

福建福清核电厂 3、4 号机组

# 环境影响报告书

(运行阶段)

福建福清核电有限公司

二〇一五年四月

福建福清核电厂 3、4 号机组

# 环境影响报告书

(运行阶段)



福建福清核电有限公司

法人代表：蒋国元

地址：福建省福清市三山镇前薛村

邮政编码：350318



# 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\*\*\*

0819



二〇一一年十一月七日



项目名称：福建福清核电站3、4号机组

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)

(运行阶段)

经国家环境保护总局环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，李廷君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： 0006984

登记证编号： A10530111300

有效期限： 2007年11月09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



6570



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	

变更登记记录

单位名称变更为“中国核电工程有限公司”

2008年 11月 25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

## 福建福清核电厂 3、4 号机组

# 环境影响报告书

(运行阶段)

项目负责人	登记类别	职 称	登记证编号	签字
李廷君	核工业	研 高	A10530111300	李廷君

项目审核人	职 称	上岗证编号	签字
赵博	研 高	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
第一章	林小凤	高 工	A10530211200	林小凤
第二章	毛亚蔚	研 高	A10530101300	毛亚蔚
第三章	刘继连	高 工	A10530221300	刘继连
第四章	麻锦琳	高 工	A10530171300	麻锦琳
第五章	李 京	研 高	A10530161100	李京
第六章	郑 伟	研 高	A10530091300	郑伟
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	张 威	高 工	A10530201300	张威
第十一章	李 力	高 工	A10530231300	李力

# 总 目 录

- 第一章 概述
- 第二章 厂址与环境
- 第三章 环境质量现状
- 第四章 电厂
- 第五章 电厂施工建设过程对环境的影响
- 第六章 电厂运行的环境影响
- 第七章 电厂事故的环境影响
- 第八章 流出物监测和环境监测
- 第九章 公众参与
- 第十章 电厂建设和运行的效益分析
- 第十一章 结论

## 第一章 概 述

<b>1.1</b>	<b>核电厂名称和建设性质</b> .....	<b>1</b>
1.1.1	核电厂名称.....	1
1.1.2	建设性质.....	1
<b>1.2</b>	<b>建设规模和规划</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>建设经费</b> .....	<b>1</b>
<b>1.4</b>	<b>建设目的</b> .....	<b>1</b>
1.4.1	福建电网和电力系统现状.....	1
1.4.2	福建省电力发展规划.....	1
1.4.3	建设与发展核电的必要性.....	2
<b>1.5</b>	<b>建设进度</b> .....	<b>3</b>
<b>1.6</b>	<b>环境影响报告书编制依据</b> .....	<b>3</b>
<b>1.7</b>	<b>评价遵循的法规和标准</b> .....	<b>3</b>
1.7.1	遵循的主要法规、标准和导则.....	3
1.7.2	评价标准.....	6
1.7.3	本工程运行后的排放量申请值.....	7
1.7.4	厂址所在海域环境功能区划分级.....	8
<b>1.8</b>	<b>评价范围及子区划分</b> .....	<b>8</b>
<b>1.9</b>	<b>配套工程及其环评情况</b> .....	<b>8</b>
<b>1.10</b>	<b>建造阶段环境影响报告书审批时遗留问题的落实情况</b> .....	<b>8</b>

## 1.1 核电厂名称和建设性质

### 1.1.1 核电厂名称

核电厂的名称：福建福清核电厂。

营运单位：福建福清核电有限公司。

### 1.1.2 建设性质

本工程为福建福清核电厂3、4号机组，与1、2号机组属于同一厂址，部分辅助生产设施直接利用1、2号机组已有设施。福建福清核电厂3、4号机组遵循“以我为主，中外合作，引进技术，推进国产化”的建设方针，在设计、设备制造、采购、建安施工和工程管理等各个环节全面贯彻“以我为主”的原则。

## 1.2 建设规模和规划

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。本工程建设2×1000MW级核电机组，即福建福清核电厂3、4号机组。参考电站为岭澳一期核电站，电站设计寿命40年。

## 1.3 建设经费

福清核电厂3、4号机组为二代加改进型百万千瓦级压水堆核电机组，项目总投资折合人民币共计2452139万元（不包括配套送出工程）。按照工程固定价总投资资金需求，资金拟通过以下途径筹措：

项目资本金：由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；

人民币融资：拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决；

外币融资：拟全部采用国内换汇方式，由国内金融机构提供美元商业贷款解决。

本工程环保设施投资约占总投资的3.2%，主要环保设施及经费概算见表1.3-1。

## 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。全省土地面积约12.14万km<sup>2</sup>，人口约3500万人，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。福建电网目前存在的主要问题是：（1）电力一次能源需求缺口日益加大；（2）电源结构和布局不够合理；（3）电网仍较薄弱；（4）电力建设的资源包括厂址、所址、线路走廊资源已越来越紧张。

### 1.4.2 电力需求预测

福建省电力公司根据近期福建省电力市场发展实绩，采用分部门预测法、电力弹性系



数法、综合数学模型预测法等方法，对福建省电力需求情况进行了预测，综合考虑了各种因素。福建省各分区国民经济和电力需求发展不平衡，呈现以下特点：（1）沿海快、内陆较缓。（2）福州、厦门、泉州为负荷中心。（3）漳州、宁德和莆田是当前电力需求最为旺盛的地区。

### 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2020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。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

随着对环境保护要求的日益严格，二氧化硫排放空间越来越小，制约燃煤电厂建设规模的主要因素将是二氧化硫。燃气燃油电厂虽比燃煤电厂污染小，但也排放二氧化硫、氧化氮等大气污染物。核电是清洁的能源，发展核电是减少大气污染排放的有效途径。

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，福建福清核电厂3、4号机组工程建设有利于福建省环境质量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

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。

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 3 号机组于 2010 年 12 月 31 日浇筑第一罐混凝土，3、4 号机组相隔 22.5 个月，3 号机组建设周期为 56 个月，4 号机组建设周期为 52 个月，3、4 号机组分别计划于 2016 年和 2017 年建成投产。

本工程环保设施均按照设计方案建造，建设进度满足“三同时”要求。

## 1.6 环境影响报告书编制依据

- (1) 中华人民共和国环境保护部《关于福建福清核电厂 3、4 号机组环境影响报告书（设计阶段）的批复》（环审[2010]433 号）；
- (2) 福建福清核电有限公司《关于委托中国核电工程有限公司开展福清核电 3-6 号机组工程总承包工程的函》；
- (3) 其他相关批文。

## 1.7 评价遵循的法规和标准

### 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：

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月 1 日）；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2013 年 12 月 28 日修订）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2000 年 9 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008 年 6 月 1 日）；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1997 年 3 月 1 日）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2005 年 4 月 1 日）；
- (9) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- (10) 《中华人民共和国土地管理法》（2004 年 8 月 28 日）；
- (11) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月）；
- (12) 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）；
- (13) 《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）；
- (14) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2008 年环境保护部令第 2 号）；
- (15) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；

- (16) 《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28 号）；
- (17) 《近岸海域环境功能区管理办法》（1999 年 12 月 10 日）；
- (18) 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局 [1997] 第 18 号令）；
- (19) 《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（NEPA-RG1）；
- (20) 《福建省环境保护条例》（2012 年 3 月 31 日）；
- (21) 《福建省海洋环境保护条例》（2002 年 12 月 1 日）；
- (22) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；
- (23) 《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）；
- (24) 《核动力厂设计安全规定》（HAF102）；
- (25) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401,1997）；
- (26) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）；
- (27) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
- (28) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；
- (29) 《核电厂厂址选择中的地震问题》（HAD101/01）；
- (30) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；
- (31) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；
- (32) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；
- (33) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；
- (34) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；
- (35) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）；
- (36) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2011）；
- (37) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2008）；
- (38) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ/T2.3-1993）；
- (39) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；
- (40) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- (41) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；
- (42) 《核电厂辐射环境监测规定》（EJ/T 1131-2001）；
- (43) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (44) 《海洋调查规范》（GB12763.1~7-2007）；
- (45) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002）；
- (46) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

- (47) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (48) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- (49) 《放射性废物的分类》（GB9133-1995）；
- (50) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (51) 《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）；
- (52) 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；
- (53) 《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）；
- (54) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (55) 《低、中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》（GB 9132-88）；
- (56) 《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB14587-2011）；
- (57) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-1988）；
- (58) 《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》（GB14569.1-2011）；
- (59) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）；
- (60) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-93）；
- (61) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (62) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (63) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- (64) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）；
- (65) 《环境空气质量标准》（GB3095-1996）；
- (66) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (67) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (68) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；
- (69) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (70) 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；
- (71) 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）；
- (72) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）
- (73) 《电磁环境控制标准》（GB8702-2014）
- (74) 《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）；
- (75) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）；
- (76) 《高压架空输电线、变电站无线电干扰测量方法》（GB/T7349-2002）；
- (77) 《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

本报告正常运行工况的剂量评价标准，遵循《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中的有关规定。

#### （1）正常运行工况下的剂量约束值

正常运行工况下的剂量约束值，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”。

福建福清核电厂址以 0.25mSv/a 作为公众的辐射剂量约束值，整个厂址规划 6 台百万级核电机组，福建福清核电厂 3、4 号机组的剂量约束值为 0.08mSv。

#### （2）事故条件下的剂量控制值

根据工程设计，放射性事故主要考虑八类设计基准事故和两个特殊工况，详见第七章。

对于各类设计基准事故的环境影响的评价标准，相应于 GB6249-2011 的分类：属于 RCC-P III类工况的事故按照 GB6249-2011 的稀有事故的剂量控制值进行评价，属于 RCC-P IV类工况事故按照 GB6249-2011 极限事故的剂量控制值进行评价。两个特殊工况事故按照 GB6249-2011 的极限事故的剂量控制值进行评价。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后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）福建福清核电厂厂址排放量控制值

福建福清核电厂厂址规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，本工程为其中 2 台机组，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。

#### （4）液态放射性流出物排放的浓度控制

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中 6.8 条的规定，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。福建福清核电厂 3、4 号机组放射性液态流出物除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度实际按 900Bq/L 控制。

### 1.7.2.2 主要非放射性评价标准

根据福建省环境保护厅《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）批文中的要求，福建福清核电厂环境质量和污染物执行标准如下：

#### — 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，其余指标仍执行海水水质三类标准。

##### （2）环境空气质量标准

2016 年 1 月 1 日前厂址地区环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及修改单中的二级标准；2016 年 1 月 1 日起执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）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。

#### — 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》（GB 18918-2002）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）中的 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》（GB 12523-2011）的相关标准限值。

（4）厂址电磁辐射执行《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）、《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）、《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）的相关标准限值。

### 1.7.3 本工程运行后的排放量申请值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，放射性排放量设计目标值不超过条款 6.2、6.3 和 6.4 所确定的年排放控制值。营运单位定期申请的放射性流出物排放量不得高于放射性排放量设计目标值，并经审管部门批准后实施。本工程放射性年排放量的申请值见表 1.7-1。可以看出：

- (1) 气载放射性流出物释放量：
- 惰性气体为  $9.09 \times 10^{13}$  Bq/a；
  - 碘为  $6.45 \times 10^8$  Bq/a；
  - 长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）为  $7.16 \times 10^7$  Bq/a；
  - 氡为  $5.67 \times 10^{12}$  Bq/a；
  - C-14 为  $7.65 \times 10^{11}$  Bq/a。
- (2) 液态放射性流出物排放量：
- 氡为  $6.30 \times 10^{13}$  Bq/a；
  - C-14 为  $5.58 \times 10^{10}$  Bq/a；
  - 其余核素为  $4.50 \times 10^{10}$  Bq/a。

气、液态流出物排放量均满足控制值要求。

#### 1.7.4 厂址所在海域环境功能区划分级

根据福建省人民政府文件《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），福清核电厂厂址附近海域为三类海域，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外，其余指标仍按三类标准执行。

### 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），本次评价范围为以福建福清 3、4 号机组的烟囱为中心，半径 80km 的区域范围。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  $22.5^\circ$  的 16 个方位相交划分扇形区，共 192 个评价子区。

厂址半径 80km 评价子区划分图见图 1.8-1。

### 1.9 配套工程及其环评情况

本工程配套工程包括进厂道路、应急道路、核技术利用（放射源购置和使用）、220kV 保安线路工程、大件码头、环境实验室和前沿站等。除环境实验室和前沿站外，其他配套工程均已获得环评批复，批复文件在 1、2 号机组环评报告书中已提交。2015 年 3 月，已将《福建福清核电厂环境实验室和前沿站项目环境影响报告表》上报福清市环保局，待批复。

#### 1.10 建造阶段环境影响报告书审批时遗留问题的落实情况

2010 年 12 月 23 日，环境保护部批复了《福建福清核电厂 3、4 号机组环境影响报告

书（设计阶段）》，文号为“环审[2010]433 号”。批复意见中提出在工程设计阶段及今后应重点做好的工作如下：

（1）进一步开展与蒸汽发生器相关事故在源项分析时一回路的放射性活度值的研究工作。

2013 年 4 月 23 日，福建福清核电有限公司已编制完成了《福清核电厂 3、4 号机组 SGTR 事故共性问题分析报告》并提交国家核安全局。

（2）如果厂址条件（如人口分布、附近的工业、运输和军事设施等）有重大变化，应及时向我部报告，并论证其对核电厂安全的影响。

2013 年 1~3 月，中国辐射防护研究院对福清核电厂厂址周围进行了人口、食谱、环境及其外部人为事件调查，2013 年 4 月，完成了《福建福清核电厂 5、6 号机组设计阶段厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查项目专题报告》，根据调查结果可知，厂址条件（如人口分布、附近的工业、运输等）没有发生重大变化，不影响核电厂安全。



表 1.3-1 本工程的主要环保设施及经费概算

序号	项目名称	投资 (万元)
(一)	非放射性和放射性废物处理处置系统	
1	核岛通风系统	23180
2	核岛废物处理和排放系统	14542
3	常规岛废水处理厂房	6251
4	放射性机修及去污车间	6295
5	三废处理设施及环境保护工程	3726
(二)	流出物监测和环境监测系统	
1	核岛辐射监测系统	
1.1	KRT 电厂辐射监测系统	5531
1.2	KZC 控制区出入监测系统	1712
2	常规岛辐射环境监督性监测系统项目	3500
3	虹吸井	4994
(三)	环境整治	
1	厂区绿化	1155
2	废液排放管沟	412
3	水土保持项目验收、补偿费用	1892
	海域使用费	1805
(四)	施工期环保投入	
1	施工期间海域环境监测项目	485
2	施工期间陆域环境监测项目	780
3	施工期间气象观测项目	350
	振动监测	952
	合计	77562

表 1.7-1 福建福清核电厂 3、4 号机组运行状态下的放射性排放量申请值

单位：Bq/a

项目 \ 核素	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
3、4 号机组 申请排放值	$9.09 \times 10^{13}$	$6.45 \times 10^8$	$7.16 \times 10^7$	$5.67 \times 10^{12}$	$7.65 \times 10^{11}$	$6.30 \times 10^{13}$	$5.58 \times 10^{10}$	$4.50 \times 10^{10}$
福建福清核电厂厂址 年排放控制值	$2.40 \times 10^{15}$	$8.00 \times 10^{10}$	$2.00 \times 10^{11}$	$6.00 \times 10^{13}$	$2.80 \times 10^{12}$	$3.0 \times 10^{14}$	$6.00 \times 10^{11}$	$2.00 \times 10^{11}$

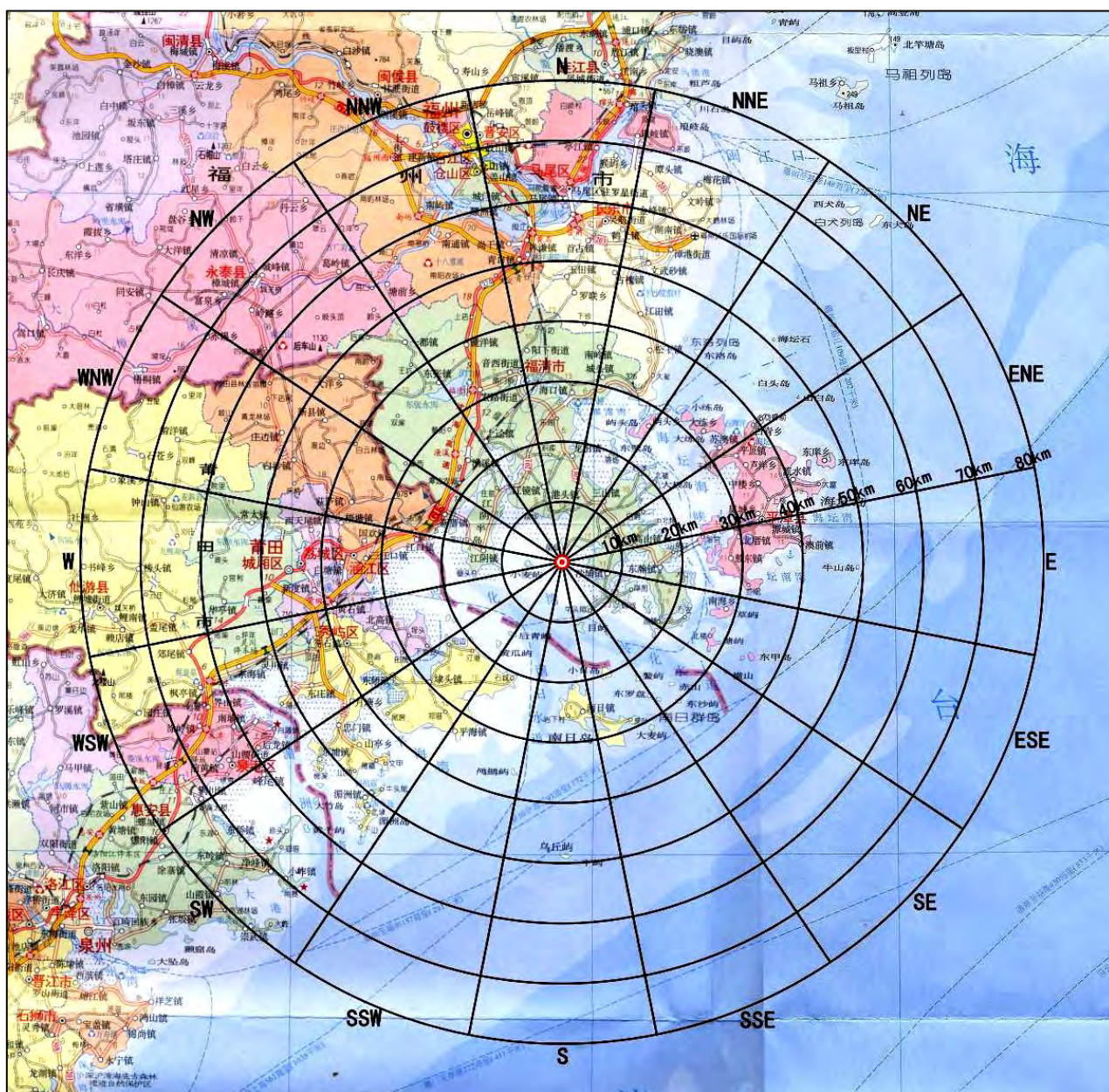


图 1.8-1 厂址半径 80km 评价子区划分图

## 第二章 厂址与环境

<b>2.1 地理位置</b> .....	<b>1</b>
2.1.1 厂址位置 .....	1
2.1.2 厂址边界及附近居民点 .....	1
2.1.3 厂址用地 .....	1
<b>2.2 人口分布</b> .....	<b>2</b>
<b>2.3 土地利用及资源概况</b> .....	<b>2</b>
2.3.1 土地和水体的利用 .....	2
2.3.2 陆生资源及生态概况 .....	3
2.3.3 水产资源及生态概况 .....	4
<b>2.4 厂址附近的工业、交通</b> .....	<b>4</b>
2.4.1 工业设施 .....	4
2.4.2 交通 .....	5
<b>2.5 气象</b> .....	<b>6</b>
2.5.1 区域气候 .....	7
2.5.2 当地气象条件与现场气象观测.....	7
2.5.3 设计基准气象参数 .....	8
2.5.4 联合频率 .....	8
2.5.5 大气稳定度 .....	8
2.5.6 混合层高度及大气扩散参数.....	8
2.5.7 厂址气象观测 .....	9
<b>2.5.7.1 运行前的现场气象观测大纲</b> .....	<b>9</b>
<b>2.5.7.2 运行时的现场气象观测大纲</b> .....	<b>10</b>
<b>2.6 水文</b> .....	<b>11</b>
2.6.1 地表水 .....	11
2.6.2 地下水 .....	16
2.6.3 洪水 .....	20
<b>2.7 地质与地震</b> .....	<b>21</b>
2.7.1 地质.....	21
2.7.2 地震.....	22

## 2.1 地理位置

### 2.1.1 厂址位置

福建福清核电厂 3、4 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 1、2 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，北、南、西三面环海，东北侧与陆地连接。厂址北北西距省会福州市 71km，北距长乐市 58km，距福清市 32km，西距莆田市 43km（均为直线距离）。

厂址地理位置见图 2.1-1。

### 2.1.2 厂址边界及附近居民点

#### （1）厂址边界

非居住区边界以反应堆厂房为中心半径 500m 范围。非居住区边界是根据美国导则 RG1.183 中推荐的源项作为选址假想事故源项，并结合当地气象资料进行计算确定的，最终确定非居住区边界为 500m 时可以满足 GB6249-2011 的要求。

规划限制区外边界以反应堆厂房为中心半径 5km 范围。GB6249-2011 的 5.6 节中规定核动力厂规划限制区的半径不得小于 5km。发生选址假想事故时，5km 边界处个人剂量满足 GB6249-2011 的 5.9 节的规定。福清核电厂按照评价非居住区边界的方法评价了 5km 处的个人剂量，计算结果表明，5km 边界处个人剂量可以满足 GB6249-2011 评价准则的要求，因此规划限制区边界最小距离为 5km。

电厂地产界线包围厂区、附属设施区、施工区、生产准备区、维修调试生活区及海工用地等。地产界线北侧包围取水明渠，南侧包围排水明渠及排水导流堤，西侧包围大件码头及取水明渠道流堤，东侧包围维修调试生活区，并结合地形地貌取整划定。沿厂址地产边界设置用地界桩或设置外部围栏（ZN）或简易围栏或简易标识。地产边界海域为征海边界线，陆域为征地边界线。

本工程厂址边界同地产界线。非居住区边界在地产边界范围内。

#### （2）附近居民点

前薛村是距厂址中心最近、人口数最多的自然村，位于厂址的 NNE 方位。

### 2.1.3 厂址用地

厂址按 6 台机组进行总体规划，6 台机组总用地面积 192.19hm<sup>2</sup>（不包括应急道路和北林水库用地），其中：

福清核电厂 1、2 号机组工程核准用地 157.59 hm<sup>2</sup>（发改能源[2008]2956 号），其中陆

域面积 129.55  $\text{hm}^2$ ，填海造地 28.04  $\text{hm}^2$ （多年大潮平均高潮线 2.75m 为海域与陆域的分界线），陆域用地面积 129.5558  $\text{hm}^2$  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  $\text{hm}^2$ （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。3~6 号机组工程核准用地 34.6  $\text{hm}^2$ （发改能源[2010]3055 号），均为陆域用地，该用地中 21.6386 $\text{hm}^2$  已获得国土资源部的最终批复（国土资函[2012]588 号）。

3、4 号机组工程用地为建设用地,占地 18.08 $\text{hm}^2$ 。

## 2.2 人口分布

本节依据中国辐射防护研究院《福建福清核电厂 5、6 号机组设计阶段厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查项目专题报告》（2013 年 4 月）编制。

厂址半径 80km 范围内 2012 年底现有人口总数约为 860 万人，厂址半径 80km 范围平均人口密度低于评价范围内的福州市、莆田市、泉州市、福清市 2012 年人口密度。

厂址半径 80km 范围内有一个 100 万人口以上的大城市，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 个乡镇），2012 年底人口数约为 150 万人；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 年底人口数约为 29 万人；厂址 W 方位 43.5km 的莆田市市区，2012 年底人口数约为 24 万人；厂址 WSW 方位 38.5km 的莆田市秀屿区城区，2012 年底人口数约为 12 万人；厂址 E 方位 35km 的平潭城区，2012 年底人口数约为 15 万人；厂址 N 方位 68km 的长乐市城区，2012 年底人口数约为 21 万人；厂址 W 方位 75km 的仙游县城区，2012 年底人口数约为 13 万人；厂址 WSW 方位 64km 的泉港区城区，2012 年底人口数约为 10 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，共 134 个行政村，2012 年底总人数约为 42 万人。

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，共计 4 个行政村 6 个自然村，2012 年底的人口总数为 1 万余人。前薛村是距厂址中心最近、人口数最多的自然村，位于厂址的 NNE 方位，人口数为 6 千余人。

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

本节主要依据中国辐射防护研究院编制的《福建福清核电厂 5、6 号机组设计阶段厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查项目专题报告》（2013 年 4 月）进行编制。

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约为 22 万亩，其中耕地 6 万余亩、林地 2 万余亩，分别占土地总面积的 28.3%和 9.1%。

厂址半径 5km 范围主要涉及三山镇前薛村、泽岐村、楼前村、韩瑶村。厂址半径 5km 范围地处沿海，土壤干燥瘦薄，植被较低矮、盖度小，森林覆盖率仅约为 11.2%。

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。境内城镇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；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

本节主要依据中国辐射防护研究院编制的《福建福清核电厂 5、6 号机组设计阶段厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查项目专题报告》（2013 年 4 月）进行编制。

#### 2.3.2.1 农业生产情况

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 范围涉及三山镇、江阴镇、江镜镇、港头镇、高山镇、东瀚镇、沙埔镇、龙田镇和江镜农场，当地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 范围主要涉及三山镇前薛村、泽岐村、韩瑶村、楼前村，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。

#### 2.3.2.2 畜牧业情况

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，厂址半径 5km 内没

有奶牛饲养。

厂址半径 15km 范围涉及三山镇、江阴镇、江镜镇、港头镇、高山镇、东瀚镇、沙埔镇、龙田镇和江镜农场，家禽、猪、牛的存栏数和出栏数均以龙田镇相对较多，羊出栏数以东瀚镇相对较多。厂址半径 5km 内牛、猪、羊和家禽存栏数和出栏数均很小。

### 2.3.2.3 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 范围内无成片森林分布、森林覆盖率较低。

厂址半径 15km 范围仅三山填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 15km 范围内没有国家级和省级自然保护区、文物、古迹保护单位和风景名胜胜区。

### 2.3.3 水产资源及生态概况

本节依据国家海洋局第三海洋研究所的《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报告》（2013 年 10 月）进行编写。

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、鳀鱼、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

本节主要依据中国辐射防护研究院的《福建福清核电厂 5、6 号机组设计阶段厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查项目专题报告》（2013 年 4 月）进行编制。

### 2.4.1 工业设施

厂址地处福建省经济发达的沿海地区，厂址半径 80km 范围涉及福州市、莆田市和泉州市及其下辖的部分地区，其中福州市在福建省的工业发展中具有重要的地位。

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 7km 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 158.6km<sup>2</sup>，一期规划建设 67.51km<sup>2</sup>。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。其近期建设规划年限为 2012 年~2015 年，主要在江镜华侨农场范围内进行，建设用地面积 9.45km<sup>2</sup>。该园区规划的人口居住区位于园区西北部，位于厂址 NW、NNW 方位，规划的居住区边界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少量加油站、液化气站和贮存民爆品的企业。此外，在江阴工业集中区分布有少量储存和使用危险化学品的企业，分布在厂址 W 方位 12~18km 范围内，经分析或计算，不会对核电厂安全构成潜在危险。

## 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。核电厂也可通过应急道路经厂址—前薛村—楼前村—泽岐村—江镜华侨农场—占阳村—东元村—南前村，向东北与县道 X178、省道 S305、渔溪至平潭高速公路港头互通连接线衔接，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垵港区，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。

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。一期规划建设江阴港区壁头作业区，规划岸线约 14km，建设约 50 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。

下垵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约为 7.6km。下垵港区现有 2 个 3000 吨级散货码头（其中一个码头可兼靠 5000 吨级），涉及主要危险品为重油、燃料油，最大装载量为 5000 吨。经分析和计算，不会对核电厂安全构成潜在危险。

### （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

厂址区域地处北回归线北侧边缘，东濒海洋，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，夏季多为偏南风。风速自沿海向平原及内地山区减弱。常见的大风是由北方冷空气南下而引起的大风和台风侵袭而引起的大风。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

本节采用厂址代表性气象站平潭气象站 1971~2012 年的气象要素统计结果，以及根据 2011~2014 年现场气象观测数据计算得到的统计结果分析厂址的当地气象特征。

#### 2.5.2.1 风向和风速

平潭气象站常年风速较大，年平均风速为 5.0m/s。最大风速为 29m/s。年静风( $\leq 0.5$  m/s) 频率为 3.4%。年最多风向为 NNE (27.8%)，次多风向为 NE (23.5%)。

气象铁塔 10m、30m、50m、70m 高度的年最多风向为 NNE，风频分别为 37.79%、35.39%、33.87%和 31.87%；次多风向为 NE，风频分别为 20.63%、21.68%、24.84%和 25.81%；100m 高度的年最多风向为 NE，风频为 33.81%，次多风向为 NNE，风频为 24.16%。地面气象站观测的年最多风向为 NNE，风频为 31.77%，次多风向为 NE，频率为 26.47%，10m 高度处年静风 ( $\leq 0.5$  m/s) 频率为 0.79%。

气象铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 高度的年平均风速分别为 4.8m/s、6.3m/s、7.1m/s、7.6m/s、8.0m/s，年平均风速随高度增高而增大。四季中，地面站年平均风速为 5.4m/s，最大风速为 22.4m/s。

#### 2.5.2.2 温度

平潭气象站月平均气温 2 月最低 (11.1℃)，7 月和 8 月最高 (28.0℃)，年平均温度为 19.8℃。42 年的极端最高气温为 35.6℃，极端最低气温为 0.9℃。

气象铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 高度的年平均温度分别为 19.7℃、19.5℃、19.3℃、19.3℃和 19.1℃。最冷月为 1 月，各高度平均气温 9.5~10.2℃，最热月为 8 月，各高度平均气温 27.4~28.3℃。地面站年平均气温为 19.8℃。

气象铁塔观测的最高气温为 33.9℃ (10m)，最低气温为 2.5℃ (100m)。地面气象站观测的最高气温为 34.2℃，最低气温为 3.2℃。

#### 2.5.2.3 相对湿度

平潭气象站年均相对湿度为 80%，月平均相对湿度在 74%~87%之间。最小相对湿度为 12%。

现场观测的年平均相对湿度为 80%，最小相对湿度为 10%。

#### 2.5.2.4 降雨量

平潭气象站年平均降水量为 1267.0mm。一日最大降雨量为 297mm。

现场观测的年均降水量为 903.4mm。

#### 2.5.2.5 大气压

平潭气象站多年平均气压为 1011.5hPa，极端最高气压为 1032.6 hPa；极端最低气压为 968.3 hPa。

现场观测的年平均大气压为 1000.9hPa，极端最低气压为 953.0hPa。

#### 2.5.2.6 辐射

现场观测的年均总辐射 183.5W/m<sup>2</sup>，净辐射年均 102W/m<sup>2</sup>，最大 1056W/m<sup>2</sup>。

#### 2.5.2.7 水汽压

现场观测的年均水蒸汽压为 20.2hPa，最高为 43.7hPa，最低为 2.8hPa。

#### 2.5.2.8 露点温度

现场观测的年均露点温度为 16.1℃，最高为 30.5℃，最低为-10.2℃。

#### 2.5.2.9 湿球温度

现场观测的年均湿球温度为 17.9℃，最高为 29.5℃，最低为 1.5℃。

### 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

根据气象铁塔 10m 和 70m 高度的风向、风速和地面气象站的雨量观测结果，以及采用  $\Delta T-U$  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  $\Delta T \sim u$  法。使用厂址气象铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差和 10m 高度风速逐时确定 A~F 各类。厂址中性稳定度类（D）占绝对优势，达到 69.42%，稳定类（E、F）为 8.07%，不稳定类（A、B、C）为 22.52%。由于厂址地处沿海，常年风速较大，现场观测结果表明，地面站年均风速为 5.4m/s，而气象铁塔 70m 和 100m 处的平均风速更是分别达到 7.6m/s 和 8.0m/s。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 混合层高度及大气扩散参数

### 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。该方法利用任意时间的地面温度作干绝热线与清晨 07 时的温度曲线的交点可作为该时间的混合层高度。

厂址区域的大气混合层能力下午较上午好，污染物稀释扩散能力最好的时间在 16 时左右。冬、夏两季之间，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。若按稳定度分，当稳定度为 A-B 类时，混合层厚度较高；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

中国辐射防护研究院于 2007 年和 2008 年在福清核电厂现场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、SF<sub>6</sub> 野外示踪实验研究等。以示踪实验获得的 D 类的扩散参数为基础，其它稳定度类的扩散参数按照 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。

另外，根据冬夏两季现场测量的统计结果，冬季地面主要受 NE 风控制，海陆风现象不明显，夏季观测期间海风和陆风的方向分别为偏 SSW 和偏 NNE，厂址存在海陆风并且符合一般规律，但由于大陆地形不深厚，基本以海风为主。

在厂址几十公里范围内的主要地形在西北面，但在厂址周围 20~30km 范围内地形起伏不是很大，风场基本稳定。因此，采用高斯类扩散模型是适合的。

## 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

为了观测用于评价核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。

厂址气象观测系统由气象铁塔（高 102m）和地面观测站组成。

#### (1) 气象铁塔观测系统

气象铁塔上各高度（10m、30m、50m、70m、100m）上的各气象要素（风速、风向、温度）传感器连续感应实时气象要素的变化，并将其变化转换成相应电量的变化，由多要素自动气象站主机进行采集、计算处理，所有测量所得的各原始数据和预处理后的数据被暂存在它的存储器中，当收到应急指挥中心的气象数据中央计算机通过有线或无线方式发来的查询命令后，就将这些数据按相应的通讯方式发给中央计算机。自动气象站主机除将

数据发给应急指挥中心的气象数据中央计算机的同时，还可将数据自动发给与它相连的就地气象数据处理计算机，予以显示和存盘。避免在数据通讯系统受到干扰或故障时丢失数据。另外，本计算机还可作气象数据的进一步处理和作为系统的维护检查之用。

#### （2）地面气象自动观测

地面气象站观测场里的各气象要素(风速、风向、温度、湿度、雨量、气压、天空总辐射、净辐射等)传感器连续感应实时气象要素的变化，将其转换成相应电量的变化，由自动气象站主机负责采集，计算处理，并进行平均值计算，极值挑选等。

#### （3）气象数据现场采集

各气象要素的数据采集由自动气象站、梯度风与温度采集器等设备完成。自动气象站可自动连续采集、处理和记录温度、湿度、风速、风向、雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象数据。设在气象铁塔、10m 桅杆及地面的气象传感器实时测量各气象要素瞬时值，气象数据采集计算机采集并进行每十分钟平均值计算，作为该时刻各气象要素的测量值，作为原始数据存入存储器中。同时将数据上传 KRS 系统中央站和气象站数据采集计算机。

#### （4）数据获取率

计算三、四维联合频率所需联合数据获取率为 95.16%。满足 HAD01/02 规定的大于 90%的要求。

#### （5）气象观测的质量保证

仪器设备在安装前与集成后均进行了验收。所有仪器已经经过国家气象计量站的测试，能够保证测量数据的准确性和真实性。根据要求，为避免设备在运输期间由于意外因素影响系统及传感器采集的真实性，同时参照核系统气象观测惯例，针对风向、风速、温度传感器开展水平比对实验。

### 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短期或长期常规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 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′。该站建立于 1960 年，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。岐尾突出部 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 619.4km<sup>2</sup>。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 4.5m，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，测量水域涨、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  $166\text{cm/s}$ （S0508 站）、底层为  $139\text{cm/s}$ （S0508 站）、垂线为  $150\text{cm/s}$ （S0508 站），相应的流向分别为  $293^\circ$ 、 $317^\circ$ 和  $299^\circ$ ，落潮流单点最大流速表层为  $90\text{cm/s}$ （S0503 站）、底层为  $82\text{cm/s}$ （S0510 站）、垂线为  $88\text{cm/s}$ （S0510 站），相应的流向分别为  $170^\circ$ 、 $135^\circ$ 和  $134^\circ$ 。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（O1）与太阴太阳赤纬日分潮流（K1）的椭圆长半轴之和与主太阴半日分潮流（M2）的椭圆长半轴之比，即  $(Wk1+Wo1)/WM2$  来确定。

厂址各站、层的  $(Wk1+Wo1)/WM2$  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  $W4/WM2$  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 M2 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表明：总的讲，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<sup>3</sup> 和 0.051kg/m<sup>3</sup>；垂线平均值冬季分布在 0.032~0.157kg/m<sup>3</sup>，夏季分布在 0.011~0.181kg/m<sup>3</sup> 之间。实测最大含沙量冬季为 0.323kg/m<sup>3</sup>，夏季为 0.216kg/m<sup>3</sup>；实测最小值冬季为 0.018kg/m<sup>3</sup>，夏季为 0.001kg/m<sup>3</sup>。大潮时中值粒径值为 5.38μm~13.94μm，平均值为 8.29μm，小潮时中值粒径值为 6.10μm~13.86μm，平均值为 7.99μm。

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<sup>3</sup> 和 0.070kg/m<sup>3</sup>，夏季分别为 0.053kg/m<sup>3</sup> 和 0.047kg/m<sup>3</sup>；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 10.1t/m·d，最大净输沙量为 63.7t/m·d，最小净输沙量为 0.2t/m·d；夏季平均输沙量为 6.3t/m·d，最大净输沙量为 28.1t/m·d，最小净输沙量为 0.2t/m·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。

### 2.6.1.2 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，全市多年平均年降雨量 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

福清核电本期工程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，本段下同），设计洪水位 16.36m，正常蓄水位 16.30m，死水位 10.30m，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水量已通到北林水库，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。

### 2.6.2 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

根据地形地貌、含水介质、地下水的成因与赋存条件，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，含水层厚度 1.00~12.95m，水位埋深 0.00~0.95m，单井涌水量约 20m<sup>3</sup>/d，水量贫乏。

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

##### 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 5.00~20.00m<sup>3</sup>/d，水量贫乏。据抽水试验成果（表 2.6-4），含水层渗透系数  $2.32 \times 10^{-4} \sim 7.64 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ，属中等透水性。

##### 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。地下水面基本与地形一致，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 0.01~21.0Lu，属中等~极微透水岩体。

## （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分水岭基本一致。地下水表面与地形基本一致，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，厂址以北前薛村地势较低，地下水流向总的流向南西~西，向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，仅有的几个近于干枯的小型水塘位于前薛村以北，与厂区分属不同的小的水文地质单元，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。此为厂址平整前情况。

#### （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

根据《福建福清核电厂厂址环境水文地质调查报告》，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，供农业灌溉仅靠几个小山塘储水灌溉，另有 71 口水井（表 2.6-6），井深 4~16.5m，平均出水量 3m<sup>3</sup>/d，厂址 5km 范围内水井有 6 口在厂区范围，其它均分布在厂区以外的前薛村及其以北地区。目前，随着电厂的建设，厂址范围内的水井已不存在；前薛村已通自来水，村民日常生活一般都使用自来水，使用水井的村民非常少。核电厂厂区与前薛村等不在一个水文地质单元，厂区内与厂区外地下水无水力联系。

本区含水层水量不丰富，不具备工业开采价值。核电厂没有利用地下水的计划。

#### 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。厂区范围可视为一个独立的水文地质单元。

现场地平整后，3、4 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，岩体基本不含地下水。核岛地基岩体为微风化岩体，岩体裂隙多闭合或微张，一

般不含水；根据地质编录结果，核岛基坑开挖至设计标高及开挖过程中，基坑内未见地下水。

场地整平后，厂区地下水主要为基岩裂隙水和赋存于第四系人工回填层中的孔隙水，基岩裂隙水主要分布于厂坪开挖后的基岩出露区，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。地下水的补给来源为大气降水，排泄以蒸发、渗流形式排泄，地下水径流就近从厂区南、北侧排泄入海。

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，前薛村距厂址超过 500m，厂址地下水径流途径下游无居民取水点。厂址地下水对前薛村及其以北其他村庄无影响。

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（不考虑波浪影响）如下：

10%超越概率天文高潮位：	4.01m
可能最大台风增水：	4.37m
<u>海平面异常：</u>	<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，即核岛排水系统和厂前区排水系统。核岛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设计，并且厂区排水能够满足《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。核岛厂区及厂前区雨水通过各自的雨水管网分区排入兴化湾。每个厂房屋顶都设有屋面排水系统用来收集、输送和排泄雨水。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

福建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

福建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。

区域内晚更新世以来，陆域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。

厂址近区域陆域共发育 8 条断裂，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

厂区地层岩性简单，主要由燕山期岩浆岩和第四系组成，第四系不整合覆盖于燕山期岩浆岩之上。现场地平整后，厂区大部分地段为开挖后的基岩出露区，两侧底于厂坪标高地段为回填区。基岩为燕山早期侵入黑云母花岗岩及其后期浅成侵入岩脉，回填区回填材料主要为厂区正挖形成的人工开山片石、块石、碎石、岩屑，混少量砂粒、粘性土。

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 30～60°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。厂区及附近不存在地震引起的地表破裂、海啸、液化、震陷、滑坡等次生灾害。

现场地平整后，3、4 号机组场地大部分地段为开挖后的基岩出露区，核岛和常规岛、厂前区和大部分 BOP 子项位于该地段，该地段建筑场地类别为 I<sub>0</sub> 类，属对建筑抗震有利地段，不存在地震液化和震陷问题。取水渠、排水口、护堤和防波堤等海工构筑、部分 BOP 位于原海滩区，海滩区建筑场地类别为 II 类，属抗震不利地段。海滩区场地不存在地震液化问题。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。

3、4 号机组主厂房、联合泵房地基为微风化岩体，岩性以黑云母花岗岩为主。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，局部地段岩体破碎。地基承载力特征值 27.6MPa，地基稳定。地下水对建筑物的地基安全没有影响。

厂区内不存在危害 3、4 号机组安全相关建构筑物的自然或人工边坡。

### 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南强北弱的特征，以莆田为界，莆田以北地区仅发生个别中等强度破坏性地震，莆田以南地区分布有区域内绝大多数破坏性地震，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， $M_s 2.0 \sim 2.9$  级地震 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 Ms1.0 级以上地震。近区域内的微震分布较为零散，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 7½ 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。

厂址特定 SL-2 级地面运动基岩水平向峰值加速度为 0.19g，竖直向取水平向的 2/3，即 0.13g。

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	井口标高	降深	涌水量	单位涌水量	渗透系数	
		m	m	m	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /d·m	cm/s	m/d
J04	残坡积土	5.40	8.60	3.85	12.96	3.36	$7.64 \times 10^{-4}$	0.66
J20	残坡积土	2.34	12.30	3.50	7.28	2.08	$2.32 \times 10^{-4}$	0.20

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 <sup>-</sup> mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup> mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	Mg <sup>2+</sup> mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	侵蚀性 CO <sub>2</sub>	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 <sub>3</sub> -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 <sub>4</sub> -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 <sub>4</sub> .Cl.HCO <sub>3</sub> - 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 <sub>4</sub> -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 <sub>3</sub> -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	坐 标		地面标 高 (m)	水位埋 深 (m)	涌水量 (m <sup>3</sup> /d)	岩 性
	X	Y				
J1	444055	2818563	5.6	2.0	5.0	砂质粘性土
J2	444986	2818689	9.2	2.72	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J3	444726	2816945	7.3	2	6.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J04	444411	2816720	8.64	6.28	12.96	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J05	444083	2816083	3.6	0.2	36.00	弱风化花岗岩
J06	444295	2816013	16.5	4.8	12.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J07	444160	2815238	3.0	2.3	0.50	弱风化花岗岩
J08	444160	2815297	8.4	1.98	15.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J09	444529	2815394	10.6	7.41	8.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J10	444860	2815769	3.5	0.95	15.0	粉细砂
J11	444515	2816654	13.2	7.15	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J12	444527	2816658	14.0	8.65	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J13	444546	2816707	14.2	7.4	5.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J14	444516	2816732	9.94	5.2	27.13	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J15	444495	2816741	9.29	5.8	18.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J16	444661	2816723	12.83	6.4	5.80	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J17	444687	2816688	13.71	7.8	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J18	444675	2816658	13.66	6.55	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J19	444734	2816690	12.46	5.7	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J20	444829	2816759	12.3	2.34	17.28	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J21	444700	2816835	10.3	3.89	15.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J22	444706	2816891	8.63	2.47	13.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J23	444743	2816910	6.49	1.56	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J24	444727	2817033	6.56	2.96	15.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J25	444616	2816930	9.71	5.5	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J26	444649	2816975	9.15	5.05	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J27	444678	2817050	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	坐 标		地面标 高 (m)	水位埋 深 (m)	涌水量 (m <sup>3</sup> /d)	岩 性
	X	Y				
J28	444536	2817185	7.5	1.74	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J29	444473	2816892	6.1	2.89	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J30	444459	2816896	5.8	2.2	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J31	444431	2817074	6.52	2.86	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J32	444406	2817038	7.32	1.42	15.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J33	444330	2817076	8.04	6.7	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J34	444317	2817190	9.5	5.72	6.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J35	444446	2817325	11.29	3.8	18.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J36	444549	2817231	9.4	2.98	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J37	444288	2818035	4.82	2.2	10.0	上为砂质粘性土，下为强-中风化花岗岩
J38	443952	2818735	4.8	3.66	8.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J39	444065	2818760	5.24	0	15.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J40	444185	2818453	5.62	3.18	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J41	444188	2818405	5.6	2.68	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J42	444241	2818262	7.8	1.97	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J43	444346	2818045	14.1	7.48	6.0	上为砂质粘性土，下为强-中风化花岗岩
J44	444397	2818010	16.2	10.33	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J45	444687	2817325	11.84	7.51	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J46	444744	2817270	8.7	2.01	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J47	444755	2817262	8.23	2.78	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J48	444829	2817355	16.2	4.73	6.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J49	444830	2818571	17.25	3.65	5.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J50	444978	2818570	12.3	1.24	5.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J51	444936	2818698	14.62	8.10	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J52	444923	2818793	14.94	3.12	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J53	444866	2818999	20.40	7.88	10.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J54	445036	2819002	9.8	1.95	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J55	445156	2819087	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	坐 标		地面标 高 (m)	水位埋 深 (m)	涌水量 (m <sup>3</sup> /d)	岩 性
	X	Y				
J56	445353	2819216	17.3	9.36	8.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J57	445450	2819375	15.4	4.54	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J58	445534	2819396	17.5	6.6	5.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J59	445510	2819149	8.8	2.69	8.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J60	445597	2819115	5.88	3.26	8.0	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J61	445535	2819046	11.4	4.65	7.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J62	445121	2818843	6.60	1.53	10.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J63	445108	2818835	7.0	0.18	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J64	445095	2818699	7.42	1.03	5.00	上为砂质粘性土，下为全-强风化花岗岩
J65	445100	2818629	7.50	0.97	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J66	445383	2818579	4.20	0.90	12.0	上为砂质粘性土，下为强风化花岗岩
J67	445428	2818504	5.40	1.06	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J68	445480	2818420	12.40	7.46	12.0	上为砂质粘性土，下为强-中风化花岗岩
J69	445315	2818729	4.20	0.72	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J70	445391	2818756	4.34	0.91	10.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩
J71	445468	2818925	4.46	0.68	12.0	上为砂质粘性土，下为全风化花岗岩

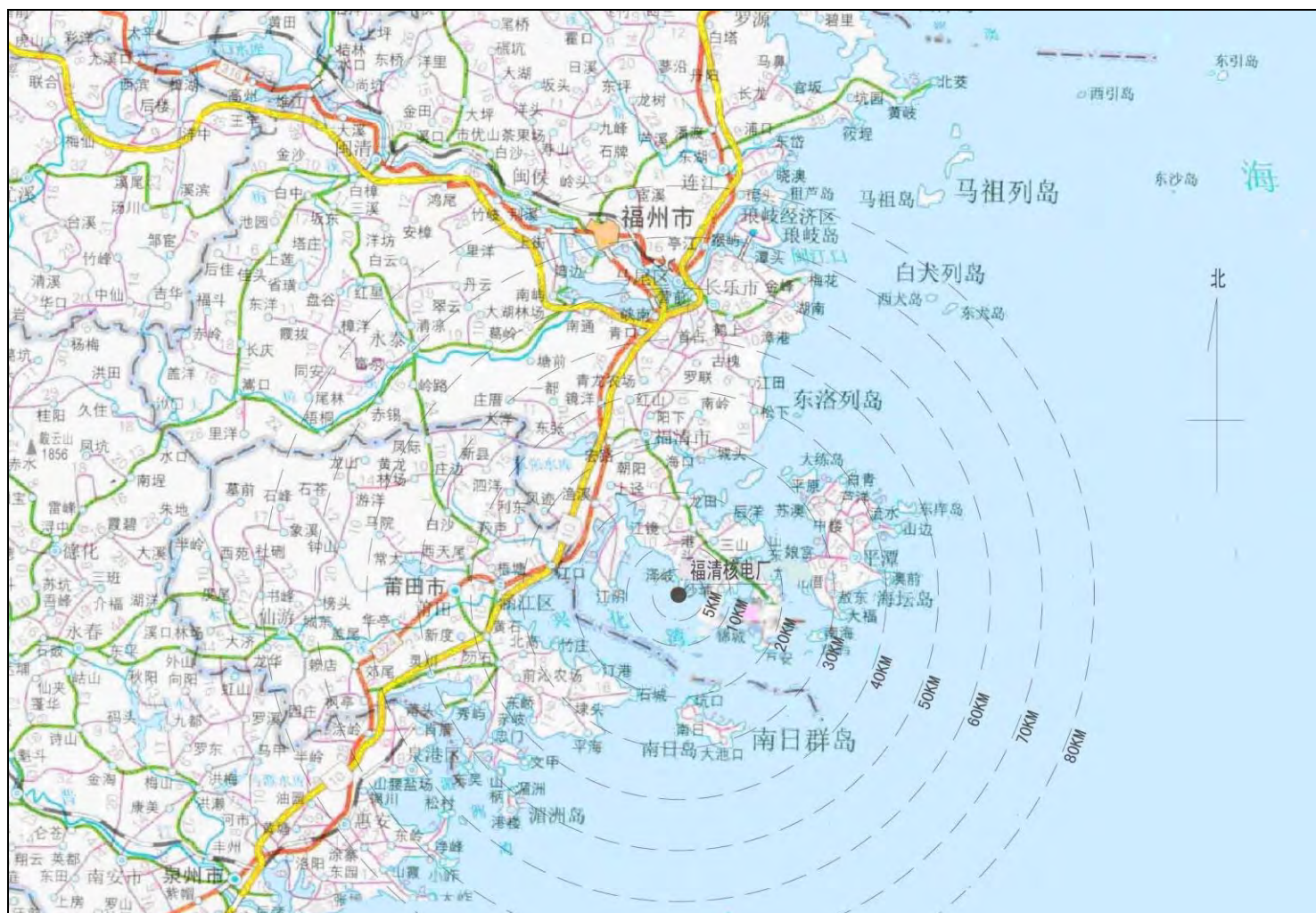


图 2.1-1 厂址地理位置图

## 第三章 环境质量现状

<b>3.1 辐射环境质量现状</b> .....	<b>1</b>
3.1.1 辐射环境本底概况.....	1
3.1.2 辐射环境质量现状.....	4
3.1.3 辐射环境质量现状评价.....	12
3.1.4 质量保证措施.....	15
<b>3.2 非放环境质量现状</b> .....	<b>17</b>
3.2.1 非放环境质量调查.....	17
3.2.2 非放环境质量现状.....	21

## 3.1 辐射环境质量现状

### 3.1.1 辐射环境本底概况

福清 3、4 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在福清核电厂厂址周围进行了为期一年的环境放射性本底初步调查（以下简称“一年本底初步调查”），并形成了《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 月至 2012 年 6 月，中国核电工程有限公司委托中国辐射防护研究院在福清核电厂厂址周围开展了为期两年的环境放射性本底调查（以下简称“两年本底调查”），获得了福清核电地区周围环境中目前最新最全面的环境放射性本底资料，形成了《环境放射性本底调查报告》及《环境放射性本底调查质量保证总结报告》，并通过了专家评审。2013 年 1 月，中国核电工程公司又委托中国辐射防护研究院开展了为期一年的环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  本底补充调查（以下简称“ $^{14}\text{C}$  本底调查”），并形成了《环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  本底调查报告》。

本报告将采用福清核电厂厂址最近的环境放射性数据资料，对福清核电厂 3、4 号机组运行阶段的辐射现状进行描述。

#### 3.1.1.1 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

##### （1）标准和规范

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）
- 《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）
- 《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 11216-89）
- 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）
- 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）
- 《核电厂环境辐射监测规定》（NB/T 20246-2013）

##### （2）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》

《福建福清核电厂一期工程环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  本底调查报告》

### 3.1.1.2 调查方案

两年本底调查和  $^{14}\text{C}$  本底调查的调查大纲见表 3.1-1 和表 3.1-2。

### 3.1.1.3 监测范围

环境  $\gamma$  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。

### 3.1.1.4 布点原则

两年本底调查的布点主要考虑以下原则：

- (1) 依据相关标准规范对调查范围及采样点的要求进行布点；
- (2) 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；
- (3) 核电厂周围不同的方位和距离；
- (4) 在采样/监测点的选择上涵盖一年本底初步调查设置的点位，对原设置点位进行分析后考虑进行取舍；
- (5) 对于一年本底初步调查中发现的异常点加强监测。

### 3.1.1.5 监测内容

- (1) 厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；
- (2) 两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：
  - 1) 环境  $\gamma$  辐射： $\gamma$  辐射剂量率瞬时定点测量； $\gamma$  辐射累积剂量测量。
  - 2) 陆地介质：

大气及沉降物：

    - 大气中的  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  测量分析；
    - 气溶胶：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
    - 沉降灰： $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、总  $\beta$  和  $\gamma$  谱核素分析。

土壤和底泥：

    - 陆地土壤： $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
    - 河/塘底泥： $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
    - 海洋沉积物（潮间带和潮下带）：总铀、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析。

水：

- 降水中的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
- 地表水中的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ （1 个采样点做放化分析）、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
- 饮用水中的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ （1 个采样点做放化分析）、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
- 地下水中的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  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  $^{90}\text{Sr}$  和  $\gamma$  谱核素分析；
- 牛奶  $^{131}\text{I}$  及  $\gamma$  谱核素分析。

3) 海洋介质：

海水：总铀、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$  谱分析；

海洋沉积物：总铀、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ （2 个采样点做放化分析）、 $\gamma$  谱分析；

海洋生物：藻类、贝类、甲壳类和软体类动物的总铀、总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $\gamma$  谱分析。

(3)  $^{14}\text{C}$  本底调查的项目，主要包括以下几类：

1) 陆域介质：

水：降水、地表水、地下水和饮用水；

生物：粮食类（大米）、蔬菜（空心菜、芹菜）、肉类（猪肉、鸡肉）、水果（香瓜）、相思树。

2) 海洋介质：

海水；

生物：藻类（海带、紫菜）、贝类（牡蛎）、甲壳类（明虾）、鱼类（乌母鱼）。

### 3.1.1.6 测量仪器及测量方法

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 3.1-3。

对于环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  测量分析方法目前无相关标准规范，因此通过对国内外  $^{14}\text{C}$  测量分析方法调研及分析对比后，最终确定采用直接吸收法对环境水及生物中的  $^{14}\text{C}$  活度浓度进行测量。测量方法通过了专家评审会，得到专家认可。但鉴于方法仍处于尝试测量阶段，利用该方法给出的环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  测量数据仅供参考使用。

### 3.1.1.7 测量方法探测限

各测量方法探测限详见表 3.1-4~表 3.1-8。

### 3.1.2 辐射环境质量现状

本节采用福清核电厂厂址最近的环境放射性调查数据资料，结合一年本底初步调查数据，对福清核电厂 3、4 号机组运行前的辐射环境质量现状水平进行描述。

#### 3.1.2.1 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，所含核素均为 Ir-192，用作  $\gamma$  探伤机；
- IV 类放射源 2 枚，1 枚所含核素为 Co-60，另 1 枚所含核素为 Cs-137；
- V 类放射源 8 枚，其中 4 枚所含核素为 Pm-147，用作测厚仪；3 枚所含核素为 Cs-137；1 枚所含核素为 Sr-90。

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，为测厚仪和福清辖区各个医院、卫生院的 X 光机。

厂址附近没有 I-131 放射源的使用。

#### 3.1.2.2 环境 $\gamma$ 辐射剂量率瞬时测量

##### (1) 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  $36.6 \pm 1.0 \text{ nGy/h}$ 。

##### (2) 环境 $\gamma$ 辐射剂量率瞬时测量

$\gamma$  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。表 3.1-9 给出了 61 个点位结果平均值。

由于福岛核事故，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  $93.0 \text{ nGy/h}$ ，范围为  $73.9 \sim 121 \text{ nGy/h}$ 。

在一年本底初步调查中，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  $\gamma$  辐射剂量率与一年本底初步调查结果相比，测量结果相近， $\gamma$  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 2011 年 3 月下旬之后，福岛核事故对于福清核电厂周围环境的  $\gamma$  剂量水平无明显影响。

#### 3.1.2.3 环境 $\gamma$ 辐射累积空气吸收剂量率测量

在两年本底调查中，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，但每次的回收率大于 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 69.4~145.0nGy/h。瞬时剂量率点位均值范围为 64.8~168.0nGy/h。累积剂量测量与瞬时剂量率测量趋势基本一致。

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  $\gamma$  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。

#### 3.1.2.4 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 20cm×25cm，每月采集体积约为 5000m<sup>3</sup>。气溶胶分析项目包括每月一次的总  $\alpha$ 、总  $\beta$  分析，每季度一次的  $\gamma$  谱分析、<sup>90</sup>Sr 和 <sup>137</sup>Cs 的放化分析，布点位置详见图 3.1-4。福岛核事故后，从 2011 年 4 月份开始增加每月一次的 <sup>131</sup>I、 $\gamma$  谱分析。

<sup>232</sup>Th 的活度浓度范围为 <LLD~0.046mBq/m<sup>3</sup>，两年均值为 0.024±0.007mBq/m<sup>3</sup>。

<sup>226</sup>Ra 的活度浓度范围为 <LLD~0.036mBq/m<sup>3</sup>，两年均值为 0.018±0.008mBq/m<sup>3</sup>。

<sup>40</sup>K 的活度浓度范围为 0.13~0.46mBq/m<sup>3</sup>，两年均值为 0.25±0.08mBq/m<sup>3</sup>。

2011 年 4 月份在 1 个点位测出了 <sup>131</sup>I，测量结果为 0.014±0.005mBq/m<sup>3</sup>。在 2 个位测出了 <sup>137</sup>Cs，结果为 0.011~0.022mBq/m<sup>3</sup>，在 4 月份以外的气溶胶样品中 <sup>131</sup>I 和 <sup>137</sup>Cs 均低于  $\gamma$  谱分析的探测限。

总  $\alpha$  的放射性水平范围为 0.10~1.71mBq/m<sup>3</sup>，两年均值为 0.53±0.24mBq/m<sup>3</sup>。总  $\beta$  的放射性水平范围为 0.091~4.91mBq/m<sup>3</sup>，两年均值为 1.92±0.65mBq/m<sup>3</sup>。<sup>137</sup>Cs 放化分析结果范围 <LLD~4.48 $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>，两年均值为 1.12±0.84 $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>。<sup>90</sup>Sr 放化分析结果范围 <1.41~28.5 $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>，两年均值为 9.41±5.99 $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>。

一年本底初步调查的测量结果中，气溶胶中总  $\alpha$  放射性的水平范围为 0.227~1.21mBq/m<sup>3</sup>，均值为 0.56±0.22mBq/m<sup>3</sup>；总  $\beta$  放射性的水平范围为 0.116~1.51mBq/m<sup>3</sup>，均值为 0.77±0.40mBq/m<sup>3</sup>；<sup>90</sup>Sr 放射性的水平范围为 2.16~19.0 $\mu$ Bq/m<sup>3</sup>，均值为 6.02±3.54mBq/m<sup>3</sup>。两年本底调查与一年本底初步调查的结果对比情况详见表 3.1-10。

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

福岛核事故以后，在 2011 年 4 月在福清市采集的样品中检测出了 <sup>131</sup>I 及 <sup>137</sup>Cs，在前薛村测出了 <sup>137</sup>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。

### 3.1.2.5 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  $0.25\text{m}^2$ ，采用湿法采样。沉降灰样品的分析项目包括每季度一次的  $\gamma$  谱分析、 $^{90}\text{Sr}$  和每月一次的总  $\beta$  分析，点位布置图详见图 3.1-4。福岛核事故后，从 2011 年 4 月份开始增加每月一次的  $^{131}\text{I}$ 、 $\gamma$  谱分析及每季一次的  $^{137}\text{Cs}$  放化分析。

$\gamma$  谱分析测量结果中：

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

在 2011 年 4 月份的样品中 5 个点位均测出了  $^{131}\text{I}$ ， $^{137}\text{Cs}$  结果低于探测限。两年内其余样品中的核素（包括  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）测量结果均小于探测限。

总  $\beta$  的放射性水平范围为  $7.22\sim 233\text{Bq}/\text{m}^2$ ，均值为  $56.3\pm 70.6\text{Bq}/\text{m}^2$ 。 $^{90}\text{Sr}$  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  $0.26\pm 0.16\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ； $^{137}\text{Cs}$  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  $\beta$  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， $^{232}\text{Th}$  的浓度活度范围为  $<\text{LD}\sim 1.15\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ， $^{226}\text{Ra}$  的浓度活度范围为  $<\text{LD}\sim 0.84\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ， $^{40}\text{K}$  的浓度活度范围为  $1.01\sim 16.2\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，均值为  $7.20\pm 4.58\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ， $^{137}\text{Cs}$  的浓度活度范围为  $<\text{LD}\sim 0.093\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 。 $^{90}\text{Sr}$  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本底初步调查结果对比情况详见表 3.1-11。调查结果表明，两年本底调查的沉降灰中  $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{90}\text{Sr}$  在环境本底水平范围之内。福岛核事故以后，在 2011 年 4 月 5 个点位的样品中均检测出了  $^{131}\text{I}$ ，其余的样品中未检测出  $^{131}\text{I}$ ，可能是受福岛核事故影响，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。

### 3.1.2.6 空气中 $^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$ 的放射性水平

空气中  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  的分析为每季度一次，布点位置详见图 3.1-4。空气中  $^3\text{H}$  的采集采用

硅胶吸附的方法，每个样品采集体积大于  $10\text{m}^3$ 。空气中  $^{14}\text{C}$  的采集用抽气泵与装有  $\text{NaOH}$  溶液的鼓泡器连接，使空气中的  $\text{CO}_2$  完全被碱液吸收捕集，采样体积约为  $3\sim 4\text{m}^3$ 。

$^3\text{H}$  的活度浓度范围为  $6.69\sim 78.0\text{mBq/m}^3$ ，两年均值为  $26.7\pm 18.5\text{mBq/m}^3$ 。 $^{14}\text{C}$  的活度浓度范围为  $10.5\sim 32.7\text{mBq/m}^3$ ，两年均值为  $19.8\pm 5.2\text{mBq/m}^3$ 。 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  按季节均值见表 3.1-12。

两年本底调查测量结果与一年本底初步调查结果比较情况见表 3.1-13。调查结果表明，两年本底调查时的空气中  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  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。

### 3.1.2.7 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  $2\text{kg}$ 。混合成原始样品。土壤样品的分析项目为每半年一次的  $\gamma$  谱分析和  $^{90}\text{Sr}$  分析，点位布置图详见图 3.1-1。

$\gamma$  谱分析测量结果中：

- $^{238}\text{U}$  的活度浓度范围为  $6.47\sim 53.1\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $27.9\pm 10.3\text{Bq/kg}$ ；
- $^{232}\text{Th}$  的活度浓度范围为  $11.1\sim 97.1\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $38.7\pm 19.8\text{Bq/kg}$ ；
- $^{226}\text{Ra}$  的活度浓度范围为  $5.86\sim 44.9\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $24.9\pm 9.3\text{Bq/kg}$ ；
- $^{40}\text{K}$  的活度浓度范围为  $249\sim 1270\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $528\pm 211\text{Bq/kg}$ ；
- $^{137}\text{Cs}$  在部分样品中给出了测量结果，其余核素（包括  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）测量结果均小于探测限。 $^{137}\text{Cs}$  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  $^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为  $0.25\sim 7.06\text{Bq/kg}$ ，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 3.1-14。

调查结果表明，两年本底调查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。

### 3.1.2.8 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  $2\sim 3\text{kg}$ 。底泥分析项目为每半年一次的  $\gamma$  谱分析和  $^{90}\text{Sr}$  分析，点位布置详见图 3.1-5。

$\gamma$  谱分析测量结果：

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

- $^{137}\text{Cs}$  的活度浓度范围为  $<\text{LLD}\sim 2.70\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $0.76\pm 0.54\text{Bq/kg}$ 。

放化分析测量结果：

$^{90}\text{Sr}$  的活度浓度范围为  $0.25\sim 7.06\text{Bq/kg}$ ，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： $^{238}\text{U}$ ： $19.6\sim 45.8\text{Bq/kg}$ ，均值为  $34.5\pm 9.8\text{Bq/kg}$ ； $^{232}\text{Th}$ ： $29.6\sim 73.0\text{Bq/kg}$ ，均值为  $46.8\pm 17.2\text{Bq/kg}$ ， $^{226}\text{Ra}$ ： $17.8\sim 41.6\text{Bq/kg}$ ，均值为  $29.1\pm 8.1\text{Bq/kg}$ ， $^{40}\text{K}$ ： $304\sim 927\text{Bq/kg}$ ，均值为  $674\pm 207\text{Bq/kg}$ ， $^{137}\text{Cs}$ ： $0.26\sim 2.21\text{Bq/kg}$ ，均值为  $0.83\pm 0.70\text{Bq/kg}$ ， $^{90}\text{Sr}$ ： $0.62\sim 3.70\text{Bq/kg}$ ，均值为  $1.96\pm 0.92\text{Bq/kg}$ 。

两年本底调查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，均在环境本底水平范围之内。

### 3.1.2.9 降水的放射性水平

降水的点位布置图详见图 3.1-4。 $\gamma$  谱测量结果中  $^{40}\text{K}$  只有部分样品给出了测量结果，其余样品低于探测限。 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$  测量结果均低于探测限。放化分析  $^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围  $0.31\sim 0.75\text{Bq/L}$ ，两年均值为  $0.49\pm 0.11\text{Bq/L}$ 。 $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围  $1.25\sim 29.7\text{mBq/L}$ ，两年均值为  $10.9\pm 7.4\text{mBq/L}$ ；总  $\beta$  测量结果活度浓度范围  $0.015\sim 0.76\text{Bq/L}$ ，两年均值为  $0.079\pm 0.128\text{Bq/L}$ 。 $^{137}\text{Cs}$  测量结果活度浓度范围  $<\text{LLD}\sim 1.54\text{mBq/L}$ ，两年均值为  $0.31\pm 0.36\text{mBq/L}$ 。降水样品测量结果按季度均值见表 3.1-15。

因福岛核事故增加了两个降水样品。两个降水样品  $^{90}\text{Sr}$  测量结果范围为  $1.25\sim 19.6\text{mBq/L}$ ，均值为  $10.0\pm 6.7\text{mBq/L}$ 。总  $\beta$  测量结果范围为  $0.020\sim 0.096\text{Bq/L}$ ，均值为  $0.060\pm 0.027\text{Bq/L}$ 。其余核素均低于探测限。

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 3.1-16，降水中放射性核素活度浓度水平属于本底水平范围。

### 3.1.2.10 地表水的放射性水平

地表水的点位布置图详见图 3.1-6，地表水测量结果按季度均值具体见表 3.1-17。

$\gamma$  谱测量结果中：

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

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

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 3.1-18。调查结果表明，地表水中的放射性核素活度浓度水平属天然本底水平。

### 3.1.2.11 地下水的放射性水平

地下水的点位布置图详见图 3.1-6，地下水测量结果按季度均值具体见表 3.1-19。

$\gamma$  谱测量结果中：

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

$^3\text{H}$ 测量结果活度浓度范围0.27~1.02Bq/L，两年均值为 $0.52\pm 0.21\text{Bq/L}$ 。 $^{90}\text{Sr}$ 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 $\alpha$ 测量结果活度浓度范围 $L_D\sim 0.16\text{Bq/L}$ ，总 $\beta$ 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 3.1-20。调查结果表明，地下水中的放射性核素活度浓度水平在环评本底水平范围内。

### 3.1.2.12 饮用水的放射性水平

饮用水的点位布置图详见图 3.1-6，饮用水测量结果按季度均值具体见表 3.1-21。

$\gamma$  谱测量结果中：

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

放化分析 $^3\text{H}$ 测量结果活度浓度范围0.32~0.96Bq/L，两年均值为 $0.53\pm 0.16\text{Bq/L}$ 。 $^{90}\text{Sr}$ 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 $\alpha$ 测量结果活度浓度范围 $L_D\sim 0.26\text{mBq/L}$ ，总 $\beta$ 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 3.1-22，饮用水中的放射性核素活度浓度水平在环评本底水平范围内。

### 3.1.2.13 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，具体测量结果均值见表3.1-23。所有生物样品都给出了 $^{40}\text{K}$ 和 $^{90}\text{Sr}$ （除牛奶外）的测量结果，部分样品中 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 含量低于探测限，其它核素（包括 $^{238}\text{U}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）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3.1-24。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3.1-25。

两次调查结果相比，调查结果基本一致，属于环境本底水平。

### 3.1.2.14 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按季度均值见表 3.1-26。

$\gamma$  谱分析结果中：

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

- $^3\text{H}$  活度浓度范围  $0.20\sim 1.02\text{Bq/L}$ ，两年均值为  $0.49\pm 0.20\text{Bq/L}$ ；
- $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围  $0.47\sim 5.34\text{mBq/L}$ ，两年均值为  $1.98\pm 1.30\text{mBq/L}$ ；
- 总 U 活度浓度范围  $2.52\sim 3.13\mu\text{g/L}$ ，两年均值为  $2.93\pm 0.13\mu\text{g/L}$ ；
- 总  $\beta$  活度浓度范围  $7.29\sim 13.6\text{Bq/L}$ ，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 3.1-27。调查结果表明，两年本底调查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。

### 3.1.2.15 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按季度均值见表 3.1-28。

$\gamma$  谱分析结果中：

- $^{238}\text{U}$  活度浓度范围  $18.0\sim 79.7\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $38.7\pm 11.0\text{Bq/kg}$ ；
- $^{232}\text{Th}$  活度浓度范围  $27.8\sim 156\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $51.0\pm 21.4\text{Bq/kg}$ ；
- $^{226}\text{Ra}$  活度浓度范围  $14.4\sim 60.7\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $27.7\pm 7.4\text{Bq/kg}$ ；
- $^{40}\text{K}$  活度浓度范围  $579\sim 1210\text{Bq/L}$ ，两年均值为  $789\pm 108\text{Bq/L}$ ；
- $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围 $<\text{LLD}\sim 2.69\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $1.24\pm 0.53\text{Bq/kg}$ ；
- 其它核素（包括  $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{131}\text{I}$ ）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， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围  $0.23\sim 5.09\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $1.85\pm 1.18\text{Bq/kg}$ ；总 U 活度浓度范围  $1.29\sim 4.59\mu\text{g/g}$ ，两年均值为  $2.64\pm 0.68\mu\text{g/g}$ ；总  $\beta$  活度浓度范围  $685\sim 1636\text{Bq/kg}$ ，两年均值为  $995\pm 173\text{Bq/kg}$ 。

两年本底调查、一年本底初步调查测量结果对比情况详见表 3.1-29。对比结果表明，

两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。

### 3.1.2.16 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。海洋生物的放射性核素活度浓度测量结果均值见表 3.1-30。

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

两年本底调查与一年本底初步调查的比对情况具体见表 3.1-31。

两次调查结果相比，调查结果基本一致，所存在的差异属于正常的本底涨落。

### 3.1.2.17 环境水体及生物中 $^{14}\text{C}$ 活度浓度水平

鉴于环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  测量尚无国家标准及行业技术规范，因此本节给出的环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  活度浓度水平仅提供数据参考。

#### （1）陆域水体

陆域水体的采样充分考虑居民、主导风下风向等因素，样品包含了降水、地表水、地下水和饮用水等。陆域水体的采样点布点图详见图 3.1-9。

测量结果如下：

- 降水：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.18~0.25 Bq/g C
- 地表水：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.19~0.29 Bq/g C
- 地下水：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.29 Bq/g C
- 饮用水：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.21~0.28 Bq/g C

#### （2）陆生生物

陆生生物主要依据厂址周围实际情况，考虑主导风下风向、种植面积较大或养殖较多等因素，共包含了粮食类、蔬菜类、肉类、水果类和相思树 5 种。陆地生物的采样点布点图详见图 3.1-10。

测量结果如下：

- 大米：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.23~0.25 Bq/g C
- 空心菜及芹菜：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.21~0.25 Bq/g C
- 鸡肉及猪肉：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.29 Bq/g C
- 香瓜：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.23~0.25 Bq/g C
- 相思树：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.22~0.28 Bq/g C

### （3）海水

海水样品分别于春、夏、秋、冬四个季节各采集一次，海水的采样点布点图详见图 3.1-11。海水样品中每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.19~0.29 Bq/g C。

### （4）海洋生物

海洋生物重点关注排放口下游海域，考虑当地大量养殖且主要食用的海产品，共包含藻类、贝类、甲壳类和鱼类 4 种。

测量结果如下：

- 海带、紫菜：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.28 Bq/g C
- 牡蛎：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.20~0.24 Bq/g C
- 明虾：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.25~0.26 Bq/g C
- 乌母鱼：每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.26 Bq/g C

## 3.1.3 辐射环境质量现状评价

根据厂址周围资料收集，厂址周围无其他核设施，周围所使用的放射源为探伤或医院用，暂不存在影响厂址周围环境的其他辐射源。

根据放射性调查结果，厂址周围的辐射环境质量现状如下：

### 3.1.3.1 环境 $\gamma$ 辐射水平

两年环境放射性本底调查中，环境  $\gamma$  辐射剂量率月平均值范围为 28.2~131nGy/h，累积剂量换算为剂量率后的季度均值范围为 69.4~145.0nGy/h，与一年本底初步调查结果相近，未发现异常数据。福岛核事故对于福清核电厂周围环境的  $\gamma$  剂量水平无明显影响，可认为福清厂址区域周围环境中  $\gamma$  辐射剂量率水平在天然本底范围内，不属于高本底地区。

### 3.1.3.2 环境介质中放射性水平

#### （1）气溶胶

气溶胶中总  $\alpha$  的放射性水平范围为 0.10~1.71mBq/m<sup>3</sup>，总  $\beta$  的放射性水平范围为 0.091~4.91mBq/m<sup>3</sup>， $^{137}\text{Cs}$  放化分析结果范围<LLD~4.48 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ， $^{90}\text{Sr}$  放化分析结果范围<1.41~28.5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ，其余核素均低于探测限。两年放射性本底调查的气溶胶测量结果与一年本底初步调查结果较为相近，可认为福清厂址区域周围环境中气溶胶的放射性水平在天然本底范围内，不属于高本底地区。福岛事故后仅在 2011 年 4 月份福清市测出了  $^{131}\text{I}$ ，测量结果为 0.014±0.005mGq/m<sup>3</sup>。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。

## （2）沉降灰

沉降灰中总  $\beta$  的放射性水平范围为 7.22~233Bq/m<sup>2</sup>，<sup>90</sup>Sr 的活度浓度范围为 0.07~0.84Bq/(m<sup>2</sup>·月)，<sup>137</sup>Cs 的活度浓度范围为 3.88~41.2mBq/(m<sup>2</sup>·月)，其余核素均低于探测限。两年放射性本底调查的气溶胶测量结果与一年本底初步调查结果相比无明显差异，可认为福清厂址区域周围环境中沉降灰的放射性水平在天然本底范围内，不属于高本底地区。福岛事故后仅在 2011 年 4 月的样品中检测出 <sup>131</sup>I，后续样品均未检出 <sup>131</sup>I，可能是受福岛事故影响，但影响时间较短，这种影响在福岛事故 3 个月后可以忽略。

## （3）空气中 <sup>3</sup>H 及 <sup>14</sup>C

空气中 <sup>3</sup>H 的活度浓度范围为 6.69~78.0mBq/m<sup>3</sup>，<sup>14</sup>C 的活度浓度范围为 10.5~32.7mBq/m<sup>3</sup>，两年本底调查测量结果与一年本底初步调查结果相比无明显差异，可认为福清厂址区域周围环境空气中 <sup>3</sup>H 及 <sup>14</sup>C 在环境本底水平范围之内，不属于高本底地区。

## （4）土壤及底泥

土壤中 <sup>90</sup>Sr 的活度浓度范围为 0.25~7.06Bq/kg，<sup>137</sup>Cs 的活度浓度范围为 <LLD~2.70Bq/kg，其余核素均小于探测限。底泥中 <sup>90</sup>Sr 的活度浓度范围为 0.25~7.06Bq/kg，<sup>137</sup>Cs 的活度浓度范围为 <LLD~2.70Bq/kg。土壤及底泥的两年本底调查测量结果与一年本底初步调查结果较为接近，可认为福清厂址周围环境土壤及底泥在天然本底水平范围内，不属高本底地区。

## （5）水体

两年放射性本底调查中降水、地表水及饮用水的放射性水平与一年初步调查结果相比无明显差异。测量中未发现福岛事故对水体的影响。福清厂址区域周围环境的陆域水体放射性水平在环境本底水平范围之内，不属于高本底地区。各类水体的放射性水平为：

### 降水：

<sup>3</sup>H 测量结果活度浓度范围 0.31~0.75Bq/L，<sup>90</sup>Sr 测量结果活度浓度范围 1.25~29.7mBq/L，<sup>137</sup>Cs 测量结果活度浓度范围 <LLD~1.54mBq/L。其余核素低于探测限。

### 地表水：

<sup>3</sup>H 测量结果活度浓度范围 0.25~0.82Bq/L，<sup>90</sup>Sr 测量结果活度浓度范围 1.26~8.88mBq/L，总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围  $L_D$ ~0.60Bq/L，总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.030~1.33Bq/L，其余核素低于探测限。

### 地下水：

<sup>3</sup>H 测量结果活度浓度范围 0.27~1.02Bq/L，<sup>90</sup>Sr 测量结果活度浓度范围



1.61~9.59mBq/L，总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围  $L_D \sim 0.16$ Bq/L，总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.086~0.42Bq/L，其余核素低于探测限。

#### 饮用水：

$^3\text{H}$  测量结果活度浓度范围 0.32~0.96Bq/L， $^{90}\text{Sr}$  测量结果活度浓度范围 1.37~21.8mBq/L，总  $\alpha$  测量结果活度浓度范围  $L_D \sim 0.26$ mBq/L，总  $\beta$  测量结果活度浓度范围 0.075~0.43mBq/L，其余核素均低于探测限。

#### （6）陆生生物

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。两次调查结果基本在同一量级，可认为福清厂址区域周围环境的陆生生物放射性水平在环境本底水平范围之内，不属于高本底地区，所存在的差异属于正常的本底涨落。

#### （7）海水

海水中  $^3\text{H}$  活度浓度范围 0.20~1.02Bq/L， $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围 0.47~5.34mBq/L，总  $\beta$  活度浓度范围 7.29~13.6Bq/L，其他核素小于探测限。两年本底调查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，可认为福清厂址区域周围环境中海水的放射性水平在环境本底水平范围内，不属于高本底地区。

#### （8）海洋沉积物

海洋沉积物中的  $^{90}\text{Sr}$  活度浓度范围 0.23~5.09Bq/kg，总  $\beta$ （含钾）活度浓度范围 685~1636Bq/kg， $^{137}\text{Cs}$  活度浓度范围  $<LLD \sim 2.69$ Bq/kg，其他核素小于探测限。两年本底调查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，可认为福清厂址区域周围环境中海洋沉积物的放射性水平在环境本底水平范围内，不属于高本底地区。

#### （9）海洋生物

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。两次调查结果基本在同一量级，可认为福清厂址区域周围环境的海洋生物放射性水平在环境本底水平范围之内，不属于高本底地区，所存在的差异属于正常的本底涨落。

### 3.1.3.3 环境水体及生物中 $^{14}\text{C}$ 放射性水平

鉴于环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  测量方法尚无国家标准规范，因此本次调查重点进行测量方法的比选，所开展测量为尝试性测量，所给出的测量结果仅供参考使用。本次测量的主要结果为：

#### （1）降水

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.18~0.25 Bq/gC。

#### （2）地表水

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.19~0.29 Bq/gC。

**(3) 地下水**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.29 Bq/gC。

**(4) 饮用水**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.21~0.28 Bq/g。

**(5) 大米**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.23~0.25 Bq/gC。

**(6) 空心菜及芹菜**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.21~0.25 Bq/gC。

**(7) 鸡肉及猪肉**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.29 Bq/gC。

**(8) 香瓜**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.23~0.25 Bq/gC。

**(9) 相思树**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.22~0.28 Bq/gC。

**(10) 海水**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.19~0.29 Bq/gC。

**(11) 海带、紫菜**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.28 Bq/gC。

**(12) 牡蛎**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.20~0.24 Bq/gC。

**(13) 明虾**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.25~0.26 Bq/gC。

**(14) 乌母鱼**

每克碳中的  $^{14}\text{C}$  放射性活度范围为 0.24~0.26 Bq/gC。

**3.1.4 质量保证措施**

在两年本底调查和  $^{14}\text{C}$  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。

#### 3.1.4.1 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。

#### 3.1.4.2 仪器设备的控制

(1) 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 3.1-32 列出了使用的主要仪器和设备的检定情况。

(2) 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 3.1-33。

(3) 放射性测量装置的刻度和性能检验

$\gamma$  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  $\gamma$  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。

$\alpha\beta$  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  $\alpha$  效率，采用 K-40 标定总  $\beta$  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  $\gamma$  谱仪、 $\alpha\beta$  测量仪、液闪谱仪均在正常稳定工作状态下。

#### 3.1.4.3 调查实施过程控制

(1) 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。对于环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  的分析测量方法，鉴于国内无相关标准规范，因此在本底调查过程中重点进行了几种不同测量方法的对比分析，从而选出较为可信的测量方法。

#### （2）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。

#### （3）野外测量的控制

本项目中使用的 YB-II 和 YB-III 环境  $\gamma$  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  $\gamma$  辐射累积剂量测量，中辐院自 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。

#### （4）实验室分析测量的控制

##### 1) 掺标样品盲样

两年本底调查实施过程中，第一年度工作用掺标样品对实验室内放化分析过程进行质量控制。掺标样品的分析是为了确定分析测量的准确度。掺标样品由本项目质保人员分别于 2010 年 11 月和 2011 年 7 月进行。环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  本底调查过程中，分别于 2013 年 4 月和 2013 年 10 月进行了掺标样分析，掺标样品由质保人员制备。

##### 2) 国际对比样品

中辐院在 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%。

##### 3) 平行样品测量

为了对样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在两年本底调查实施过程中，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，在  $^{14}\text{C}$  本底调查实施过程中分别对饮用水、陆域生物及海洋生物采集了平行样。平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。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厂址区域目前的非放射性环境质量现状，包括大气环境、环境噪声、海水水质及电磁辐射调查等内容。

### 3.2.1 非放环境质量调查

#### 3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司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 3095-2012）。

《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）及修改单和《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中的标准限值见表 3.2-1。

### 3.2.1.2 环境噪声现状调查

本节有关资料和数据取自中国辐射防护研究院于 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）》。

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 3.2-2。

### 3.2.1.3 海水水质现状调查

福建福清核电厂厂址附近海域海洋生物及其生态环境调查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 370km<sup>2</sup>。在该海域垂直岸线布设 6 条断面共计 20 个大面观测站进行环境化学和海洋生物要素观测；另在取排水口附近设 2 个定点连续站。

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。

#### （1）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。

#### （2）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。

### （3）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。

#### 3.2.1.4 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）

《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）

《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）

《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）

《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）

《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

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。

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。

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

##### 1) 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、500kV 出线。

##### 2) 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 3.2-3 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。

##### 3) 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 3.2-4 和图 3.2-2。

##### 4) 主变压器监测点设置

对于主变压器，选择以主变围墙为起点，在远离进出线一侧设监测点，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 3.2-5，监测断面位置见图 3.2-3。

### 5) 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：

- 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。

- 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。

### 6) 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 3.2-6 和图 3.2-5。

### （6）监测仪器

本次监测使用的仪器见表 3.2-7。

## 3.2.2 非放环境质量现状

### 3.2.2.1 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，SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、TSP、PM<sub>10</sub> 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，同时也符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中二级标准的要求。

### 3.2.2.2 环境噪声评价

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 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（ $\leq 2.0 \text{ mg/L}$ ）。

所有调查站位的溶解氧含量均达到一类海水水质标准（ $\geq 6.0 \text{ mg/L}$ ）。

个别站位的生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）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（BOD<sub>5</sub>）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（ $\leq 20 \mu\text{g/L}$ ）。

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（ $< 0.03 \text{ mg/L}$ ）。

所有站位的硫化物含量全部符合海水水质一类标准（ $\leq 20 \mu\text{g/L}$ ）。

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

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，超标情况如下：

a) 春季大潮期表层无机氮含量符合一类海水水质标准（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 50%，符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 45%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 5%；中层符合一类海水水质标准（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 75%，符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 66.67%，符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 26.67%，符合三类海水水质标准（ $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 50%，符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 40%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）；底层无机氮含量符合一类海水水质标准（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 71.43%，符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的

14.29%；符合三类海水水质标准（ $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ ）。

秋季大潮期表层无机氮含量符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 90%，符合三类海水水质标准（ $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）；底层无机氮含量符合二类海水水质标准（ $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 87.5%，符合三类海水水质标准（ $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 45%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 42.9%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 25%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 75%。

b) 春季大潮期表层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 25%，符合二三类海水水质标准（ $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 60%，符合四类海水水质标准（ $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 10%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 75%，符合二三类海水水质标准（ $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 33.33%，符合二三类海水水质标准（ $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 60%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 65%，符合二三类海水水质标准（ $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 25%，超过四类海水水质标准（ $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）；底层活性磷酸盐含量符合一类海水水质标准（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 85.71%，符合四类海水水质标准（ $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）的站位数占总站位数的 80%，符合二三类海水水质标准（ $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ）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（ $\leq 0.015 \text{ mg/L}$ ）。

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 ( $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 55%，符合四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 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 ( $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 70%，符合四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 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 ( $\leq 0.030 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 62.4%，符合四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 31.3%，超过四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 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 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 80%，超过四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 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 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 64.3%，超过四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 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 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 的站位数占总站位数的 75%，超过四类海水水质标准 ( $\leq 0.045 \text{ mg/L}$ ) 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 ( $\leq 2.0 \text{ mg/L}$ )。

所有调查站位的溶解氧含量均达到一类海水水质标准 ( $\geq 6.0 \text{ mg/L}$ )。

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：

a) 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 ( $< 0.2, \leq 0.3 \text{ mg/L}$ )。连续点 B 有 2 个时刻的表层含量达到三类海水水质标准 ( $< 0.3, \leq 0.4 \text{ mg/L}$ )，其他时刻符合符合二类海水水质标准 ( $< 0.2, \leq 0.3 \text{ mg/L}$ )。

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 ( $< 0.2, \leq 0.3 \text{ mg/L}$ )，其他样品含量符合一类海水水质标准 ( $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ )。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 ( $< 0.2, \leq 0.3 \text{ mg/L}$ )，2 个水样的无机氮含量达到三类海水水质标准 ( $< 0.2, \leq 0.3 \text{ mg/L}$ )，其他样品含量符合一类海水水质标准 ( $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ )。

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 ( $\leq 0.2 \text{ mg/L}$ )。

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 ( $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ )。连续点 B 有 1 个时刻的表层含量达到三类海水水质标准 ( $\leq 0.4 \text{ mg/L}$ )，其他时刻符合符合二类海水水质标准 ( $\leq 0.3 \text{ mg/L}$ )。

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 ( $\leq 0.5$  mg/L)，其他符合四类海水水质标准 ( $\leq 0.5$  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 ( $\leq 0.5$  mg/L)，其他时刻符合符合四类海水水质标准 ( $\leq 0.5$  mg/L)。

b) 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 ( $\leq 0.015$  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 ( $\leq 0.015$  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 ( $\leq 0.015$  mg/L)。连续点 B 全部水样均符合一类海水水质标准 ( $\leq 0.015$  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 ( $\leq 0.045$  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，厂址邻近海域的海洋环境质量整体良好，未受显著污染。

#### 3.2.2.4 电磁辐射质量评价

##### (1) 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 $\mu$ 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《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014) 标准，对于 30MHz-3000 MHz 的频率范围，该标准的公众曝露控制限值为：环境射频综合场强等效平面波功率密度在任意连续 6 分钟内的平均值应小于 0.4 W/m<sup>2</sup> (电场强度限值 12V/m)，该限值包括 30MHz-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 3.2-9~3.2-20。

根据评价区域电磁辐射测量结果，得到如下结论：

### 1) 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 $\mu$ T~0.038 $\mu$ T 之间，分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 $\mu$ T），符合要求。

厂区内 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 40.2dB（ $\mu$ V/m）~50.4dB（ $\mu$ V/m）之间，平均值为 48.1dB（ $\mu$ V/m），最大值与最小值之间相差 10.2dB（ $\mu$ 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 GB8702-2014 中规定的 12V/m 标准限值。

### 2) 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，小于标准限值 4kV/m，符合要求；工频磁场强度监测值在 0.016 $\mu$ T~0.051 $\mu$ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合标准要求。

0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 39.8dB（ $\mu$ V/m）~51.3dB（ $\mu$ 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（ $\mu$ V/m）。

### 3) 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 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 $\mu$ T~0.141 $\mu$ T 之间；平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.021 $\mu$ T~0.027 $\mu$ T 之间。所有工频磁场强度监测值都小于 0.1mT 的标准限值，符合要求。

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（ $\mu$ V/m）~56.1dB（ $\mu$ V/m）之间。东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 43.2dB（ $\mu$ V/m）和 44.2dB（ $\mu$ V/m）；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 42.2dB（ $\mu$ V/m）~43.8dB（ $\mu$ V/m）之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 46 dB（ $\mu$ 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 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 $\mu$ T~0.026 $\mu$ 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  $0.022\mu\text{T} \sim 0.024\mu\text{T}$  之间。所有工频磁场强度监测值都小于  $0.1\text{mT}$  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  $47.5\text{dB} (\mu\text{V/m}) \sim 52.8\text{dB} (\mu\text{V/m})$  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  $49.6\text{dB} (\mu\text{V/m})$  和  $49.1\text{dB} (\mu\text{V/m})$ ；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在  $49.8\text{dB} (\mu\text{V/m}) \sim 50.2\text{dB} (\mu\text{V/m})$  之间，都小于 GB15707-1995 中规定的  $55\text{dB} (\mu\text{V/m})$  的标准限值。

220kV 倒送电线路工频电场强度监测  $29.64\text{V/m} \sim 627.5\text{V/m}$  之间；平行监测断面工频电场强度监测值在  $167.5\text{V/m} \sim 425.1\text{V/m}$  之间。以上所有工频电场强度监测值都小于  $4\text{kV/m}$  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  $0.022\mu\text{T} \sim 0.029\mu\text{T}$  之间；平行监测断面工频磁场强度监测值在  $0.022\mu\text{T} \sim 0.026\mu\text{T}$  之间。所有工频磁场强度监测值都小于  $0.1\text{mT}$  的标准限值，符合要求。

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  $44.2\text{dB} (\mu\text{V/m}) \sim 48.1\text{dB} (\mu\text{V/m})$  之间。南、北边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为  $46.1\text{dB} (\mu\text{V/m})$  和  $46.7\text{dB} (\mu\text{V/m})$ ；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在  $46.1\text{dB} (\mu\text{V/m}) \sim 46.7\text{dB} (\mu\text{V/m})$  之间，都小于 GB15707-1995 中规定的  $53\text{dB} (\mu\text{V/m})$  的标准限值。

#### 4) 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  $0.066\text{V/m} \sim 0.850\text{V/m}$  之间，以上所有监测值都小于  $4\text{kV/m}$  标准要求；工频磁场强度监测值在  $0.019\mu\text{T} \sim 0.043\mu\text{T}$  之间，都小于  $0.1\text{mT}$  ( $100\mu\text{T}$ ) 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  $46.2\text{dB} (\mu\text{V/m}) \sim 52.6\text{dB} (\mu\text{V/m})$  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  $0.278\text{V/m} \sim 2.615\text{V/m}$  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  $2.615\text{V/m}$ ，然后随距离增加而降低。所有监测值都小于  $4\text{kV/m}$  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  $0.1\text{mT}$  ( $100\mu\text{T}$ ) 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 49.0dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )~52.3dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )之间,最高值出现在 110kV 施工进线主变压器外 2m 处,其值为 52.3dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ ),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 0.988V/m~1.321V/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 1.321V/m,然后随距离增加而降低。所有监测值都小于 4kV/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 $\mu\text{T}$ ~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 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 38.6dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )~42.7dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )之间,最高值出现在 220kV 倒送电主变压器外 4m 处,其值为 42.7dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ ),随距离增加没有明显变化。

#### 5) 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 0.914V/m~63.85V/m 之间,所有监测值都小于标准限值 4kV/m,符合标准要求;工频磁场强度监测值在 0.022 $\mu\text{T}$ ~0.082 $\mu\text{T}$  之间,都小于标准限值 0.1mT(100 $\mu\text{T}$ ),符合要求。

所有监测点 0.5MHz 监测值在 49.6dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )~58.4dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )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 55dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )。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 V/m~0.96 V/m 之间,所有监测值都小于《电磁辐射防护规定》(GB 8702-2014)中的 12V/m 标准限值,符合标准要求。

表 3.1-1 福建福清核电厂环境放射性两年本底调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数		
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	
				<sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs 及 γ 谱分析	1 次/季	20km	5 个	
			沉降物	<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/季	20km	5 个	
				总 β	1 次/月	20km	5 个	
		<sup>3</sup> H 和 <sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C、HTO	1 次/季	20km	4 个		
		水	降水	总 α、总 β、 <sup>3</sup> H、 <sup>90</sup> 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		<sup>238</sup> U、 <sup>232</sup> Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>40</sup> K、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>90</sup> 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）		<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	收获期	20km	3 个
			蔬菜（豆角、空心菜、芹菜）		<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	收获期	20km	2 个
			肉类（猪肉、鸡肉）		<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个
			牛（羊）奶		<sup>131</sup> I 及 γ 谱分析	1 次/半年	20km	2 个
			淡水鱼（罗非鱼、鲢鱼、草鱼）		<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个
茶叶			<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个		
松针			<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	1 个		
水果（两种）			<sup>90</sup> Sr 及 γ 谱分析	1 次/年	20km	2 个		
3	海洋介质	海水		总铀、总 β、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>3</sup> H、γ 谱分析	1 次/半年	20km	8 个	
		沉积物	潮间、潮下带	总铀、总 β、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	8 个	
		生物样品	藻类（紫菜、海带）		总铀、总 β、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个
			贝类（蚬子、牡蛎、贻贝）		总铀、总 β、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个
			甲壳类（中国对虾、日本对虾、青蟹）		总铀、总 β、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个
			鱼类（乌母鱼、鲈鱼、鲳鱼）		总铀、总 β、 <sup>90</sup> Sr、γ 谱分析	1 次/半年	10km	3 个

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



表 3.1-2 福建福清核电厂环境水体及生物中  $^{14}\text{C}$  本底调查方案

序号	调查对象		采样点布点原则	监测频度	调查范围	采样点数		
1	陆域介质	水	降水	<ul style="list-style-type: none"> <li>主导风下风向</li> <li>居民</li> </ul>	1 次/季	30km	2 个	
			地表水	<ul style="list-style-type: none"> <li>预计受影响的水域，包括调查范围内的水库、内陆河水</li> </ul>	1 次/季	30km	2 个	
			地下水	<ul style="list-style-type: none"> <li>预计受影响的地下水或居民作为饮用水的地下水</li> </ul>	1 次/季	30km	2 个	
			饮用水	<ul style="list-style-type: none"> <li>调查范围内的饮用水取水口或水源</li> </ul>	1 次/季	30km	2 个	
		生物	粮食类（大米）		<ul style="list-style-type: none"> <li>主导风下风向、种植面积较大或养殖较多</li> </ul>	收获期	30km	2 个
			蔬菜	空心菜		1 次/半年	30km	1 个
				芹菜		1 次/年	30km	1 个
			肉类	猪肉		1 次/半年	30km	1 个
	鸡肉			1 次/半年		30km	1 个	
	水果（香瓜）		收获期	30km		1 个		
	相思树		1 次/半年	30km		1 个		
	2	海洋介质	海水			<ul style="list-style-type: none"> <li>近密远疏</li> <li>主导风下风向</li> <li>近岸海域</li> </ul>	1 次/季	10km
生物样品			藻类（紫菜、海带）		<ul style="list-style-type: none"> <li>当地大量养殖且主要食用的海产品养殖区</li> <li>海域内主要生长区</li> <li>排放口下游的海域</li> </ul>	1 次/半年	10km	1 个
			贝类（牡蛎）			1 次/半年	20km	1 个
			甲壳类（明虾）			1 次/半年	20km	1 个
			鱼类（乌母鱼）			1 次/半年	20km	1 个

表 3.1-3 两年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 $\alpha$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》 EJ/T1075-1998 《水中总 $\alpha$ 放射性浓度的测定 厚源法》
4	总 $\beta$	LB770 低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪	HJ/T61-2001 《辐射环境监测技术规范》 EJ/T 900-1994 《水中总 $\beta$ 放射性测定 蒸发法》
5	$^3\text{H}$	Tri-carb3170TR/SL 低水平液闪	GB 12375-1990 《水中氚的分析方法》
6	生物灰 $^{90}\text{Sr}$	BH1217B 双路弱 $\alpha/\beta$ 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 $^{90}\text{Sr}$	BH1217B 双路弱 $\alpha/\beta$ 测量仪	GB 6766-1986 《水中锶-90 放射化学分析方法 二—(2-乙基己基) 磷酸萃取色层法》
8	土壤、沉积物 $^{90}\text{Sr}$	BH1217B 双路弱 $\alpha/\beta$ 测量仪	EJ/T 1035-1996 《土壤中锶-90 的分析方法》
9	水中 $\gamma$ 核素	GC3519HPGe $\gamma$ 谱仪 GR3019HPGe $\gamma$ 谱仪 GMX-50S 反康 $\gamma$ 谱仪	GB/T 16140-1995 《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》 GB 11713-1989 《用半导体 $\gamma$ 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 $\gamma$ 核素	GC3519HPGe $\gamma$ 谱仪 GR3019HPGe $\gamma$ 谱仪 GMX-50S 反康 $\gamma$ 谱仪	GB 11743-1989 《土壤中放射性核素 $\gamma$ 能谱测定》 GB/T 16145-1995 《用半导体 $\gamma$ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
11	生物灰 $\gamma$ 核素	GC3519HPGe $\gamma$ 谱仪 GR3019HPGe $\gamma$ 谱仪 GMX-50S 反康 $\gamma$ 谱仪	GB/T 16145-1995 《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》 GB 11713-1989 《用半导体 $\gamma$ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
12	空气中 $^{14}\text{C}$	Tri-carb3170TR/SL 低水平液闪	EJ/T1008-1996 《空气中 $^{14}\text{C}$ 的取样与测定方法》
13	水及空气中 $^3\text{H}$	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 3.1-4 两年本底调查测量方法探测下限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测下限
1	气溶胶	1000m <sup>3</sup>	总 α	100min	8.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		1000m <sup>3</sup>	总 β	100min	6.0×10 <sup>-5</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		10000m <sup>3</sup>	<sup>90</sup> Sr	500min	4.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		10000 m <sup>3</sup>	<sup>137</sup> Cs	300min	6.0×10 <sup>-6</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		10000 m <sup>3</sup>	γ 谱分析	1000min	<sup>40</sup> K: 1.5×10 <sup>-4</sup> Bq/m <sup>3</sup>
2	沉降物	2g	总 α	100min	0.10Bq/m <sup>2</sup> ·月
		2g	总 β	100min	0.15Bq/m <sup>2</sup> ·月
		5g	<sup>90</sup> Sr	500min	3.0×10 <sup>-2</sup> Bq/m <sup>2</sup> ·月
		0.25m <sup>2</sup> 灰×3个月	γ 谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 6.0×10 <sup>-2</sup> Bq/m <sup>2</sup> ·月 <sup>232</sup> Th: 0.40Bq/m <sup>2</sup> ·月 <sup>226</sup> Ra: 0.30Bq/m <sup>2</sup> ·月 <sup>40</sup> K: 2.0Bq/m <sup>2</sup> ·月
3	空气	10m <sup>3</sup>	HTO	1000min	8.0×10 <sup>-3</sup> Bq/m <sup>3</sup>
		3 m <sup>3</sup>	<sup>14</sup> C	1000min	0.1Bq/g·碳
4	土壤、底泥、海洋沉积物	50g	<sup>90</sup> Sr	900min	0.3 Bq/kg
		250g	γ 谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 0.40Bq/kg <sup>58</sup> Co: 0.35Bq/kg <sup>60</sup> Co: 0.40Bq/kg <sup>110m</sup> Ag: 0.40Bq/kg <sup>54</sup> Mn: 0.40Bq/kg <sup>238</sup> U: 1.9Bq/kg <sup>232</sup> Th: 2.0Bq/kg <sup>226</sup> Ra: 1.5Bq/kg <sup>40</sup> 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 <sup>-3</sup> Bq/L
		3L	总 β	60min	8.0×10 <sup>-3</sup> Bq/L
		250mL	<sup>3</sup> H	1000min	0.35Bq/L
		50L	<sup>90</sup> Sr	500min	1.5×10 <sup>-4</sup> Bq/L
		50L	γ 谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 3.5×10 <sup>-3</sup> Bq/L <sup>40</sup> K: 6.5×10 <sup>-2</sup> Bq/L
6	生物灰	10g	<sup>90</sup> Sr	500min	2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰
		50g	γ 谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>58</sup> Co: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>60</sup> Co: 3.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>110m</sup> Ag: 2.2×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>54</sup> Mn: 2.3×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>40</sup> K: 0.20Bq/g 灰
7	牛奶	20L	γ 谱分析	1000min	<sup>137</sup> Cs: 2.0×10 <sup>-3</sup> Bq/g 灰 <sup>131</sup> I: 0.01Bq/kg 鲜

表 3.1-5 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 <sup>3</sup>	5.8μBq/m <sup>3</sup>
沉降灰	74000s	0.796m <sup>2</sup> ·月	0.074Bq/m <sup>2</sup> ·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 3.1-6 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 <sup>3</sup>	5.8μBq/m <sup>3</sup>
沉降灰	74000s	0.5 m <sup>2</sup> ·月	0.5Bq/m <sup>2</sup> ·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 3.1-7 各类环境样品中 Cs-137 的探测下限

样品种类	测量时间	样品量	Cs-137 探测下限
气溶胶	1000min	10000m <sup>3</sup>	1.45μBq/m <sup>3</sup>
沉降灰	1000min	0.75 m <sup>2</sup> ·月	0.019Bq/m <sup>2</sup> ·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 3.1-8 各类环境样品中 C-14 的探测下限

样品种类	测量时间	样品量	C-14 探测下限
水	1000min	50L	0.20mBq/L
生物样品	1000min	4g 干样	4.95Bq/kg 干样

表 3.1-9  $\gamma$  贯穿辐射剂量率每个月均值\*

(单位: 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 3.1-10 两年本底调查与一年本底初步调查气溶胶样品中放射性水平对比表

气溶胶		总 $\alpha$ (mBq/m <sup>3</sup> )	总 $\beta$ (mBq/m <sup>3</sup> )	<sup>90</sup> Sr ( $\mu$ Bq/m <sup>3</sup> )
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	1.41~28.5
	均值	0.53±0.24	1.92±0.65	9.41±5.99

表 3.1-11 两年本底调查与一年本底初步调查沉降灰中放射性水平对比表

单位: Bq/m<sup>2</sup>

沉降灰		<sup>232</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
一年本底初步调查	范围	<L <sub>D</sub> ~1.15	<L <sub>D</sub> ~0.84	1.01~16.2	<L <sub>D</sub> ~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 <sub>D</sub> ~15.2	<L <sub>D</sub> ~11.9	<L <sub>D</sub> ~177	<L <sub>D</sub>	0.07~0.84
	均值	2.25±2.62	1.62±2.05	23.3±33.4	<L <sub>D</sub>	0.26±0.16

表 3.1-12 空气中 <sup>3</sup>H 和 <sup>14</sup>C 均值

均值		<sup>3</sup> H (mBq/m <sup>3</sup> )	<sup>14</sup> C (mBq/m <sup>3</sup> )
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 3.1-13 两年本底调查与一年本底初步调查空气中 <sup>3</sup>H 和 <sup>14</sup>C 测量结果对比表单位: mBq/m<sup>3</sup>

项目名称		<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> 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 3.1-14 两年本底调查与一年本底初步调查土壤样品中放射性水平对比表

单位：Bq/kg

项目名称		$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
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	6.47~53.1	11.7~97.1	5.86~44.9	249~1270	<LD~2.70	0.25~7.06
	均值	27.9±10.3	38.7±19.8	24.9±9.3	528±211	0.76±0.54	2.28±1.62

表 3.1-15 降水样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

均值		$^3\text{H}$ (Bq/L)	$^{90}\text{Sr}$ (mBq/L)	$^{137}\text{Cs}$ (mBq/L)	总 $\beta$ (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 3.1-16 两年本底调查与一年本底初步调查降水样品中放射性水平对比表

单位：mBq/L

项目名称		总 $\alpha$	总 $\beta$	$^{90}\text{Sr}$	$^3\text{H}$ (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 3.1-17 地表水样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

均值		<sup>40</sup> K (mBq/L)	<sup>3</sup> H (Bq/L)	<sup>90</sup> Sr (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 3.1-18 两年本底调查与一年本底初步调查地表水样品中放射性水平对比表

单位：mBq/L

项目名称		总 α	总 β	<sup>3</sup> H (Bq/L)	<sup>40</sup> K	<sup>90</sup> Sr
一年本底初步调查均值	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 ) ×10 <sup>3</sup>	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 ) ×10 <sup>3</sup>	0.52±0.17	( 1.36±0.82 ) ×10 <sup>3</sup>	2.72±1.14	( 1.11±0.22 ) ×10 <sup>3</sup>
	官厅水库	580±50	0.54±0.21	594±65	6.06±2.14	580±50



表 3.1-19 地下水样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

均值		K-40 mBq/L	H-3 Bq/L	Sr-90 mBq/L	总 $\beta$ 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 3.1-20 两年本底调查与一年本底初步调查地下水样品中放射性水平对比表

单位：mBq/L

分析项目		总 $\beta$	$^3\text{H}$ (Bq/L)	$^{40}\text{K}$	$^{90}\text{Sr}$
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

表 3.1-21 饮用水样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

均值		K-40 (mBq/L)	H-3 (Bq/L)	Sr-90 (mBq/L)	总 $\beta$ (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 3.1-22 两年本底调查与一年本底初步调查饮用水样品中放射性水平对比表

单位：mBq/L

项目名称		总 $\alpha$	总 $\beta$	$^3\text{H}$ (Bq/L)	$^{40}\text{K}$	$^{90}\text{Sr}$
一年本底初步调查	范围	15.4~78.0	23.6~140	0.23~1.17	27.6~129	2.03~5.57
	均值	32.7±23.0	97.7±50.1	0.60±0.36	73.1±35.1	3.28±1.44
两年本底调查	范围	$L_D$ ~160	86~420	0.27~1.02	92.1~399	1.61~9.59
	均值	80±53	270±120	0.52±0.21	267±110	5.15±2.16

表 3.1-23 陆地生物样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

单位：Bq/kg（鲜）

样品名称	样品个数	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{90}\text{Sr}$	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 3.1-24 陆地生物样品测量结果范围

样品名称	样品个数	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{90}\text{Sr}$	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 3.1-25 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	$^{228}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{90}\text{Sr}$
一年 本底 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 本底 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

表 3.1-26 海水样品中放射性核素活度浓度测量结果各点均值

点位名称		$^{226}\text{Ra}$ mBq/L	$^{137}\text{Cs}$ mBq/L	$^3\text{H}$ Bq/L	$^{40}\text{K}$ Bq/L	总 U $\mu\text{g/L}$	总 $\beta$ Bq/L	$^{90}\text{Sr}$ 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 3.1-27 两年本底调查、一年本底初步调查、海洋放射性调查中海水样品测量结果对比表

项目名称		$^{226}\text{Ra}$ (mBq/L)	$^{137}\text{Cs}$ (mBq/L)	$^3\text{H}$ (Bq/L)	$^{90}\text{Sr}$ (mBq/L)	总 $\beta$ (Bq/L)	总 U ( $\mu\text{g/L}$ )	
一年本底初步调查	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 3.1-28 海洋沉积物样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

单位: Bq/kg

均值类型	点位名称	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{90}\text{Sr}$	总 U ( $\mu\text{g/g}$ )	总 $\beta$
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±0.17) × 10 <sup>3</sup>



表 3.1-29 两年本底调查、一年本底初步调查中海洋沉积物样品测量结果对比表

单位：Bq/kg

项目名称	点位名称	$^{238}\text{U}$	$^{232}\text{Th}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
一年本底初步调查	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
两年本底调查	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

表 3.1-30 海洋生物样品中放射性核素活度浓度测量结果均值

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 $\beta$	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

\*注：海带和紫菜单位为 Bq/kg（干），对应最后一栏为灰干比。

表 3.1-31 两年本底调查与一年本底初步调查海洋生物样品测量结果对比表

单位：Bq/kg

	样品名称	$^{226}\text{Ra}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
一年本底 初步调查	紫菜（干）	4.51±0.35	546±6	0.32±0.076	4.17±0.10
	海带（干）	2.49±0.46	(4.49±0.02) ×10 <sup>3</sup>	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

表 3.1-32 两年本底调查及  $^{14}\text{C}$  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
两年本底调查					
1	HPGe $\gamma$ 谱仪	GC3519	2009.6.24	DYHq2009-6315	三年
2	HPGe $\gamma$ 谱仪	GR3019	2009.6.24	DYHq2009-6316	三年
3	反康 $\gamma$ 谱仪	GMX-50S	2009.6.24	DYHq2009-6317	三年
4	$\alpha/\beta$ 低本底测量仪	FJ-2600	2011.6.14	校字第 (2011) -D001	二年
5	$\alpha/\beta$ 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 $\gamma$ 辐射监测仪	YB-II	2011.3.15	校字第 (2011) -R038	一年
8	环境 $\gamma$ 辐射监测仪	YB-III	2011.5.3	校字第 (2011) -R039	一年
9	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
$^{14}\text{C}$ 本底调查					
1	低水平液闪谱仪	Tri-carb3170TR/SL	2012.8.18	JD-A04-12081404	二年
2	分析天平	PB303-E	2013.7.16	(2013) 天字第 21 号	一年
3	真空冻干机	LABCONCO 7670001	--	--	--
4	氧弹燃烧爆炸装置	1921E 型	--	--	--

表 3.1-33 两年本底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	$^{241}\text{Am}$ , $^{40}\text{K}$ 粉末标准源	中国计量院	Fspa2000-12072	总 $\alpha$ , 总 $\beta$ 测量
2	点源系列	英国 AMERSHAM	QCRI	$\gamma$ 谱仪刻度
3	土壤放射性参考物质	美国 EML	QAP-9803	$\gamma$ 谱测量
4	土壤放射性参考物质	美国 RESL	MAPEPEP-99-S6	$\gamma$ 谱测量
5	沉积物放射性参考物质	IAEA	IAEA-384	$\gamma$ 谱测量
6	放射性水溶液参考物质	美国 RESL	MAPEPEP-97-W5	$\gamma$ 谱测量

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

单位：mg/m<sup>3</sup>（标准状态）

监测项目	GB 3095-1996 及修改单			GB 3095-2012	
	一级标准	二级标准	三级标准	一级标准	二级标准
NO <sub>2</sub>	0.08（日平均）	0.12（日平均）	0.12（日平均）	0.08（日平均）	0.08（日平均）
	0.12（一小时平均）	0.24（一小时平均）	0.24（一小时平均）	0.20（一小时平均）	0.20（一小时平均）
SO <sub>2</sub>	0.05（日平均）	0.15（日平均）	0.25（日平均）	0.05（日平均）	0.15（日平均）
	0.15（一小时平均）	0.50（一小时平均）	0.70（一小时平均）	0.15（一小时平均）	0.50（一小时平均）
CO	4.00（日平均）	4.00（日平均）	6.00（日平均）	4.00（日平均）	4.00（日平均）
	10.00（一小时平均）	10.00（一小时平均）	20.00（一小时平均）	10.00（一小时平均）	10.00（一小时平均）
PM <sub>10</sub>	0.05（日平均）	0.15（日平均）	0.25（日平均）	0.05（日平均）	0.15（日平均）
TSP	0.12（日平均）	0.30（日平均）	0.50（日平均）	0.12（日平均）	0.30（日平均）

表 3.2-2 环境噪声限值

单位：dB（A）

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

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 3.2-3 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 3.2-4 福建福清核电厂开关站监测点情况

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 3.2-5 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 3.2-6 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 3.2-7 电磁辐射监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度 测量仪	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 3.2-8 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 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( $\mu$ T)
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 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 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 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 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 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 (°C)	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 ( $\mu$ T)
<b>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</b>										
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
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

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)
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
<b>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</b>										
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
<b>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</b>										
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
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



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)
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
<b>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</b>										
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
<b>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</b>										
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

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)
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
<b>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</b>										
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
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 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
<b>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</b>																		
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	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			40.8							

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		
	东边相外 128m																			
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									

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		
P1-49	110kV 施工进线 东边相外 128m	2013.3.25PM	晴	17.5	65	东	4.1	100.5			40.1									
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									
<b>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</b>																				
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									
<b>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</b>																				
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	2013.3.23PM	晴	20.5	60	东	3.2	100.2			50.7									

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		
	相外 1m																			
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									

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		
P2-41	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									
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									
<b>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</b>																				

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	
P2-51	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								
<b>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</b>																			
P3-29	220kV 倒送电线路 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 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 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 路南边相外 4m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			47.1								



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	
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	
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	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	

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	
	路北边相外 20m																		
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								
<b>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</b>																			
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 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(°C)	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( $\mu$ T)
<b>1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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
<b>2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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
<b>3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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

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)
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
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
<b>4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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
<b>5#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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

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)
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
<b>6#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
V1	6#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2	0.122	0.026
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
<b>110kV 施工进线主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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

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)
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
<b>220kV 倒送电主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果</b>										
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
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 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
<b>1#主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																		
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							
<b>2#主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																		
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							
<b>3#主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																		
F1	3#主变压器外 0m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			50.8							

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		
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									
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									
<b>4#主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																				
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									
<b>5#主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																				
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									



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		
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									
K9	5#主变压器外 64m	2013.3.25AM	晴	13.2	72	东	4.3	100.2			49.0									
<b>6#主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																				
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									
<b>110kV 施工进线主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																				
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									

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		
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									
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									
<b>220kV 倒送电主变压器无线电干扰场强监测结果</b>																				
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									

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		
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 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 (°C)	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 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 (°C)	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		
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 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	经纬度	测量时间	天气情况	温度(°C)	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 因福岛核事故增加的剂量率测量点位

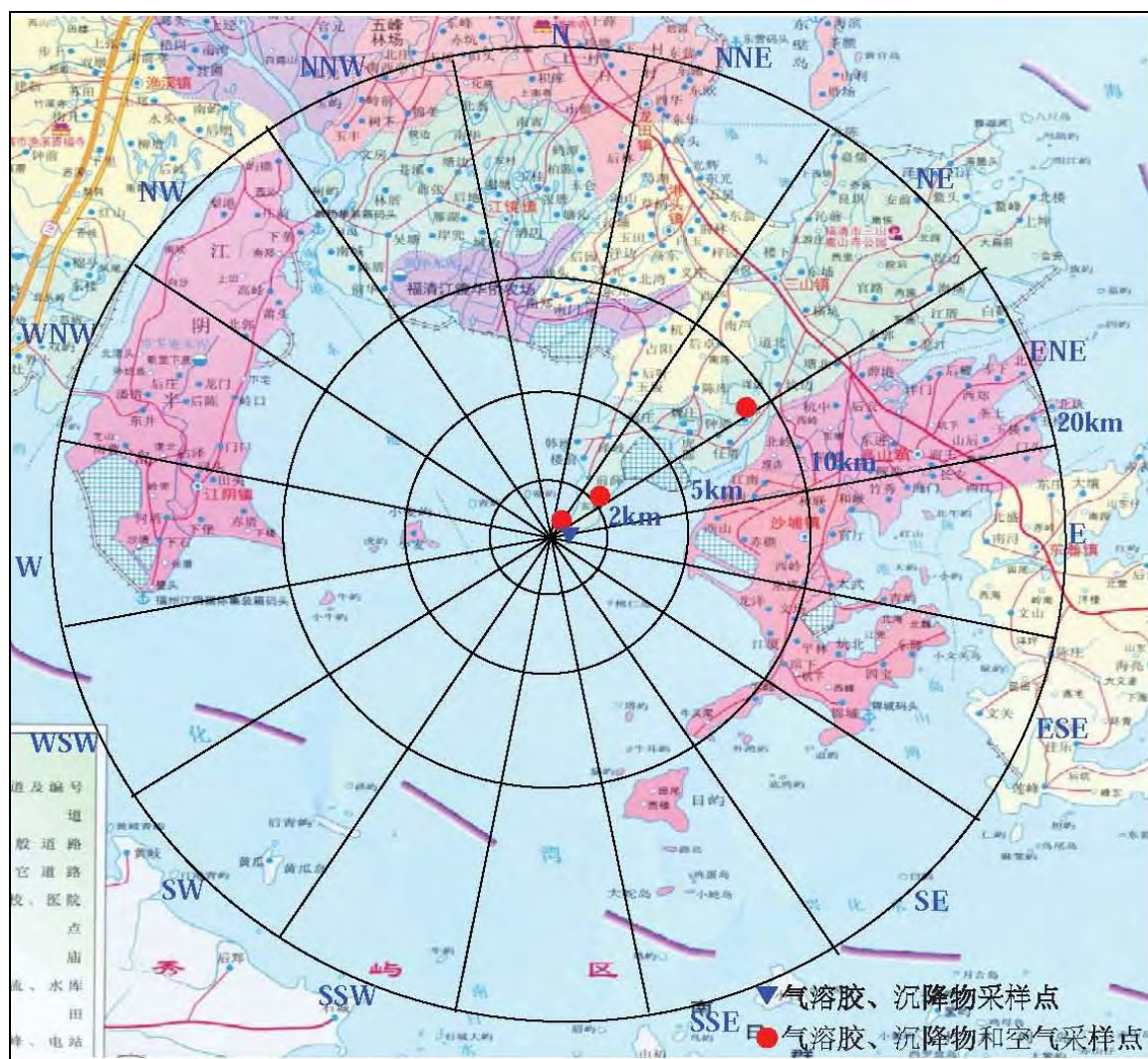


图 3.1-4 气溶胶、沉降灰、降水和空气采样点布点图



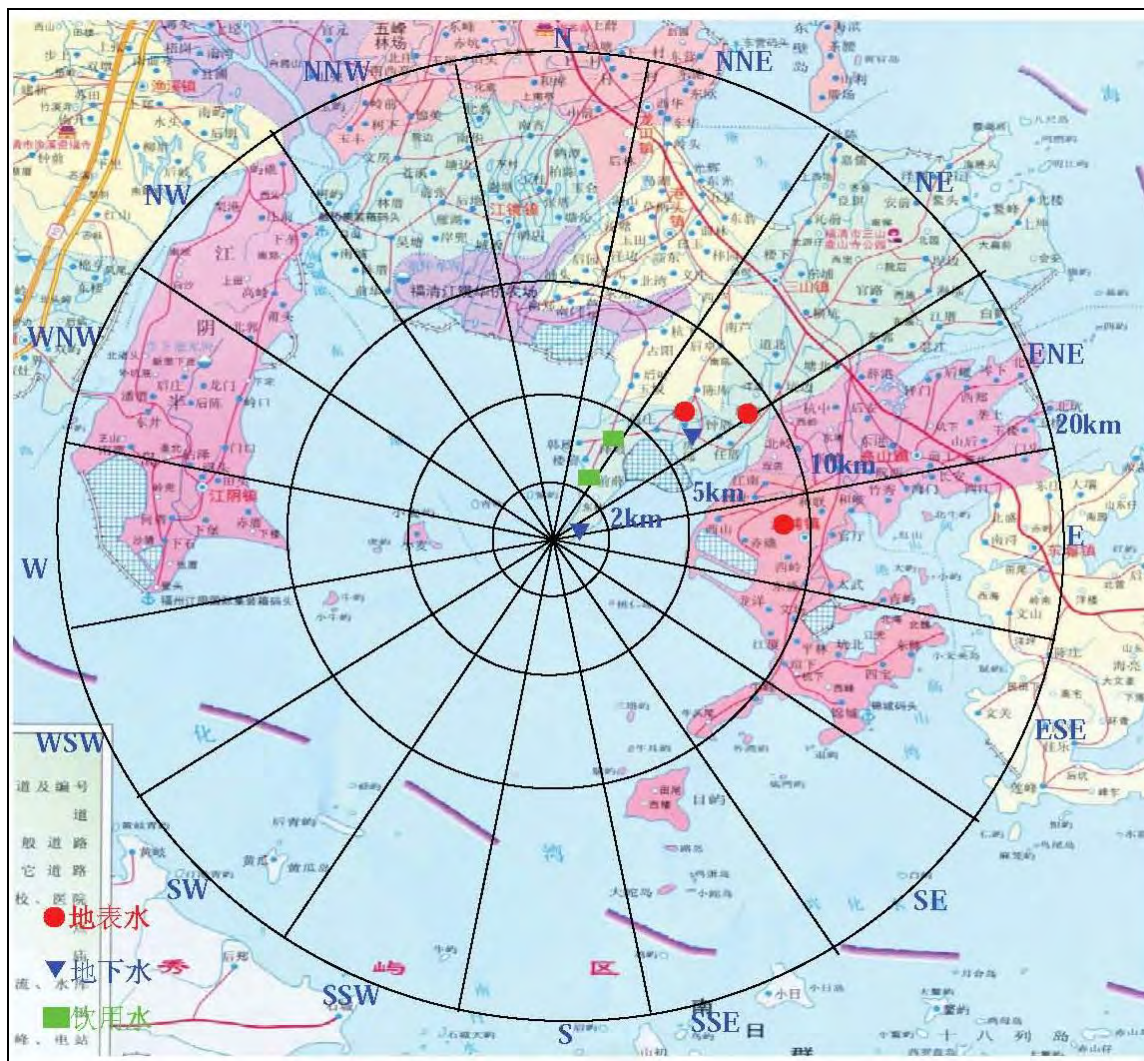


图 3.1-6 饮用水、地表水和地下水采样点布点图

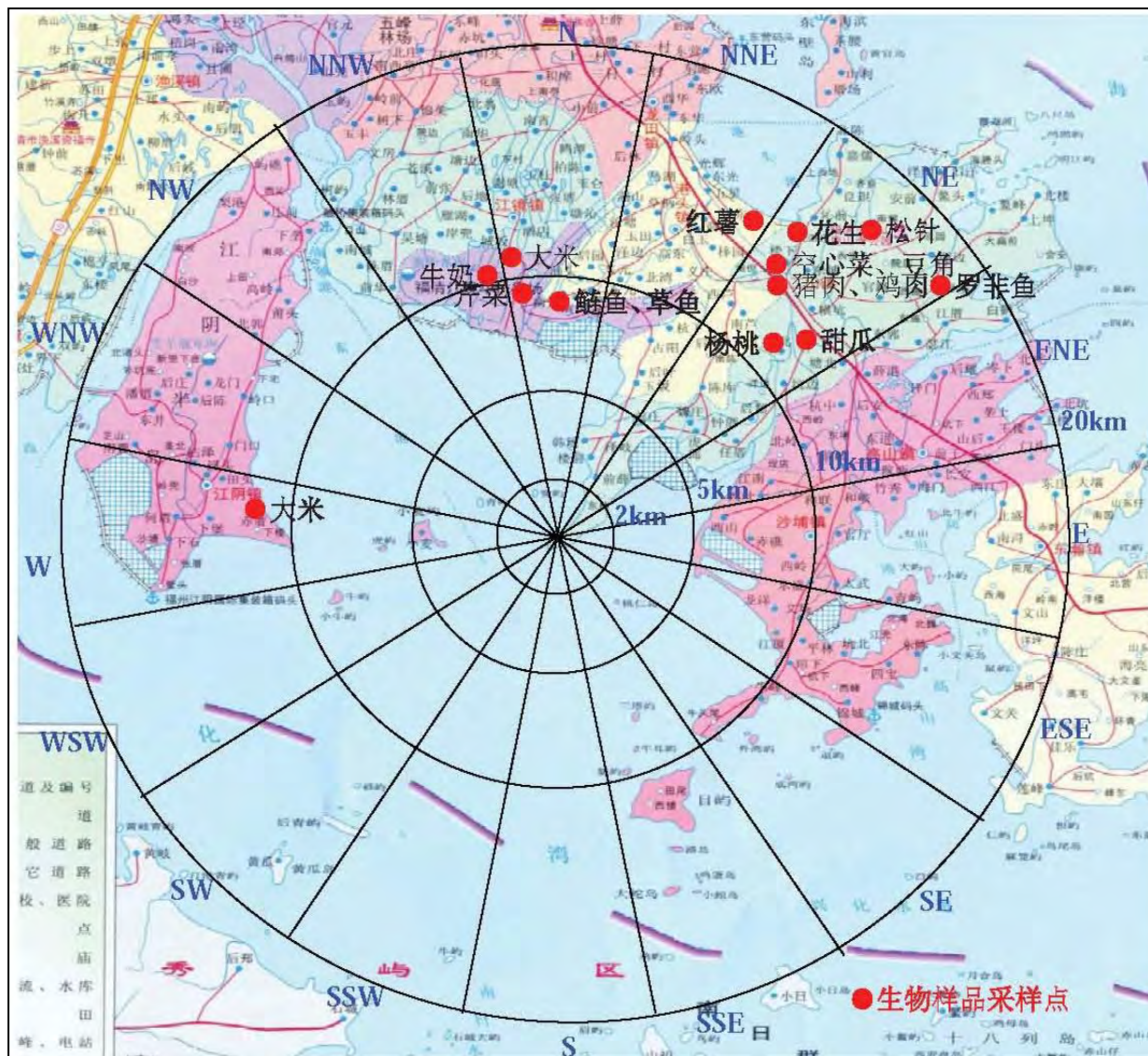


图 3.1-7 陆地生物样品采样点布点图

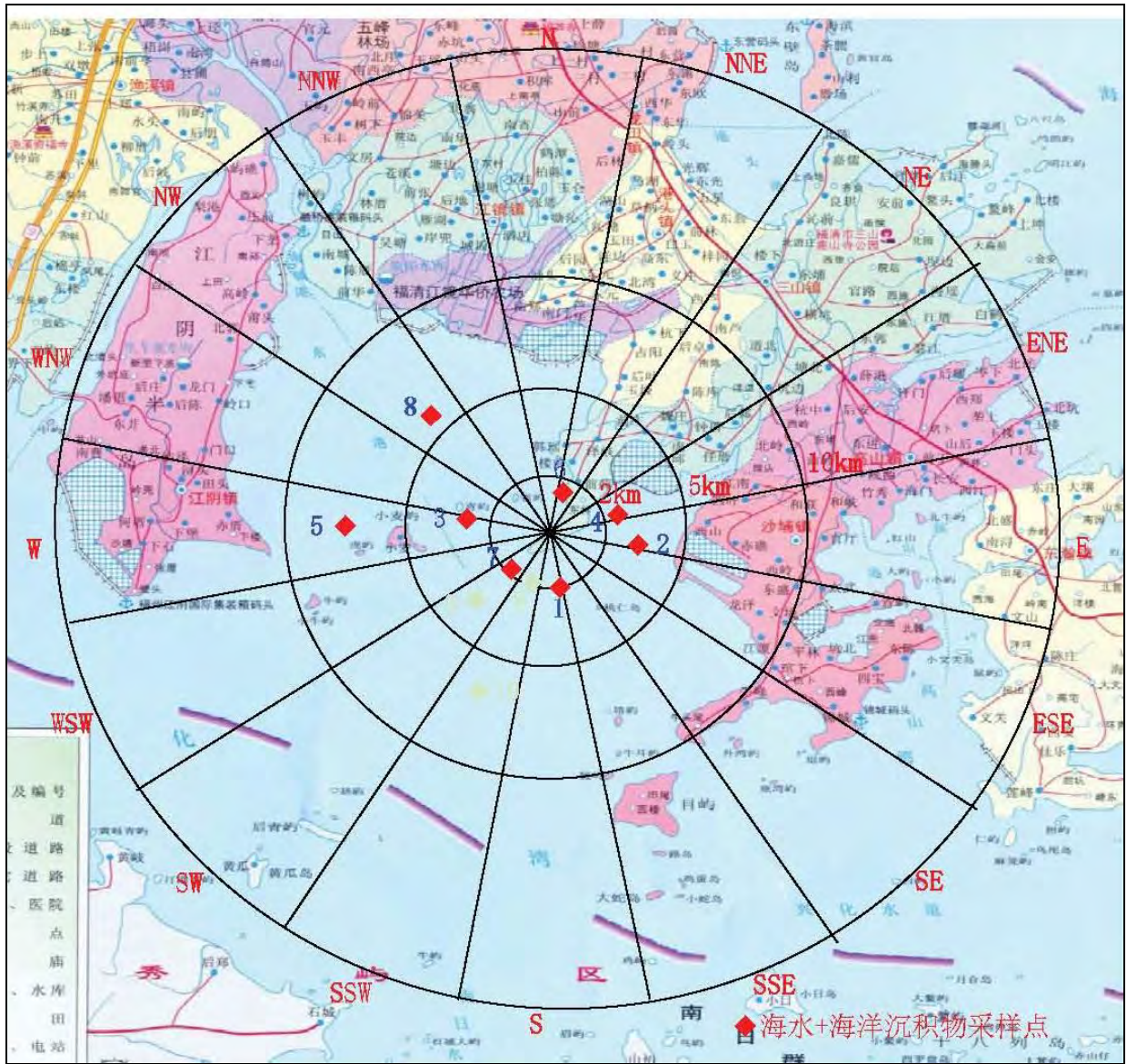


图 3.1-8 海水及海洋沉积物采样点布点图

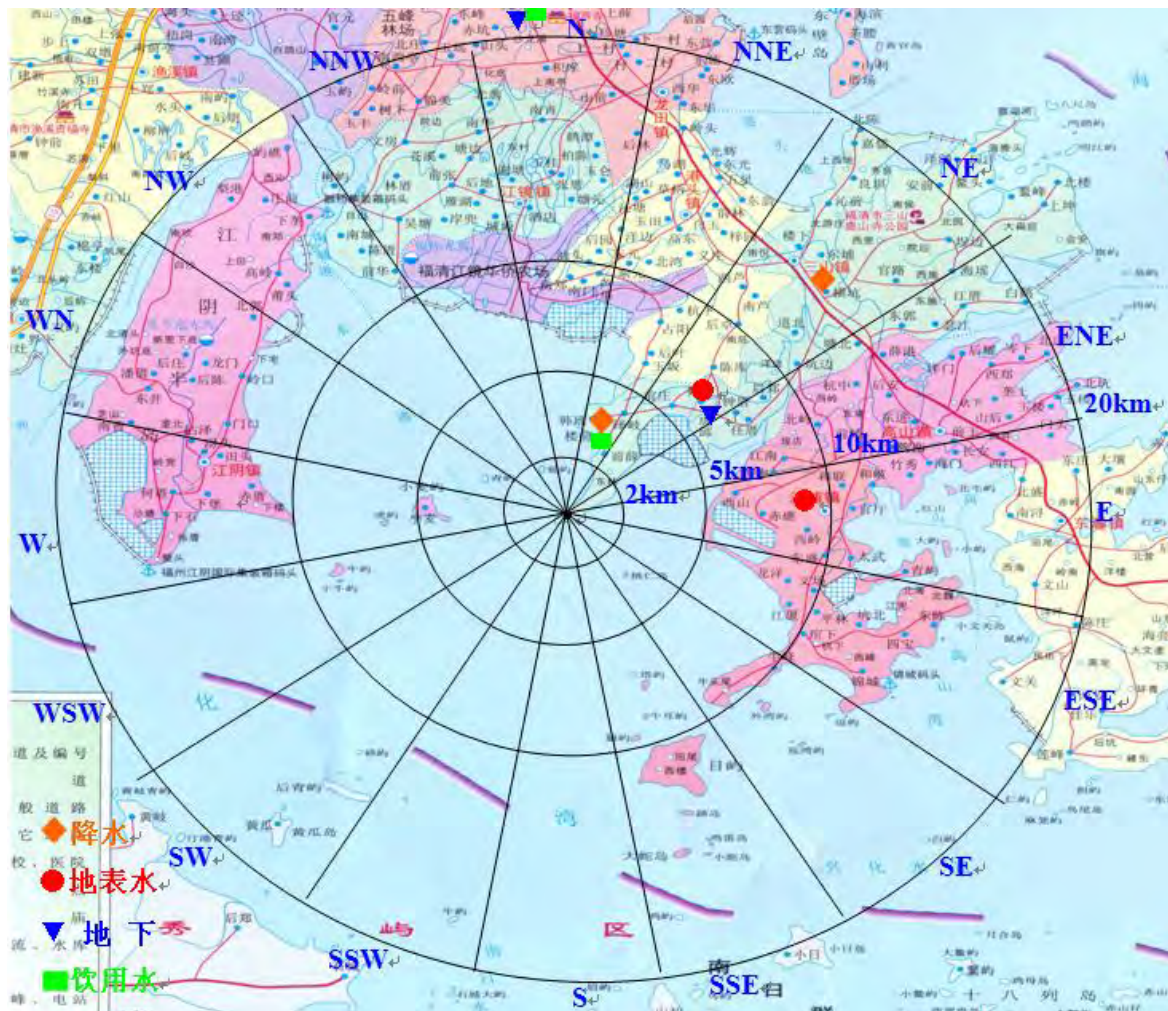


图 3.1-9  $^{14}\text{C}$  本底调查中陆域水体采样点布点图

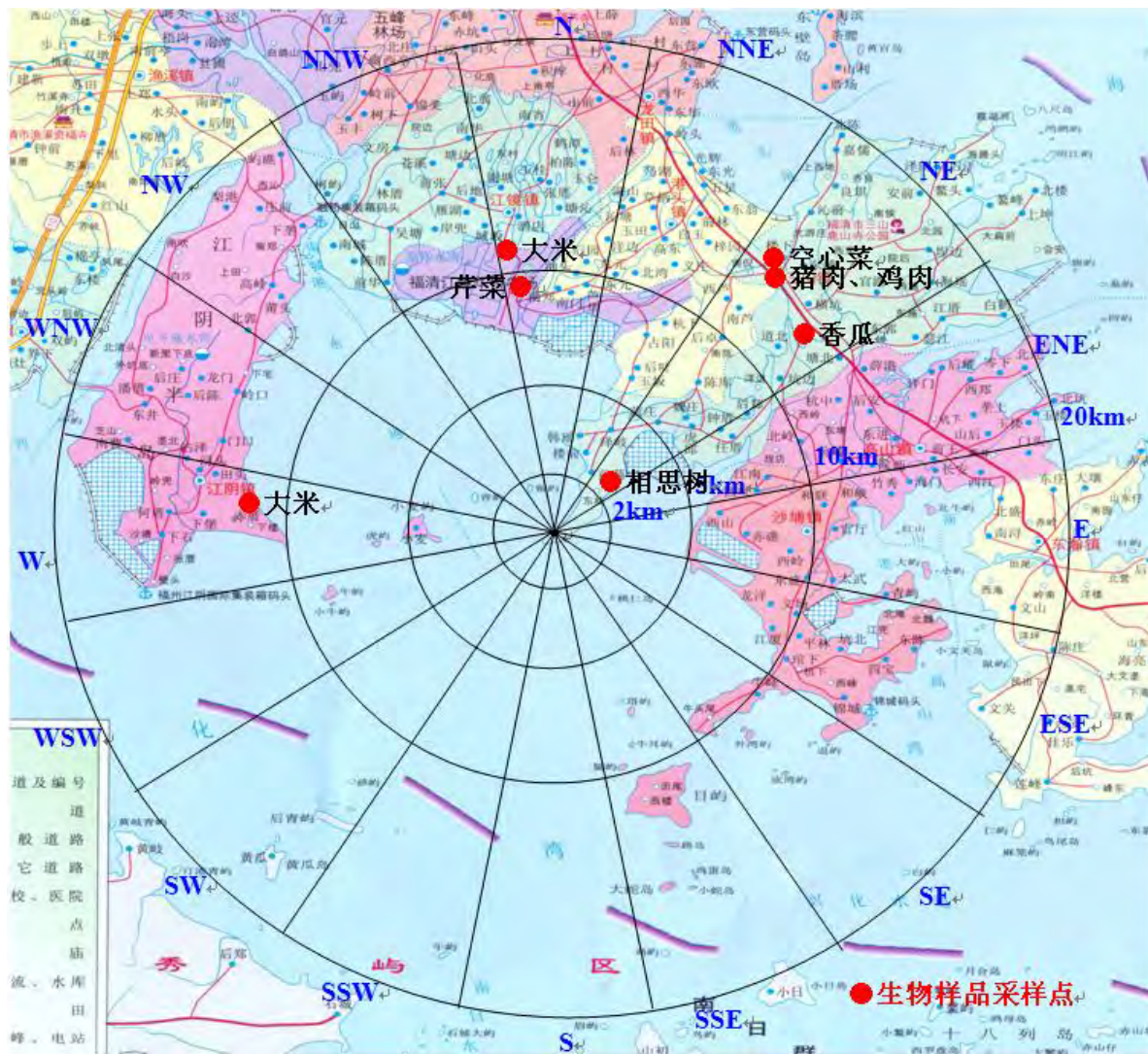


图 3.1-10  $^{14}\text{C}$  本底调查中陆生生物采样点布点图





图 3.1-11  $^{14}\text{C}$  本底调查中海水采样点布点图

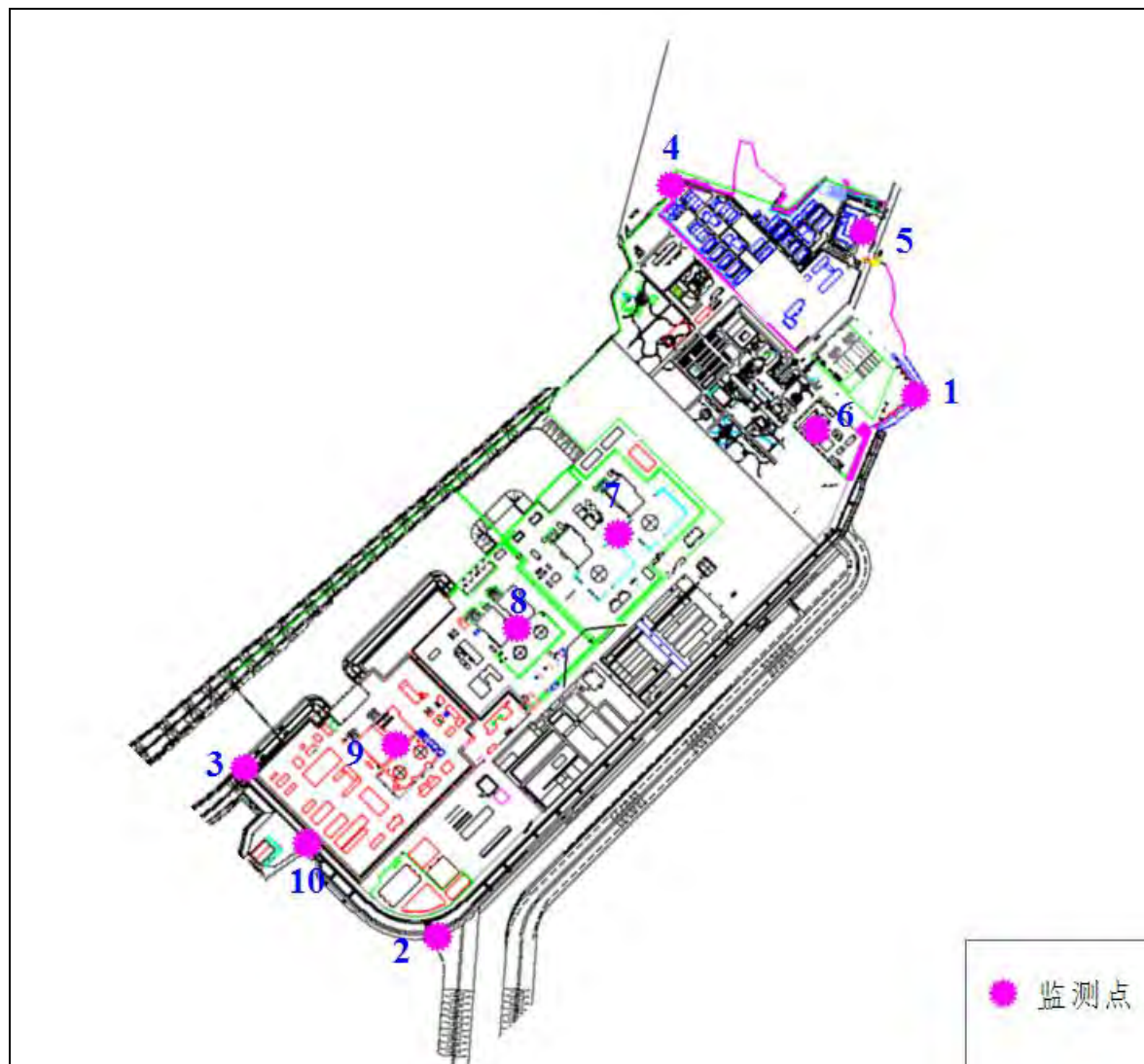


图 3.2-1 厂区内电磁辐射监测点分布情况

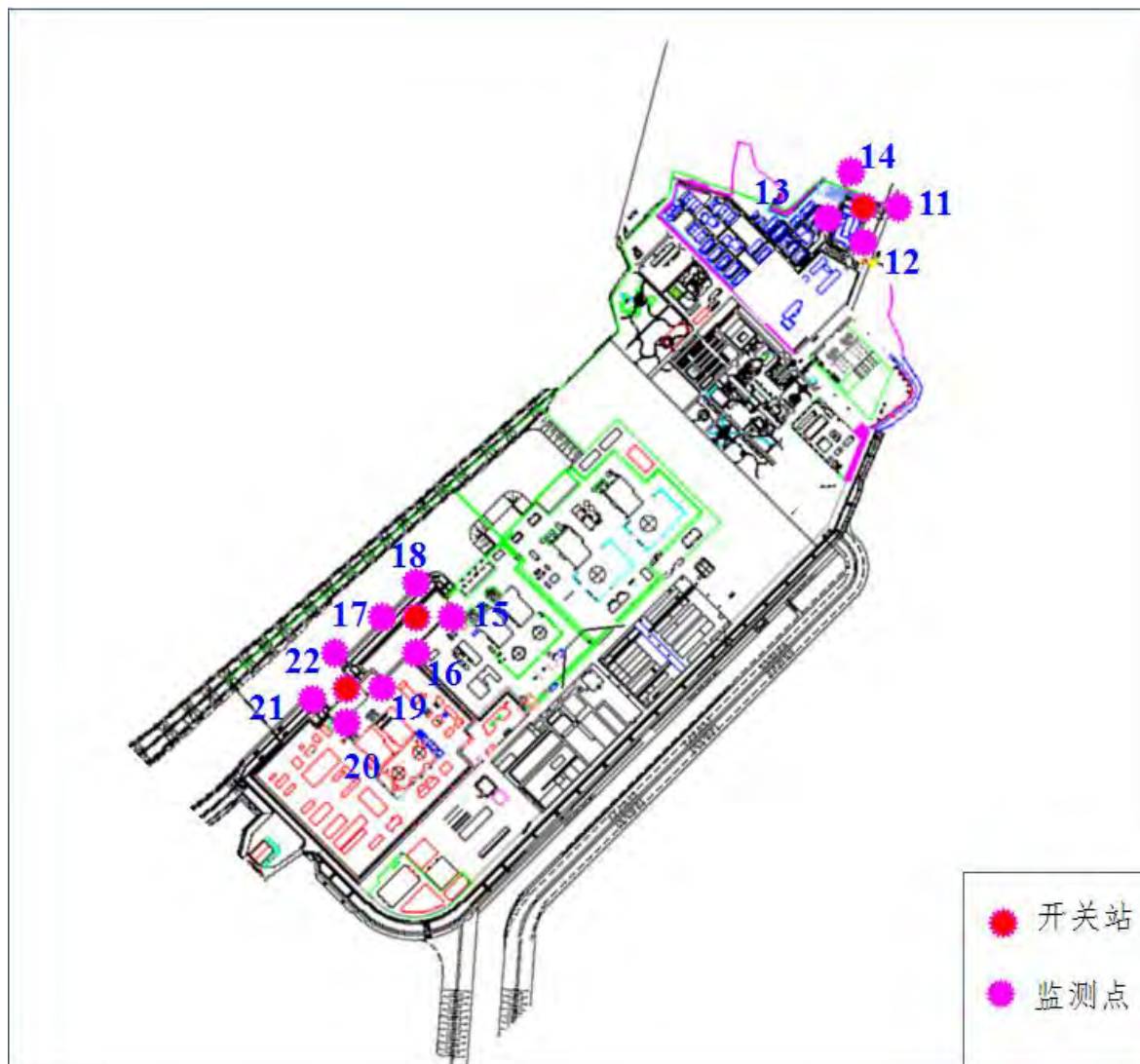


图 3.2-2 福建福清核电厂开关站监测点设置

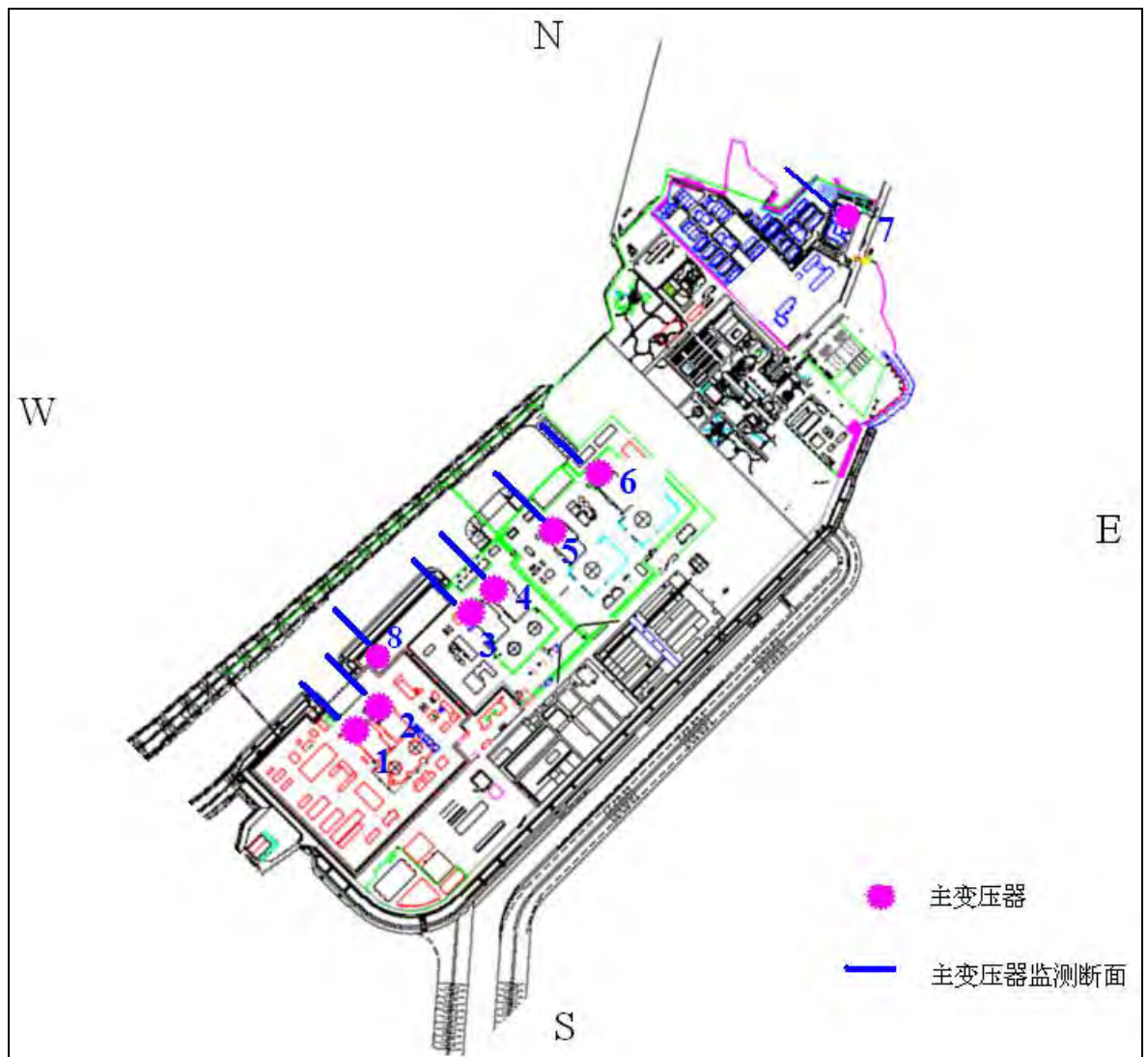


图 3.2-3 福建福清核电厂主变压器监测断面设置示意图

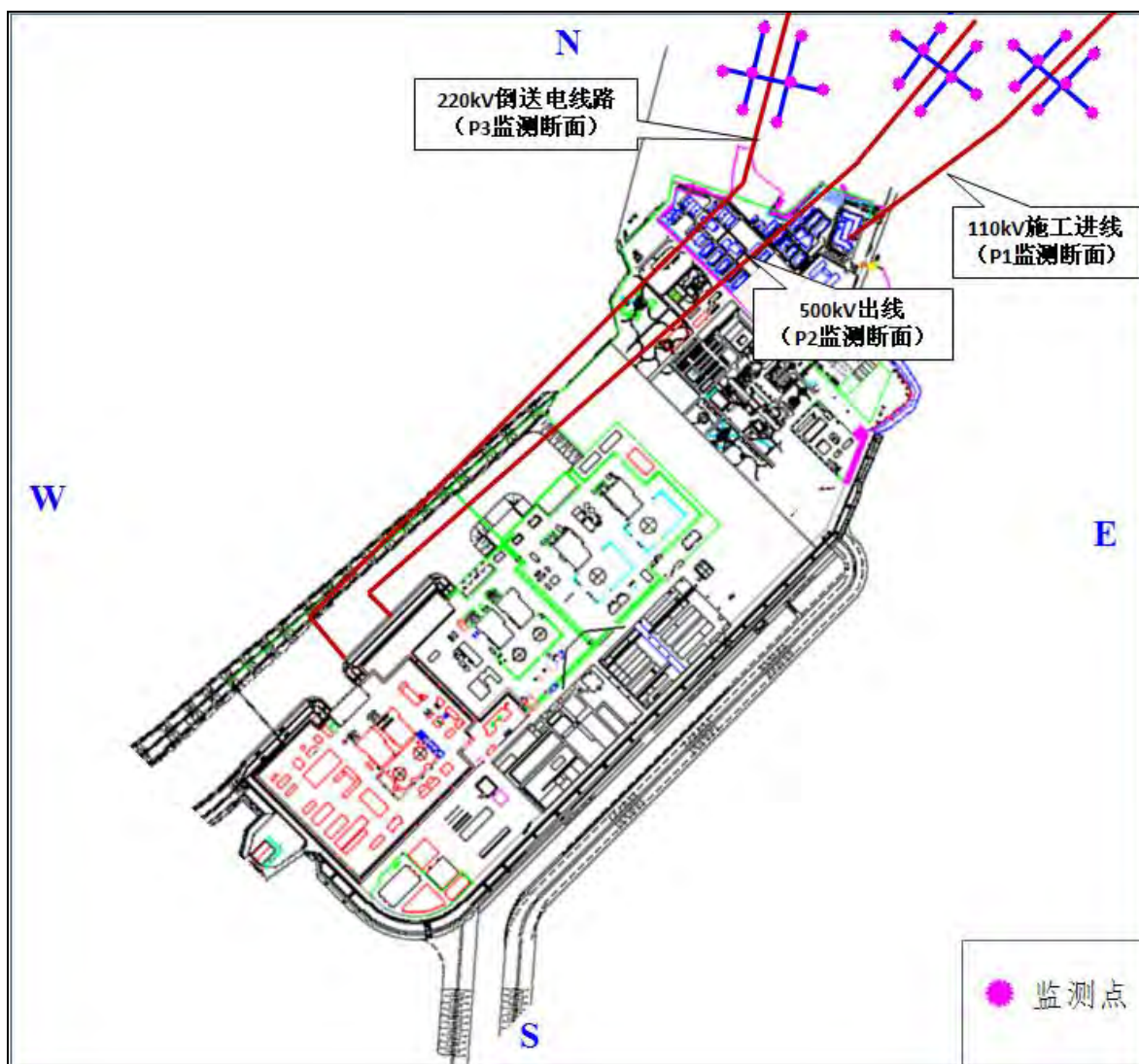


图 3.2-4 福建福清核电厂输电线路监测断面设置示意图

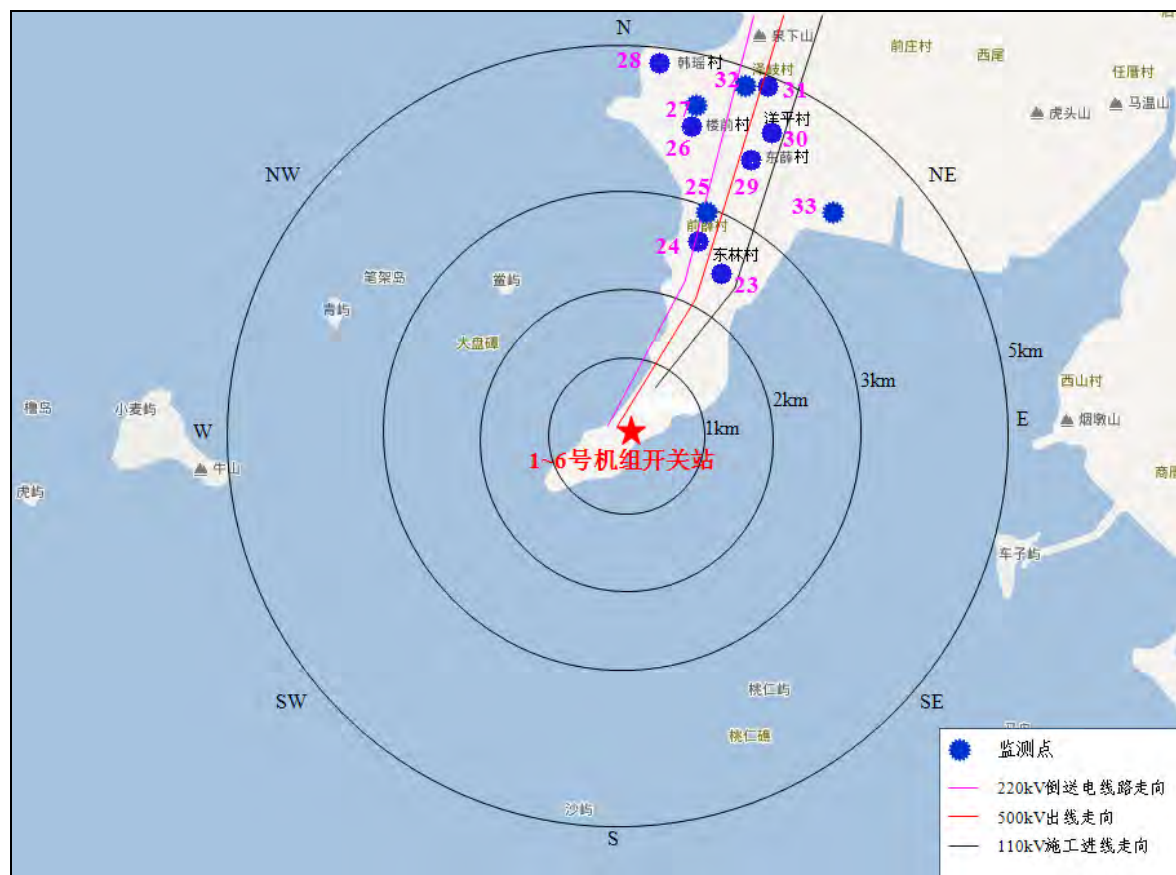


图 3.2-5 福建福清核电站区外监测点设置情况示意图

## 第四章 电 厂

<b>4.1 总体规划及厂区总平面布置 .....</b>	<b>1</b>
4.1.1 总体规划 .....	1
4.1.2 厂区总平面布置 .....	1
<b>4.2 反应堆和蒸汽 — 电力系统 .....</b>	<b>5</b>
4.2.1 概述 .....	5
4.2.2 核岛 .....	6
4.2.3 常规岛 .....	10
<b>4.3 电厂用水和散热系统 .....</b>	<b>11</b>
4.3.1 电厂取排水系统 .....	12
4.3.2 用水 .....	12
<b>4.4 输电系统 .....</b>	<b>14</b>
4.4.1 电气主接线 .....	14
4.4.2 开关站的选型和布置 .....	14
4.4.3 与电力系统的连接 .....	15
<b>4.5 专设安全设施 .....</b>	<b>15</b>
4.5.1 安全壳系统 .....	15
4.5.2 裂变产物去除和控制系统 .....	22
<b>4.6 放射性废物系统和源项 .....</b>	<b>27</b>
4.6.1 放射性源项 .....	27
4.6.2 放射性废液处理系统及源项 .....	27
4.6.3 放射性废气处理系统及源项 .....	45
4.6.4 放射性固体废物处理系统及源项 .....	54
4.6.5 放射性流出物监测系统 .....	64
4.6.6 乏燃料暂存系统 .....	65
<b>4.7 化学物质排放 .....</b>	<b>68</b>
4.7.1 核电厂主要化学物质的使用和排放 .....	68
4.7.2 化学物质处理流程图 .....	68
<b>4.8 生活废物 .....</b>	<b>69</b>
<b>4.9 放射性物质运输 .....</b>	<b>69</b>

---

4.9.1 新燃料运输.....	70
4.9.2 乏燃料运输.....	71
4.9.3 放射性固体废物运输.....	71
<b>4.10 福岛后改进项 .....</b>	<b>72</b>



## 4.1 总体规划及厂区总平面布置

### 4.1.1 总体规划

福清核电厂规划容量  $6 \times 1000\text{MW}$  核电机组，一次规划、分期建设。1、2 号机组为 2 台 M310 加改进压水堆核电机组，3、4 号机组规划建设 2 台 M310 加改进压水堆核电机组。

福清核电厂总体规划包括厂坪标高的确定、主厂房建筑群位置的确定、电力出线和开关站、取排水方案、对外交通运输规划、厂区工程规划、海工工程、边坡工程、截排洪工程、施工场地、施工准备区、维修调试生活区、厂外道路等。其中海工工程、边坡工程、截排洪工程、施工场地、施工准备区、维修调试生活区、厂外道路等在 1、2 号机组工程建设时已一次建设完成，3、4 号机组工程不需新建。

厂坪标高的确定：3、4 号机组紧邻 1、2 号机组，厂坪标高同 1、2 号机组，定为 11.0m，该标高已通过核安全审评，满足防洪要求。

主厂房建筑群位置的确定：按照总体规划，六台机组的主厂房建筑群由西向东平行布置，1、2 号机组布置在厂区西部，3、4 号机组布置在厂区中部，5、6 号机组布置在厂区东部。

电力出线和开关站：6 台机组规划出线方向为厂区北侧滩涂东向出线，在 1、2 号机组工程三回出线的基础上，3、4 号机组工程再增加一回至东台变的出线，形成六台机组两回 500kV 出线至东台变，两回 500kV 出线至莆田北，5、6 号机组建成时视电网的情况或并列运行或分母运行。全厂规划开关站一座，3、4 号机组在 1、2 号机组 500kV GIS 开关站和 220 kV GIS 开关站的基础上扩建。

取排水方案：取水采用明渠取水方案，3、4 号机组工程合建一个联合泵房，自己建成的引水明渠取水；排水采用暗渠+排水明渠相结合的排水方式，3、4 号机组工程每台机组设两条排水暗渠与 CC 井相连，后合并成一条排水暗渠排入已建成的排水明渠；3、4 号机组工程所需淡水取自己建淡水厂。

对外交通运输规划：3、4 号机组的对外运输及运输方式同 1、2 号机组并利用 1、2 号机组工程已有设施：两条主要厂外道路（进厂道路、应急道路）及一座 3000t 级大件码头。

### 4.1.2 厂区总平面布置

#### 4.1.2.1 厂区总平面布置

##### 4.1.2.1.1 布置原则

(1) 厂区总平面布置应与总体规划相协调一致；

(2) 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；

(3) 避免汽轮机飞射物危及与核安全有关的建、构筑物；

(4) 功能分区明确，合理划分放射区和非放射区；

(5) 循环冷却水取水、排水管线力求短捷，电力出线力求顺捷；

(6) 满足运输、防火、卫生、安全、管网布置及施工安装要求；

(7) 配套辅助设施一次规划分期实施；

(8) 满足分期建设的要求，减少后期施工对一期运行的影响。

#### 4.1.2.1.2 平面布置

(1) 主要建筑物的平面布置

根据厂址总体规划，六台机组的主厂房建筑群由西向东在同一轴线上并列布置在歧尾山山体自然地形标高 13~56m 左右的挖方区域（已平整至 11.00m 标高），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（文中方位按建北描述），2 号与 3 号机组反应堆厂房中心距离 427.70m，3 号与 4 号机组反应堆厂房中心距离 88.80m。3、4 号机组主厂房区由核岛和常规岛组成，呈南北向布置，核岛厂房南向，常规岛厂房北向。核岛由反应堆厂房、电气厂房、核辅助厂房、柴油发电机厂房、燃料厂房、联结厂房、辅助给水储存罐、停堆用更衣室、核岛龙门架、连接塔组成；常规岛由汽机厂房、润滑油转运站、树脂再生间、公共气体储存箱、主变压器、备用变压器平台组成。主厂房建筑群基础均坐落在微风化岩石上，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。微风化花岗岩的承载力特征值为 13.0MPa，剪切波速为 2636m/s。

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 1~6 号机组共用，在 1、2 号机组建设时一次施工完成。排水暗渠每台机组设两条，排水明渠 1~6 号机组共用，在 1、2 号机组建设时一次施工完成。温排水通过排水暗渠排到南护堤外的排水明渠，经排水明渠排入大海。重要厂用水排水由重要厂用水泵房接出，在虹吸井处与循环冷却水汇合，与循环冷却水一起从排水暗渠排入兴化湾。

循环水设施区主要包括联合泵房、制氯站及各种水工设施，其中取水明渠、排水明渠分别在厂区北部、南部岸边；联合泵房和制氯站分期设置，布置在主厂房北部取水明渠的南护岸上。

全厂规划开关站一座，供 6 台机组公用。1、2 号机组设置一座 500kV GIS 和一座 220

kV 备用电源 GIS 开关站。开关站（在 1、2 号机组基础上进行扩建）布置在 2 号机组与 3 号机组主厂房群的中部靠近取水明渠北护岸处。主变与开关站之间采用电缆沟连接。规划出线方向为厂区北侧滩涂东向出线。

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。非放射性辅助生产厂房中的除盐水生产厂房、除盐水储罐、辅助变压器区域及公用 6KV 配电间等与主厂房联系密切，布置在保护区围栏内部汽轮机厂房西侧，管线短捷；监督性流出物实验室及机电仪修车间布置在核岛厂房西侧；有防爆要求的氢气贮存厂房布置在保护区围栏内部汽轮机厂房西北侧厂区边缘，远离人流。放射性辅助生产厂房中的核岛废液排放厂房、常规岛废液排放厂房布置在主厂房区的南侧，靠近核岛。生产检修办公楼布置在保护区大门与控制区大门之间，与 1、2 号机组工程公用。其他辅助生产设施利用 1、2 号机组工程已建设设施。

厂前区全厂统一规划，布置在主厂房区东侧的厂区扩建端，朝向进厂道路。厂前区包括综合办公楼、档案馆、食堂。一期工程已建设完成。

武警营房、公安楼、消防站和应急指挥中心等，布置在厂前区的北侧，500m 非居住区外，与主厂区有方便的交通，方便接警。一期工程已建设完成。

为确保核电厂的安全，厂区设置三道实体保卫围墙：控制区围墙，为单层可视围墙，包围区域为生产管理、辅助生产设施和主生产区；保护区围墙，为双层可视围墙，并装备相应的技术防范设施，包围区域为主要生产厂房及辅助生产区；要害区围墙，为双层可视围墙，并装备相应的技术防范设施，或利用建筑物外墙并增加相应的安全保卫设施，包围核岛、联合泵房。控制区、保护区和要害区围墙出入口处设置监控系统和值勤哨位，进出人员、车辆必须持有专用证件和磁卡。

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 8.38m（85 国家高程，下同）的要求，波浪爬高的影响通过修建挡浪墙等设施防止波浪影响，保证厂址安全。这些设施已在一期工程的建设完成。

福清核电厂的边坡是根据总体规划用地边界和厂址周围地形条件确定的。场地平整工程仅有厂址东北侧出现人工挖方边坡，边坡长约 594.0m，最大高差 5m，距 3、4 号机组安全相关厂房最近距离为 1109m，边坡不会对核安全物项构成威胁，是安全的。

## （2）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。

核岛废液排放厂房、常规岛废液排放厂房布置在主厂房区的南侧，靠近 3 号核岛，形成三废区。三废区位于 3、4 号机组厂区用地的西南角，厂区用地的边缘地带，远离人流集中区域及人流集散地，靠近货流出入口，处于全厂盛行风向的下风向。

监督性流出物实验室六台机组共用，布置在 3、4 号机组用地内，方便全厂共用。

污水处理站位于 3 号机组南部保护区围栏之外 CC 井西侧，方便排放，且位于盛行风向向下风向。

应急指挥中心位于厂前区的东北方向，距离 4 号反应堆厂房中心直线距离 1053m，距离厂前区最近距离 197m，处于全厂盛行风向上风向，并位于 500m 非居住区外。一期工程已建设完成。

环境实验室位于港头镇东元村，应急道路 K10+440 附近。一期工程已建设完成。

#### 4.1.2.1.3 竖向布置

福清核电厂厂坪设计标高定为 11.00m，已通过初步安全分析报告评审。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 11.15m，厂区建构物室外散水标高 11.00m，核电厂的竖向设计满足安全要求。

#### 4.1.2.1.4 厂内道路

##### （1）道路设计

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、12m，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 9m；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。

##### （2）交通组织设计

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。

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。

#### 4.1.2.1.5 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，厂区绿

化分绿化区和非绿化区。非绿化区：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，整个厂区将处在绿色植物环抱，三面临海的优美环境中。

福清 3、4 号机组是扩建工程，本期工程用地均位于保护区内，不做绿化；规划容量绿地率为 7.8%，符合“《工业项目建设用地控制指标》的通知”要求，符合《核电厂总平面及运输设计规范》报批稿要求。

#### 4.1.2.2 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，位于南部滩涂或低洼回填区。3、4 号机组施工建设完成后，施工场地将用于后续工程的施工建设。

#### 4.1.2.3 废气、废液排放点的位置

废气排放点：核电厂 3、4 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 3、4 号机组反应堆排风烟囱排入大气。3、4 号机组反应堆排风口绝对标高为 73.45m，距离陆域地产边界线最小距离为：北向边界线 551m，东向边界线 1389m，南向边界线 579m，西向边界线 990m。

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点。液态流出物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，最后通过排水明渠道流堤排至排水口（废液排放点），进入厂址南部海域（接纳水体）；厂区内在生产区设集中的污水处理设施，处理后的污水达到国家排放标准后，用于厂区绿化灌溉用水，多余的排至虹吸井，经循环水排水暗渠排至排水明渠，最后通过排水明渠道流堤排至排水口（废液排放点），进入厂址南部海域；厂区北部雨水向北排至引水明渠，南部雨水向南接至虹吸井，最终排至厂址南部海域。

此废液排放点包围在核电厂征海范围内，排放口距征海边界最近距离为：东向边界线 1293m，南向边界线 2806m，西向边界线 1725m，北向边界线 1338m。

## 4.2 反应堆和蒸汽 — 电力系统

### 4.2.1 概述

福建福清核电厂 3、4 号机组采用  $2\times 1000\text{MWe}$  压水堆核电机组。每台核电机组均由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

反应堆堆芯由 157 组燃料组件组成。初装堆芯燃料组件的燃料富集度分 1.8%、2.4%、3.1% 三种，各约占三分之一。

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。福建福清核电厂 3、4 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：**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：**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：**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，如安全注入系统、安全壳喷淋系统、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：**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。

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

#### 4.2.2 核岛

#### 4.2.2.1 堆芯部件

福建福清核电厂 3、4 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 157 组改进型燃料组件及其相关组件组成。

为了展平功率分布，初始堆芯燃料组件分三区布置，最高富集度的组件装在堆芯外围，较低富集度的两种组件按棋盘格式布置在堆芯中部。福建福清核电厂 3、4 号机组采用年换料制，每次换料卸出 52 组乏燃料组件，同时装入 52 组新燃料组件。

##### 4.2.2.1.1 燃料组件描述

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。

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

##### 4.2.2.1.2 相关组件描述

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。

#### 4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

##### (1) 系统功能

- 1) 冷却堆芯并将堆芯的热能传递给二回路系统；
- 2) 流经堆芯的水作为中子慢化剂；
- 3) 协助控制反应性；
- 4) 控制压力；
- 5) 构成防止放射性产物释放的第二道屏障。

##### (2) 系统概述

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。在电厂运行期间，反应堆冷却剂系统将堆芯产生的热量传输到蒸汽发生器，蒸汽发生器产生的蒸汽驱动汽轮发电机组。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折回，向上通过堆芯到达出口接管，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。反应堆冷却剂系统还包括一条从主传热环路

的热段连接到稳压器液相的下封头的波动管线和两条从主传热环路的冷段（反应堆冷却剂的出口）经总管接到稳压器汽相的上封头的喷淋管线。在稳压器上设置有连接到稳压器卸压系统的超压保护管道。

稳压器卸压系统主要由稳压器卸压管道、稳压器卸压箱及相关管道组成。

### （3）主要设备

#### 1) 反应堆压力容器

反应堆压力容器是带有一个焊接半球形下封头以及一个可拆卸、法兰连接和加密封环的半球形上封头的圆筒形容器。反应堆压力容器内装有堆芯、堆芯支承结构、控制棒和直接与堆芯有关的其他部件。容器内表面覆盖有奥氏体不锈钢堆焊层，用于保护基体金属免受一回路冷却剂的腐蚀。

反应堆压力容器有三个与反应堆冷却剂环路冷段连接的进口管嘴和三个与反应堆冷却剂环路热段连接的出口管嘴。这些管嘴位于反应堆压力容器法兰以下和堆芯顶部以上的水平面上。

#### 2) 蒸汽发生器

蒸汽发生器是立式自然循环 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。

#### 3) 反应堆冷却剂泵

反应堆冷却剂泵是由空气冷却三相感应电动机驱动的单级、立式、轴封离心泵。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惰转时间，保证驱动主泵向堆芯提供冷却剂。反应堆冷却剂进口在泵壳的底部，出口在泵壳侧面。

#### 4) 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，它由容器、内部构件、电加热装置、喷淋装置等部件组成。稳压器的下部封头放置在圆筒形的裙座上。稳压器共装有六组电加热器，其中四组加热器作为通断式输出加热器运行，另两组是常通式比例输出加热器。喷淋管线的喷头被拧紧在与上封头焊接连接的喷淋管的接管上。在额定流量时，



从喷头喷出的喷淋液呈一宽广的锥面。

#### 4.2.2.3 主要辅助系统

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热导出系统、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：

- (1) 反应堆冷却剂容积控制和化学控制；
- (2) 反应堆停堆和启动时排除余热；
- (3) 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。

余热导出系统，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。燃料装卸设备布置在三个区域：反应堆厂房内的反应堆换料水池，燃料厂房内的乏燃料贮存水池和新燃料贮存区。反应堆厂房和燃料厂房，由通过反应堆安全壳孔道输送燃料的燃料输送系统连接。用装有抓取乏燃料组件伸缩杆的装卸料机取出堆内的乏燃料。燃料组件运出以后，用人桥吊车上的工具将乏燃料组件放置在乏燃料贮存架上。经过适当的衰变时间，将乏燃料从贮存水池中取出，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上（干贮存），或乏燃料贮存水池中（湿贮存）。通过燃料运输管道把他们送进反应堆厂房。

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。核岛各厂房消防系统包括：核岛消防系统（含反应堆厂房、核辅助厂房和核燃料厂房）、电气消防系统和柴油发电机消防系统。BOP 各厂房包括泵站、除盐水站、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，在厂房内均设置消防栓和手提式灭火器。常规岛消防系统，能通过固定的自动高速和中速喷雾系统、固定的喷水灭火系统以及人工消防栓和消防软卷盘，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。

### 4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及其厂房内的系统设备。

#### 4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换成电能。每台机组包括一台额定输出功率为 1089MWe 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：

- (1) 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；
- (2) 通向凝汽器、除氧器和大气蒸汽旁路系统；
- (3) 除氧器给水系统。

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或失效的情况下保证蒸汽发生器的给水。

汽轮发电机的额定容量为 1278MVA，运行参数为 24kV，三相交流，频率 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，直流电通过导体输送到发电机磁场绕组。

#### 4.2.3.2 凝汽器

凝汽器按汽轮机最大保证工况进行设计，传热面积的设计遵循美国传热协会的标准（HEI 标准）。

每个凝汽器主要由上喉部、下喉部、壳体、水室、热井、疏水扩容器、旁路扩散装置、低加疏水管道等组成的全焊结构。凝汽器喉部与低压缸排汽口刚性连接，热井底部与混凝土基础刚性支撑。

凝汽器喉部分为上、下喉部。每个上喉部内设有安装、检修平台，每个下喉部上各布置了一个合体低压加热器及一套低加抽汽管道。旁路扩散装置安装于两下喉部中间，用于接收85%旁路蒸汽。在汽轮机启动及甩负荷时，将来自汽轮机旁路系统的蒸汽减温减压至凝汽器所能接收的允许值。旁路扩散装置设有4个旁路扩散器，每个旁路扩散器上有3个DN300旁路蒸汽接口。

凝汽器壳体内共设有4组管束模块以凝结汽轮机低压缸排汽。在每组管束下部设有空冷区，用于不凝结气体的抽取。管束采用钛管，端管板为钛复合板。钛管两端采用胀接+焊接的方式固定在端管板上，端管板组件与壳体采用焊接形式构成一整体，管束中间设有支撑管板，以防止在正常运行工况下管束振动破坏，中间管板通过工字钢、肋板与壳体侧板及端板相焊。

凝汽器水室：对应每组管束，设有一个进水室和一个出水室。循环水从进水室流入冷却管，换热完成过后从出水室流出。水室通过螺栓连接固定在管板上。水室内部采用衬胶，以防止海水腐蚀。水室采用弧形设计，保证了水室中没有死角和紊流区域，循环水能均匀的分布到传热管中。

凝汽器热井四周全部由钢板焊接而成，内部采用一定数量的肋板、支撑管进行支撑。热井的容量大约为360m<sup>3</sup>，可满足凝水泵以最大流量抽取凝结水5分钟而不会使热井水位到达低报警水位。热井底部设有凝结水出水装置，安装有56套凝结水过滤装置，其中每套过滤装置包括防涡格栅、磁性过滤器和机械过滤器。

热井上设有两套水位测量装置，每套水位测量装置包括一个导波雷达及一个带液位开关的磁翻板液位计，用于凝汽器液位就地显示及提供4~20mA的远传信号。

在汽轮机适当减负荷至一定程度情况下可对凝汽器任一半进行清洗或检修。

### 4.3 电厂用水和散热系统

### 4.3.1 电厂取排水系统

#### 4.3.1.1 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。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暂定为  $61\text{m}^3/\text{s}$ 。

福清核电厂取排水方案是根据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。取排水工程布置方案详见图 4.3-1。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-9.0m 水深处的海床相接。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，取水明渠底高程为-8.50m。

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  $0.174\text{m}/\text{s}$ ；在平均潮位 0.28m 时，明渠口门段平均流速为  $0.229\text{m}/\text{s}$ ；在平均低潮位-2.28m 时，明渠口门段平均流速为  $0.330\text{m}/\text{s}$ ；在 33 年一遇低潮位时，明渠口门段平均流速为  $0.493\text{m}/\text{s}$ ；在百年一遇低潮位-4.35m 时，明渠口门段平均流速为  $0.504\text{m}/\text{s}$ 。

为防止外部船只进入取水口以及附近海域可能漂来的浮油而影响取水安全，在取水明渠进口处设置拦船网和拦污网以及警示标志。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。

#### 4.3.1.2 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，循环冷却水由循环冷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至核岛厂房经换热后排出，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。

### 4.3.2 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。

#### 4.3.2.1 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（CRF）、重要厂用水系统（SEC）提供

冷却水；向循环水处理系统（CTE）提供生产原水；向循环水过滤系统（CFI）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 4.3-1。

平均用水量：上述表格中除了冷却水量（循环水系统+重要厂用水系统）的平均用水量为 202300 m<sup>3</sup>/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。

#### 4.3.2.2 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。

##### 4.3.2.2.1 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。福清核电厂 3、4 号机组施工期间设计生产用水量约 2250 m<sup>3</sup>/d，设计生活用水量 1905m<sup>3</sup>/d。两台机组施工期间设计用水量约为 4155m<sup>3</sup>/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。

运行期生水系统主要为除盐水生产系统供给，并作为水泵轴封水的补充水、消防补水的备用水源。

福清 3、4 号机组工程最大日用水量出现在一堆运行、一堆冷启动工况，设计用水量约为 8850 m<sup>3</sup>/d；两堆正常运行日均用水量为 6340m<sup>3</sup>/d，年淡水用水量约为 224 万 m<sup>3</sup>/a，耗水指标约为：0.037 m<sup>3</sup>/s·GW。

结合福清核电 1~4 号机组 M310 堆型以及 5、6 号机组 ACP1000 堆型的用水需求，核算六台机组运行最大用水量约为 25000m<sup>3</sup>/d，福清核电厂淡水厂的设计规模为 26000m<sup>3</sup>/d，因此能满足福清核电厂六台机组运行需要。

##### 4.3.2.2.2 淡水水源

福清 3、4 号机组淡水水源与 1、2 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 m<sup>3</sup>/d，可满足 1~6 号机组用水要求。

福建福清核电厂 3、4 号机组的水资源论证报告为《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 m<sup>3</sup>/年，其中含福建福清核电厂 1~4 号机组运行和 5、6 号机组施工用水。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，且备用水源的引水工程正在进行中。

因此，不会出现因淡水水源供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统。

## 4.4 输电系统

### 4.4.1 电气主接线

福清 3、4 号机组为 1、2 号机组的扩建工程，装机容量为 2x1089MW，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。1、2 号机组出线 3 回，2 回至规划拟建的 500kV 莆田北变，1 回至 500kV 东台变。3、4 号机组在 1、2 号机组工程基础上，增加 1 回至东台变的 500kV 线路。

500kV 配电装置选用 SF<sub>6</sub> 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），1、2 号机组由厂外 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。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、4 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。

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。

### 4.4.2 开关站的选型和布置

500kV 和 220kV 配电装置采用 SF<sub>6</sub> 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。

#### 4.4.3 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。1、2 号机组出线 3 回，2 回至规划拟建的 500kV 莆田北变，1 回至 500kV 东台变；3、4 号机组在 1、2 号机组工程基础上，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。

### 4.5 专设安全设施

#### 4.5.1 安全壳系统

##### 4.5.1.1 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动（SL-2）、小型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。

安全壳采用预应力混凝土结构。竖向为一圆筒型壳体，底部连接于钢筋混凝土板，顶部通过环梁与一扁球形的预应力混凝土穹顶相连。筒壁上设有相对的两个扶壁，底板下部外围有一锚固廊道。整个安全壳内表面设有防泄漏的钢衬里，以保证安全壳的整体密封性。

##### 4.5.1.2 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（EAS）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（EAS）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），从而降低安全壳内的气体放射性水平，减轻安全壳外的放射性后果。

对于任何大破口事故，安全壳喷淋系统是唯一从安全壳内导出热量的系统。安全壳喷淋系统的设计和安全准则符合 RCC-P 第 2.2.2 节的要求。

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

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。

在直接喷淋阶段，安全壳喷淋系统（EAS）的喷淋溶液是来自乏燃料水池冷却和处理系统的换料水箱 PTR 001 BA 的冷的含硼水，在含硼水中混合有来自 EAS 001 BA 水箱的氢氧化钠溶液。

在 PTR 001BA 换料水箱完全排空之前，将 EAS 系统水源切换到收集存贮在安全壳地坑中的水，经过冷却再将水喷淋回到安全壳内（再循环阶段）。

安全壳喷淋系统设计能迅速降低安全壳的压力和温度：在直接喷淋阶段，用至少一个喷淋系列提供额定值为  $850\text{m}^3/\text{h}$  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  $0.27\text{mm}$ 。

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排出的热量，并满足安全壳应力强度的允许要求。

EAS 系统设计成可运行长达数月并且用于长期余热导出。

#### 4.5.1.3 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

安全壳隔离系统设计符合 RCC-P 设计准则第 2.1.3 条款的要求。

1) 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；

2) 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（RCP）过快降温，或安全壳超压；

3) 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；

4) 安全壳隔离系统设计满足单一故障准则；

5) 安全壳隔离系统能够防御内部飞射物和管道甩击；



- 6) 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；
- 7) 安全壳隔离系统设计成能够承受 LOCA 后环境条件；
- 8) 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；
- 9) 安全壳隔离系统设计成在极限安全地震动（SL-2）情况下仍能保持其功能，按抗震 1 类设计；
- 10) 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

1) 若贯穿安全壳的管路属主回路的一部分，或者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。

2) 对于贯穿安全壳但既不是主回路的一部分，也不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。

3) 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。

## (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。

1) 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。

2) 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 (EBA)；

(B) 安全壳大气监测系统 (ETY)：小风量扫气和氢复合系统贯穿件；

(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有不同的电源序列供电：所有启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。

一些安全壳隔离阀可由反应堆保护系统 (RPR) 自动启动。

#### 4.5.1.4 安全壳可燃气体控制

ETY 安全壳空气监测系统的一个主要作用是控制 LOCA 后安全壳内可燃气体的浓度，以确保维持安全壳结构和密封的完整性。

本系统中控制事故后安全壳内氢气浓度的设备，属专设安全设施。

(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：

— 堆芯和地坑水的辐照分解；

- 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% 体积浓度的最低可燃浓度极限。

### （2）设计基准

- 1) 系统的独立性：本系统为每台机组专用，但氢气复合器可以用于其它机组；
- 2) 单一故障准则：系统中属于专设安全设施的所有能动部件均冗余设置；
- 3) 安全壳隔离：由于本系统与安全壳内大气直接连通，每个贯穿安全壳的回路上设置两个安全壳隔离阀。事故时，隔离阀在无外电源情况下可在一秒内关闭。
- 4) 耐压能力：安全壳内及第二个安全壳隔离阀前的管路和设备能承受安全壳试验压力及失水事故下工况的压力、温度和放射性等条件。安全壳外用于混合、复合或小流量扫气的管路和设备设计成在其投入使用是能承受安全壳的空气压力、温度和辐射影响，并在安全壳加压情况下能承受压缩机提供的最高压力。

### （3）系统描述

#### 1) 混合、取样和复合系统

由两个并联回路组成，一个正常运行，另一个备用。这两个回路布置在安全壳外，对安全壳构成封闭回路运行。每个回路包括一台风机，两个安全壳隔离阀和连接管道。在管路上装有用于取样的接头、连接移动式氢复合器的接头和连通小流量扫气系统的接头。

氢气复合器是一台独立的，可用卡车运送的设备。它包括一台送风机，一台加热复合器，一台空气冷却的冷却器，连接管路及相应的仪表和控制装置。

LOCA 后，被处理的空气经氢复合器，通过三步处理：

- 去除空气中的碘、氢氧化钾、硼酸等有害物质；
- 氢复合；
- 排气的冷却。

安全壳大气在冷却冷凝器内去除上述有害物质后进入催化反应器，并在其内进行复合，之后进入冷凝器冷却处理，最后返回安全壳。在安全壳内设置四个氢气测量仪，分属两个测氢通道。在安全壳外电气厂房中相应设置两个监测屏。

#### 2) 小流量扫气系统

它是直流式系统。利用上述监测回路上设置的接头吸取安全壳内空气，经过过滤后再通过燃料厂房排风系统的排风管排到烟囱。过滤系统包括一台电加热器，一个空气流量调

节阀，一台前置过滤器，一台高效过滤器和一台除碘器。

#### （4） 系统运行

##### 1) 控制事故后安全壳内氢浓度

系统在失水事故后监测安全壳内空气中的氢浓度，并通过移动式氢复合器使之维持在一个足够低的值（低于 4.1%容积），防止氢-氧混合达到一定程度发生爆炸的危险。为此，使安全壳内空气混合和均匀化，降低不能排到外环境去的可燃气体的浓度，并连续测量氢气浓度。

根据不同的供电电缆铝芯腐蚀假设和安全壳的容积分析表明，LOCA 事故在安全壳内的产氢量在事故后 22-49 天可能达到 4.1%的溶剂值限值，因此预计事故后 11-22 天安全壳内将氢复合器投入使用。

复合器的消氢能力为：启动后不到 2 小时返回到安全壳内的气体的含氢浓度小于 0.1%容积，使安全壳内的氢浓度值不超过 3.1%容积。

##### 2) 安全壳内空气监测

本系统连续测量安全壳的压力和温度。控制和（或）显示所要执行的安全壳隔离、安注、安喷、关闭小流量扫气系统等操作（辐射探测器是系统的一部分）。

##### 3) 小流量扫气测

在反应堆运行期间，本系统降低安全壳内惰性气体与氙的污染水平，以保护工作人员；本系统还维持正常运行期间安全壳内压力接近大气压。

小流量扫气系统启动根据需要进行，以便在适当条件下人员进入安全壳内进行维修。

#### 4.5.1.5 安全壳密封性试验

##### （1） 试验的类型和目的

1) 强度试验：在机组投入运行之前进行安全壳强度试验，以证明它能经受 LOCA 事故工况和主蒸汽管断裂事故（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，安全壳内大气在环境温度下，加压到 0.483MPa（表压）的试验压力，等于安全壳设计压力 0.420MPa（表压）的 1.15 倍。

##### 2) 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。

### 3) 安全壳整体密封性试验

试验目的是在安全壳建造完毕之后和反应堆装料之前测量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

##### 1) 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

采用的仪表有：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）。

###### (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（试验条件下安全壳内气体质量）。

## 2) 安全壳贯穿件的局部泄漏率试验

### (a) 概述

其泄漏率占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 类试验的部件的泄漏率必须低于下列数值，所有泄漏率都表示为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%。

## 4.5.2 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是，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。除了维持主控室在事故工况下可居留性的空调系统（DVC）以外，还设置了与安全及质量有关的确保净化和确保冷却的两种通风系统。

### 4.5.2.1 专设安全设施的过滤系统

#### (1) 主控制室空调系统（DVC）

##### 1) 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

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。

DVC 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通风机组。

## 2) 系统说明

应急过滤机组包括两台 100%容量的离心通风机、两台电加热器、一台预过滤器、一台高效空气粒子过滤器和两台碘吸附器。

当放射性监测系统探测到现场受污染时，应急过滤通风机组就自动投入运行，去除控制室进气中裂变产物，维持控制室的可居留性。

DVC 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应急电源。

### — 地震

进入可居留区域的风管和其它设置有安全级设备的房间的风管设计成能承受极限安全地震动（SL-2）。

### — 功能丧失

DVC 系统的设计满足能动部件单一故障准则，保证 DVC 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，另一个系列执行其功能。

## 3) 应急过滤通风机组的功能

通过污染探测信号自动起动应急过滤系列，并关闭正常新风入口及停止排风机的运行，维持控制室内正压，以避免室外污染空气的渗入。

### (2) 燃料厂房的通风系统（DVK）

#### 1) 设计基准

DVK 系统设计成能完成如下任务：

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，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浓度：燃料装卸事故；乏燃料水池大厅内的高放射性水平；LOCA。

## 2) 系统说明

在正常运行期间，DVK 系统以“直流式”的全新风系统运行。在事故情况下，DVK 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±0.00m 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，设计的系统都能保持其功能。事故工况下使用的低流量排风子系统，设有应急电源。DVK 系统由控制室远距离控制。

## 3) 低流量排风子系统的功能

本机组与正常排风子系统的排风管道相连接，并接至 NX 区烟囱。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和吸附，这样，就不会发生有放射性气体被失控释放的事件，从而保护环境，并确保运行人员的辐照水平低于允许限值。

### (3) 外围设备间通风系统 (DVW)

#### 1) 设计基准

除标高±0.00m 以下和室外贯穿件之外，DVW 系统设计成从安全壳装有贯穿件的所有区域进行排风（电缆、管道贯穿件和人员气闸）。

其目的是：通过控制气流的流向，防止污染的空气扩散到环境中去；保证对这些房间的排风进行过滤，以降低排气的放射性水平。

DVW 系统是连续运行的。

贯穿件房间的排风来自：安全壳泄漏；核辅助厂房转来的空气；电气厂房转来的空气；未经过滤的室外空气。

#### 2) 系统说明

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。

DVW 系统是与安全相关的系统，本系统设计考虑了以下事故：

##### — 厂外电源丧失

正常排风风机是不接柴油发电机组应急电源的。在空气被碘污染时，为了维持外围设备间的负压，碘排风子系统由应急柴油发电机组供电。

当正常运行时，二台碘排风风机中的一台必须从控制室启动。



#### — 地震

DVW 系统设计承受极限安全地震动（SL-2）。

#### — 功能丧失

如果正常排风风机失效，则碘排风系统启动。碘排风系统的设计符合单一能动部件故障准则，确保其功能不被丧失。当碘排风系统运行时，必须保证从失效风机转换到备用风机。

#### — LOCA 或蒸汽管道破裂

碘排风子系统由安注信号自动启动。

#### — 碘吸附器失火

当过滤小室内探测到火灾时，报警信号传给操纵员。操纵员在现场确认火灾后，启动喷淋系统。所有风机必须从控制室手动关闭，且防火阀的熔断丝熔断，阀门自动关闭。

### 3) 碘排风子系统的功能

碘排风子系统在接到安注信号后，两台碘排风风机中的一台立即自动启动，这样 DVW 碘排风子系统的过滤器和碘吸附器就能在 LOCA 事故后，对从安全壳贯穿件泄漏的裂变产物进行去除，以减少释放到周围环境中的放射性。

## 4.5.2.2 安全壳喷淋系统

4.5.1.2 节中已经描述了安全壳喷淋系统（EAS）。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（EAS）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

#### 1) 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换料水箱（PTR 001BA）的水中，并且由 EAS 泵送到 EAS 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 EAS 001BA）；一台氢氧化钠搅拌泵，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。

## 2) 设计参数

为了有效的和快速地排除碘，系统的设计参数为：

安全壳的大部分自由容积受到喷淋系统的直接喷淋。由于喷淋液滴的下落受到阻碍，剩余的安全壳容积没有受到直接的喷淋。但是，未被喷淋区与直接喷淋区之间对流通畅，因此，除碘能力不会受影响。

## 3) 运行方式和给水源

### (a) 运行方式

安全壳喷淋系统按直接喷淋和再循环喷淋两种运行模式投运。所有运行方式及条件参见 4.5.1.2 节。

化学添加剂子系统在安全壳喷淋系统（EAS）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

直接喷淋水来自换料水箱 PTR 001BA，并向其中添加 NaOH 溶液；

再循环喷淋水来自下列混合物：

- 换料水箱的水；
- 注入到喷淋水中的化学添加剂；
- 进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；
- 来自硼注入箱的水。

## 4) 材料

与氢氧化钠溶液相接触的系统的所有部分都是奥氏体不锈钢制造的。

### 4.5.2.3 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，从而限制厂外的放射性水平。

## 4.6 放射性废物系统和源项

### 4.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，裂变产生的放射性核素基本上都包容在燃料元件芯块与包壳之内，只有极少量的裂变产物会由于燃料元件破损而泄漏到反应堆冷却剂中，或者由极少量的燃料元件加工制造过程中的表面铀沾污而直接进入主冷却剂。同时裂变产生的中子使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、硼酸和其它材料受到激活而产生中子活化及活化腐蚀产物。这些裂变产物和活化及活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关系统的主要放射性来源，其中蒸汽发生器传热管束的泄漏还有可能造成二回路系统的污染。

### 4.6.2 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（包括发生预计运行事件时）产生的放射性废液。废液管理系统由下列系统组成：

- （1） 硼回收系统（TEP）；
- （2） 废液处理系统（TEU）；
- （3） 核岛废液排放系统（TER）；
- （4） 放射性废水回收系统（SRE）；
- （5） 核岛疏水排气系统（RPE）。

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：

- （1） 化学和容积控制系统（RCV）；
- （2） 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）；
- （3） 蒸汽发生器排污系统（APG）；
- （4） 常规岛废液收集系统（SEK）；
- （5） 一常规岛废液排放系统（SEL）。

#### 4.6.2.1 硼回收系统（TEP）

硼回收系统（TEP）是通过过滤、除盐和除气工艺将来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛疏水排气系统（RPE）的未污染的含氢反应堆冷却剂进行净化、贮存，然后通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（REA）复用。

本系统还可以直接对 RCV 系统的硼酸浓度低的反应堆冷却剂下泄流用离子交换工艺进行除硼。

#### （1）设计基准

TEP 系统为两台机组共用，位于核辅助厂房。系统设置了两条生产线，每条生产线由净化、水与硼分离和除硼三部分组成。在正常运行情况下，净化部分是一条生产线对应一台机组，水和硼酸分离部分为两台机组共用；除硼部分由两个阴床除盐器和一个混床除盐器组成，每台机组的 RCV 装置各用一个阴床除盐器（005DE、007DE），另一个混床除盐器（006DE）为两台机组共用。

本系统设计成能处理电站以基本负荷或负荷跟踪运行时所产生的含氢反应堆冷却剂，再加上电站每年每个机组多次停堆和启动瞬变时所产生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每台机组的 RCV 系统来的最大下泄流（ $27.2\text{m}^3/\text{h}$ ），两条生产线独立运行，在正常运行期间，每条生产线对应一个机组，又能互相备用，每条生产线的处理能力为  $27.2\text{m}^3/\text{h}$ 。

前贮槽的部分容积还能用来接收余热导出系统（RRA）在  $180^\circ\text{C}$  冷却开始时的中间热停堆期间所排出的反应堆冷却剂。

中间贮槽的容积可以满足本系统前后两部分的独立运行，同时不影响反应堆的运行。中间贮槽共三个，每个贮槽的有效容积为  $350\text{m}^3$ 。中间贮槽的容积能够容纳每台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。

本系统蒸发部分将反应堆冷却剂分离为蒸馏液和浓缩液，处理能力为  $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。蒸馏液经冷却后，含硼量低于  $5\text{ppm}$ ，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，TEP 蒸馏液同时满足排放要求时可以直接送往 TER 系统待监测、排放，若不满足排放要求可以返回中间贮槽待重新蒸发处理；浓缩液含硼量为  $7000\text{ppm}$ ，质量合格时可作为 4% 硼酸溶液复用。

## （2）系统描述

TEP 系统由三部分组成：

- 1) 净化部分：包括前贮槽、过滤器、除盐器和除气装置。
- 2) 水和硼酸分离部分：包括中间贮槽、蒸发装置、蒸馏液监测槽和浓缩液监测槽。
- 3) 除硼部分：每台机组配制一台阴床除盐器，用于燃耗末期对 RCV 来的含氢反应堆冷却剂直接除硼。另设一台混床除盐器，在其未被反应堆冷却剂污染时对不合格蒸馏液进一步除硼，以及在停堆大修期间，对一回路反应堆冷却剂进行净化处理。

两台机组排出的含氢反应堆冷却剂分别由两个前贮槽（001BA，008BA）接收，然后用前贮槽泵（001PO，002PO）输送到两个净化系列，每个净化系列对应一台机组。含氢的反应堆冷却剂经除盐预过滤器（001FI，002FI），再经阳床除盐器（001DE，002DE）、混床除盐器（003DE，004DE）、树脂滞留过滤器（003FI，004FI）净化后，进入除气塔（001DZ，002DZ）进行脱气。去除了裂变气体和氢气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵（003PO，004PO）送去冷却，经过两次冷却（经 001EX、002EX 与 001RF、002RF）后进入中间贮槽（002BA 或 003BA、004BA）暂时贮存。

由除气塔脱出的气体经冷凝器（001CS，002CS）冷却后，通过核岛疏水排气系统（RPE）送到废气处理系统（TEG）的含氢废气子系统进行贮存衰变。

三个中间贮槽（002BA 或 003BA、004BA）共用一台混合和输送泵（007PO）。

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）将已经过净化处理的反应堆冷却剂从一个中间贮槽抽出，送至外热式强制循环蒸发器（001EV、002EV）的下循环管线内，即强制循环泵（009PO、008PO）的上游，通过蒸发装置的分离操作，得到浓度约 4%的硼酸溶液和蒸馏液。两者经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽（007BA）和蒸馏液监测槽（005BA，006BA）内，经取样分析监测合格后用浓缩液泵（014PO）和蒸馏液泵（013PO，012PO）送到反应堆硼和水补给系统（REA）的 4%硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

如果蒸馏液中硼含量偏高（> 5ppm）时，则可以在混床除盐器（006DE）中进一步进行除硼处理。在反应堆停堆大修期间，该混床除盐器（006DE）用于对反应堆冷却剂进行净化处理。

还有两台阴床除盐器（005DE，007DE）直接对化学和容积控制系统（RCV）来的含硼量较低的反应堆冷却剂进行除硼，然后直接返回原系统。

TEP 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

## （3）系统运行

### 1) 正常运行

本系统净化部分配备了两条相同的生产线，两条生产线内配置了两套相同的设备。每条生产线的净化部分（即前贮槽、过滤器、除盐器和除气塔等设备）处理相应的反应堆排出的冷却剂。

中间贮槽、蒸发装置、蒸馏液监测槽和浓缩液监测槽是两台机组共用的。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。前贮槽 001BA（008BA）的液位与压力检测系统自动控制除气塔 001DZ（002DZ）的启动和停运。前贮槽的正常液位控制在  $10\sim 28\text{m}^3$  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（ $27.2\text{m}^3/\text{h}$ ）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 002BA 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蒸馏液冷凝器 003CS（004CS）冷凝后，再经蒸馏液冷却器 003RF（004RF）冷却至  $50^\circ\text{C}$ ，进入蒸馏液监测槽 005BA（006BA）。

在蒸馏液监测槽中的蒸馏液通过取样分析后有以下几种出路：

(a) 如果蒸馏液的水质满足反应堆补给水要求，则由蒸馏液泵 013PO（012PO）将其直接送到 REA 反应堆硼和水补给系统作补给水使用；

(b) 如果蒸馏液中硼含量略高，则将其送到阴床除盐器 006DE 进一步除硼后送 REA 使用；

(c) 如果蒸馏液不合格，需再处理时，则用蒸馏液泵 013PO（012PO）打回中间贮槽去，重新在本系统的蒸发装置中处理；

(d) 为了维持反应堆冷却剂中合适的氚浓度，通过废液处理系统（TEU）的排放管将含氚高的、满足排放要求的蒸馏液送到废液排放系统（TER）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。

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：

(a) 如果浓缩液合格，则用浓缩液泵 014PO 送到 REA 反应堆硼和水补给系统作为补给硼酸用；

(b) 如果浓缩液不合格（硼含量远小于  $7000\text{ppm}$ ，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；

(c) 如果浓缩液不合格（放射性浓度较高），也可用泵送到废液处理系统（TEU）

工艺排水接收槽，由 TEU 系统除盐器处理；

(d) 在浓缩液放射性浓度太高的情况下，送至固体废物处理系统（TES）装桶固化。

#### 2) 特殊运行

(a) 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；

(b) 用蒸发器对由除盐水分系统（SED）来的补给水除氧；

(c) 对含氧太高的 REA（硼和水补给系统）补给水除氧；

(d) 一条净化生产线不能使用时的运行。

#### 4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

废液处理系统收集、贮存和监测核电厂正常运行工况和预期运行事件下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废液排放系统（TER）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体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和预期运行事件下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。

本系统是两堆共用，位于核辅助厂房内。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 RPE 系统分类收集，然后送至 TEU 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为  $27.2\text{m}^3/\text{h}$ 。地面排水量约为  $10000\text{m}^3/\text{a}$ ，服务排水量约为  $2500\text{m}^3/\text{a}$ 。

工艺排水放射性浓度高，化学物质含量低，一般采用除盐工艺处理，处理能力为  $10\text{m}^3/\text{h}$ ，去污因子为 10~100。工艺排水量约为  $4500\text{m}^3/\text{a}$ 。

化学排水放射性浓度高，化学物质含量也高，用蒸发方法处理，处理能力为  $3.15\text{m}^3/\text{h}$ ，去污因子为 1000，处理废液量约为  $3000\text{m}^3/\text{a}$ 。

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

地面排水接收槽的容积为  $2\times 20\text{m}^3$ ，化学排水接收槽的容积为  $2\times 20\text{m}^3$ ，工艺排水接收槽的容积为  $2\times 35\text{m}^3$ ，监测槽的容积为  $2\times 35\text{m}^3$ ，两个  $100\text{m}^3$  的废液接收槽，在一般情况下，

阀门连接在化学排水管上，但在必要时，可接受各种排向废液处理系统（TEU）的废液。

### 1) 除盐工艺

两个工艺排水接收槽 TEU001/002BA。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。

一台工艺排水泵（001PO），用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放管理限值时，也用其将废液送往过滤器 TEU002/012FI 过滤后经 TER 系统监测、排放。

一台预过滤器 TEU004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

两台串联的除盐器。

一台树脂滞留过滤器 TEU005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 TEU009/010BA。

### 2) 蒸发工艺

两个化学排水接收槽 TEU005/006BA 以及两个废液接收槽 TEU016/017BA，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和 pH 值调节。

一台化学排水泵 TEU003PO，用于 TEU005/006BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

一台排水泵 TEU012PO，用于 TEU016/017BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

一个化学中和站由酸、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。

一套蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵 TEU005PO、蒸发预过滤器 TEU001FI、加热器 TEU001RE、蒸发器 TEU001EV、强制循环泵 TEU006PO、净化器 TEU001ZE、冷凝器 TEU001CS、蒸馏液泵 TEU007PO、蒸馏液冷却器 TEU001RF 和冷凝水冷却器 TEU002RF。

蒸发浓缩液（硼含量约为 40000ppm）由 TES 系统的浓缩液槽收集，然后装桶固化或返回蒸发器再处理。

蒸馏液由两个监测槽（TEU009/010BA）接收。

蒸发净化单元包括消泡剂注入装置，当蒸发器处理易起泡的废液时，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 TEU009/010BA 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，则排往核岛废液排放系统（TER）监测排放。否则，送至蒸发器重新处理。

### 3) 过滤工艺包括：

两台地面排水接收槽 TEU003/004BA，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 TEU002PO，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 TEU002/012FI。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯子。

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。与废液接触的设备的材料均为不锈钢。

### （3）系统运行

TEU 系统总的运行原则如下：

TEU 系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在 KSN 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、地面排水接收槽、废液接收槽）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。

蒸发或除盐处理后的流出液在监测槽进行取样分析，取样分析结果满足排放要求的废液才允许向 TER 系统排放，要经过滤器处理的废液在过滤处理之前的取样分析就应满足排放要求，之后才能排到 TER 系统待监测、排放；不满足排放要求的废液应由蒸发净化单元或除盐净化单元重新处理。

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。

#### 4.6.2.3 核岛废液排放系统（TER）

##### （1）设计基准

1) 核岛废液排放系统逐槽收集下列来源的废液，并将废液经混匀、取样分析、监测后有控制地稀释排放。

##### ① 放射性废液

- 硼回收系统（TEP）来的废液，包括中间贮槽排放的含氚量高的反应堆冷却剂、蒸发器蒸馏液。
- 废液处理系统（TEU）来的废液，包括蒸馏液、经除盐器处理的废液，经过滤器处理的废液。
- 放射性废水回收系统（SRE）来的废液。
- 核岛疏水排气系统（RPE）排水。
- 核岛废液排放系统（TER）地坑疏排水。
- 固体废物处理系统（TES）的疏水。

## ② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统（APG）蒸汽发生器排污液。

2) 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（KRT）监测到废液放射性浓度超过规定排放限值时，可暂存废液。

3) 将超过排放限值的放射性废液送往废液处理系统（TEU）处理。

### （2）系统描述

TER 系统设置三个  $500\text{m}^3$  的废液排放贮槽 TER001/002/003BA，贮槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个贮槽同时破裂溢出的全部废液量。三个贮槽中一个用于接收废液，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个贮槽配有一台排放泵 TER001/002 /003PO，用于在取样分析之前搅拌槽内料液和排放废液，或将废液送往废液处理系统（TEU）重新处理。地坑泵 TER004/005PO 安装在地坑 TER001PS 内，地坑泵 TER006PO 安装在地坑 TER002PS 内，地坑泵 TER007PO 安装在地坑 TER003PS 内。地坑泵将地坑内废液送至贮槽。

三个贮槽有一根共用的排放管线及一根通往 TEU 系统的管线。在排放管线上安装有一台辐射监测仪（KRT901MA）和受 KRT 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止逆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。排放管线的材料为不锈钢。该管线上的其它设备的材料均采用不锈钢。

### （3）系统运行

正常运行时，三个 TER 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。各系统来的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水平及环境稀释能力来确定废液的排放流量。

排放管上的 KRT 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，当排放废液的放射性浓度大于  $2.7\text{MBq}/\text{m}^3$  时，KRT901MA 报警；当排放废液的放射性达到  $4.5\text{MBq}/\text{m}^3$  时，自动切断排放管线。排放废液的放射性浓度控制值为  $900\text{Bq}/\text{L}$ 。贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 TEU 系统化学排水接收槽重新进行处理。

TER 系统和 SEL 系统相连，互为备用。当 TER 系统的贮槽不能接收废水时，SEL 的备用贮槽将用于接收核岛的废液。

#### 4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）

##### （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：

- 核岛厂房内热洗衣房排放废液，
- 核岛厂房内化学去污排放废液，

### （2）系统描述

热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 SRE001BA。工具间、淋浴间和更衣间的地面排水、电气厂房冷冻水系统（DEL）的冷凝水靠重力收集于废水贮槽 SRE001BA 中。SRE001BA 内的废液经混匀和取样分析满足排放要求后，由泵 SRE001PO 送往 TER 系统待监测、排放，否则送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。

二次漂洗的排放废液，借助重力流入废水贮槽 SRE002BA。SRE002BA 内的废液经混匀和取样分析满足排放要求后，由泵 SRE002PO 送往 TER 系统待监测、排放，否则送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。

废水贮槽 SRE001/002BA 房间内的地坑 SRE003PS 收集的废液由地坑泵 SRE008PO 送往 SRE001/002BA。

全厂放射性实验室和放射性车间排放的化学废液靠重力流入核岛疏水排气系统（RPE）的化学疏水坑 RPE003PS，再送往 TEU 系统的化学排水接收槽处理。

### （3）系统运行

当废水贮槽 SRE001/002BA 的液位达到高液位时，泵 SRE001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 SRE001/002PO 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。

#### 4.6.2.5 核岛疏水排气系统（RPE）

核岛疏水排气系统（RPE）在核岛内有一部分是每台机组专用，其余部分是两台机组共用。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），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（TEP）、废液处理系统（TEU）和废气处理系统（TEG）。在反应堆发生事故以后，高放废液再注入反应堆厂房。

### （1）设计基准

根据所收集的放射性物质的种类不同，RPE 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。

RPE 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；
- 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将高放废液再注入反应堆厂房。

## （2）系统描述

### 1) 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 TEP 系统处理。

### 2) 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（RPE002PS），再用泵输送到 TEU 系统；
- 由 TEU 系统直接收集；
- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，立即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RPE002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RPE008PS、009PS、012PS、013PS）的高放射性废液再注入反应堆厂房。

### 3) 地面疏水子系统

该系统收集核辅助厂房、燃料厂房、连接厂房的地面疏水。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（RPE001PS）；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 TEU 系统；
- 热洗衣房来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 TEU 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（RPE001PS）和燃料厂房地面疏水坑（RPE010PS、014PS）的高放射废液再注入反应堆厂房。

#### 4) 化学疏水子系统

该子系统收集核岛放化实验室的废水和来自处理含有放射性化学物质系统的疏水，包括反应堆厂房的地面疏水。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 TEU 化学排水接收槽（TEU005BA、006BA）或在应急情况下排入 TEU 备用槽（TEU016BA、017BA），通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RPE003PS），再由泵输送到 TEU 化学排水接收槽。

#### 5) 含氢废气子系统

该系统收集反应堆冷却剂系统、TEP 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 TEG 含氢废气子系统进行处理。

#### 6) 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下贮槽、手套箱等排气，这些废气被送到 TEG 含氧废气子系统进行处理。

### (3) 系统运行

#### 1) 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（RPE001BA），并由两台并联安装的泵（RPE001PO、RPE002PO）输送。

#### 2) 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。

在反应堆厂房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 TEU 工艺排水接收槽。

在反应堆厂房位置低于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RPE003BA），再用泵（RPE014PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RPE002PS）。工艺疏水箱（RPE003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RPE011PS）。

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（RPE002PS），再用泵（RPE023PO、024PO）输送到 TEU 系统；靠重力直接送到 TEU 系统。

#### 3) 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（RPE003PS），再用泵输送到 TEU 化学排水接收槽。

反应堆厂房地面疏水由重力收集到安全壳疏水坑（RPE011PS），疏水坑液位测量仪表，根据预先设定的高高和低低液位整定值来分别控制两台泵的启动和关闭。这些疏水通常是含有放射性化学成份的废水，由泵将其送至核辅助厂房的 TEU 化学排水接收槽（TEU005BA、006BA）。

#### 4) 地面疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它能在正常运行期间和各种预期瞬态期间保持连续运行。燃料厂房和连接厂房中的地面疏水通过重力收集到各自厂房的疏水坑，再用泵送至核辅助厂房地面疏水坑（RPE001PS）。

核辅助厂房地面疏水坑（RPE001PS）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管理限值），再用两合并联安装的泵将疏水坑中废液输送到 TEU 地面排水接收槽。

#### 5) 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。

#### 6) 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（EBA）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（RPE002BA）被分离后，气体排入安全壳换气通风系统（EBA），废水排入 RPE 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（TEG），由 TEG 的排风机保持负压。

### 4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

#### (1) 设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCP）提供以下服务：

- 1) 反应堆冷却剂容积控制；
- 2) 反应堆冷却剂化学控制：与硼和水补给系统（REA）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 REA 系统一起）。
- 3) 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

- 1) 为稳压器提供辅助喷淋；
- 2) 稳压器满水时控制 RCP 压力；
- 3) 为余热排出系统（RRA）的投运作准备；

- 4) 为 RCP 系统充水、排水和进行水压试验；
- 5) 高压安全注入（RCV 系统的一部分与安全注入系统（RIS）共用）；
- 6) 当反应堆冷却剂系统处于半管运行时，使用上充泵进行自动补给（RCV 系统的部分管道与安全注入管道（RIS）共同完成）。

## （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。

### 1) 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一个反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热，然后下泄流流过上泄孔板进行降压，再流过上泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

下泄流流过两台混合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上床除盐装置。

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。

三台离心式上充泵中的两台从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水，它在泵轴承和第一级密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后大部分通过高压密封引漏离开泵体，其中的一小部分通过低压密封引漏离开泵体并引入 RPE 系统。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过密封水热交换器到上充泵吸入端。另一股冷却剂流冷却泵的下部轴承，进入 RCP 系统。它作为下泄流的一部分，通过正常或过剩下泄流道从 RCP 系统排出。

### 2) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

化学和容积控制系统与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和氙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。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含氢量降到 5mL/kg 以下，定期将容积控制箱的气体排到废气处理系统，释放出溶解的氢气。在电厂停堆时，如果要进行换料或维修操作，可利用化容系统的除盐装置净化放射性离子并采用扫气去除裂变气体，从而降低反应堆冷却剂的放射性水平。

#### 4.6.2.7 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）

##### （1）设计基准

反应堆换料水池和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  $2 \times 100\%$ 。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统冷却回路的安全等级为 3 级。

##### 1) 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，反应堆换料水池和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）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过  $60^\circ\text{C}$ （按设备冷却水系统水温为  $35^\circ\text{C}$  考虑）。热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

##### 2) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度： $60^\circ\text{C}$ ；处理能力： $60\text{m}^3/\text{h}$ ；过滤孔径：除盐装置前置过滤器过滤粒度为  $5\mu\text{m}$ ，除盐装置后过滤器过滤粒度为  $25\mu\text{m}$ 。

##### 3) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为  $100\text{m}^3/\text{h}$ ，过滤器的过滤粒度为  $5\mu\text{m}$ 。



#### 4) 换料水箱

换料水箱有效容积为  $1664\text{m}^3$ ，可确保两台安喷泵、两台高压安注泵和两台低压安注泵约 20 分钟的用水量。

##### (2) 系统描述

###### 1) 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 或 002PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF 或 002RF，然后返回到乏燃料水池。

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

— 至换料水箱的排水回路

###### 2) 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。

排水分两步进行，急速排水使用余热排出系统的水泵排至换料水箱。当水位降到反应堆压力容器法兰的高度，改用该系统 005PO 水泵继续排水。

##### (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：

###### 1) 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  $60^\circ\text{C}$ 。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  $361.5\text{m}^3/\text{h}$ ，由流量计监测。水泵的工作流量为  $421.5\text{m}^3/\text{h}$ ，其中  $60\text{m}^3/\text{h}$  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  $60\text{m}^3/\text{h}$  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  $60^\circ\text{C}$ 。当温度高于  $60^\circ\text{C}$  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  $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

#### 2) 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  $100\text{m}^3/\text{h}$ ，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  $60^\circ\text{C}$ 。

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  $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

#### 3) 换料水箱

在冬季需将换料水箱的水温保持在  $7\sim 13^\circ\text{C}$  之间，为此设置了一组由温度控制器控制的电加热元件。

### 4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（APG）

#### (1) 设计基准

1) 在正常运行时，APG 系统水处理设计流量最高能达到  $70\text{t/h}$ ，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  $23.3\text{t/h}$ ）。

2) 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  $10\sim 70\text{t/h}$  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

换热器，或非再生热换热器。一般来说，在电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热换热器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热换热器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热换热器进行冷却。再生热换热器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热换热器的冷却水则为设备冷却水。

排污水由热换热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，将热换热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 $\mu\text{m}$  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、一台混合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 $\mu\text{m}$  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回到凝汽器，而排往废液排放系统。

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，然后再送到废液排放系统。

### （3）系统运行

#### 1) 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，排污水经过再生热换热器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10 ~ 70t/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。

#### 2) 特殊稳态运行

##### ① 使用非再生热换热器

在再生热换热器不可用或是反应堆处于冷凝器和凝结水泵不可用的情况下，排污水经过非再生热换热器冷却，一般排污流量限制在 37t/h。

##### ② 向常规岛废液排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛废液排放系统的贮存罐，进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统处理后由废液排放系统排放。

##### ③ 特殊瞬态运行

#### — 蒸汽发生器的疏水

当热换热器或减压阀失效时，可用临时接管旁通失效设备进行疏水，也可利用重力疏

水，还可经过安全壳隔离阀下游的支路进行疏水。

#### — 蒸汽发生器传热管断裂

当蒸汽发生器传热管断裂时，该蒸汽发生器必须切断给水供应，保持最大排污流量以便完全排空。

### 4.6.2.9 常规岛废液排放系统（SEL）

#### （1）设计基准

本系统收集以下来源的废液，并将废液经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放：

- 1) 常规岛废液收集系统（SEK）的废液：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；
- 2) APG 系统排放的废液；
- 3) 其它废液：如 SEL 泵房间（QB201）地坑内的废液；
- 4) 在异常情况下，SEL 系统的贮槽在三个 TER 系统的贮槽充满时收集核岛排放的废液。

当要求延迟排放，或当取样分析或辐射监测系统（KRT）监测到废液的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存废液。将超过允许排放限值的废液输送至废液处理系统（TEU）处理。

#### （2）系统描述

本系统设置三个废液排放贮槽 SEL001/002/003BA，贮槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个贮槽同时溢出的废液量。三个贮槽中一个用于接收废液，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个贮槽配有一台排放泵 SEL001/002/003 PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内废液，也用于废液排放，或将废液送回废液处理系统（TEU）重新处理。地坑泵 SEL004PO 安装在泵房地坑 SEL001PS 内。地坑泵 SEL005PO 安装在滞留池地坑 SEL002PS 内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各贮槽有一根共用的排放管及一根通往 TEU 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（KRT902MA）和受 KRT 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀及一个累计流量计。

排放管上的 KRT 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，当排放废液的放射性浓度大于  $0.08\text{MBq/m}^3$  时，KRT902MA 报警；当排放废液的放射性达到  $0.4\text{MBq/m}^3$  时，自动切断排放管线。

### （3）系统运行

正常运行时，三个 SEL 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 KRT 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，废液被送往 TEU 系统化学排水接收槽作再处理。当 SEL 系统的贮槽不能接收废水时，TER 的备用贮槽将用于接收常规岛的废液。

#### 4.6.2.10 放射性废液的排放源项

在反应堆正常运行期间放射性废液的排放量取决于：主回路冷却剂中的放射性比活度；相关系统的设备性能，例如泄漏率、去污因子等；液态放射性流出物相关系统的运行参数，例如年处理量、排污量、贮存时间等。放射性废液的主要来源有硼回收系统（TEP）、废液处理系统（TEU）、二回路相关系统等，年排放量见表 4.6-1。

#### 4.6.2.11 释放点

所有放射性废液通过排放构筑物（CC）排出，然后进入排水渠导入大海。

### 4.6.3 放射性废气处理系统及源项

放射性废气处理系统为两台机组共用，用于收集、贮存并处理两座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，形成为含氢放射性废气，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设备的呼排气、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（TEG），经碘过滤器处理后排到核辅助厂房通风系统（DVN）。含空气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（TEG）；厂房通风系统（HVAC）；主冷凝器真空系统（CVI）。

### 4.6.3.1 废气处理系统（TEG）

#### （1）系统功能

废气处理系统（TEG）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。

TEG 系统不直接履行安全功能。但由于 TEG 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 TEG 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（TEG）的设计基准如下：

TEG 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《核动力厂环境辐射防护规定》和 RCC-P（5.4.3 节）中规定的限值；

TEG 系统是按照 RCC—P《法国 90 万千瓦压水堆核电厂系统设计和建造规则》进行设计（第 2.3.7 节），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》的要求；

防止氢气燃爆的准则为 RCC-I《压水堆核电站防火设计和建造规则》1983 年 B 版及 1987 年 3 月版的应用，对 1997 年版的适用部分积极加以参照。

TEG 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%。

TEG 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（见 RCC—P 及其应用说明，第 4.1.2 节）；

TEG 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。

TEG 系统为两台机组所共用。主要设备位于 NX 厂房内。

#### （3）系统组成

TEG 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

##### 1) 含氢废气子系统

含氢废气主要是由氢气、氦气、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（RCP）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（RPE）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、二次。

②来自硼回收系统（TEP）的除气单元。这类气体流量小，约  $2\text{m}^3$ （STP）/h，但排气次数较多，每天两至三次。

该类废气进入本系统后采用压缩贮存、衰变的方法降低废气的放射性浓度。贮存期满后进行分析，如符合要求即可将废气排至 NX 厂房的通风系统（DVN），经由 DVN 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

## 2) 含氧废气子系统

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成。

这类废气来自与大气相通的容器（并可能含有放射性气体）。

该类废气由核岛疏水排气系统（RPE）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（DVN），经由 DVN 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

## （4）系统运行

### 1) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RPE 系统收集至缓冲罐（TEG001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行调节稳定，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（TEG001/002CO）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  $0.025\text{MPa}$ （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  $0.03\text{MPa}$ （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  $0.005\text{MPa}$ （表压）时，正在运行的压缩机停运。

气水分离器的液位信号与疏水阀开关状态连锁，当气水分离器高液位时打开疏水阀，低液位时关闭疏水阀。当气水分离器高液位信号出现 2.5 分钟后应发出低液位信号，此时

疏水阀未关闭信号连锁相应的压缩机自动停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器（TEG001/002RF）冷却后，送至衰变箱（TEG004/005/006/007/008/009/010/011BA）。

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。

衰变箱向大气排放废气之前，要进行取样分析监测排放废气的放射性浓度、主要核素组成等，碘放射性浓度 $\leq 3.7 \times 10^3 \text{Bq/m}^3$ 时允许排放；并且要检查 DVN 系统的运行工况和大气环境条件是否满足排放要求。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 DVN 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 DVN 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。

在基本负荷运行工况下，含氢废气在衰变箱内有 60 天的贮存期；在废气量大而放射性浓度低的负荷跟踪运行工况下，贮存期为 45 天。

## 2) 含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当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炭的活性。

经过碘吸附器处理后的含氧废气，经 DVN 系统的主排风稀释后，排向 NX 厂房的烟囱。

### 4.6.3.2 核岛采暖、通风和空调系统（HVAC）

核岛采暖、通风和空调系统的功能是对各厂房进行采暖、通风和空调，维持各厂房内一定的换气次数。根据需要，对送、排风进行过滤和除碘处理，以提供适宜的温度和空气质量良好的环境，减少气载放射性物质向大气环境的排放，确保运行人员健康、安全及设备的有效运行。

#### （1）系统设计

##### 1) 主要系统



含放射性的废气主要来自于下述厂房，并由相应的通风系统进行处理：

核辅助厂房：核辅助厂房通风系统（DVN）；外围设备间通风系统（DVW）。

反应堆厂房：安全壳空气净化系统（EVF）；安全壳内大气监测系统（ETY）；安全壳换气通风系统（EBA）。

燃料厂房：核燃料厂房通风系统（DVK）；安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统（DVS）。

### 2) 受控区换气次数

根据不同的受控区要求，通风系统设计所采用的最小换气次数为：

核辅助厂房：氢风险区域为 12 次/小时；红区与橙区为 4 次/小时；黄区为 2 次/小时；绿区为 1 次/小时。

电气厂房：绿区为 1 次/小时；蓄电池房间（氢风险区域）为 12 次/小时。

燃料厂房：黄区为 2 次/小时；绿区为 1 次/小时。

### 3) 设计基准

各厂房通风系统的设计具有如下特性，以保证对环境的污染尽可能的低：

在污染区内，保证空气从低污染区流向高污染区；

每个厂房的通风系统的排风口尽可能远离新风口；

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环；

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中；

所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，通过烟囱排放至室外环境中；

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（支吊架、基座等）采取特殊措施。设备安装空间符合可达性、运行和维修计划的要求。

### (2) 系统组成

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

#### 1) 进风预过滤器

用于除去大气浮尘，这种过滤器效率相对较低，但至少为 85%（基于标准 NFX44012）。

#### 2) 排风预过滤器

用于高效过滤器前的排风过滤，捕集气流中的粗颗粒，以延长高效过滤器的寿命。这种过滤器效率至少为 85%（基于标准 NFX44012）。

### 3) 高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒。这种过滤器效率至少为 95%（基于标准 NFX44012）。

### 4) 高效空气粒子过滤器

高效空气粒子过滤器用来捕集气流中的超细小颗粒。这种过滤器的净化系数至少为 3000（基于标准 NFX44012）。过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成，过滤器介质使用玻璃纤维材料。单元过滤器放在不锈钢/碳钢涂漆的框架上或放在密封过滤小室（或箱体）中。

### 5) 碘吸附器

用于吸附气流中的气载放射性碘。这种过滤器吸附分子碘的净化系数至少为 5000（或首次试验要求对甲基碘净化系数 $\geq 1000$ ）（基于标准 NFM62206）。碘吸附器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。吸附介质是含 1%KI（碘化钾）和 TEDA（三乙烯二胺）浸渍的煤基炭或椰壳炭。单体吸附器放在不锈钢/镀锌碳钢的框架上或放在密封过滤小室内。

## (3) 系统运行

### 1) 燃料厂房通风系统（DVK）

正常运行期间，DVK 系统是连续运行的“直流”式全新风系统。

事故工况下，DVK 系统以小流量排风子系统方式运行。在燃料装卸事故时，小流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。LOCA 时，小流量排风与 $\pm 0.000\text{m}$  以下房间的通风相连接。

在机组所有运行模式下，为了维持适当的环境，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。事故工况下使用的小流量排风子系统，设有应急电源。

DVK 系统由主控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

- 两台预过滤器；
- 两台高效空气粒子过滤器；
- 两个平衡阀；
- 两台 100%容量并联的排风机，装有止回阀。
- 一支通向烟囱的排风管，配有两个冗余设置的快速关闭的隔离阀，在事故时把正常排风系统与室外隔离。

### 2) 安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统（DVS）

DVS 系统是“直流”式全新风系统，对安全注入和安全壳喷淋泵电机房进行通风。DVS 系统提供最小换气次数为 5 次/时。

DVS 系统的设计是为了在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：防止放射性产物进入电动机房；在安全壳喷淋系统（EAS）和安注系统（RIS）运行期间，允许维修人员进入。

电站正常运行期间，DVS 系统不运行，在 EAS 和 RIS 泵启动后手动启动运行。DVS 系统就地控制。

### 3) 核辅助厂房通风系统（DVN）

DVN 系统为直流式通风系统，连续运行。厂房火灾的情况下，对核辅助厂房的电气房间进行排烟。DVN 系统由送风子系统、无碘污染房间的排风子系统（又称“正常排风系统”）、潜在碘污染房间的排风子系统（又称“碘排风系统”）、排烟系统和排风烟囱等组成。

#### （a）正常排风子系统

正常排风子系统由以下部件组成：四组并联的预过滤器；四组并联的高效空气粒子过滤器；三台 50%冗余配置的风机，并联连接，并配置止回阀；配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

#### （b）碘排风子系统

两台容量为 100%的冗余机组，并联连接，每个子系统的组成如下：两台电加热器；一组预过滤器；一组高效空气粒子过滤器；一组碘吸附器；一台配置有止回阀的风机；带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

正常运行期间（排除不含碘的气体）时，一台碘排风机组通过碘吸附器的旁通管路运行，第二台碘排风机组备用，但其碘吸附器与相应旁通管路相接。在碘污染的情况下，由主控制室远距离执行切换至碘吸附器并启动相应的风机。

为防止核辅助厂房超压，按照以下顺序控制 DVN 系统风机的启动：

- 碘排风机启动；
- 正常排风机启动；
- 送风机启动。
- 排烟系统

排烟系统的组成：一台过滤器机组（预过滤器和高效空气粒子过滤器）；两台 100%容量并联连接的风机，并配置止回阀；来自电气房间并装有排烟阀的排烟管道。

- 排风烟囱

排风烟囱设在核辅助厂房的屋顶上，烟囱高出反应堆厂房屋顶至+62.30m 标高处。

在烟囱中设有监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

- 特殊措施

在固体废物处理系统（TES）排风管出口处设置预过滤器，用来截留固体废物装桶系统运行时所产生的水泥粉尘。

#### 4) 外围设备间通风系统（DVW）

DVW 系统为安全壳装有贯穿件的所有区域进行排风，是连续运行的排风系统。

贯穿件房间的排风来自：安全壳泄漏；核辅助厂房转送空气；电气厂房转送空气；无组织渗透空气。

为减少放射性向周围环境中的扩散，用于事故工况下的碘排风子系统的设计满足单一故障准则的要求，并接有应急电源。

对每个机组，DVW 系统组成：带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管；一个正常排风子系统；一个碘排风子系统；屋顶上与共用排风小室相连的密封连接风管。

子系统配置如下：

(a) 正常排风子系统由一组预过滤器、一组高效空气粒子过滤器和配有止回阀的排风机组成。

(b) 碘排风子系统的组成：两台电加热器；一组预过滤器；一组高效空气粒子过滤器；一台碘吸附器；两台 100%容量并联的排风机，并配有止回阀。

平时碘排风子系统处于备用状态，由正常排风子系统排风，在排风中探测到碘时，从正常通风子系统切换到碘排风子系统。

LOCA 事故后，碘排风系统连续运行，接到安注信号后，两台碘排风机中的一台立即自动启动。

#### 5) 安全壳空气净化系统（EVF）

安全壳空气净化系统的设计功能，是在反应堆厂房内部发生放射性污染时，减少空气中放射性污染浓度，以便工作人员在一定时间内有可能进入。

EVF 系统进风来自于 EVR（安全壳连续通风系统）送风，空气经高效空气粒子过滤器和碘吸附器进行净化。为了防止 EVF 高效空气粒子过滤器过早阻塞，空气吸自 EVR 送风干管，使其能利用 EVR 系统的预过滤器。只有在污染情况下，工作人员进入安全壳期间或进入之前才启动 EVF 系统。

EVF 系统由控制室手动控制。

EVF 系统由两个并联设置容量为 50%冗余配置的净化回路组成，每个回路组成：一个气动隔离阀；一台电加热器；一台高效空气粒子过滤器；一台碘吸附器；两个防火阀（安

装在碘吸附器上下游)；一个手动平衡阀；一个静压箱。

当 EVF 系统运行时，两台风机中一台运行，一台备用，两台净化机组同时运行。

#### 6) 安全壳空气监测系统 (ETY)

ETY 系统由以下五个子系统组成：

(a) 混合、取样和氢复合子系统，设计为在 LOCA 后作为安全壳内空气循环系统运行。

(b) 小扫气子系统是直流式系统，在反应堆正常运行期间工作，使排风经过高效空气粒子过滤器和碘吸附器的过滤，确保安全壳大气的净化。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低于最大值 0.006MPa；安全壳密封试验后，当安全壳内空气的相对压力低于 0.01 MPa 时，进行排气泄压。

(c) 安全壳试验子系统，使用压缩空气系统 (SAT) 给安全壳充气，做整体密封性检查。

(d) 安全壳内空气物理监测子系统，连续监测安全壳内空气的温度和压力。

(e) 保健物理监测子系统，与辐射防护监测系统 (KRT) 相连，连续测量安全壳内空气的放射性污染水平。

#### 7) 安全壳换气通风系统 (EBA)

每个机组的反应堆厂房中，EBA 系统设计成：

(a) 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供适宜的环境温度；

(b) 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；

(c) 机组停运期间，维持除氧废气分离罐 (RPE 002 BA) 处在轻微负压状态下。

EBA 系统是直流式通风系统。从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统 (DVN) 处理后通过烟囱向大气排放。本系统为安全壳提供至少每小时 1 次的换气次数。

### 4.6.3.3 主冷凝器真空系统 (CVI)

CVI 系统的主要功能是保持冷凝器的真空度在正常运行所要求的水平。同时，把抽出的气体输送到 DVN 系统，或在启动时抽出冷凝器中的气体直接排入大气。该系统本身不具备放射性废气的贮存、处理功能。

当蒸汽发生器传热管破损时，一回路冷却剂从蒸汽发生器一次侧向二次侧泄漏，从而造成 CVI 系统抽出的气体带有放射性。系统为此设置了放射性气体监测系统。

### 4.6.3.4 放射性废气的排放源项

排入环境的放射性废气主要来自：废气处理系统、反应堆厂房通风系统、核辅助厂房通风系统、二回路相关系统。放射性废气的年排放总量见表 4.6-2。

#### 4.6.4 放射性固体废物处理系统及源项

福建福清核电厂 3、4 号机组的放射性固体废物处理系统（TES）由位于核辅助厂房（NX）内部分、废物处理辅助厂房（QS）和放射性固体废物暂存库（QT）三部分组成。福建福清核电厂 1、2 号机组的 QS 厂房能够处理 6 台机组产生的废物，本工程不再新建 QS 厂房。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 QT 库。

##### 4.6.4.1 设计基准

固体废物处理系统（TES）无安全功能，属非核安全级（NC），设计基准如下：

（1） TES 系统处理四种放射性废物：

- 蒸发浓缩液；
- 废离子交换树脂；
- 废过滤器芯；
- 杂项干废物。

（2） TES 系统的处理和贮存能力：

- TES 系统在 NX 厂房内的废物处理站设计成能收集、处理、整备和贮存两台机组运行和维修时产生的湿废物（浓缩液、废树脂和废过滤器芯），装桶站的处理能力为每 8 小时处理 8 桶废物；
- QS 厂房能够处理 6 台机组产生的杂项干废物，分拣、压实、打包装置的处理能力为每 8 小时处理 8 桶废物；
- QT 库的库容按 6 台机组运行 5 年产生的废物量进行设计。

（3） 根据废物性质处理固体废物，湿废物采用水泥固化或固定处理，杂项干废物采用压实和水泥固定处理：

- 浓缩液、化学废液和废树脂固化在 400L 钢桶中。
- 正常情况下，APG 系统产生的废树脂仅受轻微放射性污染，用除盐水将废树脂从除盐器冲排至移动式 APG 树脂贮槽，在 NX 厂房装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶后，存放在固体废物暂存库的专门区域中进行衰变，若废树脂经衰变达到 GB 27742-2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》规定的清洁解控水平后，经监管部门批准，可作为非放废物处理。在异常情况下，APG 系统产生的废树脂排至 TES 系统废树脂贮槽待固化处理。

- 表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$  的废滤芯用水泥固定在 400L 钢桶中；表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$  的废滤芯装入 200L 钢桶后，送到 QS 厂房进行烘干、超级压实和水泥固定。
- 将杂项干废物分为可压实干废物、浸湿的可压实干废物、可直接超级压实废物和不可压实废物四类，处理方法如下：
  - 1) 浸湿的可压实干废物先进行烘干，然后作为可压实干废物处理；
  - 2) 可压实干废物先经初级压实后装入 200L 钢桶，再经超级压实后形成金属饼，将金属饼放入 400L 钢桶中后水泥固定；
  - 3) 表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$  的废过滤器芯先烘干，然后作为可直接超级压实废物处理；
  - 4) 不可压实废物装入 400L 钢桶进行水泥固定处理。
  - 5) 可直接超级压实废物先装入 200L 钢桶，经超级压实后形成金属饼，将金属饼放入 400L 钢桶中后水泥固定；

(4) 为了减少操作人员所受辐射照射，TES 系统的监测和控制位于铅玻璃后的控制台进行。

(5) 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。

两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的量见表 4.6-3。两台机组每年产生的废树脂体积和活度的设计值见表 4.6-4。两台机组每年产生的废过滤器芯子的设计值见表 4.6-5。

#### 4.6.4.2 系统组成

固体废物处理过程主要在废物处理站（位于 NX 厂房）和 QS 厂房内进行，处理包装完成后的废物桶运至 QT 库暂存。

##### (1) NX 厂房的装桶站

在装桶站将湿废物装桶并处理。根据废物的特性，采取下列不同方法处理：浓缩液、化学废液和废树脂分别和水泥及添加剂在桶内混合后固化在 400L 钢桶内；外表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$  的废过滤器芯子用水泥浆制备装置将水、水泥和添加剂制成的湿混料固定在 400L 钢桶内；表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$  的杂项干废物用水泥浆制备装置将水、水泥和添加剂制成的湿混料固定在 400L 钢桶内。

装桶站分为 5 个工作站：

##### 1 站——容器进出站

本站设有空的及装有废物的 400L 钢桶及其屏蔽容器装卸区，所有容器都在本站通过

运输辊道（TES001CX）上的小车进出空气闸门间，已盛装废物的 400L 钢桶在这里暂存，然后送到 QT 库。本站设有一台用于吊运 400L 钢桶或装有 400L 钢桶的屏蔽容器的起重机。

## 2 站——空气闸门间

为防止放射性气溶胶扩散并保持装桶区负压，在装桶走廊与外界之间设有两道门（屏蔽门 A 和屏蔽门 B）组成了一个空气闸门间。空气闸门间内设置的运输装置的起重机与输送辊道（TES002CX）的辊道一起完成 400L 钢桶的转运。运输车和输送装置均采用远距离控制。空气闸门间内的吊具可装卸 400L 钢桶屏蔽容器的盖子。2 站内设有表面剂量率检测装置，外表面剂量率  $>2\text{mSv/h}$  的桶需装入屏蔽容器后再运往 1 站。

## 3 站——废树脂、浓缩液装桶站

本站设有浓缩液与废树脂装填工位和桶内搅拌工位，浓缩液与废树脂装填工位也用于进行水泥固定，桶内搅拌工位设有一套带升降装置的桶内搅拌混合器。

400L 钢桶先就位在浓 400L 钢桶先就位在浓缩液与废树脂装填工位，经过计量装置计量的浓缩液或废树脂加入 400L 钢桶，再加入必要的水；然后用辊道将 400L 钢桶移动到桶内搅拌工位，向 400L 钢桶中加入石灰并搅拌，再保持混合器不断转动并连续加入水泥和添加剂，直至搅拌均匀。

废过滤器芯在 5 站装入内置对中装置的 400L 钢桶，然后运送到 3 站的浓缩液与废树脂装填工位，固定用水泥浆由水泥浆制备装置混合完成后，再通过穿墙管道灌浆到已放置废过滤器芯的 400L 钢桶内，通过振动台使 400L 钢桶内的湿混料均匀、密实。

## 4 站——400L 钢桶取/封盖

本站设有 400L 钢桶取/封盖装置，用于对空的 400L 钢桶取盖和对装有初凝后的固化体或固定废物体的 400L 钢桶进行封盖。

## 5 站——废过滤器芯装桶站

当过滤器芯更换转运容器在废过滤器芯子输送通道上就位后，将废过滤器芯子经下降通道装入位于本站的 400L 钢桶内，然后把钢桶运往 3 站，注入湿混料进行固定。

在废物处理、输送、冲洗等过程中产生的废液由 RPE 系统收集后送到 TEU 系统处理。

各装桶站的操作作用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 TES 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，在装桶站操作控制程序中包括了一系列联锁保护措施。

放射性物料装桶时能保证将装桶站的防护门闭锁，措施如下：

操作控制是联锁的，即输送装置 B 从 2 站出发经屏蔽门 2 输送到 3 站之后，要把屏蔽



门 2 关闭，如屏蔽门 2 不能关闭，则后面的一切操作全部不能进行；屏蔽门 1 和屏蔽门 2 都有手动驱动装置，能手动打开或关闭。

在失去动力源时，主要装卸动作不能进行，固化操作停止，但不会产生安全问题，偶尔停电，对正在操作的桶内产品质量可能产生影响，但不会对环境及人身安全产生影响。发生该情况的几率是很小的。

400L 钢桶废物包外表面剂量率和表面污染在空气闸门间测量。水泥固化装置采用了桶内混合器，装填工位和混合工位的定位环与顶升装置能够保证从废物的输送、加料、搅拌、放料过程均在相对密闭的条件下进行，避免了放射性气溶胶等放射性物质对废物桶外表面的污染；并且在水泥固化过程中可以用摄像头进行全程监视，只要没有观察到水泥浆溢出桶外，就不会发生表面污染。

400L 钢桶废物包特性（核素成分及活度、重量和表面污染水平）在 QT 库测量。

## （2）位于 QS 厂房的废物处理设施

本工程不专门设置 QS 厂房，与福建福清核电厂 1、2 号机组的 QS 厂房共用。福建福清核电厂 1、2 号机组的 QS 厂房用于处理福建福清核电厂 6 台机组产生的放射性干固体废物，并为水泥固化装置提供干混料，QS 厂房内主要装有下列设备：

QS 厂房内装有下列设备：两桶干燥器、分拣手套箱、初级压实机和超级压实机、混合配料设备、桶、容器和料斗运输用起重机和车辆、液压剪切机、水泥灌浆固定装置。

QS 厂房按功能分为下述几部分：

### 1) 干废物的分拣、烘干、压实和装桶

将由各系统收集、分检的被放射性污染的杂项干废物分为可压实干废物、浸湿的可压实干废物、可直接超级压实废物和不可压实废物四类，分别处理：

（a）浸湿的可压实干废物先装入 200L 钢桶，用两桶干燥器烘干，然后作为可压实干废物处理。

（b）可压实杂项干废物用初级压实机（TES001PQ）压入 200L 钢桶，再经超级压实机（TES002PQ）压成饼状后装入 400L 钢桶。为了避免粉尘扩散，将压实机与废物处理辅助厂房通风系统（DVQ）的吸气管嘴相连，在压实装桶过程中产生的低放气溶胶由 DVQ 系统过滤后排出。

（c）表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯在 QS 厂房，用两桶干燥器先进行烘干，然后作为可直接超级压实废物处理；

（d）可直接超级压实废物装入 200L 钢桶进行超级压实和水泥固定处理；

（e）不可压实废物装入 400L 钢桶进行水泥固定处理。

## 2) 水泥灌浆固定

装有超级压实形成的废物饼或不可压实废物的 400L 钢桶需要进行水泥灌浆固定，水泥、添加剂和水混合后形成水泥浆，在 400L 钢桶加入一定量的水泥浆并震动密实，封盖后送到钢桶废物包暂存区存放，约 7 天后送到 QT 库。

水泥固定废物体满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》的要求。400L 钢桶符合 EJ1042-1996《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的相关要求。

## 3) 混合配料设备

干混料在本厂房配制，这部分设备包括水泥及辅料贮存设备，计量、输送及混合设备，除尘设备，控制及监测设施。

水泥和辅料按配比经计量后加入混合器搅拌，配制好的混料装入移动式料斗运往 NX 厂房。混合配料设备也可以通过移动式料斗为 QS 厂房内的分拣、压实打包装置提供水泥固定所需的干水泥。

## 4) 空金属桶贮存

空的 200L/400L 金属桶贮存在本厂房内，用起重机和叉车搬运。

### (3) 放射性固体废物暂存库（QT）

本工程不专门设置 QT 厂房，与福建福清核电厂 1、2 号机组 QT 厂房共用。福建福清核电厂 1、2 号机组的 QT 厂房用于暂存福建福清核电厂 6 台机组在运行中产生并经处理和整备后的低、中放射性固体废物的 400L 钢桶废物包、装有 APG 树脂的 200L 钢桶、废弃的通风过滤器芯和受到轻微污染的设备。

贮存的低、中水平放射性废物在贮存一定年限（不超过 5 年）后，最终转运到规划中的低、中水平放射性固体废物区域处置场处置。

QT 库内设有核素检测装置和表面污染检测装置，用于对 400L 钢桶废物包进行检测。

本工程 QT 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。废物贮存量、贮存方式及表面剂量率要求见表 4.6-6。

暂存库主体为单层，分为主库和副库两部分，都包括贮存区、人员工作区和辅助设施区。主库的贮存区分为“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 400L 钢桶废物包。“贮存室”用于贮存表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的 400L 钢桶废物包，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 3 个垂直码放的 400L 金属桶，上方覆有防护盖板。主库内设有一台遥控的桥式数控起重机，配有无动力 400L 钢桶抓具，用于吊运废物桶。副库的贮存区包括“APG 废树脂桶贮存区”、“大尺寸废物贮存区”、“通风过滤器芯子贮存区”和“可解控杂项干废物贮存区”。副库内设有一台桥式

起重机，用于吊运废物。

#### （4）设计特点

TES 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：

- 1) 高放射性活度的设备布置在带屏蔽的设备间内；
- 2) 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；
- 3) 废物桶的装卸和贮存均在带屏蔽的固体废物区内进行；
- 4) 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；
- 5) 厂房布置保证了放射性固体废物处理系统可以进行遥控操作。

#### 4.6.4.3 系统运行

##### （1）废树脂的处理

用 SED 系统的除盐水将除盐器中的废树脂冲出，并通过总管送到两个废树脂贮槽中的任何一个。多余的冲排水可通过贮槽的溢流管排出。输送废树脂结束后，要重新建立水的覆盖层，使废树脂贮存在水面下。废树脂的装桶、固化过程如下（在 3 站）：

- 1) 将 400L 钢桶移动到废树脂和浓缩液接收工位；
- 2) 打开废树脂贮槽出口阀和废树脂计量装置的进口阀，计量装置开始进料；
- 3) 当计量装置内的废树脂达到所需的量时，关闭计量装置进口阀；
- 4) 将计量装置内的废树脂加入到 400L 钢桶中；
- 5) 按配方要求的量加入补充水；
- 6) 将 400L 钢桶移动到桶内混合器工位；
- 7) 将桶内搅拌桨下降到 400L 钢桶中，启动桶内混合器；
- 8) 将要求重量的石灰加到 400L 钢桶中；
- 9) 一段时间后将要求重量的水泥和添加剂连续加到 400L 钢桶中；
- 10) 直至混合均匀后，停止混合器，提升搅拌桨；
- 11) 将 400L 钢桶运至 4 站进行封盖。

冲排水由核岛疏水排气系统（RPE）的工艺排水管收集。

##### （2）浓缩液（或化学废液）的处理

先将输送浓缩液的管道和接收贮槽加热，使温度自动地控制在预定的范围内，这时才允许 TEU 系统向 TES 系统输送浓缩液。浓缩液用泵输送，由浓缩液贮槽接收。浓缩液的

装桶、固化过程如下（在 3 站）：

- 1) 将 400L 钢桶移动到废树脂和浓缩液接收工位；
- 2) 打开浓缩液贮槽出口阀和浓缩液计量装置的进口阀，计量装置开始进料；
- 3) 当计量装置内的浓缩液达到所需的量时，关闭计量装置进口阀；
- 4) 将计量装置内的浓缩液加入到 400L 钢桶中；
- 5) 按配方要求的量加入补充水；
- 6) 将 400L 钢桶移动到桶内混合器工位；
- 7) 将桶内搅拌桨下降到 400L 钢桶中，启动桶内混合器；
- 8) 将要求重量的石灰加到 400L 钢桶中；
- 9) 一段时间后将要求重量的水泥和添加剂连续加到 400L 钢桶中；
- 10) 直至混合均匀后，停止混合器，提升搅拌桨；
- 11) 将 400L 钢桶运至 4 站进行封盖。

### （3）废过滤器芯子的装卸与固定

利用吊车将过滤器室的密封盖板移走，并置于房间楼板上，换上专用盖板，打开过滤器顶盖。这些操作均由操作人员手动和遥控进行。

用吊车将过滤器芯子更换转容器吊至过滤器室正上方。用过滤器芯子更换转容器的升降装置将吊具下降到过滤器室里面，将芯子吊篮提起，并将它吊入过滤器芯子更换转容器内。

关闭过滤器芯子更换转容器底部滑板，将过滤器芯子更换转容器运至 5 站的废过滤器芯子输送通道上，在输送通道正上方定位后，将芯子下降并放入已就位于该站的 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。

### （4）废过滤器芯子的输送

将已在 5 站装入废过滤器芯子的 400L 钢桶移至 3 站，加入用水泥浆制备装置制备的水泥浆，再用振动台将 400L 钢桶内的湿混料震动均匀、密实，再送到 4 站封盖。

### （5）水泥固化装置内桶的输送

在装桶操作期间，人员通常不能进入装桶站，用运输车将空的 400L 钢桶和屏蔽容器运进装桶站空气闸门间，然后用输送装置把空的 400L 钢桶送到各站。如果 400L 钢桶的表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，可以直接运到 1 站；如果桶的表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ ，则需将桶装入屏蔽容器再运到 1 站。

空气闸门间的两个门为相互连锁的，不能同时开，只能同时关，能够一开一关，这样

可防止装桶站内的放射性气体外溢。

运输车和输送装置的移动是在工作站的控制台上操作的，并能按程序自动停止在各个预定的工作站。

从核辅助厂房装桶站送出的带有或不带有屏蔽容器的 400L 钢桶废物包，要求其外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 。

#### （6）杂项干废物处理

杂项干废物装入塑料袋运送到 QS 厂房进行处理，将由各系统收集、分检的被放射性污染的杂项干废物分为可压实干废物、浸湿的可压实干废物、可直接超级压实废物和不可压实废物四类，通过在产生地的预分拣和在本厂房手套箱的再次分拣来实现，各类干废物的处理方法如下：

1) 浸湿的可压实干废物先装入 200L 钢桶，用辊道送入用两桶干燥器进行烘干，然后作为可压实干废物处理；

2) 可压实干废物用初级压实机（8~20t）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后封盖。可压实干废物的平均压实因子为 9，包括预压因子。

3) 表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$  的废过滤器芯在 NX 厂房装入 200L 钢桶，然后送到 QS 厂房，用两桶干燥器先进行烘干，然后作为可直接超级压实废物处理；

4) 可直接超级压实废物装入 200L 钢桶进行超级压实，超级压实产生的桶饼装入 400L 钢桶进行水泥固定和封盖。

#### （7）APG 废树脂装桶

在 N 厂房 APG 系统除盐器下游设有一个移动式 APG 树脂贮槽（TES004BA）。正常情况下，APG 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 TES004BA。APG 废树脂槽有效容积为  $1.58\text{m}^3$ ，APG 系统的 8 个除盐床树脂容量均为  $1.5\text{m}^3$ 。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 APG 废树脂装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中；在异常情况下，APG 系统产生的废树脂排至废树脂贮槽（TES002BA 或 TES003BA），通过水泥固化装置固化在 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（RPE）送往 TEU 系统处理。贮槽内的废气由 RPE 系统收集。

#### 4.6.4.4 废物最小化

固体废物处理系统在推进废物最小化方面采取了如下措施：

##### （1）源头控制方面

对核岛内 16"以下管道法兰密封含银垫片进行替换，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。

采用高交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

##### （2）合理分类

废过滤器芯根据放射性水平的不同，分别进行处理，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贮存衰变一段时间后再进行水泥固化。蒸汽发生器排污系统（APG）除盐床产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到固体废物暂存库（QT）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，经监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。

##### （3）改进处理工艺

对含有 Ag-110m 的 TES 系统废树脂贮存槽排出的工艺废水采用蒸发处理方法，以减少废树脂的产生量。

TES 系统拟采用 400L 钢桶作为废物包装容器；采用桶内混合器的水泥固化装置；改进水泥固化配方，提高对废树脂和浓缩液的体积包容率，以减小废物的增容比和最终的废物包产生量。

表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在固体废物处理及贮存设施（QT）的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行清洁解控。

在 QS 厂房中，将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；可压实杂项干废物进行初级压实、超级压实和水泥固定处理；可直接超级压实废物进行超级压实和水泥固定处理；不可压实废物进行水泥固定处理。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。

本工程废物最小化的设计目标是：在满足标准规范要求的同时尽量减少待处置废物包

的产生量，每年每台机组放射性废物包的设计值（整备后）和预期值将待补充提供。

#### 4.6.4.5 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将遵守 GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》。

#### 4.6.4.6 放射性固体废物的源项

##### （1）废树脂

废树脂来源于下列系统的除盐器：

- 1) 化学和容积控制系统（RCV）
- 2) 硼回收系统（TEP）
- 3) 蒸汽发生器排污系统（APG）
- 4) 反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统（PTR）
- 5) 废液处理系统（TEU）

这些废树脂按其放射性浓度可分为三类：

- 1) 化容系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统放射性浓度较高的废树脂；
- 2) 废液处理系统和硼回收系统的中等放射性浓度的废树脂；
- 3) 蒸汽发生器排污系统的低放射性浓度的废树脂。

##### （2）蒸发浓缩液

浓缩液是直接从废液处理系统和硼回收系统的蒸发器收集来的。它主要含硼酸钠、硼酸或其它化合物的水溶液。

##### （3）废过滤器芯子

电站内各系统的过滤器用来保持水质以及去除放射性裂变、腐蚀产物和溶液中的悬浮颗粒。

装有这些过滤器的系统主要有：

- 1) 蒸汽发生器排污系统（APG）；
- 2) 反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统（PTR）；
- 3) 化学和容积控制系统（RCV）；
- 4) 硼回收系统（TEP）；
- 5) 废液处理系统（TEU）。

##### （4）各种干固体废物

核电厂内的其他被放射性污染的各种干固体废物。

#### 4.6.5 放射性流出物监测系统

##### 4.6.5.1 气载放射性流出物监测系统

根据通风工艺设计，除了在异常工况下经二回路蒸汽安全阀和卸压排放管直接向环境排放外，其余的气载放射性流出物全部经过烟囱排至大气，其来源主要有核岛厂房的通风、废气处理系统排气、安全壳扫气及停堆期间安全壳换气等。因此，气载放射性流出物监测将主要集中于烟囱中气体排放监测。

###### （1）烟囱放射性惰性气体监测

烟囱放射性惰性气体监测分为高活度浓度放射性惰性气体监测（3，4KRT021MA）和低活度浓度放射性惰性气体监测（3，4KRT017MA）两类通道，可以连续监测烟囱中惰性气体的活度，具有显示、记录打印和报警功能。它们是事故后监测通道，属安全 1E 级设备，具有冗余、仪表量程宽等特点。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：

- 1) 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；
- 2) 采用应急电源供电；
- 3) 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 4) 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。

###### （2）烟囱气溶胶和放射性碘监测

气溶胶连续监测道（3，4KRT016MA）及放射性碘连续监测道（3，4KRT020MA）进行气溶胶和放射性碘活度连续监测，具有显示、记录打印和报警功能。

###### （3）气载放射性流出物取样测量

气载放射性流出物取样系统包括：C-14 和 H-3 连续取样；气溶胶和放射性碘连续取样；放射性惰性气体定期取样。

取得的样品送厂区实验楼进行放射性核素测量分析。

##### 4.6.5.2 放射性液态流出物监测系统

福清核电厂 3、4 号机组的所有放射性液体都采用约定性批排放（槽式排放），将要排放的核岛和常规岛废液先分别注入废液贮罐。经对贮存罐废液取样，实验室定量分析合格后，再排入大海。液态流出物监测包括贮罐废液连续监测和贮罐废液取样测量。

###### （1）贮罐废液连续监测

本工程设置两台低放液体活度监测仪，监测道编号为 8KRT901MA，8KRT902MA，



分别监测 TER 贮罐和 SEL 贮罐排放废液的放射性活度浓度。其目的是：验证实验室测定结果及核实被测贮罐废液是否完全排空。当液体活度监测仪设备故障或所测放射性活度超过设定阈值时，监测仪给出信号触发相应废液排放管路中的隔离阀关闭并发出报警。

## （2）贮罐废液取样测量

废液罐中废液排放前，需从排放罐中采集样品并送至厂区实验楼进行测量。测量结果满足排放限值要求和其它排放条件时，才可排放。样品分析测量项目是：pH 值、总  $\beta$ 、总  $\gamma$  测量、 $\gamma$  谱分析、氡测量，以及 Sr-90 的定期测量分析。其中  $\gamma$  谱分析主要包括 Co-58、C0-60、Ag-110m、Sb-124、Sb-125、I-131、I-133、Cr-51、Cs-137、Cs-134、Mn-54、Ru-106、Fe-59 等核素。关于液态流出物中 C-14 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，目前已经对国内电站及科研院所进行了调研，掌握了一定的资料，福清核电厂在运行期间将基于目前国内的测量方法和技术成果对液态流出物中 C-14 开展尝试性测量，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。

### 4.6.6 乏燃料暂存系统

乏燃料贮存系统是用于暂时贮存和转运乏燃料组件的系统，包括燃料转运舱、乏燃料贮存水池、乏燃料贮存格架、容器装载井、容器准备井以及乏燃料水池冷却和处理系统等设施。

乏燃料贮存在乏燃料贮存水池中的乏燃料贮存格架中。乏燃料水池冷却和处理系统为乏燃料的贮存和转运提供安全环境。

#### 4.6.6.1 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。

燃料转运舱是一个容积为 $235\text{m}^3$ 的长方形的水池，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。

乏燃料贮存水池是一个容积为 $1326\text{m}^3$ 的长方形水池，水池侧壁是混凝土屏蔽墙，墙厚大于 $150\text{cm}$ ，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，共设 1206 个乏燃料贮存单元。乏燃料贮存水池分为两个区，I 区为辐乏燃料贮存格架，用于贮存新燃料组件和由堆芯卸出的未达

到规定燃耗限值要求的乏燃料组件，其中 6×6 贮存单元和 5×6 贮存单元的锆乏燃料贮存格架分别有 8 台和 3 台。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，其中 9×6 贮存单元和 9×10 贮存单元的硼不锈钢格架分别有 4 台和 6 台，另有 1 台 12×6 贮存单元的硼不锈钢格架。

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一个容积为 230m<sup>3</sup>的容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

以上三个水池彼此相通，水池之间的混凝土隔墙上有密闭的水闸门，平时是关闭的，使用时才打开。靠近容器装载井的另一侧还设有一个乏燃料运输容器准备井，用作乏燃料运输容器的准备工作。

#### 4.6.6.2 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》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（即在 I 区贮存格架装载最高预期富集度的新燃料组件，而 II 区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，有效增殖系数  $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ）；

(2) 乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

(3) 防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

(4) 贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

(5) 贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

(6) 必须提供贮存破损燃料组件的设施；

(7) 贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

(8) 应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

(9) 乏燃料贮存格架的材料应与环境相容。应排除由于运行引起环境条件变化而造

成几何尺寸变化；应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

（10）乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

（11）乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

（12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施。

（14）乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件。

（15）在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全。

（16）在乏燃料贮存水池中设有多道水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

#### 4.6.6.3 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堆腔水池、换料水池、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。

在反应堆冷却剂系统打开时，换料水池和乏燃料贮存水池的冷却和处理系统可保证当余热排出系统完全失效时作为该系统的最后备用。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。

在换料水箱中储备安全壳喷淋和堆芯应急冷却所需的含硼水。

##### （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；换料水贮存箱、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。

该系统设有两台同样的泵，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。

乏燃料贮存水池的冷却系统、换料水贮存箱及连接管道的设计，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。

换料水贮存箱设计在失水事故情况下确保安喷和安注系统在直接注入阶段和转入再循环时能良好运行，并在核电机组停运时注满堆腔水池和换料水池。

换料水贮存箱的设计，能确保收集可能的泄漏，防止放射性废液扩散和污染地下水。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

## 4.7 化学物质排放

为满足福清核电厂 3、4 号机组的运行要求，需对核电厂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。

### 4.7.1 核电厂主要化学物质的使用和排放

福清核电厂 3、4 号机组使用化学药剂的主要有循环冷却水、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；释放到环境中的化学物质主要产生于循环冷却水排放水；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。排放控制监测项目依据《污水综合排放标准》和《地表水和污水监测技术规范》的相关规定综合考虑。

### 4.7.2 化学物质处理流程图

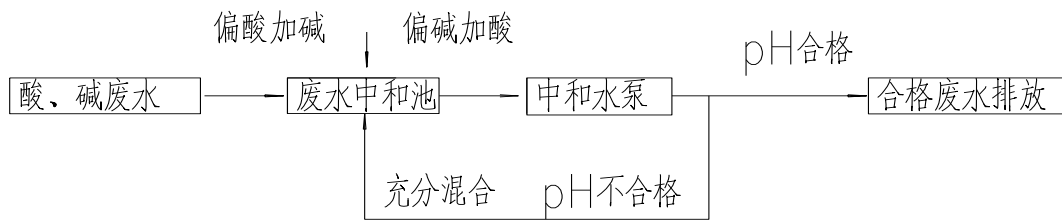
上述化学物质的处理，主要包含酸碱中和处理、非放射性含油废水处理、三废系统化学物质处理三部分。

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。

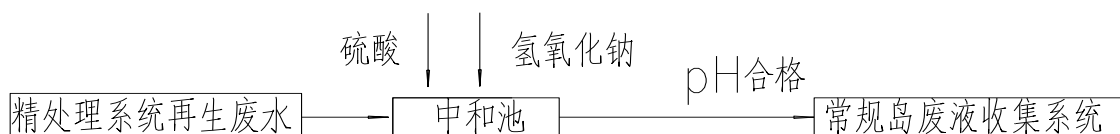
非放射性含油废水处理的能力：正常  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ，最大  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

三废系统化学物质处理容量：满足福清 3、4 号机组的三废排放需求。

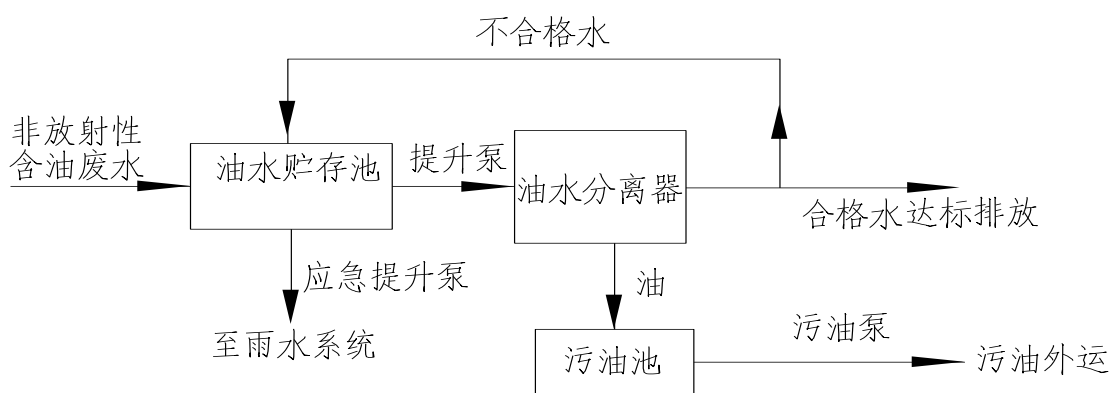
除盐水生产系统、循环水处理系统的酸碱中和处理流程图如下：



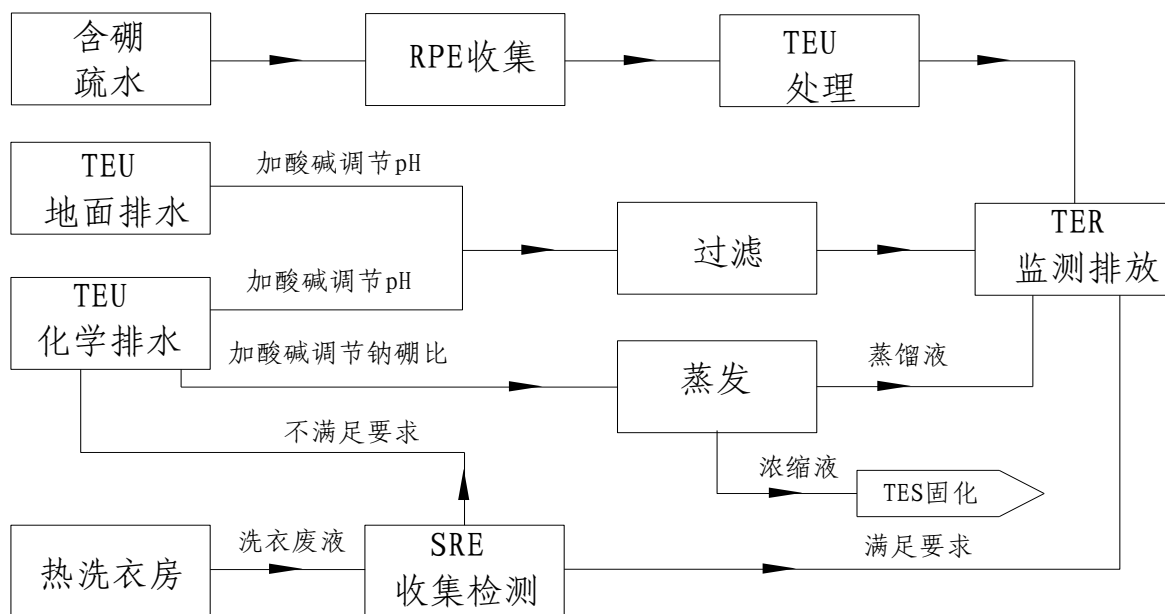
凝结水精处理酸碱废水处理简易流程图如下：



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：

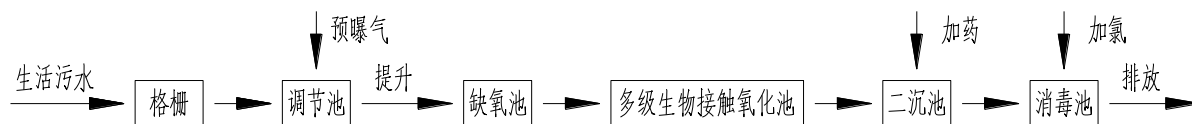


### 4.8 生活废物

福清核电厂3、4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，在施工期间的最大产生量为7吨/天，在运行期间的最大产生量为0.85吨/天。生活垃圾每天错峰清理2次，并对外运的生活垃圾进行落地管理，即由垃圾清运方负责将外运垃圾运送至三山镇垃圾处理中心并以月为单位开具垃圾落地证明（具体到天）。

生活污水来自3、4号机组主厂区各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备的排水。3、4号机组主厂区在正常运行时，各子项的生活污水最大产生量为165 m<sup>3</sup>/d，通过相应污水管网汇集至主厂区的生活污水处理站（ED3）。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。3、4号机组主厂区的生活污水处理站为新建厂房，其设计规模200 m<sup>3</sup>/d，处理工艺如下：



另外，厂前区的生活污水处理站 ED1 和生活临建区的生活污水处理站 CS32 也在为福清核电厂 3、4 号机组运行阶段服务，这两个生活污水处理站在福清核电厂一期工程中已经建成并投入使用。

## 4.9 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。

### 4.9.1 新燃料运输

#### 4.9.1.1 燃料供应

福建福清核电厂 3、4 号机组选用改进型格架燃料组件，组件由中核燃料元件有限公司供应。新燃料组件采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至核电站，厂内运输路线为从厂外运至新燃料组件运输中转贮存场地（FX），再从 FX 运至燃料厂房（KX），或者由厂外直接运至 KX 厂房。

#### 4.9.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件装载在新燃料容器中运输，新燃料组件特性：

(1) 货包类型

A (F)

**(2) 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。

**4.9.2 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）、《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）、《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）。

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。

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。

乏燃料组件在燃料厂房装入乏燃料运输容器后，采用公路运输方式直接运出厂，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。

**4.9.3 放射性固体废物运输**

放射性固体废物包括桶装的废树脂、浓缩液和废过滤器芯子以及超级压实后的干废物，厂外运输的是 400L 钢桶废物包。每两年向规划中的低、中放废物区域处置场运输一次废物包，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。

固体放射性废物厂内运输路线为从核辅助厂房（NX）直接运输至固体废物暂存库

(QT); 或者从核辅助厂房 (NX) 先运输至废物辅助厂房 (QS) 处理后, 再运输至 QT; 固体放射性废物最后由 QT 厂房出厂。放射性固体废物厂外运输起点为放射性固体废物暂存库 (QT), 运输终点为规划中的低、中放废物区域处置场。由于区域处置场尚未选址, 待处置场选址后再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。

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。此外, 废物桶的设计和制造满足 EJ 1042《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求, 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》的要求, 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跌落, 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, 不会对环境造成污染。

#### 4.10 福岛后改进项

为了吸取福岛核事故经验教训, 进一步提高核电厂的安全性, 福建福清核电厂 3、4 号机组工程根据《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求 (试行)》的内容, 实施了以下福岛后改进:

##### (1) 核安全相关厂房外部水淹防护评估和改进

福建福清核电厂进行了防水淹再评估, 结果表明厂址设计基准洪水、可能最大降雨的确定满足现行核安全导则及相关规范的要求, 通过放、排洪设施的设置, 可确保厂址在台风浪影响和可能最大降雨情况下不受水淹威胁。进一步考虑超设计基准水淹事件, 分析表明在厂址发生设计基准洪水, 同时遭遇百年一遇降雨工况下, 厂区的最大积水深度为 6 mm。保守考虑, 假设厂区最大积水深度为 100 mm, 以此作为相关构筑物、厂房防水封堵的依据。

结合核电厂可能遭受水淹情况的评估, 对核安全相关厂房水淹水位以下的廊道、门窗、管沟和贯穿件等防水封堵措施进行了逐项核查, 并加强改进了其中薄弱环节。通过增加孔洞防水封堵功能, 封堵 GB 廊道 (综合技术廊道) 与核岛的接口, 确保福清核电厂 3、4 号机组在满足外部水淹设计基准防护要求的基础上, 进一步加强了抵御超设计基准外部水淹的能力。

##### (2) 一回路应急补水改进

全厂断电事故情况下, 如果水压试验泵的轴封注入回路不可用或二次侧排热路径不可



用，需要寻找其他手段维持一回路的冷却。在对一回路进行卸压之后，如果各种补水手段不可用，可根据严重事故管理导则的要求，通过实施一回路补水实现对堆芯的冷却。

福建福清核电厂 3、4 号机组通过改造安注和安喷相连的 H4 管线上原有的管道，将接管口引至方便连接外部临时接管的位置，通过在管端设置标准对接法兰，可连接移动泵或水源，从而实现向一回路的补水。同时在换料水箱上设置临时补水接管延伸到厂房外，并在管端设置能实现快速连接的消防接头，从而在必要时用消防车为换料水箱补水。

一回路补水的水源包括换料水箱和临时水源，也对应不同的补水途径。如果换料水箱可用，则应优先使用换料水箱的含硼水实现一回路补水。此时移动泵的吸入端和出口端分别接至两个 H4 管线上的临时补水管线。换料水箱内的水通过一个系列的安喷系统管线和 H4 管线后进入临时补水管线，经移动泵加压后返回另一系列的 H4 管线，再经过相应的安注管线注入一回路。如果使用其他厂区临时水源，则通过移动泵和临时设置的管道将可用水源连接至两条临时补水管线中的任何一条实现一回路补水。

### （3）二回路应急补水改进

全厂断电事故情况下，如果一回路自然循环可以建立且二回路排热路径畅通（辅助给水系统和大气排放系统正常运行），可通过二回路排热导出堆芯热量。一回路自然循环建立的前提是水压试验泵轴封注入保证一回路压力边界完整，二回路排热需要保证辅助给水系统具备充足的水源，以及辅助给水汽动泵可用。

为了保证全厂断电时二回路的排热能力，福建福清核电厂 3、4 号机组采取两项改进措施：为辅助给水箱增加应急补水措施和增加直接为蒸汽发生器补水的通道。

辅助给水箱是辅助给水系统的常规水源。在辅助给水箱正常补水管线上增设应急补水管并将补水接口布置到厂房外便于消防车到达的地方。这样在汽动泵可用时通过消防车接入应急补水管对辅助给水箱进行持续补水。

当辅助给水汽动泵不可用时，无法通过对辅助给水箱的补水实现对蒸汽发生器的补水。因此需要增加直接为蒸汽发生器补水的应急补水管。该管道设置在汽动泵出口母管上，并将接口布置到便于消防车到达的厂房外，通过消防车的接入直接对蒸汽发生器进行补水。

### （4）厂区水源增设临时取水接口

在发生长时间全厂断电事故时，设计基准之内用于冷却堆芯和乏燃料的正常补水可能已经无法供应，需要利用厂区水源通过移动设备（消防车、临时水泵等）向用于堆芯冷却和乏燃料池冷却的系统或设备提供紧急补水。

福建福清核电厂 3、4 号机组在现有措施的基础上，对厂区可用水源增设临时取水接口，以便在紧急情况下通过移动设备快速取水，为二回路、一回路及乏燃料水池提供应急

补水。厂区内淡水水源包括换料水箱、辅助给水箱、核岛除盐水储存箱、常规岛除盐水储存箱、淡水厂清水池、消防水池、核岛废液收集箱、常规岛废液收集箱、凝结水精处理水箱、凝汽器水箱、除氧器水箱等。分析表明，厂区水源能够满足两台机组发生严重事故的情况下为二回路、一回路和乏燃料水池提供至少 72 小时的应急补水需求。

福建福清核电厂 3、4 号机组针对二回路补水、一回路补水和乏燃料池补水确定了水源使用原则，并且在厂内淡水用尽之后可以使用海水作为后备水源。对于以上三种补水情况，还分别制定了各类厂内水源的取水方法或供水方案，使得应急补水准备工作能够在 6 小时内完成。

#### （5）增设移动电源改进

为了保证全厂断电事故情况下长期排出堆芯和乏燃料池的剩余热量，保证安全壳的完整性，应考虑设置临时电源的接口，通过预留接口接入临时电源，尽快使相关设施恢复供电，防止事故进一步扩大，保证核电厂的安全。

福建福清核电厂 3、4 号机组与 1、2 号机组，设置一台 400 V 车载式低压移动柴油发电机和一台 6.3 kV 箱式中压移动柴油发电机。

低压移动柴油发电机用于替代水压试验泵柴油发电机（LLS），为包括水压试验泵及泵房通风系统、应急照明、控制和监测在内的原 LLS 系统负荷供电。低压移动柴油发电机容量为 250 kW，利用原有的供电通道给水压试验泵配电柜供电。

中压移动柴油发电机在事故后 6 小时接入，主要的负荷为电动辅助给水泵及其控制电源。6 小时之前由辅助给水汽动泵向蒸汽发生器供水，产生的蒸汽通过大气排放阀将堆芯热量导出。6 小时后可采用中压移动柴油发电机向辅助给水电泵供电，由辅助给水电泵向蒸汽发生器供水。

低压和中压移动柴油发电机自身所带燃料均能够保证加载负荷至少 4 小时的连续运行。超过设计时间之后的燃料供应由油罐车提供，更多的燃料供应来自厂外。当厂外难以供应时，还可考虑厂区内应急柴油发电机厂房的主贮油箱。

#### （6）乏燃料水池增设应急补水管线改进

按照福建福清核电厂 3、4 号机组目前的设计，事故情况下运行人员可以根据情况选择从反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）中的换料水箱、核岛除盐水分配系统（SED）或核岛消防系统（JPI）获得应急补水，因此乏燃料水池的补水措施已经比较完善。

考虑福岛核事故的经验反馈，福建福清核电厂 3、4 号机组拟在原有补水措施的基础上再增加一条从燃料厂房外到乏燃料水池的应急补水管线，并在燃料厂房外留有标准接管。

在紧急情况下，将临时泵或消防车等补水设备与在燃料厂房外的标准接管连接，手动打开阀门，并将冷却水注入到乏燃料池。操作人员利用能够使用的手段监测乏燃料水池的水位或水温，当水位、水温达到正常范围后停止补水操作。

#### （7）增强乏燃料水池的监测能力改进

福建福清核电厂 3、4 号机组 PTR 系统的原有设计中，对于乏燃料水池状态的液位监测，设有两个液位开关，信号送至主控室进行高、低液位的报警；对于乏燃料水池的温度监测，设有就地和远传温度连续测量仪表，同时设有温度开关，可就地监测乏燃料水池温度，并将温度信号送至主控室进行连续监测和高高报警。所用仪表均为非安全级设备、无抗震要求。

为了增强对乏燃料水池状态的监测能力，在原有测量通道保持不变的情况下，福建福清核电厂 3、4 号机组增设一套液位及温度连续测量系统，设备满足抗震要求，采用 LLS（或者低压移动电源）进行供电。液位和温度连续测量信号及报警信号均送至主控室，在电厂计算机信息和控制系统（KIC）和后备盘（BUP）上显示，同时也在应急指挥中心进行显示。采用的液位及温度连续测量仪表包括传感器和变送器两部分，分体安装。温度传感器和液位连续测量传感器相互独立，组合装配。传感器采用支架安装，利用乏燃料水池侧壁的预埋件，通过焊接固定支架。

增加连续液位和温度连续测量系统，能够在各种运行工况特别是事故情况下，保证操作员能够实时监测乏燃料水池状态，增强了对乏燃料水池状态的监测能力，提高电厂运行的安全性。

#### （8）严重事故下氢气浓度监测改进

反应堆发生冷却剂失水事故后，在锆水反应、结构材料腐蚀、堆芯和地坑中水的辐照分解等过程中将产生大量氢气，并积聚于安全壳气空间内。在发生压力容器失效的严重事故时，堆芯熔融物和混凝土底板的作用也将产生大量氢气。安全壳内的氢气聚集将给安全壳的完整性带来巨大挑战。

福清核电厂 3、4 号机组原有的氢气浓度监测系统安装在安全壳外，仅针对设计基准事故。根据《通用技术要求》，福建福清 3、4 号机组增加一套用于严重事故的氢气浓度监测系统，用于在严重事故后测量安全壳内的氢浓度，了解消氢系统工作情况，用于事故后运行管理，防止氢氧混合气体着火或发生爆炸而危及安全壳的完整性。

氢气浓度监测系统基于催化反应原理，利用氢氧复合产生温升的特性，通过测量温升得到氢气浓度。系统由布置在壳内的传感器和壳外的测量处理机柜组成，具有抗震能力，能够承受严重事故下的环境条件。氢气浓度连续测量信号送往主控室，在 KIC 和 BUP 上

进行显示和高浓度报警，同时在应急指挥中心也设有显示和高浓度报警。氢气浓度监测系统及相关设备由交流不间断电源和 LLS（或者低压移动电源）供电，可保证在全厂断电情况下的可用性。

在综合考虑严重事故后安全壳内的氢气浓度分布、局部现象对设备的冲击和对监测性能的影响、实际房间设备线缆等的布置以及安全壳内隔间结构等情况的基础上，福建福清核电厂 3、4 号机组确定了氢气浓度测点的布置方案。6 个氢气监测点位于安全壳穹顶和主要的氢气浓度较高的局部隔间。

增加严重事故下氢气浓度监测系统，可保证操作员在严重事故时实时监测安全壳内的氢气浓度状态，增强严重事故下安全壳内氢气状态的监测能力，提高电厂安全性。

#### （9）环境辐射监测的改进

根据国家规定，核电厂在运行前应建设环境保护监测相关设施，并与核电厂主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。福清核电基地多台机组共用一套环境辐射监测系统及环保设施，包括厂区辐射与气象监测系统（KRS）及环境实验室。

KRS 系统主要由气象站、环境  $\gamma$  辐射监测站、系统中央站、环境监测车与环境介质采样车组成，主要功能为连续记录核电厂周围空气  $\gamma$  辐射数据和气象数据，采集核电厂周围环境中气溶胶、碘、空气中  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$ 、雨水、沉降灰等样品，送往环境实验室进行分析测量。环境  $\gamma$  辐射数据和气象数据均上传至系统中央站。KRS 系统具有蓄电池作为应急电源，并有有线和无线两种数据通讯方式。福岛事故后，福清核电基地对  $\gamma$  辐射监测站的拟选站址位置进行了分析并向核安全局进行咨询，结合福清核电厂厂址位置及相对周围环境的复杂性和特殊性，在厂外增加了 2 个站址，最终确定了设置 4 个厂内环境  $\gamma$  辐射监测站和 7 个厂外环境  $\gamma$  辐射监测站，此外也初步拟选了外围监督性监测子站的 10 个站址。总共 21 个站点基本覆盖了核电厂周围各个方位角，满足现行标准规范及《通用技术要求》。

环境实验室配备了放射性测量仪表及化学分析仪表，主要用于核电厂正常运行情况下周围环境介质样品中放射性核素活度浓度的测量及事故情况下的应急测量。福清核电基地的环境实验室处在核电厂烟羽应急计划区外区之外。

福清核电基地的辐射监测包括以下改进：增加 2 个厂外环境  $\gamma$  辐射监测站；增加一辆越野应急监测车及相应的车载  $\gamma$  辐射探测仪和便携仪表；增加 2 套大流量气溶胶采样器，用于气溶胶样品的快速取样；增加移动式  $\gamma$  辐射监测设备作为环境  $\gamma$  剂量率监测的恢复手段，在环境  $\gamma$  辐射监测站不可用的情况下快速投放至指定地点，快速恢复周围环境  $\gamma$  剂量率水平的连续监测能力，并通过无线方式进行数据传输。

#### （10）应急控制中心可居留性改进

福建福清核电厂多台机组共用一个应急指挥中心（EM），包括应急控制中心和运行支持中心两大功能，应急控制中心是应急人员在核电厂应急响应期间进行指挥的场所，运行支持中心是应急响应期间执行设备检修、损坏探查及其他纠正行动的人员集结与待命的场所。

福岛事故后，福清核电厂应急控制中心的设计修改主要是提高了设计标准，对于结构抗震，由于 EM 子项所在位置的地址条件很好，结构可以按照 SL-2 进行设计；对于设备抗震，拟选用核岛使用过的成熟抗震设备型号，因此设计修改既具备可执行性，又满足了核安全局提出的应急控制中心应在设计基准外部事件条件下保证可居留性及其功能的要求。

表 4.3-1 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 <sup>3</sup> /h)	循环水处理 系统 (m <sup>3</sup> /h)	循环水过 滤系统 (m <sup>3</sup> /h)	总海水用水量	
				(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /s)
3	203400	170	460	204030	56.675
4	203400	170	460	204030	56.675
合计	406800	340	920	408060	113.35

表 4.6-1 放射性废液的年排放总量

	预期值（工况 A）	设计值（工况 B）	工况 A+工况 B
除 C-14、氚外的液态释放	15.3GBq/a	40.8GBq/a	56.1GBq/a
C-14	31GBq/a	31GBq/a	62GBq/a
H-3	26.72TBq/a	36.23TBq/a	62.95TBq/a

表 4.6-2 放射性废气的年排放总量

	预期值（工况 A）	设计值（工况 B）	工况 A+工况 B
总惰性气体	4.87E+03 GBq/a	9.60E+04 GBq/a	1.01E+05 GBq/a
总碘	5.02E-02 GBq/a	6.67E-01 GBq/a	7.17E-01GBq/a
氚	2.7TBq/a	3.6TBq/a	6.3TBq/a
C-14	425GBq/a	425GBq/a	850GBq/a
气载粒子	5.56E-03 GBq/a	7.40E-02 GBq/a	7.96E-02GBq/a
Ar-41	<20GBq/a	<20GBq/a	<40GBq/a

表 4.6-3（1/2） 两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的量

（1） TES 系统输入废物的总体积的设计值

来 源	TES 输入物
过滤器芯子	218 个
废树脂	34m <sup>3</sup> （1）
化学废液	不计
浓缩液	20m <sup>3</sup>
处理前的杂项干废物	280m <sup>3</sup> （2）

注：（1） 其中 12 m<sup>3</sup>APG 树脂封装在 200L 钢桶中，其余固化在 400L 钢桶中。

（2） 其中 85%是可压实的（压实系数为 9），15%是不可压实的（其中包括了可直接超级压实废物和不可压实废物）。

（2） 两台机组每年输出桶数的设计值

	装有水泥固化物的 400L 钢桶	装有压实干废物或 APG 树脂的钢桶	
		200L	400L
废树脂（45%体积包容率）	129	60	
浓缩液（46.7%体积包容率）	113		
过滤器芯子	118		34
杂项干废物			211
总计	360	60	245

表 4.6-3（2/2） 两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的量

(1) 两台机组每年输出桶数的预期值

	装有水泥固化物的 400L 钢桶	装有压实干废物或 APG 树脂的钢桶	
		200L	400L
废树脂（45%体积包容率）	41	*	
浓缩液（46.7%体积包容率）	40		
过滤器芯子	46		11
杂项干废物			131
总计	127	0	142

注： \*正常情况下 APG 树脂仅受轻微放射性污染，衰变后可以清洁解控。



表 4.6-4（1/2） 两台机组每年产生的废树脂体积和活度的设计值

设备编号	树脂床类型	单位容积 (m <sup>3</sup> )	活度水平	平均年产量 (m <sup>3</sup> )	备注
1APG001DE	阳床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>	6	两列正常流量的 50%（50t/h）。如果用标准规格的给水，并且蒸汽发生器（SG）无泄漏，这些树脂可持续使用一年。
1APG002DE	阳床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>		
1APG003DE	混合床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>		
1APG004DE	混合床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>		
2APG001DE	阳床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>	6	
2APG002DE	阳床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>		
2APG003DE	混合床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>		
2APG004DE	混合床	1.5	<185GBq/m <sup>3</sup> 或 <370GBq/m <sup>3</sup>		
1PTR001DE	混合床	1.5	>3.7TBq/m <sup>3</sup>	3	当水池中无乏燃料时，最好进行持续排水。树脂持续使用约一年。
2PTR001DE	混合床	1.5	>3.7TBq/m <sup>3</sup>		
1RCV001DE	混合床	1	>3.7TBq/m <sup>3</sup>	1	每年约一个除盐器
1RCV002DE	混合床	1	>3.7TBq/m <sup>3</sup>		
1RCV003DE	阳床	0.5	>3.7TBq/m <sup>3</sup>	0.5	每年约一个除盐器
2RCV001DE	混合床	1	>3.7TBq/m <sup>3</sup>	1	每年约一个除盐器
2RCV002DE	混合床	1	>3.7TBq/m <sup>3</sup>		
2RCV003DE	阳床	0.5	>3.7TBq/m <sup>3</sup>	0.5	每年约一个除盐器

表 4.6-4 (2/2) 两台机组每年产生的废树脂体积和活度的设计值

设备编号	树脂床类型	单位容积 (m <sup>3</sup> )	活度水平	平均年产量 (m <sup>3</sup> )	备注
9TEP001DE	阳床	1.5	>0.37TBq/m <sup>3</sup> 且 <3.7TBq/m <sup>3</sup>	3	两列 001、003 和 002、004，每台 650MWe 机组为一列，间歇运行。这些树脂能用一年以上。
9TEP002DE	阳床	1.5	>0.37TBq/m <sup>3</sup> 且 <3.7TBq/m <sup>3</sup>		
9TEP003DE	混合床	1.5	<370GBq/m <sup>3</sup>		
9TEP004DE	混合床	1.5	<370GBq/m <sup>3</sup>		
9TEP005DE	阴床	1.5	<370GBq/m <sup>3</sup>	7	在周期末使用除硼树脂。
9TEP006DE	混合床	1.5	<370GBq/m <sup>3</sup>		
9TEP007DE	阴床	1.5	<370GBq/m <sup>3</sup>		
9TEU001DE	混合床	1.5	>0.37TBq/m <sup>3</sup> 且 <3.7TBq/m <sup>3</sup>	6	处理工艺废水。
9TEU002DE	混合床	1.5	>0.37TBq/m <sup>3</sup> 且 <3.7TBq/m <sup>3</sup>		
	总计	33.5		34	

表 4.6-5（1/2） 两台机组每年产生的废过滤器芯子数量的设计值

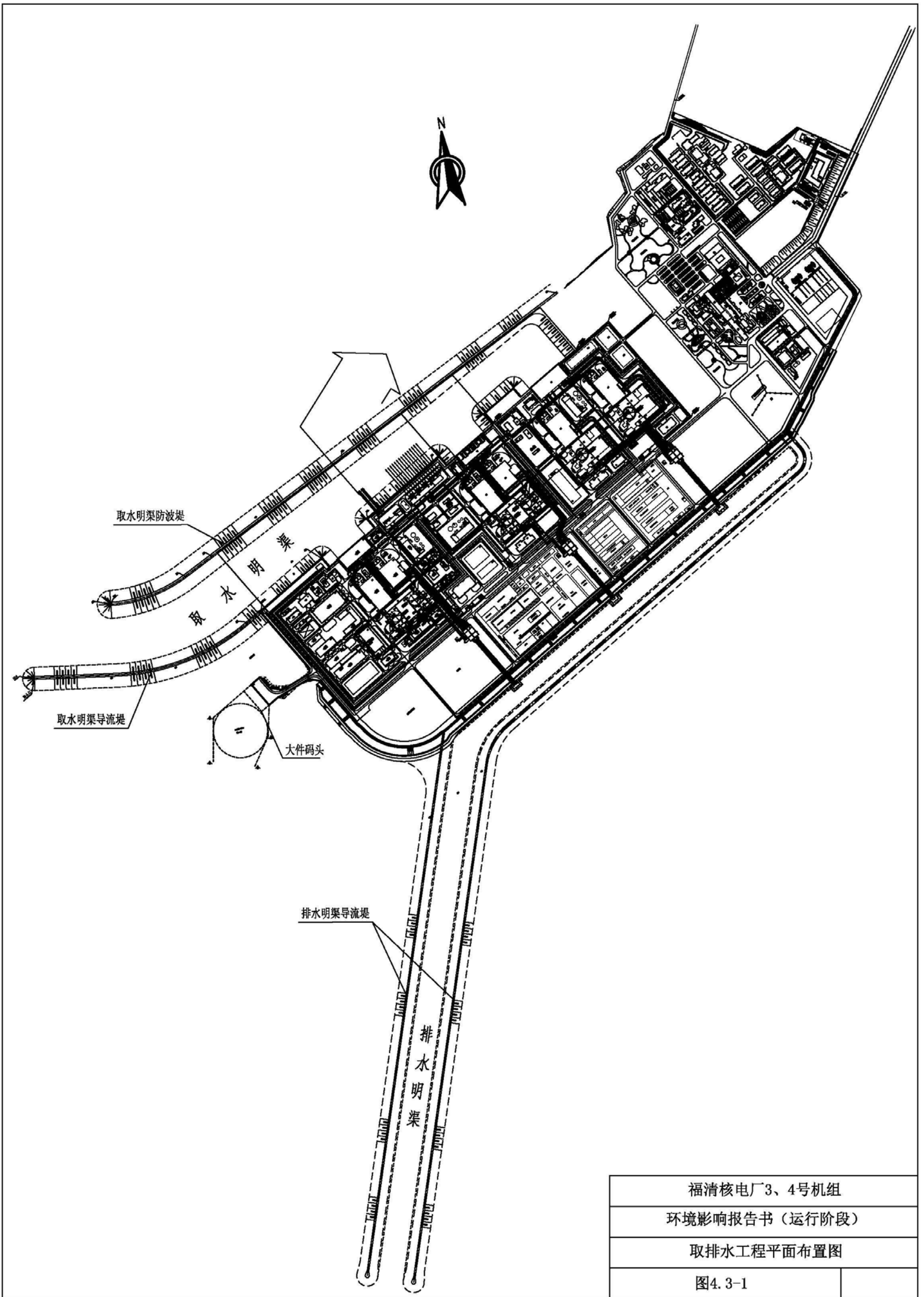
过滤器名称	外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$	外表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$
1APG001FI	19	
1APG002FI		
1APG003FI		
2APG001FI	19	
2APG002FI		
2APG003FI		
1PTR001FI		1
1PTR002FI	0.5	
1PTR005FI		1
2PTR001FI		1
2PTR002FI	0.5	
2PTR005FI		1
9PTR003FI		6
9PTR004FI		
1RCV001FI		4
1RCV002FI		
1RCV003FI		10
1RCV004FI		
1RCV005FI		1
2RCV001FI		4
2RCV002FI		
2RCV003FI		10
2RCV004FI		
2RCV005FI		1

表 4.6-5 (2/2) 两台机组每年产生的废过滤器芯子数量的设计值

过滤器名称	外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$	外表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$
9TEP001FI		4
9TEP002FI		
9TEP003FI		2
9TEP004FI		
9TEP005FI	1	
9TEP006FI	1	
9TEU001FI	59	72
9TEU002FI		
9TEU012FI		
9TEU004FI		
9TEU005FI		
总计	100	118
	装入 200L 钢桶，进行烘干、 超级压实和水泥固定	装入 400L 钢桶，用湿混料固 定

表 4.6-6 废物贮存量、贮存方式及表面剂量率要求

序号	废物（包装）类型	内容物	码放层数	贮存方式	废物贮存量（桶/5年）	表面剂量率
1	表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的 400L 钢桶	废树脂、浓缩液水泥固化物，或废滤芯水泥固定废物体	4	垂直码放	1846	$> 2\text{mSv/h}$
2	表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 400L 钢桶	废树脂、浓缩液水泥固化物，或废滤芯、杂项干废物水泥固定废物体	4	垂直码放	8432	$\leq 2\text{mSv/h}$
3	装有 APG 废树脂的 200L 钢桶	APG 废树脂	2	宝塔型码放	1073	远低于 $2\text{mSv/h}$
4	可解控杂项干废物，装入 200L 钢桶	杂项干废物	2	宝塔型码放	贮存面积 $288\text{m}^2$	远低于 $2\text{mSv/h}$
5	大尺寸废物，外包塑料膜	-	-	堆放	贮存面积 $288\text{m}^2$	远低于 $2\text{mSv/h}$
6	废通风过滤器芯，装入塑料袋	-	-	相同尺寸的垂直码放在一起	贮存面积 $384\text{m}^2$	远低于 $2\text{mSv/h}$



福清核电厂3、4号机组
环境影响报告书（运行阶段）
取排水工程平面布置图
图4.3-1

## 第五章 电厂施工建设过程对环境的影响

<b>5.1 土地利用</b> .....	<b>1</b>
5.1.1 陆域工程概况 .....	1
5.1.2 陆域施工活动的影响 .....	2
5.1.3 施工期陆域环境监测 .....	3
<b>5.2 水的利用</b> .....	<b>6</b>
5.2.1 陆域施工用水 .....	6
5.2.2 海域施工 .....	7
5.2.3 施工期海域环境监测 .....	8
<b>5.3 施工影响的控制</b> .....	<b>8</b>
5.3.1 土石方开挖工程的控制措施 .....	8
5.3.2 场地回填的控制措施 .....	9
5.3.3 设计地形地貌的改造措施 .....	9
5.3.4 水土保持措施 .....	9
5.3.5 固体废物污染控制措施 .....	12
5.3.6 施工扬尘的控制措施 .....	12
5.3.7 施工噪声的控制措施 .....	12
5.3.8 放射源的管理措施 .....	13

## 5.1 土地利用

### 5.1.1 陆域工程概况

#### 5.1.1.1 工程规划用地

##### (1) 厂区工程

厂址规划容量总用地面积 192.19hm<sup>2</sup>，规划容量用地的分项用地指标见表 5.1-1。

福清核电厂 1、2 号机组工程核准用地 157.59 hm<sup>2</sup>（发改能源[2008]2956 号），其中陆域面积 129.55 hm<sup>2</sup>，填海造地 28.04 hm<sup>2</sup>（多年大潮平均高潮线 2.75m 为海域与陆域的分界线）。陆域用地面积 129.5558 hm<sup>2</sup> 已获得国土资源部的最终批复（国土资函[2009]1227 号）。

3~6 号机组工程核准用地 34.6 hm<sup>2</sup>（发改能源[2010]3055 号），均为陆域用地，该用地中 21.6386hm<sup>2</sup> 已获得国土资源部的最终批复（国土资函[2012]588 号），其余 12.9614 hm<sup>2</sup> 用地留待 5、6 号机组建设时征用。3、4 号机组分项用地指标见表 5.1-2。

#### 5.1.1.2 土地使用情况

根据福清核电厂总体规划及全厂总平面规划，福清核电项目陆域总用地面积约 192.1899hm<sup>2</sup>，土地使用类别见表 5.1-3。

#### 5.1.1.3 土地合理利用

福清核电厂总体规划是按规划容量一次规划，分次建设，1、2 号机组工程厂址用地是按照 6 台机组规模一次征用和租用的，3、4 号机组的建设将租地转化为征地。总体规划土地利用合理。

厂址区域属三山镇管辖。镇政府所在地距厂址约 11.7km，位于厂址 NNE 方向。三山镇城镇建设规划以镇政府驻地三山镇为中心发展，远离核电厂，在 5km 的规划限制区以外。在此进行核电厂建设，符合厂址总体规划和三山镇的城镇发展规划。

福清核电厂厂址位于半岛前端，半径 5km 范围内绝大多数为海域。厂址地处偏僻落后的农业区。附近无工矿企业、风景名胜、交通要道和军事设施，人口稀少，土地贫瘠，就环保角度来看，在此建核电厂，土地使用合理，对周围环境影响小。

总体规划考虑厂区用地尽量靠近半岛前端，在满足规范的前提条件下，尽量减少机组间距离，不仅使非居住区范围减少，且使非居住区尽量少占陆域；施工场地利用非居住区范围内的海域回填场地，不仅解决了场地平整的弃方，更重要的是减少陆域征地数量，节约用地；在选择反应堆厂房位置时，考虑总体规划中水工工程的北取南排方案，合理确定非居住区半径 500m 的范围，使厂区北部的取水明渠及厂区南部的施工场地、排水明渠均



布置在非居住区用地范围内，有效使用土地、节约用地。

3、4 号机组工程子项及子项规模设置合理，3、4 号机组辅助设施尽量利用已有设施或在原基础上扩建，总平面布置合理紧凑，节约用地，不仅降低建设投资且减少后期运行费用。为节约用地，设计上采用联合厂房或多层建筑、减少通道宽度、地下管线采用综合管廊、竖向设计采用平坡设计等措施。

3、4 号机组工程用地为建设用地。

### 5.1.2 陆域施工活动的影响

#### 5.1.2.1 对大气环境的影响

工程施工期间主要的大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气等，其中扬尘和粉尘对大气局部环境质量影响较为明显。

扬尘、粉尘主要来自于施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放以及建筑材料的搅拌等环节，TSP 产生量与施工方式、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。

由于施工现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、推土机等），在施工和运输过程中会产生一定量的尾气，主要成分为 CO、NO<sub>x</sub>、碳氢化合物和固体颗粒。爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气，烟气量与炸药种类、用量和操作方式等诸多因素有关，主要污染物为 CO、NO<sub>x</sub>。

这些影响都是暂时性的，且施工单位和业主在核电厂建设过程中加强大气环境保护工作，通过洒水抑尘、冲洗车辆、硬化路面、优化施工方式等措施，将施工过程造成的大气污染影响程度降到最低。

#### 5.1.2.2 对声环境的影响

核电厂施工过程中，厂区内可能产生噪声的活动包括场地负挖、土石方爆破、道路平整、主厂房和厂区辅助配套设施的建设，设备安装和汽车运输也会产生一定噪声，爆破施工产生巨大噪声。施工阶段的主要噪声污染源及噪声级见表 5.1-4。

施工机械作业可视为点声源，距离加倍时噪声降低 6dB（A），如果考虑空气吸收，则附加衰减 0.5~1dB/100m，通常昼间所有机械设备施工噪声在 50m 外可以满足《建筑施工厂界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中昼间 70 dB（A）的要求。施工活动产生的噪声影响都是暂时性的，施工活动结束后影响也随之结束。

#### 5.1.2.3 固体废弃物的影响

施工期间的固体废弃物主要是建筑垃圾和生活垃圾。

3、4 号机组固体废弃物的堆放、清理、平整、外运和管理等与 1、2 号机组相同，且

堆置于同一堆场。建筑垃圾每天由指定承包单位清运到现场规划的临时垃圾堆场，最后，委托专业队伍定期清运至当地环卫部门指定的垃圾场。临时垃圾堆场位于厂区用地的东北部，占地面积约  $1\text{hm}^2$ 。生活垃圾主要来源于临时办公楼及职工食堂，由于办公楼内实现无纸化办公管理，其生活垃圾可忽略不计，只有职工食堂的生活垃圾，该垃圾要求分类装袋集中存放于现场规划的生活垃圾场，每天由专业队伍清运至当地的环卫部门指定垃圾处理厂。

因此，3、4 号机组施工期间固体废弃物对环境的影响是可以接受的。

#### 5.1.2.4 对社会环境的影响

3、4 号机组用地为建设用地，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。

#### 5.1.2.5 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。

#### 5.1.2.6 对地形地貌的影响

由于工程建设，对厂址原地形地貌已按设计要求进行了改造，1、2 号机组工程施工时开挖形成的边坡已进行了必要的防护，回填的滩涂在临海侧已设立了护岸及海堤，从而防止了水土流失。为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和排洪沟。

为了美化环境，1、2 号机组厂区绿化采用“点、线、面”结合的原则（除在保护区内不绿化外），点即主入口、办公楼区等主要区域景点的景观设计；线即厂区道路两侧的绿化空间设计；面即厂前区等集中绿地以及各景区形成的块状景观空间设计。设计已尽最大的可能减少由于建厂对环境的影响，以补偿由于土石方工程及电厂建造对原有地貌的改变。

福清 3、4 号机组的建设是在前期工程已平整的场地内的建设，且本期子项除仓库外，均在保护区内，不做绿化，场地均硬化或铺设碎石子。

随着施工的进展，福清核电厂绿化美化逐步完善，并在电厂运行后全面完成。

### 5.1.3 施工期陆域环境监测

2009 年 4 月 18 日，福清核电厂 3、4 号机组获准开展前期工作，因此本报告将结合 2009 年 9 月至 2014 年 12 月施工期间大气环境、噪声的监测数据进行综合分析和评价。由于监测点位设置和监测项目的不同，本报告针对 2009~2011 年和 2012~2014 年两个阶段进行分析评价。

### 5.1.3.1 施工期大气环境监测分析评价

#### 5.1.3.1.1 2009-2011 年大气环境监测分析评价

福州市环境监测站从 2009 年至 2011 年共开展十期现场监测，分别对环境敏感区的 TSP、PM<sub>10</sub> 和厂界监控点颗粒物进行监测。

监测点情况见表 5.1-5，监测点位置见图 5.1-1。

##### (1) 敏感区颗粒物监测结果分析评价

2009~2011 年敏感区（东林村）TSP、PM<sub>10</sub> 监测结果统计情况见表 5.1-6。

2009~2011 年共监测十期，敏感区 TSP 日均值浓度监测结果为 0.01~0.22mg/m<sup>3</sup>，均低于《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中的日均值二级标准 0.30 mg/m<sup>3</sup> 限值。PM<sub>10</sub> 日均值浓度监测结果为 0.004~0.12mg/m<sup>3</sup>，均低于《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中的日均值二级标准 0.15mg/m<sup>3</sup> 限值。

##### (2) 厂界监控点位颗粒物监测结果分析评价

2009~2011 年厂界监控点颗粒物监测结果统计见表 5.1-7。

2009~2011 年共监测十期，厂界两个监控中 1<sup>#</sup> 点位颗粒物浓度监测结果为 0.02~0.61mg/m<sup>3</sup>，均低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中无组织排放监控 1.0mg/m<sup>3</sup> 限值。2<sup>#</sup> 点位颗粒物浓度监测结果范围为 0.02~2.77mg/m<sup>3</sup>，有 11 次出现超标（见表 5.1-8），其它频次监测值均达到标准限值要求。2<sup>#</sup> 监测点位颗粒物浓度波动较 1<sup>#</sup> 监测点位明显，且有 11 个频次超标，超标的原因主要是运输车运输渣土、砂石过程中漏、外逸的现象，以及路面扬尘。

#### 5.1.3.1.2 2012-2014 年大气环境监测分析评价

2012~2014 年共进行了十一期施工期大气环境监测，监测期间分别对厂区内无组织排放源和厂区外敏感区进行监测。其中，厂区内的无组织排放源监测 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、TSP 三项指标，厂区外的敏感区监测 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、TSP、PM<sub>10</sub> 五项指标，同时记录监测点位风速、风向、气温、气压等气象参数。监测点情况见表 5.1-9，监测点位置见图 5.1-2。

##### (1) 厂区内无组织排放源监测结果分析评价

2012~2014 年厂区内无组织排放源监测结果统计及标准限值见表 5.1-10~表 5.1-12。

根据监测结果分析可以看出：2012-2014 年厂区内无组织排放源三个监测点的 SO<sub>2</sub> 最大小时浓度范围为 0.010~0.025 mg/m<sup>3</sup>，NO<sub>x</sub> 最大小时浓度范围为 0.023~0.057 mg/m<sup>3</sup>，颗粒物（TSP）最大小时浓度范围为 0.078~0.503 mg/m<sup>3</sup>。因此，无组织排放的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物监测浓度均小于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”，排放达标。

## （2）厂区外敏感区监测结果分析评价

2012~2014 年厂区外的各监测点监测结果统计及标准限值见表 5.1-13~表 5.1-20。

根据监测结果分析可知：厂区外的四个监测点的  $\text{SO}_2$  最大小时浓度范围为 0.010~0.038  $\text{mg}/\text{m}^3$ ， $\text{SO}_2$  最大日均浓度范围为 0.007~0.034  $\text{mg}/\text{m}^3$ ； $\text{NO}_2$  最大小时浓度范围为 0.017~0.044  $\text{mg}/\text{m}^3$ ， $\text{NO}_2$  最大日均浓度范围为 0.016~0.030  $\text{mg}/\text{m}^3$ ；CO 最大小时浓度范围为未检出~0.9  $\text{mg}/\text{m}^3$ ，CO 最大日均浓度范围为 0.5~0.8  $\text{mg}/\text{m}^3$ ； $\text{PM}_{10}$  最大日均浓度范围为 0.030~0.122  $\text{mg}/\text{m}^3$ ，TSP 最大日均浓度范围为 0.060~0.261  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。所有监测点的浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及 2000 年修改单中二级标准的要求。

综上所述，从 2009 年至 2014 年共进行了 21 期施工期大气环境监测，除 2009 和 2010 年综合办公楼外因为车辆运输扬尘导致颗粒物监测值超标外，其他所有场界监控点监测值符合《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“表 2 新污染源大气污染物排放限值”的要求；厂区外的环境敏感区监测值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及 2000 年修改单中的二级标准要求。因此，本工程施工活动对周围大气环境的影响可接受。

### 5.1.3.2 施工期噪声环境监测分析评价

#### 5.1.3.2.1 2009-2011 年监测数据及分析评价

福州市环境监测站从 2009 年至 2011 年共开展十期现场监测，监测了施工期间建筑施工现场界和敏感区昼间、夜间等效声级  $L_{\text{eq}}$ 、最大声级  $L_{\text{max}}$ 、最小声级  $L_{\text{min}}$ ，本报告主要针对等效声级  $L_{\text{eq}}$  进行分析评价。监测点情况见表 5.1-21，监测点位置见图 5.1-3。

##### （1）建筑施工现场界噪声监测结果分析评价

2009~2011 年建筑施工现场界噪声  $L_{\text{eq}}$  监测结果统计情况见表 5.1-22。

从监测数据可以看出：2009~2011 年施工场界监测点昼间  $L_{\text{eq}}$  范围为 48.5~73.3  $\text{dB}(\text{A})$ ，1<sup>#</sup> 监测点中海搅拌站 2009 和 2010 年监测数据超过《建筑施工现场界噪声限值》（GB12523-1990）中昼间 70  $\text{dB}(\text{A})$  的标准限值，超标主要原因是搅拌站工作噪声较大，搅拌站噪声影响是间断性和暂时的；夜间  $L_{\text{eq}}$  范围为 38.0~52.2  $\text{dB}(\text{A})$ ，均低于《建筑施工现场界噪声限值》（GB12523-1990）中夜间 55  $\text{dB}(\text{A})$  的标准限值。

##### （2）敏感区噪声监测结果分析评价

2009~2011 年敏感区噪声  $L_{\text{eq}}$  监测结果统计见表 5.1-24。

根据表 5.1-24 可知：2009~2011 年敏感区噪声监测点昼间  $L_{\text{eq}}$  范围为 44.6~58.5  $\text{dB}(\text{A})$ ，夜间  $L_{\text{eq}}$  范围为 35.8~49.0  $\text{dB}(\text{A})$ ，均低于《声环境质量标准》（GB3096-2008）中昼间 65  $\text{dB}(\text{A})$ 、夜间 55  $\text{dB}(\text{A})$  的标准限值。施工活动对敏感区的噪声影响可接受。

### 5.1.3.2.2 2012-2014 年监测数据及分析评价

根据施工活动状况、敏感区分布等情况，在施工场界、厂区内明显噪声源处和厂区内敏感区、噪声源等设置监测点。2012~2014 年共进行了十一期施工期噪声监测。监测点情况见表 5.1-24，监测点位置见图 5.1-4 和 5.1-5。

#### (1) 建筑施工场界噪声监测结果分析评价

2012~2014 年建筑施工场界噪声  $L_{eq}$  监测结果见表 5.1-25。

从监测数据可以看出：2012~2014 年施工场界 1<sup>#</sup>~5<sup>#</sup>监测点昼间  $L_{eq}$  范围为 47.0~64.4 dB (A)，均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中昼间 70dB (A) 的标准限值；夜间  $L_{eq}$  范围为 41.2~54.5 dB (A)，均低于《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中昼间 70 dB (A)、夜间 55dB (A) 的标准限值。

#### (2) 厂区外噪声监测结果分析评价

2012~2014 年厂区外噪声  $L_{eq}$  监测结果统计见表 5.1-26。

根据表 5.1-26 可知：2012~2014 年厂区外 12<sup>#</sup>~20<sup>#</sup>监测点昼间  $L_{eq}$  范围为 42.4~68.8dB (A)，除核电大道监测点由于交通噪声导致 2013 年昼间噪声出现超标外，其他监测点噪声监测值均低于《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中昼间 65dB (A) 的标准限值；夜间  $L_{eq}$  范围为 39.2~54.6 dB (A)，均低于《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中夜间 55dB (A) 的标准限值。

环境敏感区 12<sup>#</sup>~16<sup>#</sup>监测点昼夜噪声监测值均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的标准限值，无超标情况，施工活动对环境敏感区的噪声影响可接受。

综上所述，从 2009 年至 2014 年共进行了 21 期施工期噪声监测，场界噪声中除 1<sup>#</sup>监测点中海搅拌站监测点 2009 和 2010 年监测数据超过《建筑施工场界噪声限值》(GB12523-1990) 中昼间 70dB (A) 的标准限值，其他场界监测点昼夜噪声监测值均满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中的标准限值要求；厂区外的噪声监测值除核电大道监测点由于交通噪声导致 2013 年昼间噪声出现超标外，其他监测点昼夜噪声监测值均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的标准限值。因此，本工程施工活动对周围声环境的影响可接受。

## 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。福清核电 3、4 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，其设计规模为

26000m<sup>3</sup>/d，能满足福清核电 1~6 号机组最大用水需求。

#### （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。施工生产用水设计用水量约 2250m<sup>3</sup>/d，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，施工期间设计生活用水量 1905m<sup>3</sup>/d。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》。

#### （3）供水水源

福清核电 3、4 号机组两台机组施工期间设计用水量约为 4155m<sup>3</sup>/d。由于该部分用水量已经含在 26000 m<sup>3</sup>/d 处理规模中，因此所需的淡水来自已经建成的福清核电淡水厂。

淡水厂的原水来自北林水库，北林水库作为核电厂专用水库为福清核电提供供水水源的水资源论证工作，已经在福清核电厂一期工程建设期间，以及福清核电 3~6 号机组建设期间进行了合理论证，并通过相关部门的审查。因此，施工期间的用水对周围水用户没有影响。

#### （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，生活污水经处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级标准的 B 标准，并监测后排放。生活污水处理站由专业的公司运营。

### 5.2.2 海域施工

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。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 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

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。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。

总的来说，兴化湾潮下带沉积物质量良好，工程施工未对海域沉积物质量造成明显影响。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、底栖生物以及生物质量略有影响，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，3、4 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。

## 5.3 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

（1）土石方爆破应严格遵守《爆破安全规程》（GB6722-2011）的相关规定；

(2) 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；

(3) 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；

(4) 控制土方爆破范围，不会影响循环冷却水取水地段的海域水文和海床条件。

### 5.3.2 场地回填的控制措施

3、4 号机组施工期间仅有建筑物基础和管沟等少量回填，没有大面积的场地回填工作。

### 5.3.3 设计地形地貌的改造措施

(1) 严格按照设计要求进行施工；

(2) 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；

(3) 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；

(4) 厂区东北设截排洪设施；

(5) 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；

(6) 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；

(7) 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；

(8) 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；

(9) 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。

### 5.3.4 水土保持措施

福清核电规划建设 6 台百万级核电机组，一次规划、连续建设。1、2 号机组于 2008 年 10 月开始施工建设，3、4 号机组及 5、6 号机组也相继开始施工建设。

截至 2014 年第三季度末，1、2 号机组已完成施工建设，投入运行，同时为 6 台机组服务的诸如场地平整、施工生活区、厂外道路、水源及输水管线、输电线路等已于 2013



年 6 月施工完毕。

福清 3、4 号机组水土保持防治责任范围分为 3 个区，3、4 号机组厂区、施工生产区和临时堆土区，全部为建设区，施工现场的水保是按 6 台机组统一建设、管理、监测的。

#### 5.3.4.1 水土保持措施

根据 1、2 号机组水土保持经验及对 3、4 号机组水土流失的预测结果、水土流失重点危害区域和水土流失防治分区的具体情况，针对工程建设过程中可能引发水土流失的特点和危害程度，本着工程措施和植物措施、永久措施和临时措施有机结合的原则，建立了完整有效的水土保持防护体系。

工程措施主要包括土地整治、排水管网、浆砌石排水沟、沉沙池等。

植物措施有乔木、灌木及植草。

临时措施包括施工期的临时排水、临时堆土防护两部分。临时排水主要是把施工期的雨水及施工废水有组织的收集和排放，排水沟沿施工道路两侧布设，采用土工布铺设，施工结束后，回收土工布，填筑排水沟，每条排水沟出口处设置临时沉沙池使雨水在池中流速减缓、泥沙沉淀；临时堆土防护主要是对施工过程中不断发生的挖填施工而设置的临时堆土场，具体措施为在雨季或暴雨前在堆放区的四周设置防护墙，防护墙使用装有土石渣的草袋堆筑，风季和雨季时在堆料场顶部覆盖编织布，以防止因风蚀和水蚀而导致的水土流失，施工结束后，对临时堆放场地及时进行清理，拆除并回收草袋和编织布，避免被埋入土中，污染土壤。

以上措施在施工期对水土保持起到了重要作用，符合水土保持思路，符合水土保持要求。

#### 5.3.4.2 水土保持监测内容

水土保持监测内容包括施工期防治责任范围监测、主体工程建设扰动、破坏地表和植被面积的监测、损坏水土保持设施数量监测、弃土弃渣监测、土壤流失量监测、水土流失防治措施实施情况及防治效果监测。

#### 5.3.4.3 水土保持监测结果

##### （1）施工期防治责任范围监测

截止 2014 年 9 月底，经过现场踏勘调查结合 GPS 测量，发现项目工程各监测分区水土流失防治责任范围与水土保持方案报告书相比均发生了一定的变化，详见表 5.3-1。

##### （2）主体工程建设扰动、破坏地表和植被面积的监测

截止 2014 年 9 月底，项目工程各监测分区土建诸项业已全部开工，因工程建设扰动的地表面积累计为 249.18hm<sup>2</sup>，详细情况见表 5.3-2。

### （3）损坏水土保持设施数量监测

通过现场调查，结合 GPS 定位测量，截止 2014 年 9 月底项目区因工程建设损坏水土保持设施数量累计详见表 5.3-3。

### （4）弃土弃渣监测

弃土弃渣包括施工过程中的临时堆土和永久弃渣，主要监测弃土、弃渣量；弃土弃渣堆放情况（堆放面积、堆渣高度、坡度等）、防护措施的种类、数量及拦渣效果。

福清核电无自己的永久弃土场，业主委托当地相关部门负责弃土的外运和堆置，现场设有临时堆场，包括表土剥离的临时堆放和建筑骨料的临时堆放。

厂区及施工生活区剥离的表土已集中堆放。表土剥离堆放地点有两处，厂区气象站后堆场及北护岸堆场。厂区气象站后堆场堆高约 10m，面积约 12000m<sup>2</sup>，坡度约 60°，堆积区左侧顶面被苗木覆盖，左右两侧坡面形成天然草皮；北护岸堆场采用坡面细目网掩盖防护，坡脚草袋土拦挡防护的临时防护措施，覆盖面积约 18400m<sup>2</sup>，堆积草袋土越 300 m<sup>3</sup>。目前无水土二次流失现象发生。

建筑骨料的临时堆场是动态的，无水土流失现象发生。

### （5）土壤流失量监测

应用标桩法监测福清核电工程 2014 年第三季度不同地形条件下扰动后土壤侵蚀量，根据不同地形面积加权计算各区域土壤侵蚀模数，监测成果详见表 5.3-4。

## 5.3.4.4 水土流失防治效果监测

### 5.3.4.4.1 水土流失防治措施完成情况

截止 2014 年 9 月底，福建福清核电水土流失防治措施完成情况的：完成表土剥离共 263600m<sup>3</sup>，临时围挡 6940m<sup>3</sup>，临时苫盖 18400m<sup>2</sup>；临时排水沟 4261m；浆砌石护坡 38450m<sup>3</sup>，浆砌石挡土墙 5874m<sup>3</sup>，浆砌石排水沟 36236m<sup>3</sup>，栽植苗木 473466 株，植草 21.63hm<sup>2</sup>。

各区域具体完成情况见表 5.3-5。

### 5.3.4.4.2 水土流失防治措施防护效果分析

水土流失防治效果主要分析工程措施和植物措施的防护效果。工程措施（包括临时防护措施）主要监测实施数量、完好程度、运行情况、措施的拦渣保土效果。林草措施主要监测不同阶段林草种植面积、成活率、生长情况及覆盖度。

截止到2014年9月底，福建福清核电工程建设单位非常重视水土保持工作，工程建设中聘请了专业的水土保持监理公司，对工程建设过程实施水保监理，应用现代化管理手段，科学安排施工时序，规范化管理，在布设水土保持工程措施和临时防护措施过程中，实施严格的质量控制，收到了较好的效果。

在施工过程中，及时的对临时堆土采取拦挡苫盖措施，对可绿化地段加快植被恢复速度，减少了雨季发生严重水土流失的可能性；对场地加快清理平整，大大减少了水土流失，防护效果明显。

项目区水保措施的布设、防护情况见图 5.3-1~图 5.3-14。

### 5.3.5 固体废物污染控制措施

(1) 对于固体废弃物的管理，遵循 3Rs（减量化、重复利用、循环利用）原则，具有回收利用价值的进行回收利用，没有回收利用价值的按照国家相关规定送交指定地点和有资质的单位进行处理处置。通过加强管理，制订相应的管理措施，尽可能减少固体废物对环境的影响。

(2) 在施工现场设立适当数量的分类垃圾桶，对生活垃圾进行分类收集、转运。垃圾日产日清，送垃圾处理站，由市政部门统一处理。

(3) 在施工现场设立一般工业固体废物贮存场，分类集中存放各类废物。可回收的废弃物如包装箱、纸袋、金属余料、塑料制品等按规定回收，建筑垃圾在指定垃圾场填埋。

(4) 在施工现场设置专门回收点，对危险废物进行集中贮存和管理，采取适宜防护措施，防止污染环境。由专人负责，定期交有资质的单位最终消纳处理。

### 5.3.6 施工扬尘的控制措施

(1) 为降低施工期间爆破、混凝土搅拌和载重车辆运输等过程产生的粉尘、扬尘对大气环境的影响，主要采取洒水抑尘、深孔爆破、硬化路面、控制车速、加盖苫布等方式降低施工起尘量，保护施工人员的身体健康，改善施工区域的大气环境。

(2) 已竣工子项周围及时开展绿化，并铺设碎石、对路面进行硬化处理，避免地面尘土飞扬。

(3) 加强施工运输车辆的管理，限制车速，不过量装载，避免散落。

(4) 为了控制施工期临时弃土场对大气环境的不利影响，采取在弃土倾倒和堆放过程中适量洒水抑尘，土石方开挖后进行围挡，及时回填等措施，尽可能减少扬尘。

### 5.3.7 施工噪声的控制措施

在施工期间，通过采取如下措施减少噪声对环境的影响。

(1) 采购设备时对设备本体的噪声进行检测，选用的机械必须符合环保标准。将能固定使用的强噪声设备安装在工作棚内，并进行隔音、降噪处理，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态；

(2) 施工过程严格控制推土机、装载机的装载量、保证机械的正常运转、严禁超负荷运转，加强机械维修保养；合理安排施工进度避免在施工期间同步使用高噪声设备，夜

间不进行户外高噪声施工作业；

（3）结合工程特点，采用先进的爆破技术，合理安排爆破时间，划定安全防护距离，将土石方爆破、场地负挖等带来的震动和噪声影响控制到最低；

（4）施工单位定期对各车间噪声值检测并予以公布，工程总承包方的安全管理部对车间的噪声值进行抽检，加强对现场的管理。

### 5.3.8 放射源的管理措施

施工期间主要用 $\gamma$ 射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《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。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

#### （1）放射源的使用

对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗。

施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作它用。

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查。

根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收。

在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查。

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量

误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

### （2）放射源的贮存

放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

### （3）放射源的处理

本项目产生的废源争取按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

对于采购合同中没有约定处置方式的废旧放射源，集中收贮保管和处理，进行固化或固定、进行再包装。积累到一定程度，移交环保部门认可的放射性废物处理机构。

表 5.1-1 规划容量用地分项用地指标表

项目名称		单位	数量	备注	
厂址工程	厂区	生产区	hm <sup>2</sup>	64.63	
		厂前区	hm <sup>2</sup>	3.17	
	其它设施用地	现场服务区	hm <sup>2</sup>	20.84	
		运行安全技术支持中心	hm <sup>2</sup>	2.46	
		应急指挥中心	hm <sup>2</sup>	0.3	
		厂前停车场	hm <sup>2</sup>	2.82	
		公安、武警、消防	hm <sup>2</sup>	3.78	
		淡水厂	hm <sup>2</sup>	4.27	
		气象站	hm <sup>2</sup>	4.22	
		废水处理	hm <sup>2</sup>	1.31	
		施工用地	hm <sup>2</sup>	20.62	
	预留用地	hm <sup>2</sup>	29.31		
	其他用地	hm <sup>2</sup>	8.07	包括边坡用地、未利用地	
	厂外工程	进厂道路	hm <sup>2</sup>	25.4899	
应急道路		hm <sup>2</sup>	\	28.4384 hm <sup>2</sup> 和地方共建	
环境监测站		hm <sup>2</sup>	0.90		
北林水库		hm <sup>2</sup>	\	(29.1833 hm <sup>2</sup> )租用	
合计		hm <sup>2</sup>	192.19	192.1899	

表 5.1-2 3、4 号机组分项用地指标表

项 目		单 位	数 量	备 注
厂区用地面积		hm <sup>2</sup>	18.08	
其中	控制区围栏内	hm <sup>2</sup>	16.24	
	仓库区	hm <sup>2</sup>	1.84	

表 5.1-3 土地使用类别

项目	单 位	数 量	土地类别						
			耕地	林地	园地	建设 用地	其它 农用地	未利用 地	海域
厂址工程 用地	hm <sup>2</sup>	165.80	63.5572	19.3877	0	4.2145	14.8262	35.8917	28.0411
环境 监测站	hm <sup>2</sup>	0.90	0.7266	0	0	0	0.1734	0	0
进厂道路	hm <sup>2</sup>	25.4899	14.1484	4.9645	0.113	3.3308	2.9332	0	0
应急道路	hm <sup>2</sup>	/							
北林水库	hm <sup>2</sup>	/							
合计	hm <sup>2</sup>	192.1899	78.4322	24.3522	0.113	7.5453	17.9328	35.8917	28.0411

表 5.1-4 噪声污染源及噪声级

施工活动	主要声源	噪声级 dB (A)
场地平整、负挖	爆破	>120
土石方	挖掘机、推土机、装载机、压路机、平地机、打桩机、摊铺机	76~105
结构施工	混凝土输送泵、振捣机、电锯、电焊机	90~100
内部装修	电钻、电锤、电锯	100~110
外部装修	升降机、吊车	65~75
交通运输	载重卡车、混凝土罐车	75~95

表 5.1-5 2009~2011 年度大气环境监测点情况

编号	测点名称	测点方位	监测项目
1	靠原中海搅拌站方向	N25°27'11.6",E119°26'53.6"	颗粒物
2	靠综合办公楼界外	N25°27'7.3",E119°27'1.8"	颗粒物
3	东林村	N25°27'22.6",E119°26'54.7"	TSP、PM <sub>10</sub>

表 5.1-6 2009-2011 年敏感区（东林村）TSP、PM<sub>10</sub> 监测结果统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

监测因子 \ 年份	2009 年	2010 年	2011 年
TSP	0.01~0.07	0.02~0.22	0.06~0.12
PM <sub>10</sub>	0.004~0.03	0.02~0.12	0.02~0.12

表 5.1-7 2009-2011 年厂界监控点颗粒物监测结果统计表

单位：mg/m<sup>3</sup>

监测点位 \ 年份	2009 年	2010 年	2011 年
1 <sup>#</sup> 原中海搅拌站	0.02~0.17	0.04~0.61	0.04~0.21
2 <sup>#</sup> 靠综合办公楼界外	0.02~2.12	0.07~2.77	0.02~0.79



表 5.1-8 2009-2011 年 2<sup>#</sup> 监控点颗粒物监测结果超标情况统计表单位: mg/m<sup>3</sup>

监测数据	监测结果	监测数据	监测结果
2009.9.1 第三次	2.12	2010.5.5 第二次	1.24
2009.9.1 第四次	1.85	2010.5.6 第四次	1.06
2009.9.2 第二次	2.10	2010.7.22 第四次	1.24
2009.9.2 第三次	1.50	2010.10.20 第二次	1.36
2010.5.4 第二次	1.56	2010.10.21 第一次	1.27
2010.5.4 第四次	2.77		

表 5.1-9 2012~2014 年度大气环境监测点情况

编号	测点名称	与厂址中心方位		监测点描述
		方向	距离	
1	大件码头路口	W	1.02	无组织排放源监控点
2	场界南	S	0.95	
3	综合办公楼界外	NE	1.56	无组织排放源监控点 厂区内敏感区域（办公楼）
4	东林村	NNE	1.80	厂址附近敏感区
5	前薛村南	NNE	2.03	厂址附近敏感区
6	中海搅拌站	ENE	3.11	厂址附近污染源
7	石料加工厂	ENE	4.20	厂址附近污染源

表 5.1-10 厂区内无组织排放源 SO<sub>2</sub> 最大小时浓度统计表单位: mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
1 <sup>#</sup> 大件码头	0.012~0.014	0.013~0.014	0.010~0.025	0.4
2 <sup>#</sup> 场界南	0.016~0.017	0.013~0.016	0.012~0.024	
3 <sup>#</sup> 综合办公楼外	0.012~0.014	0.011~0.012	0.010~0.020	

表 5.1-11 厂区内无组织排放源 NO<sub>x</sub> 最大小时浓度统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
1#大件码头	0.032~0.034	0.029~0.038	0.026~0.051	0.12
2#场界南	0.036~0.042	0.029~0.049	0.029~0.057	
3#综合办公楼外	0.028~0.029	0.023~0.039	0.027~0.050	

表 5.1-12 厂区内无组织排放源颗粒物最大小时浓度统计表

单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
1#大件码头	0.275~0.255	0.182~0.218	0.117~0.254	1.0
2#场界南	0.481~0.503	0.213~0.334	0.136~0.309	
3#综合办公楼外	0.113~0.145	0.106~0.194	0.079~0.423	

表 5.1-13 厂区外监测点 SO<sub>2</sub> 最大小时浓度统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4#东林村	0.012~0.038	0.010~0.013	0.012~0.022	0.5
5#前薛村南	0.013~0.014	0.011~0.012	0.011~0.020	
6#中海搅拌站	0.014~0.017	0.012~0.014	0.012~0.026	
7#石料厂	0.013~0.016	0.013~0.014	0.013~0.026	

表 5.1-14 厂区外监测点 SO<sub>2</sub> 最大日均浓度统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4#东林村	0.007~0.034	0.008~0.009	0.009~0.019	0.15
5#前薛村南	0.009~0.010	0.009~0.010	0.009~0.018	
6#中海搅拌站	0.009~0.013	0.009~0.011	0.010~0.021	
7#石料厂	0.008~0.012	0.009~0.012	0.010~0.024	

表 5.1-15 厂区外监测点 NO<sub>2</sub> 最大小时浓度统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4 <sup>#</sup> 东林村	0.028~0.044	0.018~0.028	0.023~0.029	0.24
5 <sup>#</sup> 前薛村南	0.028~0.028	0.017~0.030	0.022~0.028	
6 <sup>#</sup> 中海搅拌站	0.031~0.036	0.019~0.031	0.023~0.031	
7 <sup>#</sup> 石料厂	0.030~0.035	0.018~0.033	0.024~0.032	

表 5.1-16 厂区外监测点 NO<sub>2</sub> 最大日均浓度统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4 <sup>#</sup> 东林村	0.020~0.030	0.016~0.023	0.019~0.025	0.12
5 <sup>#</sup> 前薛村南	0.021~0.022	0.016~0.021	0.019~0.023	
6 <sup>#</sup> 中海搅拌站	0.022~0.026	0.017~0.024	0.020~0.025	
7 <sup>#</sup> 石料厂	0.021~0.025	0.016~0.023	0.020~0.028	

表 5.1-17 厂区外监测点 CO 最大小时浓度统计表

单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4 <sup>#</sup> 东林村	未检出~0.6	0.6~0.9	0.6~0.8	10
5 <sup>#</sup> 前薛村南	0.6~0.6	0.6~0.9	0.6~0.8	
6 <sup>#</sup> 中海搅拌站	0.7~0.7	0.7~0.9	0.6~0.8	
7 <sup>#</sup> 石料厂	0.7~0.8	0.8~0.9	0.6~0.7	

表 5.1-18 厂区外监测点 CO 最大日均浓度统计表

单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4 <sup>#</sup> 东林村	0.5~0.5	0.5~0.8	0.5~0.7	4.0
5 <sup>#</sup> 前薛村南	0.5~0.5	0.5~0.8	0.5~0.6	
6 <sup>#</sup> 中海搅拌站	0.6~0.6	0.6~0.8	0.5~0.6	
7 <sup>#</sup> 石料厂	0.6~0.7	0.6~0.8	0.5~0.6	

表 5.1-19 厂区外监测点 PM<sub>10</sub> 最大日均浓度统计表单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4 <sup>#</sup> 东林村	0.050~0.052	0.041~0.096	0.036~0.067	0.15
5 <sup>#</sup> 前薛村南	0.059~0.063	0.049~0.097	0.030~0.070	
6 <sup>#</sup> 中海搅拌站	0.064~0.091	0.042~0.119	0.044~0.135	
7 <sup>#</sup> 石料厂	0.081~0.105	0.064~0.122	0.037~0.121	

表 5.1-20 厂区外监测点 TSP 最大日均浓度统计表

单位：mg/m<sup>3</sup>

采样点位	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
4 <sup>#</sup> 东林村	0.070~0.078	0.060~0.159	0.063~0.092	0.3
5 <sup>#</sup> 前薛村南	0.090~0.091	0.064~0.157	0.062~0.126	
6 <sup>#</sup> 中海搅拌站	0.108~0.180	0.064~0.184	0.079~0.261	
7 <sup>#</sup> 石料厂	0.124~0.145	0.111~0.188	0.069~0.148	

表 5.1-21 2009~2011 年度噪声监测点情况

编号	测点名称	测点方位	监测项目
1	靠原中海搅拌站方向	N25°27'11.6",E119°26'53.6"	建筑场界噪声
2	靠综合办公楼界外	N25°27'7.3",E119°27'1.8"	建筑场界噪声
3	东林村	N25°27'22.6",E119°26'54.7"	敏感区噪声
4	前薛村南	N 25°27'10.1", E119°27'8.2"	敏感区噪声

表 5.1-22 2009-2011 年施工场界噪声监测结果 ( $L_{eq}$ ) 统计表

单位: dB (A)

监测时段	监测点	2009 年	2010 年	2011 年	标准限值
昼间	1#原中海搅拌站	59.0~72.4	54.8~73.3	48.5~59.2	≤70
	2#靠综合办公楼界外	55.7~69.0	51.2~56.2	49.3~54.8	
夜间	1#原中海搅拌站	44.9~47.3	41.5~46.8	42.7~46.7	≤55
	2#靠综合办公楼界外	43.7~52.2	38.0~48.4	40.7~49.1	

表 5.1-23 2009-2011 年敏感区噪声监测结果 ( $L_{eq}$ ) 统计表

单位: dB (A)

监测时段	监测点	2009 年	2010 年	2011 年	标准限值
昼间	3#东林村	46.8~51.5	51.3~58.5	50.5~54.7	≤65
	4#前薛村南	44.6~46.7	46.7~54.8	48.5~53.8	
夜间	3#东林村	39.4~44.3	37.4~44.8	40.5~44.1	≤55
	4#前薛村南	37.3~44.2	35.8~49.0	42.6~44.3	

表 5.1-24 2012~2014 年度噪声监测点情况

编号	测点名称	测点方位	监测点描述
1	场界东	N25°26'47.8", E 119°27'11.5"	场界噪声
2	场界南	N 25°26'01.3", E 119°26'07.3"	场界噪声
3	场界西	N 25°26'13.3", E 119°25'56.0"	场界噪声
4	场界北	N25°27'06.9", E 119°26'52.8"	场界噪声
5	综合办公楼界外	N 25°27'03.5", E 119°27'06.7"	场界敏感目标
6	3、4 号机组中心	N25°26'10.8", E 119°26'14.4"	噪声源
7	1、2 号机组中心	N 25°26'24.2", E 119°26'31.3"	噪声源
8	搅拌站	N 25°26'53.1", E 119°27'02.3"	噪声源
9	碎石厂	N 25°26'30.9", E 119°26'45.0"	噪声源
10	钢结构加工车间	N 25°26'17.4", E 119°26'28.8"	噪声源
11	大件码头	N 25°26'01.3", E 119°26'07.3"	噪声源
12	前薛村南	N 25°27'22.2", E 119°26'58.1"	敏感目标
13	前薛小学	N 25°27'28.2", E 119°27'01.1"	敏感目标
14	东林村	N 25°27'13.3", E 119°27'07.2"	敏感目标
15	楼前村	N 25°28'07.6", E 119°26'54.6"	敏感目标
16	楼前小学	N 25°27'28.2", E 119°27'01.1"	敏感目标
17	核电大道 1	N 25°28'24.0", E 119°27'36.8"	交通噪声源
18	核电大道 2	N 25°27'36.5", E 119°27'24.4"	交通噪声源
19	中海搅拌站	N 25°27'38.9", E 119°27'27.8"	噪声源
20	风力发电塔	N 25°28'11.2", E 119°27'42.0"	噪声源

表 5.1-25 2012-2014 年施工场界及厂区内噪声监测结果 ( $L_{eq}$ ) 统计表

单位: dB (A)

监测时段	监测点	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值*
昼间	1#厂界东	52.6~61.7	52.1~64.4	51.4~54.8	≤70
	2#厂界南	47.9~58.6	49.1~60.9	50.5~55.2	
	3#厂界西	49.8~58.7	48.2~58.6	47.0~55.2	
	4#厂界北	52.6~54.5	50.5~56.0	48.3~51.6	
	5#综合办公楼界外	50.1~56.8	53.2~58.8	51.7~58.4	
	6#3、4 号机组中心	66.2~69.4	53.6~67.2	58.9~62.3	-
	7#1、2 号机组中心	61.6~69.0	53.7~67.8	53.0~58.1	-
	8#搅拌站	63.0~64.6	54.6~67.4	51.5~62.8	-
	9#碎石场	61.3~68.6	53.4~61.5	53.9~61.8	-
	10#钢结构加工车间	65.1~68.3	51.2~68.6	56.3~67.0	-
	11#大件码头	50.9~53.9	51.8~56.6	48.0~55.0	-
夜间	1#厂界东	49.8~51.5	44.0~53.3	43.3~47.7	≤55
	2#厂界南	41.2~52.4	42.0~53.5	42.8~45.9	
	3#厂界西	48.0~49.5	46.1~53.9	43.0~46.8	
	4#厂界北	42.3~51.8	42.5~53.3	41.7~45.2	
	5#综合办公楼界外	42.0~48.9	44.8~54.5	45.7~47.6	
	6#3、4 号机组中心	47.6~52.6	46.5~53.8	47.7~49.6	-
	7#1、2 号机组中心	46.8~52.2	45.2~54.2	45.1~48.2	-
	8#搅拌站	51.7~52.9	44.0~54.2	39.9~46.7	-
	9#碎石场	43.0~51.9	42.3~53.2	44.6~48.3	-
	10#钢结构加工车间	45.8~53.2	43.4~53.5	47.1~52.1	-
	11#大件码头	42.8~49.2	45.9~53.5	42.6~49.4	-

\*注: 6-11#监测点为厂区内监测点, 非施工场界监测点, 因此没有参考的标准限值。

表 5.1-26 2012-2014 年厂区外噪声监测结果 ( $L_{eq}$ ) 统计表

单位: dB (A)

监测时段	监测点	2012 年	2013 年	2014 年	标准限值
昼间	12 <sup>#</sup> 前薛村南	51.8~61.0	52.0~56.7	52.8~62.0	≤65
	13 <sup>#</sup> 前薛小学	61.2~64.8	57.8~62.8	54.1~63.6	
	14 <sup>#</sup> 东林村	51.9~62.1	56.7~61.6	54.0~55.9	
	15 <sup>#</sup> 楼前村	47.5~58.8	48.9~54.3	49.2~53.1	
	16 <sup>#</sup> 楼前小学	49.9~56.6	48.7~53.7	48.9~53.8	
	17 <sup>#</sup> 核电大道 1	53.6~61.5	62.2~68.8	56.1~58.6	
	18 <sup>#</sup> 核电大道 2	63.3~64.2	63.1~68.6	55.6~58.6	
	19 <sup>#</sup> 中海搅拌站	42.4~54.0	51.8~60.7	50.8~61.4	
	20 <sup>#</sup> 风力发电塔	45.9~50.1	50.7~56.6	52.5~54.6	
夜间	12 <sup>#</sup> 前薛村南	42.6~50.1	40.2~51.2	40.8~43.9	≤55
	13 <sup>#</sup> 前薛小学	46.7~52.7	40.1~53.3	44.7~46.0	
	14 <sup>#</sup> 东林村	39.3~52.2	44.8~53.6	45.2~47.2	
	15 <sup>#</sup> 楼前村	39.2~47.6	39.2~50.6	42.1~46.6	
	16 <sup>#</sup> 楼前小学	45.7~47.1	39.2~50.6	42.6~45.6	
	17 <sup>#</sup> 核电大道 1	49.3~54.0	51.3~53.9	51.5~52.2	
	18 <sup>#</sup> 核电大道 2	51.9~54.1	53.4~54.3	50.5~51.1	
	19 <sup>#</sup> 中海搅拌站	42.4~54.0	44.3~54.6	39.9~54.6	
	20 <sup>#</sup> 风力发电塔	45.9~50.1	44.6~54.4	42.9~52.0	



表 5.3-1 项目工程水土保持防治责任范围面积监测

单位：hm<sup>2</sup>

监测分区	水保报告中面积				实际监测面积	差值
	永久占地	临时征地	直接影响区	合计		
厂区	295.11		0.44	295.55	283.55	12
施工生活区	36.33			36.33	36.34	-0.01
输水管线	27	2.52	1.05	30.57	31.23	-0.66
输电线路	0.5	0.86	0.19	1.55	2.58	-1.03
厂外道路	42.42	0.91	15.2	58.53	58.52	0.01
弃土场	3.1		0.7	3.8	0	3.8
小计	404.46	4.29	17.58	426.33	411.92	14.11

表 5.3-2 项目工程建设扰动地表面积监测表

单位：hm<sup>2</sup>

项目	旱地	林地	工矿地	滩涂地	裸岩	水田	园地	荒地	合计
主厂区监测区	63.76	83.58	1.79	11.49	12.51		2.11	9.03	184.27
施工生活区监测区	8.15	10.29	3.55	3.9	1.3			0.28	27.47
输水管线监测区	21.78	3.54				2.8			28.12
输电线路监测区	0.76	0.35	0.21				0.19	1.21	2.72
厂外道路监测区	1.28	2.32			1.37	1.09		0.54	6.6
合计	95.73	100.08	5.55	15.39	15.18	3.89	2.3	11.06	249.18

表 5.3-3 项目工程建设损坏水土保持设施数量监测表

单位: hm<sup>2</sup>

项目	旱地	林地	工矿地	水田	园地	荒地	合计
主厂区监测区	61.99	82.41	1.25	2.34	2.06	8.45	158.5
施工生活区监测区	7.99	9.94	3.14			0.59	21.66
输水管线监测区	1.23	3.21				0.21	4.65
输电线路监测区	21.13	0.34	0.09	0.31	0.16	0.96	22.99
厂外道路监测区	1.1	2.25				0.56	3.91
合计	93.44	98.15	4.48	2.65	2.22	10.77	211.71

表 5.3-4 福清核电工程 2014 年第三季度水土流失量监测成果表

编号	位置	面积 (m <sup>2</sup> )	侵蚀量 (m <sup>3</sup> )	土壤侵蚀模数(t/km <sup>2</sup> )
1	进场道路区	10.5	0.017	2347.62
2	应急道路区	5.5	0.008	2109.09
3	气象站表土堆积区边坡处	15.17	0.021	2007.25
4	气象站表土堆积区边坡处	15.17	0.026	2485.17

表 5.3-5 福建福清核电工程水保工程措施汇总表

措施种类	项目	单位	厂区	施工生活区	供水管线及水源区	输电线路	场外道路	合计	实际完成进度
工程措施	表土剥离	m <sup>3</sup>	170000	50000			43600	263600	99%
	浆砌石护坡	m <sup>3</sup>		2233.2			36216	38450	105%
	浆砌石挡墙	m <sup>3</sup>		100			5774	5874	100%
	浆砌石排水沟	m	2100	650	5800		27686	36236	107%
植物措施	种草	m <sup>2</sup>	25711	87149	13000		90481	216341	61%
	植树	株	1408	458171	370		13517	473466	59%
临时措施	临时围挡 (袋装土)	m <sup>3</sup>	300		2000	80	4560	6940	54%
	临时覆盖土工布	m <sup>2</sup>	18400					18400	79%
	临时排水沟	m	730				3531	4261	103%

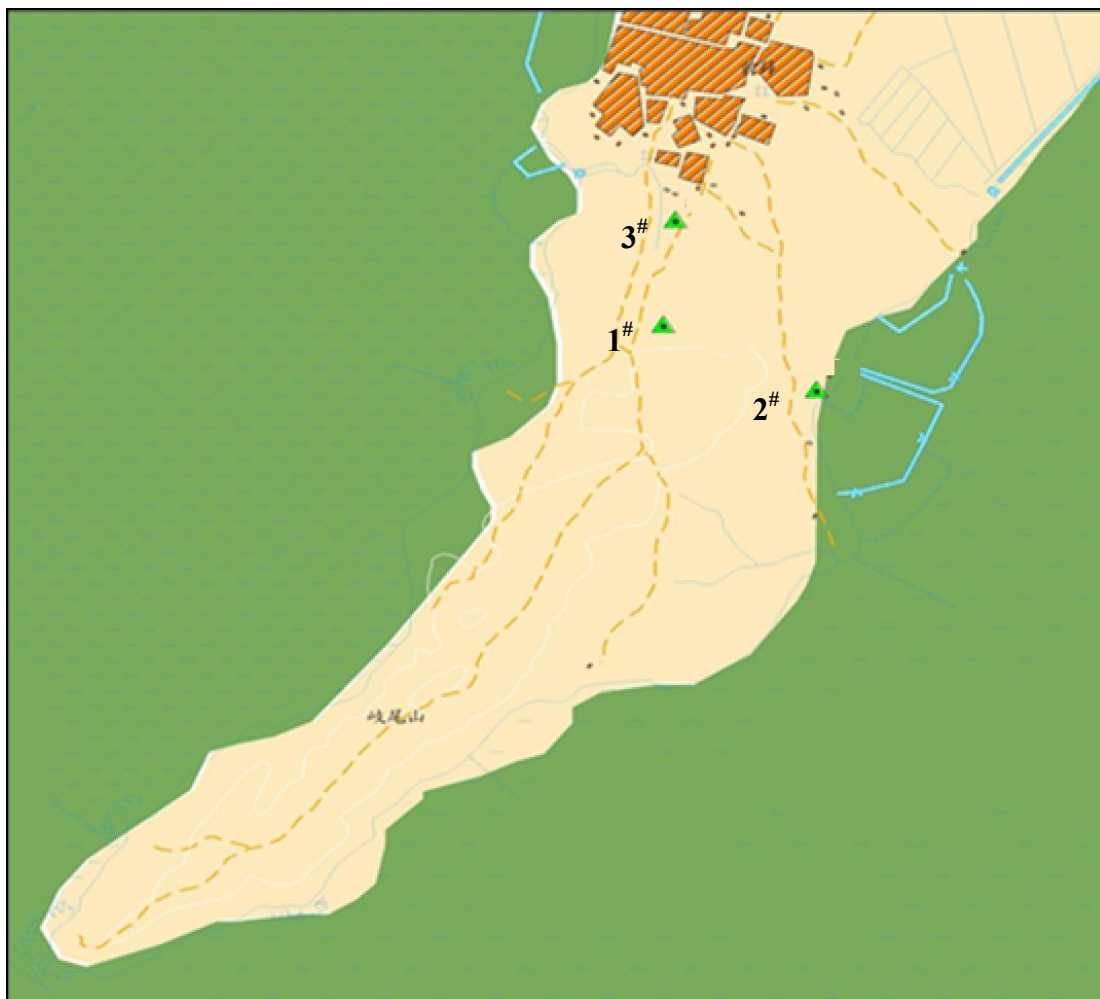


图 5.1-1 2009~2011 年度施工期大气环境监测点位置示意图

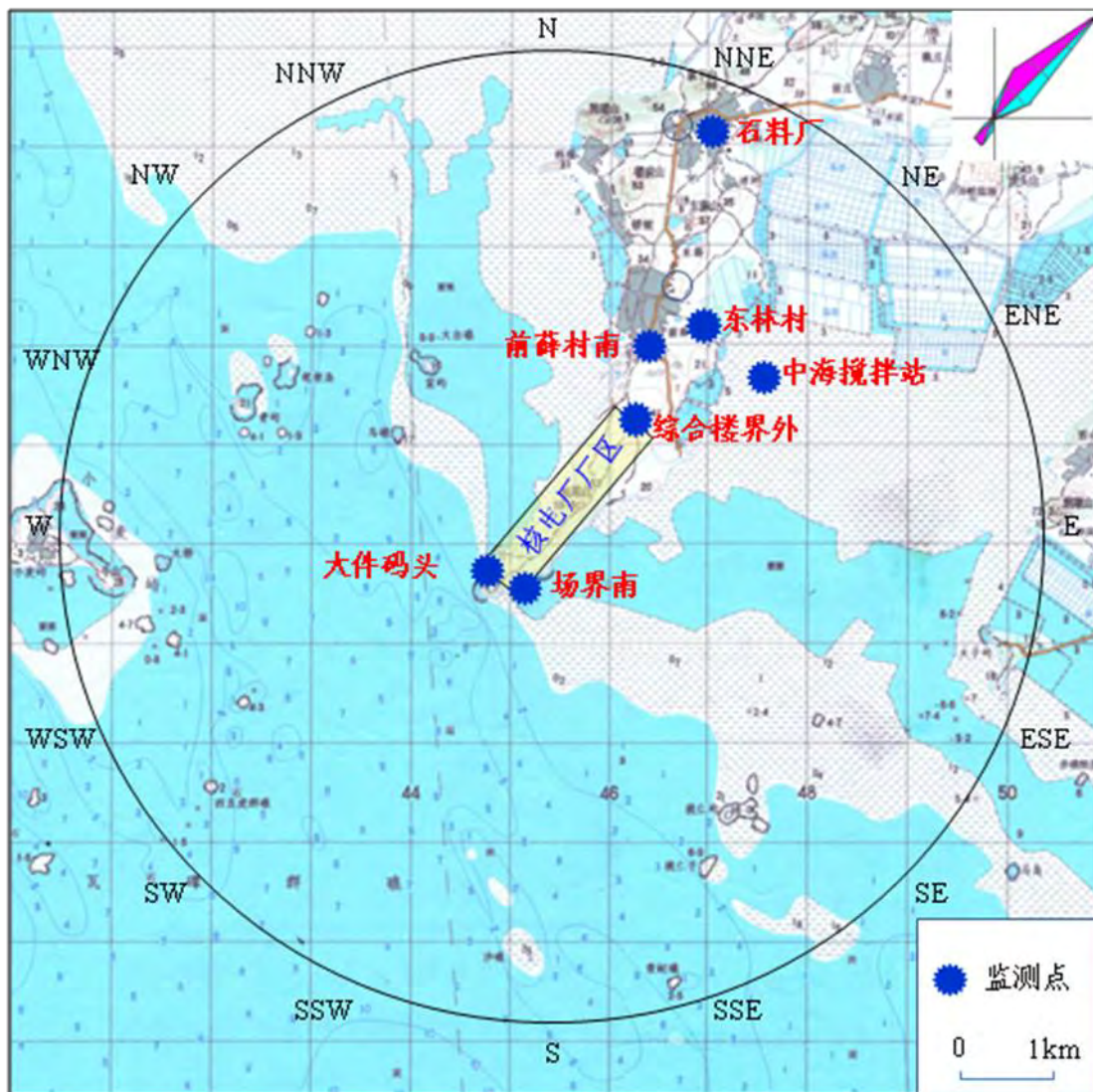


图 5.1-2 2012~2014 年度大气环境监测点位置示意图

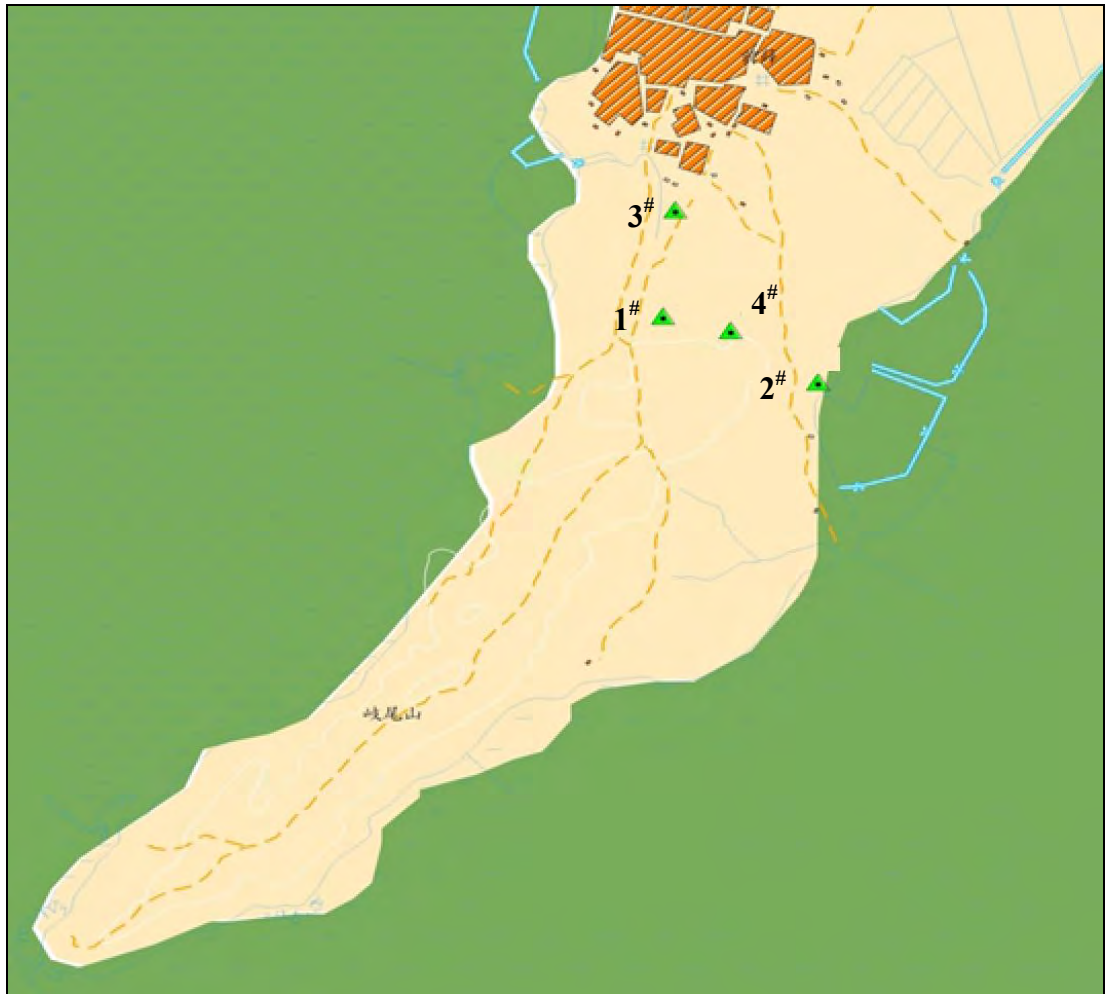


图 5.1-3 2009~2011 年度施工期噪声监测点位置示意图

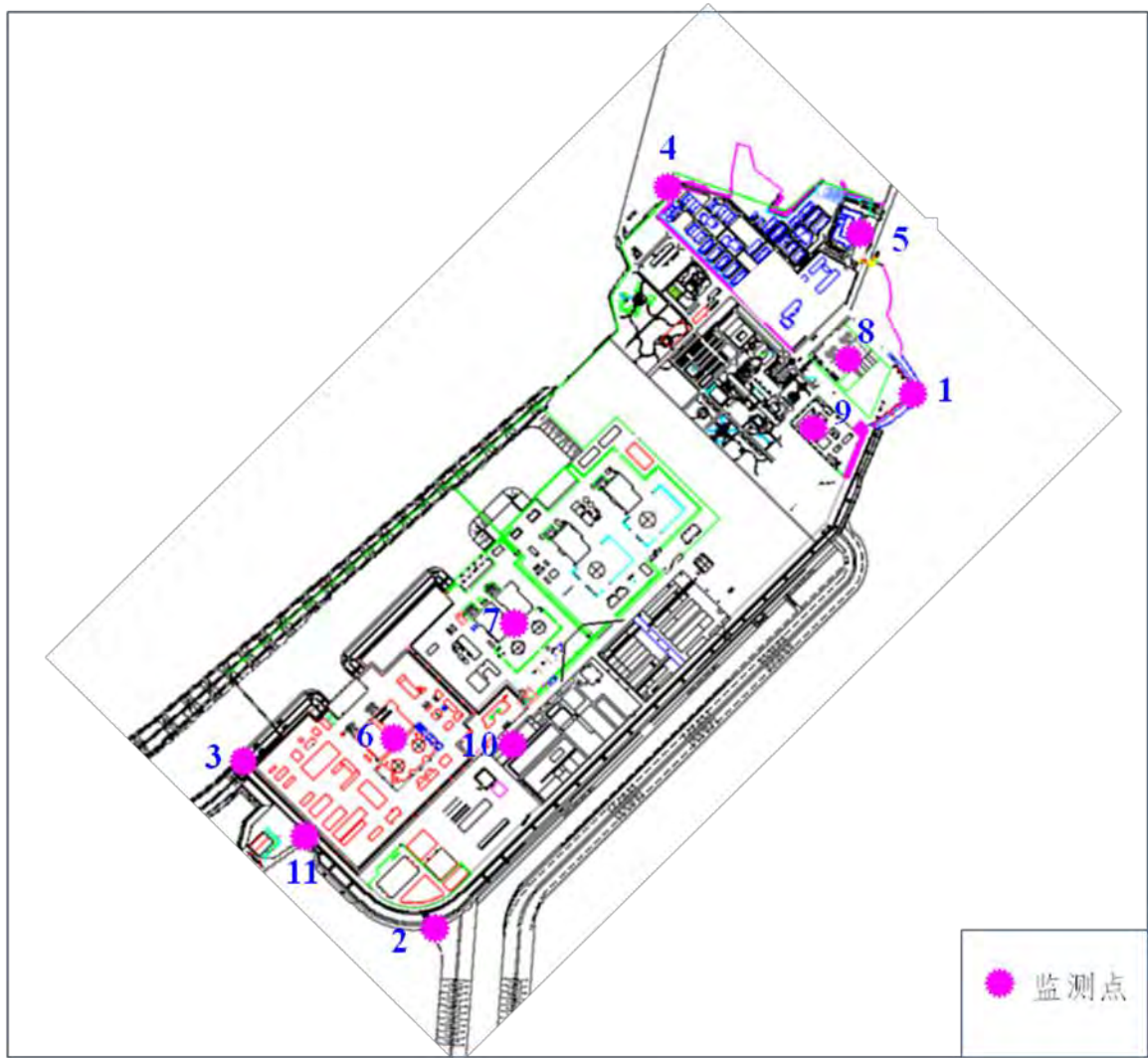


图 5.1-4 2012~2014 年度场界及厂区内噪声监测点位置示意图

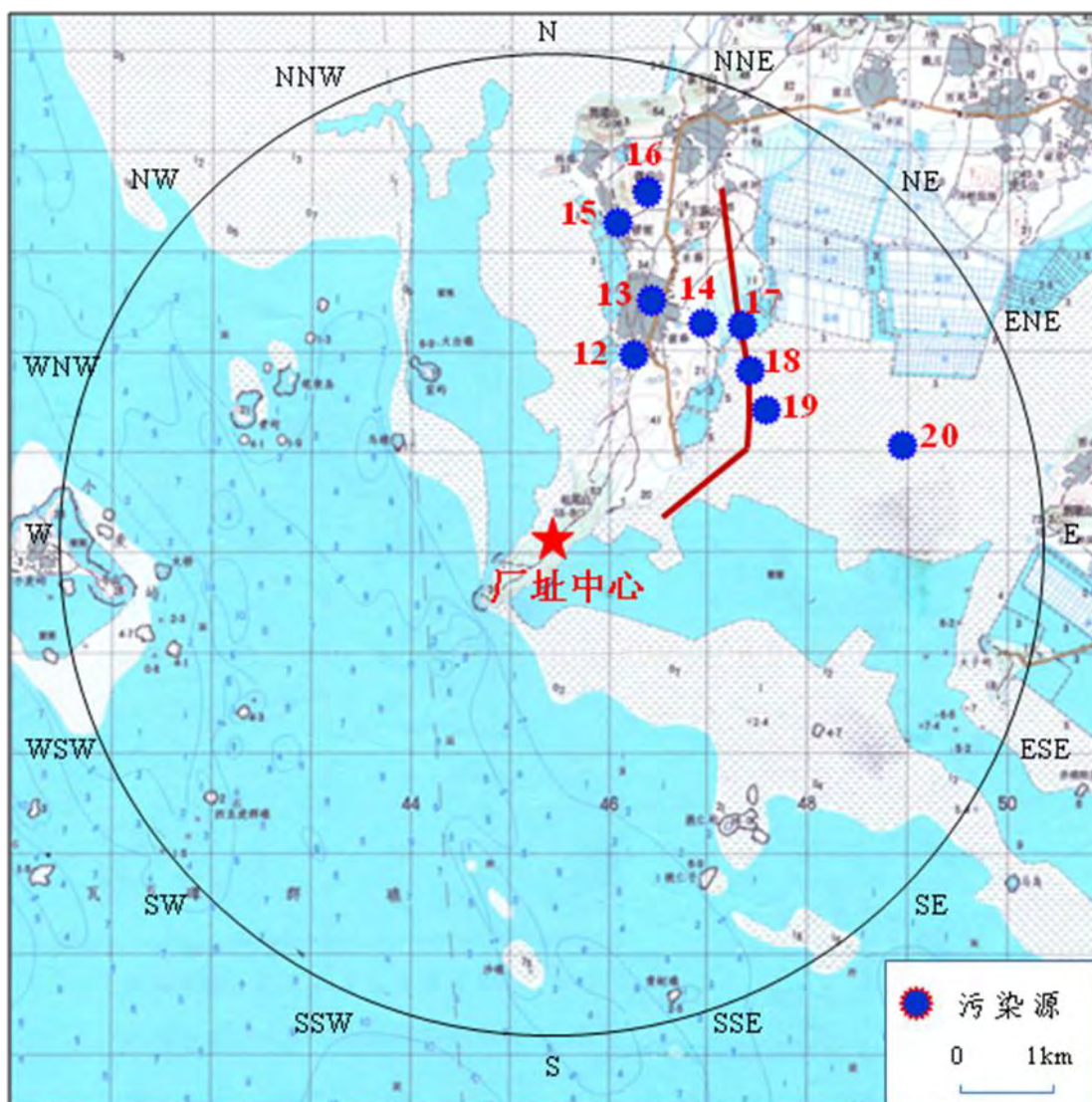


图 5.1-5 2012~2014 年度厂区外噪声监测点位置示意图





图 5.3-1 进厂道路浆砌石护坡工程



图 5.3-4 应急道路防护林及边沟



图 5.3-2 进厂道路防护林及边沟



图 5.3-5 水库防护林



图 5.3-3 应急道路边坡植草防护



图 5.3-6 水库区植草



图 5.3-7 供水管线复耕



图 5.3-10 厂区道路绿化



图 5.3-8 搅拌站绿化



图 5.3-11 核电公司办公区绿化



图 5.3-9 气象站后边坡防护



图 5.3-12 变电站内绿化



图 5.3-13 武警大队绿化



图 5.3-14 治安中心绿化

## 第六章 电厂运行的环境影响

<b>6.1 散热系统运行的环境影响</b> .....	<b>1</b>
6.1.1 物理影响.....	1
6.1.2 生物效应.....	6
<b>6.2 正常运行的辐射影响</b> .....	<b>9</b>
6.2.1 正常运行对公众的辐射影响.....	9
6.2.2 正常运行对水生生物的辐射影响.....	12
<b>6.3 其它影响</b> .....	<b>13</b>
6.3.1 除盐过程产生的废水.....	13
6.3.2 循环系统的排放水.....	14
6.3.3 废水处理的排放物.....	14
6.3.4 余氯排放.....	14
6.3.5 液体放射性废物处理的化学废水.....	15
<b>6.4 退役计划</b> .....	<b>16</b>
6.4.1 概述.....	16
6.4.2 退役策略选择.....	16
6.4.3 退役计划的制定.....	17
6.4.4 退役方案简述.....	17
6.4.5 便于退役的考虑.....	18
6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理.....	20
6.4.7 退役费用的考虑.....	21
6.4.8 退役管理设想.....	21
6.4.9 结论.....	22

## 6.1 散热系统运行的环境影响

### 6.1.1 物理影响

#### 6.1.1.1 取排水方案的比选优化

取排水方案见图 6.1-1，其中：

##### ——取水方案

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。

##### ——排水方案

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。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。

1~6 号机组每台机组设一条排水暗渠，循环冷却水和重要厂用水在虹吸井处汇合后，经排水暗渠，最终由南护堤外侧的排水明渠进入兴化湾。

排水明渠渠内底高程从-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 近岸海域环境功能区现状

根据福建省人民政府“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”（闽政文[2008] 279 号）的规定，福清核电厂址所在的海域为福州市兴化湾福清海区“兴化湾前薛三类区”，总面积 92.24km<sup>2</sup>。主导功能为“一般工业用水区”，水质目标为三类水质标准。厂址附近 7.7km<sup>2</sup> 范围海域为工程温排水 4℃ 以上温升区范围，调整后划为排污混合区，主导功能为核电厂用海。功能区划见图 6.1-2。

#### 6.1.1.3 温排水试验

##### （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:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \Omega q = E \left[ \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] + \frac{Q_s}{A_s} U \sin \theta$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} + \Omega q = E \left[ \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right] + \frac{Q_s}{A_s} U \sin \theta$$

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。  $\Delta T$  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;

$C(x, y) = C^*(x, y)$  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:

$\zeta(x, y) \Big|_{t=0} = \zeta_0(x, y)$   $\zeta_0$  取几条水边界起始潮位的平均值;

$p(x, y) \Big|_{t=0} = p_0(x, y)$   $p_0$  取零;

$$q(x, y) \Big|_{t=0} = q_0(x, y) \quad q_0 \text{ 取零};$$

$$C(x, y) \Big|_{t=0} = C_0(x, y) \quad C_0 \text{ 取零}$$

### 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 0.02~0.025。

b) 水流涡粘性系数  $E$ ，取值 0.5~4m<sup>2</sup>/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 5~15m<sup>2</sup>/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 6×1000MW 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℃温升包络面积差别在 9%以内，0.5℃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 (hPa·°C<sup>-1</sup>)， $P$  为大气压 (hPa)， $v$  为风速 (m/s)， $\varepsilon$  为水面辐射系数，可取 0.97。 $\sigma$  为 Stefan-Boltzman 常数， $\sigma = 5.6 \times 10^{-8}$  (W m<sup>-2</sup> K<sup>-4</sup>)， $T_a$  为气温 (°C)， $T_s$  为水面水温 (°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 47W/m<sup>2</sup>·°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<sup>2</sup>。根据以往的研究，本项计算模拟范围应可以满足要求。

### 5) 网格尺度

计算网格的尺度应能反映水工构筑物及沿岸地形（包括潮间带）对研究细部流场和物质运输的影响，同时也应考虑以经济的工作量来按期完成项目合同。本次计算，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 平方公里之范围。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。

##### 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，认为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

通过方案的比选、优化，福清核电厂最终的取排水方案详见图 6.1-1。本节为该方案的温排水计算结果，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。

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定影响，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输运，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℃。2℃以上（含 2℃）全潮最大温升包络面积采用物模试验结果；2℃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℃。1℃以上（含 1℃）全潮平均温升包络面积采用物模试验结果；1℃以下采用二维数模计算结果。

1~4 号机组的计算结果详见表 6.1-2~表 6.1-4。

#### 2) 各温升等值线距排水口距离

推荐方案 4、3、2、1、0.5℃温升影响区最大顺、离岸距离详见表 6.1-5。

由于核电厂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，1~4 号机组排出的温排水的扩散仅局限在很小的范围内，因而，温排水对兴化湾海域的影响是非常有限的。

### 6.1.1.4 温排水物理影响分析

6.1.1.2 节所述的厂址处的近岸海域环境功能区划，是依据本项目 6 台机组的温排水影响区域进行的设置调整。因此，1~4 号机组运行时，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。

## 6.1.2 生物效应

### 6.1.2.1 生态环境调查

厂址附近海域海洋生物及其生态环境的调查结果见 2.3.3 节内容。

### 6.1.2.2 温排水对海洋生态的影响

温排水对海洋生态的影响如下：

#### (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。福清核电厂 1~4 号机组运行后，0.5℃最大温升包络线离岸距离约 7.66km，因此，不存在温排放对敏感区的影响。

#### (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、缢蛭等。调查到的甲壳类适温范围多在 18~30℃之间，水温大于 38℃不能正常运动，大于

39℃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℃~32℃的范围内，其生长速度随水温升高而加快。

2005 年 8 月~2006 年 7 月对福清核电厂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 6.1-6。

从表 6.1-6 可以看出，厂址海域月平均最高水温为 29.3℃，对于位于强增温区（温升>3℃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。根据 2012 年厂址附近春、秋季游泳生物调查结果，两个季节共捕获游泳动物 99 种，其中鱼类 67 种，占 67.68%，虾类 11 种，占 11.11%，蟹类 10 种，占 10.10%，头足类 6 种，占 6.06%，口足类 5 种，占 5.05%。渔获物中具有较高经济价值的种类包括黄魮、黄鲫、鳙、龙头鱼、海鳗、青石斑鱼、短尾大眼鲷、竹荚鱼、白姑鱼、叫姑鱼、大黄鱼、鲢、黄鳍棘鲷、二长棘犁齿鲷、带鱼、日本鲭、曼氏无针乌贼、杜氏枪乌贼、三疣梭子蟹、墨节对虾、刀额仿对虾、哈氏仿对虾、周氏新对虾和口虾蛄等。

本次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 6.1-6 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可能会发生一定的变化，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 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ 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  $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，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  $35^{\circ}\text{C}$  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 6.1-6 可以看出，厂址海域月平均最高水温为  $29.3^{\circ}\text{C}$ ，即使位于强增温区（温升 $>3^{\circ}\text{C}$ 时）内的养殖区，在夏季最热季节温度也很少能达到  $35^{\circ}\text{C}$ ，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，可能大型藻类大量减少，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。

### 6.1.2.3 卷吸效应和机械损伤

核电厂运行过程中，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

2 台机组海水用水量约  $113\text{m}^3/\text{s}$ ，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  $20.24 \times 10^5 \sim 851.33 \times 10^5 \text{cells}/\text{m}^3$ ，浮游动物四季平均总湿重生物量约为  $222.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。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  $5.8 \times 10^{15} \sim 2.4 \times 10^{17} \text{cells}/\text{a}$ ，浮游动物总湿重生物量约为  $633\text{t}/\text{a}$ 。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，鱼卵年平均丰度取  $1.49\text{ind.}/100\text{m}^3$ ，仔鱼年平均丰度取为  $8.60 \text{ind.}/100\text{m}^3$ ，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，2 台机组海水用水量约  $113\text{m}^3/\text{s}$ ，电厂全年运行时间按 7000h 算，则本项目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  $2.12 \times 10^7$  粒，仔鱼损失为  $1.22 \times 10^8$  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

福清核电厂引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  $0.174\text{m}/\text{s}$ ；在平均潮位 0.28m 时，明渠口门段平均流速为  $0.229\text{m}/\text{s}$ ；在平均低潮位 -2.28m 时，明渠口门段平均流速为  $0.330\text{m}/\text{s}$ ；在 33 年一遇低潮位时，明渠口门段平均流速为  $0.493\text{m}/\text{s}$ ；在百年一遇低潮位 -4.35m 时，明渠口门段平均流速为  $0.504\text{m}/\text{s}$ 。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（低于当地的平均流速），成鱼在进入明渠后能够凭借自身力量游出明渠，因此，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

#### 6.2.1.1 气载流出物的辐射影响

##### （1）排放源项

本工程 2 台机组运行状态（即正常运行和预计运行事件两类工况的统称）下，气载流

出物主要通过高 62.3m，直径 3m 的烟囱排入大气，经大气扩散对公众造成辐射影响。以本报告第一章给出的排放量申请值作为运行状态下申请首次装料阶段环境影响评价的气载流出物排放源项，对厂址周围公众可能产生的辐射影响进行评估。

本工程运行状态下，气载流出物年排放量申请值低于本报告第一章给出的厂址年排放量控制值：

- 惰性气体  $2.4 \times 10^{15}$  Bq/a；
- 碘  $8.0 \times 10^{10}$  Bq/a；
- 长寿命粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )  $2.0 \times 10^{11}$  Bq/a；
- 氚  $6.0 \times 10^{13}$  Bq/a；
- C-14  $2.8 \times 10^{12}$  Bq/a。

本工程运行状态下，气载流出物的年排放量申请值归纳如下：

- 惰性气体  $9.09 \times 10^{13}$  Bq/a，为厂址年排放量控制值的 3.79%；
- 碘  $6.45 \times 10^8$  Bq/a，为厂址年排放量控制值的 0.81%；
- 长寿命粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )  $7.16 \times 10^7$  Bq/a，为厂址年排放量控制值的 0.04%；
- 氚  $5.67 \times 10^{12}$  Bq/a，为厂址年排放量控制值的 9.45%；
- C-14  $7.65 \times 10^{11}$  Bq/a，为厂址年排放量控制值的 27.32%。

均满足厂址年排放量控制值的要求，且为厂址其它机组留有足够的余量。

## （2）照射途径

本工程运行状态下，气载流出物释放到环境后对公众的照射途径可归纳为：烟云浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射、食入农牧产品内照射。详见图 6.2-1。

## （3）评价模式

根据气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，计算了气态途径释放的放射性物质对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。

## （4）剂量计算

根据《福建福清核电厂 3、4 号机组厂址气象观测资料（2011~2014 年）统计分析总结报告》中给出的厂址气象铁塔 70m 高度风向、风速、大气稳定度、降水联合频率表可知：厂址附近以中性（D 类）天气为主，频率为 69.56%，不稳定的 A、B、C 三类天气的频率总和为 22.48%，稳定的 E、F 类天气频率总为 7.91%；全年主要风向为 NNE，风频为 31.87%；次主要风向为 NE，风频为 25.81%；年平均风速为 7.6m/s，静风频率占 0.29%。

厂址地处突入兴化湾的岐尾山，北、南、西三面环海，仅东北侧与陆地连接，气载流出物在大气中迁移和扩散条件较好。

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）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $1.83 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 、 $1.80 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$  和  $1.79 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ， $1.95 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。

### 6.2.1.2 液态流出物的辐射影响

#### （1）排放源项

本报告以第一章给出的排放量申请值作为运行状态下申请首次装料阶段环境影响评价的液态流出物排放源项。

本工程 2 台机组运行状态下，液态流出物年排放量申请值低于本报告第一章给出的厂址年排放量控制值：

- 氚  $3.0 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；
- C-14  $6.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 其余核素  $2.0 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

本工程运行状态下，液态流出物的年排放量申请值归纳如下：

- 氚  $6.30 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ，为厂址年排放量控制值的 21.0%；
- C-14  $5.58 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，为厂址年排放量控制值的 9.30%；
- 其余核素  $4.50 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，为厂址年排放量控制值的 22.50%。

均满足厂址年排放量控制值要求，并为本厂址其它机组留有余量。

#### （2）照射途径

本工程运行状态下，液态流出物排放到兴化湾，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，岸边沉积造成的外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程为滨海厂址，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。

#### （3）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 范围内公众的最大个人有效剂量。

#### （4）剂量计算

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  $3.12 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 、 $1.81 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$  和  $1.64 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ， $6.35 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。

#### （5）间歇排放浓度评价

本工程运行状态下，液态流出物排放是按照间歇排放方式进行的，液态流出物以槽式排放的方式与冷却水混合后排出。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  $4.95 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 、 $3.61 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 、 $3.43 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$  和  $2.59 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。在各年龄组中成人组的剂量最大，占本工程（福建福清核电厂 3、4 号机组）个人剂量约束值（ $0.08 \text{mSv/a}$ ）的 6.18%，满足个人剂量约束值的要求。

## 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 3、4 号两台机组正常运行时，由于液态流出物的排放，所致周围水体中水生生物的辐射剂量水平，同时还考虑了福建福清核电厂 1~4 号四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 3、4 号机组正常运行时，液态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计算。

### 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（ERICA 推荐所有生物的筛选值为  $10 \mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物体的浓度限值即为环境介质浓度限值（EMCL），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 3、4 号两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 3、4 号机组正常运行时，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 3、4 号两台机组正常运行时，厂址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 3、4 号机组正常运行时，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 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近海域水生生物是安全的。

### (2) 福建福清核电厂 1~4 号四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 1~4 号四台机组正常运行时，近区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 1~4 号四台机组正常运行时，厂址附近海域水生生物是安全的。

## 6.3 其它影响

福建福清核电厂运行对环境的其它影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

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；
- 循环系统排水；
- 废水处理；
- 氯化处理；
- 放射性废物处理。

### 6.3.1 除盐过程产生的废水

此类废水中的主要化学物质是树脂再生废水中的 NaCl。

树脂床再生循环废水的 NaCl 排放浓度很低，与海水中天然 NaCl 浓度相比是很低的，参照大亚湾海域环境测试中测到的浓度在  $29.19\sim 32.83\text{g/L}$  范围。再经兴化湾海水稀释后，其浓度更低，并且 NaCl 是非毒性的。也不会影响兴化湾的海水质量。

### 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，这类水排放入兴化湾水域，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 3、4 号机组运行期间主厂区内生活污水收集至生活污水处理站 ED3，ED3 的设计规模为  $200 \text{ m}^3/\text{d}$ ，经生化工艺处理，其出水水质达到《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 虹吸井排至大海大海，最大排放量约为  $190 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

福清核电厂 3、4 号机组主厂区内废油和非放射性水收集至 8FS，8FS 的规模为  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ，经过油水分离设施处理，其出水水质达到《污水综合排放标准》（GB8978）中的一级排放标准(含油类 $<5\text{mg/L}$ )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；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，最大排放量近  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918 一级标准的 B 标准、《污水综合排放标准》GB8978 中的一级标准均允许排入《海水水质标准》GB3097 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  $190 \text{ m}^3/\text{d}$ ，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 中三类功能区域标准。

### 6.3.4 余氯排放

循环水系统的余氯来自循环水处理系统，该系统对流经循环水系统的海水作连续加氯处理，即不断加入次氯酸钠溶液使其浓度达到  $1\text{mg/L}$ ，这个浓度可以防止海洋生物在管道内和排放口繁殖，以避免因其繁殖而导致的管道断面缩小、阻力增加和流量的降低。由于次氯酸钠溶液产生的游离态氯在核电站释放的化学物质中数量最大而且具有生物毒性，因此在分析核电站化学物质排放对海水水质及海洋生物影响时，重点分析余氯的影响。

次氯化物注入海水会产生下列产物：

- 次氯化物与海水中大量溴盐（ $\approx 60\text{mg/L}$ ）作用产生次溴化物离子；
- 在海水中产生少量游离溴或游离氯；

#### — 次溴化物或次氯化物与含氮有机物作用产生化合态的氧化剂。

海水中的余氯包括游离态余氯和化合态余氯，加入冷却海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。化合态余氯为氨氮和有机胺与氯化合而成的氯氨，如一氯胺（ $\text{NH}_2\text{Cl}$ ）二氯胺（ $\text{NHCl}_2$ ）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余氯在海区中的稀释与扩散。冷却水排入海区后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断地与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余余氯亦得到稀释，不断扩散到兴化湾海区中去，并进一步得到消耗。

循环水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度约为 0.15mg/L 左右。根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1mg/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 0.05mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3mg/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 0.3mg/L 左右时，幼鲈的不孵化率为 36%，浓度为 0.05mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

根据研究报告，余氯计算结果，福建福清核电厂 1~4 号机组实施后，余氯全潮平均浓度 0.02mg/L、0.01mg/L、0.0015mg/L 等值线最大包络面积分别为 0.24km<sup>2</sup>、0.65km<sup>2</sup>、1.9km<sup>2</sup>；余氯全潮最大浓度 0.02mg/L、0.01mg/L、0.0015mg/L 等值线最大包络面积分别为 0.65km<sup>2</sup>、1.6km<sup>2</sup>、7.1km<sup>2</sup>。由此可见，福建福清核电厂 4 台机组装机容量下余氯排放的影响区域仅在排水口附近海域，对海洋生物的影响范围有限。

另一方面，由于海区其他部分的补偿和生态系的调节功能，以及温排水在冬季的升温作用有利于生物生长，可以相当程度地减轻这些损失。

### 6.3.5 液体放射性废物处理的化学废水

此类废水的化学成分由两部分组成：

#### — 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很低，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 6.2 节论述。即使这些核素中有一些对环境可能是有一定影响的，但由于这些核素含量甚微，因此，这些核素对兴化湾海域的化学影响比起辐射影响可以忽略不计。

## 6.4 退役计划

### 6.4.1 概述

对核电厂来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括去污、厂内设备和设施的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在场址选择、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 3、4 号机组工程将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

### 6.4.2 退役策略选择

目前国际原子能机构将退役策略分为三种：立即拆除、延迟拆除和就地埋葬。

(1) 立即拆除是将被放射性污染的设备、结构和设施的污染部分移除或者去污至允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。在这种情况下，退役执行活动在运行停止后的短时间内就开始进行。这个策略隐含指出退役项目应该立即完成，包括将设施中的所有放射性材料移除至另一个新的或者已经存在的有资质的设施中进行长期贮存或者处置。

(2) 延迟拆除是将设施被放射性污染的部分处理或者放置在一定条件下一段足够的时间，直到可以进行后续的去污和/或拆除等操作，从而最终达到允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用的策略。

(3) 就地埋葬策略是将放射性物质长期安全包容在场址，直到其放射性衰变至允许设施无限制开放或者由监管机构有限制开放的水平策略。

立即拆除策略要求在核电站停止运行后的短时间内就开始进行退役，在这种情况下，核电站内部分区域的放射性水平较高，要求采用更为先进的技术并对工作人员提供更为严格的保护以降低工作人员所将受到的辐射照射；延迟拆除也许会减少退役所产生的放射性废物的量，并减少对现场人员的辐射照射，但有可能因延迟拆除导致出现系统包容性恶化、档案资料散失、人员流失及长期监督维护需要高额费用支撑等缺陷；就地埋葬策略仅拆除部分设施，可在一定程度上节省退役费用、减少职业照射、对废物处置设施的依赖性小，但此种策略将放射性物质直接包容在场址，本质上相当于进行近地表处置，需要对场址进

行作为处置设施的评估，应确保埋葬方案能够对有害物质实现有效密封和屏蔽。

上述三种策略各有利弊，具体选择何种策略需要充分考虑核电站所在国家有关退役的法规政策、放射性废物管理能力、从事退役的工作人员、退役费用估算和筹资方式、其他机组的影响、退役技术发展及其对安全及环境的影响等方面的因素，满足核电站所在国家的放射性废物管理和核能发展战略要求。

福建福清核电厂 3、4 号机组在设计中充分考虑了各退役策略的相应可选退役方案的需求，使得对拆除技术和辐射防护水平要求相对较高的立即拆除策略的实现成为可能。如果采取延迟拆除的策略需要注意在拆除之前的封存期间保证足够的监护措施，确保设施安全。而封存之后的拆除由于放射性在一定程度上的衰变，可能会带来拆除技术上的简化。

综合比较各策略并考虑到国际上退役领域的发展趋势以及退役拆除技术的水平，针对福建福清核电厂 3、4 号机组退役推荐选择立即拆除的退役策略。

### 6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部門要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。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門的相关规定。

### 6.4.4 退役方案简述

福建福清核电厂 3、4 号机组的退役，考虑需要经历停运过渡——厂房内放射性物项拆除——建（构）筑物去污、拆毁——场址清理等几个主要步骤，下面对退役方案简要介绍如下：

在停运过渡阶段进行必要的系统倒空、系统串洗等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平，并在退役工作开始前新建必要的废物处理设施，可接收大型设备进行解体切割，并具备所需的废物处理整备手段，确保废物出路畅通。

退役拆除阶段，按照退役方案中确定的退役顺序，对存在放射性的厂房内物项进行拆除。拆除时对于放射性水平较高的部件（如反应堆压力容器、堆内构件等）采取远距离遥控水下解体的拆除方式；对于大型设备（如蒸汽发生器、稳压器、主泵等），可将其移至新建废物处理设施进行解体，尽量选择冷切割工具，当冷切割不能满足切割要求时，辅以热切割方式，并在热切割工位旁设置移动式通风装置，为了减少人员辐照剂量或降低工作人员劳动强度，可选择使用机器人或自动切割设备进行切割拆除等操作；对于轻微污染的设备，经必要的擦拭去污后进行拆除，经检测达到解控标准后暂存，经审管部门认可后解控；对于电缆及其架桥等物项，经表面擦拭去污后，送至新建废物处理设施进行剥离等处理，达到解控标准的可解控。

当厂房内物项全部拆除完毕后，对建（构）筑物墙、地面的放射性水平进行源项调查，根据调查结果制定相应的去污方案；之后对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污，直至解控。

最后，当厂房全部去污完毕后，进行场址清理工作，对场址内污染地面的土壤进行分类收集。根据退役目标对建（构）筑物进行拆毁，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

#### 6.4.5 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。

福建福清核电厂 3、4 号机组在最初设计时考虑了将来退役的便利性，并遵循以下原则：

- （1）任何为方便退役所采取的设计措施，都应符合现有国家法规和标准的要求。
- （2）方便退役的措施应遵循放射性废物最小化的原则。
- （3）对材料选择、系统和设备、厂房布局和设备布置的设计，应方便去污、拆除，

方便退役操作、设备的转移。

（4）为核电厂退役而考虑的措施，应避免与设施安全可靠运行及维护等主要目的相互抵触。

（5）必要时进行利益代价分析，确保方便退役措施的合理性。

#### 6.4.5.1 主要系统和设备设计

##### （1）易清洁性

为了减少污染积累和减少后续去污的困难，系统设备、管道及部件选用耐腐蚀、易清洁去污的材料。例如与放射性废液接触的设备均采用不锈钢材料。贮槽及其他设备设计尽量采用了简单设计，避免设备有较复杂的内部构件以减少可能的放射性物质的沉积。

接触和处理放射性液体的系统管道在设计上尽量避免存在弯管或液封，减少了放射性物质的沉积。并且管道尽量采用焊接，尽量减少法兰、接头及弯头等可能造成放射性物质沉积部件的使用。管道设有足够的坡度，并且管道设有疏排管线以保证管道内液体的排空。

##### （2）可拆除性

核岛内工艺设备在核岛厂房内的安装位置、安装方式以及安装路径均由核岛设备运输安装路径文件规定。该文件对箱罐类、泵及电机及其他附件、热交换器、除盐器、过滤器、冷冻机组、冷却器、消音器以及大型阀门的安装状况进行描述，并对这些设备安装、吊运过程中所使用的吊装设施进行描述。退役期间可以参考核岛设备运输安装路径文件对涉及的核岛工艺设备进行整体拆除、吊运出核岛厂房，或根据设备实际状况进行合理的拆除方案。

#### 6.4.5.2 系统设备布置

（1）大部分的放射性阀门和设备被集中布置在单独的隔间内实现实体隔离，将放射性尽量集中到某一处，方便快速集中处理；

（2）为便于操作位于放射性控制区的阀门，设置必要的阀门远传装置；

（3）设计时考虑了设备运输通道、吊装设备以及检修空间，这些也可以用来设备的拆除；

（4）主回路设备如压力容器、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵可以采用整体拆除方式，主设备运输通道及厂房外部的龙门架将一直保留，方便拆除这些大设备时使用；

（5）输送反应堆冷却剂或其它放射性液体管道尽量减少产生死区，以防止系统中杂质的沉积。尽可能缩短放射性管道长度；

（6）管道保温材料采用易于拆除的结构型式。

#### 6.4.5.3 限制系统污染主要采取了以下措施：

(1) 在设计阶段划分辐射分区，识别在正常和事故情况下可能受到污染的区域，放射性系统和非放射性系统分开布置；

(2) 放射性废液储罐所在房间设置滞留池，防止废液蔓延；

(3) 所有带有放射性的房间地面在设计时均设计有一定的坡度，在地面的最低点设置有集水疏水地漏，通过专门的系统管线将废水收集到一起集中处理；

(4) 系统管道设置合理的坡度及疏水阀，保证实现系统的完全疏水。

#### 6.4.5.4 便于房间和设备去污的布置

(1) 反应堆厂房内层安全壳设置钢衬里，大大方便了反应堆厂房的清洁作业和后续拆除；

(2) 所有带有放射性的房间墙面、地面以及天花板均采用耐辐照的涂层，这种表面涂料可以方便去污和清除，而且可以防止污染下层的混凝土表面；

(3) 所有的水下壁面均提供涂层或者钢衬里设计，保证废水不会对混凝土造成污染，这些混凝土可以重复使用。换料水池和乏燃料水池均设置了钢衬里；

(4) 采取措施防止设备表面污染物沉积；设备周围设置足够空间，方便去污操作。

#### 6.4.5.5 便于拆除阶段人员进出的措施

(1) 主要设备周围均设置通行区域，可以快速的将设备拆除运走，放射性装备均有专门的运输路径，在拆除时可以按照设计好的路径快速移除。所有这些措施都可以大大减少人工操作时的辐照水平和操作时间；

(2) 为运行和检修设计的人员通道，可在退役阶段使用。

#### 6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核电厂竣工文件、所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核电厂运行的几十年期间，因核电厂的变更和改进，这些文件与核电厂的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。相对应的措施包括：

(1) 工程设计文件应该随时更新；

(2) 应确保在核电厂寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；

(3) 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。已经采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

(4) 与运行相关的图纸和图表，包括：机械和电气图、电缆敷设图、管道等轴图、



布置图、贯穿件图、部件详细资料、钢筋图、组装专用工具图和所有设备以及反应堆装置的 3D 数字模型图；

(5) 对于选择性操作，允许使用和修改设备和构筑物的其他文件（例如吊装机械的设计，专用工具，地板，承载结构，制造和设备规格书，土工技术试验结果）；

(6) 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将承受高放射性和污染的部件；

(7) 数量清单：混凝土量、钢筋吨数、电缆长度等验收文件，施工中使用的材料样本，这些样本可用来检查杂质，受辐照材料的强度数据、耐腐蚀能力等，同时也能够用来区分初始放射性和由于反应堆运行导致增加的放射性，特别是对于施工中采用的有初始人工放射性的材料；

(8) 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；

(9) 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；

(10) 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件（方位图、图片检测、各种取样等等）。

最后两点特别需要通过监查清洁/废物分区的演变来确保。

厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

#### 6.4.7 退役费用的考虑

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，并列入投资概算或者生产成本。根据 NB/T 20048-2011《核电厂建设项目经济评价方法》，福建福清核电厂 3、4 号机组的退役基金将按核电站建设工程固定资产原值的 10%计提，从投产后第一年开始平均提取。

#### 6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有相关部门负责完成此项工作。

核电厂退役工程分两个阶段，第一个阶段为电厂的安全关闭期，第二个阶段为电厂退役期。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动，组织机构与生产运行阶段的组织机构相对应，在这一阶段将进行一系列的计划和调整，使核电厂从管理构架和硬件状态等方面都适应退役的目标和要求。

这个阶段是经历人员编制从适于运行到适于退役调减的主要过程，人员编制首先满足

安全关闭期工作的需要，并且在安全关闭活动结束的时候人员编制应调整到适于退役期拆除活动的技术、实施和管理需求。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和厂址清理，使厂址最终无限制开放。

#### 6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：

（1）（核电厂退役策略选择受多种因素影响，在本核电厂建造可行的前提下，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，建议将来采用立即拆除策略。

（2）福建福清核电厂 3、4 号机组在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，将来建造和运行阶段也应继续对退役工作进行充分考虑。

（3）在核电厂安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

核电厂退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，进行专门退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。

表 6.1-1 模型比尺参数

$Q_r$	$V_r$	$n_r$	$t_r$	模型最大热水流量
$3.5 \times 10^5$	10	1.15	35	1246cc/s

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

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 <sup>2</sup> )				
			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

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 <sup>2</sup> )				
			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

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 (1/2) 温升影响区最大顺、离岸距离

装机容量 MW	夏季潮型	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	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

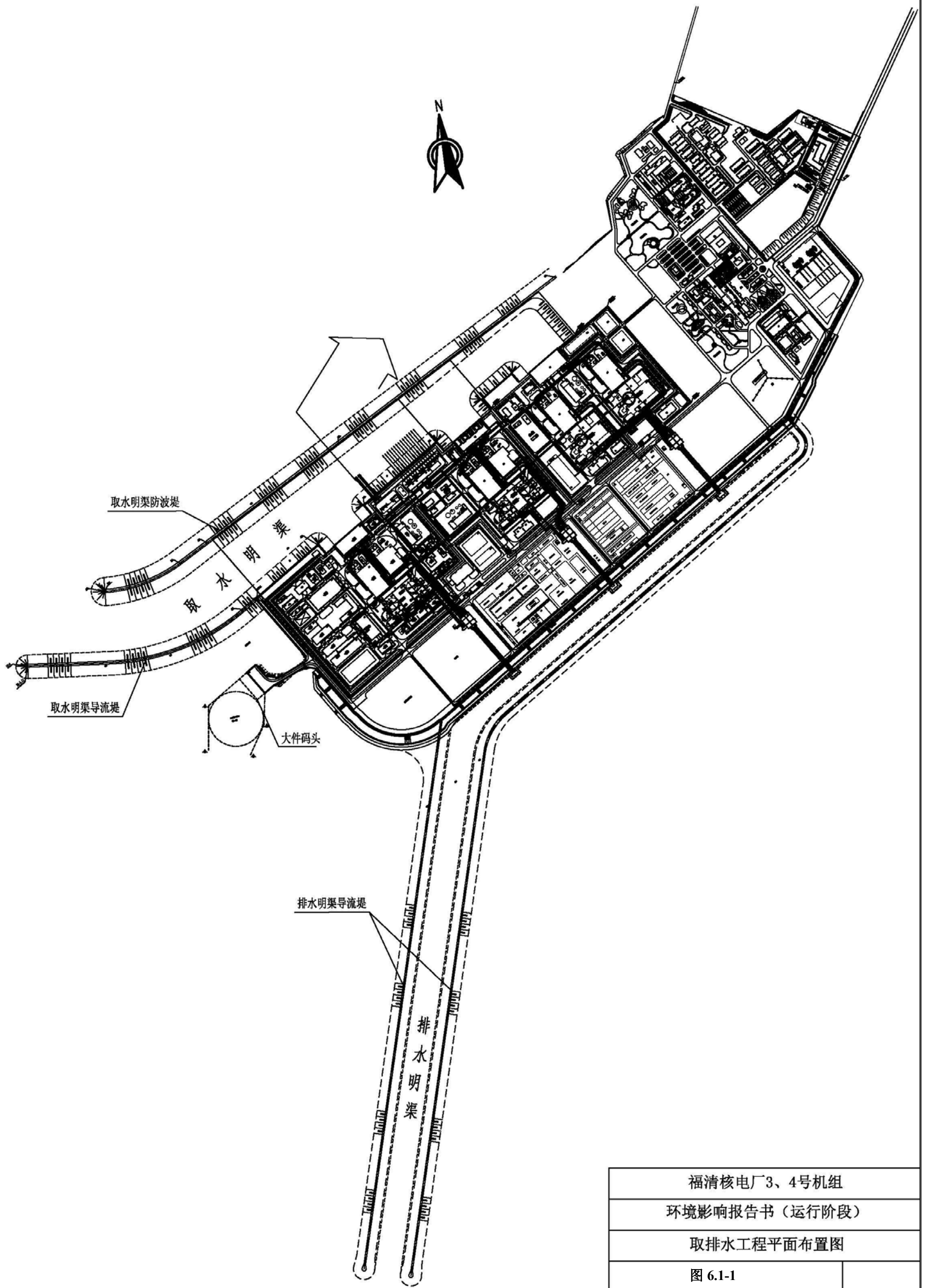
表 6.1-5 (2/2) 温升影响区最大顺、离岸距离

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

表 6.1-6 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			





福清核电站 3、4 号机组	
环境影响报告书（运行阶段）	
取排水工程平面布置图	
图 6.1-1	

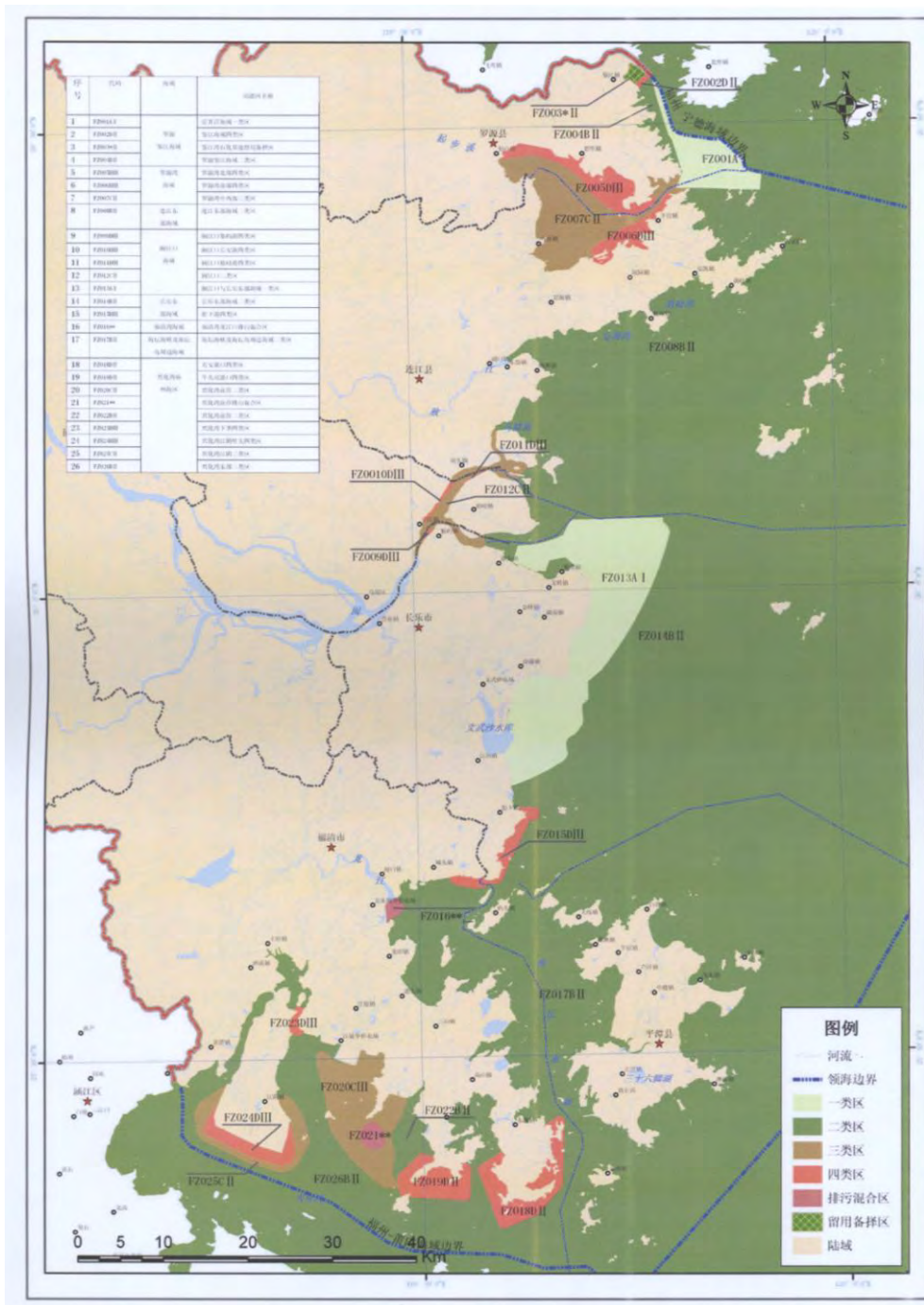


图 6.1-2 近岸海域环境功能区划图

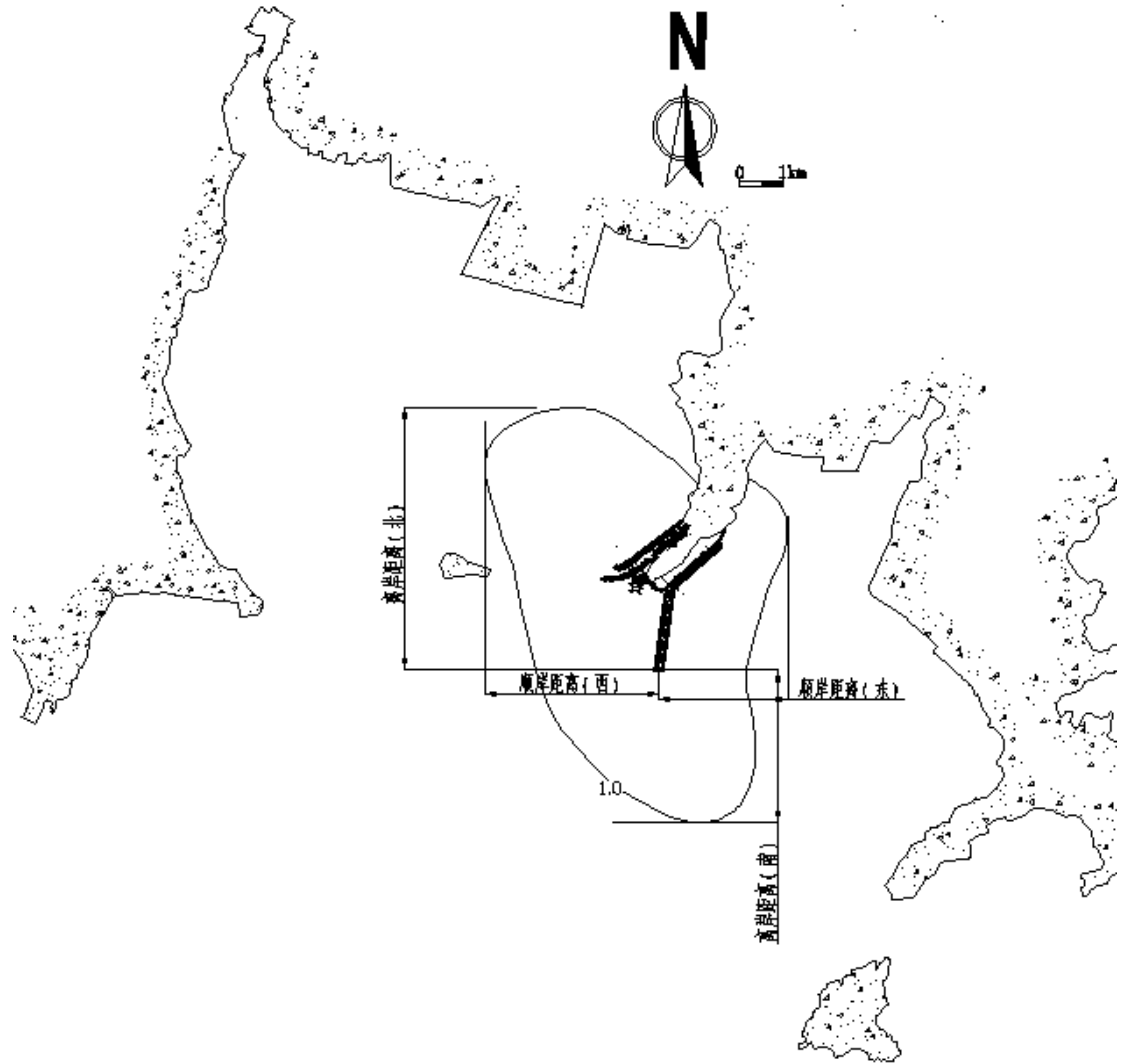


图 6.1-3 温升包络面积顺离岸距离量测示意图

## 第七章 电厂事故的环境影响

<b>7.1 电厂放射性事故</b> .....	<b>1</b>
7.1.1 事故描述.....	2
7.1.2 事故后果计算.....	5
7.1.3 事故后果评价.....	6
<b>7.2 放射性物质运输事故</b> .....	<b>7</b>
7.2.1 新燃料运输事故.....	7
7.2.2 乏燃料运输事故.....	7
7.2.3 放射性固体废物运输事故.....	7
<b>7.3 其他事故</b> .....	<b>8</b>
<b>7.4 事故应急</b> .....	<b>9</b>
7.4.1 制定应急计划的主要依据.....	9
7.4.2 应急组织及其职责.....	9
7.4.3 核电厂应急准备组织与职责.....	9
7.4.4 核电厂应急响应组织与职责.....	11
7.4.5 各级应急组织及其接口.....	16
7.4.6 应急状态分级.....	18
7.4.7 应急响应设施和设备.....	20
7.4.8 应急计划区的划分.....	25
7.4.9 应急专项预案.....	26

## 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，需要对核电站设计基准事故的潜在照射后果进行评价。采用法国 RCC-P 的核电站运行工况分类，即按照预计事件发生频率和潜在的放射性后果对公众的影响，将运行工况分成下述四类：

- I 类工况：正常运行和正常运行瞬态；
- II 类工况：中等频率事件；
- III 类工况：稀有事故；
- IV 类工况：极限事故。

这四类工况分别对应《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的正常运行、预计运行事件、稀有事故和极限事故。

根据最终安全分析报告中的分析结论，本章针对福建福清核电站 3、4 号机组设计基准事故中有环境后果的 8 个设计基准事故、2 个特殊工况的进程进行描述，采用福建福清核电站厂址气象数据，评价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。

福建福清核电站 3、4 号机组所考虑的主要设计基准事故如下：

- 失水事故
- 弹棒事故
- 蒸汽发生器传热管破裂事故
- 主蒸汽管道破裂事故
- 燃料操作事故
- 化容系统容积控制箱破裂事故
- 废气处理系统衰变箱破裂事故
- 蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故

另外评价了两个特殊工况：

- 最终热阱丧失事故
- 主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故

上述事故中包含了 8 个设计基准事故和 2 个特殊工况。其中，失水事故，弹棒事故，主蒸汽管道破裂事故，燃料操作事故，蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故属于 GB 6249-2011 中规定的极限事故；蒸汽发生器传热管破裂事故，废气处理系统衰变箱破裂事故，化容系统容积控制箱破裂事故属于 GB 6249-2011 中规定的

稀有事故；最终热阱丧失事故及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，按照极限事故进行评价。

## 7.1.1 事故描述

### 7.1.1.1 失水事故

假想的失水事故（LOCA）中，假定一根主冷却剂管道双端断裂，反应堆冷却剂通过管道的破口大量泄出，当压力低于安全注入整定值时，安注系统投入以确保堆芯的完整性，同时，喷淋系统动作，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。裂变产物通过安全壳泄露进入环境中。

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。

反应堆冷却剂中的放射性物质通过两个途径释放到大气中，通过安全壳泄露释放和通过主蒸汽安全阀释放。

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 RCP 向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向冷凝器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和（或）大气释放阀向大气排放。

该事故属于稀有事故。

### 7.1.1.4 安全壳外主蒸汽管道破裂事故

主蒸汽系统管道失效是由主蒸汽系统管道破裂引起的。最保守的假设是主蒸汽系统管道双端剪切断裂，这是引起一回路最大程度冷却的工况。从破口喷放的蒸汽导致事故初期蒸汽流量增加，之后随着蒸汽压力的下降，破口蒸汽流量逐渐减小。蒸汽发生器二次侧排热的增加导致反应堆冷却剂温度和压力下降，由于慢化剂的负反馈效应，反应堆内会引入正反应性。如果停堆后一束最大价值的控制棒卡在全提出位置，则事故过程中反应堆很可能重返临界，堆芯最终需要安注系统注入的硼酸来进入停堆状态。

安全壳外主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。

### 7.1.1.5 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(这种情景后果最大)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。

### 7.1.1.6 容积控制箱破裂事故

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。

容积控制箱破裂事故属于稀有事故。

### 7.1.1.7 废气系统衰变箱破裂事故

废气处理系统（TEG）的功用在于滞留衰变反应堆冷却剂中的裂变气体，以及处理和释放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。

除了有关 RCV 罐的气相活度外，其它假设与基本负荷运行工况相似。实际上，在这种情况下，RCV 罐气相活度对应于负荷跟踪运行工况下的一回路活度，即瞬态工况下观测到的峰值活度。

考虑基本负荷运行及负荷跟踪运行两种情况来计算该事故的环境排放源项。

废气系统衰变箱破裂事故属于稀有事故。

### 7.1.1.8 蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故

本瞬态分析基于下列假设：

1) 在一次侧向二次侧泄漏量减小到零之前，破损蒸汽发生器满水，该蒸汽发生器的安全阀存在过水而失效的可能。

2) 假设破损蒸汽发生器的大气释放阀打开失效，这台蒸汽发生器的某个安全阀就存在过水而失效的可能。

3) 假设该安全阀过水而失效，并处于完全卡开状态。

对本特定事故，只有当蒸汽发生器一、二次侧和大气的压力达到平衡时破口流量才会终止。

由于大气释放是在含有大量的一回路放射性的蒸汽发生器的安全阀卡开时发生的，因此本事故瞬态的放射性后果是这类事故中最严重的。

蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故属于极限事故。

### 7.1.1.9 主蒸汽管断裂外加 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：

1) 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）；

2) 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。

该事故相当于发生在安全壳外的一回路管道破裂事故（通过破损蒸汽发生器）。

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，采用现实性假设进行分析，其放射性后果按照极限事故进行评价。

### 7.1.1.10 最终热阱丧失事故

最终热阱丧失的原因可能是：

1) 重要厂用水系统（SEC）泵站阻塞或重要厂用水泵丧失，

2) 设备冷却水（RRI/SEC）热交换器结垢或设备冷却水泵丧失。

在这种情况下，一个系列各泵的共用排放管道上的低压监测器触发该运行系列各泵之间的正常—应急功能转换，并在延迟 20 秒后，触发两个系列之间的正常—应急功能转换。如果这种应急恢复措施无效（泵站阻塞或 SEC 泵失效），则两个系列的泵排放管的低压信号表明已经发生该事故，并在延迟 50 秒后发出“SEC 完全丧失”报警。



如果 RRI/SEC 热交换器的压降超过正常值，就可检测出发生了结垢或阻塞。在这种情况下，自动控制电路不会触发正常—应急功能转换。热交换器压差过大与“另一系列停运”信号同时出现，触发“SEC 完全丧失”报警。

设备冷却水系统（RRI）完全丧失可能是因为：

3) 4 台设备冷却水泵完全丧失。该事件由每个系列联箱排放管上的低压报警指示；  
4) 或者 RRI 两个系列都失去冷却水，并且不能由自动补水系统补偿（例如向系列间热交换器供水的某一段管道破裂并同时发生管线间隔离失效或者一个系列不能工作）。该事件可能导致泵汽蚀并产生与上述情况相似的征兆：触发每个 RRI 系列联箱排放管的低压报警。

最终热阱丧失事故属于特殊工况，其放射性后果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 3、4 号工程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 程序进行计算。

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，联合频率采用厂址 2011~2012、2013 三年统计的风向、风速、大气稳定度的 10m 高度的三维联合频率。根据 GB 6249-2011 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以及甲状腺当量剂量。

剂量后果计算采用的吸入剂量转换因子、浸没照射剂量转换因子和地面照射的剂量转换因子，包括有效剂量和甲状腺当量剂量转换因子，取自 GB18871、ICRP 71 号出版物和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。

### 7.1.3 事故后果评价

#### 7.1.3.1 评价标准

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 的规定：

在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 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。

#### 7.1.3.2 事故后果评价和分析

1) 由计算结果可以得到：

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，该事故导致在非居住区边界上公众（事故后 2h）可能受到的最大有效剂量为  $9.94E-04Sv$ ，甲状腺当量剂量为  $1.97E-02Sv$ ；导致在规划限制区边界上的公众（事故持续期间）可能受到的最大有效剂量为  $6.59E-05Sv$ ，甲状腺当量为  $1.3E-03Sv$ 。均低于 GB 6249-2011 中对稀有事故的剂量控制值要求。

在各类极限事故中，放射性后果最严重的是控制棒弹出事故，该事故导致在非居住区边界上公众（事故后 2h）可能受到的最大有效剂量为  $1.13E-02Sv$ ，甲状腺当量剂量为  $1.48E-01Sv$ ；导致在规划限制区边界上的公众（事故持续期间）可能受到的最大有效剂量为  $1.26E-03Sv$ ，甲状腺当量为  $1.82E-02Sv$ 。均低于 GB 6249-2011 中对极限事故的剂量控制值要求。

2) 各类事故和特殊工况中从有效剂量后果排序：

稀有事故：蒸汽发生器传热管破裂事故 > 废气系统衰变箱破裂事故 > 化容系统容积控制箱破裂事故。

极限事故：控制棒弹出事故>燃料操作事故>蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故>失水事故>主蒸汽管道破裂事故。

特殊工况：一根主蒸汽管道破裂同时 100 根传热管破裂事故>最终热阱丧失事故

综上所述，福建福清核电厂 3、4 号机组设计基准事故对非居住区边界及规划限制区边界处的公众造成的有效剂量及甲状腺当量剂量均小于 GB 6249-2011 的相关剂量控制值，事故剂量后果满足国标的要求。

## 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 3、4 号机组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《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

新燃料组件及其运输容器的抗震和密封性能在正常运输条件下能确保运输的安全，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。燃料组件的厂内操作利用燃料操作系统（PMC），PMC 系统的设计满足相关规范和标准的要求，能够保护现场工作人员和居民免受过量的放射性辐照、防止燃料组件的意外临界和防止放射性物质不可接受的释放。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核电站的乏燃料运输工作。大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

### 7.2.3 放射性固体废物运输事故

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，然后用专用车

辆运往厂内废物暂存库，在其间贮存一定年限后，再运往中、低放废物处置场。厂内运输卡车设有司机室屏蔽铅板，车厢设有钢敷面，车厢侧板能够防止运输过程中废物遗失和跌落。通过放射性废物本身的性能和废物容器的保护以及专用的运输车辆保证了放射性废物的厂内运输的安全。

放射性固体废物的厂外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。此外，废物桶的设计和制造符合《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》（EJ1042-1996）的要求，废物体的性能满足《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》（GB14569.1-2011）的要求，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《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB 12711-1991）的要求，确保运输人员和沿途居民的安全和健康。即使在运输过程中废物桶从运输车辆掉落，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，也可以采取措施收集，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。

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外，都不是直接易爆的化学物。氢气和氮气是一起作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧。清除覆盖气体时，是将这些气体排入放射性废气处理系统的衰变箱内。废气处理系统中配备有氢氧监测器，氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，因而不会发生氢气爆炸事故。

福建福清核电厂 3、4 号机组的防火设计严格执行有关的设计规范，贯彻“预防为主，防消结合”和“纵深防御”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。尽量使用非易燃的建筑材料和设备，对易产生火灾的物品要选择好安全贮存的位置。在设计中要考虑限制火灾蔓延的措施和设施。

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。对运输和装卸采取一些保护措施，确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保守的设计，保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏液也能被收集，不会释放到环境中。因此酸碱溶液在运输、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 制定应急计划的主要依据

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在核电厂在选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急计划审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。

### 7.4.2 应急组织及其职责

福建福清核电有限公司（FQNPC）作为福建福清核电厂的营运管理单位，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，负有如下主要责任：

- （1）贯彻执行国家关于核事故应急工作的方针、政策和法规；
- （2）制定福建福清核电厂场内应急计划，建立组织，做好福建福清核电厂的场内应急准备；
- （3）确定核事故应急状态等级，统一指挥福建福清核电厂的应急响应行动，并向福建省核事故应急委员会提出进入场外应急状态和采取公众防护行动的建议；
- （4）按规定及时向国防科工局（国家核事故应急办公室）、国家环境保护部（国家核安全局）、福建省核事故应急委员等有关部门报告事故情况，提供必要资料；
- （5）配合和协助地方应急组织的应急准备和应急响应。

### 7.4.3 核电厂应急准备组织与职责

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有全面责任。各分管副总经理、各处室负责人、电厂员工以及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）FQNPC 总经理

FQNPC 总经理对福清核电厂的核安全负直接责任，在应急计划与准备方面个体负责：

- 1) 贯彻执行国家有关核事故应急的方针、政策和法规、标准；

- 2) 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；
- 3) 在事故应急状态下担当应急总指挥。

#### (2) FQNPC 副总经理

副总经理、总经理助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，在应急状态下根据总经理的授权担任应急总指挥。

#### (3) 各处室负责人

各处室负责人为本处室应急计划与准备的负责人，职责如下：

- 1) 根据应急计划和有关程序领导本处室的应急准备，包括人员培训及本处室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；
- 2) 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，领导本处室员工正确采取应急防护行动。

#### (4) FQNPC 员工

FQNPC 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，参加应急演练和演习，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) 其它非 FQNPC 单位和外驻单位

福清核电厂场区范围内所有单位，包括福清核电厂承包商、提供支持服务的单位和驻福清核电厂履行安全监督、消防保卫等职责的单位，应根据应急计划和有关程序的要求进行应急准备，并在应急状态下采取正确的响应行动。

#### (6) 应急计划与准备的管理部门

保健物理处作为福建福清核电厂建设、调试和运行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：

- 1) 组织编写和修订场内应急计划、应急领域程序，管理和协调电厂场内应急准备工作；
- 2) 就应急计划与准备工作与场外应急组织联络、协调；
- 3) 定期核查各应急设施的应急准备情况，包括设施、设备、器材和文件资料，试验通讯和报警系统；
- 4) 支持培训处对核电厂所有员工和外协单位人员进行基本的应急培训；
- 5) 编制应急响应工作人员专项培训计划，支持各应急响应组进行启动与响应培训、专业技术培训和应急演练，监督和考评单项应急演练；
- 6) 保持核电厂应急指挥中心随时可用；

7) 组织编写综合/联合应急演习的演习方案与总结报告，编制应急准备年度计划与总结报告；

8) 跟踪应急准备改进计划的执行。

#### 7.4.4 核电厂应急响应组织与职责

##### 7.4.4.1 场内应急响应组织结构

福清核电厂场内应急响应组织（以下简称“应急组织”）由应急指挥部及其领导下的运行控制一组、运行控制二组、应急抢修一组、应急抢修二组、安全防护组、网络保障组、应急秘书组、技术支持组、设备支持组、公众信息组、消防保卫组、后勤保障组、建安调试组以及应急救援分队组成。应急组织机构见图 7.4-1。

##### 7.4.4.2 应急响应组织的组成及职责

###### 7.4.4.2.1 应急指挥部的组成及职责

应急指挥部是福清核电厂应急响应期间最高决策机构，全面负责和指挥福清核电厂场区内应急响应行动和应急防护行动，以及与国家、地方及行业主管部门等场外应急组织进行联系和协调。协调、组织场内恢复行动。

应急指挥部由应急总指挥、运行副总指挥、安全副总指挥、技术副总指挥、公众信息副总指挥、后勤保障副总指挥、在建工程副总指挥组成。

###### (1) 应急总指挥

应急总指挥负责统一指挥和协调应急状态下福清核电厂场区内应急响应行动，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、福建省核电厂事故应急委员会和中核集团上级部门的联系。应急状态下在应急控制中心指挥室就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 全面指挥场内应急响应行动；
- 2) 批准进入或退出应急待命、厂房应急和场区应急状态；
- 3) 批准应急指挥部对场外应急组织的通告、报告、公众信息等；
- 4) 批准进入或退出严重事故管理导则；
- 5) 批准缓解严重事故采取的应对策略；
- 6) 向场外应急组织或中核集团公司提出应急支援的申请；
- 7) 负责向福建省场外应急委员会提出进入或终止场外应急状态的建议；
- 8) 根据福建省场外应急委员会的批复，宣布终止场外应急状态；
- 9) 全面指挥场区内恢复行动。

###### (2) 运行副总指挥

运行副总指挥负责协助应急总指挥开展运行控制、应急抢修等应急响应行动；应急状态下在应急控制中心指挥就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 负责指挥运行控制一组、运行控制二组、应急抢修一组和应急抢修二组；
- 2) 审核发往场外组织的应急通告和应急报告；
- 3) 向应急总指挥提出进入或退出各级应急状态的建议；
- 4) 向应急指挥部提出应急移动电源接入、应急补水等响应行动的建议；
- 5) 组织、协调、实施应急移动电源接入、应急补水等应急响应行动；
- 6) 参与应急指挥部的决策；
- 7) 组织开展场区内恢复行动。

### （3）安全副总指挥

安全副总指挥负责协助应急总指挥开展安全防护、网络保障、应急秘书、场内应急救援等应急响应行动。应急状态下在应急控制中心指挥室就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 负责指挥安全防护组、网络保障组、应急秘书组；
- 2) 审核向省核应急办提出公众采取应急防护行动建议的报告；
- 3) 向应急指挥部提出场区工作人员采取应急防护行动的建议；
- 4) 组织开展场内应急救援行动；
- 5) 参与应急指挥部决策。

### （4）技术副总指挥

技术副总指挥负责协助应急总指挥开展技术支持等应急响应行动。应急状态下在应急控制中心指挥就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 负责指挥技术支持组；
- 2) 向应急指挥部提出进入或退出严重事故管理的建议；
- 3) 组织开展严重事故管理导则的运作；
- 4) 审核缓解严重事故采取的应对策略；
- 5) 负责协调场外技术支持资源；
- 6) 参与应急指挥部的决策。

### （5）公众信息副总指挥

公众信息副总指挥负责协助应急总指挥开展公众信息等应急响应行动。应急状态下在应急控制中心就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 负责指挥公众信息组；
- 2) 负责审核公众信息相关报告；



3) 参与应急指挥部的决策。

(6) 后勤保障副总指挥

后勤保障副总指挥负责协助应急总指挥开展消防保卫、后勤保障等应急响应行动。应急状态下在应急控制中心就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 负责指挥消防保卫组和后勤保障组；
- 2) 负责组织集合点协调员实施非应急人员集合清点撤离应急防护行动；
- 3) 负责组织场区内出入控制、交通管制、治安维持等响应行动；
- 4) 负责组织厂房外失踪人员的搜救等行动；
- 5) 负责协助开展应急补水行动；
- 6) 参与指挥部的决策。

(7) 在建工程副总指挥

在建工程副总指挥负责协助应急总指挥开展建安调试相关的应急响应行动。应急状态下在应急控制中心就位。主要应急响应职责如下：

- 1) 负责指挥建安调试组；
- 2) 组织、协调实施项目总承包商执行应急防护行动；
- 3) 参与应急指挥部的决策。

#### 7.4.4.2.2 应急响应专业组

(1) 运行控制一组/运行控制二组

如 1、2 号机组区域或场区公共区域发生事故，则运行控制一组为事故机组运行控制组，运行控制二组为非事故机组运行控制组；如 3、4 号机组区域发生事故，则运行控制二组为事故机组运行控制组，运行控制一组为非事故机组运行控制组。应急状态下在主控室就位。

事故机组运行控制组的职责为：

- 应急控制中心未启动前，负责发布应急通知和事故报警信号，事故机组当班值班长代行应急总指挥职责，直至应急总指挥启动到位；
- 按照应急执行程序 and 应急运行规程，控制机组使其引入安全状态，减少事故的后果和影响；
- 初步判断应急状态的等级，并按规定程序将应急事件、异常情况和初步判断的等级及时报告运行副总指挥；
- 向技术支持组提出进入严重事故管理的建议；
- 向应急指挥部、技术支持组、辐射防护组提供有关事故的性质、规模，并向应

急指挥部报告事故发展情况；

- 在紧急情况下，经电厂总经理授权后由事故机组当班值长代行应急总指挥的职责。

非事故机组运行控制组职责为：

- 向应急指挥部报告机组运行情况，提供机组重要运行参数，并提出维持机组安全运行的建议；
- 必要时，向事故机组提供支援。

#### （2）应急抢修一组

厂房及以下应急状态在维修处一处处长办公室就位，场区及以上应急状态在应急控制中心应急抢修室就位。

- 1、2 号机组设备与系统损坏的探查、控制与抢修；
- 制定应急维修方案，组织应急期间所需要的应急维修队伍，确保维修方案得到实施；
- 场内通信的控制，保证应急通信设备的可靠运行和通信畅通；
- 负责应急控制中心应急通讯的保障，确保与外部应急组织通讯联络畅通；
- 保证核电厂与核安全监督部门、上级主管部门的视频通讯系统畅通；
- 负责 1、2 号机组厂房内失踪人员的搜索和救援；
- 参加其它抢险行动。

#### （3）应急抢修二组

厂房及以下应急状态在维修处二处处长办公室就位，场区及以上应急状态在应急控制中心应急抢修室就位。

- 3、4 号机组设备与系统损坏的探查、控制与抢修；
- 制定应急维修方案，组织应急期间所需要的应急维修队伍，确保维修方案得到实施；
- 负责 3、4 号机组厂房内失踪人员的搜索和救援；
- 参加其它抢险行动。

#### （4）安全防护组

厂房及以上应急状态在应急控制中心辐射后果评价室就位。

- 事故状态下，组织对受事故影响的工作场所、场内人员和撤离场区的车辆实施辐射监测和去污；
- 根据技术支持组提供的估算事故源项，组织进行场外环境辐射监测及事故环境

后果评价；

- 根据预测的事故后果及辐射监测结果，确定受放射性污染的区域，布置隔离高放射性和高污染区域；
- 控制应急工作人员的辐射照射，并向他们提供防护工具和防护指导；
- 向安全副总指挥提出场外公众采取应急防护措施的建议；
- 发放抗放射性药品；
- 受辐照、污染人员或伤员的救护、去污或外送。

#### （5）网络保障组

应急待命及以上应急状态在应急控制中心数据信息室就位。

- 保证场内、场外应急组织之间信息网络的畅通；
- 负责各应急岗位就位地点应急指挥网络平台的可用。

#### （6）应急秘书组

应急待命及以上应急状态在应急控制中心应急指挥室就位。

- 保持与场内和场外各应急组织的联系；
- 记录应急指挥部应急响应大事记；
- 收集并保存应急状态下各阶段的有关资料和记录；
- 负责应急指挥部对内、对外文件的收发传递工作；
- 应急控制中心启动后，负责应急广播通知与短信通知发布；
- 保证核电厂与核安全监督部门、上级主管部门的通讯联络；
- 由应急指挥中心发出的核电厂场区应急广播通知的发布。

#### （7）技术支持组

- 分析评价受影响机组的状态，估计其可预见的发展，并根据机组的实际情况向技术支持副总指挥提出决策和解决问题的建议；
- 在预计已发生堆芯损伤时，进行堆芯损伤评价并将计算的释放源项提供辐射防护组；
- 提供设备系统的性能参数；
- 进行事故机组化学取样分析工作；
- 向技术副总指挥提出进入或退出严重事故管理的建议；
- 负责严重事故管理导则的运作；
- 在执行 SAMG 期间，根据事故机组状况的分析以及 SAMG 的使用，制定严重事故处置对策。

#### （8）设备支持组

- 负责系统设备抢修方案的技术支持；
- 负责应急抢修等应急响应行动所需的物资保障。

#### （9）公众信息组

应急待命及以上应急状态在应急控制中心公众信息室就位。

- 接待新闻媒体、地方或社会组织的公众代表，对他们的信息要求给予响应；
- 收集公众、社会的反映，以便开展适当的沟通；
- 为新闻发布准备和提供有关资料；
- 在经应急总指挥授权后，公众信息组组长可代表核电厂回答新闻媒体、公众代表提出的有关核动力厂事故的问题。

#### （10）消防保卫组

- 场区内治安、保卫和消防工作；
- 车辆的出入控制和管理；
- 场内交通控制，保持撤离通道畅通；
- 核电厂非应急人员集合、清点和撤离的组织和控制；
- 负责厂房外、场区内失踪人员的搜索和救援。

#### （11）后勤保障组

应急待命及以上应急状态在应急控制中心后勤保障室就位。

- 提供生活后勤保障；
- 应急车辆的组织和调度；
- 实施场内非应急响应人员撤离的安置。

#### （12）建安调试组

- 要求和监督项目总包商成立独立的应急组织机构并实施其和其他分包商的应急响应行动；
- 负责组织和协调项目总包商的应急响应行动；
- 必要时报告在建工程指挥，对在建工程施工人员的应急撤离和辐射防护提供援助。

### 7.4.5 各级应急组织及其接口

#### 7.4.5.1 各级应急组织及其相互关系

根据核电厂核事故应急管理条例，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。在该管理体系中，福清核电厂应急组织与场外应急组织机构之间接口见

图 7.4-2。

核事故应急期间，福清核电厂应急指挥部将及时建立与国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、国家能源局、国家核安全局、环境保护部华东核与辐射安全监督站、福建省核电厂事故应急委员会、中国核工业集团公司（中国核能电力股份有限公司）等单位和部门的联系渠道，按照监管当局及上级主管部门的要求密切配合、协调一致地实施应急响应行动，必要时请求场外支援。

#### 7.4.5.2 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）

国家核事故应急协调委员会由国务院和中国人民解放军的各有关部门的领导组成，统一协调全国的核事故应急准备和应急处置工作，日常管理工作由设在国防科工局的国家核事故应急办公室负责。根据国家核事故应急管理条例和国家核应急预案的规定：

- 福建福清核电厂进入应急状态时，应急指挥部将及时向其报告核电厂事故情况，并按规定提供后续报告；
- 国家核事故应急协调委员会负责向国务院建议核电厂进入或终止场外应急状态，国务院负责批准核电厂进入或终止场外应急状态；
- 必要时福建福清核电厂应急组织将向其请求援助。

##### （2）国家能源局

国家能源局是民用核设施上级主管部门。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，统一指挥福建省核事故场外应急响应行动。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）

在日常状态下，中核集团为福清核电厂的各项日常应急工作提供指导和监督。在核事故应急状态下，核电厂应急指挥部将向中核集团报告事故情况和应急信息，并根据事态发展向中核集团提出应急支援请求。中核集团核应急指挥部在接到核电厂事故报告和救援请求时，立即启动中核集团核应急事故专项应急预案与中国核工业集团公司核事故应急支援方案，根据事故核电厂的请求，协调与调动中核集团应急支援后援单位的有关专业技术人员、事故抢险人员和救援物资前往事故核电厂实施救援行动。

#### （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，具体见第十三章。

通过委托合同，福建省气象服务中心为福清核电厂提供气象信息支持。

通过委托合同，福建省海洋预报台为福清核电厂提供海洋环境及海洋灾害预警支持。

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。

福清核电与宁德核电签订核事故应急相互救援合作协议，通过协议，实现核事故情况下的信息、物资共享和专业人员的相互支持。

### 7.4.6 应急状态分级

应急等级是指按照国家有关安全法规，对核电厂偏离正常运行工况的事件或事故，按其所造成的放射性后果的严重程度以及所采取的相应的应急响应行动进行分类、分级的类别或级别。本节根据我国有关法规，参照国外核事故分级的技术标准，按照福建福清核电厂可能发生的事故和可能导致事故之事件的性质、特征、后果或可能后果及其严重程度，将核电厂的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四类。

#### （1）应急待命

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范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。

确定应急待命的目的是使核电厂运行人员和其他有关人员及时启动并处于戒备状态，保证初始的应急响应行动得以顺利实施，使事故处理、信息发送和决策过程等纳入有条不紊的应急组织体系中去。

### （2）厂房应急

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，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场区局部区域，不会对场外产生威胁。

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的问题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或终止应急状态。

确定厂房应急的目的是保证场内应急响应人员能够迅速有效地做出响应；向场外应急组织提供有关事故的信息资料。

### （3）场区应急

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，可能从电厂中释放出一些放射性物质，事故后果扩大到整个场区，但除了场区边界附近，场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平。

确定场区应急的目的是保证及时派出环境监测人员进行环境监测；保证场外应急组织及时启动；保证及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

### （4）场外应急

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，极可能从电厂释放出大量的放射性物质，事故后果超越场区边界，

场外某个区域的放射性照射水平大于紧急防护行动干预水平。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可能需要采取隐蔽或撤离的防护行动。如果厂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，就应建议场外应急组织进入场外应急状态。

确定场外应急的目的是启用为保护公众所预先确定的防护行动；持续评价电厂的事故状态和环境监测数据；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；及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

场外应急时，针对福清核电厂 W 方位且在烟羽应急计划区内区，在事故应急条件下具有特殊性的小麦屿，在需要撤离时，福建省场外应急组织调度一艘 200 人船只，保守估计岛上所有居民与游客的撤离时间约 2 小时。当外部条件对应急撤离造成很大威胁（例如恶劣气象、海面条件、或放射性物质已经大规模释放）时，岛上居民需要暂时采取隐蔽措施。福清核电有限公司将在岛上建设隐蔽设施，隐蔽设施将充分考虑放射性屏蔽的功能。应急撤离的外部条件具备后，即可组织统一撤离。

福清核电厂应急撤离路线主要包括进厂道路和备用进厂道路(应急道路)见附图 7.4-3。

#### 7.4.7 应急响应设施和设备

福清核电厂配备的应急设施主要包括：主控制室、远程停堆站、应急指挥中心运行支持中心、公众信息中心、通信系统、监测和评价设施等。

##### （1）主控制室

###### ● 功能

主控制室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，其应急响应期间的主要功能为：

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的中心，并发出早期应急警报；

在应急的各个阶段，对机组实施运行控制，分析和诊断事故状态，提出应急状态分级建议，保证安全状态的重新恢复或尽可能减少事故后果。

###### ● 数字化主控制室概况

福清核电仪表及控制系统采用全数字化 DCS 技术，即分散控制系统。采用体积小，



可靠性高且易于冗余配置的微型计算机控制级，从而分散风险，提高了可靠性。而状态监视及操作部分高度集中。

同时，在主控制室还布置了后备盘（BUP），作为计算机控制失效时的后备控制手段。后备盘采用传统的声光报警、记录仪和操作按钮来保证对核安全相关设备的运行监视和操作，提高了主控制室总体的安全水平。

DCS 系统分成两个部分，安全级 DCS 和非安全级 DCS，安全级 DCS 主要实现反应堆保护和堆芯控制；非安全级主要实现常规岛除汽机本体外和核岛主要系统的控制。重要的控制都采用冗余控制，确保了系统的可靠性和安全性。

#### ● 可居留性

主控制室所处的 LX 厂房为整体钢筋混凝土结构，墙厚 80-100cm，顶板厚 100cm，有防飞射物和防外照射的屏蔽功能。GB18871 和《核动力厂营运单位的应急准备与应急响应》（HAD002/01）中要求：在设定的持续应急响应期间内（一般为 30d），工作人员接受的有效剂量不大于 50mSv，甲状腺当量剂量不大于 500mGy。福清核电厂 1-4 号机组主控室，在设计基准事故和 S3 源项严重事故条件下的剂量低于上述限值，满足严重事故下的可居留性要求。

主控制室系统的设计满足冗余性的要求和有关的安全标准，能承受安全停堆地震，同时具有良好的密封和通风性能，通风口安装有除碘过滤器，对放射性物质具有足够的过滤能力。

#### （2）远程停堆站

远程停堆站位于电气厂房中+11.50m 标高处的房间内，其中 1 号机组的工作站位于 1#L510 房间，2 号机组的工作站位于 2#L550 房间，其中 3 号机组的工作站位于 3#L510 房间，4 号机组的工作站位于 4#L550 房间。这一位置能为远程停堆站系统提供防飞射物和抗地震的良好防护。

在主控制室因火灾等原因不能停堆时，可用远程停堆站代替执行。操纵员可通过远程停堆站获得停堆所需的所有信息。用远程停堆站可使反应堆迅速达到并维持在冷、热停堆状态。通过远程停堆站对系统进行操作，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。

远程停堆站的设计不考虑主控室不可用的同时还伴有其他事故，特别是不同时发生要求专设安全设施运行的事故，但考虑了厂外电源丧失的情况。

主控室和远程停堆站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）辐射防护值班室

电厂现场辐射防护人员值班室设在电气厂房 L-215 房间，在相邻的热更衣间设有 C1 和 C2 门，专门对出辐射控制区的人员服装及体表进行监测，其中 C1 门测量工作服的  $\gamma$  剂量率，C2 门测量人体表面  $\beta$  污染。L-218 是人体去污间，对体表污染者进行初步的洗消去污。

### （4）化学实验室

化学实验室在应急响应期间的主要功能是对安全壳、反应堆冷却剂系统、二回路以及其他部位进行放射性取样分析，因此该实验室具备应急通信的功能，但在严重事故下不具备可居留性，此时化学取样分析人员可停留在与主控制室相邻的房间待命。

化学实验室位于 1 号核岛厂房和 2 号核岛厂房中间的 AL 厂房内，为一栋地上二层、地下一层建筑物。实验室配备有样品制备装置和测量设备，主要测量设备有：高纯锗  $\gamma$  多道谱仪、碘化钠  $\gamma$  谱仪、低本底  $\alpha/\beta$  测量仪、低本底液体闪烁谱仪。

### （5）应急指挥中心

#### ● 功能

应急指挥中心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、应急抢修待命、应急通讯、事故评价、信息发布、物资储存等。

#### ● 建筑与可居留性

福清核电厂应急指挥中心（EM 楼）位于电厂厂前区，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。

应急指挥中心为地上两层建筑，建筑面积约 2000 平方米，设计能容纳应急响应人员约 100 人。内设有应急指挥室、辐射评价室、通讯室、技术支持室，辐射后果评价室等房间，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服。在 EM 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，可供应急指挥中心内人员生活约 30 天。

EM 楼墙壁及屋顶为厚 300mm 的重钢筋混凝土，对  $\gamma$  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。根据中国核电工程有限公司《福清核电厂应急指挥中心可居留性分析报告》，在 S3 源项释放情况下，EM

楼内工作人员 30 天内预计所受有效剂量不超过 50mSv，满足 HAD002/01 中对于应急设施的可居留性要求。

EM 楼中还配备有一台柴油发电机，配备一个 15m<sup>3</sup> 的储油罐和一个 1m<sup>3</sup> 的日用油箱，分别可满足满功率下 8 小时和 7 天的连续运转。可确保外电源丧失后应急指挥中心内重要应急设备和求生安全设备的电源供电。

EM 楼建筑物按照 SL-2 级抗震设计、建造。其中的应急电源和通风系统按照抗震 I 类进行设计、建造。

#### ● 通信手段

根据法规要求，EM 楼配置了多样化、冗余的通信系统，包括有线广播和声报警系统、应急手机短信发布平台、海事卫星电话系统、场内外电话、传真等。

EM 楼内的应急辅助决策系统与电厂 DCS、KRS 系统、KZC 系统等相连接，可实时获取：

- 各机组重要实时运行参数；
- 厂内重要部位的辐射水平监测数据；
- 实时气象数据和环境  $\gamma$  辐射监测数据。

这些数据信息经过处理形成特定的数据组、表或图的形式，供应急指挥部、各应急响应小组和场外相关应急管理部门调用和查询。网络终端用户可根据授权访问该局域网以了解电厂应急的实时状况。同时这些数据根据法规要求实时传送国家核安全局等场外应急组织。

#### ● 设备物资

应急指挥中心内配备的应急有关的设备物资有：

文件资料，包括最终安全分析报告、首次装料阶段环境评价报告书、场内应急计划、场外应急计划、电厂的运行技术规格书、平面布置图、系统流程图、电气图、事故规程、应急数据表、厂址周边地图、通讯联络图、电话簿、待命人员联系单等。

计算机设备：包括应急辅助决策系统、堆芯损伤评价系统、事故后果评价系统等。

通信设备，包括各种厂内电话、专用电话、安全电话、传真机、网络端口等。

防护用品，包括直读式个人剂量计、热释光剂量计、表面污染检查设备、防碘呼吸面具、碘片、发套、手套、鞋套、连体服、便携式辐射监测仪等。

维修工具，包括各种常用维修工具。

办公及生活用品，复印机、打印机、投影、摄像设备、白板、文具用品、食品、饮用水、急救药箱、应急灯、手电筒等。

### （6）运行支持中心

运行支持中心位于 EM 楼内。运行支持中心是在应急响应期间供执行设备检修、系统或设备损坏探查和其他执行纠正行动任务的人员以及有关人员集合与等待指派具体任务的场所。根据应急抢修的需要，运行支持中心配备了维修专用工具和便携式仪表。

### （7）公众信息中心

福清核电公众信息中心位于福清市市区，距离电厂直线距离约 30km。主要功能是在应急期间按规定向新闻媒体和公众提供有关核动力厂应急和公众防护行动的信息，对公众和新闻媒体的信息需求作出响应，澄清失真的传闻。公众信息中心与应急指挥中心有电话和传真联系，备有用于新闻发布会的设施设备。

### （8）职业医疗服务中心

职业医疗服务中心位于电厂 BX 楼，离电厂 1~4 号机组距离较近。

### （9）应急相关监测和评价设施

福清核电厂配备了各种监测系统、设施，其中与应急计划相关的主要有：环境实验室（EC）、电厂辐射监测系统（KRT）、事故后监测系统（PAMS）、厂区辐射和气象监测系统（KRS）、流动监测设备等。

#### ● 环境实验室

福清核电环境实验室位于厂区北部约 11km 处，毗邻应急道路。在电厂正常运行情况下，环境实验室的主要工作为环境介质样品的采集、制样和测量分析。在应急情况下，可利用其部分便携式仪表和车载监测设备参与场区和场外应急环境监测，并进行一些应急情况下环境样品的分析。同时，环境实验室也有环境监测数据和信息集中处理、管理和汇总功能。

#### ● 厂房辐射监测系统（KRT）

福建福清核电厂设有一个与核电厂运行工况直接相关的厂房辐射监测系统（KRT）。它主要用于连续自动地判别核电厂的运行工况是否符合设计标准和运行设定值，以保证对核电厂工作人员和环境提供足够的防护。为确保完成各种功能，厂房辐射监测系统包括工艺辐射监测，流出物监测、工作场所辐射监测及剂量样品分析测量等。

在设计中除设置了具有连续监测、响应快、及时给出比较全的测量和报警信息等特点的固定式监测道外，还配置了足够的各种精确、灵敏的便携式监测仪表作为固定式监测道的补充监测手段，此外，还设计了具有灵敏、精确、可靠等特点的实验室样品分析测量手段，对来自核取样系统收集的液体和气体样品进行分析，分析内容除了直接分析 pH 值、电导率、硼和氢浓度、钠含量外，放射性水平测量也是重要内容之一。

- 事故后监测系统（PAMS）

事故后监测系统(PAMS)由在事故工况需继续保持监测功能所需要的测量通道组成, 这些测量通道是与安全有关的, 因此它们遵守单一故障和共因故障原则, 所有设备必须经事故和事故后环境条件的鉴定和抗地震试验。

- 气象观测系统与厂区辐射和气象监测系统（KRS）

福清核电气象观测系统由场区气象铁塔、气象站和 KRS 固定监测站组成。

场区气象铁塔位于场区东北角, 高 100 米, 能测量 10m、50m、70m、100m 位置的风速、风向和温度。能测量 1.5m 高度温度、湿度、气压、雨量、总辐射、净辐射。气象站位于电厂环境实验室, 可自动连续采集、处理和记录温度、湿度、风速、风向、雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象数据。数据将实时上传 KRS 系统中央站。KRS 固定监测站上均设置气象观测装置, 观测要素包括风速、风向、雨量。测量数据将实时传输至 KRS 中央站。KRS 固定监测站上均设置气象观测装置, 观测要素包括风速、风向、雨量。测量数据将实时传输至 KRS 中央站。

KRS 系统由位于电厂周围不同方位上的固定式环境监测设备组成, 用来连续记录大气  $\gamma$  辐射测量数据、获取气溶胶和碘的样品, 并进行雨水收集。

福清核电 1-4 号机组阶段设置 11 个固定环境  $\gamma$  辐射监测站, 包括 4 个厂区内监测站和 7 个厂区外监测站, 其中 7 个厂区外监测站。

KRS 系统中央工作站位于应急指挥中心, 可查询各监测点的实时数据。

- 流动监测设备

流动监测设备包括环境监测车、环境介质采样车和应急监测车。

环境监测车和环境介质采样车主要用于电厂运行期间对厂区及周围环境  $\gamma$  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。

环境监测车和环境介质采样车配置的主要设备有: 车载  $\gamma$  谱仪、碘和气溶胶取样设备、便携式  $\alpha/\beta$  表面污染测量仪、 $\gamma$  剂量率仪、手持式气象仪、GPRS 通讯仪器等设备。

## 7.4.8 应急计划区的划分

### 7.4.8.1 确定烟羽应急计划区范围的安全准则

在烟羽应急计划区之外, 所考虑的后果最严重的事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不超过 GB 18871 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平; 在烟羽应急计划区之外, 对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列, 相应于特定紧急防护行动的可防止的剂量一般不大于 GB 18871 所规定的相应的通用通用干预水平。

#### 7.4.8.2 确定食入应急计划区范围的安全准则

在食入应急计划区之外，大多数严重事故序列所造成的食品或饮用水的污染水平不超过 GB 18871 所规定的食品和饮用水的通用行动水平。

政治、经济、社会及公众心理等因素的考虑。确定应急计划区大小时还应考虑各种政治、经济、社会及公众心理等因素的影响，分析在核电厂周围实施各种防护措施的可能性和它们的风险、困难和代价，同时考虑地理环境和行政区划对实施应急响应行动的影响。

#### 7.4.8.3 应急计划区的范围

根据《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD 002/01），福清核电厂 1 至 6 号机组确定一个统一的应急计划区，范围如下：

烟羽应急计划区内区：分别以 1 至 6 号反应堆为圆心，半径为 5 公里的圆的包络线所包含的区域和整个小麦屿岛；

烟羽应急计划区外区：分别以 1 至 6 号反应堆为圆心，半径为 10 公里的圆的包络线所包含的区域；

食入应急计划区：以 1 号反应堆为圆心，半径为 50 公里的圆所包含的区域。

#### 7.4.9 应急专项预案

福建福清核电厂应急计划执行程序清单见表 7.4-1。福建福清核电厂非核应急预案清单见表 7.4-2。

表 7.4-1 福建福清核电厂应急计划执行程序清单

程序编码	文件名称
EP-FQ-0	核电厂应急准备与响应政策
EP-FQ-100	应急组织机构与应急响应人员的任命
EP-FQ-101	应急值守管理
EP-FQ-200	应急培训与演习
EP-FQ-201	场内综合应急演习准备实施流程
EP-FQ-202	应急演习评价准则
EP-FQ-300	应急设施器材文件的管理与定期检查
EP-FQ-301	碘化钾管理与使用规定
EP-FQ-302	应急食品管理
EP-FQ-304	应急通讯管理
EP-FQ-400	应急组织的启动与响应
EP-FQ-401	应急状态分级和应急行动水平
EP-FQ-402	应急响应行动记录表格的使用规定
EP-FQ-403	应急指挥部应急响应行动指令单
EP-FQ-404	运行控制组应急响应行动指令单
EP-FQ-405	应急抢修组应急响应行动指令单
EP-FQ-406	辐射防护组应急响应行动指令单
EP-FQ-407	技术支持组应急响应行动指令单
EP-FQ-408	建安组应急响应行动指令单
EP-FQ-409	调试组应急响应行动指令单
EP-FQ-410	消防保卫组应急响应行动指令单
EP-FQ-411	后勤保障组应急响应行动指令单
EP-FQ-412	秘书组应急响应行动指令单
EP-FQ-413	公众信息组应急响应行动指令单
EP-FQ-500	场内应急防护行动与场外应急防护建议
EP-FQ-501	场区非应急响应人员的集合与清点
EP-FQ-503	机组状态诊断与堆芯损伤评价
EP-FQ-504	事故环境后果评价
EP-FQ-505	操作干预水平的修订
EP-FQ-506	场区及场外环境应急辐射监测
EP-FQ-600	公众信息与沟通
EP-FQ-700	应急状态终止和电厂恢复
EP-FQ-800	在建工程应急准备与响应
EP-FQ-900	应急通知与报告
EP-FQ-010	装卸料操作事件应急预案

表 7.4-2 福建福清核电厂非核应急预案清单

1.0 分类		预案/程序名称
总体预案		突发公共事件总体应急预案
专项应急预案	事故灾难	工业安全事故应急预案
		危险化学品应急预案
		放射性事故事件应急预案
		环境事件应急预案
		火灾事件应急预案
		失去厂外电源事故处理应急预案
		涉网电力设备事故处理应急预案
		道路交通事故应急预案
	自然灾害事件	气象灾害事件应急预案
		破坏性地震应急预案
		海洋灾害应急预案
		北林水库防汛抗台应急预案
	公共卫生事件	医学应急预案
		传染性和群体不明原因疾病控制事件应急预案
		食物中毒事件应急预案
	社会安全事件	群体性事件应急预案
		反恐事件应急预案
		保卫突发公共事件应急预案
		新闻宣传和舆情应对应急预案
	信息、通信系统事件	网络与信息安全应急预案
二次安全防护应急预案		



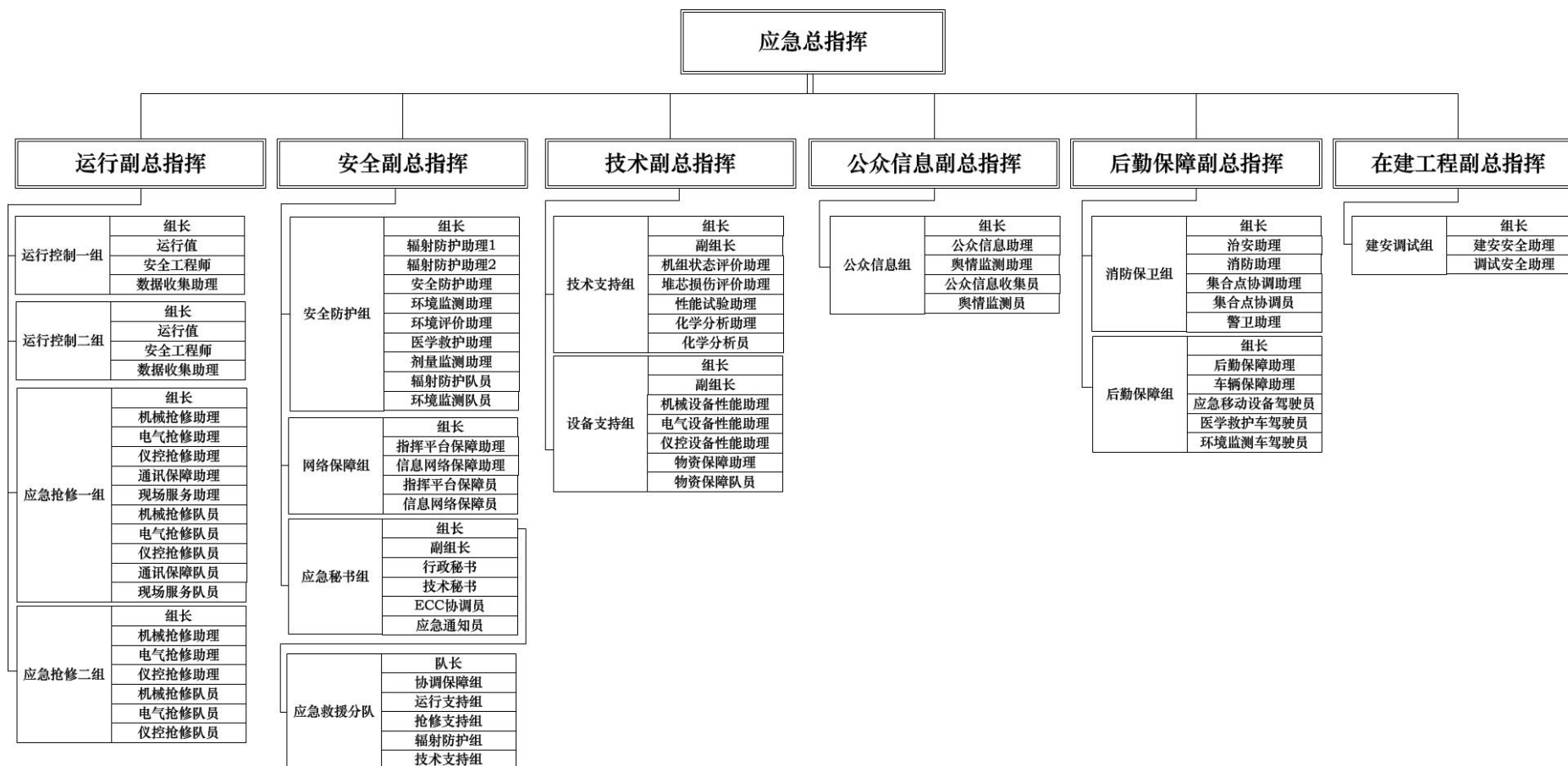


图 7.4-1 应急组织机构

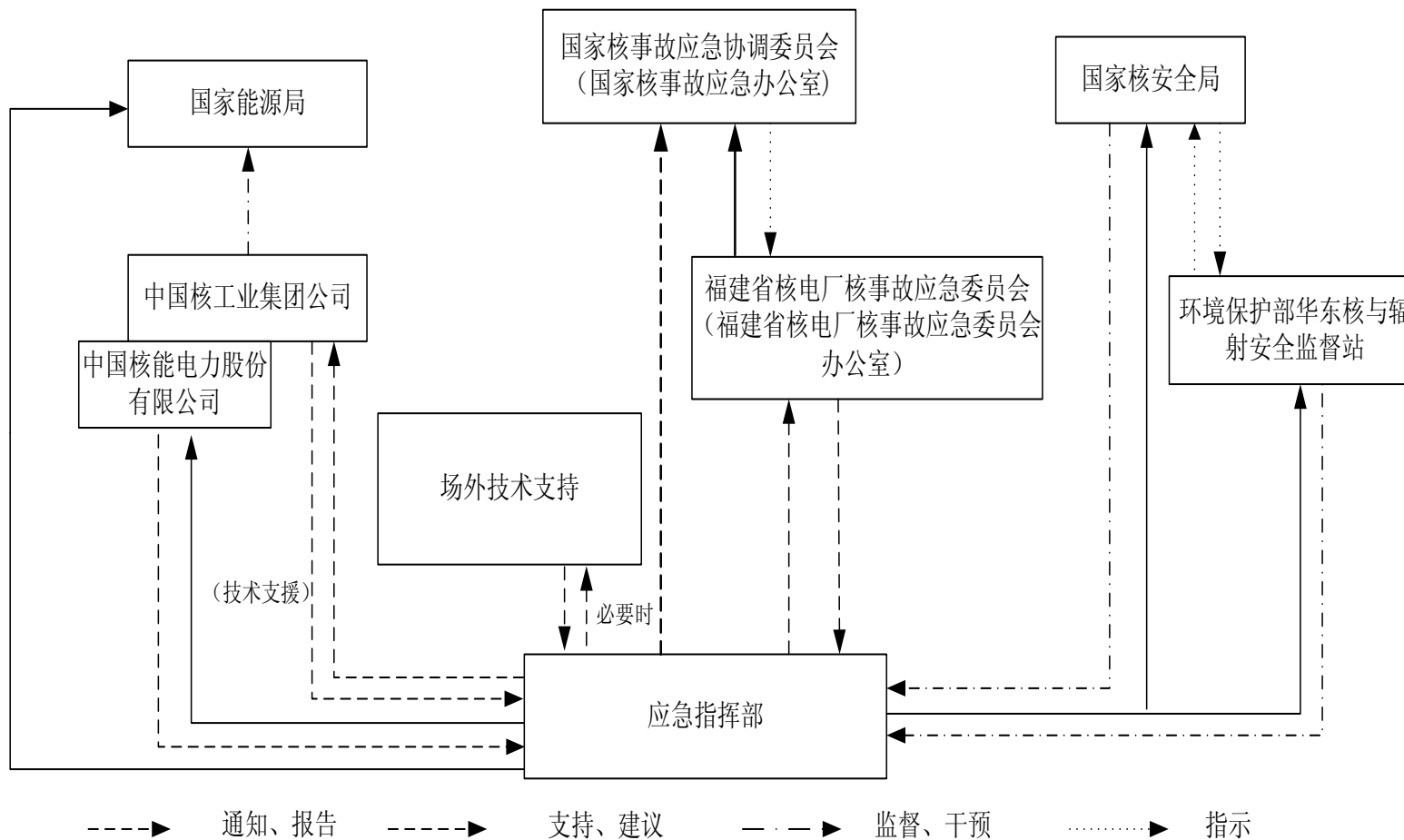


图 7.4-2 福清核电站应急组织与场外应急组织机构之间接口



图 7.4-3 福清核电站应急撤离路线

## 第八章 流出物监测和环境监测

<b>8.1 运行期间流出物监测方案</b> .....	<b>1</b>
8.1.1 监测目的和制定监测方案的原则.....	1
8.1.2 气载放射性流出物监测方案.....	2
8.1.3 液态放射性流出物监测方案.....	4
8.1.4 其它放射性物质的监测.....	5
8.1.5.地方环保部门监督性监测.....	6
<b>8.2 运行期间的环境监测方案</b> .....	<b>6</b>
8.2.1 监测目的.....	7
8.2.2 监测范围和布点原则.....	7
8.2.3 监测项目.....	8
8.2.4 测量方法.....	8
8.2.5 环境监测系统.....	9
8.2.6 地方环保部门监督性监测.....	12
<b>8.3 应急监测方案</b> .....	<b>13</b>
<b>8.4 非放监测方案</b> .....	<b>13</b>
<b>8.5 质量保证计划</b> .....	<b>14</b>
8.5.1 质量控制.....	14
8.5.2 质量管理.....	16

## 8.1 运行期间流出物监测方案

福清核电厂 3、4 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。

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和核电厂的实际情况制定。

制定流出物监测方案的主要依据是：

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB 14587-2011）

《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-89）

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

《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 11216-89）

《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》（GB/T 7165.1-2005）

《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.2-2008）

《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.3-2008）

《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.4-2008）

《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.5-2008）

《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》（GB/T 12726.1-2013）

《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》（GB/T 12726.2-91）

《海水水质标准》（GB 3097-1997）

《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）

### 8.1.1 监测目的和制定监测方案的原则

#### 8.1.1.1 监测目的

运行期间流出物监测目的：

(1) 监测释放到环境中的气载和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值、核电厂规定的管理目标值；

(2) 为判明核电厂的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效，提供数据和资料；

(3) 为应用适当的环境模式评价环境质量提供源项数据和资料；

(4) 给出报警和必要的执行动作，可为核电厂在事故期间的应急响应提供信息。

#### 8.1.1.2 制定监测方案的主要原则

福清核电厂 3、4 号机组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：

(1) 满足国家法规标准提出的流出物监测管理要求；

(2) 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；

(3) 对于分批排放，排放前取样分析；

(4) 对于具有事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；

(5) 根据国家标准规定的年排放控制值和浓度限值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值；

(6) 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

#### 8.1.1.3 放射性流出物监测大纲

除在线放射性监测的测量项目外，福清核电厂 3、4 号机组放射性流出物进行取样监测的监测大纲详见表 8.1-1。所有取样进行监测的项目均在厂区实验楼的流出物实验室完成测量。

### 8.1.2 气载放射性流出物监测方案

福清核电厂 3、4 号机组所产生的大部分放射性废物是通过气体排放途径排至环境，因此对气载放射性流出物的排放监测和控制是防止环境污染措施的重要组成部分。

根据通风工艺设计，除了在异常工况下经二回路蒸汽安全阀和卸压排放管直接向环境排放外，其余的气载放射性流出物全部经过烟囱排至大气，其来源主要有核岛厂房的通风、废气处理系统排气、安全壳扫气及停堆期间安全壳换气等。因此，气载放射性流出物监测将主要集中于烟囱中气体排放监测。

#### 8.1.2.1 气载放射性流出物排放

福清核电厂 3、4 号机组排放到环境中的放射性物质主要是通过气态途径排至环境，

因此，必须准确测定排放气载放射性流出物的放射性浓度、核素组成和排放总量。

(1) 福清核电厂 3、4 号机组由气载放射性流出物排放的主要核素

气态的惰性气体：氪（Kr）和氙（Xe）同位素；

碘（I）同位素；

气溶胶：Co-58、Sb-124、Cs-137；

H-3、C-14。

(2) 监测方法

对于不连续排放的气载放射性流出物（如废气储罐排气、安全壳扫气）取样到实验室分析；

对于连续排放的气载放射性流出物在线连续监测其惰性气体、气溶胶、碘；并对气溶胶、碘连续取样后进行实验室分析，惰性气体定期取样进行实验室分析；

对 H-3 及 C-14 进行连续取样进行实验室分析。

#### 8.1.2.2 气载放射性流出物监测

气载放射性流出物监测由烟囱气载放射性流出物连续监测以及取样测量组成。

(1) 烟囱气载放射性流出物连续监测

烟囱气载放射性流出物连续监测主要包括以下几部分：

1) 取样部分

每个烟囱内设置两套一样的取样管路互为冗余。

2) 烟囱放射性惰性气体监测

烟囱放射性惰性气体监测分为高活度浓度放射性惰性气体监测（3，4KRT021MA）两个通道和低活度浓度放射性惰性气体监测（3，4KRT017MA）两个通道，它们是事故后监测通道，属安全 1E 级设备，具有冗余、仪表量程宽等特点，有显示、记录打印和报警功能。还可以对烟囱中放射性惰性气体定期进行取样，样品在厂区实验楼做放射性核素测量分析。

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。

高低量程惰性气体的报警阈值设置如下：

- 低量程惰性气体：一级报警阈值为  $4.5 \times 10^5 \text{Bq/m}^3$ ，二级报警阈值为  $3.2 \times 10^6 \text{Bq/m}^3$ ；
- 高量程惰性气体：一级报警阈值为  $5 \times 10^8 \text{Bq/m}^3$ ，二级报警阈值为  $2 \times 10^9 \text{Bq/m}^3$ 。

烟囱气溶胶和放射性碘监测：气溶胶和放射性碘连续监测和取样包括：

- 气溶胶连续监测道（3，4KRT016MA）及放射性碘连续监测道（3，4KRT020MA）进行气溶胶和放射性碘活度连续监测，具有显示、记录打印和报警功能；
- 气溶胶和放射性碘连续取样，样品定期送厂区实验楼进行测量分析。

烟囱 H-3 和 C-14 取样监测：

- 烟囱中 H-3 和 C-14 监测为连续取样，样品送厂区实验楼进行测量分析，计算出各核素的排放量。

## （2）气载放射性流出物取样测量

气载放射性流出物在实行分批排放时，须进行取样测量，包括：

废气贮存罐贮存时间满足规程要求而需要排放时，由取样人员通过核取样系统进行取样；

在停堆初期需要进行安全壳换气时，由取样人员通过安全壳空气监测系统进行取样分析，活度低于预定限值时进行排放；排放期间对安全壳换气系统（EBA）排气的放射性活度进行连续监测；

对于通过烟囱连续排放的气载放射性流出物中的气溶胶和碘采用连续取样装置取样，定期更换样品。

2 个机组的烟囱气载放射性流出物连续监测及取样设备分别安装在 NB523 和 NB764 房间。所取样品均送到厂区实验楼的仪器测量间（位置见图 8.1-1）进行测量分析。气载放射性流出物分析监测的核素主要包括：

惰性气体：Ar-41、Kr-85、Kr-88、Xe-133、Xe-135；

碘：I-131、I-133

气溶胶：Co-58、Sb-124、Cs-137

### 8.1.3 液态放射性流出物监测方案

#### 8.1.3.1 液态放射性流出物排放

福清核电厂 3、4 机组的所有放射性液体都采用分批排放（槽式排放），将要排放的核岛和常规岛废液先分别注入相应废液贮罐。经对贮存罐废液取样，实验室定量分析合格后，再排入大海。

对于 TER 系统，样品分析测量项目是：pH 值、总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $\gamma$  谱分析、氡测量、C-14 测量，以及 Sr-90 的定期测量分析。其中  $\gamma$  谱分析主要包括 Co-58、Co-60、Ag-110m、Sb-124、



Sb-125、I-131、I-133、Cr-51、Cs-137、Cs-134、Mn-54、Fe-59 等核素。对于 SEL 系统，样品分析测量项目是：pH 值、总  $\gamma$  测量和氡测量。

关于液态放射性流出物中 C-14 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，目前已经对国内电站及科研院所进行了调研，掌握了一定的资料，福清核电厂在运行期间将基于目前国内的测量方法和技术成果对液态放射性流出物中 C-14 开展尝试性测量，并跟踪国家标准的颁布及最新的研究成果，在运行过程中逐步修改完善监测方法。

### 8.1.3.2 液态放射性流出物监测

#### （1）贮罐废液连续监测

当对 TER、SEL 贮罐废液的取样分析结果低于排放管理限值时，则可排放已测定的贮罐中的废液。排放时，还需采用低放液体活度监测仪进行连续监测，其目的是：验证实验室测定结果；核实被测贮罐废液是否完全排空。当液体活度监测仪设备故障或所测放射性活度超过设定阈值时，监测仪给出信号触发相应废液排放管路中的隔离阀关闭并发出报警。

福清核电厂 3、4 机组共设置两台低放液体活度监测仪，分别监测 TER 贮罐和 SEL 贮罐排放废液的放射性活度浓度。监测道编号为 8KRT901MA，8KRT902MA，分别安装在 QA201 及 QB201 房间中。核电运行人员可根据的运行管理要求调整报警阈值。

#### （2）贮罐废液取样测量

在 TER 及 SEL 废液罐中废液排放前，需从排放罐中采集样品送至厂区实验楼的仪器测量间（位置见图 8.1-1）进行测量，并分析其是否达到排放要求。

### 8.1.4 其它放射性物质的监测

#### （1）固体放射性废物

福清核电厂 3、4 机组的固体放射性废物，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  $\gamma$  电离室和携带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试污染测量。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  $\gamma$  和人员  $\gamma$  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厂厂区。

#### （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。

### 8.1.5 地方环保部门监督性监测

为了配合地方环保部门进行监督性监测，福清核电厂采取的主要措施有：

（1）福清核电厂已为福建省辐射环境监督站建设监督性流出物实验室，并将核电厂气载、液态放射性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。

（2）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，并为地方环保部门定期取样提供方便，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 H-3 和 C-14 样品可供福建省辐射环境监督站进行测量；从 TER 及 SEL 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供平行样品。

（3）向福建省辐射环境监督站及时提供流出物监测月报表；

（4）定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

## 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。在福清核电厂一期工程中，已建设了一套适用于福清核电厂环境监测设施，以保证福清核电厂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。表 8.2-1 给出了目前福清核电厂运行期间环境监测大纲。福清核电厂 3、4 号机组运行后，也将考虑对监测大纲的调整和升版，以适应整个核电厂环境监测的需要。

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）

《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 11216-89）

《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）

《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）

《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）

《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）

《核电厂环境辐射监测规定》（NB/T 20246-2013）

《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ527-90）

《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98 号文）

### 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  $\gamma$  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

#### 8.2.2.1 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  $\gamma$  辐射水平监测范围为以核电厂中心半径 30km 内，其余监测项目范围为以核电厂中心半径 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。

#### 8.2.2.2 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：

- （1）依据相关标准及技术规范；
- （2）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；
- （3）对居民密集地区适当增加监测点；
- （4）测量或取样点尽量与两年本底调查布点一致，或至少有一部分与运行前本底调查时一致，并根据福清核电厂一期工程运行期间的环境监测情况进行调整；
- （5）环境  $\gamma$  辐射监测点及气载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；
- （6）废液排放方式及特点、潮汐规律；
- （7）海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- （8）土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- （9）考虑福清核电厂厂址区域附近地区的地形等条件；
- （10）气象塔的位置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；
- （11）充分利用福清核电厂一期工程运行前本底调查所获得的资料，并在满足环境影响评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。环境监测的重点是对居民的居住区域；
- （12）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

#### (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 $\gamma$ 辐射水平监测

大气中环境  $\gamma$  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

##### 1) 大气

气溶胶：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $\gamma$  谱分析；

大气沉降物：总  $\beta$  及  $\gamma$  核素分析（总  $\beta$  异常时进行  $^{90}\text{Sr}$  分析）；

空气中  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$ ；

空气中  $^{131}\text{I}$

##### 2) 水监测。包括以下几个方面：

降水： $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；

饮用水：总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、 $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；

地表水： $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析；

地下水： $^3\text{H}$  及  $\gamma$  核素分析。

##### 3) 陆生生物

肉类、水果、粮食、蔬菜等： $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  核素分析（测出  $^{137}\text{Cs}$  时，进行  $^{90}\text{Sr}$  分析）；

牛奶： $^{131}\text{I}$  及  $\gamma$  核素分析（测出  $^{137}\text{Cs}$  时，进行  $^{90}\text{Sr}$  分析）；

指示生物： $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  核素分析（测出  $^{137}\text{Cs}$  时，进行  $^{90}\text{Sr}$  分析）。

##### 4) 海洋介质

海水： $^3\text{H}$ 、 $\gamma$  谱分析；

海洋沉积物： $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  谱分析；

海洋生物样品： $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  谱分析；

指示生物： $^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$  谱分析。

##### 5) 土壤及底泥：进行 $^{90}\text{Sr}$ 和 $\gamma$ 核素分析。

### 8.2.4 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  $\alpha/\beta$  测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底  $\gamma$  谱仪等仪表进行  $\alpha/\beta$  放射性活度测量、 $\gamma$  能谱核素分析、 $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  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  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  等核素进行测量分析。

(2) 固定式环境  $\gamma$  辐射监测和流动的辐射监测

设置环境  $\gamma$  辐射监测站，进行连续监测；

在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；

设置环境监测车/应急监测车进行核电厂周边环境  $\gamma$  辐射监测，车上设有车载  $\gamma$  剂量率监测仪、便携式  $\gamma$  谱仪、便携式  $\gamma$  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。除小麦屿监测站外，所有厂外监测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。

## 8.2.5 环境监测系统

环境监测系统主要由以下设施组成：

- (1) 环境  $\gamma$  辐射监测系统；
- (2) 自动气象站；
- (3) 环境实验室；
- (4) 环境监测车/应急监测车与环境介质采样车；
- (5) 移动式环境  $\gamma$  辐射监测子系统；
- (6) 厂区地下水监测井。

### 8.2.5.1 环境 $\gamma$ 辐射监测系统

(1) 环境  $\gamma$  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  $\gamma$  辐射监测是环境监测的重点项目。在福清核电厂厂区内设置 4 个  $\gamma$  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  $\gamma$  辐射监测站（EC4-5~EC4-9、EC-12、EC4-13）。厂外  $\gamma$  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。

$\gamma$  辐射监测站主要用来连续记录大气  $\gamma$  辐射测量数据、获取气溶胶和碘的样品、获取

空气中  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  的样品、并进行雨量测量。运行时，工作人员设定阈值。当环境  $\gamma$  辐射监测站测得  $\gamma$  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  $\gamma$  辐射监测站配置的主要设备：

- 1) 环境  $\gamma$  辐射连续监测仪；
- 2) 气溶胶、碘连续取样装置（部分监测站设置）；
- 3) 空气中  $^3\text{H}$  和  $^{14}\text{C}$  取样装置（部分监测站设置）；
- 4) 雨量计；
- 5) 数据传输设备；
- 6) 风速风向传感器（除厂内站和小麦屿监测站）。

#### （2）累积 $\gamma$ 剂量及瞬时 $\gamma$ 剂量率测量

在福清核电基地周围地区设置累积  $\gamma$  剂量、瞬时  $\gamma$  剂量率监测点，其中累积  $\gamma$  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空旷场地，取样频率为每季度一次，剂量计拿到环境实验室测量。瞬时  $\gamma$  剂量率采用便携式环境  $\gamma$  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。

### 8.2.5.2 自动气象站

气象数据是评价核电厂气载放射性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

地面气象站内设置风速风向、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  $\gamma$  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）风向风速传感设备

除小麦屿监测站外，厂外环境  $\gamma$  辐射监测站均设置了风速风向传感器，数据传至环境监测实时数据网。

## 8.2.5.3 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，福清核电厂已建设环境实验室，负责福清核电厂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

目前环境实验室厂址见图 8.2-2 中 EC4-6 的位置，距核电厂厂区约 11km，设置独立的实验室小区，其中主楼总建筑面积约为 2363m<sup>2</sup>，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/应急监测车及环境介质采样车设置了 5 车位的车库。

环境实验室内的主要功能房间包括：

- 1) 低本底物理测量房间： $\gamma$  谱仪测量室、液闪测量室、低本底  $\alpha/\beta$  测量室、热释光测量室及相应的数据处理间；
- 2) 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；
- 3) 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：

- 1) 放射性分析测量仪器：主要有低本底  $\alpha/\beta$  测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底  $\gamma$  谱仪和热释光测量仪等；
- 2) 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；
- 3) 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。

## 8.2.5.4 环境监测车/应急监测车及环境介质采样车

福清核电厂配备了 2 辆环境监测车/应急监测车及 1 辆环境介质采样车，用于电厂正常运行期间对厂区及周围环境  $\gamma$  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/应急监测车将快速出动，利用便携式仪表对厂区内及厂址周围的辐射水平进行快速测量，同时将车载  $\gamma$  剂量率仪测量数据通过无线方式传输到应急指挥中心。

环境监测车/应急监测车和环境介质采样车配置的主要设备有：便携式  $\gamma$  多道谱仪、碘和气溶胶取样设备、便携式表面污染测量仪、便携式  $\gamma$  剂量率仪、车载  $\gamma$  探头、手持式气象仪、无线通讯、个人防护器具、便携式发电机、车载 GPS、各种介质采样工具以及样品容器、包装袋等设备。

#### 8.2.5.5 厂区地下水监测井

福清核电厂一期工程在厂区内建设有 1 口地下水监测井（EC-E 1#），福清核电厂 3、4 号机组工程中建设 4 口地下水监测井（EC-E 2#~5#），福清核电厂 5、6 号机组拟再建设 2 口地下水监测井（EC-E 6#~7#）。所有厂区地下水监测井分布图见图 8.2-3，用于对厂区地下水进行取样，送至环境实验室，分析地下水是否受到放射性核素污染。此外，在气象站附近也设有 1 个地下水采样点。

#### 8.2.5.6 移动式环境 $\gamma$ 辐射监测子系统

福清核电厂一期工程已设置移动式  $\gamma$  辐射监测子系统，该系统较为便携，采用环境监测车/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  $\gamma$  剂量率的连续监测，作为环境  $\gamma$  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。

### 8.2.6 地方环保部门监督性监测

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：

（1）为地方环保部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、人员配合、水电及监测场地的支持等；

（2）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解。

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监督性监测子站和前沿站。

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 1362m<sup>2</sup>，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（ $\gamma$  谱分析、总  $\alpha$ 、总  $\beta$ 、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C）等功能。

监督性监测子站共设置 11 个，监测子站的基本信息表 8.2-3。监督性监测子站与福清核电厂 11 个的固定式环境  $\gamma$  辐射监测站，可基本覆盖核电厂周围各个方位角，详见图 8.2-4。

### 8.3 应急监测方案

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  $\gamma$  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：

- （1）近地表上部  $\gamma$  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  $\gamma$  剂量率仪即时测量；车载  $\gamma$  探头即时测量；
- （2）地表  $\alpha$ 、 $\beta$  污染水平；
- （3）空气（含巡测路线及固定监测点）样品取样及分析；
- （4）车载气溶胶监测仪连续监测；
- （5）热释光剂量计（TLD）的取放及分析；
- （6）便携式  $\gamma$  谱仪分析测量核素组成；
- （7）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，在电厂取水口、排水口进行非放射性污染物的监测（取水口作为对照点），主要监测项目包括 pH 值、溶解氧、电导率、六价铬、总铬、余氯、正磷酸盐、联氨、硼、油类、铁、硫酸盐、锂、镍、阴离子洗涤剂、钠等。

非放监测方案见表 8.4-1，非放监测方法及探测限见表 8.4-2。

## （2）噪声及电磁辐射监测

福清核电厂将定期对周围的噪声及电磁辐射情况进行监测。

## （3）温排水监测

福清核电厂已与环保部卫星环境应用中心确定 1-4 号机组温排水监测方案。

## 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，制定福清核电厂环境监测大纲，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：

《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 11216-1989）

《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-1988）

### 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：

（1）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；

（2）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；

（3）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；

（4）操作样品时具有防止交叉污染的措施；

（5）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；

（6）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；

（7）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：

(1) 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；

(2) 在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；

(3) 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：

1) 为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；

2) 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；

3) 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。

(4) 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；

(5) 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：

1) 标准（参考）样品分析；

2) 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；

3) 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  $\chi^2$  检验；

4) 每月进行能量分辨率和能量刻度检验；

5) 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；

6) 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：

(1) 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；

(2) 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；

(3) 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；

(4) 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；

(5) 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；

(6) 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

(1) 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；

(2) 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；

(3) 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；各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：

(1) 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；

(2) 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训，要求熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。

为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

表 8.1-1 福清核电厂 3、4 号机组放射性流出物取样监测大纲

样品	取样频度	取样位置	取样项目	监测分析项目
ETY	批排	反应堆厂房	粒子	$\gamma$ 核素
			碘	$^{131}\text{I}$
			惰性气体	$\gamma$ 核素
			氚	$^3\text{H}$
TEG	批排	TEG 衰变罐	粒子	$\gamma$ 核素
			碘	$^{131}\text{I}$
			惰性气体	$\gamma$ 核素
			氚	$^3\text{H}$
烟囱	连续取样，每个样品取样周期为 7-10 天	烟囱	粒子	$\gamma$ 核素
			碘	$^{131}\text{I}$
			惰性气体	$\gamma$ 核素
			$^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$
氚	$^3\text{H}$			
TER	批排	核岛废液贮存罐	水样	pH、总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素、 $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ （月度混合样）
SEL	批排	常规岛废液贮存罐	水样	pH、总 $\gamma$ 、 $^3\text{H}$

表 8.2-1 福清核电厂正常运行期间环境辐射监测大纲

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 $\gamma$ 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° 方位角布点近密远疏。 对照点在福州市	43+1	
		累积剂量	$\gamma$ 辐射累积剂量	1 次/季	同上	43+1	
2	陆地 介质	空气	气溶胶	总 $\alpha$ 、总 $\beta$	1 次/月	厂区自建库、气象站旁、前薛村、 东元村、西山村	5
			$\gamma$ 谱分析	1 次/月			
		沉降物	总 $\beta$ 、 $\gamma$ 谱分析 (当总 $\beta$ 异常时, 进行 $^{90}\text{Sr}$ 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	
		$^3\text{H}$ 和 $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$	1 次/季	厂区自建库、前薛村、东元村	3	
		碘	$^{131}\text{I}$	月	厂区自建库、前薛村、东元村、 西山村。	4	
		水	降水	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 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	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 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	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/半年	气象站、EC-E1#~7#、虎邱村	9+1

					对照点在福清市西楼村	
		饮用水	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 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
		土壤	$^{90}\text{Sr}$ 及 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	前薛村、韩瑶村、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
	陆 生 生 物	大米	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	江镜镇、江阴镇	2
		红薯	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	三山镇	1
		花生	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	三山镇	1
		叶菜	$^{14}\text{C}$ 、I-131、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/半年	三山镇（空心菜）、 江镜农场（芹菜）	2
		豆角	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/半年	三山镇	1
		水果	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	三山镇（杨桃、甜瓜）	2
		肉类	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	三山镇（猪肉、鸡肉）	2

			(测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)				
		牛奶	$^{131}\text{I}$ 及 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	江境农场、东阁华侨农场	2	
		淡水鱼	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	三山镇（罗非鱼） 江镜农场（鲢鱼、草鱼）	3	
		指示生物	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析 (测出 $^{137}\text{Cs}$ 时进行 $^{90}\text{Sr}$ 分析)	1 次/年	三山镇（相思树叶或木麻黄）	1	
3	海洋 介 质	海水	$\gamma$ 谱分析	1 次/年	以排水口为中心设置 5 个取样点	5	
			$^3\text{H}$	1 次/月	取水口与排水口	2	
		沉积物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	同海水	5	
		生物 样 品	藻类	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	厂址周围（海带）、小麦屿（紫菜）	2
			贝类	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	沙埔镇（贻贝）、东瀚镇（蚬子）	2
			甲壳类	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	三山镇（明虾）	1
			鱼类	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 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	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	三山镇（章鱼）	1
		指示生物	$^{14}\text{C}$ 、 $\gamma$ 谱分析	1 次/年	三山镇（牡蛎）	1	

注： $\gamma$  谱分析的核素包括  $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 、 $^{106}\text{Ru}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{114}\text{Ce}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{103}\text{Ru}$ 、 $^{133}\text{I}$ 、 $^{124}\text{Sb}$  以及在  $\gamma$  谱仪上有明显特征峰的其他核素。



表 8.2-2 福清核电厂厂外监测站的基本信息表

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 福清核电厂监督性监测子站基本信息表

序号	站址名称	方位	距离	人口
Z1	赤礁	ESE	4.5 km	4910
Z2	西山	E	5km	822
Z3	前薛	NE	2 km	6920
Z4	东元*	NNE	11.2 km	1487
Z5	江镜农场	N	10.5 km	6557
Z6	前华小学	NNW	11.6 km	3915
Z7	高岭中学	NW	14 km	2728
Z8	下宅小学	WNW	12 km	3278
Z9	黄岐小学	SW	19.8 km	4225
Z10	北岭村	ENE	8.4km	2542
Z11	小麦屿*	W	5.1 km	741

注：\*表示与核电厂监测站位置重合

表 8.4.1 非放监测大纲

监测介质	取样地点	分析元素/核素	周期
液态	取水口	硼、油类、铁、硫酸盐、锂、镍、钠、 阴离子洗涤剂	季
		溶解氧、六价铬、总铬、余氯、电导率、pH 值、正磷酸盐、联氨	双周
	排水口	硼、油类、铁、硫酸盐、锂、镍、钠、 阴离子洗涤剂、	季
		溶解氧、六价铬、总铬、余氯、电导率、pH 值、正磷酸盐、联氨	双周

表 8.4.2 非放监测项目及方法

项目	方法	检出限
pH 值	pH 值电极法	
电导率	电导法	
溶解氧	碘量法	0.32mg/L
六价铬	二苯碳酰二肼分光光度法	0.004mg/L
总铬	二苯碳酰二肼分光光度法	0.004 mg/L
余氯	目视比色法	0.01 mg/L
正磷酸盐	氯化亚锡还原分光光度法	0.02 mg/L
联氨	对二甲氨基苯甲醛分光光度法	0.0012 mg/L
硼	胭脂红比色法	1 mg/L
油类	紫外分光光度法	3.5 $\mu$ g/L
铁	邻菲罗啉分光光度法	2 $\mu$ g/L
硫酸盐	重量法	10 mg/L
锂、镍、钠	原子吸收分光光度法	0.050 mg/L
阴离子	亚甲基蓝比色法	0.010 mg/L
氨氮	次溴酸盐氧化法	0.5 $\mu$ g/L

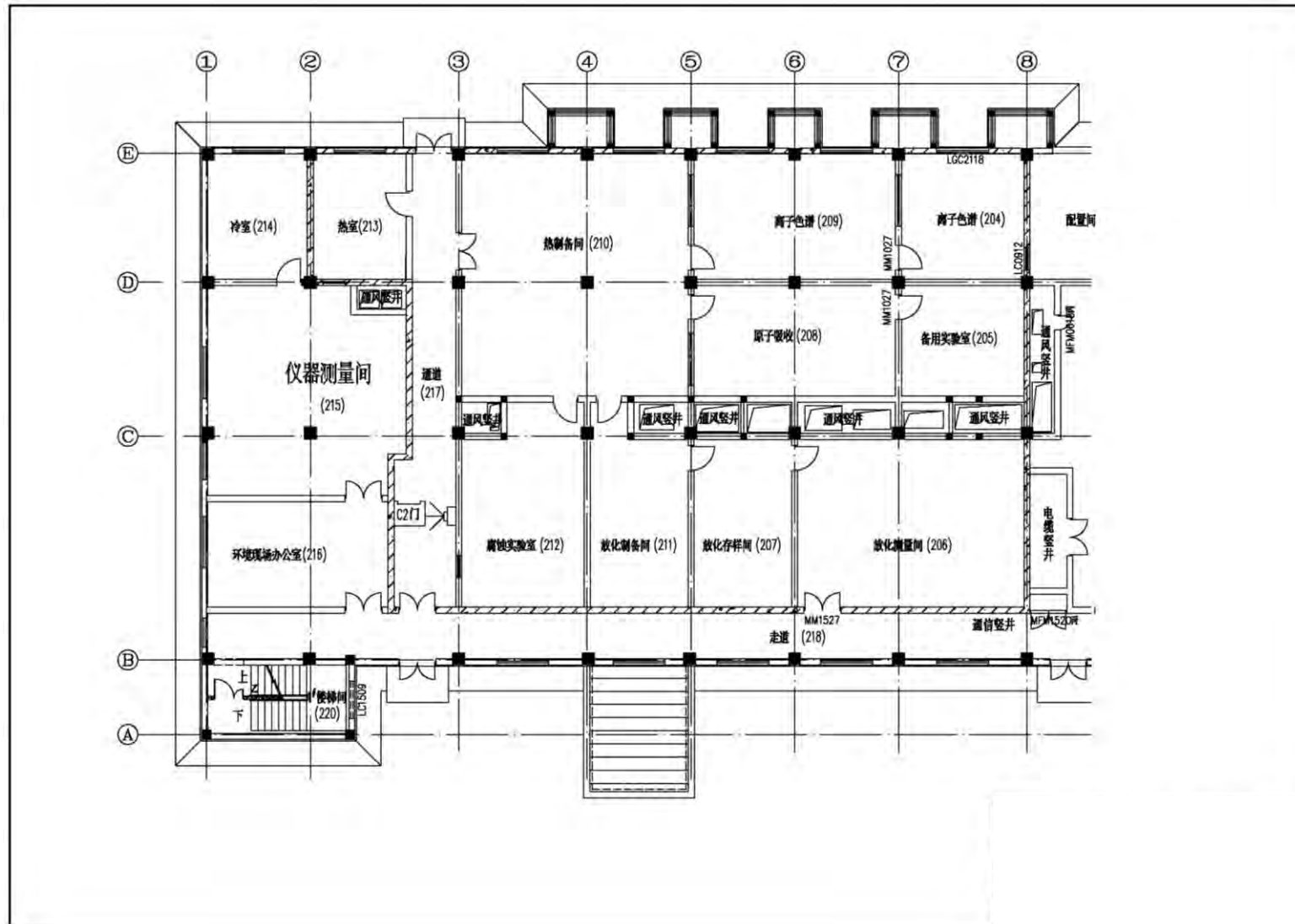


图 8.1-1 厂区实验楼仪器测量间位置

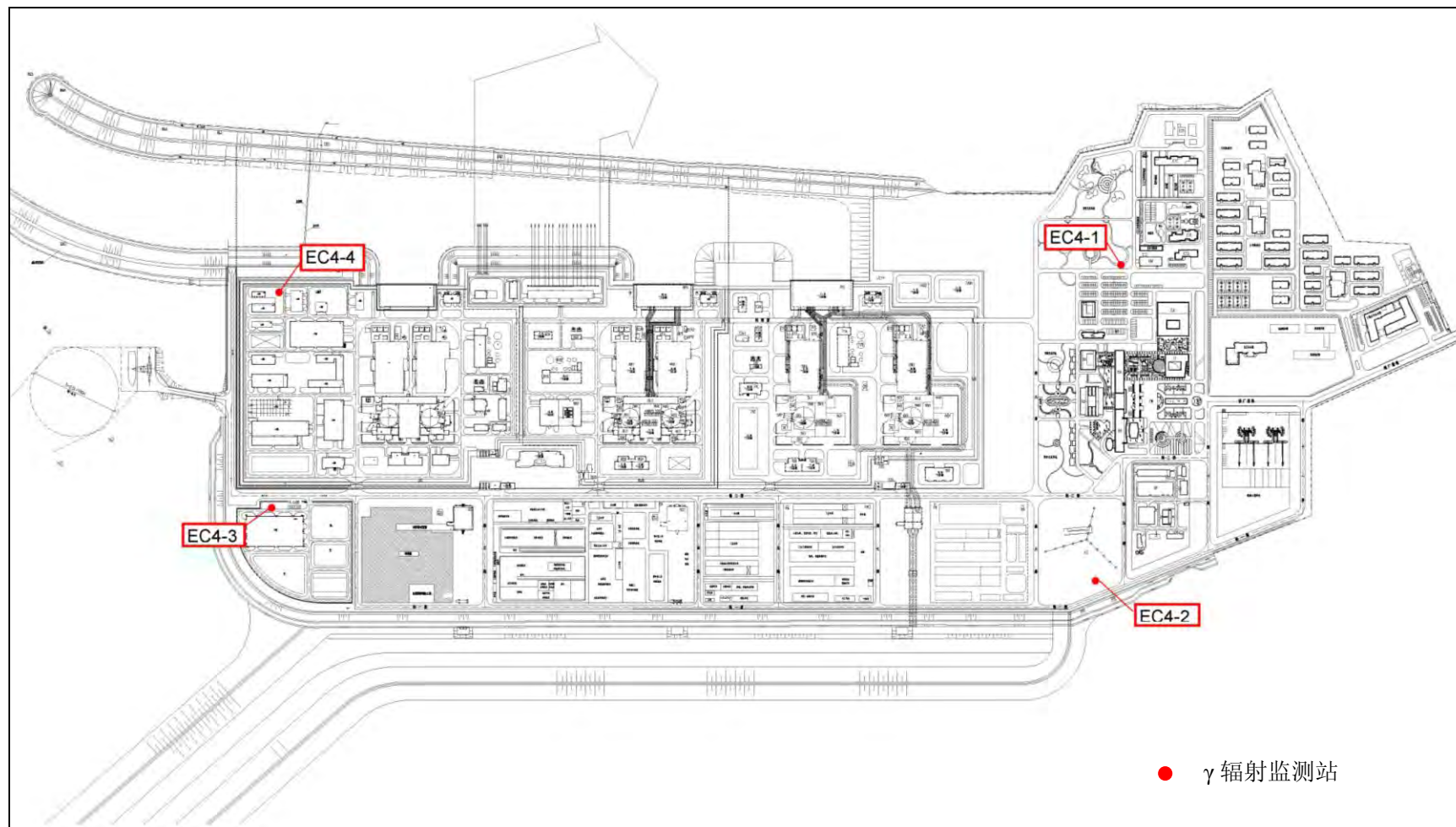


图 8.2-1 厂内环境  $\gamma$  辐射监测站站址分布

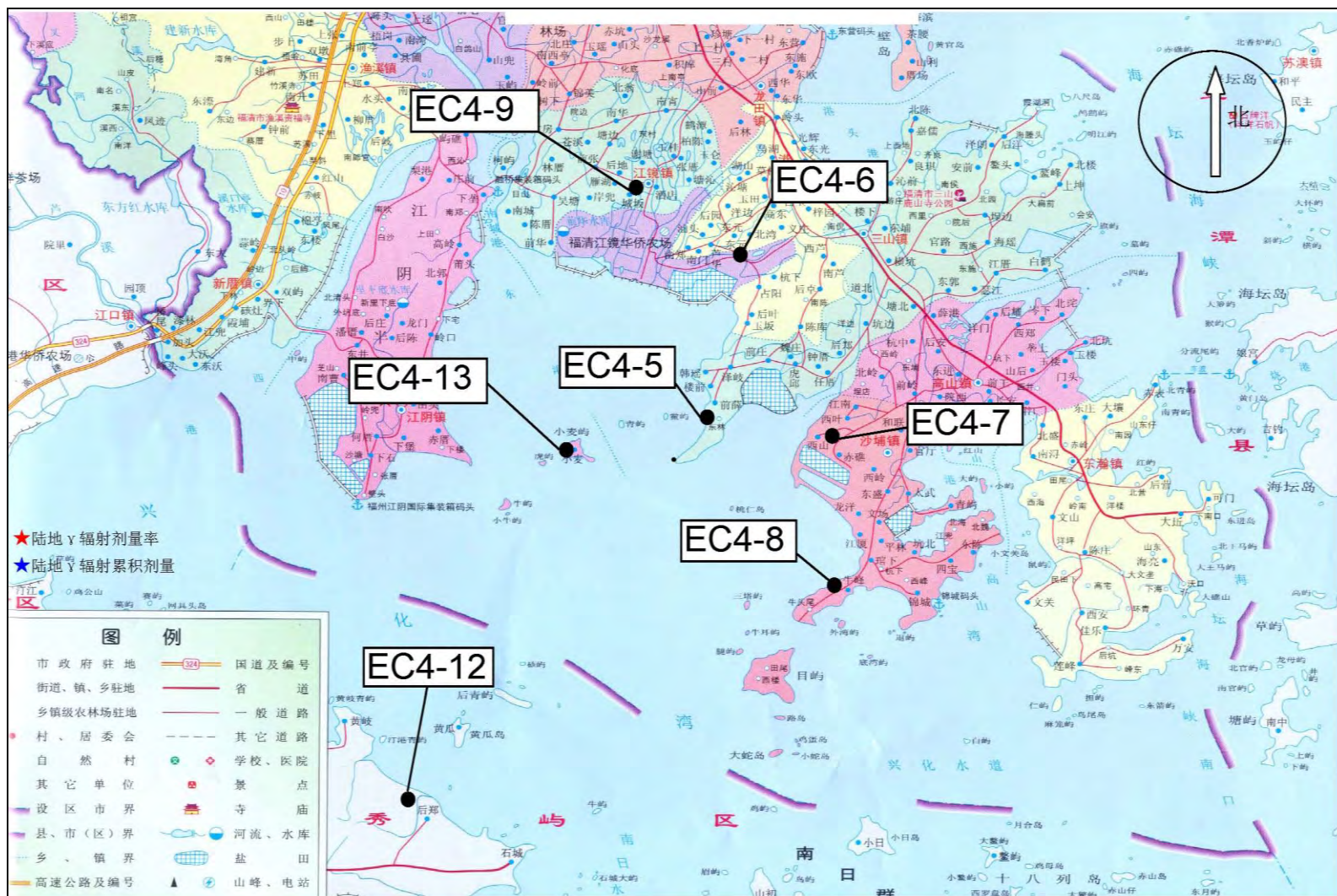


图 8.2-2 厂外环境  $\gamma$  辐射监测站站址分布

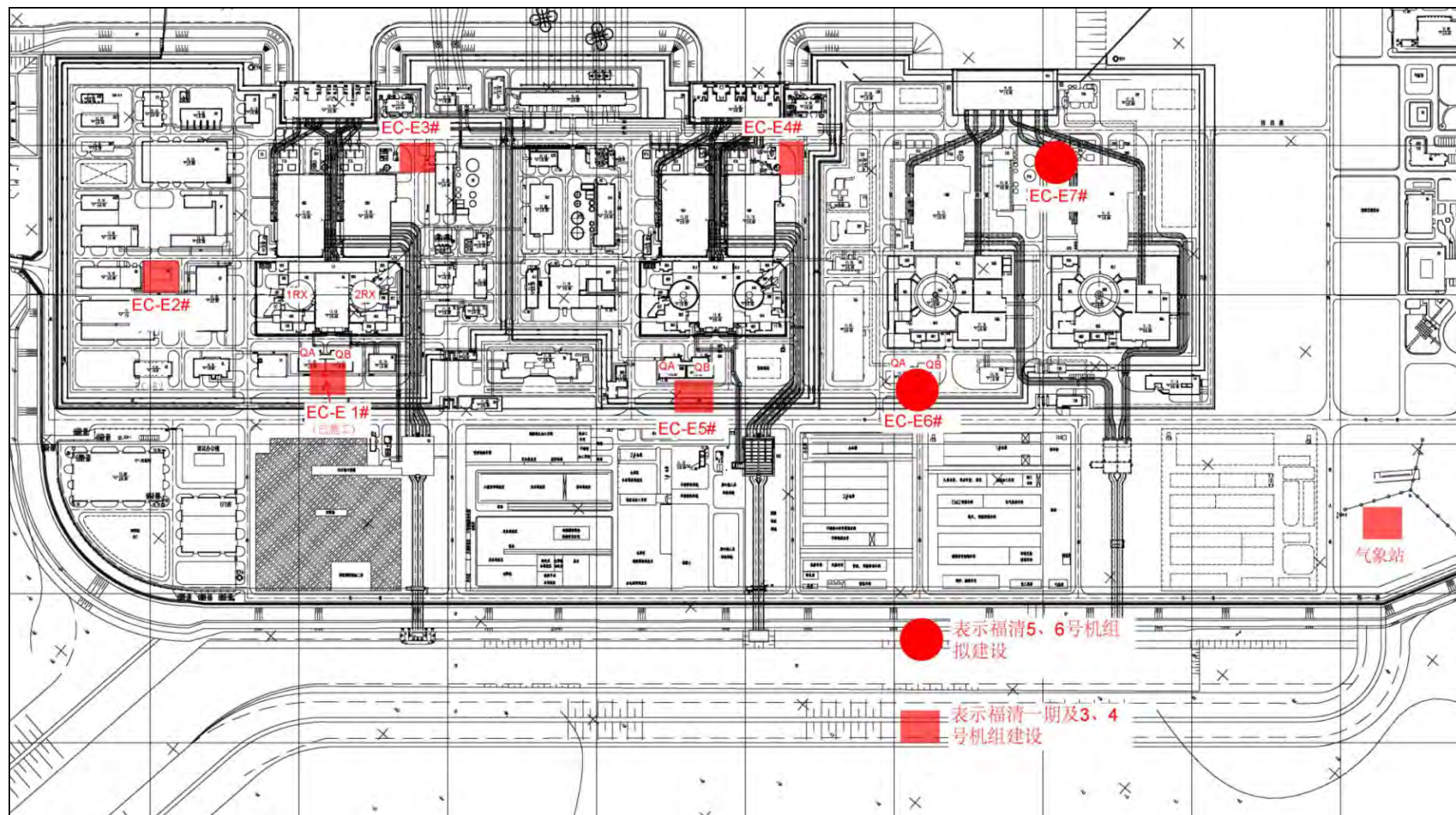


图 8.2-3 厂区地下水监测井分布位置示意图

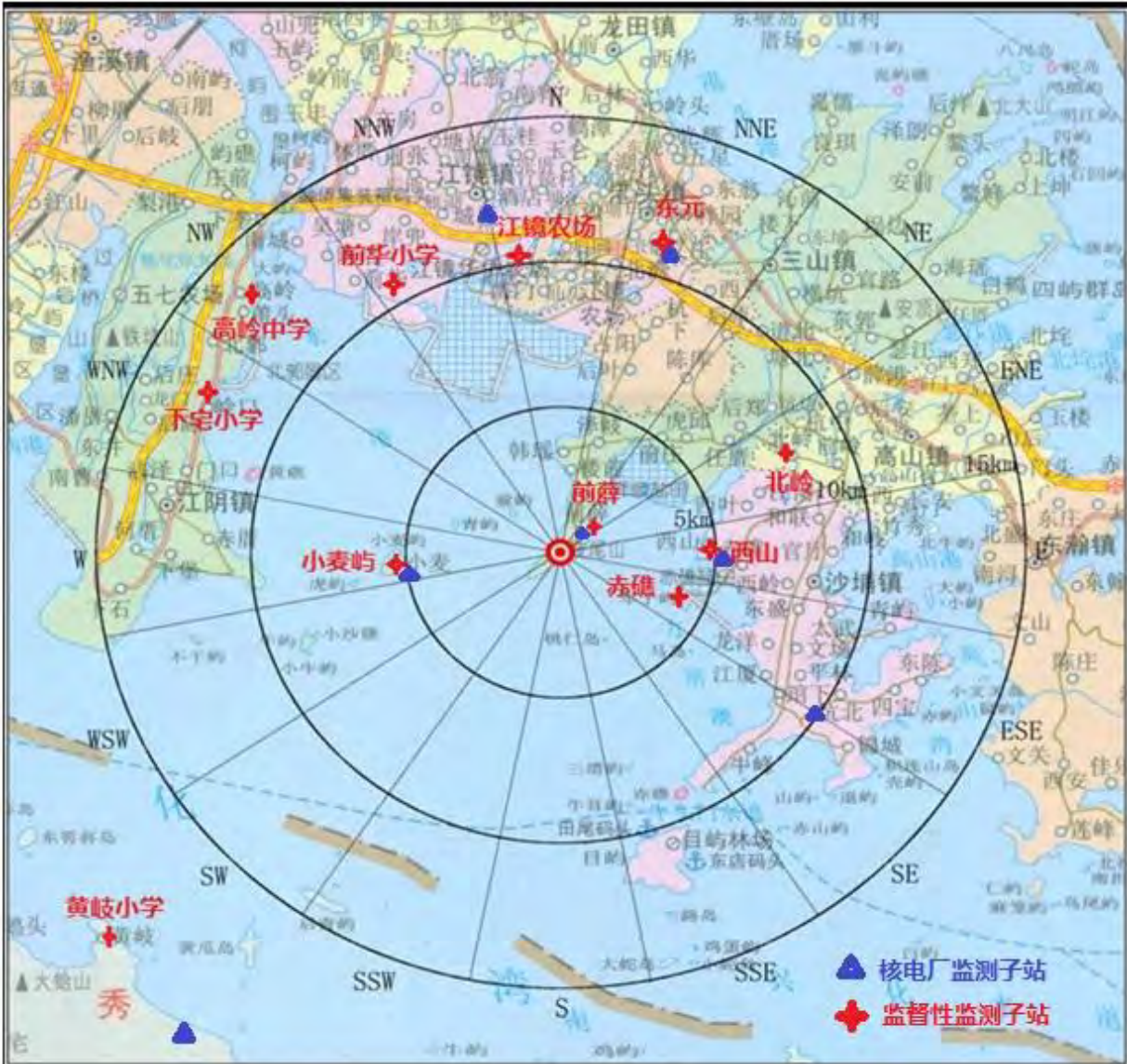


图 8.2-4 福清核电站监督性监测子站及核电站监测站分布图



## 第九章 公众参与

9.1 公众参与的目的和作用.....	1
9.2 核电科普知识宣传.....	1
9.3 核电站现场考察.....	4
9.4 信息公告.....	4
9.5 座谈会.....	6
9.6 问卷调查和回访.....	6
9.7 小结.....	8

## 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。其中，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。

福建福清核电厂 3、4 号机组目前已进入申请首次装料阶段，在本工程和福清核电厂 1、2 号机组选址阶段和设计阶段的环境影响报告书中已根据《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[2014]128 号文”对福建福清核电厂一、二号机组环境影响报告书（运行阶段）进行了批复，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，认可了选址阶段和设计阶段开展的公众参与工作。此外，福清核电有限公司在福清核电厂 5、6 号机组建造阶段环评中也开展了充分的公众参与工作。本工程运行阶段的公众参与工作是基于上述已完成的公众参与工作进一步开展的。

## 9.2 核电科普知识宣传

2006 年 7 月福清核电有限公司发放了 1660 余本核电科普知识读物，向厂址周围群众和相关人员进行科普宣传；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。

2010 年 3 月 9 日上午，福清核电厂 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、核电的安全性及对环境的影响等内容，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，期间发放核电科普宣传册 200 余本。

2012 年 5 月，福清核电有限公司组织了“公众眼中的福清核电”摄影活动，邀请了福清市社会及新闻媒体摄影爱好者 10 人来到福清核电厂施工现场参观采风。本次活动让受邀摄影组在施工现场真实感受到了核电工程的安全和高效，使他们对福清核电安全的信心得到了提升。

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，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，讲座效果好，现场情况见图 9.2-1。

2013 年 9 月 22 日下午，福清核电组织了“核电科普进校园”活动，福清核电保健物理处处长为福清一中 700 多名师生讲解了“核电作为清洁能源的体现”、“国内核电安全保障为主线”、“核能的发展和优势”、“核电发电的基本原理”、“解析日本福岛核事故”等，并就师生感兴趣的问题进行了解答。通过这次活动，不但让师生了解到生动的核电科普知识，更通过师生，让家长、朋友甚至更多人都了解到更多的核电知识，从而消除了对核电站的神秘感与恐惧感，福清核电将核电科普知识作为一项系统化课程去研究，由

浅入深、由兴趣到专业化通晓，切实提高核电科普宣传水平，活动情况见图 9.2-2。

2014 年 4 月 17 日至 7 月 15 日，为了让更多的人关注我国核电发展，引导大众理性认识核电、支持核电发展，福清核电有限公司组织地方 7 所中学共计 4595 人次参与第二届“魅力之光”杯全国中学生核电科普知识竞赛。此次活动向中学生广泛进行核科普知识宣传，培养了一批青少年核电支持者。见图 9.2-3。

2014 年 5 月 13 日、5 月 14 日，为进一步增强全社会对核安全的信息，营造支持核电健康安全可持续发展的良好环境，福清核电有限公司积极筹划，精心准备，在周边学校、村镇干部和公众中积极宣传核电知识，邀请中学生、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。见图 9.2-4。

2014 年 5 月 13 日、5 月 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展开。在交流互动环节，学生们积极提问发言，气氛热烈。讲座期间发放了 350 余份公众调查问卷，并且现场配合发放《核电科普宣传手册》、福清核电宣传折页、华龙一号宣传折页供大家学习阅读。见图 9.2-5。

2014 年 8 月 30 日，福清核电有限公司邀请福清市企业家协会会员参加座谈会、参观福清核电现场。座谈会中福清核电随行人员从核电的发展概况、核电安全文化、核电基本理论及福清核电机组等几个方面进行介绍，并就大家提出的核安全、核辐射问题进行一一解答，向优秀企业家们科普核电知识，为核电发展创造良好的环境。

2014 年 10 月 17 日，福清核电有限公司邀请福建省离退休干部 80 余人参观福清核电现场。参观中福清核电随行人员向离退休干部介绍福清核电机组运行情况、核电基本原理及核电安全文化，解答了离退休干部们对核电厂安全的顾虑，使他们对核电厂有了全新的认识。见图 9.2-6。

网络与报纸已成为公众宣传的重要渠道。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，同时还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。见图 9.2-7 和图 9.2-8。

福清核电有限公司已开展的核电科普知识宣传工作充分调动了公众参与核电建设的主动性、积极性，在群众中普及了核电基础知识、深化了核安全理念、加强了群众与福清核电的交流，促进营造公众与核电发展间的和谐氛围。在本工程后续的公众参与工作中，福清核电有限公司将继续加强科普宣传的力度，重视公众提出的各方面的建议与疑问，做

好核电与周边政府及群众的沟通工作，并加强对新型媒体发展动态的跟踪，使宣传模式全方位、多样化，以适应信息时代核电公众参与宣传的需求，努力获得更多的公众对核电发展的支持。

### 9.3 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 日组织了两批考察团，前往秦山核电基地进行了实地考察。两批考察团的成员包括了福州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，考察团对核电站的相关知识和安全性、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。

### 9.4 信息公告

#### (1) 1、2 号机组

福清核电有限公司于 2006 年 8 月 16 日通过福州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 日通过福州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。

2013 年 5 月 27 日，福清核电有限公司在《福州日报》及其官方网站上刊登了“福建福清核电厂 1、2 号机组工程环境影响评价（申请首次装料阶段）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。在福清核电有限公司外部网页上也同步刊登了本次信息公告，公告时间为 10 个工作日。

2013 年 11 月 18 日，福清核电有限公司在《福州日报》及其官方网站上刊登了《福建福清核电厂 1、2 号机组工程环境影响评价（申请首次装料阶段）公众参与第二次信息公告》，并在公司网站上发布环评简本。本公告向公众介绍了环境影响评价的主要结论等，

并给出了意见反馈方式以便公众进行联系。

在信息公告期间共收到群众来信3封（电子邮件），主要咨询的问题包括福清核电厂抵抗地震和海啸的能力、福清核电厂运行后环境监测数据的公告以及福岛核事故后综合检查的整改，福清核电公司对于公众提出的以上问题都及时、认真的进行了回复和解答，并通过邮件和电话的形式对于公众的关注和支持表示了感谢。

### （2）3、4 号机组

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（设计阶段）》、《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。本次信息公告情况见图 9.4-1。

2015年1月9日，福清核电有限公司在《福州日报》上刊登了“福建福清核电厂 3、4 号机组工程环境影响评价（运行阶段）公众参与第一次信息公告”，向公众详细介绍了本工程的基本信息和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。信息公告期间未收到公众意见反馈，本次信息公告情况见图 9.4-2。

### （3）5、6 号机组

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《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“福清核电 5、6 号机组环评报告（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。

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。

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。

## 9.5 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。

## 9.6 问卷调查和回访

### （1）1、2 号机组

福清核电有限公司于 2006 年 5~8 月份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。

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所担心，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。

### （2）3、4 号机组

在本工程设计阶段环评开展过程中，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。此次问卷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%。问卷调查对象统计情况见表 9.6-1，问卷调查结果见表 9.6-2。

通过问卷调查了解到，85.7%的人对本工程的建设表示支持和赞同，比 1、2 号机组的支持率（77.9%）有所提高；当地公众对核电知识的了解正在逐步提高，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。

在本工程运行阶段环评开展过程中，福清核电有限公司于 2014 年 5 月 13 至 19 日开展了问卷调查工作，调查问卷发放范围为厂址半径 80km 评价范围内，调查对象以三山镇、港头镇、高山镇的居民为主。本次活动共发放 340 份调查问卷，回收 332 份，总体回收率为 97.6%。公众参与问卷调查对象统计情况见表 9.6-3，问卷调查结果见表 9.6-4。

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，72.3%的公众选择了较满意，22.9%的公众选择了很满意；

- 对本工程施工期间对本地区环境质量造成的影响调查中，33.1%的公众选择了影响较小，35.2%的公众选择了影响一般，仅有 9.6%的公众认为核电项目施工期间对当地环境影响较大；

- 对本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、噪声污染及水污染，分别有 33.4%、11.1%、7.8%的公众选择，另有 35.8%的公众不清楚核电工程施工期间的环境危害；

- 对本工程建设期间对公众生活有何影响的调查显示，81%的公众都认为核电工程建设期间对公众生活影响较小；

- 对本工程是否有利于推动当地经济的发展的调查显示，51.5%的公众认为核电对当地经济的发展有较大推动，42.8%的公众认为有一般性推动；

- 对是否支持在该地区建造本项目的调查显示，80.4%的公众支持在本地区建造核电项目，不支持率为 3.6%；

- 在对核电项目环保方面建议和要求方面，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工作。

问卷调查结果表明，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主要仍是核电对环境的带来的影响，调查结果也反映了公众对核电工程质量的关切和重视。



### （3）5、6 号机组

2013 年 2 月，福清核电有限公司针对 5、6 号机组重新开展了公众意见问卷调查。本次调查问卷发放范围为厂址半径 80km 评价范围，活动共发放 500 份调查问卷，回收 458 份，总体回收率为 91.6%。通过此次问卷调查了解到，87.3%的公众支持在本地区建造核电项目，仅有三位由于对核事故的恐惧心理而持不支持态度。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厂对环境带来的影响，调查结果也反映出公众对核电工程质量的关切和重视。

## 9.7 小结

福清核电厂持续开展的公众参与工作取得了绝大多数公众对福清核电厂建设的认可、理解和支持，为福清核电厂 3、4 号机组的建设打下了良好的公众基础。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知，做好核电厂环境保护和质量安全等方面工作，加强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理解和支持。

表 9.6-1 问卷调查对象统计表  
(2010 年 3 月)

结构组成	类别	人数, 人	比例, %
性别	男	130	39.5%
	女	31	60.5%
年龄	20 岁及以下	3	82.8%
	21-40 岁	59	13.6%
	41-60 岁	99	3.3%
文化程度	大专及以上	44	14.2%
	高中及中专	63	39.5%
	初中	38	46.4%
	初中以下	16	0%
职业	政府工作人员（包括村干部）	98	5.1%
	教师	28	9.0%
	农民	30	2.4%
	医生	5	0.6%

**表 9.6-2 问卷调查结果统计表**  
(2010 年 3 月)

调查内容	意见	统计情况	
		人数 (人)	比例 (%)
您是否了解核电是一种安全和清洁的能源?	不了解	5	3.10%
	知道一点	97	60.25%
	很清楚	59	36.65%
您对本地区环境目前质量现状是否满意?	很满意	49	30.44%
	较满意	96	59.62%
	不满意	13	8.08%
	很不满意	3	1.86%
您是否了解核电与水电、火电的区别?	了解	144	89.44%
	不了解	17	10.56%
您认为本项目对本地区环境质量造成的影响:	严重	3	1.86%
	较大	15	9.32%
	一般	39	24.22%
	较小	92	57.15%
	不清楚	12	7.45%
您认为本工程对环境的主要危害是?	大气污染	2	1.18%
	水污染	18	10.58%
	放射性污染	97	57.06%
	噪声污染	2	1.18%
	生态污染	16	9.41%
	不清楚	35	20.59%
您是否支持在该地区建造本项目?	支持	138	85.72%
	无所谓	16	9.94%
	不支持	7	4.34%
您认为本项目是否有利于推动当地经济的发展?	有利	150	93.17%
	不利	1	0.62%
	不清楚	10	6.21%
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	121	75.15%
	有条件赞成	27	16.78%
	无所谓	12	7.45%
	反对	1	0.62%
您对该项目环保方面有何建议和要求?	1) 工程质量一定要严格把关, 要用最新技术、最先进的设备来建造, 2) 应本着以人为本、安全、清洁的原则发展核电, 尽量做到不污染, 不迁移人们房屋, 保障农民生活等; 3) 核废料运输要防泄露; 4) 做好环境监测并公开公示包括环境监测结果, 给群众知情权。		

表 9.6-3 问卷调查对象统计表  
(2014 年 5 月)

结构组成	类别	人数, 人	比例, %
性别	男	131	39.5%
	女	201	60.5%
年龄	20 岁及以下	275	82.8%
	21-40 岁	45	13.6%
	41-60 岁	11	3.3%
	不详	0	0%
文化程度	大专及以上	47	14.2%
	高中及中专	131	39.5%
	初中	154	46.4%
	初中以下	0	0%
	不详	2	0.6%
职业	政府工作人员（包括村干部）	17	5.1%
	教师	30	9.0%
	农民	8	2.4%
	医生	2	0.6%
	学生	275	82.8%

表 9.6-4 问卷调查结果统计表  
(2014 年 5 月)

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	76	22.9%
	较满意	240	72.3%
	不满意	14	4.2%
	很不满意	2	0.6%
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	32	9.6%
	一般	117	35.2%
	较小	110	33.1%
	不清楚	73	22%
您认为本工程施工期间对环境的主要危害是	大气污染	22	6.6%
	水污染	26	7.8%
	放射性污染	111	33.4%
	噪声污染	37	11.1%
	生态污染	17	5.1%
	不清楚	119	35.8%
本工程建设期间对公众生活有何影响	影响较大	34	10.2%
	影响较小	269	81%
	无影响	29	8.7%
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	171	51.5%
	一般推动	142	42.8%
	无明显效益	19	5.7%
您是否支持在该地区建造本项目? 请简要说明原因。	支持	267	80.4%
	无所谓	53	16%
	不支持	12	3.6%
从环保角度出发, 您对本工程持何态度? 简要说明原因。	坚决支持	104	31.3%
	有条件赞成	178	53.6%
	无所谓	35	10.5%
	不赞成	15	4.5%
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 9.2-1 核电专题科普讲座



图 9.2-2 核电科普进校园活动



图 9.2-3 第二届“魅力之光”杯全国中学生核电科普知识竞赛



图 9.2-4 中学生、村镇干部及村民走进核电厂



图 9.2-5 福清核电有限公司走进港头中学和华侨中学





图 9.2-6 福建省离退休干部参观福清核电现场



图 9.2-7 《中国核工业报》福清核电专版



图 9.2-8 当地主流媒体宣传



图 9.4-1 (1/2) 信息公告（报纸）

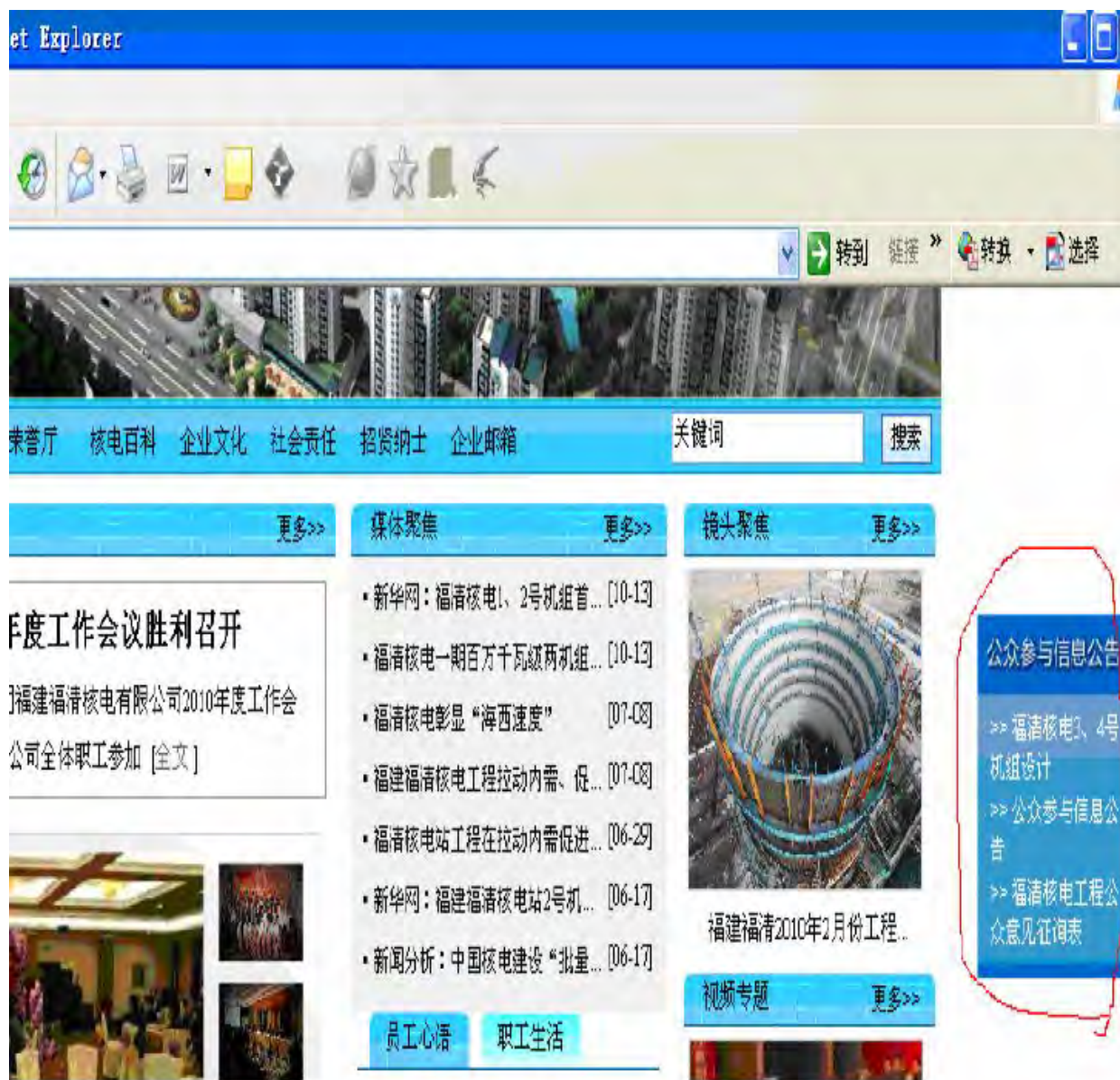


图 9.4-1 (2/2) 信息公告（网络）



## 第十章 电厂建设和运行的效益分析

<b>10.1 利益分析</b> .....	<b>1</b>
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
<b>10.2 代价分析</b> .....	<b>1</b>
10.2.1 直接代价.....	1
10.2.2 间接代价.....	1
<b>10.3 代价效益分析</b> .....	<b>2</b>
10.3.1 经济效益.....	2
10.3.2 社会效益.....	2
10.3.3 环境效益.....	3
<b>10.4 结论</b> .....	<b>3</b>

## 10.1 利益分析

### 10.1.1 核设施产品（发电）带来的利益

福清 3、4 号机组建设规模为  $2\times 1000\text{MW}$  百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿命期为 40 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 143.31 亿度。

### 10.1.2 设施建设运行带来的连带利益

福建省地处我国东南地区，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，福清 3、4 号机组的建设可以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。

福建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。福清 3、4 号机组  $2\times 1000\text{MW}$  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。

建设期间可提供几万人年的就业机会；运行期间，电厂各岗位就业人数总计为 400 人。

福清 3、4 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，对加快福清地区的经济发展具有重要意义。

福清 3、4 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

福清 3、4 号机组的项目计划总资金为 2452139 万元，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。其中为环保设施的建设投资约 77562 万元，约占项目计划总资金约 3.2% 左右，见表 10.2-1。

### 10.2.2 间接代价

#### 10.2.2.1 社会代价

福清 3、4 号机组需要新增征地 21.64 公顷，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。

福清 3、4 号机组的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输，生产期间

的换料、乏燃料、固体废物运输，以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可避免的增加当地的运输负担。但是由于在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

此外，本机组对于福清地区的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性对涉及切身利益的公众进行充分的宣贯，消除公众担忧甚至恐惧的心理，增强公众对核电项目建设与发展的接受与理解，有利于核电项目的顺利进行和营造更为和谐的核电发展环境。本次公众参与的目的和作用，是为了广泛了解社会各界人士，特别是厂址周围受影响的公众对福清 3、4 号机组工程建设（运行阶段）的意见和建议，最大限度地降低工程建设可能对周边环境带来的不利影响，以发挥工程最大的社会、环境和经济效益。

#### **10.2.2.2 环境代价**

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。为了保护环境和保护公众的目的，福清 3、4 号机组设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前面章节已对福清 3、4 号机组的环境影响做出了详细的论证。

### **10.3 代价效益分析**

#### **10.3.1 经济效益**

虽然福清 3、4 号机组建设会有一些的经济代价，但按 30 年计算期平均计算，福清 3、4 号机组经济效益在电力行业里属中等水平，经济效益大于经济代价。

#### **10.3.2 社会效益**

福清 3、4 号机组的建设，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。核电厂项目投资大，建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题，建设项目贷款能够促进当地金融等服务产业发展。同时，优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。同时，核电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、



标准化发展，并培养出一批核电站建设组织管理人才，为其后续机组和国内其它核电厂的建设培养人材，从而全面推动我国核电事业的发展。

### 10.3.3 环境效益

从本报告书第六章可以看到，福清 3、4 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较小。

核电厂两台百万千瓦级核电机组的间接效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应，核电机组每年可使电网减少燃煤 600 万吨，有效减少了 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染，缓解酸雨的发生。以本项目 2×1000MW 规模计算，每年可少排放 SO<sub>2</sub> 约 3800 吨，烟尘约 1573 吨，灰渣约 90 万吨（按 15% 计算）。

同时，火电厂释放的 CO<sub>2</sub> 是全球 CO<sub>2</sub> 重要来源，而 CO<sub>2</sub> 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。经济计算期内各年的环境效益估算见表 10.3-1。

## 10.4 结论

从以上分析可以得出：福清 3、4 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。福清 3、4 号机组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。

表 10.2-1 核电厂环境保护费用汇总表

序号	项目名称	投资 (万元)	规模	
			单位	数量
(一)	非放射性和放射性废物处理处置系统			
1	核岛通风系统	23180		
2	核岛废物处理和排放系统	14542		
3	常规岛废水处理厂房	6251		
4	电仪修车间	6295		
5	三废处理设施及环境保护工程	3726		
(二)	流出物监测和环境监测系统			
1	核岛辐射监测系统			
1.1	KRT 电厂辐射监测系统	5531		
1.2	KZC 控制区出入监测系统	1712		
2	常规岛辐射环境监督性监测系统项目	3500		
3	虹吸井	4994		
(三)	环境整治			
1	厂区绿化	1155		
2	废液排放管沟	412		
3	水土保持项目验收、补偿费用	1892		
	海域使用费	1805		
(四)	施工期环保投入			
1	施工期间海域环境监测项目	485		
2	施工期间陆域环境监测项目	780		
3	施工期间气象观测项目	350		
	振动监测	952		
	合计	77562		

表 10.3-1 环境效益分析估算表

序号	项目	年发电量	减排因子	CO <sub>2</sub> 年减排量	经济费用效益分析	
		GWh	CO <sub>2</sub> 吨/GWh	万吨	单价	环境效益
					元/吨	万元
1	投产第 1 年	2544	1050	267	72	19232
2	投产第 2 年	7632	1050	801	72	57696
3	投产第 3 年	13991	1050	1469	72	105776
4	投产第 4-30 年	15263	1050	1603	72	115391

---

## 第十一章 结论

<b>11.1</b>	<b>核电厂工程</b> .....	<b>1</b>
<b>11.2</b>	<b>环境保护措施</b> .....	<b>2</b>
<b>11.3</b>	<b>放射性物质排放</b> .....	<b>3</b>
<b>11.4</b>	<b>辐射环境影响评价结论</b> .....	<b>3</b>
11.4.1	正常运行的辐射环境影响 .....	3
11.4.2	事故工况下的辐射环境影响 .....	3
<b>11.5</b>	<b>非放环境影响评价结论</b> .....	<b>4</b>
11.5.1	施工建设过程对环境的影响 .....	4
11.5.2	运行期间对环境的影响 .....	5

## 11.1 核电厂工程

(1) 福建福清核电厂 3、4 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 1、2 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，北、南、西三面环海，东北侧与陆地连接。厂址北北西距省会福州市 71km，北距长乐市 58km，距福清市 32km，西距莆田市 43km（均为直线距离）。

(2) 福建福清核电厂规划容量为  $6 \times 1000\text{MW}$  级压水堆核电机组，采用一次规划，分期建设模式。本工程为福清核电厂 3、4 号机组，其参考电站为岭澳一期核电站，按照“百万千瓦级二代加改进”的技术路线，建设 2 台百万千瓦级二代加改进型机组，电站设计寿命 40 年。

为进一步提高核电站的可靠性、安全性和经济性，福清核电厂 3、4 号机组在参考电站的基础上采取了已通过论证的多项重要技术改进，如：

- 采用先进的燃料组件，以满足最大燃耗要求和增大热工裕量，并提高经济性；
- 为延长反应堆压力容器寿命、提高其综合机械力学性能、缩短制造工期、减少役前和在役检查工作量，在堆芯活性段筒节采用整体锻件取消环焊缝；
- 严格控制材料中的辐照敏感元素含量，以降低材料对中子辐照的敏感性，加强材料韧性，提高安全裕度和延长使用寿命；
- 增加稳压器卸压能力，在保持岭澳一期阀门原设计的条件下，将事故卸压功能向严重事故管理策略延伸，以避免出现高压熔堆的风险；
- 为提高电站的安全性，增大辅助给水箱容积；
- 为提高辅助给水可靠性，对辅助给水系统配置进行了改进，将一台 100%容量汽动辅助给水泵改为两台容量为 50%的汽动辅助给水泵；
- 为了适应先进的压水堆核电站对仪控和电气系统要求的高经济性、高可靠性、高安全性、高紧凑性和高度自动化，采用了数字分布式仪表控制系统和先进主控室设计；
- 设置完善的可燃气体控制系统，在安全壳隔室内根据氢气的产生和聚积情况布设一定数量的非能动催化氢复合器。

### (3) 工程的安全性和可接受性

本工程设计满足“纵深防御”原则，设计和运行管理上考虑了五个防御层次，即：稳态运行，减少偏离；纠正偏离，防止事故；限制事故发展，防止堆芯熔化；严重事故缓解，保持放射性包容；落实应急响应计划，减轻放射性物质释放后果。本工程在以下几个方面体现了“纵深防御”要求：

——实体安全屏障：四道实体安全屏障为二氧化铀芯块、燃料棒包壳、主回路压力边界和安全壳。通过采用先进燃料组件，提高燃料燃耗限值和热工裕量，从而提高燃料组件可靠性，减少燃料包壳破损风险；通过严格控制反应堆压力容器以及其它主设备的材质、工艺和质量，提高主回路压力边界的可靠性；通过提高安全壳整体承压能力以及采取主回路安全卸压、设置完善的可燃气体控制系统等严重事故缓解措施，提高安全壳边界的可靠性。安全屏障的完整性可进行在线监测或通过定期试验进行检验，确保具有较高的可靠性。此外设计中还设置了安全壳过滤排放系统，在极端情况下通过手动打开该系统对安全壳大气进行过滤排放，以防止安全壳晚期缓慢超压失效，减轻放射性物质释放后果。

——运行稳定：利用压水堆核电站的固有特性，加上运行控制方面的设计优化，设计上可以克服各种设计瞬态，使机组状态自动趋于稳定。

——机组状态在线监测：对安全设施和其它重要正常运行设备的状态进行在线监测，通过数字化应用和先进主控制室设计，还可以对监测信息进行分析并辅助运行人员操作，提高运行操作的正确性。

——为达到和保持五个防御层次内所执行的安全功能，1、2 号机组技术方案中针对设计基准事故方面的安全设施遵循多重性、多样性、独立性、保守性等可靠性设计原则。

——基于国际上对核电站严重事故的研究成果和《核电厂设计安全规定》（HAF102）的要求，在设计中适当考虑了严重事故的预防与缓解措施。

## 11.2 环境保护措施

福建福清核电厂 3、4 号机组的环保设施参照岭澳核电站一、二号机组进行设计。同时对“三废”系统实施了如下主要改进：

(1) Ag-110m 污染治理改进：将与堆冷却剂接触的设备、管道法兰垫片由含银材料替换为不含银材料，将含 Ag-110m 的废液由离子交换处理改为蒸发处理。

(2) TES 系统采用桶内搅拌混合器，并使用与桶内搅拌设备配套的成熟水泥固化配方，同时提高废树脂和浓缩液的体积包容率，以减小废物的增容比和最终的废物包产生量，废物体性能满足 GB14569.1-2011《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》的要求。

(3) 采用 400L 钢桶作为废物包装容器。

(4) 设置了厂址共用的放射性固体废物处理辅助厂房（QS），配备压实力为 2000t 的超级压实机。

(5) 设置了厂址共用的放射性固体废物暂存库 (QT)，库容为 6 台机组运行 5 年产生的废物量。

(6) 本工程废物最小化的设计目标是：在满足标准规范要求的同时，每年每台机组放射性废物包的设计值（整備后）和预期值将在后续阶段提供。

福建福清核电厂 3、4 号机组的放射性流出物监测系统的设计与参考电站基本一致。可以确保两台机组的流出物排放得到有效的监测、管理和控制。本工程建设了一整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。

因此，福建福清核电厂 3、4 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效果完全可以满足对核电厂周围环境保护的要求。

### 11.3 放射性物质排放

本工程各类放射性流出物的排放量均满足国家标准 GB6249-2011 规定的厂址年排放量控制值要求。

### 11.4 辐射环境影响评价结论

#### 11.4.1 正常运行的辐射环境影响

##### (1) 对公众的辐射影响

本工程两台百万千瓦级二代加改进型核电机组，以申请排放量作为本工程在运行状态下的排放源项，进行运行阶段核电厂正常运行环境影响评价。

按照上述评价源项计算得出本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量为  $4.95 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，约占本工程（福建福清核电厂 3、4 号机组）个人剂量约束值（0.08mSv/a）的 6.18%，对公众辐射影响较小。

##### (2) 对非人类物种的辐射影响

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，福建福清核电厂 3、4 号机组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，附近海域范围内不同核素对不同生物造成的内照射剂量率都在  $0.1 \mu\text{Gy/h}$  以下，各类水生生物所受的总剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（ $10 \mu\text{Gy/h}$ ）。因此，福建福清核电厂 3、4 号机组两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

#### 11.4.2 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 10 个假定事故，其中 8 个是设计基准事故和 2 个是特殊工况。分析结果表明，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，在各类极限事故中，放射性后果最严重的是弹棒事故。

事故分析表明，本工程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。

## 11.5 非放环境影响评价结论

### 11.5.1 施工建设过程对环境的影响

#### （1）社会环境影响

本项目未涉及居民搬迁，没有对当地居民造成由于搬迁而带来的不利影响。

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，但对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

#### （2）水土保持

根据 1、2 号机组水土保持经验及对 3、4 号机组水土流失的预测结果、水土流失重点危害区域和水土流失防治分区的具体情况，针对工程建设过程中可能引发水土流失的特点和危害程度，本着工程措施和植物措施、永久措施和临时措施有机结合的原则，建立了完整有效的水土保持防护体系。施工期间采取的水保措施包括工程措施、植物措施和临时措施。

建设单位非常重视水土保持工作，聘请了专业的水土保持监理公司，对工程建设过程实施水保监理，应用现代化管理手段，科学安排施工时序，规范化管理，在布设水土保持工程措施和临时防护措施过程中，实施严格的质量控制，收到了较好的效果。

#### （3）施工噪声和对大气环境的影响

根据 2009~2014 年施工期大气环境和噪声监测分析及评价报告，施工活动期间环境监测的项目有环境敏感区大气监测、厂界监控点位颗粒物监测、敏感区噪声监测及建筑施工场界噪声监测。监测结果表明，施工活动对大气环境和声环境的影响可以接受。

#### （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影响以及生产废水和施工人员的生活污水排放。

福清核电厂 3、4 号机组海域施工仅涉及局部护岸的施工和清淤工程，施工过程采取了减轻对水环境的影响措施，且海上工程的施工时间短，工程占用的海床范围较小，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，施工对海洋生物的生态系统的影响较小。



本工程施工期对建设各区（临建区、厂前区）污水处理站由专业的公司运营，并对最终出水水质监测排放。施工期间施工船舶产生的各类污染物数量不大，施工期船舶含油污水由当地海事部门批准的专业公司接收处理，施工船舶产生的生活污水尽可能予以收集，运往污水处理站集中处理。本工程大件码头产生的水污染源包括含油废水及船舶人员生活污水，根据 MARPOL73/78 公约，大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》（GB3552-83）要求后到港外排放，禁止在港内排放。施工区施工机械含油污水采取污水沉淀池、空桶回收、修理场地摊铺黄沙后将黄沙拉到建筑垃圾场处理等方式进行处理。由上可见本工程施工期污水采用有组织排放方式，生产废水及生活污水集中到污水处理厂处理，使施工活动对海洋环境的影响降低到最小程度。

监测结果表明，该监测海区水质、沉积物质量并无明显波动，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，监测区域内的海洋生物质量和水生生物中个别指标与 2006 年的“零点”调查相比有较小幅度的变化，但随着海工施工的结束，海域环境将迅速恢复，本工程造成的影响十分有限。

## 11.5.2 运行期间对环境的影响

### 11.5.2.1 温排水对海域生物的影响

核电厂非放环境影响主要是电厂运行时余热排入环境。

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。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，不存在温排对敏感区的影响。

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，温排水停止排放引起的温降问题对浮游生物、鱼类、甲壳类影响不大。

### 11.5.2.2 取水口的环境影响

核电厂取水口的环境影响主要体现在机械损伤和卷吸效应，指浮游生物、鱼卵和幼仔鱼等水生物被卷吸进入电厂冷却水系统，受到来自热、机械和化学等方面的危害。福建福清核电厂的取水方式为引水明渠取水，其可能吸引成鱼的影响范围不大，碰撞在栅网上或游进明渠的成鱼仍有逃脱的可能。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，同时因卷吸效应引起的鱼卵仔鱼的损伤也是非常少的，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。可以预计在福建福清核电厂工程的运行期间，对海洋生物的影响是极其有限的，不会造成整个区域海洋生态的变化。所以，卷吸效应不会影响到该海域海洋生态环境的保护。

### 11.5.2.3 化学物质排放的环境影响

福建福清核电厂规划总装机容量下余氯排放的影响区域仅在排水口附近海域，对海洋生物的影响范围有限。另外由于海区其他部分的补偿和生态系统的调节功能，以及温排水在冬季的升温作用有利于生物生长，可以相当程度地减轻这些损失。

### 11.5.2.4 生活污水和含油污水排放的影响

生活污水通过污水管网分别收集送至各自区域的生活污水处理站，经生化处理后达标排放，生活污水处理站的出水水质达标后作为回用水。各区污水处理站由专业的公司运营，并由地方有资质监测单位，对最终出水水质进行监测排放，这类排放物不会对兴化湾水体产生影响。各厂房产生的含油污水由厂区含油污水排水系统收集，排至含油污水处理站，处理达标后排入大海。因此，生活污水和含油污水不会对环境产生影响。

综上所述，从福清核电厂厂址的自然条件和社会条件分析，能满足福清核电厂 3、4 号机组建设的要求。本工程施工建设对环境的影响以及电厂正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，建设福清核电厂 3、4 号机组是可行的。

附件：

# 福建福清核电厂 3、4 号机组环境风险评价 （运行阶段）

<b>1 建设项目环境风险识别</b> .....	<b>1</b>
1.1 非放射性环境风险识别 .....	1
1.2 放射性环境风险识别 .....	3
<b>2 源项分析</b> .....	<b>3</b>
2.1 运行工况 .....	3
2.2 事故工况 .....	4
<b>3 后果预测与评价</b> .....	<b>4</b>
3.1 评价标准 .....	4
3.2 评价结果 .....	7
<b>4 风险管理</b> .....	<b>8</b>
4.1 风险控制措施 .....	8
4.2 应急预案 .....	13
<b>5 环境风险评价结论</b> .....	<b>15</b>

## 1 建设项目环境风险识别

### 1.1 非放射性环境风险识别

#### 1.1.1 温排水和化学物质排放

##### （1）温排水的排放

核电厂运行时要将余热排入环境，温排水的环境风险，主要考虑可能引起排放海域局部水域水温的升高，从而对局部水域水生生态环境可能产生影响。根据温排水数值模拟结果，1~4 号机组运行的 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，符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的规定。因而，本项目排放的温排水对兴化湾海域的影响是有限的。

厂址半径 15km 范围内没有国家级和省级自然保护区，因此，温排放对敏感区没有影响。通过对厂址海域水温的观测，以及与大亚湾核电站温排水对水生生物影响的类比分析，表明福清核电厂运行后的温排水对厂址海域的贝类、鱼类、藻类等海洋生物的影响均较小。

核电厂运行时，冷却装置系统需用大量海水，在取水过程中，取水系统的运行对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应、机械碰撞损伤影响，根据现场调查结果分析，尽管取水系统产生的卷吸效应会对取水口附近的浮游生物和鱼卵仔鱼产生一定程度的损伤，但相对整个兴化湾来说，卷吸效应引起的浮游生物和鱼卵仔鱼损伤是非常少的，不会影响到整个兴化湾的海洋渔业资源。

##### （2）其它非放化学物质的排放

福清核电厂 3、4 号机组工程释放到环境中的非放化学物质主要产生于循环水系统排水以及工业生产用水的除盐水生产系统、凝结水精处理系统、二回路、闭式冷却水系统等环节，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

上述各系统中，生产废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表4中的一级标准；生活污水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级标准的B标准排放限值排入大海，经处理达标排放的生产废水和生活污水对属于三类功能区域的福清核电海域影响很小。

余氯是核电厂排放量最大的化学物质，数值模拟计算表明，余氯浓度场主要以排水口附近为中心，福建福清核电厂 1~4 号机组实施后，全潮平均浓度 0.02 mg/L 等值线包络面积为 0.24km<sup>2</sup>，全潮最大浓度 0.02 mg/L 等值线包络面积不大于 0.65km<sup>2</sup>。研究表明，余氯浓度大于 0.05mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。因而，余氯对海洋生物的影响范围有限。

### 1.1.2 非核重大危险源识别

根据国家标准《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009 对该项目进行重大危险源辨识。

(1) 危险化学品重大危险源：长期地或临时地生产、加工、使用或储存危险化学品，且危险化学品的数量等于或超过临界量的单元。

(2) 单元：一个（套）生产装置、设施或场所，或同属一个生产经营单位的且边缘距离小于 500m 的几个（套）生产装置、设施或场所。

(3) 临界量：对于某种或某类危险化学品规定的数量，若单元中的危险化学品数量等于或超过该数量，则该单元定为重大危险源。

单元内存在的危险化学品为单一品种，则该危险化学品的数量即为单元内危险化学品的总量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源。

单元内存在的危险化学品为多品种时，则按下列计算公式计算，若计算结果 $\geq 1$ ，则定为重大危险源：

$$q_1/Q_1+q_2/Q_2+\dots+q_n/Q_n \geq 1$$

式中： $q_1, q_2, \dots, q_n$ ——每种危险化学品实际存在量，单位为吨（t）；

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ——与各危险化学品相对应的临界量，单位为吨（t）。

根据《危险化学品重大危险源辨识》GB18218-2009、《危险物品名表》GB 12268-2005 和《化学品分类、警示标签和警示性说明安全规范 急性毒性》GB 20592-2006 对福建福清核电站 3、4 号机组的重大危险源进行辨识。经辨识，本工程的主要原辅材料中可能构成重大危险源的危险物有氢气、氯化氢(盐酸)、氨、乙醇、乙炔。各种危险化学品的储存量和重大危险源评价结果见表 1.1-1。由评价结果可知， $0.311979 < 1$ ，故本评价单元未构成危险化学品重大危险源。

表 1.1-1 危险化学品的储存量和重大危险源评价结果

序号	危险化学品名称	临界量(t)	储存量(t)	q/Q
1	氢气	5	0.846	0.1692
2	氯气	5	微量	0
3	氧气	200	0.0857	0.000429
4	氯化氢(盐酸)	20	2.007	0.10035
5	乙炔	1	0.042	0.042
合计				0.311979

## 1.2 放射性环境风险识别

### 1.2.1 正常运行的辐射影响

福清核电厂 3、4 号机组在运行状态下对环境和公众的辐射影响包括气载、液态流出物排放对公众的辐射影响,液态流出物排放对排放海域水质的影响及其对水生生物的辐射影响。采用电厂拟定的设计标准,并在运行过程中严格遵守相关的管理规定,核电厂在运行状态下对公众和水生生物造成的辐射影响均是可接受的,公众和水生生物均是安全的。

### 1.2.2 核电厂放射性事故

#### (1) 设计基准事故

本阶段针对福建福清核电厂 3、4 号机组设计基准事故中有环境后果的 8 个设计基准事故、2 个特殊工况进行了分析和评价。在事故分析中,只考虑气态放射性释放对环境的影响。

#### (2) 严重事故

严重性超过设计基准事故的核电厂状态,包括堆芯严重损坏的状态称之为严重事故。由于核电站的应急响应计划是作为纵深防御策略的最后一个层次,在核电厂周围建立应急计划区的目的在于更好地按照应急计划进行应急准备,以便在事故状态下迅速有效地实施保护公众的应急防护措施,尽可能地避免或减少公众在事故情况下受到的辐射照射。因此在整个应急响应计划中不仅要考虑设计基准事故还要同时考虑严重事故,以使所确定的应急计划区内所做的应急准备能够应对严重程度不同的事故后果。

## 2 源项分析

### 2.1 运行工况

福建福清核电厂 3、4 号机组运行状态下,拟定的气载流出物的年排放量申请值归纳如下:

- 惰性气体  $9.09 \times 10^{13}$  Bq/a;
- 碘  $6.45 \times 10^8$  Bq/a;
- 长寿命粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )  $7.16 \times 10^7$  Bq/a;
- 氚  $5.67 \times 10^{12}$  Bq/a;
- C-14  $7.65 \times 10^{11}$  Bq/a。

福建福清核电厂 3、4 号机组运行状态下,液态流出物的年排放量申请值归纳如下:

- 氚  $6.30 \times 10^{13}$  Bq/a;
- C-14  $5.58 \times 10^{10}$  Bq/a;

- 其余核素  $4.50 \times 10^{10}$  Bq/a。

福建福清核电厂 3、4 号机组运行状态下排放的气载和液态流出物均满足厂址年排放量控制值要求。

## 2.2 事故工况

### 2.2.1 设计基准事故源项

设计基准事故的放射性释放源项与事故有关，放射性的释放可能来自一回路冷却剂、二回路冷却剂，当堆芯受损时还考虑堆芯内的放射性释放。

各设计基准事故的源项主要参照相关假设进行计算。

### 2.2.2 严重事故源项

福清核电厂的参考电站是岭澳核电站一期工程，采用的是 M310 机型。严重事故分析主要涉及引起核电站堆芯大规模熔化事故的序列、安全壳密封的破坏或旁通失效所造成的放射性物质大量释放以及对环境的放射性后果，它们都是建立在对具体核电站设计的概率安全评价基础上的。根据堆芯熔化后向大气释放的途径分析，把向环境释放的放射性源项分为 3 类。根据福建福清核电厂 3、4 号机组的机型特点，结合严重事故的预防和缓解措施，选择 S3 源项作为用于环境风险评价的严重事故源项。

S3 源项是对应于事故发生后晚期（通常为几天后）安全壳由于隔离失效及基础板熔穿等导致的安全壳包容性失效，向环境的间接释放。一般说来  $\epsilon$  模式失效与此相当。此释放途径保证有某种程度的过滤，执行 U 规程来改进安全壳的功能，考虑借助于金属预过滤器的砂床过滤器来进一步减少向环境的释放。

上述定义的源项涵盖了一组可能的情景，并不与某严格的事故情景相关。例如 S3 源项包括在底层熔穿后或由有限的安全壳旁路，经由安全壳的气态释放；S3 源项并不代表特定的情景，而是合理的包络各种情景的释放。

## 3 后果预测与评价

### 3.1 评价标准

#### 3.1.1 非放射性评价标准

##### （1）环境质量标准

##### 1) 环境空气质量标准

根据环境空气功能区分类，本厂址为二类区，2016 年 1 月 1 日前环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及修改单中的二级标准；2016 年 1 月 1 日起执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

## 2) 海水水质

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》以及最新颁布的《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》（2011~2020 年），福清核电厂厂址附近海域环境功能区为兴化湾前薛三类区，功能为一般工业用水区。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。

## 3) 噪声标准

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。

### (2) 排放标准

#### 1) 大气污染物排放

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中的二级标准。

#### 2) 污水排放

该项目生产废水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表 4 中的一级标准。生活污水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级标准的 B 标准。

#### 3) 噪声排放

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。

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

### 3.1.2 放射性评价标准

对于放射性排放的风险评价，其评价因子为气载和液态流出物排放量和公众所受剂量，以及海水中放射性核素浓度。评价标准分别如下：

#### (1) 运行工况下剂量约束值和排放量、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。福建福清核电厂运行状态下的排放量控制值如下：

气载流出物：

- 惰性气体：  $2.4 \times 10^{15}$  Bq/a；
- 碘：  $8.0 \times 10^{10}$  Bq/a；
- 长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）：  $2.0 \times 10^{11}$  Bq/a；
- 氚：  $6.0 \times 10^{13}$  Bq/a；
- C-14：  $2.8 \times 10^{12}$  Bq/a。



液态流出物：

- 氙： $3.0 \times 10^{14}$  Bq/a；
- C-14： $6.0 \times 10^{11}$  Bq/a；
- 其余核素（除氙、C-14 外其他核素）， $2.0 \times 10^{11}$  Bq/a。

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

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”。福建福清核电站 3、4 号机组以 0.08mSv/a 作为公众的辐射剂量约束值。

#### （2）核电站设计基准事故条件下剂量控制值

福建福清核电站 3、4 号机组采用 M310 机型，根据工程设计，放射性事故主要考虑 8 个设计基准事故和 2 个特殊工况。对于各个设计基准事故的环境影响评价标准，相应于 GB 6249-2011 的分类：属于 RCC-P III 类事故工况按照 GB 6249-2011 稀有事故的剂量控制值进行评价，属于 RCC-P IV 类事故工况的按照 GB 6249-2011 的极限事故的剂量控制值进行评价。两个特殊工况按照 GB6249-2011 极限事故的剂量控制值进行评价。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 的规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 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）严重事故条件下的剂量评价标准

对于严重事故情况下的场外剂量评价标准，参考 GB18871-2002 附录 E 的要求，在烟羽应急计划区的外区（10km）不超过隐蔽的通用优化干预水平：2 天以内可防止剂量为 10mSv。在烟羽应急计划区的内区（5km）不超过临时撤离的通用优化干预水平：在不长于一周的期间内可防止的剂量为 50mSv。

#### 4) 海水中的放射性核素浓度限值

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，福清核电站 3、4 号机组在运行状态下接纳水体中的放射性核素浓度控制值为：

- Co-60：0.03Bq/L；

- Sr-90: 4.0Bq/ L;
- Rn-106: 0.2Bq/ L;
- Cs-134: 0.6Bq/ L;
- Cs-137: 0.7Bq/ L。

### 3.2 评价结果

#### （1）正常运行的辐射影响评价

福建福清核电站 3、4 号机组在运行状态下，气、液态流出物排放量均满足国标规定的排放控制值的要求。考虑电厂运行状态时气载流出物和液态流出物对公众的照射途径，计算得到厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量为  $4.95 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，约占个人剂量约束值（0.08mSv/a）的 6.18%，满足国标的要求。

根据福清核电站 3、4 号机组液态排放源项和的冷却循环水流量，采用保守的间歇排放计算假设，将计算的排放循环冷却水中的核素浓度与排放海域本底浓度叠加后，与 GB3097-1997 中相应的放射性指标要求比较，得到排放海域的海水水质满足相应的放射性指标要求。

对水生生物而言，福建福清核电站 3、4 号机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-2}$  数量级以下，各种水生生物所受的剂量率均小于 ERICA 程序推荐的筛选值（ $10 \mu\text{Gy/h}$ ），厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

由以上可见，福清核电站 3、4 号机组在运行状态下的排放量、排放浓度和对公众造成的剂量均满足国标的要求，对水生生物的辐射影响也低于筛选值。核电站在运行状态下对公众和水生生物造成的辐射影响均是可接受的，公众和水生生物均是安全的。

#### （2）设计基准事故后果评价

根据厂址统计的风向、风速、大气稳定度的 10m 高度的三维联合频率，采用厂址实测的大气扩散参数进行短期弥散因子的计算。

考虑事故期间放射性烟云浸没外照射、地面沉积外照射和吸入内照射三种途径，计算各类设计基准事故非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。计算结果表明：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，该事故导致在非居住区边界上公众（事故后 2h）可能受到的最大有效剂量和甲状腺当量剂量均低于 GB6249-2011 中对稀有事故的剂量控制值要求。在各类极限事故中，放射性后果最严重的是控制棒弹出事故，该事故导致在非居住区边界上公众（事故后 2h）可能受到的最大有效剂量和甲状腺当量剂量均低于 GB6249-2011 中对极限事故的剂量控制值要求。

### （3）严重事故后果评价

根据福清厂址全年的逐时气象监测数据，计算 S2 及 S3 源项（前 24 小时考虑安全壳泄漏的影响）的场外剂量后果。

使用 S3 源项（前 24 小时考虑安全壳泄漏的影响）计算的结果表明：50%概率水平下，7 天的预期有效剂量和 2 天的预期有效剂量差别不大。不同的照射途径中，吸入内照射对总剂量的贡献较大，在应急过程中如果能采取相关的防护措施来减少吸入内照射的剂量，会明显的降低公众的受照剂量。6.5km 范围以外的公众 2 天内的预期有效剂量不会超过 10mSv，3.5km 范围以外的公众 7 天内的预期有效剂量不会超过 50mSv。半径 80km 范围内，公众 7 天内的预期集体有效剂量为  $1.21E+04$  人·Sv。

## 4 风险管理

### 4.1 风险控制措施

#### 4.1.1 放射性事故风险控制措施

“纵深防御”是核电厂设计安全原则的基础，这是一套既逐渐深入又相互补充的设计防御措施，其核心是所有与核安全有关的活动，无论是组织实施还是系统设备配置，都应进行多重冗余设置，使单个失效可以得到补救或纠正。实施纵深防御的一个重要内容是设置多道实体屏障，将放射性物质限制在特定的范围内。在压水堆核电厂中设置了燃料元件包壳、一回路压力边界和安全壳三道安全屏障来防止放射性物质外逸，确保不污染环境、不对居民构成危害。

##### （1）第一道屏障—燃料芯块和包壳

福清 3、4 号机组采用改进型燃料组件，燃料棒由稍富集的二氧化铀烧结芯块装在密闭的包壳管中构成。通过封焊端塞实现燃料棒密封。燃料棒上端留有气腔，其功能是贮存裂变气体。燃料包壳采用 M5 合金作为包壳材料，M5 合金具有如下综合性能：低的热中子吸收截面；对冷却剂、燃料和裂变产物具有高的抗腐蚀性能；在运行温度下具有高强度、高延性和高可靠性。

燃料芯块内易裂变物质通过自持链式裂变反应产生热量，经由燃料棒传递给冷却剂，裂变产物保留在燃料包壳内。燃料棒包壳是防止放射性物质外泄的第一道屏障。

##### （2）第二道屏障—压力边界

一回路系统及其设备主要包括压力容器、蒸汽发生器、主循环泵、稳压器及相关管路的整个冷却剂系统，其作为反应堆冷却剂的压力边界，称为一回路压力边界。一回路压力边界构成防止溶解（或悬浮）在冷却剂中的放射性裂变产物释放的第二道屏障。

### （3）第三道屏障—安全壳

安全壳屏障是防裂变产物泄漏的第三道屏障，并在设计基准事故的温度和压力条件下提供良好的密封性能。福清 3、4 号核电项目采用的 M310 堆型，其安全壳是预应力混凝土结构，内部装有密封钢衬里。在事故状态下，安全壳容器给安全壳内的放射性气溶胶物质和水中的放射性颗粒提供了必要的屏障，并在设计基准事故的温度和压力条件下提供良好的密封性能。安全壳的设计要能承受设计基准事故所引起的机械应力和热应力。

专设安全设施专门用来应付设计基准事故，以减轻其后果使之符合安全准则的要求。专设安全设施主要包括安全壳喷淋系统、安全注入系统、安全壳隔离系统、裂变产物清除和控制系统、应急可居留系统等。另外还有用于应对严重事故的安全壳氢气控制系统、安全壳过滤排放系统，用来在严重事故后保证安全壳的完整性，并提供排放气体的放射性滞留和过滤。

“三废”处理系统是核电厂环境风险防范和控制的重要设施，也是核电厂设计的重要组成部分，包括：废液处理系统，固体废物处理系统和废气处理系统。核电厂的“三废”治理与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。“三废”治理原则是尽量回收，达到排放与环境影响的最优化。排放方式严格遵照国家规定，排放的放射性远低于标准规定的允许值。废液排放系统设有滞留池，可以有效防止放射性废液向环境的泄漏。在地方环境保护机关的监督下，有一整套监测系统确保核电厂“三废”治理和排放的安全性。

对于放射性物质的贮存和运输，核电厂均严格按照国家的相关法规和标准进行操作，采用安全的贮存和包装方式，设计安全可靠的运输方式和运输路线，确保了放射性物质运输的安全并且不会对核电厂周围公众造成任何影响。

#### 4.1.2 放射性物质运输风险控制措施

福建福清 3、4 号机组运输的放射性物质包括新燃料组件、乏燃料和中低放固体废物。

新燃料组件可以通过多种方案运至核电厂，乏燃料组件暂存在厂内至放射性水平降低到一定程度并经批准后方可外运。以上运输均需使用专用容器，运输容器的设计和制造满足《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）和《放射性物品运输安全管理条例》的要求。容器从设计上充分考虑可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件不会产生临界反应，乏燃料也不会散落。

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，然后用专用车辆运往厂内废物暂存库，在其间贮存一定年限后，再运往中、低放废物处置场。废物桶的设计和制造符合 EJ 1042-1996《低、中水平放射性固体废物容器-钢桶》的要求，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》的要

求，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。

在运输过程中将严格遵守《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公众接收的辐照控制在合理可行尽量低的水平，维护其安全和健康。

### 4.1.3 化学品泄漏风险控制措施

#### 4.1.3.1 核岛

本项目核岛生产工艺从核裂变到蒸汽发电的整个过程都是在密闭的容器和管道内进行的，除了放射性气溶胶外，主工艺过程基本不产生化学品危害。在辅助生产运行中可能使用或产生的化学品主要有硼酸、氢氧化锂和联氨等。

在设计中采取了以下措施：

(1) 硼酸、联氨和氢氧化锂等化学品的贮存和运送都是在密闭的容器管道内进行的，加药管道采用不锈钢，连接处采用全焊接，以避免因连接不严或被腐蚀而产生泄漏。

(2) 工作人员在钢平台或者隔层上进行的加药操作，可通过漏斗进行添加，防止药品溅出。

(3) 现场使用化学品时加强管理和个人防护，工作人员在从事相应的操作时要戴防酸碱手套、化学安全防护眼镜、防护口罩、穿防护服和防护鞋。

#### 4.1.3.2 常规岛

本项目常规岛生产工艺中，凝结水精处理系统可能的化学危害来自于凝结水精处理装置再生用的浓酸、浓碱的泄漏，一旦与人体接触，便会引起灼伤。此外，常规岛化学加药系统内可对人体造成危害的化学药品为氨和联氨，两种药品的泄漏或向空气中逸散可能会对人员造成危害。针对可能存在的危害设计中采取了以下的防护措施：

(1) 酸碱储存、计量等接触酸碱的设备、部件材质均耐浓酸、碱腐蚀，以减少由于腐蚀损坏引起的泄漏。所有接触酸、碱设备的基础、地面、沟道均设有防腐层。

(2) 酸、碱的输送采用机械化设备，除人工卸药外，凝结水精处理系统采用程序控制（PLC）加上微机监控，无需运行人员现场直接操作，可以避免遭受浓酸、浓碱等化学伤害的可能性。

(3) 酸碱储存罐及计量箱壳体设计考虑有足够的承压能力和腐蚀裕度。

(4) 在酸碱计量泵出口均装设安全释放阀，一旦超压时，排出的溶液可返回到计量泵的入口或计量箱内。

(5) 所有酸碱储存罐及计量箱均有高液位报警装置，防止溢出。

(6) 酸碱储存罐周围设有能容纳最大一台储存设备 110%容积的耐酸碱防护围

堰。

(7) 为防止运行人员直接与氨、联氨接触，将氨和联氨溶液的输送采用机械化设施。加药管道采用不锈钢管，耐药液腐蚀。管道与设备的接口处采用法兰连接，便于操作。

(8) 系统中凡接触腐蚀性介质的设备、阀门、管道和排水沟、药品添加和储存区域等，在其接触或可能接触腐蚀性介质的表面均涂衬防腐层或用耐腐蚀材料。上述设备应做到严密不漏，发现损坏应及时修复，避免药品的泄漏。

(9) 各加药泵出口均装设安全释放阀，一旦超压时，排出的溶液可返回到加药泵的入口或药液箱内。

(10) 氨储存罐、氨计量箱及联氨计量箱等储存设备均设有高液位报警装置，以防止药液溢出。

#### 4.1.4 火灾、爆炸风险控制措施

##### 4.1.4.1 火灾因素

核电站可能引起火灾的因素主要有：

- 燃油；
- 转动部件的润滑油；
- 含有活性炭的设备；
- 各种电缆等。

##### 4.1.4.2 火灾的预防

火灾预防的目的在于采取各种防火措施以避免火灾（潜在火灾）的发生，将电厂运行中发生火灾的概率降至最低。

为此，本工程采取下述措施：

- 设备和材料尽可能选用不可燃材料，尽量采用火灾危险性较小的材料，如低烟无卤阻燃电缆等；
- 设备布置避开包容可燃流体管道和高温管道；
- 按规定合理布置电气接头，保护通道、流体导管和通风管路，特别是高温设备、管道与电缆、油管道的分隔；
- 厂房内 6.0/0.38kV 配电装置配电盘内的材料和元件采用阻燃型；
- 厂房内 6.0/0.38kV 变压器均采用干式变压器；
- 对核岛执行安全功能系统的设备/电缆按照实体隔离准则进行防火空间划分；
- 电缆远离装有易燃液体的管道，为防止电缆火灾蔓延而设置耐火隔板，电缆托盘采用金属托架，等等；

- 油冷的变压器布置在户外；
- 活性炭碘吸附器的上、下游设有温度传感器和烟感传感器，并设置防火阀。

#### 4.1.4.3 防火区划分

##### （1）核岛相关厂房

为保证核电厂安全重要物项的分隔，防止执行同一安全功能的核安全相关系统和设备产生共模失效，对核岛相关厂房进行防火区划分，以隔离潜在的火灾，使火灾的蔓延风险以及随之产生的腐蚀性气体、灭火剂、烟气和放射性污染造成的危害降低到最小。

防火区划分主要考虑以下因素：

- 火灾荷载的分布情况：即对每个房间内所含可燃物数量和燃烧性质进行核查；
- 工艺系统主要设备的设置情况：对冗余设置的工艺系统、主要设备和部件进行隔离；
- 仪表、控制、供电设备和电缆的设置情况：尽可能对冗余电气系列设备和电缆进行隔离；
- 人员疏散路径的设置情况；
- 厂房的结构布局情况。

本工程将核岛相关厂房划分为若干防火空间，包括下列各项：

- SFS 安全防火区（耐火极限要求为 1.5 小时）；
- ZFS 安全防火小区（耐火极限要求为 1.0 小时）；
- ZFA 人员疏散通道防火小区（耐火极限要求为 1.0 小时）；
- ZNS 非安全防火小区（边界耐火极限满足相邻防火空间边界要求）。

##### （2）常规岛及 BOP 厂房

对于常规岛和 BOP 厂房，主要根据建筑物的火灾危险性、耐火等级、建筑面积及楼层数等合理划分各厂房防火分区。

各防火分区之间采用具有一定耐火极限的防火屏障分隔，以防止火灾蔓延扩大，减少火灾损失。

#### 4.1.4.4 爆炸控制

##### （1）核岛相关厂房

核岛相关厂房的蓄电池间设氢气探测器，通风系统用于限制蓄电池间内氢气浓度不超过报警浓度。氢气探测器的报警整定值：第一整定值，爆炸下限的 12.5%；第二整定值，爆炸下限的 25%。

在反应堆及反应堆冷却剂系统设计中把防止氢燃爆作为一项重要任务，对氢浓度严格

按照国家标准进行控制。根据《轻水堆核电厂放射性气体废物处理系统技术规定》(GB9136—88)，设置了多种有效防护措施，以防止系统中聚集过量的氢，避免事故发生。正常运行期间，反应堆主回路的氢气不外逸，而是在闭合系统中被收集，故氢气不会造成危害。发生失水事故时，当安全壳大气氢的积累达到一定浓度时，加大厂房通风系统排气量，（并补充以新鲜空气）限制氢浓度继续增加。当安全壳大气氢浓度大于 1.5%（体积）浓度时，投入安全壳消氢系统，以控制氢浓度。

核辅助系统中有易燃易爆和含氢设备的系统主要是化学和容积控制系统，设计中严格限制化学和容积控制系统容控箱内氢气的压力，以防氢气外泄。确保容控箱内氧气浓度低于 5%，必要时可用氮气吹扫，以防箱内形成爆炸性的气体混合物。容控箱所用的加氢管道均采用套管式，并接地，既可以防止氢气漏入房间，又可以防止因静电作用而产生爆炸。容控箱单独布置在有屏蔽的房间内，一般情况下操作人员不进入此房间。容控箱所在房间设有氢气探测器，一旦探测到氢气泄漏，就加大房间的换气次数，以保证房间内氢气浓度低于 4%（体积浓度）。

含氢废气处理系统处理的工艺气体中含有氢气，如果系统中漏入了空气，就可能形成可爆炸性混合气体。系统正常运行时维持正压以防空气漏入，同时系统管道和设备连接处多采用焊接。首次启动或检修后启动前，该系统应做严密的检漏试验，并用氮气吹扫，赶尽空气。严格控制缓冲罐、衰变箱及含氢废气压缩机等设备间内的氢气浓度，避免与空气混和形成爆炸性混和气体。这些设备间内设有氢探测器，并在主控室设有报警显示。系统所在房间内尽可能不设置电气设备或采用防爆型电气设备。

## （2）常规岛及 BOP 厂房

对于存在火灾或爆炸危险的场所，按照其场所的火灾爆炸危险等级和使用条件，选用封闭型式防爆型电气设备，以防止由于电火花引起的火灾或爆炸。

存在爆炸危险的甲类厂房的防爆区与非防爆区之间采用防爆墙分隔；在防爆墙上开设门处设置防爆门斗或防爆门。厂房泄压设施主要采用轻质屋面板、轻质墙体和易于泄压的门窗，泄向人流量较少的场地，泄压面积满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006）的要求。

易燃易爆的制氢站和贮存厂房集中布置在 3、4 号机组主厂房区的西北部的厂区边缘，远离各主要生产厂房，其防火间距满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006）要求。氢气贮存供应站按防爆场所设计，用电设施、开关、按钮、变送器、执行机构、照明灯具均采用防爆型；氢气贮存供应站设置了非燃烧体的围墙，其高度不小于 2.5m。

## 4.2 应急预案



核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减小放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向厂外提供保护居民安全与健康的建议。我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急计划审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急计划提出了相应的要求。

根据福建福清核电厂场内应急准备和响应工作的要求，公司建立了应急预案体系，并编制了针对核电厂可能发生的各种突发事件的应急预案，以保证核电厂具有保障公共安全和处置突发事件的能力。通过应急预案体系的建立，有机整合了应急资源，充分协调了场内应急计划与应急预案的接口关系，并通过演习等一系列手段，保持了场内应急响应能力。

福建福清核电厂的应急响应组织由应急指挥部及其领导下的运行控制组、应急抢修组、技术支持组、辐射防护组、消防保卫组、后勤保障组、建安组、调试组、公众信息组和秘书组组成。应急指挥部由应急总指挥、运行指挥、技术支持指挥、在建工程指挥、后勤保障指挥和总协调员组成，另外还设有专家咨询组。专家咨询组由中核集团应急指挥部设立，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，必要时给事故核电厂提供指导。

核事故应急响应期间，福清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）、国家能源局、国家核安全局、环境保护部华东核与辐射安全监督站、福建省核电厂事故应急委员会、中国核工业集团公司等单位 and 部门建立联系，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。

为了及时、有效地对核电厂所发生的事件和事故做出响应，福清核电厂配备的应急设施主要包括：主控制室、辅助控制室、技术支持中心、应急指挥中心、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。

为在核电站发生事故时能够迅速采取有效措施保护公众，需事先在电站周围建立应急计划区。分别在各计划区内做好必要的应急准备，以达到在事故状态下及时有效采取应急防护行动保护公众的目的。根据反应堆堆型的特点，严重事故及设计基准事故下的放射性释放量，并结合厂址周围的社会、地理环境（地形、地貌、大气扩散特征、必要时考虑行政区边界）推荐福建福清核电厂 3、4 号机组的烟羽应急计划区范围，以 3、4 号机组反应堆为中心，内区边界为 5km，外区边界为 10km；食入应急计划区边界为 50km。

在出现场外应急状态时，福建福清核电厂有义务根据出现应急状态的初始条件，以及

对场外辐射水平的估计和预测，及时向场外应急组织提出关于公众防护行动的建议。事故早期，主要防护措施是隐蔽、服用碘片和撤离，事故中、晚期，主要防护措施是食品和饮水控制、避迁和去污。

在应急情况下，核电站对事故所造成的实际和潜在的后果进行连续的预测与评价，以便核电站应急指挥部和场外应急组织将这些预测和评价结果作为采取应急措施的决策依据。在核电站进入应急状况后，不仅原来的常规监测系统继续保持运行，而且核电站的各级应急组织和应急设施随即启动。此时，利用这些监测系统、设施和计算机等手段获得各种数据、资料，完成评价任务。

## 5 环境风险评价结论

福建福清核电站 3、4 号机组采用二代加改进型 M310 核电机组，设计符合国家相关法规标准的要求，且已有建造和运行经验，具有较高的安全性和可靠性。通过对工程建造和运营过程中可能存在的环境风险进行识别，并进行相应的后果评价，以及实施相应的风险控制措施和制定应急预案，得到以下结论：

（1） 根据国家标准《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2009）对本工程进行了重大危险源辨识，未构成危险化学品重大危险源。运行阶段的非放射性危险源和放射性物质运输事故可能导致的环境风险很小；

（2） 正常运行状态下，本工程两台机组和全部六台机组对公众和生态环境造成的辐射影响均满足国标或筛选值的要求，公众和水生生物均是安全的；

（3） 核电站施工建造和运行各阶段均采取了严格的环境风险控制措施，以对各种潜在的放射性和非放射性危害进行有效防御。通过制订应急计划、建立应急组织体系、配备应急设施、建立应急监测方案等措施，可以将事故导致的环境风险降至最低。

综上所述，福建福清核电站 3、4 号机组的环境风险均在可控和可接受的范围内，从核电站环境风险的角度讲，其建设是可以接受的。