

中广核浙江三澳核电厂一期工程

环境影响报告书

(建造阶段)

(送审版)

中广核苍南核电有限公司

二〇二〇年五月

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)

中广核苍南核电有限公司

法定代表人：夏林泉

地址：浙江省温州市苍南县体育场路与玉苍路交汇处

银联大厦三楼四楼

邮编：325800

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组

环境影响报告书

(建造阶段)

苏州热工研究院有限公司 编制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8835c8		
建设项目名称	中广核浙江三澳核电厂1、2号机组（建造阶段）		
建设项目类别	50 187核动力厂（核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等）；反应堆（研究堆、实验堆、临界装置等）；核燃料生产、加工、贮存、后处理；放射性废物贮存、处理或处置；上述项目的退役。放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中广核苍南核电有限公司		
统一社会信用代码	9133032730777711U		
法定代表人（签章）	夏林泉 		
主要负责人（签字）	夏林泉		
直接负责的主管人员（签字）	向俊杰 		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	苏州热工研究院有限公司		
统一社会信用代码	913205084669547113		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
田新珊	06353243505320194	BH011463	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈超峰	3.1节、第八章	BH011462	
游春华	2.4节	BH011459	
陶乃贵	6.2节~6.4节	BH022957	

陶云良	6.1节、第七章	BH011461	陶云良
田新珊	第一章、2.1~2.3节、2.5~2.6节、第九章、第十章	BH011463	田新珊
张晓峰	第四章	BH011870	张晓峰
郝睿	3.2节、第五章	BH011455	郝睿

目 录

前言

第一章 概述

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

第二章 厂址与环境

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

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 核电厂

- 4.1 厂区规划及平面布置
- 4.2 反应堆和蒸汽—电力系统
- 4.3 核电厂用水和散热系统
- 4.4 输电系统
- 4.5 专设安全设施
- 4.6 放射性废物管理系统和源项
- 4.7 非放射性废物处理系统
- 4.8 放射性物质厂内运输

第五章 核电厂施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响控制

第六章 核电厂运行的环境影响

- 6.1 散热系统的环境影响
- 6.2 正常运行的辐射影响
- 6.3 其它环境影响
- 6.4 初步退役计划

第七章 核电厂事故的环境影响和环境风险

- 7.1 核电厂放射性事故和后果评价
- 7.2 严重事故
- 7.3 场内运输事故
- 7.4 其它事故
- 7.5 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

- 8.1 辐射监测
- 8.2 其它监测
- 8.3 监测设施
- 8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

- 9.1 利益分析
- 9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

- 10.1 核电厂建设项目
- 10.2 环境保护设施
- 10.3 放射性排放
- 10.4 辐射环境影响评价结论
- 10.5 非辐射环境影响评价结论
- 10.6 公众参与和调查结论
- 10.7 承诺

摘 要

《中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）》依据我国的相关法规、标准和导则编写而成。本报告书是建设单位向国务院核安全监督管理部门申请中广核浙江三澳核电厂（以下简称“三澳核电厂”）1、2 号机组建造许可证的执照申请文件之一。

三澳核电厂位于浙江省温州市苍南县霞关镇的三澳村，三面临海，一面靠山，规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，一次规划，分期建设。由中广核苍南核电有限公司投资建设，并负责建成后运营。

根据国家核电建设工作的统一部署，三澳核电厂 1、2 号机组采用“华龙一号”融合方案，在环境影响评价过程中充分利用项目前期以及本阶段已开展各相关专题工作研究成果。

本报告书的主要内容如下：

- 描述、分析和评价三澳核电厂厂址周围的陆域环境特征和海域环境特征，包括人口分布、工农业、交通设施和公共设施、生态环境、气象、水文、环境质量现状等，分析本工程的建设与区域发展规划之间的协调性；
- 描述三澳核电厂总体规划和 1、2 号机组总平面布置，介绍“华龙一号”融合方案核电机组的专设安全设施、废物处理设施及其它环境保护设施的组成及与基本性能，给出三澳核电厂 1、2 号机组的放射性排放源项；
- 对三澳核电厂 1、2 号机组施工建设过程中的环境影响、生态环境影响、水土保持进行分析与评价，提出减缓施工建设环境影响的措施；
- 预测、分析和评价三澳核电厂 1、2 号机组在运行状态下排放的放射性物质和非放射性物质对周围环境的影响，论证电厂废物处理系统设计性能的有效性；
- 对三澳核电厂 1、2 号机组设计基准事故的辐射环境影响进行了评价，分析了事故风险可接受性，进而论证核电厂专设安全设施在缓解事故后果中发挥作用的可靠性，并给出核电厂应急准备的初步方案以及风险管理与缓解措施；
- 根据三澳核电厂周围环境现状，结合公众受照剂量的“三关键”分析结果，提出核电厂开展环境监测和流出物监测的初步方案及相关监测设施设计；
- 简要给出了建设三澳核电厂的利益代价分析；

— 给出了三澳核电厂 1、2 号机组的环境影响评价结论和建设单位承诺。

分析和评价结果表明，三澳核电厂 1、2 号机组三废处理系统的设计性能是有效的，专设安全措施是可靠的。三澳核电厂 1、2 号机组运行后，放射性物质和非放射性物质排放对公众和周围环境的影响可以接受，设计基准事故对电厂附近公众产生的放射性后果能够满足国家相关标准的要求。在落实相关管理措施基础上，电厂建设及运行期间的环境风险是可控的。因此，从环境保护的角度，三澳核电厂 1、2 号两台“华龙一号”融合方案核电机组的环境保护措施在设计上得到了落实，其性能能够满足环境保护的要求。

前 言

《中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）》依据国家的相关法规、标准和导则编制。中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组的建设单位——中广核苍南核电有限公司委托中广核工程有限公司承担中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组建设全过程项目管理，深圳中广核工程设计有限公司作为总体设计院负责本项目的设计。受深圳中广核工程设计有限公司的委托，苏州热工研究院有限公司承担本项目环境影响报告书的编制。

中广核浙江三澳核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组。本报告书针对中广核浙江三澳核电厂 1、2 号两台华龙一号融合技术方案核电机组开展环境影响评价。评价过程中充分利用项目前期以及本阶段已完成的相关专题工作研究成果。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十条要求：“核设施营运单位应当在申请领取核设施建造、运行许可证和办理退役审批手续前编制环境影响报告书，报国务院环境保护行政主管部门审查批准。”根据《中华人民共和国核安全法》第二十五条要求：“核设施建造前，核设施运营单位应当向国务院核安全监督管理部门提出建造申请，并提交环境影响评价文件。”本报告书为中广核苍南核电有限公司向国务院核安全监督管理部门申请三澳核电厂 1、2 号机组建造许可证的执照申请文件之一。

根据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）的要求，核电厂建造阶段环境影响评价主要根据实地调查和实验的手段，获得核电厂厂址区域和可能受影响地区的环境特征资料，并根据核电厂的设计资料、气载和液态流出物的设计排放量、放射性固体废物的设计产生量，以及环境保护设施的设计资料，评估核电厂的潜在环境影响。

根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016），本报告书中不再给出公众参与的具体内容，仅在结论中给出公众意见的调查结果。

本报告书属于中广核苍南核电有限公司、深圳中广核工程设计有限公司和编制单位苏州热工研究院有限公司的共同资产，未经允许任何单位和个人不得复制或直接引用。

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.2 建设项目规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

表

表 1.6-1 厂址附近海洋功能区类别

表 1.6-2 厂址附近近岸海域环境功能区类别和水质保护目标

表 1.6-3 厂址附近海洋生态红线（海洋生态红线区、大陆自然岸线、海岛自然岸线）

表 1.7-1 主要水污染物排放限值

图

图 1.6-1 厂址附近海洋功能区示意图

图 1.6-2 厂址附近近岸海域环境功能区示意图

图 1.6-3（1/3）浙江省海洋生态红线 红线区控制图

图 1.6-3（2/3）浙江省海洋生态红线 自然岸线控制图

图 1.6-3（3/3）浙江省生态保护红线图

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称及其业主

本建设项目名称为“中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组”，申请建造的核电机组为两台百万千瓦级“华龙一号”融合方案压水堆核电机组，由中国广核集团有限公司（以下简称“中广核集团”）控股成立的中广核苍南核电有限公司（以下简称“苍南公司”）负责建设和运营。

1.1.2 建设性质

本项目中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组为新建商用核电项目。

1.2 建设项目规模和厂址总体规划

中广核浙江三澳核电厂（以下简称“三澳核电厂”）规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，采用“一次规划，分期建设”的模式，一期建设两台“华龙一号”融合方案压水堆核电机组。

苍南公司委托中广核工程有限公司作为三澳核电厂 1、2 号机组建设的总承包单位，具体负责本工程的建设（包括采购、土建、安装、调试、运行移交等）。深圳中广核工程设计有限公司作为本工程总体设计院，负责本工程项目的工程前期咨询、总体设计、初步设计和主要的施工图设计，负责组织和协调分包设计单位共同完成施工图设计，以及工程建设各阶段的相关技术服务。

中广核工程有限公司在建设三澳核电厂 1、2 号机组时将充分利用中广核集团丰富的工程建设管理经验，并借鉴在建核电厂积累的经验，把核电设计、装备制造和工程建设结合起来，充分吸收国外成熟先进的核电设计制造技术，在使本工程的安全性和可靠性得到尽可能提高的同时，进一步推进我国百万千瓦级核电机组设计自主化和设备制造本地化，降低工程造价。

三澳核电厂按规划容量建成后，整个厂址区域将有六台压水堆核电机组。为了对厂址内所有核电机组实施高效、安全的管理，实行辐射防护最优化，核电厂业主遵循近远期结合、统一规划和循序渐进的原则进行厂址总体规划，对核电厂所有机组与环境保护相关的设施进行统筹安排，包括：

- 设立统一的非居住区边界和规划限制区边界；
- 整个厂区总平面规划中功能分区明确，统一合理规划放射性区域和非放射性区域和设施；整个厂区内将建设统一的放射性固废处理设施 and 中期暂存库；
- 针对所有机组实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境监测中心和应急指挥中心等。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

三澳核电厂 1、2 号机组建设两台“华龙一号”融合方案核电机组，工程总投资约 444 亿元人民币，注册资本金为工程建成价的 20%，约 75 亿元人民币，按股东方各自出资比例以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

根据初步估算，本项目环保设施投资总额约为 7.9 亿元人民币，约占工程总投资的 1.8%。

1.4 建设目的

核能已成为人类使用的重要能源，是目前可以被大规模商业使用并可以替代化石燃料的成熟的清洁能源，而核电是电力工业的重要组成部分。在保证安全的前提下，稳步高效推进核电建设，是我国能源建设的一项重要政策，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，保障能源供应与安全，保护环境，实现电力工业结构优化和可持续发展，提升我国综合经济实力、工业技术水平和国际地位，都具有重要的意义。

（1）合理开发利用核能，是解决浙江省一次能源缺乏的战略措施

浙江省经济发展迅速，一次能源匮乏，油气探明储量不上规模，煤炭资源储量低且品位低下，经过 50 余年开采，可供开采的煤炭资源已近枯竭，煤炭自给率日益下降，2017 年全省煤炭自给率不到 0.1%。根据 2018 年浙江统计年鉴，2017 年全省能源消费量 21030.01 万吨标准煤，比上年增长 3.72%；全省能源生产量 2150.88 万吨标准煤，比上年下降 7.98%，以煤炭消费为主的浙江省一次能源自给率低，对外依存度仍相当高。浙江省水电资源开发率已达 80% 以上，后续开发潜力有限。

随着“十三五”期间浙江省国民经济的进一步发展，一次能源消费对外依存度将进一步提高。在其它能源未成规模化利用及常规能源供不应求的情况下，浙江省可通过积极推进核电建设，实现能源供应多元化，提高能源自给率。

（2）符合发展低碳经济的时代要求，助力浙江省创建国家清洁能源示范省

目前世界已进入低碳经济时代，减少碳的排放是全世界各国共同关注的焦点之一，2015年中国在巴黎气候变化大会上做出承诺，于2030年左右二氧化碳排放达到峰值并争取尽早实现，2030年单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降60%~65%。核电作为一种清洁能源，大力发展核电，是减少碳排放，履行我国政府承诺的最有效途径。

浙江省作为能源消耗大省，正在开展创建清洁能源示范省的工作。通过大力调整优化能源结构，加快发展清洁能源，增强引领和示范效应，争取到2023年全面建成国家清洁能源示范省，全省能源清洁化水平达到国家先进水平。2018年浙江省人民政府办公厅制定印发的《浙江省建设国家清洁能源示范省行动计划（2018-2020年）》中提出：高水平建设电力基础设施，加快推进三澳核电厂前期工作。

（3）满足浙江省电力需求发展需要

随着浙江省经济社会发展，对电力需求会继续快速增长，“十三五”及以后浙江省电力供需形势将由盈余变为有较大缺口，2025年全省电力缺口达到1333万千瓦，2030年达到2763万千瓦。根据电量平衡计算结果，由于“十三五”中后期电量逐渐出现缺口，在2025年缺口达到578亿千瓦时，2030年将达到1136亿千瓦时。

三澳核电厂1、2号机组的建设将有助于有效弥补浙江省电力、电量需求缺口，满足全省经济社会发展对电力的需求。

（4）为小火电退役创造条件，加快电源结构优化与能源可持续发展

《浙江省能源发展“十三五”规划》明确指出，浙江省不再新上煤电项目，调整煤电内部结构，推进煤电产能置换，关停30万千瓦以下燃煤机组。

核电厂与火力发电厂相比具有节省能源、减轻运输负担、安静和环境清洁、降低发电成本等诸多优点。三澳核电厂的建设可以加速这些小火电机组的退役，对于减排和促进浙江省电源结构的优化有很大作用，同时也能够提高电力系统的综合效益，是实现浙江省能源供应可持续发展的重要路径，也有利于提高浙江省能源供应的安全性和稳定性。

（5）有利于浙江省调整能源结构和减轻环境压力

习近平总书记在十九大报告中指出，加快生态文明体制改革，建设美丽中国，把生态文明建设摆在了中国特色社会主义五位一体总体布局的战略位置。

目前浙江省电力工业对一次能源的需求主要以煤炭为主，长期以来，煤电装机容量

量在浙江省总装机容量中的比例一直较大。浙江省煤炭资源匮乏，煤炭供应基本依靠外省调入和进口，给煤炭生产、运输和环境保护带来很大压力。

核电是清洁能源，几乎不排放硫化物、碳化物、氮化物以及烟尘、灰渣等污染物，放射性物质的泄漏亦有严格控制。建设 2 台百万千瓦级核电机组替代相同容量的脱硫煤电机组，每年可减排二氧化碳约 1200 万吨、烟尘约 700 吨、二氧化硫约 2500 吨、氮氧化物约 15000 吨。建设三澳核电厂 1、2 号机组，实际上相当于减少了同等容量火电厂对环境的污染，可以有效改善环境质量，减轻浙江省在环境保护方面的压力，具有显著的环境效益和社会效益。

1.5 建设项目的进度

根据工程进度计划，本工程的 1 号机组计划于 2020 年 12 月核岛主体工程开工，单台机组建设工期为 62 个月，预计 2026 年 3 月投产；2 号机组与 1 号机组开工间隔 10 个月。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 区域发展规划和环境保护相关规划

（1）区域发展规划

2011 年，国务院批复了《浙江省海洋经济发展示范区规划》，其中提出了在浙江省沿海地区重点发展海洋新兴产业、海洋服务业、临港先进制造业、现代海洋渔业等。包括核电在内的清洁能源属于海洋新兴产业的一个组成部分。该规划中已明确将三澳核电厂的建设纳入清洁能源发展的范畴。

2012 年 10 月，国家发改委发布的《核电中长期发展规划（2011-2020 年，调整）》将三澳核电厂厂址列入“重点论证厂址目录”。2015 年 5 月，国家能源局发函同意三澳核电厂开展厂址保护、公众沟通及相关技术论证等前期工作。

2015 年，浙江省政府发布《浙江省创建国家清洁能源示范省行动计划（2016-2017 年）》，其中明确提出安全发展核电，继续推进三澳核电厂前期工作：“安全发展核电。”、“继续推进苍南核电前期工作，争取 2017 年底前获国务院核准。”

2016 年，浙江省政府发布的《浙江省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲

要》中提出：着力推进核电项目前期和建设。

2018 年浙江省人民政府办公厅印发的《浙江省建设国家清洁能源示范省行动计划（2018-2020 年）》提出：高水平建设电力基础设施，加快推进三澳核电厂前期工作。

2020 年 2 月《浙江省人民政府关于下达 2020 年浙江省国民经济和社会发展规划的通知》（浙政发[2020]3 号）中指出：“加快推进三澳核电一期等重大能源项目”。

《苍南县国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出国家绿色能源示范基地的发展定位。“有序推进核电工业布局。强化与中广核集团的战略合作，强化与中广核集团的战略合作，在采取高标准技术、确保安全的前提下，推进苍南三澳核电项目（一期工程）设计、施工，争取早日开建打造成为国内重要的核电及关联产业基地。”

（2）环境保护相关规划

根据《浙江省海洋功能区划（2011~2020 年）》（浙江省人民政府，2018 年 9 月修订），三澳核电厂 1、2 号机组用海区域处于代码为“A3-35”的“大尖山工业与城镇用海区”，其海域使用管理要求包括为“重点保障电力工业用海”。此外，厂址附近的“大尖山特殊利用区”，其海域使用管理要求包括“保障电厂取排水用海，兼容旅游娱乐用海”。“大尖山工业与城镇用海区”和“大尖山特殊利用区”的海域使用管理要求中均明确“重点保障三澳核电用海和保障三澳核电取排水用海”。三澳核电厂址附近的海洋功能区划类别及对应的海洋环境保护情况见表 1.6-1，图 1.6-1 给出了厂址附近的海洋功能区划图。

根据《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于苍南中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址附近近岸海域环境功能区调整意见的复函》（浙环函[2019]326 号），三澳核电厂 1、2 号机组用海区域位于编号为 WZC09I 的三类区和编号为 A05I 的浙南近岸一类区，其中三类区海域主要使用功能为三澳核电厂循环冷却水排放用海，海水水质目标除温升执行第三类海水水质标准外，其余指标仍执行第一类海水水质标准；排水口周边海域设置为混合区，海水水质目标除温升不执行水质标准外，其余指标执行第二类海水水质标准。厂址附近近岸海域环境功能区类别和水质保护目标见表 1.6-2 和图 1.6-2。

根据 2017 年 11 月 4 日发布的《浙江省海洋生态红线划定方案》和 2018 年 7 月 20 日发布的《浙江省生态保护红线划定方案》，厂址附近主要的环境敏感点（保护区、

生态红线）主要包括苍南文蛤省级水产种质资源保护区、渔寮沙滩重要旅游区、大尖山-霞关外侧重要渔业海域、木耳屿西侧沙源保护地等海洋生态红线区，大尖山南侧基岩岸线和大尖山 3 基岩岸线等大陆自然岸线，霞关附近无人无居民岛群岸段海岛自然岸线等，详见图 1.6-3 和表 1.6-3。

三澳核电厂已被列入国家核电中长期发展规划、浙江省海洋经济发展示范区规划和浙江省创建国家清洁能源示范省实施方案，是国家能源局核电“十三五”规划、浙江省“十三五”规划重点推进项目和创建国家清洁能源示范省重要支撑项目，也是苍南县打造美丽浙江南大门、创建国家绿色能源示范基地的重要依托项目。三澳核电厂与国家及浙江省的能源、经济、“十三五”等发展规划一致，同时，与厂址附近的近岸海域环境功能区划和浙江省海洋功能区划也相协调。

1.6.2 遵循的主要法规、标准和导则

(1) 主要法律法规和规章

- 中华人民共和国环境保护法（自 2015 年 1 月 1 日实施）
- 中华人民共和国核安全法（自 2018 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国环境影响评价法（自 2018 年 12 月 29 日起修正施行）
- 中华人民共和国放射性污染防治法（自 2003 年 10 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国大气污染防治法（2018 年 10 月 26 日起修正施行）
- 中华人民共和国水污染防治法（2018 年 1 月 1 日起修正施行）
- 中华人民共和国环境噪声污染防治法（自 2018 年 12 月 29 日起修正施行）
- 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（自 2016 年 11 月 7 日起施行）
- 中华人民共和国水土保持法（自 2011 年 3 月 1 日修正施行）
- 中华人民共和国土地管理法（自 2004 年 8 月 28 日实施）
- 中华人民共和国海洋环境保护法（自 2017 年 11 月 5 日修正施行）
- 中华人民共和国海域使用管理法（自 2002 年 1 月 1 日起施行）
- 中华人民共和国海洋倾废管理条例（自 2017 年 3 月 1 日起施行）
- 建设项目环境保护管理条例（自 2017 年 10 月 1 日起修订施行）
- 放射性物品运输安全管理条例（自 2010 年 1 月 1 日起施行）
- 放射性废物安全管理条例（自 2012 年 3 月 1 日起施行）

- 危险化学品安全管理条例（自 2013 年 12 月 7 日起施行）
 - 中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例（2018 年 3 月 19 日修正）
 - 中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例（自 1990 年 8 月 1 日起施行）
 - 核电厂核事故应急管理条例（HAF002，自 2011 年 1 月 8 日起施行）
 - 建设项目环境影响评价分类管理名录（自 2018 年 4 月 28 日起修订施行）
 - 国家危险废物名录（自 2016 年 8 月 1 日起施行）
 - 近岸海域环境功能区管理办法（自 2010 年 12 月 22 日起施行）
 - 放射性固体废物贮存和处置许可管理办法（自 2014 年 3 月 1 日起施行）
 - 放射性物品运输安全许可管理办法（自 2010 年 11 月 1 日起施行）
 - 核电厂厂址选择安全规定（HAF101，1991）
 - 核动力厂设计安全规定（HAF102，2016）
 - 放射性废物安全监督管理规定（HAF401，1997 年 1 月）
 - 国务院办公厅关于印发国家突发环境事件应急预案的通知（国办函[2014]119 号）
 - 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知（国发[2013]37 号）
 - 国务院关于印发水污染防治行动计划的通知（国发[2015]17 号）
 - 关于印发《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）的通知》（环办[2013]103 号）
 - 关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知（环发[2012]77 号）
 - 关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知（环发[2012]98 号）
 - 浙江省住房和城乡建设厅关于印发《关于推进城镇污水处理厂清洁排放标准技术改造的指导意见》的通知（浙环函[2018]296 号）
- (2) 技术标准和导则
- 电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）
 - 核动力厂环境辐射防护规定（GB6249-2011）
 - 放射性废物管理规定（GB14500-2002）
 - 放射性物品安全运输规程（GB11806-2019）

- 核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定（GB14589-93）
- 核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分（GB/T17680.1-2008）
- 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）
- 核设施流出物监测的一般规定（GB11217-89）
- 环境核辐射监测规定（GB12379-90）
- 危险化学品重大危险源辨识（GB18218-2018）
- 海水水质标准（GB3097-1997）
- 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）
- 城市污水再生利用 城市杂用水水质（GB18920-2002）
- 环境空气质量标准（GB3095-2012）
- 大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）
- 声环境质量标准（GB3096-2008）
- 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB12348-2008）
- 建筑施工场界环境噪声排放标准（GB12523-2011）
- 海洋沉积物质量（GB18668-2002）
- 海洋生物质量（GB18421-2001）
- 电磁环境控制限值（GB8702-2014）
- 建设项目环境影响评价技术导则 总纲（HJ2.1-2016）
- 环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容（HJ808-2016）
- 环境影响评价技术导则 大气环境（HJ2.2-2018）
- 环境影响评价技术导则 地表水环境（HJ2.3-2018）
- 环境影响评价技术导则 声环境（HJ2.4-2009）
- 环境影响评价技术导则 生态影响（HJ19-2011）
- 环境影响评价技术导则 输变电工程（HJ24-2014）
- 建设项目环境风险评价技术导则（HJ169-2018）
- 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/T10.3-1996）
- 辐射环境监测技术规范（HJ/T61-2001）
- 近岸海域环境监测规范（HJ442-2008）
- 核动力厂取排水环境影响评价指南（试行）（HJ1037-2019）

- 核设施放射性废物处置前管理（HAD401/12-2020）
- 城镇污水处理厂主要水污染物排放标准（DB33/2169-2018）

1.6.4 相关技术文件

- 中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响评价（建造阶段）技术任务书，深圳中广核工程设计有限公司
- 中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（建造阶段）工作大纲，苏州热工研究院有限公司
- 中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（建造阶段）质量保证大纲，苏州热工研究院有限公司

本次环境影响评价继续采用前期针对厂址区域的大气环境、海洋生态环境、海洋水文、声环境和电磁辐射环境等开展的专题研究工作所获得的专题成果，另外，本报告书将反映目前开展的各专题最新研究成果：

- 浙江三澳核电站温排水对周边海洋生态红线区影响研究专题，自然资源部第二海洋研究所，2019.4
- 中广核浙江三澳核电站华龙技术路线液态流出物数值模拟计算成果报告，中国水利水电科学研究院，2019.12
- 中广核浙江三澳核电站华龙技术路线温排水数值模拟计算成果报告，中国水利水电科学研究院，2019.12
- 中广核浙江三澳核电站一期工程华龙技术路线取排水方案温排水三维数值模拟计算成果报告，中国水利水电科学研究院，2019.7
- 中广核浙江三澳核电站一期工程海域使用论证报告书，浙江省海洋科学院，2019.8
- 中广核浙江三澳核电站一期工程水资源论证报告书，中国水利水电科学研究院，2019.7
- 中广核浙江三澳核电站工程对周边岸滩及沙滩冲淤演变影响研究报告，自然资源部第二海洋研究所，2019.7
- 浙江三澳核电站工程泥沙和岸滩稳定性分析专题研究报告，浙江省水利河口研究院，浙江省海洋规划设计研究院，2019.5

- 中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址区域核应急方案（华龙一号），深圳中广核工程设计有限公司，2019.7
- 三澳核电项目厂址气象观测数据统计分析报告（2019 年 1 月~2019 年 12 月），苏州热工研究院有限公司，2020.2
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程混合层高度及扩散参数试验研究报告，苏州热工研究院有限公司，2020.3
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程陆域生态环境调查及评价报告，中国辐射防护研究院，2020.2
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址区域环境特征及外部人为事件调查（2019 年）报告，苏州热工研究院有限公司，2020.3
- 中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查（2019 年）报告，苏州热工研究院有限公司，2020.3

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

(1) 运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下的剂量约束值和排放控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的 6.1 款规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值，同时对不同功率反应堆要求根据其功率按照 6.2 款规定适当调整，6.4 款规定了多堆厂址所有机组年总排放量控制值，此外，6.8 款还规定了不同类型厂址放射性流出物排放浓度控制值。

三澳核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，其运行状态下向环境释放的放射性物质对公众中任何个人（成人）造成的有效剂量约束值为 0.25mSv/a，本次环境影响评价确定 1、2 号两台机组向环境释放的放射性流出物对公众所造成的剂量约束值不超过 0.08mSv/a。

三澳核电厂 1、2 号机组采用的“华龙一号”融合方案核电机组为轻水反应堆，堆芯额定输出热功率为 3180MW。根据 GB6249-2011 中对于 3000MW 热功率的轻水反

应堆设计控制值，则单堆排放量控制值如下：

气载放射性流出物：

- 惰性气体： $6 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；
- 碘： $2 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；
- 粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）： $5 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；
- 碳 14： $7 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 氚： $1.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物：

- 氚： $7.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；
- 碳 14： $1.5 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 其它核素： $5 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

三澳核电厂作为滨海厂址，其槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其它放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L 。

（2）事故工况下的剂量限值

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）7.2 款的规定，核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

- 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下；
- 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

（3）海水中的放射性核素浓度指标

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，三澳核电厂运行期间接纳水体中与核电厂释放相关的放射性核素浓度控制值为：

- ^{60}Co ： 0.03Bq/L ；
- ^{90}Sr ： 4.0Bq/L ；
- ^{106}Ru ： 0.2Bq/L

- ^{134}Cs : 0.6Bq/L;
- ^{137}Cs : 0.7Bq/L。

1.7.2 非辐射环境影响评价标准

根据浙江省环境保护厅出具的《关于中广核浙江三澳核电厂环境影响评价所采用非放射性标准的复函》（浙环函[2016]198 号）要求，本次环境影响评价中执行的非放射性环境影响评价标准如下：

— 环境质量现状评价标准

(1) 环境空气

厂址区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。主要污染物的浓度限值分别为：

- TSP 日均浓度 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$
- PM_{10} 日均浓度 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$
- $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度 $0.075\text{mg}/\text{m}^3$
- SO_2 小时浓度 $0.50\text{mg}/\text{m}^3$,
- NO_2 小时浓度 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$

(2) 海水水质

厂址附近海水水质按照厂址近岸海域环境功能区划的要求执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应标准，厂址附近三类区（WZC09I）的温升指标执行第三类海水水质标准，其余指标执行第一类海水水质标准；排水口周边海域设置混合区，其中温升不执行水质标准，其余指标执行第二类海水水质标准。

(3) 声环境

厂址区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）的 2 类标准，即昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。

周围声环境敏感点执行 GB3096-2008 的 1 类标准，即昼间 55dB（A），夜间 45dB（A）。

(4) 电磁环境

厂址区域工频电场强度和工频磁感应强度评价标准执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）规定的对应于 50Hz 频率的公众曝露控制限值（离地面 1.5m 高度）：

工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT。

— 污染物排放评价标准

（1） 污水站废水

三澳核电厂施工与运行期间的生活污水将按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 A 标准处理达标后排放。

根据 2019 年 1 月 1 日新近生效的《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018），每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日三澳核电厂排放的化学需氧量、氨氮、总氮和总磷等 4 项主要水污染物控制项目执行 DB33/2169-2018 中规定的排放限值（见表 1.7-1），其余污染物控制项目仍执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准。

（2） 噪声

三澳核电厂 1、2 号机组施工建造期间，场界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的相应限值，即：昼间：70dB（A）；夜间：55 dB（A）。

三澳核电厂运行期间，厂界外 1m 处噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）规定的 2 类声环境功能区限值，即：昼间 60dB（A）；夜间 50dB（A）。

（3） 大气污染物

核电厂建造期间，主要污染物为粉尘，大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表 2 中的颗粒物的无组织排放限值要求。

（4） 工业固废

一般工业固废的处置和贮存执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）。

1.8 工程组成

本项目除核电主体工程之外，还包括大件码头、道路、输变电线路、放射源库等配套工程及设施。其中，大件码头包括在本次主体工程环评范围内；进厂道路环评已于 2016 年 11 月 22 日由苍南县环境保护局以《关于浙江三澳核电项目进厂道路建设项目环境影响评价的审批意见》（苍环批[2016]071 号）批复同意建设，且已经基本建成；应急道路将在地方管理部门单独立项备案，220kV 施工电源及输变电线路单独立项，

由地方电网负责建设，这些单项将单独开展环评；另外，放射源库也将单独立项并开展环评。除已基本建成的进厂道路外，上述各辅助工程的环境影响在其环评文件获得批复后，在本工程后续阶段环评报告中反映其结论性意见。

1.9 环境保护措施

本项目拟建设的环境保护设施主要包括放射性废气系统、放射性废液系统、放射性固体废物系统、放射性废物厂房、厂址废物处理设施、环境监测站、生活污水处理站、含油废水处理站、工业废物暂存库等。

拟建的环境保护设施主要选择现有核电厂普遍采用的成熟、可靠、经济的方案，并结合本工程机组类型和污染物排放特点进行适当优化，以保证环境保护措施在机组长期运行期间稳定运行，满足国家环保法规的排放和管理要求。

1.10 评价范围

（1）辐射环境

本项目辐射环境的评价范围是以三澳核电厂 1 号机组反应堆为中心，半径 80km 范围的区域，具体范围可参见本报告第二章图 2.1-1。

（2）非辐射环境

1) 水环境和海洋生态环境

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本项目为一级评价。参考《海洋工程环境影响评价技术导则》（GB/T19485-2014），本项目水质影响评价范围“应能覆盖建设项目的环境影响所及区域，并能充分满足水质环境影响评价与预测的要求”，海洋生态环境评价范围“主要依据被评价海域及周边海域的生态完整性确定，评价范围应覆盖可能受到影响的海域。”结合核电项目液态流出物排放特点，确定本项目水环境和海洋生态环境评价范围为温排水所致海域的 1℃温升包络范围，重点考虑取排水口附近海域。

2) 大气环境

本项目正常运行期间无非放射性废气排放，施工期有无组织废气排放，因此主要

考虑施工期的大气环境影响，评价范围为施工场界以及厂址附近的大气环境保护目标。

3) 声环境

声环境影响的评价范围为厂界外 1m，并适当扩大至环境敏感点处。

4) 电磁辐射环境评价范围

参考《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014），本项目电磁辐射环境的评价范围为：厂区内架空线路边导线地面投影外两侧各 30m 区域，以及厂区内变电站、开关站站界外 50m 区域。

5) 生态环境

参照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011），本项目生态环境评价范围以核电厂永久占地和临时占地范围为主，并考虑附近自然保护区和生态敏感区。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

2020年4月13日，生态环境部批复了《中广核浙江三澳核电厂一期工程环境影响报告书（选址阶段）》（环审[2020]53号），同意按照环评报告书所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。针对批复意见中需要重点关注的方面，建设单位开展的工作如下：

— 严格落实相关环境保护措施和环境监测方案，在海域工程施工工程中加强施工管理和监测，并采取必要的措施降低悬浮扩散的影响。

建设单位已严格按照法规要求，委托有资质单位开展施工期间的陆域和海域环境监测，相关工作将贯穿整个核电厂施工期间，使施工环境影响处于严格监控之中，确保相关环境保护措施得到有效落实和实施。

— 积极配合有关单位，明确本工程低水平放射性固体废物的去向。

针对本工程低水平放射性固体废物的处置去向，建设单位已委托相关单位开展本项目中低放废物处置场规划选址的专题论证工作，为相关部门的决策提供依据。目前该项工作正在进行中。

— 积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

建设单位秉承“公众沟通一直在路上”和“推进一个项目、带动一地经济、造福一方百姓”理念，通过科普讲座和展览、基地参观考察、微信公众号等多种方式积极

开展公众宣传和公众参与工作，加深周边群众对核电认识，创造“共赢”发展局面。

表 1.6-1 厂址附近海洋功能区类别

功能区名称	代码	功能区类型	海洋环境保护	面积 (ha)	岸线长度 (km)
大尖山工业与城镇用海区	A3-35	工业与城镇用海区	1、严格控制海域开发活动对周边水域环境的影响； 2、应减小对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀； 3、保护电厂取水深槽稳定性，确保取水安全。	152	6
大尖山特殊利用区	A7-5	特殊利用区	1、保护自然岸线，维护海岸景观； 2、控制对海底地形地貌的影响，防止海岸侵蚀，减少对岸滩、近岸海域、海岛的生态影响。	1974	13
霞关港口航运区	A2-24	港口航运区	1、严格保护沿浦湾水域生态系统，减少对沿浦湾海洋生物资源的影响，防止典型生态系统的消失、破坏和退化； 2、应减少对海洋水动力环境、岸滩及海底地形地貌形态的影响，防止海岸侵蚀，不应对毗邻海洋基本功能区的环境质量产生影响； 3、海水水质质量执行不劣于第四类，海洋沉积物质量执行不劣于第三类，海洋生物质量执行不劣于第三类。	2612	29

表 1.6-2 厂址附近近岸海域环境功能区类别和水质保护目标

编号	功能区名称		主要使用功能	水质保护目标	备注
WZC09I	三类区	三类区	浙江三澳核电厂循环冷却水排放用海	除人为温升执行第三类外，其余指标仍执行第一类水质标准	面积 17.11km ²
		混合区	排水口用海	除人为温升不执行水质标准外，其余指标执行第二类水质标准	面积 0.16km ²
A05I	浙南近岸一类区		①渔业、海水养殖 ②滨海风景旅游区	第一类水质标准	

表 1.6-3（1/2）厂址附近海洋生态红线
海洋生态红线区

序号	代码	管控类别	类型	名称	地理位置（四至）	覆盖区域		生态保护目标
						面积（km ² ）	海岸线长度（km） [*]	
97	33-Xj15	限制类	重要滨海旅游区	渔寮沙滩重要旅游区	27°13'43.00"N- 27°17'16.00"N; 120°30'47.00"E- 120°34'23.00"E。	22.01	26.32	沙滩、自然景观和人文景观
99	33-Xe26	限制类	重要渔业海域	大尖山-霞关外侧重要渔业海域	27°06'18.00"-27°14'08.00"N 120°30'10.80"-120°43'30.00"E	167.16	0.50	鲳鱼、梅童鱼、康氏小公鱼等渔业资源
100	33-Xi01	限制类	沙源保护地海域	木耳屿西侧沙源保护地	27°10'22.85"-27°11'30.60"N 120°28'56.64"-120°30'21.00"E	1.97	5.82	砂质岸线和自然景观

*注：海岸线长度指生态红线区范围内的大陆岸线和海岛岸线的总长，包括自然岸线和人工岸线。

表 1.6-3（2/2）厂址附近海洋生态红线

大陆自然岸线

序号	代码	类型	名称	地理位置（起止坐标）	海岸线长度（公里）	生态保护目标	备注
88	33-q46Cc	基岩岸线	大尖山 3	120°30'40.538"E, 27°12'46.455"N - 120°30'549.894"E, 27°12'43.472"N	0.35	基岩岸线及地形地貌	
89	33-q47Cc	基岩岸线	大尖山南 侧岸线	120°30'13.983"E, 27°11'23.937"N- 120°29'56.803"E, 27°11'30.007"N	0.60	基岩岸线及地形地貌	

海岛自然岸线

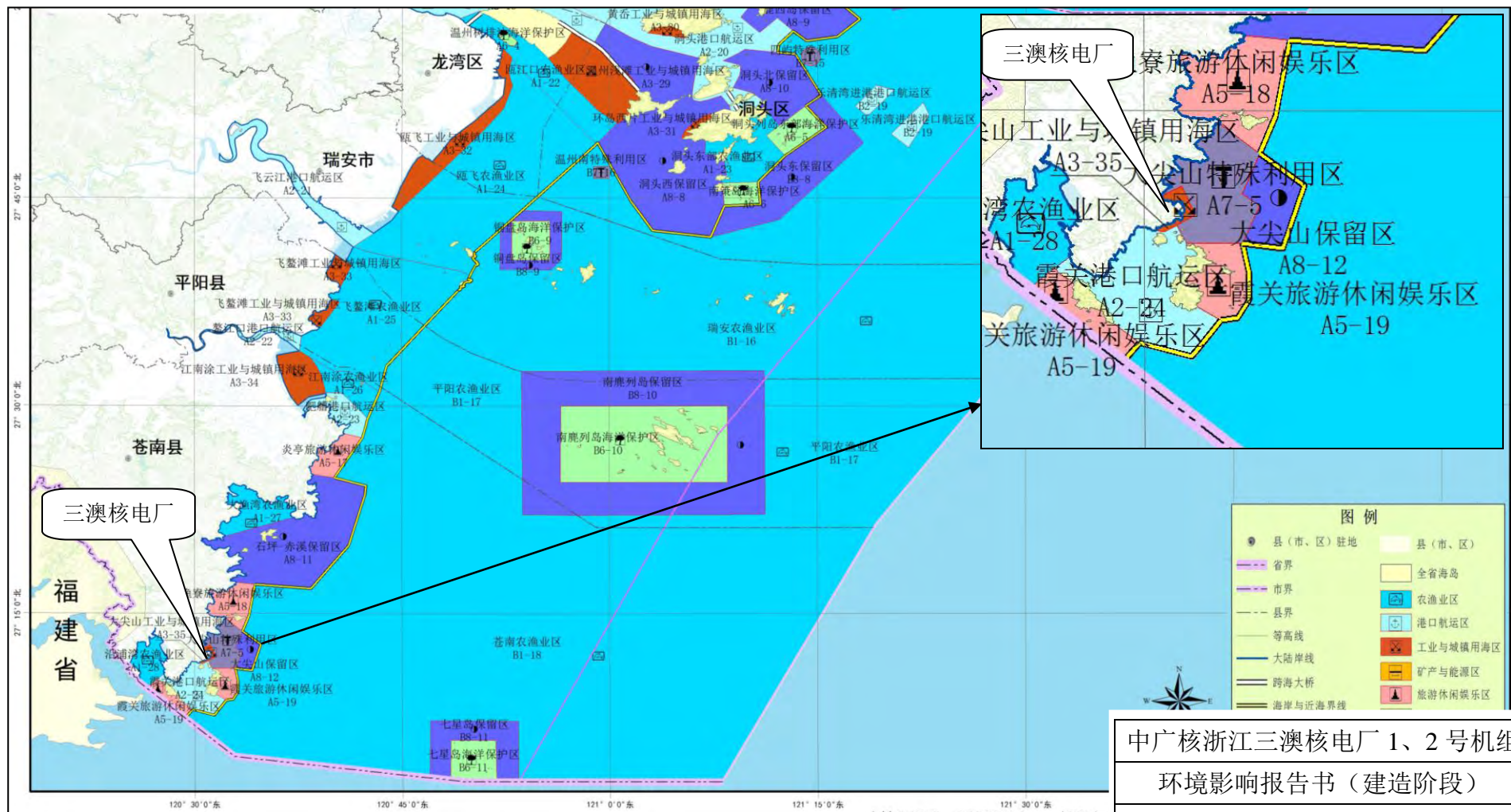
序号	代码	类型	名称	地理位置 （起止坐标）	海岸线长度 （Km）	生态保护目标
316	33-q294Ic	基岩岸线	霞关附近无人无居民 岛群岸段	120°31'58.24"- 120°29'04.43"E, 27°10'43.85"- 27°08'35.93"N	15.90	海岛基岩岸线

表 1.7-1 主要水污染物排放限值

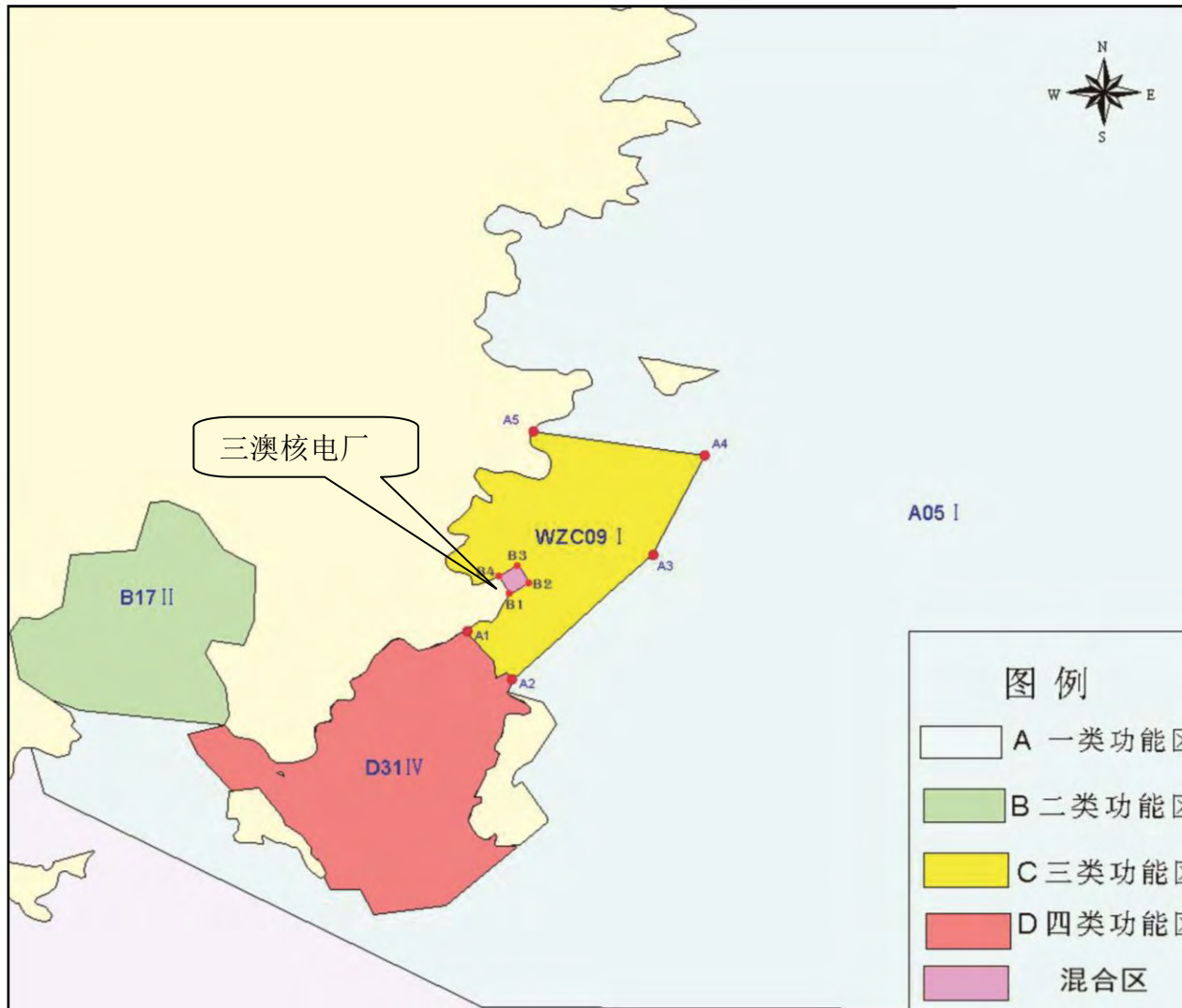
项目	排放限值 (mg/L)
化学需氧量	30
氨氮	1.5 (3) *
总氮	10 (12) *
总磷	0.3

*括号内数值为每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行。

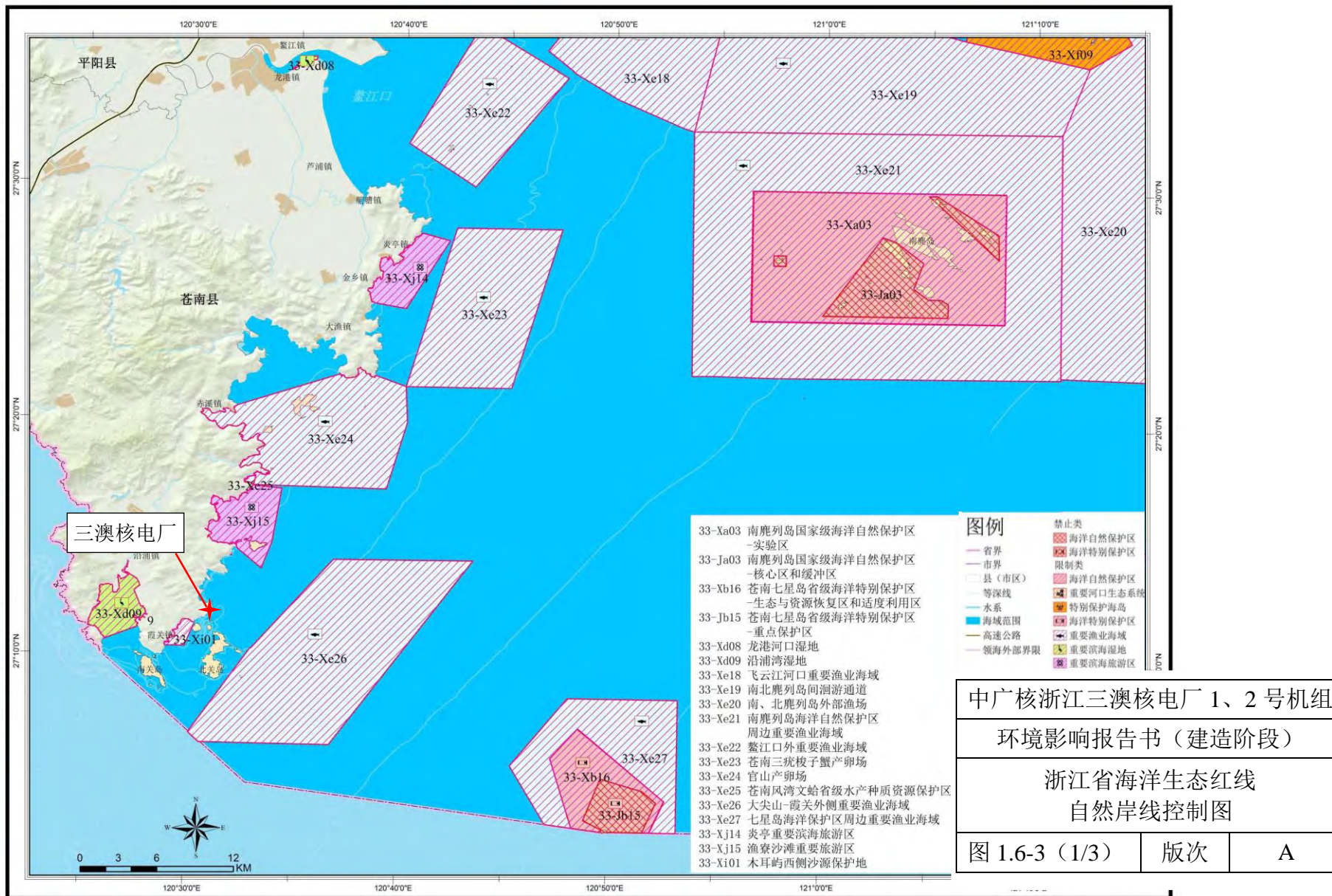
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）

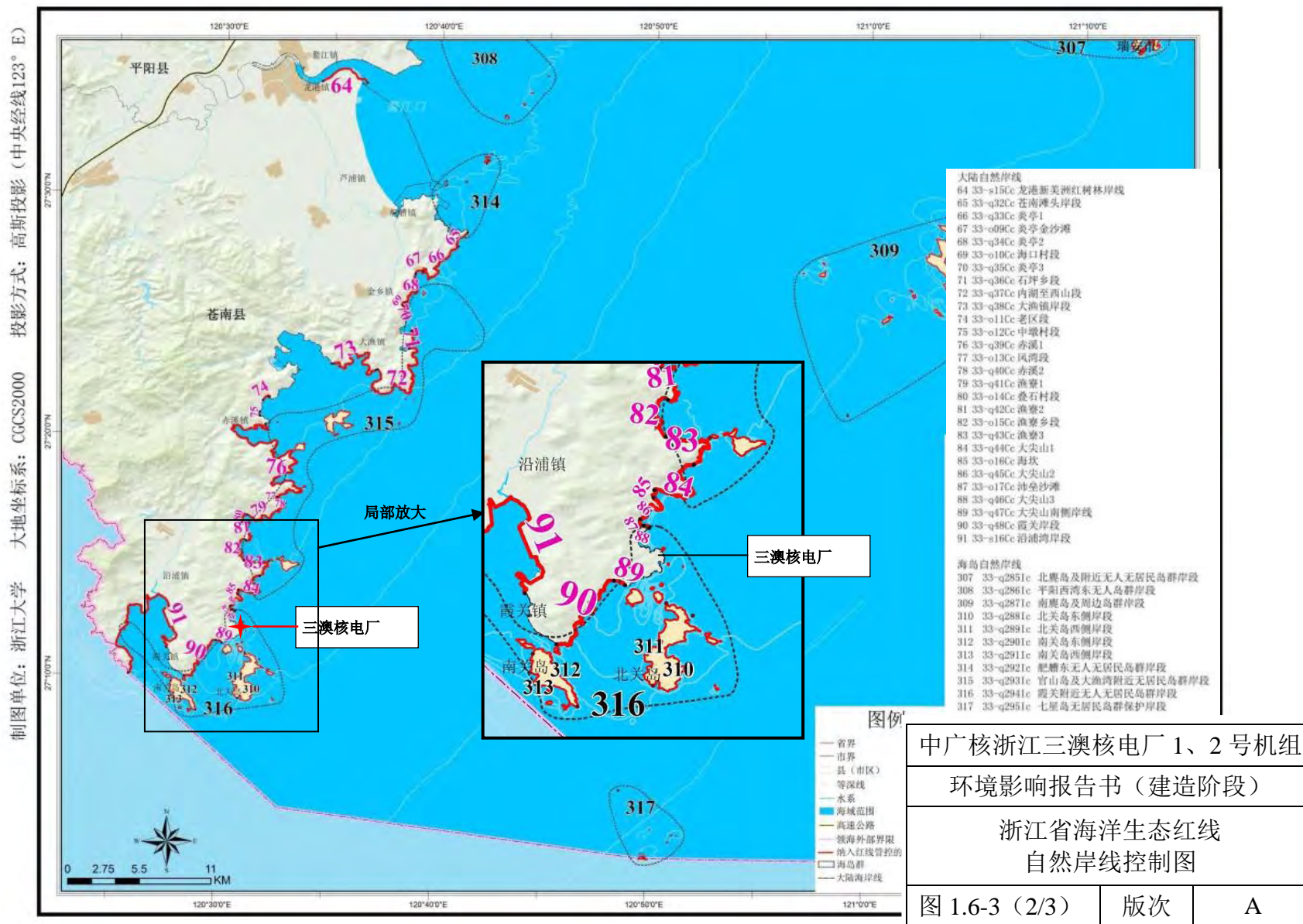


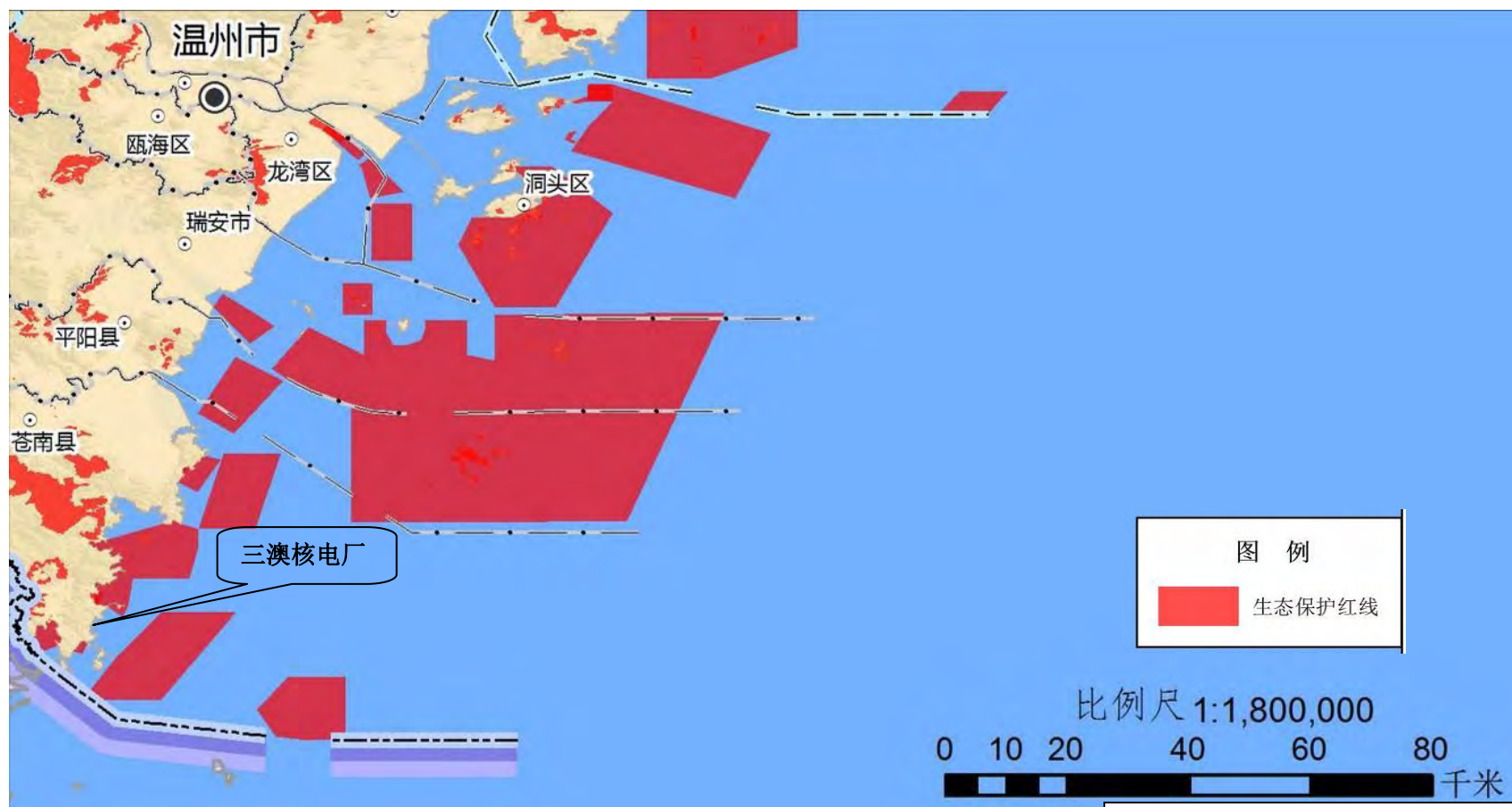
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
厂址附近海洋功能区示意图
图 1.6-1 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址附近近岸海域环境功能区示意图		
图 1.6-2	版次	A







中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
浙江省生态保护红线图		
图 1.6-3（3/3）	版次	A

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

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

图

图 2.1-1 厂址地理位置示意图

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

三澳核电厂厂址位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村，三面临海，一面靠山。厂址距离 NNW 方位的苍南县城约 35km，距离 N 方位的温州市区约 90km，距离 WNW 方位的福建省福鼎市区约 32km，距离 SW 方位的宁德核电厂约 30km。

图 2.1-1 给出了三澳核电厂厂址地理位置图。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

三澳核电厂 1、2 号两台机组永久用地面积为 89.8900hm²，工程临时用地面积为 50.0hm²，合计 139.8900hm²。

本工程非居住区边界暂定为以各反应堆为中心、半径 800m 的包络区域。本工程在设计基准事故发生后 2h 内，非居住区边界的剂量能够满足我国国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

目前，以 1、2 号两台反应堆为中心半径 800m 的区域范围内主要为林地和农田。苍南县人民政府以苍政发函[2017]15 号《苍南县人民政府关于明确中广核浙江三澳核电厂一期工程非居住区管理要求的复函》明确将以三澳核电厂一期工程反应堆为中心半径 800m 的区域设置为非居住区，该区域内严禁有常驻居民，同时，同意中广核苍南核电有限公司可对核电厂地产边界及非居住区边界内的活动实施有效管理。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，本工程厂址周围将设置半径不小于 5km 的规划限制区。根据计算结果，发生设计基准事故且事故持续 30d 内，本工程规划限制区的边界剂量可满足 GB6249-2011 的剂量管理要求。

三澳核电厂 1、2 号机组半径 5km 范围内涉及苍南县马站镇的崇安村、荷包田村、后槽村，沿浦镇的斗门头村、三茆村、外垟村，霞关镇的长沙村、南坪村、新林村、澄海村、库下村、兴霞村。为分析核电厂规划限制区设置的可行性及设置范围，建设单位委托相关单位开展了规划限制区设置可行性论证专题研究。专题对三澳核电厂以 6 台机组各反应堆为中心、半径 5km 的包络区域为基础设置的规划限制区的可行性进行了论证，并于 2017 年 11 月通过了专家评审。2017 年 12 月 24 日，浙江省人民政府

以《浙江省人民政府办公厅关于划定中广核浙江三澳核电厂规划限制区的复函》（浙政办函[2017]86 号）同意设置三澳核电厂规划限制区，具体范围为：以各反应堆为中心，半径 5km 的包络区域。此外，苍南县人民政府发文同意将三澳核电厂各反应堆为中心半径 5km 包络范围内的区域划定为规划限制区（苍政发函[2016]8 号）。



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

厂址地理位置示意图

图 2.1-1

版次

A

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

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

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 范围内人口分布现状

2.2.2.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

2.2.3.3 厂址半径 5km 范围内居民食谱和生活习性调查

表

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布表（2018 年）

表 2.2-2 厂址评价区内居民年人均食物消费量

表 2.2-3 厂址附近成人、青少年、儿童、婴儿的年人均食物消费量及生活习惯

表 2.2-4 厂址附近各职业人员年人均食物消费量及生活习惯

图

图 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2018 年）

2.2 人口分布与饮食习惯

三澳核电厂 1、2 号机组厂址半径 80km 范围内的人口统计数据主要来源于浙江省温州市下辖的苍南县、龙港市、平阳县、文成县、瑞安市、泰顺县、瓯海区、龙湾区共 8 个市（县、区）和福建省宁德市下辖的福鼎市、柘荣县、霞浦县、福安市共 4 个市（县）的 2018 年统计年鉴和各级政府机构的统计报表。

按照《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）的要求，人口统计按子区分别进行，以三澳核电厂 1 号机组反应堆为中心划分半径为 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70 和 80km 的同心圆，轴向的罗盘方位为扇形区中心线，划分成 16 个方位，评价区共有 192 个子区。

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

三澳核电厂 1、2 号机组厂址半径 5km 范围内涉及苍南县霞关镇、马站镇以及沿浦镇下辖的 12 个行政村，41 个自然村，有户籍人口 18255 人。按陆域面积计算，评价区内人口密度为 589 人/km²，高于浙江省同期（2018 年）平均人口密度 563 人/km²，低于温州市同期（2018 年）平均人口密度 687 人/km²。

厂址半径 5km 范围内距厂址最近的居民点为位于 WSW 方位 1.9km 的长沙村，共有 989 人。最大的居民点为位于厂址 WNW 方位 3.8km 处的澄海路尾村，共有 1401 人；其次为 W 方位约 3.2km 处的岙内村，有 1101 人。

现有的自然村中顶林村、下林村、松柏林村、水门宫村、南坪村和下南坪村等村落基本已连成片，该片居民点总人口数为 3667 人。

另外，北关岛位于厂址 S~SSE 方位约 2~6km 处。2006 年，受台风影响，岛上居民房屋受损严重，北关岛原有居民全部离岛，搬迁至霞关镇，后少量人员因捕捞返岛（其户籍均在霞关镇）居住在顶海村（布袋岙附近）和下海村（斗内附近），其中顶海村约有 30 人，下海村约有 10 人。岛上人员每家均有船只，用于捕捞作业和交通往返。

厂址半径 5km 范围内没有 1 万人以上的人口相对集中的居民区。与上阶段相比，厂址 5km 范围内的霞关镇三澳村、深湾村已搬迁至马站镇镇区，因此 5km 范围人口有所减少。原大垅、仙岩内村的自然村（大垅、仙岩内、斗垅、岙内）已全部划归澄海

村，因此 5km 范围内的行政村数量也有所减少。沛垒村因居住条件不良，已全部搬迁至 WNW 方位约 3.8km 处的澄海路尾村。

根据 2016 年 7 月 1 日起实施的《浙江省流动人口居住登记条例》，浙江省行政区域内的流动人口在居住地半年以上，应按规定申领《浙江省居住证》。经咨询当地公安部门，目前浙江省已不再发放暂住证，在统计口径中只提供持有《浙江省居住证》的流动人口数。三澳核电厂 5km 范围乡镇主要是以养殖、捕捞和农业为主，工业经济相对薄弱，流动人口主要以流出为主，流入人口很少。流入人口主要为务工人员，共计有 131 人，主要分布在霞关镇的澄海村（50 人）和新林村（15 人）、沿浦镇的斗门头村（50 人），以及马站镇的崇安村（8 人）。与上阶段相比，5km 范围内各村的流动人口依然较少。

规划中的绿能小镇位于厂址西北侧 5km 左右，总用地面积约为 443.57 公顷，规划范围内现状涉及岭尾村、李家井村、新塘村 3 个村庄以及沿浦镇镇区。根据规划，至规划末（2030 年），绿能小镇常住人口为 2.2 万人（原沿浦镇区约 1 万人，核能配套区 1.2 万人），其中约有 0.6 万人为非带眷的建设工程工人和流动核能服务员工。绿能小镇仅南部区域位于厂址 5km 范围内，该区域主要为核能配套区，预计常住人口不会超过 1 万人。总的来说，绿能小镇未来人口增长不会成为影响核电厂建设的不利因素之一。

苍南港区霞关作业区位于 WSW~S 方位约 3.5~8km 处，根据《交通运输部办公厅关于温州港苍南港区规划调整工作有关事项的复函》（交办规划函[2016]676 号），当地政府组织编制了《温州港苍南港区霞关作业区规划调整》，对苍南港区霞关作业区的岸线进行重新规划，明确港口岸线功能，并对水陆域进行细化布置。调整方案中提到：“霞关作业区的北关岛预留发展区和霞关临港加工区在拟建核电站的 5km 的规划限制区内，基于安全等因素，需对霞关作业区原规划进行规划调整”；同时提到：“规划限制区范围内不应有 1 万人以上的乡镇”。因此，规划调整过程中，已经考虑了核电厂规划限制区对人口的要求，预计霞关作业区的未来人口增长不会成为影响核电厂建设的不利因素之一。

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围

厂址 10km 范围内无疗养院和监狱等公共设施。距厂址最近的学校和幼儿园分别为霞关镇南坪小学和南坪幼儿园，距厂址约 3.2km。距厂址最近的卫生院为霞关镇中

心卫生院，有医护人员 31 人。厂址半径 10km 范围内最大的学校为马站小学，有学生 1976 人，教师 114 人；最大的卫生院为马站镇中心卫生院，有医护人员 31 人，病床数 80 张。

与上阶段相比，上阶段的魁里小学为一所祠校合一的学校，目前已将其撤并入马站第二小学；马站镇育才中学校舍目前正在扩建，暂停招生，未计入本次调查中；新增沿浦镇海丰幼儿园。蒲城卫生院和渔寮卫生院并入马站中心卫生院，并改名为：马站中心卫生院蒲城分院和马站中心卫生院渔寮分院。

厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上的居民点，其中最大的居民点为马站镇镇区，位于厂址 NW 方位约 8.9~10.3km 处，2018 年底有人口 12655 人。

厂址半径 10km 范围内除了三澳核电厂和霞关作业区外，没有其他大的工业发展规划。该区域未来可能的人口机械增长主要来自核电厂的开发和建设。

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围

厂址半径 15km 范围内涉及苍南县下辖霞关镇、沿浦镇、马站镇、赤溪镇、岱岭畚族乡、凤阳畚族乡以及福鼎市下辖的沙埕镇、佳阳畚族乡和龙安开发区。15km 范围内共有户籍人口 138236 人，按陆域面积计算人口密度为 591 人/km²。

厂址半径 5~15km 范围共有千人以上行政村 46 个，最大的居民点为马站镇镇区，有人口 12655 人。

在统计人口中心时，考虑到 15km 范围内马站镇下辖的南街居委、蒲中居委、马站村、大门洋村、山边村、金山村和闸桥头村距离较近，居民区连接在一起，因此将这 2 个居委和 5 个行政村作为一个人口中心马站镇镇区处理；对于沙埕镇，由于沙埕居委、内澳居委、外澳居委以及和平村和水生村距离较近，因此，也将这 3 个居委和 2 个行政村作为一个人口中心处理。

与上次调查相比，本次调查 15km 范围总人口变化不大，其中由于三澳村和深湾村搬迁至马站镇镇区，因此，本次调查马站镇镇区人员较多于上次结果。另外，上一次调查的居民点沿浦居委会（WNW 方位 7.5km，1501 人）已经撤销。

马站镇、霞关镇、沿浦镇 2018 年的暂住/流动人口分别为：马站镇 1122 人，霞关镇 105 多人、沿浦镇 174 人。各镇流动人员多在当地务工，除春节大多数回原籍再返回外无其他季节性的变化。与上次调查相比，马站镇、沿浦镇和霞关镇流入人口 1240

人与本次调查该三镇流动人口数 1401 人相当。

另外，厂址半径 15km 范围内的旅游景点主要有渔寮景区，该景区为国家 AAA 级风景旅游区，位于厂址 N~NNE 方位约 5.4~10km 处，2018 年接待游客量在 21.1 万人左右。另雾城村，为渔寮景区的景点之一，位于厂址 N 方位 9km 附近，2018 年共计接待游客约 65 万人。游客主要集中在每年的 7~9 月，旺季时日游客量上万人，来此地旅游的人多为短暂逗留。

除了渔寮景区和雾城外，另有新兴起的无景点旅游休闲方式所涉及的蒲壮所城、中魁村、霞关村和长沙村等，来旅游的人多为短暂逗留。其中蒲壮所城位于厂址 WNW 方位 9km 附近，2018 年共计接待游客约 15 万人，游客主要分布在 1 月、5 月和 7 月，其中 7 月份接待游客近 5 万人，日接待游客近万人。

2.2.2 厂址半径 80km 范围内的人口分布

截至 2018 年底，三澳核电厂 1、2 号机组厂址半径 80km 范围内总人口数为 5646619 人，评价区内人口密度为 280 人/km²，按陆域面积计算，评价区内人口密度为 669 人/km²，高于浙江省同期（2018 年）平均人口密度 563 人/km²，低于温州市同期（2018 年）平均人口密度 687 人/km²。

厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布详见表 2.2-1 和图 2.2-1。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民的年龄构成

(1) 厂址半径 80km 范围内的人口年龄组结构

根据《宁德市 1%人口抽样调查资料（2015 年）》、《浙江省 1%人口抽样调查资料（2015 年）》以及苍南县当地政府机构提供的 2019 年 10 月的最新人口资料，与上次调查相比，1~7 岁年龄组居民占比从 6.43% 提高到 7.27%；>17 岁年龄组居民占比从 80.03% 提高到 82.37%；其他各年龄组居民占比均有所下降，其中 ≤1 岁年龄组居民占比从 2.39% 降低到 0.98%，8~17 岁（含 17 岁）年龄组居民占比从 11.15% 降低到 9.38%。

(2) 厂址半径 5km 范围内的人口年龄组结构

根据苍南县地方政府提供的 2019 年 10 月马站镇、沿浦镇和霞关镇居民年龄组结

构，结合厂址半径 5km 范围内各乡镇所辖区域，与上次调查相比，≤1 岁年龄组居民占比从 2.63%降低到 0.66%；1~7 岁年龄组居民占比变化不大，上次调查为 6.63%，本次调查为 6.57%；8~17 岁(含 17 岁)年龄组居民从上次调查的 12.51%降低到 11.27%；>17 岁年龄组居民占从上次调查的 78.23%提高到 81.5%。

2.2.3.2 厂址半径 80km 评价区内居民的饮食习惯

三澳核电厂位于苍南县境内，厂址半径 80km 评价区内主要涉及浙江省温州市和福建省宁德市，其居民饮食习惯基本相同。根据对厂址半径 80km 范围内城镇居民和农村居民食物消费资料的统计分析，当地居民主食以大米为主，其次为薯类、面粉、豆类及少量杂粮，副食品主要为蔬菜、水果、肉类、禽蛋和水产品。表 2.2-2 给出了浙江省、福建省、宁德市、温州市及苍南县城镇居民和农村居民的各类食物人均年消费量。

厂址半径 80km 范围内沿海居民生活在相邻的两个地级市，海域自然环境类似、海产类似，因此沿海居民生活习性相似，可参照 5km 范围内的居民生活习性。大多数内陆居民除不定期短期旅游外，一般不到海边活动，故暂不考虑该部分人群在海边活动时间。

2.2.3.3 厂址半径 5km 范围内居民食谱和生活习性调查

为了进一步了解厂址附近居民的饮食习惯，厂址附近的居民的食物消费情况和生活习性进行了现场调查。

厂址附近居民食物消费结构和评价区内居民食物消费习惯基本相同，均以大米为主，当地种植的玉米、豆类、薯类为辅。副食品主要为蔬菜、水果、肉类、蛋类和水产品。蔬菜多为当地种植，主要有菠菜、芹菜、大白菜等叶类蔬菜，西红柿、茄子、辣椒等茄果类蔬菜，黄瓜、南瓜、冬瓜等瓜果类蔬菜，四季豆、豌豆等豆类蔬菜；水果以当地种植的西瓜（夏季）、桃子（夏季）、葡萄（夏秋）、柑橘（秋冬）、四季柚（秋冬）为主。相比而言，其水产品消费量较大。厂址近区居民消费的大米、蔬菜、肉、水果等农副产品一般为自家生产或从当地集市购买，集市所出售产品则以当地集镇周围农村生产为主，奶产品则主要来自外地奶制品企业生产的成品。近区居民食入的海产品主要为鱼类，其次有部分虾、蟹、贝壳类以及海带紫菜等。食入的海产品绝大多

数来源于附近养殖和捕捞海域。

针对厂址附近地区各年龄组居民的食谱和生活习惯，调查选取了厂址附近的新林村，南坪村，沛垒村，大垅村，澄海村，长沙村，获得了 254 份“居民生活食谱及生活习性调查表”。其中成人组 196 份，青少年组 31 份，儿童组 22 份，婴儿组 5 份，覆盖了农民、渔民、学生等。在对回收的调查表进行统计处理时，考虑当地居民生活习惯和消费情况有一定的相似性，结合现场调查所获取的信息及反馈，参考苍南县农村居民的消费情况，给出了厂址附近各居民组的食物消费量和生活习惯因子。调查时厂址近区婴儿样本数较少，因此，婴儿食物消费量参考《中国孕期、哺乳期妇女和 0~6 岁儿童膳食指南》（人民卫生出版社，2008）给出，考虑婴儿全年食入母乳或婴儿配方奶粉及一定量的辅食。

厂址附近成人、青少年、儿童、婴儿年人均食物消费量及生活习惯的统计结果见表 2.2-3。厂址附近各职业的年人均食物消费量及生活习惯的统计结果见表 2.2-4。

与上次调查相比，厂址附近各类居民食物消费量相差不大，仅鱼类消费增大，这是由于受 2019 年猪肉价格影响，当地居民较少购买猪肉食用，转而多食鱼类作为代替。

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区的人口分布表（2018 年）

单位：距离：km；人口：人

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合计
N	0	0	32	1507	4569	29827	110819	295173	325518	123608	549344	220497	1660894
NNE	0	0	0	101	1376	4053	184539	16006	192132	74734	350333	252711	1075985
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1776	1776
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2299	1121	3420
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	332	0	0	0	0	0	332
SSW	0	0	0	0	0	0	0	4567	0	0	0	0	4567
SW	0	0	0	0	5098	14782	3364	18190	59738	9873	167588	92967	371600
WSW	0	989	1175	4152	5286	64420	56717	46184	23562	11683	51055	50766	315989
W	0	0	503	3612	2934	11133	26322	69400	46492	25566	79668	62977	328607
WNW	0	0	0	2366	17813	20799	41613	177143	61798	62029	93864	9930	487355
NW	0	0	1442	1019	21461	32736	18947	79320	49623	27448	73118	95167	400281
NNW	0	0	0	739	10327	13153	60302	291363	198166	165420	128739	127604	995813
合计	0	989	3152	13496	68864	190903	502955	997346	957029	500361	1496008	915516	5646619

表 2.2-2 厂址评价区内居民年人均食物消费量

单位：kg/a

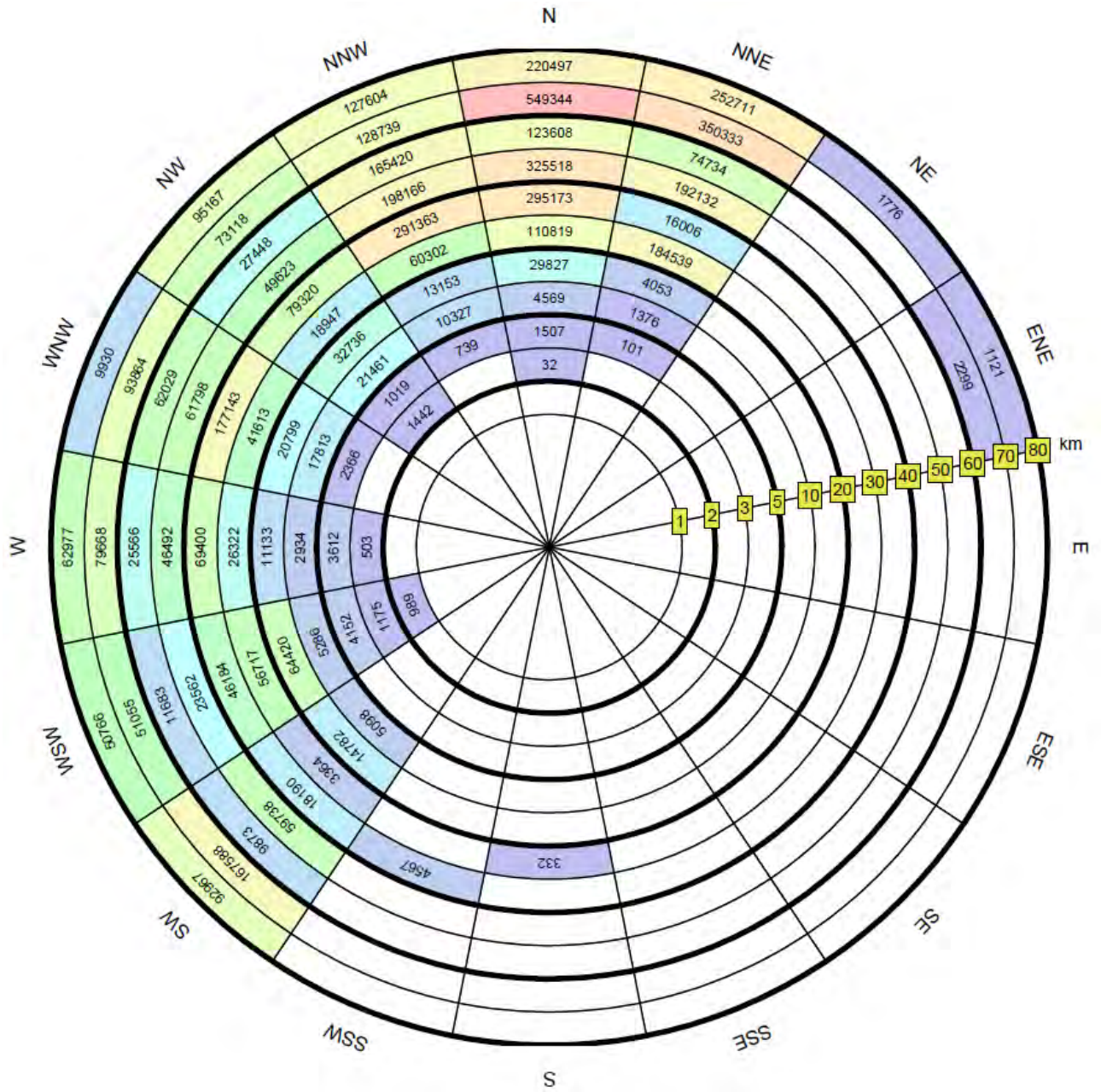
区域	居民类型	粮食	蔬菜	肉类	油脂	蛋类	水产品	水果	奶类
福建省	城镇居民	100.16	86.16	45.36	8.68	8.8	26.01	52.11	14.47
	农村居民	164.1	98.14	47.61	9.87	8.41	20.73	39.49	7.49
浙江省	城镇居民	119.18	91.18	41.04	11.08	7.94	22.25	53.41	15.1
	农村居民	158.9	92.75	39.43	12.46	7.39	16.8	36.24	9.54

表 2.2-3 厂址附近成人、青少年、儿童、婴儿的年人均食物消费量及生活习惯

消费量及生活习惯		成人		青少年		儿童		
		年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	
年食物消费量 (kg/a)	粮食	197.5	159.1	148.8	119.8	95.8	77.2	
	蔬菜	160.0	136.4	119.6	102.0	97.3	83.0	
	水果	55.0	35.8	50.8	33.0	44.8	29.1	
	肉禽类	62.0	28.6	46.7	21.6	31.1	19.1	
	蛋类	36.5	23.4	42.3	27.2	49.9	32.0	
	奶类	45.0	8.2	64.0	22.0	67.0	27.0	
	海产品	鱼类	95.0	49.1	70.7	36.5	55.9	28.9
		甲壳类	75.0	17.6	71.0	16.7	48.3	11.3
		软体类	60.0	15.0	46.7	11.7	22.7	5.7
		藻类	15.0	3.1	12.0	2.5	8.0	1.7
年活动时间 (h/a)	岸边活动时间	300.0	115.9	120.0	96.7	60.0	48.3	
	海里游泳时间	90.0	39.6	60.0	35.0	55.0	23.3	
	海上活动时间	1890.0	123.9	85.0	51.7	70.0	43.3	

表 2.2-4 厂址附近各职业人员年人均食物消费量及生活习惯

消费量及生活习惯		职业	农民		渔民		
			年最大消费量	年平均消费量	年最大消费量	年平均消费量	
年食物消费量 (kg/a)	粮食		197.5	174.4	182.5	133.9	
	蔬菜		160.0	148.8	155.0	133.2	
	水果		36.5	39.7	36.0	33.0	
	肉禽类		50.0	27.7	35.0	23.1	
	蛋类		36.5	28.5	28.5	19.5	
	奶类		30.0	7.0	20.0	12.4	
	海产品	鱼类		55.0	35.3	95.0	83.1
		甲壳类		25.0	13.4	75.0	44.3
		软体类		20.0	10.7	60.0	24.9
		藻类		5.0	1.7	15.0	13.6
年活动时间 (h/a)	岸边活动时间		300.0	103.6	270.0	161.4	
	海里游泳时间		90.0	18.0	90.0	51.8	
	海上活动时间		0.0	0.0	1890.0	1195.7	



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
 环境影响报告书（建造阶段）
 厂址半径 80km 范围内各子区人口
 分布图（2018 年）

图 2.2-3

版次

A

- 2.3 土地利用及资源概况
 - 2.3.1 土地和水体的利用
 - 2.3.1.1 土地利用现状及规划
 - 2.3.1.2 水体利用现状
 - 2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区
 - 2.3.2 陆生资源及生态概况
 - 2.3.2.1 农业生产概况
 - 2.3.2.2 副业生产概况
 - 2.3.2.3 其它陆生资源概况
 - 2.3.2.4 陆生生态系统概况
 - 2.3.3 水产资源及水生态概况
 - 2.3.3.1 渔业资源
 - 2.3.3.2 海域生态概况
 - 2.3.3.3 “三场一通道”及海洋保护动物概况
 - 2.3.4 工业、交通及其它相关设施
 - 2.3.4.1 工业
 - 2.3.4.2 交通

图

图 2.3-1 厂址附近交通现状示意图

图 2.3-2 厂址附近综合交通发展规划示意图

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用现状及规划

三澳核电厂位于苍南县霞关镇三澳村。厂址半径 10km 范围内涉及霞关镇全镇以及沿浦镇和马站镇的大部分区域。目前，三澳核电厂所在位置规划为城镇建设用地，与本项目用地相符。

2.3.1.2 水体利用现状

三澳核电厂址半径 15km 范围内，无大型和中型水利工程；有 3 座小（一）型水库，分别十八孔水库、铁场水库和云遮水库；库容大于 10 万 m^3 的小（二）型水库 1 座，为仙岩尾水库。其中十八孔水库主要为灌溉水库，铁场水库和云遮水库为防洪，供水为主的水利工程，无灌溉功能；仙岩尾水库为灌溉水库。

三澳核电厂所在苍南县及周边县市的饮用水源主要来自于水库，通过集中式供水工程（水厂及管网以区域性集中供水）解决了大部分居民饮水问题。对于部分偏远乡村，集中式供水无法达到区域由农村饮用水分散式工程解决，水源基本为山泉水、山塘水和溪水。《苍南县饮用水水源保护区管理办法》（苍政发[2011]254 号）明确，十八孔水库、铁场水库作为县级水源保护区进行管理。

厂址半径 15km 范围内主要涉及马站片区（马站、霞关和沿浦镇），供水设施主要为马站自来水厂铁场净水厂，十八孔水库制水车间为备用。2018 年平均每天供水 7613t。其中铁场水厂原设计规模为 0.8 万 t/d，经扩建改造后目前日处理规模达到 1.8 万 t/d，水源为铁场水库。十八孔制水车间的制水能力约为 3000t/d，原水仅通过简单的过滤。

根据《苍南县马站镇总体规划（2012~2030 年）》（2015 年修改），马站镇准备近期以云遮水库和铁场水库为供水水源，以十八孔水库为备用水源。远期以十八孔水库、铁场水库和云遮水库为供水水源。马站水厂和铁场水厂联合向马站镇供水。规划 2 条供水主干管，分别沿两条主要道路敷设，由北向南向马站镇、沿浦镇、霞关镇、渔寮乡、蒲城乡供水和沿渔寮支线向东穿越顶魁山隧道向渔寮供水。马站镇供水主管干主要敷设在环城路、232 省道、塔桥路、南新东路、金丰路和北兴西路，管径为

DN400-DN600，规划镇区管网为环状供水。

厂址近区地下水地质单元主要为大垄~小槽水文地质单元、南坪~长沙水文地质单元和库下~兰滩水文地质单元。大垄~小槽水文地质单元居民主要集中于小槽村一带，生活饮水多采用民井作为饮用水源，水井多建于汇水相对较好的地势平缓山坡，并经人工铺设皮管外接至下游自建水仓。单井涌水量多为 2~5t/d，每户一井，相互独立，总体上民井水量小、接水距离远、分布散乱。南坪~长沙水文地质单元内马站自来水管厂的自来水供水已经基本普及通至每户，水井主要用途基本为居民洗紫菜之用。库下~兰滩水文地质单元所见民井较少，民井已荒废多年，使用量很少，井水水质多已腐化，当地居民生活用水均为马站自来水管厂统一供给。

2.3.1.3 自然保护区、风景旅游区和文物保护区

苍南文蛤省级水产种质资源保护区位于厂址 N 方位约 10km 的风湾水域，保护区总面积约 39hm²，其中核心区面积 7.44hm²，试验区面积 31.36hm²。除此之外，厂址半径 10km 范围内没有其他自然保护区。

厂址半径 10km 范围内没有国家级的风景名胜区，有 1 处省级风景名胜区——浙江滨海--玉苍山省级风景名胜区，另有近年新兴起的无景点旅游休闲方式所涉及的蒲壮所城、中魁村、霞关村和长沙村等。

浙江滨海--玉苍山省级风景名胜区分为滨海和玉苍山两个部分，其中，玉苍山部分由玉苍山、莒溪和玉龙湖三大景区组成；滨海部分由炎亭、渔寮两大景区组成，另有两个独立景点为硃步头和蒲城景区。其中只有渔寮景区位于厂址半径 10km 范围内。渔寮景区是 AAA 级旅游景区，位于马站镇渔寮境内厂址 N~NNE 方位约 5.4~10km 处，面积约 23km²。雾城村为渔寮景区的景点之一，月亮湾沙滩所在地，位于厂址 N 方位 9km 附近，为近年来新开发建设的旅游项目。

沛垒沙滩（属浙江省海洋生态红线的大陆自然岸线）位于厂址 N 方位约 1.3km。当地政府拟对该沙滩进行旅游开发，建设沛垒沙滩旅游度假项目。本工程不占用沛垒沙滩，1~2℃ 温升进入沛垒沙滩，但对其自然属性、使用功能和水质无影响。建议建设单位关注沛垒沙滩旅游度假项目的建设情况。

根据 2017 年 11 月 4 日生效的《浙江省海洋生态红线划定方案》以及 2018 年 7 月 20 日发布《浙江省生态保护红线》，厂址附近的生态红线除苍南文蛤省级水产种质

资源保护区和渔寮景区外，还有渔寮沙滩重要旅游区（33-Xj15）、大尖山-霞关外侧重要渔业海域（33-Xe26）、木耳屿西侧沙源保护地（33-Xi01），厂址两侧的大陆自然岸线为大尖山南侧基岩岸线（33-q47Cc，厂址 SW 方位约 1.6km）以及大尖山 3 基岩岸线（33-q46Cc，厂址 NNW 方位约 1.5km 处）；厂址附近的海岛自然岸线主要有霞关附近无人无居民岛群岸段（33-q294Ic），详见图 1.6-3 和表 1.6-3。

厂址半径 10km 范围内有国家级文物保护单位 1 处，省级文物保护单位 2 处，县级文物保护单位 5 处。国家级文物保护单位为蒲壮所城，位于厂址 WSW 方位约 9km。距离厂址最近也是半径 5km 范围内唯一的文物保护单位是位于厂址 WSW 方位约 3.2km 处霞关南坪村的南坪革命纪念馆，为县级文物保护单位。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产概况

厂址周围地区农作物一般为一年三熟，耕地以水田为主，粮食耕种平原地区以水稻种植为主，山区以甘薯种植为主，其它还有杂粮、蔬菜、茶叶以及水果等种植。

水稻是厂址地区主要的粮食作物，兼有大小麦、大豆、蚕豌豆、玉米等。油料作物主要是油菜和少量的花生、芝麻等。经济作物主要有烟草、麻类、棉花、蚕桑、药材等。

水果品种较多，产量最多的是柑橘类，其中四季柚、马站葡萄是苍南县地方特产，其次是杨梅、柿子和桃子。蔬菜种类较多，其中西红柿、蘑菇、荔枝等为当地特色生态农产品。此外，厂址周围地区种植西瓜、甜瓜也较多。

厂址半径 5km 范围内的粮食、水果、蔬菜等农作物基本在当地消费，苍南县生产的农产品除部分优质水果和蔬菜外销外，其余主要由当地销售。厂址附近区居民主要在自家土地零散种植粮食、蔬菜等供自己食用。

2.3.2.2 副业生产概况

三澳核电厂厂址周围地区畜禽饲养种类有猪、家禽（鸡、鸭和鹅）、大牲畜（主要为牛）、羊及兔子等。猪、羊和家禽主要是家庭式饲养，是厂址地区周围绝大多数农户的副业。大牲畜以牛为主，多为耕地劳役。奶牛的饲养量很少。

2.3.2.3 其它陆生资源概况

— 林业资源

苍南县森林的地带性植被为中亚热带常绿阔叶林，分属于中亚热带常绿阔叶林南部亚地带浙南、闽中山丘、栲类、细柄蕈木林区，浙东南丘陵、低山、栲类、细柄蕈木林区雁荡丘陵低山植被片，具有现代森林植被种类丰富、地理成份复杂的特点。

厂址半径 10km 范围内的马站镇，霞关镇和沿浦镇森林生态总体情况良好，以天然林为主，次生植被为辅，人工林相对较少；在森林树种结构上，以马尾松为优势树种的针叶林面积为主，森林整体生态效益较好。

— 矿产资源

厂址所在苍南县矿产资源诸多，非金属矿藏已发现 43 处，17 个种类，已探明的矿产有明矾石、高岭土、叶腊石等 10 多种。明矾矿石储量为 16216 万 t，占全国储量的 80%，占全世界储量的 60%，矾山镇有“世界矾都”之称。苍南县境内矿产资源目前开发利用的矿种主要有 3 种，分别是明矾、建筑石料、矿泉水。其中明矾石主要用于钾明矾、铵明矾生产；建筑石料矿山主要分布于沿海、平原及城镇周边，采用机械化开采，产品主要用于海涂围垦、建筑、公路及市政设施建设；矿泉水主要用于桶装天然饮用矿泉水的生产。

根据《浙江省苍南县矿产资源规划（2016—2020 年）》，厂址半径 10km 范围内规划有霞关建筑石料规划开采区：拟建 1 宗苍南县霞关镇兴霞村烟墩山建筑用石料（凝灰岩）矿经营性建筑用石料采矿权，产品主要供应马站、霞关、沿浦、岱岭等乡镇城镇建设，占用储量 240 万 t，生产规模 50 万 t，服务年限为 5 年，该矿区位于拟建核电厂 5km 规划限制区，空白区规划至 2021 年 12 月 31 日前关闭。

除此之外，厂址半径 10km 范围内无其他矿场开采区。

2.3.2.4 陆生生态系统概况

根据《中广核浙江三澳核电厂一期工程陆域生态环境调查及评价报告》（2020 年 3 月），三澳核电厂厂址半径 10km 范围生物多样性等级为一般，区域物种较少，特有属、种不多，生态系统稳定，局部地区生物多样性较丰富，但生物多样性总体水平一般。

2.3.2.4.1 植被特点

厂址半径 10km 区域内共有野生及常见栽培高等植物 148 科 471 属 744 种，其中苔藓植物 12 科 14 属 14 种，蕨类植物 20 科 28 属 41 种，裸子植物 7 科 9 属 13 种，被子植物 109 科 420 属 676 种（单子叶植物 15 科 92 属 146 种，双子叶植物 94 科 328 属 530 种）

（1）区域植被类型

调查范围内有 8 个植被型组，16 个植被型，53 个群系，其中栽培植被 19 个群系。

1) 针叶林

包括湿地松林、马尾松林以及黑松林，其中湿地松林分布于马站、顶湾等地的山坡上，人工栽培起源。马尾松林在调查区内的山坡上广泛分布。黑松林包括黑松——柃木——白茅+五节芒群丛和黑松——白茅幼林群丛，前者在厂区内有分布，后者分布于北关岛。

2) 针阔叶混交林

包括分布在马站、渔寮、陈家湾，马尾松等地的山坡上马尾松+枫香针阔叶混交林，以及分布在渔寮、木林村等地的山坡上的马尾松+黑荆树针阔叶混交林。

3) 阔叶林

- 落叶阔叶林：包括分布在北关岛中上坡、山脊上的山合欢矮林，分布在霞关，鸡头鼻、木林村等地中下坡山岙中的枫香林，分布在北关岛山坡和基岩海岸上的日本野桐幼林，分布在陈湾村、厂区、北关岛等地中上坡和山脊上的椿叶花椒幼林。
- 常绿落叶阔叶混交林：主要为分布渔寮、木林村、虎头鼻等地，见于村旁及滨海山坡上的香樟常绿落叶阔叶混交林。
- 常绿阔叶林：包括分布在霞关、沿浦、木林村、虎头鼻等地，见于中下坡、山麓和村旁的台湾相思群系，分布在沿浦、十五亩村、北关岛等地，见于土层深厚的山坡上的黑荆树群系，分布在南关岛、霞关、木林村、虎头鼻、北关岛等地的滨海山坡、基岩海岸上的木麻黄林，分布在渔寮、王孙村等地，见于山脚、村旁的香樟林，分布在南关岛、虎头鼻、厂区等地，见于山麓、山脚、路旁、村旁，人工栽培起源的大叶桉群系，分布在南关岛的山坡上、山岙中的鹅掌柴林。

4) 竹林

- 丛生竹林：包括分布在大瓦厝、厂区等地山麓、村旁，人工栽培起源的绿竹群系以及分布在渔寮、霞关、鸡头鼻等地村旁，人工栽培起源的麻竹群系。
- 散生竹：包括分布在马站、顶湾、十五亩村等地的山坡上、山岙里的水竹群系和分布在渔寮、木林村、虎头鼻等地的村旁，人工栽培起源的毛竹林群系。

5) 灌丛

- 海州常山群系：主要为分布在北关岛的中上坡的海州常山群系。
- 常绿灌丛：包括分布在北关岛的面海基岩海岸上的滨柃灌丛，分布在陈湾村、厂区的滨海山坡上的柃木灌丛。

6) 草丛

- 山地草丛：包括分布在大瓦厝、马站、沿浦等地的路边荒地、荒田上的小飞蓬群系；广泛分布，多见于荒废的农田、耕地中的五节芒群系；分布在马站、顶湾等地的山坡上，多见于中上坡的路边荒地、荒废耕地中的芒群系；分布在北关岛路边荒地及荒废农田中的苍耳群系。
- 蔓生草丛：主要为分布在南关岛、厂区的荒废耕地上的越南葛群系。
- 湿地草丛：包括浮叶植物植被型、沼生植物植被型和湿生植物植被型。浮叶植物植被型主要为分布在南关岛水塘中的野菱群系；沼生植物植被型包括分布在大瓦厝咸水塘中的海三棱蔗草群系，分布在大瓦厝咸水塘中的糙叶薹草群系，分布在沿铺、大瓦厝等地水塘中的芦苇群系，分布在木林村滨海滩涂上的互花米草群系，分布在渔寮、垵心、大厝基水田或荒废水田中的菰群系；湿生植物植被型包括分布在厂区、马站等地水塘、岸边的芦竹群系，分布在沿铺、陈湾村等地水塘边的柔枝莠竹群系，分布在北关岛荒废农田中的野灯心草群系，分布在马站、大厝基等地荒废水田中的戟叶箭蓼群系。

7) 滨海砂生植被

- 草本砂生植被：包括分布在渔寮、马鼻、大瓦厝沙滩的矮生薹草群系，分布在渔寮、大瓦厝的沙滩上的狗牙根群系，分布在大瓦厝沙滩上的厚藤群系，分布在南关岛的沙滩上的卡开芦群系，分布在南关岛、大瓦厝等地的滨海沙滩上的铺地黍群系。
- 木本砂生植被：主要为分布在南关岛、大瓦厝等地沙滩上的单叶蔓荆群系。

8) 其它栽培植被

- 木本栽培植被：分布在芋园的山坡上的油茶群系，分布在岭角、大厝基、陈湾村的山坡上的茶群系，分布在马站、沿浦、木林村等地的山坡上的柑橘群系，在区内内陆的山坡上广泛分布四季柚群系，分布在木林村的山坡上的栀子群系，分布在渔寮、垟心等地的农田中、村旁的桑群系，分布在马站、木林村、陈家湾等地的山坡上的杨梅群系。
- 草本栽培植被：包括分布在南关岛、霞关、鸡头鼻、陈家湾等地村旁、山麓的大蕉群系，在内陆平原、坡耕地、村旁上广泛分布的果、蔬作物，分布在渔寮、马站等地的平原、耕地上的稻群系。

9) 区域植物关键种、土著种、建群种、优势种、特有种及优势种

- 关键种：就本区域实际而言，陆地主要生态系统从以前的荒山到以人工为主的黑松、马尾松纯林，再经近二十余年近自然地演替，形成如今稳定的植物组成和群落。这过程基本属于自然演替，并未发生关键物种制约的情况。本次调查结果显示，区域内未发现十分特别的关键物种。
- 土著种：根据调查，项目区分布的植物除去入侵物种 59 种和栽培物种 161 种，余下的土著植物有 524 种。
- 建群种、优势种：区域内陆地生态系统的主体是森林生态系统，其中占据优势的植物群落为阔叶林和针阔叶混交林，其次为灌丛。建群种主要包括：阔叶林建群种（包括枫香树、朴树、日本野桐等落叶树种和香樟、冬青属等常绿树种）、针阔叶混交林建群种（黑松、马尾松 2 种常绿针叶树和枫香、香樟、冬青属等阔叶树种）和灌丛建群种（滨柃、柃木、檫木、密花树等）。
- 特有种：调查区域所在的苍南县地处浙东南沿海，生境与周边、浙闽沿海一致，不存地理隔离等情况。本次调查在三澳核电厂区及其周边区域记录到的野生植物及栽培高等植物均为浙江沿海广泛分布的常见种。

10) 自然植被与人工植被情况

- 自然植被：调查区内的自然植被主要有以马尾松、黑松为建群种的针叶林；以白栎、枫香、朴树、木荷冬青为主要建群种的阔叶林；以毛竹主要为建群种的竹林；以檫木、柃木、滨柃为主的灌丛；以白茅、五节芒、芒萁为主的草丛；以碱蓬属、单叶蔓荆、芦苇为代表滨海盐生、沙生植被以及以浮萍、

风眼莲为主的水生植被。自然植被的演替根据生境不同可分为丘陵植被演替，滨海盐土植被演替，滨海沙土植被演替。

- 人工植被：调查区现状植被人工植被主要为黑松林、毛竹林、互花米草群落、各种农作物群落、木本栽培植被等，它们的具体分布除受自然条件所控制外，还深受人类经营目的、习惯的制约。如近村庄的丘陵缓坡地以各种木本经济林（园）、果园、竹林和坡地旱地作物群落为主。灌丛、草丛也多为人类破坏后所形成的次生类型；就是残存的各种次生阔叶林也与人类活动历史有关。

（2）核电厂厂区内植被

厂区内有植被 6 个植被型组，9 个植被型，10 个群系，无名树古木分布。具体有：

1) 针叶林

- 马尾松林：群落在厂区的内陆山坡上广泛分布。乔木层以马尾松占绝对优势，灌木层发育良好，以柃木占优势，伴生种有截叶铁扫帚、掌叶覆盆子、柞木、天仙果、日本野桐、美丽胡枝子、地蕊、盐肤木、鹅掌柴、华山矾、过山枫、枫香等。草本层发育良好，以芒萁占优势，伴生种有芒、狗尾草、五节芒、鸭嘴草、刺齿凤尾蕨、变异鳞毛蕨、三脉紫菀等。层间植物有薜荔、海金沙、小果菝葜、心萼薯、金樱子等。
- 黑松林：群落在厂区的滨海山坡上有分布。乔木层以黑松占绝对优势，伴生种较少，偶见有椿叶花椒、朴树等。灌木层发育良好，以柃木占优势，伴生种有喙果黑面神、茅莓、密子豆、鹅掌柴、榉木、掌叶覆盆子、华山矾等。草本层发育良好，以白茅、五节芒占优势，伴生种有野艾蒿、一点红、翅果菊、圆果雀稗、山菅、芒萁、滨海假还阳参、艳山姜、大吴风草、华南毛蕨、茵陈蒿等。层间植物有海金沙、越南葛、小果菝葜、蛇葡萄、滨海鸡矢藤等。

2) 阔叶林

- 椿叶花椒幼林：群落分布在厂区坡耕荒地上。群落以椿叶花椒占绝对优势，伴生种有茶、掌叶覆盆子、鹅掌柴、臭辣树、地蕊、盐肤木、日本野桐等。草本层发育良好，以五节芒、白茅占优势，伴生种有芒、芒萁、豨莶、矮蒿、鬼针草、藿香蓟、杠板归等。层间植物有海金沙、小果菝葜等。
- 大叶桉群系：群落分布在厂区，见于山脚、路旁，人工栽培起源。乔木层以大叶桉占绝对优势，伴生种有鹅掌柴、朴树、马尾松、乌桕、黑松、麻竹、

川楝等。灌木层发育良好或较差，主要以日本野桐占优势，伴生种见有杜虹花、盐肤木、小果蔷薇、粗糠柴、杜虹花、鹅掌柴、天仙果、朴树、过山枫、乌桕等。草本层发育良好，以五节芒占优势，伴生种有接骨草、白花败酱、黄背草、鸭嘴草、升马唐、山菅、伏毛苕麻、大狗尾草、香丝草、华南毛蕨、井栏边草、黄瓜菜、鬼针草等。层间植物有越南葛、薜荔、海金沙等。

- 绿竹林：群落分布在厂区的山脚，人工栽培起源。群落中绿竹其下植物发育较差，间有朴树、野蔷薇、粗糠柴等木本植物，火炭母、贴毛苕麻、柔枝莠竹、毛草龙、箭叶蓼、野灯心草、大蕉等草本植物以及越南葛、葎草、乌菟莓等层间植物。

3) 灌丛

- 柃木灌丛：群落分布在厂区的滨海山坡上。灌丛以柃木占优势，伴生种有雀梅藤、榕木、椴子、吕宋荚蒾、野山楂、地菘、掌叶覆盆子、北江堯花等。草本层生长茂盛，以芒萁、白茅等占优势，伴生种有石芥苧、野古草、蕨、金色狗尾草、五节芒、芒、一枝黄花、野青茅等。层间植物有海金沙、小果菝葜、网络崖豆藤等。

4) 草丛

- 五节芒群系：群落在区内广泛分布，多见于荒废的农田、耕地中。草丛以五节芒占绝对优势，伴生种有大花鬼针草、翅果菊、芒萁、铁苋菜、藿香蓟、夜香牛、大狼把草、香丝草、辣蓼、钻形紫菀等。群落中见有苦楝、掌叶覆盆子、杜虹花、椿叶花椒等木本植物及越南葛等藤本植物侵入。
- 越南葛群系：群落分布在厂区的荒废耕地上。群落中越南葛覆盖在五节芒上，群系内无伴生种，周边有喙果黑面神/小果蔷薇、盐肤木、地桃花等木本植物，有白花败酱、鬼针草、芒萁、蕨、有芒鸭嘴草、野艾蒿、一点红、翅果菊、糠稷、小飞蓬、钻形紫菀、龙爪茅、糠稷等草本植物，以及有海金沙、千金子等藤本植物。
- 芦竹群系：群落分布在厂区的水沟边。群落中芦竹，其下铺地黍，生长茂盛，伴生种有野紫苏、野灯心草、钻形紫菀、鸭跖草、葎草等。

5) 其它栽培植被

- 四季柚群系：群落在厂区山脚坡耕地上，现已荒。群落中四季柚，伴生种有

野梧桐、苦楝、朴树、粗糠柴等。草本层发育良好，以糠稷、藿香蓟等占优势，伴生种有火炭母、牛筋草、翅果菊、柔枝莠竹、加拿大蓬、山菅、五节芒、狗尾草、龙葵、喜旱莲子草、铁苋菜、升马唐、野老鹳草、叶下珠、井栏边草、柔枝莠竹等。层间植物蕨草、心萼薯、木防己等。

（3）覆盖现状

调查区域主要植被类型为山林和果园，其次为灌草丛、农田作物。其中山林和果园面积为 46.67km²，占总面积的 14.86%；灌草丛面积为 18.26km²，占总面积的 5.81%；农田作物面积为 3.97km²，占总面积的 1.26%。非植被-其他面积为 38.39km²，占总面积的 12.22%；非植被-水体面积为 206.86km²，占总面积的 65.85%。

（4）植被特点

三澳核电厂所处的苍南县在植被区划上属于中亚热带常绿阔叶林南部亚地带，建群种上有鹅掌柴林、大叶桉群系、台湾相思群系等，伴生种上如艳山姜、越南葛、樟叶槭、铺地黍、车桑子等，均体现出区域植物区系特色。

调查区域处在东海之滨，植被类型中带有明显的滨海特色，如有以厚藤、矮生蕹草、单叶蔓荆等为建群种的滨海砂生植被，有以海三棱蔗草、互花米草为建群种的等滨海盐沼植被，以及仅在滨海有分布的滨柃灌丛、柃木灌丛、日本野桐群系等。此外，受海风、海雾的影响，面海植被呈现出外貌低矮，植株多分枝，冠幅斜伸的特点。

调查区内原生植被几被破坏殆尽，仅在少量不适宜耕作的地方，残留有原生植被，但面积都较小。现有的大量植被，如四季柚群系、大叶桉群系、麻竹群系、台湾相思群系等都是人工栽培起源，而大面积分布的五节芒群系、小飞蓬群系等，多是坡耕地被抛荒后，自然演替新成，均表现出活跃的人为活动痕迹。调查区域植物多样性一般。

依据《国家重点保护野生植物名录（第一批）》和《浙江省重点保护野生植物名录（第一批）》统计，本次调查共发现重点保护野生植物 6 种，隶属于 5 科 6 属。其中被列为国家级重点保护野生植物 2 种：樟（广布于长江以南各省）和花榈木（仅在虎头鼻附近发现 1 株成树，距离厂址超过 7km），列为浙江省重点保护野生植物 4 种，分别是：龙须藤（主要见于北关岛，距离厂址约 2km）、柃木（分布于全省沿海各县及海岛）、桃金娘（主要见于北关岛，数量约 500 株左右，距离厂址约 2km）、蔓九节（主要分布于下在村至虎头鼻的沿海山坡上，距离厂址超过 6km）。这些野生重点保护植物濒危程度都属无危（LC）等级。调查区域未见真正意义上的珍稀濒危野生植物，也非珍稀濒

危野生植物的天然分布区。

2.3.2.4.2 陆域脊椎动物

针对调查区开展了秋季（2019 年 10 月）和冬季（2020 年 1 月）的两次调查，记录陆生脊椎动物 89 种，其中两栖动物 5 种，隶属于 1 目 4 科 5 属；爬行类 6 种，隶属于 1 目 5 科 6 属；鸟类 66 种，隶属于 10 目 38 科 56 属；兽类 12 种，隶属于 4 目 7 科 10 属。

（1）两栖纲

调查区域内共记录两栖类动物 5 种，分属 1 目（无尾目）4 科 5 属。其中国家二级保护动物 1 种，即虎纹蛙。省重点保护动物 1 种，即斑腿泛树蛙。其他 3 种为黑眶蟾蜍、泽陆蛙、镇海林蛙。优势种为泽蛙类、黑框蟾蜍。

（2）爬行纲

调查区域内共记录爬行类动物 6 种，分属 1 目（有鳞目）5 科 6 属，分别为北草蜥、铜蜓蜥、黄斑渔游蛇、灰鼠蛇、中国水蛇、银环蛇。优势种为北草蜥和铜蜓蜥。没有发现国家级和省级保护野生动物。

（3）鸟纲

调查区域内共记录鸟类 66 种，分属 10 目 38 科 56 属。鸟类中雀形目 26 科 36 属 41 种，占整个区内鸟类物种总数量的 62.1%。非雀形目 9 目 12 科 20 属 25 种，占总数量的 37.9%。非雀形目鸟类中以鸨形目最多，共 8 种；鹇形目次之，共 6 种；雁形目、鹰形目、隼形目、鸽形目各 2 种；鹬鸟目、鸡形目、鹤形目各 1 种。鸟类以留鸟为主，繁殖鸟占主要优势。

调查区所在的浙江沿海地处“东亚-澳大利亚”候鸟迁徙通道，每年都有数以万计的候鸟飞抵浙江越冬或停歇补给。根据浙江省近三年的候鸟监测结果，项目区所在的区域不是浙江候鸟的集中分布区，不属于全省 53 个重点区域。项目区所在的区域的候鸟在数量、种类远不及其他海湾区域。调查区域鸟类多样性与周边、全省沿海一致。由于“东亚-澳大利亚”候鸟迁徙通道的宽度超过浙江省东西宽度，加之调查区域无特殊鸟种、项目用地面积有限，所以影响非常有限，不会对当地鸟种的数量和分布带来明显影响。

（4）哺乳纲（兽类）

调查区共记录兽类 12 种，分属 4 目 7 科 10 属。其中劳亚食虫目 1 科 1 种，占兽类物种总数的 8.3%；翼手目 2 科 4 种，占 33.3%；啮齿目 2 科 5 种，占 41.7%；偶蹄目 2 科 2 种，占 16.7%。兽类需按体型大小区分为大型兽类和小型兽类。大型兽类的优势种为野猪、小鹿。小型兽类的优势种为北社鼠、褐家鼠。调查区没有发现国家和省级重点保护野生动物。

（5）野生保护或珍稀濒危、特有动物

调查区域地处苍南县沿海，地貌以滩涂平原和沿海矮丘为主，生境单一，野生脊椎动物多样性一般，不是珍稀濒危野生动物物种的天然集中分布区。记录的野生动物中属国家二级重点保护野生动物 6 种，分别为虎纹蛙、黑鸢、红隼、普通鵟、岩鹭和游隼，其中 5 种鸟类均为猛禽类，因猛禽飞行能力强，分布范围广，游荡式活动，调查区域并非天然集中分布区，属偶尔游弋出现被记录到，虎纹蛙也属于浙江常见种。记录的野生动物中属省级重点保护野生动物 8 种（均为浙江常见种，不是浙江省的重点分布区），分别为斑腿泛树蛙、斑嘴鸭、绿翅鸭、黑尾鸥、黄胸鹀、棕背伯劳、叉尾太阳鸟和画眉；被列入中国物种红色名录濒危等级易危及以上的有 6 种，分别是灰鼠蛇（VU，易危）、中国水蛇（VU，易危）、银环蛇（EN，濒危）、黄胸鹀（EN，濒危）、黑鸢（VU，易危）、小鹿（VU，易危）；被列入 IUCN 红色名录濒危等级易危及以上有 1 种，黄胸鹀（CR，极危）；中国特有野生动物 5 种，镇海林蛙、北草蜥、中国水蛇、银环蛇、乌鸫。

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.3.1 渔业资源

苍南县沿海海域，北受瓯江、飞云江、鳌江，南受闽江、沙埕江等陆地径流影响，水质肥沃，饵料丰富，加之沿海滩涂广阔，岛屿众多，是众多海洋生物栖息、生长、繁殖的良好场所。苍南县的渔业资源丰富，近海渔场有海水鱼类 372 种，主要品种有带鱼、龙头鱼、梅童鱼、银鱼、刺鲳、鲳参鱼、蓝点马鲛鱼、朝鲜马鲛鱼、蓝园参、鲑鱼、石斑鱼、鲈鱼、黄姑鱼、白姑鱼、七星鱼、黄鲫、鲚鱼、鲻鱼、鳍马面鱼。贝类有 425 种，其中潮间带贝类 196 种，潮下带及浅海贝类 229 种，经济种类 169 种，以缢蛏、棒锥螺等为主。藻类有 168 种，以紫菜、萱藻、孔石莼、浒苔、石花菜为主。

虾类 79 种，主要种类有中国毛虾、高脊管鞭虾、中华管鞭虾、哈氏仿对虾、长缝拟对虾、脊尾白虾、安氏白虾、日本对虾、周氏新对虾、须赤虾、细螯虾、大螯蛄虾等。蟹类 128 种，其中经济种类 39 种，主要种类有锯缘青蟹、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、日本蟳、锈斑蟳、锐齿蟳、武士蟳和中华绒螯蟹等。

苍南县近海滩涂面积 97.24km²，可利用滩涂 15 万亩，-10m 等深线浅海水域有 80.8 万亩，主要分布在龙港、金乡、炎亭、大渔、赤溪、霞关和马站等乡镇，其中适宜养殖面积达 15 万多亩。目前主要养殖 20 多个品种，其中鱼类有大黄鱼、美国红鱼、石斑鱼、鲈鱼、黄姑鱼等；藻类有紫菜、海带、江蓠、羊栖菜等；贝类有贻贝、牡蛎和鲍鱼等；其他主要有刺参。苍南县滩涂资源主要分布在龙港、大渔、赤溪、沿浦和霞关等乡镇。滩涂片状形分布明显，主要由大渔湾滩涂、沿浦湾滩涂、江南滩涂和渔寮等沙滩以及岛屿周边的零星滩涂等组成。

厂址半径 15km 范围内涉及苍南县的霞关、马站、沿浦、赤溪和岱岭镇，其中岱岭镇为内陆乡镇，没有海水养殖。马站镇拥有对虾、三疣梭子蟹、鲳鱼、鳓鱼、马鲛鱼等生态海产品，且是知名“紫菜之乡”。

厂址半径 15km 范围内涉及苍南县霞关、马站、沿浦、赤溪和岱岭镇，其中岱岭镇为内陆乡镇，没有海水养殖。根据《中广核浙江三澳核电厂一期工程海域使用论证报告书》（2019.8），厂址半径 15km 范围内的海水养殖主要分布在近岸海域，按地理区位可划分为大渔湾海域、渔寮湾海域、北关湾海域、沿浦湾海域和沙埕港海域 5 个区域，其中北关湾海域的养殖区域位于核电厂址半径 5km 范围内，渔寮湾海域和沿浦湾海域中的养殖区域位于核电厂址半径 10km 范围内。厂址周边 5km 海域有证养殖面积 300.738ha，无证养殖面积 270.6836ha。本工程附近的马站镇养殖品种以贝类为主，霞关镇以藻类为主。贝类主要有贻贝、牡蛎等；藻类主要有紫菜、海带、羊栖菜等。养殖方式均为筏式养殖。

根据《苍南县养殖水域滩涂规划（2017-2030）》，核电厂厂址附近养殖水域滩涂划分为禁止养殖区、限制养殖区和养殖区 3 类。其中，核电厂附近水域为禁止养殖区，厂址北侧最近的养殖区距核电厂约 5km。

2.3.3.2 海域生态概况

受建设单位委托，国家海洋局第三海洋研究所于 2016 年在厂址附近海域开展了四

个季度的海洋生态调查，调查时间为：2016 年 1 月 27 日-2 月 3 日（冬季）、2016 年 4 月 23 日-28 日（春季）、2016 年 8 月 2 日-4 日（夏季）、2016 年 11 月 15 日-17 日（秋季）；游泳动物调查时间：2016 年 2 月 16 日-20 日（冬季）、2016 年 5 月 9 日-13 日（春季）、2016 年 8 月 23 日-27 日（夏季）、2016 年 11 月 3 日-7 日（秋季）。

调查时对于潮间带底栖生物，调查断面均位于厂址半径 15km 范围之内；对于海洋生态调查，在所有调查的 31 个调查站位中，冬春季仅有 7 个站位分布于厂址半径 15km 范围之外，夏秋季有 9 个站位分布于厂址半径 15km 范围之外；对于游泳生物，在所有 29 个调查站位中，仅有 6 个站位分布于厂址半径 15km 范围之外。可见，大部分调查站位分布于厂址半径 15km 范围内。以下给出本次海洋生态调查的结果。

2.3.3.2.1 浮游植物

（1）种类及优势种。2016 年四季网采调查共记录浮游植物 4 个门类 149 种，其中硅藻 110 种，甲藻 34 种，金藻 2 种，蓝藻 3 种。硅藻门是浮游植物的主体，占总种数的 73.3%。甲藻门次之，占总种数的 22.82%。调查海区浮游植物优势种除春季为夜光藻外，其余季节的第一优势种均为广温广盐种中肋骨条藻，且在浮游植物细胞总量中占绝对优势。

（2）细胞总密度分布。调查海区浮游植物细胞丰度 4 个季度月平均 $376.52 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，季节变化幅度巨大，相差高达 2755 倍多。冬季海区水温低，浮游植物丰度为年低谷，而春季因夜光藻和浮游动物的过度繁殖，也导致浮游植物丰度异常偏低，夏季为浮游植物丰度的年高峰。

冬季浮游植物细胞密度平均为 $52.24 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ ，变化范围在 $3.78 \times 10^2 \sim 337.34 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 之间，最高密集中心位于近岸 S27 测站，这是由于中肋骨条藻大量繁殖所致。近岸 S02 和 S07 测站的密度也稍高，分别达 $175.00 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 和 $121.03 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ ，其余测站的密度均在 $100.0 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 以下，中部海区的密度最低，S11、S14、S16 和 S17 测站的数量均在 $10.00 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 以下。

春季浮游植物细胞密度平均为 $510.64 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ ，变化范围在 $54.54 \times 10^2 \sim 2546.11 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 之间。细胞密度在 $1000.0 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 以上的测站有 S16、S17、S42 和 S46，最高密集中心位于南部外海的 S42 测站，这是由于夜光藻大量繁殖所致。细胞密度在 $100.0 \times 10^2 \text{ cells/m}^3$ 以下的测站有 S01、S06 和 S14，近岸 S01 测站的

密度最低。其余多数测站的密度均在 $100.0 \times 10^2 \text{cells/m}^3$ 和 $500.0 \times 10^2 \text{cells/m}^3$ 之间。

夏季浮游植物细胞密度平均为 $1432.87 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，变化范围在 $58.82 \times 10^4 \sim 5116.67 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。多数测站浮游植物密度在 $1000 \times 10^4 \sim 5000 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，占总站数的 51.7%，中部海域的密度较高，最高密集中心位于 S33 测站。其余多数测站的密度在 $100 \times 10^4 \sim 5000 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，占总站数的 41.37%。小于 $100 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 仅有两个测站，S21 和 S31 测站的密度分别为 $58.82 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 和 $66.60 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。

秋季浮游植物细胞密度平均为 $67.58 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，变化范围在 $4.0 \times 10^4 \sim 437.0 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间。港湾内的密度较高，最高密集中心出现于湾顶的 S26 和 S27 测站，分别高达 $437.0 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 和 $231 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。近岸测站的 S07、S11、S24、S25、和 S38 测站的密度在 $100.0 \times 10^4 \sim 200.0 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，其余多数测站的密度在 $100.0 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 以下。

(3) 主要优势种。调查海区浮游植物优势种除春季为夜光藻外，其余季节的第一优势种均为广温广盐种中肋骨条藻，且在浮游植物细胞总量中占绝对优势。冬季以中肋骨条藻和底栖性的具槽帕拉藻为主，圆筛藻属的种类也较为常见。春季以常见的夜光藻为主，暖水种明显增加。夏季浮游植物的优势种比较多样化，主要为中肋骨条藻和旋链角毛藻。秋季浮游植物第一优势种为骨条藻，其次为并基角毛藻。

(4) 浮游植物群落生态特征现状。浮游植物种类多样性是群落的重要特征之一，也是评价水质时最常用的检测指标。冬季海区水温低，浮游植物的种类稀少。春季为浮游植物的繁殖旺季，个别测站夜光藻丰度较高，然而，由于浮游动物过度摄食，导致浮游植物的种类丰富度异常偏低。夏秋两季浮游植物的种类丰富度较高，但优势种突出，尤其是夏季浮游植物丰度达到年高峰。

夜光藻是一种冷水性种类，适合生长水温是 $19-22^\circ\text{C}$ ，生存水温上限可达 28.6°C 。根据相关研究（黄长江等，1997），高密度夜光藻种群主要出现在 $20-22^\circ\text{C}$ 之间。水温低于 22°C 时，夜光藻种群个体数量呈现出随水温上升而增加的趋势；水温高于 25°C 时，夜光藻个体数量则随水温升高而迅速降低，水温超过 26.5°C 时夜光藻将零星出现。

中肋骨条藻是一种广温、广盐的近岸性硅藻，在水温为 $0-37^\circ\text{C}$ 、盐度为 $13-36\text{‰}$ 范围内均可生长，其最适增殖温、盐范围为 $24-28^\circ\text{C}$ 和 $20-30\text{‰}$ （霍文毅等，2001；黄秀清等，2000）。高频率、高密度的中肋骨条藻出现温度范围为 $25-26^\circ\text{C}$ （孙大伟等，2010）。

刘雪芹和韦路的研究（2005）表明，不同季节水温对中肋骨条藻赤潮生成的影响机制不同。春季表层水温升高，有利于中肋骨条藻的迅速繁殖，春季水温的影响较大，而秋季水温的贡献与其它因子相比可忽略不计。

赤潮的形成与发生与温度、盐度、营养盐等若干水文气象因素有关。核电厂施工期间拟开展的附近海域动态监测中将包括对浮游生物（包含赤潮种）的监测。建设单位也将与地方政府有关部门保持密切联系和沟通，共同关注核电厂附近海域的赤潮物种变化情况。

（5）进水口和排水口的浮游植物

春、夏两季连续点网采浮游植物丰度的昼夜变化情况基本一致，昼夜变化的幅度较小，呈现双周期且白天高于夜晚趋势。

春季进水口网采浮游植物细胞总量周日平均 $489.32 \times 10^2 \text{cells/m}^3$ ，变化范围在 $125.00 \times 10^2 \sim 1000.00 \times 10^2 \text{cells/m}^3$ 之间，昼夜变化的幅度较小，相差仅 8 倍。排水口网采浮游植物细胞总量周日平均 $128.48 \times 10^2 \text{cells/m}^3$ ，变化范围 $5.0 \times 10^2 \sim 417.85 \times 10^2 \text{cells/m}^3$ ，昼夜起伏主要受琼氏圆筛藻所支配，且呈现白天高于夜晚，变化幅度高达 83 倍多，这可能与白天光线充足，浮游植物的光合作用较旺盛有关。

夏季取水口网采浮游植物丰度为 $3659.78 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，变化范围在 $2116.12 \times 10^4 \sim 6188.26 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，昼夜变化的幅度较小，相差不到 3 倍；排水口网采浮游植物丰度为 $3231.67 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，变化范围在 $1980.24 \times 10^4 \sim 5360.82 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 之间，昼夜变化的幅度小，相差 2.71 倍。夏季连续点网采浮游植物丰度受潮汐和光线的叠加影响，且受中肋骨条藻和旋链角毛藻所支配。

2.3.3.2.2 浮游动物

（1）种类组成和数量变化。四个航次调查共记录浮游动物 167 种及 21 类阶段性浮游幼虫，种类数以桡足类和水母类居多。个体密度以桡足类占优势。单一种类则以中华哲水蚤、小拟哲水蚤、拟细浅室水母和肥胖箭虫水母个体密度较高。

（2）生物量（湿重）。四次调查浮游动物生物量均值为 (832.22mg/m^3) ，春季最高为 1525.57mg/m^3 ，夏季次之为 1164.65mg/m^3 ，秋季最低仅为 537.1mg/m^3 。在平面分布上，在测区中部最高，呈现向西南部和外海区逐渐递减的分布趋势。

（3）总个体密度。浮游动物四个季度总个体密度均值为 836.49ind./m^3 ，季度变化

为春季>夏季>冬季>秋季。其中春季总个体密度均值为 2524.77ind./m³，夏季个体密度明显下降为 430.81ind./m³。秋季总个体密度均值全年最低，仅为 48.66ind./m³，明显低于冬季（341.7ind./m³）。在平面分布上，呈现近岸高于外海的分布格局。

(4) 多样性指数。调查期间四个航次浮游动物物种多样性指数(H')和均匀度(J')的平均值为 2.83 和 0.65，其中以夏季多样性指数均值(H')最高，为 3.93，秋季次之 H' 值为 3.21，春季最低， H' 值为 1.29。均匀度(J')均值春季同样最低仅为 0.30，而冬季、夏季和秋季三季相近，分别为 0.75、0.77 和 0.79。在分布上，物种多样性指数和均匀度均具明显的区间波动和季节差异。

(5) 主要种的优势度。在已记录到种的浮游动物中，其中中华哲水蚤和小拟哲水蚤是冬春两季共有优势种，而拟细浅室水母和肥胖箭虫是夏秋两个季度共有优势种。浮游动物优势种有较明显的季节更替现象。

(6) 取水口和排水口的浮游动物

冬季取水口总生物量（94.0~1137.50ind./m³）和总个体密度（0.67~32.86ind./m³）的昼夜变化趋势基本相似。排水口总生物量（61.43~144.21mg/m³）和总个体密度（9.57~400.0ind./m³）的昼夜变化趋势基本相似。

春季取水口总生物量（516.25~5513.75mg/m³）和总个体密度（3175.00~11655.00ind./m³）昼夜变化趋势基本相似。排水口总生物量（182.22~932.00mg/m³）和总个体密度（8.33~5834.00ind./m³）昼夜变化趋势基本相似。

夏季取水口总生物量（265~938mg/m³）和总个体密度（62.50~465.00ind./m³）的昼夜变化趋势基本相似。排水口总生物量（353.00~3033.00mg/m³）和总个体密度（5.00~1777.69ind./m³）的昼夜变化趋势基本相似。

秋季取水口的总生物量（73~925mg/m³）和总个体密度（35.83~285.00ind./m³）的昼夜变化趋势基本相似。排水口总生物量（9.00~264.00mg/m³）和总个体密度（45.00~399.17 ind./m³）的昼夜变化趋势差异明显。

2.3.3.2.3 潮下带大型底栖生物

(1) 种类。四季调查初步鉴定共有大型底栖生物 10 门 107 科 192 种。其中种数最多的类群为环节动物，为 68 种，占总种数的 35.42%，软体动物与节肢动物数量相近，分别占总种数的 28.13% 和 23.96%，三者是构成该海域大型底栖生物的主要优势

类群，占总种数 87.51%。

(2) 栖息密度组成与分布。4 个季度大型底栖生物的平均总密度为 300ind./m^2 ，主要密度贡献类群为环节动物，四季平均栖息密度为 155ind./m^2 ，其次是软体动物，四季平均栖息密度为 89ind./m^2 ，节肢动物四季平均栖息密度为 42ind./m^2 。其余类群的平均密度不高。季节栖息密度变化为春季 (403ind./m^2) > 夏季 (300ind./m^2) > 冬季 (286ind./m^2) > 秋季 (210ind./m^2)。

(3) 生物量组成与分布。2016 年四季平均总生物量为 16.92g/m^2 ，主要生物量贡献类群为软体动物，其平均生物量为 6.16g/m^2 。其次是棘皮动物，其平均生物量为 5.01g/m^2 。其余类群的平均生物量不高。生物量季节变化为夏季 (21.91g/m^2) > 秋季 (19.91g/m^2) > 春季 (15.55g/m^2) > 冬季 (10.30g/m^2)。

(4) 主要优势种。综合四季数据，四季共有优势种为双鳃内卷齿蚕、不倒翁虫、中蚓虫、奇异稚齿虫、寡节甘吻沙蚕等。四季优势种都以环节动物为主，优势种变化差异较小，冬春季优势种有出现软体动物 *Ceratia* sp.、红带织纹螺和薄云母蛤，其主要是由于春季为软体动物的繁殖季节。

(5) 生物多样性分析。调查区域大型底栖生物的 Shannon-wiener 物种多样性指数 H' 的平均值为 2.33；Pielou 物种均匀度指数 J 的平均值为 0.81；Margalef 种类丰度指数 d 的平均值为 3.04；Simpson 优势度指数 D 的平均值为 0.16。物种丰度指数为夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季，其余各指数季节差异不大。

2.3.3.2.4 潮间带生物

(1) 物种数：6 条断面（其中 1、6 断面为岩相，7 断面为泥滩、3、4、5 断面为沙滩）四个季度所鉴定的物种共为 225 种，其中冬季 85 种，春季 112 种，夏季 133 种，秋季 100 种，夏季物种数最高，冬季最少。

(2) 栖息密度：岩相冬、春、夏、秋四个季节的平均栖息密度分别为 8923ind./m^2 、 2821ind./m^2 、 1079.5ind./m^2 和 2306ind./m^2 ，冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季。沙滩冬、春、夏、秋四季的平均栖息密度分别为 55ind./m^2 、 215ind./m^2 、 85ind./m^2 和 39ind./m^2 ，春季 > 夏季 > 冬季 > 秋季。夏季和秋季增加泥滩断面，夏季 (104ind./m^2) < 秋季 (122ind./m^2)。

(3) 生物量：岩相断面冬、春、夏、秋四季的平均生物量分别为 608.46g/m^2 、 791.8g/m^2 、 600.68g/m^2 和 447.98g/m^2 ，春季 > 冬季 > 夏季 > 秋季。沙滩断面冬、春、夏、秋四季的平

均生物量分别为 0.603g/m^2 、 7.25g/m^2 、 29.86g/m^2 和 1.64g/m^2 ，夏季>春季>秋季>冬季。夏季和秋季增加泥滩断面，平均生物量夏季（ 20.16g/m^2 ）>秋季（ 9.57g/m^2 ）。

（4）优势种和主要种：

- 冬季：短滨螺、粗糙滨螺、粒结节滨螺、东方小藤壶等。
- 春季：粒结节滨螺、东方小藤壶、鳞笠藤壶、克氏旋鳃虫等。
- 夏季：粗糙滨螺、粒结节滨螺、塔结节滨螺、克氏旋鳃虫等。
- 秋季：齿纹蜒螺、粗糙滨螺、克氏旋鳃虫、鳞笠藤壶、青蚶等。

（5）多样性指数：通过 4 季多样性指数比较，发现岩相断面生物多样性要高于沙滩断面，物种较为丰富，而且由于粗糙滨螺、覆瓦小泥螺、东方小藤壶等优势种的栖息密度较高，所以岩相断面的优势度指数要高于泥沙滩断面。

2.3.3.2.5 叶绿素 a 及初级生产力

春季调查海域表层叶绿素 a 含量平均值为 10.17mg/m^3 ，变化范围 $2.27\sim 39.33\text{mg/m}^3$ ；底层叶绿素 a 含量平均值为 4.39mg/m^3 ，变化范围 $0.61\sim 12.28\text{mg/m}^3$ 。春季调查海域初级生产力平均值为 $62.90\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ ，变化范围 $5.68\sim 387.96\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ 。总体来看，大部分调查站位的初级生产力集中在 $5.00\sim 50.00\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ 之间，其平面分布与表层叶绿素 a 含量平面分布相似，而与底层叶绿素 a 平面分布则存在一定差异。

夏季调查海域表层叶绿素 a 含量平均值为 3.50mg/m^3 ，变化范围 $0.21\sim 5.83\text{mg/m}^3$ ；底层叶绿素 a 含量平均值为 3.57mg/m^3 ，变化范围 $1.05\sim 5.38\text{mg/m}^3$ 。夏季调查海域初级生产力平均值为 $39.04\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ ，变化范围 $5.33\sim 117.67\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ 。总体来看，大部分调查站位的初级生产力集中在 $10.00\sim 50.00\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ 之间，其平面分布与表、底层叶绿素 a 含量平面分布均较相似。

秋季调查海域表层叶绿素 a 含量平均值为 1.13mg/m^3 ，变化范围 $0.64\sim 1.98\text{mg/m}^3$ ；底层叶绿素 a 含量平均值为 1.05mg/m^3 ，变化范围 $0.71\sim 1.75\text{mg/m}^3$ 。秋季调查海域初级生产力平均值为 $2.13\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ ，变化范围 $0.16\sim 12.48\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ 。总体来看，大部分调查站位的初级生产力集中在 $0.10\sim 5.00\text{mgC}/(\text{m}^2\text{ h})$ 之间，其平面分布与表、底层叶绿素 a 含量的平面分布均较为相似。

冬季调查海域表层叶绿素 a 含量平均值为 1.17mg/m^3 ，变化范围 $0.57\sim 3.05\text{mg/m}^3$ ；底层叶绿素 a 含量平均值为 0.83mg/m^3 ，变化范围 $0.45\sim 1.58\text{mg/m}^3$ 。冬季调查海域初级

生产力平均值为 $1.42\text{mgC}/(\text{m}^2 \text{h})$ ，变化范围 $0.17\sim 3.75\text{mgC}/(\text{m}^2 \text{h})$ 。总体来看，调查海域初级生产力变化幅度较小，其分布与表层的叶绿素 a 分布较为相似，而与底层叶绿素 a 分布则存在一定差异。

从季节变化来看，表层和底层叶绿素a平均含量以及水柱初级生产力大小均表现为：春季>夏季>秋季>冬季。

2.3.3.2.6 游泳动物

(1) 种类。2016 年四个季度拖网调查共鉴定游泳动物 107 种，其中鱼类 64 种，占拖网总种数的 59.81%，虾类 18 种，占 16.82%，蟹类 13 种，占 12.15%，虾蛄类 6 种，占 5.61%，头足类 6 种，占 5.61%。

(2) 资源密度（重量、尾数）。四个季度调查海域渔业资源重量密度均值为 $1052.84\text{kg}/\text{km}^2$ ，尾数资源密度平均为 $193093 \text{ind.}/\text{km}^2$ 。其中：

- 2 月调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 $127.52\text{kg}/\text{km}^2$ ($51.75\sim 318.65\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $15161\text{ind.}/\text{km}^2$ ($3900\sim 29158\text{ind.}/\text{km}^2$)，各站位间渔获物总重量密度与总尾数密度分布差异较大。
- 5 月调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 $638.64\text{kg}/\text{km}^2$ ($20.51\sim 2127.43\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $174847\text{ind.}/\text{km}^2$ ($10679\sim 781138\text{ind.}/\text{km}^2$)，各站位间渔获物总重量密度与总尾数密度分布差异更为显著。
- 8 月，调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 $1502.73\text{kg}/\text{km}^2$ ($574.64\sim 2598.55\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $410354 \text{ind.}/\text{km}^2$ ($12799\sim 900340\text{ind.}/\text{km}^2$)，各站位间渔获物总重量密度与总尾数密度分布在差异较大。
- 11 月调查海域渔业资源重量和尾数密度分别为 $1942.46\text{kg}/\text{km}^2$ ($1119.47\sim 3086.69\text{kg}/\text{km}^2$) 和 $172012\text{ind.}/\text{km}^2$ ($93660\sim 255783\text{ind.}/\text{km}^2$)。各站位间渔获物总重量密度与总尾数密度分布差异较大。

(3) 渔获物优势种

2 月调查渔获物中主要优势种为孔虾虎鱼、红狼牙虾虎鱼、矛尾虾虎鱼、棘头梅童鱼、脊尾白虾和三疣梭子蟹；

5 月调查渔获物中优势种为银鲳、绿鳍鱼、细巧仿对虾和三疣梭子蟹。

8 月调查渔获物中优势种为龙头鱼、矛尾虾虎鱼、大黄鱼、叫姑鱼、和宽体舌鳎。

11 月调查渔获物中优势种为龙头鱼、棘头梅童鱼、六丝矛尾鰕虎鱼、矛尾鰕虎鱼、和条纹叫姑鱼。

（4）渔获物幼体比例

2 月调查海域渔获物总体幼体比例为 37.46%，其中鱼类、虾类、虾蛄类、蟹类和头足类的平均幼体比例分别为 22.23%、15.14%、39.74%、97.17%、100%。鱼类平均体重 11.40（0.5-1965.4）g，虾类 3.77（0.1-17.31）g，虾蛄类 8.01（1.5-25.7）g，蟹类 6.09（1.1-194）g。

5 月调查海域渔获物总体幼体比例为 79.48%，其中鱼类、虾类、虾蛄类、蟹类和头足类的平均幼体比例分别为 94.78%、4.54%、35.29%、67.96%、94.79%。鱼类平均体重 2.70（0.2-382.3）g，虾类 2.14（0.1-12.5）g，虾蛄类 8.90（1.7-20.9）g，蟹类 16.50（0.9-132.0）g。

8 月调查调查海域渔获物总体幼体比例为 57.15%，其中鱼类、虾类、虾蛄类、蟹类和头足类的平均幼体比例分别为 72.95%、47.24%、78.76%、55.87%、85.92%。鱼类平均体重 4.33（0.1-163.8）g，虾类 1.90（0.1-28）g，虾蛄类 6.16（0.2-29.8）g，蟹类 20.05（0.2-188.5）g，头足类 12.42（0.9-50.7）g。

11 月调查调查海域渔获物总体幼体比例为 54.36%，其中鱼类、虾类、虾蛄类、蟹类和头足类的平均幼体比例分别为 61.37%、25.42%、73.42%、31.02%、16.67%。鱼类平均体重 5.98（0.7-434.7）g，虾类 4.03（0.1-16.6）g，虾蛄类 8.81（1.2-33.2）g，蟹类 26.76（1.2-141.8）g，头足类 48.82（16.3-92.8）g。

本次调查中春季渔获物幼体比例较高，主要是在 5 月份渔获大量的银鲳、绿鳍鱼的幼体。其中银鲳幼鱼和绿鳍鱼幼鱼的体长分布分别为 20-72mm 和 28-71mm，各站银鲳和绿鳍鱼的幼体比例均为 100%，造成 2016 年春季其他鱼类幼体比例极低。这两种鱼类幼体分布广泛，没有明显的分布规律。银鲳和绿鳍鱼资源大量分布于核电厂以南海域，拟建取排水口附近海域的资源密度相对较少。针对东海区银鲳幼鱼和绿鳍鱼幼鱼栖息水层的直接文献报道极少。银鲳仔稚鱼（体长 $\leq 101.2\text{mm}$ ）主要食物为硅藻类、桡足类和长尾类，参考小眼绿鳍鱼相关研究，体长小于 100mm 的小眼绿鳍鱼主要以漂浮虾类为食，即两种鱼类的幼体与饵料食物一样，均主要分布于水体中上层。本工程拟采用深层取水方式，水平向进流，格栅尺寸大于两种幼鱼体长。考虑到取水工程附近海域的绿鳍鱼和银鲳幼鱼资源相对较少（仅在 2016 年 5 月调查中出现），且主要分

布于中上层，因此基于现有资料可认为这些鱼类幼体不会造成取水堵塞的现象。针对电厂周边海域存在的幼鱼分布年际变化，建设单位将在电厂运行后充分关注其对冷源安全的影响，采取适当措施保证取水安全，如在取水岸头外侧、泵房前池内设置拦污网，对银鲳和绿鳍鱼等致灾海生物进行拦截。环境参数如水温、光照、洋流（速度）和饵料均会很大程度的影响鱼类的摄食行为。洋流的进退和消长是影响鱼类索饵洄游的重要环境因素。因而幼鱼的索饵行为和路径并非经年不变，而是随着环境的变化而有所调整的。同时饵料生物的组成和数量也很大程度的影响鱼类的分布。浙江沿岸处于台湾暖流以及浙江沿岸流的综合作用区域，基础饵料丰富。2016 年春季调查海区水温适宜，且底栖生物、桡足类等浮游动物栖息密度较高，因而吸引了大量的银鲳和绿鳍鱼幼鱼在此海域进行索饵，这应当是两种鱼类幼体分布发生年际变化的原因。

2.3.3.2.7 鱼卵和仔稚鱼

(1) 种类：根据四个季度月调查所获的鱼卵和仔稚鱼的样品分析结果显示，调查海区共出现鱼卵和仔稚鱼 29 科 40 属 56 种（含未定种），优势种是小公鱼和鰕虎鱼仔稚鱼。种数上，以夏季（8 月）种类最多为 29 种（含未定种），春季（4 月）为 22 种（含未定种）居次，秋季（11 月）降为 20 种（含未定种），冬季（1 月）种类最少仅出现 2 种。种类上，以鰕科种类最多达 9 种（含未定种），其次为鰕虎鱼科种类(6 种)，其它各科仅记录 1~3 种。

(2) 鱼卵数量和分布：调查期间，鱼卵数量低，平均四个季度月仅为 $2.0\text{ind./}100\text{m}^3$ ，其中夏季（8 月）数量均值为 $6.9\text{ind./}100\text{m}^3$ ($0\sim 36.4\text{ind./}100\text{m}^3$)，秋季（11 月）平均为 $1.1\text{ind./}100\text{m}^3$ ($0\sim 8.9\text{ind./}100\text{m}^3$)，冬季（1 月）和春季（4 月）鱼卵均未检测到。数量上，以舌鳎和鲈鱼数量较高。不同季节优势种的百分比组成有差异，调查海区鱼卵的主要种类有季节更替。

(3) 仔稚鱼数量和分布：仔稚鱼略高于鱼卵，四季平均数量为 $11.1\text{ind./}100\text{m}^3$ ，其中最高值 ($30.1\text{ind./}100\text{m}^3$) 出现在夏季，春季为 $9.6\text{ind./}100\text{m}^3$ 居次，秋季和冬季较低，平均分别为 $2.5\text{ind./}100\text{m}^3$ 和 $2.2\text{ind./}100\text{m}^3$ 。种类上，以小公鱼属所占比例最高、其次是鰕虎鱼。各主要种类组成有明显的季节更替。

2.3.3.2.8 污损生物

2016 年 3 月-2017 年 2 月，国家海洋局第三海洋研究所在核电厂取水口附近海域设置挂板进行了污损生物周年挂板试验调查，共记录污损生物 9 门 59 种，种类组成以近岸暖水种为主，其中网纹藤壶在该海域污损生物群落中处于绝对优势地位，其年平均附着密度和湿重、出现频率、IRI 值分别达 9363ind./m²、3180.5g/m²、0.73、8842；其次是长鳃麦杆虫，其年平均附着密度和 IRI 值分别为 4827ind./m²和 1481；其它优势种还有刺胞动物门的中胚花筒螭、藪枝螭和太平洋侧花海葵，扁形动物门的外伪角涡虫，软体动物门的福建牡蛎，甲壳类的廉形叶钩虾、强壮板钩虾，吻突海钩虾和光辉圆扇蟹等。

月板的平均附着湿重为 1643.0g/m²，6-8 月为该海域污损生物的附着盛期，附着密度最大值和附着湿重最大值均出现在 7 月份，分别为 122494ind./m²，10315.2g/m²，6-10 月污损生物的覆盖面积接近或等于 100%，而 12-3 月为附着淡季，3 月份的表层月板未发现有污损生物附着；季板上污损生物的附着强度次序为夏季>秋季>春季>冬季，夏季表层板的附着湿重达到最大，为 25930.3g/m²；半年板的附着强度次序为上半年（平均附着湿重为 22564.3g/m²）远大于下半年（平均附着湿重为 5414.9g/m²）；周年板的平均附着密度和湿重分别为 18469 ind./m²和 6581.9 g/m²。

2.3.3.2.8 赤潮

浙江省 2015 年全省共发生赤潮 12 次，赤潮集中爆发在 5 月、6 月和 7 月，占全年 75%；引发赤潮的优势种主要为东海原甲藻、中肋骨条藻、米氏凯伦藻、多纹膝沟藻和夜光藻，前两者是引发次数最多的赤潮生物。2016 年全省共发生赤潮 27 次，赤潮集中爆发在 5 月~8 月，占全年 88.9%；引发赤潮的优势种共 10 种，分别为东海原甲藻、血红哈卡藻、多纹膝沟藻、中肋骨条藻、赤潮异弯藻、扁面角毛藻、红色中缢虫、米氏凯伦藻、尖刺拟菱形藻和菱形藻属，东海原甲藻是引发次数最多的赤潮生物。2017 年全省共发生赤潮 33 次，赤潮发生时间在 2 月和 3 月、5 月~7 月，集中爆发在 6 月，爆发次数偏多而累积面积偏少，有毒有害赤潮增加；引发赤潮的优势种共 12 种，分别为米氏凯伦藻、东海原甲藻、具刺膝沟藻、中肋骨条藻、红色中缢虫、短凯伦藻、菱形藻属、丹麦细柱藻、环胺藻属、多纹膝沟藻、扭链角毛藻和并基海链藻，米氏凯伦藻是引发次数最多的赤潮生物。

厂址所在的温州海域 2015 年期间共发生赤潮 5 次，赤潮累积面积 470.50km²，其

中苍南沿岸海域发生时间为 5 月 22 日~6 月 3 日，最大面积为 70km²，赤潮优势种为东海原甲藻和米氏凯伦藻、东海原甲藻；2016 年共发生赤潮 10 次，赤潮累积面积 308km²，其中苍南沿岸海域发生时间为 4 月 20 日~4 月 24 日，最大面积为 15km²，赤潮优势种为赤潮异弯藻；2017 年共发生赤潮 8 次，赤潮累积面积 136.30km²，其中苍南沿岸海域发生时间为 5 月 17 日~5 月 25 日，最大面积为 15km²，赤潮优势种为米氏凯伦藻。

2.3.3.3“三场一通道”及海洋保护动物概况

厂址附近可能的保护性水生生物有黄唇鱼、银杏齿喙鲸、小抹香鲸。其中2008年11月在温州苍南海域发现国家二级水生野生保护动物银杏齿喙鲸。近年来对工程海域的渔业资源和水生态调查期间没有发现黄唇鱼和其他珍稀或濒危海洋生物物种，也未出现国家级和省级保护性鱼类。

结合近年来厂址附近海域生物调查情况，厂址附近海域最近的“三场一通道”为在闽东官井洋附近岛屿、内湾和河口的海域的产卵场和浙江近海蓝点马鲛产卵场，距核电厂厂址最近距离约为30km。根据浙江省海洋生态红线，厂址附近海域主要的产卵场有苍南三疣梭子蟹产卵场（33-Xe23）和官山产卵场（33-Xe24）、主要保护目标分别为三疣梭子蟹亲体、鲳鱼亲体及鱼卵仔稚鱼，上述区域分别位于厂址ENE方位25km、NNE方位18km处。苍南文蛤省级水产种质资源保护区位于厂址N方位约10km处的风湾水域。综上所述，本厂址与“三场一通道”相距较远。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

（1）工业现状

厂址半径 15km 范围内苍南辖区内居民以养殖、捕捞和农业为主，工业相对不发达，仅有 1 家规模以上工业企业，为苍南县昌盛蔬果食品有限公司。

- 厂址所在的霞关镇工业企业主要为养殖、捕捞配套的虾皮、紫菜食品加工厂、制冰厂和渔船修造厂，没有规模以上工业企业；
- 沿浦镇仅有的 1 家规模以上工业企业，为农产品加工企业；其他工业企业主

要以家具制造、船舶修理、建材、服装以及紫菜、海产品等加工为主。

- 马站镇以特色农业种植生产为主，少量工业企业以造纸、包装、农产品加工、制鞋、建材、船舶制造、机械加工等行业为主；
- 赤溪镇工业企业中绝大部分为紫菜烘干厂，也有部分企业涉及纸品、涂料、白酒和水产品加工以及船舶修理等，这些企业基本分布于镇区范围；
- 岱岭畲族乡和凤阳畲族乡的经济均比较落后，全乡仅有 1~2 家加工茶叶的工业企业；
- 沙埕镇主导工业主要为养殖和捕捞的配套加工、茶叶加工、海产品加工、渔货贸易转运和渔船修造等，有 2 家规模以上工业企业，均为船舶制造行业。

（2）工业规划

厂址附近各乡镇侧重于发展农业、旅游业、商贸物流、房地产等行业。根据《苍南县县域总体规划（2006-2020）》（2014年修改），围绕建设“大温州”战略新区和先进制造业基地的南端制造中心的战略定位，苍南县工业主要集中布局在“三区一带”，即苍南工业园区、苍南临港产业基地、龙港城西工业功能区和龙金大道特色制造业发展带。厂址半径15km范围未涉及苍南县规划的“三区一带”。

2.3.4.2 交通

（1）公路

厂址所在苍南县有 G15 沈海高速（也称甬台温高速公路）和甬台温高速公路复线苍南段，有国道 G104 京福线，省道 1 条 S232 以及水霞线等县道若干。其中甬台温高速公路复线苍南段目前已经通车。

位于厂址半径 15km 范围内的有甬台温高速公路复线苍南段、S232 省道、在建 G228 国道苍南段等公路。

- 甬台温高速公路复线苍南段最近处位于厂址 NNW 方位，约 10km，在苍南境内共设龙港、钱库、龙沙、马站等互通，沟通区域内其它道路。
- S232 省道位于厂址 W 方位，与厂址的最近直线距离约 4.6km，为沥青混凝土路面，公路技术等级为二级公路。
- 在建 G228 国道苍南段，位于厂址 NW 方位，与厂址的最近直线距离约 7.5km。主线采用一级公路技术标准，路基宽度 33 米/24 米。路线接鳌江五桥，经龙

港新城、钱库镇、金乡镇、赤溪镇和马站镇，进入福建境内。

- 水霞线 (X528)，起于三里，终于霞关，为三级公路，途经灵溪、矾山、马站、南宋、霞关、沿浦和岱岭畲族乡。位于厂址 W 方位，与厂址的最近直线距离约 3.4km。
- 马沙线 (X515)，起于马站镇平坑口，终于沿浦镇虎头鼻，为四级公路。位于厂址 W 方位，与厂址的最近直线距离约 3.2km。
- 龙魁线 (X523)，原称环海公路，起于胡宅口，终于魁里，为三级和四级公路，途经赤溪、大渔、马站、龙港和金乡镇。最近处位于厂址 N 方位约 6km。
- Y527 渔寮支线起于魁里，终于雾城，为二级公路。最近处位于厂址 NNW 方位 8km。
- 三澳核电厂进厂公路起点位于马站镇新厝村的 S232 省道上，向东设新厝隧道穿山至库下村，设库下隧道穿山至温厝，沿山展线约 300m 后，设温厝隧道穿山至小槽，接三澳核电厂厂区道路。

图 2.3-1 给出了苍南县目前主要等级以上公路示意图。

根据《苍南县综合交通运输“十三五”发展规划》（2019 年 5 月），苍南县依托高速公路、国省道、干线公路建设，打造“四高两纵、三横八连”区域综合路网骨架。其中位于厂址半径 15km 范围内的道路有：甬台温高速复线和规划的庆寿泰苍高速、在建的 G228 国道、规划的苍南至庆元公路苍南段（S325）以及 168 黄金海岸线中的渔寮至霞关公路。

- 甬台温高速复线苍南段：目前已经通车。路线从鳌江特大桥进入龙港新美洲村，途经龙港、钱库、金乡、赤溪、大渔、马站、岱岭六镇一乡，终点于浙闽交界处岱岭隧道与福建省相接。采用双向六车道高速公路设计标准建设。
- 规划的庆寿泰苍高速苍南段：为高速公路，路基宽 25.5m，位于 WNW 厂址方位约 12km。
- 在建的 G228 国道：为跨“十三五”项目，是苍南东部沿海南北通道的补充，也是崇家岙港区和霞关港区集疏运体系的重要组成部分。主线采用一级公路技术标准，路基宽度 33m/24m。路线在 2018 年正式开工建设。
- 规划拓宽苍南至庆元公路苍南段（S325）马站至霞关段以及矾山段，其中马站至霞关段拓宽工程路线全长约 11.56km，现状闸桥头至焦坑（10.55km）为

二级公路，焦坑至霞关段（1.01km）为三级公路，改造提升为双向四车道一级公路标准；232 省道（S327）矾山段拓宽工程全长约 19.05km，现状二级公路，改造为双向四车道一级公路标准，最近处位于 WSW 厂址方位约 5km。

- 渔寮至霞关公路，为 168 黄金海岸线中的一部分，为三级公路，全长约 15.74km，路线起于渔寮乡雾城村，接 S327 省道渔寮支线终点，途经渔寮、崇安隧道、后艚、霞关等，在霞关镇东侧接滨海大道。目前尚未开工建设，该项目将结合三澳核电的建设合理安排建设时序。168 黄金海岸线沿海岸线走向，为三级县道，路基宽 8m，里程 154.5km。

厂址附近综合交通发展规划示意图见图 2.3-2。此外，三澳核电厂拟建应急道路自厂区西北侧经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接。同时，核电厂拟新建自厂区北侧向北延伸至小姑与规划中的 G228 国道相连的道路作为进厂和应急道路的辅助道路。

（2）铁路

厂址半径 15km 范围内没有铁路通过，也没有规划新建的铁路。

（4）港口

厂址半径 15km 范围内有渔港和交通货运港口，其中较大渔港有霞关一级渔港、信智渔港、渔寮渔港以及福建宁德市沙埕渔港；交通货运港口有温州港苍南港区霞关作业区和沙埕港。

（a）渔港

- 渔寮渔港：渔寮乡现有小型码头 10 座，泊位 12 座，设计渔港卸货量 2.5 万 t/年，分布在 7 个渔业行政村。其中有 3 座泊位为近年来新建的 300t 级高桩式渔业码头泊位，其他渔业码头为渔民自发建造的突堤式小型码头。渔寮乡港池面积 50 万 m²，在 10 级强热带风暴以下可锚泊渔船 110 艘。
- 霞关一级渔港：位于苍南县霞关镇，厂址 SSE~WSW 方位约 6km，为国家一级渔港，对台渔轮开放口岸。港区沉积环境稳定、面积宽阔、水深条件良好。现有渔用码头 4 座和交通码头 1 座。
- 信智渔港：位于赤溪镇信智社区，为二级渔港，有南北两岸渔业码头各 1 座 1 个泊位，2017 年 12 月开始建设，目前已经建成。
- 沙埕渔港：位于厂址 WSW 方位约 12km 处，为福建省重要渔港之一，国家中

心渔港，在原有多个小型渔码头的基础上，于 2011 年建成 7 个泊位，2017 年建成 1 座高桩梁板式码头平台。

与上次调查相比，渔寮渔港增加了一个 300t 级码头；新增信智二级渔港；沙埕港新建 1 座码头。同时霞关一级渔港二期工程也已竣工。

（b）交通货运港口

因规划调整，原沙埕港区的沙埕作业区现为渔业码头，不再作为沙埕港区的作业区。杨岐作业区原规划在建的 1 个 5 万吨级通用泊位还在建设中，另再规划建设 1 个万吨级通用泊位和 1 个 3 万吨级件杂货泊位。

— 温州港苍南港区霞关作业区

该作业区位于厂址 WSW~S 方位约 3.5~8km 处，具备优越水深条件和特殊的地理位置以及良好的天然避风条件。从霞关作业区港口岸线发展现状来看，目前烟墩山东侧岸线、北关岛、南关岛均未建设港口泊位，南关岛西侧的老鼠尾岛的东端建设有一座 300t 级的油码头。总体上，霞关作业区岸线基本处于自然状态暂未开发。

目前，地方政府正在调整苍南港霞关作业区的规划，苍南县港航管理局委托编制了《温州港苍南港区规划调整》，并于 2017 年 2 月 24 日至 25 日通过了交通运输部和浙江省交通运输厅的联合审查（交办规划函[2017]257 号）。2019 年 11 月，相关单位根据审查意见并在《温州港苍南港区规划调整》工作基础上，编制形成《温州港苍南港区霞关作业区规划方案调整》（2019.11）。调整后，霞关作业区总体定位为结合霞关作业区经济腹地的特点和地理位置优势，发展对台贸易和服务当地物资运输。调整思路为：将核电厂厂址半径 3km 范围内的港口规划岸线全部取消，将 3~5km 的霞关临港加工区（调整后命名为烟墩山东侧岸线）功能调整为通用码头区，并减少靠近核电项目部分港口岸线及陆域纵深，重新布置码头、陆域规划线；减少北关岛预留发展区靠近核电项目部分港口岸线，南侧适应延伸；其余岸线保持不变。受海洋生态红线及国家海洋相关政策影响，港区陆域需围填海部分全部调整为透水式构筑物。调整后，预计霞关作业区及其规划不会成为影响核电厂用地和规划限制区设立的不利因素。

— 宁德港沙埕港区

沙埕港区现状货运码头主要分布八尺门、龙安开发区、近海岸线及嵛山镇等，以沙子、水泥等建材以及煤炭运输为主，没有油品等危险品运输。

根据《福州港总体规划》（2019.12），沙埕港区下辖杨岐作业区、八尺门作业区和

鸡母岩港点，其中杨岐作业区位于厂址半径 15km 范围内。杨岐作业区（位于厂址 W~WSW 方位约 13km）处于沙埕湾的杨岐岸段（船缆头鼻~公鸡礁岸线，长约 7.9km，规划为港口岸线），以散杂货运输为主，主要服务后方杨岐开发区，已建 1000t 级煤炭泊位 1 个，在建 16#通用散货泊位 1 个，已开发利用岸线 1.0km。目前，杨岐作业区正在规划建设 2 个 5 万 t 级通用泊位和 1 个 3 万 t 级件杂货泊位（水工结构按靠泊 5 万 t 级船舶设计建设）。

根据上述规划，杨岐作业区位于沙埕湾下游段西侧船缆头鼻至公鸡礁岸段，为通用码头区，规划泊位 19 个，规划码头长度 4506m，通过能力 1900 万 t，陆域面积 417 万 m²。杨岐作业区北侧岸段规划自龙安开发区泄洪通道至岐岙头布置 7 个 1~5 万 t 级通用泊位，形成码头岸线 1644m，陆域纵深 800m，陆域面积约 229 万 m²。南侧岸段西北侧码头岸线长 1768m，布置 6 个 3~10 万 t 级通用泊位（19#~24#），南侧码头岸线长 969m，布置 3 个 3~5 万 t 级通用泊位（25#~27#）和 2 个 3000 吨级通用泊位（28#、29#），陆域面积 185 万 m²。

（3）航线

厂址半径 15km 范围的外海域主要航道为南北向外航道，有东航路、西航路、大瞿岛一王礁、北麂岛一王礁等。其中西航路、东航路等均在南关岛、北关岛东侧王礁东侧南上北下，大瞿岛一王礁和北麂岛一王礁从北部温州港南下线，霞关岛和沙埕港的船舶可与南北向航路相接，厂址距离南北外航线（ESE 方位）最近距离约 6km。

目前，霞关作业区附近只有少量小型渔船通行往来，无大型船舶通过；航道与锚地均未进行疏浚和维护，现状条件下霞关作业区无大型船舶的进港航道，附近也无明确的待泊锚地。各类渔船均停靠在所属渔民所在村的邻近岙口内，因此，渔船停靠非常分散，沿海岙口内基本都有停靠各类渔船。由于渔船吨级较小，船型尺度较小，对通航环境要求较低，所以，渔船通航不需要深水航道，基本由外海深水区直线航行至所在岙口内。距厂址最近的渔用航道为中南部避风内航道（Z16）和后槽村主航道（Z15）。其中 Z16 航道为主干线航道，距厂址最近，位于厂址 ESE 方位约 1.3km 处。长约 30km，宽 200m，为渔用航道，属大渔湾至沙埕港避风内航道。目前该航道上以小型渔船为主，航道宽 200m。

沙埕港区现有 3 条航道，最近处在厂址 WSW 方位约 8.5km，从沙埕口至八尺门为主航道，受部分航段水域自然宽度限制，目前可供 5000t 级船舶航行。其他 2 条支

航道分别在腰屿村南侧和铁将村附近接主航道，航道分别长约 4km、2km，最小水深 4.0m，可满足 1000t 级船舶通航。

根据《福州港总体规划》（2019.12），沙埕港区主航道从南关岛南侧水域起，经沙埕湾口门至湾内八尺门，全长 31.12km，宽度 300m、设计底标高-8.6~-11.9m。其中，南关岛南侧至流江段航道长 10.12km，宽度 300m，设计底标高-11.9m，满足 5 万吨级散货船单向乘潮通航；流江至八尺门段航道长 21km，宽度 300 m，设计底标高-8.6m，利用自然水深，受部分碍航段影响，满足 5000t 级散杂货船单向全潮通航。腰屿南侧支航道长约 4km，宽度 100m，规划满足 5000t 级船舶通航要求。铁将支航道维持现状，长约 2km，宽度 60m，可满足 1000t 级船舶通航要求。

2019 年 9 月，全长约 31.12km 的沙埕港区进港航道正式开工建设，其中南关岛至流江村附近约 10.12km 建设 5 万 t 级航道，满足满载 5 万 t 级散货船乘潮单向航道，兼顾空载 10 万 t 级散货船不乘潮通航；流江村附近至八尺门大桥东侧约 21km 建设满载 5000t 级杂货船和空载 5 万 t 级散货船不乘潮单向航道。

（4）机场和空中航线

根据中国民用航空华东地区管理局出具的《关于中广核浙江三澳核电厂与附近机场及有关航线关系情况的复函》（民航华东函[2016]126 号）（附件 A.1），离厂址最近的机场为温州龙湾机场，该机场位于厂址 NNE 方位约 85km 处；距离厂址最近的航线是 B221 航线（福州-东山段），该条航线位于厂址 NW 方位，其地面投影距离厂址约 23.3km。

根据已批复的《苍南县 168 黄金海岸线资源保护与旅游开发规划》（2017.12），苍南县以空中旅游线路为载体构建低空航空旅游带。该旅行线路在厂址北侧，距离厂址约 6km。



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

厂址附近交通现状示意图

图 2.3-1 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组 环境影响报告书（建造阶段）		
厂址附近综合交通发展规划示意图		
图 2.3-2	版次	A

- 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 气象

2.4.1 区域气候

三澳核电厂址区域位于浙江省的最南端，濒临东海，处于欧亚大陆与西北太平洋的过渡地带，属典型的亚热带润湿季风气候区，总的气候特点是：四季分明，温暖湿润，气候资源多样、丰富，灾害频繁。

春季的气候特点是天气复杂多变，时常阴雨连绵。春季开始，大陆高压衰退，南方海洋来的暖湿气流副热带高压北进。锋面气旋活动频繁，气温回升，雨量增加。

由于太平洋副热带气压的增强，从东南海洋来的暖湿夏季季风势力也增大，使冬夏季风的交锋面继续北移。5 月至 6 月份，因这两股气流势均力敌，极锋开始稳定，冷暖空气交绥，而长期徘徊不前，故致阴雨连绵。又由于阴雨闷热天气，变化较多，空气湿度高。7 月，处于太平洋副热带高气压控制之中，以晴热天气为主。台风开始影响，或带来大风暴雨；如无台风影响，则降水减少，气温高，蒸发大。但在沿海一带有夏季雷阵雨。

秋季太平洋副热带气压开始向南移动；北方冷空气开始影响，气温虽有下降，但仍较高，是台风活动频繁季节。厂址区域 9 月份降水最多，原因是热带风暴和台风夹暴雨所致，有时甚至带来风潮和洪涝灾害。7 月 15 日至 10 月 15 日三个月，是热带风暴和台风对厂址区域影响最频繁的季节。

冬季总的气候特点是，晴朗、寒冷。进入冬季，该地区处于北方冷气团控制，盛行偏北风，气温明显下降，多晴冷天气，是全年最冷的季节。冬季天气较稳定，晴朗少雨，无大雪大冻。雨量、雨日为全年最少，是一年中干燥时期。

三澳核电厂址位于浙江省温州市苍南县霞关镇东北面约 5km 的丘陵滨海地带，东临东海，东南与北关岛隔水相望。区域气候选用对厂址区域有代表性的气象站统计资料描述。代表性气象站的选取遵循三个基本原则：（1）距厂址较近，气候一致性较强；（2）地形地物与地表特性与厂址相近，有较好的代表性；（3）测站级别高，资料序列长。根据上述原则，从地理位置、局地气候特征、海拔高度及气象站与核电厂址的距离等综合因子考虑得出。

本节采用福鼎气象站 1953~2012 年统计资料和洞头站 1971~2012 年统计资料描述厂址区域气候。

一 福鼎气象站

福鼎气象站为国家基准站，福鼎站前身是中华民国时期的福鼎测候所，始建于 1945 年 5 月，同年 8 月开始记录；1953 年 9 月在现址（距原址东南方 1.3km）建设新站，1954 年 1 月 1 日正式开始工作。位于福鼎市北郊桐山街道福全山 89 号的解放山(城边小山顶)，海拔 36.2 米。风速观测 1954~1970 年为维尔达风压器，1971 年开始使用电接风向风速计（EL 型，0~40m/s，上海气象仪器厂）。福鼎气象站级别高，观测要素齐全且质量好，夜间守班。福鼎站每天进行 02、08、14、20 时定时观测和 05、11、17、23 时补充观测（2007-2008 年升级为福鼎国家气候观象台，观测任务参照基准站，24 小时并行人工和自动观测，编制自动和人工两份报表）。观测项目有云、能见度、天气现象、气压、气温、湿度、风向风速、降水、雪深、日照、蒸发、地温等。福鼎站气象观测资料最完整，且年代长，是各候选气象站中资料年限最长。

气象站处于城郊的小山顶，受城市环境影响小，且自 1954 年来一直没有搬迁过，气象站观测条件良好。福鼎气象站东南距核电厂址约 34.2km，是离厂址最近气象站。福鼎市区西面约 30 km 为较高太姥山脉，福鼎市区虽然为东北西三面环山环抱小盆地之中，南面虽然离大面积海域较远，但周边环境均为低山，海拔仅 100~200m。南面不到 5km 即为沙埕港延伸至内陆的水域，沙埕港内陆水域向东南延伸约 30 km 连接大海，出海口即靠近霞关镇。水域最一般都在 5~10km，最狭窄的水域也接近 1km。天然的水体和半开阔的地形，使得福鼎气象站虽离大面积海洋较远，但具有一定海滨气候特征。

一 洞头气象站

洞头气象站建于 1971 年，位于东屏镇后坑村上后坑的海岛山顶，国家基本站，有一次迁站史，但是迁站前后的测站周边环境基本没变。一直采用 EL 型风向风速仪进行连续 10 分钟风向风速观测，气象观测资料完整，年代较长。

洞头气象站观测场海拔高度 68.6m，距海岸约 1.5km，位于候选厂址的东北方向，距苍南核电厂址约 93km。气象站观测条件良好。周围地势开阔，周边多小丘陵山体，与候选厂址间无山体阻挡，地理条件及下垫面情况与厂址的相似性较好，且其气象条件与厂址受同一天气系统的影响。因此，洞头气象站对厂址有一定的代表性，所欠缺的是离厂址的距离较远，且因处于海岛，具有一定海滨气候特征。因此，洞头气象站也是较理想的候选参证站，不足之处是在海边，降水相对较小。

2.4.1.1 气温

洞头站年平均气温 17.7℃，8 月平均气温最高，为 27.5℃，1 月平均气温最低，为 7.8℃。极端最高气温为 35.7℃，出现在 8 月，极端最低气温为-3.6℃，出现在 1 月。福鼎站年平均气温 18.7℃，7 月平均气温最高，为 28.4℃，1 月平均气温最低，为 8.8℃。极端最高气温为 40.6℃，出现在 7 月，极端最低气温为-5.2℃，出现在 12 月。

福鼎站年平均气温总体呈上升趋势，1998、2007 年有 1 个峰值，均为 19.7℃，1976 年为最低值，为 17.9℃。虽然洞头站建站时间短，也可以看出年平均气温总体呈上升趋势，2007 年有 1 个峰值，为 18.9℃，1976 年为最低值，为 16.7℃。

洞头站历年极端最高气温总体呈略上升趋势，平均每 10 年约上升 0.1℃。洞头站从建站以来，最高气温变化有如下变化特点，高于 35℃气温日数不多，仅 1978 年 8 月 1 日最高气温为 35.7℃，其余时段均低于 35℃。其次历年最高气温变化幅度相对较小，在 31.6~35.7℃之间。

福鼎站历年极端最高气温总体呈上升趋势，平均每 10 年约上升 0.18℃。最高气温变化有阶段性变化特点，1950s 到 1980s 为相对平稳阶段，范围为 34.8~38.9℃；1980s 和 1990s 末，有两个气温变化起伏相对较大的阶段，变化范围为 35.3~40.5℃。

从洞头站历年统计各年极端最高气温出现月份看，极端最高温月份出现在 8 月份，其次是 9 月份，再其次是 7 月。从福鼎站历年年极端最高气温出现月份看，最高温出现月份为 7 月，其次为 6 月和 9 月，再其次为 8 月。

洞头站和福鼎站历年极端最低气温总体上都呈上升趋势，洞头站上升趋势明显，大约每 10 年下降上升 2.6℃，福鼎站略有上升趋势，大约每 10 年上升 0.03℃。洞头站 1977 年为 42 年中最低年，当年极端最低气温低达-3.6℃。福鼎站 1999 年为 62 年中最低年，当年极端最低气温低达-5.2℃。

洞头历年各月极端最低气温出现在 1 月份，极端最低值为-3.6℃，8 月份为最高值，为 20.4℃。福鼎历年各月极端最低气温出现在 12 月份，极端最低值为-5.2℃，8 月份为最高值，为 20.8℃。厂址站周年资料统计得全年最低气温出现在 1 月，为-0.8℃，最高值出现在 8 月，为 33.7℃。利用洞头站和厂址站极端最低气温相关公式推算出厂址站逐月最低气温。

从各年极端最低气温出现月份看：洞头站最低气温一般都出现在 12 月、1 月和 2

月，少数年份也有出现在 3 月份的，如 1986 年 3 月 1 日。福鼎站最低气温一般都出现在 12 月、1 月和 2 月，少数年份也有出现在 3 月份的，如 1986 年 3 月 1 日。

2.4.1.2 气压

洞头站年平均海平面气压为 1007.9hPa，年变幅在 998.7hPa~1017.0hPa 之间，年变化基本属于大陆基本型式，即 12 月最高，为 1016.5hPa；7 月最低，为 998.5hPa。历年极端最高气压出现在 2006 年 2 月 9 日，为 1031.1hPa；极端最低气压出现在 2004 年 8 月 12 日，为 955.5hPa。

福鼎站年平均气压为 1011.4hPa，年变幅在 1001.6~1033.5hPa 之间，12 月最高，平均为 1020.3hPa；7 月最低，平均为 1001.7hPa。历年极端最高气压出现在 1983 年 1 月 22 日和 2000 年 1 月 31 日，为 1034.9hPa；极端最低气压出现在 2007 年 9 月 19 日，为 963.9hPa。

2.4.1.3 相对湿度

洞头站相对湿度全年平均为 81%。一年中，相对湿度以春夏最大，秋季次之，冬季最小。6 月相对湿度在一年中最大，为 90%，而 11 月相对湿度则在一年中为最小，为 72%。福鼎站相对湿度全年平均为 78%。一年中，相对湿度以春夏最大，秋季次之，冬季最小。6 月相对湿度在一年中最大，为 84%，而 12 月相对湿度则在一年中为最小，为 73%。

洞头站年相对湿度在 74%~82%之间波动变化，年平均相对湿度随时间呈略下降趋势，以 2004 年相对湿度最低，为 74%。福鼎站年相对湿度在 70%~83%之间波动变化，年平均相对湿度呈略下降趋势，以 2011 年相对湿度最低，为 70%。

2.4.1.4 降雨量

洞头站历年降水量为 1351.6mm，降水主要集中在 5 月、6 月和 8 月，降水最大月为 6 月，降水量为 185.3mm，最少月份为 12 月，降水量为 50.5mm。福鼎站历年降水量为 1738.6mm，降水主要集中在 6 月、8 月和 9 月，降水最大月为 8 月，降水量为 265.8mm，最少月份为 12 月，降水量为 45.5mm。

年降水量既有年际变化，也有年内变化。一年中降水量的变化，大致与夏季海洋

气团的进退趋势一致。降水量多集中于春夏两季，这也是季风气候的特征。

从雨量的季节变化上看雨水集中。洞头站春、夏两季降水量占全年降水量的 65.7%，秋、冬两季降水量只占全年降水量的 34.3%，夏多于春，秋多于冬。在一年中，最多一个月降水量占全年总降水量的 13.7%。

福鼎站春、夏两季降水量占全年降水量的 66.1%，秋、冬两季降水量只占全年降水量的 33.9%，夏多于春，秋多于冬。在一年中，最多一个月降水量占全年总降水量的 15.2%，比冬季三个月降水量总和还多。5~8 月连续最大月降水量占全年降水量的 50.1%，比冬季三个月降水量总和还多。

从洞头、福鼎站降水年变化来看，从冬到春，降水量不断增加，但各月变化不同。在夏季有个低谷，分别都在 7 月，8 月降水量值达到最大，其后月降水量逐渐降低，且在 11 月有一个小的起伏。

两站降水年际变化多年来总体趋势保持比较平缓，在 1970s 降水量有较大振幅，1990s~2000s 降水量年变化较小。福鼎站 1967 年为降水最少年，降水量为 1021.2mm，最多年为 1973 年，降水量为 2484.1mm，最多年降水量是最少年降水量的 2 倍多；洞头站 1971 年为降水最少年，降水量为 638.8mm，最多年为 2005 年，降水量为 1913.1mm，最多年降水量约为最少年降水量的 3 倍。

洞头 6 月日平均降水强度最大，达 6.2mm。最多月降水量和最大日降水量均出现在 7 月，分别为 477.9mm 和 253.3mm（2005 年 7 月 20 日）。福鼎 8 月日平均降水强度最大，达 8.6mm。最多月降水量也出现在 8 月，为 757.4mm，最大日降水量出现在 7 月，为 283.8mm（2005 年 7 月 19 日）。

2.4.1.5 日照

洞头年日照时数在 1589.1~2288.1h 之间波动变化，据线性估算，洞头站年平均日照时数呈线性减少的趋势变化。洞头站年日照时数为 1898.2h，各月日照时数在 95.5（2 月）~252.0h（7 月）之间波动。洞头站年日照百分率在 37%~53%波动变化，平均为 43%。各月日照百分率在 29%（3 月）~61%（8 月）之间波动。一年中日照百分率以秋季最高，夏季次之，冬季和春季最少。

福鼎站年日照时数在 1371.7~2249.7h 之间波动变化，历年日照时数变化呈线性下降趋势。福鼎站年日照百分率在 31%~51%波动变化，平均为 40%。一年中日照百分率

也以夏季最高，秋季次之，冬季和春季最少，各月日照百分率在 28%（3 月）~57%（7 月）之间波动。

2.4.1.5 风

厂址区域由于处于沿海地区，风速较内地大，但又小于南部沿海地区，年平均风速约 4m/s 左右。以初夏季节风速较小，冬末初春风速最大。风向年际间呈交替变化，冬半年以偏北风为主，春季偏北风和偏南风势均力敌，夏季以偏南风为主，秋季又向偏北为主过渡，仲秋之后以偏北风为主。由于福鼎站四面环山，气象站处于盆地内，这样就造成风速比核电厂址站的风速要小，因此，风速风向分析不能用福鼎站作为参证站，根据代表站资料的“三性”分析，用洞头站资料来进行分析。

（1）风向

洞头站以偏北风为主，其中 NNE 频率占 19.6%，NE 频率占 17.8%。洞头站各风向频率春、秋、冬三季基本一致，夏季差异明显。春季主导风向为偏北风；夏季主导风向为偏西南风，冬、秋季主导风向较为一致，均为偏北风（北风、东北偏北风）为主。

（2）风速

洞头站各月风速差异不明显，其中 10、11 月份风速最大，为 4.4m/s，其他月份风速变化相对较小，最小风速出现在 5 月为 2.9m/s，年平均风速 3.9m/s。统计 1971~2012 年洞头逐日风速资料结果表明，洞头站静风频率较低，多年平均为 4.3%。从逐月统计数据看，12~2 月静风频率较低，在 2.4~3.2% 之间；3~5 月静风频率频率较高为 5.9%~9.1%。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 热带气旋

热带气旋的调查分析主要集中在登陆热带气旋和进入厂址区域约 400km 半径的热带气旋。经过资料收集、汇编和分析发现，从 1949~2014 年 66 年间，进入采样区的“直接影响的热带气旋”共有 234 例。按热带气旋强度分，234 个直接影响三澳核电厂址区域的热带气旋中，热带低压 22 个，热带风暴 20 个，强热带风暴 47 个，台风 54 个，

强台风 39 个、超强台风 52 个。

根据台风年鉴资料,进入三澳核电厂址区域的热带气旋路径趋向可分为以下三类:西北路径,西行路径,北上路径。从收集的热带气旋资料分析,影响三澳核电厂址区域的热带气旋中西北路径的最多,其次是西行和北上路径。

厂址设计基准采用的可能最大热带气旋的特征参数如下:

台风中心气压 $P_0 = 895\text{hPa}$;

台风外围气压 $P_\infty = 1010\text{hPa}$;

最大风速半径 $R = 40\text{km}$;

热带气旋最大移速 $V = 25.5\text{km/h}$;

影响核电厂的最大风速(离地 10m 高 10min 平均最大风速)为 47.3m/s 。

专题单位目前正在补充收集 2015 年至 2018 年进入厂址区域约 400km 半径的热带气旋,评价单位将根据 PSAR 分析加入新的样本后对原设计基准产生的影响。

2.4.2.2 龙卷风

龙卷风包括陆龙卷风和海龙卷风,主要是由于强对流天气引起的强烈旋风,也有一些是由热带气旋外围环流引起。龙卷风出现时间短,范围小,但能量极大,因此破坏力相当大。

龙卷风的调查区域包括浙江省温州、丽水、台州、金华、衢州 5 个市和福建省宁德、南平、福州、莆田 4 个市共计 53 个县(市)区域,面积约为 8.8万 km^2 。调查共搜集 1957~2012 年 120 个龙卷风事件。

三澳核电厂址区域范围内平均每年出现龙卷风 2.23 个,80 年代以前龙卷风出现较少,平均每年出现 0.6 次,80 年代以后龙卷风出现较多,平均每年出现 3.4 次。1984 年、2003 年出现龙卷风最多,均为 8 次,其次是 1989 年和 1997 年,均出现了 7 次,53 年内有 17 年没有出现过龙卷风,如 1958 年、1971 年、1998 年等。

三澳核电厂址区域龙卷风从季节上来看,春季和夏季出现最多,分别占总次数的 29.7%和 40.7%。冬季最少,仅占 5.1%。从出现时间上来看,4~9 月为龙卷风发生的高发时段,其中以 4 月份发生次数最多,为 33 次,占总次数的 28.1%,7 月次之,为 26 次,11 月和 12 月未出现过龙卷风。

三澳核电厂址的设计基准龙卷风为 F3 类,采用美国核管会 ANS-2.3 (1983) 标准

中对龙卷风概率水平为 $10^{-7}/a$ 地区推荐的设计基准龙卷风参数：

最大设计风速：	80m/s；
最大旋转风速：	62m/s；
最大平移风速：	18m/s；
最大风速半径：	98m；
总气压降：	51.5hPa；
最大压降速率：	9.5hPa/s。

专题单位在本阶段补充收集了 2013 年至 2018 年厂址周边龙卷风的样本，收集到 2 例，其等级均较低，根据龙卷风评价方法判断，龙卷风设计基准不会变化。

2.4.3 当地气象条件

厂址自动气象观测系统包括厂址地面观测站和100m高厂址气象塔。厂址自动气象观测系统于2010年8月起正式运行，2012年8月底结束观测，2017年1月恢复观测，2017年12月底结束观测，2019年1月恢复观测至今。本报告选取2019年1月~2019年12月一整年的气象塔梯度观测数据以及地面站观测数据对厂址的当地气象条件进行统计描述，观测期间整体数据获取率98.7%。

2.4.3.1 厂址地面气象站观测结果

（1）温度

厂址地区年平均气温为 18.5℃；八月的月平均气温最高，达到 27.9℃；二月的月平均气温最低，为 9.3℃；极端气温最高值为 33.4℃，出现在九月；极端气温最低值为 4.1℃，出现在一月。

（2）气压

厂址地区的年平均大气压为 1003.8hPa，最高月平均气压为 1012.4hPa，出现在一月；最低月平均气压为 994.0hPa，出现在七月。极端最高气压为 1022.7hPa，出现在十二月，极端最低气压为 969.5hPa，出现在八月。

（3）相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 83%。最低月平均相对湿度出现在十一月，为 65%。极端最低相对湿度为 17%，出现在十二月。

（4）降雨量

厂址地区年降雨量为 992.9mm，降雨时数为 961 小时。六月份降雨量最大，为 267.5mm，十一月降雨量最小，为 1.8mm。

各风向降水量为 23.4mm (N)，90.7mm (NNE)，419.8mm (NE)，228.4mm (ENE)，5.9mm (E)，6mm (ESE)，0.1mm (SE)，0mm (SSE)，1.6mm (S)，4.2mm (SSW)，39.3mm (SW)，37.9mm (WSW)，30mm (W)，31.7mm (WNW)，34.6mm (NW)，39.2mm (NNW)，0.1mm (C)。

2.4.3.2 厂址气象塔观测结果

（1）温度

厂址气象塔 10m、30m、80m、100m 高度年平均气温分别为 18.1℃、17.9℃、17.6℃、17.5℃。

观测期间厂址各高度均为八月平均气温最高，分别为：27.3℃（10m）、27.1℃（30m）、26.7℃（80m）、26.6℃（100m）。二月份平均气温最低，分别为：9℃（10m）、8.8℃（30m）、8.6℃（80m）、8.5℃（100m）。10m、30m、80m、100m 四个高度极端最高气温均出现在九月，分别为 32.2℃（10m）、31.8℃（30m）、31.1℃（80m）、31℃（100m）；极端最低气温均出现在二月，分别为 4.4℃（10m）、4.1℃（30m）、3.7℃（80m）、3.5℃（100m）。

（2）风向

各高度全年风向频率表现出较好的一致性，以下给出各高度风频统计结果：

- 气象塔 10m 高度主导风向为 NE（38.2%），次主导风向为 ENE（21.2%）；
- 气象塔 30m 高度主导风向为 NE（39.4%），次主导风向为 ENE（17%）；
- 气象塔 80m 高度主导风向为 NE（39.6%），次主导风向为 NNE（16.3%）；
- 气象塔 100m 高度主导风向为 NE（40.5%），次主导风向为 ENE（20.2%）。

厂址地区全年有降水时，10m 高度主导风向为 NE（44.5%）、次主导风向为 ENE（21.3%）。

（3）风速

厂址气象塔各层的年平均风速分别为：

- 10m 高度为 5.5m/s；

- 30m 高度为 6m/s;
- 80m 高度为 6.2m/s;
- 100m 高度为 6.3m/s。

风速随高度变化总的趋势是低层平均风速小于高层平均风速。从风速随月变化情况来看，厂址地区各个高度十月平均风速最大。

厂址 10m 高度处全年静风频率 0.3%，30m 高度静风频率为 0.4%，80m 高度静风频率 0.4%，100m 高度静风频率接近于 0。

2.4.4 大气稳定度

对 2019 年一整年气象数据分别采用温度梯度-风速分类法（使用三澳核电厂气象塔 10m 和 100m 高度温度及 10m 高度风速观测数据）、温度梯度分类法（使用三澳核电厂气象塔 10m 和 100m 高度温度）和改进的 Pasquill 分类法（根据辐射和 10m 高度风速数据判别稳定度）进行稳定度分类。

改进的 Pasquill 分类法综合考虑了热力湍流和机械湍流的作用，该方法通过太阳总辐射和夜间净辐射的大小来判断热力湍流的强弱。本厂址为滨海厂址，同时地形有起伏，厂址热力湍流情况不仅与太阳辐射有关，还受局地地形和海上来流造成的热力影响。因此，该方法对于本厂址局地热力湍流的影响因素的考虑不够全面。

温度梯度分类法仅仅考虑热力湍流对大气稳定度的影响，而没有考虑机械湍流的影响。在机械湍流起主导作用的对流不稳定天气条件下，温度梯度常常可能是中性和稳定条件下的温度递减率。因此，采用温度梯度法稳定度分类统计结果中 E 类偏多。

温度梯度-风速分类法综合考虑了热力湍流和机械湍流的作用，该方法通过温度梯度的大小来判断热力湍流的强弱，能够直接反应厂址地区的热力湍流情况。综合比较三种稳定度分类方法表明，温度梯度-风速分类法最适用于本厂址。采用温度梯度-风速分类方法计算得到了全年中各类大气稳定度的出现比例，其中 A、B、C、D、E、F 六类大气稳定度分别占 0.6%、5.9%、6.5%、79.8%、3.3% 和 3.9%。

2.4.5 联合频率

利用 2019 年 1 月~12 月三澳核电厂气象塔 10m 高度风观测资料统计的风向、风速、大气稳定度联合频率分布。统计结果分别按不区分有雨和无雨、有雨、无雨三种情况

给出。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

冬季 GPS 探空共获取有效样本数 160 组，夏季 GPS 探空共获取有效样本数 202 组。利用综合判断法（结合温度廓线曲线和风廓线曲线观察）对厂址区域冬夏两季混合层高度进行统计分析，该方法主要依据在大气混合层内，由于充分的湍流混合作用，使大气的各种物理属性在铅直方向近似趋于均一，即大气混合层内温度递减率 r 大于绝热递减率 r_d ，且大气混合层内的风向、风速基本一致（除近地层几十米外）。

基于上述判断原则，进行判断时首先根据观测期间的白天温廓线确定空中逆温层底的高度，然后观察该层以上一层的风向、风速是否有较大变化，若上层风速、风向也存在明显变化，说明该层即为混合层顶高度。

为确定各稳定度下的大气混合层高度，稳定度采用观测期间厂址气象塔温度梯度-风速资料判断。最终推荐采用冬夏两季测试期间所观测统计得出的不同稳定度条件下的混合层高度平均值作为厂址地区混合层高度推荐值：796m（A~B 类），629m（C 类），527m（D 类）。

2.4.6.2 扩散参数

将湍流观测获取的每个整点前 30 分钟采样作为一个数据组进行分析，原始数据经筛选剔除后冬季共获得有效数据 573 组，夏季共获得有效数据 513 组。采用观测期间厂址气象塔温度梯度-风速资料判断，试验共获得各类稳定度样本数为：11 组（A 类），60 组（B 类），87 组（C 类），860 组（D 类），31 组（E 类），37 组（F 类）。

通过对湍流观测数据的相似性分析表明，10m 高度无因次湍流特征速度较好地满足相似性框架。80m 高度湍流观测数据不论是 $\sigma_{u,v}/u_*$ 和 σ_w/u_* 随稳定度变化的规律均不明显，夏季甚至出现不稳定侧无因次湍流速度减小的情况，上述情况与边界层相似性规律的一般特征不符。分析认为这主要是由于厂址气象塔位于海拔较高的山体，而试验期间来流主要为沿岸流，气象塔距海较近，所处位置的内边界层高度较低，气象塔 80m 高度已接近内边界层顶或超出内边界层，该高度的湍流特征已不能反映内边

界层的情况。因此采用 10m 高度各稳定度类别代表性湍流度计算厂址推荐扩散参数，将该扩散参数与 P-G 扩散参数相比发现，该扩散参数整体上与 P-G 扩散参数相当，侧向扩散参数位于 P-G 扩散参数偏不稳定一侧，各稳定度的扩散参数差异小于 P-G 扩散参数。

2.4.6.3 海陆风

厂址所在区域的下垫面条件和日照条件有可能导致海陆风的形成。厂址地区局地海岸线总体走向为 NNE-WSW 向，在判断海陆风时将 NNE 及 WSW、风向定义为沿岸流，将 S、SSW、SW、SSE、SE、ESE、E、ENE、NE 风向看作向岸流，即海风；将 W、WNW、NW、NNW、N 看作离岸流，即陆风。

冬季试验期间，厂址区域冬季气候特征主要受南支槽的维持及南支波动的影响，总体多阴雨天气，主要以偏东北风为主，总体风速较大。同时，在观测期间也有多股冷空气影响厂址地区，在冷空气影响下，厂址上空主要受到西南急流的影响，低层处于切变线的南侧，在冷空气影响时厂址地区一般会出现阴雨天气，降水量级以小雨为主。在这样的大尺度环流背景下，局地海陆下垫面差异所形成的局地海陆风环流通常被系统风所掩盖。冬季试验期间未观测到海陆风。

夏季试验期间，厂址区域主要受副热带高压以及低压槽系统的影响，由于大尺度的天气系统会掩盖局地海陆风环流系统。仅在梯度风弱，系统风速较小的天气条件下出现可能的海陆风环流特征。

通过对现场风温观测数据进行分析，本次试验期间观测到的有一定海陆风环流特征的观测时间为 7 月 14 日至 7 月 15 日。

由 7 月 14 日风廓线图可知，14 日 8 点开始低层风向为偏东北风或偏东风，高层为系统性西南风，但风速均较小，说明 8 时开始低层受局地热力差异影响，低层有海风出现，高度约 700m，在 700m 高度以上由于受系统性气流影响，风向为西南风，随着太阳高度角逐渐增大，7 月 14 时 14 时低层的东北风强度逐渐变大，但 700m 以上的上层仍由稳定的系统性西南气流控制，没有出现陆风的转向，至 7 月 14 日夜间，低层的东北风强度逐渐减弱，逐渐转为西南风。

由 7 月 15 日风廓线图可知，15 日 11 点开始低层风向为偏东北风，高层为系统性西南风，但风速均较小，说明 11 时开始低层受局地热力差异影响，低层有海风出现，

高度约 350m，在 400m 高度以上由于受系统性气流影响，风向转为西南风，随着太阳高度角逐渐增大，低层的东北风强度逐渐变大，至 15 日 17 时左右海风高度达到最大，约 550m，但 600m 以上的上层仍由稳定的系统性西南气流控制，没有出现陆风的转向。

综合上述分析，夏季试验期间仅观测到 2 次较具有一定海陆风特征的天气，即低层出现受海陆热力差异产生的局地风场，但在高层却受系统性气流控制为主。上述观测个例从侧面反映出厂址地区夏季海陆风环流出现频率不高，低层在海陆热力差异下产生的一定海陆风特征局地风场，但受高层系统环流控制，不易在厂址区域出现典型海陆风环流。

2.4.6.4 热内边界层

热内边界层的形成机制及支配因子有风速、水陆温差、地面加热率、太阳辐射量等。一般在副高控制厂址地区时，通常出现高温晴好天气，有利于热内边界层的形成。根据观测期间天气形势，在观测试验初期（6 月 30 日至 7 月 2 日）、试验中期（7 月 14 日至 7 月 18 日）和试验末期（7 月 20 日至 7 月 26 日），厂址地区处于副热带高压南部，受副热带高压边缘气流控制。

通过分析各时次风温廓线资料，定义出现热内边界层的条件为：1）高温晴好天气；2）有一定强度的向岸流；3）厂址观测点（近海点）的温跃层高度比厂外观测点（远海点）低。

通过分析发现，厂址地区夏季试验仅观测到 1 次有一定热内边界层特征的天气，出现频率较低。从热内边界层的出现时间来看，厂址地区在午前可能产生热内边界层，这是由于午中午前太阳辐射强，陆地地面积累大量热量，地面扰动相对较小；而在午后地面扰动增大，热内边界层很容易遭到破坏。通过比较分析厂址观测点和厂外观测点热内边界层高度与距下风向海岸距离可知，该地区热内边界层高度随距离的变化基本满足随离岸距离 $x^{1/2}$ 的一般规律。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

厂址气象站位于三澳核电厂厂区西南侧的山头，底部标高约 112m，三面环海，距离海岸线 500m 左右，地势相对开阔，周围无高大建筑物或山体阻挡。

厂址气象观测系统包括厂址气象铁塔与气象梯度自动观测和厂址专用地面气象

站。

（1）厂址气象铁塔与气象梯度自动观测

气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），分别测量厂址地面以上各个高度风向、风速、温度，以获取厂址区域有关风场分布、温度场结构变化等气象资料，用于厂址区域的大气环境影响评价。

（2）厂址专用地面气象站

该站与国家气象站网的常规气象站基本相同，观测项目有降雨量、大气压、太阳总辐射、净辐射、温湿度和地表温度。

气象观测系统所用的所有传感器均由国家相关计量部门进行标定，系统运行期间有专职人员进行定期维护和标定。

此外，三澳核电站计划将在 2020 年内在厂区增设一座 10m 气象桅杆，测量风向、风速和温度，目前该工作正在准备中。

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

2.5.1.2 海洋水文

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.5.4 参考资料

表

表 2.5-1 2015 年全潮海洋水文测验期间潮汐特征统计

表 2.5-2 实测垂线平均最大流速（流向）的统计（2015 年）

表 2.5-3 厂址附近海域各站垂线平均余流流速、流向统计表（2015 年）

表 2.5-4 2010 年 3 月至 2011 年 2 月厂址专用站水温月特征值统计表

表 2.5-5 三沙站和厂址水温多年平均月均值

表 2.5-6 全潮水文测验期间水温统计值（2015 年）

表 2.5-7 2010 年 3 月至 2011 年 2 月厂址专用站盐度月特征值统计表

表 2.5-8 全潮水文测验期间盐度统计值（2015 年）

表 2.5-9 厂址半径 5km 范围内民井调查情况汇总

图

图 2.5-1 地表水体及水利工程分布示意图

图 2.5-2 厂址附近海洋站分布示意图

图 2.5-3 全潮海洋水文测验期间测点分布示意图

图 2.5-4 施测期间各测站垂向平均流矢图

图 2.5-5 施测期间垂向平均余流流矢图

图 2.5-6 厂址附近海域冲淤示意图（1986~2003 年、2003~2010 年）

图 2.5-7 厂址附近海域冲淤示意图（2010~2016 年、1986~2016 年）

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

苍南县位于浙江省东南隅，东临东海，西南与福建省福鼎市毗连。全县河流年平均流量为 12.0287 亿 m^3 ，枯水年 6.1346 亿 m^3 。境内河流分属三个水系，分别注入东海，其中：沿浦湾水系（又名蒲门水系）流域面积 143.5 km^2 ，由沿浦河、下再河、岭尾河汇集沿浦湾入东海；大渔湾水系流域面积 101.4 km^2 ，由赤溪、沙波溪和石塘溪汇集大渔湾出东海；鳌江水系贯穿苍南县境腹地，境内流域面积 884.9 km^2 ，占全县总面积的 70%。厂址附近主要有沿浦湾水系。

沿浦湾水系发源于鹤顶山，流域面积 143.5 km^2 ，河道总长 13.6 km ，主流发源于鹤顶山西麓岱岭乡坑门岭。水向东流，相继有坑门村大贡坑、云通村牛皮岭坑、西塔坑、新基坑、云山村瑶坑等水入注，然后进入马站十八孔水库。主流入库后，又相继有笔架山、大安坑、坑门村郑昔坑、布袋底坑等水注入，主流出马站镇后，有山门坑来水注入。主河道从马站镇至沿浦水闸入海，长 8.54 km ，平均宽度 18.56 m ，水面面积 0.1585 km^2 ，正常水位 2.13 m ，航运水位 1.13 m ，平均水深 2.86 m ，总容积 52 万 m^3 。沿浦河流域最近处在核电厂址西北侧约 7 km 左右。

三澳核电厂厂址半径 15 km 范围内，无大型和中型水利工程；有 3 座小（一）型水库，分别十八孔水库、铁场水库和云遮水库；库容大于 10 万 m^3 的小（二）型水库 1 座，为仙岩尾水库。

三澳核电厂 1、2 号机组施工期用水以及运行期的生活用水由马站自来水厂铁场净水厂供给。施工期生产用水和生活用水取水口均设置在铁场净水厂输水管线上，马站自来水公司负责将自来水管接至厂址围墙外 1 m 左右，本项目不新建取水管线。

马站自来水公司铁场净水厂位于马站育才中学旁，原设计日处理规模为 0.75 万 t/d ；目前，已扩建改造，扩建完成后，日处理规模为 1.75 万 t/d （489 万 m^3/a ）。扩建后，马站自来水公司铁场净水厂取用铁场水库和云遮水库引水工程水源，引水工程由铁场水库和云遮水库联合调度，十八孔水库作为应急备用水源；供水用途主要是供给马站片区域居民生活用水，供水对象包括马站、沿浦、蒲城、霞关、渔寮、南坪、澄

海、魁里、城门、云亭等 10 个社区，以及绿能小镇及三澳核电厂 1、2 号机组施工期用水和运行期生活用水。

- 铁场水库位于苍南县马站镇，厂址NNW方位约12km处，水库开工于1998年，竣工于1999年，水库集雨面积为4.52km²，总库容为142.9万m³，正常库容为114.5万m³，死库容为1.40万m³，正常蓄水位96m，死水位76m，集雨面积4.52 km²。铁场水库工程是以供水为主，兼顾防洪及改善水环境等综合利用水利工程，主要向铁场净水厂供水。
- 云遮水库坝址位于苍南县岱岭乡沿浦河十八孔水库上游福掌村坑门岭脚，厂址NW方位约13km处，坝址集雨面积为8.03km²，总库容为286万m³。云遮水库工程是以供水为主，兼顾防洪及改善水环境等综合利用水利工程。云遮水库于2019年1月开始蓄水，已于2019年底开始向铁场净水厂供水。
- 十八孔水库位于苍南县马站镇，厂址NW方位约12km处，水库集雨面积为21.78km²，总库容为351.5万m³，正常库容为266万m³，死库容为24万m³，正常蓄水位49m，死水位36m。承担防洪、灌溉、供水、发电的任务。十八孔水库防洪标准为50年一遇设计，2000年一遇校核。十八孔水库为铁场净水厂应急备用水源。

2.5.1.2 海洋水文

(1) 海域地理环境

三澳核电厂 1、2 号机组厂址位于苍南县渔寮至霞关之间，地处霞关作业区（即北关港）北口，沿岸山峦起伏，丘陵、山地深入海洋，岸线曲折，岬角众多，海岸以基岩为主；厂址附近海域分布有大渔湾、渔寮湾和沿浦湾诸多海湾和草屿、弹棉屿、北关岛、南关岛等众多岛屿。厂址附近海域属中亚热带海洋性季风气候区，冬夏季风交替显著，厂址南侧的霞关作业区内主要为淤泥质潮滩。霞关作业区以东海域主要为北关岛东侧海域，北关岛东侧以基岩海岸为主，海域海床泥沙组成属淤泥质，但水深相对较大（近岸海图水深基本在 6m 以上），为水下浅滩，不存在潮滩。

厂址东侧为突出的基岩，处于北关港北入口，南部为草屿、弹棉屿、北关岛、南关岛等诸多岛屿，受岛屿的屏蔽，北关港海域主要为淤泥质潮滩，水深自岸向海缓慢增大，在该区域内有冲刷深槽，取水条件比较好。东部面临开阔的海域，紧邻潮流冲

冲刷槽，冲刷槽外水下浅滩发育，坡度平缓。厂址两侧海岸具有砂砾质窄滩，坡度陡。厂址与北关岛之间的近岸局部海域受潮流冲刷作用形成一个潮流冲刷槽，2010 年该深槽-20m 和-15m 等高线自关头以北向西南延伸到草屿北侧，再折向南延伸到草屿以南。

三澳核电厂 1、2 号机组采取的取排水方案为南侧明渠取水，东北侧离岸暗排。根据厂区总平面布置及 2016 年实测地形，1、2 号机组取水口面朝西南侧，取水口海域天然底标高-9.0m。排水口离岸 200m，所在床面高程大约-9.3m，海床较为稳定。

（2）海底地形

厂址附近海域南、北部均较为开阔，水下地形坡度平缓，等深线呈东北——西南走向；中部则岸线曲折、岬角丛多，分布着诸多海湾和岛屿，加之沟槽、浅滩相间分布，致使水道纵横交错，水下地形起伏多变。海域水深自岸向外海缓慢增大，霞关作业区以东海域开阔，水下地形较为平缓。

（3）潮汐

厂址附近的长期潮位站主要有沙埭站和琵琶门站，沙埭站于 1955 年设立，次年年开始观测至今，距离本项目约 11.3km；琵琶门站 1982 年 5 月设立，当年开始观测潮位，1985 年开始观测波浪，距离厂址约 36.4km。此外，本项目还设立了厂址专用站（霞关站），自 2010~2011 年开展了为期一年的海洋水文观测，观测项目包括潮位、波浪、水温和盐度等。各测站的分布见图 2.5-2。

根据厂址专用站（2010.3-2011.4）、沙埭站（1956-2013）和琵琶门站（1982-2008）的潮位观测资料统计，三站附近海域的潮汐属于正规半日潮，其中厂址站的平均潮差为 4.21m，沙埭站的平均潮差为 4.16m，琵琶门站的平均潮差为 4.29m。

厂址所在海域的最高天文潮位 3.58m，最低天文潮位-3.55m，10%超越概率天文高潮位 3.40m，90%超越概率天文低潮位-3.40m。

浙江省河海测绘院分别于 2015 年 1 月 15 日~1 月 21 日和 8 月 15 日~8 月 22 日在厂址附近海域进行了冬、夏两季大、中、小潮的全潮海洋水文观测，观测的内容主要有潮汐、潮流、水温、盐度、含沙量、悬沙和底质等，共设置 12 个测流点（V1~V12）和 3 个临时潮位站（赤溪、厂址、闰峡），同时收集了洞头、南麂岛、石坪、沙埭、三沙等潮位站同步潮位资料，潮位资料为一个月，站位分布见图 2.5-3。冬、夏两季的实测潮位资料均显示（见表 2.5-1）：

- 潮汐特征：整个潮汐变化过程呈现为规则半日潮。

- 潮差：测区平均潮差多数大于 4.0m。冬、夏两季全潮海洋水文测验期间均表现为：在东西方向上，海岛站(洞头、南麂岛)的潮差小于其他 6 个西部沿海站(石坪~闰峡)；南北方向上，总体上呈现出自北向南，从洞头、南麂岛、石坪，至赤溪、厂址、沙埕，其潮差逐渐增大。
- 涨落潮历时：冬、夏两季各站的涨、落潮历时基本相当，时差最大分别为 23min 和 13min。冬季除洞头站外，其余各站均呈现落潮历时长于涨潮历时的特征，时差在 5~23min 之间，夏季除洞头站和沙埕站外，其余各站均呈现落潮历时长于涨潮历时的特征，时差在 1~13min 之间。

2010 年，工程水域也开展了全潮海洋水文观测，根据工程设计要求，为了最终分析工程水域各水文要素在不同季节上的差异和变化，2015 年水文测验测点布设与 2010 年测次一致，以下为两次观测结果的对比情况：

a) 潮汐特征比较

2010 年冬季测次和 2015 年冬季测次，均进行了为期一个月的潮位观测，两次测验相同的测站为洞头、南麂岛、赤溪、闰峡、厂址、沙埕和三沙。

- 潮汐类型：两个测次的潮汐类型均为正规半日潮。
- 平均潮差：2010 年冬季测次各测站的平均潮差为 3.74~4.42m，2015 年冬季测次为 3.99~4.61m，即 2015 年冬季测次的平均潮差略大于 2010 年冬季。
- 平均潮位：两个测次的平均潮位大多保持一致，相差很小，在 5cm 以内。
- 涨、落潮历时：两个测次的各站涨、落潮历时均基本相当，互差不大。

2010 年夏季测次和 2015 年夏季测次，均进行了为期一个月的潮位观测，两次测验相同的测站为洞头、南麂岛、赤溪、闰峡、沙埕和三沙。

- 潮汐类型：两个测次的潮汐类型均为正规半日潮。
- 平均潮差：2010 年夏季测次各测站的平均潮差为 3.85~4.39m，2015 年夏季测次为 3.99~4.67m，即 2015 年夏季测次的平均潮差略大于 2010 年夏季。
- 平均潮位：2010 年夏季测次的平均潮位为 0.28m，2015 年夏季测次的平均潮位为 0.50m，2015 年夏季的平均潮位高于 2010 年夏季。
- 涨、落潮历时：两个测次的各站涨、落潮历时均相差不大。

b) 海流特征比较

为了便于进行比较，将 12 个海流测点按其所在位置分成几个区域或“断面”进行

阐述；其中，V7 和 V8 所构成的断面称“厂址北侧断面”；V4、V5 和 V6 所构成的断面称“厂址断面”；V11 和 V12 所构成的断面称“厂址南侧断面”；V1 和 V3 所在处，可称“北关港（水域）”；V2 和 V9 所在处，可称“沙埭港(水域)”；V10 所在处，可称“沿浦湾(水域)”。

冬季：

- 潮流类型：两个测次的潮流类型均以规则半日潮为主。
- 运动形式：北关港的 V1 和 V3、沙埭港的 V2 和 V9、沿浦湾的 V10，两个测次均呈现出明显往复流特征，其余测站在两次测次均呈现出较为明显旋转流特征。
- 就涨潮时段平均流速而言，除 V5、V10 和 V11 外，其余测点均表现为 2010 年冬季测次大于 2015 年冬季测次；就落潮时段平均流速而言，除 V7 和 V8 外，其余测点基本表现为 2010 年冬季测次大于 2015 年冬季测次；综上，2010 年冬季测次的涨落潮时段平均流速总体上大于 2015 年冬季测次。
- 余流：两个测次的各垂线的垂线平均余流量值大多在 0.2m/s 以内，多数呈现 2010 年冬季测次余流量值略大于 2015 年冬季测次，但差值不大。

夏季：

- 潮流类型：两个测次的潮流类型均以规则半日潮为主。
- 运动形式：北关港的 V1 和 V3、沙埭港的 V2 和 V9、沿浦湾的 V10 在两测次均呈现出明显往复流特征，厂址北侧断面 V5 在 2010 年和 2015 夏季测次分别呈现往复流和旋转流特征，其余测站在两测次均呈现出较为明显旋转流特征。
- 总体上多以 2015 年夏季测次的垂线平均最大流速大于 2010 年夏季测次为特征，2010 年夏季测次垂线平均最大流速在 0.21~1.02m/s 之间，2015 年夏季测次在 0.22~0.99m/s 之间。其次，从分布特征看两季测次均表现为厂址南侧断面、北关港、沙埭港三个水域的垂线平最大流速大于厂址北侧断面、厂址断面、沿浦湾三个水域。
- 余流：两个测次的各垂线的垂线平均余流量值大多在 0.2m/s 以内，多数呈现 2015 年夏季测次余流量值略大于 2010 年夏季测次。

(4) 海流

根据浙江省河海测绘院 2015 年在厂址附近海域进行的冬、夏两季全潮海洋水文观测结果（水文观测点见图 2.5-3），本海域的海流类型以规则半日海流为主。就流向而

言，夏季和冬季观测期间，厂址北侧（V7、V8）和厂址断面（V4~V6）和厂址南侧断面（V11、V12）以旋转流为主，其余测点以往复流为主。影响工程海域的外海潮波主要由东北向传入，涨潮时海流从北部温州湾传入大渔湾以外海域，经北关岛外海域后从福建以东海域流出，落潮时流向相反，湾外海流总体流向为东北—西南向。施测期间的垂线平均流矢图见图 2.5-4。各测站冬夏两季的垂线平均最大流速流向见表 2.5-2（1/5），冬季航次各测站大中小潮分层最大流速及相应流向统计见表 2.5-2（2/5）和表 2.5-2（3/5），夏季航次各测站大中小潮分层最大流速及相应流向统计见表 2.5-2（4/5）和表 2.5-2（5/5）。

a) 冬、夏垂线平均最大流速

厂址北侧断面：冬季最大垂线平均流速为 0.56m/s，对应流向 86°，出现在大潮期 V7 垂线；夏季最大垂线平均流速为 0.57m/s，对应流向 38°，出现在大潮期 V8 垂线；

厂址断面：冬季最大垂线平均流速为 0.55m/s，对应流向 93°，出现在大潮期 V4 垂线；夏季最大垂线平均流速为 0.62m/s，对应流向 55°，出现在大潮期 V4 垂线；

厂址南侧断面：冬季最大垂线平均流速为 0.64m/s，对应流向 70°，出现在大潮期 V11 垂线；夏季最大垂线平均流速为 0.70m/s，对应流向 67°，出现在大潮期 V11 垂线；

霞关作业区水域：冬季最大垂线平均流速为 0.77m/s，对应流向 63°，出现在中潮期 V3 垂线；夏季最大垂线平均流速 0.88m/s，对应流向 215°，出现在小潮期 V1 垂线；

沙埕港水域：冬季最大垂线平均流速为 1.06m/s，对应流向 149°，出现在大潮期 V2 垂线；夏季最大垂线平均流速为 0.99m/s，对应流向 330°，出现在大潮期 V9 垂线；

沿浦湾水域：冬季最大垂线平均流速为 0.65m/s，对应流向 330°，出现在大潮期；夏季最大垂线平均流速为 0.52m/s，对应流向 142°，出现在大潮期。

b) 各水域实测最大流速的极值

冬季：厂址北侧断面，实测最大流速极值为 0.63m/s，对应流向 81°，出现在大潮汛 V8 垂线面层；厂址断面，实测最大流速极值为 0.64m/s，对应流向 89°，出现在大潮汛 V4 垂线 0.2H 层；厂址南侧断面，实测最大流速极值为 0.80m/s，对应流向 74°，出现在大潮汛 V11 垂线面层；北关港水域，实测最大流速极值为 0.85m/s，对应流向 61°，出现在中潮汛 V3 垂线面层；沙埕港水域，实测最大流速极值为 1.21m/s，对应流向 148°，出现在大潮汛 V2 垂线 0.2H 层；沿浦湾水域，实测最大流速极值为 0.76m/s，对应流向 329°，出现在大潮汛 V10 垂线面层。

夏季：厂址北侧断面，实测最大流速极值为 0.86m/s，对应流向 231°，出现在中潮流 V8 垂线面层；厂址断面，实测最大流速极值为 0.82m/s，对应流向 32°，出现在大潮汛 V4 垂线面层；厂址南侧断面，实测最大流速极值为 0.99m/s，对应流向 72°，出现在大潮汛 V11 垂线面层；北关港水域，实测最大流速极值为 1.08m/s，对应流向 214°，出现在小潮流 V1 垂线面层；沙埕港水域，实测最大流速极值为 1.41m/s，对应流向 145°，出现在大潮汛 V9 垂线面层；沿浦湾水域，实测最大流速极值为 0.65m/s，对应流向 153°，出现在大潮汛 V10 垂线面层。

c) 实测最大流速对应的流向

冬季：厂址北侧断面，V7 和 V8 垂线分层最大流速对应流向，大潮汛多指向 E，中潮流多指向 NE~E，小潮流多指向 SW。

厂址断面，不同的潮流，不同的层次，最大流速对应的流向不尽相同，V4 垂线，分层最大流速对应流向，大潮汛多指向 E，中潮流多指向 ENE 和 WSW，小潮流多指向 SSW~WSW；V5 垂线，分层最大流速对应流向，大、中潮流多指向 SW~W，小潮流多指向 S；V6 垂线，分层最大流速对应流向，大、中潮流多指向 NNW，小潮流多指向 SSW~SW。

厂址南侧断面，V11 和 V12 垂线分层最大流速对应流向，大潮汛多指向 ENE~E，中、小潮流最大流速对应流向多指向 WSW~W。

北关港水域，大、中、小潮流，V1 垂线分层最大流速对应流向多指向 SSW~SW；V3 垂线分层最大流速对应流向多指向 NE~E。沙埕港水域，大、中、小潮流，V2 和 V9 垂线分层最大流速对应流向多指向 SE~SSE。沿浦湾水域，大、中、小潮流，V10 垂线分层最大流速对应流向多指向 NW~NNW。

夏季：厂址北侧断面，大潮汛时，V7 垂线分层最大流速对应的流向指向 N 及 NNW，V8 垂线指向 NNW~NE；中潮流时，V7 垂线分层最大流速对应的流向比较分散，V8 垂线指向 SW~NNW；小潮流时，V7 垂线分层最大流速对应的流向指向 N~NE，V8 垂线则比较分散。

厂址断面，不同的潮流，不同的层次，最大流速对应的流向不尽相同，V4 垂线，分层最大流速对应流向，大潮汛比较分散，中潮流多指向 WSW~SW，小潮流亦较分散，多指向 NE；V5 垂线，分层最大流速对应流向，大潮汛多指向 WSW，中潮流多指向 N 和 WSW，小潮流指向 SSW；V6 垂线，分层最大流速对应流向，大潮汛较分散，中潮流指

向 SSW~WSW，小潮流多指向 NNW~N。

厂址南侧断面，V11 和 V12 垂线分层最大流速对应流向，大潮流，V11 垂线指向 ENE，V12 垂线多指向 ENE~E；中潮流，V11 和 V12 垂线最大流速对应流向多指向 W 和 E；小潮流，V11 垂线指向 W 和 NE~E，V12 垂线指向 E 和 WSW~W。

北关港水域，大、中、小潮流，V1 垂线分层最大流速对应流向多指向 SSW~SW；V3 垂线分层最大流速对应流向，大潮流指向 ENE，中潮流比较分散，指向 S~W，小潮流多指向 ENE 和 SSW。

沙埕港水域，大、中、小潮流，V2 和 V9 垂线分层最大流速对应流向多指向 SE 和 NW。

沿浦湾水域，大、中、小潮流，V10 垂线分层最大流速对应流向多指向 SE~SSE 和 NW~NNW。

d) 实测最大流速的垂向分布

冬、夏多数测站的实测最大流速的垂向分布总体上表现为上层(面层~0.4H 层)向中层(0.6H 层~0.8H 层)减小，而至底层最小。

e) 各水域实测最大流速的平面分布

冬季：在三个断面中，厂址北侧断面和厂址南侧断面，外海深水区垂线和近岸浅水区垂线的最大流速基本相当，如厂址断面，大、中、小潮流，V7 垂线分层最大流速在 0.27~0.62m/s 之间，V8 垂线分层最大流速在 0.31~0.63m/s 之间，相差不大；厂址南侧断面，大、中、小潮流，V11 垂线分层最大流速在 0.26~0.80m/s 之间，V12 垂线分层最大流速在 0.25~0.75m/s 之间，亦相差不大。而厂址断面，则表现为外海深水区的 V4 和 V6 垂线分层最大流速明显大于近岸 V5 垂线，如大、中、小潮流，V4 垂线分层最大流速在 0.28~0.64m/s 之间，V6 垂线分层最大流速在 0.24~0.59m/s 之间，而 V5 垂线分层最大流速在 0.20~0.44m/s 之间。另外，从大范围看，测区最大流速分布，总体上有着自东北向西南逐渐增大的趋势，如大潮流，测区东北的厂址北侧断面 V7 和 V8 垂线分层最大流速在 0.27~0.63m/s 之间，到厂址断面，V4、V5、V6 垂线分层最大流速在 0.20~0.64m/s 之间，至西南的厂址南侧断面，V11 和 V12 垂线分层最大流速在 0.25~0.80m/s 之间。

在其他三个局部水域，受其局地地形影响，各垂线最大流速分布又各具特点。在北关港，中潮流时，分层最大流速表现为北关港北口的 V3 垂线(0.50~0.85m/s)大于南

口 V1 垂线(0.46~0.56m/s)，而在大、小潮汛，V1 和 V3 垂线的分层最大流速互有大小，彼此相差不大。在沙埭港，湾口 V2 垂线分层最大流速大于湾内 V9 垂线，大、中、小潮汛，V2 垂线分层最大流速在 0.36~1.21m/s，V9 垂线分层最大流速在 0.27~1.20m/s 之间。沿浦湾是个缓流区，其中的 V10 垂线，大、中、小潮汛，其分层最大流速在 0.26~0.76m/s 之间，明显小于北关港和沙埭港。

夏季：厂址北侧断面，外海深水区垂线的最大流速略大于近岸浅水区垂线，大、中、小潮汛，V7 垂线分层最大流速在 0.25~0.67m/s 之间，V8 垂线分层最大流速在 0.22~0.86m/s 之间。

厂址断面，各垂线分层最大流速从外海深水区向近岸浅水区逐渐减小，其中外海深水区的 V4 和 V6 垂线分层最大流速明显大于近岸 V5 垂线。如大、中、小潮汛，V4 垂线分层最大流速在 0.38~0.82m/s 之间，V6 垂线分层最大流速在 0.35~0.69m/s 之间，而 V5 垂线分层最大流速在 0.19~0.38m/s 之间。

厂址南侧断面，大潮汛，近岸 V11 垂线分层最大流速(0.30~0.99m/s)略大于外海 V12 垂线(0.30~0.82m/s)，而中、小潮汛，外海 V12 垂线上表层(面层~0.4H 层)最大流速大于近岸 V11 垂线，中底层(0.6H 层~底层)最大流速则小于近岸 V11 垂线。

另外，从大范围看，测区最大流速分布，总体上测区东北略小于测区西南，如大潮汛，测区东北的厂址北侧断面 V7 和 V8 垂线分层最大流速在 0.22~0.86m/s 之间，测区西南的厂址南侧断面，V11 和 V12 垂线分层最大流速在 0.19~0.99m/s 之间；而中间的厂址断面则是最大流速最小的水域，大潮汛，V4、V5、V6 垂线分层最大流速在 0.19~0.82m/s 之间。

在其他三个局部水域，受其局地地形影响，各垂线最大流速分布又各具特点。

北关港，北关港南口 V1 垂线的分层最大流速(0.49~1.08m/s)大于北口 V3 垂线(0.32~0.74m/s)。沙埭港，湾内 V9 垂线分层最大流速(0.60~1.41m/s)大于湾口 V2 垂线(0.51~0.99m/s)。沿浦湾是个缓流区，其中的 V10 垂线，大、中、小潮汛其分层最大流速在 0.31~0.65m/s 之间，明显小于北关港和沙埭港。

f) 实测最大流速随潮汛的变化

冬季：除了北关港的 V3 垂线，最大涨、落潮流速，表现为中潮汛最大，大潮汛次之，小潮汛最小外；其余各水域各垂线的最大涨、落潮流速，随着潮汛的演变，总体上具有良好的变化规律，即大潮汛最大，中潮汛次之，小潮汛最小。

夏季：测区各水域各垂线的最大涨、落潮流速，随着潮汛的演变，总体上具有良好的变化规律，即大潮汛最大，中潮汛次之，小潮汛最小。

（5）余流

根据浙江省河海测绘院 2015 年厂址附近海域进行的冬、夏两季全潮海洋水文观测结果，工程区域冬、夏两季实测期间的垂向平均余流特征见表 2.5-3 和图 2.5-5。

- 余流流速：厂址附近海域各站的垂向平均余流流速中，冬季在 0.01~0.15m/s 之间，最小值出现在冬季中潮的 V2 站，最大值出现在冬季小潮的 V4 站；夏季在 0.03~0.21m/s 之间，最小值出现在夏季小潮的 V7 站和夏季大潮的 V3 站，最大值出现在夏季中潮的 V1 站。厂址附近海域夏季余流强度略大于冬季。
- 余流方向：冬季小潮期间外海测点的余流多为西南向，厂址近区测点 V5、V6 为西北向。大、中潮期间外海测点余流方向多为东北或西北向，V4 点大潮余流为东南向；沙埭港余流方向以北向为主；霞关作业区 V1 点余流为西南向。夏季在厂址北侧及外海各测点大潮多为东北向、中潮多为西南向，小潮期间，测区中各测点余流方向较为分散，主要为东北、东南和西北向。
- 垂向分布：整体呈由表层向底层逐渐减少的趋势。

（6）波浪

根据琵琶门站 1992~2006 年波浪观测资料统计，该海域波浪以混合浪为主，以出现次数计，风浪或以风浪为主的混合浪共占 30.4%，涌浪或以涌浪为主的混合浪共占 69.6%，即涌浪出现的频率远大于风浪，且方向基本出现在 ENE 向和 E 向。海区的常浪向为 E 向，次常浪向为 ENE 和 NE 向，出现频率分别为 81.0%、5.2%和 3.6%。强浪向为 ENE 向和 E 向，相应的最大波高分别为 6.7m 和 6.5m，分别发生在 1994 年 8 月 8 日 11 时和 14 时，时值 1994 第 14 号台风经过附近海域。

厂址开阔度及朝向与琵琶门波浪站有一定相似之处。根据厂址专用站为期一年的波浪观测统计结果：全年常浪向为 NE 向，频率为 15.58%，次常浪向为 E 向，频率为 13.32%；其季节变化为：四季中除了夏季外出现最多的均是 NE 向，频率以秋季最高，达 18.82%；次常浪向除了夏季外均以 ENE、E 出现，频率亦以秋季出现最高，达 16.35%；夏季常浪向为 E 向，频率占 12.5%，次常浪向为 S 向，频率占 10.6%。全年强浪向为 NE 向，实测最大波高为 4.9m，次强浪向为 ENE，实测最大波高为 4.7m；其季节变化为：春、秋、冬三个季节强浪向和次强浪向均在 NNE~ENE 之间，夏季强浪向出现在

E 向，最大波高为 3.2m，次强浪向为 N、NE 向，最大波高为 2.9m。全年平均周期介于 4.8~5.4s 之间；四季介于 4.5~5.5s，季节变化不明显。

(7) 水温

根据厂址专用站 2010 年 3 月至 2011 年 2 月的水温统计结果（见表 2.5-4），就瞬时水温而言，工程海域全年最高水温为 31.26℃（2010 年 9 月），最低水温为 6.06℃（2011 年 2 月）。就月平均水温而言，最高为 28.93℃（2010 年 9 月），最低为 7.38℃（2011 年 2 月）。厂址专用站海域由水温的日变化而产生的日较差因时而异，冬季的水温日较差较小，而夏季水温日较差较大。冬季（12~1 月）水温的日较差介于 0.07~1.32℃之间，平均为 0.45℃；夏季（7~9 月）水温的日较差介于 0.25~4.07℃之间，平均为 1.07℃。

三沙海洋站地理位置为 26°55'N，120°13'E，位于福建省霞浦县三沙镇五澳村（见图 2.5-2），该站海水温度观测始于 1959 年 10 月，三沙站距本工程约 42.3km，为厂址附近仅有的长期水温观测站。根据厂址专用站和三沙站 2010 年 3 月~2011 年 2 月的同期日平均表层水温序列，建立了两站的相关关系，可得厂址与三沙站海水温度相关方程为： $T_{\text{厂址}}=1.011 \times T_{\text{三沙}}-0.855$ ，相关系数 $R=0.9925$ 。可见，三沙站的观测资料与厂址专用站趋势一致、变化规律相似、资料相关性较好。

表 2.5-5 给出了三沙站 1960-2011 年多年表层水温月均值，以及根据相关关系推求得到厂址海域的多年平均水温值。由表中可知，三沙站的多年月均水温中，最高为 28.1℃（8 月），最低为 10.3℃（2 月），厂址处的月均水温最高和最低分别为 27.6℃（8 月）和 9.6℃（2 月）。

根据 2015 年全潮海洋水文测验结果（见表 2.5-6）可知：

- 水温特征值：冬季测区平均水温在 10.58~11.54℃，实测瞬时最低水温 10.42℃，实测瞬时最高水温 11.93℃，中潮水温最高，大潮次之，小潮最低；夏季测区平均水温在 26.62~29.09℃，实测瞬时最低水温 25.44℃，实测瞬时最高水温 30.13℃，大潮水温最高，中潮次之，小潮最低。
- 水温平面分布：冬季测区表现为水温从外海向近岸增加，由东北方向沿着岸线向西南方向增加；夏季测区表现为近岸三个水域（霞关作业区、沙埕港、沿浦湾）的水温略高于外海三个断面（厂址北侧断面、厂址断面、厂址南侧断面）。
- 水温垂向分布：冬季各站水温的垂向分布中，总体上，水温从表层随着水深增加而增加，即下底层水温略高于上、表层。夏季各站水温的垂向分布中，均呈

现表层高、底层低的趋势。

（8）盐度

根据厂址专用站 2010 年 3 月至 2011 年 2 月的盐度统计结果（见表 2.5-7），就瞬时盐度而言，工程海域全年最高盐度为 34.38‰（2010 年 8 月），最低盐度为 21.22‰（2010 年 6 月）。就月平均盐度而言，最高为 32.55‰（2010 年 8 月），最低为 24.32‰（2010 年 5 月）。本海域冬季盐度低、分布又比较均匀，盐度的日较差为全年最小，仅在 0.02~1.76‰之间，平均约为 0.40‰；春季盐度的日较差增大，介于 0.21~4.21‰之间，平均约为 1.32‰；夏季盐度的日较差介于 0.13~4.74‰之间，平均约为 1.22‰；秋季盐度的日较差介于 0.09~1.41‰之间，平均约为 0.74‰。

根据 2015 年全潮海洋水文测验结果（见表 2.5-8）可知：

- 盐度特征值：2015 年冬季测次各垂线的平均盐度在 26.098~27.608‰之间，施测瞬时最低盐度为 25.964‰，施测瞬时最高盐度为 28.254‰，各垂线盐度随大、中、小潮逐渐减小。夏季测次各垂线的平均盐度在 29.629~33.256‰之间，施测瞬时最低盐度为 24.739‰，施测瞬时最高盐度为 33.996‰，除 V9 和 V10 垂线外其余垂线的垂线平均盐度随着大、中、小潮逐渐减小。
- 平面分布：冬季在东西方向，测区盐度由外海向近岸减小，南北方向，测区盐度由东北向西南逐渐增加；夏季测区盐度呈现为三个外海断面(厂址北侧断面、厂址断面、厂址南侧断面)的盐度，高于近岸三个水域(霞关作业区、沙埕港、沿浦湾)的盐度。
- 垂向分布：冬季和夏季均曾呈现底层盐度高于上层盐度。

（9）含沙量

根据 2015 年冬夏两季的全潮水文测验资料：

厂址附近海域冬季各站垂线平均含沙量在 0.019~0.322kg/m³ 之间，最大值为中潮期间的 V6 站。含沙量随潮期的演变，大潮、中潮和小潮期间的各站垂线平均含沙量在分别在 0.02~0.244kg/m³、0.023~0.322kg/m³ 和 0.019~0.3kg/m³ 之间；全潮平均含沙量在 0.055~0.135 kg/m³ 之间，最大值为霞关作业区的 V1 站。

厂址附近海域夏季各站垂线平均含沙量在 0.001~0.76kg/m³ 之间，最大值为大潮期间的 V2 站。含沙量随潮期的演变，大潮、中潮和小潮期间的各站垂线平均含沙量在分别在 0.004~0.76 kg/m³、0.003~0.33kg/m³ 和 0.001~0.321kg/m³ 之间；全潮平均含沙量

在 $0.01\sim 0.184\text{ kg/m}^3$ 之间，最大值为沙埕港的 V9 站。

从整个测区范围来看，总体上测量期间含沙量的分布有如下特征：

- 外海含沙量小于近岸含沙量；
- 自东北向西南，冬季含沙量呈现逐渐增大的趋势，夏季中间的厂址断面含沙量大于南北边界的厂址南侧断面和厂址北侧断面；
- 近岸三个水域中，冬季霞关作业区水域是整个测区含沙量最高的水域，且近岸各水域的含沙量，从霞关作业区水域向东北和西南两个方向而减小；夏季沙埕港水域的含沙量大于沿浦湾和霞关作业区。

局地的含沙量主要受当地的地形（水深）、海流、海床地质以及波浪（特别是大风天气下）等因素影响。

浙江沿海含沙量分布存在明显的季节性差异，冬季盛行北风向，长江入海泥沙主要通过江浙沿岸流向南输送，含沙量相对较高，夏季台湾暖流向北，含沙量相对较低。对工程区域短期地形有直接影响的本地泥沙主要在波浪作用下被卷扬，并受波流作用以及地形的影响向不同方向运移、扩散、沉降，造成工程区短期内泥沙的输移。

（10）悬沙及底质

2015 年冬夏季全潮水文测验期间的各垂线潮流悬沙中值粒径，冬季在 $0.0052\sim 0.0084\text{mm}$ 之间，夏季在 $0.0049\sim 0.0111\text{mm}$ 之间，绝大部分属于极细粉砂，少部分属于细粉砂。从悬沙中值粒径随潮期的演变看，冬夏两季各垂线的悬沙中值粒径在大、中、小潮期总体相差并不大。

2015 年冬夏两季全潮水文测验期间的各垂线的底质中值粒径，冬季在 $0.0060\sim 0.0086\text{mm}$ 之间，夏季在 $0.0054\sim 0.0084\text{mm}$ 之间，均属极细粉砂和细粉砂范畴。冬季粉砂含量最多（平均 68.3%），其次为粘土（平均 29.6%），砂组分含量最小（平均 2.1%）；夏季粉砂含量最多（平均 67.0%），其次为粘土（平均 31.3%），砂组分含量最小（平均 1.7%）。底质类型为粘土质粉砂。

（11）岸滩稳定性

厂址区低山丘陵以及沿海岛屿大多数为晚侏罗纪火山-沉积岩及燕山期侵入岩构成，海域主要为基岩海岸，岸线突出且基本稳定；海域内沉积的物质来源主要为湾内陆源物质和湾外沿岸流挟带的物质，其中河流对的冲淤造床作用微弱，沿岸流的现代沉积是主要的造床物质。

（a）岸线稳定性

厂址附近海域 1986 年、2005 年和 2010 年的岸线基本稳定，没有明显移动，变化以近年来的围塘养殖等形成的人工岸线为主。北侧大渔湾岸线基本稳定，近代动态变化主要表现为潮滩和水下浅滩的淤积，平均速率分别为 2~4cm/a 和 1~2cm/a；霞关作业区、沿浦湾及附近的淤泥质海岸线主要表现为潮滩的缓慢外推，平均沉积速率为 2cm/a，受围垦的影响岸线外移在 0.5~0.6km；厂区所在基本为基岩海岸，受开敞海区波浪冲蚀作用，其淤积现象及围筑活动较少，岸线基本稳定。

（b）区域海域稳定性

厂址附近海域人类活动较少，海床基本为自然冲淤变化。图 2.5-6 和图 2.5-7 给出厂址附近海域 1986~2003 年、2003~2010、2010~2016 年以及 1986~2016 年的冲淤情况。从近 30 年冲淤演变来看，工程区域海床相对稳定，2003 年以前工程海域大面以微淤为主，2003 年以后转为以冲刷为主，工程区域近岸水下浅滩以微冲为主，岛屿掩护区有所淤积。

根据 1986~2003 年冲淤图可知，开敞海区的水下浅滩以及北关岛、南关岛以内的北关港海域海床比较稳定，略有淤积，厚度约 0.5m，平均淤积速率约 2.5cm/a；近岸区域冲淤变化较为明显，其中电厂外侧以冲刷为主，尤以深潭所在区域冲刷较为明显约 1m 左右的冲刷，年均冲刷约为 6cm。南部北关港区域岛屿及陆地均为基岩海岸，周围又无大径流注入，陆源物质较少，因此该区域沉积物只可能从之外的海域由潮流带入。港内受周围岛屿的屏蔽整体流速较小，为流影区，由潮流所携带泥沙容易在此堆积，造成该海域极缓慢的淤积。关头至园屿尾海域除存在几个较小的湾岬之外主要是开敞的海域，水下岸滩广阔。该区域波浪作用较强，近岸及水下浅滩的细颗粒泥沙容易在波浪作用下被卷扬并在潮流作用下输移，潮滩难以发育，海床稳定。

根据 2003~2010 年冲淤图可知，近十年内，开敞海区的水下浅滩以及北关岛、南关岛以内的北关港海域海床比较稳定，略有冲刷，冲刷厚度约 0.5m，近岸的湾澳内有所淤积；电厂所在的位置岛屿众多，地形较为复杂，紧靠电厂区域有所冲刷，其南侧草屿和弹棉屿之间的潮流冲刷通道三岔港有所冲刷，刷深 2m 左右。

根据 2010~2016 年海域冲淤变化图可以发现，总体而言，整个海域海床较为稳定，延续着 2003~2010 年期间的冲刷态势，整个海域的近岸水下浅滩仍以冲刷为主，仅在北关岛南侧海域以及东北侧的外海海域略有淤积。其中，北关港海域近岸水下浅滩冲

刷厚度在 0.5m 以内；电厂所在位置外侧海域冲淤并存，其中深槽附近冲刷为主，幅度在 1m 以内；弹棉屿和草屿等岛屿周边由于地形坡度变缓，水深变浅，局部海床略有淤积，幅度在 0.5m 以内。

根据 1986~2016 年近 30 年冲淤状况图所示，研究区域大面冲、淤并存，且变幅在 0.5m 以内，基本稳定。从局部区域而言，电厂附近的近岸、叭头岬角以及潮流通道的冲淤幅度较大，可达到 3~5m，主要是两年测图比例尺的差别造成。总体而言，从近 30 年冲淤演变来看，工程区域海床相对稳定，2003 年以前工程海域大面以微淤为主，2003 年以后转为以冲刷为主，工程区域近岸水下浅滩以微冲为主，岛屿掩护区有所淤积。

综上，厂区所在海域主要为基岩海岸，岸线突出，岸线基本稳定；近 30 年来工程海域海床有冲有淤，海床相对稳定。由于本工程建设导致的岸线变化仅局限于厂址附近小范围近岸海域，对大范围海域的岸滩稳定性无显著影响。

2.5.2 地下水

(1) 厂址附近范围的水文地质单元及地下水流向

厂址附近区域内分水岭总体上呈“┣”字形，上、下分别为库下~兰滩水文地质单元和南坪~长沙水文地质单元，东侧为大垄~小槽水文地质单元，三个水文地质单元之间相互独立，形成各自补给、径流、排泄系统。

- 库下~兰滩水文地质单元：该单元北侧主分水岭以“坝头~王家边~大垄村”山脊为界、东侧以“大垄~陈厝~大坑内~大坪”为界，南侧以“大坪~岭头坪~新林~指甲”，西侧以“指甲~牛运村~斗门头村”为界，即单元内三面环山汇水，水流经西北侧斗门头村流出后注水大海。
- 南坪~长沙水文地质单元：该水文地质单元北侧主分水岭以“大坪~岭头坪~新林~指甲”一线、东侧至“岗头尾”、西侧为“指甲~观音尖~菜架~吾义顶”山脊为主分水岭，即：东西有界、北高南低、南侧临海，地下水自北向南汇流后直接注入大海。
- 大垄~小槽水文地质单元：以北、西侧以“大垄~陈厝~大坑内~大坪~岗头尾”一线山脊为主分水岭，地势总体上北高南低，西高东低，东面直接临海，区域内地下水总体呈向东流的趋势。三澳核电厂 1、2 号机组厂区主要位于该水文地质单元内。

（2）地下水类型及其补给、径流、排泄方式

根据地下水的赋存条件、水力特征及埋藏条件，本区地下水类型可分为第四系松散岩类孔隙潜水和基岩类孔隙裂隙水。

（a）第四系松散岩类孔隙潜水

根据岩性和岩相不同，第四系松散岩类孔隙潜水含水层具体可划分为四个亚类：全新统海积层（ Q_4^m ）、全新统冲海积层（ Q_4^{al-m} ）、全新统冲洪积层（ Q_4^{al-pl} ）和第四系残坡积层（ Q^{el-dl} ）。

- 全新统海积层（ Q_4^m ）：岩性主要为淤泥质粉质粘土、粉质粘土层，厚度约为 5~20m，近山前趋薄，近海变厚，总体上含水层透水性差，属微透水层。地下水接受大气降水补给和地表水体的下渗补给，蒸发是其主要排泄方式。该含水层无民井开采记录。
- 全新统冲海积层（ Q_4^{al-m} ）：岩性主要为粉细砂、砾石、块石层，含水层厚度约为 5~10m，均匀性较好，透水性佳。该潜水主要接受上游沟谷来水和海水灌渗补给，向大海一侧径流，向大海渗流是其主要排泄方式。渗透系数为 $1.9 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 。该含水层无民井开采记录。
- 全新统洪积层（ Q_4^{al-pl} ）：岩性以含粘性土碎石、卵砾石为主，含水层厚度一般为 3~5m，向沟谷源头渐趋薄。含水层主要接受大气降水补给，与地表水体水力联系密切，丰水期部分接受地表水体补给，向下游渗流和泉点出露地表是本含水层的主要排泄方式。渗透系数为 $3.82 \times 10^{-5} \sim 4.28 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 。该含水层水质较好，水量贫乏，民井单井涌水量 5t/d 左右，民井多分布与此层。
- 第四系残坡积层（ Q^{el-dl} ）：岩性为褐红色、褐黄色可~硬塑状含砾粉质粘土、粉质粘土，透水性弱，一般分布于山前坡麓边缘，多呈小范围的带状分布，厚度 2~5m 不等。含水层主要接受大气降水补给，向下部风化基岩下渗和下游侧向渗流排泄。渗透系数为 $5.32 \times 10^{-4} \sim 4.58 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 。该含水层水质属淡水，水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。

（b）基岩类孔隙裂隙水

基岩类孔隙裂隙水的含水层根据其赋存方式可划分为风化裂隙水含水层和构造裂隙水含水层两类。

- 基岩风化裂隙水：赋存于上部基岩风化层中，含水层主要接受大气降水入渗补

给，在地势低洼沟谷处，接受上部第四系松散岩类孔隙潜水的下渗补给，以下降泉的方式向地表排泄。该含水层水量极贫乏，民井单井涌水量小于 5t/d，在南坪村和长沙村一带水量为贫乏，民井单井涌水量可达 5~10t/d。

- 基岩构造裂隙水：赋存于深部基岩构造裂隙中，地下水以脉状形式赋存，均匀性差。含水层接受上部风化裂隙水和第四系松散岩类潜水补给为主，泉点是其主要排泄方式。调查区基岩构造裂水含水层水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。

(3) 厂址半径 5km 范围内的地下水利用情况

厂址半径 5km 范围内的地下水利用以民井为主，表 2.5-9 给出了民井调查情况。井水主要用途为清洗紫菜、少量饮用。各水文地质单元内的民井主要特征如下：

- 库下~兰滩水文地质单元：民井深度一般小于 5m，水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。
- 南坪~长沙水文地质单元：民井深度一般 4~8m，水量贫乏，单井涌水量一般 5~10t/d。
- 大垄~小槽水文地质单元：民井深度一般小于 5m，水量极贫乏，单井涌水量一般小于 5t/d。

厂址区没有大型河流和水库等地表水体。厂坪开挖后，第四系地层均被剥除，松散岩类孔隙水不复存在，上部节理裂隙较发育的强风化、中风化层也被挖除，厂坪以下为基岩。由于厂址位于大垄~小槽水文地质单元的地下水流向通道的下游，预测厂坪后，不会对区域内其他用户造成显著影响。厂坪开挖后，地下水的迁移途径变更为：大气降水补给人工回填层孔隙水，排泄入海，在基岩区大气降水直接转变为地表径流，通过厂区排水系统排泄入海。

(4) 厂址及其附近基岩的岩石类型、岩性特征及风化情况

厂址附近区地层主要为白垩系石帽山群熔结凝灰岩、燕山晚期侵入的细粒钾长花岗岩和玄武安山岩。各岩层特征描述如下：

①白垩系石帽山群晶屑熔结凝灰岩：熔结凝灰结构，块状构造。主要由火山碎屑组成，多见长石、石英晶粒，呈等粒~细粒结构，岩质坚硬。广泛分布厂区及北部地区。

②细粒钾长花岗斑岩：细粒花岗斑状结构，块状构造。岩石中的斑晶主要为石英和钾长石，少量斜长石，岩质坚硬。主要分布于北部大垄村~澄海村兰滩一带。

③玄武安山岩：块状构造。主要由辉石和基性斜长石组成，岩石空隙中被后期硅质充填。主要分布于主厂区。

厂址位于大垄~小槽水文地质单元，主厂区地基主要由两大部分组成：第四系土层和基岩组成，基岩主要为白垩纪石帽山群晶屑熔结凝灰岩，局部为花岗斑岩和安山岩岩脉。主厂区内第四系地层厚度总体较薄，凝灰岩风化程度为中等、微~未风化，花岗斑岩和安山岩的风化程度为微风化。

根据实验得到基岩各风化层的渗透系数为：全风化层 $4.95 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，强风化层为 $2.42 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，中风化层为 $3.19 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，微风化层为 $1.64 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，均属若透水。

核岛部位的强风化层厚度小于 5m，中等风化层厚度为 5~25m。常规岛部位的强风化层厚度小于 15m。

2.5.3 洪水

根据《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）和《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）的要求，设计基准洪水位考虑可能最大风暴潮增水、10%超越概率的天文高潮位组合，及可能最大风暴潮相应的波浪影响。根据计算分析，厂址设计基准洪水位（DBF）为 8.80m。三澳核电厂 1、2 号机组拟定的厂坪标高为 17.50m，远高于海域洪水水位。

表 2.5-1 2015 年全潮海洋水文测验期间潮汐特征统计

(1) 冬季各潮位站同步实测潮汐特征统计

单位：m

站位	潮位(1985 国家高程)					潮差			涨落潮历时	
	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	平均潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
洞头	3.20	-3.12	2.29	-1.80	0.21	6.32	2.29	4.09	6:18	6:07
南麂岛	3.22	-3.17	2.21	-1.78	0.21	6.22	2.27	3.99	6:10	6:15
石坪	3.36	-3.36	2.36	-1.89	0.26	6.56	2.41	4.25	6:05	6:20
赤溪	3.42	-3.38	2.38	-2.02	0.21	6.68	2.63	4.39	6:01	6:24
厂址	3.41	-3.43	2.38	-1.98	0.23	6.70	2.54	4.36	6:07	6:18
沙埕	3.34	-3.45	2.34	-1.99	0.21	6.66	2.54	4.33	6:10	6:15
三沙	3.42	-3.66	2.45	-2.16	0.21	7.01	2.68	4.61	6:04	6:21
閘峡	3.35	-3.45	2.35	-2.00	0.21	6.65	2.55	4.34	6:07	6:17

(2) 夏季各潮位站同步实测潮汐特征的统计

单位：m

站位	潮位(1985 国家高程)					潮差			涨落潮历时	
	最高潮位	最低潮位	平均高潮位	平均低潮位	平均潮位	最大潮差	最小潮差	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
洞头	3.57	-2.89	2.58	-1.68	0.48	6.46	2.13	4.26	6:13	6:12
南麂岛	3.39	-2.66	2.47	-1.52	0.50	6.05	2.03	3.99	6:12	6:13
石坪	3.59	-2.97	2.62	-1.72	0.50	6.56	2.23	4.34	6:08	6:17
赤溪	3.66	-2.96	2.67	-1.76	0.50	6.62	2.32	4.42	6:10	6:14
厂址	3.61	-2.89	2.66	-1.72	0.50	6.50	2.40	4.38	6:10	6:15
沙埕	3.60	-3.02	2.68	-1.75	0.50	6.62	2.40	4.42	6:17	6:08
三沙	3.63	-2.97	2.72	-1.78	0.52	6.60	2.48	4.51	6:06	6:19
閘峡	3.75	-3.09	2.82	-1.85	0.52	6.84	2.68	4.67	6:09	6:16

表 2.5-2（1/3）实测垂线平均最大流速（流向）的统计（2015 年）

（1）冬季

水域	垂线	大 潮		中 潮		小 潮	
		流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
厂址北 侧断面	V7	0.56	86	0.48	59	0.32	224
	V8	0.54	78	0.44	91	0.32	226
厂址断面	V4	0.55	93	0.51	72	0.43	235
	V5	0.28	234	0.27	223	0.25	174
	V6	0.53	341	0.52	343	0.32	213
厂址南 侧断面	V11	0.64	70	0.56	264	0.43	252
	V12	0.62	90	0.56	279	0.37	255
霞关作业区	V1	0.58	203	0.48	208	0.52	205
	V3	0.52	61	0.77	63	0.52	49
沙埭港	V2	1.06	149	0.98	156	0.63	296
	V9	0.91	157	0.82	160	0.49	156
沿浦湾	V10	0.65	330	0.56	329	0.26	122

（2）夏季

水域	垂线	大 潮		中 潮		小 潮	
		流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)	流速(m/s)	流向(°)
厂址北 侧断面	V7	0.56	360	0.43	249	0.45	26
	V8	0.57	38	0.48	234	0.36	261
厂址断面	V4	0.62	55	0.54	234	0.42	235
	V5	0.23	245	0.22	11	0.31	207
	V6	0.57	351	0.52	207	0.51	356
厂址南 侧断面	V11	0.70	67	0.57	264	0.45	70
	V12	0.58	75	0.54	265	0.46	256
霞关作业区	V1	0.71	213	0.65	212	0.88	215
	V3	0.68	65	0.44	228	0.57	60
沙埭港	V2	0.72	158	0.91	149	0.68	150
	V9	0.99	330	0.92	330	0.72	327
沿浦湾	V10	0.52	142	0.47	134	0.46	143

表 2.5-2（2/3）实测垂线平均最大流速（流向）的统计（2015 年）

各测站各垂线分层最大流速及相应流向统计

冬季大潮

水 域	垂线	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)
厂址北 侧断面	V7	0.60	89	0.60	87	0.61	86	0.61	85	0.49	83	0.42	88
	V8	0.63	81	0.62	80	0.56	78	0.53	78	0.50	75	0.41	77
厂址断面	V4	0.62	82	0.64	89	0.63	89	0.61	91	0.50	82	0.42	300
	V5	0.38	259	0.32	262	0.27	231	0.27	234	0.30	241	0.26	244
	V6	0.59	342	0.59	343	0.59	343	0.54	341	0.53	333	0.45	335
厂址南 侧断面	V11	0.80	74	0.75	73	0.73	68	0.64	73	0.55	69	0.39	266
	V12	0.75	94	0.72	92	0.69	274	0.67	285	0.63	283	0.45	86
北关港	V1	0.59	201	0.57	201	0.58	204	0.58	204	0.61	201	0.55	206
	V3	0.60	73	0.58	69	0.60	92	0.56	90	0.52	226	0.45	14
沙埭港	V2	1.06	127	1.21	148	1.19	149	1.14	153	1.02	156	0.78	147
	V9	1.20	163	1.07	160	1.00	158	0.92	158	0.83	163	0.59	163
沿浦湾	V10	0.76	329	0.75	334	0.64	322	0.66	333	0.62	321	0.51	321

冬季中潮

水 域	垂线	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)
厂址北 侧断面	V7	0.49	74	0.48	75	0.46	65	0.55	59	0.62	52	0.50	51
	V8	0.53	95	0.52	93	0.46	94	0.43	95	0.40	87	0.31	74
厂址断面	V4	0.60	251	0.58	258	0.55	258	0.52	69	0.47	61	0.37	5
	V5	0.44	239	0.37	241	0.31	229	0.27	226	0.28	227	0.20	54
	V6	0.55	339	0.55	339	0.54	350	0.52	349	0.49	339	0.46	333
厂址南 侧断面	V11	0.67	270	0.66	271	0.63	72	0.56	67	0.50	260	0.35	264
	V12	0.62	268	0.60	278	0.60	272	0.60	283	0.53	272	0.36	277
北关港	V1	0.53	219	0.56	212	0.50	214	0.52	206	0.48	221	0.46	224
	V3	0.85	61	0.83	61	0.79	63	0.82	63	0.77	59	0.50	62
沙埭港	V2	1.11	155	1.06	154	1.03	155	0.99	156	0.94	157	0.66	170
	V9	0.99	163	0.96	161	0.90	157	0.80	161	0.76	169	0.56	166
沿浦湾	V10	0.62	331	0.58	335	0.57	331	0.59	328	0.54	323	0.45	309

表 2.5-2（2/3）实测垂线平均最大流速（流向）的统计（2015 年）

各测站各垂线分层最大流速及相应流向统计

冬季小潮

水 域	垂线	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)
厂址北 侧断面	V7	0.32	233	0.33	227	0.35	237	0.34	225	0.33	201	0.27	72
	V8	0.35	249	0.35	236	0.35	230	0.34	229	0.32	117	0.35	166
厂址断面	V4	0.53	240	0.57	235	0.53	234	0.42	219	0.38	259	0.28	52
	V5	0.24	176	0.24	176	0.27	184	0.27	180	0.26	7	0.27	171
	V6	0.38	229	0.37	229	0.35	206	0.36	349	0.30	54	0.24	209
厂址南 侧断面	V11	0.48	255	0.47	253	0.48	254	0.46	250	0.38	244	0.26	196
	V12	0.47	256	0.43	250	0.41	257	0.41	258	0.39	275	0.25	265
北关港	V1	0.57	204	0.57	205	0.59	207	0.52	204	0.47	199	0.36	219
	V3	0.53	35	0.58	39	0.59	50	0.63	56	0.59	52	0.24	38
沙埭港	V2	0.72	146	0.68	142	0.66	152	0.75	299	0.65	299	0.36	159
	V9	0.66	161	0.64	162	0.54	156	0.52	150	0.50	327	0.27	161
沿浦湾	V10	0.32	347	0.31	353	0.28	328	0.29	127	0.26	135	0.33	136

表 2.5-2（3/3）实测垂线平均最大流速（流向）的统计（2015 年）
各垂线分层最大流速及相应流向统计（2015 年）

夏季大潮

水 域	垂线	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)
厂址北 侧断面	V7	0.64	3	0.63	4	0.62	0	0.61	0	0.51	354	0.34	334
	V8	0.75	48	0.74	51	0.67	48	0.58	342	0.50	355	0.36	13
厂址断面	V4	0.82	32	0.80	34	0.75	59	0.69	346	0.54	342	0.40	295
	V5	0.35	78	0.35	81	0.28	249	0.27	244	0.29	244	0.20	242
	V6	0.64	225	0.63	223	0.58	359	0.60	352	0.60	346	0.48	339
厂址南 侧断面	V11	0.99	72	0.97	71	0.82	72	0.63	62	0.54	65	0.30	60
	V12	0.82	71	0.80	72	0.63	91	0.60	87	0.49	71	0.30	297
北关港	V1	0.81	211	0.79	211	0.76	211	0.72	213	0.63	217	0.54	218
	V3	0.74	65	0.73	65	0.71	65	0.73	65	0.64	64	0.55	63
沙埭港	V2	0.98	155	0.96	158	0.82	158	0.78	160	0.69	350	0.54	354
	V9	1.41	145	1.31	147	1.11	325	1.20	321	1.07	315	0.67	328
沿浦湾	V10	0.65	153	0.64	153	0.62	323	0.62	318	0.50	320	0.31	140

夏季中潮

水 域	垂线	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)
厂址北 侧断面	V7	0.67	205	0.66	208	0.50	249	0.46	95	0.33	344	0.25	47
	V8	0.86	231	0.77	242	0.63	253	0.60	236	0.44	221	0.22	332
厂址断面	V4	0.70	227	0.63	230	0.68	228	0.62	247	0.46	239	0.38	229
	V5	0.38	249	0.37	252	0.23	14	0.25	2	0.26	4	0.19	341
	V6	0.69	220	0.68	221	0.65	217	0.58	200	0.46	196	0.35	255
厂址南 侧断面	V11	0.82	272	0.80	271	0.65	270	0.61	79	0.52	80	0.26	53
	V12	0.96	259	0.91	263	0.70	270	0.56	94	0.47	90	0.19	95
北关港	V1	0.78	206	0.74	207	0.73	206	0.65	212	0.63	213	0.56	217
	V3	0.54	186	0.51	195	0.51	212	0.52	239	0.58	262	0.33	274
沙埭港	V2	0.95	146	0.95	147	0.99	147	0.98	149	0.90	148	0.70	147
	V9	1.19	142	1.07	145	1.04	326	1.04	317	0.91	317	0.76	331
沿浦湾	V10	0.52	147	0.51	146	0.58	322	0.51	128	0.44	115	0.36	132

表 2.5-2（3/3）实测垂线平均最大流速（流向）的统计（2015 年）

各垂线分层最大流速及相应流向统计（2015 年）

夏季小潮

水 域	垂线	分 层											
		面层		0.2H 层		0.4H 层		0.6H 层		0.8H 层		底层	
		流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)	流速 (m/s)	流向 (°)
厂址北 侧断面	V7	0.46	37	0.44	35	0.49	12	0.54	23	0.51	15	0.35	3
	V8	0.69	220	0.58	179	0.43	266	0.48	92	0.50	21	0.31	80
厂址断面	V4	0.76	229	0.66	240	0.41	62	0.41	76	0.55	54	0.48	73
	V5	0.38	208	0.36	210	0.32	213	0.30	199	0.29	212	0.24	206
	V6	0.65	348	0.58	339	0.58	339	0.54	358	0.52	357	0.35	346
厂址南 侧断面	V11	0.58	261	0.55	263	0.50	57	0.58	75	0.66	86	0.44	80
	V12	0.72	251	0.72	254	0.55	268	0.48	88	0.62	95	0.29	89
北关港	V1	1.08	214	1.03	212	0.94	214	0.90	215	0.77	220	0.49	226
	V3	0.73	193	0.67	195	0.60	61	0.64	62	0.57	60	0.32	272
沙埭港	V2	0.84	146	0.83	148	0.78	154	0.72	288	0.70	289	0.51	162
	V9	0.98	145	0.91	147	0.83	327	0.84	317	0.80	321	0.60	333
沿浦湾	V10	0.51	158	0.49	156	0.52	149	0.55	327	0.48	329	0.32	333

表 2.5-3 厂址附近海域各站垂线平均余流流速、流向统计表（2015 年）

单位：流速（m/s），流向（°）

位置	垂线号	潮型	冬季		夏季	
			流速	流向	流速	流向
厂址北 侧断面	V7	大	0.07	55	0.14	29
		中	0.08	37	0.07	216
		小	0.08	223	0.03	1
	V8	大	0.02	83	0.15	41
		中	0.02	101	0.18	220
		小	0.10	199	0.06	216
厂址断面	V4	大	0.03	118	0.20	31
		中	0.02	216	0.17	203
		小	0.15	211	0.06	222
	V5	大	0.06	266	0.05	273
		中	0.08	247	0.05	301
		小	0.04	290	0.06	242
	V6	大	0.14	351	0.13	329
		中	0.13	348	0.12	241
		小	0.06	287	0.11	316
厂址南 侧断面	V11	大	0.04	349	0.10	47
		中	0.03	345	0.06	300
		小	0.07	244	0.06	354
	V12	大	0.02	355	0.11	29
		中	0.03	299	0.11	255
		小	0.06	233	0.08	280
霞关作业区	V1	大	0.07	199	0.06	229
		中	0.06	191	0.21	210
		小	0.08	206	0.15	202
	V3	大	0.04	194	0.03	150
		中	0.02	95	0.07	225
		小	0.02	52	0.06	171
沙埕港	V2	大	0.03	40	0.06	353
		中	0.01	253	0.04	16
		小	0.03	3	0.05	355
	V9	大	0.03	165	0.08	353
		中	0.03	165	0.07	354
		小	0.02	313	0.05	355
沿浦湾	V10	大	0.06	346	0.09	289
		中	0.06	17	0.06	319
		小	0.02	57	0.04	19

表 2.5-4 2010 年 3 月至 2011 年 2 月厂址专用站水温月特征值统计表

单位：℃

日期	最高值	最低值	平均值
2010 年 3 月	13.47	10.28	11.75
4 月	15.90	12.04	13.57
5 月	22.16	14.97	18.59
6 月	24.33	20.71	22.14
7 月	28.87	22.92	25.30
8 月	30.18	23.18	27.34
9 月	31.26	25.10	28.93
10 月	25.49	17.59	22.44
11 月	18.13	15.82	17.12
12 月	16.85	11.83	14.63
2011 年 1 月	12.81	6.16	8.44
2 月	9.32	6.06	7.38

表 2.5-5 三沙站和厂址水温多年平均月均值（℃）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
三沙	11.3	10.3	11.8	15.3	20.4	24.5	27.2	28.1	27.3	23.1	18.8	14.2
厂址	10.6	9.6	11.1	14.6	19.8	23.9	26.6	27.6	26.7	22.5	18.2	13.5

表 2.5-6 全潮水文测验期间水温统计值（2015 年）（单位：℃）

水域	测次		冬季			夏季		
	垂线号	项目	大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮
厂址北侧断面	V7	瞬时最高水温	11.20	11.29	10.73	28.26	29.56	30.13
		瞬时最低水温	10.74	10.61	10.42	26.84	27.45	27.79
		平均水温	10.93	10.87	10.58	27.57	28.48	28.82
	V8	瞬时最高水温	11.35	11.32	10.80	27.85	29.36	30.03
		瞬时最低水温	10.69	10.65	10.49	26.43	27.04	27.59
		平均水温	10.95	10.95	10.65	27.16	28.16	28.63
厂址断面	V4	瞬时最高水温	11.28	11.25	11.29	27.84	29.17	29.51
		瞬时最低水温	10.83	10.88	10.47	25.44	26.75	26.69
		平均水温	11.03	11.04	10.89	26.62	27.77	28.26
	V5	瞬时最高水温	11.27	11.26	11.15	28.08	29.17	29.92
		瞬时最低水温	10.93	10.75	10.63	26.41	27.95	28.38
		平均水温	11.04	11.06	10.94	27.31	28.47	29.09
	V6	瞬时最高水温	11.11	11.25	10.98	27.91	28.89	29.54
		瞬时最低水温	10.93	10.96	10.45	26.07	27.59	27.76
		平均水温	11.01	11.10	10.78	27.01	28.24	28.83
厂址南侧断面	V11	瞬时最高水温	11.32	11.35	10.93	28.64	28.48	29.09
		瞬时最低水温	10.80	10.83	10.48	26.6	27.05	27.95
		平均水温	10.93	11.06	10.68	27.47	27.82	28.61
	V12	瞬时最高水温	11.45	11.38	10.85	28.29	28.66	29.06
		瞬时最低水温	10.75	10.92	10.45	26.21	26.6	27.55
		平均水温	10.93	11.08	10.60	27.44	27.73	28.42
霞关作业区	V1	瞬时最高水温	11.36	11.69	11.59	27.85	28.65	29.08
		瞬时最低水温	10.96	10.97	10.94	26.41	27.48	28.38
		平均水温	11.08	11.19	11.18	27.34	28.21	28.78
	V3	瞬时最高水温	11.36	11.17	11.08	27.69	28.96	29.65
		瞬时最低水温	10.96	10.85	10.75	26.38	27.64	27.91
		平均水温	11.08	11.03	10.91	27.3	28.36	28.89
沙埭港	V2	瞬时最高水温	11.21	11.38	11.62	28.22	28.24	29
		瞬时最低水温	10.85	10.96	11.38	26.57	27.32	28.24
		平均水温	11.03	11.13	11.49	27.43	27.71	28.63
	V9	瞬时最高水温	11.44	11.80	11.67	28.54	28.17	29.28
		瞬时最低水温	10.96	11.13	11.40	27.14	27.47	27.89
		平均水温	11.23	11.48	11.54	27.52	27.71	28.6
沿浦湾	V10	瞬时最高水温	11.71	11.93	11.67	28.84	28.33	29.17
		瞬时最低水温	10.98	10.89	11.30	27.22	27.29	28.07
		平均水温	11.23	11.32	11.45	27.62	27.69	28.62

表 2.5-7 2010 年 3 月至 2011 年 2 月厂址专用站盐度月特征值统计表

单位：‰

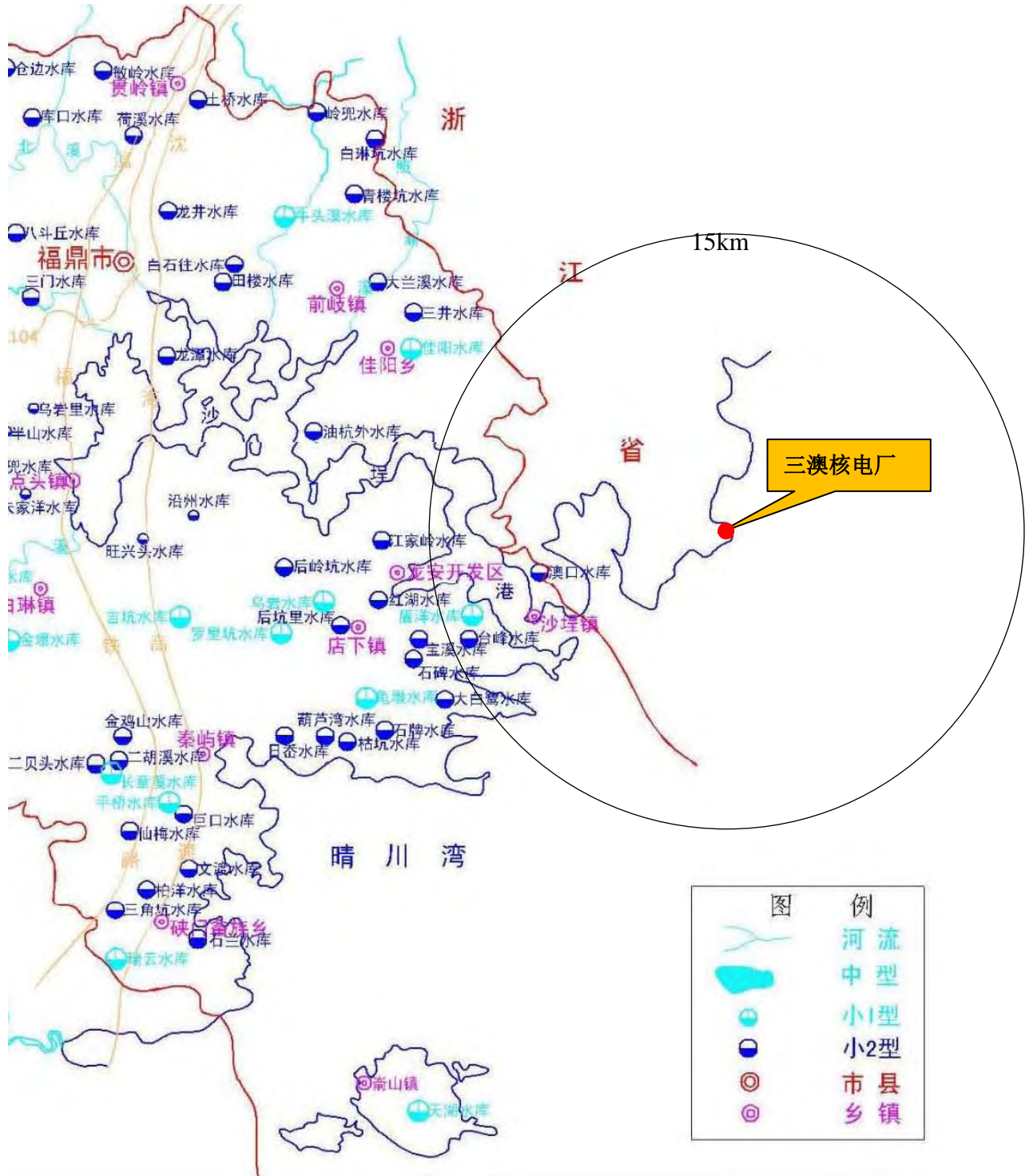
日期	最高值	最低值	平均值
2010 年 3 月	26.55	22.90	25.16
4 月	26.49	22.65	24.74
5 月	27.98	21.28	24.32
6 月	32.59	21.22	25.33
7 月	33.35	28.47	32.21
8 月	34.38	28.64	32.55
9 月	33.70	29.41	31.61
10 月	30.13	25.65	28.48
11 月	27.57	25.60	26.71
12 月	27.62	25.03	26.72
2011 年 1 月	27.61	25.97	26.90
2 月	28.33	26.74	27.54

表 2.5-8 全潮水文测验期间盐度统计值（2015 年）（单位：‰）

测次		冬季			夏季			
水域	垂线号	项目	大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮
厂址北 侧断面	V7	最高盐度	26.877	26.762	26.257	33.447	32.885	32.368
		最低盐度	26.712	26.582	25.964	31.147	28.856	27.92
		平均盐度	26.777	26.660	26.098	32.327	31.186	30.198
	V8	最高盐度	27.277	26.865	26.621	33.688	32.918	32.449
		最低盐度	26.912	26.761	26.220	31.388	28.606	27.41
		平均盐度	27.124	26.820	26.376	32.568	31.215	30.229
厂址 断面	V4	最高盐度	28.108	28.059	27.708	33.996	33.33	33.187
		最低盐度	26.828	26.249	26.302	31.114	30.496	29.312
		平均盐度	27.256	27.274	27.001	33.136	31.95	31.045
	V5	最高盐度	26.854	26.764	26.739	33.452	30.85	30.622
		最低盐度	26.707	26.284	26.278	32.143	28.953	29.082
		平均盐度	26.766	26.526	26.437	32.564	29.694	29.709
	V6	最高盐度	27.024	27.024	26.955	33.868	32.053	31.365
		最低盐度	26.738	26.285	26.215	32.21	29.369	29.307
		平均盐度	26.862	26.716	26.450	32.86	30.312	30.154
厂址南 侧断面	V11	最高盐度	27.114	26.889	27.065	33.484	32.943	32.332
		最低盐度	26.713	26.634	26.717	31.981	30.184	30.333
		平均盐度	26.841	26.768	26.893	32.815	31.874	31.067
	V12	最高盐度	28.254	28.162	27.665	33.925	33.304	32.527
		最低盐度	27.187	26.646	26.364	32.422	30.545	30.528
		平均盐度	27.608	27.302	26.932	33.256	32.256	31.264
霞关作业 区	V1	最高盐度	26.788	27.120	26.857	33.457	32.118	30.709
		最低盐度	26.626	26.618	26.533	31.655	29.615	29.775
		平均盐度	26.743	26.817	26.691	32.382	30.331	30.185
	V3	最高盐度	26.933	26.771	26.698	33.616	31.68	31.389
		最低盐度	26.805	26.388	26.425	32.177	29.219	28.999
		平均盐度	26.883	26.591	26.575	32.542	30.014	29.972
沙埭港	V2	最高盐度	26.931	26.860	26.822	32.823	32.144	31.825
		最低盐度	26.509	26.490	26.620	28.381	29.763	28.965
		平均盐度	26.748	26.707	26.734	31.566	31.267	30.73
	V9	最高盐度	26.910	26.780	26.910	32.831	32.277	30.902
		最低盐度	26.137	26.023	26.272	24.739	26.76	27.244
		平均盐度	26.657	26.508	26.603	29.943	30.306	29.629
沿浦湾	V10	最高盐度	26.858	26.856	27.054	32.724	32.341	31.081
		最低盐度	26.279	26.440	26.500	26.783	28.15	28.44
		平均盐度	26.649	26.663	26.843	30.865	30.881	30.168

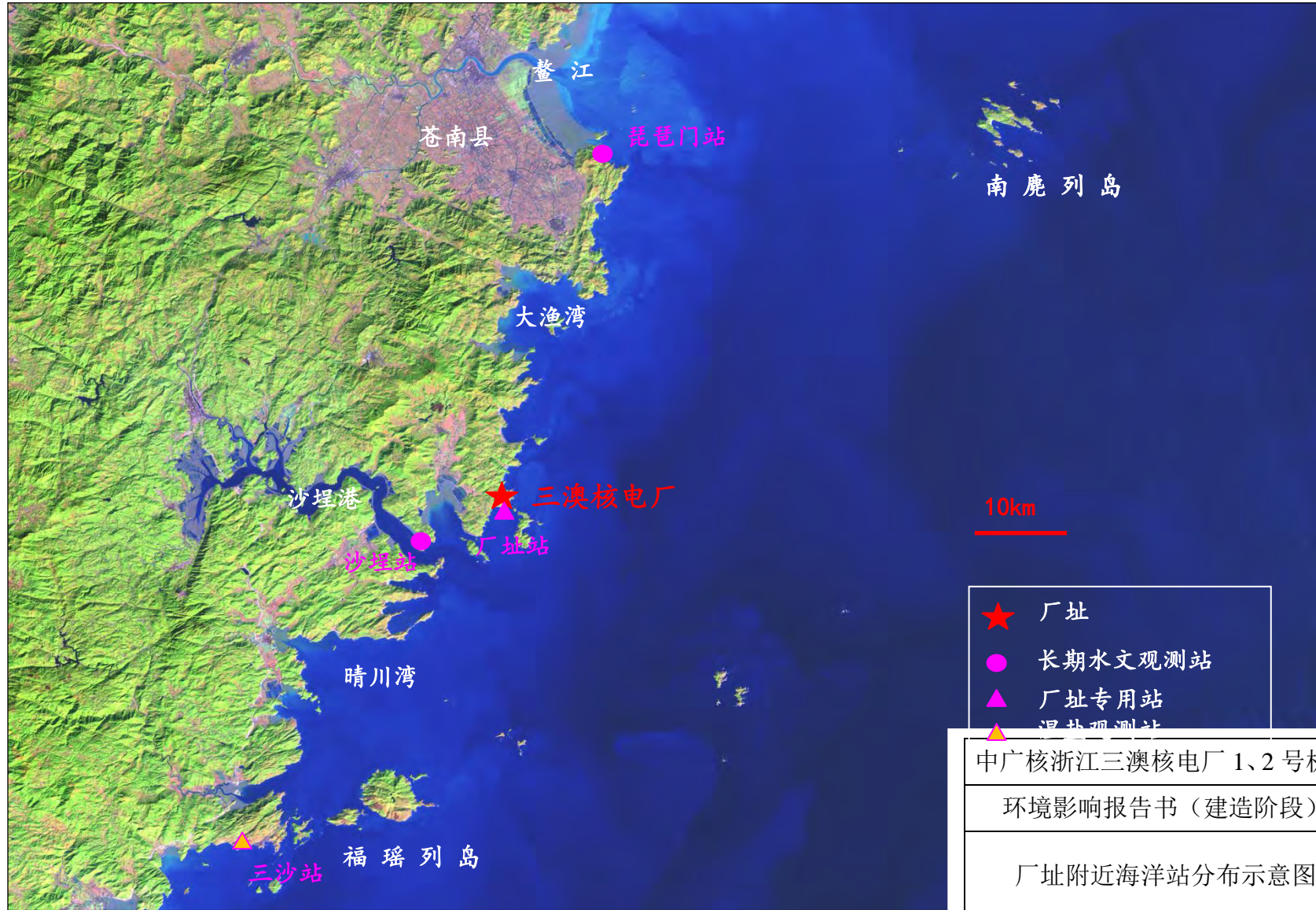
表 2.5-9 厂址半径 5km 范围内民井调查情况汇总

点号	方位	距离 (km)	取水层位	涌水量 (L/s)	水位埋深 (m)	孔(井)深 (m)	井结构泉类型	水温(°C)
大塍~小槽水文地质单元民井								
J1	WSW	0.2	第四系残坡积层孔隙潜水含水层	<0.05	0.43	1.43	浆砌块石	19.5
J2	W	0.8	第四系残坡积层孔隙潜水含水层	0.046	0.51	1.76	块石砌筑	19
J3	SW	1.3	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.04	0.0	5~6	块石砌筑	17
J12	ESE	0.2	第四系残坡积层孔隙潜水含水层	0.006	0.26	2.02	块石砌筑	
南坪~长沙水文地质单元民井								
J4	WSW	2.5	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.231	1.25	2.2	块石砌筑	17
J5	WSW	2.6	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.347	1.28	5.0	块石砌筑	18.5
J6	WSW	2.8	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.102	0.67	2.4	块石砌筑	
J7	WSW	2.9	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.057	0.55	1.4	块石砌筑	19
J10	W	1.5	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.08	0.50	1.5	裸岩	
J11	W	1.4	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.057	0.20	1.5	裸岩	17
库下~兰滩水文地质单元								
J8	W	3.0	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.115	0.0	2.60	块石砌筑	18
J13	W	3.2	上白垩统基岩风化裂隙水含水层	0.023	0.66	2.50	块石砌筑	



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
地表水体及水利工程分布示意图
（福鼎市所辖区域）

图 2.5-1 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

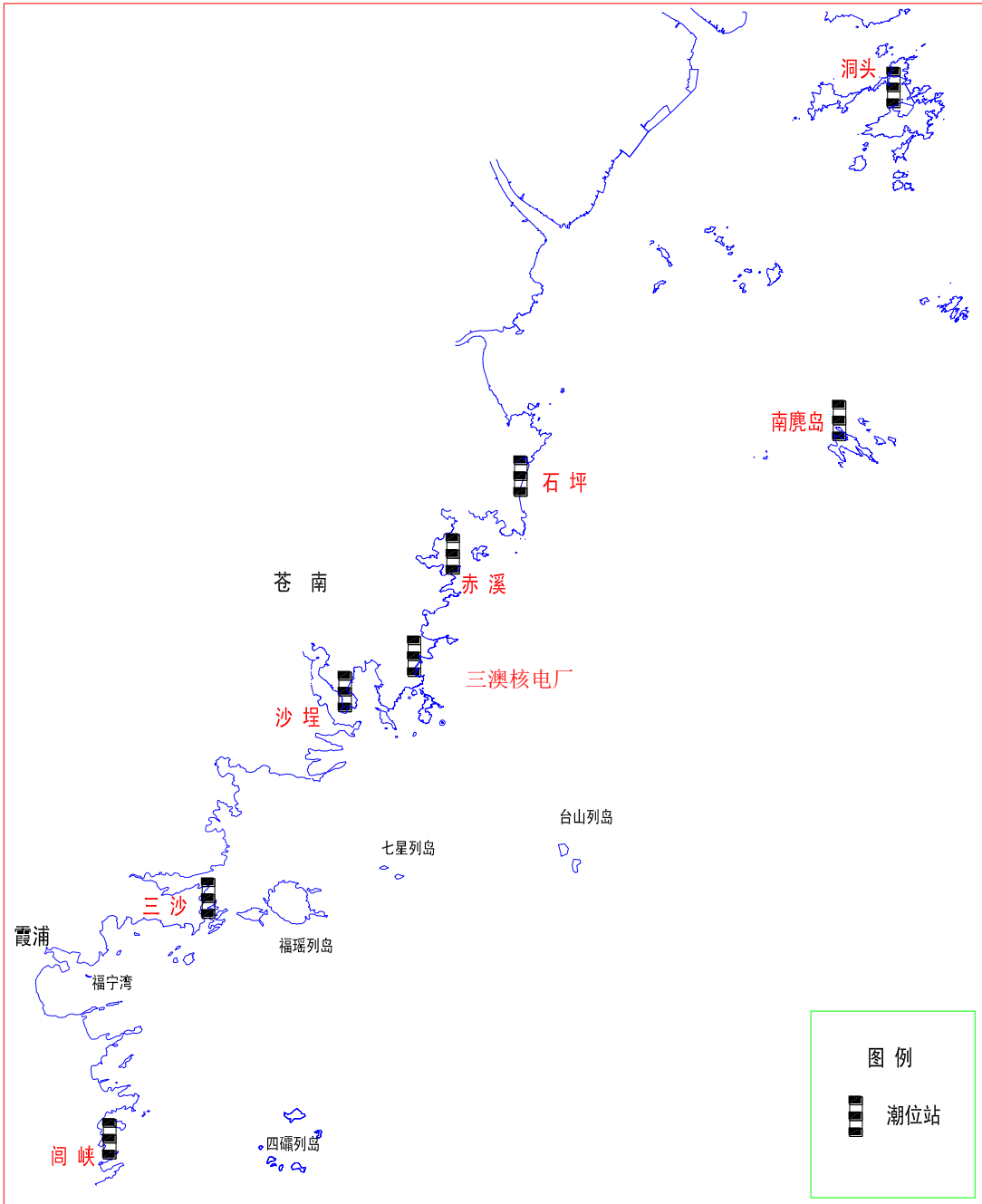
环境影响报告书（建造阶段）

厂址附近海洋站分布示意图

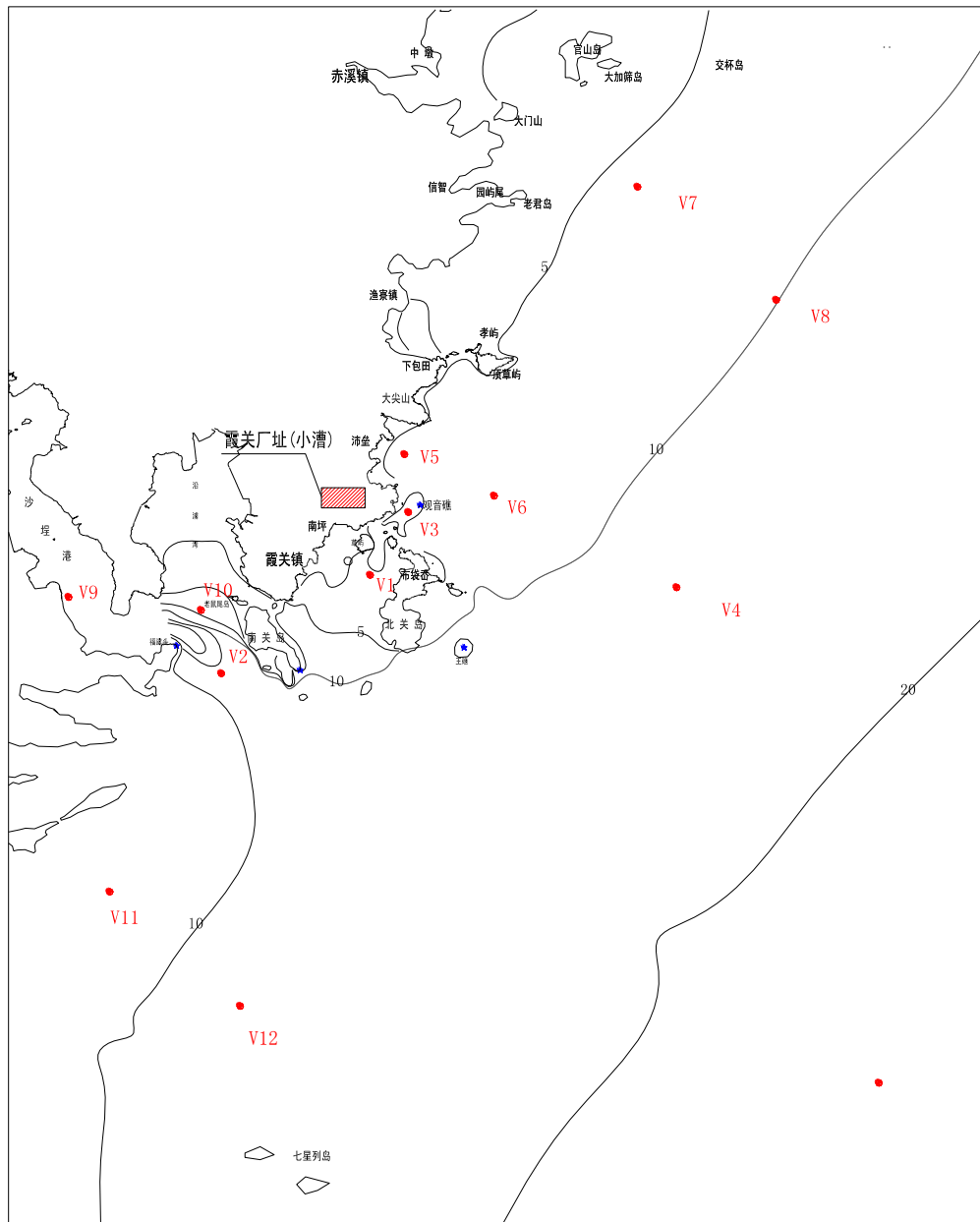
图 2.5-2

版次

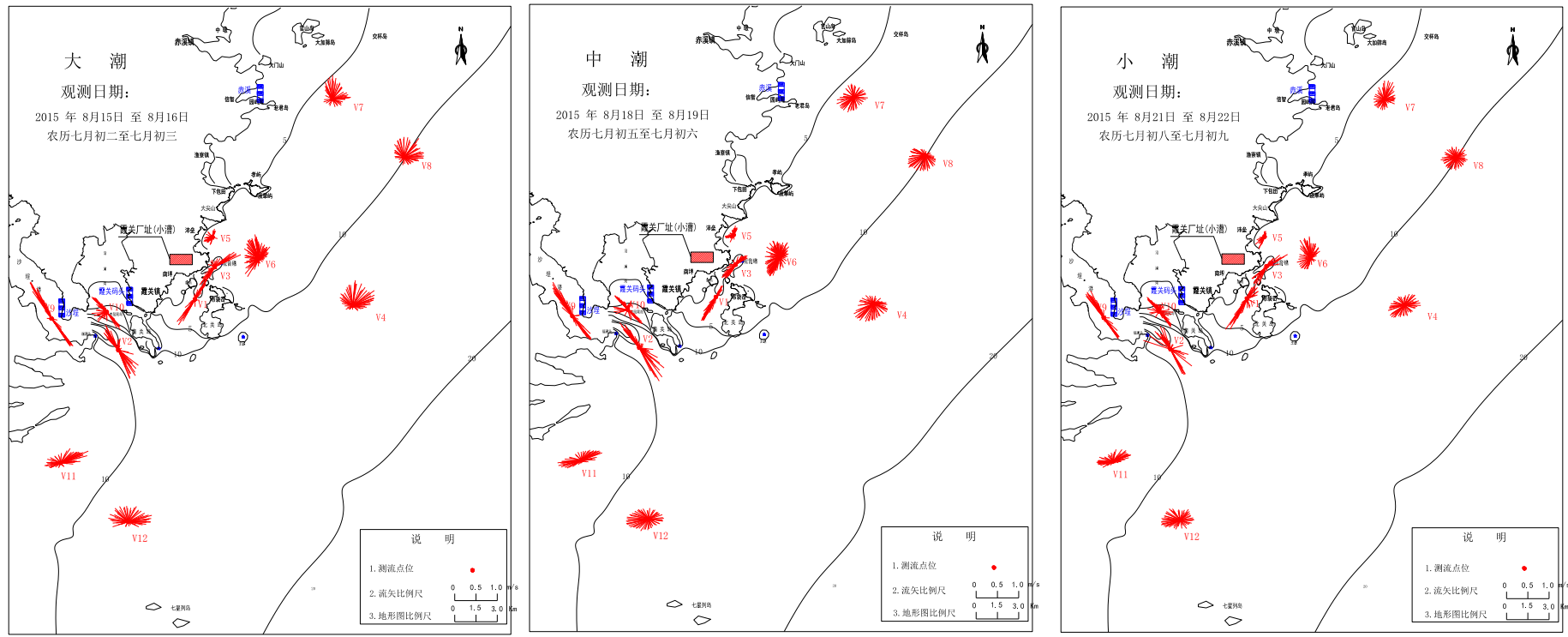
A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
全潮海洋水文测验期间测点分布示意图（潮位站）		
图 2.5-3 （1/2）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
全潮海洋水文测验期间测点分布示意图（测流站）		
图 2.5-3 （2/2）	版次	A



夏季大潮

夏季中潮

夏季小潮

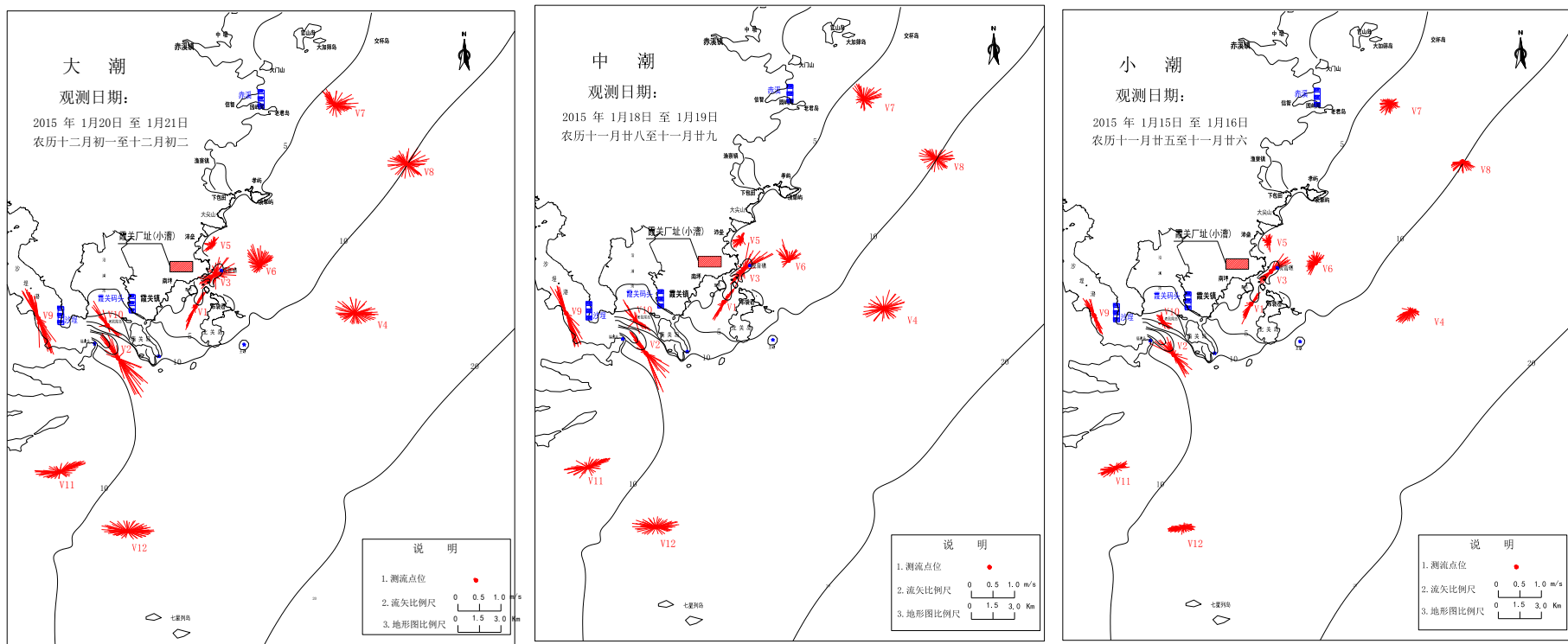
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
施测期间各测站垂向平均流矢图
（夏季）

图 2.5-4 (1/2)

版次

A

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）

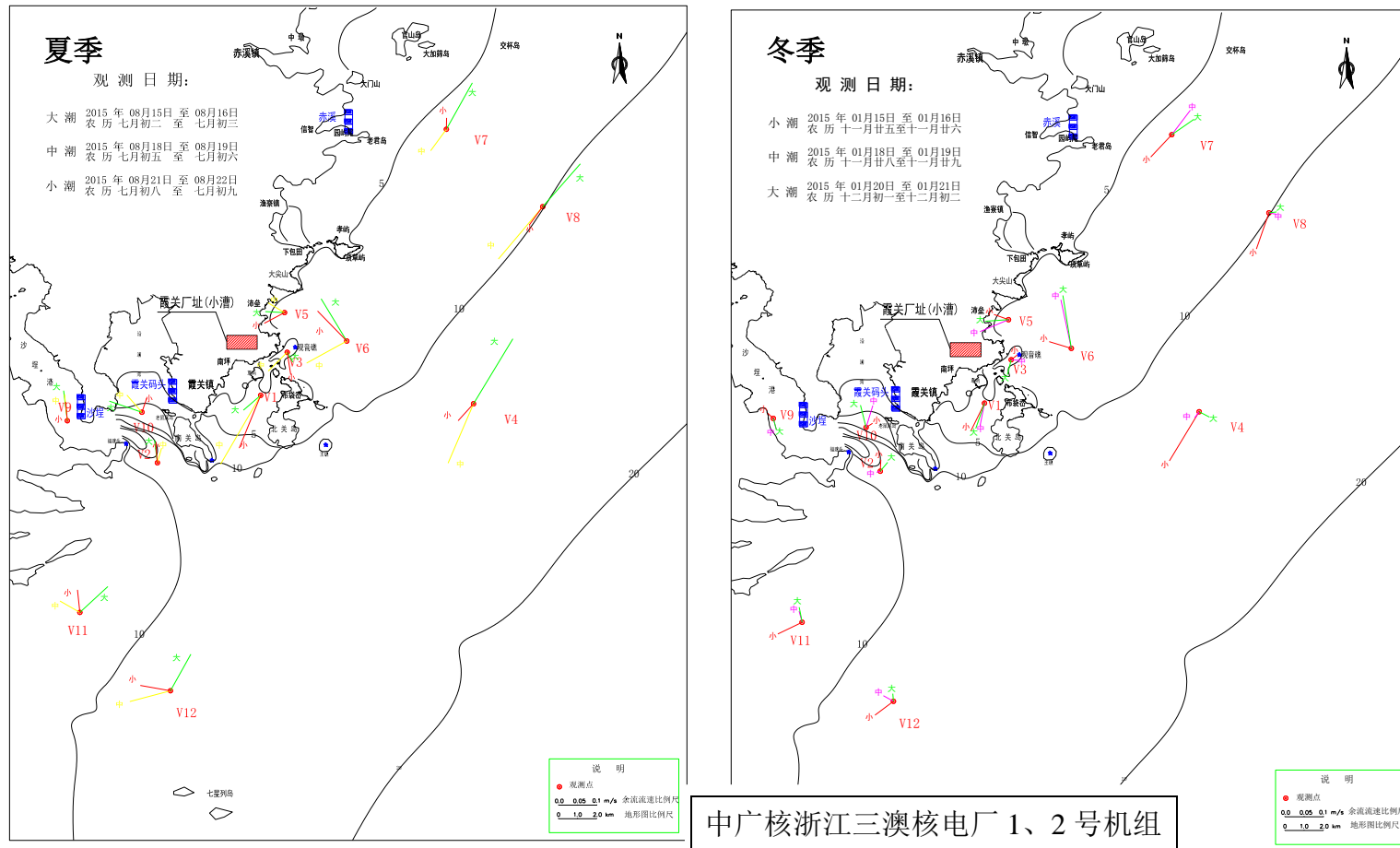


冬季大潮

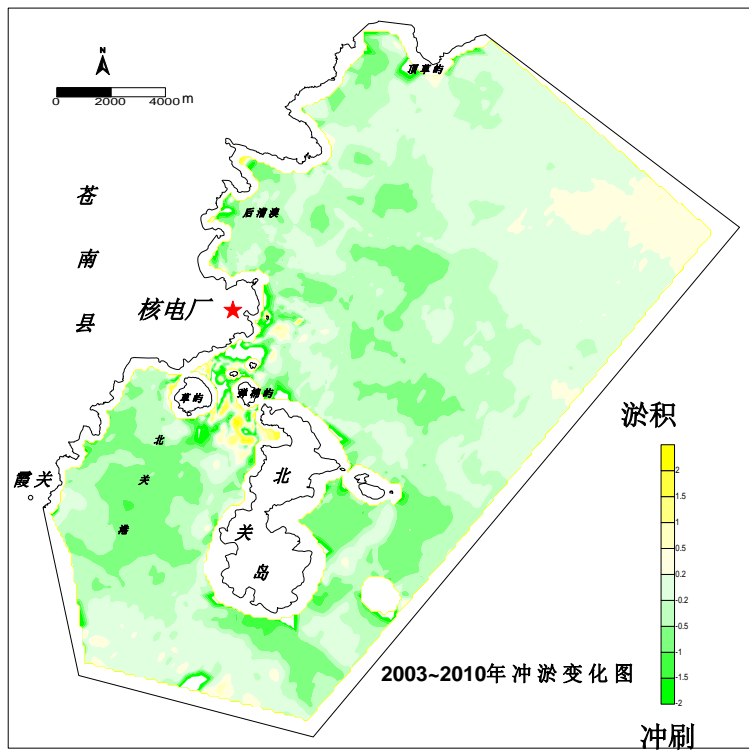
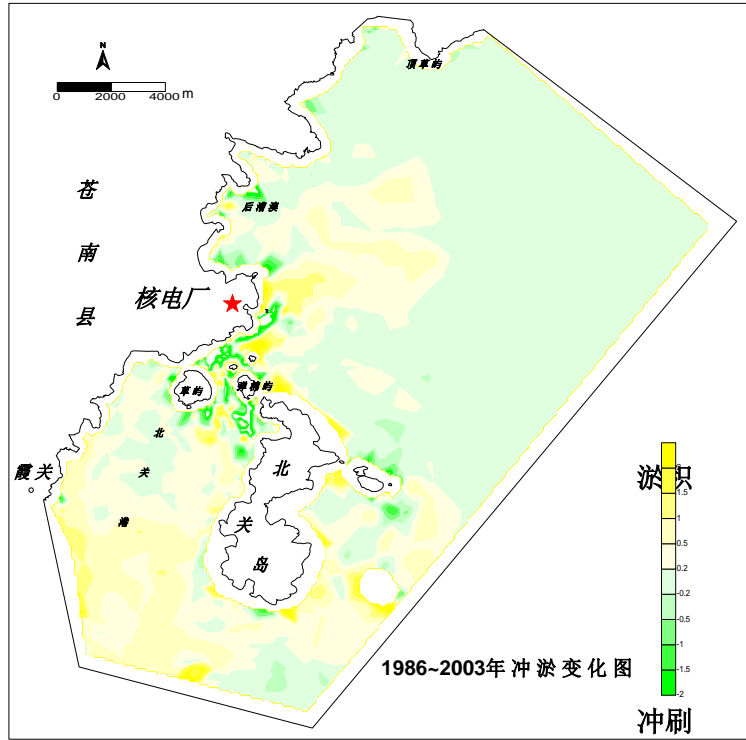
冬季中潮

冬季小潮

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
施测期间各测站垂向平均流矢图 （冬季）		
图 2.5-4（2/2）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
 环境影响报告书（建造阶段）
 施测期间垂向平均余流流矢图
 图 2.5-5 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

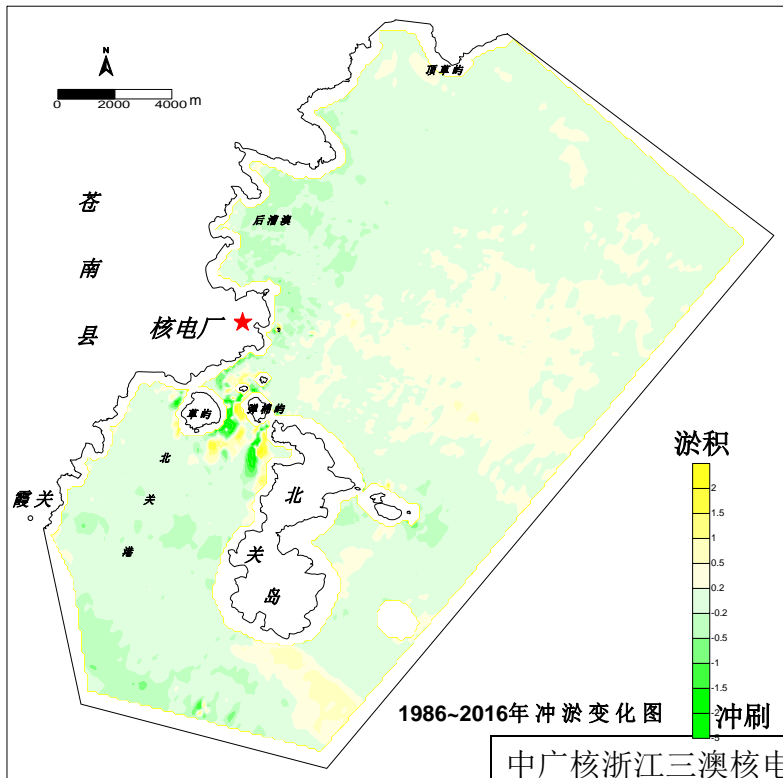
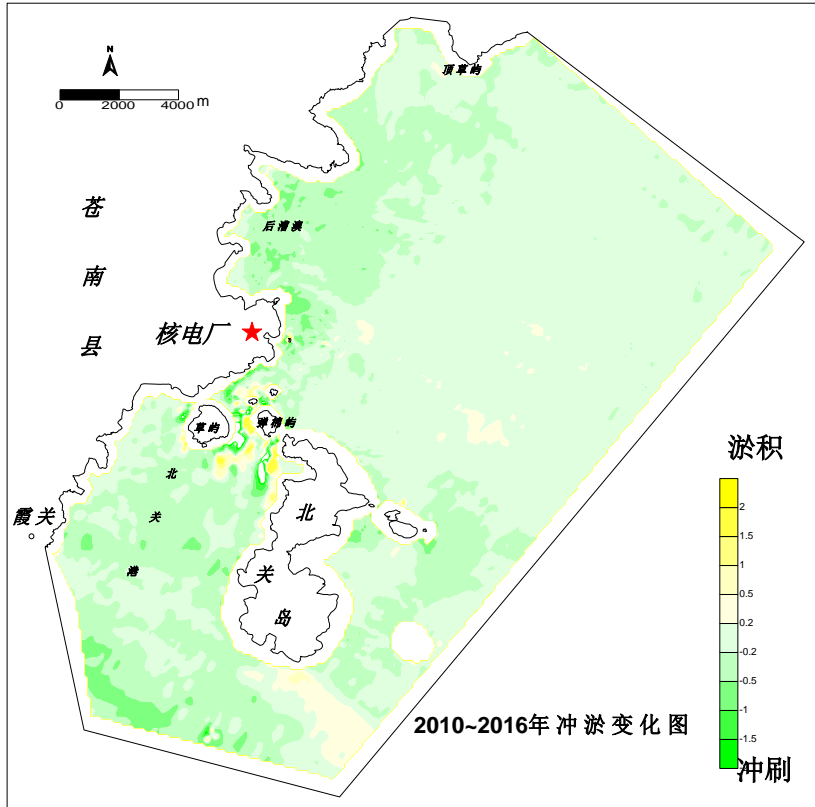
环境影响报告书（建造阶段）

厂址附近海域冲淤示意图

图 2.5-6

版次

A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

环境影响报告书（建造阶段）

厂址附近海域冲淤示意图

图 2.5-7

版次

A

2.6 地形地貌

图

图2.6-1 厂址地形概貌图

图2.6-2 电厂建成后全貌示意图

2.6 地形地貌

三澳核电厂址位于浙南、闽北交界东翼的滨海丘陵，地貌类型主要为丘陵地貌和海岸地貌，其中丘陵地貌为厂址区的主要地貌形态，向北、西由一系列侵蚀剥蚀丘陵组成。海岸地貌条带狭长，沿厂址东、南两端的海岸线分布。

三澳核电厂 1、2 号机组区地貌可分为两个地貌单元：构造剥蚀成因的丘陵地貌、侵蚀和堆积成因的海岸地貌。丘陵地貌还包括冲沟、缓坡凹谷等微地貌；海岸地貌以岩质海岸为主，沿岸发育海蚀沟、海蚀槽、海蚀穴等微地貌；部分为堆积成因的砂质海滩微地貌。

丘陵地貌：1、2 号机组丘陵区主要为熔结凝灰岩和花岗斑岩组成的浑圆山坡或缓曲延伸的残丘。山坡舒缓起伏，山体坡度一般在 $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之间，局部地段坡度较陡。海拔高程不超过 40m。在南侧山谷间分布有冲沟、缓坡、洼地，均有厚度不一的第四系覆土。冲沟多呈近东西向或北东向延伸，主要由近东西向节理或节理密集带经水流冲刷而成，位于丘陵之间的沟谷谷底，出口呈喇叭口状。冲沟宽窄不一，冲沟内多数有水流或积水，地表沟谷水流量受季节性影响较大。

海岸地貌：1、2 号机组主厂区东侧为岩质海岸，南侧联合泵房紧邻海边。东岸向海凸入，受海水侵蚀较强，海蚀地貌形态多变，主要表现为海蚀沟、海蚀槽。海蚀沟展布多为东、西方向，一般与海岸线垂向分布，地形上由北至南形成大小不一的六个缺口，海蚀沟宽一般为 10m~30m，沟底高差 25.0m~30.0m，向西纵深长度一般为 30m~60m，最大的海沟长达 150m。其中海蚀槽 1 个，沿节理发育，形态细长，大小不一，一般侵蚀宽度小于 10m，方向不规则。1 号机组和 2 号机组核岛区原始地貌属于丘陵地貌，海拔高程在 17.5m~40m 之间，均属挖方区，勘察期间场地内正在进行场地平整施工，标高在 17.19m~33.80m 之间。1、2 号机组常规岛及循环水泵房原始地貌属于丘陵地貌，海拔高程在 0m~20m 之间，循环水泵房西侧和南侧直接临海。勘察期间场地内正在进行场平施工，常规岛地段挖方区尚未完全挖至厂坪标高 17.5m，填方区大部分已回填至 15m~17.5m。循环水泵房地段原始标高均低于厂坪标高 17.5m，勘察期间尚未进行回填施工，基本属于原始地貌。

厂址区地形概貌见图片 2.6-1，建成后的厂区全貌见图 2.6-2。



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

环境影响报告书（建造阶段）

厂址地形地貌图

图 2.6-1

版次：

A



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

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底初步调查

3.1.1.1 调查范围

3.1.1.2 布点原则

3.1.1.3 调查内容

3.1.1.4 调查方法

3.1.1.5 陆域辐射环境本底初步调查质量保证措施

3.1.1.6 海洋本底调查质量保证措施

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.2.1 辐射环境污染源调查结果

3.1.2.2 陆域辐射环境本底调查结果

3.1.2.3 海洋辐射环境本底调查结果

3.1.2.4 辐射环境质量评价

3.1.3 参考资料

表

表 3.1-1 浙江三澳核电厂环境辐射本底调查方案

表 3.1-2 海水和海洋沉积物取样点位信息表（略）

表 3.1-3 陆域辐射环境本底调查所采用的仪器、测量方法和标准

表 3.1-4 海洋辐射本底调查方法及探测限

表 3.1-5 陆域辐射环境本底调查质保样品监测结果

表 3.1-6 海水平行样监测结果

表 3.1-7 海洋沉积物平行样监测结果

表 3.1-8 环境 γ 辐射剂量率分析结果

表 3.1-9 累积剂量换算出的剂量率分析结果

表 3.1-10 气溶胶中放射性核素分析结果

表 3.1-11 土壤和底泥中放射性核素分析结果

表 3.1-12 水中放射性核素分析结果

表 3.1-13 海水中放射性核素分析结果

表 3.1-14 海洋沉积物放射性核素分析结果

图

图 3.1-1 陆地 γ 辐射剂量率现状监测布点示意图

图 3.1-2 土壤取样监测布点示意图

图 3.1-3 空气和非受纳水体取样布点示意图

图 3.1-4 海水及海洋沉积物采样站位示意图

图 3.1-5 潮间带沉积物采样站位示意图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境本底初步调查

2015 年 9 月~2016 年 3 月，建设单位委托中国原子能科学研究院开展三澳核电厂陆域辐射环境本底初步调查。2016 年 4 月~2016 年 11 月，建设单位委托国家海洋局第三海洋研究所对三澳核电厂邻近海域环境放射性本底进行了初步调查。本节依据上述两次本底调查对辐射环境质量现状进行描述和评价，本章节内容和选址阶段保持一致。

3.1.1.1 调查范围

（1）资料收集范围

调查收集的资料主要包括：

- 核电厂周围 80km 范围内核设施概况；
- 核电厂周围 30km 范围内铀、钍矿概况；
- 核电厂周围 15km 范围内与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施的概况；
- 核电厂周围 15km 范围内同位素生产以及非密封放射性同位素的应用概况；
- 核电厂周围 5km 范围内 I 类和 II 类放射性源的应用概况。

（2）辐射环境本底调查范围

辐射环境本底调查范围如下：

- 环境 γ 辐射水平的调查范围的半径取 20km；
- 空气、非受纳水体、土壤等项目调查范围的半径取 10km；
- 海域部分调查范围的半径取 30km。

3.1.1.2 布点原则

在采样和监测布点时，充分考虑中广核浙江三澳核电厂地区人口分布、陆地资源、居民饮食结构、当地水文气象资料以及可能关键居民组，以保证所取样品和监测数据的代表性。同时考虑以下布点原则：

- 采样点和监测点尽可能设在潜在影响大的地方，如大气样品采样点应设在与常年主导风向相同扇形区的最大浓度点处；
- 采样点分布密度按“近密远疏”的原则安排；

— 核电厂的取、排水口处布置采样点。

3.1.1.3 调查内容

3.1.1.3.1 陆域调查内容

（1）陆地 γ 辐射剂量率

陆地 γ 辐射剂量率调查范围为厂址半径 20km 区域，以厂址中心点位置为中心，在半径为 2km、5km、10km、20km 的 16 个方位角的扇形区域内布点；并在人口稀少的区域适当减少监测点，在人口稠密的区域和最大风频下风向适当增加监测点，共设置 53 个监测点，主要位于原野和公路。布点图见图 3.1-1。

（2）陆地 γ 辐射累积剂量

陆地 γ 辐射累积剂量调查范围为厂址半径 20km 区域，布点原则与陆地 γ 辐射剂量率相同，共设置 22 个监测点，其中在人口稀少的区域适当减少监测点，在人口稠密的区域和最大风频下风向适当增加监测点。布点图见图 3.1-1。

陆地 γ 辐射累积剂量监测频次 1 次，持续监测一个季度。

（3）土壤

土壤放射性核素含量的监测点选取以厂址为中心，半径 10km 以内，8 个方位角每个陆域方位设置一个点，共设置 8 个采样点。按照以下原则设置：兼顾各个方位，部分点位与累积剂量监测点位置重合；设置在无水土流失的山地及田间，兼顾农田、山地等不同类型的土壤；主导风向下风向、可能的关键居民组设置采样点。监测项目包括： γ 核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ）、 ^{90}Sr 。监测频次为 1 次。布点图见图 3.1-2。

（4）空气

在主导风下风向厂区边界的马垵礁设 1 个气溶胶采样点。监测频次为 1 次，监测项目为 γ 核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^7Be ）。布点图见图 3.1-3。

（5）地表水和沉积物

地表水和沉积物设置 1 个采样点：NW 方位的十八孔水库。布点图见图 3.1-3。

地表水监测项目包括： γ 核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^3H ，监测频次 1 次。

沉积物监测项目包括： γ 核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、

^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ）、 ^{90}Sr ，监测频次 1 次。

（6）饮用水

饮用水（取自居民家的自来水管）设置 1 个采样点：位于厂址拟征地范围内的宫后村。布点图见图 3.1-3。

饮用水监测项目包括： γ 核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^3H ，监测频次 1 次。

（7）地下水

地下水（取自居民家的灌溉用的浅层地下水水井，井深 3.7m）设置 1 个采样点：设在 SE 方位的宫后村。布点图见 3.1-3。

地下水监测项目包括： γ 核素（主要分析 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ）、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^3H ，监测频次 1 次。

中广核浙江三澳核电厂陆域初步辐射环境本底调查方案见表 3.1-1。

3.1.1.3.2 海洋调查内容

（1）海水（春、夏、秋三季）：

总铀、总 α 、总 β 、 ^3H 、 ^{40}K 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 。

夏季和秋季各取 10 个站位样品分析 ^{14}C ，并做平行样分析。

（2）海洋沉积物（春季）：

总铀、总 β 、 ^{40}K 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 。

中广核浙江三澳核电厂海洋辐射环境本底调查方案见表 3.1-1，海水及海洋沉积物监测点位见图 3.1-4，潮间带沉积物监测点位见图 3.1-5，采样编号为 CNHD2-4、CNHD3-3、CNHD3-4、CNHD5-4 和 CNHD4（中）。

3.1.1.4 调查方法

辐射环境本底调查在选定分析测量方法时，有国家标准的，一律采用国家标准，没有国家标准的采用行业标准。

陆域辐射环境本底调查所采用的仪器、测量方法及探测限见表 3.1-3。

海洋辐射环境本底调查所采用的仪器、测量方法及探测限见表 3.1-4。

3.1.1.5 陆域辐射环境本底初步调查质量保证措施

陆域辐射环境本底初步调查由中国原子能科学研究院承担，该单位辐射监测与评价实验室按照实验室认可的要求建立了质量保证体系，并取得 CNAS 实验室认可证书，其人员资格确认、仪器设备量值溯源、质量控制体系运行符合 CNAS 质量体系要求，也能满足本项目的质量保证要求。

3.1.1.5.1 样品的采集与处理

（1）采样的质量控制

对各类样品的采集和预处理，制定操作程序，要求参加采样的人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行。

（2）样品的标识

采样人员负责对样品编号，加贴唯一性识别标志，注明样品的详细信息。样品管理员在接收样品时，应及时登记后保存。

（3）样品的流转

本底调查的样品按照分析顺序流转，交接签收时应检查样品的状况。分析人员对分析完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性。

本底调查的样品在制备、测试、传递过程中应加以防护，严格遵守有关样品的程序，避免受到非正常损坏。样品如遇意外损坏或丢失，应详细记录其情况，及时采取补救措施。

（4）样品的贮存

分析完成后的样品应及时通知样品管理员送回样品库保存，为了避免分析的样品在存储、处置和监测过程中发生非正常损坏，样品分类存放，以保证分析结果的准确可靠。

（5）环境条件的控制

对用于本底调查的设施和环境条件应按照设施和环境控制程序进行有效的控制，以保证调查结果有效。

（6）数据处理质量控制

依据“质量记录控制程序”的要求，项目组制定关于原始数据记录、数据处理、检测结果报告与审核程序。针对不同的检测项目，编制专用的原始记录单(包括采样记录，分析测量记录等)，检测结果报告单。要求检测人员严格按照分析测量程序规定，真实、准确、完整地记录分析测量过程中的相关信息。在对原始数据进行必要的整理之前，逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、正确。检测人员要按规范的检测结果报告单及时写出检测报告，项目负责人审核原始记录及运算过程是否规范、完整、准确。质量管理人组织质保人员和部分专家对各分项目组的报告数据进行核实评审。

3.1.1.5.2 样品的测量

空白样品的分析测量：为检查实验用水和化学试剂的放射性本底水平及分析人员的操作能力，在样品分析过程中插入空白样品分析。

抽取不少于 10% 的样品进行质保样的测定，包括平行样、比对样、加标样、复测样、外检样等，原则上平行样、比对样、加标样、复测样、外检样对于某一类样品不同时采用，当某一类样品的 10% 不足一个样品时，应至少保证一个质保样。

累积剂量采用平行样，总 α 、总 β 采用比对样， γ 谱采用复测样， ^{90}Sr 和 ^3H 采用平行样。

(1) 环境 γ 累积剂量

环境 γ 累积剂量采用布设平行样。每季在同一点位不同位置布设 2 片平行样，回收测量以后取其平均值作为当季的环境 γ 累积剂量，两片结果偏差在 10% 的范围内。

(2) 环境介质中放射性核素

实验室内质量控制是分析人员对本底调查分析质量自我控制及内部质控人员对其实施质量控制的过程。

气溶胶 γ 核素质保样品（复测样）一个，结果见表 3.1-5，除 ^7Be 外，其余核素活度浓度均小于等于探测限， ^7Be 两次测量的相对偏差为 1.8%。

饮用水水质保样品（比对样）有 1 个，给出了总 β 的测量结果，结果见表 3.1-5，相对偏差为 15.9%；地下水水质保样品（平行样）有 1 个，给出了 ^{90}Sr 的测量结果，相对偏差为 3.5%；地表水质保样品（平行样）有 1 个，给出了 ^3H 的测量结果，相对偏差为 7.8%。

土壤质保样品（平行样）有 1 个，结果见表 3.1-5，相对偏差均小于 15%。

底泥质保样品（复测样）有 1 个，结果见表 3.1-5，相对偏差均小于 5%。

3.1.1.6 海洋本底调查质量保证措施

海洋辐射本底调查由国家海洋局第三海洋研究所承担，该单位按照检验检测机构资质认定评审准则的要求建立了质量保证体系，取得了 CMA 资质证书，其人员资格确认、仪器设备量值溯源、质量控制体系运行符合 CMA 质量体系要求，也能满足本项目的质量保证要求。

75 个海水样品共有 9 个平行样，结果见表 3.1-6，平行样品数量占 12%，三个季节海水平行样数据的 RSD（相对标准偏差）均小于 30%，大部分小于 15%。

25 个海洋沉积物样品共有 3 个平行样，结果见表 3.1-7，平行样品数量占 12%，所有平行样的标准偏差均小于 30%，大部分都小于 15%。

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.2.1 辐射环境污染源调查结果

（1）核设施概况

核电厂厂址半径 80km 范围内有一座核设施，为位于厂址 SW 方位 30km 的宁德核电厂。宁德核电厂规划容量为 6 台百万千瓦级核电机组，一次规划，分期实施，目前已建成运行 4 台机组。

（2）铀、钍矿设施概况

核电厂厂址周围 30km 范围内无铀矿和钍矿设施。

（3）与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施的概况

“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施主要包括稀土元素的提取、钍及其化合物的生产和利用、铀和铀钍的生产、非铀矿山开采、石油和天然气的生产、二氧化钛颜料的制造、磷酸盐工业、锆石和氧化锆工业、燃煤工业、水处理以及锡、铜、铝、金、铅、钢铁等金属的冶炼共计十一类企业。

根据“人为活动引起天然辐射照射增加”有关设施的界定范围，核电厂周围 15km 范围内没有与“人为活动引起天然辐射照射增加”有关的设施。

（4）同位素生产以及非密封放射性同位素的应用概况

核电厂周围 15km 范围内无同位素生产以及非密封放射性同位素的应用。

（5）I 类和 II 类放射性源的应用概况

经查阅相关资料，核电厂周围 5km 范围内没有 I 类和 II 类放射性源的使用。

3.1.2.2 陆域辐射环境本底调查结果

（1）陆地环境 γ 辐射剂量率

本次调查范围是以厂址位置为中心半径 20km 范围内选取测量点， γ 辐射空气吸收剂量率一共测量了 53 个点位，其中 14 个测量点位是道路，包括水泥路、砂石路、柏油路和泥土路；其余 39 个测量点位是原野，包括草地、农田等地表。陆地环境 γ 辐射剂量率测量结果为 37.4nGy/h~81.4nGy/h，详见表 3.1-8。

所有剂量率测量均已扣除宇宙射线成分，2015 年 9 月使用 Rss-131 高气压电离室在浙江台州的大淡水水库长潭水库（距离核电厂 NNE 方向 163km）中央（海拔 31 米，东经 121°3'9.29"121.0525，北纬 28°35'20.34"28.5889）测量宇宙射线响应，所使用设备的宇宙射线响应为 38.5nGy/h。

（2）环境 γ 累积剂量

本次调查采用 TLD 对厂址周围 20km 范围内的 γ 辐射剂量进行监测，累积剂量片共布设了 22 个点位，监测频度为 1 次/季，在放置期间有一个点位的样品丢失，回收率大于 95%。累积剂量的布设点位与部分 γ 辐射剂量率测量点位重合。环境 γ 累积剂量换算的剂量率测量结果为 81.7nGy/h~125.3nGy/h，详见表 3.1-9。

（3）气溶胶中放射性核素分析

本次调查监测大气中放射性本底情况，选择主导下风向厂区边界的马垵礁，除检测到了宇生放射性核素 ^7Be （活度浓度水平为 6.8mBq/m³）外，其他监测的人工放射性 γ 核素均小于探测限，详见表 3.1-10。

（4）土壤、底泥中放射性核素分析

土壤和底泥中放射性核素分析结果为 ^{238}U (28.9~46.9Bq/kg)、 ^{232}Th (42.9~76.9Bq/kg)、 ^{226}Ra (26.1~43.5Bq/kg)、 ^{40}K (30.8~75.3Bq/kg)、 ^{137}Cs (<0.30~6.04Bq/kg) 和 ^{90}Sr (<0.290~0.882Bq/kg)，其他监测的人工放射性 γ 核素均小于探测限，详见表 3.1-11。

（5）水中放射性核素分析

陆地水体中的 γ 核素和总 α 均低于探测限，总 β 分析结果活度浓度范围 0.056~0.079Bq/L， ^{90}Sr 分析结果活度浓度范围 0.85~1.74mBq/L，水中 ^3H 活度浓度范围 0.48~

0.53Bq/L，详见表 3.1-12。

3.1.2.3 海洋辐射环境本底调查结果

3.1.2.3.1 海水中放射性核素分析

海水中放射性核素监测结果见表 3.1-13。

(1) ^{90}Sr

表层海水中 ^{90}Sr 春季活度范围为 0.75~3.47 mBq L⁻¹，平均值为 1.50±0.60 mBq L⁻¹ (n=25)。夏季 ^{90}Sr 活度范围为 0.58~3.55 mBq L⁻¹，平均值为 1.31±0.77 mBq L⁻¹ (n=24)。秋季 ^{90}Sr 活度介于 0.86~4.04 mBq L⁻¹ 间，平均活度为 2.17±0.94 mBq L⁻¹ (n=25)。春、夏两季 ^{90}Sr 调查结果基本一致，秋季结果较春、夏两个季节略高。

(2) ^{137}Cs

三个季节表层海水中 ^{137}Cs 春季比活度范围为 0.78~1.54 mBq L⁻¹，平均值为 1.17±0.18 mBq L⁻¹ (n=25)。夏季结果分布在 1.17~2.15 mBq L⁻¹ 间，平均值为 1.62±0.24 mBq L⁻¹ (n=25)。秋季比活度范围落在在 0.66~1.99 mBq L⁻¹ 间，平均值为 1.35±0.26 mBq L⁻¹。三个季节调查结果基本一致。

(3) 人工 γ 核素

浙江三澳核电厂邻近海域海水中 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 等人工放射性 γ 核素的比活度均低于仪器的检测下限，表明此次本底调查期间该调查海域海水中未检出这些人工放射性 γ 核素。

(4) 天然放射性核素

春季表层海水总铀浓度范围为 1.50~2.70 $\mu\text{g L}^{-1}$ ，平均值为 2.02±0.33 $\mu\text{g L}^{-1}$ (n=25)，夏季表层海水总铀浓度分布在 1.38~3.11 $\mu\text{g L}^{-1}$ 间，平均值为 1.97±0.38 $\mu\text{g L}^{-1}$ (n=25)，总体分布均匀。秋季表层海水总铀浓度范围为 0.75~2.25 $\mu\text{g L}^{-1}$ 间，平均值为 1.78±0.29 $\mu\text{g L}^{-1}$ (n=25)。三个季节调查结果基本一致。

三个季节表层海水中 ^{40}K 放射性比活度春季范围为 5.02~9.19 mBq L⁻¹，平均值为 7.87±0.88 mBq L⁻¹ (n=25)。夏季 ^{40}K 比活度区于 11.4~13.1 mBq L⁻¹ 间，平均值为 12.3±0.35 mBq L⁻¹ (n=25)。秋季 ^{40}K 比活度范围为 7.10~11.1 mBq L⁻¹，平均值为 9.67±0.71 mBq L⁻¹ (n=25)。夏季 ^{40}K 比活度最高，秋季次之，春季最低。

春季海水中 ^{226}Ra 平均比活度为 2.42±0.37 mBq L⁻¹，波动范围为 1.68~3.18 mBq L⁻¹，

夏季海水中 ^{226}Ra 波动范围为 $1.36\sim 2.52\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均比活度为 $1.99\pm 0.31\text{ mBq L}^{-1}$ 。秋季范围为 $2.22\sim 5.27\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均比活度为 $3.43\pm 0.83\text{ mBq L}^{-1}$ 。春季调查结果比夏季高，秋季较前两个季节稍高。

(5) 海水中的总 α 、总 β （去钾）

春季表层海水总 α 变化范围为 $14.6\sim 41.0\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $26.5\pm 7.10\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)。夏季表层海水总 α 变化范围为 $15.5\sim 85.4\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $43.0\pm 16.4\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)。秋季表层海水总 α 波动范围为 $14.5\sim 62.5\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $36.4\pm 11.5\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)。三个季节调查结果基本一致。

春季表层海水总 β 变化范围为 $22.3\sim 67.9\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $45.5\pm 4.50\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)。夏季总 β 波动范围为 $32.9\sim 127\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $70.8\pm 21.2\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)，秋季总 β 波动范围为 $22.1\sim 81.4\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $57.6\pm 15.2\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)，三个航次调查总 β 基本上是在本底范围内变化。

(6) 海水中的 ^3H

春季 ^3H 比活度范围为 $0.14\sim 0.66\text{ Bq L}^{-1}$ ，平均值为 $0.38\pm 0.12\text{ Bq L}^{-1}$ ($n=25$)，夏季 ^3H 比活度范围为 $0.17\sim 1.73\text{ Bq L}^{-1}$ ，平均值为 $0.55\pm 0.37\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=25$)，秋季 ^3H 比活度范围为 $0.14\sim 1.71\text{ Bq L}^{-1}$ ，平均值为 $0.54\pm 0.37\text{ Bq L}^{-1}$ ($n=25$)。

(7) 海水中的 ^{14}C

夏季 ^{14}C 比活度范围为 $4.87\sim 5.83\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $5.33\pm 0.29\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=10$)，秋季 ^{14}C 比活度范围为 $4.16\sim 5.02\text{ mBq L}^{-1}$ ，平均值为 $4.43\pm 0.29\text{ mBq L}^{-1}$ ($n=10$)。

3.1.2.3.2 沉积物中放射性核素分析

海洋沉积物中放射性核素监测结果见表 3.1-14。

(1) ^{90}Sr

沉积物中 ^{90}Sr 的波动范围为 $0.05\sim 2.03\text{ Bq kg}^{-1}$ 干重（其中站位 S37 和潮间带 CNHD4（中）低于检测限），平均值为 $0.76\pm 0.60\text{ Bq kg}^{-1}$ 干重，该海区沉积物中 ^{90}Sr 的比活度有空间差异，略低于珠江口（波动范围 $1.1\sim 3.6\text{ Bq kg}^{-1}$ 干重）平均含量 2.3 Bq kg^{-1} 干重。

(2) ^{137}Cs

^{137}Cs 的比活度范围为 $0.78\sim 1.54\text{ Bq kg}^{-1}$ 干重（潮间带五个站位 ^{137}Cs 的活度低于检测限），平均值为 $1.17\pm 0.18\text{ Bq kg}^{-1}$ 干重。该海区沉积物中 ^{137}Cs 的比活度空间分布差异不

大。其调查值略低于珠江口海区（ 3.8 Bq kg^{-1} 干重），低于青岛近海（ 7.54 Bq kg^{-1} 干重）。

（3）人工 γ 核素

沉积物中 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 等人工放射性核素活度均低于仪器的检测下限，这表明调查海域沉积物中未检出这些放射性核素。

（4）天然放射性

沉积物中 ^{226}Ra 的比活度范围为 $17.0\sim 33.4 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重，平均值为 $28.6\pm 4.30 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重，该海区潮间带沉积物 ^{226}Ra 活度低。

沉积物中 ^{232}Th 的比活度范围为 $26.1\sim 53.9 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重，平均值为 $45.2\pm 8.10 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重。该海区沉积物中 ^{232}Th 的比活度有空间分布均匀，潮间带沉积物活度较低。

沉积物中 ^{40}K 的比活度范围为 $5.97\times 10^2\sim 7.93\times 10^2 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重，平均值为 $(7.15\pm 0.49)\times 10^2 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重。总体而言，潮间带沉积物 ^{40}K 活度低于浅海沉积物。该差异与沉积物类型有关，通过沉积物粒径分析，发现潮间带沉积物多为砂质，浅海沉积物多为泥质，泥质沉积物中 ^{40}K 的比活度高于砂质沉积物中 ^{40}K 的比活度。浅海沉积物中 ^{40}K 的比活度空间分布均匀。

沉积物中总铀的质量浓度范围为 $0.66\sim 3.88 \mu\text{g g}^{-1}$ 干重，平均值为 $1.80\pm 0.84 \mu\text{g g}^{-1}$ 干重。总体而言，潮间带沉积物总铀的质量浓度低于浅海沉积物。该差异与沉积物类型有关，通过沉积物粒径分析，发现潮间带沉积物多为砂质，浅海沉积物多为泥质，泥质沉积物中总铀的质量浓度高于砂质沉积物中总铀的质量浓度。

（5）沉积物中总 β

沉积物中总 β 的比活度范围为 $7.65\times 10^2\sim 13.5\times 10^2 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重，平均值为 $(10.2\pm 1.17)\times 10^2 \text{ Bq kg}^{-1}$ 干重。潮间带沉积物总 β 活度低于浅海沉积物。该差异与沉积物类型有关。泥质沉积物中总 β 的比活度高于砂质沉积物中总 β 的比活度。

3.1.2.4 辐射环境质量评价

（1）陆域辐射环境质量评价

本次调查原野 γ 辐射空气吸收剂量率范围为： $37.4\sim 73.9 \text{ nGy/h}$ ，道路 γ 辐射空气吸收剂量率范围为： $41.9\sim 81.4 \text{ nGy/h}$ 。监测数据在 1983~1990 年全国环境天然放射性水平调查中浙江省调查结果范围内，整体上，调查厂址 20km 范围内的 γ 辐射剂量率未见异常，处于正常水平。

气溶胶放射性核素分析结果中，除 ^7Be 外，其余核素（包括 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）分析结果均小于探测限。

根据 1983~1990 年全国土壤中天然放射性水平调查中浙江省的结果： ^{238}U （20.2~123.0Bq/kg）、 ^{232}Th （29.8~260.0Bq/kg）、 ^{226}Ra （17.4~150.2Bq/kg）、 ^{40}K （199.0~1368.0Bq/kg），本次调查土壤的天然放射性水平基本在这个范围内。

土壤和底泥 γ 谱分析结果中，人工核素除仙岩内土壤和十八孔水库底泥外，均测到了微量的 ^{137}Cs 。土壤和底泥 ^{90}Sr 分析结果中，除牛运村土壤测量结果小于探测限外，其余监测点 ^{90}Sr 的活度浓度范围在 0.38~0.88Bq/kg 内。其它人工核素（包括 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs ）分析结果均小于探测限。

陆地水体中的 γ 核素和总 α 均低于探测限，总 β 分析结果活度浓度范围 0.056~0.079Bq/L，地下水中总 β 的浓度较高； ^{90}Sr 分析结果活度浓度范围 0.85~1.74mBq/L。水中 ^3H 的活度浓度范围为 0.48~0.53Bq/L，该区域的陆域水体放射性基本处于正常的环境水平。

（2）海域辐射环境质量评价

海水、沉积物样品中 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{59}Fe 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{131}I 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 等核素均低于仪器检测下限，这表明 2016 年三个航次调查期间该调查海域未检出此类人工放射性核素。

根据海水水质标准（GB 3097-1997），海水 ^{90}Sr 的比活度远低于标准中规定的比活度限值 4000 mBq L⁻¹，海水 ^{137}Cs 的比活度远低于标准中规定的比活度限值 700 mBq L⁻¹，符合海水水质标准。

与其它海域和其它核电厂邻近海域放射性本底调查项目结果相比，该海域天然放射性水平都处于相近范围内。

综上所述，调查范围内各调查项目基本处于正常环境水平，厂址周围环境放射性本底未见异常。

3.1.3 参考资料

[1] 中广核浙江三澳核电厂一期工程选址阶段环境辐射本底初步调查报告(2015/8~2016/3)，中国原子能科学研究院，2016 年 3 月。

[2] 中广核浙江三澳核电厂一期工程邻近海域水生生态与渔业资源调查总报告，国家

海洋局第三海洋研究所，2017 年 12 月。

表 3.1-1 浙江三澳核电厂环境辐射本底调查方案

序号	监测对象	监测项目	点位数目	监测点	频次/时间
1	环境 γ 辐射水平	环境 γ 辐射空气吸收剂量率	53	厂址 20km 内	1 次
		环境 γ 累积剂量	22	厂址 20km 内	1 季度
2	土壤	γ 核素、 ^{90}Sr	8	下李家岙东北、宫后、顶海村、长沙村、仙岩内、牛运村、大垵村、顶魁村	1 次
3	空气	γ 核素	1	马垵礁	1 次
4	沉积物	γ 核素、 ^{90}Sr	1	十八孔水库	1 次
5	地表水	γ 核素、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^3H	1	十八孔水库	1 次
6	饮用水	γ 核素、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^3H	1	宫后村	1 次
7	地下水	γ 核素、 ^{90}Sr 、总 α 、总 β 、 ^3H	1	宫后村	1 次
8	海水	总铀、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C 和 γ 核素	25	50km 范围内按扇形分布取样	3 次
9	海洋沉积物	总铀、总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 核素	25	50km 范围内按扇形分布取样	1 次

表 3.1-3 陆域辐射环境本底调查所采用的仪器、测量方法和标准

测量项目	监测对象	测量样量	测量时间	方法探测下限	依据标准	测量仪器
剂量率	陆地环境	—	—	10nGy/h	GB/T14583-93《环境贯穿辐射监测一般规定》	RSS-131 型高压电离室
累积剂量	γ 辐射	—	—	0.04mSv (3 个月)	GB/T 10264-2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》	RGD-3A 型 TLD 热释光测量仪
总 α	气溶胶	1000m ³	36000s	7.9×10 ⁻⁵ Bq/m ³	EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测量 厚源法》	BH1914 型低本底 α/β 测量仪
	水	2L	36000s	5×10 ⁻² Bq/L		
总 β	气溶胶	1000m ³	36000s	5.4×10 ⁻⁵ Bq/m ³	EJ/T900-1994《水中总 β 放射性测定 蒸发法》	BH1914 型低本底 α/β 测量仪
	水	2L	36000s	1.5×10 ⁻² Bq/L		
⁹⁰ Sr	气溶胶	5000m ³	36000s	4×10 ⁻⁶ Bq/m ³	GB/T 6766-1986《水中锶-90 放射化学分析方法 二—(2-乙基己基)磷酸萃取色层法》 EJ/T 1035-2011《土壤中锶-90 的分析方法》	BH1914 型低本底 α/β 测量仪
	土壤	50g	3600s	0.29 Bq/kg		
	水	50L	36000s	3.0×10 ⁻⁴ Bq/L		
¹³¹ I	空气	1000m ³	8000s	3.7×10 ⁻³ Bq/ m ³	GB/T 14584-1993 空气中碘-131 的取样与测定	低本底 γ 谱仪
³ H	空气	300mL(水)	10800	0.08 Bq/ m ³	GB12375-90《水中氚的分析方法》	QUANTULUS 1220 型低本底液闪谱仪
	水	500mL	10800	0.3 Bq/ L		
¹³⁷ Cs	土壤底泥沉积物	0.20kg	80000s	0.3Bq/kg	GB11713-2015《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》 GB/T11743-2013《土壤中放射性核素 γ 能谱测定》 HJ/T22-1998《气载放射性物质取样一般规定》 GB/T 16140-1995《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》	BE6530 型低本底 γ 谱仪
¹³⁴ Cs				0.6Bq/kg		
⁶⁰ Co				0.4Bq/kg		
⁵⁸ Co				0.5Bq/kg		
¹³¹ I				0.40Bq/kg		
⁵⁴ Mn				0.4Bq/kg		
⁴⁰ K				0.3Bq/kg		
²²⁶ Ra				0.6Bq/kg		
²³² Th				0.5Bq/kg		
²³⁸ U				0.5Bq/kg		
¹³⁷ Cs	水	50L	80000s	4×10 ⁻⁴ Bq/L	GB11713-2015《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》 GB/T11743-2013《土壤中放射性核素 γ 能谱测定》 HJ/T22-1998《气载放射性物质取样一般规定》 GB/T 16140-1995《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》	BE6530 型低本底 γ 谱仪
¹³⁴ Cs				1×10 ⁻³ Bq/L		
⁵⁸ Co				1×10 ⁻³ Bq/L		
⁶⁰ Co				1×10 ⁻³ Bq/L		
⁵⁴ Mn				1×10 ⁻³ Bq/L		
¹³¹ I				1×10 ⁻³ Bq/L		
¹³⁷ Cs	气溶胶	10000m ³	80000s	4×10 ⁻⁶ Bq/m ³	GB11713-2015《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》 GB/T11743-2013《土壤中放射性核素 γ 能谱测定》 HJ/T22-1998《气载放射性物质取样一般规定》 GB/T 16140-1995《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》	BE6530 型低本底 γ 谱仪
¹³⁴ Cs				1.2×10 ⁻⁷ Bq/m ³		
⁶⁰ Co				4×10 ⁻⁶ Bq/m ³		
⁵⁸ Co				4×10 ⁻⁶ Bq/m ³		
⁵⁴ Mn				4×10 ⁻⁶ Bq/m ³		
⁷ Be				5×10 ⁻⁵ Bq/m ³		
¹³¹ I				4×10 ⁻⁶ Bq/m ³		

表 3.1-4 海洋辐射本底调查方法及探测限

序号	核素	分析介质	分析方法	检测下限 (LD)	样品用量	测量时间
01	总铀	海水	激光荧光法	$0.17 \mu\text{g L}^{-1}$	5 mL	
		沉积物	激光荧光法	$0.02 \mu\text{g/g}$	20~50 mg	
02	^{226}Ra	海水	BaSO_4 共沉淀- γ 能谱测定	1.21mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	1.51Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
03	^{232}Th	沉积物	γ 能谱测定	1.77Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
04	^{134}Cs	海水	AMP 富集- γ 能谱测定	0.48mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.49Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
05	^{137}Cs	海水	AMP 富集- γ 能谱测定	0.51mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.62Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
06	^{58}Co	海水	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 共沉淀- γ 能谱测定	0.49mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.52Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
07	^{60}Co	海水	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 共沉淀- γ 能谱测定	0.67mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.73Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
08	^{54}Mn	海水	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 共沉淀- γ 能谱测定	0.57mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.52Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
09	^{59}Fe	海水	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀- γ 能谱测定	1.19mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	1.07Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
10	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	海水	AgCl 沉淀- γ 能谱测定	0.51mBq L^{-1}	60 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.53Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
11	^{40}K	海水 ¹	直接蒸发- γ 能谱测定	0.78Bq L^{-1}	500mL	86400 s
		海水 ²	原子吸收分光光度法	0.038Bq L^{-1}	$50 \mu\text{L}$	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	8.17Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
12	总 α	海水	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ - BaSO_4 共沉淀- β 计数法测定	6.1mBq L^{-1}	3 L	
13	^{131}I	海水	离子交换- γ 能谱测定	3.2mBq L^{-1}	10 L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.19Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
14	^{106}Ru	海水	CoS 共沉淀法- γ 能谱测定	2.4mBq L^{-1}	15L	86400 s
		沉积物	γ 能谱测定	0.13Bq kg^{-1}	300 g	54000 s
15	总 β	海水	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ - BaSO_4 共沉淀- β 计数法测定	1.6mBq L^{-1}	3 L	
		沉积物	直接铺样- β 计数法测定	45Bq kg^{-1}	100 mg	
16	^{90}Sr	海水	HDEHP 直接萃取- β 计数法测定	0.12mBq L^{-1}	40 L	
		沉积物	HDEHP 直接萃取- β 计数法测定	0.05Bq kg^{-1}	100 g	
17	^3H	海水	电解富集-液体闪烁计数法	0.10Bq L^{-1}	3 L	
18	^{14}C	海水	分离富集-液体闪烁计数法	$0.02 \text{Bq}(\text{gC})^{-1}$	20 L	

表 3.1-5 陆域辐射环境本底调查质保样品监测结果

质保类型	监测项目	分析核素	结果 1	结果 2
样品复测	气溶胶中 γ 核素 (Bq/m ³)	¹³¹ I	<6.8E-06	<6.6E-06
		⁷ Be	(6.8±0.7)E-03	(6.7±0.7)E-03
		¹³⁴ Cs	<2.5E-06	<2.3E-06
		¹³⁷ Cs	<4.0E-06	<4.0E-06
		⁵⁸ Co	<4.7E-06	<4.2E-06
		⁵⁴ Mn	<4.3E-06	<4.1E-06
		⁶⁰ Co	<5.6E-06	<5.3E-06
	底泥中 γ 核素 (Bq/kg)	²³⁸ U	(4.69±0.29) E+01	(4.59±0.31) E+01
		²²⁶ Ra	(4.35±1.84) E+01	(4.31±1.77) E+01
		¹³¹ I	<1.30E-01	<1.50E-01
		¹³⁴ Cs	<1.80E-01	<2.00E-01
		¹³⁷ Cs	<3.00E-01	<2.90E-01
		²³² Th	(7.69±0.24) E+01	(7.58±0.17) E+01
		⁶⁰ Co	<3.00E-01	<2.70E-01
		⁵⁸ Co	<2.60E-01	<2.40E-01
		⁵⁴ Mn	<2.40E-01	<2.60E-01
		⁴⁰ K	(6.69±0.15) E+02	(6.74±0.20) E+02
平行样	地下水核素 (Bq/L)	⁹⁰ Sr	(1.74±0.43)E-03	(1.68±0.39)E-03
	地表水核素 (Bq/L)	³ H	(5.3±0.6)E-01	(4.9±0.5)E-01
	土壤中 γ 核素 (Bq/kg)	²³⁸ U	(2.89±0.78) E+01	(2.53±0.62) E+01
		²²⁶ Ra	(3.10±0.85) E+01	(2.89±0.75) E+01
		¹³¹ I	<1.70E-01	<1.90E-01
		¹³⁴ Cs	<2.30E-01	<2.00E-01
		¹³⁷ Cs	(6.04±0.61) E+00	(6.38±0.59) E+00
		²³² Th	(5.59±0.15) E+01	(5.23±0.17) E+01
		⁶⁰ Co	<4.30E-01	<3.90E-01
		⁵⁸ Co	<3.60E-01	<3.30E-01
		⁵⁴ Mn	<3.30E-01	<3.40E-01
⁴⁰ K	(5.94±0.16) E+02	(5.60±0.20) E+02		
比对样	饮用水 (Bq/L)	总 α	<4.5E-02	<4.5E-02
		总 α	(5.62±0.17)E-02	(4.79±0.13)E-02

表 3.1-6（1/2） 海水平行样监测结果

	核素	SA21 平行 1	SA21 平行 2	SA28 平行 1	SA28 平行 2	SA30 平行 1	SA30 平行 2
春季 (mBq/ L)	³ H (Bq/L)	0.24±0.12	— —	0.34±0.11	0.33±0.12	0.19±0.11	0.14±0.10
	⁹⁰ Sr	1.78±0.10	2.07±0.10	2.38±0.07	2.06±0.11	1.27±0.08	1.59±0.13
	¹³⁷ Cs	1.44±0.13	1.42±0.13	1.14±0.10	1.21±0.11	1.28±0.12	1.36±0.13
	⁵⁴ Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	⁵⁹ Fe	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	⁵⁸ Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	⁶⁰ Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{110m} Ag	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	¹³¹ I	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	¹⁰⁶ Ru	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	¹³⁴ Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	总铀 (μg/L)	1.85±0.07	1.94±0.05	1.57±0.13	1.72±0.05	1.46±0.11	1.70±0.09
	²²⁶ Ra	1.68±0.29	1.79±0.31	2.56±0.33	2.53±0.34	2.35±0.32	2.13±0.35
	⁴⁰ K	8.54±0.90	8.99±0.81	8.47±0.66	8.13±0.71	7.78±0.60	7.48±0.58
	总 α	19.5±5.16	15.9±3.64	21.6±4.14	21.8±4.04	29.7±3.10	31.3±4.01
总 β	44.5±2.67	45.4±1.87	48.9±2.15	52.1±1.95	37.9±1.28	46.0±2.31	
夏季 (mBq/ L)	³ H (Bq/L)	0.68±0.12	— —	0.67±0.12	0.54±0.10	1.43±0.10	1.47±0.12
	⁹⁰ Sr	0.69±0.09	0.73±0.07	0.71±0.06	0.89±0.07	1.57±0.17	2.12±0.10
	¹³⁷ Cs	1.32±0.12	1.41±0.13	1.60±0.16	1.74±0.16	1.49±0.13	1.46±0.13
	⁵⁴ Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	⁵⁹ Fe	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	⁵⁸ Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	⁶⁰ Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{110m} Ag	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	¹³¹ I	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	¹⁰⁶ Ru	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	¹³⁴ Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	总铀 (μg/L)	1.74±0.20	1.72±0.19	1.74±0.02	1.78±0.06	1.95±0.12	2.26±0.06
	²²⁶ Ra	1.78±0.32	2.10±0.30	2.20±0.36	2.20±0.34	2.19±0.32	2.34±0.32
	⁴⁰ K	12.4±0.01	12.5±0.03	11.4±0.03	11.7±0.02	12.8±0.04	12.6±0.04
	总 α	33.7±5.04	38.4±7.00	52.7±4.54	52.8±9.09	18.4±2.10	15.6±6.75
总 β	69.0±2.89	60.5±3.37	71.5±2.99	68.0±3.00	84.7±3.40	88.3±3.44	
C-14	— —	— —	5.28±0.48	5.36±0.41	5.83±0.56	5.45±0.43	

表 3.1-6 (2/2) 海水平行样监测结果

	核素	SA21 平行 1	SA21 平行 2	SA28 平行 1	SA28 平行 2	SA30 平行 1	SA30 平行 2
秋季 (mBq/ L)	^3H (Bq/L)	0.34±0.11	0.33±0.12	0.20±0.10	0.31±0.11	0.45±0.13	0.44±0.13
	^{90}Sr	1.04±0.10	1.34±0.08	2.59±0.12	2.76±0.13	4.04±0.21	3.80±0.16
	^{137}Cs	1.46±0.17	1.55±0.17	1.79±0.21	1.99±0.22	1.13±0.16	1.26±0.17
	^{54}Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{59}Fe	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{58}Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{60}Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{131}I	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{106}Ru	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	^{134}Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	总铀 ($\mu\text{g/L}$)	1.56±0.14	1.45±0.09	1.93±0.17	1.71±0.12	1.77±0.09	2.00±0.07
	^{226}Ra	2.61±0.52	2.86±0.54	4.06±0.62	3.84±0.61	3.29±0.56	3.5±0.58
	^{40}K	9.80±0.03	9.90±0.01	9.30±0.04	9.20±0.02	9.30±0.02	9.30±0.06
	总 α	40.1±5.44	39.1±4.71	41.5±6.13	41.3±8.55	40.5±6.03	62.4±7.24
总 β	54.8±2.16	58.0±2.53	71.5±3.52	78.9±3.79	62.6±2.29	68.0±3.12	
C-14	—	—	5.02±0.52	4.87±0.74	4.16±0.32	4.66±0.56	

表 3.1-7 海洋沉积物平行样监测结果（Bq/kg 干重）

核素	SA21 平行 1	SA21 平行 2	SA28 平行 1	SA28 平行 2	SA30 平行 1	SA30 平行 2
⁹⁰ Sr	1.59±0.08	1.32±0.09	0.32±0.05	0.41±0.05	0.27±0.06	0.38±0.04
¹³⁷ Cs	2.31±0.24	2.22±0.24	2.94±0.21	2.80±0.20	3.37±0.26	3.72±0.28
⁵⁴ Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND
⁵⁹ Fe	ND	ND	ND	ND	ND	ND
⁵⁸ Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
⁶⁰ Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND
^{110m} Ag	ND	ND	ND	ND	ND	ND
¹³¹ I	ND	ND	ND	ND	ND	ND
¹⁰⁶ Ru	ND	ND	ND	ND	ND	ND
¹³⁴ Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND
²²⁶ Ra	29.5±2.95	30.1±3.02	29.8±2.73	31.8±2.91	30.7±2.86	30.0±2.80
²³² Th	42.3±4.52	45.9±4.62	51.0±4.67	49.6±4.64	49.2±5.15	50.5±5.05
⁴⁰ K	(7.08±0.45)×10 ²	(7.14±0.46)×10 ²	(7.63±0.47)×10 ²	(7.47±0.46)×10 ²	(7.93±0.49)×10 ²	(7.48±0.46)×10 ²
总β	(10.4±0.34)×10 ²	(10.1±0.22)×10 ²	(11.3±0.27)×10 ²	(10±0.22)×10 ²	(10.9±0.27)×10 ²	(11.3±0.28)×10 ²
总铀 (μg g ⁻¹ 干重)	2.07±0.45	1.51±0.43	1.73±0.43	1.94±0.07	2.36±0.37	2.51±0.31

表 3.1-8（1/2）环境 γ 辐射剂量率分析结果

单位：nGy/h（已扣除宇宙射线响应）

序号	点位名称	方位	距离（km）	平均值与标准偏差	备注
1	下李家岙东北	NE	0.1	39.7 \pm 1.1	草地
2	宫后村	EES	0.5	56.4 \pm 1.7	山坡
3	气象站	SW	0.8	48.3 \pm 1.1	草地
4	马鞍礁	SSW	0.9	37.4 \pm 2.1	田地
5	长沙村	SW	1.7	53.5 \pm 0.7	田地
6	南坪村东	SW	2.3	54.8 \pm 1.7	草地
7	陈湾	WWN	2.3	60.5 \pm 2.3	草地
8	大垄	NW	2.5	57.8 \pm 2.0	水泥路
9	前南线公路旁	WWS	2.6	53.7 \pm 1.5	田地
10	仙岩内	NW	2.6	53.3 \pm 0.8	田地
11	顶海村	SSE	3	73.9 \pm 2.5	山坡
12	南坪澳	SW	3.1	50.3 \pm 1.0	草地
13	兰滩	WWN	3.3	44.2 \pm 0.9	草地
14	斗垟村	NNW	3.3	47.2 \pm 1.7	水泥路
15	牛运村	W	3.4	52.6 \pm 1.5	田地
16	南阳	W	3.4	54.6 \pm 1.6	田地
17	观音岭	NNW	3.8	54.2 \pm 2.6	水泥路
18	十五亩村	NW	3.9	49.0 \pm 1.2	山坡
19	岭北	NNE	4	47.7 \pm 0.8	山坡
20	四亩脚村	N	4.1	44.1 \pm 0.7	田地
21	斗门仔	WWN	4.4	53.3 \pm 1.1	田地
22	林厝	WSW	4.5	51.8 \pm 1.9	山坡
23	中瑶洞	SW	4.5	51.3 \pm 1.1	草地
24	大垵村	SW	4.6	50.7 \pm 1.5	水泥路
25	海丰村	W	4.6	50.4 \pm 0.5	柏油路面
26	打石坑村	N	4.6	59.3 \pm 0.7	柏油路面
27	贡生垵	N	4.8	47.2 \pm 0.9	水泥路

表 3.1-8（2/2）环境 γ 辐射剂量率分析结果

单位：nGy/h（已扣除宇宙射线响应）

序号	点位名称	方位	距离（km）	平均值与标准偏差	备注
28	四亩田	NNE	4.8	48.2±0.9	草地
29	海塘纪念碑	WWN	5	63.7±1.5	草地
30	荷包田村	NNE	5.2	42.2±0.8	草地
31	龙魁线	NNW	6.2	46.9±1.1	柏油路面
32	小姑岙	NW	7.1	44.2±0.8	草地
33	下在村	WWN	7.1	41.2±0.6	草地
34	顶魁村	NNW	7.7	44.2±0.8	田地
35	兴蒲村	WWN	7.7	47.5±0.4	山坡
36	鬼洞	WWN	8.4	60.2±0.6	山坡
37	三门光	W	8.5	51.2±0.7	柏油路面
38	叠石村	N	8.7	43.3±0.8	草地
39	马什婆	WWS	9	53.0±0.5	山坡
40	过岭	W	9.4	55.5±0.7	水泥路
41	沙埭镇南	WWS	9.7	50.6±0.9	柏油路面
42	沙埭镇北	WWS	9.8	50.1±0.7	柏油路面
43	十八孔水库	NW	10	60.8±0.6	草地
44	大春	W	10.8	52.2±0.6	草地
45	十五亩	NNW	12.3	62.7±0.6	山坡
46	棕利头村	NNE	12.9	54.5±0.9	草地
47	罗唇村	WNW	13.8	50.4±0.7	田地
48	南岙	N	14.8	46.7±0.5	山坡
49	大白鹭村	SW	15.8	38.6±0.7	草地
50	双剑口	NNW	16.7	61.8±1.0	柏油路面
51	八十丘	WWS	16.9	48.6±1.3	草地
52	萝口	W	19	81.4±1.3	柏油路面
53	矾山镇东	NW	19.5	61.5±2.7	山坡

注：方位和距离为专题开展时的总图方案

表 3.1-9 累积剂量换算出的剂量率分析结果

单位：nGy/h（未扣除宇宙射线响应）

序号	点位名称	方位	距离（km）	换算值	瞬时剂量率值	备注
1	下李家岙东北	NE	0.1	缺失	77.8±1.1	原野
2	宫后	EES	0.5	103.1±5.1	95.3±1.7	原野
3	气象站	SW	0.8	88.5±4.7	87.2±1.1	原野
4	马垵礁	SSW	0.9	81.7±5.0	76.3±2.1	原野
5	长沙村	SW	1.7	96.3±4.4	92.4±0.7	原野
6	陈湾	WWN	2.3	104.2±3.7	99.4±2.3	原野
7	大垄	NW	2.5	89.0±2.9	96.7±2.0	道路
8	前南线公路旁	WWS	2.6	103.8±4.9	92.5±1.5	原野
9	顶海村	SSE	3	112.0±5.7	112.8±2.5	原野
10	斗垟村	NNW	3.3	88.2±3.7	86.1±1.7	道路
11	牛运村	W	3.4	93.1±3.6	91.5±1.5	原野
12	斗门仔	WWN	4.4	100.7±3.4	92.2±1.1	原野
13	林厝	WSW	4.5	93.8±3.8	90.7±1.9	原野
14	大垵村	SW	4.6	105.5±5.1	89.6±1.5	道路
15	贡生垵	N	4.8	94.1±3.0	86.1±0.9	道路
16	四亩田	NNE	4.8	88.3±4.3	87.1±0.9	原野
17	荷包田村	NNE	5.2	83.2±2.8	81.1±0.8	原野
18	三门光	W	8.5	94.3±3.0	90.1±0.7	道路
19	沙埭镇南	WWS	9.7	89.9±2.9	89.4±0.9	道路
20	十八孔水库	NW	10	101.1±3.6	99.7±0.6	原野
21	萝口	W	19	125.3±5.8	120.3±1.3	道路
22	矾山镇东	NW	19.5	103.5±4.6	100.4±2.7	原野

表 3.1-10 气溶胶中放射性核素分析结果

监测项目	分析核素	活度浓度 (Bq/m ³)
γ 核素	I-131	<6.8E-06
	Be-7	(6.8±0.7)E-03
	Cs-134	<2.5E-06
	Cs-137	<4.0E-06
	Co-58	<4.7E-06
	Mn-54	<4.3E-06
	Co-60	<5.6E-06

表 3.1-11 土壤和底泥中放射性核素分析结果

单位：Bq/kg

点位/属性	U-238	Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137	Sr-90	Cs-134	Co-60	Mn-54	I-131	Co-58
下李家岙 东北/土壤	(2.89±0.78) E+01	(3.10±0.85) E+01	(5.59±0.15) E+01	(5.94±0.16) E+02	6.04±0.61	(8.82±1.23)E-01	<2.30E-01	<4.30E-01	<3.30E-01	<1.70E-01	<3.60E-01
宫后/土壤	(3.02±0.61) E+01	(3.27±0.38) E+01	(4.29±0.43) E+01	(4.55±0.45) E+02	1.90±0.79	(4.57±0.91)E-01	<5.00E-01	<8.10E-01	<6.40E-01	<3.50E-01	<7.00E-01
顶海村土 壤	(3.20±0.35) E+01	(2.61±0.26) E+01	(4.34±0.37) E+01	(7.50±0.57) E+02	1.77±0.18	(4.59±0.96)E-01	<2.20E-01	<3.80E-01	<2.90E-01	<1.60E-01	<3.20E-01
长沙村/土 壤	(3.52±0.78) E+01	(3.24±0.70) E+01	(6.17±0.56) E+01	(3.08±0.66) E+02	(6.90±0.27) E-01	(8.56±1.28)E-01	<2.00E-01	<3.60E-01	<2.80E-01	<1.40E-01	<3.00E-01
仙岩内/土 壤	(3.67±0.95) E+01	(4.24±0.11) E+01	(6.93±0.59) E+01	(5.12±0.45) E+02	<3.70E-01	(5.00±0.95)E-01	<2.30E-01	<4.20E-01	<3.20E-01	<1.60E-01	<3.50E-01
牛运村/土 壤	(2.98±0.49) E+01	(1.81±0.28) E+02	(5.47±0.80) E+01	(7.53±0.64) E+02	2.58±0.26	<2.90E-01	<2.10E-01	<3.70E-01	<2.90E-01	<1.50E-01	<3.20E-01
大垵村/土 壤	(2.90±0.73) E+01	(2.86±0.69) E+01	(4.43±0.38) E+01	(4.25±0.47) E+02	2.83±0.76	(4.21±0.84)E-01	<2.30E-01	<4.20E-01	<3.30E-01	<1.70E-01	<3.60E-01
顶魁村/土 壤	(3.85±0.72) E+01	(3.36±0.67) E+01	(4.88±0.38) E+01	(4.42±0.57) E+02	3.14±0.33	(4.90±1.02)E-01	<2.20E-01	<3.80E-01	<2.90E-01	<1.60E-01	<3.20E-01
十八孔水 库/底泥	(4.69±0.29) E+01	(4.35±0.78) E+01	(7.69±0.24) E+01	(6.69±0.15) E+02	<3.00E-01	(3.83±0.96)E-01	<1.80E-01	<3.00E-01	<2.40E-01	<1.30E-01	<2.60E-01

表 3.1-12 水中放射性核素分析结果

单位：Bq/L

点位/属性	I-131	Cs-134	Cs-137	Co-58	Mn-54	Co-60	总 α	总 β	Sr-90	H-3
宫后/饮用水	<5.9E-04	<8.0E-04	<1.3E-03	<1.3E-03	<1.2E-03	<1.6E-03	<4.5E-02	(5.62±0.17)E-02	(1.53±0.42)E-03	(5.24±0.67)E-01
宫后/地下水	<6.0E-04	<7.8E-04	<1.3E-03	<1.3E-03	<1.2E-03	<1.5E-03	<4.5E-02	(7.87±0.54)E-02	(1.74±0.43)E-03	(4.80±0.57)E-01
十八孔水库/ 地表水	<6.0E-04	<8.0E-04	<1.3E-03	<1.3E-03	<1.2E-03	<1.6E-03	<4.5E-02	(7.78±0.82)E-02	(8.50±2.29)E-04	(5.32±0.55)E-01

表 3.1-13 (1/3) 海水中放射性核素分析结果（春季），mBq L⁻¹

站位	样品编号	³ H (Bq L ⁻¹)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁵⁹ Fe	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	¹³¹ I	¹⁰⁶ Ru	¹³⁴ Cs	总铀 (μg L ⁻¹)	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	总 α	总 β
S01	SA01	0.37±0.11	1.43±0.08	1.54±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.23±0.11	1.90±0.37	8.02±0.72	14.6±3.00	43.0±1.56
S03	SA03	0.25±0.13	0.77±0.08	1.26±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.03±0.16	2.28±0.44	6.05±0.60	21.4±1.80	22.3±0.71
S04	SA04	0.38±0.13	1.28±0.07	1.13±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.16±0.11	2.20±0.37	7.86±0.80	15.9±2.50	35.4±1.24
S06	SA06	0.46±0.12	1.10±0.10	1.08±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.17±0.16	2.22±0.40	8.86±0.77	26.1±3.10	38.2±1.39
S07	SA07	0.66±0.13	2.30±0.09	1.17±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.79±0.15	3.04±0.32	7.50±0.77	29.8±2.50	49.1±2.29
S09	SA09	0.62±0.15	1.45±0.08	1.08±0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.16±0.07	2.64±0.37	8.11±0.74	38.2±4.50	55.0±2.03
S11	SA11	0.35±0.13	1.01±0.06	1.24±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.69±0.15	2.27±0.31	7.83±0.90	28.2±2.50	49.7±1.84
S13	SA13	0.49±0.14	1.44±0.08	0.98±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.18±0.12	2.31±0.42	7.47±0.74	36.3±2.00	42.7±1.62
S14	SA14	0.52±0.15	1.92±0.09	1.20±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.36±0.20	2.27±0.42	7.04±0.71	18.1±3.20	45.3±1.76
S17	SA17	0.39±0.13	3.47±0.11	1.52±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.50±0.13	1.99±0.37	7.75±0.76	31.7±3.50	46.8±1.65
S18	SA18	0.32±0.13	1.78±0.10	1.10±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.44±0.07	2.87±0.62	7.76±0.76	34.2±3.60	45.1±1.60
S21	SA21 平行 2	0.24±0.12	1.78±0.10	1.44±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.85±0.07	1.68±0.29	8.54±0.90	19.5±5.16	44.5±2.67
	SA21 平行 2	— —	2.07±0.10	1.42±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.94±0.05	1.79±0.31	8.99±0.81	15.9±3.64	45.4±1.87
S23	SA23	0.48±0.13	1.44±0.08	1.31±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.91±0.15	2.74±0.41	8.85±0.93	28.2±5.30	67.9±2.79
S24	SA24	0.30±0.13	0.94±0.10	0.95±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.47±0.12	2.47±0.47	8.09±0.74	28.6±3.50	46.5±1.65
S25	SA25	0.22±0.11	1.13±0.09	1.16±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.41±0.12	1.77±0.33	7.91±0.62	33.7±2.80	36.1±1.21
S26	SA26	0.35±0.11	1.79±0.07	0.93±0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.91±0.14	2.04±0.32	7.45±0.66	41.0±4.80	54.1±1.99
S28	SA28 平行 1	0.34±0.11	2.38±0.07	1.14±0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.57±0.13	2.56±0.33	8.47±0.66	21.6±4.14	48.9±2.15
	SA28 平行 2	0.33±0.12	2.06±0.11	1.21±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.72±0.05	2.53±0.34	8.13±0.71	21.8±4.04	52.1±1.95
S30	SA30 平行 1	0.19±0.11	1.27±0.08	1.28±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.46±0.11	2.35±0.32	7.78±0.60	29.7±3.10	37.9±1.28
	SA30 平行 2	0.14±0.10	1.59±0.13	1.36±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.70±0.09	2.13±0.35	7.48±0.58	31.3±4.01	46.0±2.31
S31	SA31	0.33±0.12	2.24±0.09	1.15±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.89±0.14	2.61±0.35	8.51±0.65	21.8±3.29	49.7±1.82
S33	SA33	0.45±0.13	1.29±0.07	0.94±0.09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.02±0.11	2.52±0.34	7.40±0.64	28.2±3.80	46.1±1.89
S35	SA35	0.20±0.10	0.75±0.07	1.16±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.11±0.13	2.61±0.35	6.93±0.56	25.8±3.45	25.1±0.95
S37	SA37	0.31±0.11	1.15±0.09	1.19±0.11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.83±0.06	3.18±0.40	8.82±0.91	15.1±4.00	37.0±1.90
S38	SA38	0.45±0.13	0.83±0.07	0.78±0.07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.70±0.08	2.62±0.32	9.19±0.77	25.2±2.60	46.9±1.34
S40	SA40	0.44±0.13	2.01±0.10	1.09±0.09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.69±0.16	2.46±0.29	5.02±0.42	27.2±3.60	42.1±1.67
S46	SA46	0.49±0.13	1.74±0.08	1.34±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.94±0.08	2.79±0.41	8.07±0.68	21.8±2.70	32.5±1.18
平均值		0.38±0.12	1.50±0.60	1.17±0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.02±0.33	2.42±0.37	7.87±0.88	26.5±7.10	45.5±4.50

[注]: “ND”表示含量低于 LLD; 平均值为“平均值±本海域各站位的标准偏差”, 其中平行样站位仅取平行 1 样品数据参与平均。

表 3.1-13 (2/3) 海水中放射性核素分析结果（夏季），mBq L⁻¹

站位	样品编号	³ H (Bq L ⁻¹)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁵⁹ Fe	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	¹³¹ I	¹⁰⁶ Ru	¹³⁴ Cs	总铀 (μg L ⁻¹)	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	总 α	总 β	¹⁴ C
S01	SASM01	0.27±0.10	1.27±0.10	1.54±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.99±0.08	1.45±0.23	12.1±0.07	52.5±6.61	78.1±3.04	5.33±0.59
S03	SASM03	0.25±0.12	1.08±0.07	1.58±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.11±0.06	1.54±0.23	12.4±0.09	31.0±2.61	44.3±1.19	—
S04	SASM04	0.57±0.11	1.40±0.06	1.60±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.85±0.09	1.86±0.26	11.9±0.10	46.9±5.14	83.9±2.84	—
S06	SASM06	0.46±0.09	0.58±0.07	2.00±0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.96±0.20	1.36±0.21	12.0±0.06	65.9±5.72	87.2±2.42	—
S07	SASM07	0.29±0.11	0.87±0.07	1.42±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.78±0.02	2.22±0.40	12.0±0.03	26.0±2.96	43.1±1.48	5.06±0.36
S09	SASM09	0.73±0.13	1.87±0.07	1.69±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.96±0.19	2.14±0.40	12.0±0.03	35.6±5.67	90.0±3.20	—
S11	SASM11	0.17±0.12	0.99±0.29	1.54±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.00±0.12	1.64±0.32	12.2±0.03	85.4±6.99	127±3.74	—
S13	SASM13	0.41±0.12	3.55±0.14	1.17±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.67±0.26	1.84±0.34	12.2±0.03	85.4±6.99	71.1±2.74	5.53±0.42
S14	SASM14	0.56±0.10	0.74±0.08	1.52±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.72±0.05	2.52±0.36	12.4±0.04	37.3±6.21	59.0±2.09	5.74±0.40
S17	SASM17	0.47±0.12	1.14±0.08	1.52±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.85±0.23	1.81±0.31	12.2±0.03	60.7±6.32	94.7±3.38	5.09±0.45
S18	SASM18	0.37±0.12	1.04±0.12	2.05±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.77±0.11	2.16±0.34	12.1±0.03	42.4±8.38	75.9±3.26	4.87±0.45
S21	SASM21 平行 1	0.68±0.12	0.69±0.09	1.32±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.74±0.20	1.78±0.32	12.4±0.01	33.7±5.04	69.0±2.89	—
	SASM21 平行 2	—	0.73±0.07	1.41±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.72±0.19	2.10±0.30	12.5±0.03	38.4±7.00	60.5±3.37	—
S23	SASM23	0.28±0.10	1.33±0.11	1.53±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.38±0.24	2.09±0.40	13.1±0.02	58.7±8.24	68.3±3.10	—
S24	SASM24	0.32±0.12	0.60±0.05	2.15±0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.67±0.08	2.32±0.49	12.2±0.02	40.6±4.64	58.4±2.04	—
S25	SASM25	0.33±0.10	0.61±0.09	1.53±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.77±0.02	1.53±0.24	12.3±0.05	64.3±4.90	77.1±2.34	—
S26	SASM26	0.32±0.12	2.41±0.14	1.80±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.11±0.13	1.94±0.29	12.5±0.07	50.2±5.03	49.9±2.13	—
S28	SASM28 平行 1	0.67±0.12	0.71±0.06	1.60±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.74±0.02	2.20±0.36	11.4±0.03	52.7±4.54	71.5±2.99	5.28±0.48
	SASM28 平行 2	0.54±0.10	0.89±0.07	1.74±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.78±0.06	2.20±0.34	11.7±0.02	52.8±9.09	68.0±3.00	5.36±0.41
S30	SASM30 平行 1	1.43±0.10	1.57±0.17	1.49±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.95±0.12	2.19±0.32	12.8±0.04	18.4±2.10	84.7±3.40	5.83±0.56
	SASM30 平行 2	1.47±0.12	2.12±0.10	1.46±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.26±0.06	2.34±0.32	12.6±0.04	15.6±6.75	88.3±3.44	5.45±0.43
S31	SASM31	1.73±0.15	1.03±0.08	1.69±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.80±0.30	1.83±0.37	12.2±0.01	20.4±3.14	38.1±1.61	—
S33	SASM33	0.44±0.10	NA	1.51±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.65±0.11	2.36±0.35	12.6±0.03	39.1±8.00	82.7±3.83	—
S35	SASM35	0.62±0.12	3.00±0.15	1.95±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.83±0.10	2.07±0.31	12.4±0.01	34.6±4.10	57.8±2.03	—
S37	SASM37	1.11±0.12	0.65±0.11	1.85±0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.19±0.24	2.30±0.45	12.7±0.06	20.0±6.64	53.0±2.92	5.62±0.45
S38	SASM38	0.3±0.12	2.03±0.12	1.71±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.66±0.45	2.31±0.48	12.5±0.01	47.0±7.40	95.5±3.76	—
S40	SASM40	0.36±0.10	0.67±0.10	1.54±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.72±0.14	1.98±0.40	12.6±0.02	35.7±3.02	32.9±1.26	5.48±0.49
S46	SASM46	0.53±0.12	1.79±0.23	1.21±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.73±0.09	2.24±0.35	12.7±0.02	51.2±6.23	78.2±2.90	—
平均值		0.55±0.37	1.31±0.77	1.62±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.97±0.38	1.99±0.31	12.3±0.35	43.0±16.4	70.8±21.2	5.33±0.29

[注]：“NA”表示样品丢失；“ND”表示含量低于 LLD；平均值为“平均值±本海域各站点的标准偏差”，其中平行样站位仅取平行 1 样品数据参与平均。

表 3.1-13 (3/3) 海水中放射性核素分析结果（秋季），mBq L⁻¹

站位	样品编号	³ H (Bq L ⁻¹)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁵⁹ Fe	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	¹³¹ I	¹⁰⁶ Ru	¹³⁴ Cs	总铀 (μg L ⁻¹)	²²⁶ Ra	⁴⁰ K	总 α	总 β	¹⁴ C
S01	SAF01	0.32±0.12	2.97±0.11	1.24±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.91±0.10	5.27±0.64	9.90±0.01	14.5±3.43	43.5±1.58	4.45±0.57
S03	SAF03	0.67±0.12	0.86±0.04	1.76±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.75±0.07	4.93±0.64	9.70±0.05	26.7±4.09	45.7±1.75	—
S04	SAF04	1.42±0.10	1.80±0.09	1.14±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.90±0.07	5.14±0.63	10.0±0.04	34.2±3.46	30.7±1.20	—
S06	SAF06	1.71±0.15	1.97±0.10	1.30±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.25±0.09	4.55±0.60	9.60±0.02	47±6.03	74.6±2.83	—
S07	SAF07	0.44±0.10	2.86±0.14	1.64±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.97±0.13	3.40±0.49	9.90±0.02	29.7±4.06	60.4±2.11	4.39±0.35
S09	SAF09	0.62±0.12	2.34±0.10	1.38±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.81±0.05	4.05±0.56	10.5±0.06	32.2±4.69	59.3±2.06	—
S11	SAF11	1.12±0.12	1.52±0.08	1.64±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.92±0.11	3.04±0.45	11.1±0.02	55.4±5.93	55.2±2.19	—
S13	SAF13	0.30±0.12	0.97±0.07	1.50±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.71±0.15	3.32±0.39	9.50±0.02	36.1±6.24	65.3±2.67	4.35±0.44
S14	SAF14	0.36±0.10	0.86±0.08	1.63±0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.69±0.07	3.74±0.64	9.50±0.05	52.5±7.49	77.0±2.76	4.20±0.45
S17	SAF17	0.53±0.12	2.50±0.10	1.37±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.78±0.02	2.22±0.31	8.60±0.01	42.9±5.74	56.3±2.31	4.68±0.55
S18	SAF18	0.35±0.11	1.79±0.09	1.25±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.66±0.05	3.07±0.57	10.0±0.02	41.6±4.96	49.2±1.71	4.43±0.48
S21	SAF21 平行 1	0.34±0.11	1.04±0.10	1.46±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.56±0.14	2.61±0.52	9.80±0.03	40.1±5.44	54.8±2.16	—
	SAF21 平行 2	0.33±0.12	1.34±0.08	1.55±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.45±0.09	2.86±0.54	9.90±0.01	39.1±4.71	58.0±2.53	—
S23	SAF23	0.19±0.11	1.50±0.08	1.14±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.82±0.12	2.59±0.33	10.0±0.01	21.8±3.13	35.1±1.32	—
S24	SAF24	0.14±0.10	2.13±0.15	0.66±0.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.53±0.06	3.03±0.53	9.70±0.04	62.5±8.16	78.3±3.58	—
S25	SAF25	0.33±0.12	1.09±0.07	1.74±0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.52±0.09	2.74±0.57	9.60±0.04	43.9±5.04	69.0±2.36	—
S26	SAF26	0.45±0.13	1.36±0.10	1.25±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.74±0.05	2.66±0.5	9.20±0.03	22.9±3.99	38.6±1.70	—
S28	SAF28 平行 1	0.20±0.10	2.59±0.12	1.79±0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.93±0.17	4.06±0.62	9.30±0.04	41.5±6.13	71.5±3.52	5.02±0.52
	SAF28 平行 2	0.31±0.11	2.76±0.13	1.99±0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.71±0.12	3.84±0.61	9.20±0.02	41.3±8.55	78.9±3.79	4.87±0.74
S30	SAF30 平行 1	0.45±0.13	4.04±0.21	1.13±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.77±0.09	3.29±0.56	9.30±0.02	40.5±6.03	62.6±2.29	4.16±0.32
	SAF30 平行 2	0.44±0.13	3.80±0.16	1.26±0.17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.00±0.07	3.5±0.58	9.30±0.06	62.4±7.24	68.0±3.12	4.66±0.56
S31	SAF31	0.49±0.13	2.99±0.16	1.32±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.02±0.18	3.31±0.43	9.50±0.03	32.4±5.84	58.1±2.53	—
S33	SAF33	0.46±0.12	3.19±0.16	1.13±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.75±0.05	2.66±0.42	9.80±0.03	40.5±7.12	61.9±2.05	—
S35	SAF35	0.66±0.13	3.26±0.16	1.21±0.16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.79±0.11	2.57±0.46	7.10±0.03	36.9±5.9	68.3±3.42	—
S37	SAF37	0.62±0.15	3.22±0.14	0.98±0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.23±0.07	3.05±0.51	9.90±0.01	31.2±4.53	65.8±2.97	4.59±0.44
S38	SAF38	0.35±0.13	3.16±0.14	1.31±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.68±0.07	3.31±0.42	9.9±0.04	36.9±7.91	81.4±3.49	—
S40	SAF40	0.49±0.14	3.09±0.13	1.30±0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.71±0.05	3.78±0.46	10.2±0.04	15.9±2.09	22.1±0.96	4.01±0.36
S46	SAF46	0.52±0.15	1.06±0.07	1.44±0.13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.06±0.08	3.30±0.42	10.1±0.03	30±4.41	54.4±2.15	—
平均值		0.54±0.37	2.17±0.94	1.35±0.26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.78±0.29	3.43±0.83	9.67±0.71	36.4±11.5	57.6±15.2	4.43±0.29

[注]：“ND”表示含量低于 LLD；平均值为“平均值±本海域各站位的标准偏差”，其中平行样站位仅取平行 1 样品数据参与平均。

表 3.1-14（1/2） 海洋沉积物放射性核素分析结果（春季）， $Bq\ kg^{-1}$ 干重

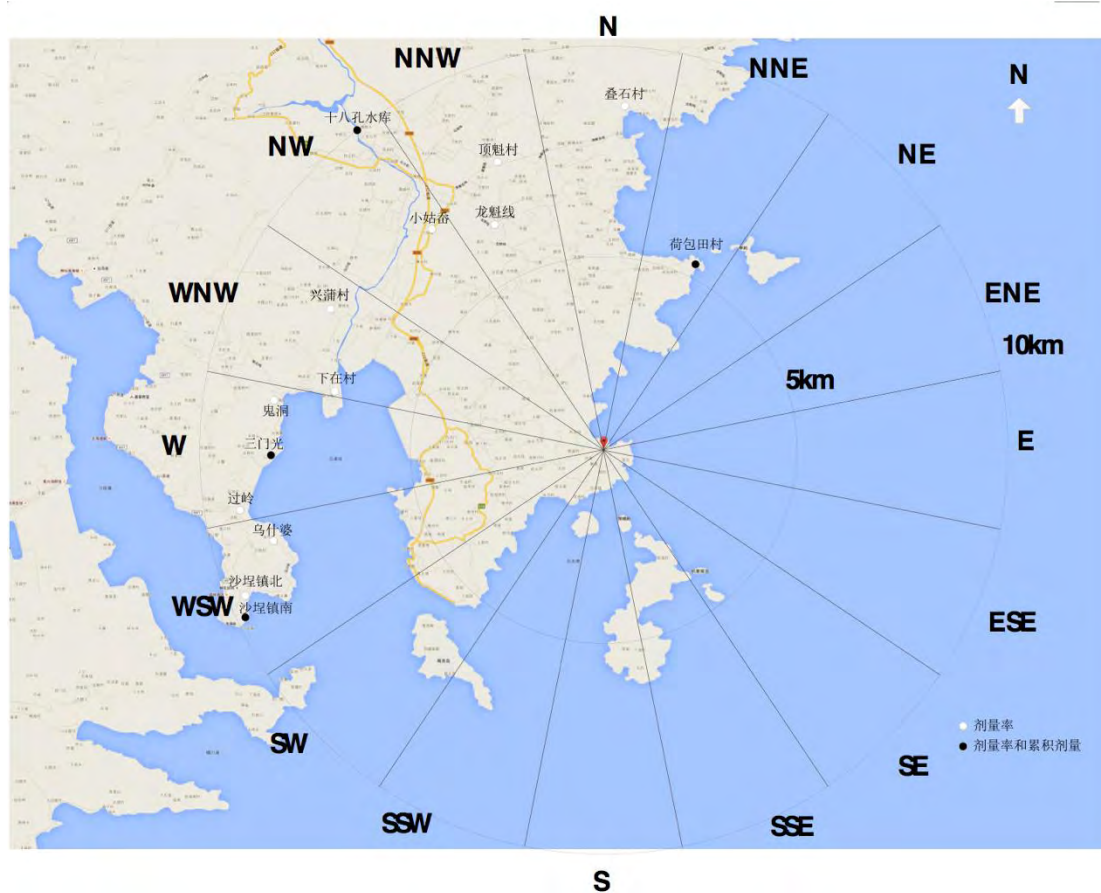
站位	样品编号	^{90}Sr	^{137}Cs	^{54}Mn	^{59}Fe	^{58}Co	^{60}Co	^{110m}Ag	^{131}I	^{106}Ru	^{134}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	总 β	总铀 ($\mu g\ g^{-1}$ 干重)
S01	SA01	0.05±0.03	2.46±0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30.7±2.95	53.9±5.57	(7.48±0.47)×10 ²	(10.3±0.33)×10 ²	2.21±0.22
S03	SA03	0.55±0.04	3.27±0.27	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	28.6±2.76	50.6±5.25	(7.54±0.48)×10 ²	(10.8±0.24)×10 ²	1.54±0
S04	SA04	0.22±0.04	2.86±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	32.5±3.08	51.6±5.32	(7.45±0.47)×10 ²	(10.2±0.33)×10 ²	1.05±0.2
S06	SA06	0.78±0.05	2.95±0.25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27.8±2.68	50.3±5.22	(6.91±0.44)×10 ²	(10.5±0.23)×10 ²	1.56±0
S07	SA07	0.32±0.04	2.29±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.7±2.98	47.7±5.08	(7.23±0.47)×10 ²	(10.2±0.26)×10 ²	2.07±0.22
S09	SA09	0.55±0.04	2.61±0.23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.9±2.87	47.6±4.94	(7.4±0.47)×10 ²	(13.5±0.3)×10 ²	3.37±0.45
S11	SA11	1.49±0.07	1.91±0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.2±2.99	46.2±4.82	(6.9±0.44)×10 ²	(10.5±0.25)×10 ²	1.63±0.28
S13	SA13	0.41±0.03	2.14±0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	33.4±3.18	47.8±4.96	(6.98±0.44)×10 ²	(9.01±0.21)×10 ²	0.93±0
S14	SA14	1.85±0.09	2.11±0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.7±2.86	46.8±4.87	(7.07±0.45)×10 ²	(10.7±0.36)×10 ²	0.66±0.09
S17	SA17	0.92±0.04	2.25±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	32.1±3.20	46.6±4.94	(7.39±0.47)×10 ²	(10.1±0.32)×10 ²	2.39±0.14
S18	SA18	0.44±0.05	2.83±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.1±2.98	49.7±5.14	(7.92±0.5)×10 ²	(10.3±0.23)×10 ²	1.53±0
S21	SA21 平行 1	1.59±0.08	2.31±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.5±2.95	42.3±4.52	(7.08±0.45)×10 ²	(10.4±0.34)×10 ²	2.07±0.45
	SA21 平行 2	1.32±0.09	2.22±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30.1±3.02	45.9±4.62	(7.14±0.46)×10 ²	(10.1±0.22)×10 ²	1.51±0.43
S23	SA23	0.52±0.07	2.52±0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.1±2.97	48.4±4.75	(7.47±0.47)×10 ²	(10.6±0.27)×10 ²	1.74±0.43
S24	SA24	1.14±0.10	2.62±0.23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	32.3±3.09	45.8±5.00	(7.14±0.45)×10 ²	(10.5±0.28)×10 ²	1.65±0.29
S25	SA25	0.32±0.03	1.72±0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	28.6±2.87	51.7±4.86	(7.02±0.45)×10 ²	(10.7±0.32)×10 ²	3.27±0.37
S26	SA26	0.71±0.05	3.63±0.29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30.4±2.92	46.7±5.33	(7.73±0.49)×10 ²	(10.4±0.37)×10 ²	1.74±0.3
S28	SA28 平行 1	0.32±0.05	2.94±0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.8±2.73	51.0±4.67	(7.63±0.47)×10 ²	(11.3±0.27)×10 ²	1.73±0.43
	SA28 平行 2	0.41±0.05	2.80±0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.8±2.91	49.6±4.64	(7.47±0.46)×10 ²	(10±0.22)×10 ²	1.94±0.07
S30	SA30 平行 1	0.27±0.06	3.37±0.26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30.7±2.86	49.2±5.15	(7.93±0.49)×10 ²	(10.9±0.27)×10 ²	2.36±0.37
	SA30 平行 2	0.38±0.04	3.72±0.28	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30.0±2.80	50.5±5.05	(7.48±0.46)×10 ²	(11.3±0.28)×10 ²	2.51±0.31

表 3.1-14 (2/2) 海洋沉积物放射性核素分析结果（春季）， Bq kg^{-1} 干重

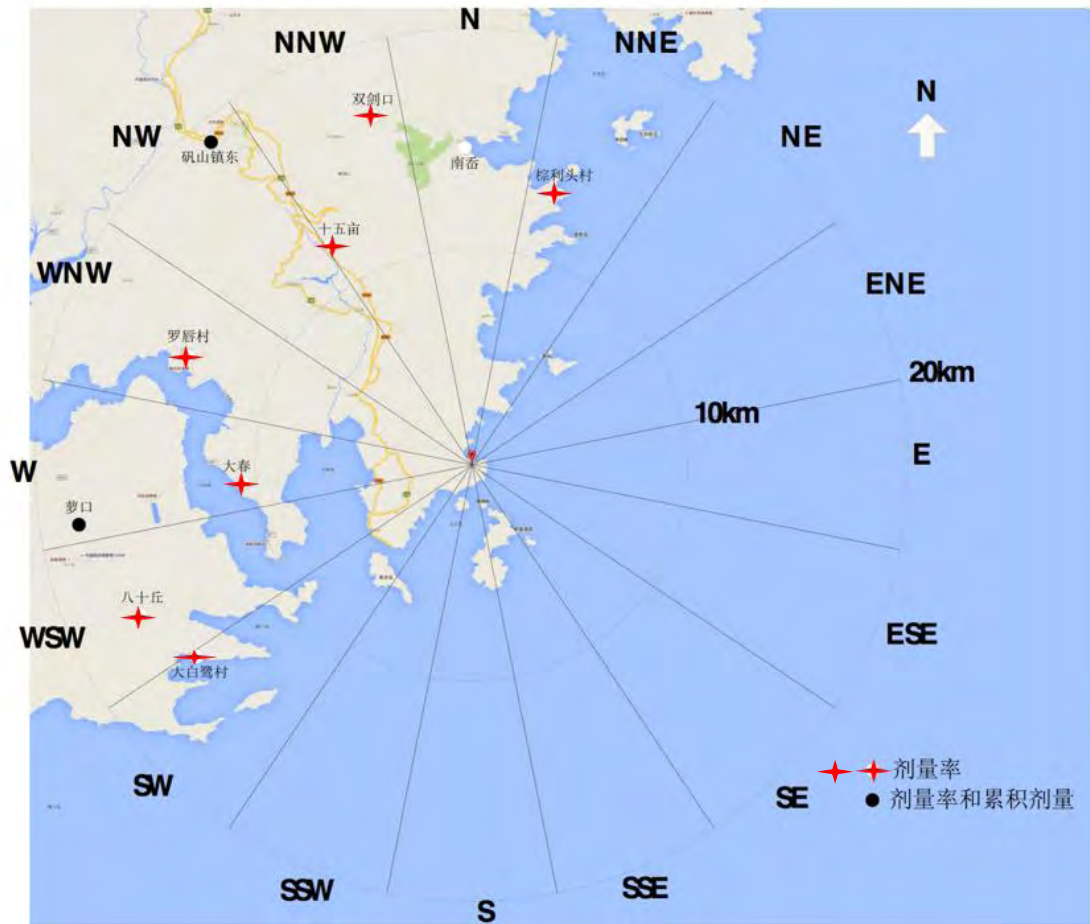
站位	样品编号	^{90}Sr	^{137}Cs	^{54}Mn	^{59}Fe	^{58}Co	^{60}Co	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{131}I	^{106}Ru	^{134}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	总 β	总铀 ($\mu\text{g g}^{-1}$ 干重)
S31	SA31	1.80±0.12	2.52±0.22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	28.5±2.75	52.4±5.14	(7.5±0.47)×10 ²	(11.1±0.23)×10 ²	3.88±1.17
S33	SA33	0.17±0.03	1.90±0.15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.6±2.74	46.7±4.98	(7.22±0.45)×10 ²	(10.3±0.23)×10 ²	0.86±0.19
S35	SA35	2.03±0.10	2.88±0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.9±2.77	47.9±5.11	(7.34±0.45)×10 ²	(10.5±0.22)×10 ²	2.76±0.21
S37	SA37	ND	2.78±0.23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.9±2.83	47.8±5.36	(7.23±0.45)×10 ²	(10.8±0.24)×10 ²	1.86±0.29
S38	SA38	1.64±0.07	2.65±0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.0±2.86	33.9±4.73	(7.34±0.45)×10 ²	(9.47±0.25)×10 ²	2.19±0.11
S40	SA40	0.46±0.06	2.86±0.23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31.4±2.96	26.2±4.91	(7.01±0.44)×10 ²	(10.4±0.23)×10 ²	2.37±0.57
S46	SA46	1.05±0.05	2.39±0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	29.9±2.84	28.2±4.91	(7.21±0.45)×10 ²	(11.0±0.35)×10 ²	2.39±0.59
CNHD2-4	CNHD2-4	0.11±0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	25.3±2.31	27.5±3.42	(6.93±0.43)×10 ²	(8.21±0.23)×10 ²	0.67±0.1
CNHD3-3	CNHD3-3	0.16±0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	19.1±1.83	26.1±2.72	(6.1±0.38)×10 ²	(8.31±0.31)×10 ²	0.99±0.11
CNHD3-4	CNHD3-4	0.23±0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17.0±1.65	17.0±2.94	(6.06±0.38)×10 ²	(8.72±0.23)×10 ²	0.74±0.11
CNHD5-4	CNHD5-4	1.17±0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20.9±1.91	20.9±2.76	(6.38±0.39)×10 ²	(7.85±0.24)×10 ²	0.76±0.11
CNHD4(中)	CNHD4(中)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17.9±1.65	17.9±2.62	(5.97±0.37)×10 ²	(7.65±0.24)×10 ²	0.98±0.08
平均值		0.76±0.60	1.17±0.18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	28.6±4.30	45.2±8.10	(7.15±0.49)×10 ²	(10.2±1.17)×10 ²	1.80±0.84



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
陆地 γ 辐射剂量率现状监测 布点示意图		
图 3.1-1（1/3）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
陆地 γ 辐射剂量率现状监测 布点示意图		
图 3.1-1（2/3）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
陆地 γ 辐射剂量率现状监测 布点示意图		
图 3.1-1（3/3）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

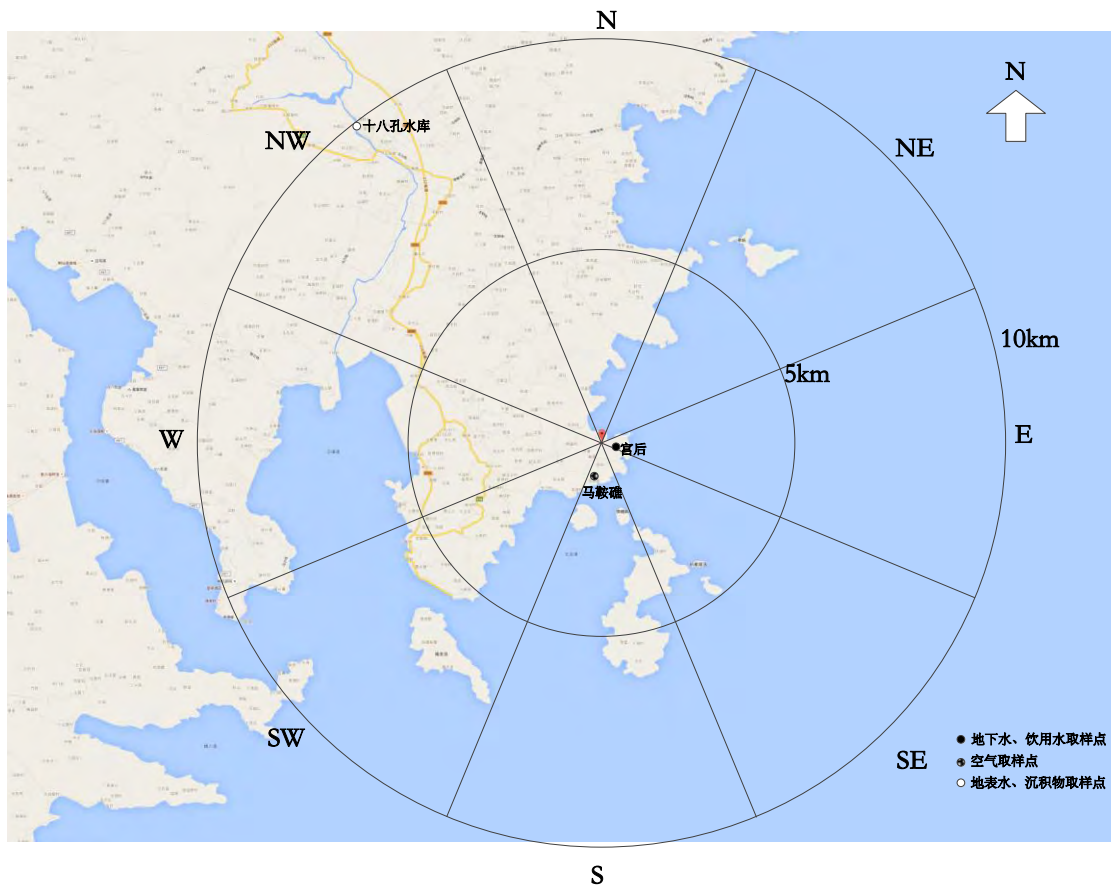
环境影响报告书（建造阶段）

土壤取样监测布点示意图

图 3.1-2

版次

A

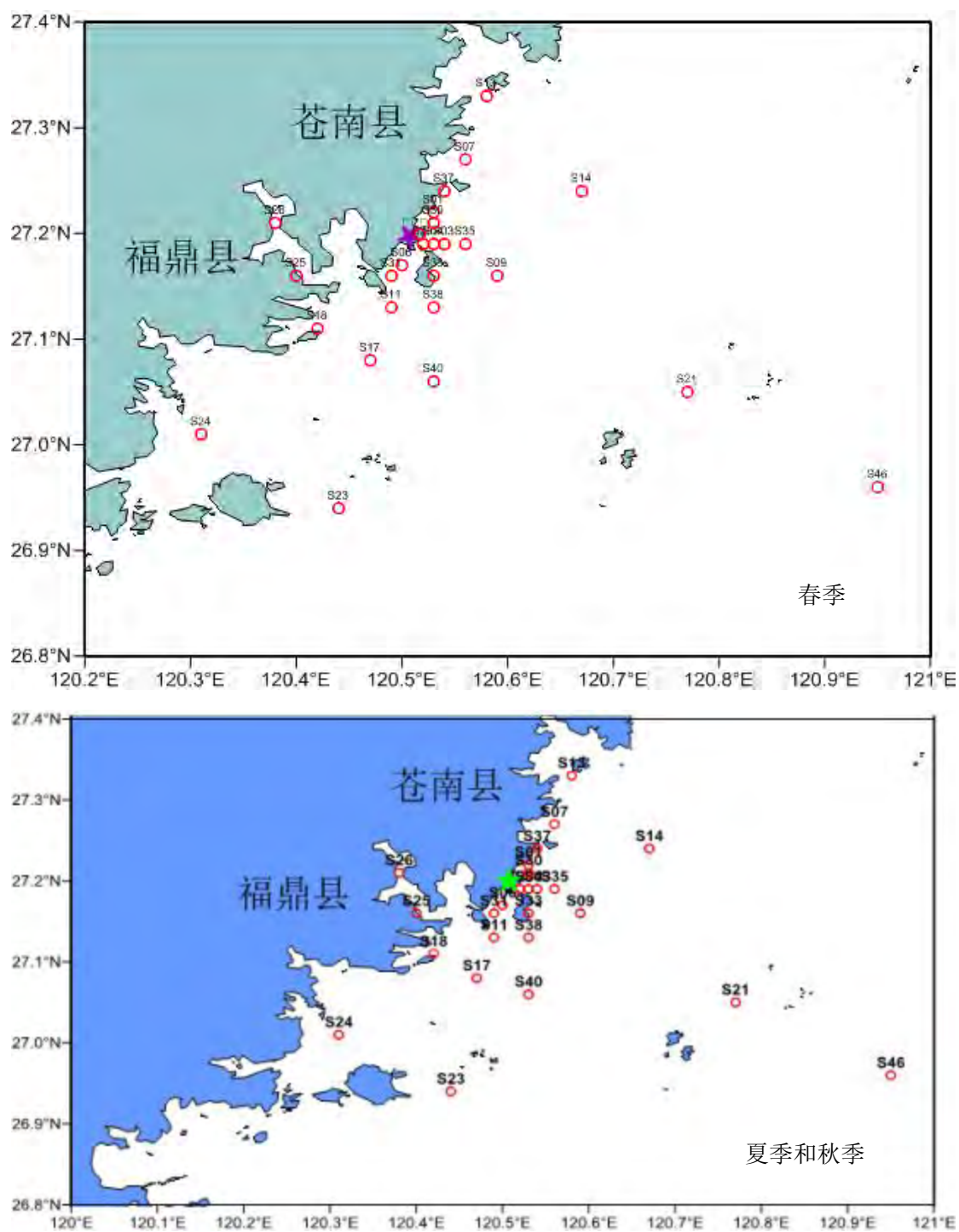


中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
空气和非受纳水体取样布点示意图

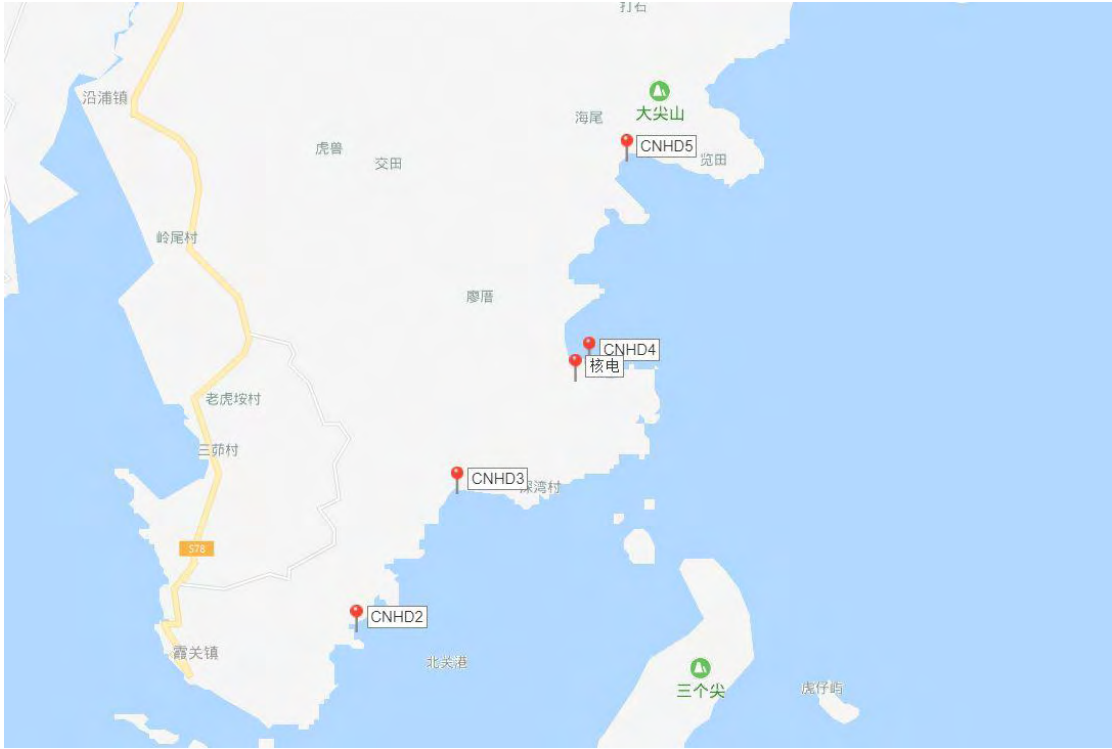
图 3.1-3

版次

A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
海水及海洋沉积物采样站位示意图		
图 3.1-4	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
潮间带沉积物采样站位示意图

图 3.1-5

版次

A

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 声环境质量现状调查与评价

3.2.2 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 调查时间和点位

3.2.2.2 水质调查结果

3.2.2.3 水环境质量现状评价

3.2.3 沉积物调查结果

3.2.4 海洋生物质量调查结果

3.2.5 电磁环境质量现状调查与评价

3.2.6 大气环境质量现状调查与评价

3.2.7 参考资料

表

表3.2-1 厂址周边5km范围内噪声监测结果

表3.2-2 海水水质参数调查结果统计特征值（冬季）

表3.2-3 海水水质参数调查结果统计特征值（春季）

表3.2-4 海水水质参数调查结果统计特征值（夏季）

表3.2-5 海水水质参数调查结果统计特征值（秋季）

表3.2-6 厂址区域电磁环境质量现状的监测结果

表3.2-7 厂址周围5km范围大气环境监测结果一栏表

图

- 图3.2-1 厂址半径5km范围噪声检测点位图
- 图3.2-2 水质调查点位分布示意图
- 图3.2-3 近区水质调查点位分布示意图
- 图3.2-4 厂址附近大气环境监测点分布示意图

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 声环境质量现状调查与评价

厂址周围 5km 范围内主要为海域和山地丘陵，声环境敏感点为厂址附近的村庄。厂址周围 5km 范围内没有大型工矿企业，没有工业相关的重大噪声源。厂址 5km 范围内有 S232 省道经过，还有部分乡村公路，厂址周围的噪声主要为交通噪声。

苏州热工研究院有限公司环境检测中心于 2016 年 1 月 14 日~1 月 17 日对厂址区域及 5km 范围内的部分村庄进行了噪声监测。根据《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中的相关要求，进行昼间和夜间的声环境现状质量监测，昼间为 6:00~22:00，夜间为 22:00~次日 6:00。监测点位涵盖了厂址区域范围、厂址厂界外距离较近的村庄和厂址 5km 范围内的部分居民点，共计 20 个监测点位 (N1~N20)。噪声监测布点见图 3.2-1。监测期间天气良好，风速可满足监测规范要求。

本工程厂址周围 5km 范围均为农村地区，根据浙江省环保厅对本项目非放射性环境影响评价执行标准请示的回函，厂址区域执行 2 类声功能区限值要求[昼间 60dB(A)，夜间 50dB(A)]，厂址周围 5km 范围内的村庄执行 1 类声功能区限值要求[昼间 55dB(A)，夜间 45dB(A)]，主干道附近的村庄执行 4a 类声功能区限值要求[昼间 70dB(A)，夜间 55 dB(A)]。

厂址区域及周边声环境质量现状监测结果见表 3.2-1。监测结果表明：

- 厂址区域内拟建办公楼位置处的昼间噪声值为 43.2~43.5dB(A)，夜间噪声值为 43.4~43.7dB(A)；靠近海边的东北、西北、东南厂界监测点位昼间噪声值为 50.2~58.8dB(A)，夜间噪声值为 49.6~58.8dB(A)；厂址西侧陆域厂界附近（开关站外和深湾村）的昼间噪声值为 39.1~46.8dB(A)，夜间噪声值为 39.0~43.9dB(A)。厂界靠海一侧的部分监测点位由于受到潮汐、风浪的影响，夜间噪声会略超过 2 类声功能区限值，其他点位均可满足 2 类声功能区限值要求。
- 厂址区域内的宫后村和顶科村昼间噪声值为 47.0~52.0dB(A)，夜间噪声值为 41.8~43.2dB(A)。两处村庄的声环境质量现状均满足 2 类声功能区标准。该两处村庄位于厂址拟征地范围内，目前已经拆迁另行安置。
- 厂区附近半径 5km 范围内的村庄声环境质量现状监测值昼间为 39.5~53.8dB(A)，夜间为 32.8~44.9dB(A)，均可满足 1 类声功能区标准。

- 三茆村位于省道 S232 旁边，声环境现状监测值昼间为 66.1~66.4dB(A)，夜间为 50.3~50.7dB(A)，可满足 4a 类声功能区标准。

本项目周边无重大噪声源，除了沿海岸地区的噪声受海浪、潮汐的影响在夜间超过 2 类声环境功能区限值外，其他区域的声环境均满足相应的声功能区标准。厂址区域及附近 5km 范围内的声环境质量现状良好。

3.2.2 受纳水体环境质量现状调查与评价

国家海洋局第三海洋研究所于 2016 年 1 月~11 月对厂址周边海域开展了四个季度的水质监测，以下对此次监测成果进行描述并评价。

3.2.2.1 调查时间和点位

海水水质冬季调查时间为 2016 年 1 月 27 日至 29 日（大潮期）；春季调查时间为 2016 年 4 月 23 日-25 日（大潮期）；夏季调查时间为 2016 年 8 月 2 日-4 日（大潮期）；秋季调查时间为 2016 年 11 月 15 日-17 日（大潮期）。

海水水质调查布设 48 个站位，图 3.2-2 给出了水质各调查站位分布示意图，图 3.2-3 特别给出了厂址附近的水质调查站位分布示意图。

3.2.2.2 监测项目

- 常规水环境化学项目：悬浮物、pH、DO、COD、BOD₅、总碱度、氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、活性磷酸盐、活性硅酸盐、余氯、氟化物、氰化物、硫酸盐（以 SO₄²⁻计），共计 15 个项目；
- 污染项目及重金属项目：石油类、铜、铅、镉、总铬、锌、汞、砷、锰、硼、银，共计 11 个项目。

3.2.2.3 水质调查结果及评价

四个季度的海水水质调查结果详见表 3.2-2~3.2-5。根据《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于苍南中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址附近近岸海域环境功能区调整意见的复函》（浙环函[2019]326 号）和《福建省近岸海域环境功能区划（修编）》（闽政[2011]45 号）中的厂址附近近岸海域环境功能区划，结合海洋调查站位分

布,可知 S05、S06、S31、S32 站执行四类海水水质标准, S11、S12、S16~S18、S22~S27、S40、S42、S44~S47 站执行二类海水水质标准, 其余站位均执行一类海水水质标准。

监测结果表明, 部分水质因子存在超标现象, 超标因子主要为磷酸盐和无机氮(包括硝酸盐+亚硝酸盐+铵盐); COD、BOD₅、溶解氧和汞个别站位超标; 铅、锌、铜、镉、砷、铬、氰化物、溶解氧、pH 值、石油类均满足相应的标准要求。此次调查中, 冬季各站位磷酸盐和无机氮均超标, 主要原因一是因为该海区本底磷酸盐和无机氮高; 二是冬季沿岸流将大量入海陆源污染物运送过来, 造成冬季氮磷含量高; 三是冬季海水水温低, 浮游植物活动能力减弱, 对磷酸盐和无机氮的消耗减少, 不利于磷酸盐和无机氮的降解, 造成冬季出现超标现象。

监测结果表明, 海域内水温在 9.7℃~30.5℃之间, 表层水温一般大于底层, 夏季水温最高。其中冬季水温四类区在 10.5~10.6℃之间、二类区在 9.9℃~10.9℃、一类区在 9.6~11℃之间; 春季水温四类区在 16.3~16.6℃、二类区在 16.3℃~18.2℃、一类区在 14.9~17.2℃之间; 夏季水温四类区在 28.7~29.3℃、二类区在 27.9℃~30.5℃、一类区在 28.0~29.7℃之间; 秋季水温四类区为 20.5℃、二类区在 20.2℃~21.4℃、一类区在 20.1~21.3℃之间。

3.2.3 沉积物调查结果

沉积物调查时间、调查范围与水质调查时间、调查范围一致, 调查共设置 24 个站位, 监测布点详见图 3.2-2 和图 3.2-3。

沉积物调查结果显示: 浅海沉积物中铜的质量指数范围为 0.16~1.19, 铅的质量指数范围为 0.09~0.77, 锌的质量指数范围为 0.12~1.19, 镉的质量指数范围为 0.20~1.96, 铬的质量指数范围为 0.08~0.64, 汞的质量指数范围为 0.37~0.96, 砷的质量指数范围为 0.45~0.73, 石油类的质量指数范围为 0.02~0.06, 硫化物的质量指数范围为 0.00~1.47, 有机碳的质量指数范围为 0.27~0.52。浅海超标元素中, 铜超标率 37.0%, 锌超标率 1.37%; 镉超标率 25.9%, 硫化物超标率 1.37%, 但各指标均可满足 GB 18668-2002 中二类标准要求。

潮间带沉积物中铜的质量指数范围为 0.08~1.06, 铅的质量指数范围为 0.19~0.52, 锌的质量指数范围为 0.17~0.51, 镉的质量指数范围为 0.74~2.48, 铬的质量指数范围为 0.01~0.07, 汞的质量指数范围为 0.09~0.30, 砷的质量指数范围为 0.25~0.62, 石油类

的质量指数范围为 0.01~0.02，硫化物的质量指数范围为 0.00~0.03，有机碳的质量指数范围为 0.03~0.06。潮间带超标的元素主要为镉，超标率为 80.0%，铜超标率为 5.0%，但各指标均可满足 GB18668-2002 中二类标准要求。

3.2.4 海洋生物质量调查结果

生物质量调查进行春季和秋季航次的大面调查，通过拖网方式采集鱼类和甲壳类。贝类采用人工现场采集方式，共采集鱼类、贝类、甲壳类、藻类四类生物样。海洋贝类生物按《海洋生物质量》（GB/T 18421-2001）一类标准执行。海洋鱼类和甲壳类生物质量评价，国家尚未颁布统一的评价标准，采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规范》和《第二次全国海洋污染基线调查报告》中的“海洋生物质量评价标准”进行评价。

由评价结果可知，春季全部鱼类中铜、铅、锌、镉、总铬、汞、砷和石油烃未出现超标。甲壳类中铜、铅、锌、镉、总铬、汞、砷和石油烃均未出现超标。贝类中铜、铬、汞、石油烃未出现超标。贝类中超标元素主要集中在铅、镉、锌、砷。在全部贝类中，共有 14 个站位的生物样品铅含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 93.3%；有 12 个站位的生物样品镉含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 80.0%；有 2 个站位的生物样品锌含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 13.3%；有 2 个站位的生物样品砷含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 13.3%。

秋季全部鱼类中铜、铅、锌、镉、总铬、汞和石油烃未出现超标，6 号站位的棘头梅童鱼和 3 号站位的棘头梅童鱼砷超标，超标率为 18.2%。甲壳类中铜、铅、锌、镉、总铬、汞、砷和石油烃均未出现超标。贝类中超标元素主要集中在铅、镉、锌、砷。在全部贝类中，共有 7 个站位的生物样品铅含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 70%；有 10 个站位的生物样品镉含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 100.0%；有 2 个站位的生物样品锌含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 20%；有 1 个站位的生物样品砷含量超过海洋生物质量一类标准，超标率为 10%。

3.2.5 电磁环境质量现状调查与评价

厂址所在地为沿海的丘陵地带，根据厂址的总平图，厂内拟建的办公楼位于拟建的 220kV 变电站及 500kV 开关站附近，因此拟建的办公楼作为本工程的电磁敏感目标。

厂址区域无其他 110kV 及以上电压等级的输变电工程，但有豁免管理的 35kV 输变电线路从厂区穿过，该线路从北关岛风电场引出。除此之外厂区没有其他与本工程类似的电磁污染源。

本工程涉及的电磁类工程主要为厂内 500kV 开关站、厂内 220kV 变电站以及常规岛的主变。参照《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014），监测点位布置在运行后会产生工频电场、工频磁场影响的位置，即本工程 1 号常规岛位置、2 号常规岛位置、500kV 开关站所在区域、220kV 变电站所在区域；远期拟建的 3、4 号机组所在区域和 5、6 号机组所在区域；另外在距离 220kV 变电站最近的办公楼位置布置了监测点位。

苏州热工研究院有限公司环境检测中心在 2016 年 1 月 16 日对拟定的监测点位进行了工频电场、工频磁场的测量。工频电场、工频磁场执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）表 1 中频率为 50Hz 所对应的公众曝露控制限值，即工频电场限值：4000V/m；工频磁场限值：100 μ T。

本工程监测点位的电磁环境质量现状监测结果见表 3.2-6。2 号点位位于村庄内，工频电场测量值为 1.501V/m，工频磁场测量值为 0.0459 μ T；其他监测点位均位于野外，工频电场测量值为 0.347~0.568V/m，工频磁场测量值为 0.0133~0.0146 μ T。厂址区域电磁环境监测结果均满足 GB8702-2014 的标准限值要求，电磁环境本底较好。

3.2.6 大气环境质量现状调查与评价

厂址区域大气环境质量现状调查与监测由浙江中谱检测科技有限公司开展，监测时间为 2016 年 5 月 18 日~2016 年 5 月 24 日，监测期间天气情况良好，主导风向为东~东北风，平均风速为 1.5m/s。厂址半径 5km 范围内无大型工矿企业，无对大气环境有较大影响的污染源。

环境空气质量监测布点范围分布在厂址半径 5km 范围内，监测的污染因子主要为 SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5} 和 TSP。SO₂、NO₂、CO 和 O₃ 监测其小时均值，每天采样 4 次，每次至少有 45min 的采样时间，采样时间为 2:00、8:00、14:00 和 20:00，PM₁₀、PM_{2.5} 和 TSP 监测其日均值，PM₁₀ 和 PM_{2.5} 的采样时间不低于 20h，TSP 的采样时间为 24h。采样和分析方法均按照国家标准进行。采样的点位分布见图 3.2-4。

厂址半径 5km 范围的大气环境监测结果见表 3.2-7。由评价结果可知：7 个监测点环境空气中 SO₂、NO₂、可吸入颗粒物（PM₁₀）、CO、臭氧、总悬浮颗粒物、细颗粒物（PM_{2.5}）均低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，项目区域环境空气质量较好。

3.2.7 参考资料

- [1] 中广核浙江三澳核电站一期工程邻近海域水生生态与渔业资源调查总报告，国家海洋局第三海洋研究所，2017.2；
- [2] 中广核浙江三澳核电站一期工程厂址及周围区域电磁、噪声检测报告，苏州热工研究院有限公司环境检测中心，2016 年 5 月；
- [3] 中广核浙江三澳核电站一期工程环境空气质量现状调查报告，浙江中谱检测科技有限公司，2016 年 6 月。

表 3.2-1 厂址周边 5km 范围内噪声监测结果

噪声监测点位				环境特征	环境噪声 dB (A)			
					1 月 14 日		1 月 16 日	
村名	方位	距离/km	昼间		夜间	昼间	夜间	
N3	和尚佯	WNW	1.3	村庄	39.5	39.0	40.0	39.4
N4	柳垄头	W	1.2	村庄	45.3	40.4	45.7	40.7
N5	大坪	WSW	1.6	村庄	40.7	32.8	41.0	33.1
N6	深湾	SW	1.5	村庄	53.2	44.5	53.6	44.9
N7	南坪	WSW	3.2	村庄	51.2	40.6	51.5	40.9
N8	后槽	NNW	3.4	村庄	50.2	38.1	50.5	38.4
N9	仙岩	NW	3.5	村庄	51.2	39.7	51.5	40.1
N10	库下	W	3.9	村庄	51.8	42.6	52.1	43.0
N11	斗门头	W	4.2	村庄	52.8	43.4	53.8	44.3
GB3096-2008 1 类区					55	45	55	45
N1	宫后	SE	0.2	村庄	47.0	42.9	47.3	43.2
N2	顶科	SW	0.5	村庄	51.8	41.8	52.0	42.3
GB3096-2008 2 类区					60	50	60	50
N12	三茆	WSW	4.7	村庄、道路边	66.1	50.3	66.4	50.7
GB3096-2008 4a 类区					70	55	70	55
N13	东北厂界附近（国姓礁）			空地、离海较近	50.4	49.6	50.7	49.9
N14	拟建厂内办公楼位置			空地	43.2	43.4	43.5	43.7
N15	西北厂界附近			空地、海边	57.2	57.1	57.5	57.3
N16	500kV 开关站外陆域厂界附近			空地	39.1	39.0	39.3	39.4
N17	西南厂界附近			深湾村	46.3	43.6	46.8	43.9
N18	东南厂界 5、6 号机组取水口附近			空地、海边	58.5	58.5	58.8	58.8
N19	东南厂界 3、4 号机组取水口附近			空地、离海较近	50.2	49.9	50.7	50.3
N20	东南厂界 1、2 号机组取水口附近			空地、海边	53.4	53.1	53.6	53.2
GB3096-2008 2 类区					60	50	60	50

表 3.2-2 海水水质参数调查结果统计特征值（冬季）

层次	特征值	溶解氧	pH	氟化物	COD	悬浮物	BOD ₅	碱度	余氯	硝酸盐	亚硝酸盐	铵盐	无机氮	活性硅酸盐	活性磷酸盐	氰化物	硫酸根
		mg/L		mg/L				mmol/L	mg/L								
表层	最小值	6.36	8.05	0.98	0.59	9.0	0.01	2.10	未	0.232	0.004	0.013	0.281	1.25	0.034	0.0010	1.92
	最大值	12.20	8.15	1.04	1.29	235.3	1.48	2.29	0.03	0.728	0.008	0.081	0.768	1.70	0.056	0.0018	4.90
	平均值	9.14	8.09	1.00	0.83	43.6	0.44	2.21	0.02	0.594	0.005	0.033	0.632	1.44	0.041	0.0013	2.80
10m层	最小值	8.50	8.06	0.99	0.67	9.4	0.01	2.11	未	0.277	0.003	0.015	0.303	1.25	0.034	0.0010	2.35
	最大值	10.32	8.10	1.05	1.20	206.4	0.64	2.31	未	0.739	0.011	0.035	0.759	1.86	0.045	0.0018	3.59
	平均值	9.19	8.08	1.02	0.86	58.9	0.23	2.20	未	0.555	0.005	0.024	0.584	1.45	0.039	0.0013	3.00
底层	最小值	6.36	8.05	0.99	0.69	7.1	0.01	2.10	未	0.200	0.004	0.013	0.238	1.29	0.037	0.0010	2.25
	最大值	10.85	8.12	1.06	1.27	236.6	1.55	2.29	未	0.806	0.008	0.058	0.843	1.83	0.053	0.0015	4.04
	平均值	9.03	8.09	1.01	0.92	70.8	0.41	2.22	未	0.574	0.005	0.026	0.605	1.42	0.040	0.0012	2.88
总平均值		9.11	8.09	1.01	0.87	55.5	0.39	2.21	0.02	0.579	0.005	0.029	0.613	1.44	0.040	0.0013	2.86

注：“未”表示未检出。

层次	特征值	硼	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油类	银	锰
		mg/L	μg/L									
表层	最小值	2.86	0.181	0.006	0.067	0.012	0.096	0.020	1.7	8.2	0.017	0.64
	最大值	3.46	0.583	0.878	1.640	0.046	0.242	0.049	4.6	22.4	2.66	6.74
	平均值	3.22	0.307	0.243	0.59	0.020	0.146	0.037	2.5	11.5	0.582	1.83
10m层	最小值	2.91	0.200	0.006	0.172	0.013	0.113	0.019	1.8	-	0.012	0.73
	最大值	3.59	0.727	0.888	1.150	0.038	0.433	0.048	4.1	-	1.82	5.01
	平均值	3.31	0.356	0.254	0.56	0.021	0.164	0.034	2.5	-	0.479	1.98
底层	最小值	2.87	0.169	0.006	0.162	0.010	0.080	0.022	1.8	-	0.011	0.65
	最大值	3.61	0.725	0.908	1.940	0.085	0.319	0.046	4.7	-	2.00	5.93
	平均值	3.21	0.307	0.239	0.57	0.022	0.150	0.036	2.5	-	0.477	1.72
总平均值		3.23	0.317	0.243	0.58	0.021	0.151	0.036	2.5	11.5	0.526	1.82

表 3.2-3 海水水质参数调查结果统计特征值（春季）

层次	特征值	溶解氧	pH	氟化物	COD	悬浮物	BOD ₅	碱度	余氯	硝酸盐	亚硝酸盐	铵盐	无机氮	活性硅酸盐	活性磷酸盐	氰化物	硫酸根
		mg/L		mg/L				mmol/L	mg/L								
表层	最小值	8.06	8.10	1.05	0.36	6.4	0.47	2.11	未	0.074	0.005	0.009	0.096	0.64	0.003	未	2.50
	最大值	11.62	8.29	1.14	2.52	86.2	2.98	2.33	未	0.419	0.014	0.078	0.452	1.14	0.030	0.0016	3.10
	平均值	9.23	8.23	1.08	1.03	26.7	1.63	2.28	未	0.272	0.009	0.033	0.314	0.90	0.016	0.0008	2.75
10m层	最小值	8.62	8.19	1.08	0.68	7.2	1.22	2.20	未	0.039	0.005	0.016	0.060	0.58	0.002	0.0006	2.51
	最大值	11.30	8.29	1.16	1.54	29.0	2.89	2.32	未	0.345	0.010	0.054	0.381	1.10	0.021	0.0016	3.43
	平均值	9.71	8.24	1.10	1.03	16.0	2.05	2.28	未	0.208	0.007	0.032	0.247	0.83	0.011	0.0010	2.86
底层	最小值	7.84	8.11	1.09	0.26	12.2	0.35	2.19	未	0.095	0.005	0.009	0.113	0.55	0.003	未	2.58
	最大值	10.47	8.29	1.22	1.72	132.0	2.92	2.32	未	0.435	0.014	0.076	0.502	1.14	0.046	0.0015	3.34
	平均值	8.86	8.21	1.11	0.83	40.7	1.39	2.28	未	0.251	0.009	0.031	0.291	0.86	0.017	0.0008	2.81
总平均值		9.15	8.22	1.09	0.96	30.5	1.59	2.28	未	0.257	0.009	0.032	0.298	0.88	0.016	0.0008	2.78

注：“未”表示未检出。

层次	特征值	硼	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油类	银	锰
		mg/L	μg/L									
表层	最小值	2.67	0.507	0.0931	0.354	0.0177	0.0886	0.012	0.85	11.8	0.221	0.578
	最大值	3.82	3.54	0.734	3.19	0.0678	0.588	0.063	3.0	27.2	3.00	1.50
	平均值	3.28	0.924	0.351	0.613	0.0322	0.205	0.039	1.6	17.5	0.96	0.915
10m层	最小值	3.10	0.565	0.123	0.362	0.0214	0.100	0.011	0.90	-	0.291	0.697
	最大值	3.75	0.807	0.602	0.757	0.0469	0.548	0.055	1.7	-	2.65	1.62
	平均值	3.43	0.692	0.320	0.435	0.0304	0.209	0.035	1.3	-	0.95	1.04
底层	最小值	2.86	0.533	0.065	0.359	0.0145	0.0750	0.029	1.2	-	0.209	0.686
	最大值	3.79	1.21	0.592	0.560	0.0538	0.345	0.072	2.9	-	4.45	1.26
	平均值	3.33	0.711	0.310	0.408	0.0289	0.161	0.045	1.9	-	1.06	0.875
总平均值		3.32	0.820	0.333	0.518	0.0308	0.190	0.041	1.7	17.5	1.00	0.916

表 3.2-4 海水水质参数调查结果统计特征值（夏季）

层次	特征值	溶解氧	pH	氟化物	COD	悬浮物	BOD ₅	碱度	余氯	硝酸盐	亚硝酸盐	铵盐	无机氮	活性硅酸盐	活性磷酸盐	氰化物	硫酸根
		mg/L		mg/L				mmol/L									mg/L
表层	最小值	5.62	8.04	1.24	0.17	4.5	0.01	1.93	未	未	0.001	0.001	0.012	0.04	0.002	未	2.80
	最大值	7.70	8.25	1.29	1.27	45.4	2.59	2.10	0.02	0.063	0.020	0.061	0.129	0.79	0.024	0.0006	3.44
	平均值	6.74	8.17	1.26	0.64	18.8	1.21	2.06	0.01	0.024	0.006	0.026	0.055	0.18	0.006	0.0006	3.08
10m层	最小值	5.86	8.13	1.24	0.27	5.9	0.04	2.05	未	未	0.001	0.002	0.012	0.07	0.001	未	2.87
	最大值	7.36	8.25	1.29	1.23	56.3	2.04	2.10	未	0.020	0.015	0.066	0.080	0.28	0.009	未	3.37
	平均值	6.69	8.20	1.27	0.81	15.3	0.71	2.08	未	0.007	0.005	0.026	0.036	0.15	0.003	未	3.13
底层	最小值	5.09	8.12	1.25	0.39	7.9	0.10	2.05	未	未	0.001	0.007	0.027	0.13	0.002	未	2.93
	最大值	7.34	8.23	1.30	1.17	59.3	2.37	2.10	未	0.048	0.038	0.041	0.099	0.36	0.013	未	3.42
	平均值	6.32	8.16	1.28	0.85	19.4	1.01	2.08	未	0.023	0.014	0.026	0.061	0.25	0.006	未	3.10
总平均值		6.65	8.17	1.27	0.72	18.3	1.08	2.07	0.01	0.021	0.007	0.026	0.053	0.19	0.006	0.0006	3.10

注：“未”表示未检出。

层次	特征值	硼	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油类	银	锰
		mg/L	μg/L									
表层	最小值	3.40	0.035	0.126	0.498	0.0024	0.0518	0.012	0.93	13.7	未检出	0.278
	最大值	4.06	1.23	0.405	8.24	0.0128	0.2370	0.069	2.9	30.2	0.301	1.40
	平均值	3.75	0.319	0.183	1.43	0.0058	0.0899	0.040	1.3	18.6	0.0504	0.483
10m层	最小值	3.27	0.038	0.126	0.439	0.0019	0.0562	0.021	1.0	-	未检出	0.273
	最大值	3.98	1.64	0.402	5.38	0.0113	0.3290	0.044	1.4	-	0.194	0.55
	平均值	3.67	0.256	0.169	1.12	0.0045	0.0894	0.034	1.2	-	0.0638	0.387
底层	最小值	3.36	0.030	0.078	0.502	0.0022	0.0509	0.021	1.0	0.0	未检出	0.287
	最大值	3.83	0.479	0.238	3.37	0.0072	0.0984	0.064	1.7	0.0	0.110	0.49
	平均值	3.64	0.145	0.153	1.11	0.0043	0.0752	0.041	1.4	-	0.0396	0.362
总平均值		3.71	0.289	0.178	1.36	0.0054	0.0892	0.039	1.3	18.6	0.0511	0.441

表 3.2-5 海水水质参数调查结果统计特征值（秋季）

层次	特征值	溶解氧	pH	氟化物	COD	悬浮物	BOD ₅	碱度	余氯	硝酸盐	亚硝酸盐	铵盐	无机氮	活性硅酸盐	活性磷酸盐	氰化物	硫酸根
		mg/L		mg/L				mmol/L	mg/L								
表层	最小值	7.51	8.08	1.04	0.17	6.4	0.04	2.00	未	未	0.002	未	0.201	0.63	0.011	未	0.98
	最大值	8.47	8.22	1.16	1.34	207.1	1.51	2.08	0.02	0.813	0.013	0.034	0.826	3.19	0.117	未	2.27
	平均值	7.93	8.15	1.06	0.82	65.6	0.41	2.04	0.01	0.432	0.006	0.009	0.445	1.39	0.047	未	1.83
10m层	最小值	7.51	8.10	1.06	0.17	4.3	0.01	2.01	未	未	0.002	未	0.118	0.78	0.022	未	1.32
	最大值	8.25	8.24	1.17	1.13	216.2	1.16	2.08	0.01	0.621	0.015	0.021	0.657	2.76	0.111	未	2.25
	平均值	7.95	8.17	1.08	0.64	38.3	0.44	2.05		0.343	0.005	0.006	0.353	1.50	0.048	未	1.98
底层	最小值	6.77	8.10	1.05	0.21	10.4	0.00	2.00	未	0.215	0.002	未	0.219	0.42	0.021	未	1.09
	最大值	8.28	8.20	1.18	1.37	329.5	1.36	2.08	未	0.554	0.014	0.014	0.577	2.79	0.100	未	2.29
	平均值	7.84	8.15	1.07	0.85	100.4	0.34	2.04	未	0.398	0.005	0.004	0.407	1.28	0.045	未	1.85
总平均值		7.90	8.15	1.07	0.80	74.2	0.39	2.04	0.01	0.405	0.005	0.007	0.416	1.37	0.046	未	1.86

注：“未”表示未检出。

层次	特征值	硼	铜	铅	锌	镉	铬	汞	砷	石油类	银	锰
		mg/L	μg/L									
表层	最小值	2.77	0.068	0.147	0.158	0.0052	0.0094	0.032	1.50	12.1	未	0.083
	最大值	3.95	0.896	0.976	2.94	0.0249	0.0793	0.050	3.2	27.8	0.131	1.13
	平均值	3.16	0.263	0.360	1.09	0.0127	0.0333	0.043	2.2	17.5	0.0317	0.283
10m层	最小值	2.73	0.053	0.178	0.245	0.0074	0.0097	0.033	1.60	-	未	0.091
	最大值	3.95	1.410	0.979	4.87	0.0662	0.0919	0.049	4.2	-	0.116	2.19
	平均值	3.27	0.400	0.455	1.64	0.0208	0.0362	0.041	2.4	-	0.0299	0.385
底层	最小值	2.62	0.091	0.154	0.180	0.0065	0.0122	0.033	1.30	-	未	0.083
	最大值	4.06	0.968	0.878	4.13	0.0312	0.1002	0.050	3.1	-	0.183	0.74
	平均值	3.17	0.265	0.352	1.10	0.0137	0.0314	0.041	2.4	-	0.0370	0.241
总平均值		3.18	0.286	0.372	1.19	0.0144	0.0330	0.042	2.3	17.5	0.0332	0.285

表 3.2-6 厂址区域电磁环境质量现状的监测结果

序号	监测点位	工频电场 (V/m)	工频磁场 (μ T)
1	1 号常规岛位置 E1	0.568	0.0133
2	2 号常规岛位置 E2	1.501	0.0459
3	3、4 号机组所在区域 E3	0.377	0.0146
4	5、6 号机组所在区域 E4	0.462	0.0141
5	500kV 开关站所在区域 E5	0.432	0.0145
6	200kV 变电站所在区域 E6	0.347	0.0141
7	拟建办公楼位置 E7	0.374	0.0138

表3.2-7 厂址周围5km范围大气环境监测结果一览表

序号	监测点位	监测日期	二氧化硫 (小时均值)	二氧化氮 (小时均值)	一氧化碳 (小时均值)	臭氧 (小时均值)	TSP (日均值)	PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
1	A 三澳村村 委会	2016/5/18	0.011-0.016	<0.015-0.019	<0.3-0.4	0.074-0.098	0.061	0.048	0.042
		2016/5/19	0.009-0.014	<0.015-<0.015	<0.3-0.4	0.080-0.097	0.052	0.035	0.03
		2016/5/20	0.011-0.015	<0.015-0.021	<0.3-0.4	0.083-0.098	0.052	0.033	0.025
		2016/5/21	0.020-0.021	<0.015-0.020	<0.3-0.4	0.084-0.099	0.063	0.035	0.021
		2016/5/22	0.021-0.024	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.085-0.094	0.061	0.044	0.032
		2016/5/23	0.021-0.027	0.016-<0.019	<0.3-0.3	0.071-0.088	0.073	0.071	0.052
		2016/5/24	0.009-0.011	<0.015-<0.015	<0.3-0.3	0.083-0.095	0.064	0.05	0.04
2	B 三澳双安 搬运有限公 司	2016/5/18	0.011-0.015	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.069-0.086	0.043	0.04	0.03
		2016/5/19	0.012-0.014	<0.015-0.019	<0.3-<0.3	0.071-0.086	0.055	0.044	0.034
		2016/5/20	0.014-0.017	<0.015-0.018	<0.3-0.4	0.079-0.091	0.043	0.032	0.024
		2016/5/21	0.024-0.029	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.075-0.093	0.032	0.025	0.018
		2016/5/22	0.022-0.022	<0.015-0.021	<0.3-<0.3	0.078-0.098	0.055	0.052	0.041
		2016/5/23	0.016-0.021	<0.015-0.020	<0.3-<0.3	0.079-0.089	0.075	0.069	0.053
		2016/5/24	0.014-0.015	<0.015-<0.015	<0.3-0.4	0.088-0.098	0.068	0.057	0.044
3	C 长沙村村 委会	2016/5/18	0.014-0.020	<0.015-0.032	<0.3-<0.3	0.076-0.085	0.07	0.028	0.02
		2016/5/19	0.014-0.020	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.070-0.083	0.065	0.052	0.037
		2016/5/20	0.019-0.028	<0.015-0.021	<0.3-<0.3	0.074-0.087	0.051	0.038	0.033
		2016/5/21	0.009-0.012	<0.015-0.020	<0.3-0.4	0.074-0.092	0.03	0.027	0.023
		2016/5/22	0.012-0.014	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.079-0.098	0.049	0.041	0.033
		2016/5/23	0.014-0.021	0.016-0.019	<0.3-0.4	0.071-0.093	0.073	0.063	0.046
		2016/5/24	0.018-0.022	<0.015-<0.015	<0.3-0.3	0.084-0.099	0.073	0.056	0.041
4	D 澄海村社 区	2016/5/18	0.012-0.015	<0.015-0.024	<0.3-0.4	0.068-0.088	0.074	0.048	0.041
		2016/5/19	0.011-0.014	<0.015-0.019	<0.3-0.4	0.076-0.084	0.072	0.044	0.034
		2016/5/20	0.011-0.015	<0.015-0.026	<0.3-<0.3	0.080-0.094	0.041	0.038	0.032
		2016/5/21	0.016-0.021	<0.015-0.019	<0.3-<0.3	0.084-0.096	0.027	0.024	0.018

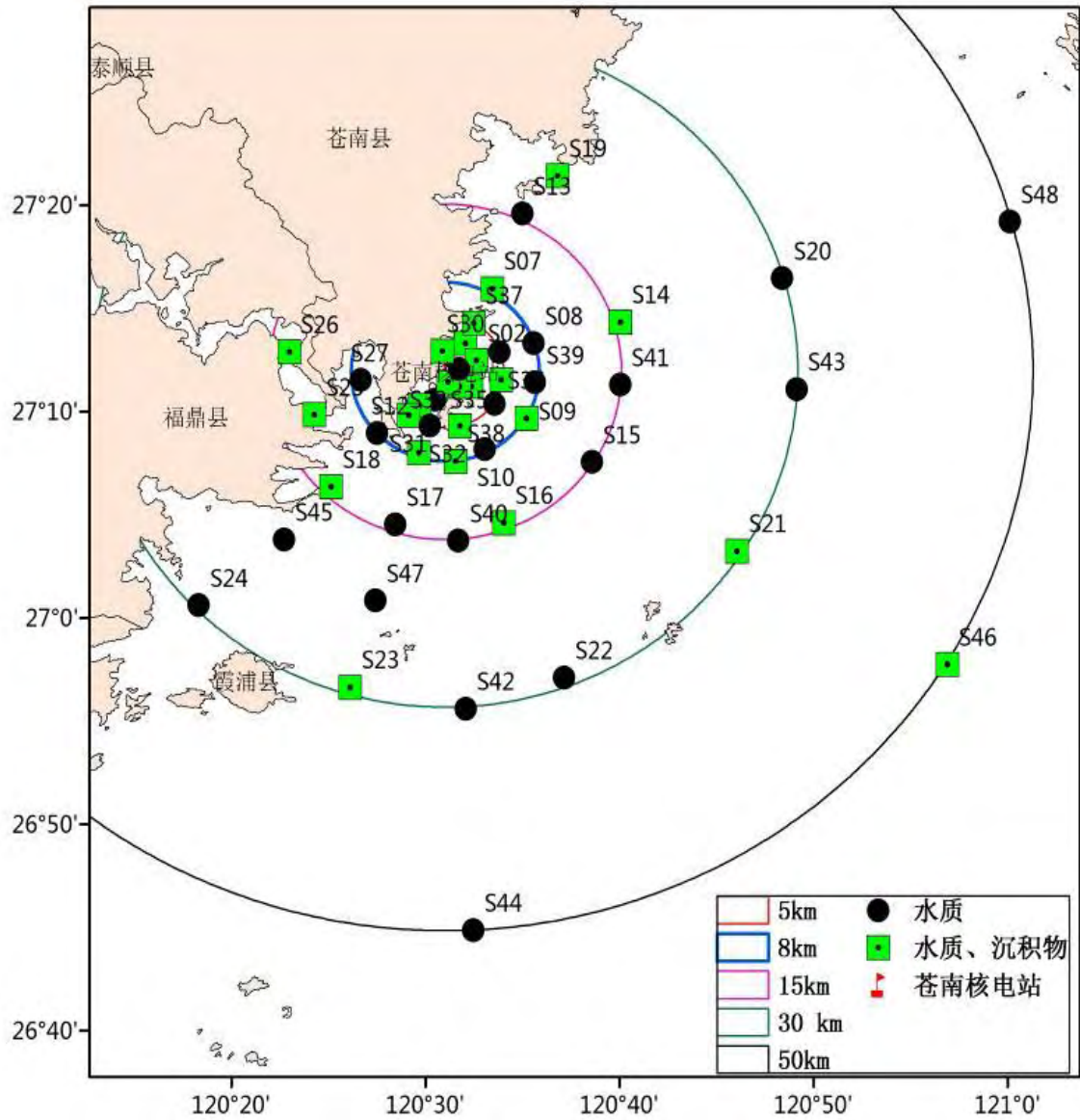
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）

序号	监测点位	监测日期	二氧化硫 (小时均值)	二氧化氮 (小时均值)	一氧化碳 (小时均值)	臭氧 (小时均值)	TSP (日均值)	PM ₁₀ (日均值)	PM _{2.5} (日均值)
4	D 澄海村社区	2016/5/22	0.020-0.021	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.081-0.094	0.044	0.037	0.029
		2016/5/23	0.023-0.027	<0.015-0.030	<0.3-<0.3	0.076-0.087	0.07	0.062	0.055
		2016/5/24	0.011-0.012	<0.015-0.019	<0.3-<0.3	0.085-0.094	0.051	0.049	0.04
5	E 沿浦镇斗门头村卫生室	2016/5/18	0.017-0.018	<0.015-0.015	<0.3-<0.3	0.079-0.097	0.04	0.035	0.023
		2016/5/19	0.015-0.025	<0.015-0.023	<0.3-0.4	0.077-0.095	0.068	0.046	0.034
		2016/5/20	0.015-0.016	<0.015-<0.015	<0.3-0.4	0.078-0.082	0.016	0.014	0.01
		2016/5/21	0.009-0.014	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.079-0.097	0.029	0.025	0.018
		2016/5/22	0.009-0.016	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.079-0.096	0.044	0.039	0.03
		2016/5/23	0.015-0.016	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.069-0.089	0.078	0.06	0.038
		2016/5/24	0.017-0.019	<0.015-0.020	<0.3-0.4	0.081-0.093	0.051	0.043	0.032
6	F 北宝	2016/5/18	0.011-0.015	<0.015-0.016	<0.3-<0.3	0.063-0.084	0.058	0.045	0.033
		2016/5/19	0.012-0.014	<0.015-<0.015	<0.3-0.4	0.067-0.082	0.062	0.044	0.028
		2016/5/20	0.009-0.013	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.072-0.082	0.036	0.035	0.027
		2016/5/21	0.011-0.014	<0.015-<0.015	<0.3-0.4	0.073-0.078	0.018	<0.010	<0.010
		2016/5/22	0.015-0.056	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.072-0.092	0.025	0.018	<0.010
		2016/5/23	0.015-0.056	<0.015-<0.015	<0.3-0.3	0.081-0.093	0.034	0.025	0.016
		2016/5/24	0.011-0.014	<0.015-<0.015	<0.3-0.4	0.081-0.093	0.031	0.028	0.022
7	G 真君堂旁民居房	2016/5/18	0.011-0.015	0.015-0.021	<0.3-0.4	0.068-0.090	0.106	0.063	0.045
		2016/5/19	0.011-0.025	<0.015-0.026	<0.3-<0.3	0.070-0.099	0.129	0.09	0.066
		2016/5/20	0.009-0.019	0.017-0.021	<0.3-<0.3	0.071-0.088	0.036	0.031	0.013
		2016/5/21	0.009-0.012	0.009-0.031	<0.3-<0.3	0.075-0.090	0.039	0.033	0.017
		2016/5/22	0.007-0.014	<0.015-<0.024	<0.3-<0.3	0.079-0.096	0.062	0.05	0.045
		2016/5/23	0.009-0.028	<0.015-<0.015	<0.3-<0.3	0.068-0.090	0.084	0.074	0.057
		2016/5/24	0.011-0.016	<0.015-0.022	<0.3-0.3	0.082-0.089	0.07	0.054	0.046



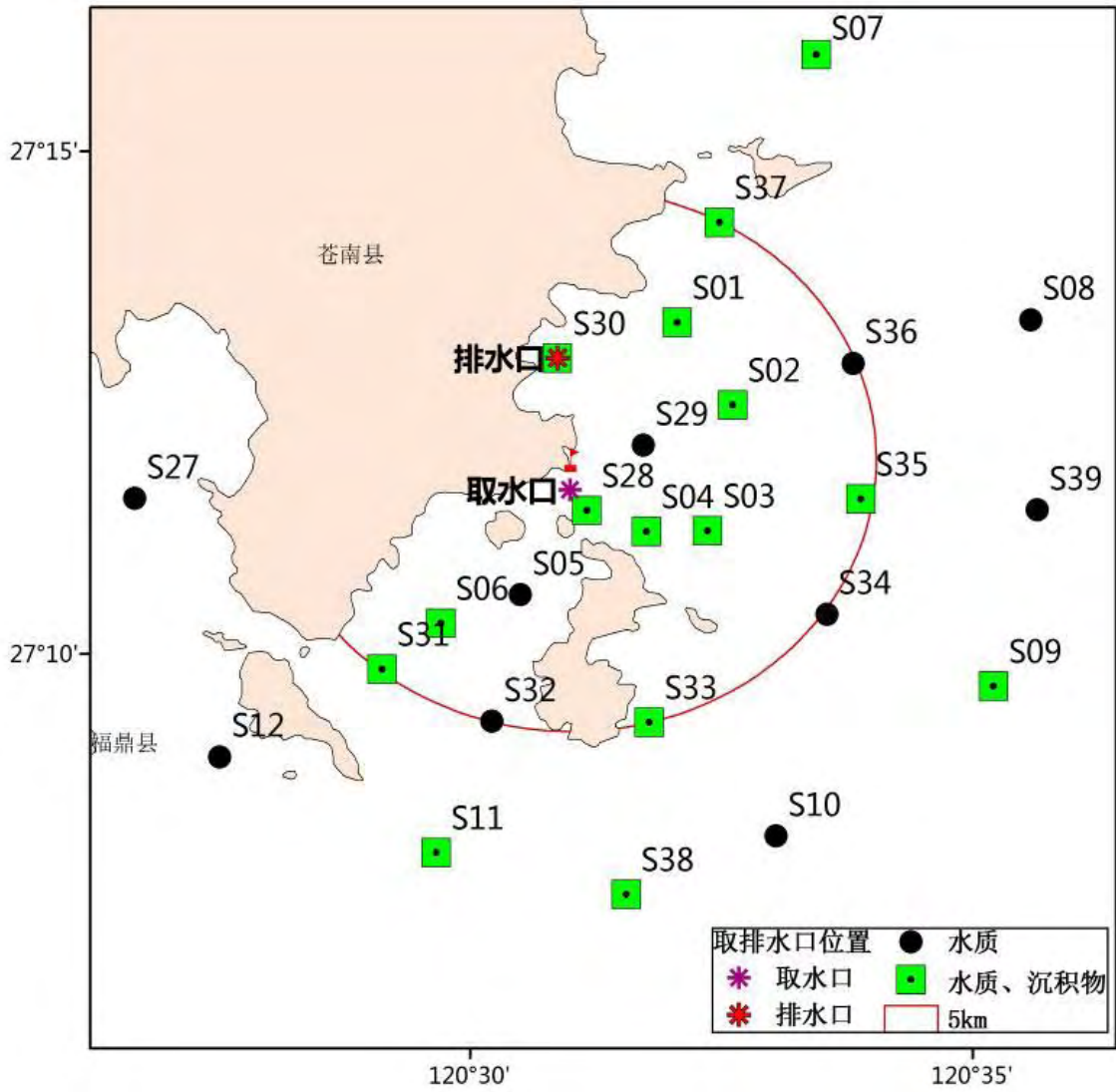
● 噪声检测点

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 5km 范围噪声检测点位图		
图 3.2-1	版次	A



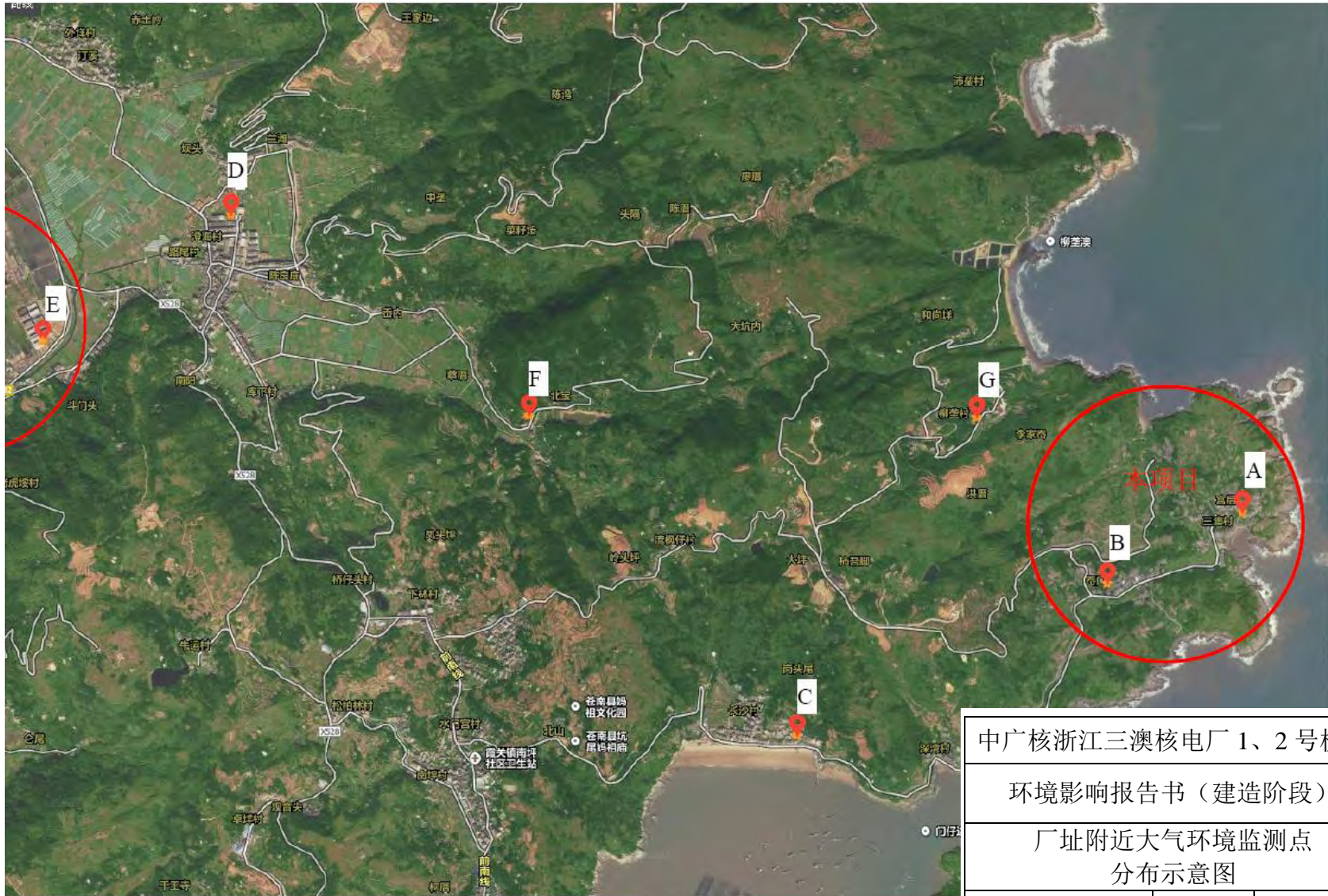
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
水质调查点位分布示意图

图 3.2-2 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
近区水质调查点位分布示意图		
图 3.2-3	版次	A

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址附近大气环境监测点 分布示意图		
图 3.2-4	版次	A

第四章 核电站

4.1 厂区规划及平面布置

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.3 核电站用水和散热系统

4.4 输电系统

4.5 专设安全设施

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.7 非放射性废物处理系统

4.8 放射性物质厂内运输

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 总平面布置

4.1.3 工程子项目

4.1.4 排放口布置

4.1 厂区规划及平面布置

三澳核电厂规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，1、2 号机组建设两台华龙一号技术融合方案压水堆核电机组。

4.1.1 厂区规划

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组厂区规划主要是对核电厂各设施、功能区进行协调布置、统筹安排，为合理确定厂区总平面布置提供外部条件。

厂区规划遵循以下原则：

- 总体规划按国家批准的核电厂规划容量、结合当地的自然资源条件及电力系统的发展进行；
- 总体规划遵从国家和地方有关城市规划、土地利用规划、水功能区划及现行的国家法规和标准，与地方经济发展战略相适应，与当地城市发展相协调；
- 总体规划处理好核电与环境、建设与运行、临时与永久、厂内与厂外等各方面的关系；
- 近、远期相结合，永久建筑与生产临建相结合，统筹规划，分期实施；
- 以核电厂厂区布局为中心，功能分区明确，辅助配套设施齐全，满足工艺流程及生产、生活的需要；
- 应充分利用自然条件，因地制宜，减少厂区工程量和基建费用；
- 坚持合理用地、节约用地及节省投资的原则。

（1）分区规划

三澳核电厂根据工程建设与生产运营特点，并结合厂址特点和规划要求，形成“一厂两区”的总体规划布局。厂址片区规划布置厂区、厂外辅助设施区、施工准备区等功能分区。主要规划内容如下：

一 厂区

厂区由主厂房区、BOP 区、配电装置区和厂前建筑区等组成。厂区是核电厂建设与运营的核心部分，其它各区均服务厂区生产并围绕该区进行布置。

1、2 号机组布置在厂址东侧地势较平缓的山麓地带，后续机组依次向西南方向扩建。

一 厂外辅助设施区

厂外辅助设施区布置在 1、2 号机组厂区外以北区域，与 1、2 号机组厂区相邻。厂外配套辅助设施区与现场服务区通过进厂道路相连，与施工准备区通过施工道路相连，与后续机组厂区通过外围的过境路相连，在核电厂各功能区间的交通组织、相互联系方面起着枢纽作用。

厂外辅助设施区主要由应急指挥与行动中心（BEM/BEG）、综合泵房（包含水池）（BPZ）、停车场（BUC）、培训中心（BEA）、应急设施存贮与燃油补给中心（BKJ）、环境实验室（BEE）、武警营房（BEQ）、消防站（BEB）、环境监测站（BOD）、工业废物暂存库/场（BKI）及污水处理站（BEW）等为核电厂服务的配套辅助设施组成。

一 施工准备区

1、2 号机组施工用地总面积约 50.0hm²，包括三部分：一部分为“场平 E 区”，即柳垄村、和尚垵及虾场区域拆迁整备后的场地，标高 22~50m，面积为 16.50hm²；其余两部分场地面积分别为 26.0hm²（标高 47m）和 7.50hm²（标高 115m）。

施工生活区由承包商自行解决。

（2）取排水规划

本期工程循环冷却水和厂用水采用海水作为冷却水源。从厂址南侧明渠取水，东北侧离岸 200m 暗排。运行期间，两台华龙一号机组运行时，取水规模为 123m³/s。

（3）淡水水源规划

结合厂址淡水资源条件，三澳核电厂 1、2 号机组运行期除盐水用水、生产用水采用海水淡化水；运行期生活用水、施工期生产生活用水采用马站水厂的市政管线供水。

（4）出线规划

1、2 号机组采用 500kV 电压等级接入系统，出线 2 回，接入 500kV 南雁变电站，路线长度约 2×75km。终期拟考虑出线 4~5 回，终期主接线应具备分两厂运行的条件。后续机组应预留 1000kV 接入的条件与可能性。

1、2 号机组拟新建苍南核电—钱金 1 回线，线路长度 35km，导线截面 2×630mm²。远景接入方案在核电—钱金 1 回线基础上扩建 1 回 220kV 施工及备用电源线，暂考虑接入白沙变，线路长度约 54km。

（5）交通规划

进厂公路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道。进厂公路呈东西走

向，起点位于沿浦镇斗门头村的 S232（78 省道）上，终点位于小槽，与三澳核电厂厂区道路相连。核电厂拟新建应急道路自厂区西北侧经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接。此外，核电厂拟新建自厂区北侧向北延伸至小姑与规划中的 G228 国道相连的道路作为进厂和应急路的辅助道路。

本工程新建 3000t 级重件码头一座，以满足核电机组重大件设备的卸船要求。推荐方案位于厂区西侧扩建端海湾中。

（6）截、排洪规划

厂区东侧、南侧临海，北、西侧有小流域洪水汇入厂区，对厂区防洪安全构成潜在危害。为此，规划沿厂址北侧、西侧设置截、排洪设施，将厂址附近汇水面积内的洪水由南、北两个方向排入东海海域。

主截、排洪系统沿规划六台机组厂区及厂外配套辅助设施区的西侧设置，由主截、排洪沟组成，设计标准为千年一遇设计，可能最大洪水（PMF）校核。其它截、排洪设施指在施工准备区外围建设截、排洪沟，拦截、汇流施工准备区所在的石钟山山体上游汇水。其它截、排洪设施的防洪标准为 100 年一遇设计。

4.1.2 总平面布置

总平面布置一般需遵循以下基本原则：

- 总平面布置与总体规划协调一致，满足规划容量的要求，统一规划、分期实施，留有进一步优化的余地；
- 按照先期建设 2×1000MW、规划容量 6×1000MW 机组进行厂区总平面布置；
- 主厂房布置在埋深适宜、承载力满足要求、均匀稳定的基岩上；
- 工艺流程合理，功能分区明确，交通运输便捷，做到人、货分流；
- 确定合理的通道宽度，满足管网布置、生产运行管理和施工安装要求；
- 辅助生产设施区以核岛厂房区为中心，以工艺流程合理为原则进行合理布置；
- 对与生产厂房联系密切的辅助设施、管理设施拟采用成组布置或联合建筑形式，减少占地面积，节省土地资源 and 投资成本。

（1）主厂房区布置

三澳核电厂主厂房建筑群以每两台机组为一单元错落布置在石钟岗山体的东南侧，主要扩展方向与北向呈 54° 夹角，1、2 号机组作为固定端，后期依次向西南扩建。

1 号与 2 号机组的核岛中心距为 252.5m。

核岛厂房布置在北侧，汽机厂房布置在南侧。根据厂区中等风化基岩、微风化基岩分布特征，主厂房均坐落在较完整的微风化、中风化基岩面上，地基承载力特征值较高，能满足核电厂建设要求。

（2）BOP 区

BOP 区包括放射性辅助生产设施、除盐水设施、循环冷却水、制（供）氢站、气体贮存和分配、辅助锅炉房、维修及仓库生产设施、废、污水处理、实物保护等，围绕主厂房四周布置。

联合泵房、海水淡化厂房/除盐水生产车间/除盐水贮存罐、制氯站、油脂库及危险品库布置在主厂房南侧，靠近取水明渠。

虹吸井布置在主厂房区东侧，靠近自然岸线，方便排水。

（3）厂前区

厂前区包括生产办公楼、档案馆、岩芯库以及厂区餐厅，布置在主厂房北侧，临近厂区主干道，位于控制区出入口和保护区出入口之间，为方便职工上下班通勤需要，在控制区出入口外布置有停车场。

（4）配电装置区

配电装置区包括 500kV 主开关站和 220kV 施工与辅助电源变电站，布置在厂区北侧，向西北出线。

（5）实物保护

厂区设置三道实体屏障，分别为控制区、保护区、要害区。其中控制区包含除厂外辅助设施以外的电厂各建构筑物，保护区包含主厂房区、辅助生产设施区的大部分建、构筑物子项，要害区主要指核岛厂房及相邻区域。

（6）厂内道路

厂内道路是联系厂内各建、构筑物，承担各型设备、材料运输的基础设施，厂内道路分为四级，即主干道、次干道、支道（车间引道）和人行道。根据设备运输要求，路面结构又分为轻型路和重型路两种。

主干道宽度 10m 和 9m，次干道宽度 7m，支道宽度 4m；转弯半径主干道 25m、12m；次干道 9m。

（7）竖向布置

厂址设计基准洪水位（DBF）为 8.80m，三澳核电厂 1、2 号机组的厂坪标高确定为 17.50m（1985 国家高程基准）。

（8）土石方工程

厂坪标高按 17.50m，全厂正挖量为 1030.35 万 m³（自然方），折 1144.46 万 m³（松方）；2 台机负挖量为 300.52 万 m³（松方）；合计总挖方 1444.98 万 m³（松方）；2 台机海工需求 812.16 万 m³（松方），厂区回填量 359.22 万 m³（松方），防台备料 5 万 m³（松方），绿能小镇一期回填量 267.22 万 m³（松方）。1、2 号机组土石方基本平衡。

（9）厂区绿化

核电厂厂区由于有剂量防护、卫生防火、安全保卫等方面的特殊要求，对厂区绿化的要求不同于一般的电厂，在厂区保护区内一般不进行绿化，仅在厂前区及其以外的地方进行绿化。厂区绿化面积 5000m²，厂区绿化率 1.2%。

4.1.3 工程子项目

主厂房群由反应堆厂房及安全厂房、燃料厂房、核辅助厂房组成。

- 反应堆厂房（BRX）由双层安全壳和内部结构组成，用于阻止主回路管道泄漏所逸出的放射性物质对环境产生污染，并在正常工况和事故工况下，对现场人员提供辐射防护，同时保护反应堆厂房内部各系统免受外部灾害的影响。反应堆厂房主要用于布置反应堆压力容器和其它一回路系统和设备，如：主泵、蒸汽发生器、稳压器等；安全注入系统、安全壳喷淋系统和辅助给水系统等专设安全系统；化学和容积控制系统、余热排出系统、设备冷却水系统、核岛通风空调系统等辅助系统；应对严重事故的非能动安全壳热量导出系统、二次侧非能动余热排出系统、堆腔注水系统等。
- 安全厂房内布置有安全相关的设备及管道、电气设施、仪控设施、蓄电池和通风设施等。安全厂房分为左侧安全厂房（NL）和右侧安全厂房（NR），NL 和 NR 在反应堆厂房两侧对称布置，与反应堆厂房在同一筏基上，地理隔离能满足防大型商用飞机撞击的要求。两个系列的安全相关设备分开布置在 NR 和 NL 的机械设备区域，此区域内布置有安注系统设备，安喷系统设备，堆腔注水冷却系统设备和应急硼注入系统设备；两个安全厂房的电气仪控及通风区域布置有两安全系列的电气设施、仪控设施和通风设施。

- 燃料厂房（BFX）布置了核燃料相关设施，主要有反应堆换料水池和乏燃料水池冷却及处理系统设备、重要厂用水系统设备，以及燃料厂房通风系统设备。设备冷却水系统、核取样系统以及蒸汽发生器排污系统的设备和管道也布置在燃料厂房。燃料厂房具备抗大飞机撞击能力。
- 核辅助厂房（BNX）主要用于核辅助系统设备及管道布置，公共放射性废物贮存、处理及装置口等。厂房内主要布置的工艺系统和设备包括：化容系统（上充泵、容积控制箱等）、上充泵房应急通风系统、余热排出系统、废液处理系统（暂存槽及相应泵）、核岛疏水排气系统、硼水补给系统、辅助蒸汽系统、硼回收系统、核取样系统、废气处理系统、核辅助厂房通风系统、安全壳过滤排放系统以及核岛冷冻水系统。

4.1.4 排放口布置

本工程产生的放射性废气主要通过各自位于辅助厂房顶部的烟囱排入环境。华龙一号技术融合方案压水堆机组采用单堆布置，机组烟囱上部标高为+70.00m。正常工况下排风量：317800m³/h（功率运行期间）、349800m³/h（停堆期间）。烟囱内径：3.0m。

废水经过放射性废液系统处理后采用槽式排放，贮存在贮存槽中的放射性废液经处理、监测达到排放规定后，与电厂的循环冷却水混合后最终排入大海。

施工期污水处理站处理产生的中水用于二次系统贮水池、绿化用水、道路浇洒、施工车辆冲洗用水等；运行期中水用于主厂区外绿化及道路浇洒用水。生活污水处理站产生的污泥外运。

雨水排水系统收集雨水，并通过雨水管网汇集最终排放入海。

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

4.2.2.4 核辅助系统

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

4.2.3.3 汽轮机发电机组

4.2.3.4 凝汽器

表

表 4.2-1 堆芯主要设计参数

表 4.2-2 燃料组件设计参数

图

图 4.2-1 反应堆本体剖视简图

图 4.2-2 首循环堆芯装载示意图

图 4.2-3 燃料组件结构示意图

图 4.2-4 控制棒组件示意图

图 4.2-5 反应堆冷却剂系统流程图

图 4.2-6 化学和容积控制系统流程图

图 4.2-7 反应堆硼和水补给系统流程图

图 4.2-8 反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统流程图

图 4.2-9 核取样系统流程图

图 4.2-10 蒸汽-电力转化系统流程简图

4.2 反应堆和蒸汽—电力系统

4.2.1 概述

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组拟建两台华龙一号技术融合方案压水堆核电机组，每台机组由核岛、常规岛和电厂配套设备组成，部分设施按全厂共用原则设置。

每台华龙一号机组核蒸汽供应系统（NSSS）的额定热功率为 3190MWt，堆芯额定热功率 3180MWt。反应堆堆芯装有 177 个国产先进燃料组件，冷态时堆芯等效直径为 3.23m，堆芯高度为 365.76cm，平均线功率密度为 181.2W/cm。铀装载量 80.91t。反应堆冷却剂系统（RCP）由三个环路组成，运行压力约为 15.5MPa abs。

本工程采用 18 个月换料方式，电厂设计寿命为 60 年。

华龙一号核电机组充分借鉴融合了三代核电技术的先进设计理念和我国现有压水堆核电站设计、建造、调试、运行的经验，以及近年来核岛发展及研究领域的成果，满足我国最新核安全法规要求和国际、国内最先进的标准要求，同时参考国际先进轻水堆核电站用户要求（URD 和 EUR），满足三代核电技术的指标要求，满足“采用国际最高安全标准”要求。此外，华龙一号采用经过验证的技术，并充分利用我国目前成熟的装备制造体系，具有技术成熟性和完全自主的知识产权，采用能动与非能动技术相结合的技术，满足全面参与国内和国际核电市场的竞争要求。

为了实现总的核安全目标，华龙一号的设计以确定论方法为主，概率论方法作为补充。确定论方法基于纵深防御五个层次的设计要求：

- 第一层次：通过按照恰当的质量水平和工程实践正确并保守地设计核电站，防止核电站偏离正常运行及防止安全重要物项故障；
- 第二层次：检测和纠正偏离正常运行状态，以防预计运行事件升级为事故工况；
- 第三层次：通过固有安全特性、故障安全设计、附加的设备和规程来控制未被前一层次防御所制止的事件，使核电站在这些事件后达到稳定的、可接受的状态，并且至少维持一道包容放射性物质的屏障；
- 第四层次：通过事故管理规程、防止事故进展的补充措施与规程、及减轻选定严重事故后果的措施缓解严重事故，并保证放射性释放保持实际尽可能的低；
- 第五层次：通过适当装备的应急控制中心及厂内、厂外应急响应计划减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。

除确定论设计基准外，也适当考虑低概率的多重故障和安全级系统完全丧失事件，确定防止堆芯熔化和大量放射性释放的有代表性的超设计基准事故与严重事故情景，以确定大量放射性释放风险降低设施的设计参数。通过概率论方法识别这些事件，评价缓解这些事件的可用特殊措施。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 核岛主厂房布置

核岛主厂房包括反应堆厂房（BRX）、安全厂房（BSA、BSB、BSC）、燃料厂房（BFX）、核辅助厂房（BNX）和应急柴油发电机厂房（BDA、BDB、BDC）、SBO 柴油发电机厂房（BDU）。

（1）反应堆厂房布置特点

反应堆厂房的布置是以压力容器为中心，三个环路的蒸汽发生器和主泵围绕压力容器布置，三个主环路对称布置可以使六条管道对压力容器的推力达到平衡。安全壳采用双层结构，外壳满足抗大型商用飞机撞击的要求，内壳具备包容放射性功能，内壳和外壳之间设置环廊，安全壳内设置内环墙。

在安全壳内环墙和内壳之间设有环形空间，环形空间内设置有电梯、楼梯间或斜梯，可以保证人员在不同楼层之间通行；内环墙可以屏蔽来自环墙内部的大部分辐射，保证人员处于环形空间时所承受的辐射剂量降至尽可能低。

在三个环路之间以及每个环路的主泵房间和蒸汽发生器间均采用实体隔离，防止各环路或者设备因为产生飞射物而影响到其它环路设备。

由于考虑地震因素，主回路中重量大的设备尽可能设置在底层。

穹顶设有安全壳热量导出系统的两条环形喷淋集管。接近穹顶布置跨整个反应堆厂房的环形吊车，用于完成反应堆厂房安装阶段大型设备吊装及运行期间的吊装作业。

（2）安全厂房布置特点

安全厂房在平面上分为 BSA、BSB、BSC 三个实体及空间隔离的厂房，分别称为安全厂房 A、B、C，并分别对应相应的三个安全系列。安全厂房与反应堆厂房、燃料厂房共处同一筏基上，三个厂房靠近布置，且与反应堆厂房均有连接，环绕反应堆厂房，整体呈方形排布。其中 BSA 厂房与燃料厂房有连接，BSB 厂房与燃料厂房、核辅

助厂房和进出厂房均有连接。

安全厂房 A、B 分别位于反应堆厂房的两侧，在空间上相互隔离，两者的间距约为 40m，安全厂房 C 外墙和屋面被设计成能抗击大飞机撞击，这种设计方式使安全厂房满足防大型商用飞机撞击的要求。同时，对于内部灾害利用实体隔离边界结构设计保证一个分区内发生的内部灾害不会影响另外两个分区。

疏排水地坑、RIS、EHR、RRI、SEC 等安全系统的设备和管道均布置在+4.90m 以下，从+4.90m 到厂房顶部设置为电气、仪控、暖通区域。

在 BSA、BSB 厂房布置有 VVP、ARE 系统的阀门间，其中在安全厂房 A 中，VVP、ARE 的阀门间各布置 1 个，在安全厂房 B 中，VVP、ARE 的阀门间各布置 2 个。三个环路 VVP、ARE 的阀门间之间满足实体或空间隔离的要求。

主控室位于安全厂房 C 中，可以有效防止大型商用飞机撞击。

（3）燃料厂房布置特点

燃料厂房毗邻反应堆厂房、安全厂房及核辅助厂房，与反应堆厂房和安全厂房共用筏基。

燃料厂房在横向上划分为相对独立的三个布置分区，以满足内部灾害防护要求及安全相关系统实体隔离要求。PTR 系统三列执行乏燃料水池冷却功能的物项分别布置三个分区内。两列 RBS 系统及两列 RCV 系统分别布置在与其系列对应的两个分区内。

燃料厂房在竖向上划分为三个主要功能区，分别为±0.00m 及以下楼层的工艺流程机械设备布置区，±0.00m 以上楼层的 PMC 系统设备布置区和暖通设备布置区。

燃料转运通道的标高和反应堆水池的水面标高决定了乏燃料水池、装载井和转运井的高度，乏燃料水池、装载井和转运井通过两个水闸门相连通。在乏燃料水池中布置有燃料贮存格架等 PMC 系统的设备，装载井底部设有减震层，转运井与反应堆厂房相连通，井内设有燃料转运装置等 PMC 系统的设备。

为减少吊装风险及简化吊车的控制与操作，装载井、准备井及燃料吊装孔布置在一条直线上。

（4）核辅助厂房的布置特点

核辅助厂房位于反应堆厂房 45°角方位，分别与燃料厂房和安全厂房 B 相连，临近但不与反应堆厂房相连，呈长方形，主要用于布置核岛安全系统以外的辅助系统设施，并作为核岛废物收集处理中转站。

根据系统功能配置，辐射防护及内外部灾害防护等布置要求，核辅助厂房的布置方案整体划分为三个功能区域：以厂房零米层内部主要人员和设备通道为分区边界，在靠近燃料厂房的区域主要布置冷却剂净化、分离、除气设备和核岛废气处理系统设备；在厂房靠近安全厂房 B 的区域，+11.25m 以下控制区为核岛主要取样和净化区域，布置核岛主要的过滤器、除盐床和集中取样设备，+11.25m（含）以上为暖通设备布置区；厂房南侧区域主要为 TEP、RPE 系统储罐布置区及 TEG 系统滞留单元设备布置区。

±0.00m 层为核辅助厂房重要的楼层，该层包含控制区和非控制区。控制区内包含厂房主要进出通道和大型设备运输通道，正常运行工况下，操作人员只能从本层进入核辅助厂房控制区，核岛控制区内的设备转运也安排在本层（主设备除外）；同时，该层还设有废物转运操作区域，电厂运行过程中产生和暂存的废物从该转运区转至放射性废物处理厂房处理；非控制区内主要布置 DER 系统冷水机组，也是整个核辅助厂房内非控制区人员进出和设备运输主要通道。

（5）柴油发电机厂房的布置特点

柴油发电机厂房为钢筋混凝土结构，厂房内布置了应急柴油发电机组和 SBO 柴油发电机组及其辅助系统、相关电气、仪表、通风和消防等系统。

应急柴油发电机厂房分为 BDA、BDB 和 BDC 厂房，每个厂房配置一台应急柴油发电机组，三个应急柴油发电机厂房采用地理位置隔离的方式分开布置在核岛两侧，避免因飞机撞击事件影响到三台柴油发电机组的独立运行。

SBO 柴油发电机厂房为 BDU 厂房，其内部配置一台 SBO 柴油发电机组，与应急柴油发电机厂房 BDA 相邻布置。

BDA 和 BDU 厂房相邻布置，BDB 和 BDC 厂房相邻布置。应急柴油发电机和 SBO 柴油发电机及其相关设备，通过实体隔离的布置方式来防止内部灾害的蔓延。柴油发电机厂房与核岛通过廊道相连。

主储油罐布置在地下-11.30m 层，接口方向及燃油输送泵的布置应根据油罐车的停靠位置来确定。

柴油发电机布置在+0.00m 层，侧墙上设置大门便于柴油发电机的运输。

日用油箱布置在主储油罐上方，过量的燃油通过日用油箱上的溢流管返回到主储油罐。火灾情况下日用油箱内的燃油靠重力返回到主储油罐中。

4.2.2.2 堆芯设计

4.2.2.2.1 堆芯描述

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组采用的华龙一号技术融合方案核电机组。图 4.2-1 给出了反应堆本体剖视简图。反应堆堆芯由 177 个全 M5 AFA3G 燃料组件组成，堆芯额定功率为 3180MWt，一回路工作压力为 15.5MPa，堆芯等效直径为 3.23m，活性区高度为 365.76cm。表 4.2-1 给出了华龙一号核电机组堆芯主要设计参数。

本工程的堆芯设计采用 18 个月换料方案，即首循环年度换料、平衡循环 18 个月换料燃料管理策略。初始堆芯燃料装载如图 4.2-2 所示，为了展平功率分布，首循环堆芯按 ^{235}U 富集度的不同，分三区装载，装有最低和中间富集度燃料组件的两个区按棋盘式交替排列在堆芯的中心区域，具有最高富集度的燃料组件放置在堆芯外围区域，构成第三区。三个区的 ^{235}U 富集度分别为 1.8%、2.4% 和 3.1%。第二个循环堆芯使用 76 组富集度为 4.45% 的新组件。从第三个燃料循环开始，每次换料时装入 72 个富集度为 4.45% 的新燃料组件，并卸出 72 个乏燃料组件。

4.2.2.2.2 燃料组件和燃料棒

本工程机组燃料组件由 17×17 排列的燃料棒和燃料组件骨架组成。其中燃料棒由包壳管及装在其中的低富集度烧结圆柱形 UO_2 或 $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ 芯块及螺旋弹簧组成，并在管的端部装上端塞，进行密封焊接。燃料组件骨架由 24 根导向管、1 根仪表管、1 个上管座部件、1 个下管座部件、8 个结构格架、3 个跨间搅混格架和连接件构成。

(1) 上管座部件：作为燃料组件的上部结构件和冷却剂出口空腔，并对控制棒组件和其它堆芯相关组件提供保护。

(2) 下管座部件：作为燃料组件的底部结构件，引导冷却剂流入燃料组件，并将燃料组件受到的横向载荷及轴向载荷传递到下堆芯板上。下管座由 ANSI 304L 整体加工而成，呈板凳状结构，上部是正方形连接板，下面有四个支腿。连接板上开有导向管连接孔和大的流水孔，四个支腿间形成一个空腔，冷却剂由此空腔经过连接板上的孔进入燃料组件。连接板上安装一块防异物板，阻止冷却剂中的异物进入燃料组件。

(3) 格架：沿燃料组件轴向上有 8 个结构格架和 3 个中间搅混格架。它们都由全 M5 带材冲制而成的条带构成。结构格架有两种，一种是带搅混翼的结构搅混格架，

搅混翼由内条带上边缘倾斜伸出，主要用在燃料组件热中子注量高的区域，促进冷却剂搅混。另一种是端部格架，它们没有搅混翼，仅起支承和定位燃料棒作用。3 个中间搅混格架只有搅混冷却剂的功能，分别位于燃料组件第 4、5、6 跨的中间。

(4) 导向管和仪表管：导向管是燃料组件的结构部件，为控制棒、中子源棒和阻流塞棒提供插入通道。导向管的材料为锆合金。导向管上部内径较大，在紧急停堆时允许控制棒快速插入，在正常工况下允许有足够的冷却剂流过。导向管下部是缓冲段，其内径较小，在控制棒接近行程末端时起水力缓冲作用。燃料组件中的仪表管为堆芯测量仪表提供通道，仪表管的材料为锆合金，其内径和壁厚不变化，与导向管上部的直径和壁厚相等。

(5) 燃料棒：燃料棒是由再结晶 M5 包壳管、装在包壳管中的二氧化铀陶瓷芯块以及密封焊在包壳管两端的上、下端塞构成的。为避免燃料棒包壳和焊缝的应力过大，燃料棒中留有气腔和芯块一包壳间隙，以容纳核反应产生的裂变气体，补偿芯块与包壳的热膨胀差以及燃耗增加导致的燃料体积变化。在芯块上部有一个不锈钢螺旋弹簧压紧燃料芯块，可避免在组件吊装和运输过程中芯块轴向窜动。

表 4.2-2 给出了本工程燃料组件主要设计参数，图 4.2-3 给出了燃料组件示意图。

4.2.2.2.3 其他组件

本工程堆芯内的其他相关组件包括控制棒组件、中子源组件和阻流塞组件。此外还包括由多块不锈钢平板拼接而成的直角多边形筒体，形成堆芯外部轮廊的堆芯围板，反应堆内用于盛放堆芯的带法兰不锈钢圆筒的堆芯吊篮，和位于反应堆压力容器底部的堆内中子探测器的导向管内的堆内中子通量探测器和热电偶等堆芯测量装置等。

(1) 控制棒组件：由星形架和 24 根控制棒组成，具有启停堆、变更堆功率和保护反应堆的功能。控制棒的吸收体材料选用 Ag-In-Cd（黑棒）或不锈钢（灰棒），控制棒的包壳材料选用不锈钢。为提高控制棒耐磨性能，选用渗氮 316L 不锈钢作控制棒包壳材料；为防止控制棒下段因吸收体膨胀而胀裂包壳，吸收体下段采用缩径的措施。正常运行工况下，控制棒组件的插入由控制棒驱动机构（CRDM）步进控制，而停堆棒组则停留在堆芯之外。在事故工况下，需要使反应堆迅速返回到次临界状态时，所有可移动的控制棒组件（包括控制棒组件和停堆组件）靠自身重力作用落入堆芯。

图 4.2-4 给出了控制棒组件示意图。

（2）固定式相关组件：包括一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件，首循环堆芯内一次中子源组件和二次中子源组件各 3 组，阻流塞组件 102 组；后续循环只有 3 组二次中子源组件和 105 组阻流塞组件。

中子源组件与堆外 3 个源量程和 3 个中间量程核探测器通道相配合，增强保护的稳定性，便于维修。

4.2.2.3 反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统（RCP）由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成，执行反应性控制、堆芯热量导出、放射性物质包容三大基本安全功能。主要设备包括：

- 反应堆压力容器；
- 反应堆冷却剂泵；
- 蒸汽发生器；
- 稳压器以及与其相连的波动管；
- 安全阀和严重事故卸压阀；
- 反应堆压力容器堆顶排气阀；
- 以上主要部件相连的管道和附件；
- 与辅助和支持系统相连接的管道、附件和阀门。

RCP 由三个传热环路组成，每一条环路有一台反应堆冷却剂泵和一台蒸汽发生器，另外 3 号环路的热段还布置有一台稳压器。在机组正常运行时，反应堆冷却剂泵驱动冷却剂在环路内循环。作为冷却剂、慢化剂的硼酸溶液在反应堆压力容器内被加热，然后流入蒸汽发生器，将热量传递给二回路系统，最后通过反应堆冷却剂泵送入反应堆压力容器重复循环。

此外，反应堆冷却剂系统还包括稳压器及反应堆冷却剂压力控制和超压保护所需的辅助设备。稳压器通过波动管线接到 3 号环路热段。压力控制通过电加热器和水喷淋阀的共同动作来实现。喷淋系统从两个环路冷段取水，并通过喷淋管线接到稳压器的顶封头，并设置旁路喷淋阀提供一小股连续喷淋流量，电加热器安装在稳压器的底封头。

反应堆冷却剂系统配置了堆顶排气系统，及严重事故专用卸压阀。稳压器安全阀与严重事故专用卸压阀的排放管线汇合到一根管线后排入稳压器卸压箱。稳压器卸压

箱爆破盘出口的管道连接至 2 号主泵隔间。

堆顶排气系统用于 DEC-A 工况下排出压力容器顶部不可凝气体。

严重事故专用卸压阀用于严重事故工况下防止高压熔堆。

图 4.2-5 给出了反应堆冷却剂系统流程简图。

4.2.2.4 核辅助系统

核辅助系统保证反应堆和一回路的正常启动、运行与停堆。核辅助系统包括：化学和容积控制系统（RCV）、反应堆硼和水补给系统（REA）、反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）、核取样系统（REN）等，其中：

（1）化学和容积控制系统（RCV）：采用定量上充、调节下泄的方式通过一条下泄管线和一条上充管线对一回路冷却剂进行连续的下泄和上充。上充管线将处理后的冷却剂（净化、化学添加等）送回至冷却剂系统，并且在需要时提供稳压器的辅助喷淋。另外 RCV 向主泵轴封提供轴封注入水并回收轴封泄漏水。

化学和容积控制系统（RCV）流程图见图 4.2-6。

（2）反应堆硼和水补给系统（REA）：REA 系统包括硼酸制备与分配、硼酸贮存与补给、除盐水补给三个子系统。硼酸制备与分配子系统为机组贮存硼酸溶液的系统或设备提供首次注入和补给需要的硼酸溶液；硼酸贮存与补给子系统贮存机组正常运行期间慢反应性变化控制及容积控制所需的硼酸溶液，并通过 RCV 系统向 RCP 系统补给；除盐水补给子系统从冷却剂贮存和处理系统（TEP）取水，通过 RCV 系统向 RCP 系统补给慢反应性变化控制、容积控制所需的除盐除氧水。

反应堆硼和水补给系统（REA）流程图见图 4.2-7。

（3）反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）：PTR 系统的主要功能是对乏燃料水池进行冷却和对反应堆水池和乏燃料水池进行净化、充水和排水。系统主要包括三个冷却回路和净化回路，其中三个冷却系列为冗余配置。

反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）流程图见图 4.2-8。

（4）核取样系统（REN）：REN 对来自以下各处的液体和气体样品集中或就地取样，以进行化学和放射化学分析：反应堆冷却剂系统、蒸汽发生器二次侧、废液和废气处理系统、核辅助系统、安全壳大气、安全壳内置换料水箱（IRWST）。REN 可分为三个取样子系统：一次侧取样子系统、二次侧取样子系统和事故后取样子系统。

核取样系统（REN）流程图见图 4.2-9。

4.2.3 常规岛

4.2.3.1 常规岛主厂房布置

常规岛主厂房包括汽轮机厂房（BMX）与毗屋。汽轮机厂房内主要安装有汽轮机、发电机、励磁机、汽水分离再热器、凝汽器、凝结水泵、低压加热器、除氧器、电动给水泵组、启动给水泵、凝结水精处理设备、高压加热器、化学取样设备、暖通设备、电气开关柜、蓄电池组以及其它辅助设备；毗屋内设有凝结水精处理车间、润滑油传送间等。

常规岛电气厂房（BLX）独立布置，与 BMX 相邻，布置有电缆桥架、开关柜、直流蓄电池、二次盘柜、直流盘柜等设备。

4.2.3.2 蒸汽—电力转换系统

蒸汽—电力转换系统由核岛蒸汽供应系统供汽，驱动额定输出功率约 1208MWe 的汽轮发电机组。蒸汽电力转换系统包括常规岛主蒸汽及疏水系统、汽水分离再热器系统、凝结水系统、汽机回热抽汽系统、汽机旁路系统、主给水系统和其它辅助系统。图 4.2-10 给出了蒸汽-电力转化系统流程简图。

4.2.3.3 汽轮机发电机组

（1）汽轮机

本期工程拟采用的核电半转速汽轮机为：单轴三缸四排汽凝汽式汽轮机，配有一级汽水分离和两级再热装置，额定转速为 1500r/min。

汽轮机由一个高中压缸和两个双流低压缸组成。经过高压缸做功膨胀后的蒸汽进入两个水平布置、圆柱型壳体的汽水分离再热器（MSR）。MSR 由汽水分离器和两级再热器组成，对称布置于低压缸的两侧。

汽机高压进汽阀由四个阀组组成，分别布置于高压缸两侧。每个阀组包括 1 个高压主汽阀和 1 个高压调节阀。

蒸汽发生器产生的蒸汽经由四条蒸汽管线依次流进高压主汽阀及调节阀后通过高

压主汽管进入四个高压进汽口。蒸汽在高压缸膨胀后，由两台汽水分离再热器完成汽水分离、两次再热后流往中压缸，蒸汽在中压缸膨胀后直接进入两个低压缸，在那里被循环水系统冷凝。每个中压进汽阀包括一个主汽阀和一个调节阀。

汽轮机抽汽用于七级给水加热。四级低加，一级除氧器和二级高加，它们分别取自汽轮机的七个抽汽点：第一、二级从两个低压缸抽汽，第三级利用中压缸排汽，第四级从中压缸抽汽，第五级除氧器加热用蒸汽取自高压缸排汽，第六级和第七级高加加热用蒸汽为高压缸抽汽。第三级至第七级抽汽点的抽汽管上都装有隔离阀和动力辅助逆止阀，以防抽汽系统贮存的能量倒流，引起汽机超速。

盘车装置用于在机组启动或停机时低速盘动转子，使转子均匀加热或冷却，从而避免可能的热弯曲。汽轮发电机组配有两套自动盘车装置：1 个用于正常操作的电动盘车（即主盘车）；1 个用于紧急盘车和转子定位的低速液压盘车（即辅助盘车）。主盘车装置安装在前轴承箱箱盖上，主盘车齿轮安装在高中压转子前端。当汽机转子完全停止后启动主盘车装置时，盘车小齿轮从径向切入与高中压转子上的主盘车齿轮啮合，然后主盘车电动机启动，带动整个轴系旋转。汽轮机和发电机的高压顶轴油需在盘车启动前投入，在汽机启动并达到额定转速前，盘车需提前脱开并关闭。液压辅助盘车装置用于主盘车装置故障时盘车和转子精确对中时使用。

汽机本体疏水为自流方式，通过疏水节流孔板或疏水阀排到疏水集管中，再从疏水集管排入凝汽器。

在汽机正常运行和停机阶段，汽机轴封供汽由主蒸汽提供。

主蒸汽系统通过主蒸汽供汽隔离阀和压力调节阀向轴封供汽管路供汽。

在以下几种情况下汽机轴封系统的供汽汽源由辅助蒸汽系统提供：凝汽器抽真空阶段、汽机冷启动阶段，或反应堆停堆冷却阶段。这是因为在这些情况下主蒸汽供汽参数不能满足汽机轴封供汽的要求。辅助蒸汽供汽通过隔离阀和压力调节阀向轴封供汽管路供汽。

汽/气混合物经轴封漏汽管路引入轴封冷却器。凝结水借助重力被疏至凝汽器。不凝结气体通过运行的轴封风机排入大气。另一台轴封风机处于备用状态。

汽轮发电机组轴承由常规加压润滑油系统润滑。润滑油系统采用主油泵、交流辅助油泵、直流事故油泵三套不同的油泵向系统供油，每套油泵均由独立的动力源驱动，以保证在不同工况下系统供油的要求。在机组正常运行时，系统供油由主油泵提供。

当汽轮机组盘车、冲转、停机或主油泵故障时，此时辅助油泵应投运，以确保系统正常供油。当主油泵和辅助油泵故障时，为保证系统供油，应启动事故油泵。该系统还配置有 2 台顶轴油泵。

（2）发电机

发电机的额定容量与汽轮机额定功率相匹配。设计在 24kV、3 相、50Hz 下运行，额定功率因数 0.9（滞后）。发电机定子线圈用水冷却，定子铁芯，转子线圈用氢冷却。发电机氢气冷却系统包括所有氢冷必需的调节器。配备了密封油系统，以防止氢通过发电机轴封泄漏。发电机氢气控制系统配置了向汽机发电机提供氢的补给设备，以补充发电机的任何氢泄漏。溢出的氢气由汽机厂房通过阻火器排向大气。用二氧化碳贮存装置提供的二氧化碳吹扫发电机，确保不会形成爆炸性混合气体。发电机氢气控制系统中吹扫发电机的二氧化碳供应设备配备有压力调节器。

励磁系统功能是调节发电机的机端电压和无功功率，在发电机出现故障时能够快速灭磁，保护发电机并防止事故扩大；同时维持电网的安全稳定，确保电力可靠输送。励磁系统的主要部件包括励磁变、电力整流装置、电压调节设备、灭磁设备、励磁装置保护继电器和监控装置等。

4.2.3.4 凝汽器

凝汽器为单背压、单流程的表面式热交换器。凝汽器的壳体布置在汽轮机厂房运转层的下方，每台凝汽器壳体喉部均安装有复合低压加热器。凝汽器装有用于热井水位控制和取样的管道。凝汽器冷却管采用钛管。每个壳体均设置 2 个凝结水出口，通过支管汇集到凝结水母管，然后进入凝结水泵。

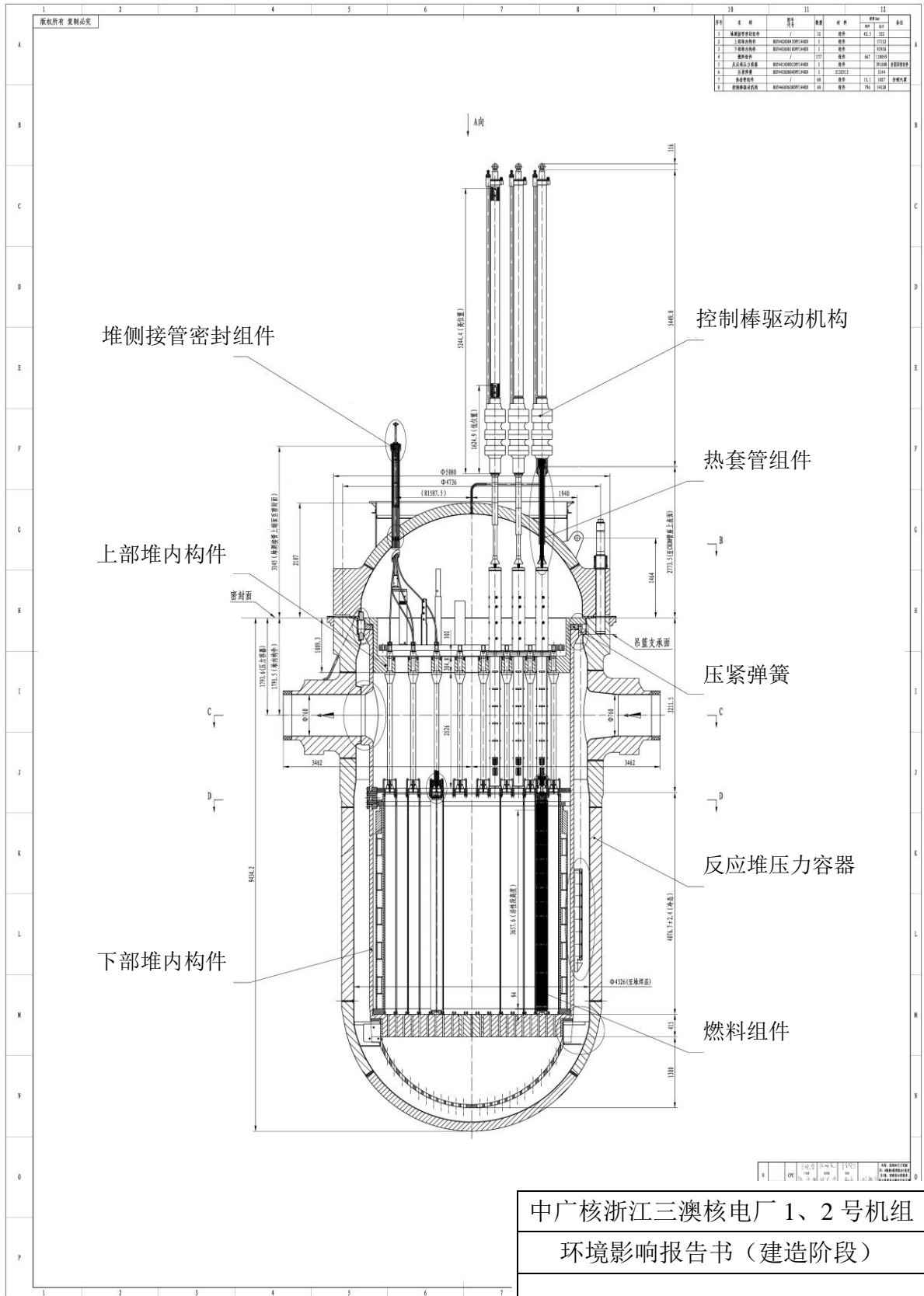
凝汽器不仅接收并冷凝满负荷运行时的汽轮机排汽，还需接收二回路热力循环系统中的各个设备及热力管道的排汽和疏水。这些流体通过凝汽器被循环水冷却，热量由循环水带入大海，不凝结气体由凝汽器真空系统抽出。凝汽器的设计既可以消纳低压缸的排汽，旁路排放时，也可以接收 85% 满负荷主蒸汽流量。

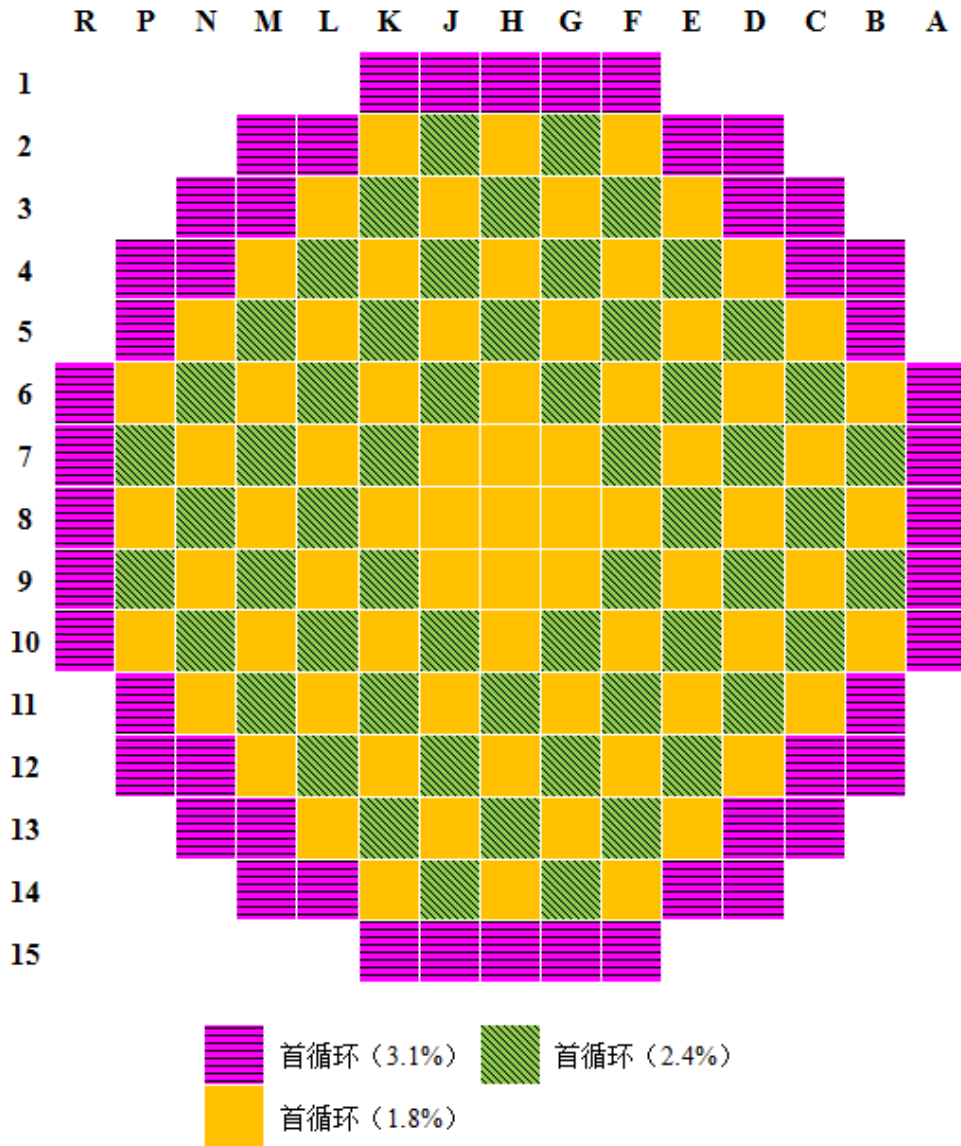
表 4.2-1 堆芯主要设计参数

设计特征		参数值
环路数		3
额定输出热功率		3180MWt
堆芯平均线功率密度		181.2W/cm
堆芯高度		365.76cm（冷态）
堆芯等效直径		323cm（冷态）
冷却剂/一回路工作压力		轻水/15.5MPa abs
第一循环铀重量		80.91t
首炉堆芯装料富集度 （%，重量百分比）	第一区	1.8
	第二区	2.4
	第三区	3.1
燃料组件类型		全 M5 AFA3G
燃料组件数		177 个
焓升因子 $F_{\Delta H}$		1.65
热通道因子 F_Q		2.45
平均线功率密度（冷态）		181.2W/cm
控制棒组件数		69 个
热工设计流量下满功率的压力容器冷却剂进口温度， $^{\circ}\text{C}$		291.7 $^{\circ}\text{C}$
热工设计流量下满功率的压力容器冷却剂出口温度， $^{\circ}\text{C}$		330.5 $^{\circ}\text{C}$
热工设计流量下满功率的压力容器冷却剂平均温度， $^{\circ}\text{C}$		311.1 $^{\circ}\text{C}$
热工设计流量下满功率的压力容器冷却剂进出口温升， $^{\circ}\text{C}$		38.8 $^{\circ}\text{C}$

表 4.2-2 燃料组件设计参数

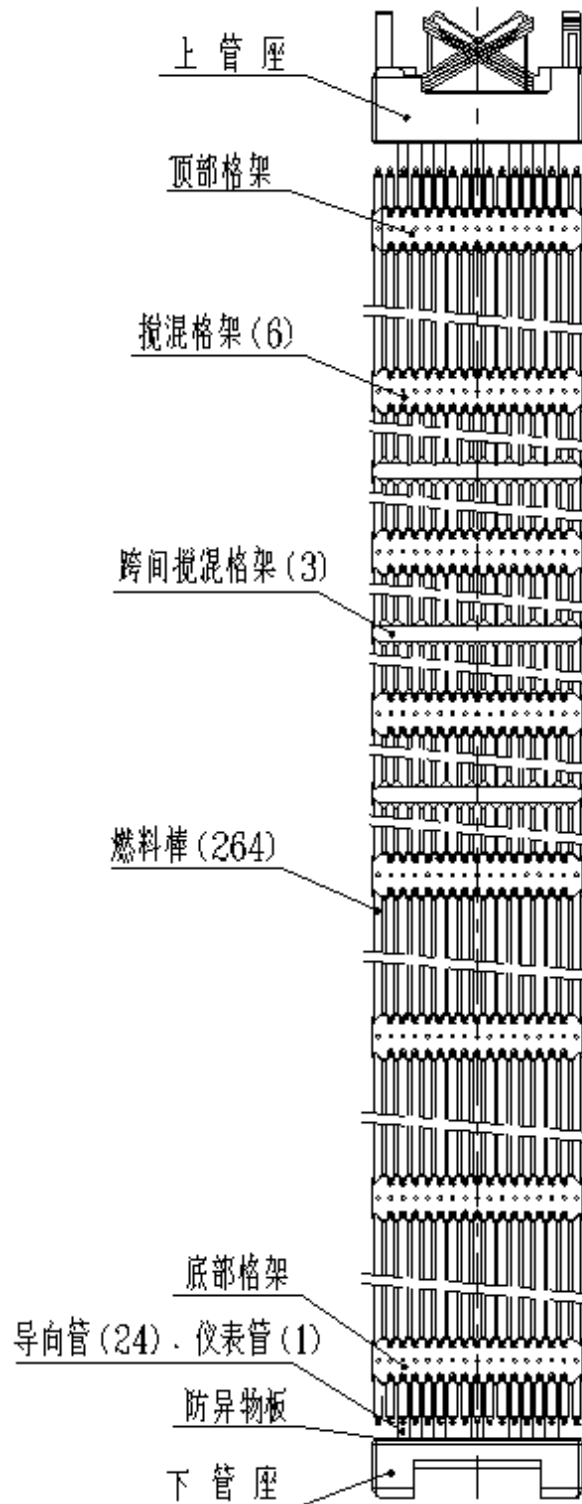
燃料棒数，根/组件	264
燃料组件间距，mm	215.04
燃料棒外径，mm	9.5
燃料芯块高度，mm	13.46
燃料芯块直径，mm	8.192
包壳材料	M5
包壳厚度，mm	0.57
格架材料	锆合金（弹簧片为因科镍）
导向管材料（含仪表管）	锆合金
格架数，个/组件	8（结构格架）+3（跨间搅混格架）
机械设计能耗，MWd/tU	46838



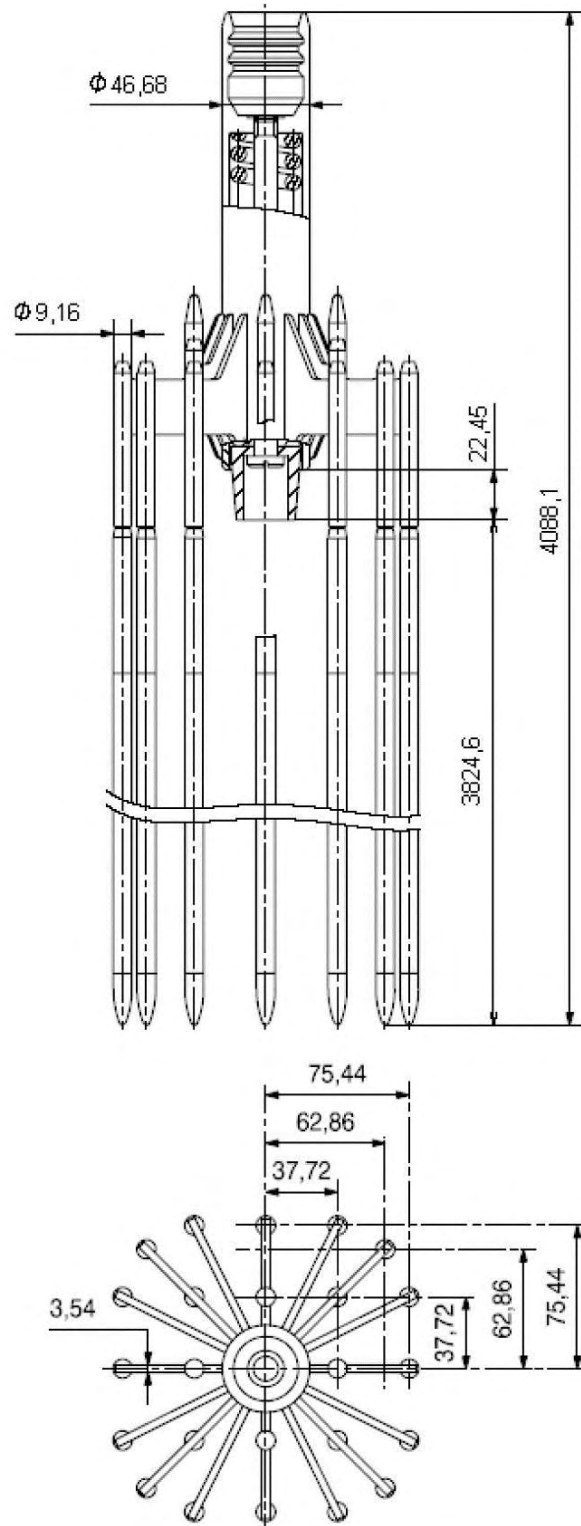


图中数字 N 表示该组件中含有 N 根钷可燃毒物棒

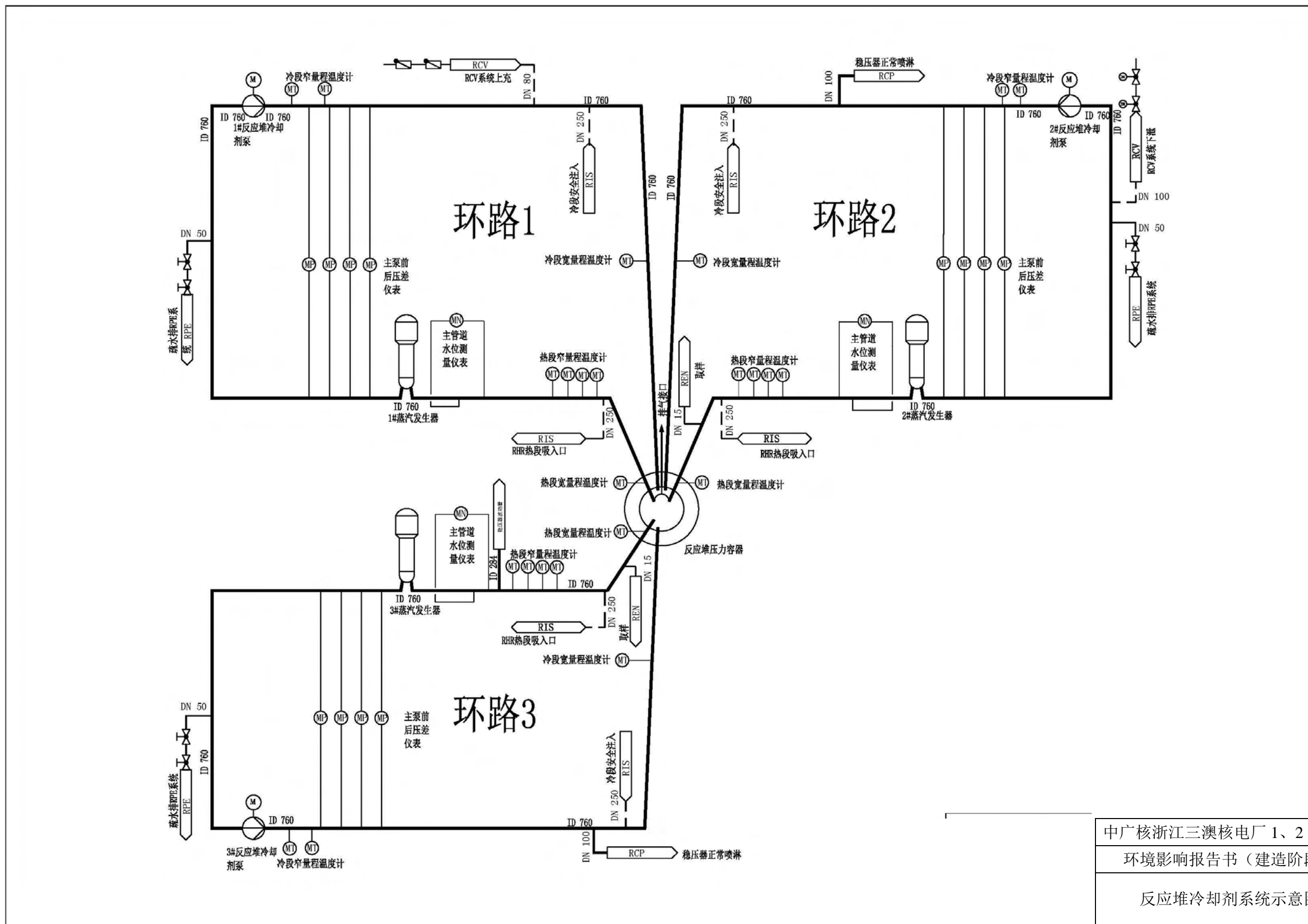
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
首循环堆芯装载示意图		
图 4.2-2	版次	A



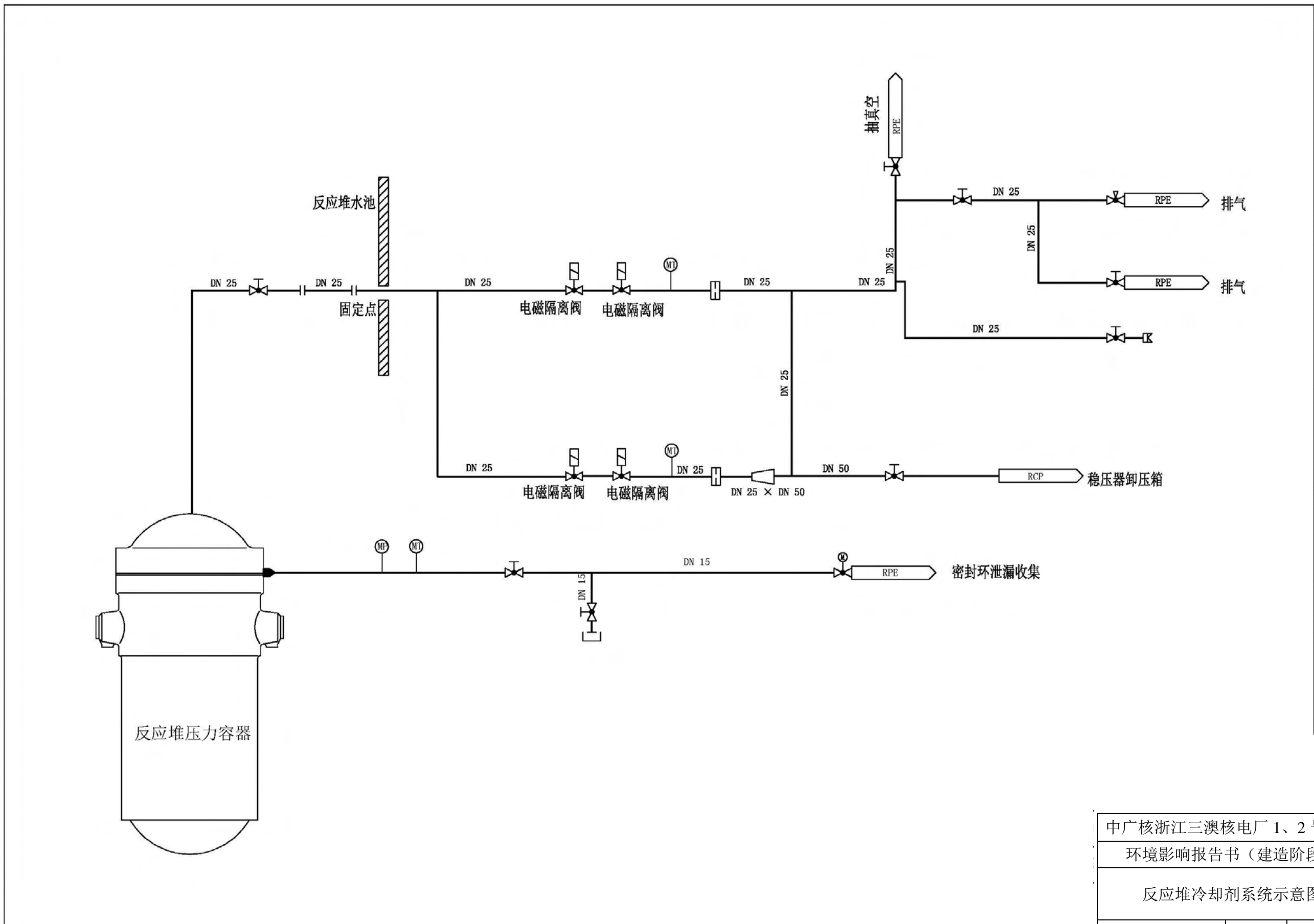
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
燃料组件结构示意图		
图 4.2-3	版次	A



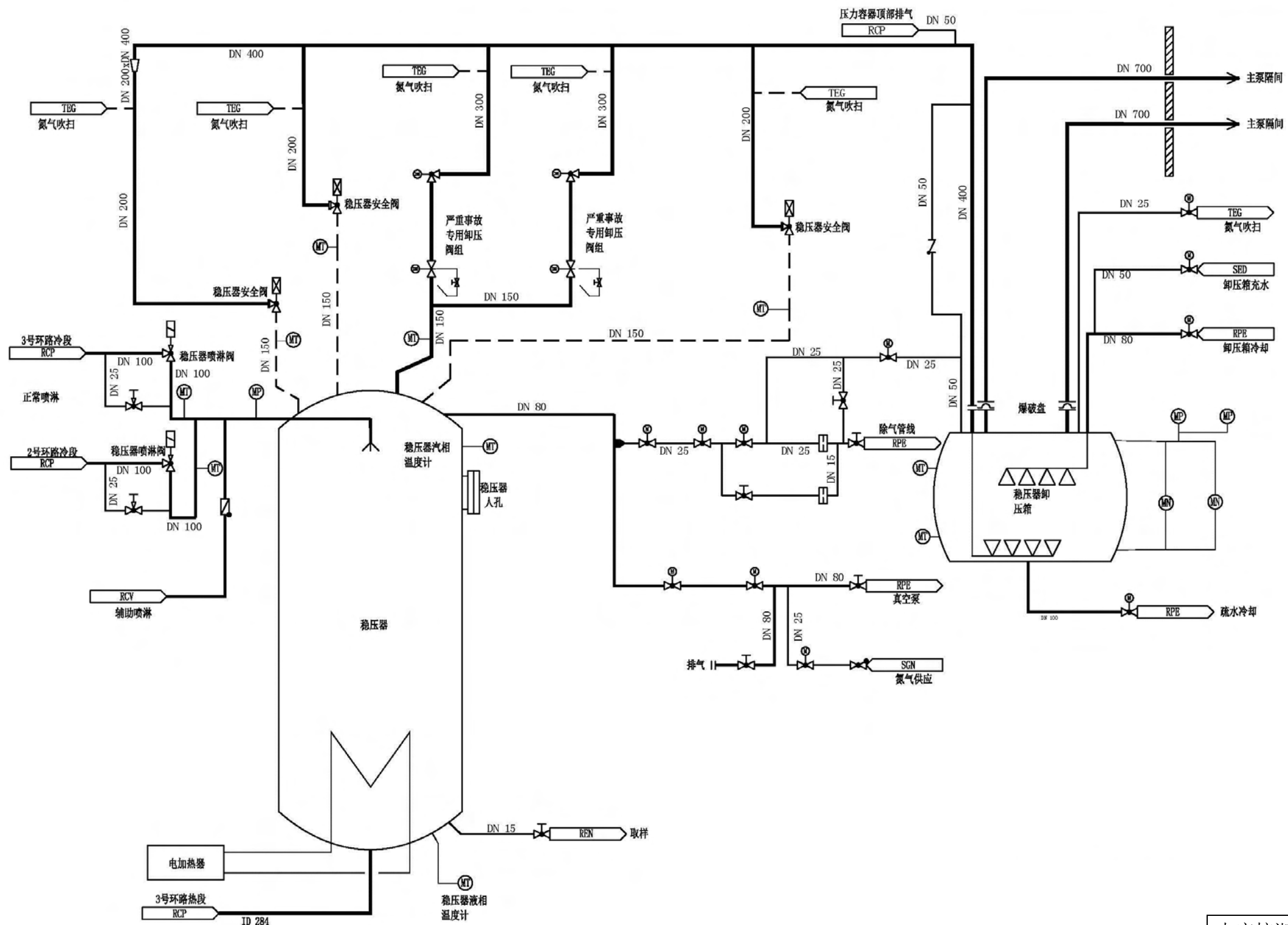
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
控制棒组件示意图		
图 4.2-4	版次	A



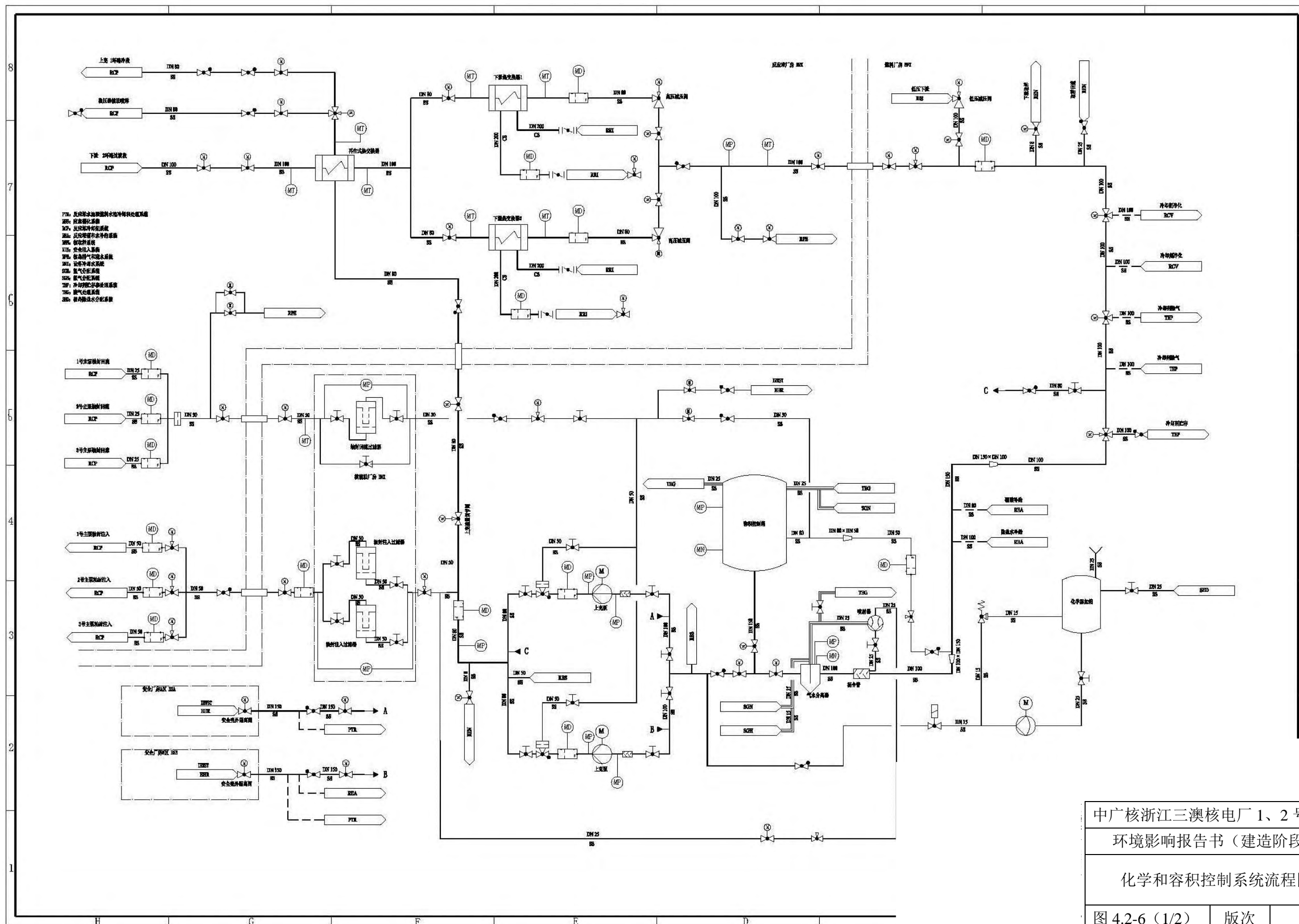
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组 环境影响报告书（建造阶段）		
反应堆冷却剂系统示意图		
图 4.2-5 (1/3)	版次	A



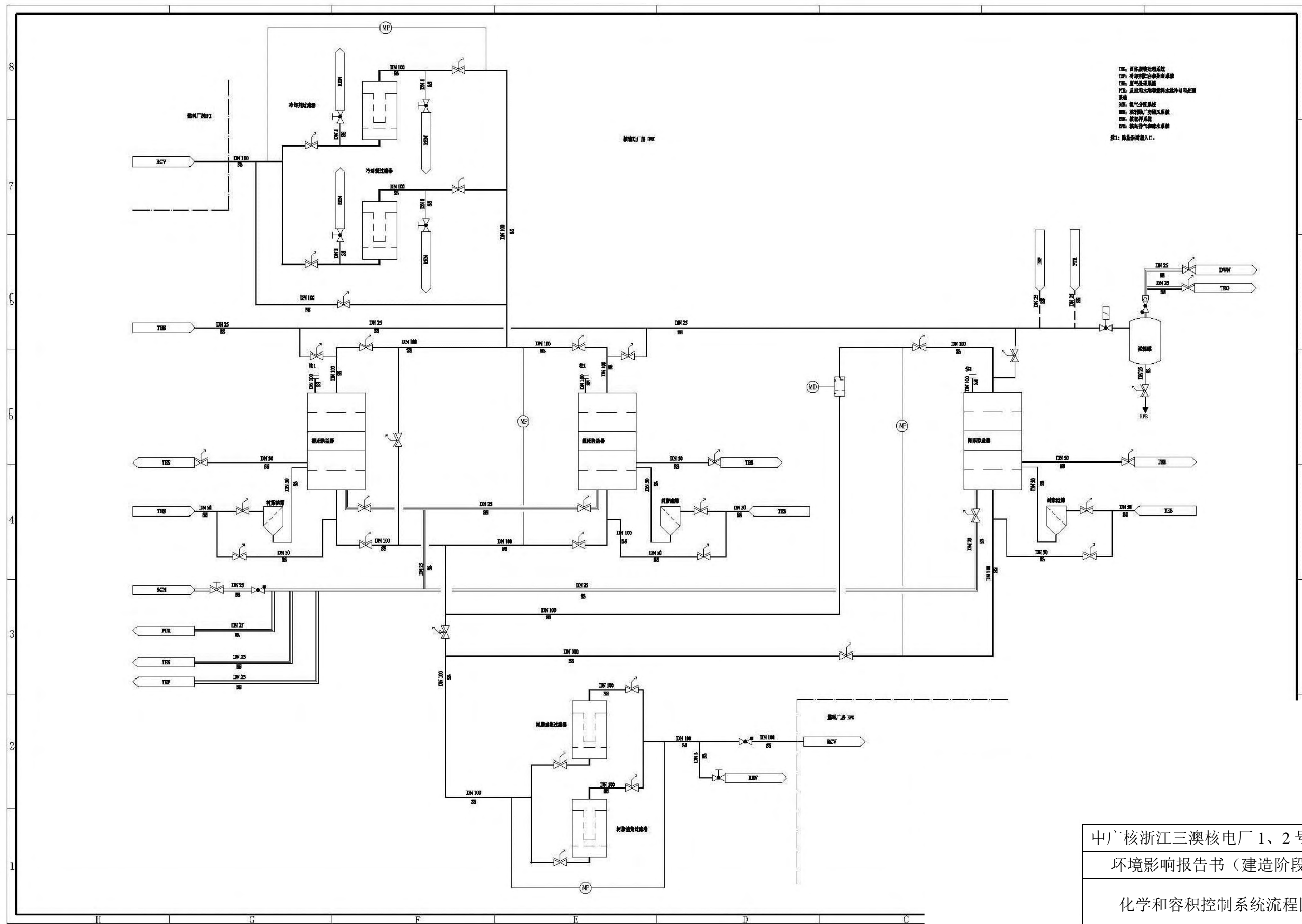
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
反应堆冷却剂系统示意图		
图 4.2-5 (2/3)	版次	A



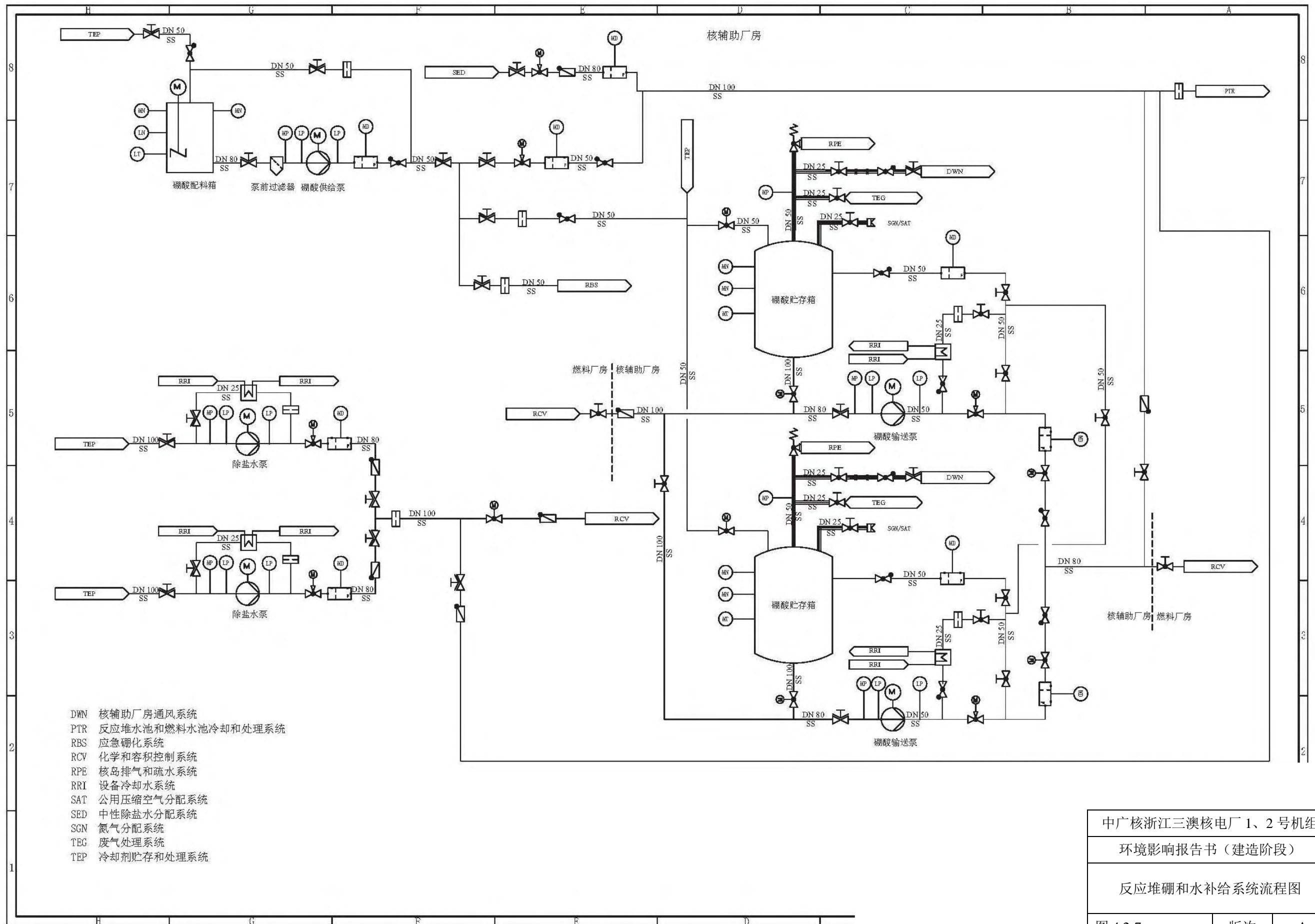
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
反应堆冷却剂系统示意图		
图 4.2-5 (3/3)	版次	A



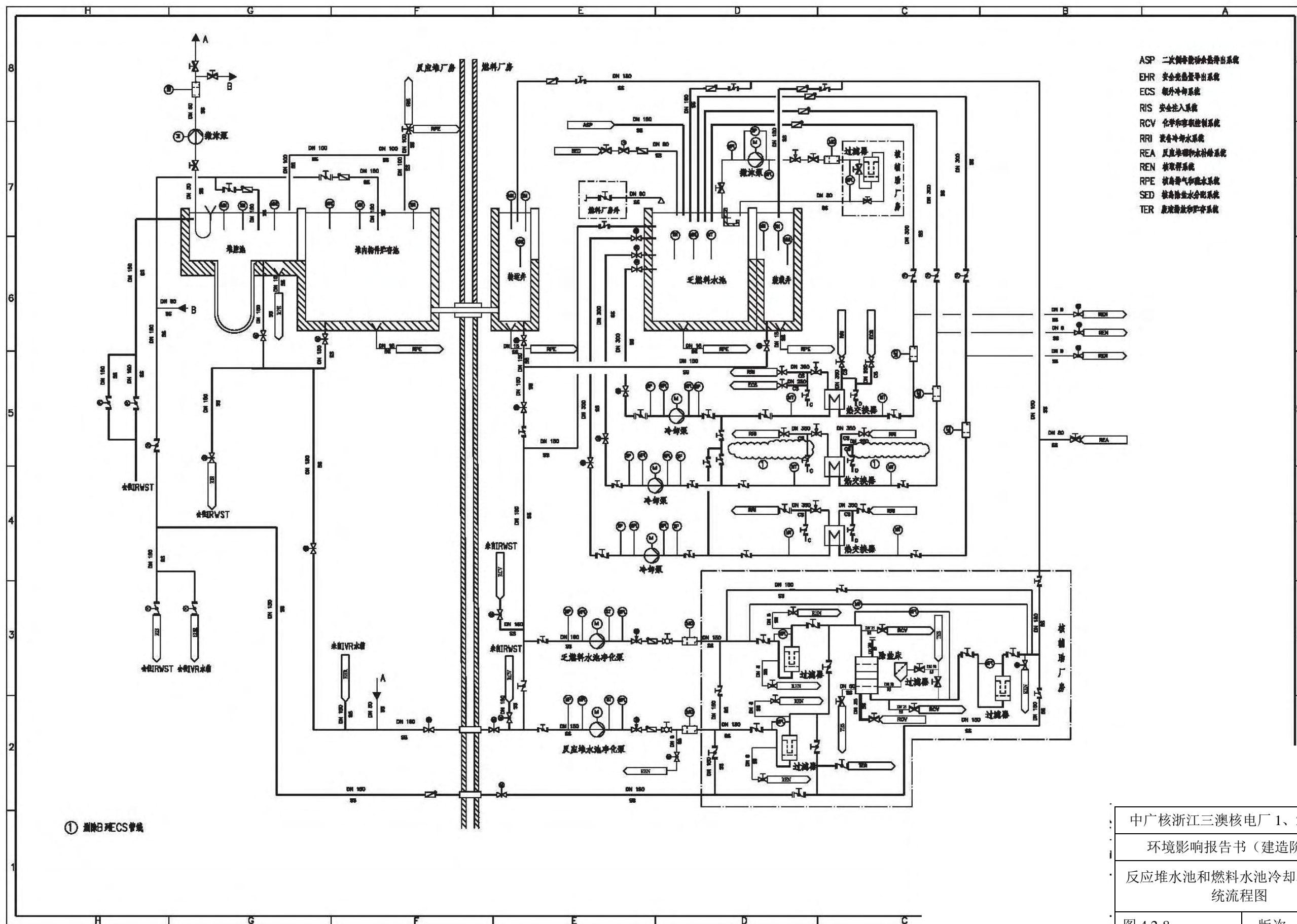
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组
 环境影响报告书（建造阶段）
 化学和容积控制系统流程图
 图 4.2-6 (1/2) 版次 A



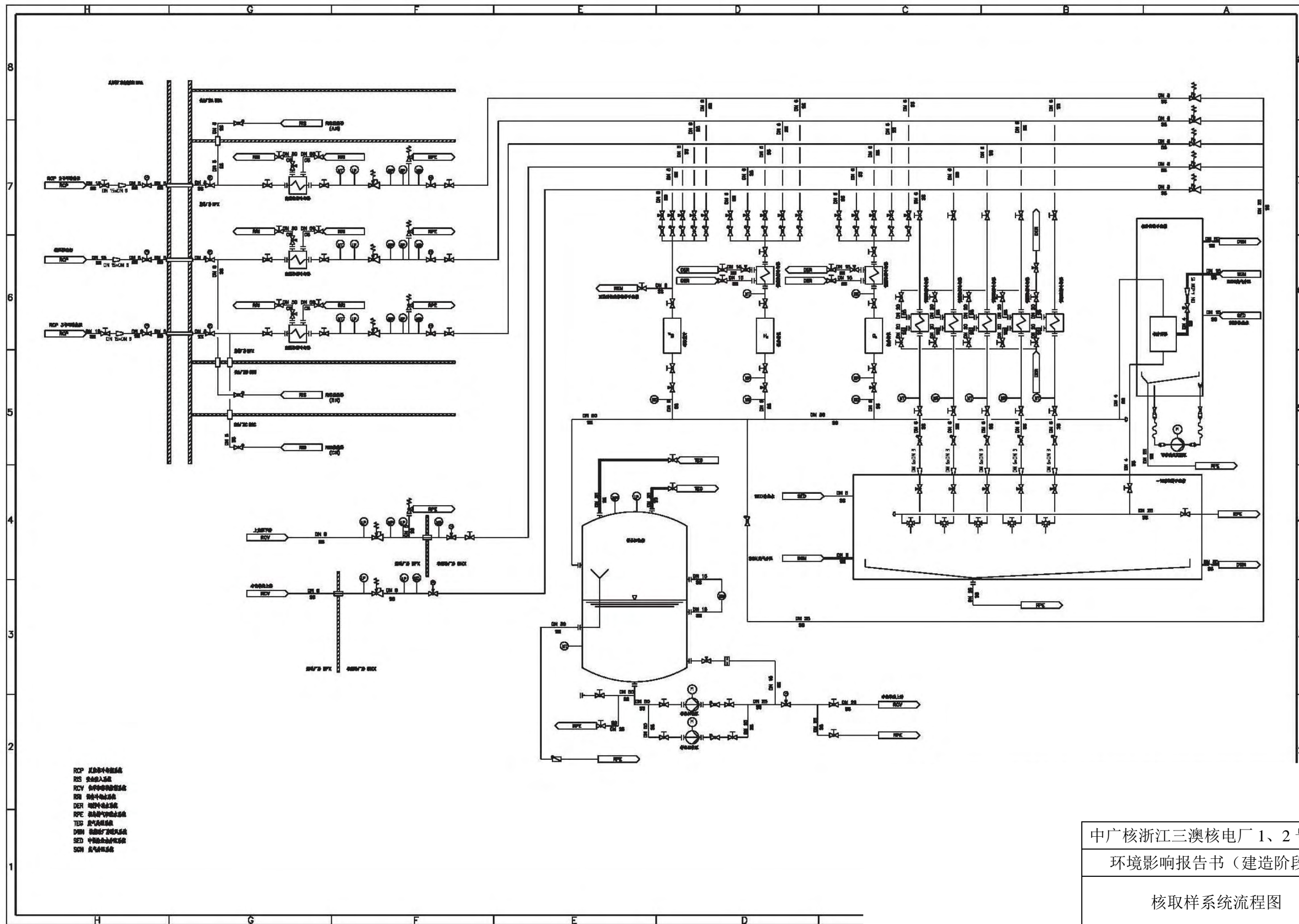
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
化学和容积控制系统流程图		
图 4.2-6 (2/2)	版次	A



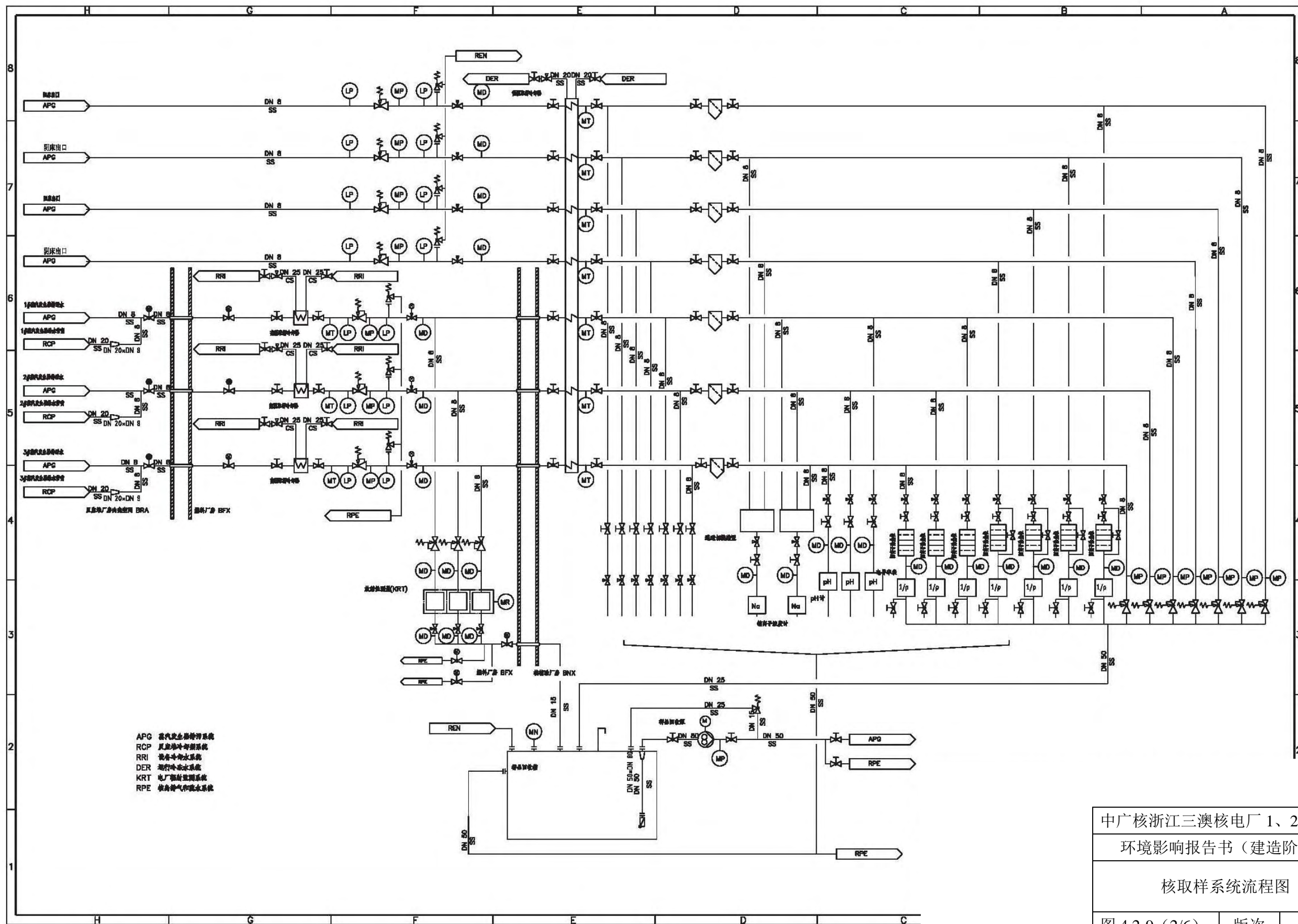
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
反应堆硼和水补给系统流程图		
图 4.2-7	版次	A



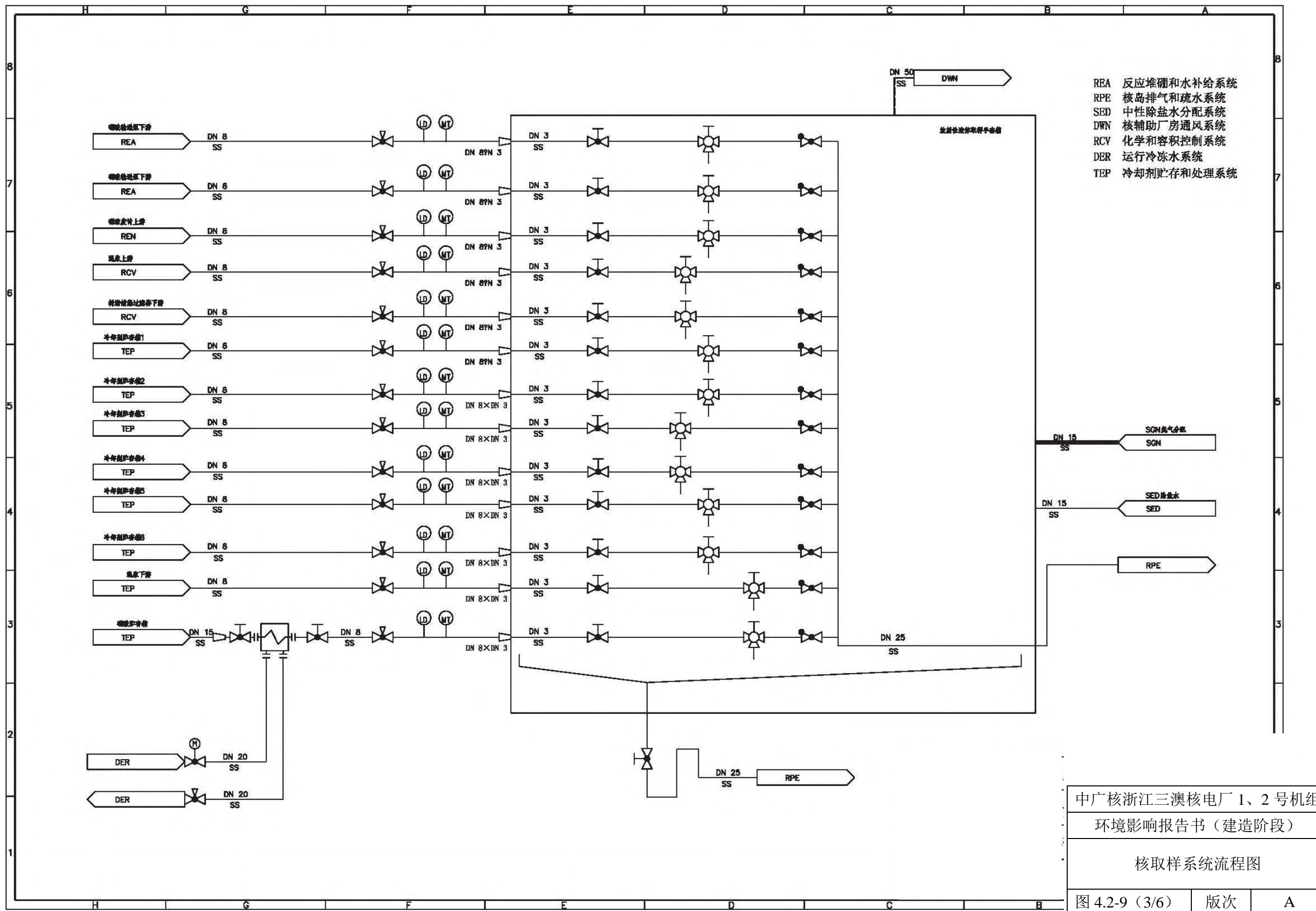
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组 环境影响报告书（建造阶段） 反应堆水池和燃料水池冷却和处理系 统流程图		
图 4.2-8	版次	A

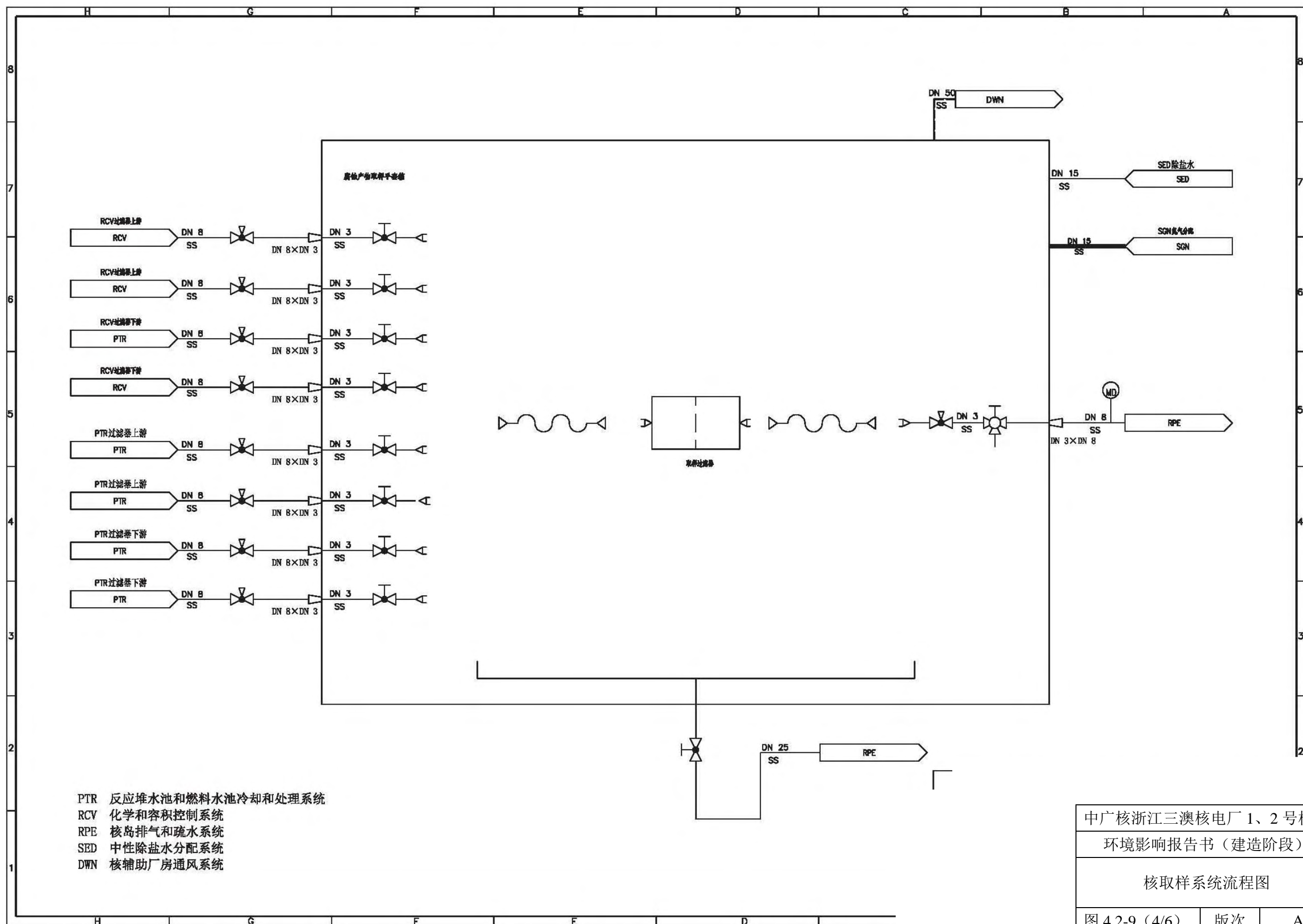


中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
核取样系统流程图		
图 4.2-9 (1/6)	版次	A

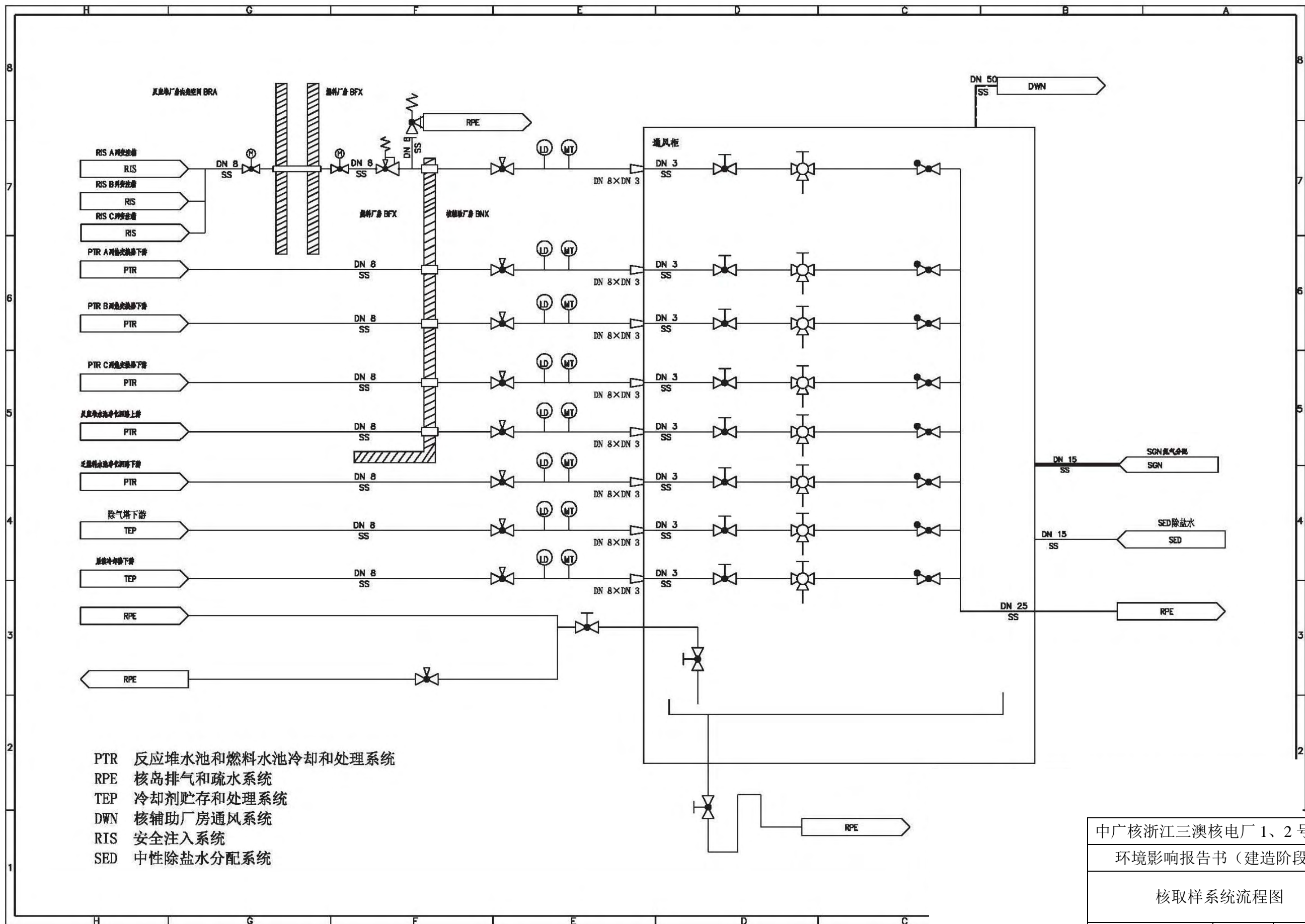


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
核取样系统流程图		
图 4.2-9 (2/6)	版次	A

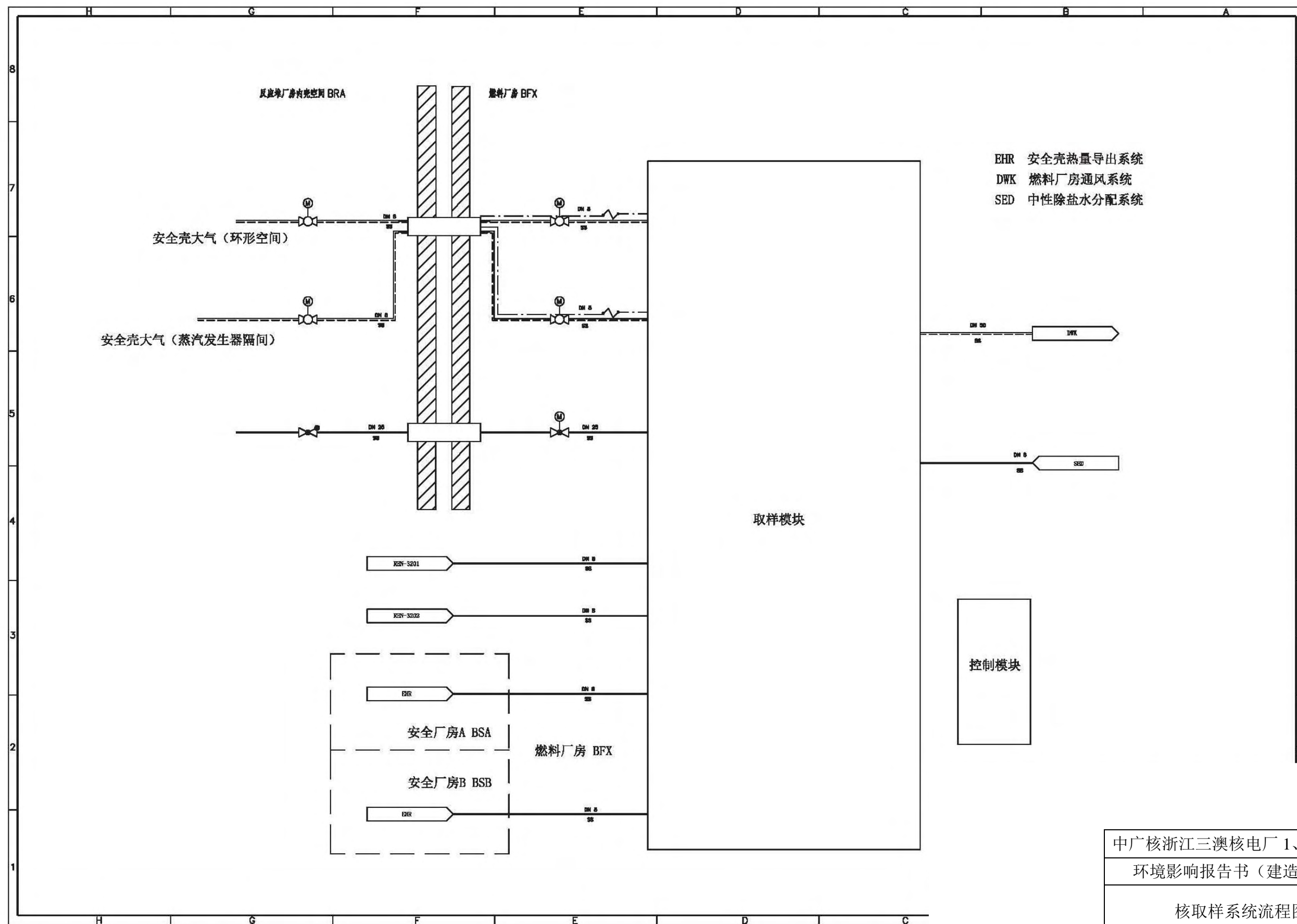




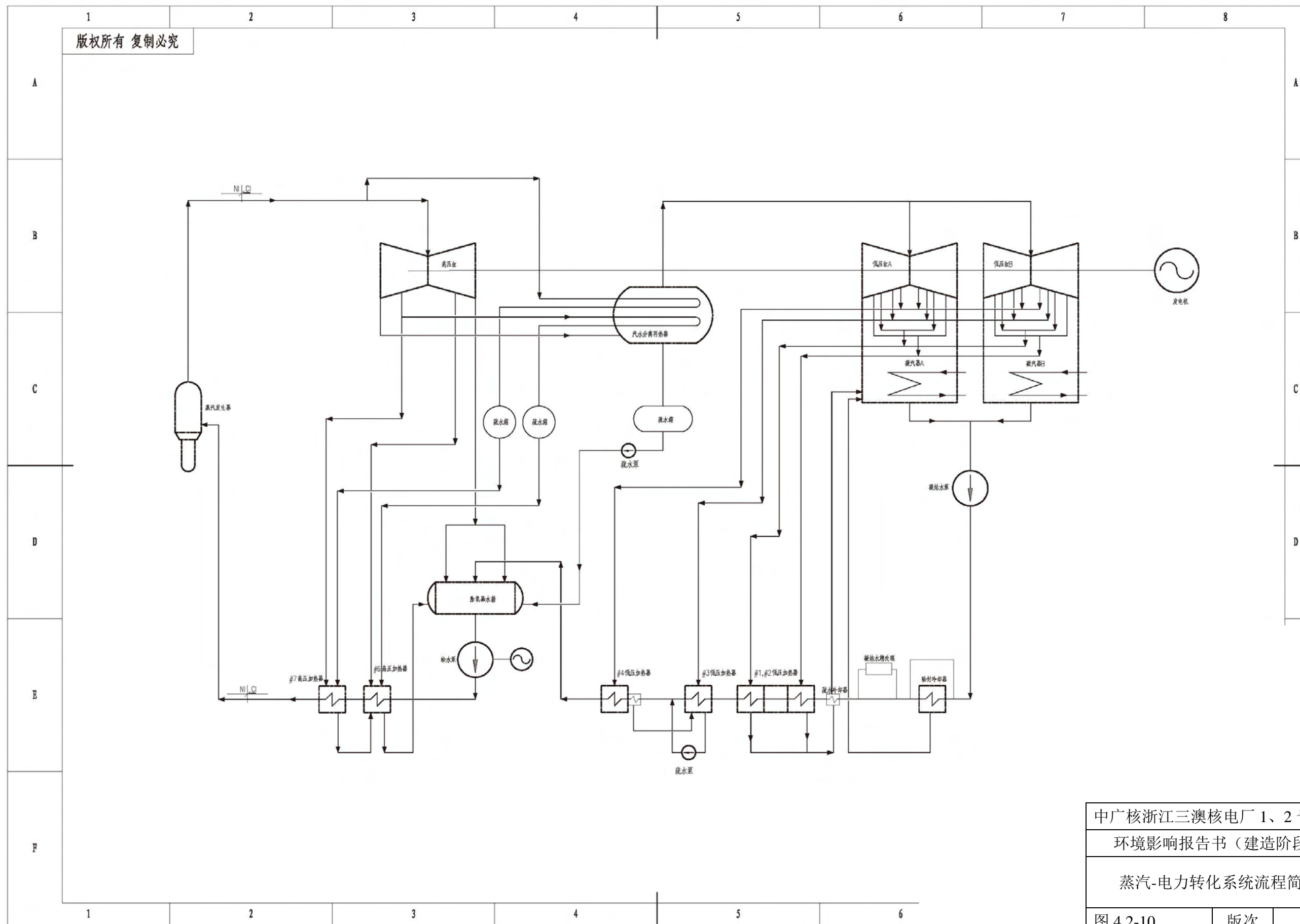
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
核取样系统流程图		
图 4.2-9 (4/6)	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
核取样系统流程图		
图 4.2-9 (5/6)	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
核取样系统流程图		
图 4.2-9 (6/6)	版次	A



中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
蒸汽-电力转化系统流程简图		
图 4.2-10	版次	A

4.3 核电站用水和散热系统

4.3.1 核电站用水

4.3.1.1 核电站用水来源

4.3.1.2 核电站用水系统

4.3.2 核电站散热系统

图

图 4.3-1 设备冷却水系统（RRI）流程图

图 4.3-2 重要厂用水系统（SEC）流程图

图 4.3-3 用水平衡图

图 4.3-4 循环冷却水系统流程图

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 核电厂用水来源

本工程运行期淡水用于除盐水生产系统补水和生产（工业）用水、生活及办公用水、消防用水等。结合厂址淡水资源条件，本工程运行期的除盐水用水和生产用水拟采用海水淡化供给，其他用水由马站自来水厂铁场净水厂供给。马站自来水公司负责将自来水管接至厂址围墙外 1m 左右附近。

马站自来水厂铁场净水厂水源来自铁场水库和云遮水库，十八孔水库作为应急备用水源。经扩建后，目前设计日供水量为 1.75 万 m^3/d ，另有十八孔水库制水车间供水规模为 0.3 万 m^3/d ，合计供水规模为 2.05 万 m^3/d ，主要供给马站片区居民生活用水，马站片区现状实际最高日取水量为 1.5 万 m^3/d ，铁场净水厂剩余供水能力为 5500 m^3/d ，可满足本项目施工期日最大取水量（642.6 m^3/d ）和运行期生活日最大取水量（358.63 m^3/d ）的需要。

4.3.1.2 核电厂用水系统

核岛冷却链系统包括设备冷却水系统（RRI）和重要厂用水系统（SEC），其功能是将核岛用户的热量移出到最终热阱。系统流程图见图 4.3-1、图 4.3-2。

（1）与热交换相关的系统主要有：

1) 重要厂用水系统（SEC）

重要厂用水系统（SEC）是一个开式系统，从大海吸取冷却水，冷却设备冷却水系统（RRI）的RRI/SEC换热器，再将冷却RRI/SEC换热器后的热水排至大海，执行其将RRI系统收集的热负荷输送至最终热阱——大海的安全功能。SEC系统由三列独立的安全系列组成。

2) 设备冷却水系统（RRI）

设备冷却水系统(RRI)是一个闭式回路的冷却水系统,通过重要厂用水系统(SEC)与最终热阱相连,导出核岛安全和非安全相关系统及设备的的热量。RRI由3个冷却系列组成,每个系列由相互独立的SEC为其提供冷却。RRI系统作为核岛一回路和环境之间

的一道屏障，能够防止放射性物质泄漏到环境，同时也可以防止未经处理的海水进入安全壳或反应堆系统中。

（2）与供水相关的系统主要有：

饮用水系统（SEP）：SEP 饮用水系统的任务是供应生产生活用水，并将其分配至核电站的各个建筑物。

（3）与冷却水循环相关的系统主要有：

- 循环水过滤系统（CFI）：确保常规岛的循环水系统及重要厂用水系统（SEC）的过滤功能，并阻止海生物和污物经由海水夹带进入联合泵站和各冷却系统。循环水过滤系统（CFI）位于循环水泵房（BPX）。
- 循环水处理系统（CTE）：向循环水过滤系统（CFI）、循环水系统（CRF）和重要厂用水系统（SEC）供应活性氯化物溶液，以尽量减少微生物、藻类和贝类的繁殖。
- 循环水系统（CRF）：提供海水作为汽机凝汽器冷却水，以排出运行期间乏汽的热量。该系统也向常规岛的闭路冷却水系统（SRI）的热交换器提供冷却水。

（4）海水淡化系统

海水淡化系统（SWD）的功能是将海水进行淡化处理后，向除盐水生产系统（SDA）、工业水系统（SEI）供应符合质量要求的淡水。

海水淡化系统的设备集中布置在海水淡化厂房（BHW）。海水淡化厂房紧邻除盐水厂房（BYA），两者联合布置。预处理设施、污泥处理设施以及各类水箱、水池等为室外布置，其它设备布置于厂房内。

本期工程海水淡化系统拟采用反渗透法海水淡化方案，具体流程为：

海淡取水泵→混凝沉淀池→V 型砂滤池→清水池→清水泵→细砂过滤器→细砂过滤器产水箱→一级反渗透提升泵→一级反渗透装置→一级淡水箱→二级反渗透提升泵→二级反渗透装置→二级淡水箱、工业水箱。

1、2 号机组海水淡化系统的出力按照满足两台机组运行需要考虑，两台机组正常运行时除盐水生产系统补水年用水量约为 57.92 万 m³；生产用水（包括循环水泵轴封水、重要厂用水泵轴封水、污水处理加药用水、常规岛杂用水、核岛空调用水等）年用水量约为 43.61 万 m³。此外，1、2 号机组运行期间生活用水由自来水厂市政管道供水，年用水量约 10.05 万 m³，最高日淡水取水量约为 358.63m³/d。

1、2号两台机组凝汽器冷却水量 $411264\text{m}^3/\text{h}$ 、辅机冷却水量 $14400\text{m}^3/\text{h}$ ，重要厂用水量 $14400\text{m}^3/\text{h}$ ；另外两台机组鼓网冲洗水量 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 、制氯站用水量 $650\text{m}^3/\text{h}$ ，海水淡化用水量为 $550\text{m}^3/\text{h}$ ，两台机组总海水用水量约为 $123\text{m}^3/\text{s}$ 。

本工程正常运行时新鲜淡水用水量为 $201.55\text{m}^3/\text{h}$ （约 $0.06\text{m}^3/\text{s}$ ），海水用水量为 $123\text{m}^3/\text{s}$ ，重复利用的水量主要为循环使用水量约 $114.2\text{m}^3/\text{s}$ ，其他忽略不计。因此，本工程工业用水重复利用率为 92.9% 。

图 4.3-3 给出了本工程用水平衡图。

4.3.2 核电厂散热系统

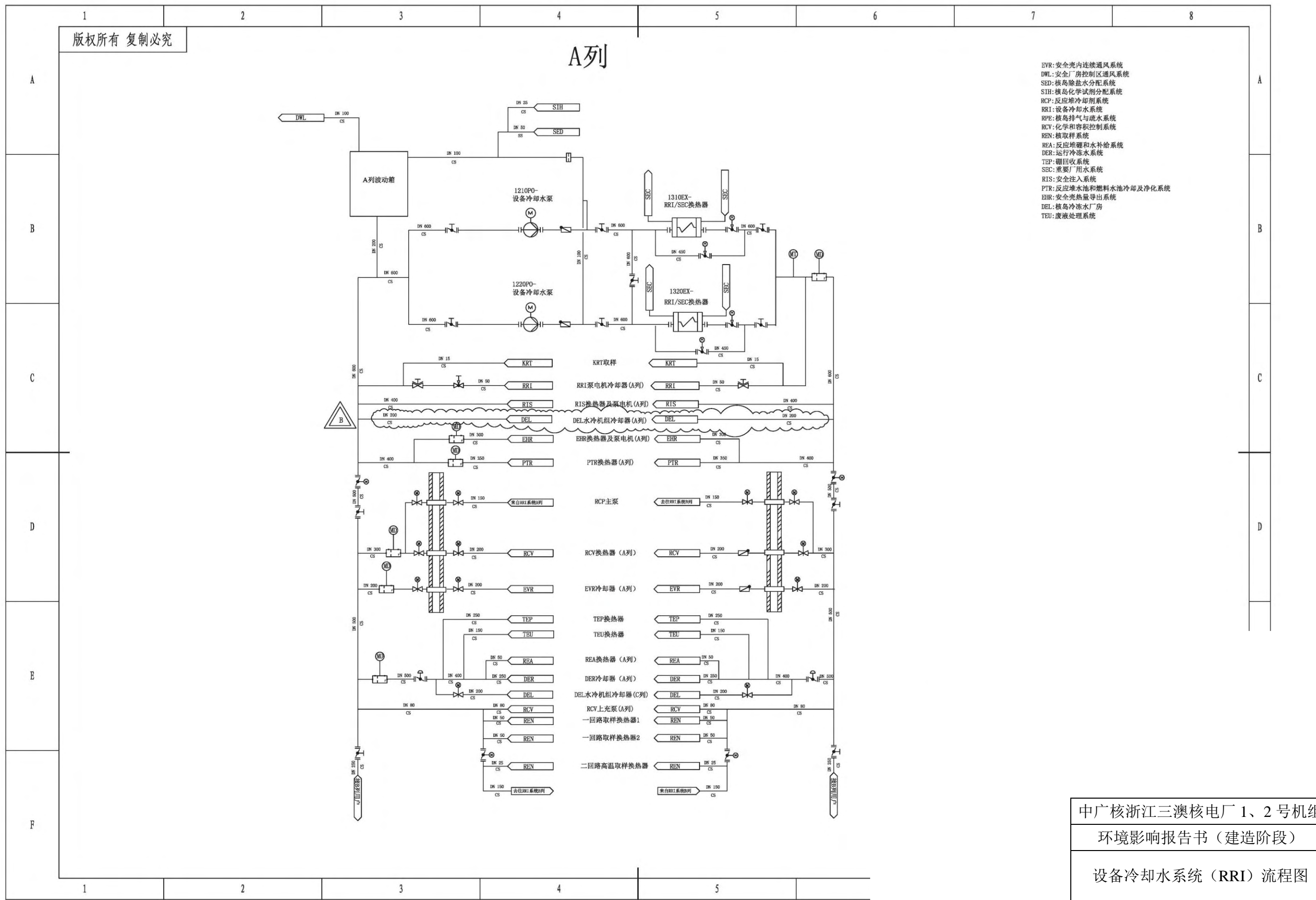
核电厂取排水系统也称循环冷却水系统，采用直流供水的方式，水源为海水。其功能主要是为常规岛和核岛提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、厂用水排水以及符合排放标准的低放废水混合后经虹吸井和排水隧洞排入海域。

根据最新的取排水方案，本工程取水口位于 1、2 号机组之间的位置；排水工程采用离岸深排，排水口离岸距离 200m 。本工程濒临东海，循环冷却水流量为 $123\text{m}^3/\text{s}$ 。

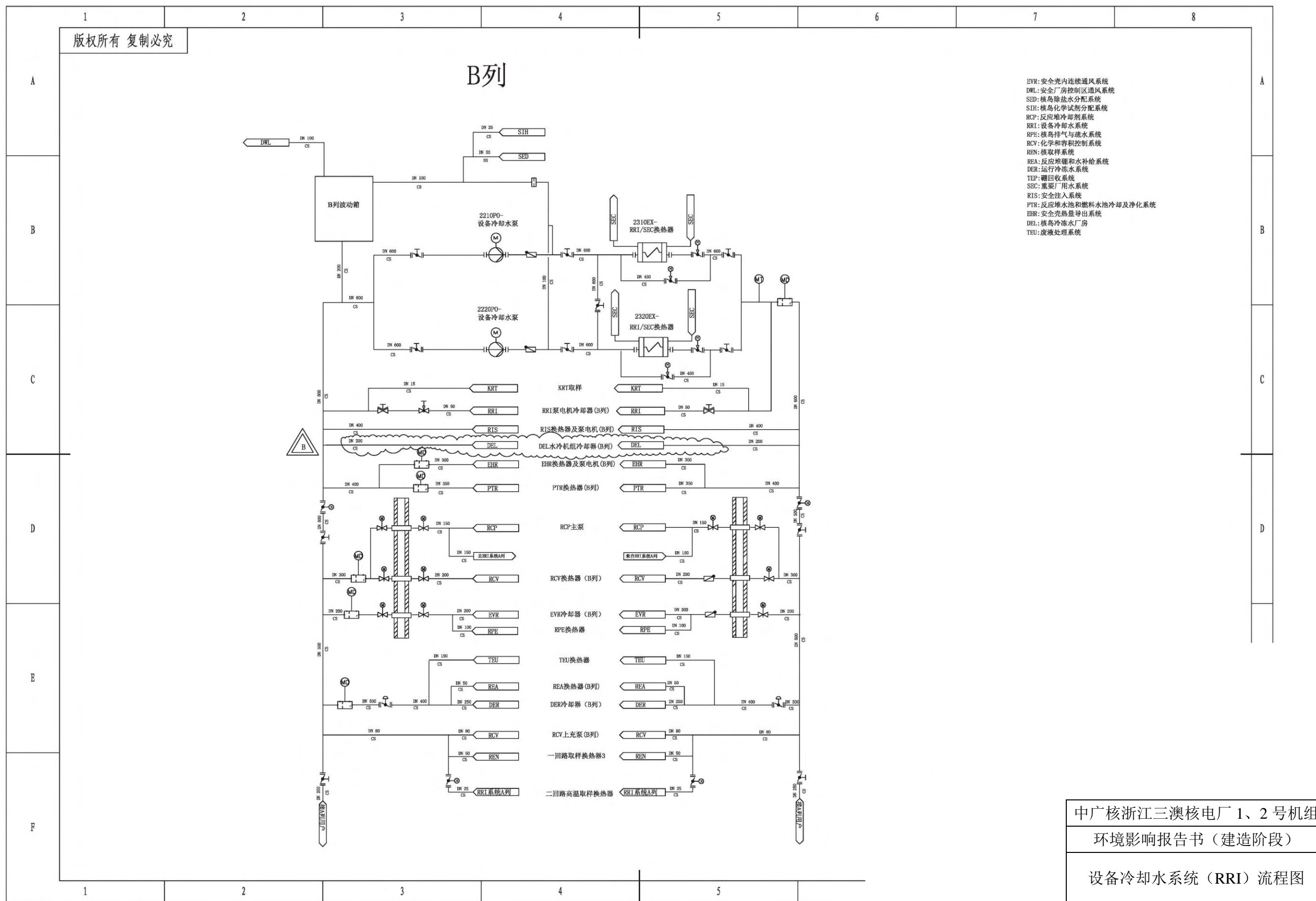
循环冷却水系统包括取水明渠、循环水泵房（包括循环水泵、鼓网、粗格栅、细格栅及清污机、渣门等）、循环水进水管、凝汽器、循环水排水沟、虹吸井、排水暗涵及排水口。其主要工艺流程如下：

厂址前沿海域海水→取水口→引水明渠→循环水泵站进水前池→粗格栅→检修钢闸门→细格栅→鼓形滤网→循环水泵→循环水进水管→凝汽器/辅助冷却水→循环水排水沟→虹吸井→排水暗涵→排水口→厂址前沿海域。

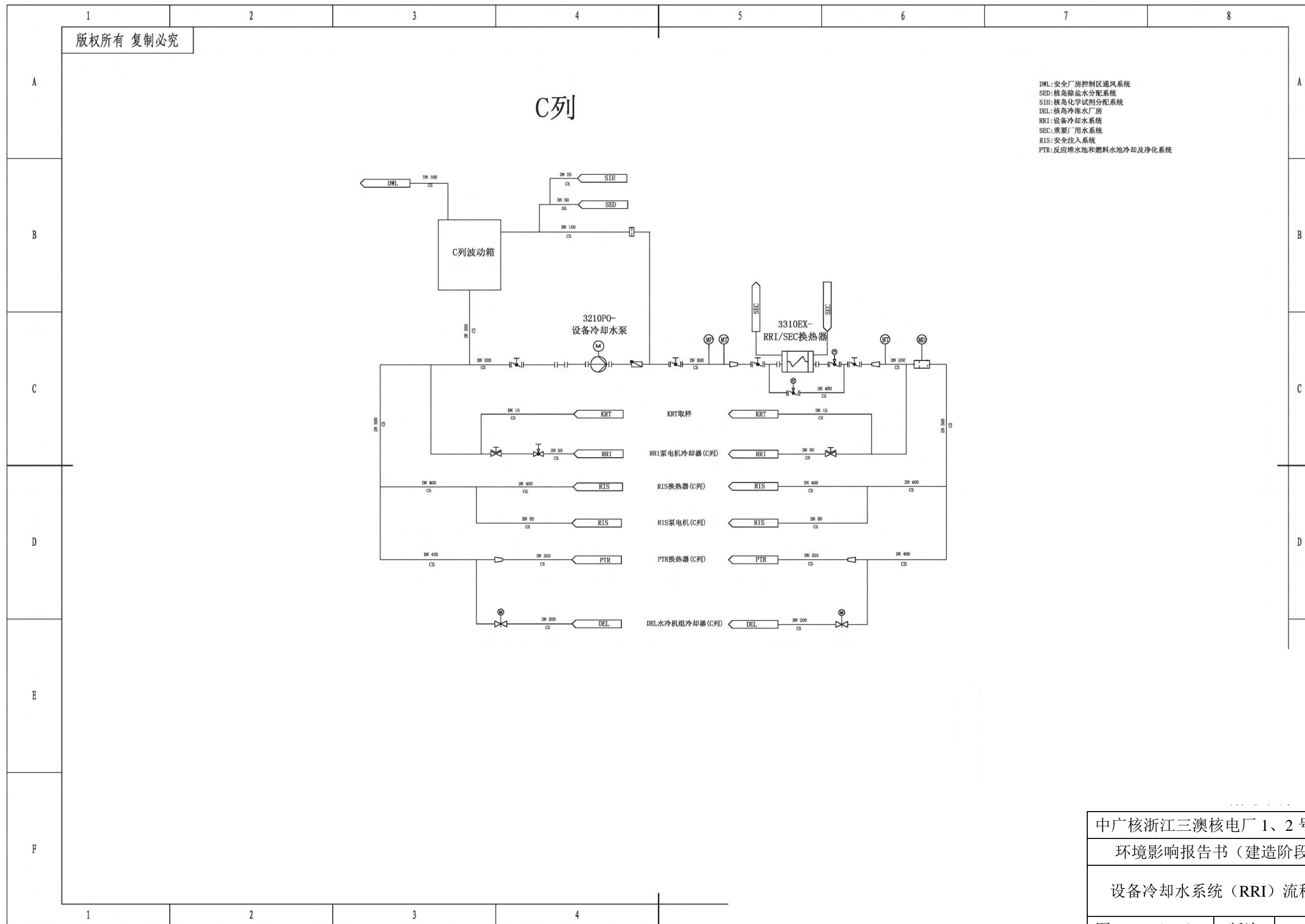
图 4.3-4 给出了核电厂循环冷却水系统流程图。



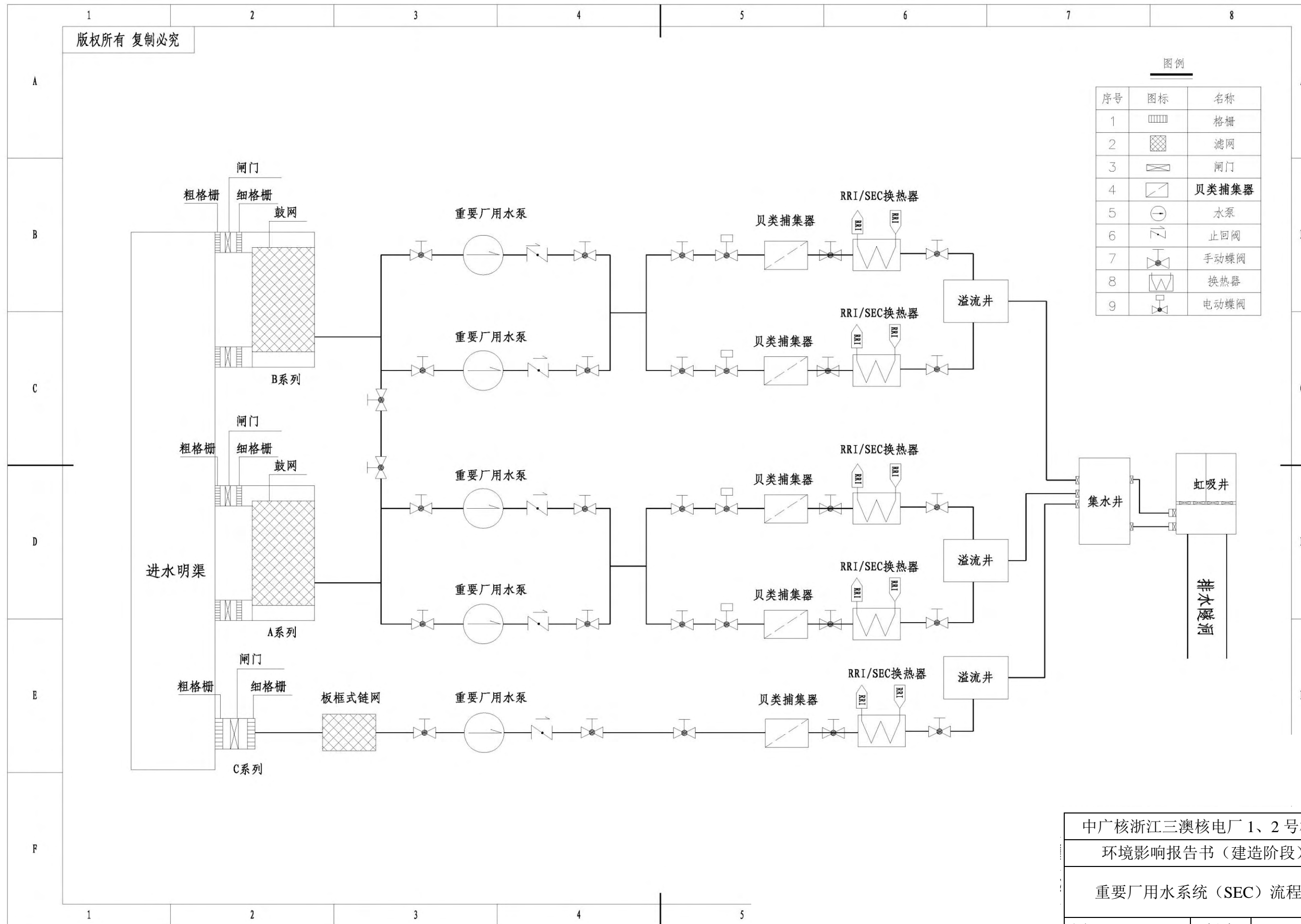
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
设备冷却水系统（RRI）流程图		
图 4.3-1（1/3）	版次	A



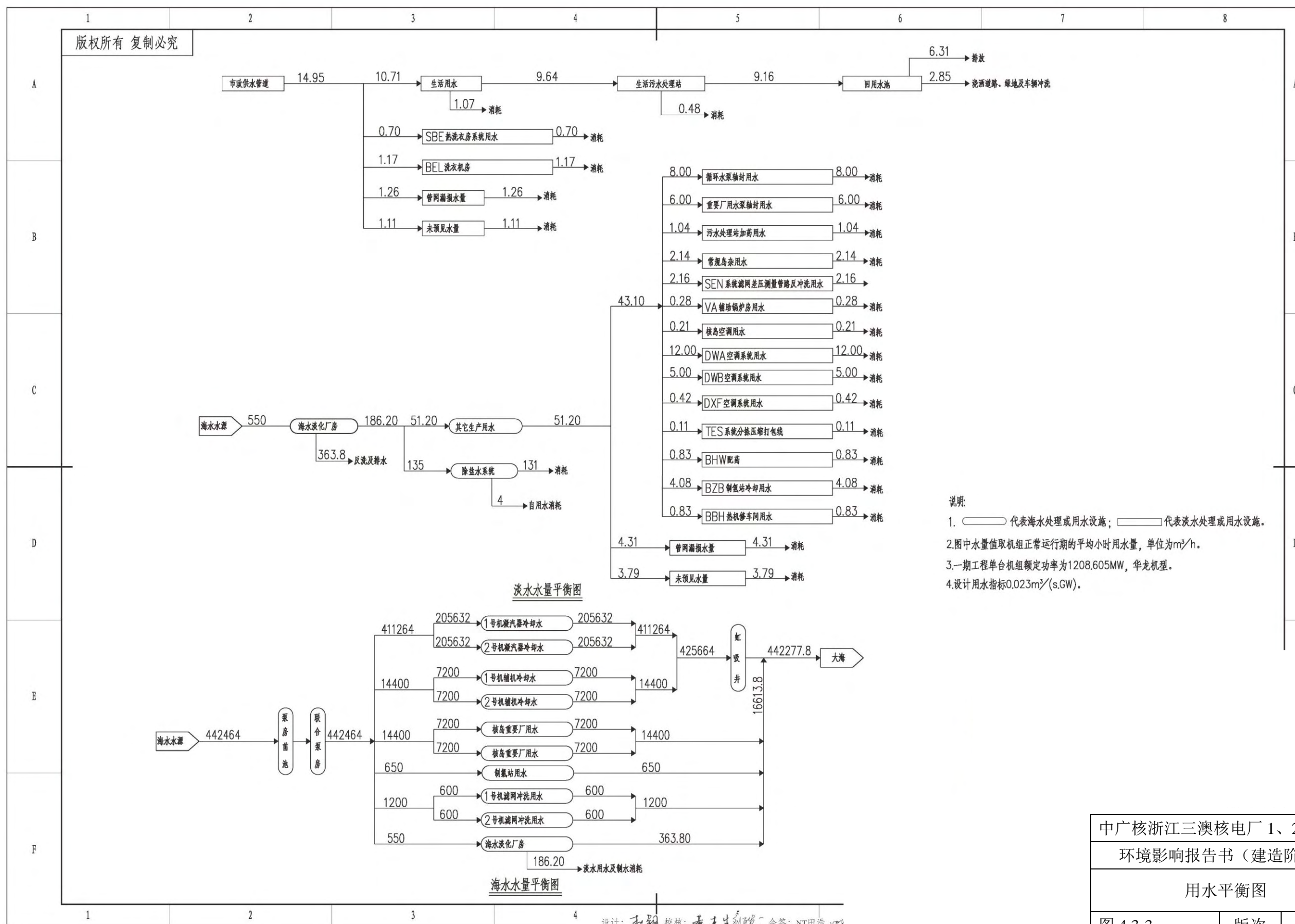
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
设备冷却水系统（RRI）流程图		
图 4.3-1（2/3）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
设备冷却水系统（RRI）流程图		
图 4.3-1（3/3）	版次	A

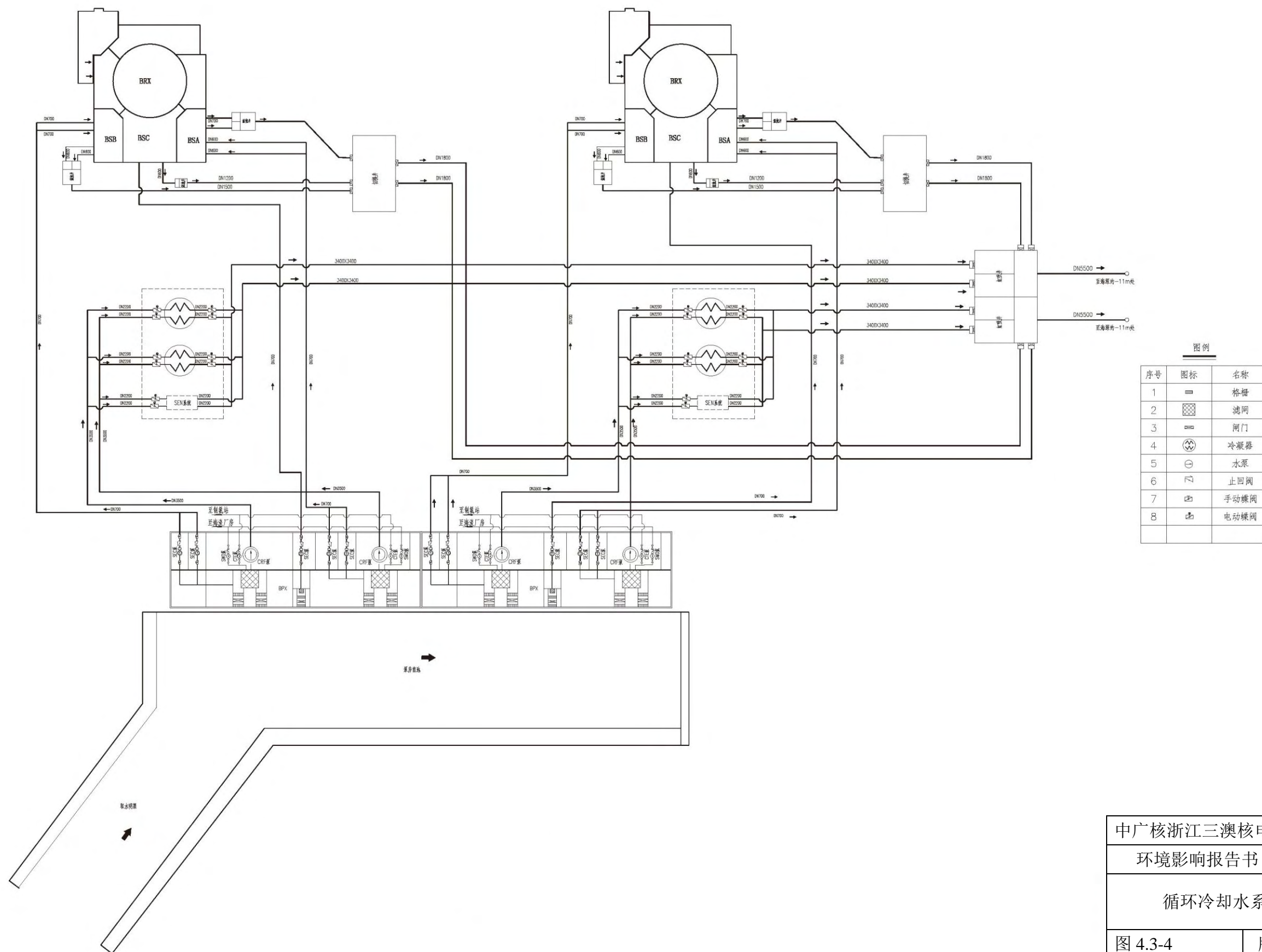


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
重要厂用水系统（SEC）流程图
图 4.3-2 版次 A



说明:
 1. 代表海水处理或用水设施; 代表淡水处理或用水设施。
 2. 图中水量值取机组正常运行期的平均小时用水量, 单位为 m³/h。
 3. 一期工程单台机组额定功率为 1208.605MW, 华龙机型。
 4. 设计用水指标 0.023m³/(s.GW)。

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
 环境影响报告书（建造阶段）
 用水平衡图
 图 4.3-3 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组 环境影响报告书（建造阶段）		
循环冷却水系统流程图		
图 4.3-4	版次	A

4.4 输电系统

图

图 4.4-1 接入系统方案示意图

4.4 输电系统

（1）接入系统方案设想

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组规划建设 2×1200MW 级三代核电机组。核电厂配套的 500kV 开关站按两台机规模设计，预留后续机组扩建场地。500kV 开关站布置在厂区北侧，其 500kV 出线主要为西北方向，就近接入浙江省 500kV 电网。

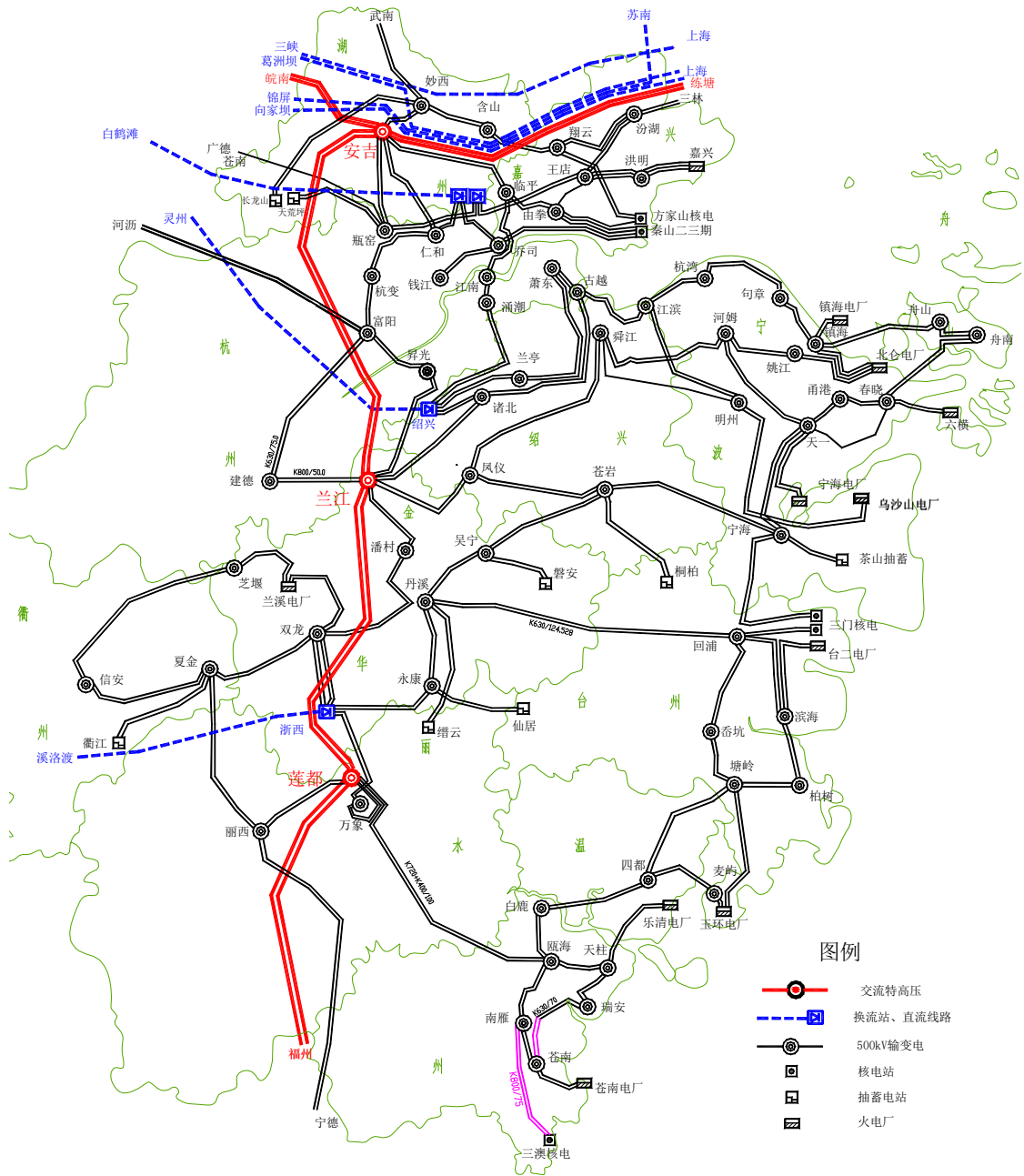
- 500kV 出线规划：根据 2019 年 5 月 8 日电力规划设计总院对接入系统报告的审查意见（电规规划[2019]184 号）：中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组以 500kV 一级电压接入系统，电厂本期出线 2 回，至南雁 500kV 变电站，线路长度约 2×75km。
- 220kV 出线规划：1、2 号机组新建三澳核电-钱金变 1 回 220kV 线路，长度约 32.5km。远景接入方案在现有线路基础上，再扩建第 2 回 220kV 线路，暂考虑接入白沙变，线路长度约 54km。

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组拟定接入系统方案示意图，详见图 4.4-1。

（2）输电线路设计要求

根据输电线路设计要求，500kV 输电线路不应跨越长期住人的建筑物；220kV 线路在必要时可考虑跨越民房，但应尽量避免，以减少电磁辐射对居民的影响。此外，高压输电线路应尽量上山，少占用平地或耕地，尽量减少对当地建设和发展规划影响。

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
接入系统方案示意图（推荐方案）		
图 4.4-1	版次	A

4.5 专设安全设施

4.5.1 安全壳及安全壳系统

4.5.2 安全注入系统（RIS）

4.5.3 应急硼化系统（RBS）

4.5.4 应急给水系统（ASG）

4.5.5 蒸汽大气排放系统（VDA）

4.5.6 二次侧非能动余热排出系统（ASP）

4.5.7 额外冷却系统（ECS）

4.5.8 可居留性系统

图

图 4.5-1 安全壳热量导出系统（EHR）流程简图

图 4.5-2 安全壳环廊通风系统（EDE）流程简图

图 4.5-3 安全壳过滤排放系统（EUF）流程简图

图 4.5-4 安全注入系统（RIS）流程简图

图 4.5-5 应急硼化系统（RBS）流程简图

图 4.5-6 应急给水系统（ASG）流程简图

图 4.5-7 蒸汽大气排放系统（VDA）流程简图

图 4.5-8 二次侧非能动余热排出系统（ASP）流程简图

图 4.5-9 额外冷却系统（ECS）流程简图

4.5 专设安全设施

根据中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行期间事件/事故的预期发生频率，可以将核机组的设计基准工况分为如下四类：

- DBC-1：正常运行瞬态；
- DBC-2：预期运行事件；
- DBC-3：稀有事故；
- DBC-4：极限事故；

除设计基准事故外，设计上还考虑两类设计扩展工况（DEC），分别为 DEC-A 类和 DEC-B 类事故。其中，DEC-A 类事故为包括 DBC 工况未涵盖的、但为满足概率安全目标或放射性后果必须加以考虑的多重失效复杂事故；DEC-B 类事故为严重事故。

专设安全设施的设计目标为：在三澳核电厂 1、2 号机组发生 DBC 和 DEC-A 后，确保核电厂状态实现反应性控制、堆芯衰变热排出、向环境释放的放射性物质满足限值要求。同时专设安全设施还用于预防严重事故发生，缓解事故后的放射性释放后果。

三澳核电厂 1、2 号机组的专设安全设施主要包括：安全注入系统（RIS）、应急硼化系统（RBS）、应急给水系统（ASG）、蒸汽大气排放系统（VDA）等几个系统。

4.5.1 安全壳及安全壳系统

安全壳系统主要包括：

- 安全壳；
- 安全壳热量导出系统；
- 安全壳隔离系统；
- 安全壳可燃气体控制系统；
- 安全壳泄漏率试验和监测系统；
- 安全壳环廊通风系统；
- 安全壳过滤排放系统。

这些安全壳系统的设计保证或有助于实现下述安全功能：

- 在运行状态和事故工况下包容放射性物质；
- 在运行状态和事故工况下的辐射屏蔽；
- 防御外部自然事件和人为事件。

4.5.1.1 安全壳功能设计

安全壳起到第三道包容屏障的作用，在正常运行时及在发生放射性产物释放到安全壳内的事故后，安全壳构筑物 and 附属物（贯穿件、隔离系统、人员闸门和设备闸门等）提供良好的密封性能，防止放射性物质不可控制的释放。

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组采用双层安全壳，内层为带钢衬里的预应力钢筋混凝土安全壳，外层为钢筋混凝土安全壳，在内层和外层安全壳之间留有环廊，环廊保持负压状态，以收集可能通过内壳墙体泄漏的物质，并在泄漏物质通过烟囱释放到外部大气环境之前通过环廊通风系统进行过滤。

内层安全壳包容整个反应堆冷却剂系统（RCP）、安全壳内置换料水箱（IRWST）、安全壳内堆坑注水水池、部分主蒸汽系统和部分主给水系统。当发生安全壳内管道破裂事故时，内层安全壳包容所有放射性物质并承受 RCP 或蒸汽发生器二次侧质能释放产生的最大压力和温度。内层安全壳同时也具备下列功能：

- 正常运行时的密封；
- 在正常运行及事故工况下保护现场人员免受包容屏障内辐射源的辐照；
- 保护反应堆冷却剂系统免受外部灾害影响。
- 外层安全壳执行如下几项功能：
 - 和内层安全壳一起，在正常运行和事故期间对厂区人员和环境提供辐射屏蔽；
 - 保护外层安全壳内的系统和部件不受外部假设始发事件的影响；
 - 捕集从内层安全壳泄漏到环廊中的漏气。

4.5.1.2 安全壳总体参数

安全壳总体设计参数如下：

- 设计压力：0.52MP（abs）；
- 设计露点温度：145℃；
- 安全壳内部自由容积：75300m³；
- 内层安全壳的整体泄漏率限值：在设计压力下，每天的总泄漏量为安全壳内包容的自由气体和蒸汽总量的 0.3%。
- 外层安全壳的整体泄漏率限值：在 620Pa 环廊负压、20℃ 下，外层安全壳每天

的泄漏率为其包容体积的 1.5%。

4.5.1.3 安全壳热量导出系统（EHR）

安全壳热量导出系统（EHR），作为严重事故预防和缓解措施的一部分。在严重事故情况下，安全壳热量导出系统是限制安全壳超压，保证安全壳以及安全壳内换料水箱（IRWST）散热的最终缓解手段。

4.5.1.3.1 系统功能

EHR 执行的安全功能包括：

(1) 余热导出：

在下列工况下，EHR 系统将衰变热从安全壳导出至最终热阱：

- 严重事故（DEC-B）；
- 功率工况小破口叠加低压安注失效（RP）；
- 停堆工况小破口叠加低压安注失效（NS/RIS-RHR、MCS）；
- 停堆工况下，丧失余排或丧失厂外电（LOOP）后恢复余排失效（MCS）；
- 功率工况完全丧失冷链叠加轴封破口失效（RP）；
- 停堆工况完全丧失冷链（MCS）；
- SBO 工况（MCS）。

(2) 放射性物质包容

- 设计扩展工况（DEC）下，EHR 系统可以将安全壳内的热量通过 IRWST 传递给最终热阱，从而限制安全壳内温度和压力，保证安全壳的完整性；
- 在严重事故（DEC-B）期间，为维持安全壳完整性，EHR 系统长期向堆坑注水对压力容器进行外部冷却，将熔融物碎片和放射性物质滞留于压力容器中；
- EHR 系统的安全壳喷淋具有放射性碘去除功能，可有效降低安全壳内放射性；
- 在发生不需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统参与安全壳的隔离；
- 在发生需要 EHR 系统运行的事故时，EHR 系统位于安全壳外的部分构成第三道屏障的一部分，保持安全壳的完整性并包容放射性物质。

4.5.1.3.2 系统设计

EHR 除非能动堆坑注水子系统外，包括两个相同的系列，每个系列包括：

- 一条通过 EHR 专用从 IRWST 取水的管线，地坑滤网属于 RIS；
- 设置在安全厂房 A（B）的一台安全壳热量导出泵和一台热交换器。热交换器用于导出安全壳内的热量；
- 热交换器下游的三条排放管线（喷淋、堆坑注水和再循环冷却），每一条管线上在安全壳厂房内外均设有安全壳隔离阀；
- 喷淋支路上的穹顶喷淋子系统，由喷淋环管和若干喷嘴组成，喷淋时可以降低安全壳内的温度和压力；
- RCV 取水隔离阀，当容控箱（VCT）水位低时，RCV 上充泵从 IRWST 取水；
- 与 RIS 相连的注水管线。

EHR 的 A、B 列的泵和换热器都分别布置在安全 A、B 厂房，实现物理分离和实体隔离，且由于事故后输送的是高放射性流体，因此布置在控制区。泵和换热器都可以通过关闭上、下游的阀门进行隔离。

非能动堆坑注水子系统主要由安全壳内高位布置的堆坑注水箱与出口的管线、阀门组成。堆坑注水箱布置在反应堆厂房的高位，满足非能动的大流量、小流量以及堆芯注水流量要求。安全壳喷淋环管布置在安全壳穹顶上，喷淋环管上安装有喷头为安全壳喷淋提供均匀的流量分配，保证安全壳喷淋时最大的覆盖体积和喷淋面积。

EHR 系统的功能是在严重事故下控制安全壳内压力，并对压力容器、安全壳内大气和 IRWST 进行长期冷却。同时，EHR 系统还可实现在超设计基准事故下一回路热量排出系统不可用时，用于冷却 IRWST，排出堆芯余热。

EHR 的流程简图见图 4.5-1。

4.5.1.3.3 系统运行

（1）正常运行

电厂正常运行期间，EHR 系统处于停运状态。

（2）DBC 长期阶段

DBC 长期阶段（24h 后），操纵员以喷淋模式启动 EHR 系统以降低壳内放射性剂量。

（3）DEC-A 事故运行

1) SB-LOCA 叠加 LHSI 全部丧失（RP、NS/RIS-RHR、MCS）

当发生 SB-LOCA 叠加 LHSI 全部丧失时，操纵员根据 IRWST 的水温和安全壳压力手动启动 EHR 系统，以安全壳喷淋/再循环模式对安全壳进行冷却。

2) TLOCC 导致主泵轴封破裂（功率运行工况下）

该工况会导致安全壳和 IRWST 的温度上升，操纵员根据 IRWST 的水温和安全壳压力手动启动 EHR 系统，以安全壳喷淋/再循环模式对安全壳进行冷却。由于正常冷链 RRI 系统不可用，此时 EHR 换热器冷侧需切换至 ECS 系统冷却模式。

3) TLOCC（停堆工况下）

该工况下发生 TLOCC 事故时，操纵员根据 IRWST 的水温和安全壳压力手动启动 EHR 系统 A 列，以安全壳喷淋/再循环模式对安全壳进行冷却。由于正常冷链 RRI 系统不可用，此时 EHR 换热器冷侧需切换至 ECS 系统冷却模式。

4) 停堆工况下丧失余排或 LOOP 后恢复余排失效

停堆工况下发生丧失余排或 LOOP 后恢复余排失效时，操纵员根据 IRWST 水温和安全壳压力手动启动 EHR 系统 A 列，以安全壳喷淋/再循环模式对安全壳进行冷却。

5) 停堆工况下发生 SBO

停堆工况下发生 SBO 时，操纵员根据 IRWST 的水温和安全壳压力手动启动 EHR 系统 A 列，以喷淋/再循环模式对安全壳进行冷却。由于正常冷链 RRI 系统不可用，此时 EHR 换热器冷侧需切换至 ECS 系统冷却模式。

（4）DEC-B 事故运行

1) 堆坑注水

严重事故工况下，当堆芯出口温度超过 650℃时，手动打开安全壳内堆坑注水箱出口非能动大流量堆坑注水阀门，依靠重力，向堆坑内注水，通过冷却压力容器外壁冷却堆内熔融物，实现堆芯熔融物压力容器内滞留。

当堆坑注水箱液位降至大流量接管以下，自动转入小流量注水阶段。长期阶段，EHR 泵从 IRWST 取水，经 EHR 换热器冷却后注入堆坑。

堆坑注水箱容量满足丧失全部交流电源（包括：厂外电、EDG 和 SBO 柴油发电机丧失）12h 的堆坑注水水量要求（对应严重事故后 10h）。

2) 安全壳喷淋

如果发生堆芯融化的严重事故，根据安全壳和 IRWST 的固有特性（容量、设计参

数、结构热惯性等），严重事故发生后 12h 内，即使 EHR 系统安全壳喷淋不启动，安全壳内的压力和温度也能够保持在设计限值以下。

根据严重事故管理导则，手动打开喷淋支路的安全壳隔离阀并启动 EHR 泵，从 IRWST 取水，经过换热器降温后，执行安全壳喷淋来降低安全壳内的压力和温度。如果地坑滤网堵塞，则 EHR 系统需要切换至反冲洗模式运行。

4.5.1.4 安全壳隔离系统（EIE）

4.5.1.4.1 系统功能

EIE 通过安全壳贯穿件隔离阀来执行安全壳隔离功能。在安全壳内有裂变产物释放时，安全壳隔离系统确保安全壳的密封性以减少放射性向外部大气的释放。安全壳贯穿件和其隔离设施确保正常运行和事故期间安全壳的完整性。

安全壳隔离功能有助于放射性物质的包容，以确保在伴有放射性物质释放的事故期间，能将通过流体贯穿件释放到环境中的放射性减小到最低程度。

4.5.1.4.2 系统设计

EIE 通过在流体贯穿件上安装隔离阀（电动阀和/或止回阀）来实现安全壳隔离功能。在需要隔离时能确保能实现安全壳的隔离。

（1）与一回路冷却剂相连的管线或者直接通向安全壳大气的管线

根据对应的管壁厚度，管线上装有一个或两个隔离阀（一个在安全壳外侧，另一个（如需要）在安全壳内侧）。两个隔离阀为安全壳贯穿件提供了双重隔离屏障。如果安全压力整定值高于安全壳设计压力的 1.5 倍，那么安全阀可用作隔离阀。

- 仅在停堆期间使用的系统：两个手动阀或两个由主控室控制的电动阀。
- 在正常运行或事故工况下使用的特定系统（指部分在安全壳外，并形成一封闭边界的系统）：安全壳外的封闭管道视为安全壳的一部分，并在设计中保证能抵抗安全壳的设计压力。对每个贯穿件，在其安全壳外的部分装有一个自动隔离阀。
- 在正常运行或事故工况下使用的其它系统：设置两个安全壳自动隔离阀，一个在安全壳内，另一个在安全壳外，或对输送流体进安全壳的管线，一个自动隔

离阀，一个止回阀，其中止回阀安装在安全壳内。

- RIS 和 EHR 系统贯穿件：仅在其安全壳外部分装有一个隔离阀。这些阀门都需要在主控室手动关闭。在地坑和隔离阀之间的管道上装有一个套管（保护管），为这些贯穿件提供了双重密封屏障。

(2) 不直接与安全壳内大气相通，且不属于二回路系统的管线

对某些进入安全壳的管线，它们不直接通向安全壳内大气，不和一回路冷却剂系统相连，且不属于二回路冷系统。在这些管线上，在其安全壳外侧都装有一个隔离阀，从而为贯穿件提供了双重屏障（安全壳内是闭合系统，安全壳外装有隔离阀）。

(3) 部分属于二回路系统的管线

当蒸汽发生器传热管完好时，蒸汽和给水管线贯穿件不承担安全壳功能。此时，安全壳功能由二回路系统压力边界承担。在发生蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）后，二回路系统隔离阀有助于实现长期的安全壳功能。

(4) 只穿过安全壳外侧墙体的管线

对于只穿过安全壳外侧墙体，且与环廊内大气相通的管线，在其安全壳外侧装有一个隔离阀或一个止回阀；对于只穿过安全壳外侧墙体，且与环廊内大气隔离的管线，不安装隔离阀。

4.5.1.4.3 系统运行

在正常运行时，不需要执行安全壳隔离功能，隔离阀的状态取决于所属系统状态。发生事故时，除了用来缓解事故的安全系统外，其他所有流体贯穿件都将被隔离。

在接收到反应堆保护系统的隔离信号后，安全壳自动隔离阀关闭。这不适用于缓解事故危害特定的安全系统。只有在完全关闭和隔离信号取消后，隔离阀才可能重新打开。允许操纵员在主控室手动控制安全壳隔离阀。安全壳自动隔离阀是电动的，其供应电源有应急电源作为备用，或者按故障安全设计（一般而言，除因缓解事故危害的需要运行的安全系统外，故障安全状态是常闭的）。主控室能查看隔离阀的状态和可用性信息。

4.5.1.5 安全壳可燃气体控制系统（EUH）

事故后，安全壳内可能由于以下原因产生氢气：锆燃料包壳与水反应，水辐照分

解，结构材料的腐蚀，RCP 内溶解的氢。三澳核电厂 1、2 号机组设置了较多措施控制安全壳内可燃气体的积聚，包括具有足够大自由容积的安全壳、能够促进自然循环和改善混合的安全壳隔间流道设计等。除此之外，还专门设置了安全壳可燃气体控制系统（EUH）以控制安全壳内的可燃气体的浓度，进而确保维持安全壳的完整性。

4.5.1.5.1 系统功能

EUH 主要执行如下功能：

- 事故后，通过非能动氢复合器消除安全壳内释放的氢气，以此来限制其氢爆引起的安全壳失效风险，确保严重事故下安全壳的完整性。
- 事故后安全壳内氢气浓度监测，以评估事故后安全壳氢气燃烧的威胁和非能动氢复合器的工作状态，同时作为了解堆芯恶化情况的辅助参考。

4.5.1.5.2 系统设计

EUH 主要包括三个子系统：非能动氢复合器子系统和氢气监测子系统。

（1）非能动氢复合器子系统

非能动氢复合器子系统设置 29 台非能动氢复合器。

对于设计基准事故（主要是 LOCA）下的消氢，非能动氢复合器子系统设置了 2 台 FC2 类的非能动氢复合器来实现消氢功能。2 台氢复合器布置在安全壳穹顶空间区域。对于严重事故工况下，系统设置了 27 台 FC3 类的非能动氢复合器与用于设计基准事故工况下的 2 台氢复合器一起实现消氢功能。

（2）氢气监测子系统

氢气监测子系统由冗余的两列组成。每列包含布置 5 个测点，3 个蒸汽发生器顶部平台各 1 个，环形区域 1 个，穹顶 1 个。

系统连续在线监测得到的安全壳内氢气浓度信号，在主控室显示，当氢气浓度高过报警值会产生报警。氢气监测系统处理柜将测量的氢气浓度信号、故障信号、设备运行状态指示分别送至主控室严重事故控制盘和 DCS，在严重事故控制盘和 DCS 上进行显示和报警。操纵员可从严重事故控制盘和 DCS 上对系统进行启动和停运操作。

4.5.1.5.3 系统运行

在机组正常运行时，非能动氢复合器处于备用状态。当安全壳内的氢浓度达到设备的启动阈值时，非能动氢复合器自动工作。

氢气监测子系统在事故后由操纵员手动启动投入运行。

4.5.1.6 安全壳环廊通风系统（EDE）

4.5.1.6.1 系统功能

在核电厂正常运行期间，EDE 维持环廊内环境条件在可接受的范围内，保持安全壳环廊内相对于室外大气的负压；事故期间，EDE 维持环廊内的温度和负压，实现对环廊的动态包容，限制由于 DBC 及 DEC 事故所产生的放射性物质向环境释放。

4.5.1.6.2 系统设计和部件

EDE包括如下设备：

- 1×100%容量的正常排风子系统，设有一组初效过滤器、一组高效粒子空气过滤器（HEPA）、一台风机；
- 2×100%容量的事故排风子系统，两列实体隔离，每列中设有一台电加热器、一组初效过滤器、一组高效粒子空气过滤器（HEPA）、一台碘吸附器、一台风机和碘吸附上下游防火阀。

EDE的系统流程见图4.5-2。

4.5.1.6.3 系统运行

EDE 的正常排风子系统连续运行，维持环廊负压不低于-400Pa。

当 EDE 正常排风子系统不可用时，切换至事故排风子系统，维持环廊内负压。在 DBC2-4、DEC-A、DEC-B 事故中安全壳内部发生放射性物质泄漏时，隔离正常排风子系统，切换至事故排风子系统，以处理来自内层安全壳的泄漏，同时满足环廊最小负压要求。

在事故期间，EDE 的过滤效率考虑如下：有机碘 99.0%，元素碘 99.0%，气溶胶 99.9%。这些数值采用了包络保守的数据，实际的过滤器效率高于上述数值。

4.5.1.7 安全壳过滤排放系统（EUF）

核电厂安全壳是防止放射性产物释放到环境中的最后一道屏障。在发生严重事故后，如果安全壳内的压力逐渐升高，则最终可能会破坏安全壳的完整性，造成放射性物质的外泄。EUF 系统通过主动卸压使安全壳内的压力不超过其承载限值，从而确保安全壳的完整性。同时，通过安装在卸压管线上的过滤装置对排放气体的放射性物质进行过滤。

4.5.1.7.1 系统功能

在发生严重事故后，通过运行 EUF 主动卸压维持安全壳压力在一定水平，并对放射性物质进行过滤以减少向环境的释放。

4.5.1.7.2 系统设计和部件

EUF 主要由一套过滤组合装置、2 个安全壳隔离阀、一个安全阀、一个反冲洗阀、一个限流孔板、一个爆破膜和一套 KRT 测量设备、以及向过滤组合装置内注入各种物质（包括含化学物质的除盐水、氮气）的管线、废液返回至安全壳的管道及阀门、测量液位及压力的仪表等组成。EUF 主要设备布置在燃料厂房。

安全壳内大气通过安全壳过滤排放系统进口管线至两道安全壳隔离阀，然后经过一套过滤组合装置，再经流量限流孔板和爆破膜，最终通向电厂烟囱。

（1）安全壳隔离阀

在安全壳外侧的 EUF 进口管线上设置两个串联的安全壳隔离阀，满足安全壳隔离的安全功能。安全壳隔离阀可通过远传机构，在屏蔽墙后手动驱动。

（2）过滤组合装置

安全壳过滤排放系统设置一套过滤组合装置，过滤组合装置内设置有文丘里管嘴和金属纤维过滤器，内充有含 0.5% NaOH 和 0.2% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 的除盐水，文丘里管嘴位于液面以下。在系统排放时文丘里管嘴喉部可以形成高速流，有效滞留排放气体中的放射性气溶胶和碘（>99%）。

（3）限流孔板

在过滤组合装置的出口管线上设置一个限流孔板，限制 EUF 的排放气体流量，使过滤组合装置能在较宽的安全壳压力范围内运行，保持最佳的过滤效果。

（4）爆破膜

在限流孔板后设置一个爆破膜，其爆破整定值可以维持 EUF 在备用模式下的充氮保护功能。在系统投入运行后，当系统压力达到爆破膜的整定值时，爆破膜打开，过滤后的气体排向大气。

4.5.1.7.3 系统运行

核电厂正常运行期间，EUF 处于备用模式。

在严重事故工况下，当安全壳压力超过其设计限值时，为了保证安全壳的完整性，由现场应急指挥中心根据严重事故管理导则确定本系统开始运行的时机。

通过 EUF 系统的过滤排放，安全壳内的压力将会降低，在得到应急指挥中心的关闭指令后或安全压力达到 0.26MPa(abs)时，运行人员手动关闭安全壳隔离阀来关闭本系统。系统关闭后，过滤组合装置内积聚了放射性极强的溶液，形成潜在的放射性污染源，为避免潜在的放射性污染源造成扩散，必须将其输送回事故机组的安全壳内。

EUF 的系统流程简图见图 4.5-3。

4.5.2 安全注入系统（RIS）

安全注入系统（RIS）的主要功能是事故后向反应堆应急注水以补偿水装量的丧失或淹没堆芯，将热量从反应堆导出，此外，RIS 系统还执行正常停堆和事故工况下余热排出的功能。

4.5.2.1 系统功能

1) 安全功能

— 反应性控制

在设计基准事故（DBC2-4）、复杂事故序列（DEC-A）情况下，RIS 系统在安注模式下，将安全壳内置换料水箱（IRWST）和安注箱内的含硼水注入到反应堆冷却剂系统（RCP）内，以控制堆芯的反应性。

— 余热排出

在丧失冷却剂事故下（小破口失水事故（SB-LOCA）到双端剪切断裂失水事故（2A-LOCA）、蒸汽发生器传热管破裂（SGTR））将水注入到反应堆内，防止堆芯裸

露，限制燃料包壳温度的峰值。另外，如果破口发生在冷段，低压安注（LHSI）通过冷、热段同时注入，防止硼在堆芯燃料上结晶导致的传热恶化。

在余热排出（RHR）运行模式下，如果发生 RCP 系统误疏水或 SB-LOCA 事故（DBC-4），为确保 RCP 的水位，由中压安注（MHSI）泵补偿破口或泄漏丧失的 RCP 容积，满足 LHSI 泵在 RHR 模式下的运行条件。

在 DBC 或 DEC-A 事故工况下，通过 RHR 运行模式或事故长期运行模式，将堆芯衰变热排出，使机组进入安全停堆状态或最终状态。

在安全壳内发生中破口失水事故（IB-LOCA）及以上的破口事故时，RIS 系统通过 LHSI 泵和余热排出换热器的运行，对注入 RCP 系统的含硼水和 IRWST 内的流体进行冷却，带走 IRWST 和安全壳内的热量。

失水事故（LOCA）工况下，过滤进入 IRWST 内的碎片，确保 RIS 泵（MHSI 泵和 LHSI 泵）和安全壳热量导出系统（EHR）泵的正常运行。

在非 LOCA 的事故下，例如主蒸汽管道断裂（DBC-4），通过安注补偿由于 RCP 冷却导致的冷却剂收缩，直到安全停堆状态。

— 放射性包容

在 IB-LOCA 及以上的破口事故下，LHSI 泵下游的换热器对注入堆芯的含硼水进行冷却，并通过冷、热段同时注入的方式限制破口处产生的蒸汽，保证安全壳完整性。

IRWST 作为安全壳内的热阱，吸收安全壳大气内的热量，限制安全壳压力和温度的升高，保护安全壳不超压。

MHSI 的注入压力低于主蒸汽系统（VVP）安全阀的设定压力，防止在 SGTR 事故下 VVP 安全阀被打开，导致放射性物质大量向大气释放。

2) 运行功能

在 RHR 冷却正常停堆模式（NS/RHR）下，RIS 系统在 RHR 模式下运行，带走堆芯衰变热并降低冷却剂的温度。

在装、卸燃料和维修操作时，RIS 系统在 RHR 模式下运行，保持 RCP 冷却剂的温度，维持一回路在冷停堆状态。

在停堆或启堆期间（主泵不运行），RIS 系统在 RHR 模式下运行，搅混 RCP 内的冷却剂。

当 RCP 内的压力低于化学与容积控制系统（RCV）下泄管线运行要求时，通过

RIS 的管线完成低压下泄，并将冷却后的冷却剂输送至 RCV 系统进行净化。

机组正常运行工况下，当反应堆硼和水补给系统（REA）对 IRWST 进行硼水补给（弥补水的蒸发或泄漏）或 IRWST 温度升高时，通过 LHSI 泵下游的切向和径向小流量管线搅混 IRWST，通过换热器冷却 IRWST，以均匀 IRWST 内的硼浓度和温度。

在装、卸燃料期间，从 IRWST 抽水至反应堆水池。

正常功率运行工况下，使用 MHSI 泵从 IRWST 取水向安注箱补水。

RCV 容控箱不可用情况下，IRWST 可以作为 RCV 的后备水源。

在冷停堆期间，将安注箱降压后与一回路连接，保证主泵在低压状态下的运行条件，防止主泵损坏。

IRWST 收集来自不同系统的流体（如 RIS 安全阀的排放，堆腔池的疏水等）。

在正常运行期间，通过安注箱的持续加压，防止发生反应堆冷却剂压力边界（RCPB）隔离阀间的死管段现象。

4.5.2.2 系统描述

RIS 由分别位于 3 个安全厂房的 3 个独立系列组成（每个 RCP 环路对应一个系列），分别为 A、B、C 列，RIS 系统 A、B 列的设计和 C 列的设计除下述不同外基本一致：

- 1) A 列和 B 列与 RCV 系统用于净化的部分相连；
- 2) A 列上的 LHSI 泵电机设置有多多样化的冷源，除了可以由设备冷却水系统（RRI）提供冷却外，还设置了来自 DEL 的备用冷源；
- 3) 系列 A 和 B 与 EHR 系统的吸入管线相连用于执行 EHR 地坑滤网反冲洗功能；另外，A 列设置了与堆坑注水箱相连的非能动注入管线。

每一列 RIS 系统由 MHSI 子系统、LHSI 子系统、安注箱子系统组成，每一列 MHSI 泵和 LHSI 泵通过共用取水管道从 IRWST 取水。

MHSI 泵、安注箱和 LHSI 泵都通过共用的注入管线，将含硼水直接注入到对应环路的 RCP 主管道冷段。在 LHSI 泵的下游安装了余热排出换热器，冷却注入 RCP 冷段的硼水，带走堆芯和安全壳内的热量。在发生大、中破口失水事故的长期阶段，为防止硼在堆芯内的结晶和减少蒸汽从破口的释放，LHSI 泵所在管系还可以手动切换为冷、热段同时注入模式。

在 DBC 或 DEC-A 事故工况下，当一回路压力和温度降低到 RHR 的接入条件时，

RIS 系统以 RHR 模式运行，将堆芯衰变热持续、稳定的导出，使机组进入安全停堆或最终状态。

正常停堆工况下，在机组正常停堆冷却的第二阶段（从 NS/SG 过渡到 NS/RHR 模式），RIS 系统以 RHR 模式运行，执行余热排出的功能，在规定的时间内按一定的降温速率把一回路冷却到并维持在冷停堆工况，每一列 RIS 系统都可以执行 RHR 功能。

RHR 模式运行期间，每一列 LHSI 泵都从 RCP 一个环路的热段取水，通过余热排出换热器的管侧冷却后，返回到对应 RCP 环路的冷段，热量被传递给余热排出换热器壳侧的设备冷却水系统。

4.5.2.3 设备和部件描述

每一列 RIS 系统由 MHSI 泵、LHSI 泵、安注箱、余热排出换热器和相关的阀门和管道组成，IRWST 为 3 列共用的设备。

1) 安注箱

安注箱是利用氮气加压的、充有含硼水的压力容器，其结构为带有半球状上封头和下封头的圆柱形立式储罐，它由碳钢材料制成，内衬不锈钢，满足抗震 1 类要求，安注箱布置在安全壳内，安注箱的总容积为 50m^3 ，正常运行时安注箱内的氮气压力为 4.7MPa (abs) 。

2) LHSI 泵

LHSI 泵为卧式多级离心泵，采用不锈钢制造，水平安装在安全厂房内，RRI 系统为 LHSI 泵的电机和轴封提供冷却，A 列 LHSI 泵的电机还可以由 DEL 系统提供冷却，LHSI 泵注入一回路的最高压力为 2.5MPa (abs) ，在一回路压力为 0.1MPa (abs) 时注入一回路的最低流量为 $440\text{m}^3/\text{h}$ 。

3) MHSI 泵

MHSI 泵为卧式多级离心泵，采用不锈钢制造，水平安装在安全厂房内，3 列 MHSI 泵的电机都由 RRI 系统提供冷却，MHSI 泵注入一回路的最高压力为 8.85MPa (abs) ，在一回路压力为 0.1MPa (abs) 时注入一回路的最低流量为 $190\text{m}^3/\text{h}$ 。

4) 余热排出换热器

余热排出换热器为 U 形管式换热器，水平安装在安全厂房。余热排出换热器的管侧为一回路冷却剂或 IRWST 的硼水，壳侧为 RRI 系统提供的设备冷却水。

5) 安全壳内换料水箱（IRWST）

IRWST 为正常停堆换料和事故下 RIS 泵和 EHR 泵的运行提供水源，IRWST 内含硼水的硼浓度为 1300~1400mg/kg(富集度 35%的¹⁰B)，IRWST 的正常水容积为 1982m³，它的水装量满足停堆换料时的水量要求，IRWST 的液位高度可以确保所有从 IRWST 取水的泵（RCV、RIS、EHR 和 PTR 系统）即使是在事故工况下也具有足够的可用汽蚀余量（NPSHa）。

4.5.2.4 系统运行

在机组功率运行期间，安全注入系统处于备用状态，所有的泵和管线处于安注连接模式。

正常停堆工况下，在机组正常停堆冷却的第二阶段（从 NS/SG 过渡到 NS/RHR 模式），安全注入系统以 RHR 模式运行，执行余热排出的功能，在规定的时间内按一定的降温速率将一回路冷却到冷停堆工况。

在机组达到冷停堆后的换、装料期间，安全注入系统保持在 RHR 的运行模式，将堆芯衰变热带走，以满足换、装料的要求。

在机组正常启动过程中，安全注入系统以 RHR 模式运行，搅混反应堆冷却剂系统，以均匀硼浓度并控制反应堆冷却剂系统的温升速率。

另外，在机组正常运行期间，安全注入系统通过 LHSI 泵的切向和径向的小流量管线可以对 IRWST 内的硼水进行冷却和搅混，以均匀硼浓度和控制 IRWST 的水温在正常的范围。

在机组发生 DBC2-4 或 DEC 事故后，为了应对各种 LOCA 事故或 RCP 由于过冷导致的水体积收缩等工况，安全注入系统的 LHSI、MHSI 和安注箱陆续投用，以淹没堆芯（保持 RCP 的水装量）和带走堆芯衰变热，将机组带入可控状态、安全停堆状态或最终状态。

安全注入系统（RIS）流程简图见图 4.5-4。

4.5.3 应急硼化系统（RBS）

4.5.3.1 系统功能

应急硼化系统（RBS）是一个安全系统，在事故工况下对一回路进行硼化，用于补偿由于堆芯冷却和氙毒减少引入的正反应性。DBC 事故或复杂序列事故（DEC-A）中，当机组达到可控状态后由操纵员手动投入 RBS 系统，使得一回路可以进一步降温、降压，直到堆芯到达安全停堆状态。发生由控制棒故障引起的未能紧急停堆的预期瞬态（ATWS），RBS 系统自动投入运行，保证堆芯处于次临界状态。

4.5.3.2 系统描述

RBS 系统由两列 100% 容量的系列组成。两列应急硼酸箱之间使用集管连接，使每台泵都可以从任一硼酸箱取水。两列 RBS 注入管线进入安全壳后由母管相连，分别向下游 RCP 的三个环路注入。

每列 RBS 系统由一个应急硼酸箱、一台活塞泵及相关的阀门和管线组成。每列 RBS 系统向 RCP 的三个环路注入，活塞泵输送硼酸溶液，经安全壳隔离阀和 RCPB 隔离阀，并经由安全注入系统（RIS）的管线注入到 RCP 对应环路的冷管段中。

其中 B 列的 RBS 泵用于 RCPB 水压试验。RCPB 水压试验时，开启与化学和容积控制系统（RCV）连接管线上的手动阀，RBS 泵从 RCV 容控箱取水，通过 RCV 的轴封注入管线，经过 RCP 主泵 1 号轴封注入到 RCP 系统。

RBS 泵需要进行定期试验，定期试验管线由泵的出口连接至相应的应急硼酸箱上。泵也可以通过此回流管线对应急硼酸箱进行定期搅混。在泵出口设置有安全阀，对 RBS 系统进行超压保护。

RBS 系统使用最低浓度为 7000mg/kg 的浓硼酸溶液，为防止硼结晶，要求系统介质温度不低于 20℃，介质温度由暖通系统和管道伴热系统予以保障。

4.5.3.3 设计基准

在执行应急硼化功能时，从可控状态到安全停堆过程（RHR 接入）中，RBS 以最小流量注入时，能够补偿因慢化剂冷却和氙毒减少引入的正反应性。

从可控状态到安全停堆过程（RHR 接入）的降温过程中，RBS 以最大流量注入执行应急硼化功能时，在 RCV 系统故障情况下，稳压器不会满溢，且稳压器安全阀不会开启。

RBS 系统使用富集度为 35at%，最低浓度为 7000mg/kg 的 ^{10}B 硼酸溶液，1 个应急

硼酸箱提供的硼酸总量能够满足电厂从可控状态带入安全停堆的要求。

应急硼化泵的排出压力需考虑 ATWS 下反应堆冷却剂系统（RCP）的最大压力，并保证在此压力下能够向反应堆冷却剂系统注入足够流量的硼酸溶液。

泵的最大排出压力还需满足执行 RCPB 水压试验要求。

RBS 系统采用浓硼作为介质，因此必须保证介质温度高于硼结晶温度，以避免流道堵塞导致流量不足或注入到反应堆冷却剂系统的硼浓度不足。

4.5.3.4 系统运行

1) 机组正常运行

机组正常运行期间，RBS 系统处于备用状态：

- RBS 泵可用且处于备用状态；
- 应急硼酸箱和反应堆冷却剂系统之间的所有手动阀处于开启状态，确保 RBS 泵能够从应急硼酸箱取水注入到反应堆冷却剂系统中；
- 试验管线上的电动隔离阀关闭；
- 安全壳内注入管线电动隔离阀开启；
- 安全壳外电动隔离阀关闭。

2) RCPB 水压试验

RCPB 水压试验时，B 列应急硼化泵从 RCV 容控箱取水，同时隔离与应急硼酸箱相连的吸入管道，通过主泵轴封注入到反应堆冷却剂系统中。

3) 事故瞬态

当发生 ATWS 事故时 RBS 系统自动启动，其他工况下 RBS 系统的安全硼化是由控制室中操作员手动操作完成。

在 DBC 事故工况下，如果操纵员手动启动 RBS 系统：

- 开启或确认开启安全壳内电动隔离阀；
- 开启安全壳外电动隔离阀；
- 关闭或确认关闭试验管线上的隔离阀；
- 启动泵。

一旦启动注硼，RBS 系统将持续运行，直到注入的硼酸容量能够达到安全停堆的要求。当反应堆冷却剂系统硼浓度达到目标值，可由操纵员手动停运 RBS 系统。

RBS 系统流程简图见图 4.5-5。

4.5.4 应急给水系统（ASG）

4.5.4.1 系统功能

1) 安全功能

应急给水系统（ASG）执行以下三个基本安全功能。

— 反应性控制

当发生主蒸汽管线破裂（MSLB）事故，通过隔离受影响蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），防止过量给水注入蒸汽发生器导致堆芯过冷，从而使堆芯处于次临界的可控状态。

— 余热排出

ASG 系统必须确保在 DBC-2、DBC-3、DBC-4 工况下向完好的蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器将 RCP 系统的堆芯衰变热和显热导出，并持续到 RIS 系统以余热排出（RHR）模式运行。

在 DEC-A 事故时（例如 SBO 或 TLOCC），ASG 系统向蒸汽发生器提供应急给水，通过蒸汽发生器将 RCP 系统的堆芯衰变热和显热导出，将机组带入到最终状态。

— 放射性包容

在 SGTR 等一、二次侧连通的事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的应急注水管线（ASG 系统管道），防止放射性物质不可控地向环境释放，实现放射性物质的包容。

在发生在安全壳内的 FLB 或 MSLB 事故工况下，隔离受影响蒸汽发生器的 ASG 系统应急注水管线，减少通过破口向安全壳内喷放的高温、高压流体的流量，防止安全壳的压力和温度持续上升导致第三道屏障完整性的失效。

2) 运行功能

在机组正常停堆期间，向蒸汽发生器注水，并同时向核岛化学加药系统（SIH）提供的化学药剂注入蒸汽发生器内完成湿保养操作。

在机组正常启动期间，向蒸汽发生器初次充水。在一回路平均温度达到 80℃ 之前，对蒸汽发生器进行必要的补水，维持正常水位。

4.5.4.2 系统描述

ASG 系统由 3 个独立的连接至 3 个环路的蒸汽发生器的应急给水系列组成。

每个系列包含：

- 1 个混凝土水箱；
- 1 台应急给水电泵（1×100%），由应急电源供电；
- 泵吸入口与排出口相关的管道、阀门等。

三个系列泵吸入侧及出口侧均通过集管方式连接，集管可由操纵员现场手动打开。

应急给水通过与主给水系统相独立的应急给水管线注入蒸汽发生器。

ASG 系统的应急给水泵投入运行时，从混凝土水箱取水，经功率限制阀、蒸汽发生器水位调节阀、安全壳外隔离阀和安全壳内止回阀等一系列管道和阀门向蒸汽发生器供水，只要有 1 列投入运行即可带出事故情况下的堆芯衰变热。应急给水泵出口设置了一个小流量保护阀（三通止回阀），当泵出口的流量较低时，将泵出口流量送回至水箱，保证泵连续运行。

在 DEC-A 事故工况下（SBO 工况）时，A 列应急给水泵由 SBO 柴油机供电，因此在此工况下，操纵员可以手动启动 A 列 ASG 系统向蒸汽发生器供水。

当某个混凝土水箱水装量不能满足要求（或失效）时，可打开水箱的连通集管上的手动隔离阀，从其他列的水箱取水注入到该列蒸汽发生器；当某列应急给水泵不可用时，可打开泵出口集管上的隔离阀从其它列取水为该列蒸汽发生器供水。

在应急给水泵不可用的工况下（例如完全丧失交流电源，包括 SBO 柴油机也丧失的工况），通过与 ASG 注入管线相连接的二次侧非能动余热排出系统（ASP），采用闭式非能动循环带热的方式导出堆芯衰变热。

4.5.4.3 设计基准

ASG 系统是专设安全系统，具有充分的冗余性，在 DBC 设计基准事故中，即使单一故障导致丧失 1 列 ASG 系统，系统仍具有执行其安全功能的能力。

ASG 系统应具有足够的持续运行的可靠性。在事故的长期阶段，ASG 系统具有给水性能和维持运行的能力，将反应堆的衰变热导出。这样的能力即使在全厂断电（SBO）工况下也是具备的。

ASG 系统的混凝土水箱具有足够的有效容积，在发生长期丧失厂外电时，能够将

电厂维持在热停堆 24h。

在失去主给水（FLB）事故工况下，ASG 给水泵能够提供足够的流量，以导出堆芯余热。

在安全壳内发生主蒸汽管线破裂（MSLB）的事故下，ASG 系统向受影响蒸汽发生器注入的最大流量可以确保安全壳不超压。

在全厂断电或完全丧失冷链的事故下（SBO、TLOCC），ASG 水箱存水耗尽，可通过 ASP 水箱进行再补水，ASG 系统能维持电厂最终状态至 72h。72h 后可通过临时接管和移动泵从外部水源向 ASG 混凝土水箱补水，使 ASG 系统能够运行更长的时间。

4.5.4.4 系统运行

1) 系统正常运行

当 ARE 和 AAD 系统不可用时，ASG 系统向蒸汽发生器提供给水，以导出反应堆内余热，产生的蒸汽通过汽轮机旁路系统（GCT）或蒸汽大气排放系统（VDA）排出。

在一个应急给水系列的泵不可用，或者某一系列的水箱排空时，可以开启泵吸入侧或出口侧集管的阀门，确保应急给水系统泵和水箱得到最大的利用。

在发生全厂断电事故（SBO）时，可由 SBO 电源支持的应急给水泵系列对 SG 进行供水。在发生极端的完全丧失交流电源事故时（SBO 电源也不可用），由 ASP 系统带出 RCP 系统的热量。

2) 事故后混凝土水箱的长期补水

在事故长期阶段，若混凝土水箱的水量耗尽（持续运行 24h 后），如果需要，可通过 ASP（二次侧非能动余热排出系统）冷凝水箱与 ASG 系统混凝土水箱之间的重力补水管线，向 ASG 系统混凝土水箱补水。极端情况下可通过 ASG 水箱上的临时补水接口，由厂内或厂外水源通过移动设备进行补水操作。

ASG 系统流程简图见图 4.5-6。

4.5.5 蒸汽大气排放系统（VDA）

4.5.5.1 系统功能

蒸汽大气排放系统（VDA）的系统功能有安全功能和运行功能。

1) 安全功能

- 反应性控制

蒸汽流量过度增加会导致反应堆冷却剂系统（RCP）过度冷却，从而导致堆芯反应性增加。在这类事故工况中，VDA 的隔离必须作为一回路过冷保护的一部分，以避免堆芯产生的热量与 SG 导出的热量不平衡而可能导致的不可接受的堆芯功率。

- 余热排出

正常运行过程中，当发生汽机甩负荷且冷凝器不可用时，VDA 必须能够通过将蒸汽从主蒸汽系统（VVP）排放到大气来排出余热（在从热停堆到安全注入系统的余热排出模式（RIS/RHR）连接期间）。

发生 DBC-2/3/4 及 DEC-A 类事故时，VDA 必须能够通过向大气排放蒸汽来排出余热，从而满足：

- 达到可控状态，然后将 RCP 冷却到 RIS 系统以 RHR 模式运行，以达到安全停堆状态（DBC 工况下）或最终状态（DEC-A 工况下）；
- 通过限制二次侧的压力上升来保证 SG 完整性，确保热量的排出；
- 当发生一回路水装量减少的 DBC-2/3/4 及 DEC-A 的事件，一回路压力高于中压安注（MHSI）注入压力（中小破口失水事故（LOCA）或蒸汽发生器传热管破裂（SGTR））时，若 GCT 不可用，通过 VDA 系统来降低 RCP 压力和温度，直至 MHSI 泵能够注入 RCP，这个过程称为中压快速冷却。中压快速冷却的降温速率要求为-250℃/h，SG 目标压力为 6MPa（abs）。

另外，在发生中小破口 LOCA 且中压安注完全丧失的事件（DEC-A）时，通过 VDA 的开启实施冷却，以能够降低 RCP 压力和温度，直至达到安注箱及低压安注（LHSI）的注入条件，这个过程称为低压全速冷却。低压全速冷却时 VDA 全开，使得一回路压力快速降到 LHSI 注入压力以下。

- 放射性物质包容

在 DBC-2/3/4 和 DEC-A 事件中，通过 VDA 的开启来参与防止蒸汽发生器超压。

发生 SGTR 时，通过 VDA 的开启限制主蒸汽安全阀的不必要开启，以减少破损 SG 不可控冷却及降压的可能性，从而防止 RCP 承压状态下的热冲击，避免发生脆性断裂。此外，在中压快速冷却结束后，通过提高 VDA 开启设定值，将放射性包容在受影响的蒸汽发生器之内，从而限制受影响 SG 向安全壳外的放射性释放。

最后，在严重事故情况下，VDA 必须参与安全壳的隔离。

2) 运行功能

VDA 不参与机组正常运行，但在以下工况下需要 VDA 开启：

- 在某些试验工况或瞬态（GCT 不可用时的厂用电负荷运行、汽机跳闸等）期间，将蒸汽发生器的热量传输至大气；
- 在机组正常停运过程中，当 GCT 不可用时，可以用 VDA 来排出余热，直至达到 RIS 系统以 RHR 模式运行的接入条件；
- 对蒸汽发生器进行超压保护。

4.5.5.2 系统描述

每台机组的 VDA 系统由 3 个相同的安全级排放序列组成（每个 SG 对应一列）。

每列包括：

- 1 个主蒸汽释放隔离阀（MSRIV）；
- 1 个主蒸汽释放控制阀（MSRCV），位于隔离阀下游；
- 1 个消音器，位于 MSRCV 下游的排放管道上；
- 连接管道。

VDA 的三列被严格分开，位于反应堆厂房之外实体隔离的 3 个相同的阀站内（与三列 VVP 的阀门隔间相同）。其中两个阀站位于安全厂房 B 的顶部，另外一个位于安全厂房 A 的顶部。

4.5.5.3 设计基准

VDA 的每列（每列对应 1 台 SG）应能在 8.6MPa（abs）的定值压力下排放至少 50% 的名义蒸汽流量。超压保护系统应能在流体为蒸汽、汽水混合物或水的工况下执行功能。

4.5.5.4 系统运行

1) 机组正常运行

- 反应堆功率运行：VDA 没有投运。MSRIV 处于关闭状态，没有蒸汽通过 VDA 排向大气。只有当需要 GCT 向冷凝器排放蒸汽而其不可用时，才会需要 VDA

来替代 GCT，以向大气排放蒸汽。

- 热备用及热停堆：热量导出由 GCT 保证，MSRIV 处于关闭位置。当 GCT 不可用时，通过 3 列 VDA 向大气排放蒸汽，MSRIV 开启，MSRCV 的开度受控。
- SG 投运的停堆状态，RHR 模式处于未连接状态：热量导出由 GCT 保证，此时 MSRIV 处于关闭状态。当 GCT 不可用时，3 列 VDA 向大气排放蒸汽。MSRIV 处于开启状态，MSRCV 开度受控。
- RHR 模式连接的停堆状态：反应堆停堆，RIS 系统以 RHR 模式运行导出 RCP 的余热。
- 在 RCP 未打开或者能快速关闭情况下，需要保持至少 2 台 SG 可用（即保持充水并随时可投运），以应对失去 RHR 的可能性。因此，至少两列 VDA 需保持可用。

2) 机组扰动及事故工况

- 在 GCT 不可用的 DBC-2/3/4 事件中，由 VDA 控制 SG 二次侧压力，直到可控状态；
- 在 GCT 不可用的 DEC-A 事件中，由 VDA 控制 SG 二次侧压力直到最终状态；
- 在 GCT 不可用的 DBC-3/4 及 DEC-A 事件中，当需要使 RCP 降压以满足安注条件时，通过 VDA 冷却 RCP 从而实现降压（自动中压快速冷却或手动冷却）；
- 在导致二次侧不可控热量导出的 DBC-3/4 事件中，VDA 被隔离以达可控状态；
- 在 SGTR（DBC-3/4）事件中，VDA 定值被提高以使机组达到可控状态；
- 在 GCT 不可用的 DBC-2 类事件中，蒸汽大气排放将能使一回路达到 RHR 连接条件；
- 在 GCT 不可用的 DBC-3/4 及 DEC-A 事件中，VDA 用于使一回路达到 RHR 连接条件。

蒸汽大气排放系统（VDA）流程简图见图 4.5-7。

4.5.6 二次侧非能动余热排出系统（ASP）

4.5.6.1 系统功能

ASP 作为二次侧排热手段，用于在需要 ASG 启动排出一回路热量且 ASG 失效的

工况下排出堆芯余热。这些工况主要包括：全厂断电（SBO）叠加 ASG 失效、丧失全部给水、给水管道断裂叠加 ASG 失效、其他需要 ASG 启动的事故叠加 ASG 失效。

4.5.6.2 系统描述

ASP 由三个同样的冷却系列组成，分别对应三台 SG。每个系列主要包含：

一段入口蒸汽管线，接在安全壳与主蒸汽隔离阀（MSIV）之间的蒸汽管道上，装有两个隔离阀；一个冷凝换热器，相对 SG 处于高位，并浸泡在一个混凝土水箱中；一段冷凝回流管线，出口接在靠近 SG 的 ASG 管道上，装有一个隔离阀和一个逆止阀。

此外，混凝土水箱配置有补水、排水接口，以及用于水质保持的循环管线和加药装置；从混凝土水箱排水管线上引出为 ASG/PTR 补水的管线，分别连接至 ASG 混凝土水箱集管以及乏燃料水池。

ASP 为非能动系统，其原理为：通过将冷芯（冷凝器）布置在高于热芯（SG）的位置，形成上升段蒸汽与下降段冷凝水的密度差，从而提供自然循环的驱动力。传递到 SG 二次侧的一回路热量，可经由本系统传递并最终排向大气。

ASP 系统流程简图见图 4.5-8。

4.5.6.3 设备和部件描述

ASP 的主要设备包括：

（1）冷凝器

冷凝器为 C 型结构，浸泡在混凝土水箱底部。冷凝器作为自然循环关键设备，在冷凝管内将蒸汽冷凝成水，将热量传导至管外的混凝土水箱存水。冷凝器材料为不锈钢。

（2）混凝土水箱

混凝土水箱布置在反应堆厂房外壁，最小有效水装量为 2779t，满足事故后 72 小时一回路热量排出的要求。混凝土水箱的作用是接收冷凝器传出的热量，并通过混凝土水箱存水的蒸发或沸腾将热量排向大气。

4.5.6.4 系统运行

（1）正常运行

机组正常运行时，系统处于备用状态。系统最高点与入口隔离阀之间管道不充水。

系统入口隔离阀和回流隔离阀均位于关闭位置，混凝土水箱处于封闭状态，混凝土水箱连通装置处于隔离状态。回流管道内充满水，系统的入口蒸汽管道内充以氮气进行覆盖。

（2）事故工况运行

在需要ASG投运而ASG失效的工况下，当3台SG有2台SG宽量程水位低于定值时，同时启动3列ASP回路。启动信号先后使入口隔离阀与回流隔离阀开启，蒸汽进入冷凝器，冷凝水回流至SG，系统的自然循环建立，一回路热量被传导至混凝土水箱，并最终排向大气。系统投运后，随着余热功率逐渐下降，一回路和SG二次侧温度均逐渐下降，系统排热功率逐渐降低，混凝土水箱中水位则随时间推移逐步下降。

4.5.7 额外冷却系统（ECS）

ECS 系统在下列工况下执行余热排出安全功能：在部分 DEC-A 工况（完全丧失冷链（TLOCC）、全厂断电（SBO））和严重事故工况（DEC-B）下，通过安全壳热量导出系统（EHR）导出堆芯及安全壳内余热；通过冷却反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）来移出燃料厂房乏燃料水池的衰变热。

ECS 设置了中间冷却回路，通过中间波动箱保证该回路运行压力始终高于 EHR 系统和 PTR 系统，从而确保放射性物质的包容。

除定期试验外，电厂正常运行期间无需 ECS 系统运行。

额外冷却系统（ECS）流程简图见图 4.5-9。

4.5.8 可居留性系统

控制室可居留性系统主要的设计功能是为可居留区域提供一个安全的环境，使操作人员在此环境中，能在电厂正常运行期间保持核反应堆和辅助系统在受控之下，在异常情况期间能使这些系统安全停堆，以保护公众和电厂工作人员的健康和安全。

该系统必须保证控制室在正常工况下的可居留性，在设计基准事故、严重事故和外部事件发生时及事故后的居留期得以延长，并保证在控制室或其他可选停堆站控制反应堆的操作不受影响。可居留性系统包括辐射屏蔽、冗余设置的新鲜空气供应和调节系统、防火排烟、人员的防护设备、应急照明、通讯、生活保障及救生设施。

4.5.8.1 系统功能

控制室可居留性系统主要满足实现如下功能：

- 使控制室可居留区域范围能承受地震、洪水、台风、龙卷风等自然现象及外部飞射物的影响；
- 提供足够的辐射防护：持续应急响应期间内（一般为 30d），工作人员接受的有效剂量不大于 50mSv，甲状腺当量剂量不大于 500mSv；
- 提供有毒或有害气体的防护：出现有毒或有害气体释放的险情时控制室空调系统以全回风方式运行，并提供带呼吸装置的自救设施；
- 在危险化学品或烟雾的威胁下可以从控制室或其他可选的停堆控制站对反应堆进行控制。

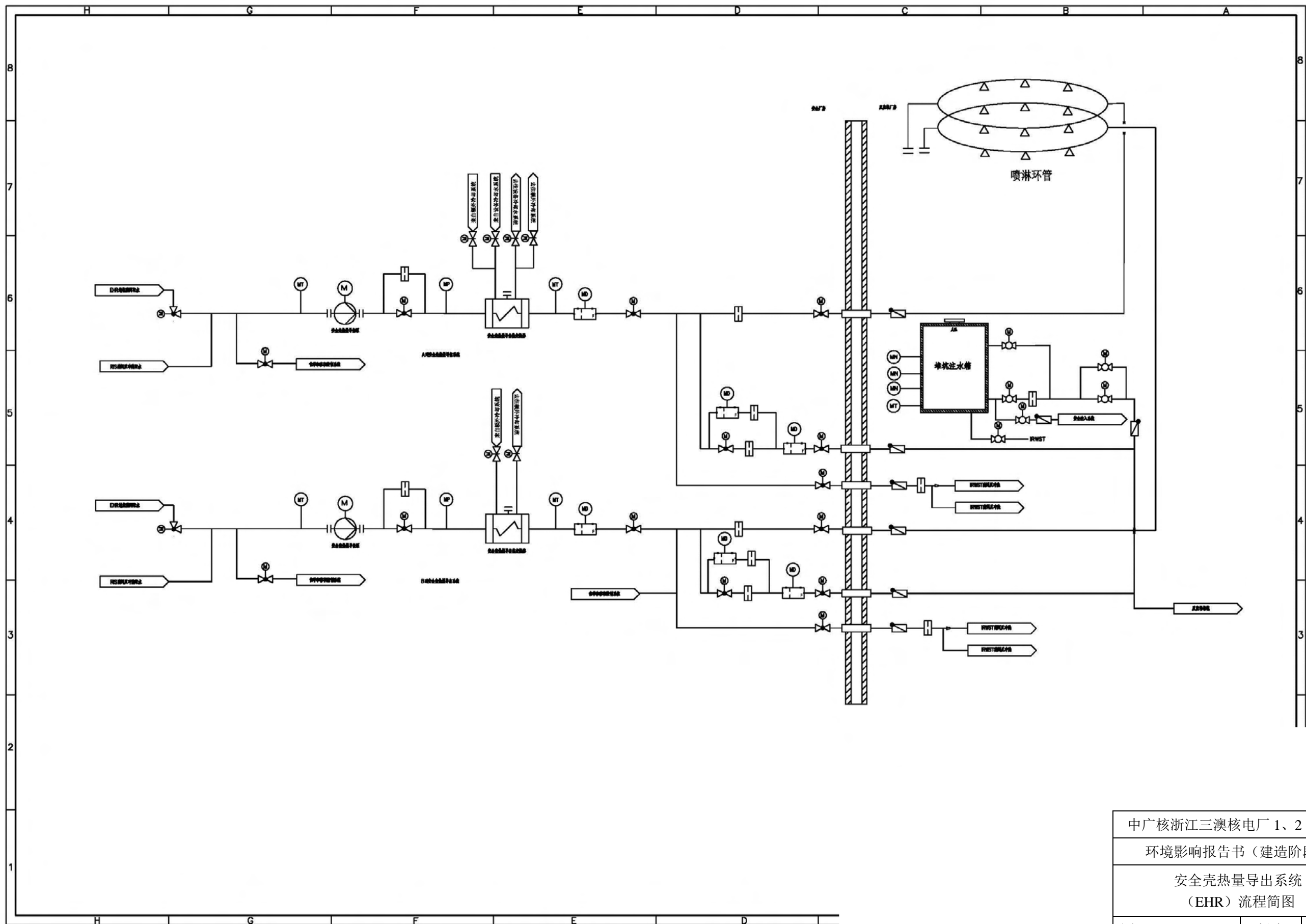
4.5.8.2 系统设计和运行

三澳核电厂 1、2 号机组的控制室可居留区域（CRE）范围包括控制室、交接班会议室、值长办公室、备用间、隔离办公室、计算机室、参观室、技术支持中心、更衣室、厨房、餐厅、卫生间以及相关走廊等，即由控制室空调系统（DCL）提供服务的整个区域。

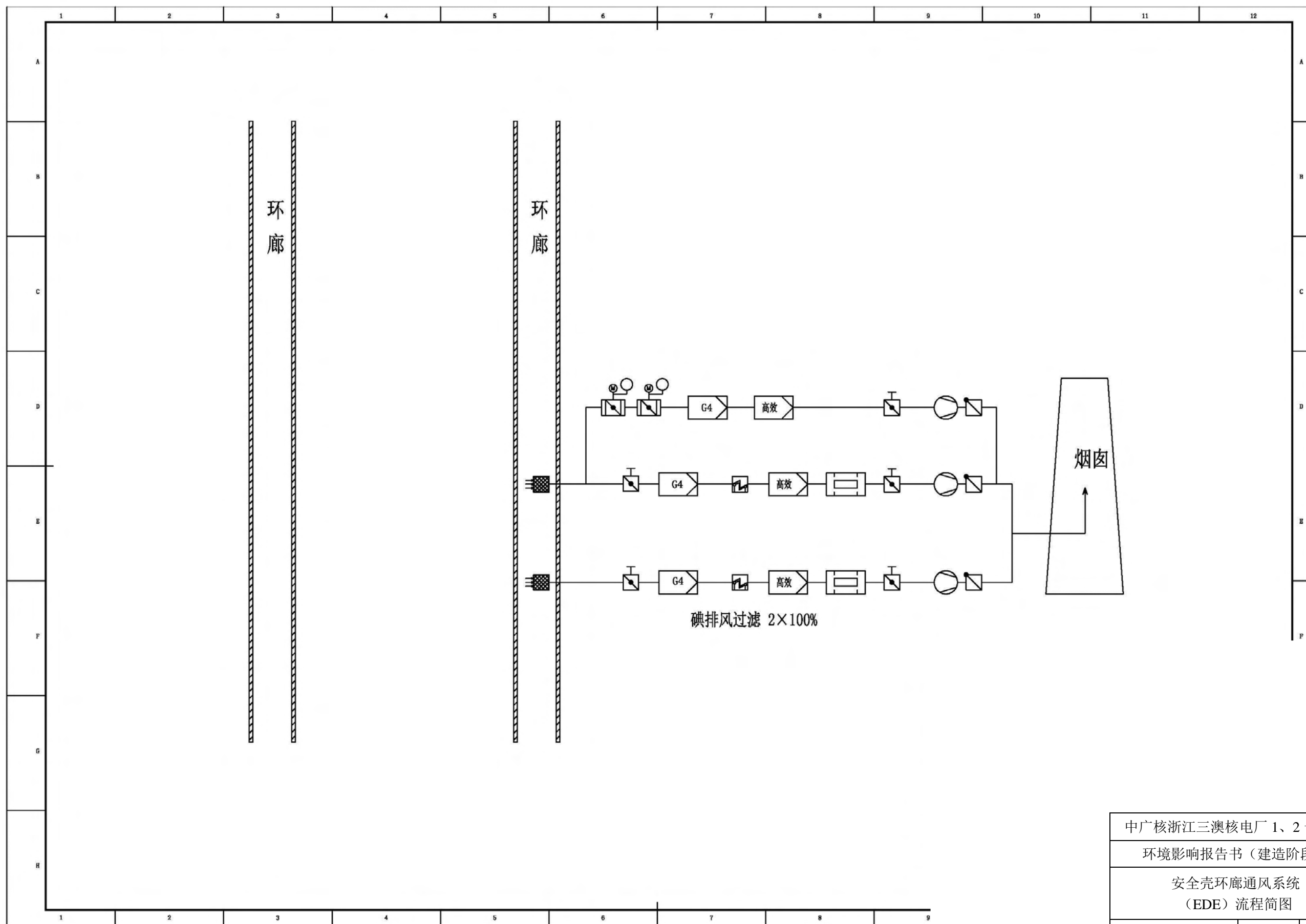
控制室可居留区的环境条件主要由控制室空调系统（DCL）来保证。在正常运行及事故运行期间，DCL 为可居留区内人员及设备提供适宜的环境条件（温度、湿度、压力）；在厂区发生放射性污染事件时，DCL 系统通过对新、回风过滤来保证可居留区的可居留性。

密封性方面，在控制室可居留区域内保持微小的正压以防止未经过滤的空气经缝隙（门、电缆和管道贯穿件）泄漏进入到可居留区域。在门和管道贯穿件套筒、管道和电缆上采用了专门的结构进行密封。在每个未安装空气过滤装置的入口处都配备了自动关闭的电动密封隔离阀。同样，结构的预防措施和适当的混凝土表面处理相应减少了由于结构联结处和混凝土多孔性导致的泄漏。

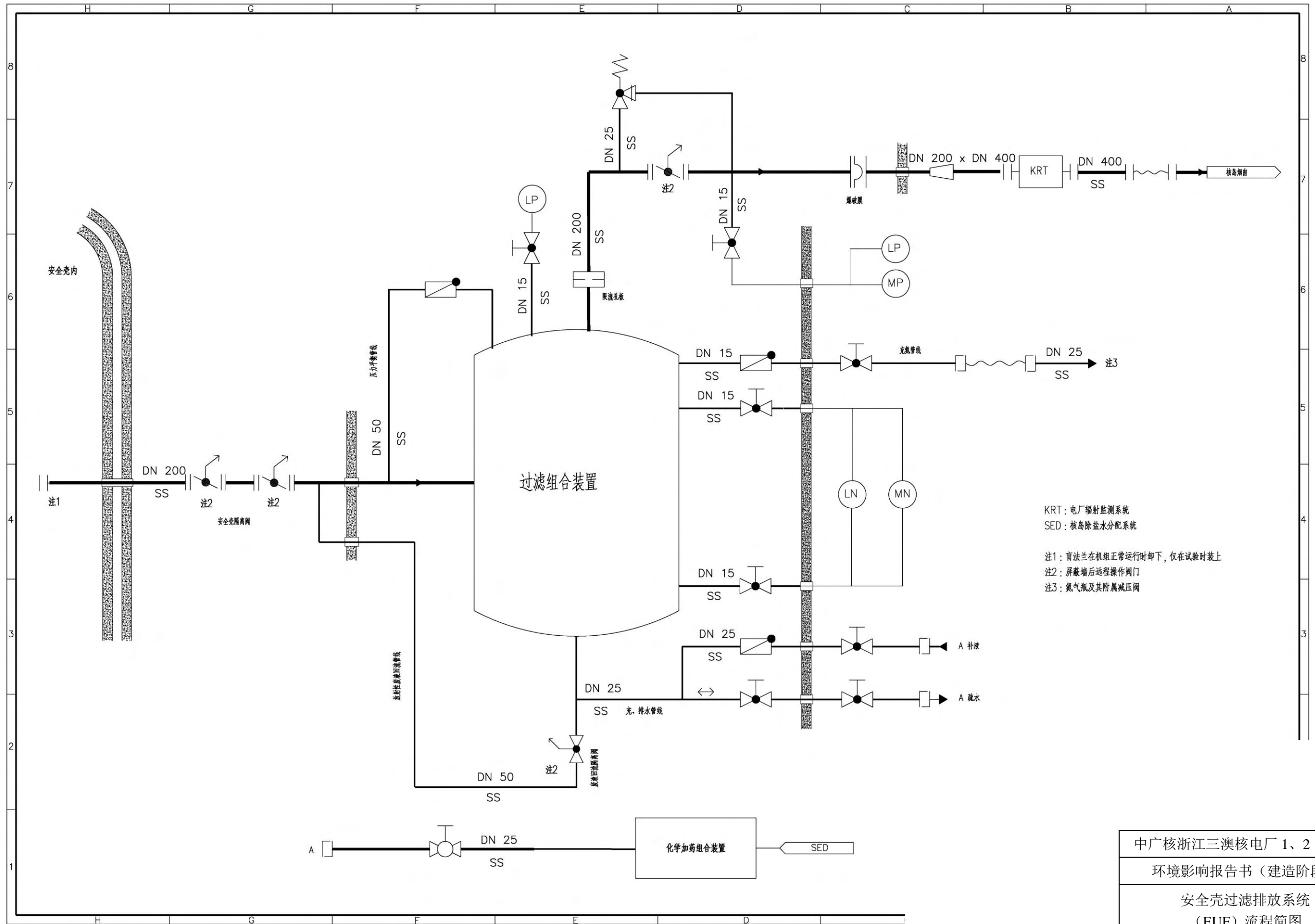
屏蔽设计方面，控制室可居留区域边界墙体采用现浇混凝土，边界上的门采用具备气密功能的屏蔽门，可对室外烟云的浸没照射起到良好的屏蔽效果。



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
安全壳热量导出系统 (EHR) 流程简图		
图 4.5-1	版次	A



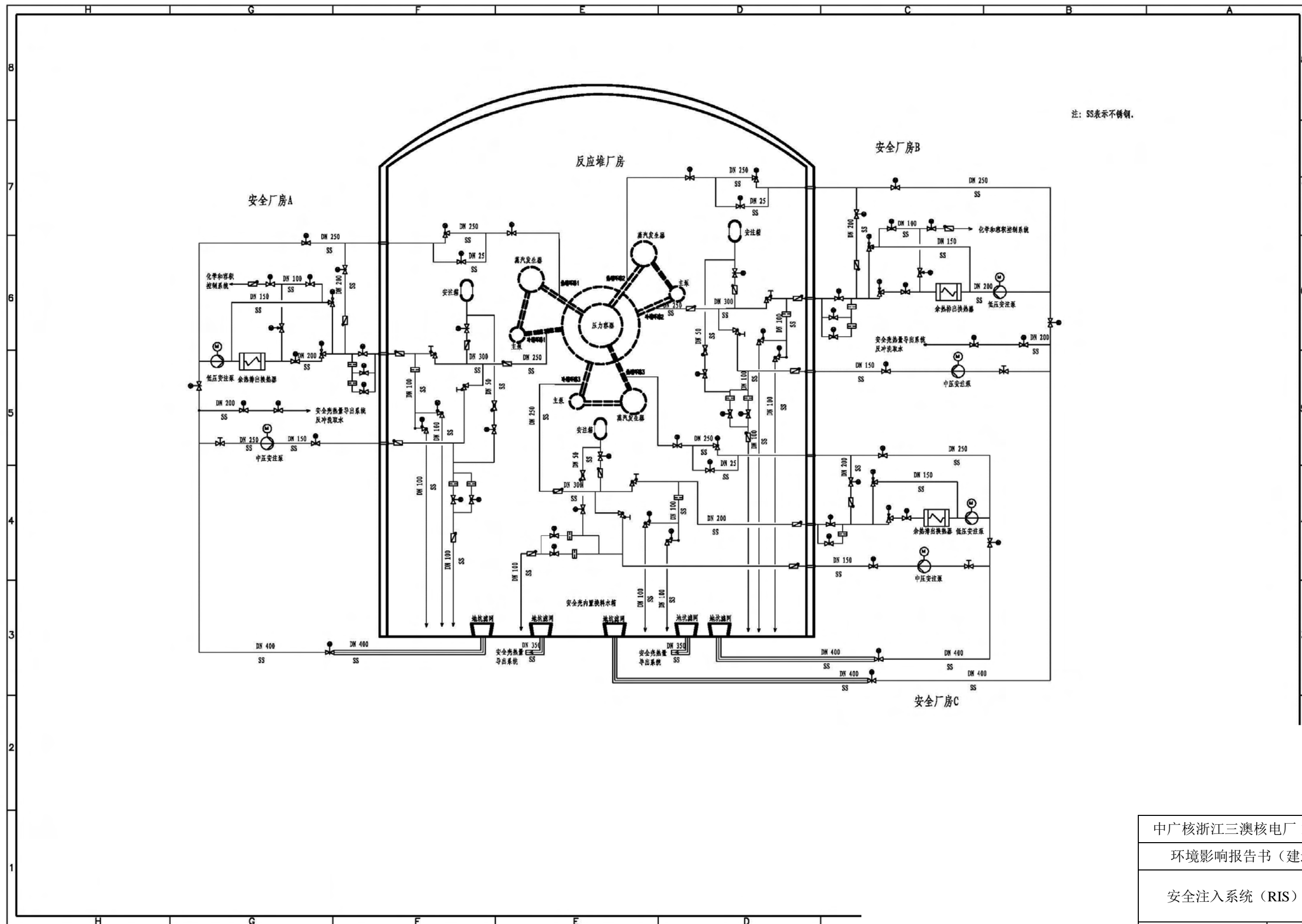
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
安全壳环廊通风系统 （EDE）流程简图		
图 4.5-2	版次	A



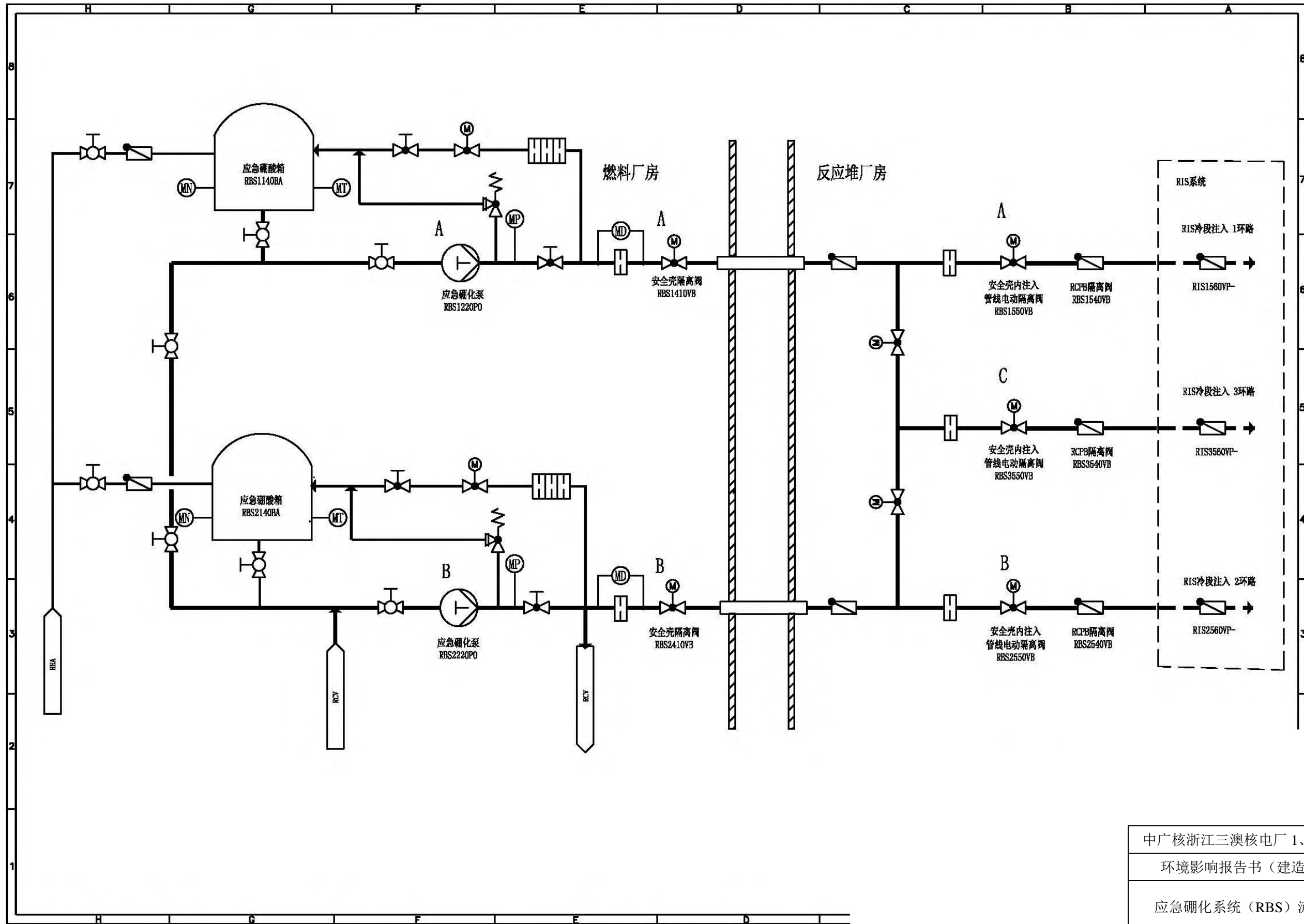
KRT: 电厂辐射监测系统
 SED: 核岛除盐水分配系统

注1: 盲法兰在机组正常运行时卸下, 仅在试验时装上
 注2: 屏蔽端后远程操作阀门
 注3: 氮气瓶及其附属减压阀

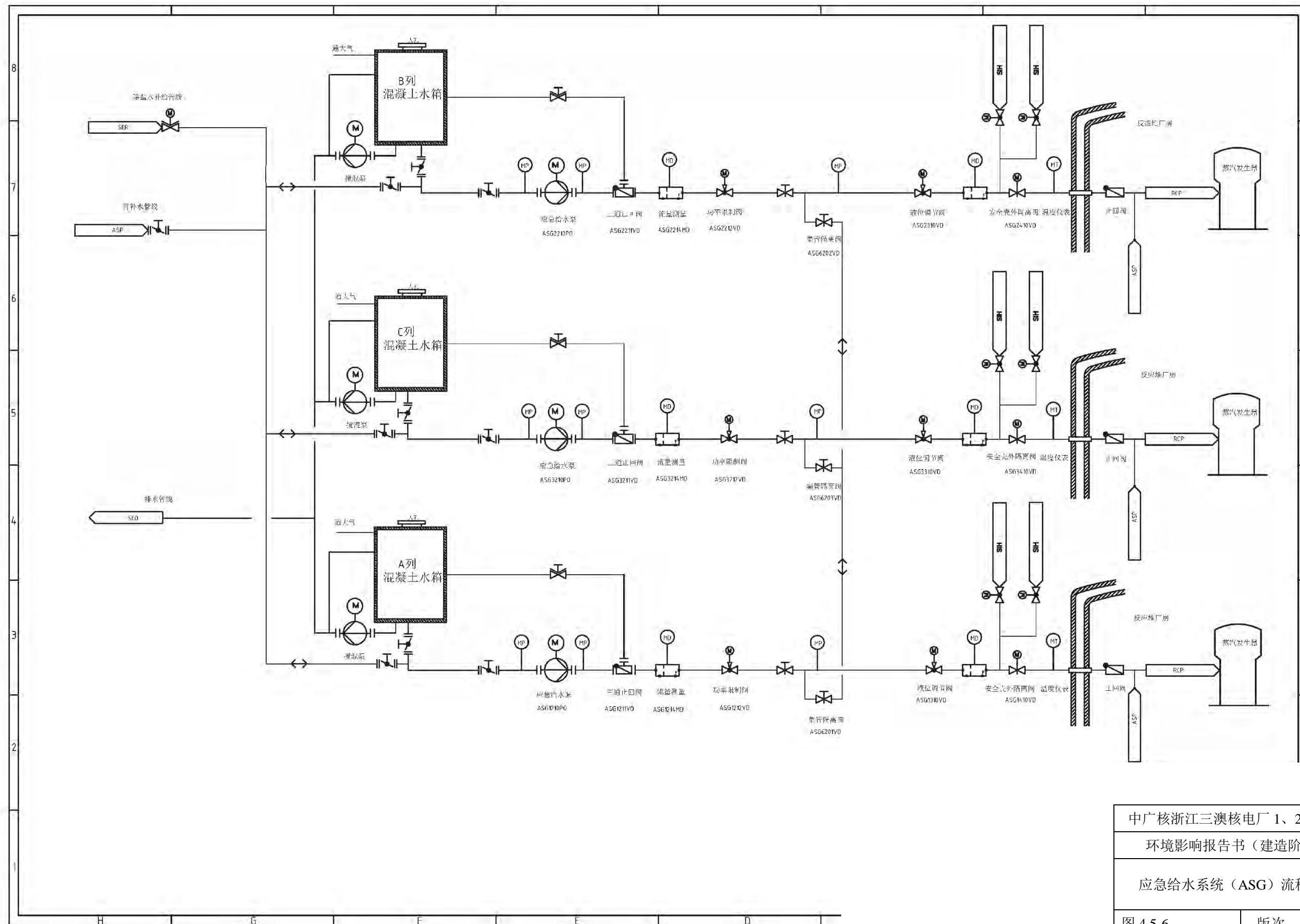
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
安全壳过滤排放系统（EUF）流程简图		
图 4.5-3	版次	A



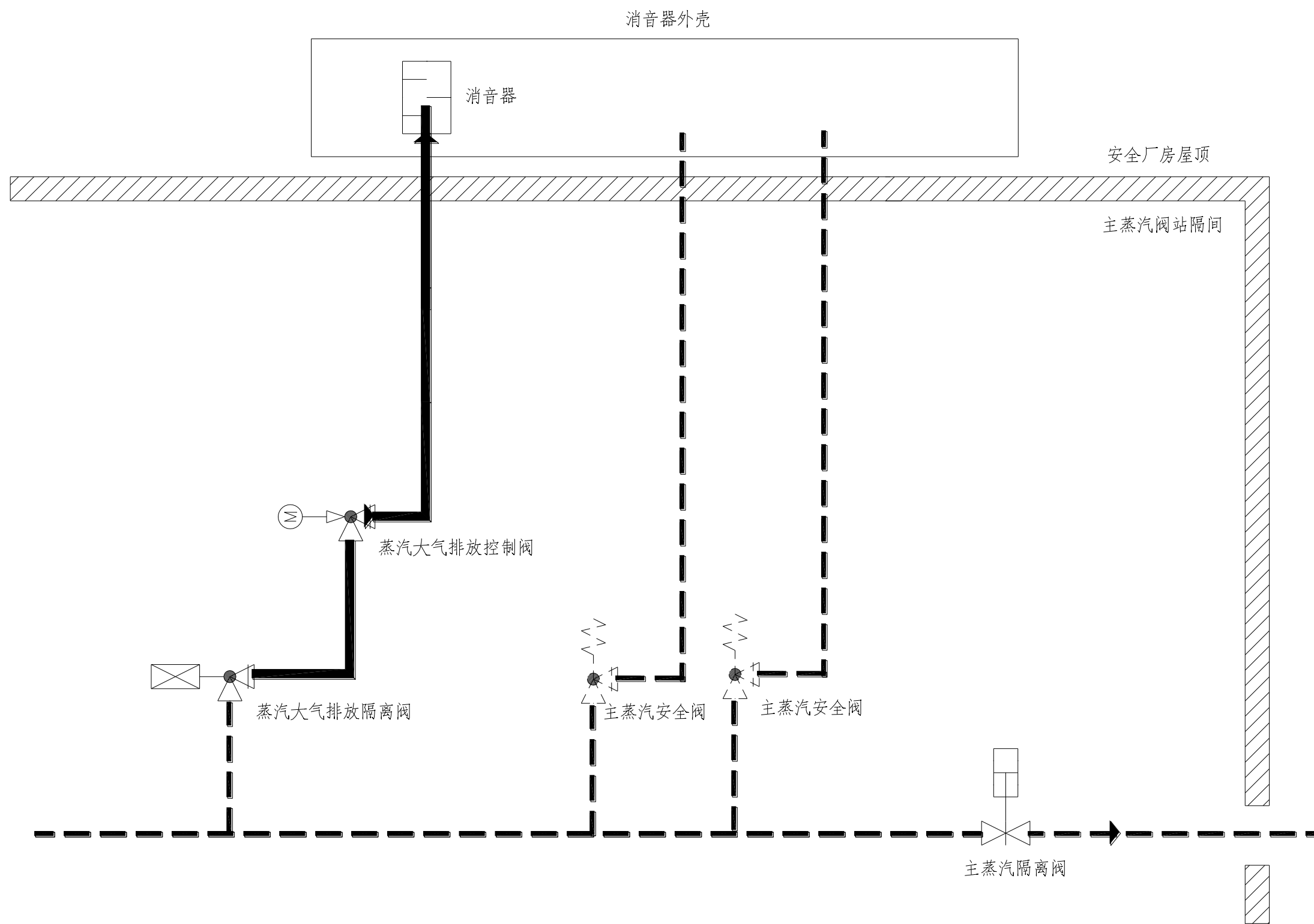
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
安全注入系统（RIS）流程简图		
图 4.5-4	版次	A



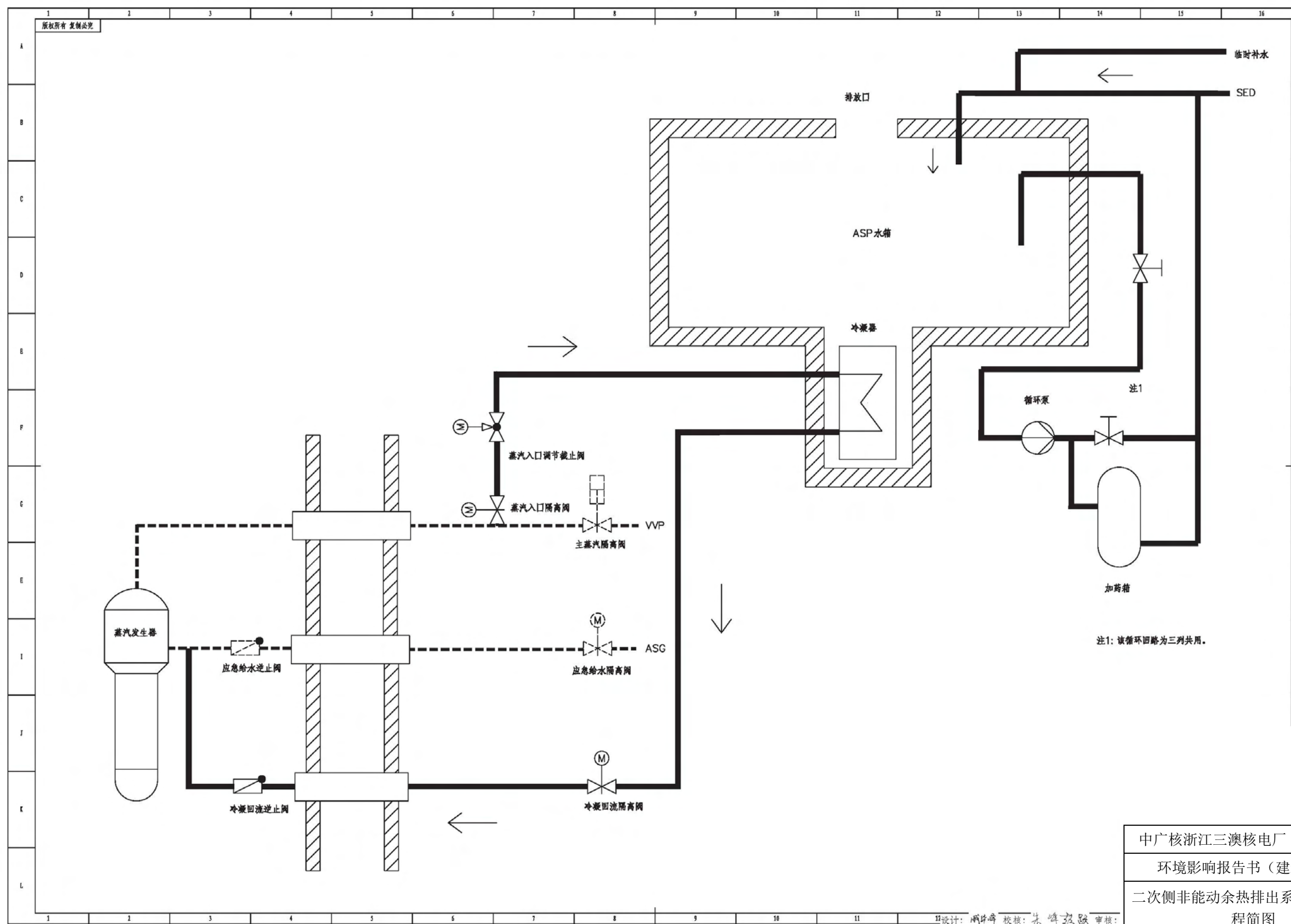
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
应急硼化系统（RBS）流程简图		
图 4.5-5	版次	A



中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
应急给水系统（ASG）流程简图		
图 4.5-6	版次	A

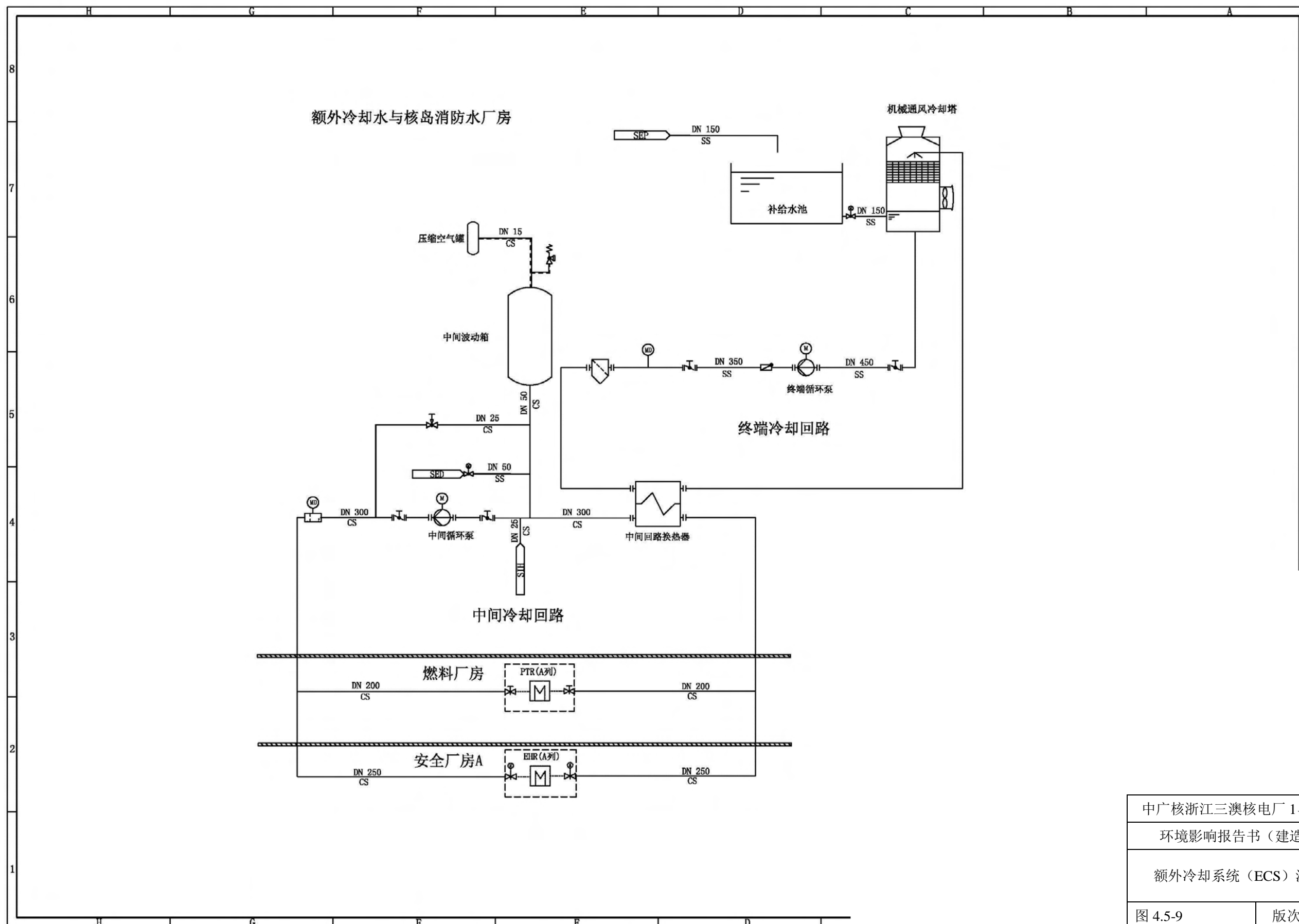


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
蒸汽大气排放系统（VDA）流程简图		
图 4.5-7	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
二次侧非能动余热排出系统（ASP）流 程简图		
图 4.5-8	版次	A

设计: 周峰 审核: 朱峰 陈跃 审核:



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
额外冷却系统（ECS）流程简图		
图 4.5-9	版次	A

4.6 放射性废物管理系统和源项

4.6.1 放射性源项

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

4.6.5 乏燃料暂存系统

表

表 4.6-1 堆芯裂变产物积存量 (10^8GBq)

表 4.6-2 计算一回路冷却剂裂变产物活度谱的主要参数

表 4.6-3 反应堆冷却剂活度谱

表 4.6-4 蒸汽发生器二次侧液相和气相中放射性核素的^{最大放射性浓度}

表 4.6-5 冷却剂贮存和处理系统 (TEP) 的主要设备特性

表 4.6-6 废液处理系统 (TEU) 的主要设备特性

表 4.6-7 核岛废液排放系统 (TER) 的主要设备特性

表 4.6-8 放射性废水回收系统 (SRE) 的主要设备特性

表 4.6-9 常规岛废液排放系统 (SEL) 的主要设备特性

表 4.6-10 核岛排气和疏水系统 (RPE) 的主要设备特性

表 4.6-11 单台机组废液放射性排放量

表 4.6-12 废气处理系统 (TEG) 的主要设备特性

表 4.6-13 单台机组废气放射性排放量

表 4.6-14 运行状态下气液态流出物源项计算参数说明

表 4.6-15 固体废物处理系统 (TES) 的主要设备特性

表 4.6-16 单台机组放射性固体废物的预期产生量和设计产生量

图

- 图 4.6-1 正常运行工况下液态流出物平衡图
- 图 4.6-2 冷却剂贮存和处理系统（TEP）流程简图
- 图 4.6-3 废液处理系统（TEU）流程简图
- 图 4.6-4 核岛废液排放系统（TER）流程简图
- 图 4.6-5 放射性废水回收系统（SRE）流程简图
- 图 4.6-6 常规岛废液排放系统（SEL）流程简图
- 图 4.6-7 核岛排气和疏水系统（RPE）流程简图
- 图 4.6-8 正常运行工况下气载流出物平衡图
- 图 4.6-9 废气处理系统（TEG）流程简图
- 图 4.6-10 固体废物处理系统（TES）流程简图

4.6 放射性废物系统和源项

放射性废物系统主要包括放射性废液系统、放射性废气系统和放射性固体废物系统。

本节描述中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组的放射性废物系统和放射性源项，包括堆芯积存量、一回路和二回路的放射性活度，放射性废液、废气和固体废物处理系统，气载和液态放射性流出物的排放量及固体放射性废物的产生量。

放射性排放量主要取决于：

- 一回路冷却剂的放射性活度；
- 处理系统的设计处理能力及运行效能。

4.6.1 放射性源项

核电站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，正常运行工况下裂变产生的放射性裂变产物基本上都包容在燃料元件的包壳内，只有极少量的裂变产物通过包壳缺陷或燃料沾污泄漏到一回路冷却剂中；同时裂变产生的中子使一回路冷却剂、控制棒、硼酸和其它结构材料受到激活而产生中子活化产物。这些裂变产物和活化产物形成反应堆冷却剂中的放射性源。

（1）堆芯裂变产物积存量

三澳核电站 1、2 号机组采用十八个月燃料循环方式，使用 177 组改进型 M5-AFA3G 燃料组件。平衡循环时，新燃料组件的²³⁵U 富集度为 4.45%。

堆芯中所累积的裂变产物放射性活度见表 4.6-1。

（2）一回路冷却剂的放射性活度

反应堆运行时燃料元件中产生的气态和固态放射性产物，在元件中迁移并积存，当发生包壳破损情况后以一定的几率释放到冷却剂中，构成冷却剂中裂变产物源项，包括惰性气体、卤素等。

此外，一方面由于堆内构件因受到中子照射而具有放射性，在发生腐蚀后释放到冷却剂中；另一方面一回路管道和设备的材料由于氧化和腐蚀进入到冷却剂中，随冷却剂流经堆芯受到堆芯及其相邻区域的中子照射后具有放射性，主要有 Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58 和 Co-60 等核素。这些构成了冷却剂中的腐蚀产物源项。

1) 裂变产物

影响裂变产物的产生及其随后通过燃料包壳缺陷从燃料释放到反应堆冷却剂中的现象是复杂的，通过计算程序可以清楚地理解这些过程。本项目使用自主开发的裂变产物源项计算程序CPFP计算稳态工况下一回路冷却剂系统的裂变产物源项。瞬态工况下的裂变产物活度通过稳态工况的裂变产物活度与“峰值因子”计算。这些峰值因子来自运行核电厂的经验反馈。

在程序中，裂变产物在燃料中产生并随后进入反应堆冷却剂的模型分为五个过程。

- a) 通过裂变、放射性衰变或中子俘获产生裂变产物；
- b) 裂变产物通过扩散、反冲和击出等方式进入燃料棒内间隙；
- c) 裂变产物通过包壳缺损释入反应堆冷却剂。
- d) “沾污铀”在中子照射下发生裂变及裂变产物的释放。
- e) 考虑反应堆运行参数后，裂变产物在反应堆冷却剂系统的分布。

根据燃料循环管理策略中平衡循环特性，采用CPFP程序模拟共8个循环，并将第3至第8个循环寿期末的最大值提取作为裂变产物源项值。

在进行源项计算时，采用如下三套假设：

（1）预期工况

在这种工况下，对于燃料行为、废物处理系统运行以及放射性物质释放的假设，均尽可能地基于在运核电厂的经验反馈。对于预期工况裂变产物的稳态值，在1根燃料棒包壳破损、34微米破口尺寸的假设下，使用CPFP计算并归一化、再考虑1g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为0.1GBq/t。此工况下的源项称为“现实源项”。该活度谱主要用于预期工况的排放源项计算和放射性废物最小化管理。

（2）运行工况

在这种工况下，对于燃料行为、废物处理系统运行以及放射性物质释放的假设，基于在运核电厂的长期运行经验反馈的包络值。对于运行工况裂变产物的稳态值，使用CPFP计算并归一化，再考虑3g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为5GBq/t。此工况下的源项称为“运行源项”。该活度谱用于设计工况的流出物排放源项计算，满足环境影响评价和排放量申请的需要。

（3）设计工况

对裂变产物，该工况对应于0.25%燃料元件发生破损的极限假设，此工况下的源项称为“设计源项”。对于设计工况，其分析对应于反应堆冷却剂活度较大的设计工况，

这是由于0.25%的燃料元件发生破损造成的。对设计工况分析时，在整个燃料循环中，反应堆冷却剂的放射性浓度取为37GBq/t I-131当量。该活度谱是其他情况的包络值，主要用于事故分析、废物管理系统屏蔽设计和作为运行技术规格书限值。

计算一回路活度谱的主要参数见表4.6-2。

计算出的裂变产物活度谱见表4.6-3。

除了稳态源项外，对于碘、铯和惰性气体，根据法国和国内在运核电厂的运行经验反馈，还给出了瞬态源项。这些值也列于表4.6-3中。

2) 活化腐蚀产物

活化腐蚀产物是结构材料所含的某些核素被中子照射后活化产生。冷却剂中的溶解物和悬浮物颗粒与基体金属、氧化物薄层以及沉积物之间不停地进行物质交换，这个过程是非常复杂的。

本项目以中广核集团在运机组近年来的冷却剂活化腐蚀产物的运行监测数据为基础，经过对这些运行反馈数据的分析，设计出活化腐蚀产物源项。本项目定义了两套冷却剂活化腐蚀产物源项，即现实和设计源项。这两套源项均包括机组稳态功率运行、瞬态和停堆三种工况。在机组功率运行期间，冷却剂活化腐蚀产物源项采用“对运行数据取百分比包络性”的方式确定，具体法为：

- a) 现实源项的稳态值包络50%运行数据；
- b) 设计源项的稳态值包络95%的运行数据；
- c) 现实源项和设计的瞬态值均为包络100%的运行数据。

在机组停堆前通常会采用氧化操作使沉积在管道表面的腐蚀产物溶解，从而形成停堆期间活化腐蚀产物活度的快速增加（即停堆的氧化峰）。本项目停堆期间的活化腐蚀产物源项来自中广核集团在运机组运行数据以及法国压水堆的运行数据。

活化腐蚀产物在一回路主管道的典型沉积源项来自大亚湾基地的运行反馈。

(3) 二回路系统的放射性活度

二回路系统的活度由蒸汽发生器传热管束泄漏造成。在计算二回路源项时保守地假设三台蒸汽发生器的泄漏率在整个燃料循环周期内预期工况为1.5kg/h，设计工况为3kg/h。带放射性的一回路冷却剂经由破损的蒸汽发生器传热管进入蒸汽发生器二次侧。蒸汽发生器中带放射性的蒸汽均匀混合，经汽轮机膨胀做功后进入冷凝器。在冷凝器中，蒸汽中所有惰性气体和小部分的碘（碘的份额与汽水分配因子有关）从冷凝

器抽真空系统向大气排放。其他的放射性蒸汽全部被冷凝成液体后经过凝结水除盐器回到给水系统。二回路的泄漏主要发生在冷凝器后端的给水系统中。

对于预期工况，泄漏期间一回路冷却剂放射性浓度取0.1GBq/t I-131当量；对于设计工况，泄漏期间一回路冷却剂放射性浓度取5GBq/t I-131当量。

具体计算时，对于不同类别的核素作如下的考虑：

(1) 惰性气体。对于惰性气体，假设蒸汽发生器一次侧泄漏到二次侧中的所有惰性气体立刻被蒸汽全部带走，且蒸汽内的惰性气体全部由冷凝器真空系统中排放。由此可以推导出单台蒸汽发生器水相和气相中惰性气体放射性浓度的计算公式为：

$$C_{CON_i}(0) = 0 \quad \text{式1}$$

$$C_{VVP_i}(t) = \frac{Q_{sgleak}(t) \cdot C_{RCP_i}}{Q_{VVP}} \quad \text{式2}$$

(2) 其他核素。对于其他核素，假设放射性核素在三台蒸汽发生器液相和气相中均匀分布；蒸汽发生器内裂变产物和辐射产物的净化是衰变、排污、泄漏和抽真空的综合结果；不考虑放射性核素在二回路传输过程中的衰变；假设二回路核素的泄漏全部发生在给水系统，进入冷凝器中的放射性核素一部分通过冷凝器真空系统排放，剩余部分则进入给水系统。建立三台蒸汽发生器的水相中各放射性核素活度的平衡方程如下：

$$C_{CON_i}(0) = 0 \quad \text{式3}$$

$$M_{SG} \cdot \frac{dC_{CON_i}(t)}{dt} = Q_{sgleak}(t) \cdot C_{RCP_i} - (M_{SG} \cdot \lambda_i + \frac{Q_{APG}(DF_{APG} - 1)}{DF_{APG}} + FH \cdot FP \cdot Q_{VVP} + FH \cdot (1 - FP) \cdot Q_{gs}(t)) \cdot C_{CON_i}(t) \quad \text{式4}$$

式 1 至 4 中，各参数的含义为：

- C_{RCP_i} ：一回路冷却剂中核素的放射性浓度，GBq/t；
- $C_{CON_i}(t)$ ：蒸汽发生器水相中核素的放射性浓度，GBq/t；
- M_{SG} ：三台蒸汽发生器内二次侧水的质量，取 61.96t×3；
- Q_{sgleak} ：蒸汽发生器处一回路至二回路的泄漏率，取 3kg/h；
- λ_i ：核素的衰变常数，h⁻¹；

- Q_{APG} ：三台蒸汽发生器的排污率，取 63t/h；
- Q_{gs} ：二回路给水泄漏率，取 32t/h；
- Q_{VVP} ：单台蒸汽发生器中蒸汽的质量流量，取 586.75kg/s；
- FH ：蒸汽发生器中的蒸汽携带因子，无量纲，惰性气体取 1，碘 0.01，其他核素 0.0025；
- FP ：冷凝器中碘的汽水分配因子，无量纲，取 0.0001；
- DF_{APG} ：蒸汽发生器排污系统的去污因子，无量纲，取 10；
- t ：循环长度，取 48EFPD。

蒸汽发生器二次侧液相和气相中放射性核素的^{最大放射性浓度}见表 4.6-4。

（3）氚源项

氚主要是由反应堆运行时燃料的裂变反应及硼、锂、氘和二次源中铍的中子活化反应产生。

燃料元件、二次源中产生的氚有一部分会扩散到主回路中，主回路中还会因为硼、锂和氘的中子活化反应产生氚，由于氚易溶于水，而且不能被三废系统有效去除，因此氚会在回路中滞留，运行时一般将冷却剂中的氚浓度控制在一定范围内。由于氚的半衰期比较长，同时核电厂产生的氚会定期排放，因此可以假设年初和年末一回路中氚浓度保持不变。

一回路主冷却剂中的氚产生途径主要有：

- 燃料中三元裂变产生的氚通过包壳扩散到一回路冷却剂中；
- 反应性控制中在一回路主冷却剂中加入硼酸，硼活化产生；
- 在一回路水中为调节pH值加入LiOH，Li-6活化产生；
- 由冷却剂中天然存在的氚反应产生；
- 二次源中的铍活化产生的氚

在正常运行条件下（包壳扩散率为1.25%），假设两台机组的硼浓度为寿期平均硼浓度，Li-6丰度为0.02%时，反应堆冷却剂中氚的年产量为38.8TBq。

在最不利情况下（包壳扩散率为1.25%），假设两台机组都在年初启动运行，使得两台机组冷却剂中硼浓度最大，同时Li-6丰度为0.04%时，氚年产量可上升到49.8TBq。

结合《压水堆核电厂运行状态下的放射性源项》（GB/T 13976-2008）中的相关内容，并考虑适当的保守性，设计方对每台机组每年经由气态和液态途径释放的氚源项

最终确定为：

对于预期工况，气态氙源项为3.88TBq，液态氙源项为34.9TBq。

对于设计工况，气态氙源项为4.98TBq，液态氙源项为44.8TBq。

（4）C-14 源项

C-14 半衰期为 5730 年，它对集体剂量负担有重要贡献。在压水堆冷却剂中，C-14 主要是由中子与冷却剂中的 O-17 和 N-14 分别发生核反应（n， α ）和（n，p）产生。

结合《压水堆核电厂运行状态下的放射性源项》（GB/T 13976-2008）中的相关内容，并考虑适当的保守性，设计方对每台机组每年经由气态和液态途径释放的 C-14 源项最终确定为：

对于预期工况，气态 C-14 源项为 321GBq，液态 C-14 源项为 13.4GBq。

对于设计工况，气态 C-14 源项为 444GBq，液态 C-14 源项为 18.5GBq。

4.6.2 放射性废液管理系统及排放源项

放射性废液系统指具有控制、收集、处理、输送、贮存及排放放射性废液能力的系统，主要包括：

- 冷却剂贮存和处理系统（TEP）；
- 废液处理系统（TEU）；
- 核岛废液排放系统（TER）；
- 放射性废水回收系统（SRE）；
- 核岛排气和疏水系统（RPE）。

除此之外，其它已被污染或可能被污染的液体也由下列系统处理或收集：

- 化学和容积控制系统（RCV）；
- 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）；
- 蒸汽发生器排污系统（APG）；
- 常规岛废液排放系统（SEL）。

图4.6-1给出了正常运行工况下液态流出物的平衡图。

4.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（TEP）

冷却剂贮存和处理系统（TEP）接收和贮存核电厂正常运行中可复用一回路冷却

剂，通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和7000mg/kg的硼酸溶液返回一回路复用。通过除气工艺，降低一回路冷却剂中放射性水平。

TEP根据不同的运行功能，TEP系统被分成冷却剂贮存和供给，净化，处理和除气4个子系统：

- 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）；
- 冷却剂净化子系统（TEP2）；
- 冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）；
- 冷却剂除气子系统（TEP4）。

（1）系统功能

a) 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）执行以下功能：

- 接收和贮存核电厂正常运行中由于燃耗、负荷变化（包括负荷跟踪）和启动与停机瞬态从反应堆冷却剂系统（RCP）排放的冷却剂；
- 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的反应堆冷却剂（可复用的一回路疏水）；
- 接收和贮存由核岛排气和疏水系统（RPE）收集的反应堆冷却剂（安全阀排放的可复用一回路冷却剂）；
- 贮存和供给除气后的蒸馏液到反应堆硼和水补给系统（REA），用于反应堆冷却剂的补给和更换。

b) 冷却剂净化子系统（TEP2）执行如下功能：

- 去除固体和离子杂质，降低待处理一回路冷却剂的放射性水平。

c) 冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）执行以下功能：

- 将核电厂正常运行中暂存在TEP1系统中的反应堆冷却剂分离成7000mg/kg的硼酸溶液和补给水，供反应堆冷却剂系统复用；
- 对经过处理单元分离得到的蒸馏液在重新注入到反应堆冷却剂系统或者从核电厂排放（在氚浓度高的时候）前进行除气操作，对补偿排放用的核岛除盐水分配系统（SED）除盐补给水进行除气操作。

d) 冷却剂除气子系统（TEP4）执行以下功能：

- 在反应堆冷却剂系统（RCP）压力容器顶盖因换料或者维修打开之前，去除反应堆冷却剂中的放射性气体和氢气；

- 当反应堆冷却剂系统（RCP）压力容器顶盖闭合之后，去除RCP系统中溶入冷却剂中的氧气；
- 在机组功率运行时，如果反应堆冷却剂接近设计的放射性限值，或者冷却剂化学性质的要求，尤其是燃料破损时，通过冷却剂除气子系统（TEP4）除气，减少惰性气体和其它气体的浓度。

（2）系统设计

冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）和冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）以机组正常运行瞬态为设计基准，同时满足机组基本负荷运行和日常负荷跟踪运行的要求。

在机组基本负荷运行期间，需要处理的冷却剂和除盐水的容积是整个换料循环内燃料补偿所需的容积。

冷却剂贮存和处理系统（TEP）的设计只考虑典型的日循环负荷跟踪工况，当机组运行于 50~100%额定功率之间的任一功率水平时，在前 85%燃料循环长度中，能进行功率变化形式为 12-3-6-3 的日负荷跟踪。

在系统的设计中考虑到以下的运行瞬态：

- 短时间的热停堆大约 6~8h（在氙峰值下启堆）；
- 长时间的热停堆大概在 90h（在氙衰变后启堆）；
- 冷停堆（在氙衰变后启堆）；
- 换料停堆。

a) 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）

冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）容量满足机组从任何正常运行工况无延迟恢复到冷停堆状态的贮存要求，因此 TEP1 容量满足：

- 补偿冷却剂收缩的除盐水的贮存要求；
- 硼化时需要排放的冷却剂的贮存要求。

基于寿期末反应堆从无氙冷停堆状态无延迟返回到满功率运行所需要的除盐水量最大，同时考虑启动瞬态时（膨胀和稀释）冷却剂的排放量，确定了冷却剂贮存和处理子系统（TEP1）的最大贮存容量。

TEP1 容量同时满足机组寿期末以负荷跟踪模式运行两天所需要的除盐水量，以备冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）不可用时机组的除盐水需求。

为了防止空气溶入冷却剂和防止内部的可燃气体进入系统空间里，冷却剂贮存箱

由废气处理系统（TEG）的氮气进行吹扫。

此外，冷却剂贮存箱正常运行时保持微负压，以防止氢气从系统中泄漏。同时冷却剂贮存箱顶部设置安全阀进行超压保护。

b) 冷却剂净化子系统（TEP2）

冷却剂净化子系统的设计满足：

— 进一步去除 RCV 系统净化单元未除去的放射性核素离子；

— 去除离子和胶状杂质用以防止杂质在处理单元内积累，并防止这些杂质被输送到反应堆冷却剂系统中。

混床除盐器处理能力满足硼酸蒸馏塔补给泵的流量（处理单元入口流量）。

混床除盐器入口设置温度监测，防止温度超过 60℃ 避免树脂在高温下失效。

混床除盐器下游过滤器阻止来自除盐床的树脂或通过除盐床的微粒，防止杂质通过 TEP3、5、6 的处理单元再次进入反应堆冷却剂系统。

c) 冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）

冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）的处理能力满足以下工况冷却剂的排放要求：

— 燃料周期末日燃耗补偿；

— 85%燃料循环长度典型日负荷跟踪。

在前 85%燃料循环长度中，典型日循环负荷跟踪运行时，机组处于 50~100%额定功率之间的任一功率水平，能进行功率变化形式为 12-3-6-3 的日负荷跟踪，冷却剂处理子系统设计生产的浓缩液（硼酸：7000mg/kg）和蒸馏液满足一回路复用的标准。

冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）中的冷凝液除气单元用来对蒸馏液除气，以满足 RCP 系统复用或者通过核岛废液排放系统（TER）排放（氚超标时）的要求。

在冷却剂处理子系统停运时，为防止空气溶解进反应堆冷却剂以及可燃气体混合物在系统中聚集，系统中的储罐都由废气处理系统（TEG）提供氮气吹扫。

冷却剂处理子系统中设置必要的安全阀作为超压保护。

在硼酸蒸馏塔下游浓缩液的硼浓度为 7000mg/kg（4%硼酸）。该浓度下硼结晶温度为 15℃，系统中有硼结晶可能的部分除管道保温外，同时通过通风系统保证环境温度也高于这个限值，防止硼结晶。

d) 冷却剂除气子系统（TEP4）

在反应堆功率运行中，当反应堆冷却剂放射性接近设计值，冷却剂除气子系统间

歇性投运以减少惰性气体和其他气体的浓度。

在大修换料或者维修时，反应堆冷却剂必须进行除气。

在大修期间，由于反应堆冷却剂系统被打开，一定量的空气会溶解进一回路冷却剂中。在大修末期需要用冷却剂除气子系统（TEP4）去除这些溶解的气体，以避免在反应堆冷却剂系统压力边界内造成材料腐蚀。在这种情况下，冷却剂除气子系统允许独立于废气处理系统（TEG）工作，连接氮气分配系统（SGN）和核辅助厂房通风系统（DWN）。

当 TEP4 系统去除冷却剂中溶解气体时，氢气和其他非放射性气体将连同放射性气体一并被去除。当反应堆冷却剂其它气体需要去除时，冷却剂除气子系统可以在机组功率运行中随时投入运行。

由于冷却剂除气子系统只执行运行功能，因此设置一个序列。系统间歇性运行，在可用性方面要求较低，因此不设置冗余。

冷却剂除气子系统运行在以下流量范围之内，与一回路冷却剂下泄流量保持一致。

（3） 系统运行

a) 冷却剂贮存和供给子系统（TEP1）

冷却剂贮存和供给子系统主要由6个容积相同的冷却剂贮存箱以及一条除盐水母管和一条冷却剂母管组成。每一个冷却剂贮存箱都可通过电动阀与冷却剂母管或除盐水母管相连。在电厂正常运行时，始终保持一个冷却剂贮存箱与冷却剂母管连接，同时另一个贮存箱与除盐水母管连接。接收和输送冷却剂或除盐水可同时进行。

必要时，可使用硼酸蒸馏塔补给泵通过连接硼水管线和除盐水管线的旁路管线在冷却剂贮存箱之间输送液体。

一 回路冷却剂通过以下来源进入硼水管线：

一 化学和容积控制系统（RCV），通过容控箱上游的三通阀。一个设置在三通阀下游的逆止阀防止倒流回RCV系统。

一 核岛排气和疏水系统（RPE）（可复用的一回路疏水）。

另外，下列流体也流入TEP1系统：

一 来自除盐水分配系统的除盐水，作以下用途：

- □ 补给除盐水
- □ 设备冲洗/疏排

— 来自废气处理系统TEG用于吹扫冷却剂贮存箱并保持负压。

— 回路冷却剂通过硼水管线输送到冷却剂处理子系统，分离为硼酸溶液和除盐水。冷却剂贮存箱中的除盐水通过除盐水管线输送回反应堆硼和水补给系统REA。

b) 冷却剂净化子系统（TEP2）

TEP2将冷却剂从TEP1输送到TEP3并通过TEP2的除盐床进行除盐过滤，混床除盐床充满阴阳树脂，用来清除未被RCV系统净化除盐床去除的锂、铯和其他同位素离子。

一个筒式过滤器用来除去来自除盐床的树脂颗粒或通过除盐床的杂质。

除盐床和过滤器可以有效防止可溶和不溶杂质在冷却剂处理子系统中聚集或再次进入反应堆冷却剂系统。

硼水通过硼水管线由硼酸蒸馏塔补给泵从冷却剂贮存箱输送到冷却剂净化子系统，净化后，冷却剂被输送到TEP3的硼酸蒸馏塔中。废树脂通过冲刷管道输送到固体废物处理系统TES。

c) 冷却剂处理子系统（TEP3、5、6）

TEP3、5、6有4种工作模式：

— 不需要除气操作的蒸馏分离，处理后复用

冷却剂通过一个硼酸蒸馏塔补给泵输送，经过两级再生式热交换后（分别回收硼酸蒸馏塔生产的浓硼酸以及蒸馏液的热量），进入硼酸蒸馏塔。通过加热沸腾，蒸发上升的蒸汽通过两台蒸汽压缩机抽出并加压送入硼酸蒸馏塔热交换器壳侧，加热塔釜料液并冷凝。冷凝液收集罐和冷凝液罐收集冷凝液并完成汽水分离，通过冷凝液输送泵把冷却到50℃的冷凝液输送到TEP1冷却剂贮存箱复用。冷凝液中硼浓度小于2mg/kg，塔釜的硼酸溶液被浓缩到7000mg/kg通过硼酸输送泵输送到REA系统。

— 需要除气操作的蒸馏分离，处理后复用

在这种操作下，其他操作同上操作，但冷凝液在进入再生式预热器前，通过旁路进入TEP6，除气后通过再生式预热器及后续冷却器冷却到50℃输送到TEP1冷却剂贮存箱复用。

— 需要除气操作的蒸馏分离，处理后排放冷凝液

当冷凝液水质不达标不可复用，如一回路的氘含量超标需要排气，处理后的冷凝液通过与上第2条相同的操作后，不输送到TEP1而直接输送到TER系统排放。

— 补给水除气

当冷凝液被部分排放后，需要补充除盐水。补给水由SED系统提供，通过补给水预热器加热进入TEP6，除气后冷却到50℃输送到TEP1冷却剂贮存箱贮存备用。

此外，特殊情况也可通过直接向REA系统输送通过补给水预热器加热后的除盐水，不通过除气单元TEP6。

硼酸用2台硼酸输送泵中的1台通过再生式硼酸冷却器输送到REA系统。利用硼酸蒸馏塔进料冷却硼酸。硼酸输送泵下游的控制阀保证输送到REA系统的硼酸溶液浓度在4%（7000mg/kg硼）。

从冷凝液泵输出的蒸馏液被注入蒸汽压缩机吸入管嘴中，以保证压缩机排出的蒸汽达到饱和状态。这些蒸馏液的另一部分被输送到硼酸蒸馏塔的顶部用来净化蒸汽。

启动蒸发单元时，在蒸汽还没达到硼酸蒸馏塔顶部之前，用硼酸蒸馏塔循环泵下游的电加热器加热料液。这个电加热器需要一直使用直到蒸汽压缩机可以启动。在蒸发单元正常运行时，这个电加热器可以以小功率运行或者完全关闭。

由冷凝器收集的不凝气体在输送到TEG系统之前用气体冷却器冷却。分离出的不凝气主要由氢气组成，用氮气吹扫冷凝液罐，防止任何爆炸风险，

当处理单元停运时，用氮气吹扫硼酸蒸馏塔以清除蒸汽冷凝后可能残留的氢气。

SED除盐水可以用作补给水，在被输送到冷却剂贮存箱前，SED除盐水经过加热后送冷凝液除气塔除气。

SED除盐水在预热后也可以直接通过补给水预热器送到REA硼酸混合单元，配置新的硼酸溶液。

d) 冷却剂除气子系统TEP4

1) 在核电厂正常运行和停堆前降低放射性气体或氢气含量

冷却剂通过下泄管线从RCV输送到冷却剂除气子系统TEP4。除气后的冷却剂送回RCV系统。一回路冷却剂中脱除的气体送到TEG或DWN系统。

约50℃的反应堆冷却剂从RCV系统输送到冷却剂除气塔顶，逆流经过上升的蒸汽后脱溶解在其中的不凝气体。为了使料液沸腾，运行压力保持在0.0125MPa(a)。在这一条件下，大部分冷却剂里溶解的气体会析出。

除气后冷却剂由除气输送泵送回RCV系统。泵下游有一条小流量管线回到除气塔。

除气塔循环泵将除气塔塔釜的反应堆冷却剂送到除气塔电加热器，以获得蒸发所需要的热量，再回到除气塔。

除气塔内上升的蒸汽基本全都被冷凝器冷凝，回流到除气塔的顶部塔盘。冷凝液被保持在沸点温度以防止析出的气体再次溶解。冷凝器下游的气体冷却器冷却和干燥析出的气体。

冷却剂在50℃沸腾所需的真空度由除气塔真空泵保证，真空泵同时抽出除气塔内析出的气体。析出的气体与TEG系统注入的氮气混合，混合气体再送回TEG系统。

有两个吹扫气的注入点：

- 除气塔顶部用来控制塔内运行压力
- 真空泵出口端用来降低氢气浓度

管道内的氢气浓度总被保持在爆炸极限以下。

除气塔真空泵的密封液（除盐水）在密封液罐内与气体分离。密封液通过密封液冷却器和密封液过滤器循环回除气塔真空泵。

为保证除气塔内工作压力0.0125MPa(a)，注入除气塔真空泵吸入口端的密封液饱和蒸汽压必须低于吸入口端的工作压力。为达到这一状态，密封液冷却器需要把密封液冷却到大约20℃。

2) 换料后反应堆冷却剂除气

除吹扫气源和气体排放下游，其他除气运行与上述一致。

在排放气体放射性足够低或TEG系统氧含量需要降低时，气体可送到DWN系统。

如果TEG系统不可用或氧含量超过一定限值，则通过氮气分配系统注入氮气。

冷却剂贮存和处理系统的流程简图见图4.6-2。

(4) 主要设备特性

TEP系统的主要设备特性见表4.6-5。

4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

(1) 系统功能

TEU系统位于BWV厂房，为两台机组共用。用于监测、收集、贮存并处理机组正常运行期间及预期运行瞬态下产生的不可复用放射性废液，并将处理合格的废液送入废液排放系统（TER）排放。

TEU系统处理四类放射性废液：工艺废液、化学废液、地面废液和洗涤废液。上述废液主要由核岛排气和疏水系统、放射性废水回收系统收集。

（2）系统描述

TEU 系统处理四类放射性废液：工艺废液、化学废液、地面废液和洗涤废液。上述废液主要由核岛排气和疏水系统、放射性废水回收系统收集。

按照废液的特性（放射性活度浓度和化学组份）分别采用下述方法进行处理：

- 工艺废液为化学杂质含量低的放射性废液，主要由除盐工艺处理；
- 化学废液的化学杂质含量及放射性活度浓度均较高，主要由蒸发工艺处理；
- 地面废液和洗涤废液的放射性活度浓度较低，含悬浮固体和纤维物质等，采用过滤工艺进行处理。

经过处理和取样分析合格的 TEU 废液通过 TER 系统向环境排放。

TEU 系统划分为废液贮存子系统、废液处理子系统、监测排放子系统、化学加药子系统和取样分析子系统，分别执行放射性废液收集及贮存、废液处理、监测排放、化学试剂贮存与加注以及系统取样功能。

a) 废液贮存子系统

废液贮存子系统设置有 2 台工艺废液贮存槽、3 台地面废液贮存槽、2 台化学废液贮存槽以及 2 台洗涤废液贮存槽，分别用于贮存工艺废液、地面废液、化学废液和洗涤废液。每类贮槽配备 1 台专门的废液泵，用于贮槽内废液的混匀搅拌和倒罐操作，并输送槽内的废液到废液处理子系统进行处理。

每类贮槽中总有一个贮槽处于接收状态，贮槽废液处理前应混匀搅拌和取样分析。

b) 废液处理子系统

废液处理子系统设置除盐单元、蒸发单元和过滤单元。

— 除盐处理单元

当废液需要采用除盐工艺进行处理时，先将废液于相应收集槽内混合搅拌，取样分析后，输送至除盐单元。除盐单元含有 3 台除盐床，可根据需要确定废液通过路径。除盐单元中的任何一除盐床均可根据需要被旁路。

当废液在蒸发单元处理之后需要再进行除盐操作时，蒸发处理过的废液可通过除盐床进行进一步处理。

— 蒸发处理单元

蒸发单元主要由蒸发器、电加热器、蒸汽压缩机、蒸发热交换器、排气冷却器、浓缩液罐、再生式预热器等设备组成。当废液需要采用蒸发工艺进行处理时，将废液

于相应收集槽内混合搅拌，取样分析后，经由蒸发器进料泵输送至蒸发单元处理。若蒸发处理后废液满足排放要求，可直接送至监测槽内贮存，若不满足要求，则需经过除盐床进行进一步处理。

一 过滤处理单元

过滤单元配置 3 台滤芯式过滤器，其中 1 台用于处理洗涤废液；另外 2 台用于处理地面废液，其中 1 台处于备用状态。过滤处理能力均为 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。经取样分析，适合过滤处理的废液将经过过滤单元处理后送往核岛废液排放系统。

c) 化学加药子系统

化学加药子系统配置能够精确计量的计量泵及附属部件，以满足系统对待处理废液的 pH 值调节以及往蒸发器内添加消泡剂的需要。

d) 取样分析子系统

取样分析子系统通过取样箱或就地取样漏斗，对系统废液进行取样，而后送往实验室，分析其物理、化学性质。

针对废液贮存子系统，工艺废液、化学废液、地面废液共用一个取样箱取样；洗涤废液通过就地取样漏斗取样。每一类废液在其废液输送泵后取样，分析废液总 γ 比活度、pH 值等指标。

针对废液处理子系统，可在需要时对除盐器后废液进行取样，除盐后的废液取样采用就地漏斗；蒸发单元冷凝液、浓缩液取样配置专用取样箱，布置上靠近取样点。处理单元取样用于分析处理效率。

针对监测排放子系统，配置一台取样箱用于监测槽废液取样，取样点在监测槽泵后，分析样液的总 γ 比活度及 pH 值。

e) 监测排放子系统

监测排放子系统设置 2 台监测槽和 1 台监测槽泵，用于接收废液处理子系统处理后的废液，并对废液进行取样分析，如果其放射性和化学特性符合排放要求，则排往核岛废液排放系统（TER），否则，由蒸发单元重新处理或除盐单元进行精处理。

废液处理系统（TEU）的流程简图见图 4.6-3。

（3）系统运行

TEU 系统每类废液的贮存槽，应保持有一个处于可接收废液的状态。当贮存槽废液需要处理时，对槽内废液进行混匀搅拌和取样分析。根据取样结果通过化学加药子

系统调节废液 pH 值等化学指标，而后根据废液类型以及放射性浓度情况，选择合适的处理工艺进行处理。

工艺废液通常通过工艺废液泵送往除盐单元处理，如有需要，可通过除盐单元循环处理。当工艺废液受到化学污染时可排往蒸发单元进行处理。放射性浓度低于排放限值的工艺废液通过过滤单元处理后送往 TER 系统。

化学废液通常由蒸发单元处理，蒸发后的冷凝液送往监测槽，如冷凝液放射性浓度仍高于排放限值时，可送往除盐单元进行精处理。。放射性浓度低于排放限值的化学废液通过过滤单元处理后送往 TER 系统。

地面废液及洗涤废液通常由过滤单元处理后送往 TER 系统，如放射性浓度高于排放限值，送往蒸发单元进行处理后送往监测槽。

监测槽内废液在排放前必须经过混匀搅拌和取样分析，若放射性浓度不超过排放限值，才能送往 TER 系统。如取样监测不合格，则可送往除盐单元进行精处理，或送回化学废液贮存槽再处理。两个监测槽中一个用于接收废液时，另一个用于废液的取样分析或再处理或排送至 TER 系统。

（4） 主要设备特性

废液处理系统（TEU）的主要设备特性列于表4.6-6。

4.6.2.3 核岛废液排放系统（TER）

（1） 系统功能

TER 系统运行功能如下：

- 收集来自 TEU 系统的达标废液和 TEP 的排氙废液，对这些废液进行暂存、混匀、监测，并有控制地向环境水体进行排放；
- 当 SEL 系统贮存能力不足、贮罐破裂或排往 SEL 系统的废液放射性水平较高时，接收该部分废液；
- 经取样分析或电厂辐射监测系统（KRT）监测，废液放射性水平超过排放管理限值时，将其送回 TEU 系统进行处理；
- 排放废液时，监测并记录废液的放射性剂量水平、流量和累计水量。

（2） 系统描述

TER系统配置三台容积相同的废液贮存罐，每台废液贮存罐配备一台废液排放泵，

用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三台废液贮存罐共用一根向环境的排放总管，排放总管上设有KRT系统的在线监测设备，监测排放废液的放射性水平。本系统所在厂房设有地坑，用于收集系统泄漏或放空的废液，地坑内设有地坑泵，用于将地坑内收集的废液送回废液贮存罐。

核岛废液排放系统（TER）的流程简图见图4.6-4。

（3）系统运行

正常运行时，TER系统中三个废液贮存罐中一台处于接收状态，当接收废液至高液位时，切换另一个废液贮存罐接收废液，关闭进水隔离阀，第三个备用。达到高液位的废液贮存罐内的废液，经混匀后进行取样分析，取样分析合格后向环境排放。排放时，可通过调节阀调节废液的排放流量，排放管上设有KRT系统在线监测设备，对排放废液的放射性水平进行监测。

废液贮存罐内废液的放射性浓度超过排放限值时，将废液送回TEU系统重新进行处理。

（4）主要设备特性

TER系统的主要设备特性见表4.6-7。

4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）

（1）系统功能

SRE系统分类收集下列场所产生的放射性废液或可能带有放射性的废液，然后送往废液处理系统（TEU）进行处理。

- 放射性废物处理厂房（BWX）的各类疏排水；
- 热机修车间与仓库（BBH）产生的放射性废液；
- 厂区实验室（BBL）产生的放射性废液；
- 职业医疗室（BBC）产生的放射性废液。

废物辅助厂房（BQS）内产生的放射性废液通过BQS废液地坑泵经SRE管道输送到TEU系统进行处理。

（2）系统描述

- BWX厂房的各类疏排水

BWX厂房内产生的各类疏排水及地面冲洗水根据其废液性质收集到不同的废液

地坑中，然后由地坑泵送至 TEU 系统进行处理。

— BBH 厂房产生的放射性废液

BBH 厂房内产生的放射性废液收集后，经 SRE 管线输送至 TEU 系统进行处理。

— BBL 厂房产生的放射性废液

BBL 厂房内产生的放射性废液收集后，经 SRE 管线输送至 TEU 系统进行处理。

— BBC 厂房产生的放射性废液

BBC 厂房产生的人体去污废液依靠重力流入 SRE 系统人体去污废液收集箱内，然后通过废液排放泵送到 TEU 系统进行处理。

SRE 系统工艺流程简图参见图 4.6-5。

（3）系统运行

BWX 厂房的 SRE 系统废液地坑设置有液位测量装置，地坑液位与地坑泵的启动和停止联锁。对于单泵地坑，当地坑液位达到高 1 时，自动启动地坑泵，通过输送管线将废液输送至 TEU 系统。当地坑液位达到低 1 时，自动停运地坑泵。当地坑液位达到高 2 或低 2 时，将产生报警信号。对于双泵地坑，当地坑液位达到高 1 时，自动启动一台预设泵，通过输送管线将废液输送至 TEU 系统，当液位继续升高至高 2 时，自动启动另外一台地坑泵。当地坑液位达到低 1 时，自动停运地坑泵。当地坑液位达到高 2、高 3 或低 2 时，将产生报警信号。

BBC 厂房的 SRE 系统人体去污废液收集箱设置有液位测量装置，水箱液位与人体去污废液排放泵的启动和停止联锁。当水箱液位达到高 1 时，自动启动排放泵，通过输送管线将废液输送至 TEU 系统。当水箱液位达到低 1 时，自动停运排放泵。当水箱液位达到高 2 或低 2 时，将产生报警信号。

BBC 厂房的 SRE 系统废液地坑设置有液位测量装置，地坑液位与地坑泵的启动和停止联锁。当地坑液位达到高 1 时，自动启动地坑泵，通过输送管线将废液输送至人体去污废液收集箱。当地坑液位达到低 1 时，自动停运地坑泵。当地坑液位达到高 2 或低 2 时，将产生报警信号。

（4）主要设备特性

SRE 系统的主要设备特性见表 4.6-8。

4.6.2.5 常规岛废液排放系统（SEL）

（1）系统功能

SEL系统的功能为：

- 收集来自常规岛废液收集系统（SEK）和蒸汽发生器排污系统（APG）排放的潜在放射性废液收集，对于这些废液进行暂存、混匀、监测，并有控制地向环境水体进行排放；
- 经取样分析或电厂辐射监测系统（KRT）监测，废液放射性水平超过管理限值时，将其送回 TEU 系统进行处理；
- 排放废液时，监测并记录废液的放射性剂量水平、流量和累计水量。

（2）系统描述

SEL 系统设置三个容积相同的废液贮存罐，每个废液贮存罐各配备一台废液排放泵，用于罐内废液的混匀和输送。废液排放泵出口设置取样设施，用于废液排放前的取样分析。三个废液贮存罐共用一根排放总管，排放总管上设有 KRT 系统的在线监测设备，监测排放废液的放射性水平。

系统所在厂房罐区和泵房各设有一个地坑，用于收集泄漏或排空的废液，各地坑内设有一台地坑泵，用于将地坑内收集的废液送回废液贮存罐。

SEL 系统工艺流程简图参见图 4.6-6。

（3）系统运行

正常运行时，SEL 系统的三个贮存罐中的一个处于接收状态，当接收废液至高液位时，切换另一个贮存罐接收废液，关闭进水隔离阀，一个备用。达到高液位的废液贮存罐内的废液，经混匀后取样分析合格后向环境排放。排放时，废液的排放流量可调节，排放管上设有 KRT 系统的在线监测设备，对排放废液的放射性水平进行监测。

当废液贮存罐内废液的放射性浓度超过排放限值时，将废液送至 TEU 系统处理。

在异常情况下，SEL 系统贮存罐充满时或故障时，可将废液排至 TER 系统的废液贮存罐进行辅助暂存。

（4）主要设备特性

表 4.6-9 给出了常规岛废液排放系统的主要设备及特性。

4.6.2.6 核岛排气和疏水系统（RPE）

（1）系统功能

核岛排气和疏水系统（RPE）收集核岛内产生的放射性废液和废气，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下游系统进行处理或监测排放。

（2）系统组成

RPE 系统收集来自反应堆厂房，安全厂房，核辅助厂房，燃料厂房以及进出厂房的放射性废物。根据废物的种类、来源，以及处理方式分类收集，可使得对每组排放物进行最优的处理。

系统接收废物分类如下：

a) 可复用废液

1) BRA 厂房产生的反应堆冷却剂废液

这些排放物是含氢的反应堆冷却剂，主要来自：

- 一回路系统的泄漏；
- 堆腔内部泄漏；
- 稳压器除气管线；
- 真空泵相分离器的排放；
- 稳压器安全的泄漏收集于稳压器卸压箱；
- 一回路系统的管道和设备的排放和通风。

除稳压器卸压箱的排水外，其他废液均收集于反应堆冷却剂疏水箱（由 TEG 系统吹扫）或一回路废液收集箱。反应堆冷却剂疏水箱内的废液经热交换器冷却后排向 TEP 系统，废气排向 TEG 系统。

一回路废液收集箱通常在停堆期间使用，收集来自一回路系统的排气和疏水，一回路废液收集箱排气连接到安全壳换气通风系统（EBA）。

2) 核辅助厂房（BNX）反应堆冷却剂废液

下述废液收集于核辅助厂房内反应堆冷却剂收集箱中，经泵输送到 TEP 系统处理：

- 传输主反应堆冷却剂设备和管道的排水；
- 安全阀的排放。

3) 安全厂房（BSA/B/C）和燃料厂房（BFX）产生的反应堆冷却剂废液

这些废液主要来自维修期间安全注入系统（RIS）、安全壳热量导出系统（EHR）和反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）产生的反应堆冷却剂废液，经泵输送至 TEP 系统处理。

b) 不可复用废液

将收集的不可复用废液通过各自输送管网分别转运至下游处理系统或排放系统，且可以在运行状态符合技术、环境和经济的限制下实现必要的灵活性。

1) 工艺废液

主要来自清洗含有一回路冷却剂系统设备和管道的产生的废液，这些废液收集于各个厂房工艺废液收集箱。

工艺废液收集箱和厂房通风系统相连，且配置转运废液的疏水泵。

安全厂房和燃料厂房收集的工艺废液可以通过泵转运到位于核辅助厂房内的工艺废液中转箱。

工艺废液中转箱内的废液可以通过泵输送到位于核辅助厂房内的工艺废液暂存箱，再转送至废液处理系统（TEU）进行处理。

2) 化学废液

主要来自于核辅助厂房放射性实验室产生的废液及化学组分含量比较高的设备疏排水，收集在位于核辅助厂房的化学废液收集箱，经泵转送至 TEU 系统进行处理。

3) 地面废液 1

主要是核辅助厂房（BNX）、燃料厂房（BFX）、进出厂房（BAX）产生的潜在污染废液，主要来自控制区受污染的设备维修、泄漏及冲洗地面产生的废液。依靠重力通过收集管网、管沟和漏斗流入各厂房相应的地面废液 1 地坑。地坑中配置地坑泵将废液转运定位于核辅助厂房内的地面废液 1 中转地坑。地面废液 1 中转地坑内的废液通过泵将废液输送至核辅助厂房内的地面废液暂存箱，然后再转送到 TEU 系统处理。

4) 地面废液 2

主要是安全壳环廊（BRB）、BRA、BAX、BFX 和 BNX 厂房产生的轻度污染或者没有污染的废液，主要来源于控制区域受轻度污染区的设备维修、泄漏和地面的冲洗

废液。依靠重力通过收集管网、管沟和漏斗流入各厂房相应的地面废液 2 地坑。地坑中配置地坑泵将废液转运定位于核辅助厂房内的地面废液 2 中转地坑，地面废液 2 中转地坑内的废液通过泵将废液输送至核辅助厂房内的地面废液暂存箱，然后再转送到 TEU 系统处理。

5) 地面废液 3

这些废液一般没有污染，来自于非控制区设备维修、泄漏和地面冲洗废液。依靠重力通过收集管网、管沟和漏斗流入各厂房相应的地面废液 3 地坑。地坑中配置有地坑泵，可将废液转运位于 BNX 厂房内的地面废液 3 中转地坑，混匀取样分析后，再转送至常规岛废液收集系统（SEK）排放或 TEU 系统处理（管线上设置 KRT 监测仪表）。

c) 废气

除了反应堆厂房工艺疏水箱废气排至 EBA 系统外，收集反应堆冷却剂的疏水箱收集的废气均排至 TEG 系统，主要有：

- 反应堆容器的通风；
- 稳压器；
- RPE 系统疏水箱。

在一回路充水前，真空泵将启动对一回路进行抽真空操作。

一回路氮气吹扫、压力容器开大盖时以及一回路充水前的抽真空过程均会产生废气，产生的这些废气由真空泵抽取。

RPE 系统工艺流程简图参见图 4.6-7。

（3）系统运行

电厂正常运行期间 RPE 系统投入运行。

a) 正常运行

1) 可复用废液

- RX 厂房产生的反应堆冷却剂废液

这些废液收集于反应堆冷却剂疏水箱内，通过泵出口管线上的热交换器进行冷却。

通过热交换器下游电动阀门和管网切换，可实现下述功能：

- 冷却反应堆冷却剂疏水箱内的废液。
- 冷却稳压器泄压箱内的液体。
- 将反应堆冷却剂疏水箱或稳压器泄压箱内的废液排向 TEP 系统。

温度和水位的控制可通过启停泵、打开/关闭在冷却回路上的电动阀以及排向 TEP 系统管线上的电动阀来完成。

为了保护 TEP 树脂，排至 TEP 系统的废液温度低于 50° C。

— 反应堆厂房外的反应堆冷却剂废液

这些废液不需要进一步冷却，直接排向 TEP 系统。

— 一回路泄漏监测

通过 RPE 系统对反应堆冷却剂泄漏量的监测以保证一回路泄漏的平衡。系统可通过反应堆冷却剂疏水箱液位变化进行定量泄漏监测；通过反应堆厂房地面废液坑的液位变化对不可监测泄漏量进行监测。

此外位于 BNX 厂房的专用测量装置对传输一回路冷却剂的安全阀泄漏进行监测。

2) 不可复用废液

正常运行期间，这些废液根据其来源和相应的处理措施，分别收集于各个厂房的收集箱和地坑内，然后再转送至 TEU 系统处理。

3) 废气

稳压器除气管线将稳压器排气排入反应堆厂房反应堆冷却剂疏水箱内进行冷却和排放。

除一回路废液收集箱外，RPE 系统的反应堆冷却剂废液收集箱通过连接的 TEG 系统管线进行吹扫。

收集在工艺废液收集箱内的废气通过各厂房的通风系统排放。

b) 瞬态运行

1) 稳压器泄压箱的冷却

反应堆厂房内反应堆冷却剂疏水箱冷却回路也可用于冷却稳压器泄压箱（PRT）内液体的冷却。

冷却稳压器泄压箱功能仅仅当反应堆冷却剂疏水箱因为温度和水位足够低而不需要冷却或排水时才能启动，PRT 冷却运行状态和系统正常运行状态间的转换程度是手动启动的，这个时候需手动停运反应堆冷却剂疏水泵。

待 PRT 内液体冷却到满足要求时方可排向 TEP 系统。

2) 一回路充水时抽真空

在冷停堆重新装料后、一回路充水前，连接到稳压器的真空泵（同时有临时管线

连接至压力容器）将一回路置于负压，进而加速一回路的充水和排气，在这个瞬态运行期间废气排至 EBA 系统。

3) 一回路中平面水位时的氮气吹扫

在停堆阶段打开压力容器大盖前（一回路液位处于中平面水位），需对一回路进行氮气吹扫。在此瞬态期间产生的废气排至 TEG 系统。

氮气吹扫后，一回路系统用压缩空气清扫。此瞬态期间产生的废气排至 EBA 系统。

c) 其他运行模式

LOCA 事故后，高放废液收集于安全厂房和 BNX 厂房 RPE 系统的地坑内。如 KRT 监测系统触发报警，则关闭排向下游系统的泵、阀门，地坑内的废液可通过操作员手动操作，通过特定的管线再注入到反应堆厂房。

（4）系统主要设备

表 4.6-10 给出了核岛排气和疏水系统的主要设备及特性。

4.6.2.7 放射性废液的排放源项

液态放射性流出物源项计算主要考虑 TEP 系统含³H 废液释放、TEU 系统释放和二回路系统释放。

本工程运行状态下的放射性液态流出物放射性废液排放采用槽式排放的方式，即所有的放射性废液均通过 TER 或 SEL 系统取样分析达标后排放，流出物源项计算中考虑了其滞留衰变影响。由于蒸汽发生器传热管处一回路冷却剂向二回路系统的泄漏，二回路系统中流体也具有放射性。经二回路系统释放到环境中的放射性废液主要包括不回收的蒸汽发生器排污和二回路系统泄漏。

在运行状态下（除启动和停堆外），蒸汽发生器排污系统（APG）将蒸汽发生二次侧水通过除盐器处理后，返回二回路系统中复用。但当处理设施失效、冷凝器不能使用、或者二回路水质超标时，蒸汽发生器排污水不再复用，而直接通过常规岛废液排放系统（SEL）向环境释放。

在液态放射性流出物源项计算时，保守地假设循环寿期末蒸汽发生器内水相中所有放射性核素均在 APG 系统除盐器处理后通过废液排放系统向环境排放。

表 4.6-11 给出了本工程单台机组放射性废液年释放量，所有放射性废液在处理合格后排入大海。

4.6.3 放射性废气管理系统及排放源项

放射性废气系统收集、贮存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的相关要求后排入大气。处理的废气包括含空气废气和含氢废气：

- 对放射性含氢废气进行控制、收集、运输、贮存、衰变和监测，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放；
- 对放射性含空气废气进行控制、收集、运输和处理，直至达到允许向环境排放的水平时进行可控排放。

放射性废气系统主要包括废气处理系统（TEG）、空调、加热、冷却及通风系统和冷凝器真空系统（CVI）。

图4.6-8给出了正常工况下气载流出物平衡图。

4.6.3.1 废气处理系统（TEG）

（1）系统功能

反应堆堆芯产生氩和氦等放射性裂变气体，部分裂变气体会释放到反应堆冷却剂中并随着工艺流体的交换进入电厂各一回路相关系统。同时，为控制一回路冷却剂氧浓度，通过化学和容积控制系统（RCV）向反应堆冷却剂加氢。由于氢气的易爆性，需对相连系统的设备进行氮气吹扫来控制设备中的氢气浓度。

TEG 系统主要执行如下运行功能：

- 通过连续吹扫来平衡与TEG系统相连容器气空间的压力变化；
- 将放射性物质包容在本系统中，防止放射性气体释放到设备所在厂房；
- 用氮气吹扫冷却剂除气产生的废气并处理；
- 吹扫系统设备，限制 H_2/O_2 浓度低于可燃气体浓度下限，避免氢爆风险；
- 处理与本系统相连系统在电厂启动和停堆期间所产生的大流量气体；
- 滞留惰性气体，使其释放到大气前，放射性活度降到环境可接受的水平。

（2）设计准则

TEG 系统设计准则如下：

- 吹扫含有反应堆冷却剂的容器，置换出气相空间的氢气和放射性惰性气体，

维持氢浓度在4%以下，氧浓度在2%以下，避免燃爆的潜在风险；

- 建立一个闭环回路，吹扫气体经过氢氧复合后降低氢氧浓度后（氢浓度低于0.3%，氧浓度低于0.1%）进行复用，减少废气向环境的排放量；
- 根据上游系统要求，维持上游系统微负压（RCV容控箱除外）。同时充分考虑系统的密封性设计，防止放射性气体释放到厂房环境；
- 瞬态工况下循环回路中多余气体排入滞留单元，进行足够时间的衰变，方可通过DWN系统的烟囱排至环境，排放期间通过KRT系统连续监测。

1) 废气压缩单元

废气压缩机和相关吹扫管线的流量设计准则是基于待吹扫贮罐和容器中的最大氢气的稀释流量要求，废气压缩机能为与 TEG 系统相连设备提供足够的氮气吹扫流量，使系统中 H_2/O_2 浓度低于爆炸限值。

正常运行时，通过废气压缩机的吸入压力维持上游系统微负压。

2) 复合单元

复合器设计的目的主要是使吹扫气体中氢气和氧气发生催化复合反应。 H_2 和 O_2 的最大体积浓度分别为 4%和 2%。

H_2 和 O_2 在催化作用下发生复合反应，催化剂的量取决于催化剂的类型和待处理气体的最大流量。

复合反应可在室温下进行，在复合器设计中考虑配置了加热棒，保证氢氧复合的启动速率及可靠性。

3) 滞留单元

机组正常功率运行（包括负荷跟踪）时，系统处于稳态运行模式，TEG 系统基本保持闭环运行。

机组启动、停运等工况时，系统进入波动运行模式，相连系统设备的大量气体进入 TEG 系统，造成 TEG 系统压力增加。过量气体进入滞留单元进行处理，这部分气体主要包括一回路冷却剂膨胀产生、开盖前反应堆压力容器气空间吹扫产生、TEP 系统冷却剂贮存箱补充除盐水产生、相关容器检修过程中的吹扫氮气等。含有氙、氪等放射性核素的废气经过一定时间的滞留衰变后，则通过 DWN 系统的烟囱进行排放。

（3）系统描述

根据 TEG 系统的运行功能，TEG 系统划分为 6 个子功能单元，分别是氢氧复合单

元、废气压缩单元、气体分配单元、安全壳隔离单元、滞留单元和热交换器冷冻水供应单元。

a) 氢氧复合单元

氢氧复合单元的主要功能是降低循环吹扫气体中的氢气和氧气浓度，为吹扫单元提供满足要求的载气。氢氧复合单元主要包括气体干燥器、氢气、氧气和氮气供应、氢气/氧气测量回路和氢氧复合器。

b) 废气压缩单元

废气压缩单元的主要功能是通过压缩气体维持本系统内气体循环的动力。废气压缩单元主要包括冗余设置的两台压缩机及密封液供应回路、压缩机出口的压力和流量调节回路以及压缩气体预干燥设备。

c) 气体分配单元

气体分配单元的主要功能是通过吹扫带出各容器气空间中的氢气、氧气和放射性气体等，维持设备运行的压力和氢氧浓度限值要求，限制放射性气体向设备所在的厂房环境释放。气体分配单元主要包括核辅助厂房的吹扫管线、反应堆厂房的吹扫管线、安全厂房吹扫管线、燃料厂房吹扫管线。

d) 安全壳隔离单元

安全壳隔离单元主要包括在反应堆厂房吹扫管线上设置的四个安全壳隔离阀，为反应堆厂房的吹扫管线提供安全壳隔离功能。

e) 滞留单元

滞留单元的主要功能是衰变处理放射性废气，使废气的放射性活度在向环境排放前降低至环境可接受的水平，并满足法规标准要求。滞留单元主要包括为滞留床、电加热器、硅胶干燥床、气体过滤器、取样管线、向通风系统的排放管线和放射性活度连续监测设备。

f) 冷冻水供应单元

冷冻水供应单元的主要功能是为 TEG 系统各热交换器提供冷冻水。热交换器冷冻水供应单元主要包括为 TEG 系统各热交换器供应冷冻水的管线和阀门。

废气处理系统（TEG）的工艺流程简图见图4.6-9。

(4) 系统运行

— 稳态运行工况

稳态运行时，TEG系统及相连的系统由氮气进行吹扫并基本维持闭合循环。

吹扫气体的循环流量可调节，需保证被吹扫设备和吹扫气体中的氢浓度低于氢气爆炸极限。

由一台或两台废气压缩机维持吹扫气体的循环，将相连设备中释放出的氢气和放射性气体带入TEG系统。同时，废气压缩机可将负压段的气体带出并压缩到指定压力。

气体干燥器将进入TEG系统的吹扫气体中的水份冷凝排出。

在复合器中，氢气和氧气在贵金属催化剂的催化作用下复合生成水（蒸汽）。在复合器下游换热器将水蒸汽冷凝成水。

复合器上游的 H_2/O_2 测量回路对吹扫气体的氢气浓度和氧气浓度进行测量，并根据测量结果将氢氧浓度调节至合适的化学计量比（氢浓度稍过量）。氢、氧浓度测量的准确性由以下措施保证：

a) 复合器上游设有两台冗余的 H_2/O_2 测量柜(2×100%)，每台测量柜包含一个氢气测量传感器和一个氧气测量传感器。三台测量气体压缩机（3×50%）用于为测量柜供应恒定流量和压力的气体；

b) 通过测量气体干燥器对气体进行冷却，降低测量气体的露点，保证 H_2/O_2 测量的准确性。

气体的氢氧浓度调至合适的化学计量比后进入复合器。 H_2 和 O_2 在复合器中通过催化放热反应生成水。为了加快反应的启动速度，在复合器内部安装了加热棒。

复合器下游设有测量柜，用于监测可燃气体注入功能和复合器的效率。氢、氧浓度测量的准确性由以下措施保证：

a) 两台测量气体压缩机（2×50%）为本测量回路供应恒定流量、压力的气体。

b) 通过测量气体干燥器对气体进行冷却，降低测量气体的露点，保证 H_2/O_2 测量的准确性。

通过以下措施保证氢氧复合中氢、氧浓度测量的安全性和可靠性：

整个氢氧复合单元设计成能在核电厂所有正常运行工况下可靠的处理来自相连系统的可燃气体，调节和控制气体的组份，保证可燃气体反应完全。氢氧复合器上游氢氧测量柜入口的氢、氧注入控制阀设置为互锁，同一时间只能注入一种气体，避免氢氧同时注入而产生爆炸性气体的潜在风险。同时，上游氢氧注入可调节维持氢氧浓度的化学计量比，以保证 H_2 和 O_2 反应完全。复合器的出口可将 H_2 和 O_2 浓度分别降至 0.15

Vol.%左右（最大0.3%）和0.05 Vol.-%左右（最大0.1%）。通过定期对传感器进行校准，保证氢氧注入、监测和控制的准确性和可靠性。

废气压缩机下游设有密封液贮存箱。密封液贮存箱不仅作为密封液的接收容器，还作为压缩机出口气体及夹带液体的分离器。密封液从密封液贮存箱流入密封液冷却器冷却后，回流到废气压缩机内。

吹扫气体在压缩单元下游分流，一部分气体通过减压站4对稳压器泄压箱进行吹扫以及通过减压站5对反应堆冷却剂疏水箱进行吹扫；另一部分气体通过减压站6对容控箱进行吹扫。所有气体在吹扫后返回TEG系统的微负压部分。

— 波动运行工况

当大量气体进入TEG系统时，TEG系统切换至波动运行模式。此时气体主要有以下来源：

a) 机组启堆期间，由于反应堆冷却剂的热膨胀导致水体积增加，引起气空间总容积变化；

b) 机组停堆后，反应堆冷却剂系统水位下降，引起的气空间总容积变化；

c) 停堆过程中，反应堆压力容器气空间吹扫。

上述情况下，大量气体进入TEG系统，当系统内部压力过高时，TEG系统进入波动运行模式。此时，过量气体进入滞留单元，Kr和Xe放射性核素分别经过不少于40小时和40天的衰变处理，后在放射性监测装置的监视下，通过DWN系统的烟囱进行排放。

在稳态运行模式和波动运行模式下，TEG系统由功能模块自动控制。自动控制和联锁确保了TEG系统运行的安全性和可靠性。当TEG系统停运时，废气压缩机停运，阀门关闭。TEG系统的运行和监测信号通过核电厂过程信息控制系统在主控室进行显示和报警，并可根据测量值和报警信号在主控室进行处理。

（5） 系统设备

废气处理系统主要设备参数见表4.6-12。

4.6.3.2 空调、加热、冷却及通风系统

（1） 系统功能

— 用各种加热、冷却、通风和空调系统对每一个可能污染的厂房进行采暖、空调和降温以提供一个温暖的和空气质量良好的环境，确保操作人员的舒适、

安全、健康以及设备的有效运行和完整性。

- 控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，并使各厂房内可能被污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排放。
- 对通风排气进行过滤和除碘处理，以减少气载物质向大气环境的排放。

（2）系统描述

该系统的主要设备有进气预过滤器、排气预过滤器、高效空气粒子过滤器、碘吸附器等。

- 进气预过滤器：进风口处的过滤器用来过滤气体中的尘埃。这些过滤器效率相对较低，但根据现场具体条件也可安装效率较高的过滤器。
- 排风预过滤器：此种预滤器用于排风系统，设在HEPA过滤器的上游，通过过滤排风中的大粒径尘埃颗粒来延长HEPA过滤器的使用寿命。
- 高效空气粒子过滤器（HEPA）：HEPA过滤器用于过滤较小粒径的粉尘颗粒，过滤器的过滤因子不小于1000。
- 碘吸附器：碘吸附器用在各通风系统中以吸收悬浮在空气中的放射性碘。新的碘吸附器过滤因子至少为1000（甲基碘）。运行时，事故工况下需要的碘吸附器最小过滤因子为100。
- 碘吸附器加热器：碘吸附器加热器位于碘吸附器上游，用来限制空气相对湿度低于70%。
- 冷却盘管：通风系统在空调环路中使用冷却盘管。盘管为带翅片铜管。设有滴水盘和排水管，用于收集并排出冷凝水。盘管由冷冻水系统（DEL或DER）和/或核岛厂房内的设备冷却水系统（RRI）冷却。
- 送风/再循环/排风机：风机用作通风系统的送风机、再循环风机或排风机。它们是离心式或轴流式，取决于系统风量和压头损失。由直联电机驱动。
- 电加热器和加热盘管：通风系统采用电加热器或加热盘管（由热水系统加热）加热。在有氢气危险的区域（蓄电池室等），加热器或加热盘管为防爆型。
- 加湿器：加湿器用于确保必要的相对湿度条件。

4.6.3.3 冷凝器真空系统

冷凝器真空系统（CVI）的主要功能是保持冷凝器的真空度在正常运行所要求的

水平。同时，把抽出的气体输送至 DWN 系统或在起动时抽出气体直接排入大气。该系统本身不具备放射性废气的贮存、处理功能。

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

4.6.3.4 放射性废气的排放源项

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下气态放射性核素向环境释放的途径主要有以下三种：

- 通过 TEG 系统向环境释放；
- 通过厂房通风系统向环境释放；
- 通过二回路系统向环境释放。

其中，TEG 系统中气态放射性核素来自于放射性液体储罐和一回路冷却剂系统的气相空间的吹扫以及对于一回路冷却剂的脱气。厂房通风系统中气态放射性核素来自于各放射性设备的泄漏以及开放水面的蒸发。二回路系统中气态放射性核素来自于蒸汽发生器一二次侧泄漏情况下冷凝器真空系统对不凝气体的抽气。

（1）通过 TEG 的释放

TEG 系统的主要运行功能是为与冷却剂相连的各辅助系统提供连续的氮气吹扫并维持设备运行要求的负压以防止放射性气体泄漏至设备间，主要吹扫对象包括核岛疏水排气系统（RPE）的反应堆冷却剂疏水箱、化学和容积控制系统（RCV）的容控箱、冷却剂贮存和处理系统（TEP）的贮罐及除气单元、反应堆硼和水补给系统（REA）的贮罐、RPE 系统的冷却剂废液收集箱（除反应堆冷却剂疏水箱外）等。经过各分支管线吹扫后的气体通过压缩机的抽吸汇合至一条管线重新进入复合器上游气体干燥器的入口，并通过复合器去除吹扫气体中的氢和氧以防止氢气在设备中的积累及控制冷却剂中的氧含量。氢氧复合后的吹扫气体进入废气压缩机，废气压缩机的出口管线上设有调节阀，用于维持压缩机出口的压力恒定。经过压缩机的气体先由预干燥器进行干燥，再重新对 TEG 相连系统设备气空间进行吹扫。

依靠上述运行过程，吹扫管线基本构成了一个闭式循环，功率运行期间进入 TEG 系统的废气在循环管线内实现循环吹扫，基本没有废气排入滞留单元，但由于循环管线接口处的泄漏会造成放射性环境释放，泄漏的放射性气体通过 DWN 碘过滤单元后

通过烟囱排放环境。机组停堆期间反应堆冷却剂系统脱气产生气量较大，计算中考虑废气全部进入 TEG 滞留单元衰变后排放环境。

（2）通过厂房通风系统的释放

气态放射性核素通过厂房通风系统向环境的释放可能发生在反应堆厂房、核辅助厂房、废物厂房、燃料厂房、安全厂房以及汽轮机厂房中，废物厂房与核辅助厂房的计算模型相同，流出物源项计算中将废物厂房通风系统的释放合并到核辅助厂房通风系统释放中统一考虑。

反应堆厂房通风系统主要包括安全壳内部过滤系统（EVF）以及安全壳换气通风系统（EBA）。核电厂功率运行时，EVF 系统间断运行，从 EVR 送风管取风，经初效过滤器、HEPA 过滤器及碘吸附器过滤后，送至安全壳内下部环形空间，以降低壳内放射性碘及气溶胶的浓度。冷停堆期间 EVF 系统不需要运行，安全壳内通风主要由 EBA 大流量系统实现。EBA 大流量子系统排风通过 DWN 碘过滤列过滤后排放至烟囱。

由于放射性液体以冷态或热态泄漏到核辅助厂房中，其中的放射性核素部分或者全部迁移到厂房空气中，保守假设这部分迁移到厂房空气中的放射性核素全部进入 DWN 系统（不考虑厂房滞留衰变），可能存在碘污染的房间通风通过 DWN 系统碘过滤列过滤后排放环境。

燃料厂房内燃料水池开放水面的蒸发是该厂房内气态放射性物质释放的主要途径，燃料水池中水的放射性浓度较低，蒸发进入燃料厂房空气中的放射性核素非常少，另外在这些气态放射性物质排入环境前还会经过高效过滤器过滤碘过滤器（必要时）。因此，燃料厂房气态流出物活度释放量相比其他气态途径释放可忽略。

安全厂房内与一回路冷却剂相关的系统泄漏会导致该厂房的气态放射性释放，由于安全厂房内的系统仅在电厂停堆期间投入运行，即在核电厂一个燃料循环内发生泄漏的时间以及泄漏量基本相比其他厂房内的泄漏可以忽略，因此，安全厂房气态流出物活度相比其他气态途径释放可忽略。

在二回路放射性污染的情况下汽轮机厂房内的给水泄漏蒸发会导致气态放射性物质直接向环境释放，但考虑到这部分放射性释放相对于二回路冷凝器真空系统抽气排放可忽略，因此计算中忽略汽轮机厂房通风系统的释放。

综上，其他厂房通风系统的气态放射性释放量相比核辅助厂房以及反应堆厂房较小，故计算中主要考虑反应堆厂房通风系统以及核辅助厂房通风系统的释放。

（3）二回路系统的释放

二回路系统中的放射性气体来源于蒸汽发生器中一次侧向二次侧的泄漏，泄漏进入二次侧的放射性气体通过冷凝器真空系统向 DWN 系统经辐射监测后排放。

（4）氡和 C-14 源项

氡和 C-14 源项在 4.6.1 节中已经有所描述。

（5）气溶胶

设计方参照《压水堆核电厂运行状态下的放射性源项（GB/T13976-2008）》的有关内容，根据本工程在预期工况和设计基准工况下一回路冷却剂的活度谱，给出了本工程的气溶胶源项，单台机组预期工况和设计基准工况下分别为 $2.17\text{E-}03\text{GBq}$ 和 $3.14\text{E-}02\text{GBq}$ 。

预期工况和设计基准工况下单台机组气载放射性流出物年释放总量见表 4.6-13。

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组气、液态排放源项（包括预期工况和设计基准工况）的主要计算参数见表 4.6-14。

4.6.4 放射性固体废物管理系统及废物量

固体废物处理系统（TES）是为核电厂运行和维修时所产生的废树脂、废过滤器滤芯、浓缩液、干废物等废物在处置之前提供收集、处理、整备和临时暂存而设计的。固体放射性废物最终送往国家指定的区域中、低放废物处置场或厂址附近的中、低放废物处置场（如有）永久处置。

TES 系统处理以下几种废物：

- 干废物（废纸、抹布、塑料、金属等）
- 废离子交换树脂（简称“废树脂”）
- 废过滤器芯（简称“废滤芯”）
- 浓缩液

按废物性质对其进行处理：

- 蒸汽发生器排污系统（APG）废树脂排入 APG 废树脂分离罐，由真空抽吸装置将其装入指定容器中进行暂存，待其达到清洁解控水平后进行清洁解控；
- 表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯装入 200L 钢桶后，送 BQS 厂房进行超级压缩，再装入 400L 钢桶中进行水泥灌浆固定；表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯在更

换时装入带屏蔽容器的 400L 钢桶中，转运至 BWX 厂房进行水泥灌浆固定处理；

- 浓缩液及放射性废树脂装入 400L 钢桶中进行水泥固化；
- 干废物先进行分拣装填入 200L 钢桶内进行初级压缩，然后将预压完成的 200L 钢桶超级压缩成桶饼，最后再装入 400L 钢桶用水泥灌浆固定处理。

（1）系统功能

TES 系统按不同的功能主要分为三部分：

一部分为湿废物处理，包括湿废物的收集、暂存、转运、处理等过程，位于核辅助厂房（BNX）和放射性废物处理厂房（BWX），其中核辅助厂房为单机组布置，放射性废物处理厂房为两台机组共用。

第二部分为干废物分拣压缩打包线，位于废物辅助厂房（BQS），全厂六台机组共用。

最后一部分为废物包暂存，位于废物暂存库（BQT）。全厂六台机组共用。

（2）系统描述

a) 废树脂

在BNX厂房内RCV、PTR、TEP系统除盐器内的树脂需要更换时，首先注入除盐水使除盐器与废树脂贮槽间形成闭环回路，利用树脂冲排泵将废树脂冲排至废树脂贮槽。当BNX厂房废树脂贮槽内收集的废树脂达到设定值时，将废树脂输送至BWX厂房的废树脂暂存槽中。BWX厂房内TEU系统产生的放射性废树脂也通过废树脂转运泵送至废树脂暂存槽。

当废树脂暂存槽中废树脂需进行水泥固化时，将贮槽内的废树脂送往废树脂计量槽中进行计量。400L钢桶由辊道传输系统传输至自动取封盖站位进行卸盖，再传输至湿料接收位与湿料加注罩配合接收计量好的废树脂，然后送至干料接收位与干料加注罩及桶内搅拌器配合进行水泥添加，同时启动桶内搅拌器进行水泥固化操作，固化完毕后将钢桶传输至自动取封盖站位进行封盖，再进行养护，最后通过厂内运输车辆将其运往BQT库暂存。

BNX厂房APG系统除盐器产生的废树脂，在正常情况下由水力冲排至APG树脂分离罐内。APG树脂分离罐接收树脂的同时通过底部的疏水管排水，接收结束后，经过一段时间存放，将树脂中的游离水排尽，再利用真空抽吸装置将废树脂装入桶中，APG

废树脂桶运至BQT暂存。在特殊情况下（如蒸汽发生器破管），APG产生的废树脂放射性水平较高，此时通过管道支路，利用SED水将APG树脂冲排至废树脂贮槽中作为放射性废树脂处理。

b) 浓缩液处理

当TEU系统暂存的浓缩液需进行水泥固化时，将贮槽内的浓缩液通过管道送往浓缩液计量槽中进行计量。400L钢桶由辊道传输系统传输至自动开封盖站位进行卸盖，再传输至湿料接收位与湿料加注罩配合接收计量好的浓缩液，然后送至干料接收位与干料加注罩及桶内搅拌器配合进行水泥添加，同时启动桶内搅拌器进行水泥固化操作，固化完毕后将钢桶传输至自动开封盖站位进行封盖，再进行养护，最后通过厂内运输车辆将其运往BQT库暂存。

c) 废滤芯处理

废滤芯来自下列系统的过滤器：PTR、RCV、RPE、TEP及TEU系统。其中，布置在BNX厂房的PTR、RCV、RPE、TEP系统过滤器芯失效时，需利用废滤芯更换装置来进行废滤芯的拆取和运输以及新过滤器芯子装载等操作。布置在BWX厂房的TEU系统过滤器芯采用配套的废滤芯更换转运装置进行更换和转运操作。

表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯通过超压后进行固定处理；表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯在更换时装入带屏蔽容器的400L钢桶中，由转运车辆将屏蔽容器及钢桶运至BWX厂房，在BWX厂房中将装有废滤芯的屏蔽容器及钢桶吊至转运小车上，再由小车运至废滤芯固定灌浆站位进行水泥灌浆固定处理，灌浆完毕后将钢桶传输至自动开封盖站位进行封盖操作，再进行养护，废物桶最后通过厂内运输车辆将其运往BQT库暂存。

d) 干废物的收集及处理

三澳核电厂1、2号机组的废物辅助厂房（BQS）按照处理六台机组产生的干废物设计，本项目产生的干废物送至BQS厂房处理。干废物（纸、衣服、塑料、金属等）在产生地经初步分类后装在不同颜色的塑料袋中，然后运输至BQS厂房，由倾倒装置倒入分拣箱进行分拣。将含水量较高的废物分拣至200L钢桶内，送至干燥器干燥。干燥后的废物重新送至分拣箱进行分拣。

经分拣箱分拣后的可压缩废物装入200L钢桶，运输至初级压缩机进行桶内预压，对压出的空间可再次填充废物，反复压实满桶后封盖。利用2000t超级压缩机将封装好

的200L废物桶压成钢桶饼。表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废过滤器芯也在200 L桶内被超级压缩机压缩成钢桶饼。

超级压缩后的桶饼被输送到优选盘，根据桶饼的厚度优选装置对桶饼进行优选，使400L钢桶内放尽可能多的桶饼，一般一个400L钢桶可放3~4个桶饼。400L钢桶装满桶饼后进行水泥灌浆固定封盖，封盖后的400L钢桶送BQT库暂存。

对于检修中可能产生的表面剂量率大于 2mSv/h 的干废物，可送至BNX厂房干废物暂存点带有隔墙的房间内临时暂存，再根据其暂存衰变情况和废物的形状，采取适当方式运输至BQS或BWX厂房处理。

5) 废物暂存库

BQT库贮存量按照暂存三澳核电厂共两台机组5年产生的放射性固体废物包体积进行设计。废物桶由废物转运车辆运到BQT库的操作间后，操作人员在吊车操作间通过专用吊具把废物桶吊至桶检测间，根据桶的表面剂量率，用数控吊车把废物桶吊至指定区域暂存。400L钢桶废物包按照其表面剂量率不同分别存放在贮存区I和竖井区，垂直码放四层。对于表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的400L钢桶均采用屏蔽容器运输，屏蔽容器采用数控吊车远程开盖，有效降低对操作人员受辐照剂量。

固体废物处理系统（TES）的主要设备特性见表4.6-15。

三澳核电厂1、2号单台机组放射性固体废物的预期产生量和设计产生量列于表4.6-16中，其单台机组干废物产量预期值综合考虑了其他三代机型、二代机型干废物预期产生值及运行值，故固体废物预期产生量相对较为保守。随着机组运行经验得以累积、管理措施得以优化后，可考虑在该值的基础上对固体废物源项进行优化。

（3）放射性固体废物的最终处置

根据我国有关法规文件的要求，核电厂产生的放射性固体废物，在厂内暂存一段时间后，应送往国家指定的废物处置场进行处置。

放射性固体废物系统（TES）的工艺流程简图见图4.6-10。

4.6.5 乏燃料暂存系统

（1）系统功能

乏燃料贮存系统的主要功能是对从反应堆中卸出的乏燃料组件，在运往后处理厂之前进行贮存和冷却。

（2）系统描述

乏燃料水池内设置有水下燃料贮存格架和破损燃料组件贮存小室等设备，总的贮存容量能满足至少 10 个换料循环产生的乏燃料和一个全堆芯强迫卸料量。

水下燃料贮存格架自由坐落在乏燃料水池的底部，由若干台相互独立的贮存格架组成，每台贮存格架又由若干个贮存小室按一定规则排列组成。

小每个贮存小室仅能贮存一组乏燃料组件。其中 5 个下部装有滤网的贮存小室专门用来贮存破损燃料组件。

水下燃料贮存格架由贮存小室、底板、围板、支腿及连接紧固件等构成。水下燃料贮存格架的每个贮存小室的栅距为 280mm，在每个贮存小室外四壁，均安装有中子吸收材料，确保贮存的燃料组件满足次临界要求。

水下燃料贮存格架的支腿可以使用支腿调节工具调节支腿高度，以保证格架的水平荷载均匀分配到水池。

水下燃料贮存格架的几何形状和设计要保证，当乏燃料水池吊车或辅助吊车在贮存小室上方就位时，可以垂直的插入或取出燃料组件。不再需要其他任何操作，以避免撞击或损坏燃料组件。

将根据中子毒物选用情况再确定是否需要采取在役监测中子毒物有效性措施。

表 4.6-1 堆芯裂变产物积存量 (10^8GBq)

核素	堆芯最大活度	核素	堆芯最大活度
Ba-140	6.16E+01	Rb-88	3.55E+01
Ce-141	5.56E+01	Rb-89	4.73E+01
Ce-143	5.83E+01	Rh-103m	5.38E+01
Ce-144	4.24E+01	Rh-106	2.57E+01
Cs-134	8.71E+00	Ru-106	2.33E+01
Cs-136	2.51E+00	Sr-89	4.08E+01
Cs-137	5.08E+00	Sr-90	3.54E+00
Cs-138	6.60E+01	Sr-91	5.82E+01
I-129	1.48E-06	Sr-92	5.83E+01
I-131	3.15E+01	Tc-99m	5.38E+01
I-132	4.60E+01	Te-131	2.64E+01
I-133	6.71E+01	Te-131m	6.56E+00
I-134	7.74E+01	Te-132	4.51E+01
I-135	6.33E+01	Te-134	6.95E+01
Kr-83m	5.30E+00	Xe-131m	4.60E-01
Kr-85	4.06E-01	Xe-133	2.05E+01
Kr-85m	1.19E+01	Xe-133m	6.64E+00
Kr-87	2.46E+01	Xe-135	1.37E+01
Kr-88	3.48E+01	Xe-135m	2.16E+01
La-140	6.20E+01	Xe-138	8.71E+01
Mo-99	6.10E+01	Y-90	3.70E+00
Nb-95	5.84E+01	Y-91	5.00E+01
Pr-143	5.51E+01	Zr-95	5.87E+01
Pr-144	4.27E+01		

表 4.6-2 计算一回路冷却剂裂变产物活度谱的主要参数

反应堆参数	回路数目	3
	堆芯额定功率	3180MWt
	总流量	25450×3m ³ /h
	堆芯入口温度（最佳估算）	292.6℃
	稳压器气相容积	30.05m ³
	稳压器液相容积	37.6m ³
	RCV 容控箱气相容积	8m ³
	RCV 容控箱液相容积	7m ³
	一回路水装量（热态满功率）	186.2 (t)
	主冷却剂压力	15.5MPa
燃料参数（冷态）	燃料棒总数	46728 根
	轴向分段	7
	堆芯径向分区	3
	铀装量	80.91t
	活性段高度	365.76cm
	包壳外径	0.950cm
	包壳内径	0.836cm
	芯块高度	1.35cm
	芯块直径	0.8192cm
	燃料密度	10.41g/cm ³
	燃料中 U-235 初始富集度	4.45%
	包壳表面铀沾污量	1g/3g
	包壳破口尺寸	34μm
运行参数	RCV 下泄流量	25 (t/h) /50 (t/h)
	RCV 阳床除盐因子	10
	RCV 混床除盐因子	10
	平均线功率密度	181.2W/cm
	主冷却剂寿期初硼浓度（天然硼）	1829ppm
	主冷却剂寿期末硼浓度（天然硼）	10ppm

*本项目实际采用 B-10 富集度为 35%的富集硼酸，转换关系为：天然硼浓度=1.793×富集硼浓度

表 4.6-3 (1/2) 反应堆冷却剂活度谱
惰性气体、碘和铯的活度谱

核素	0.1GBq/t 碘当量 (GBq/t)		5GBq/t 碘当量 (GBq/t)		37GBq/t 碘当量 (GBq/t)	
	稳态	瞬态	稳态	瞬态	稳态	瞬态
Kr-85m	1.10E-1	2.51E-01	5.97E+0	1.33E+01	4.43E+1	9.87E+01
Kr-85	1.18E-3	1.18E-03	6.73E-2	7.92E-02	5.02E-01	5.90E-01
Kr-87	1.27E-1	2.76E-01	6.54E+0	1.57E+01	4.84E+01	1.16E+02
Kr-88	2.45E-1	5.97E-01	1.31E+1	2.98E+01	9.76E+01	2.21E+02
Xe-133m	5.13E-2	1.11E-01	2.89E+0	6.00E+00	2.15E+01	4.47E+01
Xe-133	1.50E+0	2.90E+00	8.46E+1	1.60E+02	6.30E+02	1.19E+03
Xe-135	8.73E-1	1.15E+00	4.77E+1	6.44E+01	3.55E+02	4.79E+02
Xe-138	1.98E-1	5.66E-01	7.38E+0	2.12E+01	5.36E+01	1.54E+02
Σgas	3.1	5.9	168.3	310.5	1250.9	2306.0
I-131	6.16E-2	1.57E+00	3.45E+0	8.70E+01	2.57E+01	6.48E+02
I-132	9.07E-2	1.05E+00	2.74E+0	3.05E+01	1.95E+01	2.18E+02
I-133	1.06E-1	8.40E-01	4.97E+0	3.78E+01	3.67E+01	2.79E+02
I-134	7.60E-2	9.77E-01	4.36E-1	5.68E+00	1.85E+00	2.41E+01
I-135	7.40E-2	6.05E-01	2.05E+0	1.54E+01	1.45E+01	1.09E+02
ΣI	0.4	5.0	13.7	176.5	98.3	1277.4
I-131eq	0.1	1.9	5.0	99.2	37.0	736.2
Cs-134	1.97E-3	9.87E-01	1.13E-1	5.40E+01	8.42E-01	4.03E+02
Cs-136	1.36E-3	8.09E-02	7.38E-2	4.37E+00	5.48E-01	3.25E+01
Cs-137	2.86E-3	1.19E+00	1.63E-1	6.58E+01	1.22E+00	4.90E+02
Cs-138	2.01E-1	5.90E-01	7.31E+0	2.15E+01	5.30E+01	1.56E+02
Sr-89	8.19E-5	-	3.56E-3	-	2.61E-02	-
Sr-90	1.28E-6	-	6.54E-5	-	4.84E-04	-
Y-90	2.23E-7	-	1.09E-5	-	8.06E-05	-
Y-91	2.72E-6	-	1.10E-4	-	8.01E-04	-
Sr-91	2.47E-3	-	1.02E-2	-	2.96E-02	-
Sr-92	6.28E-3	-	2.05E-2	-	3.21E-02	-
Zr-95	1.28E-5	-	1.74E-4	-	1.09E-03	-
Nb-95	2.82E-6	-	1.45E-4	-	1.07E-03	-
Mo-99	6.85E-3	-	2.39E-2	-	4.67E-02	-
Tc-99m	2.91E-4	-	1.14E-3	-	2.95E-03	-
Ru-103	2.33E-5	-	1.88E-4	-	9.90E-04	-
Rh-106	2.53E-6	-	4.74E-5	-	3.19E-04	-
Ru-106	2.53E-6	-	4.74E-5	-	3.19E-04	-
Te-131m	9.71E-5	-	9.19E-4	-	5.19E-03	-
Te-131	1.30E-2	-	3.97E-2	-	4.34E-02	-
Te-132	3.25E-4	-	7.90E-3	-	5.51E-02	-
Te-134	1.81E-2	-	5.55E-2	-	6.41E-02	-
Ba-140	3.52E-4	-	8.69E-3	-	6.06E-02	-
La-140	9.72E-6	-	3.54E-4	-	2.57E-03	-
Ce-141	2.42E-5	-	2.01E-4	-	1.08E-03	-
Ce-143	4.51E-4	-	1.47E-3	-	2.30E-03	-
Pr-143	2.83E-6	-	1.29E-4	-	9.48E-04	-
Ce-144	3.95E-6	-	1.02E-4	-	7.18E-04	-
Pr-144	2.90E-6	-	9.99E-5	-	7.21E-04	-

表 4.6-3 (2/2) 反应堆冷却剂活度谱

活化腐蚀产物预期源项

同位素	比活度 (GBq/t)		
	稳态	瞬态	冷停堆峰值
Cr-51	3.30E-02	7.20E-01	1.00E+01
Mn-54	3.10E-03	9.10E-02	3.70E+00
Fe-59	3.30E-03	3.20E-02	1.90E+00
Co-58	8.30E-03	5.60E-01	4.00E+02
Co-60	7.60E-03	7.10E-01	2.50E+01
Sb-122	2.50E-03	5.20E-02	1.00E+01
Sb-124	1.10E-03	3.70E-02	5.50E+01
Ag-110m	2.10E-03	6.10E-02	9.70E+00

活化腐蚀产物设计基准源项

同位素	比活度 (GBq/t)		
	稳态	瞬态	冷停堆峰值
Cr-51	1.70E-01	7.20E-01	1.00E+01
Mn-54	1.20E-02	9.10E-02	3.70E+00
Fe-59	2.60E-02	3.20E-02	1.90E+00
Co-58	5.70E-02	5.60E-01	4.00E+02
Co-60	5.10E-02	7.10E-01	2.50E+01
Sb-122	6.00E-03	5.20E-02	1.00E+01
Sb-124	3.90E-03	3.70E-02	5.50E+01
Ag-110m	8.50E-03	6.10E-02	9.70E+00

表 4.6-4（1/2）蒸汽发生器二次侧液相和气相中放射性核素的^{最大放射性浓度}

核素	预期值(GBq/t)		设计值(GBq/t)	
	水相	气相	水相	气相
Kr-85m	---	2.6E-08	---	2.81E-06
Kr-85	---	2.84E-10	---	3.13E-08
Kr-87	---	3.08E-08	---	3.04E-06
Kr-88	---	5.68E-08	---	6.08E-06
Xe-133m	---	1.21E-08	---	1.36E-06
Xe-133	---	3.55E-07	---	3.97E-05
Xe-135	---	2.06E-07	---	2.24E-05
Xe-138	---	4.73E-08	---	3.46E-06
I-131	1.61E-06	1.61E-08	1.82E-04	1.82E-06
I-132	1.21E-06	1.21E-08	7.87E-05	7.87E-07
I-133	2.61E-06	2.61E-08	2.42E-04	2.42E-06
I-134	5.59E-07	5.59E-09	7.43E-06	7.43E-08
I-135	1.45E-06	1.45E-08	8.65E-05	8.65E-07
Cs-134	5.28E-08	1.32E-10	5.81E-06	1.45E-08
Cs-136	3.67E-08	9.18E-11	3.89E-06	9.72E-09
Cs-137	7.66E-08	1.92E-10	8.45E-06	2.11E-08
Cs-138	1.01E-06	2.53E-09	8.64E-05	2.16E-07

表 4.6-4 (2/2) 蒸汽发生器二次侧液相和气相中放射性核素的^{最大放射性浓度}

核素	预期值(GBq/t)		设计值(GBq/t)	
	水相	气相	水相	气相
Sr-89	2.16E-09	5.41E-12	1.90E-07	4.75E-10
Sr-90	3.43E-11	8.59E-14	3.43E-09	8.59E-12
Y-90	5.61E-12	1.40E-14	5.65E-10	1.41E-12
Y-91	7.12E-11	1.78E-13	5.80E-09	1.45E-11
Sr-91	5.33E-08	1.33E-10	4.44E-07	1.11E-09
Sr-92	9.06E-08	2.26E-10	6.58E-07	1.64E-09
Zr-95	3.43E-10	8.57E-13	8.97E-09	2.24E-11
Nb-95	7.38E-11	1.84E-13	7.38E-09	1.85E-11
Mo-99	1.74E-07	4.34E-10	1.23E-06	3.08E-09
Tc-99m	5.56E-09	1.39E-11	4.44E-08	1.11E-10
Ru-103	6.06E-10	1.52E-12	1.00E-08	2.50E-11
Rh-106	2.41E-13	6.03E-16	1.10E-11	2.76E-14
Ru-106	6.60E-11	1.65E-13	2.48E-09	6.21E-12
Te-131m	2.38E-09	5.96E-12	4.58E-08	1.14E-10
Te-131	5.33E-08	1.33E-10	3.87E-07	9.68E-10
Te-132	8.22E-09	2.05E-11	4.08E-07	1.02E-09
Te-134	1.12E-07	2.79E-10	8.05E-07	2.01E-09
Ba-140	9.18E-09	2.29E-11	4.57E-07	1.14E-09
La-140	2.43E-10	6.06E-13	1.77E-08	4.42E-11
Ce-141	6.32E-10	1.58E-12	1.05E-08	2.64E-11
Ce-143	1.11E-08	2.78E-11	7.50E-08	1.88E-10
Pr-143	7.35E-11	1.84E-13	6.83E-09	1.71E-11
Ce-144	1.06E-10	2.64E-13	5.28E-09	1.32E-11
Pr-144	8.63E-12	2.16E-14	7.07E-10	1.77E-12
Cr-51	8.69E-07	2.17E-09	8.96E-06	2.24E-08
Mn-54	8.19E-08	2.05E-10	6.34E-07	1.58E-09
Fe-59	8.70E-08	2.17E-10	1.37E-06	3.43E-09
Co-58	2.19E-07	5.47E-10	3.01E-06	7.52E-09
Co-60	2.01E-07	5.02E-10	2.69E-06	6.74E-09
Sb-122	6.38E-08	1.60E-10	3.08E-07	7.70E-10
Sb-124	2.90E-08	7.25E-11	2.06E-07	5.14E-10
Ag-110m	5.55E-08	1.39E-10	4.49E-07	1.12E-09

表 4.6-5（1/2） 冷却剂贮存和处理系统（TEP）的主要设备特性

冷却剂贮存箱（TEP1110/1120/1130/1140/1150/1160BA）		
名称	数值	单位
数量	6	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0.3	MPa（g）
最大运行温度	100	℃
有效容积	125	m ³
冷凝液罐（TEP5121BA）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最大运行温度	200	℃
有效容积	0.8	m ³
硼酸蒸馏塔（TEP3501ZE）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0.6	MPa（g）
最大运行温度	170	℃
流量	10	t/h
浓缩液出口	7000	mg/kg
冷凝液出口	2	mg/kg
除气塔（TEP4201DZ）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最大运行温度	200	℃
流量	75	t/h
除气因子	1000	---
冷凝液除气塔（TEP6101DZ）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最大运行温度	200	℃
流量	10.26	t/h
除气因子	100000	---

表 4.6-5（2/2） 冷却剂贮存和处理系统（TEP）的主要设备特性

混床除盐床（TEP2211DE）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.2	MPa (g)
最大运行温度	100	℃
最大流量	12.6	m ³ /h
树脂体积	0.6	m ³
树脂捕集器（TEP2301FI）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.2	MPa (g)
最大运行温度	100	℃
最大流量	12.6	m ³ /h
过滤效率	98	%
过滤精度	0.45	um
树脂筛（TEP2233FI）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.2	MPa (g)
最大运行温度	100	℃
最大流量	---	m ³ /h
过滤效率	100	%
过滤精度	200	um
密封水过滤器（TEP3675FI）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	0.6	MPa (g)
最大运行温度	100	℃
最大流量	3.6	m ³ /h
过滤效率	100	%
过滤精度	100	um

表 4.6-6（1/3） 废液处理系统（TEU）的主要设备特性

— TEU— 工艺废液贮存槽		
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	100	°C
有效容积	50	m ³
— TEU—化学废液贮存槽		
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	100	°C
有效容积	50	m ³
— TEU—地面废液贮存槽		
数量	3	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	100	°C
有效容积	50	m ³
— TEU— 洗涤废液贮存槽		
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	100	°C
有效容积	50	m ³
—TEU— 监测槽		
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
有效容积	50	m ³
—TEU— 取样手套箱		
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0.1	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
—TEU— 化学加药罐		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
有效容积	0.2	m ³

表 4.6-6 (2/3) 废液处理系统 (TEU) 的主要设备特性

—TEU— 冷凝液罐		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0.6	MPa (g)
最大运行温度	170	°C
有效容积	1.3	m ³
—TEU— 浓缩液罐		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0.6	MPa (g)
最大运行温度	170	°C
有效容积	12	m ³
—TEU— 蒸发器		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	0.6	MPa (g)
最大运行温度	170	°C
处理流量	4	m ³ /h
—TEU— 除盐器		
数量	3	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
最大流量	10	m ³ /h
树脂体积 (湿)	1.5	m ³
—TEU— 地面废液过滤器		
名称	数值	单位
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
处理流量	20	m ³ /h
过滤效率	98	%
—TEU— 洗涤废液过滤器		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
最大流量	20	m ³ /h
过滤效率	98	%
过滤精度	5	μm

表 4.6-6 (3/3) 废液处理系统 (TEU) 的主要设备特性

— TEU— 树脂截留过滤器		
数量	2	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
最大流量	10	m ³ /h
过滤效率	98	%
过滤精度	25	μm
— TEU— 除盐器预过滤器		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
最大流量	10	m ³ /h
过滤效率	98	%
过滤精度	5	μm
— TEU— 蒸发器预过滤器		
数量	1	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
最大流量	4	m ³ /h
过滤效率	98	%
过滤精度	100	μm
— TEU— 树脂捕集器		
数量	3	台
材料	不锈钢	---
最大运行压力	1.5	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
最大流量	12.7	m ³ /h
过滤效率	100	%
过滤精度	200	μm

表 4.6-7 核岛废液排放系统（TER）的主要设备特性

TER—废液贮存罐（TER1110/1120/1130BA）		
数量	3	个
材料	不锈钢	-
最大运行压力	0	MPa（g）
最大运行温度	60	°C
有效容积	750	m ³
— TER—废液排放泵（TER1210/1220/1230PO）		
数量	3	台
类型	离心泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa（g）
最大运行温度	60	°C
额定流量	250	m ³ /h
额定扬程	40	mLC
— TER—地坑泵（TER1930PO）		
数量	1	台
类型	潜水泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa（g）
最大运行温度	60	°C
额定流量	5	m ³ /h
额定扬程	24	mLC
— TER—地坑泵（TER1910PO）		
数量	1	台
类型	潜水泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa（g）
最大运行温度	60	°C
额定流量	5	m ³ /h
额定扬程	20	mLC

表 4.6-8 放射性废水回收系统（SRE）的主要设备特性

— SRE—地坑泵（9SRE1110/1210/1310/1320/1410/1510PO）		
数量	6	台
类型	潜水泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa (g)
最大运行温度	90	°C
额定流量	10	m ³ /h
— SRE—就地取样箱（9SRE1217GT）		
数量	1	台
主体材料	不锈钢	-
最大运行压力	0	MPa (g)
最高运行温度	110	°C
— SRE—职业医疗室人体去污废液收集箱（0SRE3110BA）		
数量	1	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
有效容积	3.59	m ³
— SRE—职业医疗室人体去污废液排放泵（0SRE3110PO）		
数量	1	台
类型	离心泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
额定流量	10	m ³ /h
— SRE—职业医疗室人体去污废液地坑泵（0SRE3120PO）		
数量	1	台
类型	潜水泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1	MPa (g)
最大运行温度	70	°C
额定流量	11	m ³ /h

表 4.6-9 常规岛废液排放系统（SEL）的主要设备特性

— SEL— 废液贮存罐（SEL1110/1120/1130BA）		
数量	3	个
材料	碳钢	-
最大运行压力	0	MPa (g)
最大运行温度	60	°C
有效容积	750	m ³
— SEL— 废液排放泵（SEL1210/1220/1230PO）		
数量	3	台
类型	离心泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa (g)
最大运行温度	60	°C
额定流量	250	m ³ /h
额定扬程	40	mLC
— SEL— 地坑泵（SEL1930PO）		
数量	1	台
类型	潜水泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa (g)
最大运行温度	60	°C
额定流量	5	m ³ /h
额定扬程	24	mLC
— SEL—地坑泵（SEL1910PO）		
数量	1	台
类型	潜水泵	-
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.0	MPa (g)
最大运行温度	60	°C
额定流量	5	m ³ /h
额定扬程	20	mLC

表 4.6-10（1/2） 核岛排气和疏水系统（RPE）的主要设备特性

过滤器（RPE1916FI-）			
名称	数值		单位
数量	1		台
材料	不锈钢		-
最大运行压力	1.2		MPa (g)
最高运行温度	100		°C
最大流量	86.4		m ³ /h
过滤精度	5		μm
过滤效率	98		%
换热器（RPE3402EX-）			
名称	数值		单位
	管侧	壳侧	
数量	1		台
材料	不锈钢	不锈钢	-
流体介质	反应堆冷却剂	RRI 系统冷却水	
最大运行压力	1.5	1.35	MPa (g)
最高运行温度	150	90	°C
设计热负荷	0.45		MW
设计流量	40	76	m ³ /h
入口/出口温度	63.4/48	38/45.6	°C
反应堆厂房反应堆冷却剂疏水箱（RPE3101BA-）			
名称	数值		单位
数量	1		台
材料	不锈钢		-
最大运行压力	0.4		MPa (g)
最高运行温度	250		°C
有效容积	5		m ³
反应堆厂房一回路废液箱（RPE3111BA-）			
名称	数值		单位
数量	1		台
材料	不锈钢		-
最大运行压力	0		MPa (g)
最高运行温度	100		°C
有效容积	1.5		m ³
反应堆厂房和燃料厂房地面废液收集箱（RPE7101/7501BA-）			
名称	数值		单位
数量	2		台
材料	不锈钢		-
最大运行压力	0		MPa (g)
最高运行温度	100		°C
有效容积	1		m ³
核辅助厂房化学废液收集箱（RPE5101BA-）			
名称	数值		单位
数量	1		台
材料	不锈钢		-
最大运行压力	1.2		MPa (g)
最高运行温度	100		°C
有效容积	4		m ³

表 4.6-10（2/2） 核岛排气和疏水系统（RPE）的主要设备特性

安全厂房反应堆冷却剂废液收集箱（RPE1401/1501/1601BA-）		
名称	数值	单位
数量	3	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最高运行温度	100	°C
有效容积	2	m ³
燃料厂房反应堆冷却剂废液收集箱（RPE1101/1201BA-）		
名称	数值	单位
数量	2	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最高运行温度	100	°C
有效容积	2	m ³
核辅助厂房反应堆冷却剂废液收集箱（RPE1701BA-）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最高运行温度	100	°C
有效容积	4	m ³
燃料厂房、安全厂房工艺废液收集箱（RPE4201/4301/4501/4701/4801BA-）		
名称	数值	单位
数量	5	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最高运行温度	100	°C
有效容积	1	m ³
核辅助厂房工艺废液中转箱（RPE4601BA-）		
名称	数值	单位
数量	1	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa（g）
最高运行温度	100	°C
有效容积	4	m ³
核辅助厂房工艺废液和地面废液暂存箱（RPE5501/5701BA-）		
名称	数值	单位
数量	2	台
材料	不锈钢	-
最大运行压力	0	MPa（g）
最高运行温度	100	°C
有效容积	50	m ³

表 4.6-11 单台机组废液放射性排放量（1/2）

核素	预期工况				总计
	TEP 释放	APG 排污	二回路给水	TEU 释放	
Sr-89	1.76E-05	4.04E-08	1.52E-06	7.64E-04	7.83E-04
Sr-90	3.03E-07	1.19E-09	2.41E-08	1.49E-05	1.52E-05
Sr-91	2.08E-08	9.97E-07	3.75E-05	---	3.86E-05
Sr-92	---	1.69E-06	6.35E-05	---	6.51E-05
Y-90	2.49E-07	1.51E-09	3.93E-09	1.46E-05	1.49E-05
Y-91	1.61E-06	1.65E-09	4.99E-08	7.11E-05	7.28E-05
Zr-95	2.84E-06	6.78E-09	2.40E-07	1.26E-04	1.30E-04
Nb-95	9.06E-07	1.71E-09	5.17E-08	5.89E-05	5.99E-05
Mo-99	3.49E-04	3.23E-06	1.22E-04	1.78E-03	2.25E-03
Tc-99m	3.50E-04	1.04E-07	3.90E-06	1.78E-03	2.13E-03
Ru-103	4.82E-06	1.14E-08	4.25E-07	2.02E-04	2.07E-04
Rh-106	---	1.07E-09	1.69E-10	---	1.24E-09
Ru-106	5.75E-07	1.52E-09	4.63E-08	2.78E-05	2.84E-05
Te-131m	8.11E-07	4.45E-08	1.67E-06	2.71E-07	2.80E-06
Te-131	2.06E-09	1.03E-06	3.74E-05	6.30E-10	3.84E-05
Te-132	2.08E-05	1.53E-07	5.76E-06	1.51E-04	1.77E-04
Te-134	---	2.11E-06	7.82E-05	---	8.03E-05
I-131	8.61E-03	3.00E-05	4.52E-03	1.95E-01	2.08E-01
I-132	---	2.25E-05	3.39E-03	---	3.41E-03
I-133	2.12E-04	4.86E-05	7.32E-03	7.83E-06	7.58E-03
I-134	---	1.05E-05	1.57E-03	---	1.58E-03
I-135	4.67E-09	2.70E-05	4.07E-03	---	4.09E-03
Cs-134	2.32E-03	9.83E-07	3.70E-05	6.94E-02	7.18E-02
Cs-136	1.19E-03	6.83E-07	2.57E-05	2.23E-02	2.35E-02
Cs-137	3.37E-03	1.43E-06	5.37E-05	1.02E-01	1.05E-01
Cs-138	---	1.93E-05	7.09E-04	---	7.28E-04
Ba-140	5.88E-05	1.71E-07	6.43E-06	1.77E-03	1.83E-03
La-140	6.00E-05	4.82E-09	1.70E-07	2.03E-03	2.09E-03
Ce-141	4.92E-06	1.19E-08	4.43E-07	1.99E-04	2.05E-04
Ce-143	5.17E-06	2.07E-07	7.80E-06	2.78E-06	1.60E-05
Ce-144	9.18E-07	2.44E-09	7.40E-08	4.41E-05	4.51E-05
Pr-143	8.61E-06	1.70E-09	5.15E-08	2.86E-04	2.95E-04
Pr-144	9.18E-07	1.24E-09	6.04E-09	4.41E-05	4.50E-05
Cr-51	6.61E-03	1.62E-05	6.09E-04	2.60E-01	2.67E-01
Mn-54	7.12E-04	1.52E-06	5.74E-05	3.43E-02	3.51E-02
Fe-59	7.00E-04	1.62E-06	6.10E-05	2.99E-02	3.06E-02
Co-58	1.82E-03	4.07E-06	1.53E-04	8.20E-02	8.40E-02
Co-60	1.77E-03	3.74E-06	1.41E-04	8.65E-02	8.84E-02
Sb-122	1.25E-04	1.19E-06	4.47E-05	6.07E-04	7.78E-04
Sb-124	2.39E-04	5.40E-07	2.03E-05	1.06E-02	1.08E-02
Ag-110m	4.81E-04	1.03E-06	3.89E-05	2.30E-02	2.36E-02
总计	2.90E-02	2.01E-04	2.32E-02	9.25E-01	9.77E-01
H-3					3.49E+04
C-14					1.34E+01

表 4.6-11 单台机组废液放射性排放量（2/2）

设计工况

单位：GBq/a

核素	TEP 释放	APG 排污	二回路给水	TEU 释放	总计
Sr-89	1.05E-03	3.53E-06	1.33E-04	2.01E-03	3.19E-03
Sr-90	1.94E-05	6.41E-08	2.41E-06	4.22E-05	6.40E-05
Sr-91	9.85E-05	7.98E-06	3.00E-04	---	4.07E-04
Sr-92	2.89E-08	1.13E-05	4.23E-04	---	4.34E-04
Y-90	9.81E-06	1.06E-08	3.93E-07	4.01E-05	5.03E-06
Y-91	3.74E-05	1.08E-07	4.07E-06	7.34E-05	1.15E-04
Zr-95	4.97E-05	1.67E-07	6.29E-06	9.79E-05	1.54E-04
Nb-95	4.22E-05	1.38E-07	5.17E-06	9.34E-05	1.41E-04
Mo-99	4.33E-03	2.28E-05	8.59E-04	9.74E-04	6.19E-03
Tc-99m	4.31E-03	7.86E-07	2.96E-05	9.75E-04	5.32E-03
Ru-103	5.48E-05	1.86E-07	7.02E-06	1.02E-04	1.64E-04
Rh-106	---	2.52E-09	6.35E-09	---	8.87E-09
Ru-106	1.40E-05	4.63E-08	1.74E-06	2.99E-05	4.56E-05
Te-131m	9.07E-05	8.41E-07	3.17E-05	1.34E-06	1.25E-04
Te-131	2.30E-07	6.35E-06	2.30E-04	3.41E-09	2.37E-04
Te-132	1.54E-03	7.55E-06	2.84E-04	4.94E-04	2.33E-03
Te-134	---	1.31E-05	4.87E-04	---	5.00E-04
I-131	8.80E-01	3.39E-03	5.10E-01	8.80E-01	2.27E+00
I-132	4.29E-07	1.34E-03	2.01E-01	0.00E+00	2.02E-01
I-133	3.02E-01	4.42E-03	6.65E-01	4.93E-04	9.72E-01
I-134	---	1.22E-04	1.81E-02	---	1.83E-02
I-135	4.06E-03	1.53E-03	2.31E-01	---	2.36E-01
Cs-134	1.64E-01	1.08E-04	4.07E-03	3.29E-01	4.98E-01
Cs-136	9.95E-02	7.22E-05	2.72E-03	1.25E-01	2.28E-01
Cs-137	2.39E-01	1.57E-04	5.92E-03	4.84E-01	7.29E-01
Cs-138	---	1.41E-03	5.18E-02	---	5.32E-02
Ba-140	2.33E-03	8.49E-06	3.20E-04	3.10E-03	5.76E-03
La-140	1.42E-03	8.49E-06	1.23E-05	3.51E-03	4.95E-03
Ce-141	5.73E-05	3.26E-07	7.38E-06	4.65E-04	1.67E-04
Ce-143	1.64E-04	1.96E-07	5.20E-05	1.03E-04	2.22E-04
Ce-144	2.97E-05	1.38E-06	3.70E-06	3.91E-06	9.67E-05
Pr-143	6.22E-05	9.86E-08	4.78E-06	1.11E-04	1.78E-04
Pr-144	2.97E-05	1.27E-07	4.17E-07	6.32E-05	9.34E-05
Cr-51	4.83E-02	1.67E-04	6.27E-03	8.38E-02	1.39E-01
Mn-54	3.57E-03	1.18E-05	4.44E-04	7.60E-03	1.16E-02
Fe-59	7.53E-03	2.55E-05	9.61E-04	1.42E-02	2.27E-02
Co-58	1.67E-02	5.60E-05	2.11E-03	3.32E-02	5.21E-02
Co-60	1.52E-02	5.01E-05	1.89E-03	3.30E-02	5.01E-02
Sb-122	1.07E-03	5.70E-06	2.15E-04	2.31E-04	1.52E-03
Sb-124	1.14E-03	3.83E-06	1.44E-04	2.23E-03	3.52E-03
Ag-110m	2.53E-03	8.35E-06	3.15E-04	5.35E-03	8.20E-03
总计	1.80E+00	1.30E-02	1.71E+00	2.02E+00	5.53E+00
H-3					4.48E+04
C-14					1.85E+01

表 4.6-12（1/3） 废气处理系统（TEG）的主要设备特性

— 废气压缩机（TEG2106/2206CO）			
名称	数值		单位
数量	2		台
类型	液环式压缩机		---
主要承压部件材料	不锈钢		---
最大运行压力	~2		MPa(g)
最高运行温度	100		°C
额定流量	125		Nm ³ /h
出口压力	~0.8		MPa(g)
入口压力	-0.04~0.01		MPa(g)
— 测量气体压缩机（TEG1311/1321/1331/1506/1516CO）			
名称	数值		单位
数量	5		台
类型	隔膜压缩机		-
最大运行压力	1.2		MPa(g)
最高运行温度	100		°C
额定流量	0.288		Nm ³ /h
出口压力	~0.03		MPa(g)
— 气体干燥器（TEG1103EX）			
名称	数值		单位
	管侧	壳侧	
数量	1		台
主体材料	不锈钢	不锈钢	-
流体介质	除盐水	N ₂ , 水蒸汽, 少量惰性	
最大运行压力	2	1.2	MPa(g)
最高运行温度	100	100	°C
设计流量	5.4	0.156	t/h
入口温度	7	50	°C
出口温度	<12	15	°C
— 气体冷却器（TEG1440EX）			
名称	数值		单位
	管侧	壳侧	
数量	1		台
主体材料	不锈钢	不锈钢	-
流体介质	N ₂ , 水蒸汽, 少量	除盐水	
最大运行压力	2	2	MPa(g)
最高运行温度	400	100	°C
设计流量	0.31	4.68	t/h
入口温度	360	7	°C
出口温度	15	<12	°C

表 4.6-12 (2/3) 废气处理系统 (TEG) 的主要设备特性

— 密封液冷却器 (TEG2123/2223EX)			
名称	数值		单位
	管侧	壳侧	
数量	2		台
主体材料	不锈钢	不锈钢	-
流体介质	除盐水 (密封液)	除盐水 (冷冻水)	
最大运行压力	2	2	MPa(g)
最高运行温度	100	100	°C
设计热负荷	~100		kW
设计流量	5.4	13.86	t/h
入口温度	35	7	°C
出口温度	20	12	°C
— 预干燥器 (TEG6101EX)			
	数值		单位
	管侧	壳侧	
数量	1		台
主体材料	不锈钢	不锈钢	-
流体介质	除盐水, 少量	N ₂ , 水蒸汽, 少	
最大运行压力	2	2	MPa(g)
最高运行温度	100	100	°C
设计流量	0.8	0.15	t/h
入口温度	7	40	°C
出口温度	12	8	°C
— 密封液贮存箱 (TEG2113/2213BA)			
名称	数值		单位
数量	2		台
主体材料	不锈钢		-
最大运行压力	2		MPa(g)
最高运行温度	100		°C
有效容积 (如有)	0.25		m ³
— 活性炭滞留床 (TEG6205/6211/6213FI)			
名称	数值		单位
数量	3		台
主体材料	不锈钢		-
最大运行压力	2		MPa(g)
最高运行温度	100		°C
总容积	5.3		m ³
— 硅胶干燥床 (TEG6121DS)			
名称	数值		单位
数量	1		台
主体材料	不锈钢		-
最大运行压力	2		MPa(g)
最高运行温度	200		°C
总容积	0.09		m ³

表 4.6-12 (3/3) 废气处理系统 (TEG) 的主要设备特性

硅胶再生加热器 (TEG6117RS)		
数量	1	台
加热温度	200	°C
是否保温	是	-
— 冷凝液收集箱 (TEG6901BA)		
名称		
数量	1	台
主体材料	不锈钢	-
最大运行压力	2	MPa(g)
最高运行温度	100	°C
有效容积 (如有)	0.022	m ³
— 复合器 (TEG1420RV)		
名称	数值	单位
数量	1	台
主体材料	不锈钢	-
最大运行压力	2	MPa(g)
最高运行温度	400	°C
流量	125/250	Nm ³ /h
— 测量气体干燥器 (TEG1337GF)		
名称	数值	单位
数量	1	台
形式	电驱动冷却器	
主体材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa(g)
最高运行温度	100	°C
— 测量气体干燥器 (TEG1522GF)		
名称	数值	单位
数量	1	台
形式	电驱动冷却器	
主体材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa(g)
最高运行温度	100	°C
— 氢氧测量柜 (TEG1340/1350/1540AR)		
名称	数值	单位
数量	3	台
形式	立式柜	
主体材料	不锈钢	-
最大运行压力	1.2	MPa(g)
最高运行温度	60	°C

表 4.6-13 (1/2) 单台机组废气放射性排放量

预期工况

单位: GBq/a

核素	TEG 释放	厂房通风系统释放	二回路释放	总计
Kr-85m	3.92E-01	3.42E+01	1.45E+00	3.60E+01
Kr-85	3.37E+02	4.15E-01	1.58E-02	3.37E+02
Kr-87	6.89E-08	3.87E+01	1.71E+00	4.04E+01
Kr-88	2.79E-02	7.32E+01	3.15E+00	7.64E+01
Xe-133m	5.45E-04	1.73E+01	6.70E-01	1.80E+01
Xe-133	4.71E+01	5.14E+02	1.97E+01	5.81E+02
Xe-135	---	2.79E+02	1.14E+01	2.91E+02
Xe-138	---	5.82E+01	2.63E+00	6.09E+01
惰性气体总量	3.85E+02	1.02E+03	4.08E+01	1.44E+03
I-131	---	1.20E-03	8.95E-05	1.29E-03
I-132	---	1.07E-03	6.71E-05	1.13E-03
I-133	---	1.79E-03	1.45E-04	1.94E-03
I-134	---	8.22E-04	3.10E-05	8.53E-04
I-135	---	1.01E-03	8.05E-05	1.09E-03
卤素总量	---	5.89E-03	4.13E-04	6.31E-03
Sr-89	1.95E-07	Cs-137	9.41E-04	
Sr-90	1.84E-08	Cs-138	3.49E-04	
Sr-91	4.80E-06	Ba-140	7.73E-07	
Sr-92	1.13E-05	La-140	2.02E-08	
Y-90	4.67E-10	Ce-141	5.41E-08	
Y-91	6.67E-09	Ce-143	9.27E-07	
Zr-95	3.30E-08	Ce-144	8.42E-09	
Nb-95	6.73E-09	Pr-143	2.43E-08	
Mo-99	1.44E-05	Pr-144	1.78E-08	
Tc-99m	5.41E-07	Cr-51	7.34E-05	
Ru-103	5.27E-08	Mn-54	7.52E-06	
Ru-106	5.25E-09	Fe-59	7.45E-06	
Te-131m	1.94E-07	Co-58	5.85E-05	
Te-131	2.26E-05	Co-60	2.10E-05	
Te-132	7.78E-07	Ag-110m	5.79E-06	
Te-134	3.14E-05	Sb-122	5.90E-06	
Cs-134	5.85E-04	Sb-124	7.92E-06	
Cs-136	2.19E-05			
气溶胶总量		2.17E-03		
H-3		3.88E+03		
C-14		3.21E+02		

表 4.6-13（2/2） 单台机组废气放射性排放量

设计基准工况

单位：GBq/a

核素	TEG 释放	厂房通风系统释放	二回路释放	总计
Kr-85m	2.05E+01	1.86E+03	1.58E+02	2.04E+03
Kr-85	1.88E+04	2.32E+01	1.76E+00	1.89E+04
Kr-87	3.93E-06	1.93E+03	1.71E+02	2.11E+03
Kr-88	1.40E+00	3.97E+03	3.42E+02	4.31E+03
Xe-133m	3.04E-02	9.83E+02	7.62E+01	1.06E+03
Xe-133	2.65E+03	2.92E+04	2.23E+03	3.40E+04
Xe-135	---	1.54E+04	1.26E+03	1.67E+04
Xe-138	---	2.16E+03	1.94E+02	2.35E+03
惰性气体总量	2.15E+04	5.55E+04	4.44E+03	8.14E+04
I-131	---	7.74E-02	1.01E-02	8.75E-02
I-132	---	3.68E-02	3.98E-03	4.08E-02
I-133	---	9.64E-02	1.32E-02	1.10E-01
I-134	---	5.61E-03	3.59E-04	5.97E-03
I-135	---	3.37E-02	4.57E-03	3.83E-02
卤素总量	---	2.50E-01	3.22E-02	2.82E-01
Sr-89	1.44E-05	Cs-137	1.07E-02	
Sr-90	5.91E-06	Cs-138	1.38E-02	
Sr-91	2.14E-05	Ba-140	2.59E-05	
Sr-92	3.91E-05	La-140	1.00E-06	
Y-90	3.21E-08	Ce-141	5.83E-07	
Y-91	5.12E-07	Ce-143	3.19E-06	
Zr-95	8.17E-07	Ce-144	3.88E-07	
Nb-95	5.01E-07	Pr-143	3.46E-06	
Mo-99	5.36E-05	Pr-144	1.83E-07	
Tc-99m	2.23E-06	Cr-51	3.70E-04	
Ru-103	5.75E-07	Mn-54	2.78E-05	
Ru-106	1.46E-07	Fe-59	5.67E-05	
Te-131m	1.87E-06	Co-58	1.65E-04	
Te-131	7.01E-05	Co-60	1.24E-04	
Te-132	1.76E-05	Ag-110m	2.03E-05	
Te-134	1.03E-04	Sb-122	1.33E-05	
Cs-134	5.46E-03	Sb-124	1.40E-05	
Cs-136	2.60E-04			
气溶胶总量		3.14E-02		
H-3		4.98E+03		
C-14		4.44E+02		

表 4.6-14（1/2） 运行状态下气液态流出物源项计算参数说明

序号	参数名称	参数取值
1	RCV 系统正常下泄流量	25t/h
2	RCV 除盐器去污因子	10
3	TEG 循环管线容积	344m ³
4	TEG 衰变箱贮存衰变时间	Kr: 40h Xe: 40d
5	TEG 系统的泄漏率	0m ³ /h
6	TEP 蒸馏塔内汽水分配因子	碘: 0.001
7	TEP 除盐器去污因子	10
8	TEP 蒸馏塔去污因子	1000
9	反应堆厂房一回路冷却剂泄漏率	6.5kg/h
10	泄漏一回路冷却剂在反应堆厂房内汽水分配因子	碘 10 ⁻³
11	反应堆厂房自由空间体积	73500m ³
12	EBA 小流量通风流量	7000m ³ /h
13	核辅助厂房一回路冷却剂泄漏率	冷: 31kg/h 热: 2kg/h
14	核辅助厂房一回路冷却剂泄漏汽水分配因子	冷: 10 ⁻⁴ 热: 10 ⁻³
15	蒸汽发生器中放射性核素蒸汽携带因子	碘: 0.01 其他: 0.0025
16	APG 系统排污流量	63t/h
17	APG 系统除盐器去污因子	10
18	二回路给水系统泄漏率	32t/h
19	冷凝器中汽水分配因子	碘 10 ⁻⁴
20	蒸汽流量	6336.9t/h
21	蒸汽发生器二次侧水装量	185.88t
22	蒸汽发生器一二次侧泄漏率	预期工况: 1.5kg/h 设计工况: 3kg/h
23	排氚一回路冷却剂在 TEP 系统内处理时间	24h
24	排氚一回路冷却剂在废液排放系统内贮存时间	CaseA: 120h CaseB: 24h
25	TEP 年排氚一回路冷却剂量	预期工况: 2328t 设计工况: 2988t
26	TEU 系统蒸发单元去污因子	1000
27	TEU 系统除盐床去污因子（单个）	10
28	废液在 TEU 系统内的处理时间	240h
29	TEU 处理后废液在废液排放系统内的贮存时间	CaseA: 120h CaseB: 24h

表 4.6-14（2/2） 运行状态下气液态流出物源项计算参数说明

序号	参数名称	参数取值
30	APG 排污在废液排放系统内贮存时间	0
31	二回路泄漏给水在废液排放系统内贮存时间	0
32	一回路水装量	233.8 t
33	一个燃料循环等效满功率天	488EFPD
34	TEU 系统处理地面排水量	6250 m ³
35	TEU 系统处理化学排水量	1500 m ³
36	TEU 系统处理工艺排水量	2250m ³
37	TEU 系统处理洗涤废水量	4000 m ³
38	地面排水放射性活度浓度	1.1%PCA
39	化学排水放射性活度浓度	66% PCA
40	工艺排水放射性活度浓度	22% PCA
41	燃料厂房乏燃料池水面蒸发率	0.476t/h
42	安全厂房地坑水面蒸发率	0.0572 t/h
43	废除处理厂房泄漏率	0.0498 t/h
44	IRWST 水面蒸发率	0.0135t/h

表 4.6-15 固体废物处理系统（TES）的主要设备特性

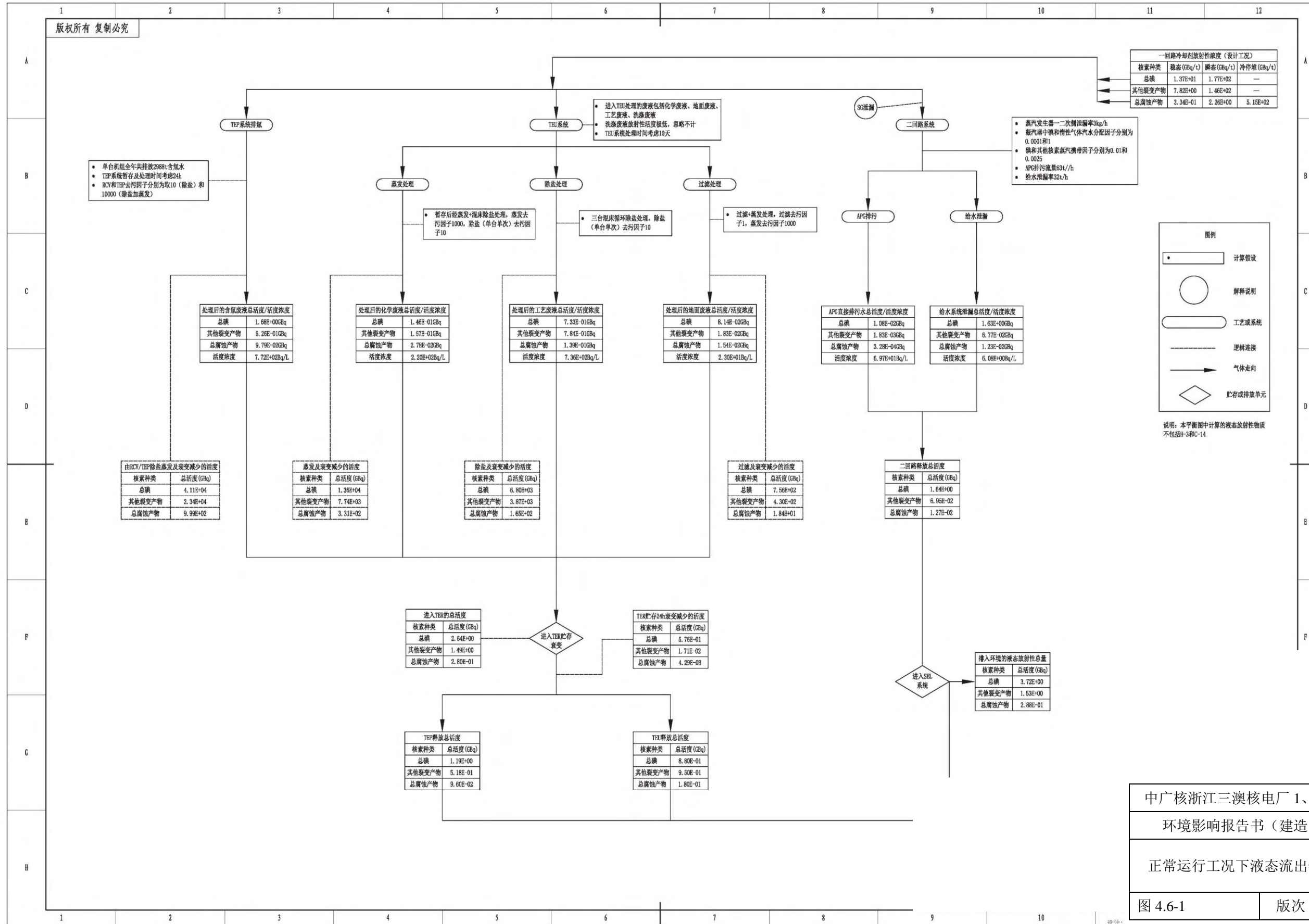
	废树脂贮槽 (1/2TES2301/2401BA)	APG 树脂分离罐 (1/2TES2820BA)	废树脂暂存槽 (9TES4201/4301BA)
数量 (台)	4	2	2
材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢
设计压力 (MPa (g))	1.2	0	1.2
设计温度 (°C)	100	100	80
有效容积 (m ³)	15	3.5	8
	废树脂输送泵 (1TES2520PO)	废树脂转运泵 (9TES4120PO)	树脂喷射器 (9TES4225/4325EJ)
数量 (台)	1	1	2
类型	螺杆泵	离心泵	不锈钢
材料	不锈钢	不锈钢	喷射器
设计压力 (MPa (g))	1.2	1.2	1.2
额定流量 (m ³ /h)	12.7	12.7	2
废树脂取样容器 (9TES4280NR)		废滤芯更换转运装置 (9TES4311DM)	
数量 (台)	1	数量 (台)	
取样瓶容量 (mL)	~125	材料	不锈钢/碳钢
— 分拣箱 (0TES1010SW) (位于 BQS 厂房)			
数量	1	台	
分拣工位	3	个	
初级压缩机压力	200	kN	
— 干燥器 (0TES1800ED) (位于 BQS 厂房)			
数量	1	台	
干燥工位数量	1	桶	
— 超级压缩机 (0TES1700PQ) (位于 BQS 厂房)			
数量	1	台	
压力	20×10 ³	kN	
总重量	48000	kg	
— 优选盘 (0TES1350TZ) (位于 BQS 厂房)			
数量	1	台	
容纳桶饼数量	8	个	
转台直径	~2500	mm	
— 灌浆装置 (0TES1600EG) (位于 BQS 厂房)			
水泥进料装置进料能力	3.2	t/h	
— 水泥料斗		---	
贮存型式	移动式容器	---	
数量	2	个	
容积	1.5	m ³	
— 远程数控吊车 (位于 BQT 厂房)			
起吊重量	16	t	
重复定位精度	≤5	mm	

表 4.6-16 单台机组放射性固体废物的预期产生量和设计产生量

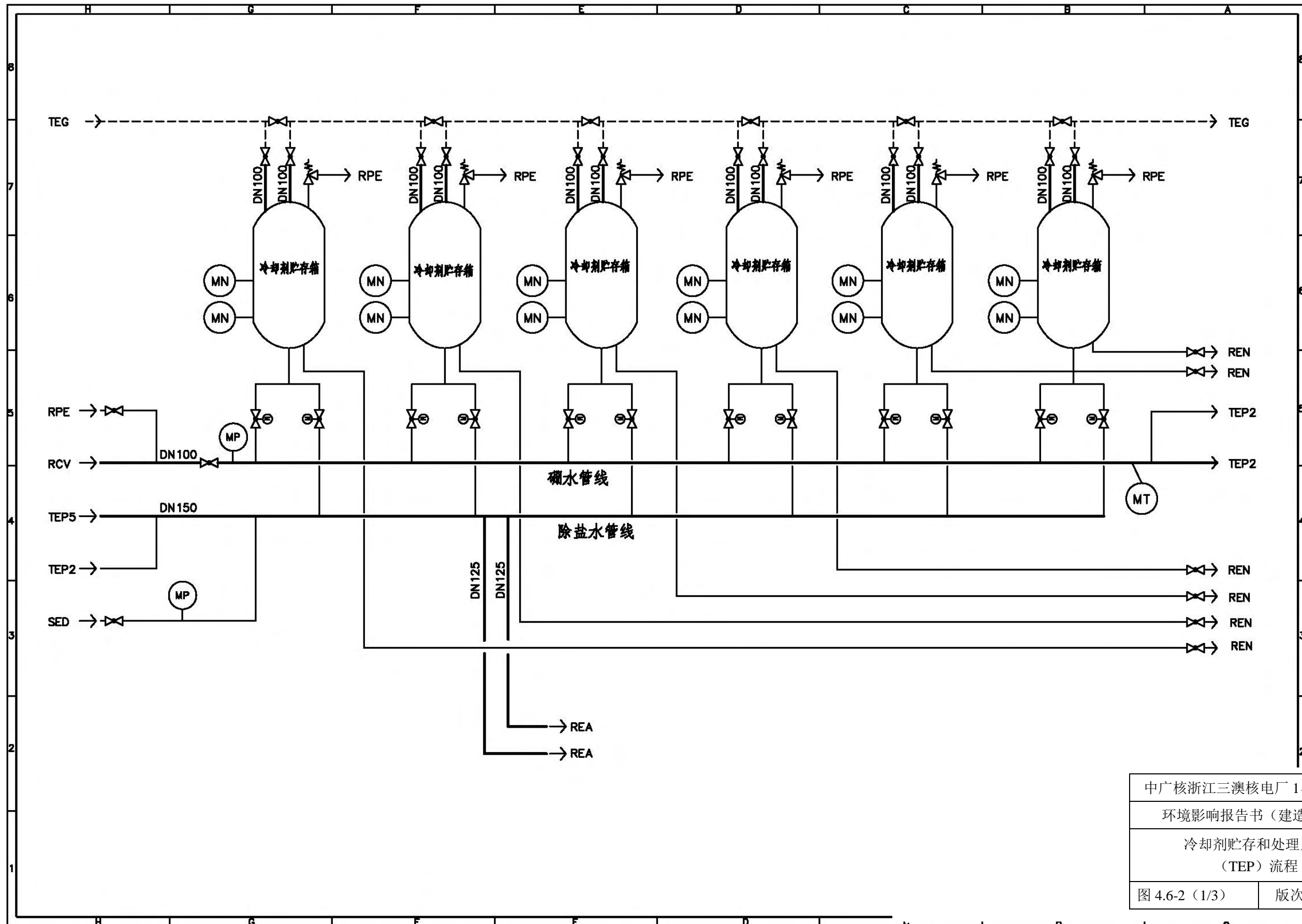
废物来源	设计值		预期产生量	
	整备前废物量	整备后废物桶数量	整备前废物量	整备后废物桶数量
放射性废树脂	9.9m ³	68 个	3.8m ³	26 个
APG 废树脂	19.2m ³	51 个 ¹⁾	17.07m ³	45 个 ¹⁾
浓缩液	10m ³	50 个	3.6m ³	18 个
废滤芯	87 个	87 个	22 个	22 个
干废物	172~198m ³	58~67 个 ²⁾	172~198m ³	58~67 个 ²⁾
桶数合计	/	263~272 个	/	124~133 个
合计	/	105.2~108.88m ³	/	不超过 53.2m ³

注：（1）正常工况下，APG 树脂剂量率极低，其作为待清洁解控废物，未计入最终废物货包体积；

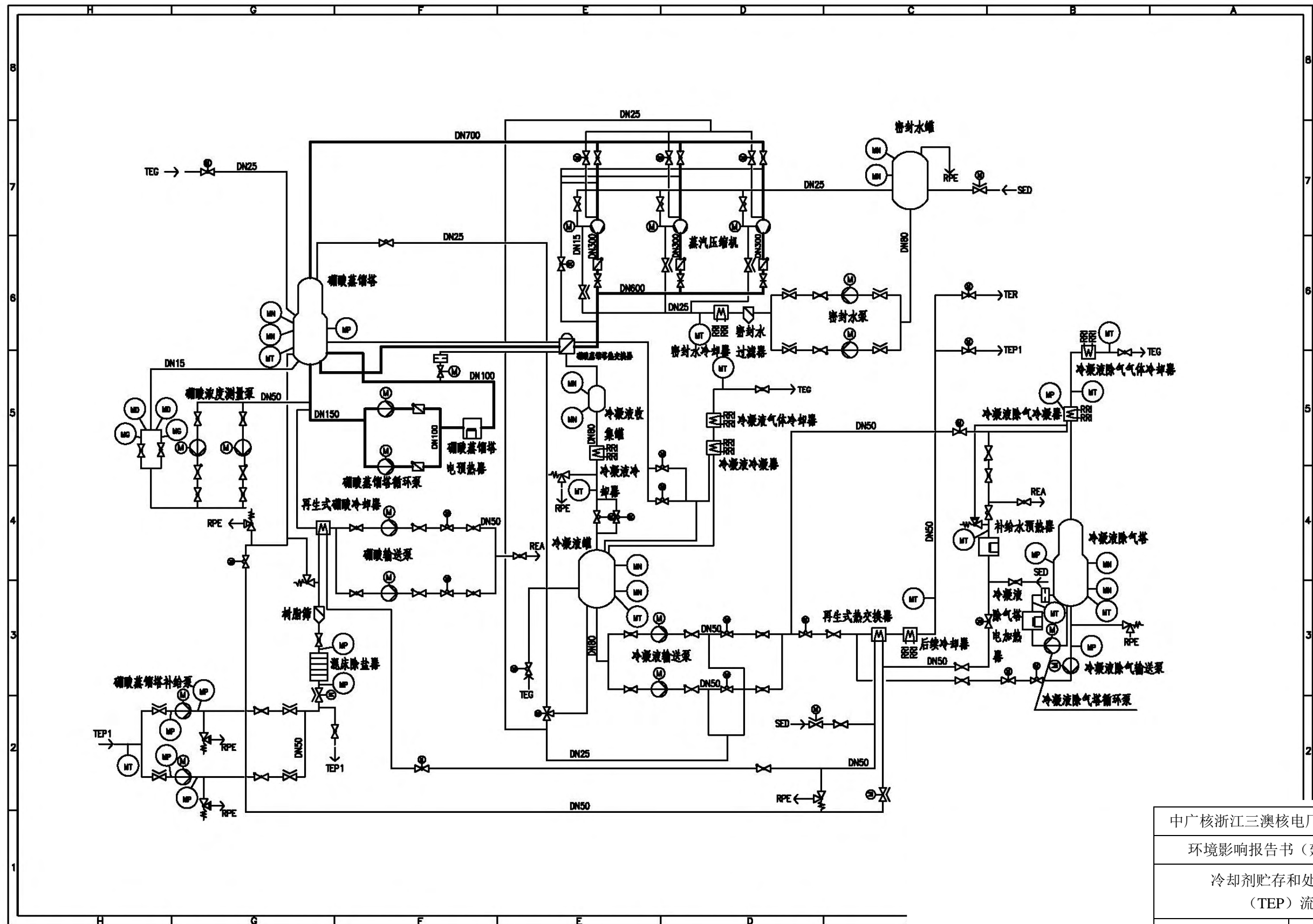
（2）干废物包括不易压缩废物、表面剂量率≤2mSv/h 的废过滤器芯子、其他易压缩废物；干废物按照运行经验数据统计，设计值和预期值相同。



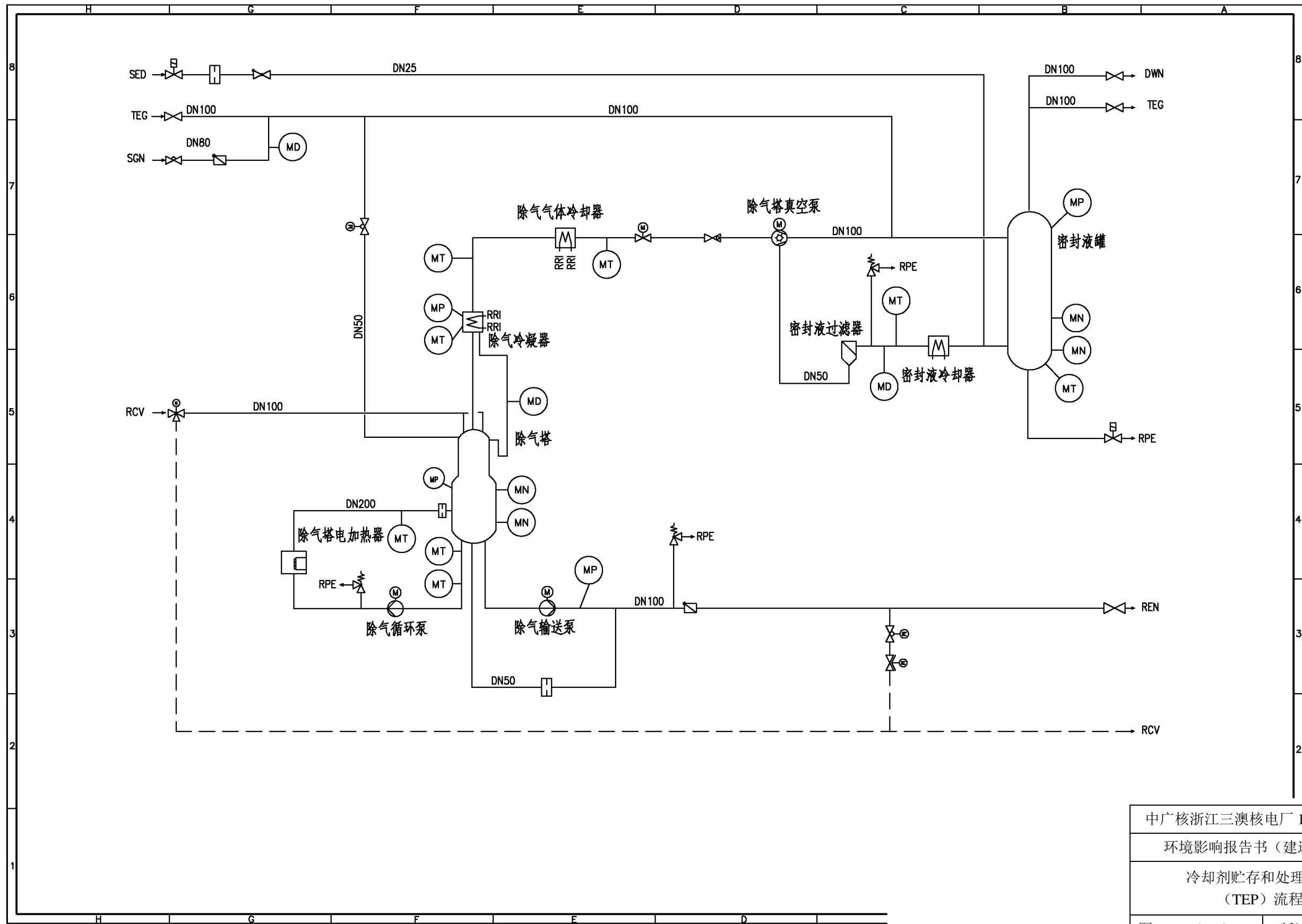
设计:



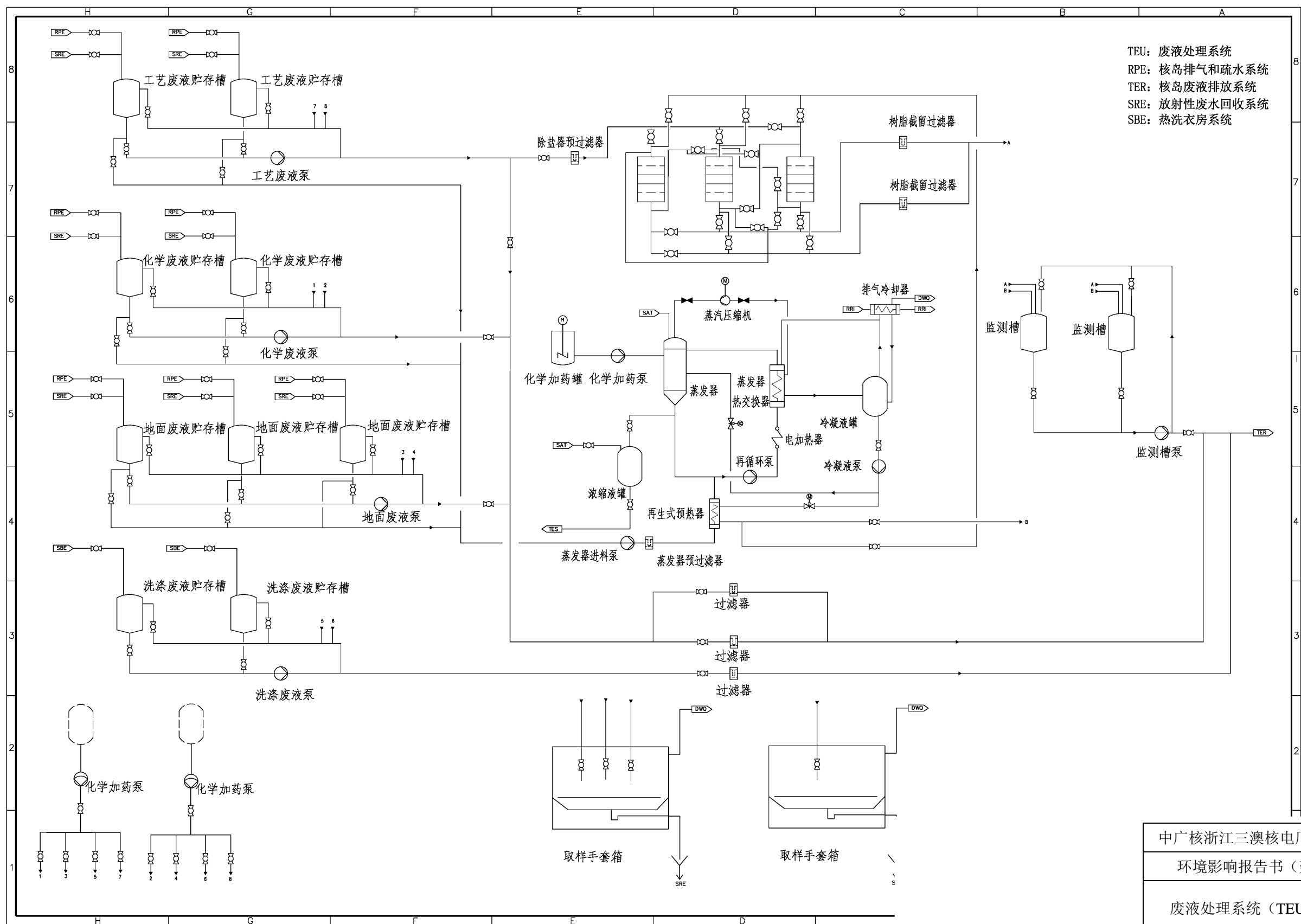
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
冷却剂贮存和处理系统		
（TEP）流程		
图 4.6-2（1/3）	版次	A



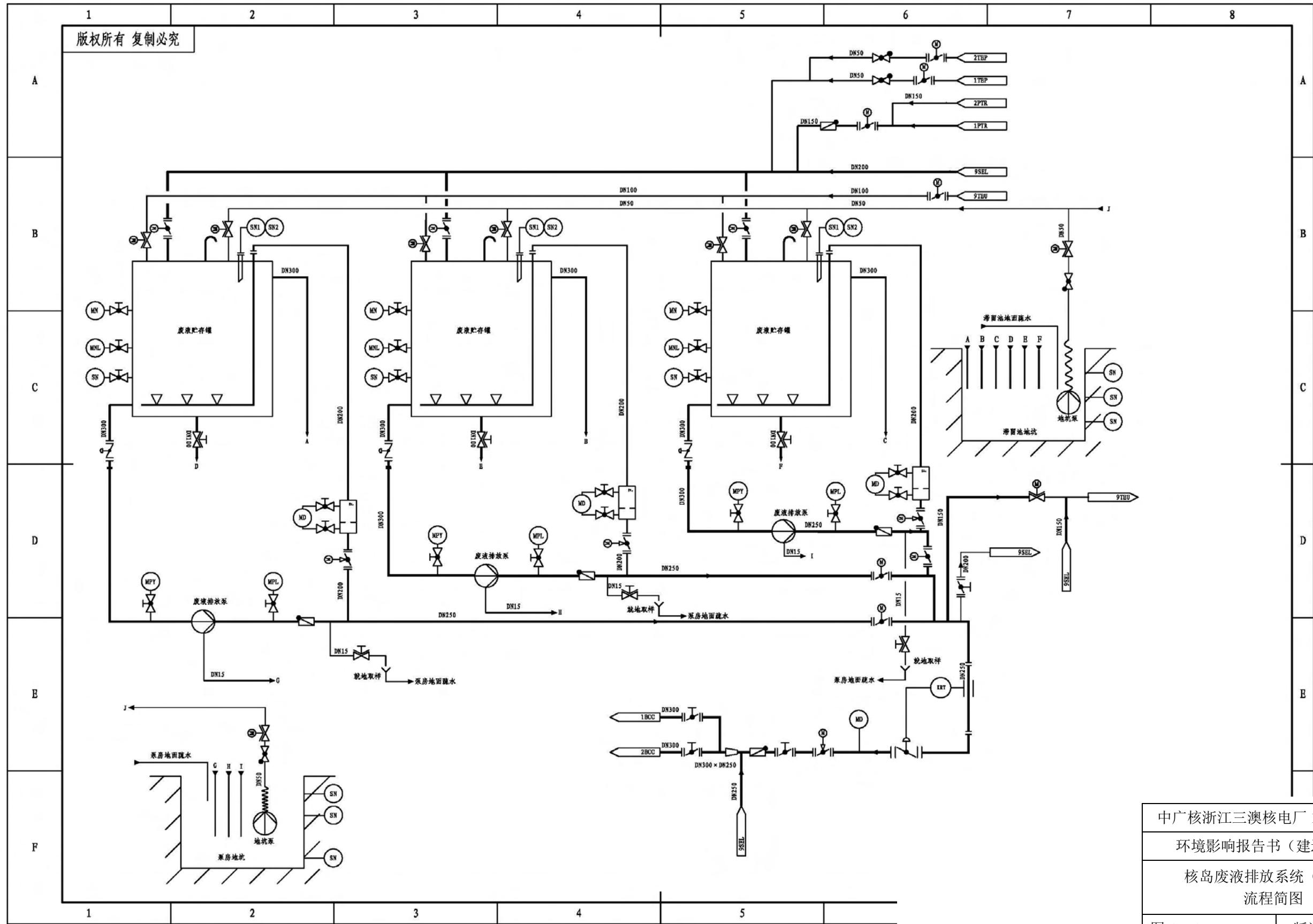
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
冷却剂贮存和处理系统 (TEP) 流程		
图 4.6-2 (2/3)	版次	A



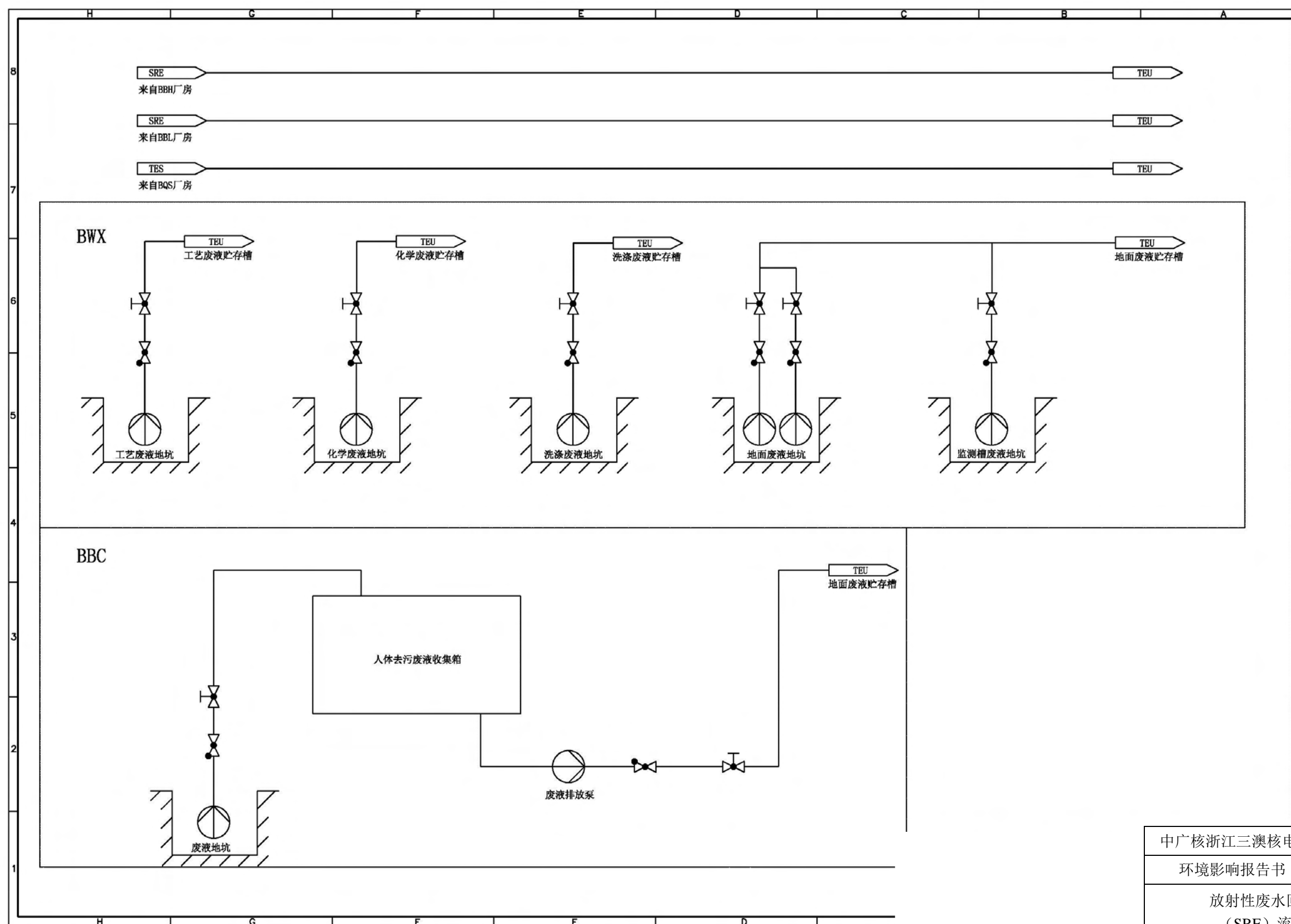
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
冷却剂贮存和处理系统 (TEP) 流程		
图 4.6-2 (3/3)	版次	A



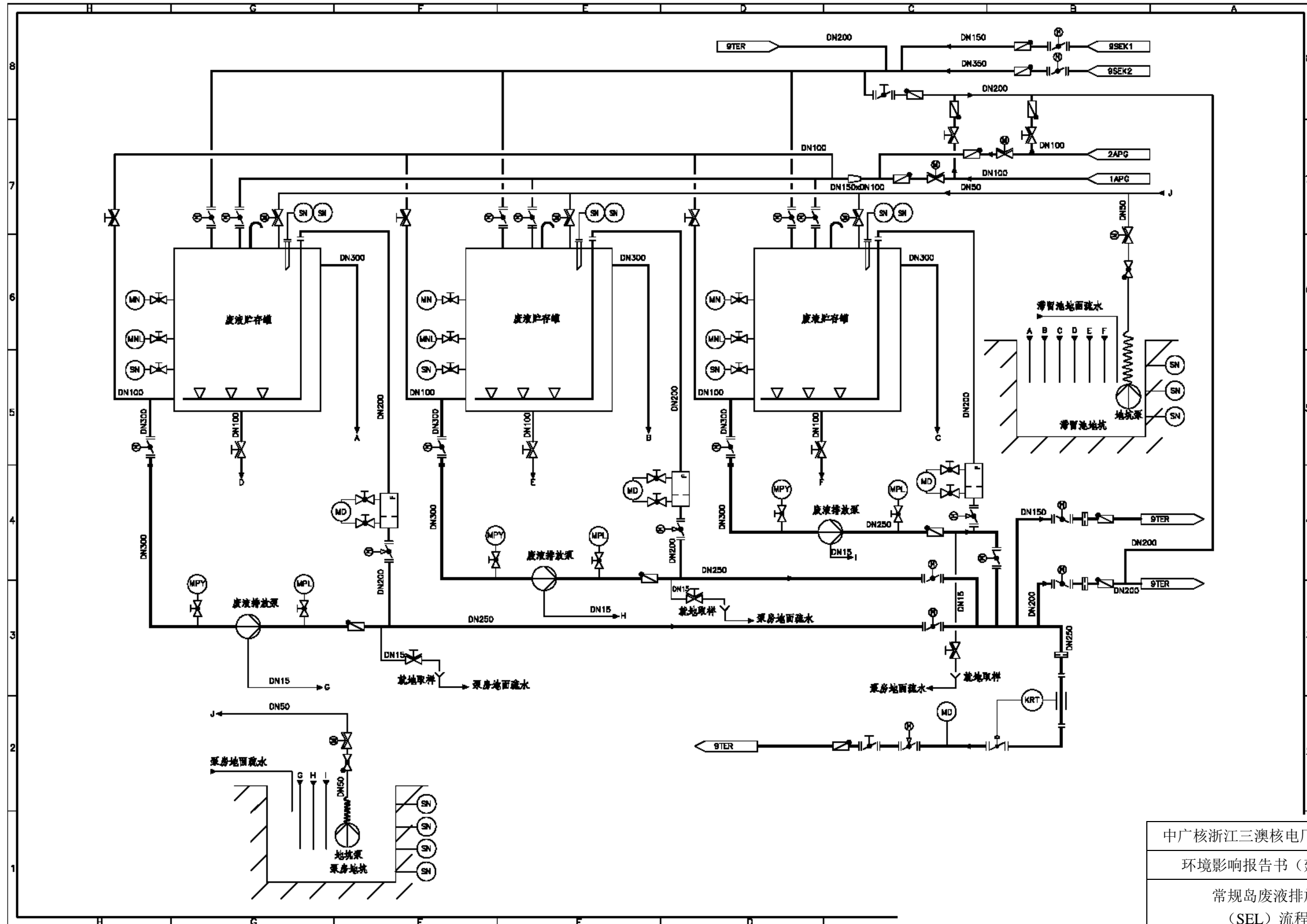
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
废液处理系统（TEU）流程简图		
图 4.6-3	版次	A



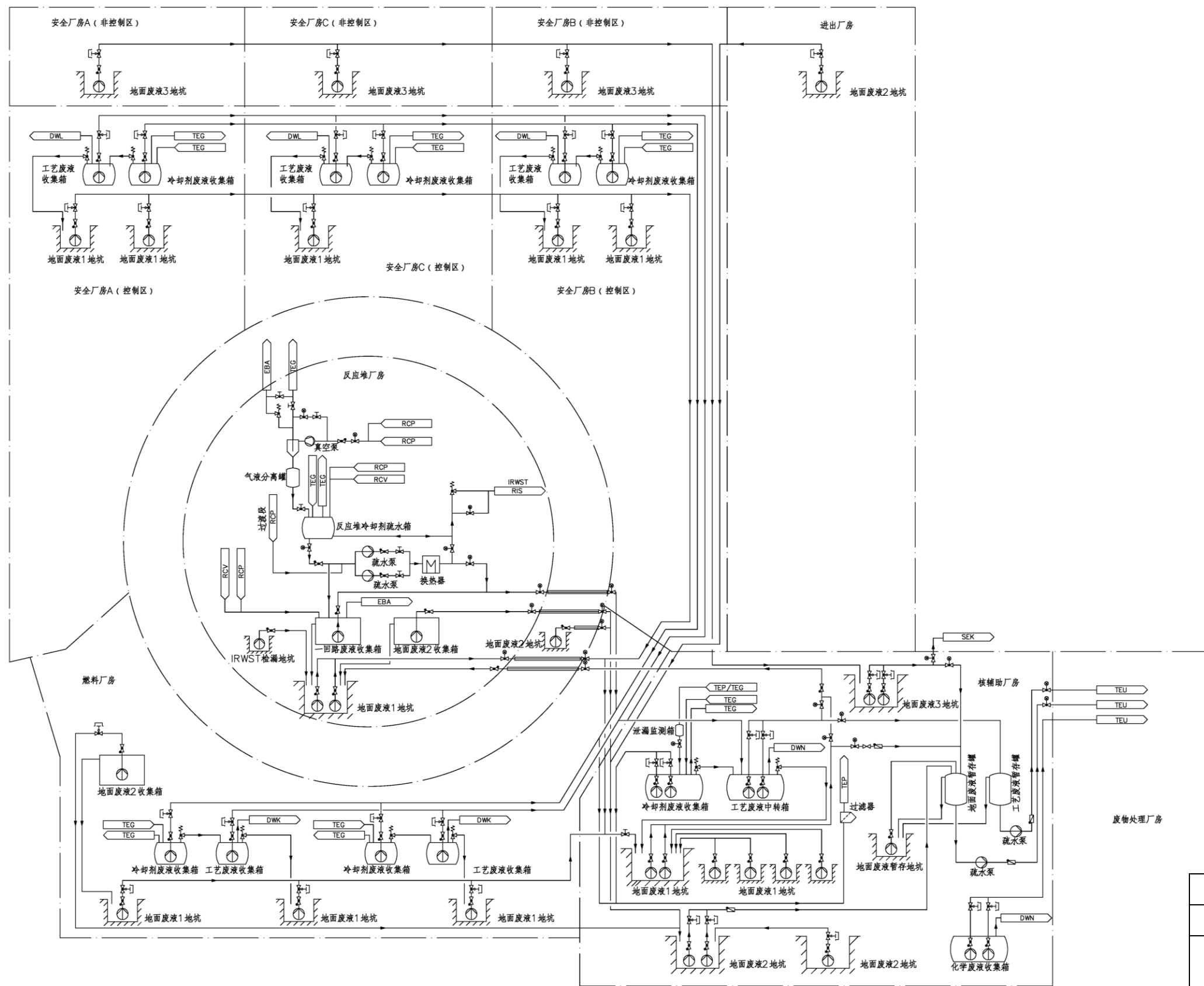
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
核岛废液排放系统（TER）		
流程简图		
图 4.6-4	版次	A



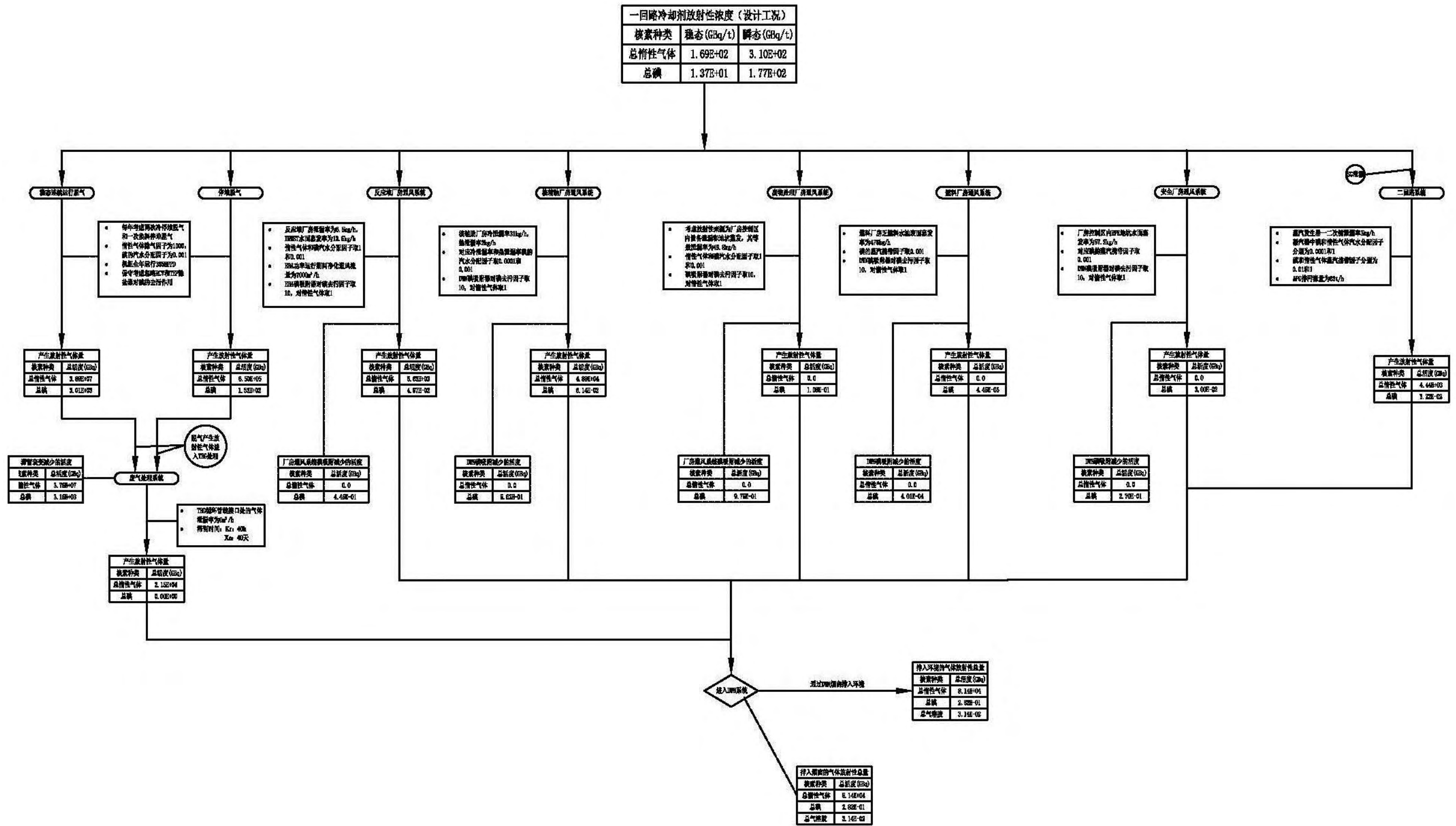
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
放射性废水回收系统		
（SRE）流程简图		
图 4.6-5	版次	A



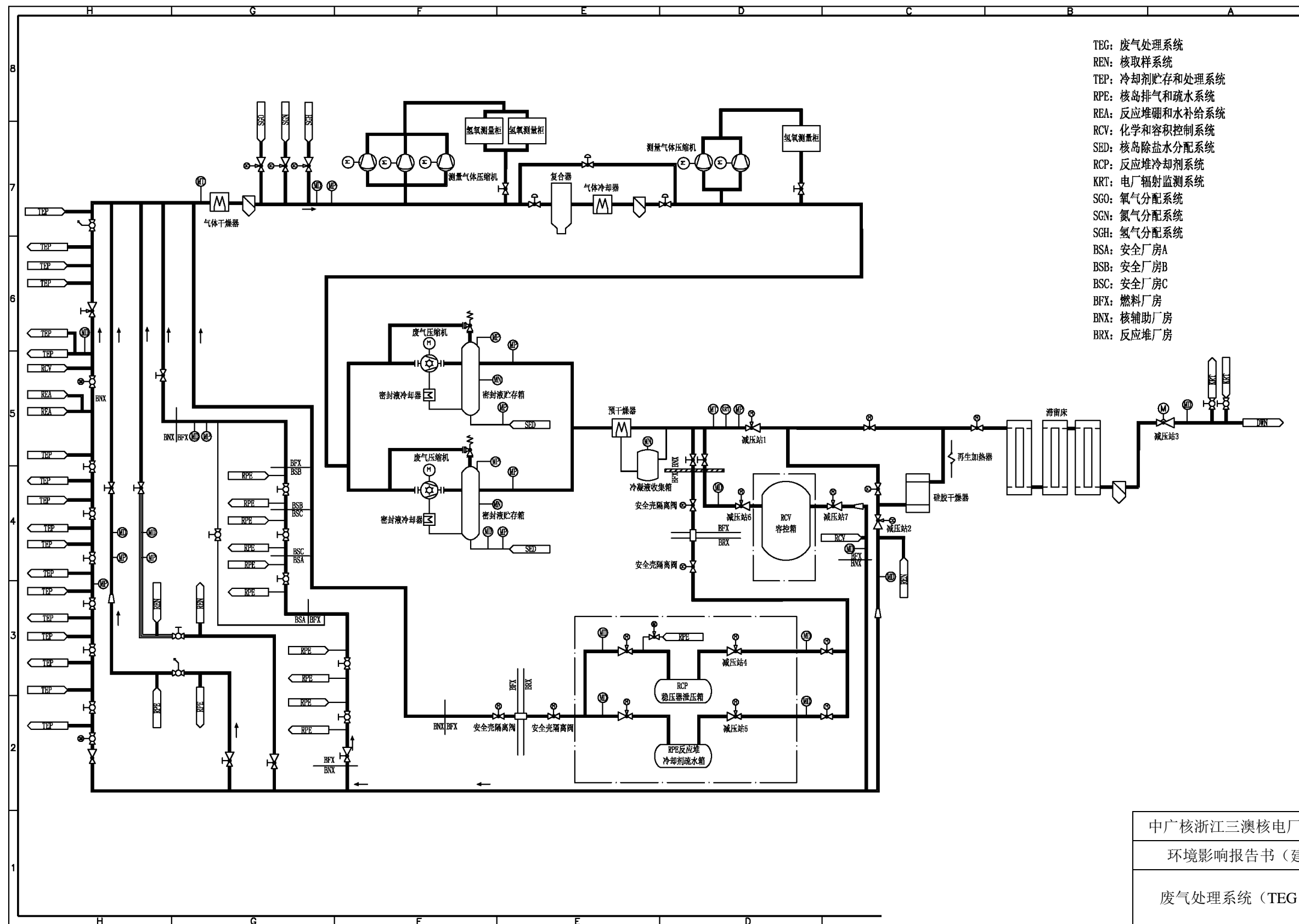
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
常规岛废液排放系统 （SEL）流程简图		
图 4.6-6	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
排气和疏水系统 （RPE）流程简图		
图 4.6-7	版次	A

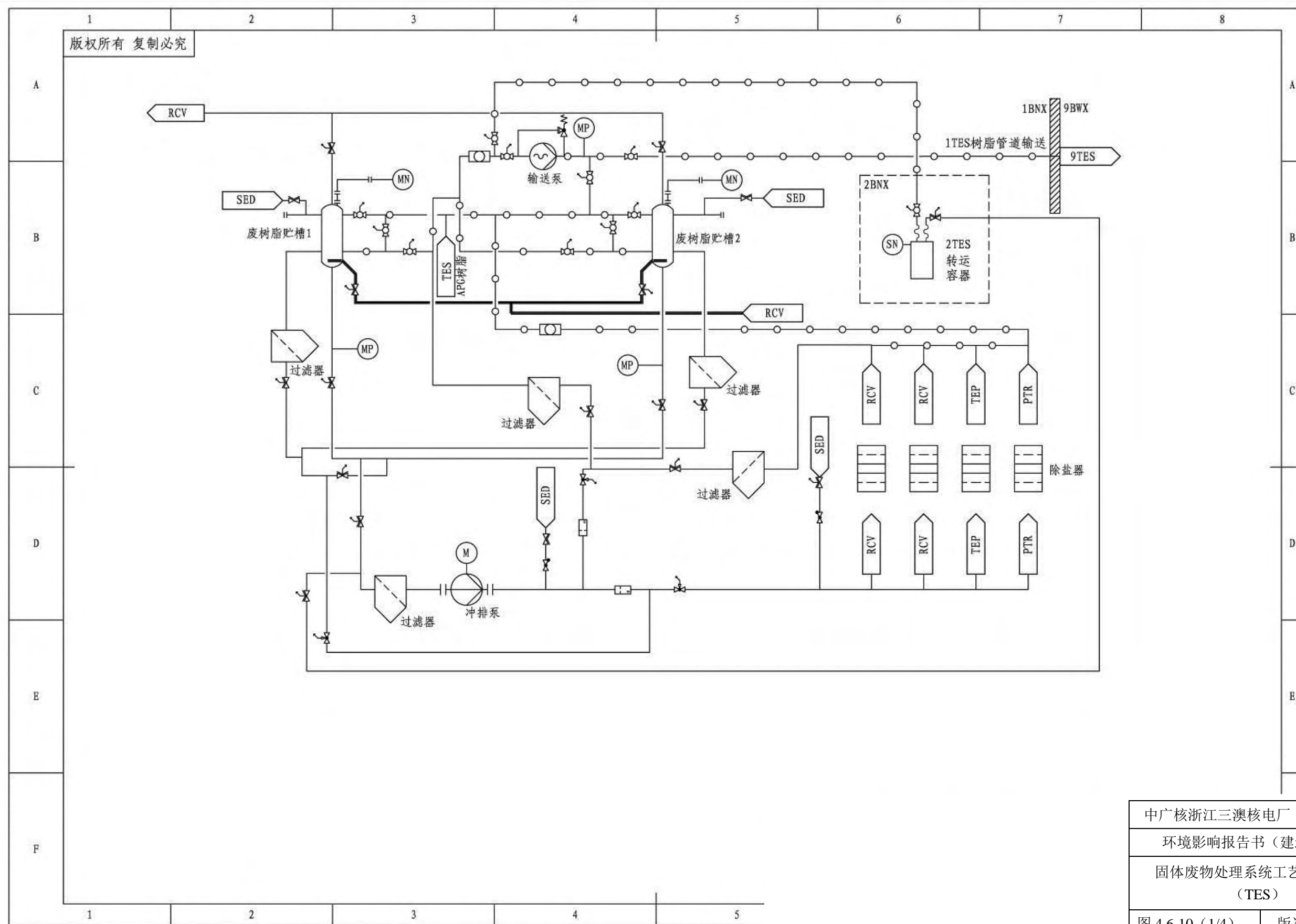


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
正常运行工况下气态流出物平衡图
图 4.6-8 版次 A

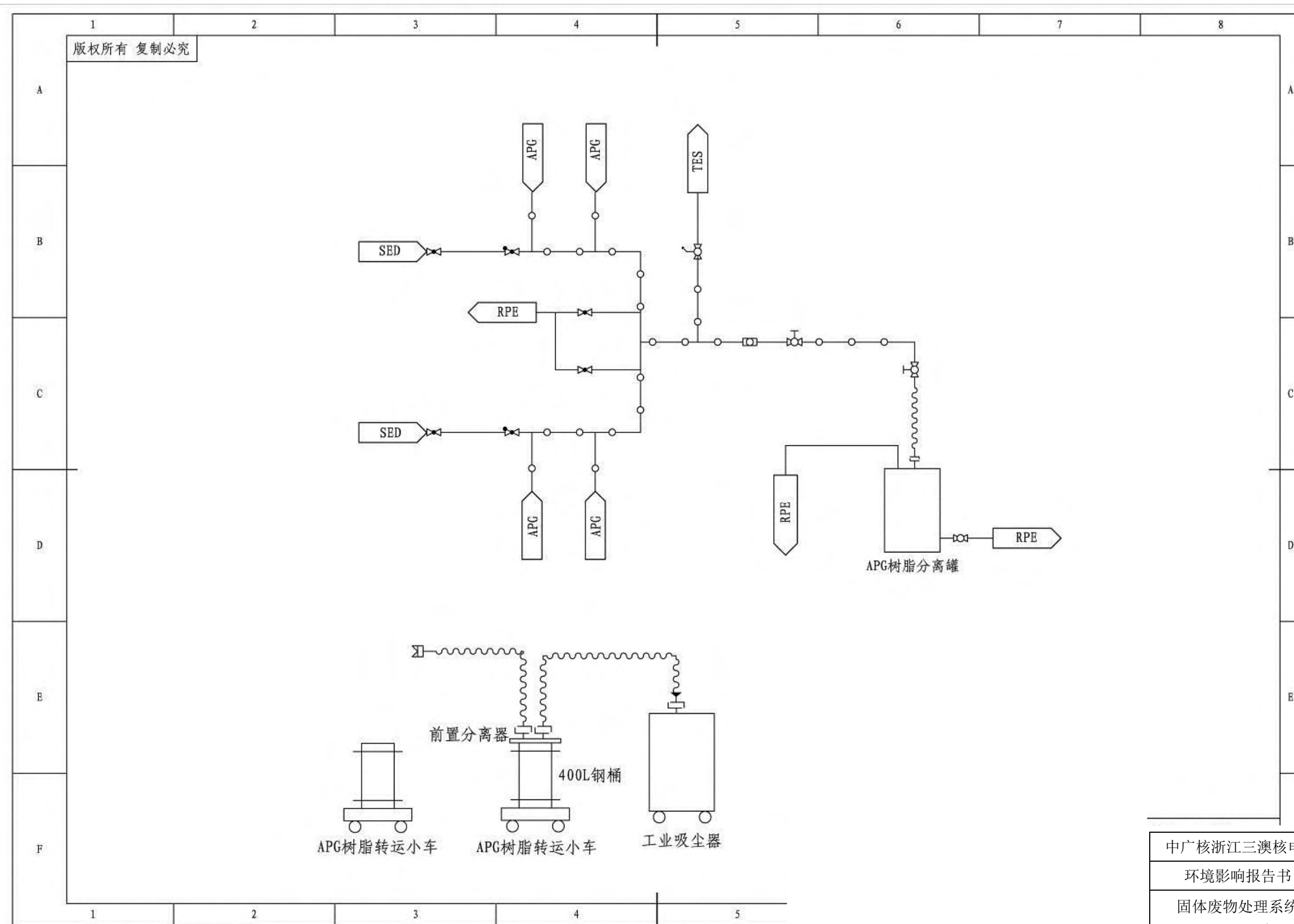


- TEG: 废气处理系统
- REN: 核取样系统
- TEP: 冷却剂贮存和处理系统
- RPE: 核岛排气和疏水系统
- REA: 反应堆硼和水补给系统
- RCV: 化学和容积控制系统
- SED: 核岛除盐水分系统
- RCP: 反应堆冷却剂系统
- KRT: 电厂辐射监测系统
- SGO: 氧气分配系统
- SGN: 氮气分配系统
- SGH: 氢气分配系统
- BSA: 安全厂房A
- BSB: 安全厂房B
- BSC: 安全厂房C
- BFX: 燃料厂房
- BNX: 核辅助厂房
- BRX: 反应堆厂房

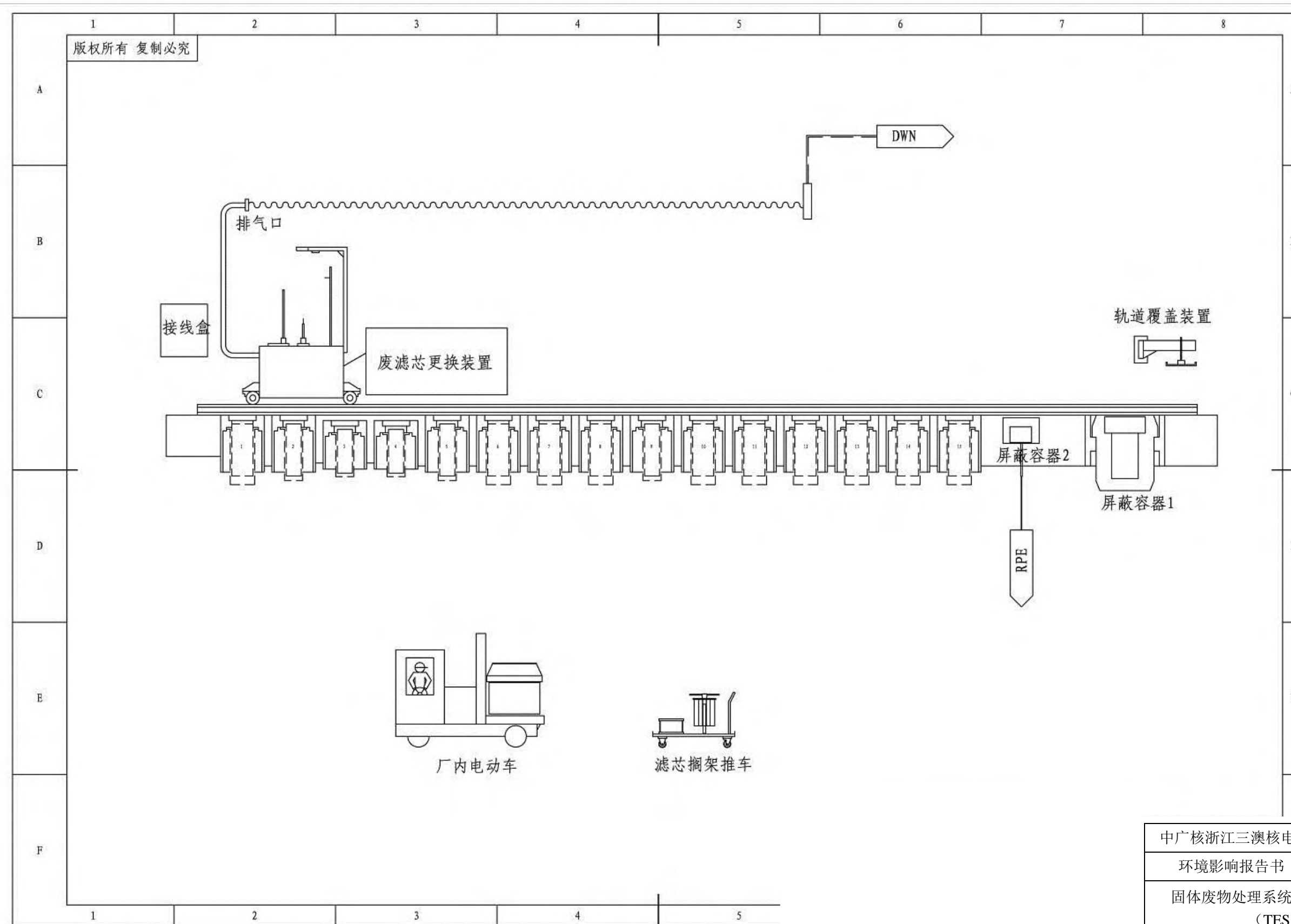
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
废气处理系统（TEG）流程简图		
图 4.6-9	版次	A



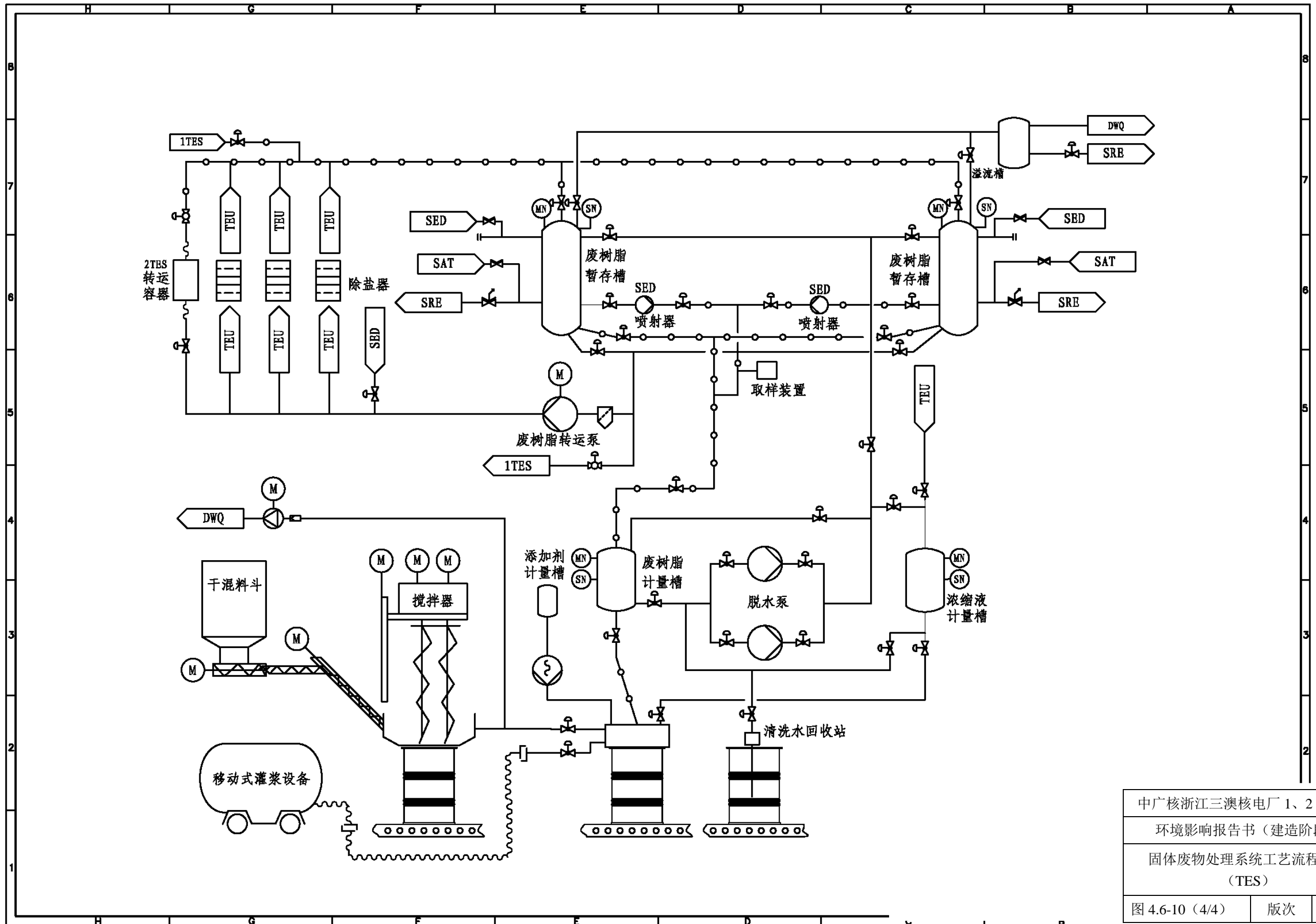
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
固体废物处理系统工艺流程简图		
（TES）		
图 4.6-10（1/4）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
固体废物处理系统工艺流程简图 (TES)		
图 4.6-10 (2/4)	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
固体废物处理系统工艺流程简图 (TES)		
图 4.6-10 (3/4)	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
固体废物处理系统工艺流程简图		
（TES）		
图 4.6-10（4/4）	版次	A

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

表

表 4.7-1 本工程常规岛及 BOP 各系统使用的主要化学物质

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组正常运行时需要使用一定量的化学品。这些化学品包括：硼酸、盐酸、硝酸、氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化锂、氨水、水合联氨、次氯酸钠、六氟化硫、氢气、液氮、二氧化碳、轻柴油、润滑油等。此外在检修过程中使用的材料、取样化验和实验室分析药剂还将使用氧气、乙炔、氮气、氩气、氦气等化学品。上述化学品中，大宗的化学物质排放主要来自以下系统：

- 海水淡化系统（SWD）；
- 除盐水生产系统（SDA）；
- 凝结水精处理系统(ATE)；
- 循环水处理系统（CTE）；
- 常规岛化学加药系统（SIR）；

（1）海水淡化系统

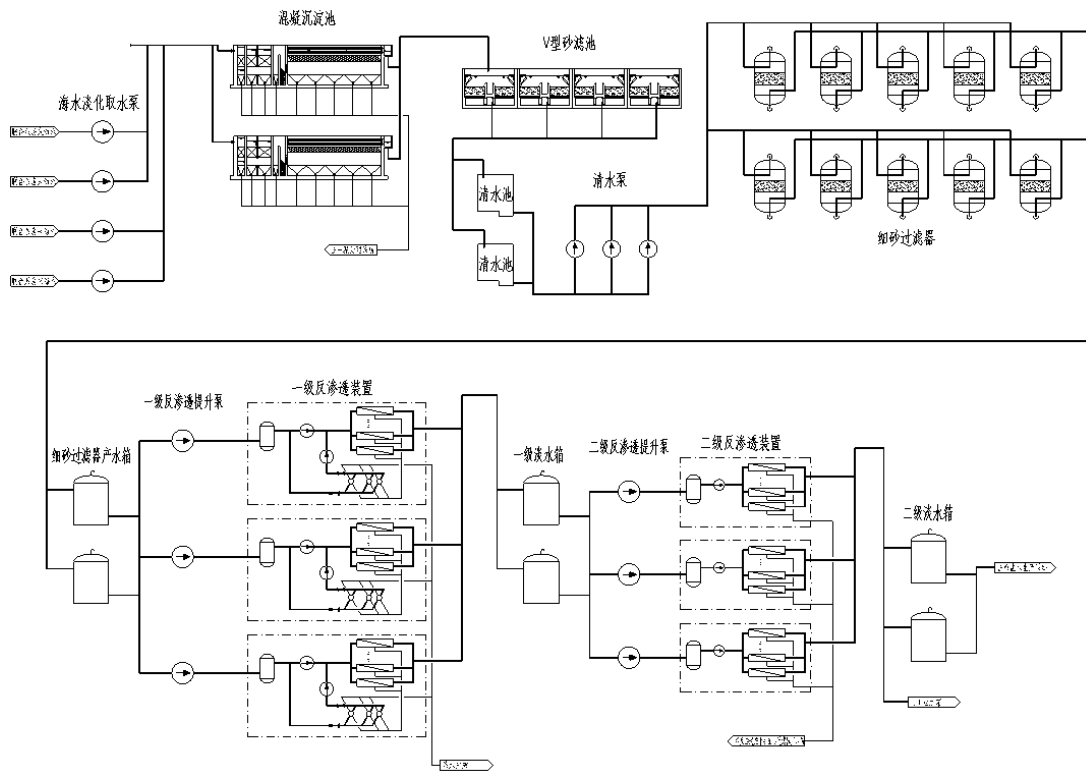
海水淡化系统（SWD）的功能是将海水进行淡化处理后，向除盐水生产系统（SDA）、工业水系统（SEI）供应符合质量要求的淡水。

海水淡化系统拟采用反渗透法海水淡化方案，具体流程为：

海淡取水泵→混凝沉淀池→V 型砂滤池→清水池→清水泵→细砂过滤器→细砂过滤器产水箱→一级反渗透提升泵→一级反渗透装置→一级淡水箱→二级反渗透提升泵→二级反渗透装置→二级淡水箱、工业水箱。

海水淡化系统中，混凝沉淀池的泥渣废水排至污泥浓缩池，然后污泥经过脱水后运出厂区；污泥浓缩池排出的清水、V 型砂滤池和细砂过滤器反洗水通过雨水管网排放，海淡一级反渗透浓水经过能量交换后排至循环水系统 CC 井，经循环水排水稀释后排放，海淡二级反渗透浓水回流至细砂过滤器产水箱进行再利用。

海水淡化系统流程图如下：



(2) 除盐水生产系统

除盐水生产系统（SDA）的功能是将海水淡化站来的淡水经化学除盐处理后，向核岛、常规岛和 BOP 系统的相应回路供应符合质量要求的除盐水。

根据进水水质的特点、电厂各用户对水质的要求以及电厂正常用水量和峰值用水量差别，本工程的除盐水生产系统拟采用以下流程：

海水淡化系统二级淡水箱来水→除盐系统供水泵→逆流再生阳离子交换器→逆流再生阴离子交换器→混合离子交换器→除盐水箱。

经过上述系统处理后的水质可达到出水水质的要求。

(3) 凝结水精处理系统

凝结水精处理系统（ATE）的功能在于净化凝结水，提高给水和蒸汽品质，从而缩短机组整体启动时间。在凝汽器发生海水泄漏时，不使（或减少）海水中的盐分进入常规岛的后续汽水系统，给运行人员较充裕的时间采取相应的处理措施，达到蒸汽发生器长期安全运行的目的。

根据蒸汽发生器对二回路水质的严格要求，每台机组拟设置一套中压全容量处理的凝结水精处理系统。

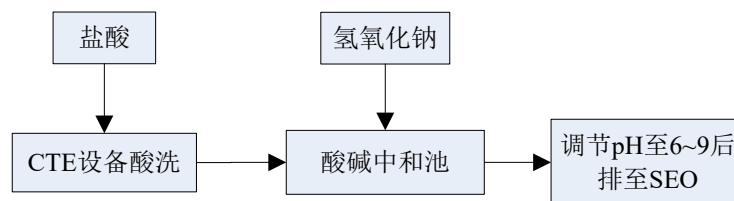
系统流程为：凝结水泵来凝结水→前置阳床→树脂捕捉器→高速混床→树脂捕捉

器→凝结水升压泵→凝结水系统。

凝结水精处理系统装设在凝结水系统的旁路管上，通过升压泵来克服凝结水精处理系统的压力损失，并保证5%的回流量，以达到凝结水全容量处理的目的。

（4）循环水处理系统

为满足核电厂运行的要求，循环水处理系统对循环冷却水连续加入次氯酸钠处理（电解海水制取次氯酸钠溶液）。电解设备运行一段时间需要酸（如盐酸）洗，产生酸洗废液收集至中和池，用碱（如NaOH）进行中和调节pH6~9后至SEO排放。该系统化学物质使用及排放简图如下：



（5）常规岛化学加药系统

常规岛化学加药系统（SIR）用于调节水的品质，防止热力系统的腐蚀和蒸汽发生器中沉积物的形成。

本系统向核岛应急给水系统、二回路主系统加入联氨和氨两种化学药剂；向核岛设备冷却水系统、安全冷冻水系统、运行冷冻水系统、常规岛闭路冷却水系统等用户加入磷酸盐溶液，用于调节水系统的pH值。

中广核浙江三澳核电厂1、2号机组主要化学物质的使用量见表4.7-1。本工程运行期间上述化学物质的使用及排放量很小、且都经过处理后达标排放，污染物质浓度很低，并经受纳海域进一步稀释，因此，本工程正常运行时排放的上述项目能满足相应的水质标准要求，不会对排放口周围海域海水水质造成明显的不利影响。

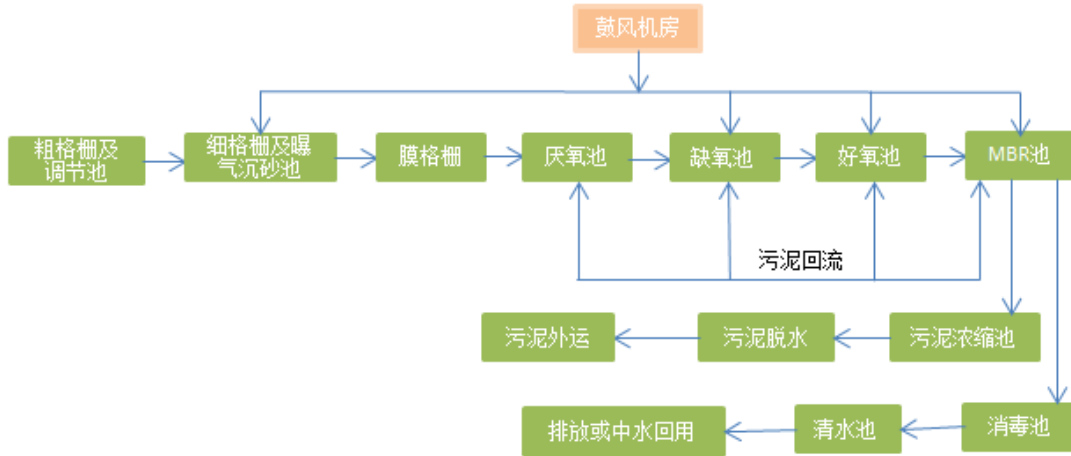
4.7.2 生活废物

（1）生活污水

本工程主厂区设置1座生活污水处理站，主要处理包括厂前区、核岛、常规岛、其它BOP厂房等场所的生活污水。1、2号机组设计生活污水总量为12m³/h，考虑一定的余量，生活污水处理站处理能力按480m³/d考虑。

整套生活污水处理系统由污水调节池、污水升压泵、污水处理设备、中水池及升压泵、全自动过滤器、消毒装置、清水池及清水泵等组成。生活污水处理设备采用全

封闭地理式设备两套，每套设备的处理能力为 15m³/h，处理工艺为 A/A/O-MBR 法。经污水处理设备处理达标后汇入中水调节池，由中水泵提升，经全自动过滤器进一步处理后进入清水池，再经消毒由清水泵提升后，用于电厂绿化和工业杂用。污水处理设备为全封闭地理式结构，运行无噪声，无异味，对周围基本无影响。处理工艺简图如下所示：



生活污水处理站出水化学需氧量、氨氮、总氮和总磷等 4 项主要水污染物控制项目需达到《城镇污水处理厂主要污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中新建城镇污水处理厂主要水污染物排放限值要求，其余污染物控制项目仍执行国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准。处理后的水部分用于厂区绿化及道路浇洒，回用水水质需满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中对应的道路清扫、城市绿化水质的要求。

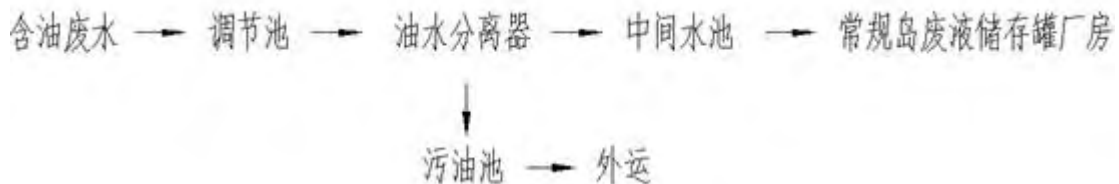
（2）含油废水

本工程运行期所产生的含油废水包括：非放射性含油废水和潜在放射性含油废水。针对这两类含油废水，在厂区内分别设置了非放射性含油废水处理站（BES）和潜在放射性含油废水处理站（BER）。

非放射性含油废水处理站（BES）用于处理来自汽轮机厂房、开关站区域、辅助锅炉房以及变压器区域的含油废水，经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外；分离出的水排至厂外接纳水体。出水指标执行《污水综合排放标准》中规定的排放限值。BES 厂房设置两套油水分离器，每套油水分离器处理量为 5m³/h，总处理能力为 10m³/h。处理工艺流程如下图所示：



潜在放射性含油废水处理站（BER）用于处理来汽轮机厂房内产生的潜在放射性含油废水，经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外；分离出的水送至常规岛废液储存罐厂房（BQB）。BER 厂房设置两套油水分离器，每套油水分离器处理量为 25m³/h，总处理能力为 50m³/h。处理工艺流程如下图所示：



4.7.3 其他废物

核电厂在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，危险固废包括废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。类比已运行核电站的年固废产生量，预计中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组正常运行期间的工业固废年产生总量约为 80t，其中一般工业固废约为 60t，危险固废约为 20t。

固废将纳入全厂固废收集处理系统，委托专业废弃物公司将一般固体废物外运处置。危险废物将委托具有相关处理资质的公司进行外运处置。

表 4.7-1（1/2） 本工程常规岛及 BOP 各系统使用的主要化学物质

分布单元	化学物质名称	年平均使用量	用途	处理流程及排放方式
海水淡化系统	混凝剂（41% FeCl ₃ ）	360m ³	预处理混凝剂	加入海淡预处理入口，全部转化为污泥并通过污泥处理系统处理，最后形成泥饼外运，基本不排入水中。
	助凝剂（100% PAM）	8m ³	预处理助凝剂	加入海淡预处理入口，全部转化为污泥并通过污泥处理系统处理，最后形成泥饼外运，基本不排入水中。
	次氯酸钠（10% NaClO）	150m ³	预处理杀菌剂	加入海淡预处理入口，杀菌后残留的余氯与还原剂反应消耗，基本不排入水中。
	盐酸（31%HCl）	55m ³	膜系统清洗药剂	清洗后排入中和池调节 pH 值至 6~9 后排放。
	氢氧化钠（32%NaOH）	65m ³	膜系统清洗药剂	清洗后排入中和池调节 pH 值至 6~9 后排放。
	还原剂（99.5%NaHSO ₃ ）	25t	作为还原剂去除水中氯	加入反渗透装置进水中，与水中余氯反应后消耗，基本不排入水中。
	阻垢剂	29t	防治反渗透膜结垢	加入反渗透装置进水中，随反渗透浓水排放。
凝结水精处理系统	盐酸（31%HCl）	140m ³	作为阳树脂的再生剂	再生后的废酸废碱排入酸碱中和池，通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后排放
	氢氧化钠（32%NaOH）	80m ³	作为阴树脂的再生剂	
除盐水生产系统	盐酸（31%HCl）	117m ³	作为阳树脂的再生剂	再生后的废酸废碱排入酸碱中和池，通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后排放
	氢氧化钠（32%NaOH）	214m ³	作为阴树脂的再生剂	

表 4.7-1（2/2） 本工程常规岛及 BOP 各系统使用的主要化学物质

分布单元	化学物质名称	年平均使用量	用途	处理流程及排放方式
常规岛化学注入系统	25%氨水	366t	水质调节	加入常规岛二回路给水、凝结水中，调节水的 pH 值
	40%联氨	48t	常规岛给水及凝结水的除氧剂	加入常规岛二回路给水、凝结水中，作为除氧剂去除水中溶解氧
	磷酸三钠	5t	作为腐蚀抑制剂	作为腐蚀抑制剂注入闭式冷却水中
循环水处理系统	0.15%次氯酸钠	1000t	杀生剂，用于循环冷却水微生物控制	加入循环冷却水中，杀生后分解，运行中控制循环水出口余氯量在 150 μ g/L 左右
	盐酸（31%HCl）	30t	作为电解装置酸洗用	酸洗后废酸与碱液中和后调节 pH 值至 6~9 后排放
	氢氧化钠（32%NaOH）	30t	作为酸洗后的中和废酸用	酸洗后废酸与碱液中和后调节 pH 值至 6~9 后排放

注：（1）年使用量按运行 7000 小时计

（2）次氯酸钠可通过电解海水制取或外购获取，其中外购年均使用量为 1000t

4.8 放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料组件运输

4.8.3 放射性固体废物运输

表

表 4.8-1 放射性固体废物厂内运输

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电厂的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。中子源有一次源组件和二次源组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节简要叙述新燃料、乏燃料和放射性固体废物的运输。

4.8.1 新燃料运输

装有新燃料组件的新燃料运输容器运到燃料厂房装卸区后，用辅助吊车吊运至新燃料运输容器停放区，然后打开并取掉运输容器盖，将燃料组件托板翻转到垂直位置，并销住。之后，将辅助吊车吊钩的新燃料操作工具与燃料组件正确可靠连接，松开燃料组件的抱紧箍，最后用辅助吊车把燃料组件从运输容器中一次一个地卸出，经进一步的外观检查，以及技术条件规定的其它检查项目，表明符合新燃料组件的接收要求后，吊运至新燃料贮存间内的新燃料贮存格架贮存。新控制棒抽查试验在新燃料贮存格架内进行。

新燃料组件和相关组件可以通过铁路运输到核电厂附近的适当地点，然后转用公路运输方式运至核电厂现场。

4.8.2 乏燃料组件运输

乏燃料的厂内运输包括乏燃料装入乏燃料运输容器，至厂外运输前的全过程。

乏燃料的厂内运输由乏燃料容器吊车、辅助吊车、乏燃料水池吊车、乏燃料外运走台、乏燃料组件抓具、水下照明装置、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查在准备井和装载井内进行。准备井和装载井为两个毗邻的水池，均位于燃料厂房内乏燃料存储水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料存储水池连成整体结构。其中装载井与乏燃料水池相通，并由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料水池中，待乏燃料组件的剩余热功率及放射性物质衰变满足乏燃料外运条件时。将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程

中，燃料组件活性区顶部须一直保持至少 2.8m 的屏蔽水层。

乏燃料的厂外运输拟委托国内有资质的公司进行。乏燃料厂外运输遵循《放射性物品运输安全管理条例》，按选定的并经国家核安全局批准的运输线路，使用经国家核安全局批准的车辆，将乏燃料运至国家指定的乏燃料处理厂。

4.8.3 放射性固体废物运输

（1）场内运输

核电厂运行过程中产生的放射性固体物质（如废树脂、废过滤器芯子、技术废物等）将根据其性质进行分类，并按照《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB12711-2018）的要求进行包装处理。

废物包装容器外表面任意一点的表面剂量率不超过 2.0mSv/h。超过限值，采用外加屏蔽容器进行运输。表面污染物水平要求低于以下限值：

- β 、 γ 发射体、低毒性 α 发射体 $\leq 4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；
- 其它 α 发射体 $\leq 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

场内运输见表 4.8-1 所示。

（2）厂外运输

三澳核电厂 1、2 号机组运行产生的固体废物最终包装体均为标准的 400L 钢桶，废物暂存库内中、低放废物分区储存。固体废物经过一定时间暂存后（不超过 5 年）最终将送往国家指定的区域中、低放废物处置场。

公路运输的经验表明，事故发生率（次/km 车）以及预计事故次数很低。另外，废物桶的设计和制造符合《低、中放水平放射性固体废物包装安全标准》（GB12711-2018）和《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求，即使废物桶从运输车辆上坠落，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，故不会对环境造成污染。

表 4.8-1 放射性固体废物厂内运输

序号	废物类型	包装容器	运输起点	运输终点
1	废树脂	废树脂转运容器	2BNX	9BWX
2	废滤芯	废滤芯屏蔽容器	2BNX	9BWX
3	技术废物(含待解控废物)	50L塑料袋	1/2BNX 9BWX	BQS/BQT
4	APG废树脂	400L桶或其它容器	1/2BNX	BQT
5	固化后的废物	400L钢桶	9BWX	BQT

备注：

- (1) 技术废物包为 50L 塑料袋，采用箱式货车转运，单次最大运输 180 袋；
- (2) APG 废树脂包装容器为 400L 桶或其它容器，采用箱式货车转运，单次转运最大约 30 桶；
- (3) 废树脂采用废树脂转运容器，单次运输 0.4 m³；
- (4) 废滤芯采用废滤芯屏蔽容器，单次运输 1 个；
- (5) 固化后的废物采用 400L 钢桶，单次运输 1 个（带屏蔽容器）或 4~8 个（不带屏蔽容器）。

第五章 核电站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

- 5.1 土地利用
 - 5.1.1 土地占用
 - 5.1.1.1 进厂道路
 - 5.1.1.2 场地平整
 - 5.1.2 陆域施工活动对环境的影响
 - 5.1.2.1 振动的影响
 - 5.1.2.2 声环境的影响
 - 5.1.2.3 大气环境的影响
 - 5.1.2.4 生态环境的影响
 - 5.1.2.5 使用化学物质对环境的影响
 - 5.1.2.6 施工固体废弃物对环境的影响
 - 5.1.2.7 施工活动对社会环境的影响

表

表 5.1-1 施工阶段的主要噪声污染源及噪声级

5.1 土地利用

5.1.1 土地占用

三澳核电厂 1、2 号机组位于温州市苍南县霞关镇三澳村，规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，采用一次规划，分期建设模式，1、2 号建设两台华龙一号机组。

三澳核电厂 1、2 号机组项目永久用地面积为 89.8900hm²，工程临时用地面积为 50.0hm²，合计 139.8900hm²。

根据《霞关镇土地利用总体规划（2006~2020 年）》，厂址拟占地范围内规划土地类型为滩涂、农田、林地和村庄。本工程土地预审已于 2017 年 4 月获国土部批复，占用的耕地也已进行了补偿，实现了占补平衡。《霞关镇土地利用总体规划（2006~2020 年）》局调工作技术环节已全部完成，待地方政府进行批复后厂址占地范围将调整为建设用地。

根据核电厂的前期建设和生产运营特点，三澳核电厂 1、2 号机组总体规划按功能主要分为主厂区、厂外辅助设施区、施工准备区及其它用地，详见本报告 4.1.1 节。

5.1.1.1 道路

三澳核电厂 1、2 号机组拟设置进厂道路和第二进厂道路（应急道路）。

一 进厂道路起点位于马站镇新厝村的 S232 上，向东设新厝隧道穿山至库下村，设库下隧道穿山至温厝，沿山展线约 300m 后，设温厝隧道穿山至小槽，接三澳核电厂厂区道路。进厂公路全长 4.174km，采用二级公路标准，路基宽度 12.0m，设计车速 60km/h，主线无桥梁，起点交叉拓宽范围内设置桥梁一座，为 3×13m 预应力空心板桥，全线共设置隧道 3 座，约 3411m。进厂道路环评文件已于 2016 年由地方环保部门批复（见附件 A.10）。目前，进厂道路已建成通车。

一应急道路自厂区西北侧经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接。此外，核电厂拟新建自厂区北侧向北延伸至小姑与规划中的 G228 国道相连的道路作为进厂和应急道路的辅助道路。该条道路将在地方管理部门单独立项备案并另行开展环评。

5.1.1.2 场地平整

场地平整主要是厂区土石方开挖和把开挖出的土石方料堆填或碾压回填至厂区

内的谷地和海域回填区。

为了满足施工场地布置的需求，本期工程利用远期规划场地作为施工场地，滚动发展，故 1、2 号机组的土石方工程一般按 1 号~4 号机组场地平整。由于三澳项目土石方工程量大，填海范围严控，基于“少挖、晚挖、多填、少用”的原则，本期工程按“1 号~6 号”机组阶梯式平整场地。

厂坪标高按 17.50m，1、2 号机组场地平整标高按 17.00m，全厂正挖量为 1030.35 万 m^3 （自然方），折 1144.46 万 m^3 （松方）；2 台机负挖量为 300.52 万 m^3 （松方）；合计总挖方 1444.98 万 m^3 （松方）；2 台机海工需求 812.16 万 m^3 （松方），厂区回填量 359.22 万 m^3 （松方），防台备料 5 万 m^3 （松方），绿能小镇一期回填量 267.22 万 m^3 （松方）。1、2 号机组土石方平衡情况总体平衡，石方富余 1.38 万 m^3 。

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

三澳核电厂 1、2 号机组陆域施工活动对环境的影响主要是工程负挖、土石方爆破、道路施工、汽车运输以及设备安装等造成的地面振动、噪声、粉尘和植被破坏、水土流失等生态方面的影响。

5.1.2.1 振动的影响

核电厂区地基施工过程中的打桩、强夯、爆破和碾压等活动会对周围环境产生一定的振动影响。振动主要是由施工引起的地面振动在土体中传播产生的，其频率和强度变化范围与振源特征、土体条件、周围建筑物结构特点、振源与人或建筑物的距离等因素有关。

当地基处理施工振动超过一定限度时，会对人的心理和生理造成一些危害。高幅振动不仅影响人的正常活动，而且会引起人体生理组织的变化，甚至对人体内部器官产生各种损坏；低幅振动也可引起神经系统、内分泌系统、消化系统、循环系统和新陈代谢等各种生理活动的不良变化，致使人感到劳累和工作能力减退，工作效率降低。当振动与人体固有频率接近时，还会引起人体共振，大大增加振动对人体和内脏的危害程度。除生理影响外，振动还会导致人的心理产生不愉快和烦躁的感觉。

施工振动对周围建筑物的影响主要通过诱发结构振动和地面沉降造成建筑物的整体或局部受损，损害方式表现为墙体开裂、倾斜甚至破坏，道路路面损坏或地下管

线爆裂等灾害性后果。

各种振动活动中，爆破造成的振动对人和建筑物影响最大。我国推荐爆破振动对建筑物的影响公式（萨道夫斯基公式）：

$$V = K \left(Q^{\frac{1}{3}} / R \right)^a$$

V：安全允许的质点振动速度，cm/s；

K：与介质和爆破条件因素有关的场地系数，本项目取 150；

Q：一次齐爆最大量，kg；

R：爆源至保护建筑的距离，m；

a：振动衰减系数，本项目取 1.5。

《爆破安全规程》(GB6722-2003)规定的爆破振动安全允许标准,对于一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物,振动安全允许标准为 2.3~2.8cm/s。本项目非居住区范围内的居民搬迁后,距离厂址最近的居民点为厂址 WSW 方位 1.9km 处的长沙村和 NW 方位 2km 处的陈家坪村,取中间值 2.5cm/s 计算,允许的一次齐爆最大量为 1905278kg。

经调研,一般情况下,对于持续性振动,当振速超过 0.2cm/s,人们就有显著感觉,会有投诉;当振速超过 0.6cm/s,人们会感到不愉快。按照 0.2cm/s 计算,则允许的一次齐爆最大量为 12193.78kg。据统计,现场施工时一次同时爆破的炸药量最多不会超过 10t,预计不会出现振动扰民和对居民建筑物破坏的现象,振动对周围环境影响较小。

5.1.2.2 声环境的影响

核电厂施工过程中,厂区内可能产生噪声的活动包括场地负挖,土石方爆破、道路平整、主厂房(核岛、常规岛)的建设和厂区辅助配套设施的建设,另外设备安装和汽车运输也会产生一定噪声。施工阶段的主要噪声污染源及其噪声级见表 5.1-1。

爆破施工是间歇性的,集中在施工初期场地平整阶段。现场施工机械设备如挖掘机、推土机、钻孔机等噪声值也较高,且在实际施工过程中,通常是多台机械设备同时作业,各台设备产生的噪声会互相叠加。同一地点同时作业的机械设备多为 2~6 台,一般不会超过 10 台,叠加后的噪声增值约 3~10dB。

施工机械作业时可视为点声源,距离加倍时噪声降低 6dB,如果考虑空气吸收,则附加衰减 0.5~1dB/100m,因此,昼间所有机械设备施工噪声通常在 100m 外可达到

《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中 70dB 的标准；夜间除灌注桩机外，在 350m 外可以达到 GB12523-2011 中 55dB 的标准。三澳核电厂 1、2 号机组位于滨海厂址，厂址拟征地范围内原有的村庄已全部完成搬迁。目前距离厂址最近的居民点为厂址 WSW 方位 1.9km 处的长沙村，2018 年有户籍人口 989 人。施工噪声通过距离衰减和山体隔离后，不会出现噪声扰民的现象，预计施工噪声对周围环境影响较小。

5.1.2.3 大气环境的影响

工程施工期间的主要大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气，其中，扬尘和粉尘对大气环境质量影响较为明显。施工产生的地面扬尘和粉尘主要来自于施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放和运输以及施工建筑材料的搅拌等环节，TSP 产生量与施工方式、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。

由于施工时现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等），施工运输过程中会产生一定量汽车尾气，主要污染物为 CO、NO_x 和碳氢化合物。

爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气，烟气量与炸药种类、用量和操作方式等诸多因素有关。国内同类核电厂场平施工爆破通常使用乳化炸药，主要污染物为 NO_x。通常在爆破前对实施爆破的区域喷水，以降低爆破过程的起尘量。爆破时合理布局炸药孔位置，尽量减少大量炸药同时引爆，最大程度降低爆破带来的粉尘和大气污染。

施工中可采用覆盖、定期洒水等措施减少扬尘的产生。有资料表明，在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70% 左右；对施工场地实施每天洒水 4~5 次进行抑尘，可有效地控制施工扬尘，并可将 TSP 污染距离缩小到 20~50m 范围。因此，在施工活动中，在采取覆盖、定期洒水等减少扬尘的措施后，施工粉尘及扬尘的影响将局限于施工场地周围，对大气环境影响范围有限。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，大气影响时段有限。

5.1.2.4 陆域生态环境的影响

电厂在施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，原有地形地貌受到较大程度的扰动和损坏，大量的土石方挖掘工作也将完全破坏原有生物生境条

件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，使区域内土壤抗侵蚀能力降低，水土流失加剧，如处理不当可引起局部生态环境恶化。另外，挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

本项目所在区域属以水力侵蚀为主类型区中的南方红壤丘陵区，工程区水土流失类型以地表径流冲刷引起的水力侵蚀为主，同时存在风蚀情况，项目区域不属于国家级、省级及市县级水土流失重点预防区和重点治理区。项目区域内也不涉及到饮用水源保护区、水功能一级区的保护区、自然保护区、风景名胜区、重要湿地等敏感区域。根据浙江省水利水电勘测设计院 2019 年 8 月完成的《中广核浙江三澳核电厂一期工程水土保持方案报告书》，本工程建设可能产生的水土流失总量约 5.54 万 t，新增的水土流失总量约 5.19 万 t，施工期是本工程建设可能产生水土流失最为严重的时期，期间水土流失量占总量的 93.68%，建设期水土流失的重点区域为临时堆场、厂区、施工准备区。在工程施工结束后的自然恢复期，也将有一定程度的水土流失发生。

本工程施工期是产生水土流失的重点时段，根据本工程的特点以及对水土流失影响、区域自然条件、工程的功能分区等，对本工程共划分 7 个水土流失防治区，分别为 I 区-厂区防治区、II 区-厂外辅助设施防治区、III 区-现场服务区防治区（不在本次环评范围内）、IV 区-施工生产防治区、V 区-海工工程防治区、VI 区-边坡工程防治区、VII 区-进厂道路防治区。各个分区按照施工和水土流失特点，将临时措施、工程措施、植物措施有机衔接，做到“点、线、面”结合，形成完整的防护体系。通过实施水土保持措施，可减少水土流失量。本项目厂址周边 500m 范围内无乡镇、居民点，也没有位于湖泊和已建成水库周边、四级以上河道两岸 3km 汇流范围内，厂址区执行建设类项目南方红壤区三级标准。本工程设计水平年水土流失防治综合指标为：水土流失治理度达到 91.3%、土壤流失控制比 1.6、渣土防护率达到 91.3%、表土保护率达到 83.3%、林草植被恢复率达到 91.3%、林草覆盖率达到 8%。

通过现场调查，当地无特殊生境，在电厂建设过程中，建设单位将有规划地对整个厂区和厂外道路实施绿化，建造全新的人文景观。通过类比其它核电厂建设前后的生态环境变化，预计工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

5.1.2.5 使用化学物质对环境的影响

核电厂建设施工阶段，各种设备和连接管道需要运输、贮存和现场安装，为避免

盐雾锈蚀和表面氧化，将采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理。这些化学物质和缓蚀剂包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等。上述物质有些是有毒化学物品，因此施工时，要求设备承包商在出厂时按照相关要求处理。需要在现场进行补充处理的，由施工单位按照制定的化学物品使用管理规定严格执行，对化学物品的使用量严格控制。另外施工期间各承包商单独设置危险化学品临时储存库，储存的危险化学品主要为压缩钢瓶气体（有 5L、10L、40L 不等），包括氧气、氮气、氩气、乙炔，根据工程进度储量从几瓶到几十瓶不等；油漆，包括底漆、面漆、稀释剂，储量几十到几百公斤不等；油品类，包括润滑油、矿物油、防腐油、液压油、柴油，储量几百到上千公斤不等。

为减少危险化学品储存设施的环境风险，建设单位均要求各承包商制定严格的管理措施和应急预案，包括危险化学品登记制度、配备干粉灭火器、消防沙、消防栓、防毒面具、消防服等设施、设置链锁防止钢瓶倾倒、危险品库防雨、防腐蚀、防渗处理等，尽可能避免危化品事故的发生。

5.1.2.6 施工固体废弃物对环境的影响

三澳核电厂 1、2 号机组建设过程中，施工队会产生一定量的生活垃圾和工业废弃物，且部分工业废弃物属于危险固废，如油漆桶、探伤洗片废液，废油布、废油漆等，如处理不当，不但会占用大量土地，造成景观污染，还会产生恶臭、滋生细菌、蚊蝇，污染大气，被雨水冲刷可能污染周围水体等。类比国内同类核电厂建设过程，施工期生活垃圾年产生量约 100t 左右，由当地环卫部门定期外运填埋处置。为减少固体废弃物对环境的影响，建设单位需制定严格的施工环境管理规定，做到文明施工，尽量减少固废产生量；生活垃圾定点堆放，及时清运；无毒无害固废尽量回收再利用，危险固废按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）设置专门的危废贮存仓库，定期交由有资质的单位处理或由供货商回收处置。

通过采取上述措施，核电厂施工产生的固体废弃物将尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

5.1.2.7 施工活动对社会环境的影响

本项目征地范围内的居民已搬迁完毕，建设单位按国家及地方相关政策制定补偿

方案并落实到位，搬迁居民对本项目总体持理解和支持态度。

本项目施工区不涉及历史古迹、考古场地、风景名胜。

核电厂施工期间大量外来施工人员进驻施工现场和附近村镇，对当地居民的日常生活造成了一定影响，但同时也增加了当地居民的就业机会和商业机会。由于核电厂建设施工期较长，大量施工人员在该地区长期居住和生活，可以增强该地区的消费能力，促进当地经济的发展。

表 5.1-1 施工阶段的主要噪声污染源及噪声级

施工期	主要声源	噪声级 dB (A)
负挖	爆破	>120
土石方	挖掘机、推土机、平地机、装载机、压路机、打桩机和摊铺机	76~105
底板和结构	混凝土输送泵、振捣机、电锯、电焊机	90~100
内部装修	电钻、电锤、手工钻、无齿锯	100~110
外部装修	升降机、吊车	65~75
交通运输	轻型载重卡车、混凝土罐车、大型载重车	75~95

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

5.2.2 对水环境及生态的影响

5.2.2.1 海域生态影响分析

5.2.2.2 海洋生物资源损失评估

5.2.3 对周围养殖区的影响

5.2.4 对水动力条件、地形地貌冲淤的影响

5.2.5 对航运、防洪堤坝、景观等的影响

5.2.6 施工期供水水源分析及排水对环境的影响

5.2.6.1 供水水源分析

5.2.6.2 排水对环境的影响

表

表 5.2-1 本工程海域施工期悬浮泥沙扩散数模结果

表 5.2-2 施工造成的海洋生物资源平均损失量汇总

表 5.2-3 本工程污水处理站排水标准

图

图 5.2-1 本工程施工期悬浮泥沙扩散与浙江省海洋生态红线叠加图

图 5.2-2 本工程建成效果图

图 5.2-3 污水处理站工艺流程图

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

三澳核电厂采用一次规划，分期建设，1、2 号两台机组申请用海总面积为 56.2554hm²。用海主要包括建设填海造地、非透水构筑物 and 透水构筑物用海、取排水口用海、温排水用海、海底电缆管道用海和港池用海等，项目用海申请已通过自然资源部的预审（自然资办函[2019]1860 号）。

本项目海工工程包括取水工程、排水工程、防洪堤护岸工程、回填工程及大件码头工程。其中取水工程采用明渠取水；排水工程全部采用离岸深排，排水距离 200m；大件码头位于厂区西南侧，拟建设一座 3000 吨级码头，配备 1 台 650t 固定式全回转起重机。

1) 取水工程

三澳核电厂 1、2 号机组循环水取自厂址南侧深槽，采用明渠取水，取水口门设计底标高-9.0m，取水口门宽 50m，取水明渠宽 40m，渠底设计底标高为-8.0m，泵房前池设计底标高为-13.5m。取水明渠构筑物结合地形布置，包括取水护岸、取水导流堤、取水隔堤和泵房直立翼墙，其中泵房直立翼墙布置于取水泵房两侧。取水东导流堤一段（兼做防渗设施）长 251.3m，取水东导流堤二段长 60.4m，取水西导流堤长 79m，顶高程 13.5m，取水护岸长 782.0m，顶标高均为 17.5m。取水口处设拦污设施。为避免船舶误入取水明渠，于取水口设置警示灯浮标。

2) 排水工程

排水构筑物包括 1、2 号机组排水暗涵。

1、2 号机组排水工程位于厂区东北侧、国姓礁东侧，排水点距离天然岸线约 185m，水深约-11.5m，排水构筑物采用混凝土箱涵结构，循环水经虹吸井接排水暗涵下穿东护岸，排入外海，暗涵为一机一洞，单孔尺度为 5.5m×5.5m，采用双孔共壁的结构形式，暗涵长约 255m，排水头部设排水窗口。

为警示船舶，防止船舶在排水工程水域航行或抛锚，于排水头部设置警示灯浮标。

3) 防洪堤护岸工程

1、2 号机组防洪堤护岸工程包括北护岸和东护岸。厂区局部区域利用自然山体进

行防护，后续根据波浪模型试验结果确定山体或挡浪墙高程。北护岸与自然岸线合围，作为厂区回填区边界，北护岸长 1067m，其中斜坡段长 738.7m，为保护无居民海岛国姓礁生态不被破坏，国姓礁西侧北护岸采用直立式结构，长 328.3m，北护岸挡浪墙顶高程为 17.5m。东护岸位于 1、2 号机组排水暗涵处，采用直立式结构，长 85m，排水暗涵从护岸底部穿过，东护岸挡浪墙顶高程拟定为 22.0m，后续根据波浪模型试验结果确定。

4) 回填工程

在厂区北侧布置回填区，作为前期施工场地和后期厂区建设用地使用，回填标高同厂区标高，为 17.5m。填海造地区的子项包括保安大楼、武警营房、消防站、工业废物暂存库、环境实验室、办公楼、环境监测站、武警岗亭、冷机修仓库/材料库等。

5) 防渗设施布置

取水明渠和 1、2 号机组排水暗涵处需分别布置临时围堰和防渗设施。其中排水暗涵临时围堰长 258m，结合构筑物设防渗墙 330.3 m。

为满足 1、2 号机组取水泵房、直立翼墙、取水明渠护岸和取水隔堤的干施工条件，利用取水东导流堤一段（兼做防渗设施）和自然山体，形成取水工程干施工条件，结合新建临时围堰，并于回填区打设防渗墙，与自然山体围合，形成 1、2 号机组排水工程干施工条件。

6) 大件码头工程

大件码头位于厂区南侧，采用重力式结构。大件码头前沿线方位角为 $5^{\circ}51' \sim 185^{\circ}51'$ ，码头平台长 138m，宽 40m，前沿顶高程为 14.5m，码头平台通过引堤与后方陆域相连，引堤作为重件运输道路，长 84m，宽 13.5m，顶高程 14.5~17.5m，坡度为 3.6%。停泊水域布置于码头正前方，长 138m，宽 32m，设计底标高为-10.5m，回旋水域布置于停泊水域外侧，直径 216m，设计底标高为-6.4m，进港航道按 3000 吨级单线航道设计，通航宽度为 85m，航道设计底标高为-6.4m。

5.2.2 对水环境及生态的影响

5.2.2.1 海域生态影响分析

三澳核电厂 1、2 号机组海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自围填海工

程、重件码头工程和取排水设施修筑工程，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。

（1）围填海工程对海洋环境的影响

海域回填对海域生态环境的影响较大，将使该区域内的潮间带变成陆地，使围填区原有湿地生态系统功能发生变化并造成该区域内的海洋生物消失。另外临时围堰占用海域也会造成底栖生物损失，临时围堰用海面积为 3.012hm^2 ，属非透水构筑物，临时围堰拆除后，底栖生物可逐步恢复。由于鱼类等浮游生物具有游泳回避能力，因此填海工程对该区域底栖生物的影响最大。根据食物链分析，底栖生物是许多经济价值很高的底层鱼类的饵料。底栖生物不同于浮游生物，它们数量的损失，难以从潮流的往复流动中得到补充。

围填海工程会引起悬浮泥砂颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，引起初级生产力水平降低。悬浮泥砂对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少，致使部分浮游动物窒息死亡，同时悬浮颗粒会粘附在生物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游生物会吞食适当粒径的颗粒物，造成内部消化系统的紊乱。悬浮颗粒物还会堵塞鱼类的鳃部，严重损害其滤水和呼吸功能。另外，悬浮物中有害物质的二次污染也会对海水水质产生一定影响。围填海施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要来自于机械的搅动，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止 3~4 小时后，绝大部分泥砂将沉降于海底，海水会很快变清。因此，围填海工程产生的悬浮物影响时间与程度均有限。

（2）大件码头和取排水设施修筑工程对海洋环境的影响

大件码头和取排水设施修筑过程除了引起水中悬浮颗粒物增加造成以上各种不利影响外，其爆破挤淤时产生的冲击波以及在水中传递的声场会对水生生物产生损害甚至致死效应。爆破振动声波对水生生物影响随距离爆破中心半径加大而逐渐减小。

海域工程建设对海域生态环境的主要影响是底栖生物的直接损失和其他海洋生物的间接损失。调查表明，本项目附近海域没有珍稀海洋生物，其余底栖生物和鱼类在当地的大多数海域中均有大量分布，工程建设及施工不会显著降低物种多样性，总体影响是短暂的，损失的生物群落可以在施工结束后重新建立和恢复。

（3）海上施工船舶及大件码头船舶废水排放对海洋环境的影响

海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，

但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。另外，船上人员也会产生少量生活污水。船舶废水须进行铅封后带至陆地厂区污水处理站处理，不直接排放海域。在采取并落实上述环境管理措施后，预计施工船舶废水不会对海域环境质量造成影响。

重件码头运输船舶租用附近港口船只，产生的污染物由运输船舶带回原港区处理，不排放至码头附近海域，也不上岸处理，对电厂附近海域水质影响不大。

5.2.2.2 海洋生物资源损失评估

本工程建设期，填海工程和排水导流堤的建设对用海区的占用是永久性的，海域属性改变，其海洋资源也随之丧失，这是资源损失中较大的一部分；抛石和挤淤等施工时搅动产生的悬浮泥沙会对用海区附近海域生态环境产生一定影响，并造成部分海洋生物的死亡；此外，水下爆破挤淤产生的冲击波也对水生生物影响较大。本报告生物资源损失量采用了《中广核浙江三澳核电厂一期工程海域使用论证报告书》（2019.5）中根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007）中的计算方法对生物资源损失量进行估算的结果。

根据本工程施工期悬浮泥沙扩散数模计算结果，在考虑爆破挤淤、抛石筑堤和基槽开挖等各种工况条件后，本工程施工期间悬浮泥沙浓度大于 10mg/L 的面积为 4.696km²，大于 20mg/L 的包络面积约为 2.160km²，大于 50mg/L 的包络面积约为 0.895km²，大于 100mg/L 的包络面积约为 0.532km²，具体结果见表 5.2-1。

（1）占用渔业水域的海洋生物资源量损害评估

因建设需要，本工程占用渔业水域，使海域功能被破坏或海洋生物资源栖息地丧失，各种类生物资源损害量评估按如下公式计算：

$$W_i = D_i \times S_i$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源受损量，单位为尾、个、千克（kg）；

D_i ——评估区域内第 i 种类生物资源密度，单位为尾（个）每平方千米[尾（个）/km²]、尾（个）每立方千米[尾（个）/km³]、千克每平方千米（kg/km²）；

S_i ——第 i 种类生物占用的渔业水域面积或体积，单位为平方千米（km²）或立

方千米（ km^3 ）。

（2）污染物扩散范围内的海洋生物资源损害评估

一次性平均受损量评估（污染物浓度增量区域存在时间少于 15d）：某种污染物浓度增量超过 GB3097-97 中 II 类标准值（GB3097 中未列入的污染物，其标准值按照毒性试验结果类推）对海洋生物资源损害，按如下公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克（kg）；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/ km^2 ）、个平方千米（个/ km^2 ）、千克平方千米（ kg/km^2 ）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分比（%）；

n ——某一污染物浓度增量分区总数。

当污染物浓度增量区域存在时间超过 15d 时，应计算生物资源的累计损害量。计算以年为单位的生物资源的累计损害量按如下公式计算：

$$M_i = W_i \times T$$

式中：

M_i ——第 i 种类生物资源累计损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

W_i ——第 i 种类生物资源一次平均损害量，单位为尾、个、千克（kg）；

T ——污染物浓度增量影响的持续周期数（以年实际影响天数除以 15），单位为个。本项目以一年施工 12 个月，每个月施工 25 天计， T 值取 20。

（3）爆破挤淤对海洋生物资源的损害评估

采用《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T9110-2007）中附录 C 的数据估算海洋生物资源的损失量。而实际施工作业时，严格执行报告书中提出的减少水下爆破对渔业资源影响的措施，将水下爆破对海洋生物资源的损失降至最低。本项目爆破挤淤的施工时间为 300 天，1 天 2 爆，根据规程中水下爆破对生物资源的损害评估公式，如下：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij} \times T \times N$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源累计损失量，单位为尾（尾）、个（尾）、千克（kg）；

D_{ij} ——第 j 类影响区中第 i 种类生物的资源密度，单位为尾每平方千米（尾/ km^2 ），个每平方千米（个/ km^2 ），千克每平方千米（ kg/km^2 ）；

S_j ——第 j 类影响区面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

K_{ij} ——第 j 类影响区第 i 种类生物致死率，单位为百分比（%）；

T ——第 j 类影响区的爆破影响周期数（以 15d 为一个周期）；本工程以每月施工 25 天计，则年施工天数为 300 天， T 取 20。

N ——15d 为一个周期内爆破次数累计系数，爆破 1 次，取 1.0，每增加一次增加 0.2；本工程 1 天 2 爆，周期内取爆破系数 6.8。

n ——冲击波峰值压力分区总数。

（4）评估结果

三澳核电厂 1、2 号机组拟申请填海面积约 28.4974hm^2 ，非透水构筑物用海面积 10.8066hm^2 ，合计占用潮间带面积 6.1575hm^2 ，占用潮下带面积 33.1465hm^2 。根据 2016 年 1-2 月、4 月、8 月和 11 月在厂址周边海域设置的潮间带的调查数据，选取设置在拟围填海域的潮间带断面的底栖生物量四季平均值，即 $10.336\text{g}/\text{m}^2$ 。潮下带底栖生物量取附近站位的四季平均值，即 $11.26\text{g}/\text{m}^2$ 。经计算，项目用海造成的底栖生物一次性损失量约为 4.37t。此外，还包括临时围堰的非透水构筑物临时用海和码头港池疏浚引起的底栖生物损失，此两项造成的底栖生物损失为 1.08t。

根据 2016 年开展的厂址附近海洋生态调查结果，2016 年鱼卵密度均值为 $20\text{ind.}/1000\text{m}^3$ ，仔稚鱼密度均值为 $111\text{ind.}/1000\text{m}^3$ 。浮游植物资源密度以填海区附近站位四季平均值计算为 347544 个/ m^3 。经计算，本项目建设至完成共造成浮游植物损失量为 4.07×10^{13} 个，浮游动物损失量为 97.50t，鱼卵损失量为 5.56×10^6 个，仔稚鱼损失量为 3.08×10^7 尾，鱼类幼体损失量为 2.37×10^6 尾，虾类幼体损失量为 1.05×10^6 尾，虾蛄类幼体损失量为 4.80×10^5 尾，蟹类幼体损失量为 2.86×10^5 尾，头足类幼体损失量为 10075 尾，底栖生物损失 5.45t。详见表 5.2-2。

5.2.3 对周围养殖区的影响

厂址附近 10km 范围内的海域养殖区主要为贻贝、羊栖菜和紫菜养殖区，其中紫菜养殖区面积较大，贻贝、羊栖菜养殖区面积较小，另外还有少量岸上的虾塘养殖区。施工活动悬浮泥沙对植物性养殖品种影响较小，且紫菜等大范围养殖区主要位于厂址南侧的霞关作业区和西侧的沿浦湾内，距离厂址较远，受影响很小。虾塘面积和用水量较小，且取水位置较为灵活，受悬浮泥沙影响不大。

5.2.4 对生态敏感区的影响

根据本工程平面布置，结合《浙江省海洋生态红线划定方案》，本工程海工工程建设区域内没有禁止类和限制类红线区，没有大陆自然岸线红线，也没有占用海岛自然岸线。

根据项目泥沙和岸滩稳定性分析，本工程悬浮泥沙增量为 10mg/L 的影响范围主要集中在工程区附近，会进入木耳屿西侧沙源保护海域。悬浮泥沙增量 10mg/L 线进入木耳屿西侧沙源保护海域（见图 5.2-1），但未改变该海域自然属性，符合该生态红线区域的管控要求。同时，悬浮泥沙的影响为短期的影响，随着施工期的结束而消失。

厂址附近海域分布有国姓礁、凤凰礁、木耳屿、脚桶屿、弹棉岛、草峙岛等多个无居民海岛，为《浙江省海洋生态红线划定方案》中的霞关无居民岛群岸基岩岸线。其中霞关无居民岛群岸线的国姓礁距离核电厂区围填海工程约 34m，为了保持国姓礁自然属性，围填海区域护岸东北侧采用直立堤形式，避免了改变国姓礁与大陆之间的潮汐通道，以保持通道内水体自然交换。另外，国姓礁距离施工围堰 6m，但施工围堰在建设三年内将拆除，对国姓礁的影响非常有限。

5.2.5 对航运、防洪堤坝、景观等的影响

本工程厂址附近主要为渔用航道，其中中南部避风内航道（Z16）位于厂址 ESE 方位约 1.3km 处，该航道偏南北走向，航道长 30.2km，设计水深 4.3m，宽度 200m，通过的渔船较少，预计本项目取排水工程的建设对该航道的的影响较小。本工程距离货运航道较远，不会对其产生影响。

厂址附近岸线目前为自然岸线，没有人工防洪堤坝。预计本项目建成后，原有的以自然岸线为主的自然景观将被人工景观所代替。图 5.2-2 给出了本工程建成效果图。

5.2.6 施工期供水水源分析及排水对环境的影响

5.2.6.1 供水水源分析

（1）供水水源

本工程施工期用水包括施工生产用水、施工人员生活用水以及调试期用水，其中施工生产用水主要为混凝土浇筑用水、砂石料加工冲洗用水和施工场地冲洗用水。本工程施工期生产用水和生活用水均由马站自来水公司铁场净水厂供给，调试期用水采用海水淡化。根据设计资料，本工程施工期设计最大取水量为 $3517.9\text{m}^3/\text{d}$ （含生活用水 $642.6\text{m}^3/\text{d}$ ），正常取水量为 $2388.1\text{m}^3/\text{d}$ （含生活用水 $628.1\text{m}^3/\text{d}$ ），年取水量 $81.0\text{万}\text{m}^3/\text{a}$ （含生活用水 $22.9\text{万}\text{m}^3/\text{a}$ ）。

马站自来水公司铁场净水厂位于马站育才中学旁，目前日处理规模为 $1.75\text{万}\text{t}/\text{d}$ （ $489\text{万}\text{m}^3/\text{a}$ ）。马站自来水公司铁场净水厂取用铁场水库和云遮水库引水工程水源，引水工程由铁场水库和云遮水库联合调度，十八孔水库作为应急备用水源；供水用途主要是供给马站片区域居民生活用水，供水对象包括马站、沿浦、蒲城、霞关、渔寮、南坪、澄海、魁里、城门、云亭等10个社区，以及核电站等项目带来的外来人口。根据《苍南县马站自来水有限公司铁场净水厂扩建工程水资源论证报告》（2019年），马站自来水公司铁场净水厂供水范围包括三澳核电厂区和绿能小镇生活区。

本工程施工期用水取水口设置在铁场净水厂出水口，马站自来水公司负责取水管线的报批、建设和维护工作。2019年底，建设单位与马站自来水公司签订了《浙江三澳核电项目供水保障合作协议》，马站自来水公司将对三澳核电项目施工期用水需求给予充分保障。

（2）水资源利用的合理性分析

云遮水库和铁场水库的主要功能是以供水为主，向马站平原提供生活、工业清洁水源，保证马站小流域溪中下游左右岸的居民生活用水和工业用水；十八孔水库承担防洪、灌溉、供水、发电的任务。

根据施工进度，本项目在预计施工高峰期（2022~2023年）的年取水量可达 $81.0\text{万}\text{m}^3$ ，其中年生产用水 $58.1\text{万}\text{m}^3$ ，年生活用水 $22.9\text{万}\text{m}^3$ 。施工期生产用水最大日取水量 2875.3m^3 ，生活用水最大日取水量 642.6m^3 ，最大取水流量 $0.007\text{m}^3/\text{s}$ ，施工期

供水保证率为 90%。

马站片区现状实际最高日取水量为 1.5 万 m^3/d ，铁场净水厂剩余供水能力为 $5500\text{m}^3/\text{d}$ ，可满足本项目施工期日最大取水量（ $642.6\text{m}^3/\text{d}$ ）的需要，考虑 2025 年后区域人口增长带来的需水量增加后，铁场净水厂仍可满足项目施工期取水的要求，水源可靠。

综上所述，本项目施工期生产用水和生活用水均取自马站自来水公司铁场净水厂，对其他用水户影响不明显，取水方式合理。

5.2.6.2 排水对环境的影响

施工期间的生产废水来自场地冲洗水、混凝土拌合水、砂石料洗涤用水，污染物主要为悬浮颗粒物。施工单位拟在各施工项目区设置沉淀池，废水经沉淀后回用于场地洒水抑尘、绿化等，不外排。

施工期间的生活污水主要来自厂区施工人员和办公人员的生活用水。参考同类电厂施工数据，施工期间，工作人员总数按 10000 人考虑，不住在厂区，仅考虑办公用水，参照《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)，工作人员用水定额取 $50\text{L}/(\text{人}\cdot\text{d})$ ，生活污水量为用水量的 80% 考虑，则施工期生活最大日污水量： $10000 \times 50 \times 0.8 / 1000 = 400\text{m}^3/\text{d}$ 。三澳核电站 1、2 号机组规划按在厂区内设置一座施工期临时生活污水处理站，处理规模为 $400\text{m}^3/\text{d}$ ，占地约 $20\text{m} \times 25\text{m}$ ，该污水处理站主要用于处理施工及办公人员的生活污水。污水站出水依厂区绿化、路面浇洒、抑尘等需求进行部分回用，多余部分外排附近海域。根据浙江省生态环境厅 2018 年发布的地方标准《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169-2018)，新建城镇污水处理厂排放的化学需氧量、氨氮、总氮和总磷等 4 项主要水污染物控制项目执行 DB33/2169-2018 中规定的排放限值，其余污染物控制项目仍执行国家标准《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级 A 标准。本工程污水处理站排放标准见表 5.2-3。

根据设计资料，施工期污水处理站拟采用 $\text{A}^2\text{O}+\text{MBR}$ 生化处理工艺。

生活污水经格栅去除大颗粒杂质后，进入调节池，通过细格栅之后经过曝气沉砂池，再通过膜格栅，出水进入生化系统（ A^2O 池）。在 A^2O 池中，污水依次进入厌氧池、缺氧池、好氧池和 MBR 膜池，同时好氧池中的硝化液部分回流至缺氧池，MBR 膜池中的污泥部分回流至厌氧池。污水依次在其中经历厌氧、缺氧及好氧过程，完成

除磷、脱氮并去除其中的有机物质功能。好氧池出水重力进入固液分离池—MBR 膜池。膜池出水至消毒池消毒后达标。生活污水处理流程见图 5.2-3。

考虑到建设及调试周期，在生活污水处理站建成投运前，建设单位主要通过流动厕所、临时污水站的方式处理施工及办公人员的生活污水，现场临时处理的生活污水将定期送至马站镇污水处理厂或矾山镇污水处理厂进一步处理。

施工期间有一定含油废水产生，主要由机械设备维修和车辆冲洗产生。根据大型机械设备预防维护保养制度，每台大型施工机械设备年维修保养过程产生的含油污水为 4400L，废油量为 6.4kg。含油废水汇集后经厂区隔油池进行油水分离处置，上层废油脂收集外运，下层废水进入污水站处理达标后排放。

表 5.2-1 本工程海域施工期悬浮泥沙扩散数模结果

悬沙浓度 (mg/L)	影响包络面积 (km ²)
10	4.696
20	2.160
50	0.895
100	0.532

表 5.2-2 施工造成的海洋生物资源平均损失量汇总

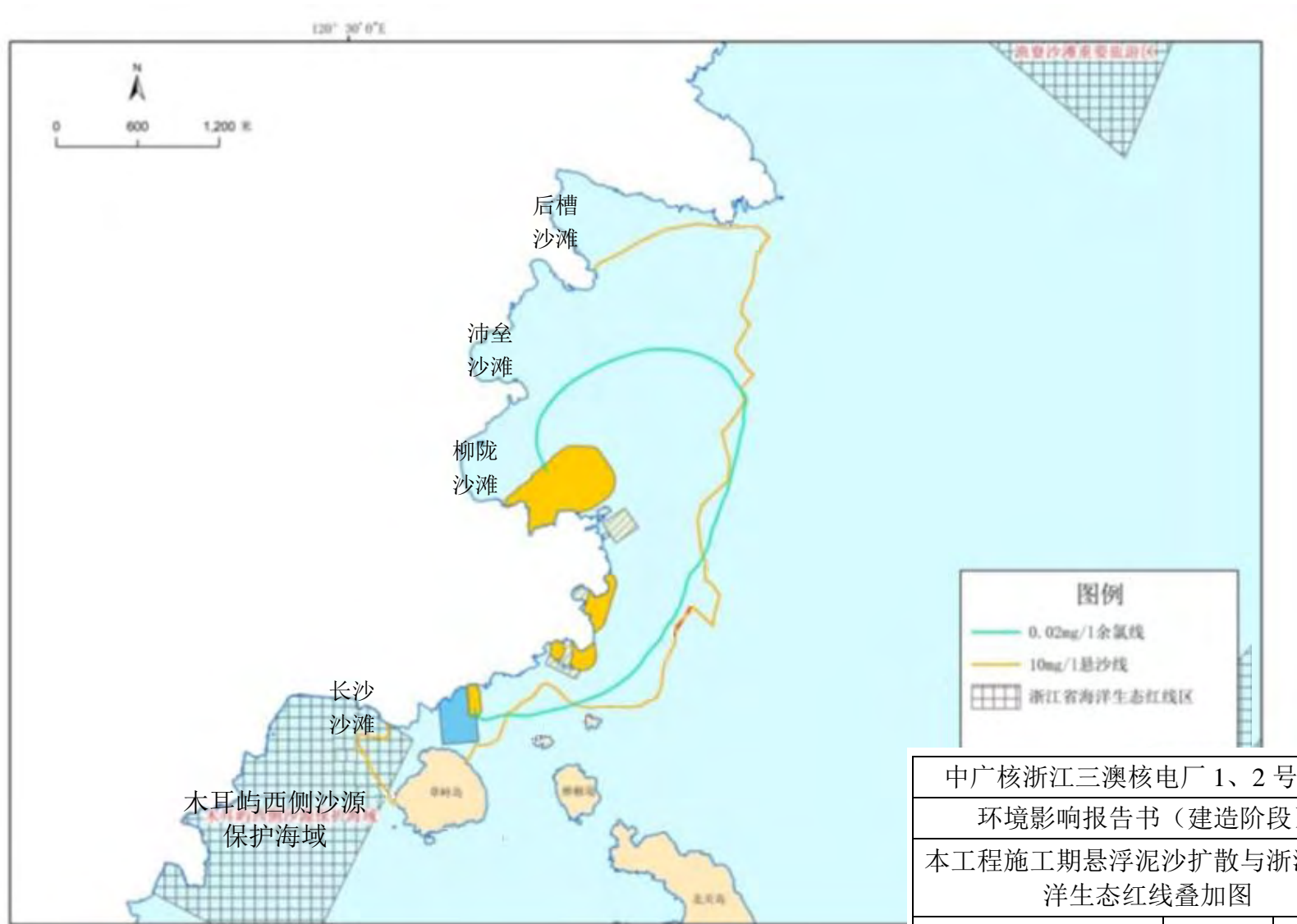
种类	单位	损失量总计			
		填海、围堰、港池疏浚	悬浮泥沙	爆破挤淤	总计
浮游植物	个	9.56E+11	3.7E+13	/	4.07E+13
浮游动物	t	2.29	88.07	/	97.50
鱼卵	个	5.5E+4	2.11E+6	3.21E+6	5.56E+06
仔稚鱼	尾	3.05E+05	1.17E+07	1.78E+07	3.08E+07
鱼类幼体	尾	25448	7.93E+05	1.49E+06	2.37E+06
虾类幼体	尾	12067	3.76E+05	6.27E+05	1.05E+06
虾蛄类幼体	尾	5528	1.72E+05	2.87E+05	4.80E+05
蟹类幼体	尾	3292	1.03E+05	1.71E+05	2.86E+05
头足类幼体	尾	108	3658	6310	10075
底栖生物	t	5.45	/	/	5.45

表 5.2-3 本工程污水处理站排水标准

单位：除 pH 外，mg/L

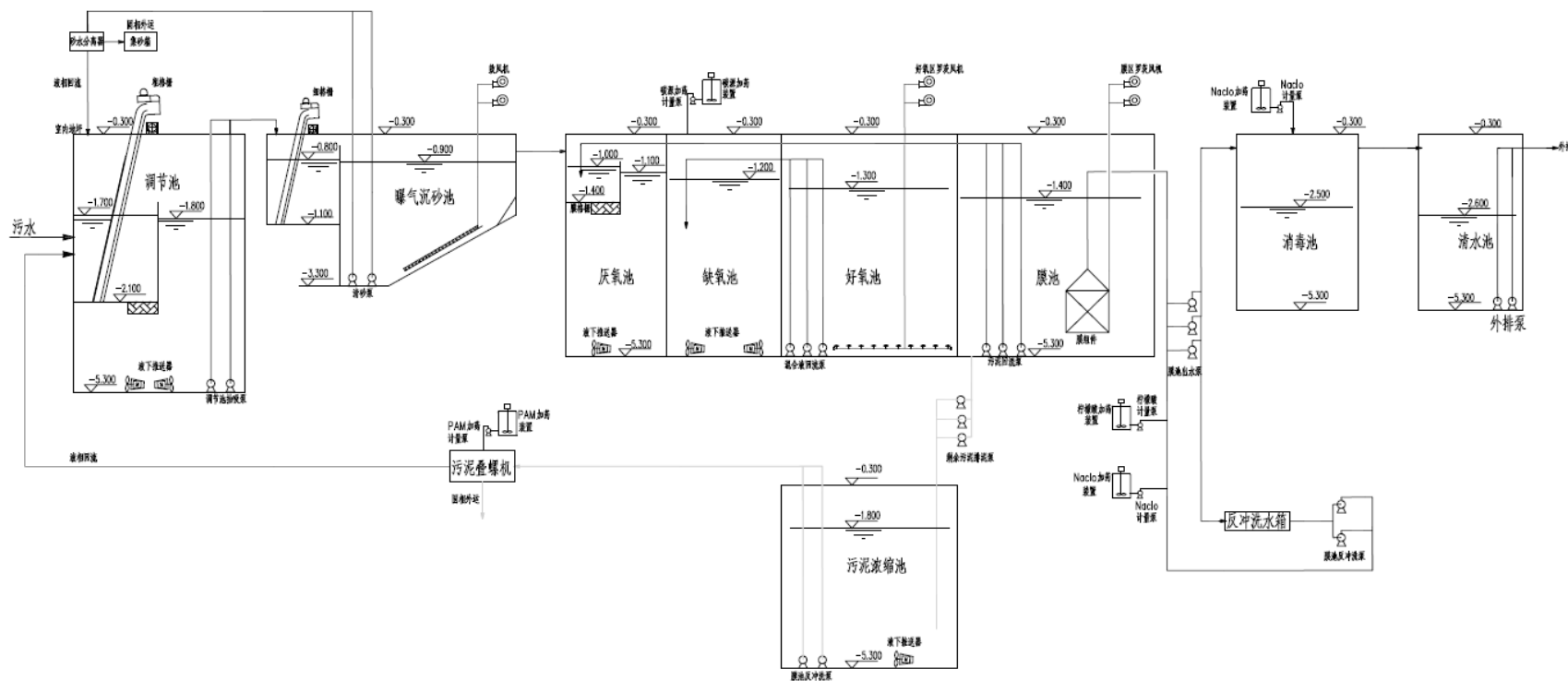
标准/污染物		pH	COD _{Cr}	NH ₃ -N	总氮	总磷	BOD ₅	动植物油	SS
GB18918-2002	一级 A 标准	6~9	50	5(8) ¹	15	0.5	10	1	10
DB33/2169-2018	表 2 排放限值	/	30	1.5(3) ¹	10(12) ¹	0.3	/	/	/
处理后排放标准		6~9	30	1.5(3) ¹	10(12) ¹	0.3	10	1	10

注 1：括号内数值为每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行。



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
本工程施工期悬浮泥沙扩散与浙江省海洋生态红线叠加图		
图 5.2-1	版次	A





中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
污水处理站工艺流程图		
图 5.2-3	版次	A

5.3 施工影响控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

5.3.3 施工期环境监测

5.3.3.1 陆域环境监测方案

5.3.3.2 海域环境监测方案

表

表 5.3-1 三澳核电站 1、2 号机组施工期陆域环境监测方案

表 5.3-2 三澳核电站 1、2 号机组施工期海域环境监测方案

5.3 施工影响控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

三澳核电厂 1、2 号机组在施工期间对陆域环境的影响主要是不同工程阶段和工程子项建设对陆地生态、大气环境和声环境等方面的影响。为最大限度降低该过程对环境的不利影响，建议工程中采取以下相应的有效缓解措施，主要包括：

（1）大气环境

- 施工期间爆破、混凝土搅拌和载重车辆运输过程等引起粉尘和地面尘土飘散，为降低其对大气环境的影响，保护施工人员的身体健康，建议施工过程中采取洒水抑尘、深孔爆破、硬化路面、控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，改善施工区域的大气环境；
- 施工过程产生一定量的临时弃土，临时弃土场对环境的影响主要是弃土在堆放过程产生的扬尘污染。为控制临时弃土场对大气环境的不利影响，采取在弃土倾倒和堆放过程中适量洒水抑尘，并避免同时进行大规模的弃土倾倒；
- 加强区域内的场地绿化，栽植能减少扬尘的高矮不等的乔木、灌木。

（2）声环境

- 尽量使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减震装置，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态；
- 合理安排施工进度，避免在施工期间同步使用高噪声设备；严格控制夜间施工过程，对于可能影响到声环境敏感点的项目，禁止夜间施工，或夜间施工禁止使用重型机械和车辆；
- 在厂房建筑设计中，使办公场所和休息区远离强噪声源，并设置必要的值班室对工作人员进行噪声防护隔离，对工人直接接触的噪声设备，采用隔声耳罩。对主控室单独进行声学设计，通过封闭隔声、减振和内部吸声降低混响等措施，减小室内噪声级；
- 对于土石方爆破、场地负挖和设备安装带来的振动和噪声影响，采取深孔爆破方法，合理选择装药量，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放等方式，来控制噪声及振动影响的范围。
- 厂区绿化，选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，以减轻对周围声环境的影响。

（3）生态环境

- 目前厂平工程已开工，为减少施工过程特别是场平阶段对厂区生态的影响，施工前先剥离表土，厂平阶段布设了临时排水沉沙措施，厂平结束后按照厂区布置重新进行临时排水沉沙系统的布设，厂区围墙内侧及主要施工道路两侧布置临时性排水沟，排水沟集水排入大海前设置 5 座混凝土临时沉沙池缓流沉沙。厂区建筑物基坑开挖的土方就近堆置，并在外围设置临时草袋挡墙，临时堆土表面采用彩条布覆盖。施工中逐渐布设厂区永久排水管网。施工后绿化区进行场地平整、表土回填，随后进行园林式绿化，绿化过程中优先采用原有表土，栽培地方特有物种，搭配对粉尘有较好抑制效果的乔木和灌木。厂区保护区裸露面采用碎石压盖措施。
- 进厂道路已基本完工，施工前剥离表土，设置临时排水沉沙措施和对临时堆置土石方的临时苫盖措施等，施工中实施洞脸边坡及路基范围的截、排水措施等永久截排水，施工后采取绿化措施，开挖边坡采取绿化恢复措施，临时占用林地采取绿化恢复措施。
- 对厂区进行水土保持监测，掌握水土流失情况，分析评估工程的建设对水土流失的实际影响，了解水土流失防护工程所起的作用，优化水土保持措施。

（4）放射源及化学物品管理

- 施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验，管理措施如下：
 - 1) 聘请有相应辐射安全许可的专业检测公司开展；
 - 2) 根据生态环境部颁布的《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行管理；
 - 3) 放射源存放在厂区内专用源库中，并设专人看管和安保监控；
 - 4) 使用放射源的作业区范围内设置警示区和警戒线，防止有人误入控制区；
 - 5) 探伤操作人员佩戴个人剂量计和报警器，监控工作过程中个人所受辐射剂量。现场配备巡检仪，监控放射性工作场所的剂量水平。
- 核电厂建设施工阶段，将涉及多种化学物质的使用。在施工时，严格执行制定的化学物品管理使用规定，对化学物品的贮存和使用量严格控制，产生的危险废物由相关资质单位处理或由供应商回收处理。

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

三澳核电厂在施工期间产生的悬浮泥沙、含油废水、生活污水以及海域回填等会对附近海洋环境产生影响。为减少施工期间的海洋环境影响，建议拟采取的措施主要有：

- 严格控制施工时水下抛石块体大小，减小由于抛石块体过小导致爆破挤淤效果不明显而增加爆破次数。
- 为减小施工悬浮泥沙的扩散及对海洋生态环境的影响，根据施工填石的大小、尺寸及性质，围堤地质特性，采取合理控制单次爆破药量及单孔药量、微差延迟爆破等措施。
- 妥善安排施工时间，尽量采取低潮施工、避免在台风或天文大潮等不利气象条件下进行施工，并尽量缩短施工对海水水质影响的时间。
- 在规划实施爆破挤淤的堤段，应严格按照既定的爆破挤淤施工方案进行施工，减少对海洋扰动。
- 护岸爆破挤淤过程，产生大量泥沙入海，应及时将护岸前沿的淤泥清理并合理处置。
- 船舶所产生的油类污染物，含油的机舱水和污染严重的压舱水，均需收集上岸，同时应强化作业船舶的维修保养，减少作业船只由跑、冒、滴、漏产生的油污。加强防范措施和应急准备，坚决杜绝污染事故特别是人为溢油事故发生。
- 除机舱通岸接头（接收出口）管系外，船舶的油污水系统的排放阀以及能够替代该系统工作的其它系统与油污水管路直接相连的阀门应予以铅封。
- 施工船舶上施工人员和驾驶人员的生活污水应收集通过上岸至陆域施工营地生活污水处理装置处理达标后排放，不得直接排海。
- 在主厂区内设置一座生活污水处理站，用于处理施工及办公人员的生活污水。处理后计划通过厂内绿化、路面浇洒等进行回用。考虑到生活污水处理站建设及调试周期，在施工初期阶段，建设单位主要通过临建污水处理设施，包括流动厕所、临时污水站的方式，来初步处理施工及办公人员的生活污水。初期污水通过临建污水处理设施初步处理后，送至马站镇污水处理厂或矾山镇污水处理厂处理。加强对污水站的维护管理，定期监测出水口水质，确保污水站运行稳定。
- 场地冲洗、混凝土搅拌等生产废水经沉淀池处理后，全部回用于场地洒水抑尘

和绿化，不外排。

- 施工机械和汽车等设备的维修保养考虑在施工机械修理站和运输车辆停放及维修站四周设置排水沟，收集的机械冲洗废水统一进入集水沟，集水沟末端设钢板隔油池，经初步处理后进入污水处理站处理。
- 定期清理隔油池，清理出的含油固体废物交由具有接收、贮存、运输危险废物经营许可证的单位接收处理。

5.3.3 施工期环境监测

核电厂的施工包括陆域工程和海域工程的建设，这些工程的建设会造成厂址附近局部陆域及海域环境质量受到影响。为掌握核电厂建设期间对陆域及海域环境造成影响的程度，检验核电厂施工期间采取的减缓环境影响措施的实施效果，促使施工单位采用更合理的工艺以最大限度降低工程建设对周边环境的不利影响，建设单位已委托相关资质单位分别开展三澳核电厂 1、2 号机组施工期间的陆域及海域环境监测工作，从施工期开始后定期进行环境动态监测，跟踪区域环境质量变化，及时反馈建设单位。

5.3.3.1 陆域环境监测方案

本工程陆域施工期污染物排放监测和环境监测拟由浙江瑞启检测技术有限公司开展，在具体实施前，该单位编写了《浙江三澳陆域环境监测工程环境监测大纲及实施方案》，以下为施工期间的陆域环境监测方案。

陆域环境监测内容有环境空气、污水站和噪声三部分。

（1）环境空气监测：点位布设于厂区和长沙村、陈家坪村、柳垄沙滩。监测指标包括总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、细颗粒物（PM_{2.5}）、二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）。监测频次为每季度一次，每季度应选择有代表性的 7 天开展，SO₂ 和 NO₂ 监测小时浓度和日均浓度，TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 监测日均浓度，数据有效性应满足 GB3095-2012 的相关要求。厂区施工区设置上风向参照点和下风向监控点，点位随施工位置和进度调整，监测指标包括 TSP 和 PM₁₀，季度监测，每次取连续监测 1 小时浓度均值。

（2）废水排放监测：在厂区内生活污水处理站和临建污水站进出口均设置采样点，监测流量、pH、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、

动植物油、氨氮和磷酸盐。监测频次为每季度一次。

对于施工期生产废水，在核岛区域排水沟和搅拌站排水沟设置 2 个施工废水监测点，监测指标包括水温、流量、pH、化学需氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、石油类、氨氮和磷酸盐、氟化物。监测频次为每季度一次。

（3）噪声监测：点位布设于厂界和长沙村、陈家坪村、柳垄沙滩，监测等效连续 A 声级（LeqA）。监测频次为每季度一次，每次分昼间和夜间监测。

施工期陆域环境监测方案见表 5.3-1。

5.3.3.2 海域环境监测方案

海域监测是施工期环境监测的重点内容，点位布设范围较广，监测因子种类较多、样品采集分析方法较复杂。本工程施工期的海域环境监测将委托国家海洋局温州海洋环境监测中心站开展。监测工作应于施工期开始后实施，建议每年监测两次或四次，尽量兼顾海工施工的高峰期，并在海域施工完毕后进行一次后监测。监测内容应包括水质、沉积物及海洋生物等。

监测站位布设应重点考虑三澳核电厂 1、2 号机组海工施工区附近海域，海域工程附近布点应较密，远区可稍稀疏，并兼顾水产养殖区等敏感目标。参考同类项目，监测区域可以排水口为中心半径 15km 范围内，其中 5km 范围内应为重点监测区域，特别是取排水口、大件码头和填海等重点海工工程附近，应作重点监测。监测方案应满足《近岸海域环境监测规范》（HJ442-2008）、《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》等相关要求。初步施工期海域环境监测方案见表 5.3-2。

表 5.3-1 三澳核电厂 1、2 号机组施工期陆域环境监测方案

类别		位置	监测指标	采样方法	监测频次	说明
环境空气	厂区周边敏感点	厂区、长沙村、陈家坪村、柳垄沙滩	SO ₂ 、NO ₂ 、PM _{2.5} 、TSP、PM ₁₀	依据《环境监测技术规范》（大气部分）和《环境空气质量标准》（GB3095-2012）	每季度一次，一年四次，每次不少于 7 日	SO ₂ 和 NO ₂ 需监测小时浓度和日均浓度，TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 监测日均浓度
	无组织排放	施工区域上风向（参照点）和下风向（监控点），可结合监测时风向调整	TSP、PM ₁₀	依据《环境监测技术规范》（大气部分）、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）和《大气污染物无组织排放监测技术导则（HJ/T 55-2000）》	每季度一次，每次两日，一年四次，每次 2 日，每日 1 次	监测连续 1 小时浓度均值
生活废水		临建污水站、厂区污水站	流量、pH、SS、COD、BOD ₅ 、氨氮、动植物油、磷酸盐	《水质 采样技术指导》（HJ494-2009）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB/T 18918-2002）和《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）	每季度一次，一年四次，每次不少于 2 天	选择污水站稳定进水和出水，且水流量较大的时段取样监测。
施工废水		核岛区域排水沟和搅拌站排水沟设 2 个施工废水监测点	水温、流量、pH 值、SS、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、磷酸盐、氟化物、石油类	《水质 采样技术指导》（HJ494-2009）和《污水综合排放标准》（GB8978-2002）	每季度监测 1 天，每天采样 4 次	
噪声	场界	厂界外 1m	Leq (A)	《建筑施工场界噪声测量方法》（GB12523-2011）	每季度一次，一年四次，每次不少于 2 天	后续可根据现场情况及敏感点变化适当调整点位
	敏感点	长沙村、陈家坪村、柳垄沙滩	Leq (A)	《声环境质量标准》（GB3096-2008）		

表 5.3-2 三澳核电厂 1、2 号机组施工期海域环境监测方案

类别	位置	监测指标	监测方法	频次
水质	电厂半径 15km 范围内	水温、盐度、pH、溶解氧、COD、悬浮物、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、磷酸盐、石油类	《海水水质标准》（GB3097-1997）、 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）、《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB/T12763-2007） 近岸海域环境监测规范（HJ442-2008） 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》	一年四次，各季一次
沉积物		粒度、硫化物、有机质、油类、重金属		
生物		叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、底栖生物和潮间带生物		

第六章 核电站运行的环境影响

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

6.4 初步退役计划

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

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

6.1.2.3 散热系统设施及温排水对海洋生态红线区的影响

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

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

表

表 6.1-1 2015 年冬夏两季实测潮累计频率

表 6.1-2 数值模拟预测采用潮型汇总

表 6.1-3 取水口温升

表 6.1-4 全潮温升等值线包络面积

图

图 6.1-1 取排水口位置

图 6.1-2 1、2 号机组取水方案

图 6.1-3 工程实施前后涨落急流矢变化

图 6.1-4 数值模拟范围及网格分布

图 6.1-5（1/10）夏季小潮最大温升等值线图

图 6.1-5（2/10）夏季中潮最大温升等值线图

图 6.1-5（3/10）夏季大潮最大温升等值线图

图 6.1-5（4/10）夏季大中小潮叠加等值线图

图 6.1-5（5/10）冬季小潮最大温升等值线图

图 6.1-5（6/10）冬季中潮最大温升等值线图

图 6.1-5（7/10）冬季大潮最大温升等值线图

图 6.1-5（8/10）冬季大中小潮叠加等值线图

图 6.1-5（9/10）夏季大中小潮全潮最大 4 度温升等值线叠加（三维垂向投影）

图 6.1-5（10/10）冬季大中小潮全潮最大 4 度温升等值线叠加（三维垂向投影）

图 6.1-6 夏季 1℃冬季 2℃最大温升区域与近岸海域环境功能区划叠置示意图

图 6.1-7 海洋生态红线区和冬季 2℃夏季 1℃最大温升包络线叠加图

6.1 散热系统的环境影响

三澳核电厂规划建设 6×1000MW 级核电机组，采用一次规划、分期建设模式，1、2 号机组拟建设 2 台华龙一号融合技术方案核电机组，采用海水直流冷却方式，冷却水源为厂址附近海域海水。

6.1.1 散热系统方案

2018 年 3 月，三澳核电厂 1、2 号机组技术路线调整为“华龙一号”融合技术方案路线，开展了“华龙一号”融合方案技术路线下的总平面布置及海工方案优化。图 6.1-1 给出了三澳核电厂 1、2 号机组取排水口位置。

（1）取水方案

结合本工程环境敏感点的分布情况、海流特点、水深等厂址条件，宜采用近岸取水的布置原则，考虑到华龙技术路线取水安全等级提高等技术要求，从工程造价、施工难度、防海生物措施等方面综合比较，1、2 号机组采用近岸明渠取水方案。图 6.1-2 给出了一期两台机组的取水工程布置图。

取水工程采用陆上开挖明渠取水方案，1、2 号机组取水口朝西南侧，取水口流速按平均潮位 0.23m/s 考虑，取水口口门底宽 50m，取水口设计底标高-9.0m，明渠底宽 40m，明渠渠底标高均为-8m。

（2）排水方案

根据“1、2 号机组费用最省，规划容量可行”的原则，综合最新调整航道规划情况考虑排水口与航道的影 响，结合厂址近岸海域地形地貌，尽量减少温排水用海面积及对周边养殖等开发活动和生态环境的影响。

按照厂址地形、潮流特性，厂址附近海域水深条件优越，厂址附件海床天然标高约-12m 左右，满足离岸深排的条件。从工程造价及温升面积、环境敏感点生态红线区等综合分析，1、2 号机组采用“一机一涵”的东北侧 200m 离岸深排方案，暗涵尺寸为 5500mm×5500mm，排水点海床标高为-11m 左右。

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

根据《浙江三澳核电厂一期工程泥沙和岸滩稳定性分析专题研究报告》（2019 年 5 月），本节分析取散热系统设施对厂址附近海域的水动力条件影响及冲淤变化。

（1）水动力条件变化

三澳核电厂 1、2 号机组的码头工程及取排水工程实施后，将导致工程区域流场发生不同程度的变化。图 6.1-3 给出本工程实施前后，厂址附近海域涨落急流矢变化。

涨潮时，水流自外海向东传入至工程海域后，北侧围区阻挡了水流前进路线，涨潮水流发生偏转，顺堤身流经国姓礁进入竹排礁和观音礁海域，随后流向草屿和北关岛海域。明渠导流堤的建设，使得水流绕堤身流动，并在南侧矾头附近遇导流堤二段后绕流，在取水明渠口门过渡段附近形成局部回流，部分水进入取水明渠。明渠口门段流速较缓，进入明渠后水流速显增强，流至放大段~前池区域流速又明显减缓。南侧的重件码头工程建设后，阻挡了这部分水流的前进路线，导致重件码头前后方局部流速有所减小，码头前沿局部水流流速有所增大。

落潮时，水流自南侧海域时，水流自南侧海域经草屿和北关岛，随后经过取水明渠导流堤附近海域时流向发生偏转，导流堤前后流速有所减小，部分水流进入取水明渠，其他水流与外侧的落潮水流汇合流向外海。

工程实施后所引起的涨、落潮流平均速变化主要分布在北侧的围垦区域附近和南侧的取水明渠、重件码头附近，即北侧的国姓礁附近海域至南的霞关、草屿及关岛之间附近海域。

涨潮时，涨潮水流由于工程围垦区域堤身的阻挡，涨潮流速有所减小，堤线前沿局部水域流速增加，围垦区域实施后，原来进入围区的水流顺堤身绕过国姓礁后导致局部水流有所增加。涨潮水流绕过堤身和国姓礁后，进入草屿和北关岛海域。原本顺着岸线流动的水流，由于取水导流堤的建设阻挡了水流前进路线，在前进方向上流速有所减小，局部水流有所增大。南侧的重件码头附近海域，码头前后方流速有所减小，形成条带状流速减小区域，变化幅度为 0.05~0.2m/s。部分水流绕过码头继续前行，码头前沿流速有所增大，幅度在 0.05m/s 以内。落潮时的流速影响也基本类似。流速变化幅度大于 1cm/s 的区域约在工程海域附近 5km 范围内。

（2）冲淤变化

本工程实施后，围垦区域周边海域主要呈淤积态势，堤身东北侧前沿局部有所冲刷；国姓礁周边海域和排水口附近略有冲刷；取水导流堤周边和码头附近海域呈淤积

态势。导流堤二段所在的矾头附近局部海域有所冲刷，两侧区域淤积明显。与水动力相对应，一般离工程区较近的区域淤积量较大，淤积主要发生在围堤、导流堤的堤脚附近区域。重件码头南侧前沿有所冲刷，东、西两侧附近海域淤积。草屿岛和霞关之间的长沙村外侧海域有所淤积，但总体而言，由于悬沙输移引起的海床冲淤变化对长沙村海域影响较小。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

三澳核电厂 1、2 号两台机组循环冷却水总流量为 123m³/s，取排水温差 8.25℃，数值模拟范围为南北长 140km，东西宽 80km 海域，最小计算网格尺度取为 30m。模拟范围及网格分布见图 6.1-4。

(1) 模拟方法

数值模拟采用丹麦水利研究所开发的 DHI-mike21 模型进行工程水域温排水输移扩散规律研究。DHI-mike21 模型是成熟的平面二维潮流数学模型，可应用于河口海岸和湖泊等水域的水动力和水环境模拟，国内较多滨海核电厂已采用该模型进行了温排水影响研究。

二维瞬态水动力方程及热输运方程组如下：

连续方程及运动方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy}) + hu_s S \quad (2)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} = f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_s S \quad (3)$$

物质输运方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(h\bar{T}) + \frac{\partial h\bar{u}\bar{T}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{T}}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(hD \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hD \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right) + h\hat{H} \quad (4)$$

其中：

$h = d + \eta$ 为总水深， η 为水位， d 为静水深； \bar{u} 和 \bar{v} 为 x 和 y 方向的水深平均速度； f 为柯氏力参数； T_{ij} 为横向有效剪应力， A 为涡粘性系数； S 为源汇项。

\bar{T} 为水深平均的温度； D 为广义热（物质）扩散系数； \hat{H} 为与空气换热引起的源项，包括蒸发散热，对流散热，短波辐射和长波辐射，本研究中换热源项用经验公式来计算，即 $h\hat{H} = \frac{K_s \Delta T}{\rho_0 c_p}$ ，其中 K_s 为水面综合散热系数， ΔT 为温升， c_p 为水的比热。

(2) 研究条件

根据水文气象条件，采用以下公式进行 K_s 的计算。

$$K = (k + b)\alpha + 4\varepsilon\sigma(T_s + 273)^3 + (1/\alpha)(b\Delta T + \Delta e) \quad (4.5)$$

式中：

$$\Delta T = T_s - T_a$$

$$\Delta e = e_s - e_a$$

$$k = \frac{\partial e_s}{\partial T_s}$$

$$\alpha = [22.0 + 12.5v^2 + 2(T_s - T_a)]^{1/2} \quad (\text{Wm}^{-2}\text{hPa}^{-1})$$

其中，气象资料采用 1971-2012 年洞头站的实测值，水温资料采用 2010 年厂址专用站的实测值。夏季和冬季分别采用 7~9 月和 1~3 月的算术平均值。则夏季和冬季的水面综合散热系数 K_s 分别为 $47\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ 和 $28\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ 。

(3) 流场潮型

浙江省河海测绘院承担三澳核电厂邻近海域的全潮海洋水文测验专题工作，分别于 2015 年 1 月和 8 月结合水文预报，完成了本工程邻近海域的冬、夏两季的大、中、小潮共 6 个潮型的实测工作（表 6.1-1）。

中国水利水电科学研究院曾根据实测潮进行流场模拟的潮位验证和测流点海流验证，海域内潮位测点的潮位过程与实测过程基本一致，测流点的大部分流速过程线形态与实测基本一致，多数测点的流速流向与实测值较为接近。

根据《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》（SL 160-2012），开展模拟预测的水文基础资料具有代表性（又称“典型性”），即实测大、中、小潮的平均潮差分别满足 10%、50% 和 90%，并允许不超过 $\pm 5\%$ 的偏差。由于 2015 年实测的冬季中潮、夏季大

潮和小潮的潮差累计频率不完全满足 SL160-2012 相关要求，天津市海岸带工程有限公司受委托开展了本工程的典型潮构造工作，完成了《浙江苍南核电工程海域冬、夏季典型潮分析及构造技术报告》，该报告 2016 年 7 月通过了专家评审。

中国水利水电科学研究院根据构造推荐典型潮（见表 6.1-2），开展了本工程温排水输移扩散数值模拟预测工作。

（4）温升分布预测

根据温排水数值模拟计算成果报告（2019 年 12 月）、温排水三维数值模拟计算成果报告（2019 年 7 月），表 6.1-3 和表 6.1-4 分别给出取水口温升和温升包络面积，其中取水口温升采用三维数模成果报告，1℃、2℃温升包络面积取自二维数模报告、3℃、4℃温升包络面积取自三维数模报告。图 6.1-5 给出了 1、2 号机组正常运行工况下，夏季和冬季大、中、小典型潮的平均和最大温升外包络图。

夏季和冬季代表性大、中、小潮期间，一期取水口平均温升均小于 0.8℃，最大取水口温升不超过 1.2℃。夏季 1℃温升包络面积不超过 5.89km²，冬季 1℃温升包络面积不超过 7.22km²，最大 4℃温升包络面积不超过 0.042km²，夏季 1℃、冬季 2℃温升最大包络面积 5.89km²。

（5）近岸海域环境功能区划相符性

根据《浙江省生态环境厅 浙江省发展和改革委员会关于苍南中广核浙江三澳核电厂一期工程厂址附近近岸海域环境功能区调整意见的复函》（浙环函[2019]326号），三澳核电厂一期工程用海区域位于编号为WZC09I的三类区和编号为A05I的浙江南部一类区。其中三类区海域主要使用功能为三澳核电厂循环冷却水排放用海，海水水质目标除温升执行第三类海水水质标准外，其余指标仍执行第一类海水水质标准；排水口周边海域设置为混合区，海水水质目标除温升不执行水质标准外，其余指标执行第二类海水水质。根据《海水水质标准》（GB 3097 - 1997），各功能区海水温升的控制值为：一类功能区：人为造成的海水温升夏季不超过1℃，其它季节不超过2℃；三类功能区：人为造成的海水温升不超过当时当地4℃。

图6.1-6给出了本工程正常运行后，在夏季和冬季大、中、小潮工况下，全潮最大温升外包络区域数模结果与现行有效近岸海域环境功能区划的叠置关系。可见，本工程建设满足厂址附近的近岸海域环境功能区划的管理要求。

6.1.2.3 取排水设施及运行对海洋生态红线区的影响

本工程海工构筑物未占用生态红线区和岸线红线，1、2 号机组温排水冬 2℃夏 1℃最大温升包络线范围内的红线区有：木耳屿西侧沙源保护海域（33-Xi01）和沛垒沙滩（33-o17Cc）、大尖山 2 岸段（33-q45Cc）等邻近海域以及霞关无居民岛群岸线（33-q294Ic）的国姓礁等海岛，其中国姓礁位于 4℃温升包络线范围内，详见图 6.1-7。

（1）木耳屿西侧沙源保护海域的影响

木耳屿西侧沙源保护海域红线区位于苍南县霞关镇东北部，红线区内有长沙沙滩，长沙沙滩由两部分构成，东侧小沙滩滩长仅为西部长沙沙滩主体的四分之一，长约 107m，滩宽 45m。西侧沙滩为长沙沙滩的主体，滩长 514m，滩宽由东部 50m 增大到西部的 90m，长沙沙滩沉积物主要为砂，东西两侧分布基岩。

木耳屿西侧沙源保护海域红线区距离本工程约 1km，主要保护目标为砂质岸线和自然景观，从海洋生态红线管控要求来看，温排水用海方式属于开放用海，冬 2℃夏 1℃最大温升包络线少量进入木耳屿西侧沙源保护海域生态红线区，不会改变该海域砂质岸线和自然景观属性，不会对该海域的海砂资源保护产生不利影响。

根据《中广核浙江三澳核电厂工程对周边岸滩及沙滩冲淤演变影响研究报告》，近年来浙江苍南县附近海滩岸线总体稳定，冲淤幅度不大；工程所处局部海滩水流动力较弱，常态含沙量水平较低，总体地貌呈缓慢冲刷态势，在 0.02m/a 左右。未来，受长江流域减沙的持续影响，工程所处海域可能继续维持缓慢微冲趋势。本工程实施后不足以改变木耳屿西侧沙源保护海域及其邻近海滩的自然演变趋势，仍将继续延续维持自然弱冲刷环境，不会对该海域及海滩的自然演变造成不利影响。

（2）本工程的建设与周边沙滩的相符性

厂址周边的大尖山 2 岸段和沛垒沙滩为《浙江省海洋生态红线划定方案》中的大陆自然岸线。本工程温排水夏季 1℃冬季 2℃最大温升区域进入的沛垒沙滩和大尖山 2 岸段等临近海域，但对其生态保护目标岸线和地形地貌不会产生不利影响。

根据《中广核浙江三澳核电厂工程对周边岸滩及沙滩冲淤演变影响研究报告》可知：

- 工程实施后，本工程对水流的影响主要集中在工程局部区域；对大尖山 2 岸段、沛垒沙滩处的落潮流基本无影响；涨潮期，大尖山 2 岸段和沛垒沙滩区域远离涨潮主流，沙滩处流速较小，工程前后也差异不大。

- 在常态风况下，大尖山 2#岸段、沛垒沙滩附近的波高和波能在本工程实施前后基本无变化。台风天气下，与常态风况下的工程实施前后变化规律有所不同，大尖山 2#岸段、沛垒沙滩的有效波高略有增加 0.1~0.2m 左右。工程区附近沙滩，由于海水流速降低，波能增加，意味着沙滩可能侵蚀，而潮流流速降低，则细颗粒物沉降，即沙滩很可能细化且侵蚀。
- 工程实施前，受波浪淘刷作用，后槽沙滩及柳垄沙滩等几个沙滩前沿均存在一个小范围的冲刷区域，最大冲刷幅度不超过 2m。
- 从扣除本底地形冲淤变化趋势来看，工程实施导致的大尖山 2 岸段和沛垒沙滩等的海床冲淤变化幅度极为微弱，影响程度不超过 0.1m，即工程的实施不足以改变它们的演变趋势，仍将继续维持自然弱冲刷环境，整体上不会对沙滩的自然演变造成明显破坏。

（3）本工程用海与国姓礁及周边海域的相符性

厂址附近海域分布有国姓礁、凤凰礁、木耳屿、脚桶屿、弹棉岛、草峙岛等多个无居民海岛，为《浙江省海洋生态红线划定方案》中的霞关无居民岛群岸基岩岸线。本工程建设不占用海岛。霞关无居民岛群的国姓礁位于温排水4℃温升范围内，但温排水不会改变其属性，也不会对近岸海域水动力条件和基本功能条件产生不利影响。

霞关无居民岛群岸线的国姓礁距离核电厂区围填海工程约34m，为了保持国姓礁自然属性，围填海区域护岸东北侧采用直立堤形式，避免了改变国姓礁与大陆之间的潮汐通道，以保持通道内水体自然交换。海工工程方案实施后，位于工程围区东南侧的国姓礁周边由于距离围堤较近，总体呈淤积趋势，首年淤积幅度为0.1~0.2m，平衡后淤积幅度为1~2m。可见，本工程的实施可以较好的保留国姓礁等海岛，且较周边5~10m的水深而言，海岛周边海域冲淤幅度较小，不会对海岛稳定性及海岛属性造成影响。

综上所述，取排水设施及运行对木耳屿西侧沙源保护海域的海砂资源和沛垒沙滩、大尖山2岸段等海洋生态红线区无直接影响。霞关无居民岛群中国姓礁位于温排水4℃温升范围内，但未改变其属性，不会对近岸海域水动力条件和基本功能条件产生不利影响。近年来浙江苍南县附近海滩岸线总体稳定，冲淤幅度不大，本工程的实施不会改变其演变趋势。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

取水系统对水生生物的影响主要以卷吸效应为主，水生生物随电厂抽取循环冷却水而进入冷却系统，并在其中受到热、压力等物理因素和氯化等化学因素影响而死亡的现象。一般取水设施产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。

根据 2016 年工程海域现场调查结果，浮游植物四季细胞平均丰度为 $376.52 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ ，浮游动物四季平均总湿重生物量为 832.22 mg/m^3 ，鱼卵四季平均密度为 2.0 ind./100m^3 ，仔稚鱼 2016 年平均密度约为 111 尾/ 1000 m^3 。

假定进入管道系统浮游生物全部被杀伤，按两台机组循环冷却水取水量约 $123 \text{ m}^3/\text{s}$ ，全年运行时间为 7000h 估算，则取水造成损失的浮游植物细胞约为 1.17×10^{16} 个/a，浮游动物总湿重生物量约为 2582.6 t/a ；每年鱼卵损失约为 6.21×10^7 粒，仔鱼损失约为 3.44×10^8 尾。

6.1.3.2 排水系统影响的分析

三澳核电厂 1、2 号机组循环冷却水的排水系统主要包括虹吸井和厂内排水暗涵等。排水系统对水生生物的影响主要由热因素和化学因素造成，其中化学影响主要为余氯影响。本节中主要叙述排水系统的热影响，余氯影响见 6.3 节。

本工程在正常运行过程中，大量的循环冷却水经过散热装置后，通过排水工程排入周围水体中，将导致周围水体有一定的温升。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，温度的升高将可能导致海洋生物的生长受到抑制或死亡。另外，自然水体经过冷却系统后骤然形成的高温差，亦有可能使海洋生物不适应而造成死亡。

6.1.3.2.1 温排水对浮游生物的影响

对浮游动物而言，多数在水体温度不超过 35°C 时，生长不会被抑制或造成死亡。水体适当增温（ $\leq 3^\circ\text{C}$ ）时，通常不会对其种群有不利影响，相反会促进其种类、数量及生物量的增加，从而提高海域的生产力和物种的多样性，这种情况在水温较低的春、冬、秋季更为明显。

浮游植物是海洋生态系统最重要的初级生产者，其数量的多寡决定了海洋初级生产力的大小，同时它还是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，进而能影响海洋渔业资源的潜存量。

研究表明：环境水温较低时，水体升温能促进藻类生长，且藻类增长量服从强增温(增温 $\Delta T > 8 \sim 10^{\circ}\text{C}$)>中增温(增温 $\Delta T = 3 \sim 5^{\circ}\text{C}$)>弱增温(增温 $\Delta T \leq 3^{\circ}\text{C}$)增加的规律。环境水温适中时，弱增温和中增温能促进藻类生长，强增温则抑制了藻类的生长；环境水温较高时，水体升温会抑制藻类生长，且增温幅度越大，抑制效果越强。水温较高时，增温会使藻类种群数量锐减。一般在 $20\text{--}35^{\circ}\text{C}$ 之间，藻类生物量随着温度升高而增加， 35°C 增长最快，但是到 40°C 时生物量就会大为降低。当受纳水域温度升高时，浮游动物常由水体的上层移到下层，只有当底层水温也升至 $27\text{--}28^{\circ}\text{C}$ 时，所有种类的数量才急剧下降。

冷却水的热效应会改变局部海区的自然水温状况，浮游生物最易受到影响。本项目周边海域浮游植物的主要优势种为中肋骨条藻，其最适增殖温度范围则为 $24\text{--}28^{\circ}\text{C}$ 。浮游动物以桡足类、水母类以及浮游幼体最多。冷却水作用的季节性明显，尤其在夏季其热效应的影响较大。

根据温排水影响预测结果，1、2 号机组正常运行后，夏季大、中、小潮工况下的全潮最大 3°C 温升外包络面积为 0.111km^2 ，在这个范围内有可能对浮游生物的种类、数量和生物多样性产生一定影响，但整个受纳海域比较开阔，对于这样小的影响范围来看，其后果不会严重影响本海域的初级生产力，而且低温升对部分浮游生物可能有促进生长作用，从而提高海域的生产力。

6.1.3.2.2 温排水对鱼类的影响

(1) 对一般鱼类的影响

水温对鱼类的各种生命活动过程有很大的影响。一般而言，在适温范围内，水温的升高会提高鱼类的摄食能力，促进其性成熟加快、生长加速。但是，如果水温超过适温范围，将会抑制其新陈代谢和发育生长；如果超过其忍受极限，还将会有导致其死亡的危险。此外，对于鱼类等具有游泳能力的海洋生物，它们能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温或低温水体，具有回避反应。

对于大多数暖水性鱼类来说，夏季温升 1°C 基本在海域环境水温变化范围内，一

般不会对鱼类的生长造成较大的影响，但温升超过 3℃时，鱼类可能会受到不利影响。

根据调查，本工程厂址周围海域出现的主要经济鱼类多属暖水性和暖温性鱼类，当核电厂附近海域的温排水造成的海水温升超过 3℃时，可能对上述鱼类产生不利影响。据温排水影响预测结果，1、2 号机组正常运行后，夏季大、中、小潮最大 3℃温升包络面积为 0.111km²，在夏季高温升期间，该范围内鱼类可能会受到一定影响，但由于鱼类有回避能力，大多数鱼类将避开升温场。此外，随着鱼类对驯化温度(温排水造成的温升影响)的不断适应，其耐热性也将有所提高，温排水温升对鱼类资源的影响也将有所减少。

（2）对鱼卵仔鱼的影响

由于仔鱼运动能力较差，对高温回避能力弱，在夏季高温季节，受潮水、风浪等外力作用下部分仔鱼可能会漂移到电厂排水口附近局部高增温区内，温排水对其生长发育可能产生一定影响。但由于影响范围较小，对于该海域的整体渔业资源来说，其影响较小。

6.1.3.2.3 温排水对底栖生物、潮间带生物的影响

底栖动物、潮间带生物长期栖息在海底底泥表面或底质的浅层中，它们相对固定，迁移能力弱，因而在受到热排放冲击的情况下很难回避，容易受到不利影响，主要反映为底栖动物在强增温区的消失，说明热排放会造成底栖动物栖息场所的减少。

大亚湾核电站附近水体的研究表明，受核电站温排水的影响，排放口附近海域底栖生物的生物量明显下降，多样性也降低了。在一定的水温范围内，自然水温越低，适度的增温对底栖动物种类与数量的增加越有利；弱增温也能使多样性指数增高。

厂址海域出现的底栖生物种类，以暖温带生物种类为主，最适宜的海水温度为 14~25℃，在 28℃以下海水温度条件下，能正常生存。夏季 7~9 月，核电厂排水口周围海域温升 4℃的话，海水温度将超过部分底栖生物正常生存温度的上限，对其产生一定损害，同时海水的温升效应会使底栖生物的繁殖期提前。

据温排水影响预测结果，1、2 号机组正常运行后，夏季全潮最大 4℃温升外包络面积为 0.042km²，温排水对底栖生物、潮间带生物的影响范围较小。

6.1.3.2.4 温排水对厂址附近海水养殖的影响

三澳核电厂 1、2 号机组正常运行后，所排放的温排水将造成受纳海域海水升温。厂址周围海域海水养殖品种较多，包括：藻类主要有紫菜、海带、羊栖菜等；甲壳类有三疣梭子蟹、南美白对虾、斑节对虾等；贝类有贻贝和牡蛎等；鱼类主要有大黄鱼、美国红鱼、真鲷、黑鲷、黄姑鱼、鲈鱼等。

本工程营运期冬季 2℃和夏季 1℃大中小潮最大温升包络面积 5.89km²，受温排水影响的养殖类型主要有紫菜、贻贝、海带、牡蛎、文蛤、贝藻类、龙须菜、鱼。结合厂址附近海域的多年平均海水温度月均统计结果（见表 2.5-5），以下将根据品种进行温排水对海水养殖的影响评价。

（1）温排水对紫菜养殖的影响

坛紫菜是苍南县最主要的藻类养殖品种，坛紫菜养殖主要在北关湾片和沿浦湾片。坛紫菜养殖周期分为苗场育苗（丝状体阶段）和海区养殖（叶状体阶段）两个阶段。

（a）苗场育苗阶段：坛紫菜育苗场选址都靠近海边，育苗一般在 4~9 月进行，放置在海水池中，适宜温度为 20~25℃。（b）海区养殖阶段：海区养殖通常是每年的 9 月到次年的 4 月，紫菜（叶状体）幼苗生长较适宜水温为 25℃左右，长大叶状体适宜水温 10~22℃。

鉴于紫菜育苗生长期为 4~9 月，紫菜育苗在育苗室内进行，即以室内人工培育为主，抽取海水作为育苗用水。厂址附近的紫菜育苗场分别位于渔寮乡海域和沿浦湾海域。其中：渔寮乡海域的紫菜育苗场位于夏季全潮最大 1℃温升包络区域外，结合厂址水温多年平均月均值可知：在自然条件下，7~9 月的环境水温已高于紫菜育苗适温上限，叠加温排水温升影响后，仅新增 6 月的叠加水温可能高于适温上限，由温排水增温导致当地海水水温超过紫菜育苗期适温上限的历时较短。

紫菜育苗期所有操作均不在自然海区中进行，可对水温进行适当控制，因此预测温排水对渔寮乡海域的紫菜育苗场的影响有限；沿浦湾海域的紫菜育苗场远离夏季全潮最大 1℃温升包络区域，预测温排水对该海域的紫菜育苗场无不利影响。

鉴于紫菜叶状体生长期为每年 9 月至次年 4 月，因此采用冬季温排水模拟结果进行评价。厂址附近紫菜养殖主要分布于北关湾海域和沿浦湾海域，均位于冬季全潮最大 1℃温升包络区域外，预测温排水对北关湾和沿浦湾海域的紫菜养殖无不利影响。

（2）温排水对海带养殖的影响

海带养殖时间一般为 11 月至次年 4 月下旬，当水温低于 0℃或高于 20℃时，不利

于海带生长。鉴于海带生长期采用冬季温排水模拟结果进行评价。厂址附近海带养殖主要位于北关湾海域和沿浦湾海域，均位于冬季全潮最大 1℃温升包络区域外。因此预测温排水对厂址附近的海带养殖无不利影响。

（3）温排水对羊栖菜和牡蛎养殖的影响

厂址附近海域的羊栖菜和牡蛎养殖主要集中在渔寮乡海域，规模不大。

羊栖菜养殖时间一般为 10 月下旬至次年 4 月下旬，生长温度范围为 4~25℃，鉴于羊栖菜生长期，采用冬季温排水模拟结果进行评价。根据温排水数模结果，该养殖区位于冬季全潮最大 1℃温升包络区域外。结合厂址水温多年平均月均值可知：在其生长期内的自然水温叠加温升影响后，仍处于羊栖菜养殖的适温范围内，预测温排水对渔寮乡海域的羊栖菜养殖无不利影响。

厂址附近牡蛎一般养殖 20~40 个月进行收获，牡蛎为广温性贝类，生长温度范围为在 0~32℃。根据温排水数模结果，夏季和冬季工况下，牡蛎养殖区位于全潮最大 1℃温升区域外。结合厂址水温多年平均月均值可知：自然水温叠加温升影响后，仍处于牡蛎养殖的适温范围内，预测温排水对牡蛎养殖无不利影响。

（4）温排水对贻贝养殖的影响

厂址附近贻贝养殖品种以厚壳贻贝为主，贻贝养殖年限为 2-3 年，生长温度范围为 15~30℃。厂址附近的贻贝养殖有两处，分别位于陈家坪海域和渔寮乡海域。

根据温排水数模结果，夏季和冬季工况下，陈家坪海域的贻贝养殖区位于全潮最大 1℃温升线附近，渔寮乡海域的贻贝养殖区位于全潮最大 1℃温升以外。结合厂址水温多年平均月均值可知：对于陈家坪海域的贻贝养殖区，自然水温叠加温升影响后，将在 8 月略超出其适温上限，其余时段仍处于适温范围内，由于评价采用温排水全潮最大温升外包络影响范围，温排水增温造成当地海水水温超过贻贝适温上限的历时较短，因此预测温排水对陈家坪海域的贻贝养殖影响有限；对于渔寮乡海域的贻贝养殖区，自然水温叠加温升影响后，仍处于适温范围内，预测温排水对该海域的贻贝养殖无不利影响。

（5）温排水对甲壳类（虾、蟹）的影响

根据实验研究，在一定适温范围内，温升可以促进仔虾的生长和体重的增加，对中国对虾而言，在 20~32℃的范围内，其生长速度随水温升高而加快。对中国对虾幼体的试验表明，当水温超过 30℃时，温度升高，其幼体的死亡率增大，忍受时间缩短。

温度达 33℃时，中国对虾早期幼体死亡率为 53%，35℃时，死亡率为 100%。

根据上述分析预测，在春、秋和冬季期间，本工程温排水引起的低于 4℃温升区对该海域内的虾、蟹类不会有明显影响。而夏季高温期间，温排水引起温升 2℃以上区域内的虾、蟹类早期幼体的生长可能会受到抑制，尤其是夏季超 4℃；但对于成体虾类和蟹类多数会回避高温区。

（6）温排水对鱼类养殖的影响

厂址附近鱼排养殖主要位于南关岛北侧和电厂南侧，紧贴岸边，品种包括美国红鱼、大黄鱼、真鲷和鲈鱼等。根据温排水数模结果，南关岛北侧养殖区远离温升 1℃外包络线，电厂南侧养殖区位于夏季和冬季全潮最大温升 1℃外包络线附近。由于鱼类适温范围较广，因此预测核电厂温排水对厂址附近鱼类养殖影响较小。

6.1.3.2.5 减少电厂散热系统对海洋生物影响的措施

基于多种取排水方案的比选论证，三澳核电厂 1、2 号机组采用离岸东北方向 200m 暗排方案，有利于电厂温排水的稀释扩散，从而减小核电厂温排水造成受纳海域中可能对海洋生物产生不利影响的高温升区域。

除了从工程设计上采取有效措施减轻电厂散热系统造成的生物效应外，鉴于有多种陆源因素可能对沿岸海域海洋生物资源造成影响，在核电厂运行过程中，建设单位将加强对附近海域的海洋生态环境监测，以分析海域海洋生态环境变化的原因，并为核电厂对海洋生态环境和海洋生物资源的可能影响积累基本数据。

表 6.1-1 2015 年冬夏两季实测潮累计频率

实测潮型	实测潮时间	累计频率
冬季大潮	2015 年 1 月 20 日 13:00~21 日 17:00	10%
冬季中潮	2015 年 1 月 18 日 12:00~19 日 16:00	37%
冬季小潮	2015 年 1 月 15 日 9:00~16 日 13:00	85%
夏季大潮	2015 年 8 月 15 日 11:30~16 日 18:00	26%
夏季中潮	2015 年 8 月 18 日 16:00~19 日 20:00	48%
夏季小潮	2015 年 8 月 21 日 4:00~22 日 9:30	67%

表 6.1-2 数值模拟预测采用潮型汇总

典型潮型	选取潮型时间	备注
冬季大潮	2015 年 1 月 20 日	实测潮
冬季中潮	2015 年 1 月 17 日	构造潮
冬季小潮	2015 年 1 月 15 日	实测潮
夏季大潮	2015 年 8 月 30 日	构造潮
夏季中潮	2015 年 8 月 27 日	构造潮
夏季小潮	2015 年 8 月 24 日	构造潮

表 6.1-3 取水口温升

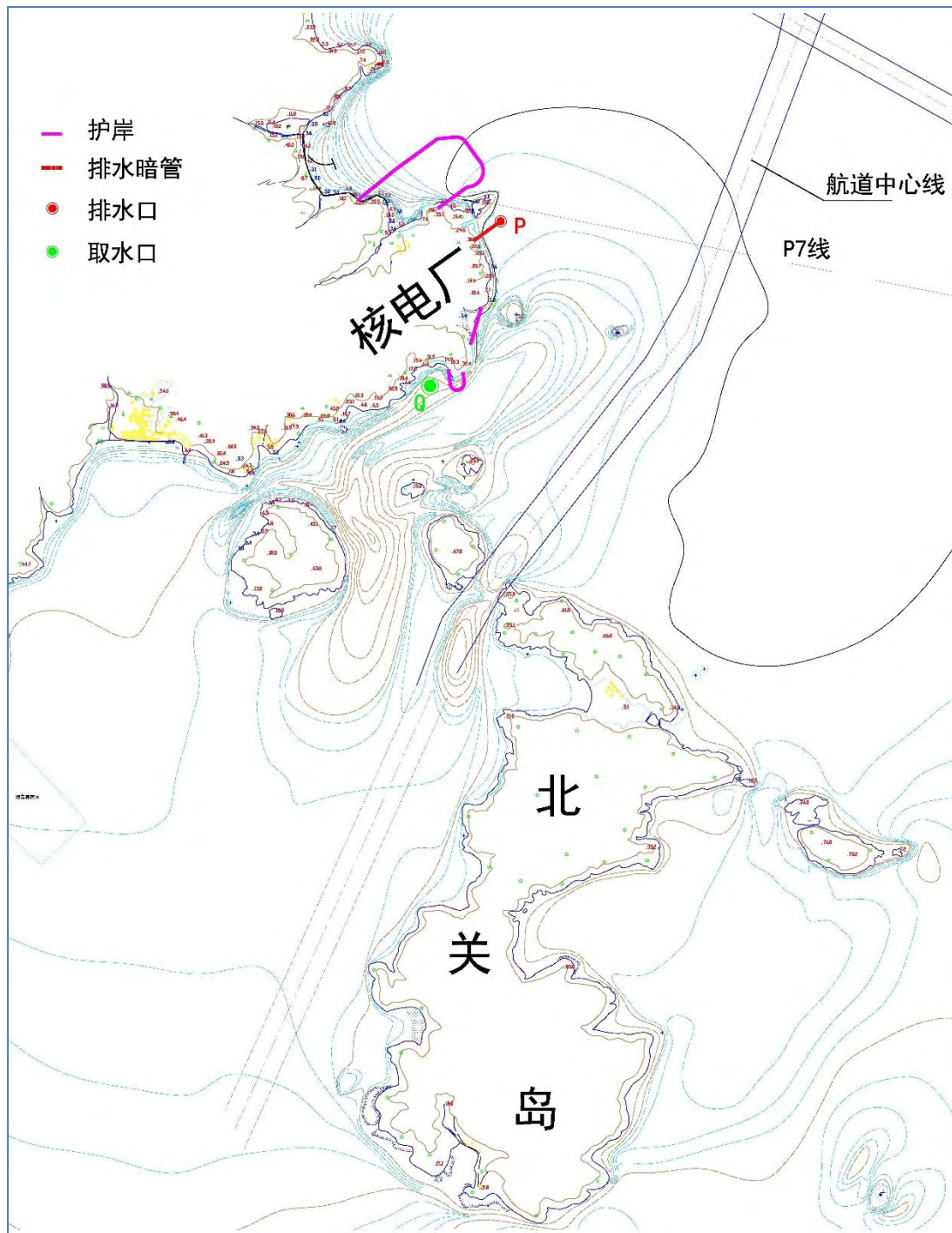
	平均温升（℃）	最大温升（℃）
夏季大潮	0.6	0.9
夏季中潮	0.7	1.1
夏季小潮	0.8	1.2
冬季大潮	0.6	0.9
冬季中潮	0.7	1.0
冬季小潮	0.8	1.2

取自三维数模成果报告

表 6.1-4 最大温升包络面积 (km²)

潮型	温升 (°C)			
	1	2	3	4
夏季小潮	5.88	0.29	0.111	0.042
夏季中潮	4.17	0.27	0.105	0.038
夏季大潮	3.08	0.18	0.082	0.028
夏季大中小潮叠加	5.89	0.29	-	-
冬季小潮	7.00	0.19	0.109	0.041
冬季中潮	6.47	0.19	0.099	0.039
冬季大潮	3.63	0.15	0.081	0.027
冬季大中小潮叠加	7.22	0.19	-	-

注：3°C、4°C温升最大包络面积取自三维数值模拟成果报告垂直投影最大值。



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

取排水口位置

图 6.1-1

版次

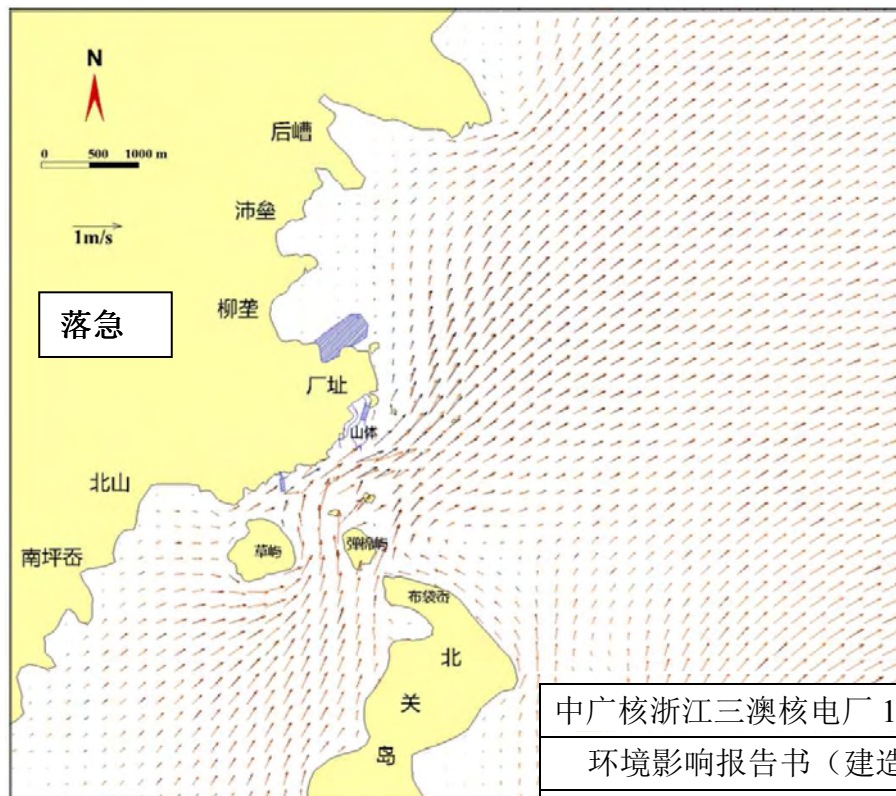
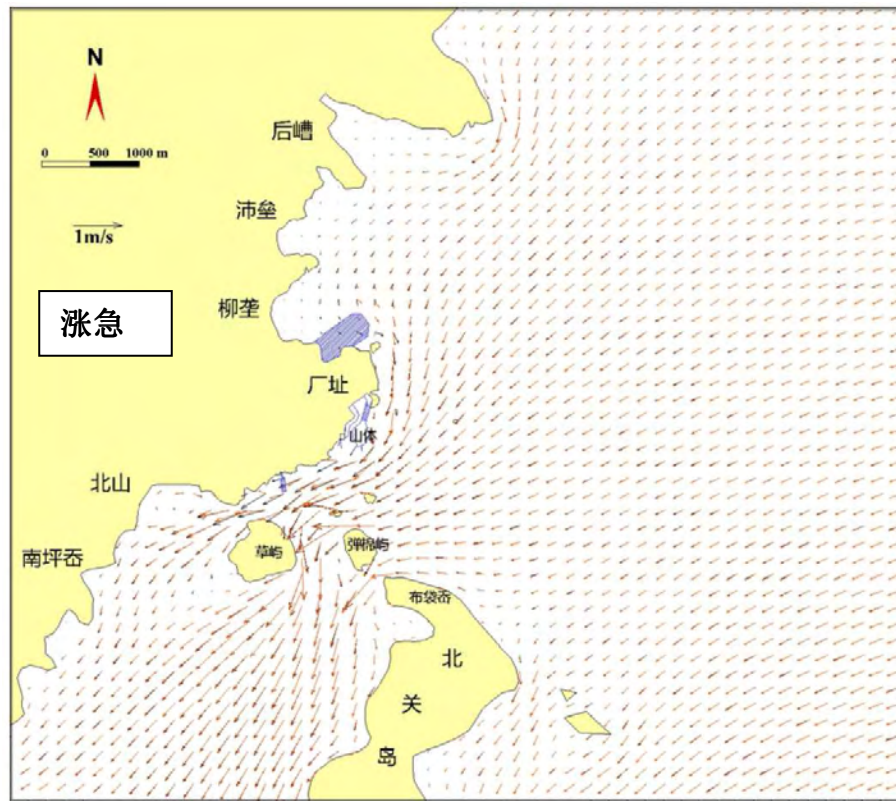
A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

1、2 号机组取水方案

图 6.1-2	版次	A
---------	----	---

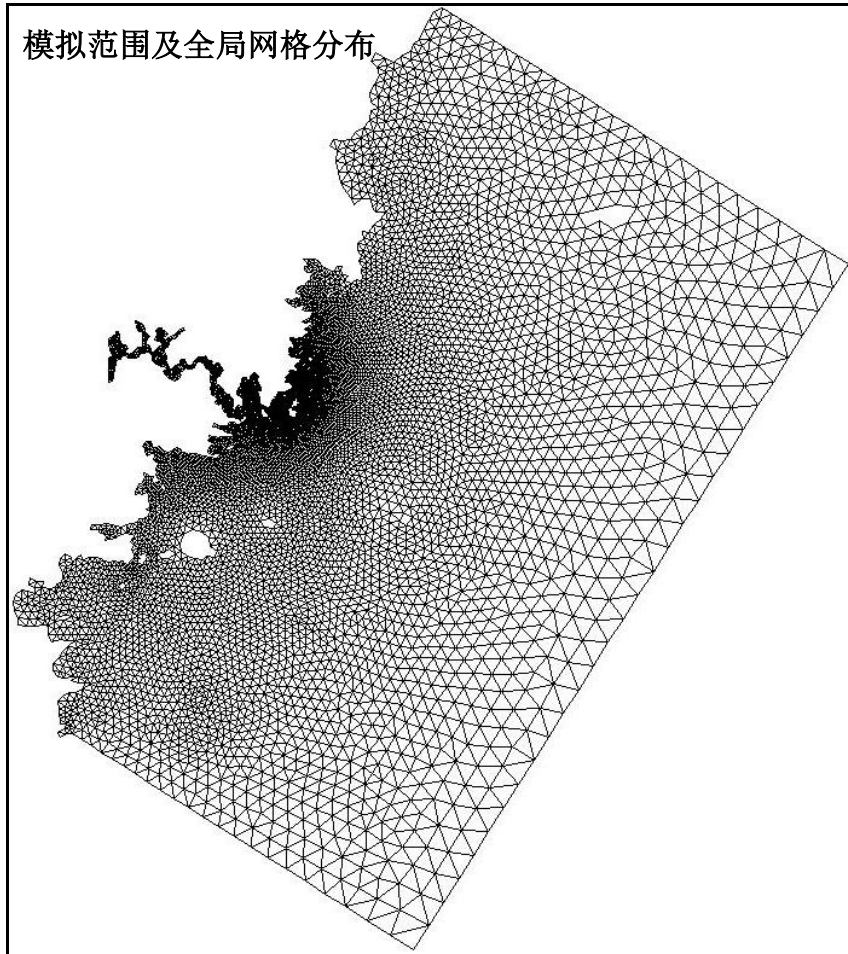


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
工程实施前后涨落急流矢变化
黑色：工程前，红色：工程后

图 6.1-3

版次

A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

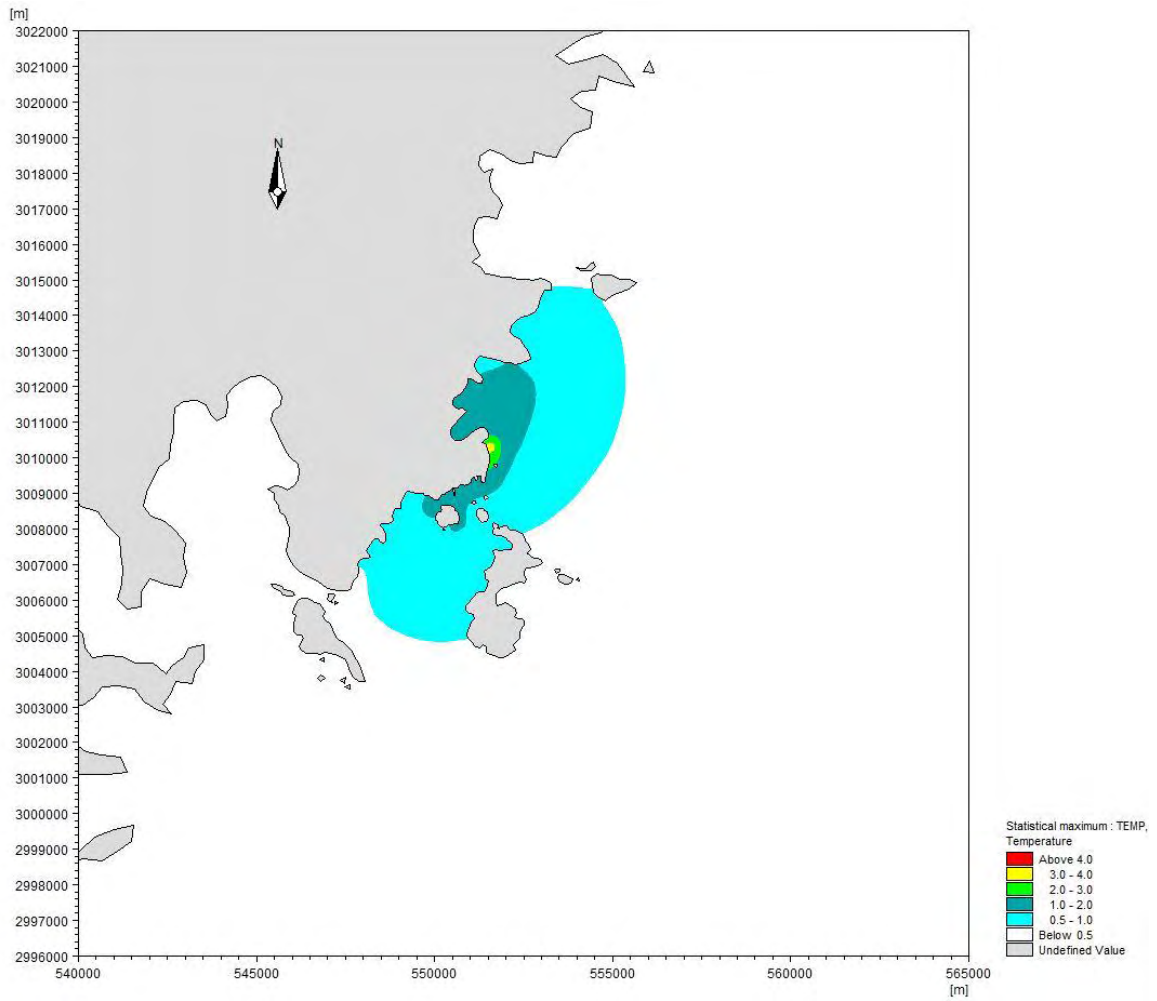
环境影响报告书（建造阶段）

数值模拟范围及网格分布

图 6.1-4

版次

A



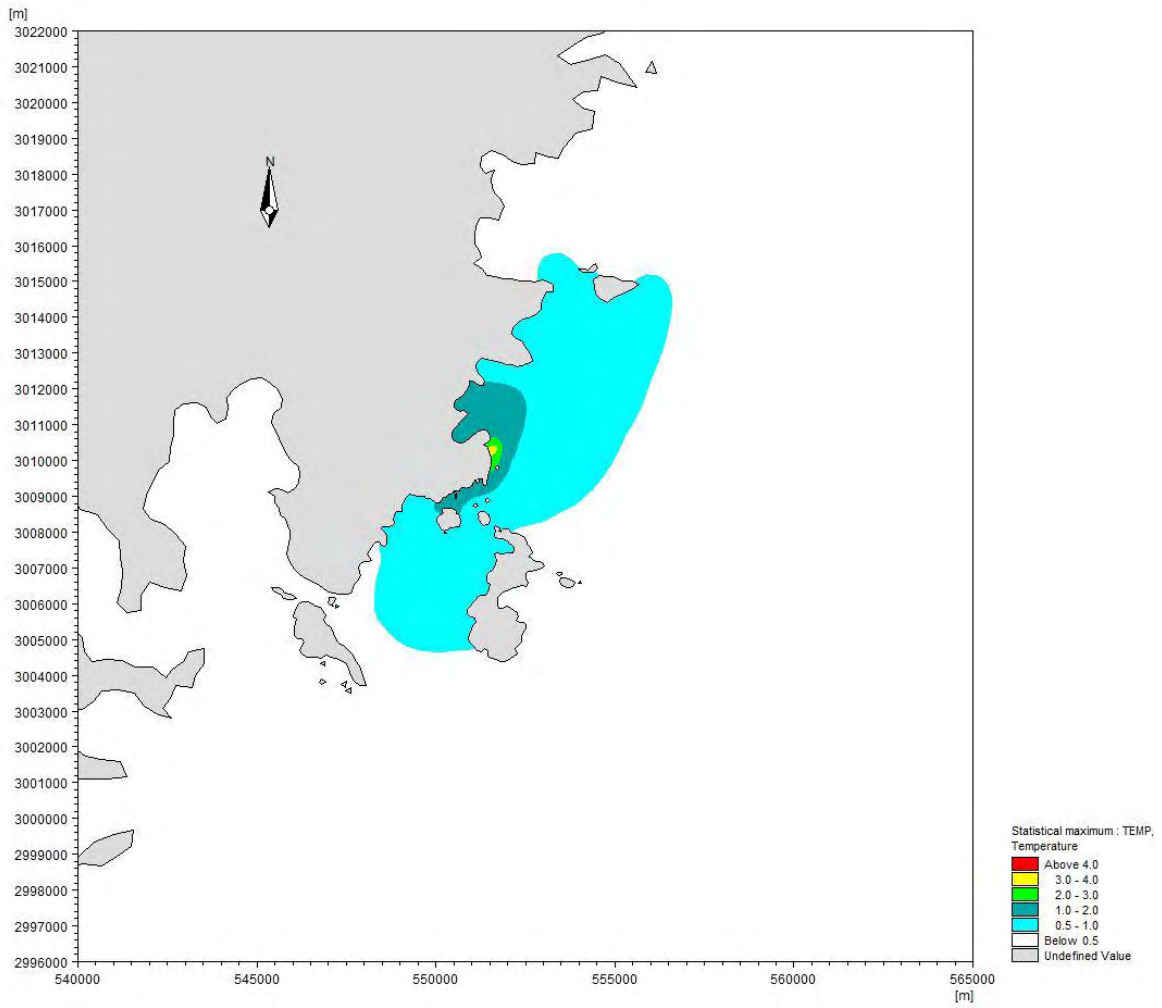
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

夏季小潮最大温升等值线图

图 6.1-5（1/10）

版次

A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

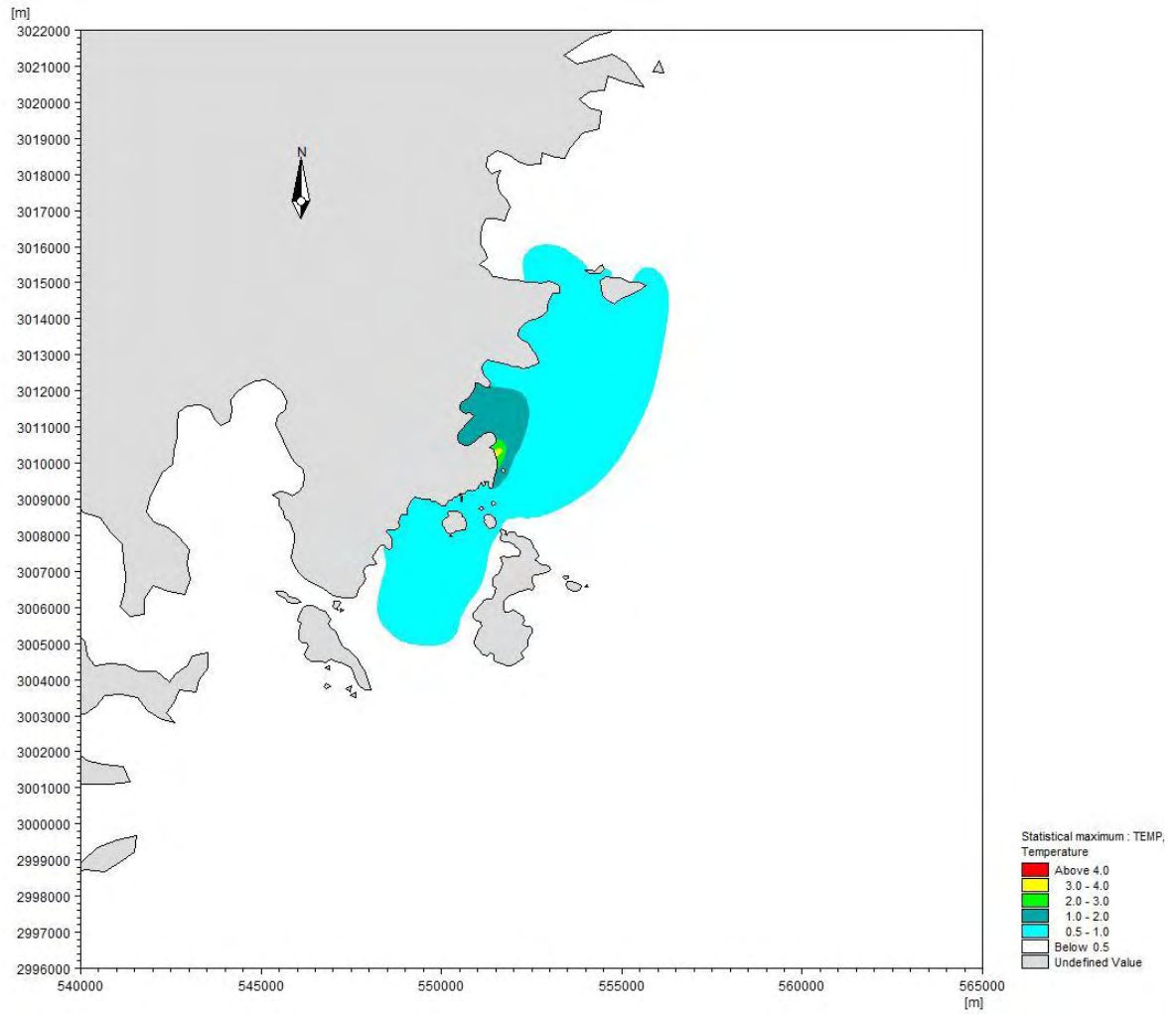
环境影响报告书（建造阶段）

夏季中潮最大温升等值线图

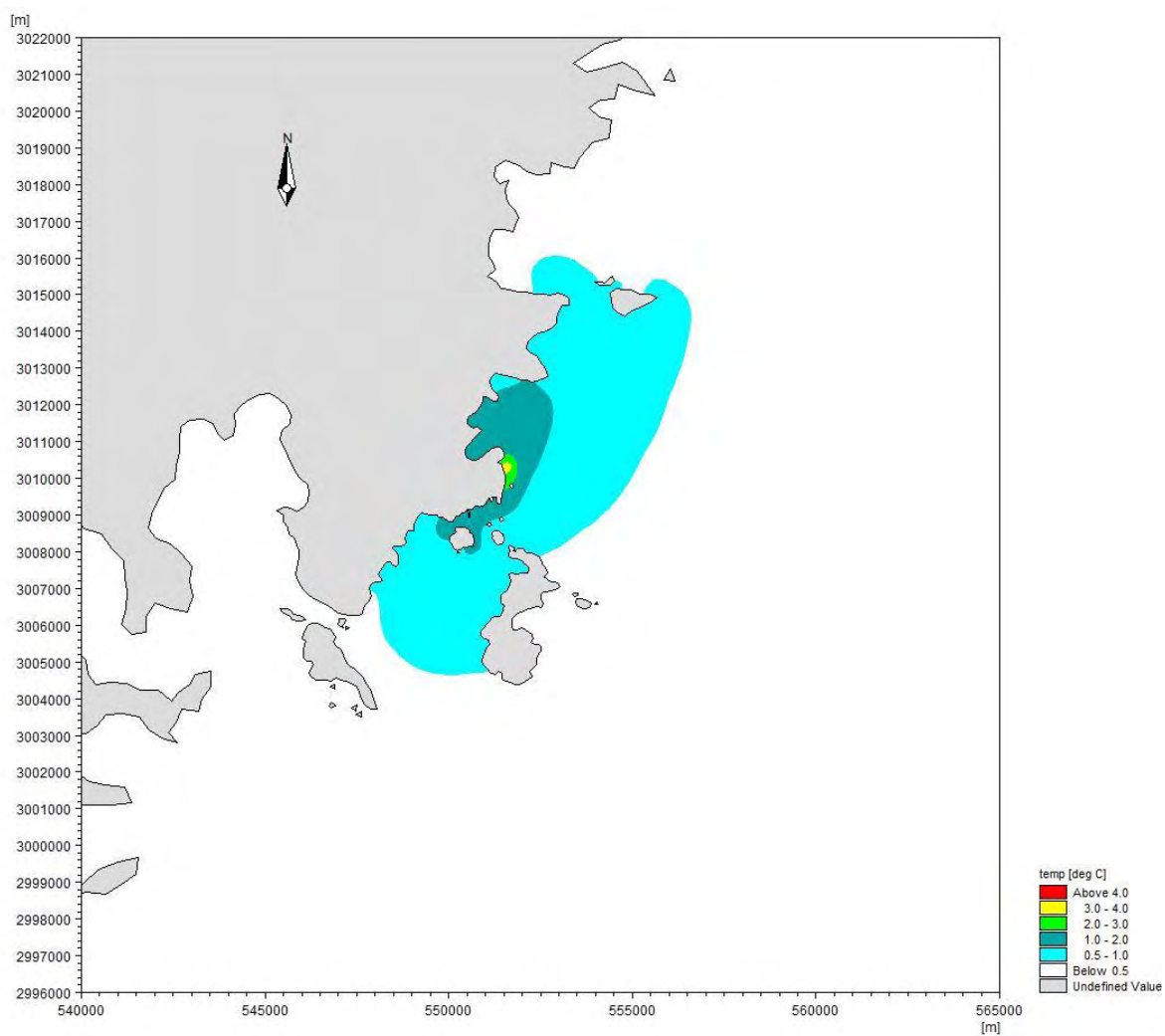
图 6.1-5 (2/10)

版次

A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
夏季大潮最大温升等值线图		
图 6.1-5（3/10）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组

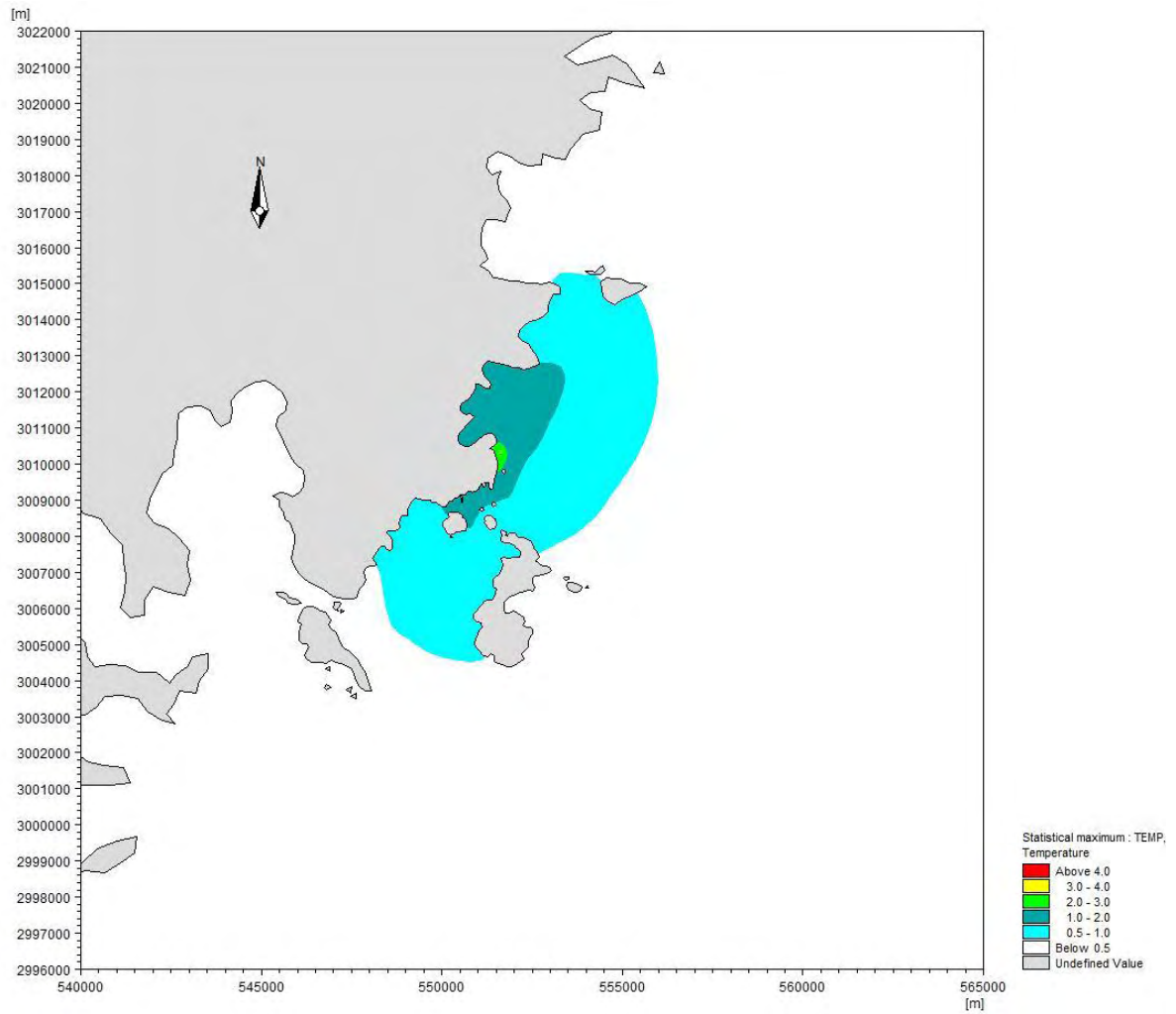
环境影响报告书（建造阶段）

夏季大中小潮叠加等值线图

图 6.1-5 (4/10)

版次

A



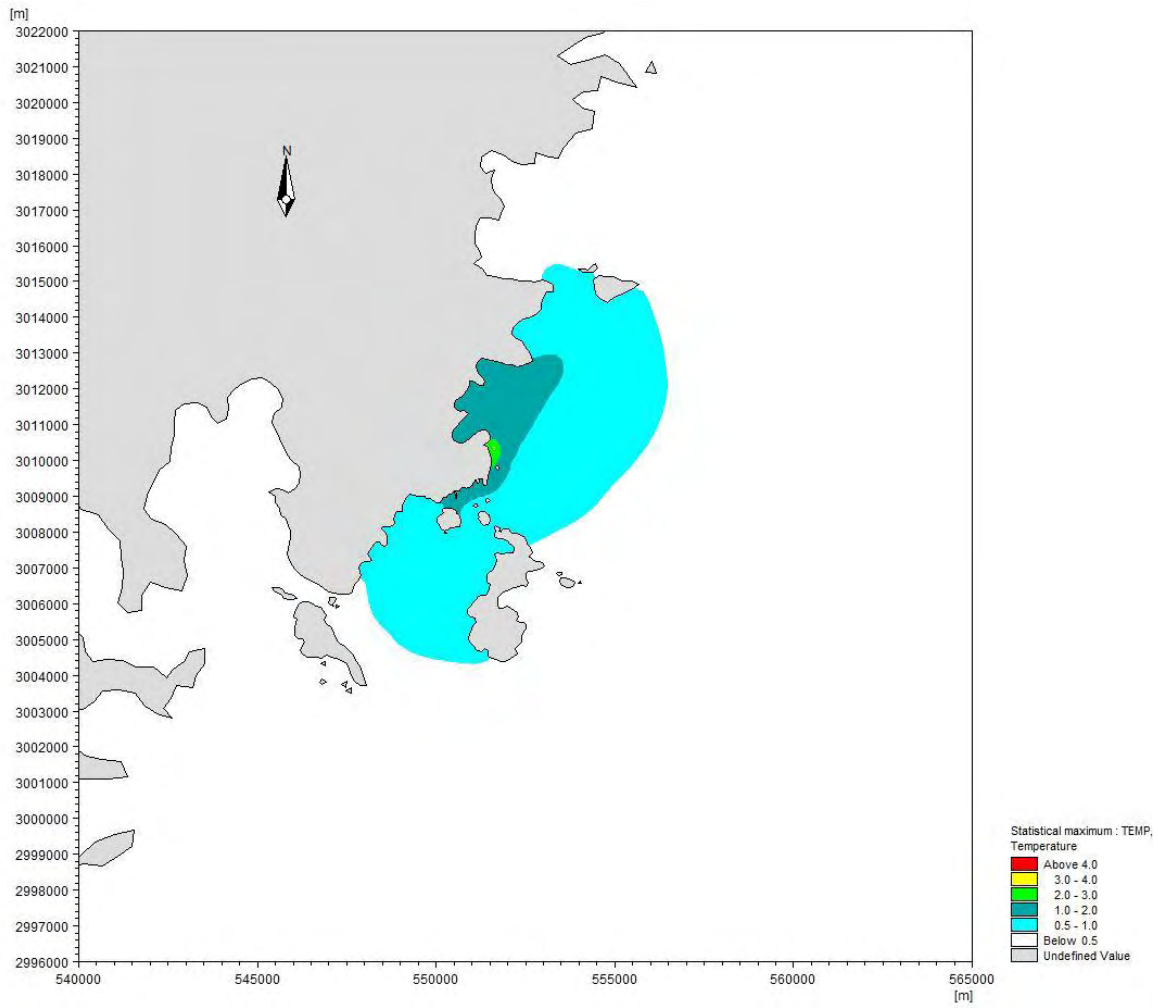
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

冬季小潮最大温升等值线图

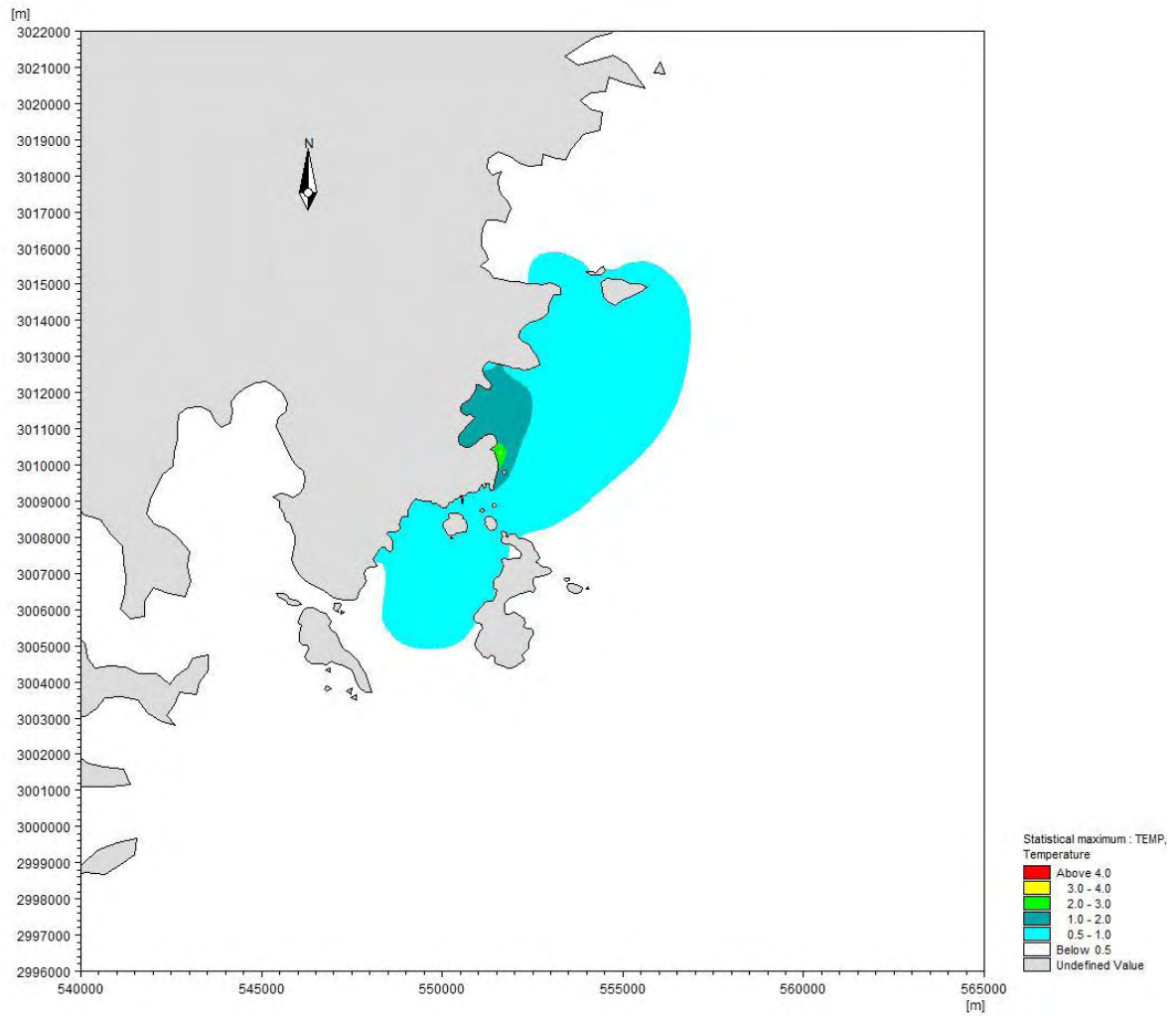
图 6.1-5（5/10）

版次

A

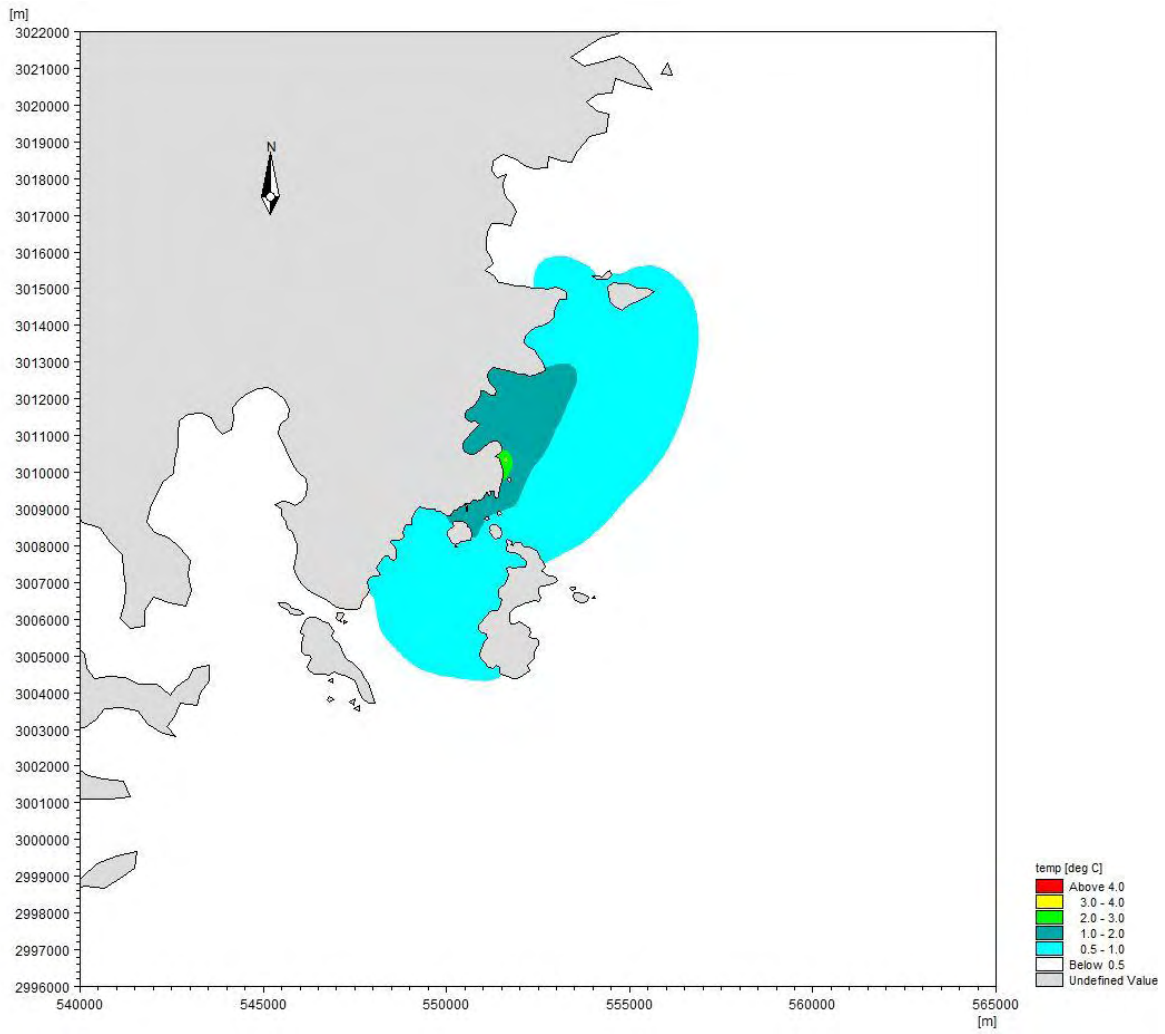


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
冬季中潮最大温升等值线图		
图 6.1-5（6/10）	版次	A

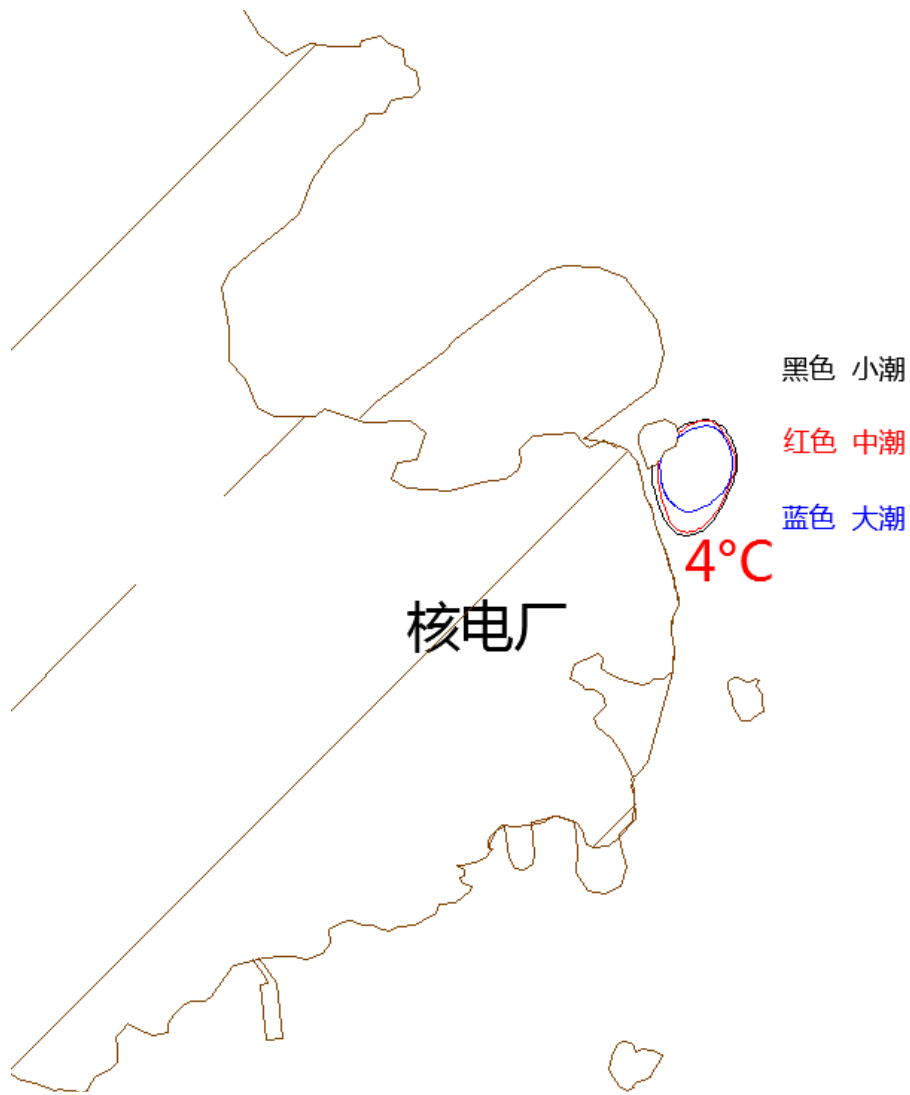


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
冬季大潮最大温升等值线图

图 6.1-5 (7/10)	版次	A
----------------	----	---



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
冬季大中小潮叠加等值线图		
图 6.1-5（8/10）	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
夏季大中小潮全潮最大 4 度温升 等值线叠加（三维垂向投影）		
图 6.1-5（9/10）	版次	A

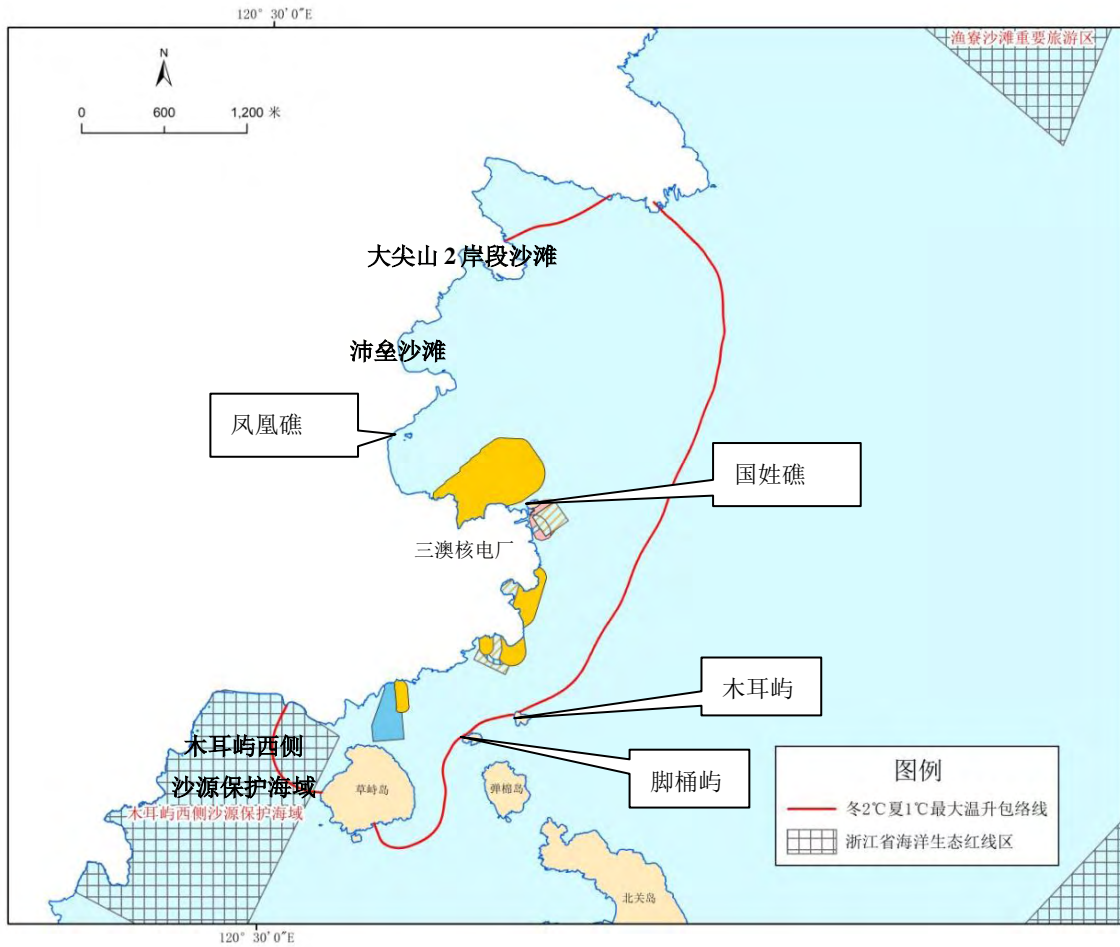


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
冬季大中小潮全潮最大 4 度温升等		
值线叠加（三维垂向投影）		
图 6.1-5 (10/10)	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）
夏季 1°C 冬季 2°C 最大温升区域与近
岸海域环境功能区划叠置示意图

图 6.1-6 版次 A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组
环境影响报告书（建造阶段）

海洋生态红线区和冬季 2℃夏季 1℃
最大温升包络线叠加图

图 6.1-7	版次	A
---------	----	---

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

6.2.2.1 气态途径

6.2.2.2 液态途径

6.2.2.3 其他途径

6.2.3 计算模式和参数

6.2.4 大气弥散和水体稀释

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众最大个人剂量

6.2.7 非人类生物辐射影响

6.2.7.1 非人类生物的分类

6.2.7.2 参数选取

6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

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 参考资料

表

- 表6.2-1 单台机组放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较
- 表6.2-2 长期大气弥散计算部分参数
- 表6.2-3 环境介质参数
- 表6.2-4 放射性核素特征参数
- 表6.2-5 气态途径辐射剂量计算相关参数
- 表6.2-6 液态照射途径辐射剂量计算参数
- 表6.2-7 海产品可食部份生物浓集因子 B_p 和悬浮物吸附分配因子 K_d
- 表6.2-8 公众受照有效剂量转换因子
- 表6.2-9 母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射相应核素份额和有效剂量转换因子
- 表6.2-10 厂址长期大气弥散因子
- 表6.2-11 厂址长期地面干沉积因子
- 表6.2-12 厂址长期地面湿沉积因子
- 表6.2-13 受纳水体各海域放射性相对浓度
- 表6.2-14 气载放射性排放造成环境空气核素浓度
- 表6.2-15 液态放射性排放造成海域水体中的浓度
- 表6.2-16 气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
- 表6.2-17 液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
- 表6.2-18 气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
- 表6.2-19 气态和液态途径对各子区公众个人（青少年）造成的年有效剂量
- 表6.2-20 气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的年有效剂量
- 表6.2-21 气态和液态途径对各子区公众个人（婴儿）造成的年有效剂量
- 表6.2-22 气态和液态途径对对各子区公众集体造成的集体有效剂量
- 表6.2-23 海洋系统悬浮物 K_d 因子
- 表6.2-24 海洋生态系统各生物放射性核素浓集因子（ B_p ）
- 表6.2-25 陆生生态系统各生物放射性核素浓集因子（ B_p ）
- 表6.2-26 各放射性核素对海洋生物的内照射剂量率转换因子
- 表6.2-27 各放射性核素对海洋生物的外照射剂量率转换因子
- 表6.2-28 各放射性核素对陆生生物的空气浸没外照射剂量率转换因子

- 表6.2-29 各放射性核素对陆生生物的土表沉积外照射剂量率转换因子
- 表6.2-30 各放射性核素对陆生生物的土中浸没外照射剂量率转换因子
- 表6.2-31 各放射性核素对陆生生物的内照射剂量率转换因子
- 表6.2-32 海洋生态系统各生物居留因子
- 表6.2-33 陆生生态系统各生物居留因子
- 表6.2-34 海洋生物受到的剂量率
- 表6.2-35 陆生生物受到的剂量率
- 表6.2-36 厂址附近各人群受照辐射剂量比较
- 表6.2-37 各放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量
- 表6.2-38 公众受照辐射剂量“三关键”计算分析结果

图

- 图6.2-1 气态照射途径
- 图6.2-2 液态照射途径

6.2 正常运行的辐射影响

三澳核电厂 1、2 号机组拟建设两台华龙一号技术融合方案核电机组。本节根据三澳核电厂 1、2 号机组正常运行状态下的放射性流出物排放源项，以及厂址周围的环境特征、公众的食物消费和生活习惯，对核电厂正常运行状态下放射性流出物对公众和环境造成的辐射影响进行计算和评价。

6.2.1 流出物排放源项

核电厂运行状态下，放射性流出物以气载和液态形态向环境释放，分别在大气环境和受纳水体中迁移扩散。本报告第四章 4.6 节给出了气载和液态放射性流出物各核素的年排放量。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）要求核动力厂必须按每堆实施放射性流出物的年排放总量控制，6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值。三澳核电厂 1、2 号机组将严格按照国家标准的排放控制要求进行总量控制。表 6.2-1 给出了 1、2 号机组单台机组各类放射性流出物年排放量与控制值的比较。从表可以看出，1、2 号机组放射性流出物各类放射性核素的年排放量，均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的单堆排放量控制要求。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求槽式排放口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。

三澳核电厂 1、2 号机组的放射性废液经处理系统处理后，废液被输送到监测箱内，并在监测箱内被取样监测，如监测结果满足要求，则废液被送往核岛废液贮存罐并在满足排放要求时向环境受控排放；若监测结果不满足要求，则返回处理。因此，实际运行过程中，电厂除氚和 C-14 外其它液态放射性核素的排放浓度可以实现 GB6249-2011 规定的 1000Bq/L 的浓度控制要求。

气载放射性流出物中的 ^{14}C 在环境介质中的转移过程具有特殊机理，有别于核电厂排放的其它各类气载放射性核素，通常认为，只有以二氧化碳形式存在的 ^{14}C 才能通过光合作用被植物吸收，并以食物的摄入形式进入食物链，对摄入者造成内照射影响。根据 IAEA 421 号技术报告，欧洲和美国的压水堆核电站以二氧化碳形态向环境排

放的 ^{14}C 占 ^{14}C 总排放量的 5~25%，根据此研究结论，本节在评估气载 ^{14}C 的排放所造成的环境辐射影响时，假定以二氧化碳形态排放的 ^{14}C 占总排放量的 25%。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气态途径

气载放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

- 空气浸没外照射；
- 地面沉积物外照射；
- 吸入空气内照射；
- 食入陆生食品内照射。

公众食入陆生食品包括蔬菜、粮食、水果等作物产品，以及肉类、奶类等动物产品。图6.2-1给出了气载放射性流出物对公众造成辐射的途径。

6.2.2.2 液态途径

液态放射性流出物排放对厂址评价区内公众造成的辐射影响，考虑如下四种照射途径：

- 水体浸没外照射；
- 水上活动外照射；
- 岸边沉积物外照射；
- 食入海产品内照射。

公众食入海产品包括鱼类、甲壳类、软体类、藻类产品，图6.2-2给出了液态放射性流出物对公众造成辐射的途径。

6.2.2.3 其它途径

厂址周围区域不存在可能达到或超过上述途径的个人有效剂量10%的其它照射途径。

6.2.3 计算模式和参数

三澳核电厂1、2号机组运行状态下，气载和液态放射性流出物通过各照射途径对公众造成的剂量估算模式见附录C。相关的计算参数如下：

(1) 大气弥散

根据核安全导则HAD101/02推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用厂址气象塔2019年1月至12月一整年逐时观测的风向、风速和温度，以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，计算厂址区域的长期大气弥散因子和地面沉积因子。

气载放射性流出物排放烟囱高度为70m，邻近建筑物高度为56.4m，由于排放高度低于邻近建筑物高度的2倍，假定为混合排放方式。大气弥散计算还考虑了气载放射性流出物雨水冲洗、重力沉降、以及核素衰变等因素造成的烟羽损耗和地面沉积。表6.2-2给出了长期大气弥散计算部分参数。扩散参数采用本报告2.4节的推荐值。

(2) 水体稀释

核电厂液态放射性流出物随电厂温排水一起排入厂址附近的海域。根据本项目液态流出物数值模拟计算成果报告，排放海域的水体稀释扩散计算采用了丹麦水利研究所开发的平面二维数学模型（DHI-mike21模型）。本报告采用国际原子能机构IAEA 19号安全报告推荐的模型和参数，计算放射性核素迁移扩散过程中在海水悬浮物、沉积物中的浓度。

(3) 环境参数

根据环境调查分析，表6.2-3给出了厂址周围用于剂量计算中考虑的部分放射性物质传递介质参数（如介质含水率、食物从获取到消费的时间间隔等）；根据IAEA 19号安全报告，表6.2-4给出了放射性核素在食物链中转移的特征参数；表6.2-5给出了用于气态途径辐射剂量计算的相关参数。

根据IAEA 19号安全报告，表6.2-6给出了液态照射途径辐射剂量计算参数；表6.2-7给出了海鱼类、软体类、甲壳类以及藻类四类海产品可食部分的生物浓集因子和海水中悬浮物对元素的吸附分配 K_d 因子，海鱼类和甲壳类海洋生物的浓集因子采用IAEA 19号安全报告的推荐值，而对于IAEA 19号安全报告中未推荐的软体类和藻类生物浓集因子采用IAEA 57号安全报告的推荐值。

(4) 剂量转换因子

表6.2-8给出了公众受各照射途径造成辐射剂量的剂量转换因子，其中惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子以及其它各类放射性核素的吸入和食入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），除惰性气体外其它核素的空气浸没以及地面沉积外照射剂量转换因子取自IAEA 19号安全报告，水体浸没外照射剂量转换因子取自美国联邦导则12号报告。

（5） 婴儿食入母乳内照射剂量

参考ICRP 95号出版物，婴儿食入母乳后受到内照射剂量计算模式见附录C。表6.2-9给出了母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

（6） 食物消费和生活习惯

厂址半径80km范围内各子区陆上环境介质（如粮食、蔬菜等）的面积、产量，公众的食物消费量以及生活习惯因子见本报告书第二章及附录B。

6.2.4 大气弥散和水体稀释

表 6.2-10、表 6.2-11 和表 6.2-12 分别列出了厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子（ ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I ）、长期地面干沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I ）和长期地面湿沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I ）。

根据三澳核电厂液态流出物数值模拟计算成果报告，表 6.2-13 给出了 1、2 号两台机组液态放射性排放接纳水体各海域相对浓度。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

根据以上参数和模式，表 6.2-14 列出了 1、2 号机组厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的环境空气浓度（ ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I ）。环境空气中放射性年平均浓度最大值位于 SW 方位 0~1km 子区，核素 ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 在该子区的年平均浓度分布为 1.28 Bq/m^3 、 $8.33 \times 10^{-9} \text{ Bq/m}^3$ 、 $5.66 \times 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$ 。

表 6.2-15 给出了 1、2 号机组排水口周围不同半径海域水体中的各放射性核素的年平均浓度和排水口 0~1km 海域的排放峰值浓度。接纳水体中放射性浓度最大值位于排放口 0~1km 海域，核素 ^3H 、 ^{14}C 在该海域海水中的年平均浓度分别为 2.93 Bq/L 、 $1.21 \times 10^{-3} \text{ Bq/L}$ 。

三澳核电厂 1、2 号单台机组废液设计年排放量约为 14000m^3 ，结合考虑废液与循环冷却水混合以及废液入海后海域的稀释作用，表 6.2-15 同时给出了 1、2 号机组排放口附近 0~1km 海域排放时的峰值浓度。

《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了海水中部分放射性核素的浓度限值，其中与本工程液态放射性流出物排放相关的有 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 五个核素，其水质指标限值分别为 0.03Bq/L、4.0Bq/L、0.2Bq/L、0.6Bq/L 和 0.7Bq/L。由表可以看出，五个核素在排放口 0~1km 海域峰值浓度分别为 $2.57\times 10^{-4}\text{Bq/L}$ 、 $3.28\times 10^{-7}\text{Bq/L}$ 、 $2.34\times 10^{-7}\text{Bq/L}$ 、 $2.55\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 和 $3.73\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ ，均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

6.2.6 公众最大个人剂量

（1）公众（成人）个人剂量

表 6.2-16 和表 6.2-17 分别给出气载和液态放射性流出物排放通过各种途径对厂址半径 80km 评价区内各子区一般公众个人（成人）造成的有效剂量，表 6.2-18 给出了各子区公众个人（成人）受到的总有效剂量。

三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 WSW 方位 1~2km 子区，造成的最大年有效剂量为 $8.60\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量为 $7.67\times 10^{-7}\text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量为 $9.25\times 10^{-8}\text{Sv}$ 。

（2）公众（青少年）个人剂量

表 6.2-19 给出了核电厂放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区青少年组公众个人造成的年有效剂量。

三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物对青少年组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 WSW 方位 1~2km 子区，对该子区的青少年组公众个人造成的年有效剂量为 $8.97\times 10^{-7}\text{Sv}$ 。

（3）公众（儿童）个人剂量

表 6.2-20 给出了核电厂放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区儿童组公众个人造成的年有效剂量。

三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物对儿童组公众个人造成辐射剂

量最大的子区为厂址 WSW 方位 1~2km 子区，对该子区的儿童组公众个人造成的年有效剂量为 $8.77 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（4）公众（婴儿）个人剂量

表 6.2-21 给出了核电厂放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区婴儿组公众个人造成的年有效剂量。

三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物对婴儿组公众个人造成辐射剂量最大的子区为厂址 WSW 方位 1~2km 子区，对该子区的婴儿组公众个人造成的年有效剂量为 $6.45 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（5）最大受照年龄组

对上述各年龄组公众的个人剂量结果进行比较分析发现，三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物对厂址 WSW 方位 1~2km 子区内各年龄组公众个人造成的有效剂量均大于其它各子区同年龄组公众个人的受照剂量，而对该子区各年龄组公众个人而言，核电厂的放射性流出物造成青少年组公众年有效剂量大于儿童组公众剂量，儿童组公众年受照有效剂量大于成人组公众剂量，成人组公众的年受照有效剂量大于婴儿组公众剂量。

因此，三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，厂址 WSW 方位 1~2km 子区内的青少年组公众个人受放射性流出物造成的年有效剂量最大，为该子区的最大受照年龄组，受到的年有效剂量为 $8.97 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（6）集体剂量

根据厂址评价范围内的居民年龄构成和各子区的预期人口分布，表 6.2-22 列出了三澳核电厂 1、2 号机组放射性流出物所造成厂址各子区的年集体有效剂量，评价区内公众集体年有效剂量结果为 $2.57 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ ，其中各核素通过气、液态途径所造成的厂址评价区内公众总的集体年有效剂量分别为 $2.27 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv}$ 和 $2.96 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

6.2.7 非人类生物辐射影响

非人类生物生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性核素以及核设施排放的气液态放射性流出物，由于生物种类的庞大和生存环境的广阔，目前国际上普遍使用一系列特征生物的概念，包括参考生物，参考动植物，代表物种，特征物种和受体等，对生物进行辐射影响评价。

国际放射防护委员会（ICRP）于 2008 年发布的第 108 号报告中提出了参考动植物（RAP）的概念，并将其定义为“参考动植物是一个假想的实体，具有特定动物或植物类别的假想的基本生物特征，用于描述不同科类生物分类上的共性，具有明确的解剖学、生理学和生命历史的属性，可用于将该种生物体的暴露与辐射剂量，以及剂量与产生效应相联系起来。”根据一系列的选择准则，ICRP 报告推荐了 16 种用于辐射影响评价的参考动植物。

欧盟在 2004-2007 年间开展的 ERICA 项目中选取参考生物的方式与 ICRP 报告稍有不同，它不根据分类学、解剖学、生理学以及生活史等特征选取特定物种，而是基于不同的环境特征中的典型生物类别。

ERICA 项目中采用的一系列水生和陆生生物在不同生境中的剂量学模型也为 ICRP 所采用，在辐射剂量率计算方法上，两者也都采用了 Ulanovsky 等人运用 Monte-Carlo 方法计算不同体形尺寸生物体对 α 、 β 、 γ 辐射的吸收比例，再结合各核素的辐射能量得出各种核素对于不同生物体辐射的剂量转换因子。

6.2.7.1 非人类生物的分类

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，其中海洋生态系统的参考生物包括深海鱼类、鸟类、甲壳类、大型藻类、哺乳动物、双壳软体类、浅水鱼、浮游植物、多毛纲蠕虫、爬行动物、海葵珊瑚、导管植物和浮游动物 13 类。陆生生态系统的参考生物包括两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类。

根据厂址周边海洋生态调查结果，海洋参考生物选取深海鱼类、甲壳类、藻类、软体类、浅水鱼、浮游植物、浮游动物进行评价。另外，由于 2008 年 11 月在温州龙港市海域发现国家二级水生野生保护动物银杏齿喙鲸，因此评价的海洋参考生物增加哺乳动物。

根据厂址附近的陆域生态调查结果，陆域的参考生物选取两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类进行评价。

各生物的剂量计算模式见附录 C。

6.2.7.2 参数选取

（1）悬浮物分配因子（Kd）

水生生态(核电周围海域)中悬浮物分配因子 Kd 值取自 IAEA 422 号报告,表 6.2-23 给出各核素的 Kd 因子。

（2）浓集因子（Bp）

参考 ERICA 程序和 IAEA 422 号报告的海洋参考生物的浓集因子,表 6.2-24 给出了海洋生态系统生物对各液态放射性核素的浓集因子。

参考 ERICA 程序和 IAEA 479 号报告的陆生参考生物的浓集因子,表 6.2-25 给出了陆域生态系统生物对各气载流出物核素的浓集因子。

（3）放射性核素对生物的辐射剂量转换因子

按 ERICA 程序给出的不同辐射类型权重值,表 6.2-26 和 6.2-27 分别给出了各放射性核素对海洋生物的内照射和外照射辐射剂量率转换因子。

ERICA 程序对陆生生态系统生物依据生物的生活习性将照射类型分为空气浸没外照射、土表沉积外照射、土中浸没外照射和内照射途径。表 6.2-28~6.2-31 分别给出了不同核素不同陆生生物通过这四种照射途径的剂量率转换因子。其中惰性气体 Kr 和 Xe 采用 EA R&D128 出版物中的数据。

（4）各生物居留因子

根据各生物的生物习性并参考 ERICA 程序,表 6.2-32 和 6.2-33 分别给出了海洋生态系统和陆生生态系统各生物的居留因子。

6.2.7.3 非人类生物辐射影响评价

（1）水生生物辐射影响

表 6.2-34 给出了厂址周围海域所涉及的 8 类海洋生物受到三澳核电厂 1、2 号机组液态流出物的剂量率。

由表可以看出,三澳核电厂 1、2 号机组正常运行状态情况下,厂址周围海域生物受到的附加剂量率值最大的为哺乳动物(银杏齿喙鲸),为 $0.944\mu\text{Gy/h}$ 。各类海洋生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值,对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

（2） 陆生生物辐射影响

表 6.2-35 给出了厂址周围陆域所涉及的 13 类陆生生物受到三澳核电厂 1、2 号机组气态流出物通过各种途径造成的剂量率。

由表可以看出，三澳核电厂 1、2 号机组正常运行状态情况下，厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为乔木，为 $1.81 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。各类陆域生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值，对核电厂周围陆域中的生物总体上影响很小。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

对三澳核电厂 1、2 号机组放射性流出物排放造成的辐射影响进行“三关键”分析时，根据一般公众的辐射剂量分析结果，初步考虑厂址 WSW 方位 1.9km 的长沙村渔民、长沙村农民和长沙村青少年。厂址附近这部分人群的食物消费情况以及生活习惯因子见本报告书第 2.2 节。

表 6.2-36 给出了上述各村职业人群通过各种途径，受到的 1、2 号机组运行状态下的放射性流出物排放造成的辐射剂量值。从表可以看出，1、2 号机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 WSW 方位 1.9km 的长沙村渔民造成的年有效剂量为 $3.52 \times 10^{-7} \text{Sv}$ ，大于其他人群的受照剂量。根据上述分析结果，本阶段将厂址 WSW 方位 1.9km 的长沙村渔民作为受辐射影响可能的关键居民组。

表 6.2-37 给出了 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物通过各种途径对厂址 WSW 方位 1.9km 的长沙村渔民个人造成的辐射剂量贡献。从表可以看出：

- 1、2 号机组运行状态下，核电厂放射性流出物排放对关键组居民个人造成的有效剂量为 $3.52 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 $2.25 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 63.98%；通过液态途径造成的剂量贡献为 $1.27 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 36.02%。比较发现，气态途径对关键组居民个人造成的剂量贡献大于液态途径。
- 可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $1.98 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 56.41%。其它重要照射途径为食入海产品内照射和吸入空气内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为 $1.24 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 和 $1.34 \times 10^{-8} \text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量的 35.25% 和 3.80%。

- 可能的关键核素为 ^{14}C ，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $2.90 \times 10^{-7}\text{Sv}$ ，占个人总有效剂量的 82.39%；其它重要核素为 ^3H 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为 $2.47 \times 10^{-8}\text{Sv/a}$ 、 $9.03 \times 10^{-9}\text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量的 7.02%、2.57%。

表 6.2-38 给出了公众辐射剂量“三关键”分析结果。

6.2.9 辐射影响评价

浙江三澳核电厂 1、2 号机组各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的控制要求。核电厂实际运行过程中，除氚和 C-14 外其它液态放射性核素的排放浓度可以实现 GB6249-2011 规定的 1000Bq/L 的浓度控制要求。

(1) 公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）规定任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。浙江三澳核电厂厂址规划建设六台百万千瓦级核电机组，针对 1、2 号机组进行评价，确定向环境释放的放射性流出物对公众所造成剂量不超过剂量管理目标值 0.08mSv/a 。

浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 $8.97 \times 10^{-7}\text{Sv/a}$ ，占 GB6249-2011 中年剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 0.36%，占 1、2 号机组剂量管理目标值（ 0.08mSv/a ）的 1.12%。

通过公众辐射剂量“三关键”分析，浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键居民组为位于厂址 WSW 方位 1.9km 的长沙村渔民，需要关注的照射途径包括：食入陆生食品内照射途径、食入海产品内照射和吸入空气内照射途径，需要关注的放射性核素包括： ^{14}C 、 ^3H 和 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 等。

(2) 非人类物种辐射影响评价

浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物中哺乳动物（银杏齿喙鲸）造成的辐射剂量率最大，为 $0.944 \mu\text{Gy/h}$ ；气载放射性流出物对厂址周围陆域生物中乔木造成的辐射剂量率最大，为 $1.81 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。对海域和陆域各类生物造成的辐射剂量率均远低于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值，因此，可以认为浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，放射性流出物排放

不会对厂址周边非人类生物在种群上造成明显的损伤。

浙江三澳核电厂 1、2 号机组运行状态下，就放射性流出物的排放控制和公众所受剂量而言，三废处理系统的预期处理效果可以满足国家标准的相应要求。而就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对非人类生物的辐射影响有限，是可以接受的。

6.2.10 参考资料

- [1] IAEA Safety Reports Series No.19, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, 2001;
- [2] 中华人民共和国国家标准—电离辐射防护与辐射源安全基本标准，2003年4月1日实施；
- [3] 广东核电厂放射性释放环境影响计算机程序系统——CEIRA，苏州热工研究院有限公司，1992年；
- [4] 放射生态学转移参数手册，原子能出版社，李建国、商照荣等；
- [5] UNSCEAR. 1996. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1996 Report to the General Assembly, Fifty-first Session, Supplement No. 46 (A/51/46), Annex: “Effects of Radiation on the Environment”, United Nations Sales No. E96.IX.3 (1996)。

表 6.2-1 单台机组放射性流出物的年排放量与 GB6249-2011 控制值比较

单位：Bq/a

气载 放射性 流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	1.5×10^{13}	4.98×10^{12}	33.2%
	^{14}C	7×10^{11}	4.44×10^{11}	63.43%
	惰性气体	6×10^{14}	8.14×10^{13}	13.57%
	碘	2×10^{10}	2.82×10^8	1.41%
	粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	5×10^{10}	3.14×10^7	0.06%
液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
	^3H	7.5×10^{13}	4.48×10^{13}	59.73%
	^{14}C	1.5×10^{11}	1.85×10^{10}	12.33%
	其余核素	5×10^{10}	5.53×10^9	11.06%

表 6.2-2 长期大气弥散计算部分参数

机组	物理意义	单位	数值
三澳核电站 1、2 号机组	烟囱高度	m	70
	烟囱内径	m	3
	烟流出口速度	m/s	12.5
	邻近建筑物高度	m	56.4
干沉积速度		m/s	3.20×10^{-2} (碘)
			2.00×10^{-3} (钴)
			2.00×10^{-3} (铯)
冲洗比例常数		h/ (mm s)	1.10×10^{-4} (碘)
			1.60×10^{-4} (钴)
			1.60×10^{-4} (铯)

表 6.2-3 环境介质参数

物理意义	单位	数值
奶牛每天消费的饲料量	kg/d	50
产肉动物每天消费的饲料量	kg/d	5
作物在生长季节中的曝污时间	h	2880
叶类蔬菜在生长季节中的曝污时间	h	1080
作物从收获到被消费的时间间隔	h	1800
从挤奶到牛奶被消费的时间间隔	h	24
从产肉动物被屠宰到被消费的时间间隔	h	24
叶类蔬菜从收获到被消费的时间间隔	h	24
海产品从捕捞到被消费的时间间隔	h	24
单位体积空气中的含水率	g 水/m ³ 空气	15.28
作物中的平均含水率	无量纲	0.160
牛奶中的平均含水率	无量纲	0.881
肉类中的平均含水率	无量纲	0.750
叶类蔬菜中的平均含水率	无量纲	0.928
空气中碳元素的平均浓度	g/m ³	0.18
植物产品和叶类蔬菜碳元素的含量	g/kg	0.18

表 6.2-4 放射性核素特征参数

元素	f_v	f_L	f_M (Bq/kg 牛奶)/ (Bq/d)	f_F (Bq/kg 肉)/ (Bq/d)	B_v (Bq/kg 作物)/ (Bq/kg 干土)	B_L (Bq/kg 蔬菜)/ (Bq/kg 干土)	λ_G (1/h)	λ_v (1/h)	λ_L (1/h)
^{27}Co	0.2	0.2	1.00×10^{-2}	7.00×10^{-2}	2.00	8.00×10^{-2}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{53}I	0.2	0.2	1.00×10^{-2}	5.00×10^{-2}	1.00×10^{-1}	2.00×10^{-2}	5.83×10^{-5}	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{55}Cs	0.2	0.5	1.00×10^{-2}	5.00×10^{-2}	1.00	4.00×10^{-2}	5.83×10^{-6}	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{24}Cr	0.2	0.2	2.00×10^{-4}	9.00×10^{-2}	1.00×10^{-1}	1.00×10^{-3}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{25}Mn	0.2	0.2	3.00×10^{-4}	7.00×10^{-4}	1.00	3.00×10^{-1}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{26}Fe	0.2	0.2	3.00×10^{-4}	5.00×10^{-2}	1.00×10^{-1}	1.00×10^{-3}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{56}Ba	0.2	0.2	5.00×10^{-3}	2.00×10^{-3}	1.00×10^{-1}	5.00×10^{-2}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{32}Ce	0.2	0.2	3.00×10^{-4}	2.00×10^{-4}	1.00×10^{-1}	5.00×10^{-2}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{38}Sr	0.2	0.2	3.00×10^{-3}	1.00×10^{-2}	1.00×10^1	3.00×10^{-1}	5.83×10^{-6}	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{40}Zr	0.2	0.2	6.00×10^{-6}	1.00×10^{-5}	1.00×10^{-1}	1.00×10^{-3}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{41}Nb	0.2	0.2	4.00×10^{-6}	3.00×10^{-6}	2.00×10^{-1}	1.00×10^{-2}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{44}Ru	0.2	0.2	3.00×10^{-5}	5.00×10^{-2}	2.00×10^{-1}	5.00×10^{-2}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}
^{51}Sb	0.2	0.2	2.50×10^{-4}	5.00×10^{-3}	1.00×10^{-1}	1.00×10^{-3}	0	2.06×10^{-3}	2.06×10^{-3}

表 6.2-5 气态途径辐射剂量计算相关参数

物理意义	单 位	数值
气载放射性流出物在地面上的积累时间	h	350400
土壤中放射性积累时间	h	350400
15cm 深度内土壤的有效面密度	kg 干土/m ²	200
人的呼吸率	m ³ 空气/h	0.96
• 成人		0.96
• 青年		0.61
• 儿童		0.22
• 婴儿		
考虑公众在室外滞留时间及建筑物屏蔽作用等因素确定的空气浸没和地面沉积外照射修正因子	无量纲	0.75
清洗因子	无量纲	0.5

表 6.2-6 液态照射途径辐射剂量计算参数

物理意义	单位	数值
悬浮物有效沉积密度	kg/m ²	60
海水中悬浮物的浓度	kg/m ³	0.01
岸边沉积物中放射性积累时间	h	8760

表 6.2-7 海产品可食部份生物浓集因子 B_p 和悬浮物吸附分配因子 K_d

元素	K_d (L/kg)	海产品生物浓集因子 B_p (Bq/kg 海产品) / (Bq/L 海水)			
		海鱼类	甲壳类	软体类	海藻类
^{24}Cr	5×10^4	2×10^2	8×10^2	5×10^2	3×10^4
^{25}Mn	2×10^5	4×10^2	5×10^3	1×10^4	1×10^4
^{26}Fe	5×10^4	3×10^3	3×10^4	1×10^3	1×10^4
^{27}Co	2×10^5	1×10^3	5×10^3	1×10^3	1×10^3
^{38}Sr	1×10^3	2	2	10	10
^{39}Y	1×10^7	20	1×10^3	1×10^3	1×10^3
^{40}Zr	1×10^6	20	5×10^3	1×10^3	5×10^2
^{41}Nb	5×10^5	30	1×10^3	1×10^3	5×10^2
^{42}Mo	1×10^2	10	1×10^2	1×10^2	1×10^2
^{43}Tc	1×10^2	30	1×10^3	1×10^2	1×10^4
^{44}Ru	3×10^2	2	2×10^3	2×10^3	2×10^3
^{47}Ag	1×10^3	5×10^2	1×10^4	1×10^5	1×10^3
^{51}Sb	1×10^3	4×10^2	4×10^2	1×10^2	1×10^2
^{52}Te	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^4	1×10^4
^{53}I	2×10^1	10	10	1×10^2	1×10^3
^{55}Cs	3×10^3	1×10^2	30	10	10
^{56}Ba	5×10^3	10	1	1×10^2	5×10^2
^{57}La	3×10^6	30^*	$1 \times 10^{3*}$	1×10^3	5×10^3
^{58}Ce	2×10^6	50	5×10^3	10	10
^{59}Pr	5×10^6	25	1×10^3	—	—
^1H	1	9×10^{-1}	9.3×10^{-1}	9.3×10^{-1}	9.3×10^{-1}
^{12}C	2×10^3	1.8×10^3	1.4×10^3	1.4×10^3	1.4×10^3

表 6.2-8 (1/3) 公众受照有效剂量转换因子

核素	物理半衰期	空气浸没转换因子 (Sv/h) / (Bq/m ³)
⁴¹ Ar	1.83 h	2.21E-10
⁸⁵ Kr	10.7 y	9.17E-13
^{85m} Kr	4.48 h	2.46E-11
⁸⁷ Kr	1.27 h	1.42E-10
⁸⁸ Kr	2.84 h	3.50E-10
¹³³ Xe	6.24 d	5.00E-12
^{133m} Xe	2.19 d	4.58E-12
¹³⁵ Xe	9.10 h	4.00E-11
¹³⁸ Xe	14.2 min	1.96E-10

表 6.2-8 (2/3) 公众受照有效剂量转换因子

核素	物理半衰期	空气浸没 (Sv/h)/(Bq/m ³)	空气吸入 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人
⁵⁷ Co	271d	2.02E-11	2.80E-09	1.30E-09	8.50E-10	5.50E-10
⁵⁸ Co	70.8d	1.71E-10	7.30E-09	3.50E-09	2.40E-09	1.60E-09
⁶⁰ Co	6.27y	4.57E-10	4.20E-08	2.10E-08	1.50E-08	1.00E-08
¹³¹ I	8.04d	6.62E-11	2.20E-08	8.20E-09	4.70E-09	2.40E-09
¹³² I	2.30h	4.11E-10	9.90E-10	3.60E-10	2.20E-10	1.10E-10
¹³³ I	20.8h	1.08E-10	6.60E-09	2.10E-09	1.20E-09	5.50E-10
¹³⁴ I	52.6min	4.78E-10	4.80E-10	1.70E-10	1.00E-10	5.40E-11
¹³⁵ I	6.61h	2.97E-10	2.20E-09	7.80E-10	4.70E-10	2.40E-10
¹³⁴ Cs	2.062y	2.74E-10	1.10E-08	1.60E-08	1.20E-08	9.10E-09
¹³⁶ Cs	13.1d	3.88E-10	7.30E-09	6.00E-09	3.70E-09	2.50E-09
¹³⁷ Cs	30.0y	9.93E-11	8.80E-09	1.80E-08	1.30E-08	9.70E-09
⁵¹ Cr	27.7d	5.48E-12	2.60E-10	1.00E-10	6.40E-11	3.20E-11
⁵⁴ Mn	312d	1.48E-10	7.50E-09	3.80E-09	2.40E-09	1.50E-09
⁵⁹ Fe	44.5d	2.17E-10	1.80E-08	7.90E-09	5.50E-09	3.70E-09
⁸⁹ Sr	50.5d	1.60E-12	3.30E-08	6.50E-08	5.10E-08	3.60E-08
⁹⁰ Sr	29.12y	3.54E-13	1.50E-07	1.10E-09	6.90E-10	3.70E-10
⁹⁵ Zr	63.98d	1.26E-10	2.00E-08	9.70E-09	6.80E-09	4.80E-09
⁹⁵ Nb	35.15d	1.37E-10	6.80E-09	3.10E-09	2.20E-09	1.50E-09
¹⁰³ Ru	39.28d	8.22E-11	1.10E-08	5.00E-09	3.50E-09	2.40E-09
¹⁰⁶ Ru	368.2d	4.11E-11	1.40E-07	6.40E-08	4.10E-08	2.80E-08
¹²⁵ Sb	2.77y	7.42E-11	2.00E-08	1.00E-08	6.80E-09	4.80E-09
¹⁴⁰ Ba	12.74d	3.09E-11	2.70E-08	1.10E-08	7.60E-09	5.10E-09
¹⁴¹ Ce	32.5d	1.26E-11	1.40E-08	6.30E-09	4.60E-09	3.20E-09

表 6.2-8 (3/3) 公众受照有效剂量转换因子

核素	地面沉积 外照射 (Sv/h) /(Bq/m ²)	水体浸没 外照射 (Sv/h) /(Bq/m ³)	食入内照射 (Sv/Bq)				核素	地面沉积 外照射 (Sv/h) /(Bq/m ²)	水体浸没 外照射 (Sv/h) /(Bq/m ³)	食入内照射 (Sv/Bq)			
			婴儿	儿童	青少年	成人				婴儿	儿童	青少年	成人
³ H	—	—	4.80E-11	3.10E-11	2.30E-11	1.80E-11	¹³² Te	9.02E-12	8.21E-14	3.00E-08	1.60E-08	8.30E-09	3.80E-09
¹⁴ C	—	—	1.60E-09	9.90E-10	8.00E-10	5.80E-10	^{110m} Ag	9.70E-12	3.33E-13	1.40E-08	7.80E-09	6.20E-09	2.80E-09
⁵¹ Cr	1.12E-13	1.19E-14	2.30E-10	1.20E-10	7.80E-11	3.80E-11	¹²⁴ Sb	6.39E-12	7.13E-13	1.60E-08	8.40E-09	6.20E-09	2.50E-09
⁵⁴ Mn	2.97E-12	3.20E-13	3.10E-09	1.90E-09	1.30E-09	7.10E-10	¹³¹ I	1.37E-12	1.43E-13	1.80E-07	1.00E-07	6.20E-08	2.20E-08
⁵⁹ Fe	4.11E-12	4.17E-13	1.30E-08	7.50E-09	4.70E-09	1.80E-09	¹³² I	8.22E-12	8.75E-13	2.40E-09	1.30E-09	6.20E-10	2.90E-10
⁵⁸ Co	3.42E-12	3.41E-13	4.40E-09	2.60E-09	1.70E-09	7.40E-10	¹³³ I	2.28E-12	2.30E-13	4.40E-08	2.30E-08	1.00E-08	4.30E-09
⁶⁰ Co	8.56E-12	8.79E-13	2.70E-08	1.70E-08	1.10E-08	3.40E-09	¹³⁴ I	9.47E-12	1.02E-12	7.50E-10	3.90E-10	2.10E-10	1.10E-10
⁸⁹ Sr	2.51E-13	5.36E-16	1.80E-08	8.90E-09	5.80E-09	2.60E-09	¹³⁵ I	5.48E-12	6.23E-13	8.90E-09	4.70E-09	2.20E-09	9.30E-10
⁹⁰ Sr	4.00E-13	6.26E-17	7.30E-10	4.70E-08	6.00E-08	2.80E-08	¹³⁴ Cs	5.59E-12	5.90E-13	1.60E-08	1.30E-08	1.90E-08	1.90E-08
⁹¹ Sr*	2.08E-12	2.69E-13	4.00E-09	2.11E-09	1.2E-09	6.50E-10	¹³⁶ Cs	7.65E-12	8.32E-13	9.50E-09	6.10E-09	4.40E-09	3.00E-09
⁹⁰ Y	4.00E-13	1.31E-15	2.00E-08	1.00E-08	5.90E-09	2.70E-09	¹³⁷ Cs	2.05E-12	2.14E-13	1.20E-08	9.60E-09	1.30E-08	1.30E-08
⁹¹ Y	2.74E-13	1.96E-15	1.80E-08	8.80E-09	6.20E-09	2.40E-09	¹⁴⁰ Ba	6.25E-13	6.73E-14	1.80E-08	9.20E-09	5.80E-09	2.60E-09
⁹⁵ Zr	5.37E-12	2.82E-13	5.60E-09	3.00E-09	1.90E-09	9.50E-10	¹⁴⁰ La	6.67E-12	9.14E-13	1.30E-08	6.80E-09	4.20E-09	2.00E-09
⁹⁵ Nb	2.74E-12	2.92E-13	3.20E-09	1.80E-09	1.10E-09	5.80E-10	¹⁴¹ Ce	2.74E-13	2.74E-14	5.10E-09	2.60E-09	1.50E-09	7.10E-10
⁹⁹ Mo	1.05E-12	5.69E-14	3.50E-09	1.80E-09	1.10E-09	6.00E-10	¹⁴³ Ce	1.00E-12	1.02E-13	8.00E-09	4.10E-09	2.40E-09	1.10E-09
^{99m} Tc	4.45E-13	4.72E-14	1.30E-10	7.20E-11	4.30E-11	2.20E-11	¹⁴⁴ Ce	6.51E-13	6.88E-15	3.90E-08	1.90E-08	1.10E-08	6.20E-09
¹⁰³ Ru	1.71E-12	1.76E-13	4.60E-09	2.40E-09	1.50E-09	7.30E-10	¹⁴³ Pr	2.79E-20	1.45E-16	8.70E-09	4.30E-09	2.60E-09	1.20E-09
¹⁰⁶ Ru	1.26E-12	1.40E-13	4.90E-08	2.50E-08	1.50E-08	7.00E-09	¹⁴⁴ Pr	9.17E-14	1.49E-14	3.50E-10	1.70E-10	9.50E-11	5.00E-11
^{131m} Te	5.59E-12	5.47E-13	1.40E-08	7.80E-09	4.30E-09	1.90E-09							

表 6.2-9 (1/2) 母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射
相应核素份额和有效剂量转换因子

母体吸入或摄入核素	进入婴儿体内核素	吸入进入婴儿体内核素相应份额	摄入进入婴儿体内核素相应份额	吸入对婴儿剂量转换因子 (Sv/Bq)	摄入对婴儿剂量转换因子 (Sv/Bq)
H-3	H-3	3.14E-01	3.14E-01	2.00E-11	2.00E-11
C-14	C-14	1.65E-02	1.85E-01	2.30E-11	2.60E-10
Na-24	Na-24	9.66E-04	1.71E-03	3.40E-12	6.00E-12
Fe-55	Fe-55	1.49E-03	2.17E-03	6.20E-12	7.60E-12
Fe-59	Fe-59	1.17E-03	1.74E-03	4.60E-11	6.80E-11
Co-57	Co-57	3.05E-02	3.64E-02	7.60E-11	9.10E-11
Co-58	Co-58	2.81E-02	3.44E-02	2.10E-10	2.50E-10
Co-60	Co-60	2.87E-02	3.64E-02	9.50E-10	1.20E-09
Ni-63	Ni-63	4.84E-03	3.78E-03	4.80E-12	3.80E-12
Zn-65	Zn-65	3.54E-03	2.26E-02	1.10E-10	7.00E-10
Sr-89	Sr-89	1.61E-02	5.61E-02	5.80E-10	2.00E-09
Sr-90	Sr-90	1.80E-02	6.12E-02	3.00E-09	1.00E-08
	Y-90	9.48E-03	2.96E-02		
Zr-95	Zr-95	1.58E-03	4.12E-04	1.40E-11	4.20E-12
	Nb-95m	8.51E-06	1.78E-06		
	Nb-95	5.85E-05	1.56E-04		
Nb-95	Nb-95	5.01E-04	1.20E-04	2.30E-12	5.50E-13
Mo-99	Mo-99	1.38E-04	1.72E-03	7.80E-13	9.80E-12
	Tc-99m	1.27E-04	1.58E-03		
	Tc-99	3.27E-11	3.59E-10		
Tc-99m	Tc-99m	6.00E-03	3.60E-02	1.20E-12	7.20E-12
Ru-103	Ru-103	2.10E-03	1.71E-03	1.50E-11	1.20E-11
	Rh-103m	2.09E-03	1.70E-03		
Ru-106	Ru-106	2.68E-03	2.11E-03	2.10E-10	1.70E-10
	Rh-106	2.68E-03	2.11E-03		
Ag-110m	Ag-110m	1.22E-02	9.67E-03	2.80E-10	2.20E-10
	Ag-110	1.59E-04	1.26E-04		
Sb-124	Sb-124	1.84E-03	4.33E-03	4.60E-11	1.10E-10
Sb-125	Sb-125	2.04E-03	4.68E-03	1.80E-11	4.10E-11
	Te-125m	5.11E-05	8.70E-05		

表 6.2-9 (2/2) 母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射相应核素份额和有效剂量转换因子

母体吸入或摄入核素	进入婴儿体内核素	吸入进入婴儿体内核素相应份额	摄入进入婴儿体内核素相应份额	吸入对婴儿剂量转换因子 (Sv/Bq)	摄入对婴儿剂量转换因子 (Sv/Bq)
Te-129m	Te-129m	5.88E-04	2.05E-03	2.60E-11	9.10E-11
	Te-129	3.79E-04	1.33E-03		
Te-131m	Te-131m	2.44E-04	9.00E-04	2.80E-10	2.20E-09
	Te-131	5.48E-05	2.02E-04		
	I-131	1.55E-03	1.21E-02		
Te-132	Te-132	3.62E-04	1.33E-03	9.90E-11	4.70E-10
	I-132	2.72E-02	1.34E-01		
I-131	I-131	1.71E-01	3.08E-01	3.10E-08	5.50E-08
I-132	I-132	3.33E-02	5.85E-02	1.00E-10	1.80E-10
I-133	I-133	1.25E-01	2.25E-01	6.10E-09	1.10E-08
I-134	I-134	1.10E-02	1.86E-02	1.20E-11	2.00E-11
I-135	I-135	7.57E-02	1.36E-01	7.60E-10	1.40E-09
Cs-134	Cs-134	6.66E-02	1.20E-01	1.70E-09	3.10E-09
Cs-136	Cs-136	2.44E-02	4.40E-02	3.70E-10	6.60E-10
Cs-137	Cs-137	6.89E-02	1.24E-01	1.40E-09	2.60E-09
	Ba-137m	6.51E-02	1.18E-01		
Ba-140	Ba-140	2.17E-03	6.20E-03	8.50E-11	2.00E-10
	La-140	7.76E-04	1.76E-03		
Ce-141	Ce-141	1.50E-03	2.02E-05	1.20E-11	1.60E-13
Ce-144	Ce-144	1.61E-03	2.08E-05	1.00E-10	1.30E-12
	Pr-144m	2.86E-05	3.71E-07		
	Pr-144	1.57E-03	2.08E-05		
Pu-241	Pu-241	1.89E-03	2.42E-05	1.90E-11	1.30E-12
	Am-241	5.58E-08	3.27E-10		
	Np-237	1.07E-15	4.10E-18		
Np-239	Np-239	2.08E-03	2.92E-05	1.50E-12	1.90E-14
	Pu-239	3.09E-10	3.28E-12		
	U-235	1.37E-20	7.35E-23		

注：数据源自 ICRP CD3 数据库

表 6.2-10 (1/3) 厂址长期大气弥散因子 (^{85}Kr)单位: s/m^3

距离(km) 方位	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	1.35E-08	1.67E-08	1.70E-08	1.36E-08	7.40E-09	2.90E-09	1.37E-09	9.18E-10	6.86E-10	5.45E-10	4.61E-10	4.00E-10
NNE	6.43E-08	5.09E-08	4.00E-08	2.83E-08	1.43E-08	5.37E-09	2.48E-09	1.65E-09	1.24E-09	9.93E-10	8.41E-10	7.28E-10
NE	2.07E-07	1.36E-07	9.19E-08	5.69E-08	2.53E-08	8.82E-09	3.92E-09	2.60E-09	1.98E-09	1.61E-09	1.36E-09	1.18E-09
ENE	8.40E-08	6.25E-08	5.10E-08	3.69E-08	1.86E-08	7.02E-09	3.18E-09	2.05E-09	1.53E-09	1.23E-09	1.04E-09	9.00E-10
E	3.12E-08	2.20E-08	1.97E-08	1.68E-08	9.61E-09	3.84E-09	1.78E-09	1.12E-09	8.22E-10	6.51E-10	5.51E-10	4.77E-10
ESE	2.27E-08	1.57E-08	1.48E-08	1.39E-08	8.76E-09	3.74E-09	1.77E-09	1.11E-09	8.01E-10	6.26E-10	5.29E-10	4.59E-10
SE	1.23E-08	7.82E-09	6.90E-09	6.77E-09	4.58E-09	2.08E-09	1.00E-09	6.35E-10	4.52E-10	3.46E-10	2.93E-10	2.54E-10
SSE	1.90E-08	1.21E-08	9.76E-09	8.19E-09	4.75E-09	1.92E-09	8.95E-10	5.75E-10	4.24E-10	3.37E-10	2.85E-10	2.47E-10
S	3.89E-08	2.40E-08	1.83E-08	1.51E-08	8.81E-09	3.61E-09	1.69E-09	1.08E-09	7.80E-10	6.07E-10	5.13E-10	4.45E-10
SSW	1.71E-07	1.26E-07	9.93E-08	6.92E-08	3.35E-08	1.22E-08	5.45E-09	3.56E-09	2.68E-09	2.15E-09	1.82E-09	1.57E-09
SW	1.07E-06	6.62E-07	4.20E-07	2.51E-07	1.09E-07	3.72E-08	1.63E-08	1.08E-08	8.22E-09	6.65E-09	5.62E-09	4.87E-09
WSW	5.68E-07	3.59E-07	2.31E-07	1.39E-07	6.04E-08	2.07E-08	9.18E-09	6.14E-09	4.71E-09	3.82E-09	3.23E-09	2.80E-09
W	5.38E-08	5.25E-08	4.58E-08	3.22E-08	1.57E-08	5.72E-09	2.63E-09	1.80E-09	1.38E-09	1.12E-09	9.44E-10	8.18E-10
WNW	2.13E-08	2.32E-08	2.24E-08	1.77E-08	9.82E-09	3.94E-09	1.89E-09	1.27E-09	9.57E-10	7.68E-10	6.50E-10	5.63E-10
NW	1.16E-08	1.40E-08	1.45E-08	1.18E-08	6.44E-09	2.49E-09	1.17E-09	8.00E-10	6.06E-10	4.87E-10	4.12E-10	3.57E-10
NNW	4.47E-09	7.24E-09	9.45E-09	8.91E-09	5.35E-09	2.18E-09	1.05E-09	7.15E-10	5.42E-10	4.36E-10	3.69E-10	3.20E-10

表 6.2-10 (2/3) 厂址长期大气弥散因子 (^{60}Co)单位: s/m^3

距离(km) 方位	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	1.35E-08	1.66E-08	1.68E-08	1.31E-08	6.87E-09	2.56E-09	1.15E-09	7.54E-10	5.55E-10	4.36E-10	3.63E-10	3.11E-10
NNE	6.41E-08	5.06E-08	3.97E-08	2.78E-08	1.37E-08	4.95E-09	2.19E-09	1.43E-09	1.06E-09	8.36E-10	6.97E-10	5.97E-10
NE	2.06E-07	1.35E-07	9.08E-08	5.59E-08	2.45E-08	8.36E-09	3.61E-09	2.35E-09	1.77E-09	1.42E-09	1.19E-09	1.02E-09
ENE	8.30E-08	6.16E-08	5.01E-08	3.60E-08	1.78E-08	6.43E-09	2.79E-09	1.74E-09	1.27E-09	1.01E-09	8.37E-10	7.15E-10
E	3.07E-08	2.14E-08	1.91E-08	1.60E-08	8.96E-09	3.44E-09	1.51E-09	9.23E-10	6.58E-10	5.10E-10	4.24E-10	3.61E-10
ESE	2.23E-08	1.53E-08	1.43E-08	1.32E-08	7.96E-09	3.17E-09	1.40E-09	8.49E-10	5.97E-10	4.58E-10	3.78E-10	3.21E-10
SE	1.21E-08	7.63E-09	6.76E-09	6.61E-09	4.34E-09	1.84E-09	8.26E-10	4.98E-10	3.41E-10	2.54E-10	2.09E-10	1.77E-10
SSE	1.85E-08	1.18E-08	9.45E-09	7.92E-09	4.52E-09	1.75E-09	7.77E-10	4.82E-10	3.46E-10	2.68E-10	2.22E-10	1.89E-10
S	3.85E-08	2.36E-08	1.78E-08	1.44E-08	8.17E-09	3.12E-09	1.35E-09	8.23E-10	5.76E-10	4.37E-10	3.60E-10	3.04E-10
SSW	1.69E-07	1.24E-07	9.71E-08	6.68E-08	3.15E-08	1.10E-08	4.67E-09	2.96E-09	2.18E-09	1.72E-09	1.43E-09	1.22E-09
SW	1.06E-06	6.56E-07	4.15E-07	2.47E-07	1.05E-07	3.51E-08	1.50E-08	9.68E-09	7.28E-09	5.82E-09	4.87E-09	4.18E-09
WSW	5.65E-07	3.56E-07	2.28E-07	1.36E-07	5.83E-08	1.95E-08	8.35E-09	5.47E-09	4.14E-09	3.32E-09	2.78E-09	2.39E-09
W	5.36E-08	5.21E-08	4.52E-08	3.16E-08	1.51E-08	5.35E-09	2.38E-09	1.60E-09	1.20E-09	9.57E-10	8.00E-10	6.85E-10
WNW	2.12E-08	2.30E-08	2.21E-08	1.73E-08	9.41E-09	3.62E-09	1.65E-09	1.07E-09	7.89E-10	6.20E-10	5.15E-10	4.39E-10
NW	1.16E-08	1.39E-08	1.43E-08	1.15E-08	6.10E-09	2.27E-09	1.02E-09	6.82E-10	5.09E-10	4.04E-10	3.36E-10	2.88E-10
NNW	4.45E-09	7.20E-09	9.37E-09	8.70E-09	5.06E-09	1.95E-09	8.84E-10	5.81E-10	4.29E-10	3.38E-10	2.80E-10	2.38E-10

表 6.2-10 (3/3) 厂址长期大气弥散因子 (^{131}I)单位: s/m^3

距离(km) 方位	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	1.29E-08	1.58E-08	1.57E-08	1.15E-08	4.96E-09	1.25E-09	3.68E-10	1.93E-10	1.23E-10	8.58E-11	6.38E-11	4.95E-11
NNE	6.14E-08	4.79E-08	3.69E-08	2.46E-08	1.03E-08	2.71E-09	8.56E-10	4.70E-10	3.13E-10	2.28E-10	1.75E-10	1.40E-10
NE	1.95E-07	1.26E-07	8.28E-08	4.89E-08	1.91E-08	5.24E-09	1.80E-09	1.04E-09	7.19E-10	5.38E-10	4.23E-10	3.43E-10
ENE	7.63E-08	5.58E-08	4.53E-08	3.13E-08	1.33E-08	3.60E-09	1.13E-09	5.89E-10	3.84E-10	2.76E-10	2.11E-10	1.67E-10
E	2.80E-08	1.91E-08	1.72E-08	1.40E-08	6.54E-09	1.73E-09	4.88E-10	2.26E-10	1.34E-10	9.01E-11	6.57E-11	5.02E-11
ESE	2.04E-08	1.37E-08	1.29E-08	1.14E-08	5.49E-09	1.37E-09	3.50E-10	1.55E-10	8.89E-11	5.85E-11	4.23E-11	3.21E-11
SE	1.09E-08	6.62E-09	5.94E-09	5.61E-09	2.85E-09	7.02E-10	1.62E-10	6.81E-11	3.80E-11	2.46E-11	1.75E-11	1.32E-11
SSE	1.70E-08	1.05E-08	8.45E-09	6.78E-09	3.10E-09	7.64E-10	2.02E-10	9.59E-11	5.80E-11	3.95E-11	2.90E-11	2.24E-11
S	3.61E-08	2.16E-08	1.62E-08	1.26E-08	5.78E-09	1.43E-09	3.81E-10	1.85E-10	1.15E-10	8.07E-11	6.07E-11	4.78E-11
SSW	1.55E-07	1.13E-07	8.80E-08	5.83E-08	2.39E-08	6.37E-09	2.04E-09	1.12E-09	7.48E-10	5.45E-10	4.21E-10	3.37E-10
SW	1.02E-06	6.17E-07	3.83E-07	2.19E-07	8.45E-08	2.35E-08	8.26E-09	4.78E-09	3.35E-09	2.52E-09	2.00E-09	1.63E-09
WSW	5.43E-07	3.37E-07	2.11E-07	1.21E-07	4.64E-08	1.27E-08	4.42E-09	2.57E-09	1.80E-09	1.35E-09	1.07E-09	8.73E-10
W	5.10E-08	4.93E-08	4.20E-08	2.77E-08	1.13E-08	2.97E-09	9.40E-10	5.18E-10	3.39E-10	2.43E-10	1.84E-10	1.45E-10
WNW	2.04E-08	2.20E-08	2.07E-08	1.52E-08	6.73E-09	1.74E-09	5.04E-10	2.60E-10	1.65E-10	1.15E-10	8.61E-11	6.72E-11
NW	1.11E-08	1.34E-08	1.35E-08	1.02E-08	4.53E-09	1.18E-09	3.56E-10	1.87E-10	1.18E-10	8.20E-11	6.08E-11	4.71E-11
NNW	4.21E-09	6.90E-09	8.87E-09	7.70E-09	3.61E-09	9.07E-10	2.50E-10	1.24E-10	7.45E-11	4.98E-11	3.57E-11	2.68E-11

表 6.2-11 (1/2) 厂址长期地面干沉积因子 (^{60}Co)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	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	2.69E-11	3.32E-11	3.36E-11	2.62E-11	1.37E-11	5.11E-12	2.30E-12	1.51E-12	1.11E-12	8.72E-13	7.27E-13	6.21E-13
NNE	1.28E-10	1.01E-10	7.94E-11	5.56E-11	2.74E-11	9.91E-12	4.38E-12	2.86E-12	2.12E-12	1.67E-12	1.39E-12	1.19E-12
NE	4.11E-10	2.71E-10	1.82E-10	1.12E-10	4.91E-11	1.67E-11	7.21E-12	4.70E-12	3.54E-12	2.84E-12	2.38E-12	2.04E-12
ENE	1.66E-10	1.23E-10	1.00E-10	7.20E-11	3.56E-11	1.29E-11	5.57E-12	3.48E-12	2.55E-12	2.01E-12	1.67E-12	1.43E-12
E	6.14E-11	4.28E-11	3.81E-11	3.21E-11	1.79E-11	6.87E-12	3.03E-12	1.85E-12	1.32E-12	1.02E-12	8.47E-13	7.22E-13
ESE	4.46E-11	3.07E-11	2.86E-11	2.63E-11	1.59E-11	6.34E-12	2.81E-12	1.70E-12	1.19E-12	9.16E-13	7.56E-13	6.42E-13
SE	2.42E-11	1.53E-11	1.35E-11	1.32E-11	8.68E-12	3.68E-12	1.65E-12	9.96E-13	6.83E-13	5.08E-13	4.18E-13	3.54E-13
SSE	3.71E-11	2.35E-11	1.89E-11	1.58E-11	9.04E-12	3.50E-12	1.55E-12	9.64E-13	6.91E-13	5.36E-13	4.44E-13	3.78E-13
S	7.70E-11	4.73E-11	3.57E-11	2.89E-11	1.63E-11	6.25E-12	2.70E-12	1.65E-12	1.15E-12	8.74E-13	7.19E-13	6.09E-13
SSW	3.38E-10	2.48E-10	1.94E-10	1.34E-10	6.30E-11	2.19E-11	9.34E-12	5.93E-12	4.36E-12	3.43E-12	2.86E-12	2.44E-12
SW	2.13E-09	1.31E-09	8.29E-10	4.93E-10	2.10E-10	7.03E-11	2.99E-11	1.94E-11	1.46E-11	1.16E-11	9.74E-12	8.36E-12
WSW	1.13E-09	7.13E-10	4.56E-10	2.72E-10	1.17E-10	3.89E-11	1.67E-11	1.09E-11	8.28E-12	6.64E-12	5.56E-12	4.77E-12
W	1.07E-10	1.04E-10	9.04E-11	6.31E-11	3.03E-11	1.07E-11	4.76E-12	3.19E-12	2.40E-12	1.91E-12	1.60E-12	1.37E-12
WNW	4.25E-11	4.61E-11	4.42E-11	3.46E-11	1.88E-11	7.24E-12	3.29E-12	2.14E-12	1.58E-12	1.24E-12	1.03E-12	8.77E-13
NW	2.31E-11	2.79E-11	2.86E-11	2.29E-11	1.22E-11	4.54E-12	2.04E-12	1.36E-12	1.02E-12	8.07E-13	6.73E-13	5.76E-13
NNW	8.91E-12	1.44E-11	1.87E-11	1.74E-11	1.01E-11	3.90E-12	1.77E-12	1.16E-12	8.58E-13	6.75E-13	5.60E-13	4.77E-13

表 6.2-11 (2/2) 厂址长期地面干沉积因子 (^{131}I)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	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	4.11E-10	5.07E-10	5.03E-10	3.69E-10	1.59E-10	4.00E-11	1.18E-11	6.19E-12	3.93E-12	2.75E-12	2.04E-12	1.58E-12
NNE	1.96E-09	1.53E-09	1.18E-09	7.87E-10	3.30E-10	8.69E-11	2.74E-11	1.50E-11	1.00E-11	7.29E-12	5.61E-12	4.49E-12
NE	6.23E-09	4.02E-09	2.65E-09	1.57E-09	6.11E-10	1.68E-10	5.77E-11	3.32E-11	2.30E-11	1.72E-11	1.35E-11	1.10E-11
ENE	2.44E-09	1.79E-09	1.45E-09	1.00E-09	4.27E-10	1.15E-10	3.61E-11	1.88E-11	1.23E-11	8.84E-12	6.75E-12	5.36E-12
E	8.95E-10	6.12E-10	5.52E-10	4.48E-10	2.09E-10	5.53E-11	1.56E-11	7.24E-12	4.29E-12	2.88E-12	2.10E-12	1.61E-12
ESE	6.54E-10	4.40E-10	4.14E-10	3.64E-10	1.76E-10	4.40E-11	1.12E-11	4.95E-12	2.84E-12	1.87E-12	1.35E-12	1.03E-12
SE	3.48E-10	2.12E-10	1.90E-10	1.79E-10	9.11E-11	2.25E-11	5.18E-12	2.18E-12	1.22E-12	7.88E-13	5.62E-13	4.23E-13
SSE	5.45E-10	3.36E-10	2.71E-10	2.17E-10	9.93E-11	2.44E-11	6.46E-12	3.07E-12	1.86E-12	1.26E-12	9.29E-13	7.16E-13
S	1.15E-09	6.92E-10	5.19E-10	4.04E-10	1.85E-10	4.56E-11	1.22E-11	5.92E-12	3.69E-12	2.58E-12	1.94E-12	1.53E-12
SSW	4.98E-09	3.61E-09	2.82E-09	1.87E-09	7.66E-10	2.04E-10	6.54E-11	3.58E-11	2.39E-11	1.75E-11	1.35E-11	1.08E-11
SW	3.26E-08	1.97E-08	1.22E-08	7.02E-09	2.70E-09	7.52E-10	2.64E-10	1.53E-10	1.07E-10	8.07E-11	6.39E-11	5.22E-11
WSW	1.74E-08	1.08E-08	6.75E-09	3.87E-09	1.48E-09	4.05E-10	1.41E-10	8.24E-11	5.76E-11	4.33E-11	3.42E-11	2.79E-11
W	1.63E-09	1.58E-09	1.34E-09	8.87E-10	3.63E-10	9.52E-11	3.01E-11	1.66E-11	1.09E-11	7.76E-12	5.88E-12	4.63E-12
WNW	6.51E-10	7.04E-10	6.62E-10	4.86E-10	2.15E-10	5.55E-11	1.61E-11	8.33E-12	5.27E-12	3.69E-12	2.76E-12	2.15E-12
NW	3.55E-10	4.27E-10	4.32E-10	3.26E-10	1.45E-10	3.79E-11	1.14E-11	5.98E-12	3.78E-12	2.62E-12	1.95E-12	1.51E-12
NNW	1.35E-10	2.21E-10	2.84E-10	2.47E-10	1.15E-10	2.90E-11	7.99E-12	3.96E-12	2.38E-12	1.59E-12	1.14E-12	8.58E-13

表 6.2-12 (1/2) 厂址长期地面湿沉积因子 (^{60}Co)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	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	2.35E-10	1.41E-10	8.47E-11	5.29E-11	2.82E-11	1.41E-11	8.47E-12	6.05E-12	4.71E-12	3.85E-12	3.26E-12	2.82E-12
NNE	1.54E-10	9.25E-11	5.55E-11	3.47E-11	1.85E-11	9.25E-12	5.55E-12	3.96E-12	3.08E-12	2.52E-12	2.13E-12	1.85E-12
NE	5.11E-10	3.07E-10	1.84E-10	1.15E-10	6.13E-11	3.07E-11	1.84E-11	1.31E-11	1.02E-11	8.36E-12	7.08E-12	6.13E-12
ENE	4.78E-10	2.87E-10	1.72E-10	1.08E-10	5.74E-11	2.87E-11	1.72E-11	1.23E-11	9.56E-12	7.83E-12	6.62E-12	5.74E-12
E	7.81E-10	4.69E-10	2.81E-10	1.76E-10	9.37E-11	4.69E-11	2.81E-11	2.01E-11	1.56E-11	1.28E-11	1.08E-11	9.37E-12
ESE	5.04E-10	3.02E-10	1.81E-10	1.13E-10	6.04E-11	3.02E-11	1.81E-11	1.30E-11	1.01E-11	8.24E-12	6.97E-12	6.04E-12
SE	9.34E-11	5.60E-11	3.36E-11	2.10E-11	1.12E-11	5.60E-12	3.36E-12	2.40E-12	1.87E-12	1.53E-12	1.29E-12	1.12E-12
SSE	1.58E-10	9.46E-11	5.68E-11	3.55E-11	1.89E-11	9.46E-12	5.68E-12	4.06E-12	3.15E-12	2.58E-12	2.18E-12	1.89E-12
S	3.98E-10	2.39E-10	1.43E-10	8.95E-11	4.77E-11	2.39E-11	1.43E-11	1.02E-11	7.95E-12	6.51E-12	5.51E-12	4.77E-12
SSW	1.58E-09	9.45E-10	5.67E-10	3.54E-10	1.89E-10	9.45E-11	5.67E-11	4.05E-11	3.15E-11	2.58E-11	2.18E-11	1.89E-11
SW	3.61E-09	2.17E-09	1.30E-09	8.12E-10	4.33E-10	2.17E-10	1.30E-10	9.28E-11	7.22E-11	5.91E-11	5.00E-11	4.33E-11
WSW	1.61E-09	9.64E-10	5.78E-10	3.61E-10	1.93E-10	9.64E-11	5.78E-11	4.13E-11	3.21E-11	2.63E-11	2.22E-11	1.93E-11
W	4.99E-10	2.99E-10	1.80E-10	1.12E-10	5.99E-11	2.99E-11	1.80E-11	1.28E-11	9.98E-12	8.16E-12	6.91E-12	5.99E-12
WNW	1.60E-10	9.60E-11	5.76E-11	3.60E-11	1.92E-11	9.60E-12	5.76E-12	4.12E-12	3.20E-12	2.62E-12	2.22E-12	1.92E-12
NW	2.00E-10	1.20E-10	7.19E-11	4.50E-11	2.40E-11	1.20E-11	7.19E-12	5.14E-12	4.00E-12	3.27E-12	2.77E-12	2.40E-12
NNW	1.62E-10	9.74E-11	5.84E-11	3.65E-11	1.95E-11	9.74E-12	5.84E-12	4.17E-12	3.25E-12	2.66E-12	2.25E-12	1.95E-12

表 6.2-12 (2/2) 厂址长期地面湿沉积因子 (^{131}I)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	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	1.62E-10	9.70E-11	5.82E-11	3.64E-11	1.94E-11	9.70E-12	5.82E-12	4.16E-12	3.23E-12	2.65E-12	2.24E-12	1.94E-12
NNE	1.06E-10	6.36E-11	3.82E-11	2.38E-11	1.27E-11	6.36E-12	3.82E-12	2.73E-12	2.12E-12	1.73E-12	1.47E-12	1.27E-12
NE	3.51E-10	2.11E-10	1.26E-10	7.91E-11	4.22E-11	2.11E-11	1.26E-11	9.03E-12	7.03E-12	5.75E-12	4.86E-12	4.22E-12
ENE	3.29E-10	1.97E-10	1.18E-10	7.40E-11	3.95E-11	1.97E-11	1.18E-11	8.45E-12	6.58E-12	5.38E-12	4.55E-12	3.95E-12
E	5.37E-10	3.22E-10	1.93E-10	1.21E-10	6.44E-11	3.22E-11	1.93E-11	1.38E-11	1.07E-11	8.79E-12	7.44E-12	6.44E-12
ESE	3.46E-10	2.08E-10	1.25E-10	7.79E-11	4.16E-11	2.08E-11	1.25E-11	8.90E-12	6.93E-12	5.67E-12	4.79E-12	4.16E-12
SE	6.42E-11	3.85E-11	2.31E-11	1.44E-11	7.71E-12	3.85E-12	2.31E-12	1.65E-12	1.28E-12	1.05E-12	8.89E-13	7.71E-13
SSE	1.08E-10	6.51E-11	3.90E-11	2.44E-11	1.30E-11	6.51E-12	3.90E-12	2.79E-12	2.17E-12	1.77E-12	1.50E-12	1.30E-12
S	2.73E-10	1.64E-10	9.84E-11	6.15E-11	3.28E-11	1.64E-11	9.84E-12	7.03E-12	5.47E-12	4.47E-12	3.79E-12	3.28E-12
SSW	1.08E-09	6.50E-10	3.90E-10	2.44E-10	1.30E-10	6.50E-11	3.90E-11	2.78E-11	2.17E-11	1.77E-11	1.50E-11	1.30E-11
SW	2.48E-09	1.49E-09	8.93E-10	5.58E-10	2.98E-10	1.49E-10	8.93E-11	6.38E-11	4.96E-11	4.06E-11	3.44E-11	2.98E-11
WSW	1.10E-09	6.62E-10	3.97E-10	2.48E-10	1.32E-10	6.62E-11	3.97E-11	2.84E-11	2.21E-11	1.81E-11	1.53E-11	1.32E-11
W	3.43E-10	2.06E-10	1.23E-10	7.72E-11	4.12E-11	2.06E-11	1.23E-11	8.82E-12	6.86E-12	5.61E-12	4.75E-12	4.12E-12
WNW	1.10E-10	6.60E-11	3.96E-11	2.48E-11	1.32E-11	6.60E-12	3.96E-12	2.83E-12	2.20E-12	1.80E-12	1.52E-12	1.32E-12
NW	1.37E-10	8.24E-11	4.95E-11	3.09E-11	1.65E-11	8.24E-12	4.95E-12	3.53E-12	2.75E-12	2.25E-12	1.90E-12	1.65E-12
NNW	1.12E-10	6.69E-11	4.02E-11	2.51E-11	1.34E-11	6.69E-12	4.02E-12	2.87E-12	2.23E-12	1.83E-12	1.54E-12	1.34E-12

表 6.2-13 受纳水体各海域放射性相对浓度

半衰期 海域	8 d	70 d	250 d	5 a
排水口 ≤1km 海域	1.05E-01	1.23E-01	1.26E-01	1.27E-01
排水口 1~2km 海域	6.83E-02	8.61E-02	8.89E-02	9.00E-02
排水口 2~5km 海域	3.76E-02	5.23E-02	5.48E-02	5.58E-02
排水口 5~10km 海域	1.25E-02	2.25E-02	2.44E-02	2.51E-02
排水口 10~20km 海域	3.00E-03	7.30E-03	8.25E-03	8.60E-03
排水口 20~60km 海域	2.00E-04	7.00E-04	8.50E-04	9.50E-04

表 6.2-14 (1/3) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 (^{85}Kr)单位: Bq/m^3

距离(km) 方位	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	1.62E-02	2.00E-02	2.04E-02	1.63E-02	8.87E-03	3.47E-03	1.64E-03	1.10E-03	8.22E-04	6.53E-04	5.52E-04	4.79E-04
NNE	7.70E-02	6.10E-02	4.79E-02	3.39E-02	1.71E-02	6.43E-03	2.97E-03	1.98E-03	1.49E-03	1.19E-03	1.01E-03	8.72E-04
NE	2.48E-01	1.63E-01	1.10E-01	6.82E-02	3.03E-02	1.06E-02	4.70E-03	3.12E-03	2.37E-03	1.93E-03	1.63E-03	1.41E-03
ENE	1.01E-01	7.49E-02	6.11E-02	4.42E-02	2.23E-02	8.41E-03	3.81E-03	2.46E-03	1.83E-03	1.47E-03	1.25E-03	1.08E-03
E	3.74E-02	2.64E-02	2.36E-02	2.01E-02	1.15E-02	4.60E-03	2.13E-03	1.34E-03	9.85E-04	7.80E-04	6.60E-04	5.72E-04
ESE	2.72E-02	1.88E-02	1.77E-02	1.67E-02	1.05E-02	4.48E-03	2.12E-03	1.33E-03	9.60E-04	7.50E-04	6.34E-04	5.50E-04
SE	1.47E-02	9.37E-03	8.27E-03	8.11E-03	5.49E-03	2.49E-03	1.20E-03	7.61E-04	5.42E-04	4.15E-04	3.51E-04	3.04E-04
SSE	2.28E-02	1.45E-02	1.17E-02	9.81E-03	5.69E-03	2.30E-03	1.07E-03	6.89E-04	5.08E-04	4.04E-04	3.42E-04	2.96E-04
S	4.66E-02	2.88E-02	2.19E-02	1.81E-02	1.06E-02	4.33E-03	2.03E-03	1.29E-03	9.35E-04	7.27E-04	6.15E-04	5.33E-04
SSW	2.05E-01	1.51E-01	1.19E-01	8.29E-02	4.01E-02	1.46E-02	6.53E-03	4.27E-03	3.21E-03	2.58E-03	2.18E-03	1.88E-03
SW	1.28E+00	7.93E-01	5.03E-01	3.01E-01	1.31E-01	4.46E-02	1.95E-02	1.29E-02	9.85E-03	7.97E-03	6.73E-03	5.84E-03
WSW	6.81E-01	4.30E-01	2.77E-01	1.67E-01	7.24E-02	2.48E-02	1.10E-02	7.36E-03	5.64E-03	4.58E-03	3.87E-03	3.36E-03
W	6.45E-02	6.29E-02	5.49E-02	3.86E-02	1.88E-02	6.85E-03	3.15E-03	2.16E-03	1.65E-03	1.34E-03	1.13E-03	9.80E-04
WNW	2.55E-02	2.78E-02	2.68E-02	2.12E-02	1.18E-02	4.72E-03	2.26E-03	1.52E-03	1.15E-03	9.20E-04	7.79E-04	6.75E-04
NW	1.39E-02	1.68E-02	1.74E-02	1.41E-02	7.72E-03	2.98E-03	1.40E-03	9.59E-04	7.26E-04	5.84E-04	4.94E-04	4.28E-04
NNW	5.36E-03	8.68E-03	1.13E-02	1.07E-02	6.41E-03	2.61E-03	1.26E-03	8.57E-04	6.49E-04	5.22E-04	4.42E-04	3.83E-04

表 6.2-14 (2/3) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 (^{60}Co)单位: Bq/m^3

距离(km) 方位	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	1.06E-10	1.31E-10	1.32E-10	1.03E-10	5.40E-11	2.01E-11	9.04E-12	5.93E-12	4.36E-12	3.43E-12	2.85E-12	2.44E-12
NNE	5.04E-10	3.98E-10	3.12E-10	2.19E-10	1.08E-10	3.89E-11	1.72E-11	1.12E-11	8.33E-12	6.57E-12	5.48E-12	4.69E-12
NE	1.62E-09	1.06E-09	7.14E-10	4.39E-10	1.93E-10	6.57E-11	2.84E-11	1.85E-11	1.39E-11	1.12E-11	9.36E-12	8.02E-12
ENE	6.53E-10	4.84E-10	3.94E-10	2.83E-10	1.40E-10	5.06E-11	2.19E-11	1.37E-11	9.98E-12	7.94E-12	6.58E-12	5.62E-12
E	2.41E-10	1.68E-10	1.50E-10	1.26E-10	7.04E-11	2.70E-11	1.19E-11	7.26E-12	5.17E-12	4.01E-12	3.33E-12	2.84E-12
ESE	1.75E-10	1.20E-10	1.12E-10	1.04E-10	6.26E-11	2.49E-11	1.10E-11	6.67E-12	4.69E-12	3.60E-12	2.97E-12	2.52E-12
SE	9.51E-11	6.00E-11	5.31E-11	5.20E-11	3.41E-11	1.45E-11	6.49E-12	3.92E-12	2.68E-12	2.00E-12	1.64E-12	1.39E-12
SSE	1.45E-10	9.28E-11	7.43E-11	6.23E-11	3.55E-11	1.38E-11	6.11E-12	3.79E-12	2.72E-12	2.11E-12	1.75E-12	1.49E-12
S	3.03E-10	1.86E-10	1.40E-10	1.13E-10	6.42E-11	2.45E-11	1.06E-11	6.47E-12	4.53E-12	3.44E-12	2.83E-12	2.39E-12
SSW	1.33E-09	9.75E-10	7.63E-10	5.25E-10	2.48E-10	8.65E-11	3.67E-11	2.33E-11	1.71E-11	1.35E-11	1.12E-11	9.59E-12
SW	8.33E-09	5.16E-09	3.26E-09	1.94E-09	8.25E-10	2.76E-10	1.18E-10	7.61E-11	5.72E-11	4.58E-11	3.83E-11	3.29E-11
WSW	4.44E-09	2.80E-09	1.79E-09	1.07E-09	4.58E-10	1.53E-10	6.56E-11	4.30E-11	3.25E-11	2.61E-11	2.19E-11	1.88E-11
W	4.21E-10	4.10E-10	3.55E-10	2.48E-10	1.19E-10	4.21E-11	1.87E-11	1.26E-11	9.43E-12	7.52E-12	6.29E-12	5.39E-12
WNW	1.67E-10	1.81E-10	1.74E-10	1.36E-10	7.40E-11	2.85E-11	1.30E-11	8.41E-12	6.20E-12	4.87E-12	4.05E-12	3.45E-12
NW	9.12E-11	1.09E-10	1.12E-10	9.04E-11	4.80E-11	1.78E-11	8.02E-12	5.36E-12	4.00E-12	3.18E-12	2.64E-12	2.26E-12
NNW	3.50E-11	5.66E-11	7.37E-11	6.84E-11	3.98E-11	1.53E-11	6.95E-12	4.57E-12	3.37E-12	2.66E-12	2.20E-12	1.87E-12

表 6.2-14 (3/3) 气载放射性排放造成环境空气核素浓度 (^{131}I)单位: Bq/m^3

距离(km) 方位	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	7.16E-08	8.77E-08	8.71E-08	6.38E-08	2.75E-08	6.93E-09	2.04E-09	1.07E-09	6.82E-10	4.76E-10	3.54E-10	2.75E-10
NNE	3.41E-07	2.66E-07	2.05E-07	1.36E-07	5.71E-08	1.50E-08	4.75E-09	2.61E-09	1.74E-09	1.26E-09	9.71E-10	7.77E-10
NE	1.08E-06	6.99E-07	4.59E-07	2.71E-07	1.06E-07	2.91E-08	9.99E-09	5.77E-09	3.99E-09	2.98E-09	2.35E-09	1.90E-09
ENE	4.23E-07	3.10E-07	2.51E-07	1.74E-07	7.38E-08	2.00E-08	6.27E-09	3.27E-09	2.13E-09	1.53E-09	1.17E-09	9.26E-10
E	1.55E-07	1.06E-07	9.54E-08	7.77E-08	3.63E-08	9.60E-09	2.71E-09	1.25E-09	7.43E-10	5.00E-10	3.64E-10	2.78E-10
ESE	1.13E-07	7.60E-08	7.16E-08	6.32E-08	3.05E-08	7.60E-09	1.94E-09	8.60E-10	4.93E-10	3.25E-10	2.35E-10	1.78E-10
SE	6.05E-08	3.67E-08	3.30E-08	3.11E-08	1.58E-08	3.89E-09	8.99E-10	3.78E-10	2.11E-10	1.36E-10	9.71E-11	7.32E-11
SSE	9.43E-08	5.82E-08	4.69E-08	3.76E-08	1.72E-08	4.24E-09	1.12E-09	5.32E-10	3.22E-10	2.19E-10	1.61E-10	1.24E-10
S	2.00E-07	1.20E-07	8.99E-08	6.99E-08	3.21E-08	7.93E-09	2.11E-09	1.03E-09	6.38E-10	4.48E-10	3.37E-10	2.65E-10
SSW	8.60E-07	6.27E-07	4.88E-07	3.23E-07	1.33E-07	3.53E-08	1.13E-08	6.21E-09	4.15E-09	3.02E-09	2.34E-09	1.87E-09
SW	5.66E-06	3.42E-06	2.12E-06	1.21E-06	4.69E-07	1.30E-07	4.58E-08	2.65E-08	1.86E-08	1.40E-08	1.11E-08	9.04E-09
WSW	3.01E-06	1.87E-06	1.17E-06	6.71E-07	2.57E-07	7.05E-08	2.45E-08	1.43E-08	9.99E-09	7.49E-09	5.94E-09	4.84E-09
W	2.83E-07	2.73E-07	2.33E-07	1.54E-07	6.27E-08	1.65E-08	5.21E-09	2.87E-09	1.88E-09	1.35E-09	1.02E-09	8.04E-10
WNW	1.13E-07	1.22E-07	1.15E-07	8.43E-08	3.73E-08	9.65E-09	2.80E-09	1.44E-09	9.15E-10	6.38E-10	4.78E-10	3.73E-10
NW	6.16E-08	7.43E-08	7.49E-08	5.66E-08	2.51E-08	6.55E-09	1.97E-09	1.04E-09	6.55E-10	4.55E-10	3.37E-10	2.61E-10
NNW	2.34E-08	3.83E-08	4.92E-08	4.27E-08	2.00E-08	5.03E-09	1.39E-09	6.88E-10	4.13E-10	2.76E-10	1.98E-10	1.49E-10

表 6.2-15 (1/3) 液态放射性排放造成海域水体中的浓度（年平均） 单位：Bq/L

海域 核素	≤1km	1~2km	2~5km	5~10km	10~20km	20~60km
H-3	2.93E+00	2.08E+00	1.29E+00	5.80E-01	1.99E-01	2.19E-02
C-14	1.21E-03	8.58E-04	5.32E-04	2.39E-04	8.20E-05	9.06E-06
Cr-51	8.81E-06	6.17E-06	3.75E-06	1.61E-06	5.23E-07	5.02E-08
Mn-54	7.59E-07	5.38E-07	3.34E-07	1.50E-07	5.14E-08	5.68E-09
Fe-59	1.44E-06	1.01E-06	6.12E-07	2.63E-07	8.54E-08	8.19E-09
Co-58	3.30E-06	2.31E-06	1.40E-06	6.04E-07	1.96E-07	1.88E-08
Co-60	3.28E-06	2.32E-06	1.44E-06	6.48E-07	2.22E-07	2.45E-08
Sr-89	2.02E-07	1.42E-07	8.60E-08	3.70E-08	1.20E-08	1.15E-09
Sr-90	4.19E-09	2.97E-09	1.84E-09	8.28E-10	2.84E-10	3.13E-11
Sr-91	2.20E-08	1.43E-08	7.89E-09	2.62E-09	6.29E-10	4.20E-11
Sr-92	2.35E-08	1.53E-08	8.41E-09	2.80E-09	6.71E-10	4.47E-11
Y-90	2.72E-10	1.77E-10	9.75E-11	3.24E-11	7.78E-12	5.19E-13
Y-91	7.29E-09	5.10E-09	3.10E-09	1.33E-09	4.33E-10	4.15E-11
Zr-95	9.76E-09	6.83E-09	4.15E-09	1.79E-09	5.79E-10	5.56E-11
Nb-95	8.94E-09	6.26E-09	3.80E-09	1.64E-09	5.31E-10	5.09E-11
Mo-99	3.35E-07	2.18E-07	1.20E-07	3.99E-08	9.57E-09	6.38E-10
Tc-99m	2.88E-07	1.87E-07	1.03E-07	3.43E-08	8.23E-09	5.48E-10
Ru-103	1.04E-08	7.28E-09	4.42E-09	1.90E-09	6.17E-10	5.92E-11
Ru-106	2.99E-09	2.12E-09	1.31E-09	5.90E-10	2.02E-10	2.23E-11
Rh-106	4.80E-13	3.12E-13	1.72E-13	5.72E-14	1.37E-14	9.14E-16
Ag-110m	5.33E-07	3.76E-07	2.32E-07	1.03E-07	3.49E-08	3.59E-09
Sb-122	8.23E-08	5.35E-08	2.95E-08	9.79E-09	2.35E-09	1.57E-10
Sb-124	2.23E-07	1.56E-07	9.49E-08	4.08E-08	1.32E-08	1.27E-09
Te-131	1.28E-08	8.34E-09	4.59E-09	1.53E-09	3.66E-10	2.44E-11
Te-131m	6.77E-09	4.40E-09	2.42E-09	8.05E-10	1.93E-10	1.29E-11

表 6.2-15 (2/3) 液态放射性排放造成海域水体中的浓度（年平均）

单位: Bq/L

海域 核素	≤1km	1~2km	2~5km	5~10km	10~20km	20~60km
Te-132	1.26E-07	8.20E-08	4.52E-08	1.50E-08	3.60E-09	2.40E-10
Te-134	2.71E-08	1.76E-08	9.69E-09	3.22E-09	7.73E-10	5.15E-11
I-131	1.23E-04	7.99E-05	4.40E-05	1.46E-05	3.51E-06	2.34E-07
I-132	1.09E-05	7.11E-06	3.91E-06	1.30E-06	3.12E-07	2.08E-08
I-133	5.26E-05	3.42E-05	1.88E-05	6.26E-06	1.50E-06	1.00E-07
I-134	9.90E-07	6.44E-07	3.55E-07	1.18E-07	2.83E-08	1.89E-09
I-135	1.28E-05	8.31E-06	4.57E-06	1.52E-06	3.65E-07	2.43E-08
Cs-134	3.26E-05	2.31E-05	1.43E-05	6.44E-06	2.21E-06	2.44E-07
Cs-136	1.45E-05	1.01E-05	6.15E-06	2.64E-06	8.58E-07	8.23E-08
Cs-137	4.77E-05	3.38E-05	2.10E-05	9.43E-06	3.23E-06	3.57E-07
Cs-138	2.88E-06	1.87E-06	1.03E-06	3.43E-07	8.23E-08	5.48E-09
Ba-140	3.65E-07	2.56E-07	1.55E-07	6.68E-08	2.17E-08	2.08E-09
La-140	2.68E-07	1.74E-07	9.59E-08	3.19E-08	7.65E-09	5.10E-10
Ce-141	1.06E-08	7.41E-09	4.50E-09	1.94E-09	6.28E-10	6.03E-11
Ce-143	1.20E-08	7.82E-09	4.30E-09	1.43E-09	3.43E-10	2.29E-11
Ce-144	6.33E-09	4.49E-09	2.78E-09	1.25E-09	4.29E-10	4.74E-11
Pr-143	1.13E-08	7.90E-09	4.80E-09	2.06E-09	6.70E-10	6.42E-11
Pr-144	5.05E-09	3.29E-09	1.81E-09	6.02E-10	1.44E-10	9.63E-12

表 6.2-15 (3/3) 液态放射性排放造成海域水体中的浓度（峰值）

海域	≤1km 海域		
	核素	浓度 (Bq/L)	核素
H-3	2.29E+02	Sb-124	1.75E-05
C-14	9.48E-02	Te-131	1.00E-06
Cr-51	6.89E-04	Te-131m	5.29E-07
Mn-54	5.94E-05	Te-132	9.87E-06
Fe-59	1.13E-04	Te-134	2.12E-06
Co-58	2.58E-04	I-131	9.61E-03
Co-60	2.57E-04	I-132	8.55E-04
Sr-89	1.58E-05	I-133	4.12E-03
Sr-90	3.28E-07	I-134	7.75E-05
Sr-91	1.72E-06	I-135	9.99E-04
Sr-92	1.84E-06	Cs-134	2.55E-03
Y-90	2.13E-08	Cs-136	1.13E-03
Y-91	5.70E-07	Cs-137	3.73E-03
Zr-95	7.64E-07	Cs-138	2.25E-04
Nb-95	6.99E-07	Ba-140	2.86E-05
Mo-99	2.62E-05	La-140	2.10E-05
Tc-99m	2.25E-05	Ce-141	8.28E-07
Ru-103	8.13E-07	Ce-143	9.40E-07
Ru-106	2.34E-07	Ce-144	4.95E-07
Rh-106	3.76E-11	Pr-143	8.83E-07
Ag-110m	4.17E-05	Pr-144	3.95E-07
Sb-122	6.44E-06		

表 6.2-16 气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	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	—	—	4.40E-08	3.24E-08	1.48E-08	5.10E-09	2.16E-09	1.86E-09	1.48E-09	7.97E-10	1.21E-09	8.43E-10
NNE	—	—	—	5.63E-08	2.62E-08	9.93E-09	4.06E-09	2.56E-09	2.13E-09	1.44E-09	1.50E-09	1.29E-09
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.19E-09
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.07E-09	1.74E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	3.12E-09	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	5.88E-09	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	1.52E-07	6.93E-08	2.53E-08	2.09E-08	1.35E-08	1.21E-08	7.61E-09	8.06E-09
WSW	—	7.67E-07	4.47E-07	2.61E-07	1.07E-07	4.33E-08	1.66E-08	1.08E-08	8.10E-09	6.62E-09	5.41E-09	4.44E-09
W	—	—	9.11E-08	7.38E-08	3.35E-08	1.04E-08	4.68E-09	3.00E-09	2.35E-09	1.70E-09	1.42E-09	1.18E-09
WNW	—	—	—	3.61E-08	1.97E-08	7.01E-09	2.96E-09	2.15E-09	1.39E-09	1.11E-09	8.59E-10	7.46E-10
NW	—	—	2.59E-08	1.95E-08	1.31E-08	4.47E-09	2.05E-09	1.26E-09	9.58E-10	7.46E-10	6.24E-10	5.32E-10
NNW	—	—	—	2.10E-08	1.06E-08	3.76E-09	1.63E-09	1.49E-09	7.69E-10	6.02E-10	5.16E-10	6.35E-10

表 6.2-17 液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	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	—	—	5.67E-08	5.67E-08	5.3E-09	1.83E-09	2.05E-10	2.22E-10	2.19E-10	1.91E-10	2.09E-10	2.02E-10
NNE	—	—	—	5.67E-08	5.3E-09	1.82E-09	2.1E-10	2.09E-10	2.04E-10	2.19E-10	2.45E-10	2.46E-10
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.99E-10
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.17E-10	1.99E-10
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	3E-10	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	2.45E-10	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	6.35E-09	2.16E-09	2.32E-10	2.27E-10	2.55E-10	2.27E-10	2.73E-10	2.35E-10
WSW	—	9.25E-08	5.67E-08	5.67E-08	5.74E-09	2.15E-09	2.42E-10	2.45E-10	2.41E-10	2.27E-10	2.27E-10	2.36E-10
W	—	—	5.67E-08	5.67E-08	5.3E-09	2.09E-09	2.33E-10	2.4E-10	2.39E-10	2.42E-10	2.52E-10	2.49E-10
WNW	—	—	—	5.67E-08	5.3E-09	2.09E-09	2.38E-10	2.66E-10	2.11E-10	2.14E-10	2.12E-10	2.09E-10
NW	—	—	5.67E-08	5.58E-08	5.22E-09	1.9E-09	2E-10	2.03E-10	2.12E-10	1.88E-10	1.92E-10	2.09E-10
NNW	—	—	—	5.58E-08	4.91E-09	1.71E-09	1.89E-10	2.2E-10	1.95E-10	2.02E-10	1.88E-10	2.08E-10

表 6.2-18 气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	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	—	—	1.01E-07	8.91E-08	2.01E-08	6.92E-09	2.37E-09	2.08E-09	1.70E-09	9.88E-10	1.42E-09	1.04E-09
NNE	—	—	—	1.13E-07	3.15E-08	1.18E-08	4.27E-09	2.77E-09	2.33E-09	1.66E-09	1.74E-09	1.54E-09
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.39E-09
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.28E-09	1.94E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	3.42E-09	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	6.13E-09	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	1.58E-07	7.15E-08	2.55E-08	2.11E-08	1.37E-08	1.23E-08	7.88E-09	8.29E-09
WSW	—	8.60E-07	5.03E-07	3.18E-07	1.13E-07	4.54E-08	1.69E-08	1.10E-08	8.34E-09	6.85E-09	5.64E-09	4.68E-09
W	—	—	1.48E-07	1.31E-07	3.88E-08	1.25E-08	4.91E-09	3.24E-09	2.59E-09	1.94E-09	1.67E-09	1.43E-09
WNW	—	—	—	9.28E-08	2.50E-08	9.10E-09	3.20E-09	2.42E-09	1.60E-09	1.33E-09	1.07E-09	9.55E-10
NW	—	—	8.27E-08	7.53E-08	1.84E-08	6.37E-09	2.25E-09	1.46E-09	1.17E-09	9.34E-10	8.16E-10	7.41E-10
NNW	—	—	—	7.69E-08	1.55E-08	5.47E-09	1.82E-09	1.71E-09	9.64E-10	8.04E-10	7.04E-10	8.42E-10

表 6.2-19 气态和液态途径对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	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	—	—	1.12E-07	9.98E-08	2.30E-08	8.01E-09	2.75E-09	2.55E-09	2.09E-09	1.16E-09	1.75E-09	1.27E-09
NNE	—	—	—	1.24E-07	3.55E-08	1.36E-08	5.01E-09	3.25E-09	2.75E-09	1.98E-09	2.15E-09	1.91E-09
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.81E-09
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.96E-09	2.29E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	4.17E-09	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	8.22E-09	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	1.72E-07	9.01E-08	3.42E-08	2.90E-08	1.78E-08	1.70E-08	9.66E-09	1.14E-08
WSW	—	8.97E-07	5.24E-07	3.34E-07	1.27E-07	5.91E-08	2.24E-08	1.46E-08	1.13E-08	9.51E-09	7.84E-09	6.40E-09
W	—	—	1.60E-07	1.43E-07	4.43E-08	1.53E-08	6.70E-09	4.33E-09	3.43E-09	2.55E-09	2.13E-09	1.84E-09
WNW	—	—	—	1.03E-07	2.87E-08	1.10E-08	4.36E-09	3.13E-09	1.99E-09	1.61E-09	1.29E-09	1.15E-09
NW	—	—	9.27E-08	8.54E-08	2.13E-08	7.44E-09	2.65E-09	1.75E-09	1.39E-09	1.09E-09	9.59E-10	8.82E-10
NNW	—	—	—	8.72E-08	1.79E-08	6.38E-09	2.12E-09	2.10E-09	1.14E-09	9.55E-10	8.26E-10	1.02E-09

表 6.2-20 气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	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	—	—	1.06E-07	9.43E-08	1.94E-08	6.71E-09	2.32E-09	2.16E-09	1.77E-09	9.77E-10	1.47E-09	1.06E-09
NNE	—	—	—	1.19E-07	3.05E-08	1.16E-08	4.27E-09	2.75E-09	2.31E-09	1.67E-09	1.83E-09	1.62E-09
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.38E-09
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.27E-09	1.93E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	3.57E-09	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	5.99E-09	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	1.59E-07	7.20E-08	2.49E-08	2.07E-08	1.38E-08	1.20E-08	7.96E-09	8.19E-09
WSW	—	8.77E-07	5.06E-07	3.21E-07	1.12E-07	4.52E-08	1.68E-08	1.10E-08	8.32E-09	6.73E-09	5.54E-09	4.65E-09
W	—	—	1.52E-07	1.36E-07	3.80E-08	1.23E-08	4.85E-09	3.21E-09	2.54E-09	1.93E-09	1.70E-09	1.44E-09
WNW	—	—	—	9.77E-08	2.43E-08	9.01E-09	3.21E-09	2.52E-09	1.59E-09	1.39E-09	1.09E-09	9.66E-10
NW	—	—	8.81E-08	8.12E-08	1.84E-08	6.34E-09	2.24E-09	1.45E-09	1.18E-09	9.17E-10	8.04E-10	7.47E-10
NNW	—	—	—	8.26E-08	1.50E-08	5.34E-09	1.79E-09	1.80E-09	9.55E-10	8.04E-10	6.92E-10	8.62E-10

表 6.2-21 气态和液态途径对各子区公众个人（婴儿）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	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	—	—	5.37E-08	4.56E-08	1.39E-08	4.62E-09	1.42E-09	1.12E-09	9.04E-10	6.07E-10	7.21E-10	5.71E-10
NNE	—	—	—	6.55E-08	2.27E-08	7.72E-09	2.58E-09	1.64E-09	1.32E-09	9.83E-10	9.50E-10	8.34E-10
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.31E-09
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.65E-09	1.03E-09
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	2.05E-09	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—	—	3.75E-09	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	1.37E-07	4.95E-08	1.82E-08	1.28E-08	8.73E-09	7.17E-09	5.19E-09	4.82E-09
WSW	—	6.45E-07	3.80E-07	2.27E-07	8.55E-08	2.96E-08	1.08E-08	6.81E-09	5.02E-09	3.98E-09	3.25E-09	2.72E-09
W	—	—	9.36E-08	7.48E-08	2.62E-08	8.15E-09	2.88E-09	1.88E-09	1.46E-09	1.12E-09	9.72E-10	8.33E-10
WNW	—	—	—	4.93E-08	1.69E-08	5.77E-09	1.87E-09	1.35E-09	9.31E-10	7.60E-10	6.41E-10	5.78E-10
NW	—	—	4.53E-08	3.97E-08	1.29E-08	4.27E-09	1.34E-09	8.82E-10	7.13E-10	5.78E-10	5.09E-10	4.64E-10
NNW	—	—	—	3.80E-08	1.10E-08	3.73E-09	1.09E-09	9.14E-10	5.94E-10	5.01E-10	4.46E-10	4.79E-10

表 6.2-22 气态和液态途径造成各子区公众集体有效剂量

单位：人 Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	合 计
N	—	—	3.23E-06	1.35E-04	9.24E-05	2.08E-04	2.64E-04	6.23E-04	5.63E-04	1.23E-04	7.92E-04	2.33E-04	3.04E-03
NNE	—	—	—	1.15E-05	4.35E-05	4.80E-05	7.95E-04	4.47E-05	4.52E-04	1.25E-04	6.21E-04	3.96E-04	2.54E-03
NE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.28E-06	4.28E-06
ENE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.63E-06	2.19E-06	9.82E-06
E	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	1.16E-06	—	—	—	—	—	1.16E-06
SSW	—	—	—	—	—	—	—	2.87E-05	—	—	—	—	2.87E-05
SW	—	—	—	—	8.11E-04	1.08E-03	8.82E-05	3.95E-04	8.39E-04	1.25E-04	1.34E-03	7.93E-04	5.47E-03
WSW	—	8.51E-04	5.91E-04	1.32E-03	6.00E-04	3.00E-03	9.82E-04	5.22E-04	2.02E-04	8.25E-05	2.97E-04	2.44E-04	8.69E-03
W	—	—	7.45E-05	4.73E-04	1.15E-04	1.41E-04	1.33E-04	2.30E-04	1.23E-04	5.08E-05	1.36E-04	9.22E-05	1.57E-03
WNW	—	—	—	2.21E-04	4.48E-04	1.92E-04	1.37E-04	4.38E-04	1.01E-04	8.37E-05	1.02E-04	9.61E-06	1.73E-03
NW	—	—	1.20E-04	7.74E-05	3.98E-04	2.11E-04	4.31E-05	1.17E-04	5.87E-05	2.59E-05	6.02E-05	7.14E-05	1.18E-03
NNW	—	—	—	5.72E-05	1.61E-04	7.26E-05	1.11E-04	5.06E-04	1.93E-04	1.35E-04	9.14E-05	1.09E-04	1.44E-03
合 计	—	8.51E-04	7.89E-04	2.29E-03	2.67E-03	4.95E-03	2.55E-03	2.91E-03	2.53E-03	7.51E-04	3.45E-03	1.96E-03	2.57E-02

表 6.2-23 海洋系统悬浮物 Kd 因子

核素	Kd (Bq/kg)/(Bq/L)	核素	Kd (Bq/kg)/(Bq/L)
H-3	1.00E+00	Ag-110	1.00E+04
C-14	1.00E+03	Ag-110m	1.00E+04
Na-24	1.00E-01	Sb-124	2.00E+03
Cr-51	5.00E+04	Te-129	1.00E+03
Mn-54	2.00E+06	Te-129m	1.00E+03
Fe-55	3.00E+08	Te-131	1.00E+03
Fe-59	3.00E+08	Te-131m	1.00E+03
Co-58	3.00E+05	Te-132	1.00E+03
Co-60	3.00E+05	Te-134	1.00E+03
Ni-63	2.00E+04	I-131	7.00E+01
Zn-65	7.00E+04	I-132	7.00E+01
Br-84	0.00E+00	I-133	7.00E+01
Rb-88	0.00E+00	I-134	7.00E+01
Sr-89	8.00E+00	I-135	7.00E+01
Sr-90	8.00E+00	Cs-134	4.00E+03
Sr-91	8.00E+00	Cs-136	4.00E+03
Sr-92	8.00E+00	Cs-137	4.00E+03
Y-90	9.00E+05	Cs-138	4.00E+03
Y-91	9.00E+05	Ba-137m	2.00E+03
Y-91m	9.00E+05	Ba-140	2.00E+03
Y-93	9.00E+05	La-140	3.00E+06
Zr-95	2.00E+06	Ce-141	3.00E+06
Nb-95	8.00E+05	Ce-143	3.00E+06
Mo-99	5.00E+04	Ce-144	3.00E+06
Tc-99m	1.00E+02	Pr-143	5.00E+06
Ru-103	4.00E+04	Pr-144	5.00E+06
Ru-106	4.00E+04	W-187	3.00E+04
Rh-103m	3.00E+02	Np-239	1.00E+03
Rh-106	3.00E+02		

表 6.2-24 (1/2) 海洋生态系统各生物放射性核素浓集因子 (Bp)

单位: (Bq/kg)/(Bq/L)

核素	深海鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浅水鱼	浮游植物	浮游动物	哺乳动物*
H-3	1	1	1	1	1	1	1	1
C-14	1700	1400	1300	650	1700	250	10000	1700
Na-24	1	0.07	0.5	0.3	1	0.1	1	0
Cr-51	200	100	6000	2000	200	5000	1000	6000
Mn-54	2600	45000	8600	12000	2600	3500	2500	7000
Fe-55	30000	500000	20000	500000	30000	400000	700000	2.00E+07
Fe-59	30000	500000	20000	500000	30000	400000	700000	2.00E+07
Co-58	5300	3500	1700	5300	5300	3100	4800	500
Co-60	5300	3500	1700	5300	5300	3100	4800	500
Ni-63	250	1270	950	6400	250	570	500	500
Zn-65	25000	300000	2000	80000	25000	10000	100000	25000
Rb-88	100	20	0	0	100	0	0	0
Sr-89	25	49.5	29.3	150	25	188	68	164
Sr-90	25	49.5	29.3	150	25	188	68	164
Sr-91	25	49.5	29.3	150	25	188	68	164
Sr-92	25	49.5	29.3	150	25	188	68	164
Y-90	20	1000	1000	1000	20	100	100	0
Y-91	20	1000	1000	1000	20	100	100	0
Y-91m	20	1000	1000	1000	20	100	100	0
Y-93	20	1000	1000	1000	20	100	100	0
Zr-95	85.2	49	1660	3300	85.2	33000	21700	85.2
Nb-95	30	100	490	880	30	1000	20000	880
Mo-99	10	100	10	10	10	0	0	0
Tc-99m	80	17300	53400	8200	80	4.9	100	17300
Ru-103	29.4	100	1200	1620	29.4	6680	30000	1620
Ru-106	29.4	100	1200	1620	29.4	6680	30000	1620
Rh-103m	100	1000	0	0	100	0	0	0
Rh-106	100	1000	0	0	100	0	0	0
Ag-110	11000	36000	3900	36000	11000	69000	6000	22000
Ag-110m	11000	36000	3900	36000	11000	69000	6000	22000
Sb-124	600	300	225	470	600	1000	1310	8300
Te-129	690	1000	425	1500	690	13100	1000	8300
Te-129m	690	1000	425	1500	690	13100	1000	8300

表 6.2-24（2/2） 海洋生态系统各生物放射性核素浓集因子（Bp）

单位：(Bq/kg)/(Bq/L)

核素	深海鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浅水鱼	浮游植物	浮游动物	哺乳动物*
Te-131	690	1000	425	1500	690	13100	1000	8300
Te-131m	690	1000	425	1500	690	13100	1000	8300
Te-132	690	1000	425	1500	690	13100	1000	8300
Te-134	690	1000	425	1500	690	13100	1000	8300
I-131	9	39.2	4200	8800	9	950	3100	0.68
I-132	9	39.2	4200	8800	9	950	3100	0.68
I-133	9	39.2	4200	8800	9	950	3100	0.68
I-134	9	39.2	4200	8800	9	950	3100	0.68
I-135	9	39.2	4200	8800	9	950	3100	0.68
Cs-134	84	53	96	50	84	8.5	130	300
Cs-136	84	53	96	50	84	8.5	130	300
Cs-137	84	53	96	50	84	8.5	130	300
Cs-138	84	53	96	50	84	8.5	130	300
Ba-137m	25	49.5	29.3	150	25	188	68	164
Ba-140	25	49.5	29.3	150	25	188	68	164
La-140	11300	5700	11000	11300	11300	11000	11300	11300
Ce-141	390	100	2100	2200	390	11000	6000	2200
Ce-143	390	100	2100	2200	390	11000	6000	2200
Ce-144	390	100	2100	2200	390	11000	6000	2200
Pr-143	25	0	0	1000	10	0	0	0
Pr-144	25	0	0	1000	10	0	0	0
W-187	90	10	600	600	90	90000	1000	0
Np-239	8.8	3.61	52	380	8.8	140	17	8.8

*：哺乳动物指银杏齿喙鲸。

表 6.2-25 (1/2) 陆生生态系统各生物放射性核素浓集因子 (Bp)

单位：对于 H、C 和惰性气体：(Bq/kg)/(Bq/m³)，其他：(Bq/kg)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
H-3	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02	1.50E+02
C-14	1.34E+03	4.29E+02	4.30E+02	1.34E+03	4.30E+02	8.90E+02	8.90E+02	1.34E+03	1.34E+03	4.30E+02	1.34E+03	8.90E+02	1.30E+03
Cr-51	5.95E-03	2.77E-02	3.14E-03	9.20E-02	3.14E-03	2.06E-02	5.60E-02	5.95E-03	5.95E-03	2.77E-02	5.95E-03	1.00E-02	5.68E-03
Mn-54	1.04E-02	1.72E-02	9.79E-02	1.04E-02	9.79E-02	9.17E-02	6.20E-01	2.49E-03	2.49E-03	4.65E-02	1.04E-02	4.40E+00	6.33E-02
Fe-55	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	3.10E-03	4.90E-02	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	1.10E-02	9.20E-04
Fe-59	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	3.10E-03	4.90E-02	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	2.40E-01	1.10E-02	9.20E-04
Co-57	1.91E-01	1.88E-02	7.07E-03	1.30E-02	7.07E-03	1.93E-02	8.40E-02	1.91E-01	1.91E-01	1.88E-02	1.91E-01	1.30E-02	5.43E-03
Co-58	1.91E-01	1.88E-02	7.07E-03	1.30E-02	7.07E-03	1.93E-02	8.40E-02	1.91E-01	1.91E-01	1.88E-02	1.91E-01	1.30E-02	5.43E-03
Co-60	1.91E-01	1.88E-02	7.07E-03	1.30E-02	7.07E-03	1.93E-02	8.40E-02	1.91E-01	1.91E-01	1.88E-02	1.91E-01	1.30E-02	5.43E-03
Zn-65	2.99E+00	3.94E+00	1.08E+00	3.05E+00	1.08E+00	1.00E-01	6.60E-01	2.99E+00	2.99E+00	3.94E+00	2.00E-01	9.20E-01	1.14E-01
Br-84	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.30E-01	1.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E-01	8.50E-02
Rb-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.30E-01	7.20E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-01	3.10E-02
Sr-89	1.32E+00	6.63E-02	3.43E-01	1.23E+00	3.43E-01	7.83E-01	4.64E+00	1.67E+00	1.67E+00	9.23E-02	4.06E-01	1.80E-01	4.77E-01
Sr-90	1.32E+00	6.63E-02	3.43E-01	1.23E+00	3.43E-01	7.83E-01	4.64E+00	1.67E+00	1.67E+00	9.23E-02	4.06E-01	1.80E-01	4.77E-01
Sr-91	1.32E+00	6.63E-02	3.43E-01	1.23E+00	3.43E-01	7.83E-01	4.64E+00	1.67E+00	1.67E+00	9.23E-02	4.06E-01	1.80E-01	4.77E-01
Sr-92	1.32E+00	6.63E-02	3.43E-01	1.23E+00	3.43E-01	7.83E-01	4.64E+00	1.67E+00	1.67E+00	9.23E-02	4.06E-01	1.80E-01	4.77E-01
Zr-95	1.31E-01	9.55E-03	7.65E-03	1.31E-01	7.65E-03	3.89E-02	1.81E-01	2.54E-04	2.54E-04	9.55E-03	1.31E-01	5.32E-03	1.12E-02
Nb-95	4.19E-02	1.53E-01	9.54E-04	1.72E-01	9.54E-04	1.27E-03	2.76E-02	4.19E-02	4.19E-02	1.53E-01	4.19E-02	1.21E-03	1.20E-02
Mo-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+00	0.00E+00
Tc-99m	3.93E-01	3.93E-01	3.93E-01	1.67E-01	3.93E-01	1.39E+01	1.39E+01	3.93E-01	3.93E-01	3.93E-01	3.93E-01	1.16E-02	1.16E-02
Ru-103	1.20E-01	6.37E-03	6.37E-03	1.20E-01	6.37E-03	2.00E-02	6.46E+00	1.20E-01	1.20E-01	6.37E-03	1.20E-01	4.07E-01	4.07E-01
Ru-106	1.20E-01	6.37E-03	6.37E-03	1.20E-01	6.37E-03	2.00E-02	6.46E+00	1.20E-01	1.20E-01	6.37E-03	1.20E-01	4.07E-01	4.07E-01
Ag-110m	5.41E-01	5.41E-01	2.16E-02	5.41E-01	2.16E-02	2.33E+00	1.10E-02	5.41E-01	5.41E-01	5.41E-01	5.41E-01	5.20E-03	4.19E-01
Sb-124	3.50E-03	4.59E-02	1.12E-02	3.50E-03	1.12E-02	3.74E-02	3.00E-01	3.50E-03	3.50E-03	4.59E-02	3.50E-03	3.74E-02	3.74E-02
Sb-125	3.50E-03	4.59E-02	1.12E-02	3.50E-03	1.12E-02	3.74E-02	3.00E-01	3.50E-03	3.50E-03	4.59E-02	3.50E-03	3.74E-02	3.74E-02
Te-129	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02
Te-129m	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02

表 6.2-25 (2/2) 陆生生态系统各生物放射性核素浓集因子 (Bp)

单位：对于 H、C 和惰性气体：(Bq/kg)/(Bq/m³)，其他：(Bq/kg)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
Te-131	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02
Te-131m	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02
Te-132	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02
Te-134	1.86E-01	3.12E+00	1.40E-01	3.52E-01	1.40E-01	1.97E-02	5.05E-02	1.86E-01	1.86E-01	3.47E-02	1.86E-01	7.70E-03	2.73E-02
I-131	4.00E-01	1.56E-01	3.01E-01	4.00E-01	3.01E-01	1.40E-01	1.40E-01	4.00E-01	4.00E-01	1.80E-01	4.00E-01	7.03E-04	1.40E-01
I-132	4.00E-01	1.56E-01	3.01E-01	4.00E-01	3.01E-01	1.40E-01	1.40E-01	4.00E-01	4.00E-01	1.80E-01	4.00E-01	7.03E-04	1.40E-01
I-133	4.00E-01	1.56E-01	3.01E-01	4.00E-01	3.01E-01	1.40E-01	1.40E-01	4.00E-01	4.00E-01	1.80E-01	4.00E-01	7.03E-04	1.40E-01
I-134	4.00E-01	1.56E-01	3.01E-01	4.00E-01	3.01E-01	1.40E-01	1.40E-01	4.00E-01	4.00E-01	1.80E-01	4.00E-01	7.03E-04	1.40E-01
I-135	4.00E-01	1.56E-01	3.01E-01	4.00E-01	3.01E-01	1.40E-01	1.40E-01	4.00E-01	4.00E-01	1.80E-01	4.00E-01	7.03E-04	1.40E-01
Cs-134	4.57E-01	8.10E-02	1.06E-01	5.63E-01	1.06E-01	1.12E+00	3.78E+00	3.41E+00	3.41E+00	4.05E-02	5.74E-01	1.96E+00	1.36E-01
Cs-136	4.57E-01	8.10E-02	1.06E-01	5.63E-01	1.06E-01	1.12E+00	3.78E+00	3.41E+00	3.41E+00	4.05E-02	5.74E-01	1.96E+00	1.36E-01
Cs-137	4.57E-01	8.10E-02	1.06E-01	5.63E-01	1.06E-01	1.12E+00	3.78E+00	3.41E+00	3.41E+00	4.05E-02	5.74E-01	1.96E+00	1.36E-01
Cs-138	4.57E-01	8.10E-02	1.06E-01	5.63E-01	1.06E-01	1.12E+00	3.78E+00	3.41E+00	3.41E+00	4.05E-02	5.74E-01	1.96E+00	1.36E-01
Ba-137m	2.77E-02	1.38E-02	1.64E-02	1.22E+01	1.64E-02	3.04E-02	9.30E-02	2.77E-02	2.77E-02	4.77E-02	2.77E-02	5.20E-01	1.02E-01
Ba-140	2.77E-02	1.38E-02	1.64E-02	1.22E+01	1.64E-02	3.04E-02	9.30E-02	2.77E-02	2.77E-02	4.77E-02	2.77E-02	5.20E-01	1.02E-01
La-140	5.70E-01	5.86E-03	1.70E-03	5.70E-01	1.70E-03	1.41E-02	2.16E-02	3.38E-02	3.38E-02	5.86E-03	5.70E-01	3.54E-03	3.87E-03
Ce-141	4.88E-03	4.85E-03	2.16E-03	6.92E-02	2.16E-03	1.36E-02	1.64E-02	4.88E-03	4.88E-03	6.92E-02	4.88E-03	9.15E-03	1.71E-03
Ce-143	4.88E-03	4.85E-03	2.16E-03	6.92E-02	2.16E-03	1.36E-02	1.64E-02	4.88E-03	4.88E-03	6.92E-02	4.88E-03	9.15E-03	1.71E-03
Ce-144	4.88E-03	4.85E-03	2.16E-03	6.92E-02	2.16E-03	1.36E-02	1.64E-02	4.88E-03	4.88E-03	6.92E-02	4.88E-03	9.15E-03	1.71E-03

表 6.2-26（1/2）各放射性核素对海洋生物的内照射剂量率转换因子

单位：(μGy/h) / (Bq/kg)

核素	深海鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浅水鱼	浮游植物	浮游动物	哺乳动物
H-3	8.27E-06	8.27E-06	8.22E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.22E-06	8.27E-06	8.27E-06
C-14	2.96E-05	2.96E-05	2.90E-05	2.85E-05	2.96E-05	2.76E-05	2.85E-05	2.96E-05
Na-24	4.58E-04	5.21E-04	3.00E-04	3.48E-04	4.89E-04	5.99E-05	1.89E-04	1.35E-03
Cr-51	8.99E-06	9.61E-06	7.77E-06	7.92E-06	9.27E-06	7.02E-06	7.21E-06	1.83E-05
Mn-54	4.84E-05	6.48E-05	2.00E-05	2.35E-05	5.61E-05	7.60E-06	9.50E-06	2.65E-04
Fe-55	8.25E-06	8.25E-06	8.19E-06	8.20E-06	8.24E-06	7.78E-06	7.96E-06	8.26E-06
Fe-59	1.22E-04	1.43E-04	8.19E-05	8.83E-05	1.32E-04	5.00E-05	6.50E-05	4.15E-04
Co-58	7.31E-05	9.05E-05	3.86E-05	4.40E-05	8.27E-05	1.80E-05	2.52E-05	3.37E-04
Co-60	1.70E-04	2.10E-04	8.78E-05	9.80E-05	1.90E-04	4.60E-05	5.60E-05	7.80E-04
Ni-63	1.23E-05	1.23E-05	1.23E-05	1.23E-05	1.23E-05	1.22E-05	1.23E-05	1.23E-05
Zn-65	3.75E-05	4.81E-05	1.90E-05	2.14E-05	4.27E-05	9.71E-06	1.13E-05	1.83E-04
Br-84	6.79E-04	7.51E-04	4.46E-04	5.67E-04	7.29E-04	5.38E-05	1.80E-04	1.16E-03
Rb-88	1.00E-03	1.10E-03	6.45E-04	8.15E-04	1.08E-03	4.91E-05	1.87E-04	1.33E-03
Sr-89	3.20E-04	3.30E-04	2.61E-04	3.10E-04	3.30E-04	5.77E-05	1.80E-04	3.30E-04
Sr-90	6.00E-04	6.30E-04	4.66E-04	5.80E-04	6.20E-04	1.16E-04	2.90E-04	6.50E-04
Sr-91	4.11E-04	4.45E-04	2.98E-04	3.64E-04	4.32E-04	6.05E-05	1.83E-04	7.10E-04
Sr-92	1.69E-04	1.93E-04	1.21E-04	1.32E-04	1.81E-04	6.09E-05	9.53E-05	4.93E-04
Y-90	4.90E-04	5.16E-04	3.60E-04	4.65E-04	5.12E-04	5.30E-05	1.93E-04	5.34E-04
Y-91	3.31E-04	3.38E-04	2.67E-04	3.17E-04	3.37E-04	5.73E-05	1.82E-04	3.46E-04
Y-91m	4.33E-05	5.40E-05	2.22E-05	2.63E-05	4.84E-05	3.38E-06	1.26E-05	1.91E-04
Y-93	6.02E-04	6.45E-04	4.23E-04	5.59E-04	6.38E-04	5.14E-05	1.92E-04	6.95E-04
Zr-95	1.00E-04	1.20E-04	7.72E-05	8.20E-05	1.10E-04	5.15E-05	6.50E-05	3.00E-04
Nb-95	6.43E-05	7.95E-05	3.78E-05	4.18E-05	7.24E-05	2.50E-05	2.81E-05	2.70E-04
Mo-99	2.49E-04	2.56E-04	2.09E-04	2.32E-04	2.52E-04	7.32E-05	1.65E-04	3.33E-04
Tc-99m	1.97E-05	2.20E-05	1.44E-05	1.49E-05	2.06E-05	1.13E-05	1.24E-05	6.00E-05
Ru-103	9.36E-05	1.04E-04	7.52E-05	7.80E-05	9.88E-05	5.97E-05	6.79E-05	2.25E-04
Ru-106	7.30E-04	7.80E-04	5.00E-04	6.60E-04	7.70E-04	5.92E-05	2.04E-04	8.80E-04
Rh-103m	2.54E-05	2.55E-05	2.51E-05	2.52E-05	2.55E-05	2.45E-05	2.48E-05	2.57E-05
Rh-106	7.20E-04	7.78E-04	4.91E-04	6.53E-04	7.67E-04	4.98E-05	1.95E-04	8.73E-04
Ag-110	1.80E-04	2.30E-04	8.62E-05	1.02E-04	2.10E-04	3.07E-05	4.79E-05	8.90E-04
Ag-110m	2.90E-04	3.30E-04	1.97E-04	2.30E-04	3.10E-04	5.75E-05	1.30E-04	7.50E-04
Sb-124	3.58E-04	3.67E-04	2.96E-04	3.37E-04	3.58E-04	1.04E-04	2.25E-04	3.87E-04
Te-129	3.80E-04	4.30E-04	2.59E-04	3.10E-04	4.10E-04	6.14E-05	1.70E-04	1.00E-03
Te-129m	2.60E-04	2.80E-04	2.09E-04	2.40E-04	2.70E-04	6.16E-05	1.60E-04	4.30E-04

表 6.2-26 (2/2) 各放射性核素对海洋生物的内照射剂量率转换因子

单位：($\mu\text{Gy/h}$) / (Bq/kg)

核素	深海鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浅水鱼	浮游植物	浮游动物	哺乳动物
Te-131	1.70E-04	2.00E-04	1.12E-04	1.20E-04	1.90E-04	5.07E-05	8.40E-05	5.90E-04
Te-131m	1.83E-04	2.30E-04	1.11E-04	1.23E-04	2.00E-04	6.45E-05	8.06E-05	7.50E-04
Te-132	1.70E-04	1.80E-04	1.40E-04	1.50E-04	1.80E-04	6.70E-05	1.20E-04	3.30E-04
Te-134	6.61E-04	7.16E-04	4.99E-04	5.66E-04	6.90E-04	1.64E-04	3.66E-04	1.37E-03
I-131	3.98E-04	4.43E-04	2.77E-04	3.25E-04	4.21E-04	6.17E-05	1.82E-04	9.70E-04
I-132	1.02E-04	1.02E-04	9.79E-05	1.01E-04	1.02E-04	7.06E-05	9.28E-05	1.33E-04
I-133	6.70E-04	7.20E-04	4.88E-04	6.30E-04	7.10E-04	9.83E-05	2.50E-04	7.60E-04
I-134	3.10E-02	3.10E-02	3.06E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.06E-02	3.10E-02	3.10E-02
I-135	8.06E-06	8.06E-06	8.10E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.10E-06	8.06E-06	8.06E-06
Cs-134	6.06E-04	6.47E-04	4.27E-04	5.66E-04	6.41E-04	5.05E-05	1.96E-04	6.84E-04
Cs-136	3.33E-04	3.49E-04	2.58E-04	3.07E-04	3.43E-04	5.77E-05	1.75E-04	4.69E-04
Cs-137	7.31E-05	7.64E-05	6.53E-05	6.64E-05	7.45E-05	5.82E-05	6.19E-05	1.19E-04
Cs-138	3.10E-04	3.16E-04	2.58E-04	2.97E-04	3.14E-04	7.57E-05	1.92E-04	3.37E-04
Ba-137m	4.12E-04	4.33E-04	3.13E-04	3.82E-04	4.27E-04	6.85E-05	1.99E-04	5.53E-04
Ba-140	2.78E-04	3.11E-04	1.98E-04	2.27E-04	2.95E-04	8.53E-05	1.43E-04	6.84E-04
La-140	2.20E-04	2.38E-04	1.75E-04	1.88E-04	2.29E-04	8.49E-05	1.47E-04	4.70E-04
Ce-141	4.64E-04	5.22E-04	3.10E-04	3.75E-04	4.95E-04	6.03E-05	1.89E-04	1.16E-03
Ce-143	2.87E-04	3.18E-04	2.09E-04	2.36E-04	3.03E-04	6.33E-05	1.51E-04	6.93E-04
Ce-144	7.16E-04	7.97E-04	4.64E-04	6.11E-04	7.70E-04	5.25E-05	2.00E-04	1.35E-03
Pr-143	6.77E-05	7.98E-05	4.10E-05	4.82E-05	7.36E-05	6.56E-06	2.57E-05	2.31E-04
Pr-144	2.66E-04	2.74E-04	2.23E-04	2.48E-04	2.70E-04	8.17E-05	1.77E-04	3.54E-04
W-187	1.78E-04	1.79E-04	1.61E-04	1.74E-04	1.79E-04	6.37E-05	1.38E-04	1.81E-04
Np-239	2.25E-04	2.35E-04	1.93E-04	2.06E-04	2.30E-04	1.07E-04	1.65E-04	3.61E-04

表 6.2-27 (1/2) 各放射性核素对海洋生物的外照射剂量率转换因子

单位: ($\mu\text{Gy/h}$) / (Bq/kg)

核素	深海鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浅水鱼	浮游植物	浮游动物	哺乳动物
H-3	7.95E-13	7.40E-15	5.30E-09	2.90E-12	8.30E-15	1.92E-10	1.60E-13	3.30E-14
C-14	1.80E-08	2.10E-08	2.15E-07	7.20E-08	2.30E-08	1.68E-06	4.30E-07	3.60E-09
Na-24	2.24E-03	2.18E-03	2.40E-03	2.35E-03	2.21E-03	2.64E-03	2.51E-03	1.35E-03
Cr-51	1.64E-05	1.58E-05	1.77E-05	1.75E-05	1.62E-05	1.84E-05	1.82E-05	7.10E-06
Mn-54	4.40E-04	4.30E-04	4.69E-04	4.70E-04	4.30E-04	4.82E-04	4.80E-04	2.20E-04
Fe-55	1.49E-08	1.74E-08	4.81E-08	6.18E-08	1.92E-08	4.79E-07	3.00E-07	2.91E-09
Fe-59	6.33E-04	6.12E-04	6.72E-04	6.66E-04	6.23E-04	7.04E-04	6.89E-04	3.39E-04
Co-58	5.10E-04	5.00E-04	5.48E-04	5.40E-04	5.00E-04	5.69E-04	5.60E-04	2.50E-04
Co-60	1.30E-03	1.30E-03	1.41E-03	1.40E-03	1.30E-03	1.45E-03	1.40E-03	7.20E-04
Ni-63	1.10E-09	1.60E-09	1.98E-08	4.70E-09	1.70E-09	1.11E-07	3.60E-08	1.70E-10
Zn-65	3.09E-04	2.98E-04	3.27E-04	3.25E-04	3.04E-04	3.37E-04	3.35E-04	1.63E-04
Br-84	1.06E-03	9.89E-04	1.29E-03	1.17E-03	1.01E-03	1.69E-03	1.56E-03	5.76E-04
Rb-88	5.52E-04	4.50E-04	9.07E-04	7.35E-04	4.73E-04	1.50E-03	1.37E-03	2.17E-04
Sr-89	1.50E-05	8.40E-06	7.51E-05	2.80E-05	9.50E-06	2.79E-04	1.50E-04	1.50E-06
Sr-90	5.00E-05	2.30E-05	1.85E-04	7.70E-05	2.70E-05	5.36E-04	3.60E-04	4.20E-06
Sr-91	5.73E-04	5.39E-04	6.86E-04	6.21E-04	5.52E-04	9.24E-04	8.01E-04	2.74E-04
Sr-92	7.16E-04	6.93E-04	7.65E-04	7.54E-04	7.05E-04	8.25E-04	7.91E-04	3.93E-04
Y-90	4.88E-05	2.27E-05	1.79E-04	7.45E-05	2.65E-05	4.86E-04	3.45E-04	4.10E-06
Y-91	1.82E-05	1.08E-05	8.23E-05	3.17E-05	1.21E-05	2.93E-04	1.66E-04	2.65E-06
Y-91m	2.78E-04	2.68E-04	3.00E-04	2.95E-04	2.73E-04	3.18E-04	3.09E-04	1.31E-04
Y-93	1.26E-04	8.27E-05	3.05E-04	1.70E-04	8.99E-05	6.76E-04	5.35E-04	3.18E-05
Zr-95	3.90E-04	3.80E-04	4.18E-04	4.10E-04	3.80E-04	4.43E-04	4.30E-04	1.90E-04
Nb-95	4.00E-04	3.90E-04	4.31E-04	4.30E-04	4.00E-04	4.43E-04	4.40E-04	2.00E-04
Mo-99	1.47E-04	1.40E-04	1.87E-04	1.64E-04	1.44E-04	3.23E-04	2.30E-04	6.26E-05
Tc-99m	6.53E-05	6.31E-05	7.06E-05	7.02E-05	6.45E-05	7.38E-05	7.27E-05	2.51E-05
Ru-103	2.50E-04	2.40E-04	2.65E-04	2.60E-04	2.40E-04	2.80E-04	2.70E-04	1.10E-04
Ru-106	2.20E-04	1.60E-04	4.45E-04	2.80E-04	1.70E-04	8.85E-04	7.40E-04	6.10E-05
Rh-103m	3.31E-07	2.57E-07	7.12E-07	6.08E-07	2.95E-07	1.29E-06	9.73E-07	4.34E-08
Rh-106	2.17E-04	1.57E-04	4.45E-04	2.84E-04	1.68E-04	8.85E-04	7.41E-04	6.14E-05
Ag-110	1.50E-03	1.40E-03	1.55E-03	1.50E-03	1.40E-03	1.61E-03	1.60E-03	7.40E-04
Ag-110m	9.80E-04	9.40E-04	1.07E-03	1.00E-03	9.60E-04	1.21E-03	1.10E-03	5.20E-04
Sb-124	5.10E-05	4.30E-05	1.08E-04	6.60E-05	4.50E-05	3.00E-04	1.80E-04	1.80E-05
Te-129	1.20E-03	1.20E-03	1.34E-03	1.30E-03	1.20E-03	1.54E-03	1.40E-03	6.00E-04
Te-129m	3.30E-04	3.10E-04	3.78E-04	3.50E-04	3.20E-04	5.27E-04	4.30E-04	1.50E-04

表 6.2-27 (2/2) 各放射性核素对海洋生物的外照射剂量率转换因子

单位: ($\mu\text{Gy/h}$) / (Bq/kg)

核素	深海鱼类	甲壳类	藻类	软体类	浅水鱼	浮游植物	浮游动物	哺乳动物
Te-131	8.20E-04	7.90E-04	8.80E-04	8.70E-04	8.10E-04	9.41E-04	9.10E-04	4.00E-04
Te-131m	1.10E-03	1.10E-03	1.22E-03	1.20E-03	1.10E-03	1.27E-03	1.30E-03	5.80E-04
Te-132	3.00E-04	2.90E-04	3.30E-04	3.20E-04	2.90E-04	4.03E-04	3.50E-04	1.40E-04
Te-134	1.53E-03	1.48E-03	1.70E-03	1.63E-03	1.50E-03	2.03E-03	1.83E-03	8.21E-04
I-131	1.25E-03	1.20E-03	1.37E-03	1.32E-03	1.22E-03	1.58E-03	1.46E-03	6.75E-04
I-132	3.90E-05	3.80E-05	4.61E-05	4.40E-05	3.90E-05	7.34E-05	5.20E-05	1.50E-05
I-133	1.10E-04	6.50E-05	2.95E-04	1.50E-04	7.20E-05	6.84E-04	5.30E-04	2.00E-05
I-134	4.50E-09	4.30E-09	4.79E-09	4.70E-09	4.40E-09	4.95E-09	4.90E-09	2.20E-09
I-135	9.10E-10	8.60E-10	2.03E-09	1.10E-09	8.90E-10	1.91E-09	1.40E-09	3.10E-10
Cs-134	9.38E-05	5.16E-05	2.73E-04	1.35E-04	5.81E-05	6.49E-04	5.03E-04	1.43E-05
Cs-136	2.47E-04	2.31E-04	3.22E-04	2.73E-04	2.37E-04	5.24E-04	4.05E-04	1.11E-04
Cs-137	7.45E-05	7.13E-05	8.24E-05	8.13E-05	7.32E-05	8.95E-05	8.58E-05	2.81E-05
Cs-138	4.14E-05	3.55E-05	9.29E-05	5.46E-05	3.71E-05	2.77E-04	1.59E-04	1.49E-05
Ba-137m	2.46E-04	2.25E-04	3.45E-04	2.77E-04	2.32E-04	5.91E-04	4.59E-04	1.05E-04
Ba-140	8.11E-04	7.78E-04	8.91E-04	8.62E-04	7.94E-04	1.00E-03	9.46E-04	4.05E-04
La-140	4.65E-04	4.47E-04	5.10E-04	4.97E-04	4.57E-04	6.01E-04	5.38E-04	2.15E-04
Ce-141	1.41E-03	1.35E-03	1.56E-03	1.50E-03	1.38E-03	1.81E-03	1.68E-03	7.16E-04
Ce-143	8.83E-04	8.52E-04	9.61E-04	9.33E-04	8.67E-04	1.11E-03	1.02E-03	4.76E-04
Ce-144	1.34E-03	1.26E-03	1.60E-03	1.45E-03	1.29E-03	2.01E-03	1.86E-03	7.08E-04
Pr-143	3.15E-04	3.02E-04	3.41E-04	3.34E-04	3.09E-04	3.76E-04	3.56E-04	1.51E-04
Pr-144	1.51E-04	1.43E-04	1.94E-04	1.69E-04	1.47E-04	3.36E-04	2.40E-04	6.36E-05
W-187	2.79E-06	2.16E-06	1.97E-05	7.23E-06	2.38E-06	1.18E-04	4.34E-05	3.87E-07
Np-239	2.53E-04	2.43E-04	2.85E-04	2.72E-04	2.48E-04	3.71E-04	3.13E-04	1.17E-04

表 6.2-28 (2/2) 各放射性核素对陆生生物的空气浸没外照射剂量率转换因子

单位: ($\mu\text{Gy/h}$)/(Bq/m^3)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
Te-131	0	0	0	2.80E-04	3.20E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
Te-131m	0	0	0	3.80E-04	4.40E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
Te-132	0	0	0	1.00E-04	1.20E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
Te-134	0	0	0	5.19E-04	5.57E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
I-131	0	0	0	4.22E-04	4.52E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
I-132	0	0	0	1.10E-05	1.20E-05	0	0	0	0	0	0	0	0
I-133	0	0	0	7.90E-06	9.00E-06	0	0	0	0	0	0	0	0
I-134	0	0	0	1.50E-09	1.70E-09	0	0	0	0	0	0	0	0
I-135	0	0	0	2.10E-10	2.70E-10	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs-134	0	0	0	5.78E-06	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs-136	0	0	0	8.34E-05	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs-137	0	0	0	2.23E-05	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs-138	0	0	0	1.05E-05	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba-137m	0	0	0	7.53E-05	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba-140	0	0	0	2.80E-04	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
La-140	0	0	0	1.62E-04	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce-141	0	0	0	4.89E-04	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce-143	0	0	0	3.01E-04	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ce-144	0	0	0	4.27E-04	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Pr-143	0	0	0	1.12E-04	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Pr-144	0	0	0	4.85E-05	0.00E+00	0	0	0	0	0	0	0	0
Ar-41	7.30E-04	7.70E-04	8.20E-04	6.70E-04	7.90E-04	7.70E-04	8.70E-04	3.80E-04	6.90E-04	7.60E-04	6.80E-04	8.80E-04	8.80E-04
Kr-85	4.00E-06	9.90E-06	2.40E-05	1.80E-06	1.40E-05	1.00E-05	4.20E-05	7.10E-07	2.40E-06	8.50E-06	2.60E-06	4.60E-05	4.60E-05
Kr-88	1.90E-03	2.30E-03	2.50E-03	1.50E-03	2.40E-03	2.30E-03	2.70E-03	8.20E-04	1.60E-03	2.20E-03	1.60E-03	2.70E-03	2.70E-03
Xe-131m	1.00E-05	1.30E-05	1.70E-05	7.20E-06	1.40E-05	1.30E-05	2.30E-05	2.20E-06	8.20E-06	1.20E-05	7.90E-06	2.40E-05	2.40E-05
Xe-133	2.40E-05	2.60E-05	2.90E-05	1.90E-05	2.70E-05	2.70E-05	3.20E-05	6.20E-06	2.20E-05	2.60E-05	2.10E-05	3.20E-05	3.20E-05

表 6.2-29（1/2）各放射性核素对陆生生物的土表沉积外照射剂量率转换因子

单位：(μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
H-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr-51	6.34E-06	0	6.39E-06	5.79E-06	6.39E-06	6.36E-06	6.39E-06	3.01E-06	6.17E-06	6.39E-06	5.99E-06	5.96E-06	5.06E-06
Mn-54	1.70E-04	0	1.70E-04	1.70E-04	1.70E-04	1.60E-04	1.71E-04	8.40E-05	1.70E-04	1.70E-04	1.60E-04	1.60E-04	1.30E-04
Fe-55	6.15E-40	0	6.32E-40	5.92E-40	6.31E-40	7.70E-08	6.32E-40	2.34E-40	6.11E-40	6.29E-40	6.14E-40	5.54E-09	1.62E-12
Fe-59	2.35E-04	0	2.37E-04	2.20E-04	2.37E-04	2.27E-04	2.37E-04	1.22E-04	2.30E-04	2.37E-04	2.24E-04	2.15E-04	1.85E-04
Co-57	1.90E-05	0	2.00E-05	1.90E-05	2.00E-05	2.10E-05	1.96E-05	8.20E-06	1.90E-05	2.00E-05	1.80E-05	1.90E-05	1.60E-05
Co-58	2.00E-04	0	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04	1.90E-04	1.99E-04	9.80E-05	1.90E-04	2.00E-04	1.90E-04	1.80E-04	1.60E-04
Co-60	4.90E-04	0	5.00E-04	4.90E-04	5.00E-04	4.80E-04	4.96E-04	2.60E-04	4.80E-04	5.00E-04	4.70E-04	4.50E-04	3.90E-04
Zn-65	1.16E-04	0	1.17E-04	1.08E-04	1.17E-04	1.12E-04	1.17E-04	5.94E-05	1.13E-04	1.17E-04	1.10E-04	1.06E-04	9.10E-05
Br-84	3.32E-04	0	3.33E-04	3.14E-04	3.33E-04	3.20E-04	3.33E-04	1.85E-04	3.27E-04	3.33E-04	3.21E-04	3.04E-04	2.63E-04
Rb-88	1.19E-04	0	1.19E-04	1.12E-04	1.19E-04	1.15E-04	1.19E-04	6.57E-05	1.17E-04	1.19E-04	1.15E-04	1.09E-04	9.43E-05
Sr-89	1.70E-08	0	1.70E-08	1.70E-08	1.70E-08	1.70E-08	1.72E-08	8.50E-09	1.70E-08	1.70E-08	1.60E-08	1.60E-08	1.30E-08
Sr-90	1.60E-11	0	1.60E-11	1.60E-11	1.60E-11	1.30E-10	1.63E-11	4.60E-12	1.60E-11	1.60E-11	1.50E-11	5.10E-11	5.90E-12
Sr-91	2.09E-04	0	2.11E-04	1.94E-04	2.11E-04	2.05E-04	2.11E-04	1.04E-04	2.04E-04	2.10E-04	1.99E-04	1.93E-04	1.64E-04
Sr-92	2.61E-04	0	2.62E-04	2.45E-04	2.62E-04	2.53E-04	2.62E-04	1.39E-04	2.56E-04	2.62E-04	2.50E-04	2.39E-04	2.06E-04
Y-90	1.60E-11	0	1.63E-11	1.48E-11	1.63E-11	1.25E-10	1.63E-11	4.68E-12	1.56E-11	1.62E-11	1.54E-11	5.09E-11	5.85E-12
Y-91	7.15E-07	0	7.19E-07	6.68E-07	7.19E-07	6.91E-07	7.19E-07	3.72E-07	6.99E-07	7.19E-07	6.82E-07	6.53E-07	5.63E-07
Y-91m	1.08E-04	0	1.09E-04	1.00E-04	1.09E-04	1.07E-04	1.09E-04	5.30E-05	1.06E-04	1.09E-04	1.03E-04	1.01E-04	8.55E-05
Y-93	1.72E-05	0	1.73E-05	1.61E-05	1.73E-05	1.68E-05	1.73E-05	9.03E-06	1.69E-05	1.73E-05	1.65E-05	1.59E-05	1.37E-05
Zr-95	1.50E-04	0	1.50E-04	1.50E-04	1.50E-04	1.50E-04	1.52E-04	7.40E-05	1.50E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.20E-04
Nb-95	1.60E-04	0	1.60E-04	1.50E-04	1.60E-04	1.50E-04	1.57E-04	7.70E-05	1.50E-04	1.60E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.20E-04
Mo-99	5.02E-05	0	5.06E-05	4.64E-05	5.06E-05	5.06E-05	5.06E-05	2.34E-05	4.90E-05	5.05E-05	4.78E-05	4.79E-05	4.04E-05
Tc-99m	2.11E-05	0	2.13E-05	1.95E-05	2.13E-05	2.20E-05	2.13E-05	9.10E-06	2.06E-05	2.13E-05	2.01E-05	2.08E-05	1.75E-05
Ru-103	9.60E-05	0	9.70E-05	9.60E-05	9.70E-05	9.50E-05	9.68E-05	4.70E-05	9.40E-05	9.70E-05	9.10E-05	9.00E-05	7.60E-05
Ru-106	4.20E-05	0	4.20E-05	4.10E-05	4.20E-05	4.10E-05	4.20E-05	2.10E-05	4.10E-05	4.20E-05	4.00E-05	3.90E-05	3.30E-05
Rh-103m	5.19E-08	0	5.27E-08	4.81E-08	5.26E-08	1.24E-07	5.27E-08	1.66E-08	5.10E-08	5.24E-08	4.97E-08	7.64E-08	2.14E-08
Rh-106	4.16E-05	0	4.20E-05	3.86E-05	4.20E-05	4.10E-05	4.20E-05	2.06E-05	4.07E-05	4.19E-05	3.97E-05	3.88E-05	3.29E-05
Ag-110m	3.60E-04	0	3.60E-04	3.50E-04	3.60E-04	3.50E-04	3.58E-04	1.90E-04	3.50E-04	3.60E-04	3.40E-04	3.30E-04	2.80E-04
Sb-124	1.40E-05	0	1.40E-05	1.40E-05	1.40E-05	1.40E-05	1.39E-05	6.70E-06	1.30E-05	1.40E-05	1.30E-05	1.30E-05	1.10E-05
Sb-125	5.10E-04	0	5.20E-04	5.10E-04	5.20E-04	5.10E-04	5.19E-04	2.60E-04	5.00E-04	5.20E-04	4.90E-04	4.80E-04	4.10E-04
Te-129	4.60E-04	0	4.60E-04	4.60E-04	4.60E-04	4.50E-04	4.64E-04	2.30E-04	4.50E-04	4.60E-04	4.40E-04	4.30E-04	3.60E-04
Te-129m	1.20E-04	0	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.25E-04	6.10E-05	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	9.80E-05

表 6.2-29 (2/2) 各放射性核素对陆生生物的土表沉积外照射剂量率转换因子

单位: ($\mu\text{Gy/h}$)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
Te-131	3.20E-04	0	3.20E-04	3.10E-04	3.20E-04	3.10E-04	3.19E-04	1.60E-04	3.10E-04	3.20E-04	3.00E-04	2.90E-04	2.50E-04
Te-131m	4.30E-04	0	4.40E-04	4.30E-04	4.40E-04	4.20E-04	4.36E-04	2.20E-04	4.20E-04	4.40E-04	4.10E-04	4.00E-04	3.40E-04
Te-132	1.10E-04	0	1.20E-04	1.10E-04	1.20E-04	1.10E-04	1.16E-04	5.60E-05	1.10E-04	1.20E-04	1.10E-04	1.10E-04	9.00E-05
Te-134	5.54E-04	0	5.57E-04	5.19E-04	5.57E-04	5.39E-04	5.57E-04	2.93E-04	5.44E-04	5.57E-04	5.32E-04	5.11E-04	4.39E-04
I-131	4.50E-04	0	4.52E-04	4.22E-04	4.52E-04	4.37E-04	4.52E-04	2.40E-04	4.41E-04	4.52E-04	4.32E-04	4.14E-04	3.56E-04
I-132	1.20E-05	0	1.20E-05	1.20E-05	1.20E-05	1.30E-05	1.24E-05	5.30E-06	1.20E-05	1.20E-05	1.20E-05	1.20E-05	1.00E-05
I-133	9.00E-06	0	9.00E-06	9.00E-06	9.00E-06	9.10E-06	9.04E-06	4.50E-06	8.80E-06	9.00E-06	8.60E-06	8.60E-06	7.30E-06
I-134	1.70E-09	0	1.70E-09	1.70E-09	1.70E-09	1.70E-09	1.74E-09	8.60E-10	1.70E-09	1.70E-09	1.60E-09	1.60E-09	1.40E-09
I-135	2.60E-10	0	2.70E-10	2.60E-10	2.70E-10	3.20E-10	2.68E-10	1.00E-10	2.60E-10	2.70E-10	2.50E-10	2.60E-10	2.00E-10
Cs-134	6.22E-06	0	6.28E-06	5.78E-06	6.27E-06	6.13E-06	6.28E-06	3.08E-06	6.09E-06	6.26E-06	5.95E-06	5.80E-06	4.91E-06
Cs-136	8.99E-05	0	9.07E-05	8.34E-05	9.06E-05	8.89E-05	9.07E-05	4.42E-05	8.79E-05	9.05E-05	8.59E-05	8.41E-05	7.10E-05
Cs-137	2.42E-05	0	2.44E-05	2.23E-05	2.44E-05	2.53E-05	2.44E-05	1.06E-05	2.36E-05	2.44E-05	2.30E-05	2.37E-05	1.97E-05
Cs-138	1.14E-05	0	1.15E-05	1.05E-05	1.15E-05	1.14E-05	1.15E-05	5.52E-06	1.11E-05	1.14E-05	1.08E-05	1.07E-05	8.94E-06
Ba-137m	8.13E-05	0	8.20E-05	7.53E-05	8.20E-05	8.07E-05	8.20E-05	3.94E-05	7.94E-05	8.19E-05	7.74E-05	7.63E-05	6.47E-05
Ba-140	3.02E-04	0	3.04E-04	2.80E-04	3.04E-04	2.95E-04	3.04E-04	1.51E-04	2.95E-04	3.03E-04	2.88E-04	2.79E-04	2.38E-04
La-140	1.75E-04	0	1.77E-04	1.62E-04	1.77E-04	1.74E-04	1.77E-04	8.51E-05	1.71E-04	1.77E-04	1.67E-04	1.64E-04	1.39E-04
Ce-141	5.26E-04	0	5.30E-04	4.90E-04	5.30E-04	5.13E-04	5.30E-04	2.66E-04	5.14E-04	5.30E-04	5.02E-04	4.84E-04	4.14E-04
Ce-143	3.22E-04	0	3.24E-04	3.01E-04	3.24E-04	3.12E-04	3.24E-04	1.70E-04	3.15E-04	3.24E-04	3.08E-04	2.95E-04	2.54E-04
Ce-144	4.55E-04	0	4.57E-04	4.28E-04	4.57E-04	4.41E-04	4.57E-04	2.45E-04	4.47E-04	4.57E-04	4.37E-04	4.18E-04	3.60E-04
Pr-143	1.21E-04	0	1.22E-04	1.12E-04	1.22E-04	1.19E-04	1.22E-04	5.97E-05	1.18E-04	1.22E-04	1.16E-04	1.13E-04	9.55E-05
Pr-144	5.27E-05	0	5.31E-05	4.84E-05	5.31E-05	5.31E-05	5.31E-05	2.52E-05	5.14E-05	5.30E-05	5.00E-05	4.99E-05	4.20E-05

表 6.2-30（1/2）各放射性核素对陆生生物的土中浸没外照射剂量率转换因子

单位：(μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
H-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr-51	1.52E-05	1.54E-05	1.55E-05	0	0	0	0	0	1.44E-05	1.54E-05	1.38E-05	0	0
Mn-54	4.40E-04	4.40E-04	4.50E-04	0	0	0	0	0	4.20E-04	4.50E-04	4.00E-04	0	0
Fe-55	5.86E-08	6.12E-08	6.26E-08	0	0	0	0	0	4.93E-08	6.20E-08	4.20E-08	0	0
Fe-59	6.08E-04	6.15E-04	6.19E-04	0	0	0	0	0	5.82E-04	6.17E-04	5.62E-04	0	0
Co-57	4.00E-05	4.00E-05	4.10E-05	0	0	0	0	0	3.80E-05	4.00E-05	3.70E-05	0	0
Co-58	5.10E-04	5.20E-04	5.20E-04	0	0	0	0	0	4.90E-04	5.20E-04	4.70E-04	0	0
Co-60	1.30E-03	1.30E-03	1.30E-03	0	0	0	0	0	1.20E-03	1.30E-03	1.20E-03	0	0
Zn-65	2.99E-04	3.02E-04	3.04E-04	0	0	0	0	0	2.86E-04	3.03E-04	2.76E-04	0	0
Br-84	9.06E-04	9.17E-04	9.23E-04	0	0	0	0	0	8.69E-04	9.20E-04	8.39E-04	0	0
Rb-88	3.18E-04	3.22E-04	3.24E-04	0	0	0	0	0	3.05E-04	3.23E-04	2.95E-04	0	0
Sr-89	4.40E-08	4.50E-08	4.50E-08	0	0	0	0	0	4.20E-08	4.50E-08	4.10E-08	0	0
Sr-90	1.50E-10	1.50E-10	1.60E-10	0	0	0	0	0	1.20E-10	1.50E-10	1.10E-10	0	0
Sr-91	5.40E-04	5.47E-04	5.51E-04	0	0	0	0	0	5.15E-04	5.50E-04	4.95E-04	0	0
Sr-92	6.80E-04	6.87E-04	6.91E-04	0	0	0	0	0	6.52E-04	6.90E-04	6.30E-04	0	0
Y-90	1.47E-10	1.53E-10	1.57E-10	0	0	0	0	0	1.24E-10	1.55E-10	1.06E-10	0	0
Y-91	1.85E-06	1.87E-06	1.88E-06	0	0	0	0	0	1.77E-06	1.88E-06	1.71E-06	0	0
Y-91m	2.79E-04	2.83E-04	2.85E-04	0	0	0	0	0	2.65E-04	2.84E-04	2.54E-04	0	0
Y-93	4.45E-05	4.50E-05	4.53E-05	0	0	0	0	0	4.26E-05	4.52E-05	4.10E-05	0	0
Zr-95	3.90E-04	4.00E-04	4.00E-04	0	0	0	0	0	3.70E-04	4.00E-04	3.60E-04	0	0
Nb-95	4.10E-04	4.10E-04	4.10E-04	0	0	0	0	0	3.90E-04	4.10E-04	3.70E-04	0	0
Mo-99	1.20E-04	1.22E-04	1.22E-04	0	0	0	0	0	1.14E-04	1.22E-04	1.10E-04	0	0
Tc-99m	4.52E-05	4.57E-05	4.60E-05	0	0	0	0	0	4.31E-05	4.59E-05	4.15E-05	0	0
Ru-103	2.40E-04	2.50E-04	2.50E-04	0	0	0	0	0	2.30E-04	2.50E-04	2.20E-04	0	0
Ru-106	1.10E-04	1.10E-04	1.10E-04	0	0	0	0	0	1.00E-04	1.10E-04	9.80E-05	0	0
Rh-103m	1.75E-07	1.82E-07	1.86E-07	0	0	0	0	0	1.50E-07	1.85E-07	1.30E-07	0	0
Rh-106	1.07E-04	1.09E-04	1.09E-04	0	0	0	0	0	1.02E-04	1.09E-04	9.78E-05	0	0
Ag-110m	9.30E-04	9.50E-04	9.50E-04	0	0	0	0	0	8.90E-04	9.50E-04	8.60E-04	0	0
Sb-124	3.50E-05	3.60E-05	3.60E-05	0	0	0	0	0	3.30E-05	3.60E-05	3.20E-05	0	0
Sb-125	1.30E-03	1.30E-03	1.40E-03	0	0	0	0	0	1.30E-03	1.40E-03	1.20E-03	0	0
Te-129	1.20E-03	1.20E-03	1.20E-03	0	0	0	0	0	1.10E-03	1.20E-03	1.10E-03	0	0
Te-129m	3.20E-04	3.20E-04	3.20E-04	0	0	0	0	0	3.00E-04	3.20E-04	2.90E-04	0	0

表 6.2-30 (2/2) 各放射性核素对陆生生物的土中浸没外照射剂量率转换因子

单位: ($\mu\text{Gy/h}$)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
Te-131	8.20E-04	8.30E-04	8.40E-04	0	0	0	0	0	7.80E-04	8.30E-04	7.50E-04	0	0
Te-131m	1.10E-03	1.10E-03	1.10E-03	0	0	0	0	0	1.10E-03	1.10E-03	1.00E-03	0	0
Te-132	3.00E-04	3.00E-04	3.10E-04	0	0	0	0	0	2.80E-04	3.00E-04	2.70E-04	0	0
Te-134	1.45E-03	1.46E-03	1.47E-03	0	0	0	0	0	1.38E-03	1.47E-03	1.33E-03	0	0
I-131	1.18E-03	1.19E-03	1.20E-03	0	0	0	0	0	1.13E-03	1.19E-03	1.09E-03	0	0
I-132	2.70E-05	2.70E-05	2.70E-05	0	0	0	0	0	2.60E-05	2.70E-05	2.50E-05	0	0
I-133	2.30E-05	2.30E-05	2.30E-05	0	0	0	0	0	2.20E-05	2.30E-05	2.10E-05	0	0
I-134	4.50E-09	4.50E-09	4.60E-09	0	0	0	0	0	4.30E-09	4.60E-09	4.10E-09	0	0
I-135	5.50E-10	5.60E-10	5.60E-10	0	0	0	0	0	5.20E-10	5.60E-10	4.90E-10	0	0
Cs-134	1.63E-05	1.65E-05	1.66E-05	0	0	0	0	0	1.54E-05	1.65E-05	1.48E-05	0	0
Cs-136	2.32E-04	2.36E-04	2.37E-04	0	0	0	0	0	2.21E-04	2.37E-04	2.12E-04	0	0
Cs-137	5.40E-05	5.48E-05	5.52E-05	0	0	0	0	0	5.14E-05	5.50E-05	4.93E-05	0	0
Cs-138	2.87E-05	2.91E-05	2.93E-05	0	0	0	0	0	2.72E-05	2.92E-05	2.61E-05	0	0
Ba-137m	2.01E-04	2.04E-04	2.05E-04	0	0	0	0	0	1.92E-04	2.05E-04	1.84E-04	0	0
Ba-140	7.76E-04	7.85E-04	7.91E-04	0	0	0	0	0	7.40E-04	7.89E-04	7.12E-04	0	0
La-140	4.44E-04	4.50E-04	4.53E-04	0	0	0	0	0	4.22E-04	4.52E-04	4.05E-04	0	0
Ce-141	1.36E-03	1.38E-03	1.39E-03	0	0	0	0	0	1.30E-03	1.39E-03	1.25E-03	0	0
Ce-143	8.38E-04	8.48E-04	8.53E-04	0	0	0	0	0	8.03E-04	8.51E-04	7.75E-04	0	0
Ce-144	1.20E-03	1.21E-03	1.22E-03	0	0	0	0	0	1.15E-03	1.22E-03	1.11E-03	0	0
Pr-143	3.16E-04	3.20E-04	3.23E-04	0	0	0	0	0	3.01E-04	3.22E-04	2.88E-04	0	0
Pr-144	1.31E-04	1.32E-04	1.33E-04	0	0	0	0	0	1.24E-04	1.33E-04	1.19E-04	0	0

表 6.2-31（1/2）各放射性核素对陆生生物的内照射剂量率转换因子

单位：(μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
H-3	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	7.72E-06	8.27E-06	8.22E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06	8.27E-06
C-14	2.85E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.96E-05	2.85E-05	2.85E-05	2.89E-05	2.96E-05	2.96E-05	2.85E-05	2.96E-05	2.85E-05	2.96E-05
Cr-51	8.06E-06	7.57E-06	7.25E-06	1.00E-05	7.39E-06	7.53E-06	7.19E-06	1.90E-05	8.98E-06	7.49E-06	8.78E-06	7.53E-06	1.88E-05
Mn-54	2.76E-05	1.68E-05	1.01E-05	7.31E-05	1.25E-05	1.58E-05	9.59E-06	2.96E-04	4.96E-05	1.45E-05	4.37E-05	1.58E-05	2.65E-04
Fe-55	8.21E-06	8.15E-06	7.99E-06	8.25E-06	8.08E-06	8.14E-06	7.94E-06	8.26E-06	8.24E-06	8.13E-06	8.25E-06	8.14E-06	8.26E-06
Fe-59	9.29E-05	7.76E-05	6.69E-05	1.56E-04	7.12E-05	7.60E-05	6.46E-05	4.51E-04	1.23E-04	7.46E-05	1.16E-04	7.60E-05	3.97E-04
Co-57	3.14E-05	2.91E-05	2.86E-05	3.89E-05	2.81E-05	2.94E-05	2.77E-05	7.69E-05	3.56E-05	2.94E-05	3.42E-05	2.94E-05	7.81E-05
Co-58	4.84E-05	3.42E-05	2.64E-05	1.03E-04	2.96E-05	3.31E-05	2.51E-05	3.67E-04	7.42E-05	3.25E-05	6.68E-05	3.31E-05	3.27E-04
Co-60	1.10E-04	7.70E-05	5.90E-05	2.40E-04	6.40E-05	7.40E-05	5.70E-05	8.50E-04	1.70E-04	7.10E-05	1.50E-04	7.40E-05	7.30E-04
Zn-65	2.37E-05	1.63E-05	1.18E-05	5.45E-05	1.35E-05	1.55E-05	1.13E-05	2.00E-04	3.83E-05	1.49E-05	3.47E-05	1.55E-05	1.75E-04
Br-84	6.01E-04	4.54E-04	2.26E-04	7.76E-04	3.18E-04	4.22E-04	2.01E-04	1.22E-03	7.08E-04	3.86E-04	6.68E-04	4.22E-04	1.13E-03
Rb-88	8.80E-04	6.10E-04	2.45E-04	1.13E-03	3.77E-04	5.47E-04	2.13E-04	1.36E-03	1.05E-03	4.84E-04	9.91E-04	5.47E-04	1.32E-03
Sr-89	3.10E-04	2.90E-04	2.10E-04	3.30E-04	2.50E-04	2.80E-04	1.96E-04	3.30E-04	3.30E-04	2.80E-04	3.20E-04	2.80E-04	3.40E-04
Sr-90	5.90E-04	5.20E-04	3.50E-04	6.30E-04	4.20E-04	5.10E-04	3.17E-04	6.50E-04	6.20E-04	4.90E-04	6.00E-04	5.10E-04	6.50E-04
Sr-91	3.76E-04	3.22E-04	2.16E-04	4.59E-04	2.69E-04	3.13E-04	1.97E-04	7.40E-04	4.22E-04	2.99E-04	4.04E-04	3.13E-04	7.04E-04
Sr-92	1.37E-04	1.18E-04	9.98E-05	2.07E-04	1.08E-04	1.16E-04	9.52E-05	5.34E-04	1.71E-04	1.14E-04	1.63E-04	1.16E-04	4.69E-04
Y-90	4.77E-04	4.13E-04	2.44E-04	5.19E-04	3.29E-04	3.99E-04	2.20E-04	5.35E-04	5.08E-04	3.78E-04	4.88E-04	3.99E-04	5.35E-04
Y-91	3.23E-04	2.94E-04	2.16E-04	3.40E-04	2.61E-04	2.90E-04	1.98E-04	3.47E-04	3.35E-04	2.82E-04	3.29E-04	2.90E-04	3.47E-04
Y-91m	2.87E-05	2.03E-05	1.42E-05	6.07E-05	1.71E-05	1.97E-05	1.29E-05	2.05E-04	4.38E-05	1.90E-05	4.02E-05	1.97E-05	1.91E-04
Y-93	5.80E-04	4.77E-04	2.48E-04	6.51E-04	3.52E-04	4.53E-04	2.21E-04	6.98E-04	6.31E-04	4.21E-04	5.99E-04	4.53E-04	6.95E-04
Zr-95	8.50E-05	7.50E-05	6.70E-05	1.30E-04	7.00E-05	7.30E-05	6.48E-05	3.20E-04	1.10E-04	7.30E-05	1.00E-04	7.30E-05	3.00E-04
Nb-95	4.49E-05	3.43E-05	2.91E-05	8.87E-05	3.06E-05	3.43E-05	2.81E-05	2.90E-04	6.53E-05	3.33E-05	6.02E-05	3.43E-05	2.60E-04
Mo-99	2.36E-04	2.19E-04	1.83E-04	2.60E-04	2.04E-04	2.17E-04	1.71E-04	3.40E-04	2.49E-04	2.14E-04	2.46E-04	2.17E-04	3.37E-04
Tc-99m	1.54E-05	1.36E-05	1.25E-05	2.39E-05	1.30E-05	1.35E-05	1.23E-05	6.23E-05	1.93E-05	1.33E-05	1.87E-05	1.35E-05	6.33E-05
Ru-103	8.01E-05	7.42E-05	6.90E-05	1.15E-04	7.21E-05	7.31E-05	6.74E-05	2.35E-04	9.47E-05	7.31E-05	9.05E-05	7.31E-05	2.25E-04
Ru-106	6.90E-04	5.40E-04	2.65E-04	7.90E-04	3.60E-04	5.10E-04	2.35E-04	8.80E-04	7.60E-04	4.70E-04	7.20E-04	5.10E-04	8.80E-04
Rh-103m	2.52E-05	2.50E-05	2.48E-05	2.56E-05	2.49E-05	2.50E-05	2.48E-05	2.57E-05	2.54E-05	2.50E-05	2.54E-05	2.50E-05	2.57E-05
Rh-106	6.83E-04	5.39E-04	2.55E-04	7.88E-04	3.77E-04	5.04E-04	2.26E-04	8.79E-04	7.57E-04	4.62E-04	7.16E-04	5.04E-04	8.74E-04
Ag-110m	2.40E-04	2.00E-04	1.40E-04	3.50E-04	1.70E-04	2.00E-04	1.34E-04	8.10E-04	3.00E-04	1.90E-04	2.80E-04	2.00E-04	7.30E-04
Sb-124	3.47E-04	3.16E-04	2.56E-04	3.67E-04	2.85E-04	3.16E-04	2.37E-04	3.87E-04	3.58E-04	3.06E-04	3.58E-04	3.16E-04	3.87E-04
Sb-125	4.08E-04	3.47E-04	2.65E-04	5.60E-04	3.06E-04	3.37E-04	2.48E-04	1.20E-03	4.89E-04	3.27E-04	4.69E-04	3.37E-04	1.20E-03
Te-129	3.20E-04	2.70E-04	1.90E-04	4.60E-04	2.30E-04	2.60E-04	1.79E-04	1.10E-03	3.90E-04	2.50E-04	3.70E-04	2.60E-04	9.80E-04
Te-129m	2.40E-04	2.20E-04	1.80E-04	2.80E-04	2.00E-04	2.20E-04	1.65E-04	4.50E-04	2.60E-04	2.10E-04	2.60E-04	2.20E-04	4.30E-04

表 6.2-31（2/2）各放射性核素对陆生生物的内照射剂量率转换因子

单位：(μGy/h)/(Bq/kg)

核素	两栖动物	环节动物	食腐节肢动物	鸟类	飞行类昆虫	草本植物	苔藓植物	大型哺乳动物	小型掘洞哺乳动物	腹足纲软体动物	爬行动物	灌木植物	乔木
Te-131	1.30E-04	1.10E-04	8.80E-05	2.20E-04	9.70E-05	1.00E-04	8.46E-05	6.30E-04	1.70E-04	1.00E-04	1.60E-04	1.00E-04	5.80E-04
Te-131m	1.33E-04	1.02E-04	8.37E-05	2.50E-04	9.08E-05	9.99E-05	8.10E-05	8.10E-04	1.94E-04	9.69E-05	1.73E-04	9.99E-05	7.30E-04
Te-132	1.50E-04	1.40E-04	1.20E-04	1.90E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.18E-04	3.40E-04	1.70E-04	1.40E-04	1.70E-04	1.40E-04	3.20E-04
Te-134	5.83E-04	5.15E-04	4.08E-04	7.49E-04	4.66E-04	5.08E-04	3.81E-04	1.46E-03	6.66E-04	4.96E-04	6.45E-04	5.08E-04	1.33E-03
I-131	3.38E-04	2.87E-04	2.11E-04	4.69E-04	2.52E-04	2.82E-04	1.94E-04	1.04E-03	4.03E-04	2.73E-04	3.86E-04	2.82E-04	9.35E-04
I-132	1.02E-04	9.89E-05	9.39E-05	1.12E-04	9.59E-05	9.89E-05	9.12E-05	1.33E-04	1.02E-04	9.79E-05	1.02E-04	9.89E-05	1.33E-04
I-133	6.50E-04	5.40E-04	3.00E-04	7.20E-04	4.10E-04	5.20E-04	2.77E-04	7.60E-04	7.00E-04	4.90E-04	6.70E-04	5.20E-04	7.60E-04
I-134	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.06E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02	3.10E-02
I-135	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	7.61E-06	8.06E-06	8.10E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06	8.06E-06
Cs-134	5.86E-04	4.86E-04	2.54E-04	6.53E-04	3.61E-04	4.63E-04	2.26E-04	6.86E-04	6.35E-04	4.31E-04	6.03E-04	4.63E-04	6.85E-04
Cs-136	3.14E-04	2.81E-04	2.06E-04	3.56E-04	2.47E-04	2.77E-04	1.89E-04	4.81E-04	3.38E-04	2.68E-04	3.29E-04	2.77E-04	4.69E-04
Cs-137	6.72E-05	6.43E-05	6.23E-05	7.88E-05	6.32E-05	6.41E-05	6.19E-05	1.22E-04	7.28E-05	6.38E-05	7.18E-05	6.41E-05	1.23E-04
Cs-138	3.01E-04	2.78E-04	2.19E-04	3.18E-04	2.54E-04	2.75E-04	2.04E-04	3.38E-04	3.12E-04	2.69E-04	3.08E-04	2.75E-04	3.37E-04
Ba-137m	3.91E-04	3.46E-04	2.38E-04	4.40E-04	2.96E-04	3.39E-04	2.18E-04	5.64E-04	4.21E-04	3.27E-04	4.07E-04	3.39E-04	5.55E-04
Ba-140	2.36E-04	2.03E-04	1.57E-04	3.30E-04	1.80E-04	1.99E-04	1.48E-04	7.27E-04	2.82E-04	1.93E-04	2.69E-04	1.99E-04	6.73E-04
La-140	1.93E-04	1.75E-04	1.54E-04	2.50E-04	1.66E-04	1.74E-04	1.47E-04	4.93E-04	2.21E-04	1.72E-04	2.15E-04	1.74E-04	4.72E-04
Ce-141	3.91E-04	3.26E-04	2.24E-04	5.54E-04	2.77E-04	3.18E-04	2.05E-04	1.23E-03	4.73E-04	3.06E-04	4.49E-04	3.18E-04	1.13E-03
Ce-143	2.45E-04	2.12E-04	1.68E-04	3.36E-04	1.92E-04	2.09E-04	1.57E-04	7.43E-04	2.90E-04	2.04E-04	2.78E-04	2.09E-04	6.68E-04
Ce-144	6.41E-04	5.08E-04	2.59E-04	8.27E-04	3.71E-04	4.81E-04	2.30E-04	1.42E-03	7.47E-04	4.46E-04	7.02E-04	4.81E-04	1.31E-03
Pr-143	5.10E-05	4.02E-05	2.97E-05	8.72E-05	3.51E-05	3.94E-05	2.71E-05	2.47E-04	6.84E-05	3.82E-05	6.42E-05	3.94E-05	2.29E-04
Pr-144	2.52E-04	2.33E-04	1.95E-04	2.79E-04	2.18E-04	2.32E-04	1.83E-04	3.60E-04	2.67E-04	2.28E-04	2.63E-04	2.32E-04	3.56E-04
Ar-41	2.80E-04	2.40E-04	1.90E-04	3.40E-04	2.20E-04	2.40E-04	1.40E-04	6.20E-04	3.20E-04	2.40E-04	3.30E-04	1.20E-04	1.20E-04
Kr-85	1.40E-04	1.40E-04	1.20E-04	1.40E-04	1.30E-04	1.40E-04	1.00E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.40E-04	1.00E-04	1.00E-04
Kr-88	9.80E-04	6.00E-04	3.40E-04	1.40E-03	4.90E-04	6.00E-04	2.00E-04	2.00E-03	1.20E-03	6.40E-04	1.20E-03	1.80E-04	1.80E-04
Xe-131m	8.89E-05	8.69E-05	8.19E-05	9.19E-05	8.49E-05	8.59E-05	7.69E-05	9.69E-05	9.09E-05	8.69E-05	9.09E-05	7.59E-05	7.59E-05
Xe-133	8.35E-05	8.15E-05	7.85E-05	8.85E-05	8.05E-05	8.15E-05	7.55E-05	1.02E-04	8.55E-05	8.15E-05	8.65E-05	7.55E-05	7.55E-05

表 6.2-32 海洋生态系统各生物居留因子

生物	水面	水中	水底	底泥
深海鱼类	0	0	1	0
甲壳类	0	0	1	0
藻类	0	0	1	0
软体类	0	0	1	0
浅水鱼	0	1	0	0
浮游植物	0	1	0	0
浮游动物	0	1	0	0
哺乳动物	0	1	0	0

表 6.2-33 陆生生态系统各生物居留因子

生物	土表	土中	空气中
两栖动物	1	0	1
环节动物	0	1	0
腐食节肢动物	0	1	0
鸟类	1	0	1
飞行类昆虫	1	0	1
草本植物	1	0	1
苔藓植物	1	0	1
大型哺乳动物	1	0	1
小型掘洞哺乳动物	0	1	0
腹足纲软体动物	1	0	1
爬行动物	0	1	0
灌木植物	1	0	1
乔木	1	0	1

表 6.2-34 海洋生物受到的剂量率（单位： $\mu\text{Gy/h}$ ）

机组	生物	内照射剂量率	外照射剂量率	总剂量率
三澳核 电厂 1、 2 号机 组	深海鱼类	7.74E-03	7.45E-06	7.75E-03
	甲壳类	1.49E-02	7.24E-06	1.49E-02
	藻类	1.59E-02	8.79E-06	1.60E-02
	软体类	3.27E-02	7.95E-06	3.27E-02
	浅水鱼	7.85E-03	1.07E-05	7.86E-03
	浮游植物	5.94E-03	1.42E-05	5.95E-03
	浮游动物	4.03E-02	1.27E-05	4.03E-02
	哺乳动物*	9.44E-01	5.27E-06	9.44E-01

*：哺乳动物指银杏齿喙鲸。

表 6.2-35 陆生生物受到的剂量率（单位： $\mu\text{Gy/h}$ ）

机组	生物	空气外照射	土表外照射	土中外照射	内照射	总剂量率
三澳核 电厂 1、 2 号机组	两栖动物	6.00E-04	2.50E-04	0.00E+00	7.05E-04	1.55E-03
	环节动物	0.00E+00	0.00E+00	2.64E-06	5.10E-04	5.13E-04
	腐食节肢动物	0.00E+00	0.00E+00	2.71E-06	5.10E-04	5.13E-04
	鸟类	4.72E-04	2.48E-04	0.00E+00	7.15E-04	1.44E-03
	飞行类昆虫	7.62E-04	2.66E-04	0.00E+00	4.83E-04	1.51E-03
	草本植物	7.29E-04	2.48E-04	0.00E+00	6.09E-04	1.59E-03
	苔藓植物	8.95E-04	2.59E-04	0.00E+00	6.11E-04	1.77E-03
	大型哺乳动物	2.48E-04	1.26E-04	0.00E+00	7.23E-04	1.10E-03
	小型掘洞哺乳动物	0.00E+00	0.00E+00	2.47E-06	7.18E-04	7.21E-04
	腹足纲软体动物	6.96E-04	2.66E-04	0.00E+00	5.10E-04	1.47E-03
	爬行动物	0.00E+00	0.00E+00	2.38E-06	7.15E-04	7.18E-04
	灌木植物	9.00E-04	2.43E-04	0.00E+00	6.10E-04	1.75E-03
	乔木	9.00E-04	2.02E-04	0.00E+00	7.06E-04	1.81E-03

表 6.2-36 厂址附近各人群受照辐射剂量比较

单位：Sv/a

照射途径		人群来源	WSW方位1.9km	WSW方位1.9km	WSW方位1.9km
			长沙村渔民	长沙村农民	长沙村青少年
气态	空气浸没外照射		8.39E-09	8.39E-09	8.39E-09
	地面沉积外照射		4.88E-09	4.88E-09	4.88E-09
	吸入空气内照射		1.34E-08	1.34E-08	1.71E-08
	陆生食品内照射		1.98E-07	2.37E-07	2.30E-07
气态途径 剂量合计			2.25E-07	2.64E-07	2.60E-07
液态	岸边沉积外照射		2.68E-09	1.72E-09	1.61E-09
	水上活动外照射		4.48E-12	1.24E-13	4.20E-13
	水产品食入内照射		1.24E-07	4.58E-08	7.76E-08
液态途径 剂量合计			1.27E-07	4.75E-08	7.92E-08
总剂量			3.52E-07	3.12E-07	3.39E-07

表 6.2-37 (1/2) 放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量 (Sv/a)
(WSW 方位 1.9 km, 长沙村渔民)

序号	核素	空气浸没外照射		地面沉积物外照射		吸入内照射		食入陆生食品内照射		岸边沉积物外照射		水上活动外照射		食入海产品内照射		气态和液态途径	
		剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数
1	³ H	—	—	—	—	1.34E-08	3.81	6.94E-09	1.97	—	—	—	—	4.42E-09	1.26	2.47E-08	7.02
2	¹⁴ C	—	—	4.10E-09	1.16	—	—	1.91E-07	54.26	6.85E-14	0.00	7.71E-20	0.00	9.57E-08	27.19	2.90E-07	82.39
3	⁸⁵ Kr	4.62E-11	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.62E-11	0.01
4	^{85m} Kr	1.31E-10	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.31E-10	0.04
5	⁸⁷ Kr	8.22E-10	0.23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.22E-10	0.23
6	⁸⁸ Kr	3.79E-09	1.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.79E-09	1.08
7	¹³³ Xe	4.34E-10	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.34E-10	0.12
8	^{133m} Xe	1.23E-11	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.23E-11	0.00
9	¹³⁵ Xe	1.73E-09	0.49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.73E-09	0.49
10	¹³⁸ Xe	1.43E-09	0.41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.43E-09	0.41
11	⁵¹ Cr	5.96E-17	0.00	1.99E-14	0.00	4.46E-16	0.00	4.71E-15	0.00	4.70E-12	0.00	9.16E-14	0.00	2.08E-10	0.06	2.12E-10	0.06
12	⁵⁴ Mn	1.65E-16	0.00	6.08E-13	0.00	2.14E-15	0.00	1.24E-13	0.00	2.14E-10	0.06	1.88E-13	0.00	7.38E-10	0.21	9.53E-10	0.27
13	⁵⁹ Fe	2.40E-16	0.00	1.19E-13	0.00	5.23E-15	0.00	4.07E-14	0.00	3.16E-11	0.01	4.08E-13	0.00	4.19E-09	1.19	4.22E-09	1.20
14	⁵⁸ Co	1.48E-15	0.00	1.24E-12	0.00	1.78E-14	0.00	2.32E-13	0.00	2.24E-10	0.06	8.73E-13	0.00	9.37E-10	0.27	1.16E-09	0.33
15	⁶⁰ Co	1.42E-15	0.00	3.00E-11	0.01	3.99E-14	0.00	2.59E-12	0.00	2.12E-09	0.60	3.23E-13	0.00	4.78E-09	1.36	6.94E-09	1.97
16	⁸⁹ Sr	4.63E-20	0.00	2.13E-16	0.00	2.26E-16	0.00	2.21E-15	0.00	1.66E-15	0.00	1.20E-17	0.00	5.70E-14	0.00	6.13E-14	0.00
17	⁹⁰ Sr	9.66E-22	0.00	2.06E-15	0.00	1.26E-16	0.00	1.02E-13	0.00	2.67E-16	0.00	5.67E-22	0.00	1.26E-14	0.00	1.17E-13	0.00
18	⁹¹ Sr	8.78E-17	0.00	4.02E-16	0.00	3.35E-16	0.00	1.53E-17	0.00	4.97E-18	0.00	2.37E-16	0.00	9.80E-17	0.00	1.18E-15	0.00
19	⁹² Sr	4.01E-16	0.00	4.95E-16	0.00	4.42E-16	0.00	8.51E-20	0.00	4.41E-18	0.00	7.88E-16	0.00	1.35E-18	0.00	2.13E-15	0.00
20	⁹⁰ Y	2.06E-22	0.00	4.36E-20	0.00	1.24E-19	0.00	1.57E-19	0.00	2.13E-16	0.00	4.46E-19	0.00	9.23E-14	0.00	9.25E-14	0.00
21	⁹¹ Y	2.26E-21	0.00	9.32E-18	0.00	8.99E-18	0.00	6.04E-17	0.00	1.94E-14	0.00	4.06E-18	0.00	6.47E-13	0.00	6.67E-13	0.00
22	⁹⁵ Zr	6.17E-19	0.00	9.90E-16	0.00	3.01E-17	0.00	1.26E-16	0.00	6.77E-13	0.00	1.04E-15	0.00	1.38E-12	0.00	2.06E-12	0.00
23	⁹⁵ Nb	1.37E-19	0.00	5.65E-17	0.00	1.92E-18	0.00	8.30E-18	0.00	8.15E-14	0.00	5.04E-16	0.00	1.19E-13	0.00	2.01E-13	0.00
24	⁹⁹ Mo	9.76E-17	0.00	3.63E-15	0.00	2.43E-15	0.00	1.13E-15	0.00	2.92E-14	0.00	2.93E-15	0.00	3.37E-13	0.00	3.76E-13	0.00
25	^{99m} Tc	1.73E-18	0.00	5.24E-18	0.00	1.93E-18	0.00	1.92E-20	0.00	3.20E-18	0.00	2.30E-15	0.00	1.93E-14	0.00	2.17E-14	0.00
26	¹⁰³ Ru	6.42E-19	0.00	3.09E-16	0.00	2.40E-17	0.00	1.01E-16	0.00	7.06E-16	0.00	1.05E-15	0.00	1.09E-12	0.00	1.09E-12	0.00
27	¹⁰⁶ Ru	3.20E-20	0.00	2.13E-16	0.00	2.79E-17	0.00	3.58E-16	0.00	3.48E-16	0.00	5.95E-17	0.00	1.53E-12	0.00	1.53E-12	0.00

表6.2-37 (2/2) 各放射性核素通过各种照射途径对关键居民组个人造成的有效剂量 (Sv/a)
(WSW方位1.9 km, 长沙村渔民)

序号	核素	空气浸没外照射		地面沉积物外照射		吸入内照射		食入陆生食品内照射		岸边沉积物外照射		水上活动外照射		食入海产品内照射		气态和液态途径			
		剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数	剂 量	百分数		
28	¹⁰⁶ Rh	—	—	—	—	—	—	—	—	1.32E-26	0.00	2.29E-21	0.00	—	—	2.29E-21	0.00		
29	^{110m} Ag	4.22E-16	0.00	1.22E-12	0.00	8.35E-15	0.00	1.28E-13	0.00	6.32E-12	0.00	4.75E-13	0.00	9.02E-09	2.56	9.03E-09	2.57		
30	¹²² Sb	6.71E-17	0.00	2.18E-15	0.00	1.12E-15	0.00	1.26E-15	0.00	4.40E-16	0.00	2.97E-15	0.00	1.97E-12	0.00	1.98E-12	0.00		
31	¹²⁴ Sb	3.89E-16	0.00	2.66E-13	0.00	9.62E-15	0.00	7.59E-14	0.00	6.88E-13	0.00	2.19E-13	0.00	6.49E-11	0.02	6.62E-11	0.02		
32	¹³¹ Te	2.16E-16	0.00	4.81E-17	0.00	1.06E-16	0.00	1.26E-35	0.00	1.32E-19	0.00	1.41E-16	0.00	3.00E-31	0.00	5.11E-16	0.00		
33	^{131m} Te	8.20E-18	0.00	1.18E-16	0.00	3.46E-17	0.00	1.92E-17	0.00	2.61E-18	0.00	3.50E-17	0.00	5.51E-14	0.00	5.53E-14	0.00		
34	¹³² Te	4.35E-18	0.00	2.00E-15	0.00	2.95E-16	0.00	5.06E-16	0.00	6.94E-16	0.00	3.32E-16	0.00	9.81E-12	0.00	9.81E-12	0.00		
35	¹³⁴ Te	6.58E-16	0.00	2.39E-16	0.00	3.64E-16	0.00	3.14E-28	0.00	9.69E-19	0.00	6.12E-16	0.00	6.62E-24	0.00	1.87E-15	0.00		
36	¹³¹ I	1.20E-14	0.00	8.28E-12	0.00	5.56E-13	0.00	6.59E-11	0.02	6.18E-15	0.00	6.80E-13	0.00	2.57E-09	0.73	2.64E-09	0.75		
37	¹³² I	6.36E-14	0.00	5.18E-13	0.00	2.18E-14	0.00	1.09E-17	0.00	7.25E-18	0.00	6.82E-14	0.00	4.41E-16	0.00	6.72E-13	0.00		
38	¹³³ I	2.93E-14	0.00	2.27E-12	0.00	1.91E-13	0.00	1.50E-12	0.00	4.04E-17	0.00	3.99E-14	0.00	8.96E-12	0.00	1.30E-11	0.00		
39	¹³⁴ I	5.38E-14	0.00	1.65E-13	0.00	7.76E-15	0.00	8.94E-24	0.00	1.47E-18	0.00	3.69E-14	0.00	6.05E-22	0.00	2.64E-13	0.00		
40	¹³⁵ I	4.50E-14	0.00	9.72E-13	0.00	4.66E-14	0.00	1.07E-14	0.00	1.66E-17	0.00	5.83E-14	0.00	1.87E-13	0.00	1.32E-12	0.00		
41	¹³⁴ Cs	2.38E-14	0.00	1.86E-10	0.05	1.01E-12	0.00	3.09E-10	0.09	4.46E-11	0.01	3.65E-13	0.00	6.34E-10	0.18	1.17E-09	0.33		
42	¹³⁶ Cs	1.26E-15	0.00	1.91E-13	0.00	1.04E-14	0.00	4.47E-14	0.00	1.17E-12	0.00	5.64E-13	0.00	2.97E-11	0.01	3.17E-11	0.01		
43	¹³⁷ Cs	1.39E-14	0.00	5.44E-10	0.15	1.73E-12	0.00	5.71E-10	0.16	2.78E-11	0.01	1.55E-14	0.00	6.35E-10	0.18	1.78E-09	0.51		
44	¹³⁸ Cs	2.04E-14	0.00	5.15E-15	0.00	2.46E-15	0.00	1.78E-30	0.00	5.04E-17	0.00	1.57E-14	0.00	8.47E-28	0.00	4.38E-14	0.00		
45	¹⁴⁰ Ba	3.54E-18	0.00	5.56E-16	0.00	7.48E-16	0.00	1.06E-15	0.00	1.22E-14	0.00	3.55E-15	0.00	2.03E-12	0.00	2.05E-12	0.00		
46	¹⁴⁰ La	1.26E-18	0.00	2.30E-17	0.00	4.22E-18	0.00	2.88E-18	0.00	3.50E-13	0.00	4.37E-14	0.00	1.36E-11	0.00	1.40E-11	0.00		
47	¹⁴¹ Ce	1.01E-19	0.00	4.20E-17	0.00	3.29E-17	0.00	7.40E-17	0.00	2.95E-14	0.00	1.62E-16	0.00	1.43E-12	0.00	1.46E-12	0.00		
48	¹⁴³ Ce	6.38E-18	0.00	1.12E-16	0.00	1.32E-16	0.00	5.61E-17	0.00	2.84E-16	0.00	3.73E-17	0.00	8.48E-14	0.00	8.54E-14	0.00		
49	¹⁴⁴ Ce	1.57E-20	0.00	1.35E-16	0.00	5.75E-17	0.00	3.55E-16	0.00	8.31E-14	0.00	5.52E-18	0.00	2.45E-12	0.00	2.54E-12	0.00		
50	¹⁴³ Pr	2.72E-22	0.00	7.28E-20	0.00	1.01E-17	0.00	1.64E-17	0.00	1.64E-16	0.00	1.23E-18	0.00	1.27E-12	0.00	1.27E-12	0.00		
51	¹⁴⁴ Pr	1.54E-20	0.00	2.35E-21	0.00	5.06E-20	0.00	—	—	9.41E-19	0.00	1.53E-17	0.00	5.10E-40	0.00	1.63E-17	0.00		
合计		8.39E-09	2.39	4.88E-09	1.39	1.34E-08	3.80	1.98E-07	56.41	2.68E-09	0.76	4.48E-12	0.00	1.24E-07	35.25	3.52E-07 100.00			
										气态途径: 2.25E-07(Sv), 占总剂量的百分比: 63.98								液态途径: 1.27E-07(Sv), 占总剂量的百分比: 36.02	

百分数指占总剂量的百分比

表 6.2-38 公众受照辐射剂量“三关键”计算分析结果

a) 关键组居民及其受照剂量

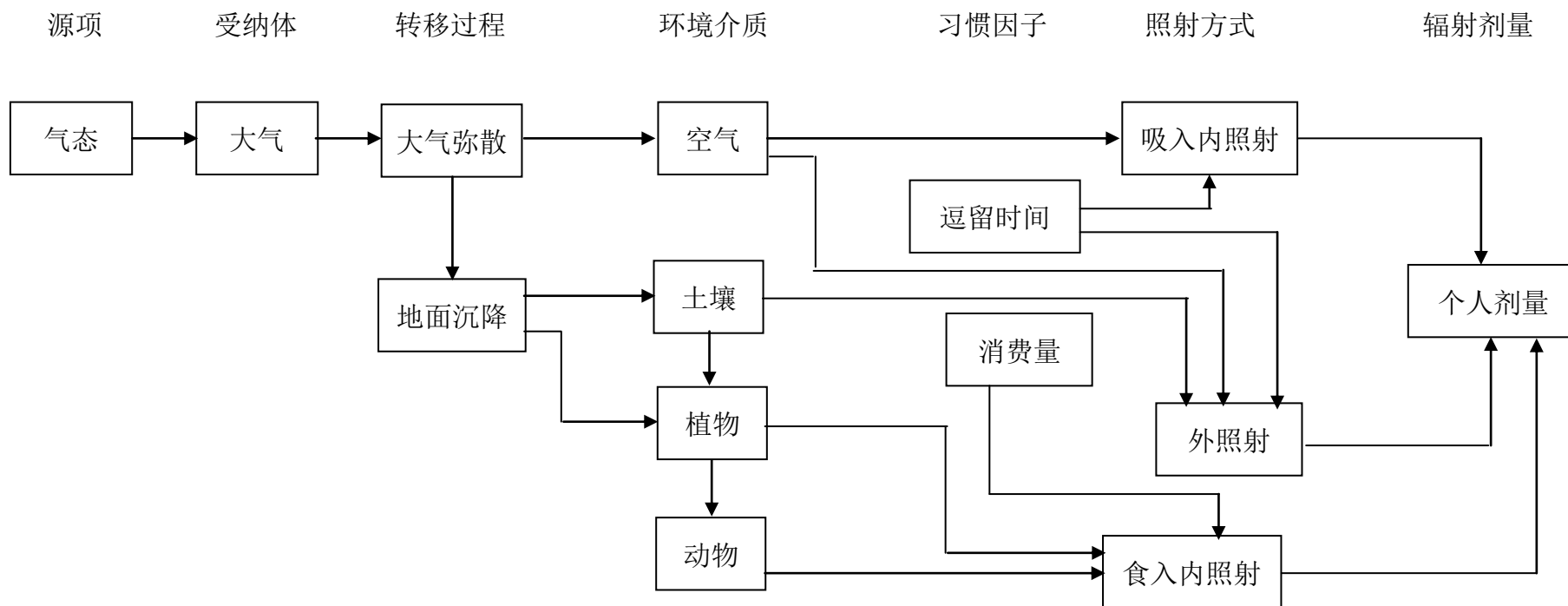
方位	距离 (km)	群体	有效剂量 (H_E) (Sv/a)
WSW	1.9	长沙村渔民	3.52E-07

b) 关键照射途径和重要照射途径

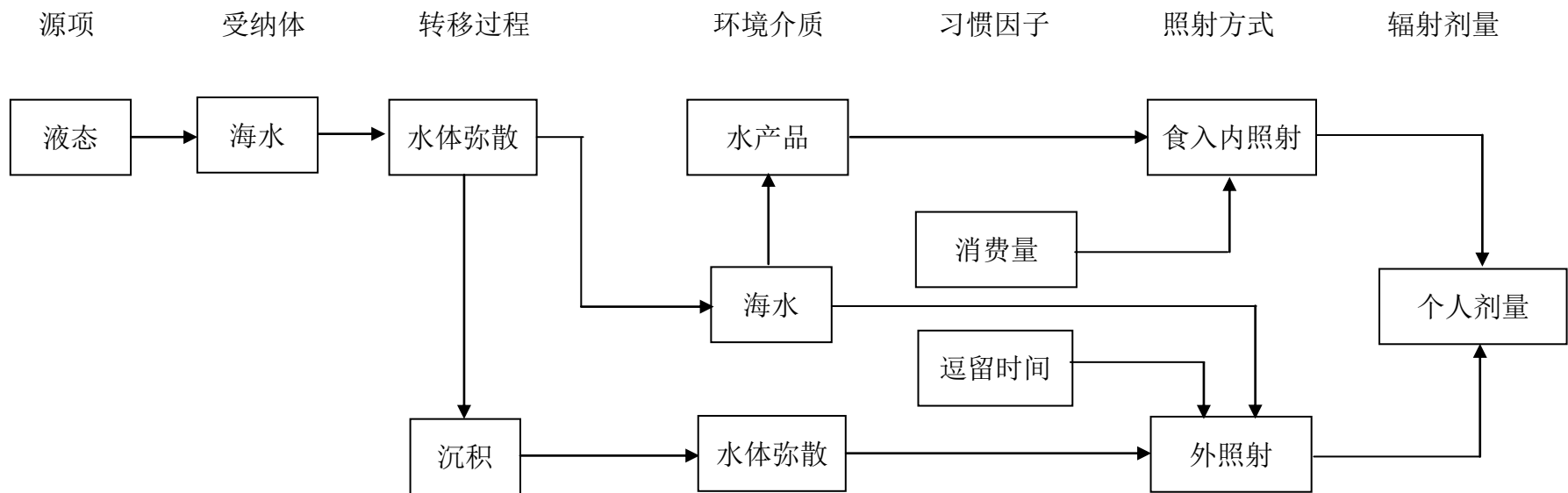
名称		有效剂量 (Sv/a)	占 H_E 的份额 (%)
关键照射途径	食入陆生食品内照射	1.98E-07	56.41
重要照射途径	食入海产品内照射	1.24E-07	35.25
	吸入空气内照射	1.34E-08	3.80

c) 关键核素和重要核素

名称		剂量贡献 (Sv/a)	占 H_E 的份额 (%)	主要照射途径及占 H_E 的份额 (%)
关键核素	^{14}C	2.90E-07	82.39	食入陆生食品内照射: 54.26
重要核素	^3H	2.47E-08	7.02	吸入空气内照射: 3.81
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	9.03E-09	2.57	食入海产品内照射: 2.56



中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
气态照射途径		
图 6.2-1	版次	A



中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
液态照射途径		
图 6.2-2	版次	A

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

6.3.1.3 浓盐水排放的影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 非放射性废水的环境影响

6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

6.3.2.3 噪声的环境影响

6.3.2.4 电磁的环境影响

6.3.3 参考资料

表

表 6.3-1 正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积

表 6.3-2 主要声源设备噪声级及与厂界距离

表 6.3-3 主要厂界的噪声贡献值

6.3 其它环境影响

三澳核电站1、2号机组正常运行时，可能造成的环境影响除了温排水影响和辐射影响外，还包括一定的非放射性环境影响，主要包括以下几方面：

- 非放射性化学物质随循环冷却水排放；
- 海水连续加氯处理系统的余氯排放；
- 海水淡化浓盐水的排放；
- 污水处理系统的排放；
- 非放射性固废，包括生活垃圾、一般工业废物和危险废物；
- 噪声和电磁辐射。

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 非放射性化学污染物的影响

为了保证核电站的正常运行，需要对电厂工艺用水进行除盐处理，通过加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学活性添加剂（如氢氧化钠、盐酸、三氯化铁、次氯酸钠、联胺等），将淡水经絮凝、沉淀和离子交换除盐，以实现各系统用水的水质要求。除盐过程加入的化学添加剂，除一部分进入固体废物外，其余将随电厂温排水排入厂址附近海域。

硼酸和氢氧化锂作用于主回路系统用水，联氨和氨作用于二回路系统用水，其他物质作用于循环冷却水系统用水。主回路设有硼回收系统，对排出的硼酸大部分回收利用，其余部分则随浓缩液进入固体废物，仅少量部分随废液进入循环冷却水系统排放。在保守假设所使用硼酸全部直接进入循环冷却水系统，电厂排水口处硼元素增量也不足电厂附近海水中硼含量本底的1%，对海水水质影响很小。在正常运行工况下，联胺可分解为氮气及氢气排出，对环境的影响甚微。化学物质随大量温排水排放到海洋，部分化学物质在水中混合后可以发生氧化还原和中和反应生成无毒无害的无机盐类。总体而言，非放射性化学物质由于使用量较小，循环冷却水排放量大，经混合反应并稀释后不会对海水产生明显的影响。

6.3.1.2 余氯排放的环境影响

为保护核电厂冷却系统不被水中附着生物堵塞，避免因其繁殖而导致的管道断面变小和流量降低，通常在循环冷却系统取水加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

电厂运行时在线监测冷却水中的活性氯浓度，根据结果控制活性氯加入量。活性氯初始浓度通常控制在1.0mg/L左右，既可保证杀藻的有效性，也使排放水中余氯浓度不致过高。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯直接作用于水生生物，还包括氯可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ HClO 和 ClO^- ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ NH_2Cl 和 NHCl_2 ）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现，0.2mg/L的氯可以直接杀死水中60~80%的藻类；0.1mg/L的氯会使浮游植物光合作用下降50%；当余氯被稀释到0.03mg/L以下时，水中初级生产力可完全恢复；25°C时余氯对咸水中浮游动物的96h半致死浓度（ LC_{50} ）为0.062~0.267mg/L；鱼类受余氯影响也较大，余氯对平鲷等几种海水鱼类48h的 LC_{50} 为0.18~0.19mg/L；白鲢、银蛙等10种鱼类对氯的回避相应浓度范围为0.04~0.41mg/L。有研究提出由48h的半致死浓度乘以安全因子0.5可确定余氯的安全浓度。目前国内尚没有对水体中余氯浓度的标准限值。国外研究人员通过对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的120多种水生生物的余氯毒性研究，证明当余氯浓度低于20 $\mu\text{g/L}$ 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。

类比国内其他核电厂正常运行的经验，本工程排水口处水中余氯浓度不高于150 $\mu\text{g/L}$ 。根据中国水利水电科学研究院的低放数模计算结果，表6.3-1给出了正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积。由表可以看出，本工程两台机组正常运行时排放的余氯在附近海域全潮下稀释10倍的浓度（即相对浓度为0.1，余氯绝对浓度值为15 $\mu\text{g/L}$ ）最大包络面积为0.28 km^2 。

考虑到光照等因素引起的余氯衰减会降低余氯毒性，实际情况下本工程排放到水中的余氯对附近海域影响范围会更小。因此，可以认为余氯对电厂周边海域的海洋生物影响较小。

6.3.1.3 浓盐水排放的影响

海水淡化系统采用两级反渗透工艺，其中一级反渗透出水供给二级反渗透工艺进水，二级反渗透工艺出水供给除盐水系统。

三澳核电厂 1、2 号机组运行期间的工业用水拟采用海水淡化。海水淡化系统产生的废物主要包括浓盐水、各种化学清洗废水和沉淀池的污泥。海水淡化系统的运行维护过程中需使用一系列药剂，包括次氯酸钠（ NaClO ）、絮凝剂（ FeCl_3 和 PAM）、盐酸（ HCl ）、氢氧化钠（ NaOH ）、阻垢剂和还原剂（ NaHSO_3 ）等。部分物质在水中发生氧化还原和酸碱中和反应后主要生成钠盐和磷酸盐类，pH 值基本为中性。因此，海水淡化系统排放的废水对海水水质影响很小。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 非放射性废水的环境影响

（1）生活污水

三澳核电厂 1、2 号机组正常运行期间产生的生活污水和洗涤、淋浴等非放射性污水，将送入厂区生活污水处理站进行处理。

本工程厂区设置 1 座生活污水处理站（BEW），主要处理全厂包括厂前区、核岛、常规岛、其它 BOP 厂房等场所的生活污水。1、2 号机组全厂设计生活污水总量为 $12\text{m}^3/\text{h}$ ，考虑一定的余量，生活污水处理站处理能力按 $480\text{m}^3/\text{d}$ 考虑。

生活污水经处理后达到国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 排放标准和《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）水质要求，出水可用于厂区绿化、道路浇洒以及工业杂用水等。生活污水处理站产生的剩余污泥外运。

因此，三澳核电厂 1、2 号机组生活污水不会对附近环境造成明显影响。

（2）含油废水

核电厂正常运行期间可能产生少量的含油废水，主要来自于机油零星泄漏和对机械设备的清洗，污水送入非放射性含油废水处理站（BES），经过贮存、油水分离处理，分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外有资质单位。分离出的水与大量的温排水混合后排放，因其排放量极少，预计不会对排放口周围海域造成影响。

6.3.2.2 非放射性固废的环境影响

三澳核电厂 1、2 号机组在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，危险固废包括废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。类比已运行核电站的年固废产生量，预计 1、2 号机组正常运行期间的工业固废年产生总量约为 80t，其中一般工业固废约为 60t，危险固废约为 20t。固废将纳入全厂固废收集处理系统，并委托专业废弃物公司（其中危废处置将委托相关有资质单位）外运处置。

1、2 号机组运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区办公及员工生活区的垃圾。生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专人上门清运。在落实固废收集和处置工作后，本工程非放射性固废对环境的影响较小。

6.3.2.3 噪声的环境影响

三澳核电厂 1、2 号机组核电厂运行期间的噪声主要来自汽轮机厂房、循环水联合泵房、空压机房等厂房内的汽轮机、发电机、循环水泵、送风机及引风机等设备的运转以及开关站区域的主变压器的运行。为了降低噪声对环境的影响，各噪声源采用了隔声罩、厂房吸音、厂房封闭隔声等降噪措施。表 6.3-2 给出了保守估计的上述各噪声源源强以及与西北侧和西南侧陆域厂界的最近距离。

采用考虑几何发散引起的声级衰减的保守预测公式和某点处受多个声源噪声叠加公式计算上述预测点的噪声。根据预测结果，预计三澳核电厂 1、2 号机组正常运行时，对西北侧的厂界噪声贡献值为 32.4dB(A)，对西南侧的厂界噪声贡献值为 35.6dB(A)，在电厂厂界外 1m 造成的噪声级均可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类排放限值要求（昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）），不会对电厂周围的声环境造成影响。由于距离电厂最近的居民点是位于 WSW 方位 1.9km 处

的长沙村，因此预计电厂的运行不会对敏感点声环境造成影响。

6.3.2.4 电磁的环境影响

类比已经运行的宁德核电厂，2014 年 5 月苏州热工研究院有限公司环境检测中心选择宁德核电厂 500kV 开关站、220kV 施工变电站、220kV 辅助变电站以及 500kV 和 220kV 送电线路进行重点布点监测，同时考虑到厂内环境敏感点的分布，选择了人员较为集中的办公区如 BX 楼、BA 楼，员工生活区，参观访问人员停留较多的观景平台进行电磁环境监测。

根据监测结果，500kV 开关站周界外的工频电场强度为 28.61~82.32V/m，工频磁场强度为 0.0772~0.2791 μ T，500kV 送电线路正下方及附近 10m 范围内的工频电场强度为 341.16~352.30V/m，工频磁场强度为 0.2686~0.2892 μ T；220kV 施工变电站周界工频电场强度为 8.40~167.88V/m，工频磁场强度为 0.0289~0.2791 μ T；220kV 辅助变电站周界工频电场强度为 9.87~152.96V/m，工频磁场强度为 0.0093~0.2879 μ T；220kV 送电线路工频电场最大值出现于线路正下方，为 288.02V/m；磁感应强度最大值同样出现于线路正下方，为 0.1353 μ T；1 号机组变压器附近工频电场强度为 9.65V/m，工频磁场强度为 0.0103 μ T；厂内环境敏感点的工频电场强度为 1.88~241.12V/m，工频磁场强度为 0.0192~0.2527 μ T，厂外环境敏感点的工频电场强度为 41.69~249.14V/m，工频磁场强度为 0.1779~0.2857 μ T。

类比上述监测结果，预计本项目输变电工程运行期间周围电磁环境质量可以满足《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）工频电场 4000V/m，工频磁场 100 μ T 的控制限值的要求。

6.3.3 参考资料

- [1] USEPA, National Recommended Water Quality Criteria 2006;
- [2] Brooks A J, Baker A L, Chlorination at power plant: Impact on phytoplankton productivity, Science, 1972, 1414~1415;
- [3] 黄洪辉等, 电厂温排水中的余氯对邻近水域生态环境的影响, 南海研究与开发, 1998 (2), 46~58;
- [4] 刘兰芬等, 电厂温排水中余氯衰减规律及其影响因素的实验研究, 水利学报, 2004

(5), 1~6;

[5] 张穗等, 大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响, 海洋环境科学, 2000(2), 14~18;

[6] 曾红宁等, 余氯对水生生物的影响, 生态学报, 2005(10), 2717~2724;

[7] Mattice JS, Zittel HE, Site-specific Evaluation of Power Plant Chlorination, Journal - Water Pollution Control Federation, 1976: 2284~2308。

表 6.3-1 正常运行下余氯相对浓度等值线全潮最大包络面积

液态流 出物	相对浓度等值线全潮最大包络面积 (km ²)									
	季节	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005
余氯	夏季	0.00	0.00	0.00	0.05	0.28	0.73	2.25	5.51	12.1
	冬季	0.00	0.00	0.00	0.04	0.25	0.70	2.23	6.04	12.90

表 6.3-2 主要声源设备噪声级及与厂界距离

噪声源	噪声级 dB(A)	与西北侧陆域厂界最 近距离/m	与西南侧陆域厂界最 近距离/m
汽轮机厂房 1BMX	90	289	412
汽轮机厂房 2BMX	90	324	160
联合泵房 BPX	85	430	310
空压机房 BZC	85	350	502
500kV 开关站区域 BTB	65	120	101

6.4 初步退役计划

6.4.1 退役总原则

6.4.2 退役策略

6.4.3 便于退役的考虑

6.4.4 文档的记录和保存

6.4.5 放射性废物管理

6.4.6 项目管理

6.4.7 退役资金

6.4 初步退役计划

退役是为解除核设施部分或全部监管控制所采取的行政和技术行动，其最终目标是使核设施和（或）场址获得有限制或无限制开放和使用。三澳核电厂1、2号机组采用华龙一号核电技术方案，其设计寿期为60年，运行期满将实施退役。

根据《中华人民共和国核安全法》以及《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，核设施营运单位在进行核设施退役活动前应当编制环境影响报告书报国务院生态环境行政主管部门审查。最终详细退役计划及退役环境影响评价将在反应堆正式退役前开展。

三澳核电厂将在建造阶段编制核电厂的初步退役计划，统筹考虑退役策略、退役进度、退役费用、退役废物管理等。在运行阶段，三澳核电厂还将对退役计划定期进行修订。此外，到核电厂运行寿期末（永久关停前5年左右），将根据国家的政策、法律法规、核电厂的实际状况、可用的退役技术以及费用等诸多因素，对退役阶段进行详细分析和安排。

6.4.1 退役总原则

核电厂反应堆的退役是一项复杂的技术工作，全部退役活动将在充分保护从事退役工作的人员、周围公众的健康，以及保护环境和保证安全的情况下进行，使之免受或减少来自所关闭核电厂的辐射危害和其它危害，同时又不对后代造成不可接受的潜在危害。其最终目标是核电场址获得有限制或无限制的开放和使用。

退役活动应该准备充分、措施落实、管理严格、监督到位。为了便于核电厂的退役和拆除，营运单位在选址、设计、建造、运行期间均应考虑退役要求，注意收集、保存和修订退役所需的主要资料。

根据“废物最小化”和“安全退役”的原则，三澳核电厂在技术设计、设备材料的选取等方面将针对退役特点进行如下考虑：

- 反应堆设计成能在最终停堆后的某些规定的时间内完成有关的拆除工作，并使在这期间所需要的监督工作量最小；
- 反应堆材料的选择，需考虑减少活化、并便于去污。核电厂的设计、布置应具备必要的可达性，容易拆除和移走大部件；
- 在退役期间对放射性物质从反应堆中实际和可能的泄漏具有控制和监督的能

力；

- 具备对估算反应堆寿期内放射性积存量和退役过程中辐照剂量所需要的主要参数进行监督的能力；
- 设计上对核电厂的放射性物质和非放射性物质进行严格区分。

此外，根据《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国放射污染防治法》、《反应堆退役环境管理技术规定》（GB/T14588-2009），三澳核电厂1、2号机组在决定退役时，将向国家主管部门提交包括核设施退役申请书、安全分析报告、环境影响评价文件、质量保证文件、法律和行政法规规定的其他材料，经审查批准并获得许可后才开始退役工作。

6.4.2 退役策略

根据 GSR Part 6 中的定义，退役两种策略只包含两种，即立即拆除、延缓拆除。就地掩埋不作为退役策略，该方式只在特定的情况下（如发生严重事故）时才考虑。

核电厂反应堆堆本体放射性水平很高，含有很多活化产物，其退役方案因国家不同，采取的退役方案也不同，但总的倾向为缩短封存时间。

根据目前的技术经济条件，结合 IAEA 提出的两种退役策略，三澳核电厂初步考虑以下退役方案：

➤ 立即拆除策略

此策略考虑在电厂最终停闭后尽快完成立即拆除。其优点是能尽快利用场地和部分利用现场原有设备和辅助设施。但是，由于停堆的时间较短，可能还存在高放射性核素，需要采用远距离遥控操作和屏蔽来拆除构件和处理放射性废物，因此操作困难且费用昂贵。

➤ 延缓拆除策略

此策略考虑在电厂停闭后，进行长期贮存，然后完成退役。大部分放射性核素保留在生物屏蔽和压力壳内让其衰变。此方案较易于拆卸、运走带放射性的构件，但是需对遗留结构进行长期监测和维护，并应研究最终拆卸的方法和手段。

国内《核设施退役安全要求》（GB/T19597-2004）明确要求在退役经费和退役技术能保障退役活动的安全时，应采取立即拆卸的退役策略。初步考虑到三澳核电厂1、2

号机组运行60年后退役，去污技术、拆卸/切割技术、废物管理技术等或有较大发展，经费也能够保障。现阶段三澳核电站1、2号机组优先考虑立即拆除策略。

6.4.3 便于退役的考虑

退役不仅仅是反应堆最终停堆后的活动，在反应堆设计建造阶段和运行寿期内就应当对其最终退役处置问题给予充分的重视，并在合理可行的范围内努力创造条件，为其最终停堆退役工作做出积极安排。通过合理的设计，最大限度地减少放射性废物的产生量，并力图简化退役工作。

在设计阶段考虑便于退役的设计，其目的在于使退役期间：

- 1) 尽可能降低人员和公众风险；
- 2) 尽可能减少环境影响；
- 3) 易于去污、拆除；
- 4) 尽可能减少废物产生量；
- 5) 节省资金。

国内已发布《便于核电站退役的设计和建造要求》对上述工作开展具有较强的指导性，同时国际上包括 IAEA 等组织也出版包括《Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning》在内大量技术报告并持续更新。三澳核电站 1、2 号机组项目便于退役的考虑如下：

- 1) 三澳核电站的厂址已完成初步本底水平调查（详细信息见 3.1 节辐射环境质量现状），并将在首次装料前完成为期两年的辐射本底水平调查，进行辐射本底调查可为将来退役完成后的厂址验收提供比较依据。同时厂址选取时也已考虑运输路线及配套设施退役期间的可用性；
- 2) 总平面分区布置，控制区与非控制区采用不同进出通道，有利于退役期间人员可达，控制污染扩散，减少退役期间废物量；单独设置废物处理厂房进行放射性废物处理，有利于退役期间的废物管理；系统设计上，RCP、RCV 等系统设计两道系统隔离措施，有利于减少系统间放射性污染扩散；设置离线去污系统与移动去污系统，便于核电站运行、退役期间的去污工作等；
- 3) 材料选择方面包括降低辐照活化产物、提高耐腐蚀性能、减少有害材料、提高可复用材料等；

- 4) 设备设计、工艺设计和布置设计将重点考虑减少污染的残留和沉积、便于去污、便于拆卸、便于设备及部件的转运等；
- 5) 建（构）筑物设计采用易于去污的涂层、金属衬里等，并考虑设备及人员的可达性、建筑物对大件的承载能力及厂房分阶段拆除的可能性等；
- 6) 放射性废物管理满足“三同时”要求以避免大量运行废物积累对退役造成额外负担，根据退役废物的需求后续将考虑退役阶段废物贮存设施的扩容或新建。

6.4.4 文档的记录和保存

为有效保存和维护支撑退役的信息，便于退役的进行，三澳核电厂考虑对以下信息的维护和保存：

（1）在反应堆运行寿期内对某些参数进行监督，便于退役工作实施前正确估算放射性总贮量、分析退役过程中工作人员可能受到的辐射剂量，以及退役过程中和退役的最终状态对环境的影响。

（2）保存与厂址、最终设计和建造有关的资料和信息，作为退役所需要的重要资料。明确反应堆运行寿期末为退役目的所需要准备的基本信息，并在整个反应堆运行寿期内对这些信息进行收集、维护和修订。此外，对于运行期间所有放射性可能释放的事故或事件进行记录，为放射性总量估算提供可靠的数据。

（3）制定严格的文档保管制度，保存好退役工作所需要的各种重要资料，包括：竣工图纸，模型和照片，施工顺序，设备和管道的重量，尺寸和配置，施工详图，结构材料的成分，贯穿件，部件和构筑物可接受的偏离，钢筋的位置等。

6.4.5 放射性废物管理

退役过程中将产生大量的放射性废物，相关放射性废物的管理是退役阶段重要工作之一。确保安全第一是首要前提条件，同时要根据废物的性状或含有放射性物质的种类和浓度等，进行适当的分类管理，并根据其分类进行适当的处理与处置。需要自始至终考虑并落实废物最小化，降低对人及环境的负面影响。

退役放射性废物按其形式可分为气态、液态和固体废物：由于退役前系统已进行排空和去污，残留放射性废气量极少，此外在使用热切割工具时可能会产生一些。因此基于既有的放射性废气处理系统和部分临时通风系统（必要时可配置 HEPA 高效过

滤器）可以满足退役的要求。液态放射性废物主要源自退役化学去污的废物以及其它系统疏水，可以通过既有设备的除盐、蒸发、过滤及新增临时设施（设备）处理后将放射性核素转移到固体废物中。退役阶段固体废物相对运行阶段差异较大，除了产生工艺废物（如废过滤芯、废树脂等）以及技术废物（如手套、衣服等）外，还将从产生大量的带有放射性的金属废物、混凝土结构等，且废物量巨大。工艺废物及技术废物大多可以基于既有的废物处理设备进行处理，部分难于处理的必要时可增设处理手段；金属废物等应该充分考虑去污后回收利用；其它大量的极低放废物应该优先考虑清洁解控；混凝土结构等表面去污后转换成工业废物进行常规处理。

为落实退役废物最小化，需要从设计阶段起便考虑相应的措施，例如限制含钴材料和含铈材料的使用；进行废物分类，避免不同类别废物混杂以确保各类废物得到有针对性的处理处置；此外尽可能从循环利用的角度尽可能回收材料，比如根据国外退役经验，现场产生的大量金属容器可以通过去污后熔炼的方式减少废物产生量甚至变废为宝。

6.4.6 项目管理

退役作为一项长期、复杂的工作，应建立完善的退役组织结构，明确责任分工，进行科学管理。主要活动涉及：编制退役方案并向相关部门递交退役可行性研究报告、安全分析报告、环境影响评价报告等文件；申请退役许可证；筹措退役资金和组织退役组织及团队；与公众的沟通；建立质保体系和质保大纲等；组织退役实施并接受监督检查和验收等；定期向监管机构报告。除此以外，项目管理还要重视安全文化与人员培训；知识管理等工作。

6.4.7 退役资金

核电厂安全退役的一个重要前提是核电厂运行单位为核电厂的退役准备了充足的资金。根据国际电能生产者与分配者联合会（UNIPED）在20世纪90年代初完成的一项研究给出退役费用约占核设施建造费用或基建费用的10%~20%。我国《核电厂建设项目经济评价方法》（NB/T20048-2011）中提到在国家出台明确的年退役基金标准规范之前，推荐退役基金在运营期内按照固定资产原值的10%逐年提取，目前行业内也是按照这种做法执行。

第七章 核电站事故的环境影响和环境风险

7.1 核电站放射性事故和后果评价

7.2 严重事故

7.3 场内运输事故

7.4 其它事故

7.5 事故应急

7.1 核电站放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

7.1.1.2 事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

7.1.2.2 事故剂量

7.1.3 事故后果评价

表

表 7.1-1 设计基准 LOCA 源项计算所用的主要参数

表 7.1-2 设计基准 LOCA 源项

表 7.1-3 CREA 事故源项计算所用的主要参数

表 7.1-4 CREA 事故源项—安全壳释放途径

表 7.1-5 CREA 事故源项—二回路释放途径

表 7.1-6 MSLB 源项计算所用的主要参数

表 7.1-7 MSLB 事故源项

表 7.1-8 SGTR 事故源项分析假设和输入数据

表 7.1-9 SGTR 事故源项

表 7.1-10 SGTR-2 事故源项分析假设和输入数据

表 7.1-11 SGTR-2 事故源项

表 7.1-12 燃料操作事故源项分析假设和输入参数

表 7.1-13 燃料操作事故源项

表 7.1-14 主泵转子卡死事故源项计算所用的主要参数

表 7.1-15 主泵转子卡死事故源项

表 7.1-16 各个方位非居住区边界处的大气弥散因子

表 7.1-17 各个方位规划限制区外边界处的大气弥散因子

表 7.1-18 剂量转换因子

表 7.1-19 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

表 7.1-20 规划限制区外边界公众个人剂量

表 7.1-21 事故后果与国家标准的比较

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

三澳核电厂 1、2 号机组建设两台华龙一号核电机组。稀有事故和极限事故均属于设计基准事故范畴，在核电厂设计时，针对每一类设计基准事故，均考虑了针对性的预防和缓解措施。根据 GB6249-2011 的相关要求，稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

华龙一号设计基准 DBC-3 和 DBC-4 事故工况分别与 GB6249-2011 的稀有事故和极限事故相对应，所考虑的设计基准事故是决定压水堆安全相关设计的整个事故谱中事件序列的典型代表，这些事件序列与其对环境的放射性影响相关。就放射性影响而言，这些设计基准事故涵盖了其他相似事件序列，具有代表性。这些典型事故包括：

- 失水事故（LOCA）；
- RCCA 弹出事故（CREA）；
- 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）；
- 蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）；
- 蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）；
- 燃料操作事故（FHA）；
- 主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）。

7.1.1.1 事故描述

（1）大破口失水事故（DBC-4）

对于代表性的大破口失水事故（LB LOCA），通常分为三个阶段：喷放、再充水和再淹没。

- a) 喷放阶段定义为破裂开始到安全注入这段时间，即到安注系统的水开始流出。
- b) 再充水阶段开始于喷放阶段结束，直至安注水流体充满下降段和下腔室抵达燃料活性区下端。
- c) 再淹没阶段从再充水结束时开始，一直持续到燃料包壳温度瞬态终止，并建立长期冷却。

在喷放阶段中，运行压力突然降至热管液体的饱和压力。破口流出的液体立即引

起下降段内的流向反转，使堆芯内滞流。这种状况导致燃料棒超过临界热流密度。在此阶段，堆芯冷却依赖燃料棒表面的膜态沸腾。在最初的迅速降压后，随着反应堆冷却剂以蒸汽形式排出破口，RCP 压力逐步下降。

“稳压器压力低 2”信号可以触发反应堆紧急停堆（RT），实际上反应堆停堆通过固有的慢化剂空泡效应负反馈实现，并依靠安注水中的硼含量来维持。“稳压器压力低 3”信号产生安注信号。

当 RCP 压力低于安注箱压力时，安注箱向冷管段注水。当系统启动时间延时过后且 RCP 压力低于各关闭压头时，MHSI 和处于 SI 模式的 LHSI 投入运行。尽管部分安注水绕过堆芯直接从破口喷出，下降段和下腔室仍然逐步充水。如 RCP 和安全壳之间存在一定压力梯度，安注箱的水则被通过管道破口流出的蒸汽夹带走，安注水使蒸汽冷却，其中部分凝结并留存在一回路系统内。冷凝增加了流经堆芯的冷却剂的流速，使燃料棒包壳温度开始下降。当 RCP 压力大体等于安全壳内的压力时，喷放阶段结束。

再充水阶段，安注箱提供足够液体向反应堆压力容器下封头和下腔室注水。在再充水阶段，热量主要通过辐射传热从较热的燃料棒传导至较冷的燃料棒和构件。当下腔室再充水至燃料棒加热段下端时，再充水阶段完成。

再淹没阶段，水位从反应堆堆芯底部上升至顶部。流至下降段的安注水提供驱动压头使冷却剂流经堆芯。随着水位的上升，相对较冷的水与高温的燃料包壳相接触。由于蒸汽膨胀，水被快速地推离燃料表面。产生的蒸汽和安注水在燃料区相遇，蒸汽被凝结。由于混合流体水位上升至堆芯，从而产生蒸汽并夹带液体。夹带水被带至蒸汽发生器内，因蒸汽发生器内的高温使其蒸发。这导致蒸汽壅塞，使堆芯再淹没速率下降。由于冷管破口，这种两相混合物可能流经蒸汽发生器，吸收二次侧流体的更多能量，并且在排至安全壳之前变得过热。随着骤冷前沿上升至堆芯，燃料棒经辐射传热和对流传热冷却。一旦混合物水位达到足以骤冷堆芯的水平，再淹没阶段结束。这时，燃料包壳温度接近流体温度，并且这两个温度均达到与安全壳压力对应的饱和温度。长期再循环冷却由 LHSI 维持。

由于破口泄漏的冷却剂，安全壳大气压力迅速上升。通风隔离快速隔离将产生的蒸汽限制在安全壳内。由于安全壳内压力增加，部分安全壳大气及其中的放射性核素泄漏到环形空间，并通过应急过滤系统和烟囱排气最终排放至环境中。大破口失水事故归为 DBC-4 事故。

（2） 弹棒事故（DBC-4）

CREA 事故时由于控制棒驱动机构耐压壳机械损坏，导致 RCCA 和驱动轴弹出堆芯外。RCCA 弹出将导致正反应性的快速引入和对堆芯不利的堆芯功率畸变。事故可能引起部分燃料棒破损和局部芯块熔化。

（3） 主蒸汽管道破裂事故（DBC-4）

主蒸汽管道破裂之后，二回路压力下降。超前滞后的蒸汽发生器压力低 2 信号触发所有 MSIV 关闭，蒸汽发生器压降高 1 信号和压降高 2 信号分别隔离所有 SG 的主给水满负荷管线和低负荷管线，稳压器压力低 3 信号启动安注。

MSIV 关闭之后，受影响 SG 将持续卸压，同时，由于主给水隔离，水位不断下降，蒸汽发生器宽量程水位低 2 信号触发应急给水启动。

RCP 温度降低，慢化剂的负反馈效应向堆芯引入正反应性，堆芯停堆裕量降低。反应堆重返临界，导致功率增加，由于多普勒效应而得到限制。

RIS 向堆芯提供必要的硼以补偿正反应性的引入，使堆芯重返次临界状态。

随后，电站达到可控状态，即为热停堆状态，余热通过破口排出，给水供应由 ASG 保证。

（4） 蒸汽发生器单根传热管破裂事故（DBC-3）

SGTR 事故为某个 SG 中的一根传热管发生双端剪切断裂的情况，属于 DBC-3 事故。事故的起因是某个 SG 中的一根传热管发生双端剪切断裂（SGTR）。

由于该事故使具有放射性的冷却剂从反应堆冷却剂系统（RCP）向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或者蒸汽向凝汽器的排放失效，蒸汽发生器中的蒸汽或者液体通过主蒸汽排放系列（VDA）和/或主蒸汽安全阀（MSSV）直接向大气排放。一回路侧冷却剂的放射性来源于有限数量的破损燃料棒连续运行产生的腐蚀和裂变产物。污染的风险首先发生在破损的蒸汽发生器。

传热管发生双端剪切断裂是保守的假设，因为传热管的材料 Inconel-690 是具有高韧性的材料，传热管最有可能的失效模式是先发生小的裂缝。

假设在 SGTR 发生的同时失去厂外电（LOOP），导致放射性液体或蒸汽直接向环境大气排放。

瞬态可以细分为短期阶段和长期阶段。短期阶段定义为从事故开始至破口流量终

止的阶段，依据事故进程又可细分为从事故发生到达到可控状态阶段（该状态下中压安注（MHSI）流量和化学和容积控制系统（RCV）流量可以补偿 SGTR 泄漏流量），以及从可控状态至破口流量终止阶段。在事故长期阶段，操纵员根据操作规程将 LHSI 切换到余热排出（RHR）模式，如果破损的蒸汽发生器通过大气释放阀（VDA）来降压就可能造成额外的放射性释放。

SGTR 事故导致一回路冷却剂丧失并产生“VVP KRT 高放射活度”信号。一回路冷却剂丧失导致 RCP 压力降低，进而由“稳压器压力低 2”信号触发 RT，RT 信号触发汽轮机跳机和主给水全部被隔离。汽轮机跳机后导致二次侧压力升高并达到 VDA 的整定值，破损蒸汽发生器 SGa 中的受污染蒸汽开始向环境释放。

RT 后，RCP 压力持续降低，SI 信号由“稳压器压力低 3”信号触发。该信号启动 MHSI 和 LHSI 泵，并且启动通过 VDA 进行的中压快速冷却。由于在 SI 启动时刻考虑了叠加 LOOP 假设，RCP 泵和主给水泵（APA）停运。SI 叠加 LOOP 信号启动 ASG 泵。在停堆约 30min 后，操纵员开始干预，对 RCP 进行降温降压，在 14200s 左右一二次侧的压力达到平衡，破口流量终止。在整个事故瞬态过程中，破损的 SG 没有发生满溢，没有放射性水直接向大气环境释放，但破损 SG 的传热管发生了裸露。

（5）蒸汽发生器两根传热管破裂事故（DBC-4）

SGTR-2 事故为某个 SG 中的两根传热管同时发生双端剪切断裂的情况，属于 DBC-4 事故。事故的起因是某个 SG 中的两根传热管同时发生双端剪切断裂（SGTR-2）。

由于该事故使放射性冷却剂从反应堆冷却剂系统（RCP）向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或者蒸汽向凝汽器的排放失效，蒸汽或者液体通过主蒸汽排放系列（VDA）和/或主蒸汽安全阀（MSSV）的排放都可以造成放射性向大气排放的风险。一回路侧冷却剂的放射性来源于有限数量的破损燃料棒连续运行产生的腐蚀和裂变产物。污染的风险首先发生在破损的蒸汽发生器。

两根传热管同时发生双端剪切断裂是保守的假设，因为传热管的材料 Inconel-690 是具有高韧性的材料，传热管最有可能的失效模式是先发生小的裂缝。

假设在 SGTR-2 发生的同时失去厂外电（LOOP），导致放射性液体或蒸汽直接向环境大气排放。

瞬态可以细分为短期阶段和长期阶段。短期阶段定义为从事故开始至破口流量终

止的阶段，依据事故进程又可细分为从事故发生到达到可控状态阶段（该状态下中压安注（MHSI）流量和化学和容积控制系统（RCV）流量可以补偿 SGTR-2 泄漏流量），以及从可控状态至破口流量终止阶段。在事故长期阶段，操纵员根据操作规程将 LHSI 切换到余热排出（RHR）模式，如果破损的蒸汽发生器通过大气释放阀（VDA）来降压就可能造成额外的放射性释放。

事故导致一回路冷却剂丧失并触发“VVP KRT 放射性高”信号。丧失一回路冷却剂会使“PZR 水位低 2”时引起下泄管线隔离，当“PZR 水位低 3”时触发加热器隔离。事故也会导致 RCP 压力下降，出现“PZR 压力低 2”信号时触发 RT。RT 信号触发汽轮机脱扣和 ARE 隔离。汽轮机跳闸引起二次侧压力上升至 VDA 的开启整定值。受污染的蒸汽开始从 SGa 向环境中释放。

RT 过后，RCP 压力保持下降。“稳压器压力低 3”时触发安注信号，使 MHSI 和 LHSI 泵启动，且通过 VDA 以 $-250^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速率进行中压快速冷却。由于假定 LOOP 发生在 SI 信号的出现时刻，随后导致 RCP 和 APA 泵跳闸。SI 信号出现叠加 LOOP 还会启动 ASG 泵。“VVP KRT 放射性高”信号出现 30min 后，操纵员开始动作。首先，操纵员通过关闭 SGa 的 MSIV 来隔离此 SG，并将其 VDA 的整定值升高至 9Mpa，同时隔离 ARE 和 ASG 管线。另外操纵员停运两台 MHSI 泵并隔离 RCV 上充管线。

同一时刻两列 RBS 启动，通过未受影响 SG 的 VDA 来进行手动冷却，其速率为 $-56^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。当 RCP 温度达到 RIS 的 RHR 模式接入条件（ 180°C ）时，最后一台 MHSI 泵就被隔离，并开启 SGa 的 VDA 以降低一回路压力。事故发生后约 3.5h 即达到 RIS 的 RHR 模式的接入条件。

在整个事故瞬态过程中，破损的 SG 没有发生满溢，没有放射性水直接向大气环境释放，破损 SG 的传热管也没有发生裸露。

（6）燃料操作事故（DBC-4）

燃料装卸期间发生的事故可能有以下几类：

- a) 反应堆水池内燃料组件坠落，
- b) 乏燃料池内燃料组件坠落，
- c) 乏燃料容器在燃料厂房外坠落，
- d) 乏燃料容器在燃料厂房内坠落。

若燃料组件坠落在反应堆水池内，安全壳换气通风系统将自动关闭。故就放射性

后果而言，乏燃料池内燃料组件坠落事故将更为不利。本节分析的 FHA 为乏燃料池内燃料组件坠落事故。

FHA 属于 DBC-4 类事故。

（7）主泵转子卡死（卡轴）事故（DBC-4）

主泵转子卡死事故初始假设为反应堆满功率运行期间一台反应堆冷却剂泵转子瞬间卡（锁）住。受损环路中的流量快速降低，导致反应堆在流量低信号下触发紧急停堆。

始发事件假定叶轮固定不动，致使堆芯中的流量大大降低，温度与压力迅速上升，则这种温度上升与局部流率下降一起可能会使燃料棒发生 DNB，导致燃料损伤。

该事故的分析包括两个阶段：电厂从始发事件发生直到通过主要的自动保护手段达到可控状态的短期阶段以及从可控状态到安全停堆状态的长期阶段。

7.1.1.2 事故源项

根据事故的类型，放射性的释放可以有几个来源：燃料；一回路冷却剂；二回路冷却剂。为了考虑一回路放射性活度释放期间可能伴随的功率瞬态现象，假定这类事故期间一回路冷却剂活度处于其瞬态值。堆芯裂变产物贮量见第四章表 4.6-1；稳态工况和瞬态工况下一回路冷却剂的放射性活度值见表 4.6-3。

（1）大破口失水事故

发生 LOCA 后，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

释放源项计算分以下几个步骤：

- a) 计算事故后释放进入安全壳大气的放射性核素，堆芯及一回路向安全壳大气的放射性释放分为两个阶段：
 - 一回路冷却剂中放射性核素，假设该部分核素在事故开始 0s 瞬间进入内层安全壳大气中；
 - 包壳释放阶段：燃料芯块和包壳间隙内的放射性核素，假设该部分核素在事故后 30s 瞬间进入内层安全壳。

尽管 RG1.183 中还考虑了早期压力容器内释放阶段的放射性物质释放，但对于设计基准 LOCA，由于不发生燃料熔化，故源项计算中仅考虑包壳间隙内的放射性核素。

- b) 计算内层安全壳内放射性活度随时间的变化情况，进而计算由内层安全壳向内外层安全壳之间环廊释放的核素活度。
- c) 根据环廊向安全壳外通风流量及过滤器去除效率计算环廊向安全壳外环境释放源项。

放射性向安全壳大气的释放：

事故发生后 0 时刻，保守假设所有的反应堆冷却剂（约 220t）喷放进入安全壳大气，其中的放射性核素与安全壳大气均匀混合。事故后 30s，包壳释放阶段开始，假设该阶段释放的放射性核素瞬间进入内安全壳大气并均匀混合。堆芯裂变产物释放进入安全壳大气的各核素比例为：

- 惰性气体：5%
- 卤素：5%
- 碱金属：5%

放射性向外界环境的释放：

功率运行期间，安全壳大气不进行换气通风，所有安全壳隔离阀均处于关闭状态。然而，功率运行期间需进入服务区时，EBA 的小流量回路启动以在进入服务区前和进入期间进行吹扫，确保其空气污染水平可允许工作人员进入。

抽气经由一系列 EBA 过滤器过滤后由烟囱排放，保守假设 EBA 小流量回路以 $7000\text{m}^3/\text{h}$ 的最大流量运行，安全壳自由容积为 72000m^3 。在事故开始时，由反应堆保护系统（RPR）实现安全壳隔离。EBA 小流量回路的所有安全壳隔离阀均处于关闭状态。然而这并不能排除有一小部分的蒸汽会在安全壳隔离之前逃离安全壳。因此，保守假设安全壳通风在事故喷放阶段一直保持，事故后 20s，喷放阶段结束时，安全壳通风终止，在此之后考虑放射性物质以安全壳泄漏率向外释放。

为计算从安全壳至环廊的放射性释放，假设安全壳及环廊内放射性均匀分布。

出于简化计算，不考虑事故过程中由于安全壳压力变化而导致的安全壳泄漏率的变化。保守假定事故后 20s 至 24h 期间安全壳泄漏率为 $0.3\%/d$ ，以后安全壳泄漏率为 $0.15\%/d$ （在 LOCA 安全壳压力响应分析中已经得到验证：事故发生 24h 后，安全壳压力已经降低至峰值压力的 50%）。

假设所有安全壳泄漏物均集聚在环廊内，事故后 20s 安全壳即开始向环廊泄漏。

正常运行期间，EDE 的常规运行系列连续运行，以在发生任何意外事件之前使环形空间内形成并维持负压状态。废气经过滤器从烟囱排放。从保守角度考虑，本计算中不考虑这些过滤器。

事故期间，环廊保持负压状态以收集内安全壳泄漏物，包括安全壳泄漏率试验和监测系统所收集的泄漏物。在发生 LB LOCA 时，EDE 自动切换至安全系列，处理来自反应堆厂房安全壳的泄漏物。收到安全壳隔离信号后，正常运行系列由电动隔离阀自动隔离。安全系列上的风机以及电加热器启动，从而维持环廊内所需负压状态。

安全壳泄漏物在环廊内经混合、稀释，然后通过 EDE 释放。环廊的自由容积为 19100m^3 ，分析中考虑 50% 的自由容积可以用于放射性物质的混合稀释，即 9550m^3 。事故后 20s 至 300s，EDE 安全系列启动后最大通风流量为 $400\text{m}^3/\text{h}$ 。

环廊内的放射性均匀分布，并以 EDE 通风率经事故过滤器再通过烟囱排放至环境中。5min 后，考虑事故过滤器的运行。

考虑进入安全壳大气并泄漏入环廊进而排放至环境的放射性碘的化学形态如下：

- 有机碘：0.15%
- 分子碘：4.85%
- 气溶胶：95%

不考虑其他的放射性去除过程（如沉积、沉降、壁面冷凝等）。同样的，安全壳喷淋系统运行对安全壳降压及气载放射性物质的去除也未考虑。

在安全壳压力明显降低后，内安全壳向环廊的泄漏及环廊向环境的排放即逐渐终止。计算中保守假设安全壳泄漏及环廊通风一直持续到事故后 30 天。

表 7.1-1 给出了大破口 LOCA 失水事故源项计算主要参数。

表 7.1-2 给出了大破口 LOCA 失水事故源项。

（2）弹棒事故

当 CREA 事故发生时，随着假想的控制棒的弹出，燃料中部分放射性核素释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路的放射性活度。考虑以下两条放射性释放途径：

1) 安全壳释放途径

CREA 事故可能造成一回路（压力容器顶盖）破口，一回路冷却剂及堆芯中的放

放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊（在安全壳隔离之前，内层安全壳中的放射性物质可能会由于安全壳通风释放到环境）。环廊中的核素经由通风系统及过滤器释放到安全壳外环境。

释放源项计算分以下几个步骤：

- 计算事故后释放进入安全壳大气的放射性核素；
- 计算内层安全壳内放射性活度随时间的变化情况，进而计算由内层安全壳向内外层安全壳之间环廊释放的核素活度；
- 根据环廊向安全壳外通风流量及过滤器去除效率计算环廊向安全壳外环境释放源项。

2) 二回路释放途径

本途径的放射性释放计算中，不考虑一回路发生 LOCA，在 RHRS 接入前，堆芯余热通过二回路导出。

假设事故发生同时厂外电源丧失，LOOP 导致蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。

安全壳释放途径：

a) 放射性向安全壳大气的释放

假定事故造成 10% 的燃料棒发生破损；并假定在这 10% 的破损燃料棒中，有 10% 的燃料芯块熔化。

事故发生后 0 时刻，保守假设破损燃料棒包壳间隙中和熔化燃料芯块中的裂变产物释放到反应堆冷却剂中，并随着一回路破口进入安全壳大气，放射性核素与安全壳大气均匀混合。

b) 放射性向外界环境的释放

功率运行期间，安全壳大气不进行换气通风，所有安全壳隔离阀均处于关闭状态。然而，功率运行期间需进入服务区时，EBA 的小流量回路启动以在进入服务区前和进入期间进行吹扫，确保其空气污染水平可允许工作人员进入。

抽气经由一系列 EBA 过滤器过滤后由烟囱排放，保守假设 EBA 小流量回路以 $7000\text{m}^3/\text{h}$ 的最大流量运行，安全壳自由容积为 72000m^3 。在事故开始时，由反应堆保护系统（RPR）实现安全壳隔离。EBA 小流量回路的所有安全壳隔离阀均处于关闭状

态。然而并不能排除有一小部分的蒸汽会在安全壳隔离之前逃离安全壳。因此，保守假设安全壳通风一直保持至事故后 20s，保守假定此期间释放到安全壳的一回路冷却剂为 15t。在此之后安全壳通风终止，考虑放射性物质以安全壳设计泄漏率向外释放。

为计算从安全壳至环形空间的放射性释放，假设安全壳及环形空间内放射性均匀分布。

出于简化计算，不考虑事故过程中由于安全壳压力变化而导致的安全壳泄漏率的变化。保守假定事故后 20s 至 24h 期间安全壳泄漏率为 0.3%/d，以后安全壳泄漏率为 0.15%/d。

假设所有安全壳泄漏物均集聚在环形空间内，事故后 20s 安全壳开始向环廊泄漏。事故期间，环廊保持负压状态以收集内安全壳泄漏物，包括安全壳泄漏率试验和监测系统所收集的泄漏物。在发生事故时，EDE 自动切换至安全系列，处理来自反应堆厂房安全壳的泄漏物。收到安全壳隔离信号后，正常运行系列由电动隔离阀自动隔离。安全系列上的风机以及电加热器启动，从而维持环廊内所需负压状态。

安全壳泄漏物在环廊内经混合、稀释，然后通过 EDE 释放。环廊的自由容积为 19100m³，分析中考虑 50%的自由容积可以用于放射性物质的混合稀释，即 9550m³。事故后 20s 至 300s，EDE 安全系列启动后最大通风流量为 400m³/h。

环廊内的放射性均匀分布，并以 EDE 通风率经事故过滤器再通过烟囱排放至环境中。5min 后，考虑事故过滤器的运行。

考虑进入安全壳大气并泄漏入环廊进而排放至环境的放射性碘的化学形态如下：

- 有机碘：0.15%
- 分子碘：4.85%
- 气溶胶：95%

不考虑其他的放射性去除过程（如沉积、沉降、壁面冷凝等）。同样的，安全壳喷淋系统运行对安全壳降压及气载放射性物质的去除也未考虑。

在安全壳压力明显降低后，内安全壳向环廊的泄漏及环廊向环境的排放即逐渐终止。计算中保守假设安全壳泄漏及环廊通风一直持续到事故后 30d。

二回路释放途径：

CREA 事故发生后，放射性核素从破损燃料棒和熔化燃料棒释放到一回路冷却剂之中。由于蒸汽发生器传热管可能存在的泄漏，造成二回路冷却剂冷却活度逐渐增加。

假定每台蒸汽发生器一次侧到二次侧的泄漏率为 44.0 L/h。

假设由一回路泄漏进入蒸汽发生器的惰性气体全部进入气相，随后迅速进入环境，即实际上假设一回路泄漏出的惰性气体直接进入环境。

对于碘和碱金属（主要为 Cs 元素），假定一回路泄漏到二回路的碘和碱金属进入蒸汽发生器液相并与之混合，放射性碘和碱金属被二回路蒸汽夹带排放到环境。假定水蒸汽对碘的夹带因子为 1%，对 Cs 的夹带因子为 0.25%。

当 RHRS 接入后，VDA 蒸汽排放终止，不再有放射性物质通过二回路释放到环境。假定事故后 8h 达到 RHRS 接入条件，此期间通过 3 个 SG 排放到环境的蒸汽约为 882t。

通过二回路途径释放到环境的放射性碘的化学形态如下：

- 有机碘：3%
- 分子碘：97%

表 7.1-3 给出了弹棒事故源项计算主要参数。

表 7.1-4 和表 7.1-5 给出了弹棒事故经安全壳释放途径和二回路释放途径至环境的放射性核素。

（3）主蒸汽管道破裂事故

主蒸汽管道破裂后，破损 SG 最终几乎完全排空，其中所有的水都以蒸汽形式被带走，一回路向二回路的泄漏直接排入大气。此过程中放射性物质随之直接释放到环境。另外两台完好的 SG 通过 ASG+VDA 方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽释放到环境。

假设在 MSLB 事故发生前堆芯发生功率瞬变，一回路冷却剂活度升高到对应的瞬态值，一直持续到事故结束。

二回路的蒸汽排放一直持续到 RCP 温度和压力降到 RHRS 接入用于冷却一回路为止。RHRS 接入前，二回路持续向环境释放蒸汽。破损 SG 中的初始装量、事故过程中注入的主给水和应急给水以及一回路向二回路的泄漏全部释放到环境。保守假设破损 SG 初始水装量为 100t。

对于破损 SG，当 RHRS 接入后，VDA 蒸汽排放终止，不再有放射性物质通过二回路释放到环境。假定事故后 8h 达到 RHRS 接入条件，此期间排放通过 2 个完好 SG 排放到环境的蒸汽约为 674t。

由于事故过程中破损 SG 排空，其中所有的放射性全部排入环境。一回路泄漏到

二回路的冷却剂也直接排放到环境。

对于两个完好 SG，假设由一回路泄漏进入蒸汽发生器的惰性气体全部进入气相，随后迅速进入环境，即实际上假设一回路泄漏出的惰性气体直接进入环境。对于碘和碱金属（主要为 Cs 元素），假定一回路泄漏到二回路的碘和碱金属进入蒸汽发生器液相并与之混合，放射性碘和碱金属被二回路蒸汽夹带排放到环境。假定水蒸气对碘的夹带因子为 1%，对 Cs 的夹带因子为 0.25%。

通过二回路释放到环境的放射性碘的化学形态如下：

- 有机碘：3%
- 分子碘：97%

表 7.1-6 给出了主蒸汽管道破裂事故源项计算主要参数。

表 7.1-7 给出了主蒸汽管道破裂事故源项。

（4）蒸汽发生器单根传热管破裂事故

SGTR 事故考虑了并发碘尖峰。对于事故后反应堆冷却剂中各核素的放射性比活度，考虑 0.25%的燃料包壳破损率，碘的释放参考 RG1.183 按非 LOCA 事故中碘的释放份额选取，即：I-131：0.08；I 的其他同位素：0.05。瞬态的持续时间为 8h，即保守假设瞬态的影响从事故前 8h 开始至事故结束。

完好 SG 的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RHRS 接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损 SG 的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后破损和完好 SG 二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

在破损 SG 传热管裸露的情况下，考虑破口流量的闪蒸，保守假设 20%的破口流量直接以蒸汽的形式释放入环境。

二回路向环境排放蒸汽期间，所有从一回路泄漏进入二回路的惰性气体全部直接释放进入环境大气。

对于完好 SG 和破损 SG 传热管没有裸露的情况，从一回路泄漏进入二回路的碘和铯初始存在于二回路的水中，随着二回路水的蒸发，碘和铯通过蒸汽夹带由 SG 的大气释放阀释放到外部环境。在破损 SG 传热管裸露的情况下，保守假设破口流量中 20%的碘和铯直接释放到外部环境，剩余的碘和铯初始存在于二回路的水中，随着二回路水的蒸发，碘和铯通过蒸汽夹带由 SG 的大气释放阀释放到外部环境。在 RHRS 接入

前通过完好 SG 排出一回路的热量，因此在 RHRS 接入之前（事故发生后 8h 内）完好的 SG 通过大气释放阀不断向环境释放含有碘和铯的蒸汽。对于破损的 SG，在破损环路隔离之前通过大气释放阀释放含有碘和铯的蒸汽，破损环路隔离后不再向环境释放蒸汽，在破口流量终止时由破损 SG 向环境的释放几乎为零。

表 7.1-8 给出了蒸汽发生器单根传热管破裂事故源项计算主要参数。

表 7.1-9 给出了蒸汽发生器单根传热管破裂事故源项。

（5）蒸汽发生器两根传热管破裂事故

SGTR-2 事故考虑了并发碘尖峰。对于事故后反应堆冷却剂中各核素的放射性比活度，考虑 0.25% 的燃料包壳破损率，碘的释放参考 RG1.183 对非 LOCA 事故中碘的释放份额选取，即：I-131：0.08；I 的其他同位素：0.05。瞬态的持续时间为 8h，即保守假设瞬态的影响从事故前 8h 开始至事故结束。

完好 SG 的泄漏从稳态运行一直到蒸汽向环境的释放结束（RHRS 接入）都保持正常泄漏流量。在事故发生前破损 SG 的泄漏流量为正常泄漏流量，事故发生后为破口流量直至破口流量终止。由于一回路瞬态的影响，堆芯功率瞬态发生后（从事故发生前 8h）破损和完好 SG 二次侧冷却剂中的放射性比活度明显增大。

二回路向环境排放蒸汽期间，所有从一回路泄漏进入二回路的惰性气体全部直接释放进入环境大气。从一回路泄漏进入二回路的碘和铯初始存在于二回路的水中，随着二回路水的蒸发，碘和铯通过蒸汽夹带由 SG 的大气释放阀释放到外部环境。在 RHRS 接入前通过完好 SG 排出一回路的热量，因此在 RHRS 接入之前（事故发生后 8h 内）完好的 SG 通过大气释放阀不断向环境释放含有碘和铯的蒸汽。对于破损的 SG，在破损环路隔离之前通过大气释放阀释放含有碘和铯的蒸汽，破损环路隔离后不再向环境释放蒸汽，在破口流量终止时由破损 SG 向环境的释放几乎为零。

表 7.1-10 给出了蒸汽发生器两根传热管破裂事故源项计算主要参数。

表 7.1-11 给出了蒸汽发生器两根传热管破裂事故源项。

（6）燃料操作事故

假设停堆 100h 后，乏燃料运到燃料贮存区内不慎坠入乏燃料水池内。该组件内的所有燃料元件全部损坏，燃料包壳间隙中的所有裂变产物装量瞬间释放出来。在 FHA 的事故源项中要考虑的核素包括 Xe、Kr、卤素、Cs 和 Rb。惰性气体不溶于水，将逃逸到燃料操作厂房，卤素主要考虑碘，而碘由于可溶性和水解作用，大部分将滞留水

中，碱金属全部滞留在水中。逃逸出的碘和全部的惰性气体进入燃料操作厂房大厅，随着燃料厂房通风系统释放进入环境大气。

假设事故发生在停堆后 100h（乏燃料首次运到燃料储存区的最短时间）。破损组件为平衡循环中具有最大放射性活度的组件。

事故后燃料芯块-包壳间隙中的放射性核素释放到水中，释放出的碘中 95%为碘化铯，4.85%为元素碘，0.15%为有机碘。由于碘化铯在乏燃料水池的低 pH 值环境下会转变为元素碘，因此保守假设所有的碘化铯从芯块-包壳间隙内释放到乏燃料水池后瞬时全部转变为元素碘。因此，释放出的碘中 99.85%为元素碘，0.15%为有机碘。

从破损的燃料包壳内释放出来的核素经乏燃料水池的清洗后逃脱到燃料操作大厅的自由空间。

放射性核素随通风系统释放到环境。事故发生 30min 内，燃料大厅通过 DWK 通风，通风流量取保守最大值 12000m³/h，此种通风模式没有对放射性核素进行过滤；30min 后通过 DWL 通风，通风流量取保守最大值 5000m³/h，此通风模式对碘进行过滤，对元素碘的过滤系数为 1000，对有机碘的过滤系数为 100，对其它核素没有过滤。

表 7.1-12 给出了燃料操作事故计算参数。

表 7.1-13 给出了燃料操作事故源项。

（7）主泵转子卡死（卡轴）事故

当 LRA 事故发生，假设部分燃料包壳发生破损，燃料间隙中的放射性活度释放进入反应堆冷却剂，并假定这些放射性物质与反应堆冷却剂瞬时均匀混合，这将大大增加一回路的放射性活度。假定事故造成 10%的燃料棒发生破损。

假设蒸汽排放冷凝器失效，二回路通过 ASG+VDA 的方式排出堆芯余热。由于蒸汽发生器一次侧向二次侧的正常泄漏，二回路放射性活度升高，放射性物质随 VDA 蒸汽排放释放到环境。二回路的蒸汽排放一直持续到 RCS 温度和压力降到 RHRS 接入用于冷却一回路为止。

假设在 LRA 事故发生前堆芯发生功率瞬变，一回路冷却剂活度升高到对应的瞬态值，燃料破损进一步增大了一回路的冷却剂活度。

破损燃料棒中裂变产物释放进入一回路冷却剂的各核素比例：

—惰性气体（Kr-85 除外）：5%

—Kr-85：10%

— 卤素（I-131 除外）：5%

— I-131：8%

— 碱金属：5%

RHRS 接入前，二回路持续向环境释放蒸汽。

当 RHRS 接入后，VDA 蒸汽排放终止，不再有放射性物质通过二回路释放到环境。

假定主泵转子卡死环路所对应的 SG 不排热，假定事故后 8h 达到 RHRS 接入条件，此期间通过另外 2 个 SG 排放到环境的蒸汽约为 594t。

假设由一回路泄漏进入蒸汽发生器的惰性气体全部进入气相，随后迅速进入环境，即实际上假设一回路泄漏出的惰性气体直接进入环境。

对于碘和碱金属（主要为 Cs 元素和 Rb 元素），假定一回路泄漏到二回路的碘和碱金属进入蒸汽发生器液相并与之混合，放射性碘和碱金属被二回路蒸汽夹带排放到环境。假定水蒸气对碘的夹带因子为 1%，对 Cs 和 Rb 的夹带因子为 0.25%。

通过二回路释放到环境的放射性碘的化学形态有机碘为 3%、分子碘 97%。

表 7.1-14 给出了主泵转子卡死（卡轴）事故源项计算参数。

表 7.1-15 主泵转子卡死（卡轴）事故源项。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

（1）气象数据

根据三澳核电厂厂址气象观测系统 2019 年 1 月至 12 月连续 12 个月的逐时气象观测数据及本报告第二章 2.4 节厂址大气扩散参数，采用苏州热工研究院有限公司研发的 CEIRA 程序系统计算事故短期大气弥散因子。计算模式详见附录 D。

（2）非居住区边界和规划限制区外边界上的大气弥散因子

- a) 分方位大气弥散因子：计算得到厂址周围 16 个方位、99.5% 概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为 0~2h 的事故大气弥散因子；各个方位年平均大气弥散因子为该方位按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于 2h 的释放时段事故大气弥散因子，则利用 2h 时段事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

- b) 全厂址大气弥散因子：计算得到厂址周围各距离全厂址95%概率水平的高斯烟羽轴线浓度的小时大气弥散因子作为0~2h的事故大气弥散因子；年平均大气弥散因子为全年按高斯烟羽模式的扇形区平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值；对于持续时间长于2h的释放时段事故大气弥散因子，则利用厂址2h时段事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

非居住区边界和规划限制区外边界上的事故剂量后果计算将采用分方位大气弥散因子和全厂址大气弥散因子之间的最大值进行计算。

表 7.1-16 给出了本项目非居住区 800m 边界上 0~2h 时段事故大气弥散因子。表 7.1-17 给出了规划限制区 5km 外边界事故持续期间 30d 内各时段事故大气弥散因子。

7.1.2.2 事故剂量

设计基准事故放射性后果评估时主要考虑事故期间起主要作用的三个照射途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

上述三种照射途径的个人剂量计算公式详见附录 D。

计算参数：

1) 剂量转换因子（DCF）

计算中采用的剂量转换因子见表 7.1-18，它们主要取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、国际辐射防护委员会（ICRP）71 号出版物和国际原子能机构（IAEA）19 号安全报告（2001）。

2) 干沉积速率（V_d）

干沉积速率取自联邦德国辐射防护委员会第十七卷出版物（SSK Bd.17）：

- 气溶胶：V_d=1.5×10⁻³ m/s；
- 分子碘：V_d=1×10⁻² m/s；
- 有机碘：V_d=1×10⁻⁴ m/s。

3) 呼吸率（Br）

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则 RG1.195：

- 0 ~ 8h: $Br=3.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$;
- 8 ~ 24h: $Br=1.8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$;
- 24 ~ 720h: $Br=2.3 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

7.1.3 事故后果评价

GB6249-2011 规定, 在发生一次稀有事故时, 非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下, 甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时, 非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下, 甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

三澳核电厂以各反应堆为中心、半径 800m 的包络区域作为非居住区边界, 规划限制区范围为以反应堆为中心、半径 5km 的区域。

表 7.1-19 和表 7.1-20 分别给出了设计基准事故在非居住区边界和规划限制区边界上造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量。表 7.1-21 给出了这些事故的放射性后果与国家标准相应控制值的比较。

(1) 失水事故 (LOCA)

大破口失水事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为 $1.05\text{E-}04\text{Sv}$, 甲状腺当量剂量最大值为 $3.95\text{E-}04\text{Sv}$, 分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.11%和 0.04%; 规划限制区外边界上事故期间公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为 $7.46\text{E-}05\text{Sv}$, 甲状腺当量剂量最大值为 $3.67\text{E-}04\text{Sv}$, 分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.07%和 0.04%。

(2) 弹棒事故 (CREA)

弹棒事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为 $1.82\text{E-}03\text{Sv}$, 甲状腺当量剂量最大值 $1.15\text{E-}02\text{Sv}$, 分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.82%和 1.15%; 规划限制区外边界上事故期间公众 (成人) 的个人有效剂量最大值为 $6.14\text{E-}04\text{Sv}$, 甲状腺当量剂量最大值为 $6.87\text{E-}03\text{Sv}$, 分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.61%和 0.69%。

(3) 主蒸汽管道破裂事故 (MSLB)

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众 (成人) 的个人有

效剂量最大值为 $5.37\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $5.30\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.54%和 0.53%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $8.27\text{E-}05\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $8.12\text{E-}04\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.08%和 0.08%。

（4）蒸汽发生器单根传热管破裂（SGTR）

蒸汽发生器单根传热管破裂事故属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $2.27\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $2.59\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 4.54%和 5.18%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.22\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $1.92\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.44%和 3.84%。

（5）蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）

蒸汽发生器两根传热管破裂事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $7.81\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $9.55\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.78%和 0.96%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $5.05\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $8.61\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.51%和 0.86%。

（6）燃料操作事故（FHA）

燃料操作事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.10\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $1.95\text{E-}02\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.10%和 1.95%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.38\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $2.43\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.14%和 0.24%。

（7）主泵转子卡死（卡轴）事故（LRA）

主泵转子卡死（卡轴）事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $3.28\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $2.36\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.33%和 0.24%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.38\text{E-}04\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $1.76\text{E-}03\text{Sv}$ ，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.14%和 0.18%。

由上述分析可知：

对于极限事故，在事故发生后 2h 内，弹棒事故（CREA）对非居住区边界上公众造成的有效剂量最大，燃料操作事故（FHA）对非居住区边界上公众造成的甲状腺当量剂量最大；在事故持续期间内，弹棒事故（CREA）事故对规划限制区外边界上公众所造成的有效剂量最大，蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）事故对规划限制区外边界上公众所造成的甲状腺当量剂量最大。

对于稀有事故，在事故持续期间，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对非居住区边界上（事故发生后 2h 内）以及规划限制区外边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大。上述事故剂量后果都满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组专设安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

表 7.1-1 设计基准 LOCA 源项计算所用的主要参数

参数	值
一回路冷却剂活度	表 4.6-3
一回路冷却剂质量	220t
堆芯积存量	表 4.6-1
堆芯积存量释放份额	惰性气体：5% 卤素：5% 碱金属：5%
安全壳自由容积	72000 m ³
最大 EBA 通风流量	7000 m ³ /h
安全壳泄漏率	20s-24h：0.3%/d 24h-30d：0.15%/d
环廊自由容积	19100m ³
环廊放射性混合限值	50%
EDE 安全系统运行时最大 EDE 流量	20s-30d：400 m ³ /h
环廊废气未过滤排放时间	0-5min
事故过滤器效率	惰性气体：0% 有机碘：99.0% 元素碘：99.0% 气溶胶：99.9%
释放碘的化学形态	元素碘：4.85% 有机碘：0.15% 气溶胶：95%
释放持续时间	30d

表 7.1-2 设计基准 LOCA 源项

单位：Bq

核素	0h~1h	1h~2h	2h~8h	8h~24h	24~96h	4d~7d	7d~30d	
Kr-83 m	5.23E+10	1.13E+11	5.21E+11	2.08E+11	8.70E+09	0.00E+00	0.00E+00	
Kr-85m	1.49E+11	3.59E+11	3.22E+12	5.70E+12	4.22E+12	4.88E+07	5.34E+03	
Kr-85	5.32E+09	1.56E+10	2.83E+11	1.95E+12	1.06E+13	9.30E+12	6.93E+13	
Kr-87	2.30E+11	4.07E+11	1.44E+12	1.86E+11	7.48E+08	0.00E+00	0.00E+00	
Kr-88	4.04E+11	9.13E+11	5.97E+12	5.79E+12	1.45E+12	2.69E+04	0.00E+00	
Xe-131m	5.94E+09	1.76E+10	3.15E+11	2.11E+12	1.05E+13	7.69E+12	3.34E+13	
Xe-133m	3.16E+10	7.73E+10	1.31E+12	7.81E+12	2.84E+13	9.22E+12	1.95E+13	
Xe-133	9.97E+11	2.53E+12	4.46E+13	2.89E+14	1.30E+15	7.52E+14	2.40E+15	
Xe-135m	3.29E+10	1.15E+10	9.31E+09	1.80E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Xe-135	3.21E+11	7.37E+11	9.23E+12	3.01E+13	5.06E+13	1.66E+11	5.15E+09	
Xe-138	1.55E+11	4.04E+10	2.80E+10	1.49E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
元素 碘	I-131	4.05E+09	5.85E+08	1.04E+10	6.88E+10	3.29E+11	2.20E+11	8.25E+11
	I-132	1.65E+09	5.36E+08	2.97E+09	1.98E+09	2.35E+08	0.00E+00	0.00E+00
	I-133	2.26E+09	1.19E+09	1.82E+10	8.84E+10	2.28E+11	1.67E+10	1.05E+10
	I-134	6.82E+08	4.31E+08	1.23E+09	3.03E+07	3.15E+03	0.00E+00	0.00E+00
	I-135	1.22E+09	1.00E+09	1.10E+10	2.84E+10	3.60E+10	1.51E+07	5.98E+04
有机 碘	I-131	1.25E+08	1.81E+07	3.22E+08	2.13E+09	1.02E+10	6.81E+09	2.55E+10
	I-132	5.11E+07	1.66E+07	9.17E+07	6.11E+07	7.26E+06	0.00E+00	0.00E+00
	I-133	6.99E+07	3.67E+07	5.64E+08	2.73E+09	7.05E+09	5.17E+08	3.25E+08
	I-134	2.11E+07	1.33E+07	3.79E+07	9.37E+05	9.74E+01	0.00E+00	0.00E+00
	I-135	3.78E+07	3.09E+07	3.41E+08	8.78E+08	1.11E+09	4.67E+05	1.85E+03
粒 子 碘	I-131	7.58E+10	1.15E+09	2.04E+10	1.35E+11	6.44E+11	4.31E+11	1.62E+12
	I-132	2.83E+10	1.05E+09	5.81E+09	3.87E+09	4.60E+08	0.00E+00	0.00E+00
	I-133	3.71E+10	2.33E+09	3.57E+10	1.73E+11	4.46E+11	3.28E+10	2.06E+10
	I-134	8.46E+09	8.45E+08	2.40E+09	5.93E+07	6.17E+03	0.00E+00	0.00E+00
	I-135	1.75E+10	1.96E+09	2.16E+10	5.56E+10	7.06E+10	2.96E+07	1.17E+05
Rb-88	2.34E+09	4.85E+07	5.18E+07	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Rb-89	3.00E+09	3.87E+07	3.11E+07	5.47E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Cs-134	4.87E+10	3.36E+08	6.08E+09	4.18E+10	2.27E+11	1.99E+11	1.47E+12	
Cs-136	4.08E+09	9.62E+07	1.72E+09	1.16E+10	5.81E+10	4.32E+10	1.94E+11	
Cs-137	5.87E+10	1.96E+08	3.55E+09	2.45E+10	1.33E+11	1.17E+11	8.72E+11	
Cs-138	2.34E+10	3.69E+08	7.73E+08	8.12E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	

表 7.1-3 CREA 事故源项计算所用的主要参数（1/2）

安全壳释放途径

参数	值	
一回路冷却剂活度	表 4.6-3	
一回路冷却剂质量	220t	
堆芯积存量	表 4.6-1	
破损燃料棒份额	10%	
熔化燃料棒份额	1%	
堆芯裂变产物释放到安全壳的份额（安全壳释放途径）	破损燃料棒 - 惰性气体：10% - 碘：10% - 碱金属：10%	熔化燃料棒 - 惰性气体：100% - 碘：25% - 碱金属：25%
安全壳自由容积	72000 m ³	
最大 EBA 通风流量	7000 m ³ /h	
安全壳泄漏率	20s-24h: 0.3%/d 24h-30d: 0.15%/d	
环廊自由容积	19100m ³	
环廊放射性混合限值	50%	
EDE 安全系统运行时最大 EDE 流量	20s-30d: 400 m ³ /h	
环廊废气未过滤排放时间	0-5min	
事故过滤器效率	惰性气体：0% 有机碘：99.0% 元素碘：99.0% 气溶胶：99.9%	
释放碘的化学形态	元素碘：4.85% 有机碘：0.15% 气溶胶：95%	
释放持续时间	30d	

表 7.1-3 CREA 事故源项计算所用的主要参数（2/2）

二回路释放途径

参数	值	
一回路冷却剂活度	表 4.6-3	
一回路冷却剂质量	220t	
堆芯积存量	表 4.6-1	
破损燃料棒份额	10%	
熔化燃料棒份额	1%	
堆芯裂变产物释放到一回路冷却剂的份额（二回路释放途径）	破损燃料棒 - 惰性气体：10% - 碘：10% - 碱金属：10%	熔化燃料棒 - 惰性气体：100% - 碘：50% - 碱金属：50%
一回路向二回路泄漏率	44l/h（单台 SG）	
SG 蒸汽夹带因子	碘：1% 碱金属：0.25%	
释放碘的化学形态	元素碘：97% 有机碘：3%	
二回路液体质量	60t（单台 SG）	
二回路排放到环境的蒸汽质量（3 个 SG）	0-2h：320t 2h-8h：562t	
释放持续时间	8h	

表 7.1-4 CREA 事故源项—安全壳释放途径

单位：Bq

核素	0h~1h	1h~2h	2h-8h	8h-24h	24-96h	4d-7d	7d-30d	
Kr-83 m	1.53E+11	3.28E+10	1.51E+11	6.04E+10	2.52E+09	0.00E+00	0.00E+00	
Kr-85m	3.56E+11	1.04E+11	9.34E+11	1.66E+12	1.23E+12	1.42E+07	1.55E+03	
Kr-85	1.21E+10	4.53E+09	8.21E+10	5.65E+11	3.07E+12	2.70E+12	2.01E+13	
Kr-87	7.11E+11	1.18E+11	4.19E+11	5.41E+10	2.17E+08	0.00E+00	0.00E+00	
Kr-88	1.03E+12	2.65E+11	1.73E+12	1.68E+12	4.20E+11	7.81E+03	0.00E+00	
Xe-131m	1.37E+10	5.11E+09	9.15E+10	6.13E+11	3.05E+12	2.23E+12	9.68E+12	
Xe-133m	6.37E+10	2.25E+10	3.81E+11	2.27E+12	8.25E+12	2.68E+12	5.66E+12	
Xe-133	2.05E+12	7.36E+11	1.30E+13	8.40E+13	3.77E+14	2.19E+14	6.98E+14	
Xe-135m	3.66E+11	3.32E+09	2.70E+09	5.22E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Xe-135	6.68E+11	2.14E+11	2.68E+12	8.75E+12	1.47E+13	4.83E+10	1.50E+09	
Xe-138	1.70E+12	1.17E+10	8.12E+09	4.33E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
元素碘	I-131	2.11E+10	8.23E+07	1.46E+09	9.69E+09	4.63E+10	3.10E+10	1.16E+11
	I-132	2.87E+10	7.51E+07	4.16E+08	2.77E+08	3.29E+07	0.00E+00	0.00E+00
	I-133	4.18E+10	1.66E+08	2.55E+09	1.24E+10	3.19E+10	2.34E+09	1.47E+09
	I-134	4.74E+10	6.04E+07	1.72E+08	4.24E+06	4.41E+02	0.00E+00	0.00E+00
	I-135	3.90E+10	1.40E+08	1.55E+09	3.98E+09	5.05E+09	2.11E+06	8.37E+03
有机碘	I-131	6.53E+08	2.55E+06	4.53E+07	3.00E+08	1.43E+09	9.59E+08	3.59E+09
	I-132	8.89E+08	2.32E+06	1.29E+07	8.57E+06	1.02E+06	0.00E+00	0.00E+00
	I-133	1.29E+09	5.15E+06	7.90E+07	3.83E+08	9.88E+08	7.25E+07	4.55E+07
	I-134	1.46E+09	1.87E+06	5.31E+06	1.31E+05	1.36E+01	0.00E+00	0.00E+00
	I-135	1.21E+09	4.34E+06	4.78E+07	1.23E+08	1.56E+08	6.54E+04	2.59E+02
粒子碘	I-131	4.13E+11	1.61E+08	2.87E+09	1.90E+10	9.07E+10	6.07E+10	2.28E+11
	I-132	5.62E+11	1.47E+08	8.14E+08	5.43E+08	6.44E+07	0.00E+00	0.00E+00
	I-133	8.18E+11	3.26E+08	5.00E+09	2.43E+10	6.26E+10	4.59E+09	2.88E+09
	I-134	9.27E+11	1.18E+08	3.36E+08	8.30E+06	8.63E+02	0.00E+00	0.00E+00
	I-135	7.63E+11	2.75E+08	3.03E+09	7.79E+09	9.89E+09	4.14E+06	1.64E+04
Rb-88	4.47E+11	6.79E+06	7.24E+06	1.40E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Rb-89	5.95E+11	5.42E+06	4.35E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Cs-134	1.34E+11	4.76E+07	8.62E+08	5.93E+09	3.22E+10	2.82E+10	2.08E+11	
Cs-136	3.35E+10	1.35E+07	2.42E+08	1.63E+09	8.16E+09	6.07E+09	2.73E+10	
Cs-137	9.31E+10	2.82E+07	5.10E+08	3.51E+09	1.91E+10	1.68E+10	1.25E+11	
Cs-138	8.40E+11	5.17E+07	1.08E+08	1.14E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	

表 7.1-5 CREA 事故源项—二回路释放途径

单位：Bq

核素		0~2h	2~8h	0-8h
Kr-83 m		9.51E+12	7.53E+12	1.70E+13
Kr-85m		2.62E+13	4.37E+13	6.99E+13
Kr-85		1.04E+12	3.12E+12	4.15E+12
Kr-87		3.83E+13	1.87E+13	5.70E+13
Kr-88		7.05E+13	8.61E+13	1.57E+14
Xe-131m		1.17E+12	3.49E+12	4.66E+12
Xe-133m		5.19E+12	1.48E+13	2.00E+13
Xe-133		1.69E+14	4.97E+14	6.66E+14
Xe-135m		6.41E+12	2.80E+10	6.44E+12
Xe-135		5.14E+13	1.14E+14	1.66E+14
Xe-138		2.75E+13	7.79E+10	2.76E+13
元素 碘	I-131	6.20E+11	5.21E+12	5.83E+12
	I-132	5.18E+11	1.75E+12	2.27E+12
	I-133	1.22E+12	9.09E+12	1.03E+13
	I-134	4.54E+11	9.79E+11	1.43E+12
	I-135	1.00E+12	5.64E+12	6.64E+12
有机 碘	I-131	1.92E+10	1.61E+11	1.80E+11
	I-132	1.60E+10	5.41E+10	7.01E+10
	I-133	3.77E+10	2.81E+11	3.19E+11
	I-134	1.40E+10	3.03E+10	4.43E+10
	I-135	3.09E+10	1.74E+11	2.05E+11
Rb-88		2.15E+10	3.84E+10	5.99E+10
Rb-89		2.45E+10	4.34E+10	6.79E+10
Cs-134		5.17E+10	4.40E+11	4.91E+11
Cs-136		1.43E+10	1.24E+11	1.38E+11
Cs-137		3.17E+10	2.60E+11	2.92E+11
Cs-138		7.20E+10	1.37E+11	2.09E+11

表 7.1-6 MSLB 源项计算所用的主要参数

参数	值
一回路冷却剂活度	表 4.6-3
一回路向二回路泄漏率	44l/h（单台 SG）
SG 蒸汽夹带因子	碘：1% 碱金属：0.25%
释放碘的化学形态	元素碘：97% 有机碘：3%
二回路液体质量	破损 SG：100t 完好 SG：60t（单台 SG）
完好 SG 排放到环境的蒸汽质量（2 个 SG）	0-2h：232t 2h-8h：442t
释放持续时间	8h

表 7.1-7 MSLB 事故源项

单位：Bq

核素	0~2h	2~8h	0-8h	
Kr-83m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
K-85m	2.36E+10	6.00E+10	8.36E+10	
Kr-85	1.56E+08	4.67E+08	6.23E+08	
Kr-87	2.26E+10	4.86E+10	7.13E+10	
Kr-88	5.02E+10	1.20E+11	1.70E+11	
Xe-131m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Xe-133m	1.17E+10	3.45E+10	4.62E+10	
Xe-133	3.13E+11	9.32E+11	1.25E+12	
Xe-135m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Xe-135	1.20E+11	3.29E+11	4.50E+11	
Xe-138	1.82E+10	4.53E+10	6.34E+10	
元素 碘	I-131	4.83E+11	1.93E+11	6.76E+11
	I-132	6.50E+10	5.80E+10	1.23E+11
	I-133	1.94E+11	8.13E+10	2.75E+11
	I-134	4.23E+09	6.27E+09	1.05E+10
	I-135	5.32E+10	3.03E+10	8.35E+10
有机 碘	I-131	1.49E+10	5.98E+09	2.09E+10
	I-132	2.01E+09	1.79E+09	3.80E+09
	I-133	5.99E+09	2.51E+09	8.51E+09
	I-134	1.31E+08	1.94E+08	3.25E+08
	I-135	1.65E+09	9.36E+08	2.58E+09
Cs-134	2.61E+11	1.10E+11	3.72E+11	
Cs-136	2.25E+10	8.92E+09	3.14E+10	
Cs-137	3.19E+11	1.34E+11	4.53E+11	
Cs-138	2.25E+10	4.13E+10	6.38E+10	

表 7.1-8 SGTR 事故源项分析假设和输入数据

SG 水蒸发中碘的分离系数	1%
SG 水蒸发中铯的分离系数	0.25%
释放碘的化学形态	元素碘：97% 有机碘：3%
安注和失去厂外电	事故后 600.9s
破损 SG 停止释放时刻	事故后 12690s
燃料芯块-包壳间隙中放射性碘释放的持续时间	8h
完好 SG 一回路向二回路的泄漏率（单台）	44 L/h
一回路放射性比活度	表 4.6-3

表 7.1-9 SGTR 事故源项

单位：Bq

核素	0-2h	2-8h	0-8h	
Kr-85m	1.36E+12	1.60E+12	2.96E+12	
Kr-85	1.54E+10	1.81E+10	3.35E+10	
Kr-87	2.97E+12	3.48E+12	6.45E+12	
Kr-88	5.99E+12	7.02E+12	1.30E+13	
Xe-133m	1.32E+12	1.55E+12	2.87E+12	
Xe-133	3.87E+13	4.53E+13	8.40E+13	
Xe-135	2.18E+13	2.55E+13	4.73E+13	
Xe-138	3.29E+12	3.85E+12	7.14E+12	
元素碘	I-131	2.00E+11	1.66E+12	1.85E+12
	I-132	1.66E+11	9.37E+11	1.10E+12
	I-133	2.66E+11	2.09E+12	2.36E+12
	I-134	2.27E+11	8.59E+11	1.09E+12
	I-135	2.24E+11	1.74E+12	1.96E+12
有机碘	I-131	6.18E+09	5.12E+10	5.74E+10
	I-132	5.14E+09	2.90E+10	3.41E+10
	I-133	8.22E+09	6.48E+10	7.30E+10
	I-134	7.02E+09	2.66E+10	3.36E+10
	I-135	6.92E+09	5.37E+10	6.06E+10
CS-134	1.52E+08	2.42E+08	3.95E+08	
CS-136	3.64E+07	4.33E+07	7.97E+07	
CS-137	2.00E+08	3.14E+08	5.13E+08	
CS-138	1.40E+09	1.82E+08	1.58E+09	

表 7.1-10 SGTR-2 事故源项分析假设和输入数据

SG 水的蒸发中碘的分离系数	1%
SG 水的蒸发中铯的分离系数	0.25%
释放碘的化学形态	元素碘：97% 有机碘：3%
停堆和失去厂外电	事故后 285.2s
破损 SG 停止释放时刻	事故后 14216.2s
完好 SG 一回路向二回路的泄漏率（单台）	44 L/h
一回路放射性比活度	表 4.6-3

表 7.1-11 SGTR-2 事故源项

单位：Bq

核素		0-2h	2-8h	0-8h
Kr-85m		4.14E+12	1.77E+12	5.91E+12
Kr-85		4.69E+10	2.00E+10	6.70E+10
Kr-87		9.04E+12	3.85E+12	1.29E+13
Kr-88		1.82E+13	7.77E+12	2.60E+13
Xe-133m		4.02E+12	1.71E+12	5.73E+12
Xe-133		1.18E+14	5.02E+13	1.68E+14
Xe-135		6.63E+13	2.83E+13	9.46E+13
Xe-138		1.00E+13	4.27E+12	1.43E+13
元素碘	I-131	7.36E+11	7.67E+12	8.40E+12
	I-132	6.17E+11	4.30E+12	4.92E+12
	I-133	9.83E+11	9.69E+12	1.07E+13
	I-134	8.49E+11	3.95E+12	4.80E+12
	I-135	8.33E+11	8.03E+12	8.86E+12
有机碘	I-131	2.28E+10	2.37E+11	2.60E+11
	I-132	1.91E+10	1.33E+11	1.52E+11
	I-133	3.04E+10	3.00E+11	3.30E+11
	I-134	2.63E+10	1.22E+11	1.48E+11
	I-135	2.58E+10	2.48E+11	2.74E+11
Cs-134		1.54E+08	3.36E+08	4.90E+08
Cs-136		3.78E+07	7.64E+07	1.14E+08
Cs-137		2.04E+08	4.51E+08	6.55E+08
Cs-138		1.59E+09	6.88E+08	2.28E+09

表 7.1-12 燃料操作事故源项分析假设和输入参数

燃料芯块-包壳间隙内的核素占 发生事故的燃料组件内总积存 量的比例	I-131	0.08
	Kr85	0.10
	其他惰性气体	0.05
	其它卤素	0.05
	碱金属	0.12
进入乏燃料水池的核素的化学 形态份额	元素碘	0.9985
	有机碘	0.0015
乏燃料水池中的水对核素的去 除因子	元素碘	500
	其它核素	1
乏燃料厂房低流量通风系统运 行时，过滤器对碘的过滤系数	元素碘	1000
	有机碘	100
乏燃料厂房的自由容积	12000 m ³	
乏燃料厂房排气通风流量	事故发生 30 分钟内	12000m ³ /h
	事故发生 30 分钟后	6800 m ³ /h
放射性活度释放时间	24 小时	

表 7.1-13 燃料操作事故源项

单位：GBq

核素		0-2h	2-8h	8-24h	0-24h
元素碘	I-129	3.363E-05	2.621E-08	9.141E-10	3.366E-05
	I-131	1.239E+03	9.538E-01	3.253E-02	1.240E+03
	I-132	6.118E+02	1.868E-01	1.035E-03	6.120E+02
	I-133	7.857E+01	5.484E-02	1.556E-03	7.863E+01
	I-134	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	I-135	5.313E-02	2.944E-05	5.381E-07	5.316E-02
有机碘	I-129	2.550E-05	1.969E-07	6.866E-09	2.570E-05
	I-131	9.389E+02	7.164E+00	2.443E-01	9.463E+02
	I-132	4.628E+02	1.403E+00	7.772E-03	4.642E+02
	I-133	5.955E+01	4.119E-01	1.168E-02	5.997E+01
	I-134	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
	I-135	4.024E-02	2.211E-04	4.042E-06	4.047E-02
惰性气体	Kr-83m	1.193E-07	1.698E-08	5.922E-11	1.364E-07
	Kr-85	1.931E+04	7.425E+03	2.589E+02	2.700E+04
	Kr-85m	3.980E-02	9.997E-03	1.348E-04	4.993E-02
	Kr-87	7.172E-19	6.838E-20	8.715E-23	7.857E-19
	Kr-88	1.326E-05	2.640E-06	2.068E-08	1.592E-05
	Xe-131m	6.004E+03	4.698E+00	9.508E-09	6.009E+03
	Xe-133	5.908E+05	2.046E+02	3.765E-08	5.911E+05
	Xe-133m	2.363E+04	2.721E+03	6.699E+00	2.636E+04
	Xe-135	2.316E+03	2.647E+02	6.396E-01	2.581E+03
	Xe-135m	7.364E+00	8.263E-01	1.906E-03	8.192E+00
Xe-138	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	

表 7.1-14 主泵转子卡死事故源项计算所用的主要参数

参数	值
一回路冷却剂活度	表 4.6-3
一回路向二回路泄漏率	44 L/h（单台 SG）
堆芯积存量	表 4.6-1
破损燃料棒份额	10%
破损燃料棒裂变产物释放到一回路冷却剂的份额	惰性气体（Kr-85 除外）：5% Kr-85：10% 碘（除 I-131）：5% I-131：8% 碱金属：5%
SG 蒸汽夹带因子	碘：1% 碱金属：0.25%
释放碘的化学形态	分子碘：97% 有机碘：3%
二回路液体质量	60t（单台 SG）
SG 排放到环境的蒸汽质量（2 个 SG）	0-2h：212t 2h-8h：382t
释放持续时间	8h

表 7.1-15 主泵转子卡死事故源项

单位：Bq

核素		0~2h	2~8h	0-8h
Kr-83 m		2.32E+12	1.84E+12	4.17E+12
Kr-85m		6.43E+12	1.07E+13	1.71E+13
Kr-85		5.08E+11	1.52E+12	2.03E+12
Kr-87		9.35E+12	4.56E+12	1.39E+13
Kr-88		1.73E+13	2.11E+13	3.84E+13
Xe-131m		2.87E+11	8.53E+11	1.14E+12
Xe-133m		1.28E+12	3.64E+12	4.91E+12
Xe-133		4.16E+13	1.22E+14	1.64E+14
Xe-135m		1.57E+12	6.84E+09	1.58E+12
Xe-135		1.27E+13	2.82E+13	4.08E+13
Xe-138		6.73E+12	1.91E+10	6.75E+12
元素碘	I-131	1.87E+11	1.58E+12	1.76E+12
	I-132	9.57E+10	3.28E+11	4.24E+11
	I-133	2.26E+11	1.71E+12	1.94E+12
	I-134	8.32E+10	1.83E+11	2.67E+11
	I-135	1.84E+11	1.06E+12	1.24E+12
有机碘	I-131	5.78E+09	4.88E+10	5.46E+10
	I-132	2.96E+09	1.02E+10	1.31E+10
	I-133	7.00E+09	5.29E+10	5.99E+10
	I-134	2.57E+09	5.67E+09	8.25E+09
	I-135	5.70E+09	3.27E+10	3.84E+10
Rb-88		3.49E+09	6.36E+09	9.85E+09
Rb-89		3.98E+09	7.20E+09	1.12E+10
Cs-134		9.35E+09	7.54E+10	8.48E+10
Cs-136		2.41E+09	2.07E+10	2.31E+10
Cs-137		6.31E+09	4.62E+10	5.26E+10
Cs-138		1.17E+10	2.27E+10	3.44E+10

表7.1-16 非居住区边界上的大气弥散因子 (s/m^3)

方位	距离	大气弥散因子 (0~2h)
N	800	2.85E-05
NNE	800	3.10E-05
NE	800	4.10E-05
ENE	800	4.89E-05
E	800	4.15E-05
ESE	800	3.92E-05
SE	800	4.41E-05
SSE	800	5.11E-05
S	800	5.15E-05
SSW	800	7.12E-05
SW	800	6.95E-05
WSW	800	5.57E-05
W	800	5.05E-05
WNW	800	4.52E-05
NW	800	3.56E-05
NNW	800	2.44E-05
全厂址		5.11E-05

表 7.1-17 规划限制区外边界上的大气弥散因子 (s/m^3)

方位	距离 (m)	0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	5000	2.09E-06	1.09E-06	6.06E-07	2.47E-07	6.85E-08
NNE	5000	2.41E-06	1.32E-06	7.77E-07	3.43E-07	1.06E-07
NE	5000	3.72E-06	2.20E-06	1.38E-06	6.73E-07	2.40E-07
ENE	5000	5.19E-06	2.88E-06	1.71E-06	7.63E-07	2.40E-07
E	5000	3.96E-06	2.13E-06	1.22E-06	5.22E-07	1.54E-07
ESE	5000	3.77E-06	2.01E-06	1.14E-06	4.80E-07	1.39E-07
SE	5000	4.94E-06	2.62E-06	1.48E-06	6.22E-07	1.79E-07
SSE	5000	5.82E-06	3.05E-06	1.72E-06	7.11E-07	2.00E-07
S	5000	4.92E-06	2.64E-06	1.51E-06	6.45E-07	1.90E-07
SSW	5000	8.88E-06	5.02E-06	3.02E-06	1.38E-06	4.51E-07
SW	5000	8.51E-06	5.43E-06	3.63E-06	1.96E-06	8.10E-07
WSW	5000	5.81E-06	3.59E-06	2.33E-06	1.20E-06	4.66E-07
W	5000	4.10E-06	2.32E-06	1.40E-06	6.43E-07	2.11E-07
WNW	5000	3.23E-06	1.73E-06	9.96E-07	4.26E-07	1.26E-07
NW	5000	2.79E-06	1.51E-06	8.68E-07	3.73E-07	1.11E-07
NNW	5000	1.48E-06	7.95E-07	4.56E-07	1.94E-07	5.71E-08
全厂址		5.82E-06	3.90E-06	2.73E-06	1.58E-06	7.18E-07

表 7.1-18 剂量转换因子

核素	衰变常数 (1/s)	烟云浸没照射 (Sv/s) / (Bq/m ³)	地面沉积外照射 (Sv/s) / (Bq/m ²)	吸入内照射 (Sv/Bq)	甲状腺吸入 (Sv/Bq)	
Kr-83m	1.05E-04	2.43E-18	-	-	-	
Kr-85m	4.30E-05	6.83E-15	-	-	-	
Kr-85	2.05E-09	2.55E-16	-	-	-	
Kr-87	1.52E-04	3.94E-14	-	-	-	
Kr-88	6.78E-05	9.72E-14	-	-	-	
Xe-131m	6.74E-07	3.70E-16	-	-	-	
Xe-133m	3.66E-06	1.27E-15	-	-	-	
Xe-133	1.53E-06	1.39E-15	-	-	-	
Xe-135m	7.42E-04	1.85E-14	-	-	-	
Xe-135	2.12E-05	1.11E-14	-	-	-	
Xe-138	8.15E-04	5.44E-14	-	-	-	
I-131	有机碘	9.98E-07	1.84E-14	3.75E-16	1.50E-08	3.10E-07
	粒子碘				7.40E-09	1.50E-07
	元素碘				2.00E-08	3.90E-07
I-132	有机碘	8.37E-05	1.14E-13	2.21E-15	1.90E-10	3.20E-09
	粒子碘				9.40E-11	1.40E-09
	元素碘				3.10E-10	3.60E-09
I-133	有机碘	9.26E-06	3.00E-14	5.97E-16	3.10E-09	6.00E-08
	粒子碘				1.50E-09	2.80E-08
	元素碘				4.00E-09	7.60E-08
I-134	有机碘	2.20E-04	1.33E-13	2.53E-15	5.00E-11	7.00E-10
	粒子碘				4.50E-11	2.60E-10
	元素碘				1.50E-10	7.00E-10
I-135	有机碘	2.91E-05	8.25E-14	1.47E-15	6.80E-10	1.30E-08
	粒子碘				3.20E-10	5.70E-09
	元素碘				9.20E-10	1.50E-08
Rb-88	6.48E-04	3.50E-14	5.95E-16	2.26E-11	1.37E-12	
Rb-89	7.61E-04	9.03E-14	1.91E-15	1.16E-11	1.61E-12	
Cs-134	1.07E-08	7.58E-14	1.52E-15	1.25E-08	1.11E-08	
Cs-136	6.11E-07	1.06E-13	2.09E-15	1.98E-09	1.73E-09	
Cs-137	7.33E-10	2.89E-14	2.86E-19	8.63E-09	7.93E-09	
Cs-138	3.58E-04	1.21E-13	2.19E-15	2.74E-11	3.57E-12	

注：

- 惰性气体：烟云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）。
- 碘和碱金属：吸入内照射有效剂量转换因子主要取自国际辐射防护委员会（ICRP）71号出版物；烟云浸没外照射剂量转换因子主要取自国际原子能机构（IAEA）19号安全报告（2001）。
- 其它核素：烟云浸没外照射剂量转换因子主要取自美国联邦导则 12号报告；吸入内照射有效剂量转换因子主要取自美国联邦导则 11号报告。

表 7.1-19 (1/2) 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

非居住区边界公众个人有效剂量 (2h)

单位: Sv

方位	距离 (m)	LOCA	CREA	MSLB	SGTR	SGTR-2	FHA	LRA
N	800	4.19E-05	7.28E-04	2.15E-04	9.08E-05	3.13E-04	4.40E-04	1.31E-04
NNE	800	4.56E-05	7.92E-04	2.34E-04	9.88E-05	3.40E-04	4.79E-04	1.43E-04
NE	800	6.03E-05	1.05E-03	3.09E-04	1.31E-04	4.50E-04	6.33E-04	1.89E-04
ENE	800	7.19E-05	1.25E-03	3.69E-04	1.56E-04	5.37E-04	7.55E-04	2.25E-04
E	800	6.10E-05	1.06E-03	3.13E-04	1.32E-04	4.55E-04	6.41E-04	1.91E-04
ESE	800	5.76E-05	1.00E-03	2.96E-04	1.25E-04	4.30E-04	6.06E-04	1.81E-04
SE	800	6.49E-05	1.13E-03	3.33E-04	1.41E-04	4.84E-04	6.81E-04	2.03E-04
SSE	800	7.51E-05	1.31E-03	3.85E-04	1.63E-04	5.61E-04	7.89E-04	2.35E-04
S	800	7.57E-05	1.32E-03	3.88E-04	1.64E-04	5.65E-04	7.96E-04	2.37E-04
SSW	800	1.05E-04	1.82E-03	5.37E-04	2.27E-04	7.81E-04	1.10E-03	3.28E-04
SW	800	1.02E-04	1.78E-03	5.24E-04	2.21E-04	7.63E-04	1.07E-03	3.20E-04
WSW	800	8.19E-05	1.42E-03	4.20E-04	1.77E-04	6.11E-04	8.60E-04	2.56E-04
W	800	7.43E-05	1.29E-03	3.81E-04	1.61E-04	5.54E-04	7.80E-04	2.33E-04
WNW	800	6.65E-05	1.15E-03	3.41E-04	1.44E-04	4.96E-04	6.98E-04	2.08E-04
NW	800	5.24E-05	9.10E-04	2.69E-04	1.13E-04	3.91E-04	5.50E-04	1.64E-04
NNW	800	3.59E-05	6.23E-04	1.84E-04	7.77E-05	2.68E-04	3.77E-04	1.12E-04
全厂址		7.51E-05	1.31E-03	3.85E-04	1.63E-04	5.61E-04	7.89E-04	2.35E-04

表 7.1-19 (2/2) 非居住区边界上公众可能受到的最大个人剂量

非居住区边界公众个人甲状腺剂量 (2h)

单位: Sv

方位	距离 (m)	LOCA	CREA	MSLB	SGTR	SGTR-2	FHA	LRA
N	800	1.58E-04	4.61E-03	2.12E-03	1.04E-03	3.82E-03	7.79E-03	9.47E-04
NNE	800	1.72E-04	5.01E-03	2.31E-03	1.13E-03	4.16E-03	8.48E-03	1.03E-03
NE	800	2.28E-04	6.63E-03	3.05E-03	1.49E-03	5.50E-03	1.12E-02	1.36E-03
ENE	800	2.71E-04	7.91E-03	3.64E-03	1.78E-03	6.56E-03	1.34E-02	1.62E-03
E	800	2.30E-04	6.71E-03	3.09E-03	1.51E-03	5.56E-03	1.13E-02	1.38E-03
ESE	800	2.18E-04	6.34E-03	2.92E-03	1.43E-03	5.26E-03	1.07E-02	1.30E-03
SE	800	2.45E-04	7.13E-03	3.28E-03	1.60E-03	5.91E-03	1.21E-02	1.46E-03
SSE	800	2.84E-04	8.26E-03	3.81E-03	1.86E-03	6.85E-03	1.40E-02	1.70E-03
S	800	2.86E-04	8.33E-03	3.84E-03	1.87E-03	6.90E-03	1.41E-02	1.71E-03
SSW	800	3.95E-04	1.15E-02	5.30E-03	2.59E-03	9.55E-03	1.95E-02	2.36E-03
SW	800	3.86E-04	1.12E-02	5.18E-03	2.53E-03	9.32E-03	1.90E-02	2.31E-03
WSW	800	3.09E-04	9.01E-03	4.15E-03	2.03E-03	7.47E-03	1.52E-02	1.85E-03
W	800	2.80E-04	8.17E-03	3.76E-03	1.84E-03	6.77E-03	1.38E-02	1.68E-03
WNW	800	2.51E-04	7.31E-03	3.37E-03	1.64E-03	6.06E-03	1.24E-02	1.50E-03
NW	800	1.98E-04	5.76E-03	2.65E-03	1.30E-03	4.77E-03	9.73E-03	1.18E-03
NNW	800	1.35E-04	3.95E-03	1.82E-03	8.88E-04	3.27E-03	6.67E-03	8.10E-04
全厂址		2.84E-04	8.26E-03	3.81E-03	1.86E-03	6.85E-03	1.40E-02	1.70E-03

表 7.1-20（1/2） 规划限制区外边界公众个人剂量

规划限制区外边界公众个人有效剂量（事故期间）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA （0~30d）	CREA （0~30d）	MSLB （0~8h）	SGTR （0~8h）	SGTR-2 （0~8h）	FHA （0~24h）	LRA （0~8h）
N	5000	1.08E-05	1.32E-04	1.92E-05	2.57E-05	1.06E-04	3.24E-05	2.95E-05
NNE	5000	1.42E-05	1.57E-04	2.23E-05	3.07E-05	1.27E-04	3.74E-05	3.51E-05
NE	5000	2.65E-05	2.55E-04	3.49E-05	5.03E-05	2.08E-04	5.77E-05	5.71E-05
ENE	5000	3.14E-05	3.41E-04	4.82E-05	6.68E-05	2.75E-04	8.05E-05	7.63E-05
E	5000	2.21E-05	2.55E-04	3.65E-05	4.98E-05	2.05E-04	6.14E-05	5.70E-05
ESE	5000	2.05E-05	2.42E-04	3.47E-05	4.71E-05	1.94E-04	5.85E-05	5.39E-05
SE	5000	2.67E-05	3.16E-04	4.55E-05	6.15E-05	2.53E-04	7.66E-05	7.04E-05
SSE	5000	3.08E-05	3.69E-04	5.34E-05	7.18E-05	2.95E-04	9.02E-05	8.23E-05
S	5000	2.74E-05	3.17E-04	4.54E-05	6.18E-05	2.54E-04	7.63E-05	7.07E-05
SSW	5000	5.60E-05	5.91E-04	8.27E-05	1.16E-04	4.78E-04	1.38E-04	1.32E-04
SW	5000	7.46E-05	6.14E-04	8.12E-05	1.22E-04	5.05E-04	1.32E-04	1.38E-04
WSW	5000	4.63E-05	4.10E-04	5.51E-05	8.12E-05	3.36E-04	9.02E-05	9.21E-05
W	5000	2.60E-05	2.73E-04	3.82E-05	5.36E-05	2.21E-04	6.36E-05	6.11E-05
WNW	5000	1.80E-05	2.08E-04	2.98E-05	4.05E-05	1.67E-04	5.01E-05	4.63E-05
NW	5000	1.57E-05	1.81E-04	2.58E-05	3.53E-05	1.45E-04	4.33E-05	4.03E-05
NNW	5000	8.23E-06	9.53E-05	1.36E-05	1.86E-05	7.65E-05	2.30E-05	2.13E-05
全厂址		5.94E-05	4.34E-04	5.61E-05	8.66E-05	3.60E-04	9.03E-05	9.77E-05

表 7.1-20（2/2） 规划限制区外边界公众个人剂量

规划限制区外边界公众个人甲状腺当量剂量（事故期间）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA (0~30d)	CREA (0~30d)	MSLB (0~8h)	SGTR (0~8h)	SGTR-2 (0~8h)	FHA (0~24h)	LRA (0~8h)
N	5000	4.90E-05	1.44E-03	1.88E-04	4.00E-04	1.78E-03	5.72E-04	3.66E-04
NNE	5000	6.58E-05	1.72E-03	2.19E-04	4.80E-04	2.14E-03	6.60E-04	4.39E-04
NE	5000	1.26E-04	2.82E-03	3.43E-04	7.90E-04	3.52E-03	1.02E-03	7.22E-04
ENE	5000	1.46E-04	3.74E-03	4.73E-04	1.05E-03	4.65E-03	1.42E-03	9.55E-04
E	5000	1.01E-04	2.79E-03	3.59E-04	7.77E-04	3.46E-03	1.08E-03	7.11E-04
ESE	5000	9.38E-05	2.64E-03	3.41E-04	7.35E-04	3.27E-03	1.03E-03	6.72E-04
SE	5000	1.22E-04	3.44E-03	4.46E-04	9.59E-04	4.26E-03	1.35E-03	8.76E-04
SSE	5000	1.40E-04	4.01E-03	5.25E-04	1.12E-03	4.97E-03	1.59E-03	1.02E-03
S	5000	1.25E-04	3.46E-03	4.46E-04	9.64E-04	4.29E-03	1.35E-03	8.81E-04
SSW	5000	2.62E-04	6.50E-03	8.12E-04	1.82E-03	8.09E-03	2.43E-03	1.66E-03
SW	5000	3.67E-04	6.87E-03	7.97E-04	1.92E-03	8.61E-03	2.33E-03	1.76E-03
WSW	5000	2.25E-04	4.57E-03	5.40E-04	1.28E-03	5.71E-03	1.59E-03	1.17E-03
W	5000	1.22E-04	3.00E-03	3.75E-04	8.39E-04	3.74E-03	1.12E-03	7.67E-04
WNW	5000	8.27E-05	2.27E-03	2.92E-04	6.32E-04	2.81E-03	8.85E-04	5.78E-04
NW	5000	7.23E-05	1.97E-03	2.53E-04	5.50E-04	2.45E-03	7.64E-04	5.03E-04
NNW	5000	3.77E-05	1.04E-03	1.34E-04	2.90E-04	1.29E-03	4.05E-04	2.65E-04
全厂址		2.98E-04	4.89E-03	5.50E-04	1.37E-03	6.14E-03	1.59E-03	1.25E-03

表 7.1-21 事故后果与国家标准的比较

事故	事故工况	非居住区边界（800m）			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量（Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量（Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	DBC-4	1.05E-04	0.11%	3.95E-04	0.04%
CREA	DBC-4	1.82E-03	1.82%	1.15E-02	1.15%
MSLB	DBC-4	5.37E-04	0.54%	5.30E-03	0.53%
SGTR	DBC-3	2.27E-04	4.54%	2.59E-03	5.18%
SGTR-2	DBC-4	7.81E-04	0.78%	9.55E-03	0.96%
FHA	DBC-4	1.10E-03	1.10%	1.95E-02	1.95%
LRA	DBC-4	3.28E-04	0.33%	2.36E-03	0.24%

事故	事故工况	规划限制区边界（5km）			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量（Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量（Sv）	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	DBC-4	7.46E-05	0.07%	3.67E-04	0.04%
CREA	DBC-4	6.14E-04	0.61%	6.87E-03	0.69%
MSLB	DBC-4	8.27E-05	0.08%	8.12E-04	0.08%
SGTR	DBC-3	1.22E-04	2.44%	1.92E-03	3.84%
SGTR-2	DBC-4	5.05E-04	0.51%	8.61E-03	0.86%
FHA	DBC-4	1.38E-04	0.14%	2.43E-03	0.24%
LRA	DBC-4	1.38E-04	0.14%	1.76E-03	0.18%

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

7.2.2 事故后果

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

7.2.3.1 严重事故预防

7.2.3.2 严重事故缓解措施

表

表 7.2-1 LBLOCA 工况释放到环境中的放射性裂变产物释放量

表 7.2-2 SBO 事故释放到环境中的放射性裂变产物释放量

表 7.2-3 严重事故场外公众剂量结果

表 7.2-4 严重事故公众受照剂量汇总

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

三澳核电厂1、2号机组建设两台华龙一号核电机组，设计扩展工况是指不在设计基准事故考虑范围的事故工况，包括没有造成堆芯明显损伤的工况（DEC-A）和堆芯熔化（严重事故）工况（DEC-B）。

本节严重事故环境影响评价，参照本工程初步安全分析报告，选取华龙一号典型DEC-B工况的大破口失水事故（LBLOCA）和全厂断电事故（SBO）作为严重事故的始发事件。

（1）事故概述

LBLOCA 导致的严重事故是满功率下，在蒸汽发生器隔间的主回路发生双端剪切断裂，假设中、低压安注和喷淋均不可用，仅安注箱可用。在大破口失水事故中，燃料包壳达到 100%破损，大量的放射性冷却剂和裂变产物释放进入安全壳，引起安全壳的快速增压，从而导致大量放射性物质向环境释放。功率工况大破口事故导致 CDF 的频率为 $4.09E-09$ /堆年。

SBO导致的严重事故是在满功率下，发生全厂断电叠加SBO柴油发电机失效，一回路排热量减少和流量惰走导致堆芯释热能力下降，由于二次侧冷却失效最终导致堆芯熔化，大量的放射性冷却剂和裂变产物释放进入安全壳，引起安全壳的快速增压，从而导致大量放射性物质向环境释放。功率工况全厂断电事故SBO导致CDF的频率是 $1.13E-11$ /堆年。

（2）源项分析

a) 大破口失水事故（LBLOCA）

功率工况发生一回路双端剪切大破口事故，紧急停堆成功，中、低压安注不可用，安全壳喷淋不可用，安注箱可用，堆芯出口温度达到 650°C 进行一回路卸压，环廊通风系统（EDE）与安全辅助厂房控制区通风系统（DWL）可用，堆坑注水系统（IVR）有效。发生LOCA后，一回路冷却剂及堆芯中的放射性核素进入内层安全壳大气中。内层安全壳大气中的核素通过内层安全壳的泄漏进入内外安全壳之间的环廊和安全辅助厂房。环廊和安全辅助厂房中的核素经由通风系统及过滤器释放到环境。

源项计算过程中的假设如下：

- 根据其化学特性和物理特性，放射性核素分为不同的化学元素组别。释放量的计算考虑到了影响气溶胶行为的所有相关物理过程；
- 设计压力下内层安全壳的泄漏率为 0.3%/d，内层安全壳总泄漏量的 42%经贯穿孔流向环廊，58%流向安全辅助厂房；
- 事故中放射性产物的过滤效率为：惰性气体：0.0%；气溶胶：99.9%；有机碘：99.0%；元素碘：99.0%；
- 根据初始堆芯积存量，采用 ASTEC 程序计算释放至环境中的放射性活度。LBLOCA 事故源项计算结果见表 7.2-1。

b) 全厂断电事故（SBO）

功率工况下发生全厂断电叠加SBO柴油发电机失效事故，中、低压安注不可用，安全壳喷淋不可用，安注箱可用，堆芯出口温度达到650℃进行一回路卸压，考虑堆坑注水系统（IVR）有效，环廊通风系统（EDE）事故后12h内由不间断电源（UPS）供电，通风过滤系统可用，安全辅助厂房控制区通风系统（DWL）在事故后12h内丧失电源不可用，事故后12h，SBO柴油机恢复供电，DWL和EDE通风系统可用，放射性物质经过滤后释放至环境。全厂断电事故中源项计算假设如下：

- 根据其化学特性和物理特性，放射性核素分为不同的化学元素组别。释放量的计算考虑到了影响气溶胶行为的所有相关物理过程；
- 设计压力下内层安全壳的泄漏率为0.3%V/d，内层安全壳总泄漏量的42%经贯穿孔流向环廊，58%流向安全辅助厂房；
- 在环廊通风系统（EDE）和安全辅助厂房控制区通风系统（DWL）可用的前提下，放射性产物的过滤效率为：惰性气体：0.0%；气溶胶：99.9%；有机碘：99.0%；元素碘：99.0%；
- 根据初始堆芯积存量，采用ASTEC程序计算释放至环境中的放射性活度。

SBO事故源项计算结果见表7.2-2。

7.2.2 事故后果

根据三澳核电厂厂址气象观测系统 2019 年 1 月至 12 月一整年的逐时气象观测数据，采用苏州热工研究院有限公司研发的 CEIRA 程序系统计算事故短期大气弥散因子。

计算模式详见附录 D。

严重事故放射性后果评估时主要考虑下列三个照射途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

上述三种照射途径的个人剂量计算公式详见附录 D。

基于 7.1 节中的剂量转换因子、干沉积速率、呼吸率等参数，计算非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量以及甲状腺当量剂量。表 7.2-3 给出了 1、2 号机组严重事故期间非居住区边界和规划限制区外边界各方位公众个人受照剂量。

（1）大破口失水事故（LBLOCA）

非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $1.18\text{E-}02\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $3.83\text{E-}03\text{Sv}$ ；规划限制区外边界上事故持续期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $3.01\text{E-}03\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $5.19\text{E-}04\text{Sv}$ 。

（2）全厂断电事故（SBO）

非居住区边界上 0-2h 公众（成人）未受到明显事故辐照影响；规划限制区外边界上事故持续期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 $3.00\text{E-}02\text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量最大值为 $2.41\text{E-}01\text{Sv}$ 。

表 7.2-4 给出了严重事故条件下非居住区边界、规划限制区边界公众受照最大剂量汇总。

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

7.2.3.1 严重事故预防

核电厂最基本的安全原则是纵深防御原则。纵深相依的几道屏障，其完整性由多重的安全设施与规程予以保护。因此单项的人因失误或设备故障不会造成屏障的丧失。纵深防御的各项措施有助于保住基本的安全功能：控制堆功率、冷却堆芯燃料、防止放射性外逸。核电厂事故预防与缓解，目的就在于巩固充实纵深防御。国际经验表明，核电厂采用的纵深防御原则是有效的，在核电厂的设计、建造、调试、运行和退役中

必须坚持，因此将这一概念和措施扩展到事故的处置中。事故处置，即严重事故对策，包括两方面的内容：

- 在事故发生后采取一切可用的手段，中止事故进程，防止堆芯损伤这一部分称为事故预防；
- 当堆芯不可避免地受损时，则采用各种手段，尽量减少放射性物质向厂外的释放，这一部分称为事故缓解。

事故预防是严重事故应对的工作重点，特别是预防可能引起堆芯损坏的事故。事故处置对策归结为确保三个安全功能：

- 为了防止或及早中止堆芯损坏过程，应当首先确保停堆能力，始终维持反应堆处于次临界状态；
- 同时，应确保堆芯的冷却能力以顺利带出堆芯余热，为此可采用的手段有二次侧补泄过程、一次侧补泄过程及辅助喷淋等；
- 为了维持放射性包容能力，应当考虑安全壳隔离措施和必要的减压措施。

7.2.3.2 严重事故缓解措施

严重事故缓解的目标是尽可能维持对已高度损坏的堆芯的冷却，实现可控的最终稳定状态，尽可能长时间地维持安全壳的完整性，从而为厂外应急计划赢得更多的时间。尽可能地降低放射性物质向厂外的释放，尽量避免土壤和地下水的长期污染。严重事故的结果很大程度上取决于安全壳的安全性能和安全壳包容放射性物质的能力，在大多数的严重事故序列中，维持安全壳完整性的压力边界由以下两个因素决定：

- 安全壳在结构上承受的载荷大小；
- 安全壳结构上对载荷的响应和安全壳边界的完整性。

三澳核电厂 1、2 号机组在严重事故情况下采取的缓解措施有：

- 采用一回路卸压系统防止高压熔堆导致安全壳直接加热；
- 采用氢气控制系统防止氢气燃爆；
- 采用安全壳内热量导出系统（EHR）防止安全壳晚期超压失效；
- 采用熔融物堆内滞留系统进行堆熔后的熔融物处置；
- 采用安全壳过滤排放系统（EUF），通过可控的过滤排放确保安全壳压力不超过其承载限值，确保安全壳的完整性。

表 7.2-1(1/2) LBLOCA 工况释放到环境中的放射性裂变产物释放量 (GBq)

	核素	0-2h	2-8h	8-24h	1-3d	3-7d	7-30d
惰性 气体	Kr-85	7.63E+03	2.63E+04	8.10E+04	2.44E+05	4.87E+05	2.79E+06
	Kr-85m	2.24E+05	4.65E+05	4.49E+05	8.87E+04	5.22E+01	1.66E-02
	Kr-87	4.62E+05	3.55E+05	2.11E+04	1.58E+01	7.22E-11	1.61E-26
	Kr-88	6.54E+05	1.05E+06	5.19E+05	2.93E+04	2.29E-01	1.14E-07
	Xe-131m	8.65E+03	2.95E+04	8.94E+04	2.53E+05	4.26E+05	2.23E+06
	Xe-133	1.25E+06	4.21E+06	1.25E+07	3.28E+07	4.44E+07	2.07E+08
	Xe-133m	3.85E+04	1.27E+05	3.54E+05	7.75E+05	6.29E+05	2.11E+06
	Xe-135	4.06E+05	1.08E+06	1.89E+06	1.22E+06	3.25E+04	2.62E+03
	Xe-135m	2.58E+05	2.38E+03	2.41E-04	1.83E-22	3.65E-79	7.41E-163
	Xe-138	1.19E+06	6.95E+03	1.77E-04	3.39E-24	1.08E-85	1.41E-176
放射 性 碘	I-131	2.33E+02	3.85E+01	2.44E+00	2.74E+00	4.18E-01	2.15E+00
	I-132	3.41E+02	2.90E+01	2.91E-01	2.43E-03	8.37E-11	7.89E-19
	I-133	4.97E+02	7.65E+01	4.03E+00	2.52E+00	5.10E-02	6.35E-02
	I-134	5.73E+02	1.78E+01	9.16E-03	3.12E-08	6.24E-26	2.61E-49
	I-135	4.69E+02	6.12E+01	2.06E+00	3.79E-01	1.69E-04	1.96E-06
其它 核 素	Cs-134	4.16E+01	7.93E+00	7.53E-01	7.31E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Cs-136	1.20E+01	2.27E+00	2.13E-01	2.00E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Cs-137	2.43E+01	4.62E+00	4.39E-01	4.27E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-86	4.23E-01	1.06E-01	6.39E-03	3.35E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-88	1.76E+02	3.76E-01	1.68E-08	5.31E-25	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-89	2.35E+02	2.44E-01	1.25E-09	1.25E-28	0.00E+00	0.00E+00
	Y-90	4.77E-03	1.01E-03	4.55E-05	4.36E-05	0.00E+00	0.00E+00
	Y-91	6.45E-02	1.40E-02	6.68E-04	7.57E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Y-92	7.56E-02	1.04E-02	1.63E-04	7.99E-06	0.00E+00	0.00E+00
	Y-93	5.34E-02	9.85E-03	3.20E-04	1.21E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Zr-95	7.57E-02	1.64E-02	7.45E-04	1.42E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Zr-97	7.20E-02	1.42E-02	5.12E-04	2.72E-05	0.00E+00	0.00E+00
	Nb-95	7.53E-02	1.63E-02	7.35E-04	1.16E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Mo-99	1.26E+02	1.85E+01	8.85E-01	8.30E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Te-127	1.50E+01	2.09E+00	6.94E-02	3.67E-03	0.00E+00	0.00E+00
Te-127m	2.54E+00	4.22E-01	2.14E-02	3.79E-03	0.00E+00	0.00E+00	
Te-129	5.06E+01	2.22E+00	2.92E-03	2.50E-08	0.00E+00	0.00E+00	
Te-129m	1.03E+01	4.51E-01	5.93E-04	5.04E-09	0.00E+00	0.00E+00	

表 7.2-1(2/2) LBLOCA 工况释放到环境中的放射性裂变产物释放量 (GBq)

	核素	0-2h	2-8h	8-24h	1-3d	3-7d	7-30d
其它核素	Te-131m	3.36E+01	5.28E+00	2.35E-01	2.86E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Te-132	2.31E+02	3.75E+01	1.81E+00	2.78E-01	0.00E+00	0.00E+00
	Te-134	3.56E+02	7.40E+00	1.07E-03	2.48E-11	0.00E+00	0.00E+00
	Sb-127	1.45E+01	3.18E+00	4.65E-01	1.30E-01	0.00E+00	0.00E+00
	Sb-129	5.12E+01	7.54E+00	4.49E-01	9.67E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Sr-89	1.73E+01	3.26E+00	1.67E-01	1.02E-01	0.00E+00	0.00E+00
	Sr-90	1.50E+00	2.83E-01	1.46E-02	8.93E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Sr-91	2.47E+01	3.95E+00	1.32E-01	2.61E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Sr-92	2.47E+01	2.63E+00	2.88E-02	3.03E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Ba-139	1.07E+02	6.13E+00	1.29E-02	1.31E-06	0.00E+00	0.00E+00
	Ba-140	1.05E+02	1.78E+01	6.87E-01	2.69E-01	0.00E+00	0.00E+00
	Ru-103	7.02E+01	1.18E+01	4.63E-01	1.97E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Ru-105	5.20E+01	6.12E+00	9.79E-02	4.45E-05	0.00E+00	0.00E+00
	Ru-106	3.05E+01	5.13E+00	2.02E-01	8.82E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Rh-105	4.68E-02	9.70E-03	3.95E-04	1.54E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Tc-99m	6.94E-02	1.15E-02	2.68E-04	6.90E-05	0.00E+00	0.00E+00
	Ce-141	4.01E+01	6.82E+00	4.11E-01	5.44E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Ce-143	4.21E+01	6.83E+00	3.67E-01	2.50E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Ce-144	3.06E+01	5.21E+00	3.16E-01	4.29E-02	0.00E+00	0.00E+00
	Pu-238	2.66E-04	6.27E-05	2.93E-06	5.35E-06	0.00E+00	0.00E+00
	Pu-239	1.64E-05	3.86E-06	1.81E-07	3.29E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Pu-240	2.66E-05	6.27E-06	2.93E-07	5.35E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Pu-241	8.48E-03	2.00E-03	9.36E-05	1.71E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Np-239	9.02E-01	1.90E-01	8.10E-03	6.57E-03	0.00E+00	0.00E+00
	La-140	2.99E+01	4.70E+00	2.35E-01	2.62E-02	0.00E+00	0.00E+00
	La-141	2.78E+01	3.05E+00	6.02E-02	2.15E-04	0.00E+00	0.00E+00
	La-142	2.80E+01	1.57E+00	4.77E-03	1.03E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Nd-147	2.87E-02	6.37E-03	3.27E-04	3.08E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Pr-143	7.11E-02	1.53E-02	7.54E-04	9.16E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Am-241	7.92E-06	1.80E-06	1.11E-07	2.03E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Cm-242	3.01E-03	6.40E-04	4.53E-05	1.66E-05	0.00E+00	0.00E+00
	Cm-244	3.51E-04	7.45E-05	5.28E-06	1.94E-06	0.00E+00	0.00E+00

表 7.2-2(1/2) SBO 工况释放到环境中的放射性裂变产物释放量 (GBq)

	核素	0-2h	2-8h	8-24h	1-3d	3-7d	7-30d
惰性 气体	Kr-85	0.00E+00	2.51E+04	8.03E+04	2.33E+05	4.90E+05	2.76E+06
	Kr-85m	0.00E+00	5.40E+05	4.45E+05	8.77E+04	5.52E+01	1.64E-02
	Kr-87	0.00E+00	5.12E+05	2.10E+04	1.56E+01	7.66E-11	1.59E-26
	Kr-88	0.00E+00	1.32E+06	5.15E+05	2.90E+04	2.43E-01	1.13E-07
	Xe-131m	0.00E+00	2.83E+04	8.86E+04	2.42E+05	4.29E+05	2.21E+06
	Xe-133	0.00E+00	4.06E+06	1.24E+07	3.13E+07	4.49E+07	2.04E+08
	Xe-133m	0.00E+00	1.23E+05	3.51E+05	7.44E+05	6.39E+05	2.08E+06
	Xe-135	0.00E+00	1.15E+06	1.87E+06	1.19E+06	3.41E+04	2.59E+03
	Xe-135m	0.00E+00	3.67E+03	2.40E-04	1.82E-22	3.87E-79	7.32E-163
	Xe-138	0.00E+00	1.07E+04	1.76E-04	3.36E-24	1.15E-85	1.40E-176
放射 性 碘	I-131	0.00E+00	1.90E+05	3.54E+03	1.53E-01	3.83E-01	1.94E+00
	I-132	0.00E+00	1.53E+05	4.79E+02	9.24E-05	7.75E-11	7.13E-19
	I-133	0.00E+00	3.82E+05	5.95E+03	1.21E-01	4.69E-02	5.74E-02
	I-134	0.00E+00	9.66E+04	1.58E+01	1.19E-09	5.78E-26	2.36E-49
	I-135	0.00E+00	3.12E+05	3.16E+03	1.52E-02	1.56E-04	1.78E-06
其它 核素	Cs-134	0.00E+00	5.24E+04	9.84E+02	2.61E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Cs-136	0.00E+00	1.50E+04	2.79E+02	7.14E-04	0.00E+00	0.00E+00
	Cs-137	0.00E+00	3.06E+04	5.74E+02	1.52E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-86	0.00E+00	5.09E+02	9.97E+00	2.47E-05	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-88	0.00E+00	1.97E+03	3.11E-05	4.34E-27	0.00E+00	0.00E+00
	Rb-89	0.00E+00	1.28E+03	2.33E-06	1.02E-30	0.00E+00	0.00E+00
	Y-90	0.00E+00	1.36E+01	5.37E-01	1.36E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Y-91	0.00E+00	1.87E+02	7.88E+00	2.46E-06	0.00E+00	0.00E+00
	Y-92	0.00E+00	1.49E+02	1.93E+00	2.13E-08	0.00E+00	0.00E+00
	Y-93	0.00E+00	1.35E+02	3.78E+00	3.35E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Zr-95	0.00E+00	2.20E+02	9.25E+00	2.90E-06	0.00E+00	0.00E+00
	Zr-97	0.00E+00	1.93E+02	6.37E+00	9.18E-07	0.00E+00	0.00E+00
	Nb-95	0.00E+00	2.19E+02	9.19E+00	2.28E-06	0.00E+00	0.00E+00
	Mo-99	0.00E+00	1.46E+05	2.51E+03	2.27E-03	0.00E+00	0.00E+00
	Te-127	0.00E+00	1.51E+04	1.87E+02	5.55E-04	0.00E+00	0.00E+00
Te-127m	0.00E+00	2.97E+03	5.74E+01	6.41E-04	0.00E+00	0.00E+00	
Te-129	0.00E+00	1.71E+04	7.98E+00	3.69E-09	0.00E+00	0.00E+00	
Te-129m	0.00E+00	3.47E+03	1.62E+00	7.44E-10	0.00E+00	0.00E+00	

表 7.2-2(2/2) SBO 工况释放到环境中的放射性裂变产物释放量 (GBq)

其它核素	核素	0-2h	2-8h	8-24h	1-3d	3-7d	7-30d
	Te-131m	0.00E+00	3.74E+04	6.31E+02	4.58E-03	0.00E+00	0.00E+00
Te-132	0.00E+00	2.65E+05	4.86E+03	4.60E-02	0.00E+00	0.00E+00	
Te-134	0.00E+00	5.73E+04	2.92E+00	3.67E-12	0.00E+00	0.00E+00	
Sb-127	0.00E+00	1.77E+04	3.58E+02	5.64E-03	0.00E+00	0.00E+00	
Sb-129	0.00E+00	4.59E+04	3.69E+02	4.78E-04	0.00E+00	0.00E+00	
Sr-89	0.00E+00	8.57E+03	2.23E+02	1.60E-04	0.00E+00	0.00E+00	
Sr-90	0.00E+00	7.45E+02	1.94E+01	1.42E-05	0.00E+00	0.00E+00	
Sr-91	0.00E+00	1.06E+04	1.80E+02	3.33E-05	0.00E+00	0.00E+00	
Sr-92	0.00E+00	7.33E+03	4.10E+01	3.67E-07	0.00E+00	0.00E+00	
Ba-139	0.00E+00	3.75E+04	4.28E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Ba-140	0.00E+00	9.90E+04	2.25E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Ru-103	0.00E+00	3.68E+04	1.09E+03	5.27E-04	0.00E+00	0.00E+00	
Ru-105	0.00E+00	1.99E+04	2.33E+02	9.29E-06	0.00E+00	0.00E+00	
Ru-106	0.00E+00	1.60E+04	4.77E+02	2.33E-04	0.00E+00	0.00E+00	
Rh-105	0.00E+00	1.32E+02	5.01E+00	8.10E-06	0.00E+00	0.00E+00	
Tc-99m	0.00E+00	1.60E+02	3.36E+00	1.35E-07	0.00E+00	0.00E+00	
Ce-141	0.00E+00	3.20E+04	8.37E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Ce-143	0.00E+00	3.22E+04	7.48E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Ce-144	0.00E+00	2.44E+04	6.43E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Pu-238	0.00E+00	6.85E-01	3.11E-02	2.09E-08	0.00E+00	0.00E+00	
Pu-239	0.00E+00	4.22E-02	1.91E-03	1.29E-09	0.00E+00	0.00E+00	
Pu-240	0.00E+00	6.85E-02	3.11E-03	2.09E-09	0.00E+00	0.00E+00	
Pu-241	0.00E+00	2.19E+01	9.91E-01	6.66E-07	0.00E+00	0.00E+00	
Np-239	0.00E+00	2.56E+03	1.00E+02	2.47E-05	0.00E+00	0.00E+00	
La-140	0.00E+00	1.60E+04	3.09E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
La-141	0.00E+00	1.08E+04	7.94E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
La-142	0.00E+00	5.76E+03	6.31E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Nd-147	0.00E+00	8.28E+01	3.44E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Pr-143	0.00E+00	2.06E+02	8.58E+00	3.12E-06	0.00E+00	0.00E+00	
Am-241	0.00E+00	2.51E-02	1.07E-03	8.37E-10	0.00E+00	0.00E+00	
Cm-242	0.00E+00	8.68E+00	3.63E-01	9.43E-08	0.00E+00	0.00E+00	
Cm-244	0.00E+00	1.01E+00	4.23E-02	1.10E-08	0.00E+00	0.00E+00	

表 7.2-3 (1/2) 严重事故场外公众剂量结果

非居住区边界（0~2h）公众个人剂量

方位	距离 (m)	LBLOCA	
		有效剂量	甲状腺剂量
N	800	4.73E-03	1.52E-03
NNE	800	5.14E-03	1.66E-03
NE	800	6.80E-03	2.19E-03
ENE	800	8.11E-03	2.61E-03
E	800	6.88E-03	2.22E-03
ESE	800	6.50E-03	2.09E-03
SE	800	7.31E-03	2.36E-03
SSE	800	8.48E-03	2.73E-03
S	800	8.54E-03	2.75E-03
SSW	800	1.18E-02	3.80E-03
SW	800	1.15E-02	3.71E-03
WSW	800	9.24E-03	2.98E-03
W	800	8.38E-03	2.70E-03
WNW	800	7.50E-03	2.42E-03
NW	800	5.90E-03	1.90E-03
NNW	800	4.05E-03	1.30E-03
全厂址		8.48E-03	2.73E-03

表 7.2-3（1/2） 严重事故场外公众剂量结果

规划限制区外边界（0~30d）公众个人剂量

方位	距离（m）	LBLOCA		SBO	
		有效剂量	甲状腺剂量	有效剂量	甲状腺剂量
N	5000	6.09E-04	1.21E-04	5.95E-03	4.84E-02
NNE	5000	7.34E-04	1.40E-04	7.23E-03	5.86E-02
NE	5000	1.21E-03	2.18E-04	1.21E-02	9.78E-02
ENE	5000	1.60E-03	3.03E-04	1.58E-02	1.28E-01
E	5000	1.18E-03	2.30E-04	1.16E-02	9.46E-02
ESE	5000	1.12E-03	2.19E-04	1.10E-02	8.93E-02
SE	5000	1.46E-03	2.87E-04	1.43E-02	1.16E-01
SSE	5000	1.71E-03	3.38E-04	1.67E-02	1.35E-01
S	5000	1.47E-03	2.86E-04	1.44E-02	1.17E-01
SSW	5000	2.78E-03	5.19E-04	2.75E-02	2.23E-01
SW	5000	3.01E-03	5.03E-04	3.00E-02	2.41E-01
WSW	5000	1.98E-03	3.42E-04	1.98E-02	1.60E-01
W	5000	1.28E-03	2.40E-04	1.27E-02	1.03E-01
WNW	5000	9.65E-04	1.88E-04	9.46E-03	7.68E-02
NW	5000	8.38E-04	1.62E-04	8.26E-03	6.71E-02
NNW	5000	4.42E-04	8.61E-05	4.35E-03	3.53E-02
全厂址		2.19E-03	3.46E-04	2.16E-02	1.73E-01

表 7.2-4 严重事故公众受照剂量汇总

单位：Sv

项 目	LBLOCA	SBO
事故后 2 小时内非居住区边界（800m） 公众可能受照的最大有效剂量（Sv）	1.18E-02	-
事故后 2 小时内非居住区边界（800m） 公众可能受照的最大甲状腺当量剂量（Sv）	3.80E-03	-
整个事故持续期间内规划限制区边界（5km） 公众可能受照的最大有效剂量（Sv）	3.01E-03	3.00E-02
整个事故持续期间内规划限制区边界（5km） 公众可能受照的最大甲状腺当量剂量（Sv）	5.19E-04	2.41E-01

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

7.3.2 乏燃料运输事故

7.3.3 固体废物运输事故

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

新燃料运输货包的设计和制造应同时满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）、《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 562 号）和交通运输部《放射性物品道路运输管理规定》的要求。

国内其它核电厂燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保不对环境产生任何有害的影响。

新燃料运输容器设计时充分考虑了可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件也不会产生临界反应，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料散落。加上新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。

总体而言，新燃料运输事故不会污染周围环境和危害人员健康，可达到安全可靠。

7.3.2 乏燃料运输事故

乏燃料的厂内运输由乏燃料容器吊车、辅助吊车、乏燃料水池吊车、乏燃料外运走台、乏燃料组件抓具、水下照明装置、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料装入运输容器的操作以及容器的清洗、检查在准备井和装载井内进行。准备井和装载井为两个毗邻的水池，均位于燃料厂房内乏燃料存储水池旁侧。它们均为内衬不锈钢板覆面的钢筋混凝土结构，与乏燃料存储水池连成整体结构。其中装载井与乏燃料存储水池相通，并由水闸门隔开。

乏燃料组件通常存储在乏燃料存储水池中，待乏燃料组件的剩余热功率及放射性物质衰变满足乏燃料外运条件时。可将乏燃料组件装入到乏燃料运输容器中。在转运的过程中，燃料组件顶部须一直保持至少 2.8m 的屏蔽水层。

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输必须遵循《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）、《放射性物质安全运输货包泄漏检验》（GB/T17230-1998）、《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-1991）、《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-1991）和《放射性物质安全运输条例》（IAEA No.TS-R-1）等准则。应证实容器在承受正常运输条件下和运输中事

故条件下的种种试验后，仍能保持符合密封性能与屏蔽性能的要求。

除了运输容器本身具有高的安全性外，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。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.3.3 固体废物运输事故

放射性固体废物在厂址废物处理设施内暂存后，将根据其放射性水平的高低装入金属桶内。在金属桶封盖后，进行剂量监测，若表面剂量率不超过 2mSv/h，则用专门的小车直接运往固体放射性废物贮存厂房；若表面剂量率大于 2mSv/h，则需装入专门的屏蔽容器，然后运至固体放射性废物贮存厂房暂存。在废物贮存厂房贮存一定年限后，将送往国家指定的区域中、低放废物处置场。

公路运输经验表明，事故发生率很低。另外，废物桶的设计和制造符合《低、中放水平放射性固体废物包装安全标准》和《放射性物品安全运输规程》的要求，即使废物桶从运输车辆上掉下来，最大限度只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小，故不会对环境造成污染。

7.4 其它事故

7.4.1 建设期间其它事故分析

7.4.2 运行期间其它事故分析

7.4.2.1 火灾、爆炸

7.4.2.2 危险化学品事故

表

表 7.4-1 危险物质贮存情况及与临界量对比

7.4 其它事故

7.4.1 建设期间其它事故分析

核电厂施工建设期间的环境风险主要包括厂平及负挖期间炸药的储存和运输风险、化学品存储和使用风险、山坡开采和道路施工引起滑坡以及施工营地环境卫生问题导致施工人员的健康风险。

核电厂施工阶段需采用炸药对厂址处岩体进行爆破处理，如炸药储存和运输不当，则可能对施工人员安全及环境安全造成较大风险。核电厂爆破所用炸药集中存放于场外仓库，对炸药入库、出库、运输等过程设专人管理，每次使用前均需向公安部门申报，严格控制炸药使用量。施工过程中，在场地各主要出入口设置警示牌，告知爆破时间，每次爆破前须提前疏散周围施工人员，确保爆炸区无人员车辆后方可实施爆炸作业，将炸药对人员及环境可能产生的风险降至最低。

核电厂可能需要采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理，以避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化。这些化学物质和缓蚀剂主要包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等，如保存管理不当，可能造成泄漏风险，对地表土壤及植被生态造成破坏。由于核电厂设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑防水防雨等不利影响，因此需后续处理过程较少，化学物质使用量不大。该部分危险废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）可以得到安全妥善贮存，产生的废物由生产厂商回收处理。在施工阶段，由于化学品泄漏造成的环境风险较小。

核电厂施工周期较长，施工人数众多，施工期间大量人员涌入电厂区域及附近进行施工和居住，如环境卫生管理不到位，特别在夏季，容易使爆发流行性传染病的机会大大增加，一旦发生疫情，将对整个施工区内的人员健康造成极大威胁。核电厂施工阶段人员居住于厂区以外的各个村庄，所产生的生活垃圾由所居住村庄处理。在电厂施工期间，将积极做好施工营地及施工场所的卫生管理，做到垃圾日产日清，提供安全的饮食和饮用水，不会对人员的健康产生风险。若发现人员出现疫情特征，及时送往附近医院治疗，减少疫情大规模扩散的几率，保障施工人员的健康。

7.4.2 运行期间其它事故分析

7.4.2.1 火灾、爆炸

（1）火灾防范

三澳核电厂设计上将从建筑结构防火、电厂结构布局、电缆设计、走线、隔离、可燃物控制等方面考虑火灾防范。火灾的预防可以分为电厂设计上采取的措施和电厂运行管理上采取的措施。整个电厂的防火设计符合《核电厂防火》（HAD102/11）等相关法规标准的要求，并且严格实施有关火灾危险作业的管理措施和管理规程，以使火灾发生的可能性减至最小。

（2）氢爆防范

- 对与氢气相关的设备，严格遵照有关标准设计、制造、施工以及保证质量。
- 用氮气冲入储槽或有关的上部空间，以防止空气漏入，限制水中的氧浓度来防止空气与氢气形成混合爆炸物。
- 放射性气体废物系统废气保护床、延迟床设有氮气管，用于工作前设备的扫气和检修前的清扫。
- 安全壳内设置有氢气浓度监测系统，在设计基准事故后，由两台安全相关的非能动氢气复合器消除安全壳内的氢气，防止达到可燃下限。严重事故后，分布在安全壳内的点火器将引发氢气的燃烧，以保证安全壳的完整性。

（3）腐蚀性事故防范

为防止人员直接与氨、联氨接触，采用机械化设施输送这些物质，在加药泵出口均装有安全释放阀，一旦超压，排出溶液可返回溶液箱或者废水池处理。此外，还增加了通风装置，将有害的气体排到室外。

为防止浓酸、浓碱造成的人员伤害，设计中将采取下列措施：

- 选择的设备、部件均对酸碱具有耐腐蚀性。
- 浓酸、浓碱的输送采用机械化设备。
- 剂量泵出口装有安全释放阀。
- 所有的储罐，剂量箱均有液位报警连锁装置。
- 在酸碱储存区域装有安全淋浴装置和洗眼器。
- 酸碱储存中的浓酸与空气不直接接触。

7.4.2.2 危险化学品事故

（1）事故描述

三澳核电厂运行期间使用的化学物质主要用于：

- 反应堆冷却剂（加注硼酸及 LiOH）；
- 化学容积控制系统；
- 除盐水处理系统；
- 中央冷冻水系统；
- 循环水处理系统；
- 常规岛化学药剂注入系统；
- 防火系统和应急柴油机。

根据建设项目环境风险评价相关要求，风险评价首先要评价有害物质，确定项目中属于应该进行危险性评价的物质以及毒物危害程度的分级。三澳核电厂在运行中将使用一些毒性物质和易燃物质（如柴油）等，这些物质在运输、使用、储存过程中均存在一定的事故风险隐患。

根据《重大危险源辨识》（GB18218-2018），参考其中规定的临界量，表 7.4-1 给出了本工程两台机组危险化学品的预计储量及位置以及 GB18218-2018 临界量。这些化学品的储存区按照 GB18218-2018 的要求分别视为存储单元。通过危险化学品储量与 GB18218-2018 临界量的对比，可以看出，各存储单元均不构成重大危险源，不需进行专门的后果预测和评价。

（2）事故管控

三澳核电厂将参考国内在运核电厂的经验反馈，制定严格的危险化学品管控程序，明确电厂各部门在危险化学品安全管理中的职责，以切实降低电厂危险化学品在运输、装卸、贮存以及使用中可能的环境风险，具体包括：

1) 危险化学品运输和装卸

- 进入厂区的新增危险化学品需由相关部门技术审定；
- 运送进厂区危险化学品应由交通部门认可的专业运输公司提供服务，危险化学品的运输工具应符合《汽车运输危险货物规则》中运输车辆的常规要求，并配备相应的应急设施；
- 危险化学品运输和装卸的人员需进行相关安全知识专项技能培训并授权；
- 运输和装卸时，针对不同的危险化学品采取不同的安全措施和劳动保护措施。

2) 危险化学品储存

- 一般情况下，危险化学品需要储存在专用仓库内保管。如确因工作需要储存在现场时，须经过审批，办理储存手续，并落实好许可证上的要求；
- 储存仓库必须符合安全、消防要求；安全设施必须完好；必须制定健全的库房安全管理制度，定期检查安全状况，建立相关检查记录；
- 危险化学品必须根据《危险物品名表》进行分类、分项存放；仓库管理单位必须建立安全操作、发放和回收制度，确保包装完好、标签清楚，配备相应的安全技术说明书供用户查阅；危险化学品仓库的管理人员、搬运人员必须经过专项安全培训和授权才能上岗工作；
- 厂房管理方需对所辖范围内储存的危险化学品进行定期检查，督促存放人落实相关管理措施，保证存放的危险化学品不威胁厂房的安全。

3) 危险化学品使用

- 使用危险化学品或在相关系统上操作、取样、检修的工作人员，必须经过培训授权，了解相关化学品的特性及应急防护措施；
- 领取危险化学品时，以满足当天工作需要为准，限量领取；
- 对于易燃品的使用必须采取防火措施，远离热源和火源，防止发生火灾；
- 使用时，应根据危险化学品的种类、特性及工作情况采取相应隔离、清扫、通风、检测、防火、防爆、防毒等安全措施，并使用相应的安全防护用具。

表 7.4-1 危险物质贮存情况及与临界量对比

危险品名	数量	GB18218-2018 临界量 (t)	贮存单元	是否重大危 险源
柴油	1080t	5000	柴油发电机 厂房	否
柴油	16.8t	5000	应急指挥中 心	否
柴油	107t	5000	应急设施存 贮与燃油补 给中心	否
汽油	29.2t	200		
氢气	0.4t	5	制氢站	否
氢气	0.286t	5	发电机厂房	否
氢气	12Nm ³	5	厂区实验室	否
乙炔	1.2Nm ³	1		
高锰酸钾	5kg	200	化学品库	否
过氧化氢	70kg	20（参照氧化 性物质）		
甲苯	54kg	500		
苯乙烯	100kg	500		
氧气	0.88Nm ³	200		
乙醇	100kg	500		
石油醚	30kg	1000（参照高度 易燃液体）		
煤油	5L	5000（参照易 燃液体）		
氢气	1Nm ³	5		

7.5 事故应急

7.5.1 应急计划区划分

7.5.2 应急状态分级

7.5.3 应急组织

7.5.4 应急设施和准备

7.5 事故应急

核事故应急的目的是在核电厂发生导致放射性物质可能向环境大量释放的事故时，能及时有效地实施各种应急响应行动，控制事故状态的发展并努力维持和恢复电厂的安全状态，最大限度地限制和减少事故的后果与影响，以保护公众、保护环境。

《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十五条规定：“核设施营运单位应当按照核设施的规模和性质制定核事故场内应急计划，做好应急准备。出现核事故应急状态时，核设施营运单位必须立即采取有效的应急措施控制事故，并向核设施主管部门 and 环境保护行政主管部门、卫生行政部门、公安部门以及其他有关部门报告。”

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）第十四条要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急计划审查批准后方可装料。《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急计划提出了相应的要求。同时，HAF002/01 还要求：“在整个核电厂运行阶段，应急准备应做到常备不懈；应定期进行核事故应急演练和对应急计划进行复审和修订”。

7.5.1 应急计划区划分

应急计划区是指为在事故时能及时、有效的采取保护公众的行动，事先在核电厂周围建立的、制定有应急计划并做好应急准备的区域。应急计划区是应急准备工作的需要，而事故后的应急响应范围有可能需要根据事故后果评价，在相应的区域采取应急响应行动。

三澳核电厂应急计划区初步确定如下：

1) 烟羽应急计划区

烟羽应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 10km 范围内区域。其中内区为以核电厂反应堆为中心，半径 5km 范围内区域。

烟羽应急计划区涉及浙江省温州市苍南县霞关镇、沿浦镇、马站镇所辖范围，以及浙闽两省交界处（福建省福鼎市沙埕镇少部分地区）。

2) 食入应急计划区

食入应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域。以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域涉及浙江省温州市下辖的苍南县、平阳县、泰顺县以

及福建省宁德市下辖的福鼎市、霞浦县。

7.5.2 应急状态分级

根据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）规定，三澳核电厂事故应急状态分为四级：

(1) 应急待命：出现可能导致危及核电厂核安全的某些特定情况或者外部事件，核电厂有关人员进入戒备状态。

应急待命的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平可能下降，但还有时间采取预防性措施以防止向更高级别的应急状态演变。

核电厂安全水平可能下降的主要表现为运行参数超出了核电厂技术规范书中的运行限制条件，在这种情况下允许于规定的时间内变更运行模式。应急待命的事件还包括那些更严重事件的征兆，因为这种征兆也预示着核电厂的安全水平可能下降。在应急待命状态的事件中可能出现少量放射性物质的释放，但是这类释放并不导致启动环境监测或场外应急响应行动。

确定应急待命的目的是使核电厂运行人员和其他有关人员及时启动并处于戒备状态，保证初始的应急响应行动得以顺利实施，使事故处理、信息发送和决策过程等纳入有条不紊的应急组织体系中去。

(2) 厂房应急：事故后果仅限于核电厂的局部区域，核电厂人员按照场内核事故应急计划的要求采取核事故应急响应行动，通知厂外有关核事故应急响应组织。

厂房应急的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平实际上或可能发生大的下降。然而，如果有放射性物质释放的话，预计场外照射水平只是相当于隐蔽通用干预水平的很小部分。厂房应急时，事故的辐射后果或可能的辐射后果仅限于某些厂房内部或核电厂局部区域。

确定厂房应急的目的是保证场内应急响应人员能够迅速有效地做出响应；向场外应急组织提供有关事故的信息资料。

(3) 场区应急：事故后果蔓延至整个场区，场区内的人员采取核事故应急响应行动，通知浙江省核事故应急委员会，某些场外核事故应急响应组织可能采取核事故应急响应行动。

场区应急的特征是事故正在进展或已经发生，核电厂的一些安全设施的功能已经

丧失或可能丧失。在这种应急状态下，可能出现堆芯损坏的情况，可能从电厂中释放出一些放射性物质。

确定场区应急的目的是保证及时派出环境监测人员进行环境监测；保证场外应急组织及时启动；保证及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

(4) 场外应急：事故后果超越场区边界，实施场内和场外核事故应急计划。

场外应急的特征是事故正在进展或已经发生，堆芯即将或已经极大损坏，甚至熔化，同时安全壳完整性可能丧失。在这种应急状态下，极可能从电厂释放出大量的放射性物质，事故的辐射后果或可能的辐射后果可能使场区边界之外的照射水平超过紧急防护行动干预水平。

不管放射性物质的释放是由于何种原因造成的，进入场外应急状态就意味着场外公众可能需要采取隐蔽或撤离等紧急防护行动。

7.5.3 应急组织

三澳核电厂的应急响应组织由应急指挥部（SEH）及其领导下的运行控制组（FOP）、技术支持组（TSC）、安全防护组（GRP）、维修服务组（MSC）、后勤支持组（LSC）组成，负责电厂核事故及非核突发事件的应急响应与处置工作。相关的应急执行程序 and 指令单规定了各应急响应组每个应急岗位的职责和分工及不同应急状态下应采取的应急响应行动。

根据《核电厂核事故应急管理条例》，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。核事故应急期间，核电厂应急指挥部有责任和义务及时与国家核事故应急协调委员会、国家核安全局、国家能源局、浙江省核事故应急委员会以及中国广核集团有限公司等单位 and 部门的场外应急机构建立起报告联系，通报应急状态，并密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求和获得场外支援。

7.5.4 应急设施和准备

应急设施与设备是核电厂进入应急状态后应急响应人员需要使用的设备、工具和停留的空间，是核电厂实现应急功能的物质基础。

三澳核电厂将建成并配备应急指挥中心、技术支持中心、运行支持中心、公众信

息中心、厂区实验室、环境实验室、辐射防护与医学应急设施、应急监测与评价设施、应急网络系统、应急通信系统等。

根据核电厂附近的交通运输现状，参照《核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF 002/01）和《核动力厂营运单位的应急准备》（HAD 002/01）的应急要求，本期工程对外交通规划拟建进厂道路、第二进厂道路（应急道路）两条主要道路，且厂址经附近公路可与外界连通。厂址周围居民点均有乡道、村道与 X528 水霞线、X523 龙魁线等县道相连，并可以通往外界。此外，核电厂拟新建自厂区北侧向北延伸至小姑与规划中的 G228 国道相连的道路作为进厂和应急路的辅助道路。

— 进厂道路

进厂道路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道。进厂道路路线成西东走向，起点位于马站镇新厝村的 S232（78 省道）上，终点位于小槽，全长 4.174km，共设置桥梁 1 座，隧道 3 座，采用二级公路标准，路基宽度 12.0m，设计车速 60km/h。

— 应急道路

应急道路自厂区西北侧经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接，道路长度约 1.8km，按 3 级公路标准，对长沙村现有道路进行改造（或局部改线）。

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

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.1.1 监测目的

8.1.1.2 主要原则

8.1.1.3 放射性流出物辐射监测阈值

8.1.1.4 气载放射性流出物监测系统

8.1.1.1 液态放射性流出物监测系统

8.1.1.1 流出物监督性监测系统

8.1.2 辐射环境监测

8.1.2.1 监测目的

8.1.2.2 监测范围

8.1.2.3 布点原则

8.1.2.4 监测内容

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 应急监测初步方案

8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

表

表 8.1-1 放射性流出物监测通道的性能

表 8.1-2 气载流出物监测方案（建议）

表 8.1-3 液态流出物监测方案（建议）

图

图 8.1-1 正常工况烟囱排放监测 A 列工艺流程图

图 8.1-2 正常工况烟囱排放监测 B 列工艺流程图

图 8.1-3 事故工况烟囱排放监测 A 列工艺流程图

图 8.1-4 事故工况烟囱排放监测 B 列工艺流程图

图 8.1-5 TER 排放监测工艺流程图

图 8.1-6 SEL 排放监测工艺流程图

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

三澳核电站 1、2 号机组两台华龙一号机组将建立放射性流出物监测系统，用于监测和控制核电站流出物的排放。核电站运行期间放射性流出物有气态和液态两种，即气态放射性流出物和液态放射性流出物。放射性流出物监测系统分为连续在线监测和取样分析监测，连续在线监测系统同时设置有报警装置和报警阈值，根据放射性流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中控制值的要求，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

8.1.1.1 监测目的

放射性流出物监测的目的是：

- 证明释放到环境中的气载和液态放射性物质的数量遵守国家批准的排放限值和核电站本身规定的管理目标值；
- 为判明核电站的运行以及放射性废物的处理工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为应用适当的环境模式评价环境质量、估算公众所受的剂量提供源项数据和资料；
- 使公众确信核电站的放射性排放确实受到严格的控制；
- 迅速发现和鉴别计划外排放的性质、种类及其程度，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理排放，提供有关应急响应信息。

8.1.1.2 主要原则

制定运行期间流出物监测计划的主要原则有：

- 根据核电站流出物排放途径等特点，合理地确定监测点的位置、取样测量频率和需要监测的放射性核素。在选择监测点的位置和取样时，确保监测结果能代表实际的排放。
- 考虑到计划外释放的可能性，用于常规监测的仪表具有足够宽的量程；
- 用于关键释放点的监测仪表，必须考虑冗余度；

- 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物流量、温湿度及气象参数等。

8.1.1.3 放射性流出物辐射监测阈值

为了确保放射性流出物年排放总量满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中的控制值，监测系统中设置有报警装置，当监测通道测量值超过报警阈值时，按照相关的报警程序处理。

放射性流出物辐射监测通道报警阈值的设定方法如下：

（1）气态流出物辐射监测通道报警阈值的设定

- 在确保年排放气体的总活度低于所批准年排放总量的要求下，结合本项目排往烟囱各通风系统的气载放射性浓度、辐射后果、辐射监测仪表的响应参数情况以及在役电厂气态流出物监测通道实际监测的数据反馈情况，确定气态流出物辐射监测通道合理的一级报警阈值；
- 在确保气态流出物年排放总量低于气载放射性流出物控制值的条件下，结合每个月气态流出物月排放总量不应超过所批准的年排放总量的五分之一、辐射后果及辐射监测仪表的响应参数情况，确定气态流出物辐射监测通道的二级报警阈值。

（2）液态流出物辐射监测通道报警阈值的设定

- 在确保液态流出物年排放总量低于液态放射性流出物控制值及排放浓度限值的条件下，结合本项目废液排放浓度的目标值、在役电厂液态流出物监测通道实际监测的数据反馈及辐射监测仪表的响应参数情况，经过分析和论证，确定一级报警阈值；
- 在确保液态流出物年排放总量低于液态放射性流出物控制值及排放浓度限值的条件下，结合本项目废液排放浓度的控制限值及监测仪表的响应参数确定二级报警阈值。

当前，三澳核电厂 1、2 号机组两台华龙一号机组处于初步设计阶段，受设计深度的限制，暂时无法给出准确的报警阈值，最终的报警阈值将在下一阶段的环评报告中反映。

8.1.1.4 气载放射性流出物监测系统

三澳核电厂 1、2 号机组两台华龙一号机组属单堆布置，每台机组设有两套气载放射性流出物监测系统（冗余设计，互为备用），对烟囱排放的气载放射性流出物进行连续在线监测和采样。以下对气载放射性流出物监测系统的描述是一号机组的设计，二号机组的设计和一号机组相同。监测通道的性能见表 8.1-1。

（1）烟囱排气惰性气体放射性浓度连续在线监测

烟囱排气低量程惰性气体放射性浓度监测通道为 KRT8101MAI 和 KRT8201MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱气态排出流中惰性气体的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体依次经过气溶胶过滤、碘吸附后，将过滤后的气体送往惰性气体测量装置，使用 β/γ 灵敏探测器测量惰性气体释放出的 β 和 γ 射线，得出烟囱气态排出流中惰性气体放射性浓度（等效为 Xe-133 的放射性浓度 Bq/m^3 ）。测量烟囱内气体的排放速率，结合惰性气体的放射性浓度得出单位时间内惰性气体排放总活度（ Bq/h ）。

本监测通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 采样流量：50LPM \pm 20%；
- β 射线参考能量：350keV（ ^{133}Xe ）；
- 测量范围： $3.7\times 10^3\sim 3.7\times 10^9\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

（2）烟囱排气气溶胶放射性浓度连续在线监测

烟囱排气气溶胶放射性浓度监测通道为 KRT8111MAI 和 KRT8211MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中气溶胶的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体送往气溶胶测量装置，气体中的气溶胶被过滤在滤纸上，设置在滤纸上方的 α/β 灵敏探测器测量沉积在滤纸上的气溶胶释放的 α 和 β 射线，得出烟囱气态排出流中气溶胶放射性浓度（等效为 Cs-137 的放射性浓度 Bq/m^3 ）。测量烟囱排放气体的速率，结合气溶胶的浓度得出单位时间内气溶胶排放的总活度（ Bq/h ）。

该通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：150keV~3MeV；
- 参考核素： ^{137}Cs ；

- 采样流量：待定；
- 测量范围： $1\sim 3.7\times 10^6\text{Bq/m}^3$

（3）烟囱排气碘放射性浓度连续在线监测

烟囱排气碘放射性浓度监测通道为 KRT8121MAI 和 KRT8221MAI，其主要任务是在正常运行与预期运行事件条件下，监测烟囱排气中碘的放射性浓度及单位时间内排放的放射性总活度。监测方法是从烟囱排放管中抽取气体经过气溶胶过滤后送往放射性碘测量装置，气体中的碘被活性炭吸附，设置在活性炭盒上方的 γ 灵敏探测器测量在碘盒中放射性碘释放的 γ 射线，得出烟囱排放管道内的碘放射性（等效为 I-131 的放射性浓度 Bq/m^3 ）。测量烟囱排放气体的速率并结合碘的放射性浓度得出单位时间内放射性碘排放的总活度（ Bq/h ）。

该通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围： $100\text{keV}\sim 3\text{MeV}$ ；
- 参考核素： ^{131}I ；
- 采样流量：待定；
- 测量范围： $3.7\sim 3.7\times 10^6\text{Bq/m}^3$

（4）事故及事故后烟囱排气惰性气体连续在线监测

在烟囱上设置专门的监测通道，用于测量事故后经烟囱排放的惰性气体、气溶胶和碘的放射性浓度。事故及事故后烟囱排气惰性气体监测通道为 KRT9501MAI 和 KRT9502MAI，采用管内在线监测方式，使用 γ 灵敏探测器。

该通道探测器性能如下：

- 能量范围： $80\text{keV}\sim 3\text{MeV}$ ；
- 参考核素： ^{133}Xe ；
- 测量范围： $3.7\times 10^6\sim 3.7\times 10^{15}\text{Bq/m}^3$

（5）烟囱排气气溶胶取样监测

烟囱排气气溶胶取样装置为 KRT8141MAI 和 KRT8241MAI，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将取样气体中的气溶胶过滤在取样装置内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气并将取样空气送往气溶胶取样装置。空气中的气溶胶被取样装置的滤纸过滤并沉积在滤纸上，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： γ 谱，每个季度混合样测 ^{90}Sr 。

（6）烟囱排气碘取样监测

烟囱排气碘取样装置为 KRT8151MAI 和 KRT8251MAI，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将取样气体中的放射性碘吸附在碘盒内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气并将取样空气中的气溶胶过滤后，再将空气送往碘吸附器，空气中的碘被吸附并沉积在活性炭的碘盒内，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为：总 γ 和 γ 谱（分析核素 ^{131}I 、 ^{133}I ）。

（7）烟囱排气 H-3 和 C-14 取样监测

烟囱排气 H-3 取样装置为 KRT8171MAI 和 KRT8271MAI，烟囱排气 C-14 取样装置为 KRT8181MAI 和 KRT8281MAI，其主要任务是从烟囱排放管内抽取气体，将取样气体中的 H-3 和 C-14 滞留在取样装置内。取样方法是连续从烟囱排放管内抽取空气，利用 H-3 和 C-14 取样装置自带的过滤器将取样气体中的气溶胶与碘过滤后，再将过滤后气体依次送往 H-3 和 C-14 取样装置。空气中的 H-3 和 C-14 分别被滞留在 H-3 取样瓶与 C-14 取样瓶内，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： ^3H 与 ^{14}C 。

（8）烟囱排气惰性气体取样监测

烟囱排气预留惰性气体取样接口，拟采用 3L 气体采样钢瓶进行采样，定期送流出物分析实验室进行分析，分析项目为： γ 谱和 ^{85}Kr 。

正常工况烟囱排放监测工艺流程见图 8.1-1 和图 8.1-2，事故工况烟囱排放监测工艺流程图见图 8.1-3 和图 8.1-4。

为满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》要求，建议本项目的气载流出物监测的项目、频次、探测限等方案应满足表 8.1-2 的内容。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测系统

三澳核电厂 1、2 号机组两台华龙一号机组的液态放射性流出物将按照国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求进行槽式排放，废液向环境排放前先送往储存槽逐槽取样测量，符合排放标准后方可排放。

核岛与常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测系统主要是对 TER 系统和 SEL 系统排放废液的放射性浓度进行连续监测，防止因工作人员误操作、实验室仪器故障和取样分析结果不正确，导致放射性浓度超标排放，保证核电厂周围环境安全和公众健康。

（1）核岛废液排出流放射性浓度在线连续监测

核岛废液排出流放射性浓度在线连续监测通道为 9KRT8301MAI，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测核岛废液排放系统（TER）排放废液的放射性浓度。使用 γ 灵敏探测器连续测量 TER 系统排放管道内的废液放射性浓度（ Bq/m^3 ）。探测器需采用 4π 铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量结果的影响。

其探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 参考核素：Cs-137；
- 测量范围： $3.7\times 10^3\sim 3.7\times 10^9\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

（2）常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测

常规岛废液排出流放射性浓度在线连续监测通道为 9KRT8401MAI，主要是在正常运行与预期运行事件条件下，监测常规岛废液排放系统（SEL）排放废液的放射性浓度。使用 γ 灵敏探测器连续测量 SEL 系统排放管道内的废液放射性浓度（ Bq/m^3 ）。探测器需采用 4π 铅屏蔽，屏蔽环境本底对测量结果的影响。

其探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~3MeV；
- 参考核素：Cs-137；
- 测量范围： $3.7\times 10^3\sim 3.7\times 10^9\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

（3）取样监测

在 TER 系统和 SEL 系统的贮存罐上预留有废液取样接口，废液在排放前需由工作人员手动取样，将废液样品送往流出物实验室进行测量，废液达到相应的放射性控制要求后，才能排放。

TER 排放监测工艺流程图见图 8.1-5，SEL 排放监测工艺流程图见图 8.1-6。

为满足《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》要求，建议本项目的液态流出物监测的项目、频次、探测限等方案应满足表 8.1-3 的内容。

8.1.1.6 流出物监督性监测系统

为配合地方环保部门监督性监测工作，核电厂将按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要

求（试行）》建设监督性监测系统，并为监督性监测系统流出物在线监测提供数据接口和为地方环保部门到电厂内进行流出物取样提供便利和支持。

8.1.2 辐射环境监测

8.1.2.1 监测目的

核电厂运行期间的环境辐射监测主要是针对厂址周围的辐射水平和环境介质中的放射性比活度进行监测，其监测方案的制定与实施将充分参考运行前本底调查所获得的监测经验以及厂址最新的环境特征。监测目的是：

- 测定环境介质中放射性核素浓度或辐射水平的变化；
- 评价营运单位执行环境标准和运行控制限值的实施情况；
- 评价核电厂对放射性物质包容和排放控制的有效性；
- 为评价环境辐射安全和估算公众剂量提供依据；
- 鉴别由其它来源引起的污染；
- 为发现未知的照射途径和确定放射性核素在环境中的传输模型提供依据；
- 为应急监测提供预警信息。

8.1.2.2 监测范围

三澳核电厂运行期间环境放射性监测范围和布点原则应充分参考运行前的辐射本底调查方案，监测范围为：

- 环境 γ 辐射水平监测：厂址半径 20km 区域；
- 其余项目监测范围：一般取厂址半径 10km 区域；

8.1.2.3 布点原则

运行期间监测布点原则主要包括：

- 关键居民组居住区域；
- 常年主导风向下风向厂区边界附近居民点以及敏感区域；
- 厂址周边海域潮汐特点；
- 年平均最大剂量点及浓度点；

- 核电厂排水口及其附近海域；
- 尽可能与本底调查时的监测布点一致。

8.1.2.4 监测内容

（1）环境 γ 辐射水平的监测

- 环境 γ 剂量率连续监测

设立厂区环境 γ 剂量率实时连续监测网络，实时、连续、自动监测正常运行时放射性烟羽在环境中产生的 γ 剂量率，详见 8.3.2.2 节。监测站点布设时将考虑关键居民组的位置、厂址边界、常年主导风向下风向人口密集居民点、本底调查以及敏感地区等因素。环境 γ 剂量率连续监测的点位布设与监测设备应与应急监测相兼容。

- 瞬时 γ 剂量率测量

参考本底调查的结果，确定 γ 剂量率瞬时测量点位或路线，采用便携式 γ 剂量率仪或监测车巡测厂区周围原野、道路以及室内环境的 γ 剂量率水平。

- 累积剂量测量

在厂区周围布设若干累积剂量计，定时采集并测读，得到环境大气中累积 γ 剂量水平。布设的点位可与连续监测和瞬时监测的点位重合，作为 γ 剂量率监测的补充。

（2）环境介质放射性监测

环境介质采样、分析和测量方法大体上与运行前的环境本底监测相同。

环境介质的监测内容主要包括：

- 大气：气溶胶、沉降灰中的总 α 、总 β ，空气中 ^3H 、 ^{14}C ；
- 陆域水：地表水、地下水和饮用水中的总 β 、 ^3H 和 γ 谱，降水中的总 β 和 ^3H ；
- 土壤： ^{90}Sr 和 γ 谱；
- 生物： γ 谱，指示生物加测总 β 、 ^3H （有机）、 ^{90}Sr ；
- 海水： γ 谱、 ^{40}K 、去 K 总 β 和 ^3H ；
- 沉积物： ^{90}Sr 和 γ 谱；

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 应急监测初步方案

（1）环境 γ 剂量率监测

事故情况下，核电厂周围环境 γ 剂量率的监测通过两种方式进行：固定站环境 γ 辐射连续监测系统 and 环境监测车移动监测系统。

固定站环境 γ 辐射连续监测系统设计方案详见 8.3.2.2 节，在固定式环境 γ 监测站点由于外部环境条件的原因导致其不可用的情况下，利用临时组网系统替代 KRS 系统固定式环境监测站点，实现事故及事故后情况下的环境监测。

环境监测车移动监测系统由两辆监测车组成，设计方案详见 8.3.2.3 节。

（2）气溶胶和碘的监测

空气中气溶胶和放射性碘的采集通过两种途径进行：一是固定辐射监测站的空气取样泵和碘取样器，另一途径通过监测车的空气取样泵。对重点关注区域采集气溶胶和碘样品。

（3）环境 TLD 的布放与监测

主要是利用正常情况监测 TLD 的点位更换新片，并在监测车巡测路线上沿途各点布放 TLD，监测车上备有伴随片和小铅室存放 TLD，必要时在核电厂下风向居民密集区布放 TLD。

（4）海上监测

若事故状态核电厂下风向是海上，需要开展海上监测时，向应急中心求助海上交通工具和人力的支援，监测范围以核电厂排水口为中心的 10km 海域，主要监测任务是：海面上空气环境 γ 剂量率。若事故核电厂在气体放射性释放的同时，有高放废液排放，则须取海水样品进行 γ 谱测量分析。

（5）地面污染监测

地面污染监测采用两种方法监测：一是采用便携式 γ 谱仪，进行地面沉积 γ 核素和 γ 剂量率的监测；二是采用 β/γ 剂量率仪进行地面剂量率的监测，探测器的测量条件要求在距地面 1m 和 3cm 处分别进行。

（6）环境样品及食品样品的采集与监测

监测车出动采集地表水、土壤以及关键居民区的饮用水和蔬菜等食品，将采集的样品作好标签记录，送回实验室进行分析。

8.1.3.2 应急监测仪器设备配备方案

（1）厂区辐射和气象监测系统（KRS）

厂区辐射和气象监测系统由 14 个固定监测站组成，厂内、厂外各设有 7 个监测站。对核电厂周围 10km 范围大气环境中的 γ 辐射水平进行连续监测，其中部分站还配有气溶胶、碘、空气氡、空气碳和干湿沉降取样设备。

（2）应急环境监测车及便携式仪器

应急环境辐射监测车系统由两辆环境监测车和应急环境辐射监测网络系统组成，主要担负事故期间场区周界及电厂周围环境辐射巡测任务，及时地确定电厂下风向放射性烟羽扩散的剂量率分布情况。监测车主要配置有： γ 辐射剂量率仪、便携式 α/β 表面污染监测仪、便携式 β/γ 辐射剂量率仪、气溶胶和碘取样装置、便携式 γ 谱仪、GPS 卫星定位仪、无线通讯设备、车载供电设备以及防护用品。主要设备清单及其性能指标见表 8.3-5。

配备 2 套便携式仪器，能够快速的取出使用，配合车或船即可组成两套移动式临时应急监测车或监测船，以供需要时使用。每台移动式临时应急监测车或者监测船可配置 1 台 GPS 定位仪、1 台便携式 γ 剂量率仪、1 台便携式 γ 谱仪、1 台便携式 α/β 表面污染监测仪、1 台便携式 β/γ 剂量仪和 2 台电子剂量计，主要设备清单包含在环境实验室仪器设备中，详见表 8.3-2。

（3）临时组网系统

临时组网系统是用于 KRS 系统不可用时的备用系统，每套监测设备可监测 γ 辐射、风向、风速等参数，应急情况下能够快速的取出投放到监测点使用。临时组网系统由 14 个移动式环境 γ 辐射监测仪和 14 个风速风向仪组成，配备通讯组网模块。

表 8.1-1 放射性流出物监测通道的性能

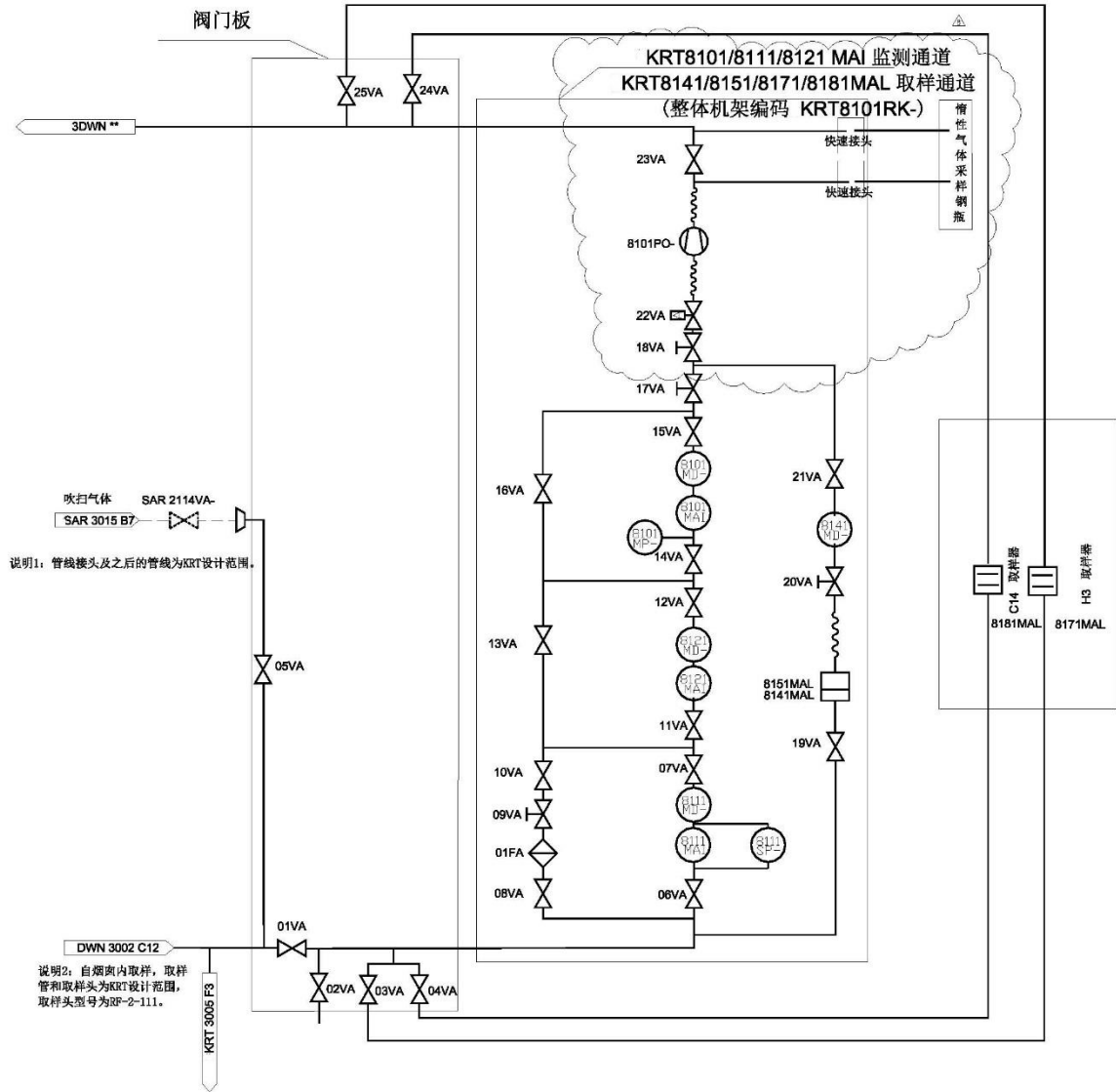
监测通道	功能	探测器类型	测量对象	探测器位置	测量范围, Bq/m ³
9KRT8301MAI	正常工况下监测 TER 废液排放 γ 活度	γ 灵敏探测器	γ	9TER1243TY 竖 直管线上	3.7E+03~3.7E+09
9KRT8401MAI	正常工况下监测 SEL 废液排放 γ 活度	γ 灵敏探测器	γ	9SEL1243TY 竖 直管线上	3.7E+03~3.7E+09
KRT8101MAI KRT8201MAI	正常工况下烟囱排气低量程惰性气体放 射性浓度监测	β/γ 灵敏探测器	β 和 γ	BFX3846ZRM	3.7E+03~3.7E+09
KRT8111MAI KRT8211MAI	正常工况下烟囱排气气溶胶放射性浓度 监测	α/β 灵敏探测器	α 和 β	BFX3846ZRM	1.0~3.7E+06
KRT8121MAI KRT8221MAI	正常工况下烟囱排气放射性碘浓度监测	γ 灵敏探测器	γ	BFX3846ZRM	3.7~3.7E+06
KRT9501MAI KRT9502MAI	事故工况下烟囱排气惰性气体放射性浓 度监测	γ 灵敏探测器	γ	BFX3846ZRM	3.7E+06~3.7E+15

表 8.1-2 气载流出物监测方案（建议）

取样点	采样频次	分析频次	分析核素	探测下限 (Bq/m ³)
烟囱	每月 4 次	每月	³ H	10 ²
			¹⁴ C	10
			粒子 γ 谱至少包括 ^{110m} Ag、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ⁵⁴ Mn、 ¹²⁴ Sb、 ¹²⁵ Sb、 ⁵¹ Cr、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁵ Zn、 ¹⁰⁶ Ru	2×10 ⁻² (¹³⁷ Cs)
			碘 γ 谱 ¹³¹ I、 ¹³³ I、	2×10 ⁻² (¹³¹ I)
			惰性气体 γ 谱至少包括 ⁴¹ Ar、 ^{131m} Xe、 ¹³³ Xe、 ^{133m} Xe、 ¹³⁵ Xe	10 ³ (¹³³ Xe)
			⁸⁵ Kr	10 ²
			烟囱	连续
连续	连续	卤素（至少包括 ¹³¹ I）		10
连续	连续	惰性气体		4×10 ³
连续	每季度	⁹⁰ Sr（颗粒物混合样）		2×10 ⁻¹

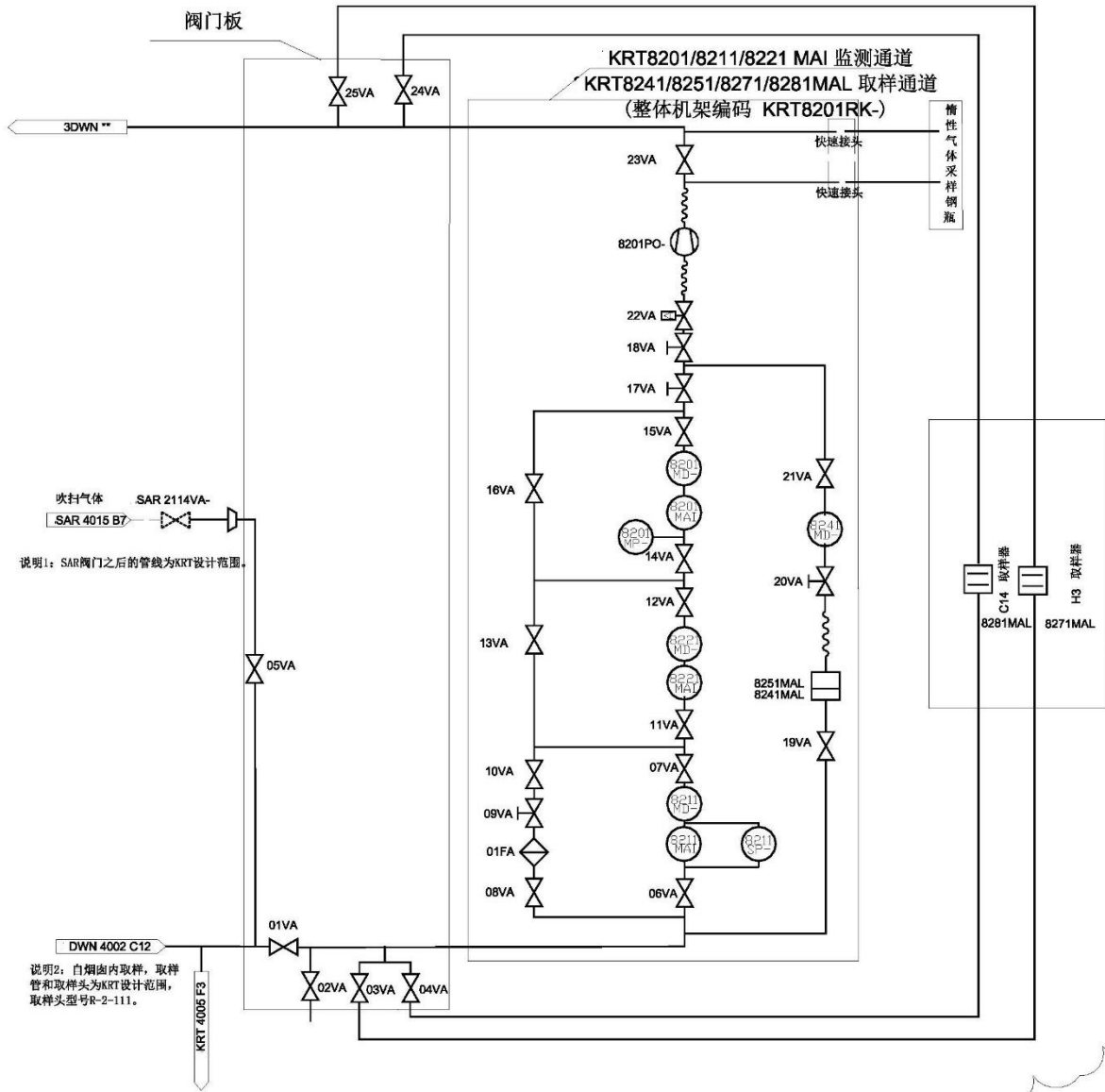
表 8.1-3 液态流出物监测方案（建议）

监测介质	采样频次	分析频次	分析核素	探测下限 (Bq/m ³)
核岛 废液	每批	每批	³ H	10 ⁴
	每批	每批	¹⁴ C	5×10 ⁴
	每批	每批	γ 能谱分析, 至少包括 ^{110m} Ag、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹³¹ I、 ¹³³ I、 ⁵⁴ Mn、 ¹²⁴ Sb、 ¹²⁵ Sb、 ⁵¹ Cr、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁵ Zn、 ¹⁰⁶ Ru	10 ³ (¹³⁷ Cs)
	每批	季度混合样	⁵⁵ Fe ⁶³ Ni ⁹⁰ Sr	10 ³ 10 ³ 10 ²
	每批	每批	总 β 或 总 γ	10 ³ 10 ³ (¹³⁷ Cs)
其他 排放	每批	每批	³ H	10 ⁴
	每批	每批	总 β 或 总 γ	10 ³ 10 ³ (¹³⁷ Cs)
	每批	季度混合样	γ 能谱分析, 至少包括 ^{110m} Ag、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹³¹ I、 ¹³³ I、 ⁵⁴ Mn、 ¹²⁴ Sb、 ¹²⁵ Sb、 ⁵¹ Cr、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁵ Zn、 ¹⁰⁶ Ru	10 ³ (¹³⁷ Cs)
	每批	季度混合样	¹⁴ C ⁵⁵ Fe ⁶³ Ni ⁹⁰ Sr、 ⁸⁹ Sr	5×10 ⁴ 10 ³ 10 ³ 10 ²

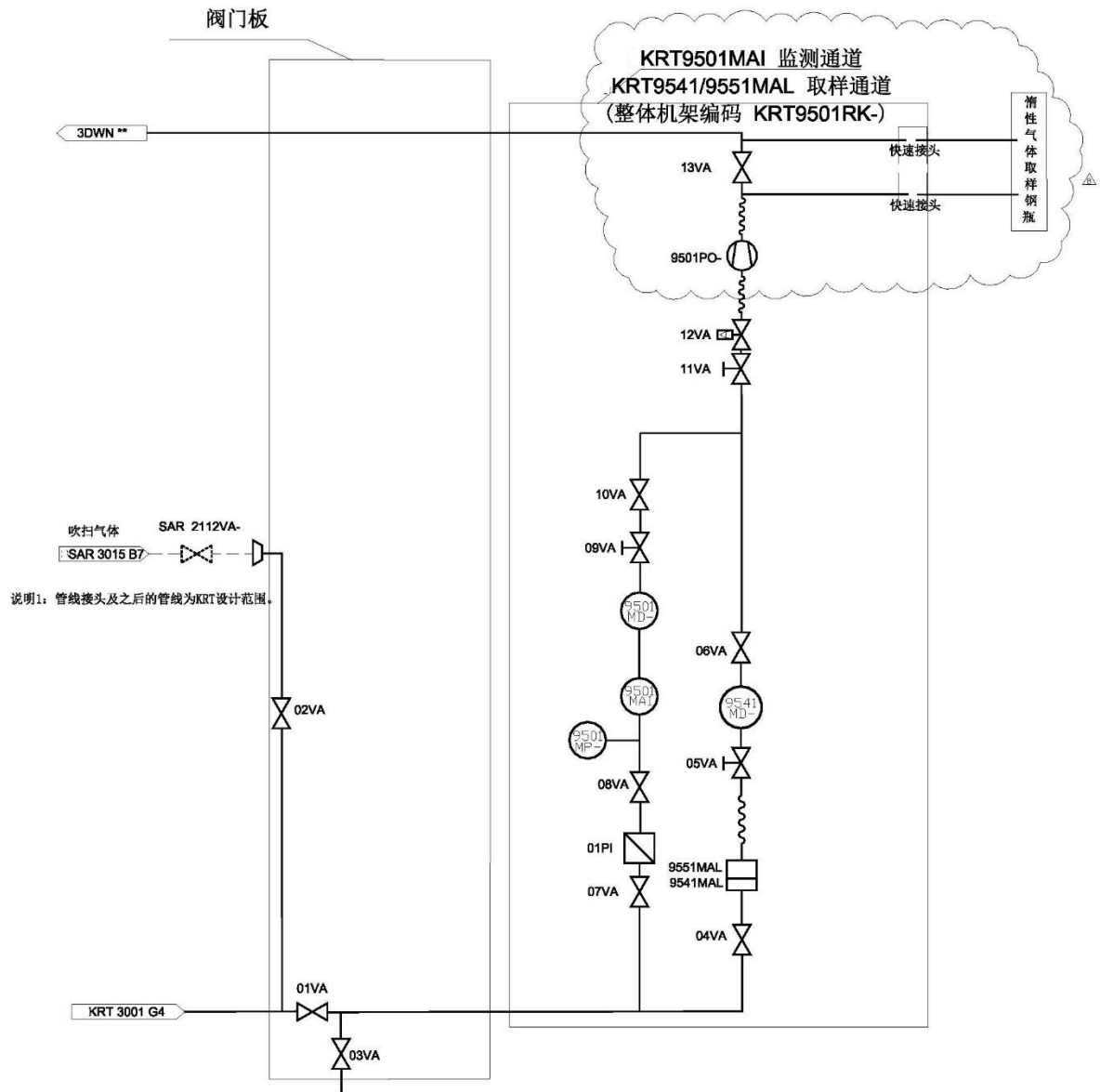


说明2: 自烟室内取样, 取样管和取样头为KRT设计范围, 取样头型号为RP-2-111.

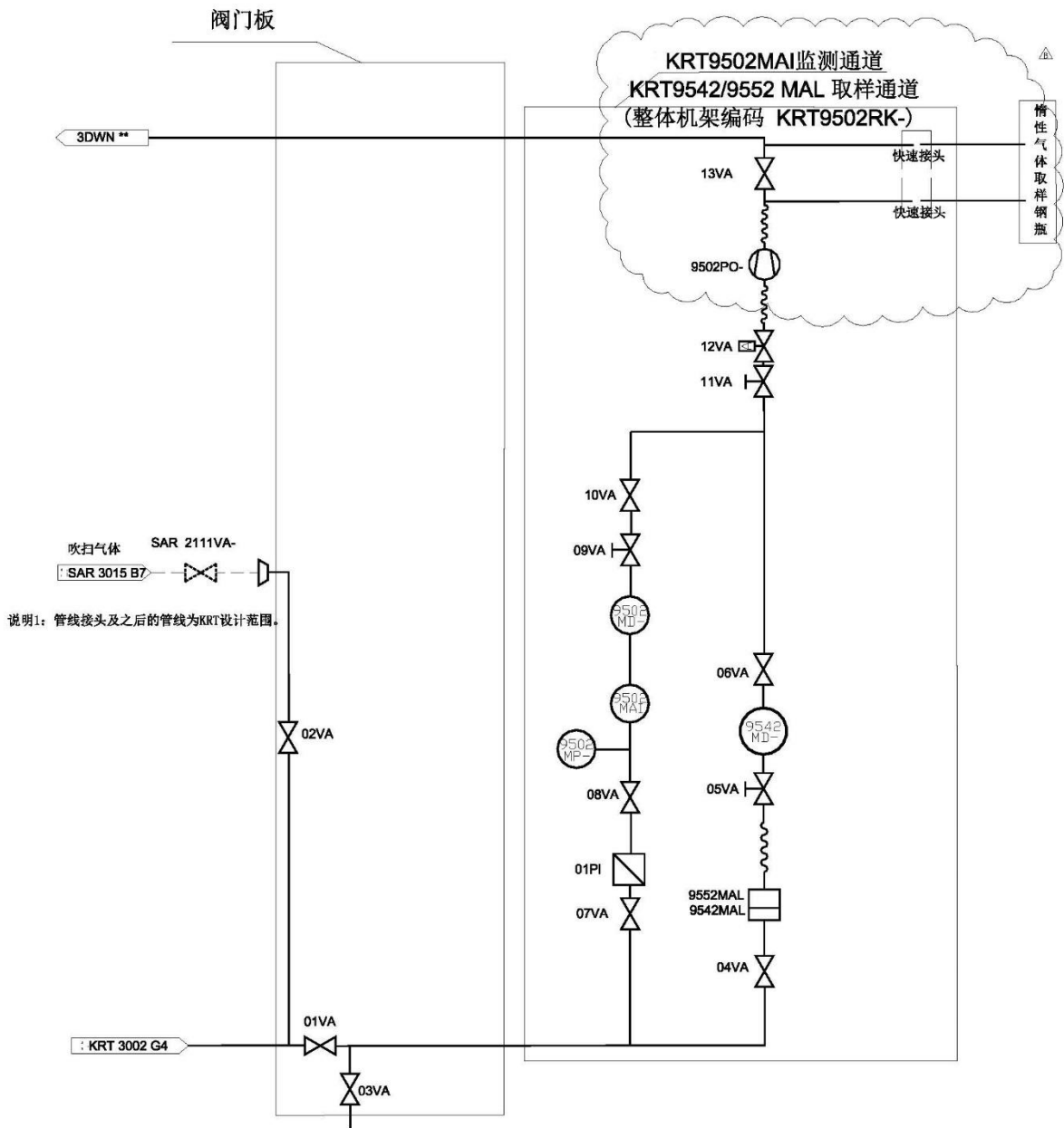
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
正常工况烟囱排气监测 A 列		
工艺流程图		
图 8.1-1	版次	A



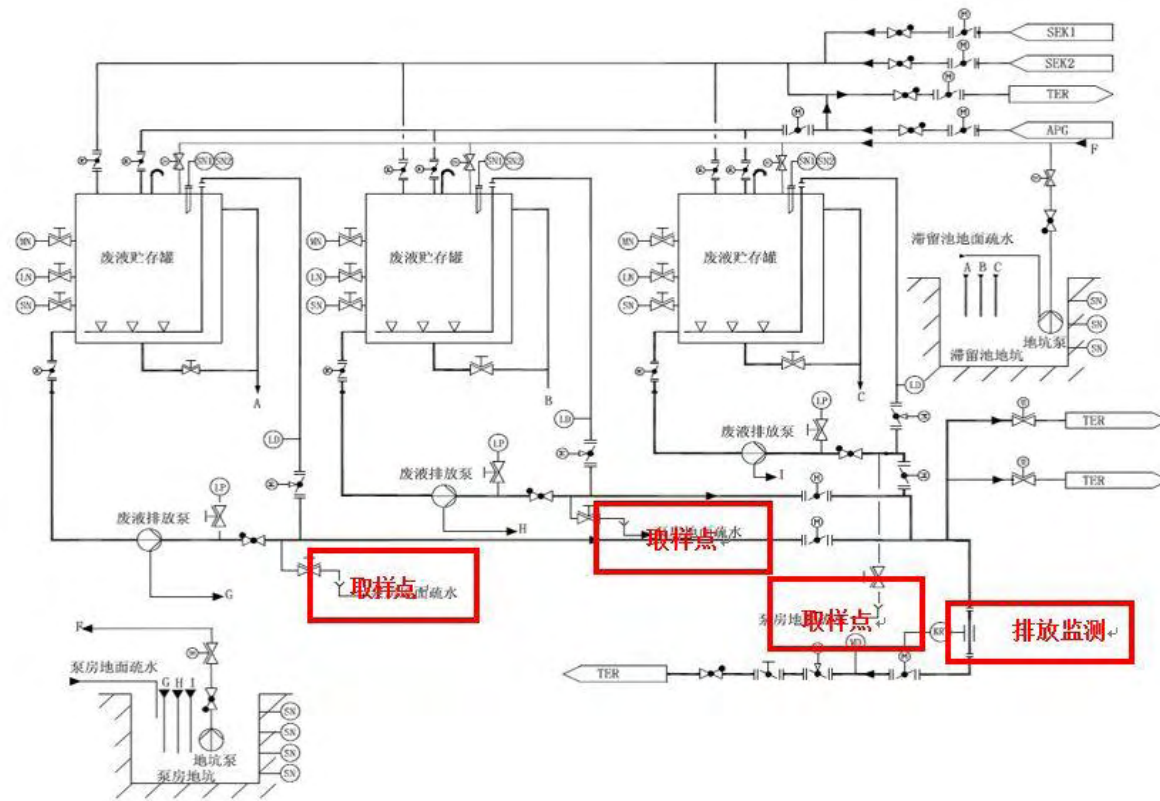
中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
正常工况烟囱排气监测 B 列		
工艺流程图		
图 8.1-2	版次	A



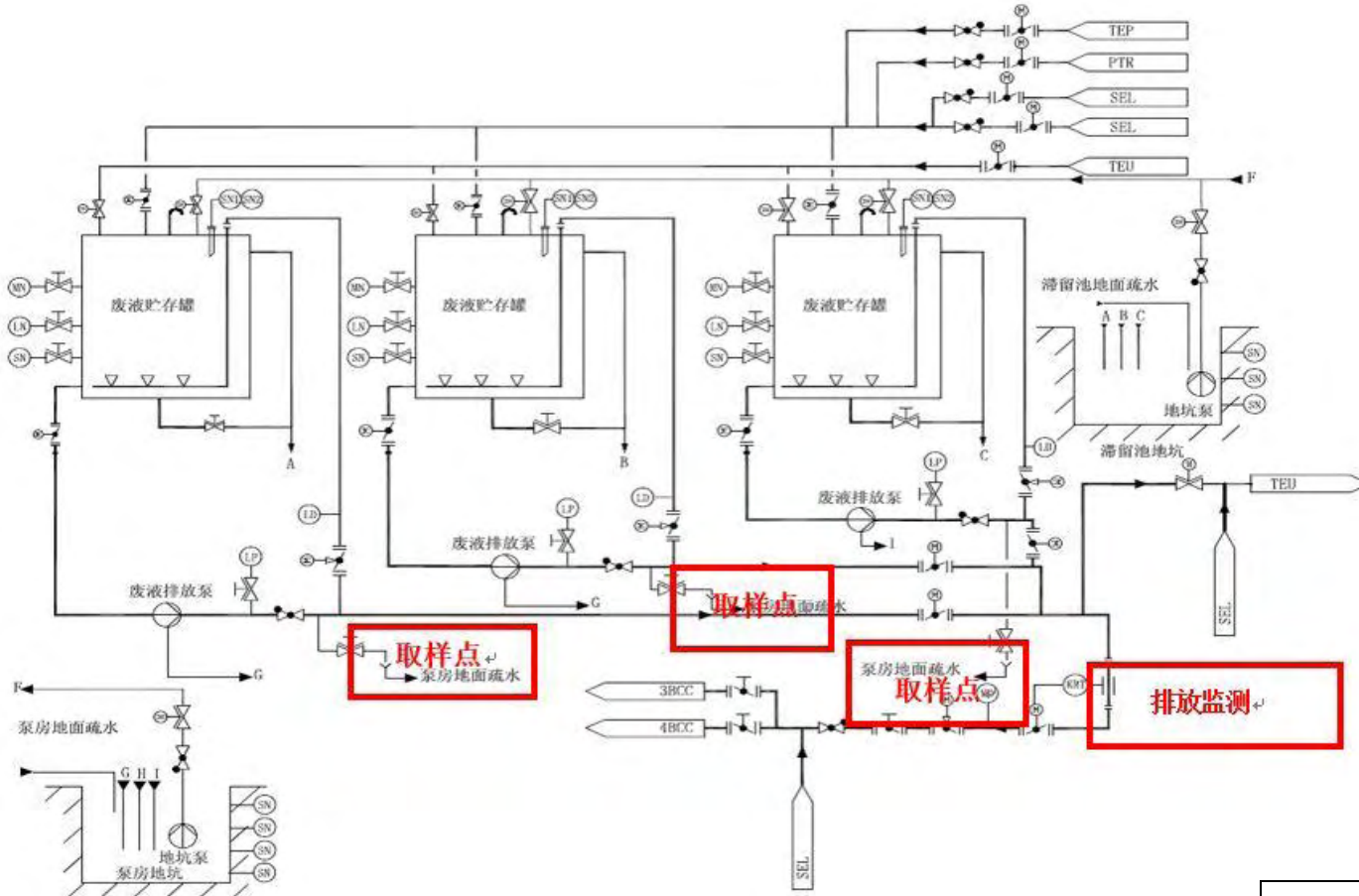
中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
事故工况烟囱排气监测 A 列		
工艺流程图		
图 8.1-3	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
事故工况烟囱排气监测 B 列		
工艺流程图		
图 8.1-4	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
TER 排放监测工艺流程图		
图 8.1-5	版次	A



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
SEL 排放监测工艺流程图		
图 8.1-6	版次	A

8.2 其他监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 生活污水监测

8.2.3 气象观测

8.2.4 水文观测

表

表 8.2-1 非放射性流出物监测方案

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

三澳核电站 1、2 号机组运行前拟委托开展核电站周围海域水温观测，运行期的热影响监测方案将在本项目运行阶段环评报告中提供。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

三澳核电站 1、2 号机组生活污水取样监测项目包括：pH、色度（稀释倍数）、氨氮（以 N 计）、总氮（以 N 计）、总磷（以 P 计）、化学需氧量、生化需氧量、浊度、溶解性固体、溶解氧、粪大肠杆菌群（个/L）、石油类、动植物油、阴离子表面活性剂 14 项指标。

生活污水在线监测项目包括：流量、温度、浊度、pH 和化学需氧量，生活污水监测方案见表 8.2-1。

8.2.3 气象观测

核电站运行期间将进行气象观测，以提供评价短期或长期放射性释放对环境造成影响所需的气象资料。核电站已建气象观测站包括厂址地面观测站和 100m 气象塔，气象塔的气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），分别测量厂址地面以上各个高度风向、风速、温度，以获取厂址区域有关风场分布、温度场结构变化等气象资料，用于厂址区域的大气环境影响评价。地面观测站观测项目有降雨量、大气压、太阳总辐射、净辐射、温湿度和地表温度。

此外，三澳核电站计划将在 2020 年内在厂区增设一座 10m 气象桅杆，测量风向、风速和温度，目前该工作正在准备中。

8.2.4 水文观测

三澳核电站目前正在开展运行期间水文观测初步方案的制定工作，并在运行阶段适时开展观测。

表 8.2-1 非放射性流出物监测方案

监测点位	监测指标	监测频次
生活污水 处理站总 排放口	流量、pH 值、水温、化学需氧量、浊度	自动监测
	色度、浊度、五日生化需氧量、粪大肠杆菌群、阴离子表面活性剂、pH、氨氮、总氮、总磷、阴离子表面活性剂，石油类，动植物油，溶解性固体，溶解氧	季度
	GB18918 中规定的选择控制项目	半年

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境实验室

8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

8.3.2.3 移动监测系统

8.3.2.4 地下水监测设施

8.3.2.5 监督性监测设施

表

表 8.3-1 流出物实验室主要的仪器设备

表 8.3-2 环境实验室主要仪器设备

表 8.3-3 厂内环境监测站信息表

表 8.3-4 厂外环境监测站信息表

表 8.3-5 环境监测车配置情况

表 8.3-6 三澳核电厂地下水监测井布置情况

图

图 8.3-1 流出物实验室平面布置图

图 8.3-2 环境实验室平面布置图（一层）

图 8.3-3 环境实验室平面布置图（二层）

图 8.3-4 厂外环境监测站位置图

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

核电厂放射性流出物的准确排放量主要来自于流出物实验室的测量与分析，流出物实验室作为厂区实验室（9BBL 实验室）的一部分，属于两台机组公用设施。放射性流出物分析实验室包括流出物测量间（2416ZRM）、热准备室（2415ZRM）、冷准备室（2417ZRM）等，承担电厂排放废水的放射性活度和排放废气的放射性浓度检测，使其按规定排放。

流出物实验室的平面布置图见图 8.3-1，实验室配备的主要仪器见表 8.3-1。

8.3.2 环境监测设施

核电厂将建立相应的环境监测设施，用于满足运行期间辐射环境监测的需要。环境监测设施包括环境实验室、厂区环境辐射与气象监测系统和移动监测系统。

8.3.2.1 环境实验室

三澳核电厂的环境实验室为 BEE 子项。在核电厂正常运行期间，环境实验室承担核电厂厂区及周边环境的辐射环境监测及常规环境监测职能，其功能如下：

- 接收各环境连续监测站点的监测数据并进行分析处理，及时发现环境异常数据并将有关信息发送到应急指挥中心/应急行动中心和主控室、辐射环境监督管理部门等；当环境实验室内的 KRS 中央站不可用时，其功能转移至应急指挥中心/应急行动中心；
- 定期进行环境介质样品的采样、制样及测量分析工作。

在事故情况下且环境实验室未受到污染时，可对于周围环境介质进行采样和测量分析，执行一定的应急监测功能。如在事故早期对核电厂周围环境介质进行采样和测量分析；应急状态下接受应急技术支持组的指令，启用环境监测车，结合风向及源项释放情况，对设定路线环境辐射水平进行测量，并将有关信息发送至环境实验室、应急指挥中心/应急行动中心及其他相关部门。环境实验室不考虑事故下的可用性。

（1）拟建位置

三澳核电厂环境实验室位于厂区北侧角落，西北侧为维修办公室（BOE 子项），

东南侧为消防站（BEB 子项），东北侧为环境监测子站（BOD-2 子项）。

（2）设计方案

环境实验室平面呈长方型，地上两层建筑，整栋建筑建筑面积约为 1407m²，耐火等级为二级。环境实验室平面布置图见图 8.3-2（一层）和图 8.3-3（二层）。

环境实验室主要功能为环境样品制备、测量及 KRS 系统监测数据接收、处理与传输。各主要工艺用房的基本功能如下：

- 样品制备间 1、样品制备间 2：对所采集的环境样品进行预处理；
- 海水样品蒸发室、海产品碳化室：分别对海水和海产品进行蒸发和碳化、灰化，得到蒸馏液、蒸残液、碳化样；
- 淡水样品蒸发室、陆生生物碳化室：分别对淡水和陆生生物进行蒸发和碳化、灰化，得到蒸馏液、蒸残液、碳化样；
- 放化实验室：通过使用化学试剂对蒸馏液、蒸残液、碳化样进行萃取、溶解、浓缩等操作，制成满足测量要求的样品；
- 天平室：为精确称量样品的质量和配置合适的化学组分设置；
- 放射源室：用于制备和贮存仪器校验用标准放射源；
- 总放测量室：用于环境样品中总 α 、 β 的测量；
- 液闪测量室：低能 β 测量室，用于环境样品中碳-14、氚等的测量；
- 谱仪室：用于环境样品的放射性 γ 能谱测量及其核素分析；
- 热释光测量室：环境及工作人员累积剂量读出；
- 非放仪器室：非放射性环境监测项目的测量间；
- 非放化实验室：测量常规的非放项目；
- **KRS 中央站**：接收处理监测子站监测数据；
- 制成样品档案库：存放制成的平行样；
- 便携式仪器检修间：用于便携式仪器的存放及检修；
- 实验用品储存室：用于一般实验用品的贮存；
- 资料室：用于监测报告、有关文件及资料等的贮存；
- 会议室、办公室：人员办公场所；
- 供气站：为各实验室用气点提供压缩气体；
- 其他：按照有关建筑设计规范设置的配套设施（值班室、洗手间、开水间等）。

（3）仪器设备配置

环境实验室主要设备见表 8.3-2。

8.3.2.2 厂区辐射与气象监测系统

三澳核电厂拟建立厂区辐射与气象监测系统（KRS 系统），包括 KRS 中央站、气象站和环境监测站。其中，KRS 中央站连续采集、处理、记录和传输气象和大气 γ 辐射数据。KRS 系统一次建成，全厂共用。

（1）环境 γ 辐射监测站

KRS 系统的监测范围重点考虑以核电厂为中心半径 10km 的区域，厂内 7 个，厂外 7 个。14 个环境监测站分别布置在 1 号机组核岛区域的 E、S、SW、SSW、WSW、WNW、NNW、N、NNE、SSE、W 和 NW 方位共 12 个方位。

各环境监测站的具体位置见图 8.3-4，各监测点位的布设情况及监测项目见表 8.3-3 和表 8.3-4。

（2）气象观测站

气象观测站的作用是测量、记录和发送现场风向、风速、温度和湿度等参数，用于计算和评价核电厂气态放射性物质排放对该地区环境影响的气象数据；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

（3）中央站

中央站设置在环境实验室内，其主要作用是负责连续采集、处理和记录气象和环境 γ 辐射剂量率数据，并对采集的数据进行存储、分析和发布。中央站主要包括：

- 环境 γ 辐射数据采集工作站：对厂区环境 γ 辐射监测站进行远程管理，并提供直接监视和操作的平台，收集环境 γ 辐射监测站采集的 γ 剂量率数据；
- 气象数据采集工作站：作为气象站的远程监测终端，负责气象数据的采集和处理。

事故条件下，为应对 KRS 系统损坏无法运行的情况，建设 KRS 系统应急组网设备（临时组网）配置如下：

- 便携式 γ 剂量率仪和便携式风速风向仪的数量与核电厂 KRS 系统固定式监测子站的数量保持一致；
- 在应急指挥与行动中心配置无线电通讯中继器。

8.3.2.3 移动监测系统

三澳核电厂在机组运行前配置环境监测车和环境监测采样车，车内配备相应的监测设备和采样设备。在核电厂运行期间环境监测车可对厂址周围环境 γ 剂量率进行巡测，在发生核事故时亦可用于应急监测。

KRS 系统共配置两辆环境监测车，互为备用。

在核电厂正常运行期间，环境监测车作为移动式的环境辐射监测站，定期地对核电厂周围环境 γ 辐射水平进行监测。

在事故应急状况下，监测车作为应急辐射监测系统，可快速前往核电厂下风向方向测出所经过地区环境 γ 辐射水平，实时显示在电子地图上，并具有采集气溶胶、碘样品的功能，并且可以使环境监测车历史数据能追溯，判断测量点的位置。

环境监测车配置电子罗盘并具备自动定北功能，布置在车顶的设备具备折叠功能。环境监测车的配置情况见表 8.3-5。

8.3.2.4 地下水监测设施

（1）监测范围及监测内容

根据国家法规标准规定，结合厂址周边环境特征，充分考虑厂址特征以及反应堆可能的泄漏点和其他项目经验反馈，本方案确定本次布点的监测范围为厂区范围内，重点监测反应堆附近区域。

地下水监测井的监测内容为 γ 谱、总 β 和氡。

（2）布点原则

三澳核电厂地下监测井布点应遵循以下基本原则：

- 监测井的布置需重点考虑反应堆附近区域及其他有放射性泄漏风险的系统；
- 监测井应尽量布置在交通便利、取样方便的区域，以便于样品采集；
- 监测井应选在水质不受海水影响的位置；
- 监测井位置的选择应尽量避免受地表水汇流影响的区域；
- 在反应堆厂房地下水流向的下游应布设监测点；
- 对照点在应布置在地下水流向反应堆的上游，同时为避免正常运行期间 3H 排放的影响，对照点应尽量位于最小风频的下风向。

（3）点位布置

三澳核电厂 1、2 号机组拟设置 7 个地下水监测点，其中 N1、N2、N3、N4 点位于核岛负挖范围内，主要用于监测 1、2 号核岛区域可能存在的放射性泄漏；N5 点位于核岛废液贮存罐厂房和常规岛废液贮存罐厂房（9BQA/9BQB 子项）附近，用于监测 9BQA/9BQB 子项的泄漏；N6、N7 点位于核岛负挖范围外，作为对照点使用。具体布设情况详见表 8.3-6。

8.3.2.5 监督性监测设施

建设单位目前尚未开展监督性监测系统设计工作，三澳核电厂承诺将在装料前按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》建成监督性监测系统，具体的建设方案将在本项目运行阶段环评报告中给出。

表 8.3-1 流出物实验室主要的仪器设备

序号	位置	仪表设备名称	数量
1	2415ZRM 热准备室	温控电热板	1
3		高纯水仪	1
4		分析天平（200g）	1
9		台式 pH 计/电导率仪	1
10		液态 C-14 前处理装置	1
11		Sr-90 前处理装置（四种设备）	1
12		Kr-85 前处理装置	1
13	2416ZRM 流出物测量间	高纯锗 γ 谱仪	2
14		NaI 总 γ 谱仪	2
15		12 道 α/β 测量仪	1
16		液闪计数器	1
17		气体取样钢瓶 3L	6
18	2417ZRM 冷准备室	台式 pH 计/电导率仪	1
19		电子台秤	1
20		分析天平（200g）	1
21		温控电热板	1
22		自动滴定仪	1

表 8.3-2（1/3） 环境实验室配备主要仪器设备

序号	设备名称及代号	数量	型号规格或主要参数	备注
1	环境 γ 辐射监测仪	1 台	能量响应: 50keV~3MeV; 测量范围: 0.03 μ Sv/h~10mSv/h。	---
2	高压电离室型 γ 剂量率仪	1 台	能量响应: 50kev~10Mev; 测量范围: 3×10^{-8} Sv/h ~0.1Sv/h。	---
3	便携式闪烁体探测器 γ 谱仪	2 台	测量范围 剂量: 0.01 μ Sv~0.1Sv; 剂量率: 10nSv/h~100mSv/h; 能量范围: 50keV~3MeV。	环境监 测车用
4	便携式 γ 辐射剂量率仪	2 台	测量辐射类型: X, γ ; 探测器类型: GM 管(或同功能探测器); 能量响应: $\pm 30\%$ (45keV~3MeV); 测量范围: 0.01Sv~9.99Sv 剂量率: 1 μ Sv/h~1Sv/h; 测量精度: $\pm 10\%$ (0.2mSv/h, 137Cs); 响应时间: <5s;	环境监 测车用
5	便携式 α/β 表面污染监测仪	2 台	多探头剂量率仪: 测量辐射类型: α , β ; β 辐射探头(手持): 测量辐射类型: β ; 探测器类型: 塑料闪烁体(或充气正比计数管); β 能量低限: >30keV; 测量范围: 1~10000cps; 本底计数率: ≤ 3 cps; α 辐射探头: 测量辐射类型: α ; 探测器类型: ZnS 闪烁体(或充气正比计数管); α 能量低限: >3MeV; 测量范围: 1~10000cps; 本底计数率: ≤ 0.05 cps。	环境监 测车用
6	便携式 β/γ 剂量率仪	2 台	多功能辐射测量仪 测量辐射类型: γ , X; 测量范围: 剂量: 0.1 μ Sv~10Sv; 剂量率: 0.01 μ Sv/h~10Sv/h; γ/β 辐射探头(手持): 测量辐射类型: γ/β ; 探测器类型: 端窗 GM 管测量 β , 双 GM 管宽量程测量 γ ; β 测量范围: 0.1 μ Sv/h~50mSv/h ; β 能量响应范围: 0.25~5MeV; γ 测量范围: 0.1 μ Sv/h~100Sv/h ; γ 能量响应范围: 0.1~5MeV; 效率: 约 65cps; 计数显示: 0~10000cps, μ Sv/h 与 cps 双重显示。	环境监 测车用

表 8.3-2 (2/3) 环境实验室配备主要仪器设备

序号	设备名称及代号	数量	型号规格或主要参数	备注
7	宽能型高纯锗 (HPGe) 探测器 γ 谱仪	1 台	相对效率: $\geq 30\%$; 能量范围: 3keV~3MeV; 能量分辨率: $\leq 2.2\text{keV}$; 本底: (50keV~10MeV) $\leq 3\text{cps}$ 。	---
8	P 型 HPGe 探测器 γ 谱仪	2 台	能量范围: 50keV~10MeV; 能量分辨率: $\leq 2.0\text{keV}$ (^{60}Co 1.33MeV); 探测效率: $\geq 70\%$ (^{60}Co 1.33MeV); 峰康比: 60: 1; 本底: (50keV~10MeV) $\leq 3\text{cps}$ 。	其中一台初步考虑放在应急指挥中心/应急行动中心内。
9	热释光剂量仪	1 台	能量范围: X、 γ 射线: 10keV~6MeV; β 射线: 80keV~3MeV; 能量响应: X、 γ 射线: $< 20\%$ (80keV~1.5MeV); β 射线: $< 30\%$ (150keV~3MeV);	---
10	12 道 α/β 测量仪	3 台	流气式正比计数器; α 本底: $\leq 0.1\text{cpm}$; α 效率: $\geq 40\%$ (^{241}Am); β 本底: $\leq 1\text{cpm}$; β 效率: $\geq 45\%$ ($^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$);	---
11	低本底液闪谱仪	1 台	自带本底(0~18.6Kev) $< 2.6\text{cpm}$; 本底(0~4keV) $< 1\text{cpm}$ (8ml 去离子水+12ml 闪烁液, 塑料瓶)。	---
12	超低本底液闪谱仪	1 台	探测器: 低水平液闪计数器 本底: $\leq 1\text{cpm}$ (低本底铅屏蔽); ^3H 效率: $\geq 20\%$; 窗宽 (4~164) 优值: > 400 ; 自带 ^3H 效率 $> 60\%$; 自带本底 (4~325) $< 8.5\text{cpm}$ 。	---
13	电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP)	1 台	波长范围: 160~900nm。	---
14	分光光度计	2 台	波长范围: 190nm-1100nm。 可变狭缝: 0.5,1.0,2.0,4.0nm。	---
15	台式 pH/电导率测量仪	1 台	电导测量范围: 0.000~200mS/cm; 分辨率: 0.001 $\mu\text{S/cm}$; 相对精度: 0.5%或 0.01 $\mu\text{S/cm}$ (取两者中较大的); pH 测量范围: -2.000 到 19.999; 分辨率: 0.1/0.01/0.001pH; 相对精度: $\pm 0.001\text{pH}$ 。	---
16	便携式 pH/电导率测量仪	2 台	---	---

表 8.3-2（3/3） 环境实验室配备主要仪器设备

序号	设备名称及代号	数量	型号规格或主要参数	备注
17	自动滴定仪	1 台	最大连续滴定体积 20mL，滴定速率 0.02~60mL/min； pH 值：0~14。	---
18	温控电热板	4 台	---	---
19	烘箱	6 台	---	---
20	纯水仪	1 台	---	---
21	电子天平	2 台	精度：0.01mg	---
22	电子天平	2 台	精度：0.001g	---
23	电子天平	2 台	精度：0.01g	---
24	电子天平	2 台	精度：0.1g	---
25	程控马福炉	5 台	100~1100℃	---
26	电炉	6 台	功率不低于 1.2kW	---
27	天平台	4 个	---	---
28	冰柜	1 个	---	---
29	恒温箱	1 个	---	---
30	冰箱	1 个	---	---
31	通风柜	10 台	---	---
32	超声波清洗仪	1 台	---	---
33	生化培养箱	1 台	---	---
34	多探头水质监测仪	1 台	光学溶解氧：0-50mg/L，分辨率：0.01mg/L； 浊度：0-1,000NTU，分辨率：0.1NTU； 电导率：0-100mS/cm，分辨率：0.001-0.1mS/cm； 温度：-5 至 50℃，分辨率：0.01℃； 氧化还原电位：-999~+999mV，分辨率：0.1mV； 盐度：0-70ppt，分辨率：0.01ppt；	---
35	球磨机	1 台	---	---
36	抽（除）湿机	12 台	---	---
37	离心机	1 台	---	---
38	温湿度计	19 个	---	---
39	电动搅拌器	1 台	---	---
40	磁力搅拌器	1 台	---	---
41	氚蒸馏装置	4 套	---	---
42	洗衣机	1 台	---	---
43	便携式 GPS 全球定位仪	2 个	---	---
44	深水取样桶	若干	---	---
45	便携式取样泵	1 台	---	---
46	微波炉	1 台	---	---
47	公称	1 台	100kg	---
48	打印机	5 台	---	---

表 8.3-3 三澳核电厂环境监测厂内点布设情况及监测项目

序号	编号	安装地点	方位	距离 (km)	选取目的	监测项目
1	AS1	非放射性含油废水处理站（BES子项）附近	E	0.12	监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1. γ 辐射水平。
2	AS2	制氯站（BZD子项）附近	S	0.49	监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1. γ 辐射水平。
3	AS3	厂区边界	SW	1.8	厂址10m气象塔主导风向（NE）下风向，监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1、 γ 辐射水平； 2、气溶胶； 3、碘吸附取样； 4、环境氚； 5、环境碳-14； 6、沉降灰； 7、雨水收集和雨量测量。
4	AS4	规划中的5、6号机CC井附近	SSW	1.06	厂址10m气象塔次主导风向（NNE）下风向，监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1、 γ 辐射水平； 2、气溶胶； 3、碘吸附取样； 4、环境氚； 5、环境碳-14； 6、沉降灰； 7、雨水收集和雨量测量。
5	AS5	500kV主开关站（BTB子项）附近	WSW	0.59	监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1. γ 辐射水平。
6	AS6	应急指挥（行动）中心（BEM/BEG子项）附近	WNW	0.89	监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1. γ 辐射水平。
7	AS7	武警营房（BEQ）附近	NNW	0.45	监督核电厂非计划排放对环境造成的影响	1、 γ 辐射水平； 2、气溶胶； 3、碘吸附取样； 4、环境氚； 5、环境碳-14； 6、沉降灰； 7、雨水收集和雨量测量； 8、风速、风向。

注：表中方位和距离以 1 号反应堆为参照坐标

表 8.3-4 三澳核电厂环境监测厂外点布设情况及监测项目

序号	站点	地点	方位	距离(km)	选取目的	监测内容
1	BS1	渔寮社区中心	N	7.2	环境敏感点及 γ 辐射水平有代表性的环境值。	1、 γ 辐射水平； 2、雨量计； 3、雨水收集器； 4、风速、风向。
2	BS2	荷包田村民中心	NNE	5	环境敏感点，测得 γ 辐射水平有代表性的环境值。	1、 γ 辐射水平； 2、雨量计； 3、雨水收集器； 4、风速、风向。
3	BS3	北关岛顶海村附近	SSE	3.2	环境敏感点，测得 γ 辐射水平有代表性的环境值。	1、 γ 辐射水平； 2、雨量计； 3、雨水收集器； 4、风速、风向。
4	BS4	长沙村委会	SW	2	厂址区域80m高度处主导风向（NE）下风向，环境敏感点，测得 γ 辐射水平有代表性的环境值。	1、 γ 辐射水平； 2、气溶胶； 3、碘吸附测量； 4、雨量计； 5、雨水收集器； 6、空气氡； 7、空气碳-14； 8、沉降灰； 9、风速、风向。
5	BS5	澄海村村民中心	W	3.9	环境敏感点，测得 γ 辐射水平有代表性的环境值	1、 γ 辐射水平； 2、雨量计； 3、雨水收集器； 4、风速、风向。
6	BS6	沿浦镇人民政府	WNW	6.9	环境敏感点，测得 γ 辐射水平有代表性的环境值	1、 γ 辐射水平； 2、雨量计； 3、雨水收集器； 4、风速、风向。
7	BS7	马站镇南方电网办公楼	NW	9.8	5~10km范围内最大居民点，测得 γ 辐射水平有代表性的环境值	1、 γ 辐射水平； 2、气溶胶； 3、碘吸附测量； 4、雨量计； 5、雨水收集器； 6、空气氡； 7、空气碳-14； 8、沉降灰； 9、风速、风向。

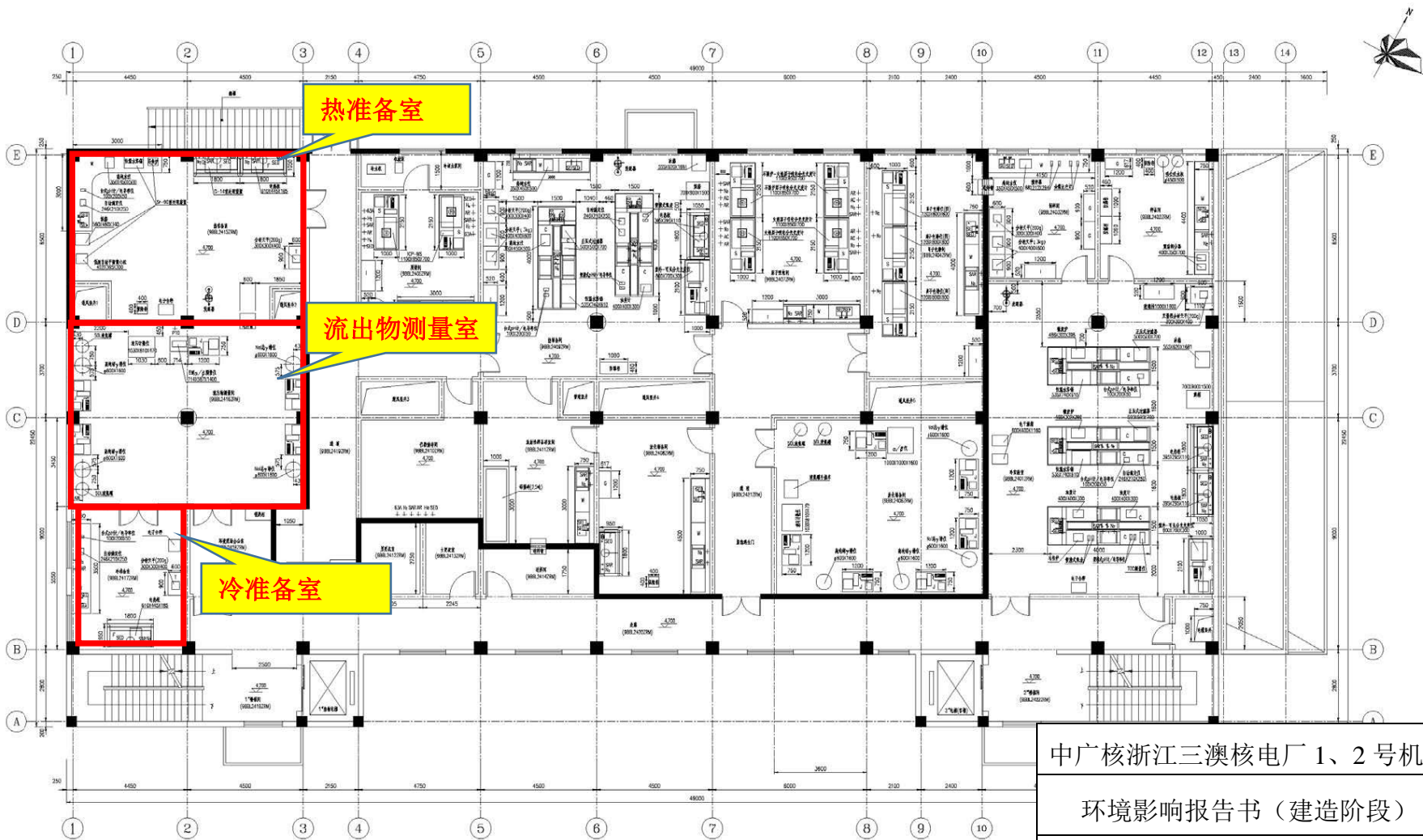
注：表中方位和距离以 1 号反应堆为参照坐标

表 8.3-5 监测车配置情况

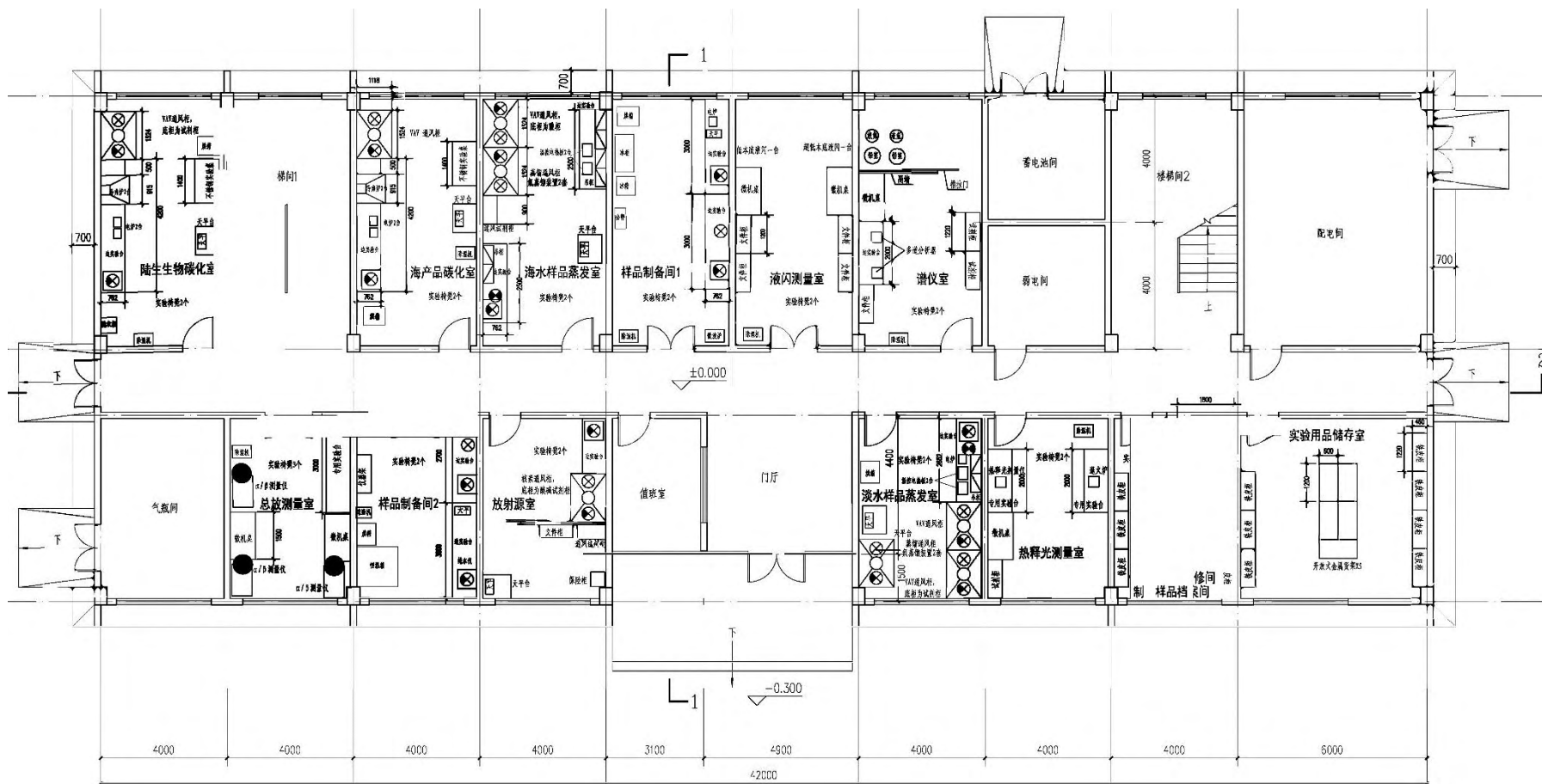
名称	数量	备注
A. 车辆		
1.车辆平台	2 辆	
B. 车载在线连续监测设备		
1.γ 辐射探测装置	2 套	采用可折叠或可伸缩探头
2. 便携式气溶胶、碘取样器	2 台	
3. 车载气象传感器	2 套	
C.车辆基础配套设备		
1.不间断电源 UPS	2 套	
2.便携式仪器存放柜或固定架		考虑所有的便携式仪器的存放空间，并留有适当的余量
3.车载电源系统	2 套	
4.电源插座		
5.车载避雷系统	2 套	环境监测车应考虑必要的避雷措施
6.车载计算机系统	2 套	建议采用嵌入式一体计算机，计算机系统采用全固态硬盘
7.GPS 卫星定位系统	2 套	
8.车载语音和数据通信系统	2 套	4G 通讯、无线电

表 8.3-6 三澳核电厂地下水监测井布置情况

序号	监测井	监测井位置	设置目的
1	N1	1号机组核辅助厂房（1BNX子项）附近	核岛负挖范围内，监测1号机组核岛的泄漏
2	N2	1号机组反应堆厂房龙门架（1BRP子项）附近	核岛负挖范围内，监测1号机组核岛的泄漏
3	N3	2号机组核辅助厂房（2BNX子项）附近	核岛负挖范围内，监测2号机组核岛的泄漏
4	N4	2号机组反应堆厂房龙门架（2BRP子项）附近	核岛负挖范围内，监测2号机组核岛的泄漏
5	N5	1、2号机组核岛废液贮存罐厂房和常规岛废液贮存罐厂房（9BQA/9BQB子项）附近	监测9BQA/9BQB子项的泄漏
6	N6	1号机组额外冷却水与核岛消防水厂房（1BEJ子项）	核岛负挖范围外，对照点
7	N7	2号机组额外冷却水与核岛消防水厂房（2BEJ子项）	核岛负挖范围外，对照点

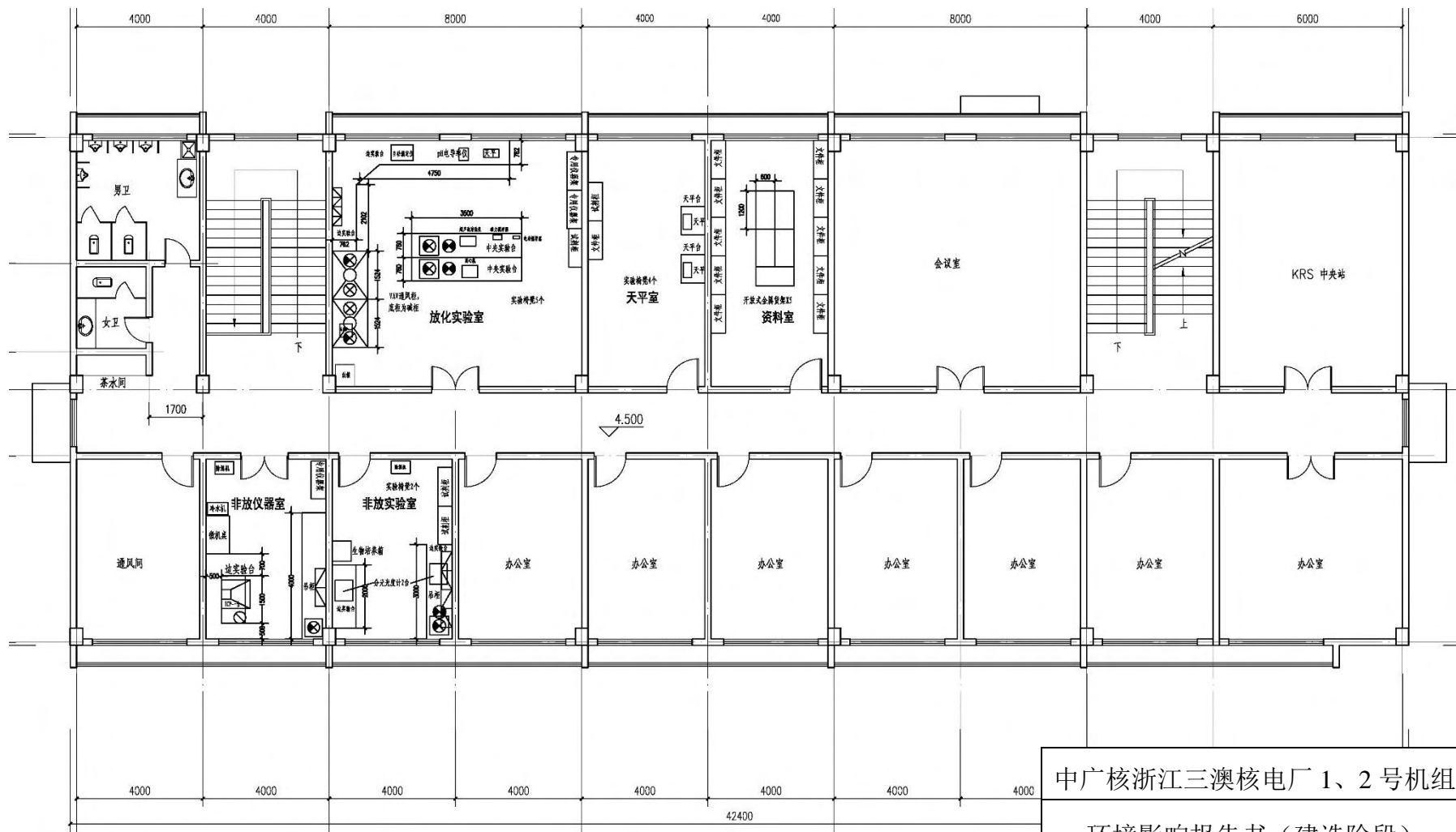


中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
流出物实验室平面布置图		
图 8.3-1	版次：	A



中广核浙江三澳核电厂 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
环境实验室平面布置图（一层）		
图 8.3-2	版次：	A

中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组环境影响报告书（建造阶段）



中广核浙江三澳核电站 1、2 号机组		
环境影响报告书（建造阶段）		
环境实验室平面布置图（二层）		
图 8.3-3	版次：	A



8.4 质量保证

8.4.1 质量管理

8.4.1.1 组织机构

8.4.1.2 人员的资格与培训

8.4.1.3 数据审查制度

8.4.2 质量控制

8.4.2.1 内部质量控制

8.4.2.2 外部质量控制

8.4 质量保证

为保证三澳核电站 1、2 号机组流出物和环境监测设备的可靠性，确保流出物和环境监测数据的准确性，核电站应依据国家有关标准，制订流出物与环境监测质量保证程序，确保测量结果的可信性、有效性和可比性。本节主要描述 1、2 号机组运行期间流出物与环境监测质量保证的主要内容。

8.4.1 质量管理

质量保证体系是流出物和环境监测工作管理水平的集中表现，它对组织机构、人员素质、工作环境、测试方法以及各种管理制度等可能影响监测质量的活动进行严格和有效地控制。

8.4.1.1 组织机构

适当的组织和管理机构是核电站流出物和环境监测质量保证体系的重要组成部分，该组织机构内的人员设置及其职责应有明文规定。核电站成立组织机构的目的在于：通过对流出物与环境监测以及排放的监督和管理，及时发现异常并采取措施，确保排放符合国家法规要求；执行有效的管理措施，减少废液产生量、排放量，减少对环境的影响；通过对电厂环境工作的监督与管理，确保核电站各种废物处理、排放设施的可靠运行及环保机构的正常运作，达到保护环境的目的。

8.4.1.2 人员的资格与培训

监测结果准确度与工作人员的工作经验、专业知识和技术水平有关，所有参加取样、监测、数据统计和审核的人员均应按规程要求，参加相应的理论和实践培训，经授权后上岗。从事放射性环境监测的人员，应掌握辐射防护基础知识和放射性环境监测技术，熟悉有关环境保护和环境监测的法规和标准。同时，相关部门应不定期地组织测量、分析人员就放射性测量仪器、测量原理及测量方法展开探讨和研究，以提高对测量仪器的了解和样品测量、分析水平。

8.4.1.3 数据审查制度

为了检查质量保证的执行情况，确保监测结果的准确性，必须对监测数据进行有

计划的检查。检查应该由在被检查方面没有直接职务的有资格的人员来进行，检查人员应对检查结果写出书面报告，并经过对检查工作负责的管理单位复审。对存在的问题应该采取进一步的措施，包括再次核查等。

8.4.2 质量控制

为了保证流出物和环境监测工作的质量，质保工作必须从样品采集、运输、处理、测量、分析、保存等环节，以及文件控制、量值溯源、制订质保大纲、样品比对等方面展开。

8.4.2.1 内部质量控制

（1）样品采集、运输和贮存的质量控制

样品采集、运输和贮存的质量控制的目的是保证采集具有代表性并保持放射性核素在分析前的原始浓度。为此应该准确地测量样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 $\pm 10\%$ 以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。采集的各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。

（2）分析测量中的质量控制

样品的预处理和分析测量方法应采用标准方法或经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析质量控制样品。

为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，有必要参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差应查明原因，并采取校正措施。用于分析测量装置，应对其性能定期进行检定、校准和检验，测量过程使用的标准源应定期进行标定。

（3）数据处理

每个样品从采集、预处理、分析测量到结果计算全过程中的每一步都应有清楚、详细和准确的记录。数据处理应采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对于偏离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2.2 外部质量控制

实验室外部质量控制的主要措施有：

(1) 比对

为验证实验室监测设备的可靠性，确保监测数据的精确性、可比性，实验室可积极的与国内外权威机构进行实验室间比对。

(2) 量值溯源

用于刻度放射性测量仪器的标准源、标准溶液或标准物质，均由权威计量部门提供，为测量的量值可溯源到国家基准提供有力的保证。

(3) 测量仪器定期检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量或检定设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证所进行的检测有溯源性。

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

9.1 利益分析

9.1.1 建设和运行带来的直接利益

三澳核电 1、2 号机组建设两台百万千瓦级压水堆核电机组，在其整个商业运行寿期内将取得显著的经济利益，上交国家和地方的税金数以亿计。预计本工程建成发电后，建设单位平均每年向国家和地方直接上缴的增值税、城市维护建设税及附加、所得税约 10 亿元，此为核电厂的直接利益。

在保持年平均负荷因子为 80%、资本金内部收益率为 9%等前提下，初步估算计算期内核电厂平均发电成本费用约为 234.61 元/兆瓦时，含税上网电价为人民币 386.98 元/兆瓦时，低于目前国家核定的核电机组标杆电价 430 元/兆瓦时。后续可通过控制建设投资及运营成本、提高机组可用率、延长运营期等措施降低本项目上网电价，进一步提高项目竞争力。本工程建成后的头十五年，还贷的压力较大，随着还贷期的结束，将凭其大容量、低运行成本和较高的年负荷因子，将会取得更为显著的经济效益。

我国经济持续快速发展，对能源包括煤炭、石油等的需求越来越大，加上国际油价上涨，造成能源价格和运输费用大幅提高。另外，环保要求燃煤机组须采用除尘、脱硫、脱硝等设备，不但提高了燃煤电厂的造价，还使燃煤机组的运行费用提高。燃煤超超临界机组采用高效除尘、脱硫及脱氮设备，将使工程造价和厂用电率均有了增加。而核电机组随着设计自主化和设备国产化比例的不提高，造价将大幅度降低，再加上低廉的运行成本，与燃煤机组相比，核电机组的上网电价将具有较强的竞争性。

评价电源的经济性还应考虑外部成本问题，即各种电源系统的建设和运行的每一环节，包括燃料的开采、精制、运输、发电、废物的处理处置、输电等，都或多或少会对自然环境和社会产生负面影响，但电厂建设的经济分析中一般没有考虑负面影响造成的损失或克服这些损失所需要的投入，客观上把它推给了社会的公众，由社会公众来承担这些损失。据欧洲联盟和美国能源部联合研究的结果表明，燃煤和燃油电厂的外部成本为最高，核能发电的外部成本除风能发电以外是最低的，就燃料循环一项为例，核电厂可以把整个燃料链的成本都计算到电价里，而其他发电方式还没有做到这一点，通过比较各种燃料循环的外部成本得出的结论是，燃煤和燃油发电，相关的外部成本 5 美分左右，天然气约 1 美分，核电的平均成本在 0.35 美分左右，风能是 0.15 美分。

除创造显著的经济利益外，三澳核电厂 1、2 号机组的建设和运行也可促进当地经济发展和提高人民的生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其它市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济的增长和促进地方经济的繁荣发展有积极的意义。此外，三澳核电厂 1、2 号机组的建设还有利于实现浙江省能源供应多元化，提高能源自给率，保障浙江省的能源安全和实现经济可持续发展，有利于缓解浙江省能源需求和节能减排所带来的双重压力。

三澳核电厂 1、2 号机组施工期间现场施工及安装人员高峰时预计将达到上万人。因此，必须建设配套的生产服务和生活福利等方面的设施，这都将给社会带来可观的就业机会。另外，三澳核电厂 1、2 号机组采用的第三代核电技术，可在提高核电安全可靠、降低核电造价、增强核电竞争力的同时，推动我国核电事业及相关核工业产业的发展。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 社会效益

三澳核电厂 1、2 号机组的建设将对缓解浙江省内电力供求矛盾、优化电源结构和电网结构起到积极的作用，保障浙江经济的持续稳定高速地增长。发展火电目前愈来愈受到环境保护和交通运输条件的制约，特别是二氧化碳已成为国际气候公约谈判减排的争论焦点。因此，尽快提高清洁能源在电力生产中的比重，既是我国能源、电力工业结构调整的当务之急，也是我国能源工业持续发展的长远大计。

核工业是综合性很强的高新技术产业，代表了国家工业化程度和科学技术水平，是综合国力的重要体现。它不仅包括核电厂设计和技术服务、项目管理、土建安装、调试和运行维修、核电设备和材料制造、核燃料循环工业、核安全和环境保护、核废物处理、核科技研究支持等众多与核工业相关的专业机构和生产企业，还涉及钢铁、制造、建筑、电子等基础工业，形成了一个涉及几十个行业的庞大的产业链。通过一定数量核电厂的建设，不仅可以扩大内需，拉动经济增长，带动相关产业的发展，促进国产化能力的提高，而且能够推动我国原材料和制造业的技术创新和高科技产业化进程，改造传统工业，对综合国力的提高起到了十分重要的作用，具体分析如下：

- (1) 核电建设关系到我国重大设备制造业的发展

2006 年 2 月 13 日，国务院以国发（2006）8 号文提出了关于加快振兴装备制造业的若干意见，明确了装备制造业的振兴目标和原则。其中发展大型清洁高效发电装备包括百万千瓦级核电机组等新型能源电力装备被列为 16 项关键领域重大技术装备和产品的之首。

按照我国发展核电“以我为主、中外合作、引进技术、推进国产化”的方针，针对核电设备安全等级高、质量要求高的特点，通过“八五”、“九五”科技攻关和核电设备国产化的基础建设、技术改造，使我国核设备设计、设备制造的能力得到了很大的提高，国内已具备 300MW 一环路的压水堆核电设备设计、制造和验证的成套能力，并基本具备 600MW 核电机组设备的设计和研制能力，在此基础上，再通过一定数量百万千瓦级核电厂的建设，将进一步推动我国制造工业的提高。

我国的制造工业从整体上看，与世界上先进国家相比还存在着不小的差距，具体体现在质保体系、管理水平、质量意识、制造能力、工艺水平等方面。通过自主发展核电，可以从整体上提高水平，促进产业结构升级和人员素质的提高。

（2）形成我国核电建设自主化的技术队伍

根据国外有关数据统计，一个核电厂的建设需要约 5000 人年的工程设计和项目管理方面的技术人员，通过我国核电厂的自主设计和自主建设，可以充分利用并发展核工业现有技术体系和人才力量，整合、组建和提升核电系统设计院、常规电力设计院和相关研究所的技术力量，锻炼和培养我国高素质的核电设计队伍和项目管理队伍，逐步建立起能够全面掌握核电建设的核心技术，具有规划和设计、采购、施工安装、调试、运行维修、培训等一条龙服务的项目总承包能力，形成国际先进水平的 AE 公司。

（3）对核燃料工业和核科技发展的影响

我国核燃料已形成了军民两用，与核电相配套的工业体系，核电的发展将有效带动核燃料的产业发展。我国是世界上少数几个拥有较为完整核工业体系的国家之一，发展核电，是平时保持铀生产能力和核工业建设力量的手段。

（4）对钢铁、建材、电子等基础行业的影响

由于核电厂的安全性要求高，所以对核电厂建设所需大量的钢材和建材的质量要求很高，通过一定数量核电厂的建设，有利于我国钢铁行业产品和建筑材料的结构调整，提升国际竞争力。

核电厂还需大量安全等级高的仪控设备，特别是今后全数字化仪控的应用，将进一步推动我国电子行业的发展。

三澳核电厂 1、2 号机组将积极推进我国核电设计自主化和核电设备制造本地化，充分发挥国内设计院和工程建设单位的潜力，在提高核电机组安全可靠的同时，为我国核电事业的发展做出贡献。

在三澳核电厂 1、2 号机组的建设和运行中，将带来可观的就业机会，并培养出一批核电厂建设组织管理人才，为我国核电持续发展和国内其它核电厂的建设培养人才。

（5）促进当地经济、社会的发展

三澳核电厂 1、2 号机组施工期间现场施工及安装人员预计将达到 1~2 万人，需要建设配套的生产服务和生活福利等设施，将给社会带来大量的就业机会，促进当地经济发展和提高人民生活水平，同时可改善电厂所在地区的交通以及其它市政设施条件，优化投资环境，对拉动地方经济增长和社会发展有积极的意义。

综上所述，通过本工程的建设可进一步提高国内核电技术力量，包括核电设计及核电设备的国产化，同时也有助于提高核设备、仪表、建筑安装和科研等方面的技术水平。通过提高设备的国产化率，进一步缩短工期、提高质量、降低造价，为缓解浙江省用电紧张局面、促进浙江省经济发展发挥积极作用。

9.1.2.2 环境效益

通过三澳核电厂 1、2 号机组的建设，将使厂址区附近原有的山地、丘陵、坡地等通过总体规划、设计、绿化和美化，构成一个崭新的人文景观。

我国能源消费以煤炭为主，燃煤发电装机占全部电力装机总容量的 74%以上，燃煤电厂排放的 SO_2 已成为我国大气的主要污染源之一，用大型商用核电厂代替了燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的 SO_2 、 CO_2 、 NO_x 等有害气体对环境的污染，缓解当地的酸雨发生。火电厂释放的 CO_2 是全球 CO_2 重要来源，而 CO_2 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点，我国政府承诺到 2020 年，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%-45%。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。据测算，建设 2 台百万千瓦级核电机组替代相同容量的脱硫煤电机组，每年可减排二氧化碳约 1200 万 t、烟尘约 700t、二氧化硫约 2500t、氮氧化物约 15000t。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。

总之，通过对三澳核电站 1、2 号机组的利益分析，可以看出，三澳核电站 1、2 号机组的建设是必要的，能获得显著的社会效益、经济效益和环境效益。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

三澳核电站 1、2 号机组投入总资金约 444 亿元人民币，其中环保设施总投资为 78766 万元，约占项目总投资的 1.8%。

三澳核电站 1、2 号两台机组在建设过程中将从工程设计、设备制造、建安调试、运行和维修四个方面进一步提高国产化率。机组建设投资中资本金以自有资金投入，其余建设资金拟采用商业银行贷款筹集。

三澳核电站 1、2 号机组建成运行后，每年需核燃料费、折旧费、摊销费、修理费、运行维护费，退役及后处理费等运行成本，以及电厂运行期间应缴纳税金和还贷利息，此外电厂还需偿还贷款本金。同时，对于运行中产生的放射性废物的处理，将根据与放射性废物处理和处置单位的合同支付相关费用，并计入运行成本。

三澳核电站 1、2 号机组退役基金按固定资产原值的 10% 计算，从投产后第 5 年开始提取，经济计算期共提取退役基金人民币 36 亿元；乏燃料处理费用将从核电站投产后第一年开始提取，经济计算期内共提取乏燃料处理费人民币 106 亿元，提取中低放废物处理处置费 2.6 亿元。

9.2.2 间接代价

9.2.2.1 社会代价

三澳核电站 1、2 号机组的建设和运行，不仅要解决电厂职工的饮食、居住、交通和子女受教育、就业等实际问题，而且还会给当地带来一定的社会问题。

一 交通运输问题

核电站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；正常的人员进出等，其运输量非常大，将对当地的交通运输

造成一定的运输负担。

为解决电厂建设和运行期间的运输问题，核电厂将采取水运和陆运两种运输方式。在陆运方面投入一定量的资金用于厂外公路的建设，包括新建、改造道路及修建桥梁。此外，专门开辟事故应急通道。在水运方面投入一定量的资金用于大件码头的建设。

一 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

三澳核电厂 1、2 号机组的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，将对厂址所在区域的医疗、学校、商业和基础设施如道路、供排水、供热等市政工程和生活服务设施的需要有所增加。

一 对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将带动当地第三产业的发展，导致厂址周围区域流动人口数量增加，一定程度上将增加当地政府在治安、社会服务等方面的投入和管理负担。这需要电厂业主、承包商以及当地政府共同努力，适当增加相应的设施和投入，以消除不利影响，共创和谐社会。

此外，厂址半径 5km 范围内规划限制区的设立，会使该区域经济发展受到一定的限制，可通过调整经济发展方式等办法来缓解设立规划限制区对区域经济的影响。

9.2.2.2 环境代价

三澳核电厂 1、2 号机组的建设将造成厂址区域生态环境的变化，主要表现在核电厂的建设将在建设规划区内占用大量土地，其表土和植被需要剥离，这将影响当地植物资源量和动物的生存环境。通过核电厂建设工程中有计划的绿化和植被恢复，将对受到影响的陆域生态环境进行有效的修复。核电厂建成后，当地原有的农业和林业生态环境将被人工景观环境所替代。

三澳核电厂 1、2 号机组建成运行后，在发生放射性泄漏事故的情况下，会有一些的气载放射性流出物排放，对周围环境产生影响。气载放射性流出物对核电厂周围环境产生辐射影响，并通过污染空气浸没外照射、地面沉积放射性外照射、吸入污染空气内照射和食入污染陆生动植物产品内照射对厂址周围公众产生一定的剂量影响。根据本报告对核电厂事故的评价结果，发生事故时气载放射性流出物对周围公众产生的影响很小，满足国家有关标准。

三澳核电厂 1、2 号机组运行产生的中、低放固体废物和乏燃料作为核废料，将按

照国家规定进行严格的处置。中、低放固体废物在废物暂存库内贮存一定时间后送往国家指定的区域低、中固废处置厂进行处置。乏燃料一般经过冷却，包装后送入乏燃料暂存系统暂存，暂存达到国家有关标准要求的年限后，送往国家指定的乏燃料处置厂处置。

中、低放固体废物和乏燃料经过最终处置后，随着时间的推移，对其所采取的人工屏障的性能将逐渐失去作用，由于入渗水的作用，其中的核素将从废物体中渗出，经由地下水、地下水载带进入水循环，同时经由生物活动进入生态环境。但此过程是较缓慢的，核素的释放率是较低的。根据相关资料，公众所受到的影响将低于目标管理值，是可接受的。

为了控制并确保核电厂在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障电厂工作人员和周围居民的安全，三澳核电厂 1、2 号机组设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量监测系统、屏蔽防护及应急设施等。在核电厂发生放射性泄漏事故时，营运单位将及时启动应急计划，确保核电厂对周围环境的影响尽可能降低到最小。

- 环境监测：核电厂设置环境监测系统，对电厂运行期间的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，电厂环境监测设施包括：辐射监测设备、数据采集及试验仪表、气象数据采集设施和环境放射性监测设备等。
- 流出物监测：核电厂设置流出物监测系统，对电厂运行期间的气载和液态流出物进行监测，用于测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断核电厂放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。
- 应急设施：核电厂除考虑正常运行情况下的环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

第十章 结论与承诺

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众参与和调查结论

10.7 承诺

10.1 核电厂建设项目

中广核浙江三澳核电厂位于温州市苍南县霞关镇三澳村，规划容量为六台百万千瓦级压水堆核电机组，采用“一次规划，分期建设”模式，1、2 号拟建设两台“华龙一号”融合方案核电机组，1 号机组计划于 2020 年 12 月浇灌第一罐混凝土，两台机组间隔 10 个月，单台机组建设工期为 62 个月。

本报告书针对三澳核电厂 1、2 号两台“华龙一号”融合方案核电机组开展环境影响评价，编制时遵循了我国相关的法律、法规、标准和导则，在充分分析三澳核电厂址的环境特征和机组特点的基础上，根据核电厂的设计资料、放射性流出物设计排放以及环境保护设施的设计资料对核电厂的潜在环境影响进行了分析评价，从核电厂设计的角度对三澳核电厂厂址建设两台“华龙一号”融合方案核电机组的适宜性进行论证。

10.2 环境保护设施

三澳核电厂 1、2 号机组采用“华龙一号”融合方案核电机组，根据初步设计资料，环境保护设施的设计性能和效能可以满足电厂运行的要求：

（1）每台机组设置一套废气处理系统（TEG），采用滞留衰变的方式，设置复合、压缩、分配、隔离、滞留等子单元进行放射性废气的处理，确保废气排放满足要求。

（2）在烟囱排放管线上设置了废气的净化和控制装置。放射性气载流出物在排入环境前，将通过高效颗粒过滤器和碘吸附器进行净化。同时，在排放管线上设置了监测通道和相关的取样通道（包括氙取样和 C-14 取样），在监测通道上将分别设置两级排放报警阈值，以保证对放射性气载流出物排放的有效控制。

（3）每台机组设置一套冷却剂贮存和处理系统（TEP）。该系统通过脱气、蒸发、除盐等净化设施，保持了反应堆冷却剂良好的去污能力。

（4）每两台机组共用一套废液处理系统（TEU）。实现了对放射性废液的分类收集和处理。TEU 采用过滤、蒸发和除盐等较为成熟的处理工艺对放射性废液进行处理，以确保处理后排放的液态流出物浓度和总量满足国家有关标准的要求。

（5）核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL），各自分别设计有废液贮存罐。废液采用槽式排放的方式，经取样分析合格后才予以排放。在 TER 和 SEL 排放管线上将分别设置两级报警阈值，通过取样监测和在线监测两重控制的

方式，可以保证对核电厂核岛和常规岛所排放的液态流出物进行有效控制。

（6）采用较为成熟的水泥固化工艺和分拣压缩打包工艺对固体废物进行处理。固体废物处理系统（TES）最终形成的低、中放废物包为 400L 钢桶，采用厂内专用运输车运输，送废物暂存库暂存，废物包厂内暂存时间不超过五年，之后运往国家指定的区域处置场进行最终处置。

（7）为了加强对核电厂运行后辐射环境的监测，三澳核电厂将依据厂址周围的环境特征，设计建成统一的厂区环境辐射与气象监测系统（KRS），并建立有效的环境监测大纲。

总体而言，三澳核电厂 1、2 号机组环境保护设施的设计性能可以满足环境保护的要求。

10.3 放射性排放

三澳核电厂 1、2 号机组正常运行状态下，每台机组各类放射性流出物的年排放量和两台机组的年排放总量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应控制要求。

本工程两台机组采用槽式排放方式，通过相关排放管理程序，可以满足 GB6249-2011 中 6.8 款规定的“对于滨海厂址，槽式排放口处的放射性流出物中除氡和 C-14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L”的浓度控制要求。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）核电厂运行状态的辐射环境影响

三澳核电厂 1、2 号两台机组运行状态下，放射性流出物排放造成的公众最大有效剂量为 $8.97 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占 GB6249-2011 年剂量约束值（0.25mSv/a）的 0.36%，占 1、2 号机组剂量管理目标值（0.08mSv/a）的 1.12%。

液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物中哺乳动物（银杏齿喙鲸）造成的辐射剂量率最大，为 $0.944 \mu\text{Gy/h}$ ；气载放射性流出物对厂址周围陆域生物中乔木造成的辐射剂量率最大，为 $1.81 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ ，对海域和陆域各类生物造成的辐射剂量率均远低于 ERICA 程序推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 剂量率筛选值。

评价结果表明，三澳核电厂 1、2 号机组的放射性废物处理设施的设计性能是可靠的，处理效率是可行的，两台机组运行状态下对厂址周围公众的辐射影响满足

GB6249-2011 的相应要求，放射性流出物排放对海洋生物以及公众造成的辐射影响有限，对环境造成的辐射影响是可接受的。

公众辐射剂量“三关键”分析表明，两台机组运行期间可能的关键居民组为位于厂址 WSW 方位 1.9km 的长沙村渔民，可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射途径、食入海产品内照射和吸入空气内照射途径，需要关注的放射性核素包括： ^{14}C 、 ^3H 和 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 等。“三关键”分析结果将在制定核电厂运行前后环境监测方案时予以关注。

（2）核电厂事故工况下的环境风险

本报告采用厂址气象塔 2019 年 1 月至 2019 年 12 月连续一年的最新气象观测数据，计算了三澳核电厂 1、2 号机组发生设计基准事故时非居住区边界上和规划限制区外边界上公众所受的潜在辐射后果。

（1）厂址非居住区边界公众辐射剂量

- 对于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）发生 2h 内对非居住区边界上公众造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大，分别为 $2.27 \times 10^{-4}\text{Sv}$ 和 $2.59 \times 10^{-3}\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 4.54%和 5.18%；
- 对于极限事故，弹棒事故（CREA）发生 2h 内对非居住区边界上公众造成的有效剂量最大，燃料操作事故（FHA）对非居住区边界上公众造成的甲状腺剂量最大，分别为 $1.82 \times 10^{-3}\text{Sv}$ 和 $1.95 \times 10^{-2}\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 1.82%和 1.95%。

（2）规划限制区外边界公众辐射剂量

- 对于稀有事故，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）在事故持续期间对规划限制区外边界上公众造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，为 $1.22 \times 10^{-4}\text{Sv}$ 和 $1.92 \times 10^{-3}\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 2.44%和 3.84%；
- 对于极限事故，弹棒事故（CREA）在事故持续期间对规划限制区外边界上公众造成的有效剂量最大，蒸汽发生器两根传热管破裂（SGTR-2）事故对规划限制区外边界上公众造成的甲状腺当量剂量最大，分别为 $6.14 \times 10^{-4}\text{Sv}$ 和 $8.61 \times 10^{-3}\text{Sv}$ ，分别占 GB6249-2011 标准相应限值的 0.61%和 0.86%。

从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，三澳核电厂 1、2 号机组的专设安全设施设计性能可靠，厂址周围各类边界（以各反应堆为中心、半径 800m 的包

络区域作为非居住区边界，规划限制区范围为以反应堆为中心、半径 5km 的区域）的设置是合理的，核电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

（3）事故应急

三澳核电厂应急计划区初步确定为：烟羽应急计划区以核电厂反应堆为中心，半径 10km 范围内区域。其中内区为以核电厂反应堆为中心，半径 5km 范围内区域。食入应急计划区为以核电厂反应堆为中心，半径 50km 范围内区域。

三澳核电厂进厂道路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道，目前已建设完成，具备通车条件。应急道路正在规划建设中，规划的应急道路自厂区西北侧经长沙村北与 168 黄金海岸线（环海公路）连接，道路长度约 1.8km，按 3 级公路标准，对现有道路进行改造（或局部改线）。此外，核电厂还拟新建自厂区北侧向北延伸至小姑与规划中的 G228 国道相连的道路作为进厂和应急路的辅助道路。应急道路和辅助道路建成后，进出核电厂区将更为便捷。

核电厂在建设期间的环境风险主要来自于建设过程中所贮存或运输的有毒有害、易燃易爆物质爆炸及泄漏造成的风险，运行期间的环境风险除上述非放射性因素外，最主要的风险来自于潜在放射性事故造成的放射性物质释放。分析表明，上述风险均在可控和可接受的范围内。同时，核电厂针对放射性和非放射性的风险均建立有完整的风险防范措施和应急预案，能有效的预防和缓解核电厂事故带来的环境影响。因此，从环境风险的角度，三澳核电厂的建设是可以接受的。

10.5 非辐射环境影响评价结论

三澳核电厂 1、2 号机组采用海水直流循环冷却方式，经多方案比选论证，采用近岸明渠取水、“一机一涵”的东北侧 200m 离岸深排方案。

根据该方案的温排水数模计算结果，1、2 号两台机组夏季和冬季代表性大、中、小潮期间，取水口平均温升均不超过 0.8℃，最大取水温升不超过 1.2℃；冬季 2℃和夏季 1℃大中小潮叠加的最大温升包络面积为 5.89km²。夏季全潮最大 1℃温升包络区域和冬季全潮最大 2℃温升包络区域均位于三类区，与厂址附近的近岸海域环境功能区划相符。

本工程正常运行后，夏季大、中、小潮工况下的全潮最大 3℃温升包络面积为

0.111km²，在这个范围内有可能对浮游生物的种类、数量和生物多样性产生一定影响，但整个受纳海域比较开阔，对于这样小的影响范围来看，其后果不会严重影响本海域的初级生产力，而且低温升对部分浮游生物有促进生长作用，从而提高海域的生产力。

本工程厂址周围海域出现的主要经济鱼类多属暖水性和暖温性鱼类，在夏季高温升温期间，上述 3℃温升范围内鱼类可能会受到一定影响，但由于鱼类有回避能力，大多数鱼类将避开升温场。此外，随着鱼类对驯化温度(温排水造成的温升影响)的不断适应，其耐热性也将有所提高，温排水温升对鱼类资源的影响也将有所减少。

夏季 7~9 月，核电厂排水口周围海域温升 4℃，海水温度将超过一些重要底栖生物正常生存温度的上限，对底栖生物可产生一定损害，同时海水温升效应会使底栖生物的繁殖期提前。据温排水影响预测结果，1、2 号机组正常运行后，夏季全潮最大 4℃温升外包络面积为 0.042km²，可见，温排水对底栖生物、潮间带生物的影响范围较小。

厂址附近受温排水可能影响的养殖类型有紫菜、羊栖菜、海带、贻贝、鱼等，本工程营运期冬季 2℃和夏季 1℃大中小潮最大温升包络面积仅 5.89km²，对分布在渔寮乡、沿浦湾、北关湾、陈家坪等海域的紫菜、羊栖菜、海带、贻贝、鱼等养殖无不利影响。

本工程取排水设施建设及运行对木耳屿西侧沙源保护海域的海砂资源和沛垒沙滩、大尖山 2 岸段等海洋生态红线区无直接影响。霞关无居民岛群中国姓礁位于温排水 4℃温升范围内，但未改变其属性，不会对近岸海域水动力条件和基本功能条件产生不利影响。近年来浙江苍南县附近海滩岸线总体稳定，冲淤幅度不大，本工程的实施不会改变其演变趋势。

（2）化学流出物的影响

三澳核电厂 1、2 号机组建成运行后，电厂排放的有害化学物质主要是余氯。现有研究成果表明，海水中余氯浓度在 20μg/L 以下时，其毒性不会对海洋生物产生显著影响。除余氯外，核电厂排放的化学物质数量有限，且在排入受纳水体之前，受到大量循环冷却水的稀释，其浓度较低，进入海中还会进一步受到大量海水的稀释。根据国内核电厂的运行经验来看，预计 1、2 号机组排放的余氯对厂址附近海域的海洋生物影响很小。

除余氯外，核电厂排放的其它化学物质的量很小，且浓度较低，经电厂循环冷却水和海水稀释后，不会影响厂址附近海域的海水水质和海洋生物。

综上，三澳核电站 1、2 号机组运行期间所排放的化学物质对周围环境的影响是可以接受的。

（3）其他环境影响

核电站排放的生活污水经污水处理站处理达标后回用于场地洒水和厂区绿化，工业固废和生活垃圾均可以妥善收集处置，噪声和电磁对周围环境影响较小，可以满足国家相关标准要求。

10.6 公众参与和调查结论

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《环境影响评价公众参与办法》的相关规定，建设单位已根据三澳核电站厂址特点和社会环境状况，开展了两次信息公开及环评报告书征求意见稿和全本的公示工作，截至目前未收到公众的反对意见。

10.7 承诺

综上所述，在现有资料情况下，从厂址自然环境特征和社会环境特征、核电站正常运行状态和事故工况对厂址周围公众的辐射影响、环境保护设施设计性能等方面分析，在确保相关环保设施和措施得到落实的情况下，三澳核电站 1、2 号机组对周围环境的影响是可以接受的。

同时本项目需做出如下承诺：

- （1）三澳核电站 1、2 号机组采用“华龙一号”融合方案，在国内尚无实际运行经验，建设单位将尽快固化落实各项环保设施的最终设计，推动按期建设完工，确保满足“三同时”要求。同时，还将按照《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》和《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设具体要求（试行）》的要求，在首次装料前建成监督性监测系统。
- （2）鉴于《核电厂流出物放射性监测技术规范（试行）》（国核安发[2020]44 号）即将正式施行，建设单位将按规范要求合理设置采样与监测项目，优化监测设施设计，完善运行期间的流出物放射性自行监测，并配合开展监督性监测工作。
- （3）为切实掌握本项目建成运行前的环境本底状况，判断核电站运行的实际环境影响，建设单位将在本项目首次装料前，委托完成厂址区域两年辐射本底调查、

海水水温本底观测等工作，以获取准确翔实的环境本底数据。

- (4) 建设单位将严格按照相关法规标准的要求，落实施工期间各项环保措施与环境监测方案，切实减缓核电厂建造施工对周边公众与环境的影响。
- (5) 建设单位将进一步持续开展公众宣传、科普、信息公开等工作，以使公众对核电建设的认识更为理性和科学，缓解公众恐核心理；对于周边群众的相关合理诉求，将在条件允许的情况下尽最大可能予以积极响应，以最终实现核电建设与当地经济社会发展的共赢。