

防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程

三、四号机组环境影响报告书

（选址阶段）

广西防城港核电有限公司

二〇一四年十二月

防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程

三、四号机组环境影响报告书

（选址阶段）

广西防城港核电有限公司

法定代表人：陈健

地址：广西防城港市中心区迎宾路红树林大厦西塔
楼 25 楼

邮编：538001

防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程
三、四号机组环境影响报告书
（选址阶段）



苏州热工研究院有限公司 编制



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：苏州热工研究院有限公司
住 所：江苏省苏州市金阊区西环路 1788 号
法定代表人：王安
证书等级：甲级
证书编号：国环评证甲字第 1904 号
有效 期：至 2015 年 1 月 23 日
评价范围：

环境影响报告书类别 — 甲级：输变电及广电通讯；核工业***
环境影响报告表类别 — 一般项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表***



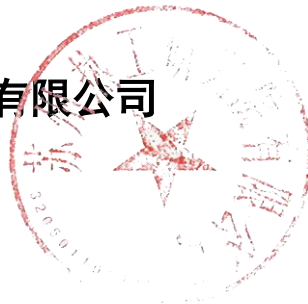
二〇一四年七月二十九日

项目名称： 防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程三、
四号机组环境影响报告书（选址阶段）

评价单位： 苏州热工研究院有限公司

法人代表： 王安

证书编号： 国环评证甲字第 1904 号





持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 12353243508320091
File No.:

姓名: 陈洋
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1982年11月
Date of Birth
专业类别:
Professional Type
批准日期: 2012年05月
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by
签发日期: 2012年09月18日
Issued on



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

职业资格证书编号: 0012551

登记证编号: A19040181300

有效期限: 2013年04月28日至2016年04月27日

所在单位: 苏州热工研究院有限公司

登记类别: 核工业类环境影响评价



再次登记记录

时间	有效期限	签章
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

批准	上官志洪	环评工程师登记证号 A19040031300	
审核	赵 锋	环评工程师登记证号 A19040011300	
	沙向东	环评工程师登记证号 A19040111200	
	陶云良	环评工程师登记证号 A19040121200	
校核	陈 洋	环评工程师登记证号 A19040181300	
	张晓峰	环评工程师登记证号 A19040151300	
项目负责人	陈 洋	环评工程师登记证号 A19040181300	
章节 编制 人员	第一章	陈 洋 环评工程师登记证号 A19040181300	
	第二章	游春华 环评岗字证第 A19040034	
	第三章	陈 洋 环评工程师登记证号 A19040181300	
	第四章	汪卫卫 环评岗字证第 A19040036	
	第五章	徐月平 环评岗字证第 A19040044	
	第六章	丁四中 环评岗字证第 A19040031	
	第七章	张晓峰 环评工程师登记证号 A19040151300	
	第八章	陶乃贵 环评岗字证第 A19040048	
	第九章	田新珊 环评工程师登记证号 A19040080600	
	第十章	陈 洋 环评工程师登记证号 A19040181300	

摘 要

《防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）》根据国家有关法律、法规、标准和导则编写。本报告书是广西防城港核电有限公司申请防城港核电厂二期工程三、四号机组厂址审批的重要技术文件之一。

防城港核电厂位于广西壮族自治区防城港市，电厂规划建设6台百万千瓦级压水堆核电机组，本期工程在一期工程已建设2台CPR1000机组的基础上扩建2台HL1000-1型机组，由广西防城港核电有限公司投资建设。

本报告书以防城港核电厂二期工程三、四号机组项目建议书、工程总体技术方案和相关的专项研究成果（初步可行性研究阶段和可行性研究阶段）为基础编制，针对防城港核电厂二期工程两台机组实施环境影响评价，在充分分析防城港核电厂厂址的环境特征和拟建机组特点的基础上，就电厂建设和运行对周围环境的影响和周围环境对电厂的影响进行了分析和评价，从环境影响的角度对防城港核电厂二期工程的适宜性进行了论证。

本报告书的主要内容包括：

- （1）描述和分析核电厂厂址周围陆域和海域环境特征，以及厂址周围的环境现状，包括厂址周围的人口分布、工农业和交通设施、气象、水文、地质地震、噪声和环境辐射现状等，分析项目建设与区域发展规划和土地利用规划之间的协调性；
- （2）描述防城港核电厂的总体规划和总平面布置，简要介绍HL1000-1核电机组的专设安全设施、废物处理设施以及其它环境保护设施等的组成及其基本性能，给出防城港核电厂两台HL1000-1机组的放射性源项；
- （3）分析和评价了电厂施工建设期间的潜在环境影响，简要提出了减缓电厂施工建设环境影响的措施；
- （4）预测、分析和评价了防城港核电厂二期工程两台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，分析了两台HL1000-1核电机组放射性流出物年释放总量与国家相应标准的相符性；
- （5）简要分析了防城港核电厂二期工程的环境风险，对防城港核电厂二期工程选址假想事故的辐射环境影响进行了评价，论证了电厂周围拟设置的非居住区边界

的可行性和合理性，分析了防城港核电厂二期工程事故风险的环境影响，并给出了事故风险的防范措施和应急计划实施的可行性；

- （6）简述了防城港核电厂未来拟采用环境监测和流出物监测方案；
- （7）简要给出了建设防城港核电厂二期工程的技术经济损益分析；
- （8）描述建设单位针对本项目开展的公众参与工作。

分析和评价结果表明，防城港核电厂厂址周围不存在影响核电厂二期工程建设和运行的不可克服的颠覆性因素，电厂二期工程两台 HL1000-1 核电机组在选址假想事故情况下对周围公众的辐射影响满足国家相应标准的要求，核电厂周围拟设置的非居住区边界和规划限制区边界是合适的，核电厂运行状态下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，电厂的环境风险是可控的、应急条件是可行的，公众对本建设项目总体上持支持态度。因此，就核电厂对环境的影响以及环境对核电厂的影响而言，在防城港核电厂厂址上扩建二期工程两台 HL1000-1 机组是可行的。

目 录

前言

第一章 概述

- 1.1 核电厂名称和建设性质
- 1.2 建设规模和规划
- 1.3 建设目的
- 1.4 环境影响报告书的编制依据
- 1.5 配套工程

第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布
- 2.3 土地利用及资源概况
- 2.4 气象
- 2.5 水文
- 2.6 地质地震
- 2.7 环境质量现状

第三章 电厂

- 3.1 全厂总体规划及厂区总平面布置
- 3.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统
- 3.3 电厂用水和散热系统
- 3.4 输电系统
- 3.5 专设安全设施
- 3.6 放射性废物系统和源项
- 3.7 化学物质排放和生活废物
- 3.8 生活废物
- 3.9 放射性物质运输

第四章 电厂施工建设过程对环境的影响

- 4.1 土地利用
- 4.2 水的利用
- 4.3 施工影响的控制
- 4.4 水土保持

第五章 电厂运行的环境影响

- 5.1 散热系统运行的影响
- 5.2 正常运行的辐射影响
- 5.3 正常运行的其它影响
- 5.4 退役

第六章 核电厂环境风险评价

- 6.1 电厂放射性事故
- 6.2 放射性物质运输事故
- 6.3 其它事故
- 6.4 环境风险评价
- 6.5 执行应急计划的可行性

第七章 流出物监测与环境监测

- 7.1 运行前的环境监测
- 7.2 运行期间的环境监测
- 7.3 运行期间流出物监测
- 7.4 质量保证计划

第八章 电厂建设和运行的效益分析

- 8.1 利益分析
- 8.2 代价分析

第九章 公众参与

- 9.1 概述
- 9.2 公众参与工作回顾
- 9.3 本阶段公众参与工作
- 9.4 小结

第十章 结论和建议

- 10.1 概述
- 10.2 厂址环境特征
- 10.3 施工建设对环境的影响
- 10.4 电厂正常运行的辐射影响
- 10.5 电厂事故的环境影响
- 10.6 非放射性因素对环境的影响
- 10.7 实施应急计划的可行性
- 10.8 环境风险
- 10.9 公众参与
- 10.10 结论
- 10.11 建议

前 言

《防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）》根据国家有关法律、法规、标准和导则编写。经广西防城港核电有限公司同意，受深圳中广核工程设计有限公司委托，苏州热工研究院有限公司承担本报告书的编制工作。

防城港核电厂是广西壮族自治区境内首座开工建设的核电厂。防城港核电厂一、二号机组已于 2010 年开工建设，根据建设计划，防城港核电厂一号机组计划于 2015 年具备商运条件。结合国家核电发展战略的调整和广西壮族自治区的能源需求，在一、二号机组已开工建设的基础上，广西防城港核电有限公司又启动了二期工程三、四号机组项目的推进工作，二期工程三、四号机组拟采用 HL1000-1 技术方案。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》，建设单位在办理核设施选址手续前，应当编制环境影响报告书，并报国务院环境保护行政主管部门审查批准，以此作为颁发核设施选址批准文件的必要条件之一。本报告书将作为广西防城港核电有限公司向环境保护部申请二期工程三、四号机组厂址审批的重要技术文件。

本报告书属于项目建设单位、委托单位和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 核电厂名称和建设性质

1.2 建设规模和规划

1.3 建设目的

1.4 环境影响报告书编制依据

1.5 配套工程

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称及其业主

1.1.2 建设性质

1.1.3 运行管理模式

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称及其业主

本项目核电厂名称为“防城港核电厂”，规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组。核电厂的业主为“广西防城港核电有限公司”。

广西防城港核电有限公司由中国广核集团有限公司和广西投资集团有限公司按61%和39%的比例分别出资组建。广西防城港核电有限公司将负责防城港核电厂建成后的运行和管理。

1.1.2 建设性质

防城港核电厂二期工程为扩建工程。

防城港核电厂一期工程采用CPR1000百万千瓦级压水堆核电技术方案。2009年，环境保护部以环审[2009]378号文批复了防城港核电厂一期工程（一、二号机组）选址阶段的环境影响报告书，国家核安全局以国核安发[2009]133号文批复了防城港核电厂一期工程厂址选择评价报告。2010年，环境保护部以环审[2010]118号文批复了防城港核电厂一期工程设计阶段的环境影响报告书，国家核安全局以国核安发[2010]104号文批准颁发防城港核电厂一期工程的建造许可证。目前，防城港核电厂一期工程正处于建设过程中。

防城港核电厂二期工程（三、四号机组）拟采用华龙一号（HL1000-1）技术方案，二期工程的建设将充分体现国家对核电建设实行“自主设计、自主制造、自主建设和自主运行”的要求，设备采用“按部件采购”的模式，适度增加设备本地化比例。

为了实现防城港核电厂二期工程专业化、集约化和科学化的工程建设，广西防城港核电有限公司委托中广核工程有限公司对本工程建设实施全过程管理，加强安全、质量、进度、投资、技术和环保的六大控制。中广核工程有限公司由中国广核集团和广东核电投资有限公司共同出资成立，拥有曾参加过大亚湾核电站、岭澳核电站工程建设的工程管理专业化人员队伍，具备百万千瓦级核电站工程自主化管理能力。目前，中广核工程有限公司也正在实施对辽宁红沿河、福建宁德、广东阳江、广东台山、以及防城港一期工程等在建项目的全过程工程建设管理。

1.1.3 运行管理模式

防城港核电厂二期工程三、四号机组建成后，将由广西防城港核电有限公司自行负责生产准备、移交接管和生产运营。部分业务及专业，如核岛大修、核燃料供应、常规岛及 BOP 运行维护、IT 技术支持、专家支持等，将委托有关的专业化公司负责进行管理，以确保生产准备按计划开展，确保电厂长期安全、经济、稳定运行。同时，广西防城港核电有限公司将适时按照“社会化、专业化、合同化”的原则，调整生产运营模式，保证股东权益最大化。

防城港核电厂三、四号机组将和一、二号机组一起，在环境保护方面实行“四个统一”（统一运行管理、统一申请排放量、统一进行流出物和环境监测、统一制订并实施应急响应和准备）的要求。

1.2 建设规模和规划

1.2 建设规模和规划

防城港核电厂厂址规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，防城港核电厂一期工程为两台 CPR1000 压水堆核电机组，二期工程拟建设两台 HL1000-1 压水堆核电机组。

防城港核电厂按规划容量建成后，整个厂址区将形成一址多堆的核电基地。为了对一址多堆厂址内的所有核电机组实施高效、安全的管理，实行辐射防护最优化，电厂业主将遵循近远期结合、统一规划和循序渐进的原则进行现场总体规划，对电厂所有机组与环境保护相关的设施进行统筹安排，如：

- 统一规划并设立规划限制区边界；
- 整个厂区的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设施。分期建设的机组设置独立的固体废物处理和暂存设施，以减少相互干扰；但整个厂址区内将建设统一的放射性固体废物中期暂存库；
- 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。

防城港核电厂二期工程单机建设周期为 74 个月，两台机组建设相隔 10 个月。3 号机组预计于 2015 年具备浇注第一罐混凝土的条件，3 号和 4 号机组建成投产日期预计分别为 2021 年和 2022 年。

本报告书对防城港核电厂二期工程两台 HL1000-1 核电机组开展环境影响评价。

1.3 建设目的

1.3 建设目的

（1）符合国家能源发展的产业政策

随着我国国民经济的持续快速稳步发展，能源供应的安全和节能减排的压力越来越受到国家的重视。长期以来，我国煤炭消费占能源消费总量的比例一直较高，占能源消费的总量近七成，同时，由于石油消费的不断增长，我国作为一个石油净进口国，石油消费对外部的依赖越来越严重。未来相当长时期内，煤炭仍将是中国的主要能源，化石能源在中国能源结构中仍占主体地位。

在面临常规能源资源日益减少和环境保护日益受到公众关注的情况下，我国除了积极推进资源节约型和环境友好型社会建设外，寻找清洁环保的替代能源，是保障国民经济可持续发展的必然选择。通过发展核电，可避免过分依赖石油、煤炭、天然气等不可再生能源，实现能源供应多元化，提高能源的安全性。

日本福岛核事故后，我国对现有核设施进行了综合安全检查，检查结果表明我国运行和在建核电机组基本满足我国现行核安全法规和国际原子能机构最新标准的要求，安全和质量是有保障的。2012年10月24日，国务院常务会议讨论并通过了《核电安全规划（2011-2020年）》和《核电中长期发展规划（2011-2020年）》，在对当前和今后一个时期核电建设的部署中指出：稳妥恢复正常建设；科学布局项目，“十二五”时期只在沿海安排少数经过充分论证的核电项目厂址，不安排内陆核电项目；提高准入门槛，按照全球最高安全要求新建核电项目，新建核电机组必须符合三代安全标准。

在2012年10月，国务院常务会议讨论并通过了《能源发展“十二五”规划》，规划中提出，“十二五”时期，要加快能源生产和利用方式变革，强化节能优先战略，全面提高能源开发转化和利用效率，合理控制能源消费总量，构建安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系；规划到2015年，我国一次能源消费总量控制目标为41亿吨标准煤，非化石能源比重提高到11.4%，能源自给率85%左右。

因此，我国有必要把进一步发展核电作为推行能源多元战略的组成部分，避免增加对煤炭、进口石油等传统能源的依赖，保障未来的能源安全供给，并减少我国一次能源的消费量和温室气体的排放量。防城港核电厂址位于广西壮族自治区沿海，前期已经开展过大量的工作研究，电厂二期工程拟采用HL1000-1核电技术进行建设，从国家能源安全观点看，建设防城港核电厂二期工程符合国家能源政策以及我国稳妥恢

复正常核电建设、优先发展沿海核电的战略。

（2）合理开发利用核能是广西能源长期发展战略的需要

广西是全国能源资源缺乏的省区之一，一次能源资源的特点是缺煤、少油、乏气、水电已深度开发。能源自给率较低，能源缺口主要靠原煤、原油从外区调入弥补。未来随着全区经济的不断发展，一次能源供应缺口将进一步增大，原煤和原油的供应将给广西能源运输带来巨大压力。

因此，发展核电是改变广西能源供应紧张状况、解决广西今后能源供应不足矛盾和缓解区外能源调入所造成交通运输压力的重要途径，是广西能源长期发展战略的需要。

（3）满足广西电力需求发展的需要

广西仍需大力发展电源建设才能满足负荷增长需要。防城港核电厂二期工程的建设可缓解广西未来能源供应紧张状况，项目建成后将成为“十二五”以后广西电网的重要供电电源，其电力电量全部在广西电网消纳，成为广西西南部的核心电源，有效地解决广西“十二五”后期及 2015 年以后的用电问题，为广西经济社会发展提供充足的电力，也将带动相关产业的发展，促进广西沿海乃至全区的经济发展。

（4）满足广西壮族自治区环境保护的要求

扩建 2 台百万千瓦级压水堆核电机组，比建设相同规模的带脱硫装置的燃煤发电机组，每年可少排放二氧化硫 5 千吨、二氧化氮 4.4 万吨、二氧化碳 1176 万吨，可有效的实现在装机容量得到增加的同时不增加节能减排的压力，有利于广西壮族自治区的环境保护。

1.4 环境影响报告书的编制依据

1.4.1 遵循的主要法律法规、标准和导则

1.4.2 相关管理和技术文件

1.4.3 评价标准

1.4.3.1 放射性影响评价标准

1.4.3.2 非放射性影响评价标准

1.4 环境影响报告书的编制依据

1.4.1 遵循的主要法律法规、标准和导则

（1）主要法律法规

- 中华人民共和国环境保护法（1989年12月）；
- 中华人民共和国环境影响评价法（2003年9月1日）；
- 中华人民共和国放射性污染防治法（2003年10月1日）；
- 中华人民共和国大气污染防治法（2000年4月29日修订）；
- 中华人民共和国水污染防治法（2008年2月28日修订）；
- 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2013年6月29日修改）；
- 中华人民共和国环境噪声污染防治法（1996年10月29日）；
- 中华人民共和国水土保持法（2010年12月25日修订）；
- 中华人民共和国土地管理法（2004年8月28日）；
- 中华人民共和国海洋环境保护法（1999年12月）；
- 中华人民共和国海域使用管理法（2002年1月1日）；
- 中华人民共和国自然保护区条例（1994年12月1日）；
- 海洋自然保护区管理办法（1995年5月29日）；
- 中华人民共和国突发事件应对法（2007年11月1日）；
- 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（2008年1月修订，国务院令 第507号）；
- 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（1990年6月，国务院令 第61号）；
- 建设项目环境保护管理条例（1998年11月，国务院令 第253号）；
- 建设项目环境影响评价分类管理名录（2008年8月，环境保护部令 第2号）；
- 核动力厂设计安全规定（HAF102，2004）；
- 核电厂厂址选择安全规定（HAF101，1991）；
- 核电厂核事故应急管理条例（HAF002，1993年8月）；
- 放射性废物安全监督管理规定（HAF401，1997年1月）；
- 放射性物品运输安全管理条例（2009年9月，国务院令 第562号）；

- 近岸海域环境功能区管理办法（1999年12月，国家环保总局令第8号）；
- 环境影响评价公众参与暂行办法（2006年3月，国家环保总局环发〔2006〕28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）；
- 核电厂放射性液态流出物排放技术要求（GB14587-2011）；
- 放射性废物管理规定（GB14500-2002）；
- 放射性废物分类（GB9133-1995）；
- 放射性物质安全运输规程（GB11806-2004）；
- 核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定（GB14589-93）；
- 核设施流出物监测的一般规定（GB11217-89）；
- 核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求（GB11216-89）；
- 环境核辐射监测规定（GB12379-90）；
- 辐射环境监测技术规范（HJ/T61-2001）；
- 海水水质标准（GB3097-1997）；
- 近岸海域环境监测规范（HJ442-2008）；
- 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）；
- 城市污水再生利用城市杂用水水质（GB/T18920-2002）；
- 环境空气质量标准（GB3095-1996）；
- 环境空气质量标准（GB3095-2012）；
- 声环境质量标准（GB3096-2008）；
- 大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）；
- 工业企业厂界环境噪声排放标准（GB12348-2008）；
- 建筑施工场界环境噪声排放标准（GB12523-2011）；
- 核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分（GB/T 17680.1-2008）；
- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）；
- 核电厂环境影响报告书的内容和格式（NEPA-RG1，1988）。

1.4.2 相关管理和技术文件

- 环境保护部，环审[2010]118号《关于广西防城港核电厂一、二号机组环境影响报告书（设计阶段）的批复》；
- 广西壮族自治区人民政府，桂政函[2009]28号《关于同意在广西防城港红沙核电站周围设置限制区的复函》；
- 广西壮族自治区人民政府办公厅，桂政办发[2009]51号，《关于成立广西壮族自治区核事故应急委员会的通知》；
- 广西壮族自治区人民政府，桂政办发[2011]74号《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案的通知》；
- 广西壮族自治区环境保护厅，桂环辐函[2010]12号，《关于防城港核电厂一、二号机组设计阶段环境影响评价执行标准的复函》；
- 广西壮族自治区环境保护局，桂环管字[2004]156号，《关于防城港市沙潭江至企沙公路环境影响报告书的批复》；
- 广西壮族自治区环境保护厅，桂环审[2012]200号，《自治区环境保护厅关于500千伏防城港核电厂送出工程环境影响报告书的批复》；
- 广西壮族自治区环境保护厅，桂环审[2013]85号，《自治区环境保护厅关于广西防城港核电有限公司放射性同位素及射线装置核技术应用项目环境影响报告表的批复》；
- 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）；

1.4.3 评价标准

1.4.3.1 放射性影响评价标准

(1) 正常运行期间（包括预计运行事件）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/a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 条款规定适当调整，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。

防城港核电厂的规划建设规模为 6 台百万千瓦级核电机组。考虑到后期工程的机组建设，本次环境影响评价确定电厂二期工程两台机组向环境释放的放射性物质对公众所受的剂量约束值为 0.08mSv/a。防城港核电厂二期工程两台机组采用的 HL1000-1 核电机组为轻水反应堆，本报告中对 HL1000-1 机组年总排放量控制值以 3000MW 热功率反应堆进行评价。根据 GB6249-2011 的规定，对于 3000MW 热功率的轻水反应堆，其排放控制值如下：

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： $7 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 氡： $1.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物：

- 氡： $7.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；
- 碳 14： $1.5 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；
- 其它核素： $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.4 款同时还规定，对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内。对于不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值则由审管部门批准。

防城港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氡和碳 14 外其它放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。如果浓度超过上述规定，营运单位在排放前必须得到审管部门的批准。

（2）事故工况下的剂量控制值

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，选址阶段仅评价选址假想事故后果的可接受性，即在发生选址假想事故条件下，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人，在事故发生后的任意 2h 内通过空气浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。规划限制区边界上的任何个人在事故的

整个持续期间内(可取 30d)通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内,厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条途径所接受的集体有效剂量必须小于 2×10^4 人·Sv。

(3) 海水中的放射性核素浓度

根据《海水水质标准》(GB3097-1997)的要求,防城港核电厂运行期间受纳水体中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。

1.4.3.2 非放射性影响评价标准

(1) 环境质量现状评价标准

— 海水水质

根据广西近岸海域环境功能区划要求执行《海水水质标准》(GB3097-1997)。

根据《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案的通知》(桂政办发[2011]74 号文),防城港核电厂附近海域设立“红沙工业区用海区”和“红沙工业区排污区”。红沙工业区用海区位置是 E108°33'58.0"、N21°41'43.0", E108°35'16.7"、N21°42'30.0", E108°36'03.7"、N21°40'41.8", E108°37'23.6"、N21°38'28.9", E108°38'10.3"、N21°33'29.1", E108°37'25.7"、N21°30'08.0", E108°31'35.4"、N21°31'28.9", E108°32'59.7"、N21°38'33.4"围成的海域(红沙排污区除外),面积 150km²。主导功能为核电站温排水及工业用海,属三类环境功能区,水质保护目标为三类海水水质标准。红沙工业区排污区位置是以 E108°35'01.8"、N21°36'16.8"为中心,半径 2km 的海域,面积 15km²,排污区周围设 0.5km 水质过渡带。水质保护目标为四类海水水质标准,水温不执行海水水质标准。

— 生活污水

防城港核电厂施工期的生活污水按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的一级 B 标准处理达标后排放;

防城港核电厂运营期的生活污水经处理后部分回用、部分排放，回用的生活污水经处理后满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准，排放的生活污水将按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 B 标准处理达标后排放，主要污染物的控制值为：

- 悬浮物：20mg/L；
- BOD₅：20mg/L；
- COD：60mg/L；
- 氨氮：8（15）mg/L；8mg/L 为水温>12℃时的控制指标，15mg/L 为水温≤12℃时的控制指标；
- 动植物油：3mg/L；
- 磷酸盐：1mg/L；
- pH：6~9。

— 噪声

防城港核电厂运行期间厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的III类标准：昼间 65dB（A）；夜间 55dB（A）。

防城港核电厂二期工程施工期间噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。

厂址周围敏感点的噪声环境质量现状评价执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的II类标准：昼间 60dB（A），夜间 50dB（A）。

— 环境空气质量

防城港核电厂目前空气质量仍执行国家标准《环境空气质量标准》（GB3095-1996）以及修改单中的二级标准的浓度限值。主要污染物的浓度限值分别为：TSP 日均浓度为 0.30mg/m³，PM10 日均浓度为 0.15mg/m³，SO₂ 的小时浓度为 0.50mg/m³，NO₂ 的小时浓度为 0.24mg/m³。

2016 年 1 月 1 日起，防城港核电厂区域空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准浓度限值。主要污染物的浓度限值分别为：TSP 日均浓度为 0.30mg/m³，PM10 日均浓度为 0.15mg/m³，SO₂ 的小时浓度为 0.50mg/m³，NO₂ 的小时浓度为 0.20mg/m³。

防城港核电厂非放大气污染物排放主要来自施工期的车辆尾气和施工粉尘，施工

期的大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的无组织颗粒物排放监控浓度限值要求。

— 电磁辐射

厂址区域电磁辐射环境现状评价执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）。

1.5 配套工程

1.5 配套工程

与防城港核电厂二期工程相关的配套工程主要包括：500kV 输变电线路和开关站、220kV 辅助电源线路和变电站、放射源库、进厂道路、应急道路、重件码头，电厂淡水供水工程。上述工程中，电厂 500kV 输变电线路由电网公司负责建设及运行，目前已获得环评批复（桂环审[2012]200 号）；放射源库已获得环评批复（桂环审[2013]85 号）；进厂道路已获得环评批复（桂环管字[2004]156 号），并已建成通车；500kV 开关站、220kV 辅助电源变电站、应急道路、淡水供应工程、重件码头工程均在一期工程中一次建成，并在一期工程的运行阶段环境影响报告书中进行了评价。本期工程建设的配套工程主要为新增一回 220kV 辅助电源线路，该工程将单独开展环境影响评价工作。

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地质地震

2.7 环境质量现状

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界及附近居民点

图

图 2.1-1 防城港核电厂地理位置图

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

防城港核电厂厂址位于广西壮族自治区防城港市港口区光坡镇红星村委会西侧的丘陵及滩涂处。厂址为滨海厂址，东临钦州湾，西为老虎港，地处钦州湾盆地西北边缘。厂址的具体地理位置见图 2.1-1。厂址距北海市城区约 60km；距广西首府南宁市约 130km，距钦州市城区约 32km，距钦州市龙门港镇约 9km；距防城港市城区约 25km。

防城港核电厂海岸地貌属于钦州湾潮间带，地面高程一般为-13.0m~10.0m，厂址东侧沿岸向东约 2km 的区域涨潮时基本被海水浸没，退潮时除部分低洼地段外地面均显露。海岸地形均向大海倾斜，倾角 2°~5°；海岸无海蚀陡崖分布，岸坡稳定。厂址近岸水深落差不大，具备取排水工程条件的区域离岸边较远。

2.1.2 厂址边界及附近居民点

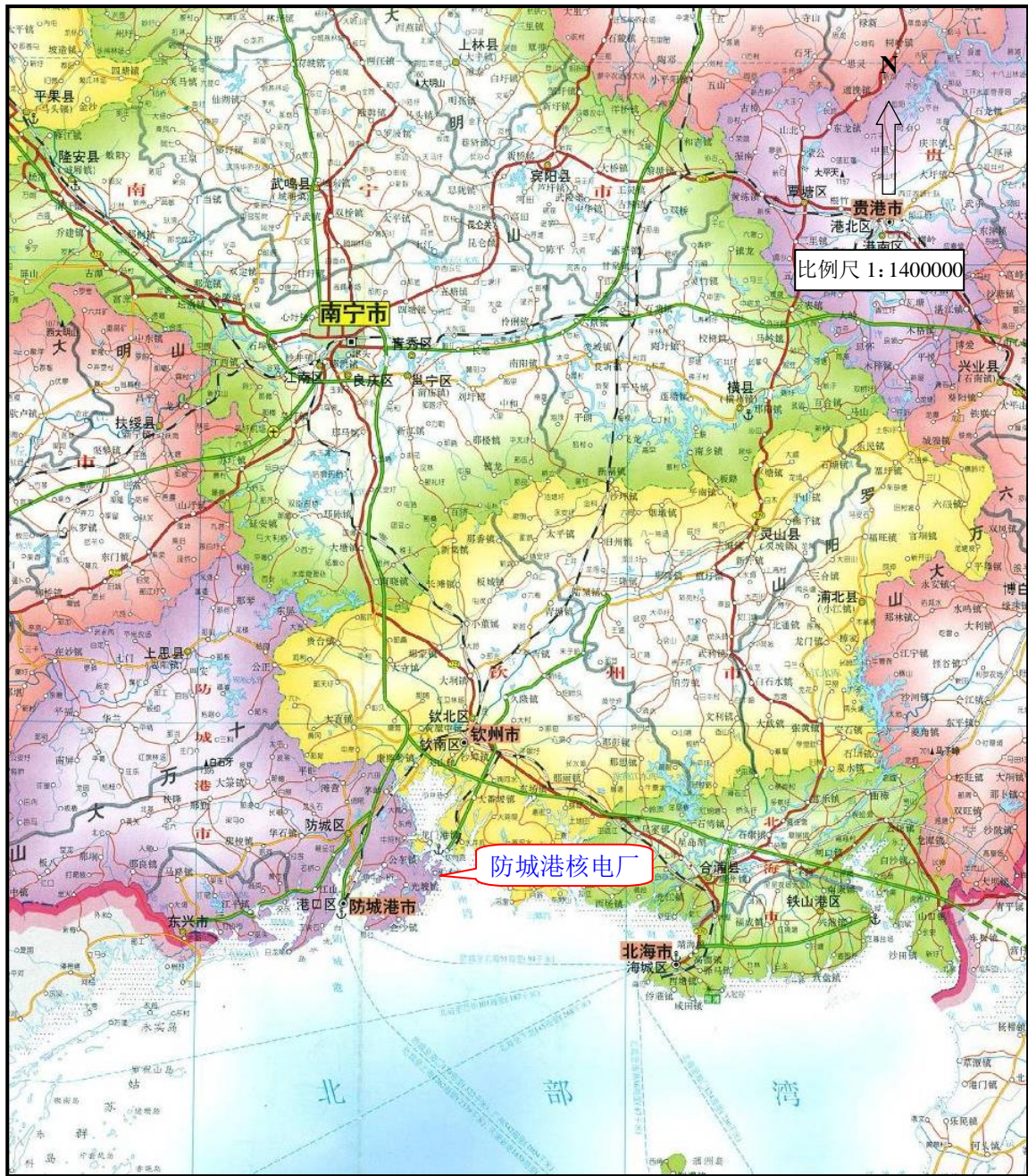
根据选址假想事故放射性后果的分析，防城港核电厂二期工程非居住区边界为 800m。

目前，防城港核电厂实际用地范围内搬迁移民工作已结束。现有的距离三号反应堆最近的居民点为位于三号机组 NNE 方位约 1.1km 处的牛角冲自然村，有常住人口 108 人。

建设单位已于 2008 年 10 月 6 日与防城港市人民政府签订了《广西防城港核电项目用地用海预付款协议》，委托防城港市人民政府全面负责组织本工程的征地用海、拆迁补偿和移民安置等工作，上述工作已全部完成。核电厂一至四号机组非居住区将位于电厂财产边界或电厂租地范围内，建设单位可以对核电厂非居住区内实施有效的管辖权，因此电厂非居住区是可以落实的。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《核电厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，在防城港核电厂厂址周围将设置半径为 5km 的规划限制区。规划限制区内必须限制人口的机械增长，对该区域内的新建和扩建的项目应加以引导或限制，以考虑事故应急状态下采取适当防护措施的可能性。建设单位已获得广西壮族自治区人民政府的《关于同意在防城港红沙核电站周围设置限制区的复函》（桂政函[2009]28 号文），同意在广西防城港红沙核电站周围划定并设置半径 5km 的规划限制区

（以反应堆为中心）。



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
防城港核电站地理位置图		
图 2.1-1	版次：	A

2.2 人口分布

2.2.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 80km 范围内的现有人口分布

2.2.1.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

2.2.2 厂址附近重要居民点和人口数

2.2.2.1 厂址半径 5km 范围内的居民点

2.2.2.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

2.2.2.3 厂址半径 80km 范围内的人口中心

2.2.3 人口密度法分类

2.2.4 流动人口

2.2.5 居民生活习惯

2.2.6 参考资料

表

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2012 年）

表 2.2-2 厂址半径 5km 范围内所有村庄及人口分布

表 2.2-3 厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布

表 2.2-4 厂址半径 80km 范围内万人以上人口中心

表 2.2-5 人口密度法分类结果

表 2.2-6 厂址半径 80km 范围内居民食物消费量

表 2.2-7 厂址附近区域内典型渔民及养殖人员的个人生活因子

图

图 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2012 年）

图 2.2-2 厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布图

图 2.2-3 厂址半径 80km 范围内人口中心分布示意图

2.2 人口分布

防城港核电站厂址半径 5km 范围内人口根据 2013 年调查获得的资料进行统计(资料数据截止于 2012 年年底)。辐射环境影响评价区(厂址半径 80km 范围)内的其他人口统计数据主要来源于广西壮族自治区防城港市、钦州市和北海市三地市相关县市以及南宁市良庆区 2012 年统计年鉴和各级政府机构 2012 年统计报表,以及当地派出所的统计资料和现场实地调查的资料(资料数据截止于 2012 年年底)。厂址半径 WSW~W 方位 53 至 80km 范围内涉及越南芒街的小部分辖区,相关人口数据以收集网络资料为主。

按照《核电站环境影响报告书的内容和格式》NEPA-RG1 的要求,人口统计按子区分别进行,以防城港核电站三号机组为中心划分半径为 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 和 80km 的同心圆,辐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 80km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 80km 范围内的人口分布

截止至 2012 年底防城港核电站厂址半径 80km 范围内总人口数为 3529082 人。按陆域面积计算,厂址半径 80km 评价区内的平均人口密度为 304 人/km²,高于广西壮族自治区同期平均人口密度 198 人/km²。

厂址半径 80km 范围内的人口分布详见表 2.2-1 和图 2.2-1。

厂址半径 5km 范围内没有 1 万人以上的乡镇,厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇,满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)的相关要求。

2.2.1.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

根据《核电站厂址选择及评价的人口分布问题》(HAD101/03)的要求,需要预测核电站投运及电厂寿期内(每隔十年)的人口数量。

防城港核电站 3 号机组计划于 2015 年 6 月 FCD,于 2021 年正式发电。由此本报告推算了 3 号机组运行第一年(2021 年)以及寿期内每隔 10 年,即 2031 年、2041 年、2051 年、2061、2071、2081 年厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布。

人口预测以 2012 年底人口数据为基础，预测人口采用指数增长公式计算：

$$N = N_0 e^{rt}$$

式中：N：预期人口数（人）；

N_0 ：现有人口数（人）；

r：预期年平均人口增长率（‰）；

t：N 与 N_0 之间的时间间隔（年）。

根据上述的人口预测计算模式以及广西壮族自治区计生委关于人口预测的相关报告中的“中方案人口自然增长率”进行人口预测（由于该增长率仅预测到 2050 年，本项目寿期至 2081 年，为保守起见，2050 年以后的人口预期增长率取 0%）。预测结果表明：到 2021 年广西防城港核电厂 3 号机组投产时，厂址半径 80km 范围内的总人口数为 3694061 人。

核电厂运行寿期内 2031 年、2041 年、2051 年厂址半径 80km 范围内的总人口数分别为 3729320、3734175、3641977 人，由于 2050 年以后的人口预期增长率取 0%，核电厂运行寿期内从 2051 年起至 2081 年的人口分布及总数均与 2051 年相同。

2.2.2 厂址附近重要居民点和人口数

2.2.2.1 厂址半径 5km 范围内的居民点

核电厂址半径 5km 范围内主要涉及光坡镇下辖的 4 个行政村：红沙村、沙螺辽村、栏冲村和新兴村，共分为 64 个居民点，截至 2012 年年底共有户籍人口 9017 人。离厂址最近的居民点为厂址 NNE 方位 1.1km 处的牛角冲自然村，共有户籍人口 108 人。

表 2.2-2 列出了厂址半径 5km 范围内各居民点的方位、距离和人口数。

2.2.2.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围内涉及防城港市港口区下辖的光坡镇、企沙镇和公车镇、防城区下辖的茅岭乡及钦州市下辖的龙门港镇、钦州港经济技术开发区和钦州保税港区。

厂址半径 5~15km 范围内千人以上居民点共有 19 个，其中最大的人口中心为厂址 SW 方位约 13.2km 处的企沙镇镇区，共有户籍人口 24082 人；其次为 NNE 方位约

9km 处的钦州港经济技术开发区主城区（包括果子山社区、滨海社区、水井坑社区和亚路江社区），共有户籍人口 14565 人。

厂址半径 15km 范围内的重要居民点分布详见表 2.2-3 和图 2.2-2。

2.2.2.3 厂址半径 80km 范围内的人口中心

厂址半径 80km 范围内城镇人口超过万人的人口中心有 15 个。其中最大的人口中心为厂址 ESE 方位约 60km 处的北海市市区，共有城镇人口 258534 人。

表 2.2-4 列出了厂址半径 80km 范围内人口超过万人的人口中心，各人口中心的分布情况见图 2.2-3。

2.2.3 人口密度法分类

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）中推荐的人口密度分类法，分析结果见表 2.2-5。厂址基本为 I~II 类厂址。

2.2.4 流动人口

根据相关派出所提供的资料，厂址半径 15km 范围所涉及各镇、区中，公车镇和钦州港区的流动人口较多。公车镇的流动人口主要集中在防城港市大西南临港工业园。截至 2012 年年底，外来流动人口约 1147 人，他们主要为园区工厂打工人员。截至 2012 年年底，钦州港区的流动人口约为 40000 人，他们主要为开发区内企业上班的外地员工、从事建筑施工的工人、从事水产养殖以及其他行业的商人、服务业人员。

根据对行政村有关负责人的了解，厂址半径 5km 范围内的流动人口很少，主要为零星的旅游者和商人。来此旅游的人员主要为零星的散客，他们主要去往六墩岛进行渔家乐游玩或去往红沙村观赏白鹭，逗留时间很短，一般不过夜。厂址半径 5km 范围内的商人主要为来此承包养殖的人员，人数在数十人左右。

2.2.5 居民生活习惯

根据防城港核电站厂址半径 80km 评价范围内有关县市和乡镇统计部门收集的城镇和农村居民的饮食消费资料，以及厂址近区各村居民生活习惯的现场调查，得出厂址半径 80km 范围内各地居民的饮食习惯基本相同。评价区内居民主食基本为大米。

副食品主要为蔬菜、水产品、水果和肉类，沿海多海产品，山区多山货，平原兼而有之。城镇居民肉、蛋等消费明显高于农村居民，而粮食消费则明显低于农村居民；城镇居民消费一些奶制品，而农村居民则基本不消费奶制品。表 2.2-6 给出了厂址半径 80km 范围内居民食物消费量。

根据对厂址附近的村民（主要渔民）的生活消费习惯以及厂址附近地区各年龄组工作的调查，厂址附近居民饮食消费结构和评价区内居民消费习惯基本相同，而水产品消费量相对较大。厂址近区居民消费的大米、蔬菜、肉、水果等农副产品一般为从当地集市购买，集市所出售产品则以当地周边农村生产为主，奶产品则主要来自外地奶制品企业生产的成品；食入的海产品主要为鱼类，其次有少部分虾、蟹以及贝壳类，其来源主要为养殖和捕捞，主要来自附近海域。

根据 2013 年 3 月对厂址半径 5km 范围内的若干居民点的实地调查，厂址附近的沿海青壮年居民主要从事近海捕捞（渔民）和渔业养殖（养殖人员）。厂址附近区域居民的食谱和统计部门给出的食谱资料相差不大，但水产品消费量要高出防城港市农村居民的平均水平。厂址近区居民基本不在海中游泳。根据实地调查，广西防城港核电厂厂址附近区域内典型渔民及养殖人员的个人生活因子见表 2.2-7。

2.2.6 参考资料

- 1 防城港核电厂厂址区域环境、人口分布及外部人为事件调查报告，苏州热工研究院有限公司，2013 年 7 月。

表 2.2-1 厂址半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2012 年）

单位：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	296	204	94	4076	3645	43582	171813	40058	101730	83862	98641	548001
NNE	0	207	648	0	5319	11898	18292	115556	45094	91881	83253	172365	544513
NE	0	0	0	0	3940	6733	11507	11507	37795	21656	48442	48443	190023
ENE	0	0	0	0	0	9078	3022	16470	25954	34439	39886	47486	176335
E	0	0	0	0	0	16172	30403	52748	82200	73585	189519	167791	612418
ESE	0	0	0	0	0	3143	1927	0	0	13909	295624	15090	329693
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	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	483	654	471	827	0	0	0	0	0	0	0	2435
SW	0	0	380	442	4071	35516	0	0	0	0	0	0	40409
WSW	0	133	161	1074	5512	7289	36892	3136	12009	18619	38880	11250	134955
W	0	312	388	1035	3552	18296	21606	10341	36597	27775	53837	47428	221167
WNW	0	0	52	616	384	7942	97644	15973	30281	41494	28804	13037	236227
NW	0	111	0	752	1409	7581	4690	39872	25877	20422	23179	88989	212882
NNW	0	480	0	24	4402	7167	20618	39948	44665	88984	33241	40495	280024
合计	0	2022	2487	4508	33492	134460	290183	477364	380530	534494	918527	751015	3529082

表 2.2-2 厂址半径 5km 范围内所有村庄及人口分布

行政村	自然村	方位	距离 (km)	人数	行政村	自然村	方位	距离 (km)	人数		
栏冲村	柏东组	SW	3.9	31	红沙村	白云组	N	1.5	118		
	柏西组	SW	4.1	87		大岭组	NNW	1.2	103		
	春天岭组	WSW	1.9	133		红北组	NNE	2.5	182		
	陈屋组	SW	2.6	91		红南组	NNE	2.4	189		
	大屋组	WSW	3.6	145		黄屋组	NNE	2.5	73		
	夏屋组	WSW	5	71		刘屋组	NNW	1.8	101		
	旧洋组	W	2.7	192		牛角冲组	NNE	1.1	108		
	林东组	SW	4.6	87		稔子山组	NNE	2.2	98		
	林中组	SW	4.7	67		扫把坪组	N	2.6	204		
	林西组	WSW	4.8	123		社委会组	NW	1.6	111		
	老虎港	W	1.5	225		湾潭组	NNE	1.7	99		
	里头村	WSW	3.8	163		虾场组	N	3.8	94		
	栏东组	SW	2.6	144		新二组	NNW	1.4	73		
	栏西组	SW	2.6	145		学校队组	NNW	1.5	111		
	山北组	WSW	4.4	132		新一组	NNW	1.5	92		
	山南组	WSW	4.6	89		盐田港组	NNE	2.8	106		
	田辽屋组	W	1.7	87		珠沙港组	N	1.8	178		
	湾角山组	W	4.5	72		中间冲	WNW	4.5	146		
	沙螺辽村	细冲组	W	3.6		110	新兴村	龙眼坪一组	W	4.5	404
		芋坡丫组	WSW	2.6		121		龙眼坪二组	W	4.7	402
增埠角组		W	2.6	172	管草田组	WNW		4.2	164		
山口组		WSW	3.1	204	枫木龙组	NW		4.4	80		
中北组		WSW	3.4	67	大龙口	W		4.9	107		
中南组		WSW	3.2	87	佛子角	W		4.8	50		
大坳组		SW	3.2	203	塘尾组	WNW		4.6	272		
大垌组		SSW	3.2	235	新丰组	NW		4.8	196		
东风组		SSW	4	112	东风组	NW		4.6	218		
港口组		SSW	2.7	68	新明组	NW		4.9	124		
光明组	SSW	1.6	283	李屋组	NW	4.6	158				
苏屋组	SSW	2.6	111								
红旗组	SSW	2.3	188								
黄屋组	SSW	2.5	85								
栏埠组	SSW	4.3	124								
前进组	SSW	1.8	200								
沙螺辽组	SSW	2.2	202								

表 2.2-3 厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布

乡/镇	居民点	方位	距离 (km)	人口数 (人)	乡/镇	居民点	方位	距离 (km)	人口数 (人)
光坡镇	新兴村	W	5	3200	企沙镇	牛路村	SW	8	2756
	中间坪村	W	7.2	2560		山新村	SW	10	2142
	镇区	WSW	7.6	6225		镇区	SW	13.2	24082
	潭油村	WSW	12.8	3485	钦州港 经济技术 开发区	主城区	NNE	9	14565
	大龙村	SW	10.5	3350		金鼓社区	NE	12.3	1853
龙门港 镇	龙门港 镇	N	8.6	8166	鸡墩头 社区	ENE	13	3385	
公车镇	白沙村	NW	11.4	3173	大番坡 镇	辣椒槌 村	N	14.4	3520
	公车村	WNW	13.2	3170	茅岭乡	响水村	NNW	11	1368
	沙港村	W	10.8	3728		大陶村	NNW	14.1	2999
					东角村	NW	14.9	2237	

注：龙门港镇包括镇区、东村、南村、西村和北村；

光坡镇镇区包括大坡社区和光坡村；

钦州港经济技术开发区主城区包括果子山社区、滨海社区、水井坑社区、亚路江社区；

企沙镇镇区包括北港村、向阳村、企英村、大船村、华侨村、南港社区和东港社区。

表 2.2-4 厂址半径 80km 范围内万人以上人口中心

居民点	方位	距离(km)	人口数 (人)	备注
港口区街道	W 至 WSW	22	46009	防城港市港口区
企沙镇	SW	13.2	24082	防城港市港口区
防城镇	WNW	23	65777	防城港市防城区
大菴镇	WNW	50	11405	防城港市防城区
东兴镇	W	61	38122	防城港市东兴市
江平镇	W	44	11374	防城港市东兴市
思阳镇	NW	79	38439	防城港市上思县
叫安镇	NW	76	11710	防城港市上思县
钦州港经济技术 开发区主城区	NNE	9	14565	钦州市
钦州市区	N 至 NNE	32	150043	钦州市
小董镇	N	60	11423	钦州市钦北区
陆屋镇	NNE	78	13756	钦州市灵山县
北海市市区	ESE	60	258534	北海市
廉州镇	E	63	121639	北海市合浦县
石康镇	E	79	11189	北海市合浦县

表 2.2-5 人口密度法分类结果

区域人口密度 198 人/km ² （2012 年广西壮族自治区平均人口密度）						
距离 (km)	环形地带评价			扇形地带评价		
	人口数量 (人)	人口密度 (人/km ²)	类别	人口(人) /方位	人口密度 (人/km ²)	类别
0~2	2022	161	II	—	—	—
2~5	6995	106	II	1423/W	345	II
5~10	33492	142	I	40001/SW	543	II
10~20	134460	143	I			

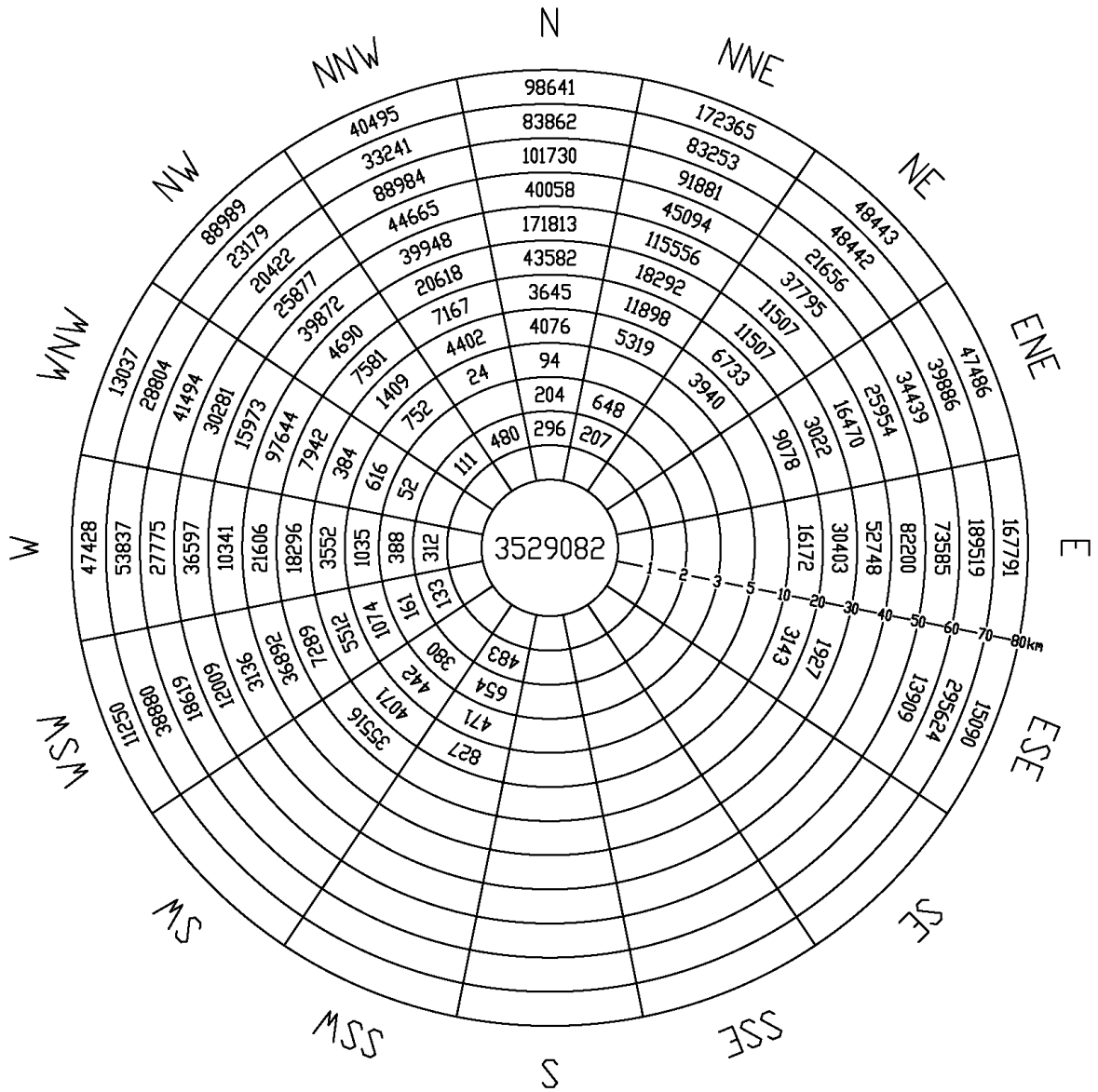
表 2.2-6 厂址半径 80km 范围居民全年食物消费量

单位：kg/人年

地区	食物							
	粮食	油脂	蔬菜	水果	肉	蛋	奶	水产品
广西壮族自治区农村	179.36	5.56	87.84	10.52	41.53	1.79	—	3.66
广西壮族自治区城镇	71.12	6.58	99.04	51.51	55.13	6.34	10.61	11.24

表 2.2-7 厂址附近区域内典型渔民及养殖人员的个人生活因子

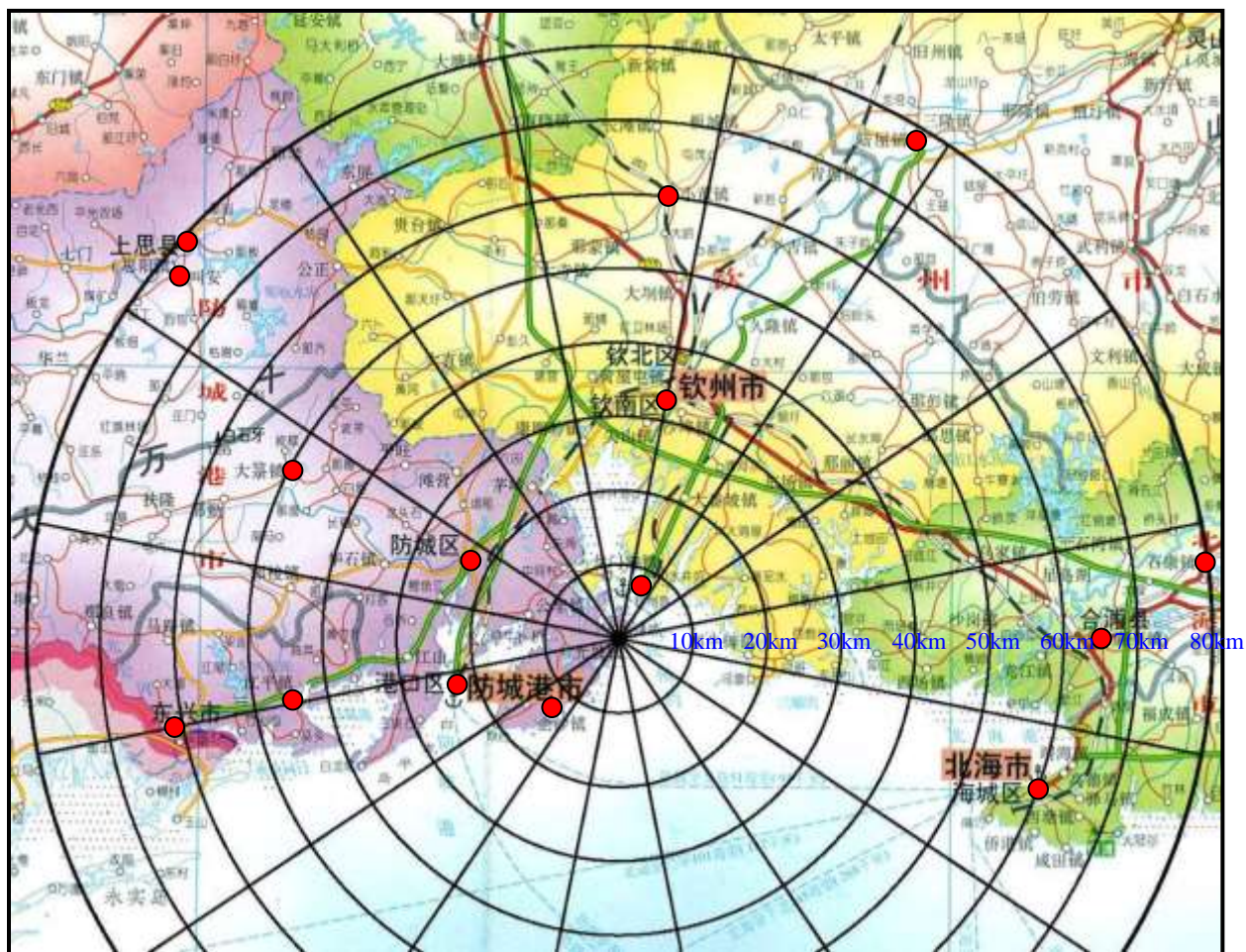
年食物消费量(kg/a)	粮食		145
	蔬菜		110
	肉类		31
	蛋类		11
	水果		29
	鱼类		99
	甲壳类		17
	贝类		12
	藻类		—
年活动时间 (h/a)	捕捞渔民	海上活动时间	2000
		岸边活动时间	600
	养殖人员	海上活动时间	1500
		岸边活动时间	1200
	游泳时间		100



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2012 年）		
图 2.2-1	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民		
点分布图		
图 2.2-2	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
厂址半径 80km 范围内人口中心分布示意图		
图 2.2-3	版次:	A

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通和文化设施

2.3.1.1 工业

2.3.1.2 交通

2.3.1.3 文化及旅游设施

2.3.2 居民点和农牧场

2.3.3 农副业资源及陆生资源概况

2.3.3.1 农副业生产概况

2.3.3.2 陆生资源概况

2.3.4 海洋水生生态及水产资源概况

2.3.4.1 水生生态

2.3.4.2 生物物种保护区和保护性水生生物

2.3.4.3 渔业资源及渔业生产现状

2.3.4.4 厂址所在海域海洋功能区划和近岸海域环境功能区划

2.3.5 参考资料

表

表 2.3-1 海洋生物调查站位及调查内容一览表

表 2.3-2 防城港核电厂 3 号机组反应堆 5km 范围内各方位最近的菜园、基本农田

表 2.3-3 调查海区内叶绿素 a 和初级生产力的统计情况

表 2.3-4 海域浮游植物种类组成

表 2.3-5 海域浮游植物多样性指数及均匀度

表 2.3-6 海域浮游动物种类组成

表 2.3-7 海域浮游动物多样性指数及均匀度

表 2.3-8 海域底栖生物种类组成

表 2.3-9 海域底栖生物多样性指数及均匀度

表 2.3-10 海域潮间带生物种类组成

表 2.3-11 海域潮间带生物多样性指数及均匀度

表 2.3-12 海域游泳生物组成及特征值

图

图 2.3-1 厂址附近乡村公路分布示意图

图 2.3-2 厂址附近海域红树林分布示意图

图 2.3-3 厂址附近海域海洋生物调查站位图

图 2.3-4 厂址附近海域潮间带生物调查站位图

图 2.3-5 厂址附近海域生物物种保护区分布示意图

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通和文化设施

2.3.1.1 工业

（1）工矿企业

厂址半径15km范围内所涉及的镇、区中，相对而言，光坡镇和龙门港镇工业较为落后，没有大规模的工矿企业。而公车、企沙镇的工业发展较快，钦州港区的工业已有相当的基础。厂址半径15km范围内的企业主要集中在公车镇的防城港大西南临港工业园区、企沙镇的企沙工业区和钦州港经济技术开发区内。

（a）防城港市大西南临港工业园区

防城港市大西南临港工业园区于2003年正式启动建设，地处港口区公车镇北州路以东、企沙一级公路以西以南，该园区由原来的港口区渔洲坪工业园和公车工业园区合并而成，总规划面积2762ha。工业园区依托大西南丰富的矿产资源、成熟的装备制造业基础，天然深水良港、独特的区位优势，以“产业支撑、辐射带动、环境优先、可持续发展”为原则，全力打造以钢铁、装备制造业、磷硫化产业和矿产业为龙头的工业区和以资源加工型企业为主的大西南出口加工基地和物流仓储基地。区内一些已建或在建的主要大型工业项目有：

- 广西盛隆冶金项目。该项目主导产品以普通碳素钢、不锈钢、合金钢为主。公司现有员工 5000 多人。工厂总占地面积为 3100 亩，总设计规模为年产钢铁 600 万吨。该项目位于厂址 W 方位 14km。
- 广西盛弘冶金材料项目。该项目占地 400 亩，主要从事钢材包装、钢结构加工等，年产值 36 亿元。该项目位于厂址 W 方位 11km。
- 广西中一重工项目。防城港中一重工有限公司是由中国第一冶金建设有限责任公司和广西防城港务集团有限公司共同出资兴办的中国西南最大的现代化加工制造企业。公司注册资金 2 亿元人民币，项目用地总面积约 600 亩，设计年钢材深加工能力 30 万吨，公司员工约 600 人。该项目位于厂址 W 方位 11.5km。

- 一 中冶实久（防城港）一期工程项目。一期工程项目建成一个年产 10 万吨钢结构、非标设备加工厂，一个年产 80 万平方米混凝土搅拌站，公司员工约 500 人。该项目位于厂址 W 方位 14km。

(b) 防城港市企沙工业园区

企沙工业区正处于起步阶段，目前正在修建道路、建设引水工程、电气工程等工作。企沙工业区位于厂址半径 15km 范围内主要集中的是一些中小型企业。这些企业主要从事与渔业有关的造船业、机械维修业、制冰业、水产品加工业、渔具生产及制砖，工厂规模不大。企沙工业园区大型的临海工业主要为防城港钢铁基地项目和广西金川有色金属原料加工园，以上两大型临海工业（SW 方位 17~20km）均位于厂址 15km 以外，目前均未投产。

(c) 钦州港经济技术开发区

钦州港经济技术开发区是广西大型临海工业园区，依托良好的港口资源，该港区形成了石化、能源、造纸、冶金、粮油加工为主的大型临海工业框架，并以综合物流为支配产业。

(d) 钦州保税港区

广西钦州保税港区规划总面积 10km²，由码头作业区、保税物流区、出口加工区和综合服务区组成，第一期 2.5km² 已建成，主要为中石油 420 万 m³ 原油储备库和物流、贸易企业。目前保税港区工作人员共约三百多人。

厂址周围半径 5km 范围内无工矿企业。企沙工业园区和钦州港均位于厂址的规划限制区之外，且其生活区基本位于厂址半径 10km 范围外。

(2) 油、气、危险品仓储设施及移动危险源

据调查，防城港核电厂址半径 15km 范围内存在的油、气、危险品仓储设施主要位于厂址东北方向的钦州港内，另外各乡镇均有小型加油站。

2.3.1.2 交通

(1) 陆上交通

(a) 铁路

厂址所在的防城港市目前有南（宁）防（城港）铁路直达港区，全长 173km，通过南防线联通黎钦线、湘桂线、南昆线等可与全国铁路线联网，铁路交通运输十分方

便。规划铁路沙潭至企沙支线在南防线上的防城南站（规划）出轨，向南途径港口区的公车镇、光坡镇后，止于港口区企沙镇，全长 29km，线路标准为工业企业 I 级单线。该铁路线离厂址的最近距离约 9km。

钦州市铁路营运里程 220km，包括南防线的南钦线、钦防线、钦北线、黎钦线和钦州港进港铁路，形成了“四线连三港”的格局；另外还有勒沟铁路专用支线、鹰岭铁路专用支线、钦州港至保税港区铁路等进港铁路支线和港口内部铁路。

（b）公路

厂址所在的防城港市交通较为发达。防城港市境内已有的二级以上公路包括：江山至白龙二级公路，全长 11km；江山半岛景区旅游公路，全长 9km；防城港核电厂进厂道路，全长 10km；崇左至上思二级公路，其中防城港段 44km；南宁至防城港高速公路，其中防城港段 42km；沙潭江至企沙一级公路，全长 30km；防城港（江山）至东兴一级公路（含西湾跨海大桥，40km）。

这六条交通干线距离厂址最近的是防城港核电厂进厂道路。由防城港核电厂由东向西与沙潭江至企沙一级公路向连接。沙潭江至企沙一级公路是广西滨海公路防城港段配套建设的支线，是进出企沙沿海工业园区的交通要道；起点于港口区沙潭江，终点是企沙工业园区，全长 30.15km，路面宽 25.5m；并与钦防高速公路玉罗岭互通式立交（顺接防城港市中心区东西大道）相接，下穿南防铁路，经公车镇、光坡镇，终于企沙镇北河口村。

光坡镇镇区通过三级公路与外界相连。该三级公路路面宽 4.5m 至 5m，为沥青路面，路面较为平整。经由该三级公路可连接到南宁至防城港高速公路，也可与沙潭江至企沙一级公路相通。厂址附近各村镇均通公路，公路级别为四级农村路，限宽 2.5m。

图 2.3-1 为厂址附近乡村公路分布状况。

钦州市截止到 2012 年底，全市公路总里程约 5950km。

钦州市离厂址较近的已有公路为大番坡镇至钦州港、钦州港至犀牛角镇、钦州港进港一级公路。

厂址附近规划建设和近期拟建设的公路有：企沙至茂岭环岛一级公路，全长 54km；光坡至沙螺辽二级公路，全长 7km；上云至牛路一级公路，全长 8km；东海跨海大桥及配套一级公路，全长 7.5km。钦州港进港一级公路，路宽 24.5m。

（2）港口

厂址位于企沙半岛的东侧，东临钦州湾，其附近最为重要的港口是钦州港。此外企沙港规模较小，而防城港则位于企沙半岛的西侧，且其所有泊位及航道均位于厂址半径 15km 外。

（a）钦州港

钦州港位于北部湾的顶端。钦州港距离厂址的最近距离约 6km。钦州港具有港池宽阔、水深条件良好、港湾隐蔽、风浪小、泥沙淤积少的特点，是条件优越的深水良港。目前已建成码头泊位 52 个，其中万 t 级以上泊位 15 个，码头岸线总长 7.012km，年通过能力为货物 5006 万吨（其中集装箱 75 万标准箱）、车辆 5 万辆、客运 23 万人次。

根据腹地社会经济、城市建设、产业布局、综合交通和港口自身的发展需求等，将钦州港划分为龙门港区（观音堂作业区和龙门岸线）、金谷港区、大榄坪港区、茅岭港区、那丽港区、东场港点、麻蓝岛港点、沙井岸线、三娘湾岸线、以及远景预留发展的鹿耳环江平山岸线和大风江港区（大风江西作业区和大风江北作业区）。其中在厂址 15km 范围内的规划港区主要为龙门港区观音堂作业区）、金谷港区、大榄坪港区。

根据 2012 年 5 月批复的《钦州港总体规划（2015~2030 年）》，钦州港现有勒沟作业区、果子山作业区、鹰岭作业区、金鼓江作业区、大榄坪南作业区，以及龙门、茅岭、沙井、沙坪等港点。以下为主要作业区现状：

— 勒沟作业区：勒沟作业区距防城港核电厂的最近距离为 6km。作业区水深在 -8m 至 -13m 的深水岸线长约 2000m，共有生产泊位 11 个，其中 5 万吨级泊位 3 个、万吨级泊位 2 个、1000~5000 吨级泊位 6 个，码头岸线长 1747m，年通过能力为货物 446 万吨，主要从事事件杂货、散货及水泥的运输。

— 果子山作业区：果子山作业区距防城港核电厂的最近距离为 5.6km。果子山作业区位于勒沟作业区与鹰岭作业区之间，处于东西航道结合处附近，船舶进出十分便利。该段岸线水深条件较好，-12 至 -16m 的深水岸线长 1186m。作业区已建成泊位 16 个，其中 7 万吨级泊位 1 个、1000~3000 吨级泊位 11 个、千吨级以下泊位 4 个，码头岸线长 1409m，年通过能力为 568 万吨、车辆 5 万辆、客运 23 万人次，主要从事事件杂货、煤炭和散货的运输。

— 鹰岭作业区：鹰岭作业区距防城港核电厂的最近距离为 5.8km。该作业区为油气、化学品作业区，位于钦州港经济开发区南部，处于东西航道结合处，船舶进港便

捷。该作业区-8m至-14m深水岸线长达2100m，已建成泊位10个，其中10万吨级泊位2个、7万吨级泊位1个、5万吨级泊位2个、3万吨级泊位1个、万吨级泊位1个、3000~5000吨级泊位3个，码头岸线长2325m，年通过能力为3183万吨，作业区主要经营油气和煤炭业务。

— 金鼓江作业区：金鼓江作业区距防城港核电厂的最近距离为7.3km。作业区现有钦州恒荣物流有限公司的恒荣3000吨级件杂货码头，岸线长150m，年通过能力为60万吨，从事件杂货的运输。

— 大榄坪南作业区：大榄坪南作业区距防城港核电厂的最近距离为7.6km。大榄坪南作业区现有广西北部湾国际港务集团有限公司的钦州港大榄坪1#、2#泊位，岸线长767m，年通过能力为640万吨，为多用途泊位，主要从事集装箱的运输。

— 其他港口：除上述泊位外，钦州港茅岭港口有广西钦州市康熙岭港务有限公司的茅岭码头，沙井港口有钦州市沙井港务所的沙井港务所码头，沙坪港口有灵山县沙坪港务公司的灵山沙坪港务公司码头，龙门港口共有泊位12个，其中5000吨级泊位1个、500吨级泊位11个，码头岸线长614m，年通过能力为109万吨。

根据《钦州港总体规划》，厂址15km范围内港区的具体规划布置如下：

➤ 龙门港区

— 观音堂作业区：观音堂作业区距防城港核电厂的最近距离为7.5km。观音堂作业区位于龙门镇东南部观音堂岛处，规划为公用港区，为集装箱、件杂货作业区。规划岸线1842m，5~7万吨级泊位4个，2000吨级泊位5个，陆域面积179ha，年通过能力约1100万吨。作业区东侧规划深水岸线1340m、布置5~7万吨级泊位4个；北侧规划非深水岸线502m，布置2000吨级泊位5个。作业区陆域纵深1086~1900m，码头面高程6.3m。

➤ 金谷港区

— 樟木环作业区：樟木环作业区距防城港核电厂的最近距离为7.8km。樟木环作业区位于七十二泾南侧的樟木环处，规划为远景预留作业区。作业区规划岸线2290m，可布置1~10万吨级泊位8个，陆域面积155ha，年通过能力为货物约1800万吨、客运约80万人次。作业区靠主航道侧规划岸线1910m，布置6个5~10万吨级泊位；北侧规划岸线380m，规划2个1~2万吨级客运泊位。作业区陆域纵深650~900m，码头面高程6.3m。

— 勒沟作业区：勒沟作业区距防城港核电厂的最近距离为 6km。勒沟作业区位于勒沟西侧，规划为公用港区，为散货、件杂货、集装箱作业区。规划岸线 4974m，1000~100000 吨级泊位 25 个，陆域面积 208ha，年通过能力约 1700 万吨。

— 果子山作业区：果子山作业区位于勒沟东侧，规划为公用港区，为散货、件杂货作业区，兼顾服务后方工业园区。规划岸线 2822m，1000~100000 吨级泊位 17 个、千吨级以下泊位 5 个，陆域面积 160ha，年通过能力为货物 1900 万吨、客运 50 万人次。

— 鹰岭作业区：鹰岭作业区距防城港核电厂的最近距离为 5.8km。鹰岭作业区位于金鼓江口西侧，规划为油品、液化气、化学品等液体危险品和煤炭接卸作业区，配套储存及中转功能。规划岸线 3235m，其中深水岸线 3019m、布置 2~10 万吨级泊位 10 个，非深水岸线 216m、布置 3000~5000 吨级泊位 2 个，陆域面积 158ha，陆域纵深 322~647m，码头面高程 6.3m，年通过能力约 3700 万吨。

— 金鼓江作业区：金鼓江作业区距防城港核电厂的最近距离为 7.3km。金鼓江作业区位于金鼓江西岸滨海公路以南，主要承担液体危险品、散货、件杂货的装卸任务。规划岸线 4915m，5000~50000 吨级泊位 20 个，陆域面积 227ha，年通过能力约 1900 万吨。

— 金鼓江北作业区：金鼓江北作业区距防城港核电厂的最近距离为 10.6km。金鼓江北作业区位于金鼓江西岸滨海公路以北，规划为远景预留作业区，初步规划为液体危险品、件杂货作业区。规划岸线 2301m，1000~5000 吨级泊位 13 个，陆域面积 109ha，陆域纵深 412~495m，码头面高程 6.0m，年通过能力约 280 万吨。

➤ 大榄坪港区

— 大榄坪南作业区：大榄坪南作业区距防城港核电厂的最近距离为 7.6km。大榄坪南作业区位于大榄坪作业区南面，作业区西北侧为国务院批准设立的面积为 10 平方公里的钦州保税港区。大榄坪南作业区规划为公用港区，主要承担集装箱和液体散货的装卸任务，兼顾滚装船靠泊，规划岸线 11404m，3~10 万吨级泊位 30 个，陆域面积 1986ha，年通过能力约 11000 万吨。

— 大榄坪北作业区：大榄坪北作业区距防城港核电厂的最近距离为 11.2km。大榄坪北作业区位于金鼓江东岸滨海公路以北，规划为远景预留作业区。作业区规划岸线 2125m，1000~5000 吨级泊位 11 个，陆域面积 217ha，陆域纵深 1016m，码头面高

程 6.0m，年通过能力约 250 万吨。

— 大榄坪作业区：大榄坪作业区距防城港核电厂的最近距离为 7.9km。大榄坪作业区位于金鼓江东岸滨海公路以南，规划为公用港区，承担散货、件杂货的装卸任务，主要为后方的金光工业园区服务。作业区规划岸线 5152m，5 万吨级泊位 13 个，陆域面积 424ha，年通过能力约 1900 万吨。

— 大环作业区：大环作业区距防城港核电厂的最近距离为 11km。大环作业区位于大榄坪南作业区东南侧，平面形态为长突堤港区、两侧均为水域，规划为公用的多用途泊位区。作业区规划岸线 4383m，3~5 万吨级泊位 14 个，陆域面积 907ha，陆域纵深 1380~1980m，码头面高程 6.6m，年通过能力约 2200 万吨。

— 三墩作业区：三墩作业区距防城港核电厂的最近距离为 13.3km。三墩作业区位于大环作业区南侧三墩处，规划为以装卸大宗散货和油品的公用港区。作业区规划岸线 2232m，10~20 万吨级泊位 6 个，陆域面积 691ha，陆域纵深 2000m，码头面高程 6.6~7.0m，年通过能力约 3100 万吨。作业区为外海 20~30 万吨级泊位的登陆点，规划在作业区陆域后方南部预留这些大型泊位的作业场地。

（b）企沙港

企沙港是广西第二大渔港，为国家一类边境贸易口岸，距离厂址的最近距离约 13km。

企沙港位于防城港市企沙半岛，靠近北部湾渔场，由企沙东港区和企沙南港区组成。企沙东港区位于企沙半岛东侧、钦州湾外湾西侧，自然岸线长约 10km。岸线前沿为大片浅海滩涂，水域宽广，近岸水域散布岛礁，水深较浅，-5m 等深线距岸 3~7km。企沙南港区位于企沙半岛南部，向南为开阔海洋，东侧为拟建的企沙东港区，其中南港区岸线长约 9.8km，呈 W~E 走向。岸线前沿水域宽阔，水深在 5m 左右，-10m 等深线距岸 4~5km，-15m 等深线距岸约 11~13km。

（3）航道

（a）钦州湾内航道

目前船舶由外海进入钦州湾内主要利用钦州港东、西航道，其他规划建设航道为金鼓江航道、茅岭航道、沙井航道。

西航道：西航道为万吨级航道，设计水深 9.6m，底标高为-6.6m。西航道距离厂址的最近距离约为 2.3km。

根据《钦州港总体规划》，规划将钦州湾西航道扩建至 10~15 万吨级单向航道：企沙东港区以南段航道为 15 万吨级，航道有效宽度 240m，设计底高程-16.1m；企沙东港区南端向北至果子山作业区为 10 万吨级，航道有效宽度 165~190m，设计底高程-13.5m。

东航道：东航道为 10 万吨级航道和 30 万吨级进港主航道。10 万吨级航道是在原 3 万吨级航道基础上浚深、拓宽而成，该航道设计水深 16.65m，设计底标高-13m；30 万吨级进港主航道设计水深 25m，设计底标高-21m，已于 2012 年完工并投入使用。东航道距离厂址的最近距离约为 5.2km。

根据《钦州港总体规划》，樟木环作业区至三墩作业区段钦州湾东航道规划为满足 10 万吨船舶单向通航、5 万吨级船舶双向通航的航道，航道有效宽度 240m，航道底高程-13.5~-13.8m；三墩作业区往南至三墩外港作业区段航道规划为 20 万吨级单向航道，航道有效宽度 240m，航道底高程-17.6m；三墩外港作业区至外海航段规划为 30 万吨级单向航道，航道有效宽度为 320m，设计底高程-21.3m。

为能尽快启动钦州湾内金鼓江东、西两岸作业区的开发建设，规划建设 5000~50000 吨级金鼓江支航道，航道有效宽度 80~130m，航道底高程-5.1~-11.4m。除沿海航线外，由钦州湾入海的茅岭江和钦江可乘潮通航 500t 级以下的内河船舶；规划平陆运河将为钦州港提供一条沟通西江流域的水上通道，为西江流域最近入海口。规划建设金鼓江支航道距离厂址最近距离约为 7.5km。

茅岭航道为茅岭港区的进港航道，规划为 3000 吨级，航道有效宽度 70m，航道底高程-4.0m。

沙井航道为平陆运河修建后江海船舶出海的通道，规划为 1000~3000 吨级，航道有效宽度 50~70m，航道底高程-2.3~-4.0m。

（b）防城港航道

防城港是一个天然的深水避风港湾，整个海湾由南北走向的小岛渔漫岛分割成沿防城江主流深槽的西湾和沿暗埠江深槽的东湾。防城港航道由南到北分三牙航道、东湾航道（化工码头航道、电厂码头航道）、西湾航道（西贤航道、牛头航道）三段。三牙航道距厂址的最近距离为 27km；东湾航道距厂址的最近距离为 13km；西湾航道距厂址的最近距离为 24km。

（c）外海航道

厂址附近重要的外海航道主要有两条：

- 企沙港至北海港的航道，该航道到厂址的最近距离约为 16km；
- 防城港至北海港的航道，该航道到厂址的距离约为 22km。

（4）空中航线

根据中国民用航空总局航空安全技术中心 2009 年 9 月编制的《广西防城港核电厂厂址区域民用飞机坠机概率及对民航安全运行影响评价报告》：厂址半径 30km 范围内没有民用飞机场（最近的北海福成机场距离厂址约 78km），厂址区域内坠机概率小于核安全导则规定的筛选概率水平。

2.3.1.3 文化及旅游设施

（1）公共设施

防城港核电厂厂址半径 15km 范围内无大型公共设施。厂址半径 15km 范围内的中学、卫生院一般位于各镇的镇区，小学、幼儿园和卫生室则主要分布在各镇的镇区和中心村。

— 卫生

各镇卫生院一般都开设有门诊部、内科、外科、儿科、急诊、五官、中医、住院部等临床和医技科室，自动生化分析仪、血液分析仪、B超、心电图、多普勒胎心监护仪、洗胃机等基本医疗设备。各卫生院的床位和医护人员情况为：

企沙镇卫生院，有床位70个，医护人员68人；

光坡镇卫生院，有床位30个，医护人员43人；

公车镇卫生院，有床位10个，医护人员26人；

龙门港镇卫生院，有床位20个，医护人员8人。

钦州港区内的大型医疗机构主要为钦州港滨海医院。钦州市钦州港滨海医院是一家综合性医疗单位，即为钦州市第二人民医院港区协作医院，始建于1995年。目前拥有普通病床及人性化高级病房共96张，医护人员116人。此外钦州港区还有钦州市第一医院港区分院，拥有病床位35个，医护人员76人。其余还有一些小的医疗机构，如钦州港亚路江卫生所、今古村公所文其裕诊室等。

— 文教

厂址半径 15km 范围内的中学一般位于各镇的镇区，小学和幼儿园则主要分布在各

镇的镇区和中心村。具体情况为：

企沙镇有中学 1 所，教职工有 74 人，学生人数共 775 人；小学 5 所，教职工有 172 人，学生人数共 2806 人；幼儿园 9 所基本分布在企沙镇区，教职工共 84 人，学生人数共 1119 人；

光坡镇有中学 1 所，教职工有 74 人，学生人数共 822 人；小学 13 所，教职工有 137 人，学生人数共 2042 人；幼儿园 2 所，教职工有 19 人，学生人数共 242 人；

公车镇有中学 1 所，教职工有 52 人，学生人数共 325 人，该中学位于 15km 以外的公车镇镇区；小学 5 所，教职工有 48 人，学生人数共 772 人；幼儿园 2 所，共有教职工有 10 人，学生人数共 180 人。

龙门港镇有中学 1 所，幼儿园 2 所，共有教职工人数 72 人，学生约 708 人，其中中学生 251 人。

钦州港有中学 1 所，教师人数 94 人，学生 1268 人；小学 7 所，共有教师 212 人，学生 4262 人；幼儿园 3 所，共有教师 30 人，共有学生 721 人。

一 敬老院、监狱

厂址半径15km范围内公车镇有敬老院1所，共有三个陪护人员，14个老人；光坡镇镇上有1所敬老院，共6个陪护人员，28个老人；红沙村有1所敬老院，1个陪护人员，共6个老人；中间坪村有1所敬老院，1个陪护人员，共10个老人；新兴村有1所敬老院，1个陪护人员，共10个老人；栏冲村有1所敬老院，1个陪护人员，共16个老人；沙螺辽村有1所敬老院，1个陪护人员，共17个老人。企沙镇有一所敬老院，有10个陪护人员，36个老人，龙门港镇有1所福利院，福利院人数7人，钦州港经济技术开发区没有敬老院。厂址半径15km范围内没有监狱。

（2）自然保护区、风景名胜区

厂址半径15km范围内没有国家级自然保护区。有一个自治区级保护区，为广西茅尾海红树林自然保护区。

核电厂厂址半径5km范围内没有红树林。厂址所在的企沙半岛东侧沿岸没有红树林分布。钦州湾内的红树林片主要位于茅尾海红树林自然保护区。茅尾海红树林自然保护区位于钦州境内，总面积2784ha，分别由康熙岭片、坚心围片、七十二泾片和大风江片四大片组成。其中，康熙岭片区位于康熙岭镇辖区的滩涂湿地（厂址N方位约22km处，面积约1297.0ha）；坚心围片区位于茅尾海区域的尖山、大番坡坚心围一带的滩涂

湿地（厂址NNE方位约21km处，面积约1102ha）；七十二泾片区位于钦州港辖区的滩涂湿地（厂址N方位约11km处，100.0ha）；大风江片区位于东场镇、那丽镇大风江区域的滩涂湿地（厂址E方位约16km处，面积约285.0ha）。近年来，钦州市加大对红树林保护区的管理和保护，钦州市内的红树林面积有所增加。此外，在龙门港镇沿岸和钦州港亚路江、水井坑及金鼓江沿岸也有一些零散的小规模红树林。厂址附近海域红树林分布示意图见图2.3-2。

厂址半径 15km 范围内的旅游资源主要是钦州七十二泾风景区。景区由钦州港七十二泾旅游发展公司负责营运，仙岛公园和龙泾还珠是区内的主要景点，该景区为国家“三 A”级，其他景点均无级别。

一 仙岛公园位于钦州港七十二泾风景区的入口，由一大一小两个岛组成，全岛面积约 12.35ha，为纪念孙中山先生而建造的人文景观公园。该公园位于厂址 NNE 方位约 11km。

一 龙泾还珠又名“七十二泾”，是集自然景观和人文景观于一体的综合性生态旅游胜地，为钦州八景之一，它由 100 多个散落在海面上的海岛组成，海岛上树木葱郁，风光旖旎，景色迷人。2008 年 7 月，该景区正式挂牌国家“三 A”旅游景区。该景区位于厂址 N 方位约 11km。

钦州七十二泾风景区平时游客较为分散，只有在每年节假日期间游客较多，节日高峰接待游客可以达到三四百人次/日。

此外，厂址 NNE 方位 3.5km 有火山岛风景区。火山岛俗称“六墩岛”，由 6 座相连的小岛组成。该景区规模较小，目前没有级别，主要以渔家乐旅游为主。

红沙渔鹭园位于防城港市港口区光坡镇红沙村，距厂址 N 方位约 3km，是“白鹭之乡”，具有鹭鸟品种最多、数量最多、聚集密度最大、白鹭停留时间最长、观赏距离最近等 5 大特点。红沙渔鹭园的白鹭栖息点有 2 个，一个在湾潭生产组的东面（下称东园），另一个在湾潭生产组的西面（下称西园），两园相距约 300 米。东园是鹭鸟集中交配、繁衍的场所，面积约 10 多亩。西园则是白鹭栖息的场所。红沙渔鹭园常见的白鹭有小白鹭、中白鹭、大白鹭、牛背鹭、池鹭、夜鹭等 6 个品种。渔鹭园栖息着大量的白鹭，已成为该地区的热门景点，目前已有初步开发的红沙渔鹭园、火山岛等旅游观点，年游客接待量约 3 万人次。

簕山古渔村位于防城港市企沙半岛东南面，距离核电厂 SSW 方位约 7.5km，为一

个面积约 480 亩的半岛村落，全村 70 多户 290 多人，村民素以“耕海”为生，民风纯朴，生活悠闲安逸。簕山古渔村已有 300 多年的历史，村史文化渊远深厚，是广西沿海地区现存较完整的古渔村之一，亦是北部湾沿海渔村历史发展变迁中颇具代表性的一个缩影。簕山古渔村旅游资源非常丰富，有建于明朝的李庄古堡，有号称南方雪原的沙丘，有陆地红树林-千年银叶树，有古树参天、珍稀树种 40 类之多的滨海原始森林；有数十平方公里盛产沙虫的沙质台地海滩；还是北部湾中不可多得的天然观潮点之一。2010 年 6 月 13 日揭牌后，通过成功举办簕山民间观潮节等活动，年游客量 10 万多人次。

2.3.2 居民点和农牧场

表 2.3-1 给出了防城港核电厂 3 号机组 5km 范围内各方位最近的居民点、菜园和基本农田。从表中可以看出，离防城港核电厂 3 号机组最近的居民点为厂址 NNE 方位 1.1km 处的牛角冲自然村，共有人口 108 人。防城港核电厂厂址周围半径 15km 范围内无牧场、奶牛场和奶羊场。牛角冲村组位于一个小山丘上，种植有一些竹林和零星的蔬菜。

目前厂址附近需搬迁的居民已完全搬迁。

2.3.3 农副业资源及陆生资源概况

2.3.3.1 农副业生产概况

厂址评价区内农村的副业生产主要是家畜家禽养殖，养殖的种类包括大牲畜、猪、羊、家禽和少量的兔。

大牲畜有黄牛、水牛、奶牛以及马，主要用于耕地和劳役，一部分还提供肉用。厂址评价区内的奶牛养殖场主要位于上思县、灵山县和钦北区。港口区没有奶牛养殖。

猪以家庭圈养为主，其饲料为农户自产粮食；羊和家禽采用家庭散养的饲养方式，其中家禽包括鸡、鸭和少量的鹅。

厂址半径 15km 范围内无大的森林、草场。

2.3.3.2 陆生资源概况

（1）农作物基本情况

厂址附近的粮食作物主要是水稻，其次是薯类和玉米。农作物一年两季。油料作物主要是花生，经济作物包括甘蔗、花生、以及茶叶、生姜、沙姜、药材、芋头、毛薯、麻类等；蔬菜常年种植，品种繁多，其中叶类蔬菜有菠菜、芹菜和大白菜，瓜菜类蔬菜主要为黄瓜，根茎类蔬菜有萝卜、胡萝卜和马铃薯；水果有蕉类、柚子、柑桔、橙、梨、菠萝和龙眼等。

（2）林业资源和陆生野生动物

厂址所在的港口区植被属北热带季雨林，其林地面积为 13660.7 公顷，占港口区总面积的 32.0%，主要为次生林。港口区的森林植被主要有马尾松、桉树、国外松、木麻黄及各种阔叶树，还有龙眼、荔枝等经济林，灌木植被主要有桃金娘、岗松、野牡丹、鬼画符、玉叶金花、酸藤子、越南悬钩子等，草本植物有铁芒箕、五节芒、石珍芒、鹧鸪岛、蜈蚣草等。

厂址附近人为活动较多，很难见到陆生野生动物。

2.3.4 海洋水生生态及水产资源概况

2.3.4.1 水生生态

防城港核电厂开展过两次厂址邻近海域水质环境、水生生态和渔业资源等调查工作，第一次调查由国家海洋局南海工程勘察中心开展，调查时间分别为 2008 年 11 月（秋季）、2009 年 2 月（冬季）、2009 年 5 月（春季）、2009 年 8 月（夏季）；第二次调查由国家海洋局第三海洋研究所分别于 2013 年 8 月（夏季）、（10 月）秋季和 2014 年、（1 月）冬季、（3 月）春季开展。第二次调查报告中将该次调查成果与第一次调查成果进行比较后认为：防城港附近海域类似的海洋生物最完整的、最具有代表性和比较性的应为第一次调查。因此本报告主要根据第一次调查完成的《防城港核电厂工程邻近海域水质环境、水生生态和渔业资源调查总报告》来简要描述核电厂邻近海域的水生生态概况，最后给出两次调查的差异描述。

2.3.4.1.1 第一次水生生态调查结果

图 2.3-3 给出了厂址邻近海域海洋生物调查站位的分布情况，图 2.3-4 给出了潮间带生物调查站位的分布情况。各调查站位经纬度及调查内容见表 2.3-2。其中微生物、

叶绿素 a 和初级生产力、浮游植物、浮游动物调查站共 15 个，包括 S2、S5、S6、S7、S9、S11、S14、S16、S17、S18、S20、S21、S22、S24、S25；底栖生物、鱼卵仔鱼、游泳生物调查站 12 个，包括 S2、S5、S7、S9、S11、S14、S16、S18、S20、S21、S24、S25。潮间带生物调查站 4 个，为 C1、C2、C3 和 C4。调查结果如下：

（1）微生物

厂址附近海域表层海水大肠菌群含量为夏季>春季>秋季>冬季。春季调查中表层海水大肠菌群含量的变化范围为 100~500MPN/L，平均值为 239.2 MPN/L；夏季调查中表层海水大肠菌群含量的变化范围为 20~2000MPN/L，平均值为 500.7 MPN/L；秋季调查中表层海水大肠菌群含量的变化范围为 20~490MP/L，平均值为 143MPN/L；冬季调查中表层海水大肠菌群含量的变化范围为<20~210MP/L，平均值为 54MPN/L。

厂址附近海域表层海水粪大肠菌群含量为夏季>冬季>秋季>春季。春季调查中表层海水粪大肠菌群在各站的含量变化范围为<20~130 MPN/L；夏季调查中表层海水粪大肠菌群在各站的含量变化范围为<20~340 MPN/L；秋季调查中表层海水粪大肠菌群在各站的含量变化范围为<20~50 MPN/L；冬季调查中表层海水粪大肠菌群的变化范围为<20~130MPN/L。

总体来看，在 4 个航次的调查中，表层海水大肠菌群和粪大肠菌群超标率均为 0，说明调查海域大肠菌群或粪大肠菌群的含量均很低，没有受到这 2 种微生物的污染。

（2）叶绿素 a 和初级生产力

总体而言，海域内一年四季叶绿素 a 含量水平一般或处于较低水平，不同季节各层分布存在一定差异，平面分布总体差异不大。春季海域调查初级生产力水平一般，夏季海域初级生产力水平较高，调查秋季调查海域初级生产力水平中等，冬季调查海域初级生产力水平较低。

四季调查中，叶绿素 a 含量平均值为秋季>夏季>春季>冬季，初级生产力平均值为夏季>秋季>春季>冬季。就平均值而言，春季调查中，底层叶绿素 a 最高，表层次之，中层最低；初级生产力则中层最高而表层最低。夏季调查中，中层叶绿素 a 最高，底层次之，表层最低；初级生产力的变化与叶绿素 a 一致。秋季调查中，表、底层叶绿素 a 差别很小，但底层略高于表层；表、底层初级生产力均以 4 号站最高。冬季调查中，底层叶绿素 a 最高，表层次之，而中层叶绿素 a 最低；初级生产力则是中层最高而表层最低。表 2.3-3 给出了调查海区内叶绿素 a 和初级生产力的统计情况表。

(3) 浮游植物

本调查海域属热带和亚热带的交汇区,浮游植物以沿岸暖水性种为主,热带种群区系特征较为明显,见表 2.3-4。

各季调查,浮游植物密度均以硅藻类居首位,其次为甲藻类。浮游植物平均密度为夏季>春季>冬季>秋季。春季调查浮游植物共出现硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 19 科 78 种,其中以硅藻门的种类最多,其次是甲藻门。浮游植物平均密度为 $606.72 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,数量以硅藻类占优势,其密度为 $581.57 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,占总密度的 95.85%。水平分布方面,各站位密度有一定的差异,最高密度达 $992.80 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,最高密度是最低密度的 4.1 倍。夏季调查浮游植物共出现硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 20 科 81 种,其中以硅藻门的种类最多,其次是甲藻门。浮游植物平均密度为 $619.37 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,数量以硅藻类占优势,其密度为 $591.57 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,占总密度的 95.51%。水平分布方面,各站位密度差异不大,最高密度出达 $977.00 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,最高密度是最低密度的 3.0 倍。秋季调查浮游植物共出现了硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 19 科 95 种,其中以硅藻门的种类最多,其次是甲藻门。浮游植物平均密度为 $458.82 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,数量以硅藻类占优势,其密度为 $434.89 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,占总密度的 94.78%。水平分布方面,各站位密度有一定的差异,最高密度达 $758.00 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,最高密度是最低密度的 2.9 倍。冬季浮游植物共出现硅藻、甲藻、蓝藻、金藻和黄藻共 5 大门类 19 科 98 种,其中以硅藻门的种类最多,其次是甲藻门。浮游植物平均密度为 $549.39 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,数量以硅藻类占优势,其密度为 $509.79 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,占总密度的 92.79%。水平分布方面,各站位密度有一定的差异,最高密度达 $925.00 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$,最高密度是最低密度的近 4 倍。

春季调查期间,海区浮游植物较明显优势种是旋链角毛藻和变异辐杆藻;夏季调查期间,海区浮游植物较明显优势种是中肋骨条藻、旋链角毛藻和菱形海线藻;秋季调查期间,调查海区浮游植物较明显优势种是旋链角毛藻和笔尖跟管藻;冬季调查期间,海区浮游植物较明显优势种是翼根管藻。

表 2.3-5 给出了厂址海域浮游植物多样性指数及均匀度。各季调查,生物多样性指数平均值为秋季>夏季>春季>冬季,均匀度平均值为秋季>夏季>春季>冬季。

(4) 浮游动物

调查区的浮游动物以适高温低盐的热带、暖温带沿岸种类占多数,见表 2.3-6。

春季调查,浮游动物经初步鉴定有12个生物类群,共81种,其中以桡足类的种类最多,其次是水母类的种类。夏季调查,浮游动物经初步鉴定有11个生物类群,共72种,其中以桡足类的种类最多,其次是水母类的种类。秋季调查,浮游动物经初步鉴定有12个生物类群,共85种,其中以桡足类的种类最多,其次是浮游幼虫类的种类。冬季调查,浮游动物经初步鉴定有13个生物类群,共79种,其中以桡足类的种类最多,其次是水母类的种类。浮游动物出现种类数为秋季>春季>冬季>夏季。

春季调查期间,海区多数采样站浮游动物生物量较高,但分布不均,变化幅度为 $50.00\sim 660.00\text{ mg/m}^3$,平均生物量为 212.94 mg/m^3 。密度分布方面,多数采样站为中等水平,变化幅度为 $240.28\sim 1589.00\text{ ind/m}^3$,平均密度为 568.98 ind/m^3 。夏季调查期间,海区采样站浮游动物生物量较高,但分布不均匀,变化幅度为 $60.00\sim 790.00\text{ mg/m}^3$,平均生物量为 252.33 mg/m^3 。密度分布方面,各采样站都出现得比较高,变化幅度为 $493.00\sim 1700.50\text{ ind/m}^3$,平均密度为 1112.87 ind/m^3 。秋季调查期间,海区各采样站浮游动物生物量比较高,但分布不均匀,变化幅度为 $120.44\sim 1900.00\text{ mg/m}^3$,平均生物量为 721.17 mg/m^3 。在密度分布方面,多数采样站较为一般,变化幅度为 $185.56\sim 2088.00\text{ ind/m}^3$,平均密度为 759.18 ind/m^3 。冬季调查期间,海区各采样站浮游动物生物量比较高,但分布不均匀,变化幅度为 $100.00\sim 808.33\text{ mg/m}^3$,平均生物量为 324.28 mg/m^3 。在密度分布方面,多数采样站较为一般,变化幅度为 $136.11\sim 2598.00\text{ ind/m}^3$,平均密度为 779.41 ind/m^3 。

春季调查,最大优势种是原生动物的夜光虫,主导了整个海区的浮游动物密度,其次是桡足类的丹氏纺锤水蚤,优势特征也十分明显。夏季调查,最大优势种是桡足类的锥形宽水蚤,主导了整个海区的浮游动物密度,其次是亚强次真哲水蚤,优势特征也相当明显。秋季调查,最大优势种是桡足类的亚强次真哲水蚤,主导了整个海区的浮游动物密度,其次是毛颚类的肥胖箭虫,优势特征也十分明显。冬季调查,最大优势种是枝角类的鸟喙尖头蚤,主导了整个海区的浮游动物密度,其次是桡足类的锥形宽水蚤,优势特征也十分明显。

表 2.3-7 给出了调查海区浮游动物多样性指数及均匀度变化范围。总体而言,四个季度调查期间,本海区浮游动物多样性指数 H' 及均匀度 J 均属中等以上水平,说明本海域生态环境良好。各季调查,生物多样性指数平均值为秋季>夏季>春季>冬季,均匀度平均值为秋季>夏季>春季>冬季。

(5) 鱼卵仔鱼

春季调查,共鉴定出9个种类,隶属于9属9科。夏季调查,共鉴定出11个种类,隶属于11属11科。秋季调查,鱼卵仔鱼样共鉴定出9个种类,隶属于9属9科。冬季调查,共鉴定出10个种类,隶属于10属10科。各季节出现种类数差别不大。

春季调查,鱼卵平均密度为603.5粒/1000m³,仔鱼平均密度为117.7尾/1000m³,鱼卵数量以鳎属鱼类最多,占总数的37.6%。夏季调查,鱼卵平均密度为461.4粒/1000m³,仔鱼平均密度为36.3尾/1000m³,鱼卵数量以鳎属鱼类最多,占总数的28.1%。秋季调查,鱼卵平均密度为563.0粒/1000m³,仔鱼平均密度为45.8尾/1000m³,鱼卵数量以鲷科鱼类最多,占总数的32.9%。冬季调查,鱼卵平均密度为1981.0粒/1000m³,仔鱼平均密度为363.0尾/1000m³,鱼卵以斑鲷数量最多,占总数的61.6%。各季调查,鱼卵平均密度为冬季>春季>秋季>夏季,仔鱼平均密度为冬季>春季>秋季>夏季。

(6) 底栖生物

表2.3-8给出了调查海域各季节底栖生物种类组成。

春季调查,共鉴定出底栖生物6门12目28科36种。夏季调查,共鉴定出底栖生物4门12目20科25种。秋季调查,共鉴定出底栖生物5门16目30科37种。冬季调查,共鉴定出底栖生物7门23目42科53种。底栖生物出现种数为冬季>秋季>春季>夏季。

春季调查,底栖生物的平均生物量为55.52g/m²,平均栖息密度为189.17尾/m²。夏季调查,底栖生物的平均生物量为61.28g/m²,平均栖息密度为112.5尾/m²。秋季调查,底栖生物的平均生物量为138.88g/m²,平均栖息密度为594.17尾/m²。冬季调查,底栖生物的平均生物量为188.15g/m²,平均栖息密度为857.58尾/m²。底栖生物平均生物量为秋季>冬季>夏季>春季,平均栖息密度为冬季>秋季>春季>夏季。

春季调查,有方格皱纹蛤、刺足掘沙蟹和独齿围沙蚕3个优势种。夏季调查,优势种为方格皱纹蛤、刺足掘沙蟹、持真节虫。秋季调查,优势种为杂色伪沙蚕、光滑倍棘蛇尾、波纹巴非蛤。冬季调查,仅肋鲷螺和方格皱纹蛤2个优势种。

底栖生物多样性指数平均值为夏季>春季>冬季>秋季,均匀度平均值为夏季>春季>冬季>秋季。表2.3-9给出了海域底栖生物多样性指数及均匀度。由表可知,四个季度调查显示底栖生物多样性均不高,均匀度一般。

(7) 潮间带生物

调查海域各季节潮间带生物种类组成如表 2.3-10。

春季调查，潮间带生物定量和定性样品经鉴定分析隶属于 11 门 26 目 48 科 64 种。夏季调查，潮间带生物定量和定性样品经鉴定分析隶属于 8 门 20 目 40 科 58 种。秋季调查，潮间带生物定量和定性样品经鉴定分析隶属于 8 门 19 目 37 科 51 种。冬季调查，潮间带生物定量和定性样品经鉴定分析隶属于 9 门 24 目 50 科 72 种。潮间带生物出现种数为冬季>春季>夏季>秋季。

春、夏、秋、冬四季调查中，优势种分别主要出现在软体动物和多毛类、软体动物、软体动物和节肢动物、软体动物和多毛类中。

潮间带生物平均生物量为秋季>夏季>冬季>春季，平均栖息密度为夏季>春季>冬季>秋季。春季调查，调查区域内潮间带生物平均生物量为 272.09 g/m²，平均栖息密度为 437.60 ind/m²，在调查断面中，生物量的高低排序均为 C₄>C₁>C₃>C₂，栖息密度高低排序均为 C₁>C₃>C₄>C₂。在垂直分布上，生物量高低排序为中低潮区>中潮区>高中潮区>低潮区>高潮区；栖息密度各潮区相差不大，高低排序为中潮区>中低潮区>高中潮区>低潮区>高潮区。夏季调查，调查区域内潮间带生物平均生物量为 624.78 g/m²，平均栖息密度为 808.80 ind/m²，在调查断面中，生物量高低排序均为 C₁>C₄>C₃>C₂。在垂直分布上，生物量高低排序为低潮区>中潮区>中低潮区>高中潮区>高潮区；栖息密度，调查断面高低排序为 C₂>C₁>C₄>C₃，垂直分布高低排序为低潮区>中潮区>高中潮区>高潮区>中低潮区。秋季调查，调查区域内潮间带生物平均生物量为 807.11g/m²，平均栖息密度为 407.2ind/m²，在调查断面中，生物量和栖息密度高低排序均为 C₁>C₃>C₄>C₂，栖息密度高低排序为 C₁>C₂>C₄>C₃；在垂直分布上，生物量高低排序为中潮区>低潮区>中低潮区>高中潮区>高潮区；栖息密度生物量高低排序为高潮区>中潮区>高中潮区>中低潮区>低潮区；总的说来，中潮区生物量和栖息密度均较高，低潮区生物量较大而栖息密度较低，高潮区生物量较小而栖息密度较大。冬季调查，调查区域内潮间带生物平均生物量为 306.32g/m²，平均栖息密度为 430.6ind/m²，在调查断面中，生物量和栖息密度高低排序均为 C₁>C₄>C₃>C₂；在垂直分布上，生物量高低排序为中低潮区>低潮区>中潮区>高中潮区>高潮区；栖息密度高低排序为高中潮区>低潮区>高潮区>中潮区>中低潮区；总的说来，中低潮区生物量高、栖息密度低，高中潮区生物量较小而栖息密度较大。

潮间带生物多样性指数平均值为春季>秋季>冬季>夏季，均匀度平均值为秋季>冬

季>春季>夏季。表 2.3-11 给出了海域潮间带生物多样性指数及均匀度。

（8）游泳生物

调查海域各季节游泳生物种类组成如表 2.3-12。

调查期间均未发现保护性水生生物，说明防城港核电厂工程邻近海域不是保护性水生生物的主要分布区。

调查期间，游泳生物出现种数为夏季=秋季>冬季>春季。春季调查，评价区内共渔获鱼类 36 种、甲壳类 27 种、头足类 4 种，游泳生物总渔获种类 67 种。夏季调查，评价区内共渔获鱼类 67 种、甲壳类 22 种、头足类 4 种，游泳生物总渔获种类 93 种。秋季调查，评价海区内共渔获鱼类 60 种、甲壳类 28 种、头足类 5 种，游泳生物总渔获种类 93 种。冬季调查，评价区内共渔获鱼类 48 种、甲壳类 28 种、头足类 8 种，游泳生物总渔获种类 84 种。

评价区内鱼类的生态特点是以由暖水性、海水性、肉食性、底层的种类为优势种。春季调查，鱼类以底层种类占优（83.33%），以暖水性的种类占绝对优势（86.11%）；以海水性鱼类为主占 86.11%；以鱼类、头足类、虾类和软体动物为主要饵料的种类相对较多，占 88.89%。夏季调查，鱼类以底层种类占优（59.70%），以暖水性的种类占绝对优势（88.06%）；以海水性鱼类为主占 83.58%；以鱼类、头足类、虾类和软体动物为主要饵料的种类相对较多，占 85.07%。秋季调查，鱼类以底层种类占优（73.33%），以暖水性的种类占绝对优势（75.00%）；以海水性鱼类为主占 80.00%；以鱼类、头足类、虾类和软体动物为主要饵料的种类相对较多，占 86.67%。冬季调查，鱼类以底层种类占优（68.33%），以暖水性的种类占绝对优势（80.00%）；以海水性鱼类为主占 85.00%；以鱼类、头足类、虾类和软体动物为主要饵料的种类相对较多，占 93.33%。海区内主要经济鱼类的产卵期延续较长，周年均有鱼类产卵繁殖。

游泳生物四季总平均资源密度为夏季>春季>冬季>秋季，游泳生物四季总平均资源密度为夏季>春季>冬季>秋季。春季调查，整个评价区鱼类的平均资源密度为 364.655kg/km²，资源密度范围为 667.212kg/km²~136.413kg/km²，平均尾数资源密度为 26629.8 尾/km²，尾数资源密度范围为 44951.6 尾/km²~16846.8 尾/km²。夏季调查，整个评价区鱼类的平均资源密度为 576.301kg/km²，资源密度范围为 1245.208kg/km²~283.868kg/km²，平均尾数资源密度为 67738.2 尾/km²，尾数资源密度范围为 143037.0 尾/km²~19198.7 尾/km²。秋季调查，整个评价海区鱼类的平均资源密

度为 66.018kg/km²，资源密度范围为 154.511kg/km²~24.860kg/km²，平均尾数资源密度为 3149.4 尾/km²，尾数资源密度范围为 10043.3 尾/km²~1461.8 尾/km²。冬季调查，整个评价区鱼类的平均资源密度为 273.733kg/km²，资源密度最高为 1070.397kg/km²~4.226kg/km²，平均尾数资源密度为 38746.7 尾/km²，尾数资源密度范围为 192114.2 尾/km²~939.1 尾/km²。

甲壳类生物中，春季调查，整个评价区甲壳类的平均资源密度为 94.813kg/km²，平均尾数资源密度为 10917.7 尾/km²。夏季调查，整个评价区甲壳类的平均资源密度为 412.952kg/km²，平均尾数资源密度为 28902.2 尾/km²。秋季调查，整个评价海区甲壳类的平均资源密度为 25.412kg/km²，平均尾数资源密度为 1885.3 尾/km²。冬季调查，整个评价区甲壳类的平均资源密度为 94.813kg/km²，平均尾数资源密度为 10917.7 尾/km²。

头足类生物中，春季调查，整个评价区头足类的平均资源密度为 20.744kg/km²，平均尾数资源密度为 877.0 尾/km²。夏季调查，整个评价区头足类的平均资源密度为 120.625kg/km²，平均尾数资源密度为 5476.0 尾/km²。秋季调查，整个评价海区头足类的平均资源密度为 10.284kg/km²，平均尾数资源密度为 128.7 尾/km²。冬季调查，整个评价区头足类的平均资源密度为 25.803kg/km²，平均尾数资源密度为 1515.9 尾/km²。

（9）海洋生物质量

春季调查中，生物体内石油烃含量均较低，未发现石油烃超标现象，但存在一定程度的 Pb、Hg 和 As 污染，特别是潮间带的重金属污染更为严重。各样品中 Hg 在所有检测样品中均超标，超标率为 100%，而 Pb 在 2 种藻类和贝类的超标程度最严重，其质量指数分别高达 25.50 和 22.30，另外，有一半以上样品的 As 均出现超标现象。

秋季调查中，生物体内重金属和石油烃含量均较低，但调查海域可能存在轻微的 Pb、Cd 和 Hg 污染，特别是贝类样品，在所检测的 8 种污染因子中，出现了 4 种污染因子的超标现象，各样品中 2 种藻类的 Pb、甲壳类样品锈斑蟳的 Cd、鱼类样品竹荚鱼的 Hg 以及 2 种贝类的 Pb、Cd、As 和 Hg 超标现象。

（10）海洋生物遗传多样性

本次调查在秋季和春季分别对海区内原地品种竹荚鱼 *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel)、栉江珧 *Pinna pectinata* Linnaeus 和脆江蓐 *Gracilaria bursa-pastoris* Silva 进行遗传多样性分析。

调查结果显示，海域内遗传多样性极为丰富。海域内竹荚鱼的变异位点数为 68，

单倍型多样性为 0.996，平均核苷酸差异为 8.863，核苷酸多样性为 1.096%；栉江珧的变异位点数为 92，单倍型多样性为 0.857。平均核苷酸差异为 8.485，核苷酸多样性为 1.555%；脆江蓠的变异位点数为 137，单倍型多样性为 0.8496。平均核苷酸差异为 19.657，核苷酸多样性为 3.208%。

2.3.4.1.2 第二次水生生态调查结果与第一次的比较

（1）叶绿素 a 和初级生产力

总体来看，防城港核电站 2014 年第二次调查结果中叶绿素 a 含量与 2009 年第一次相比存在下降的趋势，其季节变化与第一次相比亦存在明显差异。2014 年表层叶绿素 a 含量夏季最高，冬季最低，2009 年则为秋季最高，春季最低；2014 年底层叶绿素 a 含量夏季最高，秋季最低，2009 年则为秋季最高，春季最低。

初级生产力与 2009 年第一次调查结果相比，四季含量均明显下降，季节变化趋势与 2009 年第一次相比则基本相同，均表现为夏季>秋季>春季>冬季。

（2）浮游植物

与 2009 年第一次夏季同季节网采浮游植物调查资料比较，2013 年种类数量未有明显变化，2009 年生物量约是 2013 年的 2.6 倍，2009 年优势种以中肋骨条藻为主，其次为旋链角毛藻、菱形海线藻等，而 2013 年夏季调查则主要是以菱形海线藻为主，其次为旋链角毛藻中华齿状藻等，旋链角毛藻和菱形海线藻为一、二次调查共有优势种。

与 2009 年第一次秋季同季节网采浮游植物调查资料比较，2013 年种类数量未有明显变化，2009 年生物量约是 2013 年的 1.5 倍，2009 年与 2013 年优势种均以旋链角毛藻为主。

与 2009 年第一次调查资料比较，2013 年第二次调查在种类数量，生物量及主要优势种上与第一次有明显不同，尤其是冬春季。

（3）浮游动物

2008~2009 年秋夏两季总个体密度均高于 2013 年，尤其是 2009 年夏季总个体密度高出 2013 年约达 6.66 倍，但冬春两季则明显低于第二次调查；总生物量除了 2013 年秋季低于 2008 年秋季外，2013~2014 年夏冬春三季均显著高于 2009 年。由此可见不同年际调查所获的浮游动物总个体密度和总生物量均有较明显的年变化。

从优势种的组成来看，浮游动物不同年际优势种类均有明显的年际变化，特别是

夏季种类差异更明显。2009年第一次夏季的优势种达9种，而2013年第二次仅4种，其中除肥胖箭虫和球型侧腕水母相同外，其它种类均不同，差距甚远，究其原因这可能与采样月份不同有关。

从调查资料的分析结果比较来看，多样性数和均匀度也均有较明显的年际变化，2008~2009年无论是秋季或是夏季多样性指数和均匀度均明显高于2013年；而冬季2009年的多样性数和均匀度均低于2013年；春季多样性指数高于2014年春季，但均匀度则比2014年低。

（4）大型底栖生物

与周边海域相比较，防城港核电站附近海域大型底栖生物物种较为丰富，平均栖息密度处于较高水平，平均生物量则处于一般水平，生物多样性指数也处在较高水平。该海域底栖生物主要以一些小个体种群为优势种群，具有高密度低生物量的特点。与2009年第一次调查结果相比较，大型底栖生物在各个方面，特别是种类数量方面有较大的差距，这可能是因物种鉴定水平的不统一所导致。

（5）潮间带底栖生物

与2009年第一次调查的种类数量结果比较，潮间带底栖生物在科、种数量上均差别很大。而在生物量以及栖息密度方面，两期的调查结果中则同样均以软体动物和节肢动物为主要贡献类群。

（6）鱼卵仔稚鱼

2013年夏季（8月）和秋季（10月）鱼卵和仔稚鱼的数量无论是垂直拖网或是水平拖网均明显高于2009年夏秋两季，尤其是垂直拖网的仔稚鱼2013年夏季高于2009年秋季约达31.4倍。这可能与采样的月份不同有关。因为2008年调查时间是11月，正是鱼类繁殖的低峰期，鱼卵和仔稚鱼的数量较低。而2013年采样时间是10月，鱼类的繁殖种类相对较多，鱼卵和仔稚鱼较为丰富。

2014年冬季调查垂直拖网鱼卵高于2009年，仔稚鱼则低于2009年；水平拖网鱼卵和仔稚鱼的数量则是鱼卵较低，仔稚鱼较高于2009年。

2014年春季垂直拖网鱼卵和仔稚鱼均低于2009年；水平拖网鱼卵略高，仔稚鱼略低。由此可见，鱼卵和仔稚鱼数量有较明显年际变化，或可能与采样的月份不同有关。

调查海区夏秋两季鱼卵和仔稚鱼优势种的组成均有较明显的年际变化，2009年夏秋两季鱼卵和仔稚鱼的主要优势种类较2013年种类多，不同年度调查所获的鱼卵和仔

稚鱼优势种有较明显的年际变化。

（7）游泳动物

2013 年夏季种类数量及甲壳类的优势种等未有明显变化，但渔获生物量及鱼类优势种有很大不同。2013 年渔获生物量约是 2009 年的 3 倍；2009 年优势种以裘氏小沙丁鱼为主，其次为白姑鱼、海鳗，而 2013 年夏季调查则主要是丽叶鲹，其次为海鳗等。2013 年生物量明显增加主要是夏季休渔结束，刚进入开捕期的早期。

2013 年秋季种类数量及甲壳类等优势种未有明显变化，但渔获生物量及鱼类优势种有很大不同。2013 年渔获生物量约是 2009 年的 6.5 倍，而尾数达 11 倍；2009 年优势种以竹荚鱼为主，其次为海鳗、二长棘鲷，而 2013 年夏季调查则主要是丽叶鲹，其次为海鳗、截尾白姑鱼等。

2014 年冬季种类数量、优势种及生物量均有比较明显的变化。2009 年渔获生物量约是 2014 年的 2.5 倍；2009 年冬季鱼类优势种以真鲷、二长棘鲷、褐菖鲉为主，而 2014 年冬季鱼类优势种则主要是截尾白姑鱼、鹿斑鳊、鳗鲞等为主。

2014 年春季种类数量未有明显变化，但渔获生物量及各类优势种有很大不同。2009 年渔获生物量约是 2014 年的 2.8 倍；2009 年鱼类优势种以多齿蛇鲻、竹荚鱼、二长棘鲷为主，而 2014 年调查则主要是花鲈、二长棘鲷、褐菖鲉等为主。

总体表明，2009 年第一次夏、秋季重量资源密度和尾数资源密度均明显低于 2013 年第二次，而冬、春季则相反。优势种和主要种均有比较明显的不同。

2.3.4.2 生物物种保护区和保护性水生生物

（1）生物物种保护区

厂址所在海域的各保护区的分布见图 2.3-5。各保护区现简要描述如下：

— 营盘马氏珍珠贝自然保护区

营盘马氏珍珠贝自然保护区：21°18'N、109°10'E 与 21°20'N、109°30'E 两点连线以北水域。保护期：1 月到 12 月。主要保护经济种类珍珠贝资源。作业规定：保护区内禁止以任何方式捕捞珍珠贝。

该保护区最西边与防城港核电厂直线距离约为 80km。

— 北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级种质资源保护区

北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级种质资源保护区（农业部公告 1130 号，2008 年

12月22日)各边界点坐标为:21°31'N、109°10'E, 21°31'N、108°04'E, 21°00'N、108°30'E, 20°30'N、109°00'E, 20°30'N、109°30'E, 21°29'N、109°30'E, 21°15'N、108°15'E, 21°15'N、109°30'E。主要保护渔业经济种类二长棘鲷和长毛对虾资源。

该保护区实验区最北边与防城港核电厂直线距离约为20km,该保护区核心区最北边与防城港核电厂直线距离约为45km。

— 合浦儒艮国家级自然保护区

合浦儒艮国家级自然保护区位于广西北海市合浦县东南部海域。保护对象儒艮和中华白海豚均为国家一级保护动物。保护范围为109°34'30"E~109°44'00"E, 21°18'00"N~21°30'00"N,东起合浦县山口镇英罗港,西至沙田镇,海岸线全长43公里,总面积35000公顷,其中核心区13200公顷,实验区11000公顷,缓冲区10800公顷,是目前中国唯一的儒艮国家级自然保护区。

该保护区最西边与防城港核电厂直线距离约为100km。

(2) 保护性水生生物

在广西海域可能出现的国家和省级重点保护的水生野生动物主要有儒艮、中华白海豚、中华鲟、鲎鱼、黄唇鱼、江豚、花鳗鲡和文昌鱼等。在本项目秋季和冬季调查过程中,未在防城港核电厂工程邻近海域发现上述水生野生动物。

2.3.4.3 渔业资源及渔业生产现状

(1) 渔业资源概况

调查海区属北部湾热带和亚热带的半封闭海湾生态系,其渔业资源的主要特点为种类多、个体小;各类作业渔获种类组成复杂;生殖洄游路径主要在北部湾内移动;幼鱼主要分布在沿岸浅水区。随着海洋环境的变化和人类捕捞的影响,出现了种间的交替现象,一些寿命长、个体大的种类在长期过度捕捞的情况下逐渐减少以至消失,取而代之的是一些寿命短、个体小、繁殖力强的种类。

据调查,海区内有鱼类500多种,虾类200多种,头足类近50种,蟹类20多种,软体动物100多种。可供养殖开发的主要经济海洋动物有红笛鲷、黑鲷、黄鳍鲷、石鲈鱼等鱼类,斑节对虾、长毛对虾、墨吉对虾、锯缘青蟹、梭子蟹、中国鲎等甲壳类,文蛤、泥蚶、近江牡蛎、马氏珠母贝、华贵栉孔扇贝、日月贝等经济贝类,以及腔肠动物的海蜇、裸虫动物的光裸星虫等。调查水域主要经济鱼类的产卵期延续较长,周

年均有鱼类产卵繁殖。

（2）渔业生产现状

厂址所在的防城港市 2012 年的全市海洋渔业产品总量 39.26 万 t，其中海洋捕捞产量 12.46 万 t，海水养殖产量 26.8 万 t。

厂址 15km 范围内各乡镇 2012 年的养殖捕捞情况如下：

- 光坡镇海水捕捞 5786t；海水养殖面积 41186 亩，产量 50167t；淡水养殖面积 3585 亩，产量 2356t。
- 企沙镇海水捕捞 52492t，海水养殖面积 17925 亩，其中海上养殖面积 4095 亩，滩涂养殖 7980 亩，陆基养殖 5850 亩，养殖产量 34748t；淡水养殖以池塘养殖为主，养殖面积 2010 亩，产量 520t。
- 公车镇海水捕捞 981t；海水养殖面积 19365 亩，其中海上养殖面积 6630 亩，滩涂养殖 5250 亩，陆基养殖 7485 亩，海水养殖总产量 31696t；淡水养殖面积 2700 亩，其中池塘养殖 2310 亩，河沟养殖 210 亩，山塘水库养殖 150 亩，淡水养殖总产量 1071t。
- 龙门港镇海水捕捞 75187t；海水养殖面积 45045 亩，其中海水养殖面积 28850 亩，滩涂养殖面积 5100 亩，陆基养殖面积 1095 亩，海水养殖总产量 106930t；淡水养殖以山塘水库养殖为主，养殖面积 165 亩，产量 92t。

厂址 5km 沿岸各村在所属海域均有海水养殖分布：新兴村海水养殖面积 8720 亩，主要以养殖文蛤、大蚝、对虾、鱼等为主，总产量达 1.21 万 t；栏冲村海水养殖总面积 1600 亩，围塘 100 多亩，主要养殖对虾、蟹、鱼类等，总产量 1210t；沙螺辽村海水养殖总面积 4600 亩，年总产量 5330t，其中大蚝和文蛤螺养殖产量 4640t，养殖大蚝的有 100 多户，养殖文蛤螺的接近 200 户，养殖对虾有 80 多户，养殖面积 1000 多亩，产量 320t；红沙村拥有“万亩蚝排”、“海水网箱养殖”以及“对虾养殖培训试验场”，村内 200 多农户在村所属海域建立了养殖场，养殖总面积 8050 亩，其中养虾大户 85 户，虾塘 910 多亩，养殖对虾产量 370t，文蛤、大蚝养殖大户 53 户，面积 530 亩，产量达 1.59 万 t，养鱼大户 40 户，网箱养殖 462 个，养鱼产量达 462t。海岸线较长的红沙村和沙螺辽村均有几十条渔船，栏冲村仅有七八条渔船，都在近海捕捞，基本一年四季都出海作业。养殖、捕捞的水产品除少量供本地人消费外，一般销往海外、广东、福建等地。

2.3.4.4 厂址所在海域海洋功能区划和近岸海域环境功能区划

（1）海洋功能区划

广西壮族自治区海洋局 2013 年发布了“关于公布《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》的通知”（桂海发[2013]39 号），发布了《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》。

（2）近岸海域环境功能区划

根据广西壮族自治区人民政府办公厅文件《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案的通知》（桂政办发[2011]74 号文），厂址附近近岸海域环境功能区划具体为：

一、红沙工业用海区（代码 GX083CIII）

企沙半岛东面，位置是 E108°33'58.0"、N21°41'43.0"，E108°35'16.7"、N21°42'30.0"，E108°36'03.7"、N21°40'41.8"，E108°37'23.6"、N21°38'28.9"，E108°38'10.3"、N21°33'29.1"，E108°37'25.7"、N21°30'08.0"，E108°31'35.4"、N21°31'28.9"，E108°32'59.7"、N21°38'33.4" 围成的海域（红沙排污区除外），面积 150km²。主导功能为核电站温排水及工业用海，属三类环境功能区，水质保护目标为三类海水水质标准。

二、红沙排污区（代码 GX084DIV）

红沙工业用海区内，位置是以 E108°35'01.8"、N21°36'16.8"为中心，半径 2km 的海域，面积 15km²，排污区周围设 0.5km 水质过渡带。主导功能为港口、工业、生活排污用海，属四类环境功能区，水质保护目标为四类海水水质标准，水温不执行海水水质标准。

三、揽埠江口养殖区（代码 GX085B II）

从企沙东岸揽埠江口附近的揽槌村至企沙镇白沙红村的岸线，岸线向海至-5m 等深线以内的海域，面积 30km²。主导功能为海产品养殖用海，属二类环境功能区，水质保护目标为二类海水水质标准。

四、企沙港北部养殖区（GX088B II）：

企沙镇北面，田鸡港村至牛路村的海域，面积 5km²。主导功能为海产品养殖用海，属二类环境功能区，水质保护目标为二类海水水质标准。

五、钦州海产品增值区（GX078BII）：

防城港湾口至大风江沿海-5m至-25m等深线以内的海域（已划定其它功能的海域除外），面积2900km²。主导功能为鱼类、对虾等海产品增殖用海，属二类环境功能区，水质保护目标为二类海水水质标准。

2.3.5 参考资料

- [1] 防城港核电站厂址区域环境、人口分布及外部人为事件调查报告，苏州热工研究院有限公司，2013年7月。
- [2] 广西防城港核电站工程邻近海域水质环境、水生生态和渔业资源调查总报告，国家海洋局南海工程勘察中心、中国水产科学研究院南海水产研究所、厦门大学，2010年8月。

表 2.3-1（1/2） 防城港核电厂 3 号机组反应堆 5km 范围内各方位最近的居民点

方位	居民点	距离（km）	人口（人）
N	红沙村白云组	1.5	118
NNE	红沙村牛角冲组	1.1	108
NE	-	-	-
ENE			
E			
ESE			
SE			
SSE			
S			
SSW			
SW	栏冲村陈屋组	2.6	91
WSW	栏冲村春天岭组	1.9	133
W	栏冲村老虎港组	1.5	225
WNW	新兴村管草田组	4.2	164
NW	红沙村社委会组	1.6	111
NNW	红沙村大岭组	1.2	103

表 2.3-1（2/2） 防城港核电厂 3 号机组反应堆 5km 范围内各方位最近的菜园、基本农田

方位	最近菜园		最近基本农田	
	菜园位置	距离（km）	位置	距离（km）
N	红沙村白云组	1.5	红沙村白云组	1.2
NNE	红沙村牛角冲组	1.1	红沙村牛角冲组	1.1
NE	-	-	-	-
ENE				
E				
ESE				
SE				
SSE				
S				
SSW				
SW	栏冲村陈屋组	2.6	栏冲村陈屋组	2.2
WSW	栏冲村春天岭组	1.9	栏冲村春天岭组	1.8
W	栏冲村老虎港组	1.5	栏冲村老虎港组	1.5
WNW	新兴村管草田组	4.2	红沙村社委会组	1.2
NW	红沙村社委会组	1.6	红沙村社委会组	1.1
NNW	红沙村大岭组	1.2	红沙村大岭组	1.2

表 2.3-2 海洋生物调查站位及调查内容一览表

站位	经纬度		微生物、叶绿素 a、浮游植物、浮游动物	鱼卵、仔稚鱼、底栖生物、游泳生物	潮间带生物	备注
	东经	北纬				
S2	108°34.944'	21°37.528'	√	√		排水口 1km 内
S5	108°34.450'	21°39.424'	√	√		厂址
S6	108°34.783'	21°41.495'	√			取水口
S7	108°34.237'	21°42.846'	√	√		
S9	108°32.370'	21°49.868'	√	√		茅尾海
S11	108°38.255'	21°37.560'	√	√		
S14	108°37.975'	21°35.580'	√	√		
S16	108°47.227'	21°35.180'	√	√		三娘湾
S17	108°49.714'	21°31.274'	√			
S18	108°34.694'	21°35.651'	√	√		
S20	108°34.482'	21°27.050'	√	√		
S21	108°34.497'	21°20.515'	√	√		
S22	108°33.448'	21°36.518'	√			
S24	108°28.501'	21°32.240'	√	√		
S25	108°20.565'	21°30.392'	√	√		防城港湾
C1	108°34.378'	21°41.173'			√	
C2	108°34.029'	21°39.862'			√	厂址
C3	108°33.259'	21°38.978'			√	
C4	108°33.050'	21°38.528'			√	

表 2.3-3 调查海区内叶绿素 a 和初级生产力的统计情况

项 目				春季	夏季	秋季	冬季
表层	叶绿素 a	变化范围	(mg/m ³)	1.27~3.88 (SD=0.88)	1.69~4.21 (SD=0.77)	1.15~5.40 (SD=1.15)	0.58~2.12 (SD=0.48)
		平均值		2.25	2.61	3.46	1.23
	初级生产力	变化范围	(mg C/m ² d)	57.85~526.87 (SD=138.52)	192.96~1132.44 (SD=273.08)	165.69~589.71 (SD=140.20)	43.34~149.43 (SD=36.09)
		平均值		206.3	453.62	344.28	94.39
中层	叶绿素 a	变化范围	(mg/m ³)	1.79~2.40 (SD=0.25)	1.64~5.70 (SD=1.54)	1.16~3.83 (SD=1.26)	0.55~1.12 (SD=0.22)
		平均值		2.16	3.92	2.43	0.78
	初级生产力	变化范围	(mg C/m ² d)	254.95~515.21 (SD=107.69)	365.85~1606.58 (SD=494.44)	223.97~701.43 (SD=201.82)	100.79~192.90 (SD=38.19)
		平均值		443.69	1099.99	422.75	149.85
底层	叶绿素 a	变化范围	(mg/m ³)	1.50~4.53 (SD=1.07)	1.50~5.88 (SD=1.42)	0.63~5.55 (SD=1.33)	0.70~2.38 (SD=0.44)
		平均值		2.77	3.48	3.69	1.42
	初级生产力	变化范围	(mg C/m ² d)	61.79~564.51 (SD=164.94)	200.77~1797.62 (SD=582.39)	118.77~683.12 (SD=152.83)	38.82~253.81 (SD=65.64)
		平均值		252.94	689.74	356.83	120.99

表 2.3-4 海域浮游植物种类组成

项目	春季		夏季		秋季		冬季	
	种数	百分比	种数	百分比	种数	百分比	种数	百分比
硅藻门	10 科 57 种	73.08%	10 科 57 种	70.37%	10 科 72 种	75.79%	10 科 75 种	76.53%
甲藻门	6 科 14 种	17.95%	7 科 17 种	20.99%	6 科 16 种	16.84%	6 科 16 种	16.33%
蓝藻	1 科 4 种	5.13%	1 科 4 种	4.94%	1 科 4 种	4.21%	1 科 4 种	4.08%
金藻	1 科 2 种	2.56%	1 科 2 种	2.47%	1 科 2 种	2.11%	1 科 2 种	2.04%
黄藻	1 科 1 种	1.282%	1 科 1 种	1.23%	1 科 1 种	1.05%	1 科 1 种	1.02%
合计	19 科 78 种	—	20 科 81 种	—	19 科 95 种	—	19 科 98 种	—

表 2.3-5 海域浮游植物多样性指数及均匀度

项目	种类平均数 (种)	多样性指数		均匀度	
		范围	平均值	范围	平均值
春季	34	2.73~3.65	3.18	0.34~0.74	0.60
夏季	33	2.91~3.64	3.34	0.57~0.73	0.66
秋季	35	3.24~3.82	3.49	0.64~0.73	0.68
冬季	30	2.26~3.34	2.71	0.46~0.66	0.56

表 2.3-6 海域浮游动物种类组成（单位：种）

项目	原生动物	轮虫类	水母类	翼足类	枝角类	介形类	桡足类	涟虫类	端足类	樱虾类	毛颚类	有尾类	海樽类	浮游幼虫	合计
春季	1	1	18	4	2	4	30	—	2	—	5	1	1	12	81
夏季	2	—	15	6	2	1	22	—		1	8	2	1	12	72
秋季	2	—	13	4	2	3	30	—	4	2	6	2	3	14	85
冬季	1	—	11	1	2	4	33	1	3	1	6	1	3	11	79

表 2.3-7 海域浮游动物多样性指数及均匀度

项目	种类平均数 (种)	多样性指数		均匀度	
		范围	平均值	范围	平均值
春季	31	3.79	3.31~4.16	0.66~0.87	0.77
夏季	34	4.20	3.92~4.39	0.77~0.88	0.82
秋季	36	4.37	4.02~4.83	0.76~0.90	0.84
冬季	25	2.99	1.96~3.71	0.43~0.79	0.64

表 2.3-8 海域底栖生物种类组成

项目	多毛类	软体动物	节肢动物	棘皮动物	底栖鱼类	蠕虫动物	藻类	腔肠动物	星虫类	合计
春季	10 科	9 科	5 科	2 科	2 科	1 科	—	—	—	12 目 28 科 36 种
	14 种	12 种	5 种	2 种	2 种	1 种	—	—	—	
夏季	7 科	8 科	4 科	—	1 科	—	—	—	—	12 目 20 科 25 种
	8 种	10 种	6 种	—	1 种	—	—	—	—	
秋季	4 科	5 科	4 科	—	1 科	—	—	—	—	11 目 15 科 17 种
	5 种	5 种	5 种	—	1 种	—	—	—	—	
冬季	10 科	15 科	10 科	3 科	1 科	—	1 科	1 科	1 科	23 目 42 科 53 种
	12 种	20 种	12 种	5 种	1 种	—	1 种	1 种	1 种	

表 2.3-9 海域底栖生物多样性指数及均匀度

项目	多样性指数		均匀度	
	范围	平均值	范围	平均值
春季	0.811~3.309	1.997	0.397~1.000	0.820
夏季	0.250~3.006	2.162	0.250~1.000	0.873
秋季	0.000~1.972	1.070	0.000~0.921	0.530
冬季	0.231~3.122	1.891	0.116~0.985	0.643

表 2.3-10 海域潮间带生物种类组成

项目	多毛类	软体动物	节肢动物	棘皮动物	底栖鱼类	腕足类	海葵	腔肠动物	蠕虫类	星虫类	海豆芽	合计
春季	151 个	291 个	83 个	16 个	1 尾	547 个	2 个	2 个	—	—	—	11 门 26 目 48 科 64 种
夏季	45 个	782 个	140 个	42 个	—	—	—	—	—	2 个	—	8 门 20 目 40 科 58 种
秋季	23 个	304 个	154 个	—	1 尾	—	6 个	—	19 个	—	2 个	8 门 19 目 37 科 51 种
冬季	92 个	334 个	43 个	5 个	5 尾	—	1 个	3 个	—	—	—	9 门 24 目 50 科 72 种

表 2.3-11 海域潮间带生物多样性指数及均匀度

项目	多样性指数		均匀度	
	范围	平均值	范围	平均值
春季	0.449~3.211	1.842	0.398~0.947	0.700
夏季	0.371~3.365	1.763	0.322~0.960	0.663
秋季	0.000~3.085	1.796	0.000~0.991	0.753
冬季	0.000~3.125	1.783	0.000~0.961	0.711

表 2.3-12 海域游泳生物组成及特征值

项目	种类数（种）			渔获量及组成				总平均渔获率（kg/h）	总平均资源密度（kg/km ² ）	总渔获尾数（尾）	总平均尾数渔获率（尾/h）	平均尾数资源密度（尾/km ² ）
	鱼类	甲壳类	头足类	总渔获量（kg）	鱼类（%）	甲壳类（%）	头足类（%）					
春季	36	27	4	138.373	76.54	17.79	5.66	16.353	469.598	14725	1899.8	55907.1
夏季	67	22	4	317.382	52.08	37.87	10.05	39.547	1109.878	29442	3658.2	102116.4
秋季	60	28	5	33.660	64.37	25.22	10.41	3.742	101.714	1787	190.5	5163.4
冬季	48	28	8	96.276	63.82	27.50	8.68	11.950	394.348	14263	1570.4	51180.4



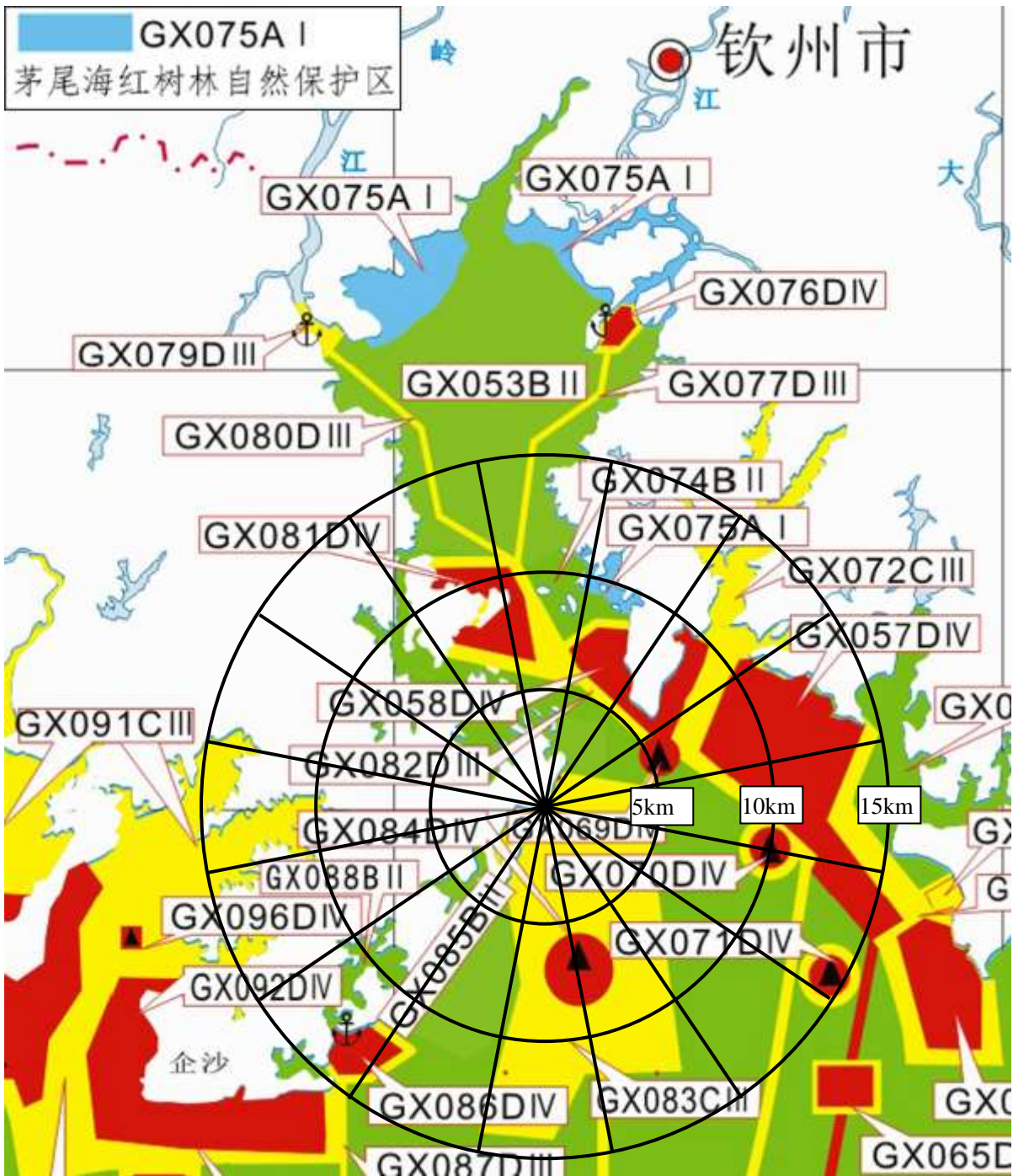
防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）

厂址附近乡村公路分布示意图

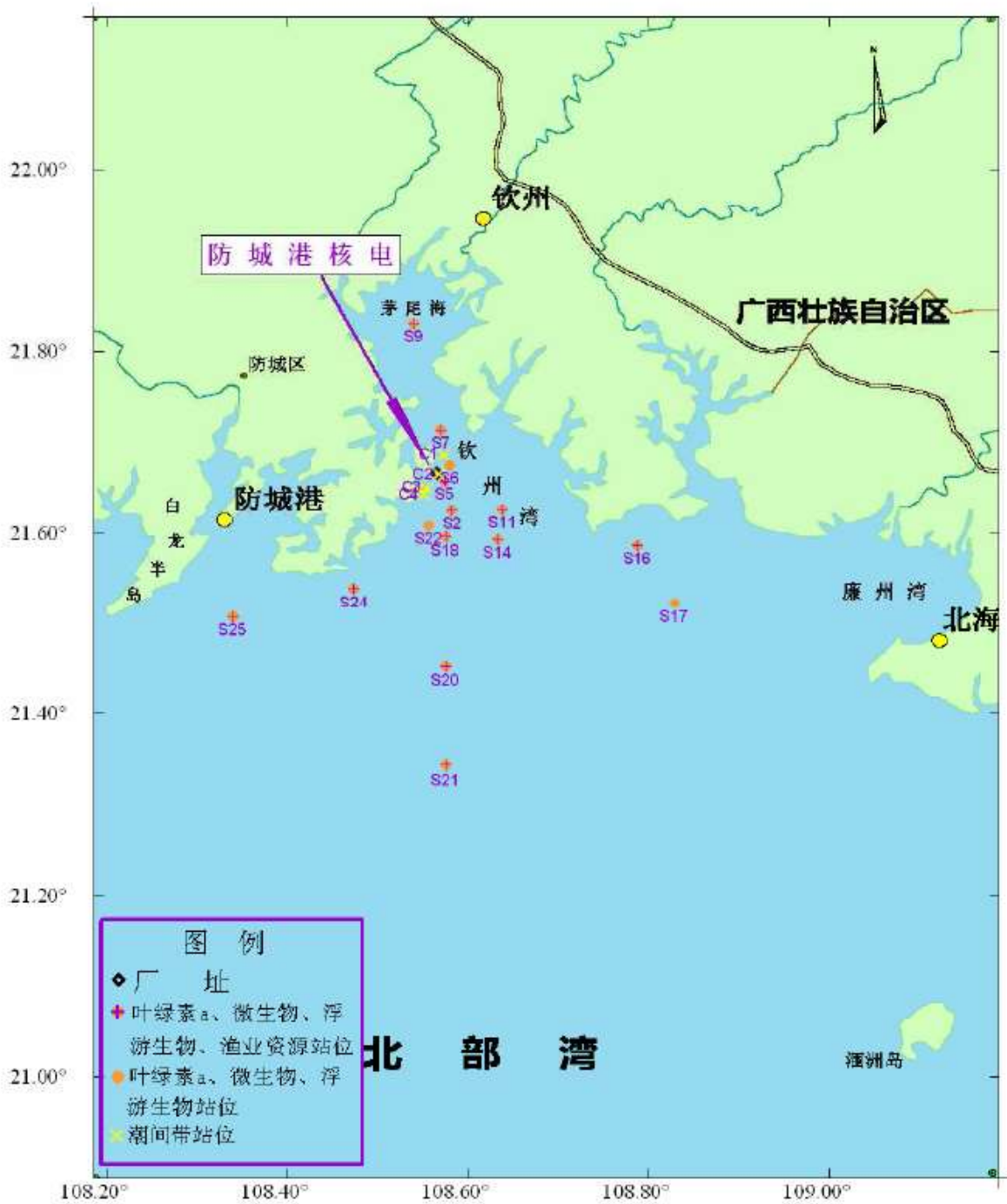
图 2.3-1

版次：

A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
厂址附近海域红树林分布示意图		
图 2.3-2	版次:	A

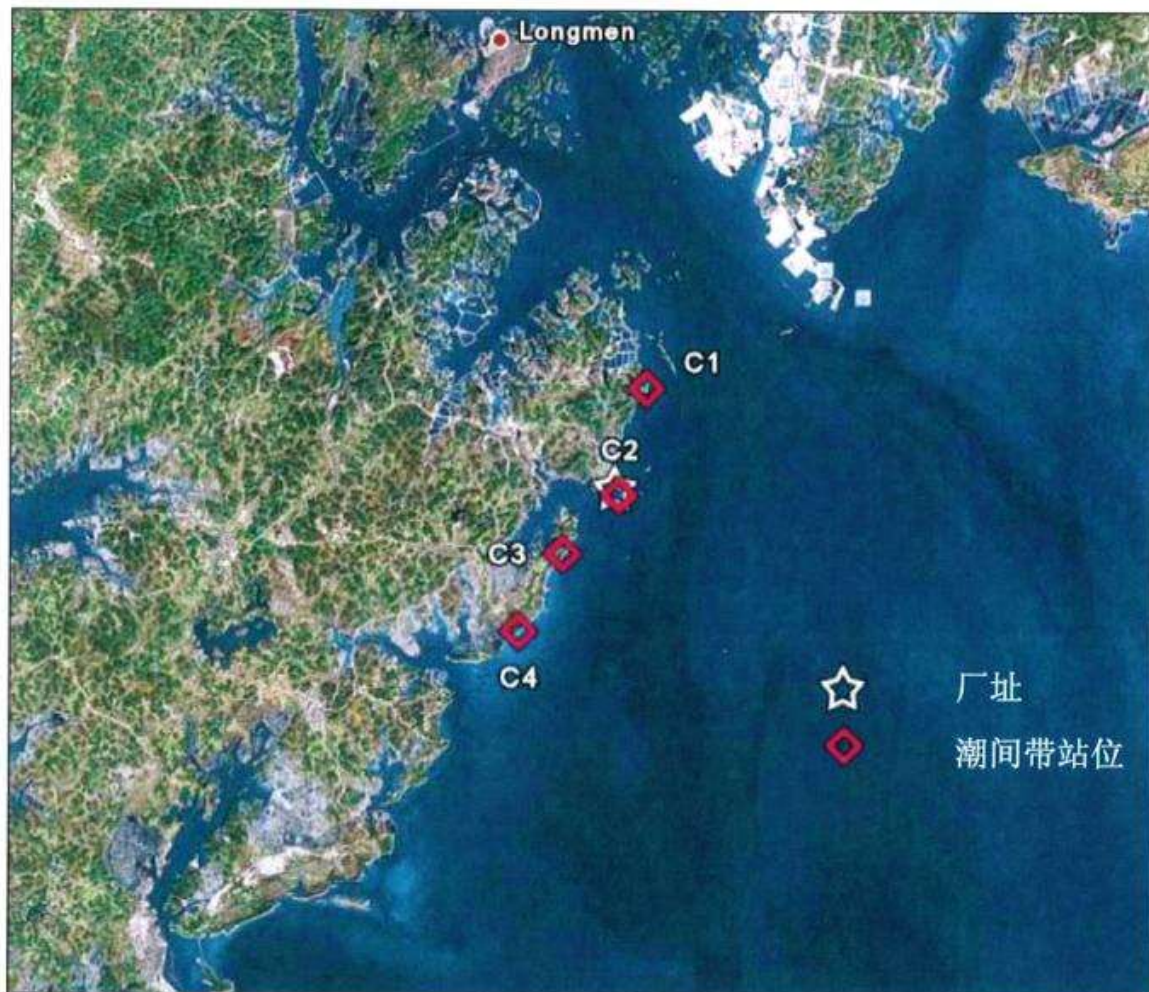


防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）
厂址附近海域海洋生物调查站位图

图 2.3-3

版次：

A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
厂址附近海域潮间带生物调查站位图		
图 2.3-4	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
厂址附近海域生物物种保护区分布示意图		
图 2.3-5	版次:	A

- 2.4 气象
 - 2.4.1 区域气候
 - 2.4.1.1 气温
 - 2.4.1.2 气压
 - 2.4.1.3 相对湿度
 - 2.4.1.4 日照
 - 2.4.1.5 蒸发
 - 2.4.1.6 降水
 - 2.4.1.7 风
 - 2.4.2 当地气象条件
 - 2.4.2.1 气温
 - 2.4.2.2 气压
 - 2.4.2.3 相对湿度
 - 2.4.2.4 降水
 - 2.4.2.5 风
 - 2.4.3 厂址地区大气弥散特征
 - 2.4.3.1 海陆风和热内边界层
 - 2.4.3.2 逆温层
 - 2.4.3.3 混合层高度及扩散参数
 - 2.4.4 灾害性天气
 - 2.4.4.1 热带气旋
 - 2.4.4.2 龙卷风
 - 2.4.4.3 雷暴
 - 2.4.5 联合频率
 - 2.4.6 厂址气象观测

2.4.6.1 运行前的厂址气象观测

2.4.6.2 运行期间的厂址气象观测大纲

表

表2.4-1 气象站信息及沿革

表2.4-2 防城站累年气象特征值（1982-2013年）

表2.4-3 钦州站累年气象特征值（1953-2013年）

表2.4-4 防城港站累年气象特征值（1995-2007年）

表2.4-5 钦州站季、年风向频率（1953-2013年）

表2.4-6 防城港站季、年风向频率（1995-2007年）

表2.4-7 厂址气象观测系统气象参数统计

表2.4-8 厂址各降水等级的降水量、降水小时数

表2.4-9 气象塔各层逐月及全年平均风速

表2.4-10 气象塔各层逐月及全年风向频率

表2.4-11 大气测试试验得到的混合层高度

表2.4-12 湍流观测试验得到的扩散系数值

表2.4-13 厂址地区风向、风速、稳定性和降水联合频率

表2.4-14 防城港核电厂气象观测系统传感器性能指标

图

图2.4-1 气象观测站和厂址的相对地理位置

图2.4-2 钦州站季、年风玫瑰图（1953-2013年）

图2.4-3 气象塔各层全年风向玫瑰图

图2.4-4 气象塔10m全年降水期间风向玫瑰图

图2.4-5 试验结果与Briggs乡村扩散参数和P-G扩散参数的比较

图2.4-6 平衡球试验计算水平扩散参数

2.4 气象

防城港核电厂地处广西壮族自治区南部沿海，在亚洲东南部季风区内，季风环流明显，属南亚热带季风型海洋气候。该地区四季气候温暖、热量丰富、日照时间长、雨量充沛，是广西风速最大的地区之一。该地区气候主要受以下气团影响：

- 冬季，极地大陆气团影响厂址区域，在气团南下过程中，受到高原及山脉的阻滞，到达该地区时强度已明显减弱，气团变性快。厂址区域处于气团边缘，多吹偏北风。
- 夏季，厂址区域主要受赤道气团和热带海洋气团影响，高温多雨，多吹偏南风。
- 春、秋季，厂址区域受极地大陆气团、赤道气团和热带海洋气团交替影响，冷空气不强，南下过程中又受高原的屏障作用而明显减弱，东亚暖湿气流活跃，天气温暖潮湿。

2.4.1 区域气候

防城气象站与钦州气象站分别为离厂址最近的两个国家基本站。钦州气象站位于核电厂址以北约 33.1km，防城气象站位于核电厂址西北约 23.9km，两个气象站的信息及沿革见表 2.4-1。两个台站所在区域地势相对开阔，周围没有高大障碍物阻挡。两个气象站的主要观测项目均为云、能见度、天气现象、气压、空气温度和湿度、风向和风速、降水、日照、蒸发、地温，其中除由人工观测的项目（云、能见度、天气现象等，一天观测四次）外，每天进行 24 次定时自记观测。表 2.4-2~表 2.4-3 给出了两个气象观测站累年各气象要素统计特征。图 2.4-1 给出了各气象观测站和厂址的相对地理位置图。

考虑到钦州气象站的资料年限远比防城气象站长，而且厂址区域与钦州气象站均处于北部湾（钦州湾）沿海，南部滨临海洋，海拔高度、地形地貌较为接近，故本节选择钦州气象站作为描述防城港核电厂区域气象的主要气象资料依据。钦州气象站气象要素除平均气压、最大日降水量、降水日数、最大风速为 1953-2007 年观测资料统计值以外，其余气象要素为 1953-2013 年的观测资料统计值。

此外，防城港核电厂位于防城港市港口区，本节还将根据位于防城港市港口区的防城港气象站（为一般站）1995 年至 2007 年的统计资料对厂址区域气候进行进一步补充说明。表 2.4-4 给出了防城港站累年部分主要的气象要素统计情况。

2.4.1.1 气温

钦州站多年平均气温为 22.2℃，7 月份月平均气温最高，为 28.5℃；1 月份月平均气温最低，为 13.6℃。

防城港站多年平均气温为 22.2℃，7 月份月平均气温最高，为 28.1℃，1 月份月平均气温最低，为 14.1℃。

2.4.1.2 气压

厂址区域全年气压变化明显，冬季高于夏季。

根据钦州站 1953~2007 年的统计资料，钦州站年平均海平面气压为 1011.4hPa，平均气压月变化在 1003.0~1019.7hPa 之间，历年极端最高气压出现为 1035.6hPa；极端最低气压为 980.1hPa。

防城港站年平均海平面气压 1008.3hPa，平均气压月变化在 1000.0~1016.7hPa 之间，历年极端最高气压出现为 1032hPa；极端最低气压为 976.5hPa。

2.4.1.3 相对湿度

厂址区域气候湿润，空气中水汽含量较高，夏季相对湿度明显高于冬季。

钦州站相对湿度全年平均为 80%。8 月份月平均相对湿度最大，为 85%；12 月份月平均相对湿度最小，为 71%。

2.4.1.4 日照

厂址区域日照比较充足，一年中夏、秋季日照时数最多，冬季较少。

钦州站年日照时数平均为 1743.4 小时，日照百分率为 39%，各月日照百分率在 18% 至 55% 之间变动。

防城港站年日照时数平均为 1644.2 小时，日照百分率为 37%，各月日照百分率在 15% 至 55% 之间变动。

2.4.1.5 蒸发

钦州站年平均蒸发量 1718.2mm，月平均蒸发量中，7 月最高，为 187.5mm，2 月

最低，为 79.8mm。

2.4.1.6 降水

厂址区域降水充沛，春、夏季雨水较为集中，秋冬季节较少。

钦州站多年年平均降水量为 2128.5mm，春、夏季降水量占全年的 76.9%。

防城港站多年年平均降水量为 2625.6mm，春、夏季降水量占全年的 82.0%。

2.4.1.7 风

（1）钦州站统计资料

表 2.4-5 和图 2.4-2 给出了钦州站季、年风向频率。分析图表可知，厂址区域季风特征明显，季、年主导风向及频率为：

夏季主导风向为 S，频率为 18.1%；

秋季主导风向为 N，频率为 24.8%；

冬季主导风向为 N，频率为 32.2%；

春季主导风向不明显，N 和 S 向风交替出现，频率分别为 15.7% 和 14.4%。

全年主导风向为 N，频率为 19.4%，次主导风向为 S，频率为 10.7%。

全年静风频率为 10.1%。

钦州站全年年平均风速为 2.4m/s。

（2）防城港站统计资料

表 2.4-6 给出了防城港站季、年风向频率。季、年主导风向及频率为：

夏季主导风向为 SSW，频率为 15.1%；

秋季主导风向为 N，频率为 25.7%；

冬季主导风向为 NNE，频率为 32.1%；

春季主导风向为 NNE，频率为 17.9%。

全年主导风向为 NNE，频率为 17.9%，次主导风向为 N，频率为 11.2%。

全年静风频率为 7.7%。

防城港站全年年平均风速为 3.9m/s。

2.4.2 当地气象条件

防城港核电厂厂址观测系统（气象观测站）包括厂址专用地面气象站和百米气象塔。

厂址气象观测站位于核岛西南侧约 1.4km 公管岭的山坡，经纬度约为 108°32′51″E、21°40′01″N，厂址气象站高程为 28m（厂区地形图高程）。所选站址周边多洼地，无高大山体遮挡，气象站观测环境满足《地面气象观测规范》有关要求，观测数据可以较好地反映厂址地区的风、温场和大气弥散条件的气象特征，观测数据对厂址地区气象条件代表性较好。

厂址专用地面气象站：观测的气象要素包括温度、湿度、雨量、气压、总辐射、净辐射和地温。太阳辐射观测高度为离地面 1.5m，气压、雨量和地温为观测场地面高度，温湿度计高度为 1.5m。

百米气象塔：气象梯度自动观测共设四层（10m、30m、80m 和 100m），各层观测风向、风速、温度。

本报告根据厂址气象观测站 2013 年 6 月至 2014 年 5 月一整年气象数据，数据联合获取率为 95.4%，观测数据获取率满足相关导则中获取率不低于 90% 的要求。

表 2.4-7 给出厂址气象观测系统 2013 年 6 月~2014 年 5 月一整年的气象要素（气温、气压、相对湿度、降水和风）统计。

2.4.2.1 气温

（1）地面气温

厂址地区年平均气温为 20.6℃，8 月平均气温最高，为 27.9℃，2 月平均气温最低，为 13.7℃。

（2）气象塔塔层气温

气象塔 10m 高度年平均气温 21.7℃，8 月平均气温最高，为 27.8℃，2 月平均气温最低，为 13.3℃。

气象塔 30m 高度年平均气温 21.7℃，8 月平均气温最高，为 27.8℃，2 月平均气温最低，为 13.2℃。

气象塔 80m 高度年平均气温 21.6℃，8 月平均气温最高，为 27.7℃，2 月平均气温最低，为 13.0℃。

气象塔 100m 高度年平均气温 21.3℃，8 月平均气温最高，为 27.5℃，2 月平均气

温最低，为 12.8℃。

2.4.2.2 气压

厂址地区全年平均气压为 1007.8hPa，1 月份平均气压最高，为 1016.8hPa，6 月份平均气压最低，为 998.46hPa。

2.4.2.3 相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 83.0%，全年月平均相对湿度在 72.5%至 94.1%之间波动。

2.4.2.4 降水量

厂址地区年降水量为 1741.1mm。年内各月降水分配不均，雨水主要集中在汛期 4~9 月。表 2.4-8 给出了厂址各降水等级的降水量和降水小时数。

2.4.2.5 风

表 2.4-9 给出了气象塔各层月平均风速值。表 2.4-10 给出了气象塔各层各月及全年风向频率。图 2.4-3 给出了气象塔各层全年风向玫瑰图。图 2.4-4 给出了降水期间气象塔 10m 高度全年风玫瑰图。

- 厂址静风较低，10m、30m、80m 和 100m 高度静风频率分别为 1.1%、0.9%、0.6%和 0.7%。
- 10m、30m、80m 高度主导风向为 N，100m 高度层主导风向为 NNE；
- 10m、30m、80m 和 100m 高度层平均风速分别为 4.1m/s、4.8m/s、5.7m/s 和 6.1m/s。

（1）风速

从厂址地区 10m、30m、80m 和 100m 高度年各月平均风速来看，气象塔 12 月平均风速最大，8 月平均风速最小。

（2）风向

观测年度厂址气象塔各层主导风向明显，以偏北风（N、NNE）为主，10m 高度北风频率为 29.0%，30m 高度北风频率为 38.1%，80m 高度北风频率为 38.9%，100m 高

度偏北风频率为 21.5%。

2.4.3 厂址地区大气弥散特征

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了厂址现场污染气象观测专题工作，并于 2009 年 7 月和 2010 年 1 月分别开展了夏季和冬季现场大气扩散试验工作。测试主要包括两部分，分别为大气边界层风、温特征观测和湍流特征观测，其中，夏季大气边界层风、温特征观测设置了两个测点，分别为厂址所在的红星村和位于厂址 NE 方位 7km 处的钦州电厂，两测点进行同步观测；冬季现场大气测试在厂址所在的红星村开展。湍流特征观测设于厂址梯度气象观测站，分别在梯度气象站 10m 和 80m 进行湍流观测。现场大气测试具体工作内容如下：

- 大气边界层风、温特征观测：

- 1) 小球测风：分析试验地区风的垂直分布，观测所用的气球为 20 号探空气球，充以氢气，气球的标准升速 100m/min 升空，采用双电子式经纬仪跟踪，每隔 15 秒读一次数，每天具体释放时间为：2: 00、5: 00、8: 00、11: 00、14: 00、17: 00、20: 00、23: 00。

- 2) 低空测温：主要测量试验地区温度的垂直分布。低空测温与小球测风同时进行，带有热敏元件的探空包由测风气球牵引升空，探空包发射无线电信号，地面接收机接受温度信号并记录。

- 湍流特征观测：

- 1) 采用目前应用广泛，观测精度高的基础研究级三维超声风速仪进行风速三分量 U、V、W 的观测；

- 2) 湍流脉动量采样频率为 20Hz，不间断连续采样；

- 3) 观测高度为 10m 高度和 80m 高度。

以下根据苏州热工研究院有限公司完成的《防城港核电厂大气边界层和湍流特征观测分析报告》对厂址大气弥散特征进行描述。

2.4.3.1 海陆风和热内边界层

厂址地区夏季由于受西南季风和台风交替控制，系统气流较强，而海岸线又与主导气流方向重合，故海陆风现象较难形成，夏季大气测试期间仅 2009 年 8 月 4 日和 2

日观测到了明显带海陆风性质的低层风场随时刻转向现象（2日只发生风向偏转，未形成环流）。根据夏季8月4日观测到的海陆风可知，当日陆风风向为W、WSW、SW风，海风仅在11时、14时出现，风向分别为E、SSE风；海陆风转向高度主要分布在300~500m间。从厂址地区冬季大气测试的温度探测数据来看，10m高度处气温日变化幅度小于3℃；从天气形势上看，厂址地区冬季多受极地大陆性气团影响，系统风风速较大。海陆风的形成需要下垫面出现较大的热力性质差异和较低风速的系统风，故分析可知，冬季厂址地区难以形成海陆风。

夏季大气测试期间，热内边界层现象是与海风相联系的，由于厂址地区海陆风现象较少，故热内边界层现象也较少，但在观测到海陆风的2天中，也同时观测到了热内边界层的出现；冬季大气测试期间，热内边界层现象是与控制厂址地区的极地大陆性气团和热带海洋性气团的进退相联系的，测试期间仅2天观测到热内边界层现象。

2.4.3.2 逆温层

冬、夏两次大气测试均观测到了明显的逆温现象。

夏季大气测试期间的统计结果表明，正午11时和14时逆温出现频次最低，清晨02~05时逆温出现频次最高。冬季大气测试期间逆温出现频次的统计关系与夏季测试期间类似。厂址地区夜间近地面大气逆温现象中10m和50m、10m和100m高度之间的逆温出现次数最多，频率最高可达60%。

厂址测点近地面层贴地逆温强度最大，最高平均逆温强度可达2.122℃/100m，出现在23时10m和50m高度之间，该层20时平均逆温强度也高达2.100℃/100m。出现此类强贴地逆温的主要原因是夜间地表强烈的辐射冷却和低空海洋暖湿气流的共同作用。11时至14时逆温强度最小，最大逆温强度不超过0.7℃/100m。

厂址测点100m以上高度的空中逆温集中出现在05~08时间。

2.4.3.3 混合层高度及扩散参数

表2.4-11统计了使用温度梯度-风速法计算Pasquill大气稳定度时，夏季和冬季厂址测点不同时刻和稳定度下的混合层高度。根据夏季、冬季两季获得的不同稳定度下的混合层高度进行算术平均得到，厂址地区混合层高度分别为A类1201m、B类1071m、

C类 936m 和 D类 625m。

为满足核电厂进行正常工况和事故工况下扩散计算的要求，使用湍流观测试验获得的湍流度计算扩散参数。野外试验观测期间还进行了一定量的平衡球的观测，使用平衡球试验结果也可计算扩散参数，虽然试验获得的平衡球样本组数较少，无法获得完整的各类稳定度条件下扩散参数，但由于湍流观测试验和平衡球试验分属欧拉方法和拉格朗日方法，平衡球试验计算扩散参数可以验证湍流观测试验计算扩散参数的有效性。

表 2.4-12 分别给出了利用湍流观测试验得到的 10m 和 80m 高度扩散参数系数值。图 2.4-5 给出了厂址地区 80m 高度扩散参数与 Briggs 乡村扩散参数和 P-G 扩散参数的比较图。从图中结果来看，厂址区域 80m 高度扩散参数与 Briggs 扩散参数基本相当，不同稳定度下侧向扩散参数差别小于垂直向扩散参数，这也反映了厂址地区独特的扩散参数。

为了验证湍流观测试验所得扩散参数的可靠性，冬季试验期间，在厂址区域额外进行了少量的平衡球观测观测。利用平衡球测试资料计算的水平扩散参数见图2.4-6。因实测样本数有限，试验期间仅捕捉到B、C、D三类稳定度。根据比较发现，平衡球试验计算扩散参数与湍流试验计算扩散参数较为接近。平衡球试验的结果佐证了湍流观测试验计算的扩散参数。

由于湍流观测试验计算所得扩散参数与平衡球试验计算的扩散参数较为接近，进一步佐证了湍流观测试验计算扩散参数的有效性；将计算得到的扩散参数与 Briggs 乡村扩散参数和 P-G 扩散参数进行比较，结果发现 P-G 曲线较为保守，计算扩散参数与 Briggs 乡村扩散参数更为接近，因此本报告采用 Briggs 乡村扩散参数进行大气弥散因子计算，以得到合理保守的结果。

2.4.4 灾害性天气

2.4.4.1 热带气旋

凡登陆、影响广西沿海地区的热带气旋，对厂址区域均可能造成影响。热带气旋带来的狂风、暴雨，可严重危及工程和生命财产的安全。

按照“国际热带气旋名称和等级标准”，台风指最大风速大于 32.6m/s 的热带气

旋，由于长期以来我国气象界和民间习惯把热带气旋称为台风，在本报告部分地方所称台风实际即热带气旋。

调查范围为以厂址为中心的 380km 半径的区域，采用了 1949-2008 年的台风年鉴资料，从 1949 年到 2008 年 60 年间，对厂址区域产生影响的气旋，按热带气旋强度分，216 个直接影响广西防城港厂址区域的热带气旋中，其中强热带风暴以上强度计 158 个，占 73.1%，强热带风暴占 23.6%，台风占 26.4%。热带气旋中西行（含在海南登陆后西行）的路径占多数，约占一半，为 49.5%。其次为西北行，占 43.0%，其余为北上（含北上后折东北行或东行）。

防城港核电工程设计基准热带气旋的参数如下：

- 热带气旋中心最低气压 $P_0=906\text{hPa}$;
- 热带气旋外围气压 $P_\infty=1010\text{hPa}$;
- 热带气旋最大风速半径 $R=40\text{km}$;
- 热带气旋移动速度为 27.5 km/h ，北向型。

2.4.4.2 龙卷风

统计 1962~2007 年广西防城港核电工程厂址区域内 67 个龙卷风样本，龙卷风分布大致以厂址附近和东南、东北部较多，西部相对较少。

多发的合浦、钦州平均 5~7 年出现一次龙卷风，其次是防城、博白、横县、化州、湛江、吴川、徐闻、雷州等地在调查年限内出现 2~4 次龙卷风，少的地方如扶绥、上思、南宁、浦北、贵港、北海、遂溪等地在调查年限内仅出现过 1 次龙卷风，还有点地方（如邕宁、灵山等）在调查年限内未有龙卷风记录。厂址南临南海，因洋面资料较少，无海龙卷记录。

防城港核电厂区域发生龙卷风的季节性特征鲜明。防城港区域龙卷风从季节上来看主要出现在春季和夏季，秋季和冬季仅出现过 1~2 次。从出现时间上来看，2~7 月为防城港龙卷风高发时段，其中以 4 月份发生次数最多，5 月次之，2 月、3 月、6 月、7 月稍少，1 月、9 月、11 月偶有发生。

龙卷风产生于强对流天气，除了要有适当的天气形势外，高温、高湿是其孕育的另一个必要条件。一天当中，午后到傍晚由于下垫面受辐射增温，加热低层大气，从而导致大气层结的不稳定，有利于强对流天气的形成，也有利于龙卷风的发生。

在调查的龙卷风资料中，共有 44 个龙卷风日记录了确切的发生时间。从发生的时辰上看，龙卷风多发生在中午至傍晚这一时段，集中高发时段为 10 时~18 时，共发生了 25 次，占有确切记录日的 57%。

补充调查 2008-2013 年厂址区域的龙卷风资料，防城港核电厂址区域共出现了 6 个龙卷风个例，其中 F0 级 5 个，F2 级 1 个，未发现 F3 级的龙卷风。

按照“ANSI/ANS-2.3.1983”设计基准龙卷风特征参数表，给出防城港核电工程 10^7 年一遇的龙卷风事件对应的设计参数：

- 最大设计风速 (m/s): 80.0;
- 最大旋转风速 (m/s): 62.0;
- 最大平移风速 (m/s): 18.0;
- 最大压降速率 (hPa/s): 7.68;
- 总压力降 (hPa): 48.0;
- 飞射物的速度 (m/s): 28.0。

2.4.4.3 雷暴

钦州、防城多年平均初雷日为 2 月 24 日至 2 月 28 日，北海、防城港为 3 月 4 日至 3 月 8 日。防城港核电厂址区域周边站点以北海的雷暴终日结束较早，一般在 10 月 21 日至 10 月 23 日；最迟的防城港，雷暴终日为 11 月 4 日；钦州、防城、合浦在 10 月 25 日至 30 日。

一年之内，各地累年月雷暴日数以 12 月最少，其次是 1 月和 11 月，5~9 月最多。累年雷暴月日数 1~6 月逐月增多，7~8 月达到最多，其中峰值出现在 8 月份的有北海、钦州、防城港和合浦，防城峰值出现在 7 月；8 月以后雷暴月日数逐渐减少。

1961~2007 年，钦州、北海、合浦的年雷暴日数呈明显减少变化趋势，防城港、防城的变化趋势不明显。钦州年雷暴日数最多的是 1975 年（131 天），最少的是 2006 年（61 天），1984~1986 年、1994~1996 年以及 1998~2007 年的雷暴日数比常年值偏少，其余大部分年份雷暴日数偏多。北海年雷暴最多的是 1997 年（96 天），最少的是 1989 年（50 天）；合浦年雷暴日数最多的是 1975 年（110 天），最少的是 2000 年（57 天）；防城港年雷暴日数最多的是 1993 年（90 天），最少的是 2006 年（54 天）；防城年雷暴日数最多的是 1982 年（109 天），最少的是 1989 年（62 天）。

2008~2013年6年间，防城站共出现雷暴日数501天，平均每年出现83.5天，出现最多的年份为2010和2013年，雷暴日数达到92天，最少的2011年雷暴日数为64天。钦州站共出现雷暴日数499天，平均每年出现83.2天，出现最多的年份为2010年，雷暴日数达到90天，最少的2011年雷暴日数为75天。

2.4.5 联合频率

联合频率统计采用厂址百米气象塔2013年6月至2014年5月一整年的气象数据。大气稳定度利用气象塔10m、80m温度数据和10m风速数据，按照温度梯度风速分类法分为六类。厂址地区各类稳定度所占比例分别为：A类0.3%，B类3.1%，C类7.0%，D类67.6%，E类8.6%，F类13.4%。按照《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）导则要求，在联合频率统计中，风向分16个方位。将风速划分为6级，即：

- 风速小于0.5m/s按静风处理，作为第一级风速；
- 0.5~1.9m/s为第二级风速；
- 2.0~2.9m/s为第三级风速；
- 3.0~4.9m/s为第四级风速；
- 5.0~5.9m/s为第五级风速；
- 大于6.0m/s为第六级风速。

表2.4-13给出了厂址地区全年风向、风速、稳定度和降水的联合频率分布。

2.4.6 厂址气象观测

核电厂环境影响评价的一项重要内容是核电厂厂址气象特征和大气弥散规律的分析，以及电厂运行前和运行期间现场气象观测计划的实施，其中首要任务是在核电厂厂址上建设气象观测系统，以获取足够的具有代表性的气象观测数据。

在防城港核电厂厂址开展气象观测的主要目的为：

- 为分析防城港核电厂厂址特定气象特征和大气弥散规律提供符合国家相关导则要求的气象数据；
- 为防城港核电厂后续的大气扩散规律研究提供所需的气象数据；

- 为制定防城港核电厂运行后的气象观测计划提供依据，并为厂址所在地区的应急准备积累基础资料。

2.4.6.1 运行前的厂址气象观测

运行前的现场气象观测大纲是用来观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的厂址弥散特性所需要的各种参数。

防城港核电厂的地面气象观测站和气象梯度观测系统于 2008 年 9 月 26 日开始观测。气象梯度观测系统于 2009 年 4 月 1 日建成投入运行。

最初的厂址地面气象观测站（称为 1 号地面站）地理位置为东经 108°33'56"、北纬 21°39'58"，于 2008 年 10 月 1 日正式开始观测，人工观测和自动观测结合，观测场高程为 20m 左右。观测项目包括温度、降水、蒸发、日照、太阳辐射、相对湿度、水汽压、风向、风速、气压、浅层地温、深层地温、闪电等气象要素和云、水平能见度、雾、雨淞、雾淞、冰雹、干旱、雷暴、闪电、霾、强降水、降雪、强寒流、沙尘暴、大雾、龙卷风、暴雨等天气现象。观测场所处地势开阔且相对高度较高，周围无高大植被和建构物，满足气象站建站的基本要求。

由于施工的需要，于 2009 年 10 月将厂址地面气象观测站迁址（称为 2 号地面站），距离原观测站位置 680m，高程 20m，观测项目有：10m 高的风速、风向，雨量，相对湿度，气压，总辐射、净辐射、地表温度、气温，进行自动观测。地面气象观测系统观测要素包括：温度、太阳辐射、相对湿度、风向、风速、气压、等气象要素。气象梯度观测系统分为四层（10m、30m、80m、100m），观测要素为温度、风速和风向。

由于厂址平面布置的需要，气象塔和地面观测站搬迁至厂址西南方向，于 2011 年 6 月中旬建设完成，在 6 月底气象站遭雷击，苏州热工研究院有限公司技术人员对系统防雷系统进行改造维护，期间系统暂停运行。在 2011 年 7 月 18 日，系统改造维护完成。7 月 19 日系统开始试运行，7 月份试运行期间数据获取率达 97.4%，2011 年 8 月防城港气象观测系统开始正式运行。地面气象观测系统观测要素包括：温度、太阳辐射、相对湿度、风向、风速、气压、等气象要素。气象梯度观测系统分为四层（10m、30m、80m、100m），观测要素为温度、风速和风向。

表 2.4-14 给出了地面站和梯度气象观测系统设备传感器性能指标。

2.4.6.2 运行期间的厂址气象观测大纲

防城港核电厂运行期间的气象观测设施包括厂址气象塔梯度自动观测系统和厂址地面气象站，其中气象塔梯度自动观测系统开展 10m、30m、80m、100m 四层风向、风速和温度观测，厂址地面气象站观测要素包括风向、风速、温度、湿度、雨量、气压和太阳辐射。上述气象观测系统的数据获取率应满足 HAD101/02 不低于 90% 的要求。此外观测系统应备足各种设备的备份，建立必要的质量保证体系。同时对所有传感器应定期送国家相关仪器鉴定部门进行标定。

表 2.4-1 气象站信息及沿革

站名	类型	年代	北纬	东经	海拔高度(m)	详细地址
防城	基本站	1982年1月 建站至今	21°47'	108°21'	32.4	防城各县族自治县防城镇东北侧洗猪河蝴蝶岭“郊外”
钦州	基本站	1952~1959	21°57'	108°37'	5.0	钦县钦州镇四马路9号“郊外”
		1960~1980	21°57'	108°37'	4.0	钦县钦州镇地基庙28号“郊外”
		1981年至今	21°57'	108°37'	4.5	钦州镇三马路南巷80号“郊外”
防城港	一般站	1993年至今	21°37'	108°21'	31.3	港口区郊外

表 2.4-2 防城站累年气象特征值（1982-2013 年）

月份 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气压(hPa)	1018.1	1009.7	1010.1	1007.2	1005.5	999.3	999.5	1001.1	1003.5	1009.9	1014.6	1016.0	1007.9
平均气温(°C)	13.5	15.5	18.3	22.8	26.1	27.7	28.1	27.8	26.7	24.4	20.2	15.7	22.2
极端最高气温(°C)	27.2	31.0	32.1	33.4	34.9	37.8	37.5	37.4	36.7	34.9	32.1	28.9	37.8
极端最低气温(°C)	3.1	2.9	6.1	9.2	16.5	19.8	22.6	21.5	15.4	13.7	6.6	2.6	2.6
降水量(mm)	48.1	61.1	85.1	129.9	293.6	519.8	537.6	492.7	240.6	114.7	67.1	31.6	2622.1
最大日降水量(mm)	66.0	64.6	129.0	154.0	272.7	350.3	355.4	347.5	226.9	150.6	132.6	57.9	355.4
降水日数(d)	11.9	14.0	15.3	14.5	16.0	19.6	21.0	19.6	12.4	10.1	8.0	7.7	170.1
平均水汽压(hPa)	12.8	14.2	17.6	23.2	27.7	31.5	32.2	31.4	27.7	22.3	16.7	13.1	22.5
相对湿度(%)	78	83	84	84	84	86	87	86	80	76	72	71	81
最小相对湿度(%)	13	19	18	31	24	20	38	30	15	13	16	13	13
日照时数(h)	63.0	43.1	53.3	84.5	139.2	143.0	171.9	172.8	187.3	173.7	147.3	121.2	1500.3
日照百分率(%)	19	13	14	22	34	36	42	43	51	48	44	36	34
蒸发量(mm)	80.3	63.6	85.1	113.6	152.4	144.3	154.1	157.9	173.3	172.4	140.2	117.6	1555.0
平均风速(m/s)	3.8	3.8	3.5	3.1	2.8	2.5	2.4	2.0	2.6	3.3	3.4	3.6	3.1
最大风速(m/s)	10.5	10.2	10.1	10.1	9.0	8.4	9.0	8.0	10.0	10.5	10.4	11.2	11.2

注：平均气温、极端最高气温、极端最低气温为 1982-2013 年统计值，其他气象要素为 1982-2007 年统计值

表 2.4-3 钦州站累年气象特征值（1953-2013 年）

项目 \ 月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气压(hPa)	1019.4	1017.4	1014.2	1010.6	1007.0	1003.7	1003.0	1003.5	1007.9	1013.6	1017.4	1019.7	1011.4
平均气温(°C)	13.6	14.9	18.2	22.4	26.4	27.9	28.5	28.2	27.1	24.2	19.9	15.8	22.2
极端最高气温(°C)	28.1	31.5	34.0	34.0	36.5	37.0	37.9	37.8	37.0	35.3	32.9	31.5	37.9
极端最低气温(°C)	-1.8	2.1	3.8	9.0	14.6	19.0	21.0	20.9	15.7	10.2	3.9	1.9	-1.8
降水量(mm)	43.6	50.3	69.1	122.1	216.2	396.3	436.1	398.2	204.7	103.3	56.7	31.9	2128.5
最大日降水量(mm)	93.5	85.6	132.3	180.0	150.1	235.6	291.2	324.4	175.6	163.6	131.5	62.9	324.4
降水日数(d)	12.3	14.1	18.0	23.5	28.6	31.8	32.8	32.1	28.5	22.6	16.9	13.3	22.9
平均水汽压(hPa)	12.2	14.4	18.1	23.5	28.6	31.9	32.7	32.0	28.4	22.5	17.0	13.1	22.9
相对湿度(%)	76	81	84	84	83	85	85	85	80	75	73	71	80
最小相对湿度(%)	8	9	16	24	16	27	35	24	24	14	12	9	8
日照时数(h)	83.0	59.5	65.9	102.2	175.0	169.2	209.0	193.6	200.6	193.4	161.9	130.1	1743.4
日照百分率(%)	24	18	18	28	44	43	52	49	55	54	48	38	39
蒸发量(mm)	95.5	79.8	93.2	125.3	176.0	170.7	187.5	176.4	179.6	174.6	141.1	118.6	1718.2
平均风速(m/s)	2.8	2.8	2.7	2.6	2.7	2.5	2.5	2.0	2.2	2.4	2.5	2.5	2.4
最大风速(m/s)	8.3	8.5	8.4	9.0	8.6	8.4	8.3	8.1	8.4	8.2	8.7	8.5	9.0

注：平均气压、最大日降水量、降水日数、最大风速为 1953-2007 年统计值。

表2.4-4 防城港站累年气象特征值（1995-2007年）

月份 项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均气压(hPa)	1015.6	1014.3	1010.5	1007.5	1004.2	1001.0	1000.0	1000.9	1005.2	1010.4	1013.5	1016.7	1008.3
平均气温(°C)	14.1	15.5	18.2	22.9	26	27.6	28.1	27.7	26.5	24.3	20.1	15.9	22.2
极端最高气温(°C)	27.2	28.4	31.5	33.4	34.8	37.8	37.5	37.4	36.7	34.9	32.1	28.9	37.8
极端最低气温(°C)	3.4	2.9	6.1	9.2	16.5	20.8	22.6	21.5	15.4	13.7	6.6	2.6	2.6
降水量(mm)	41.7	37.7	80.7	99.5	221.5	587.6	666.3	498.6	229.1	78.1	54.0	30.9	2625.6
日照时数(h)	70.3	54.5	56.5	104.1	159.3	152.8	186.2	187.2	189.7	198.7	165	120	1644.2
日照百分率(%)	21	17	15	28	39	38	45	47	52	55	50	36	37
平均风速(m/s)	4.3	4	3.8	3.6	3.7	3.9	4.1	3.3	3.7	3.8	3.9	4.3	3.9

表 2.4-5 钦州站季、年风向频率（1953-2013 年）

单位：%

风向	春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)	年
N	15.7	4.8	24.8	32.2	19.4
NNE	8.2	4.7	13.1	12.8	9.7
NE	3.7	4.5	6.2	4.5	4.7
ENE	2.0	4.2	3.4	1.7	2.9
E	2.6	5.9	3.3	1.9	3.4
ESE	4.3	6.8	3.1	2.2	4.1
SE	6.2	6.1	2.6	2.9	4.5
SSE	7.9	8.5	2.5	3.2	5.5
S	14.4	18.1	5.0	5.1	10.7
SSW	11.9	12.2	4.2	4.1	8.1
SW	2.6	3.9	2.2	2.0	2.7
WSW	0.9	1.8	1.2	0.9	1.2
W	0.7	1.0	0.7	0.5	0.7
WNW	0.7	1.3	0.8	0.6	0.9
NW	1.8	2.1	2.5	1.5	2.0
NNW	8.1	3.9	13.1	13.1	9.6
C	8.3	10.2	11.4	10.7	10.1

表 2.4-6 防城港站季、年风向频率（1995-2007 年）

单位：%

风向	春 (3~5月)	夏 (6~8月)	秋 (9~11月)	冬 (12~2月)	年
N	11.2	6.6	25.7	20.9	11.2
NNE	17.9	4.2	18.3	32.1	17.9
NE	4.3	3.6	7.7	7.2	4.3
ENE	2.3	2	3.2	2.5	2.3
E	1.8	2.9	2.9	2.6	1.8
ESE	2.5	2	2.4	3.2	2.5
SE	4.4	4.8	3	2.8	4.4
SSE	7.6	4.8	3.7	3.5	7.6
S	8.1	11.8	3.5	3.1	8.1
SSW	8.2	15.1	2.5	2.4	8.2
SW	6.4	11.1	1.6	0.9	6.4
WSW	5.6	6.7	2.1	0.8	5.6
W	3.2	5.5	1.7	1.3	3.2
WNW	1.1	1.9	1.3	1.2	1.1
NW	1.1	3.2	1.5	1.1	1.1
NNW	6.4	7.4	13.4	8.3	6.4
C	7.7	6.4	5.7	6.1	7.7

表 2.4-7（1/2） 厂址气象观测系统气象参数统计

气温(°C) 月份	10m			30m			80m			100m			地面		
	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低
一月	14.9	22.4	7.3	15	22.2	7.2	15.1	21.9	6.7	15.0	21.6	6.5	14.3	17.6	11.0
二月	13.3	22.9	4.8	13.2	22.4	4.7	13.0	22.1	4.0	12.8	21.8	3.9	13.7	19.6	8.7
三月	16.6	28.3	11.0	16.6	27.9	10.9	16.4	27.5	10.4	16.3	27.0	10.2	16.9	36.9	11.1
四月	23.3	27.6	17.9	23.2	27.4	17.8	23.0	28.0	17.6	22.6	27.6	17.2	23.9	39.3	18.0
五月	26.2	31.7	18.0	26.1	31.3	18.0	26.0	31.0	17.9	25.6	30.4	17.6	27.4	43.0	18.3
六月	27.6	32.7	21.7	27.5	32.4	21.8	27.6	32.3	21.7	27.0	31.6	21.1	27.4	35.5	21.7
七月	27.4	31.5	22.8	27.3	31.0	23.1	27.5	31.1	23.5	26.9	30.4	23.1	12.5	34.5	21.1
八月	27.8	35.0	23.2	27.8	34.7	23.3	27.7	34.2	23.5	27.5	34.0	22.8	27.9	35.3	24.4
九月	26.3	32.9	18.4	26.3	32.5	18.3	26.3	32.4	18.0	25.8	31.8	17.6	25.9	28.5	21.7
十月	24.0	31.5	16.6	24.0	31.1	17.6	24.0	30.9	17.7	23.6	30.3	17.3	23.2	27.0	19.9
十一月	20.4	28.6	11.9	20.4	28.1	11.9	20.2	27.8	11.5	19.9	27.4	11.2	20.6	25.2	16.0
十二月	13.7	23.2	7.2	13.8	22.9	7.1	13.7	22.5	6.6	13.5	22.2	6.5	14.2	18.5	10.9
全年	21.7	35.0	4.8	21.7	34.7	4.7	21.6	34.2	4.0	21.3	34.0	3.9	20.6	43.0	10.9

表 2.4-7（2/2） 厂址气象观测系统气象参数统计

参数 时间	气压 (hPa)			相对湿度 (%)		降水量	
	平均	平均最高	平均最低	平均	平均最低	降水量	降水小时数
一月	1016.80	1026.2	1008.10	76.5	60.0	1.4	9
二月	1012.93	1023.7	1002.90	86.1	44.0	32.9	91
三月	1011.42	1020.0	999.00	94.1	71.0	75.5	170
四月	1006.97	1013.1	1000.70	92.1	56.0	195.0	86
五月	1002.87	1013.6	995.00	88.4	63.0	138.2	61
六月	998.46	1005.7	990.10	86.2	31.0	110.6	58
七月	999.42	1004.3	994.00	92.7	49.0	441.8	20
八月	999.69	1007.4	909.70	82.5	38.0	142.8	126
九月	1003.50	1011.7	993.00	83.8	50.0	387.3	86
十月	1010.00	1017.1	1002.80	72.5	27.0	5.5	14
十一月	1012.70	1023.0	997.30	75.0	42.0	94.2	70
十二月	1016.39	1024.4	1007.30	68.8	30.0	115.9	87
全年	1007.75	1026.2	909.70	83.0	27.0	1741.1	914

表 2.4-8 厂址各降水等级的降水量、降水小时数

降水等级	降水 小时数	降水量 (mm)
$0.0 < r < 0.2$	222	22.2
$0.2 \leq r < 0.5$	250	69.2
$0.5 \leq r < 1.0$	123	83.5
$1.0 \leq r < 2.0$	128	175.7
$2.0 \leq r < 5.0$	100	313.9
$5.0 \leq r < 7.0$	31	179.9
$7.0 \leq r < 10.0$	22	188.2
$10.0 \leq r < 15.0$	20	240.8
$15.0 \leq r < 20.0$	7	121.4
$20.0 \leq r < 30.0$	6	150.5
$30.0 \leq r$	5	195.8

r 为小时降雨量 (mm/h)

表2.4-9 气象塔各层逐月及全年平均风速（m/s）

月份 \ 高度	10m	30m	80m	100m
一月	3.9	4.7	5.7	6.0
二月	4.3	5.4	6.5	6.9
三月	4.5	5.2	5.8	6.2
四月	3.5	4.1	5.1	5.4
五月	3.5	4.1	5.2	5.5
六月	4.2	4.9	6.0	6.2
七月	3.6	4.3	5.2	5.3
八月	2.8	3.4	4.0	4.1
九月	4.1	4.6	5.2	5.8
十月	4.5	5.0	6.1	6.5
十一月	5.0	5.7	6.8	7.2
十二月	5.1	6.1	7.1	7.5
全年	4.1	4.8	5.7	6.1

表 2.4-10 (1/4) 气象塔各月及全年风向频率 (%)

10m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	37.0	24.1	38.6	10.3	9.1	15.4	6.0	23.3	36.8	51.6	37.0	55.0	29.0
NNE	19.8	30.6	24.2	14.9	10.9	5.3	2.7	7.2	20.3	24.2	41.4	32.2	19.6
NE	2.6	2.6	1.0	2.7	2.4	2.7	2.2	1.1	6.0	5.4	4.2	2.6	3.0
ENE	1.8	1.1	0.7	2.8	4.0	1.7	3.4	1.4	3.6	2.2	1.4	0.9	2.1
E	2.0	1.2	0.7	2.0	2.1	2.4	5.7	2.2	3.0	1.8	1.3	0.5	2.1
ESE	1.4	1.4	1.2	4.0	2.7	0.6	5.2	2.4	1.7	2.2	1.4	0.3	2.0
SE	4.1	4.8	2.2	11.6	3.3	3.4	10.1	5.7	2.1	0.7	1.8	0.7	4.2
SSE	10.2	11.9	7.7	25.3	2.2	5.2	12.8	5.2	2.9	2.3	2.1	0.7	7.4
S	7.5	9.7	7.0	14.1	6.7	6.1	9.3	6.0	2.9	2.2	3.1	1.1	6.3
SSW	4.6	4.4	3.8	5.2	5.5	24.6	16.1	6.8	2.0	1.4	1.4	1.2	6.4
SW	2.3	1.7	2.5	2.5	8.4	17.5	10.1	6.8	2.3	0.8	0.8	0.7	4.7
WSW	1.1	0.8	1.6	0.8	31.5	5.3	7.6	8.3	4.4	0.7	1.1	0.1	5.1
W	0.8	1.1	2.8	0.4	6.1	2.0	2.0	5.5	2.0	0.4	0.7	0.0	1.9
WNW	1.2	1.4	1.5	0.7	1.5	1.1	0.6	2.2	2.1	0.8	0.4	0.7	1.2
NW	0.7	0.9	1.0	0.4	0.7	2.4	2.4	5.2	2.7	0.7	0.4	0.5	1.5
NNW	2.0	1.1	1.6	0.6	1.0	4.1	2.3	9.4	4.5	2.3	1.1	2.2	2.6
C	0.9	1.5	1.9	1.6	1.5	0.6	1.4	1.3	1.1	0.5	0.3	0.5	1.1

表 2.4-10（2/4）气象塔各月及全风向频率（%）

30m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	36.2	44.0	43.9	22.1	18.0	15.9	4.3	24.1	18.3	95.1	69.1	59.3	38.1
NNE	2.2	3.0	0.6	2.4	1.8	5.7	3.6	9.4	16.2	0.3	3.6	3.7	4.3
NE	2.2	1.2	1.2	3.3	1.9	3.1	3.0	3.0	6.3	0.0	1.3	0.8	2.2
ENE	2.4	1.5	1.0	2.7	1.6	2.5	2.3	2.0	6.2	0.0	1.4	0.3	2.0
E	2.3	1.5	1.3	4.5	1.8	2.4	4.9	1.9	5.1	0.0	1.8	0.4	2.3
ESE	5.3	6.0	2.9	13.0	1.9	0.8	6.3	1.7	6.6	0.0	1.4	0.7	3.9
SE	10.9	13.4	8.6	28.6	4.2	2.5	8.5	5.4	5.9	0.1	2.5	0.8	7.6
SSE	7.1	7.2	7.0	11.6	8.2	3.5	11.6	4.3	4.4	0.1	2.9	1.9	5.8
S	4.2	4.2	3.9	4.1	12.4	7.3	11.5	6.5	5.1	0.0	0.7	1.1	5.0
SSW	1.4	1.8	1.9	1.4	21.9	10.9	14.4	6.3	5.3	0.0	0.6	0.3	5.4
SW	1.4	1.4	1.9	0.6	12.7	28.2	12.8	8.0	5.0	0.1	0.8	0.0	6.0
WSW	1.4	1.4	2.9	1.0	4.8	9.9	8.3	7.1	4.2	0.4	0.4	0.0	3.4
W	0.9	1.1	1.5	0.7	1.2	2.2	3.0	7.7	3.8	0.4	0.0	0.1	1.8
WNW	0.5	0.2	0.7	0.3	0.3	1.3	1.1	3.1	2.6	0.4	0.1	0.1	0.9
NW	1.1	0.5	1.0	0.1	0.6	1.4	1.7	2.8	1.2	0.5	0.6	0.9	1.0
NNW	19.8	11.0	18.7	3.3	5.7	2.0	1.9	5.8	1.1	1.2	12.1	29.4	9.5
C	0.8	0.6	1.0	0.4	0.7	0.4	0.7	0.8	3.0	1.2	0.6	0.1	0.9

表 2.4-10（3/4）气象塔各月及全风向频率（%）

80m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	43.4	42.2	25.7	15.6	13.5	15.5	4.6	24.4	64.1	71.2	74.8	66.9	38.9
NNE	2.3	3.2	1.2	1.8	1.8	3.4	1.1	6.8	3.5	4.1	2.5	3.8	2.9
NE	3.4	1.2	1.6	4.0	2.5	3.1	1.0	3.3	3.8	3.8	2.8	1.1	2.6
ENE	3.1	2.4	2.2	3.5	2.1	2.8	1.0	2.4	2.6	2.3	1.7	0.5	2.2
E	3.5	5.0	1.7	8.9	1.6	4.5	3.0	2.5	2.4	3.3	2.9	0.4	3.3
ESE	8	10.4	8.0	26.7	2.8	2.7	2.6	3.3	1.4	2.0	1.5	0.9	5.9
SE	9.6	8.3	8.6	17.3	5.2	1.5	5.2	4.9	1.5	1.4	2.9	0.8	5.6
SSE	6.4	5.9	3.5	6.8	9.0	1.8	7.8	4.7	1.1	2.3	2.5	1.5	4.4
S	3.3	4.7	3.9	1.7	17.5	2.8	8.8	5.8	0.9	1.9	1.0	0.8	4.3
SSW	1.1	2.0	0.4	1.7	20.2	4.2	10.8	8	0.9	0.9	0.4	0.0	4.1
SW	1.8	0.9	3.4	0.6	10	9.1	14.4	8.7	1.4	0.8	1.1	0.1	4.3
WSW	1.5	2.1	2.2	0.6	2.2	20.3	13.8	7.1	2.4	0.5	0.4	0.0	4.4
W	0.8	0.2	0.6	0.1	0.3	11.2	10.2	6.8	2.3	0.7	0.3	0.3	2.8
WNW	0.0	0.3	0.4	0.3	0.1	10.8	8.9	4.6	1.4	0.3	0.4	0.3	2.3
NW	1.1	0.8	1.0	0.1	0.9	5.7	3.7	2.5	1.2	0.3	0.3	0.3	1.5
NNW	10.3	10.4	35.1	9.9	9.1	0.7	2.9	3.8	6.6	3.8	4.1	21.8	9.9
C	0.4	0.2	0.4	0.4	0.7	0.1	0.3	0.5	2.9	0.4	0.3	0.4	0.6

表 2.4-10（4/4）气象塔各月及全风向频率（%）

100m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	17.0	8.3	19.0	5.7	6.0	16.8	2.9	22.0	27.9	37.9	17.8	34.3	18.1
NNE	25.4	36.2	35.1	13.9	13.0	4.7	1.7	6.9	20.1	21.0	41.1	36.9	21.5
NE	10.9	8.6	5.8	5.8	4.2	3.2	2.7	4.7	10.5	16.1	20.2	18	9.4
ENE	4.3	3.3	2.6	2.8	1.9	2.5	3.4	2.8	8.7	7.6	4.2	4.1	4.1
E	2.8	1.5	1.5	3.0	3.1	2.1	5.3	2.0	4.2	1.9	2.1	1.1	2.5
ESE	3.9	2.7	2.9	4.8	2.1	1.3	7.9	3.3	3.3	3.9	2.4	0.3	3.2
SE	7.2	8.3	3.9	15.0	1.2	2.9	10.2	4.7	2.9	2.0	2.8	0.9	5.2
SSE	11.0	12.2	9.6	26.7	3.3	3.5	10.6	4.4	2.9	1.4	3.1	0.8	7.5
S	6.4	6.8	5.5	12.9	7.5	8.7	11.4	5.8	2.9	2.6	2.4	1.4	6.1
SSW	3.4	4.2	3.4	4.4	8.8	20.8	17.1	8.8	2.9	1.5	0.7	1.2	6.4
SW	2.7	3.8	3.1	2.7	23.2	21.8	11.5	8.3	2.7	1.5	0.6	0.0	6.7
WSW	1.1	0.9	0.7	0.7	15.6	6.1	6.0	7.4	3.0	0.8	1.3	0.0	3.5
W	1.8	2.1	4.4	0.6	7.3	1.3	2.2	7.9	3.3	0.5	0.3	0.1	2.5
WNW	0.9	0.3	1.3	0.1	1.3	1.4	1.6	4.1	1.4	0.3	0.3	0.1	1.1
NW	0.7	0.3	0.6	0.1	0.4	0.7	1.0	2.2	1.8	0.4	0.4	0.1	0.7
NNW	0.1	0.5	0.1	0.4	0.3	1.0	1.0	3.8	1.4	0.3	0.1	0.1	0.7
C	0.4	0.0	0.4	0.4	0.4	1.3	3.4	0.6	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7

表 2.4-11 大气测试试验得到的混合层高度

单位：米

夏季

稳定度	11 时		14 时		17 时		20 时		总计	
	样数	高度	样数	高度	样数	高度	样数	高度	样数	高度
A	7	1183.1	10	1454.0	7	1120.9	1	478.2	25	1245.8
B	2	1036.4	5	982.3	8	1338.7	3	464.1	18	1060.3
C	5	1151.0	6	1324.3	0	0.0	2	690.8	13	1160.2
D	1	509.2	0	0.0	4	1034.6	10	409.0	15	582.5
总计	15	1107.9	21	1304.6	19	1194.4	16	458.9	71	1043.0

冬季

稳定度	11 时		14 时		17 时		20 时		总计	
	样数	高度	样数	高度	样数	高度	样数	高度	样数	高度
A	2	785.6	3	1554.8	2	929.6	0	0	7	1156.4
B	5	1058.0	7	1147.7	5	1015.6	0	0	17	1082.5
C	1	680.6	2	821.6	0	0.0	1	527.6	4	712.9
D	4	647.7	3	889.8	4	864.0	9	515.9	20	668.0
总计	12	844.4	15	1134.1	11	944.8	10	517.1	48	889.7

表 2.4-12 扩散参数

稳定度级别	σ_y	σ_z
A	$0.22x(1+0.0001x)^{-1/2}$	$0.2x$
B	$0.16x((1+0.0001x)^{-1/2})$	$0.12x$
C	$0.11x((1+0.0001x)^{-1/2})$	$0.08x(1+0.0002x)^{-1/2}$
D	$0.08x((1+0.0001x)^{-1/2})$	$0.06x(1+0.0015x)^{-1/2}$
E	$0.06x((1+0.0001x)^{-1/2})$	$0.03x(1+0.0003x)^{-1}$
F	$0.04x((1+0.0001x)^{-1/2})$	$0.016x(1+0.0003x)^{-1}$

注：x 为下风向距离，单位 m。

表 2.4-13（1/3） 厂址地区风向、风速、稳定度联合频率（降水）

单位：%

稳定度	风速等级	风速 m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW
A	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0~2.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	2.0~2.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.42	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	2.0~2.9	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	4.26	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.34	0.13	0.12	0.04	0.07	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	0.01	0.05	0.06	0.01	0.02	0.01	0.00
	2.0~2.9	2.43	0.23	0.06	0.04	0.04	0.01	0.02	0.05	0.07	0.05	0.02	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01
	3.0~4.9	3.93	0.81	0.36	0.05	0.01	0.07	0.05	0.06	0.07	0.06	0.08	0.08	0.10	0.02	0.00	0.04	0.00
	5.0~5.9	5.46	0.51	0.26	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.06	0.00	0.02	0.01	0.07	0.00	0.01	0.00	0.00
	>6.0	8.33	1.75	1.26	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.07	0.06	0.06	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02
E	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0~2.9	2.48	0.12	0.07	0.02	0.06	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.04	0.10	0.04	0.01	0.00	0.01	0.02
	3.0~4.9	3.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	静风	-	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	<1.9	1.22	0.18	0.04	0.04	0.02	0.05	0.04	0.02	0.07	0.07	0.02	0.10	0.07	0.05	0.02	0.10	0.06
	2.0~2.9	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2.4-13（2/3） 厂址地区风向、风速、稳定度联合频率（无降水）

单位：%

稳定度	风速等级	风速 m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	静风	-	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.26	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	2.0~2.9	2.35	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.49	0.14	0.14	0.07	0.11	0.10	0.04	0.06	0.20	0.08	0.13	0.07	0.04	0.00	0.01	0.04	0.06
	2.0~2.9	2.50	0.06	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.07	0.07	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	3.0~4.9	4.06	0.55	0.20	0.00	0.02	0.01	0.00	0.11	0.16	0.17	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.43	0.12	0.07	0.08	0.02	0.06	0.10	0.13	0.18	0.18	0.11	0.10	0.04	0.05	0.02	0.01	0.05
	2.0~2.9	2.52	0.25	0.13	0.01	0.04	0.08	0.04	0.06	0.14	0.14	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	3.0~4.9	3.93	1.26	0.50	0.11	0.05	0.06	0.10	0.12	0.28	0.33	0.19	0.04	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	5.40	0.62	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	>6.0	6.43	0.20	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
D	静风	-	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
	<1.9	1.35	0.42	0.29	0.26	0.36	0.25	0.26	0.28	0.43	0.62	0.48	0.30	0.24	0.18	0.08	0.05	0.08
	2.0~2.9	2.45	1.04	0.62	0.42	0.36	0.31	0.35	0.60	0.98	1.17	0.59	0.44	0.44	0.10	0.06	0.07	0.17
	3.0~4.9	3.88	5.57	3.24	0.73	0.41	0.57	0.37	1.04	2.52	1.78	1.58	0.83	1.11	0.23	0.04	0.10	0.26
	5.0~5.9	5.42	3.71	2.80	0.31	0.05	0.16	0.13	0.39	0.83	0.24	0.53	0.20	0.32	0.02	0.00	0.00	0.02
	>6.0	7.73	6.63	7.13	0.16	0.08	0.06	0.06	0.59	0.62	0.14	1.12	0.31	0.41	0.05	0.00	0.00	0.02
E	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0~2.9	2.39	1.46	0.89	0.14	0.10	0.02	0.07	0.06	0.14	0.43	0.48	1.00	0.96	0.44	0.12	0.12	0.25
	3.0~4.9	3.60	0.67	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.23
	5.0~5.9	5.38	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	6.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	静风	-	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.07	0.08	0.12	0.07	0.01
	<1.9	1.32	1.51	0.91	0.41	0.19	0.12	0.22	0.38	0.35	0.47	0.72	0.96	0.98	0.62	0.60	0.61	0.79
	2.0~2.9	2.42	0.74	0.07	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.06	0.14	0.23	0.51
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

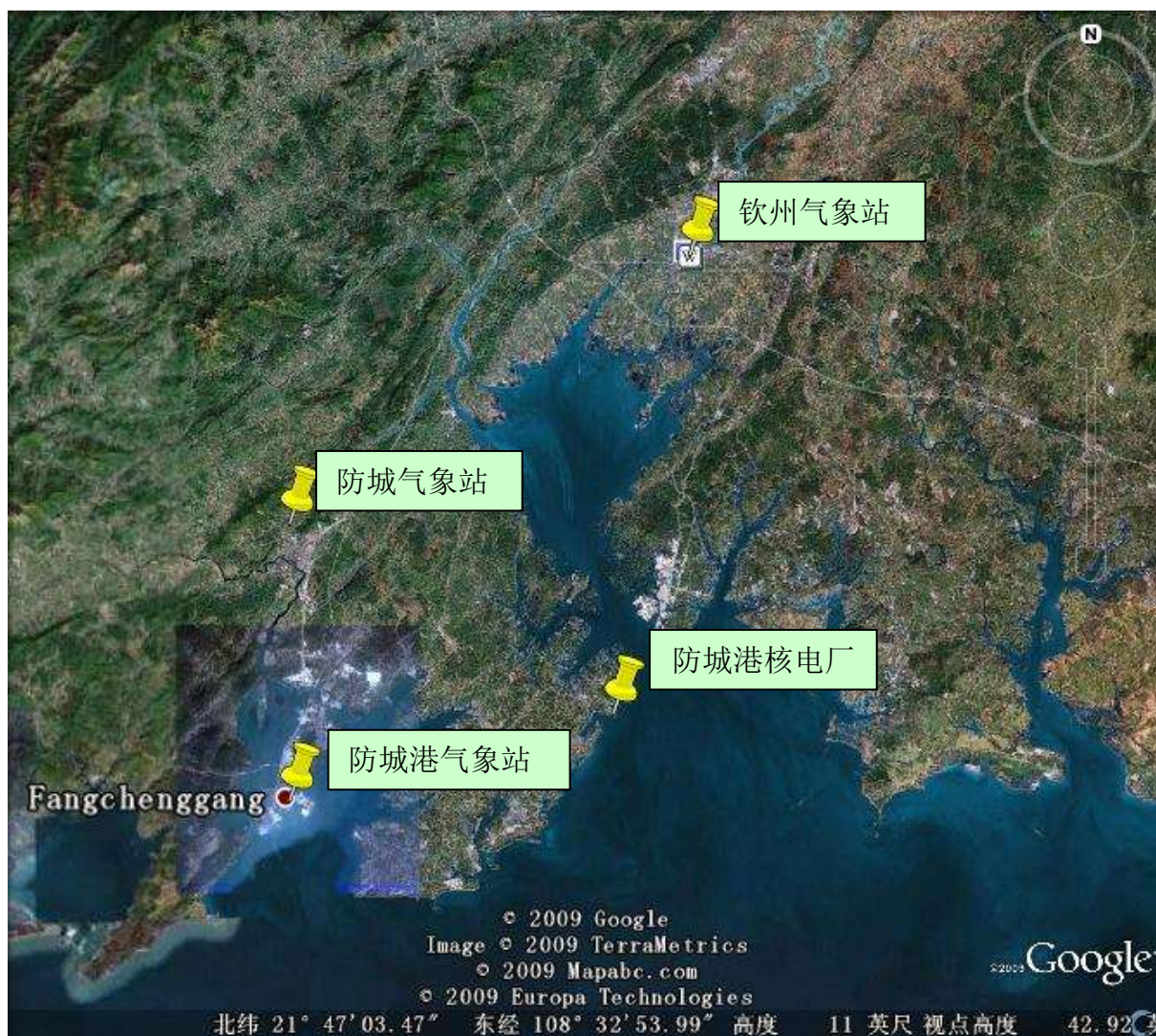
表 2.4-13（3/3） 厂址地区风向、风速、稳定度联合频率（包括有降水和无降水）

单位：%

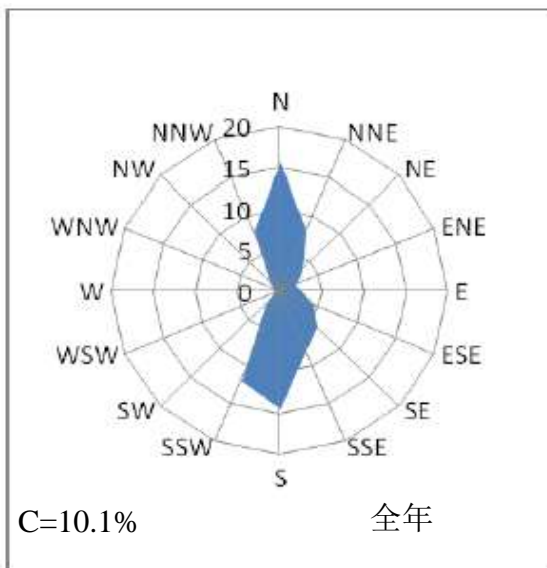
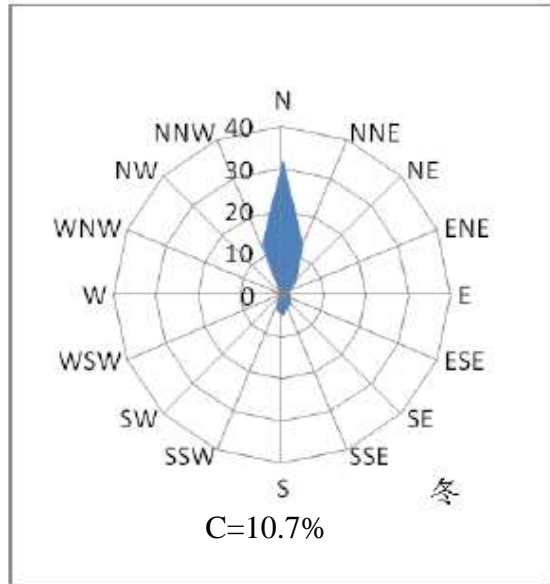
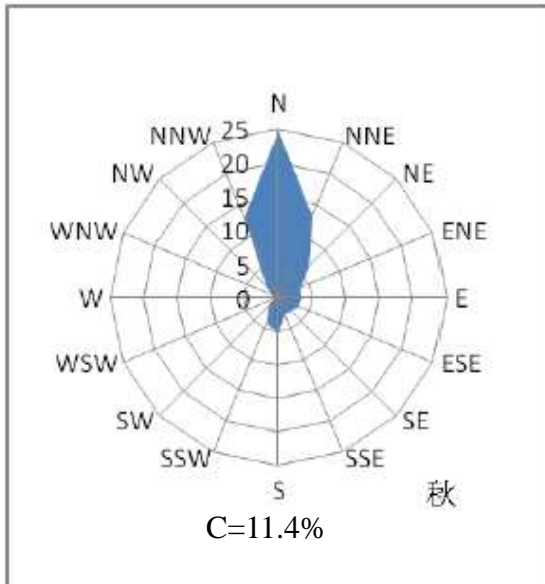
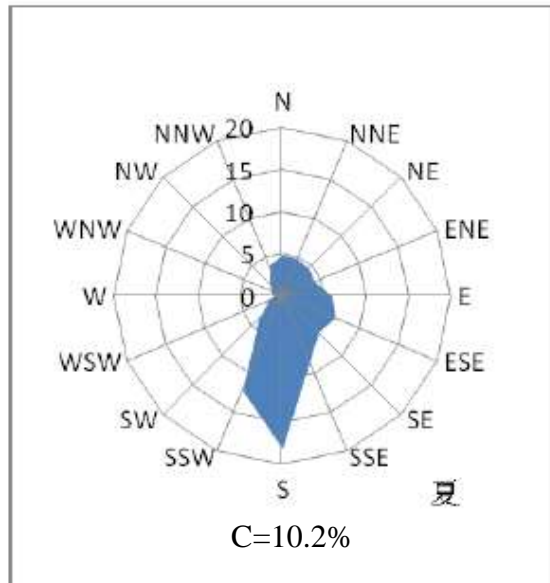
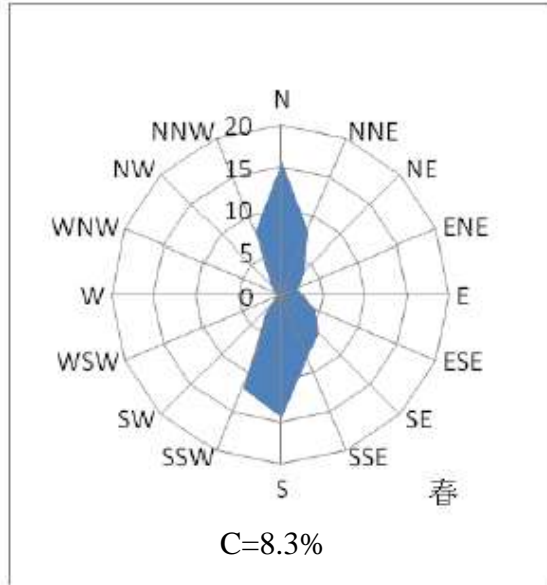
稳定度	风速等级	风速 m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WN W	NW	NNW
A	静风	-	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.28	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
	2.0~2.9	2.35	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.48	0.14	0.14	0.07	0.11	0.10	0.04	0.06	0.20	0.08	0.13	0.07	0.04	0.00	0.01	0.05	0.06
	2.0~2.9	2.50	0.06	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.07	0.07	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	3.0~4.9	4.07	0.55	0.20	0.00	0.02	0.01	0.00	0.12	0.16	0.17	0.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.43	0.13	0.10	0.11	0.02	0.07	0.10	0.14	0.18	0.18	0.11	0.10	0.04	0.05	0.04	0.01	0.05
	2.0~2.9	2.52	0.25	0.13	0.01	0.04	0.08	0.04	0.06	0.14	0.14	0.05	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	3.0~4.9	3.94	1.28	0.55	0.11	0.05	0.06	0.10	0.12	0.29	0.33	0.19	0.04	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	5.40	0.62	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	>6.0	6.43	0.20	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
D	静风	-	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01
	<1.9	1.35	0.55	0.41	0.30	0.43	0.26	0.30	0.29	0.45	0.66	0.49	0.35	0.30	0.19	0.11	0.06	0.08
	2.0~2.9	2.44	1.27	0.68	0.45	0.39	0.32	0.37	0.65	1.05	1.22	0.61	0.44	0.49	0.12	0.06	0.07	0.18
	3.0~4.9	3.89	6.39	3.60	0.78	0.42	0.65	0.42	1.10	2.60	1.84	1.66	0.91	1.21	0.25	0.04	0.13	0.26
	5.0~5.9	5.42	4.22	3.06	0.31	0.06	0.16	0.13	0.42	0.89	0.24	0.55	0.22	0.39	0.02	0.01	0.00	0.02
	>6.0	7.82	8.37	8.38	0.17	0.10	0.10	0.11	0.61	0.69	0.20	1.18	0.33	0.44	0.05	0.00	0.00	0.05
E	静风	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.0~2.9	2.39	1.58	0.96	0.17	0.16	0.02	0.08	0.06	0.17	0.47	0.51	1.10	0.99	0.45	0.12	0.13	0.28
	3.0~4.9	3.59	0.68	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.23
	5.0~5.9	5.38	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	6.20	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	静风	-	0.05	0.05	0.04	0.04	0.07	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.13	0.07	0.01
	<1.9	1.31	1.69	0.94	0.44	0.22	0.17	0.25	0.41	0.42	0.54	0.74	1.05	1.05	0.67	0.62	0.71	0.85
	2.0~2.9	2.42	0.74	0.07	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01	0.06	0.14	0.23	0.51
	3.0~4.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.0~5.9	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.4-14 防城港核电站气象观测系统传感器性能指标

名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0~60	0.3m/s+0.03×实际风速	0.1m/s	启动风速
风向	°	0~360	5	3	<0.5m/s
温度	℃	-50~+50	0.2	0.1	—
降雨量	mm/min	0~4	0.4mm (≤10mm) 4% (>10mm)	0.1	—
总辐射	KW/m ²	0~1.4	5%	1W/m ²	10μV/W/m ²
净辐射	KW/m ²	-0.2~1.4	15%~20%	1W/m ²	—
气压	hPa	500~1100	0.3	0.1	—
相对湿度	%	0~100%	4% (≤80%) 8% (>80%)	1%	—



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
气象观测站和厂址的 相对地理位置		
图 2.4-1	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程

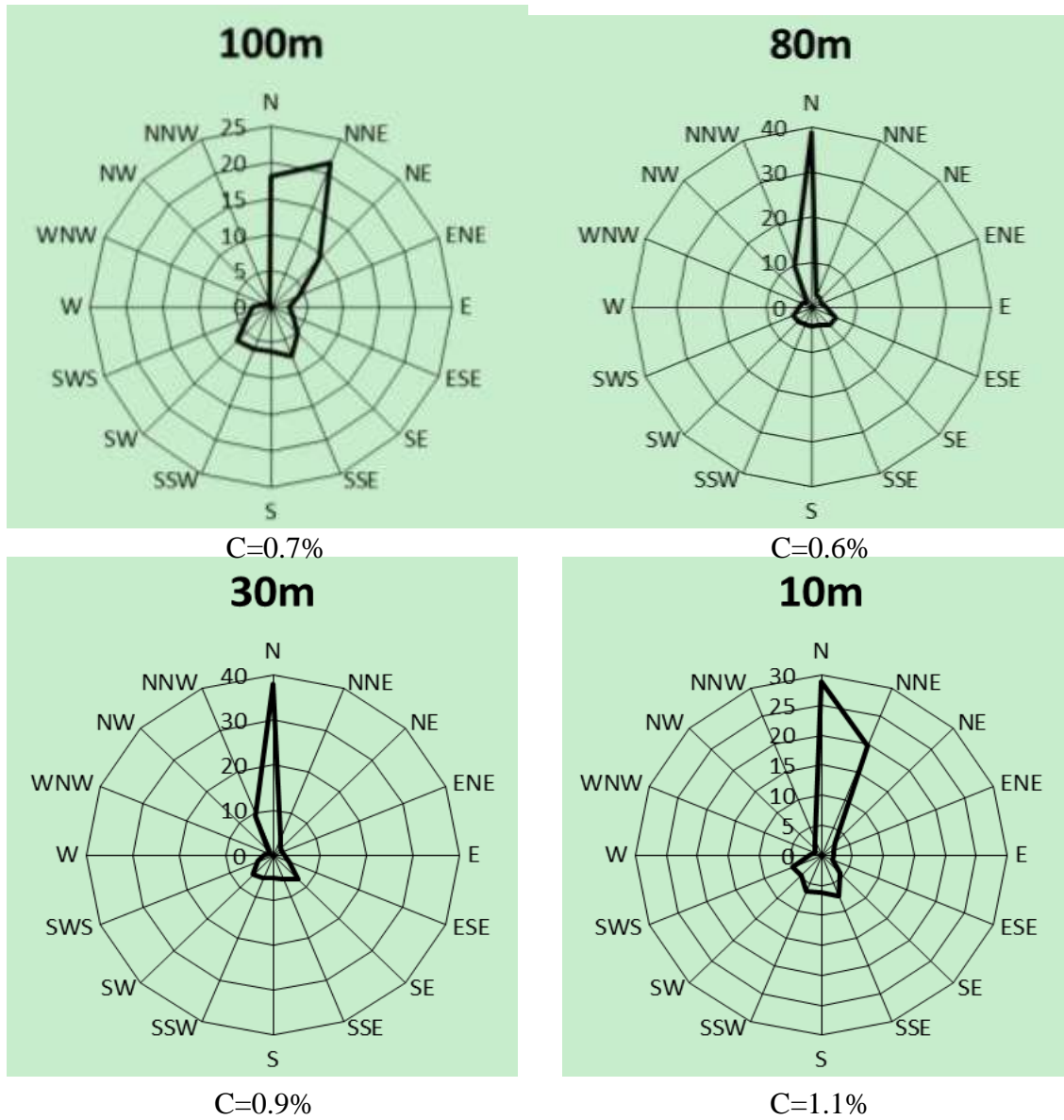
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）

钦州站季、年风玫瑰图
（1953-2013年）

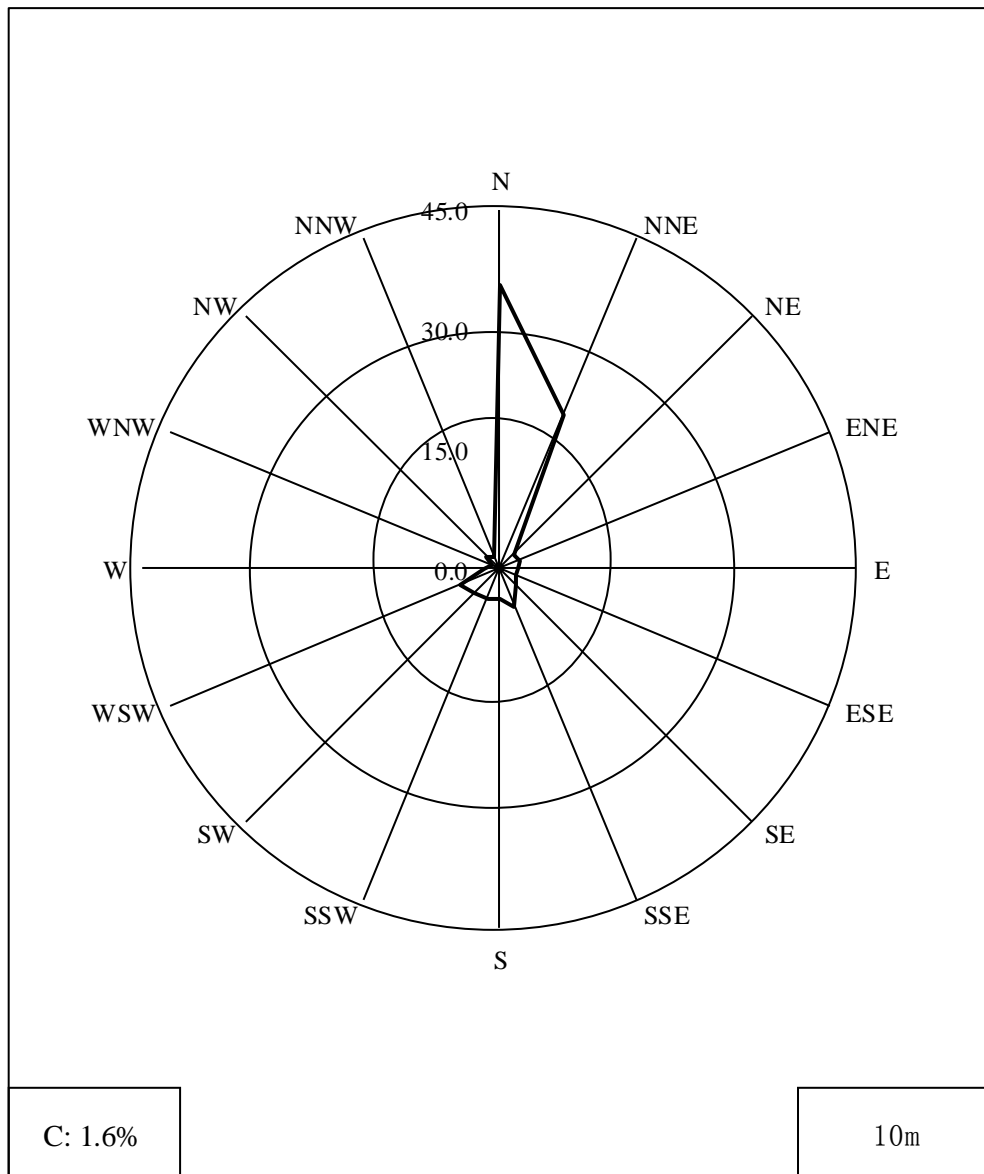
图 2.4-2

版次：

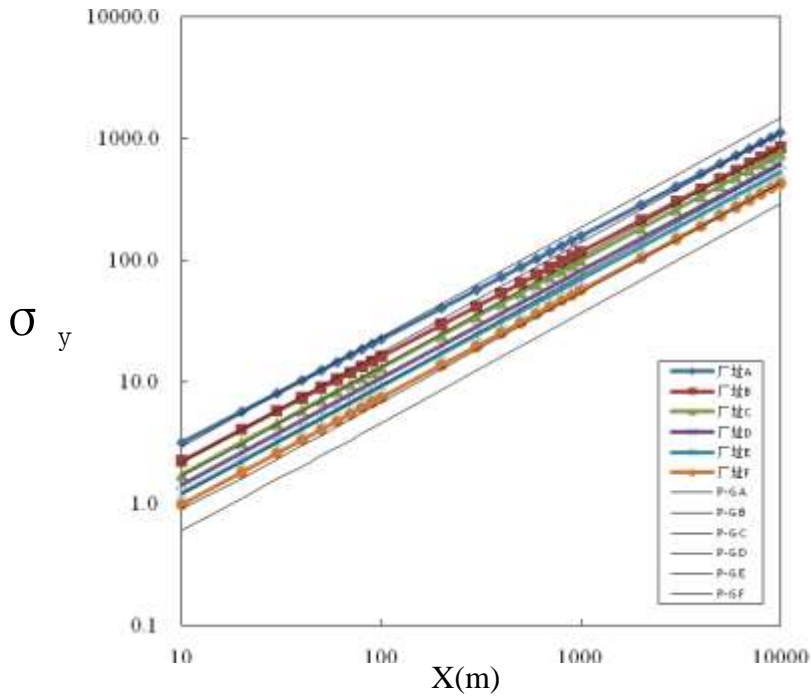
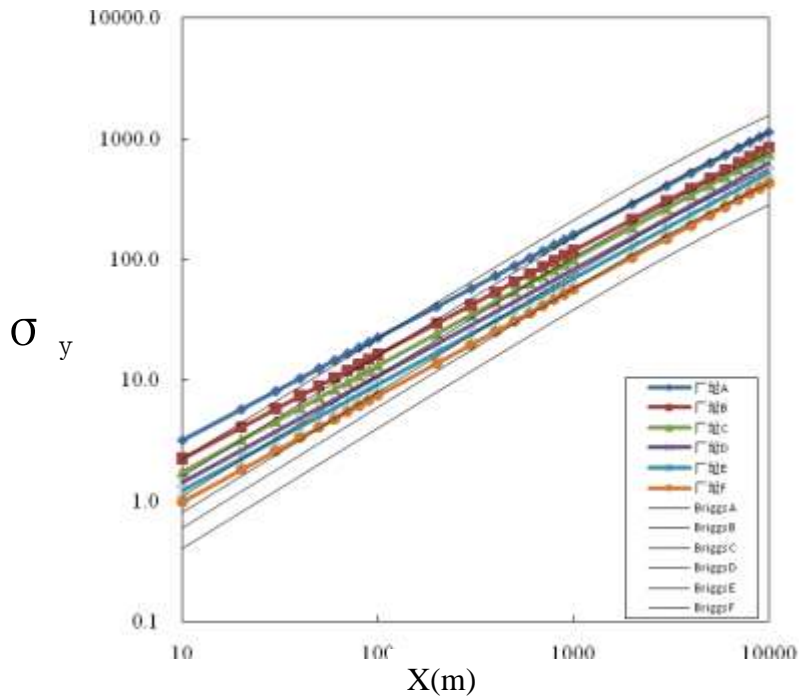
A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
气象塔全年各层风向玫瑰图		
图 2.4-3	版次：	A

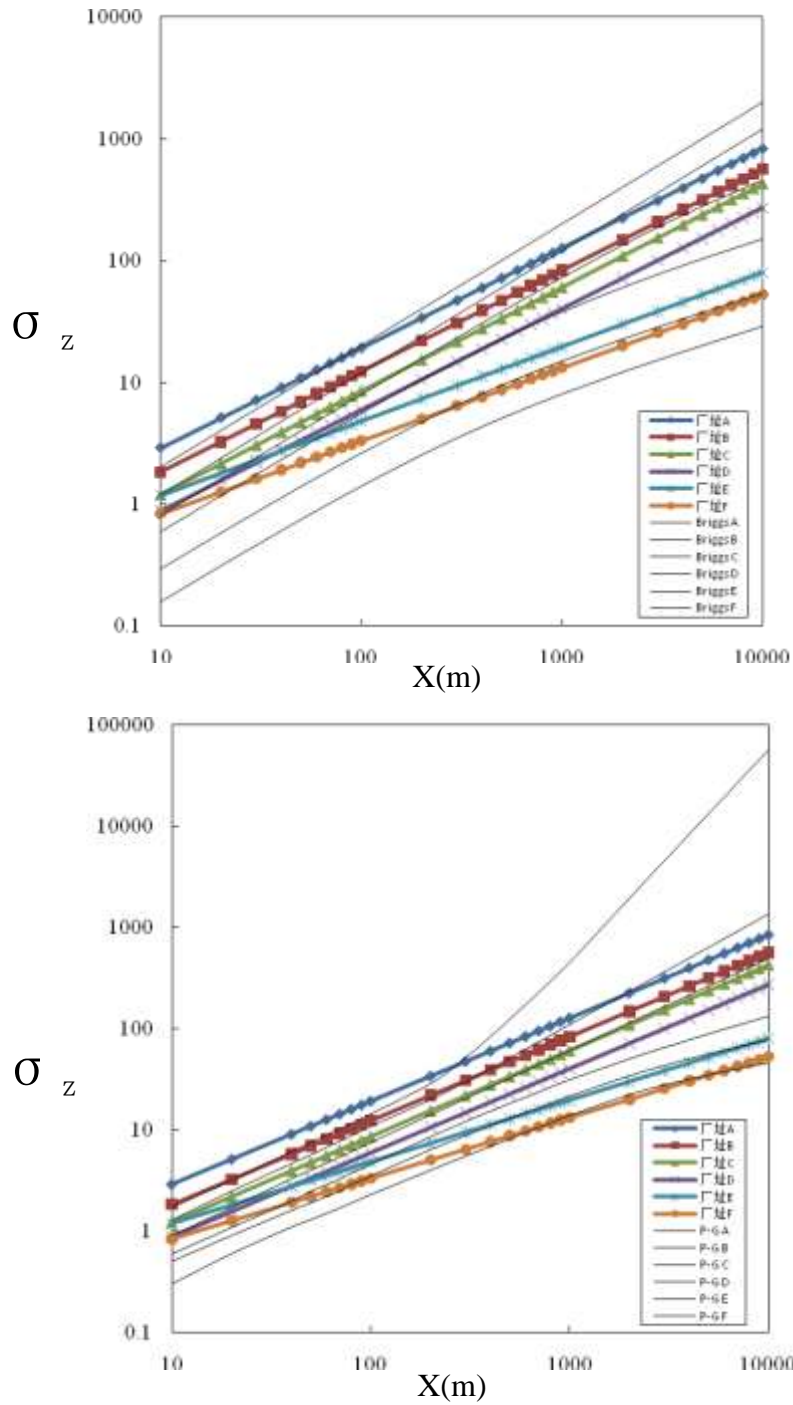


防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
降水期间气象塔 10m 风玫瑰图		
图 2.4-4	版次:	A



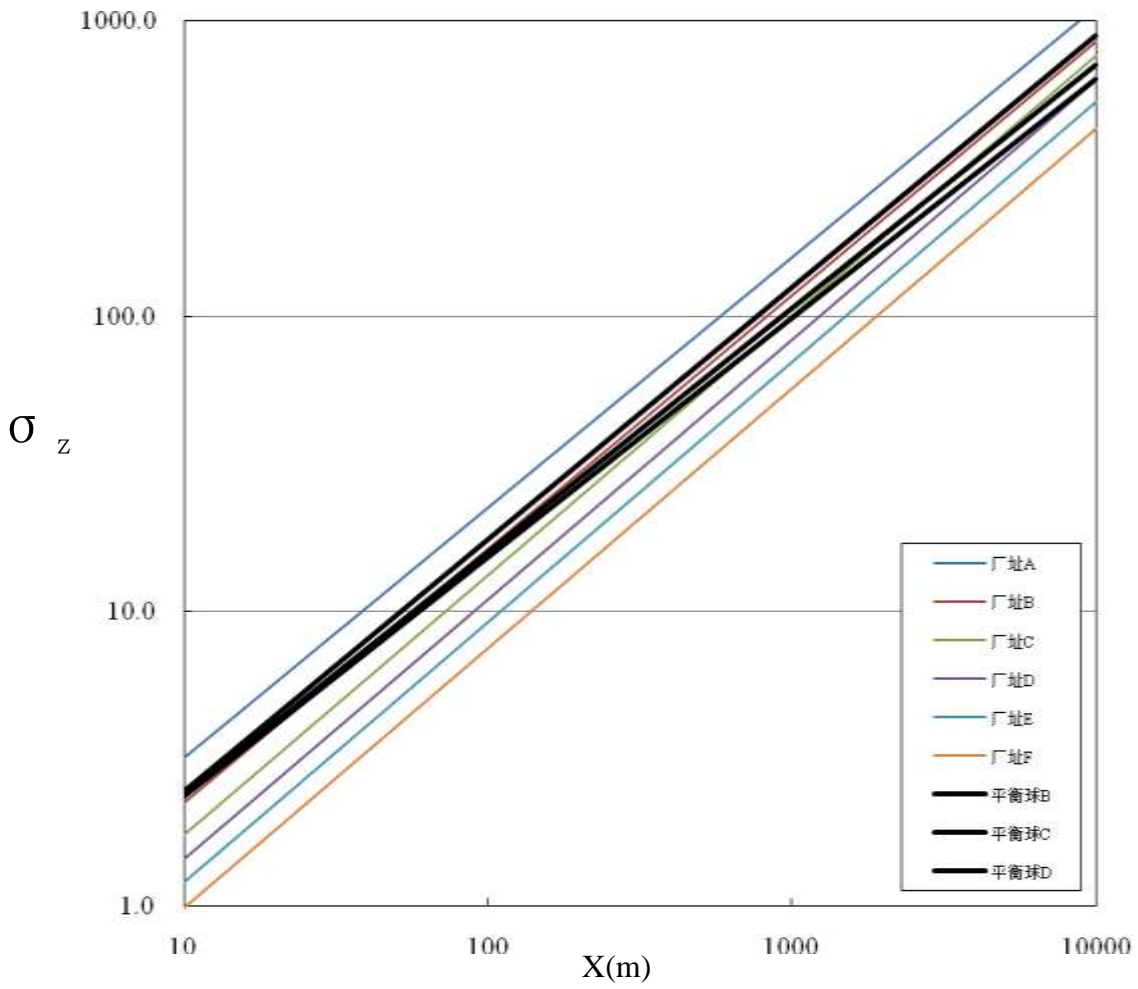
侧向扩散参数

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
试验结果与Briggs乡村扩散参数和P-G扩散参数的比较		
图 2.4-5（1/2）	版次：	A



垂向扩散参数

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
试验结果与 Briggs 乡村扩散参数和 P-G 扩散参数的比较		
图 2.4-5 (2/2)	版次:	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
平衡球试验计算水平扩散参数		
图 2.4-6	版次:	A

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

2.5.2.1 水文地质概况

2.5.2.2 地下水补径排状况

2.5.2.3 厂址附近地下水使用情况

2.5.3 洪水

2.5.4 参考资料

表

表2.5-1 厂址周围海域各主要验潮站的月潮差统计值

表2.5-2 2013年夏、冬季水文测验期间潮汐特征统计表

表2.5-3 各站实测垂线平均涨、落潮平均流速（cm/s）、流向（°）

图

图2.5-1 厂址周围各验潮站位置示意图

图2.5-2 全潮水文测验期间测站位置示意图

图2.5-3 夏、冬季测流期间各测站余流矢量

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

（1）河流与水库

厂址附近陆地水域主要涉及防城河、茅岭江和钦江，均属桂南沿海诸河水系。厂址位于防城河流域，电厂的淡水主要取自防城河，防城河河口位于厂址 NW 方位约 23.5km 处。厂址所在的企沙半岛没有大的河流存在，只有一些季节性的源短流急的小山溪，这些小山溪集水面积很小，径流量随季节变化明显，洪枯水变化很大，枯水季节流量非常小，并有断流现象，沿地形条件直接流入大海。

茅岭江为独流入海河流，发源于钦州市那香乡龙门村，于防城港市茅岭镇注入钦州湾，流域面积 2909km²，全长 112km；钦江独流注入茅尾海，流域面积 2260km²，河长 179km。防城河是防城港市内最大的河流，独流入海，发源于十万大山山脉南麓的扶隆乡平隆隘旁，自西向东南流经防城区，在防城港针鱼岭汇入防城港的西湾，干流长 90km，平均坡降 1.86‰，流域面积 894.6km²，主要支流有老屋江、西江、大坝江（电六江）、大录江、那梭江（华石江）、龙头石江、大王江等。防城河流域多年平均降水量 2940.0mm，多年平均径流量 21.05×10⁸m³，其河流多为山区性河流。在防城河中游多年平均流量 32.4m³/s，实测最大流量 5450m³/s，实测最小流量 1.18m³/s。

防城河流域主要的水利工程包括：长歧拦河坝和木头滩拦河坝 2 座引水建筑物以及长歧干渠引水工程；另外流域内建有大（2）型小峰水库；三波水库、小陶水库和白石牙水库中型水库；小（1）型水库 5 座；小（2）型水库 4 座；规划大垌中型水库 1 座。厂址半径 20km 范围内主要涉及三波水库、小陶水库和官山辽水库，三波水库和小陶水库均为中型年调节水库，三波水库的总库容和有效库容分别为 0.132×10⁸m³ 和 0.0837×10⁸m³，小陶水库的总库容和有效库容分别为 0.1206×10⁸m³ 和 0.0786×10⁸m³。

厂址附近没有大、中型水库。距离厂址最近的水库为官山辽水库，位于防城港市港口区光坡镇光坡村，距厂址约 9km，是一座具有灌溉、调蓄水和供水功能的年调节小（1）型水库。水库总库容 590×10⁴m³、兴利库容 423×10⁴m³、死库容 7×10⁴m³、水库死水位 9.04m，正常蓄水位 16.69m，设计洪水位 17.37m，校核洪水位 17.66m。长歧左

干渠（长歧拦河坝—官山辽水库干渠长度 50.12km）经过官山辽库区，是官山辽水库补水的重要供水设施。

（2）淡水水源与淡水供应

防城港核电厂二期工程运行期间生活、生产用水水源为距厂址西南约 9km 的官山辽水库，该方案利用防城河上现有的水源工程进行联合调度，经木头滩拦河坝引水至官山辽水库调节后，并经输水管线输送至厂址。

本工程淡水供水项目输水管设计按满足规划 6 台百万千瓦级核电机组的最高日需水量要求，一次建设完成。在供水保证率 97%设计条件下，规划六台机组的年供水规模为 565 万 m^3/a 。核电厂二期正常运行期间，1~4 台机组的年淡水用量约 565 万 m^3 ，电厂运行期间淡水供水规模可满足二期工程取水需求。

2.5.1.2 海洋水文

（1）厂址所在钦州湾概况

钦州湾是位于北部湾顶，由内湾（即茅尾海）和外湾（狭义上的钦州湾，面向北部湾）构成，中间狭窄，两端宽阔，呈哑铃状。内湾和外湾之间为较狭窄的潮流深槽所沟通。钦州湾湾口宽约 29km，纵深约 39km，全湾岸线长约 336km，海湾面积约 380km²。

内湾茅尾海面积 114km²，河口湾中有三角洲发育，内湾有钦江和茅岭江注入，两河径流携带大量泥沙在河口区附近沉积而不断向茅尾海推进，形成了水下复合三角洲。外湾中部钦州港、龙门港一带以南水面宽阔，水深条件良好，泥沙回淤少。

（2）厂址附近海底地形

自茅尾海向南，湾面逐渐收缩，水深加大，在龙门岛东侧形成一海峡状通道主槽，水深十余米，主槽两侧罗列着大小岛屿数十座，其间水道纵横，水深数米。自通道主槽向南即钦州外湾呈喇叭状，其东西湾岸范围内发育了一巨大的落潮三角州扇形堆积体，面积约 280km²，扇面水深 0~4m，并被自龙门岛东侧主槽向南延伸的 3 条落潮冲刷槽所切割，水深 6~7m，冲刷槽边缘或槽底有礁石分布；在落潮冲刷槽之间发育了数条近似南北向的纵向潮流沙脊；落潮冲刷槽向南则为拦门浅滩所在，天然水深 2~4m。拦门浅滩以外即过渡至北部湾水下斜坡。

（3）潮汐

防城港核电厂位于广西钦州湾的西侧岸边。厂址周围有龙门、防城港、白龙尾和北海4个验潮站,各站的位置见图2.5-1。根据四个验潮站的多年潮位观测资料,潮汐均为正规全日潮,各站的主要潮汐特征值见表2.5-1。从表中可以看到,防城港的年平均潮差与北海站相当,龙门站和白龙尾的潮差略小一些。各站的涨落历时略有不同,但各站的涨潮历时均较落潮历时长。

此外,针对防城港核电项目还于2008年9月在厂址处设立海洋水文专用站,进行为期一年的水文观测,观测项目包含潮汐、波浪、水温和含沙量等。由于龙门站距厂址较近,位于厂址西北方仅相距9km左右,采用龙门站与厂址站的同步潮位观测资料相关性分析,结果表明两站的潮位相关系数均高于0.98,相关性较好。

根据龙门站1966~2012年潮位资料统计分析,平均涨潮历时10小时50分钟,平均落潮历时8小时27分钟,最大潮差5.52m,平均潮差2.4m,历年最高和最低潮位分别为3.98m和-2.55m。厂址百年一遇高潮位为4.25m,百年一遇低潮位为-2.95m。

受建设单位委托,国家海洋局第一海洋研究所于2013年7月和12月对厂址附近海域开展了夏季和冬季全潮水文测验,观测内容包括潮位、海流、水温、盐度和含沙量等,共布设3个潮位站和14个测流站,观测站点分布图见图2.5-2。三个潮位观测站的潮汐特征值详见表2.5-2。

(4) 海流

钦州外湾水域潮流属不正规全日潮,潮流运动形式为往复流,流向基本与岸线和深槽走向一致。国家海洋局第一海洋研究所2013年7月和12月的全潮水文测验资料表明:

- 潮流方向:钦州湾的潮流基本上为往复流;夏冬两季湾内涨潮流方向为偏NW向,落潮流方向为偏SE向;夏冬两季湾外涨潮流方向为偏NW向,落潮流方向为偏SW向。
- 夏季垂向平均流速特征:夏季大、中、小潮的垂线平均涨潮流速分别为7~70cm/s、3~60cm/s和2~54cm/s,落潮流速分别为3~104cm/s、3~63cm/s和3~40cm/s。
- 冬季垂向平均流速特征:冬季大、中、小潮的垂线平均涨潮流速分别为15~60cm/s、8~41cm/s和7~39cm/s,落潮流速分别为20~100cm/s、15~81cm/s和9~34cm/s。

各测潮期间各测点的垂线平均流速见表2.5-3。

（5）余流

国家海洋局第一海洋研究所2013年7月和12月的全潮水文测验资料表明：

- 夏季：大、中、小潮的余流流速分别为1.0~37.0cm/s、1.6~34.8cm/s和1.1~23.0cm/s；湾内各站表层余流多为偏SE向，湾外多为偏SW向。
- 冬季：大、中、小潮的余流流速分别为0.2~23.6cm/s、0.7~21.9cm/s和0.2~16.7cm/s；湾内各站表层余流多为偏NW向，也有部分站位偏NE向，湾外多为偏NW和SW向。
- 夏季各潮次余流流速略大于冬季，多数测站的表层余流相对较大。

测流期间各测站余流矢量图见图2.5-3。

（6）波浪

钦州湾地处亚热带地区，受亚热带季风的影响。湾内波浪主要是风浪，占总波数的90%以上，由外海传播而来的涌浪也占有一定的比例。湾内波高一般不大，茅尾海内微浪居多，小浪出现的频率较少，外湾微浪和小浪较多。在热带气旋影响下可出现较大波浪。

据白龙尾站1968~1984年波浪观测资料统计，白龙尾站波浪以风浪为主，多年平均波高为0.52m，最大波高4.1m。最大波高一般出现在夏、秋的热带气旋季节，平均波高及最大波高均以7月份最大；强浪向为SE向，次强浪向为S及SSE；常浪向为NNE，次常浪向为NE。

据厂址站2008年10月~2009年9月为期一年的波浪观测统计资料，有效波高 H_s 、 $H_{1/10}$ 和最大波高的平均值分别为0.38m、0.48m和0.63m。观测海域波浪较小，月平均 H_s 均不超过0.5m，最大出现在09年4月，为0.43m；最小出现在09年8月，为0.34m，观测期间春季波高大于其它三季。春季常浪向为SE，强浪向为NNE；夏季常浪向为S，强浪向为S；秋季常浪向为S，强浪向为ESE；冬季常浪向为E，强浪向为NNE到NE；全年来看，常浪向为S，强浪向为NNE，次强浪向为S。

（7）泥沙

国家海洋局第一海洋研究所2013年7月和12月的全潮水文测验资料表明：

- 海域夏季含沙量不大，各站平均含沙量变化范围在 $6.45 \times 10^{-3} \text{kg/m}^3 \sim 49.34 \times 10^{-3} \text{kg/m}^3$ 之间，含沙量垂向上基本是由表至底逐渐增大。冬季各站平均含沙量变化范围在 $6.52 \times 10^{-3} \text{kg/m}^3 \sim 22.34 \times 10^{-3} \text{kg/m}^3$ 之间，垂向上也基本是由表至底逐渐增大。冬季悬沙含量较夏季更低。
- 冬、夏两季各站各层的悬沙粒度较为一致，悬沙物质组成较细，差异不大，以粉砂（ $4.00\mu\text{m} \sim 63.00\mu\text{m}$ ）为主、以粘土（小于 $4.000\mu\text{m}$ ）为次，砂（大于 $63.00\mu\text{m}$ ）的含量总体不高。

（8）海水温度

根据白龙站 1968-1984、1997~2009 年的实测水温资料进行分析，其瞬时最高水温为 33.6°C （1968 年 7 月 30 日），日均水温最大值为 32.5°C （2007 年 7 月）；根据龙门站 1960、1961、1966-1971 年水温观测资料，其瞬时最高水温为 34°C ，月均水温 22.8°C ；根据防城港站 1996~2003 年水温观测资料，其瞬时最高水温为 33.1°C ，月均水温 23.4°C 。

据厂址站 2008 年 10 月~2009 年 9 月为期一年的水温统计分析资料，厂址最热 7 月、8 月和 9 月的月均水温分别为 30.1°C 、 31.1°C 和 30.5°C ，瞬时最高水温分别为 31.9°C 、 32.5°C 和 32.8°C 。

国家海洋局第一海洋研究所 2013 年 7 月和 12 月的全潮水文测验资料表明：

- 夏季日均值：该海区表层日平均水温为 $29.11^\circ\text{C} \sim 30.40^\circ\text{C}$ ；中层日平均水温为 $29.25^\circ\text{C} \sim 30.63^\circ\text{C}$ ；底层日平均水温为 $29.16^\circ\text{C} \sim 30.54^\circ\text{C}$ 。
- 冬季日均值：该海区表层日平均水温为 $18.3^\circ\text{C} \sim 21.1^\circ\text{C}$ ；中层日平均水温为 $18.5^\circ\text{C} \sim 21.11^\circ\text{C}$ ；底层日平均水温为 $18.59^\circ\text{C} \sim 21.49^\circ\text{C}$ 。
- 平面分布：冬、夏季观测期间各时刻的垂线平均水温在平面的分布趋势总体为北部低，南部高。
- 垂向分布：夏季各站温度大多呈现自表层至底层逐渐降低的趋势，冬季各站温度则呈现自表层至底层逐渐升高的趋势。

（9）海水盐度

根据白龙站 1968-1971 年的实测盐度资料进行分析，其盐度为 $12.3\% \sim 33.3\%$ ，平均值为 29.5% ；根据龙门站 1960、1961、1966-1971 年盐度观测资料，其盐度为 $2.11\% \sim 30.18\%$ ，平均值为 20.45% 。

据厂址站 2008 年 11 月~2009 年 9 月的盐度统计分析资料，观测期间，厂址处海水

盐度范围为 8.6‰~29.0‰，盐度年均值为 24.6‰。此外，统计结果表明，观测期间冬季和春季海水盐度较高，夏季和秋季海水盐度较低。

国家海洋局第一海洋研究所2013年7月和12月的全潮水文测验资料表明：

- 夏季日均值：该海区表层日平均盐度为8.4‰~30.8‰；中层日平均盐度为11.56‰~30.93‰；底层日平均盐度为11.8‰~30.99‰。
- 冬季日均值：该海区表层日平均盐度为19.37‰~29.86‰；中层日平均盐度为20.23‰~29.98‰；底层日平均盐度为20.47‰~30.79‰。
- 平面分布：冬、夏季观测期间各时刻的垂线平均盐度在平面的分布趋势总体为北部低，南部高。
- 垂向分布：冬、夏两季各站大多数底层盐度高于表层盐度，仅在靠近外海的部分测站有时会出现底层盐度低于表层的情况。

（10）岸滩稳定性

钦州湾 1979、1996 和 2004 年地形资料分析表明，除受东、西航道疏浚工程的影响外，钦州湾外湾水道—沙脊相间分布的格局基本稳定，各条水道的平面位置也基本稳定，水道和沙脊区有冲有淤，整体以冲刷为主，但冲刷幅度较小。工程海域岸线向海有所推进，边滩呈现微淤状态。

建设单位委托开展的泥沙和岸滩稳定性数值模拟专题结果表明，由于工程海域含沙量低、悬沙细，在落潮时归槽坡面流输沙作用下，不同潮流条件得到取排水工程附近区域的淤积强度均较小，年淤积厚度较小。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 水文地质概况

厂区附近区域的地下水和地表水分水岭呈北西向展布，水文地质条件简单，为一较为完整的独立水文地质单元，该单元东、南、北三面环海，与西部相邻单元间分水岭基本位于厂区西部管草田—蓑衣山一线。地下水类型主要为第四系松散层孔隙水和基岩裂隙水。第四系松散层孔隙水主要赋存于第四系残坡积层、海积层以及第四系江平组的细—中粒砂层中，水量贫乏；基岩裂隙水分布于海岸低丘陵地区，主要赋存于侏罗系、志留系砾岩、细砂岩、粉砂岩风化裂隙及构造裂隙中，水量贫乏。

厂区的地下水的补给主要为大气降水垂直渗入补给，松散层孔隙水接受大气降水垂直渗入补给和水沟补给，所有地下水最终均流入大海，汇入钦州湾。基岩裂隙水以溪沟排泄为主，一部分则以潜流形式补给深部裂隙水或侧向补给松散层孔隙水；松散层地下水主要以潜流形式向大海排泄。

2.5.2.2 地下水的补径排状况

在原始地貌条件下，厂区内地下水主要为松散岩类孔隙水和浅层基岩裂隙水，区域内地下水主要受大气降水补给。厂址所在水文地质单元为一独立单元，和其他水文地质单元无水力联系，且位于水文地质单元的排泄区，地下水最终向四周排泄入海。

厂坪施工后，厂坪以上的第四系含水层及经验裂隙含水层被剥除，松散层孔隙潜水不复存在。厂坪以下为基岩，其基岩风化和节理裂隙发育较差，基岩裂隙水含水量贫乏，仅在局部范围内连通而难以构成相互联系的地下水含水系统。根据基坑开挖结果，随开挖深度的增加，节理裂隙多呈闭合状态，基岩透水性向下有递减的趋势。在电厂回填并进行厂区硬化后，厂址区域直接切断了地下水通过降水补给的来源，区域内大气降水将直接转化为地表径流，并被厂区排水系统有组织的收集后通过排水系统排泄，最终流入大海。

2.5.2.3 厂址附近地下水使用情况

厂址所在的防城港市饮用水资源利用以地表水为主，厂址所在的光坡镇农村均通自来水，水源为厂址 WSW 方位约 9km 的官山辽水库。根据对厂址周边 5km 范围内的红沙村、沙螺辽村、栏冲村和新兴村的调查，厂址周边农村居民家多数有水井，但基本不作为饮用水，多用于清洗衣物，开采的含水层主要是浅层孔隙含水层，开采量和使用量很小。

厂址所在区域内水资源开发利用程度低，厂址区没有大规模开采地下水的活动。根据厂址区的地形特点及水文状况，厂区位于地下水的排泄区，居民点多位于其上游地区，电厂外围设置有截洪沟及厂区排水渠道组成的自然排水系统，有足够的排水能力将降水从厂外排走，厂区排水井及渠道、管道也将收集的雨洪水及时排入大海。因此，采取了上述工程措施后，核电厂运行不会对厂址附近地下水用户产生影响。

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，防城港核电厂址设计基准洪水位由可能最大风暴潮增水，10%超越概率天文高潮位、海平面异常和风浪影响组成。

厂址处设计基准洪水位采用可能最大风暴潮增水、10%超越概率天文高潮位与海平面上升的组合，即 8.61m。对于风浪的影响，采用防浪堤等工程措施对厂区进行掩护。

设计基准洪水位：

可能最大台风风暴潮增水	5.13m
10%超越概率高潮位	3.35m
海平面上升组合	0.13m
<hr/>	
8.61m（85年国家高程）	

根据《工业企业总平面设计规范 GB50187-93》、《核电厂总平面及运输设计规范 GB/T50294-1999》和《火力发电厂设计技术规程 DL5000-2000》的有关规定，厂坪标高的确定应在满足设计基准洪水位的条件下考虑适当的安全裕度，一般规定安全裕度不小于 0.5m。因此，为了预留一定的裕度，防城港核电厂厂坪标高确定为 9.50m。

2.5.4 参考资料

- [1] 珠江水利委员会水文局，广西防城港核电厂一期工程（2×1000WM）水资源论证报告，2009年5月；
- [2] 天津市海岸带工程有限公司，广西防城港核电厂水文专用站观测技术报告，2009年11月；
- [3] 中国科学院南海海洋研究所，广西防城港核电项目可行性研究阶段海洋水文专题研究报告，2009年12月；
- [4] 中国水利水电科学研究院水利部水沙科学与江河治理重点实验室，广西防城港核电厂可研阶段勘测设计泥沙和岸滩稳定性分析，2009年12月；
- [5] 广西防城港核电厂冷却水取排水方案综合分析报告，深圳中广核工程设计有限公司，2010年2月；
- [6] 国家海洋局第一海洋研究所，防城港核电厂二期工程冬、夏季典型全潮观测分析报告，2014年3月；

表 2.5-1 厂址周围海域各主要验潮站的月潮差统计值

单位：cm

月份	北海站		龙门		白龙尾		防城港	
	平均	最大	平均	最大	平均	最大	平均	最大
1	255	542	252	541	242	505	257	516
2	222	515	213	518	203	471	223	495
3	218	476	207	453	200	412	217	449
4	238	468	227	473	220	435	232	466
5	258	528	255	515	242	514	255	518
6	266	553	267	537	253	541	259	532
7	258	587	252	549	243	564	262	539
8	234	516	225	504	217	485	237	492
9	239	475	227	546	212	437	231	460
10	246	502	238	490	227	488	238	485
11	256	522	250	528	242	536	253	519
12	251	537	267	552	260	557	273	513
年平均/年最大	245	587	240	552	230	564	245	539
平均涨潮历时	10:46		10:50		11:51		11:46	
平均落潮历时	08:16		08:27		09:07		08:44	
资料年限	1955-1995	1969-1996	1966-1983	1966-1983	1969-1989	1969-1984	1977-1989	1977-1989

表 2.5-2 2013 年夏、冬季水文测验期间潮汐特征统计表

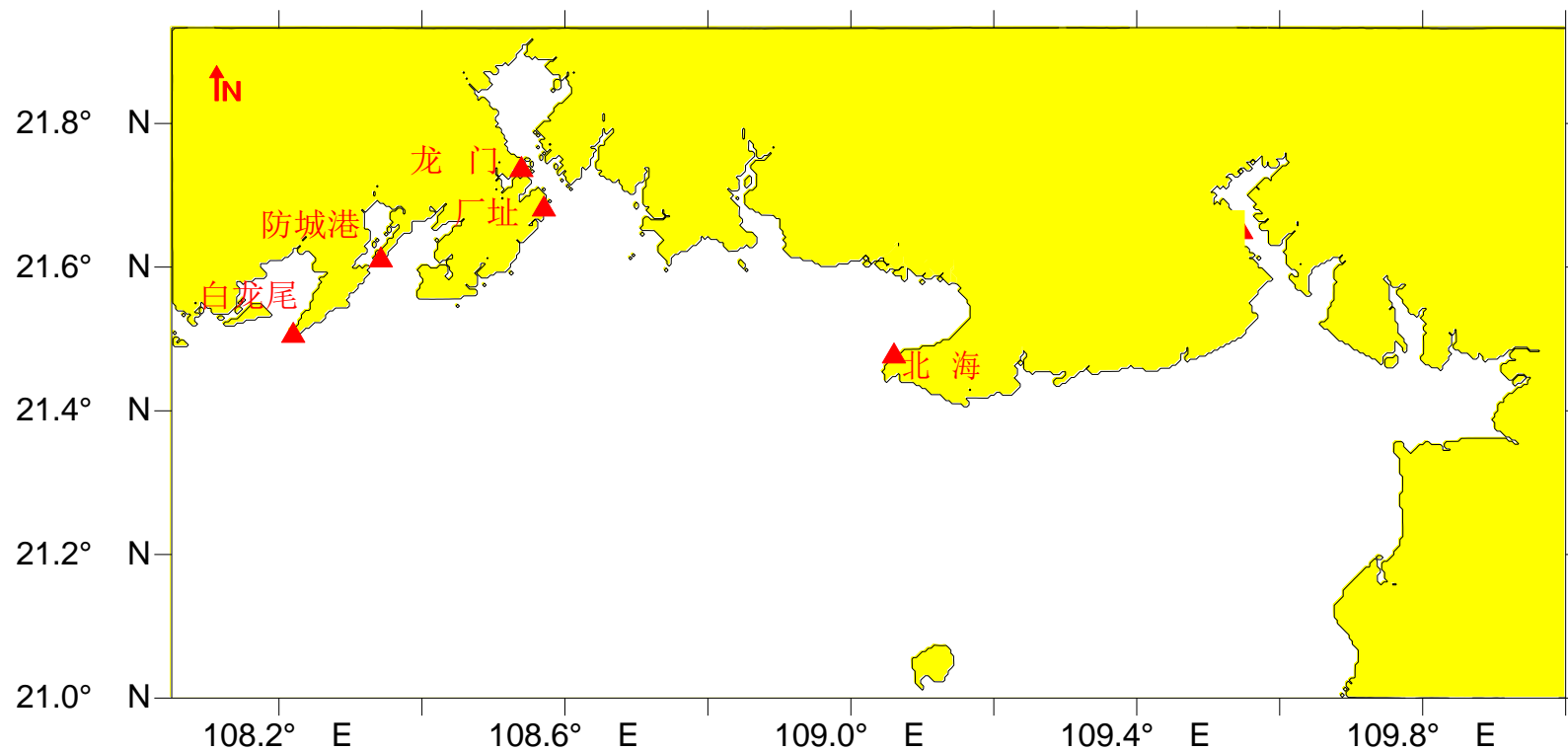
单位：cm

	夏季			冬季		
	厂址站	乌雷站	果子山站	厂址站	乌雷站	果子山站
最大潮差	458	460	462	471	471	473
最小潮差	36	34	9	11	27	11
平均潮差	230	234	223	260	284	263
最高潮位	335	336	349	315	318	328
最低潮位	-123	-125	-113	-156	-153	-145
平均高潮位	194	196	200	193	210	204
平均低潮位	-36	-38	-23	-70	-77	-61

注：潮位采用 85 国家高程

表 2.5-3 各站实测垂线平均涨、落潮平均流速（cm/s）、流向（°）

站号	夏季											
	大潮期				中潮期				小潮期			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
L01	65	330	104	148	49	328	63	150	54	332	40	157
L02	70	322	88	139	60	324	51	147	52	323	38	145
L03	17	348	15	181	10	341	12	195	3	357	4	186
L04	13	287	7	96	9	280	10	98	7	282	11	99
L05	6	345	3	203	3	336	3	175	2	353	3	151
L06	29	325	21	157	16	319	19	156	23	316	24	153
L07	26	335	35	149	21	328	26	146	19	328	14	148
L08	32	9	37	188	24	347	19	186	24	348	19	200
L09	7	299	14	205	5	339	12	201	4	316	3	160
L10	25	15	48	216	23	330	29	221	19	45	28	242
L11	19	355	28	203	19	325	25	231	12	14	17	217
L12	21	335	24	216	19	332	20	262	11	356	13	238
L13	17	337	18	236	7	352	16	256	18	317	15	251
L14	17	350	19	234	11	359	12	251	16	346	12	242
站号	冬季											
	大潮期				中潮期				小潮期			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
L01	57	333	79	158	41	337	59	165	39	334	34	162
L02	60	318	76	138	35	321	54	139	35	326	33	132
L03	42	350	55	183	26	337	33	177	20	348	20	191
L04	50	315	100	112	40	311	81	115	36	308	34	108
L05	28	14	36	194					16	4	13	194
L06	27	333	37	150	19	329	25	153	21	324	18	146
L07	33	333	48	150	16	336	32	145	21	335	13	146
L08	33	352	43	188	21	343	29	194	19	356	19	183
L09	30	344	27	236	23	344	27	224	18	347	13	202
L10	28	39	45	213	16	45	38	218	22	46	19	221
L11	21	22	26	164	15	40	19	163	7	358	13	232
L12	23	339	39	144	15	11	15	161	13	327	16	189
L13	19	337	20	226	14	335	16	226	9	333	9	232
L14	15	16	23	209	8	17	16	223	11	23	10	240



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程

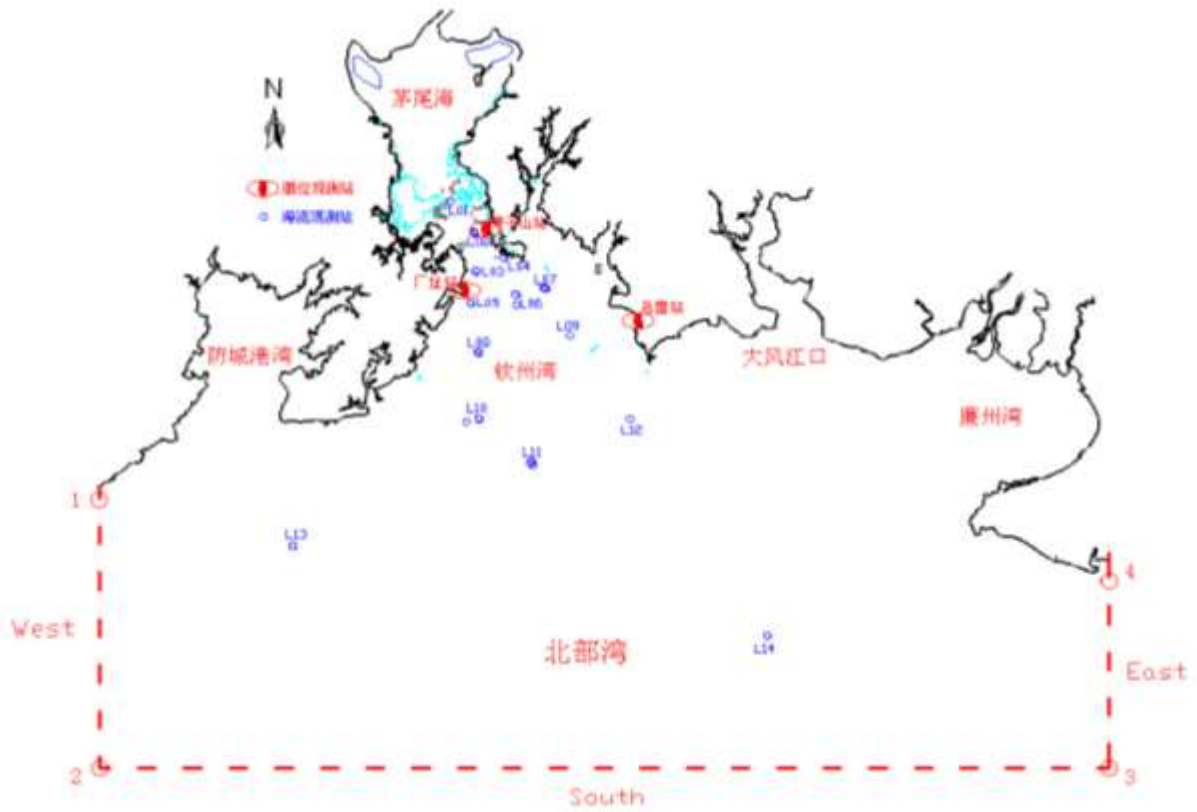
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）

厂址周围各验潮站位置示意图

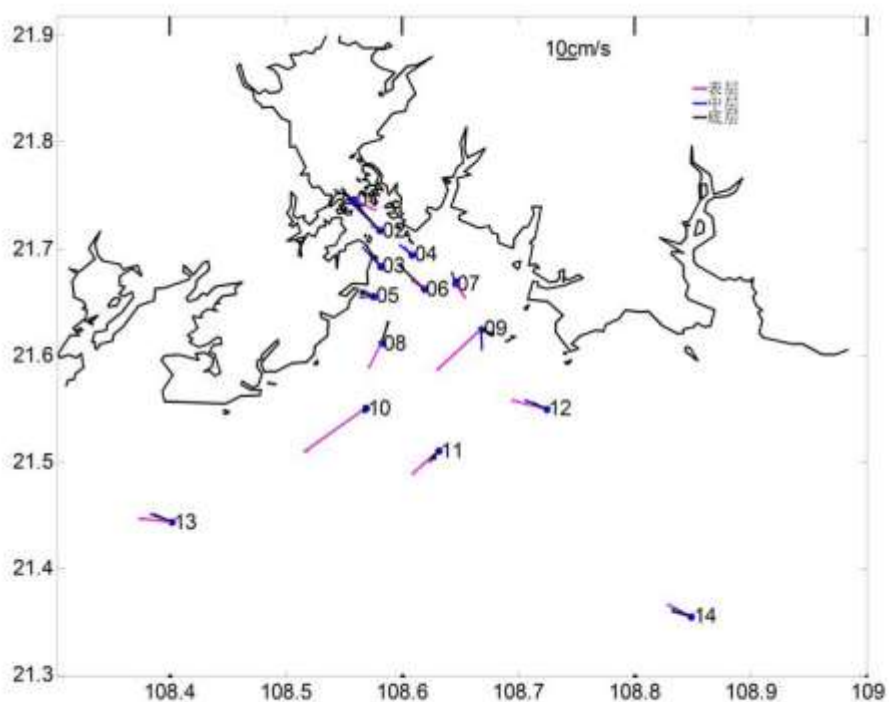
图 2.5-1

版次：

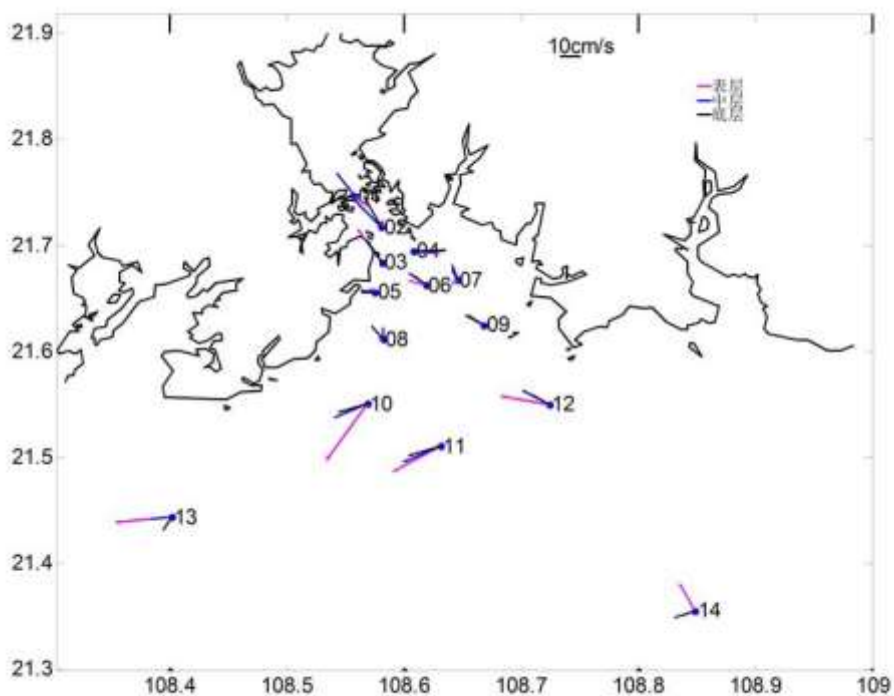
A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
全潮水文测验期间测站位置示意图		
图 2.5-2	版次：	A

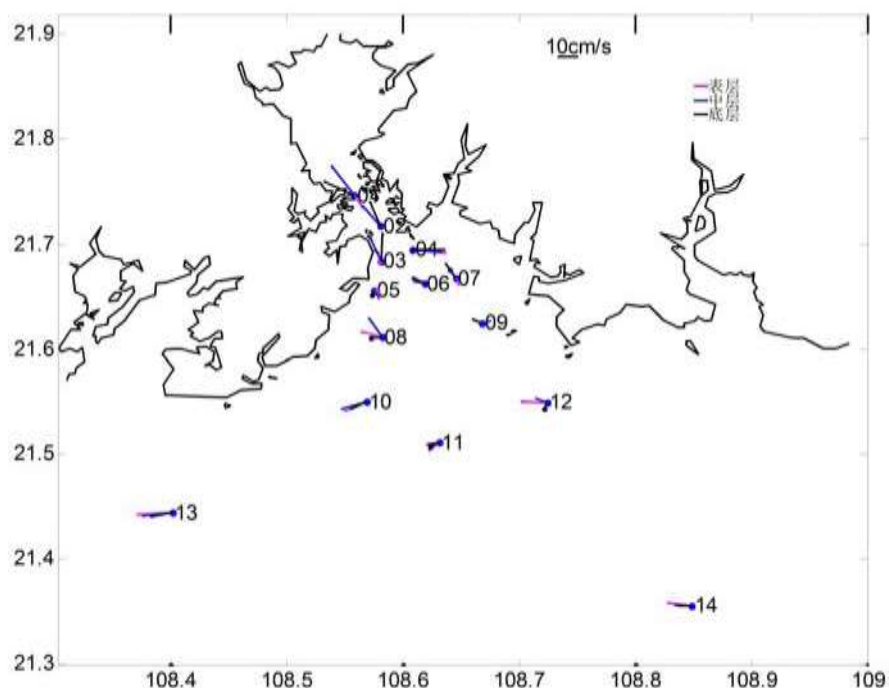


夏季大潮期各站余流矢量图（粉色-表层，蓝色-中层，黑色-底层）

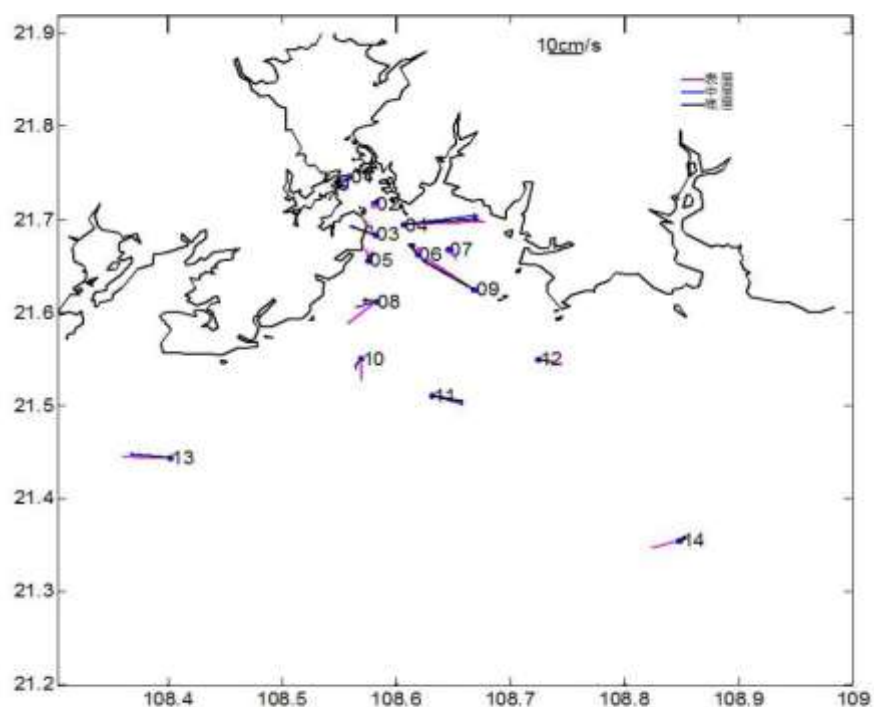


夏季中潮期各站余流矢量图（粉色-表层，蓝色-中层，黑色-底层）

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
夏、冬季测流期间各测站余流矢量图		
图 2.5-3（1/3）	版次：	A



夏季小潮期各站余流矢量图（粉色-表层，蓝色-中层，黑色-底层）



冬季大潮期各站余流矢量图（粉色-表层，蓝色-中层，黑色-底层）

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程

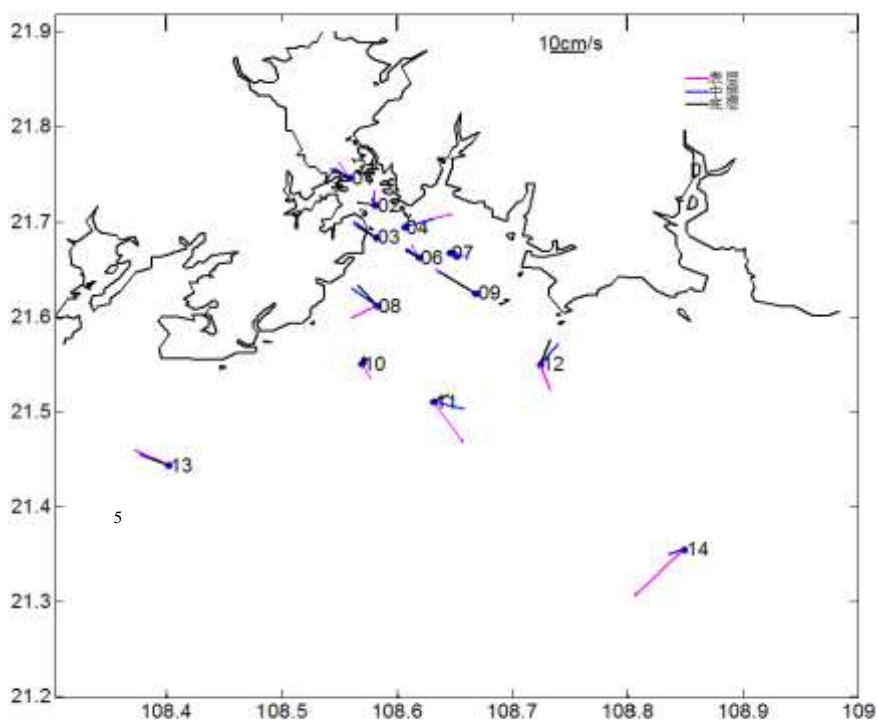
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)

夏、冬季测流期间各测站余流矢量图

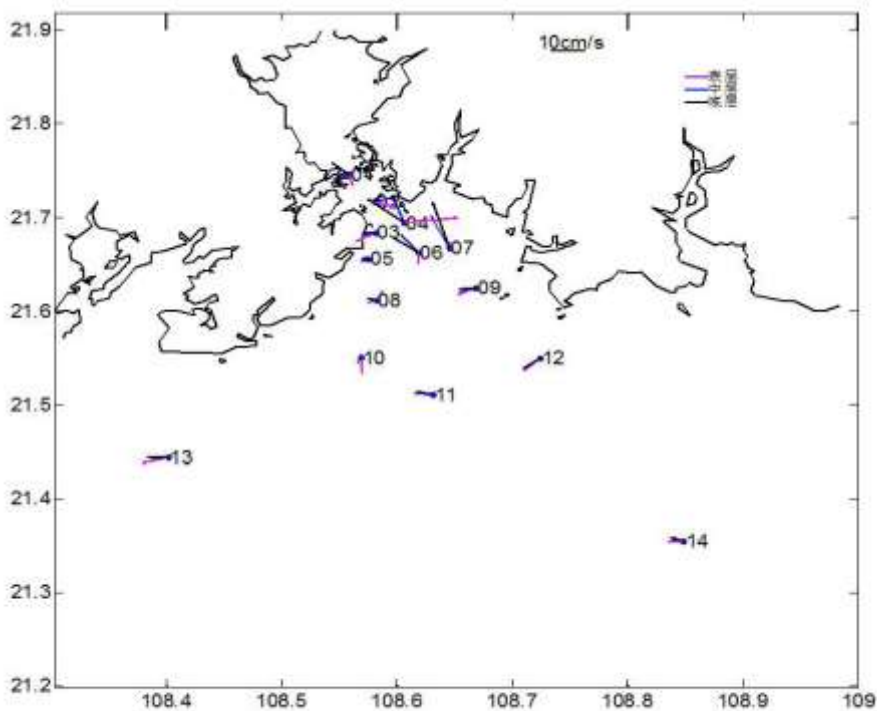
图 2.5-3 (2/3)

版次:

A



冬季中潮期各站余流矢量图（粉色-表层，蓝色-中层，黑色-底层）



冬季小潮期各站余流矢量图（粉色-表层，蓝色-中层，黑色-底层）

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
夏、冬季测流期间各测站余流矢量图		
图 2.5-3（3/3）	版次：	A

2.6 地质地震

2.6.1 地形地貌

2.6.2 区域地质与地震特征

2.6.3 厂址区域地壳稳定性及地震烈度级别

2.6.4 厂区工程地质

2.6.5 参考资料

2.6 地质地震

2.6.1 地形地貌

（1）厂址附近地形地貌

厂址附近范围包括海域和陆地，地貌包含了低山—丘陵、滨海低丘两个地貌区带，总体地貌特点为低山—丘陵、宽谷和滨海低丘地貌组合。

陆域总体地貌特征为中低山脉与宽谷丘陵相间分布；滨海低丘分布在低山—丘陵地貌带与海岸之间，地貌特点为低矮、浑圆的圆丘，海拔高度在 15m~50m 之间。海域主要为北部湾北部海岸地带，由钦州湾、防城港湾、龙门港、茅尾海等组成海域区域。

（2）厂址区地形地貌

防城港核电厂地处钦州湾盆地西北边缘的半岛海岸地带，厂址区总体上呈西北高、东南低的地形特征，按其成因及形态特点分为滨海丘陵地貌、海岸地貌和人工地貌三种地貌单元：

A) 丘陵地貌

- 低丘：厂址区西部及北部属滨海丘陵地貌，由侵蚀低丘及丘间沟谷构成。厂址区丘顶高程为 20m~35m，山坡坡度多为 15°~20°。受山沟切割，丘陵一般呈北西向或北东向展布；厂坪完成后，丘陵区已全部开挖至+9.0m 高程。
- 冲沟：丘陵间为宽窄不一的沟谷，与山丘间隔分布，冲沟沟底标高一般为 2.0~5.0m，宽度一般 50~250m。一般走向北东、北西和北方向，南部海边的冲沟局部可见基岩出露。厂坪施工后，冲沟已全部回填。

B) 海岸地貌

海岸地貌处于场地的南部，属于钦州湾潮间带，涨潮时基本被海水浸没，退潮时除部分低洼地段外均显露，主要形态为沙滩和岩滩。海岸地形均向大海倾斜，倾角 2~5°，海滩中有剥蚀残丘零星分布。现状场地的海岸地带大部分已整平回填，形成高约 8-10m 的人工填方边坡，人工边坡以南为原始海滩。

C) 人工地貌

厂区的人工地貌主要包括虾塘、水田及废弃的采石场等，规模均较小，场地整平后已不复存在。

2.6.2 区域地质与地震特征

（1）区域地质构造特征

区域范围内在地质构造上发育加里东、华力西和印支三个时期的褶皱带，厂址区位于北东向分布的钦州华力西褶皱带上。区域断裂构造主要以北东向为主，其中规模较大的断裂对区域地质构造发育，对沉积岩相和沉积厚度、岩浆活动及构造变形等有不同程度的控制作用，防城—灵山断裂带和合浦—北流断裂带是钦州华力西褶皱带的主要构造边界。区内北西向断裂主要分布于宾阳—马山一线之西南的地区，断续成带分布，其形成与右江再生地槽的形成和演化有关，后期得到进一步发展。北东东向断裂主要位于北部湾盆地，规模小，长一般数十公里，控制了盆地内次一级凹陷（地堑）和凸起（地垒）的发育。区域新构造运动以向南掀斜抬升为主要特征，伴随间歇性升降运动和断块差异运动。厂址位于北部湾西部缓慢倾斜升降区。新构造时期北东和北西向断裂活动较明显，如北东向的合浦-北流、防城-灵山断裂带以及北西向百色-合浦断裂带等。这些断裂带的活动及由此而产生的断块差异运动，对区内构造地貌发育和新构造格局起到重要的控制作用。

近区域陆域范围新构造运动以整体性缓慢抬升运动为主，南部海域以整体下沉为主。在整体抬升或下沉的背景下近区域范围内的活动具有一定的差异性，但自第四纪以来，区内新构造活动幅度和差异性活动逐渐减小或减弱。新构造期的断层活动也主要发生在新近纪至早更新世。

（2）区域地震活动特征

厂址所在区域属中强地震活动区，地震活动水平总体不高，以中强地震为主，具有不均匀分布的特点，地震活动强度和频度较低，历史上没有发生过 7 级以上的强震。从公元 1653 年至今，区域范围内有记载以来共计发生过 $4^{3/4}$ - $6^{3/4}$ 级地震 19 次，其中，3 次 $6^{3/4}$ 级地震级、8 次 5-5.9 级地震和 8 次 $4^{3/4}$ -4.9 级地震，最大地震为 1936 年灵山 $6^{3/4}$ 级地震。1970 年以来地震观测结果表明，区域现代小震活动较为频繁，有几处小震密集区，如灵山东北及北部湾靠近雷琼半岛附近，距厂址均较远。区域范围内陆域地震活动性自北向南具有减弱的趋势，北部湾新生代断陷盆地边界及内部内也具有强震与中强地震活动。厂址位于北东向区域性防城-灵山断裂带与合浦-北流断裂带之间的地区，地震活动水平相对较低。

厂址近区域范围地震活动较弱，在以厂址为中心半径 25km 范围内未曾记录到历史破坏性地震（ $M \geq 4.7$ ），中小地震的频度、强度相对较低，没有 $M_L 4.0$ 级以上的地震分布。1970 年以来 $M_L \geq 1.0$ 级的现代小震共记录到 33 次，最大地震为 1976 年 6 月 11 日 $M_L 3.5$ 级地震，震中距离红沙厂址约 22km。

厂址附近范围内共记录到 $M_L \geq 1.0$ 级的现代小震 4 次，没有 $M_L 3.0$ 级以上的地震。最大地震为 1992 年 12 月 31 日发生在大松柏林西北，震中距厂址约 6km。历史地震对厂址的最大影响烈度为 V 度。

（3）区域地震构造特征

区域范围总体上没有强烈构造活动与地震活动的动力学背景。区域断裂构造总体上主要以北东和北东东向为主，如防城-灵山断裂带、合浦-北流断裂带等，这些规模较大的断裂往往是中强地震发生的场所。区域范围内还发育一些延伸长，呈断续展布的北西向断裂带，如百色-合浦断裂带、巴马-博白断裂带等，这些规模较大的北西向断裂与规模较大的北东向断裂交汇部位，容易发生中强地震。规模较大的区域性断裂带之间的块体属于地震活动水平相对较低，如位于防城-灵山断裂带、合浦-北流断裂带之间的地带等。

近区域范围内总体上断裂活动微弱，处于较为稳定的构造环境。但在近区域西北和东南两侧附近有区域性防城—灵山断裂带和合浦—北流断裂带，它们都属于中强地震构造带。其中近区域内的发震构造——6.0 级防城-灵山断裂带防城段和合浦-北流断裂带合浦段，到厂址的距离分别为 20km 和 21km；6.5 级防城-灵山断裂带陆屋段到厂址的距离为 27km。上述两条中强地震构造带之间的近区域范围不存在中更新世以来活动的断裂，主要为前第四纪断裂，也没有小地震沿断裂成带分布的现象，不具备发生强震的地质构造背景。

厂址所在地震构造区为桂南滨海地震构造区，其构造活动和地震活动相对较弱，最大弥散地震为 5 级。

（4）厂址区潜在地表破裂评价

厂址附近范围内不存在能动断层，可不考虑厂址区产生潜在地表破裂的可能性。

（5）厂址附近不良地质现象、地震地质灾害与火山灾害评价

厂址附近及厂区未发现岩溶、崩塌、泥石流、地面沉降以及由于矿山开采等人为活动形成的坑道、坑沟、古井、古墓等大型不良物理地质现象；在厂址区域范围（距

离厂址 85km 以外）存在第四纪火山活动，经研究表明：它们均不属于活火山，不会影响厂址的安全性；在厂址附近不存在影响厂址合格性的潜在地震地质灾害和潜在火山灾害。

2.6.3 厂址区域地壳稳定性及地震烈度级别

厂址 SL-2 级设计基准地面运动基岩峰值加速度水平向为 0.16g、竖直向为 0.11g。

厂址 SL-1 级设计基准地面运动基岩水平向峰值加速度值为 0.08g。

厂址地震基本烈度（50 年超越概率 10%）为 VI 度。

2.6.4 厂区工程地质

（1）厂区出露地层岩性概况

厂址区分布的地层包括第四纪松散堆积层、侏罗系和志留系地层。侏罗系地层分布于场地南部海岸地带，覆盖于志留系地层以上；主厂区地段基本揭露至基岩，主厂区外围地势较低地段分布第四纪土层。

第四纪地层主要为人工堆积层 Q^{ml} （素填土）、全新统滨海积层 Q_4^m （粉细砂、淤泥质黏土、粉质黏土、角砾）和坡残积层 Q^{dl+el} （粉质黏土）。侏罗系下统（ J_1 ）主要为砾岩、砾状砂岩，呈互层状或夹层状分布；呈帽状盖于志留系下统连滩群砂岩上，与下伏岩石呈不整合接触。志留系下统连滩群第五组（ S_{1ln}^c ）按岩类划分为砂岩类、泥质粉砂岩类及泥页岩类。

（2）场地稳定性

通过工程地质测绘和临近周边地段的现场踏勘，厂址区及周边地段未发现抽取地下水、对油（气）等矿藏的开采、石料采集及人工地下洞穴等人类活动的遗迹，从而不存在因人为活动造成的潜在的塌陷、沉降等潜在地质危害。

根据现场地形地貌和地层岩性的调查分析，未发现地面沉降、地面塌陷、泥石流、崩塌、滑坡等不良地质现象或地质灾害，且无潜在的塌陷可能。核岛、常规岛及泵房地基均为志留系连滩群基岩，岩层倾角平缓，未发现软弱结构面。

厂区东侧的 f04 断层规模小，主要表现为岩石破碎和局部风化强烈，破碎带规模小，倾角陡直（倾角 $75-90^\circ$ ），延伸长度 137m，影响宽度 1.5~2.0m，且距离核岛厂房距离较远（距 3 号核反应堆厂房外边缘约 80m），依据《广西防城港核电厂工程可行性

研究阶段地震安全性评价报告》中断层能动性鉴定结论，厂区内与褶皱伴生的断层，规模均较小，且均为非能动断层。对场地稳定无影响。

综上所述，未发现颠覆场地稳定的因素，场地是稳定的。

（3）地基稳定性

核岛区、常规岛区及泵房区建筑物地基主要为中等风化岩体，局部为微风化岩体；岩体结构面主要为节理裂隙面和层面，节理裂隙多发育陡倾角的节理裂隙，绝大多数由石英脉充填，胶结较好，未形成连续的大型结构面；层面多为缓倾角近似水平，岩层面结合良好；风化界线多以渐变关系出现，没有突变现象；而且，地基岩体周围不存在侧向临空面，岩体不会产生沿结构面滑动现象。

建（构）筑物基础底面以下未发现断层、软弱夹层，地基岩体中也不存在溶洞、地下空洞和可溶盐类，无采矿和其它地下采空区，无地基塌陷和其它不良地质作用，不存在地基倾覆危险。

综合分析得到，中等风化及微风化基岩的地基承载力特征值较高，满足作为核岛等主厂房对地基持力层的要求，且地基强度、完整程度自上而下逐渐向有利的趋势发展，地基整体上是稳定的。

（4）不良地质现象

厂址附近范围内地震活动微弱，无历史记载和仪器记录的破坏性地震。查阅资料和现场访问结果表明，厂址区也没有发生相关的地震地质灾害（如基土液化、地面沉降等）。历史地震对厂址的最大影响烈度为V度，因而无须考虑地震引起的基土液化。厂址区不存在沉降、塌陷、泥石流和斜坡失稳等地质灾害的记载。

厂址附近范围不存在发生地震海啸及受远海地震海啸影响的可能性。

厂址附近范围内没有能动断层，可不考虑断层导致的地表破裂地震地质灾害。

厂址区域范围内有第四纪火山活动。这些火山活动主要位于雷州半岛、合浦以东和涠洲岛等地，其中最近的涠洲岛火山距厂址约89km。

根据已有资料分析，涠洲岛火山活动期为早更新世至晚更新世，山口火山活动期为第四纪早期（中国地震局地质研究所等，2006），雷州半岛的火山活动期为早更新世至晚更新世（国家地震局地质研究所等，1993），在全新世都没有活动。厂址区不存在潜在火山灾害。

综上所述，厂区不存在影响厂址适宜性的潜在地震地质灾害、潜在火山灾害和地

震海啸灾害。

经地质调查，厂址区内未发现崩塌、滑坡、泥石流、地下洞穴、地裂缝、采空区、塌陷等影响场地稳定的不良地质作用。

2.6.5 参考资料

- [1] 广西防城港核电厂（可研）岩土工程勘察报告，广西电力工业勘察设计研究院，2009年5月；
- [2] 广西防城港核电厂工程建设项目地质灾害危险性评估报告，广西地质灾害防治工程勘查设计院，2008年11月；
- [3] 广西防城港核电厂地震安全性评价报告，中国地震局地球物理研究所，2008年11月。
- [4] 防城港核电厂工程3~6号机组核岛、常规岛区岩土工程勘察总报告（初步设计阶段），河北中核岩土工程有限责任公司，2012年5月；
- [5] 防城港核电厂二期工程可行性研究阶段岩土工程勘察报告，河北中核岩土工程有限责任公司，2013年10月；
- [6] 防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程岩土工程勘察报告（可行性研究阶段），河北中核岩土工程有限责任公司，2014年5月；

2.7 环境质量现状

2.7.1 辐射环境

2.7.2 大气环境

2.7.2 海水环境

2.7.3 声环境

2.7.5 参考资料

表

表 2.7-1 环境辐射本底调查监测方案

表 2.7-2 防城港核电厂 500kV 开关站电磁环境监测结果

表 2.7-3 防城港核电厂 500kV 送电线路电磁环境监测结果

表 2.7-4 防城港核电厂 220kV 辅助变电站电磁环境监测结果

表 2.7-5 防城港核电厂 220kV 辅助变电站西侧电磁衰减监测

表 2.7-6 防城港核电厂 220kV 送电线路电磁环境监测结果

表 2.7-7 3 号、4 号主变压器拟建地址附近电磁环境监测结果

表 2.7-8 厂外敏感点电磁环境监测结果

表 2.7-9 开关站及变电站边界噪声监测结果

表 2.7-10 电厂内敏感点声环境质量监测结果

表 2.7-11 码头区域声环境质量监测结果

表 2.7-12 核电厂厂界噪声监测结果

表 2.7-13 核电厂厂外敏感点噪声监测结果

2.7 环境质量现状

本节根据现有的调查和监测资料，给出防城港核电厂厂址周围辐射环境和非放射性环境质量现状。

2.7.1 辐射环境

2.7.1.1 环境放射性本底

防城港核电厂二期工程三、四号机组作为一期工程扩建项目，其建设前的环境放射性本底可根据防城港核电厂一期工程首装料前的辐射环境本底调查数据给出。该次调查由中国原子能科学研究院于2011年8月至2013年7月间完成，为期两年。本节简要给出调查所反映的核电厂址周围环境中环境辐射与介质放射性本底水平及分布。

本次辐射本底调查主要内容包括陆地环境 γ 辐射水平、陆地环境介质放射性水平和海洋环境介质放射性水平。调查方案汇总情况见表2.7-1。以下归纳给出调查结果：

（1）陆地 γ 辐射剂量率和累积剂量

原野、室内与道路 γ 辐射剂量率监测结果范围分别为15.1~96.1nGy/h、59.8~123.2nGy/h、32.5~87.5nGy/h，采用TLD测量的累积剂量换算出的剂量率为49.4~98.5nGy/h，属正常水平。除此之外，本次调查还在核电厂气象观测站设立了一个连续监测点，获得了16个月的监测数据，监测到的环境 γ 辐射剂量率月平均值为76~96nGy/h，属正常水平。

（2）空气介质

对于气溶胶， γ 谱分析结果中，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。各监测点位的 ^7Be 监测结果范围为0.28~3.32mBq/m³；总 α 浓度范围为<0.016~0.150mBq/m³；总 β 浓度范围为0.16~2.67mBq/m³。

对于沉降灰， γ 谱分析结果中，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。各测点 ^7Be 、总 α 、总 β 的浓度范围分别为4.14~159Bq/m²·月、<0.07~38.90Bq/m²·月、2.46~62.70Bq/m²·月。

对于降水， γ 谱分析结果中，人工核素（包括 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）分析结果均小于探测限。各监测点位降水中 ^3H 浓度范围为 0.27~0.62Bq/L。

对于空气中 ^3H 和 ^{14}C ，其浓度范围分别为 2.14~21 mBq/m³ 和 101~412 mBq/g C。

（3）陆地水

对于饮用水，各监测点位总 α 监测结果范围为 $<5.70 \times 10^{-4}$ ~10.053Bq/L，总 β 监测结果范围为 0.015~0.14Bq/L， ^3H 监测结果范围为 0.15~0.66Bq/L。

对于地下水， ^3H 监测结果范围为 0.27~0.88Bq/L。

对于地表水，人工核素（包括 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）分析结果均小于探测限。各监测点总 α 浓度均处于 <0.003 ~0.2Bq/L 范围内，总 β 浓度均处于 <0.002 ~0.38Bq/L 范围内。 ^3H 浓度范围为 0.23~0.77Bq/L。各点位 ^{90}Sr 监测结果范围为 1.04~10.90mBq/L。

（4）土壤和沉积物

土壤中天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的浓度水平范围分别为 15.5~206Bq/kg、5.0~224.0Bq/kg、5.5~116.0Bq/kg、9.91~779Bq/kg。其余各人工放射性核素浓度水平均低于探测限。 ^{90}Sr 的浓度范围为 <0.38 ~8.15Bq/kg。

地表水底泥中检出了 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr ，浓度范围分别为 <0.32 ~1.34Bq/kg、 <0.37 ~3.31Bq/kg，其它所有人工核素监测结果均小于探测限。天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的浓度水平范围分别为 14.1~157Bq/kg、22.4~160Bq/kg、15.9~86.8Bq/kg、62.8~1090Bq/kg。

（5）陆生生物、指示生物

陆生生物样品监测结果如下：

对桉树，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ： <0.02 ~0.47Bq/kg； ^{90}Sr ： 1.01~1.90Bq/kg（鲜）。

对稻米，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ： <0.008 ~0.51Bq/kg； ^{90}Sr ： 0.02~0.06Bq/kg（鲜）。

对青菜，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ： <0.07 ~0.103Bq/kg； ^{90}Sr ： 0.102~0.431Bq/kg（鲜）。

对香蕉，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ： <0.005 ~0.05Bq/kg； ^{90}Sr ： <0.007 ~0.093Bq/kg（鲜）。

对鸡，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ：<0.008~0.047Bq/kg； ^{90}Sr ：0.032~0.096Bq/kg（鲜）。

对淡水鱼，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ：<0.03~0.46Bq/kg； ^{90}Sr ：<0.139~0.925Bq/kg（鲜）。

对松针，各主要核素浓度范围分别为：

^{137}Cs ：<0.015~2.87Bq/kg； ^{90}Sr ：0.117~0.1.21Bq/kg。

上述各类样品除检测到 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr 外，其余人工核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn ）分析结果均小于探测限。

（6）海水、海洋沉积物、海盐

海水中 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、去钾总 β 和 ^3H 监测结果范围分别为<0.76~2.02mBq/L、<0.20~4.42mBq/L、0.11~0.62Bq/L和0.18~0.48Bq/L。其它放射性核素（ ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）分析结果均低于探测限。

海底泥中 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的监测结果范围分别为<0.17~1.5Bq/kg、<0.18~1.57Bq/L、14.8~48.3Bq/kg、16.9~78.2Bq/kg、10.1~42.2Bq/kg和26.8~272.5Bq/kg。部分海底泥样品中检出了 ^{137}Cs （范围为<0.46~3.5Bq/kg·干），其它放射性核素（ ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）分析结果均低于探测限。

潮间带土中 ^{90}Sr 、 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的监测浓度范围分别为<0.25~0.44Bq/L、6.6~25.3Bq/kg、11.2~20Bq/kg、8.58~13.75Bq/kg和27~114.8Bq/kg。其它放射性核素（ ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ）分析结果均低于探测限。

（7）海洋生物和海洋指示生物

所有海洋生物样品中均未检出 ^{134}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 。在所有给出鲜样的分析结果中，海洋生物中 ^{137}Cs 活度浓度范围为：<0.006~0.035Bq/kg(鲜)，其中杂鱼 ^{137}Cs 活度浓度高于其他海洋生物样品； ^{90}Sr 活度浓度范围为：<0.007~1.530Bq/kg(鲜)；牡蛎中总 β 的活度浓度范围为：16.0~57.5Bq/kg(鲜)。

该次辐射环境监测结果能够较好地反映目前厂址附近区域的环境辐射现状水平，包括环境 γ 辐射水平、陆地和海洋环境介质放射性核素浓度水平，总体均处于正常水平。

2.7.1.2 电磁环境本底

苏州热工研究院有限公司于2014年4月11日对防城港核电厂厂址区域电磁环境质量进行了监测，点位布设及监测方法按照《500kV超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）、《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T988-2005）和《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）中的相关规范和要求进行。考虑到防城港核电厂内的主要电磁辐射源分布，选择了500kV开关站、220kV辅助变电站以及500kV和220kV送电线路、3号、4号机主变拟建地址进行重点布点监测，另外，也对防城港核电厂厂外环境敏感点包括牛角冲、珠沙港、大岭脚的电磁环境现状进行了监测。

本次电磁环境质量现状监测结果见表2.7-2~2.7-8。

现场监测期，500kV开关站仍在建设中，送电线路尚在架杆，因此仅在500kV开关站周界及送电线路下方布设监测点位，由于500kV开关站西侧与220kV辅助变电站东侧相连，因此该位置无布点。表2.7-2和2.7-3给出了500kV开关站和500kV送电线路下方的工频电磁场监测结果。由表可知，500kV开关站周界外的工频电场强度为0.422V/m~5.76V/m，工频磁场强度为0.80~8.36nT，均小于HJ/T24-1998中工频电场4kV/m、磁感应强度0.1mT的推荐限值。500kV送电线路正下方的工频电场强度为0.634V/m，工频磁场强度为1.02nT，均满足HJ/T24-1998中的相关限值要求。

220kV辅助变电站及220kV线路正在使用，现状监测结果即为相关设施正常运行时的电磁辐射影响。表2.7-4为220kV施工变电站电磁环境监测结果，由表可知，220kV施工变电站周界工频电场强度为32.6~265.4V/m，工频磁场强度为3.25~29.63nT，可满足HJ/T24-1998中的相关限值要求。

为了解变电站工频电磁场空间影响程度，选择了变电站西侧进行电磁环境衰减断面监测，表2.7-5给出了变电站电磁环境衰减监测结果，由衰减断面监测结果可知，随着距离的增加，工频电磁场强度均呈现下降趋势，即距离线路越远，工频电磁场强度越小。

为了解送电线路工频电磁场空间影响程度，选择了厂内空地220kV送电线路进行电磁环境衰减断面监测，监测点位自线路正下方开始，沿线路垂向每隔1m进行布点，监测到最大值后按5m的整数倍布点至距线路50m位置。表2.7-6给出了220kV送电线路电磁环境监测结果。由表可知，220kV送电线路工频电场最大值出现于距线

路正下方 6m 处，为 1954V/m；磁感应强度最大值出现于距线路正下方 2m 处，为 37.93nT，均满足 HJ/T24-1998 中的推荐限值要求。由衰减断面监测结果可知，工频电磁场强度在达到最大值后，随着距离的增加均呈现下降趋势。

另外，选择了拟建的 3、4 号机组变压器所在地址作为监测对象，表 2.7-7 给出了 3、4 号机组变压器附近的工频电磁场监测结果，由结果可知，3 号机组变压器附近工频电场强度为 0.63V/m，工频磁场强度为 0.33nT，4 号机组变压器附近工频电场强度为 0.38V/m，工频磁场强度为 0.15nT，均满足 HJ/T24-1998 中的推荐限值。

表 2.7-8 给出了厂外敏感点电磁环境监测结果，由表可见，敏感点工频电场强度为 0.681~3.30V/m，工频磁场强度为 0.0959~17.01nT，HJ/T24-1998 中的推荐限值要求。

综上，防城港核电厂厂址区域及附近环境敏感点的电磁辐射环境质量现状整体较好，现场监测的工频电场强度最大值为 1954V/m，占 HJ/T24-1998 中工频电场 4kV/m 标准限值的 48.9%，工频磁场强度最大值为 37.93nT，占 HJ/T24-1998 中工频磁场 0.1mT 标准限值的 0.04%。

2.7.2 大气环境

防城港核电厂一期工程施工期间，防城港市环境监测站承担了厂址环境空气质量现状监测，分别在厂址北面 900m 的湾潭村、厂址西南面 2200m 的大冲口、西南面 2000m 的老虎港开展了二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、总悬浮颗粒物（TSP）和可吸入颗粒物（PM₁₀）的监测。监测期间每天测日均值，其中 SO₂、NO₂ 日均浓度连续采样 18 个小时，TSP、PM₁₀ 日均浓度连续采样 12 个小时。表 4.3-2 给出了 2011 年第 3 季度至 2013 年第 2 季度的监测结果，从表可以看出，厂址区域的大气环境质量达到《环境空气质量标准》（GB3095-1996）二级标准。

2.7.3 海水环境

表 4.3-8 给出了 2011 年第三季度至 2013 年第二季度厂址近岸海域水质监测结果，从表可以看出，除项目东北面海域 2011 年第三季度和 2012 年第三季度无机氮监测结果超出标准限值外，其它各监测点位各季度的监测结果均达到《海水水质标准》（GB3097-1997）中第三类标准限值，符合厂址区域近岸海域环境功能区划。根据监测报告的结论，无机氮监测结果超标主要是受贝类等海产养殖的影响。监测海域的西

北面为光坡镇红沙村海产品养殖区，养殖有大量生蚝、牡蛎等海产品。

2.7.4 声环境

苏州热工研究院有限公司于 2014 年 4 月 11~12 日对防城港核电厂址及附近环境敏感点的声环境质量现状进行了监测。

声环境质量现状监测布点原则和监测方法按照《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）和《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的要求进行，同时考虑到厂内总平面分布和部分配套设施的建设，本次监测点位主要布设在以下区域：

- （1）防城港核电厂南、西、北厂界外 1m；
- （2）防城港核电厂厂内声环境敏感点，包括办公区、员工生活区；
- （3）防城港核电厂厂内部分配套设施，包括 500kV 开关站、220kV 辅助电源变和重件码头；
- （4）防城港核电厂厂外声环境敏感点，包括离电厂最近的牛角冲组、珠沙港和大岭脚组，应急道路沿线的栏冲村、山口小学、松柏林组和光坡镇星光派出所。

防城港核电厂声环境质量现状监测结果见表 2.7-9~表 2.7-13。

防城港核电厂厂内目前仍在施工，各测点受厂区施工噪声影响较大。厂内开关站和变电站的东侧和南侧施工机械较多，受其噪声影响明显。表 2.7-9 给出了监测结果，由表可见，厂内开关站及变电站区域的噪声现状为：昼间 50.3~63.7dB（A），夜间 43.0~53.0dB（A）。实测噪声受施工噪声影响明显，不能代表该点位的噪声背景值，仅代表其噪声现状。

表 2.7-10 为厂内环境敏感点声环境质量监测结果，由表可见，办公区的昼间噪声为 56.4 dB（A），夜间噪声为 43.0 dB（A）。员工生活区的昼间噪声为 61.9 dB（A），夜间噪声为 43.2dB（A）。这两个区域昼间受施工噪声影响明显，实测噪声较大，不能代表该点位的噪声背景值，仅代表其噪声现状。

表 2.7-11 为电厂重件码头区域声环境质量监测结果，重件码头离施工区有数百米距离，受噪声影响程度较轻，该点的噪声实测值可作为电厂的噪声背景值。码头区域实测昼间噪声为 49.0dB（A），夜间噪声为 45.7dB（A），可达到 GB3096-2008 中的 2 类功能区标准。

表 2.7-12 为核电厂厂界噪声监测结果，由表可知，厂界昼间最大噪声为 63.6dB（A），夜间最大噪声为 50.6dB（A），可满足 GB12523-2011 中的标准限值要求。

表 2.7-13 为核电厂厂外环境敏感点声环境质量监测结果，由表可知，离电厂最近的三个自然村：牛角冲、珠沙港、大岭脚均可满足 GB3096-2008 中的 2 类功能区标准。应急道路沿线的栏冲村、山口小学、松柏林的噪声能够满足 GB3096-2008 中的 2 类功能区标准；星光派出所昼间噪声超过 GB3096-2008 中的 2 类功能区标准，这主要是因为其靠近镇区，昼间交通流量大、社会生活噪声影响大，但噪声的总体超标量不大。

总体来看，防城港核电厂厂内由于仍在施工，噪声主要来自于施工机械和设备使用；厂界噪声可满足 GB12523-2011 中的限值要求，厂外居民点声环境质量可满足 GB3096-2008 中的 2 类标准，应急道路沿线的声敏感点除靠近镇区的星光派出所外，均能满足 GB3096-2008 中的 2 类标准，星光派出所由于靠近镇区，昼间交通流量大、社会生活噪声大导致噪声略微超出 GB3096-2008 中的 2 类标准。

2.7.5 参考资料

- [1] 防城港核电厂厂址区域电磁辐射与声环境质量现状监测与评价专题报告，苏州热工研究院有限公司，2014.4。
- [2] 广西防城港核电厂一期工程施工期噪声、周边环境空气质量、水环境监测报告，防城港市环境监测站，2014.1。
- [3] 中国原子能科学研究院，2011—2013 广西防城港核电厂首次装料前环境辐射本底水平调查报告，2013 年 9 月。

表 2.7-1（1/3） 环境辐射本底调查监测方案

环境 γ 辐射本底调查

监测对象	频度	采样点数	质保样	样品数	采样(监测)点	监测项目
γ 辐射连续监测	连续	1	---	---	核电厂气象观测站	获取 1 年以上连续监测数据
γ 辐射累积剂量	季	13	280	630	厂址周围 0~2km	环境 γ 累积剂量
	季	16			厂址周围 2~5km	
	季	14			厂址周围 5~15km	
	季	5			厂址周围 15~40km	
	季	1			厂址周围 >40km	
环境 γ 瞬时剂量率	季	55	525	3149	厂址周围 0~2km	γ 辐射空气吸收剂量率
	季	193			厂址周围 2~5km	
	季	101			厂址周围 5~15km	
	季	30			厂址周围 15~40km	
	季	5			厂址周围 >40km	

表 2.7-1（2/3） 环境辐射本底调查监测方案

陆地介质放射性本底调查

监测对象		频度	采样点数	2 年样品数	采样(监测)点	监测项目
空气	气溶胶	1 个月	4	96	核电厂气象站、小峰水库、沙螺辽小学、红沙村委会小学	γ 谱、总 β 、总 α
	^3H	1 个月	4	96	核电厂气象站、小峰水库、沙螺辽小学、红沙村委会小学	^3H
	^{14}C	1 个月	4	96	核电厂气象站、小峰水库、沙螺辽小学、红沙村委会小学	^{14}C
	沉降灰	季	4	32	核电厂气象站、小峰水库、沙螺辽小学、红沙村委会小学	γ 谱分析、总 α 、总 β
陆水	雨水	季	4	32	核电厂气象站、小峰水库、沙螺辽小学、红沙村委会小学	^3H , γ 谱
	地表水	半年	5	20	红沙村水塘、刘屋水塘、山口水库、官山辽水库、小峰水库	^{90}Sr , ^3H , γ 谱、总 β
	饮用水	季	3	24	白云村、小峰水库、沙螺辽	总 α 、总 β , ^3H , γ 谱
	地下水	半年	3	6	白云村、小峰水库、沙螺辽	^3H , γ 谱
不动土	年	6	12	非居住区边界不动土、仙岛公园不动土、大冲口尾不动土、钦州电厂不动土、防城区伯南公园不动土、大坳不动土	^{90}Sr , γ 谱	
种植土	年	9	18	白云村（香蕉土、稻米土、青菜种植土）、沙螺辽（稻米土）、飞斗潭（香蕉土、青菜土）、小峰水库（香蕉土、稻米土、青菜种植土）	^{90}Sr , γ 谱	
底泥	年	5	10	红沙村水塘、刘屋水塘、山口水库、官山辽水库、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱	
植物	稻米	年	3	6	白云村、沙螺辽、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱
	松针	年	3	7	白云村、沙螺辽、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱、总 β 、自由水氟、有机结合氟
	青菜	年	3	6	白云村、飞斗潭、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱
	桉树	年	3	6	白云村、沙螺辽、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱
	香蕉	年	3	6	白云村、飞斗潭、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱
动物	鸡	年	3	6	白云村、沙螺辽、小峰水库	^{90}Sr , γ 谱
	罗非鱼	年	1	1	山口水库	^{90}Sr , γ 谱
	草鱼	年	2	5	小峰水库、官山辽水库	^{90}Sr , γ 谱

表 2.7-1（3/3） 环境辐射本底调查监测方案

海洋介质放射性本底调查

监测对象		频度	采样点数	2 年样品数	采样(监测)点	监测项目
海水、海底泥		年	8	16	北海海水、南海海水-1、南海海水-2、南海海水-3、南海海水-4、南海海水-5、南海海水-6、南海海水-7	^3H 、 ^{90}Sr ， γ 谱，总 β
海洋沉积物	潮间带	年	3	6	沙螺辽、排水口区域、渔猎人部落	^{90}Sr ， γ 谱
藻类*	海带	年	1	1	北海市场购买	^{90}Sr ， γ 谱
鱼	杂鱼	年	3	6	企沙港、钦州港、北海附近海域	^{90}Sr ， γ 谱
	黄鱼	年	3	6		
贝类	牡蛎	年	3	6	企沙港、钦州港、北海附近海域	^{90}Sr ， γ 谱、自由水氚、有机结合氚、总 β
软体动物	墨鱼	年	2	3	企沙港、北海附近海域	
	八爪鱼	年	1	3	钦州港附近海域	^{90}Sr ， γ 谱，有机氚（选做）
海洋植物	红树林	年	3	6	企沙港、钦州港、北海附近海域	^{90}Sr ， γ 谱、自由水氚、有机结合氚

表 2.7-2 防城港核电厂 500kV 开关站电磁环境监测结果

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	开关站东边界外 5m	0.850	0.1716	0.1332	0.6293	0.67
2	开关站南边界外 5m	0.422	1.70	1.66	8.02	8.36
3	开关站北边界外 5m	5.76	0.3326	0.1686	0.7113	0.80

表 2.7-3 防城港核电厂 500kV 送电线路电磁环境监测结果

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	线路正下方	0.634	0.3992	0.1782	0.919	1.02

表 2.7-4 防城港核电厂 220kV 辅助变电站电磁环境监测结果

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	变电站南边界外 5m	50.1	5.36	4.78	28.75	29.63
2	变电站北边界外 5m	265.4	0.6921	0.5867	3.12	3.25

表 2.7-5 防城港核电厂 220kV 辅助变电站西侧电磁衰减监测

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	变电站西边界外 5m	32.6	0.76	0.90	3.30	3.50
2	变电站西边界外 10m	28.2	0.250	0.279	1.99	2.02
3	变电站西边界外 15m	27	0.227	0.441	1.48	1.56
4	变电站西边界外 20m	20.5	0.1726	0.1236	1.05	1.07
5	变电站西边界外 25m	28.4	0.1022	0.0770	0.337	0.36
6	变电站西边界外 30m	26.9	0.1011	0.0742	0.757	0.77
7	变电站西边界外 35m	25.0	0.0575	0.0395	0.404	0.41
8	变电站西边界外 40m	22.1	0.0805	0.0751	0.336	0.35
9	变电站西边界外 45m	21.7	0.0726	0.0621	0.376	0.39
10	变电站西边界外 50m	16.7	0.0636	0.0573	0.302	0.31

表 2.7-6 防城港核电厂 220kV 送电线路电磁环境监测结果

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	线路正下方	1510	6.02	5.65	31.50	32.56
2	距线路垂直方向 1m	1652	6.05	5.79	31.74	32.83
3	距线路垂直方向 2m	1735	6.50	5.67	36.94	37.93
4	距线路垂直方向 3m	1823	6.67	6.08	33.19	34.40
5	距线路垂直方向 4m	1913	6.77	6.36	34.45	35.68
6	距线路垂直方向 5m	1930	6.69	6.01	34.52	35.67
7	距线路垂直方向 6m	1954	5.91	5.43	30.82	31.85
8	距线路垂直方向 7m	1921	5.41	5.21	28.55	29.52
9	距线路垂直方向 8m	1824	5.36	5.05	28.25	29.19
10	距线路垂直方向 10m	1653	4.75	4.44	24.80	25.64
11	距线路垂直方向 15m	1542	3.58	3.49	20.54	21.14
12	距线路垂直方向 20m	1126	2.68	2.64	15.18	15.64
13	距线路垂直方向 25m	954.2	2.24	2.30	13.15	13.54
14	距线路垂直方向 30m	791.9	1.87	1.66	9.20	9.53
15	距线路垂直方向 35m	670.1	1.55	1.39	8.26	8.52
16	距线路垂直方向 40m	488.1	1.14	0.93	5.59	5.78
17	距线路垂直方向 45m	365.0	0.98	0.86	5.25	5.41
18	距线路垂直方向 50m	281.2	0.73	0.58	2.99	3.13

表 2.7-7 3号、4号主变压器拟建地址附近电磁环境监测结果

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	3号机组变压器外 5m	0.63	0.0638	0.0561	0.315	0.33
2	4号机组变压器外 5m	0.38	0.0502	0.0463	0.136	0.15

表 2.7-8 厂外敏感点电磁环境监测结果

工频电磁场监测结果						
序号	监测点位名称	工频电场 (V/m)	工频磁场 (nT)			
			水平分量 1	水平分量 2	垂直分量	总量
1	牛角冲	0.681	0.0642	0.0554	0.0448	0.0959
2	珠沙港	3.30	0.1303	0.1307	0.6386	0.6647
3	大岭脚	2.51	3.101	2.227	16.58	17.01

表 2.7-9 开关站及变电站边界噪声监测结果

500kV 开关站			
序号	监测点位	昼间噪声 dB (A)	夜间噪声 dB (A)
1	东边界外 1m	63.7	50.5
2	南边界外 1m	61.0	53.0
3	北边界外 1m	51.6	43.0
220kV 辅助变电站			
4	西边界外 1m	51.3	49.2
5	南边界外 1m	50.3	49.9
6	北边界外 1m	50.8	45.5

表 2.7-10 电厂内敏感点声环境质量监测结果

序号	监测点位	昼间噪声 dB (A)	夜间噪声 dB (A)
1	办公区	56.4	43.0
2	员工生活区	61.9	43.2

表 2.7-11 码头区域声环境质量监测结果

序号	监测点位	昼间噪声 dB (A)	夜间噪声 dB (A)
1	码头区域	49.0	45.7

表 2.7-12 核电厂厂界噪声监测结果

序号	监测点位	昼间噪声 dB (A)	夜间噪声 dB (A)
1	南厂界处	62.9	50.2
2	西厂界处	63.6	50.6
3	北厂界处	57.4	45.2

表 2.7-13 核电厂厂外敏感点噪声监测结果

序号	监测点位	昼间噪声 dB (A)	夜间噪声 dB (A)
1	牛角冲	53.7	44.3
2	珠沙港	46.6	43.6
3	大岭脚	52.7	43.8
4	栏冲村	56.3	40.2
5	山口小学	53.8	45.6
6	松柏林	59.2	41.1
7	星光派出所	61.4	46.5

第三章 电厂

3.1 全厂总体规划及厂区总平面布置

3.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

3.3 电厂用水和散热系统

3.4 输电系统

3.5 专设安全设施

3.6 放射性废物系统和源项

3.7 化学物质排放和生活废物

3.8 生活废物

3.9 放射性物质运输

3.1 全厂总体规划及厂区平面布置

3.1.1 全厂总体规划

3.1.2 二期工程总平面布置

3.1.3 放射性废气、废液排放口

3.1 全厂总体规划及厂区平面布置

防城港核电站位于广西壮族自治区防城港市境内，厂址规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程已开工建设 2 台 CPR1000 机组。三、四号机组在一期工程西侧扩建，为 2 台华龙一号（HL1000-1）核电机组，场地已完成平整，厂坪标高为 9.50m（1985 国家高程基准）。

防城港核电站二期工程三、四号机组呈单堆布置，三号机组核岛与四号机组核岛之间的距离为 252.50m。

3.1.1 全厂总体规划

3.1.1.1 总体规划原则

- 遵从国家和地方有关城市规划、土地利用规划、海洋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。
- 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。
- 在确保电站安全运行及工程有序建设的前提下，充分结合一期工程规划现状，突出以近期规划为重点，主体与配套设施同步进行，因地制宜地开展总体规划工作。
- 坚持节约用地、合理用地及节省投资的原则。
- 坚持保护和改善生态环境，防止污染和造成其它危害，保护绿地，加强环境建设。

3.1.1.2 分区规划

防城港核电站分区规划在一期工程期间已经完成，二期工程在此基础上进行布置。

a) 核电站厂区

核电站厂区是核电站建设的核心部分，包含有主厂房区（核岛和常规岛）、BOP 区、厂前区等，其它各区均服务于该区。二期工程主厂房规划布置在一期工程主厂区西侧，由东向西扩建。

b) 厂外辅助设施区

厂外辅助设施区主要是为电厂服务的相关配套设施，包括环境实验室、应急指挥中心、武警营房、消防站、模拟体厂房、淡水净水站、应急设施存储与燃油补给中心

等。武警营房、应急设施存储与燃油补给中心位于主厂区西南侧，淡水净水站位于官山辽水库区，其它设施位于主厂区以北。一期工程厂外辅助设施基本按 6 台百万千瓦机统一规划设计，二期仅需在已预留场地续建模拟机培训中心等，其它设施满足二期工程要求。

c) 现场服务区

现场服务区主要包括运行宿舍以及食堂、室内活动中心、室外活动设施等公共设施，位于厂址区东北端，非居住区之外，依山面海，靠近进厂公路，距离核岛最近距离约 920m（距 3 号核岛）。一期工程公共设施均按 6 台百万千瓦机统一规划设计，二期工程职工现场倒班宿舍将沿现场服务区北端新建。

d) 施工准备区及施工生活区

本着方便施工、节省投资、缩短工期、节约用地的原则，场地宜布置得紧凑适宜，并按照滚动式考虑，一期工程部分较为永久的生产临建可为二期利用，其它施工场地临近厂区布置，便于施工；施工准备区位于核电厂厂区西北面。施工生活区考虑由承包商自己解决。

e) 气象站

根据厂址的地形特点，气象站布置在厂区西南侧，靠近应急公路，已建成。

3.1.1.3 专项规划

a) 淡水水源规划

淡水主要由距厂址西南约 9 公里的官山辽水库引接至厂区，作为核电厂生活、生产用水水源。

b) 取排水规划

二期工程采用单元制海水直流供水系统，循环冷却水和安全厂用水采用海水作为冷却水源。二期工程沿用一期工程取排水规划方案，采用“东取南排、明渠取明渠排”方案。

c) 出线规划

防城港核电厂二期工程 2 台机组以 500 千伏一级电压接入系统，沿用一期工程所建设的 500 千伏核电厂~海港双回线路和核电厂~南宁双回线路接入系统。

辅助电源最终由 220kV 电网引入两路相互独立的电源，一回由 220kV 中路站供电，另一回引自 220kV 潭松站，一期工程由中路站引入第 1 路电源，二期工程引入潭松站第 2 路电源。

d) 交通规划

— 对外交通运输方案

根据核电厂对交通运输的要求和厂址的自然条件，本工程的交通运输采用以水运和公路联运为主的运输方式。施工安装期间大型设备和少量进口设备采用水运，建筑材料及人员交通以公路运输为主。

— 重件运输

大件设备海运至核电厂的自建 3000t 级重件码头，再转陆运进入厂区的安装场地。

— 对外交通规划

为满足项目施工和运行期间对外交通运输的要求，厂区与外部交通规划利用一期工程已修建完成的两条主要道路（进厂道路、应急公路）及一座 3000t 级驳船码头。

e) 截、排洪规划

山区截排洪对核电厂的安全至关重要。厂址东、南面环海，西、北面有小流域雨、洪水汇入厂址，构成对厂址的危害。为此，需沿厂址西、北侧设置截排洪设施，分别将厂址附近汇水面积内的洪水向南、东排入钦州湾海域，以保证厂区的安全。

北排洪沟沿进厂公路北侧，穿过现场服务区将汇集的洪水向东排入海域，目前已经建成。西排洪沟规划沿厂区西侧将汇集的洪水由北向南排入海域，西排洪沟将结合二期工程规划统一考虑。

排洪沟洪水标准为千年一遇设计，PMF（可能最大洪水）校核。

3.1.2 二期工程总平面布置

(1) 总平面布置原则

- 工艺流程合理，功能分区明确，交通运输方便、短捷；
- 核岛布置在均匀的基岩上，避开地质断层；
- 合理确定厂区地坪标高，厂坪标高高于 DBF 设计基准洪水位；
- 尽量使厂区及施工区土石方平衡；
- 设置主要进厂道路和应急道路；

- 处理厂内与厂外、生产与生活、生产与施工的关系；
- 节约用地，方便施工，留有扩建余地；
- 因地制宜，尽量减少主要建（构）筑物地基处理工程量；
- 投资省，运行费用低，环境影响小，经济效益高。

（2）总平面布置方案

a) 主厂房建筑群位置

主厂房建筑群由反应堆厂房、核辅助厂房、安全厂房、放射性废物处理厂房、柴油发电机厂房和汽轮发电机厂房等组成，是核电厂最重要的组成部分。根据厂址地形特征、地下岩土适宜性，并结合取排水、电力出线等多方面综合因素，将三、四号机组布置在一期工程主厂区西侧的西头山岭区域。三、四号机组核岛、常规岛、泵房由南往北依次布置。核岛厂房均坐落在中风化基岩上，三、四号机组汽轮机厂房均坐落在中风化基岩上。

b) BOP 厂房区

BOP 区建筑物较多，防城港一期工程 BOP 设施除了少数采取单元式配置外，其它均按规划容量 6 台百万千瓦机组共用的原则进行设计，因此，二期工程 BOP 设施需结合一期工程进行统一规划。根据初步分析，能够满足二期工程的主要 BOP 设施有：除盐水处理厂、油脂库、非放射性试验室、辐射计量标定室、压缩空气站、全厂保卫控制中心、危险品库、制氢站等。二期需要新建的 BOP 设施主要有：热机修车间与仓库/公用负荷配电室、额外冷却水与核岛消防水厂房、核岛废液贮罐厂房、常规岛废液贮罐厂房、常规岛和 BOP 消防泵房等。

c) 取排水工程

二期工程沿用一期工程规划方案，冷却水通过厂区东侧取水明渠再经北侧明渠进入循环水泵房前池，在厂址南侧海域通过明渠排水。

d) 电气布置

一期工程 500 千伏开关站及 220 千伏变电站均按 6 台百万千瓦机规模规划设计，能够满足二期工程需要，不需再新建，500 千伏开关站及 220 千伏变电站联合布置在主厂房区北侧。

e) 厂前区布置

厂前区建筑包括生产办公楼、档案馆、岩芯库、职工餐厅等，布置在主厂区东北

侧，靠近出入口并设有停车场，便于通行与管理，能够满足二期工程需求。

f) 厂区出入口

在厂区北面的厂前区开设一个主入口接进厂公路，在厂区西侧设一辅助出入口，连接应急公路。进厂公路作为工程建设及运行时的主要通道，应急公路供运输放射性废物和作为人员应急疏散的第二条通道。

g) 实物保护

实物保护分要害区、保护区及控制区。要害区设置高分别为 2.5m、1.5m、间距 1m 的双围栏，要害区分为核岛要害区和泵房要害区；保护区设置 2.5m 高、间距 6m 的双围栏，保护区内包括核岛、常规岛、循环水泵房、热机修车间与仓库/公用负荷配电室、额外冷却水与核岛消防水厂房等。与电厂运行关系密切的辅助设施，如配电装置区、厂前建筑等布置在控制区。其他设施如现场服务区、培训中心、应急指挥中心、武警营房、消防站等布置在控制区围栏外。

3.1.3 放射性废气、废液排放口

防城港核电厂二期工程三、四号机组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。防城港核电厂二期工程三、四号机组烟囱的高度拟设计为约 70.00m。正常工况下排风量：240000m³/h（功率运行期间）、270000m³/h（停堆期间）。烟囱内径：2.8m。正常工况下排气最高温度：60℃。

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通过排水管最终排入大海。

3.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

3.2.1 概述

3.2.2 堆芯和燃料

3.2.3 反应堆冷却剂系统

3.2.4 核辅助系统

3.2.5 蒸汽—电力转换系统

3.2 反应堆和蒸汽—电力转换系统

3.2.1 概述

防城港核电厂 3、4 号机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和电厂配套设备（BOP）三大部分组成。防城港核电厂二期工程三、四号机组每台机组的堆芯额定热功率为 3150MWt，发电机额定电功率约 1150MWe。

3.2.2 堆芯和燃料组件

3.2.2.1 堆芯描述

防城港核电厂 3、4 号机组反应堆堆芯由 177 组全 M5 AFA3G 燃料组件排列构成，这些燃料组件在结构设计上完全相同，只是 UO_2 燃料的富集度不同。首循环堆芯采用三种富集度的燃料组件，布置在堆芯的三个区域里，其富集度分别为 1.8%、2.4% 和 3.1%，换料燃料组件的富集度为 4.45%。

3.2.2.2 燃料组件

防城港核电厂二期工程三、四号机组装载全 M5 AFA 3G 燃料组件。全 M5 AFA 3G 燃料组件与 AFA 3G 燃料组件相比，采用 M5 合金（再结晶）代替 Zr-4 合金（再结晶）用作导向管，导向管端塞，仪表管和格架条带材料。

每个燃料组件由 264 根燃料棒、24 根导向管和 1 根仪表管构成，这些管、棒排列在一个支撑结构内。仪表管位于中心，它为堆内中子探测器的插入提供了通道。导向管不仅为控制棒组件的插入提供了通道，也为中子源组件和阻流塞组件的插入提供了通道。燃料棒装载在燃料组件的骨架上，燃料棒两端分别和上、下管座之间保持一定的间距。

（1）燃料棒

燃料棒由芯块装在密闭的包壳管中构成，通过封焊端塞实现燃料棒密封。防城港核电厂三、四号机组装载两种类型的燃料芯块，一种由二氧化铀粉末烧结而成，另一种由二氧化铀-三氧化二钍粉末烧结而成。燃料棒上端留有气腔，其功能是贮存裂变气体。

通过对芯块和包壳之间的间隙、初始预充压和芯块密度进行优化设计，以使芯块

和包壳之间的相互作用最小。

芯块柱被有预紧力的螺旋弹簧压紧定位。即使在辐照前的运输过程中有 4g 加速度的载荷作用到燃料棒上，该压紧弹簧也能防止芯块柱在包壳内窜动。

燃料棒预充一定压力的氦气。

燃料棒端塞的设计便于燃料组件组装和返修。端塞上环形槽结构使燃料棒可用专门的抓取工具抓取。

（2）燃料组件骨架

燃料组件骨架由下管座、上管座、导向管、仪表管和定位格架及连接件构成。上下管座可拆卸，以运行更换燃料棒，也便于燃料贮存和后处理。

TRAPPER™ 下管座是一个由四个支腿和一块筋板连接的结构，筋板上部装有一片厚的防异物板，四个支腿形成了一个引导冷却剂流向燃料组件的空腔。筋板四周状如一个带倒角的“裙”，它能够对管座补强，并且能够防止异物再返回主流道。防异物下管座阻挡松脱部件及碎片进入燃料组件，并为冷却剂通过棒束提供通道。

上管座是一个盒式结构件，它作为燃料组件的上部构件，除了为控制棒组件和固定式堆芯相关组件提供保护空腔外，还是冷却剂的出口。它由一块顶板、一块连接板和围板焊接成一个整体。四组压紧板弹簧用螺钉分别固定在顶板顶部四边上。连接板上开有导向管连接孔和流水孔，冷却剂流经这些孔后进入上管座空腔，经混合后流出上管座。

导向管是结构件。它也为控制棒、中子源棒或阻流塞棒提供通道。全 M5 AFA 3G 燃料组件采用 MONOBLOC™ 导向管。MONOBLOC™ 导向管由全 M5 合金制成。导向管上部较大的内径形成一个相对大的环形区，以保证紧急停堆时控制棒的快速插入和提供正常运行时冷却剂的流量。导向管下部作为缓冲段以减缓控制棒行程末端的移动速度。在缓冲段的上方开有流水孔，以在正常运行时运行冷却剂流入，在紧急停堆时运行冷却剂从导向管流出。整个管子的外径保持不变。上部区管厚 0.5mm，缓冲区管厚 1.18mm。在薄厚壁间过渡区的长度为 150mm 到 200mm。

仪表管位于燃料组件的中心，可以容纳钢套管插入。而钢套管为堆芯测量仪表管的插入提供导向。仪表管由全 M5 合金制成，具有恒定的直径。仪表管与格架的连接和导向管相同。

全 M5 AFA 3G 燃料组件中有 8 个结构格架，包括 2 个端部格架（不带搅混翼）和 6 个中间格架（带搅混翼）。结构格架为燃料棒提供横向支承（通过维持燃料棒规则的中心距）和轴向支承。此外，全 M5 AFA 3G 组件还加装了 3 个跨间搅混格架（MSMG），跨间搅混格架的功能是搅混冷却剂，以提高热工—水力性能。三个跨间搅混格架装载燃料组件上部第 4、5、6、7 层结构格架的跨中间。跨间搅混格架均由 32 个内条带和 4 个外条带规则的组装而成。

3.2.2.3 其他组件

1) 控制棒组件

控制棒组件以快速反应性变化的补偿方式满足停堆和控制的要求。

控制棒组件分为黑棒组件和灰棒组件两种。黑棒组件由 24 根含 Ag-In-Cd 的控制棒组成，灰棒组件由 8 根含 Ag-In-Cd 的控制棒和 16 根含不锈钢的控制棒组成。

含不锈钢的控制棒称为“灰棒”，由若干不锈钢短棒封装在冷作的不锈钢管中构成。含 Ag-In-Cd 的控制棒称为黑棒，由挤压成型的 Ag-In-Cd 棒封装在冷作的不锈钢管中构成。这种吸收体材料对热中子本质上是“黑体”，并有足够的共振吸收的能力，因此，大大地增加了其价值。

控制棒的芯体和包壳之间有足够的径向间隙和端部间隙，以容纳相对热膨胀和材料的肿胀。下端塞呈子弹头形状，以减少紧急落棒时控制棒组件的水力阻力，并顺利地导入燃料组件导向管的缓冲段。

星形架组件由带径向翼的中心套筒和径向翼上的支承指状管组成，控制棒悬挂在指状管上。为了装卸和与驱动杆组件连接，在中心套筒的上端内部加工有环形槽。装在星形架中心套筒内的缓冲弹簧吸收紧急停堆时控制棒组件在行程末时的冲击能量。径向翼通过焊接和钎焊与中心套筒连接，指状管通过钎焊与径向翼连接。通过一根导杆固定缓冲弹簧及弹簧座，导杆的端部螺纹拧入中心套筒螺纹孔内并焊接，以防止工作时松脱。所有星形架组件的部件除弹簧座为 AISI 630 和弹簧为因科镍 718 合金外都由 AISI 304 和 AISI 308 制成。

2) 中子源组件

中子源组件的目的是提供基础中子水平，以保证中子探测器能工作和对堆芯增殖中子作出响应。

首次装料时，同时装入一次中子源棒和二次中子源棒。一次中子源棒含有放射性材料钷-252，在首循环装料和反应堆启动时，自发地发射中子。当一次中子源棒衰变到低于所要求的中子通量密度水平之后，由二次中子源棒提供中子。二次中子源棒含有铈-铍芯块，铈-铍芯块在反应堆运行时因受中子轰击而被活化，接着释放出中子。在低中子通量密度期间（如换料和随后启动时）它就成为中子源。

3) 节流塞组件

节流塞组件的作用是限制通过燃料组件导向管的旁流量，节流塞棒位于不放控制棒、中子源棒的那些导向管中。

节流塞组件由一个压紧组件和 24 根悬挂在压紧组件下面的短棒组成，压紧组件由一个连接板和一组组合弹簧组件构成。24 根短棒（称为节流塞棒）插入导向管的上端部，以减小旁流量。每根节流塞棒用螺母与连接板形成永久性的连接，螺母和节流塞棒的拧入端焊接防松。类似的短棒也在中子源组件中使用，以塞入所有空导向管的端部。在堆芯，节流塞组件既与上堆芯板接触，又与燃料组件上管座接触，并坐在上管座的连接板上。当上部堆内构件向下就位时，靠上堆芯板使组合弹簧压紧。

除弹簧之外，节流塞组件的所有部件由 AISI 304 制成。弹簧由因科镍 718 制成。从堆芯上部插入的堆芯内部测量仪表需要首先穿过节流塞组件或中子源组件的压紧组件，然后再穿过燃料组件上管座，最后进入仪表管；因此节流塞组件和中子源组件的压紧组件需要设计专门的通道和导向装置以便于堆芯内部测量仪表插入。

3.2.3 反应堆冷却剂系统

3.2.3.1 安全功能

反应堆冷却剂系统的主要安全概念如下所述。

1) 触发安全系统投用

在紧急停堆之前，安全系统不会触发，包括稳压器安全阀，即充分利用紧急停堆的降压效果。这样的方式主要是为了减少稳压器安全阀的动作，减少阀门卡开的风险。

2) 避免紧急停堆

以下事故导致反应堆一、二回路的功率不匹配时要避免紧急停堆：

- 汽轮脱扣；
- 甩负荷；

— 失去主给水泵，至少一台主给水泵还在运行。

3) 安全壳容积

HL1000-1 增大了安全壳的容积。增大安全壳的容积有以下优点：

- 有更大的体积吸收主蒸汽管道破裂或者主回路发生大 LOCA 事故时质能释放，可以降低这些事故时的安全壳峰值压力；
- 在发生主蒸汽管道或主回路发生大 LOCA 事故的短期阶段，不必启动能动的安全壳热量导出系统。

4) 蒸汽发生器传热管断裂事故（SGTR）

SGTR 事故缓解措施有：

- 中压安注的关闭扬程要低于主蒸汽安全阀的开启整定值，以保证破损蒸汽发生器的有效隔离，以最小化潜在的放射性释放；
- 二次侧的部分冷却功能在稳压器低 3 水位信号时由安注信号自动触发启动，GCT 或 VDA 打开，通过蒸汽发生器二次侧对一回路进行降温降压，一直把一回路降压降低到中压安注能投入的压力；
- 将 SGTR 事故时避免破损蒸汽发生器二次侧满溢及向环境释放放射性液体作为安全系统和蒸汽发生器的设计要求；
- SGTR 时，当蒸汽发生器水位达到高水位时，隔离蒸汽发生器给水系统（应急给水系统已启动时，也包括应急给水系统），关闭主蒸汽隔离阀和主蒸汽释放阀。利用完好回路的蒸汽发生器对一回路继续降温。

3.2.3.2 系统描述

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。

每一条环路有一台反应堆冷却剂泵和一台蒸汽发生器。在运行时，反应堆冷却剂泵使冷却剂通过反应堆压力容器和冷却剂环路循环。作为冷却剂、慢化剂和硼酸溶剂的水在通过堆芯时被加热，然后流入蒸汽发生器，将热量传递给二回路系统，最后返回到反应堆冷却剂泵重复循环。

此外，RCP 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动作实现。喷淋系统由两个冷段供水，并通

过喷淋管线接到稳压器的顶封头，通过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处。

反应堆冷却剂系统还配置了堆顶事故排气系统，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连接至公共母管后排入稳压器卸压箱。稳压器卸压箱爆破盘出口的管道分别连接至 2 号主泵隔间和 3 号蒸汽发生器隔间。

3.2.4 核辅助系统

核辅助系统为反应堆冷却剂系统提供支持，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。

（1）化学和容积控制系统（RCV）

RCV 系统通过连续的下泄和上充，为高压的反应堆冷却剂系统（RCP）和低压的核辅助系统（RCV 系统低压部分、REA、TEP 等）提供中接口，以满足机组正常运行期间的容积控制、化学控制、反应性控制等功能。

除正常上充管线外，再生热交换器出口还设有一条至稳压器的辅助喷淋管线，当正常喷淋不可用或流量不足时，为稳压器提供辅助喷淋。水化学控制用的各种化学添加剂可通过化学添加罐经容积式化学添加泵注入至上充泵吸入口。

（2）反应堆硼和水补给系统（REA）

REA 系统通过 RCV 系统向 RCP 系统提供硼酸溶液和除盐除氧水，以满足容积控制、反应性控制的要求。

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。硼酸制备和分配系统为机组所有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；硼酸贮存和补给部分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；除盐水补给部分从硼回收系统（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。

（3）反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）

反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统为反应堆水池和燃料水池提供冷却和净化服务。PTR 系统提供服务的反应堆水池由堆腔池和堆内构件贮存池组成，燃料水池由

燃料厂房传输池、乏燃料水池、乏燃料装罐池组成。

（4）核取样系统（REN）

核取样系统（REN）的功能是在电厂正常运行期间对来自以下系统的样品进行集中化学和放射化学分析：

- a) 反应堆冷却剂系统（RCP）；
- b) 安全注入系统（RIS）；
- c) 化学和容积控制系统（RCV）；
- d) 冷却剂贮存和处理系统（TEP）；
- e) 燃料水池冷却与净化系统（PTR）；
- f) 蒸汽发生器排污系统（APG）。

3.2.5 蒸汽—电力转换系统

防城港二期工程 3、4 号机组的汽轮机为四缸、全周进汽、单列、六排汽口的半速机，额定转速为 1500r/min。

3.2.5.1 汽轮机发电机组

（1）汽轮机

汽轮机由一个高压联合汽缸串联三个双流低压缸组成。三台蒸汽发生器产生的蒸汽输送到蒸汽联箱后，通过四条蒸汽管线进入高压缸，每条管线上有一个截止阀和一个调节阀。蒸汽在高压缸膨胀做功后，经四根冷段管接到汽水分离再热器。经除湿和再热后的蒸汽经由架空蒸汽管线和再热阀组进入低压缸。每个再热阀组包含一个截止阀和一个调节阀。

汽轮机抽汽用于七级给水加热，包括四级低加、一级除氧器和两级高加，它们分别取自汽轮机的七个抽汽点：第一、二级来自两个低压缸抽汽，第三级、四级来自低或中压缸抽汽，第五级除氧器加热用蒸汽取自高压缸排汽，第六级和第七级取自高压缸抽汽。第三级至第七级抽汽管线上设有电动隔离阀和气动助力式止回阀，以防止抽汽系统贮存的工质倒流引起汽轮机超速的危险。

（2）发电机

发电机额定功率为 1150MW 级，功率因数 0.9。发电机定子线圈用水冷却，转子

线圈用氢冷却。励磁机与发电机的外侧端子连接，它包含一台永磁副励磁机，通过自动励磁调节器激励主励磁机的磁场。主励磁机的输出通过装在轴上的硅二极管整流，直流电能通过导体输送到发电机磁场绕组。

3.2.5.2 凝汽器

每台汽轮机组包括三台凝汽器，每台凝汽器由以下主要部件组成：排汽喉部、壳体、管束、管板、水室、1、2号复合式低压加热器。

凝汽器壳体通过直接焊接的方式连接到低压缸外缸上，凝汽器底座通过螺栓连接直接支撑在水泥面的金属地板上。每台凝汽器有两组相同而独立的管束，每组管束由若干根钛管组成。这些冷却钛管每端用胀管器连接在管板内，然后端口与管板进行密封焊。冷却水管的进水端有喇叭形的扩口，以保证循环水能平滑的流动。每组管束对应一组前后水室，前后水室各有两个相同的管道接口，每个接口经橡胶膨胀件和有内衬的碳钢管分别与冷却水进、排水暗渠相连接。凝汽器换热管长度方向上设置碳钢制成的支撑板。凝汽器蒸汽侧和循环水侧都设置有完整的排放装置。复合式低压加热器安装在凝汽器的喉部，支撑在与凝汽器内部加强构件做成一体的钢结构上，部分突出在凝汽器的壳体外面。

凝汽器壳体由碳钢制造，管板采用复合钛板，管子采用钛管。管束两端的水室。结构相同，并要经受 5bar（表压）的水压试验。由于海水有较强的磨蚀作用，碳钢制造的水室、冷却水管和法兰都配备了氯丁橡胶的保护衬里。顶部则有抗结垢的涂层。

凝汽器的布置保证蒸汽和不凝结气体混合物被抽到管束中央并被冷却到尽可能低的温度，然后沿着循环水流相反的方向抽出。在每组管束底部还设置了凝结水收集和除气托盘，以使所有的凝结水都经过除气以后再进入凝汽器热井。正常运行热井容量应满足机组在满功率条件下至少 5min 的凝结水量。

每台汽轮发电机组在凝汽器喉部合布置适数量的蒸汽排放装置。

3.3 电厂用水和散热系统

3.3.1 电厂取排水系统

3.3.2 电厂用水系统

3.3.3 电厂淡水供应

3.3 电厂用水和散热系统

3.3.1 电厂取排水系统

防城港核电厂二期工程拟建设两台核电机组，采用直流冷却方式。循环冷却水从厂址东侧海域通过明渠取水，在厂址南侧海域通过明渠排水，取排水口置于西航道西侧水深条件较好的区域。

单台机组取排水量约为 $64\text{m}^3/\text{s}$ ，温升按包络需要取 7.5°C 。

取水采用港池方式，一次建成、港池内分期开挖引流槽，渠底标高-7.0m。排水采用明渠方式，渠长 6.2km，一次建成，明渠出口底标高-4.0m。取水港池和排水明渠已在一期工程期间建设完毕。

3.3.2 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。

（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。

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热量。

RRI 系统的三个安全系列为核岛安全相关设备提供冷却，两个非安全相关的冷却支路为核岛非安全相关的公共用户提供冷却。其中三个安全系列中的第 1 和第 2 列又分别设置两个独立的小列，因此 RRI 系统实际上配置 5 个独立的安全小列，每个小列对核岛安全相关设备具有 100% 的冷却能力。考虑独立小列的单一故障、预防性维修情况下，RRI 系统均可以保证安全用户足够的冷却。

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：

—化学水处理系统：化学水处理系统的淡水水源来自防城港市官山辽水库。

原水经净水站过滤处理后进入除盐水生产厂房，再经活性炭吸附、深度除盐处理后，输送至核岛除盐水分配系统（SED）以及常规岛除盐水分配系统（SER）。部分 SED 除盐水也用于离子交换器树脂再生。

—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厂的各个建筑物，生活用水来自厂外净水站。

（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 PX 泵房。

—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的冷却水，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。CRF 系统位于 PX 联合泵站内，直至经过冷却水渠的流出口。

（4）生活污水处理系统

—施工阶段产生的生活污水通过施工建设期间建造的临时办公区生活废水处理设施进行处理。

—运行以后产生的生活污水通过核电厂的污水处理站（ED1 和 ED2）进行处理，经过生化处理达到国家规定的排放标准后排入大海或回用。

3.3.3 电厂淡水供应

（1）运行期间淡水水源

二期工程三、四号机组运行期间生活、生产用水水源为距厂址西南约 9km 的官山辽水库，该方案利用防城河上现有的水源工程进行联合调度，经木头滩拦河坝引水至官山辽水库调节后，并经输水管线输送至厂址。

本工程淡水供水项目输水管设计按满足规划 6 台百万千瓦级核电机组的最高日需水量要求，一次建设完成。在供水保证率 97% 设计条件下，规划六台机组的年供水规

模为 565 万 m^3/a 。核电厂二期正常运行期间，1~4 号机组的年淡水用量约 565 万 m^3 ，电厂运行期间淡水供水规模可满足二期工程取水需求。

（2）施工期间淡水水源

二期工程三、四号机组施工用水取自亿港自来水厂。亿港自来水厂为防城市两大自来水水厂之一，该水厂目前日处理能力为 10 万 m^3/d 。可以满足二期工程施工期用水的需求。

3.4 输电系统

3.4.1 接入方案

3.4.2 输电走廊的设计

表

表 3.4-1 导线对地最小距离

表 3.4-2 导线对交叉跨越物的垂直距离

3.4 输电系统

3.4.1 接入方案

根据防城港核电厂一期 2 台机组以 500kV 一级电压接入系统，综合考虑核电装机达到 4 台机组时的送出需要，二期工程按出线 4 回考虑，即：至海港变 2 回，南宁变 2 回；当核电装机达到规划 6 台机组时，电站需新增出线 2 回，出线方向在后续机组接入系统设计中确定，预留高抗位置；电站主接线可采用 3/2 接线方式，远期应具备 3-3 分厂运行的条件。

3.4.2 输电走廊的设计

根据高压输电线路的设计要求，输电走廊设计时尽可能避免或减少高压线电磁辐射对公众的影响。同时，应考虑高压线对无线电的干扰，避免与重要通讯线路平行，线路走向选择上应尽量走无人区、避让大中城镇、过于密集的村庄以及过高过陡的山脉、少占用耕地、农田或其它有较高价值的土地，最大限度地减少输电线路布设对当地建设和发展的影响。

(1) 导线对地最小距离

500kV 输电走廊导线对地最小距离见表 3.4-1。

(2) 交叉跨越距离

500kV 输电走廊导线对交叉跨越物的垂直距离见表 3.4-2。

(3) 对房屋的地面场强要求

500kV 线路跨越非长期住人的建筑物或临近民房时，房屋所在位置离地面 1m 高处的最大工频未畸变电场不得超过 4kV/m，两边导线分别向外延伸 5m 后的地面投影面内不允许有长期住人的建筑物。

表 3.4-1 导线对地最小距离

线路经过地区		最小距离（m）	导线状态
居民区		14	40℃弧垂
非居民区		11（水平排列）	40℃弧垂
交通困难地区		8.5	40℃弧垂
步行可以到达的山坡		8.5	最大风偏
步行不能到达的山坡、岩石、峭壁		6.5	最大风偏
对建筑物	垂直距离	9	40℃弧垂
	水平或净空距离	8.5	最大风偏
对非规划范围的城市建筑物	水平距离	5.0	无风
对树木	垂直距离	7.0	最大风偏
	（绿化区）净空距离	7.0	最大风偏
果树、经济作物、城市路树垂距		7.0	40℃弧垂

表 3.4-2 导线对交叉跨越物的垂直距离

交叉跨越物		最小垂直距离（m）	导线状态
高速公路、I级公路	至路面	14	70℃弧垂
II~IV公路	至路面	14	40℃弧垂
铁路	至标准轨距铁路轨顶	14	70℃弧垂
	至窄轨铁路轨顶	13	40℃弧垂
	至承力索或接触线	6	70℃弧垂
通航河流	至五年一遇洪水位	9	40℃弧垂
	至最高船桅顶	6	40℃弧垂
不通航河流	至百年一遇洪水位	6.5	40℃弧垂
电力线	至导线或地线	6	40℃弧垂
	至杆（塔）顶	8.5	40℃弧垂
至弱电线路		8.5	40℃弧垂
至特殊管道任何部分		7.5	40℃弧垂
至索道任何部分		6.5	40℃弧垂

3.5 专设安全设施

3.5.1 安全注入系统

3.5.2 应急硼化系统

3.5.3 应急给水系统

3.5.4 二次侧非能动余热排出系统

3.5.5 冷链系统

3.5.6 安全壳及安全壳系统

3.5 专设安全设施

HL1000-1 安全系统主要由安全注入系统、应急硼化系统、蒸汽发生器应急给水系统、冷链系统（设备冷却水系统\重要厂用水系统\额外冷却系统）和安全壳及相关系统等几个系统组成，这些安全系统主要用于应对和缓解电站在 DBC3-4（设计基准工况）和 DEC（超设计基准工况）等工况。

防城港核电厂二期工程拟建两台核电机组，根据运行期间事件/事故的预期发生频率（f），可以将核电机组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；

DEC 工况为超设计基准工况，又分为两类：一类是在指发生 DBC 始发事件后，完全丧失某一 F1 功能，或同时发生多个独立的 DBC 始发事件的复杂序列事故（DEC-A），另一类为严重事故（DEC-B）。

3.5.1 安全注入系统（RIS）

3.5.1.1 系统功能

（1）安全功能

a) 反应性控制

在 DBC2-4、DEC-A 事故情况下，RIS 在安注模式下，将安全壳内换料水箱（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。

b) 余热排出

在丧失冷却剂事故下（SB-LOCA 到 2A-LOCA，包括蒸汽发生器传热管破裂，即 SGTR）将水注入到堆内，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。这个功能由高压安注（MHSI）、蓄水箱（ACC）和低压安注（LHSI）共同完成。

余热排出系统（RHR）接入后直至冷停堆（包括 RCP 半管运行）的任一阶段，

在发生 RCP 系统误疏水或 SB-LOCA（DBC-4）事故下，确保 RCP 的水位，以满足 LHSI 泵在 RHR 模式下的运行条件。此时 RHR 接入带走堆芯衰变热，由 MHSI 补偿破口或泄漏丧失的 RCP 容积。

在设计基准工况（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。

事故后通过 RHR 模式，将堆芯衰变热排出。如果 RCP 泵停止运行，通过 LHSI 在 RHR 模式下的运行，强迫流体流动，以均匀 RCP 内的冷却剂。

在反应堆压力容器（RPV）打开大盖的停堆阶段，如果完全丧失冷链（DEC-A），通过 RIS 系统 1、2 列补水，补偿由于蒸发导致的 RCP 水位下降（在失去设备冷却水系统（RRI）情况下，1、2 列 LHSI 泵电机冷却可由安全冷冻水系统（DEL）保障）；如果发生全厂断电（失去厂外电源和应急柴油机，即 SBO），由于冷链系统没有 SBO 电源供电，冷链将完全丧失，此时通过 RIS 系统 1、2 列补水，补偿由于蒸发导致的 RCP 水位下降（1、2 列 LHSI 泵电机由 SBO 电源供电，冷却可由 DEL 保障）。

在完全丧失给水事故下（DEC-A），通过 MHSI 和稳压器快速卸压装置，实现充-排，以带走堆芯衰变热。

LOCA 事故工况下，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（HER）泵的正常运行。

在安全壳内发生 IB-LOCA 及以上的破口事故时，RIS 通过 LHSI 泵和余热排出换热器的运行，对注入 RCP 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。

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。

c) 放射性包容

在 IB-LOCA 及以上的破口事故下，RIS 通过冷却 IRWST 内的硼水或注入到 RCP 冷段（破口发生在冷段）以限制破口处产生的蒸汽量的方式，保护安全壳不超压；通过 RIS 的安全壳隔离阀，防止放射性物质向环境的释放；在 SGTR 事故下，MHSI 的关闭压头低于安全阀（VVP）和大气释放隔离阀（VDA）的整定值，防止在 SGTR 事故下这些阀门被打开，导致放射性物质大量向大气释放。

在冷停堆期间，通过 RHR 管线上的安全阀，保护 RCP 在冷态超压下（由于 MHSI

的误启动或 RCP 泵的误启动导致）不受到破坏。

（2）运行功能

在电厂 RHR 冷却正常停堆模式（NS/RHR）下，RIS 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 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；

在停堆或起堆期间（主泵不运行），RIS 在 RHR 模式下运行，搅混 RCP 内的冷却剂；

当 RCP 内的压力低于化学和容积系统（RCV）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 进行净化；

电厂正常运行工况下，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 ACC 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 ACC 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 ACC 的持续加压，防止发生 RCPB 隔离阀间的死管段现象；

在正常运行期间，通过仪表监测两道 RCPB 隔离阀之间的压力和温度，如果 RCPB 的第一道隔离阀发生泄漏，操作员手动打开通往 RCV 的引漏管线，将泄漏注回 RCP。

3.5.1.2 系统运行

在核电厂功率运行期间，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。

在核电厂正常停堆过程中，安全注入系统将接入 RHR 模式，执行电站正常停堆过程中的余热排出功能，将电站带入到冷停堆状态。

在电站正常启动过程中，安全注入系统将接入 RHR 模式，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。

在电站达到冷停堆后的换、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。

另外，在电站正常运行期间，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。

在电站发生 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 ACC 陆续投用，以淹没堆芯（保持 RCP 的水装量）和带走堆芯衰变热，将电站带入可控状态、安全停堆状态或最终状态。

RIS 滤网的设计满足美国核管会导则 NRC RG1.82 的要求，滤网有保守的设计面积可以防止堵塞，此外，尽管在设计时已考虑了保守的滤网面积来防止堵塞，基于纵深防御的考虑，RIS 和安全壳热量导出系统（HER）滤网均设置有反冲洗装置，在滤网压损过大时，可以对滤网进行反冲洗，疏通滤网。RIS 滤网反冲洗是通过从高位 IVR 水池取水进行重力反冲洗来实现，EHR 滤网反冲洗有两种方式：

- a) 第 1、2 列 RIS 系统设置有 EHR 滤网反冲洗管线，DEC-B 工况下，利用反冲洗管线，EHR 泵从 RIS 滤网处取水冲洗 EHR 滤网，使得 EHR 滤网畅通。
- b) 利用反冲洗管线，一列 EHR 泵从自身的取水口取水后对另外一列进行冲洗，使得另外一列滤网畅通（另一列泵处于停运状态）。

3.5.2 应急硼化系统

3.5.2.1 系统功能

（1）安全功能

a) 反应性控制

功能上能够满足在任何 DBC 和 DEC 事故发生后，通过对一回路进行安全硼化，足以补偿冷却 RCP 造成的反应性变化，使电厂从可控状态转向安全停堆状态（配合安注系统的硼化功能）。

b) 余热导出

本系统不执行余热导出功能。

c) 放射性包容

- 1) 本系统与一回路相连的隔离阀为 RCPB；
- 2) 本系统中的安全壳隔离阀为第三道屏障一部分。

(2) 运行功能

本系统的泵可执行 RCPB 水压试验功能。泵的最高设计扬程工况即为 RCPB 水压试验，因此满足 RCPB 水压试验功能要求。

3.5.2.2 系统运行

1) 电厂正常运行

在电厂正常运行期间，应急硼化系统处于备用状态。通向一回路的手动隔离阀保持打开。安全壳隔离阀和 RCPB 隔离阀保持关闭（这些阀门为电动）。

运行人员定期开启泵，利用试验管线进行设备的定期试验和对硼酸箱进行搅混。

在机组停运期间，可以利用系统的泵对 RCP 进行水压试验。

2) 事故时运行

在发生事故后，系统接收到投入的信号。开启 RCPB 隔离阀和安全壳隔离阀，启动水泵对向一回路注入硼。

如果其中有失效的系列，操纵员可以开启硼酸箱集管的隔离阀，使其他系列利用失效列的硼酸。

在操纵员监测到硼酸箱快排空时，可停止泵的运行。

3.5.3 应急给水系统（ASG）

3.5.3.1 系统功能

(1) 安全功能

ASG 系统执行以下三个基本安全功能。

a) 反应性控制

在 MSLB（主蒸汽管线破裂）事故时，隔离受影响蒸汽发生器的应急给水以确保在可控状态下使堆芯处于次临界状态。

b) 余热排出

应急给水系统必须具备下列功能：

- 1) 在 DBC-2、DBC-3、DBC-4 或 DEC-A 等事故或瞬态工况下，通过蒸汽发生器排出余热；
 - 2) 在 DBC-3、DBC-4 或 DEC-A 等事故状况下（例如，小 LOCA，SGTR），通过蒸汽发生器对 RCP 进行部分冷却，使一回路达到中压安注系统（MHSI）投入运行的条件；
 - 3) 在 DEC-A（小 LOCA 叠加所有 MHSI 都失效）事故状况下，通过蒸汽发生器对 RCP 进行快速冷却，使一回路达到 LHSI（低压安注系统）投入运行的条件；
 - 4) 在 DBC-2、DBC-3、DBC-4 或 DEC-A 等事故状况下，冷却 RCP 使之达到 RIS 系统余热排出模式连接条件；
 - 5) 在完全丧失冷链事故（TLCOO）或 SBO 持续 24 小时，并且未向 ASG 水箱再补水的情况下，能够提供足够的水量；
 - 6) 在 TLCOO 情况下，通过向 ASG 水箱补水，冷却 RCP 到 RIS 系统余热排出模式连接条件，并持续提供排出余热 72 小时的能力。
- c) 放射性包容
- 1) ASG 系统必须在 SGTR 事故发生时隔离受影响蒸汽发生器的应急给水，防止受影响蒸汽发生器满溢，形成安全壳旁路途径；
 - 2) ASG 系统必须在给水管线破裂（FWLB）或 MSLB 事故发生时，隔离受影响蒸汽发生器的应急给水，以限制安全壳内压力和温度的上升。

（2）运行功能

在电站正常运行工况下，蒸汽发生器应由主给水系统/启动和停闭给水系统（ARE/AAD）或主给水系统/电动主给水泵系统（ARE/APA）供水。ASG 处于备用状态。

当 ARE/AAD 和 ARE/APA 系统均不可用时，ASG 可用于蒸汽发生器的给水。这些特殊工况例举如下：

- a) 维修停堆情况下，当蒸汽发生器上部必须冷却时；
- b) 电站启动和/或调节水化学条件情况下，蒸汽发生器二次侧必须充满水时。

3.5.3.2 系统运行

（1）系统正常运行

在 ARE 和 AAD 系统的给水流量丧失事件期间，应急给水系统向蒸汽发生器提供给水，以导出反应堆内的余热，产生的蒸汽排入大气，如果冷凝器可以使用，则向冷凝器排放。

在一个电动泵系列的泵不可用，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 SBO 时，可由两列 SBO 电源支持的电动泵系列对 SG 进行供水。在发生极端的完全丧失电源事故时（SBO 电源也不可用），由 ASP 系统带出 RCP 系统的热量。

（2）事故后应急给水箱的长期补水

若应急给水箱的水源耗尽（持续 24 小时后），而蒸汽发生器仍需应急给水供应，可从 SER 系统或 JAC 系统为水箱补水。极端情况下可通过 ASG 水箱上的就地补水接口，进行就地补水操作。

3.5.4 二次侧非能动余热排出系统（ASP）

3.5.4.1 系统功能

（1）安全功能

ASP 的设计主要针对 DEC 事故，应对的工况为需要 ASG 投运以排出一回路热量且 ASG 失效的事故工况，主要包括：

- a) SBO 叠加 ASG 失效；
- b) 全部丧失给水；
- c) FLB 叠加 ASG 失效；
- d) 其他需要 ASG 启动的事故叠加 ASG 失效。

（2）运行功能

在电站正常运行工况下，ASP 处于备用状态。

3.5.4.2 系统运行

（1）正常运行

机组正常运行时，系统处于备用状态。

机组启动期间系统在线时，回水管道充水至系统最高点，系统最高点与入口隔离

阀之间管道不充水。在机组启动过程中，SG二次侧达到一定压力后进行蒸汽冲刷排气时，开启系统入口阀和系统顶部的排气阀，参与排气操作，完毕后关闭这些阀门。

（2）事故工况运行

在SGTR工况下，系统参与受损SG的隔离。

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。启动信号首先使入口隔离阀开启，蒸汽进入系统入口管道；随后经过延时的启动信号使出口隔离阀开启，系统的自然循环流道建立，系统存水流入SG，蒸汽进入冷凝器；经过短暂的启动瞬态后，冷凝器中冷凝量与系统流量达到平衡，系统开始稳态运行，一回路热量被传导至水箱，水箱中水温和压力上升，当达到爆破膜开启压力时，爆破膜开启，热量排向大气。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，水箱中水位则随时间推移逐步下降。

（3）系统故障工况运行

主要有以下几种故障类型：

- a) 入口隔离阀误开：因入口有两道隔离阀，一道阀门误开无影响，并且在出口未打开的情况下，入口开启也不会启动 ASP；
- b) 出口隔离阀误开：入口未开启的情况下，系统不会启动；
- c) 系统管道破裂：由于设置了两道常关的隔离装置，管道破裂对电站正常运行没有影响；
- d) 误启动信号：若机组正常运行时产生误启动信号，系统入口与出口隔离阀开启，但由于机组正常满功率运行时，SG的ASG接管嘴处压力较SG蒸汽出口管嘴处压力高出较多，ASP系统的驱动压头有限，因此系统不会启动或启动后流量较小。即使系统误启动后流量较大，此瞬态后果也被其他二次侧排热增加瞬态的后果所包络。此瞬态在操作员重新隔离ASP后结束。

3.5.5 冷链系统

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。

另外，为了应对SBO工况或丧失最终热阱，还配置了额外冷却系统（ECS），用作缓解超设计基准工况的后备冷却系统。

3.5.5.1 设备冷却水系统

3.5.5.1.1 系统功能

（1）RRI 系统运行功能

RRI 系统运行的功能是为了冷却如下不同设备：

- a) 泵（低压安注、中压安注、RCP、RCV、PTR 和 RRI 泵）轴承和电机；
- b) LHSI 的低压安注热交换器；
- c) 反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统（PTR）的热交换器；
- d) HER 的热交换器；
- e) RCP 的主泵热屏；
- f) RCV、硼回收系统（TEP）、运行冷冻水系统（DER）、DEL、核取样系统（REN）、安全壳通风系统（EVR）的热交换器和冷凝器。

（2）RRI 系统安全功能

RRI 系统对核安全三大基本功能的贡献描述如下：

a) 反应性控制

RRI 系统不直接参与反应性控制。

b) 余热排出

- 1) 从反应堆冷却剂系统（RCP）移出一回路余热：在反应堆冷停堆（DBC-1）或事故工况（DBC-2 至 DBC-4）下，RRI 冷却 RIS 泵及其热交换器；
- 2) 移出乏燃料水池的余热：在正常或事故（DBC-1 到 DBC-4）工况下，RRI 冷却 PTR 的热交换器；DEC 工况在 RRI 未丧失的情况下，仍然为 PTR 提供冷却；
- 3) 移出 DEL 的余热（DBC-2 到 DBC-4）；
- 4) 在 DBC-4 工况下，冷却 EHR 换热器。

c) 放射性物质包容

- 1) 确保安全壳的完整性（通过关闭 RRI 系统安全壳隔离阀）；
- 2) 当下游用户的某一换热器泄漏时，确保放射性物质的包容：RRI 系统必须确保放射性流体与排放到厂区外的重要厂用水保持隔离；

- 3) 间接参与一回路水装量的维持：由 RRI 系统提供冷却水的热屏确保了第二道屏障的完整性，此完整性同时由化学和容积控制系统（RCV）提供的密封水注入得到保证。

3.5.5.1.2 系统运行

（1）正常运行

正常运行工况对应 RRI 在电厂运行过程中的所有正常运行状态（状态 A）。

两列 RRI 运行，同时冷却公共用户：第 1 系列冷却公共用户 1；第 2 系列冷却公共用户 2。其中一个专用用户的 PTR 换热器被隔离：

- a) 低压安注换热器隔离阀关闭；
- b) 不运行的 PTR 换热器隔离阀关闭；
- c) 列间隔离阀打开。

在此工况下，RRI 冷却如下的设备：

所在运行列

- a) RRI 和 RIS 泵冷却器；
- b) PTR 在运列热交换器。

公共用户

- a) RCV 热交换器和泵电机冷却器；
- b) 主泵附属冷却器（电机、轴承、热屏）；
- c) REN 换热器；
- d) EVR 安全壳通风冷却盘管；
- e) 反应堆厂房内 RPE 系统换热器；
- f) TEP 冷却器；
- g) DER 冷水机组换热器；
- h) REA 换热器。

余下的一列 RRI（第 3 系列）不投入运行。

（2）机组启动

机组启动过程中，RRI 的系列 1 和系列 2 均需投入运行，每个系列的一台泵和一

台换热器运行，具备该列 100%冷却能力，另外一台泵和一台换热器作为备用。系列 3 在 RHR 处于一回路温度 80℃~120℃加药平台期时，需要启动为 LHSI 热交换器提供冷却，RHR 退出后，系列 3 随之停运。

（3）机组冷停堆

a) 机组冷停堆（一回路 140℃~100℃）

RHR 在 RCP 温度为 140℃接入，因此，在一回路降到 140℃前，RRI 维持与机组功率运行工况时相同的运行模式。

当一回路达到 140℃，30 bara 以后，RIS 的 1、2 系列接入，此时 RRI 需要为公共用户和专用用户提供冷却水，因此，需要系列 1、2 的各两台泵和两台热交换器投入运行，系列 3 处于备用状态。

b) 机组冷停堆（一回路 100℃~60℃）

当一回路降到 100℃时，RIS 的第 3 系列接入，此时 RRI 除系列 1、2 的各两台泵和两台热交换器投入运行，系列 3 的一台泵和一台热交换器也投入运行。

当一回路降到 60℃后，机组进入维修冷停堆和换料冷停堆阶段，RRI 的运行模式根据 RHR 的运行模式进行改变，当对应列的 RHR 退出后，RRI 对应列可进行检修。由于卸料后 PTR 需要两列运行，因此，需要始终维持两列 RRI 投运，RRI 的三个系列可根据机组维修计划轮换进行检修。

（4）换列运行

为了平衡电厂寿期内 RRI 泵和换热器的使用寿命，RRI 系统系列 1、2 的两台泵和两台热交换器需要定期进行切换运行，对停运的系列可进行简单的检修。系列 3 不需要换列，但需要定期启动进行预防性维修。

RRI 系统的换列操作可以通过“手动”和“自动”两种方式来实现。在任何工况下，RRI 系统系列 1、2 的安全系列间的换列以及系列 3 的启动操作都会导致与之对应的 SEC 系统运行。

3.5.5.2 重要厂用水系统

3.5.5.2.1 系统功能

（1）SEC 系统运行功能

重要厂用水系统（SEC）冷却设备冷却水系统（RRI），并将其热负荷输送到最终

热阱中。

（2）SEC 系统安全功能

SEC 系统对核安全三大基本功能的贡献描述如下。

a) 反应性控制

SEC 系统不直接参与反应性控制的实现。

b) 余热排出

SEC 系统通过冷却 RRI/SEC 换热器排出下列余热：

- 1) 排出一回路余热（安注和余热排出系统，RIS）；
- 2) 排出乏燃料水池的余热（反应堆水池和燃料水池冷却和处理系统，PTR）；
- 3) 排出安全级冷冻水系统的余热（安全冷冻水系统，DEL）；
- 4) 在 DBC-4 工况下，排出安全壳余热（安全壳热量导出系统，EHR）。

c) 放射性物质包容

SEC 系统通过冷却 RRI/SEC 换热器，保证了主泵热屏的冷却，间接的保证了二回路边界（主回路系统）的完整性。

3.5.5.2.2 系统运行

SEC 系统的运行方案与 RRI 系统相同。

3.5.5.3 额外冷却系统

3.5.5.3.1 系统功能

（1）ECS 系统运行功能

机组正常运行期间，ECS 系统不执行对其他系统的运行功能，只执行部分定期试验运行功能。

（2）ECS 系统安全功能

a) 反应性控制

额外冷却链系统不直接参与反应性控制的实现。

b) 余热排出

ECS 系统在下列工况执行余热排出安全功能：

- 1) 在以下工况，通过安全壳热量导出系统（EHR）移出堆芯及安全壳内余热；

- 部分 DEC-A 工况（如 TLOCC，SBO）；
 - 严重事故工况（DEC-B）。
- 2) 在某些 DEC 事故工况下（如：SBO，TLOCC 工况等），包括丧失乏燃料水池冷却功能时，通过冷却 PTR 系统第 3 列移出燃料厂房乏燃料水池的衰变热。
- c) 放射性物质包容
- 额外冷却系统设置了中间回路，确保放射性流体与厂区外环境保持隔离。

3.5.5.3.2 系统运行

（1）机组正常运行

ECS 系统在机组正常稳态工况下保持备用停运，但是会对设备进行定期试验，验证设备和系统的可用性。

（2）事故工况运行

DEC 工况下，同时完全丧失正常冷链系统 RRI/SEC 时，需要投运 ECS 系统。该系统的投运是手动的。

3.5.6 安全壳及安全壳系统

安全壳系统主要包括：

- a) 安全壳；
- b) 安全壳热量导出系统；
- c) 安全壳隔离系统；
- d) 安全壳可燃气体控制系统；
- e) 安全壳泄漏率试验和监测系统；
- f) 安全壳通风系统；
- g) 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：

- a) 在运行状态和事故工况下包容放射性物质；
- b) 在运行状态和事故工况下的辐射屏蔽；
- c) 防御外部自然事件和人为事件。

3.5.6.1 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。

防城港二期（2×HL1000-1）工程采用双层安全壳，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、安全壳内换料水箱、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：

- a) 正常运行时的密封；
- b) 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；
- c) 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：

- a) 和内层安全壳一起，在正常运行和事故工况期间对厂区人员和环境提供辐射屏蔽；
 - b) 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；
- 捕集从安全壳泄漏到环廊中的漏气。

3.5.6.2 安全壳总体参数

安全壳总体设计参数如下：

- a) 设计压力：0.52MP(abs)；
- b) 设计露点温度：145℃；
- c) 安全壳自由空间体积：>70000m³；
- d) 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%。

3.5.6.3 安全壳热量导出系统（EHR）

3.5.6.3.1 系统功能

（1）安全功能

a) 反应性控制

EHR 不直接执行反应性控制的基本安全功能。

b) 余热排出

在下列工况下，EHR 将衰变热从 IRWST 传送给最终热阱：

- 1) 在发生严重事故(DEC-B)工况下；
- 2) 在发生 LOCA 且 LHSI 全部丧失的 DEC-A 工况下；
- 3) RIS 处于余热排出模式时发生管道破裂的某些 DBC-4 事故工况下，EHR 需短期运行。

在某些其他 DEC-A 工况下，如：TLOCC(停堆工况下)，EHR 可用于冷却 IRWST。

c) 放射性物质的包容

- 1) 当发生严重事故（DEC-B）时，EHR 可以将安全壳内的热量传递到 IRWST 内，从而限制安全壳内压力，保证安全壳的完整性；
- 2) 在严重事故（DEC-B）过程中，为了维持安全壳完整性，EHR 可以向堆坑注入足够水量进行压力容器外部冷却，将熔融碎片、放射性物质滞留于压力容器中；
- 3) 在严重事故（DEC-B）过程中，EHR 可以从 IRWST 取水来实现能动第二阶段小流量堆腔注水；
- 4) 在发生不需要 EHR 运行的事故时，EHR 参与对安全壳的隔离；
- 5) 在发生需要 EHR 运行的事故时，EHR 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和包容放射性物质）。

（2）辅助功能

机组正常运行期间，EHR 处于备用状态。

在电厂处于冷停堆时，如果核岛消防系统（JPI）失效，EHR 可用于消防功能，防止在反应堆厂房发生火灾蔓延。

3.5.6.3.2 系统运行

a) 正常运行

电厂正常运行期间，EHR 处于停运状态，但是系统回路是可用的。

- 1) 安全壳热量导出泵停运；
- 2) 泵、热交换器前后端手动阀处于开启状态；
- 3) RIS 地坑取水口至 EHR 泵入口的 RIS 隔离阀处于关闭状态；
- 4) RCV 与 EHR 系统接口的 EHR 隔离阀处于关闭状态；堆坑注水水池出口隔离阀关闭；
- 5) 泵吸入口处的隔离阀和反冲洗管线隔离阀开启，其他安全壳隔离阀关闭；
- 6) 所有疏水排气阀关闭。

b) DEC-A 事故

在发生 DEC-A 事故工况下，EHR 需要投入运行，通过再循环模式冷却 IRWST 内的水，维持 IRWST 内的水温低于 120℃，保证余热的导出。

c) DEC-B 事故

1) 堆坑注水

严重事故工况下，当堆芯出口温度超过 650℃时，打开堆坑注水水池出口管线隔离阀，通过非能动方式向堆坑内注水，长期阶段，操纵员手动开启能动注水管线隔离阀，通过 EHR 泵从 IRWST 取水向反应堆堆坑能动注水。

2) 安全壳喷淋

如果发生堆芯熔化的严重事故，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 12 小时内，即使 EHR 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。

12 小时的宽限期并非 EHR 喷淋回路的启动准则，而是作为 EHR 喷淋回路容量设计的基准。

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，通过抽取 IRWST 的水，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 可能同时以反冲洗模式运行。

事故后，如果 EHR 需要维修，则人员可进入之前 EHR 回路必须进行清洗和去污。

3.5.6.4 安全壳隔离系统（EIE）

3.5.6.4.1 系统功能

安全壳隔离系统（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。

3.5.6.4.2 系统运行

安全壳隔离系统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。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。

3.5.6.5 安全壳可燃气体控制系统

3.5.6.5.1 系统功能

（1）运行功能

电厂正常运行期间，安全壳可燃气体控制系统处于备用状态，不执行运行功能。

（2）安全功能

a) 反应性控制

安全壳可燃气体控制系统不参与反应性控制功能。

b) 余热排出

安全壳可燃气体控制系统系统不参与余热排出功能。

c) 放射性物质的包容

1) 设计基准事故工况下的消氢功能

在电厂发生设计基准事故后,通过 2 个 F1B 级非能动氢复合器消除安全壳中产生的氢气,消除氢燃、氢爆风险,从而保障安全壳的完整性。

2) 严重事故工况下的消氢功能

在电厂发生严重事故(DEC-B)后,通过 16 个 F2 级非能动氢复合器和 22 个 F2 级氢气点火器来消除堆芯熔融产生的氢气,防止氢气爆炸,从而确保安全壳的完整性。

3) 安全壳氢气浓度监测功能

事故后,通过安装在安全壳内的氢传感器和安全壳外的控制单元监测安全壳大气中的氢气浓度。

3.5.6.5.2 系统运行

a) 正常运行

在电厂正常运行期间,安全壳可燃气体控制系统处于备用状态。

b) 特殊稳态运行

不适用。

c) 特殊瞬态运行

不适用。

d) 启动和正常停运

1) 系统的开启

设计基准事故时,安全壳可燃气体控制系统通过 2 台 F1B 级的非能动氢复合器来实现消氢功能。非能动氢复合器不需要任何电源、气源或控制,当安全壳内的氢浓度达到设备的启动阈值时(如 2vol%),非能动氢复合器(包括设计用于超设计基准事故的 16 台 F2 级的非能动氢气复合器)自动启动,将安全壳内的氢浓度控制在安全范围之内。

超设计基准事故时,安全壳可燃气体控制系统通过非能动氢复合器和氢点火器来实现消氢功能。非能动氢复合器为主要的消氢措施,当安全壳内的氢浓度达到设备的启动阈值时,设备自动工作。氢点火器作为辅助消氢措施,需要操作员手动启动投入

运行。

氢气监测子系统在事故后由操作手动启动投入运行。

2) 系统的关闭

当安全壳大气中的氢气浓度小于非能动氢复合器的停止阈值时，氢复合器自动关闭，氢气监测子系统和氢气点火器通过操作员手动停运。

e) 其他运行

不适用。

3.5.6.6 安全壳泄漏率试验和监测系统（EPP）

安全壳泄漏率试验和监测系统由泄漏收集、安全壳泄漏监测、安全壳试验增压和降压系统等若干子系统组成。

3.5.6.6.1 系统功能

安全壳泄漏率试验和监测系统（EPP）的作用是保持反应堆安全壳的完整性，控制安全壳及其部件的泄漏率，从而保证安全壳在电站运行期间以及发生事故时的密闭性。此外，EPP的某些物项还具有以下功能：

- a) 正常运行工况下，提供人员出入安全壳的通道；
- b) 提供与安全壳外部设备的机械连接与电气连接。

EPP的某些物项作为安全壳的组成部分，具有与安全壳相同的安全功能：

- a) 防止反应堆受到外部飞射物的破坏；
- b) 当一回路或二回路发生泄漏时，承受安全壳内部的压力和温度；
- c) 当主冷却剂系统发生泄漏时，限制放射性物质的扩散；
- d) 在正常运行工况下为外部生物屏蔽由反应堆冷却系统产生的辐射，并限制内部受辐射污染的气体的扩散；

本系统保证了安全壳的密封性，从而使核电厂可以工作在正常工况下。

3.5.6.6.2 系统运行

（1）电站正常运行工况

此部分将描述在电厂正常运行工况（DBC-1）下 EPP 的子系统。

a) 安全壳泄漏收集

从安全的角度来看，此功能在电厂正常运行的时候是不需要的，但是随时准备在事故状况下收集可能的安全壳泄漏。

- 1) 所有排放部分的收集阀都会打开；
- 2) 每一条收集管路中的隔离阀都会打开。

b) 安全壳试验

需要由移动压缩单元构成的安全壳增压系统：

- 1) 进行运行前安全壳整体打压和密封性试验；
- 2) 进行十年安全壳整体性能试验。

c) 安全壳增压

在不同压力水平下的安全壳增压需要通过压缩机控制盘手动控制压缩机的启动和停运。

安全壳内压力梯度的控制是通过压缩机控制盘手动调节增压速率或者调整运行的压缩机数量来实现的。

在 0.52MPa（abs）的压力状况下：

- 1) 从控制室将贯穿件的两道电动隔离阀关闭；
- 2) 手动隔离进气阀；
- 3) 手动开启排气阀，将管线与大气相通，随后关闭。

安全壳泄漏率测量将会在排掉增压管路的气体之后进行，以便考虑经安全壳增压/降压贯穿件的泄漏。

d) 校准标准降压速率对应的安全壳降压

降压管线手动隔离阀开启后，降压速率的调节是通过手动调节阀和流量指示器来控制的。

一旦安全壳降压过快，达到流量传感器的高阈值，安全壳的增压/降压贯穿件的隔离阀将自动关闭。主控室出现报警，允许重新启动降压：手动调节阀关闭后，开启隔离阀。

e) 系统的正常启动

反应堆厂房能经受安全壳试验的压力而且不会造成任何破坏。

在安全壳强度试验和泄漏率试验时，需要以下设备和装置可用：

- 1) 移动压缩单元，安全壳压力传感器和测量装置；
- 2) 数据采集单元。

同时，在安全壳泄漏率试验时，需要以下设备和装置可用：

- 1) 环廊的压力传感器和执行“安全壳密封性测量”功能的温度、湿度传感器；
- 2) 执行“安全壳密封性测量”功能的温度、湿度传感器。

测量装置的启动是通过控制盘来手动启动的。

移动压缩单元的性能和状态在安全壳增压之前要详细检查。如果都准确无误后，连通增压环路：先开启安全壳增压/降压贯穿件的隔离阀，然后再开启进气管线隔离阀。

f) 系统正常停运

试验结束后：

- 1) “安全壳增压/降压”管线将会被隔离：进气阀门将会关闭，降压阀门也将关闭。
- 2) 移动试验设备将会移走。

(2) 电站瞬态和事故工况

a) 安全壳泄漏收集

在事故工况下，泄漏将会由环廊产生的负压通过 EDE 系统进行收集。

- 1) 冷凝物将通过环廊里 RPE 疏水坑收集；
- 2) 气体将在排放到大气之前经由 EDE 系统进行过滤。

b) 安全壳的增压/降压

安全壳隔离信号触发时，安全壳增压隔离阀和降压贯穿件将通过安全壳隔离命令自动关闭。

3.5.6.7 安全壳过滤排放系统

3.5.6.7.1 系统功能

(1) 运行功能

电厂正常运行期间，安全壳过滤排放系统（EUF）处于备用状态。

在发生严重事故后，通过安全壳过滤排放系统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，使不可避免释放到环境中的放射性物质释放维持在尽可能低的水平。

(2) 安全功能

a) 反应性控制

EUF 不执行余热排出功能。

b) 余热排出

EUF 不执行余热排出功能。

c) 放射性物质的包容

在严重事故（DEC-B）后，通过安全壳过滤排放系统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，使不可避免释放到环境中的放射性物质释放维持在尽可能低的水平。

3.5.6.7.2 系统运行

a) 电厂正常运行工况

在电厂正常运行期间，EUF 处于备用状态。

为了长期保持过滤组合装置中充有的混合溶液处于稳定状态，运行人员会定期对容器内化学溶液进行取样检验。并根据需要，采用临时移动泵向过滤组合装置中添加化学溶液。

在系统备用期间，系统从安全壳隔离阀至爆破膜之间的管路及容器空间内均充满氮气。

b) 电厂事故工况

EUF 仅在严重事故工况下运行，当安全壳压力超过其设计限值时，系统开启对安全壳进行卸压。

通过远传手动开启安全壳隔离阀，EUF 开始过滤排放安全壳气体。当爆破膜前管线内压力超过其爆破整定值 0.8bar (g)时，爆破膜爆破开启，气体排向大气。

当安全壳压力约为其设计限值的一半时，关闭安全壳隔离阀，中断过滤排放，避免安全壳由于水蒸气冷凝产生负压。

当发生低液位报警时，必须中断过滤排放，只有在完成补液操作后才可以继续

进行过滤排放。

通过开启废液回流管线上的阀门，将过滤容器内的废液回流到安全壳。

c) 系统控制原则

EUF 需对过滤组合装置的液位和系统压力、系统流量进行监测，并将信号传送到主控。

通过限位开关监测安全壳隔离阀位置（开或关）。

3.6 放射性废物系统和源项

3.6.1 放射性源项

3.6.2 放射性废液系统及源项

3.6.2.1 硼回收系统（TEP）

3.6.2.2 废液处理系统（TEU）

3.6.2.3 废液排放系统（TER）

3.6.2.4 常规岛废液排放系统（SEL）

3.6.2.5 放射性废液的排放源项

3.6.3 放射性废气系统及源项

3.6.3.1 废气处理系统（TEG）

3.6.3.2 空调、加热、冷却及通风系统

3.6.3.3 冷凝器真空系统

3.6.3.4 放射性废气的排放源项

3.6.4 放射性固体废物系统

3.6.5 乏燃料暂存系统

表

表 3.6-1 单台机组废液放射性排放量

表 3.6-2 单台机组废气放射性排放量

表 3.6-3 单台机组每年待处理废物的体积及最终货包体积

3.6 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。

本节描述防城港核电厂二期工程三、四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，液体、气体和固体放射性废物处理系统，气载和液体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。

3.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，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。它们通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成对核辅助系统和二回路的污染。

（1）堆芯裂变产物积存量

防城港核电厂采用年度燃料循环方式，使用AFA3G-AA燃料组件，总数为177个，平衡循环时，新燃料组件的²³⁵U富集度为4.45%。

（2）一回路冷却剂的放射性活度

本项目采用自主研发的CPFP程序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站的经验反馈。

在CPFP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。

反应堆冷却剂系统的放射性主要取决于包壳缺陷的特征和裂变产物穿过包壳缺陷进入反应堆冷却剂中的特性以及破损棒的功率等运行情况。对碘、铯和惰性气体，根据运行经验反馈，给出瞬态工况时峰释放现象所导致的活度。

（3）二回路系统的放射性活度

二回路系统的污染由蒸汽发生器传热管处一回路冷却剂向二回路系统的泄漏造成。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恒定为 3kg/h。

二回路系统产生的放射性废液主要由不回收的蒸汽发生器排污和二回路系统泄漏产生。

在正常运行工况下（除启动和停堆外），蒸汽发生器排污废液在经 APG 系统除盐器处理后，返回二回路系统中复用。由此，在正常运行工况下（除启动和停堆外），蒸汽发生器排污不会产生任何废液。在二回路系统源项计算时，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。

（4）氚源项

反应堆冷却剂中氚的产生，主要归因于反应堆冷却剂中用于控制反应性的硼和用于控制反应堆冷却剂 pH 值的锂（Li-6），同时还包括燃料和二次中子源中产生的氚通过包壳的扩散。

在正常运行条件下（包壳扩散率为 1.25%），Li-7 富集度为 99.98% 时，反应堆冷却剂中氚的年产量为 38.8TBq。

在最不利情况下，例如比较大的燃料包壳泄漏率（包壳扩散率为 2%），和 Li-7 富集度为 99.96% 时，氚年产量可上升到 54.5TBq。大部分被释放到液态排出流中去，小部分由气态流出物排放。

（5）C-14源项

C-14 的半衰期为 5730 年，它对集体剂量负担有重要的贡献。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。

O-17 通过核反应 (n, α) 产生的 C-14 为 328 GBq/年，N-14 通过核反应 (n, p) 产生

的 C-14 为 63GBq/年（假设冷却剂中 N-14 含量为 63ppm）和 149 GBq/年（假设冷却剂中 N-14 含量为 30ppm）。

一回路冷却剂系统中 C-14 的预期年产生量为 391GBq/年，最大年产生量为 477GBq/年。

3.6.2 放射性废液系统及源项

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）。

3.6.2.1 冷却剂贮存和处理系统（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，处理和除气系统 4 个运行部分：

- 冷却剂贮存和供给系统（TEP1）；
- 冷却剂净化系统（TEP2）；
- 冷却剂处理系统（TEP3、5、6）；
- 冷却剂除气系统（TEP4）。

（1）系统功能

- 1) 冷却剂贮存和供给系统（TEP1）执行以下的运行功能：

- 接收和贮存电站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。
 - 贮存和供给除气后的除盐水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。
- 2) 冷却剂净化系统（TEP2）执行如下功能：
- 去除固体和离子杂质（如裂变和放射性活化产物）以及在冷却剂处理系统 TEP3 上游去除锂离子。
- 3) 冷却剂处理系统（TEP3、5、6）执行以下功能：
- 将电站正常运行中被排出，而且暂时保存在 TEP1 系统中的反应堆冷却剂分离成含硼浓度为 7000ppm 的浓缩硼酸和除盐水（小于或等于 2ppm），进一步在反应堆冷却剂系统中被再利用。
 - 对蒸馏液在重新注入到反应堆冷却剂系统或者从电站排放（在氚浓度高的时候）前进行除气，对补偿排放用的除盐补给水进行除气。
- 4) 冷却剂除气系统（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，通过冷却剂除气系统除气，减少惰性气体和其它气体的浓度。

（2）系统描述

冷却剂贮存和处理系统根据电厂正常运行工况设计。

1) 冷却剂贮存和供给系统（TEP1）

在机组正常运行的工况下，一个贮存罐永久连接着硼水管线，另一个贮存罐永久连接着除盐水管线。因此，一个贮存罐始终可以贮存和供给一回路冷却剂（通过硼水管线），另一个贮存罐始终可以贮存和供给除盐水（通过除盐水管线）。

需要的话，可使用蒸发器补给泵通过连接硼水管线和除盐水管线的旁路管线在贮存罐之间输送液体。

2) 冷却剂净化系统(TEP2)

- 混床除盐床充满 H⁺和 OH⁻离子。用来清除未被 RCV 系统净化除盐器去除的锂、铯和其他同位素离子。
- 一个筒式过滤器用来除去来自除盐器的树脂颗粒或通过除盐器的杂质。
- 除盐器和过滤器的设置，可以有效防止可溶和不溶杂质在冷却剂处理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蒸发器补给泵由贮存罐输送到冷却剂净化系统，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。

3) 冷却剂处理系统（TEP3、5、6）

一回路冷却剂在硼酸蒸馏塔内分离为 4%浓度的硼酸溶液和除盐水。硼酸溶液以液相保留在塔釜内，除盐水以蒸汽形式移出。

如需要除气，产出的冷凝液被送到除气塔顶部，而不直接送回贮存罐。除气的目的是去除冷凝液或补给水中的惰性气体或氧气。除盐水穿过填料落入塔釜内，一部分将被有循环泵的循环回路中的加热器加热并蒸发。上升的蒸汽带出下液滴中溶解的气体。蒸汽在除气塔顶部的冷凝器中冷却分离出不凝气体。不凝气在排放到 TEG 系统前通过气体冷却器冷却。除气后的除盐水通过除气输送泵输送到贮存罐，也可能被输送到核岛废液排放系统（TER）。如果不需要除气，冷凝液除气单元可以被旁路，除盐水直接通过冷凝液泵输送到贮存罐。

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。利用蒸发塔补给流冷却硼酸。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%（7000ppm 硼）。

从冷凝液泵输出的除盐水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。这些除盐水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。因为分离出的不凝气主要由氢气组成，为了防止任何爆炸风险，用氮气吹扫冷凝液罐。当处理单

元关闭的时候，氮气冲刷硼酸蒸馏塔以清除蒸汽冷凝后可能残留的氢气。

为了保持冷却剂贮存罐中水质要求，SED 除盐水可以用作补给水，在被输送到冷却剂贮存罐前，除盐水需要经过加热并送除气塔除气。SED 来的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，生产新的硼酸溶液。含硼水从冷却剂贮存罐经硼水管线送到蒸发器补给泵吸入口。

4) 冷却剂除气系统（高流量除气）TEP4

— 在电站正常运行和停堆前降低放射性气体或氢气含量：

约 50℃ 的反应堆冷却剂从 RCV 系统输送到除气塔顶，逆流经过上升的蒸汽。除气后的冷却剂由除气输送泵送回 RCV 系统。泵下游有一条最小流量管线回到除气塔。循环泵将除气塔塔釜的反应堆冷却剂送到电加热器，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。

— 换料后反应堆冷却剂除气：

在气流的放射性足够低或者当 TEG 系统氧含量需要降低时，气体可送到核辅助厂房通风系统（DWN）。如果 TEG 系统不可用或不具备足够低的氧含量，则通过氮气分配系统注入新鲜氮气。冷却剂通过下泄管线从 RCV 运送到冷却剂除气系统 TEP4。除气后的冷却剂送回 RCV 系统。一回路冷却剂中析出的气体送到 TEG 或核辅助厂房通风系统（DWN）。

3.6.2.2 废液处理系统（TEU）

（1）系统功能

放射性废液根据放射性浓度和化学组份由 RPE 系统和 SRE 系统分类收集，然后送至 TEU 系统贮槽分别贮存。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

— 工艺排水为化学杂质含量低的放射性废液，可由除盐、蒸发+除盐或暂存等多种方式进行处理；

- 化学排水的化学杂质含量及放射性浓度均较高，可由蒸发、蒸发+除盐或暂存等多种方式进行处理；
- 地面排水和洗涤废液的放射性浓度较低，含悬浮固体和纤维物质等，可采用过滤工艺进行处理，若地面排水放射性活度较高时，也可由过滤+蒸发进行处理。

（2）系统描述

TEU 系统划分为废液贮存子系统、废液处理子系统、化学加药子系统、取样分析子系统以及监测排放子系统，分别执行放射性废液收集及贮存、废液处理和处置、化学试剂贮存与加注和系统集中取样监测等功能。

a) 废液贮存子系统

废液贮存子系统分别设置工艺排水接收槽、地面排水接收槽、化学排水接收槽以及洗涤废液接收槽用于贮存不同类别的放射性废液。同类别贮槽均配备专门的排水泵，用于贮槽内废液的搅浑和倒罐操作，并在贮槽达到设定液位时输送槽内的废液到废液处理子系统进行处理。

工艺排水进入工艺排水接收槽（TEU1110/1120BA-），地面排水进入地面排水接收槽（TEU1310/1320/1330BA-），化学排水由化学排水接收槽（TEU1210/1220BA-）接收，洗涤废液由洗涤废液接收槽（TEU1410/1420BA-）接收。每类贮槽中总有一个贮槽处于接收状态。贮槽装满后要要进行搅拌、取样分析、添加化学试剂等，然后进行处理。

b) 废液处理子系统

根据压水堆核电站放射性废液实际源项的经验，废液处理子系统设计采用三种工艺用于分离在机组正常运行期间所产生废液中含有的放射性物质或化学组分：除盐、蒸发和过滤。

— 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，为串联布置。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

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。

— 过滤处理单元

地面排水和洗涤废液一般由过滤进行处理后经取样分析合格后直接排往 TER 系统监测槽。过滤处理单元由两台过滤器组成。

c) 化学加药子系统

化学加药子系统配置相同容积的化学试剂罐和能够精确剂量的计量泵及附属部件，以满足废液贮存时系统对废液的 pH 值等化学性质调节的需要。

d) 取样分析子系统

取样分析子系统配备专门的取样手套箱，将分布于系统内不同地点的取样管线汇集到一起进行取样操作及分析。以掌握废液在贮存和处理过程中的特性，随时跟踪各处理设备状态。取样箱配备有通风、疏排水和管线冲洗等附属设施。

e) 监测子排放系统

监测排放子系统由监测槽、排放泵组成，用于收集经过废液处理子系统处理后废液，取样合格后，排往核岛废液排放系统（TER）进行排放。

3.6.2.3 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，对这些废液进行贮存、混匀、监测，并有控制地向环境水体进行排放；
- 接收来自 IRWST 的大量排水；
- 当 SEL 系统不可用或排往 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。

3.6.2.4 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。

- 废物处理厂房的各类疏排水；
- 其他BOP厂房排放的放射性或潜在放射性废液。

（2）系统描述

- 废物处理厂房的各类疏排水

废物处理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。

- 其他BOP厂房产生的放射性或潜在放射性废液

其他各BOP厂房内产生的放射性或潜在放射性废液收集后，经SRE管线输送至TEU系统进行处理。

3.6.2.5 常规岛废液排放系统（SEL）

（1）系统功能

SEL系统的功能为：

- 将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、混匀、取样分析、监测后有控制地排放；
- 当环境稀释能力不足而要求延迟排放，或当取样分析或辐射监测系统（KRT）监测到废液的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存废液；
- 将超过允许排放限值的废液输送至废液处理系统（TEU）处理。

（2）系统描述

SEL系统设置废液排放贮存罐、排放泵和地坑泵。

三个贮存罐中一个用于接收废液，一个用于废液的混匀、取样分析和监测排放，

另一个备用。排放泵用于混匀和排放废液，地坑泵用于把地坑内的废液输送至贮存罐。

SEL 系统贮罐内的废液经取样分析合格后排放，如废液不合格则送至 TEU 系统进行处理。在废液排放管线上装有辐射监测仪（KRT）和受 KRT 控制的自动隔离阀、手动隔离阀、流量调节阀及累计流量计。

3.6.2.6 放射性废液的排放源项

表3.6-1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。

3.6.3 放射性废气系统及源项

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、输运、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、输运和处理，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）。

3.6.3.1 废气处理系统（TEG）

（1）系统功能

反应堆堆芯产生氦和氩等放射性裂变气体，在燃料包壳破损时，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：

- a) 通过注入或抽出气体来平衡与系统相连的容器内液位变化；
- b) 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；
- c) 用氮气吹扫冷却剂除气产生的废气并处理；

- d) 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；
- e) 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；
- f) 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）系统描述

根据 TEG 系统的运行功能，TEG 系统可划分为 7 个子功能单元，分别是气体准备单元、废气压缩单元、气体分配单元、氮气注入单元、安全壳隔离单元、贮存衰变单元和热交换器冷冻水供应单元。

1) 气体准备单元

气体准备单元的主要功能是为吹扫单元提供满足要求的载气。气体准备单元主要包括气体干燥器、复合器上游的氢气/氧气供应、复合器上游的氢气/氧气测量回路、复合器、复合器下游的氢气/氧气测量回路。

2) 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的循环的动力，并将进入衰变箱的废气加压至指定压力。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。

3) 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，限制放射性气体向厂房设备间的释放。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。

4) 氮气注入单元

氮气注入单元的主要功能是当 TEG 系统吹扫段压力低时补充氮气，以维持系统及各吹扫容器运行所需的压力。氮气注入单元主要包括氮气注入管线及相关阀门等设备。

5) 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。

6) 贮存衰变单元

贮存衰变单元的主要功能是贮存放射性废气，提供足够的衰变时间，使废气的放射性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。贮存衰变单元

主要包括为衰变箱、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。

7) 热交换器冷冻水供应单元

热交换器冷冻水供应单元的主要功能是为 TEG 系统的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。

3.6.3.2 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，安全级系统中（事故工况下需要的过滤器）的碘吸附器最小过滤因子为 100，其他系统（运行时需要过滤器）为 10。

— 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。由直连电机驱动。

— 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。

3.6.3.3 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准。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。

3.6.3.4 放射性废气的排放源项

表3.6-2列出了本工程单台机组放射性废气年排放量，所有的放射性气体均通过核辅助厂房的烟囱排放。

3.6.4 放射性固体废物系统

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、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）。

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 400L 钢桶中进行暂存，待其达到清洁解控水平后进行清洁解控；

— 放射性废树脂采用水泥固化工艺处理；

— 表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯装入 200L 钢桶后，送 QS 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 $> 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯在废物处理厂房暂存一段时间后，再进行水泥灌浆固定处理；

— 浓缩液采用干燥灌浆固定处理；

— 可压缩的干废物先在 200L 钢桶内进行初级压缩，将 200L 钢桶超级压缩成桶饼后，再装入 400L 钢桶用水泥灌浆固定处理；

— 不可压缩干废物采用 400L 钢桶水泥灌浆固定处理。

（1）系统功能

TES 系统按不同的功能主要分为三部分：

第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）和废物处理厂房（BWX），其中核辅助厂房为单机组布置，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（QS），为一期工程建成，全厂六台机组共用。

最后一部分为废物货包暂存，位于废物暂存库（QT），为一期工程建成，全厂六台机组共用。

（2）系统描述

1) 废树脂

在核辅助厂房内 RCV/PTR/TEP 系统除盐床内的树脂需要更换时，利用树脂冲排泵

将废树脂冲排至废树脂贮槽。树脂在贮槽通常可暂存 3-5 年，当贮槽内收集的废树脂达到罐体设定值时，可通过树脂冲排泵将废树脂装入废树脂转运装置中，并由转运车辆运送至废物处理厂房。

废树脂转运装置运送至废物处理厂房后，将其收集的废树脂转至废树脂准备槽中进行暂存，废物处理厂房内 TEU 系统产生放射性废树脂亦通过管道排入废树脂准备槽暂存。当废树脂准备槽中废树脂需进行水泥固化时，通过重力自流或喷射器将贮槽内的废树脂送往废树脂计量槽中，再排入 400L 金属桶进行水泥固化操作，固化完毕后进行养护，最后通过厂内运输车辆将其运往废物暂存库（QT）暂存。

核辅助厂房 APG 系统除盐床产生的废树脂，在正常情况下由水力冲排至 APG 树脂分离罐内。APG 树脂分离罐边进树脂边通过容器底部的疏水管排水，接收结束后，再经过一段时间，沥出所有表面水分后，将树脂中的游离水排尽，再利用真空抽吸装置将废树脂装入 400L 钢桶中，400L 钢桶运至 QT 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，利用 SED 水将 APG 树脂冲排至废树脂贮罐中作为放射性废树脂处理。

2) 废滤芯

水过滤器芯子在全厂范围内用于保持水的质量并除去其中的放射性活化的腐蚀产物和悬浮固体颗粒。

废过滤器芯子来自下列系统的过滤器：PTR、RCV、RPE、TEP、TEU 和 SRE 系统。其中布置在核辅助厂房（BNX）系统产生过滤器芯失效时需利用废滤芯更换装置来进行拆取、运输废过滤器芯子和装载新过滤器芯子等操作。其中，表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯通过超压处理；表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的废滤芯通过转运装置运至废物处理厂房，在废物处理厂房暂存一段时间后，再进行水泥灌浆固定处理。

布置在 BWX 厂房的 TEU/SRE 系统严格控制失效过滤芯的剂量，采用就地更换操作。

3) 浓缩液

TEU 系统产生的浓缩液利用重力排放至浓缩液贮槽中，为防止硼酸结晶，利用加热系统分别对贮槽和管道加热，在贮槽进料和排料时，利用搅拌器搅拌混合。浓缩液需要处理时，靠重力排入浓缩液计量槽中进行计量，然后装入 200L 钢桶内进行干燥，干燥完毕后将 200L 金属桶装入 400L 金属桶中灌浆固定。

4) 干废物的收集和处理

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，然后运输至废物辅助厂房 QS，待未压缩废物积累到一定量之后，将这些废物通过叉车运至分拣箱，由倾倒装置倒入分拣箱进行分拣。首先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。经初步分类后的废物在分拣压缩间的分拣箱中分为可压缩和不可压缩废物，为有效的防止反弹，压缩比大的废物和压缩比小的废物按一定比例放入 200L 钢桶。分拣箱内有剂量测量装置，可将剂量率较高和较低的废物进行合理混放，防止某一个桶剂量率偏高。在分拣箱内设置了液压剪，可将大块的需要切割的废物切成小块。分拣箱设三个工位，可同时供三名工人工作。

经分拣箱分拣后的可压缩废物（包括相对压缩比较大及相对压缩比较小的废物）装入 200L 可压缩钢桶。经分拣箱分拣装桶后的废物首先运输至初级压缩机在 200 L 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。对封装好的 200L 废物桶先进行打孔以方便超级压缩时气体和废液的排出，利用 2000t 超级压缩机将装有废物的 200L 可压缩桶压成钢桶饼。表面剂量率不大于 2mSv/h 的废过滤器芯子也在 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化测厚装置。优化测厚装置为多位置圆盘形装置，桶饼被分别放入该装置的一个空位后，根据厚度优化选择装入 400L 钢桶以达到一个 400L 钢桶内放尽可能多的桶饼的要求，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，封盖后的 400L 钢桶送废物暂存库暂存，要求 400L 钢桶的外表面剂量率不大于 2mSv/h。

不可压缩废物如铁块、小钢管等（压缩后价值不大，且不利于超级压缩机的保养）直接装入 400L 钢桶，利用水泥灌浆装置灌浆固定。

对于表面剂量率大于 2mSv/h 的检修废物，则收集到 400L 钢桶中，利用水泥灌浆装置灌浆固定。

5) 废物暂存库

防城港核电厂一期工程的废物暂存库（QT）按照六台同类型机组（CPR1000）运行 5 年产生的所有中、低放废物的容量设计。防城港核电厂二期工程与一期工程 QT 库共用，本节内容基于共用一期工程废物暂存库进行描述。

QT用于暂存6台机组在运行中产生并经处理整备后的低、中放射性固体废物、轻微污染设备，贮存的低、中水平放射性废物最终转运到低、中水平放射性固体废物处置场处置。库内废物的贮存以定型包装、分区贮存、监测管理、限期转运处置场为原则。暂存库贮存量按照暂存防城港核电厂共六台机组5年产生的放射性固体废物进行设计。

废物暂存库暂存区被划分为三个区域：待解控废物贮存区、贮存区Ⅰ（表面剂量率不大于2mSv/h）和贮存区Ⅱ（表面剂量率大于2mSv/h）。三个区域通过实体围墙隔开。

待解控废物通过叉车将废物运至待解控废物暂存区进行码放，对待解控废物外形尺寸要求为：小于1.2×1.2×1.2m、重量小于5t，其码放方式由运营方根据废物特性以及包装自行决定。对于检修过程中产生的不利于切割的大件待解控废物也在此区域暂存。

废物桶被汽车运到废物暂存库的操作间后，操作人员在吊车操作间通过专用吊具把废物桶吊至桶监测间，可进行表面剂量率测量以及核素分析。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。通过视频监视系统，可以观察废物桶的码放情况，通过计算机控制系统可以查看相关废物桶信息。

经 γ 谱测量后的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和贮存区Ⅱ，垂直码放四层。

单台机组每年待处理废物的体积及最终货包体积见表3.6-3。

3.6.5 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

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连接组成。

水下燃料贮存格架采用不分区设计，共有900个贮存小室，每个贮存小室仅能贮存一组燃料组件。其中20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 and 载荷均匀分配到水池。

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。

（3）乏燃料的运输

核电厂乏燃料拟通过铁路运往国家指定的后处理厂进行后处理。

表 3.6-1 单台机组废液放射性排放量（1/2）

预期工况

单位：GBq/a

核素	TEP 释放	APG 排污	二回路给水	TEU 释放	总计
Sr-89	1.33E-04	3.90E-07	1.47E-05	1.14E-02	1.15E-02
Sr-90	2.60E-06	7.03E-09	2.65E-07	2.51E-04	2.54E-04
Sr-91	3.60E-08	2.20E-06	8.29E-05	---	8.51E-05
Sr-92	2.41E-19	3.47E-06	1.31E-04	---	1.34E-04
Y-90	9.14E-08	1.13E-09	4.26E-08	9.10E-07	1.05E-06
Y-91	9.45E-04	1.21E-08	4.55E-07	8.20E-02	8.29E-02
Zr-95	8.78E-06	2.53E-08	9.54E-07	7.69E-04	7.79E-04
Nb-95	5.69E-06	1.56E-08	5.87E-07	5.32E-04	5.38E-04
Mo-99	5.76E-04	6.83E-06	2.57E-04	5.76E-03	6.60E-03
Tc-99m	5.78E-05	1.92E-07	7.23E-06	5.78E-04	6.43E-04
Ru-103	1.13E-05	3.40E-08	1.28E-06	9.35E-04	9.47E-04
Rh-106	0.00E+00	2.28E-11	8.59E-10	---	2.22E-09
Te-131m	2.06E-06	1.44E-07	5.44E-06	1.36E-06	9.00E-06
Te-131	2.90E-08	2.01E-06	7.58E-05	1.91E-08	7.80E-05
Te-132	1.00E-04	9.46E-07	3.57E-05	1.42E-03	1.56E-03
Te-134	4.13E-65	4.22E-06	1.59E-04	---	1.63E-04
I-131	8.24E-02	3.61E-04	5.44E-02	3.74E+00	3.88E+00
I-132	1.18E-20	1.62E-04	2.44E-02	---	2.45E-02
I-133	1.74E-03	4.89E-04	7.38E-02	1.35E-04	7.61E-02
I-134	4.63E-51	2.66E-05	4.02E-03	---	4.04E-03
I-135	3.13E-08	1.84E-04	2.78E-02	---	2.80E-02
Cs-134	4.41E-03	1.20E-05	4.52E-04	4.22E-01	4.27E-01
Cs-136	2.12E-03	7.84E-06	2.96E-04	1.27E-01	1.29E-01
Cs-137	6.39E-03	1.73E-05	6.52E-04	6.17E-01	6.24E-01
Cs-138	4.24E-79	1.64E-04	6.18E-03	---	6.35E-03
Ba-140	2.83E-04	1.05E-06	3.97E-05	1.68E-02	1.71E-02
La-140	3.89E-05	3.41E-08	1.29E-06	2.53E-03	2.57E-03
Ce-141	1.17E-05	3.59E-08	1.35E-06	9.34E-04	9.48E-04
Ce-143	8.21E-06	4.27E-07	1.61E-05	8.50E-06	3.32E-05
Ce-144	4.51E-06	1.24E-08	4.66E-07	4.26E-04	4.31E-04
Pr-143	1.33E-04	1.40E-08	5.30E-07	8.67E-03	8.80E-03
Pr-144	1.91E-10	1.30E-09	4.89E-08	1.80E-08	6.87E-08
Cr-51	7.50E-03	2.35E-05	8.86E-04	5.79E-01	5.87E-01
Mn-54	1.18E-03	3.24E-06	1.22E-04	1.12E-01	1.13E-01
Fe-59	6.63E-04	1.96E-06	7.39E-05	5.57E-02	5.65E-02
Co-58	3.15E-03	9.02E-06	3.40E-04	2.79E-01	2.82E-01
Co-60	3.59E-03	9.72E-06	3.67E-04	3.45E-01	3.49E-01
Sb - 122	2.28E-04	2.75E-06	1.04E-04	2.22E-03	2.56E-03
Sb - 124	4.75E-04	1.37E-06	5.18E-05	4.13E-02	4.18E-02
Ag - 110m	9.65E-04	2.65E-06	9.99E-05	9.09E-02	9.19E-02
总计	1.17E-01	1.50E-03	1.95E-01	6.55E+00	6.86E+00
H-3			38.8TBq		
C-14			3.91GBq		

表 3.6-1 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	1.06E-03	2.95E-05	1.11E-03	1.66E-02	1.88E-02
Sr-90	2.14E-05	5.78E-07	2.18E-05	3.77E-04	4.21E-04
Sr-91	4.61E-05	3.07E-05	1.16E-03	---	1.23E-03
Sr-92	6.88E-09	2.17E-05	8.16E-04	---	8.38E-04
Y-90	2.88E-06	1.26E-07	4.76E-06	4.97E-06	1.27E-05
Y-91	1.38E-03	1.39E-06	5.25E-05	2.26E-02	2.40E-02
Zr-95	6.86E-05	1.89E-06	7.14E-05	1.10E-03	1.24E-03
Nb-95	6.82E-05	1.87E-06	7.05E-05	1.11E-03	1.25E-03
Mo-99	1.02E-03	4.40E-05	1.66E-03	1.85E-03	4.57E-03
Tc-99m	1.02E-04	2.38E-06	8.98E-05	1.86E-04	3.80E-04
Ru-103	6.03E-05	1.69E-06	6.35E-05	9.07E-04	1.03E-03
Rh-106	0.00E+00	2.02E-09	7.61E-08	---	1.06E-07
Te-131m	1.09E-04	8.29E-06	3.13E-04	1.31E-05	4.43E-04
Te-131	1.53E-06	7.18E-06	2.71E-04	1.84E-07	2.80E-04
Te-132	2.32E-03	9.35E-05	3.53E-03	6.01E-03	1.20E-02
Te-134	4.83E-24	1.67E-05	6.30E-04	---	6.47E-04
I-131	7.47E-01	2.36E-02	3.56E+00	6.07E+00	1.04E+01
I-132	4.74E-07	1.39E-02	2.09E+00	---	2.10E+00
I-133	2.91E-01	3.45E-02	5.21E+00	4.12E-03	5.54E+00
I-134	5.44E-18	8.10E-04	1.22E-01	---	1.23E-01
I-135	4.60E-03	1.32E-02	2.00E+00	---	2.01E+00
Cs-134	3.59E-02	9.73E-04	3.67E-02	6.28E-01	7.02E-01
Cs-136	2.21E-02	6.60E-04	2.49E-02	2.41E-01	2.89E-01
Cs-137	5.19E-02	1.40E-03	5.29E-02	9.15E-01	1.02E+00
Cs-138	3.75E-26	1.79E-02	6.76E-01	---	6.95E-01
Ba-140	2.29E-03	6.85E-05	2.58E-03	2.48E-02	2.97E-02
La-140	2.36E-04	3.43E-06	1.29E-04	3.69E-03	4.06E-03
Ce-141	6.54E-05	1.84E-06	6.94E-05	9.52E-04	1.09E-03
Ce-143	4.04E-05	2.80E-06	1.06E-04	7.64E-06	1.57E-04
Ce-144	4.59E-05	1.25E-06	4.70E-05	7.92E-04	8.86E-04
Pr-143	1.22E-04	1.65E-06	6.21E-05	1.85E-03	2.03E-03
Pr-144	1.94E-09	1.42E-07	5.35E-06	3.35E-08	5.53E-06
Cr-51	3.46E-03	9.79E-05	3.69E-03	4.86E-02	5.59E-02
Mn-54	7.60E-04	2.06E-05	7.77E-04	1.31E-02	1.47E-02
Fe-59	2.89E-04	8.04E-06	3.03E-04	4.43E-03	5.03E-03
Co-58	3.38E-03	9.32E-05	3.51E-03	5.47E-02	6.17E-02
Co-60	4.72E-03	1.28E-04	4.81E-03	8.29E-02	9.26E-02
Sb - 122	7.42E-04	3.23E-05	1.22E-03	1.32E-03	3.31E-03
Sb - 124	4.62E-04	1.27E-05	4.81E-04	7.33E-03	8.29E-03
Ag - 110m	1.45E-03	3.93E-05	1.48E-03	2.48E-02	2.78E-02
总计	1.18E+00	1.08E-01	1.38E+01	8.18E+00	2.33E+01
H-3	54.5TBq				
C-14	4.77GBq				

表 3.6-2 单台机组废气放射性排放量（1/2）

预期工况

单位：GBq/a

核素	TEG 释放	反应堆厂房	核辅助厂房	二回路释放	总计
Kr-85m	---	1.43E+02	1.90E+02	1.73E+01	3.50E+02
Kr-85	1.77E+03	4.21E+00	2.11E+00	1.92E-01	1.78E+03
Kr-87	---	6.07E+01	2.08E+02	1.89E+01	2.88E+02
Kr-88	---	2.33E+02	4.19E+02	3.81E+01	6.90E+02
Xe-133m	3.08E-05	1.68E+02	9.60E+01	8.72E+00	2.73E+02
Xe-133	1.30E+02	5.39E+03	2.85E+03	2.59E+02	8.63E+03
Xe-135	---	1.69E+03	1.53E+03	1.39E+02	3.36E+03
Xe-138	---	1.80E+01	2.46E+02	2.23E+01	2.86E+02
惰性气体总量	1.90E+03	7.71E+03	5.55E+03	5.04E+02	1.57E+04
I-131	1.37E-02	2.08E-02	1.67E-03	1.08E-03	3.73E-02
I-132	---	4.46E-03	1.47E-03	4.83E-04	6.41E-03
I-133	---	2.36E-02	2.48E-03	1.46E-03	2.76E-02
I-134	---	5.94E-04	4.32E-04	7.95E-05	1.11E-03
I-135	---	6.90E-03	1.13E-03	5.50E-04	8.59E-03
卤素总量	1.37E-02	5.64E-02	7.17E-03	3.65E-03	8.09E-02
H-3	3.88TBq				
C-14	391GBq				
气溶胶	0.1GBq				

表 3.6-2 单台机组废气放射性排放量（2/2）

设计工况

单位：GBq/a

核素	TEG 释放	反应堆厂房	核辅助厂房	二回路释放	总计
Kr-85m	---	1.02E+03	1.38E+04	1.25E+03	1.61E+04
Kr-85	4.56E+03	1.07E+00	5.43E+00	4.94E-01	4.57E+03
Kr-87	---	6.18E+02	2.15E+04	1.96E+03	2.41E+04
Kr-88	---	1.96E+03	3.58E+04	3.26E+03	4.10E+04
Xe-133m	5.33E-04	2.87E+02	1.67E+03	1.51E+02	2.11E+03
Xe-133	1.43E+03	5.86E+03	3.15E+04	2.86E+03	4.17E+04
Xe-135	---	8.58E+03	7.89E+04	7.17E+03	9.47E+04
Xe-138	---	2.00E+02	2.77E+04	2.52E+03	3.04E+04
惰性气体总量	5.99E+03	1.85E+04	2.11E+05	1.92E+04	2.55E+05
I-131	8.92E-01	1.34E-01	1.09E-01	7.06E-02	1.21E+00
I-132	---	3.76E-02	1.26E-01	4.14E-02	2.05E-01
I-133	---	1.64E-01	1.75E-01	1.03E-01	4.42E-01
I-134	---	1.78E-03	1.31E-02	2.42E-03	1.73E-02
I-135	---	4.88E-02	8.09E-02	3.96E-02	1.69E-01
卤素总量	8.92E-01	3.86E-01	5.04E-01	2.57E-01	2.04E+00
H-3	5.45TBq				
C-14	477GBq				
气溶胶	1.7GBq				

表 3.6-3 单台机组每年待处理废物的体积及最终货包体积

废物种类	预期产生量	400L 钢桶（个）
放射性废树脂	3.8 m ³	26
APG 废树脂	17.07 m ³	45*
浓缩液	3.6m ³	4
废滤芯	22 个	22
干废物	172~198m ³	58~67
桶数合计	/	110~119
合计	/	44~47.6

注：

- （1） 放射性废树脂、浓缩液、废滤芯、干废物量参考大亚湾、岭澳一期经验数据得出。
- （2） 各类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；

*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。

3.7 化学物质排放

表

表 3.7-1 核电厂主要化学物质的使用量估计值

3.7 化学物质排放

防城港核电厂二期工程三、四号机组排放的化学物质主要来自于：

- 化水水处理系统（SDA）；
- 凝结水精处理系统(ATE)；
- 循环水处理车间（CTE）；
- 常规岛化学加药系统（SIR）；

（1）化学水处理系统

化学水处理系统产生的废水主要来自离子交换树脂酸碱再生产生的酸碱废液。树脂再生废液排入酸碱中和池，再通过加酸或者加碱进行中和，调节 pH 值至 6~9 后至 SEO 排放。。

（2）凝结水精处理系统

凝结水精处理系统用于净化核电厂二回路系统凝结水。系统内设有前置阳床和混床，运行一段时间后阴阳离子需要再生，再生需要使用酸（如盐酸）、碱（如NaOH），再生废水排至中和池，再生废水中和处理也需要投入一定量的酸碱。

（3）循环水处理车间

为满足核电厂运行的要求，循环水处理车间对循环冷却水连续加入次氯酸钠处理（电解氯化钠溶液）。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。

（4）常规岛化学加药系统

常规岛化学加药系统，将化学添加剂注入二回路系统，用以控制二回路系统中水的化学工况，使蒸汽发生器在正常运行和停机保养中的腐蚀和固体沉积物减少至最小。在凝结水精处理混床出水和给水中实施加氨、加联氨处理。此外，磷酸三钠作为腐蚀抑制剂注入常规岛闭式冷却水系统中调节pH为9左右。

核电厂主要化学物质的使用量见表3.7-1。

表 3.7-1 防城港核电厂二期三、四号机组常规岛及 BOP 各系统使用的主要化学物质

分布单元	化学物质名称	月使用量	年平均使用量	用途	处理流程及排放方式
化学水处理系统 (一期二期共用)	31% 盐酸	12t	250t	作为阳床和混床阳树脂的再生剂	再生树脂后的废酸废碱排入废水池,通过加酸或者加碱进行中和,调节 pH 值至 6~9 后排至 SEO;
	32% 氢氧化钠	51t	616t	作为阴床和混床阴树脂的再生剂	再生树脂后的废酸废碱排入废水池,通过加酸或者加碱进行中和,调节 pH 值至 6~9 后排至 SEO;
	26% 氨水	0.2t	2.3t	除盐水加氨调节 pH=9	SER 除盐水加氨调节 pH=9
凝结水精处理系统 (汽轮机厂房内凝结水精处理再生区域及厂外酸碱贮存区)	31% HCl	13.6m ³	140m ³	作为阳床及混床树脂的再生剂	再生树脂后的废酸废碱排入凝结水精处理废水池,通过加酸或者加碱进行中和,调节 pH 值至 6~9 后送往废水处理站
	40% NaOH	7.7m ³	80m ³	作为阴床及混床树脂的再生剂	
常规岛化学注入系统 (汽轮机厂房的化学加药间)	25% 氨水	37.7t	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	4.9t	48t	作为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	1.7t	20kg	水质调节	加入常规岛闭冷水中,调节 pH 至 9 左右;
循环水处理车间 (2 台机组)	电解海水制 0.15% 次氯酸钠 (非外购)	350t	4200t	作为循环水杀菌剂	加入凝汽器循环冷却水中,作为杀菌剂后分解,运行中控制循环水出口余氯量在 0.1-0.3 mg/
	31% 盐酸	0.5t	6t	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 后送往废水处理站
	32% NaOH	0.25t	3t	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 后送往废水处理站

注: 年使用量按运行 7000 小时计

3.8 生活废物

3.8.1 含油废水处理

3.8.2 生活污水处理

3.8 生活废物

3.8.1 来源和种类

核电厂的生活废物主要是非放射性的生活垃圾、生活污水和含油废水：

- 生活垃圾：主要是核电厂非控制区及厂外附属、辅助区产生的非放射性固体生活垃圾，也包括电站工作人员日常生活和工作产生的所有非放射性废物。
- 生活污水：包括核电厂各厂房、实验室、办公楼等设施内的卫生设备排水以及洗衣房、食堂等生活设施的排水等。
- 含油废水：各操作区被碳氢化合物污染的水。

3.8.2 处理方式

防城港核电在厂区设有一座厂区生活污水处理站（ED1）和一座污水系统油分离站（FS），在厂外辅助及生活区还设有一座生活污水处理站（ED2），下面分别对污水处理的工艺系统做简要说明：

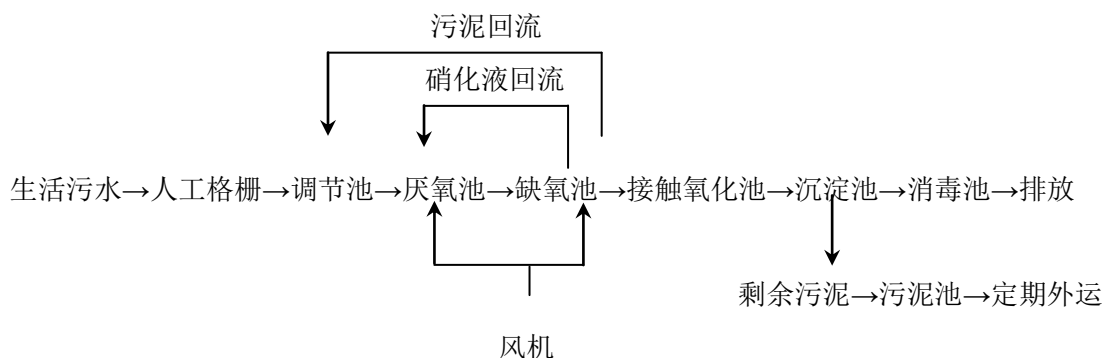
— 生活污水：

（1）厂区生活污水处理站（ED1），主要处理来自厂区的生活污水，采用 CASS 工艺进行处理，处理能力为 $480\text{m}^3/\text{d}$ 。处理工艺流程如下：

生活污水处理流程为：

生活污水→化粪池→污水提升泵→格栅→CASS 池→中间水池→提升泵→LEGS 净水器（包括混合反应、斜管沉淀、无阀过滤）→中水池→中水泵→中水管网（或供给洒水车）。

（2）厂外辅助及生活区的生活污水处理站（ED2），主要处理来自住宅、食堂、盥洗室等的生活污水，采用生物曝气滤池技术进行处理，处理能力为 $480\text{m}^3/\text{d}$ 。处理工艺流程如下：



含油废水：汇集到专门的管网内，进入污水系统油分离站（FS），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；分离出的水排入污水处理系统，进一步处理达标后排入海域。FS系统厂房设置两套油水分离器，每套油水分离器处理量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，总处理能力为 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，全厂的含油废水进入储存池，由油水提升泵将含油废水分别抽至油水分离器，含油废水在油水分离器中实现自动的，无动力的油水分离，经分离后，废油凭落差流入污油池，并通过污油泵抽出或由污油车运走。分离出的水派往雨水排放系统。

— 生活垃圾：按规定收集暂存并送到指定的垃圾场处理。防城港核电有限公司工地现场办公生活区生活垃圾的处理，目前暂定由防城港双海保洁服务有限公司接收，送往防城港市港口区企沙镇垃圾处理厂处理。

3.9 放射性物质运输

3.9.1 新燃料运输

3.9.2 乏燃料运输

3.9.2.1 乏燃料组件厂内运输

3.9.2.1 乏燃料组件厂外运输

3.9.3 放射性固体废物的运输

3.9 放射性物质运输

核电厂运入的放射性物质包括未经辐照的新燃料组件和中子源，其中中子源包括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、制造能满足我国《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

核电厂运出的放射性物质包括乏燃料组件和放射性固体废物。

3.9.1 新燃料运输

防城港核电厂二期工程的核燃料采用 12 英尺燃料组件。每台机组的堆芯有 177 组新燃料组件以及相关组件（控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件）组成。首炉用新燃料组件及相关组件可由中核建中核燃料元件有限公司（812 厂）或其他核燃料元件公司供应。现以中核建中核燃料元件有限公司（812 厂）为例做详细说明。

中核建中核燃料元件有限公司（812 厂）使用的新燃料运输容器是依照法国 FRAGEM A 公司 RCC-3 容器全套技术资料及图纸等同转化原则制造的。货包的设计和制造满足 IAEA No.TS-R-1《放射性物质安全运输条例》，同时也满足我国《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

中核建中核燃料元件公司使用的新燃料运输容器是依照法国 FRAGEM A 公司 RCC-3 容器全套技术资料及图纸等同转化原则制造的。货包的设计和制造满足 IAEA No.TS-R-1《放射性物质安全运输条例》，同时也满足我国《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

RCC-3 运输容器的技术要求：

- 运输等级：七级（危险品）
- 物理状态：固体
- 化学成分：UO₂
- 燃料的 ²³⁵U 富集度：1.8%，2.4%，3.1%，4.45%
- 每个组件中燃料重量：523kg
- 燃料组件包装后的剂量率：
 - 货包表面： $<2 \times 10^{-2}$ mSv/h
 - 距货包 1m 处： $<1 \times 10^{-2}$ mSv/h

一 货包类型：A

RCC-3 型新燃料运输容器已被法国批准并有 10 多年的使用历史。它是由上下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上下壳体的连接用 30 个螺栓锁紧。上壳体设有吊装环，下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装燃料组件，支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量器，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两个燃料组件，相关组件可插入容器内固定好的燃料组件，随同燃料组件一起运输。两个组件间设有中子吸收板。容器装好燃料组件并完成密封后，充入氦气，检查容器的密封性能，以避免在运输途中事故情况下引起燃料组件的液体或气体沾污。容器全长 4933mm，宽 1141mm，高 1213mm。圆柱箱体外径 $\Phi 1064\text{mm}$ ，自重 1985kg，满载重量 3455kg。

为适应高富集度燃料组件的运输，中核建中核燃料元件公司已经对上述新燃料运输容器进行了改造，在两个燃料组件的中间隔板上加入硼不锈钢板，能够满足最高 4.5% 富集度燃料组件的运输需求。

新燃料组件如由中核建中核燃料元件公司（812 厂）提供，采用铁路加公路的运输方案。运输路线为：铁路由燃料厂→宜宾→重庆→贵阳→南宁→防城港，新燃料运抵防城港车站后将经由东兴大道进入沙企一级公路，然后转进厂二级公路到达防城港核电站的燃料厂房。

新燃料及运输容器、运输、贮存都将执行专门的包装技术条件和新燃料接受贮存设计准则，均要满足 HAD103/03《核电厂堆芯和燃料管理》，HAD003/10《核燃料组件采购、设计和制造中的质量保证》，GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》的有关条款要求，达到安全可靠。

3.9.2 乏燃料运输

3.9.2.1 乏燃料组件厂内运输

乏燃料组件的厂内运输按照“核电厂燃料装卸和贮存系统（HAD102/15，1990 年 2 月 20 日）”以及“法国 900MW 压水堆核电厂系统设计和建造规则（RCC-P，1991 版，1995 修订）”相关章节的规定执行。主要要求包括：

- (1) 乏燃料运输容器的装卸与吊运不得在乏燃料贮存格架上方进行；
- (2) 装卸设备发生断电事故时，能使乏燃料或载有乏燃料的容器至于安全位置；
- (3) 乏燃料容器的设计满足《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）中的要求；
- (4) 容器装卸操作期间，乏燃料容器坠落的危险性减至最小；
- (5) 乏燃料容器吊车及人桥吊车在安全停堆地震时能停住并保持载荷在安全位置。

乏燃料组件的厂内运输由人桥吊车、乏燃料容器吊车、及其它操作工具完成。厂内运输包括乏燃料发送前的准备直到将装满乏燃料的运输容器交付至燃料收发间的全过程。具体过程如下：

- (1) 在燃料厂房内，做好乏燃料发送的一切准备工作；
- (2) 载有空容器的专用运输车在燃料厂房收发隔间就位。拆下容器两端的减震器，松开容器在车上的固定连接；
- (3) 用乏燃料容器吊车将容器从水平位置翻转至垂直位置；起吊容器，通过设备装卸口将容器吊至+20.00m 标高以上；
- (4) 将容器吊入燃料厂房的容器准备井，对容器进行检查。拆卸容器密封盖的紧固螺栓，并进行其他一些必要的准备工作；
- (5) 将容器吊入容器装载井；
- (6) 容器装载井充水，当水位与乏燃料贮存水池水位相当时，打开容器装载井与乏燃料贮存水池间的水阀门，打开容器盖；
- (7) 用人桥吊车和乏燃料组件抓具从乏燃料贮存格架中抓取乏燃料组件，并将其吊入容器，重复上述操作完成乏燃料组件的装载；
- (8) 关闭水阀门，装上容器屏蔽盖，容器装载井排水；
- (9) 用乏燃料容器吊车起吊容器，并将容器运至容器准备井，重新装上容器密封盖螺栓，对容器进行排水、表面清洗去污、干燥、检查试验等一系列操作；
- (10) 用乏燃料容器吊车起吊容器，通过设备装卸口将容器下降，并放到运输车上，完成容器在运输车上的联结和固定操作，重新装上减震器；

- (11) 对容器进行全面的剂量和表面污染检查后贴上标签，准备向外发运；
- (12) 载有容器的运输车按设计的安全运输路线运送至指定地点，按规程进行交接、外运。

3.9.2.2 乏燃料组件厂外运输

乏燃料组件厂外运输必须遵守下列标准：《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）、《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T17230-98）、《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-91）和《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-91）等。

防城港核电厂 3 号机组的乏燃料组件的运输拟采用公路或铁路运输，可以经由进厂二级公路与外界公路网或铁路网连接，在向厂外运输乏燃料组件时将编制专门的文件以评价其对环境的可能影响。具体的运输方案、运输路线和接口将在后续阶段确定。

3.9.3 放射性固体废物的运输

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、浓缩液、维修废物等）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》（GB12711-91）的要求进行包装处理。

(1) 厂内运输

在厂内放射性废物的主要运输线路有两条：

- 核辅助厂房（BNX）至废物暂存库（QT）
- 检修废物产生地（RX、KX、NX 等）至废物辅助厂房（QS）至废物暂存库（QT）

固体废物包装容器为 400L 金属桶。在厂内运输时需要用屏蔽容器进行运输，以确保运行人员的受辐射水平尽量低。

(2) 厂外运输

放射性固体废物桶的厂外运输是将中期贮存库厂房（QT）内经过一段时间衰变后的放射性固体废物运送到国家指定的区域中、低放废物处置场或厂址附近的中、低放废物处置场（如有）。放射性固体废物的厂外运输方案将考虑运输过程中可能发生的故事，并准备具体的应急措施，使其对环境的可能影响减至最低。

第四章 电厂施工建设过程对环境的影响

4.1 土地利用

4.2 水的利用

4.3 施工影响的控制

4.4 水土保持

4.1 土地利用

4.1.1 陆域工程概况

4.1.2 厂区施工活动对环境的影响

表

表 4.1-1 施工阶段的主要噪声污染源及噪声级

4.1 土地利用

4.1.1 陆域工程概况

防城港核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程已开工建设 2 台 CPR1000 机组。二期工程三、四号机组建设 2 台华龙一号（HL1000-1）核电机组。

防城港核电厂三、四号机组的规划永久用地面积约 82.92hm²（其中海域回填面积约 26.42hm²）；临时用地面积 113.98hm²，其中施工区面积 73.98hm²，弃土场面积 40hm²。

防城港核电厂的建设和用地与《防城港市城市总体规划（2011~2030）》以及当地的土地利用总体规划是相协调的。

防城港核电厂二期三、四号机组工程主要由厂区建设区、现场生活区、施工生产生活区、水工工程区等部分组成，分别如下：

一 核电厂厂区

核电厂厂区是核电厂建设的核心部分，包含有主厂房区（核岛和常规岛）、BOP 区、厂前区等，其它各区均服务于该区。二期工程主厂区规划布置在一期工程主厂区西侧，由东向西扩建。

一 厂外辅助设施区

厂外辅助设施主要是为电厂服务的相关配套项目，主要包括环境实验室、应急指挥中心、武警营房、消防站、培训中心、淡水净水站、应急设施存储与燃油补给中心等。一期工程厂外辅助设施已按 6 台百万千瓦机组统一考虑，武警营房、应急设施存储与燃油补给中心位于主厂区西南侧，靠近应急公路，淡水净水站位于官山辽水库区，其它设施位于主厂区北侧厂外辅助设施区。二期工程只需在预留场地上新建技能训练楼、扩建模拟机培训中心，其它已建设施满足二期工程要求。

一 现场服务区

现场服务区主要包括运行宿舍以及食堂、室内活动中心、室外活动设施等公共设施，位于厂址区东北部，非居住区之外，依山面海，并靠近进厂公路，一期工程公共设施均按 6 台百万千瓦机组统一考虑，二期工程仅需沿现场服务区北端新建运行宿舍。

一 施工区及施工生活区

三、四号机组的施工场地，尽量利用一期已有施工场地及后期工程建设用地，使施工场地临近厂区，便于施工。其它较为永久的施工场地规划在厂区规划建设用地以

外,位于核电厂厂区西面。施工区用地面积约 73.98hm²(其中利用一期面积约 39.84 hm²,二期新增面积约 34.14hm²)。

防城港一期场平已完工,一次开挖回填,可以满足二期 2 台 HL1000-1 机组所需建设用地。二期土石方主要考虑厂房的负挖及北进水明渠陆域段负挖(约 456.6 万 m³)土石方的处置,可通过厂区南侧海域回填、厂址西、南侧弃土场进行消纳。

防城港核电厂进场公路和应急公路均已建成通车。

4.1.2 厂区施工活动对环境的影响

防城港核电厂三、四号机组工程陆域施工活动对环境的影响主要是核岛负挖、厂内道路施工、汽车运输以及设备安装等造成的地面振动、噪声、粉尘、植被破坏和水土流失等生态方面的影响。

4.1.2.1 振动的影响

核电厂区核岛及各建筑物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。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。

在施工过程中,应采用先进设备和工艺,保护施工人员的健康,同时对振动剧烈的临近建筑物适时加固,尽量较少振动过程对周围人员和建筑物的影响。

4.1.2.2 噪声的影响

核电厂本期工程施工过程中,厂区内可能产生噪声的活动包括核岛负挖、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 4.1-1。

现场施工机械设备如挖掘机、推土机、钻孔机等噪声值较高,且在实际施工过程中

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。本期工程主厂区距电厂实际用地范围的距离超过 500m，因此主厂区施工产生的噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的相关要求，距电厂实际用地范围较近的生活区建设可通过控制施工强度以满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中的相关要求。距防城港核电厂最近的居民点是厂址 NNE 方位约 1.1km 处的牛角冲自然村，施工过程对该环境敏感点的声环境质量产生的影响很小。

白鹭栖息地位于红沙村北部，离厂址约有 3km，中间有山丘地形阻隔，且进厂道路和应急道路均不从此栖息地经过，因此厂址施工对白鹭栖息地基本无影响。此白鹭栖息地规模较小，栖息的白鹭数量不多，偶有白鹭经过施工区附近，施工中的噪声可能会对经过的白鹭有惊吓作用，但影响范围有限，且该影响也将随着核电厂施工建设的结束而结束。

4.1.2.3 大气的影响

工程施工期间主要大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气，在这些污染物中，扬尘和粉尘对大气局部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、地基开挖和填筑、物料堆放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），在施工和运输过程中会产生一定量的汽车尾气，主要成分为 CO、NO_x 和碳氢化合物。

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。另外，由于部分粉尘的粒径和质量较大，将很快在空气中自然沉降，大规模扩散的粉尘量较小。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，影响时段有限。

4.1.2.4 生态的影响

电厂在施工期对生态的影响主要集中在前期场平阶段。场平过程需要扰动地面，在一定程度上改变、破坏了原有地貌和植被，在不同程度上对原有水土保持设施造成了破坏，形成土层松散、地表裸露，使土壤失去了原有固土能力，从而引起水土流失，如不加以防治和控制，将会导致区域生态环境的恶化。

防城港核电厂附近的陆域养殖多为散户个体养殖，养殖规模较小，主要以猪、牛和禽类为主。考虑到施工活动主要在厂区，最近的村庄距离厂区 1.1km，预计施工产生的废气、粉尘和噪声等对散户养殖基本没有影响。

厂址周围 15km 范围内无大的草场和陆生自然保护区，同时在施工过程中积极落实水土保持措施，以减少对附近林业资源的影响。

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实施绿化，建造全新的人文景观，根据其他已建核电厂址施工结束后的生态景观来看，工程对当地局部生态环境的影响是可以接受的，电厂正常运营后的厂区景观生态将优于厂址原地貌。

4.1.2.5 施工废弃物对环境的影响

在本期工程建设过程中，各施工队均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，该部分固体废物虽无放射性危害，但其堆放过程会占用一定土地，破坏地表植被，如保存和处理不当，受日晒雨淋影响后，会产生恶臭、蚊蝇、景观方面的污染，有毒有害物质析出后将随雨水冲刷污染大片土地，甚至可能深入地表污染地下水等。

在一二号机组施工时，防城港核电有限公司已经制定了严格的施工环境管理规定，对生活垃圾和施工垃圾制定了相应的管理措施：对不同类别的施工垃圾和生活垃圾按不同要求进行处理。施工垃圾中不可回收利用的无毒无害废弃物运至指定的临时废弃物堆放场，可回收利用废弃物应尽量回收再利用；有毒有害废弃物按照《危险废物贮

存污染控制标准》（GB18597-2001）设置了专门的危废贮存仓库予以贮存，定期交由柳州市申力石油化工有限公司进行处理。此外在核电厂建设施工阶段，各种设备和连接管道的运输、贮存和现场安装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，部分是有毒化学物品，施工时设备承包商按出厂相关要求处理，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。由于设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑了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。

针对本期工程，建设方将继续做好上述措施，使核电厂施工产生的废弃物尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

4.1.2.6 道路对周围环境的影响

防城港核电厂进场道路已开展过环评并获得环评批复，本期工程的施工车辆主要从进场道路通行，噪声影响主要为道路沿线较小范围内。

4.1.2.7 弃渣场的影响

弃渣场在使用中的环境影响主要为汽车装卸、土石方压实以及弃渣场在干燥大风条件下产生的扬尘，另外还有汽车等交通工具的噪声影响。

防城港核电厂二期工程施工阶段弃渣场的确切范围目前尚未确定。弃渣场在使用过程中将采取洒水降尘、设置拦挡、碾平压实、适时绿化等水保措施，尽量减少二次扬尘的污染和水土流失的发生。汽车在倾倒废弃土石方时将产生较大的瞬时噪声，最大值可达 100dB（A），施工期将采取适当的施工时序和防护措施，减小噪声对施工场界和敏感点的影响。

4.1.2.8 施工活动对社会环境的影响

本项目涉及征地范围内的红星村和白沙村村组居民已搬迁，相关补偿措施均按照国家 and 省市政府的有关政策和规定执行。

防城港核电厂本期施工期间大量外来施工人员进驻施工现场和附近村镇，将对当地居民的日常生活造成一定影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商业机会。由于核电建设施工期较长，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 4.1-1 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

4.2 水的利用

4.2.1 海域工程

4.2.2 海工对海域水质及生态环境的影响

4.2.3 施工期供水及排水系统对水环境的影响

4.2 水的利用

4.2.1 海域工程

2011年11月国家海洋局向广西防城港核电有限公司颁发了防城港核电厂一期工程海域使用权证（国海证 111100109~111100113 号）。根据海域使用权证，防城港核电厂申请用海面积为 492.7716hm²，其中厂区填海面积 32.2159hm²，取排水非透水构筑物面积 90.151hm²，取排水透水构筑物面积 6.1354hm²，取排水口面积 176.4771hm²，港池航道面积 187.7922hm²。

防城港核电厂的大部分海域工程已在一期工程中建成，二期工程海工工程主要为电厂南侧排水港池建设。

4.2.2 海域施工对海域水质及生态环境的影响

防城港核电厂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。

4.2.2.1 围填海工程对环境的影响

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。由于鱼类等浮游生物具有游泳回避能力，因此回填工程对该区域底栖生物的影响最大，造成底栖生物全部损失。

围填海工程引起悬浮泥砂颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体真光层厚度，对浮游植物光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，初级生产力水平降低，水体中溶解氧含量减少，继而导致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。

施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要表现在机械的搅动，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。

4.2.2.2 取排水设施修筑工程对环境的影响

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，同时对岸边的建筑物和施工船舶安全也带来一定影响。爆破振动声波对水生生物的影响随距离爆破中心半径距离的加大而逐渐减小。

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，本项目建设造成损失的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较短时间内重新建立。

4.2.2.3 海上施工船舶及重件码头船舶含油废水排放对环境的影响

海上工程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。船舶一般自带油水分离器，含油废水自行处理达标后排放；未配置油水分离器的船舶废水，带至岸上厂区油水分离设施处理。

4.2.3 施工期供水及排水系统对水环境的影响

4.2.3.1 供水项目对水环境的影响

防城港核电厂运行期淡水取自官山辽水库，防城港核电厂在官山辽水库旁自建取水泵房。电厂淡水供水工程内容包括取水工程、输水工程、净水工程和官山辽水库加固四个部分。防城港核电厂淡水供水工程已在一期工程中建设，本期工程增加部分设备。

防城港核电厂淡水供水项目已在防城港核电厂一期工程运行环评中进行了评价，主要评价结论为：防城港核电厂淡水供水项目不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园等生态敏感区域，工程建设对所在区域的生态环境影响较小。此外，在施工过程

中通过采取严格的环保和水保措施护，施工产生的扬尘、废污水、噪声、水土流失等对环境的影响也很小。防城港核电厂淡水供水项目运营期间净水厂的生活污水通过地埋式污水处理装置处理达标后回用于厂区绿化，不外排，因此对地表水环境影响较小。此外，营运期产生的生活垃圾由环保部门统一运走处理，净水厂生产污泥运往垃圾填埋场处理。因此，淡水供水工程产生的废渣不会对周围环境产生不利影响。

4.2.3.2 施工期陆域排水对水环境的影响

（1）生活污水

防城港核电厂建设了临时办公区生活污水处理站，施工准备区各临建办公楼卫生间及食堂产生的生活污水排入该处理站进行处理，该站的设计处理能力为 $2 \times 6 \text{m}^3/\text{h}$ 。处理工艺流程如下：污水经过 HDPE 管输送至机械格栅去除粗大漂浮、悬浮物后，至调节池水质、水量调节后，通过 3 台潜污泵提升进入水解酸化池，池内上部安装有斜管填料，完成固液分离；下部为水解酸化区域，可将水中难降解的大分子有机物分解成容易生化降解的小分子物质，同时消化部分污泥，降低污泥的体积，减少污泥处理的能力；经预处理的污水自流进入 BAF 滤池，绝大部份 COD、BOD 在此进行降解，部分氨氮进行硝化（或反硝化），出水自流进入砂滤器过滤，过滤水入反冲洗水池一部分作为滤池及砂滤器反冲洗用水，反洗过程采用气水联合反冲洗，大部分清水从反冲洗水池上部溢流流入消毒池，通过加入二氧化氯灭活水中病毒和细菌，反冲洗污水通过排水缓冲池返回调节池与原污水混和。调节池或水解酸化池的剩余污泥进行脱水处理后泥饼外运处置。

（2）含油废水

施工期的含油污水主要源于施工机械的跑冒滴漏和故障维修，产污点分散，废水不连续，很难准确估算产生量。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约为 4400L，废油量约为 6.4kg。含油废水汇集经油水分离设施处理后，上层废油脂收集外运，下层废水进入污水处理站处理达标后排放。

（3）生产废水

施工期的工业废水主要来自搅拌站。根据防城港核电厂一期工程施工期环境监测报告，目前防城港核电厂搅拌站暂无施工废水排放。在本期工程建设期间，建议建设

单位加强对施工废水收集和处理的管理，做到施工废水零排放。

综上，本期工程施工期间的生活污水和生产废水均可得到有效的收集和处理，在污水处理站正常运转的情况下，施工期污废水对周边海域的环境影响较小。

4.3 施工影响的控制

4.3.1 减少陆域环境影响的措施

4.3.2 减少海洋环境影响的措施

4.3.3 施工期间的环境监测

4.3.4 小结

表

表 4.3-1 施工场界大气环境质量监测结果

表 4.3-2 环境敏感点空气质量监测结果

表 4.3-3 施工废水监测结果

表 4.3-4 生活污水监测结果

表 4.3-5 施工场界噪声监测结果

表 4.3-6 环境敏感点噪声监测结果

表 4.3-7 近岸海域海水监测点坐标

表 4.3-8 近岸海域海水水质监测结果

图

图 4.3-1 施工期陆域环境监测点位图

4.3 施工影响的控制

4.3.1 减少陆域环境影响的措施

防城港核电厂本期工程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目建设期间对陆地生态、大气环境和声环境等方面的影响。经现场调研和建设方施工经验反馈，为最大限度降低对环境的不利影响，在一期工程采取了相应有效缓解措施，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，施工过程中采取了洒水抑尘、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，有效改善了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，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，栽植能阻挡灰尘的高矮不等的乔木、灌木。

（2）声环境

- 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，采用了隔声耳罩，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，采取了深孔爆破方法，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，减轻了对周围声环境的影响。

（3）固废

— 危险固废暂存库：危险废物集中贮存和管理，交有消纳资质单位处理，不得擅自倾倒、堆放。临时贮存危险废物时，采取适宜的防护措施，防止污染环境。转移危险废物时，必须按照国家有关规定填写危险废物转移联单，要求承包商按照危险废物处理合同将转移单定期报项目部。

— 一般工业固废贮存场：施工现场分类设置堆放场，并设置标牌，以分类集中存放各类废弃物。可回收的废弃物如包装板（箱）、纸袋、金属余料、塑料制品等按规定回收，一般建筑垃圾在指定垃圾场填埋。

— 生活垃圾：生活、办公和施工现场设立适当数量的分类垃圾桶，垃圾分类收集、转运，保证可回收资源的再利用。垃圾及时清运，做到日产日清，由物业部门委托相关单位外运填埋处置。

（4）生态

— 为控制弃土场的水土流失，通过工程措施、植物措施与预防保护措施来实施有效的控制。工程措施包括：弃土场“先挡后弃”，弃土堆放前在弃土场周围坡脚设砖砌挡坎，弃土结束后，对弃土顶面进行土地平整，为恢复创造条件；弃土结束顶面平整后，在弃土顶面及马道周围修筑挡水土埂，保持水土。植物措施包括：在弃土场顶面采取乔、草结合的方式，种植当地优势物种。预防保护措施包括：弃土过程中，将清基表土与其他弃土分开堆放，表土集中堆于弃土场一角，用于弃后回铺。

（5）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) 定期开展辐射检测和安全检查；
- 2) 根据《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，并设有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。现场配备一台巡检仪，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。

通过采取上述措施，防城港核电厂一期工程施工期间对陆域环境的不利影响得到了有效的控制。防城港核电厂本期工程将继续做好上述措施，以最大限度降低对环境的不利影响。

4.3.2 减少海洋环境影响的措施

防城港核电厂本期工程在施工期间产生的悬浮泥沙、含油废水、生活污水、回填土方等会对附近海洋环境产生影响。施工阶段为减少海洋环境影响采取的措施主要有：

- 厂址围填海阶段，按照先建围堰后吹填的施工工艺，围堰外侧用干净石料堆填，内侧使用混合土石料填充以防止泥沙污染水域；泥浆在围堰内通过两级沉淀池的沉降以降低溢流的悬浮物浓度；
- 挖泥船挖掘过程尽量做到精确定位，减少作业中不必要的超深、越宽疏浚量。泥浆在运输途中严格检查泥舱泥门的密封性，发现有泄漏污染物的现象，立即采取措施封堵；
- 对于岸边堆放的土方及建筑材料，加强场地管理，增加防护措施，以防止由于外界因素进入水体；
- 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物，船舶含油废水经油水分离器处理后排海，未安装油水分离器的小型船舶，自行将含油废水收集贮存后带至岸上处置；厂区雨污分流，禁止生活污水乱排或未经处理直接排海，加强对各污水处理站的维护管理，，确保污水达标排放；
- 场地冲洗、混凝土搅拌等生产废水经沉淀池处理后，回用于场地洒水抑尘和绿化，不外排；
- 水下爆破严格控制一次爆破用药量，尽量减少爆破次数和单次爆破之间的时间间隔；爆破时间选择在低平潮时段进行，并避开鱼类繁殖生长旺盛的季节（8~9月）。

4.3.3 施工期间的环境监测

核电厂的施工包括陆域工程和海域工程的建设，这些工程的施工建设会造成厂址附近局部陆域及海域环境质量受到影响，为掌握核电厂建设施工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，广西防城港核电有限公司已委托防城港市环境监测站和国家海洋局珠海海洋环境监测中心站开展了防城港核电厂一期工程施工期间的陆域及海域环境监测专题，目前该两项监测工作仍在进行中，以下对相关工作最近一次的监测成果进行评述。

4.3.3.1 陆域环境监测

（1）监测内容、频次及布点位置

防城港核电有限公司已委托防城港市环境监测站承担防城港核电厂施工期间的陆域环境监测，监测工作于2011年7月开始，每季度监测一次，每年监测四次。具体监测内容如下：

a、环境空气监测：共布设7个空气监测点位，施工场界4个，湾潭村、老虎港和大冲口各1个。监测项目为总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM₁₀）、二氧化氮（NO₂）和二氧化硫（SO₂），每次连续监测5d。施工场界每天取08:00、11:00、15:00、19:00采样，每次采样1h；敏感点每天测日均值。其中SO₂、NO₂日平均浓度至少连续采样18h，TSP、PM₁₀日均浓度至少连续采样12h。

b、废水排放监测：在核岛区域排水沟和搅拌站排水沟设2个施工废水监测点，测试水温、pH值、悬浮物、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、磷酸盐、氟化物、石油类。在生活污水处理站进口、出口设2个监测点位，测试水温、pH值、悬浮物、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、动植物油、石油类。采样频次为每季度监测1天，每天采样4次。

c、噪声监测：共设置8个监测点，包括施工场界5个点，湾潭村、老虎港和大冲口三个敏感点。测试项目为等效连续A声级（L_{Aeq}），每次连续监测2天，每天于昼、夜间各监测1次，每点每次监测10min。

陆域环境监测点位布置见图4.3-1。

（2）监测结果

a、大气质量

根据防城港市环境监测站于 2011 年 7 月至 2013 年 6 月出具的监测报告，防城港核电厂施工期间环境空气质量现状的监测结果见表 4.3-1~4.3-2。

由表可知，施工场界 4 个点位二氧化硫、二氧化氮和颗粒物小时浓度范围均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中无组织排放标准限值的要求。湾潭村、老虎港和大冲口三个环境敏感点二氧化硫、二氧化氮、总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物日均浓度均满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996）中二级标准的要求，环境空气质量良好。表明建设方对区域扬尘和废气进行了有效的管理和控制，施工期对周围环境敏感点的空气质量影响较小。

b、污水水质

根据监测报告，防城港核电厂施工期间的厂区废水监测结果见表 4.3-3~4.3-4。核岛区排水沟监测期间一直无施工废水排放，故不进行监测。搅拌站排水沟 2011 年 7 月监测期废水无规律间歇性排放，只采样一次；2012 年 3 月、4 月以及 2012 年 7 月~2013 年 6 月期间无施工废水排放，不进行监测。

由表中监测结果可知，除搅拌站排水沟 2011 年第三季度磷酸盐值和 2011 年第四季度 pH 值的监测结果分别超出《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准限值外，其余指标的监测结果均达到标准要求。而施工期间生活污水处理站出水口的出水水质则均能满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准的要求。

c、声环境

根据监测报告，防城港核电厂施工期间声环境质量的监测结果见表 4.3-5~4.3-6。由监测结果可知：施工场界 5 个点位昼间、夜间噪声均达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中噪声限值标准要求。各环境噪声敏感点区域昼间、夜间噪声均达到《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区标准限值的要求。

4.3.3.2 海域环境监测

为及时掌握施工期间海域环境的变化情况，了解污染控制措施的防治效果，建设单位已委托防城港市环境监测站对防城港核电站施工期间对海域环境的影响实行全过程动态监测，以便了解工程用海项目建设前后海域状况的变化，掌握施工过程中海域

环境质量的时空变化趋势、生态环境、重要环境敏感目标受影响程度以及海洋环境地质灾害发生等情况。

（1）监测内容、频次及布点位置

监测工作于 2011 年开始，在施工区排污口附近扇形海域设两个断面，每个断面设 2 个监测点。每季度监测 1 次，按大小潮期各监测 1d，每天涨、落潮各采样一次。监测项目包括水温、pH 值、悬浮物、溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、无机氮（硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮）、活性磷酸盐和石油类共 9 项。各监测站位位置具体见表 4.3-7。

（2）监测结果及评价

根据防城港市环境监测站于 2011 年 7 月至 2013 年 6 月出具的监测报告，可得到如下结论：

防城港核电厂一期工程 2011 年 7 月~2012 年 6 月施工期间，除☆2#项目东北面海域 2011 年第三季度无机氮监测结果超出标准限值（超标倍数为 0.005 倍）外，其它各监测点位各季度的监测结果均达到《海水水质标准》（GB3097-1997）中第三类标准限值，符合厂址区域近岸海域环境功能区划。

2012 年 7 月~2013 年 6 月施工期间，除 2012 年第三季度近岸海域海水水质中无机氮的监测结果超出《海水水质标准》（GB3097-1997）中第三类标准限值外，其余监测时段各监测项目的监测结果均达到三类标准要求。无机氮监测结果超标主要是受贝类等海产养殖的影响。监测海域的西北面为光坡镇红沙村海产品养殖区，养殖有大量生蚝、牡蛎等海产品。

表 4.3-8 给出了施工期间近岸海域海水环境质量的监测结果。

4.3.3.3 本期工程的环境监测

防城港核电厂一期工程在施工期间开展了充分的措施以减少对陆域环境和海域环境的影响，施工期的监测结果表明防城港核电厂周围陆域和海域环境良好。

建设方将委托相关单位在一期工程施工期海域和陆域环境监测工作的基础上，结合本期工程的具体建设内容对监测方案进行必要的优化调整，制定本期工程的海域和陆域环境监测方案。

表 4.3-1 施工场界大气环境质量监测结果

单位：mg/m³

日期 监测点位 (内容)		2011 年		2012 年				2013 年	
		第三季度	第四季度	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	第一季度	第二季度
○1#亚婆田	SO ₂	0.009	0.037	0.004	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
	NO ₂	0.029	0.030	0.035	0.054	0.036	0.050	0.033	0.021
	TSP	0.053	0.106	0.094	0.275	0.182	0.140	0.186	0.180
○2#办公楼场界	SO ₂	0.007	0.005	0.004	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
	NO ₂	0.026	0.026	0.049	0.051	0.045	0.053	0.045	0.031
	TSP	0.066	0.121	0.191	0.170	0.175	0.148	0.131	0.133
○3#搅拌站施工场界	SO ₂	0.009	0.005	0.004	0.007	<0.007	<0.007	0.008	<0.007
	NO ₂	0.043	0.035	0.046	0.052	0.057	0.062	0.048	0.036
	TSP	0.061	0.129	0.224	0.220	0.232	0.162	0.167	0.157
○4#核岛南面场界	SO ₂	0.010	0.001	0.004	0.007	0.007	0.010	0.009	<0.007
	NO ₂	0.042	0.039	0.084	0.061	0.068	0.065	0.051	0.038
	TSP	0.071	0.231	0.212	0.272	0.249	0.173	0.199	0.194

表 4.3-2 环境敏感点空气质量监测结果

单位：mg/m³

日期 监测点位 (内容)		2011 年		2012 年				2013 年	
		第三季度	第四季度	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	第一季度	第二季度
●1#大冲口	SO ₂	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.009	<0.004
	NO ₂	<0.006	0.012	0.013	0.014	0.012	0.012	0.010	0.013
	TSP	0.036	0.090	0.042	0.069	0.057	0.044	0.055	0.080
	PM ₁₀	0.007	0.055	0.031	0.043	0.037	0.037	0.039	0.065
●2#老虎港	SO ₂	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.010	0.004
	NO ₂	0.008	0.014	0.014	0.018	0.010	0.012	0.009	0.015
	TSP	0.037	0.084	0.047	0.064	0.056	0.049	0.054	0.076
	PM ₁₀	0.007	0.062	0.030	0.040	0.039	0.039	0.040	0.054
●3#湾潭村	SO ₂	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.010	0.004
	NO ₂	0.008	0.010	0.013	0.017	0.012	0.011	0.009	0.016
	TSP	0.045	0.071	0.048	0.074	0.059	0.044	0.055	0.069
	PM ₁₀	0.006	0.054	0.032	0.051	0.041	0.036	0.040	0.046

表 4.3-3 施工废水监测结果

单位：mg/L（pH 除外）

监测点位 (内容)		2011 年		2012 年				2013 年	
		第三季度	第四季度	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	第一季度	第二季度
★2#搅拌站排水沟	pH 值	7.08	11.93~12.4	—	—	—	—	—	—
	SS	15	52	—	—	—	—	—	—
	COD	14	41	—	—	—	—	—	—
	BOD ₅	4.3	7.9	—	—	—	—	—	—
	NH ₃ -N	1.839	0.813	—	—	—	—	—	—
	磷酸盐	0.67	0.06	—	—	—	—	—	—
	氟化物	0.22	0.26	—	—	—	—	—	—
	石油类	0.16	2.10	—	—	—	—	—	—

表 4.3-4 生活污水监测结果

单位：mg/L（pH 除外）

监测点位 (内容)		2011 年		2012 年				2013 年	
		第三季度	第四季度	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	第一季度	第二季度
☆3#污处理站 进水口	pH 值	7.12~7.23	6.16~8.47	6.47~6.63	6.82~6.88	6.74~6.78	6.46~6.78	6.44~6.45	6.50~6.55
	SS	20	27	40	21	25	40	26	21
	COD	66	50	160	65	166	314	110	83
	BOD ₅	33.1	28.6	31.4	41.1	46.1	93.8	49.4	30.0
	NH ₃ -N	18.89	11.30	30.45	19.08	39.55	52.59	20.18	14.30
	总 P	0.41	1.44	2.89	2.86	3.54	4.44	2.29	2.13
	动物油	0.21	0.78	2.58	1.42	2.02	0.56	1.15	1.66
	石油类	0.22	1.15	0.87	0.44	2.11	0.13	0.72	1.02
☆4#污处理站 出水口	pH 值	6.70~6.92	6.13~7.74	7.20~7.22	6.37~6.44	6.28~6.43	6.50~6.72	6.59~6.65	6.61~6.70
	SS	8	6	9	4	6	6	6	12
	COD	16	15	20	28	25	13	12	26
	BOD ₅	4.9	1.4	4.1	5.8	3.9	0.7	1.0	4.4
	NH ₃ -N	7.766	8.458	7.723	13.41	14.23	3.935	6.752	6.296
	总 P	0.78	2.13	1.65	2.78	2.70	0.44	0.55	0.80
	动物油	0.08	0.24	0.05	0.07	0.04	0.37	0.46	0.74
	石油类	0.07	0.24	0.02	0.04	0.04	0.08	0.37	0.49

表 4.3-5（1/4） 施工场界噪声监测结果

单位：dB（A）

监测点位	点位具体位置	监测时间	时段	监测结果	
▲1#北面场界	办公楼东北面场界外 1m	2011 年第三季度	昼间	50.2	48.8
			夜间	43.0	44.0
		2011 年第四季度	昼间	52.2	52.1
			夜间	45.8	47.3
		2012 年第一季度	昼间	53.1	53.6
			夜间	48.6	48.7
		2012 年第二季度	昼间	55.8	50.1
			夜间	41.1	44.3
▲2#北面场界	办公楼西北面场界外 1m	2011 年第三季度	昼间	50.6	48.1
			夜间	44.7	43.1
		2011 年第四季度	昼间	50.8	51.6
			夜间	44.4	45.0
		2012 年第一季度	昼间	52.7	52.8
			夜间	49.5	49.4
		2012 年第二季度	昼间	51.6	52.5
			夜间	43.0	41.6
▲3#西面场界	搅拌场西北面场界外 1m	2011 年第三季度	昼间	59.0	60.0
			夜间	49.8	49.4
		2011 年第四季度	昼间	55.9	56.9
			夜间	54.7	50.9
		2012 年第一季度	昼间	54.1	54.0
			夜间	51.5	49.8
		2012 年第二季度	昼间	58.3	57.9
			夜间	48.7	48.5

表 4.3-5（2/4） 施工场界噪声监测结果

单位：dB（A）

监测点位	点位具体位置	监测时间	时段	监测结果 [dB(A)]			
▲4#西面场界	搅拌场西南面场界外 1m	2011 年第三季度	昼间	58.2	57.8		
			夜间	49.9	48.7		
		2011 年第四季度	昼间	54.3	52.8		
			夜间	48.0	48.0		
		2012 年第一季度	昼间	54.2	53.9		
			夜间	53.8	50.7		
		2012 年第二季度	昼间	55.8	56.2		
			夜间	49.5	49.3		
		▲5#南面场界	核岛南面场界外 1m	2011 年第三季度	昼间	56.7	56.1
					夜间	42.6	48.7
2011 年第四季度	昼间			59.6	61.1		
	夜间			47.4	52.4		
2012 年第一季度	昼间			56.0	54.3		
	夜间			56.0	51.3		
2012 年第二季度	昼间			56.2	55.1		
	夜间			47.5	45.8		

表 4.3-5（3/4） 施工场界噪声监测结果

单位：dB（A）

监测点位	点位具体位置	监测时间	时段	监测结果	
▲1#北面场界	办公楼东北面场界外 1m	2012 年第三季度	昼间	48.8	49.0
			夜间	42.9	43.8
		2012 年第四季度	昼间	45.9	45.3
			夜间	43.5	43.5
		2013 年第一季度	昼间	53.6	54.1
			夜间	47.7	47.9
		2013 年第二季度	昼间	53.7	54.7
			夜间	47.5	47.9
▲2#北面场界	办公楼西北面场界外 1m	2012 年第三季度	昼间	49.1	46.2
			夜间	44.9	43.6
		2012 年第四季度	昼间	44.9	43.2
			夜间	43.7	40.9
		2013 年第一季度	昼间	49.8	53.3
			夜间	46.2	45.0
		2013 年第二季度	昼间	56.4	56.8
			夜间	46.1	46.3
▲3#西面场界	搅拌场西北面场界外 1m	2012 年第三季度	昼间	58.8	57.6
			夜间	48.0	46.1
		2012 年第四季度	昼间	57.2	56.1
			夜间	45.0	46.3
		2013 年第一季度	昼间	62.0	60.2
			夜间	52.2	52.1
		2013 年第二季度	昼间	55.1	54.3
			夜间	42.8	45.4

表 4.3-5（4/4） 施工场界噪声监测结果

单位：dB（A）

监测点位	点位具体位置	监测时间	时段	监测结果 [dB(A)]	
▲4#西面场界	搅拌场西南面场界外 1m	2012 年第三季度	昼间	57.4	53.9
			夜间	47.3	46.9
		2012 年第四季度	昼间	57.8	56.4
			夜间	47.3	46.6
		2013 年第一季度	昼间	58.9	58.8
			夜间	49.0	48.8
		2013 年第二季度	昼间	55.6	56.1
			夜间	48.8	47
▲5#南面场界	核岛南面场界外 1m	2012 年第三季度	昼间	64.1	62.6
			夜间	50.1	48.5
		2012 年第四季度	昼间	59.9	59.2
			夜间	51.6	49.7
		2013 年第一季度	昼间	61.1	56.3
			夜间	45.7	44.1
		2013 年第二季度	昼间	53.7	54.9
			夜间	45.5	43.4

表 4.3-6（1/2） 环境敏感点噪声监测结果

单位：dB（A）

监测点位	监测时间	监测结果			
		等效连续 A 声级 (L_{eq})	昼间等效声级 (L_d)	夜间等效声级 (L_n)	最大声级 (L_{max})
△1#湾潭村	2011 年第三季度	40.2	41.2	38.8	48.7
	2011 年第四季度	47.7	49.0	47.4	56.8
	2012 年第一季度	44.4	48.2	41.7	56.2
	2012 年第二季度	46.4	47.7	45.4	61.1
△2#老虎港	2011 年第三季度	45.4	49.3	42.5	54.5
	2011 年第四季度	42.8	48.5	42.2	59.5
	2012 年第一季度	44.6	44.6	44.9	49.5
	2012 年第二季度	45.4	58.3	39.3	56.9
△3#大冲口	2011 年第三季度	43.2	48.9	37.6	54.3
	2011 年第四季度	44.5	50.5	43.1	57.4
	2012 年第一季度	46.8	51.5	41.7	61.0
	2012 年第二季度	46.2	49.4	45.5	61.7

表 4.3-6（2/2） 环境敏感点噪声监测结果

单位：dB（A）

监测点位	监测时间	监测结果			
		等效连续 A 声级 (L_{eq})	昼间等效声级 (L_d)	夜间等效声级 (L_n)	最大声级 (L_{max})
△1#湾潭村	2012 年第三季度	32.9~46.2	37.2	42.2	38.2~56.7
	2012 年第四季度	38.5~51.4	49.2	42.9	40.3~65.7
	2013 年第一季度	30.8~54.4	46.9	43.2	45.8~79.9
	2013 年第二季度	32.2~50.2	45.0	42.4	43.7~68.6
△2#老虎港	2012 年第三季度	36.8~61.0	55.8	39.7	40.2~76.9
	2012 年第四季度	36.6~55.5	49.1	43.1	46.6~84.1
	2013 年第一季度	34.5~54.6	45.7	43.6	43.9~76.1
	2013 年第二季度	38.5~56.7	50.2	46.5	44.9~76.5
△3#大冲口	2012 年第三季度	39.3~46.1	42.7	40.3	41.2~70.5
	2012 年第四季度	37.7~49.6	45.3	42.0	42.1~67.1
	2013 年第一季度	34.5~54.6	45.7	43.6	43.9~76.7
	2013 年第二季度	30.0~62.0	58.4	44.0	47.0~79.8

表 4.3-7 近岸海域海水监测点位坐标

编号	点位名称	测点位置（经度、纬度）
1 [#]	项目东北面海域	N21° 39' 55" ， E108° 34' 25"
2 [#]	项目东北面海域	N21° 40' 06" ， E108° 35' 15"
3 [#]	项目东南面海域	N21° 39' 12" ， E108° 33' 52"
4 [#]	项目东南面海域	N21° 38' 59" ， E108° 34' 46"

表 4.3-8（1/3） 近岸海域海水水质监测结果

单位：mg/L（pH 值：无量纲）

点位编号	监测点位	监测季度	pH 值	SS	DO	COD	BOD ₅	无机氮	活性磷酸盐	石油类
☆1 [#]	项目 东北面海域	2011 年第三季度	7.42~7.73	15	7.71	1.96	1.0	0.389	0.021	0.02
		2011 年第四季度	8.25~8.44	6	9.02	1.20	1.4	0.084	0.005	0.09
		2012 年第一季度	8.13~8.22	18	8.05	1.37	2.5	0.251	0.005	0.02
		2012 年第二季度	7.77~7.92	6	8.42	1.07	1.6	0.355	0.025	0.02
☆2 [#]	项目 东北面海域	2011 年第三季度	7.53~7.73	16	7.55	1.81	1.1	0.402	0.017	0.02
		2011 年第四季度	8.17~8.33	10	8.94	0.96	1.0	0.065	0.009	0.09
		2012 年第一季度	8.18~8.25	13	8.14	1.21	2.3	0.240	0.008	0.02
		2012 年第二季度	7.88~7.95	10	8.66	0.90	1.7	0.312	0.018	0.03
☆3 [#]	项目 东南海域	2011 年第三季度	7.48~7.78	15	7.73	2.12	1.0	0.229	0.022	<0.02
		2011 年第四季度	8.30~8.46	2	9.22	1.12	1.17	0.070	0.004	0.085
		2012 年第一季度	8.17~8.26	17	8.18	1.21	2.6	0.251	0.005	0.02
		2012 年第二季度	7.79~7.92	8	8.67	0.91	1.4	0.329	0.020	0.02
☆4 [#]	项目 东南海域	2011 年第三季度	7.05~7.71	17	7.79	1.65	0.9	0.348	0.017	<0.02
		2011 年第四季度	7.50~8.33	<4	8.91	1.05	1.1	0.057	0.004	0.07
		2012 年第一季度	8.21~8.26	19	8.22	1.33	2.1	0.236	0.005	0.02
		2012 年第二季度	7.95~8.06	8	9.06	0.85	1.6	0.287	0.016	0.02

表 4.3-8（2/3） 近岸海域海水水质监测结果(涨潮)

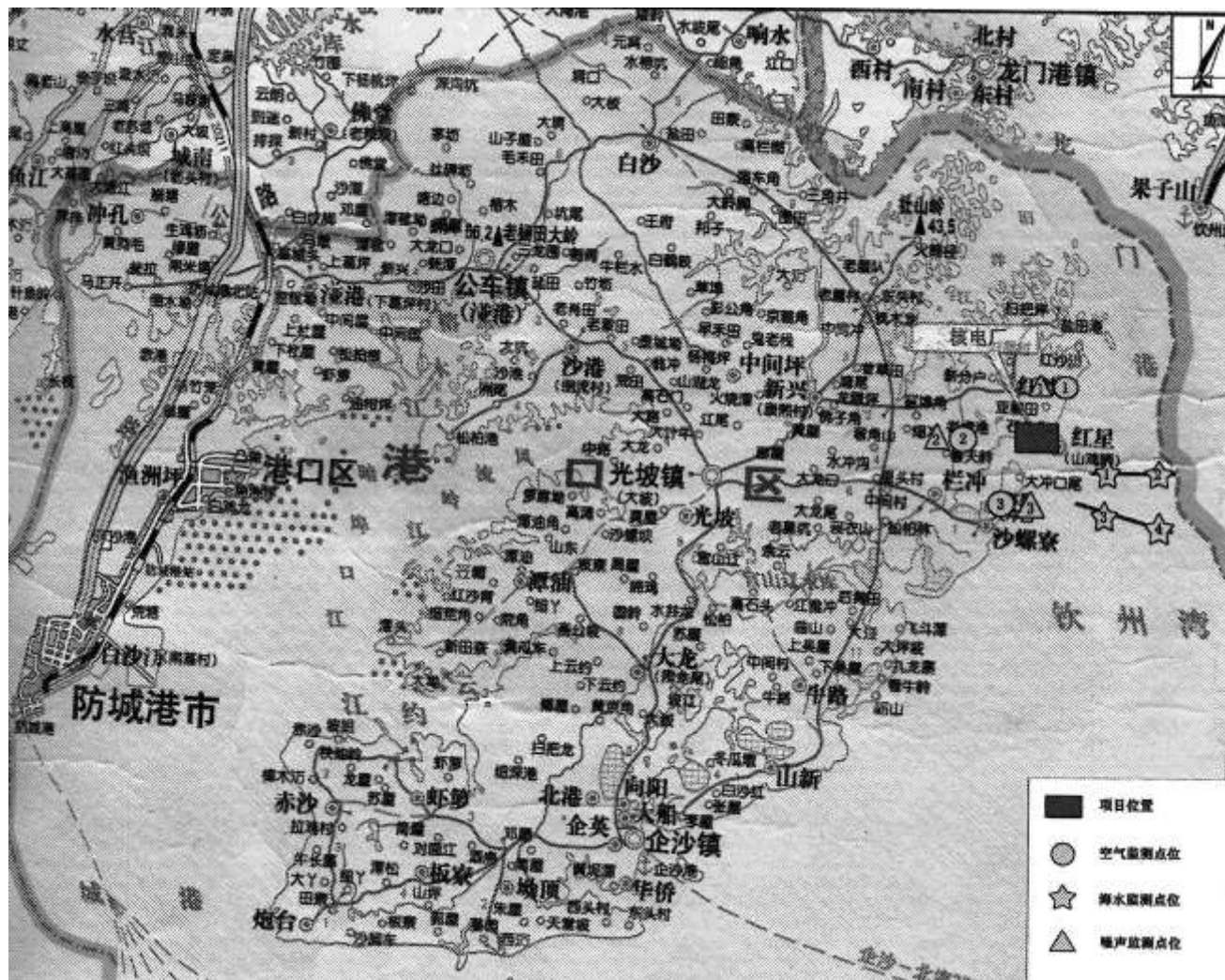
单位：mg/L（pH 值：无量纲）

点位编号	监测点位	监测季度	pH 值	SS	DO	COD	BOD ₅	无机氮	活性磷酸盐	石油类
☆1 [#]	项目 东北面海域	2012 年第三季度	7.64~7.77	10	7.18	1.52	0.8	0.501	0.024	0.1500
		2012 年第四季度	7.84~7.85	10	8.00	1.08	1.4	0.344	0.028	<0.0035
		2013 年第一季度	7.98~8.02	10	10.4	0.56	1.2	0.160	0.016	<0.0035
		2013 年第二季度	7.19~7.44	8	8.73	1.00	1.0	0.281	0.021	<0.0035
☆2 [#]	项目 东北面海域	2012 年第三季度	7.68~7.81	6	7.38	1.42	0.8	0.496	0.023	0.09
		2012 年第四季度	7.88~7.90	7	8.00	1.40	1.6	0.333	0.022	0.035
		2013 年第一季度	7.90~7.94	7	10.6	0.72	1.3	0.159	0.017	<0.0035
		2013 年第二季度	7.17~7.48	9	8.80	1.00	1.0	0.289	0.026	<0.0035
☆3 [#]	项目 东南海域	2012 年第三季度	7.60~7.74	10	7.18	1.73	0.7	0.577	0.028	0.035
		2012 年第四季度	7.79~7.95	8	8.12	0.97	1.5	0.348	0.014	<0.0035
		2013 年第一季度	7.91~7.94	10	10.5	0.76	0.9	0.164	0.016	<0.0035
		2013 年第二季度	7.18~7.40	9	8.80	1.18	1.0	0.256	0.018	<0.0035
☆4 [#]	项目 东南海域	2012 年第三季度	7.58~7.71	7	7.20	1.55	0.7	0.546	0.028	0.030
		2012 年第四季度	7.76~7.99	8	8.18	1.09	0.9	0.306	0.017	0.030
		2013 年第一季度	7.80~7.95	8	10.5	0.60	1.1	0.163	0.014	<0.0035
		2013 年第二季度	7.20~7.40	9	8.77	0.92	1.0	0.266	0.016	<0.0035

表 4.3-8 (3/3) 近岸海域海水水质监测结果(落潮)

单位: mg/L (pH 值: 无量纲)

点位编号	监测点位	监测季度	pH 值	SS	DO	COD	BOD ₅	无机氮	活性磷酸盐	石油类
☆1 [#]	项目 东北面海域	2012 年第三季度	7.61~7.85	8	7.24	1.46	0.1	0.520	0.018	0.012
		2012 年第四季度	7.30~7.81	9	7.92	1.14	1.4	0.327	0.028	<0.0035
		2013 年第一季度	7.93~7.94	10	10.4	0.70	1.1	0.156	0.016	<0.0035
		2013 年第二季度	7.20~7.66	6	8.61	1.00	1.0	0.281	0.019	<0.0035
☆2 [#]	项目 东北面海域	2012 年第三季度	7.68~7.81	7	7.34	1.54	1.0	0.538	0.021	0.070
		2012 年第四季度	7.61~7.85	6	7.90	1.34	1.6	0.342	0.023	<0.0035
		2013 年第一季度	7.85~7.86	8	10.2	0.70	1.5	0.170	0.016	<0.0035
		2013 年第二季度	7.21~7.58	8	8.56	1.00	1.0	0.292	0.022	0.0039
☆3 [#]	项目 东南海域	2012 年第三季度	7.58~7.79	10	7.24	1.71	0.7	0.502	0.028	0.035
		2012 年第四季度	7.72~7.79	7	7.96	1.02	1.3	0.352	0.014	<0.0035
		2013 年第一季度	7.90~7.96	8	10.4	0.56	1.0	0.166	0.015	<0.0035
		2013 年第二季度	7.26~7.55	10	8.56	1.18	1.2	0.258	0.17	<0.0035
☆4 [#]	项目 东南海域	2012 年第三季度	7.56~7.76	7	7.24	1.66	1.0	0.472	0.022	0.025
		2012 年第四季度	7.76~7.80	8	8.08	1.21	0.9	0.303	0.018	<0.0035
		2013 年第一季度	7.92~8.01	8	10.6	0.73	1.1	0.170	0.014	<0.0035
		2013 年第二季度	7.24~7.52	10	8.64	0.92	1.0	0.268	0.018	<0.0035



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
防城港核电站施工期环境质量监测点位图		
图 4.3-1	版次:	A

4.4 水土保持

4.4.1 一期工程水土流失的预测

4.4.2 一期工程水土流失的防治

4.4.3 一期工程水土保持监测

4.4.4 一期工程水土保持监理

4.4.5 本期工程的水土保持

表

表 4.4-1 各年度弃渣量的统计结果

表 4.4-2 累计土石方开挖量（2009~2012 年）

4.4 水土保持

防城港核电厂一期工程已开工建设，2008年8月，项目建设单位委托广西泰能工程咨询有限公司编制完成了《防城港核电厂一期（2×1000MW）工程水土保持方案报告书》。2009年10月该报告书获得了水利主管部门的批复（水利部水保函（2009）375号）。4.4.1~4.4.2小节根据该报告书中的内容进行了回顾性的描述。

在一期工程建设中，建设单位委托中国水利水电科学研究院于2009年4月起开展全方位、全过程的水土保持监测。此外，还聘请了黄河工程咨询监理有限责任公司对工程建设过程实施水保监理，4.4.3和4.4.4小节分别根据水土保持监测报告和水土保持监理报告中的相关内容对水土保持监测和监理工作进行回顾性描述。4.4.5小节对本期工程的水土保持工作进行简要分析。

4.4.1 一期工程水土流失预测

根据广西壮族自治区人民政府桂政发[2000]40号文《自治区人民政府关于划分水土流失重点防治区通知》，厂址所在地为水土流失重点监督区。项目区域自然水土流失以轻度水力侵蚀为主，土壤容许流失量为 $500t/(km^2 a)$ 。

根据2000年广西壮族自治区土壤侵蚀强度分级面积统计资料，防城港核电厂工程所在的防城港市港口区的水土流失面积为 $7.27km^2$ ，其中轻度水力侵蚀面积为 $4.79km^2$ ，占整个港口区水土流失面积的65.89%。

4.4.2 一期工程水土流失的防治

4.4.2.1 防治责任范围

本项目水土流失防治责任范围包括项目建设区和直接影响区两部分，面积共计 $752.32hm^2$ ，其中项目建设区面积为 $738.59hm^2$ ，直接影响区面积为 $13.73hm^2$ 。项目建设区中，厂区建设区 $122.13hm^2$ ，海工工程区 $412.96hm^2$ （其中海域面积 $397.45hm^2$ ，陆域部分 $15.51hm^2$ ），道路建设区 $6.42hm^2$ ，施工用水供应工程区 $4.45hm^2$ ，施工用电及辅助电源线路工程区 $1.15hm^2$ ，施工生产生活及施工准备区 $54.80hm^2$ ，弃渣场 $11.20hm^2$ ，非居住区 $125.48hm^2$ 。

通过监测，项目直接影响区面积有所增加，由原方案设计的 $13.73hm^2$ 增加至 28.85

hm²，增加了约15.12hm²。经现场调查监测，面积增加的原因主要是拆迁安置区面积有所增加。

截止 2013 年 9 月底累计扰动土地面积为 390.74 hm²；截止 2012 年底累计弃渣量 178.44 万 m³；2013 年只有少量弃渣量。

本项目水土流失防治责任范围根据各水土流失区侵蚀特点、施工布置及征地（占地）用途进行分区防治。

4.4.2.2 分区防治措施

本项目水土流失防治责任范围划分为厂区建设区、厂外建设用地区（含生活区用地）、施工生产区、海工工程区 4 个水土流失防治分区。各防治区水土流失防治措施布局以工程措施为先导，发挥其速效性和控制性，同时加强“线”、“面”上的林草建设，改善和恢复责任范围内的生态环境，充分发挥植物措施的后效性和生态效应，努力实现水土流失的根本治理。

（1）厂区建设区

场地平整前先剥离表土，运至临时堆土场集中堆放。施工中采用合理的开挖和回填工艺、每完成一部分开挖或回填，都将采用夯实、覆盖等有效的水土保持措施，最大限度地提高地面的抗侵蚀能力，使水土流失最小化。

厂区边坡设挡土墙或护坡，坡顶及坡脚设截排水沟，加强厂内的施工临时排水、沉沙等。结合施工时序，在厂内设临时堆土场，集中管理工程开挖的表土，施工结束后用于绿化覆土。施工结束后对厂区进行绿化。

（2）施工生产区

施工区场地平整结束后，地表铺一层碎石，减少永久性硬化面积，施工结束后，清运表层碎石，有利于后期绿化。在混凝土搅拌站、砂石料堆料场和土建施工区等容易产生水土流失的作业区周围修建临时排水沟，并在排水沟末端设置沉沙池。对容易流失的建筑材料（如水泥等）应及时入库，砂料要集中堆放，同时在堆料的周边用装土麻袋进行防护，预防雨水冲刷，减少水土流失。施工结束后清理场地，对施工裸地和临时用地采取植树种草绿化措施。

（3）厂外建设用地区（含生活区用地）

场平前剥离表土，边坡防护及排水措施，建筑房屋周围植树种草绿化。

(4) 海工工程区

加强管理措施, 施工产生的弃土及时运到指定地点堆放。

4.4.3 一期工程水土保持监测

防城港核电厂在施工过程中会扰动原地表、破坏土壤和植被, 加剧水土流失的发生和发展, 在一段时间内对周边生态环境产生一定的负面影响。为掌握建设过程中的水土流失动态, 分析项目建设存在的水土流失问题和隐患, 以便及时采取相应的防控措施, 最大限度地减少水土流失量, 同时也为进一步完善水土保持防治措施, 优化水土保持措施的布局, 建设单位已委托中国水利水电科学研究院于2009年4月起开展全方位、全过程的水土保持监测。监测时段为2009年4月至2016年4月, 共7年。

4.4.3.1 监测频次

本项目的监测频次为: 正在使用的弃渣场、正在实施的水土保持措施建设情况等至少每10天监测1次; 扰动地表面积、水土保持工程措施拦挡效果等至少每1个月监测记录1次; 主体工程建设进度、水土流失影响因子、水土保持植物措施生长情况等至少每3个月监测记录1次。24h降水量 $\geq 75\text{mm}$ 或大风天气时间需要进行加测, 水土流失灾害事件发生后1周内完成监测。对于各施工区的水土流失危害情况、水土保持设施完好情况每3个月监测1次, 共监测7年; 植被的生长情况每3个月监测1次, 共监测3年。

4.4.3.2 监测内容

依据《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)和《防城港核电厂一期(2×1000MW)工程水土保持方案报告书》, 结合防城港核电厂实际情况, 本项目的监测内容主要包括四个方面:

- 项目建设区水土流失因子, 包括地形、地貌和水系的变化情况, 建设项目占用地面、扰动地表面积、项目挖方、填方数量及面积, 弃土、弃石、弃渣量及堆放面积, 项目区林草覆盖率等;
- 水土保持防治效果措施实施情况, 包括防治措施数量与质量, 防护工程的稳定性、完好程度和运行情况、各项防治措施的拦渣保土效果;
- 水土流失状况, 包括水土流失面积、水土流失量以及对下游及周边地区造成的

危害及趋势；

- 水土流失防治效果，即各项指标达标情况监测。

4.4.3.3 监测方法

监测方法包括调查监测（包含现场巡查法、标准地调查法）和地面定点观测（侵蚀沟样法、简易坡面量测法、沉淀池法等）。对扰动较大的采用地面定点观测，监测设施为简易水土流失观测场、侵蚀沟法和径流小区。

4.4.3.4 监测结果

（1）弃渣监测结果

① 弃渣量监测结果

本项目弃渣场位于项目区的西南角，地形为山间凹地。根据《广西防城港核电厂一、二、三、四号机组水土保持监测年度报告》（2012年度）：截止2012年底，本项目累计弃渣量为178.44万 m^3 ，其中，2012年弃渣量为8.89万 m^3 ，二期场平累计弃渣量为84.01万 m^3 ，海工工程累计弃渣量为85.54万 m^3 。随着主体土建工程的完工和海工工程的全面施工，弃渣主要为海工工程。表4.4-1给出了各年度弃渣量的统计。

② 土石方开挖回填监测结果

截止到2012年12月底，一期场平累计完成土方开挖66.79万 m^3 ，石方开挖46.46万 m^3 ；二期场平工程累计完成土方开挖359.59万 m^3 ，石方开挖为182.64万 m^3 ；累计总土石方开挖655.47万 m^3 。累计开挖土石方835.41万 m^3 ，累计总土石方回填835.41万 m^3 。表4.4-2给出了各年度的累计土石方开挖量。

（2）水土流失防治措施监测结果

① 工程措施监测结果

本项目2012年水土保持工程措施主要包括厂区建设区、施工生产生活区和海工工程区。厂区建设区主要工程措施有：表土剥离、转运19.96万 m^3 ，砖砌体排水沟341m，铺碎石15 hm^2 ，碎石清运2400万 m^3 ，路面硬化32.53 hm^2 。海工工程区主要工程措施有：砖砌体排水沟386m，铺碎石15 hm^2 ，雨水管道500m。施工生产生活区主要工程措施有：拱形网格护坡780 m^2 ，浆砌石块护坡731 m^2 ，土质排水沟100m，铺碎石2.63 hm^2 ，浆砌石排水沟370m，路面硬化39.99 m^2 。弃渣场修建临时挡土墙81m。

② 植物措施监测结果

2011年厂区建设区共撒播草籽5000m²；施工用水供应工程区迹地恢复绿化面积0.15hm²。2012年本项目绿化面积为10.32hm²，累计绿化面积共计18.05hm²。

③ 临时防治措施监测结果

2012年本项目水土保持临时防护措施主要包括厂区建设区、施工生产生活区和海工工程区。其中，厂区建设区开挖临时排水沟2000m，边坡支护5500m，路面硬化1310m²；碎石清运3500m³；施工生产生活区铺碎石0.52hm²，开挖临时排水沟200m，地面硬化2.9hm²。海工工程区洒水扬尘2500m³；弃渣场临时挡土坝81m。

4.4.4 一期工程水土保持监理

2009年4月27日黄河工程咨询监理有限责任公司与广西防城港核电有限公司、中广核工程有限公司签订《广西防城港核电站一、二号机组水土保持施工监理合同》，黄河工程咨询监理有限责任公司及时成立广西防城港核电站一、二号机组水土保持工程项目监理部，派驻总监理工程师、专业监理工程师进驻现场，开展水土保持相关监理工作。

4.4.4.1 监理过程

监理人员于2009年5月进场，全面负责工程建设中的日常监理事务。并且总监理工程师还主持编写了《广西防城港核电站一、二号机组水土保持工程监理规划》、《广西防城港核电站一、二号机组水土保持监理实施细则》等指导性监理技术文件。制定了《监理人员守则》、《监理主要工作制度》和具体的监理工作程序，完善监理机构质量控制体系。

监理部采用科学的管理方法和技术、经济等手段，对项目进行动态管理，使工程的各项建设目标（质量目标、进度目标、投资目标、文明施工及安全生产等）得到有效控制和实现。

整个监理过程共分为质量控制（事前控制、事中控制、事后控制）、进度控制、投资控制、安全控制、施工环境保护监理、合同管理、信息管理和组织协调八个方面。

4.4.4.2 监理效果

（1）质量控制监理效果

防城港核电厂一、二号机组水土保持涉及的项目类型主要是截洪沟、浆砌石挡土墙、浆砌石排水沟、沉沙池、框格护坡、绿化工程、临时防护等。在质量控制方面应从事前、事中、事后进行控制，抓住其控制要点，采取相应的手段加以控制。

监理单位在全程监理过程中经过与建设单位紧密配合，及时发现并提出施工现场存在的问题，督促相关施工单位落实整改，使得与本工程水土保持相关的工程措施、植物措施、临时措施基本与主体工程同步实施，使广西防城港核电厂一、二号机组水土保持工程质量得到了有力的保证。

（2）进度控制监理效果

防城港核电厂一、二号机组工程于 2008 年 12 月正式开工，施工过程中由于施工单位科学组织、安排合理、各种措施得力，加之建设、监理方的大力协调，积极督促指导，使本项目水土保持工程和水土流失防治措施得到了较好的实施。

（3）投资控制监理效果

驻地监理通过组织措施、技术措施、经济措施、合同措施等，定期或不定期的进行动态投资分析，严格按照合同要求，做到专款专用，严禁其他挪用水保建设费用等，有效的保证了水土保持工程得到了真正意义上落实。

4.4.5 本期工程的水土保持

截止 2013 年的监测成果表明，防城港核电厂一期工程现场项目部高度重视水土保持工作，在抓好主体工程的同时，合理安排水土保持工程措施项目，及时进行绿化施工，并采取必要的临时施工防护措施，水保方案中的水土保持措施得到较好的落实，水土保持设施的施工质量符合设计规范要求，有效的减少了工程的水土流失。

防城港核电厂的场平工作已在一期工程中完成；除二期工程主厂区外，厂外辅助设施区和现场服务区的大部分工程在一期工程中建设；大部分的海域工程在一期工程中建设，本期工程的海工工程主要为电厂南侧排水港池建设。因此，相对于一期工程而言，本期工程的工程量较小。

在落实好水土保持措施，继续加强水土保持监理和监测工作的前提下，本期工程的水土流失是可控的。

表 4.4-1 各年度弃渣量的统计结果表

单位：万 m³

设计弃渣量	年度	86.19	南侧	北侧
			25.1	61.09
实际监测	2009 年		累计	
			24.25（一期场平）	
	2010 年		75.24（二期场平）	
	2011 年		85.54（海工程）	
			84.01（二期场平）	
2012 年	8.89	178.44		

表 4.4-2 累计土石方开挖量（2009~2012 年）

单位：万 m³

年度	挖方	调入	外借	填方	弃方	调出	挖+调入+外借	填+弃+调出
2010 年（场平一期）	113.25	7.07	—	96.07	24.25	—	120.32	120.32
2010 年（场平二期）	494.51	14.92	—	465.20	44.23	—	509.43	509.43
2011 年（场平二期）	556.75	24.64	—	497.38	84.01	—	581.39	581.39
2011 年海工工程	85.54	—	—		85.54	—	85.54	85.54
2012 年	810.77	24.64	—	656.97	178.44	—	835.41	835.42

第五章 电厂运行的环境影响

5.1 散热系统运行的影响

5.2 正常运行的辐射影响

5.3 正常运行的其它影响

5.4 退役

- 5.1 散热系统运行的影响
 - 5.1.1 取排水方案简介
 - 5.1.1.1 取排水方案论证过程
 - 5.1.1.2 取排水工程设计方案简介
 - 5.1.2 物理影响
 - 5.1.2.1 数值模拟方法及参数
 - 5.1.2.2 模型验证
 - 5.1.2.3 温排水影响预测
 - 5.1.2.4 温排水影响评价
 - 5.1.3 生物效应
 - 5.1.3.1 排水系统的热影响分析
 - 5.1.3.2 取水系统的卷吸效应影响分析
 - 5.1.4 参考资料

表

- 表5.1-1 取排水工程比选方案
- 表5.1-2 取水温升特征值
- 表5.1-3 典型潮条件下不同温升包络面积

图

- 图5.1-1 取排水工程布置图
- 图5.1-2 温排水计算区域
- 图5.1-3 温排水计算网格布置
- 图5.1-4 潮位验证过程
- 图5.1-5 流速流向验证过程

图5.1-6 各典型潮温升分布（4台）

5.1 散热系统运行的影响

防城港核电厂位于广西壮族自治区防城港市港口区光坡镇，厂址东临钦州湾，防城港核电厂采用海水直流冷却方式，冷却水取、排水口均位于钦州湾。一期工程建设2台CPR1000核电机组，二期拟建设两台华龙一号机组。CPR1000机组的取排水流量和温升设计值分别为 $61.5\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{台})$ 和 7.5°C ，华龙一号机组的取排水流量和温升值保守取为 $72\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{台})$ 和 7.5°C 。

目前，钦州湾内大型取排水设施除核电项目外，还有位于防城港核电厂东北方向约6.5km的广西钦州燃煤电厂。该电厂建于钦州港经济技术开发区鹰岭作业区东南端，以钦州湾海水作为冷却水源，取排水采用金鼓江排水、鹰岭水道取水的布置方案。电厂一期2×600MW燃煤机组现已投入运行，二期规划建设2×1000MW燃煤机组，一期和二期工程的取排水流量共为 $98.54\text{m}^3/\text{s}$ ，取排水温升为 8.83°C 。

防城港核电厂建成后，钦州湾海域将同时受核电厂和钦州燃煤电厂温排水的影响。防城港核电厂温排水影响论证工作开展历时较长，根据技术路线可分为两个阶段：（1）A阶段：在CPR1000技术路线阶段，设计单位基于2009年实测海洋水文资料，开展了防城港核电厂的取排水方案论证和相应的温排水影响数值模拟和物理模型试验；（2）B阶段：一期工程采用CPR1000技术路线，二期工程采用华龙一号技术路线，由于机型变化导致取排水设计值发生变化，基于2013年实测海洋水文资料和A阶段推荐的取排水方案，建设单位委托有关单位重新开展了温排水影响论证工作。以上两阶段的温排水影响研究中均考虑了钦州燃煤电厂的共同影响。

本节将根据历次开展的取排水方案论证工作和B阶段开展温排水研究成果开展相关评价。

5.1.1 取排水方案简介

5.1.1.1 取排水方案论证过程

（1）直流冷却和二次循环冷却方式的比选

在防城港核电冷却方式研究阶段，建设单位委托相关设计单位对直流冷却和海水冷却塔二次循环方案进行了比选。对于二次循环冷却方式，拟每台机组配置两座海水冷却塔、塔高165m、淋水面积 12000m^2 。在比选过程中，对二次循环方案的耐久性、

施工及运行安全、环境影响和能耗等方面开展分析，进而对明渠直流和冷却塔二次循环方案进行技术和经济方面的比较，比较过程如下：

与二次循环方式相比，直流冷却方案的主要技术优缺点包括（i）优点：厂区布置简洁；取水设施耐久性较好；采用直流冷却方案技术成熟，国内有丰富的设计、施工和运行经验；对大气环境及陆域生态基本无影响；电气设备基本不受盐雾威胁；（ii）缺点：占用海域；温排水对海洋生态环境有一定影响。

与直流冷却方式相比，二次循环冷却方案的主要技术优缺点包括（i）优点：对海洋环境影响较小；较少占用海域；（ii）缺点：冷却塔使用寿命短于核电厂设计使用寿命，在实际运行过程中将带来较多运行维护问题；占用陆域面积较大；厂址处于南方高温高湿环境，冷却塔工作条件差；盐雾飘滴对陆域生态环境产生不利影响，并对核电厂的机械电气设备产生影响。

经济方面比较主要考虑了工程投资和运行费用投资，结果显示二次循环冷却方式的总费用高于直流冷却方案。

通过技术、经济和环境综合比选，推荐采用直流冷却方案。

（2）直流冷却方案的比选

在确定采用直流冷却方式后，设计单位对直流冷却方式进行深入讨论，共经历了三个阶段：

第一阶段提出了多种取排水方案，从取水温升及水环境保护两方面出发对各种取排水方案进行了初步比选，初步确认了“北取南排或东取南排”的取排水布置原则。

第二阶段在第一阶段提出的取排水布置原则基础上，再进行取排水方案设计及比选。对于取排水方案比选，一方面要考虑电厂自身取水温升不应过高，满足电厂安全域经济运行的要求；另一方面还要考虑核电排水对周围环境水体的影响，如按照环保要求，温排水造成厂址北侧的红树林保护区及南侧的对虾保护区的最高温升不超过 1°C 。此阶段对8种取排水方案进行比选研究（详见表5.1-1的方案1~方案8），在满足电厂取水温升和环保要求基础上对电厂排水方案进行优化。优化过程如下：

- (a) 对于方案1~方案3，排水明渠长度均为4.3km，排放口位置比较接近。在三个方案作用下，核电排放口附近水域全潮最大 4°C 温升面积中，以方案1最大，方案3最小。就取水温升而言，方案3的取水温升最高。从环保角度，以方案3为基础，开展下一步研究。

- (b) 对于方案4~方案7，均在方案3的基础上进行优化。其中方案4~方案6的排水明渠西侧导流堤有不同程度缩短或导流堤走向变化，缩短西堤可以适当增大取排水口之间的流程，对降低取水温升有利。方案7在方案3的基础上，排水明渠延长至5.7km。核电排放口附近水域全潮最大4℃温升面积中，以方案5最大，方案7最小。且方案7造成全潮最大4℃温升包络面积与方案3变化不大，但其全潮平均4℃温升包络面积较方案3小。就取水温升而言，方案7最小。无论是从环保角度还是取水温升角度，方案7均较优。
- (c) 方案8在方案7的基础上，将排放明渠改为暗涵。由于排放口处水深较小，尽管方案8的全潮最大4℃温升包络面积较方案7小，然而对于全潮最大2℃和1℃温升包络面积，方案7较小。就取水温升而言，方案7优于方案8。方案8的暗涵排放优势不明显。
- (d) 以上各方案温排水对红树林保护区和对虾保护区的温升影响均不超过1℃。

基于以上比选过程，提出方案7作为规划容量下的推荐方案。并结合物模实验进行深入优化设计。

第三阶段依据第二阶段的推荐方案7开展温排水物模试验研究，物模试验对核电厂取排水方案做进一步优化，优化内容包括：排水明渠长度、排水明渠出口方向和排水采用单边堤等方案，并对取水进行深入设计（方案9和方案10）。经过物模方案比选，推荐采用方案10。

5.1.1.2 取排水工程设计方案简介

经过取排水方案论证优化工作，推荐如下的取排水方案（取排水工程布置详见图5.1-1）：取排水布置方案采用“东取南排”、取水采用港池方式，一次建成、港池内分期开挖引流槽，渠底标高-7.0m；排水采用明渠方式，渠长6.2km，一次建成，明渠出口底标高-4.0m。

5.1.2 物理影响

核电厂在运行过程中温排水对环境的影响，主要表现为引起钦州湾局部水域水温

的升高,从而可能对局部水域水生生态环境产生影响。

基于2013年冬、夏两季实测潮及现阶段确定的取排水特征值,建设单位委托中国水利水电科学研究院开展了温排水影响数值模拟工作,并完成了《防城港核电厂二期工程温排水数值模拟计算研究报告》,本节将根据该专题成果进行描述。

5.1.2.1数值模拟方法及参数

(1) 数学模型

数值模拟采用成熟的水深平均平面二维潮流数学模型,国内较多滨海核电厂采用该模型进行了温排水影响研究。流场及温度场的控制方程如下:

连续方程:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = 0$$

动量方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gu}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} - \frac{\tau_{sx}}{\rho H} - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE \frac{\partial u}{\partial x}) - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE \frac{\partial u}{\partial y}) - fv = 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gv}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} - \frac{\tau_{sy}}{\rho H} - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE \frac{\partial v}{\partial x}) - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE \frac{\partial v}{\partial y}) + fu = 0 \end{aligned}$$

热输运方程为:

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial t} + u \frac{\partial \Delta T}{\partial x} + v \frac{\partial \Delta T}{\partial y} = \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (DH \frac{\partial \Delta T}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (DH \frac{\partial \Delta T}{\partial y}) - \frac{K_s \Delta T}{\rho c_p H}$$

式中: H 为水深, $H = h_b + \zeta$, h_b 为基准面以下水位, ζ 为相对基准面水位; u 、 v 分别为 x 、 y 方向垂向平均流速; t 为时间变量; C 为谢才系数, $C = 1/n \cdot H^{\frac{1}{6}}$, n 为糙率系数; E 为广义粘性系数; ΔT 为水体超温, $\Delta T = T - T_\infty$, T 为水温, T_∞ 为自然水温; D 为广义热扩散系数; K_s 为水面综合散热系数; ρ 为水体密度; g 为重力加速度; C_p 为水的定压比热; f 为柯氏力系数; τ_{sx} , τ_{sy} 为表面风应力 τ_s 在 x 、 y 方向的分量。

(2) 主要参数选择

糙率系数 n : 根据运算经验, 取为0.018~0.02;

表面综合散热系数 K_s : 根据《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》(SL 160-2012)及厂址附近夏季和冬季的气象、水温条件, 计算得到夏季和冬季的 K_s 分别为51.2W/m²·°C和27.6 W/m²·°C。

（3） 计算区域与网格尺度

数学模型计算区域如图5.1-2所示，以防城港核电厂为中心，西至白龙尾，东至北海港，南距电厂约45km，北至茅尾海湾顶，涵盖整个钦州湾及外围部分区域。

计算网格的尺度应反映工程海域水工构筑物（包括取排水建筑物等）及沿岸地形的影响，同时也适当考虑计算工作量的经济合理性。局部加密后最小网格尺寸为50m×50m，见图5.1-3。

（4） 基础资料和计算条件

数值模拟计算采用的海洋水文资料为国家海洋局第一海洋研究所于2013年开展的冬夏两季全潮水文测验资料。其中，2013年夏季实测大、中、小潮对应的潮差频率分别为<5%、50%和>85%，冬季实测大、中、小潮对应的潮差频率分别为<5%、25~30%和>85%，观测基本符合大、中、小潮的典型潮位分布特征。

水下地形数据采用厂址附近海域的实测地形图和相关海图资料。

对钦州燃煤电厂，模型计算中采用规划容量3200MW装机组合。

5.1.2.2 模型验证

利用防城港核电厂的2013年实测海洋水文测验结果进行数学模型的验证。验潮站及测流站布设情况见图2.5-4。其中，采用具有实测潮位的厂址站、果子山和乌雷站共3个测站进行冬、夏两季典型大、中、小潮的潮位验证（共6个潮型），采用测流期间布设的14个测点进行冬、夏两季典型大、中、小潮的流场验证（共6个潮型）。验证结果表明：潮位计算值与实测值吻合良好，大部分测流点的流速、流向计算值与实测的垂向平均值基本一致。模型模拟成果能够较好地反映厂址海域的潮流特征，可基于此模型开展防城港核电厂温排水输移扩散的预测研究工作。

图5.1-4给出潮位站的部分潮位验证过程，图5.1-5还给出了钦州湾顶（L01）、厂址附近海域（L05）、中水道区域（L07）、西水道区域（L08）、东水道（L12）和靠近外海（L14）流速流向的部分验证过程。

工程海区海流运动的主要形式为往复流，涨潮时，来自外海的涨潮流北上，通过三条水道向湾内聚集。西部涨潮流沿西水道上行，东部海流绕经大三墩平台，进入中、东水道。东水道的涨潮流在鹰岭作业区尖角分成两部分，一部分折转进入金鼓江，一部分与西、中水道的涨潮流汇合，进入茅尾海。落潮时，来自茅尾海的落潮流在青菜

头附近分成三股主要水流，顺西、中、东水道向外海扩散。

5.1.2.3 温排水影响预测

（1）取水口温升

表5.1-2给出了数值模拟得到的防城港二期工程正常运行期间各典型潮条件下的取水口温升。由表中可以看出，在该取排水方案作用下，四台机组正常运行时，冬季取水温升大于夏季取水温升，其中取水温升峰值不超过 1.32°C （冬季中潮），平均取水温升均不超过 0.73°C （冬季中潮）。

（2）温升等值线包络面积

1) 夏季

电厂一至四号机组正常运行时，核电厂温排水与钦州燃煤电厂温排水造成的海域升温区域中， 1°C 以上温升区域互不相连。就单个典型潮型来看，由核电温排水造成海域升温区域中，夏季各典型潮的潮最大 4°C 温升包络面积不超过 1.75km^2 （小潮）， 3°C 温升包络面积不超过 7.30km^2 （小潮）， 2°C 温升包络面积不超过 20.24km^2 （小潮）， 1°C 温升包络面积不超过 71km^2 （中潮）。潮平均 4°C 温升面积不超过 0.97km^2 （小潮）， 3°C 温升包络面积不超过 3.06km^2 （小潮）， 2°C 温升面积不超过 6.13km^2 （小潮）， 1°C 温升面积不超过 29.50km^2 （小潮）。

电厂一至四号机组正常运行时，夏季典型大、中、小潮的全潮最大温升外包络区域中，最大 4°C 温升包络面积不超过 2.2km^2 ，最大 1°C 温升包络面积不超过 78.61m^2 。

2) 冬季

电厂一至四号机组正常运行时，除冬季典型小潮外，核电厂温排水与钦州燃煤电厂温排水造成的海域升温区域中， 1°C 以上温升区域互不相连。就单个典型潮型来看，由核电温排水造成海域升温区域中，冬季各典型潮的潮最大 4°C 温升包络面积不超过 3.31km^2 （小潮）， 3°C 温升包络面积不超过 11.86km^2 （小潮）， 2°C 温升包络面积不超过 33.7km^2 （小潮）， 1°C 温升包络面积不超过 129.84km^2 （小潮，核电和钦州燃煤电厂共同造成）。潮平均 4°C 温升面积不超过 1.25km^2 （小潮）， 3°C 温升包络面积不超过 3.95km^2 （小潮）， 2°C 温升面积不超过 14.14km^2 （小潮）， 1°C 温升面积不超过 57.14km^2 （小潮）。

电厂一至四号机组正常运行时，冬季典型大、中、小潮的全潮最大温升外包络区

域中，最大4℃温升包络面积不超过3.44km²；最大2℃温升包络面积不超过41.53km²。

表5.1-3给出了防城港核电站一至四号机组正常运行时，夏冬两季各典型潮的潮最大温升包络面积和平均温升包络面积。图5.1-6给出了电厂一至四号机组正常运行时夏冬两季各典型潮的潮最大和潮平均温升分布。

5.1.2.4 温排水影响评价

根据《广西壮族自治区海洋功能区划》（2011-2020），厂址附近的海洋功能主要有：（1）企沙半岛东侧保留区（B8-1），面积为2342ha，海域用途包括：在靠近防城港核电站一侧，为防城港核电站排水区，其余区域应严格论证最适合功能，加强对特殊用途区域及设施的保护，保障使用效能；（2）企沙半岛东侧工业与城镇用海区（A3-3），面积为2901ha，主要为防城港核电站建设与发展使用，部分海域布局核电站取排水、码头、航道等基础设施。

根据广西壮族自治区人民政府办公厅文件（桂政办发[2011]74号文《广西壮族自治区人民政府办公厅关于印发广西壮族自治区近岸海域环境功能区划调整方案的通知》，厂址所在近岸海域的环境功能区主要有：（1）红沙工业用海区（GX083CIII），主导功能为核电站温排水及工业用海，属三类环境功能区，水质保护目标为三类海水水质标准；（2）红沙排污区（GX084DIV），主导功能为港口、工业、生活排污用海，属四类环境功能区，除水温不执行海水水质标准外，其他水质目标为四类；（3）揽埠江口养殖区（代码GX085B II），主导功能为海产品养殖用海，属二类环境功能区，水质保护目标为二类海水水质标准；（4）企沙港北部养殖区（GX088B II），主导功能为海产品养殖用海，属二类环境功能区，水质保护目标为二类海水水质标准；（5）钦州海产品增值区（GX078BII），属二类环境功能区，水质保护目标为二类海水水质标准。

根据海水水质标准（GB3097-1997）的要求，对于三类海水水质，人为造成的海水温升不超过当时当地4℃；对于二类海水水质，人为造成的海水温升夏季不超过当时当地1℃，其它季节不超过2℃。根据现有的冬、夏季各典型大、中、小潮全潮最大温升外包络区域与近岸海域环境功能区划的比较可以看出：在四台机组温排水作用下，冬、夏两季各典型大、中、小潮的全潮最大4℃温升外包络区域均位于水温不执行海水水质标准的红沙排污区内；夏季典型大、中、小潮的全潮最大1℃温升外包络区域和冬

季典型大、中、小潮的全潮最大 2°C 温升外包络区域均位于三类区内，未涉及二类区。则在四台机组温排水共同作用下，温排水造成的海水升温均满足相应近岸海域环境功能区划的水温管理要求，与近岸海域环境功能区划相协调。

5.1.3 生物效应

防城港核电厂取排水系统主要包括取水头部、取水明渠、闸门、拦污栅、鼓形滤网、水泵、冷凝器、虹吸井和排水渠等部分。取排水系统各个部分对海洋生物可能产生的影响主要通过机械因素、热因素和化学因素实现。在所有这些影响因素中，最主要的是排水系统的热影响、以及取水系统的卷吸撞击效应的影响，对于取排水系统的加氯影响见5.3节。

5.1.3.1 排水系统的热影响分析

防城港核电厂在运行过程中，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。

5.1.3.1.1 温排放对浮游生物的影响

对浮游生物而言，除排水口附近局部区域高增温区会产生不利影响外，温排水的增温幅度小于 3°C 时，多数情况下不会对其种群产生明显的不利影响，相反在一定的升温范围内还会增加浮游生物的种类数量和种群生物量的作用，从而提高海域的生产力和物种的多样性。这种效应在水温较低的春秋冬季更为明显。多数浮游生物的生存水体温度超过 35°C 时，生存条件将明显受到威胁，生长将受到抑制甚至造成死亡。

核电厂温排水引起的温升对浮游生物存在一定的影响，其影响范围局限于排水口周围 3°C 温升包络面积范围内。在此范围内，浮游生物的种类、数量可能会减少，多样性会降低。但该海区比较开阔，海水交换较快，对于这个影响范围来看，其后果不会明显影响本海域的初级生产力。

5.1.3.1.2 温排水对底栖生物的影响

根据《广西防城港核电站工程邻近海域水质环境、水生生态和渔业资源调查总报告》（2010年），防城港核电站附近海域春季调查共鉴定出底栖生物36种，夏季25种，秋季37种，冬季53种。

底栖生物大多营固着生活（牡蛎），附着生活（贻贝等）或埋栖生活于海底泥沙、岩礁之中。固着生活的种类终生不能移动，其它种类则对环境温度的变化可作小范围移动，主动回避能力弱。

底栖生物对水温变化的适应能力较强，和大多数潮间带生物一样，能忍耐水温的较大变化。核电站正常运行后，排水口附近海域形成了一个暖水区域。这一暖水区域在水温较低的春、秋和冬季，对水域内的生物不会造成大的影响，还有可能使种类增加，生物量增大。但在水温较高的夏季，栖息于这一暖水域的底栖生物在环境水温逐渐升高至不适时，会缓慢地移动位置，逐步离开高水温水域，而那些喜高温或耐高温的种类会留下来，或从附近海域缓慢向高温水域移动。另外，营固着或附着生活的底栖生物，其幼体在附着变态前，对温度更敏感，高温不适者可能受到伤害而死亡，适高温者则附着而存活下来。

温度变化对底栖生物的潜在影响主要包括，底栖生物群落结构和生物区系组成发生变化、底栖生物栖息地减少、生物多样性指数降低等。一般情况下，适度增温（ $\Delta T \leq 3^\circ\text{C}$ ）有利于底栖生物种类和数量的增加，当温升高于 3°C 时有可能对底栖生物造成影响。由于防城港核电站的温排水造成温升 3°C 区域主要位于排水口附近，夏季最大温升面积不超过 7.3km^2 ，面积有限且对远区底层海水的影响很小，因而可以认为温排水对底栖生物的影响是有限的。

5.1.3.1.3 温排水对渔业资源的影响

鱼类是变温动物，其体温随环境的水温变化而变化。因此，水温对鱼类的各种生命活动过程有很大的影响。鱼类能感受到环境水温的微弱变化，对超过适温范围的高温或低温水体，具有回避反应，这使许多鱼类进行远距离的适温回游。此外，水温的变化会影响鱼类的产卵，影响渔获量，对渔业生产影响很大。厂址海域内调查的鱼类均属于暖水性种类或暖温性种类，且多在水体的中底层活动。当海水水温超过 35°C 时，会对鱼类生长有一定影响。

根据监测数据，防城港核电厂海域表层月平均水温的最大值31.1℃（8月），夏季海水表层温度相对较高，而冬季海水温度较低。除夏季外，核电厂温排水排入钦州湾后其水温仍在鱼类的适温范围内，因此温排水不会对鱼类的生长造成明显的影响。夏季海水高温期间，温排水引起的温升对鱼类生长的影响局限于钦州湾西侧核电厂温水排放口附近4℃温升海域。根据数模计算成果，四台机组共同运行时，温排水造成的夏季各典型潮全潮最大4℃温升包络面积不超过2.2km²，相对于整个钦州湾而言，其影响范围有限，电厂温排水对鱼类不会造成明显影响。

5.1.3.1.4 温排水对海水养殖的影响

根据调查，厂址附近海水养殖以近江牡蛎为主，因近江牡蛎对热有较强的忍受能力（牡蛎可以忍受40℃左右的水温），防城港核电厂海域表层月平均水温的最大值31.1℃（8月），温升3℃~4℃对近江牡蛎不会产生大的影响，预测温排水对海水养殖影响有限。

5.1.3.1.5 温排水对红树林的影响

红树林主要生长在热带、亚热带地区的河海交界处，它们耐湿、耐高温。红树林作为河口海区生态系统初级生产者支撑着陆域和海域生命系统，为海区和陆缘生物提供食物来源，也为鸟类、昆虫、鱼虾贝类、藻菌等提供栖息繁衍场所，并构成复杂的食物链和食物网关系。红树林是嗜热的植物类群，温度的升高可能对红树林有积极的影响，可能改变其大规模的分布、林分结构以及提高原有红树林区的多样性。但是，如果温度超过35℃，红树林根的结构、苗的发育、光合作用则将受到负面的影响。

防城港核电厂厂址半径5km范围内没有红树林，钦州湾内的红树林主要位于厂址北侧的茅尾海红树林自然保护区。根据数模计算成果，防城港核电厂四台机组运行时，其夏季温排水造成的1℃和冬季2℃以上影响范围不涉及红树林保护区，则对红树林造成的影响有限。

5.1.3.1.6 温排水对保护区的影响

离核电厂最近的海洋保护区为厂址南侧的北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级种质资源保护区，主要保护渔业经济种类二长棘鲷和长毛对虾资源。该保护区实验区最北边

与防城港核电厂直线距离约为20km，该保护区核心区最北边与防城港核电厂直线距离约为45km。由于距核电厂较远，根据数模计算成果，四台机组温排水造成保护区温升影响有限（温升不超过1℃），因此不会对长毛对虾和二长棘鲷产生明显影响。

5.1.3.2 取水系统的卷吸效应影响分析

卷吸效应是指水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。一般取排水产生的卷吸效应只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。

防城港核电厂在运行过程中，需抽取海水作为循环冷却水。取水系统造成的卷吸效应将对浮游生物产生一定程度的损伤，对取水口附近水域浮游生物量有潜在的减少影响。但由于浮游生物的生殖周期较短、繁殖较快，且损伤后的恢复也较快。同时，核电厂的取水口周围海域没有海洋生物的产卵场，也不涉及海洋生物的洄游路线。因此，可以认为取水造成的卷吸效应对本海区浮游生物总量及种群结构等影响是有限的。

此外，核电厂取水卷吸效应可能会对取水口周围海域中的浮游性鱼卵、仔鱼及虾类和贝类幼体造成一定的损伤。但是，由于海洋鱼虾类具有繁殖能力强，产卵多的特点，并且在自然环境下其幼体阶段的死亡率亦很高。在自然环境下，由于生长环境恶劣，鱼卵、仔鱼的成活率都要低于10%，而国内外有研究显示，核电站取水对鱼、虾、贝及其它游泳生物幼体的卷吸率基本湮没于其物种在自然条件下的成活率涨落范围内。因此，防城港核电厂取水卷吸效应对海洋鱼虾类的影响程度远小于海洋鱼虾类在自然条件下的死亡程度，卷吸效应造成的影响是有限的。

为尽量缓解取排水卷吸效应对海洋生物的可能影响，考虑在机组取水头部的设计上采取一定的措施，在取水明渠头部的设计中考虑使取水流速尽可能接近潮流流速，以尽可能减少卷吸对仔鱼等海洋生物的可能影响。

5.1.4 参考资料

- [1] 防城港核电厂二期工程温排水数值模拟计算研究报告，中国水利水电科学研究院，2014年5月；
- [2] 防城港核电厂工程对邻近海域渔业资源和生态影响评估报告，国家海洋局南海工

程勘察中心中国水产科学研究院南海水产研究所，2010年8月。

表 5.1-1 取排水工程比选方案

编号		方案简介	取排水相对位置
1	排水	厂址南侧海域明渠排水，渠长约4300m，底宽100m，底标高-4.50~-6.0m，排水口距离西航道轴线约650m；排水出口水下地形约-2.7m；平均潮位时，排水明渠流速约0.3~0.75m/s，排水口流速约0.22m/s	北取南排； 取排水相距约8km，
	取水	厂址北侧海域通过“箱式取水头部+箱涵+明渠”取水，渠底高程-10.0m；取水头部进水流速约为0.3m/s	
2	排水	厂址南侧海域明渠排水，渠长约4300m，底宽100m，底标高-4.0~-6.0m，排水口距离西航道轴线约650m；排口位置基本同方案1。	北取南排； 取排水相距约7.8km
	取水	厂址北侧海域通过“取水槽+暗涵+明渠”取水；取水槽底宽120m，长约1000m，进口底高程-8.0m；	
3	排水	厂址南侧海域明渠排水，渠长约4300m，底宽100m，底标高-2.0~-4.0m，排水口距离西航道轴线约650m；排口位置基本同方案1。	东取南排； 取排水相距约4.6km
	取水	厂址东侧海域通过取水明渠取水，取水明渠进口高程-7.0m，取水明渠底宽100m，平均潮位时，明渠流速约0.45m/s，取水口距离西航道轴线约600m。	
4	排水	厂址南侧海域明渠排水，渠长约4300m，底宽200m。与方案3相比，排水渠东堤向深槽延伸至-4m等深线，而西堤后缩150m。	东取南排； 取排水相距约4.6km
	取水	厂址东侧明渠取水，明渠位于防波堤形成的港池内，渠底宽为100m，底标高-7.0m。	
5	排水	厂址南侧海域明渠排水，渠底宽约100m。排水导流堤东堤与方案4相近，末端伸至-4.0m等深线；西堤大幅度后缩，仅伸至-1.5米等深线处。	东取南排； 取排水相距约3.3km
	取水	同方案4	
6	排水	厂址南侧海域明渠排水，渠底宽约100m。排水导流堤走向顺直，无拐弯；东堤较方案5直段延长500m，末端地形标高约-2.7m；西堤较东堤缩短500m，地形标高约-1.8m。	东取南排； 取排水相距约4.5km
	取水	同方案4	
7	排水	厂址南侧明渠排水，排水明渠在方案3基础上再向东南延伸，明渠长约5.7km。排口处水下地形约-3.5~-4m	东取南排； 取排水相距约6.1km
	取水	同方案3	
8	排水	厂址南侧暗涵排水，排水出口位置同方案7	东取南排； 取排水相距约6.1km
	取水	同方案4	
9	排水	厂址南侧海域通过明渠排水，排水明渠长约4300m，底宽100m，排口位置同方案3、排水明渠走向略有所不同。	东取南排； 取排水相距约4.7km
	取水	同方案4	
10	排水	厂址南侧海域通过明渠排水，排水明渠长约6200m，排水方向顺直；渠底宽100m。	东取南排； 取排水相距约7.1km
	取水	厂址东侧明渠取水，明渠位于防波堤形成的港池内，渠底宽为100m，底标高-7.0m；与方案9相比，取水口门北移约300m。	

表 5.1-2 取水升温特征值

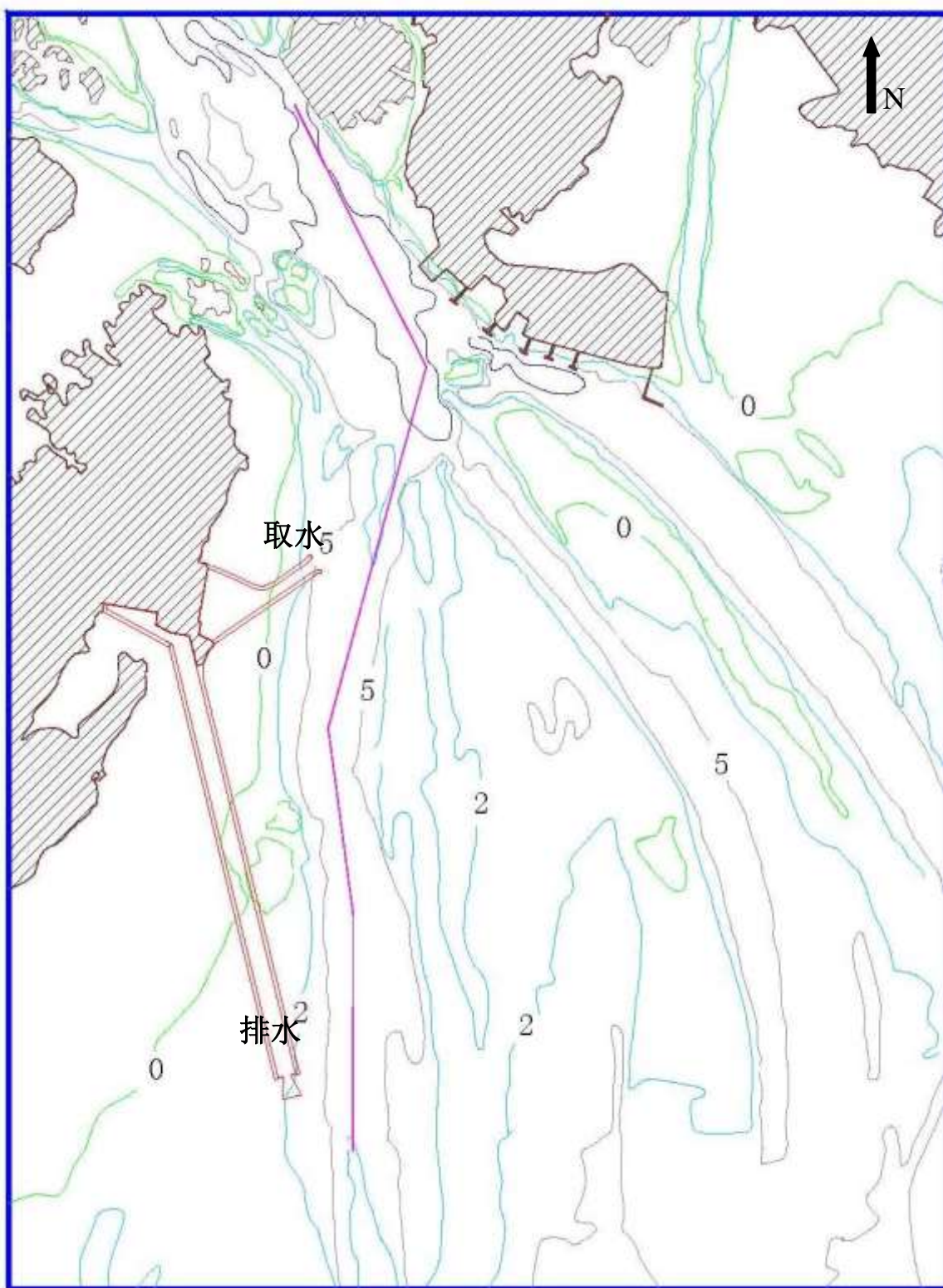
单位：℃

	潮型	核电取水升温	
		全潮最大	全潮平均
夏季	典型大潮	0.86	0.55
	典型中潮	0.95	0.58
	典型小潮	0.59	0.54
冬季	典型大潮	1.28	0.71
	典型中潮	1.32	0.73
	典型小潮	1.04	0.69

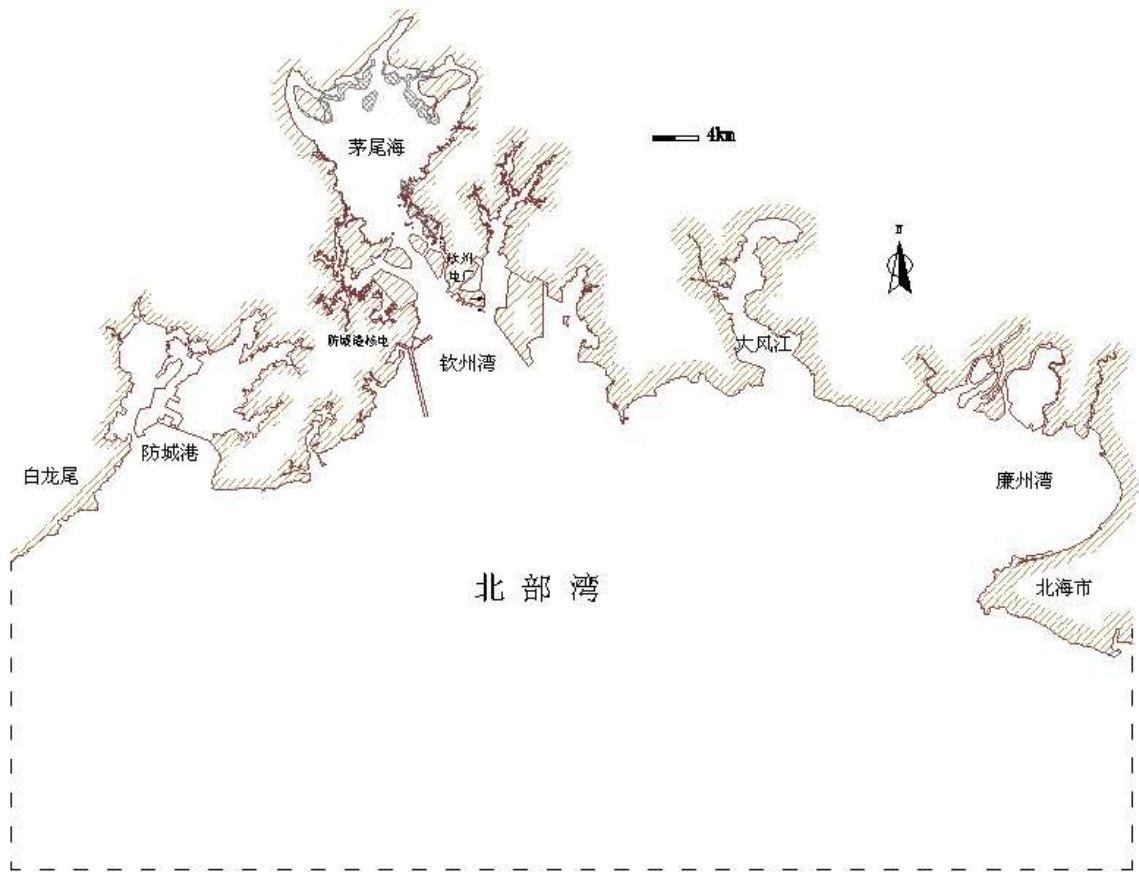
表5.1-3 典型潮条件下不同温升包络面积
(由核电温排水造成的温升)

最大温升包络面积 (km ²)					
	潮 型	4℃	3℃	2℃	1℃
夏季	典型大潮	0.95	3.54	11.36	49.26
	典型中潮	1.37	6.26	19.51	71.00
	典型小潮	1.75	7.30	20.24	51.27
冬季	典型大潮	1.10	4.49	17.52	87.07
	典型中潮	2.30	8.90	30.57	103.92
	典型小潮	3.31	11.86	33.7	129.84*
平均温升包络面积 (km ²)					
夏季	典型大潮	0.08	0.16	0.75	7.24
	典型中潮	0.23	0.58	3.41	20.88
	典型小潮	0.97	3.06	6.13	29.50
冬季	典型大潮	0.13	0.23	0.89	9.9
	典型中潮	0.30	1.17	5.04	41.88
	典型小潮	1.25	3.95	14.14	57.14

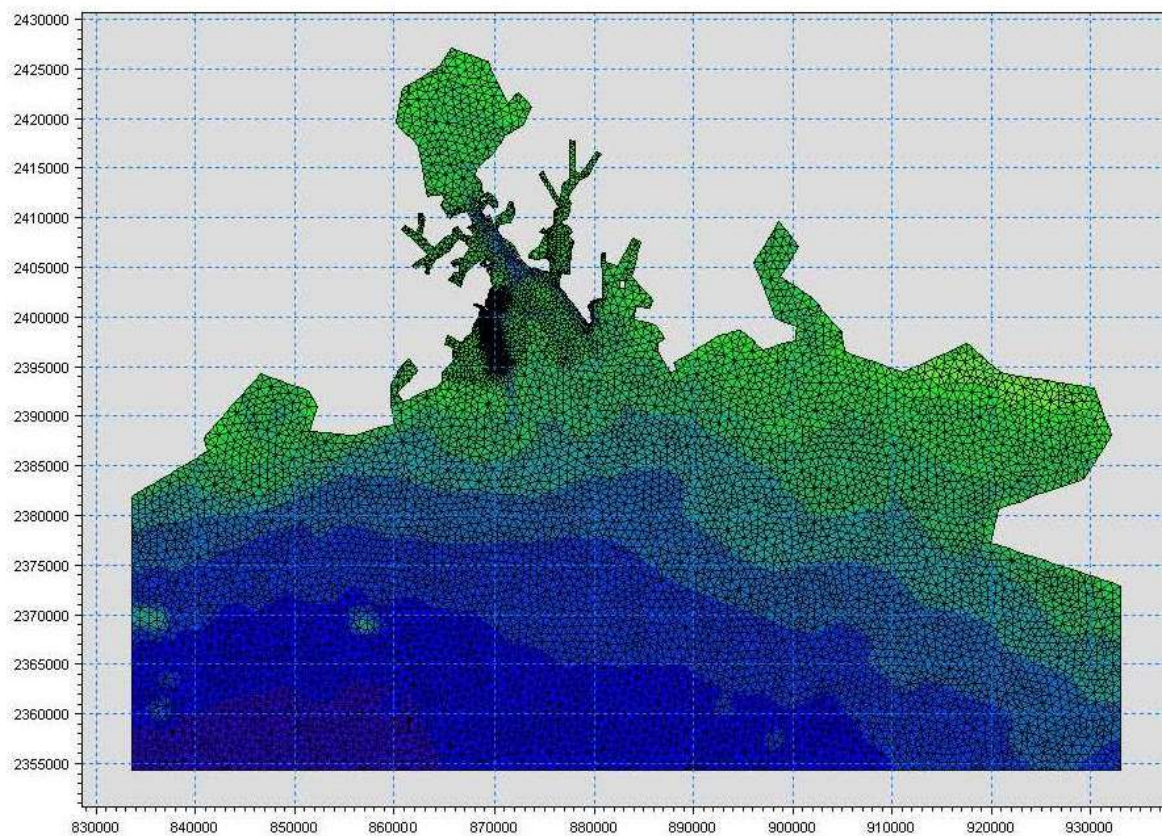
注：*表示由核电和钦州燃煤电厂共同造成的温升



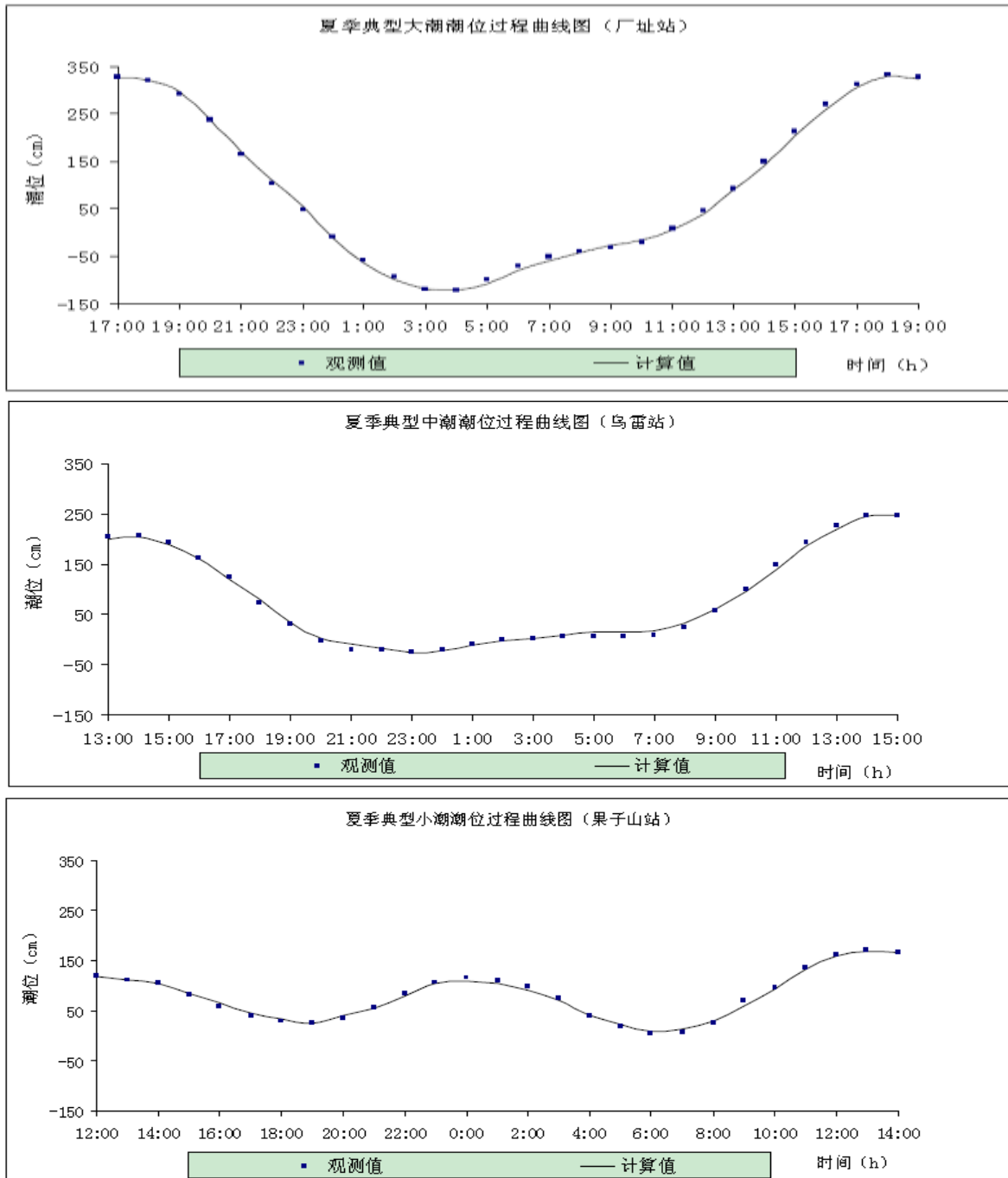
防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
取排水工程布置图		
图5.1-1	版次：	A



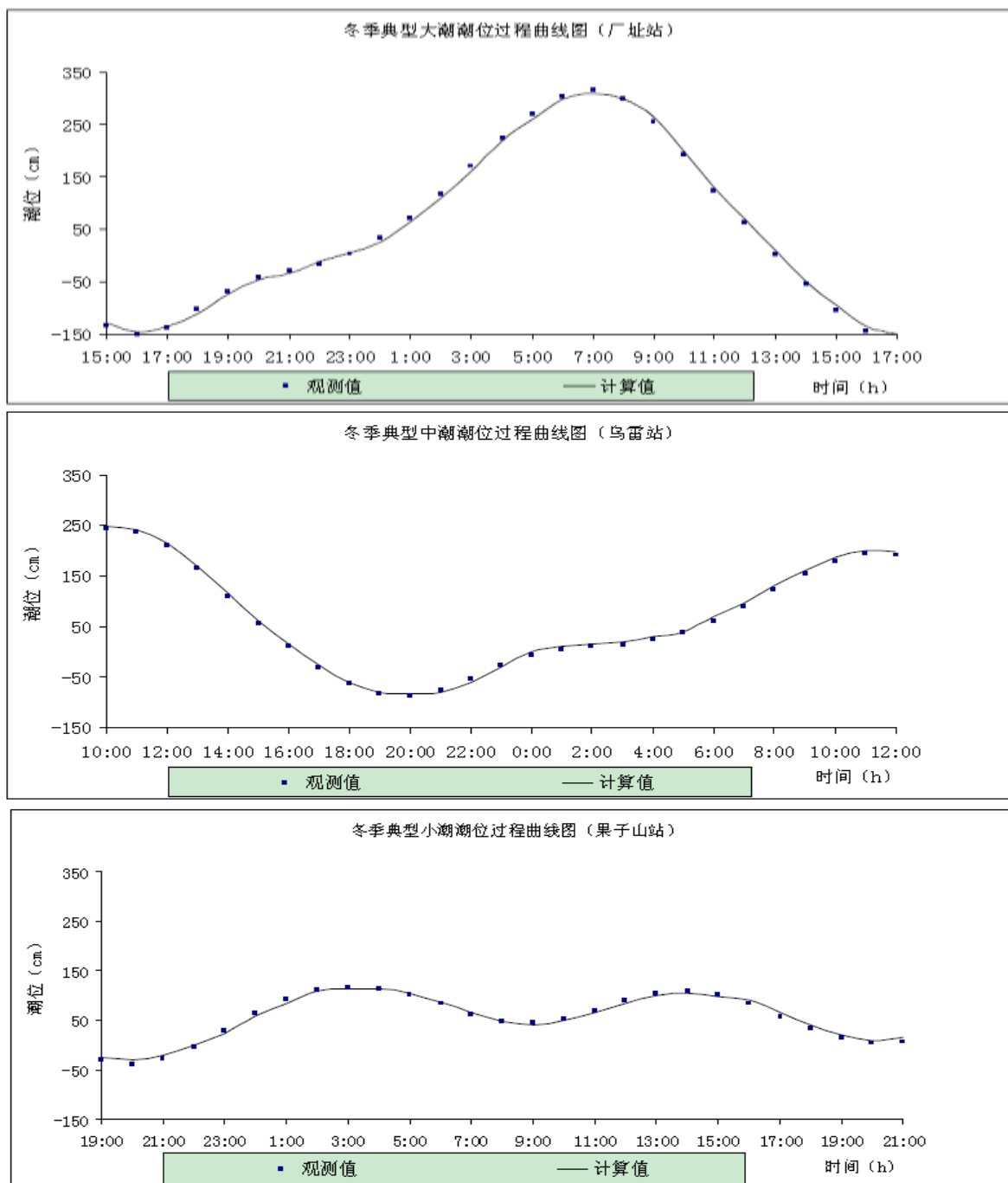
防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
温排水计算区域		
图5.1-2	版次：	A



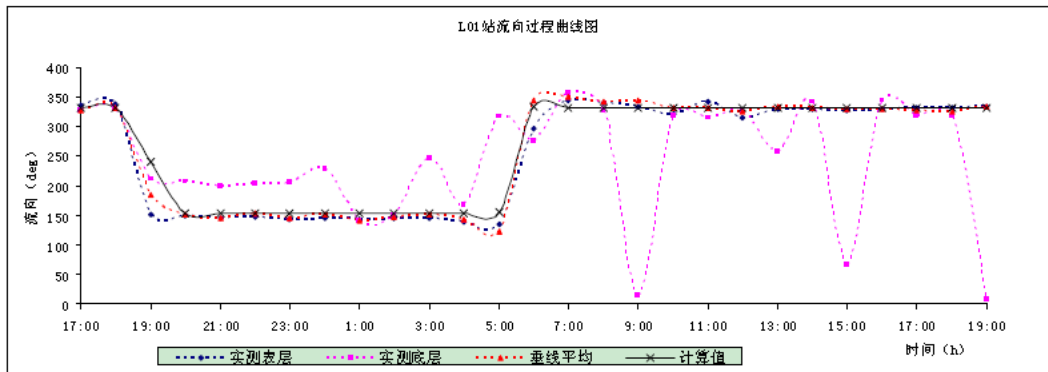
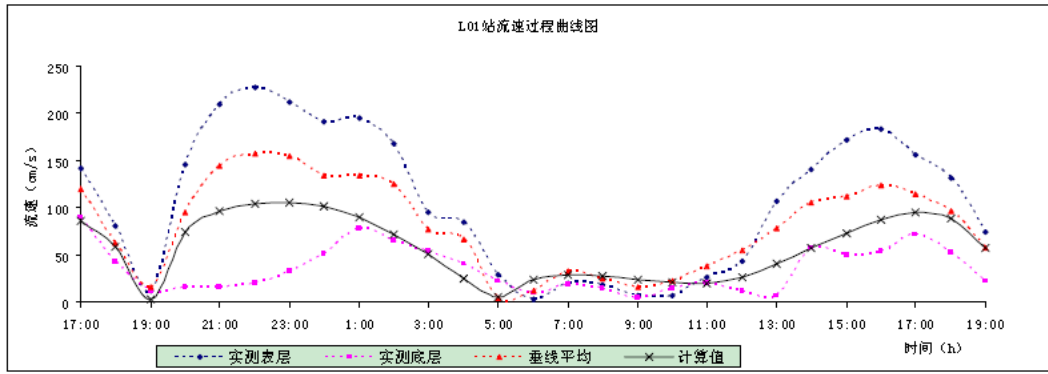
防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
温排水计算网格布置		
图5.1-3	版次：	A



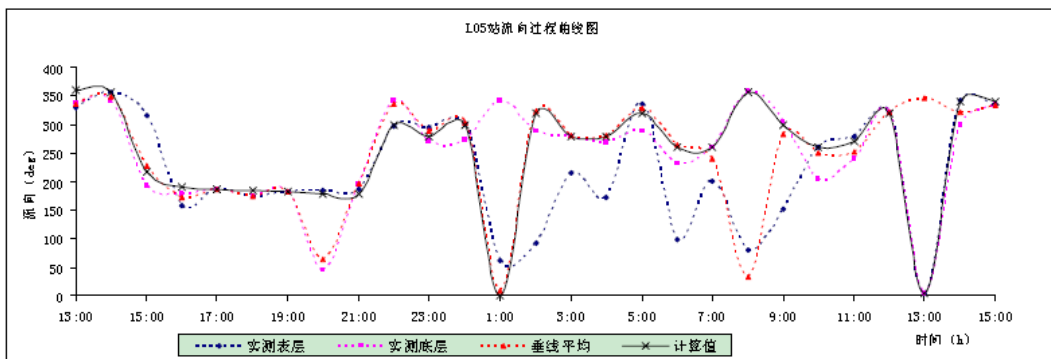
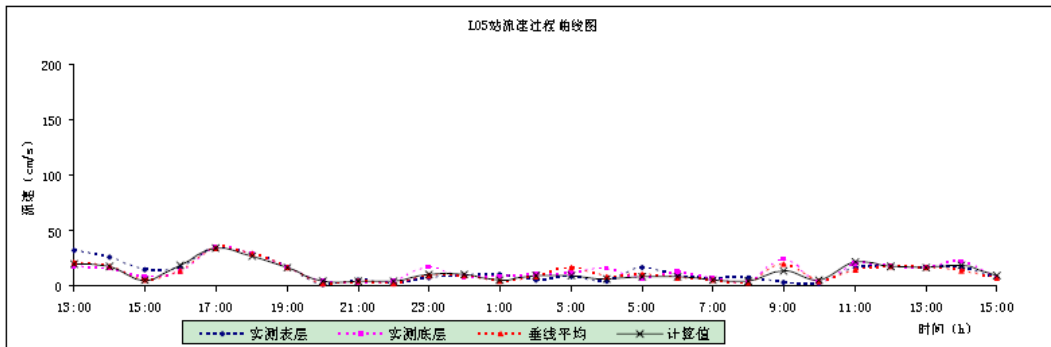
防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
潮位验证过程		
图5.1-4（1/2）	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
潮位验证过程		
图5.1-4（2/2）	版次：	A

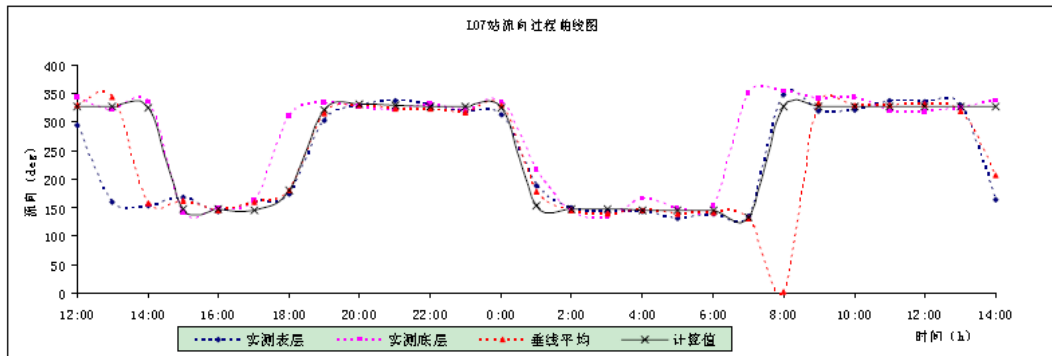
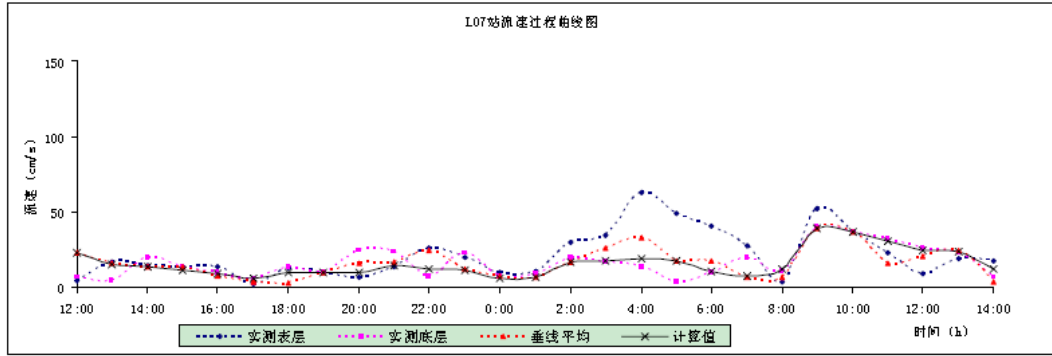


(a) 夏季大潮

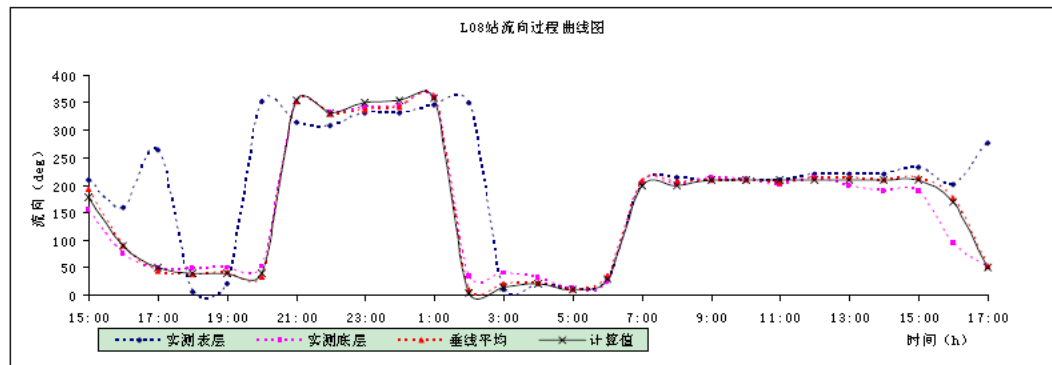
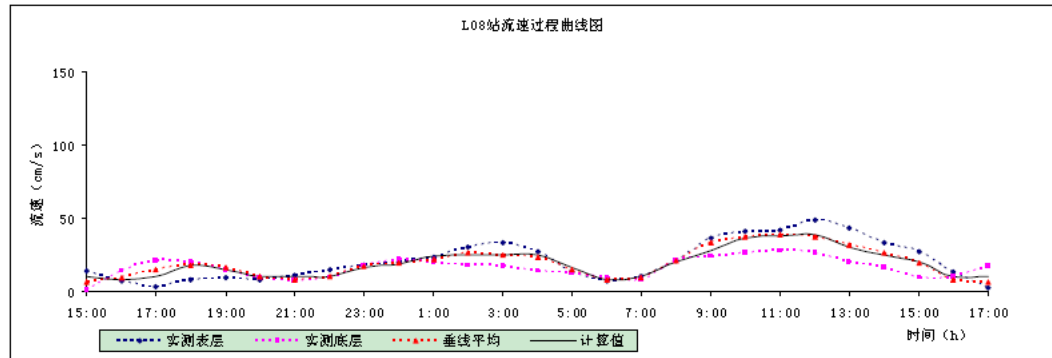


(b) 夏季中潮

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
流速流向验证过程		
图5.1-5（1/3）	版次：	A

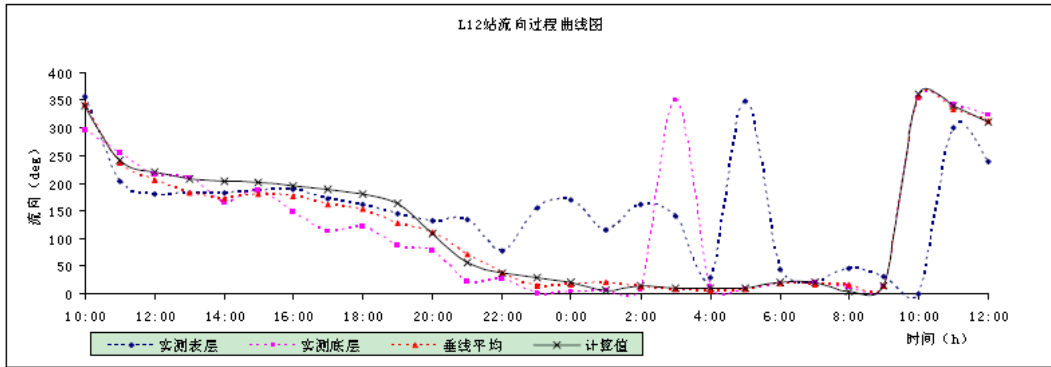
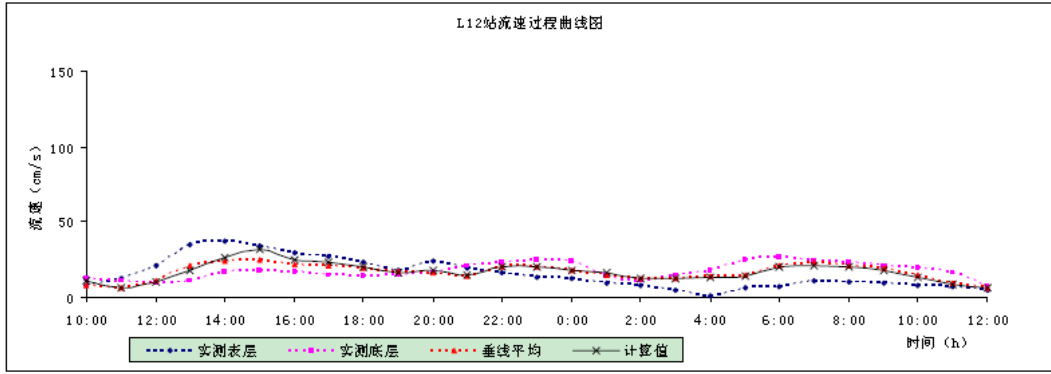


(c) 夏季小潮

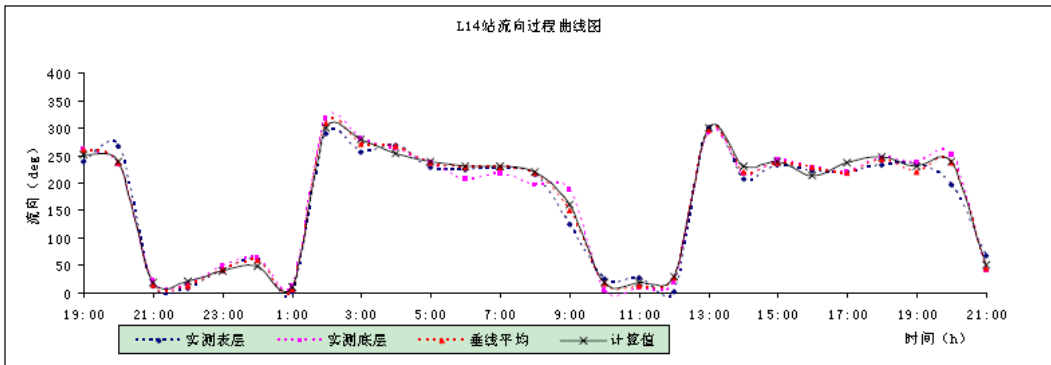
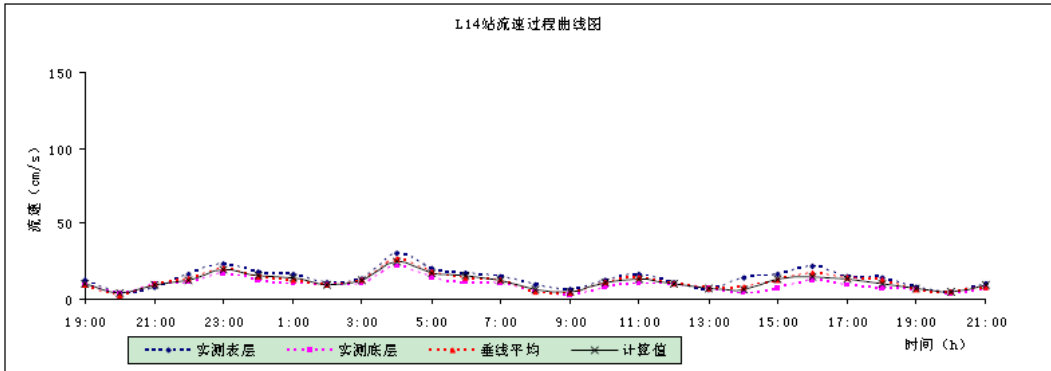


(d) 冬季大潮

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
流速流向验证过程		
图5.1-5（2/3）	版次：	A

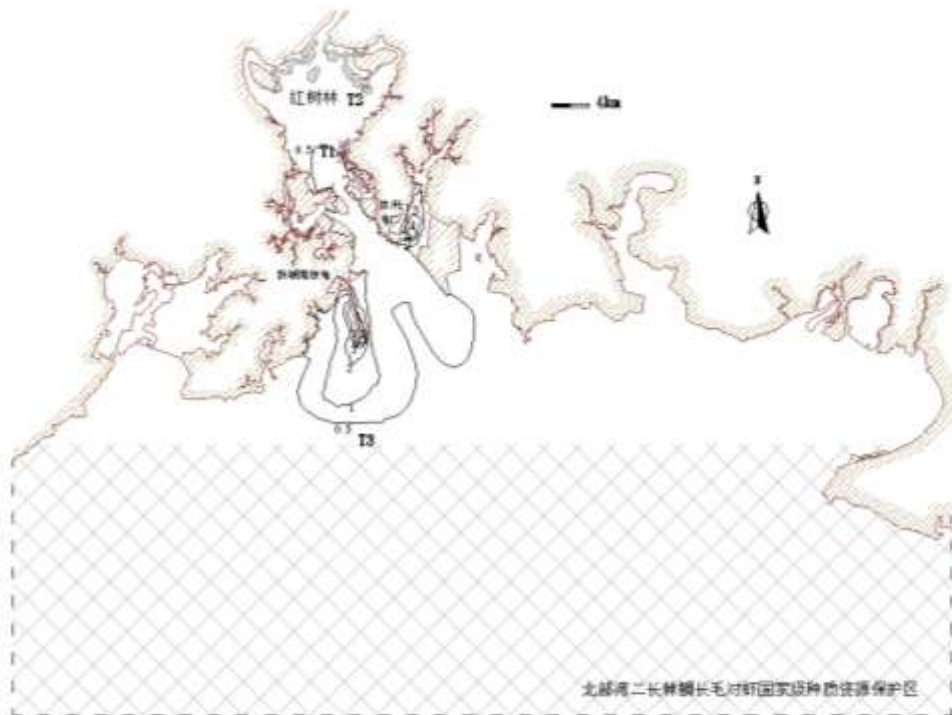


(e) 冬季中潮

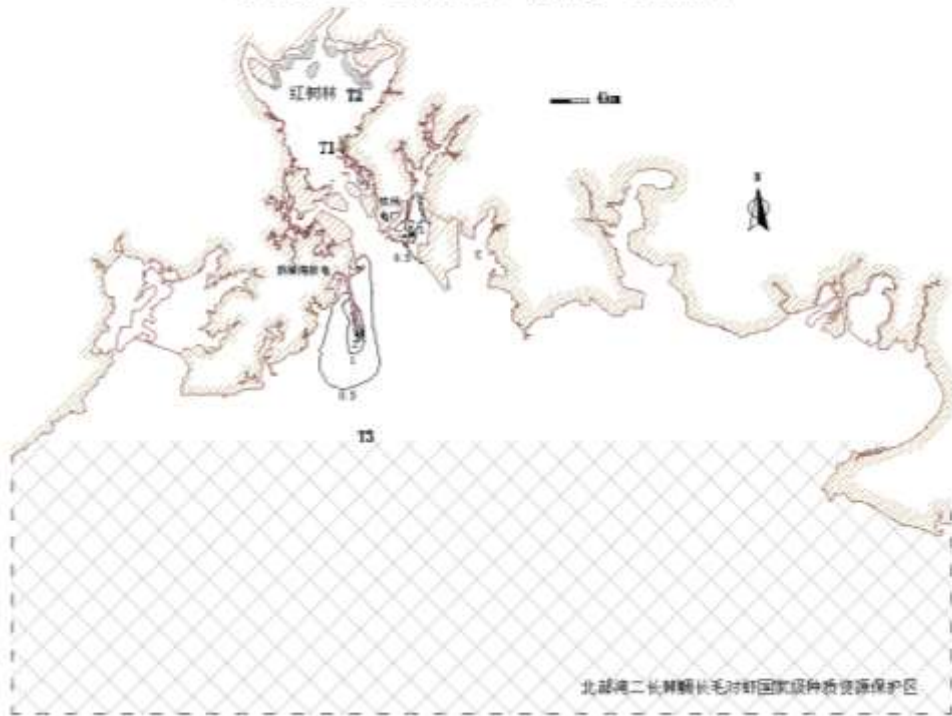


(f) 冬季小潮

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
流速流向验证过程		
图5.1-5（3/3）	版次：	A

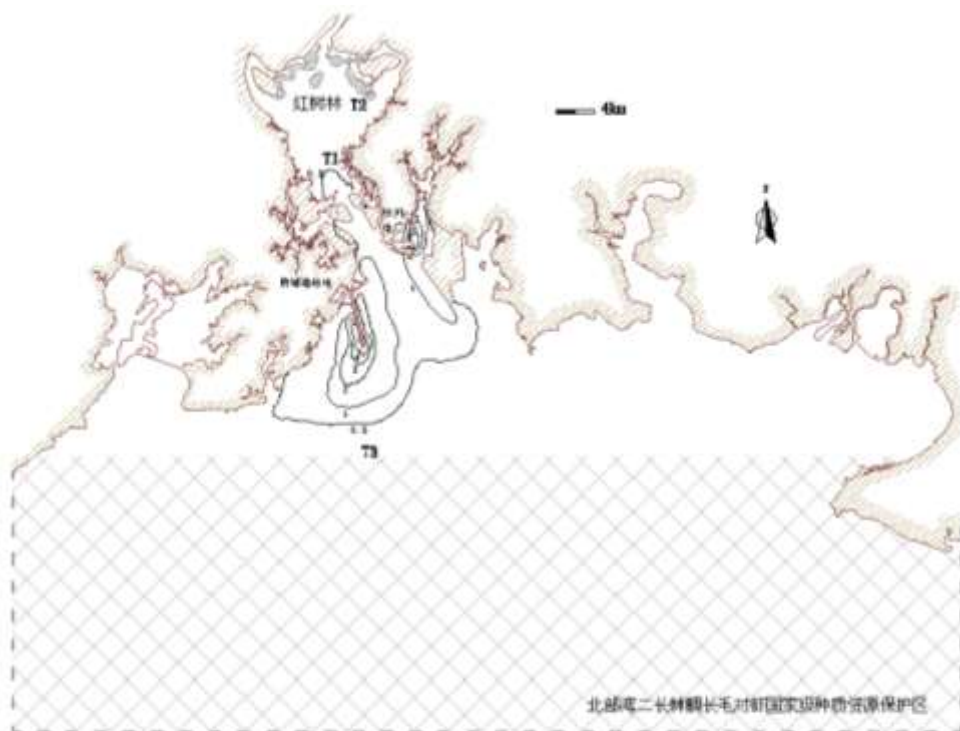


(a) 夏季大潮全潮最大温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

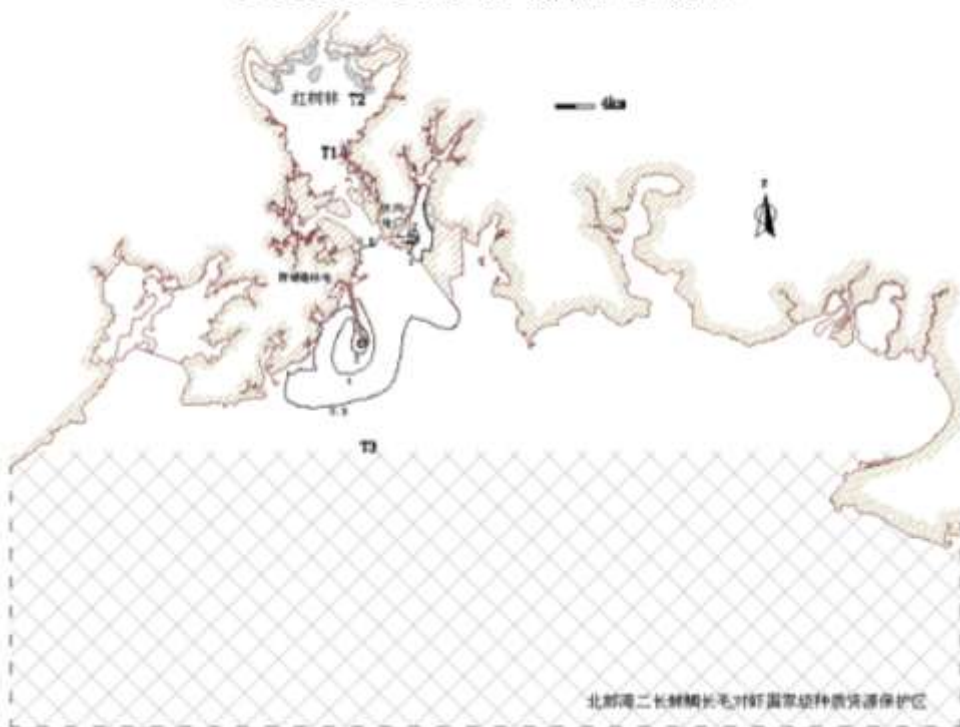


(b) 夏季大潮全潮平均温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
各典型潮温升分布（4台）		
图5.1-6(1/6)	版次：	A

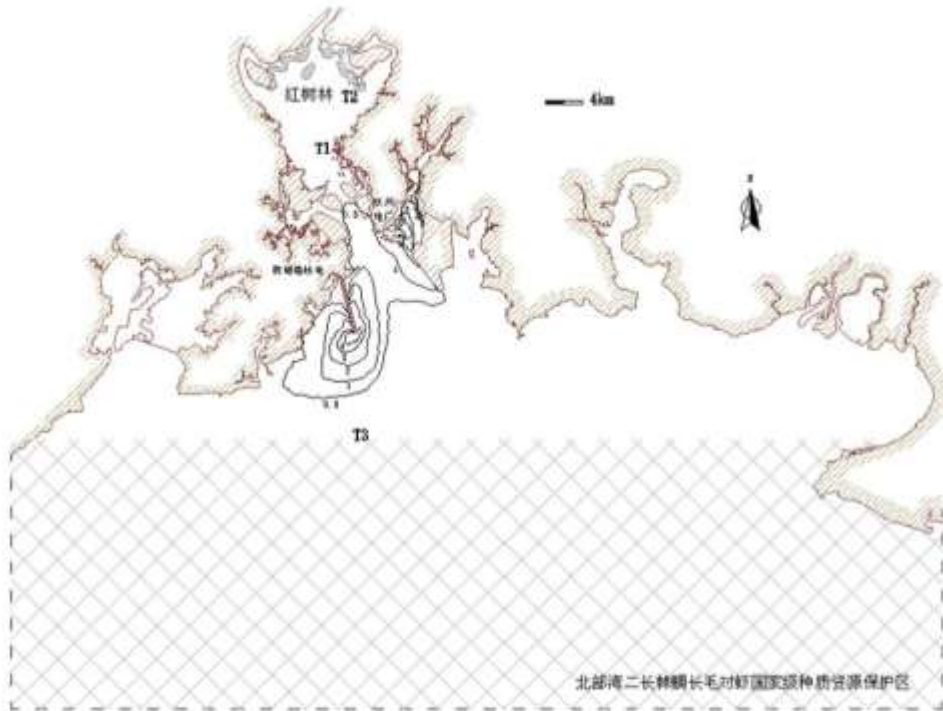


(a) 夏季中潮全潮最大温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

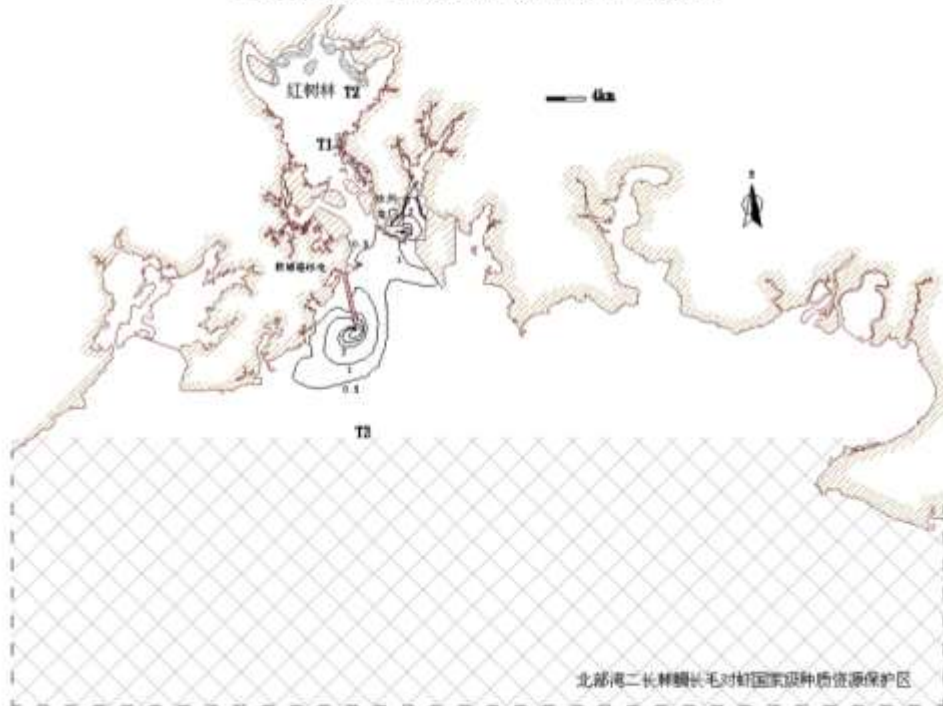


(b) 夏季中潮全潮平均温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
各典型潮温升分布（4台）		
图5.1-6(2/6)	版次：	A

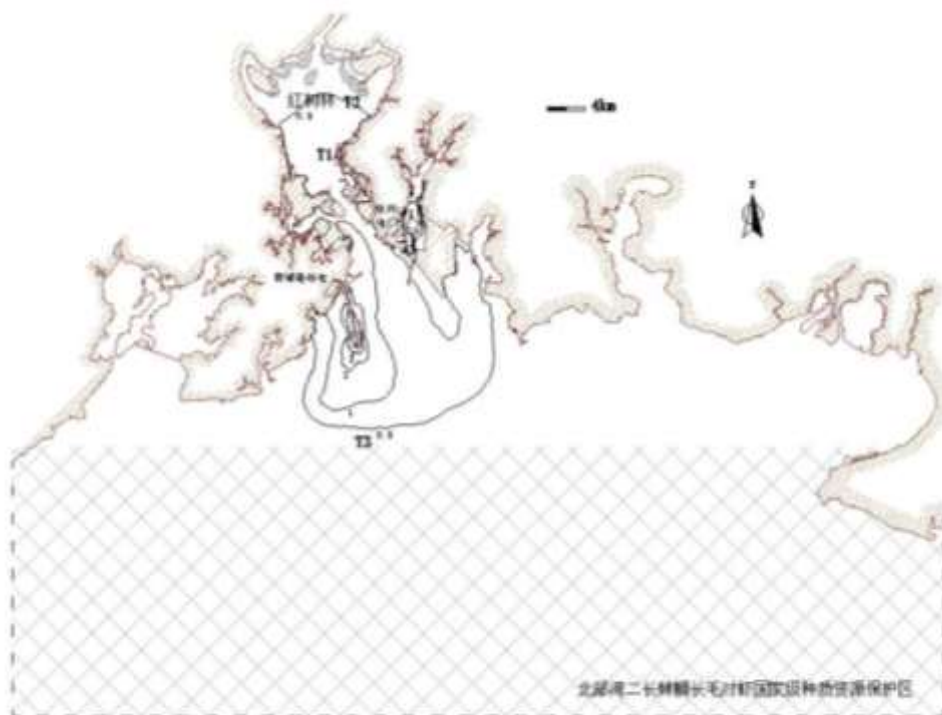


(a) 夏季小潮全潮最大温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

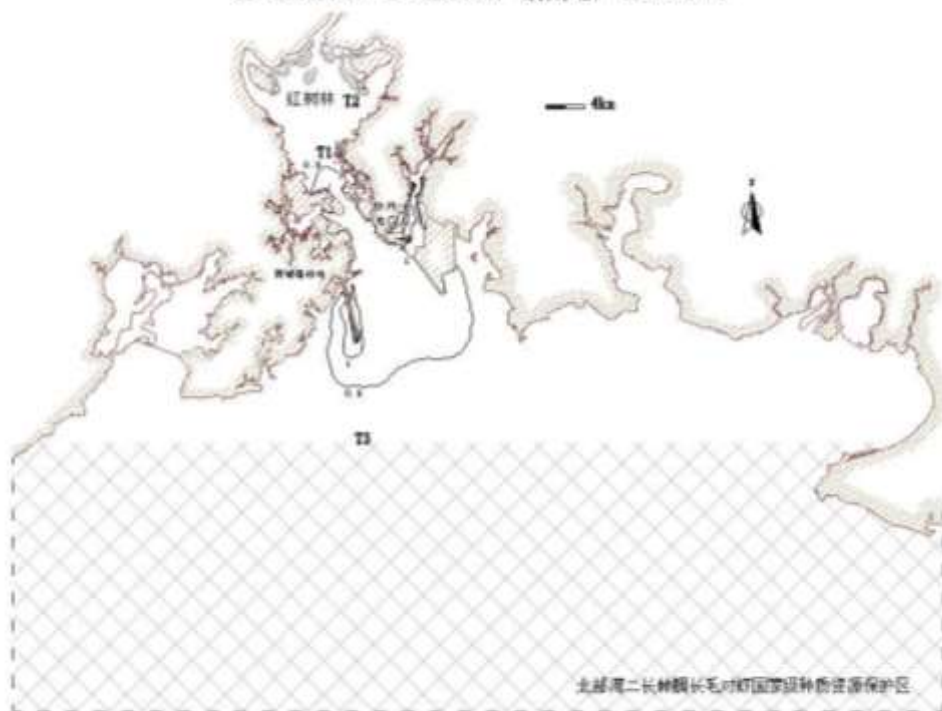


(b) 夏季小潮全潮平均温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
各典型潮温升分布（4台）		
图5.1-6(3/6)	版次：	A

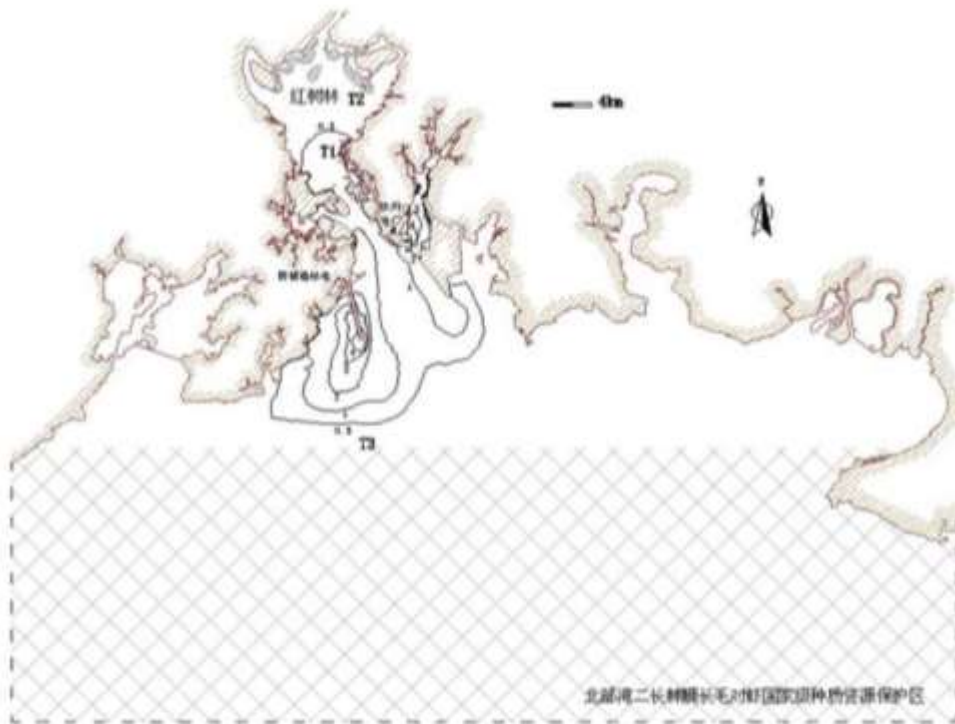


(a) 冬季大潮全潮最大温升分布
(2×CPR1000+2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

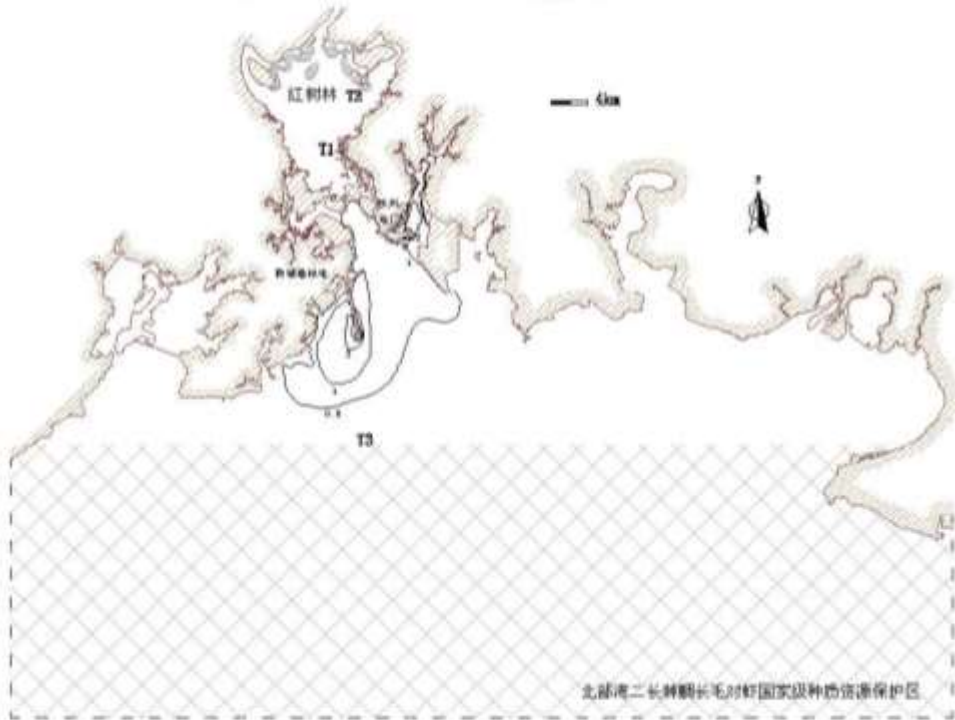


(b) 冬季大潮全潮平均温升分布
(2×CPR1000+2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
各典型潮温升分布（4台）		
图5.1-6(4/6)	版次:	A

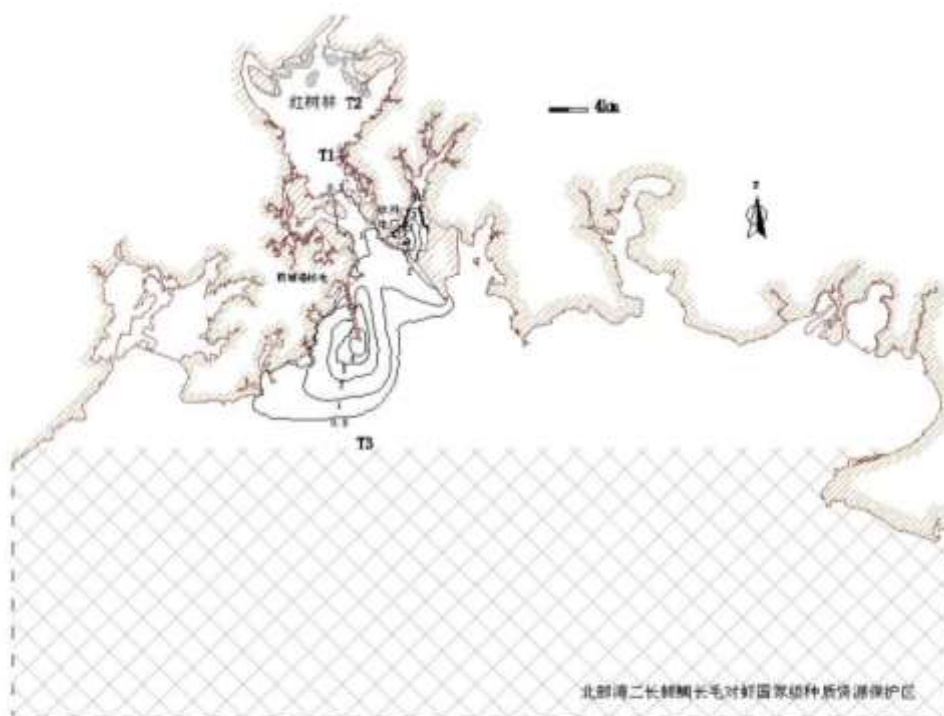


(a) 冬季中潮全潮最大温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

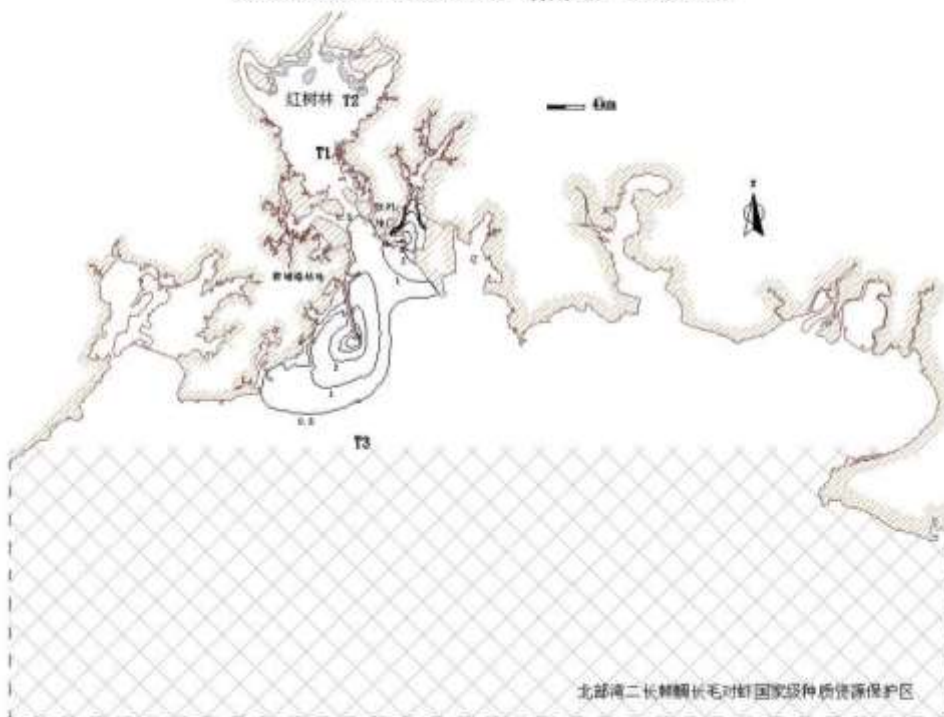


(b) 冬季中潮全潮平均温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

防城港核电站二期工程（2×HL1000-1）三、四号机组		
环境影响报告书（选址阶段）		
各典型潮温升分布（4台）		
图5.1-6(5/6)	版次：	A



(a) 冬季小潮全潮最大温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)



(b) 冬季小潮全潮平均温升分布
(2×CPR1000 + 2×HL1000, 钦州电厂 3200MW)

防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
各典型潮温升分布（4台）		
图5.1-6(6/6)	版次：	A

5.2 正常运行的辐射影响

5.2.1 放射性释放源项

5.2.2 放射性流出物在大气和水体中的稀释扩散

5.2.2.1 大气弥散和地面沉积

5.2.2.2 海水稀释和岸边沉积

5.2.3 海洋生物的放射性辐射影响分析

5.2.4 放射性流出物对周围公众的辐射剂量影响

5.2.4.1 照射途径

5.2.4.2 主要计算模式和参数

5.2.4.3 一般公众的年辐射剂量

5.2.4.4 可能的“三关键”分析和评价

5.2.5 环境辐射影响评价

5.2.5.1 海洋生物辐射影响评价

5.2.5.2 公众辐射影响评价

5.2.5.3 “三关键”评价

5.2.5.4 结论

5.2.6 参考资料

表

表5.2-1 三、四号单堆机组放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较

表5.2-2 四台机组放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较

表5.2-3 放射性核素长期大气弥散因子（一、二号机组）

表5.2-4 放射性核素长期地面沉积因子（一、二号机组）

- 表5.2-5 放射性核素长期大气弥散因子（三、四号机组）
- 表5.2-6 放射性核素长期地面沉积因子（三、四号机组）
- 表5.2-7 各海域放射性核素的相对浓度
- 表5.2-8 海洋生物浓集因子 B_p 和悬浮物 K_d 因子
- 表5.2-9 主要核素对七类海洋生物的辐射剂量转换因子
- 表5.2-10 排水口附近海域海洋生物的辐射剂量率
- 表5.2-11 环境介质参数
- 表5.2-12 放射性核素特征参数
- 表5.2-13 气态途径辐射剂量计算相关参数
- 表5.2-14 液态照射途径辐射剂量计算参数
- 表5.2-15 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5.2-16 各种照射途径剂量转换因子
- 表5.2-17 气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
- 表5.2-18 液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
- 表5.2-19 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5.2-20 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5.2-21 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5.2-22 气态和液态途径对各子区公众造成的集体有效剂量
- 表5.2-23 厂址附近渔民的个人食物消费和生活习惯因子
- 表5.2-24 “三关键”筛选比较
- 表5.2-25 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5.2-26 防城港核电站四台机组运行状态下“三关键”计算分析结果
- 图
- 图5.2-1 气态照射途径
- 图5.2-2 液态照射途径

5.2 正常运行的辐射影响

防城港核电厂一期工程 1、2 号机组采用 CPR1000 技术方案，二期工程 3、4 号机组采用 HL1000-1 技术方案。本节根据 HL1000-1 核电机组运行状态下的放射性流出物排放源项，结合防城港核电厂厂址周围的环境现状以及公众的生活习性，对电厂 3、4 号机组运行状态下放射性流出物所致的环境辐射影响进行评价，将同时考虑 1、2 号两台 CPR1000 核电机组的叠加影响。

5.2.1 放射性释放源项

防城港核电项目二期工程 3、4 号机组运行状态下，放射性流出物以气载和液态两种形态向环境释放，分别通过大气和受纳水体进行稀释扩散。本报告第三章 3.6 节给出了 HL1000-1 核电机组运行状态下，气载和液态放射性流出物的年排放量。

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，对于同一堆型的多堆厂址，全厂所有机组的年总排放量应控制在单堆排放控制值的 4 倍以内。根据国家标准的要求，防城港核电厂将严格按照国家标准的排放控制要求进行总量控制。表 5.2-1 和表 5.2-2 给出了防城港核电厂 3、4 号机组单堆及一、二期工程四台机组的各类放射性流出物的年预期排放量。与国家标准 GB6249-2011 相应总量控制要求相比较可知，防城港核电厂二期工程 3、4 号两台机组及一、二期工程四台机组运行状态下，各类放射性流出物的年排放量均能满足国家标准 GB6249-2011 相应的总量控制要求。

本节核电厂运行状态下环境辐射影响分析的技术方法与目的为：首先是通过预测厂址周围一般公众的辐射剂量，从公众受照剂量可接受性的角度来验证电厂三废处理系统的设计性能和效能的可靠性，因此，采用较为保守的设计排放源项（Case B）对公众的辐射剂量进行估算；其次为电厂运行后环境监测方案的制定提供技术依据，采用比较接近现实运行工况的运行预期排放源项（Case A）进行“三关键”分析，确定受核电厂放射性流出物排放造成辐射影响最大的关键居民组、关键核素和关键照射途径，以更现实的反映核电厂放射性流出物排放在环境中的分布及影响情况。

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，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%。

5.2.2 放射性流出物在大气和水体中的稀释扩散

5.2.2.1 大气弥散和地面沉积

本阶段采用气象塔2013年6月到2014年5月一个整年10m和80m两层高度逐时观测的风向、风速和温度，以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，计算厂址区域的大气弥散因子和地面沉积因子。

防城港核电厂二期核电机组烟囱排放口的设计高度为70.0m，200m范围内最高建筑物高度为63m。根据核安全导则HAD101/02的计算方法，防城港核电厂运行状态下气载放射性流出物按地面/高架混合释放考虑。

计算中除上述考虑外，本章在计算厂址各子区年均大气弥散因子和地面沉积因子时，采用核安全导则HAD101/02推荐的高斯直线烟羽扩散模型，扩散参数采用本报告2.4节的推荐值，同时还考虑了雨水冲洗、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5.2-3~表5.2-6分别列出了防城港核电厂厂址半径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 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr ）和长期地面沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr ）。

5.2.2.2 海水稀释和岸边沉积

防城港核电厂属滨海厂址，液态放射性流出物经废液处理系统处理，满足排放要求以后，随电厂温排水一同排入厂址附近海域。放射性核素在受纳海水中的稀释扩散过程主要受海洋水文气象条件、电厂取排水构筑物以及废水的排放方式影响。

防城港核电项目二期工程三、四号机组以及一期工程一、二号机组的取排水采用合取合排、东取南排、明取明排的直流冷却方案，处理达到排放要求后的低放废液以槽式排放方式随电厂直流循环冷却水一起排入厂址南侧海域，排水明渠的排放口离岸约6.2km，运行状态下一期两台机组的循环冷却水流量为 $123\text{m}^3/\text{s}$ ，二期两台机组的循

环冷却水流量为 123 m³/s。

防城港核电厂委托开展了《广西防城港核电厂接纳水体低放废水数值模拟计算成果报告》的专题研究，低放专题根据防城港核电厂的取排水布置方案，并结合核电厂循环冷却水的排放工况，以及厂址周围海域的地形特征和潮流特点，计算模拟了防城港核电厂排放的液态放射性流出物在接纳水体中的稀释扩散水平。表 5.2-7 给出了全潮条件下四台机组运行状态下，各半衰期核素排放在排放口周围不同半径海域内的平均相对浓度。

液态放射性流出物海水迁移过程中在介质中的浓度计算采用国际原子能机构 IAEA 19 号安全报告推荐的模型。

5.2.3 海水水质和海洋生物的辐射影响

海洋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液态放射性流出物，这些照射导致了海洋生物的外照射剂量和内照射剂量。其中水体照射和底泥照射导致了外照射剂量，放射性核素并被生物直接摄入并在生物体内浓集导致了内照射剂量。

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，其中海洋生物有比目鱼、蟹和褐藻三种。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 中可用于评价的参考海洋生物有浮游植物、海藻类、维管植物、浮游动物、环节动物、底栖软体类、甲壳类、底栖鱼类、中上层鱼类、哺乳类和海葵等。其中海藻类、甲壳类和底栖鱼类分别对应于 ICRP 报告中推荐的褐藻、蟹和比目鱼，

其余来自 ERICA 及 FASSET 的参考生物假设。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。

本节对防城港核电厂二期工程 3、4 号两台机组及一、二期工程四台机组运行状态下，液态放射性流出物排放造成排放口附近海域（排放口 1km 海域）海洋生物辐射剂量率的计算分析，根据防城港附近海域海洋生物的种类，按浮游鱼类、底栖鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物七类参考生物进行评价。

参考国际原子能机构 IAEA422 号报告，表 5.2-8 给出了评价中的海洋生物浓集因子 B_p 以及海水中悬浮物对元素的吸附分配 K_d 因子；参考欧盟 ERICA 项目的研究成果，表 5.2-9 给出了七类海洋生物的辐射剂量率的剂量转换因子。根据 ICRP108 号出版物中的推荐，本报告针对海鱼类和海藻类在海水中游泳及浮游的活动特点，取其暴露在水体中的居留因子为 1.0，而软体类和甲壳类主要营底栖生活，取其暴露在水体和底泥中的居留因子各为 0.5。根据上述介绍的模型及参数，表 5.2-10 给出了排水口附近海域中的七类海洋生物因核电厂排放的液态放射性流出物造成的辐射剂量率。从表可以看出：防城港核电厂二期工程 3、4 号机组建成后，四台机组运行状态下排放的液态放射性流出物对排放口附近海域的浮游鱼类、底栖鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物等七类海洋生物造成总的附加辐射剂量率分别为 $8.64 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $9.15 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $1.02 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 、 $2.00 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 、 $1.78 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 、 $4.11 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ 和 $1.17 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。其中 3、4 号机组排放的液态放射性流出物对排放口附近海域的浮游鱼类、底栖鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物等七类海洋生物造成总的附加辐射剂量率分别为 $8.47 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 、 $9.98 \times 10^{-4} \mu\text{Gy/h}$ 、 $1.11 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $1.40 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $6.48 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 、 $2.66 \times 10^{-5} \mu\text{Gy/h}$ 和 $2.41 \times 10^{-3} \mu\text{Gy/h}$ 。

国内对生物的放射性辐射影响研究开展的相对较少，目前尚未制定相关的评价标准。本环评报告参考 ERICA 程序评价方法推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 辐射剂量率限值，不超过该辐射剂量率可以确保不会对水生生物种群产生影响。

从表 5.2-10 给出的计算结果可以看出，防城港核电厂二期工程 3、4 号机组及一、二期工程四台机组运行状态下，液态放射性流出物对排放口附近海域水体中浮游鱼类、

底栖鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物七类海洋生物的辐射剂量率均远远低于 ERICA 程序推荐的 $10\mu\text{Gy/h}$ 辐射剂量率。因此，可以预计，防城港核电厂 3、4 号机组运行后，四台机组排放的液态放射性流出物对受纳海域水体中浮游鱼类、底栖鱼类、软体类、甲壳类、海藻类、浮游植物和浮游动物七类参考海洋生物不会造成明显的损伤，对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

5.2.4 放射性流出物对周围公众的辐射剂量影响

5.2.4.1 照射途径

防城港核电厂核电机组运行状态下，气载和液态放射性流出物通过各种照射途径对公众造成辐射剂量。

（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，主要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。

气载放射性流出物对公众造成辐射的途径见图 5.2-1。

（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，主要考虑如下照射途径：

- 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。

液态放射性流出物对公众造成辐射的途径见图 5.2-2。

5.2.4.2 主要计算模式和参数

防城港核电厂核电机组运行状态下，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相关的计算参数如下：

（1）环境参数

根据环境调查分析，表5.2-11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5.2-12给出了放射性核素在食物链中转移的特征参数；表5.2-13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5.2-14给出了液态照射途径辐射剂量计算参数；表5.2-15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。

（2）剂量转换因子

表 5.2-16 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。

（3）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。

5.2.4.3 一般公众的年辐射剂量

（1）公众（成人）个人剂量

表 5.2-17 和表 5.2-18 分别给出了防城港核电厂核电机组运行状态下，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 5.2-19 给出了各子区公众个人（成人）受到的总有效剂量。

从表可以看出，防城港核电厂核电机组运行状态下，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 3 号反应堆 SSW 方位 1~2km 子区。

单独考虑防城港核电项目二期工程 3、4 号机组运行状态下，放射性流出物对于厂址 SSW 方位 1~2km 子区的成人组公众个人造成的年有效剂量增量为 $8.54 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 $8.45 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 $9.27 \times 10^{-8} \text{Sv}$ 。

二期工程 3、4 号机组建成运行后，厂区内一、二期工程四台机组运行状态下对该子区成人组公众个人造成的年有效剂量为 $1.05 \times 10^{-5} \text{Sv}$ ，其中由气态途径造成的年有效剂量为 $9.95 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，由液态途径造成的年有效剂量为 $5.63 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

（2）公众（青少年）个人剂量

表 5.2-20 给出了防城港核电厂核电机组运行状态下，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。

从表可以看出，防城港核电厂二期工程 3、4 号机组和一、二期工程四台机组运行状态下，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均为 3 号反应堆 SSW 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分别为 $7.64 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 和 $9.45 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。

（3）公众（儿童）个人剂量

表 5.2-21 给出了防城港核电厂核电机组运行状态下，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。

从表可以看出，防城港核电厂二期工程 3、4 号机组和一、二期工程四台机组运行状态下，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均为 3 号反应堆 SSW 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分别为 $7.37 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 和 $9.22 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。

（4）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，防城港核电项目二期工程 3、4 号机组及一、二期工程四台核电机组运行状态下，放射性流出物对厂址 3 号反应堆 SSW 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对成人组公众个人的年受照有效剂量大于青少年组公众个人，青少年组公众个人的年受照有效剂量大于儿童组公众个人。

因此，防城港核电厂二期工程 3、4 号机组及一、二期工程四台机组运行状态下，

就一般公众的受照剂量而言，厂址 3 号反应堆 SSW 方位 1~2km 子区内的成人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，受到的年有效剂量分别为 $8.54 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 和 $1.05 \times 10^{-5} \text{Sv}$ 。

（5）一般公众集体年有效剂量

表 5.2-22 给出了防城港核电厂核电机组运行状态下，放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内各子区公众造成的集体年有效剂量。

从表可以看出，防城港核电厂二期工程 3、4 号机组和一、二期工程四台机组运行状态下，放射性流出物对厂址半径 80km 评价区内造成的集体年有效剂量分别为 $1.41 \times 10^{-1} \text{Sv}$ 和 $3.01 \times 10^{-1} \text{Sv}$ 。

5.2.4.4 可能的“三关键”分析和评价

根据上述一般公众受照剂量的计算结果，对防城港核电项目 3、4 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，初步考虑离厂址最近的 N 方位、NNE 方位、SSW 方位、NW 方位、NNW 方位 1~2 子区的滩涂养殖渔民和海水捕捞渔民。根据 2013 年开展的厂址环境调查数据分析，上述子区内从事滩涂养殖和浅海捕捞渔民的食物消费和生活习惯与一般公众存在差异，表 5.2-23 给出了这部分渔民的食物消费情况以及生活习惯因子。

综合考虑上述各组居民的生活环境及各自的生活习惯，表 5.2-24 给出了上述子区内各村所辖沿岸海域从事浅海捕捞的渔民通过各种途径，受核电厂一、二期工程四台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，防城港核电项目一、二期工程四台机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 3 号反应堆 SSW 方位 1~2km 子区内沙螺辽村滩涂养殖渔民造成的年有效剂量为 $2.98 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ，大于其它子区内渔民的受照剂量。根据上述分析结果，本阶段将厂址 SSW 方位 1~2km 子区沙螺辽村滩涂养殖渔民作为受辐射影响可能的关键居民组。

表 5.2-25 给出了防城港核电项目一、二期工程四台机组运行状态下，放射性流出物通过各种途径对厂址 SSW 方位 1~2km 子区内沙螺辽村关键组居民个人造成的辐射剂量贡献。从表可以看出：

- 防城港核电项目一、二期工程四台机组运行状态下，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 $2.98 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。其中通过气态途径造成的

剂量贡献为 $9.60 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 32.25%；通过液态途径造成的剂量贡献为 $2.02 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 67.75%。比较发现，液态途径对关键组居民个人造成的剂量贡献大于气态途径。

- 可能的关键照射途径为食入海产品内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $1.36 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 45.53%。其它重要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 $7.15 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 24.03%。
- 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 $8.62 \times 10^{-7} \text{Sv}$ ，占个人总有效剂量的 28.96%；其它重要核素为 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{60}Co ，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为 $8.06 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 、 $6.89 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量的 27.09%、23.16%。

具体的“三关键”分析结果见表 5.2-26。

5.2.5 环境辐射影响评价

5.2.5.1 海洋生物辐射影响评价

参考 ERICA 程序评价方法推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 辐射剂量率限值，不超过该辐射剂量率可以确保不会对水生生物种群产生影响。防城港核电厂一、二期工程四台核电机组运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为 $2.00 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，远低于辐射剂量率限值，因此，可以认为防城港核电厂四台核电机组运行状态下，液态放射性流出物排放对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

5.2.5.2 公众辐射影响评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对于每座核电厂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）造成的有效剂量当量要求小于 0.25mSv/a 。同时，防城港核电项目二期工程 3、4 号两台机组及一、二期工程四台机组放射性流出物排放对公众个人（成人）造成的有效剂量制定了相应的剂量目标管理值要求分别低于 0.08mSv/a 和 0.16mSv/a 。

- 对于一般公众（成人）个人，二期工程 3、4 号两台机组运行状态下，放射性

流出物排放造成的最大有效剂量为 $8.54 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，分别占 GB6249-2011 中年剂量约束值（ 0.25mSv/a ）和防城港核电厂两台机组剂量管理目标值（ 0.08mSv/a ）的 3.42% 和 10.68%；一、二期工程四台机组运行状态下，放射性流出物排放造成的最大有效剂量为 $1.05 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，分别占 GB6249-2011 中年剂量约束值（ 0.25mSv/a ）和防城港核电厂四台机组剂量管理目标值（ 0.16mSv/a ）的 4.2% 和 6.56%。

- 一、二期工程四台机组运行状态下排放的放射性流出物对于关键居民组个人造成的最大有效剂量为 $2.98 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，分别占 GB6249-2011 中年剂量约束值（ 0.25mSv/a ）和防城港核电厂四台机组剂量管理目标值（ 0.16mSv/a ）的 1.19% 和 1.86%

5.2.5.3 “三关键”评价

通过公众辐射剂量“三关键”分析，防城港核电项目一、二期工程四台机组运行状态下，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 3 号反应堆 SSW 方位 1~2km 子区沙螺辽村滩涂养殖渔民，需要关注的照射途径包括：食入海产品内照射途径和食入陆生食品内照射途径，需要关注的放射性核素包括： ^{60}Co 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 和 ^{60}Co 等。

5.2.5.4 结论

综合上述计算分析结果，防城港核电厂二期工程 3、4 号两台及一、二期工程四台机组运行状态下，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，对海洋生物的辐射影响有限，是可以接受的，满足国家相关法规的要求。

5.2.6 参考资料

- [1] IAEA安全丛书第57号，1982
- [2] IAEA Safety Reports Series No.19, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, 2001
- [3] 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；

- [4] 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;
- [5] 广西防城港核电厂厂址环境及外部人为事件调查报告, 苏州热工研究院有限公司, 2008年10月;
- [6] 广西防城港核电厂可研阶段勘察设计泥沙和岸滩稳定性分析, 中国水利水电科学研究院, 2009年12月;
- [7] 广西防城港核电厂收纳水体低放废水数值模拟计算成果报告, 中国水利水电科学研究院, 2010年6月;
- [8] 放射生态学转移参数手册, 原子能出版社, 李建国、商照荣等;
- [9] CNSC. 2002. Protection of Non-Human Biota from Ionizing Radiation. INFO-0730, Canadian Nuclear Safety Commission;
- [10] DOE. 2002. A Graded Approach for Evaluating Radiation Does to Aquatic and Terrestrial Biota. DOE-STD-1153-2002. U.S. Department of Energy, Washington, D.C.;
- [11] IAEA. 1992. Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards. Technical Report Series No. 332; International Atomic Energy Agency, Vienna;
- [12] NCRP. 1991. Effects of Ionizing Radiation on Aquatic Organisms. NCRP Reports No.109, Bethesda MD;
- [13] 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);
- [14] 放射性同位素手册, 科学出版社, 马崇智等, 1979;
- [15] 放射生态学转移参数手册, 原子能出版社, 李建国等, 2006;
- [16] U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), Environmental Impact Statement for an Early Site Permit (ESP) at the North Anna ESP Site, 2005年5月;
- [17] U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), Environmental Impact Statement for an Early Site Permit (ESP) at the Exelon ESP Site, 2006年7月。

表 5.2-1 三、四号单堆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

单堆 机组	气载 放射性 流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	排放量	占控制值的百分比
		^3H	1.575×10^{13}	5.45×10^{12}	34.60%
		^{14}C	7.35×10^{11}	4.77×10^{11}	64.90%
		惰性气体	6.30×10^{14}	2.54×10^{14}	40.32%
		碘	2.10×10^{10}	1.88×10^9	8.95%
		粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	5.25×10^{10}	1.70×10^9	3.24%
	液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	排放量	占控制值的百分比
		^3H	7.875×10^{13}	5.45×10^{13}	69.20%
		^{14}C	1.575×10^{11}	4.77×10^9	3.03%
		其余核素	5.25×10^{10}	2.21×10^{10}	42.10%

注：单堆机组排放量控制值等效到 3150MW。

表 5.2-2 四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

四台 机组	气载 放射性 流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	排放量	占控制值的百分比
		^3H	6.0×10^{13}	2.06×10^{13}	34.33%
		^{14}C	2.8×10^{12}	1.69×10^{12}	60.34%
		惰性气体	2.4×10^{15}	1.12×10^{15}	46.67%
		碘	8.0×10^{10}	1.03×10^{10}	12.88%
		粒子 ($T_{1/2} \geq 8d$)	2.0×10^{11}	6.80×10^9	3.40%
	液态 放射性 流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	排放量	占控制值的百分比
		^3H	3.0×10^{14}	1.96×10^{14}	64.66%
		^{14}C	6.0×10^{11}	1.10×10^{11}	18.33%
		其余核素	2.0×10^{11}	1.10×10^{11}	55.00%

表 5.2-3（1/5） 放射性核素长期大气弥散因子（⁸⁵Kr）（一、二号机组）单位：s/m³

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	1.05E-07	1.05E-07	6.70E-08	4.17E-08	2.06E-08	9.11E-09	4.98E-09	3.33E-09	2.47E-09	1.90E-09	1.51E-09	1.28E-09
NNE	1.43E-07	1.09E-07	6.90E-08	4.12E-08	1.97E-08	8.47E-09	4.51E-09	2.98E-09	2.18E-09	1.67E-09	1.32E-09	1.13E-09
NE	1.52E-07	1.16E-07	7.33E-08	4.26E-08	2.12E-08	9.68E-09	5.38E-09	3.63E-09	2.72E-09	2.12E-09	1.70E-09	1.46E-09
ENE	1.50E-07	1.16E-07	7.06E-08	3.54E-08	1.59E-08	6.95E-09	3.88E-09	2.63E-09	1.98E-09	1.58E-09	1.29E-09	1.10E-09
E	1.19E-07	8.07E-08	4.03E-08	1.88E-08	9.12E-09	4.49E-09	2.70E-09	1.90E-09	1.46E-09	1.18E-09	9.84E-10	8.51E-10
ESE	1.17E-07	2.86E-08	1.71E-08	8.72E-09	4.78E-09	2.58E-09	1.60E-09	1.14E-09	8.82E-10	7.16E-10	6.03E-10	5.23E-10
SE	3.78E-07	6.35E-08	1.48E-08	6.72E-09	3.44E-09	1.89E-09	1.21E-09	8.75E-10	6.84E-10	5.58E-10	4.69E-10	4.08E-10
SSE	3.68E-07	3.73E-07	1.41E-07	4.78E-08	1.30E-08	3.77E-09	1.76E-09	1.13E-09	8.22E-10	6.44E-10	5.26E-10	4.49E-10
S	1.53E-07	3.34E-07	2.10E-07	1.18E-07	5.20E-08	2.06E-08	1.04E-08	6.75E-09	4.91E-09	3.80E-09	2.97E-09	2.49E-09
SSW	6.56E-08	1.12E-07	1.22E-07	9.00E-08	4.70E-08	1.98E-08	9.94E-09	6.33E-09	4.53E-09	3.43E-09	2.59E-09	2.12E-09
SW	4.31E-08	4.98E-08	4.78E-08	3.82E-08	2.33E-08	1.15E-08	6.47E-09	4.39E-09	3.27E-09	2.56E-09	2.04E-09	1.69E-09
WSW	3.67E-08	3.26E-08	2.54E-08	1.93E-08	1.22E-08	6.51E-09	3.88E-09	2.70E-09	2.05E-09	1.62E-09	1.33E-09	1.10E-09
W	3.46E-08	2.70E-08	1.92E-08	1.38E-08	8.18E-09	4.07E-09	2.28E-09	1.54E-09	1.14E-09	8.71E-10	6.99E-10	5.72E-10
WNW	4.44E-08	3.38E-08	2.31E-08	1.62E-08	9.41E-09	4.73E-09	2.73E-09	1.87E-09	1.40E-09	1.09E-09	8.85E-10	7.25E-10
NW	5.09E-08	5.02E-08	3.68E-08	2.61E-08	1.48E-08	7.06E-09	3.89E-09	2.60E-09	1.92E-09	1.47E-09	1.16E-09	9.53E-10
NNW	7.46E-08	7.31E-08	5.54E-08	3.87E-08	2.11E-08	9.71E-09	5.24E-09	3.48E-09	2.56E-09	1.96E-09	1.54E-09	1.28E-09

表 5.2-3 (2/5) 放射性核素长期大气弥散因子 (^{60}Co) (一、二号机组)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	1.04E-07	1.03E-07	6.54E-08	4.04E-08	1.97E-08	8.49E-09	4.50E-09	2.93E-09	2.11E-09	1.58E-09	1.22E-09	1.01E-09
NNE	1.41E-07	1.06E-07	6.72E-08	3.99E-08	1.88E-08	7.86E-09	4.04E-09	2.60E-09	1.85E-09	1.38E-09	1.06E-09	8.86E-10
NE	1.49E-07	1.14E-07	7.11E-08	4.07E-08	1.99E-08	8.80E-09	4.73E-09	3.10E-09	2.25E-09	1.71E-09	1.33E-09	1.11E-09
ENE	1.47E-07	1.12E-07	6.72E-08	3.31E-08	1.45E-08	6.04E-09	3.21E-09	2.08E-09	1.50E-09	1.15E-09	9.03E-10	7.46E-10
E	1.16E-07	7.78E-08	3.83E-08	1.76E-08	8.36E-09	3.97E-09	2.29E-09	1.55E-09	1.16E-09	9.02E-10	7.27E-10	6.08E-10
ESE	1.15E-07	2.61E-08	1.51E-08	7.40E-09	3.93E-09	2.03E-09	1.20E-09	8.12E-10	5.98E-10	4.66E-10	3.77E-10	3.15E-10
SE	3.74E-07	6.11E-08	1.37E-08	6.15E-09	3.13E-09	1.65E-09	9.97E-10	6.82E-10	5.04E-10	3.89E-10	3.09E-10	2.55E-10
SSE	3.65E-07	3.68E-07	1.38E-07	4.60E-08	1.22E-08	3.36E-09	1.49E-09	9.05E-10	6.30E-10	4.71E-10	3.66E-10	2.98E-10
S	1.52E-07	3.30E-07	2.06E-07	1.15E-07	4.98E-08	1.92E-08	9.40E-09	5.92E-09	4.20E-09	3.17E-09	2.42E-09	1.99E-09
SSW	6.47E-08	1.11E-07	1.20E-07	8.80E-08	4.53E-08	1.86E-08	9.09E-09	5.65E-09	3.95E-09	2.94E-09	2.18E-09	1.75E-09
SW	4.23E-08	4.88E-08	4.69E-08	3.73E-08	2.25E-08	1.08E-08	5.85E-09	3.85E-09	2.79E-09	2.12E-09	1.64E-09	1.33E-09
WSW	3.61E-08	3.19E-08	2.46E-08	1.86E-08	1.15E-08	5.99E-09	3.46E-09	2.34E-09	1.73E-09	1.33E-09	1.05E-09	8.50E-10
W	3.40E-08	2.64E-08	1.86E-08	1.32E-08	7.67E-09	3.68E-09	1.99E-09	1.30E-09	9.34E-10	6.99E-10	5.44E-10	4.35E-10
WNW	4.37E-08	3.32E-08	2.25E-08	1.56E-08	8.93E-09	4.39E-09	2.46E-09	1.64E-09	1.19E-09	9.01E-10	7.08E-10	5.64E-10
NW	5.02E-08	4.94E-08	3.60E-08	2.54E-08	1.43E-08	6.63E-09	3.55E-09	2.31E-09	1.66E-09	1.25E-09	9.60E-10	7.69E-10
NNW	7.36E-08	7.19E-08	5.42E-08	3.76E-08	2.03E-08	9.06E-09	4.73E-09	3.06E-09	2.19E-09	1.64E-09	1.26E-09	1.02E-09

表 5.2-3 (3/5) 放射性核素长期大气弥散因子 (^{131}I) (一、二号机组)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	9.26E-08	9.14E-08	5.66E-08	3.38E-08	1.51E-08	5.41E-09	2.21E-09	1.12E-09	6.51E-10	4.11E-10	2.71E-10	1.98E-10
NNE	1.25E-07	9.13E-08	5.74E-08	3.32E-08	1.45E-08	5.09E-09	2.07E-09	1.08E-09	6.43E-10	4.16E-10	2.79E-10	2.07E-10
NE	1.31E-07	9.81E-08	5.96E-08	3.34E-08	1.52E-08	5.72E-09	2.41E-09	1.23E-09	7.05E-10	4.32E-10	2.68E-10	1.85E-10
ENE	1.28E-07	8.76E-08	5.01E-08	2.40E-08	9.81E-09	3.52E-09	1.48E-09	7.42E-10	4.18E-10	2.55E-10	1.59E-10	1.08E-10
E	9.39E-08	5.63E-08	2.65E-08	1.21E-08	5.74E-09	2.43E-09	1.11E-09	5.75E-10	3.24E-10	1.93E-10	1.19E-10	7.75E-11
ESE	1.00E-07	1.46E-08	7.96E-09	4.35E-09	2.52E-09	1.18E-09	5.31E-10	2.60E-10	1.37E-10	7.64E-11	4.45E-11	2.74E-11
SE	3.44E-07	5.06E-08	9.14E-09	3.99E-09	1.98E-09	8.56E-10	3.67E-10	1.71E-10	8.72E-11	4.74E-11	2.69E-11	1.67E-11
SSE	3.40E-07	3.29E-07	1.18E-07	3.70E-08	8.77E-09	1.96E-09	6.43E-10	2.80E-10	1.41E-10	7.92E-11	4.70E-11	3.08E-11
S	1.41E-07	3.02E-07	1.82E-07	9.67E-08	3.84E-08	1.27E-08	5.18E-09	2.80E-09	1.75E-09	1.19E-09	8.27E-10	6.27E-10
SSW	5.92E-08	1.02E-07	1.09E-07	7.69E-08	3.66E-08	1.29E-08	5.27E-09	2.83E-09	1.75E-09	1.18E-09	7.87E-10	5.80E-10
SW	3.82E-08	4.46E-08	4.28E-08	3.31E-08	1.84E-08	7.29E-09	3.03E-09	1.56E-09	9.07E-10	5.66E-10	3.58E-10	2.45E-10
WSW	3.33E-08	2.90E-08	2.21E-08	1.62E-08	9.22E-09	3.90E-09	1.68E-09	8.53E-10	4.84E-10	2.95E-10	1.88E-10	1.27E-10
W	3.17E-08	2.44E-08	1.69E-08	1.16E-08	6.14E-09	2.39E-09	9.59E-10	4.78E-10	2.71E-10	1.65E-10	1.06E-10	7.33E-11
WNW	4.00E-08	3.01E-08	2.00E-08	1.35E-08	7.11E-09	2.89E-09	1.22E-09	6.22E-10	3.58E-10	2.24E-10	1.48E-10	1.03E-10
NW	4.57E-08	4.43E-08	3.18E-08	2.18E-08	1.13E-08	4.36E-09	1.80E-09	9.24E-10	5.41E-10	3.42E-10	2.23E-10	1.57E-10
NNW	6.61E-08	6.40E-08	4.76E-08	3.20E-08	1.59E-08	5.94E-09	2.43E-09	1.27E-09	7.51E-10	4.81E-10	3.15E-10	2.25E-10

表 5.2-3（4/5） 放射性核素长期大气弥散因子（¹³⁷Cs）（一、二号机组）单位：s/m³

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	1.04E-07	1.03E-07	6.54E-08	4.04E-08	1.97E-08	8.49E-09	4.50E-09	2.93E-09	2.11E-09	1.58E-09	1.22E-09	1.01E-09
NNE	1.41E-07	1.06E-07	6.72E-08	3.99E-08	1.88E-08	7.86E-09	4.04E-09	2.60E-09	1.85E-09	1.38E-09	1.06E-09	8.86E-10
NE	1.49E-07	1.14E-07	7.11E-08	4.07E-08	1.99E-08	8.80E-09	4.73E-09	3.10E-09	2.25E-09	1.71E-09	1.33E-09	1.11E-09
ENE	1.47E-07	1.12E-07	6.72E-08	3.31E-08	1.45E-08	6.04E-09	3.21E-09	2.08E-09	1.50E-09	1.15E-09	9.03E-10	7.46E-10
E	1.16E-07	7.78E-08	3.83E-08	1.76E-08	8.36E-09	3.97E-09	2.29E-09	1.55E-09	1.16E-09	9.02E-10	7.27E-10	6.08E-10
ESE	1.15E-07	2.61E-08	1.51E-08	7.40E-09	3.93E-09	2.03E-09	1.20E-09	8.12E-10	5.98E-10	4.66E-10	3.77E-10	3.15E-10
SE	3.74E-07	6.11E-08	1.37E-08	6.15E-09	3.13E-09	1.65E-09	9.97E-10	6.82E-10	5.05E-10	3.89E-10	3.09E-10	2.55E-10
SSE	3.65E-07	3.68E-07	1.38E-07	4.60E-08	1.22E-08	3.36E-09	1.49E-09	9.05E-10	6.30E-10	4.71E-10	3.66E-10	2.98E-10
S	1.52E-07	3.30E-07	2.06E-07	1.15E-07	4.98E-08	1.92E-08	9.40E-09	5.92E-09	4.20E-09	3.17E-09	2.42E-09	1.99E-09
SSW	6.47E-08	1.11E-07	1.20E-07	8.80E-08	4.53E-08	1.86E-08	9.09E-09	5.65E-09	3.95E-09	2.94E-09	2.18E-09	1.75E-09
SW	4.23E-08	4.88E-08	4.69E-08	3.73E-08	2.25E-08	1.08E-08	5.85E-09	3.85E-09	2.79E-09	2.12E-09	1.64E-09	1.33E-09
WSW	3.61E-08	3.19E-08	2.46E-08	1.86E-08	1.15E-08	5.99E-09	3.46E-09	2.34E-09	1.73E-09	1.33E-09	1.05E-09	8.50E-10
W	3.40E-08	2.64E-08	1.86E-08	1.32E-08	7.67E-09	3.68E-09	1.99E-09	1.30E-09	9.34E-10	6.99E-10	5.44E-10	4.35E-10
WNW	4.37E-08	3.32E-08	2.25E-08	1.56E-08	8.93E-09	4.39E-09	2.46E-09	1.64E-09	1.19E-09	9.01E-10	7.08E-10	5.65E-10
NW	5.02E-08	4.94E-08	3.60E-08	2.54E-08	1.43E-08	6.63E-09	3.55E-09	2.31E-09	1.66E-09	1.25E-09	9.60E-10	7.69E-10
NNW	7.36E-08	7.19E-08	5.42E-08	3.76E-08	2.03E-08	9.06E-09	4.73E-09	3.06E-09	2.19E-09	1.64E-09	1.26E-09	1.02E-09

表 5.2-3 (5/5) 放射性核素长期大气弥散因子 (^{90}Sr) (一、二号机组)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	1.04E-07	1.03E-07	6.54E-08	4.04E-08	1.97E-08	8.49E-09	4.50E-09	2.93E-09	2.11E-09	1.58E-09	1.22E-09	1.01E-09
NNE	1.41E-07	1.06E-07	6.72E-08	3.99E-08	1.88E-08	7.86E-09	4.04E-09	2.60E-09	1.85E-09	1.38E-09	1.06E-09	8.86E-10
NE	1.49E-07	1.14E-07	7.11E-08	4.07E-08	1.99E-08	8.80E-09	4.73E-09	3.10E-09	2.25E-09	1.71E-09	1.33E-09	1.11E-09
ENE	1.47E-07	1.12E-07	6.72E-08	3.31E-08	1.45E-08	6.04E-09	3.21E-09	2.08E-09	1.50E-09	1.15E-09	9.03E-10	7.46E-10
E	1.16E-07	7.78E-08	3.83E-08	1.76E-08	8.36E-09	3.97E-09	2.29E-09	1.55E-09	1.16E-09	9.02E-10	7.27E-10	6.08E-10
ESE	1.15E-07	2.61E-08	1.51E-08	7.40E-09	3.93E-09	2.03E-09	1.20E-09	8.12E-10	5.98E-10	4.66E-10	3.77E-10	3.15E-10
SE	3.74E-07	6.11E-08	1.37E-08	6.15E-09	3.13E-09	1.65E-09	9.97E-10	6.82E-10	5.05E-10	3.89E-10	3.09E-10	2.55E-10
SSE	3.65E-07	3.68E-07	1.38E-07	4.60E-08	1.22E-08	3.36E-09	1.49E-09	9.05E-10	6.30E-10	4.71E-10	3.66E-10	2.98E-10
S	1.52E-07	3.30E-07	2.06E-07	1.15E-07	4.98E-08	1.92E-08	9.40E-09	5.92E-09	4.20E-09	3.17E-09	2.42E-09	1.99E-09
SSW	6.47E-08	1.11E-07	1.20E-07	8.80E-08	4.53E-08	1.86E-08	9.09E-09	5.65E-09	3.95E-09	2.94E-09	2.18E-09	1.75E-09
SW	4.23E-08	4.88E-08	4.69E-08	3.73E-08	2.25E-08	1.08E-08	5.85E-09	3.85E-09	2.79E-09	2.12E-09	1.64E-09	1.33E-09
WSW	3.61E-08	3.19E-08	2.46E-08	1.86E-08	1.15E-08	5.99E-09	3.46E-09	2.34E-09	1.73E-09	1.33E-09	1.05E-09	8.50E-10
W	3.40E-08	2.64E-08	1.86E-08	1.32E-08	7.67E-09	3.68E-09	1.99E-09	1.30E-09	9.34E-10	6.99E-10	5.44E-10	4.35E-10
WNW	4.37E-08	3.32E-08	2.25E-08	1.56E-08	8.93E-09	4.39E-09	2.46E-09	1.64E-09	1.19E-09	9.01E-10	7.08E-10	5.65E-10
NW	5.02E-08	4.94E-08	3.60E-08	2.54E-08	1.43E-08	6.63E-09	3.55E-09	2.31E-09	1.66E-09	1.25E-09	9.60E-10	7.69E-10
NNW	7.36E-08	7.19E-08	5.42E-08	3.76E-08	2.03E-08	9.06E-09	4.73E-09	3.06E-09	2.19E-09	1.64E-09	1.26E-09	1.02E-09

表 5.2-4（1/4） 放射性核素长期地面沉积因子（⁶⁰Co）（一、二号机组）单位：1/m²

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	1.11E-09	1.11E-09	5.34E-10	2.81E-10	1.24E-10	5.24E-11	2.85E-11	1.93E-11	1.44E-11	1.14E-11	9.34E-12	7.90E-12
NNE	1.51E-09	6.08E-10	5.09E-10	3.74E-10	2.20E-10	1.14E-10	6.86E-11	4.89E-11	3.79E-11	3.08E-11	2.59E-11	2.24E-11
NE	1.22E-09	1.22E-09	7.24E-10	3.84E-10	1.83E-10	8.40E-11	4.82E-11	3.34E-11	2.55E-11	2.05E-11	1.71E-11	1.47E-11
ENE	1.47E-09	9.28E-10	5.22E-10	2.68E-10	1.27E-10	5.89E-11	3.40E-11	2.36E-11	1.80E-11	1.46E-11	1.21E-11	1.04E-11
E	1.13E-09	7.63E-10	4.68E-10	2.46E-10	1.24E-10	6.01E-11	3.57E-11	2.51E-11	1.94E-11	1.57E-11	1.32E-11	1.14E-11
ESE	8.28E-10	3.18E-10	2.11E-10	1.15E-10	5.98E-11	2.97E-11	1.78E-11	1.25E-11	9.65E-12	7.83E-12	6.59E-12	5.68E-12
SE	1.97E-09	3.79E-10	1.43E-10	7.44E-11	3.72E-11	1.83E-11	1.09E-11	7.65E-12	5.87E-12	4.74E-12	3.97E-12	3.41E-12
SSE	2.11E-09	1.73E-09	7.06E-10	2.73E-10	9.05E-11	3.14E-11	1.59E-11	1.04E-11	7.68E-12	6.06E-12	4.98E-12	4.23E-12
S	1.30E-09	1.69E-09	1.06E-09	6.26E-10	3.08E-10	1.42E-10	8.08E-11	5.60E-11	4.27E-11	3.44E-11	2.86E-11	2.45E-11
SSW	1.03E-09	7.56E-10	6.74E-10	4.95E-10	2.82E-10	1.39E-10	8.04E-11	5.62E-11	4.30E-11	3.47E-11	2.88E-11	2.45E-11
SW	9.70E-10	7.21E-10	4.29E-10	2.80E-10	1.53E-10	7.47E-11	4.32E-11	3.01E-11	2.30E-11	1.84E-11	1.53E-11	1.27E-11
WSW	5.37E-10	5.70E-10	4.06E-10	2.93E-10	1.78E-10	9.43E-11	5.72E-11	4.09E-11	3.18E-11	2.59E-11	2.18E-11	1.80E-11
W	4.13E-10	2.84E-10	1.81E-10	1.25E-10	7.29E-11	3.75E-11	2.22E-11	1.57E-11	1.21E-11	9.78E-12	8.19E-12	6.71E-12
WNW	7.46E-10	5.12E-10	3.23E-10	2.22E-10	1.29E-10	6.71E-11	4.03E-11	2.87E-11	2.22E-11	1.80E-11	1.52E-11	1.24E-11
NW	7.51E-10	4.81E-10	2.97E-10	1.99E-10	1.12E-10	5.58E-11	3.27E-11	2.30E-11	1.76E-11	1.42E-11	1.18E-11	9.74E-12
NNW	7.07E-10	6.58E-10	5.32E-10	3.92E-10	2.34E-10	1.22E-10	7.34E-11	5.23E-11	4.05E-11	3.29E-11	2.77E-11	2.32E-11

表 5.2-4（2/4） 放射性核素长期地面沉积因子（¹³¹I）（一、二号机组）单位：1/m²

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	3.58E-09	3.55E-09	2.09E-09	1.22E-09	5.41E-10	1.97E-10	8.42E-11	4.51E-11	2.79E-11	1.88E-11	1.34E-11	1.04E-11
NNE	4.85E-09	3.19E-09	2.10E-09	1.27E-09	5.88E-10	2.30E-10	1.08E-10	6.45E-11	4.41E-11	3.26E-11	2.53E-11	2.08E-11
NE	4.82E-09	3.82E-09	2.31E-09	1.28E-09	5.85E-10	2.29E-10	1.04E-10	5.82E-11	3.70E-11	2.56E-11	1.85E-11	1.45E-11
ENE	4.90E-09	3.29E-09	1.87E-09	9.07E-10	3.82E-10	1.45E-10	6.63E-11	3.71E-11	2.37E-11	1.66E-11	1.22E-11	9.60E-12
E	3.62E-09	2.22E-09	1.12E-09	5.33E-10	2.57E-10	1.14E-10	5.70E-11	3.35E-11	2.21E-11	1.57E-11	1.19E-11	9.47E-12
ESE	3.62E-09	6.48E-10	3.79E-10	2.08E-10	1.16E-10	5.53E-11	2.76E-11	1.58E-11	1.02E-11	7.19E-12	5.43E-12	4.35E-12
SE	1.18E-08	1.79E-09	3.72E-10	1.70E-10	8.47E-11	3.77E-11	1.79E-11	9.80E-12	6.13E-12	4.24E-12	3.16E-12	2.53E-12
SSE	1.18E-08	1.12E-08	4.06E-09	1.31E-09	3.26E-10	7.99E-11	2.94E-11	1.49E-11	8.94E-12	6.05E-12	4.43E-12	3.48E-12
S	5.19E-09	1.04E-08	6.27E-09	3.37E-09	1.37E-09	4.79E-10	2.09E-10	1.20E-10	7.96E-11	5.75E-11	4.28E-11	3.42E-11
SSW	2.51E-09	3.64E-09	3.78E-09	2.68E-09	1.30E-09	4.84E-10	2.11E-10	1.21E-10	8.01E-11	5.74E-11	4.20E-11	3.30E-11
SW	1.83E-09	1.86E-09	1.60E-09	1.20E-09	6.62E-10	2.70E-10	1.19E-10	6.53E-11	4.10E-11	2.79E-11	1.97E-11	1.48E-11
WSW	1.39E-09	1.28E-09	9.51E-10	6.94E-10	4.01E-10	1.81E-10	8.84E-11	5.22E-11	3.50E-11	2.54E-11	1.96E-11	1.53E-11
W	1.25E-09	9.40E-10	6.39E-10	4.38E-10	2.36E-10	9.72E-11	4.32E-11	2.43E-11	1.57E-11	1.11E-11	8.29E-12	6.36E-12
WNW	1.73E-09	1.27E-09	8.32E-10	5.62E-10	3.04E-10	1.33E-10	6.35E-11	3.73E-11	2.51E-11	1.83E-11	1.42E-11	1.11E-11
NW	1.91E-09	1.68E-09	1.17E-09	7.98E-10	4.18E-10	1.69E-10	7.53E-11	4.22E-11	2.71E-11	1.90E-11	1.39E-11	1.07E-11
NNW	2.50E-09	2.40E-09	1.81E-09	1.24E-09	6.42E-10	2.62E-10	1.22E-10	7.22E-11	4.88E-11	3.58E-11	2.74E-11	2.18E-11

表 5.2-4（3/4） 放射性核素长期地面沉积因子（¹³⁷Cs）（一、二号机组）单位：1/m²

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	1.11E-09	1.11E-09	5.34E-10	2.81E-10	1.24E-10	5.24E-11	2.85E-11	1.93E-11	1.44E-11	1.14E-11	9.34E-12	7.90E-12
NNE	1.51E-09	6.08E-10	5.09E-10	3.74E-10	2.20E-10	1.14E-10	6.86E-11	4.89E-11	3.79E-11	3.08E-11	2.59E-11	2.24E-11
NE	1.22E-09	1.22E-09	7.24E-10	3.84E-10	1.83E-10	8.40E-11	4.82E-11	3.34E-11	2.55E-11	2.05E-11	1.71E-11	1.47E-11
ENE	1.47E-09	9.28E-10	5.22E-10	2.68E-10	1.27E-10	5.89E-11	3.40E-11	2.36E-11	1.80E-11	1.46E-11	1.21E-11	1.04E-11
E	1.13E-09	7.63E-10	4.68E-10	2.46E-10	1.24E-10	6.01E-11	3.57E-11	2.51E-11	1.94E-11	1.57E-11	1.32E-11	1.14E-11
ESE	8.28E-10	3.18E-10	2.11E-10	1.15E-10	5.98E-11	2.97E-11	1.78E-11	1.25E-11	9.65E-12	7.83E-12	6.59E-12	5.68E-12
SE	1.97E-09	3.79E-10	1.43E-10	7.44E-11	3.72E-11	1.83E-11	1.09E-11	7.65E-12	5.87E-12	4.74E-12	3.97E-12	3.41E-12
SSE	2.11E-09	1.73E-09	7.06E-10	2.73E-10	9.05E-11	3.14E-11	1.59E-11	1.04E-11	7.68E-12	6.06E-12	4.98E-12	4.23E-12
S	1.30E-09	1.69E-09	1.06E-09	6.26E-10	3.08E-10	1.42E-10	8.08E-11	5.60E-11	4.27E-11	3.44E-11	2.86E-11	2.45E-11
SSW	1.03E-09	7.56E-10	6.74E-10	4.95E-10	2.82E-10	1.39E-10	8.04E-11	5.62E-11	4.30E-11	3.47E-11	2.88E-11	2.45E-11
SW	9.70E-10	7.21E-10	4.29E-10	2.80E-10	1.53E-10	7.47E-11	4.32E-11	3.01E-11	2.30E-11	1.84E-11	1.53E-11	1.27E-11
WSW	5.37E-10	5.70E-10	4.06E-10	2.93E-10	1.78E-10	9.43E-11	5.72E-11	4.09E-11	3.18E-11	2.59E-11	2.18E-11	1.80E-11
W	4.13E-10	2.84E-10	1.81E-10	1.25E-10	7.29E-11	3.75E-11	2.22E-11	1.57E-11	1.21E-11	9.78E-12	8.19E-12	6.71E-12
WNW	7.46E-10	5.12E-10	3.23E-10	2.22E-10	1.29E-10	6.71E-11	4.03E-11	2.87E-11	2.22E-11	1.80E-11	1.52E-11	1.24E-11
NW	7.51E-10	4.81E-10	2.97E-10	1.99E-10	1.12E-10	5.58E-11	3.27E-11	2.30E-11	1.76E-11	1.42E-11	1.18E-11	9.74E-12
NNW	7.07E-10	6.58E-10	5.32E-10	3.92E-10	2.34E-10	1.22E-10	7.34E-11	5.23E-11	4.05E-11	3.29E-11	2.77E-11	2.32E-11

表 5.2-4（4/4） 放射性核素长期地面沉积因子（⁹⁰Sr）（一、二号机组）单位：1/m²

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	1.11E-09	1.11E-09	5.34E-10	2.81E-10	1.24E-10	5.24E-11	2.85E-11	1.93E-11	1.44E-11	1.14E-11	9.34E-12	7.90E-12
NNE	1.51E-09	6.08E-10	5.09E-10	3.74E-10	2.20E-10	1.14E-10	6.86E-11	4.89E-11	3.79E-11	3.08E-11	2.59E-11	2.24E-11
NE	1.22E-09	1.22E-09	7.24E-10	3.84E-10	1.83E-10	8.40E-11	4.82E-11	3.34E-11	2.55E-11	2.05E-11	1.71E-11	1.47E-11
ENE	1.47E-09	9.28E-10	5.22E-10	2.68E-10	1.27E-10	5.89E-11	3.40E-11	2.36E-11	1.80E-11	1.46E-11	1.21E-11	1.04E-11
E	1.13E-09	7.63E-10	4.68E-10	2.46E-10	1.24E-10	6.01E-11	3.57E-11	2.51E-11	1.94E-11	1.57E-11	1.32E-11	1.14E-11
ESE	8.28E-10	3.18E-10	2.11E-10	1.15E-10	5.98E-11	2.97E-11	1.78E-11	1.25E-11	9.65E-12	7.83E-12	6.59E-12	5.68E-12
SE	1.97E-09	3.79E-10	1.43E-10	7.44E-11	3.72E-11	1.83E-11	1.09E-11	7.65E-12	5.87E-12	4.74E-12	3.97E-12	3.41E-12
SSE	2.11E-09	1.73E-09	7.06E-10	2.73E-10	9.05E-11	3.14E-11	1.59E-11	1.04E-11	7.68E-12	6.06E-12	4.98E-12	4.23E-12
S	1.30E-09	1.69E-09	1.06E-09	6.26E-10	3.08E-10	1.42E-10	8.08E-11	5.60E-11	4.27E-11	3.44E-11	2.86E-11	2.45E-11
SSW	1.03E-09	7.56E-10	6.74E-10	4.95E-10	2.82E-10	1.39E-10	8.04E-11	5.62E-11	4.30E-11	3.47E-11	2.88E-11	2.45E-11
SW	9.70E-10	7.21E-10	4.29E-10	2.80E-10	1.53E-10	7.47E-11	4.32E-11	3.01E-11	2.30E-11	1.84E-11	1.53E-11	1.27E-11
WSW	5.37E-10	5.70E-10	4.06E-10	2.93E-10	1.78E-10	9.43E-11	5.72E-11	4.09E-11	3.18E-11	2.59E-11	2.18E-11	1.80E-11
W	4.13E-10	2.84E-10	1.81E-10	1.25E-10	7.29E-11	3.75E-11	2.22E-11	1.57E-11	1.21E-11	9.78E-12	8.19E-12	6.71E-12
WNW	7.46E-10	5.12E-10	3.23E-10	2.22E-10	1.29E-10	6.71E-11	4.03E-11	2.87E-11	2.22E-11	1.80E-11	1.52E-11	1.24E-11
NW	7.51E-10	4.81E-10	2.97E-10	1.99E-10	1.12E-10	5.58E-11	3.27E-11	2.30E-11	1.76E-11	1.42E-11	1.18E-11	9.74E-12
NNW	7.07E-10	6.58E-10	5.32E-10	3.92E-10	2.34E-10	1.22E-10	7.34E-11	5.23E-11	4.05E-11	3.29E-11	2.77E-11	2.32E-11

表 5.2-5（1/5） 放射性核素长期大气弥散因子（⁸⁵Kr）（三、四号机组）单位：s/m³

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	3.07E-07	1.79E-07	9.79E-08	5.57E-08	2.60E-08	1.12E-08	5.95E-09	3.94E-09	2.91E-09	2.27E-09	1.81E-09	1.55E-09
NNE	3.41E-07	1.91E-07	9.96E-08	5.52E-08	2.51E-08	1.04E-08	5.46E-09	3.60E-09	2.65E-09	2.05E-09	1.63E-09	1.39E-09
NE	2.92E-07	1.66E-07	8.99E-08	5.22E-08	2.51E-08	1.11E-08	6.07E-09	4.10E-09	3.07E-09	2.42E-09	1.95E-09	1.66E-09
ENE	3.77E-07	1.93E-07	9.03E-08	4.80E-08	2.17E-08	9.46E-09	5.22E-09	3.56E-09	2.69E-09	2.15E-09	1.77E-09	1.52E-09
E	1.76E-07	9.13E-08	4.41E-08	2.46E-08	1.22E-08	5.85E-09	3.43E-09	2.42E-09	1.86E-09	1.50E-09	1.26E-09	1.09E-09
ESE	1.31E-07	6.64E-08	3.09E-08	1.70E-08	8.41E-09	4.08E-09	2.41E-09	1.70E-09	1.31E-09	1.06E-09	8.90E-10	7.71E-10
SE	8.45E-08	4.31E-08	2.03E-08	1.14E-08	5.91E-09	3.01E-09	1.83E-09	1.30E-09	1.01E-09	8.23E-10	6.91E-10	6.00E-10
SSE	1.38E-07	6.87E-08	3.06E-08	1.60E-08	7.43E-09	3.46E-09	2.01E-09	1.42E-09	1.09E-09	8.81E-10	7.38E-10	6.39E-10
S	1.41E-06	7.32E-07	3.40E-07	1.75E-07	7.35E-08	2.86E-08	1.45E-08	9.40E-09	6.86E-09	5.34E-09	4.28E-09	3.61E-09
SSW	1.08E-06	5.80E-07	2.84E-07	1.51E-07	6.38E-08	2.43E-08	1.18E-08	7.47E-09	5.33E-09	4.06E-09	3.14E-09	2.61E-09
SW	1.67E-07	1.17E-07	8.01E-08	5.20E-08	2.67E-08	1.20E-08	6.56E-09	4.40E-09	3.28E-09	2.56E-09	2.04E-09	1.74E-09
WSW	1.05E-07	6.84E-08	4.44E-08	2.91E-08	1.56E-08	7.51E-09	4.28E-09	2.94E-09	2.22E-09	1.75E-09	1.43E-09	1.23E-09
W	9.89E-08	6.17E-08	3.71E-08	2.28E-08	1.14E-08	5.10E-09	2.76E-09	1.85E-09	1.36E-09	1.05E-09	8.36E-10	7.17E-10
WNW	1.04E-07	6.61E-08	3.97E-08	2.41E-08	1.21E-08	5.56E-09	3.09E-09	2.09E-09	1.56E-09	1.22E-09	9.81E-10	8.43E-10
NW	2.13E-07	1.27E-07	7.18E-08	4.21E-08	2.01E-08	8.66E-09	4.60E-09	3.04E-09	2.23E-09	1.73E-09	1.36E-09	1.16E-09
NNW	3.51E-07	2.03E-07	1.10E-07	6.30E-08	2.92E-08	1.22E-08	6.41E-09	4.22E-09	3.09E-09	2.39E-09	1.89E-09	1.60E-09

表 5.2-5（2/5） 放射性核素长期大气弥散因子（⁶⁰Co）（三、四号机组）单位：s/m³

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	3.00E-07	1.74E-07	9.40E-08	5.30E-08	2.43E-08	1.01E-08	5.14E-09	3.29E-09	2.35E-09	1.77E-09	1.36E-09	1.13E-09
NNE	3.35E-07	1.86E-07	9.55E-08	5.23E-08	2.31E-08	9.24E-09	4.61E-09	2.93E-09	2.08E-09	1.56E-09	1.20E-09	9.92E-10
NE	2.81E-07	1.58E-07	8.41E-08	4.81E-08	2.25E-08	9.55E-09	4.97E-09	3.22E-09	2.32E-09	1.77E-09	1.36E-09	1.13E-09
ENE	3.61E-07	1.81E-07	8.19E-08	4.23E-08	1.83E-08	7.44E-09	3.80E-09	2.43E-09	1.72E-09	1.31E-09	1.02E-09	8.33E-10
E	1.68E-07	8.50E-08	3.96E-08	2.16E-08	1.03E-08	4.66E-09	2.57E-09	1.72E-09	1.27E-09	9.81E-10	7.84E-10	6.52E-10
ESE	1.19E-07	5.76E-08	2.50E-08	1.31E-08	6.11E-09	2.72E-09	1.47E-09	9.69E-10	6.99E-10	5.32E-10	4.24E-10	3.51E-10
SE	7.93E-08	3.93E-08	1.78E-08	9.80E-09	4.90E-09	2.35E-09	1.32E-09	8.79E-10	6.35E-10	4.84E-10	3.80E-10	3.10E-10
SSE	1.29E-07	6.31E-08	2.72E-08	1.38E-08	6.16E-09	2.71E-09	1.47E-09	9.65E-10	6.93E-10	5.26E-10	4.14E-10	3.37E-10
S	1.39E-06	7.15E-07	3.28E-07	1.67E-07	6.85E-08	2.57E-08	1.24E-08	7.74E-09	5.46E-09	4.12E-09	3.20E-09	2.62E-09
SSW	1.07E-06	5.71E-07	2.78E-07	1.46E-07	6.05E-08	2.23E-08	1.05E-08	6.39E-09	4.43E-09	3.29E-09	2.48E-09	2.02E-09
SW	1.64E-07	1.15E-07	7.81E-08	5.04E-08	2.54E-08	1.11E-08	5.80E-09	3.76E-09	2.71E-09	2.06E-09	1.58E-09	1.31E-09
WSW	1.02E-07	6.60E-08	4.24E-08	2.75E-08	1.45E-08	6.75E-09	3.71E-09	2.46E-09	1.79E-09	1.38E-09	1.09E-09	9.09E-10
W	9.31E-08	5.76E-08	3.44E-08	2.08E-08	1.01E-08	4.33E-09	2.24E-09	1.44E-09	1.03E-09	7.72E-10	5.95E-10	4.96E-10
WNW	1.02E-07	6.42E-08	3.81E-08	2.28E-08	1.13E-08	5.04E-09	2.69E-09	1.76E-09	1.27E-09	9.59E-10	7.43E-10	6.19E-10
NW	2.09E-07	1.23E-07	6.92E-08	4.02E-08	1.88E-08	7.82E-09	3.98E-09	2.54E-09	1.80E-09	1.35E-09	1.03E-09	8.57E-10
NNW	3.44E-07	1.98E-07	1.07E-07	6.03E-08	2.74E-08	1.11E-08	5.57E-09	3.54E-09	2.52E-09	1.89E-09	1.45E-09	1.20E-09

表 5.2-5 (3/5) 放射性核素长期大气弥散因子 (^{131}I) (三、四号机组)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	2.46E-07	1.38E-07	7.26E-08	3.96E-08	1.66E-08	5.64E-09	2.20E-09	1.14E-09	6.88E-10	4.57E-10	3.16E-10	2.39E-10
NNE	2.78E-07	1.48E-07	7.28E-08	3.84E-08	1.55E-08	5.20E-09	2.07E-09	1.10E-09	6.69E-10	4.47E-10	3.11E-10	2.35E-10
NE	2.10E-07	1.13E-07	5.91E-08	3.34E-08	1.47E-08	5.34E-09	2.19E-09	1.12E-09	6.44E-10	3.99E-10	2.51E-10	1.74E-10
ENE	2.53E-07	1.14E-07	4.64E-08	2.30E-08	9.39E-09	3.31E-09	1.33E-09	6.75E-10	3.87E-10	2.41E-10	1.55E-10	1.07E-10
E	1.07E-07	4.80E-08	2.04E-08	1.12E-08	5.39E-09	2.27E-09	1.02E-09	5.37E-10	3.09E-10	1.90E-10	1.22E-10	8.29E-11
ESE	5.24E-08	2.14E-08	8.71E-09	5.17E-09	2.72E-09	1.17E-09	5.08E-10	2.55E-10	1.41E-10	8.42E-11	5.33E-11	3.60E-11
SE	4.91E-08	2.07E-08	8.10E-09	4.52E-09	2.25E-09	9.16E-10	3.76E-10	1.81E-10	9.91E-11	6.01E-11	3.91E-11	2.77E-11
SSE	9.14E-08	3.81E-08	1.32E-08	6.05E-09	2.51E-09	9.54E-10	3.78E-10	1.75E-10	9.26E-11	5.49E-11	3.52E-11	2.46E-11
S	1.23E-06	6.01E-07	2.57E-07	1.23E-07	4.58E-08	1.46E-08	5.85E-09	3.19E-09	2.02E-09	1.40E-09	1.01E-09	7.85E-10
SSW	9.75E-07	5.01E-07	2.32E-07	1.16E-07	4.42E-08	1.39E-08	5.38E-09	2.84E-09	1.75E-09	1.18E-09	8.15E-10	6.14E-10
SW	1.41E-07	9.84E-08	6.70E-08	4.22E-08	1.95E-08	6.99E-09	2.79E-09	1.42E-09	8.22E-10	5.17E-10	3.29E-10	2.31E-10
WSW	8.39E-08	5.39E-08	3.49E-08	2.22E-08	1.07E-08	4.04E-09	1.66E-09	8.50E-10	4.94E-10	3.11E-10	2.05E-10	1.48E-10
W	7.43E-08	4.63E-08	2.80E-08	1.67E-08	7.38E-09	2.56E-09	9.97E-10	5.04E-10	2.94E-10	1.88E-10	1.26E-10	9.39E-11
WNW	8.71E-08	5.38E-08	3.15E-08	1.83E-08	8.26E-09	3.00E-09	1.20E-09	6.07E-10	3.55E-10	2.28E-10	1.54E-10	1.14E-10
NW	1.72E-07	9.98E-08	5.54E-08	3.13E-08	1.34E-08	4.60E-09	1.81E-09	9.29E-10	5.53E-10	3.61E-10	2.44E-10	1.82E-10
NNW	2.95E-07	1.64E-07	8.58E-08	4.68E-08	1.94E-08	6.53E-09	2.60E-09	1.36E-09	8.29E-10	5.52E-10	3.80E-10	2.87E-10

表 5.2-5（4/5） 放射性核素长期大气弥散因子（¹³⁷Cs）（三、四号机组）单位：s/m³

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	3.00E-07	1.74E-07	9.40E-08	5.30E-08	2.43E-08	1.01E-08	5.15E-09	3.29E-09	2.35E-09	1.77E-09	1.36E-09	1.13E-09
NNE	3.35E-07	1.86E-07	9.55E-08	5.23E-08	2.31E-08	9.24E-09	4.61E-09	2.94E-09	2.08E-09	1.56E-09	1.20E-09	9.92E-10
NE	2.81E-07	1.58E-07	8.41E-08	4.81E-08	2.25E-08	9.55E-09	4.97E-09	3.22E-09	2.32E-09	1.77E-09	1.36E-09	1.13E-09
ENE	3.61E-07	1.81E-07	8.19E-08	4.23E-08	1.83E-08	7.44E-09	3.80E-09	2.43E-09	1.72E-09	1.31E-09	1.02E-09	8.34E-10
E	1.68E-07	8.50E-08	3.96E-08	2.16E-08	1.03E-08	4.66E-09	2.57E-09	1.72E-09	1.27E-09	9.81E-10	7.84E-10	6.52E-10
ESE	1.19E-07	5.76E-08	2.50E-08	1.31E-08	6.11E-09	2.72E-09	1.47E-09	9.69E-10	6.99E-10	5.33E-10	4.24E-10	3.51E-10
SE	7.93E-08	3.93E-08	1.78E-08	9.80E-09	4.90E-09	2.35E-09	1.32E-09	8.79E-10	6.35E-10	4.84E-10	3.80E-10	3.10E-10
SSE	1.29E-07	6.31E-08	2.72E-08	1.38E-08	6.16E-09	2.71E-09	1.47E-09	9.65E-10	6.93E-10	5.26E-10	4.14E-10	3.37E-10
S	1.39E-06	7.15E-07	3.28E-07	1.67E-07	6.85E-08	2.57E-08	1.24E-08	7.74E-09	5.46E-09	4.12E-09	3.20E-09	2.62E-09
SSW	1.07E-06	5.71E-07	2.78E-07	1.46E-07	6.05E-08	2.23E-08	1.05E-08	6.39E-09	4.43E-09	3.29E-09	2.48E-09	2.02E-09
SW	1.64E-07	1.15E-07	7.81E-08	5.04E-08	2.54E-08	1.11E-08	5.80E-09	3.76E-09	2.71E-09	2.06E-09	1.58E-09	1.31E-09
WSW	1.02E-07	6.60E-08	4.24E-08	2.75E-08	1.45E-08	6.75E-09	3.71E-09	2.46E-09	1.79E-09	1.38E-09	1.09E-09	9.09E-10
W	9.31E-08	5.76E-08	3.44E-08	2.08E-08	1.01E-08	4.33E-09	2.24E-09	1.44E-09	1.03E-09	7.72E-10	5.95E-10	4.96E-10
WNW	1.02E-07	6.42E-08	3.81E-08	2.28E-08	1.13E-08	5.04E-09	2.69E-09	1.76E-09	1.27E-09	9.59E-10	7.43E-10	6.19E-10
NW	2.09E-07	1.23E-07	6.92E-08	4.02E-08	1.88E-08	7.82E-09	3.98E-09	2.54E-09	1.80E-09	1.35E-09	1.03E-09	8.57E-10
NNW	3.44E-07	1.98E-07	1.07E-07	6.03E-08	2.74E-08	1.11E-08	5.57E-09	3.54E-09	2.52E-09	1.89E-09	1.45E-09	1.20E-09

表 5.2-5 (5/5) 放射性核素长期大气弥散因子 (^{90}Sr) (三、四号机组)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	3.00E-07	1.74E-07	9.40E-08	5.30E-08	2.43E-08	1.01E-08	5.15E-09	3.29E-09	2.35E-09	1.77E-09	1.36E-09	1.13E-09
NNE	3.35E-07	1.86E-07	9.55E-08	5.23E-08	2.31E-08	9.24E-09	4.61E-09	2.94E-09	2.08E-09	1.56E-09	1.20E-09	9.92E-10
NE	2.81E-07	1.58E-07	8.41E-08	4.81E-08	2.25E-08	9.55E-09	4.97E-09	3.22E-09	2.32E-09	1.77E-09	1.36E-09	1.13E-09
ENE	3.61E-07	1.81E-07	8.19E-08	4.23E-08	1.83E-08	7.44E-09	3.80E-09	2.43E-09	1.72E-09	1.31E-09	1.02E-09	8.34E-10
E	1.68E-07	8.50E-08	3.96E-08	2.16E-08	1.03E-08	4.66E-09	2.57E-09	1.72E-09	1.27E-09	9.81E-10	7.84E-10	6.52E-10
ESE	1.19E-07	5.76E-08	2.50E-08	1.31E-08	6.11E-09	2.72E-09	1.47E-09	9.69E-10	6.99E-10	5.33E-10	4.24E-10	3.51E-10
SE	7.93E-08	3.93E-08	1.78E-08	9.80E-09	4.90E-09	2.35E-09	1.32E-09	8.79E-10	6.35E-10	4.84E-10	3.80E-10	3.10E-10
SSE	1.29E-07	6.31E-08	2.72E-08	1.38E-08	6.16E-09	2.71E-09	1.47E-09	9.65E-10	6.93E-10	5.26E-10	4.14E-10	3.37E-10
S	1.39E-06	7.15E-07	3.28E-07	1.67E-07	6.85E-08	2.57E-08	1.24E-08	7.74E-09	5.46E-09	4.12E-09	3.20E-09	2.62E-09
SSW	1.07E-06	5.71E-07	2.78E-07	1.46E-07	6.05E-08	2.23E-08	1.05E-08	6.39E-09	4.43E-09	3.29E-09	2.48E-09	2.02E-09
SW	1.64E-07	1.15E-07	7.81E-08	5.04E-08	2.54E-08	1.11E-08	5.80E-09	3.76E-09	2.71E-09	2.06E-09	1.58E-09	1.31E-09
WSW	1.02E-07	6.60E-08	4.24E-08	2.75E-08	1.45E-08	6.75E-09	3.71E-09	2.46E-09	1.79E-09	1.38E-09	1.09E-09	9.09E-10
W	9.31E-08	5.76E-08	3.44E-08	2.08E-08	1.01E-08	4.33E-09	2.24E-09	1.44E-09	1.03E-09	7.72E-10	5.95E-10	4.96E-10
WNW	1.02E-07	6.42E-08	3.81E-08	2.28E-08	1.13E-08	5.04E-09	2.69E-09	1.76E-09	1.27E-09	9.59E-10	7.43E-10	6.19E-10
NW	2.09E-07	1.23E-07	6.92E-08	4.02E-08	1.88E-08	7.82E-09	3.98E-09	2.54E-09	1.80E-09	1.35E-09	1.03E-09	8.57E-10
NNW	3.44E-07	1.98E-07	1.07E-07	6.03E-08	2.74E-08	1.11E-08	5.57E-09	3.54E-09	2.52E-09	1.89E-09	1.45E-09	1.20E-09

表 5.2-6（1/4） 放射性核素长期地面沉积因子（ ^{60}Co ）（三、四号机组）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	1.07E-09	6.48E-10	3.68E-10	2.18E-10	1.09E-10	5.01E-11	2.83E-11	1.94E-11	1.47E-11	1.17E-11	9.65E-12	8.26E-12
NNE	2.31E-09	1.41E-09	8.15E-10	4.94E-10	2.54E-10	1.22E-10	7.16E-11	5.04E-11	3.88E-11	3.15E-11	2.64E-11	2.28E-11
NE	1.48E-09	8.99E-10	5.18E-10	3.15E-10	1.62E-10	7.74E-11	4.49E-11	3.14E-11	2.41E-11	1.94E-11	1.62E-11	1.39E-11
ENE	1.81E-09	1.05E-09	5.78E-10	3.43E-10	1.75E-10	8.38E-11	4.90E-11	3.44E-11	2.64E-11	2.14E-11	1.79E-11	1.55E-11
E	1.26E-09	7.53E-10	4.29E-10	2.62E-10	1.37E-10	6.76E-11	4.01E-11	2.84E-11	2.20E-11	1.79E-11	1.50E-11	1.30E-11
ESE	6.52E-10	3.77E-10	2.07E-10	1.24E-10	6.45E-11	3.16E-11	1.86E-11	1.32E-11	1.01E-11	8.20E-12	6.89E-12	5.93E-12
SE	4.42E-10	2.58E-10	1.43E-10	8.69E-11	4.57E-11	2.26E-11	1.34E-11	9.44E-12	7.25E-12	5.86E-12	4.90E-12	4.21E-12
SSE	6.05E-10	3.45E-10	1.86E-10	1.10E-10	5.61E-11	2.73E-11	1.61E-11	1.13E-11	8.68E-12	7.02E-12	5.88E-12	5.05E-12
S	4.82E-09	2.72E-09	1.43E-09	8.19E-10	3.96E-10	1.81E-10	1.02E-10	7.09E-11	5.40E-11	4.35E-11	3.62E-11	3.11E-11
SSW	3.86E-09	2.23E-09	1.21E-09	7.01E-10	3.40E-10	1.54E-10	8.64E-11	5.96E-11	4.53E-11	3.64E-11	3.02E-11	2.59E-11
SW	1.10E-09	7.19E-10	4.49E-10	2.84E-10	1.49E-10	7.10E-11	4.09E-11	2.85E-11	2.17E-11	1.74E-11	1.44E-11	1.24E-11
WSW	1.59E-09	1.01E-09	6.10E-10	3.84E-10	2.04E-10	1.01E-10	6.00E-11	4.25E-11	3.28E-11	2.66E-11	2.24E-11	1.93E-11
W	7.90E-10	4.97E-10	2.98E-10	1.85E-10	9.67E-11	4.69E-11	2.74E-11	1.93E-11	1.48E-11	1.20E-11	1.00E-11	8.64E-12
WNW	1.13E-09	7.18E-10	4.30E-10	2.67E-10	1.40E-10	6.90E-11	4.08E-11	2.88E-11	2.22E-11	1.80E-11	1.51E-11	1.30E-11
NW	1.09E-09	6.74E-10	3.95E-10	2.41E-10	1.23E-10	5.84E-11	3.36E-11	2.34E-11	1.78E-11	1.44E-11	1.19E-11	1.03E-11
NNW	2.47E-09	1.53E-09	8.92E-10	5.45E-10	2.81E-10	1.35E-10	7.90E-11	5.55E-11	4.27E-11	3.46E-11	2.90E-11	2.50E-11

表 5.2-6 (2/4) 放射性核素长期地面沉积因子 (^{131}I) (三、四号机组)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	8.19E-09	4.62E-09	2.45E-09	1.34E-09	5.72E-10	2.01E-10	8.29E-11	4.53E-11	2.89E-11	2.02E-11	1.49E-11	1.18E-11
NNE	1.00E-08	5.45E-09	2.76E-09	1.50E-09	6.40E-10	2.38E-10	1.09E-10	6.57E-11	4.52E-11	3.38E-11	2.64E-11	2.18E-11
NE	7.36E-09	4.00E-09	2.13E-09	1.22E-09	5.51E-10	2.11E-10	9.42E-11	5.30E-11	3.40E-11	2.37E-11	1.73E-11	1.36E-11
ENE	8.84E-09	4.12E-09	1.77E-09	9.15E-10	3.95E-10	1.53E-10	7.11E-11	4.19E-11	2.82E-11	2.06E-11	1.59E-11	1.29E-11
E	4.07E-09	1.94E-09	8.92E-10	5.08E-10	2.53E-10	1.13E-10	5.67E-11	3.44E-11	2.33E-11	1.70E-11	1.31E-11	1.07E-11
ESE	1.96E-09	8.63E-10	3.87E-10	2.33E-10	1.23E-10	5.55E-11	2.71E-11	1.59E-11	1.05E-11	7.60E-12	5.86E-12	4.75E-12
SE	1.77E-09	7.86E-10	3.33E-10	1.91E-10	9.68E-11	4.16E-11	1.94E-11	1.11E-11	7.28E-12	5.29E-12	4.10E-12	3.35E-12
SSE	3.16E-09	1.37E-09	5.13E-10	2.50E-10	1.11E-10	4.56E-11	2.11E-11	1.21E-11	7.98E-12	5.86E-12	4.60E-12	3.80E-12
S	4.08E-08	2.01E-08	8.77E-09	4.28E-09	1.64E-09	5.55E-10	2.41E-10	1.40E-10	9.42E-11	6.90E-11	5.29E-11	4.29E-11
SSW	3.24E-08	1.68E-08	7.89E-09	4.01E-09	1.56E-09	5.19E-10	2.17E-10	1.23E-10	8.10E-11	5.82E-11	4.34E-11	3.47E-11
SW	5.03E-09	3.48E-09	2.35E-09	1.48E-09	6.92E-10	2.57E-10	1.10E-10	5.99E-11	3.75E-11	2.57E-11	1.83E-11	1.41E-11
WSW	3.64E-09	2.33E-09	1.48E-09	9.36E-10	4.62E-10	1.89E-10	8.93E-11	5.30E-11	3.59E-11	2.64E-11	2.05E-11	1.68E-11
W	2.79E-09	1.74E-09	1.05E-09	6.32E-10	2.89E-10	1.08E-10	4.77E-11	2.74E-11	1.82E-11	1.32E-11	1.01E-11	8.26E-12
WNW	3.43E-09	2.13E-09	1.25E-09	7.38E-10	3.45E-10	1.36E-10	6.27E-11	3.68E-11	2.49E-11	1.84E-11	1.43E-11	1.18E-11
NW	5.98E-09	3.49E-09	1.95E-09	1.11E-09	4.88E-10	1.76E-10	7.54E-11	4.23E-11	2.75E-11	1.96E-11	1.46E-11	1.17E-11
NNW	1.07E-08	6.03E-09	3.21E-09	1.79E-09	7.75E-10	2.87E-10	1.30E-10	7.70E-11	5.24E-11	3.89E-11	3.01E-11	2.47E-11

表 5.2-6 (3/4) 放射性核素长期地面沉积因子 (^{137}Cs) (三、四号机组)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	1.07E-09	6.48E-10	3.68E-10	2.18E-10	1.09E-10	5.01E-11	2.83E-11	1.94E-11	1.47E-11	1.17E-11	9.65E-12	8.26E-12
NNE	2.31E-09	1.41E-09	8.15E-10	4.94E-10	2.54E-10	1.22E-10	7.16E-11	5.04E-11	3.88E-11	3.15E-11	2.64E-11	2.28E-11
NE	1.48E-09	8.99E-10	5.18E-10	3.15E-10	1.62E-10	7.74E-11	4.49E-11	3.14E-11	2.41E-11	1.94E-11	1.62E-11	1.39E-11
ENE	1.81E-09	1.05E-09	5.78E-10	3.43E-10	1.75E-10	8.38E-11	4.90E-11	3.44E-11	2.64E-11	2.14E-11	1.79E-11	1.55E-11
E	1.26E-09	7.53E-10	4.29E-10	2.62E-10	1.37E-10	6.76E-11	4.01E-11	2.84E-11	2.20E-11	1.79E-11	1.50E-11	1.30E-11
ESE	6.52E-10	3.77E-10	2.07E-10	1.24E-10	6.45E-11	3.16E-11	1.86E-11	1.32E-11	1.01E-11	8.20E-12	6.89E-12	5.93E-12
SE	4.42E-10	2.58E-10	1.43E-10	8.69E-11	4.57E-11	2.26E-11	1.34E-11	9.44E-12	7.25E-12	5.86E-12	4.90E-12	4.21E-12
SSE	6.05E-10	3.45E-10	1.86E-10	1.10E-10	5.61E-11	2.73E-11	1.61E-11	1.13E-11	8.68E-12	7.02E-12	5.88E-12	5.05E-12
S	4.82E-09	2.72E-09	1.43E-09	8.19E-10	3.96E-10	1.81E-10	1.02E-10	7.09E-11	5.40E-11	4.35E-11	3.62E-11	3.11E-11
SSW	3.86E-09	2.23E-09	1.21E-09	7.01E-10	3.40E-10	1.54E-10	8.64E-11	5.96E-11	4.53E-11	3.64E-11	3.02E-11	2.59E-11
SW	1.10E-09	7.19E-10	4.49E-10	2.84E-10	1.49E-10	7.10E-11	4.09E-11	2.85E-11	2.17E-11	1.74E-11	1.44E-11	1.24E-11
WSW	1.59E-09	1.01E-09	6.10E-10	3.84E-10	2.04E-10	1.01E-10	6.00E-11	4.25E-11	3.28E-11	2.66E-11	2.24E-11	1.93E-11
W	7.90E-10	4.97E-10	2.98E-10	1.85E-10	9.67E-11	4.69E-11	2.74E-11	1.93E-11	1.48E-11	1.20E-11	1.00E-11	8.64E-12
WNW	1.13E-09	7.18E-10	4.30E-10	2.67E-10	1.40E-10	6.90E-11	4.08E-11	2.88E-11	2.22E-11	1.80E-11	1.51E-11	1.30E-11
NW	1.09E-09	6.74E-10	3.95E-10	2.41E-10	1.23E-10	5.84E-11	3.36E-11	2.34E-11	1.78E-11	1.44E-11	1.19E-11	1.03E-11
NNW	2.47E-09	1.53E-09	8.92E-10	5.45E-10	2.81E-10	1.35E-10	7.90E-11	5.55E-11	4.27E-11	3.46E-11	2.90E-11	2.50E-11

表 5.2-6（4/4） 放射性核素长期地面沉积因子（⁹⁰Sr）（三、四号机组）单位：1/m²

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	1.07E-09	6.48E-10	3.68E-10	2.18E-10	1.09E-10	5.01E-11	2.83E-11	1.94E-11	1.47E-11	1.17E-11	9.65E-12	8.26E-12
NNE	2.31E-09	1.41E-09	8.15E-10	4.94E-10	2.54E-10	1.22E-10	7.16E-11	5.04E-11	3.88E-11	3.15E-11	2.64E-11	2.28E-11
NE	1.48E-09	8.99E-10	5.18E-10	3.15E-10	1.62E-10	7.74E-11	4.49E-11	3.14E-11	2.41E-11	1.94E-11	1.62E-11	1.39E-11
ENE	1.81E-09	1.05E-09	5.78E-10	3.43E-10	1.75E-10	8.38E-11	4.90E-11	3.44E-11	2.64E-11	2.14E-11	1.79E-11	1.55E-11
E	1.26E-09	7.53E-10	4.29E-10	2.62E-10	1.37E-10	6.76E-11	4.01E-11	2.84E-11	2.20E-11	1.79E-11	1.50E-11	1.30E-11
ESE	6.52E-10	3.77E-10	2.07E-10	1.24E-10	6.45E-11	3.16E-11	1.86E-11	1.32E-11	1.01E-11	8.20E-12	6.89E-12	5.93E-12
SE	4.42E-10	2.58E-10	1.43E-10	8.69E-11	4.57E-11	2.26E-11	1.34E-11	9.44E-12	7.25E-12	5.86E-12	4.90E-12	4.21E-12
SSE	6.05E-10	3.45E-10	1.86E-10	1.10E-10	5.61E-11	2.73E-11	1.61E-11	1.13E-11	8.68E-12	7.02E-12	5.88E-12	5.05E-12
S	4.82E-09	2.72E-09	1.43E-09	8.19E-10	3.96E-10	1.81E-10	1.02E-10	7.09E-11	5.40E-11	4.35E-11	3.62E-11	3.11E-11
SSW	3.86E-09	2.23E-09	1.21E-09	7.01E-10	3.40E-10	1.54E-10	8.64E-11	5.96E-11	4.53E-11	3.64E-11	3.02E-11	2.59E-11
SW	1.10E-09	7.19E-10	4.49E-10	2.84E-10	1.49E-10	7.10E-11	4.09E-11	2.85E-11	2.17E-11	1.74E-11	1.44E-11	1.24E-11
WSW	1.59E-09	1.01E-09	6.10E-10	3.84E-10	2.04E-10	1.01E-10	6.00E-11	4.25E-11	3.28E-11	2.66E-11	2.24E-11	1.93E-11
W	7.90E-10	4.97E-10	2.98E-10	1.85E-10	9.67E-11	4.69E-11	2.74E-11	1.93E-11	1.48E-11	1.20E-11	1.00E-11	8.64E-12
WNW	1.13E-09	7.18E-10	4.30E-10	2.67E-10	1.40E-10	6.90E-11	4.08E-11	2.88E-11	2.22E-11	1.80E-11	1.51E-11	1.30E-11
NW	1.09E-09	6.74E-10	3.95E-10	2.41E-10	1.23E-10	5.84E-11	3.36E-11	2.34E-11	1.78E-11	1.44E-11	1.19E-11	1.03E-11
NNW	2.47E-09	1.53E-09	8.92E-10	5.45E-10	2.81E-10	1.35E-10	7.90E-11	5.55E-11	4.27E-11	3.46E-11	2.90E-11	2.50E-11

表 5.2-7 各海域放射性核素的相对浓度

半衰期 海域	8 d	70 d	250 d	5 a
排水口 1km 海域	3.90E-01	4.58E-01	4.65E-01	4.70E-01
排水口 1~5km 海域	1.92E-01	2.66E-01	2.76E-01	2.84E-01
排水口 5~10km 海域	6.00E-02	1.10E-01	1.16E-01	1.20E-01
排水口 10~20km 海域	1.30E-02	5.07E-02	5.98E-02	6.50E-02
排水口 20~30km 海域	3.60E-03	1.56E-02	1.92E-02	2.04E-02

表 5.2-8 海洋生物浓集因子 B_p 和悬浮物 K_d 因子

元素	K_d (L/kg)	海洋生物浓集因子 B_p (Bq/kg 海洋生物) / (Bq/L 海水)					
		鱼类	甲壳类	软体类	海藻类	浮游植物	浮游动物
$_{11}\text{Na}$	1×10^{-1}	1×10^0	7×10^{-2}	3×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^0
$_{24}\text{Cr}$	5×10^4	2×10^2	1×10^2	2×10^3	6×10^3	5×10^3	1×10^3
$_{25}\text{Mn}$	2×10^5	1×10^3	5×10^3	5×10^4	6×10^3	5×10^4	7×10^3
$_{26}\text{Fe}$	5×10^4	3×10^4	5×10^5	5×10^5	2×10^4	4×10^5	5×10^5
$_{27}\text{Co}$	3×10^5	7×10^2	7×10^3	2×10^4	6×10^3	2×10^3	7×10^3
$_{30}\text{Zn}$	1×10^3	1×10^3	3×10^5	8×10^4	2×10^3	1×10^4	1×10^5
$_{37}\text{Rb}^*$	1×10^7	1×10^2	2×10^1	—	—	—	—
$_{38}\text{Sr}$	1×10^6	3×10^0	5×10^0	1×10^1	1×10^1	1×10^0	2×10^0
$_{39}\text{Y}$	5×10^5	2×10^1	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^2	1×10^2
$_{40}\text{Zr}$	1×10^2	2×10^1	2×10^2	5×10^3	3×10^3	6×10^4	2×10^4
$_{41}\text{Nb}$	1×10^2	3×10^1	2×10^2	1×10^3	3×10^3	1×10^3	2×10^4
$_{42}\text{Mo}^*$	3×10^2	1×10^1	1×10^2	1×10^1	1×10^1	—	—
$_{43}\text{Tc}$	1×10^3	8×10^1	1×10^3	5×10^2	3×10^4	4×10^0	1×10^2
$_{44}\text{Ru}$	1×10^3	2×10^0	1×10^2	5×10^2	2×10^3	2×10^5	3×10^4
$_{45}\text{Rh}^*$	1×10^3	1×10^2	1×10^3	—	—	—	—
$_{47}\text{Ag}$	2×10^1	1×10^4	2×10^5	6×10^4	5×10^3	5×10^4	2×10^4
$_{51}\text{Sb}$	3×10^3	6×10^2	3×10^2	3×10^2	2×10^1	1×10^3	8×10^1
$_{52}\text{Te}$	5×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^3	1×10^4	1×10^3	1×10^3
$_{53}\text{I}$	3×10^6	9×10^0	3×10^0	1×10^1	1×10^4	8×10^2	3×10^3
$_{55}\text{Cs}$	2×10^6	1×10^2	5×10^1	6×10^1	5×10^1	2×10^1	4×10^1
$_{56}\text{Ba}$	5×10^6	1×10^1	7×10^{-1}	1×10^1	7×10^1	8×10^2	8×10^1
$_{57}\text{La}$	3×10^4	3×10^1	1×10^3	1×10^3	5×10^3	—	—
$_{58}\text{Ce}$	3×10^6	5×10^1	1×10^3	2×10^3	5×10^3	9×10^4	6×10^3
$_{59}\text{Pr}$	5×10^6	2.5×10^1	—	1×10^3	—	—	—
$_{74}\text{W}$	3×10^4	9×10^1	1×10^1	6×10^2	6×10^2	9×10^4	1×10^3
$_{6}\text{C}$	1×10^3	2×10^4	2×10^4	2×10^4	1×10^4	9×10^3	2×10^4

表 5.2-9（1/2） 主要核素对七类海洋生物的辐射剂量转换因子

单位：(μGy/h)/(Bq/kg)

生物类别 照射途径	浮游鱼类		底栖鱼类		甲壳类		软体类		海藻类		浮游植物		浮游动物	
	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射
³ H	8.30E-15	8.25E-06	7.72E-13	8.25E-06	7.40E-15	8.25E-06	2.90E-12	8.25E-06	2.00E-11	8.25E-06	3.23E-06	5.25E-10	1.60E-13	8.25E-06
⁵¹ Cr	1.62E-05	9.26E-06	1.64E-05	8.97E-06	1.58E-05	9.60E-06	1.75E-05	7.90E-06	1.80E-05	7.40E-06	1.85E-05	6.92E-06	1.82E-05	7.20E-06
²⁴ Na	2.21E-03	4.89E-04	2.24E-03	4.58E-04	2.18E-03	5.21E-04	2.35E-03	3.48E-04	2.44E-03	2.57E-04	2.68E-03	1.49E-05	2.51E-03	1.89E-04
⁵⁴ Mn	4.30E-04	5.61E-05	4.40E-04	4.84E-05	4.30E-04	6.48E-05	4.70E-04	2.36E-05	4.80E-04	1.32E-05	4.80E-04	4.86E-10	4.80E-04	9.50E-06
⁵⁵ Fe	1.92E-08	8.23E-06	1.49E-08	8.23E-06	1.74E-08	8.23E-06	6.18E-08	8.19E-06	1.71E-07	8.08E-06	5.72E-07	7.68E-06	3.00E-07	7.95E-06
⁵⁹ Fe	6.23E-04	1.31E-04	6.33E-04	1.21E-04	6.12E-04	1.42E-04	6.66E-04	8.83E-05	6.82E-04	7.20E-05	7.18E-04	3.58E-05	6.89E-04	6.50E-05
⁵⁷ Co	6.20E-05	3.61E-05	6.30E-05	3.52E-05	6.10E-05	3.70E-05	6.70E-05	2.97E-05	6.90E-05	2.78E-05	8.30E-05	1.74E-09	7.00E-05	2.89E-05
⁵⁸ Co	5.00E-04	8.27E-05	5.10E-04	7.31E-05	5.00E-04	9.05E-05	5.40E-04	4.40E-05	5.60E-04	3.02E-05	5.80E-04	1.19E-09	5.60E-04	2.52E-05
⁶⁰ Co	1.30E-03	1.90E-04	1.30E-03	1.70E-04	1.30E-03	2.10E-04	1.40E-03	9.80E-05	1.40E-03	6.80E-05	1.50E-03	3.00E-09	1.40E-03	5.60E-05
⁶⁵ Zn	3.04E-04	4.27E-05	3.09E-04	3.75E-05	2.98E-04	4.81E-05	3.19E-04	2.14E-05	3.32E-04	1.42E-05	3.37E-04	9.12E-06	2.51E-03	1.12E-05
⁸⁸ Rb	4.73E-04	1.00E-03	5.52E-04	1.00E-03	4.50E-04	1.10E-03	7.35E-04	8.15E-04	1.06E-03	4.93E-04	1.55E-03	3.80E-06	1.37E-03	1.88E-04
⁸⁹ Sr	9.50E-06	3.30E-04	1.50E-05	3.20E-04	8.40E-06	3.30E-04	2.80E-05	3.10E-04	8.80E-05	2.50E-04	3.40E-04	3.80E-09	1.50E-04	1.80E-04
⁹⁰ Sr	2.70E-05	6.20E-04	5.00E-05	6.00E-04	2.30E-05	6.30E-04	7.70E-05	5.80E-04	2.00E-04	4.50E-04	6.50E-04	7.60E-09	3.60E-04	2.90E-04
⁹¹ Sr	5.52E-04	4.33E-04	5.73E-04	4.12E-04	5.39E-04	4.45E-04	6.21E-04	3.64E-04	7.11E-04	2.74E-04	9.68E-04	1.63E-05	8.01E-04	1.83E-04
⁹² Sr	7.05E-04	1.81E-04	7.16E-04	1.70E-04	0.00E+00	1.93E-04	0.00E+00	1.32E-04	0.00E+00	1.08E-04	8.50E-04	3.56E-05	7.91E-04	9.53E-05
⁹⁰ Y	2.65E-05	5.12E-04	4.88E-05	4.90E-04	1.20E-08	5.16E-04	1.20E-08	4.65E-04	1.20E-08	3.47E-04	5.30E-04	8.52E-06	3.45E-04	1.93E-04
⁹¹ Y	1.21E-05	3.37E-04	1.82E-05	3.31E-04	2.46E-08	3.38E-04	2.46E-08	3.17E-04	2.46E-08	2.54E-04	3.35E-04	1.44E-05	1.66E-04	1.83E-04
^{91m} Y	2.73E-04	4.84E-05	2.78E-04	4.33E-05	2.68E-04	5.40E-05	2.95E-04	2.63E-05	3.05E-04	1.63E-05	3.21E-04	5.56E-07	3.09E-04	1.26E-05
⁹³ Y	8.99E-05	6.38E-04	1.26E-04	6.02E-04	8.27E-05	6.45E-04	1.70E-04	5.59E-04	3.31E-04	3.97E-04	7.21E-04	6.72E-06	5.35E-04	1.92E-04
⁹⁵ Zr	3.80E-04	1.10E-04	3.70E-04	1.10E-04	3.80E-04	1.20E-04	4.10E-04	8.20E-05	4.20E-04	7.00E-05	4.90E-04	3.30E-09	4.30E-04	6.50E-05
⁹⁵ Nb	4.00E-04	7.24E-05	4.00E-04	6.43E-05	3.90E-04	7.96E-05	4.30E-04	4.18E-05	4.40E-04	3.22E-05	4.70E-04	1.66E-09	4.40E-04	2.81E-05
⁹⁹ Mo	1.44E-04	2.52E-04	1.47E-04	2.48E-04	1.40E-04	2.55E-04	1.64E-04	2.32E-04	2.01E-04	1.94E-04	3.62E-04	3.40E-05	2.30E-04	1.65E-04
^{99m} Tc	6.45E-05	2.06E-05	6.53E-05	1.98E-05	6.31E-05	2.21E-05	7.02E-05	1.49E-05	7.20E-05	1.31E-05	7.51E-05	9.98E-06	2.70E-06	1.24E-05
¹⁰³ Ru	2.40E-04	9.88E-05	2.50E-04	9.36E-05	2.40E-04	1.04E-04	2.60E-04	7.80E-05	2.70E-04	7.10E-05	3.40E-04	3.92E-09	2.70E-04	6.78E-05
¹⁰⁶ Ru	1.70E-04	7.70E-04	2.20E-04	7.30E-04	1.60E-04	7.80E-04	2.80E-04	6.60E-04	4.90E-04	4.50E-04	9.40E-04	3.82E-09	7.40E-04	2.04E-04
^{103m} Rh	2.95E-07	2.55E-05	3.31E-07	2.55E-05	2.57E-07	2.56E-05	6.08E-07	2.52E-05	8.43E-07	2.50E-05	1.77E-06	2.40E-05	9.73E-07	2.48E-05
¹⁰⁶ Rh	1.68E-04	7.67E-04	2.17E-04	7.20E-04	1.57E-04	7.78E-04	2.84E-04	6.53E-04	4.92E-04	4.44E-04	9.30E-04	4.40E-06	7.41E-04	1.95E-04
¹¹⁰ Ag	5.81E-05	6.41E-04	9.38E-05	6.06E-04	5.16E-05	6.47E-04	1.35E-04	5.66E-04	2.96E-04	4.04E-04	6.93E-04	5.50E-06	5.03E-04	1.96E-04

表 5.2-9（2/2） 主要核素对七类海洋生物的辐射剂量转换因子

单位：(μGy/h)/(Bq/kg)

生物类别 照射途径	浮游鱼类		底栖鱼类		甲壳类		软体类		海藻类		浮游植物		浮游动物	
	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射	外照射	内照射
^{110m} Ag	1.40E-03	2.10E-04	1.50E-03	1.80E-04	1.40E-03	2.30E-04	1.50E-03	1.02E-04	1.60E-03	6.32E-05	1.60E-03	2.01E-09	1.60E-03	4.78E-05
¹²⁴ Sb	9.60E-04	3.10E-04	9.80E-04	2.90E-04	9.40E-04	3.30E-04	1.00E-03	2.30E-04	1.10E-03	1.80E-04	1.30E-03	3.70E-09	1.10E-03	1.30E-04
¹²² Sb	2.37E-04	3.44E-04	2.74E-04	3.33E-04	2.31E-04	3.49E-04	2.73E-04	3.07E-04	3.39E-04	2.42E-04	5.65E-04	1.57E-05	4.05E-04	1.76E-04
¹²⁹ Te	3.71E-05	3.15E-04	4.14E-05	3.11E-04	3.55E-05	3.16E-04	5.46E-05	2.97E-04	1.07E-04	2.45E-04	3.19E-04	3.30E-05	1.59E-04	1.92E-04
^{129m} Te	4.50E-05	3.57E-04	5.10E-05	3.57E-04	4.30E-05	3.67E-04	6.60E-05	3.37E-04	1.20E-04	2.86E-04	4.00E-04	6.89E-09	1.80E-04	2.24E-04
^{131m} Te	7.94E-04	2.96E-04	8.11E-04	2.78E-04	7.78E-04	3.11E-04	8.62E-04	2.27E-04	9.08E-04	5.35E-04	1.04E-03	5.31E-05	9.46E-04	1.43E-04
¹³¹ Te	2.32E-04	4.27E-04	2.46E-04	4.12E-04	2.25E-04	4.34E-04	2.77E-04	3.82E-04	3.61E-04	2.98E-04	6.36E-04	2.29E-05	4.59E-04	2.00E-04
¹³² Te	1.30E-03	5.10E-04	1.40E-03	4.80E-04	1.30E-03	5.41E-04	1.50E-03	3.88E-04	1.50E-03	3.06E-04	1.80E-03	7.90E-09	1.60E-03	2.35E-04
¹³⁴ Te	4.57E-04	2.29E-04	4.65E-04	2.20E-04	4.47E-04	2.38E-04	4.97E-04	1.88E-04	5.26E-04	4.69E-04	6.38E-04	4.81E-05	5.38E-04	1.47E-04
¹³¹ I	2.00E-04	1.30E-04	2.00E-04	1.30E-04	1.90E-04	1.40E-04	2.10E-04	1.20E-04	2.30E-04	1.00E-04	3.30E-04	4.10E-09	2.30E-04	9.80E-05
¹³² I	1.20E-03	4.10E-04	1.20E-03	3.80E-04	1.20E-03	4.30E-04	1.30E-03	3.10E-04	1.40E-03	2.30E-04	1.60E-03	4.00E-09	1.40E-03	1.70E-04
¹³³ I	3.20E-04	2.70E-04	3.30E-04	2.60E-04	3.10E-04	2.80E-04	3.50E-04	2.40E-04	4.00E-04	1.90E-04	5.90E-04	4.00E-09	4.30E-04	1.60E-04
¹³⁴ I	1.38E-03	4.96E-04	1.41E-03	4.64E-04	1.35E-03	5.22E-04	1.50E-03	3.76E-04	1.60E-03	2.76E-04	1.86E-03	1.59E-05	1.68E-03	1.89E-04
¹³⁵ I	8.67E-04	3.03E-04	8.83E-04	2.88E-04	8.52E-04	3.18E-04	9.33E-04	2.37E-04	9.85E-04	1.86E-04	1.15E-03	2.53E-05	1.02E-03	1.52E-04
¹³⁴ Cs	8.10E-04	1.90E-04	8.20E-04	1.70E-04	7.90E-04	2.00E-04	8.70E-04	1.20E-04	9.00E-04	9.50E-05	9.90E-04	3.37E-09	9.10E-04	8.40E-05
¹³⁶ Cs	1.10E-03	2.00E-04	1.10E-03	1.84E-04	1.10E-03	2.30E-04	1.20E-03	1.22E-04	1.20E-03	9.28E-05	1.30E-03	4.26E-09	1.30E-03	8.06E-05
¹³⁷ Cs	2.90E-04	1.80E-04	3.00E-04	1.70E-04	2.90E-04	1.80E-04	3.20E-04	1.50E-04	3.40E-04	1.30E-04	4.70E-04	4.39E-09	3.50E-04	1.20E-04
¹³⁸ Cs	1.29E-03	7.70E-04	1.34E-03	7.16E-04	1.26E-03	7.97E-04	1.45E-03	6.11E-04	1.64E-04	1.26E-03	2.05E-03	6.57E-06	1.86E-03	2.00E-04
^{137m} Ba	3.09E-04	7.36E-05	3.15E-04	6.77E-05	3.02E-04	7.98E-05	3.34E-04	4.81E-05	3.49E-04	3.33E-05	3.81E-04	1.31E-06	3.56E-04	2.57E-05
¹⁴⁰ Ba	1.50E-03	6.89E-04	1.53E-03	6.60E-04	1.48E-03	7.16E-04	1.63E-03	5.66E-04	1.74E-03	4.53E-04	2.11E-03	8.08E-05	1.83E-03	3.66E-04
¹⁴⁰ La	1.22E-03	4.22E-04	1.22E-03	3.99E-04	1.20E-03	4.43E-04	1.32E-03	3.25E-04	1.40E-03	2.46E-04	1.63E-03	1.79E-05	1.46E-03	1.83E-04
¹⁴¹ Ce	3.90E-05	1.02E-04	3.90E-05	1.02E-04	3.80E-05	1.02E-04	4.40E-05	1.01E-04	4.90E-05	9.59E-05	1.40E-04	4.59E-09	5.20E-05	9.28E-05
¹⁴³ Ce	1.47E-04	2.70E-04	1.51E-04	2.66E-04	1.43E-04	2.74E-04	1.69E-04	2.48E-04	2.09E-04	2.08E-04	3.77E-04	4.06E-05	2.40E-04	1.77E-04
¹⁴⁴ Ce	7.20E-05	7.10E-04	1.10E-04	6.70E-04	6.50E-05	7.20E-04	1.50E-04	6.30E-04	3.20E-04	4.60E-04	7.80E-04	6.43E-09	5.30E-04	2.50E-04
¹⁴³ Pr	2.38E-06	1.79E-04	2.79E-06	1.79E-04	2.16E-06	1.79E-04	7.23E-06	1.74E-04	3.03E-05	1.51E-04	1.55E-04	2.66E-05	4.34E-05	1.38E-04
¹⁴⁴ Pr	6.16E-05	6.53E-04	9.89E-05	6.17E-04	5.47E-05	6.60E-04	1.42E-04	5.74E-04	3.08E-04	1.22E-03	7.09E-04	5.71E-06	5.20E-04	1.95E-04
¹⁸⁷ W	2.48E-04	2.30E-04	2.53E-04	2.25E-04	2.43E-04	2.35E-04	2.72E-04	2.06E-04	2.97E-04	1.81E-04	4.04E-04	7.42E-05	3.13E-04	1.65E-04
¹⁴ C	2.30E-08	2.96E-05	1.80E-08	2.96E-05	7.20E-08	2.86E-05	2.10E-08	2.96E-05	1.60E-07	2.86E-05	2.90E-05	1.84E-09	4.30E-07	2.86E-05

表 5.2-10 排水口附近海域海洋生物的辐射剂量率

单位：μGy/h

运行工况	生物类别	内照射剂量率	外照射剂量率	附加辐射总剂量率
防城港核电站 3、4号两台机组	浮游鱼类	8.45E-04	2.20E-06	8.47E-04
	底栖鱼类	8.40E-04	1.58E-04	9.98E-04
	软体类	9.44E-04	1.70E-04	1.11E-03
	甲壳类	1.24E-03	1.56E-04	1.40E-03
	海藻类	6.48E-03	2.37E-06	6.48E-03
	浮游植物	2.62E-05	3.87E-07	2.66E-05
	浮游动物	2.41E-03	2.53E-07	2.41E-03
防城港核电站 1~4号四台机组	浮游鱼类	8.64E-03	5.18E-06	8.64E-03
	底栖鱼类	8.56E-03	5.93E-04	9.15E-03
	软体类	9.53E-03	6.29E-04	1.02E-02
	甲壳类	1.94E-02	5.80E-04	2.00E-02
	海藻类	1.78E-02	5.82E-06	1.78E-02
	浮游植物	3.96E-05	1.44E-06	4.11E-05
	浮游动物	1.17E-02	4.29E-06	1.17E-02

表 5.2-11 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 5.2-12 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 5.2-13 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	525600
土壤中放射性积累时间	h	525600
15cm 深度内土壤的有效面密度	kg 干土/m ²	200
人的呼吸率 <ul style="list-style-type: none"> • 成人 • 青年 • 儿童 	m ³ 空气/h	0.96 0.96 0.61
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 5.2-14 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 5.2-15 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	3×10^5	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	2×10^3	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	—	—

表 5.2-16（1/3） 惰性气体空气浸没外照射有效剂量转换因子

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	5.24 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 5.2-16（2/3） 空气浸没外照射和空气吸入内照射剂量转换因子

核素	物理半衰期	空气浸没 (Sv/h)/(Bq/m ³)	吸入 (Sv/Bq)		
			儿童	青少年	成人
⁵⁷ Co	271d	2.02E-11	1.30E-09	8.50E-10	5.50E-10
⁵⁸ Co	70.8d	1.71E-10	3.50E-09	2.40E-09	1.60E-09
⁶⁰ Co	5.27y	4.57E-10	2.10E-08	1.50E-08	1.00E-08
¹³¹ I	8.04d	6.62E-11	8.20E-09	4.70E-09	2.40E-09
¹³² I	2.30h	4.11E-10	3.60E-10	2.20E-10	1.10E-10
¹³³ I	20.8h	1.08E-10	2.10E-09	1.20E-09	5.50E-10
¹³⁴ I	52.6min	4.78E-10	1.70E-10	1.00E-10	5.40E-11
¹³⁵ I	6.61h	2.97E-10	7.80E-10	4.70E-10	2.40E-10
¹³⁴ Cs	2.062y	2.74E-10	1.60E-08	1.20E-08	9.10E-09
¹³⁶ Cs	13.1d	3.88E-10	6.00E-09	3.70E-09	2.50E-09
¹³⁷ Cs	30.0y	9.93E-11	1.80E-08	1.30E-08	9.70E-09
⁵¹ Cr	27.7d	5.48E-12	1.00E-10	6.40E-11	3.20E-11
⁵⁴ Mn	312d	1.48E-10	3.80E-09	2.40E-09	1.50E-09
⁵⁹ Fe	44.5d	2.17E-10	7.90E-09	5.50E-09	3.70E-09
⁸⁹ Sr	50.5d	1.60E-12	6.50E-08	5.10E-08	3.60E-08
⁹⁰ Sr	29.12y	3.54E-13	1.10E-09	6.90E-10	3.70E-10
⁹⁵ Zr	63.98d	1.26E-10	9.70E-09	6.80E-09	4.80E-09
⁹⁵ Nb	35.15d	1.37E-10	3.10E-09	2.20E-09	1.50E-09
¹⁰³ Ru	39.28d	8.22E-11	5.00E-09	3.50E-09	2.40E-09
¹⁰⁶ Ru	368.2d	4.11E-11	6.40E-08	4.10E-08	2.80E-08
¹²⁵ Sb	2.77y	7.42E-11	1.00E-08	6.80E-09	4.80E-09
¹⁴⁰ Ba	12.74d	3.09E-11	1.10E-08	7.60E-09	5.10E-09
¹⁴¹ Ce	32.5d	1.26E-11	6.30E-09	4.60E-09	3.20E-09

表 5.2-16（3/3） 地面沉积和水体浸没外照射以及食入内照射剂量转换因子

核素	半衰期	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	半衰期	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)		
				儿童	青少年	成人					儿童	青少年	成人
³ H	12.35 y	—	—	3.10E-11	2.30E-11	1.80E-11	¹³² Te	78.2h	9.02E-12	8.21E-14	1.60E-08	8.30E-09	3.80E-09
¹⁴ C	5730 y	—	—	9.90E-10	8.00E-10	5.80E-10	^{110m} Ag	250 d	9.70E-12	3.33E-13	7.80E-09	5.20E-09	2.80E-09
⁵¹ Cr	27.7 d	1.12E-13	1.19E-14	1.20E-10	7.80E-11	3.80E-11	¹²⁴ Sb	60.2d	6.39E-12	7.13E-13	8.40E-09	5.20E-09	2.50E-09
⁵⁴ Mn	312 d	2.97E-12	3.20E-13	1.90E-09	1.30E-09	7.10E-10	¹³¹ I	8.04 d	1.37E-12	1.43E-13	1.00E-07	5.20E-08	2.20E-08
⁵⁹ Fe	44.5 d	4.11E-12	4.17E-13	7.50E-09	4.70E-09	1.80E-09	¹³² I	2.30 h	8.22E-12	8.75E-13	1.30E-09	6.20E-10	2.90E-10
⁵⁸ Co	70.8 d	3.42E-12	3.41E-13	2.60E-09	1.70E-09	7.40E-10	¹³³ I	20.8 h	2.28E-12	2.30E-13	2.30E-08	1.00E-08	4.30E-09
⁶⁰ Co	5.27 y	8.56E-12	8.79E-13	1.70E-08	1.10E-08	3.40E-09	¹³⁴ I	52.6min	9.47E-12	1.02E-12	3.90E-10	2.10E-10	1.10E-10
⁸⁹ Sr	50.5 d	2.51E-13	5.36E-16	8.90E-09	5.80E-09	2.60E-09	¹³⁵ I	6.61 h	5.48E-12	6.23E-13	4.70E-09	2.20E-09	9.30E-10
⁹⁰ Sr	29.12 y	4.00E-13	5.26E-17	4.70E-08	6.00E-08	2.80E-08	¹³⁴ Cs	2.062 y	5.59E-12	5.90E-13	1.30E-08	1.90E-08	1.90E-08
⁹¹ Sr*	9.5h	2.08E-12	2.69E-13	2.11E-09	1.2E-09	6.50E-10	¹³⁶ Cs	13.1 d	7.65E-12	8.32E-13	6.10E-09	4.40E-09	3.00E-09
⁹⁰ Y	64.0h	4.00E-13	1.31E-15	1.00E-08	5.90E-09	2.70E-09	¹³⁷ Cs	30.0 y	2.05E-12	5.36E-17	9.60E-09	1.30E-08	1.30E-08
⁹¹ Y	58.5d	2.74E-13	1.96E-15	8.80E-09	5.20E-09	2.40E-09	¹⁴⁰ Ba	12.74 d	6.25E-13	6.73E-14	9.20E-09	5.80E-09	2.60E-09
⁹⁵ Zr	63.98 d	5.37E-12	2.82E-13	3.00E-09	1.90E-09	9.50E-10	¹⁴⁰ La	40.27 h	6.67E-12	9.14E-13	6.80E-09	4.20E-09	2.00E-09
⁹⁵ Nb	35.15 d	2.74E-12	2.92E-13	1.80E-09	1.10E-09	5.80E-10	¹⁴¹ Ce	32.5d	2.74E-13	2.74E-14	2.60E-09	1.50E-09	7.10E-10
⁹⁹ Mo	66.0 h	1.05E-12	5.69E-14	1.80E-09	1.10E-09	6.00E-10	¹⁴³ Ce	1.38d	1.00E-12	1.02E-13	4.10E-09	2.40E-09	1.10E-09
^{99m} Tc	6.02 h	4.45E-13	4.72E-14	7.20E-11	4.30E-11	2.20E-11	¹⁴⁴ Ce	284.3 d	6.51E-13	6.88E-15	1.90E-08	1.10E-08	5.20E-09
¹⁰³ Ru	39.28 d	1.71E-12	1.76E-13	2.40E-09	1.50E-09	7.30E-10	¹⁴³ Pr	13.56d	2.79E-20	1.45E-16	4.30E-09	2.60E-09	1.20E-09
¹⁰⁶ Ru	368.2d	1.26E-12	1.40E-13	2.50E-08	1.50E-08	7.00E-09	¹⁴⁴ Pr	17.28min	9.17E-14	1.49E-14	1.70E-10	9.50E-11	5.00E-11
^{131m} Te	30h	5.59E-12	5.47E-13	7.80E-09	4.30E-09	1.90E-09							

表 5.2-17（1/2） 气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（三、四号机组排放）

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	—	2.46E-06	1.38E-06	7.69E-07	2.66E-07	1.3E-07	6.09E-08	3.48E-08	2.58E-08	1.92E-08	1.48E-08	1.24E-08
NNE	—	3.38E-06	1.86E-06	—	3E-07	1.96E-07	1.02E-07	5.4E-08	5.01E-08	3.69E-08	3E-08	2.49E-08
NE	—	—	—	—	2.73E-07	1.58E-07	8.27E-08	5.32E-08	3.72E-08	2.97E-08	2.22E-08	1.86E-08
ENE	—	—	—	—	—	1.5E-07	7.91E-08	5.26E-08	3.83E-08	3.06E-08	2.33E-08	1.94E-08
E	—	—	—	—	—	9.85E-08	5.88E-08	4.03E-08	2.99E-08	2.32E-08	1.58E-08	1.37E-08
ESE	—	—	—	—	—	4.82E-08	2.57E-08	—	—	9.47E-09	6.96E-09	7.05E-09
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	8.45E-06	4.39E-06	2.4E-06	1.03E-06	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	1.37E-06	8.83E-07	4.25E-07	1.56E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	1.79E-06	1.12E-06	7.02E-07	3.31E-07	1.64E-07	5.65E-08	5.81E-08	4.13E-08	2.82E-08	2.36E-08	2.38E-08
W	—	1.15E-06	6.97E-07	4.13E-07	1.9E-07	7.42E-08	4.12E-08	2.78E-08	1.95E-08	1.41E-08	1.18E-08	1.05E-08
WNW	—	—	8.8E-07	5.17E-07	2.59E-07	1.02E-07	4.72E-08	3.7E-08	2.68E-08	2.13E-08	1.78E-08	1.59E-08
NW	—	1.97E-06	—	6.74E-07	3.12E-07	1.18E-07	6.11E-08	3.82E-08	2.62E-08	2.01E-08	1.7E-08	1.31E-08
NNW	—	3.65E-06	—	1.19E-06	3.94E-07	2.29E-07	1.14E-07	7.35E-08	5.31E-08	4.1E-08	3.36E-08	2.78E-08

表 5.2-17（2/2） 气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（四台机组排放）

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	—	4.32E-06	2.36E-06	1.31E-06	4.24E-07	2.24E-07	1.07E-07	6.19E-08	4.68E-08	3.52E-08	2.75E-08	2.31E-08
NNE	—	4.73E-06	2.83E-06	—	4.75E-07	3.45E-07	1.86E-07	9.91E-08	9.46E-08	7E-08	5.75E-08	4.8E-08
NE	—	—	—	—	4.45E-07	2.83E-07	1.53E-07	9.98E-08	7.05E-08	5.7E-08	4.29E-08	3.61E-08
ENE	—	—	—	—	—	2.46E-07	1.32E-07	8.83E-08	6.46E-08	5.19E-08	3.96E-08	3.3E-08
E	—	—	—	—	—	1.75E-07	1.07E-07	7.37E-08	5.52E-08	4.3E-08	2.93E-08	2.56E-08
ESE	—	—	—	—	—	8.42E-08	4.64E-08	—	—	1.77E-08	1.31E-08	1.34E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	9.95E-06	5.87E-06	3.49E-06	1.62E-06	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	2.14E-06	1.43E-06	7.2E-07	2.7E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	2.64E-06	1.73E-06	1.14E-06	5.67E-07	2.97E-07	1.02E-07	1.1E-07	7.86E-08	5.4E-08	4.55E-08	4.53E-08
W	—	1.67E-06	1.03E-06	6.35E-07	3.08E-07	1.26E-07	7.22E-08	4.98E-08	3.52E-08	2.57E-08	2.17E-08	1.89E-08
WNW	—	—	1.37E-06	8.4E-07	4.47E-07	1.83E-07	8.63E-08	6.99E-08	5.12E-08	4.1E-08	3.46E-08	3.03E-08
NW	—	2.8E-06	—	1.04E-06	5.11E-07	2.02E-07	1.09E-07	6.97E-08	4.84E-08	3.75E-08	3.23E-08	2.45E-08
NNW	—	4.82E-06	—	1.83E-06	6.19E-07	3.99E-07	2.05E-07	1.35E-07	9.87E-08	7.69E-08	6.36E-08	5.22E-08

表 5.2-18（1/2） 液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（三、四号机组排放）

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	—	9.27E-08	9.27E-08	9.27E-08	3.81E-08	1.38E-08	1.26E-09	1.02E-09	4.38E-10	4.69E-10	4.71E-10	3.88E-10
NNE	—	9.27E-08	9.27E-08	—	3.81E-08	1.38E-08	1.25E-09	1.3E-09	3.92E-10	4.34E-10	4.05E-10	4.93E-10
NE	—	—	—	—	3.81E-08	1.95E-08	1.82E-09	5.68E-10	6.18E-10	4.43E-10	4.24E-10	4.24E-10
ENE	—	—	—	—	—	1.95E-08	1.16E-09	4.86E-10	6.41E-10	4.95E-10	5.45E-10	5.31E-10
E	—	—	—	—	—	1.95E-08	1.16E-09	2.43E-09	2.43E-09	5.64E-10	2.75E-09	9.4E-10
ESE	—	—	—	—	—	1.95E-08	7.35E-09	—	—	3.48E-09	3.1E-09	9.75E-10
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	9.27E-08	9.27E-08	9.27E-08	3.81E-08	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	9.27E-08	9.26E-08	3.81E-08	1.86E-08	—	—	—	—	—	—
WSW	—	9.27E-08	9.25E-08	9.27E-08	3.68E-08	1.38E-08	1.64E-08	2.37E-09	2.75E-09	1.55E-09	1.35E-09	3.62E-10
W	—	9.27E-08	9.27E-08	9.27E-08	3.68E-08	1.29E-08	6.88E-09	8.45E-10	9.15E-10	1.45E-09	1.04E-09	6.46E-10
WNW	—	—	9.21E-08	9.27E-08	3.81E-08	1.07E-08	6.29E-09	6.58E-10	8.88E-10	8.07E-10	8.07E-10	1.01E-09
NW	—	9.27E-08	—	9.27E-08	3.81E-08	5.39E-09	1.8E-09	8.06E-10	5.71E-10	6.48E-10	1.01E-09	1.57E-09
NNW	—	9.27E-08	—	9.18E-08	3.81E-08	1.38E-08	1.58E-09	4.15E-10	4.23E-10	4.66E-10	4.66E-10	4.06E-10

表 5.2-18 (2/2) 液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（四台机组排放）

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	—	5.63E-07	5.63E-07	5.63E-07	2.35E-07	1.06E-07	9.68E-09	7.88E-09	3.39E-09	3.63E-09	3.64E-09	3E-09
NNE	—	5.63E-07	5.63E-07	—	2.35E-07	1.06E-07	9.65E-09	1E-08	3.03E-09	3.35E-09	3.14E-09	3.81E-09
NE	—	—	—	—	2.35E-07	1.25E-07	1.4E-08	4.39E-09	4.78E-09	3.42E-09	3.27E-09	3.27E-09
ENE	—	—	—	—	—	1.25E-07	8.92E-09	3.76E-09	4.96E-09	3.83E-09	4.21E-09	4.1E-09
E	—	—	—	—	—	1.25E-07	8.92E-09	1.07E-08	1.07E-08	4.36E-09	2.13E-08	7.27E-09
ESE	—	—	—	—	—	1.25E-07	3.11E-08	—	—	2.69E-08	2.39E-08	7.54E-09
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	5.63E-07	5.63E-07	5.63E-07	2.35E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	5.63E-07	5.63E-07	2.35E-07	1.17E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	5.63E-07	5.62E-07	5.64E-07	2.27E-07	1.06E-07	1.01E-07	1.03E-08	1.33E-08	1.2E-08	1.05E-08	2.79E-09
W	—	5.63E-07	5.63E-07	5.63E-07	2.26E-07	9.95E-08	5.3E-08	6.54E-09	7.08E-09	1.12E-08	8.02E-09	5E-09
WNW	—	—	5.59E-07	5.64E-07	2.35E-07	8.25E-08	4.84E-08	5.09E-09	6.86E-09	6.24E-09	6.24E-09	7.79E-09
NW	—	5.63E-07	—	5.63E-07	2.35E-07	4.15E-08	1.38E-08	6.23E-09	4.41E-09	5.01E-09	7.81E-09	1.22E-08
NNW	—	5.63E-07	—	5.57E-07	2.35E-07	1.06E-07	1.22E-08	3.21E-09	3.27E-09	3.6E-09	3.6E-09	3.14E-09

表 5.2-19（1/2） 气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（三、四号机组排放）

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	—	2.55E-06	1.47E-06	8.61E-07	3.04E-07	1.43E-07	6.22E-08	3.58E-08	2.62E-08	1.96E-08	1.53E-08	1.27E-08
NNE	—	3.47E-06	1.96E-06	—	3.38E-07	2.1E-07	1.03E-07	5.53E-08	5.05E-08	3.73E-08	3.04E-08	2.54E-08
NE	—	—	—	—	3.11E-07	1.77E-07	8.45E-08	5.38E-08	3.79E-08	3.02E-08	2.26E-08	1.9E-08
ENE	—	—	—	—	—	1.7E-07	8.02E-08	5.31E-08	3.89E-08	3.11E-08	2.38E-08	2E-08
E	—	—	—	—	—	1.18E-07	6E-08	4.27E-08	3.23E-08	2.38E-08	1.86E-08	1.47E-08
ESE	—	—	—	—	—	6.78E-08	3.31E-08	—	—	1.29E-08	1.01E-08	8.02E-09
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	8.54E-06	4.48E-06	2.49E-06	1.06E-06	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	1.46E-06	9.76E-07	4.63E-07	1.75E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	1.88E-06	1.21E-06	7.94E-07	3.68E-07	1.78E-07	7.29E-08	6.05E-08	4.41E-08	2.98E-08	2.49E-08	2.41E-08
W	—	1.24E-06	7.9E-07	5.05E-07	2.27E-07	8.71E-08	4.8E-08	2.87E-08	2.04E-08	1.55E-08	1.29E-08	1.11E-08
WNW	—	—	9.72E-07	6.1E-07	2.97E-07	1.13E-07	5.35E-08	3.77E-08	2.77E-08	2.21E-08	1.86E-08	1.69E-08
NW	—	2.07E-06	—	7.67E-07	3.5E-07	1.23E-07	6.29E-08	3.9E-08	2.68E-08	2.08E-08	1.8E-08	1.47E-08
NNW	—	3.74E-06	—	1.28E-06	4.32E-07	2.43E-07	1.15E-07	7.39E-08	5.36E-08	4.15E-08	3.41E-08	2.82E-08

表 5.2-19（2/2） 气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（四台机组排放）

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	—	4.88E-06	2.92E-06	1.87E-06	6.59E-07	3.29E-07	1.17E-07	6.97E-08	5.02E-08	3.87E-08	3.11E-08	2.6E-08
NNE	—	5.29E-06	3.4E-06	—	7.1E-07	4.52E-07	1.95E-07	1.09E-07	9.76E-08	7.33E-08	6.06E-08	5.19E-08
NE	—	—	—	—	6.8E-07	4.08E-07	1.67E-07	1.04E-07	7.54E-08	6.05E-08	4.62E-08	3.94E-08
ENE	—	—	—	—	—	3.72E-07	1.41E-07	9.2E-08	6.95E-08	5.58E-08	4.38E-08	3.72E-08
E	—	—	—	—	—	2.99E-07	1.16E-07	8.44E-08	6.59E-08	4.74E-08	5.06E-08	3.29E-08
ESE	—	—	—	—	—	2.09E-07	7.74E-08	—	—	4.45E-08	3.71E-08	2.09E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	1.05E-05	6.43E-06	4.05E-06	1.85E-06	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	2.7E-06	2E-06	9.55E-07	3.88E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	3.2E-06	2.29E-06	1.7E-06	7.94E-07	4.03E-07	2.02E-07	1.2E-07	9.19E-08	6.6E-08	5.59E-08	4.8E-08
W	—	2.23E-06	1.59E-06	1.2E-06	5.35E-07	2.25E-07	1.25E-07	5.64E-08	4.23E-08	3.68E-08	2.98E-08	2.39E-08
WNW	—	—	1.93E-06	1.4E-06	6.82E-07	2.66E-07	1.35E-07	7.5E-08	5.81E-08	4.72E-08	4.08E-08	3.81E-08
NW	—	3.37E-06	—	1.6E-06	7.46E-07	2.43E-07	1.23E-07	7.59E-08	5.28E-08	4.26E-08	4.01E-08	3.67E-08
NNW	—	5.38E-06	—	2.38E-06	8.55E-07	5.05E-07	2.16E-07	1.38E-07	1.02E-07	8.05E-08	6.73E-08	5.53E-08

表 5.2-20（1/2） 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（三、四号机组排放）

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	—	2.29E-06	1.33E-06	7.86E-07	3.02E-07	1.28E-07	5.21E-08	3.05E-08	2.12E-08	1.57E-08	1.21E-08	9.9E-09
NNE	—	2.93E-06	1.65E-06	—	3.39E-07	1.73E-07	7.96E-08	4.58E-08	3.73E-08	2.79E-08	2.25E-08	1.89E-08
NE	—	—	—	—	3.12E-07	1.52E-07	6.86E-08	4.25E-08	2.98E-08	2.3E-08	1.75E-08	1.45E-08
ENE	—	—	—	—	—	1.42E-07	6.23E-08	4.01E-08	2.92E-08	2.28E-08	1.78E-08	1.48E-08
E	—	—	—	—	—	1.01E-07	4.62E-08	3.21E-08	2.41E-08	1.77E-08	1.59E-08	1.17E-08
ESE	—	—	—	—	—	6.21E-08	2.73E-08	—	—	1.19E-08	9.67E-09	6.5E-09
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	7.64E-06	3.98E-06	2.19E-06	9.2E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	1.29E-06	8.57E-07	4.04E-07	1.57E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	1.5E-06	9.83E-07	6.59E-07	3.08E-07	1.42E-07	6.8E-08	4.46E-08	3.32E-08	2.37E-08	1.95E-08	1.71E-08
W	—	1.06E-06	6.86E-07	4.51E-07	2.01E-07	7.86E-08	4.12E-08	2.22E-08	1.59E-08	1.26E-08	1.01E-08	8.38E-09
WNW	—	—	8.17E-07	5.26E-07	2.47E-07	9.56E-08	4.7E-08	2.87E-08	2.11E-08	1.67E-08	1.38E-08	1.24E-08
NW	—	1.81E-06	—	6.87E-07	3.07E-07	1.06E-07	5.11E-08	3.1E-08	2.12E-08	1.63E-08	1.38E-08	1.19E-08
NNW	—	3.15E-06	—	1.09E-06	4.15E-07	1.99E-07	9.05E-08	5.66E-08	4.06E-08	3.13E-08	2.53E-08	2.09E-08

表 5.2-20（2/2） 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（四台机组排放）

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	—	4.31E-06	2.7E-06	1.82E-06	7.04E-07	3.26E-07	9.97E-08	6.15E-08	4.13E-08	3.21E-08	2.59E-08	2.14E-08
NNE	—	4.63E-06	3.02E-06	—	7.61E-07	4.08E-07	1.52E-07	9.33E-08	7.26E-08	5.58E-08	4.59E-08	4E-08
NE	—	—	—	—	7.3E-07	3.82E-07	1.38E-07	8.24E-08	6.04E-08	4.69E-08	3.67E-08	3.13E-08
ENE	—	—	—	—	—	3.49E-07	1.12E-07	7.06E-08	5.41E-08	4.25E-08	3.45E-08	2.95E-08
E	—	—	—	—	—	2.93E-07	9.17E-08	6.49E-08	5.09E-08	3.7E-08	5.11E-08	2.91E-08
ESE	—	—	—	—	—	2.24E-07	6.78E-08	—	—	4.96E-08	4.25E-08	2E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	9.45E-06	5.79E-06	3.67E-06	1.64E-06	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	2.49E-06	1.88E-06	8.88E-07	3.76E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	2.72E-06	2.03E-06	1.58E-06	7.29E-07	3.61E-07	2.12E-07	8.94E-08	7.2E-08	5.71E-08	4.79E-08	3.53E-08
W	—	2.06E-06	1.54E-06	1.23E-06	5.35E-07	2.36E-07	1.26E-07	4.61E-08	3.58E-08	3.43E-08	2.67E-08	2.02E-08
WNW	—	—	1.78E-06	1.37E-06	6.37E-07	2.54E-07	1.35E-07	5.87E-08	4.69E-08	3.82E-08	3.3E-08	3.15E-08
NW	—	3.05E-06	—	1.58E-06	7.15E-07	2.21E-07	1.04E-07	6.19E-08	4.3E-08	3.51E-08	3.39E-08	3.45E-08
NNW	—	4.66E-06	—	2.17E-06	8.72E-07	4.5E-07	1.72E-07	1.05E-07	7.78E-08	6.17E-08	5.11E-08	4.22E-08

表 5.2-21（1/2） 气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量（三、四号机组排放）

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	—	2.23E-06	1.3E-06	7.81E-07	3.07E-07	1.26E-07	4.92E-08	2.91E-08	1.96E-08	1.45E-08	1.12E-08	9.08E-09
NNE	—	2.78E-06	1.58E-06	—	3.46E-07	1.65E-07	7.29E-08	4.33E-08	3.36E-08	2.52E-08	2.02E-08	1.71E-08
NE	—	—	—	—	3.18E-07	1.46E-07	6.43E-08	3.91E-08	2.76E-08	2.09E-08	1.6E-08	1.33E-08
ENE	—	—	—	—	—	1.35E-07	5.72E-08	3.63E-08	2.64E-08	2.04E-08	1.61E-08	1.34E-08
E	—	—	—	—	—	9.77E-08	4.24E-08	2.84E-08	2.11E-08	1.6E-08	1.59E-08	1.11E-08
ESE	—	—	—	—	—	6.18E-08	2.35E-08	—	—	1.26E-08	1.04E-08	6.3E-09
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	7.37E-06	3.85E-06	2.11E-06	8.84E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	1.25E-06	8.41E-07	3.94E-07	1.53E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	1.4E-06	9.37E-07	6.39E-07	2.97E-07	1.35E-07	6.73E-08	3.94E-08	2.96E-08	2.23E-08	1.83E-08	1.52E-08
W	—	1.02E-06	6.75E-07	4.54E-07	1.98E-07	7.98E-08	4.12E-08	2.06E-08	1.48E-08	1.22E-08	9.55E-09	7.74E-09
WNW	—	—	7.92E-07	5.21E-07	2.39E-07	9.37E-08	4.69E-08	2.63E-08	1.94E-08	1.53E-08	1.27E-08	1.14E-08
NW	—	1.75E-06	—	6.82E-07	3.01E-07	1.02E-07	4.81E-08	2.89E-08	1.96E-08	1.5E-08	1.29E-08	1.15E-08
NNW	—	3.00E-06	—	1.05E-06	4.16E-07	1.9E-07	8.36E-08	5.15E-08	3.68E-08	2.83E-08	2.28E-08	1.88E-08

表 5.2-21（2/2） 气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量（四台机组排放）

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	—	4.24E-06	2.73E-06	1.9E-06	7.56E-07	3.48E-07	9.65E-08	6.08E-08	3.92E-08	3.08E-08	2.51E-08	2.06E-08
NNE	—	4.53E-06	3.01E-06	—	8.16E-07	4.2E-07	1.42E-07	9.1E-08	6.61E-08	5.14E-08	4.22E-08	3.74E-08
NE	—	—	—	—	7.84E-07	3.91E-07	1.33E-07	7.67E-08	5.7E-08	4.36E-08	3.45E-08	2.96E-08
ENE	—	—	—	—	—	3.59E-07	1.05E-07	6.51E-08	5.06E-08	3.94E-08	3.27E-08	2.81E-08
E	—	—	—	—	—	3.09E-07	8.66E-08	5.79E-08	4.52E-08	3.48E-08	5.63E-08	2.97E-08
ESE	—	—	—	—	—	2.46E-07	5.99E-08	—	—	5.74E-08	4.97E-08	2.14E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	9.22E-06	5.7E-06	3.65E-06	1.62E-06	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	2.52E-06	1.95E-06	9.1E-07	3.88E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	2.68E-06	2.06E-06	1.66E-06	7.49E-07	3.74E-07	2.26E-07	7.92E-08	6.57E-08	5.73E-08	4.81E-08	3.23E-08
W	—	2.11E-06	1.64E-06	1.34E-06	5.71E-07	2.62E-07	1.39E-07	4.47E-08	3.55E-08	3.63E-08	2.77E-08	2.03E-08
WNW	—	—	1.84E-06	1.47E-06	6.64E-07	2.7E-07	1.46E-07	5.52E-08	4.52E-08	3.7E-08	3.23E-08	3.14E-08
NW	—	3.06E-06	—	1.67E-06	7.46E-07	2.24E-07	1.01E-07	5.94E-08	4.1E-08	3.39E-08	3.39E-08	3.67E-08
NNW	—	4.56E-06	—	2.21E-06	9.18E-07	4.59E-07	1.62E-07	9.64E-08	7.13E-08	5.68E-08	4.71E-08	3.9E-08

表 5.2-22（1/2） 气态和液态途径对各子区公众造成的集体有效剂量（三、四号机组排放）

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	—	7.24E-04	2.88E-04	7.80E-05	1.22E-03	5.00E-04	2.56E-03	5.82E-03	9.81E-04	1.86E-03	1.19E-03	1.16E-03
NNE	—	6.79E-04	1.20E-03	—	1.77E-03	2.35E-03	1.75E-03	6.01E-03	2.09E-03	3.15E-03	2.32E-03	4.02E-03
NE	—	—	—	—	1.21E-03	1.13E-03	9.11E-04	5.76E-04	1.33E-03	6.04E-04	1.01E-03	8.51E-04
ENE	—	—	—	—	—	1.45E-03	2.25E-04	8.06E-04	9.29E-04	9.81E-04	8.73E-04	8.72E-04
E	—	—	—	—	—	1.81E-03	1.69E-03	2.07E-03	2.44E-03	1.61E-03	3.35E-03	2.30E-03
ESE	—	—	—	—	—	2.06E-04	5.96E-05	—	—	1.74E-04	2.93E-03	1.14E-04
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	3.95E-03	2.80E-03	1.12E-03	8.34E-04	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	5.30E-04	4.12E-04	1.80E-03	5.96E-03	—	—	—	—	—	—
WSW	—	2.33E-04	1.83E-04	8.04E-04	1.92E-03	1.21E-03	2.60E-03	1.74E-04	4.87E-04	5.18E-04	9.00E-04	2.47E-04
W	—	3.67E-04	2.92E-04	5.02E-04	7.72E-04	1.53E-03	9.87E-04	2.75E-04	6.93E-04	4.04E-04	6.46E-04	4.86E-04
WNW	—	—	4.78E-05	3.58E-04	1.08E-04	8.50E-04	5.00E-03	5.56E-04	7.75E-04	8.46E-04	4.93E-04	2.02E-04
NW	—	2.19E-04	—	5.54E-04	4.71E-04	8.86E-04	2.76E-04	1.45E-03	6.46E-04	3.95E-04	3.86E-04	1.23E-03
NNW	—	1.70E-03	—	2.91E-05	1.86E-03	1.64E-03	2.20E-03	2.73E-03	2.21E-03	3.40E-03	1.04E-03	1.05E-03

表 5.2-22（2/2） 气态和液态途径对各子区公众造成的集体有效剂量（四台机组排放）

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	—	1.38E-03	5.77E-04	1.73E-04	2.71E-03	1.19E-03	4.83E-03	1.15E-02	1.89E-03	3.71E-03	2.46E-03	2.41E-03
NNE	—	1.04E-03	2.11E-03	—	3.81E-03	5.19E-03	3.31E-03	1.20E-02	4.05E-03	6.22E-03	4.66E-03	8.29E-03
NE	—	—	—	—	2.70E-03	2.67E-03	1.81E-03	1.11E-03	2.66E-03	1.22E-03	2.09E-03	1.78E-03
ENE	—	—	—	—	—	3.28E-03	3.97E-04	1.40E-03	1.68E-03	1.78E-03	1.63E-03	1.65E-03
E	—	—	—	—	—	4.76E-03	3.29E-03	4.11E-03	5.01E-03	3.24E-03	9.55E-03	5.30E-03
ESE	—	—	—	—	—	6.64E-04	1.41E-04	—	—	6.36E-04	1.14E-02	3.09E-04
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	4.87E-03	4.04E-03	1.84E-03	1.46E-03	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	9.93E-04	8.61E-04	3.77E-03	1.35E-02	—	—	—	—	—	—
WSW	—	4.04E-04	3.54E-04	1.78E-03	4.24E-03	2.83E-03	7.47E-03	3.45E-04	1.02E-03	1.17E-03	2.07E-03	4.96E-04
W	—	6.74E-04	6.06E-04	1.24E-03	1.88E-03	4.14E-03	2.69E-03	5.48E-04	1.47E-03	9.95E-04	1.55E-03	1.08E-03
WNW	—	—	9.73E-05	8.50E-04	2.55E-04	2.07E-03	1.31E-02	1.11E-03	1.65E-03	1.84E-03	1.10E-03	4.69E-04
NW	—	3.60E-04	—	1.19E-03	1.03E-03	1.78E-03	5.46E-04	2.84E-03	1.28E-03	8.19E-04	8.82E-04	3.19E-03
NNW	—	2.46E-03	—	5.52E-05	3.74E-03	3.48E-03	4.16E-03	5.09E-03	4.21E-03	6.63E-03	2.07E-03	2.07E-03

表5.2-23 厂址附近渔民个人食物消费和生活习惯因子

年食物消费量 (kg/a)		粮食	145
		蔬菜	110
		肉类	31
		蛋类	11
		水果	29
		鱼类	99
		甲壳类	17
		贝类	12
年活动时间 (h/a)	捕捞 渔民	岸边活动时间	600
		海上活动时间	2000
		游泳时间	100
	养殖 渔民	岸边活动时间	1200
		海上活动时间	1500
		游泳时间	100

表 5.2-24 “三关键”筛选比较（四台机组排放）

单位：Sv/a

照射途径		筛选居民组		N 方位 1~2km		NNE 方位 1~2km		SSW 方位 1~2km		NW 方位 1~2km		NNW 方位 1~2km	
		剂量结果		滩涂养殖	海水捕捞	滩涂养殖	海水捕捞	滩涂养殖	海水捕捞	滩涂养殖	海水捕捞	滩涂养殖	海水捕捞
				渔民	渔民	渔民	渔民	渔民	渔民	渔民	渔民	渔民	渔民
气态途径	空气浸没外照射	5.07E-08		5.35E-08		1.28E-07		3.14E-08		4.94E-08			
	地面沉积外照射	3.50E-08		4.03E-08		5.80E-08		2.29E-08		4.33E-08			
	空气吸入内照射	2.49E-08		2.62E-08		5.88E-08		1.52E-08		2.37E-08			
	陆生食品食入内照射	3.00E-07		3.23E-07		7.15E-07		1.94E-07		3.21E-07			
	合计	4.11E-07		4.43E-07		9.60E-07		2.63E-07		4.37E-07			
液态途径	岸边沉积外照射	6.60E-07	2.50E-07	6.60E-07	2.50E-07	6.60E-07	2.50E-07	6.60E-07	2.50E-07	6.60E-07	2.50E-07	6.60E-07	2.50E-07
	水上活动外照射	6.59E-10	6.53E-10	6.59E-10	6.53E-10	6.59E-10	6.53E-10	6.59E-10	6.53E-10	6.59E-10	6.53E-10	6.59E-10	6.53E-10
	海产品食入内照射	1.36E-06		1.36E-06		1.36E-06		1.36E-06		1.36E-06		1.36E-06	
	合计	2.02E-06	1.61E-06	2.02E-06	1.61E-06	2.02E-06	1.61E-06	2.02E-06	1.61E-06	2.02E-06	1.61E-06	2.02E-06	1.61E-06
合计		2.43E-06	2.02E-06	2.46E-06	2.05E-06	2.98E-06	2.57E-06	2.28E-06	1.87E-06	2.45E-06	2.04E-06		

表5.2-25（1/3） 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）（四台机组排放）
（SSW方位，1~2 km，沙螺辽村滩涂养殖渔民）

序号	核素	气态途径								液态途径						合计	
		空气浸没		地面沉积		吸入空气		食入陆生食品		岸边沉积		水上活动		食入海产品			
		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	—	—	—	—	5.85E-08	1.97	1.18E-08	0.40	—	—	—	—	3.74E-08	1.26	1.08E-07	3.62
2	¹⁴ C	—	—	—	—	—	—	5.88E-07	19.75	1.77E-12	0.00	6.39E-19	0.00	2.74E-07	9.20	8.62E-07	28.96
3	⁸⁵ Kr	3.57E-10	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.57E-10	0.01
4	^{85m} Kr	2.10E-09	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.10E-09	0.07
5	⁸⁷ Kr	1.01E-08	0.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.01E-08	0.34
6	⁸⁸ Kr	5.93E-08	1.99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.93E-08	1.99
7	¹³³ Xe	1.11E-08	0.37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.11E-08	0.37
8	^{133m} Xe	3.12E-10	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.12E-10	0.01
9	¹³⁵ Xe	3.26E-08	1.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.26E-08	1.10
10	¹³⁸ Xe	1.22E-08	0.41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.22E-08	0.41
11	⁵¹ Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	4.30E-10	0.01	2.69E-12	0.00	2.12E-10	0.01	6.45E-10	0.02
12	⁵⁴ Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	2.85E-08	0.96	8.05E-12	0.00	5.06E-09	0.17	3.36E-08	1.13
13	⁵⁹ Fe	—	—	—	—	—	—	—	—	2.34E-09	0.08	9.67E-12	0.00	1.96E-08	0.66	2.20E-08	0.74
14	⁵⁸ Co	1.32E-12	0.00	7.18E-10	0.02	1.59E-11	0.00	3.16E-10	0.01	4.03E-08	1.35	5.05E-11	0.00	1.30E-08	0.44	5.44E-08	1.83
15	⁶⁰ Co	2.35E-12	0.00	3.25E-08	1.09	6.60E-11	0.00	7.05E-09	0.24	5.54E-07	18.61	2.70E-11	0.00	9.57E-08	3.22	6.89E-07	23.16
16	⁸⁹ Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	1.22E-12	0.00	2.83E-15	0.00	3.09E-12	0.00	4.31E-12	0.00
17	⁹⁰ Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	2.05E-13	0.00	1.40E-19	0.00	7.19E-13	0.00	9.24E-13	0.00
18	⁹¹ Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	4.66E-16	0.00	7.14E-15	0.00	6.80E-16	0.00	8.29E-15	0.00
19	⁹² Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	3.85E-16	0.00	2.21E-14	0.00	8.75E-18	0.00	2.25E-14	0.00
20	⁹⁰ Y	—	—	—	—	—	—	—	—	7.91E-16	0.00	5.33E-19	0.00	1.69E-14	0.00	1.77E-14	0.00

表5.2-25（2/3） 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）（四台机组排放）
（SSW方位，1~2 km，沙螺辽村滩涂养殖渔民）

序号	核素	气态途径								液态途径						合计	
		空气浸没		地面沉积		吸入空气		食入陆生食品		岸边沉积		水上活动		食入海产品			
		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
21	⁹¹ Y	—	—	—	—	—	—	—	—	9.79E-10	0.03	6.59E-14	0.00	1.62E-09	0.05	2.60E-09	0.09
22	⁹⁵ Zr	—	—	—	—	—	—	—	—	2.15E-10	0.01	1.06E-13	0.00	2.30E-11	0.00	2.39E-10	0.01
23	⁹⁵ Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	3.65E-11	0.00	7.25E-14	0.00	2.92E-12	0.00	3.95E-11	0.00
24	⁹⁹ Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	1.02E-11	0.00	3.28E-13	0.00	6.75E-12	0.00	1.73E-11	0.00
25	^{99m} Tc	—	—	—	—	—	—	—	—	1.06E-16	0.00	2.45E-14	0.00	9.85E-15	0.00	3.44E-14	0.00
26	¹⁰³ Ru	—	—	—	—	—	—	—	—	1.83E-13	0.00	8.70E-14	0.00	1.33E-11	0.00	1.36E-11	0.00
27	¹⁰⁶ Ru	—	—	—	—	—	—	—	—	3.10E-14	0.00	1.70E-15	0.00	6.42E-12	0.00	6.45E-12	0.00
28	^{110m} Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	8.73E-09	0.29	2.11E-10	0.01	7.97E-07	26.79	8.06E-07	27.09
29	¹²² Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	1.43E-12	0.00	3.11E-12	0.00	7.52E-10	0.03	7.57E-10	0.03
30	¹²⁴ Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	1.07E-10	0.00	1.09E-11	0.00	1.18E-09	0.04	1.30E-09	0.04
31	¹³¹ Te	—	—	—	—	—	—	—	—	1.14E-17	0.00	3.89E-15	0.00	1.61E-30	0.00	3.90E-15	0.00
32	^{131m} Te	—	—	—	—	—	—	—	—	6.96E-16	0.00	2.99E-15	0.00	9.11E-13	0.00	9.15E-13	0.00
33	¹³² Te	—	—	—	—	—	—	—	—	3.99E-13	0.00	6.13E-14	0.00	3.49E-10	0.01	3.49E-10	0.01
34	¹³⁴ Te	—	—	—	—	—	—	—	—	8.35E-17	0.00	1.69E-14	0.00	3.53E-23	0.00	1.70E-14	0.00
35	¹³¹ I	7.79E-13	0.00	3.65E-10	0.01	3.61E-11	0.00	6.77E-09	0.23	6.24E-12	0.00	2.21E-10	0.01	4.74E-08	1.59	5.48E-08	1.84
36	¹³² I	8.27E-13	0.00	4.55E-12	0.00	2.83E-13	0.00	2.22E-16	0.00	2.21E-15	0.00	6.68E-12	0.00	2.46E-15	0.00	1.23E-11	0.00
37	¹³³ I	7.68E-13	0.00	3.98E-11	0.00	5.00E-12	0.00	6.11E-11	0.00	1.82E-14	0.00	5.78E-12	0.00	7.40E-11	0.00	1.86E-10	0.01
38	¹³⁴ I	3.19E-13	0.00	6.70E-13	0.00	4.59E-14	0.00	8.48E-23	0.00	1.60E-16	0.00	1.28E-12	0.00	1.20E-21	0.00	2.31E-12	0.00
39	¹³⁵ I	7.38E-13	0.00	1.07E-11	0.00	7.63E-13	0.00	2.74E-13	0.00	4.83E-15	0.00	5.44E-12	0.00	9.94E-13	0.00	1.89E-11	0.00
40	¹³⁴ Cs	2.12E-12	0.00	1.08E-08	0.36	9.01E-11	0.00	4.44E-08	1.49	1.58E-08	0.53	4.14E-11	0.00	3.17E-08	1.06	1.03E-07	3.45

表5.2-25（3/3） 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）（四台机组排放）
（SSW方位，1~2 km，沙螺辽村滩涂养殖渔民）

序号	核素	气态途径								液态途径						合计	
		空气浸没		地面沉积		吸入空气		食入陆生食品		岸边沉积		水上活动		食入海产品			
		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
41	¹³⁶ Cs	—	—	—	—	—	—	—	—	3.32E-10	0.01	5.14E-11	0.00	1.19E-09	0.04	1.58E-09	0.05
42	¹³⁷ Cs	5.12E-13	0.00	1.35E-08	0.45	6.40E-11	0.00	5.70E-08	1.91	8.81E-09	0.30	3.94E-16	0.00	2.84E-08	0.95	1.08E-07	3.62
43	¹³⁸ Cs	—	—	—	—	—	—	—	—	1.87E-14	0.00	1.87E-12	0.00	4.43E-26	0.00	1.89E-12	0.00
44	¹⁴⁰ Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	6.20E-12	0.00	5.79E-13	0.00	3.01E-11	0.00	3.69E-11	0.00
45	¹⁴⁰ La	—	—	—	—	—	—	—	—	2.49E-11	0.00	9.95E-13	0.00	2.97E-11	0.00	5.56E-11	0.00
46	¹⁴¹ Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	7.67E-12	0.00	1.35E-14	0.00	1.99E-11	0.00	2.76E-11	0.00
47	¹⁴³ Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	6.81E-14	0.00	2.88E-15	0.00	1.09E-12	0.00	1.16E-12	0.00
48	¹⁴⁴ Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	3.94E-11	0.00	8.41E-16	0.00	6.24E-11	0.00	1.02E-10	0.00
49	¹⁴³ Pr	—	—	—	—	—	—	—	—	3.00E-13	0.00	7.25E-16	0.00	1.16E-10	0.00	1.16E-10	0.00
50	¹⁴⁴ Pr	—	—	—	—	—	—	—	—	6.10E-20	0.00	3.19E-19	0.00	9.23E-35	0.00	3.80E-19	0.00
合计		1.28E-07	4.30	5.80E-08	1.95	5.88E-08	1.97	7.15E-07	24.03	6.61E-07	22.19	6.60E-10	0.02	1.36E-06	45.53	2.98E-06	100.00
9.60E-07Sv/a, 占总有效剂量的 32.25%										2.02E-06Sv/a, 占总有效剂量的 67.75%							

表 5.2-26 防城港核电厂四台机组运行状态下“三关键”计算分析结果

a) 关键组居民及其受照剂量

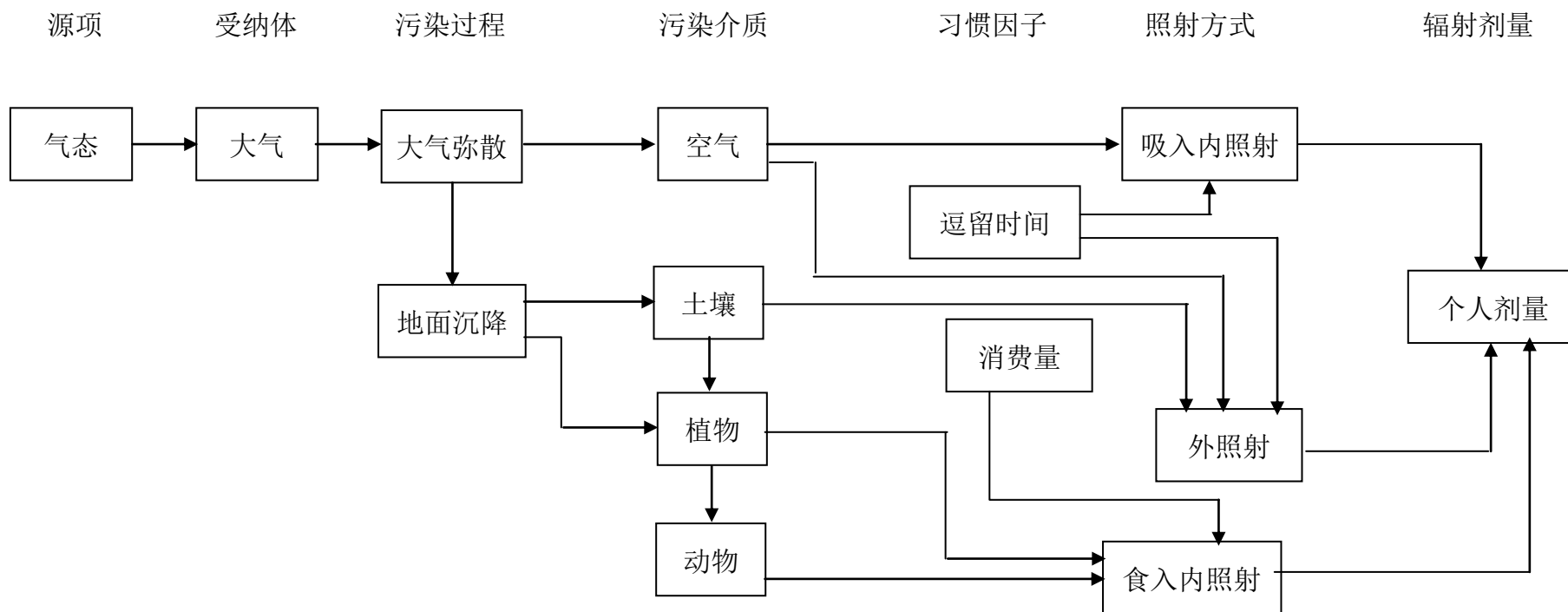
方位	距离 (km)	群体	有效剂量— H_E (Sv/a)
SSW	1~2	沙螺辽村滩涂养殖渔民	2.98×10^{-6}

b) 关键照射途径和重要照射途径

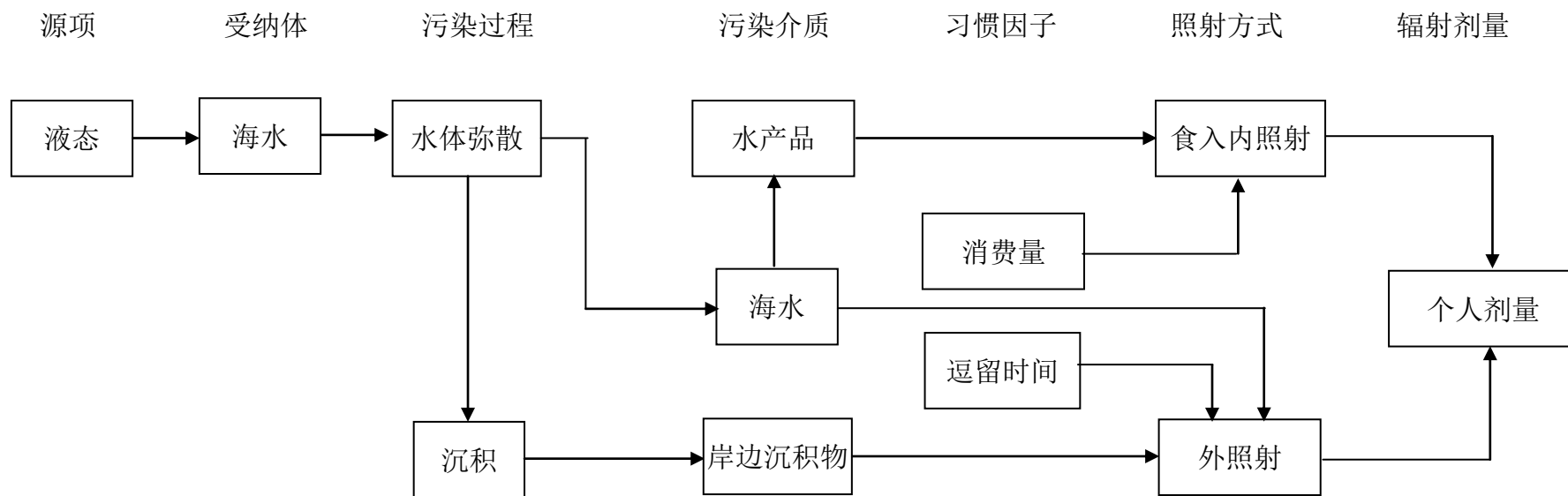
名称		有效剂量 (Sv/a)	占 H_E 的份额 (%)
关键照射途径	食入海产品内照射	1.36×10^{-6}	45.53
重要照射途径	食入陆生食品内照射	7.15×10^{-7}	24.03

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	8.62×10^{-7}	28.96	食入陆生食品内照射: 19.75
重要核素	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	8.06×10^{-7}	27.09	食入海产品内照射: 26.79
	^{60}Co	6.89×10^{-7}	23.16	岸边沉积物外照射: 18.61



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
气态照射途径		
图 5.2-1	版次:	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
液态照射途径		
图 5.2-2	版次：	A

- 5.3 正常运行的其它影响
 - 5.3.1 非放射性化学物质排放的影响
 - 5.3.2 余氯排放的影响
 - 5.3.3 含油废水和生活污水排放的影响
 - 5.3.4 非放射性固废对环境的影响
 - 5.3.5 噪声影响
 - 5.3.6 电磁影响

5.3 正常运行的其它影响

防城港核电厂二期工程三、四号机组正常运行时，可能造成的环境影响除前述温排水影响和辐射影响之外，还包括其他方面的影响。厂区非放射性污染物主要包括循环冷却水中的化学物质、生活污水与含油废水、食堂油烟、固体废物、噪声、电磁辐射等。本节将对上述非放射性污染物对环境的可能影响进行分析和评价。

5.3.1 非放射性化学物质排放的影响

为了满足核电厂运行的要求，电厂运行期间需要对电厂工艺用水进行除盐处理，即通过加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学活性添加剂（如硼酸、氢氧化铁、盐酸、三氯化铁、次氯酸钠、联胺和液氨等），将淡水经絮凝、沉淀和离子交换除盐处理，以满足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处理外，其余将随电厂温排水排入厂址附近海域。此外，液体放射性废物的处理过程也需要加入少量的化学添加剂，并最终随废水排出。

根据目前运行核电厂的相关经验，预计防城港核电厂的除盐过程及液体放射性废物处理过程中使用的化学物质有限，相应的排放废水中化学物质的含量也有限，同时考虑到这些含化学物质的废水经电厂温排水稀释后，排入环境前的浓度已很低。此外，废水排入环境水体，在潮汐的作用下迅速被稀释。

因此，可以预测防城港核电厂一、二期工程运行中化学物质的排放对环境的影响有限，不会对受纳水体的海水水质造成明显的影响。

5.3.2 余氯排放的影响

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的降低，通常在循环冷却系统的取水加入一定浓度的次氯化物。加氯处理后电厂排放的循环冷却水中存在一定数量的余氯。

氯进入水体后可水解生成游离有效氯（HOCl 和 OCl⁻），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（NH₂Cl 和 NHCl₂）。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。水体的化学性质、pH 值、温度以及外界光照，对余氯的生物效应都有影响。较低的 pH 值、NH₃ 含量和较高的温度，会增强余氯毒性；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

国内研究发现余氯对浮游植物的损害较大，0.2mg/L 的氯可以直接杀死水中 60~80% 的藻类；0.1mg/L 的余氯会使浮游植物光合作用下降 50%；当余氯稀释到 0.03mg/L 以下时，水中初级生产力可完全恢复。

浮游动物对余氯较敏感，国内外的研究结论表明，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。25℃时余氯对海水中浮游动物的 96h 的半致死浓度（LC₅₀）为 0.062~0.267mg/L。研究发现鱼类受余氯影响较大，但鱼类的回避性可以助其迅速游离高浓度余氯水域，因此，鱼类不会受余氯影响而造成大的损伤。

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 μg/L 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。在美国 EPA 于 2006 年发布的水质基准（National Recommended Water Quality Criteria）中，针对氯对海洋生物影响制定的避免急性损伤的基准最大浓度（Criteria Maximum Concentration）和慢性损伤的基准连续浓度（Criteria Continuous Concentration）分别为 13 μg/L 和 7.5 μg/L。

核电厂正常运行过程中，通常需要向循环冷却水中连续加入 1mg/L 的次氯化物以抑制海洋生物在管道内的繁殖。根据国内同类电厂的运行经验，预计防城港核电厂正常运行情况下，排水口处水中余氯浓度不高于 0.15mg/L。

根据低放数模计算结果，防城港核电厂二期工程运行时排放的余氯在附近海域中 15 μg/L 的浓度等值线全潮最大包络面积约为 0.25km²，可以认为防城港核电二期工程正常运行时的余氯排放对周围海域中海洋生物有明显毒性影响的范围限于核电厂排放口附近 0.25km² 的海域。因此，核电厂排放的余氯的影响区域仅在排水口附近海域，对海洋生物的影响范围也很有限。考虑到光照引起的余氯衰减会降低余氯毒性，实际情况中防城港核电厂排放水中余氯对附近海域中海洋生物影响很小。

5.3.3 含油废水和生活污水排放的影响

5.3.3.1 含油废水排放对海洋环境的影响

防城港核电厂运行期间的含油废水包括两部分：常规岛厂房各项设备和楼层各排水沟疏水、地面冲洗水和设备检修产生废水，和机修车间及运输车辆清洗站房等辅助

厂房产生废水。前者经常规岛废液收集系统（SEK）收集并经油水分离处理后，通过常规岛废液排放系统（SEL）集中排放至CC井后，与循环冷却海水混合后外排。后者由废油和非放射性水排放系统（SEH）收集，经油水分离器FS处理后，直接外排。

油水分离系统的主要部分是一个地下构筑物，包括下部的含油废水贮存池和上部的油水分离设备，废水处理工艺为：含油污水过滤器使用特殊的过滤介质，使截留的油污很容易反冲去除，不会产生因油污吸附饱和而堵死失效，其特点是在一定的滤速下，含油悬浮物和部分油可以通过材料表面的特性被截留；而在较高的水流速度下，含油悬浮物和部分油可以脱离材料表面，从而达到反冲洗的效果。防城港核电厂油水分离系统处理后的油脂收集起来用油泵泵出或装入油桶将委托相关有资质单位外运处理，预计不会对排放口周围环境产生影响。

5.3.3.2 生活污水排放的影响

防城港核电厂厂区实行雨污分流制。厂区污水处理站（ED1、ED2）主要处理全厂包括核岛、常规岛以及其它厂房、办公楼、食堂等场所的生活污水。一、二期工程编制约 1400 人，按照人均日用水量 150L/人 d，排水系数 0.8 计算，核电厂工作人员每天产生的生活污水量为 168m³/d。厂区的污水处理站（ED1、ED2）设计进水水量规模均为 480m³/d，具备一、二期工程生活污水的处理能力。污水经处理后出水达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中的一级 B 标准限值后排放至附近海域。

因此，防城港核电厂一、二期工程生活污水排放不会对附近海洋环境造成明显影响。

防城港核电厂淡水供水项目净水厂位于官山辽水库，运营期间的生活污水通过地理式污水处理装置处理达标后回用于厂区绿化，不外排，因此对地表水环境没有影响。

5.3.4 非放射性固废对环境的影响

防城港核电厂二期工程正常运行期间的非放射性固体废物主要包括运行产生的固体废物和工作人员的生活垃圾两部分。

5.3.4.1 工业固体废物

核电厂运行期间因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量的工业固废，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。防城港核电有限公司将委托专业废弃物处理公司将上述废物外运处理。类比大亚湾核电厂运行期间的固废产生量，预计防城港核电厂二期工程两台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 50t，危险固废约为 30t。

目前，业主计划委托广西固体废物管理中心负责定期处理非放射性固废。因此，运行期间产生的固体废物可以得到妥善处理。

5.3.4.2 生活垃圾

电厂运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区及员工生活区的生活垃圾，包括员工的生活垃圾、办公垃圾和餐饮垃圾等。

垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所集中收集处理；餐饮废弃物中厨房下脚料、食物残渣、鱼类内脏等有机废物由专人上门清运用作饲料，废食用油回收利用。

通过上述有效控制，防城港核电厂运行期间产生的生活垃圾不会对当地环境造成不利影响。

防城港核电厂淡水供水项目运营期间净水厂产生的生活垃圾由环保部门统一运走处理，净水厂生产污泥运往垃圾填埋场处理，生活污水处理产生的污泥采用吸粪车吸取运走。因此，淡水供水工程产生的废渣不会对周围环境产生不利影响。

5.3.5 噪声影响

核电厂的噪声主要来自核岛厂房群和汽轮机厂房中高速运转和有高速流体流动的设备。

核岛厂房群噪声主要来自五个方面：

- a)大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；
- b)柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；
- c)为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机不停运转；
- d)工艺过程的泄压释放系统的安全阀、管道和箱罐等，在执行排放或泄压功能时发出很强噪声；
- e)电气系统的部分设备也会发出很强噪声，例如：为反应堆控制棒驱动机构供电的

发电机组、变压器、逆变器等。

汽轮发电机厂房的噪声主要来自以下几个方面：

- 1) 高速运转的汽轮发电机组、主给水泵、增压泵和凝结水泵等机械动力噪声；
- 2) 电动机、变压器等电气设备的磁场交变运动产生的电磁噪声；
- 3) 在甩负荷时，蒸汽排入冷凝器前减温减压器会发出较强的噪声；
- 4) 设备运行中其安全阀或排汽阀事故排汽时，尤其是主蒸汽管道内的蒸汽通过安全阀和泄压阀向大气排放时，会产生极强的气体动力噪声，但发生这种情况的概率非常低。

类比国内核电厂相关资料，每台泵、风机、设备的噪声源强为 85~110dB（A）。

类比国内同类电厂噪声预测影响范围，考虑到防城港核电厂最近居民点距核岛厂房群和汽轮机厂房大于 1km，因此预计噪声对厂界和敏感点的声环境影响较小。

5.3.6 电磁辐射影响

核电厂内的电磁辐射源主要包括：500kV 主变、500kV 开关站、6 台 220kV 辅助变压器及厂内送电线路。

类比国内已运行电站的电磁环境监测结果可知，防城港核电厂内变电站及送电线路周围的工频电磁场强度可满足 HJ/T24-1998 中的推荐限值，无线电干扰也均可达到 GB15707-1995 中规定的限值要求，对厂址区域总体电磁环境质量影响较小。

5.4 退役

5.4.1 退役的一般原则

5.4.2 退役方案设想

5.4.3 电厂设计及运行阶段便于退役的考虑

5.4.4 退役资金

5.4 退役

随着核电厂运行时间的增长，反应堆系统中机械和电器等设备将出现老化现象，尤其是其中的一些不可更换设备的性能因老化而不断劣化，最终将中止反应堆的使用。防城港核电厂二期工程拟采用HL1000-1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环境保护行政主管部门审查。

因此，防城港核电厂二期工程两台机组反应堆的详细退役方案的制订及环境影响评价将在反应堆退役前开展。

核电厂退役的重点是反应堆退役，随着科学技术的不断进步，在今后的几十年时间内核电厂退役技术必将会发展到一个新的水平。防城港核电厂具体的退役技术方案将取决于临近退役时国家的法律法规、核电厂的实际状况和最终放射性总量、场址区域开发和利用、环境影响和公众态度、退役技术以及费用等诸多因素，其中废物出路和退役经费是两大关键因素。本节简要给出退役资金的筹措方案以及设想的退役方案。

5.4.1 退役的一般原则

核电厂反应堆的退役是一项新的复杂的技术工作，其全部退役活动将在充分保护从事退役工作的人员和周围公众的健康，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，同时又不致于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，核电厂在技术设计、设备材料的选取等方面需针对退役特点进行如下考虑：

- 整个电厂设计成能在最终停堆后有一段时间维持反应堆处于安全状态（监护封存），并具备可靠的监视措施；
- 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。

5.4.2 退役方案设想

在 20 世纪 80 年代初始，IAEA（国际原子能机构）针对陆基核反应堆退役提出将退役分为：监督贮存、有限制开放和无限制开放三个阶段，表示核设施退役的不同深度。近年来，IAEA 已明确澄清：这三个阶段不是普遍要求，不同的核设施依据设施特点、已有的技术和资金，可以一次完成整个设施的退役，也可以分成几个阶段分期进行。

随着退役技术的发展和人们对退役认识的提高，关于退役的阶段性问题已经淡化，三级退役概念已逐渐弃置不用。现在 IAEA 提出了退役三种方案，即立即拆除、延缓拆除和就地埋葬。

- 立即拆除：一般用于核燃料循环前段和后段的设施以及放射性污染水平比较低，而场址利用价值很高的核设施。如：核燃料循环前段和后段的工厂、核研究中心的小型核设施、放射性同位素生产热室和大中型加速器等。
- 延缓拆除：一般应用于大型反应堆，具体操作时先卸出乏燃料和冷却剂，运走乏燃料和可能存留的新燃料组件，处理乏燃料水池，卸出冷却剂，运走放射源，对压力容器外的设备进行去污、切割和拆除，封堵压力容器的进出管口。最后在监控之下，封存几十年。
- 就地埋葬：指整个核设施，一般经常指核设施的主要部分，如反应堆压力容器、蒸汽发生器等埋葬于原场址，或埋葬于设施区域内，不再回收。就地埋葬可以大大减少拆卸工作量、减轻废物的运输、贮存和处置负担，但是，就地埋葬必须评价该位置可以作最终处置，是一种有条件的退役。

核电站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 提出的三种退役方案，防城港核电站初步考虑以下退役方案：

— 方案 I：立即拆除方案

此方案考虑在电厂最终停闭后4~5年内完成立即拆除。

此方案的前提是想尽快利用旧厂址，例如在旧址上新建电厂。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，由于停堆时间较短，还存在高放射性核素，需要广泛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。

— 方案 II：延缓拆除方案

此方案考虑在电厂停闭20年以后完成退役。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。

防城港核电站二期工程两台机组运行寿期满后，具体采用何种退役方案，将根据国家政策、现实的经济和技术条件作电厂退役可行性论证而定。此外，根据《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》（GB14588-2009）和《反应堆退役辐射防护规定》（GB11850-89）的要求，防城港核电站二期工程两台机组在决定退役时，其业主应向国家主管部门提交包括《反应堆退役环境影响报告书》在内的《反应堆退役报告》，经审查批准并获得“反应堆退役许可证”后方可开始退役工作。

5.4.3 电厂设计及运行阶段便于退役的考虑

退役不仅仅是反应堆最终停堆之后的事，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作出积极安排。通过合理的设计，最大限度地减少放射性废物的产生量，并力图做到简化退役工作。

为便于退役，在反应堆设计和建造阶段作如下原则考虑：

（1）为了评价电厂建成后对厂址的未来影响，将在核设施建造前就对厂址和它的周围进行合适的放射性检测，建立基准的辐射水平。对于建造所用的建筑物材料，将

进行天然放射性的定量测定。

（2）在设计阶段，从简化退役的观点全面地审查设计特性。一般说来，有利于反应堆运行期间进行维修和检查的设计特性也是有利于退役工作的。尽量使反应堆设备布置合理，易于拆除。反应堆设计应便于在最终停堆后的某一规定时间内完成必要的拆除工作。能够比较方便地从核设施移走辐照过的和未辐照过的燃料元件以及所有被放射性污染的介质，如过滤器、浓缩物和废水，做到放射性物质贮量的大部分从设施中移走，或者经过特殊的处理变成可操作和可贮存的状态。

（3）在设计中精心选择材料，以便达到：

- 减少活化，对于受到较强中子辐照的设备和材料作到钴和镍的含量很少；
- 尽可能地减少活化腐蚀产物的传播；
- 对于受到放射性污染的设备和材料作到去污性好，确保表面容易去污；
- 尽可能少地使用可能会成为有害的物质（如油、可燃的和化学有害材料、含纤维的绝热材料）。

（4）在设计时考虑了设备空间的合理布置，对进出通道进行优化，以便：

- 便于大设备的移出；
- 容易分离和远距离移出明显活化的部件；
- 便于进一步安装用于退役和废物装卸的设备；
- 便于嵌入式部件（如管子）的去污和移出；
- 便于管理设施内放射性材料。

（5）在设计中提供包括去污设备，废水处理，固体废物贮存在内的操作和贮存放射性废物的设备。

此外，在反应堆运行阶段为便于退役应作以下原则考虑：

（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终了时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。

5.4.4 退役资金

2007年，国务院正式批准的《国家核电发展专题规划（2005-2020）》中对核电站的“退役”问题作了规定：电站投入商业运行开始时，即可在核电站发电成本中强制提取、积累核电站退役处理费用。基于此规定，建设单位计划设立核电站退役专项基金账户，并从电厂投运后第一年开始逐年提取，以备日后防城港核电厂二期工程两台HL1000-1机组的退役所用。

第六章 核电厂环境风险评价

6.1 电厂放射性事故

6.2 放射性物质运输事故

6.3 其它事故

6.4 环境风险评价

6.5 执行应急计划的可行性

6.1 电厂放射性事故

6.1.1 事故描述和事故源项

6.1.1.1 事故描述

6.1.1.2 事故源项

6.1.2 事故后果计算

6.1.2.1 事故大气弥散因子

6.1.2.2 事故剂量

6.1.3 事故后果评价

表

表6.1-1 选址假想事故源项计算参数假设

表6.1-2 选址假想事故源项

表6.1-3 非居住区边界上大气弥散因子

表6.1-4 规划限制区外边界上大气弥散因子

表6.1-5 核电厂厂址周围99.5%概率水平的事故大气弥散因子

表6.1-6 剂量转换因子

表6.1-7 非居住区边界上公众个人剂量

表6.1-8 规划限制区外边界上公众个人剂量

表6.1-9 整个事故期间厂址半径80km范围内公众受到的集体有效剂量

表6.1-10 事故公众个人剂量和集体剂量与国家标准的比较

6.1 电厂放射性事故

根据我国国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定：核动力厂周围应设置非居住区和规划限制区。非居住区和规划限制区边界的确定应考虑选址假想事故的放射性后果。不要求非居住区是圆形，可以根据厂址的地形、地貌、气象、交通等具体条件确定，但非居住区边界离反应堆的距离不得小于 500m；规划限制区半径不得小于 5km。

核动力厂的选址假想事故仅适用于审批厂址阶段，作为确定厂址非居住区、规划限制区边界的依据。对于水冷反应堆，该事故一般应考虑全堆芯熔化，否则应进行充分有效的论证。

6.1.1 事故描述和事故源项

6.1.1.1 事故描述

核电厂选址假想事故是用于厂址适宜性评价的假想事故。防城港核电厂二期工程采用HL1000-1压水堆核电机组，选址源项的假想事故考虑伴有堆芯融化的失水事故，源项释放计算过程做了适当的简化和保守考虑。

放射性物质向环境的释放主要考虑以下两条途径：

- 防城港核电厂二期（2×HL1000-1）为双层安全壳设计，发生失水事故后，一回路的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。环廊中的核素直接向外泄漏（环廊正压时）或经由通风系统及环廊过滤器释放到安全壳外环境。
- 由于与安全壳内置换料水箱（IRWST）连接的安注管线有部分在安全壳外，因此需要考虑通过安全壳外安注管线泄漏到环境的放射性源项发生失水事故后，由于应急堆芯冷却系统失效引起堆芯大规模熔化，安全壳保持完整，安全壳喷淋系统能有效运行。在选址假想事故中，由于核电厂的安全壳保持完整，放射性核素主要通过安全壳的泄漏进入环境。

6.1.1.2 事故源项

释放源项计算步骤分为以下几个步骤：

（1）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三个阶段：

- 一回路释放阶段：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瞬间进入安全壳；
- 早期压力容器内释放阶段：由于燃料融化，造成部分燃料芯块中的放射性物质向外释放，假设该部分核素在事故后0.5h瞬间进入安全壳。

（2）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。

（3）计算安全壳外安注管线泄漏到环境的放射性源项。

6.1.1.3 计算参数

选址假想事故源项计算采用的相关假设和参数：

（1）裂变产物堆芯积存量和一回路冷却剂比活度见表 3.6-1 和表 3.6-2；

（2）裂变产物从堆芯释放分为两个阶段：

- 包壳释放阶段：该阶段导致5%的惰性气体，5%的卤素及5%的碱性金属释放到安全壳大气中。
- 早期压力容器内释放阶段：该阶段导致95%的惰性气体，35%的卤素及25%的碱性金属释放到安全壳大气中。

考虑功率等不确定性，对堆芯核素积存量考虑+2%的不确定性。

（3）碘的化学形态

考虑进入安全壳大气中放射性碘的化学形态如下：

- 有机碘：0.15%；
- 分子碘：4.85%；

➤ 气溶胶碘：95%。

安全壳外管线泄漏放射性碘的化学形态如下：

➤ 有机碘：3%；

➤ 分子碘：97%；

（4）内层安全壳泄漏率

保守假定：失水事故发后 24h 内层安全壳泄漏率为 0.3%/d；以后安全壳泄漏率为 0.15%/d。

（5）环廊过滤器对核素的过滤效率

惰性气体：0.00%；

有机碘：99.00%；

分子碘：99.00%；

气溶胶：99.00%。

（6）环廊负压建立及通风量

事故后0s到600s：15000 m³/h。

600s以后：900 m³/h。

环廊通风系统（安全系列）建立负压的时间要求为10分钟，因此在事故后0s到600s，假设环廊处于正压。

（7）安全壳外安注管线泄漏量

安全壳外安注管线泄漏量为 10L/h。

表 6.1-1 和表 6.1-2 分别给出了选址假想事故源项的计算参数假设和计算结果。

6.1.2 事故后果计算

6.1.2.1 事故大气弥散因子

事故发生期间各时段大气弥散因子采用苏州热工研究院有限公司开发的 CEIRA 程序系统计算。CEIRA 程序系统采用了高斯烟羽模式。

本报告采用厂址气象观测系统 2013 年 6 月~2014 年 5 月一整年逐时气象观测数据进行厂址事故大气弥散因子的计算。

（1）非居住区边界和规划限制区外边界上的事故大气弥散因子

- 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，则利用小时事故大气弥散因子与年平均事故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，则利用小时事故大气弥散因子与年平均事故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6.1-3给出了事故发生后任意2h内非居住边界上的最大的事故大气弥散因子。

表6.1-4给出了整个事故持续期间30d内规划限制区外边界上的事故大气弥散因子。

（2）用于事故集体剂量计算的大气弥散因子

对于用于事故集体剂量计算的各时段的大气弥散因子，首先采用高斯扇形平均公式计算厂址半径80km范围内192个子区、99.5%概率水平下的小时大气弥散因子，作为0~2h的事故大气弥散因子，对于持续时间长于2h的释放时段事故大气弥散因子，则利用小时事故大气弥散因子与年平均事故大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得。

表6.1-5给出了厂址事故期间集体剂量计算采用的小时大气弥散因子。

6.1.2.2 事故剂量

6.1.2.2.1 事故剂量估算模式

在事故释放期间，公众可能受到的辐射照射途径有：

- 烟云浸没外照射；

- 空气吸入内照射；

6.1.2.2.2 计算参数的选取

(1) 剂量转换因子

- 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。计算中采用的剂量转换因子见表6.1-6。

(2) 呼吸率

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则RG1.183：

- 0~8h时间段： $B_r=3.5 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ ；
- 8~24h时间段： $B_r=1.8 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ ；
- 24~720h时间段： $B_r=2.3 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ 。

6.1.2.2.3 事故剂量计算结果

根据防城港核电厂周边环境特征和反应堆的位置，结合计算结果初步确定防城港核电厂二期工程3、4号机组非居住边界为机组半径800m范围的包络区域。

规划限制区初步确定为以各反应堆为中心半径5km的包络区域。

表6.1-7和表6.1-8给出了防城港核电厂非居住区边界和规划限制区边界上的事故放射性剂量，从表可以得出：

- 事故后 0~2h 内，防城港核电厂非居住区边界上公众个人（成人）最大有效

剂量为 $1.91 \times 10^{-2} \text{Sv}$;

- 事故后 0~30d 内，防城港核电厂规划限制区边界上公众个人（成人）最大有效剂量为 $1.50 \times 10^{-2} \text{Sv}$ 。

根据厂址半径80km范围各子区内计算得到的公众个人有效剂量以及运行时期的电厂人口数据，计算了选址假想事故持续期间内对各子区内公众可能造成的集体有效剂量。表6.1-9给出了厂址半径80km范围内各子区和方位上公众在选址事故发生持续期间受到的集体有效剂量。从表中可以看出，选址假想事故发生持续期间30d内，厂址半径80km评价区内各方位公众可能受到的集体有效剂量为 $5.18 \times 10^2 \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

6.1.3 事故后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011），在发生选址假想事故时，考虑保守大气弥散条件，非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv ；规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内（可取 30d）通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv 。在事故的整个持续期间内，厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 $2 \times 10^4 \text{人} \cdot \text{Sv}$ 。

表6.1-10给出了防城港核电厂选址假想事故剂量与国家标准的比较。

（1）个人剂量

选址假想事故发生后2h内，防城港核电厂非居住区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.91 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，占国家标准限值的7.64%；规划限制区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.50 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，占国家标准限值的6.0%。

（2）集体剂量

选址假想事故发生持续期间30d内，厂址半径80km范围内公众群体所受到的集体有效剂量为 $5.18 \times 10^2 \text{人} \cdot \text{Sv}$ ，占GB6249-2011限值的2.59%。

因此，根据现有的气象参数，从选址假想事故的辐射影响评价结果分析，在防城港核电厂厂址处扩建二期工程两台HL1000-1压水堆核电机组是可行的。

表6.1-1 选址假想事故源项计算参数假设

裂变产物堆芯积存量		见表3.6-1	
堆芯活度排放到安全壳的份额		包壳间隙释放阶段	早期压力容器内释放阶段
	惰性气体	0.05	0.95
	卤素	0.05	0.35
	碱性金属	0.05	0.25
一回路冷却剂比活度		见表3.6-2 瞬态值	
一回路冷却剂质量		230t	
安全壳大气中碘的化学形态	分子碘	4.85%	
	有机碘	0.15%	
	气溶胶碘	95%	
环廊过滤器去除效率	惰性气体	0.00%	
	分子碘	99.00%	
	有机碘	99.00%	
	气溶胶	99.00%	
环廊通风流量		0s到600s	15000m ³ /h
		600s以后	900m ³ /h
环廊负压建立时间		600s	
环廊自由容积		20338m ³	
环廊放射性混合限值		50%	
安全壳泄漏率		事故发生后24h内为0.3%/d, 24h以后为0.15%/d	
IRWST泄漏流量		10 L/h	
IRWST初始水装量		1929m ³	
安全壳通风流量		0s到30s	7000m ³ /h
		30s以后	0

表6.1-2 选址假想事故源项

单位：GBq

核素	0h~1h	1h~2h	2h-8h	8h-12h	12h-24h	24h-4d	4-10d	10d-30d
Kr 83 m	1.16E+03	3.74E+03	2.10E+04	4.88E+03	3.33E+03	2.86E+02	4.67E-10	-
Kr 85m	2.85E+03	1.09E+04	1.28E+05	7.86E+04	1.19E+05	1.25E+05	2.07E+00	1.44E-09
Kr 85	1.02E+02	4.42E+02	9.79E+03	1.16E+04	4.68E+04	2.55E+05	3.67E+05	1.20E+06
Kr 87	5.14E+03	1.45E+04	5.45E+04	5.77E+03	2.25E+03	2.66E+01	2.73E-16	-
Kr 88	8.03E+03	2.85E+04	2.43E+05	1.02E+05	1.09E+05	4.45E+04	1.18E-03	2.13E-18
Xe 131m	1.15E+02	4.98E+02	1.09E+04	1.28E+04	5.07E+04	2.56E+05	2.82E+05	5.02E+05
Xe 133m	5.12E+02	2.19E+03	4.59E+04	5.14E+04	1.86E+05	7.32E+05	3.03E+05	1.30E+05
Xe 133	1.66E+04	7.17E+04	1.55E+06	1.80E+06	6.92E+06	3.22E+07	2.59E+07	2.85E+07
Xe 135m	1.60E+03	1.06E+03	7.09E+02	2.25E-04	1.68E-08	9.19E-22	-	-
Xe 135	5.32E+03	2.15E+04	3.45E+05	2.95E+05	6.75E+05	1.44E+06	6.74E+03	3.79E-01
Xe 138	7.08E+03	4.11E+03	2.36E+03	2.07E-04	6.51E-09	2.70E-23	-	-
I 131	3.61E+03	6.55E+02	6.03E+03	5.43E+03	1.92E+04	9.44E+04	9.40E+04	1.15E+05
I 132	4.94E+03	5.50E+02	1.71E+03	3.41E+02	2.87E+02	6.07E+01	2.60E-08	-
I 133	7.46E+03	1.32E+03	1.07E+04	8.01E+03	2.20E+04	5.77E+04	5.15E+03	1.37E+02
I 134	7.74E+03	3.95E+02	4.49E+02	1.03E+01	1.63E+00	1.01E-03	2.18E-28	-
I 135	6.94E+03	1.09E+03	6.68E+03	3.31E+03	5.70E+03	8.63E+03	5.12E+00	4.68E-06
Rb 88	2.93E+03	1.06E+01	9.08E+00	2.86E-05	9.85E-09	5.38E-20	-	-
Rb 89	3.78E+03	9.99E+00	6.55E+00	1.88E-06	1.31E-10	5.91E-24	-	-
Cs 134	9.71E+02	2.94E+01	6.34E+02	7.48E+02	3.01E+03	1.64E+04	2.35E+04	7.59E+04
Cs 136	2.61E+02	8.45E+00	1.80E+02	2.11E+02	8.34E+02	4.24E+03	4.77E+03	8.91E+03
Cs 137	6.25E+02	1.72E+01	3.71E+02	4.38E+02	1.76E+03	9.58E+03	1.38E+04	4.51E+04
Cs 138	6.01E+03	5.25E+01	8.70E+01	1.41E-01	3.15E-03	4.80E-09	-	-

表6.1-3 非居住区边界上大气弥散因子（s/m³）

方位	距离（m）	大气弥散因子（0~2h）
N	800	1.79E-04
NNE	800	2.07E-04
NE	800	2.40E-04
ENE	800	2.60E-04
E	800	2.14E-04
ESE	800	2.55E-04
SE	800	2.55E-04
SSE	800	2.56E-04
S	800	3.13E-04
SSW	800	2.32E-04
SW	800	1.16E-04
WSW	800	9.35E-05
W	800	7.85E-05
WNW	800	7.88E-05
NW	800	1.13E-04
NNW	800	1.59E-04
全厂址		2.65E-04

表6.1-4 规划限制区外边界上大气弥散因子（s/m³）

方位	距离 (m)	大气弥散因子（s/m ³ ）				
		0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	5000	2.35E-05	1.20E-05	6.45E-06	2.49E-06	6.33E-07
NNE	5000	3.05E-05	1.50E-05	7.83E-06	2.88E-06	6.85E-07
NE	5000	3.62E-05	1.77E-05	9.12E-06	3.30E-06	7.69E-07
ENE	5000	4.17E-05	2.04E-05	1.06E-05	3.85E-06	9.04E-07
E	5000	3.34E-05	1.58E-05	7.93E-06	2.76E-06	6.04E-07
ESE	5000	3.93E-05	1.82E-05	8.95E-06	3.01E-06	6.30E-07
SE	5000	4.00E-05	1.86E-05	9.14E-06	3.09E-06	6.49E-07
SSE	5000	4.05E-05	1.93E-05	9.77E-06	3.43E-06	7.63E-07
S	5000	5.01E-05	2.70E-05	1.53E-05	6.39E-06	1.82E-06
SSW	5000	3.58E-05	1.87E-05	1.03E-05	4.12E-06	1.11E-06
SW	5000	9.34E-06	4.96E-06	2.77E-06	1.13E-06	3.14E-07
WSW	5000	7.64E-06	4.07E-06	2.27E-06	9.32E-07	2.59E-07
W	5000	5.97E-06	3.29E-06	1.90E-06	8.18E-07	2.44E-07
WNW	5000	6.01E-06	3.27E-06	1.87E-06	7.89E-07	2.29E-07
NW	5000	7.83E-06	4.34E-06	2.51E-06	1.09E-06	3.27E-07
NNW	5000	1.52E-05	8.14E-06	4.59E-06	1.90E-06	5.38E-07
全厂址		4.33E-05	2.38E-05	1.37E-05	5.87E-06	1.74E-06

表6.1-5（1/5） 核电厂厂址周围99.5%概率水平的事故大气弥散因子（0~2h）

单位：s/m³

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	2.98E-04	4.27E-05	1.86E-05	9.06E-06	3.70E-06	1.44E-06	7.72E-07	5.40E-07	4.12E-07	3.33E-07	2.79E-07	2.40E-07
NNE	3.45E-04	4.90E-05	2.13E-05	1.05E-05	4.27E-06	1.73E-06	9.65E-07	6.66E-07	5.08E-07	4.11E-07	3.44E-07	2.96E-07
NE	3.99E-04	5.72E-05	2.49E-05	1.21E-05	4.94E-06	2.06E-06	1.15E-06	7.92E-07	6.04E-07	4.88E-07	4.09E-07	3.52E-07
ENE	4.46E-04	6.25E-05	2.72E-05	1.33E-05	5.60E-06	2.37E-06	1.32E-06	9.11E-07	6.95E-07	5.61E-07	4.71E-07	4.05E-07
E	3.60E-04	5.10E-05	2.22E-05	1.09E-05	4.52E-06	1.90E-06	1.06E-06	7.29E-07	5.56E-07	4.49E-07	3.77E-07	3.25E-07
ESE	4.23E-04	5.99E-05	2.61E-05	1.27E-05	5.29E-06	2.24E-06	1.25E-06	8.60E-07	6.56E-07	5.30E-07	4.44E-07	3.83E-07
SE	4.28E-04	6.00E-05	2.61E-05	1.28E-05	5.38E-06	2.28E-06	1.27E-06	8.74E-07	6.67E-07	5.39E-07	4.52E-07	3.89E-07
SSE	4.34E-04	6.11E-05	2.66E-05	1.30E-05	5.45E-06	2.31E-06	1.28E-06	8.86E-07	6.76E-07	5.46E-07	4.58E-07	3.94E-07
S	5.37E-04	7.52E-05	3.27E-05	1.60E-05	6.74E-06	2.85E-06	1.59E-06	1.10E-06	8.36E-07	6.75E-07	5.66E-07	4.88E-07
SSW	3.90E-04	5.52E-05	2.40E-05	1.18E-05	4.90E-06	2.04E-06	1.13E-06	7.82E-07	5.97E-07	4.82E-07	4.04E-07	3.48E-07
SW	1.65E-04	2.58E-05	1.12E-05	5.04E-06	1.92E-06	7.22E-07	3.58E-07	2.23E-07	1.52E-07	1.22E-07	9.93E-08	8.35E-08
WSW	1.39E-04	2.08E-05	9.03E-06	4.28E-06	1.68E-06	5.99E-07	2.85E-07	1.73E-07	1.21E-07	8.92E-08	6.93E-08	5.59E-08
W	1.09E-04	1.56E-05	7.26E-06	3.44E-06	1.30E-06	4.68E-07	2.16E-07	1.30E-07	8.88E-08	6.56E-08	5.10E-08	4.12E-08
WNW	1.16E-04	1.68E-05	7.33E-06	3.54E-06	1.35E-06	4.70E-07	2.23E-07	1.37E-07	9.40E-08	6.95E-08	5.40E-08	4.36E-08
NW	1.73E-04	2.48E-05	1.04E-05	5.09E-06	2.02E-06	6.22E-07	2.96E-07	1.78E-07	1.50E-07	1.18E-07	9.68E-08	8.19E-08
NNW	2.41E-04	3.52E-05	1.53E-05	7.43E-06	2.83E-06	1.06E-06	5.37E-07	3.67E-07	2.59E-07	2.05E-07	1.68E-07	1.45E-07

表6.1-5（2/5） 核电厂厂址周围99.5%概率水平的事故大气弥散因子（2~8h）

单位：s/m³

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	1.70E-04	2.49E-05	1.09E-05	5.35E-06	2.18E-06	8.51E-07	4.53E-07	3.14E-07	2.39E-07	1.92E-07	1.61E-07	1.38E-07
NNE	1.93E-04	2.80E-05	1.23E-05	6.05E-06	2.47E-06	1.00E-06	5.51E-07	3.78E-07	2.87E-07	2.31E-07	1.93E-07	1.66E-07
NE	2.20E-04	3.22E-05	1.42E-05	6.95E-06	2.84E-06	1.18E-06	6.54E-07	4.49E-07	3.42E-07	2.75E-07	2.31E-07	1.98E-07
ENE	2.47E-04	3.53E-05	1.56E-05	7.72E-06	3.25E-06	1.37E-06	7.61E-07	5.24E-07	3.99E-07	3.22E-07	2.70E-07	2.32E-07
E	1.92E-04	2.76E-05	1.22E-05	6.06E-06	2.54E-06	1.07E-06	5.93E-07	4.09E-07	3.11E-07	2.51E-07	2.11E-07	1.81E-07
ESE	2.21E-04	3.16E-05	1.40E-05	6.92E-06	2.90E-06	1.23E-06	6.85E-07	4.73E-07	3.61E-07	2.91E-07	2.44E-07	2.10E-07
SE	2.25E-04	3.17E-05	1.41E-05	6.99E-06	2.96E-06	1.26E-06	6.99E-07	4.82E-07	3.68E-07	2.97E-07	2.49E-07	2.14E-07
SSE	2.34E-04	3.33E-05	1.48E-05	7.30E-06	3.09E-06	1.31E-06	7.28E-07	5.03E-07	3.83E-07	3.10E-07	2.60E-07	2.24E-07
S	3.30E-04	4.74E-05	2.08E-05	1.03E-05	4.31E-06	1.81E-06	9.99E-07	6.86E-07	5.21E-07	4.20E-07	3.52E-07	3.02E-07
SSW	2.32E-04	3.37E-05	1.48E-05	7.30E-06	3.02E-06	1.24E-06	6.83E-07	4.68E-07	3.55E-07	2.85E-07	2.38E-07	2.05E-07
SW	9.40E-05	1.48E-05	6.52E-06	2.97E-06	1.14E-06	4.31E-07	2.15E-07	1.34E-07	9.28E-08	7.39E-08	6.03E-08	5.07E-08
WSW	7.89E-05	1.20E-05	5.26E-06	2.51E-06	9.91E-07	3.58E-07	1.72E-07	1.06E-07	7.42E-08	5.53E-08	4.33E-08	3.51E-08
W	6.42E-05	9.33E-06	4.35E-06	2.09E-06	7.95E-07	2.91E-07	1.37E-07	8.33E-08	5.76E-08	4.30E-08	3.37E-08	2.74E-08
WNW	6.69E-05	9.87E-06	4.34E-06	2.11E-06	8.16E-07	2.88E-07	1.38E-07	8.60E-08	5.95E-08	4.43E-08	3.47E-08	2.82E-08
NW	9.97E-05	1.46E-05	6.22E-06	3.05E-06	1.21E-06	3.87E-07	1.86E-07	1.13E-07	9.37E-08	7.38E-08	6.06E-08	5.13E-08
NNW	1.41E-04	2.10E-05	9.21E-06	4.48E-06	1.72E-06	6.45E-07	3.28E-07	2.22E-07	1.57E-07	1.24E-07	1.02E-07	8.75E-08

表6.1-5（3/5） 核电厂厂址周围99.5%概率水平的事故大气弥散因子（8~24h）

单位：s/m³

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	1.03E-04	1.53E-05	6.79E-06	3.34E-06	1.36E-06	5.31E-07	2.82E-07	1.94E-07	1.47E-07	1.18E-07	9.80E-08	8.40E-08
NNE	1.14E-04	1.69E-05	7.51E-06	3.71E-06	1.52E-06	6.11E-07	3.34E-07	2.28E-07	1.73E-07	1.38E-07	1.16E-07	9.91E-08
NE	1.29E-04	1.92E-05	8.58E-06	4.23E-06	1.74E-06	7.19E-07	3.96E-07	2.71E-07	2.05E-07	1.65E-07	1.38E-07	1.19E-07
ENE	1.46E-04	2.12E-05	9.50E-06	4.73E-06	2.00E-06	8.42E-07	4.66E-07	3.20E-07	2.43E-07	1.96E-07	1.64E-07	1.41E-07
E	1.10E-04	1.60E-05	7.19E-06	3.59E-06	1.51E-06	6.37E-07	3.54E-07	2.44E-07	1.86E-07	1.50E-07	1.25E-07	1.08E-07
ESE	1.24E-04	1.78E-05	8.05E-06	4.02E-06	1.70E-06	7.23E-07	4.02E-07	2.77E-07	2.12E-07	1.71E-07	1.43E-07	1.23E-07
SE	1.26E-04	1.80E-05	8.12E-06	4.07E-06	1.74E-06	7.38E-07	4.11E-07	2.84E-07	2.16E-07	1.75E-07	1.46E-07	1.26E-07
SSE	1.35E-04	1.93E-05	8.74E-06	4.36E-06	1.86E-06	7.89E-07	4.39E-07	3.03E-07	2.31E-07	1.87E-07	1.56E-07	1.35E-07
S	2.14E-04	3.14E-05	1.39E-05	6.89E-06	2.89E-06	1.20E-06	6.61E-07	4.52E-07	3.42E-07	2.75E-07	2.30E-07	1.97E-07
SSW	1.46E-04	2.17E-05	9.62E-06	4.75E-06	1.96E-06	7.99E-07	4.35E-07	2.96E-07	2.23E-07	1.79E-07	1.49E-07	1.27E-07
SW	5.69E-05	9.05E-06	4.01E-06	1.85E-06	7.17E-07	2.71E-07	1.36E-07	8.55E-08	5.96E-08	4.73E-08	3.86E-08	3.25E-08
WSW	4.76E-05	7.31E-06	3.24E-06	1.56E-06	6.19E-07	2.26E-07	1.10E-07	6.82E-08	4.81E-08	3.61E-08	2.85E-08	2.32E-08
W	4.00E-05	5.89E-06	2.76E-06	1.33E-06	5.14E-07	1.91E-07	9.09E-08	5.61E-08	3.92E-08	2.95E-08	2.33E-08	1.90E-08
WNW	4.09E-05	6.12E-06	2.72E-06	1.33E-06	5.19E-07	1.86E-07	9.02E-08	5.67E-08	3.95E-08	2.97E-08	2.34E-08	1.91E-08
NW	6.11E-05	9.05E-06	3.92E-06	1.93E-06	7.72E-07	2.53E-07	1.23E-07	7.59E-08	6.17E-08	4.86E-08	4.00E-08	3.38E-08
NNW	8.71E-05	1.32E-05	5.85E-06	2.85E-06	1.10E-06	4.14E-07	2.11E-07	1.42E-07	1.01E-07	7.97E-08	6.52E-08	5.59E-08

表6.1-5（4/5） 核电厂厂址周围99.5%概率水平的事故大气弥散因子（24~96h）

单位：s/m³

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	4.78E-05	7.31E-06	3.28E-06	1.62E-06	6.61E-07	2.58E-07	1.36E-07	9.24E-08	6.94E-08	5.54E-08	4.60E-08	3.93E-08
NNE	5.15E-05	7.84E-06	3.53E-06	1.75E-06	7.17E-07	2.87E-07	1.55E-07	1.05E-07	7.90E-08	6.31E-08	5.25E-08	4.48E-08
NE	5.72E-05	8.74E-06	3.97E-06	1.98E-06	8.15E-07	3.36E-07	1.83E-07	1.25E-07	9.41E-08	7.55E-08	6.29E-08	5.39E-08
ENE	6.50E-05	9.71E-06	4.44E-06	2.24E-06	9.49E-07	3.99E-07	2.19E-07	1.50E-07	1.14E-07	9.17E-08	7.66E-08	6.58E-08
E	4.65E-05	6.89E-06	3.18E-06	1.61E-06	6.85E-07	2.89E-07	1.60E-07	1.10E-07	8.39E-08	6.76E-08	5.66E-08	4.87E-08
ESE	5.09E-05	7.40E-06	3.44E-06	1.75E-06	7.47E-07	3.19E-07	1.77E-07	1.22E-07	9.33E-08	7.53E-08	6.31E-08	5.43E-08
SE	5.21E-05	7.52E-06	3.49E-06	1.78E-06	7.66E-07	3.27E-07	1.82E-07	1.26E-07	9.57E-08	7.73E-08	6.48E-08	5.58E-08
SSE	5.77E-05	8.42E-06	3.91E-06	1.98E-06	8.52E-07	3.63E-07	2.02E-07	1.39E-07	1.06E-07	8.58E-08	7.19E-08	6.19E-08
S	1.10E-04	1.66E-05	7.52E-06	3.74E-06	1.56E-06	6.45E-07	3.50E-07	2.38E-07	1.79E-07	1.44E-07	1.20E-07	1.02E-07
SSW	7.14E-05	1.11E-05	4.97E-06	2.46E-06	1.01E-06	4.06E-07	2.17E-07	1.46E-07	1.09E-07	8.71E-08	7.21E-08	6.15E-08
SW	2.63E-05	4.24E-06	1.91E-06	8.97E-07	3.52E-07	1.34E-07	6.74E-08	4.28E-08	3.02E-08	2.39E-08	1.95E-08	1.64E-08
WSW	2.19E-05	3.43E-06	1.55E-06	7.53E-07	3.01E-07	1.12E-07	5.52E-08	3.47E-08	2.47E-08	1.88E-08	1.49E-08	1.23E-08
W	1.93E-05	2.91E-06	1.37E-06	6.70E-07	2.64E-07	9.96E-08	4.87E-08	3.06E-08	2.17E-08	1.65E-08	1.32E-08	1.09E-08
WNW	1.92E-05	2.94E-06	1.33E-06	6.55E-07	2.59E-07	9.52E-08	4.70E-08	2.99E-08	2.11E-08	1.61E-08	1.28E-08	1.05E-08
NW	2.88E-05	4.37E-06	1.93E-06	9.57E-07	3.85E-07	1.32E-07	6.54E-08	4.09E-08	3.25E-08	2.56E-08	2.11E-08	1.78E-08
NNW	4.18E-05	6.50E-06	2.91E-06	1.43E-06	5.57E-07	2.10E-07	1.07E-07	7.15E-08	5.12E-08	4.03E-08	3.29E-08	2.81E-08

表6.1-5（5/5）核电厂厂址周围99.5%概率水平的事故大气弥散因子（96~720h）

单位：s/m³

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	1.59E-05	2.52E-06	1.15E-06	5.74E-07	2.34E-07	9.12E-08	4.76E-08	3.19E-08	2.37E-08	1.88E-08	1.55E-08	1.32E-08
NNE	1.63E-05	2.60E-06	1.19E-06	5.97E-07	2.45E-07	9.72E-08	5.16E-08	3.45E-08	2.57E-08	2.04E-08	1.69E-08	1.44E-08
NE	1.77E-05	2.82E-06	1.31E-06	6.62E-07	2.75E-07	1.12E-07	6.06E-08	4.09E-08	3.07E-08	2.45E-08	2.04E-08	1.74E-08
ENE	2.03E-05	3.16E-06	1.49E-06	7.63E-07	3.25E-07	1.36E-07	7.44E-08	5.08E-08	3.84E-08	3.08E-08	2.57E-08	2.20E-08
E	1.36E-05	2.06E-06	9.87E-07	5.09E-07	2.20E-07	9.30E-08	5.14E-08	3.53E-08	2.68E-08	2.16E-08	1.81E-08	1.55E-08
ESE	1.42E-05	2.10E-06	1.02E-06	5.28E-07	2.30E-07	9.85E-08	5.49E-08	3.78E-08	2.88E-08	2.32E-08	1.95E-08	1.68E-08
SE	1.46E-05	2.15E-06	1.04E-06	5.42E-07	2.37E-07	1.02E-07	5.66E-08	3.90E-08	2.97E-08	2.40E-08	2.01E-08	1.73E-08
SSE	1.71E-05	2.55E-06	1.23E-06	6.39E-07	2.78E-07	1.19E-07	6.64E-08	4.58E-08	3.49E-08	2.81E-08	2.36E-08	2.03E-08
S	4.21E-05	6.71E-06	3.10E-06	1.56E-06	6.48E-07	2.63E-07	1.41E-07	9.48E-08	7.10E-08	5.65E-08	4.68E-08	3.99E-08
SSW	2.57E-05	4.21E-06	1.92E-06	9.57E-07	3.90E-07	1.54E-07	8.04E-08	5.32E-08	3.94E-08	3.10E-08	2.55E-08	2.16E-08
SW	8.68E-06	1.43E-06	6.55E-07	3.17E-07	1.26E-07	4.85E-08	2.46E-08	1.59E-08	1.14E-08	8.96E-09	7.32E-09	6.17E-09
WSW	7.21E-06	1.16E-06	5.34E-07	2.64E-07	1.07E-07	4.06E-08	2.05E-08	1.32E-08	9.52E-09	7.34E-09	5.93E-09	4.94E-09
W	6.82E-06	1.06E-06	5.01E-07	2.50E-07	1.01E-07	3.92E-08	1.98E-08	1.28E-08	9.27E-09	7.18E-09	5.82E-09	4.87E-09
WNW	6.49E-06	1.03E-06	4.75E-07	2.37E-07	9.56E-08	3.63E-08	1.84E-08	1.19E-08	8.60E-09	6.64E-09	5.37E-09	4.48E-09
NW	9.81E-06	1.54E-06	7.00E-07	3.50E-07	1.42E-07	5.19E-08	2.63E-08	1.69E-08	1.30E-08	1.02E-08	8.40E-09	7.11E-09
NNW	1.45E-05	2.35E-06	1.07E-06	5.28E-07	2.09E-07	7.95E-08	4.05E-08	2.67E-08	1.93E-08	1.51E-08	1.23E-08	1.05E-08

表6.1-6 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)	吸入内照射 (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	1.50E-08
	粒子碘			7.40E-09
	元素碘			2.00E-08
I-132	有机碘	8.37E-05	1.14E-13	1.90E-10
	粒子碘			9.40E-11
	元素碘			3.10E-10
I-133	有机碘	9.26E-06	3.00E-14	3.10E-09
	粒子碘			1.50E-09
	元素碘			4.00E-09
I-134	有机碘	2.20E-04	1.33E-13	5.00E-11
	粒子碘			4.50E-11
	元素碘			1.50E-10
I-135	有机碘	2.91E-05	8.25E-14	6.80E-10
	粒子碘			3.20E-10
	元素碘			9.20E-10
Cs-134		1.07E-08	7.61E-14	6.60E-09
Cs-136		6.11E-07	1.08E-13	1.20E-09
Cs-137		7.33E-10	2.76E-14	4.60E-09
Cs-138		3.58E-04	1.21E-13	2.74E-11

注：

- 惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子采用 GB18871-2002 附录表 B10 中的推荐值；
- 放射性碘的空气浸没外照射剂量转换因子采用 IAEA 第 19 号报告的推荐值；
- 放射性碘的吸入内照射剂量转换因子取自 ICRP71 号报告。

表6.1-7 非居住边界上公众个人有效剂量（0~2h）

方位	距离（m）	有效剂量（Sv）
N	800	1.09E-02
NNE	800	1.26E-02
NE	800	1.46E-02
ENE	800	1.59E-02
E	800	1.30E-02
ESE	800	1.55E-02
SE	800	1.55E-02
SSE	800	1.56E-02
S	800	1.91E-02
SSW	800	1.41E-02
SW	800	7.07E-03
WSW	800	5.70E-03
W	800	4.79E-03
WNW	800	4.80E-03
NW	800	6.89E-03
NNW	800	9.69E-03
全厂址		1.62E-02
最大值		1.91E-02

表6.1-8 规划限制区外边界上公众个人有效剂量（0~30d）

方位	距离（m）	有效剂量（Sv）
N	5000	6.20E-03
NNE	5000	7.48E-03
NE	5000	8.70E-03
ENE	5000	1.01E-02
E	5000	7.55E-03
ESE	5000	8.52E-03
SE	5000	8.71E-03
SSE	5000	9.30E-03
S	5000	1.50E-02
SSW	5000	9.99E-03
SW	5000	2.70E-03
WSW	5000	2.22E-03
W	5000	1.88E-03
WNW	5000	1.84E-03
NW	5000	2.50E-03
NNW	5000	4.49E-03
全厂址		1.36E-02
最大值		1.50E-02

表6.1-9 选址假想事故持续期间30天内各子区和方位公众集体有效剂量

单位：人 Sv

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	-	4.14E+00	1.28E+00	2.90E-01	5.16E+00	1.80E+00	1.13E+01	3.04E+01	5.33E+00	1.09E+01	7.40E+00	7.44E+00	8.54E+01
NNE	-	3.11E+00	4.38E+00	-	7.29E+00	6.55E+00	5.46E+00	2.33E+01	6.84E+00	1.12E+01	8.42E+00	1.49E+01	9.15E+01
NE	-	-	-	-	6.15E+00	4.33E+00	4.05E+00	2.76E+00	6.84E+00	3.15E+00	5.88E+00	5.04E+00	3.82E+01
ENE	-	-	-	-	-	6.94E+00	1.27E+00	4.74E+00	5.68E+00	6.06E+00	5.89E+00	6.01E+00	3.66E+01
E	-	-	-	-	-	9.01E+00	9.39E+00	1.12E+01	1.33E+01	9.63E+00	2.06E+01	1.57E+01	8.89E+01
ESE	-	-	-	-	-	1.94E+00	6.62E-01	-	-	2.02E+00	3.62E+01	1.58E+00	4.24E+01
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	1.02E+01	6.20E+00	2.21E+00	1.59E+00	-	-	-	-	-	-	-	2.02E+01
SW	-	-	1.39E+00	7.58E-01	2.74E+00	9.07E+00	-	-	-	-	-	-	1.39E+01
WSW	-	8.74E-01	4.75E-01	1.55E+00	3.17E+00	1.56E+00	3.90E+00	2.08E-01	5.67E-01	6.68E-01	1.11E+00	2.64E-01	1.43E+01
W	-	1.73E+00	1.02E+00	1.32E+00	1.79E+00	3.49E+00	2.01E+00	6.05E-01	1.52E+00	8.78E-01	1.36E+00	9.93E-01	1.67E+01
WNW	-	-	1.31E-01	7.73E-01	1.90E-01	1.44E+00	8.76E+00	9.11E-01	1.22E+00	1.28E+00	7.06E-01	2.63E-01	1.57E+01
NW	-	9.28E-01	-	1.38E+00	1.03E+00	1.91E+00	5.84E-01	3.12E+00	1.61E+00	9.98E-01	9.34E-01	3.03E+00	1.55E+01
NNW	-	5.97E+00	-	6.50E-02	4.70E+00	2.87E+00	4.21E+00	5.44E+00	4.36E+00	6.84E+00	2.09E+00	2.17E+00	3.87E+01
合计	-	2.70E+01	1.49E+01	8.35E+00	3.38E+01	5.09E+01	5.16E+01	8.27E+01	4.73E+01	5.35E+01	9.06E+01	5.74E+01	5.18E+02

表6.1-10 选址假想事故剂量结果与国家标准的比较

项 目	剂量结果	GB6249-2011 事故剂量限值	占限值比 例
事故后2小时内非居住区边界（800m） 个人受照的最大有效剂量	$1.91 \times 10^{-2} \text{ Sv}$	0.25 Sv	7.64%
整个事故持续期间内规划限制区边界 （5km）个人受照的最大有效剂量	$1.50 \times 10^{-2} \text{ Sv}$	0.25 Sv	6.0%
整个事故持续期间内厂址半径80km 范围内公众个人受照的集体有效剂量	$5.18 \times 10^2 \text{ 人 Sv}$	$2 \times 10^4 \text{ 人 Sv}$	2.59%

6.2 放射性物质运输事故

6.2.1 新燃料运输事故

6.2.2 乏燃料运输事故

6.2.3 固体废物运输事故

6.2 放射性物质运输事故

6.2.1 新燃料运输事故

防城港核电站三、四号机组采用全M5 AFA 3G燃料组件，新燃料组件拟由中核建中核燃料元件公司（812厂）提供，采用铁路加公路的运输方案。运输路线为：铁路由燃料厂→宜宾→重庆→贵阳→南宁→防城港，新燃料运抵防城港车站后将经由东兴大道进入沙企一级公路，然后转进厂二级公路到达防城港核电站的燃料厂房。

新燃料运输容器是依照法国AREVA公司RCC-3容器全套技术资料及图纸等同转化原则制造的。运输容器的设计和制造满足国务院令第562号《放射性物品运输安全管理条例》和《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

根据国内其它核电站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。

由于RCC-3型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并危害人员健康。

6.2.2 乏燃料运输事故

乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提。乏燃料运输容器应严格满足《放射性物品运输安全管理条例》和《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求，同时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。

- 燃料装卸事故的放射性后果分析表明其对公众的影响是可以接受的；
- 乏燃料容器坠落事故主要发生在由容器吊车进行的燃料装卸过程中，由于乏燃料在乏燃料水池里储存了6个月之后，主要放射性同位素（I和Xe）的绝大部分活度已经降到几乎为零，而乏燃料组件在装入乏燃料容器之前要在乏

燃料水池中至少贮存5年，事故发生后放射性的释放极少，事故后果可以被燃料装卸事故的后果包络，其后果也是可以接受的。

6.2.3 固体废物运输事故

防城港核电厂三、四号机组运行产生的中、低放固体废物，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、低放废物处置场或厂址附近的中、低放废物处置场（如有）。

公路运输的经验表明，事故发生率（次/km·车）以及预计事故次数都是很低的。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》（GB12711-91）和《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）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，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。

6.3 其它事故

6.3.1 化学物质容器破裂、泄露或爆炸

6.3.2 火灾

6.3 其它事故

6.3.1 化学物质容器破裂、泄露或爆炸

厂区贮存的可能发生泄漏危险的化学物品有：氢气、氮气、硫酸、氢氧化钠、联氨、硼酸、氢氧化锂、碳酸氢钠、柴油、燃料油和润滑油等；其中除氢气外，都不是易爆的化学物。

氢气和氮气一起作为覆盖气体（例如在RCV系统中的容积控制箱中），用来防止氧气进入一回路冷却剂以减少其中的溶解氧。当覆盖气体清除时，所排出的放射性废气全部进入废气系统的衰变贮存罐中。罐中备有氢氧监测器，以监测氢和氧气的浓度，使之不会在系统中积聚到达到爆炸的浓度比，预期不会发生氢气爆炸事故。氢气和氮气均是无害气体，即使发生泄漏，经电厂排风系统排入环境中，也不会产生有害影响。

液体状态的酸碱溶液，用槽车运入电厂后盛装在专用贮槽或贮罐内。对运输和装卸采取的一些有针对性的保护措施，可确保不会发生溶液溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料，保守的设计可保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏液也能被收集，不会释放到环境中。因此酸碱溶液在运输、装卸和贮存期间，预期不会导致环境风险。

厂区内不会有危险数量的汽油贮存。应急柴油机房贮存有一定量的柴油，对此设计了安全防火系统，确保不会发生危及环境安全的火灾。

危险品仓库内仅贮有少量化学试剂，不贮存危险数量的酸碱溶液，不存在危及环境安全的化学物品泄漏事故的可能性。

6.3.2 火灾

电厂容易引起火灾的设备有很多，如电气绝缘或其他功能要求使用润滑油的所有设备、电气设备和电缆、使用燃料油的设备、碘吸附器、特殊的防护材料等等。

6.3.2.1 火灾预防

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。

（1）设计上采取的措施

电厂在防火设计上主要采取下列措施：

- 厂房结构和内装修建筑用材尽可能采用阻燃或难燃材料，以预防火灾发生或减缓蔓延；
- 采用防火屏障划分防火区，将火势控制并封锁在限定区域内；
- 与安全相关的设备采用多重设置的安全准则，并各自布置在不同的防火区内；
- 采用无卤素低烟阻燃电缆，合理分隔布置，消除电缆火灾隐患；
- 在管线布置、各种管廊、风道、电缆夹层及其他贯穿件的设计中，注意采取合理有效的阻燃封隔措施。

整个电厂的防火设计满足《核电厂防火》（HAD102/11）等相关法规标准的要求。

（2）电厂运行管理上采取的措施

对有明火或隐含火源的工作，严格实施有关火灾危险作业的管理措施，并配备专门的防火监督人员或消防检查员；编制消防规程，对专职消防队员和全体工作人员进行消防专业技术培训和消防知识教育，提高全厂人员对火灾的防范和应变能力；进行定期的防火安全检查，以确保防火设施和应急设备始终处于正常状态，确保厂房的管理始终处于最佳状态，通过这些防范措施以把火灾发生的可能性减至最小。

6.3.2.2 火灾探测

火灾探测系统包括火灾探测器、互连探测区内各探测器的电气回路、中央火灾探测盘等。火灾探测器主要有四种：火焰探测器、离子感烟探测器、差温探测器、缆式感温探测器。这些探测器被固定安装在各厂房和建筑物中存在火灾危险的厂房内或区域内，连续进行监测。一旦发生火灾，立即自动发出火灾报警信号，确定起火地点，实现火灾早期预报，以便及早采取相应措施及进行自动或手动启动消防系统。

6.3.2.3 灭火设施

核电厂内设置各种灭火设施及系统，为消防人员提供了有效、可靠的灭火手段。

核岛及其BOP由JAC消防供水系统供应消防水，常规岛和BOP消防供水由常规岛与BOP泵房完成。

厂区设置有室外消防管网，管网上每隔一段距离设置有室外消火栓。

各厂房内根据厂方情况还备有各种便携式的灭火器、消火栓、水喷淋系统中的一种或多种，供厂房内就地灭火使用。

另外，核电厂还采用了比较完整有效的消防管理机制，如专业消防队，志愿消防队以及厂外的消防支援等。

综上所述，预期不会有来自火灾造成的重大安全威胁和明显的环境影响。

6.4 环境风险评价

6.4.1 环境风险识别与评价

6.4.1.1 建设期间环境风险评价

6.4.1.2 运行期间环境风险评价

6.4.2 风险管理

6.4.2.1 核事故风险防范

6.4.2.2 放射性物质运输事故风险防范

6.4.2.3 非放射性环境风险防范

6.4.2.4 危险化学品管控

表

表6.4-1 LBLOCA+LOOP事故释放到环境源项

表6.4-2 LBLOCA+LOOP事故场外剂量

6.4 环境风险评价

根据环境保护部文件“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）和“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）的要求，本节将对防城港核电厂三、四号机组建设及运行期间的环境风险进行分析，阐述建设单位制定的相应风险管理与减缓措施，进而对防城港核电厂三、四号机组的环境风险可接受性进行评价。

6.4.1 环境风险识别与评价

6.4.1.1 建设期间环境风险评价

防城港一期场平已完工，一次开挖回填，可以满足二期2台HL1000-1机组所需建设用地。防城港核电厂进场公路和应急公路均已建成通车。核电厂二期施工建设期间的环境风险主要包括：厂房负挖及北进水明渠陆域段负挖时所需炸药的储存和运输风险、施工过程中危险化学品储存的泄漏风险以及施工营地环境卫生问题导致施工人员的健康风险。

核电厂厂房负挖及北进水明渠陆域段负挖施工阶段需采用炸药进行爆破处理，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。防城港核电厂爆破所用炸药集中存放于仓库，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。

为避免设备及管道的盐雾锈蚀和表面氧化，将需要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，并考虑了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，人员来自五湖四海，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。

6.4.1.2 运行期间的环境风险评价

6.4.1.2.1 放射性环境风险评价

（1）风险识别

1) 放射性风险源

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，核动力厂事故工况指比预计运行事件更严重的工况，包括设计基准事故和严重事故：

- 设计基准事故：核动力厂按确定的设计准则进行设计，并在设计中采取了针对性措施的那些事故工况，且确保燃料的损坏和放射性物质的释放不超过事故控制值，包括稀有事故和极限事故两类。
- 严重事故：严重性超过设计基准事故并造成堆芯明显恶化的事故工况。

此外，在核动力厂选址阶段，定义了选址假想事故，作为确定厂址非居住区、规划限制区边界的依据。

2) 扩散途径

评价中主要考虑事故所释放源项通过气态扩散，以烟云浸没外照射和吸入内照射途径对公众产生影响。

3) 保护目标

核电厂址半径5km范围内主要涉及光坡镇下辖的4个行政村：红沙村、沙螺辽村栏冲村和新兴村，共分为64个居民点，截至2012年年底共有户籍人口9017人。离厂址最近的居民点为厂址NNE方位1.1km处的牛角冲自然村，共有户籍人口108人。

（2）源项分析

1) 源项描述

本节主要给出严重事故的释放源项。

就放射性性后果而言，严重事故的代表性事故为大破口失水事故（LBLOCA）和丧失厂外电事故（LOOP）。考虑到源项计算的保守性，选取LOOP叠加LBLOCA事故作为源项计算的假设工况，安全壳内的源项释放参考NUREG-1465。

在大破口失水事故中，释放的放射性由两部分组成：最初释放的反应堆冷却剂中所包含的放射性和堆芯熔化损伤后的放射性释放。随后在压力驱动下由安全壳从内往外的泄漏会导致大量放射性物质释放到安全壳环廊空间，由于SBO柴油机成功启用，环廊通风系统（EDE）持续可用，所以泄漏到环廊的源项经烟囱过滤后排放到环境。

2) 计算方法

计算输入：

- 防城港核电站三、四号机组寿期内堆芯最大积存量；
- 防城港核电站三、四号机组一回路源项；
- 采用设计压力下的安全壳泄漏率0.3% Vol/d进行计算。

计算假设：

- 参考NUREG-1465中的释放阶段与释放份额，并保守考虑衰变过程；
- 不考虑安全壳喷淋、高低压安注、堆腔注水等安全缓解手段和源项的自然沉降；
- EDE系统设计的排风流量使环廊空间能够保证持续的负压，保守假定从内层安全壳泄漏到环廊的源项经烟囱过滤后立即释放。

计算过程：

- 计算内层安全壳内的源项（包括一回路冷却剂喷放到内层安全壳的源项与堆芯损伤熔化后释放的源项）；
- 计算从内层安全壳泄露到安全壳环廊的源项；
- 保守考虑泄露到安全壳环廊的源项直接释放到环境。

表6.4-1给出了防城港核电站三、四号机组严重事故源项。

（3）后果预测

根据防城港核电站厂址气象观测系统2013年6月~2014年5月一整年的逐时气象观测数据，采用CEIRA程序系统计算事故短期大气弥散因子，计算得到防城港核电站三、

四号机组严重事故条件下放射性后果。

非居住区边界与规划限制区边界上的大气弥散因子见表6.1-3和6.1-4。

表6.4-2给出了防城港核电厂三、四号机组事故期间非居住区边界和规划限制区边界的最大公众个人剂量。

6.4.1.2.2 非放射性环境风险评价

防城港核电厂运行期间使用的硼酸、氢氧化锂、盐酸、氢氧化钠、氨、联氨、次氯酸钠、柴油、抗燃油、润滑油、氮、氢等物料中，包括了易燃易爆、有毒有害及较强的腐蚀性物料，在使用这些物料时存在发生爆炸、火灾、化学灼伤等潜在非放射性事故的风险。

防城港核电厂在系统设计中考虑了运行期间所使用物料的安全性，并制定了严格的使用规范，可以最大限度地降低发生爆炸、泄漏等事故的发生，同时，电厂在设计和运行管理上采取的措施也可使火灾的发生概率及发生火灾后对安全环境的影响降到最低。

6.4.2 风险管理

6.4.2.1 核事故风险防范

核电厂的设计和运行要防止事故的发生，并保证在出现设计中所考虑的所有事故序列时，其后果低于规定限值；即使出现发生概率极低的严重事故时，也可通过执行应急计划缓解事故后果。

防城港核电厂三、四号HL1000-1机组安全系统主要有：安全注入系统、应急硼化系统、蒸汽发生器应急给水系统、冷链系统（设备冷却水系统\重要厂用水系统\额外冷却系统）和安全壳及相关系统等。安全系统相关内容在环评报告3.5节中已有介绍。

防城港二期（2×HL1000-1）工程设计中采用的严重事故缓解措施还包括：安全壳热量导出系统、非能动氢气复合器、以及安全壳过滤排放系统。

（1）安全壳热量导出系统（EHR）

防城港二期（2×HL1000-1）工程设置了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。

安全壳热量导出系统中的非能动堆坑注水子系统主要由安全壳内高位堆坑注水水池与出口的管线、阀门组成。严重事故工况下，当堆芯出口温度达到650℃，IVR水池中的水依靠重力，通过非能动管线注入堆坑，对压力容器外部进行冷却，带走堆芯熔融物的衰变热，防止压力容器熔穿。

（2）非能动氢复合子系统

非能动氢复合器子系统由一系列的非能动氢复合器组成。非能动氢复合器没有转动部件，自动催化消氢，不需要电源以及其它支持系统。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，使安全壳内气体混合物中的氢气和氧气在催化剂的催化复合作用下成为水蒸汽，可以有效地将安全壳内的氢浓度控制在安全范围之内。与此同时，非能动氢复合器启动后的烟囱效应，可以有效地促进安全壳大气的自然对流和搅浑，避免局部氢气浓度过高达到爆炸限值

（3）安全壳过滤排放系统

在发生严重事故后，通过安全壳过滤排放系统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，使不可避免释放到环境中的放射性物质释放维持在尽可能低的水平。

6.4.2.2 放射性物质运输事故防范

防城港核电厂运输的放射性物质包括新燃料组件、乏燃料和中低放固体废物。

新燃料组件拟通过铁路、公路形式运至防城港核电厂现场。乏燃料组件暂存在厂内至裂变产物活性降低到一定程度并经批准后方可外运时。以上运输均需使用专用容器，运输容器的设计和制造满足《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）和《放射性物品运输安全管理条例》的要求，且运输时容器表面需满足相应剂量率标准。容器从设计上充分考虑可能的事故工况，即使发生运输事故，容器本身发生变形，燃料组件不会产生临界反应，乏燃料也不会散落。

防城港核电厂厂外运输的放射性废物主要是钢桶包装的桶装废物，运输方式拟采

用公路运输。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》（GB12711-91）、《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）和《放射性物品运输安全管理条例》的要求，可有效防范运输过程中的环境风险。

6.4.2.3 非放事故风险防范

（1）火灾防范

本工程设计上从建筑结构防火、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。
- 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，设计中采取了下列措施：

- 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。

6.4.2.4 危险化学品管控

防城港核电站将参考国内在运核电站的经验反馈，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；
- 运送进出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；

- 一 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6.4-1 LBLOCA+LOOP事故释放到环境源项（GBq）

核素	0h~2h	2h~8h	8h~24h	1d~4d	4d~30d
Kr-83m	6.71E+04	1.84E+05	2.12E+04	5.01E+01	7.52E-11
Kr-85m	1.52E+05	6.21E+05	3.71E+05	3.40E+04	4.86E-01
Kr-85	5.19E+03	3.04E+04	8.10E+04	3.62E+05	3.00E+06
Kr-87	3.10E+05	6.83E+05	2.72E+04	4.54E+00	4.52E-17
Kr-88	4.41E+05	1.51E+06	4.42E+05	8.97E+03	1.97E-04
Xe-131m	5.87E+03	3.41E+04	8.86E+04	3.57E+05	1.41E+06
Xe-133m	2.61E+04	1.48E+05	3.42E+05	8.88E+05	5.53E+05
Xe-133	8.48E+05	4.90E+06	1.23E+07	4.34E+07	8.43E+07
Xe-135m	1.69E+05	1.74E+05	1.41E-02	1.73E-21	1.35E-106
Xe-135	2.75E+05	1.34E+06	1.63E+06	6.82E+05	2.86E+03
Xe-138	7.78E+05	7.91E+05	1.61E-02	4.93E-23	2.41E-115
I-131	8.83E+02	1.06E+04	3.00E+04	1.15E+05	3.38E+05
I-132	1.27E+03	8.48E+03	4.55E+03	6.85E+01	2.57E-08
I-133	1.88E+03	2.10E+04	4.51E+04	5.84E+04	5.77E+03
I-134	2.09E+03	8.47E+03	3.90E+03	3.20E-01	5.45E-26
I-135	1.76E+03	1.68E+04	2.07E+04	5.00E+03	2.63E+00
Cs-134	1.90E+02	3.23E+03	9.54E+03	4.26E+04	3.50E+05
Cs-136	5.47E+01	9.25E+02	2.68E+03	1.09E+04	4.57E+04
Cs-137	1.11E+02	1.89E+03	5.58E+03	2.50E+04	2.07E+05
Cs-138	1.34E+03	7.06E+03	3.05E+03	1.38E-03	5.30E-44
Rb-88	6.98E+02	3.22E+03	1.57E+03	1.74E-08	1.51E-81
Rb-89	9.21E+02	4.18E+03	2.08E+03	5.89E-10	2.10E-94

表6.4-2 LBLOCA+LOOP事故场外剂量

项 目	剂量结果
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）	3.68×10^{-2}
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）	5.68×10^{-2}
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）	3.14×10^{-2}
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）	2.40×10^{-1}

6.5 执行应急计划的可行性

6.5.1 应急响应可行性分析

6.5.2 应急计划区划分

6.5.3 早期应急响应

6.5 执行应急计划的可行性

国务院颁布的《核电厂核事故应急管理条例》指出：“有关部门在进行核电厂选址和设计工作时，应当考虑核事故应急工作的要求”。在选址阶段，核安全法规《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）也要求：考虑到公众的潜在辐射后果和执行应急计划的能力，以及可能妨碍执行应急计划的任何外部事件的影响，必须在推荐厂址的周围建立外围地带。在核电厂开始建造前，必须确定在核电厂运行前外围地带不存在妨碍制定应急计划的根本问题。

国际原子能机构（IAEA）第55号安全丛书指出：如果核设施的推荐厂址在制定和执行应急计划方面出现了难以克服的特殊困难，则可以成为不选择该厂址的充分理由。按照我国核安全法规《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）的要求，在厂址选择时必须考虑下述与厂址有关的因素，来评价执行应急计划的可行性：

- 人口密度和分布，离人口中心的距离，在事故中难以隐蔽或难撤离的居民群，以及在核电厂预计寿期内上述各项因素的变化；
- 特殊的地理特征，例如岛屿、山地地形、河流以及当地的运输通讯能力；
- 外围地带和区域的经济、工业、农业以及生态和环境特征。

6.5.1 应急可行性分析

防城港核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程已建设2台CPR1000机组。二期工程三、四号机组建设2台华龙一号（HL1000-1）核电机组。目前，已向核安全局提交《广西防城港核电厂场外应急预案》，下文将对二期工程的应急可行性进行分析。

（1）地理特征

防城港核电厂地处钦州湾盆地西北边缘的半岛海岸地带，勘测区总体上呈西北高、东南低的地形特征，按其成因及形态特点分为滨海丘陵地貌、海岸地貌和人工地貌三种地貌单元：厂区西部及北部属滨海丘陵地貌，由侵蚀低丘及丘间沟谷构成；厂区东部及南部分布有海岸地貌。

（2）人口分布

核电厂址半径 5km 范围内主要涉及光坡镇下辖的 4 个行政村：红沙村、沙螺辽村

栏冲村和新兴村，共分为 64 个居民点，截至 2012 年年底共有户籍人口 9017 人。离厂址最近的居民点为厂址 NNE 方位 1.1km 处的牛角冲自然村，共有户籍人口 108 人。

厂址半径 15km 范围内涉及防城港市港口区下辖的光坡镇、企沙镇和公车镇、防城区下辖的茅岭乡及钦州市下辖的龙门港镇、钦州港经济技术开发区和钦州保税港区。

厂址半径 5~15km 范围内千人以上居民点共有 19 个，其中最大的人口中心为厂址 SW 方位约 13.2km 处的企沙镇镇区，共有户籍人口 24082 人；其次为 NNE 方位约 9km 处的钦州港经济技术开发区主城区，共有户籍人口 14565 人。

厂址半径 80km 范围内城镇人口超过万人的人口中心有 15 个。其中最大的人口中心为厂址 ESE 方位约 60km 处的北海市市区，共有城镇人口 258534 人。

（3）交通

厂址所在的防城港市交通较为发达。防城港市境内已有的二级以上公路包括：江山至白龙二级公路，全长 11km；江山半岛景区旅游公路，全长 9km；防城港核电厂进厂道路，全长 10km；崇左至上思二级公路，其中防城港段 44km；南宁至防城港高速公路，其中防城港段 42km；沙潭江至企沙一级公路，全长 30km；防城港（江山）至东兴一级公路（含西湾跨海大桥，40km）。

这六条交通干线距离厂址最近的是防城港核电厂进厂道路。由防城港核电厂由东向西与沙潭江至企沙一级公路向连接。沙潭江至企沙一级公路是广西滨海公路防城港段配套建设的支线，是进出企沙沿海工业园区的交通要道；起点于港口区沙潭江，终点是企沙工业园区，全长 30.15km，路面宽 25.5m；并与钦防高速公路玉罗岭互通式立交（顺接防城港市中心区东西大道）相接，下穿南防铁路，经公车镇、光坡镇，终于企沙镇北河口村。

光坡镇镇区通过三级公路与外界相连。该三级公路路面宽 4.5m 至 5m，为沥青路面，路面较为平整。经由该三级公路可连接到南宁至防城港高速公路，也可与沙潭至企沙一级公路相通。厂址附近各村镇均通公路，公路级别为四级农村路，限宽 2.5m。

厂址较近的已有公路为大番坡镇至钦州港、钦州港至犀牛脚镇、钦州港进港一级公路。钦州港至龙门港镇的公路及跨海大桥目前正在规划审批中。

厂址附近规划建设和近期拟建设的公路有：企沙至茂岭环岛一级公路，全长 54km；光坡至沙螺辽二级公路，全长 7km；上云至牛路一级公路，全长 8km；东海跨海大桥及配套一级公路，全长 7.5km。钦州港进港一级公路，路宽 24.5m。

因此，可以看出厂址周围具有良好的应急撤离、疏散和运输条件。

（4）经济形态

厂址 5km 范围内经济并不发达，没有大的规模企业，厂址半径 15km 范围内有一定的规模企业。就厂址外围地带的经济、工业、农业以及生态和环境特征而言，不存在妨碍在厂址外围地带建立应急计划区的外部事件。

（5）通讯网络

无线通讯网络已覆盖厂址区域，不会存在应急通讯的困难。

6.5.2 应急计划区划分

核事故应急照射有两个基本途径：

- 烟羽照射，包括空气浸没外照射和烟云吸入内照射；
- 食入内照射，包括摄入受污染的食品和水等。

根据相关要求，核电厂应急计划区的划分一般为：

- 烟羽应急计划区：一般应以反应堆为中心、半径7~10km的范围内，分为内区和外区：外区一般考虑采取隐蔽和服用稳定碘等防护措施；内区一般为以反应堆为中心、半径3~5km的范围内，应做好采取应急撤离等紧急防护措施。
- 食入应急计划区：应遵循的安全准则为严重事故所造成的食品或饮用水的污染水平不超过相关核安全法规规定的食品和饮用水的通用行动水平，食入应急计划区内的应急行动主要为控制受污染的食物和水的使用。

6.5.3 早期应急响应

早期应急防护措施主要为隐蔽、撤离和服用稳定碘。

- 隐蔽指人员停留于（或进入）室内，关闭门窗及通风系统，以降低飘过的烟羽中放射性物质所造成的吸入和外照射剂量，以及来自放射性沉积物的外照射剂量。
- 撤离指将人们从受影响区域紧急转移，以避免或减少来自烟羽或高水平放射性沉积物质产生的高照射剂量，该措施为短期措施，预期人们在预计的某一有限时间内可返回原地区。

- 稳定性碘是指含有非放射性碘的化合物，当事故已经导致或可能导致释放碘的放射性同位素的情况下，将其作为一种防护药物分发给居民服用，以降低甲状腺的受照剂量。

第七章 流出物监测与环境监测

7.1 运行前的环境监测

7.2 运行期间的环境监测

7.3 运行期间的流出物监测

7.4 质量保证计划

7.1 运行前的环境监测

7.1.1 调查范围和布点原则

7.1.2 调查内容

7.1.3 采样和监测频率

7.1.4 监测方法

7.1 运行前的环境监测

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，在核动力厂厂址首台机组首次装料前，营运单位必须完成环境放射性本底辐射水平的调查，应至少获得最近两年的调查数据。同一厂址后续建造的机组应至少获得近一年的辐射环境水平现状调查数据。防城港核电厂一期工程自 2011 年 8 月至 2013 年 7 月完成了两整年环境放射性本底辐射水平的调查，其调查结果已经反映到本报告书 2.7 节中。

广西防城港核电有限公司将依据相关标准要求，在三、四号机组装料前委托相关单位完成为期一年的电厂运行前辐射环境现状调查工作。该调查工作方案将在防城港核电厂厂址首台机组运行前已开展的辐射本底调查基础上制定，结合一期工程运行期间辐射环境监测经验反馈作适当调整，并经专家评审后开展实施。具体的调查方案及成果将在本工程运行阶段的环境影响报告书中给出。

本阶段环境影响评价只提出运行前环境辐射监测方案的基本原则。

7.1.1 调查范围和布点原则

（1）调查范围

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）调查范围要求，环境 γ 辐射水平调查范围为厂址半径 50km 范围，其余项目调查范围取半径 20~30km，重点为核电厂周围 10km 区域，对海域的调查，重点关注核电厂液态排放口附近海域。

（2）布点原则

防城港核电厂二期工程三、四号机组运行前辐射监测布点的原则将充分利用一、二号机组所布设的监测点位和监测项目以及一、二号机组运行后的环境辐射监测结果，同时结合厂址现有环境现状资料和相关专题研究成果适当调整或增加测点。监测布点主要考虑：

- 最大风频下风向厂区边界附近区域；
- 最小风频下风向较少受核电厂排放影响的区域（对照点）；
- 关键居民组居住地区及环境敏感点；
- 距反应堆最近的厂区边界上，人群经常停留的地方以及空气 γ 剂量率平均最高的地点（若此点在厂区外）；
- 电厂排放口附近海域，以及取水口附近的钦州港西航道海域。

7.1.2 调查内容

防城港核电厂二期工程三、四号机组运行前的环境辐射调查的主要内容包括陆地环境 γ 辐射水平、陆地介质放射性水平和海洋生态放射性水平。运行前环境放射性监测的主要内容包括：

（1）环境 γ 辐射水平

- 道路环境 γ 辐射剂量率；
- 原野环境 γ 辐射剂量率；
- 室内环境 γ 辐射剂量率；
- 环境 γ 累积剂量。

（2）陆地介质放射性水平

包括对空气（气溶胶、沉降灰、雨水、空气中 ^3H 和 ^{14}C ）、地表水（河流、水库等）、地下水、土壤、陆生动植物等环境介质中放射性水平的调查。

（3）海洋生态放射性水平

重点调查厂址附近海域，特别是核电厂排放口附近海域、海水、海洋沉积物和海洋生物中的天然放射性核素和人工放射性核素的浓度或含量。

7.1.3 采样和监测频率

各种环境介质样品的采样和监测频度主要根据各种介质的具体情况来确定。例如生物的生长期和收获期、海洋生物中海产品的鱼汛期以及核电厂周围环境各种变化。

7.1.4 监测方法

— 环境 γ 辐射测量方法

- 累积照射量：热释光剂量仪；
- 瞬时测量：便携式 γ 剂量率仪；
- 连续测量：固定点连续测量。

— 物理、化学分析测量法

- γ 谱分析法：低本底 γ 谱仪；
- 总 β （或总 α ）放射性测量：流气式正比计数器和 α 、 β 低本底计数装置；

- ^{40}K 测量： 火焰光度计；
- ^{90}Sr 分析测量： 萃取色层法；
- ^3H 、 ^{14}C 测量： 低本底液闪谱仪。

7.2 运行期间的环境监测

7.2.1 监测目的

7.2.2 监测范围和布点原则

7.2.3 监测内容

7.2.4 环境实验室

7.2.5 监督性监测

图

图 7.2-1 防城港核电站监督性监测系统站点布置图

7.2 运行期间的环境监测

《核动力厂辐射防护规定》（GB6249-2011）指出，核动力厂在首次装料后，营运单位应根据环境监测大纲进行辐射环境监测。此外，在电厂机组运行期间应对非放射性测量项目开展常规监测。防城港核电厂将在一至四号机组运行期间设立统一的环境监测机构，建立统一的环境监测方案。该监测方案将在一、二号机组监测方案的基础上针对三、四号机组进行调整，更详细的方案将在后续阶段的环境影响报告书中给出。本报告书仅给出有关运行期间环境监测的设想。

此外，根据放射性污染防治法的规定，结合《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》的要求，防城港核电厂外围还设立了监督性监测系统，本报告书将一并简要介绍。

7.2.1 监测目的

核电厂运行期间的环境监测方案按以下的监测目的而定：

- 评价核电厂对放射性物质包容和排放控制的有效性；
- 测定环境介质中放射性核素浓度或辐射水平的变化；
- 为评价环境辐射安全和估算公众剂量提供依据；
- 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；
- 出现事故排放时，保持快速估计环境污染状态的能力；
- 鉴别由其它来源引起的污染；
- 证明是否满足限制向环境排放放射性物质的规定和要求。

7.2.2 监测范围和布点原则

防城港核电厂运行期间环境放射性监测范围和布点原则类似于运行前环境监测的范围和布点原则，即环境 γ 辐射水平的调查范围一般以厂址为中心半径20km的区域，其余项目的调查范围一般取以厂址为中心半径10km的区域。海洋环境的放射性监测，重点在核电厂液体总排放口附近。但运行期间监测重点是：

- 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；
- 年平均最大剂量点及浓度点；

- 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。

7.2.3 监测内容

（1）环境 γ 辐射水平的监测

— 环境 γ 连续监测

核电厂运行期间周围的环境 γ 辐射实时监测是连续的，采用实时测量的方法测量固定点的 γ 剂量率。

— 瞬时 γ 剂量率，采用移动式辐射监测仪表，每个季度对固定监测点进行 γ 剂量率监测，监测点位置的选择，通常采用扇形布点法，即以反应堆为中心，按不同方位分成若干扇形区，再考虑关键居民组的位置、厂址边界、常年主导风向下风向侧人口密集居民点以及敏感地区位置等因素在不同扇区中布置监测点。

— 累积剂量 TLD 测量

累积剂量测量装置（例如 TLD）布点数量比实时监测系统的监测点多，作为实时监测系统的一种补充。布点原则参照瞬时 γ 剂量率的布点原则。

（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，随着运行期间环境监测资料的积累和对环境的逐步了解，按照最优化原则，可以适当增减监测项目和频度。

（3）气象观测

核电厂运行期间气象观测的任务是：

- 为确定短期或长期常规放射性释放对环境的实际影响提供所需的气象资料；
- 当发生事故时提供实时气象参数，使工作人员采取最适当的防护措施；
- 为制定和实施应急计划提供气象资料。

气象观测项目包括：厂址处 10m 和烟囱释放高度位置的风向、风速和温度，地面处的降水、湿度、气压和太阳辐射等。

防城港核电厂已设立气象铁塔和电厂专用地面气象站进行气象观测，该气象观测系统将在核电厂运行后提供气象数据。

（4）应急监测

核电站事故工况下的环境应急监测是环境监测的组成部分，它具有快速反应和机动灵活的能力，应急监测方案中考虑了如下要求：

- 厂址半径 5~10km 范围内的环境 γ 辐射监测系统中的遥控 γ 辐射监测站应具备应急条件下进行连续监测的能力，并且具有足够大的量程，以适应应急监测的要求；
- 环境辐射监测机构配备应急条件下使用的测量仪表、取样和分析器材、环境监测车和取样车等，以监测事故工况下环境介质的放射性水平；
- 快速测量事故工况下放射性释放对环境造成的污染范围和污染程度。

为使应急监测数据及时传送至防城港核电站应急指挥中心和场外应急指挥中心，将配备无线电数据传输所需的通讯设施。

（5）环境监测设施

防城港核电站建立以下辐射环境监测基础设施：

- 环境实验室：包括各种取样、制样、就地监测、实验室分析的仪器设备；
- 厂区环境辐射与气象监测系统：包括数据采集中央站、 γ 剂量率连续监测站、应急监测车与采样车、气象观测站以及若干气溶胶、碘、雨水、空气中的 ^3H 和 ^{14}C 的取样站等；
- 移动监测系统：包括环境采样车，应急监测车，配备必要的应急监测仪器设备和采样设备。

（6）非放监测

防城港核电站二期工程运行产生的非放废水经处理满足排放要求后入海域，为了评估排放的非放化学物质对海洋环境的影响，防城港核电站将在二期工程运行后在电厂排放口附近及部分环境敏感点进行非放射性物质的监测，主要监测项目包括 pH 值、DO、浊度、COD、BOD₅、氨氮、油类、悬浮物、总大肠菌落数等。此外，建设单位将结合运行电厂的经验，适时考虑开展对运行期间噪声和电磁辐射影响的监测方法和监测内容的研究，具体将在电厂运行期间的环境监测大纲中予以明确。

为进一步验证电厂温排水的潜在影响范围，将布置部分海水水温监测点，同时在适当的时候动用有效的手段监测温排水的影响范围。

7.2.4 环境实验室

环境实验室（EC1）主要承担核电厂正常运行下的环境监测。防城港核电厂环境实验室位于距离反应堆约 1km 的行政管理及辅助设施区，共设两层，建筑高 9.3m，建筑面积约为 1308.96m²。主要功能如下：

- 经过 KRS 网络服务接收器、处理 EC-3 连续监测站点的监测数据、厂址气象站（EC-2）的气象数据及环境监测车传输的数据，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和主控制室、辐射环境监督管理部门等。
- 定期进行低活度的环境介质样品的采集、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执行一定的应急监测功能。若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、应急指挥中心及其他相关部门。

环境实验室配备的测量仪器有：

- 环境 γ 辐射监测仪：用于分析水、土壤与沉积物、气溶胶、生物样品等介质中的 γ 放射性核素的浓度；
- 低本底 α/β 计数器：用于测量水、土壤、气溶胶、生物样品等介质中的总 α 和总 β 放射性水平；
- 低本底液闪谱仪：主要用于测量环境介质中的氚，有时也可用于其他放射性核素的分析，如 ¹⁴C、⁹⁰Sr 等；
- γ 辐射剂量率仪：用于测量环境空气中的 γ 剂量率；

热释光剂量仪：用于测读热释光剂量片记录的环境 γ 累积剂量；

除了这些仪器外，环境实验室还配置其它必要的测量装置和分析仪器，如精密电子天平、滴定仪、pH 计，用于制备样品的马弗炉、电热板、碳化炉、搅拌器、离心机、真空干燥箱、球磨机等。为了制备实验测量所需的样品，还需要配置必要的化学分析试剂和玻璃仪器。

环境采样是环境监测必不可少的环节，因而环境实验室还需配备大量的采样装置，如底泥采样器、土壤取样铲以及必要的采样运输工具。

7.2.5 监督性监测

根据防城港核电厂辐射环境现场监督性监测系统的初步设计方案，核电厂外围辐射环境监测系统包括监测子站和前沿站两部分，图 7.2-1 给出了防城港核电厂监督性监测系统站点布置图。

（1）监测子站

防城港核电厂监督性监测系统监测子站配备的硬件设备包括环境 γ 辐射监测器、 γ 能谱探测器、微型气象站、气溶胶碘取样器、氡碳取样器、干湿沉降收集器、超大流量气溶胶连续取样装置，该系统用于：

- 实现对核电厂周围环境辐射水平的监督性监测，监测核电厂排放的放射性烟羽引起的外照射剂量变化；
- 及时发现异常排放，为应急预测预警提供基础数据；
- 核电厂事故状态下作为场外监测的重要应急设施开展应急监测。

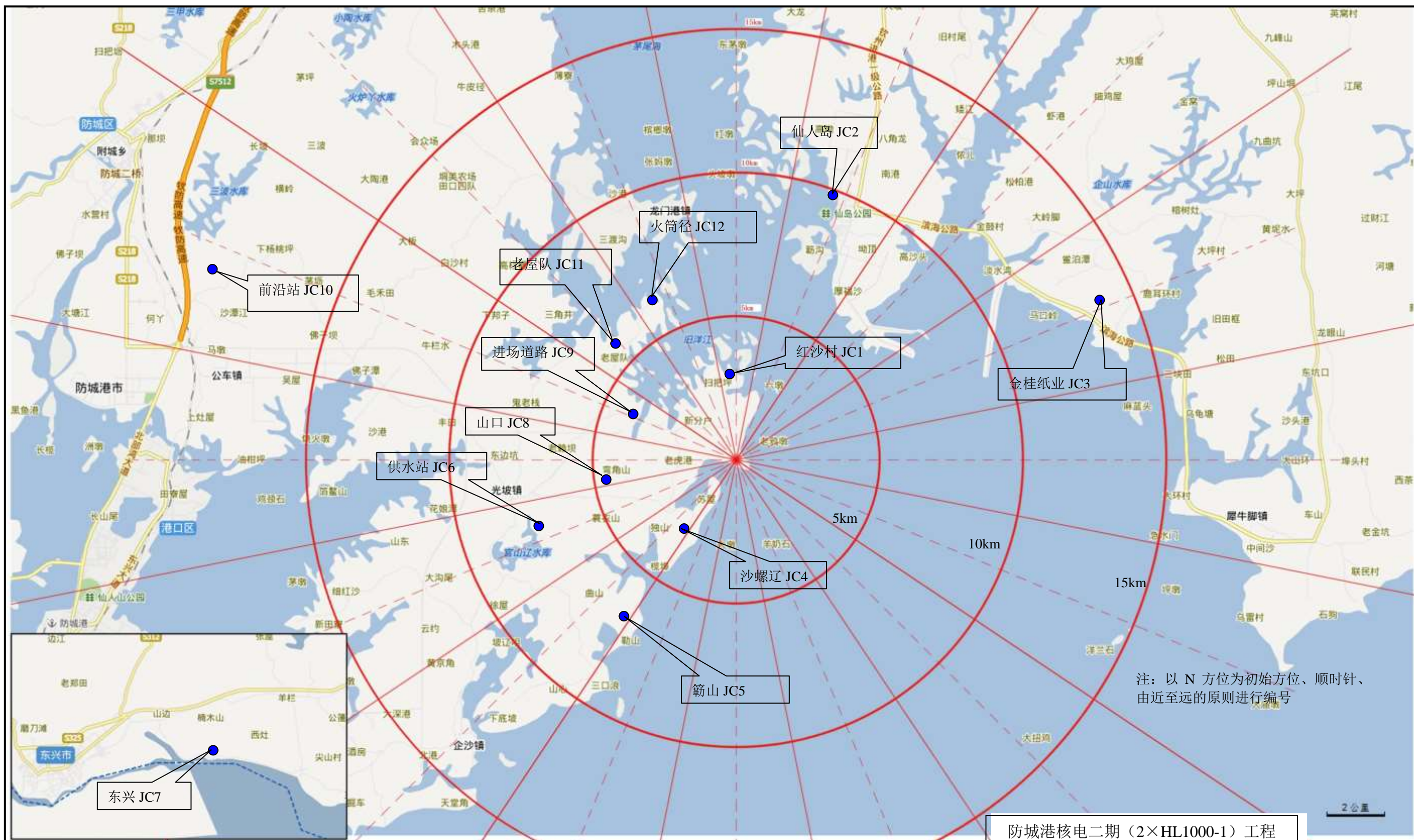
防城港核电厂外围自动监测站共 12 个，分别位于防城港核电厂的不同方位，具体地点为：红沙村、仙人岛、金桂纸业、沙螺辽、簸山、供水站、东兴、山口村、进场道路、前沿站、老屋队、火筒径。

（2）前沿站建设

防城港核电厂监督性监测系统前沿站配备的硬件设备包括低本底 α 、 β 测量仪、超低本底液闪测量仪、高纯锗 γ 谱仪系统、采样和制样设备和其他辅助设备，该站用于：

- 对监测子站监测数据进行分析处理和汇总，并实时传输至环境保护主管部门；
- 对核电厂环境介质样品进行抽样监测，核查核电厂周围辐射环境质量是否达到国家相关标准；
- 作为核电厂运行期间监测的平台之一，对不能实现自动监测的介质采用人工取样后在实验室进行样品前处理和分析测试，例如对核电厂 20 公里范围内的土壤、水体、大气、生物等环境介质的取样分析，监测项目包括 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、总 α 、总 β 、 γ 核素等，以便掌握核电厂排放放射性物质在环境中的累积影响。

防城港核电前沿站包括实验室、环境监测车 2 辆（其中 1 辆为采样车）及配套设备。



7.3 运行期间的流出物监测

7.3.1 气载放射性流出物监测

7.3.2 液体放射性流出物监测

7.3.3 非放射性流出物监测

7.3.4 流出物分析实验室

7.3.5 固体废物监测

7.3.6 监督性监测

7.3 运行期间的流出物监测

防城港核电站二期工程将建立放射性流出物监测和非放射性流出物监测系统，用以监测和控制核电站气载放射性流出物和液体放射性流出物的放射性水平。放射性流出物监测系统将附有取样装置，以确保抽取有代表性的样品供监测和实验室分析使用。

核电站运行期间放射性流出物有气态和液态两种，即气载放射性流出物和液态放射性流出物。

（1）监测目的

- 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和装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为应用适当的环境模式评价环境质量、估算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。

（2）主要原则

- 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。

本节简要介绍防城港核电站二期工程运行期间放射性流出物监测方案的初步设想。

7.3.1 气载放射性流出物监测

气载放射性流出物的监测主要考虑惰性气体、碘、粒子、 ^3H 和 ^{14}C 等。

气载放射性流出物的总排放途径是烟囱，在正常运行和事故运行工况下，核电厂烟囱气载放射性监测器对放射性气体进行监测，当放射性浓度达到预设值时，触发主控室警报。该放射性监测器同时具备对气溶胶、碘和放射性气体进行连续采样的能力，采样能在正常运行和事故运行的整个浓度范围内进行。

此外，核电厂还将对常规岛通风系统中的放射性物质浓度进行测量。如果存在放射性，表明蒸汽发生器管道泄露导致一次侧向二次侧泄漏。当放射性浓度超过预设阈值时，监测仪将向主控室发送一个报警信号。

7.3.2 液体放射性流出物监测

防城港核电厂的液态放射性流出物将按照国家法规要求采用槽式排放方式排放。其中，TER系统和SEL系统均设置低活度液体排放监测通道，当排放废液活度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

废液在采样和排放前必须经过连续循环混合，对TER贮存罐和SEL贮存罐分别不得小于相应时长。在经过充分混合后进行采样分析，分析项目包括pH值、总 γ 和氚等，达到相应的放射性控制要求后，才排入合排渠中，再由总排放口排入海体。每罐流出物都必须进行 γ 核素分析，主要包括 ^{58}Co ， ^{60}Co ， ^{54}Mn ， $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ， ^{124}Sb ， ^{131}I ， ^{134}Cs ， ^{137}Cs 等，以确定所排放主要核素的浓度和核素年排放量。

7.3.3 非放射性流出物监测

核电厂非放射性流出物是指非放射性液体流出物。其主要来源：

- 核电厂运行期间，用于水处理的化学添加剂和循环冷却水的加氯系统；
- 经污水站处理过的生活污水排放。
- 生活污水水质分析项目包括 COD_{Cr} ， BOD_5 ，pH值、总P、余氯和悬浮物等，化验频度随各污水站而异。如有异常情况时，随时取样，即时化验分析。海水监测项目包括余氯、 COD_{Cr} ， BOD_5 ，pH值、水温、悬浮物、无机氮、火星磷酸盐、石油类、大肠菌群等，分析频率：余氯按1次/月度； COD_{Cr} ， BOD_5 ，pH值、水温、悬浮物等按1次/双月；无机氮、火星磷酸盐、石油类、大肠菌群等按1次/季度。

7.3.4 流出物分析实验室

核电站放射性流出物的准确排放量主要来自于流出物分析实验室的测量与分析。防城港核电站二期工程流出物分析实验室是厂区实验室（AL 实验室）的一部分。厂区实验室设在核电站厂区内，共三层，地下一层，地上二层，地上层高 9.2m，地下室 4.5m。建筑面积 3600m²，占地面积 1208.8m²，长 50.17m，宽 25.8m。实验室一层为样品处理及测量区，二层为办公及油分析室。厂区实验室用于放射性流出物样品分析测量的主要房间有：测量室、热准备间和冷准备间（即样品制备间）等，位于地上一层。

（1） 测量室

测量室用于对流出物样品进行测量。防城港核电站厂区实验室测量室有下列主要仪器设备：

- 高纯锗 γ 谱仪，用于分析流出物样品中的 γ 放射性核素浓度，2 台；
- NaI γ 探测器，用于分析流出物样品总 γ 放射性，2 台；
- 液闪谱仪，用于分析流出物样品中的氡和 ¹⁴C 浓度，2 台；
- α - β 测量仪，用于分析流出物样品中的总 β 浓度，1 台。

（2） 热准备间、冷准备间

防城港核电站厂区实验室的有两间样品制备间，一间用作热准备间，另一间为冷准备间，分别用于对核岛废液 TER 贮存罐和常规岛废液 SEL 贮存罐中的废液进行样品制备。

样品制备间将配置有工作台、通风柜、干燥箱、电子天平、电热板以及制备样品所需设备。

7.3.5 固体废物监测

核电站正常运行时，除乏燃料元件等高放固体废物需另行专门处理外，一般中低放固体废物，例如废树脂、废过滤器芯子、废浓缩液等，要在固体废物厂房进行压缩、分装和固化，在处理的过程中需要进行监测，主要包括：

- 对废树脂、废过滤器芯子、废浓缩液等进行 γ 辐射监测，为分装方法和安全运输提供依据；
- 对各种固体废物桶表面 γ 剂量率进行监测，以判断是否符合放射性物质运输标准；
- 监测固体废物暂存站 γ 剂量率，为判断操作人员的辐射安全提供依据。

7.3.6 监督性监测

根据防城港核电厂辐射环境现场监督性监测系统的初步设计方案，流出物监督性监测主要用于：

- 实现对核电厂流出物排放的实时有效监控；
- 对核电厂流出物进行独立的抽样监测，核查核电厂放射性物质排放数据，承担事故条件下的流出物应急样品分析。

流出物监督性监测包括分为在线监测和抽样监测，配备的硬件设备包括低本底 α 、 β 测量仪及其他与核电厂共用的相关设备。在线监测系统可对核电厂放射性气液态流出物实时监测。采用防城港核电自行实施的流出物在线连续监测系统的采样与监测设备。配备独立的相应传输及通讯设备，实时同步传输在线连续监测数据至环境保护部现场监督单位、省区市及国家数据汇总处理中心。

抽样监测：拟在前沿站征地范围内建设 1 个流出物监测实验室，根据“规范”要求配置相关仪器设备，进行抽样监测并承担事故时应急样品分析。初步考虑气态流出物取样点与电站一致(在烟囱处取样)，液态流出物除核岛废液排放系统和常规岛废液排放系统取样外，监测项目满足相关规范要求。

7.4 质量保证计划

7.4.1 质量控制

7.4.2 质量管理

7.4 质量保证计划

核电厂流出物和环境监测质量保证是至关重要的，其目的是通过有计划系统行动，对监测过程进行全面控制（如监测过程的组织管理，参与人员的素质要求与岗位培训，仪器设备的管理与维护，样品采集布点与频度的设计，分析过程的质量控制，监测数据的记录、复核与审核等），使测量结果具有适当置信度，保证测量结果的可信性、有效性和可比性。

流出物和环境监测的质量保证计划依据下列文件：

- 《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）；
- 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB 11216-89）；
- 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-88）；
- 《水质采样技术指导》（GB 12998-91）；
- 《水质采集样品的保存和管理技术规定》（GB 12999-91）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）。

7.4.1 质量控制

为了确保环境监测工作的质量，监测工作必须从样品采集、运输、处理、测量、分析、保存等各个环节，以及文件控制、量值溯源、制订质保大纲、样品比对等方面进行质量控制。

（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、体积和流量，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。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，应该分析测量质量控制样品。

为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，必须参加本地区和国家组织的实验室之间的分析比对，对存在的系统误差查明原因，并采取校正措施。分析测

量装置的性能应定期进行检定、校准和检验，所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、预处理到分析测量、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。

7.4.2 质量管理

（1） 组织机构

建立合适的辐射监测机构并实施管理是流出物和环境监测质量保证的重要因素。对管理和实施质量计划的人员设置及其职责、权力应有明确规定。

（2） 人员的资格和培训

辐射监测结果的准确性与操作人员的技术水平和经验有关，因此各类操作人员应有严格的资格要求，上岗前必须进行专业培训，取得有关技术操作资格后方可上岗。为保持和适应新技术发展的要求，对各类技术人员应进行反复的技术培训、考核和技能审评。

第8章 电厂建设和运行的效益分析

8.1 利益分析

8.2 代价分析

8.1 利益分析

8.1.1 电厂建设和运行的直接利益

8.1.2 电厂建设和运行的间接利益

8.1 利益分析

8.1.1 电厂建设和运行的直接利益

核电厂与火电厂之间在经济效益上的一个显著区别在于核电厂的建设一次投入大，运行成本低。防城港核电厂二期工程建成后的还贷期内，还贷的压力较大，每年的经济效益将处于一般电厂的水平。但还贷期过后，防城港核电厂二期工程由于其大容量、低运行成本和较高的年负荷因子，将会取得较火电厂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，将使工程造价增加 7~8%，厂用电率增加 1.3~1.5%。而核电机组将随着设计自主化和设备国产化比例的不不断提高，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。美国核电生产成本只有煤电的 3/4，比气电、油电低很多，而根据日本能源经济研究所 IEEJ 的分析，核能的成本一般是化石燃料发电成本的 70% 左右，在考虑福岛事故补偿后，核能的发电成本为化石能源的 85%，仍有较强的经济竞争力。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。

另一方面，防城港核电厂二期工程的运行将有效地缓解广西壮族自治区能源供应的缺口，促进广西经济的发展。

此外，防城港核电厂二期工程施工期间现场施工及安装人员高峰时预计将达到数千人，将给社会带来可观的就业机会。因此，防城港核电厂二期工程的建设和运行也

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。

8.1.2 电厂建设和运行的间接利益

用大型商用核电站代替燃煤电厂，将大大降低燃煤电厂释放的 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 等有害气体对环境的污染。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，我国政府已承诺将削减 CO_2 的排放量。按发电煤质平均值计，建设 2×1000MWe 核电机组比建设相同规模的带脱硫装置的燃煤发电机组，每年可减少 SO_2 年排放量 5 千吨、 NO_2 年排放量 4.4 万吨、 CO_2 年排放量 1176 万吨。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。

防城港核电厂二期工程拟采用 HL1000-1 型压水堆核电机组，将有助于推进我国核电机组设计自主化和设备制造本地化，加快我国百万千瓦级核电站的国产化进程。在提高核电安全可靠性的同时，大幅降低核电造价，增强核电竞争力的同时，将全面带动我国核工业系统的地质、采矿、水冶、同位素分离、元件和后处理等产业的发展，同时也可以促进核设备与仪表制造、建筑安装、科研和管理等方面的发展。根据测算，1 元的核电建设投资，对关联产业的拉动作用如下：一是对 42 个行业门类中的 37 个行业产出的拉动作用超过 0.01 元；二是对通用、专用设备制造业等 14 个行业产出的拉动作用超过 0.1 元。核电生产运营也对相关产业产生较强的拉动，1 元的核电产出将拉动主要行业的产出增长为：石油加工、炼焦及核燃料业 0.11 元，农业 0.10 元，化学工业 0.08 元，金融保险业 0.08 元。

8.2 代价分析

8.2.1 经济代价

8.2.2 社会代价

8.2.3 环境代价

8.2 代价分析

8.2.1 经济代价

防城港核电厂二期工程建设所付出的经济代价主要为工程建设费，为前期准备工程、建筑工程、设备购置及安装工程等费用以及设计及工程管理、工程建设管理、工程基础投资、建设期贷款利息等费用。

防城港核电厂二期工程发电并网投入商业运行后，运行期间的经济代价包括：核燃料费、折旧费、摊销费、大修理费、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的税金和还贷利息，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。

此外，广西防城港核电厂拟建设的核电机组具有其固有的安全性，但在设计中仍考虑了发生放射性事故的可能性，因此设计了专设安全设施以缓解可能发生的事故并降低放射性物质的释放，同时为了缓解事故后果和保护公众，广西防城港核电厂与核电厂所在的广西壮族自治区相关主管部门将分别制定场内应急计划和场外应急计划，建立有效的核事故应急组织，配备应急设施和设备，同时为了维持应急响应能力，需按规定进行应急培训、应急演练和对应急准备的检查等，这些均需要有一定的费用保证。

8.2.2 社会代价

防城港核电厂二期工程的建设和运行，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，还会给当地带来一下问题：

一 交通运输量的增加

核电厂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，不可避免增加当地的交通量。

一 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

防城港核电厂二期工程的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，这势必造成医疗、学校和基础设施如道路、供排水等市政工程和生活服务设施的紧张局

面。

核电施工期时的各建设单位以及运行期的核电厂均会向当地政府上交一定的税收，当地政府将有经济能力投资于当地的市政设施，从而优化当地环境。

一 对当地社会安全、稳定的影响

核电厂建设期间将不可避免地带动当地第三产业的发展，将有大量的流动人口涌入厂址周围区域。为使当地有一个安定的生活环境和经济持续发展的社会环境，当地政府必须增加治安、社会服务等方面的投入。

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。

8.2.3 环境代价

防城港核电厂二期工程的建设将造成厂址区域生态环境的变化，主要表现在：

- 建设核电厂将占用大量土地，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；
- 核电厂海域工程的建设将回填部分海域，造成部分海域中海洋生物栖息地消失，施工期间也将暂时影响局部范围海域内海洋生物栖息环境，但在施工结束较短时间后即可恢复。

防城港核电厂二期工程施工区域的植被多为乔木、灌木和杂草，没有名贵的动植物资源，也没有风景名胜和文物古迹。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更为优美的人工景观环境所替代。

本工程建成运行后，正常运行期间及发生放射性释放事故时，均会造成放射性物质向环境释放并对环境和公众造成一定的辐射影响：

- 正常和设计基准事故工况下释放的气载放射性物质通过大气扩散进入环境，在自然沉降、雨水冲刷等机理作用下进入地面和水体，对环境造成一定的放射性污染；公众则通过气载放射性物质的外照射、食用被污染的食物等造成一定剂量的放射性照射。通过初步计算分析表明，气载放射性物质对环境和公众的影响是可以接受的。
- 对于液态放射性的释放仅考虑核电厂正常运行期间低放射性废液排放对受纳

水体的影响，通过初步计算分析表明，液态放射性的释放对环境和公众的影响是可以接受的。

- 防城港核电厂二期工程运行产生的中、低放固体废物和乏燃料作为核废料，将均按照国家规定进行严格的处置。中、低放固体废物在厂址废物处理设施内贮存一定时间后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）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）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。此外，处置场址主动监护结束后，公众将有可能无意闯入，从而受到一定的外照射和内照射影响，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。

总体而言，防城港核电厂二期工程在应急准备和环境影响方面（正常运行和事故工况下的放射性物质释放对环境和公众的影响）将付出一定的环境代价，但总体而言，事故预防所付出的经济代价相比事故后对环境和公众造成的损伤而言是有利的，而正常运行和一般事故工况下放射性释放对环境和公众不利影响是有限的。

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，核电厂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。相关措施包括：

- 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，为判断核电站放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。

— 核事故应急

为了快速有效地处理核事故发生后的各种问题，最大限度减少事故影响，在事故时便于执行上述应急措施，广西防城港核电站业主将与地方政府保持密切联系，积极协助地方政府成立必要的核应急组织，以利于针对防城港核电站建立切实可行的场外应急计划，并设立相应的核应急监测机构。

第九章 公众参与

9.1 概述

9.2 公众参与工作回顾

9.2.1 核电宣传

9.2.2 问卷调查

9.2.3 座谈会

9.2.4 公众参与信息公告

9.2.5 其他公众参与工作

9.2.6 公众反馈意见及落实

9.3 本阶段公众参与工作

9.3.1 环境信息公示

9.3.2 问卷调查

9.3.3 座谈会

9.4 小结

表

表 9.3-1 防城港核电厂环境影响评价公众参与问卷调查表（样表）

表 9.3-2 公众参与调查表反对意见的反馈情况

图

图 9.3-1 核电环境信息公示（第一次）

图 9.3-2 核电环境信息公示（第二次）

图 9.3-3 核电环境信息公示（张贴公告）

图 9.3-4 公众参与座谈会

9.1 概述

国家鼓励公众参与环境影响评价活动，并将公众参与作为提高公众环境保护意识和参与决策主动性的重要手段之一。《中华人民共和国环境影响评价法》第二十一条明确规定，建设项目批准立项前要举行论证会、听证会，或者采取其他形式，征求有关单位、专家和公众意见。为了全面落实法规要求，完善公众参与机制，提高公众参与的公开性、平等性、广泛性和便利性，原国家环保总局于 2006 年 3 月颁布的《环境影响评价公众参与暂行办法》对公众参与的方式提出了具体的规定。

核电厂建设项目作为历时较长的、涉核的大型建设项目，按工程进度分为选址、建造、运行、退役等不同阶段，需开展相应的环评公众参与活动。防城港核电厂址规划建设六台核电机组，在防城港核电厂一、二号机组选址、设计、运行阶段环境影响评价中，建设单位及环评单位已开展了一系列公众参与工作，包括：核电知识宣传、问卷调查、公开环境信息公示、召开座谈会以及跟踪已搬迁、征地公众的后续情况等，取得了一定的效果，使公众对防城港核电厂有了更多、更深入的认识，同时也使业主更广泛地了解公众的意见和建议。

目前防城港核电厂二期工程三、四号机组处于选址阶段，本次公众参与主要采用环境信息公开、问卷调查和召开座谈会的方式征求公众对防城港核电厂二期工程三、四号机组建设的意见和建议。

9.2 公众参与工作回顾

9.2.1 核电宣传

在防城港核电厂一期工程选址、建设过程中，广西防城港核电有限公司针对我国核电知识普及程度不高，公众对于核电安全性认识存在一定误区的情况，开展了多次核电知识宣传工作，取得了良好的效果：

- 2008 年 9 月，由广西防城港核电有限公司与防城港市委市政府共同在防城港市港口区光坡镇举办了通过核电知识宣传栏、核电知识讲解以及发放核电宣传资料进行的核电科普知识系列宣传活动。
- 2008 年 10 月，广西防城港核电有限公司组织近 40 位核电厂工程拟用地村民代表参观深圳大亚湾核电站及在建的岭澳二期施工现场，听取工作人员介绍

中广核集团发展史和核电科普知识，其中着重强调了核电的安全性。同时，村民代表和大鹏镇当地的干部群众就核电站对附近群众生活的影响进行了座谈。

- 2010年10月，自治区劳模代表团一行60多人到防城港核电基地参观。公司领导向代表们介绍了项目的概况和工程进展情况，并详细解答了代表们关心的核电发电原理、核电站安全管理、环境保护等方面的疑问。
- 2011年1月，防城港核电公司牵头组织在厂址所在地的光坡镇政府召开2011年核电新春周边关系座谈会。座谈会由防城港市政府、政协委员、光坡镇相关领导及村干部、村民代表等100多人参加。会后还上门慰问了14名厂址搬迁户百岁高龄老人。
- 2011年9月教师节前夕，港口区教师考察团一行98人到核电现场参观考察。公司代表介绍了防城港核电项目的厂址选择、技术路线、安全设施和工程进展等情况，还介绍了防城港核电项目一期工程发电量、供电范围、商运后的社会和经济效益，以及与福岛核电站的不同等问题。
- 2011年12月，防城港核电公司举办了2011年度媒体沟通会，来自人民日报广西分社、新华社广西分社、光明日报广西记者站、经济日报广西记者站、中新社广西分社、中央电视台广西记者站、中央电台广西记者站、广西日报、广西电视台、广西电台、广西新闻网、防城港电视台、防城港日报、防城港电台、防城港红豆网、红豆社区防城港论坛等10多家中央驻桂、自治区及防城港市当地主流媒体的领导、记者、版主及意见领袖参会。
- 2012年4月，防城港市总工会组织驻防城港各级劳模代表50余人参观防城港核电站。公司代表介绍了防城港核电站的选址、规划、建设进度、地震海啸设防标准等，并一一回答了代表们关心的核电工期、效益、对海洋环境的影响等问题。
- 2012年5月，由防城港核电公司和防城港市城建办、住建委联合举办的房地产企业从业人员大型科普知识讲座在防城港市政府行政中心人民会堂举行。来自防城港市城建办、住建委的领导及60多家房地产企业管理人员和销售人员共300余人参加了此次讲座。防城港公司技术人员通过图文并茂的PPT和科普视频，从核能优越性、核电站发展原理、核电站周边环境、核电发展带

动当地房地产开发等多个方面进行了讲述，并与听众就核电安全性、核废料的处理、核电站抵御自然灾害等问题进行了互动。

- 2012年9月12日上午，“我与核电共同成长”防城港公司核电科普知识进校园系列活动举行。此次系列活动由防城港公司团委“郭明义爱心团队”举办，以向学生宣传核电科普知识为宗旨，共分为三场。公司向学校赠送了科普读物，向小学生们进行了核电科普宣讲。
- 2013年5月29日晚，防城港核电公司与防城港市委宣传部、防城港市环保局联合举办了“欢乐西湾-改善生态环境共享绿色家园”专场文艺汇演，这是防城港核电公司参加核电科普进社区活动的首场文艺汇演，晚会用大众喜闻乐见的方式普及核电科普知识。晚会还通过布置展板、播放宣传片、发放科普知识手册等多种形式宣传核电科普知识。

广西防城港核电有限公司建立了公司网站（<http://www.fcgnp.com.cn>）。在该网站上及时向公众公告核电工程进度状况，同时，建立了核电知识专门网页，充分利用互联网的优势，面向社会开展核电知识宣传，为公众提供信息传递的互动平台。

9.2.2 问卷调查

防城港核电厂在2008年10月一期工程选址阶段已开展过公众参与问卷调查，共发放问卷606份，发放对象主要为防城港市、光坡镇、以及厂址周围的红星村、红沙村、沙螺辽村、新兴村和栏冲村等的公众。问卷调查共回收593份，回收率为97.9%。回收的调查表填写人员中既有政府职能部门人员、企事业单位员工，也有厂址近区利益相关人员，如拟搬迁公众、土地和海域被征用的公众、厂址附近的村民和渔民等公众。回收的调查表填写人员年龄主要分布在21~60岁之间，其中大多数分布在21~40岁之间，为358人，占60.4%；20岁以下的有3人，占0.5%，61岁以上的有27人，占4.6%。对公众返回调查表的统计结果显示：

大多数的公众知道、听说或了解防城港核电厂的建设，但多数公众对于核电的安全性认识不够，约20%的公众认为防城港核电厂的建设对其心理存在一定的影响，70%以上的公众对于核电的安全性有疑虑，担心发生核辐射泄漏，希望了解是否发生事故及事故影响的范围和程度。多数公众认为当地的环境状况优良，认为核电厂的主要影响为放射性污染，并有小部分公众对核电厂可能造成的海水污染表示关注。对于

核电厂施工期间的环境影响，公众对各方面的影响均有关关注，其中 51% 多的公众认为主要在于空气粉尘。尽管存在上述担心，多数公众仍支持核电的建设，认为核电的建设对当地社会有很大好处。多数的公众表示知道或了解征地补偿及其它相关政策。通过本次调查表明，防城港核电厂和当地政府做了大量的宣传工作，并起到了一定的作用。

此外，被调查的公众除回答了调查表中各项调查问题外，还在意见和建议一栏中，提出了意见和建议，主要有：

- 希望核电厂将来能够为当地的教育发展、科技水平以及经济等方面的提高产生极大的促进作用。
- 更广泛、更深入地开展核电宣传、教育活动，尤其就核电安全性多向公众宣传，包括分析类似切尔诺贝利事故、三里岛事故，以加强对社会各界关于核电知识的了解。
- 建议加强对核电厂的安全管理，发展经济的同时和“环保”“生态安全”问题一并考虑，做到工程发展和环境保护同时同步。
- 通过核电知识的宣传，对核电的好处了解越多，对核电工程的支持会越大。

9.2.3 座谈会

2009 年 6 月 18 日，广西防城港核电有限公司在防城港市组织召开了“广西防城港核电厂厂址审批阶段环境影响评价公众参与座谈会”，会议根据原国家环保总局颁布的《环境影响评价公众参与暂行办法》相关原则和要求，邀请了东兴市、防城区以及防城港市各级政府的相关部门、广西防城港核电有限公司、苏州热工研究院有限公司、项目所在地附近的企事业单位、厂址半径 15km 范围自身利益与项目建设直接相关或间接相关的居民、村民、养殖户等公众代表共计 39 人。与会代表具有一定的代表性，基本可以反映各阶层公众的意见和建议。会议期间双方进行了充分的讨论和交流。

9.2.4 公众参与信息公告

在防城港核电厂一期工程选址、设计、运行阶段环境影响评价过程中，广西防城港核电有限公司在公司网站、防城港市政府网站和防城港日报上发布了环境影响评价

的第一号和第二号公众参与信息公告。

9.2.5 其它公众参与工作

广西防城港核电有限公司针对核电厂建设过程中涉及的征地搬迁等利益相关者，充分考虑其切身利益，根据搬迁、用地、用海的实际情况，与防城港市人民政府签订了理赔协议，对相关人员进行经济补偿，包括：安置补偿费用、建房补助费、生活补助费、土地补偿费、青苗补偿费和安置补助费等。

除核电厂环境影响评价期间所开展的公众参与活动之外，核电厂还注重与当地社会公众的更多长期交流，如邀请公众不定期的参观核电厂，看望当地学校学生、捐资助学等。

9.2.6 公众反馈意见及落实

防城港核电厂始终注重与当地群众的沟通，通过开展的一系列公众参与活动，促进了周边关系和谐有序发展，保证了群众的知情权、参与权和监督权，公众基本上都表示支持防城港核电厂的建设，对核电建设对于当地经济的促进作用表示肯定。

针对公众提出的问题，广西防城港核电有限公司进行了耐心细致的解释，并表示在核电厂工程建设中充分考虑各位代表提出的意见和建议，将核电厂工程的环境保护落到实处，用实际行动消除公众对于核电厂安全的担忧，并将继续加强对核电知识的普及和正面的公众宣传。

为帮助当地经济发展，广西防城港核电有限公司也多次在当地举行招聘会，为当地群众提供工作机会。

9.3 本阶段公众参与工作

防城港核电厂二期工程三、四号机组本阶段环境影响评价的公众参与工作主要通过环境信息公开、发放调查表、召开座谈会的方式开展。

9.3.1 环境信息公示

本阶段信息公示按照《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28号）的要求，向公众公告两次，每次公告时间不少于10个工作日。

根据《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发 2006[28 号]）的有关规定，在 2013 年 7 月防城港核电有限公司网站（<http://www.fcgnp.com.cn>）和防城港日报上公告了“防城港核电厂二期工程三、四号机组选址阶段环境影响评价一号信息公告”，主要内容为：本期工程概要及建设必要性概要；建设单位名称和联系方式，承担评价工作的环境影响评价机构的名称和联系方式），防城港核电厂二期工程三、四号机组基本信息公开专用网站网址以及公众接待点的地址和联系方式，环境影响评价的工作程序和主要工作内容，征求公众意见的主要事项，公众提出意见的主要方式。

在完成防城港核电厂二期工程三、四号机组选址阶段环境影响评价初稿及简本的编制后，2013 年 12 月在防城港市政府网站（<http://www.fcgnp.com.cn>）和防城港日报上发布“防城港核电厂二期工程三、四号机组选址阶段环境影响评价公众参与二号信息公告”，同时在网站上也给出了防城港核电厂二期工程三、四号机组选址阶段环境影响报告书简本。二号信息公告向公众简要介绍防城港核电厂二期工程三、四号机组工程概况、核电厂的建设和运行对环境可能造成的影响，提出预防和减轻环境影响的对策和措施，给出了环境影响评价的初步结论。同时，公开环境影响报告书的简本索取、查阅的方式，再一次征求公众的意见和建议，并给出公众参与的方式和期限。

图 9.3-1 和图 9.3-2 给出了两次核电环境信息公示的报纸和网页截图，图 9.3-3 给出了两次核电环境信息公示期间张贴的公告。两次核电环境信息公示期间均未有公众采用电话、邮件、传真等方式提出意见和建议。

9.3.2 问卷调查

本次环境影响评价阶段公众参与问卷调查于 2013 年 12 月开展，表 9.3-1 给出了防城港核电厂环境影响评价公众参与问卷调查表的样表。共发放问卷 462 份，发放对象主要为防城港市、光坡镇、以及厂址周围的红沙村、沙螺辽村、新兴村和栏冲村、因厂址建设搬迁到大龙安置区和北港安置区等的公众。问卷调查共回收 462 份，回收率为 100%。回收的调查表填写人员中既有政府职能部门人员、企事业单位员工，也有厂址近区利益相关人员，如搬迁公众、土地和海域被征用的公众、厂址附近的村民和渔民等公众。回收的调查表填写人员年龄主要分布在 21~60 岁之间，其中大多数分布在 21~40 岁之间，为 426 人，占 92.2%；20 岁以下的有 12 人，占 2.6%，61 岁以上的有 24 人，占 5.2%。对公众返回调查表的统计结果显示：

- 74.6%以上的公众听说过或熟悉防城港核电厂二期工程的建设。说明广西防城港核电有限公司在项目宣传上已做了一定的工作，对消除公众的恐核心理、争取公众对核电建设的支持，奠定了较好的基础。
- 我国公众的核电知识普及程度有所提高，但仍有部分公众对于核电的安全性认识不够，约 34.9%的公众认为防城港核电厂二期工程的建设对其心理存在一定的影响，47%的公众对于核电的安全性仍有疑虑，担心发生核辐射泄漏，希望了解是否发生事故及事故影响的范围和程度。因此，建设单位在做好核电厂的建设和运营同时，对于核电的宣传仍将是一项长期的工作。
- 42%的公众认为当地的海域环境状况优良，说明当地公众现有的生活环境质量较好。与此同时，公众均关注当地的大气、海水、噪声、电磁辐射和生态等。上述调查情况表明，防城港核电厂建设于环境质量较好的地区，公众对环境保护的意识在增加，因此，这要求核电厂在建设和运行过程中，认真落实环境保护“三同时”制度，减少对环境的影响。
- 39.6%的公众认为防城港核电厂二期工程的建设对于当地社会经济有很大的推动作用，34.9%的公众认为防城港核电厂二期工程的建设对其经济有一定的促进作用。项目所在地属于经济欠发达地区，当地政府和公众对于核电建设对当地经济的拉动作用寄予较大的期望，但仍有相当比例的公众对核电厂经济效益不甚了解，需要在今后加强宣传。
- 24%的公众认为防城港核电厂二期工程的主要影响为放射性污染，35.6%的公众则对防城港核电厂二期工程可能造成的海水污染表示关注。同时，60%以上的公众认为防城港核电厂二期工程对本地区的工农业生产有影响，其中7%的公众认为有严重影响。12.6%的公众认为防城港核电厂二期工程将会对海洋生态环境造成严重的影响，27.6%的受调查公众认为防城港核电厂二期工程可能对当地海洋生态环境造成影响。同时，33.9%的受调查公众认为防城港核电厂二期工程将有可能对当地的海洋生态环境造成影响，但影响不大。
- 对于核电厂施工期间的环境影响，公众对各方面的影响均有关注，其中30.4%的公众认为主要在于空气粉尘。核电厂在工程建设期间，将全面落实污染防治措施，使工程建设对环境的影响降到最低。
- 23.5%的公众对征地补偿及其它相关政策不满意，电厂在今后将努力为受征

地、搬迁影响的公众提供就业机会、开展就业培训，帮助他们改善经济状况。

- 42.5%的受调查公众认为防城港核电厂二期工程的建设对当地社会有很大好处，29.2%的公众认为防城港核电厂二期工程的建设利弊相当。77.1%的公众对于防城港核电厂二期工程的建设表示支持或积极支持，提出明确反对的公众为5.3%。说明绝大多数公众支持核电的建设。

此外，被调查的公众除回答了调查表中各项调查问题外，还在意见和建议一栏中，提出了意见和建议，主要有：

- 希望加强核电知识的科普，消除公众的恐惧心理。
- 建议加强对核电厂的安全管理、确保安全运行，做好应急演练；做好核电建设和运行期间的环保工作。
- 希望帮助提高受核电厂征地、征海影响及搬迁群众的经济条件。

有个别公众表示反对，理由主要有：

- 对征地、征海域及搬迁公众的补偿及提供相关扶持政策不满意；
- 对核电环境影响和安全性的恐惧。

表 9.3-2 给出了防城港核电厂公众参与调查表收集到的反对意见及反馈情况。

9.3.3 座谈会

本次环境影响评价阶段，广西防城港核电有限公司于 2013 年 12 月 10 日在防城港市组织召开了“广西防城港核电厂一、二、三、四号机组运行阶段环评、三、四号机组选址阶段环评公众参与座谈会”，会议根据原国家环保总局颁布的《环境影响评价公众参与暂行办法》相关原则和要求，邀请了广西环保厅、钦州市环保局、防城港市各级政府的相关部门、人大和政协委员、广西防城港核电有限公司、深圳中广核工程设计有限公司、苏州热工研究院有限公司、项目所在地附近的企事业单位、厂址半径 15km 范围自身利益与项目建设直接相关或间接相关的居民、村民、养殖户等公众代表共计 45 人。与会代表具有一定的代表性，基本可以反映各阶层公众的意见和建议。会议从下午 3 点准时开始，历时 150 分钟。图 9.3-4 给出了公众参与座谈会的照片。

根据防城港核电厂环境影响的范围和程度、环境因素和评价因子等相关情况，以及调查表返回意见和核电宣传活动中公众提出的建议及意见等确定本次座谈会的主要议题为：核电知识科普；核电厂环境影响及放射事故预防措施；核电厂建设和运行

期间的环境管理要求；公众关心的问题解答；对核电站建设的意见和建议。

会议由广西防城港核电有限公司代表主持，首先由广西防城港核电有限公司代表介绍广西防城港核电有限公司概况、项目进展情况等，然后由环境影响报告书编制单位对环评报告特别是其中公众关注的问题进行仔细讲解，最后由有关代表与公众代表们进行了充分讨论和交流，有针对性的解释、答复了公众代表所提出和关注的问题。本次座谈会的会议议程为：

- 主持人介绍召开座谈会的原因、座谈会所要达到的目的及参加座谈会的代表组成；
- 业主公司代表向与会人员介绍广西防城港核电有限公司概况、项目进展情况等；
- 环境影响评价单位——苏州热工研究院有限公司介绍核电知识、环境影响评价的基本过程、工程污染防治措施和环境影响评价主要结论；
- 与会人员发言，就防城港核电站建设的必要性，核电站环境影响及工程污染防治措施、环境影响评价主要结论、核电站建设和运行期间的环境管理要求及公众关心的其他问题展开讨论；

广西防城港核电有限公司代表总结性发言。

在本次环境影响评价公众参与座谈会上，广西防城港核电有限公司、苏州热工研究院有限公司和与会代表进行了充分的沟通，并对公众关心的问题进行了解释。座谈会上，与会代表一致认同广西防城港核电站的建设给当地经济发展带来的好处，表示要大力支持防城港核电站的建设，与会代表提出的意见和建议主要如下：

- (1) 与会代表很关心核电站运行期间产生的辐射影响和发生事故后的应对措施，鉴于此，与会专家与核电站相关代表用大量的图片、数据和例子向代表们讲解了核电站工作原理、辐射防护措施以及可能受到的辐射水平、核电站应急响应和准备工作，消除了代表们对核电站运行期间产生的辐射影响的疑惑和顾虑，加深了代表们对核电站应急响应和准备的了解；
- (2) 参加座谈会的养殖户及渔民代表，很关注核电站海工工程对水质的影响和运行后温排水造成的海水温升。经过文字和监测数据的说明，代表们充分了解了核电站海工工程产生的水质影响程度以及该影响是临时的，随着工程的结束水质将逐渐恢复。通过展示核电站温排水的预测模拟结果，代

表们了解了核电厂运行后温排水的影响范围及影响程度；

- (3) 与会代表认为应加强核电厂建设期间的噪声控制等相关工作，与会专家与代表向公众介绍了电厂建设期间的噪声排放监测结果，并表示将继续做好施工噪声的管理工作；
- (4) 与会代表认为还需要进一步加强核电知识的普及及正面的公众宣传，使公众对核电有正确的认识，消除对核电的一些错误认识。尤其是厂址近区部分居民对核电仍存在恐惧心理，需要开展针对性的核电知识讲解。针对本条意见，广西防城港核电有限公司将继续做好核电知识的科普工作，努力消除公众的错误认识、消除公众的恐惧心理。
- (5) 与会代表认为核电厂应持续关注因电厂建设被征地、搬迁群众及厂址近区群众经济遭受的损失，为他们提供就业帮助。针对本条意见，广西防城港核电有限公司将努力为相关群众提供更多的就业帮助。

广西防城港核电有限公司表示将在核电工程建设中充分考虑各位代表提出的意见和建议，将核电工程的环境保护落到实处。注重核电与环境与人的和谐，达到经济效益和社会效益的双赢。

9.4 小结

公众参与的结果表明，大多数公众支持防城港核电厂二期工程三、四号机组的建设，认为核电工程的建设对推动当地经济的发展有利。

广西防城港核电有限公司在电厂建设过程中应充分关注噪声管理、水土保持等相关工作，并应持续开展核电的宣传工作，不断增强公众对核电安全的信心，力所能及的为当地群众创造就业机会、提供就业帮助，使核电厂成为环境友好型企业。

表 9.3-1（1/2） 防城港核电厂环境影响评价公众参与问卷调查表

姓名		年龄	
性别		民族	
联系电话		文化程度	
单位或住址		职业	
您对一期工程的了解程度： 不知道 <input type="checkbox"/> 听说过 <input type="checkbox"/> 熟悉 <input type="checkbox"/>		您对二期工程的了解程度： 不知道 <input type="checkbox"/> 听说过 <input type="checkbox"/> 熟悉 <input type="checkbox"/>	
您对核电的了解程度： 不知道 <input type="checkbox"/> 听说过 <input type="checkbox"/> 熟悉 <input type="checkbox"/>			
您认为厂址附近海水水质状况： 优 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 差 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为当地环境的主要污染是： 大气 <input type="checkbox"/> 水体 <input type="checkbox"/> 噪声 <input type="checkbox"/> 辐射 <input type="checkbox"/> 生态 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
您认为一期工程对您的影响是： 征地 <input type="checkbox"/> 拆房 <input type="checkbox"/> 征水域 <input type="checkbox"/> 经济 <input type="checkbox"/> 心理 <input type="checkbox"/> 无影响 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
您认为二期工程对您的影响是： 经济 <input type="checkbox"/> 心理 <input type="checkbox"/> 无影响 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
您认为一期工程对环境影响的主要是： 放射性 <input type="checkbox"/> 大气 <input type="checkbox"/> 水 <input type="checkbox"/> 噪声 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
您认为二期工程对环境影响的主要是： 放射性 <input type="checkbox"/> 大气 <input type="checkbox"/> 水 <input type="checkbox"/> 噪声 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
您认为一期工程对本地区的工农业生产影响： 严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为二期工程对本地区的工农业生产影响： 严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为一期工程对当地渔业生产的影响： 严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为二期工程对当地渔业生产的影响： 严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为一期工程对本地区海洋生态环境的影响： 严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为二期工程对本地区海洋生态环境的影响： 严重 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 没有 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>			
您认为一期工程施工期间对您的影响最大的因素是： 施工噪声 <input type="checkbox"/> 空气粉尘 <input type="checkbox"/> 交通不便 <input type="checkbox"/> 水质 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
您认为二期工程施工期间对您的影响最大的因素是： 施工噪声 <input type="checkbox"/> 空气粉尘 <input type="checkbox"/> 交通不便 <input type="checkbox"/> 水质 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/> 其它 <input type="checkbox"/>			
如果您涉及工程的征地，您对征地补偿及其它相关政策： 不涉及 <input type="checkbox"/> 满意 <input type="checkbox"/> 基本满意 <input type="checkbox"/> 不满意 <input type="checkbox"/>			

表 9.3-1（2/2） 防城港核电厂环境影响评价公众参与问卷调查表

您认为一期工程对本地区经济社会发展产生的效益： 很大 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/> 其它 _____
您认为二期工程对本地区经济社会发展产生的效益： 很大 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 轻微 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/> 其它 _____
您认为一期工程的总体效应是： 利大于弊 <input type="checkbox"/> 利弊相当 <input type="checkbox"/> 弊大于利 <input type="checkbox"/> 无好处 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>
您认为二期工程的总体效应是： 利大于弊 <input type="checkbox"/> 利弊相当 <input type="checkbox"/> 弊大于利 <input type="checkbox"/> 无好处 <input type="checkbox"/> 不知道 <input type="checkbox"/>
您对一期工程的态度是： 积极支持 <input type="checkbox"/> 有条件支持 <input type="checkbox"/> 反对 <input type="checkbox"/> 不关心 <input type="checkbox"/> （请说明您有条件支持或反对的理由） _____
您对二期工程的态度是： 积极支持 <input type="checkbox"/> 有条件支持 <input type="checkbox"/> 反对 <input type="checkbox"/> 不关心 <input type="checkbox"/> （请说明您有条件支持或反对的理由） _____
对于一期工程，您最想了解的是： 正常运行对我有无影响 <input type="checkbox"/> 会不会发生事故 <input type="checkbox"/> 其它 _____
对于二期工程，您最想了解的是： 正常运行对我有无影响 <input type="checkbox"/> 会不会发生事故 <input type="checkbox"/> 其它 _____
其他意见和建议： _____ _____ _____ _____
（如果您对本工程有任何问题，请您提出，我们会尽快给您回复）

表 9.3-2 公众参与调查表反对意见的反馈情况*

姓名	年龄	性别	民族	联系方式	学历	地址	职业	反对本工程建设的主要理由	建设单位采纳意见
何某	34	女	汉族			港口区四川路		影响生态环境及公众健康	不采纳。防城港核电厂建设期间对环境产生的影响较小，防城港核电厂正常运行的环境影响预测表明：电厂正常运行造成的各方面环境影响均满足国家相关标准。
谢某	30	女	汉族	135****8840	本科	防城区二桥		影响环境	
林某	32	女	汉族	138****9881	本科			有个定时炸弹、辐射、污染	
罗某	40	男	汉族	138****1132	中专	红沙村扫把坪组		本人居住离核电站太近	
黄某	29	男	壮族	134****4423	本科	港口区		"对心理影响，对旅游开发的影响"	不采纳。针对心理影响方面，防城港核电厂已开展了一系列的公众参与工作，取得了很好的效果，并将在今后继续做好相关工作，消除公众的恐核情绪。对于旅游开发方面，由于本工程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，可以弥补对旅游开发限制带来的经济影响。
彭某	20	男	汉族	136****3445	初中			被征地农民没有经济效益	不采纳。建设单位于 2008 年 10 月 6 日与防城港市人民政府签订了《广西防城港核电项目用地用海预付款协议》，并由防城港市人民政府全面负责组织本工程的征地用海、拆迁补偿和移民安置等工作。同时，防城港市人民政府发布了《防城港市钢铁、核电项目被征地农民培训就业和社会保障试行办法》等相关文件，以切实解决好拆迁补偿和移民安置等工作。本工程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。自防城港核电厂一期工程建设以来，已为相当数量的当地群众提供了就业岗位。
彭某	41	男	汉族	132****9938	初中			不能吸收当地农民工	

注：有部分公众表明了反对态度，但并未给出具体的反对理由，未列于表中。



防城港核电站二期(2×HL1000-1)工程三、四号机组环境影响报告书(选址阶段)		
核电环境信息公示(第一次)		
图 9.3-1 (1/2)	版次:	A

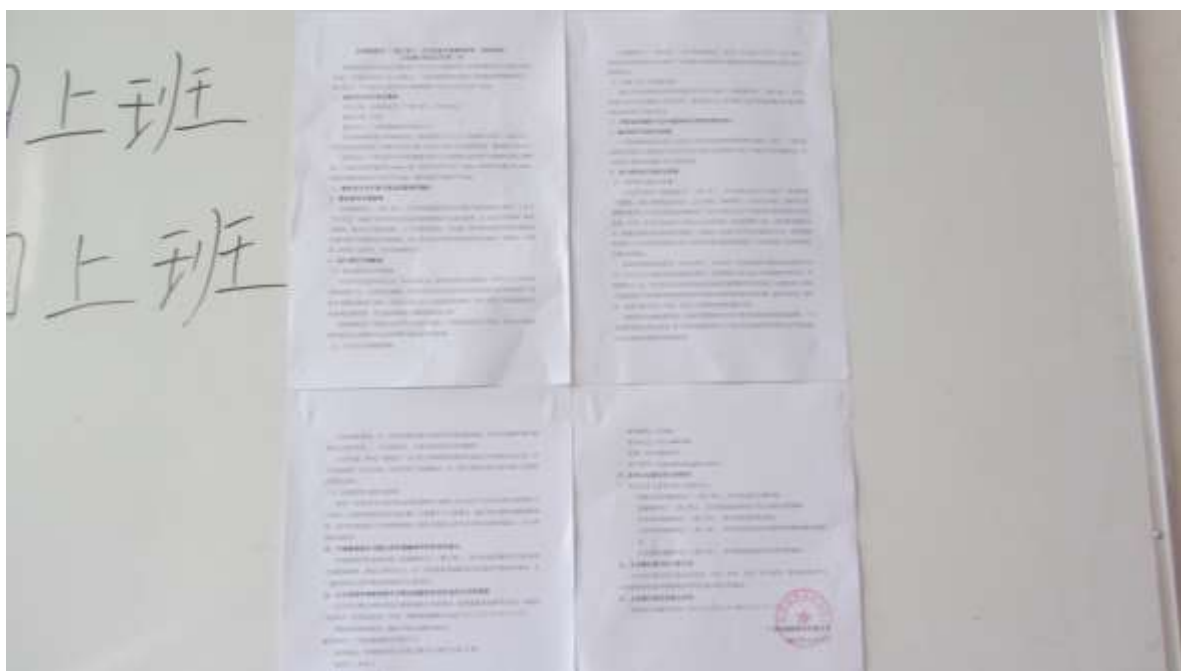




防城港核电厂二期（2×HL1000-1）工程三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
核电环境信息公示（第二次）		
图 9.3-2（1/2）	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
核电环境信息公示（第二次）		
图 9.3-2（2/2）	版次：	A



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
核电环境信息公示（张贴公告）		

图 9.3-3	版次：	A
---------	-----	---



防城港核电站二期（2×HL1000-1）工程		
三、四号机组环境影响报告书（选址阶段）		
公众参与座谈会		
图 9.3-4	版次：	A

第十章 结论与建议

10.1 概述

10.2 厂址环境特征

10.3 施工建设对环境的影响

10.4 电厂正常运行的辐射影响

10.5 电厂事故的环境影响

10.6 非放射性因素对环境的影响

10.7 实施应急计划的可行性

10.8 环境风险

10.9 公众参与

10.10 结论

10.11 建议

10.1 概述

防城港核电站规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，一期工程已开工建设2台CPR1000机组。3、4号机组在一期工程西侧扩建，为2台华龙一号（HL1000-1）核电机组，场地已完成平整。二期工程单机建设周期为74个月，两台机组建设相隔10个月。3号机组预计于2015年浇筑第一罐混凝土，2021年投入商业运行。

本报告书针对防城港核电站二期工程进行环境影响评价。

本报告书作为项目业主向环境保护部申请防城港核电站二期工程厂址审批的重要技术文件，编制时遵循了我国相关的法律、法规、标准和导则，在充分分析防城港核电站厂址的环境特征和机组特点的基础上，就二期工程建设和运行对周围环境的影响和周围环境对电厂的影响进行了分析评价，从环境保护的角度对防城港核电站二期工程建设的适宜性进行了充分论证。

10.2 厂址环境特征

（1）厂址地理位置

防城港核电站位于广西壮族自治区防城港市港口区光坡镇红星村，厂址距北海市城区约60km；距广西首府南宁市约130km，距钦州市城区约32km，距钦州市龙门港镇约9km；距防城港市城区约25km。

（2）人口分布

截止至2012年底防城港核电站厂址半径80km范围内总人口数为3529082人。按陆域面积计算，厂址半径80km评价区内的平均人口密度为304人/km²，高于广西壮族自治区同期平均人口密度198人/km²。

截至2012年底，厂址半径5km范围内主要涉及光坡镇下辖的4个行政村：红星村、红沙村、沙螺辽村和栏冲村，共分为64个居民点，共有户籍人口9017人。离厂址最近的居民点为厂址NNE方位1.1km处的牛角冲自然村，共有人口108人。

厂址半径15km范围涉及六个镇、区。厂址半径5~15km范围内千人以上居民点共有19个，其中最大的人口中心为厂址SW方位约13.2km处的企沙镇镇区，共有户籍人口24082人。

厂址半径80km范围内城镇人口超过万人的人口中心有15个。其中最大的人口中心为厂址ESE方位60km处的北海市市区，共有城镇人口258534人。

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）中推荐的人口密度分类法评价，厂址基本为I~II类厂址。

（3）土地利用和资源

厂址半径5km范围内没有大型工矿企业、文化与公共设施。厂址半径5km范围内的现有社会环境特征对在电厂周围设置5km的规划限制区是较为有利的。

厂址半径15km范围内的工矿企业主要位于钦州港区（厂址N至E方位约6至10km）、大西南临港工业园区（厂址WNW方位约14km处）和企沙工业园区（厂址西南部约12至20km）内。大西南临港工业园区内的主要产业为钢铁制造、磷化、矿产、建材等。企沙工业园区以防城港钢铁基地项目为核心企业。

厂址所在的防城港市现有南（宁）防（城港）铁路。规划建设的铁路支线由南防铁路的防城南站出轨，向南途经公车镇、光坡镇，止于企沙镇。铁路线距离厂址的最近距离约9km。厂址距离南防高速公路（南宁至防城港）约23km、距离沙滩江至企沙一级公路约8km。目前核电厂进厂道路、应急道路已修建完成。

厂址附近最为重要的港口是钦州港（厂址N至E方位约6至10km处）。钦州港为深水良港，已建成码头泊位52个，其中万吨级以上泊位15个，港口吞吐能力5000多万吨。

厂址半径15km范围内无大型公共设施。

厂址半径15km范围内没有国家级自然保护区。

厂址半径15km范围内的旅游资源主要是钦州七十二泾风景区（厂址N至NNE方位约11km处），为国家“3A”旅游景区，年接待游客约5万人次。景区平时游客较为分散，只有在每年节假日期间游客较多，节日高峰接待游客可以达到三四百人次。钦州七十二泾风景区有部分区域为茅尾海红树林自然保护区的重要片区之一。茅尾海红树林自然保护区为省级自然保护区。火山岛和万亩蚝排位于厂址N~NNE方位约3.5km处，渔鹭园位于厂址N方位约3km处，3处景点年接待游客总量约3万人次。企沙镇筍山古渔村位于厂址SSW方位约7.5km处，年接待游客约10万人次。

厂址半径15km范围内没有牧场、奶牛场和奶羊场，无大的森林、草场。

厂址评价区内农村的副业生产主要是家畜养殖，养殖的种类包括大牲畜、猪、羊、家禽和少量的兔。粮食作物主要是水稻，其次是薯类和玉米。农作物一年两熟。油料作物主要是花生，经济作物包括甘蔗、花生、以及茶叶、生姜、沙姜、药材、芋头、毛薯、麻类等；蔬菜常年种植，品种繁多；水果有蕉类、柚子、柑桔、橙、梨、菠萝

和龙眼等。

厂址邻近海域的叶绿素 a 及初级生产力均处于一般或较低水平。浮游植物以沿岸暖水性种为主，热带种群区系特征较为明显，浮游动物以适高温低盐的热带、暖温带沿岸种类占多数，主要有枝角类、桡足类、毛颚类等，底栖生物主要由软体动物、节肢动物和棘皮类动物等组成，钦州湾沿岸的鱼类以由暖水性、海水性、肉食性、底层的种类为优势。

厂址附近区域的茅尾海、龙门港镇沿岸以及企沙半岛光坡镇东侧沿岸均有海水养殖，养殖品种以近江牡蛎为主。厂址5km沿岸各村在所属海域有少量海水养殖分布。

（4）大气弥散条件

防城港核电厂地处广西壮族自治区南部沿海，在亚洲东南部季风区内，季风环流明显，属南亚热带季风型海洋气候。该地区四季气候温暖、热量丰富、日照时间长、雨量充沛，是广西风速最大的地区之一。

根据百米气象塔2013年6月~2014年5月的观测数据，厂址气象塔10m平均气温为21.7℃，年平均气压为1007.8hPa，年平均相对湿度为83%，全年降水量为1741.1mm。厂址地区全年主导风向为北风。厂址地区静风频率低，10m、30m、80m和100m高度年静风频率为1.1%、0.9%、0.6%和0.7%。厂址10m、30m、80m和100m高度层平均风速分别为4.1m/s、4.8m/s、5.7m/s和6.1m/s。

（5）水弥散条件

防城港核电厂厂址海区属正规全日潮区，潮流基本上为往复流。涨潮时为偏北向流，落潮时为偏南向流。涨潮流速呈现从表层至底层逐渐减小的趋势，而落潮流速呈现中间最大、表层次之、底层最小的分布特征。

（6）地质地震

厂址区域位于地壳稳定块内，厂址近区域范围不存在发震构造和能动断层。厂址地震烈度为VI度。

（7）环境质量现状

厂址附近区域内已经开展了大气、噪声、海水、电磁辐射的环境质量现状监测，并开展了一期工程运行前两年放射性本底调查工作。根据现有调查结果，厂址附近区域内环境质量较好，放射性核素浓度水平无异常。

10.3 施工建设对环境的影响

防城港一期场平已完工，一次开挖回填，可以满足二期2台HL1000-1机组所需建设用地。防城港核电厂进场公路和应急公路均已建成通车。防城港核电厂二期三、四号机组工程主要由厂区建设区、现场生活区、施工生产生活区、水工工程区等部分组成，除厂区建设区外，其他区域的大部分建设内容已在一期工程中完成。

本期工程与陆域相关的设施主要包括核岛负挖、厂房建设以及陆上取排水设施等工程。施工期间的噪声和扬尘对环境的影响是短暂的和有限的，通过有效的工程管理措施，可降低该类影响的范围和程度，避免出现扰民现象。厂址周围15km范围内无大的草场和陆生自然保护区，同时在施工过程积极落实水土保持措施，以减少对附近林业资源的影响。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实施绿化，建造全新的人文景观，根据其他已建核电厂址施工结束后的生态景观来看，工程对当地局部生态环境的影响是可以接受的，电厂正常运营后的厂区景观生态将优于厂址原地貌。

防城港核电厂的淡水供应工程已在一期工程中建设，本期工程仅添加设备。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。施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要表现在机械的搅动，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。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。本期工程的海工工程范围相对较小，工程建设及施工不会降低物种多样性，总体影响是短暂的，损失的生物群落可以在较短时间内重新建立。船舶一般自带油水分离器，含油废水自行处理达标后排放；未配置油水分离器的船舶废水，带至岸上厂区油水分离设施处理。

根据已经开展的一期工程水土保持监测工作表明，水土保持设施的施工质量符合设计规范要求，有效的减少了工程的水土流失。本期工程在继续落实相关水土保持措施以及施工期海域和陆域环境监测、水保监测和监理工作的基础上，施工引起的水土流失是可以接受的。

10.4 正常运行的辐射影响

防城港核电厂正常运行的气载和液体放射性排放辐射影响计算结果表明：

- 防城港核电四台机组的放射性流出物排放满足国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）相应的总量控制要求；
- 一般公众（成人）受照影响最大的子区位于厂址3号机组SSW方位1~2km子区沙螺辽村内，单独考虑防城港核电厂二期工程三、四号机组运行状态下，放射性流出物造成的年有效剂量增量为 $8.54 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。三、四号机组建成运行后，厂区内四台机组运行状态下对该子区公众个人造成的年有效剂量为 $1.05 \times 10^{-5} \text{Sv}$ 。
- “三关键”分析结果表明：防城港核电厂1~4号四台机组运行状态下，核电厂放射性流出物排放对SSW方位1~2km子区内沙螺辽村滩涂养殖渔民造成的年有效剂量为 $2.98 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。可能的关键照射途径为食入海产品内照射内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为 $1.36 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的45.53%。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 $8.62 \times 10^{-7} \text{Sv}$ ，占个人总有效剂量的28.96%。
- 防城港核电厂一、二期工程四台核电机组运行状态下，液态放射性流出物排放对排放口附近海域海洋生物造成的辐射剂量率最大为 $2.00 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ ，远低于ERICA程序评价方法推荐的 $10 \mu\text{Gy/h}$ 辐射剂量率限值。因此，可以认为，防城港核电厂四台机组正常运行工况下，液体放射性流出物排放不会对附近海域内的海洋生物在种群上造成损伤。

计算结果表明，防城港核电厂二期工程在一、二号机组建设的基础上扩建三、四号机组后四台机组正常运行工况下对厂址周围的公众、接纳海水以及海洋生物的辐射影响有限，是可以接受的。

10.5 事故对环境的影响

防城港核电厂二期工程非居住区边界暂定为800m，本报告利用厂址气象塔2013年6月至2014年5月连续一年的最新气象观测数据，对选址假想事故在二期工程非居住区边界上和规划限制区外边界上可能造成的辐射后果进行了计算。

（1）个人剂量

选址假想事故发生后2h内，非居住区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.91 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，占国家标准GB6249-2011限值的7.64%。

（2）规划限制区个人剂量

选址假想事故发生后30d内，规划限制区边界上的公众个人（成人）受照最大有效剂量为 $1.50 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，占国家标准GB6249-2011限值的6.0%。

（3）集体剂量

选址假想事故发生持续期间30d内，厂址周围80km范围内公众群体所受到的集体有效剂量，是 $5.18 \times 10^2 \text{人} \cdot \text{Sv}$ ，占国家标准GB6249-2011限值的2.59%。

计算结果表明，防城港核电厂二期工程非居住区和规划限制区的设置是合适的。

10.6 非放射性因素对环境的影响

（1）取排水系统的影响

由本项目数模和物模试验结果，结合广西壮族自治区近岸海域环境功能区划的规定，防城港核电厂一、二期工程四台机组造成的4℃温升区位于“红沙工业排污区”范围内（该区域不执行水温标准），夏季1℃温升区和冬季2℃温升区均位于三类海域环境功能区范围内，满足相应区域的海水水质要求。防城港核电一至四号机组温排水造成的海水升温与近岸海域环境功能区划相符。

根据厂址附近海域渔业资源调查结果以及相关海洋生物适温性研究结果表明，防城港核电厂海域表层月平均水温的最大值31.1℃（8月），夏季海水表层温度相对较高，而冬季海水温度较低。除夏季外，核电厂温排水排入钦州湾后其水温仍在鱼类的适温范围内，温排水不会对鱼类的生长造成明显的影响。夏季海水高温期间，温排水引起的温升对鱼类生长的影响局限于钦州湾西侧核电厂温水排放口附近4℃温升海域。由于四台机组共同运行时，温排水造成的夏季各典型潮全潮最大4℃温升包络面积不超过 2.2km^2 ，且鱼类能感受到环境水温的微弱变化，具有回避能力，因此，对鱼类不会造成明显影响。评价结果还表明，温排水对浮游生物、底栖生物、海水养殖、红树林保护区和北部湾二长棘鲷长毛对虾国家级种质资源保护区的影响均很小。

为了减少电厂取水的卷吸效应，除在取水系统中加装网孔径为3mm的旋转滤网外，在取水明渠头部的设计中考虑使取水流速尽可能接近潮流流速，以尽可能减少卷吸对仔鱼等海洋生物的影响。

（2）化学流出物的影响

防城港核电厂二期工程三、四号机组产生的各类生产废水的排放量不大，化学物

质的浓度均比较低。这部分生产废水进入排水渠后，受循环冷却水以及海水的进一步稀释，排放浓度将更低，不会对受纳水体的海水水质造成明显的影响。

防城港核电厂二期工程三、四号机组运行期间的余氯排放，对厂址附近水域水生生物的毒性作用有限，且范围仅限于排放口附近有限的海域，不会在种群上对水生生物造成损伤。

防城港核电厂外排的生活污水均经污水处理系统处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》的一级B标准后排放，其影响是可接受的。

10.7 实施应急计划的可行性

厂址半径5km范围内没有万人以上乡镇，厂址半径5km范围内不存在规模较大的学校和医院，不存在养老院和监狱，没有人口密集型的大规模企业，也不涉及化工产品、危险品等行业。厂址外围交通网络较为发达，厂区与外围连接的进厂道路和应急道路已建成通车；通讯网络覆盖厂址及周围地区。

此外，防城港核电有限公司已对一、二号机组制订了场内应急计划，三、四号机组建成后纳入统一的应急管理。从可能影响执行应急计划可行性的厂址因素分析，防城港核电厂二期工程制定和实施事故应急计划方面没有难以克服的困难。

10.8 环境风险

防城港核电厂二期工程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露造成的风险，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的放射性事故造成的放射性物质的释放。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，能有效地防护和缓解核电厂事故带来的环境影响。因此，从核电厂环境风险的角度讲，防城港核电项目的建设是可以接受的。

10.9 公众参与

本阶段在一期工程全面开展公众参与的基础上，针对三、四号机组选址工作继续开展了持续并且较为完整的公众参与工作。工作重点是将防城港核电厂二期工程三、

四号机组环境影响评价的结论信息公开，征求对防城港核电厂二期工程三、四号机组建设和运行的意见和建议。对厂址附近公众关心的就业问题，公司已在部分岗位上尽可能的聘用了本地区的人员。建设单位开展的持续公众参与工作使得本项目的建设总体上得到了当地公众的支持。

10.10 结论

综上所述，防城港核电厂二期工程三、四号机组的建设与区域规划相符，厂址周围不存在影响核电厂建设和运行的不可克服的颠覆性因素，在事故情况下对周围公众的辐射影响基本满足国家相关标准的要求，核电厂现有的非居住区边界和规划限制区边界的设置是可行的，核电厂正常运行期间的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基本满足国家相关法规和标准的要求，业主开展的持续的公众参与工作使得厂址周围大多数的公众能理解、支持和参与核电工程的建设，从而为核电厂的建设营造了和谐的社会氛围。

总之，就核电厂对环境的影响以及环境对核电厂的影响而言，在防城港核电厂一期工程建设的基礎上继续建设三、四号机组是可行的。

10.11 建议

- （1） 本期工程拟采用华龙一号核电技术路线，目前华龙一号尚无在运的参考电站，建议设计单位做好后续的设计工作，确保本期工程从设计上实现核安全和环境安全。
- （2） 建议广西防城港核电有限公司继续做好防城港核电厂二期工程建设期间的环境保护和水土保持工作，以尽量减小电厂建设对环境和周边公众生产生活的不利影响。
- （3） 公众参与工作是一个长期的过程，建议广西防城港核电有限公司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，缓解公众的恐核心理；对于核电厂周围部分群众的相关合理诉求，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。