监测包括取样测量和排放时在线监测。液态放射性流出物排放前，将样品在现场实验室分析合格后才实施排放。样品分析测量项目有：总 β 、 ^{90}Sr 、总 γ 、 γ 谱和氡分析。并对液态流出物中的 ^{14}C 测量方法开展研究工作。关于液态流出物中 ^{14}C 的测量，鉴于国内尚无相关标准规范给出其取样制样及测量方法，福清核电站已经对国内其他核电站和科研单位所使用的液体中 ^{14}C 的测量方法进行了调研，核电站运行后将使用掌握的方法对液态流出物中的 ^{14}C 进行试验性测量，并积极与其他核电站交流测量方法和结果，福清核电站将依据调研研究结果，尝试开展液态流出物中 C-14 的测量，并跟踪国家标准的版本及最新的研究成果，在运行过程中逐步修改完善监测方法。。

在排放期间要用液体放射性活度监测仪对排放废液的体积活度进行连续监测，当放射性废液体积活度达到设定值时，监测仪发出报警，并发出连锁信号关闭排放阀门停止排放，以防止异常排放。

8.1.5 其他放射性物质的监测

1) 固体放射性废物

本工程的固体放射性废物，除高放乏燃料元件另作特殊处理外，其余的中低放固体废物在分装和运输过程中，使用 γ 电离室和便携式测量仪器测量固体废物的辐射剂量。另外，对固体废物包装桶表面进行擦拭污染测量。测量结果符合国家有关规定后方可移出厂区暂存或永久处置。

2) 辐射控制区出口

在辐射控制区的出口处，设置全身表面污染监测仪和工具污染监测仪，对工作人员退出控制区时的全身表面污染及携带工具的表面污染进行监测，防止放射性污染被带出辐射控制区。

3) 厂区总出入口

在厂区总出入口，设置车辆 γ 和人员 γ 污染监测仪，对离开厂区的车辆和人员进行监测，防止放射性物质被意外带出核电站厂区。

4) 其它

对于其它可能出现放射性污染的非特定区域可采用便携式仪表进行测量。

8.1.6 地方环保局监督性监测的配合

福清核电站配合福建省辐射环境监督站进行监督性监测的主要措施有：

- 为福建省辐射环境监督站建设流出物实验室；并将核电站气态、液态流出物在线连续监测的数据实时同步传输至地方环保相关部门。
- 积极配合福建省辐射环境监督站进行流出物监督性监测工作，并为福建省辐

射环境监督站定期取样提供方便，包括：

- 可根据需要向福建省辐射环境监督站提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；
 - 取得的烟囱中 ^{14}C 和 ^3H 样品可供福建省辐射环境监督站进行测量；
 - 从排放废液罐中提取废液样品时，可同时为福建省辐射环境监督站提取平行样品。
- 向福建省辐射环境监督站及时提供流出物监测月报表；
 - 定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.2 运行期间的环境监测方案

根据我国的有关标准及规定的要求，核电厂需建设环境监测设施以满足运行后环境监测的要求。在福清核电厂 1、2 号机组建设中，已建设了一套适用于福清核电基地环境监测设施，以保证福清核电基地内各机组正常运行下的常规环境监测以及事故情况下的环境应急监测。已建环境监测设施对 1~6 号机组进行了统一考虑，可覆盖整个福清核电基地。在本节中描述了基地环境监测设施的设计原则以及主要系统及设施，并在表 8.2-1 给出了目前福清核电厂运行期间的环境监测大纲。另外，福清核电厂 5、6 号机组运行后，也将考虑对监测大纲的调整和升版以适应基地环境监测的需要。

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

- GB 18871—2002 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
- GB 6249—2011 《核动力厂环境辐射防护规定》
- GB 12379—1990 《环境核辐射监测规定》
- GB 11216-1989 《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》
- GB 3838-2002 《地表水环境质量标准》
- GB 8978-96 《污水综合排放标准》
- GB/T 14583-1993 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》
- HJ/T 61-2001 《辐射环境监测技术规范》
- NB/T 20246-2013 《核电厂环境辐射监测规定》
- EJ527-1990 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》
- 国核安发[2012]98 号文《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

8.2.1 监测目的

实施运行期间环境监测的主要目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估核电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。

8.2.2 监测范围和布点原则

A) 监测范围

根据国家有关法规和福清核电厂所在厂址的具体情况，环境 γ 辐射监测范围为以核电厂中心半径 30km 内，其余监测项目范围以核电厂中心半径 10km 范围内，部分监测项目最远范围达到以核电厂为中心半径 20km 范围内。

B) 布点原则

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；
- 陆地监测点以反应堆厂房为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- 对居民密集地区适当增加监测点；
- 测量或取样点尽量与本底调查布点一致，或至少有一部分与运行前本底调查时一致；
- 环境 γ 辐射监测点及气态放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向厂区边界附近区域，周围没有高大的树木、建筑物；
- 废液排放方式及特点、潮汐规律；
- 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；
- 考虑福清核电厂厂址区域附近地区的地形等条件；
- 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；站位设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。环境监测的重点是对主要释放的那些核

素和项目。

- 固定式环境监测站的设置与地方监督性监测子站设置位置互补，考虑人口分布、风向、供电通信条件后，基本保证在核电厂周围 16 个方位的陆域都设有一个自动监测站房。

8.2.3 监测项目及测量方法

A) 监测项目

环境监测主要进行以下项目：

1) 气象参数测量：

- 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

2) 环境 γ 辐射水平监测。主要测量项目有：

- 大气中环境 γ 辐射水平的连续监测（自动连续监测装置）；
- 累积剂量监测（使用 TLD 热释光剂量计）；
- 非连续监测（使用便携式仪表），得到瞬时剂量率。

3) 环境介质放射性核素浓度监测

- 大气
 - ◆ 气溶胶：总 α 、总 β 及 γ 谱分析；
 - ◆ 大气沉降物：总 β 及 γ 核素分析；
 - ◆ 空气中 ^3H 和 ^{14}C ；
 - ◆ 空气中 ^{131}I ；
- 水监测。包括以下几个方面：
 - ◆ 降水： ^3H 及 γ 核素分析；
 - ◆ 饮用水：总 α 、总 β 、 ^3H 及 γ 核素分析；
 - ◆ 地表水（水库、河流等）： ^3H 及 γ 核素分析；
 - ◆ 地下水： ^3H 及 γ 核素分析。
- 陆生生物

- ◆ 肉类、水果、粮食、蔬菜等： γ 核素分析（测出 Cs-137 时，进行 Sr-90 分析）、C-14；
- ◆ 牛奶：进行 ^{131}I 分析和 γ 核素分析；
- ◆ 指示生物： γ 核素分析测出 Cs-137 时，进行 Sr-90 分析）、C-14。
- 海洋介质
 - ◆ 海水： ^3H 、 γ 谱分析；
 - ◆ 海洋沉积物： ^{90}Sr 、 γ 谱分析；
 - ◆ 海洋生物样品： γ 谱分析、C-14。
 - ◆
- 土壤：进行 ^{90}Sr 和 γ 核素分析；

B) 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、低本底液体闪烁测量装置、低本底 γ 谱仪等仪表进行 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 、 ^{137}Cs 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；
- ◆ 设置环境监测车进行核电厂周边环境 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基地内各区域的局部气象状况。
- ◆ 除小麦屿监测子站外，所有厂外环境 γ 监测子站均设置一套风速风向传感器，在核电厂周围形成局部风场监测。

8.2.4 环境监测系统及设施

环境监测系统主要由以下设施组成：

- 环境 γ 辐射监测系统；
- 自动气象站；
- 环境实验室；
- 环境监测车与环境介质采样车；
- 地下水监测井；
- 移动式环境 γ 辐射监测子系统

8.2.4.1 环境 γ 辐射监测系统

1) 环境 γ 辐射监测站

核电厂烟囱排放的惰性气体湮没照射是核电厂周围居民受照的重要途径，因此大气 γ 辐射监测是环境监测的重点项目。在福清核电基地厂区内设置 4 个 γ 辐射监测站（EC4-1~EC4-4），厂内站的位置见图 8.2-1。在厂区周围 10km 范围内设置 7 个 γ 辐射监测站（EC4-5~EC4-9、EC-12、EC4-13），厂外 γ 辐射监测站的站址的位置见图 8.2-2，各厂外站的基本信息见表 8.2-2。

γ 辐射监测站主要用来连续记录大气 γ 辐射测量数据、获取气溶胶和碘的样品、获取空气中 ^3H 和 ^{14}C 的样品、并进行雨量测量。运行时，工作人员设定阈值。当环境 γ 辐射监测站测得 γ 辐射剂量率超过报警阈时，给予报警，并将报警信号送到中央数据处理站。

环境 γ 辐射监测站配置的主要设备：

- 环境 γ 辐射连续监测仪；
- 气溶胶、碘连续取样装置(部分监测站设置)；
- 空气中 ^3H 和 ^{14}C 取样装置（部分监测站设置）
- 雨量计；
- 数据传输设备；
- 风速风向传感器（除厂内站及小麦屿站）。

2) 累积 γ 剂量及瞬时 γ 剂量率测量

在福清核电基地周围地区设置累积 γ 剂量、瞬时 γ 剂量率监测点，其中累积 γ 剂量采用热释光剂量计及热释光剂量计读出装置进行监测。将热释光剂量计按布点图布置在有代表性的不受附近建筑物影响的开阔场地，取样频率为每季度一次，剂量计拿到环境实验室测量。瞬时 γ 剂量率采用便携式环境 γ 剂量率仪按布点图对监测点位定期进行巡测，测量频度为每季度一次。

8.2.4.2 自动气象站

气象数据是评价核电厂气态流出物对周围环境影响程度及范围的重要参数，因此气象观测系统也是电厂运行期间环境监测的重要组成部分。自动气象站主要用来采集、处理和记录厂区的风速、风向、温度、大气稳定度、湿度、气压和雨量等气象数据，作为计算、评价短期或长期常规放射性释放对该地区环境影响的依据。在发生核事故时，提供实时气象参数以便电厂应急组织执行应急措施，同时作为事故辐射后果评价的输入参数，以便采取最适当的防护措施保护环境以及保护电厂工作人员和公众安全。

自动气象站由以下设施组成：

1) 气象塔

气象塔沿用现位于厂区东南侧的厂址大气扩散试验铁塔。该塔高约 100m，分别在距地面 10m、30m、50m、70m、100m 处和塔顶设置风速、风向、温度传感器；在靠近地面处设置温度、湿度、气压等传感器。

2) 地面气象站

地面气象站内设置 10m 风速风向、地面温度、相对湿度、雨量计、天空总辐射及净辐射等传感器及气象数据采集记忆装置和就地微机，气象数据采集记忆装置自动采集、处理、存储气象数据，并将气象数据送到中央数据处理站。

所有的气象数据在应急指挥中心及环境实验室的中央数据服务器处理、贮存，并与实时收集的核电厂地区 γ 辐射监测数据一起传至环境监测实时数据网，进行集中管理、贮存、显示、网络传输、查询和网上发布。

3) 风速风向传感器

除小麦屿监测子站，在厂外环境 γ 监测子站设置风速风向传感器及雨量计，数据传至环境监测实时数据网。

8.2.4.3 环境实验室

1) 概述

为进行厂址区域环境辐射监测及环境介质样品的测量分析，福清核电基地将建设环境实验室，负责福清核电基地周围环境介质样品的采集、制样、样品分析测量以及对环境样品测量数据处理及评价。

2) 位置、规模

环境实验室位于港头镇东元村，距核电厂厂区约 11km，在核电厂烟羽应急计划区以外，与福建省监督性监测前沿站共处同一小区。环境实验室主楼总建筑面积约为 2363m²，共三层，按照物理测量、样品制备、放化分析、信息处理传输、辅助动力、用品存放及会

议办公进行分区设计。小区内为环境监测车及环境介质采样车设置了 3 车位的车库。

环境实验室内的主要功能房间包括：

- 低本底物理测量房间： γ 谱仪测量室、液闪测量室、低本底 α/β 测量室、热释光测量室及相应的数据处理间；
- 样品预处理及制备房间：鲜样存放间、鲜样处置间、样品干燥间、碳化室、灰化室、待测样品制备间、天平室等；
- 化学制样及分析房间：化学实验室 1~3、光谱测量室、非放测量室、标准样品准备间等；

环境实验室内配置的主要设备包括以下几类：

- 放射性分析测量仪器：主要有低本底 α/β 测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底 γ 谱仪和热释光测量仪等。
- 制样设备：程控马福炉、电炉、程控烘箱、球磨机、组织打浆机、电子天平、超声波清洗仪、通风柜及实验室常用设备。
- 非放测量及分析仪器：原子吸收光谱仪、紫外/可见分光光度计、BOD、COD、酸度计、溶氧仪、测氯仪、电导率仪等。
- 环境实验室的主要设备配备及性能参数详见表 8.2- 3。

8.2.4.4 环境/应急监测车及环境介质采样车

环境/应急监测车和环境介质采样车主要用于电厂正常运行期间对厂区及周围环境 γ 辐射水平进行巡测、环境介质的快速测量、环境介质样品的采样和传送及环境辐射与气象监测系统的日常维护，以及进行热释光元件（TLD）的布设及回收。采集回的环境介质样品拿至环境实验室进行测量分析。同时在事故应急情况下，环境监测车将快速出动，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，同时将测量数据通过无线方式传输到应急指挥中心。福岛事故后，福清核电基地增设 1 辆环境监测车，并配备相关车载仪表及便携式仪表。目前福清核电基地具有 2 辆环境监测车及 1 辆环境介质采样车。

环境/应急监测车和环境介质采样车配置的主要设备有：车载 γ 谱仪、车载气溶胶连续监测仪、碘和气溶胶取样设备、便携式表面污染测量仪、 γ 剂量率仪、手持式气象仪、无线通讯、个人防护器具、便携式发电机、各种介质采样工具以及样品容器、包装袋等设备。

8.2.4.5 厂区地下水监测井

福清核电厂一期工程在厂区建设有 1 口地下水监测井，用于对厂区附近的地下水进行取样，送至实验室，分析地下水是否受到放射性核素污染。在福清核电厂 3、4 号机组工

程中，拟在福清核电厂区内建设 4 口地下水监测井。此外，在气象站附近也设有 1 个地下水采样点。在福清核电厂 5、6 号机组工程中，将根据需要适当增设厂区地下水监测井，用于厂区附近地下水的取样。

8.2.4.6 移动式环境 γ 辐射监测子系统

根据福岛事故经验，在极端外部条件下，固定式环境 γ 辐射监测站可能不可用。因此设置移动式 γ 辐射监测子系统，该系统较为便携，采用应急监测车或其他交通工具进行快速投放至指定地点，进行事故情况下核电厂周围环境 γ 剂量率的连续监测，作为环境 γ 水平监测的补充手段。系统采用电池供电，可不依赖于外部电源供电，自持供电时间较长，能够满足事故应急情况下的使用需求。

8.2.5 地方环保局监督性监测

除了福清核电厂各类环境监测设施外，福建省地方环保部门也将针对福清核电厂建设相应的环境监测设施，进行监督性监测。

为了大力配合该项工作的实施，福清核电厂考虑主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

- 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；
- 开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解；

为地方环保部门建设外围辐射环境监督性监测系统，外围辐射环境监督性监测系统包括外围环境监测子站和前沿站。

监督性监测前沿站位于港头镇东元村，与福清核电厂厂外环境实验室处于同一小区。前沿站建筑面积约 1362m²，共三层。配置低本底物理测量设备、通用化学分析仪表及实验室家具，可完成环境样品的采样、制样、低本底测量（ γ 谱分析、总 α 、总 β 、³H、¹⁴C）等功能。

监督性监测子站共设置 11 个，监测子站的基本信息见表 8.2-4。与福清核电厂 11 个的固定式环境 γ 辐射监测站，可基本覆盖核电厂周围陆域各个方位角，详见图 8.2-3。

8.3 应急监测

在福清核电厂发生事故时，环境/应急监测车将携带便携式仪表对厂址区域的环境 γ 辐射水平进行快速测量。如有必要，环境介质采样车将对空气、土壤、地面水、陆地生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质取样，并根据事故发展情况调整取样频度，送至环境实验室中进行测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故性质、源项大小以及应采取的防护措施提供依据。

福清核电厂目前已经初步拟定了应急情况下的监测方案，监测内容包括：

- a) 近地表上部 γ 剂量率：
 - 11个固定监测站连续测量（含场内4个、场外7个）
 - 便携式仪表即时测量
- b) 地表 α 、 β 污染水平；
- c) 空气（含巡测路线及固定监测点）样品取样及分析；
- d) 空气气溶胶连续监测；
- e) 热释光剂量计（TLD）的取放及分析；
- f) 车载移动 γ 谱仪分析测量核素组成；
- g) 风向、风速测量。

8.4 非放监测方案

非放射性环境监测包括环境敏感点和电厂排放口监测，监测对象主要是水质、大气、噪声和电磁辐射。监测布点尽量与运行前的环境本底监测布点保持一致。

1) 水质监测

为了进一步评估排水中含有的非放射性化学物质对附近水环境的潜在影响，在电厂排放口附近及部分环境敏感点进行非放射性污染物的监测，主要监测项目包括水温、pH 值、DO、浊度、盐度、COD、BOD₅、硼、余氯、氨氮、总磷、石油类、悬浮物、重金属等。

2) 大气环境监测

为了评估核电厂在正常运行期间非放射性物质排放对环境的影响，在厂址周围区域及部分环境敏感点进行非放射性污染物的监测，主要监测项目为二氧化硫（SO₂）、颗粒物（TSP、PM₁₀）、氮氧化物（NO₂）、一氧化碳（CO）等。

大气环境监测范围为以厂址反应堆为中心5km半径范围内，监测点位可分别设置在厂址附近敏感点、厂址所在地、主导风向上风向及下风向等点位，监测时间应选择当地有代表性的气象条件。

3) 噪声及电磁辐射监测

福清核电厂 5、6 号机组将定期对周围的噪声及电磁辐射情况进行监测。

4) 温排水监测

福清核电厂将制订温排水监测计划，定期对邻近海域的温排水进行监测。

在核电厂机组正常运行后，福清电厂将委托编制温排水监测方案并完成福清核电厂的

温排水监测；同时配合卫星过境时间，利用船只所携带的测量设备在福清核电厂排水口附近海域进行网格状的地面温排水实测，作为卫星遥感测量的补充。

8.5 质量保证计划

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，福清核电厂将按照国家和行业标准规范的要求，制订福清核电厂环境监测大纲并报上级主管部门批准，对福清核电厂区域环境辐射监测和流出物监测进行质量控制和质量

管理。

质量保证计划制定的主要依据是：

- GB 11216-89 《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》
- GB 8999-88 《电离辐射监测质量保证一般规定》

8.5.1 质量控制

8.5.1.1 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。

8.5.1.2 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。包括：
 - 为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；
 - 分析测量掺标样品或标准参考物质，以确定分析测量的准确度。分析测量时，采用与相应的待测样品相同的操作程序和修正已定的系统误差；
 - 分析测量空白样品。以发现和量度样品在预处理、分析测量过程中的沾污，并提供适当扣除本底的资料。空白样品与待测样品同时进行预处理和化学分析。
- 比对：为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性和可比性，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，同时还采取如下的检验措施以确保仪器在测量时仍然处于刻度时的良好状态：
 - 标准（参考）样品分析。
 - 放射性测量仪器每月至少进行一次本底、效率检验，并制作仪器本底、效率的控制图。
 - 对放射性测量仪器均每年进行一次以说明仪器计数是否满足泊松分布的 χ^2 检验。
 - 每月进行能量分辨率和能量刻度检验。
 - 所有放射性测量仪器，每年刻度一次，刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。
 - 对流量、压力、温度、重量等常规非放射性监测的仪表设备定期进行标定。

8.5.1.3 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。包括所有采样和分析测量仪器性能的检定、校准、检验和维修情况；质量控制样品分析和实验室间的比对情况；标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和掺标样品、载体和标准溶液的配制情况；计算机程序验证情况等。将有关质量控制文件长期保存；
- 进行数据统计学处理。包括数据可靠性分析；数据分布检验；中心值和分散度估计等。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果进行严格审核。审核人在审核报告上签字；对于异常结果，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。

8.5.2 质量管理

8.5.2.1 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；
- 统一的环境监测组织机构，对福清核电地区的环境监测进行统一管理；
- 设环境应急科科长及副科长、主管工程师、专业工程师。其中：
 - 环境应急科科长及副科长对环境监测计划的实施及其质量保证全面负责。
 - 主管工程师及专业工程师对其职责范围内的采样、样品处理、分析测量及数据处理与评价等各个环节的质量控制负直接责任。

8.5.2.2 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，制定了下列措施：

- 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核电站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 8.2-1 福建福清核电厂运行期间环境监测大纲

序号	调查对象		监测项目	监测频度	监测点位	布点数+对照点			
1	陆地环境 γ 辐射	连续监测	空气吸收剂量率	连续	厂区内 4 个 厂区外 7 个	11			
		剂量率	空气吸收剂量率	1 次/季	按 22.5°C 方位角布点近密远疏。 对照点在福州市	43+1			
		累积剂量	γ 辐射累积剂量	1 次/季	同上	43+1			
2	陆地介质	空气	气溶胶	总 α、总 β	1 次/月	厂区自建库、气象站旁、前薛村、东元村、西山村	5		
				γ 谱分析	1 次/月				
			沉降物	总 β、γ 谱分析 (当总 β 异常时,进行 ⁹⁰ Sr 分析)	1 次/季			厂区自建库、前薛村、东元村。 对照点在福清市福清核电生活区	3+1
			³ H 和 ¹⁴ C	¹⁴ C、HTO	1 次/季			厂区自建库、前薛村、东元村	3
		水	碘	I-131	月	厂区自建库、前薛村、东元村、西山村。	4		
			降水	³ H、γ 谱分析	1 次/季	厂区自建库、前薛村、东元村。 对照点在福清市福清核电生活区	3+1		
				地表水	³ H、γ 谱分析	1 次/半年	魏庄水库、官厅水库、华南河。 对照点在东圳水库	3+1	
				地下水	³ H、γ 谱分析	1 次/半年	气象站、EC-E1#~5#、虎邱村 对照点在福清市西楼村	7+1	
				饮用水	总 α、总 β、 ³ H、γ 谱分析	1 次/半年	前薛村、泽岐村。 对照点在福清市福清核电生活区	2+1	
			陆生生物	土壤	⁹⁰ Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	前薛村、韩瑤村、北岭村 文场村、下楼村	5	
				底泥		1 次/年	魏庄水库、官厅水库、华南河。	3	
				大米	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	江镜镇、江阴镇	2	
				红薯	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	三山镇	1	
				花生	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	三山镇	1	
			叶菜	¹⁴ C、I-131、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/半年	三山镇(空心菜)、 江镜农场(芹菜)	2		
			豆角	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进	1 次/半年	三山镇	1		

			行 Sr-90 分析)				
			水果	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	三山镇 (杨桃、甜瓜)	2
			肉类	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	三山镇 (猪肉、鸡肉)	2
			牛奶	¹³¹ I 及 γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	江境农场、福清东阁华侨农场	2
			淡水鱼	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	三山镇 (罗非鱼) 江境农场 (鲢鱼、草鱼)	3
			指示生物	¹⁴ C、γ 谱分析 (测出 Cs-137 时进行 Sr-90 分析)	1 次/年	三山镇 (相思树叶或木麻黄)	1
3	海洋介质	海水	γ 谱分析	1 次/年	以排水口为中心设置 5 个取样点	5	
			³ H	1 次/月	取水口与排水口	2	
		沉积物	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/年	同海水	5	
		生物样品	藻类	¹⁴ C、γ 谱分析	1 次/年	厂址周围 (海带)、小麦屿 (紫菜)	2
			贝类	¹⁴ C、γ 谱分析	1 次/年	沙埔镇 (贻贝)、东瀚镇 (蚬子)	2
			甲壳类	¹⁴ C、γ 谱分析	1 次/年	三山镇 (明虾)	1
			鱼类	¹⁴ C、γ 谱分析	1 次/年	三山镇 (乌母鱼)、江境镇 (红鱼)、 江境镇 (鲈鱼)	3
			软体类	¹⁴ C、γ 谱分析	1 次/年	三山镇 (章鱼)	1
			指示生物	¹⁴ C、γ 谱分析	1 次/年	三山镇 (牡蛎)	1

注：γ 谱分析的核素包括 ¹³⁷Cs、⁶⁰Co、⁵⁸Co、¹³⁴Cs、¹³¹I、^{110m}Ag、⁵⁴Mn、¹⁰⁶Ru、²²⁶Ra、¹¹⁴Ce、⁷Be、¹⁰³Ru、¹³³I、¹²⁴Sb 以及在 γ 谱仪上有明显特征峰的其他核素。

表 8.2-2 福清核电站厂外监测子站的基本信息表

点位	编号	方位	距离
前薛	EC4-5	NNE	1.8km
东元	EC4-6	N	10.5km
西山	EC4-7	E	5.3km
牛峰	EC4-8	SE	9.3km
江镜	EC4-9	N	12.9km
埭头镇	EC4-12	SSW	20.8km
小麦屿	EC4-13	WSW	2.9km

表 8.2-3 福清核电站环境实验室主要设备及性能参数

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量
	一、放射性测量仪表			
1.	高纯锗 γ 谱仪系统		套	3
1.1.	P 型同轴高纯锗探测器（P 型 HPGe）	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 测量能量范围：50keV~10MeV ◆ 相对测量效率：60% ◆ 能量分辨率：$\leq 2.1\text{keV}$（在 1.33MeV 处） 	套	2
1.2.	N 型同轴高纯锗探测器	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 测量能量范围：5keV~3MeV ◆ 相对测量效率：40% ◆ 能量分辨率：$\leq 2.1\text{keV}$（在 1.33MeV 处） 	套	1
1.3.	数字化谱仪	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 道数：8192 道或以上 	套	3
1.4.	屏蔽容器	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 屏蔽材料：10cm 厚老铅 ◆ 本底在 3cps 以下 	套	3
1.5.	核素导航软件及谱仪控制/分析软件	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 操作平台 ◆ 预置核素数据库至少包括 200 个核素 	套	1
1.6.	分析计算机	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 可进行计算机联网 ◆ 与测量主机间电缆不小于 10 米 	套	3
1.7.	参考源（系列点源）	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 可对全谱进行能量刻度 	套	1
2.	低本底 α/β 测量仪		套	3
2.1.	探测器	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 流气式正比计数器 ◆ 有效探测面积为 $\phi 50\text{mm}$ ◆ 探头个数：4 个测量通道 	套	6
2.2.	屏蔽测量室	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 由铅屏蔽体围成，铅室内衬不锈钢 	套	6

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量
		◆ 反符合效率>99.9%		
2.3.	VISTA2000	◆ 应用软件运行平台 ◆ 低本底 α、β 测量仪应用软件	套	3
2.4.	分析计算机	◆ 可进行计算机联网 ◆ 与测量主机间电缆不小于 10 米	套	3
2.5.	标定源	◆ 活性面积 φ50mm β 源： ⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Yα 源： ²³⁹ Pu 电镀源	套	1
3.	液体闪烁计数器		套	1
3.1.	液体闪烁计数器主机	◆ 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
3.2.	探测器部件屏蔽	◆ 测量室及光电倍增管用低放射性本底铅屏蔽 ◆ 配置反符合测量装置屏蔽环境本底 ◆ 使用静电消除器消除静电	套	2
3.3.	多道分析器	◆ 1024 道 ◆ 低能测量和高能测量，自动切换。	套	2
3.4.	分析计算机及软件	◆ 可进行计算机联网 ◆ 与测量主机间电缆不小于 10 米 ◆ 低本底液体闪烁计数系统应用软件	套	2
3.5.	淬灭标准源	◆ ³ H、 ¹⁴ C 系列淬灭源	套	2
4.	热释光剂量测量系统		套	2
4.1.	热释光剂量计读数器	◆ 自动/手动选择加热方式和升温程序 ◆ 自动选择/手动输入剂量计编号 ◆ 自动显示当前测量值	套	2
4.2.	热释光剂量探测元件	◆ 测量对象：γ、β ◆ 能量范围：γ 射线：30keV~3MeV β 射线：150keV~3MeV ◆ 探测下限：1×10 ⁻⁸ Gy	个	1200
4.3.	退火炉	◆ 设计温控：室温~450℃连续可调	套	2
4.4.	分析计算机及软件		套	2
5.	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%（1 ng/ml 测量）		
	二、通用分析仪表及设备			
6.	原子吸收光谱仪			
6.1.	主机	◆ 实时双光束系统，全自动八灯座，自动气体控制	台	1

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量
		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 可配单或多元素空心阴极灯 ◆ 波长范围：190~900nm ◆ 石墨炉和火焰原子吸收可方便转换 ◆ 石墨炉温度范围：室温~2600℃ 		
6.2.	冷却水循环系统	◆ 自带冷却水循环系统	台	1
6.3.	空气压缩机	◆ 排出主机中空气残油量：≤3ppm	台	1
6.4.	分析计算机及软件	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 选用市场主流配置计算机 ◆ 元素浓度分析测量应用软件 	套	1
7.	BOD 计	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 两层 180L ◆ 10℃~40℃连续可调 ◆ 精度±1℃ ◆ 可同时测定 6 支水样 	套	1
8.	COD 计	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 6 种波长（nm） ◆ 自动零点调节，自动空白值修正 	台	1
9.	溶氧仪	◆ 测量范围：0~19.99mg/l	台	1
10.	便携式酸度计	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 测量范围：pH：-2.000~19.999； ◆ 相对精度：pH：±0.002pH； 	支	2
11.	多功能酸度计（台式）	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 酸度测量范围：-2~+16pH ◆ 电导测量范围：1μS / cm~500mS/cm 	支	1
12.	便携式电导仪	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 电导率测量范围：10 μS/cm 到 200mS/cm； ◆ 电导率相对精度：0.5%或 0.01μS/cm； 	台	2
13.	测氯仪	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 测量精度：读数±2%，±0.005mg/L ◆ 测量范围：0~2.00mg/L ◆ 精度：±1mV 	台	1
14.	电子分析天平 1	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 最小读数：0.01mg/0.1mg ◆ 最大读数：80g/210g 	台	1
15.	电子分析天平 2	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 最小读数：0.1mg ◆ 最大读数：220g 	台	2
16.	程控马福炉	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 温度范围：100~1100℃ ◆ 容积(内腔)约为：29L 和 10L 两种 	台	5
17.	程控烘箱	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 容积分为 53L 和 116L 两种 ◆ 温度范围：室温~300℃ ◆ 精度小于 2℃ 	台	6
18.	离心机 1（小样品）	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 最高转速：8000rpm ◆ 容积：4×100ml 	台	1
19.	离心机 2（大样品）	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 最高转速：4000rpm ◆ 容积：4×250ml 	台	1

序号	设备名称	型号规格及主要技术特性	单位	数量
20.	过滤真空泵	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 真空度约：200mbar ◆ 抽气速度约：30L/min ◆ 重量≤5kg 	台	5
21.	超纯水制备装置	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 出水量：可达 2L/min ◆ 进水适用水类别：自来水 ◆ 出水水质：一级 	套	2

表 8.2-4 福清核电厂监督性监测子站基本信息表

序号	站址名称	方位	距离
Z1	赤礁	ESE	4.5 km
Z2	西山	E	5km
Z3	前薛	NE	2 km
Z4	东元*	NNE	11.2 km
Z5	江镜农场	N	10.5 km
Z6	前华小学	NNW	11.6 km
Z7	高岭中学	NW	14 km
Z8	下宅小学	WNW	12 km
Z9	黄岐小学	SW	19.8 km
Z10	北岭村	ENE	8.4km
Z11	小麦屿*	W	5.1 km

注：*表示与福清核电厂监测子站重合的点位

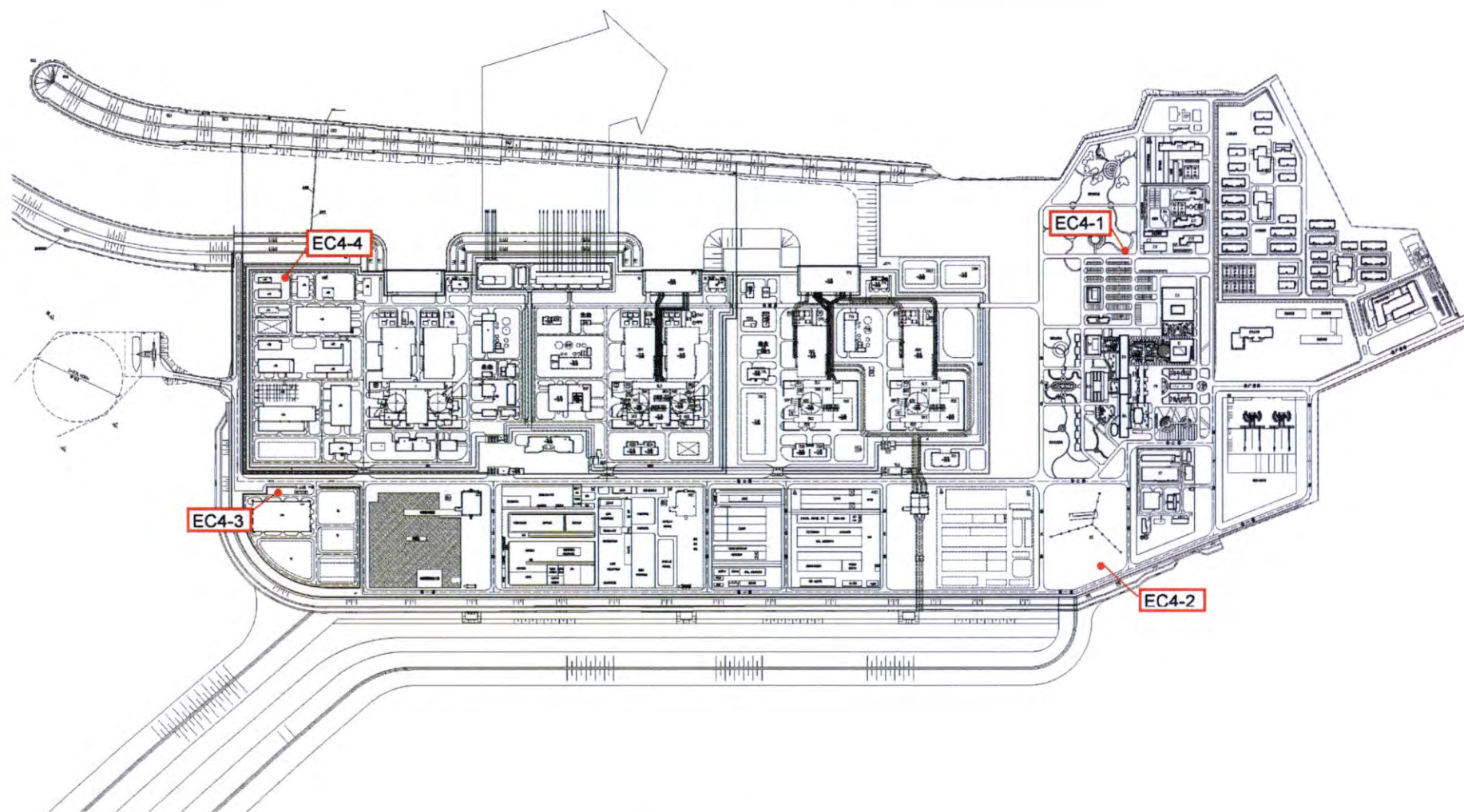


图 8.2-1 厂内环境 γ 辐射监测站拟选站址分布

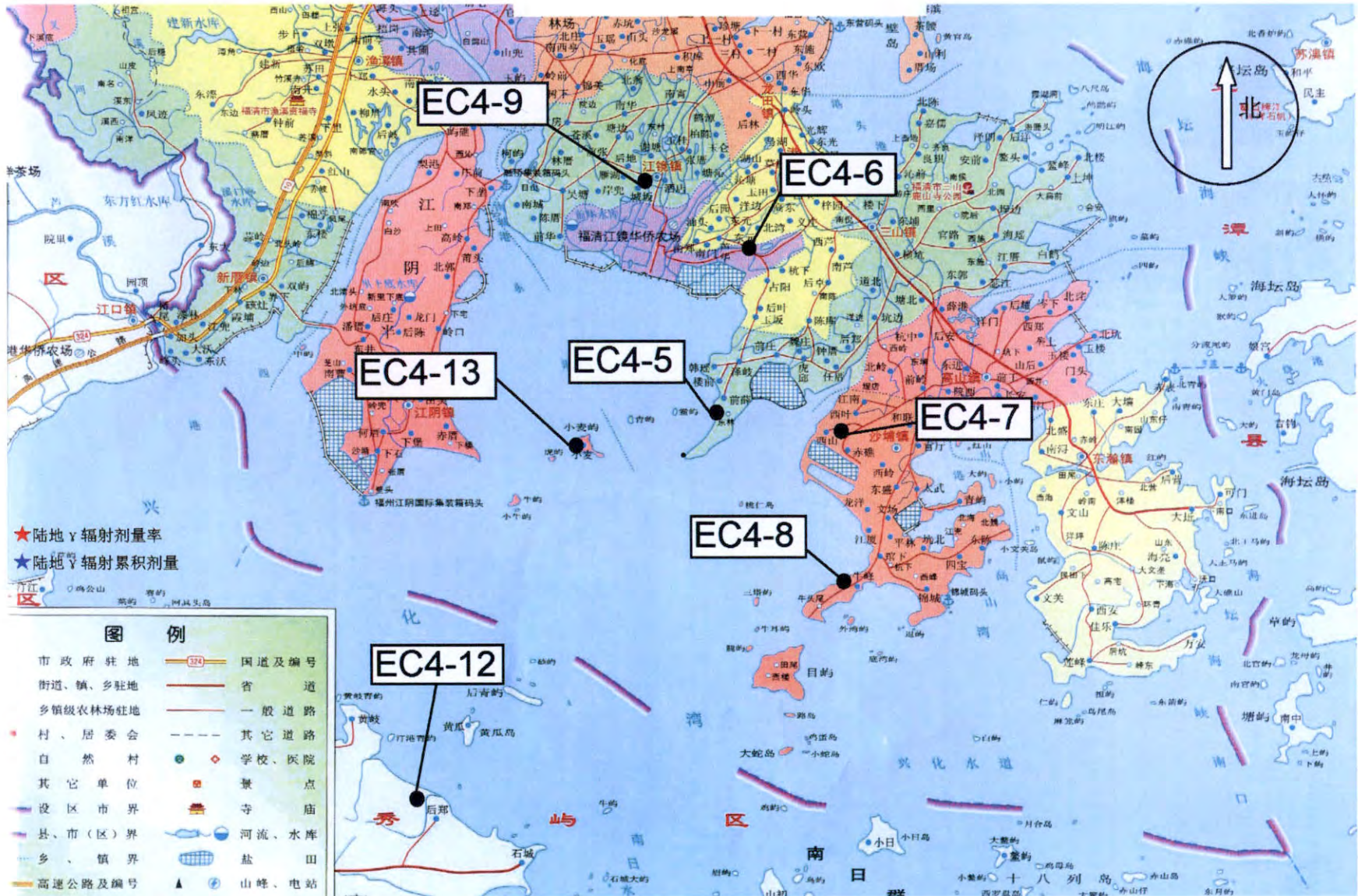


图 8.2-2 厂外环境 γ 辐射监测站拟选站址分布

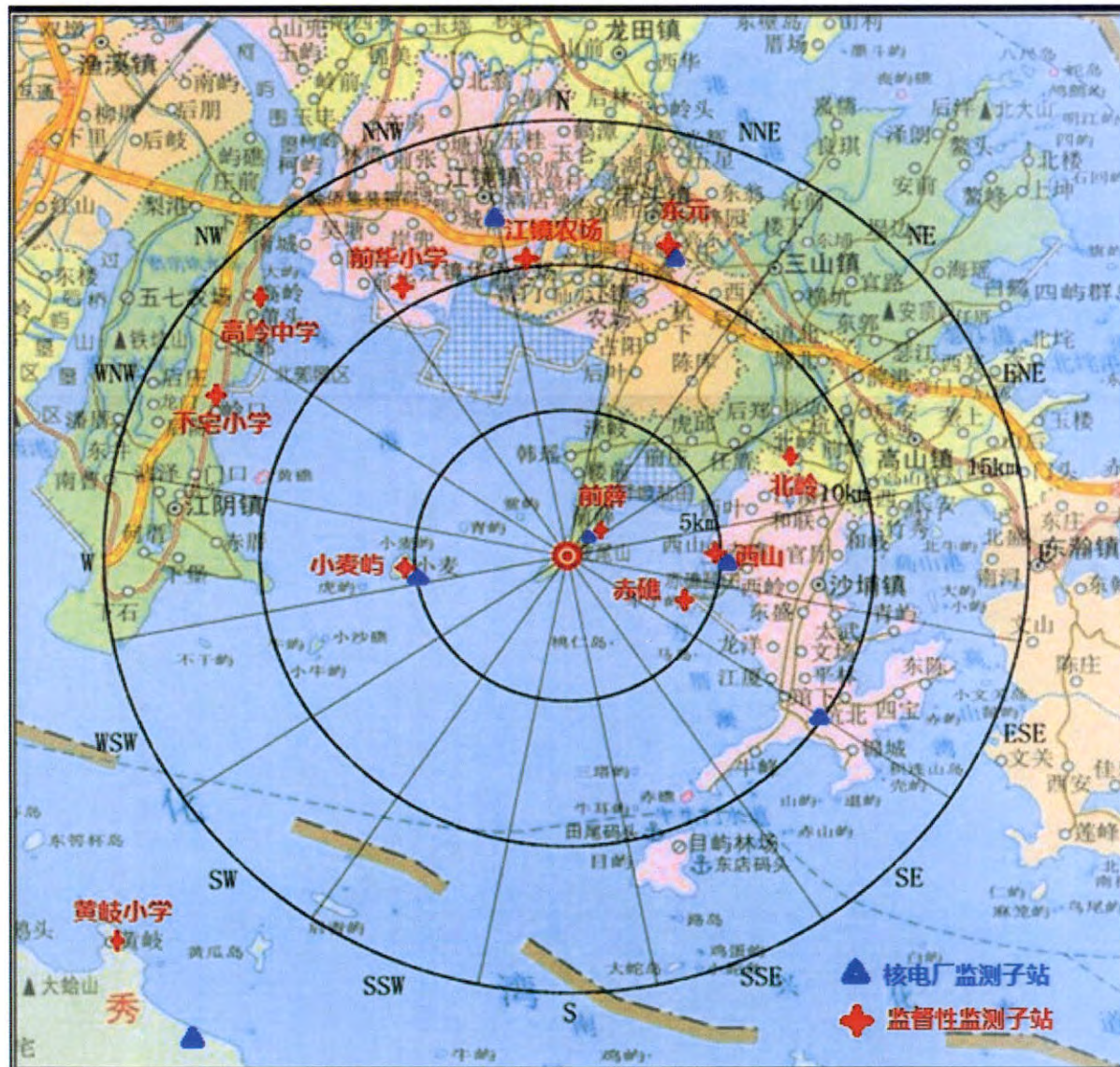


图 8.2-3 福清核电站监督性监测子站及核电站监测子站分布图

第九章 公众参与

目 录

9.1 公众参与的目的和作用	1
9.2 福建福清核电厂 1、2 号机组和 3、4 号机组已完成的公众参与工作	1
9.2.1 核电科普知识宣传	1
9.2.1.1 福清核电厂 1、2 号机组已完成的核电科普知识宣传工作	1
9.2.1.2 福清核电厂 3、4 号机组已完成的核电科普知识宣传工作	2
9.2.2 核电站现场考察	2
9.2.3 公开信息	3
9.2.3.1 福清核电厂 1、2 号机组已完成的公开信息工作	3
9.2.3.2 福清核电厂 3、4 号机组已完成的公开信息工作	3
9.2.4 问卷调查和回访	3
9.2.4.1 福清核电厂 1、2 号机组已完成的问卷调查和回访工作	3
9.2.4.2 福清核电厂 3、4 号机组已完成的问卷调查工作	4
9.2.5 公众参与座谈会	4
9.3 福清核电厂 5、6 号机组已完成的公众参与工作	5
9.3.1 公开信息	5
9.3.2 开展核电科普宣传活动	5
9.3.3 公众意见问卷调查	6
9.4 小结	7

图 表

表 9.3-1 问卷调查公众参与调查对象统计表

表 9.3-2 问卷调查公众参与调查结果统计表

图 9.3-1（1/2）第一次信息公告（报纸）

图 9.3-1（2/2）第一次信息公告（网络）

图 9.3-2（1/2）第二次信息公告（报纸）

图 9.3-2（2/2）第二次信息公告（网络）

图 9.3-3 核电专题科普讲座

图 9.3-4 第二届“魅力之光”杯全国中学生核电科普知识竞赛活动

图 9.3-5 周边学校中学生、村镇干部及村民走进核电厂活动

图 9.3-6 福清核电有限公司走进港头中学、华侨中学活动

图 9.3-7 《中国核工业报》“直击福清”栏目和福清核电专版

9.1 公众参与的目的和作用

公众参与是建设单位、环评单位同公众之间的一种双向交流方式，也是协调工程建设与社会影响的重要手段，根据《中华人民共和国环境影响评价法》的要求，除国家规定需要保密的情形外，环境影响评价报告书中必须要有公众参与的内容。根据《中华人民共和国环境影响评价法》第二十一条的规定，在建设项目批准立项前要举行论证会、座谈会，或采取其他形式，征求有关单位、专家和公众意见。2006 年 3 月 18 日开始实施的《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发 2006[28 号]）也为公众参与的具体操作方式提供了有效的依据。《核电厂环境影响评价公众参与实施办法》尽管还处于征求意见阶段，但其内容和要求为核电厂公众参与提供了更为明确和严格的实施细则。

本工程为扩建工程，在福清核电厂 1、2 号机组和 3、4 号机组选址阶段的环境影响报告书和建造阶段的环境影响报告书以及 1、2 号机组申请装料许可证阶段环评报告书中已根据《中华人民共和国环境影响评价法》的要求，进行了较为广泛、深入的公众参与宣传、调查和回访工作，并将对公众的广泛宣传和信息公开作为一种常态的工作贯穿于建造至运行的全过程。中华人民共和国环境保护部以环审【2008】3 号文同意在该厂址进行福建福清核电厂 1、2 号机组的建设，中华人民共和国环境保护部以环审【2010】433 号文也对福建福清核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（设计阶段）进行了批复，也认可了选址阶段和建造阶段的公众参与工作。因此，我们将基于 1、2 号机组和 3、4 号机组的公众参与基础上，来进行 5、6 号机组的公众参与工作。

9.2 福建福清核电厂 1、2 号机组和 3、4 号机组已完成的公众参与工作

福清核电厂一期工程 1、2 号机组和二期 3、4 号机组为福建福清核电厂的前两期工程，已经在选址阶段的环境影响报告书和建造阶段的环境影响报告书以及 1、2 号机组申请装料许可证阶段环评报告书中进行了广泛的公众参与工作。下面对福清核电厂 1、2 号机组和 3、4 号机组已完成的公众参与工作做一简单的总结。

9.2.1 核电科普知识宣传

9.2.1.1 福清核电厂 1、2 号机组已完成的核电科普知识宣传工作

2006 年 7 月福清核电有限公司购买了核电科普知识读物 1660 本，作为科普宣传的宣传手册发放给了厂址周围群众和相关人员；2006 年 7 月福清核电有限公司赠送给三山镇政府一套《训核记》光盘，由三山镇政府通过三山镇电视台进行播放，使核电站附近的公众了解核电的基本知识；2006 年，为消除福清核电站附近公众对建设核电站的恐惧或疑

虑，福清核电有限公司多次接受或主动邀请报社记者进行采访，积极宣传核电科普知识；2008 年 4 月和 5 月，福清核电有限公司开展了核电知识宣传活动，让周围公众了解核电知识，了解福清核电项目的进展。通过积极的核电知识宣传，使得福清核电厂周围的公众对核电的环保、经济性有了一定的了解，同时也初步消除了人们对核电站安全性等方面的疑虑，为核电站的建设打下了良好的公众基础。

9.2.1.2 福清核电厂 3、4 号机组已完成的核电科普知识宣传工作

2010 年 3 月 9 日上午，福清核电厂二期 3、4 号机组科普知识宣传讲座在福清市三山镇镇政府五楼会议室举行。来自福建省辐射环境监督站的专家朱耀明副站长为到场的镇政府工作人员及周边村镇干部近 50 人详细介绍了什么是核电站、核电站的安全性、核电站与环境的关系及核电环境管理等知识，引起了听众的极大兴趣和响应。福清核电有限公司设计管理处、设计处和政工办相关人员也参加了讲座，并现场对公众的提问进行了答疑。在活动过程中，工作人员还向公众发放了 100 余册核电知识科普宣传手册。

2010 年 3 月 9 日下午，朱耀明副站长还在厂址附近的前薛村小学为当地的高年级小学生及老师近百人宣讲了有关核电站的基本知识。专家针对小学生个人、家庭状况及前薛村的变化进行了一番浅显易懂的讲解，让在座的老师和小学生对核电有了更直观、更感性的认识。讲座结束后福清核电有限公司向前薛小学赠送了核电科普宣传手册 100 余册以及学习文具、书包等学习用品 300 余份。

2010 年 3 月 16 日至 25 日，福清核电科普知识宣传展览在三山镇政府所在地进行，展览采用了大量生动的图片展现了有关核电站的基本原理和知识、党和国家领导人对核电发展的关心和支持、核能是当今世界能源发展的趋势、核电对经济发展的贡献和对教育的支持、核电的安全性及与对环境的影响的等内容，重点体现了核电绿色、安全、高效、清洁的特点。展览吸引了大量的群众前来参观，期间还发放核电科普宣传册 200 余本。

9.2.2 核电站现场考察

为使公众进一步了解核电，福清核电有限公司分别于 2006 年 6 月 25~27 日和 7 月 19~21 日组织了二批考察团，前往秦山核电基地进行了实地考察。二批考察团的成员包括了福清市人民政府和各部门代表、相关企事业单位代表以及厂址附近的村民代表。考察团不仅参观了核电厂，还考察了核电厂周围的村庄，以及海盐县的情况。通过参观了解，考察团对核电站的知识和安全性、以及核电站的建设和发展对地方的社会、经济、环境的影响有了进一步的认识。并逐步消除了部分厂址附近居民担心核电站不安全、会发生核爆炸、核泄

漏的恐惧心理。

9.2.3 公开信息

9.2.3.1 福清核电厂 1、2 号机组已完成的公开信息工作

福清核电有限公司于 2006 年 8 月 16 日通过福清市政府网站向公众做了第一次信息公告；并且于 2006 年 8 月 22 日，分别在福州日报和福州晚报上公示了第一次信息公告。公示后接到了公众的咨询电话和来信，工作人员均给予了相应答复，使咨询公众满意。

福清核电有限公司于 2006 年 8 月 31 日通过福清市政府网站向公众做了第二次信息公告；并且于 2006 年 9 月 5 日，分别在福州日报和福州晚报对第二次公告进行了公示。

与此同时，福清核电有限公司还在公司外部主页上开通了公众参与窗口，对选址阶段公众关心的问题长期征询公众意见，同时通过网站宣传核电知识、介绍福清核电建设进展。根据网站统计，有 80% 以上的公众已了解核电、认识核电，并对建设福清核电项目持积极支持态度。

2011 年 2 月~3 月，福清核电有限公司分别在《福州日报》和《福州侨乡报》上刊登了福建福清核电厂 1、2 号机组申请首次装料阶段的公众参与信息公告，与此同时在公司外网上发布了本阶段的环评简本，以便公众查询并接受公众意见反馈。在信息公告期间，共收到群众四封电子邮件，福清核电公司及时、认真的进行了答复，消除了群众的疑问，加深了群众对核电理论知识的了解。

9.2.3.2 福清核电厂 3、4 号机组已完成的公开信息工作

2010 年 3 月 10 日，福清核电有限公司分别在《福州日报》和《福清侨乡报》刊登了《福建福清核电厂 3、4 号机组工程环境影响评价（设计阶段）公众参与信息公告》，公众通过此信息公告详细了解了项目概况、环境影响评价的内容以及反馈意见的渠道。福清核电有限公司还将此信息公告与《福清核电 3、4 号机组环评报告（简本）》、《公众调查问卷》等在公司外部网页刊登，以便公众查询并接受公众意见反馈。

9.2.4 问卷调查和回访

9.2.4.1 福清核电厂 1、2 号机组已完成的问卷调查和回访工作

福清核电有限公司于 2006 年 5~8 月份分两次在评价范围内进行了问卷调查。调查对象主要是厂址附近 40km 范围内的公众，按照随机发放的原则，共发放调查表 250 份，收回调查表 182 份，调查对象职业覆盖了国家公务员、工矿企业干部及工人、学生及教师、务工人员 and 商贩、厂址周围农民等。

通过问卷调查结果了解到，77.9%的人对福清核电厂 1、2 号机组的建设表示支持，11.6%的人表示无所谓，仅有 10.5%的人表示反对，占较小的份额。公众主要关注核电站的环境保护和安全问题，对此，建设单位在核电站的环保、安全设施的设计、建造和运行等方面予以了重视。同时，福清核电有限公司还积极加强对公众的核电知识的宣传和普及，争取更多公众支持和理解核电事业。

2008 年 4 月，福清核电有限公司对公众征询意见活动中持有反对或不支持意见的公众以电话沟通、当面谈话、上门拜访等方式进行了回访。回访中反映出人们之所以持反对意见主要是担心核泄漏、辐射等影响公众安全的因素，另外还有担心台海战争引起的核电站安全问题。经过福清核电有限公司专业人员的耐心解释，大部分人表示虽然还有点担心，但支持核电项目。

另外，考虑到江阴镇小麦村的特殊情况，福清核电有限公司还于 2008 年 4 月 11 日组织专业人员对江阴镇小麦村（小麦村所在的小麦岛四面临海，面积约 0.8 平方公里，常住人口约 500 人）进行了核电知识宣传，并进行了公众问卷调查。通过问卷调查结果了解到，人们对核电的建设是比较认可、理解和支持的。公众主要关注核电站的环境保护和安全问题。

9.2.4.2 福清核电厂 3、4 号机组已完成的问卷调查工作

福清核电有限公司在 2010 年 3 月 9 日和 3 月 16 日进行的核电科普知识宣传、讲座的活动中，还同时发放了调查问卷，并进行了回收和总结。此次文件调查过程中调查对象主要集中在厂址半径 10km 范围内，并以三山镇的公众为主，调查对象职业主要为政府工作人员、教师、农民等，活动中共发放调查表 200 份，并收回 161 份，总体回收率为 80.5%。

通过问卷调查结果了解到，85.7%的人对本工程的建设表示支持和赞同，比 1、2 号机组的 77.9%的支持率有提高。公众主要关注核电站的环境保护、质量安全和信息公开问题。

通过两次调查问卷结果了解到，当地公众对核电认识在进一步提高，对核电建设所持的态度也由怀疑、误解、担心逐渐转变为信任、理解和支持。同时，公众也更多地把关注力转向了核电工程的建设质量、环保等问题。

9.2.5 公众参与座谈会

2006 年 9 月 21 日，福清核电有限公司筹备处在福清市政府圆型会议室召开环境影响评价公众座谈会。参加公众座谈会的主要人员有：离福清核电厂址最近的前薛村村民代表、三山镇的代表及福清市公职人员代表、教师代表等共 20 人。通过座谈会上的沟通，消除

了公众对核电站的一些认识上的误解，公众代表比较满意。

9.3 福清核电厂 5、6 号机组已完成的公众参与工作

9.3.1 公开信息

2011 年 2 月 21 日，福清核电有限公司分别在《福州日报》和《福清侨乡报》刊登了针对 CP1000 机型的《福建福清核电厂 5、6 号机组工程环境影响评价（设计阶段）公众参与与信息公告》，公众通过此信息公告详细了解了项目概况、环境影响评价的内容以及反馈意见的渠道。同时此次信息公告与“福建福清核电厂 5、6 号机组环境影响报告书简本”在福清核电有限公司外部网页刊登，以便于公众查询并反馈意见。在信息公告期间，共收到群众来信四封（电子邮件），群众主要关心如下问题包括村民搬迁情况、环境影响报告书全文、福清核电厂抗震设计、福清核电厂的厂址地震发生概率等，福清核电有限公司都及时、认真的进行了回复和解答。

2013 年 2 月 25 日，福清核电有限公司在《福州日报》上刊登了针对“华龙一号”机型的《福建福清核电厂 5、6 号机组工程环境影响评价（设计阶段）公众参与第一次信息公告》，向公众详细介绍了本项目的基本信息、环境影响评价的主要内容，并给出了意见反馈方式以便公众进行联系。此外，在福清核电有限公司外部网页上也刊登了本次信息公告。见图 9.3-1。

2013 年 5 月 13 日，福清核电有限公司在《福州日报》上刊登了针对“华龙一号”机型的《福建福清核电厂 5、6 号机组工程环境影响评价（设计阶段）公众参与第二次信息公告》，增加了对项目环境影响和应对措施的描述，并向公众提供查阅环境影响报告书简本的方式和期限。此外，在福清核电有限公司外部网页上也刊登了本次信息公告及环境影响报告书简本。见图 9.3-2。

9.3.2 开展核电科普宣传活动

2013 年 4 月 9 日，为了让公众进一步加深对核电的了解，福清核电有限公司邀请到中国核电工程有限公司的有关专家在三山镇镇政府举办了核电专题科普讲座，来自福清市三山镇和港头镇的 100 余名群众参加了本次讲座。专家从核电发展历程、核电效益、核电技术与安全以及公众关注的热点问题展开介绍，并紧密结合了福清核电 5、6 号机组技术特点，现场群众积极进行讨论并填写了调查问卷。通过与现场群众的沟通交流，在普及核电知识的同时也提高了群众的参与度，讲座效果良好。见图 9.3-3。

2014 年 4 月 17 日至 7 月 15 日，福清核电有限公司组织地方 7 所中学共计 4595 人次

参加第二届“魅力之光”杯全国中学生核电科普知识竞赛，向中学生广泛进行核电科普知识宣传。活动情况见图 9.3-4。

2014 年 5 月 13 日和 14 日，福清核电有限公司积极筹划，邀请周边学校的中学生、村镇干部及村民走进核电厂，近距离地了解核电，力求达到“受教一人、带动一家、联动一片”的宣传效果。活动情况见图 9.3-5。

2014 年 5 月 13 日和 19 日，福清核电有限公司分别走进港头中学、华侨中学的课堂，向一千五百余名中学生讲解核电科普知识。讲座从世界核电发展概况、核电在中国的发展、未来核电发展趋势、核电安全文化、认识核电和保护环境等方面介绍核电知识。在交流互动环节，学生们积极提问发言，现场气氛十分热烈。同时，讲座期间发放了 350 余份公众调查问卷，并且现场配合发放了《核电科普宣传手册》、福清核电宣传折页、“华龙一号”宣传折页以供大家学习阅读。活动情况见图 9.3-6。

2014 年 5 月，为深化科普活动的影响力，在充分调研的基础上，福清核电有限公司在龙江公园门前设立科普宣传栏，定期更换宣传栏内容，让居民参与健身的同时可以更多地了解核电科普知识，强化居民的科教意识。同时，在各学校的走廊橱窗中挂上科普知识宣传栏，让学生课余之时能补充最新的核电知识，更好地将核电知识传递给亲朋好友。

2014 年以来，福清核电有限公司在《中国核工业报》开辟了“直击福清”栏目和福清核电专版，定期推出有关福清核电的系列报道，同时积极与当地主流媒体合作，借助主流媒体的力量，扩展公众宣传的广度，延伸公众宣传的深度，加大公众宣传的力度。内容示例见图 9.3-7。

9.3.3 公众意见问卷调查

（1）调查问卷发放

本次调查问卷发放范围为厂址半径 80km 评价范围内，并以三山镇的居民为主。三山镇及港头镇位于厂址半径 15km 范围内，人口数分别占该范围内总人口数的 20%、18%，人口较密集，并且距厂址最近的行政村为三山镇前薛村，因此选取三山镇及港头镇作为重点调查地区。

（2）问卷调查结果统计及分析

活动共发放 500 份调查问卷，回收 458 份，总体回收率为 91.6%。对调查对象进行了统计分析，具体情况见表 9.3-1。问卷调查结果见表 9.3-2。

通过调查结果统计可知：

- 对本地区环境质量现状满意度调查显示，77.7%的公众选择了较满意，14.4%的公众选择了很满意；

- 对核电项目施工期间对本地区环境质量造成的影响调查中，66.2%的公众选择了影响较小，26.2%的公众选择了影响一般，仅有 3.1%的公众认为核电项目施工期间对当地环境影响较大；

- 对核电工程施工期间对环境的主要危害的调查显示，公众认为较大的危害主要是放射性污染、生态污染及水污染，分别有 28.2%、21.6%、16.2%的公众选择，另有 20.1%的公众不清楚核电工程施工期间的环境危害；

- 89.1%的公众都认为核电工程建设期间对公众生活影响较小，并有 80.3%的公众认为核电对当地经济的发展有较大推动；

- 在对本项目的支持度调查中，87.3%的公众支持在本地区建造核电项目，有三位持不支持态度，其中两位在从环保角度出发、对核电项目支持态度的调查中，提出了不赞成。这三名群众提出反对意见的主要原因是由于对核事故的恐惧心理，福清核电有限公司在公共宣传中加强了核能安全性方面的介绍与阐述，努力消除群众的恐核心理；

- 针对核电项目的环保，公众主要提出了以下几方面的建议：

- 加强环境保护力度、加大环保设施的投入，做好环境监测工作，并公开监测结果，赋予群众知情权；
- 加大核电知识宣传力度，建议重点介绍核电厂辐射防护与环境保护的举措，以及核电厂冷却水排入海中对渔业和养殖业的影响；
- 保证工程质量，确保技术先进性，并要注重施工期间的环境保护与安全管理。

通过此次问卷调查的结果可知，当地群众对核电建设总体上持支持态度，并肯定了核电对当地经济发展的推动作用。公众目前关注的重点仍然是核电对环境带来的影响，调查结果也反映出公众对核电工程质量的关切和重视。

9.4 小结

福清核电站已经完成了较为详尽的公众参与工作，取得了绝大多数公众对福清核电站建设的认可、理解和支持，为福清核电站 5、6 号机组的建设打下了良好的公众基础。通过所开展的公众参与工作可知，公众主要关注核电厂的环境保护和质量安全等问题。福清

核电有限公司将继续积极加强对公众的核电知识的宣传和普及，切实提高公众对核能的认识，重视公众提出的各方面建议与疑问，坚决做好核电与周边政府及群众的沟通工作，争取获得更多公众对核电事业的支持和理解。

表 9.3-1 问卷调查公众参与调查对象统计表

结构组成	类别	人数, 人	比例, %
性别	男	325	71%
	女	133	29%
年龄	20 岁及以下	44	9.6%
	21-40 岁	185	40.4%
	41-60 岁	206	50.0%
	不详	23	5.0%
文化程度	大专及以上	182	39.7%
	高中及中专	138	30.1%
	初中	92	20.1%
	初中以下	7	1.5%
	不详	39	8.5%
职业	政府工作人员（包括村干部）	150	32.8%
	教师	18	3.9%
	农民	73	15.9%
	医生	6	1.3%
	其他	211	46.1%

表 9.3-2 问卷调查公众参与调查结果统计表

调查内容	意见	统计情况	
		人数, 人	比例, %
您对本地区环境质量现状是否满意	很满意	66	14.4%
	较满意	356	77.7%
	不满意	30	6.6%
	很不满意	6	1.3%
根据您的掌握的情况, 认为本项目施工期间对本地区环境质量造成的影响	较大	14	3.1%
	一般	120	26.2%
	较小	303	66.2%
	不清楚	21	4.6%
您认为本工程施工期间对环境的主要危害是	大气污染	25	5.5%
	水污染	74	16.2%
	放射性污染	129	28.2%
	噪声污染	45	9.8%
	生态污染	99	21.6%
	不清楚	92	20.1%
本工程建设期间对公众生活有何影响	影响较大	24	5.2%
	影响较小	408	89.1%
	无影响	26	5.7%
您认为本项目是否有利于推动当地经济的发展	有较大推动	378	82.5%
	一般推动	72	15.7%
	无明显效益	8	1.7%
您是否支持在该地区建造本项目? 请简要说明原因。	支持	400	87.3%
	无所谓	58	12.7%
	不支持	3	0.7%
从环保角度出发, 您对本工程持何中态度? 简要说明原因。	坚决支持	315	68.8%
	有条件赞成	123	26.9%
	无所谓	18	3.9%
	不赞成	2	0.4%
您对该项目环保方面有何建议和要求	1) 加强环境保护力度、加大环保设施的投入, 做好环境监测工作, 并公开监测结果, 赋予群众知情权; 2) 加大核电知识宣传力度, 建议重点介绍核电厂辐射防护与环境保护的举措, 以及核电厂冷却水排入海中对渔业和养殖业的影响; 3) 保证工程质量, 确保技术先进性, 并要注重施工期间的环境保护与安全管理。		



图 9.3-1 (1/2) 第一次信息公告 (报纸)



图 9.3-1 (2/2) 第一次信息公告（网络）



以相亲为诱饵 骗入传销组织

一广东籍男子拒交入会费被打死, 案件告破 42 名嫌犯落网

【本报综合报道】近日，警方破获一起以相亲为诱饵，将人骗入传销组织的案件。一名广东籍男子因拒绝缴纳入会费，被传销组织成员殴打致死。目前，42名涉案嫌犯已被警方抓获。

据警方介绍，该传销组织以“相亲”为名，通过网络平台招募成员。组织成员通过发展下线，收取入会费，并承诺提供高薪工作和培训机会。然而，一旦成员缴纳费用，就会被带到偏僻地点，接受所谓的“培训”和“洗脑”。

4月29日，一名广东籍男子因拒绝缴纳入会费，遭到组织成员的殴打，最终不治身亡。警方接到报案后，立即展开调查，并于近日成功破案，抓获了42名涉案嫌犯。

96 岁老人出门迷路 好心的哥免费送回家

【本报综合报道】近日，一名96岁老人出门迷路，被一名好心的出租车司机免费送回家。老人因年龄较大，行动不便，司机在发现老人迷路后，主动停车并帮助老人寻找家人。

据老人家属表示，老人因身体不适，独自出门散步，结果迷路在街头徘徊。出租车司机在行驶过程中发现老人，立即停车询问情况。司机在得知老人迷路后，主动将老人送回家，并帮助老人联系了家人。

强台风应警惕

【本报综合报道】近日，强台风来袭，市民应提高警惕，做好防风防雨准备。相关部门提醒市民，台风期间应避免外出，并注意检查房屋安全。

气象部门表示，强台风将给沿海地区带来强风暴雨，并可能引发风暴潮。市民应密切关注天气预报，做好防风防雨准备。相关部门提醒市民，台风期间应避免外出，并注意检查房屋安全。

西庄路绿化带 杂草长了 2 米高



【本报综合报道】近日，西庄路绿化带杂草丛生，高达2米。相关部门提醒市民，绿化带杂草不仅影响美观，还可能对行人安全造成威胁。相关部门表示，将尽快组织人员进行清理。

据市民反映，西庄路绿化带杂草丛生，高达2米，严重影响行人安全。相关部门表示，将尽快组织人员进行清理，确保道路畅通和行人安全。

小吃摊围堵公交站

【本报综合报道】近日，小吃摊围堵公交站，影响市民正常出行。相关部门提醒市民，小吃摊应规范经营，不得占用公共空间。相关部门表示，将加强对小吃摊的规范管理。

据市民反映，小吃摊围堵公交站，严重影响市民正常出行。相关部门表示，将加强对小吃摊的规范管理，确保公共空间畅通。

考试季到了 保健品热销

【本报综合报道】近日，考试季到了，保健品热销。国家食药监总局提醒市民，保健品不能替代药品，市民应谨慎购买。相关部门提醒市民，应选择正规渠道购买保健品。

据市民反映，考试季到了，保健品热销。国家食药监总局提醒市民，保健品不能替代药品，市民应谨慎购买。相关部门提醒市民，应选择正规渠道购买保健品。

福建福清核电厂 5、6 号机组工程环境影响评价(设计阶段)公众参与第二次信息公告

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》(环保部令第3号)和《环境影响评价公众参与指南》(环发[2013]103号)的要求，建设单位福建福清核电厂5、6号机组工程环境影响评价(设计阶段)公众参与第二次信息公告如下：

一、项目概况

1.1 项目名称：福建福清核电厂5、6号机组工程

1.2 建设单位：中核福清核电有限公司

1.3 建设地点：福建省福清市核电厂址

1.4 环境影响评价范围：核电厂址周边半径5公里范围内

1.5 环境影响评价工作进度：2013年6月13日至2013年6月20日

二、公众参与的方式和程序

2.1 公众参与的方式：问卷调查、座谈会、听证会、网络公示等

2.2 公众参与的程序：发布第二次信息公告、开展问卷调查、召开座谈会、召开听证会、网络公示、编制公众参与报告

三、公众参与的内容

3.1 环境影响评价的范围和评价因子

3.2 环境影响评价的工作程序

3.3 环境影响评价的结论

四、公众参与的意见和建议

4.1 公众参与的意见和建议的收集

4.2 公众参与的意见和建议的处理

五、公众参与报告编制

5.1 公众参与报告编制的内容

5.2 公众参与报告编制的时间

六、公众参与报告编制单位

6.1 公众参与报告编制单位名称

6.2 公众参与报告编制单位地址

6.3 公众参与报告编制单位电话

6.4 公众参与报告编制单位邮编

6.5 公众参与报告编制单位电子邮箱

6.6 公众参与报告编制单位网站

6.7 公众参与报告编制单位负责人

6.8 公众参与报告编制单位联系人

6.9 公众参与报告编制单位联系电话

6.10 公众参与报告编制单位联系邮箱

6.11 公众参与报告编制单位联系地址

6.12 公众参与报告编制单位联系邮编

6.13 公众参与报告编制单位联系网址

6.14 公众参与报告编制单位联系QQ

6.15 公众参与报告编制单位联系微信

6.16 公众参与报告编制单位联系微博

6.17 公众参与报告编制单位联系其他

图 9.3-2 (1/2) 第二次信息公告 (报纸)

福清5、6号机组设计阶段第二次信息公告

- 中核集团董事长、党组书记孙勤视察福清核电项目
- 福清核电500kV开关站倒送电一次成功 [2013-05-02]
- 福清核电1号机组二回路水压试验顺利完成 [2013-04-26]
- 福清核电30kV主行车吊装就位 [2013-04-26]
- 公司举办安全警示教育培训 [2013-04-26]
- 让读书成为一种习惯 [2013-04-23]
- 国家核电技术有限公司顾军总经理一行访问福清核电 [2013-04-22]
- 福核青年讲坛开讲了 [2013-04-19]
- 中广核集团公司原董事长管云龙一行到福清核电调研 [2013-04-16]

图 9.3-2 (2/2) 第二次信息公告（网络）



图 9.3-3 核电专题科普讲座



图 9.3-4 第二届“魅力之光”杯全国中学生核电科普知识竞赛活动



图 9.3-5 周边学校中学生、村镇干部及村民走进核电厂活动



图 9.3-6 福清核电有限公司走进港头中学、华侨中学活动



图 9.3-7 《中国核工业报》“直击福清”栏目和福清核电专版

第十章 电厂建设和运行的效益分析

目 录

10.1 利益分析	1
10.1.1 核设施产品（发电）带来的利益	1
10.1.2 设施建设运行带来的连带利益	1
10.2 代价分析	1
10.2.1 直接代价	1
10.2.2 间接代价	2
10.3 代价效益分析	2
10.3.1 经济效益	2
10.3.2 社会效益	2
10.3.3 环境效益	2
10.4 结论	3

10.1 利益分析

10.1.1 核设施产品（发电）带来的利益

(1) 福建福清核电厂规划容量为 $6 \times 1000\text{MW}$ 级核电机组，一次规划分期建设。5、6 号机组采用中核集团自主创新的三代百万千瓦级压水堆核电机组，建设规模为 $2 \times 1160\text{MW}$ 。设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。工程投产后，每年可向华东电网送电约 150.22 亿度。

(2) 每年向国家和地方上缴上亿元的税金。

(3) 据财务分析结果，工程投产后在 30 年经济评价期内资本金内部收益率为 9%，有较好的经济效益。

10.1.2 设施建设运行带来的连带利益

(1) 福建省地处我国华东地区，是我国经济比较发达、综合经济实力较强的省份之一。但是，由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民的需要，因此，福建福清核电厂 5、6 号机组的建设可以在 1-4 号机组建设的基础上更好地缓解福建省电力不足的困难局面，促进该地区的工业发展。

(2) 华东电网电源主要是燃煤的火电机组，但是，燃煤供应、铁路运输和港口装卸却很难满足要求。福建福清核电厂 5、6 号机组 $2 \times 1160\text{MW}$ 机组的投产将进一步有效地解决能源供求矛盾，减轻燃煤运输和环境影响的压力。

(3) 建设期间可提供几万人年的就业机会。

(4) 据财务分析结果，工程投产约 14 年后可全部偿还国内和国外的贷款本息。

(5) 福建福清核电厂 5、6 号机组的建设将进一步有利于当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快华东地区的经济发展具有重要意义。

(6) 福建福清核电厂 5、6 号机组的建设将充分利用现有资源，采用国内外成熟的核电设计、制造技术，自主创新，大力推进我国核电品牌自主化的进程，从而全面推动我国核电事业的发展，促进民族工业的振兴。

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

福建福清核电厂 5、6 号机组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、联合试运转费等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。其中包括环

保设施的建设投资。

电厂运行期间，每年需要投入一定的资金，用来支付核燃料、基本折旧、摊销、运行维护、乏燃料后处理和放射性废物处置基金、退役基金等费用。

福建福清核电厂 5、6 号机组直接和间接用于环境保护的费用占项目计划总资金约 5% 左右。

10.2.2 间接代价

福建福清核电厂 5、6 号机组为福建福清三期工程，虽然本期不需要新增征地，但厂区、生活区需要长期征用大量的土地。

按规定，在核电站外边界半径 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。

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、少量有毒化学品和放射源的使用、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。但是由于在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

10.3 代价效益分析

10.3.1 经济效益

按 30 年经济寿期平均计算，福建福清核电厂 5、6 号机组项目资本金内部收益率为 9%，其经济效益在电力行业里属中等水平。

10.3.2 社会效益

福建福清核电厂 5、6 机组的建设，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，推动当地的经济发展，提高人民的生活水平。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，从而全面推动我国核电事业的发展。核电站项目投资大，建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题，有利于社会的安定团结。

10.3.3 环境效益

从本报告书第六章可以看到，福建福清核电厂 5、6 号机组正常运行情况下，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很小。在核电厂设计基准事故情况下，厂址周围个人和公众可能受到的最大个人有效剂量和甲状腺当量剂

量小于规定的控制值（见第七章）。初步测算，1000MW 核电发电机组替代相应容量脱硫煤发电机组后，可以减少 SO₂ 年排放量约 0.19×10⁴t、NO₂ 年排放量约 1.13×10⁴t、CO₂ 年排放量约 552×10⁴t。同释放大量飘尘二氧化硫造成酸雨、释放二氧化碳造成温室效应和需要庞大排灰场地的燃煤电厂相比，核电厂毫无疑问是一种洁净能源。

10.4 结论

从以上分析可以得出结论：福建福清核电厂 5、6 号机组是经济的、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。福建福清核电厂的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十一章 结论与承诺

目 录

11.1 结论	1
11.1.1 核电厂工程	1
11.1.2 环境保护措施	2
11.1.3 放射性物质排放	4
11.1.4 辐射环境影响评价结论	4
11.1.4.1 运行状态下的辐射环境影响	4
11.1.4.2 事故工况下的辐射环境影响	4
11.1.5 非放环境影响评价结论	6
11.1.5.1 施工建设过程对环境的影响	6
11.1.5.2 运行期间对环境的影响	7
11.2 承诺	9

11.1 结论

11.1.1 核电厂工程

福清核电厂 5、6 号机组属续建工程，与 1-4 号机组属于同一个厂址，厂址位于福建省福清市三山镇西南前薛村的岐尾山前沿，厂址地处突入兴化湾的岐尾山，北、南、西三面环海，东北侧与陆地连接。厂址北距省会福州市 71km，距长乐市 58km，距福清市 32km。

福建福清核电厂规划容量为 6×1000MW 级压水堆核电机组，采用一次规划，分期建设模式。其中 1、2 号机组已于 2008 年 11 月 28 日开工建设，现处于装料阶段。福清 3、4 号机组正在建设两合同堆型百万千瓦级压水堆核电机组。本期工程（5、6 号机组）申请建设 2×1000MW 级“华龙一号”核电机组。“华龙一号”机组定位为自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组，“华龙一号”核电技术充分吸收借鉴国家引进的三代核电技术，充分汲取福岛事故经验反馈，设计和建造将按国家要求执行“最先进的标准”，满足国家核安全局已颁发的现行有效的核安全法规和核安全导则的要求，同时参照国际原子能机构所颁布的最新安全标准的要求，设计和建造执行的法规和标准能够确保核电厂构筑物、系统和设备的安全性达到或满足国际上核电发达国家的法规和标准要求。“华龙一号”核电技术充分考虑了运行和在建核电厂已有的设计、建造和运行经验，具备自主设计能力与知识产权。

“华龙一号”技术方案具有如下主要特点：

- 设计上采用确定论、工程判断和概率论相结合的方法，符合国家核安全法规的要求；
- 反应堆压力容器 neutron 测量管布置在上封头，提高了反应堆压力容器结构的安全性，降低事故工况下下封头失效的概率；
- 堆芯采用 177 组燃料组件方案；
- 采用先进燃料组件，换料周期为 18 个月；
- 采用单堆布置方案，更好的实现实体隔离，减少机组间的相互影响，便于电厂建造、运行和维护，提高核电厂址方案选择的灵活性；
- 采用双层安全壳并增大安全壳自由容积，提高设计基准事故和严重事故下安全壳作为第三道屏障的安全性；
- 采用全数字化仪控系统和先进的主控室设计，具有良好的人机接口；
- 反应堆压力容器和双层安全壳设计寿命为 60 年，同时考虑完善的电厂老化管理措施，通过必要的维修和更换使电站设计寿期达到 60 年，以提高电站的经济性和安全性；
- 电站平均可利用率大于等于 90%；

- 标准设计地震输入采用地面最大加速度 0.3g；
- 采用抗商用大飞机撞击设计；
- 采用比较完善的严重事故预防和缓解措施：
 - ① 考虑能动与非能动相结合的堆腔注水冷却方案，防止堆芯熔融物熔穿压力容器并同安全壳底板混凝土反应而破坏其完整性；
 - ② 设置非能动的氢气复合系统，防止严重事故时安全壳内的氢气浓度超过 10%；防止发生氢气爆炸，以及由此造成的安全壳早期失效；
 - ③ 设置一回路快速卸压系统，防止发生高压堆熔；
 - ④ 设置反应堆压力容器高位排气系统，排除事故后积聚在压力容器上封头处的不可凝气体；
 - ⑤ 设置二次侧非能动余热排出系统，为发生全厂断电事故时堆芯及一回路的热量导出提供手段；
 - ⑥ 设置非能动安全壳热量导出系统，用于在超设计基准事故工况下安全壳的长期排热。
- 吸收福岛核电站事故的经验反馈，进行了应对福岛核电站事故的相关改进：
 - ① 水压试验泵可靠电源方案；
 - ② 应急供水的设计方案；
 - ③ 临时供电的设计方案；
 - ④ 提高严重事故条件下应急指挥中心、运行支持中心的可居留性和可用性；
 - ⑤ 延长操纵员不干预时间；
 - ⑥ 改进乏燃料储存水池的冷却和监测手段方案。

- 建立并保持对放射性危害的有效防御，保护人员、社会和环境免受危害。堆芯损坏频率（每堆年目标值） $< 1 \times 10^{-6}$ ，大量放射性物质释放至环境的频率 $< 1 \times 10^{-7}$ ，满足《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》的要求。

综上所述，“华龙一号”满足“三代”核电技术的指标要求。“华龙一号”方案吸取了近这些年来国内外已有核电厂在安全方面的一些成功经验和福岛核电站事故的经验反馈，采用了成熟、可靠的技术和设备，在技术和工程上均是可行的。设计方案满足国家核安全局发布的《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》以及《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》的要求。

11.1.2 环境保护措施

福建福清核电厂 5、6 号机组的主要环保设施以福清核电厂 1、2 号机组为设计参考，同时进行改进。福清核电厂 5、6 号机组废气处理系统（ZGT），硼回收系统（ZBR）为单机组设置，废液处理系统（ZLT）及固体废物处理系统（ZST）的湿废物处理部分为双机组设置，增设两台机组共用的可降解废物处理系统（ZDT）。

1) 废液处理系统（ZLT）

废液处理系统蒸发单元设备采用秦山核电二期工程自主化设计的自然循环蒸发装置，并拟对 ZLT 系统进行工艺改进，采用连续注入凝聚加离子交换处理技术处理工艺排水和部分超标的地面排水，同时也将 Ag-110m 污染废液由蒸发改为该技术处理。该工艺改进不但解决了 Ag-110m 废液难处理以及蒸发处理时对蒸发单元造成污染的问题，而且大大降低了蒸发装置的负荷，减少了浓缩液的产生量。

2) 废气处理系统

废气处理系统（ZGT）根据单机组放射性废气处理要求将贮槽数量及容积进行了相应调整，主要能动设备与福清 1、2 号机组一致都考虑 100% 冗余，以实现处理电站正常运行工况和预计运行事件中产生的放射性气体废物的功能。

3) 硼回收系统

基于单堆配置的特点，为使反应堆安全可靠运行，将设置一套除气净化装置，设有三个中间贮槽、两套蒸发装置、两个冷凝液监测槽、两个浓缩液监测槽、一套反应堆冷却剂除硼装置、一套蒸馏液除硼装置。

除气净化单元设备的处理能力提高，以保证处理一回路最大下泄流量。

考虑蒸发单元设备国产化的要求，采用秦山核电二期工程中已经自主化设计的自然循环蒸发装置。

4) 固体废物处理系统

福清核电厂 5、6 号机组固体废物处理系统对湿废物处理进行了工艺改进，浓缩液采用再浓缩、造粒和高效固化工艺处理，废树脂采用湿法氧化和高效固化工艺处理，废活性炭采用水泥固化工艺处理，废过滤器芯采用水泥固定工艺处理。

用于处理干废物的废物处理辅助厂房（QS）和放射性固体废物暂存库（QT）为 6 台机组共用（已随 1、2 号机组一起建设）。

5) 核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统

福清核电厂 5、6 号机组设置两机组共用的核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统，系统配置与 1、2 号机组相同。

6) 可降解废物处理系统

“华龙一号”核发电机组中采用可降解防护用品替代传统的防护用品。可降解废物处理系统用于处理电厂产生的可降解防护用品，采用湿式氧化处理技术，处理过程分为溶解、过滤和热氧化三部分。

在采用以上先进的放射性废物处理工艺，使处理后的液态、气载放射性流出物排放满足 GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》及 GB14587-2011《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》的规定，使每台机组处理、整备后的放射性固体废物低于 $50\text{m}^3/\text{年}$ 。

本工程利用 1、2 号机组原有的一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施与气象监测系统，并且制订了环境辐射监测方案。此外，福建省地方环保部门针对福清核电厂建设相应的流出物实验室和环境监测设施，进行监督性监测。

由此可以预计，福建福清核电厂 5、6 号机组的废物处理系统的设计性能和放射性流出物监测系统的预期效果，完全可以满足对核电厂周围环境保护的要求。

11.1.3 放射性物质排放

福清核电厂 5、6 号机组的年设计排放量见表 1.7-1。福清核电厂 6 台机组的年设计排放量和排放量控制值见表 1.7-1，从表中可见 5、6 号机组及厂址 6 台机组的年排放量均低于国标 GB6249-2011 规定的控制值。槽式排放出口处的放射性流出物中除氙和碳 14 外其他放射性核素浓度不超过 900Bq/l 。

11.1.4 辐射环境影响评价结论

11.1.4.1 运行状态下的辐射环境影响

(1) 对公众的辐射影响

按照福清核电厂 5、6 号机组的年设计排放量作为环境评价源项，计算得到福清 5、6 号机组运行状态下，厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量为 $4.75 \times 10^{-6}\text{Sv/a}$ ，约占福清核电厂年个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 的 1.90%。

福建福清核电厂 6 台百万千瓦级核发电机组运行状态下，所致厂址半径 80km 范围内最大个人（成人）有效剂量为 $1.47 \times 10^{-5}\text{Sv/a}$ ，约占福清核电厂年个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 的 5.87%，满足个人剂量约束值的要求。

(2) 对水生生物的辐射影响

本工程两台机组运行工况，液态放射性流出物对“非人类物种”的辐射影响评估结果表明，从影响率的结果来看，福建福清核电厂 5、6 机组正常运行时， $0 \sim 80\text{km}$ 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^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算

来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，福建福清核电站 5、6 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。

福建福清核电站 6 台机组正常运行时，各类水生生物所受的总剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ ，因此，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物仍是安全的。

11.1.4.2 事故工况下的辐射环境影响

在本工程的事故工况辐射影响评价中，考虑了 11 个假定事故，其中 9 个是设计基准事故（失水事故（LOCA）、控制棒弹出事故（CREA）、蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）、卡轴事故（LRA）、安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故（SLB）、主蒸汽管道破裂事故（MSLB）、燃料操作事故（FHA）、化学容积控制系统容控箱破裂事故（RCV）、废气系统衰变箱破裂事故（ZGT）），2 个是特殊工况（主蒸汽管断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故（MSLB+100SGTR）、最终热阱丧失事故（LOFH））。其中，LOCA，CREA，LRA，MSLB，FHA 属于 GB 6249-2011 中规定的极限事故；SGTR，ZGT，RCV，SLB 属于 GB 6249-2011 中规定的稀有事故；LOFH 及 MSLB+100SGTR 属于特殊工况，按照极限事故进行评价。

在各类极限事故中，放射性后果最严重的是弹棒事故。在一系列的保守假设下，该事故导致在非居住区边界上公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $1.06\text{E-}02\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.35\text{E-}01\text{Sv}$ ；导致规划限制区边界处公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $1.25\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.71\text{E-}02\text{Sv}$ 。满足 GB6249-2011 对极限事故规定的剂量控制值（在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下）。

在各类稀有事故中，放射性后果最严重的是蒸汽发生器传热管破裂事故，该事故导致非居住区边界公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $1.73\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $3.04\text{E-}02\text{Sv}$ ；导致规划限制区外边界上公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $1.09\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.92\text{E-}03\text{Sv}$ 。均小于 GB6249-2011 对稀有事故规定的剂量控制值（在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下）。

事故分析表明：福清 5、6 号机组运行期间可能发生的设计基准事故和特殊工况事故导致的环境放射性后果是可以接受的。

11.1.5 非放环境影响评价结论

11.1.5.1 施工建设过程对环境的影响

（1）社会环境影响

5、6 号机组工程是扩建项目，厂区用地是在已征地范围内建设，维修调试生活区用地需新征，该地目前被福清核电厂租用。不涉及动迁居民，不会对当地居民造成不利影响。

（2）水土流失

5、6 号机组工程为在已有厂址上的扩建，除厂区工程的建设可能引发水土流失，其它如供水管线、水源、输电线路、厂外道路、绝大部分海工工程、护坡工程、施工场地等均在 1、2 号机组工程施工时建设完毕；不存在引发水土流失的可能。5、6 号机组工程厂区工程主要包括生产区用地、厂前区用地、厂区围栏、建筑物周边的硬化和绿化、临时防护措施。

设计上采取了设置围墙、建筑物周边的硬化和绿化、建立临时防护措施（如临时排水、临时堆土防护）等水土保持措施，同时在工程建设期及植被恢复期还进行水土保持监测，做到水土保持措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，把建设过程中产生的水土流失降至最低程度。

各项防治措施实施后，可以有效地控制工程建设可能产生的水土流失，减轻施工对环境的影响。

（3）施工噪声

由于 5、6 号机组工程场地初平工作在 1-4 号机组工程施工时已全部完毕，不需要大规模的土石方开挖，只有建构筑物 and 管沟的负挖，又由于 5、6 号机组工程施工现场距离 3、4 号机组较近，为了安全，施工中必须采用每日定时爆破，放小炮等安全措施，且施工用地附近没有居民点，距离施工场地最近的居民点前薛自然村位于厂址 NNE 方位约 1.29km 处，施工的噪声影响仅限于施工人员，不会出现扰民现象。福清核电厂 1-4 号机组施工期噪声的监测结果也可以反映核电厂的施工噪声未出现扰民的情况，因此，可以预计 5、6 号机组施工噪声对环境的影响是可以接受的。福清核电厂施工期的噪声监测在持续进行中。

（4）粉尘的影响

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、粉尘含量增高，从而造成局部大气质量的恶化。福清核电厂 1-4 号机组施工期大气的监测结果可知，在采用了定期洒水、清扫进厂道路地面，局部已竣工的地点尽快种植植被，尽可能减少砂土裸露的环境等措施后，近两年的施工期大气监测结

果全部达标。因此，可以预计 5、6 号机组施工中粉尘对大气环境的影响是可以接受的。福清核电厂施工期的大气监测在持续进行中。

（5）水环境的影响

建设期间对水环境（地表水和海水）的影响，主要来自于海上施工项目施工期间土石方和建筑材料的流失，以及生产废水和施工人员的生活污水排放。施工期间的生产用水主要用于消耗和重复利用，施工期间生活临建区的生活污水经管道收集后排入生活临建区原有生活污水处理站处理，生活临建区的生活污水处理站已建成。

5、6 号机组工程的海上施工仅有南北护岸内侧联合泵房和循环冷却水排水暗渠出口的施工，工期短且均在明渠内部施工，不占用海床。厂址附近海域无渔业作业，也不是重要水生物的繁殖区、洄游区和捕捞区。从福清核电厂 1-4 号机组施工期间海域环境跟踪监测的结果可以看出：海水水质在施工期间除悬浮物含量与施工前相比较有一定的上升外，其他水质指标没有大的变化，施工期间的海水水质仍满足海水水质标准第三类的要求。海工施工对施工海域中的叶绿素、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物略有影响，但随着大规模炸礁、挖泥、爆破等施工活动的结束，厂址附近海域海洋生物各项指标逐渐改善，说明随着施工的结束厂址附近海域生态环境能够得到恢复。因此可以预计，5、6 号机组少量的海上施工不会对海洋生态环境造成大的影响。5、6 号机组施工期间海域环境跟踪监测在持续进行中。

11.1.5.2 运行期间对环境的影响

11.1.5.2.1 温排水的环境影响

1) 温排水物理影响

核电厂非放环境影响主要是电厂运行时余热排入环境。

福清核电厂近岸区域为三类功能区，执行的水质标准为海水水质第三类。对此类海域要求：核电站温排水在混合区外造成的海水温升不超过当时当地 4℃。

5、6 号机组采用“华龙一号”核电机组，1~6 号机组总冷却水量为 348m³/s。根据温排水数值模拟补充计算研究报告，六台机组运行的 1℃温升最大包络范围在三类区内，4℃温升最大包络范围在排污混合区内。因而，包括本项目排放的温排水对兴化湾海域的影响是有限的。

2) 对海洋生物的影响

在厂址附近海域，多次调查记录到的海洋生物均为常见种，没有国家规定的珍稀保护物种。除距核电厂厂址 25km 以外的海湾口门——南日群岛周围及其东南部海域外，兴化

湾内不是重要经济鱼类集中的产卵繁殖区、洄游通道和长久栖息地。另外，厂址附近主要鱼类洄游路线都在距排水口 50km 以外。福清核电站 6 台机组运行后，在冬季大潮工况下（影响距离最远），0.5℃最大温升包络线离岸距离约 9.24km，因此，温排水对敏感区没有影响。

厂址海域月平均最高水温为 29.3℃，即使位于强增温区（温升>3℃时）内的养殖区，在夏季最热季节温度也很少能达到 35℃。在夏季，温排水对贝类、鱼类和藻类的生长有些影响，但对于春、秋、冬三季而言，反而有利于其生长。

电厂运行后，温排水对整个兴化湾水域的鱼卵和仔鱼数量及其季节变化将不会有全局性的影响。温排水将对邻近水域鱼类的产卵活动产生一定的影响，而对仔鱼的生存及分布影响不大。受温排水的影响，温排水附近水域鱼类的种群结构将可能发生一定的变化。

11.1.5.2.2 取水口的环境影响

核电站取水口的环境影响主要体现在机械损伤和卷吸效应，一般取水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体造成损伤。取水系统产生的卷吸效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，相对整个兴化湾的浮游生物总量来说，因卷吸效应引起的浮游生物损伤是非常少的，对整个兴化湾的浮游生物总量影响不大。取水系统产生的卷吸效应对鱼卵、仔鱼造成的损失量相对于整个兴化湾的鱼卵仔鱼总量来说，是非常少的，对整个兴化湾的鱼卵仔鱼总量影响不大，更不会影响到整个兴化湾的海洋渔业资源。福清核电站的取水方式为引水明渠取水，在平均低潮位 -2.28m 时，明渠口门段平均流速为 0.33m/s，在 33 年一遇低潮位时，明渠口门段平均流速为 0.493m/s，介于天然流速 0.3~0.5m/s，卷吸效应不明显。其可能吸引成鱼的影响范围不大，碰撞在栅网上的成鱼仍有逃脱的可能。在电厂运行期间，预期不会发生因取用冷却水而导致附近大批成鱼机械损伤的情况。所以，卷吸效应不会影响到该海域的海洋生态环境。

11.1.5.2.3 其他废水的环境影响

本工程的生产废水经处理后，水质达到《污水综合排放标准》GB8978 中的一级标准，排入虹吸井，再与大量的循环冷却水一起排入兴化湾，满足《海水水质标准》(GB3097-1997) 中的三类水质要求。

余氯是核电站排放物中需要关注的一种化学物质，其具有一定生物毒性。我国《海水水质标准》(GB3097-1997) 尚未对余氯允许排放浓度作出规定。在第六章第 6.3.4 小节针对核电站排放的余氯对海域环境的影响进行了初步分析，认为电厂排放的余氯对海域环境的影响非常有限。

本工程的生活污水经生化工艺处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918）中一级标准的 B 标准之后，排入兴化湾，预期不会对兴化湾海水水质产生大的影响。

综上所述，福建福清核电厂 5、6 号机组在设计中对该核电厂产生的“三废”采取了相应有效的处理措施，使“三废”排放能够满足国家和地方有关环保法规和标准的要求，也满足《“十二五”期间新建核电厂安全要求》。预测的核电厂正常运行和事故工况下的辐射后果影响较小，均满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的相关要求。核电厂运行产生的其他非放污染影响均不会对环境造成明显的影响。因此，从环保和安全的角度考虑，该工程的建设是可接受的。

11.2 承诺

本报告书给出的对本项目建造和运营管理部门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。
- 福清核电有限公司将配合地方应急部门，严格限制规划限制区内的人口机械增长，以便于本项目建成后应急计划的实施。

福建省环境保护厅

闽环辐射函〔2013〕47号

福建省环境保护厅关于再次确认福建福清 核电厂环境质量和污染物排放 (非放射性) 执行标准的函

福建福清核电有限公司:

根据你公司《关于福建福清核电厂非放射性污染排放执行标准的请示》(福核发〔2013〕269号)及福清核电厂一、二号机组环境影响报告书(首次装料阶段)第二次审评对话会的专家审评意见,经研究,现对福建福清核电厂环境质量和污染物排放(非放射性)执行标准再次确认如下:

一、环境质量标准

1. 海水水质标准: 根据《福建省人民政府关于印发福建省近岸海域环境功能区划(修编)的通知》(闽政〔2011〕45号),福清核电厂附近海域执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中

的三类标准，其中，温排水混合区除水温指标外，其余指标仍按海水水质三类标准执行；

2. 环境空气质量标准：执行《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及修改单中的二级标准；

3. 声环境质量标准：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的3类标准。

二、污染物排放标准

1. 废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表4中一级标准；生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）的一级B标准；回用水执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）的要求。

2. 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2中二级标准。

3. 厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准；施工期噪声不得超过《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的相关标准限值。

4. 电磁辐射执行《500kV超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）、《高压交流架空送电线无

线电干扰限值》(GB15707-1995)和《电磁辐射防护规定》
(GB8702-1988)的相关标准限值。



(此件依申请公开)