

福建漳州核电厂 3、4 号机组  
**环境影响复核报告书**  
(选址阶段)

中核国电漳州能源有限公司  
二〇二〇年九月



密级：

图册(文件)编号	
1916-J00HYK01	
共 1 册	第 1 册
版次： A	状态： CFC

## 福建漳州核电厂 3、4 号机组

工 程 号 1916

子项号或系统号 \_\_\_\_\_

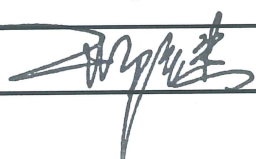
子项或系统名称 \_\_\_\_\_

设计阶段 可行性研究

工 种 综 合

图册(文件)名称 环境影响复核报告书  
(选址阶段)

图册(文件)序号 -

批 准 

FZ	Y	32810	001	B200	00	MD
----	---	-------	-----	------	----	----

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

中国核电工程有限公司

工程设计综合甲级资质证书: A111003049

二〇二〇年九月



## 编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	福建漳州核电1、3、4号机组		
环境影响评价文件类型	环境影响复核报告(选址阶段)		
<b>一、建设单位情况</b>			
建设单位(签章)	中核核电漳州能源有限公司		
法定代表人或主要负责人(签字)	陈国才		
主管人员及联系电话	池闯正 0596-8559292		
<b>二、编制单位情况</b>			
主持编制单位名称(签章)	中国核电工程有限公司		
社会信用代码	911100001000027329		
法定代表人(签字)	徐鹏飞		
<b>三、编制人员情况</b>			
编制主持人及联系电话	高桂玲 010-88022489		
<b>1.编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书编号	签字	
高桂玲	0004412 (环评资格证编号) A105302911 (登记证编号)	高桂玲	
	0000345 (核安全资格证编号) ZNPPC55-2306 (登记证编号)		
<b>2.主要编制人员</b>			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
高桂玲	0004412 (环评资格证编号) A105302911 (登记证编号)	第一章、第十章	高桂玲
李京	0006864 (环评资格证编号) A105304811 (登记证编号)	第二章	李京
王欣	0006857 (环评资格证编号) A105305011 (登记证编号)	第三章、第八章	王欣
张敬辉	00017650 (环评资格证编号) A105302511 (登记证编号)	第四章	张敬辉

韩蕊	2017035110352016110714000413 (环评资格证编号) A105304611 (登记证编号)	第五章	韩蕊
薛娜	00019558 (环评资格证编号) A105303311 (登记证编号)	第六章、第七章	薛娜
魏刚	0006883 (环评资格证编号) A105304511 (登记证编号)	第九章	魏刚
四、参与编制单位和人员情况 无			

# MODIFICATION

## 文件修改记录

REV	DATE	CHAPTER	PAGE	MODIFICATION
版本	日期	章节	页码	修改范围及依据
A	2020.9	-	-	首次出版

# 总 目 录

## 第一章 概述

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

## 第二章 厂址与环境

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

## 第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

## 第四章 核电厂

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

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

## 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

## 第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其它环境影响

## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.2 场内运输事故

7.3 其他事故

7.4 事故应急

## 第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其它监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

## 第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

9.3 差异性分析

## 第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 承诺

10.7 差异性分析



## 第一章 概 述

### 1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 建设性质

1.1.3 差异性分析

### 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

### 1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.3.1 建设项目经费和环保设施投资

1.3.2 差异性分析

### 1.4 建设目的

### 1.5 建设项目的进度

1.5.1 建设项目的进度

1.5.2 差异性分析

### 1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

1.6.3 差异性分析

### 1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

1.7.3 差异性分析

### 1.8 工程组成

1.8.1 工程组成

1.8.2 差异性分析

### 1.9 环境保护措施

1.9.1 放射性废物处理系统

1.9.2 污水处理设施

1.9.3 辐射监测设施

1.9.4 差异性分析

### 1.10 评价范围

1.10.1 评价范围

1.10.2 差异性分析

**表**

表 1.6-1 采用的主要专题研究成果一览表

**图**

图 1.10-1 福建漳州核电厂厂址半径 80KM 范围评价子区划分示意图

## 1.1 建设项目名称和建设性质

### 1.1.1 核电厂名称

核电厂的名称：福建漳州核电厂。

工程名称：福建漳州核电厂 3、4 号机组。

营运单位：中核国电漳州能源有限公司。

### 1.1.2 建设性质

漳州核电厂一期工程，由中国核能电力股份有限公司和中国国电集团公司按照 51%：49%的股比共同出资组建，中国核能电力股份有限公司控股。

漳州核电厂一期工程采用“华龙一号”三代核电技术，满足国家核安全局已颁发的现行有效的核安全法规和核安全导则的要求，同时参照国际原子能机构颁布的最新安全标准的要求；兼顾机组的安全性和经济性，满足三代核电技术的指标要求，吸收福岛核电站事故的经验反馈，考虑应对福岛核电站事故的相关改进和措施；具备能动与非能动相结合的安全特征，全面的严重事故预防与缓解措施、强化的外部事件的防护能力和改进的应急响应能力，具有技术成熟性和完整自主知识产权，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

本工程属于漳州核电厂一期工程扩建工程。

### 1.1.3 差异性分析

本工程名称为福建漳州核电厂 3、4 号机组，属漳州核电厂一期工程扩建工程。

## 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

本节与原报告无差异。

## 1.3 建设项目经费和环保设施投资

### 1.3.1 建设项目经费和环保设施投资

福建漳州核电厂 3、4 号机组堆型采用自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组（华龙一号），建设期的环境保护设施费用占总项目计划总资金的 2.6%左右。按照工程固定价总投资资金需求，资金拟通过以下途径筹措：项目资本金由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；人民币融资（包含换汇所需资金）拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决。

### 1.3.2 差异性分析

与原报告相比，原报告所述为 1~4 号 4 台机组的项目总资金，本节所述漳州核电厂 3、4 号机组为 2 台的总资金。相对应的核电厂环保设施费用，漳州核电厂 3、4 号机组环保设施费用投入比例相比一期工程选址阶段变化较小。

## 1.4 建设目的

本节与原报告无差异。

## 1.5 建设项目的进度

### 1.5.1 建设项目的进度

漳州核电厂3号机组计划2022年8月30日浇筑第一罐混凝土，单台机组建设工期为58个月，两台机组间隔10个月，计划分别在2027年6月30日和2028年4月30日建成投产。

### 1.5.2 差异性分析

与一期复核报告相比，本报告为漳州核电厂3、4号机组建设进度。

## 1.6 环境影响报告书编制依据

### 1.6.1 编制依据文件

- (1) 《福建省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》（2016年3月）
- (2) 《福建省“十三五”环境保护规划》（2016年12月）
- (3) 《漳州市地表水环境功能区划》（2000年2月）
- (4) 《漳州市环境空气功能区划》（2000年2月）
- (5) 《福建省海洋功能区划（2011-2020）》（2016年6月）
- (6) 漳州市环境保护局，《关于重新确认漳州核电厂一期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的意见函》（漳环审函[2016]8号）；
- (7) 福建省人民政府，《福建省人民政府关于漳州核电厂近厂区范围限制发展的批复》（闽政文[2014]48号）；
- (8) 云霄县人民政府，《云霄县人民政府关于同意在漳州核电厂址周围设置非居住区的函》（云政函[2014]65号）；
- (9) 中华人民共和国水利部，《准予水行政许可决定书》（水许可资源决字[2015]3号）；
- (10) 福建省人民政府，《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划（漳州核电项目近岸海域）的批复》（闽政文[2018]205号）。
- (11) 中华人民共和国国土资源部，《关于漳州核电厂建设用地预审意见的复函》（国土资预审字[2014]147号）
- (12) 中华人民共和国国土资源部，《关于漳州核电项目建设用地预审意见的复函》（国土资预审字[2017]88号）
- (13) 《国家核事故应急办公室关于漳州核电厂一期工程厂址区域核应急方案的批复》（国核应办[2017]10号）

本报告书编制依据的主要专题研究成果详见表 1.6-1。

## 1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

### 1.6.2.1 主要法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (4) 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017 年 11 月 5 日）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016 年 1 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018 年 12 月 29 日）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 4 月 29 日）；
- (9) 《中华人民共和国水法》（2016 年 7 月）；
- (10) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- (11) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 10 月 1 日）；
- (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》（2018 年）；
- (14) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- (15) 《近岸海域环境功能区管理办法》（1999 年 12 月 10 日）；
- (16) 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局 [1997] 第 18 号令）；
- (17) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；
- (18) 《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）；
- (19) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401）；

### 1.6.2.2 技术导则、标准

- (1) 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）；
- (2) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）；
- (4) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ2.3-2018）；
- (5) 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；
- (6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- (7) 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）；
- (8) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；

- (9) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；
- (10) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；
- (11) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；
- (12) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；
- (13) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
- (14) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；
- (15) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）；
- (16) 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- (17) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；
- (18) 《海洋监测规范》（GB17378.1~7-2007）；
- (19) 《海洋调查规范》（GB12763.1~7-2007）；
- (20) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002）；
- (21) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (22) 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- (23) 《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）；
- (24) 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；
- (25) 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）
- (26) 《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）
- (27) 《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2019）；
- (28) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）；
- (29) 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-1988）；
- (30) 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- (31) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
- (32) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；
- (33) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）；
- (34) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (35) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；
- (36) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- (37) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- (38) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- (39) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；

- (40) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）；
- (41) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001）
- (42) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ1186-2005）；
- (43) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-93）；
- (44) 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ681-2013）
- (45) 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
- (46) 《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）；
- (47) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）。

### 1.6.3 差异性分析

本节跟原报告相比，更新了部分外委成果、法规、标准和导则。

## 1.7 评价标准

### 1.7.1 辐射环境影响评价标准

本节与原报告无差异。

### 1.7.2 非辐射环境影响评价标准

根据《漳州市环境保护局关于重新确认漳州核电厂一期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的意见函》（漳环审函[2016]8 号），本工程非放射性评价标准如下：

#### （1）大气

大气环境质量：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

常规大气污染物排放：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2中的二级标准。

#### （2）海洋功能区划、近岸海域环境功能区划和执行的海水水质标准

漳州核电厂附近海域海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的第三类标准，其中，温排水混合区不得影响邻近功能区的水质和鱼类洄游通道，除水温指标外，其余指标仍按海水水质三类标准执行。

《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划（漳州核电项目近岸海域）的批复》（闽政文〔2018〕205号）及《福建省人民政府关于调整福建省近岸海域环境功能区划（漳州核电近岸海域）的批复》（闽政文〔2015〕282号），厂址附近海域为“东山湾漳州核电三类区”，主导功能为一般工业用水，辅助功能为纳污。规划期内除水温执行三类海水水质标准外，其余水质指标执行二类海水水质标准。

根据《国家海洋局关于同意福建省海洋功能区划修改方案的函》（国海管字〔2016〕

219号)，“东山湾漳州核电三类区”海域范围相对应的海洋功能区划类别主要为“列屿特殊利用区”和“尾涡屿特殊利用区”。其中“列屿特殊利用区”的海洋环境保护要求为：主导功能实施过程采取有效途径减少泥沙入海等对周围海域的负面影响，严格遵守海域论证和海洋环评提出的海洋环境保护措施。严格执行温排水排放要求。

### (3) 污水排放标准

主厂区、厂前区和部分施工临建区的生活污水回用执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920—2002)中车辆冲洗水质标准，排放水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 标准。

其它非放射性废水排放执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的一级标准。

### (4) 噪声

声环境质量标准：居民区环境噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中2类标准；厂界环境噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中3类标准；交通噪声执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)中4a类标准。

排放标准：运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)中 3 类标准；施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)，即昼间 70dB (A)，夜间 55dB (A)。

### (5) 电磁辐射

工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT (100 $\mu$ T)。

无线电干扰限值：根据《高压交流架空送电线无线电干扰限值》(GB15707-1995)要求，500kV 送电线路距边导线投影 20m 处，测量频率 0.5MHz 的晴天条件下，无线电干扰限值不大于 55dB ( $\mu$ V/m)。

射频综合场强：执行《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)，30MHz~3000MHz，任意连续 6min 不超过 0.4W/m<sup>2</sup>。

## 1.7.3 差异性分析

本节内容与《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》的区别是根据福建省人民政府及国家海洋局新的批文进行了更新，相关的厂址适宜性和评价结论是一致的。

非放射性评价执行标准根据漳州市环境保护局新的批文进行了更新，本节内容的变化对于原报告的评价结论没有影响，不影响厂址的适宜性。

## 1.8 工程组成

### 1.8.1 工程组成



本项目主体工程为核岛、常规岛和 BOP 工程。配套工程的环境影响评价情况如下：

（1）进场道路、应急道路环境影响评价已完成，评价单位南京科泓环保技术有限责任公司。2014 年 4 月 14 日，云霄县环境保护局批复《关于云霄县列屿镇人民政府列屿镇农业旅游观光大道环境影响报告书的批复》（云环审[2014]21 号）。

（2）220KV 线路工程的环评报告已于 2016 年 6 月 16 取得漳州市环境保护局批复，具体文号《关于漳州核电厂 220kV 安全电源线路工程项目环境影响报告表的批复》（漳环审[2016]11 号），核电送出工程的环评报告及评审计划于 2018 年底前完成。

（3）环境实验室和监督性监测系统的环境影响评价将根据项目进展情况适时开展。

（4）淡水管线环评在 2015 年 7 月 28 日取得云霄县环境保护局批复，具体文号《关于漳州核电厂淡水管线工程环境影响报告书的批复》（云环审[2015]42 号）。

（5）33 公顷用海环评在 2016 年 1 月 15 日取得漳州市海洋与渔业局批复，具体文号《漳州市海洋与渔业局关于漳州核电大件拼装场及相关设施工程海洋环境影响报告书的核准意见》（漳海渔审[2016]5 号）。

（6）对于大件码头环境影响评价，厦门大学已于 2015 年 5 月完成了《漳州核电 3000 吨级重件码头及配套工程海洋环境影响报告书》，云霄县海洋与渔业局已于 2015 年 5 月 28 日出具了《云霄县海洋与渔业局关于漳州核电 3000 吨级重件码头及配套工程项目海洋环境影响评价报告书的核准意见》（云海渔[2015]59 号）。

## 1.8.2 差异性分析

本报告与原报告相比，配套工程中，核电送出工程环评批复待核实，环境实验室和监督性监测系统的环境影响评价待核实。

## 1.9 环境保护措施

### 1.9.1 放射性废物处理系统

#### （1）核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统(RVD)为单机组设置,用于收集核岛内产生的放射性废液和废气,根据废物的特性通过各自的管网将废物输送到硼回收系统、废液处理系统或废气处理系统。在反应堆冷却剂系统发生破口事故以后,RVD 系统将较高放射性废液再返回反应堆厂房。

核岛疏水排气系统主要由 6 个子系统组成:

#### a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该子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。这些废液被送至硼回收系统处理。

#### b) 工艺疏水子系统

该子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。这些废液被送至废液处理系统处理。

c) 地面疏水子系统

该子系统收集核岛内的地面疏水。这些疏水是化学成分含量不定的低放射性废水。这些废液被送至废液处理系统处理。

d) 化学疏水子系统

该子系统收集核岛放化实验室、热机修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。这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。这些废液被送至废液处理系统处理。

e) 含氢废气子系统

该子系统收集反应堆冷却剂系统、硼回收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。这些废气被送到废气处理系统含氢废气子系统进行处理。

f) 含氧废气子系统

该子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，这些废气被送到废气处理系统含氧废气子系统进行处理。

## (2) 废液处理系统（ZLT）

废液处理系统用于接收、贮存、处理、监测核电厂控制区排出的放射性废液。ZLT 系统处理三类放射性废液：工艺排水、化学排水和地面排水。上述废液由核岛疏水排气系统、放射性废水回收系统分类收集并贮存在废液处理系统对应的排水接收槽中，包括 2 台工艺排水接收槽，3 台地面排水接收槽，3 台化学排水接收槽。各类贮槽均设置有 1 台排水泵。贮槽装满后要进行搅拌、取样分析、添加化学试剂等，之后进行处理。

放射性废液根据放射性浓度和化学组成由核岛疏水排气系统分类收集。然后，送至废液处理系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

— 工艺排水为化学杂质含量低的放射性废液，一般采用除盐工艺处理，具体采用絮凝剂注入&活性炭吸附及离子交换工艺。主要设备包括前置过滤器、化学试剂注入装置、活性炭床、四台离子交换床及后置过滤器等。絮凝注入和活性炭吸附工艺首先去除非离子态放射性核素，然后再利用四台离子交换床去除离子态核素，最终完成对工艺排水的处理。

— 化学排水的化学杂质含量及放射性浓度均较高，一般用蒸发工艺处理。具体采用外热式自然循环型蒸发单元，设备去污性能好。主要设备包括蒸发预过滤器、预热器、加热器、蒸发器、旋风分离器、泡罩塔、冷凝器、蒸馏液冷却器、冷凝水冷却器等。

— 地面排水和服务排水的放射性浓度较低，含悬浮固体和纤维物质等，一般采用过滤工艺进行处理。具体采用两台滤芯式过滤器。

处理后的工艺及化学排水收集在 2 台监测槽内，经取样合格后排向核岛液态流出物系统，地面排水直接过滤后排向核岛液态流出物系统。

### （3）核岛液态流出物排放系统（ZLD）

核岛液态流出物排放系统（ZLD）的功能为：在正常运行工况下，贮存并监测核岛排放的废液，当取样检测结果合格时将废液向外界环境排放；取样检测结果不合格时，将废液送往废液处理系统进行处理。在异常工况下，即环境条件不满足要求或其他情况下贮存废液。

核岛液态流出物排放系统设置三个排放槽及三台排放泵，地坑泵安装在地坑中。三个贮槽中的一个用于接收废液，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；排放泵用于混匀废液（通过喷射器）和排放废液；地坑泵把地坑内的排水输送至排放槽。

正常运行时，三个排放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。

排放管上的在线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控制值，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控制值，废液被送回废液处理系统化学排水接收槽重新进行处理。

另外，核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统相连。在应急情况下，核岛液态流出物排放系统的一个贮槽可以作为常规岛液态流出物排放系统的备用槽。

### （4）常规岛液态流出物排放系统（WQB）

常规岛液态流出物排放系统（WQB）的功能为：在正常运行工况下，贮存并监测常规岛排放的液态流出物，当取样检测结果合格时将液态流出物向环境排放；当取样检测结果不合格时，送往核岛液态流出物排放系统进行处理。常规岛液态流出物排放系统的一个贮槽可作为核岛液态流出物排放系统贮槽的备用贮槽，核岛液态流出物排放系统的一个贮槽也可作为常规岛液态流出物排放系统贮槽的备用贮槽。

常规岛液态流出物排放系统设置及运行与核岛液态流出物排放系统基本相同。

### （5）废气处理系统（ZGT）

废气处理系统（ZGT）用于收集、贮存并处理反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测由辅助厂房通风系统排入环境。ZGT 系统根据废气组成

成分，分为含氢废气子系统和含氧废气子系统。

含氢废气子系统主要由一台缓冲罐、两台压缩机、两台气体冷却器和四台衰变箱组成。来自 RVD 系统的含氢废气收集在缓冲罐中，经压缩机压缩和气体冷却器冷却后，贮存在衰变箱中。废气经贮存衰变后，取样分析合格后由排放总管排至核辅助厂房通风系统（VNA）。

含氧废气子系统的设备为一用一备，主要由两台加热器、两台碘吸附器和两台风机组成。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、电加热器和碘吸附器自动启动。含氧废气经处理后，排至 VNA 系统。

#### （6）固体废物处理系统（ZST）

固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。ZST 系统采用放射性废物处理中心模式对固体废物进行集中处理，减少了单台机组内不必要的重复配置，简化了核岛内的放射性废物处理系统，提高设备利用率，降低运行、管理和维护成本。将浓缩液烘干后进行运输，降低了运输风险。

湿废物（废树脂、废过滤介质和浓缩液）处理采用减容效果较好的干燥后装混凝土 HIC 的废物处理工艺，废过滤器芯进行水泥固定；杂项干废物进行超级压实和水泥固定处理。同时，采用可降解防护用品替代部分传统防护用品，最终使得单台机组固体废物包预期年产生量减少至  $38.8\text{m}^3$ ，满足了《核设施放射性废物最小化导则》附录 A 中给出美国和欧洲核电厂用户要求文件对新建压水堆核电机组废物包年产生量要求固体废物体积  $\leq 50\text{m}^3$  的限值要求，进一步实现了放射性固体废物最小化的目标。

### 1.9.2 污水处理设施

本工程拟建设生活污水处理站、非放射性含油废水处理站等污水处理设施。

1、2 号机组主厂区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED1），3、4 号机组主厂区的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED2）。生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。生活污水处理站（ED1）的设计规模为  $900\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水处理站（ED2）的设计规模为  $450\text{m}^3/\text{d}$ 。漳州核电厂一期工程（华龙一号）四台机组正常运行时生活污水产生量为  $574\text{m}^3/\text{d}$ ，大修和启动时增加  $203\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，排入室外雨水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。每两台机组，非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为 10m<sup>3</sup>/h，每套设备设计处理能力为 5m<sup>3</sup>/h。

### 1.9.3 辐射监测设施

本节与原报告无差异。

### 1.9.4 差异性分析

#### 1.9.4.1 放射性废物处理系统差异性分析

与漳州一期工程相比，放射性废液处理系统无变化，放射性废气处理系统无变化，放射性固体废物处理系统取消了可降解废物处理系统。

#### 1.9.4.2 污水处理系统差异性分析

根据项目最新进展，修改运行期生活污水收集、处理和生活污水处理站的相关描述。本节内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

#### 1.9.4.3 辐射监测系统差异性分析

本节与原报告无差异。

## 1.10 评价范围

### 1.10.1 评价范围

根据《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89），辐射环境影响评价范围是以 4 号机组反应堆为中心，半径 80km 的地域范围。为进行剂量估算，将此区域分别以 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80km 为半径画 12 个同心圆，与圆心角为 22.5° 的 16 个方位相交划分扇形区，共 192 个评价子区。厂址半径 80km 评价子区划分示意图见图 1.10-1。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）以及《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），本项目大气环境评价范围为厂址半径 5km。

水环境影响评价范围将参照《环境影响评价技术导则 地面水环境》（HJ2.3-2018）、《海洋工程环境影响评价技术导则》（GBT19485-2014）的相关要求，同时参考本工程温排水专题的研究范围确定。

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）以及《环境影响评价技术导则 核

电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016），本项目声环境评价范围为厂址半径 5km。

电磁辐射评价范围：1) 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；2) 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；3) 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。

### 1.10.2 差异性分析

本节与原报告相比，仅调整了评价中心位置，本报告评价中心为 4 号机组反应堆，不影响厂址适宜性。

表 1.6-1 采用的主要专题研究成果一览表

序号	项目名称	完成时间
1	福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域大气环境、噪声本底调查及评价报告	2020.8
2	漳州核电厂可行性研究阶段海洋放射性环境本底调查报告	2013.12
3	漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近海域生态环境现状调查及评价专题报告	2019.6
4	福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告(2018.5.1~2020.4.30)	2020.9
5	厂址大气扩散试验研究	2009.6
6	漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址区域常规气象和极端气象补充调查统计分析报告	2018.6
7	福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域环境大气、噪声本底补充调查及评价报告	2020.8
8	福建漳州核电厂3、4号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题报告	2020.9
9	福建漳州核电厂3、4号机组施工期大气环境监测及分析评价方案研究报告	2020.8
10	福建漳州核电厂3、4号机组施工期噪声监测及分析评价方案研究报告	2020.8
11	福建漳州核电厂3、4号机组厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价报告	2020.8
12	漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近陆域生态环境调查及评价报告	2017.8
13	漳州核电厂一期工程（华龙一号）温排水和液态流出物数值模拟计算研究	2018.1
14	漳州核电厂一期工程施工期海域环境监测及分析评价专题报告	2018.1
15	福建漳州核电厂工程海域海洋水文测验项目春、夏两季分析报告	2020.7



图 1.10-1 福建漳州核电厂厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图



## 第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
  - 2.1.1 厂址位置
  - 2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区
  - 2.1.3 差异性分析
- 2.2 人口分布与饮食习惯
  - 2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布
  - 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布
  - 2.2.3 差异性分析
- 2.3 土地利用及资源概况
  - 2.3.1 土地和水体的利用
  - 2.3.2 陆生资源及生态概况
  - 2.3.3 水产资源及水生态概况
  - 2.3.4 工业、交通及其它相关设施
  - 2.3.5 差异性分析
- 2.4 气象
  - 2.4.1 区域气候
  - 2.4.2 设计基准气象参数
  - 2.4.3 当地气象条件
  - 2.4.4 大气稳定度
  - 2.4.5 联合频率
  - 2.4.6 混合层高度及扩散参数值
  - 2.4.7 运行前的厂址气象观测
  - 2.4.8 差异性分析
- 2.5 水文
  - 2.5.1 地表水
  - 2.5.2 地下水
  - 2.5.3 洪水
  - 2.5.4 差异性分析
- 2.6 地形地貌

2.6.1 地形地貌

2.6.2 差异性分析

**表:**

表 2.4-1 大气扩散参数公式系数

表 2.4-2 铁塔气象观测要素技术指标一览表

表 2.4-3 地面观测主要气象要素技术指标一览表

**图:**

图 2.4-1 东山站四季与全年风玫瑰图（1954~2017 年）

图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰图（2018.5~2020.4）

图 2.4-3 地面站各季及年风玫瑰图（2018.5~2020.4）

## 2.1 厂址地理位置

### 2.1.1 厂址位置

厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇东北侧的刺仔尾，地处东山湾西岸。厂址北距漳州市约 82km（直线距离，下同），东北距厦门市约 100km，西北距云霄县城约 21km，西南距东山县城约 15km，距列屿镇约 2km。

### 2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

#### 2.1.2.1 厂址边界

厂址总用地面积为 202.05  $\text{hm}^2$ ，其中陆域用地面积为 144.05  $\text{hm}^2$ （含租地 4.06），填海造地面积为 58.00 $\text{hm}^2$ 。用地用海批文如下：

国土资源部以《关于漳州核电厂建设用地预审意见的复函》（文号：国土资预审字[2017]88 号），同意通过用地预审，批复项目用地面积 101.96  $\text{hm}^2$ 。由于技术路线和厂前区位置的调整，增加陆域征地面积 22.52  $\text{hm}^2$ ，业主正在办理用地补征手续。另外厂外设施（包括主次要进厂道路、气象站、淡水工程等）陆域征地面积 15.51 $\text{hm}^2$ ，陆域租地面积 4.06 $\text{hm}^2$ 。合计陆域总用地面积为 144.05  $\text{hm}^2$ 。

漳州市发展和改革委员会以《关于漳州核电 3000 吨级重件码头及配套工程项目核准的批复》（漳发改审[2015]74 号），同意使用 53.7946 $\text{hm}^2$  海域；福建省人民政府以《关于漳州核电大件拼装场及相关设施工程用海的批复》（闽政海域[2016]28 号），同意使用 34.7350 $\text{hm}^2$  海域；自然资源部办公厅以《自然资源部办公厅关于漳州核电厂一期工程项目用海的函》（自然资办函[2020]381 号），批准用海总面积 743.3474 公顷。合计总用海面积为 831.8770 $\text{hm}^2$ 。

3、4 号机组工程用地面积为 53.20 $\text{hm}^2$ ，其中厂区用地 22.80 $\text{hm}^2$ ，其它用地（停车场、边角余地等）1.95  $\text{hm}^2$ ，施工场地 28.45 $\text{hm}^2$ ，均为预留建设用地。

3、4 号机组陆域用地均在上述用地范围内，无需新增陆域用地；3、4 号机组需新增联合泵房用海面积约 0.6720 $\text{hm}^2$ ；由于 3、4 号机组海域使用论证工作正在开展，其余拟申请用海待后续补充。

厂址地产界限为征地和征海范围边界之和。3、4 号机组陆域地产边界为厂区用地边界；海域地产界限内包括联合泵房、温排水用海。沿厂址地产边界设置用地界桩或围栏。

#### 2.1.2.2 非居住区及规划限制区

##### （1）非居住区

华龙一号机组选址假想事故源项采用《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T

20470-2017RK) 的模型和假设, 堆芯熔化后释放到安全壳大气中的放射性核素, 通过双层安全壳泄漏向环境释放, 采用美国核管理委员会管理导则 1.145 核电厂潜在事故后果评价的大气弥散模式计算相应的大气弥散因子, 计算得到: 在发生选址假想事故时, 拟定非居住区边界 (600m) 处的任何个人在事故发生后任意 2h 内的有效剂量不超过 0.25Sv, 符合《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011) 中剂量限值的规定。

### (2) 非居住区的管辖权

为了贯彻节约集约用地的国策, 非居住区范围内只征用核电厂建设用地。与核电厂运行无关的活动不能任意在核电厂征地边界范围内进行。核电厂建设用地范围内由业主管理; 核电厂建设征地范围外、非居住区范围内的土地, 所有权属于地方政府, 地方政府委托业主对该区域行使有效控制的管辖权 (管辖区域包括延伸至海水水域的非居住区范围)。

云霄县人民政府于 2014 年 10 月 22 日在《云霄县人民政府关于同意在漳州核电厂址周围设置非居住区的函》中明确“同意在漳州核电厂址的周围设置非居住区, 并授权中核国电漳州能源有限公司对该区域进行有效管辖”。

### (3) 规划限制区

核电厂规划限制区范围以反应堆厂房为中心, 半径 5km。

福建省人民政府文件于 2014 年 2 月 16 日在《福建省人民政府关于漳州核电厂近厂址范围限制发展的批复》(闽政文[2014]48 号) 中已同意设置非居住区及规划限制区。

#### 2.1.2.3 移民搬迁及厂址附近居民点

距离 4 号机反应堆厂房最近的居民点为位于厂址 NNW 方位 1.4km 处的人家村, 厂址非居住区范围内不存在移民搬迁。

#### 2.1.3 差异性分析

与原报告相比, 厂址地理位置、非居住区和规划限制区无差异, 厂址西侧、北侧、东侧和南侧的用地及用海边界均相同; 由于对厂区总平面布置进行了优化调整, 厂址西南侧部分陆域租地转变为陆域征地, 厂址边界和用地存在差异, 详见第四章“4.1 厂区规划及平面布置”。

### 2.2 人口分布与饮食习惯

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题报告》进行编制。

厂址半径 80km 范围共涉及福建省漳州市和广东省潮州市、汕头市与梅州市。对于人口调查和统计所采用的资料, 厂址半径 5km 范围内是通过走访云霄县公安局获取了 2019

年人口统计资料；厂址半径 15km 范围内是通过走访漳州市公安局获得了 2019 年人口统计资料；厂址半径 15~80km 范围内通过从漳州市统计局、潮州市统计局、汕头市统计局和梅州市局等部门收集统计年鉴获得人口统计资料，其中：漳州市统计局提供了 2019 年数据的人口资料，其余城市统计局由于 2019 年数据的统计资料尚未形成，所提供人口资料为 2018 年数据。

## 2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

### 2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布

厂址半径 5km 范围内主要包括列屿镇除半山村的白衣村与高山楼村以外的全部村庄和陈岱镇部分村庄，共计 18 个自然村，2019 年人口总数为 2 万余人。距离厂址最近的自然村为人家村，位于厂址 NNW 方位 1.41km，2019 年人口数为 1 千五百余人；厂址半径 5km 范围内最大的居民点为山前村，位于厂址 WSW 方位 3.77km，2019 年人口数为 4 千余人。值得关注的是列屿镇所辖的城内村、城外村、顶城村和宅坂村各村之间虽有明显的道路和河流分隔，但相距较近，4 个村庄的人口总数已接近万人（九千余人），因此应严格控制该部分村庄人口的机械增长，限制村庄的发展规模。2015 年 7 月 8 日，中核国电漳州能源有限公司向云霄县政府提交的《关于商请对〈云霄县城市总体规划（2006-2020）〉进行适应性修编的函》（中核漳能前期函[2015]21 号），函中提出建议严格控制规划限制区内的人口规模，逐步减少城内村、城外村、顶城村和宅坂村的人口。云霄县人民政府于 2015 年 7 月 27 日做了回复，原则上同意了《关于商请对〈云霄县城市总体规划（2006-2020）〉进行适应性修编的函》中提出的要求。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。

厂址半径 1km 范围内无人居住。

### 2.2.1.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围主要涉及云霄县、漳浦县、东山县和诏安县所辖的 13 个镇、2 个工业开发区，共计涉及 114 个社区和行政村，2019 年总人口数为 31 余万人。其中，距离厂址最近的行政村是人家村，2019 年总人口数为 1 千五百余人；厂址半径 15km 范围内人口最多的行政村是岱仔村，2019 年末总人口数为 7 千余人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

### 2.2.1.3 流动人口

厂址半径 15km 范围内主要以农业、海水养殖业和工业为主，没有大中专院校，大部分乡镇人口的流动方式主要是务工、经商、随迁，以流入为主。厂址半径 15km 范围内流动人口（流入）总数为 51880 人，其中半年以下 21829 人，半年至五年 28519 人，五年以

上 1532 人。

厂址半径 5km 范围内主要以农业、海水养殖业和工业为主，大部分各行政村人口的流动方式主要是务工、经商、随迁等，以流入为主，且多以省外流入为主。厂址半径 5km 范围内流入人口总数为 7649 人，主要集中在漳州核电厂址附近的人家村、南山村以及顶城村。经调查，人家村与南山村流入人口主要为漳州核电建设的各类施工单位施工人员，如中核二四漳州核电项目部等；顶城村流入人口主要为制衣企业务工人员；半山村流入人口主要为福建十八重工股份有限公司的务工人员。

## 2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

### 2.2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口中心和城镇

厂址半径 80km 范围共涉及福建省漳州市和广东省潮州市、汕头市与梅州市共 4 个地级市的 14 个区县和 122 个镇（乡、街道）。厂址半径 80km 范围内 2019 年底人口总数为 550 余万人。厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市，有 3 个十万人以上的城镇，分别为：1) 福建省漳州市所辖的芗城区，位于厂址 N、NNE 方位约 79.6km，总人口数为 32 万余人；2) 漳州市漳浦县绥安镇，位于厂址 NNE 方位约 34.4km，总人数为 11 万余人；3) 广东省汕头市饶平县黄冈镇，位于厂址 WSW 方位约 53.2km，总人数为 19 万余人。

### 2.2.3 差异性分析

本节内容与原报告中的内容存在少量差异。

造成差异的原因主要是本次编制使用了新的外委成果，原报告中参考的是中国核电工程有限公司于 2015 年 9 月完成的《福建漳州核电厂一期工程厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件补充调查报告》，本次参考的是中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题报告》。

两个外委成果报告对厂址半径 80km 范围内的人口及其人口分布调查统计年份不同、调查中心也略有差异，所以厂址半径 80km 范围内有关人口及其人口分布数据有所差异。原报告中厂址半径 80km 范围内 2014 年底人口总数为 560 余万人，厂址半径 15km 范围内 2014 年底总人口数为 31 余万人，厂址半径 5km 范围人口数为 2 余万人。本次报告中使用的是 2019 年底调查数据，厂址半径 80km 范围内人口总数为 557 余万人，厂址半径 15km 范围内 2019 年底总人口数为 31 余万人，厂址半径 5km 范围人口数为 2 余万人。厂址半径 5km 范围内的学校（幼儿园）也有所差异，原报告中厂址半径 5km 范围内有 12 所学校（幼儿园），本报告中为 10 所学校（幼儿园），与原报告相比，减少了 1 所学校和 1 所幼

儿园。厂址半径 5km 范围内的卫生院和敬老院个数未发生变化。

原报告中厂址半径 80km 范围内 10 万人以上的城镇有两个，本次调查有三个，新增漳州市漳浦县绥安镇，位于厂址 NNE 方位，距离厂址约 34.44km，2019 年底总人数为 11 余万人，新增原因为城镇发展，人口由农村转城镇。原报告绥安镇城镇人口 7 余万人（约有 6 余万农村人口），本次调查绥安镇城镇人口约 11 余万人（约有 3000 农村人口）。

由此可见，厂址半径 80km、15km 和 5km 范围内的人口数均有所减少。厂址半径 10km 范围内均没有十万人以上的城镇，厂址半径 5km 范围内均没有万人以上的乡镇。因此，本节内容相对原报告的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

## 2.3 土地利用及资源概况

本节参考中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题报告》进行编制。

### 2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 10km 范围内包括云霄县和东山县。云霄县辖区面积 1054.3km<sup>2</sup>，其中耕地占 12.16%，园地占 20.5%，林地占 38.86%，草地占 8.46%，城镇村及工矿用地占 5.26%，交通占 2.3%，水域及水利设施用地占 6.8%，其他土地占 5.65%。东山县县域范围内建设用地总面积为 50.86km<sup>2</sup>，占县域国土总面积的 19.86%，非建设用地主要是耕地、林地、水域、滩涂等，总面积 205.24km<sup>2</sup>，占总面积的 80.14%，其中，水域 28.76km<sup>2</sup>，农林用地 174.48km<sup>2</sup>，其他非建设用用地 2.00km<sup>2</sup>。森林覆盖率达到 28.39%。根据《云霄县城乡总体规划（2015-2030）年》，云霄县 2015-2030 年规划城乡建设用地面积 161.34km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 17.13%。其中，城乡居民点建设用地面积（含临港工业区）87.40km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 9.28%，主要布局在中部莆美、云陵及南部陈岱、临港工业区等城镇发展区；区域交通设施用地 26.21km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 2.78%，集中布局在云霄港区、厦深铁路及其支线以及各等级高速公路延线；区域公用设施用地 6.50km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 0.69%，主要布局在漳州核电厂厂区；采矿用地 4.04km<sup>2</sup>，占云霄总面积的 0.43%。

厂址半径 5km 范围内有一处矿区，为云霄县升达建筑用花岗岩矿区，位于厂址 WSW 方位 4.9km，为小型矿区，主要开采建筑用花岗岩，查明资源储量为 805.4（千立方米）。

厂址半径 15km 范围内省级及以上风景游览区有三家，距离最近的是金汤湾海水温泉度假区，是国家级风景游览区，位于厂址 WSW~SW 方位 10.2km。

厂址半径 15km 范围内省级及以上自然保护区有两个，分别为国家级的漳江口红树林自然保护区和省级的东山珊瑚礁海洋自然保护区。漳江口红树林自然保护区核心区最近距厂址约 8.9km，位于 NNW 方位；缓冲区最近距厂址约 8.7km，位于 NNW 方位；实验区最近距厂址约 7.4km，位于 N 方位。东山珊瑚礁海洋自然保护区（头屿片区）最近的缓冲区边界位于厂址 NNW 方位 11.2km 处，核心区边界最近位于厂址 NNW 方位 12.0km 处。

厂址半径 15km 范围内有一处国家级森林公园，为东山国家森林公园，位于厂址 SSE 方位 13.5km。

厂址半径 15km 范围内有两处国家级文物保护单位，分别为云霄县东山关帝庙和福建戍守台湾将士墓群（东山），分别位于厂址 SSE 方位 11.8km 和 SSE 方位 11.6km；有 8 处省级文物保护单位，距离最近的是石矾塔，位于厂址 N 方位 7.7km。



云霄县范围内以漳江和官洋溪为主要河流。漳浦县以佛昙溪、赤湖溪、浯江溪、鹿溪、杜浔溪、南溪为主要河流。平和县以芦溪流域、九龙江东溪流域为主要河流。诏安县以九龙江东溪为主要流域。厂址附近最近的大中型水库为祖妈林水库，位于厂址 NNE 方位 17.7km，功能为供水、发电、灌溉。

云霄县生活饮用水地表水源保护区有 4 个，取水口距离厂址最近 17km。厂址所在漳州市供水量总量为 21.01 亿  $m^3$ ，引水工程供水量约占全部供水量的一半（11.22 亿  $m^3$ ），95%以上供水量来自地表水，地下水供水量（1.2 亿  $m^3$ ）占全部供水量不到 5%。漳州市县级以上集中式饮用水源地共 20 个，无地下水型水源地。

根据《云霄县城市总体规划（2014~2030）》（2016 年 4 月），云霄城区 2030 年用水量预测：生活用水量 13.5 万  $m^3/d$ ，工业用水量 4.5 万  $m^3/d$ 。中心城区规划水厂 2 座，分别为县城第一给水厂，县城第二给水厂，供水规模 15 万  $m^3/d$ ，水源地为峰头水库。云陵工业园区规划水厂 1 座，供水规模 5 万  $m^3/d$ ，水源地亦为峰头水库。峰头水库首先应满足云霄县城镇居民生活用水及工农业用水，还要承担古雷港经济开发区和东山县的部分供水任务。

### 2.3.2 陆生资源及生态概况

#### 2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径 80km 范围漳州市主要农作物分类有粮食作物（稻谷、大小麦、甘薯、马铃薯、杂粮、大豆、杂豆）、油料作物（花生、油菜籽、芝麻）、饲料作物（青饲料）、蔬菜（叶菜类、白菜类、瓜类、根类、茄果类、葱蒜类、菜用豆类、水生菜类）、水果（柑桔、龙眼、荔枝、香蕉、李、菠萝）。

#### 2.3.2.2 畜牧业情况

厂址半径 80km 范围内畜牧业包含猪、牛、羊、鸡、鸭、鹅、兔等。

根据漳州市农业农村局提供的统计数据，厂址半径 50km 范围内仅有诏安县“福建省鼎业生态农业有限公司”一家奶牛养殖场，养殖地点位于梅州乡梅溪村农村，2019 年末存栏量为 1861 头，牛奶产量为 4350.34 吨。

#### 2.3.2.3 距厂址最近的种植区、珍稀动植物和养殖场

漳州核电厂址半径 10km 范围内，最近的种植区为 N 方向的农田。最近的珍稀植物为厂址 N 方向的榕树。最近的养殖场为 NW 方向的生猪养殖场。

#### 2.3.2.4 林业资源与自然资源情况

##### 2.3.2.4.1 林业资源

漳州市林业发展现状具体指标为：森林覆盖率为 63.58%，森林积蓄量为 3987 万 m<sup>3</sup>，林地保有量为 1223.87 万亩，森林保有量为 1201 万亩，生态公益林面积为 448.7 万亩，湿地保有量为 171 万亩，林业产业总产值为 607 亿元。

#### 2.3.2.4.2 古迹

厂址半径 15km 范围内文物古迹有东山关帝庙、福建戍守台湾将士墓群（东山）、水寨大山、东山抗战献机纪念碑、铜钵净山院等。

#### 2.3.2.4.3 风景游览区

详见 2.3.1 节。

#### 2.3.2.5 陆生生态系统状况

本节内容与原报告无差异。

#### 2.3.2.6 生态红线

目前，漳州市陆域生态保护红线划定目前尚未颁布。

### 2.3.3 水产资源及水生态概况

本节依据中国水产科学研究院东海水产研究所于 2019 年 6 月完成的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近海域生态环境现状调查及评价专题报告》编制。

#### 2.3.3.1 调查时间

本次共进行了四季调查，调查时间分别为 2018 年 2 月、2018 年 4 月、2018 年 8 月和 2018 年 11 月。

#### 2.3.3.2 厂址附近海洋环境条件概况

沉积物中 TOC、硫化物、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg、As、六六六、滴滴涕按照《海洋沉积物质量》进行评价，评价结果表明所有指标均符合《海洋沉积物质量》第一类标准，表明监测期间海域浅海沉积物环境总体质量较好，能满足海洋渔业水域及海水养殖区等对海洋沉积物质量标准的要求。

#### 2.3.3.3 厂址邻近海域中的海洋生物

##### （1）微生物（粪大肠菌群）

依据《海水水质标准》GB3097-1997 中相关标准（≤ 2000 个/L），对本次调查结果进行现状评价，结果显示，2018 年 2 月、8 月小潮、11 月，所有站位微生物（粪大肠菌群）数量均符合《海水水质标准》中第一类标准值（≤2000 个/L），2018 年 4 月除表层 44 号站、底层 13 号站外，其余均符合《海水水质标准》中第一类标准值，超标率分别为 3.45% 和 5.88%，2018 年 8 月大潮除表层 28 号站外，其余均符合《海水水质标准》中第一类标

准值，超标率为 3.45%。本次调查与上阶段调查结果变化不大。

## （2）叶绿素 a 与初级生产力

2018 年 2 月航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $1.04 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $0.83 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $0.92 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 4 月航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $2.15 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $0.55 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $1.28 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 8 月大潮航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $1.87 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $1.19 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $1.09 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 8 月小潮航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $5.44 \text{ mg/m}^3$ ，中层均值为  $2.18 \text{ mg/m}^3$ ，底层均值为  $1.18 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 11 月航次调查海区表层海水中叶绿素 a 含量均值为  $1.39 \text{ mg/m}^3$ ；中层均值为  $0.95 \text{ mg/m}^3$ ；底层均值为  $1.04 \text{ mg/m}^3$ 。各层次间比较结果表明，各个航次表层叶绿素 a 含量均值明显高于中层和底层。

2018 年 2 月航次连续站（排水口）海水叶绿素 a 含量均值为  $0.94 \text{ mg/m}^3$ ；连续站（取水口）均值为  $0.97 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 4 月航次连续站（排水口）海水叶绿素 a 含量均值为  $4.04 \text{ mg/m}^3$ ；连续站（取水口）均值为  $3.53 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 8 月大潮航次连续站（排水口）海水叶绿素 a 含量均值为  $2.51 \text{ mg/m}^3$ ；连续站（取水口）均值为  $2.09 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 8 月小潮航次连续站（排水口）海水叶绿素 a 含量均值为  $13.74 \text{ mg/m}^3$ ；连续站（取水口）均值为  $10.07 \text{ mg/m}^3$ 。2018 年 11 月航次连续站（排水口）海水叶绿素 a 含量均值为  $2.86 \text{ mg/m}^3$ ；连续站（取水口）均值为  $2.39 \text{ mg/m}^3$ 。

2018 年 2 月航次调查海区初级生产力均值为  $72.04 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 4 月航次均值为  $174.92 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 8 月大潮航次均值为  $151.00 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 8 月小潮航次均值为  $264.05 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ，2018 年 11 月航次均值为  $61.69 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。

2018 年 2 月航次连续站（排水口）海水初级生产力均值为  $30.86 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ；连续站（取水口）均值为  $29.77 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。2018 年 4 月航次连续站（排水口）海水初级生产力均值为  $127.96 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ；连续站（取水口）均值为  $112.86 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。2018 年 8 月大潮航次连续站（排水口）海水初级生产力均值为  $77.77 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ；连续站（取水口）均值为  $66.04 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。2018 年 8 月小潮航次连续站（排水口）海水初级生产力日均值为  $665.76 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ；连续站（取水口）均值为  $523.82 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。2018 年 11 月航次连续站（排水口）海水初级生产力均值为  $98.56 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ ；连续站（取水口）均值为  $84.83 \text{ mg C}/(\text{m}^2 \text{ d})$ 。所有五个航次排水口初级生产力均高于取水口。

本次调查冬季航次与以往调查冬季测值无明显差别；春季测值高于以往调查，主要是由于本次调查春季的水温高于以往调查；本次调查和以往调查夏季航次叶绿素 a 测值整体

上均高于其他季节。

### （3）浮游植物

本次调查五个航次（2018 年 2 月、4 月、8 月大潮、8 月小潮、11 月）共鉴定浮游植物 3 门 53 属 159 种。其中，硅藻 42 属 131 种，甲藻 9 属 24 种，蓝藻 2 属 4 种。

2018 年 2 月各站浮游植物细胞丰度均值为  $162.28 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ；2018 年 4 月各站浮游植物细胞丰度均值为  $247.49 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ；2018 年 8 月大潮各站浮游植物细胞丰度均值为  $243.62 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ；2018 年 8 月小潮各站浮游植物细胞丰度均值为  $224.06 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ；2018 年 11 月各站浮游植物细胞丰度均值为  $25.06 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 2 月连续站（取水口）浮游植物细胞丰度均值为  $18.80 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）浮游植物细胞丰度均值为  $21.72 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 4 月连续站（取水口）浮游植物细胞丰度均值为  $185.69 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）浮游植物细胞丰度均值为  $305.34 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 8 月大潮连续站（取水口）浮游植物细胞丰度均值为  $34.89 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）浮游植物细胞丰度均值为  $85.28 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 8 月小潮连续站（取水口）浮游植物细胞丰度均值为  $436.91 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）浮游植物细胞丰度均值为  $652.44 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 11 月连续站（取水口）浮游植物细胞丰度均值为  $7.06 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）浮游植物细胞丰度均值为  $8.64 \times 10^4 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 2 月航次大面站共有优势种 3 种，按优势度大小排序为：细弱海链藻、加拉星杆藻和中肋骨条藻。2018 年 4 月航次大面站共有优势种 4 种，按优势度大小排序为：奇异菱形藻、笔尖型根管藻、翼根管藻和菱软几内亚藻。2018 年 8 月大潮大面站共有优势种 6 种，按优势度大小排序为：中肋骨条藻、奇异菱形藻、菱形海线藻、佛氏海线藻、尖刺伪菱形藻和洛氏角毛藻。2018 年 8 月小潮大面站共有优势种 8 种，按优势度大小排序为：为中肋骨条藻、奇异菱形藻、菱形海线藻、布氏双尾藻、威氏圆筛藻、旋链角毛藻、尖刺伪菱形藻和波状石丝藻。2018 年 11 月大面站共有优势种 7 种，按优势度大小排序为：奇异菱形藻、琼氏圆筛藻、中肋骨条藻、钟形中鼓藻、旋链角毛藻、掌状冠盖藻和洛氏角毛藻。

2018 年 2 月连续站（取水口）优势种 6 种，按优势度大小排序为：细弱海链藻、蛇目圆筛藻、琼氏圆筛藻、具槽直链藻、中华盒形藻和托氏盒形藻；连续站（排水口）优势种 4 种，按优势度大小排序为：细弱海链藻、具槽直链藻、蛇目圆筛藻和琼氏圆筛藻。2018 年 4 月连续站（取水口）优势种 2 种，按优势度大小排序为：奇异菱形藻和翼根管藻；连续站（排水口）优势种 2 种，按优势度大小排序为：奇异菱形藻和长菱形藻。2018 年 8

月大潮连续站（取水口）优势种 7 种，按优势度大小排序为：奇异菱形藻、威氏圆筛藻、佛氏海线藻、布氏双尾藻、中肋骨条藻、菱形海线藻和波状石丝藻；连续站（排水口）优势种 7 种，按优势度大小排序为：奇异菱形藻、威氏圆筛藻、佛氏海线藻、布氏双尾藻、中肋骨条藻、菱形海线藻和洛氏角毛藻。2018 年 8 月小潮连续站（取水口）优势种 9 种，按优势度大小排序为：中肋骨条藻、菱形海线藻、尖刺伪菱形藻、奇异菱形藻、威氏圆筛藻、太平洋海链藻、洛氏角毛藻、波状石丝藻和布氏双尾藻；连续站（排水口）优势种 5 种，按优势度大小排序为：中肋骨条藻、菱形海线藻、尖刺伪菱形藻、奇异菱形藻和威氏圆筛藻。2018 年 11 月连续站（取水口）优势种 4 种，按优势度大小排序为：中肋骨条藻、奇异菱形藻、琼氏圆筛藻和长菱形藻；连续站（排水口）优势种 4 种，按优势度大小排序为：中肋骨条藻、奇异菱形藻、琼氏圆筛藻和长菱形藻。

2018 年 2 月、4 月、8 月大小潮和 11 月水采样品共鉴定出赤潮生物 3 门 25 属 51 种，其中硅藻门 15 属 35 种，甲藻 9 属 15 种，金藻 1 属 1 种，所有赤潮生物细胞数量均未达到赤潮暴发的基准密度。

本次调查春、夏季大潮、夏季小潮、秋季在东山湾内采集样品鉴定的浮游植物种类数均低于 2013 年同期，冬季与 2013 年持平。

本调查所有航次浮游植物细胞丰度均低于 2013 年同期；冬、春季生物多样性指数均在 2.0 以下，而 2013 年冬、春季均在 2.0 以上。

对比本次调查与 2013 年同期的浮游植物优势种，结果显示，冬、秋季航次优势种没有显著变化，冬季加拉星杆藻、中肋骨条藻仍为主要优势种，秋季以奇异菱形藻、中肋骨条藻为主要优势种；春季、夏季大潮、夏季小潮优势种有明显变化，本次调查春季优势种主要为奇异菱形藻、笔尖型根管藻，2013 年春季主要为具槽直链藻、中肋骨条藻，本次调查夏季的优势种主要为中肋骨条藻、奇异菱形藻、菱形海线藻，而 2013 年同期为洛氏角毛藻、旋链角毛藻、尖刺伪菱形藻。

浮游植物与 2013 年同期监测数据对比分析结果表明，调查海区浮游植物的种类组成、细胞丰度及优势种均有较大变化，这与近年东山湾内各项环境条件的显著变化分不开。首先，湾内漳江口桥梁建设及围垦、古雷半岛一侧及湾口东山县海域的围填海活动，对东山湾纳潮量、海水交换能力影响明显，其次近年东山湾内养殖活动强度大大增强，氮磷负荷进一步增加了氮磷负荷，氮磷的输入主要来自于养殖活动，然而水动力条件的改变不能使氮磷等不能快速通过潮汐快速输送至东山湾外，过高的氮磷浓度对浮游植物的生长造成抑制，并导致浮游植物群落结构发生变化。

#### （4）浮游动物

本次调查五个航次共鉴定到浮游动物 19 大类 141 种（不包括 27 类浮游幼虫（体），含未定种）。所鉴定种类数以桡足类最多，为 64 种，占总种数的 45.39%，其次为水螅水母类，共鉴定 19 种，占总种数的 13.48%。

2018 年 2 月总生物量均值为  $71.86 \text{ mg/m}^3$ ；总丰度均值为  $17.84 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 4 月总生物量均值为  $32.54 \text{ mg/m}^3$ ；总丰度均值为  $77.12 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 8 月大潮总生物量均值为  $278.27 \text{ mg/m}^3$ ；总丰度均值为  $351.03 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 8 月小潮总生物量均值为  $213.21 \text{ mg/m}^3$ ；总丰度均值为  $361.19 \text{ ind./m}^3$ 。2018 年 11 月总生物量均值为  $50.20 \text{ mg/m}^3$ ；总丰度均值为  $16.13 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 2 月连续站（取水口）总生物量均值为  $76.63 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $38.67 \text{ ind./m}^3$ 。连续站（排水口）总生物量均值为  $82.67 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $35.74 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 4 月连续站（取水口）总生物量均值为  $141.80 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $124.85 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）总生物量均值为  $92.76 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $232.60 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 8 月大潮连续站（取水口）总生物量均值为  $94.11 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $264.97 \text{ ind./m}^3$ ，连续站（排水口）总生物量均值为  $212.46 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $158.54 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 8 月小潮连续站（取水口）总生物量均值为  $105.80 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $231.69 \text{ ind./m}^3$ 。连续站（排水口）总生物量均值为  $147.71 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $320.50 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 11 月连续站（取水口）总生物量均值为  $18.82 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $2.89 \text{ ind./m}^3$ 。连续站（排水口）总生物量均值为  $53.66 \text{ mg/m}^3$ ，总丰度均值为  $4.93 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 2 月航次大面站优势种有 3 种，分别为中华哲水蚤、小拟哲水蚤和球型侧腕水母。2018 年 4 月航次大面站优势种有 4 种，分别为太平洋纺锤水蚤、肥胖箭虫、海龙箭虫和瘦尾胸刺水蚤。2018 年 8 月航次大潮期间大面站优势种有 6 种，分别为锥形宽水蚤、刺尾纺锤水蚤、双尾纽鳃樽、双生水母（单营养体）、中华哲水蚤和正型莹虾。2018 年 8 月航次小潮期间大面站优势种有 4 种，分别为强额拟哲水蚤、锥形宽水蚤、刺尾纺锤水蚤、中华哲水蚤。2018 年 11 月航次大潮期间大面站优势种有 4 种，分别为肥胖箭虫、亚强次真哲水蚤、双生水母（单营养体）和钩虾。

2018 年 2 月航次连续站取水口浮游动物优势种 3 种，按优势度大小排序为：中华哲水蚤、异体住囊虫和真刺唇角水蚤。排水口优势种 4 种，按优势度大小排序为：异体住囊虫、瘦尾胸刺水蚤、中华哲水蚤、球型侧腕水母。取水口和排水口的共有优势种为中华哲水蚤和异体住囊虫。

2018 年 4 月取水口浮游动物优势种 4 种，按优势度大小排序为：太平洋纺锤水蚤、瘦尾胸刺水蚤、海洋伪镖水蚤和双齿许水蚤，全部为浮游桡足类。排水口浮游动物优势种 2 种，按优势度大小排序为：太平洋纺锤水蚤和海洋伪镖水蚤。太平洋纺锤水蚤是取水口和排水口的共有优势种，也是主要优势种。

2018 年 8 月大潮取水口浮游动物优势种为刺尾纺锤水蚤。排水口浮游动物优势种 3 种，按优势度大小排序为：刺尾纺锤水蚤、挪威小毛猛水蚤和强额拟哲水蚤。刺尾纺锤水蚤是取水口和排水口的共有优势种。

2018 年 8 月小潮取水口浮游动物优势种出现 3 种，按优势度大小排序为：强额拟哲水蚤、针刺拟哲水蚤和长尾住囊虫。排水口浮游动物优势种 4 种，按优势度大小排序为：强额拟哲水蚤、长腹剑水蚤属一种、刺尾纺锤水蚤和长尾住囊虫。强额拟哲水蚤是取水口和排水口的共有优势种。

2018 年 11 月取水口浮游动物优势种出现 3 种，按优势度大小排序为：钩虾 sp.、刺尾纺锤水蚤和双生水母（单营养体）。连续站（排水口）优势种 1 种，为钩虾 sp.。钩虾 sp. 是取水口和排水口共有优势种。

本次调查冬季、春季、夏季大潮、夏季小潮航次浮游动物种类数均高于 2013 年同期，秋季种类数与 2013 年持平。分类群看，冬季、春季、夏季大潮、夏季小潮航次，桡足类种类增加较多。

本次调查冬、春、夏季大潮、夏季小潮浮游动物丰度均明显高于 2013 年同期，不过冬、春季生物量低于 2013 年同期。

从生物多样性指标看，各航次浮游动物生物多样性均高于 2013 年同期，表明浮游动物群落结果目前处于较稳定状态。

2013 年冬季、春季、夏季小潮、秋季的优势种在本次调查同期航次依然为优势种，夏季大潮则无相同的优势种，本次调查主要优势种有大眼剑水蚤属、短小宽水蚤，而 2013 年为异体住囊虫、亚强次真哲水蚤。

#### （5）潮下带底栖生物

本次调查四个航次共鉴定到底栖生物 9 门 129 种，其中，环节动物最多（70 种），占总种数的 54.26%；其次为节肢动物（30 种），占总种数的 23.26%。

2018 年 2 月各站位生物量平均值为  $8.083 \text{ g/m}^2$ 。各站栖息密度平均值为  $123.4 \text{ 个/m}^2$ 。

2018 年 4 月共各站位生物量平均值为  $24.471 \text{ g/m}^2$ 。各站栖息密度平均值为  $109.0 \text{ 个/m}^2$ 。

2018 年 8 月各站位生物量平均值为  $19.726 \text{ g/m}^2$ 。各站栖息密度平均值为  $109.0 \text{ 个/m}^2$ 。

2018 年 11 月各站位生物量平均值为  $4.272 \text{ g/m}^2$ 。各站栖息密度平均值为  $63.8 \text{ 个/m}^2$ 。

2018 年 2 月航次潮下带底泥中底栖生物优势种为异角华螺赢蜚。

2018 年 4 月航次潮下带底栖生物优势种为昆士兰稚齿虫。

2018 年 8 月航次潮下带底栖生物优势种为丝异须虫、昆士兰稚齿虫和齿腕拟盲蟹。

2018 年 11 月航次潮下带底栖生物优势种为索沙蚕属、丝异须虫和昆士兰稚齿虫。

本次调查在东山湾内采集的潮下带底栖生物物种数相比 2013 年下降明显，主要是由于软体动物、甲壳动物的物种数减少，其中冬季软体动物种类由 32 种降为 3 种，下降最多，冬季甲壳动物由 26 种降为 8 种。

本次调查所有航次潮下带底栖生物的生物量均低于 2013 年，主要是由于软体动物和节肢动物数量的减少，导致生物量下降明显；底栖生物栖息密度与 2013 年相比，则没有像生物量一样大幅下降，仅在冬、夏、秋季低于 2013 年，春季栖息密度高于 2013 年。

生物多样性与 2013 年相比，夏季的生物多样性在 1.0 以下，表明底栖生物群落结构处于“较差”的状态。

本次调查除冬季外，春、夏、秋的优势种与 2013 年同期变化明显，由 2013 年的波纹巴非蛤、塞切尔泥钩虾变成背蚓虫（春季）、丝异须虫（夏、秋季）、昆士兰稚齿虫（秋季）等环节动物。

综上，本次调查潮下带底栖生物生物量和栖息密度相比 2013 年均有所降低，主要是由于采集的软体动物和节肢动物的种类偏少，软体动物和节肢动物易受湾内人类活动比如围填海生态效应的影响，近年，湾内漳江口桥梁建设及围垦、古雷半岛一侧及湾口东山县海域的围填海活动较多，施工过程中产生的悬浮物以及工程建成后对地形地貌冲淤环境的改变均对软体动物、节肢动物的栖息生境造成影响；此外，底栖生物群落结构的改变也可能受到了浮游植物丰度降低的影响，饵料基础下降导致以浮游植物为食的软体动物生物量的下降。

#### （6）潮间带生物

四次调查共鉴定到底栖生物 10 门 169 种（包括定性及定量样品）。分类群看，软体物种类数最多；其次为环节动物。

2018 年 2 月潮间带生物平均栖息密度为  $173.9 \text{ 个/m}^2$ ，平均生物量为  $86.758 \text{ g/m}^2$ 。2018 年 4 月潮间带生物平均栖息密度为  $243.9 \text{ 个/m}^2$ ，平均生物量为  $70.576 \text{ g/m}^2$ 。2018 年 8 月潮间带生物平均栖息密度为  $183.4 \text{ 个/m}^2$ ，平均生物量为  $43.270 \text{ g/m}^2$ 。2018 年 11 月潮间带



生物平均栖息密度为 264.0 个/m<sup>2</sup>，平均生物量为 86.033g/m<sup>2</sup>。

按照栖息密度计算，2018 年 2 月潮间带底栖生物优势种为珠带拟蟹守螺，香依-威纳多样性指数平均为 2.12。2018 年 4 月潮间带底栖生物优势种为两栖螺属，香依-威纳多样性指数平均为 2.07。2018 年 8 月潮间带底栖生物优势种为珠带拟蟹守螺和腺带刺沙蚕，香依-威纳多样性指数平均为 1.98。2018 年 11 月潮间带底栖生物优势种为仅短拟沼螺，香依-威纳多样性指数平均为 1.81。

本次调查潮间带底栖生物生物量和栖息密度相比 2013 年均发生明显的降低，主要是由于采集的软体动物和节肢动物的种类偏少，这与潮下带底栖生物的情形类似，主要是由于软体动物和节肢动物易受湾内人类活动比如围填海生态效应的影响，近年，湾内漳江口桥梁建设及围垦、古雷半岛一侧及湾口东山县海域的围填海活动较多，施工过程中产生的悬浮物以及工程建成后对地形地貌冲淤环境的改变均对软体动物、节肢动物的栖息生境造成影响；此外，底栖生物群落结构的改变也可能受到了浮游植物丰度降低的影响，饵料基础下降导致以浮游植物为食的软体动物生物量的下降。

#### （7）鱼卵仔鱼

本次调查五个航次共计鉴定鱼卵和仔稚鱼 60 种（含 5 种未定种）。其中，以鲈形目种类数最多，有 25 种，鲽形目次之，有 8 种，接着依次为鲱形目（6 种）、灯笼鱼目（4 种）、鲉形目（4 种），鲻形目（3 种），鳗鲡目（2 种）、鲀形目（2 种），颌针鱼目（1 种），此外有 5 种未定种。

2018 年 2 月大面站调查垂直网共采集到鱼卵 76 枚，仔稚鱼 0 尾。大面站鱼卵密度平均为 1.61 ind./m<sup>3</sup>。排水口采集到鱼卵 5 枚，仔稚鱼 0 尾；在取水口采集到鱼卵 1 枚，仔稚鱼 0 尾。排水口鱼卵密度均值为 0.93 ind./m<sup>3</sup>。取水口鱼卵密度均值为 0.19 ind./m<sup>3</sup>。

2018 年 4 月调查垂直网共采集到鱼卵数量为 435 枚，仔稚鱼 50 尾。排水口共采集到鱼卵 87 枚；仔稚鱼 7 尾。取水口共采集到鱼卵 69 枚；仔稚鱼 4 尾。排水口鱼卵密度均值为 23.19 ind./m<sup>3</sup>。排水口仔稚鱼密度均值为 1.85ind./m<sup>3</sup>。取水口鱼卵密度均值为 17.41 ind./m<sup>3</sup>。取水口仔稚鱼密度均值为 1.01ind./m<sup>3</sup>。

2018 年 8 月大潮调查垂直网共采集到鱼卵数量为 68 枚，仔稚鱼 20 尾。在排水口共采集到鱼卵 9 枚；仔稚鱼 4 尾。取水口共采集到鱼卵 14 枚；仔稚鱼 10 尾。排水口鱼卵密度均值为 1.62 ind./m<sup>3</sup>。排水口仔稚鱼密度均值为 0.86ind./m<sup>3</sup>。取水口鱼卵密度均值为 2.63 ind./m<sup>3</sup>。取水口仔稚鱼密度均值为 2.19ind./m<sup>3</sup>。

2018 年 8 月小潮调查垂直网共采集到鱼卵数量为 528 枚，仔稚鱼 22 尾。排水口共采

集到鱼卵 9 枚；仔稚鱼 5 尾。取水口共采集到鱼卵 19 枚；仔稚鱼 2 尾。排水口鱼卵密度均值为  $3.42 \text{ ind./m}^3$ 。排水口仔稚鱼密度均值为  $2.43 \text{ ind./m}^3$ 。取水口鱼卵密度均值为  $4.41 \text{ ind./m}^3$ 。取水口仔稚鱼密度均值为  $0.47 \text{ ind./m}^3$ 。

2018 年 11 月调查垂直网共采集到鱼卵数量为 7 枚，仔稚鱼 14 尾。大面站鱼卵平均密度为  $0.07 \text{ ind./m}^3$ 。仔稚鱼平均密度为  $0.55 \text{ ind./m}^3$ 。

本次调查各航次与 2013 年同期调查相同，在东山湾内垂直网均采集到鱼卵样本；本次调查除冬季（2 月份）未采集到仔稚鱼样本外，其余三季节均采集到仔稚鱼样本，而 2013 年秋、冬季均未采集到。

从鱼卵优势种类看，本次调查春季以舌鳎属 sp.2、鲱科 spp.和鳊科 spp.的卵为主，2013 年春季以鲈科、鳊科和鲢科种类为主；夏季以鳊科 spp.居多，而 2013 年同期以鳎科 sp.、侧带小公鱼属 sp.、鲱科 sp.为主；本次调查秋季以鳊科 sp.居多，与 2013 年同期相同。

从仔稚鱼优势种类看，本次调查春季仔鱼以二长棘犁齿鲷和虾虎鱼科 sp.1 为主，2013 年春季仔稚鱼以斑鲷为主。

#### （8）游泳动物

本次调查四个航次共鉴定到游泳动物 298 种（隶属于 21 目 95 科）。分类群看，以鱼类最多，有 203 种，其次为蟹类，有 45 种，接下来依次为虾类（24）、口足类（13 种）、头足类（12 种）、肢口类（1 种）。分目看，以鲈形目种类最多，有 104 种，其次为十足目，有 69 种，种类在 10 种以上的还有鲱形目（21 种）、鳗鲡目（16 种）、口足目（13 种）、鲈形目（12 种）、鲽形目（12 种）、鲉形目（10 种）。

2018 年 2 月航次拖网调查期间，游泳动物每调查站小时渔获尾数平均每站为 370 尾/小时，最大值出现在 10 号站，最小值出现在 47 号站。其中，鱼类最高（345 尾/小时），其余类群渔获尾数均较低，均低于 10 尾/小时，肢口类渔获尾数最低（0.1 尾/小时）。游泳动物每调查站小时渔获重量平均每站为 8.07kg/小时，最大值出现在 10 号站，最小值出现在 44 号站。其中，鱼类最高（7.58kg/小时），其次为头足类，0.16 kg/小时，接下来依次为，蟹类 0.15 kg/小时，口足类 0.09kg/小时，肢口类 0.06kg/小时，虾类渔获重量最低（0.03kg/小时）。

2018 年 4 月游泳动物每调查站小时渔获尾数平均每站为 1389 尾/小时，最大值出现在 36 号站，最小值出现在 47 号站。其中，鱼类最高（1352 尾/小时），其次为头足类，有 20 尾/小时，其余类别渔获尾数均在 10 尾/小时以下，蟹类为 10 尾/小时，虾类为 5 尾/小时，口足类为 1 尾/小时，肢口类未采集到样本。游泳动物每调查站小时渔获重量平均每站为

43.46kg/小时，最大值出现在 41 号站，最小值出现在 25 号站。其中，鱼类最高（42.09kg/小时），其次为头足类，0.98 kg/小时，蟹类为 0.34kg/小时，虾类和口足类渔获重量最低，均为 0.02kg/小时。

2018 年 8 月游泳动物每调查站小时渔获尾数平均每站为 1205 尾/小时，最大值出现在 32 号站，最小值出现在 48 号站。其中，鱼类最高（913 尾/小时），其次为头足类，有 183 尾/小时，接下来依次为，蟹类 59 尾/小时，虾类 50 尾/小时，口足类 1 尾/小时，肢口类没有采集到样本。游泳动物每调查站小时渔获重量平均每站为 39.90kg/小时，最大值出现在 32 号站，最小值出现在 10 号站。其中，鱼类最高（28.76kg/小时），其次为蟹类，5.68 kg/小时，接下来依次为，头足类 5.23 kg/小时，虾类 0.22kg/小时，口足类不足 0.01 kg/小时，肢口类没有采集到样本。

2018 年 11 月游泳动物每调查站小时渔获尾数平均每站为 459 尾/小时，最大值出现在 48 号站，最小值出现在 15 号站。其中，鱼类最高（257 尾/小时），其次为蟹类，有 85 尾/小时，接下来依次为，虾类 84 尾/小时，口足类 18 尾/小时，头足类 17 尾/小时，肢口类没采集到样本。游泳动物每调查站小时渔获重量平均每站为 9.36kg/小时，最大值出现在 28 号站，最小值出现在 15 号站。其中，鱼类最高（7.15kg/小时），其次为蟹类，1.43kg/小时，接下来依次为，虾类 0.35 kg/小时，头足类 0.29kg/小时，口足类 0.15 kg/小时，肢口类没采集到样本。

2018 年 2 月航次拖网调查期间，游泳动物每调查站资源密度（尾数）平均每站为  $17.97 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ 。其中，鱼类资源密度（尾数）最高（ $17.33 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ），其余类别资源密度（尾数）均较低，均低于  $0.20 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，肢口类资源密度（尾数）最低（小于  $0.002 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ）。游泳动物每调查站资源密度（重量）平均每站为  $336.74 \text{ kg}/\text{km}^2$ 。其中，鱼类最高（ $323.81 \text{ kg}/\text{km}^2$ ），其次为头足类， $5.56 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，接下来依次为，蟹类  $3.42 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，口足类  $2.10 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，肢口类  $1.23 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，虾类资源密度（重量）最低（ $0.58 \text{ kg}/\text{km}^2$ ）。

2018 年 4 月航次拖网调查期间，游泳动物每调查站资源密度（尾数）平均每站为  $68.34 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ 。其中，鱼类资源密度（尾数）最高（ $67.33 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ），头足类资源密度（尾数）次之，为  $0.67 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，接下来依次为，蟹类  $0.21 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，虾类  $0.10 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，口足类  $0.03 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，肢口类未采集到样本。游泳动物每调查站资源密度（重量）平均每站为  $1631.99 \text{ kg}/\text{km}^2$ 。其中，鱼类最高（ $1591.68 \text{ kg}/\text{km}^2$ ），其次为头足类， $32.50 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，接下来依次为，蟹类  $7.03 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，虾类  $0.45 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，口足类  $0.33 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，肢口类未采集到样本。

2018 年 8 月航次拖网调查期间，游泳动物每调查站资源密度（尾数）平均每站为  $40.19 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ 。其中，鱼类资源密度（尾数）最高（ $33.22 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ），头足类资源密度（尾数）次之，为  $5.01 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，接下来依次为，蟹类  $1.03 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，虾类  $0.92 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，口足类  $0.01 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，肢口类未采集到样本。游泳动物每调查站资源密度（重量）平均每站为  $1224.43 \text{ kg}/\text{km}^2$ 。其中，鱼类最高（ $978.43 \text{ kg}/\text{km}^2$ ），其次为头足类， $145.06 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，接下来依次为，蟹类  $96.90 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，虾类  $3.95 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，口足类  $0.09 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，肢口类未采集到样本。

2018 年 11 月航次拖网调查期间，游泳动物每调查站资源密度（尾数）平均每站为  $13.71 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ 。其中，鱼类资源密度（尾数）最高（ $9.61 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ），虾类资源密度（尾数）次之，为  $1.67 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，接下来依次为，蟹类  $1.56 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，头足类  $0.51 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，口足类  $0.36 \times 10^3$  尾/ $\text{km}^2$ ，肢口类未采集到样本。游泳动物每调查站资源密度（重量）平均每站为  $299.73 \text{ kg}/\text{km}^2$ 。其中，鱼类最高（ $253.32 \text{ kg}/\text{km}^2$ ），其次为蟹类， $27.37 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，接下来依次为，头足类  $8.97 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，虾类  $6.86 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，口足类  $3.20 \text{ kg}/\text{km}^2$ ，肢口类未采集到样本。

2018 年 2 月游泳动物优势种有 7 种，分别为赤鼻棱鯧、盾齿鲷、仰口鲷、林氏团扇鲷、杜氏棱鯧、小眼绿鳍鱼、中颌棱鯧，均为鱼类。

2018 年 4 月游泳动物优势种有 9 种，竹荚鱼、中华海鲷、中颌棱鯧、二长棘鲷、仰口鲷、尖吻鲷、带鱼属未定种、刺鲳、日本枪乌贼。

2018 年 8 月优势种有 18 种，日本枪乌贼、二长棘鲷、蓝圆鲹、竹荚鱼、鳗鲡、金色小沙丁、油魮、条尾绯鲤、逍遥馒头蟹、青鳞小沙丁鱼、康氏侧带小公鱼、截尾银姑鱼、芝茺棱鯧、长体蛇鲻、火枪乌贼、仰口鲷、黄鳍鲷、乌贼科未定种。

2018 年 11 月优势种有 22 种，赤鼻棱鯧、龙头鱼、中华海鲷、锥齿鲨、金色小沙丁、矛形梭子蟹、哈氏仿对虾、仰口鲷、细条纹天竺鲷、日本单鳍电鲷、枪乌贼、鳗鲡、拥剑梭子蟹、中华管鞭虾、带鱼属未定种、条纹斑竹鲨、石首鱼科未定种、远洋梭子蟹、鹰爪虾、长蛸、口虾蛄、青鳞小沙丁鱼。

本次调查所有航次采集的游泳动物种类数均高于与 2013 年同季节航次，分类群看，各航次采集的鱼类、头足类种类数均增加，虾类种类数减少，蟹类除夏季外，种类数均增加。

本次调查所有航次采集的游泳动物资源密度（尾数），除秋季外均高于 2013 年同季节航次。分类群看，鱼类除秋季航次略低于 2013 年，其余三个航次均显著高于 2013 年同期；

头足类和口足类除夏季航次外，其余三个航次均显著高于 2013 年同期；虾蟹类的资源密度（尾数）有所下降，均低于 2013 年同期。

本次调查所有航次采集的游泳动物资源密度（重量），春、夏季高于 2013 年同期，秋、冬季低于历史同期。分类群看，鱼类春、夏季高于 2013 年同期，秋、冬季低于历史同期，口足类和头足类春、秋季高于 2013 年同期，夏、冬季低于 2013 年同期；虾蟹类的游泳动物资源密度（重量）均低于历史同期。

从采集的鱼类优势种类组成看，个体小、浮游动物食性的鱼类种类增加明显，如鲱形目的赤鼻棱鯉、杜氏棱鯉、汉氏棱鯉、长颌棱鯉、芝茺棱鯉、中颌棱鯉等，在不同季节均有大量出现，可能与 2018 年东山湾浮游动物生物量增加有关。

#### （9）污损生物

取水口附近海域污损生物共鉴定出 24 种，其中以甲壳动物和环节动物占优势，各 6 种，各占总种类数的 25.00%；苔藓动物 4 种，占 16.67%；软体动物 3 种，占 12.50%；藻类 2 种，占 8.33%；尾索动物、刺胞动物和棘皮动物各 1 种，各占 4.17%。根据出现频率、附着密度和附着湿重来看，优势种及主要种有：网纹藤壶、巴西地钩虾、凶猛片钩虾、长鳃麦秆虫、华美盘管虫、有孔左旋虫等。

#### （10）生物质量

##### i 浅海生物质量

##### ①2018 年 4 月

贝类样品石油烃残留量符合《海洋生物质量》第一类的要求，鱼类、甲壳类和软体动物（头足类）石油烃残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

所有双壳类样品铜、铬、汞残留量均符合《海洋生物质量》第一类的要求，其他样品铜、锌、铅、镉、铬、汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

80% 双壳类样品锌残留量超《海洋生物质量》第一、二类的要求（种类为扇贝、牡蛎和江瑶），除了牡蛎锌含量符合《海洋生物质量》第三类的要求外，扇贝和江瑶锌含量劣于《海洋生物质量》第三类的要求（超标率 50%）。

80% 双壳类样品铅残留量超《海洋生物质量》第一类的要求，全部符合《海洋生物质量》第二类的要求。

80% 双壳类样品镉残留量超《海洋生物质量》第一类的要求，40% 双壳类样品镉残留

量超《海洋生物质量》第二类的要求，全部符合《海洋生物质量》第三类的要求。

双壳类样品砷残留量均超《海洋生物质量》第一类的要求，全部符合《海洋生物质量》第二类的要求，瓜螺样品超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中对软体动物的要求；21.2%鱼类样品砷含量超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求（样品种类为林氏团扇鳐、中华海鲗、何氏鳐和日本单鳍电鳐 4 种）；其余样品砷残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

#### ②2018 年 11 月

鱼类和甲壳类石油烃残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

鱼类和甲壳类铜、锌、铅、镉、铬、汞残留量均符合《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

分别有 35.3%鱼类和 41.0%甲壳类样品砷含量超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

#### ii 潮间带生物质量

##### ①2018 年 4 月

全部样品石油烃残留量均符合相关标准和要求。

全部样品铬、汞残留量符合《海洋生物质量》第一类要求。超标样品概况如下：牡蛎样品铜残留量超《海洋生物质量》第一类，符合第二类；66.7%双壳类样品超《海洋生物质量》第一类要求，牡蛎样品符合《海洋生物质量》第三类要求，扇贝样品锌残留量超《海洋生物质量》第三类要求。

双壳类样品铅含量均超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类要求。

66.7%双壳类样品镉残留量超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类要求。

双壳类样品砷残留量全部超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类要求。

##### ②2018 年 11 月

全部样品石油烃、铬、汞残留量均符合相关标准和要求。

超标样品概况如下：牡蛎样品铜残留量超《海洋生物质量》第一类；28.6%样品锌残

留量超《海洋生物质量》第一、二类要求（样品为牡蛎），符合第三类；85.7%样品铅含量超《海洋生物质量》第一类；28.6%样品超《海洋生物质量》第一类（超标样品为牡蛎），符合第二类；71.4%样品砷残留量超《海洋生物质量》第一类要求，符合《海洋生物质量》第二类。

### iii 与 2013 年监测数据对比分析

2013 年生物质量样品采集自 11 月，波纹巴非蛤中石油烃残留量超《海洋生物质量》第一类，本次调查所有浅海生物样品石油烃均符合第一类。2013 年鱼类和甲壳类生物体中重金属均符合相关标准，本次调查 11 月鱼类和甲壳类铜、锌、铅、镉、铬、汞残留量均符合相关标准，分别有 35.3%鱼类和 41.0%甲壳类样品砷含量超《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》（第二版，1997 年）中的相关要求。

#### 2.3.3.4 渔业资源和海洋捕捞

调查海区主要经济鱼类有带鱼、大黄鱼、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼、绒纹线鳞鲷、鲨鱼汛、海鳗、鳓鱼、乌鲳、真鲷、二长棘鲷、石斑鱼、黄鳍鲷、鲷、长体蛇鲻、鲻等；主要经济虾类有哈氏仿对虾、长毛对虾、日本对虾、中国毛虾、中国龙虾、须赤虾、鹰爪虾、刀额新对虾、周氏新对虾，脊尾白虾，刀额对虾；主要经济蟹类有梭子蟹、锯缘青蟹主要经济头足类有中国枪乌贼、日本无针乌贼、莱氏拟乌贼、杜氏枪乌贼、金乌贼、花斑乌贼、长枪乌贼主要经济贝类有泥蚶、牡蛎、巴非蛤、载蛤、缢蛏、寻氏肌蛤、杂色蛤仔、文蛤、杂色鲍、天狗螺、东风螺、中国田螺，脊角无齿蚌、三角帆蚌、江瑶、扇贝、贻贝、西施舌等，部分种类已成为海区主要养殖品种；主要经济藻类有紫菜、海带、石花菜、海萝、羊栖菜等。

2017 年漳州市海洋捕捞产量合计为 463048 吨，其中，鱼类 315621 吨，甲壳类 31517 吨，贝类 18328 吨，头足类 34512 吨，其他类 2871 吨。分品种中，鱼类捕捞产量占比 68.2%。分区县看，以东山县捕捞产量最高，有 178,013 吨，占全市捕捞总产量的 38.4%。2016 年漳州市海洋捕捞产量合计为 474300 吨，其中，鱼类 314465 吨，甲壳类 100833 吨，贝类 20836 吨，头足类 34334 吨，其他类 2771 吨。分品种中，鱼类捕捞产量占比 66.3%。

2015 年漳州市海洋捕捞产量合计为 454658 吨，其中，鱼类 295914 吨，甲壳类 99549 吨，贝类 20212 吨，头足类 35181 吨，其他类 2757 吨。分品种中，鱼类捕捞产量占比 65.1%。

#### 2.3.3.5 养殖业

2017 年漳州市海水养殖总产量为 1218285 吨，其中贝类产量最高，为 981664 吨，藻类 100186 吨，鱼类 79092 吨，甲壳类 53813 吨，其他 3530 吨。以贝类产量最高，占比

80.6%。

2016 年漳州市海水养殖总产量为 1126914 吨，其中贝类为 912763 吨，藻类 90895 吨，鱼类 71118 吨，甲壳类 48891 吨，其他 3247 吨。以贝类产量最高，占比 81.0%。

2015 年漳州市海水养殖总产量为 1057278 吨，其中贝类产量为 857791 吨，藻类 1057278 吨，鱼类 67254 吨，甲壳类 45768 吨，其他 3141 吨。以贝类产量最高，占比 81.1%。

### 2.3.3.6 保护区及保护性水生物

#### （1）福建云霄漳江口红树林国家级自然保护区

福建云霄漳江口红树林国家级自然保护区为调查区内唯一的国家级自然保护区，位于福建省漳州市云霄县漳江入海口，属湿地生态系统类型自然保护区。保护区总面积 2360hm<sup>2</sup>。保护区于 1992 年元月成立，1997 年 7 月经省政府批准成为省级自然保护区，2003 年 6 月经国务院批准升格为国家级自然保护区。保护区的核心区面积 706.7hm<sup>2</sup>，包括漳江口竹塔村北面海滩和船场村南面海滩的部分区域，区内现有红树林 117.9hm<sup>2</sup>，其中有全国面积最大的骨壤林和较少分布的木榄林，是福建省红树林的分布中心。核心区离排水口的距离约 14km，缓冲区离排水口的距离约 12.7km，实验区离排水口的距离约 10.5km，目前核心区以外漳江口均未见红树林生长。

#### （2）东山珊瑚省级自然保护区

东山珊瑚省级自然保护区位于东山岛东部，2015 年，东山珊瑚省级自然保护区管理处对东山珊瑚省级自然保护区的范围和功能区提出调整申请，获福建省人民政府同意并批复，福建东山珊瑚省级自然保护区调整后总面积 3680 公顷，其中：核心区面积 1500 公顷、缓冲区面积 1075 公顷、实验区面积 1105 公顷。

东山湾珊瑚海洋保护区主要保护对象为造礁石珊瑚群落为主的珊瑚生态系统及其生物多样性、珊瑚及其栖息地。东山湾珊瑚海洋保护区所处位置是中国大陆沿岸造礁石珊瑚群落分布的最北缘，珊瑚种类较多，共发现 3 目 12 科 32 种，其中石珊瑚目 6 科 10 种其中 7 种造礁石珊瑚为国家 II 级重点保护动物，并列入世界 CITES 公约（《濒危野生动植物种国际贸易公约》）附录 I 和附录 II。近年来因遭受人为大量采捕，珊瑚资源破坏严重。

#### （3）鱼类的“三场一通”

根据农业部公告第 189 号《中国海洋渔业水域图》（第一批），调查海区所涉及的保护性生物的“三场一通道”主要为：

1) 中上层鱼类的产卵场，以蓝圆鲹为主，本区蓝圆鲹属于闽南-粤东近海地方性种群，主要分布在闽南-台湾浅滩渔场和粤东近海渔场。



2) 近底层鱼类的产卵场，如大黄鱼，本区大黄鱼属闽-粤东族群体，产卵场在 30 米以浅的近岸水域。

3) 头足类的产卵场，如曼氏无针乌贼，其产卵场在近岸水深 20~30 米水域。

### 2.3.3.7 生态保护红线

厂址附近的生态红线区有：东山湾重要滨海湿地生态保护红线区、东山湾口南部重要渔业水域生态保护红线区、石矾塔屿特殊保护海岛生态保护红线区、漳江口红树林海洋保护区生态保护红线区、风动石至东门屿海洋自然景观与历史文化遗迹生态保护红线区、金銮湾重要自然岸线及沙源保护海域生态保护红线区、头屿珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区、鸡心屿珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区、苏尖湾重要自然岸线及沙源保护海域生态保护红线区、龙虎狮象东南侧重要渔业水域生态保护红线区、澳角珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区（一）、澳角珊瑚礁海洋保护区生态保护红线区（二）、龙虎狮象海洋保护区生态保护红线区。

### 2.3.4 工业、交通及其它相关设施

#### 2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内规模以上工矿企业共有 217 家。距离厂址最近的是福建省燕宁顺通科技发展有限公司，位于厂址 SW 方位 3.5km，从业人员 18 名。

厂址半径 15km 范围内包括四个工业开发区：云霄县临港工业集中区、古雷石化基地、云霄经济开发区、常山华侨经济开发区。

云霄县临港工业集中区位于厂址 NW 方位约 6.3km，根据《云霄县城乡总体规划（2015-2030）》，工业区内现有的企业为福建十八重工股份有限公司和华威科技，主要为钢结构配件和电源配件生产加工。另有从事环保橡胶沥青和化纤产品生产制造的企业。云霄临港工业集中区主要承接古雷石化基地的辐射，以古雷石化基地的产品为原料，重点发展节水、轻污染和高附加值的石化下游加工产业；规划利用十年时间初步建成轻工、纺织、装备制造、精细化工、战略性新兴产业五大产业板块。

古雷石化基地位于厂址 E~ESE 方位约 11.8km，根据《古雷石化基地总体发展规划（2020-2030）年》，古雷石化基地采用国际先进的原油加工工艺和乙烯、芳烃等生产技术，生产清洁燃料及高端石化产品，瞄准战略型新兴产业，重点发展包括新型材料在内的三大合成材料（合成树脂、合成纤维、合成橡胶）及其深加工产品，形成承接台湾石化产业转移及国内外投资、面向国内及东南亚市场、上下游一体化的石化产业集群。

云霄经济开发区位于厂址 NW 方位约 9.2km，根据《云霄经济开发区总体规划环境影

响报告书》云霄县经济开发区规划的发展定位为：以发展轻工、机械电子、物流仓储等产业为主导，适当发展商贸物流和生活居住于一体的云霄县城生产服务中心。

常山华侨经济开发区位于厂址 WNW~W 方位约 9.8km，已建成南片综合工业园、北片电子信息产业园，已入驻企业 165 家，其中台侨资企业 55 家，初步形成了电子信息、机械制造、健康食品、新型建材、精细化工等五大产业。园区规划：“一城四园”，一城即规划建设具有浓郁东南亚特色的海西旅游华侨城。“四园”即在华侨城北片依托高铁出口站，规划建设物流商贸园、综合产业园。南片规划建设以精密机械、食品加工为主导产业的综合工业园；西北片利用良好的生态环境，规划发展观光、休闲、度假、运动综合旅游产业园，以此确立中心拉动，四园联动，整体起步的发展格局。

厂址半径 5km 范围内没有工业园区，不会对厂址安全构成影响，厂址附近的工业企业规划建设前均需要进行分析评价，以保证与核电厂的相容性。

厂址半径 15km 范围内现有液化气储用企业 3 家，拟建 1 家，其中规模最大的是位于东山县铜陵镇大沃田尾的福建省大东石油化工有限公司，距离厂址 SSE 方位大约 9.8km，该公司现有 4 个液化石油气储罐，均为 1000m<sup>3</sup> 的球形储罐；距离厂址最近的液化气储用企业为云霄县华荣燃气有限公司，位于厂址 WSW 方位 8.9km，现有 50 m<sup>3</sup> 的液化石油气贮罐 2 座，20 m<sup>3</sup> 残液罐 1 座。

厂址半径 15km 范围内涉爆企业有一家，为云霄云常工程服务有限公司民爆物品库区，位于厂址 W 方位 8.1km，炸药库存 9900kg，雷管库存 20000 发。运输方式为厢式车运，单次最大运输量为 9.9 t，运输路线距厂址最近 8.1km。

厂址半径 15km 范围内危险化学品储用企业 3 家，均位于厂址 14km 以外。

厂址半径 15km 范围内加油站 17 家。经营范围为汽油和柴油，其中：存储量最大的为中化（福建）石油销售有限公司东山疏港路加油站，位于厂址 SSW 方位 13.3km，最大存储汽油 150 m<sup>3</sup>。距离厂址最近的加油站为中石化森美列屿加油站，位于厂址 WSW 方位 4.12km 处，储量 27m<sup>3</sup>。

厂址半径 15km 范围内目前无危险品管道运输，涉及一条规划的海西天然气管网二期工程，该管线最近距离位于厂址 W 方位约 9.85km 处，输气管径 813mm，输气压力 7.5MPa。

#### 2.3.4.2 交通

##### （1）公路、铁路

厂址附近交通条件便利，厂址所在云霄县公路通车里程 1061.4km，其中沈海高速公路 24.8km，国道 324 线 39.2km（二级），省道漳东线 21.4km（二级），县道六条 165km（三

级），乡道 215km（四级），通村及其他 596km。沈海高速（漳诏高速）相对厂址最近距离约 10km，位于厂址西侧；国道 324 位于厂址西侧，相对厂址最近距离约 11km；省道 201 距厂址最近处位于 WSW 方位，最近距离约 8.5km；疏港公路最近距离位于厂址 WSW 方位 2.7km，在云霄县境内与 G324 国道相接。

厂址半径 15km 内有一段铁路，为厦深铁路，距离厂址最近处为 15km。漳州交通“十三五”规划规划有漳汕高铁客运专线漳州段与沿海铁路货运专线漳州段，2020 年 8 月均尚未开工。

### （2）海运

厂址半径 15km 范围内涉及东山湾海域内的古雷港区和东山港区。

古雷港区共有 7 家码头。其中有 2 家危货码头，分别为一德码头和海腾码头。根据 2020 年 8 月厦门港口管理局漳州分局提供资料，一德码头仅保留经营冰醋酸一种化学品，其余种类因安全原因取消。海腾码头主要经营抽余油、石脑油、重芳烃、常压柴油、减压柴油、重整液、二甲苯、醋酸异丁酯、煤油、混合芳烃、烷基苯、乙烷、庚烷、液化石油气、异戊烷、液体硫磺、常压渣油、凝析油、轻石脑油、减压渣油、燃料油、对二甲苯、重石脑油、混合二甲苯、间二甲苯、苯、邻二甲苯。古雷港区目前正在大规模建设，将建设古雷港油品化工码头区和化工品公用罐区。现有石油化工码头及规划中的油品化工码头区和化工品公用罐区位于厂址 SE 方位约 13.5~15km 范围。

东山港区有 4 家码头。其中 2 家危货企业，分别为铜陵油库和大东石化。铜陵油库，是中石化下属企业，码头为 3000 t 级，经营柴油、汽油；大东石化，属地方民营企业，码头为 3000 t 级，主要经营甲苯、柴油、汽油、液化石油气。城垵-铜陵作业区涉及危险品的铜陵化工码头及大东液体化工码头位于厂址 SSE 方位约 9~10km 范围。

厂址半径 15km 范围内航道为东山湾内的古雷航道和城垵航道，城垵航道最近处位于厂址 S 方位约 9.5km，古雷航道最近处位于厂址 SE 方位约 13.9km，古雷航道和城垵航道主要运输的危险是汽柴油、燃料油等。未来随着古雷港区开发建设，古雷航线将继续沿古雷半岛北上，最近处位于厂址 E 方位约 9km。

### （3）渔港

厂址半径 15km 范围内现有渔港 8 个，分别为白衣渔港、礁美渔港、山前渔港、下寨渔港、下崎渔港、人家渔港、大澳渔港和古港渔港。距离厂址最近的是山前渔港，位于厂址 WSW 方位 3.71km。规划建设云霄县列屿镇人家二级渔港，位于厂址 NNW 方位约 1.53km，该渔港规划码头 1165 m、150 马力渔船泊位 5 个，栈桥 13 m，福建省闽科工程

顾问有限公司已编制《福建省云霄县列屿人家二级渔港工程厂址安全分析复核报告》，该报告结论是该渔港的建设不会对核电厂安全构成影响。

### （3）空运

漳州市目前无民用机场，民用航空运输主要依靠距漳州市区约 56km 的厦门高崎机场。距厂址最近的民用航线为 W597，其中心线的地面投影位置距厂址最近距离约为 6.2km，位于厂址 NW 方位；民用航线 A470 其中心线的地面投影位置距厂址最近距离约为 23.7km，位于厂址 NW 方位。

厂址半径 16km 范围内没有机场，厂址半径 4km 范围内没有航线和起落通道。

### 2.3.5 差异性分析

本节内容与原报告中的内容存在少量差异。

造成差异的原因主要是本次编制使用了新的外委成果，原报告中参考的是中国核电工程有限公司于 2015 年 9 月完成的《福建漳州核电厂一期工程厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件补充调查报告》，水产资源与水生态概况采用了中国水产科学研究院东海水产研究所 2013 年 11 月完成的《漳州核电项目可行性研究阶段厂址邻近海域海洋生物及其生态环境调查专题报告》和中国水产科学研究院东海水产研究所 2013 年 9 月完成的《漳州核电项目可行性研究阶段厂址邻近海域渔业资源调查专题报告（2012-2013）》以及《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近海域生态环境现状调查及评价专题报告（2018 年 2 月航次）》。本节环境部分参考的是中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 9 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题》，水产资源与水生态概况采用了中国水产科学研究院东海水产研究所于 2019 年 6 月完成的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂址附近海域生态环境现状调查及评价专题报告》。

本节与原报告相比除了相关数据进行了更新以外，厂址半径 15km 范围内自然保护区没有变化；文物保护单位有所增加（原报告 2 个国家级和 5 个省级，本次调查是 2 个国家级和 8 个省级），新增了 3 个省级文物保护单位，分别为位于厂址 SSE 方位 11.5km 处的铜山城墙省级文物保护单位、位于厂址 SSE 方位 11.6km 处的铜陵黄道周故居省级文物保护单位、位于厂址 SSE 方位 11.5km 处的铜陵天后宫省级文物保护单位。风景游览区本次调查比原报告减少了一个（七星山风景区），减少原因是调查中心的调整，七星山风景区位于厂址 15km 以外；森林公园本次调查比原报告减少了一个（诏安县乌山国家森林公园）减少原因是调查中心的调整，诏安县乌山国家森林公园位于厂址 15km 以外。

水产资源及生态概况中海洋生态部分更新并补充了 2018 年四个季度的调查数据。经

分析，本节内容相对原报告的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

两个外委成果报告对厂址半径 15km 范围内的工业企业的调查统计年份不同，所以厂址半径 15km 范围内有关工业企业等调查数据有所差异。原报告中使用的是 2014 年底的调查数据，厂址半径 15km 范围的规模以上（年产值 2000 万以上）企业有 115 家，本次报告中有 217 家。原报告厂址半径 15km 范围有液化气储用企业 3 家，拟建 1 家；加油站 19 家；危险化学品储用企业 7 家；涉爆单位 1 家，拟建 1 家。本次报告中有液化气储用企业 3 家，拟建 1 家；加油站 17 家；有危险化学品储用企业 6 家（其中拟建 1 家）；有涉爆单位 1 家。

原报告中厂址半径 15km 范围内现有航线为东山湾内的古雷航道和城垵航道。上述两条航线主要装卸和运输货物为渔产品，无危险品装卸和运输。本次调查古雷航道有专门的 5 万 t 级的危险品锚地，城垵航道只允许少量危险品运输。古雷港区有 2 家危货码头，分别为一德石化和海腾码头；东山港区有 2 家危货企业，分别为铜陵油库和大东石化。

原报告中厂址半径 15km 范围内无油料、易燃易爆和有毒化学品输送管道；本次调查厂址半径 15km 范围内无油料和有毒化学品输送管道，涉及一条规划天然气输送管道。

原报告中厂址半径 15km 范围内涉及东山湾海域内中的古雷港区、云霄港区和东山港区。本次调查结果显示，根据《厦门港总体规划（2035 年）》（2019 年 6 月），厂址半径 15km 范围内涉及东山湾海域内中的古雷港区和东山港区，云霄港区未规划建设。

原报告中厂址半径 15km 范围内涉及渔港 6 个，分别为白衣渔港、湖垵渔港、礁美渔港、后林渔港、古城渔港和山前渔港。本次调查厂址半径 15km 范围内现有渔港 8 个，分别为白衣渔港、礁美渔港、山前渔港、下寨渔港、下崎渔港、人家渔港、大澳渔港和古港渔港。

原报告厂址半径 16km 范围内无民用机场，距离厂址最近的民用机场为汕头外砂机场，位于厂址西南方位约 85km 处。厂址半径 4km 范围内无民用空中航线。本次调查为厂址 16km 范围内无民用机场，距厂址最近的民用航线为 W597，其中心线的地面投影位置位于厂址 NW 方位 6.2km。

综上，本节内容相对原报告的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

## 2.4 气象

### 2.4.1 区域气候

厂址区域地处东亚季风区，处于东、西风带交替影响的过渡区，也是温带、副热带和热带各类天气系统频繁交替影响的区域，属典型的亚热带海洋性季风气候，寒暖暑凉交替出现，干湿季分明；临海的地理位置使其冬无严寒，夏少酷暑，气候暖热，雨量尚足。大气环流的主要特征如下：

冬季影响厂址区域天气、气候的主要地面环流系统是蒙古冷高压，高空系统中纬度西风槽。厂址区域处于东亚大槽底部，冬季厂址区域的盛行风为偏北或东北风，气候相对干冷。北方冷空气频繁南下。强冷气团入侵时，会给厂址区域带来强降温和低温冷害。

春季分为早春季和梅雨季，早春季，在变性冷空气与紧接而至的冷气团共同作用下，厂址区域多持续性阴雨天气。这一时期的降雨雨势一般不大，但也有出现暴雨和洪水的可能。这一时期天气冷热多变，有的年份还会出现倒春寒天气以及冰雹等强对流天气。梅雨季节北方冷空气与来自低纬的暖湿气流交汇于南岭—武夷山一带。两种气团湿、热性质差异显著而强度相当，从而产生强烈的极锋性降水。在此期间，厂址区域多持续性暴雨过程。

夏季厂址区域主要处于西太平洋副热带高压的控制下，多高温晴热天气，盛行偏南和东南风，台风影响频繁。主要的天气类型有四种，即副热带高压控制下的晴热天气、副热带高压边缘的多雷阵雨天气、台风影响下的狂风暴雨天气以及北方冷空气南下时的短暂锋面过境天气。副热带高压的强度和位置直接影响着厂址区域台风活动的多寡。

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

### 2.4.2 设计基准气象参数

#### 2.4.2.1 常规气象

根据代表性气象站东山站 1954~2017 年观测的气象要素统计结果，分析厂址的当地气象条件。

##### 1) 风向、风速

年平均风速为 6.2m/s，月平均风速以 11 月份最大，为 7.9m/s，7、8 月份最低，为 3.9m/s。资料记录范围内出现的最大风速为 48.0m/s，出现在 1980 年 9 月 19 日。图 2.4-1 为东山站四季及年风玫瑰图，可见，年主导风向为 NE~ENE，频率为 47.0%，年静风频率为 3.0%。

##### 2) 气温

年平均气温为 21.0℃，月平均最高气温出现在 7 月，为 27.6℃，月平均最低气温出现在 2 月，为 13.3℃。极端最高气温为 38.2℃，出现在 2004 年 7 月 2 日，极端最低气温为 2.5℃，出现在 2016 年 1 月 25 日。

### 3) 相对湿度

年平均相对湿度为 80.0%，其中 10、11 月平均相对湿度最小，均为 72.0%，6 月平均相对湿度最大，为 87.0%，最小相对湿度为 15.0%，出现在 1959 年 1 月 16 日。

### 4) 降水

年平均降水量为 1194.3mm。受季风的影响，一年中月平均降水量 6 月份最多，为 214.7mm，12 月份最少，为 27.5mm。一日最大降水量为 350.4mm，出现在 2009 年 6 月 22 日，成因系统为在晋江登陆的 0903 号强热带风暴。

### 5) 气压

年平均气压为 1007.7hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1015.0hPa，8 月最低，为 999.7hPa；极端最高气压为 1030.1hPa，出现在 2016 年 1 月 25 日，极端最低气压为 961.7hPa，出现在 1980 年 9 月 19 日，由登陆漳浦的 8015 号台风造成。

### 6) 日照

年平均日照时数为 2274.8h，最大值出现在 7 月（281.8h），最小值在 2 月（121.4h）；年平均日照百分率为 51%，日照百分率最大值出现在 7 月（68%），最小在 3 月（33%）。

### 7) 蒸发量

年平均蒸发量为 1750.6mm，10 月平均蒸发量最大，为 208.0mm，2 月最小，为 94.7mm。

### 8) 水汽压

年平均水汽压为 21.1hPa，月平均水汽压最高值出现在 7 月（31.1hPa），最低值在 1 月（11.9hPa）。

## 2.4.2.2 极端气象

### 1) 热带气旋

调查 1949~2017 年间以厂址为中心、半径 400km 范围内的热带气旋资料，共得到热带气旋样本 375 个，年平均 5.4 个。分别采用耿贝尔函数和 PIII 分布函数进行极值拟合，确定厂址区域百年一遇热带气旋最低中心气压为 900.2hPa，百年一遇最大风速为 52.2m/s，百年一遇极大风速为 68.9m/s。

### 2) 龙卷风

收集以厂址为中心，经度 3°、纬度 3° 范围内的龙卷风资料，调查年代为 1958~2017

年，共得到龙卷风样本 140 例。以 10-7/年的概率水平进行评价，确定厂址区域龙卷风设计基准风速为 76.0m/s，设计基准龙卷风为 F3 级。

其他设计基准龙卷风相关参数如下：

——最大旋转风速半径  $R_m=50\text{m}$ ；

——最大旋转风速  $V_m=61.3\text{m/s}$ ；

——平移速度  $V_t=14.7\text{m/s}$ ；

——压降速率  $dp/dt=1.43\text{kPa/s}$ ；

——总压力降  $\Delta P=4.86\text{kPa}$ 。

### 3) 极端风

根据漳浦、云霄、东山和诏安四个气象站自建站~2017 年的历年实测最大风速资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，确定厂址区域实测极端风百年一遇最大风速为 49.1m/s，百年一遇极大风速为 64.8m/s。

### 4) 极端气温

根据漳浦、云霄、东山和诏安四个气象站自建站~2017 年的历年极端气温资料，采用耿贝尔函数进行极值拟合，确定厂址区域百年一遇极端最低气温为-3.2℃，百年一遇极端最高气温为 40.8℃。

## 2.4.3 当地气象条件

以下根据厂址气象站 2018 年 5 月~2020 年 4 月两整年的现场气象要素观测统计结果，分析厂址的当地气象条件。

### 1) 风向、风速

观测期间铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度的最多风向均为 NE，风频依次为 30.3%、25.0%、28.6%、25.2%和 28.1%；次多风向集中在 NNE 和 ENE 上，频率分别为 17.4%、15.0%、16.0%、16.6%和 16.7%，铁塔各高度最多与次多风向均集中在 NNE~ENE 风向上，总频率均达 50.0%以上。图 2.4-2 为观测期间气象铁塔各高度年风玫瑰图。

观测期间地面站年最多风向为 NE，频率为 28.0%，次多风向为 NNE，频率为 13.3%。图 2.4-3 为地面站各季和年风玫瑰图。

观测期间地面站年平均风速为 4.2m/s，最大风速为 18.3m/s，出现在 2018 年 9 月 16 日。铁塔 10m、30m、50m、70m 和 100m 高度年平均风速分别为 2.8m/s、4.8m/s、4.8m/s、5.0m/s 和 5.2m/s。

### 2) 气温



观测期间铁塔 10m、30m、50m、70m、100m 高度的年平均气温分别为 22.3℃、22.1℃、22.0℃、21.8℃和 21.6℃。地面站年平均气温为 22.3℃，最高气温为 37.8℃，出现在 2019 年 8 月 9 日；最低气温为 7.1℃，出现在 2020 年 1 月 31 日。

观测期间铁塔各层全年逆温出现频率均很低。各塔层相比，30m 出现逆温的情况略多。其中 10~30m、10~50m、10~70m、10~100m 各层年逆温的出现频率分别为 17.9%、14.3%、10.9%、9.9%；强逆温的出现频率为 2.7%、1.0%、0.7%、0.1%。

### 3) 相对湿度

观测期间地面站年平均相对湿度为 78.3%，月平均相对湿度在 69.3%~83.8%之间，最小相对湿度为 21.5%，出现在 2019 年 3 月 16 日，最大相对湿度为 98.0%，出现在 2018 年 8 月 31 日。铁塔 100m 年平均相对湿度为 80.4%，月平均相对湿度在 71.3%~87.6%之间，最小相对湿度为 6.9%，出现在 2018 年 5 月 9 日，最大相对湿度为 100.0%。

### 4) 降水

观测期间地面站年平均降水量为 1167.0mm，一日最大降水量为 119.4mm，出现在 2018 年 6 月 19 日。降水主要分布在春夏季，秋季最少，雨量多分布在偏东北和偏西南风向上。

### 5) 气压

观测期间地面站年平均气压为 1011.7hPa，其中 1 月平均气压最高，为 1019.3hPa，8 月最低，为 1000.9hPa；气压最高值为 1028.1hPa，出现在 2020 年 1 月 1 日；气压最低值为 989.0hPa，出现在 2019 年 8 月 9 日。

### 6) 辐射

观测期间地面站年平均总辐射为 180.1W/m<sup>2</sup>，年平均净辐射为 90.6W/m<sup>2</sup>。

### 7) 露点温度

观测期间地面站年平均露点温度为 18.2℃，最高月平均值为 25.2℃，最低月平均值为 11.6℃。年最大值为 28.0℃，出现在 2019 年 7 月 19 日，最低值为-4.4℃，出现在 2019 年 3 月 16 日。

### 8) 蒸发量

观测期间地面站年平均蒸发量为 1297.6mm，7 月最高，为 149.0mm；1 月最少，为 63.2mm。

### 9) 水汽压

观测期间地面站年平均水汽压为 22.1hPa，峰值出现在 7 月（32.2hPa），谷值出现在 1 月（14.0hPa）。

#### 2.4.4 大气稳定度

根据 2018 年 5 月~2020 年 4 月厂址气象铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差和地面站 10m 高度逐时风速资料，采用 $\Delta T\sim u$ 法进行大气稳定度分类。结果显示，当地以中性稳定度天气为主，D 类稳定度占约 54.5%，不稳定类（A、B、C）之和为 35.0%，稳定类（E、F）占 10.5%。

#### 2.4.5 联合频率

根据厂址 2018 年 5 月~2020 年 4 月厂址气象站的实测气象资料，以及上述计算得到的大气稳定度统计结果，统计得到 10m 高度的风向、风速、大气稳定度三维联合频率和 70m 高度风向、风速、大气稳定度和降水四维联合频率。

#### 2.4.6 混合层高度及扩散参数值

##### 1) 混合层高度

根据 2008 年在厂址开展的夏、冬两季的大气边界层低空探测实验结果，同时参照 GB/T3840-91《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》推荐的中性稳定度混合层高度计算公式的计算结果。考虑到不稳定性强混合能力也强，达到高度就会较高的直观理解，确定运行状态下计算采用的混合层高度值如下：

A 类	900m
B 类	800m
C 类	700m
D 类	600m

##### 2) 大气扩散参数

厂址大气扩散参数的确定综合了示踪物实验、湍流观测和数值模拟的结果，具体见表 2.4-1。

#### 2.4.7 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，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。

厂址气象站于 2015 年 4 月建成，2015 年 5 月开始进行正式观测。气象观测系统由气象铁塔风温梯度测量系统、地面气象诸要素自动观测系统、监控系统平台三部分构成。

该气象观测系统以国外成熟的自动气象站 CR3000 为基础，结合气象塔风温梯度监测站和先进的数据采集软硬件平台，该气象观测系统主要由传感器、数据采集器、主控机、

电源和专用电缆组成。

地面气象观测系统构成，其中地面气象观测的直接观测要素包括：风向、风速、气温、相对湿度、气压、总辐射、净辐射、降水量、蒸发等。气象铁塔观测高度为 10m、30m、50m、70m 和 100m 五层，观测要素为风向、风速、气温和湿度（100m）。气象铁塔和地面观测传感器主要性能见表 2.4-2 和表 2.4-3。

气象观测仪器在安装架设前均进行了标定，并定期在现场开展了气象塔气象要素梯度观测的风向和风速的水平比对。

用于计算三、四维联合频率所用到气象数据的联合获取率为 97.66%，满足 HAD101/02 规定的大于 90%的要求。

#### **2.4.8 差异性分析**

与原报告相比，原报告采用的厂址气象资料年限为 2015 年 5 月~2017 年 4 月，本报告采用的厂址气象资料年限为 2018 年 5 月~2020 年 4 月，两节报告采用的厂址气象资料略有差异，但气象特征无明显差异，前后一致性较好，均满足相关导则要求。

## 2.5 水文

本节如无特别说明，高程系统均采用 1985 国家高程。

### 2.5.1 地表水

#### 2.5.1.1 海洋水文

##### （1）地理、地形条件

漳州核电厂厂址位于福建省漳州市云霄县岭屿镇刺仔尾，处于东山湾西岸。近岸海域内泥面标高一般在-5.00~-1.00m。水下地形由西向东略微倾斜。海滩地貌自岸边至远海由岩滩—沙滩—泥滩过渡，岩滩区主要分布在潮间带。南侧海湾潮间带为砂质浅滩，向外取水及排水构筑物区域均为淤泥质浅滩，取水构筑物区东端泥面标高低于-8.00m，为一宽度约 800m 走向近南北方向的水下暗沟。

东山湾是福建著名的港湾之一，海岸呈东北—西南走向，漳江由此汇入大海，南北向的古雷半岛和东西向的东山岛相互聚拢形成两道屏障，将东山湾与外海相隔，仅留有一个湾口与大海相连。东山湾南北长 20km，东西宽约 15km，湾内海域总面积达 247.89km<sup>2</sup>。其中 0~5m 等深线海域面积为 117.2km<sup>2</sup>，约占整个海湾面积的一半，10~20m 等深线海域面积仅 11km<sup>2</sup>，水深 20m 以上的深水区靠近湾口由塔屿东西 2 个水道伸入湾内，东水道水深最大达 30m，宽约 2500m；西水道水深最大为 25m，宽约 700m。

东山海洋站位于福建省东山县城关，观测站址为东经 117 度 31 分、北纬 23 度 47 分，距厂址 SSW 向约 10km。主要的海滨观测项目有：潮位、表层海水温度、表层海水盐度、波浪、风等。其中波浪从 1992 年开始观测至今，水温 2004、2005 年中断观测，06 年后又重新恢复观测。据东山站观测资料分析，东山湾潮汐属不正规半日潮，潮汐不等比较明显，涨潮历时比落潮历时稍长，历史最高潮位为 2.77m（1971 年）。

##### （2）潮汐

2008 年 6 月 1 日至 2011 年 05 月 31 日在厂址进行了三年的潮位观测，由验潮资料计

算的调和常数可得潮汐判别数  $\frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2}}$  为 0.519，本海区的潮汐为不正规半日潮类型。

由三年观测资料得到厂址的特征值如下：

平均潮位	0.46m
平均高潮位	1.73m
平均低潮位	-0.77m
最大潮差	4.26 m

最小潮差	0.72 m
平均潮差	2.49m
平均涨潮历时	6 小时 35 分
平均落潮历时	5 小时 48 分

### （3）潮位

根据 2008 年 6 月 1 日至 2010 年 5 月 31 日厂址站和东山海洋站的潮汐观测资料建立两站的潮位相关关系，两站相关关系式如下：

$$\text{高潮相关公式：} H_{czw}=1.0132 \cdot HDS-0.9969 \quad R=0.97$$

$$\text{低潮相关公式：} L_{czw} = 1.0215 \cdot LDS-9.5695 \quad R=0.99$$

$H_{czw}$  和  $HDS$  分别表示刺仔尾站和东山站高潮位

$L_{czw}$  和  $LDS$  分别表示刺仔尾站和东山站低潮位

两站点高、低潮具有较好的相关性。依据东山站 1963~2013 年的观测资料及两站相关关系计算得到厂址站 1963~2013 年极值高、低潮位，用耿贝尔极值 I 型分布律方法得到厂址处的特征潮位如下：

1000 年一遇高潮位	3.48m
200 年一遇高潮位	3.27m
100 年一遇高潮位	3.18m
50 年一遇高潮位	3.09m
33 年一遇高潮位	3.03m
1000 年一遇低潮位	-2.40m
200 年一遇低潮位	-2.28m
100 年一遇低潮位	-2.23m
50 年一遇低潮位	-2.17m
33 年一遇低潮位	-2.14m

### （4）潮流

#### 1) 2013 年潮流观测结果

2013 年 9 月和 12 月开展了夏季、冬季全潮水文测验，布设 13 条垂线进行观测。

本海区为正规半日潮流区，除 1#站表现一定的旋转流性质（逆时针），其它站由于受湾内水道束缚，基本表现为典型的往复流性质。夏季各测站实测涨潮最大流速为 99cm/s，实测落潮最大流速为 158cm/s；冬季实测涨潮最大流速为 115cm/s，实测落潮最大流速为

159cm/s。观测海域冬季最大余流流速为 25.3cm/s。

## 2) 2020 年潮流观测结果

2020 年 7 月在工程海域开展了夏季全潮水文测验，布设 13 个测站进行大、中、小潮同步海流观测。

观测海域潮流属规则半日潮类型，本海域潮流运动形式基本上以往复流为主，1#测站运动方式表现为旋转流。夏季各测站实测涨潮最大流速为 109cm/s，实测落潮最大流速为 124cm/s。夏季测验期间，位于东山湾湾口的 1#~4#测站余流流速显著大于其他测站，且呈现出大潮流速最大、小潮流速最小的规律。位于东山湾深槽内的 5#、6#和 9#测站余流流速显著小于湾口各测站，亦呈现出大潮流速最大、小潮流速最小的规律。7#、8#、10#~13#测站各典型潮期间流速较小，规律性不显著。

2020 年冬季水文测验工作尚未完成，待获取最新的成果后更新完善。

## (5) 海水温度和盐度

根据厂址处水文站与东山站的相关分析，确定厂址处多年平均水温 22.0℃，最高水温 31.5℃，最低水温 7.6℃。

根据 2008 年 6 月~2009 年 5 月的盐度观测资料，月平均盐度最高为 32.01，最低为 26.64。观测期间最高盐度为 33.39，最低盐度为 24.36。

根据 2020 年 7 月夏季水文测验盐度观测资料，各测站最大海水盐度值为 34.45，最小海水盐度值为 19.64。大、中、小潮平均盐度分别为 33.40、33.43、33.59。

## (6) 泥沙

根据 2013 年夏、冬季水文测验结果，夏季的大、中、小潮含沙量平均值分别为 0.0547 kg/m<sup>3</sup>、0.0573 kg/m<sup>3</sup> 和 0.0417 kg/m<sup>3</sup>，冬季的大、中、小潮含沙量平均值分别为 0.0611 kg/m<sup>3</sup>、0.0414 kg/m<sup>3</sup> 和 0.0354 kg/m<sup>3</sup>。夏季实测最大含沙量为 0.1933kg/m<sup>3</sup>，实测最小含沙量为 0.0161kg/m<sup>3</sup>。冬季实测最大含沙量为 0.3177 kg/m<sup>3</sup>，实测最小含沙量为 0.0075 kg/m<sup>3</sup>。夏季大、中、小潮悬沙的 d<sub>50</sub> 分别为 0.0088mm~0.0179mm、0.0085mm~0.0196mm 和 0.0083mm~0.0210mm。冬季大、中、小潮悬沙的 d<sub>50</sub> 平均值分别为 0.0085mm~0.0174mm、0.0095mm~0.0216mm 和 0.0093mm~0.0224mm。

根据 2020 年 7 月夏季水文测验结果，工程海域涨、落潮垂线平均含沙量分别为 0.042 kg/m<sup>3</sup> 和 0.043 kg/m<sup>3</sup>。夏季大、中、小潮平均含沙量分别为 0.067 kg/m<sup>3</sup>、0.038 kg/m<sup>3</sup>、0.023 kg/m<sup>3</sup>。夏季大潮实测最大含沙量为 0.707 kg/m<sup>3</sup>，中潮实测最大含沙量为 0.300 kg/m<sup>3</sup>，小潮实测最大含沙量为 0.174 kg/m<sup>3</sup>。夏季大潮悬沙中值粒径在 0.0045~0.0108mm 之间变化，

平均为 0.0084mm；中潮悬沙中值粒径在 0.0063~0.0123mm 之间变化，平均为 0.0083mm；小潮悬沙中值粒径在 0.0073~0.0137mm 之间变化，平均为 0.0088mm。

#### （7）波浪

观测期间厂址站的常浪向为 SSE 向，年累计频率为 16.1%；次浪向为 NE 向，年累计频率为 13.74%。厂址站的强浪向为 S 向，最大波高为 1.69m，出现于 2008 年 7 月。

#### （8）工程海域岸线演变和海底地形演变

##### 1) 工程海域 2008 年前冲淤变化

根据 1992 年海图与 2008 年东山湾测图等深线比较分析可以看出，近年来东山湾内海床处于轻微冲刷状态，其中东侧 0m 等深线以上以及西侧 0~-2m 等深线之间冲刷幅度较为明显，深槽区变化较小，相对比较稳定。

##### 2) 工程区附近近年冲淤变化

对 2008 年与 2014 年地形进行比较统计，近年来，-5m 以深的深槽区有所冲刷，工程区附近及南侧滩面略有冲刷，北部稍有淤积，近岸区及东部滩面有所淤积，其中-5m 以深的深槽区平均冲刷 0.22m，西侧滩面平均冲刷 0.04m，东侧滩面平均淤积 0.12m，近岸区平均淤积 0.12m，整个测量海域 2008~2014 年平均冲刷 0.058m。

采用最新地形的岸滩稳定性分析专题复核研究工作正在开展，根据初步结果，工程海域冲淤变化情况与前期预测结果相差不大，待后续获得完整专题研究成果后补充完善。

### 2.5.1.2 陆地水文

漳江流域总流域面积 1038km<sup>2</sup>，降雨量充沛，全流域多年平均降雨量 1768mm，降雨量主要集中在每年的 4~9 月，约占全年降雨量的 80%，降雨量年际变化较大。漳江流域来水主要来自天然降雨补给，径流量丰富，全流域多年平均径流深为 1080mm，径流系数为 0.61。漳江径流量受季节性降水制约，有明显丰枯变化，汛期（5~9 月）约占全年径流量的 77%，而枯水期（11~3 月）仅占全年的 14%左右。

漳江流域内主要河流有漳江及漳江的支流安厚溪、车圩溪、火田溪、西溪、山美溪等。漳江发源于平和县博平山脉大峰山麓，集水面积 1038km<sup>2</sup>，主河道全长 67.8km。流域范围内行政区域涉及云霄、平和、漳浦、诏安四县，其中在云霄县境内流域面积 846km<sup>2</sup>，占漳江流域面积的 81.5%；在平和县境内 176km<sup>2</sup>，占 17.0%；其余 16km<sup>2</sup>面积于东西两侧分别分布于漳浦和诏安县境内，占 1.5%。漳江上游主河道为马铺溪，沿主流由上往下分别有安厚溪、车圩溪、火田溪、西溪、山美溪等汇入。火田镇下楼村以上支流较多，除山美溪在云霄县城区以下汇入外，其余上述各较大支流均在下楼以上汇入。

漳江流域内水利工程众多，上游有大型水库峰头水库，下游有大型水闸漳江南北水闸，向东渠引水工程总干渠自北向南跨穿云霄、东山两县。大型峰头水库总库容 1.77 亿  $m^3$ ，控制集水面积 333 $km^2$ ；中型杜塘水库总库容 1621 万  $m^3$ ，位于漳江下游山美溪支流，坝址以上集水面积 25 $km^2$ ，水库输水左、右干渠是向东渠的一部分，故当水库来水量不足时，可由峰头水库补给；另外还有小（一）型水库 12 座，小（二）型水库 80 座。大型水闸 2 座，中型水闸 4 座。大型引水工程一处（即向东渠引水工程），干渠总长 85km，设计灌溉面积 25.29 万亩，（含东山县及诏安部份乡镇）。主要水利工程大型水库峰头水库、中型水库杜塘水库、向东渠引水工程和水尾引水工程。

## 2.5.2 地下水

本章节与漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）无差异。

## 2.5.3 洪水

### 2.5.3.1 海洋洪水

#### （1）天文潮

根据厂址站 2008 年 6 月 1 日~2011 年 5 月 31 日的 3 年观测资料进行调和常数计算，得到 21 年的逐时天文潮位，21 年中的最高、最低天文潮位分别为 263cm 和-194cm。摘取厂址站 21 年天文潮推算值的月天文高潮位和月天文低潮位，分别对其进行频率分析计算，从其频率曲线上摘取其相应的 10% 超越概率天文高潮位和 90% 超越概率天文低潮位分别为 249cm 和-183cm。

#### （2）增、减水

##### 1) 随机法：

2008 年 6 月至 2010 年 3 月观测期间，对厂址影响较大的有 10 场台风（0808 “凤凰”，0813 “森拉克”，0814 “黑格比”，0815 “蔷薇”，0903 “莲花”，0906 “莫拉菲”，0908 “莫拉克”，1010 “莫兰蒂”，1011 “凡亚比”，1013 “鲶鱼”），针对台风期将东山站和核电厂址站的增减水进行相关分析。计算得到相关公式如下，其中 y 代表厂址站，x 代表东山站，单位为 cm。

$$y = 0.9364x - 6.6874 \quad R = 0.89$$

从相关关系可看出，两站增、减水具有较好的相关性，相关系数 R 为 0.89，表明两站受台风影响趋势相似。根据东山站 1963~2013 年极值增、减水资料及相关分析计算得到厂址站 1963~2013 年极值增、减水。

根据厂址站 1963 年~2013 年的增、减水年极值样本，用耿贝尔-I 型极值分布和 P-



III型频率分布进行重现期分析，可得不同重现期的增、减水值。为保守和合理起见，厂址不同重现期的增、减水值选用 P-III型频率分布计算结果，如下：

千年一遇增水值为 2.02m

千年一遇减水值为-1.52m

百年一遇增水值为 1.56m

百年一遇减水值为-1.18m

## 2) 确定论法：

建立合理的风暴潮数值模型，模拟 15 个有代表性的增水型台风和 3 个有代表性的减水型台风，根据风暴潮过程计算值与实测值的比较，就过程最大风暴潮值而言，其平均绝对误差只有 6.06cm。因而，可采用该数值计算模式对核电厂址的可能最大风暴潮进行计算。

确定可能最大热带气旋 PMTC 参数为：

- $P_{\infty}$ 取 1010hPa；
- 台风最大风速半径为 40km；
- 可能最大台风增水移动速度  $T=33\text{km/h}$ 、可能最大台风减水移动速度  $T=37\text{km/h}$ ；
- 移动方向  $\Phi=240^{\circ}\sim 360^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ；
- 海上 PMTC 中心最低气压为 869hPa；登闽粤 PMTC 中心最低气压为 905hPa。

根据风暴潮模型输入可能最大热带气旋 PMTC 参数，得到厂址的可能最大台风增水为 3.59m，可能最大台风减水为-1.97m。

## (3) 海平面异常

根据国家海洋局最新公布成果，中国沿海海平面平均上升速率为 2.9mm/年。预计未来 30 年，东海沿海海平面将上升 70~145mm，即东海海平面平均上升速率约为 3.6mm/年。漳州核电厂址海域处于东海海区，由此推算，预计 80 年内核电厂址海平面将升高约 29cm。

## (4) 假潮

假潮是海湾地形对外力的一种响应。当外力周期与海湾的固有振动周期一致时，则激发假潮。HAD101/09 指出，假潮的振型仅取决于海湾的几何形状和水深。振幅则取决于外力的大小。保守估计厂址处的假潮不超过 13cm。而厂址可能最大台风增水为 359cm，因此假潮存在的话其振幅值远小于台风暴潮，可以忽略不计。

## (5) 海啸

由琉球海沟地震源引起的漳州核电厂址的最大海啸波幅均在 0.10m 以下，马尼拉组合

地震源引起的漳州核电厂址的最大海啸波幅最大值也只 0.8m，远低于 PMSS（可能最大风暴潮）值。

另外，由太平洋传入的海啸波，即越洋海啸，观测事实表明，由于台湾岛和菲律宾群岛的阻隔，进入台湾海峡海啸振幅急剧衰减，由越洋海啸产生的漳州核电厂址的最大海啸波幅会更低。通过调查，当地历史上没有遭受过远程地震海啸的破坏。

综上，由于漳州核电厂址特殊的地理位置，局地、区域和越洋海啸对其造成灾害的风险极低。

#### （6）波浪影响

海浪数值计算采用 LAGFD-NWM 模式，该模式是一种第三代海浪数值模式，是建立在精确求解波数空间中谱能平衡方程的基础上的，其先进性已获得国际海洋界的肯定。在计算格式上模式采用特征线嵌入方法处理波能的传播，半隐格式处理波能的局地增长，与国际著名的 WAM 模式相比具有自己的特色。

本计算使用 LAGFD-NWM 第三代海浪模式对各选取台风发生、发展、衰亡全过程所引发的海浪场进行了数值模拟，计算域采用双重网格嵌套：大网格计算区域为：18°~26°N、116°~126°E，小网格计算区域为：23.4°~24.2°N、116.9°~118.2°E。计算古雷头南侧附近深海水域 20m 等深线处各台风过程期间的最大台风浪极值波高。

以+PMSS 及-PMSS 对应的可能最大热带气旋（PMTTC）的风场条件对工程点邻近海域的波浪要素进行数值计算。

在-PMSS 水位情况下，工程点附近很多海域出现露滩现象，所以仅对+PMSS 条件下的逐时波浪要素进行计算。

根据波浪整体物模试验结果，在 DBF 水位下可能最大台风浪在护岸处的最大爬高为 13.4m。因此，厂坪标高为 14m，可以保证主厂区不受海域洪水的影响。

#### （7）洪水影响

根据 HAD101/09 的要求，确定厂址处的设计基准洪水位如下：

10%超越概率天文高潮位：	2.49m
可能最大台风增水：	3.59m
海平面上升：	<u>0.29m</u>
设计基准洪水位：	6.37m

厂坪标高定为 14.0m，高于设计基准洪水位，可确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对核岛的安全产生影响。

### 2.5.3.2 陆域洪水

#### （1）暴雨洪水

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

主厂区雨水排水系统，按千年一遇降雨量设计，PMP 进行校核，确保排水系统在可能最大降水（PMP）工况下厂区的雨水及时排出。并且厂区排水应满足《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》的规定，即在超设计基准水淹场景（设计基准洪水水位叠加千年一遇降雨）时保证厂区的防洪安全。

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）厂外山洪

根据厂区位置，厂址呈长条半岛状向东伸入东山湾海域，降落在厂区外围的雨水不排入厂区，分别由南、北二路排入海域，即厂址外围无汇水流域，无需考虑厂址外围防排洪设计的问题。

#### （3）溃坝洪水对厂区的影响

漳州核电厂厂址属滨海厂址，厂址不受地震引起的水坝可能破坏及水文因素引起的溃坝所造成的洪水影响。

#### （4）溪流与江河洪水的防护

厂址呈长条半岛状向东伸入东山湾海域，没有河流或溪流洪水影响核电厂安全。

### 2.5.4 差异性分析

本节内容与《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》的区别是更新了 2020 年夏季的水文测验资料，增加了工程海域岸线演变和水下地形演变情况，相关的厂址适宜性和评价结论是一致的。

## 2.6 地形地貌

### 2.6.1 地形地貌

厂址南、东、北三面环海，区域原始地形中间地势高，两侧地势低，主要由一系列侵蚀剥蚀残丘组成；区内残丘高程一般为 25.0~125.0m（1985 年国家高程基准，下同），山体最高高程约 163.0m；山谷间局部有冲沟，最大相对高差约 120m；北部为海积平原，地面高程一般为 3.5~5.0m。厂址区域以丘陵地貌、海岸地貌和海积地貌为主，厂址处残丘呈近东西向伸展，呈长条半岛状向东伸入东山湾海域；厂址拟用地范围内的土地类别主要为林地及部分耕地，并回填部分海域。

厂址区域场地在 1、2 号机组工程建设时一次平整完成。目前 1、2 号机组区域场地已整平至标高约 13.50m，正在进行土建施工；3、4 号机组区域正在进行土石方正挖施工；5、6 号机组区域场地已整平至标高约 13.50m 和 15.50m，分别作为石料临时堆场、一体化施工生产临建区等设施用地。

### 2.6.2 差异性分析

根据工程最新进展，本节增加了厂址现状地形地貌的描述。

表 2.4-1 大气扩散参数公式系数  $\sigma_y = ax^b$ ,  $\sigma_z = cx^d$

系数\稳定度	A	B	C	D	E	F
a	0.565	0.402	0.306	0.228	0.168	0.120
b	0.908	0.905	0.897	0.894	0.887	0.889
c	0.332	0.32	0.278	0.241	0.197	0.187
d	0.929	0.869	0.825	0.786	0.753	0.691

表 2.4-2 铁塔气象观测要素技术指标一览表

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

表 2.4-3 地面观测主要气象要素技术指标一览表

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

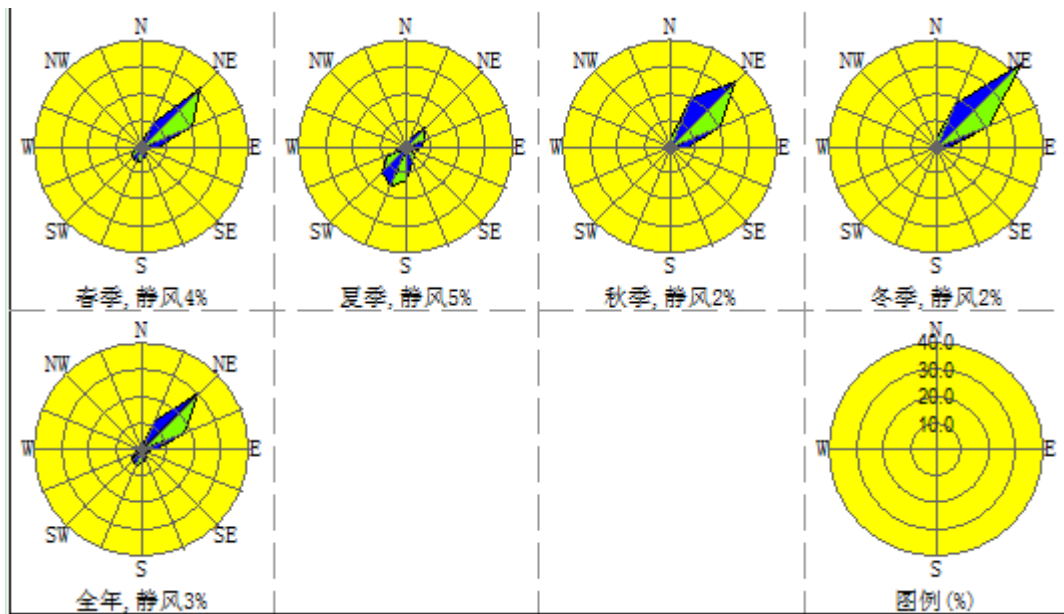


图 2.4-1 东山站四季与全年风玫瑰图（1954~2017 年）

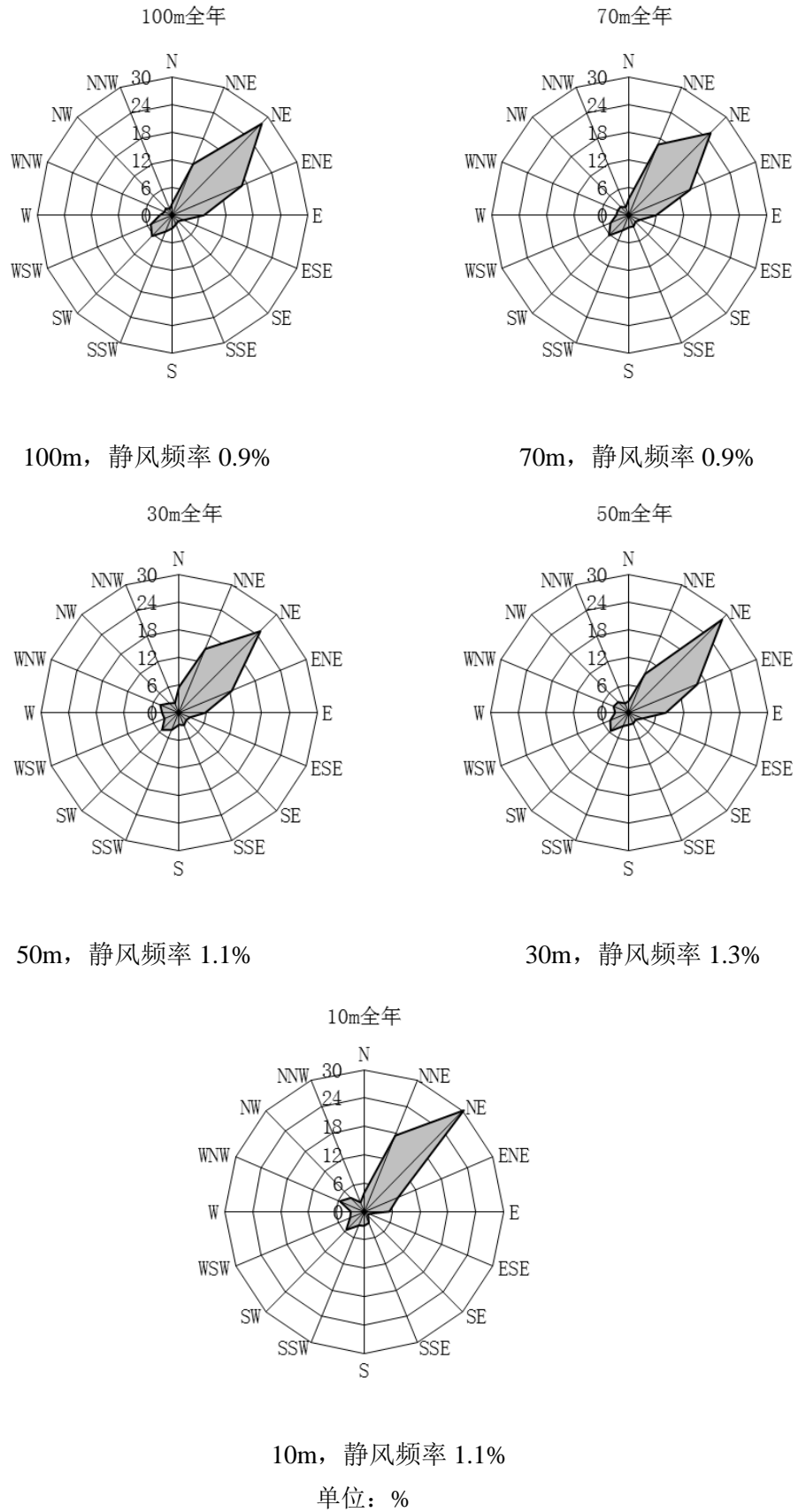


图 2.4-2 铁塔各高度年风玫瑰图（2018.5~2020.4）

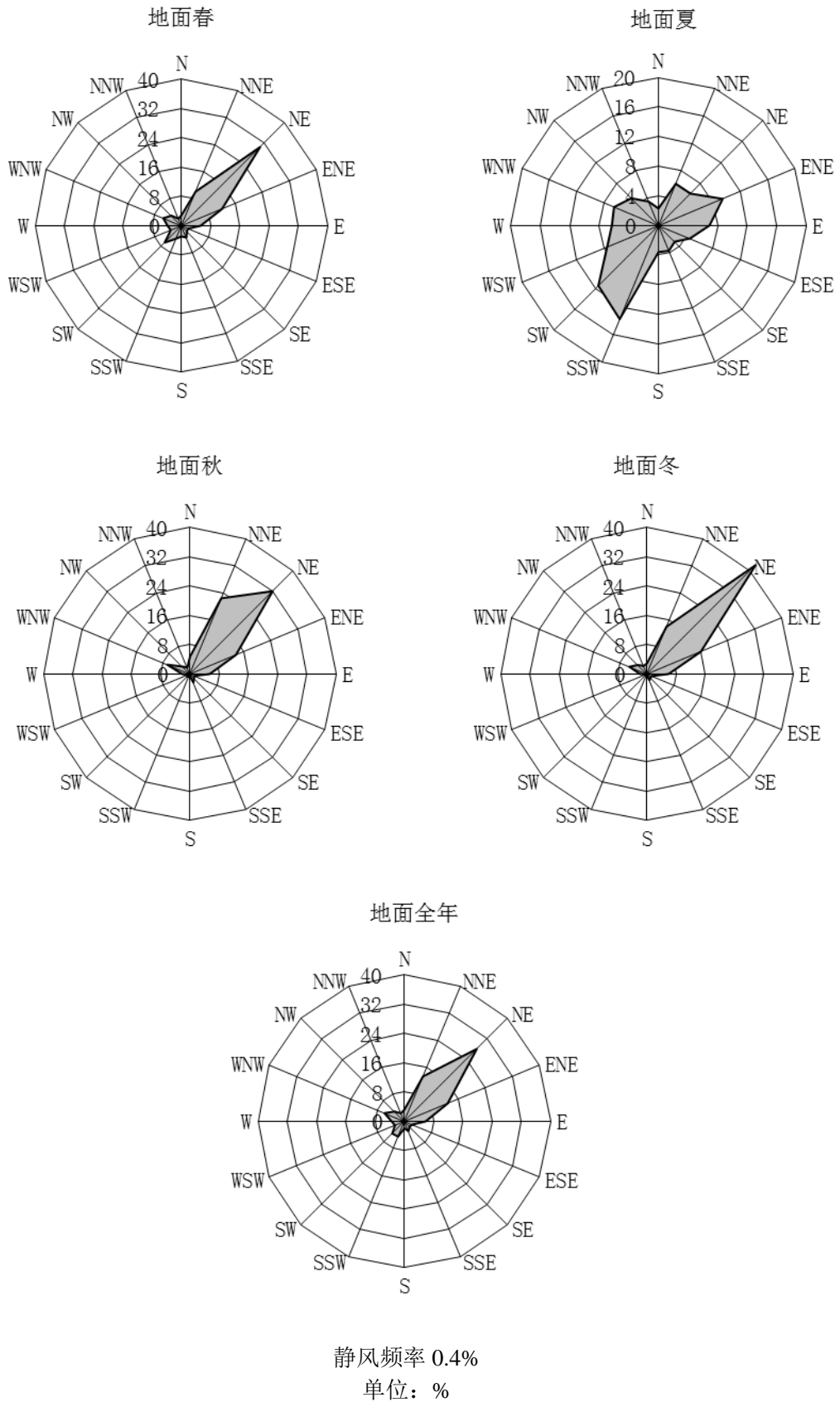


图 2.4-3 地面站各季及年风玫瑰图（2018.5~2020.4）



## 第三章 环境质量现状

### 3.1 辐射环境质量现状

### 3.2 非辐射环境质量现状

#### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

#### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

#### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

#### 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

#### 3.2.5 差异性分析

表：

表 3.2-1 大气环境各监测项目评价标准

表 3.2-2 声环境质量标准限值

表 3.2-3 监测仪器一览表

表 3.2-4 监测期间气象条件

表 3.2-5 厂区电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-6 厂区内开关站监测点设置

表 3.2-7 厂区内主变压器监测点编号一览表

表 3.2-8 厂区内输电线路监测点设置情况

表 3.2-9 厂区外监测点设置情况

表 3.2-10 核电厂厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-11 核电厂厂区内开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果

表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射  
频综合场强监测结果

表 3.2-15 射频电场强度分布表

表 3.2-16 厂区内监测值统计情况

表 3.2-17 输电线路监测值统计情况

表 3.2-18 厂区外环境敏感区监测值统计情况

### 3.1 辐射环境质量现状

本节与原报告无差异。

### 3.2 非辐射环境质量现状

#### 3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

##### 3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域大气环境、噪声本底调查及评价报告》。

监测时间为 2020 年 8 月 4 日~8 月 10 日，共 7 天。监测期间风速范围为 0.5~2.5m/s，主要风向为 S~SE。

执行标准和评价依据：

- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）；
- 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）。

根据《漳州市环境空气质量功能区划》及《关于重新确认漳州核电厂一期工程环境影响评价环境质量和非放射性污染物排放执行标准的意见函》：厂址及附近区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

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

##### 3.2.1.2 大气环境质量评价

根据《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中规定的标准限值、污染物监测数据的统计结果可知，评价区域内各污染物 1 小时平均质量浓度和 24 小时平均质量浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

#### 3.2.2 声环境质量现状调查与评价

##### 3.2.2.1 噪声现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域大气环境、噪声本底调查及评价报告》。

监测时间为 2020 年 8 月 4 日~8 月 7 日，监测期间风速范围为 0.5~2.5m/s，主要风向为 S~SE。

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）中噪声标准限值见表 3.2-2

##### 3.2.2.2 噪声环境质量评价

根据《声环境质量标准》（GB 3096-2008）和噪声监测数据的统计结果，厂界噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类噪声标准限值；敏感目标噪声基本符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；陆域噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；海域噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类噪声标准限值；定点噪声均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；交通噪声符合《声环境质量标准》GB3096-2008 规定的 4a 类噪声标准限值。

### 3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

#### 3.2.3.1 海水水质现状调查

中国水产科学研究院东海水产研究所于 2013 年完成了《漳州核电项目可研阶段厂址邻近海域海洋生物及其生态环境调查专题报告》。东海水产研究所于 2018 年 2 月~2018 年 11 月开展厂址附近海域生态环境调查工作，目前已完成了 2018 年的现场调查成果。

##### （1）调查时间、范围及站位设置

###### 1) 2013 年海水水质现状调查

秋季航次调查时间为 2012 年 11 月 22 日至 30 日，在工程海域邻近 15km 范围海域内布设 20 个大面调查站位。冬、春和夏季调查时间为 2013 年 2 月 23-29 日、2013 年 4 月 20 日-5 月 2 日和 2013 年 7 月 27 日至 8 月 15 日，在工程海域邻近 25km 范围海域内布设 23 个大面站位取样。

###### 2) 2018 年海水水质现状调查

在工程海域邻近 50km 范围海域内布设 48 个大面调查站位，2 个连续站（取排水口各 1 个）站位。

##### （2）监测项目

###### 1) 2013 年海水水质现状调查

水文参数共 5 项：水温、盐度、水深、水色、透明度。

水质常规：pH、溶解氧（DO）、化学需氧量（CODMn）、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、活性磷酸盐、总悬浮物（SS）、石油类（Oil）、硼、铜、锌、铅、镉、铬、汞、砷、银、锰，硫化物、挥发酚、游离氯、总氯、氰化物、阴离子表面活性剂。

###### 2) 2018 年海水水质现状调查

水文参数共 7 项：水温、水深、盐度、电导率、水色、透明度及浊度。

大面站：pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、挥发酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮）、非离子态氨、磷酸盐、硅酸盐、硫化物、硫酸盐、氯化物、氰化物、总有机碳、动植物油、油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、悬浮物、硼、金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬、锰、铁、砷、硒）、余氯、溶解性总固体物质，共 36 项。

定点连续站：水温、水深、盐度、电导率、浊度、悬浮物、pH、溶解氧、化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、硅酸盐和余氯。

### （3）实验和分析方法

样品采集、保存和分析方法分别按 GB/T12763-2007《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。

## 3.2.3.2 海水质量评价

### （1）2013 年海水水质现状调查

2012 年 11 月至 2013 年 8 月进行的水质调查中 pH、溶解氧、镉、铬、汞、砷、石油类、氰化物、硫化物和挥发酚含量均符合第一类海水水质标准。化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、铜、锌、铅和阴离子表面活性剂共 7 个指标均有不同程度的超第一类海水水质标准现象。

### （2）2018 年海水水质现状调查

所有航次大面站各层次、连续站海水样品 pH、溶解氧、化学需氧量、非离子态氨、挥发酚、氰化物、油类、阴离子表面活性剂、镉、铬、砷、硒测值均符合第一类海水水质标准；五日生化需氧量、铜、铅、汞、硫化物、锌、无机盐、活性磷酸盐含量均有不同程度的超第一类海水水质标准现象。

## 3.2.4 电磁环境现状调查与评价

### 3.2.4.1 调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修订）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订，2017 年 10 月 1 日施行）
- 《核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016）
- 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ.2.1-2011）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）
- 《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）

- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）
- 《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价报告》（2020 年 8 月）

#### 3.2.4.2 调查内容及范围

（1）工频电场、工频磁场强度：本项目将与 1、2 号机组共用已建的 500kV 开关站，以已建共用开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 50m 带状区域；

（2）射频综合场强：调查范围为本工程核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

#### 3.2.4.3 监测方法

依据相应监测标准进行现场监测，具体监测方法及要求如下：

（1）工频电场/工频磁场强度

- 每个测点分别测量离地 1.5m 的电场强度和磁感应强度。
- 每个测点应记录当时的天气情况，环境温度和相对湿度。
- 在测量电场强度和磁感应强度时，每个点连续测量 5 次，每次测量时间不小于 15s，读取稳定状态最大值。
- 每个测量点均拍摄照片，用于反映各监测点原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

（2）射频综合场强

每个测点使用非选频式辐射测量仪，分别测量离地 1.7m 的综合场强。每个测点应记录当时的天气情况，环境温度和相对湿度。

• 在进行电磁辐射测量时，每个点基本测量时间区间，选择环境电磁辐射的高峰期为：5:00~9:00、11:00~14:00、18:00~23:00。每次测量间隔时间为 1h，昼夜测量时间点不少于 10 个。

• 每个测点连续测量 5 个数据，每个数据测量时间不低于 15 秒，当数字变化过大时，应适当延长测量时间。最终计算时每个时点采用其 5 个数据的平均值。

• 每个测量点均拍摄照片，用于反映各监测点原貌，同时用 GPS 进行卫星定位以确定其准确位置。

#### 3.2.4.4 监测仪器

本次监测仪器见表 3.2-3。

#### 3.2.4.5 监测时间及天气

2020 年 7 月 27 日~8 月 2 日对福建漳州核电厂 3、4 号机组工程厂址周围电磁环境进行了现场调查。由表 3.2-4 可知，监测期间气象条件符合监测规范及仪器使用要求。

#### 3.2.4.6 电磁辐射源调查

根据现场踏勘资料，厂址半径 5km 范围内现有电磁辐射源主要为核电站 35kV 施工进线变电站、核电站西侧通讯基站、列屿镇卫生院通讯基站、列屿镇镇区通讯基站、山前村（山下）通讯基站、山前村（山上）通讯基站、后江村通讯基站、青泾村通讯基站、青泾风电通讯基站、列屿 110kV 变电站、半山村通讯基站。

#### 3.2.4.7 监测点设置

##### a 厂区监测点设置

本次监测根据厂区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 12 个监测点，在厂区边界设 5 个（东南西北），厂区内 7 个。编号 1~12#，每个监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。监测点名称、编号见表 3.2-5 和图 3.2.3。

##### b 开关站监测点设置

厂区内拟建 2 个开关站，已建 1 个开关站，在每个开关站东、南、西、北边界外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强，编号 13~24#。开关站监测点设置情况见表 3.2-6 和图 3.2.4。

##### c 主/辅变压器监测点设置

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

对漳州核电厂已建的 1 个 35kV 主变压器和拟建的 6 个主变压器及 6 个辅助变压器进行监测，其中漳州 1#2#220kV 辅助变压器共用同一监测位置，3#4#220kV 辅助变压器共用同一监测位置，5#6#220kV 辅助变压器共用同一监测位置，监测点编号见表 3.2-7，监测断面位置见图 3.2.5。

##### d 输电线路监测点设置

在厂址半径 5km 范围内拟建 2 条输电线路分别为：500kV 出线输电线路（P1）、220kV 输电线路（P2）和 1 条已建 35kV 施工进线输电线路（P3）。因此共设 3 处监测断面（编号 P1~P3），且分别在各输电线路垂直方向和平行方向设置监测断面，每个监测断面上监

测点设置如下：

(1) 垂直方向的监测断面点位设置

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

(2) 平行方向的监测断面点位设置

在输电线路边相外设双侧平行监测断面，监测路径选在边相地面投影点外 20m 处，与输电线路方向平行，在此路径上按 10m 间隔设 3 个监测点，共 6 个监测点，监测工频电场强度、工频磁场强度。

现场监测过程中根据实际情况（如地形限制等）对监测点数量进行调整，并逐一编号（P1-1~P1-x、P2-1~P2-x、P3-1~P3-x）。厂区内输电线路监测断面设置情况见表 3.2-8 和图 3.2.6。

e) 厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站监测点设置

在漳州核电厂厂区外设置 42 个监测点，编号 25~66#。其中包括 18 个自然村、1 个卫生院、1 个养老院、1 座寺院、11 所学校及幼儿园、9 个通讯基站和 1 个变电站。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。厂区外环境敏感区监测点由检测中心监测人员在漳州核电厂现场踏勘所确定，由《漳州核电厂可行性研究阶段非放射性环境本底监测报告》的数据所确定通讯基站及变电站监测点。监测点设置情况见表 3.2-9 和图 3.2.7、图 3.2.8。

### 3.2.4.8 电磁辐射现状监测数据

核电厂厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-10。

核电厂厂区内开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-11。

核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果见表 3.2-12。

核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果见表 3.2-13。

核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-14。

### 3.2.4.9 电磁辐射现状评价标准

(1) 工频电场强度、工频磁场强度

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

(2) 射频综合场强

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

#### 3.2.4.10 电磁辐射现状监测质量保证措施

本次调查及评价工作严格按照《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域电磁辐射本底测量及现状评价质量保证大纲》，采取的主要质量保证措施有：

- （1）监测方法采用国家和行业标准，监测人员经考核并持有资格证上岗。
- （2）质保人员进行现场数据采集同步跟踪和同步记录，确保监测数据的有效性。
- （3）根据质量保证大纲及监测规范的要求，监测仪器经由相应资质的计量检定部门检定合格，并处于有效期内。每次监测前后，都检查仪器的工作状态，确保仪器处于良好的工作状态。
- （4）监测人员按操作规程操作仪器，并做好相应的数据记录。

#### 3.2.4.11 电磁辐射现状监测结果评价

##### a 厂区内电磁辐射监测结果评价

##### 1) 工频电场/工频磁场强度

厂区内监测点包含厂区监测点、开关站监测点及主/辅变压器监测点，监测结果见表 3.2-10~3.2.12。核电厂厂区内所有监测点监测值的统计情况见表 3.2-16，所有监测点工频电场强度监测值范围在  $0.06\text{V}/\text{m}$ ~ $25.79\text{V}/\text{m}$  之间，工频磁场强度监测值在  $0.0048\mu\text{T}$ ~ $0.8614\mu\text{T}$  之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值  $4\text{kV}/\text{m}$  和  $0.1\text{mT}$ （ $100\mu\text{T}$ ），符合要求。

##### 2) 射频综合场强

厂区内监测点包含厂区监测点、开关站监测点及主/辅变压器监测点，监测结果见表 3.2-10~3.2.12。核电厂厂区内所有监测点监测值的统计情况见表 3.2-16，所有监测点射频综合场强监测值在  $0.0004\text{W}/\text{m}^2$ ~ $0.0019\text{W}/\text{m}^2$  之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的  $0.4\text{W}/\text{m}^2$  标准限值。

##### b 输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路所有监测点工频电场强度监测结果见表 3.2-13，输电线路监测值统计情况见表 3.2-17。输电线路所有监测点工频电场强度监测值在  $0.04\text{V}/\text{m}$ ~ $27.17\text{V}/\text{m}$  之间，工频磁场强度监测值在  $0.0039\mu\text{T}$ ~ $0.1048\mu\text{T}$  之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值  $4\text{kV}/\text{m}$  和  $0.1\text{mT}$ （ $100\mu\text{T}$ ），符合要求。

##### c 厂区分外环境敏感区监测点电磁辐射监测结果评价



### 1) 工频电场/工频磁场强度监测结果

厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果见表 3.2-14，厂区外环境敏感区监测值统计情况见表 3.2-18。厂区外环境敏感区监测点工频电场强度监测值在 0.04V/m~6.8V/m 之间，所有监测值都小于标准限值 4kV/m，符合要求；厂区外环境敏感区监测点工频磁场强度监测值在 0.004 $\mu$ T~0.0718 $\mu$ T 之间，小于标准限值 0.1mT（100 $\mu$ T），符合要求。

### 2) 射频综合场强

厂区外环境敏感区所有监测点的射频综合场强监测值在 0.0003W/m<sup>2</sup>~0.0026W/m<sup>2</sup> 之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中的 0.4W/m<sup>2</sup> 标准限值，符合标准要求。

## 3.2.5 差异性分析

### 3.2.5.1 大气环境、声环境质量现状调查与评价的差异分析

本节内容与《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）B 版》（以下简称原报告）中的内容存在少量差异。

造成差异的原因主要是本次编制使用了新的外委成果，原报告中参考的是中国核电工程有限公司和福建力普检测有限公司于 2015 年 7 月完成的《福建漳州核电厂一期工程厂址区域环境大气、噪声本底补充调查及评价报告》。本报告参考的是中国核电工程有限公司于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域环境、噪声本底调查及评价报告》

本节与原报告相比主要是基于新的外委调查成果，对相关数据进行了更新。原报告中评价区环境空气质量符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；厂界噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 0 类噪声标准限值，陆域噪声、海域噪声、定点噪声均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 1 类噪声标准限值，交通噪声符合《声环境质量标准》GB3096-2008 规定的 4a 类噪声标准限值。

本次调查，评价范围内环境空气质量符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；厂界噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类噪声标准限值；敏感目标噪声基本符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；陆域噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；海域噪声符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 3 类噪声标准限值；定点噪声均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）规定的 2 类噪声标准限值；交通噪声符合《声环境质量标准》GB3096-2008 规定的 4a 类噪声标准限值。由于漳州核电 1、2 号机组项目正处于施工阶段，

陆域施工现场的开挖爆破、施工设备和运输车辆会产生噪声，且漳州核电1、2号机组海工工程航道项目主要进行前导流堤挖泥施工，因此本次调查厂界噪声、陆域噪声、海域噪声、定点噪声均相较前次有一定的升高。

两次调查由于厂址附近环境的变化，调查结果略有差异，但均可以反映工程大气环境和声环境的现状情况。

因此，本节编写内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

### 3.2.5.2 受纳水体质量现状调查与评价的差异分析

本节内容与一期工程环评复核报告的区别是本次报告编制采用新的外委调查成果，增加了 2018 年海水水质现状调查与评价成果。

### 3.2.5.3 电磁环境现状调查与评价的差异分析

本节内容与《漳州核电厂一期工程环境影响报告书》（以下称原报告）中的内容存在少量差异。

造成差异的主要原因是本次编制使用了新的外委成果，原报告的电磁部分参考的是苏州大学卫生与环境技术研究所于 2013 年开展的电磁环境监测。本节参考的是中国核电工程有限公司和北京京环建环境质量检测中心于 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址区域电磁辐射本底测量和现状评价报告》。

本节与原报告相比，主要是基于新的外委调查结果，对相关数据进行了更新，且增加了厂区电磁辐射监测点及厂区内开关站、主变压器、输电线路等多处监测点结果。

原报告中，核电厂厂址周围电磁辐射源的工频电场强度、磁感应强度，非电磁辐射源的工频电场强度、磁感应强度均满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中规定的 4kV/m 和 0.1mT (100 $\mu$  T) 的标准限值。核电厂厂址周围电磁辐射源的射频电场强度、非电磁辐射源的射频电场强度均满足《电磁环境控制限值》(GB 8702-2014)中规定的 12V/m 标准限值。本节中厂区内所有监测点的工频电场强度、工频磁场强度均满足《电磁环境控制标准》(GB 8702-2014)中标准限值 4kV/m 和 0.1mT (100 $\mu$  T)；输电线路所有监测点工频电场强度、工频磁场强度均满足《电磁环境控制标准》(GB 8702-2014)中标准限值 4kV/m 和 0.1mT (100 $\mu$  T)；厂区外监测点工频电场强度、工频磁场强度均满足《电磁环境控制标准》(GB 8702-2014)中标准限值 4kV/m 和 0.1mT (100 $\mu$  T)。厂区内所有监测点射频综合场强监测值均小于《电磁环境控制标准》(GB 8702-2014)中规定的 0.4W/m<sup>2</sup> 标准限值，厂区外所有监测点射频综合场强均小于《电磁环境控制标准》(GB 8702-2014)中的 0.4W/m<sup>2</sup> 标准限值，符合标准要求。由于两次调查不同，调查项目也有不同，因此，调查结果略有差异，但均可反映厂址施工建设前电磁辐射环境现状情况。

因此，本节编写内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

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）

污染物名称	平均时间	标准值	
		一级	二级
NO <sub>2</sub>	日平均	0.080	0.080
	小时平均	0.200	0.200
NO <sub>x</sub>	日平均	0.100	0.100
	小时平均	0.250	0.250
SO <sub>2</sub>	日平均	0.050	0.150
	小时平均	0.150	0.500
CO	日平均	4	4
	小时平均	10	10
PM <sub>2.5</sub>	日平均	0.035	0.075
PM <sub>10</sub>	日平均	0.050	0.150
TSP	日平均	0.120	0.300

表 3.2-2 声环境质量标准限值

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 监测仪器一览表

仪器名称	低频电磁场/电磁辐射分析仪	射频电磁场/电磁辐射分析仪
型号	LF-04&SEM-600	RF-06&SEM-600
频率响应	1Hz-400kHz	100kHz-6GHz
分辨率	1mV/m, 0.1nT	0.01V/m
测量灵敏度/准确度	5mV/m, 1nT	/
计量标定标号	XDdj2019-3733	XDdj2019-3849
有效期	2020 年 08 月 19 日	2020 年 08 月 29 日

表 3.2-4 监测期间气象条件

采样日期	风速(m/s)	风向	温度 (C°)	湿度 (%RH)	天气
7月27日	1.6	西南风	31.1	64.5	阴
7月28日	1.8	南风	32.5	65.2	阴
7月29日	2.0	东风	31.5	66.0	多云
7月30日	1.4	东南风	31.7	68.6	多云
7月31日	1.8	西风	32.3	72.4	多云
8月01日	1.6	西北风	31.9	65.5	多云
8月02日	1.4	东南风	33.1	63.0	多云

表 3.2-5 厂区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	厂界北	9	办公楼
2	厂界南	6	1、2号机组中心	10	搅拌站
3	厂界西1	7	3、4号机组中心	11	碎石厂
4	厂界西2	8	5、6号机组中心	12	大件码头

表 3.2-6 厂区内开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
拟建 500kV 出线开关站	东、南、西、北围墙外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频电场强度。	13~16
拟建 220kV 开关站		17~20
35kV 施工进线开关站		21~24

表 3.2-7 厂区内主变压器监测点编号一览表

监测点名称	拟建漳州 1# 主变压器	拟建漳州 2# 主变压器	拟建漳州 3# 主变压器	拟建漳州 4# 主变压器	拟建漳州 5# 主变压器	拟建漳州 6# 主变压器	施工 35kV 主变压器	拟建漳州 1#2#220kV 辅助变压器	拟建漳州 3#4#220kV 辅助变压器	拟建漳州 5#6#220kV 辅助变压器
监测点编号	A1~A11	B1~B11	C1~C11	D1~D11	E1~E11	F1~F11	G1~G11	H1~H11	I1~I11	J1~J11

表 3.2-8 厂区内输电线路监测点设置情况



输电线路名称	编号
拟建 500kV 出线输电线路	P1-1~P1-28
拟建 220kV 输电线路	P2-1~P2-28
35kV 施工进线输电线路	P3-1~P3-28

表 3.2-9 厂区外监测点设置情况

编号	名称	编号	名称	编号	名称
25	人家村	39	林坪村	53	梅山小学附属幼儿园
26	宅兜村	40	大坂村	54	云霄县佳贝乐幼儿园
27	后安村	41	后江村	55	云霄县向日葵幼儿园
28	南山村	42	柳畔村	56	云霄县起航幼儿园
29	油车村	43	列屿卫生院	57	列屿镇卫生院（通讯基站）
30	后岱（埭）村	44	列屿养老院	58	列屿镇镇区（通讯基站）
31	宅坂村	45	灵鹫寺	59	山前村（山下）（通讯基站）
32	城外村	46	云霄列屿中学	60	山前村（山上）（通讯基站）
33	城内村	47	云霄县陈岱中江小学	61	后江村（通讯基站）
34	顶城村	48	云霄县列屿紫阳小学	62	青泾村（通讯基站）
35	山内村	49	云霄县列屿梅山小学	63	青泾风电（通讯基站）
36	径头村	50	云霄县列屿大坂小学	64	列屿 110kV 变电站
37	青崎村	51	云霄县列屿白衣小学	65	半山村（通讯基站）
38	山前村	52	云霄县列屿青崎小学	66	核电站西侧（通讯基站）

表 3.2-10 核电厂厂区工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
1	厂界东	8月1日上午	E: 117.496136 N: 23.825914	0.06	0.0083	0.0005
2	厂界南	8月1日上午	E: 117.490321 N: 23.826566	0.08	0.0077	0.0004
3	厂界西 1	8月1日上午	E: 117.487892 N: 23.829612	0.08	0.0107	0.0006
4	厂界西 2	8月1日上午	E: 117.481440 N: 23.839403	0.08	0.0066	0.0010
5	厂界北	8月1日上午	E: 117.491106 N: 23.834918	0.06	0.0068	0.0006
6	1、2号机组中心	8月1日上午	E: 117.494432 N: 23.828938	0.08	0.0079	0.0011
7	3、4号机组中心	8月1日上午	E: 117.492115 N: 23.833027	0.06	0.0092	0.0009
8	5、6号机组中心	8月1日上午	E: 117.485953 N: 23.837593	0.08	0.0074	0.0011
9	办公楼	8月1日上午	E: 117.488913 N: 23.837024	0.08	0.0080	0.0005
10	搅拌站	8月1日上午	E: 117.484102 N: 23.828260	0.06	0.0105	0.0004
11	碎石厂	8月1日上午	E: 117.478806 N: 23.826970	0.08	0.0074	0.0006
12	大件码头	8月1日上午	E: 117.498607 N: 23.829955	0.06	0.0054	0.0006

表 3.2-11 核电厂厂区内开关站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果

测点编号	测点名称	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu$ T)	射频综合场强 (W/m <sup>2</sup> )
13	拟建 500KV 出线开关站东围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488627 N: 23.831351	0.08	0.0107	0.0007
14	拟建 500KV 出线开关站南围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488562 N: 23.831417	0.08	0.0095	0.0006
15	拟建 500KV 出线开关站西围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488780 N: 23.831602	0.08	0.0060	0.0008
16	拟建 500KV 出线开关站北围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488833 N: 23.831408	0.06	0.0074	0.0004
17	拟建 220KV 开关站东围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488134 N: 23.831408	0.06	0.0084	0.0005
18	拟建 220KV 开关站南围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.488368 N: 23.830804	0.08	0.0048	0.0007
19	拟建 220KV 开关站西围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.487907 N: 23.830698	0.09	0.0076	0.0009
20	拟建 220KV 开关站北围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.487278 N: 23.831332	0.06	0.0094	0.0008
21	35KV 施工进线开关站东围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.484096 N: 23.830883	19.88	0.0389	0.0019
22	35KV 施工进线开关站南围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.484093 N: 23.830865	23.38	0.0350	0.0019
23	35KV 施工进线开关站西围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.484069 N: 23.830868	25.79	0.0479	0.0015
24	35KV 施工进线开关站北围墙外 5m	8 月 1 日下午	E: 117.483945 N: 23.831068	18.23	0.0627	0.0015

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（1/6）

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )
<b>拟建 1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.492718, N: 23.827762)</b>				
A1	拟建 1#主变压器-0m	7月27日上午	0.06	0.0072
A2	拟建 1#主变压器-5m	7月27日上午	0.07	0.0071
A3	拟建 1#主变压器-10m	7月27日上午	0.06	0.0072
A4	拟建 1#主变压器-15m	7月27日上午	0.07	0.0079
A5	拟建 1#主变压器-20m	7月27日上午	0.08	0.0085
A6	拟建 1#主变压器-25m	7月27日上午	0.08	0.0105
A7	拟建 1#主变压器-30m	7月27日上午	0.07	0.0089
A8	拟建 1#主变压器-35m	7月27日上午	0.08	0.0108
A9	拟建 1#主变压器-40m	7月27日上午	0.06	0.0083
A10	拟建 1#主变压器-45m	7月27日上午	0.09	0.0089
A11	拟建 1#主变压器-50m	7月27日上午	0.08	0.0074
<b>拟建 2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果 (E: 117.492605, N: 23.830746)</b>				
B1	拟建 2#主变压器-0m	7月27日上午	0.06	0.0069
B2	拟建 2#主变压器-5m	7月27日上午	0.07	0.0091
B3	拟建 2#主变压器-10m	7月27日上午	0.08	0.0104
B4	拟建 2#主变压器-15m	7月27日上午	0.09	0.0075
B5	拟建 2#主变压器-20m	7月27日上午	0.08	0.0082
B6	拟建 2#主变压器-25m	7月27日上午	0.07	0.0063

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（2/6）

B7	拟建 2#主变压器-30m	7月27日上午	0.06	0.0078
B8	拟建 2#主变压器-35m	7月27日上午	0.08	0.0095
B9	拟建 2#主变压器-40m	7月27日上午	0.06	0.0084
B10	拟建 2#主变压器-45m	7月27日上午	0.07	0.0083
B11	拟建 2#主变压器-50m	7月27日上午	0.08	0.0074
<b>拟建 3#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.491138，N：23.832212）</b>				
C1	拟建 3#主变压器-0m	7月27日下午	0.07	0.0062
C2	拟建 3#主变压器-5m	7月27日下午	0.06	0.0073
C3	拟建 3#主变压器-10m	7月27日下午	0.08	0.0071
C4	拟建 3#主变压器-15m	7月27日下午	0.09	0.0061
C5	拟建 3#主变压器-20m	7月27日下午	0.08	0.0070
C6	拟建 3#主变压器-25m	7月27日下午	0.06	0.0088
C7	拟建 3#主变压器-30m	7月27日下午	0.08	0.0070
C8	拟建 3#主变压器-35m	7月27日下午	0.06	0.0076
C9	拟建 3#主变压器-40m	7月27日下午	0.08	0.0084
C10	拟建 3#主变压器-45m	7月27日下午	0.07	0.0075
C11	拟建 3#主变压器-50m	7月27日下午	0.08	0.0094
<b>拟建 4#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.487455，N：23.834982）</b>				
D1	拟建 4#主变压器-0m	7月27日下午	0.06	0.0062
D2	拟建 4#主变压器-5m	7月27日下午	0.08	0.0065
D3	拟建 4#主变压器-10m	7月27日下午	0.06	0.0065
D4	拟建 4#主变压器-15m	7月27日下午	0.08	0.0085

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（3/6）

D5	拟建 4#主变压器-20m	7 月 27 日下午	0.06	0.0074
D6	拟建 4#主变压器-25m	7 月 27 日下午	0.06	0.0088
D7	拟建 4#主变压器-30m	7 月 27 日下午	0.08	0.0090
D8	拟建 4#主变压器-35m	7 月 27 日下午	0.08	0.0079
D9	拟建 4#主变压器-40m	7 月 27 日下午	0.06	0.0072
D10	拟建 4#主变压器-45m	7 月 27 日下午	0.07	0.0061
D11	拟建 4#主变压器-50m	7 月 27 日下午	0.06	0.0074
<b>拟建 5#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.484131，N：23.836099）</b>				
E1	拟建 5#主变压器-0m	7 月 28 日上午	0.09	0.0084
E2	拟建 5#主变压器-5m	7 月 28 日上午	0.09	0.0111
E3	拟建 5#主变压器-10m	7 月 28 日上午	0.07	0.0082
E4	拟建 5#主变压器-15m	7 月 28 日上午	0.06	0.0074
E5	拟建 5#主变压器-20m	7 月 28 日上午	0.08	0.0075
E6	拟建 5#主变压器-25m	7 月 28 日上午	0.06	0.0071
E7	拟建 5#主变压器-30m	7 月 28 日上午	0.08	0.0059
E8	拟建 5#主变压器-35m	7 月 28 日上午	0.07	0.0081
E9	拟建 5#主变压器-40m	7 月 28 日上午	0.07	0.0093
E10	拟建 5#主变压器-45m	7 月 28 日上午	0.08	0.0068
E11	拟建 5#主变压器-50m	7 月 28 日上午	0.07	0.0075
<b>拟建 6#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.482929，N：23.836904）</b>				
F1	拟建 6#主变压器-0m	7 月 28 日上午	0.06	0.0084
F2	拟建 6#主变压器-5m	7 月 28 日上午	0.09	0.0122

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（4/6）

F3	拟建 6#主变压器-10m	7月28日上午	0.08	0.0110
F4	拟建 6#主变压器-15m	7月28日上午	0.06	0.0083
F5	拟建 6#主变压器-20m	7月28日上午	0.08	0.0071
F6	拟建 6#主变压器-25m	7月28日上午	0.09	0.0104
F7	拟建 6#主变压器-30m	7月28日上午	0.07	0.0089
F8	拟建 6#主变压器-35m	7月28日上午	0.06	0.0065
F9	拟建 6#主变压器-40m	7月28日上午	0.09	0.0073
F10	拟建 6#主变压器-45m	7月28日上午	0.06	0.0081
F11	拟建 6#主变压器-50m	7月28日上午	0.09	0.0105
<b>施工 35kV 主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.483942，N：23.830971）</b>				
G1	施工 35kV 主变压器-0m	7月28日上午	8.51	0.8614
G2	施工 35kV 主变压器-5m	7月28日上午	6.68	0.7574
G3	施工 35kV 主变压器-10m	7月28日上午	4.58	0.7143
G4	施工 35kV 主变压器-15m	7月28日上午	2.23	0.4778
G5	施工 35kV 主变压器-20m	7月28日上午	1.80	0.2981
G6	施工 35kV 主变压器-25m	7月28日上午	0.98	0.1828
G7	施工 35kV 主变压器-30m	7月28日上午	0.54	0.1313
G8	施工 35kV 主变压器-35m	7月28日上午	0.46	0.1198
G9	施工 35kV 主变压器-40m	7月28日上午	0.36	0.1175
G10	施工 35kV 主变压器-45m	7月28日上午	0.24	0.1208
G11	施工 35kV 主变压器-50m	7月28日上午	0.16	0.0933

**拟建 1#2#220KV 辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.492139，N：23.830412）**



表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（5/6）

H1	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-0m	7 月 28 日下午	0.08	0.0073
H2	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-5m	7 月 28 日下午	0.07	0.0084
H3	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-10m	7 月 28 日下午	0.06	0.0081
H4	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-15m	7 月 28 日下午	0.08	0.0071
H5	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-20m	7 月 28 日下午	0.09	0.0052
H6	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-25m	7 月 28 日下午	0.08	0.0070
H7	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-30m	7 月 28 日下午	0.06	0.0088
H8	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-35m	7 月 28 日下午	0.08	0.0074
H9	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-40m	7 月 28 日下午	0.07	0.0074
H10	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-45m	7 月 28 日下午	0.06	0.0053
H11	拟建 1#2#220KV 辅助变压器-50m	7 月 28 日下午	0.08	0.0060
<b>拟建 3#4#220KV 辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.489081，N：23.831235）</b>				
I1	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-0m	7 月 28 日下午	0.06	0.0068
I2	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-5m	7 月 28 日下午	0.08	0.0067
I3	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-10m	7 月 28 日下午	0.07	0.0088
I4	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-15m	7 月 28 日下午	0.06	0.0073
I5	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-20m	7 月 28 日下午	0.08	0.0070
I6	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-25m	7 月 28 日下午	0.08	0.0072
I7	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-30m	7 月 28 日下午	0.07	0.0084
I8	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-35m	7 月 28 日下午	0.06	0.0074
I9	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-40m	7 月 28 日下午	0.07	0.0071
I10	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-45m	7 月 28 日下午	0.07	0.0065

表 3.2-12 核电厂主变压器及辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（6/6）

I11	拟建 3#4#220KV 辅助变压器-50m	7 月 28 日下午	0.07	0.0071
<b>拟建 5#6#220KV 辅助变压器工频电场/工频磁场强度监测结果（E：117.484613，N：23.835909）</b>				
J1	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-0m	7 月 29 日上午	0.08	0.0092
J2	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-5m	7 月 29 日上午	0.08	0.0082
J3	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-10m	7 月 29 日上午	0.06	0.0072
J4	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-15m	7 月 29 日上午	0.07	0.0082
J5	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-20m	7 月 29 日上午	0.07	0.0073
J6	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-25m	7 月 29 日上午	0.08	0.0063
J7	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-30m	7 月 29 日上午	0.09	0.0072
J8	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-35m	7 月 29 日上午	0.06	0.0077
J9	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-40m	7 月 29 日上午	0.06	0.0087
J10	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-45m	7 月 29 日上午	0.08	0.0073
J11	拟建 5#6#220KV 辅助变压器-50m	7 月 29 日上午	0.06	0.0074

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果（1/4）

测点编号	测点名称	检测时间	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )
<b>拟建 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据（E: 117.487544, N: 23.833392）</b>				
P1-1	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 0m	7 月 29 日上午	0.07	0.0066
P1-2	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 5m	7 月 29 日上午	0.08	0.0056
P1-3	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 10m	7 月 29 日上午	0.08	0.0072
P1-4	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 15m	7 月 29 日上午	0.08	0.0057
P1-5	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 20m	7 月 29 日上午	0.10	0.0089
P1-6	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 25m	7 月 29 日上午	0.08	0.0082
P1-7	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 30m	7 月 29 日上午	0.07	0.0084
P1-8	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 35m	7 月 29 日上午	0.08	0.0054
P1-9	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 40m	7 月 29 日上午	0.06	0.0044
P1-10	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 45m	7 月 29 日上午	0.09	0.0047
P1-11	拟建 500kV 出线输电线路垂直南向 50m	7 月 29 日上午	0.09	0.0061
P1-12	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 0m	7 月 29 日下午	0.07	0.0073
P1-13	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 5m	7 月 29 日下午	0.06	0.0100
P1-14	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 10m	7 月 29 日下午	0.06	0.0060
P1-15	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 15m	7 月 29 日下午	0.04	0.0074
P1-16	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 20m	7 月 29 日下午	0.06	0.0054
P1-17	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 25m	7 月 29 日下午	0.08	0.0048
P1-18	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 30m	7 月 29 日下午	0.07	0.0072
P1-19	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 35m	7 月 29 日下午	0.09	0.0076
P1-20	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 40m	7 月 29 日下午	0.08	0.0090

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果（2/4）

P1-21	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 45m	7 月 29 日下午	0.07	0.0074
P1-22	拟建 500kV 出线输电线路垂直北向 50m	7 月 29 日下午	0.06	0.0063
P1-23	拟建 500kV 出线输电线路平行南向 0m	7 月 29 日下午	0.06	0.0081
P1-24	拟建 500kV 出线输电线路平行南向 10m	7 月 29 日下午	0.05	0.0070
P1-25	拟建 500kV 出线输电线路平行南向 20m	7 月 29 日下午	0.05	0.0053
P1-26	拟建 500kV 出线输电线路平行北向 0m	7 月 29 日下午	0.05	0.0053
P1-27	拟建 500kV 出线输电线路平行北向 10m	7 月 29 日下午	0.08	0.0050
P1-28	拟建 500kV 出线输电线路平行北向 20m	7 月 29 日下午	0.05	0.0074
<b>拟建 220kV 输电线路（P2 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据（E：117.488029，N：23.831166）</b>				
P2-1	拟建 220kV 输电线路垂直南向 0m	7 月 30 日上午	0.07	0.0061
P2-2	拟建 220kV 输电线路垂直南向 5m	7 月 30 日上午	0.08	0.0069
P2-3	拟建 220kV 输电线路垂直南向 10m	7 月 30 日上午	0.09	0.0065
P2-4	拟建 220kV 输电线路垂直南向 15m	7 月 30 日上午	0.08	0.0068
P2-5	拟建 220kV 输电线路垂直南向 20m	7 月 30 日上午	0.09	0.0059
P2-6	拟建 220kV 输电线路垂直南向 25m	7 月 30 日上午	0.06	0.0071
P2-7	拟建 220kV 输电线路垂直南向 30m	7 月 30 日上午	0.08	0.0077
P2-8	拟建 220kV 输电线路垂直南向 35m	7 月 30 日上午	0.06	0.0089
P2-9	拟建 220kV 输电线路垂直南向 40m	7 月 30 日上午	0.08	0.0070
P2-10	拟建 220kV 输电线路垂直南向 45m	7 月 30 日上午	0.06	0.0071
P2-11	拟建 220kV 输电线路垂直南向 50m	7 月 30 日上午	0.09	0.0061
P2-12	拟建 220kV 输电线路垂直北向 0m	7 月 30 日下午	0.06	0.0071
P2-13	拟建 220kV 输电线路垂直北向 5m	7 月 30 日下午	0.08	0.0058
P2-14	拟建 220kV 输电线路垂直北向 10m	7 月 30 日下午	0.07	0.0040

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果（3/4）

P2-15	拟建 220kV 输电线路垂直北向 15m	7 月 30 日下午	0.08	0.0065
P2-16	拟建 220kV 输电线路垂直北向 20m	7 月 30 日下午	0.09	0.0068
P2-17	拟建 220kV 输电线路垂直北向 25m	7 月 30 日下午	0.08	0.0076
P2-18	拟建 220kV 输电线路垂直北向 30m	7 月 30 日下午	0.09	0.0082
P2-19	拟建 220kV 输电线路垂直北向 35m	7 月 30 日下午	0.06	0.0075
P2-20	拟建 220kV 输电线路垂直北向 40m	7 月 30 日下午	0.08	0.0074
P2-21	拟建 220kV 输电线路垂直北向 45m	7 月 30 日下午	0.07	0.0073
P2-22	拟建 220kV 输电线路垂直北向 50m	7 月 30 日下午	0.06	0.0066
P2-23	拟建 220kV 输电线路平行南向 0m	7 月 30 日下午	0.08	0.0066
P2-24	拟建 220kV 输电线路平行南向 10m	7 月 30 日下午	0.09	0.0054
P2-25	拟建 220kV 输电线路平行南向 20m	7 月 30 日下午	0.06	0.0068
P2-26	拟建 220kV 输电线路平行北向 0m	7 月 30 日下午	0.06	0.0074
P2-27	拟建 220kV 输电线路平行北向 10m	7 月 30 日下午	0.08	0.0062
P2-28	拟建 220kV 输电线路平行北向 20m	7 月 30 日下午	0.08	0.0039
<b>35kV 施工进线输电线路（P3 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据（E：117.483873，N：23.831286）</b>				
P3-1	35kV 施工进线输电线路垂直东向 0m	7 月 31 日上午	27.17	0.0865
P3-2	35kV 施工进线输电线路垂直东向 5m	7 月 31 日上午	24.80	0.0783
P3-3	35kV 施工进线输电线路垂直东向 10m	7 月 31 日上午	24.10	0.0584
P3-4	35kV 施工进线输电线路垂直东向 15m	7 月 31 日上午	21.04	0.0445
P3-5	35kV 施工进线输电线路垂直东向 20m	7 月 31 日上午	18.23	0.0368
P3-6	35kV 施工进线输电线路垂直东向 25m	7 月 31 日上午	14.29	0.0276
P3-7	35kV 施工进线输电线路垂直东向 30m	7 月 31 日上午	13.38	0.0160
P3-8	35kV 施工进线输电线路垂直东向 35m	7 月 31 日上午	8.92	0.0138

表 3.2-13 核电厂输电线路监测断面工频电场/工频磁场监测结果（4/4）

P3-9	35kV 施工进线输电线路垂直东向 40m	7 月 31 日上午	7.00	0.0128
P3-10	35kV 施工进线输电线路垂直东向 45m	7 月 31 日上午	5.31	0.0113
P3-11	35kV 施工进线输电线路垂直东向 50m	7 月 31 日上午	2.45	0.0092
P3-12	35kV 施工进线输电线路垂直西向 0m	7 月 31 日下午	27.02	0.1048
P3-13	35kV 施工进线输电线路垂直西向 5m	7 月 31 日下午	22.91	0.0871
P3-14	35kV 施工进线输电线路垂直西向 10m	7 月 31 日下午	20.18	0.0669
P3-15	35kV 施工进线输电线路垂直西向 15m	7 月 31 日下午	17.94	0.0546
P3-16	35kV 施工进线输电线路垂直西向 20m	7 月 31 日下午	14.40	0.0440
P3-17	35kV 施工进线输电线路垂直西向 25m	7 月 31 日下午	12.59	0.0372
P3-18	35kV 施工进线输电线路垂直西向 30m	7 月 31 日下午	8.69	0.0227
P3-19	35kV 施工进线输电线路垂直西向 35m	7 月 31 日下午	5.64	0.0197
P3-20	35kV 施工进线输电线路垂直西向 40m	7 月 31 日下午	4.34	0.0131
P3-21	35kV 施工进线输电线路垂直西向 45m	7 月 31 日下午	3.14	0.0101
P3-22	35kV 施工进线输电线路垂直西向 50m	7 月 31 日下午	1.99	0.0091
P3-23	35kV 施工进线输电线路平行东向 0m	7 月 31 日下午	13.66	0.0589
P3-24	35kV 施工进线输电线路平行东向 10m	7 月 31 日下午	12.74	0.0553
P3-25	35kV 施工进线输电线路平行东向 20m	7 月 31 日下午	13.28	0.0600
P3-26	35kV 施工进线输电线路平行西向 0m	7 月 31 日下午	13.47	0.0538
P3-27	35kV 施工进线输电线路平行西向 10m	7 月 31 日下午	13.93	0.0550
P3-28	35kV 施工进线输电线路平行西向 20m	7 月 31 日下午	12.95	0.0593

表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果（1/4）

测点编号	测点名称	检测时间	经纬度	工频电场 (V/m)	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
25	人家村	8月1日下午	E: 117.484888 N: 23.845190	0.10	0.0119	0.0004
26	宅兜村	8月1日下午	E: 117.484386 N: 23.846622	0.08	0.0091	0.0006
27	后安村	8月1日下午	E: 117.486414 N: 23.850314	0.08	0.0073	0.0003
28	南山村	8月1日下午	E: 117.479910 N: 23.841933	0.06	0.0056	0.0004
29	油车村	8月1日下午	E: 117.478539 N: 23.845027	0.04	0.0045	0.0005
30	后岱（埭）村	8月2日上午	E: 117.480920 N: 23.848253	0.04	0.0073	0.0006
31	宅坂村	8月2日上午	E: 117.464331 N: 23.827266	0.06	0.0092	0.0008
32	城外村	8月2日上午	E: 117.462221 N: 23.821892	0.08	0.0092	0.0008
33	城内村	8月2日上午	E: 117.465858 N: 23.827067	0.06	0.0105	0.0008
34	顶城村	8月2日上午	E: 117.459982 N: 23.823510	0.06	0.0070	0.0006

表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果（2/4）

35	山内村	8月2日上午	E: 117.454596 N: 23.826614	0.09	0.0050	0.0009
36	径头村	8月2日上午	E: 117.492081 N: 23.861415	0.07	0.0064	0.0007
37	青崎村	8月2日上午	E: 117.493514 N: 23.869028	0.05	0.0058	0.0005
38	山前村	8月2日上午	E: 117.461796 N: 23.816761	0.07	0.0042	0.0009
39	林坪村	8月2日上午	E: 117.454916 N: 23.823672	0.08	0.0056	0.0007
40	大坂村	8月2日上午	E: 117.451596 N: 23.856170	0.07	0.0072	0.0008
41	后江村	8月2日上午	E: 117.462176 N: 23.802475	0.07	0.0090	0.0005
42	柳畔村	8月2日上午	E: 117.459325 N: 23.803300	0.08	0.0068	0.0004
43	列屿卫生院	8月2日上午	E: 117.462032 N: 23.825150	0.05	0.0075	0.0006
44	列屿养老院	8月2日上午	E: 117.456846 N: 23.826639	0.08	0.0047	0.0004
45	灵鹫寺	8月2日上午	E: 117.468415 N: 23.833729	0.06	0.0096	0.0004



表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果（3/4）

46	云霄列屿中学	8月2日下午	E: 117.457775 N: 23.826612	0.06	0.0077	0.0004
47	云霄县陈岱中江小学	8月2日下午	E: 117.457972 N: 23.800928	0.06	0.0067	0.0005
48	云霄县列屿紫阳小学	8月2日下午	E: 117.457559 N: 23.826249	0.08	0.0048	0.0006
49	云霄县列屿梅山小学	8月2日下午	E: 117.480185 N: 23.847095	0.06	0.0072	0.0005
50	云霄县列屿大坂小学	8月2日下午	E: 117.451295 N: 23.854610	0.05	0.0094	0.0004
51	云霄县列屿白衣小学	8月2日下午	E: 117.441617 N: 23.875108	0.06	0.0084	0.0004
52	云霄县列屿青崎小学	8月2日下午	E: 117.496570 N: 23.867746	0.09	0.0074	0.0005
53	梅山小学附属幼儿园	8月2日下午	E: 117.480422 N: 23.847540	0.08	0.0064	0.0006
54	云霄县佳贝乐幼儿园	8月2日下午	E: 117.461340 N: 23.821708	0.06	0.0093	0.0006
55	云霄县向日葵幼儿园	8月2日下午	E: 117.461111 N: 23.820166	0.08	0.0060	0.0007
56	云霄县起航幼儿园	8月2日下午	E: 117.461560 N: 23.821271	0.05	0.0075	0.0008

表 3.2-14 核电厂厂区外环境敏感区、施工变电站与通讯基站工频电场/工频磁场强度和射频综合场强监测结果（4/4）

57	列屿镇卫生院（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.457795 N: 23.824971	0.08	0.0085	0.0026
58	列屿镇镇区（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.461775 N: 23.821162	0.08	0.0078	0.0022
59	山前村（山下）（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.459359 N: 23.816889	0.08	0.0067	0.0017
60	山前村（山上）（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.456439 N: 23.819986	0.08	0.0086	0.0015
61	后江村（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.457857 N: 23.801414	0.08	0.0050	0.0016
62	青泾村（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.496159 N: 23.869442	0.05	0.0040	0.0022
63	青泾风电（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.477731 N: 23.872371	0.06	0.0061	0.0016
64	列屿 110kV 变电站	8月2日下午	E: 117.462482 N: 23.833262	6.80	0.0718	0.0011
65	半山村（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.450921 N: 23.854827	0.06	0.0108	0.0019
66	核电站西侧（通讯基站）	8月2日下午	E: 117.485618 N: 23.831915	0.08	0.0079	0.0018

表 3.2-15 射频电场强度分布表

序号	I	II	III	IV	V	VI
场强值 (mV/m)	>300	200~300	130~200	80~130	50~80	<50
测点数量 (个)	42	0	0	0	0	0
所占比例 (%)	100	0	0	0	0	0

表 3.2-16 厂区内监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场 (V/m)	0.06~0.08	0.08	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.0054~0.0107	0.0107	100
	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	0.0004~0.0011	0.0011	0.4
开关站	工频电场 (V/m)	0.06~25.79	25.79	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.0048~0.0627	0.0627	100
	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	0.0004~0.0019	0.0019	12
主变压器	工频电场 (V/m)	0.06~8.51	8.51	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.0052~0.8614	0.8614	100

表 3.2-17 输电线路监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
拟建 500kV 出线输电线路（P1 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.04~0.10	0.10	4000
		平行监测断面：0.05~0.08	0.08	
	工频磁场（ $\mu\text{T}$ ）	垂直监测断面：0.0044~0.0100	0.0100	100
		平行监测断面：0.0005~0.0018	0.0018	
拟建 220kV 输电线路（P2 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.06~0.09	0.09	4000
		平行监测断面：0.06~0.09	0.09	
	工频磁场（ $\mu\text{T}$ ）	垂直监测断面：0.0040~0.0089	0.0089	100
		平行监测断面：0.0039~0.0074	0.0074	
35kV 施工进线输电线路（P3 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：1.99~27.17	27.17	4000
		平行监测断面：12.74~13.93	13.93	
	工频磁场（ $\mu\text{T}$ ）	垂直监测断面：0.0091~0.1048	0.1048	100
		平行监测断面：0.0538~0.0600	0.0600	

表 3.2-18 厂区外环境敏感区监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区外监测点	工频电场 (V/m)	0.04~6.8	6.8	4000
	工频磁场 ( $\mu\text{T}$ )	0.0040~0.0718	0.0718	100
	射频综合场强 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	0.0003~0.0026	0.0026	12

## 第四章 核电厂

### 4.1 厂区规划及平面布置

- 4.1.1 厂址总体规划
- 4.1.2 厂区总平面布置
- 4.1.3 排放口布置
- 4.1.4 差异性分析

### 4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统

- 4.2.1 概述
- 4.2.2 核岛
- 4.2.3 常规岛
- 4.2.4 差异性分析

### 4.3 核电厂用水和散热系统

- 4.3.1 核电厂用水
- 4.3.2 核电厂散热系统
- 4.3.3 差异性分析

### 4.4 输电系统

- 4.4.1 输电系统
- 4.4.2 差异性分析

### 4.5 专设安全设施

- 4.5.1 概述
- 4.5.2 安全注入系统
- 4.5.3 安全壳喷淋系统
- 4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统
- 4.5.5 安全壳隔离系统
- 4.5.6 差异性分析

### 4.6 放射性废物管理系统和源项

- 4.6.1 放射性源项
- 4.6.2 放射性废液管理系统及源项
- 4.6.3 放射性废气管理系统及源项
- 4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

4.6.5 乏燃料贮存系统

4.6.6 差异性分析

#### 4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

4.7.2 生活废物

4.7.3 其他废物

4.7.4 差异性分析

#### 4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物运输

4.8.4 差异性分析

### 表

表 4.1-1 厂址主要技术经济指标表

表 4.1-2 3、4 号机组建、构筑物一览表

表 4.1-3 与 1、2 号机组共用设施一览表

表 4.1-4 厂区主要技术经济指标表

表 4.2-1 堆芯主要设计参数

表 4.2-2 CF3 燃料组件设计参数（冷态）

表 4.7-1 核电厂使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

### 图

图 4.2-1 反应堆剖视图

图 4.2-2 CF3 燃料组件结构图

图 4.2-3 反应堆冷却剂系统流程简图

图 4.2-4 化学和容积控制系统流程简图

图 4.2-5 反应堆硼和水补给系统流程简图

图 4.2-6 余热排出系统流程简图

图 4.2-7 蒸汽-电力转换系统流程示意图



## 4.1 厂区规划及平面布置

### 4.1.1 厂址总体规划

#### 4.1.1.1 总体规划原则

• 厂址规划建设六台百万千瓦级华龙一号机组，统一规划、分期建设。目前 1、2 号机组正在建设，3、4 号机组规划再建设两台华龙一号机组及其配套辅助设施。

• 主厂房建筑群以及其它承载力要求较高的设施应尽量选择布置在均匀稳定、埋深适宜、承载力满足要求的基岩上。

• 在满足核安全要求的前提下，合理确定安全重要构筑物场地设计标高（以下简称“厂坪设计标高”）。

• 取、排水系统和电力出线满足工艺流程，力求线路短捷、顺畅。

• 结合非居住区范围，合理规划厂区、施工区等用地，既满足分期建设要求，减少后期施工对前期运行的影响，又节约用地和搬迁费用。

• 对外交通运输规划满足核电厂建造、运行和应急交通的需求。

• 厂址总体规划与厂址附近城镇区域发展规划相协调。

• 尽可能利用前期工程已有设施，节省工程投资。

#### 4.1.1.2 1、2 号机组总体规划简述

1、2 号机组总体规划简述如下：

(1) 厂址设计基准洪水位为 6.37m（1985 国家高程基准），波浪在护岸处的最大爬高为 13.40m。综合考虑各方面因素确定厂坪设计标高为 14.00m，厂址属于完全干厂址。

(2) 根据全厂总体规划，六台机组沿厂址东部和北部的山体呈反 L 型布置，核岛朝东、常规岛朝西，总体建设方向为由东向西。其中 1、2 号机组位于厂址东部，受场地和地基条件的限制，采用并列布置；3~6 号机组位于厂址中西部，为尽量减少土石方开挖工程量，规划为顺列布置。

(3) 1~4 机组采用直流冷却方式，取排水工程采用明渠方案北取南排。5、6 号机组的冷却方式尚未确定，取排水规划兼顾直流冷却和循环冷却两种方式，取排水明渠满足六台机组采用直流冷却的需求，场地满足循环冷却塔的布置需求。目前取排水明渠尚未施工，南护岸、东护岸和北护岸西段已修建完成，3、4 号机组北侧护岸尚未施工。

(4) 1、2 号机组以 500kV 电压等级接入系统，出线 4 回，其中 2 回接入东林变，2 回接入五峰变。根据厂址条件及接入系统规划，电力出线由厂址西南侧向西，至沿海大通道附近再转向西北方向。六台机组规划两回 220kV 备用电源进线。

(5) 整个厂区的用地由山体开挖、低洼地及海域回填形成，东西方向约 1.5km，南北方向约 1.0km。东部为 1、2 号机组厂区，中部为 3、4 号机组厂区，西部为 5、6 号机组厂区。

(6) 厂前区及其它设施区（包括淡水厂及蓄水池、武警营房、消防站、检修宿舍等）布置在厂址西南部，全厂共用；应急指挥中心布置在厂区西北角，位于上风向。

(7) 混凝土搅拌站、砂石料加工厂布置在厂区西南角，目前已建成并投入使用，1、2 号机组建设后期将搬迁至厂区西北角；大件设备周转储存场地位于厂区东北侧大件码头附近；一体化施工生产临建场地利用 5 号机组北侧预留建设用地，5、6 号机组建设时需在场外另行租用部分施工场地。

(8) 场地平整按六台机组的规模一次平整完成，厂坪设计标高为 14.00m，场地平整标高为 13.50m。目前原始地貌已不复存在，1、2 号机组区域场地已整平至标高约 13.50m，现场正在进行 1、2 号机组主厂房、联合泵房、虹吸井、主要沟道等土建施工；3、4 号机组区域正在进行土石方正挖施工；5、6 号机组主厂房区域场地已整平至标高约 13.50m，作为石料临时堆场，5 号机组北侧场地已整平至标高约 15.50m，已建成一体化施工生产临建区；厂区西南侧场地已整平至标高约 19.00m，已建成混凝土搅拌站及砂石料加工厂。在厂区西南侧形成人工挖方边坡，目前正在进行施工；在挖方边坡坡顶设置截洪沟，接至厂区西侧磨石溪；在挖方边坡坡底设置排水沟，向东再向南排入排水明渠。

(9) 为满足核电厂施工和运行期间对外交通运输的要求，设置主要进厂道路、次要进厂道路和大件码头等运输设施。主要进厂道路位于厂址西南侧，目前正在进行施工图设计，现有县道 X531 作为临时进厂道路使用；次要进厂道路位于厂址西北侧，目前已建成；大件码头位于取水明渠南侧驳岸上，目前正在进行施工。

#### 4.1.1.3 3、4 号机组总体规划

总体规划包括厂坪设计标高、主厂房位置、电力出线、取排水工程、对外交通运输、厂区工程、场地平整及防排洪规划等。

##### (1) 厂坪设计标高

在 1、2 机组工程总体规划时，综合考虑厂址设计基准洪水位、核岛地基条件、冷却水扬程、土石方工程量等各方面因素，确定厂坪设计标高为 14.00m，并通过了初步安全分析报告审查。3、4 号机组的厂坪设计标高与 1、2 号机组工程保持一致为 14.00m。

##### (2) 主厂房位置

综合考虑厂址用地条件、地基岩土层的适宜性、工艺流程要求、拆迁等因素，3、4

号机组主厂房布置在厂址中部，采用顺列式布置。

六台机组反应堆厂房中心距离：

1 号与 2 号----230m

2 号与 3 号----南北方向 180m、东西方向 320m

3 号与 4 号----310m

4 号与 5 号----南北方向 30m、东西方向 340m

5 号与 6 号----310m

3、4 号机组主厂房地基为微风化岩体，满足核电厂主厂房建筑群地基的均匀性与稳定性要求，但 6 号机组主厂房局部坐落在强风化岩体上，需进行地基处理。

### （3）取排水工程

3、4 号机组采用直流冷却方式，冷却水取排水工程采用明渠取排水方案，共用 1、2 号机组工程在厂址东北侧和东南侧海域修建的取排水明渠。取水口门朝向正东，位于东山湾西侧深槽边缘；排水口位于厂区南侧约 3km 处。5、6 号机组拟采用循环冷却方式，同时兼顾采用直流冷却的可行性，可共用取排水明渠。

3、4 号机组施工及运行期间生产、生活用水利用厂址西南侧 1、2 号机组工程建设的淡水厂，淡水取自厂址西北方向约 40km 的峰头水库。

### （4）电力出线

根据福建省电网规划，3、4 号机组以发电机—双卷变压器单元机组接线方式接入 1、2 号机组 500kV 开关站内扩建间隔，1、2 号机组以 500kV 电压等级接入系统，出线 4 回，其中 2 回接入东林变，单回线路长度约 36km，2 回接入五峰变，单回线路长度约 110km。

六台机组的辅助电源以两回 220kV 线路接至厂区，各以一回 220kV 线路分别接入 220kV 水晶变和 220kV 天福变。

### （5）厂区工程

3、4 号机组厂区预留用地位于厂址中部，用地范围南至 1、2 号机组生产区和电力出线通道、东至 1、2 号机组联合泵房、北至取水明渠、西至 5 号机组预留主厂房区，厂区用地东西方向长度约 680m，南北方向长度约 400m。3、4 号机组厂区工程规划详见 10.2.3 “厂区总平面布置”。

### （6）厂前区及其它设施

厂前区及其它设施在 1、2 号机组工程时进行了全厂统一规划，集中布置在厂区西南侧，全厂共用。厂前区靠近厂区出入口，与主要进厂道路和次要进厂道路相连，方便人员

的进出和外界联系。

#### （7）施工场地

3、4 号机组利用 1、2 号机组工程时建成的一体化施工生产临建区，集中布置在 5 号机组北侧预留建设用地上，面积约 19.30 公顷。

目前，混凝土搅拌站及砂石料加工厂位于厂区西南角，1、2 号机组建设后期该地块将用于建设武警营房、消防站等设施，届时混凝土搅拌站及砂石料加工厂将搬迁至厂区西北角，面积约 9.15 公顷（含临时堆场、仓库等）。

3、4 号机组工程施工时利用已有施工变电站和施工输水管线，接入点位于厂址西南侧表土堆置区左侧县道 X531 道路边缘。

#### （8）场地平整及防排洪

3、4 号机组工程建设时产生的土石方主要来自厂区负挖，初步估算总负挖方量约 133 万  $m^3$ （实方），土石综合松散系数取 1.20，虚方量约 160 万  $m^3$ ；厂区负挖的土石方量主要用于混凝土骨料，需求量约 138 万  $m^3$ ，余方约 22 万  $m^3$ ，余方用于联合泵房施工围堰，最终余方根据现场情况解决处理。

场地平整后在厂区西南侧、西侧形成人工边坡，1、2 号机组工程时按照防、排洪要求，在挖方边坡坡顶设置截洪沟、边坡坡底设置排水沟，最终排入海域。

#### （9）对外交通运输

3、4 号机组施工和运行期间对外交通运输利用 1、2 号机组工程时建设的主要进厂道路、次要进厂道路和大件码头等运输设施。

##### ①主要进厂道路

主要进厂道路位于厂址西南侧，由厂区南出入口向西南方向连接至沿海大通道，长度约 1500m，在现有县道 X531 的基础上改建，采用三级公路标准，路基宽度 20.5m，路面宽度 14m，设计行车速度 40km/h。

##### ②次要进厂道路

次要进厂道路位于厂址西北侧，由厂区北出入口向西连接至沿海大通道，长度约 940m，采用二级公路标准，路基宽度 15m，路面宽度 12m，设计行车速度 60km/h。

##### ③大件码头

在取水明渠南侧驳岸上设置一座 3000t 级大件码头（满足 4200t 深舱驳的停靠要求）。码头采用重力连片式沉箱方案，泊位总长 138m，码头平台宽 40m，码头平台顶高程 +4.0m。装卸设备采用 1 台 900 吨固定底座旋转吊，基础位于码头平台内。码头平台通过引堤与厂

址东侧海堤道路相接，引堤面高程 5.0m~13.7m，引堤坡度 3%。停泊水域位于码头前方，回旋水域位于停泊水域北侧。

#### （10）厂址区域土地利用

核电厂非居住区范围以反应堆厂房为中心，半径 600m。

核电厂规划限制区范围以反应堆厂房为中心，半径 5km。

根据厂址总体规划，厂址总用地面积为 202.05 hm<sup>2</sup>，其中陆域总用地面积为 144.05 hm<sup>2</sup>（含租地 4.06），填海造地面积为 58.00 hm<sup>2</sup>。3、4 号机组工程用地面积为 53.20hm<sup>2</sup>，其中厂区用地 22.80hm<sup>2</sup>，其它用地（停车场、边角余地等）1.95 hm<sup>2</sup>，施工场地 28.45hm<sup>2</sup>。3、4 号机组除需新增联合泵房用海面积约 0.6720hm<sup>2</sup>外，其余用地均在上述用地范围内，均为预留建设用地。

#### （11）核电厂与附近城镇总体规划的关系

厂址距离云霄县、东山县等较远，城镇建设规划对核电厂没有影响。位于厂址南侧 2km 的列屿镇，与核电厂以山体相隔，而且根据近几年的规划，城镇建设向南延伸，已远离核电厂。

#### （12）移民搬迁

厂址附近居民、村庄处于非居住区范围（600m）以外，因此不涉及移民搬迁。

#### （13）厂址主要技术经济指标

厂址主要技术经济指标见表 4.2-1。

### 4.1.2 厂区总平面布置

#### 4.1.2.1 总平面布置原则

- 厂区总平面布置应与总体规划协调一致。
- 核岛、常规岛应尽量坐落在埋深适宜、承载力满足要求的均匀、稳定的地基上。
- 避免汽轮机飞射物危及与核安全有关的建、构筑物。
- 功能分区明确，合理划分放射区和非放射区。
- 冷却水进、排水管线力求顺捷，主变压器至开关站的电缆连接力求短捷顺畅。
- 各建、构筑物尽量紧凑布置，以节约、集约用地。
- 满足运输、防火、卫生、安全、管网布置及施工安装的要求。
- 配套辅助设施尽量利用已有设施或在原基础上扩建，节约工程投资。
- 满足分期建设的要求，减少后期施工对前期运行的影响。

#### 4.1.2.2 建设规模及项目组成

3、4 号机组建设两台华龙一号机组及其配套辅助设施，项目组成详见表 4.1-2，部分辅助生产设施与 1、2 号机组设施共用，与 1、2 号机组共用设施详见表 4.1-3。

#### 4.1.2.3 厂区总平面布置

综合考虑总体规划、工程地质勘察条件、工艺布置特点、配套辅助设施的布置要求和经济比较等诸多因素，初步确定 3、4 号机组厂区总平面布置。

##### （1）主厂房区

主厂房区主要由核岛和常规岛及其附属建筑组成。核岛及其附属建筑包括反应堆厂房、安全厂房、电气厂房、燃料厂房、核辅助厂房、人员通行厂房、应急柴油发电机厂房、应急空压机房、核废物厂房等；常规岛及其附属建筑包括汽轮发电机厂房、再生除盐水箱、仪用压缩空气储气罐、常规岛事故排油坑、主变压器和降压变压器平台等。

3、4 号机组主厂房布置在预留用地中部，主厂房受北侧联合泵房地基条件和南侧 1、2 号机组用地边界的限制，采用顺列式布置，布置位置基本确定。

##### （2）冷却水设施区

冷却水设施区包括联合泵房、制氯站和虹吸井。联合泵房布置在 3 号机组北侧地基条件较好的基岩上，制氯站紧邻其右侧布置；联合泵房与汽轮发电机厂房之间以循环冷却水进水管连接，与核辅助厂房以重要厂用水进走廊道连接；冷却水经循环冷却水排水管道和重要厂用水排水管道排至虹吸井，虹吸井布置在主厂房南侧。

由于 5、6 号机组冷却方式的不确定性，需考虑 5、6 号机组重要厂用水取水方案，结合现有勘察资料，在 4 号机组北侧地基条件相对较好的位置规划 5、6 号机组重要厂用水取水构筑物 and 取水隧道，并在 4 号机组汽轮发电机厂房南侧预留 5、6 号机组虹吸井位置。

##### （3）辅助生产区

根据工艺要求，部分与主厂房生产联系密切的辅助生产设施布置在主厂房周围，包括：核岛/常规岛液态流出物排放厂房和空气压缩机房布置在 3 号机组汽轮发电机厂房北侧，靠近主厂房，地基条件良好；10kV 公用配电站、辅助变压器区域及公用 10kV 配电间布置在 3 号机组主厂房南侧；污水系统油水分离器布置在 4 号机组汽轮发电机厂房南侧；公共气体贮存区 1、公共气体贮存区 2 布置在汽轮发电机厂房西侧。

氢气贮存及分配站位于 3 号机组东侧厂区边缘，在 1、2 号机组氢气贮存及分配站基础上进行扩建；生产检修办公楼布置在 4 号机组南侧，尽量靠近厂前区。

其它设施利用 1、2 号机组时建设的设施。

##### （4）实物保护

厂区设置三道实体保卫围栏如下：

控制区围栏为单层铁丝网围栏，包围区域为生产管理、辅助生产设施和主生产区。

保护区围栏为双层铁丝网围栏，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。

要害区围栏采用单层铁丝网围栏，围栏外侧 1.5m 处设置轻质隔离护栏，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、联合泵房和保卫控制中心。

3、4 号机组控制区出入口、保护区出入口布置在 4 号机组南侧，靠近厂前区，保卫控制中心（3~6 号机组共用）布置在 4 号机组汽轮发电机厂房北侧。

控制区、保护区和要害区围栏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。

3、4 号机组建成后，根据运行管理要求考虑拆除 2 号与 3 号机组之间的围栏，1~4 号机组形成统一完整的保护区。

#### （5）厂区竖向布置

厂区竖向采用平坡式布置，厂坪设计标高为 14.00m。场地排水采用有组织的管道或明沟排水系统。

#### （6）主要管沟布置

厂区主要管沟包括：循环冷却水进水管道、循环冷却水排水管道、重要厂用水进水廊道、重要厂用水排水管道、综合技术廊道、废液排放管沟、TA-TB 电缆沟、TD-JX 电缆沟、TA-SL 电缆沟、SL-NX 电缆沟，各主要管沟布置如下：

循环冷却水进水管道：由联合泵房连接至汽轮发电机厂房，每台机组各有 2 条管道。

循环冷却水排水管道：由汽轮发电机厂房连接至虹吸井，每台机组各有 2 条管道。

重要厂用水进水廊道：由联合泵房连接至核辅助厂房，每台机组各有 2 条廊道，属于核安全物项。

重要厂用水排水管道：由燃料厂房连接至虹吸井，每台机组各有 2 条管道。

综合技术廊道：为厂区综合性管沟，布置各种系统管道等，布置在主厂房周围，与主厂房及周围各辅助生产厂房相连。

废液排放管沟：将核辅助厂房、核废物厂房的废液排至核岛液态流出物排放厂房，处理达到排放标准后排至虹吸井。

TA-TB 电缆沟：由常规岛主变连接至 500kV 开关站的电缆通道。

TD-JX 电缆沟：由 220kV 开关站连接至辅助变压器区域及公用 10kV 配电间的电缆通道。

TA-SL 电缆廊道：由主变压器和降压变压器平台至安全厂房之间的电缆通道。

SL-NX 电缆廊道：由安全厂房至核辅助厂房之间的电缆通道。

#### （7）厂内道路

厂内运输主要是新燃料、乏燃料、固体废物以及其它常规生产运输，均采用汽车运输。

为适应厂外运输及厂内厂房（车间）与厂房（车间）之间的货流及人行需要，厂区设主干道、次干道、车间引道及人行道。厂内道路分为重型路和轻型路，重型路布置在主厂房四周，路面宽度为 9m（主干道）；轻型路划分各分区，并与交通运输量较大的厂房相连，路面宽度为 7m、4m（次干道及支路）。沿控制区和保护区围栏内侧、要害区围栏外侧，设置巡逻通道。上述各级道路除满足生产运输要求外，部分还可兼作消防通道。

3、4 号机组厂区设置两座出入口，其中主出入口设置在 4 号机组南侧，通过边坡坡脚道路与厂前区、主要进厂道路相连，距离厂前区较近（约 350m），运行期间工作人员沿此路线上下班；货运出入口设置在 4 号机组西北侧，可与次要进厂道路相连，用于电厂运行时普通货物、乏燃料、放射性固体废物运输或厂区应急等特殊情况。

#### （8）绿化与美化

厂区划分绿化区和非绿化区。

非绿化区：保护区内为非绿化区，不进行绿化，保护区内除道路、广场外，均采用碎石铺地。

绿化区：保护区外为绿化区，可以栽种行道树、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。核电厂绿化主要集中在厂前区，3、4 号机组厂区绿地率约为 7%。

#### （9）厂区主要技术经济指标

厂区主要技术经济指标见表 4.1-4。

### 4.1.2.4 环境保护相关设施的布置

3、4 号机组环境保护相关设施包括放射性厂房、废水及污水处理设施等，其它环境保护相关设施如应急指挥中心、环境监测设施利用 1、2 号机组工程时建设设施。

#### （1）放射性厂房的布置

带有放射性的厂房有反应堆厂房、燃料厂房、核辅助厂房、核废物厂房、核岛液态流出物排放厂房、常规岛液态流出物排放厂房等，集中布置在厂区中部。放射性厂房的布置既靠近主厂区，方便放射性废物运输，同时也远离厂前区和其它设施区，尽量避免放射性废物运输与人员交通的相互影响。



## （2）废水、污水处理设施的布置

设置一座污水系统油水分离器，紧邻 4 号机组常规岛南侧布置。污水处理构筑物 2 布置在厂区西北侧边缘，处理 3~6 号机组运行期间产生的生活污水。

### 4.1.2.5 环境保护措施

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

- 在总体规划中充分利用城市现有的公共资源，减少工程量及投资，并减少工程建设对环境的影响。
- 厂区总平面布置中尽量紧凑布局，节约用地。
- 厂区内保护区外区域充分进行绿化，减少水土流失，改善小区域气候。
- 尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。

### 4.1.3 排放口布置

3、4 号机组流出物主要包括：液态流出物和气载流出物。

#### （1）液态流出物排放点

3、4 号机组液态流出物排放点（即排水口）位于排水明渠端头，距征地边界线 3114m。

#### （2）气载流出物排放点

气载流出物排放点为反应堆厂房气体排放口（烟囱），绝对标高约 79.7m。

3 号机组烟囱北距征地边界线 168m，南距征地边界线 732m；4 号机组烟囱北距征地边界线 142m，西距征地边界线 1052m，南距征地边界线 330m。

### 4.1.4 差异性分析

与原报告相比，全厂总体规划和厂区总平面布置主要在厂址边界及用地、施工场地、厂前区及其它设施区、配电装置区、辅助生产区布置、实物保护等方面存在差异。

#### （1）厂址边界及用地

厂址西侧、北侧、东侧和南侧的用地及用海边界均相同；由于对厂区总平面布置进行了优化调整，厂址西南侧部分陆域租地转变为陆域征地，厂址边界和用地存在差异。

原复核报告中厂址总用地面积为 199.50 hm<sup>2</sup>，其中陆域用地 142.17hm<sup>2</sup>（征地 116.29 hm<sup>2</sup>，租地 25.88 hm<sup>2</sup>），填海造地 57.33 hm<sup>2</sup>；目前厂址总用地面积为 202.05 hm<sup>2</sup>，其中陆域用地 144.05hm<sup>2</sup>（征地 139.99 hm<sup>2</sup>，租地 4.06 hm<sup>2</sup>），填海造地 58.00 hm<sup>2</sup>。

#### （2）施工场地

原报告中将 5、6 号机组建设用地作为施工生产临建场地，混凝土搅拌站及砂石料加工厂位于厂区西南角。目前在 5 号机组北侧预留用地内集中布置一体化施工生产临建区，

1、2 号机组建设后期混凝土搅拌站及砂石料加工厂将由厂区西南角搬迁至厂区西北角。

### （3）厂前区及其它设施区

厂前区及其它设施区（包括武警营房、消防站、检修宿舍等）由厂区西北角优化调整至厂区西南侧，主/次要进厂道路相应对调，厂区西南侧规划为主要进厂道路，厂区西北侧规划为次要进厂道路。

### （4）配电装置区

配电装置区（包括 500kV 开关站、220kV 开关站、网控楼）由 3 号机组南侧优化调整至 1、2 号机组西侧，总体布置方位由东西向变为南北向。

### （5）辅助生产区布置

放射性辅助生产区由 1 号机组东侧优化调整至 1、2 号机组西侧；对非放射性辅助生产设施进行优化合并，将维修仓库区由 2 号机组东侧南移至 1 号机组东侧。

### （6）实物保护

考虑工程分期建设的要求，在 2 号机组与 3 号机组之间设置控制区围栏和保护区围栏。此外，在环境保护相关设施的布置和保护措施方面无较大差异。

## 4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统

### 4.2.1 概述

本工程机组与福建漳州核电厂一期工程相比，该节无变化。

### 4.2.2 核岛

#### 4.2.2.1 堆芯部件

本工程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，反应堆剖视图如图 4.2-1 所示。本工程堆芯由 177 组 CF3 燃料组件及其相关组件组成。堆芯等效直径 3.23m，活性段高度为 3.66m，堆芯主要设计参数见表 4.2-1。

堆芯设计从首循环开始实施 18 个月换料，经过五次换料，每次更换 72 组燃料组件，到第六循环达到 18 个月平衡换料。第一循环堆芯燃料组件分四区装载，四区燃料组件数目分别为 21、64、72、20 个，对应的四种富集度分别为 1.8%、2.4%、3.1%和 3.9%。从第二循环开始，堆芯采用低泄漏装载方式，每次装入 72 组新燃料组件，富集度分别为 4.45%（48 组）和 4.95%（24 组），每次装入的新燃料组件在堆芯中的布置位置基本相同；同时卸出 72 组燃耗较深或富集度较低的燃料组件。

本工程采用的 CF3 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、导向管、仪表管和格架。仪表管位于组件中心栅元位置，它为从上端插入的测量仪表提供通道。导向管用于容纳控制棒和其它堆芯相关组件棒。燃料棒被定位格架夹持，使其保持相互间的横向间距以及与上、下管座间的轴向间距。

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。燃料组件的结构见图 4.2-2，相关设计参数见表 4.2-2。

CF3 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件，用于反应堆的启停堆、变更功率、改善功率分布等。

#### 4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

本工程机组反应堆冷却剂系统的主要参数如下：

反应堆堆芯额定功率：	3180 MWt
NSSS 额定热功率：	3190 MWt
环路数：	3
运行压力：	15.5 MPa（绝对压力）
每条环路流量：	
最佳估计	24680 m <sup>3</sup> /h

热工设计	23500 m <sup>3</sup> /h
机械设计	25670 m <sup>3</sup> /h
反应堆冷却剂温度：	
反应堆压力容器入口	291.2 °C
反应堆压力容器出口	328.8 °C
设计压力：	17.2 MPa（绝对压力）
设计温度：	343 °C
（稳压器设计温度 360 °C）	

其他内容与福建漳州核电厂一期工程相比无变化。

#### 4.2.2.3 主要辅助系统

本工程机组反应堆冷却剂系统流程简图见图 4.2-3，化学和容积控制系统流程图见图 4.2-4，反应堆硼和水补给系统流程图见图 4.2-5，余热排出系统系统流程简图见图 4.2-6。

其他内容与福建漳州核电厂一期工程相比无变化。

#### 4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及厂房内的系统和设备。

##### 4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

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

蒸汽-电力转换系统流程示意图见图 4.2-7。

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

主蒸汽系统的功能是将蒸汽发生器产生的蒸汽输送至汽轮机发电，同时根据运行需要将主蒸汽输送至汽轮机旁路系统、汽轮机轴封系统、辅助蒸汽系统、汽水分离再热器二级再热器。

为了保护低压缸，减少对低压缸叶片的刷蚀，在高压缸和低压缸之间设置了两台汽水分离再热器。其主要作用是将湿度较大的高压缸排汽经分离段除去水分，然后进入位于分离段上方的一级再热器、二级再热器接受再热，使蒸汽在进入低压缸之前，温度得到提高。

凝结水系统的功能是将凝结水从热井抽出，升压后送至低压加热器进行加热，同时向汽轮机低压缸喷水系统、凝汽器旁路扩散装置等提供减温水。

主给水系统的功能是将除氧器中满足蒸汽发生器温度、含氧量要求的给水升压，经过

高压加热器向蒸汽发生器提供所需给水。

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

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

#### 4.2.3.2 汽轮机和凝汽器

本工程拟采用单轴、半转速、三缸四排汽、凝汽式汽轮机，汽轮机本体由一个双流高压缸和两个双流低压缸组成，它与 27kV（暂定）、三相、50Hz 的交流发电机直接相连，汽轮发电机组转速为 1500rpm，额定功率 $\geq 1212\text{MW}$ 。

本工程凝汽器由汽轮发电机组供货商成套供货，拟采用双壳体、单流程、单背压、表面冷却式热交换器，管材采用钛管，管板采用复合钛板。凝汽器由喉部、壳体、热井和水室组成。凝汽器喉部与低压缸排汽口刚性连接，底部与混凝土基础采用弹簧支撑。1、2 号低压加热器布置在凝汽器喉部。

在 TMCR 工况下，循环水入口温度 23.3℃，循环水量约 66.8m<sup>3</sup>/s，清洁系数 0.9 时，凝汽器背压达到 5.1kPa(a)。正常运行时凝汽器出口凝结水的含氧量应 $\leq 20\mu\text{g}/\text{l}$ 。凝汽器热井有效贮水量应不小于汽轮发电机组在 TMCR 工况运行时 5 分钟的凝结水量。

常规岛热力系统及设备不产生放射性废物。

常规岛热力系统及设备运行及检修过程中产生热废水、非放射性含油废水。

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

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

#### 4.2.4 差异性分析

##### 4.2.4.1 概述差异性分析

本工程机组与福建漳州核电厂一期工程相比，该节无变化。

##### 4.2.4.2 核岛差异性分析

本工程机组与福建漳州核电厂一期工程相比，反应堆冷却剂系统的主要参数差异体现在每条环路流量的最佳估计、热工设计、机械设计流量，反应堆冷却剂温度的反应堆压力

容器入口、反应堆压力容器出口温度，进行了修正，对环境的影响无差异。

主要辅助系统介绍中差异内容分别为流程图差异，化学和容积控制系统流程图见图 4.2-4，反应堆硼和水补给系统流程图见图 4.2-5，余热排出系统系统流程简图见图 4.2-6，对环境的影响无差异。

#### **4.2.4.3 常规岛差异性分析**

本工程机组与福建漳州核电厂一期工程相比，该节无变化。

### **4.3 核电厂用水和散热系统**

#### **4.3.1 核电厂用水**

本报告与原报告无差异。

##### **4.3.1.1 海水用水**

本报告与原报告无差异。

##### **4.3.1.2 淡水用水**

本报告与原报告无差异。

#### **4.3.2 核电厂散热系统**

本报告与原报告无差异。

#### **4.3.3 差异性分析**

本报告与原报告无差异。

## 4.4 输电系统

### 4.4.1 输电系统

#### 4.4.1.1 电气主接线

福建漳州核电厂 3、4 号机组按照 2 台百万千瓦级 ACP1000 型压水堆核电机组（华龙一号）进行建设。本期工程为扩建工程，拟建设 2 台机组，每台汽轮发电机组的额定容量为 1220MVA、发电机额定电压为 27kV（暂定），2 台机组以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统，发电机与主变压器之间装设发电机出口断路器。

本期工程 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，在 1、2 号机组工程基础上进行扩建。1、2 号机组工程辅助开关站土建部分一次建成，配电装置留有扩建场地。1、2 号机组工程一次成 2 回进线，4 回出线，共 2 个完整串及 2 个不完整串。本期工程考虑扩建 2 回发电机-变压器组进线，接入 1、2 号机组工程 500kV 系统，构成 3 个完整串和 2 个不完整串。最终远景规模为 4 回出线，6 回进线。

1、2 号机组工程辅助开关站土建部分一次建成，配电装置留有扩建场地，电气部分一次建成 2 回辅助变出线、2 回 220kV 架空进线、1 个母联间隔和 2 个母线 PT 间隔，接线方式为双母线接线。本期工程辅助电源直接接入 1、2 号机组工程 220kV 升压站，扩建 2 回辅助变压器进线接入 1、2 号机组工程 220kV 系统，形成 4 回进线 2 回出线。最终远景形成 2 回进线、6 回出线。最终方案应以接入系统审查意见为准。

220kV 厂外辅助电源，在机组正常启动和停机过程中作为优先电源（220kV 主电源）的后备电源。当失去优先电源时，厂用负荷切换到厂外辅助电源（220kV 辅助电源）。在机组正常运行时，如中压母线失去厂用进线电源，则由厂外辅助电源（220kV 辅助电源）通过辅助变向厂用负荷供电。在机组检修时，220kV 辅助电源可作为检修电源。

#### 4.4.1.2 开关站的选型和布置

500kV 主开关站利用 1、2 号机组工程开关站预留间隔扩建而成，布置在 3、4 号机组的东南侧，并以 500kV 气体绝缘金属封闭输电线路（GIL）与主变连接；220kV 辅助开关站为利用 1、2 号机组工程开关站预留间隔扩建而成，布置在 500kV 开关站南侧约 65m 处。为避免盐雾影响，主、辅开关站均选用室内型，配电装置采用 SF<sub>6</sub> 气体绝缘组合电器（GIS）。

主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

#### 4.4.1.3 与电力系统的连接

本工程以 1、2 号机组工程的 500kV 主开关站作为发电和配电的连接枢纽，扩建 2 回进线，通过 1、2 号机组工程的 4 回出线与外电网相连。



由于接入系统方案尚未确定，最终主接线方案应以接入系统审查意见为准。

#### 4.4.1.4 辅助电源

1、2 号机组辅助开关站土建部分一次建成。电气部分一次建成 2 回辅助变出线、2 回 220kV 架空进线、1 个母联间隔和 2 个母线 PT 间隔，其中一回 220kV 线路接入 220kV 水晶变，一回线路接入 220kV 天福变，核电~水晶、核电~天福线路长度分别约 11km、48km。采用双母线接线。

本期工程辅助电源直接接入于 1、2 号机组工程建成的 220kV 辅助开关站，扩建 2 回辅助变压器进线，接入 1、2 号机组工程 220kV 系统。最终远景形成 2 回进线、6 回出线。最终方案应以接入系统审查意见为准。

#### 4.4.2 差异性分析

本期工程新建 2 回发电机-变压器线路通过 GIL 直接接入 1、2 号机组工程 500kV 系统。500kV 主电源系统与 1、2 号机组工程接线方式相同，均为“一个半断路器”接线。本期工程利用原有厂外线路送出，不再新建出线线路。发电机、主变暂按与 1、2 号机组工程同容量选择。

本期工程新建 2 回辅助变出线直接接入 1、2 号机组辅助开关站 220kV 系统，不再新建厂外辅助电源线路及辅助开关站。

## 4.5 专设安全设施

### 4.5.1 概述

专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统、安全壳隔离系统。

### 4.5.2 安全注入系统

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

#### （1）冷却堆芯

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

- 燃料包壳的最高温度不超过 $1204^{\circ}\text{C}$ ；
- 燃料包壳的最大氧化厚度在各处都不超过包壳氧化前总厚度的17%；
- 水（或蒸汽）与包壳化学反应产生的氢气总量不超过假定所有包壳金属都起反应所能产生的氢气量的1%；
- 堆芯几何形状的任何改变都应能保持对堆芯进行冷却的能力；
- 堆芯能长期维持在足够低的温度（排出余热）。

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

#### （2）堆芯补水

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

#### （3）反应性控制

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

安全注入系统的主要设备有：

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

系统投运后，中、低压安注泵从内置换料水箱(IRWST)取水，向一回路注水。

当反应堆冷却剂系统压力低于安注箱的压力时，安注箱注入。

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

### 4.5.3 安全壳喷淋系统

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

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

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

#### 1) 系统设计的考虑

##### a) 排热能力考虑：

- 该系统设计得能长期工作，可达几个月，这取决安全壳完整性对它的要求。
- 喷嘴的设计能使液滴的直径符合最大限度地排热和尽可能高效除碘的要求。
- 安全壳喷淋系统作为能长期冷却安全壳的手段，它的热交换能力应足以排出余热，通过降低安全壳内压力和温度来防止安全壳超过设计条件。
- 按热阱温度等于历史记录的最高温度计算系统的热交换能力。
- 支撑喷嘴的喷淋环尽可能布置在穹顶下最高处，使水滴落差尽可能大。
- 喷淋管或喷淋环上的喷嘴的间距、位置、方位的选择使喷淋覆盖的面积尽可能大，在安全壳内尽可能均匀分布，重叠喷淋尽可能少，使喷淋能覆盖安全壳的横截面积。

##### b) 对化学考虑

- 选择 pH 值时，在保证其除碘效率下，尽可能减少腐蚀影响，限制金属与辐照分解的水发生反应时和金属腐蚀时产生的氢与氧的释放。
- 采取了有利于化学添加剂溶液长期贮存措施，防止沉淀、化学反应和分解。并提供了防止添加剂冷却结晶措施。

##### c) 单一故障准则的应用

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

喷淋子系统由两个容量为 100% 且相互独立的系列组成。

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

供电由两列独立电源保证，并由应急柴油发电机组作备用。

两列电源和两列冷却水各自之间都有实体分隔和布置上的分离。

## 2) 系统描述

安喷系统由两个子系统组成：喷淋子系统和化学添加剂子系统。

### a) 喷淋子系统

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

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

### b) 化学添加剂子系统

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

### c) 系统运行方式

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

## 4.5.4 蒸汽发生器辅助给水系统

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

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

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

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

辅助给水泵子系统主要设备包括：

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

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

每台电动泵和每台汽动泵并联布置组成一个系列，都各自配置下列管道：

——吸水管线(来自辅助贮水池)；

——通向三台蒸汽发生器的出口管线(包括调节阀和电动隔离阀)。

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

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

当电站用辅助给水系统启动时，除氧器装置向辅助贮水池补充除盐除氧水。

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

除氧装置能使蒸汽发生器辅助给水中溶解氧的总含量保持在 0.1ppm 以下。

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

#### 4.5.5 安全壳隔离系统

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

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

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

安全壳还应能承受由于安喷系统误投入运行造成的内部负压。

内层壳为带密封钢衬里的预应力钢筋混凝土结构，外层壳为钢筋混凝土结构。

为在事故工况下保持安全壳的密封性，防止放射性物质向环境释放超过可接受限值，贯穿内外壳的管线（专设安全设施运行所需要的管线除外），以及仅贯穿外层壳并与环形

空间大气联通的管线在事故工况下必须能可靠地隔离，为此设置了安全壳隔离系统。

安全壳隔离系统的安全功能为：

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

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

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

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

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

外层安全壳的设计必须是密闭的，以便安全壳环形空间通风系统可以维持环形空间内的负压状态。

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

在排放之前，内层安全壳和外层安全壳的泄漏要经过过滤。

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

#### 4.5.6 差异性分析

本报告与原报告无差异。

## 4.6 放射性废物管理系统和源项

### 4.6.1 放射性源项

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

### 4.6.2 放射性废液管理系统及源项

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

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

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

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

#### 4.6.2.1 硼回收系统（ZBR）

硼回收系统（ZBR）对来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛疏水排气系统（RVD）的含氢反应堆冷却剂，先利用过滤、除盐和除气装置进行净化处理。然后，利用蒸发装置进行硼水分离处理，制取补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（RBM），复用于反应堆。

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

##### （1）设计基准

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

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

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

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

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

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

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

## （2）系统描述

ZBR 系统由三部分组成：

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

反应堆排出的含氢反应堆冷却剂由两个前贮槽（001BA 或 008BA）接收。然后，用前贮槽泵（001PO，002PO）经除盐预过滤器（001FI）、阳床除盐器（001DE）、混床除盐器（003DE）、树脂滞留过滤器（003FI）净化后，进入除气塔（001DZ）进行脱气。去除了裂变气体、氢气和氮气的反应堆冷却剂由除气塔疏水泵（003PO，004PO）输送，经再生热交换器（001EX）与除气塔液体冷却器（001RF）冷却后进入中间贮槽（002BA、003BA 或 004BA）暂时贮存。

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

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

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）将除气后的反应堆冷却剂从中间贮槽送至外加热式自然循环蒸发器（001EV、002EV）的循环管线内，通过蒸发分离操作，得到浓度约 4%



的硼酸溶液和冷凝液，经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽（007BA，016BA）和冷凝液监测槽（005BA，006BA）内。经取样分析监测合格后，用浓缩液泵（014PO）和冷凝液泵（012PO，013PO）送到反应堆硼和水补给系统（RBM）的 4% 硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

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

ZBR 系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

### （3）系统运行

#### a) 正常运行

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

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

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

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

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

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。蒸发操作前，要先用输送和混合泵 007PO 将中间贮槽中的料液连续搅动混合。然后，取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

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

在冷凝液监测槽中的冷凝液通过取样分析后有以下几种出路：

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

— 如果冷凝液中硼含量略高，则将其送到未被污染的混床除盐器 006DE 进一步除硼

后送 RBM 系统作补给水使用；

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

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

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

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

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

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

— 如果浓缩液不合格，送到废液处理系统（ZLT）工艺排水缓冲槽待处理；

b) 特殊运行

— 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

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

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

— 用蒸发器对除盐水分配系统（WND）的除盐水除氧。

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

— 对氧含量高的 RBM 系统补给水除氧。

这项操作也是本系统的一个特殊任务。其要求与上述相同，须在蒸发器运行前，将需除氧的补给水经由输送和混合泵 007PO 送入中间贮槽。然后，向选定的蒸发器供料。除氧后的冷凝液用冷凝液泵 013PO（或 012PO）送回 RBM 系统的补给水箱。

#### 4.6.2.2 废液处理系统（ZLT）

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

##### （1）设计基准

废液处理系统的设计基准是确保核电厂放射性液态流出物的年排放量低于国家规定

的限值，使公众和运行人员所受的辐射照射满足“可合理达到尽量低”的 ALARA 原则。

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

## （2）系统描述

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

— 地面排水、服务排水放射性浓度低，悬浮固体含量高，用过滤方法处理，处理能力为  $27.2\text{m}^3/\text{h}$ 。地面排水量约为  $5000\text{m}^3/\text{a}$ ，服务排水量约为  $1250\text{m}^3/\text{a}$ 。

— 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  $8\text{m}^3/\text{h}$ ，去污因子为 10000~100000。工艺排水量约为  $2250\text{m}^3/\text{a}$ 。

— 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  $3.5\text{t/h}$ ，去污因子为 1000，处理废液量约为  $1500\text{m}^3/\text{a}$ 。

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

地面排水接收槽的容积为  $3\times 50\text{m}^3$ ，化学排水接收槽的容积为  $3\times 50\text{m}^3$ ，工艺排水接收槽的容积为  $2\times 50\text{m}^3$ ，工艺排水缓冲槽  $1\times 20\text{m}^3$ （单机组分别布置），化学排水缓冲槽  $1\times 20\text{m}^3$ （单机组分别布置），监测槽的容积为  $2\times 50\text{m}^3$ 。

### a) 除盐工艺包括：

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

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

— 一台预过滤器 ZLT004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。

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

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

— 四台串联的除盐器 ZLT002/003/004/005DE。

— 一台树脂滞留过滤器 ZLT005FI。

经过处理后的废液进入监测槽 ZLT009/010BA。

b) 蒸发工艺包括：

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

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

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

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

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

蒸馏液由两个监测槽（ZLT009/010BA）接收。

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

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

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

c) 过滤工艺包括：

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

— 地面排水泵 ZLT002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

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

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

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

(3) 系统运行

ZLT 系统总的运行原则如下：

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

统的运行。

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

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

— 蒸发净化单元由手动启动，运行稳定后，即进入自动控制状态。

— 除盐器是手动启动的，运行稳定后，即进入自动控制状态。

#### 4.6.2.3 核岛液态流出物排放系统（ZLD）

##### （1）设计基准

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

##### ① 放射性液态流出物

— 硼回收系统（ZBR）：蒸发器产生的冷凝液。

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

— 放射性废水回收系统（WSR）。

— 核岛疏水排气系统（RVD）排水。

— 核岛液态流出物排放系统（ZLD）地坑疏排水。

— 固体废物处理系统（ZST）的疏水。

##### ② 常规废水

— 蒸汽发生器排污系统（TTB）蒸汽发生器排污液。

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

c) 将超过排放限值的放射性液态流出物送往废液处理系统（ZLT）处理。

##### （2）系统描述

ZLD 系统设置三个  $500\text{m}^3$  的废液排放槽 ZLD001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时破裂溢出的全部流出物量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于液态流出物的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

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

地坑泵 ZLD004/005PO 安装在地坑 ZLD001PS 内，地坑泵 ZLD007PO 安装在地坑

ZLD003PS 内。地坑泵将地坑内液态流出物送至排放槽。

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

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

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

### （3）系统运行

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

排放管上的 IRM 监测系统对排放槽内液态流出物有辅助监测作用。

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

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

#### 4.6.2.4 放射性废水回收系统（WSR）

##### （1）设计基准

本系统有选择地收集下列场所产生的放射性废液或可能带放射性的废液：

- 核岛厂房内放射性洗衣房排放废液，
- 核岛厂房内卫生出入口产生的放射性废液，
- 核岛辅助设施（BOP）的放射性机修及去污车间（HH 厂房）产生的机械去污废液和化学去污废液，
- 核岛辅助设施（BOP）的厂区实验室（BL 厂房）产生的废液。

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

##### （2）系统描述

WSR 系统收集下列系统及场所的废液：

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

则直接由泵 WSR001/002PO 送往 ZLD 系统排放。

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

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

洗衣房废水贮槽 WSR003/004BA 房间内的地坑 WSR903PS 收集来自洗衣房的地面排水，并由地坑泵 WSR908PO 送往 WSR003/004BA。

WSR 系统 BOP 部分为两台机组共用，收集下列系统及场所的废液：

a) 放射性机修车间及去污车间排放废液

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

放射性机修及去污车间排放的机械去污废液靠重力流入机械去污水疏水箱 WSR201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 WSR201PO 送往 5 号机组 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

b) 厂区实验室排放废液

厂区实验室排放废液靠重力流入厂区实验室疏水箱 WSR203BA，经过混匀和取样分析后，由厂区实验室排水泵 WSR203PO 送往 ZLT 系统地面排水接收槽处理或送往 ZLD 系统排放。

### （3）系统运行

#### — 核岛部分

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

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

#### — BOP 部分

#### a) 放射性机修及去污车间排放的化学去污废液

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

#### b) 放射性机修及去污车间排放的机械去污废液

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

#### c) 厂区实验室排放废液

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

### 4.6.2.5 核岛疏水排气系统（RVD）

核岛疏水排气系统（RVD）为单堆布置。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

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

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

#### （1）设计基准

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

RVD 系统采用的设计基准如下：

- 从与安全有关设备间来的废水，要防止由于疏水管线回流而造成与安全有关设备



的淹没；

- 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；
- 非放射性疏水管道的设计和布置应保证不会掺入放射性污染的物质；
- 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；
- 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

## （2）系统描述

### a) 反应堆冷却剂疏水子系统

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

### b) 工艺疏水子系统

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

- 送至核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS），再用泵输送到 ZLT 系统；
- 由 ZLT 系统直接收集；
- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RVD008PS、009PS、012PS、013PS、508PS、509PS、512PS、513PS）的高放废液再注入反应堆厂房。

### c) 地面疏水子系统

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

- 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；
- 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）；
- 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到 ZLT 系统；
- 核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 ZLT 系统；
- 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房地面疏水坑（RVD001PS）和安全厂房地面疏水坑（RVD014PS、514PS）的高放射废液再注入反应堆厂房。

### d) 化学疏水子系统

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

这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。

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

#### e) 含氢废气子系统

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

#### f) 含氧废气子系统

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

### (3) 系统运行

#### a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

#### b) 工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

在反应堆厂房标高在 -6.70m 以上的系统和设备，工艺疏水收集到工艺疏水箱（RVD003BA），再用泵（RVD014PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RVD002PS）。工艺疏水箱（RVD003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RVD031PS）。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

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

— 靠重力直接送到 ZLT 系统。

#### c) 化学疏水子系统

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

#### d) 地面疏水子系统

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

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

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

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

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

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

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

#### e) 含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

#### f) 含氧废气子系统

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

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

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

### 4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

#### （1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCS）提供以下服务：

- 反应堆冷却剂容积控制；
- 反应堆冷却剂化学控制；

- 与硼和水补给系统（RBM）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；
- 控制气体的浓度；
- 净化和过滤；
- 含氧量和 pH 值的控制（与 RBM 系统一起）。

— 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

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

## （2）系统描述

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

### a) 上充、下泄、密封水子系统

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

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

下泄流流过低泄热交换器中的一台进行净化，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，可以再流过低泄热交换器。

下泄流流过低泄热交换器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棒在堆芯处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

两台离心式上充泵从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和密封之间进入泵体。并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体。反应堆冷却剂泵高压密封泄漏返回的冷却剂流通过

密封水热交换器到上充泵吸入端。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂泵低压密封引漏离开泵体并引入 RVD 疏排水系统。另一股冷却剂流入冷却泵的下部轴承，进入 RCS 系统。

#### b) 反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

化学和容积控制系统与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和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的范围。

控制反应堆冷却剂的 pH 值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

#### (3) 系统运行

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

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

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

#### 4.6.2.7 反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）

##### (1) 设计基准

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路要满足单一故障准则的要求。冷却水泵和热交换器的冗余度为 2×100%。冷却水泵由柴油发电机供给应急电源。

##### a) 乏燃料水池冷却回路

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

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

在正常工况下，反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）或两个冷却系列（两台泵和两台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确

保水池的水温不超过 50℃（按设备冷却水系统水温为 35℃考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常运行工况确定。

b) 乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

处理能力：60m<sup>3</sup>/h；

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

c) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m<sup>3</sup>/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

(2) 系统描述

a) 服务于乏燃料水池的设施

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

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

— 过滤和除盐回路

— 表面撇沫和过滤回路

— 充水回路

b) 服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

— 过滤回路

— 反应堆换料水池充水和排水

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

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

(3) 系统运行

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

系统正常运行：

#### — 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

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

冷却回路的流量为 450m<sup>3</sup>/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 510m<sup>3</sup>/h，其中 60m<sup>3</sup>/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 60m<sup>3</sup>/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

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

根据乏燃料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 5m<sup>3</sup>/h。

#### — 反应堆换料水池和附属回路

在整个反应堆压力容器开盖和换料水池充水过程中，应通过余热排出系统、化学和容积控制系统和硼回收系统对反应堆冷却剂进行去污处理，但要防止降低换料水池操作时的硼浓度。

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 100m<sup>3</sup>/h，由流量计监测。

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 6m<sup>3</sup>/h。

### 4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（TTB）

#### （1）设计基准

a) 在正常运行时，TTB 系统水处理设计流量最高能达到 73.5t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的 1.2%（即 24.5t/h）。

b) 经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

#### （2）系统描述

蒸汽发生器排污系统分为排污水收集、冷却、减压、处理、回收或排放五部分，主要由热交换器、减压和流量控制阀、过滤器、离子交换器以及相应的管道和阀门等组成。

每台蒸汽发生器的排污水是靠两个径向对称的支管段在管板上收集的，并在其中的一根支管上设置一根取样接管，供取样分析用。两根支管在安全壳内合并后穿过安全壳。在安全壳外的排污管上设置了一根供蒸汽发生器保养用的氮气接管，并在每一根排污管上安装了一个无泄漏的隔离阀和一个手动流量控制阀，操作人员可以根据二次侧水质的好坏通过此阀控制排污量的大小。在功率运行时，排污量在 10~73.5 t/h 之间变化。

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热

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 $\mu$ m 的过滤器，然后通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为 25 $\mu$ m 的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

在反应堆冷却剂系统向二回路泄漏之后的一台或多台蒸汽发生器的疏水情况下，处理后的排污水不能返回到凝汽器，而排往液态流出物排放系统。

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

- 处理设施失效；
- 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

在处理设施失效的情况下，排污水要进行连续的放射性监测，然后再送到液态流出物排放系统。

### （3）系统运行

#### a) 正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热换热器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10~73.5t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

#### b) 特殊稳态运行

##### ① 使用非再生热换热器

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

##### ② 向常规岛液态流出物排放系统的排放

当向凝汽器的排污循环不可用时，排污将引向常规岛液态流出物排放系统的排放槽，进行分析后向环境排放，或者输送到废液处理系统待处理。

##### ③ 特殊瞬态运行



#### — 蒸汽发生器的疏水

当热交换器或减压阀失效时，可用临时接管旁通失效设备进行疏水，也可利用重力疏水，还可经过安全壳隔离阀下游的支路进行疏水。

#### — 蒸汽发生器传热管断裂

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

### 4.6.2.9 常规岛液态流出物排放系统（WQB）

#### （1）设计基准

本系统收集以下来源的液态流出物，经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境排放：

— 常规岛废液收集系统（WLC）的液态流出物：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。

— TTB 系统排放的液态流出物。

— 其它：如 WQB 泵房间（QB201）地坑内的废液。

— 在异常情况下，WQB 系统的贮槽在三个 ZLD 系统的排放槽充满时收集核岛排放的液态流出物。

当要求延迟排放或当取样分析或辐射监测系统（IRM）监测到液态流出物的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存液态流出物；

将超过允许排放限值的液态流出物输送至废液处理系统（ZLT）处理。

#### （2）系统描述

本系统设置三个废液排放槽 WQB001/002/003BA，排放槽置于滞留池内，滞留池的容量大于三个排放槽同时溢出量。三个排放槽中一个用于接收液态流出物，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，另一个用于备用。

每个排放槽配有一台排放泵 WQB001/002/003PO，用于在取样和分析之前搅拌槽内液态流出物，也用于废液排放或将废液送回废液处理系统（ZLT）重新处理。

地坑泵 WQB004PO 安装在泵房地坑 WQB001PS 内。地坑泵 WQB005PO 安装在滞留池地坑 WQB002PS 内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

各排放槽有一根共用的排放管及一根通往 ZLT 的旁路管，在排放管上装有一台辐射监测仪（IRM902MA）和受 IRM 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止回阀及一个累计流量计。

#### （3）系统运行

正常运行时，三个 WQB 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废

液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

排放管上的 IRM 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 ZLT 系统化学排水槽作再处理。

当 WQB 系统的贮槽不能接收废水时，ZLD 的备用贮槽将用于接收常规岛的废液。

#### 4.6.2.10 放射性废液排放源项

放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性浓度；
- 与液体放射性释放有关的电厂设备性能，特别是泄漏率和净化工序的去污因子等。
- 废液的运输、收集、滞留、处理期间的衰变。

液态放射性流出物排放源项分两种工况（现实和保守）考虑：现实工况假设整个循环中主冷却剂比活度都处于 0.1GBq/t I-131 当量下，其结果称为现实排放源项；保守工况假设整个循环主冷却剂比活度都处于 4.44GBq/t I-131 当量下，其结果称为保守排放源项。

液态放射性流出物的排放途径主要来自于硼回收系统、废液处理系统和二回路相关系统。

现实工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 1.02E+00GBq/a，液态氙为 39.3TBq/a，液态 C-14 为 10GBq/a；保守工况下一台机组除氙、C-14 外其他核素的排放量为 7.11E+00GBq/a，液态氙为 46.0TBq/a，液态 C-14 为 26.9GBq/a。

#### 4.6.3 放射性废气管理系统及源项

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

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

含氧放射性废气（含空气废气）主要来自核辅助系统，特别是三废处理系统中可能进入空气的各种贮槽的呼排气、吹扫气、鼓泡排气或抽气（保持负压）等，由核岛疏水排气系统集中收集在一根管路里，通过系统排气风机吸入废气处理系统（ZGT），经碘过滤器

处理后排到核辅助厂房通风系统（VNA）。含氧废气所含的放射性核素主要以气溶胶的形式存在，含有分子碘和有机碘等。

放射性废气处理系统主要包括：

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

#### 4.6.3.1 废气处理系统（ZGT）

##### （1）系统功能

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

ZGT 系统不直接履行安全功能。但由于 ZGT 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外并存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 ZGT 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

##### （2）设计基准

废气处理系统（ZGT）的设计基准如下：

— ZGT 系统提供足够的处理能力，使气态流出物中的放射性排放低于国家标准 GB 6249-2011《核电厂环境辐射防护规定》中规定的限值；

— ZGT 系统是按照中华人民共和国核安全法规中的有关规定进行设计，并且满足了国家标准 GB 9136-1988《轻水堆核电厂放射性废气处理系统技术规定》及 GB/T 22158-2008《核电站防火设计规范》的要求；

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

— ZGT 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成安全 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；

— ZGT 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气分析仪防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。

— ZGT 系统为单机组设置。主要设备位于 NX 厂房内。

### （3）系统组成

ZGT 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

#### a) 含氢废气子系统

含氢废气子系统的工艺流程图见图 4.6-5 (1/3)、4.6-5 (2/3)。

含氢废气主要是由氢气、氮气、衰变过程中产生的放射性惰性气体（例如 Xe, Kr）和碘等组成。

这类废气有如下两个来源：

① 来自装有反应堆冷却剂的容器，即反应堆冷却剂系统（RCS）的稳压器卸压箱、化学和容积控制系统（RCV）的容积控制箱和核岛疏水排气系统（RVD）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、两次。

② 来自硼回收系统（ZBR）的除气单元。这类气体流量小，约  $1.2\text{m}^3(\text{STP})/\text{h}$ ，但排气次数较多。

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。贮存期满后取样分析，如符合要求即可将废气排至 NX 厂房的通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱。

#### b) 含氧废气子系统

含氧废气子系统的工艺流程图见图 4.6-5(3/3)。

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成。

这类废气来自容器的排气（并可能含有放射性气体）。

该类废气由核岛疏水排气系统（RVD）收集于含氧废气母管中，进入本系统后经碘吸附器进行除碘处理后排至通风系统（VNA），经由 VNA 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

### （4）系统运行

#### a) 含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RVD 系统收集至缓冲罐（ZGT001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。

正常运行时，含氢废气压缩机（ZGT001/002CO）可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

① 当缓冲罐压力上升达到  $0.025\text{MPa}$ （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 0.03MPa（表压）时，第二台含氢废气压缩机自动启动。

③ 在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.005MPa（表压）时，正在运行的压缩机停运。

压缩后的气体经由压缩气体冷却器（ZGT001/002RF）冷却后，送至衰变箱（ZGT002/003/004/005BA）。

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

在向烟囱排放前，衰变箱内的废气要进行取样分析和在线监测，测其放射性浓度等与安全排放有关的参数。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气排放。

如果 VNA 系统碘吸附器出现故障，NX 厂房的烟囱放射性超过阈值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则自动停止排放。衰变箱内压力低于 0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在 5~84 个小时内以预定的流量排放到 NX 厂房 VNA 系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

在衰变箱排放总管上还设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放阈值时，发出报警信号，并连锁关闭排放阀 028/029VY，废气停止排放。

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

#### b) 含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当第一台风机停运后，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 VNA 系统的主排风稀释后，排向 NX 厂房的烟囱。

### 4.6.3.2 核岛厂房通风系统（HVAC）

#### （1）设计目的

通风系统对每个厂房进行采暖、通风与空调，以提供一个良好的室内环境，确保人员

的安全健康以及设备的有效运行。

核岛厂房处理带放射性空气的主要通风系统如下：

— 反应堆厂房

安全壳连续通风系统（CCV）

安全壳空气净化系统（CUP）

安全壳大气监测系统（CAM）

安全壳换气通风系统（CSV）

环形空间通风系统（CAV）

— 安全厂房

安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

— 核燃料厂房

核燃料厂房通风系统（VFL）

— 核辅助厂房

核辅助厂房通风系统（VNA）

— 核废物厂房

核废物厂房通风系统（VRW）

通风设计中所用的最小换气次数是由以下受控区的类别确定的：

— 高污染的房间每小时换气次数为 4 次；

— 轻微污染的房间每小时换气次数为 2 次；

— 没有沾污的房间每小时换气次数为 0.5 次。

一些高度危险区的排风量计算依据如下：

— 蓄电池房间每小时换气次数为 12 次；

— 有氢危险的房间按稀释氢气浓度进行计算。

（2）总的设计特性

在污染区内，气流组织是从潜在低污染区流向潜在高污染区。

每个厂房的通风系统，敷设排风管路时，应使排风口尽可能远离新风进风口。

从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环。

没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中。

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

在厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）分别备有 1E 级的 AC 电源。

有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如支吊架、基座等。设备安装符合空间的可达性、运行和维修计划的要求。

（3）通风系统使用的各种过滤设备说明如下：

进风预过滤器

为送风气流中的大气除尘设置了预过滤器。这些过滤器的效率较低，但至少为 85%。

排风预过滤器

排风预过滤器设在高效过滤器（或 HEPA 过滤器）上游，用来收集气流中粗颗粒灰尘，以提高高效过滤器的使用寿命，这些过滤器效率至少为 85%。

高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒灰尘。其效率至少为 95%。

高效粒子空气过滤器（HEPA）

高效粒子空气过滤器用来捕集气流中超细小的颗粒灰尘。这些过滤器净化系数至少为 3000。

过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。除非另有说明，过滤器介质使用玻璃纤维材料。单元过滤器放在碳钢涂漆的框架上或放在密封过滤小室（或箱体）中。

碘吸附器

碘吸附器用于不同的 HVAC 系统，用来吸附气流中气载放射性碘。这些过滤器吸附分子碘的净化系数至少为 5000。

碘吸附器采用的是 III 型碘吸附器，吸附介质是含 1%KI 的活性炭。

（4）主要通风系统如下：

a) 安全壳连续通风系统（CCV）

反应堆正常运行时，需要由 CCV 系统冷却安全壳内的设备。

除设有独立通风的堆坑和控制棒驱动机构的热负荷外（见 CPV 和 RRV 系统），CCV 系统所考虑热负荷主要来自反应堆厂房内的设备。为使混凝土内应力低于容许极限，混凝土的内外温差不得超过 40℃。在反应堆厂房内，CCV 系统作为一个再循环系统运行。

b) 安全壳空气净化系统（CUP）

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

CUP 系统取用 CCV 系统的部分空气，经高效粒子空气过滤器（HEPA）和碘吸附器进行净化来确保其功能。为了防止 CUP 高效空气粒子过滤器（HEPA）过早阻塞，空气取自 CCV 送风干管，使其能利用安全壳连续通风系统（CCV）的预过滤器。只有在污染情

况下，工作人员进入安全壳之前或进入期间才启动 CUP 系统。为维修人员提供保证安全工作的条件。

CUP 系统从控制室手动操作。

CUP 系统由安装在混凝土小室内的净化机组和混凝土小室外两台循环风机组成。

净化机组由一个容量为 100% 的净化回路组成，包括：

- 电动隔离阀；
- 电加热器；
- 高效空气粒子过滤器（净化系数 > 3000）；
- 碘吸附器（净化系数（对分子碘） > 5000）；
- 手动平衡阀。

两台容量为 100% 冗余配置的风机并联。每台风机后设止回阀，风机前设隔离阀。当 CUP 系统运行时，两台风机中一台及净化机组运行。

#### c) 安全壳空气监测系统（CAM）

CAM 系统由以下四个子系统组成：

- 混合子系统，在 LOCA 后作为安全壳大气的循环系统运行。
- 小扫气子系统是直流系统，在反应堆正常运行期间，它确保安全壳大气的净化，

使排风经过高效粒子空气过滤器（HEPA）和碘吸附器的过滤。其功能为：

降低安全壳内空气放射性水平；

在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差。

安全壳密封试验后，当相对压力低于 0.01MPa 时，进行安全壳排气。

- 泄漏试验子系统，使用压缩空气系统（WAS）的空气给安全壳加压。
- 安全壳大气监测子系统。本系统能够完成下述功能：

监测安全壳大气的温度和压力。

用 IRM（电厂辐射监测系统）辐射监测设备监测安全壳的空气放射性污染水平。

#### d) 安全壳换气通风系统（CSV）

每个机组的反应堆厂房中，CSV 系统设计成：

- 在冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供合适的环境温度。
- 减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便在冷停堆期间尽可能快地允许工作人员持续进入。

- 机组停运期间，维持疏水含氧废气罐（RVD 002BA）处在轻微负压状态下。



CSV 系统是直流式通风系统，从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（VNA）排至烟囱后向大气排放。

e) 环形空间通风系统 CAV

CAV 系统是连续运行的，保证内外壳之间空间（环形空间）的负压，保证来自内层安全壳内部的空气在排放前经过过滤，避免被污染的空气直接流向环境。

在事故后为减少释放到周围环境中的放射性，设置了两个系列的碘排风子系统（一用一备），满足单一故障准则，并接有应急电源。

CAV 系统组成如下：

- 带有隔离阀和防火阀的排风管；
- 一个正常排风子系统；
- 两个碘排风子系统；
- 共用静压箱的密封连接的风管。

CAV 包括以下两个子系统：

1) 正常排风子系统由一台预过滤器（过滤效率：85%）、一台高效粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）和配有逆止阀的排风机组成。

2) 两个碘排风子系统的组成均包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；
- 一台碘吸附器（净化系数（对分子碘） $>5000$ ）；
- 一台 100%容量并联的排风机，并配有逆止阀。

f) 安全厂房机械设备区通风系统（VMO）

在正常运行期间，VMO 系统为直流式通风系统，对安全厂房机械设备区进行通风。在事故工况下，VMO 系统以低流量碘排风过滤系统运行。

VMO 系统最小换气次数大于 1 次/时。

VMO 系统的功能是为了保证安全厂房机械设备区的通风换气，在设备维修和定期试验时，保持电动机房的压力稍高于相应泵房的压力，以防电动机房被污染。即：

- 防止放射性产物释放到环境中去；
- 在安全壳喷淋系统（CSP）和安注系统（RSI）运行期间，容许维修人员进入。

VMO 系统由控制室远距离控制。

VMO 系统的正常通风子系统组成如下：

— 两台并联连接的 50% 容量的空气处理机组（过滤器、冷却盘管、送风机），配有止回阀；

- 两台并联排风过滤器（预过滤器、高效粒子过滤器）；
- 三台循环冷却机组（冷却盘管、送风机）；
- 两台并联连接的 50% 容量的排风机，配有止回阀；
- 送、排风管道；
- 防火阀。

VMO 系统的低流量排风子系统组成如下：

- 两台串联的 100% 容量的加热器；
- 排风过滤器（高效粒子过滤器、碘过滤器）；
- 两台并联连接的 100% 容量的排风机，配有止回阀；
- 排风管道；
- 防火阀。

#### g) 核燃料厂房通风系统（VFL）

在正常运行期间，VFL 系统是直流式的全新风系统。

在事故工况下，VFL 系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在 LOCA 情况时，低流量排风与-5.30m 以下房间的通风相连接。

系统设置满足单一故障准则，当任一系列出现故障时，系统的设计都能保持其功能。同时，事故工况下使用的低流量排风子系统设有应急电源。

VFL 系统由控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100% 容量并联的机组，每个机组包括：

- 两台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 两台高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）；
- 两个阻塞补偿阀；
- 两台 100% 容量并联的排风机，装有逆止阀；
- 一支通向烟囱的排气管，配有两个冗余设置的快速关闭阀门，在事故时把系统与室外隔离。

#### h) 核辅助厂房通风系统（VNA）

VNA 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

- 反应堆正常运行期间，维持核辅助厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备

运行或工作人员的健康要求；

- 按辐射防护分级，限制房间中的气溶胶放射性水平，以便人员进入；
- 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；
- 减少释放到大气环境中的放射性污染物的浓度；
- 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 当冷停堆时，确保安全壳换气通风系统（CSV）所需要的风量及过滤要求；

— 在厂房火灾的情况下，从核辅助厂房的电气房间排烟。

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VNA 系统由送风机组、无碘污染房间的排风机组（称“正常排风”）、潜在碘污染房间的排风机组（称“碘排风”）、排烟机组、送风管道和排风管道及烟囱组成。

#### ① 正常排风机组

正常排风机组由以下部件组成：

- 四台并联的预过滤器（过滤效率：85%）（三用一备）；
- 四台并联的高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）（三用一备）；
- 四台 50% 冗余设置的风机，并联连接，并配置逆止阀（两用两备）；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

#### ② 碘排风机组

两个容量为 100% 的冗余机组，并联连接，每个机组的组成如下：

- 两台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）；
- 一台碘吸附器（净化系数>5000）；
- 一台配有逆止阀的风机；
- 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

#### ③ 排烟机组

排烟机组的组成：

- 一台过滤器机组，包括一台预过滤器（过滤效率：85%）和一台高效粒子空气过滤器（净化系数>3000）；
- 两台 100% 容量并联连接的风机，并配置逆止阀；

— 连接电气房间的排烟的管道，并配置排烟阀。

#### ④ 排风烟囱

排风烟囱固定在反应堆厂房上，烟囱的顶标高为 76.53m，高出反应堆厂房 3m。

在烟囱中设有一个监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

#### ⑤ 特殊措施

在输送硼酸的设备间安装了电散热器和电加热器，以防止发生任何结晶的可能。

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

#### i) 核废物厂房通风系统（VRW）

VRW 系统为直流式通风系统，连续运行，系统功能如下：

— 反应堆正常运行期间，维持核废物厂房的室内温度在规定的范围内，以满足设备运行和工作人员的健康要求；

— 控制空气从潜在低污染区流向潜在高污染区；

— 当机组运行时，维持厂房内的压力略低于大气压力，以控制厂房中的放射性气溶胶泄漏最少，并保证通过烟囱排放；

— 在厂房火灾的情况下，从核废物厂房的电气房间排烟；

房间的空气流量是根据设备和照明的散热量或用最少的换气次数计算而得。

VRW 系统由正常送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统和排烟子系统组成。

#### ① 正常送风子系统

正常送风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的送风管路组成，每台空调机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效过滤器（净化系数>3000）；

— 一台配有止回阀的风机。

#### ① 正常排风子系统

正常排风子系统由 2 台 100%容量空调机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管路组成，每台空调机组包括：

— 一台预过滤器（过滤效率：85%）；

— 一台高效空气粒子过滤器（净化系数>3000）；

— 一台配有止回阀的风机。

#### ② 碘排风子系统

碘排风子系统由 2 台 100%容量的机组（一用一备）以及配有平衡阀、隔离阀和防火阀的碘排风管路组成，每台机组包括：

- 一台电加热器；
- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；
- 一台碘吸附器（净化系数 $>5000$ ）；
- 一台配有止回阀的风机。

当排除不含碘的气体时，可由旁通管跨越碘吸附器运行。

### ③ 排烟子系统

排烟子系统由 1 台 100%容量的机组以及配有排烟阀的排烟管路组成，机组包括：

- 一台预过滤器（过滤效率：85%）；
- 一台高效空气粒子过滤器（净化系数 $>3000$ ）；
- 两台 100%容量并联连接的风机，并配置止回阀。

#### 4.6.3.3 放射性废气排放源项

气载放射性流出物主要来源于主冷却剂脱气（含氢废气）和各厂房的通风排放（含氧废气），具体为：

- 废气处理系统；
- 反应堆厂房通风；
- 辅助厂房通风；
- 核废物厂房通风；
- 燃料厂房通风；
- 二回路相关系统的排放

气载放射性流出物排放源项也分现实排放源项和保守排放源项两种方法考虑，计算中使用主冷却剂比活度的假设与液态同。

现实工况下一台机组的惰性气体排放量为  $1.04\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $9.10\text{E}-03\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $4.68\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $3.93\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $220\text{GBq/a}$ ；保守工况下一台机组的惰性气体排放量为  $5.74\text{E}+04\text{GBq/a}$ ，气载碘的排放量为  $7.06\text{E}-01\text{GBq/a}$ ，气载粒子的排放量为  $9.36\text{E}-02\text{GBq/a}$ ，气态氙的排放量为  $4.60\text{E}+03\text{GBq/a}$ ，气态 C-14 的排放量为  $366\text{GBq/a}$ 。

#### 4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

#### 4.6.4.1 固体废物处理系统（ZST）

##### 4.6.4.1.1 系统功能

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

本系统处理下列几种类型的废物：

——废树脂；

——废活性炭；

——浓缩液；

——废过滤器芯；

——杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）。

废树脂由下列系统的除盐器产生：化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（ZBR）、蒸汽发生器排污系统（TTB）、反应堆换料水池及乏燃料水池冷却和处理系统（RFT）和废液处理系统（ZLT）。

废活性炭产生自 ZLT 系统工艺废液处理的深床过滤器。

浓缩液来自 ZLT 系统的蒸发器。

废过滤器芯来自核辅助厂房（NX）内 RCV、ZBR、RFT 和 TTB 系统和核废物厂房（QX）内 ZLT 系统的水过滤器。

控制区产生的杂项干废物由可压实废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等）和不可压实的金属部件组成，收集在塑料袋内。

##### 4.6.4.1.2 设计基准

经固体废物处理系统收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物达到适宜运输、贮存和处置的要求。

固体废物处理系统设有屏蔽，使运行人员和公众所受的辐照剂量率不超过允许限值，并对各种放射性物质进行隔离、密封或包装，防止其泄漏到环境中。

##### 4.6.4.1.3 系统描述

###### （1）ZST 系统组成

本工程的 ZST 系统由核辅助厂房（NX）内部分、核废物厂房（QX）内部分、废物处理中心（QS）内部分及固体废物暂存库（QT）组成。根据不同类型废物的性质分别对其进行处理。

###### （2）废物处理工艺描述

ZST 系统对各种固体废物根据各自的性质进行处理。

ZLT 系统产生的浓缩液收集在 QX 厂房的浓缩液贮槽中，随后装入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至 QT 库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到 QS 厂房的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在 QS 厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至 QT 库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。

正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NX 厂房直接装入 200L 钢桶。然后，送到固体废物暂存库贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中，然后送到 QS 厂房进行烘干后装入 200L 金属桶。

将 NX 厂房和 QX 厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS 厂房。废过滤器芯在 QS 厂房装入 200L 钢桶进行水泥固定，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至 QT 库暂存。

通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控。

### （3）固体废物暂存库（QT）

固体废物暂存库（QT）用于暂存六台机组五年产生并经处理整备后的放射性固体废物包，并作为轻微污染大尺寸低放废物、通风过滤器芯、TTB 废树脂桶的临时贮存场所。放射性固体废物在核废物厂房（QX）和废物处理中心（QS）处理后，形成 200L 桶装废物，转运至 QT 库。

QT 库分为灌浆区、贮存区、人员工作区和辅助设施区四部分。

灌浆区包括灌浆设备及原料贮存间、HIC 空桶贮存区和灌浆区，将装有处理后的废树脂、废活性炭或浓缩液的 200L 钢桶装入混凝土高完整性容器（HIC）中再进行贮存。

贮存区分为“HIC 废物包贮存室”、“HIC 废物包贮存区”、“200L 废物桶贮存室”、“200L 废物桶贮存区”和轻微污染废物贮存部分。表面剂量率  $>2\text{mSv/h}$  的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存室和 HIC 废物包贮存室；表面剂量率  $\leq 2\text{mSv/h}$  的 200L 钢桶和 HIC 废物包分别贮存在 200L 废物桶贮存区和 HIC 废物包贮存区。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成。200L 废物桶贮存室每个贮存单元能够容纳 5 个垂直码放的 200L 金属桶，HIC 废物包贮存室每个贮存单元能够容纳 4 个垂直码放的 HIC 废物包。每个贮存单元上方均覆有金属防护盖板。TTB 废树脂桶贮存区用于贮存盛有轻微污染的 TTB 废树脂的钢桶。轻微污染设备贮存区用于存放外形尺寸小于  $1.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 、重量小于 5t 的

轻微污染设备。

贮存的放射性废物贮存一定年限后（不超过 5 年），转运到放射性固体废物处置场进行处置。

#### 4.6.4.1.4 系统运行

##### （1）浓缩液

浓缩液收集于 QX 厂房的浓缩液贮槽内，随后用浓缩液泵装入 200L 钢桶进行桶内干燥，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车运送到 QT 库装入混凝土 HIC 后暂存。

##### （2）废树脂和废活性炭和浓缩液的处理

对于废树脂和废活性炭，用水力将废树脂和废活性炭输送至 NX 厂房的废树脂贮槽，再用废树脂运输车运送到 QS 厂房废树脂接收槽。最后将废树脂和废活性炭用锥形干燥器干燥后装入 200L 钢桶，转运至 QT 库装入混凝土 HIC 后暂存。

##### （3）废过滤器芯的处理

废过滤器芯是用一个过滤器芯更换转运容器（衬铅容器）来拆卸的，拆卸后通过下降通道装入事先放置在辘道上的 200L 钢桶中，钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯定位，并保证均匀的生物防护，再通过屏蔽运输车和辘道送到水泥固定装置进行水泥固定。为确保水泥浆分布均匀，可以将容器放在振动台上振动几分钟。处理后产生的钢桶废物包送到 QT 库暂存。

##### （4）杂项干废物装桶

杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到 QS 厂房干废物处理部分进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的废物包送到 QT 库暂存。

##### （5）废物包暂存

废物暂存库设有检测装置用于检测入库废物包表面剂量率、核素组成、重量和表面污染，然后，对废物进行分区存放。

#### 4.6.4.1.5 放射性固体废物整备前后的活度水平

##### （1）浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯的源项

浓缩液、废树脂和废活性炭源项计算依据的主冷却剂裂变产物源项分为（1）现实工况：法国运行电厂约 200 个堆年正常运行时活度的平均值，I-131 当量约为 0.55GBq/t；（2）设计工况：法国同类电厂约 200 个堆年正常运行的最大值，I-131 当量约为 4.4GBq/t。对于活化腐蚀产物，也考虑现实工况和设计工况两类，现实工况基于运行经验反馈数据的平均值，设计工况基于经验反馈数据的最大值。



经分析，在分析固体废物源项的过程中，现实工况对应的主冷却剂源项能够在一定的保守范围内，反映机组正常运行过程中的现实状态。因此，在分析固体废物源项的过程中，可以考虑用于固体废物现实源项的分析。

设计工况对应的主冷却剂源项能够在一定的范围内，包络机组运行过程中可能出现的各种预期运行事件。因此，在分析固体废物设计源项的过程中，可以考虑用于固体废物设计源项的分析，该设计源项可用于固体废物总量估算以及废物管理的辅助决策，而不用于辐射屏蔽设计。

结合现实源项和设计源项的考虑，对 ZBR、ZLT、RCV、RFT 和 TTB 系统产生的放射性废物采用现实源项和设计源项进行了分析和计算，确定了上述系统浓缩液、废树脂、废活性炭和废过滤器芯整备前后的活度水平。

## （2）杂项干废物

核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（受污染的工作服、纸、擦拭布、塑料和金属部件等），“华龙一号”核电厂单台机组年产生杂项干废物产量设计值为  $140\text{m}^3$ ，其中  $119\text{m}^3$  为可压实干废物， $21\text{m}^3$  为不可压实干废物。它们在产生地分类收集在塑料袋内后送到 QS 厂房压实装桶或装桶水泥固定。

根据国内核电站的运行数据得出杂项干废物（包括可压实废物和不可压实废物）的放射性水平，取  $1.5\text{E}+06\text{Bq/kg}$  作为处理前杂项干废物的设计源项，取  $7.50\text{E}+05\text{Bq/kg}$  作为处理前杂项干废物的现实源项。

根据国内核电厂统计数据，假设可压实干废物处理前密度为约  $150\text{kg/m}^3$ ，采用超级压实工艺处理，则处理后可压实干废物的比活度设计值为  $6.04\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为  $3.02\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

不可压实废物直接进行水泥固定处理，假设不可压实废物堆积密度为  $500\text{kg/m}^3$ ，则处理后不可压实废物的比活度设计值为  $3.00\text{E}+05\text{Bq/kg}$ ，现实值为  $1.75\text{E}+05\text{Bq/kg}$ 。

### 4.6.4.2 废物最小化

#### 4.6.4.2.1 废物最小化原则

在核电厂设计、建造、运行和退役过程中，通过废物的源头控制、再循环与再利用、清洁解控、优化废物处理和强化管理等措施，经过代价利益分析，使最终放射性固体废物产生量（体积和活度）可合理达到尽量低。

核电厂废物最小化应以确保安全为前提，以废物处置为核心，通过技术和管理措施实现废物最小化，遵循源头控制优先、全过程管理、全员责任和持续优化的原则。

#### 4.6.4.2.2 设计阶段的废物最小化

##### 4.6.4.2.2.1 控制放射性废物产生的设计措施

— 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。

— 使用较大离子交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。

— 废树脂按放射性水平分类收集，较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中贮存衰变一段时间后再进行烘干处理。蒸汽发生器排污系统（TTB）产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到 QT 库的专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，进行清洁解控。

— 将干废物根据不同的性质进行分类处理。浸湿的可压实杂项干废物先进行烘干，然后作为可压实杂项干废物处理；可压实杂项干废物经过初级压实和超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；可直接超级压实废物经过超级压实后装入 200L 钢桶水泥固定；不可压实废物装入 200L 钢桶水泥固定。

— 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在 QT 库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

— 对符合豁免或清洁解控条件的废物及时申请豁免或解控。

— 加强防护用品重复使用管理，减少可压实废物的产生量。

— 尽量对放射性污染的工具、零件、防护用品等物品去污，回收利用。

##### 4.6.4.2.2.2 废物处理工艺中实现废物最小化的措施

— 浓缩液、废树脂和废活性炭采用减容效果更为明显的处理工艺。浓缩液装入 200L 钢桶进行桶内干燥，减容比为 3.4；然后装入混凝土 HIC；废树脂和废活性炭用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，减容比为 1.9；然后装入混凝土 HIC。装入混凝土 HIC，废物包增容比为 3.5。

— RCV、ZBR、RFT、ZLT 和 TTB 系统使用尺寸较小的过滤器芯，ZST 系统使用 200L 钢桶作为废过滤器芯水泥固定的包装容器，减小废过滤器芯水泥固定后废物包的体积。

本工程废物最小化的管理目标值是：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）为约  $85.5\text{m}^3$ ，每年每台机组产生的废物包的预期值为约  $38.8\text{m}^3$ 。

#### 4.6.4.3 废物最终处置

计划每两年向规划中的放射性废物区域处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为福

建漳州核电厂的放射性废物暂存库（QT），运输终点为规划中的放射性固体废物区域处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，由于目前阶段区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

#### 4.6.5 乏燃料贮存系统

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

##### 4.6.5.1 系统描述

乏燃料组件从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车吊运乏燃料组件，垂直存放在水下的乏燃料贮存格架中。破损的燃料组件装入破损燃料组件贮存小室内存放。需要定量检查辐照燃料组件的破损程度时，采用离线啜吸检测装置进行检测。当乏燃料组件贮存一定时间需要外运时，将组件装入乏燃料运输容器，经过清洗，检查乏燃料容器的表面辐射水平和污染水平满足运输标准规定后，可运往乏燃料后处理厂。

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道是隔离的，只有换料时才打开。

乏燃料贮存水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料贮存水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区。Ⅰ区用于装载新燃料组件、破损燃料组件、未达到规定燃耗限值的乏燃料组件和换料时全堆芯的燃料组件。Ⅱ用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满含硼水，以保证乏燃料贮存水池内燃料组件的冷却和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料贮存水池的另一侧是容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

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

##### 4.6.5.2 设计准则

乏燃料贮存设计按 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》相关章节的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

（1）乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行故障期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态。在设计中摒除了事故工况下置信部分水池中可溶硼的方法来保证临界安全，即在 I 区贮存格架装载最高预期富集度的新燃料组件，而 II 区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，有效增殖系数  $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ；

（2）乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

（3）防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

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

（5）贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

（6）必须提供贮存破损燃料组件的设施；

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

（8）应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

（9）乏燃料贮存格架的材料应与环境相容，应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化，应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

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

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

（12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施；

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

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

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

定。

#### 4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的冷却和处理系统用于保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为反应堆换料水池、堆内构件存放池、乏燃料贮存水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

##### （1）系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

当反应堆冷却剂系统打开，且余热排出系统完全失效时，反应堆换料水池及乏燃料贮存水池冷却和处理系统可作为余热排出系统的备用。这种备用同样允许对余热排出系统进行维修，而不降低装置的安全水平。

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

##### （2）系统的设计基准

该系统设有两台同样的泵；由柴油发电机组作为它们的应急电源。泵之间的切换或电源之间的切换均采用手动方式。

乏燃料贮存水池冷却系统的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

#### 4.6.6 差异性分析

##### 4.6.6.1 放射性源项差异性分析

本小节与原报告无差异。

##### 4.6.6.2 放射性废液管理系统及源项差异性分析

与漳州一期工程相比，本项目放射性废液处理系统无变化。本工程运行状态下的液态排放源项，根据漳州 1、2 号的设计进展以及审评要求，优化了模型和参数。

##### 4.6.6.3 放射性废气管理系统及源项差异性分析

与漳州一期工程相比，本项目放射性废气处理系统无变化。本工程运行状态下的气态排放源项，根据漳州 1、2 号的设计进展以及审评要求，优化了模型和参数。

##### 4.6.6.4 放射性固体废物管理系统及源项差异性分析

与漳州一期工程相比，本项目放射性固体废物处理系统取消了可降解废物处理系统。

#### 4.6.6.5 乏燃料暂存系统差异性分析

福建漳州核电厂一期工程与本项目在乏燃料贮存系统采用的设计准则均需满足 HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》相关章节的要求，乏燃料贮存的设备结构、设备布置、工艺系统配置上无差异。

## 4.7 非放射性废物处理系统

### 4.7.1 化学污染物

4.7.1.1 节核电厂主要化学药剂的使用，本机组核电厂使用的主要非放射性化学物质的名称、用途、使用量等详见表 4.7-1。

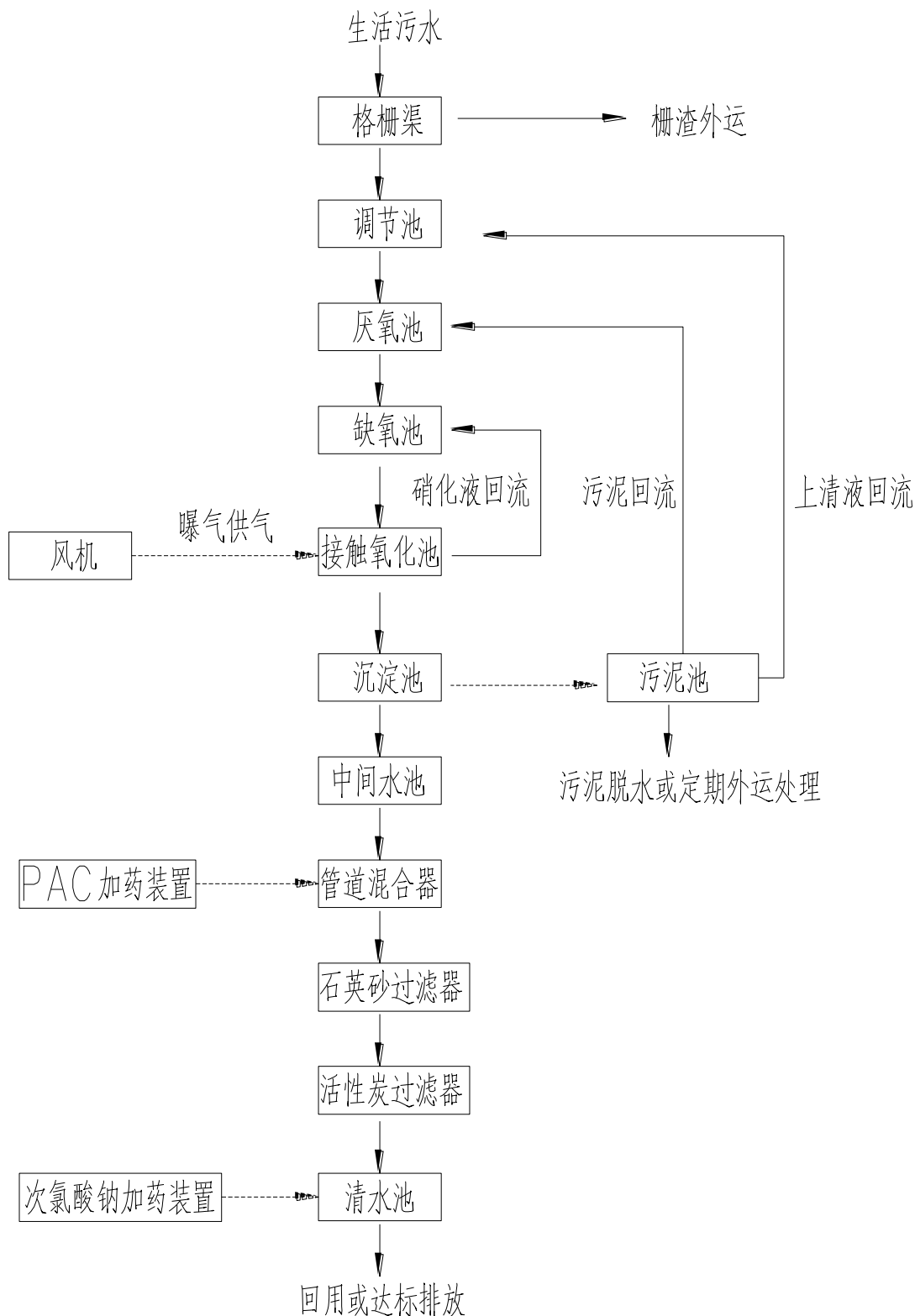
除盐水生产系统及循环水处理系统相关内容本报告与原报告无差异。

### 4.7.2 生活废物

漳州核电厂一期工程（华龙一号）产生的生活废物包括核电站非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程四台机组运行期间生活垃圾产生量约为 4.25 吨/天。

生活污水来自漳州核电厂一期工程（华龙一号）厂前区、主厂区的各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备以及洗衣房等处的非放射性生活污水的排水。1、2 号机组主厂区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED1），3、4 号机组主厂区的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED2）。生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。生活污水处理站（ED1）的设计规模为 900m<sup>3</sup>/d，生活污水处理站（ED2）的设计规模为 450m<sup>3</sup>/d。漳州核电厂一期工程（华龙一号）四台机组正常运行时生活污水产生量为 574m<sup>3</sup>/d，大修和启动时增加 203m<sup>3</sup>/d。生活污水处理站主要工艺流程图如下：



**4.7.3 其他废物**

本报告与原报告无差异。

**4.7.4 差异性分析**

(1) 根据项目最新进展，修改运行期生活污水收集、处理和生活污水处理站的相关描述。本节内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。



（2）二回路给水 pH 值调节剂由 99.6%NH<sub>3</sub> 调整为氨水+ ETA。

考虑液氨在使用中的危险性，并响应 2017 中核安委会第二次扩大会议要求，pH 值调节剂由氨调整为氨水。

考虑 ETA 与氨水混合使用，并响应 34 号改进项会议要求，使汽液两相达到合理平衡，并降低药剂添加量，pH 值调节剂补充 ETA。

（3）其他章节无差异。

## 4.8 放射性物质厂内运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

### 4.8.1 新燃料运输

#### 4.8.1.1 燃料供应

本项目采用陆路运输方式由燃料组件制造厂运至燃料厂房。

#### 4.8.1.2 新燃料运输容器

首循环 177 组燃料组件，总重量约 118.59 吨。平衡循环每次换料 72 组，总重量 48.08 吨。

新燃料运输容器特性：

- 货包类型 A (F)
  - 燃料组件装载后货包剂量率
- |            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| 货包表面       | $< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ |
| 离货包表面 1 米处 | $< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ |

新燃料运输容器由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

燃料组件供货数量，以及备用组件的数量，在业主和供货方的燃料供货合同中规定，新燃料平均年发运次数至少应满足平衡换料循环的要求。每台新燃料容器可装载 2 组新燃料组件，每台机组采用 36 台容器运输，每一年半运输一次，可满足要求。

### 4.8.2 乏燃料运输

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后，将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮

存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

本项目乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，平衡循环每 18 个月平均换料 72 组燃料组件，总重量 48.08 吨。按平衡换料数量考虑，使用装载 21 组组件的乏燃料运输容器，2 台机组用 3 台容器每年运 2 次方案可满足要求。乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

乏燃料运输的运输起点为本项目燃料厂房，运输终点为规划选址论证中的乏燃料后处理厂。如果后处理厂选在中核四〇四有限公司，运输方式拟采用公路运输，公路运输沿途主要经过漳州、南昌、武汉，沿京港澳高速经信阳、郑州，转连霍高速至西安，经兰州、武威、张掖、酒泉，最后运至中核四〇四有限公司。如果选在沿海地区，待厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

#### 4.8.3 放射性固体废物运输

漳州核电厂 3、4 号机组厂内运输的放射性废物包括废树脂、废活性炭、浓缩液、废过滤器芯和杂项干废物。

废树脂和废活性炭收集在核辅助厂房（NX）的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到核废物厂房（QS）的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在 QS 厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至放射性废物暂存库（QT）装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存；正常情况下 TTB 系统的废树脂仅受轻微放射性污染，在 NX 厂房直接装入 200L 钢桶。然后，送到固体废物暂存库贮存衰变，等待清洁解控。放射性水平异常的 TTB 废树脂收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中，然后送到 QS 厂房进行烘干后装入 200L 金属桶；

放射性废液处理系统产生的浓缩液收集在核废物厂房（QX）的浓缩液贮槽中，随后装入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至 QT 库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存；

NX 厂房和 QX 厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 QS 厂房。废过滤器芯在 QS 厂房装入 200L 钢桶进行水泥固定，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至 QT 库暂存；通风系统的废过滤器芯一般仅受轻微放射性污染，装入塑料袋送到固体废物暂存库进行贮存衰变，等待清洁解控；

杂项干废物用专用运输车运送到 QS 厂房，在分拣箱分拣成可压实干废物、需要烘干的潮湿干废物和不可压实废物进行处理：杂项干废物→分拣→烘干（必要时）→剪切（必要时）→初级压实→超级压实→水泥固定→封盖→表面剂量率和表面污染检测→运输 QT

库暂存。

漳州核电厂 3、4 号机组产生的放射性废物经处理后产生的废物包主要包括装有烘干废树脂和废活性炭或干燥浓缩液盐块的混凝土 HIC，装有经水泥固定的废过滤器芯以及经超级压实、水泥固定的杂项干废物的 200L 钢桶。厂外运输的是混凝土高完整性容器(HIC)废物包和 200L 钢桶废物包。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废物包可直接通过转运车辆运输；对于表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

计划每两年向规划中的放射性废物区域处置场运输一次（多批）废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为福建漳州核电厂的 QT，运输终点为规划中的放射性固体废物区域处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，公路运输的经验表明，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。由于目前阶段区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。放射性废物的处置将遵守国家的放射性废物处置政策。

在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB11806-2019《放射性物品安全运输规程》中的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。混凝土高完整性容器(HIC)的设计和制造满足 GB36900.2-2018《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》的要求。水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》的要求。

#### 4.8.4 差异性分析

##### 4.8.4.1 新燃料运输差异性分析

###### （1）燃料供应差异性分析

新燃料运输方式，福建漳州核电厂一期工程与本项目均采用陆路运输，没有区别，对环境的影响无差异。

###### （2）新燃料运输容器差异性分析

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，对环境的影响无差异。

##### 4.8.4.2 乏燃料运输差异性分析

福建漳州核电厂一期工程与本项目的乏燃料组件年平均运输量无差别，其选用的乏燃料运输容器的设计和制造均能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求，乏燃料运输的路线一致，对环境的影响无差异。

##### 4.8.4.3 放射性固体废物的运输差异性分析

本项目与福建漳州核电厂一期工程的放射性废物废物包年平均运输量无差别，运输过程中将严格遵守《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）的要求。

表 4.1-1 厂址主要技术经济指标表

序号	项目		单位	数量	备注
1	厂址总用地		hm <sup>2</sup>	202.05	1~6 号机组工程合计
	其中	陆域用地	hm <sup>2</sup>	144.05	其中租地 4.06
		填海造地	hm <sup>2</sup>	58.00	填海后形成的可利用陆域面积，不含护岸
2	3、4 号机组工程用地		hm <sup>2</sup>	53.20	
	其中	3、4 号机组厂区用地	hm <sup>2</sup>	22.80	控制区围栏内用地，其中填海 0.6720
		3、4 号机组其它用地	hm <sup>2</sup>	1.95	停车场、边角余地等
		3、4 号机组施工场地	hm <sup>2</sup>	28.45	利用 1、2 号机组已建施工场地
3	3、4 号机组排水暗涵长度		m	545	
4	土石方负挖量		万 m <sup>3</sup>	133	松散系数取 1.20，虚方量约 160
	土石方需求量		万 m <sup>3</sup>	138	混凝土骨料用量
	余方量		万 m <sup>3</sup>	22	用于施工围堰等
5	搬迁		人	无	

表 4.1-2 3、4 号机组建、构筑物一览表

分区	序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	基底面积 (m <sup>2</sup> )	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	备注
核岛厂房及其附属建筑	1	3/4	RX	反应堆厂房	2460	17241	
	2	3/4	SL	安全厂房 A 列	1151	8551	
	3	3/4	SR	安全厂房 B 列	1038	9471	
	4	3/4	LX	电气厂房	2486	22374	
	5	3/4	KX	燃料厂房	1376	13617	
	6	3/4	NX	核辅助厂房	2490	19912	
	7	8	QX	核废物厂房	1423	9257	
	8	3/4	AR	人员通行厂房	1180	6000	
	9	4	WX	连接厂房	306	1432	
	10	3/4	DA	应急柴油发电机厂房 A 列	318	2224	
	11	3/4	DB	应急柴油发电机厂房 B 列	318	2224	
	12	3/4	DU	SBO 柴油发电机厂房	181	181	
	13	3/4	KY	应急空压机房	223	446	
	14	3/4	FR	核岛消防泵房	394	1970	
	15	3/4	KP	核岛龙门架	346	-	
常规岛厂房及其附属建筑	16	3/4	MX	汽轮发电机厂房	8904	29031	
	17	3/4	PB	再生除盐水箱	52	-	
	18	3/4	PC	仪用压缩空气储气罐	4	-	
	19	3/4	FF	常规岛事故排油坑	54	-	
	20	3/4	TA	主变压器和降压变压器平台	501	-	
	21	8	TX	主变备用相平台	107	-	
放射性辅助生产设施	22	8	QA	核岛液态流出物排放厂房	1714	1720	
	23	8	QB	常规岛液态流出物排放厂房			
气体生产、储存	24	8	ZB	氢气贮存及分配站	680	680	
	25	8	ZC	空气压缩机房	425	425	
	26	8	ZA1	公共气体贮存区 1	313	83	

分区	序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	基底面积 (m <sup>2</sup> )	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	备注
	27	4	ZA2	公共气体贮存区 2	66	12	
冷却水设施	28	8	PX	联合泵房	7937	7937	
	29	8	HX	制氯站	635	635	
	30	8	CC	虹吸井	2134	-	
	31	8	GD3	排水暗涵	-	-	
其它辅助设施	32	8	BX1	生产检修办公楼	1500	6000	
	33	8	FS	污水系统油水分离器	242	510	
	34	0	ED2	污水处理构筑物 2	626	285	3~6 号机组共用
	35	8	JX	辅助变压器区域及公用 10kV 配电间	167	167	
	36	8	TF	10kV 公用配电站	302	302	
实物保护	37	8	UG	保卫控制中心	880	880	
	38	8	UA	控制区出入口	829	762	
	39	8	UD	保护区出入口	602	646	
	40	3/4	UV	核岛要害区出入口	307	307	
	41	8	UB	围栏	-	-	
室外管沟	42	3/4	DG	TA—TB 电缆沟	-	-	
	43	8	GJ	TD—JX 电缆廊道	-	-	
	44	3/4	GF1	TA—SL 电缆沟	-	-	
	45	3/4	GF2	SL—NX 电缆沟	-	-	
	46	3/4	GA	重要厂用水进水廊道	-	-	
	47	3/4	GS	重要厂用水排水管道	-	-	
	48	3/4	GD1	循环冷却水进水管道	-	-	
	49	3/4	GD2	循环冷却水排水管道	-	-	
	50	8	GB	综合技术廊道	-	-	
	51	8	GC	废液排放管沟	-	-	
室外工程	52	8	00	厂区室外工程	-	-	

注：机组代码中，3/4—3 号机组/4 号机组；8—3、4 号机组共用。



表 4.1-3 与 1、2 号机组共用设施一览表

序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	备注
1	0	TB	500kV 开关站	
2	0	TC	网控楼	
3	0	TD	220kV 开关站	
4	0	QS	废物处理中心	
5	0	QT	放射性固体废物暂存库	
6	0	QR	放射性废油暂存库	
7	0	VA	辅助锅炉房	
8	0	YA	除盐水生产厂房	
9	0	YB	除盐水储存罐	
10	0	OF	淡水厂	
11	0	OR	淡水蓄水池	
12	0	PF	厂区消防泵房	1~4 号机组
13	0	AC	放射性机修及去污车间	
14	0	AA	非放射性机修车间	
15	0	AF	电仪修及专用工具库	
16	0	AB	综合仓库	
17	0	AE	棚库	
18	0	AQ	龙门吊及环吊小车仓库	
19	0	AS	特种车辆库	
20	0	AY	移动电源车库	
21	0	YK	放射源库	
22	0	AX1	化学试剂库 1	
23	0	AX2	化学试剂库 2	
24	0	FC	润滑油和油脂库	
25	0	EL	洗衣房及浴室	
26	0	AL1	厂区实验楼	
27	0	AL2	监督性流出物实验室	

序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	备注
28	0	DY	厂址附加电源柴油发电机厂房	
29	0	FX	新燃料组件运输中转贮存场地	
30	0	EC5	厂区地下水监测井	
31	0	EY4	武警岗楼	
32	0	ED1	污水处理构筑物 1	
33	0	BA	综合办公楼	
34	0	AD	档案馆	
35	0	SA1	公共食堂	
36	0	EM	应急指挥中心	
37	0	EY1	武警营房	
38	0	EY2	消防站	
39	0	EY3	保安楼	
40	0	EA1	培训中心	
41	0	EI	宣传展览中心	
42	0	MG	车队管理楼	
43	0	AP	停车场及候车廊	
44	0	TH	厂前区变电站	
45	0	UN1	厂区南大门	
46	0	UN2	厂区北大门	
47	0	BX2	调试检修楼	
48	0	FL1	检修宿舍	
49	0	EC1	环境实验室	
50	0	EC2	监督性监测前沿站	
51	0	EC3	气象站	
52	0	EC4	环境监测站	
53	0	EC6	监督性监测子站	
54	0	EC7	工程水文监测站	
55	0	FL2	值班宿舍	
56	0	EP	公众信息中心	

序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	备注
57	0	CB	取水明渠（含导流堤）	
58	0	CD	排水明渠（含导流堤）	
59	0	KH1	厂区南护岸	
60	0	KH2	厂区东护岸	
61	0	KH3	厂区北护岸	
62	0	CQ	大件码头	
63	0	YF	磨石溪防洪排涝工程	
64	0	PT	淡水工程	
65	0	MR	主要进厂道路	
66	0	ER	次要进厂道路	

注：机组代码中，0 为全厂六台机组共用，特殊备注除外。

表 4.1-4 厂区主要技术经济指标表

序号	项目		单位	数量	备注
1	3、4 号机组厂区用地		hm <sup>2</sup>	22.80	控制区围栏内用地
	其中	主厂房区	hm <sup>2</sup>	15.60	
		冷却水设施区	hm <sup>2</sup>	1.45	
		辅助生产区	hm <sup>2</sup>	1.75	
		实物保护区	hm <sup>2</sup>	4.00	
3	主要 管道 长度	循环冷却水进水管道	m	600×2	
		循环冷却水排水管道	m	530×2	
		重要厂用水进水廊道	m	420×2	
		重要厂用水排水管道	m	740×2	
		废液排放管沟	m	630	
		综合技术管廊	m	2060	
		TA-TB 电缆沟	m	880	
		TD-JX 电缆沟	m	415	
4	厂区 围栏 长度	控制区围栏	m	780	
		保护区围栏	m	1500×2	
		要害区围栏	m	1430	不含外侧轻质隔离护栏
5	厂内 道路 用地	重型路	万 m <sup>2</sup>	1.85	
		轻型路	万 m <sup>2</sup>	1.02	

表 4.2-1 堆芯主要设计参数

主要参数	数值
NSSS 额定热功率/MWt	3190
堆芯额定功率/MWt	3180
燃料组件类型	CF3
燃料组件数目/组	177
堆芯高度/m	3.66
堆芯等效直径/m	3.23
初始堆芯富集度/%	1.8 / 2.4/ 3.1/ 3.9
平衡堆芯富集度/%	4.45/ 4.95
平均线功率密度/W/cm	181.2
冷却剂平均温度	310℃
堆芯控制棒数目/束	69
控制棒材料	Ag-In-Cd / S.S
初始堆芯可燃毒物材料	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -UO <sub>2</sub>
后续循环堆芯可燃毒物材料	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -UO <sub>2</sub>
平衡燃料循环长度/月	18
平均组件卸料燃耗/MWd/tU	~47000

表 4.2-2 CF3 燃料组件设计参数（冷态）

参数名称	参数值
栅元排列方式	17×17
棒中心距, mm	12.6
组件中心距, mm	215
组件外形尺寸（不包括压紧弹簧）, mm	214×214×4060
燃料棒数, 根/组件	264
导向管数, 根/组件	24
仪表管数, 根/组件	1
活性段高度, mm	3657.6
燃料棒长度, mm	3862.2
芯块材料	UO <sub>2</sub>
芯块高度, mm	13.46
芯块直径, mm	8.19
包壳外径, mm	9.5
包壳壁厚, mm	0.57
格架数, 个/组件	8+3
导向管外径, mm	12.45
导向管壁厚, mm	0.60
仪表管外径, mm	12.45
仪表管壁厚, mm	0.60

表 4.7-1 核电厂使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

化学物质名称	浓度或纯度	用途	年最大使用量	年平均使用量
NaClO	1814ppm	杀菌、防止海生物滋生	12876t	12344t
NaOH	32%	循环水处理系统清洗、酸碱中和	62m <sup>3</sup>	62m <sup>3</sup>
HCl	31%	循环水处理系统清洗、酸碱中和	62m <sup>3</sup>	62m <sup>3</sup>
NaOH	32%	除盐水生产系统再生、酸碱中和	81m <sup>3</sup>	78m <sup>3</sup>
HCl	31%	除盐水生产系统再生、酸碱中和	106m <sup>3</sup>	102m <sup>3</sup>
氨水	25%	调节除盐水生产系统 pH 值	400t	400t
ETA	99.5%	调节除盐水生产系统 pH 值	65t	65t
NaOH	32%	凝结水精处理系统再生、酸碱中和	356m <sup>3</sup>	356m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98%	凝结水精处理系统再生、酸碱中和	435m <sup>3</sup>	435m <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	99.6%	调节二回路给水 pH 值	368t	368t
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	51.2%	加药系统，二回路给水化学除氧	56t	56t
HNO <sub>3</sub>	65%	废液处理系统调节 pH 值、调节钠硼比		160L
NaOH	42%	废液处理系统调节 pH 值、调节钠硼比		200L
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	99.9%	控制反应性		7.34t <sup>①</sup>

注：①对于两台机组，核电厂 60 年寿期中，反应堆硼和水补给系统（RBM）使用硼酸总量是 220t。依此估算，平均每年使用硼酸 3.67t。

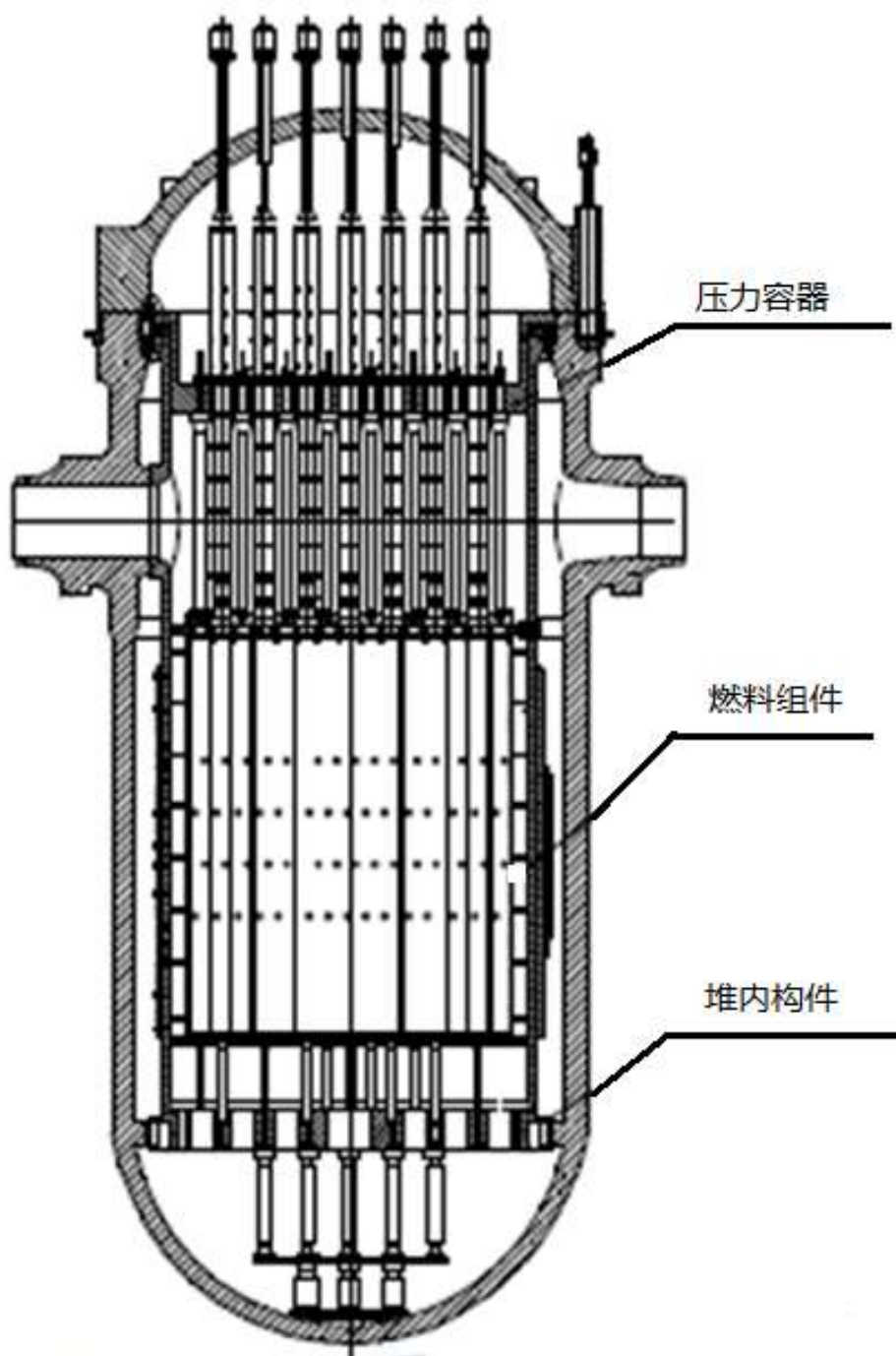


图 4.2-1 反应堆剖视图



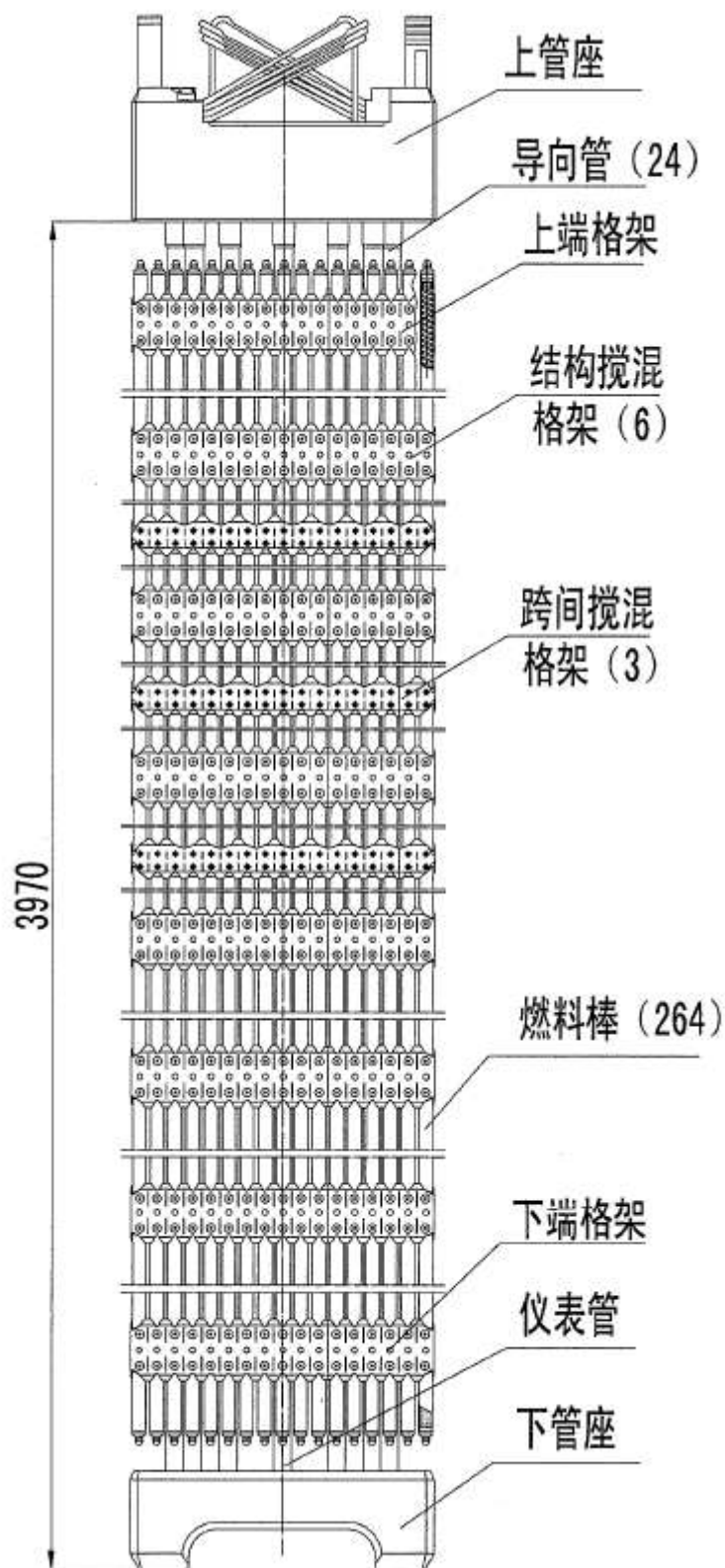


图 4.2-2 CF3 燃料组件结构图

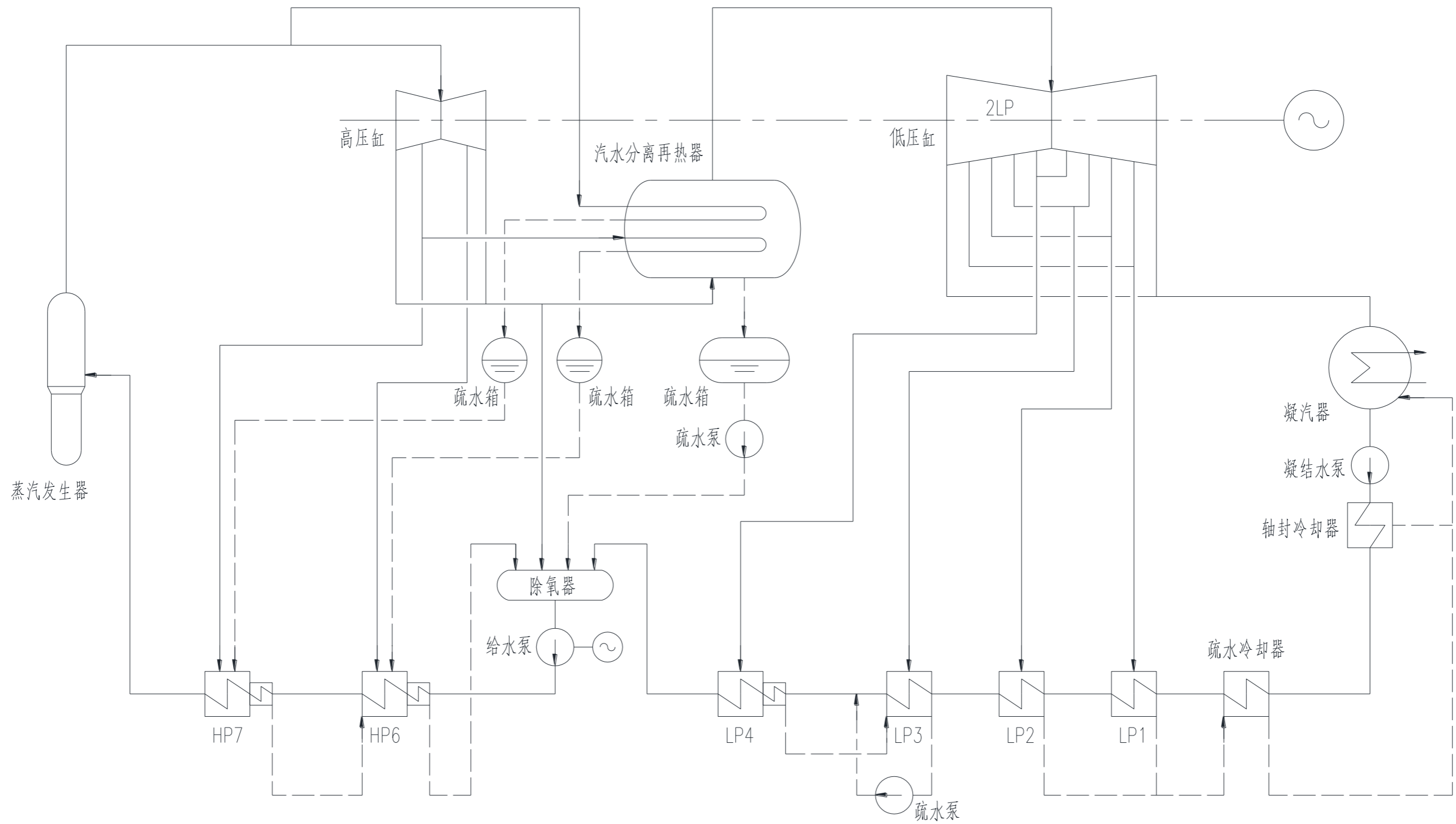


图 4.2-7 蒸汽-电力转换系统流程示意图

表 4.1-1 厂址主要技术经济指标表

序号	项目		单位	数量	备注
1	厂址总用地		hm <sup>2</sup>	202.05	1~6 号机组工程合计
	其中	陆域用地	hm <sup>2</sup>	144.05	其中租地 4.06
		填海造地	hm <sup>2</sup>	58.00	填海后形成的可利用陆域面积，不含护岸
2	3、4 号机组工程用地		hm <sup>2</sup>	53.20	
	其中	3、4 号机组厂区用地	hm <sup>2</sup>	22.80	控制区围栏内用地，其中填海 0.6720
		3、4 号机组其它用地	hm <sup>2</sup>	1.95	停车场、边角余地等
		3、4 号机组施工场地	hm <sup>2</sup>	28.45	利用 1、2 号机组已建施工场地
3	3、4 号机组排水暗涵长度		m	545	
4	土石方负挖量		万 m <sup>3</sup>	133	松散系数取 1.20，虚方量约 160
	土石方需求量		万 m <sup>3</sup>	138	混凝土骨料用量
	余方量		万 m <sup>3</sup>	22	用于施工围堰等
5	搬迁		人	无	

表 4.1-2 3、4 号机组建、构筑物一览表

分区	序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	基底面积 (m <sup>2</sup> )	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	备注
核岛厂房及其附属建筑	1	3/4	RX	反应堆厂房	2460	17241	
	2	3/4	SL	安全厂房 A 列	1151	8551	
	3	3/4	SR	安全厂房 B 列	1038	9471	
	4	3/4	LX	电气厂房	2486	22374	
	5	3/4	KX	燃料厂房	1376	13617	
	6	3/4	NX	核辅助厂房	2490	19912	
	7	8	QX	核废物厂房	1423	9257	
	8	3/4	AR	人员通行厂房	1180	6000	
	9	4	WX	连接厂房	306	1432	
	10	3/4	DA	应急柴油发电机厂房 A 列	318	2224	
	11	3/4	DB	应急柴油发电机厂房 B 列	318	2224	
	12	3/4	DU	SBO 柴油发电机厂房	181	181	
	13	3/4	KY	应急空压机房	223	446	
	14	3/4	FR	核岛消防泵房	394	1970	
	15	3/4	KP	核岛龙门架	346	-	
常规岛厂房及其附属建筑	16	3/4	MX	汽轮发电机厂房	8904	29031	
	17	3/4	PB	再生除盐水箱	52	-	
	18	3/4	PC	仪用压缩空气储气罐	4	-	
	19	3/4	FF	常规岛事故排油坑	54	-	
	20	3/4	TA	主变压器和降压变压器平台	501	-	
	21	8	TX	主变备用相平台	107	-	
放射性辅助生产设施	22	8	QA	核岛液态流出物排放厂房	1714	1720	
	23	8	QB	常规岛液态流出物排放厂房			
气体生产、储存	24	8	ZB	氢气贮存及分配站	680	680	
	25	8	ZC	空气压缩机房	425	425	
	26	8	ZA1	公共气体贮存区 1	313	83	

分区	序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	基底面积 (m <sup>2</sup> )	建筑面积 (m <sup>2</sup> )	备注
	27	4	ZA2	公共气体贮存区 2	66	12	
冷却水设施	28	8	PX	联合泵房	7937	7937	
	29	8	HX	制氯站	635	635	
	30	8	CC	虹吸井	2134	-	
	31	8	GD3	排水暗涵	-	-	
其它辅助设施	32	8	BX1	生产检修办公楼	1500	6000	
	33	8	FS	污水系统油水分离器	242	510	
	34	0	ED2	污水处理构筑物 2	626	285	3~6 号机组共用
	35	8	JX	辅助变压器区域及公用 10kV 配电间	167	167	
	36	8	TF	10kV 公用配电站	302	302	
实物保护	37	8	UG	保卫控制中心	880	880	
	38	8	UA	控制区出入口	829	762	
	39	8	UD	保护区出入口	602	646	
	40	3/4	UV	核岛要害区出入口	307	307	
	41	8	UB	围栏	-	-	
室外管沟	42	3/4	DG	TA—TB 电缆沟	-	-	
	43	8	GJ	TD—JX 电缆廊道	-	-	
	44	3/4	GF1	TA—SL 电缆沟	-	-	
	45	3/4	GF2	SL—NX 电缆沟	-	-	
	46	3/4	GA	重要厂用水进水廊道	-	-	
	47	3/4	GS	重要厂用水排水管道	-	-	
	48	3/4	GD1	循环冷却水进水管道	-	-	
	49	3/4	GD2	循环冷却水排水管道	-	-	
	50	8	GB	综合技术廊道	-	-	
	51	8	GC	废液排放管沟	-	-	
室外工程	52	8	00	厂区室外工程	-	-	

注：机组代码中，3/4—3 号机组/4 号机组；8—3、4 号机组共用。

表 4.1-3 与 1、2 号机组共用设施一览表

序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	备注
1	0	TB	500kV 开关站	
2	0	TC	网控楼	
3	0	TD	220kV 开关站	
4	0	QS	废物处理中心	
5	0	QT	放射性固体废物暂存库	
6	0	QR	放射性废油暂存库	
7	0	VA	辅助锅炉房	
8	0	YA	除盐水生产厂房	
9	0	YB	除盐水储存罐	
10	0	OF	淡水厂	
11	0	OR	淡水蓄水池	
12	0	PF	厂区消防泵房	1~4 号机组
13	0	AC	放射性机修及去污车间	
14	0	AA	非放射性机修车间	
15	0	AF	电仪修及专用工具库	
16	0	AB	综合仓库	
17	0	AE	棚库	
18	0	AQ	龙门吊及环吊小车仓库	
19	0	AS	特种车辆库	
20	0	AY	移动电源车库	
21	0	YK	放射源库	
22	0	AX1	化学试剂库 1	
23	0	AX2	化学试剂库 2	
24	0	FC	润滑油和油脂库	
25	0	EL	洗衣房及浴室	
26	0	AL1	厂区实验楼	
27	0	AL2	监督性流出物实验室	

序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	备注
28	0	DY	厂址附加电源柴油发电机厂房	
29	0	FX	新燃料组件运输中转贮存场地	
30	0	EC5	厂区地下水监测井	
31	0	EY4	武警岗楼	
32	0	ED1	污水处理构筑物 1	
33	0	BA	综合办公楼	
34	0	AD	档案馆	
35	0	SA1	公共食堂	
36	0	EM	应急指挥中心	
37	0	EY1	武警营房	
38	0	EY2	消防站	
39	0	EY3	保安楼	
40	0	EA1	培训中心	
41	0	EI	宣传展览中心	
42	0	MG	车队管理楼	
43	0	AP	停车场及候车廊	
44	0	TH	厂前区变电站	
45	0	UN1	厂区南大门	
46	0	UN2	厂区北大门	
47	0	BX2	调试检修楼	
48	0	FL1	检修宿舍	
49	0	EC1	环境实验室	
50	0	EC2	监督性监测前沿站	
51	0	EC3	气象站	
52	0	EC4	环境监测站	
53	0	EC6	监督性监测子站	
54	0	EC7	工程水文监测站	
55	0	FL2	值班宿舍	
56	0	EP	公众信息中心	

序号	机组代码	代号	建、构筑物名称	备注
57	0	CB	取水明渠（含导流堤）	
58	0	CD	排水明渠（含导流堤）	
59	0	KH1	厂区南护岸	
60	0	KH2	厂区东护岸	
61	0	KH3	厂区北护岸	
62	0	CQ	大件码头	
63	0	YF	磨石溪防洪排涝工程	
64	0	PT	淡水工程	
65	0	MR	主要进厂道路	
66	0	ER	次要进厂道路	

注：机组代码中，0 为全厂六台机组共用，特殊备注除外。



表 4.1-4 厂区主要技术经济指标表

序号	项目		单位	数量	备注
1	3、4 号机组厂区用地		hm <sup>2</sup>	22.80	控制区围栏内用地
	其中	主厂房区	hm <sup>2</sup>	15.60	
		冷却水设施区	hm <sup>2</sup>	1.45	
		辅助生产区	hm <sup>2</sup>	1.75	
		实物保护区	hm <sup>2</sup>	4.00	
3	主要 管道 长度	循环冷却水进水管道	m	600×2	
		循环冷却水排水管道	m	530×2	
		重要厂用水进水廊道	m	420×2	
		重要厂用水排水管道	m	740×2	
		废液排放管沟	m	630	
		综合技术管廊	m	2060	
		TA-TB 电缆沟	m	880	
		TD-JX 电缆沟	m	415	
4	厂区 围栏 长度	控制区围栏	m	780	
		保护区围栏	m	1500×2	
		要害区围栏	m	1430	不含外侧轻质隔离护栏
5	厂内 道路 用地	重型路	万 m <sup>2</sup>	1.85	
		轻型路	万 m <sup>2</sup>	1.02	

表 4.2-1 堆芯主要设计参数

主要参数	数值
NSSS 额定热功率/MWt	3190
堆芯额定功率/MWt	3180
燃料组件类型	CF3
燃料组件数目/组	177
堆芯高度/m	3.66
堆芯等效直径/m	3.23
初始堆芯富集度/%	1.8 / 2.4/ 3.1/ 3.9
平衡堆芯富集度/%	4.45/ 4.95
平均线功率密度/W/cm	181.2
冷却剂平均温度	310℃
堆芯控制棒数目/束	69
控制棒材料	Ag-In-Cd / S.S
初始堆芯可燃毒物材料	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -UO <sub>2</sub>
后续循环堆芯可燃毒物材料	Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -UO <sub>2</sub>
平衡燃料循环长度/月	18
平均组件卸料燃耗/MWd/tU	~47000

表 4.2-2 CF3 燃料组件设计参数（冷态）

参数名称	参数值
栅元排列方式	17×17
棒中心距, mm	12.6
组件中心距, mm	215
组件外形尺寸（不包括压紧弹簧）, mm	214×214×4060
燃料棒数, 根/组件	264
导向管数, 根/组件	24
仪表管数, 根/组件	1
活性段高度, mm	3657.6
燃料棒长度, mm	3862.2
芯块材料	UO <sub>2</sub>
芯块高度, mm	13.46
芯块直径, mm	8.19
包壳外径, mm	9.5
包壳壁厚, mm	0.57
格架数, 个/组件	8+3
导向管外径, mm	12.45
导向管壁厚, mm	0.60
仪表管外径, mm	12.45
仪表管壁厚, mm	0.60

表 4.7-1 核电厂使用的主要非放射性化学物质的名称、浓度、用途、使用量等估算值

化学物质名称	浓度或纯度	用途	年最大使用量	年平均使用量
NaClO	1814ppm	杀菌、防止海生物滋生	12876t	12344t
NaOH	32%	循环水处理系统清洗、酸碱中和	62m <sup>3</sup>	62m <sup>3</sup>
HCl	31%	循环水处理系统清洗、酸碱中和	62m <sup>3</sup>	62m <sup>3</sup>
NaOH	32%	除盐水生产系统再生、酸碱中和	81m <sup>3</sup>	78m <sup>3</sup>
HCl	31%	除盐水生产系统再生、酸碱中和	106m <sup>3</sup>	102m <sup>3</sup>
氨水	25%	调节除盐水生产系统 pH 值	400t	400t
ETA	99.5%	调节除盐水生产系统 pH 值	65t	65t
NaOH	32%	凝结水精处理系统再生、酸碱中和	356m <sup>3</sup>	356m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98%	凝结水精处理系统再生、酸碱中和	435m <sup>3</sup>	435m <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	99.6%	调节二回路给水 pH 值	368t	368t
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	51.2%	加药系统，二回路给水化学除氧	56t	56t
HNO <sub>3</sub>	65%	废液处理系统调节 pH 值、调节钠硼比		160L
NaOH	42%	废液处理系统调节 pH 值、调节钠硼比		200L
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	99.9%	控制反应性		7.34t <sup>①</sup>

注：①对于两台机组，核电厂 60 年寿期中，反应堆硼和水补给系统（RBM）使用硼酸总量是 220t。依此估算，平均每年使用硼酸 3.67t。

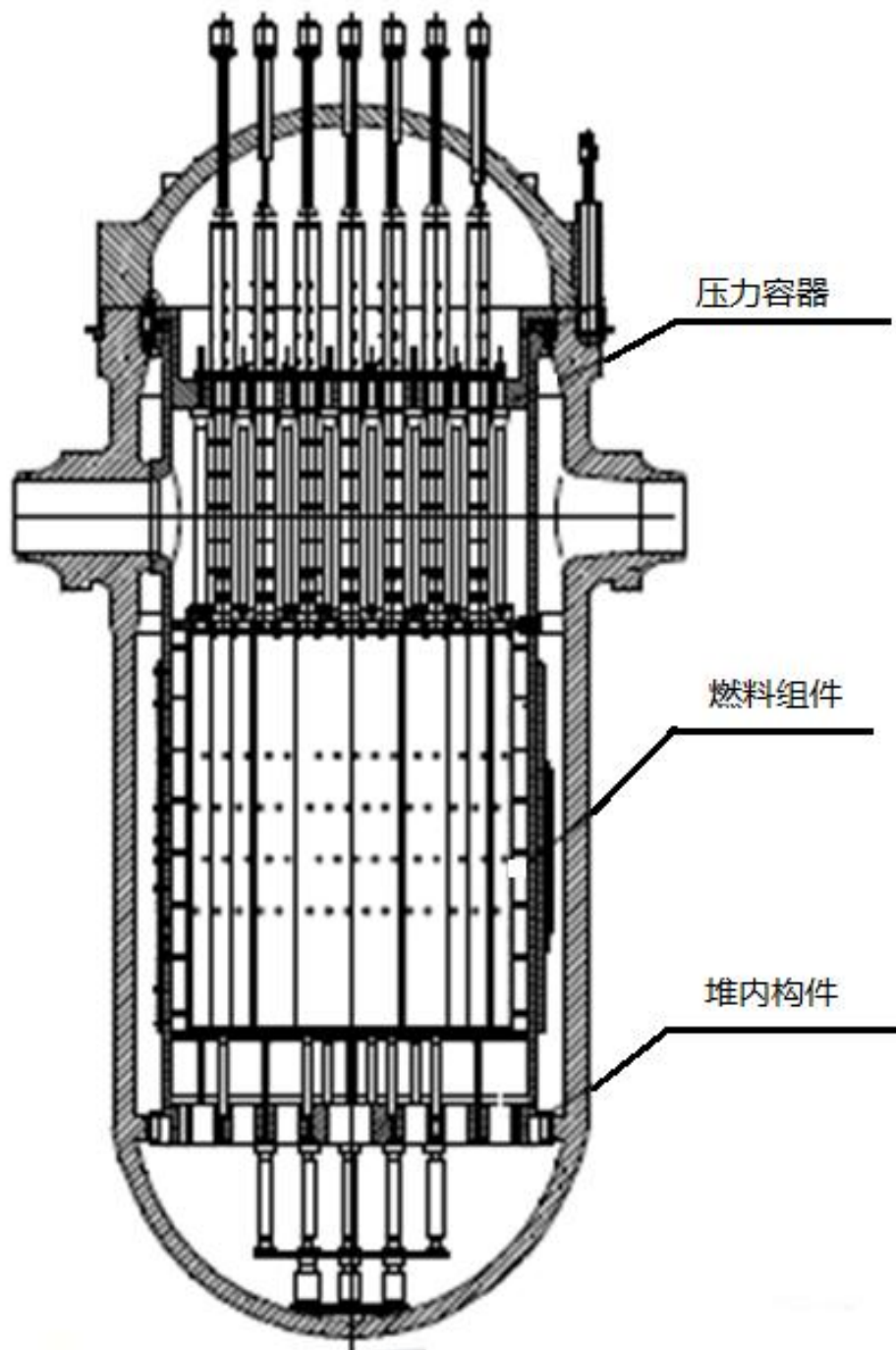


图 4.2-1 反应堆剖视图

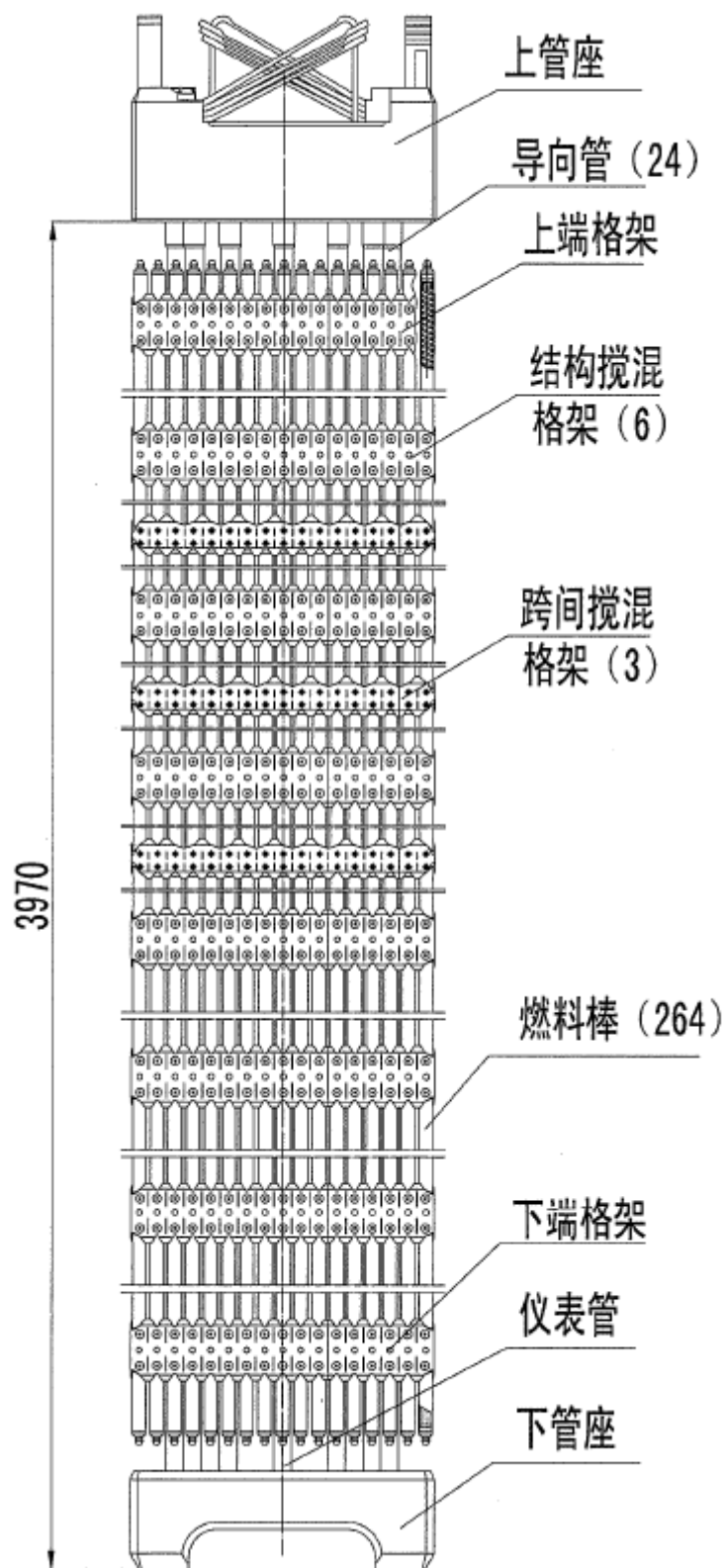
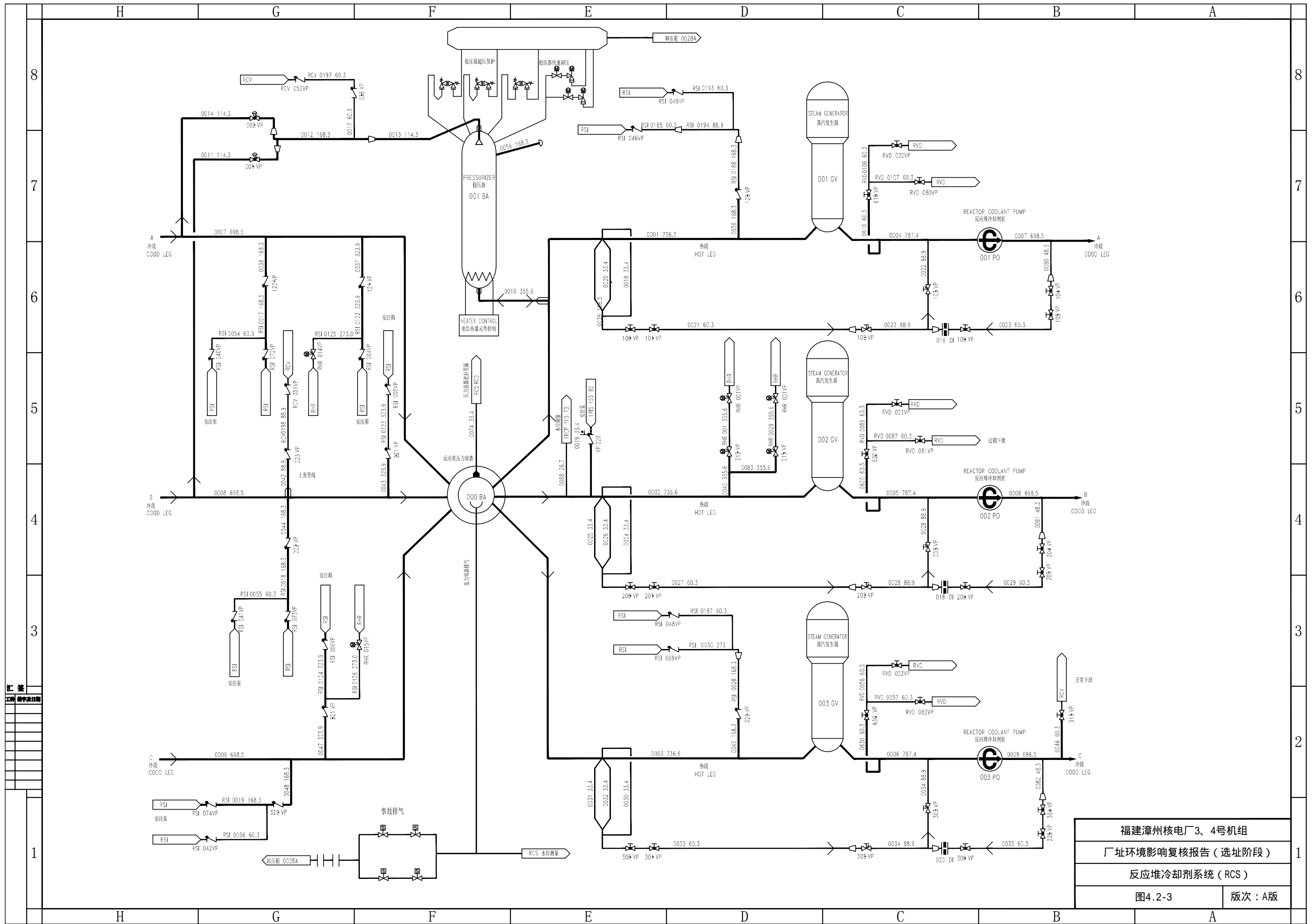
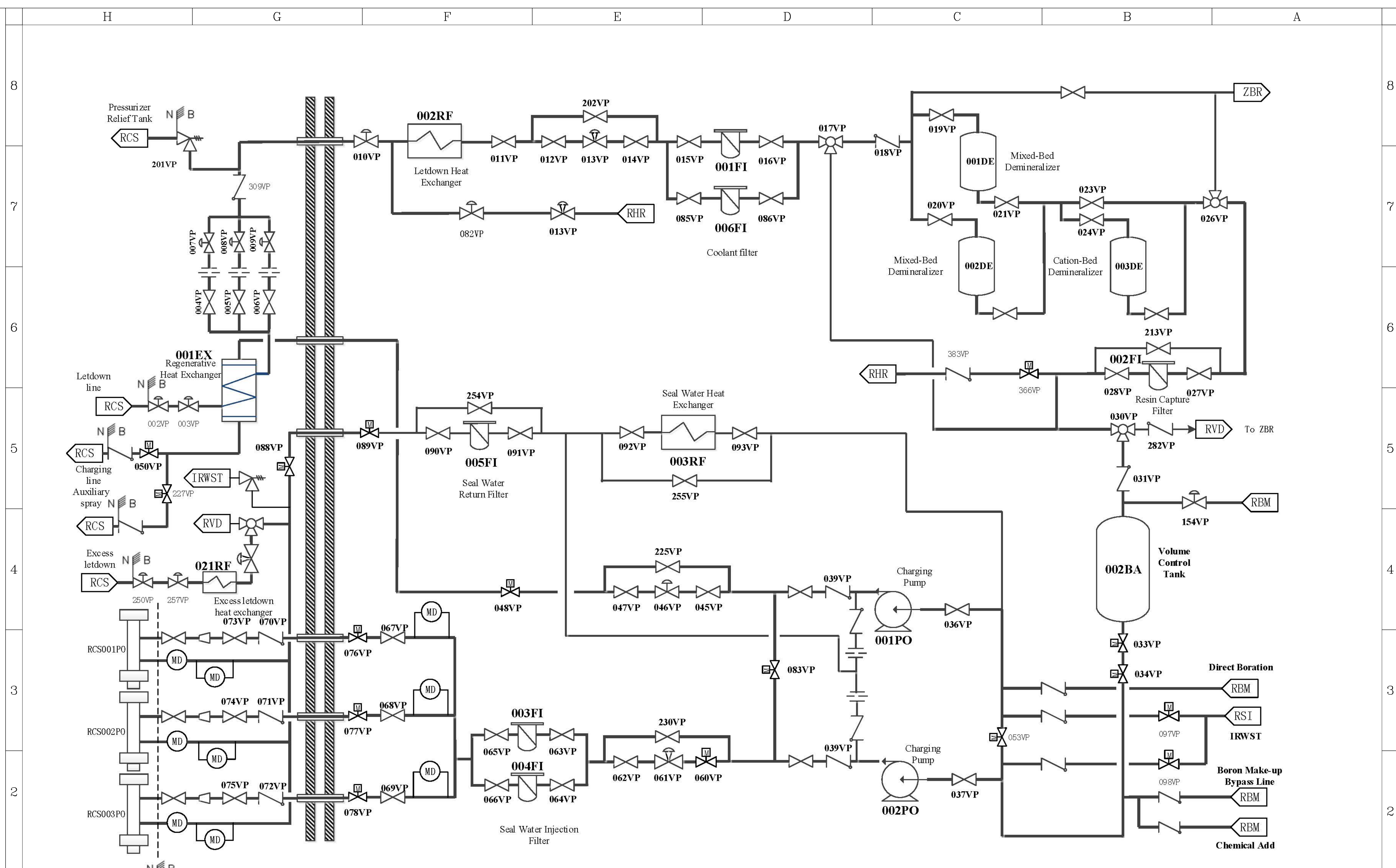


图 4.2-2 CF3 燃料组件结构图



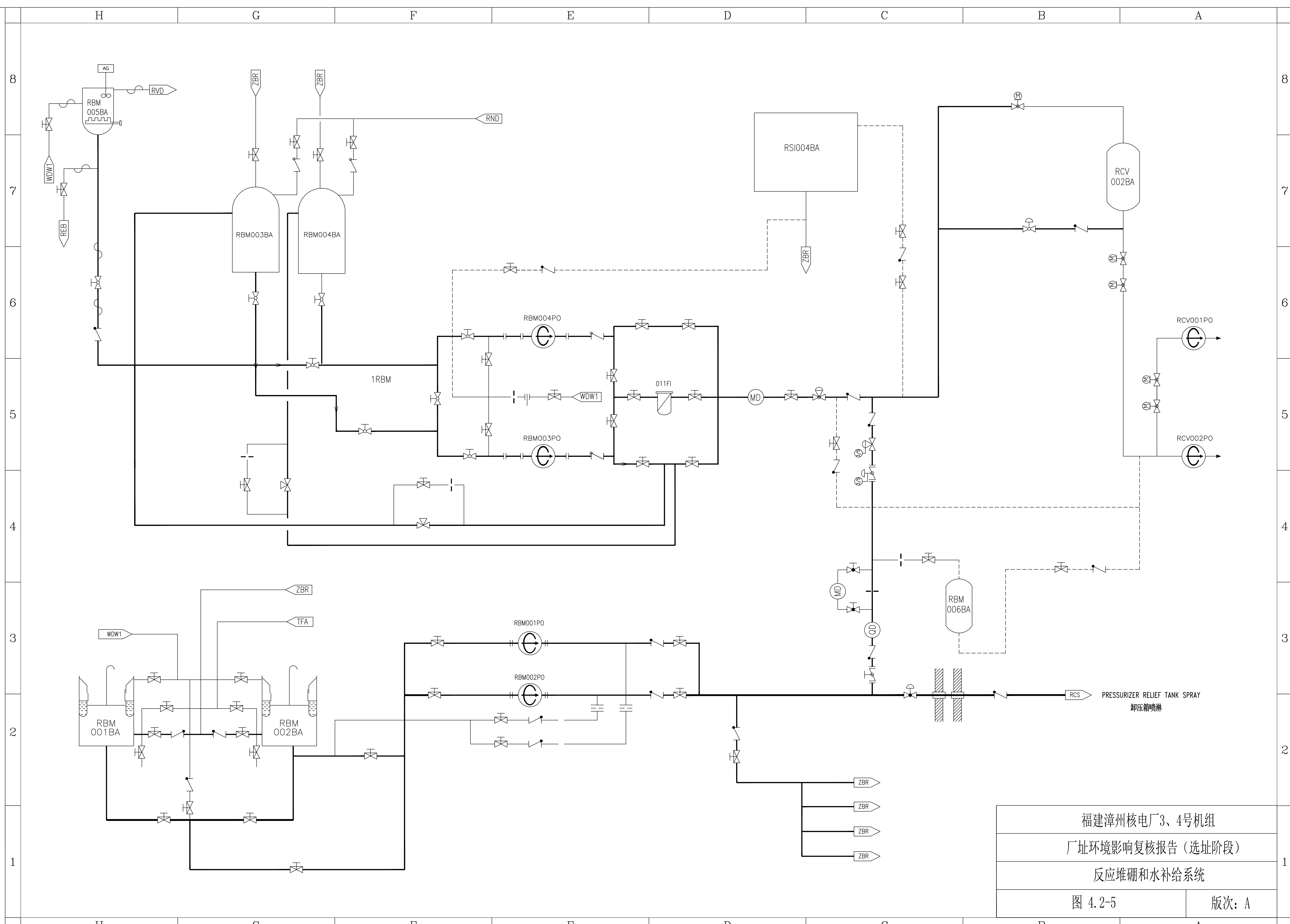
汇签  
 日期  
 工号

福建漳州核电厂3、4号机组	
厂址环境影响复核报告（选址阶段）	
反应堆冷却剂系统（RCS）	
图4.2-3	版次：A版

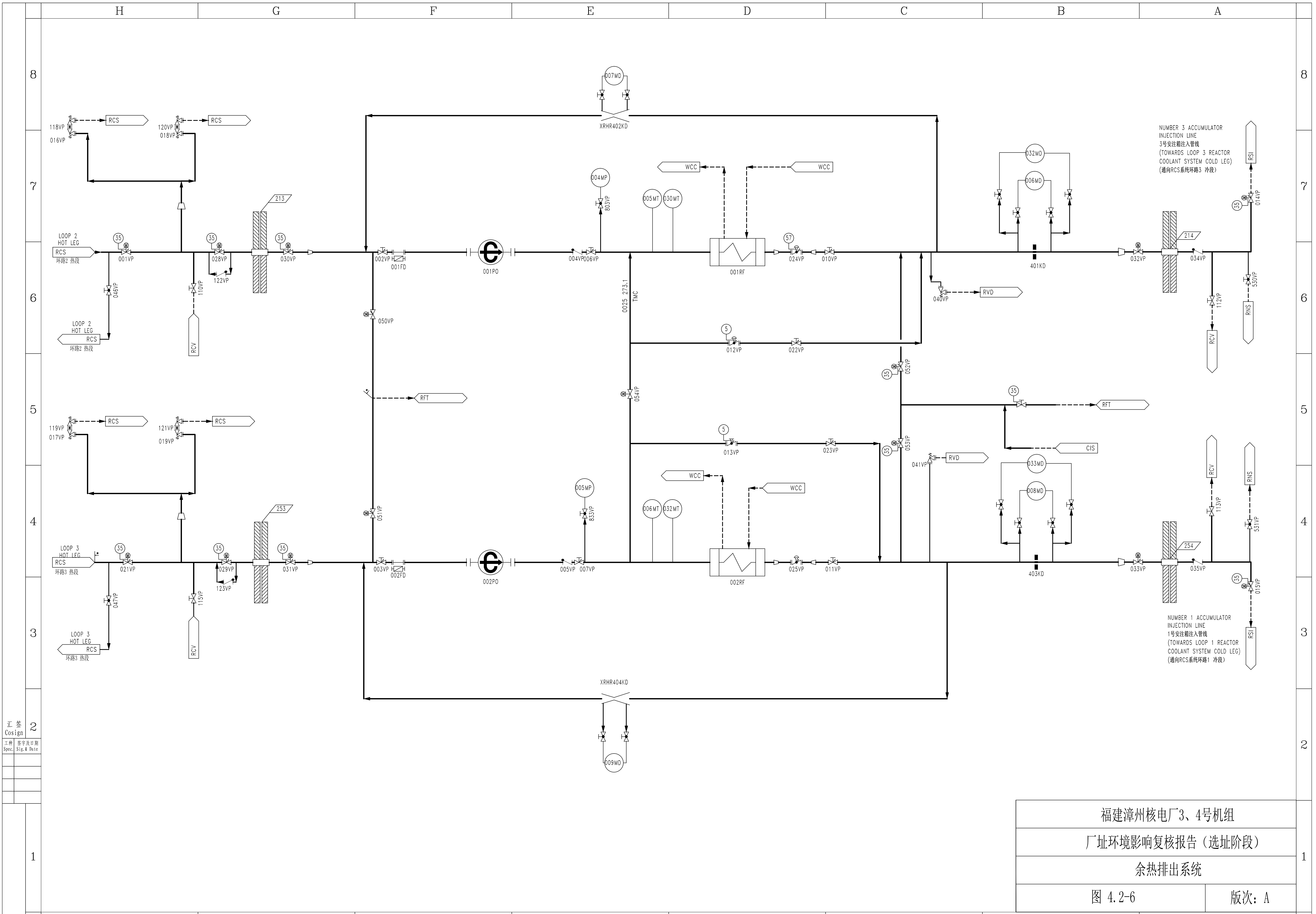


福建漳州核电厂3、4号机组	
厂址环境影响复核报告（选址阶段）	
化学和容积控制系统	
图 4.2-4	版次: A





福建漳州核电厂3、4号机组	
厂址环境影响复核报告（选址阶段）	
反应堆硼和水补给系统	
图 4.2-5	版次：A



汇签  
 Cosign  
 工种 签字及日期  
 Spec. Sig. & Date

福建漳州核电厂3、4号机组	
厂址环境影响复核报告（选址阶段）	
余热排出系统	
图 4.2-6	版次：A

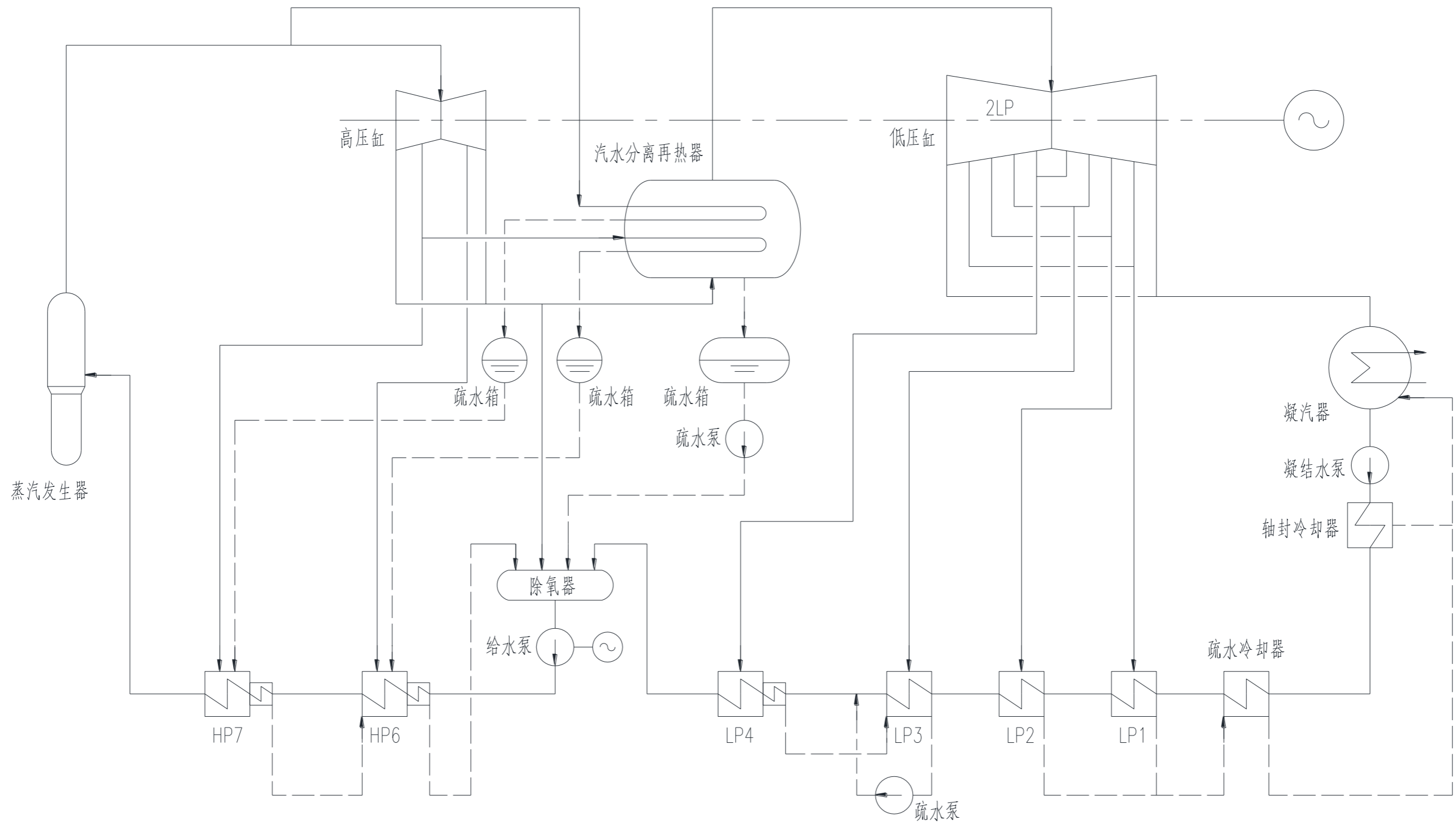


图 4.2-7 蒸汽-电力转换系统流程示意图

## 第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

### 5.1 土地利用

- 5.1.1 施工建设对土地利用的影响
- 5.1.2 施工建设占用土地情况
- 5.1.3 施工活动对自然环境的影响
- 5.1.4 施工活动对社会环境的影响
- 5.1.5 差异性分析

### 5.2 水的利用

- 5.2.1 施工活动对水资源利用的影响
- 5.2.2 海域施工对水环境的影响
- 5.2.3 差异性分析

### 5.3 施工影响控制

- 5.3.1 水土保持方案
- 5.3.2 节水措施
- 5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制
- 5.3.4 施工扬尘的控制措施
- 5.3.5 施工噪声的控制措施
- 5.3.6 放射源的管理措施
- 5.3.7 施工期监测
- 5.3.8 差异性分析

## 5.1 土地利用

### 5.1.1 施工建设对土地利用的影响

1、2 号机组建设时按六台机组规模进行了场地平整，场地平整标高为 13.50m。3、4 号机组工程建设时产生的土石方主要来自厂区负挖，初步估算总负挖方量约 133 万  $m^3$ （实方），土石综合松散系数取 1.20，虚方量约 160 万  $m^3$ ；厂区负挖的土石方量主要用于混凝土骨料，需求量约 138 万  $m^3$ ，余方约 22 万  $m^3$ ，余方用于联合泵房施工围堰，最终余方根据现场情况解决处理。

3、4 号机组厂区需要建设核岛、常规岛及部分辅助生产设施，厂区拟用地现状为 3、4 号机组预留建设用地。3、4 号机组利用 1、2 号机组工程时建成的一体化施工生产临建区，集中布置在 5 号机组北侧预留建设用地内。混凝土搅拌站、砂石料加工厂布置在厂区西南角，目前已建成并投入使用，1、2 号机组建设后期将搬迁至厂区西北角。

上述设施在施工建设过程中可能局部对周围环境产生影响，主要有砂石料加工和混凝土搅拌对生态环境的影响，对土地的占用，以及由施工期车辆行驶噪声、汽车尾气和施工期机械噪声对周围环境的影响等。但由于厂区位于厂址中部，施工场地利用已有一体化施工生产临建场地，混凝土搅拌站和砂石料加工远离村庄、居民点或生态区等，因此施工建设对环境的影响较小。

### 5.1.2 施工建设占用土地情况

#### 5.1.2.1 厂址用地规模

厂址地产权界限为征地和征海范围边界之和。厂址总用地面积为 202.05  $hm^2$ ，其中陆域用地面积为 144.05  $hm^2$ （含租地 4.06），填海造地面积为 58.00  $hm^2$ 。

3、4 号机组工程用地面积为 53.20  $hm^2$ ，其中厂区用地 22.80  $hm^2$ ，其它用地（停车场、边角余地等）1.95  $hm^2$ ，施工场地 28.45  $hm^2$ ，均为预留建设用地。

3、4 号机组陆域用地均在已申请用地范围内，无需新增陆域用地；3、4 号机组需新增联合泵房用海面积约 0.6720  $hm^2$ ；由于 3、4 号机组海域使用论证工作正在开展，其余拟申请用海待后续补充。

#### 5.1.2.2 土地利用合理性分析

3、4 号机组土地利用合理性分析如下：

1) 厂区与附近城乡发展规划（城市发展规划、工业规划、土地利用规划）是相适宜和协调的。

2) 厂址附近无大中型工矿企业、交通要道、风景名胜和军事设施，人口较少，地下

目前暂无可供开采的矿产资源。

3) 辅助生产设施、施工场地尽可能共用 1、2 号机组已建设施，减少用地。

4) 在满足消防、防爆、卫生防护及工艺要求的条件下，将生产联系紧密的设施集中或联合布置，节约用地。

5) 核电厂系统复杂，室外管线较多，为避免采用直埋敷设占用大量的平面空间而造成用地浪费，厂区设置综合技术廊道，室外管线尽量敷设在管廊内，以减少直埋管线占地。

### 5.1.3 施工活动对自然环境的影响

#### 5.1.3.1 对地形地貌的影响

3、4 号机组所在场地在 1、2 号机组建设时将完成平整。在工程建设期间，对现状地形地貌按设计要求进行相应的负挖，通过进行必要的工程防护措施，优化施工工序，可以有效防止水土流失。同时结合厂区绿化美化，施工场地使用完毕后进行还绿等措施，对地形地貌改造的影响是局部的。

#### 5.1.3.2 水土流失

工程建设过程中会产生一定数量的水土流失，主要发生在厂区负挖期间，形成了负挖和填筑裸露面，裸露面表层结构疏松，无植被覆盖，造成区域内土壤抗侵蚀能力下降。同时，土石方的搬运和堆置也带来了水土流失。通过有效的工程措施（防洪排导工程、土地整治工程等）、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

#### 5.1.3.3 对生态环境的影响

本节内容与原报告无差异。

#### 5.1.3.4 对大气环境的影响

施工过程中，由于负挖的爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会使施工区域尘土飞扬、大气中粉尘含量增高。土石方施工完成后，当地的大气质量将很快得以恢复。因此，施工过程中粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

#### 5.1.3.5 对声环境的影响

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响。但爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。最近的居民点人家村距离 4 号反应堆 1.41km，距离较远，预计不会出现扰民现象。因此核电厂施工噪声对环境的影响是可以接受的。

#### 5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

1、2 号机组主厂区设置临时厕所及其配套生活污水处理设施，此处生活污水经处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排至东山湾海域。其他施工场地的生活污水由施工单位处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排至东山湾海域，或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准和《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生活污水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

#### **5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响**

本节内容与原报告无差异。

#### **5.1.4 施工活动对社会环境的影响**

##### **5.1.4.1 对厂区周围历史古迹的影响**

厂址半径 10km 范围只有一处省级以上文物保护单位石矾塔，属古建筑，位于厂址 N 方位 7.7km。由于距厂址较远，可不考虑施工活动的影响。

##### **5.1.4.2 对风景名胜区的影晌**

厂址半径 10km 范围内无风景名胜区。

##### **5.1.4.3 对居民生产生活的影晌**

本工程在建设期间需要大量的工程施工人员，这些外来施工人员进驻施工现场，并在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，增加当地居民的就业机会，一定程度上将促进该地区经济的发展，同时对当地居民的物价指数可能会带来一定影响。

#### **5.1.5 差异性分析**

场地平整在 1、2 号机组建设时按六台机组规模一次完成，只考虑 3、4 号机组施工建设对土地利用的影响。与原报告相比，厂址西侧、北侧、东侧和南侧的用地及用海边界均相同；由于对厂区总平面布置进行了优化调整，厂址西南侧部分陆域租地转变为陆域征地，厂址边界和用地存在差异。根据项目最新进展，修改了施工期生活污水收集和处理的描述。本节内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

## **5.2 水的利用**

### **5.2.1 施工活动对水资源利用的影响**

本节内容与原报告无差异。

## 5.2.2 海域施工对水环境的影响

### 5.2.2.1 海域施工的影响

目前 1、2 号机组取排水工程等海工构筑物正在实施建设。3、4 号机组与 1、2 号机组共用取排水工程，除临时施工围堰外，无其他海域施工。

海域施工可能的地基处理方法如爆破挤淤会有水下冲击波、爆炸震动和爆炸掀沙等问题。这些影响将对工程附近海域水体环境、海洋生物及养殖业和施工船舶等产生一定影响。

### 5.2.2.2 减轻施工过程对海域环境影响的措施

#### （1）减少围填泥沙入海污染海洋环境影响的措施

- ①避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。
- ②将施工期环保要求列入招投标内容。

#### （2）减轻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。

#### （3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

①施工船舶含油污水不能随意排放，对于未安装油水分离器的小型船舶，可考虑施工期在岸上增设油水分离和处理设施。

②施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

③严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

④根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552-2018《船舶水污染物排放控制标准（发布稿）》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

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。

### 5.2.2.3 施工期监测

1、2 号机组工程施工期间已开展多次跟踪监测工作。中国水产科学研究院东海水产



研究所于 2018 年 3 月完成了《漳州核电厂一期工程工期海域环境监测及分析评价专题报告(最终稿) (2015-2017)》。经与本底数据初步相比，工程建设对海洋环境的影响主要表现在海水水质、海洋生态方面，沉积物和海洋生物质量均符合第一类海水水质标准，变化不明显。

国家海洋局厦门海洋环境监测中心站于 2020 年 3 月完成了《福建漳州核电厂 1、2 号机组工程工期海域环境监测及分析评价最终成果报告》。大部分水质参数均符合第一或第二类海水水质标准且浓度变化不大，且工程施工海域的悬浮物含量并未比外侧海域的含量发生明显增加。

现阶段已委托中国核电工程有限公司和青岛国茂环境检测有限公司开展福建漳州核电厂 1、2 号机组施工期海域环境监测及分析评价专题工作。

### 5.2.3 差异性分析

本节内容与《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》的区别是更新了最新的海域施工期监测成果及监测计划，相关厂址适宜性和评价结论是一致的。

## 5.3 施工影响控制

### 5.3.1 水土保持方案

结合工程建设特点及该区自然地形条件，将水土流失防治范围划分为：厂区、施工生产临建区、混凝土预制区。本节主要阐述上述区域的水土保持。

厂区：厂区施工期间在施工道路两侧、厂区周边和集中汇水区域布设临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池，径流经过沉沙池沉淀后汇入永久排水设施，形成完整排水系统，保证施工区域不积水。同时施工期间，定期清除临时排水沟和沉沙池的沉积物，以防淤积。在厂区出入口设置沉淀池，汇集洗车污水，进行沉淀。

施工生产临建区：项目区风力较大，为了防止大风吹蚀沙、石料，临时堆放的建筑材料分类堆放，砌砖围墙进行拦挡，同时采用抑尘网进行覆盖。依据施工布置，在施工区周边和内部集中汇水区域开挖临时排水沟，排水沟末端设置沉沙池。在建筑材料冲洗处设置冲水沉淀池，汇集建筑材料冲洗污水，进行沉淀。施工场地开始使用后，对裸露的土地撒播草籽进行临时绿化。施工场地全厂共用，3、4 号机组建设完成后应结合后期工程进度进行合理整治。

混凝土预制区：在混凝土搅拌站及砂石料场内，建筑材料冲洗处设置一个冲洗水沉淀池，汇集建筑材料冲洗污水，进行沉淀。开挖临时排水沟将冲洗水汇集至洗车沉淀池，经

沉淀后排放。施工期间，定期清除沉淀池的沉积物，以保证具有足够的容量。施工结束后清理场地，混凝土搅拌站及砂石料场覆表土，全面整地，采取乔灌木立体绿化，同时撒播狗牙根草籽。

在工程建设期及植被恢复期还需进行水土保持监测，以厂区、施工生产临建区和混凝土预制区作为重点，监测的主要内容包括水土保持生态环境变化监测、水土流失动态监测、水土流失防治效果监测、重大水土流失事件等，采用定位监测与调查监测相结合的方法。

### 5.3.2 节水措施

本节内容与原报告无差异。

### 5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗机具排水经过沟渠进入沉淀池，经过二级沉淀后复用。

1、2 号机组主厂区设置临时厕所及其配套生活污水处理设施，此处生活污水经处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排至东山湾海域。其他施工场地的生活污水由施工单位处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排至东山湾海域，或设置旱厕或移动式环保厕所，定期清掏处理。施工人员生活区设置在核电厂外，污水排放至当地市政管网。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准和《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生活污水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。

### 5.3.4 施工扬尘的控制措施

- 1) 施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；
- 2) 严格控制行车速度；
- 3) 改善道路路面；
- 4) 在环境保护目标附近，应使用隔离板使施工区与周围环境隔离；
- 5) 尽量减少土方的临时堆置时间；
- 6) 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；
- 7) 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；

8) 加强施工管理，合理调度运输车辆等；

9) 在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

### 5.3.5 施工噪声的控制措施

施工期间将采取以下措施，确保将施工噪声控制在相关规定的限度内：

1) 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；

2) 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；

3) 控制土石方爆破范围；

4) 尽可能使用低噪声的施工设备；

5) 合理安排施工进度，加强在施工期间对高噪声设备的管理，避免高噪声设备的同步使用；

6) 对于可能造成声环境敏感点影响的工程，在夜间尽量不施工，或夜间施工禁止使用重型机械；

7) 复杂环境条件下，噪声控制由安全评估确定。

### 5.3.6 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安全和防护条例》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

#### (1) 放射源的使用

对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的，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。

探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查。

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

## （2）放射源的贮存

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

本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

### 5.3.7 施工期监测

#### 5.3.7.1 大气环境

根据中国核电工程有限公司 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期大气环境监测分析及评价方案研究报告》，此次施工期共布设监测点 7 个，兼顾主导风上、下风向、居民点、厂界和污染源。

厂区内的监测点按照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）进行监测，监测因子包括 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物共三项。根据《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的规定，SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和颗粒物时均值每天采样 4 次，每次连续采样 1h。

厂区外的监测点按照《环境空气质量标准》（GB3095-2012）进行监测，监测因子包括 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO、TSP、PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 共七项。根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定，TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO 日均值每天采样 1 次，每次连续采样 24h；SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO 小时均值每天采样 4 次，每次连续采样 1h。

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）要求，厂区内外的所有监测点均连续监测 7 天并且提供监测时的气象特征参数。

#### 5.3.7.2 声环境

根据中国核电工程有限公司 2020 年 8 月完成的《福建漳州核电厂 3、4 号机组施工期噪声监测分析及评价方案研究报告》，本次监测，在厂址位置共设 12 个监测点，厂区外共布设 10 个监测点。

厂区内噪声监测分昼间和夜间两部分，在昼间和夜间分别进行测量，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00，连续监测两天。

结合本项目施工进度计划，按照一年四个季度代表月份分为 4 期，每期选择当季施工强度最大、噪声污染最为严重的时段进行一次施工期噪声监测，特别是在土地平整、正挖负挖等土石方开挖、爆破施工比较频繁、大型施工车辆使用频率较高的施工阶段，可根据现场施工情况调整监测安排，适当增加监测频次，实际监测时间会根据现场施工进度及其对环境影响的程度对每个季度的现场监测时间做灵活安排。

#### 5.3.8 差异性分析

本节与原报告中的格式和内容存在差异，3、4 号机组水土保持方案中水土流失防治分区减少，在 1、2 号机组工程基础上进行水土保持。根据项目最新进展，修改了生活污水收集和处理的描述。增加了“施工期监测”的内容。本节内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

## 第六章 核电厂运行的环境影响

### 6.1 散热系统的环境影响

- 6.1.1 散热系统方案
- 6.1.2 散热系统对水体的物理影响
- 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响
- 6.1.4 差异性分析

### 6.2 正常运行的辐射影响

- 6.2.1 流出物排放源项
- 6.2.2 照射途径
- 6.2.3 计算模式与参数
- 6.2.4 大气弥散和水体弥散
- 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度
- 6.2.6 公众的最大个人剂量
- 6.2.7 非人类生物的辐射剂量
- 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径
- 6.2.9 辐射影响评价
- 6.2.10 差异性分析

### 6.3 其他环境影响

- 6.3.1 化学污染物的环境影响
- 6.3.2 其他污染物的环境影响
- 6.3.3 差异性分析

## 表

表 6.2-1 (1/2) 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-1 (2/2) 气态途径核素剂量转换因子

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

表 6.2-3 (1/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-3 (2/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

表 6.2-4 (1/4) 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

表 6.2-4（2/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

表 6.2-4（3/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

表 6.2-4（4/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

表 6.2-5（1/4） 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

表 6.2-5（2/4） 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

表 6.2-5（3/4） 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

表 6.2-5（4/4） 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

## 图

图 6.1-1 取排水工程方案平面布置图

## 6.1 散热系统的环境影响

### 6.1.1 散热系统方案

漳州核电厂 3、4 号机组工程规划两台百万千瓦级压水堆核电机组，拟采用直流冷却方式，利用东山湾海域作为热阱，每台机组的冷却水量约为  $70\text{m}^3/\text{s}$ ，与 1、2 号机组共用取排水明渠，取排水工程在 1、2 号机组建设期间一次规划建成。

取排水总体方案是根据目前厂址工程水文研究资料，并结合厂址的实际地形情况和环境条件，经温排水的水力、热力特性和对电厂取水温升以及取水安全、土石方平衡、施工等多方面进行综合比较确定。取排水总体布置方案详见图 6.1-1。

取水工程采用明渠取水方案，由取水明渠北导流堤、取水明渠南导流堤、护岸及开挖渠道组成。取水明渠布置在厂址东侧，取水口门位于厂区东侧深槽附近水深约-7m 的区域，明渠底标高开挖至-6.8m；明渠设计底标高-6.8m，明渠底宽约 120m~150m。取水明渠北导流堤、取水明渠南导流堤、护岸均采用抛石斜坡堤结构型式。

排水工程采用明渠排水方式，排水口位于厂区南侧约 3km 处。温排水自虹吸井后，通过排水暗涵排到南护岸外的排水明渠内，排入东山湾。排水明渠由排水导流堤和渠道构成，渠道底宽约 230m，底高程-3.5m，导流堤采用抛石斜坡堤结构型式。

### 6.1.2 散热系统对水体的物理影响

#### 6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

为了掌握整个东山湾和漳州核电厂取排水口附近海域潮流、泥沙运动特点，1、2 号机组前期开展了潮流泥沙整体物理模型试验工作，研究一般气象条件和极端气象条件下核电厂取排水工程方案的泥沙运动规律和冲淤情况。通过物理模型试验，得到以下结论：

(1) 取水明渠建成后，明渠东部深槽及部分滩面流速增加，南、北两侧滩面流速减弱，深槽区平均流速增加  $0.1\sim 0.3\text{m/s}$ ，两侧滩面则减小  $0.1\sim 0.3\text{m/s}$ ；排水区域平均增加  $0.1\sim 0.2\text{m/s}$ 。

(2) 一般天气条件下，明渠两侧滩面由于流速减弱会出现一些淤积，滩面年平均淤积厚度  $0\sim 8\text{cm/a}$ ，北侧平均  $4\text{cm/a}$ ，南侧平均  $5\text{cm/a}$ 。

(3) 取水明渠方案实施后，由于其阻水挑流作用，堤外一定范围海床会出现冲刷，普遍的冲刷深度为  $10\sim 50\text{cm}$ ，平均  $20\sim 30\text{cm}$  左右，距堤越远，冲刷量越小。

目前采用最新的水文、地形资料的泥沙冲淤专题试验研究工作正在开展，根据初步计算结果可知：

(1) 一般天气条件下，漳州核电厂区、取排水明渠建成后，取水明渠外深槽区、取



水明渠南、北堤头外、排水口有所冲刷，取水明渠南北两侧滩面、排水明渠西侧滩面有所淤积，平均年淤积 0.02~0.1m/a 左右。

(2) 1~4 号机组共同运行工况下，排水明渠内基本不淤积并略有冲刷，两处排水口外冲刷量相对较大。

待后续取得最终成果后补充完善。

#### 6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

为了分析温排水在海域内输移和扩散规律，并评价核电厂在运行期间的温排放对取水口温升及厂址附近海域的影响，1、2 号机组前期委托中国水利水电科学研究院开展了温排水数模、物模研究工作，根据温排水试验结果：

(1) 1~4 号机组共同运行工况下，夏季 1℃温升全潮最大包络面积为 30.9km<sup>2</sup>，夏季 4℃温升全潮最大包络面积为 7.1km<sup>2</sup>，夏季全潮最大取水温升为 1.2℃，夏季全潮平均取水温升为 0.6℃；冬季 1℃温升全潮最大包络面积为 46.5km<sup>2</sup>，冬季 4℃温升全潮最大包络面积为 12.9km<sup>2</sup>，冬季全潮最大取水温升为 1.3℃，冬季全潮平均取水温升为 0.7℃。

(2) 温度场分布以排水口明渠出口为中心分布，不同潮型条件下，温度场的分布形态大致相同，仅仅随潮流的强度不同，温排水影响区范围、形状有所差异，主要表现为：大潮条件下“楔形体”呈现“长而尖”的形状；小潮条件下“楔形体”呈现“短而粗”的形状。温升影响区分布、范围与涨落潮的走向一致。

(3) 机组运行时，受排水明渠的导流作用，高温升区均分布在排水明渠出口附近，对漳江口红树林保护区影响很小。同时，1℃温升没有进入珊瑚礁自然保护区。

目前采用最新的水文、地形资料的温排水专题试验研究工作正在开展，根据初步分析结果可知，不同潮型条件下，温度场的分布形态与 1、2 号机组前期温排水试验研究成果基本一致，待后续取得最终成果后补充完善。

### 6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

#### 6.1.3.1 取排水工程对水生生物的影响

##### (1) 机械卷载效应的影响

3、4 号机组营运期对海洋生物的卷载效应（entrainment），其定义为电厂取、排水过程对于水体中能通过滤网系统而进入冷凝器的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体造成的损害。

##### 1) 机械卷载对生物的影响

3、4 号机组取排水工程运行会对周围海域海洋生物产生一定的卷吸效应。一般取排

水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的浮游生物、鱼卵仔鱼、大型生物及鱼类幼体产生伤害，但不会对整个东山湾的海洋生态环境造成大的影响。

### （2）减小机械卷载效应措施

针对取水系统卷吸效应的影响，为减少生物损失，设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。控制取水流速是指通过对取水明渠的宽度、深度的设置，控制过水断面，从而获得合理的取水流速，以保证取水口处的取水流速低于或接近海域的天然流速，维护水生生物的自然环境现状，达到减少对水生生物影响的目的。

### 6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

#### （1）对保护区的影响

厂址所处的东山湾有 2 个保护区。东山湾湾顶，漳江入海口处有福建漳江口红树林国家级自然保护区，距离厂址约 8.39km；东山湾湾口处有福建省东山珊瑚礁海洋自然保护区，距离厂址约 9.5km。根据温排水数模的初步计算结果，在 1~4 号机组共同运行工况下，1℃温升均未影响到上述 2 个保护区。

#### （2）对海洋生态环境的影响

在表层水中，温度是影响鱼类分布重要的环境因子。热排放进入受纳水体后，会改变鱼类等水生生物在水体中的正常分布，引起群落结构的变化。不同增温区对鱼类的影响也不同，特别是夏季增温对某些鱼类分布的影响比较明显。而在其他季节，特别是冬季，增温对某些暖水性鱼类可能会表现出有利的影响，一定范围内种群数量随水温升高而提高，并且鱼类种类的迁入增多、迁出减少，其个体数量也增加。

研究表明，热排放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。鱼类一般避开温升 1.0℃以上水域而趋于在热排放的边缘区域（温升 1.0℃）产卵。

综上所述，在夏季，工程引起排放口附近温升 4℃的范围内浮游生物、鱼类的种类及渔获量会受到明显影响，其他海域，由于温升均小于 4℃，对海洋生物影响可明显减少。在夏季以外的季节，特别是冬季，温排水在一定程度上可能会促进某些暖水性浮游生物、鱼类和甲壳类种群的生长和繁殖。

#### （3）对水体赤潮发生的潜在影响

春季 4-6 月，由于氮磷同时超标成为东山湾赤潮发生的敏感季节。但是氮磷同时超标的水域是受漳江径流影响的湾顶水域。温排水的数模分析预测结果，湾顶水域受到取水明渠阻挡的影响，温排水难以影响到氮磷同时超标的漳江口水域。由此可见，在东山湾温排

水通过有机物分解增加对湾顶漳江口水域赤潮可能发生的影响有限。而且，经过近 5 年的统计数据，表明东山湾的赤潮发生次数及时间已经大大减少。因此，东山湾因为温排水而诱发赤潮的可能性较小。

#### （4）对海水养殖业的影响

温排水在不同季节对养殖的影响不同，有有利的一面，也有不利的一面，有直接影响，也有间接的影响。核电厂按照海域使用行政许可的要求对周边海域的养殖场进行补偿、征收等工作，目前该项工作在地方各级政府部门的支持、主导下基本完成。

### 6.1.4 差异性分析

本节内容与《漳州核电厂一期工程（华龙一号）环境影响复核报告（选址阶段）》的区别是更新了工程海域泥沙冲淤试验研究专题及温排水试验研究专题的初步结果，相关的厂址适宜性和评价结论是一致的。

## 6.2 正常运行的辐射影响

### 6.2.1 流出物排放源项

#### (1) 气载流出物排放源项

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 76.5m 的烟囱排入大气。

本工程两台机组运行状态下，气载流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.15E+14	1.20E+15	9.58%
碘	1.41E+09	4.00E+10	3.53%
粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	1.87E+08	1.00E+11	0.19%
氡	9.20E+12	3.00E+13	30.67%
碳-14	7.32E+11	1.40E+12	52.29%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

漳州核电厂 1-4 号机组（华龙一号）运行状态下，四台机组的排放量控制值为厂址控制值的 2/3，气载流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1-4 号四台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	四台机组排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	2.30E+14	1.60E+15	14.38%
碘	2.82E+09	5.33E+10	5.29%
粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	3.74E+08	1.33E+11	0.28%
氡	1.84E+13	4.00E+13	46.00%
碳-14	1.46E+12	1.87E+12	78.43%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

本厂址共规划建设 6 台华龙一号机组。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在单台机组控制值的 4 倍以内。

厂址 6 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组排放量设计值 Bq/a	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	5、6 号机组排放量设计值 Bq/a	厂址 6 台机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	3.45E+14	2.40E+15	14.38%
碘	1.41E+09	1.41E+09	1.41E+09	4.23E+09	8.00E+10	5.29%

粒子 ( $T_{1/2} \geq 8d$ )	1.87E+08	1.87E+08	1.87E+08	5.61E+08	2.00E+11	0.28%
氚	9.20E+12	9.20E+12	9.20E+12	2.76E+13	6.00E+13	46.00%
碳-14	7.32E+11	7.32E+11	7.32E+11	2.20E+12	2.80E+12	78.43%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

## (2) 液态流出物排放源项

本工程两台华龙一号机组运行状态下，液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	两台排放量控制值 Bq/a	比值
氚	9.20E+13	1.50E+14	61.33%
碳-14	5.38E+10	3.00E+11	17.93%
其余核素	1.42E+10	1.00E+11	14.20%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

漳州核电厂 1-4 号机组（华龙一号）运行状态下，四台机组的排放量控制值为厂址控制值的 2/3，液态流出物排放量设计值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1-4 号四台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	四台排放量控制值 Bq/a	比值
氚	1.84E+14	2.00E+14	92.00%
碳-14	1.08E+11	4.00E+11	26.90%
其余核素	2.84E+10	1.33E+11	21.30%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本厂址共规划建设 6 台华龙一号机组。根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），本厂址为同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在单台机组控制值的 4 倍以内。

厂址 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组排放量设计值 Bq/a	本工程两台华龙一号机组排放量设计值 Bq/a	5、6 号机组排放量设计值 Bq/a	厂址 6 台机组总排放量设计值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
氚	9.20E+13	9.20E+13	9.20E+13	2.76E+14	3.00E+14	92.00%
碳-14	5.38E+10	5.38E+10	5.38E+10	1.61E+11	6.00E+11	26.90%
其余核素	1.42E+10	1.42E+10	1.42E+10	4.26E+10	2.00E+11	21.30%

各核素均满足 GB6249-2011 中对厂址液态流出物年排放量控制值的要求。

本工程运行状态下，漳州 3、4 号机组核岛及 BOP 的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 399.01Bq/L，在现实工况下为 63.40Bq/L，漳州 3、4 号机组常规岛放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度在保守工况下为 5.59Bq/L，在现实工况下为 0.02Bq/L，均满足 GB6249-2011 规定的排放控制值的要求。

## 6.2.2 照射途径

### （1）气态途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

### （2）液态途径

本工程运行状态下，液态放射性流出物与循环冷却水混合后排入临近海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程所在厂址为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

## 6.2.3 计算模式与参数

### （1）气态途径

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，计算了气载流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。

在计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，使用了中国辐射防护研究院编制完成的《福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告(2018.5.1~2020.4.30)》中给出的 70m 高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，扩散参数采用根据现场大气扩散试验研究的推荐值。

剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子(包括空气中和水中)取自美国联邦导则 12 号报告(1993)《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自 GB18871-2002 中的表 B6、表 B7 和表 B9，见表 6.2-1；各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告，见表 6.2-2。居民人口分布、食谱、生活习性数据详见本报告第二章 2.2 节和 2.3 节。人口分布数据取厂址 2028 年的预期人口数。

### （2）液态途径

根据国标、国际标准推荐的计算模式和参数，计算了液态途径放射性流出物对厂址半径 80km 范围内公众造成的个人有效剂量。

在计算运行状态下液态流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：食入有效剂量转换因子采用 GB 18871-2002 中的数据；地表沉积和水中浸没剂量转化因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993）；核素的 Kd 系数采用 IAEA 安全丛书 19 号报告的数据，各数据见表 6.2-3。

#### 6.2.4 大气弥散和水体弥散

##### （1）大气弥散

根据中国辐射防护研究院编制完成的《福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告(2018.5.1~2020.4.30)》，厂址附近以中性(D类)天气为主，频率为 54.5%，不稳定的 A、B、C 三类天气的频率总和为 35.0%，稳定的 E、F 类天气频率总和为 10.5%。

厂址处于东山湾西岸，场地相对比较开阔，对气载流出物在大气中迁移和扩散有利。

年均大气弥散因子范围为  $2.84\text{E-}10\text{ s/m}^3\sim 2.70\text{E-}06\text{ s/m}^3$ 。

相对干沉积因子范围为  $1.84\text{E-}12\text{ m}^{-2}\sim 5.73\text{E-}08\text{ m}^{-2}$ 。

相对湿沉积因子范围均为  $3.27\text{E-}12\text{ m}^{-2}\sim 3.10\text{E-}09\text{ m}^{-2}$ 。

##### （2）水体弥散

中国水利水电科学研究院根据最新的取排水方案对不同工况下液态流出物在受纳海域稀释扩散情况进行了数模模拟。根据计算结果推荐了厂址附近海域各半径范围内全潮平均相对浓度。在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取最不利潮型—夏季典型小潮的相应结果。

#### 6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 76.5m 的烟囱排入大气。气载流出物中的放射性核素经大气弥散作用后，代表性核素的年均放射性活度浓度最大值分别为  $1.14\text{E-}06\text{Bq/m}^3$ （Cs-137）、 $1.07\text{E-}04\text{Bq/m}^3$ （I-131）、 $1.88\text{E-}01\text{Bq/m}^3$ （Kr-85）。

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站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站液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度

也均符合 GB3097-1997 中相应的放射性指标要求。

## 6.2.6 公众的最大个人剂量

### 6.2.6.1 3、4 号 2 台机组

#### （1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $8.10 \text{ E-}07\text{Sv/a}$ 、 $7.88 \text{ E-}07\text{Sv/a}$ 、 $7.62 \text{ E-}07\text{Sv/a}$ 、 $6.21 \text{ E-}07\text{Sv/a}$ 。

#### （2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为  $5.11\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $3.14\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.48\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.74\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

#### （3）气液态综合途径

本工程运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $5.92\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $3.93\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $2.24\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $7.95\text{E-}07 \text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为  $5.92\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ ，约占 2 台机组个人剂量约束值（ $0.08\text{mSv/a}$ ）的 7.40%。

### 6.2.6.2 1-4 号 4 台机组

#### （1）气态途径

4 台机组运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $1.62 \text{ E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.58 \text{ E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.52 \text{ E-}06\text{Sv/a}$ 、 $1.24 \text{ E-}06\text{Sv/a}$ 。

#### （2）液态途径

4 台机组运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分别为  $1.02\text{E-}05 \text{ Sv/a}$ 、 $6.28\text{E-}06\text{Sv/a}$ 、 $2.96\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $3.48\text{E-}07\text{Sv/a}$ 。

#### （3）气液态综合途径

4 台机组运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $1.18\text{E-}05 \text{ Sv/a}$ 、 $7.86\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $4.48\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 、 $1.59\text{E-}06 \text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为  $1.18\text{E-}05 \text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.16\text{mSv/a}$ ）的 7.40%。



### 6.2.6.3 6 台机组

本厂址规划建设 6 台核电机组，共 6 台华龙一号机组。6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $1.78\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $1.18\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $6.73\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $2.39\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为  $1.78\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.25\text{mSv/a}$ ）的 7.12%。其中气态途径剂量为  $2.43\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为  $1.53\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 。

### 6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算漳州核电站 3、4 两台机组正常运行时，由于气、液态放射性流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了漳州核电站 1-4 号四台机组、1-6 号六台机组正常运行时对生物的辐射影响。

#### 6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

#### 6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

#### 6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类物种”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

#### 6.2.7.4 参数选取

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为  $10\mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物体的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、媒介、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

#### 6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-2}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电

站 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

#### （2）漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-2}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

#### （3）漳州核电站 1-6 号六台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 1-6 号六台机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在  $10^{-2}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

### 6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

#### （1）漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 3、4 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

#### （2）漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 1-4 号四台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

#### （3）漳州核电站 1-6 号六台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，漳州核电站 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-2}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

### 6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算周围的关键人群组、关键核素和关键照射途径。

本工程两台机组运行状态下，气液态综合排放的放射性物质对厂址半径 80km 范围内各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）各子区公众造成的个人有效剂量见表 6.2-4。由表 6.2-4 可知，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为  $2.56E-06$  Sv/a、 $1.50E-06$  Sv/a、 $8.68E-07$  Sv/a、 $2.46E-07$  Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为成人组。

厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为  $0.288$  人•Sv/a。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $1.39E-06$  Sv/a，约占气液态总剂量的 54.41%；其次为液态途径的岸边沉积外照射途径，占气液态总剂量的 35.01%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $1.36E-06$  Sv/a，约占气液态总剂量的 52.98%；另外，Co-60 和 Co-58 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 35.97% 和 3.36%。

1-4 号机组运行状态下，气液态综合排放的放射性物质对厂址半径 80km 范围内各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）各子区公众造成的个人有效剂量见表 6.2-5。由表 6.2-5 可知，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量分别为  $5.12E-06$  Sv/a、 $3.00E-06$  Sv/a、 $1.74E-06$  Sv/a、 $4.91E-07$  Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为成人组。

厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为  $0.576$  人•Sv/a。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $2.78E-06$  Sv/a，约占气液态总剂量的 54.41%；其次为液态途径的岸边沉积外照射途径，占气液态总剂量的 35.01%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $2.72E-06$  Sv/a，约占气液态总剂量的 52.98%；另外，Co-60 和 Co-58 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 35.97% 和 3.36%。

本厂址共规划建设 6 台华龙一号机组，6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为  $7.68E-06$  Sv/a、 $4.51E-06$  Sv/a、 $2.60E-06$  Sv/a、 $7.38E-07$  Sv/a。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为  $7.68E-06$  Sv/a。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $4.18E-06$  Sv/a，约占气液态总剂量的 54.41%；其次为岸

边沉积造成的外照射途径，占气液态总剂量的 35.01%。各核素中关键核素为 C-14，它所造成的剂量为 4.08E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 52.98%；另外，Co-60 和 Co-58 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 35.97%和 3.36%。

### 6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程运行状态下，气态和液态排放源项、液态途径排放的放射性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程运行状态下，厂址附近水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均远小于 ERICA 推荐的筛选值（10 $\mu$ Gy/h）。

### 6.2.10 差异性分析

本节内容与原报告中的内容存在差异：

#### （1）源项的变化

在本节中环境评价采用的“华龙一号”源项与原报告相比有所变化，源项具体差异见第四章的相关分析。本节报告采用的源项与原报告的源项比较如下表所示：

气液态	核素种类	本节报告单台排放量 Bq/a	原报告单台排放量 Bq/a
气态	惰性气体	5.84E+13	6.50E+13
	碘	9.61E+08	9.73E+08
	粒子（ $T_{1/2} \geq 8d$ ）	9.36E+11	7.00E+07
	氚	4.60E+12	4.60E+12
	C-14	3.66E+11	3.85E+11
液态	其余核素（除氚和 C-14）	6.49E+09	1.58E+10
	氚	4.60E+13	4.60E+13
	C-14	2.69E+10	2.83E+10

#### （2）外委资料的变化

1) 气象：本节气象资料采用的是北京大学科技开发部于 2020 年 9 月编制完成的《福建漳州核电厂厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析成果报告（2018.5.1~2020.4.30）》报告，其选取的三维、四维联合频率来自 2018~2020 年两年的数据，原报告中采用的是北京大学科技开发部于 2014 年 6 月编制完成的《漳州核电厂厂址气象观测资料统计分析与计算（2009.01~2013.12）》报告，其选取的三维、四维联合频率来自 2009~2013 年五年的数据，具体差异见 2.4 节。

2) 海水稀释因子：本节水体弥散的资料采用中国水利水电科学研究院于 2020 年完成的液态流出物稀释扩散的初步结果。原报告中采用中国水利水电科学研究院于 2015 年 10 月开展计算编制的《漳州核电厂一期工程（华龙一号）温排水和液态流出物数值模拟计算研究》中厂址附近海域各半径范围内全潮平均相对浓度值。

3) 本节报告采用中核第四研究设计工程有限公司于 2020 年 9 月完成的《福建漳州核

电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查专题》，原报告中采用中核核电工程检测中心于 2015 年 9 月编制完成的《福建漳州核电厂一期工程厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件补充调查报告》，具体差异见 2.2 节。

### （3） 计算参数的变化

1) 本节“华龙一号”四台机组的夏季季冷却水流量  $282\text{m}^3/\text{s}$ ，原报告中“华龙一号”四台机组的冬季冷却水流量  $207\text{m}^3/\text{s}$ 。

2) 本节根据评审要求，5km 范围内液态流出物的稀释因子按照全潮平均等浓度线图选取，5~10km、10~20km、20~80km 范围内选用 5a 半衰期核素的海水稀释因子分别为 0.0838、0.0426、0.0019。原报告在 0~1km、1~2km、2~3km、3~5km、5~10km、10~20km、20~80km 范围内选用 5a 半衰期核素的海水稀释因子分别 0.913、0.627、0.459、0.295、0.154、0.041、0.010。

### （4） 评价结果的比较

#### 1) 对公众的辐射影响评价

本节报告中的评价结果表明：可能的关键居民组为城内村的成人组，4 台机组对其造成的最大个人有效剂量为  $5.12\text{E-}06\text{Sv/a}$ ；关键途径为食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $2.78\text{E-}06\text{Sv/a}$ ；各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $2.71\text{E-}06\text{Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 52.98%

原报告的评价结果表明：可能的关键居民组为南山村的成人组，4 台机组对其造成的最大个人有效剂量为  $1.51\times 10^{-5}\text{Sv/a}$ ；关键途径为食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $1.05\times 10^{-5}\text{Sv/a}$ ；关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $7.23\times 10^{-6}\text{Sv/a}$ 。

由于气液态途径在评价中受到排放源项、气象参数、最新的人口食谱调查数据、最新的液态流出物稀释因子成果变化的影响，本节报告的剂量估算结果与原报告中剂量估算结果相比发生了变化。

### （5） 非人类生物的辐射剂量计算

与原报告相比增加了陆生生物辐射影响的估算。。经分析，本节内容相对原报告的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

## 6.3 其他环境影响

### 6.3.1 化学污染物的环境影响

本报告与原报告无差异。

### 6.3.2 其他污染物的环境影响

#### 6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其它生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，排入室外雨水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED2），厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED1）。生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。部分与厂区距离较远的施工临建区的生活污水由施工承包商处理后排放，排放水质满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中的一级标准。生活污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。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准的生活污水和满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。同时，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

#### 6.3.2.2 噪声的影响

##### （1）声源概况

漳洲核电厂3、4号机组正常运行时，对环境有声源（ $\geq 80\text{dB(A)}$ ）主要来自于部分工艺设备。

##### （2）评价标准

厂界环境噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中3类标准，居民区环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

##### （3）评价等级与评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）规定，本项目所处声环境功能区为3类地区，建设项目建设前后评价范围内敏感目标噪声级增高量在3dB(A)以下(不含3dB(A)，且受影响人口数量变化不大，确定本项目声环境影响评价工作等级为三级，评价范围为拟征地边界外1m。同时评价本项目对厂址附近最近居民点即NNW方位约1.41km的人家村（自然村）。

#### （4）噪声预测

漳州核电厂3、4号机组正常运行时，噪声源对厂址周围声环境的影响采用Cadna/A程序进行预测。进行环境噪声预测时，所使用的工业噪声源一般按点声源处理。对构建筑内的噪声源，需根据实际布置的门窗等透声面设置垂直面声源等效室内的点声源进行预测。

##### 1) 计算原理

采用Cadna/A程序进行预测，一般采用声源的倍频带声功率级、A声功率级或靠近声源某一参考位置的倍频带声压级、A声级来预测计算距声源不同距离的声级。

如已知声源的A声功率级，则预测点位置的A声级 $L_A(r)$ 可采用如下公式计算：

$$L_A(r) = L_{Aw} + D_C - (A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc})$$

式中： $L_{Aw}$ ——声源的A声功率级，dB(A)；

$D_C$ ——指向性指数，dB；

$A_{div}$ ——几何发散引起的衰减，dB；

$A_{atm}$ ——大气吸收引起的衰减，dB；

$A_{gr}$ ——地面效应引起的衰减，dB；

$A_{bar}$ ——声屏障引起的衰减，dB；

$A_{misc}$ ——其他多方面效应引起的衰减，dB。

如第*i*个声源在预测点产生的A声级为 $L_{Ai}$ ，在*T*时间内该声源工作时间为 $t_i$ ，则拟建工程声源对预测点产生的贡献值 $L_{eqg}$ 可采用如下公式计算：

$$L_{eqg} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} \right)$$

式中： $t_i$ ——在*T*时间内*i*声源工作时间，s；

*T*——用于计算等效声级的时间，s；

*N*——声源个数。

##### 2) 计算参数和预测结果

经计算，漳州核电厂3、4号机组运行后，对厂址周围声环境质量影响满足标准要求。

漳州核电厂一期工程（华龙一号）运行后，对厂址周围声环境质量影响满足标准要求。

### **6.3.2.3 电磁辐射的影响**

本报告与原报告无差异。

### **6.3.3 差异性分析**

根据项目最新进展，修改生活污水收集和处理的相关描述。

本节增加了漳州3、4号机组正常运行对周围声环境质量的影响。

本节编写内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。



表 6.2-1 (1/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	地表沉积 Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
H-3	3.31E-19	0.00E+00	4.20E-11	5.70E-11	7.30E-11	1.20E-10	2.70E-11	3.45E-11	4.65E-11	9.60E-11
C-14	2.65E-18	1.68E-20	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	6.20E-12	8.90E-12	1.10E-11	1.90E-11
Kr-85m	6.83E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85	2.55E-16	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-87	3.94E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	9.72E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133m	1.27E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-133	1.39E-15	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-135	1.11E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	5.44E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	1.85E-14	3.82E-16	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	7.40E-09	1.90E-08	3.70E-08	7.20E-08
I-132	1.14E-13	2.29E-15	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	9.40E-11	2.20E-10	4.50E-10	1.10E-09
I-133	3.00E-14	6.43E-16	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	1.50E-09	3.80E-09	8.30E-09	1.90E-08
I-134	1.32E-13	2.63E-15	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	4.50E-11	1.10E-10	1.80E-10	4.80E-10
I-135	8.09E-14	1.52E-15	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	3.20E-10	7.90E-10	1.70E-09	4.10E-09
Cr-51	1.53E-15	3.12E-17	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	3.70E-11	6.59E-11	1.00E-10	2.60E-10
Mn-54	4.14E-14	8.22E-16	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	1.50E-09	2.40E-09	3.81E-09	7.51E-09
Co-57	5.68E-15	1.16E-16	2.10E-10	5.80E-10	8.90E-10	2.90E-09	1.00E-09	1.50E-09	2.30E-09	4.40E-09
Co-58	4.82E-14	9.61E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.10E-09	3.10E-09	4.50E-09	9.00E-09
Co-60	1.27E-13	2.38E-15	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	3.10E-08	4.00E-08	5.90E-08	9.20E-08
Fe-59	6.04E-14	1.13E-15	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	3.70E-09	5.50E-09	7.90E-09	1.80E-08
Sr-89	4.46E-16	6.89E-17	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08

表 6.2-1 (2/2) 气态途径核素剂量转换因子

核素\途径	空气浸没 Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	地表沉积 Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	食入				吸入			
			成人	青少年	儿童	婴儿	成人	青少年	儿童	婴儿
			Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq	Sv/Bq
Sr-90	4.46E-16	6.89E-17	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	7.90E-09	1.20E-08	1.70E-08	3.90E-08
Zr-95	3.65E-14	7.32E-16	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	4.80E-09	6.80E-09	9.70E-09	2.00E-08
Nb-95	3.78E-14	7.57E-16	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	1.50E-09	2.20E-09	3.10E-09	6.80E-09
Ru-103	2.28E-14	4.69E-16	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	2.40E-09	3.50E-09	5.00E-09	1.10E-08
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	2.80E-08	4.10E-08	6.40E-08	1.40E-07
Sb-125	2.05E-14	4.31E-16	1.10E-09	2.10E-09	3.40E-09	1.10E-08	4.80E-09	6.80E-09	1.00E-08	2.00E-08
Cs-134	7.66E-14	1.54E-15	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	2.00E-08	2.80E-08	4.10E-08	7.00E-08
Cs-136	1.07E-13	2.12E-15	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	2.80E-09	4.10E-09	5.70E-09	1.50E-08
Cs-137	2.92E-14	6.03E-16	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.90E-08	4.80E-08	7.00E-08	1.10E-07
Ba-140	8.83E-15	2.00E-16	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.10E-09	7.60E-09	1.10E-08	2.70E-08
Ce-141	3.53E-15	7.51E-17	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	3.20E-09	4.60E-09	6.30E-09	1.40E-08

表 6.2-2 气态途径元素浓集因子和转移系数

核素\途径	浓集因子		转移系数	
	牧草	农作物可食部分	奶 d/L	肉 d/kg
Ba	1.00E-01	5.00E-02	5.00E-03	2.00E-03
Ce	1.00E-01	5.00E-02	3.00E-04	2.00E-04
Co	2.00E+00	8.00E-02	1.00E-02	7.00E-02
Cr	1.00E-01	1.00E-03	2.00E-04	9.00E-02
Cs	1.00E+00	4.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Fe	1.00E-01	1.00E-03	3.00E-04	5.00E-02
I	1.00E-01	2.00E-02	1.00E-02	5.00E-02
Mn	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-04	7.00E-04
Nb	2.00E-01	1.00E-02	4.00E-06	3.00E-06
Ru	2.00E-01	5.00E-02	3.00E-05	5.00E-02
Sb	1.00E-01	1.00E-03	2.50E-04	5.00E-03
Sr	1.00E+01	3.00E-01	3.00E-03	1.00E-02
Zr	1.00E-01	1.00E-03	6.00E-06	1.00E-05

表 6.2-3 (1/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m <sup>3</sup> /kg
H-3	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-11	2.30E-11	3.10E-11	6.40E-11	1.00E-04
C-14	1.68E-20	2.99E-21	5.80E-10	8.00E-10	9.90E-10	1.40E-09	2.00E-01
Cr-51	3.12E-17	3.34E-18	3.80E-11	7.80E-11	1.20E-10	3.50E-10	5.00E+00
Mn-54	8.22E-16	8.98E-17	7.10E-10	1.30E-09	1.90E-09	5.40E-09	2.00E+01
Fe-59	1.13E-15	1.31E-16	1.80E-09	4.70E-09	7.50E-09	3.90E-08	5.00E+00
Co-58	9.61E-16	1.04E-16	7.40E-10	1.70E-09	2.60E-09	7.30E-09	2.00E+01
Co-60	2.38E-15	2.77E-16	3.40E-09	1.10E-08	1.70E-08	5.40E-08	2.00E+01
Sr-89	6.89E-17	5.43E-19	2.60E-09	5.80E-09	8.90E-09	3.60E-08	1.00E-01
Sr-90	1.68E-18	1.12E-19	2.80E-10	6.00E-08	4.70E-08	2.30E-07	1.00E-01
Sr-91	7.52E-16	7.61E-17	6.50E-10	1.20E-09	2.10E-09	5.20E-09	1.00E-01
Sr-92	1.27E-15	1.49E-16	4.30E-10	8.20E-10	1.40E-09	3.40E-09	1.00E-01
Y-90	1.10E-16	1.03E-18	2.70E-09	5.90E-09	1.00E-08	3.10E-08	1.00E+03
Y-91	7.49E-17	9.56E-19	2.40E-09	5.20E-09	8.80E-09	2.80E-08	1.00E+03
Zr-95	7.32E-16	7.91E-17	9.50E-10	1.90E-09	3.00E-09	8.50E-09	1.00E+02
Nb-95	7.57E-16	8.20E-17	5.80E-10	1.10E-09	1.80E-09	4.60E-09	5.00E+01
Mo-99	1.85E-16	1.62E-17	6.00E-10	1.10E-09	1.80E-09	5.50E-09	0.00E+00
Tc-99m	1.22E-16	1.33E-17	6.40E-10	1.30E-09	2.30E-09	1.00E-08	1.00E-02
Ru-103	4.69E-16	4.95E-17	7.30E-10	1.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	3.00E-02
Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-09	1.50E-08	2.50E-08	8.40E-08	3.00E-02
Ag-110m	2.68E-15	2.97E-16	2.80E-09	5.20E-09	7.80E-09	2.40E-08	1.00E-01
Sb-124	1.76E-15	2.00E-16	2.50E-09	5.20E-09	8.40E-09	2.50E-08	1.00E-01
Te-131m	1.39E-15	1.54E-16	1.90E-09	4.30E-09	7.80E-09	2.00E-08	1.00E-01
Te-131	4.94E-16	4.54E-17	8.70E-11	1.90E-10	3.50E-10	9.00E-10	1.00E-01
Te-132	2.31E-16	2.31E-17	3.80E-09	8.30E-09	1.60E-08	4.80E-08	1.00E-01
Te-134	8.89E-16	9.36E-17	1.10E-10	2.20E-10	3.90E-10	1.10E-09	1.00E-01

表 6.2-3 (2/2) 液态剂量计算剂量转换因子和沉积吸附分配系数

核素	地面沉积	水中浸没	食入有效 Sv/Bq				沉积吸附分配系数
	Sv.m <sup>2</sup> /Bq.s	Sv.m <sup>3</sup> /Bq.s	成人	青少年	儿童	婴儿	m <sup>3</sup> /kg
I-131	3.82E-16	4.04E-17	2.20E-08	5.20E-08	1.00E-07	1.80E-07	2.00E-03
I-132	2.29E-15	2.46E-16	2.90E-10	6.20E-10	1.30E-09	3.00E-09	2.00E-03
I-133	6.43E-16	6.49E-17	4.30E-09	1.00E-08	2.30E-08	4.90E-08	2.00E-03
I-134	2.63E-15	2.86E-16	1.10E-10	2.10E-10	3.90E-10	1.10E-09	2.00E-03
I-135	1.52E-15	1.75E-16	9.30E-10	2.20E-09	4.70E-09	1.00E-08	2.00E-03
Cs-134	1.54E-15	1.66E-16	1.90E-08	1.40E-08	1.30E-08	2.60E-08	3.00E-01
Cs-136	2.12E-15	2.34E-16	3.00E-09	4.40E-09	6.10E-09	1.50E-08	3.00E-01
Cs-137	3.04E-18	6.70E-17	1.30E-08	1.00E-08	9.60E-09	2.10E-08	3.00E-01
Cs-138	2.34E-15	2.66E-16	9.20E-11	1.70E-10	2.90E-10	1.10E-09	3.00E-01
Ba-140	2.00E-16	1.91E-17	2.60E-09	5.80E-09	9.20E-09	3.20E-08	5.00E-01
La-140	2.24E-15	2.57E-16	2.00E-09	4.20E-09	6.80E-09	2.00E-08	0.00E+00
Ce-141	7.51E-17	7.78E-18	7.10E-10	1.50E-09	2.60E-09	8.10E-09	2.00E+02
Ce-143	3.19E-16	2.89E-17	1.10E-09	2.40E-09	4.10E-09	1.20E-08	2.00E+02
Ce-144	2.06E-17	1.95E-18	5.20E-09	1.10E-08	1.90E-08	6.60E-08	2.00E+02
Pr-143	2.07E-17	2.27E-19	1.20E-09	2.60E-09	4.30E-09	1.40E-08	0.00E+00
Pr-144	1.65E-16	5.07E-18	5.00E-11	9.50E-11	1.70E-10	6.40E-10	0.00E+00

表 6.2-4（1/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				9.47E-07	3.27E-07	1.73E-07	1.04E-08	9.96E-09	9.74E-09	9.61E-09	9.53E-09	9.48E-09
NNE		1.11E-06	1.00E-06			1.75E-07	1.12E-08	1.04E-08	1.01E-08	9.90E-09	9.78E-09	9.68E-09
NE						1.77E-07	1.23E-08	1.12E-08	1.06E-08	1.03E-08	1.01E-08	9.99E-09
ENE						1.76E-07	1.17E-08	1.07E-08	1.02E-08			
E						1.76E-07						
ESE						1.77E-07						
SE						1.75E-07						
SSE						1.74E-07						
S						1.77E-07						
SSW						1.85E-07	1.55E-08					
SW				5.10E-07	3.77E-07	1.87E-07	1.64E-08	1.34E-08	1.22E-08	1.15E-08	1.11E-08	1.08E-08
WSW			2.56E-06	2.40E-06	3.51E-07	1.80E-07	1.32E-08	1.16E-08	1.09E-08	1.05E-08	1.03E-08	1.01E-08
W				2.33E-06	3.33E-07	1.75E-07	1.12E-08	1.04E-08	1.01E-08	9.92E-09	9.79E-09	9.70E-09
WNW		1.08E-06		9.45E-07	3.26E-07	1.73E-07	1.04E-08	9.99E-09	9.78E-09	9.66E-09	9.58E-09	9.53E-09
NW		1.05E-06	9.71E-07			1.73E-07	1.05E-08	1.00E-08	9.81E-09	9.68E-09	9.60E-09	9.53E-09
NNW		1.07E-06			3.27E-07	1.73E-07	1.03E-08	9.86E-09	9.67E-09	9.55E-09	9.49E-09	9.44E-09

表 6.2-4（2/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				5.23E-07	1.10E-07	5.79E-08	5.17E-09	4.71E-09	4.51E-09	4.39E-09	4.31E-09	4.26E-09
NNE		6.85E-07	5.74E-07			5.91E-08	5.83E-09	5.16E-09	4.83E-09	4.65E-09	4.53E-09	4.45E-09
NE						6.14E-08	6.90E-09	5.84E-09	5.34E-09	5.06E-09	4.87E-09	4.73E-09
ENE			8.77E-08			6.06E-08	6.39E-09	5.43E-09	5.00E-09			
E						6.04E-08						
ESE						6.18E-08						
SE						5.99E-08						
SSE						5.89E-08						
S						6.10E-08						
SSW						6.91E-08	1.00E-08					
SW				2.87E-07	1.58E-07	7.11E-08	1.08E-08	8.01E-09	6.82E-09	6.22E-09	5.82E-09	5.53E-09
WSW			1.50E-06	1.34E-06	1.33E-07	6.39E-08	7.76E-09	6.27E-09	5.60E-09	5.27E-09	5.04E-09	4.88E-09
W				1.28E-06	1.16E-07	5.94E-08	5.91E-09	5.20E-09	4.87E-09	4.69E-09	4.56E-09	4.48E-09
WNW		6.56E-07		5.21E-07	1.09E-07	5.76E-08	5.15E-09	4.74E-09	4.55E-09	4.43E-09	4.35E-09	4.31E-09
NW		6.19E-07	5.46E-07			5.77E-08	5.20E-09	4.78E-09	4.57E-09	4.45E-09	4.37E-09	4.31E-09
NNW		6.38E-07			1.09E-07	5.75E-08	5.02E-09	4.62E-09	4.44E-09	4.34E-09	4.28E-09	4.22E-09

表 6.2-4（3/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				2.71E-07	4.65E-08	2.38E-08	3.42E-09	2.98E-09	2.78E-09	2.67E-09	2.60E-09	2.55E-09
NNE		4.25E-07	3.20E-07			2.51E-08	4.03E-09	3.40E-09	3.09E-09	2.92E-09	2.80E-09	2.73E-09
NE						2.72E-08	5.05E-09	4.04E-09	3.56E-09	3.30E-09	3.12E-09	2.99E-09
ENE						2.64E-08	4.58E-09	3.66E-09	3.25E-09			
E						2.63E-08						
ESE						2.76E-08						
SE						2.58E-08						
SSE						2.49E-08						
S						2.68E-08						
SSW						3.46E-08	8.07E-09					
SW				2.16E-07	9.13E-08	3.64E-08	8.76E-09	6.11E-09	4.98E-09	4.41E-09	4.02E-09	3.76E-09
WSW			8.68E-07	7.17E-07	6.77E-08	2.97E-08	5.89E-09	4.45E-09	3.83E-09	3.51E-09	3.29E-09	3.14E-09
W				6.60E-07	5.15E-08	2.53E-08	4.12E-09	3.44E-09	3.13E-09	2.95E-09	2.84E-09	2.75E-09
WNW		3.98E-07		2.69E-07	4.54E-08	2.36E-08	3.39E-09	3.01E-09	2.81E-09	2.71E-09	2.64E-09	2.59E-09
NW		3.62E-07	4.59E-08			2.37E-08	3.44E-09	3.03E-09	2.84E-09	2.72E-09	2.65E-09	2.59E-09
NNW		3.81E-07			4.56E-08	2.35E-08	3.27E-09	2.90E-09	2.72E-09	2.62E-09	2.56E-09	2.52E-09



表 6.2-4（4/4） 本工程运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				4.78E-08	7.79E-09	3.52E-09	1.65E-09	1.35E-09	1.21E-09	1.13E-09	1.08E-09	1.04E-09
NNE		1.54E-07	8.07E-08			4.43E-09	2.12E-09	1.67E-09	1.45E-09	1.33E-09	1.25E-09	1.19E-09
NE						5.94E-09	2.85E-09	2.13E-09	1.80E-09	1.60E-09	1.48E-09	1.38E-09
ENE						5.04E-09	2.33E-09	1.75E-09	1.49E-09			
E						4.84E-09						
ESE						5.53E-09						
SE						4.51E-09						
SSE						3.95E-09						
S						5.17E-09						
SSW						1.03E-08	4.57E-09					
SW				1.18E-07	3.78E-08	1.19E-08	5.23E-09	3.44E-09	2.68E-09	2.29E-09	2.02E-09	1.85E-09
WSW			2.46E-07	1.46E-07	2.21E-08	7.42E-09	3.30E-09	2.33E-09	1.91E-09	1.68E-09	1.54E-09	1.43E-09
W				1.09E-07	1.12E-08	4.46E-09	2.08E-09	1.62E-09	1.41E-09	1.30E-09	1.22E-09	1.17E-09
WNW		1.34E-07		4.68E-08	7.26E-09	3.40E-09	1.64E-09	1.37E-09	1.24E-09	1.16E-09	1.11E-09	1.07E-09
NW		1.11E-07	3.05E-08			3.48E-09	1.70E-09	1.41E-09	1.26E-09	1.18E-09	1.13E-09	1.09E-09
NNW		1.21E-07			7.20E-09	3.26E-09	1.53E-09	1.27E-09	1.15E-09	1.09E-09	1.04E-09	1.01E-09

表 6.2-5 (1/4) 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				1.89E-06	6.55E-07	3.47E-07	2.09E-08	1.99E-08	1.95E-08	1.92E-08	1.91E-08	1.90E-08
NNE		2.23E-06	2.00E-06			3.49E-07	2.23E-08	2.09E-08	2.02E-08	1.98E-08	1.96E-08	1.94E-08
NE						3.54E-07	2.46E-08	2.23E-08	2.13E-08	2.07E-08	2.03E-08	2.00E-08
ENE						3.52E-07	2.34E-08	2.14E-08	2.05E-08			
E						3.52E-07						
ESE						3.55E-07						
SE						3.51E-07						
SSE						3.49E-07						
S						3.53E-07						
SSW						3.70E-07	3.10E-08					
SW				1.02E-06	7.54E-07	3.75E-07	3.27E-08	2.69E-08	2.43E-08	2.31E-08	2.22E-08	2.16E-08
WSW			5.12E-06	4.79E-06	7.02E-07	3.60E-07	2.64E-08	2.32E-08	2.18E-08	2.11E-08	2.06E-08	2.03E-08
W				4.67E-06	6.66E-07	3.50E-07	2.24E-08	2.09E-08	2.02E-08	1.98E-08	1.96E-08	1.94E-08
WNW		2.17E-06		1.89E-06	6.53E-07	3.46E-07	2.09E-08	2.00E-08	1.96E-08	1.93E-08	1.92E-08	1.91E-08
NW		2.09E-06	1.94E-06			3.46E-07	2.10E-08	2.01E-08	1.96E-08	1.94E-08	1.92E-08	1.91E-08
NNW		2.13E-06			6.53E-07	3.46E-07	2.05E-08	1.97E-08	1.93E-08	1.91E-08	1.90E-08	1.89E-08

表 6.2-5 (2/4) 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				1.05E-06	2.21E-07	1.16E-07	1.03E-08	9.42E-09	9.02E-09	8.78E-09	8.62E-09	8.52E-09
NNE		1.37E-06	1.15E-06			1.18E-07	1.17E-08	1.03E-08	9.66E-09	9.30E-09	9.06E-09	8.90E-09
NE						1.23E-07	1.38E-08	1.17E-08	1.07E-08	1.01E-08	9.74E-09	9.46E-09
ENE			1.75E-07			1.21E-07	1.28E-08	1.09E-08	1.00E-08			
E						1.21E-07						
ESE						1.24E-07						
SE						1.20E-07						
SSE						1.18E-07						
S						1.22E-07						
SSW						1.38E-07	2.01E-08					
SW				5.74E-07	3.15E-07	1.42E-07	2.16E-08	1.60E-08	1.36E-08	1.24E-08	1.16E-08	1.11E-08
WSW			3.00E-06	2.69E-06	2.65E-07	1.28E-07	1.55E-08	1.25E-08	1.12E-08	1.05E-08	1.01E-08	9.76E-09
W				2.57E-06	2.31E-07	1.19E-07	1.18E-08	1.04E-08	9.74E-09	9.38E-09	9.12E-09	8.96E-09
WNW		1.31E-06		1.04E-06	2.19E-07	1.15E-07	1.03E-08	9.48E-09	9.10E-09	8.86E-09	8.70E-09	8.62E-09
NW		1.24E-06	1.09E-06			1.15E-07	1.04E-08	9.56E-09	9.14E-09	8.90E-09	8.74E-09	8.62E-09
NNW		1.28E-06			2.19E-07	1.15E-07	1.00E-08	9.24E-09	8.88E-09	8.68E-09	8.56E-09	8.44E-09

表 6.2-5 (3/4) 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				5.42E-07	9.29E-08	4.77E-08	6.83E-09	5.95E-09	5.55E-09	5.33E-09	5.19E-09	5.09E-09
NNE		8.50E-07	6.39E-07			5.01E-08	8.05E-09	6.79E-09	6.17E-09	5.83E-09	5.59E-09	5.45E-09
NE						5.44E-08	1.01E-08	8.07E-09	7.11E-09	6.59E-09	6.23E-09	5.97E-09
ENE						5.29E-08	9.15E-09	7.31E-09	6.49E-09			
E						5.26E-08						
ESE						5.52E-08						
SE						5.16E-08						
SSE						4.98E-08						
S						5.37E-08						
SSW						6.93E-08	1.61E-08					
SW				4.31E-07	1.83E-07	7.29E-08	1.75E-08	1.22E-08	9.95E-09	8.81E-09	8.03E-09	7.51E-09
WSW			1.74E-06	1.43E-06	1.35E-07	5.93E-08	1.18E-08	8.89E-09	7.65E-09	7.01E-09	6.57E-09	6.27E-09
W				1.32E-06	1.03E-07	5.07E-08	8.23E-09	6.87E-09	6.25E-09	5.89E-09	5.67E-09	5.49E-09
WNW		7.96E-07		5.38E-07	9.09E-08	4.73E-08	6.77E-09	6.01E-09	5.61E-09	5.41E-09	5.27E-09	5.17E-09
NW		7.24E-07	9.18E-08			4.75E-08	6.87E-09	6.05E-09	5.67E-09	5.43E-09	5.29E-09	5.17E-09
NNW		7.62E-07			9.13E-08	4.71E-08	6.53E-09	5.79E-09	5.43E-09	5.23E-09	5.11E-09	5.03E-09

表 6.2-5 (4/4) 1-4 号机组运行状态下气、液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离 km	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				9.56E-08	1.56E-08	7.04E-09	3.29E-09	2.69E-09	2.41E-09	2.25E-09	2.15E-09	2.08E-09
NNE		3.09E-07	1.61E-07			8.86E-09	4.23E-09	3.33E-09	2.89E-09	2.65E-09	2.49E-09	2.37E-09
NE						1.19E-08	5.69E-09	4.25E-09	3.59E-09	3.19E-09	2.95E-09	2.75E-09
ENE						1.01E-08	4.65E-09	3.49E-09	2.97E-09			
E						9.68E-09						
ESE						1.11E-08						
SE						9.02E-09						
SSE						7.90E-09						
S						1.03E-08						
SSW						2.06E-08	9.13E-09					
SW				2.36E-07	7.57E-08	2.39E-08	1.05E-08	6.87E-09	5.35E-09	4.57E-09	4.03E-09	3.69E-09
WSW			4.92E-07	2.92E-07	4.43E-08	1.48E-08	6.59E-09	4.65E-09	3.81E-09	3.35E-09	3.07E-09	2.85E-09
W				2.18E-07	2.24E-08	8.92E-09	4.15E-09	3.23E-09	2.81E-09	2.59E-09	2.43E-09	2.33E-09
WNW		2.69E-07		9.36E-08	1.45E-08	6.80E-09	3.27E-09	2.73E-09	2.47E-09	2.31E-09	2.21E-09	2.13E-09
NW		2.21E-07	6.10E-08			6.96E-09	3.39E-09	2.81E-09	2.51E-09	2.35E-09	2.25E-09	2.17E-09
NNW		2.42E-07			1.44E-08	6.52E-09	3.05E-09	2.53E-09	2.29E-09	2.17E-09	2.09E-09	2.02E-09

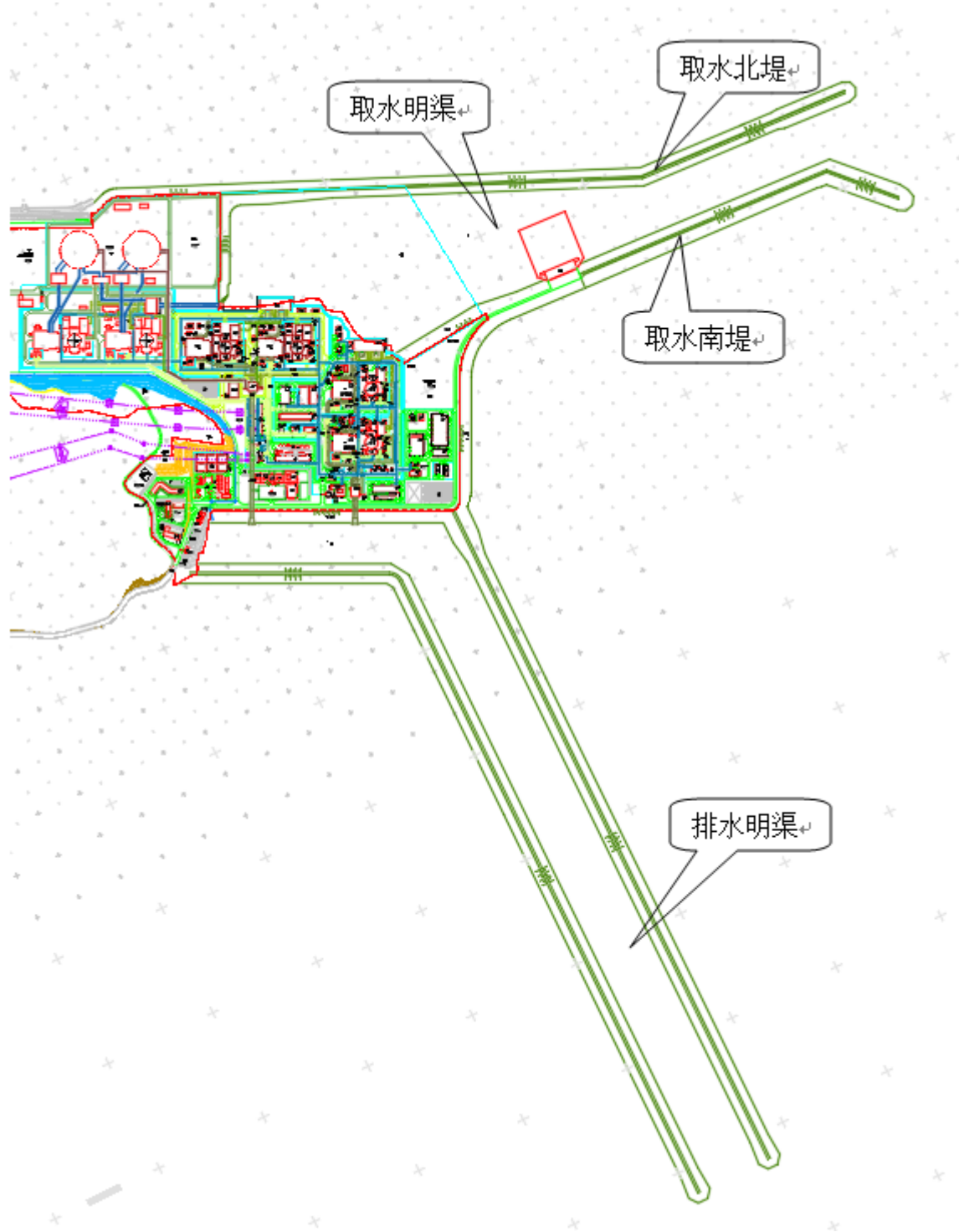


图 6.1-1 取排水工程方案平面布置图

## 第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

### 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.1.4 差异性分析

### 7.2 场内运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.2.4 差异性分析

### 7.3 其它事故

### 7.4 事故应急

7.4.1 厂址周围的人口分布

7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

7.4.3 厂址周围交通条件

7.4.4 小结

7.4.5 差异性分析

## 7.1 核电厂放射性事故和后果评价

### 7.1.1 事故描述和事故源项

福建漳州核电厂 3、4 号机组采用“华龙一号”机型。

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），在厂址选择阶段，应对核电厂选址假想事故的放射性后果进行分析和评价。本节对福建漳州核电厂 3、4 号机组选址假想事故的放射性后果进行分析和评价，以论证厂址的适宜性。

#### 7.1.1.1 事故描述

根据我国核电项目的工程经验，本项目采用《核电厂选址假想事故源项分析准则》（NB/T 20470-2017RK）的模型和方法计算选址假想事故源项，该源项适用于厂址选择、环境影响报告、应急设施可居留性等方面放射性后果的评价。

#### 7.1.1.2 事故源项

“华龙一号”机型设计采用双层安全壳，外层安全壳与内层安全壳一起形成安全壳环形空间，环形空间设置有安全壳环形空间通风系统，确保环形空间保持持续的负压状态，该负压状态能有效引导内、外部的泄漏都向该环形空间汇集，从而可以有效包容内壳泄漏到环形空间的放射性物质，避免来自内层安全壳的泄漏（比如在发生失水事故时）直接进入环境，并通过环形空间安全系列过滤排放，进一步控制向环境的放射性释放。

### 7.1.2 事故后果计算

#### 7.1.2.1 事故大气弥散条件

事故工况下，短期大气弥散因子是采用美国核管会管理导则 RG 1.145 的模式计算完成的。采用适用于漳州厂址的扩散参数，计算全厂址时间保证概率水平为 95% 以及各方位概率水平为 99.5% 的高斯烟羽轴浓度的小时大气弥散因子，取各方位的最大值与全厂址 95% 概率水平的值中的较大值作为 0~2 小时的大气弥散因子。对于释放持续时间长于 2 小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年平均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

#### 7.1.2.2 事故剂量

在事故释放期间，公众受到剂量照射主要来自两种途径：

- a) 放射性烟云浸没外照射
- b) 吸入放射性物质引起的内照射

烟云浸没外照射剂量转换因子和吸入内照射剂量转换因子取自 GB18871、联邦导则 12 号报告以及 ICRP71 号报告。



采用厂址 2027 年的预期人口数据计算集体剂量。

### 7.1.3 事故后果评价

#### 7.1.3.1 评价标准

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

#### 7.1.3.2 后果评价和分析

计算结果显示，厂址拟定非居住区边界处（600m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 4.95mSv，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 1.29mSv，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 1.98% 和 0.52%。

厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 178 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 0.89%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011) 的相关规定以及选址假想事故条件下非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体接受的集体有效剂量的计算结果，在环形空间通风系统风量设计较为保守的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故分析的角度，福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

### 7.1.4 差异性分析

与一期复核报告相比，本报告仍根据国标 GB 6249-2011 对选址假想事故的剂量后果进行评价，结果表明选址假想事故的后果同样满足国标规定的剂量控制值，福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

## 7.2 场内运输事故

### 7.2.1 新燃料运输事故

本项目新燃料组件的运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

新燃料组件及其运输容器的减震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生

变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料芯块散落的情况。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

### 7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未达到贮存量限值之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批程序。从 2003 年开始，我国每年都进行大亚湾乏燃料运输工作，大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

### 7.2.3 放射性固体废物运输事故

福建漳州核电项目 3、4 号机组运行过程中产生的放射性固体废物经处理后，厂外运输的是混凝土高完整性容器（HIC）废物包和 200L 钢桶废物包。这些废物包在放射性固体废物暂存库（WT）贮存一定年限后，再运往规划中的放射性废物区域处置场。放射性固体废物的运输拟采用公路运输，根据公路运输的经验，事故发生率以及预计事故次数都是很低的。此外，放射性固体废物在运输过程中将严格遵守 GB11806-2019《放射性物品安全运输规程》中的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求。混凝土高完整性容器（HIC）的设计和制造满足 GB36900.2-2018《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》的要求。固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》的要求。废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》的要求。运输过程中即使废物桶从运输车辆上跌落，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，也可以采取措施收集，防止对环境造成污染。

### 7.2.4 差异性分析

新燃料运输事故：新燃料运输的安全性由运输容器本身保证，福建漳州核电项目一期工程与本项目相比在新燃料运输事故对环境的影响方面无差异。

乏燃料运输事故：乏燃料运输的安全性由运输容器本身保证，福建漳州核电项目一期工程与本项目相比在乏燃料运输事故对环境影响方面无差异。

放射性固体废物运输事故：放射性固体废物运输的安全性由废物包性能和运输时执行的安全标准（GB11806-2019《放射性物品安全运输规程》）保证，本项目与福建漳州核电一期工程相比在放射性固体废物运输事故方面无差异。

### 7.3 其它事故

在本电站中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

与一期复核报告相比，本节无实质性变化。

### 7.4 事故应急

我国《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002-1993）要求，在核电厂选址阶段应当考虑核事故应急工作的要求。如果推荐的核设施厂址在制定和执行应急预案方面出现难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。

#### 7.4.1 厂址周围的人口分布

厂址半径 80km 范围内无百万人以上的大城市，厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的城镇。

厂址半径 5km 范围内无万人以上集中居民点。

厂址半径 1km 范围内无村庄和居民。

厂址半径 5km 范围内有幼儿园 5 所，学校 5 所，1 所卫生院（列屿卫生院）和 1 所敬老院（列屿养老院），上述人员在制定应急预案时应当加以特殊考虑，除此之外，半径 5km 范围内没有监狱、拘留所、看守所等其他难以撤离的特殊人群。

#### 7.4.2 厂址周围气象、通讯、公安及消防条件

厂址半径 50km 范围内的区域站共有 61 个（以 4#机组为中心），10km 范围内有 2 个气象站，可以为应急预案的实施提供气象支持。

厂址所在地区通讯条件良好，目前列屿镇有电信支局一座和多处电信模块点及移动基站 9 座，均匀分布在周边各村，实现镇域电信信号全覆盖。现有广播电视站一座，并已覆盖至周边农村（除大阪、白衣）。

云霄县公安局统一协调指挥全县各派出所，负责实施全县范围内治安、应急抢险工作。厂址 10km 范围内派出所共涉及公安系统 5 个。厂址 50km 范围内共涉及派出所 20 个，事

故情况下均可参与应急响应。

### 7.4.3 厂址周围交通条件

厂址半径 15km 范围内交通便利，交通条件主要是公路。其中，高速公路 1 条，为沈海高速 G15，国道 1 条，为 G324 线，为二级公路，云霄城关段在 2019 年升级为一级道路。省道 3 条，分别为 S201，S503 和 S508。

厂址半径 15km 范围内除涉及到 G15、G324 和 3 条省道外，还包含有县道云四线和疏港公路。目前可以通过云四线进入核电厂址。疏港公路可与云霄县境内的 324 国道连接。

厂址半径 5km 范围内涉及交通道路为疏港公路、县道云四线和沿海大通道，另外包含列屿镇有乡道 7 条，陈岱镇 12 条。

### 7.4.4 小结

从漳州厂址的环境条件来看，厂址半径 5km 范围内没有 1 万人以上的乡镇，厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。厂址半径 5km 范围内的幼儿园、学校、卫生院以及敬老院在实施应急预案时需要加以特殊考虑，做好组织撤离准备工作。除此之外厂址半径 5km 之内没有其它难以撤离的特殊人群。厂址周围交通便利，周围的气象站、通讯条件、公安及消防设施可在事故条件下提供应急支援。

从厂址环境条件来看，制定和实施事故应急预案不会出现难以克服的困难。

### 7.4.5 差异性分析

与一期复核报告相比，本节内容已经根据最新外委调查报告《福建漳州核电厂 3、4 号机组人口、食谱、环境及其外部人为事件调查调查报告》中的资料，修改了厂址环境条件，与一期复核报告无实质性变化。

## 第八章 流出物监测与环境监测

### 8.1 辐射监测

### 8.2 其他监测

### 8.3 监测设施

### 8.4 质量保证

### **8.1 辐射监测**

本节与原报告无差异。

### **8.2 其他监测**

本节与原报告无差异。

### **8.3 监测设施**

本节与原报告无差异。

### **8.4 质量保证**

本节与原报告无差异。

## 第九章 利益代价分析

### 9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

### 9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

### 9.3 差异性分析

## 9.1 利益分析

### 9.1.1 运行带来的直接利益

福建漳州核电厂 3、4 号机组是由中国核能电力股份有限公司和中国国电集团公司共同出资建设，建设规模为  $2 \times 1212\text{MW}$  百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿命期为 60 年，经济评价期为 30 年。

据财务分析结果，工程投产后在 30 年经济评价期内，在资本金内部收益率为 9% 时，项目盈利能力与一期工程经济评价结果相当，有较好的经济效益。

### 9.1.2 建设和运行带来的间接利益

#### （1）社会效益

福建省地处我国华东地区，是我国经济比较发达、综合经济实力较强的省份之一。但是，由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民的需要，因此，福建漳州核电厂 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。华东电网电源主要是燃煤的火电机组，但是，燃煤供应、铁路运输和港口装卸却很难满足要求。福建漳州核电厂 3、4 号机组  $2 \times 1212\text{MW}$  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。

福建漳州核电厂 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，推动当地的经济的发展，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，促进当地金融等服务产业发展。建设期间，可提供约 6 万人年的各种建设人才的就业机会；运行期间，核电站各岗位的就业人数总计约为 500 人，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。同时还起到优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。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。

福建漳州核电厂 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，对加快华东地区的经济发展具有重要意义。

#### （2）行业效益

福建漳州核电厂 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。

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。



### （3）环境效益

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 2×1212MW 规模计算，每年可少排放 SO<sub>2</sub> 约 3750 吨，烟尘约 1570 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。

## 9.2 代价分析

### 9.2.1 直接代价

福建漳州核电厂 3、4 号机组的项目计划总资金包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费等工程费用和建设单位管理费、设计和技术服务费、联合试运转费、工程其他费用以及预备费、建设期贷款利息和融资费用、铺底流动资金、进口环节增值税。其中建设期的环境保护设施费用占总项目计划总资金的 2.6% 左右。

运行期的环保费用包括乏燃料处理处置基金、中低放废物处理处置费、退役基金等。乏燃料后处理从投产后第六年开始提取。

中低放废物处理处置费从投产后第一年开始提取。

退役基金从计算期第一年开始提取，总额以发电工程固定资产原值为基数，提取比例为 10%。

### 9.2.2 间接代价

#### 9.2.2.1 社会代价

福建漳州核电厂 3、4 号机组厂区、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。

福建漳州核电厂 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，本机组对于漳州地区的公众舆论、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建漳州核电厂 3、4 号机组工程建设的意见和建议，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。

#### 9.2.2.2 环境代价

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境和保护公众的目的，福建漳州核电厂 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建漳州核电厂 3、4 号机组的环境影响做出了详细的论证。

从以上分析可以得出结论：福建漳州核电厂 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。福建漳州核电厂 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。

### 9.3 差异性分析

与一期复核报告相比，一期为 1~4 号 4 台机组的投资费用，漳州核电厂 3、4 号机组为 2 台的投资。相对应的核电厂环保设施费用，漳州核电厂 3、4 号机组环保设施费用投入比例略高于一期工程选址阶段，变化较小。从经济评价结果来看，在同样保证经济评价期内资本金内部收益率为 9% 时，项目盈利能力与一期工程经济评价结果相当，有较好的经济效益。

---

## 第十章 结论与承诺

### 10.1 核电厂建设项目

### 10.2 环境保护设施

#### 10.2.1 放射性废物处理系统

#### 10.2.2 污水处理设施

#### 10.2.3 辐射环境监测

### 10.3 放射性排放

### 10.4 辐射环境影响评价结论

#### 10.4.1 运行状态下对公众的辐射影响评价

#### 10.4.2 正常运行对非人类生物的辐射影响

#### 10.4.3 事故工况下的环境影响评价

### 10.5 非辐射环境影响评价结论

#### 10.5.1 施工期间的环境影响

#### 10.5.2 运行期间的环境影响

### 10.6 承诺

### 10.7 差异性分析

## 10.1 核电厂建设项目

本工程厂址位于福建省漳州市云霄县列屿镇东北侧的刺仔尾，地处东山湾西岸。厂址北距漳州市约 82km（直线距离，下同），东北距厦门市约 100km，西北距云霄县城约 21km，西南距东山县城约 15km，西南距列屿镇约 2km。

漳州核电厂的规划容量按 6 台百万千瓦级压水堆核电机组考虑，一次规划，分期建设。一期工程建设规模为 4 台“华龙一号”自主化三代百万千瓦级压水堆核电机组。漳州核电厂 3 号机组计划于 2022 年 8 月 30 日开工浇注第一罐混凝土，单台机组建设周期为 58 个月，两台机组开工日期间隔 10 个月，计划分别在 2027 年 6 月 30 日和 2028 年 4 月 30 日建成投产。

漳州核电厂一期工程采用“华龙一号”三代核电技术，满足国家核安全局已颁发的现行有效的核安全法规和核安全导则的要求，同时参照国际原子能机构颁布的最新安全标准的要求；兼顾机组的安全性和经济性，满足三代核电技术的指标要求，吸收福岛核电站事故的经验反馈，考虑应对福岛核电站事故的相关改进和措施；具备能动与非能动相结合的安全特征，全面的严重事故预防与缓解措施、强化的外部事件的防护能力和改进的应急响应能力，具有技术成熟性和完整自主知识产权，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

## 10.2 环境保护设施

### 10.2.1 放射性废物处理系统

放射性废物管理系统包括废液处理系统（ZLT）、废气处理系统（ZGT）、可降解废物处理系统（ZDT）、固体废物处理系统（ZST）核岛液态流出物排放系统（ZLD）和常规岛液态流出物排放系统（WQB）等，它们分别用以收集、处理、监测、暂存或排放核电厂运行过程中产生的放射性液体、气体和固体废物。

#### （1）废液处理系统

废液处理系统蒸发单元设备采用秦山核电二期工程自主化设计的自然循环蒸发装置，并拟对 ZLT 系统进行工艺改进，采用连续注入凝聚加离子交换处理技术处理工艺排水和部分超标的地面排水，同时也将 Ag-110m 污染废液由蒸发改为该技术处理。该工艺改进不但解决了 Ag-110m 废液难处理以及蒸发处理时对蒸发单元造成污染的问题，而且大大降低了蒸发装置的负荷，减少了浓缩液的产生量。

#### （2）废气处理系统

废气处理系统（ZGT）根据单机组放射性废气处理要求将贮槽数量及容积进行了相应的调整，主要能动设备与福清 5、6 号机组一致都考虑 100% 冗余，以实现处理电站正常运

行和预计运行事件中产生的放射性气体废物的功能。

### （3）硼回收系统

基于单堆配置的特点，为使反应堆安全可靠运行，将设置一套除气净化装置，设有三个中间贮槽、两套蒸发装置、两个冷凝液监测槽、两个浓缩液监测槽、一套反应堆冷却剂除硼装置、一套蒸馏液除硼装置。

除气净化单元设备的处理能力提高到  $31.4\text{m}^3/\text{h}$ ，以保证处理一回路最大下泄量。

考虑蒸发单元设备国产化的要求，采用秦山核电二期工程中已经自主化设计的自然循环蒸发装置。

### （4）固体废物处理系统

固体废物处理系统（ZST）的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。浓缩液收集在 NY 厂房的浓缩液贮槽中，随后装入桶内干燥器的 200L 钢桶烘干，经封盖和剂量检测后通过屏蔽运输车转运至 WT 库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。废树脂和废活性炭收集在 NX 厂房的废树脂贮槽中，然后用屏蔽运输车送到 WB 厂房的废树脂接收槽。废树脂和废活性炭在 WB 厂房用锥形干燥器烘干后装入 200L 钢桶，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至 WT 库装入混凝土高完整性容器（HIC）暂存。将 NX 厂房和 NY 厂房产生的废过滤器芯用屏蔽运输车转运至 WB 厂房。废过滤器芯在 WB 厂房装入 200L 钢桶进行水泥固定，经封盖和剂量检测后用屏蔽运输车转运至 WT 库暂存，WT 库的容量按六台机组运行 5 年产生的废物量进行设计。

### （5）核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统

漳州核电厂一期工程核岛液态流出物排放系统（ZLD）及常规岛液态流出物排放系统（WQB）为两堆共用，具有以下功能：

- 收集、贮存、监测并有控制地向环境排放放射性水平低于排放管理限值的液态流出物。
- 将不符合排放要求的放射性废液返回 ZLT 系统处理。
- 监测排放液态流出物的放射性浓度和计量排放量。

ZLD 及 WQB 系统设置在核岛/常规岛液态流出物排放厂房，每个系统有三个有效容积各为  $500\text{m}^3$  的排放槽和三台排放泵。排放槽安装在滞留池内，滞留池的容积能够容纳三个排放槽破损时泄出的全部液态流出物。

ZLD 及 WQB 系统放射性浓度排放限值为  $1000\text{Bq/L}$ （除 H-3、C-14 以外）。

采用以上先进的放射性废物处理工艺，使处理后的液态、气载放射性流出物排放满足

GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》的规定，使每台机组预期的放射性固体废物产生量低于  $50\text{m}^3/\text{年}$ 。

### 10.2.2 污水处理设施

本工程拟建设生活污水处理站、非放射性含油废水处理站等污水处理设施。

1、2 号机组主厂区和厂前区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED1），3、4 号机组主厂区的生活污水通过相应污水管网汇集至生活污水处理站（ED2）。生活污水处理站收集的生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中车辆冲洗水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化、道路浇洒和洗车等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。生活污水处理站（ED1）的设计规模为  $900\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水处理站（ED2）的设计规模为  $450\text{m}^3/\text{d}$ 。漳州核电厂一期工程（华龙一号）四台机组正常运行时生活污水产生量为  $574\text{m}^3/\text{d}$ ，大修和启动时增加  $203\text{m}^3/\text{d}$ 。

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至非放射性含油废水处理站。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，排入室外雨水管网，最终排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。每两台机组，非放射性含油废水处理工艺设备总处理能力为  $10\text{m}^3/\text{h}$ ，每套设备设计处理能力为  $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

### 10.2.3 辐射环境监测

本节与原报告无差异。

## 10.3 放射性排放

根据分析，漳州核电厂一期工程（华龙一号）四台机组和全厂址六台机组的排放量均满足 GB 6249-2011 中所规定的厂址年排放量控制值要求。本工程液态流出物槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素的排放浓度满足 GB 6249-2011 中对于滨海厂址所规定的液态流出物排放浓度的要求。

## 10.4 辐射环境影响评价结论

### 10.4.1 运行状态下对公众的辐射影响评价

3、4 号机组运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $5.92\text{E}-06\text{ Sv/a}$ 、 $3.93\text{E}-06\text{ Sv/a}$ 、 $2.24\text{E}-06\text{ Sv/a}$ 、 $7.95\text{E}-07\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为  $5.92\text{E}-06\text{ Sv/a}$ ，约占 2 台机组个人剂量约束值（ $0.08\text{mSv/a}$ ）的 7.40%。

1-4 号机组运行状态下，气载和液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的最大有效剂量分为  $1.18\text{E-}05\text{ Sv/a}$ 、 $7.86\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $4.48\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 、 $1.59\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。各年龄组中成人组的剂量最大，受到的最大个人有效剂量为  $1.18\text{E-}05\text{ Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ $0.16\text{mSv/a}$ ）的 7.40%。

“三关键”分析：

3、4 号机组运行状态下采用现实排放源项计算周围的关键人群组、关键核素和关键照射途径。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为  $2.56\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $1.39\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 54.41%；其次为液态途径的岸边沉积外照射途径，占气液态总剂量的 35.01%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $1.36\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 52.67%；另外，Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 35.97% 和 3.36%。

1-4 号机组运行状态下采用现实排放源项计算周围的关键人群组、关键核素和关键照射途径。最大个人有效剂量出现在厂址 WSW 方位 2~3km 处，此处居住的是云霄县列屿镇城内村的村民，关键居民组为成人组，受到的最大个人有效剂量为  $5.12\text{E-}06\text{ Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为  $2.78\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 54.41%；其次为液态途径的岸边沉积外照射途径，占气液态总剂量的 35.01%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为  $2.72\text{E-}06\text{ Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 52.67%；另外，Co-60 和 H-3 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 35.97% 和 3.36%。

#### 10.4.2 正常运行对非人类生物的辐射影响

水生生物：从影响率的估算结果来看，漳州核电厂 3、4 号机组及 1-4 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  $10^{-1}$  数量级以下，其中对多毛纲动物蠕虫的影响率最大，为  $1.00\times 10^{-2}$ 。从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电厂 3、4 号机组及 1-4 号机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

陆生生物：从影响率的结果来看，漳州核电站 3、4 号机组及 1-4 号机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在  $10^{-3}$  数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于  $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，漳州核电站 3、4 号机组及 1-4 号机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

#### 10.4.3 事故工况下的环境影响评价

在发生选址假想事故条件下，厂址拟定非居住区边界处（600m）的任何个人，在选址假想事故后的任意 2h 内所接受的最大有效剂量为 4.95mSv，厂址拟定规划限制区边界处（5000m）的任何个人，在事故的整个持续期内接受的有效剂量为 1.29mSv，分别为 GB 6249-2011 中剂量控制值的 1.98%和 0.52%。

厂址半径 80km 范围内，公众群体在事故持续期间 30 天内受到的集体有效剂量为 178 人·Sv，为 GB 6249-2011 中的剂量控制值的 0.89%。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的相关规定以及选址假想事故条件下非居住区和规划限制区边界公众受到的有效剂量、厂址半径 80km 范围公众群体接受的集体有效剂量的计算结果，在环形空间通风系统风量设计较为保守的条件下，选址假想事故的后果满足国标规定的剂量控制值。因此从事故分析的角度，福建漳州核电厂 3、4 号机组厂址是适宜的。

## 10.5 非辐射环境影响评价结论

### 10.5.1 施工期间的环境影响

#### （1）社会环境影响

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，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）施工噪声

施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响，施工期间采用了相应的措施降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响。在施工建设期间，安排进行了施工期噪声监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工噪声对环境的影响。

#### （3）大气环境的影响

在工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量增高。施工期间采取有效的防治措施可减少扬尘的释放。在施工建设期间，安排进行了施工期大气的环境监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工对大气环境的影响。

#### （4）海域施工的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取排水口工程施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。取排水口工程施工及明渠基槽开挖的悬沙等影响主要集中在明渠之内；船舶产生的含油废水自行处理达标后排放或带至岸上排放。通过采取措施，有序



排放，能够尽量减小海域施工的影响。

### 10.5.2 运行期间的环境影响

#### （1）温排水的影响

厂址东临东山湾海域，可为核电厂直流循环冷却水源提供可靠的保证，同样东山湾作为核电厂排水的受纳水域，也为核电厂余热排放提供了较好的扩散散热条件。在一期工程 4 台机组运行工况下，温排水不会影响到保护区，对海洋生态环境及养殖业的影响是可以接受的。

#### （2）机械损伤和卷吸效应

核电厂的取水方式为引水明渠取水，电厂运行期间会对浮游生物、鱼卵仔鱼等能通过滤网系统的生物造成一定的损失影响。预计在漳州核电厂运行期间，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。卷吸效应对该海域海洋生态的影响很小。

#### （3）化学污染物的环境影响

除循环冷却水氯化处理的余氯外，核电厂运行期间排放的各种废水中所含化学物质数量较少，而且在标准规定的控制浓度以下，经大量雨水或循环冷却水稀释后排放到受纳海域，不会影响附近海域的海水质量。

在循环冷却水中加入氯是为了防止海洋生物在循环水系统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。加入循环冷却水中的氯包括游离态氯和化合态氯，游离态氯衰减得很快；化合态氯为氨氮和有机胺与氯化合而成的氯氨，化合态氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。残余氯在海区中的稀释与扩散，使加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度已降至 0.15mg/L 左右。余氯在环境水体中衰减很快，在水中的输移、分布主要依靠潮流的挟带，并非累积所致。余氯浓度场主要在排水口附近，影响范围较小。

#### （4）生产废水和生活污水的影响

漳州核电厂一期工程（华龙一号）排放的生活污水满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准，排放的生产废水满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准，二者均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。同时，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

## 10.6 承诺

本报告书给出的对本工程建设和运营单位在环境保护方面的承诺如下：

——严格执行环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用的环境保护“三同时”制度；

——本工程建设期间，将严格进行施工期大气、噪声、海域环境监测，及时了解施工对环境的影响情况，积极施工方沟通，尽量采取对环境影响小的施工方式；

——营运单位密切关注人口增长情况，严格限制规划限制区内的人口机械增长，以便于本项目运行期间应急计划的实施。

综上所述，从漳州核电厂厂址的自然条件和社会条件分析，能满足 3、4 号工程及一期工程建设的要求。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，建设漳州核电厂 3、4 号机组及一期工程（华龙一号）是可行的。

### 10.7 差异性分析

与原报告相比，放射性固体废物处理系统取消了可降解废物处理系统。根据项目最新进展，修改运行期生活污水收集、处理和污水处理站的相关描述。本节内容的变化不影响厂址适宜性和评价结论。

结论与原报告无差异，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，建设漳州核电厂 3、4 号机组及一期工程是可行的。