防城港核电厂一期工程一、二号机组

环境影响报告书

（运行阶段）

广西防城港核电有限公司

二〇一四年五月

防城港核电厂一期工程一、二号机组

环境影响报告书

（运行阶段）

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

防城港核电厂一期工程一、二号机组

环境影响报告书

（运行阶段）

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：苏圣兵
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***

中华人民共和国环境保护部

二〇一三年九月二日

项目名称： 防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响报告书（运行阶段）（送审版）

评价单位： 苏州热工研究院有限公司

法人代表： 苏圣兵

证书编号： 国环评证甲字第 1904 号

苏州热工研究院有限公司文件

授权委托书

根据有关法律和我公司经营管理需要，现将苏州热工研究院有限公司需要由法定代表人签署的部分文件授权给公司总经理王安代为签署。被授权人在下述授权范围内依法所签署的文件，苏州热工研究院有限公司和我本人均予以承认。被授权人根据情况可以进行转授权。具体授权如下：

序号	文件类别
1	与纳税业务相关的文件，研发机构自主研发投入税前加计扣除申报材料
2	与集团下属公司以汇票方式进行结算的协议
3	与金融机构账户管理相关协议，包括组合印鉴协议、对账服务协议、银企互联服务合作协议、支付密码协议和网银服务协议、银行服务协议、开销户协议
4	与金融机构结算相关协议，包括银行结算协议（含网上银行结算协议）、代发工资协议、信用证开立、变更和兑付、关税代扣代缴及网上结算协议
5	与金融机构其他业务协议，包括协定存款协议、购付汇协议（含远期协议）、贷款卡年检等
6	外部审计要求的管理当局声明书
7	与企业国有资产变动产权登记相关的文件
8	法律事务（劳动纠纷、民事诉讼）的授权委托书
9	与员工工伤认定申报相关的文件
10	与社保业务相关的文件，包括社保开户、年度基数调整、年审等相关文件
11	与住房公积金业务相关的文件，包括公积金业务开户、年度基数调整、年审等相关文件
12	与购买易制毒化学品申请相关的文件
13	建设项目报批报建相关的文件
14	与本公司及其分公司工商登记备案及年检相关的文件
15	与本公司及其分公司组织机构代码证、法人代表资格证变更及年检相关的文件
16	与证明公司员工职务、职级、职称、身份、工作经历相关的文件
17	苏州市科技服务类报表，高新技术企业类报表
18	20000 万元以下（含 20000 万元）的销售项目的相关文件及合同签署
19	2000 万元以下（含 2000 万元）的项目采购的相关文件及合同签署
20	与资质申请及复审相关的文件
21	与科研项目申请相关的文件
22	对外提供服务的检测中心需要由法定代表人签署的相关文件
23	与奖项申报相关的文件
24	需要由法人代表签字的技术报告、企业年度工作报告及相关文件
25	财政退税文件
26	税务报批、报备文件
27	预留王安的私章为银行账户的预留印鉴

以上授权自本函签署之日起生效，至另行通知为止。

授权人：苏州热工研究院有限公司　　被授权人：苏州热工研究院有限公司

董事长、法定代表人：苏圣兵　　总经理：王　安

签字：　　签字：

日期：05/02 - 2013　　日期：05/02 - 2013



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

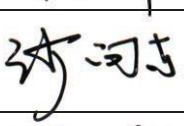
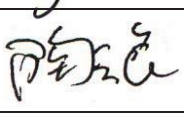
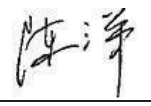
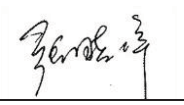
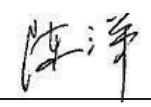
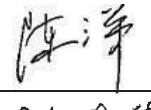
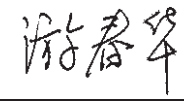
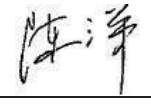
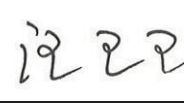
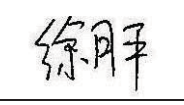
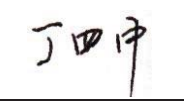
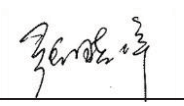
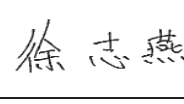
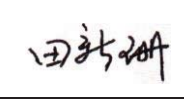
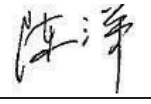
登记类别：核工业类环境影响评价

中华人民共和国环境保护部
2013 年 04 月 28 日



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	徐志燕	环评岗字证第 A19040046	
	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

《防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响报告书（运行阶段）》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一期工程一、二号机组首次装料批准书和运行许可证的执照申请文件之一。

防城港核电厂采用岭澳核电站二期翻版加改进的标准化百万千瓦级压水堆核电技术（CPR1000 技术方案），以岭澳核电站三、四号机组为参考电站。

本报告书以防城港核电厂一期工程一、二号机组的最终安全分析报告、系统设计文件、相关的专项研究成果以及实地调查资料为基础编制。报告书重点说明了与环境保护和辐射防护有关的电厂实际设计参数和排放量申请值有关的内容，还包括福岛核事故后的设计改进项，在此基础上评价防城港核电厂一期工程一、二号两台机组运行后的环境影响，另外，还论证了全厂申请的放射性流出物年排放量的环境可接受性。同时，本报告书给出了防城港核电厂运行前放射性水平现状调查结果，并详细给出了核电厂运行期间流出物监测方案、环境监测方案、环境监测技术规范以及应急准备和响应等有关内容，并描述了建设单位针对本项目所开展的公众参与工作。

本报告书的主要内容包括：

1. 描述和分析了防城港核电厂周围最新的陆域、海域环境特征，包括人口分布、工农业和交通设施、气象、水文、地质地震、环境质量现状等；
2. 描述防城港核电厂一期工程一、二号机组的主要系统和设施，特别是专设安全设施、三废处理设施、电厂取排水系统等与环境相关的系统和设施的主要功能、设备、工艺流程和 PF 设计改进等，给出这些系统和设施的处理效率，进而给出电厂正常运行期间的放射性释放源项；
3. 对防城港核电厂一期工程一、二号机组建造期间的环境影响进行回顾性评价；
4. 对电厂正常运行期间的环境辐射影响予以分析和评价，同时进行“三关键”分析，为电厂运行期间合理制定环境监测方案提供技术基础；
5. 论证防城港核电厂（目前为一期工程两台机组）放射性流出物排放申请值的合理性，以及环境辐射影响的可接受性；
6. 分析和评价电厂正常运行期间非放射性物质排放对环境造成的潜在影响；
7. 评价防城港核电厂一期工程一、二号机组在设计基准事故工况下对环境的潜

在影响，进而说明机组专设安全设施设计性能的可靠性，以及厂址周围非居住区边界和规划限制区边界设置的合理性，提出了防范和降低环境风险的措施；

8. 根据厂址周围的辐射环境本底调查结果，分析厂址周围环境辐射水平现状的基本特点和变化趋势。给出电厂运行期间的流出物监测和环境监测方案，以及相应的技术规范、工作程序和质量保证措施等；
9. 给出防城港核电厂应急准备和响应的基本内容。
10. 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，防城港核电厂一期工程一、二号机组的废物处理系统设计性能是有效的，专设安全设施的设计性能是可靠的。本阶段申请的各类放射性流出物的年排放量是合理的，其对环境的辐射影响是可以接受的。防城港核电厂一期工程一、二号机组在设计基准事故工况下对电厂附近公众产生的放射性后果能够满足国家相关标准的要求，应急准备和响应的措施是充分和有效的，其流出物监测和环境监测均是有保障的，项目两次公示及座谈会期间未收到公众反对意见，公众意见调查结果表明大多数公众支持防城港核电厂一期工程的建设。从环境保护角度考虑，防城港核电厂一期工程一、二号机组运行阶段环境影响是可接受的，一、二号机组具备首次装料的条件。

目 录

前言

第一章 概述

1.1 核电厂名称、建设性质和运行管理模式

1.2 工程建设进度

1.3 环境影响报告书评价标准和编制依据

1.4 放射性流出物年排放申请值

1.5 对前阶段环境影响报告书审批时遗留问题落实情况的跟踪

1.6 相关配套工程或设施环评开展及批复情况

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 厂区规划及平面布置

3.2 反应堆和蒸汽-电力系统

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 非放射性废物处理系统

3.8 放射性物质运输

第四章 电厂建设期间的环境影响

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 运行状态下的辐射影响

5.3 正常运行的其它影响

5.4 退役

第六章 电厂事故环境影响与环境风险评价

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 环境风险评价及风险管理

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

第八章 应急计划与准备

8.1 制定应急计划的主要依据

8.2 应急计划区

8.3 应急状态的描述
8.4 应急组织
8.5 应急设施和设备

第九章 公众参与
9.1 概述
9.2 公众参与工作回顾
9.3 本次环评公众参与工作
9.4 公众反馈意见落实
9.5 小结

第十章 结论和建议
10.1 概述
10.2 厂址环境特征
10.3 电厂废物处理设施的性能
10.4 电厂施工建设对环境的影响
10.5 电厂运行的辐射环境影响
10.6 电厂运行的非放射性环境影响
10.7 流出物监测与环境监测
10.8 应急计划与准备
10.9 公众参与
10.10 结论
10.11 建议

附录
附录 A 防城港核电厂一期工程一、二号机组建设相关文件（略）
附录 B 厂址周围部分环境数据（略）
附录 C 与正常运行的辐射影响有关的计算模式（略）
附录 D 事故剂量估算模式（略）

附录 E　公众参与资料（略）

前　言

《防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响报告书（运行阶段）》根据国家有关法律、法规、标准和导则编写。经建设单位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。

中国广核集团在广西壮族自治区内开展核电项目新厂址的选址工作始于2005年。2007年1月，深圳中广核工程设计有限公司与广西电力工业勘察设计研究院合作，编制完成了《广西第二核电厂候选厂址查勘报告》。报告推荐红沙、九龙寨、犀牛脚 3个候选厂址。随后，该项目的初步可行性研究工作于2008年完成并通过审查，推荐红沙厂址作为防城港核电厂的优选厂址进入可行性研究阶段。

2008年8月，广西壮族自治区政府与中国广核集团公司签署了《合作开发建设广西防城港红沙核电项目合作框架协议》。2008年10月，国家发展和改革委员会发文（发改办能源[2008]2203号），同意广西防城港红沙核电项目开展前期工作。2009年8月，国家核安全局在审查防城港核电厂厂址安全评价报告的基础上，下发了“广西防城港核电厂一、二号机组厂址选择审查意见书”（国核发[2009]133号文）。同月，环境保护部以环审[2009]378 号文批复了由苏州热工研究院有限公司编制的选址阶段环境影响报告书。2010年4月，环境保护部发文“关于防城港核电厂一、二号机组环境影响报告书（设计阶段）的批复”（环审[2010]118号），批准了防城港核电厂一期工程一、二号机组设计阶段环境影响报告书，随后，国家核安全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一、二号机组建造许可证。

防城港核电厂一号机组于2010年浇灌第一罐混凝土，计划于2015年具备商业运行条件。

本报告书是广西防城港核电有限公司申请一期工程一、二号机组首次装料批准书和运行许可证的执照申请文件之一。报告书的编制基础是防城港核电厂一期工程一、二号机组的最终安全分析报告、系统设计文件和相关的专项研究成果。

本报告书属于项目建设单位、委托编制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、建设性质及运行管理模式

1.2 工程建设进度

1.3 环境影响报告书评价标准和编制依据

1.4 放射性流出物年排放量申请值

1.5 对前阶段环境影响报告书审批时遗留问题落实情况的跟踪

1.6 相关配套工程或设施环评开展及批复情况

1.1 核电厂名称、建设性质及运行管理模式

1.1.1 核电厂名称及其业主

1.1.2 建设性质及工程建设模式

1.1.3 运行管理模式

1.1.4 环保投资

表

表 1.1-1 本工程环保设施经费细目（建筑工程）（略）

表 1.1-2 本工程环保设施经费细目（设备购置与安装工程）（略）

1.1 核电厂名称、建设性质及运行管理模式

1.1.1 核电厂名称及其业主

本项目名称为“防城港核电厂”，规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，其中一期工程建设两台中国广核集团有限公司拥有自主知识产权的 CPR1000 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 建设性质及工程建设模式

防城港核电厂一、二号机组为新建项目。

防城港核电厂采用岭澳二期翻版加改进的标准化百万千瓦压水堆核电技术路线（CPR1000 技术方案），按“自主设计，部件采购”的模式进行建造。本工程在关键核设备、原材料、核二、三级泵及关键泵、核燃料装卸设备、一次仪表等的本地化率均较参考电站有所提高。一、二号机组的综合国产化比例为 80%。

对于岭澳二期核电厂在岭澳一期核电厂的基础上已经实施的重大技术改进项，防城港核电厂一、二号机组将继续全部实施。在此基础上，防城港核电厂一、二号机组实施的改进项主要包括：

- 采用“全 M5”AFA 3G 燃料组件：以提高燃料组件的抗腐蚀性能和抗辐照性能；
- PTR 厂房设计优化：增加一个冷却系列，应对缩短停堆换料时间和未来采用 18 个月换料而带来的热负荷增加；PTR 厂房设置自然通风、机械通风系统，改善室内空气环境；
- 直流电压等级改进：直流动力及控制电源系统统一采用国内通用的 220/110/48V 电压等级，代替岭澳二期的 230/125/48V 电压等级；
- 设备冷却水系统（RRI）应急补水源改进：引入抗 SSE 设计的 JPI 系统及其配套系统作为发生 SSE 之后应对 RRI 系统正常泄漏情况的应急补水源；
- KIS 地震仪表布置方案改进：为满足设置地震仪表用于地震事故后全面分析

与评价电厂安全状况的要求，在仪表布置方面设置 6 个三轴向加速度传感器，分别位于：自由场 1、自由场 2、1 号机组连接厂房筏基（W015）、1 号机组反应堆厂房维修平台层（R747）、2 号机组连接厂房筏基（W055）、辅助厂房（NC234）；

- KIR 监测系统抗震改进：防城港核电厂一期工程已按照 OBE（operation based earthquake）地震进行设计，增加了 KIR 检测系统的抗震能力；
- 仪用压缩空气系统（SAR）核岛部分管道材质改进：根据运行经验反馈，仪用压缩空气系统（SAR）/压缩空气系统生产系统（SAP）改用不锈钢管道替代碳钢管道，避免腐蚀产物对机组正常运行的影响；
- 增设核电厂实时信息监控系统（KNS）：KNS 是一个用于支持核电站厂级实时信息监控，为核电站建立全厂生产过程实时和历史数据库平台，主要为运行、维修、技术支持等生产监管人员进行全厂生产过程综合优化服务的生产过程实时管理和监控服务；
- 无线通信系统改进：采用 McWiLL 系统的技术建立核电专网无线通信系统，代替老旧的无线寻呼系统；
- 先进主控室信息的处理与管理优化（HMI）：由于 DCS 系统结构（引入 SafetyVDU）、设备布置（6 屏减为 5 屏）以及计算机技术发展等方面的变化，对先进主控室信息的处理与管理提出了更高的要求，因此本工程对人机界面进行改进和优化设计，可满足核电厂数字化运行任务的需求；
- 二次侧临时补水：在 ASG 水箱的连接管线上增加相应管线，管线连接至水箱房间外部，设置与厂外移动式泵（可采用手抬机动消防泵或消防车）接口，通过移动式补水手段（移动式泵或消防水车）为 ASG 水箱进行补水，保证事故工况下 ASG 水箱有一定量的贮存水，供 ASG 汽动泵使用。另一方面，还可以通过新增补水管线给厂房外的 SG 临时移动注水泵提供水源；
- 移动式应急电源：为加强核电站应急供电系统中 SBO 电源的可靠性，增加一台可移动式应急柴油发电机组作为厂内 SBO 电源的后备；
- 应急设备储存与燃油补给中心：增设了应急设施存储及燃油补给中心；
- 乏燃料水池应急补水：增加了独立的乏燃料水池应急补水管线，事故后从可用水源取水，向乏燃料水池进行补水；

- 乏燃料水池无温度、液位监测的改进：设置了严重事故状态下乏燃料水池温度和液位的检测，由两套独立安装且满足抗震和严重事故环境条件的检测仪表，每套仪表包括乏燃料水池的一个液位测量和一个温度测量；
- 环境监测设施：对环境监测设施进行了一系列的改进，包括增加环境实验室应急监测后备能力（增加采购一台γ谱仪）、适当增加 KRS 站点数量、增加 KRS 站点失效时的替代方案、在应急指挥中心内增加设置备用的 KRS 中央站、增加采购一台环境监测车（包括车载和便携式仪器）；
- 应急指挥中心：应急指挥中心按厂址地震基本烈度提高一度进行抗震设计，并按照设计基准地震动 SL-2 进行校核，重要设备按照 SL-2 进行抗震设计；
- 严重事故下安全壳氢气监测：在安全壳内增设用于严重事故下氢气浓度监测的系统，单台机组采用两套氢气浓度监测装置，2 台机组共 4 套，单套设备包括 3 个探头（壳内部分）、探头引线（壳内、外）、1 个处理柜（壳外部分）。
- 核岛、泵站及柴油机厂房：考虑在厂址遭受设计基准洪水（DBF）顶托导致厂区受阻同时遭遇区域千年一遇降雨导致的厂区水淹的情况下，通过加强对核岛厂房外部洪水的封堵，使核岛厂房不被水淹，以便核应急响应和避免次生灾害，从而提高核电厂安全性；
- 一次侧注水及安全壳临时喷淋：考虑 SBO＋LLS 失效＋厂房外部水淹，实施了换料水箱临时补水、一次侧临时补水和安全壳临时喷淋的改进；
- 二次侧临时注水：为了实现与移动式泵（中低压消防车）连接操作的方便性，新增连接管道设置在汽动泵下游，接口固定设置在连接厂房外。事故工况下，如有需要，查找有效水源，将移动式泵与水源相连接。移动式泵可通过吸水管道与水源连接吸水，通过消防水带与二回路注水管道进行连接，启动泵向二回路蒸汽发生器注水，导出堆芯余热；
- 应急状态下水源的控制与切换方案：根据应急水源的选用的先后次序和是否有水源可用的实际情况，外部应急水源控制和切换的原则如下：先厂内水源后厂外水源，厂内水源先取除盐水后取其他淡水；厂外水源先取处理过的淡水，后取未处理过的淡水，如果淡水水源耗尽，终极水源采用海水。

通过实施这些改进项，防城港核电厂一期工程总体安全水平和技术经济性得到进一步提高。

为了实现防城港核电厂专业化、集约化和标准化的工程建设，广西防城港核电有限公司采用工程建设总承包模式委托中广核工程有限公司对项目建设实行全过程管理，确保对本建设工程进行安全、质量、进度、投资、技术和环境的六大控制。

中广核工程有限公司由中国广东核电集团有限公司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同时也正在实施对福建宁德、广东台山等在建项目的全过程工程建设管理。

深圳中广核工程设计有限公司作为防城港核电厂的设计总体院，在技术上承担总体设计院的角色，负责该项目的工程咨询、总体设计、初步设计，负责组织分包院完成施工设计，以及工程建设各阶段的相关技术服务。

1.1.3 运行管理模式

防城港核电厂一期工程一、二号机组建成后，将由广西防城港核电有限公司自行负责生产准备、移交接产和生产运营。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。

防城港核电厂一期工程一、二号机组将和后续机组一起，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。

1.1.4 环保投资

略。

1.2 工程建设进度

表

表 1.2-1 环保设施各子项建设进度

1.2 工程建设进度

按照防城港核电厂一期工程一、二号机组的工程进度计划，一、二号机组分别计划于 2015 年 1 月和 2015 年 9 月实现首次装料。防城港核电厂一期工程一、二号机组的主要里程碑如下：

- 2010 年 7 月 30 日，一号机组核岛第一罐混凝土；
- 2010 年 12 月 23 日，二号机组核岛第一罐混凝土；
- 2015 年 1 月 15 日，一号机组计划实现反应堆首次装料；
- 2015 年 6 月 30 日，一号机组计划投入商业运行；
- 2015 年 9 月 15 日，二号机组计划实现反应堆首次装料；
- 2016 年 2 月 28 日，二号机组计划投入商业运行。

环保设施各子项建设进度见表 1.2-1。

表 1.2-1（1/2） 环保设施各子项建设进度（建筑工程）

序号	工程	备注	完成进度
建筑工程			
1	DG		99%
2	QA	放射性废液相关	80%
3	QB		80%
4	GC		-
5	GR		-
6	FX		100%
7	QS/QT	固废相关	70%
8	ED	非放相关	100%
9	GE		-
10	FS		100%
11	PX		100%
12	GD		100%
13	GS		100%
14	CC 井		100%
15	CD		100%
16	CE		100%
17	AL	监测相关	100%
18	EC1		95%
19	EM		95%
20	EC2		100%
21	EC3		5%
22	厂区绿化		-
23	护岸及边坡防护		-

表 1.2-1（2/2） 环保设施各子项建设进度（设备购置与安装工程）

序号	工程	备注	完成进度
设备购置与安装工程			
1	TEG	放射性废气相关	60%
2	CVI		80%
3	DVK		85%
4	DVS		100%
5	DVN		85%
6	DVW		85%
7	EVR		95%
8	EVF		100%
9	ETY		75%
10	EBA		95%
11	DG		95%
12	TEP	放射性废液相关	20%
13	TEU		30%
14	TER		10%
15	SEL		5%
16	APG		20%
17	RCV		100%
18	SRE		50%
19	RPE		20%
20	PTR		35%
21	QA		50%
22	QB		50%
23	FX		100%
24	GC		-
25	GR		-
26	QS/QT	固废相关	10%
27	ED	非放相关	100%
28	GE		-
29	SEO		60%
30	SEH		-
31	FS		-
32	CTE		100%
33	CFI		100%
34	CRF		100%
35	SEC		100%
36	KRT	监测相关	-
37	AL		95%
38	KRS		0%
39	EC1		20%
40	EM		20%
41	EC2		100%
42	EC3		0%

1.3 环境影响报告书评价标准和编制依据

1.3.1 遵循的主要法规和标准

1.3.2 相关管理和技术文件

1.3.3 评价范围和评价标准

1.3.3.1 评价范围

1.3.3.2 放射性评价标准

1.3.3.3 非放射性评价标准

1.3 环境影响报告书的评价标准和编制依据

1.3.1 遵循的主要法规和标准

（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）；

— 污水综合排放标准（GB8978-1996）；

— 城镇污水处理厂污染物排放标准（GB18918-2002）；

— 城市污水再生利用城市杂用水水质（GB/T18920-2002）；

— 环境空气质量标准（GB3095-1996）；

— 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）；

— 建筑施工场界噪声限值（GB12523-90）；

— 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）；

— 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）；

— 高压交流架空线路无线电干扰限值（GB15707-1995）；

— 核电厂环境影响报告书的内容和格式（NEPA-RG1，1988）；

1.3.2 相关管理和技术文件

— 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（环境保护部，环审[2010]118 号）；

— 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》；

— 国务院关于广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）的批复（国函[2012]166 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（桂政办发[2011]74 号）；

— 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》；

— 防城港核电厂一期工程 1、2 号机组 18 个月换料环境影响分析报告（深圳中广核工程设计有限公司，2013 年 8 月）；

— 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）；

以上部分文件详见附件 A。

1.3.3 评价范围和评价标准

1.3.3.1 评价范围

本报告的辐射环境影响评价范围是以防城港核电厂一号机组反应堆为中心，半径80km范围的区域。评价的机组为防城港核电厂一期工程一、二号两台机组，机组采用CPR1000压水堆核电技术方案，燃料循环按18个月换料方案考虑。

1.3.3.2 放射性评价标准

（1） 放射性流出物年排放总量控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.2 款规定，核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制。防城港核电厂一、二号机组采用的 CPR1000 核电机组为轻水反应堆，根据 GB6249-2011 的规定，对于 3000MW 热功率的轻水反应堆，其放射性流出物控制值如下：

气载放射性流出物：

— 惰性气体： 6×10^{14}Bq/a；

— 碘： 2×10^{10}Bq/a；

— 粒子（半衰期≥8d）： 5×10^{10}Bq/a；

— 碳 14： 7×10^{11}Bq/a；

— 氚： 1.5×10^{13}Bq/a。

液态放射性流出物：

— 氚： 7.5×10^{13}Bq/a；

— 碳 14： 1.5×10^{11}Bq/a；

— 其它核素： 5.0×10^{10}Bq/a。

《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。

（2） 液态放射性流出物浓度控制值

防城港核电厂作为滨海厂址，根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）第 6.8 款的规定，其槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。

（3） 海水中的放射性核素的浓度控制值

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，防城港核电厂运行期间液体放射性流出物排放后，电厂排放口处的水体中部分放射性核素的浓度不应超过以下值：

— ^{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。

（4） 正常运行期间（包括预计运行事件）的剂量约束值

按照《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于0.25mSv 的剂量约束值。

根据防城港核电厂的厂址规划容量，本次环境影响评价对于防城港核电厂一期工程两台机组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，按 0.08mSv/a 的项目管理目标值进行评价。

（5） 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）7.2 款规定，核动力厂事故工况的环境影响评价可采用设计基准事故，在设计中应采取针对性措施，使设计基准事故的潜在照射后果符合下列要求：

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

1.3.3.3 非放射性影响评价标准

– 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 150km^2。

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 15km^2，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《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准处理达标后排放；

防城港核电厂运营期的生活污水将按照《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；
- BOD_5：20mg/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 2012 年 7 月 1 日前施工期间噪声执行《建筑施工厂界噪声限值》（GB12523-90）中的相应标准，2012 年 7 月 1 日后施工期间噪声执行《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）。

– 废气

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/m^3，PM10 日均浓度为 0.15mg/m^3，SO2 的小时浓度为 0.50mg/m^3，NO2 的

小时浓度为 0.24mg/m^3。

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/m^3，PM10 日均浓度为 0.15mg/m^3，SO2 的小时浓度为 0.50mg/m^3，NO2 的小时浓度为 0.20mg/m^3。

– 电磁辐射和无线电干扰

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》（及附录）（HJ/T24-1998），以离地面 1.5m 高度处 4kV/m 作为工频电场的推荐评价标准；采用国际辐射保护协会关于对公众全天辐射时的工频限值 0.1mT 作为磁感应强度的推荐评价标准。

1.4 放射性流出物年排放申请值

表

表 1.4-1 防城港核电厂一期工程一、二号机组放射性流出物年排放申请值

1.4 放射性流出物年排放申请值

核电厂营运单位在首次装料前必须向国家环境保护部申请核电厂运行后放射性流出物的年排放量，经批准后作为核电厂运行后开展排放管理的技术依据。

防城港核电厂一期工程两台机组对于放射性流出物排放量的申请值按照以下原则进行确定：

— 满足国家和地方相关法律法规要求；

— 核电厂放射性流出物的排放不仅与电厂的系统设计有关，同时也与电厂运行负荷、管理水平等因素密切相关。参考目前国内运行同类机组的经验，并考虑防城港核电厂一期工程运行初期的实际情况，一、二号机组运行后，防城港核电厂全厂申请流出物排放量方案如下：气载 ^{3}H、^{14}C 和液态 ^{3}H、^{14}C 申请值为机组设计值，除 ^{3}H 和 ^{14}C 外其它各类流出物排放量为机组设计值的 90%。

表 1.4-1 给出了全厂放射性流出物的年排放量申请值。

表 1.4-1　防城港核电厂一期工程一、二号机组放射性流出物年排放申请值

气载流出物					液态流出物		
惰性气体	碘	粒子	C-14	氚	氚	C-14	其余核素
550TBq	5.92GBq	3.06GBq	0.74TBq	9.7TBq	87.4TBq	100GBq	59GBq

1.5 对前阶段环境影响报告书审批时遗留问题落实情况的跟踪

1.5 对前阶段环境影响报告书审批时遗留问题落实情况的跟踪

2010 年 4 月 20 日，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。在该批文中对广西防城港核电有限公司此后应重点做好的工作提出了如下要求：

（1）鉴于正常和事故情况下的辐射影响评价应根据至少一年的现场气象观测资料进行分析，营运单位应尽快补充资料，完善相关论证。

（2）进一步开展 SGTR 和 SGTR+SVSO 事故在源项分析时一回路的放射性活度取值的研究工作。

（3）在水泥固化方案招标之前三个月内，提交调查国内外配方的研究状态、招标技术条件，同时提交时间进度安排。

（4）在环境影响报告书（设计阶段）批复后半年内，提交报告说明设计阶段对退役的考虑。

到目前为止，一、二号机组设计阶段环评批复文件的落实情况如下：

针对要求(1)，苏州热工研究院有限公司利用防城港核电厂梯度气象观测系统 2009 年 4 月 1 日至 2010 年 3 月 31 日所获得的气象数据所进行的核电厂正常运行工况和设计基准事故工况下的辐射剂量计算，复核计算表明，原环评报告中给出的有关“电厂正常运行期间和事故工况下的剂量影响可以接受”的结论依然成立。相关论证材料已经提交环境保护部，气象观测系统目前正常运行。本阶段环评采用最新的两整年气象观测数据进行评价。

针对要求（2），深圳中广核工程设计有限公司正在开展相关工作。开展工作的思路包括：针对 CPR1000 的设计特征重新进行事故分析、对安全要求和功能要求进行重新定义并对 CPR1000 的 ASG（辅助给水系统）隔离进行重新设计，在此基础上核实其他系统的安全不会退化并对相应文件予以修改。

针对要求（3），深圳中广核工程设计有限公司已形成调研报告并提交环境保护部。

针对要求（4），深圳中广核工程设计有限公司已形成《设计阶段对退役考虑专题报告》并提交环境保护部。

1.6 相关配套工程或设施环评开展及批复情况

1.6 相关配套工程或设施环评开展及批复情况

防城港核电厂配套工程或设施的环评绝大部分已包含在核电厂主体工程环评中（包括：大件码头、淡水工程、220kV 辅助变电站和 500kV 开关站、应急道路、生活区和食堂）。此外，已单独开展环境影响评价的配套工程包括：核电进场道路、500kV 防城港核电厂送出工程、220kV 辅助电源线路工程和放射源库。

（1）进场道路

防城港核电厂进场道路包含在防城港市沙潭江至企沙公路项目中，第二航务工程勘察设计院编制完成了《防城港市沙潭江至企沙公路环境影响报告书》，该报告书已获得广西壮族自治区环境保护局的批复。

附录 A.7 给出该环境影响报告书的批复文件。

（2）500kV 送出工程

本工程已编制完成了《500kV 防城港核电厂送出工程环境影响报告书》，该报告书已获得广西壮族自治区环境保护厅的批复。

附录 A.8 给出了 500kV 送出工程环境影响评价的批复文件。

（3）220kV 辅助电源线路工程

广西泰能工程咨询有限公司编制了《广西防城港核电厂 220kV 输变电工程线路工程项目环境影响报告表》，该报告书已获得防城港市环境保护局的批复。

附录 A.9 给出了 220kV 输变电工程线路工程环境影响评价的批复文件。

（4）放射源库

广西壮族自治区辐射环境监督管理站编制了《广西防城港核电有限公司放射性同位素及射线装置应用环境影响报告表》，该报告表已获得了广西壮族自治区环境保护厅的批复。

附录 A.10 给出了放射源库环境影响评价的批复文件。

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

2.1.2 厂址附近居民点及环境敏感目标

图

图 2.1-1 防城港核电厂地理位置图
图 2.1-2 防城港核电厂非居住区边界和实际用地范围示意图（略）
图 2.1-3 防城港核电厂规划限制区边界与外环境关系图

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。地理坐标为 108°33′42″E，21°40′02″N。

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 22km。

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；此外厂址附近区域还有一些虾塘、水田、废弃采石场等人工地貌。

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和环境敏感目标

图 2.1-2 给出了防城港核电厂陆域征地红线边界示意图。

根据选址假想事故放射性后果的分析，防城港核电厂一期工程非居住区边界为 600m，由图 2.1-3 可见，防城港核电厂反应堆半径 600m 范围均包络在核电厂的征地边界内，电厂业主未来可对非居住区实施有效的控制。

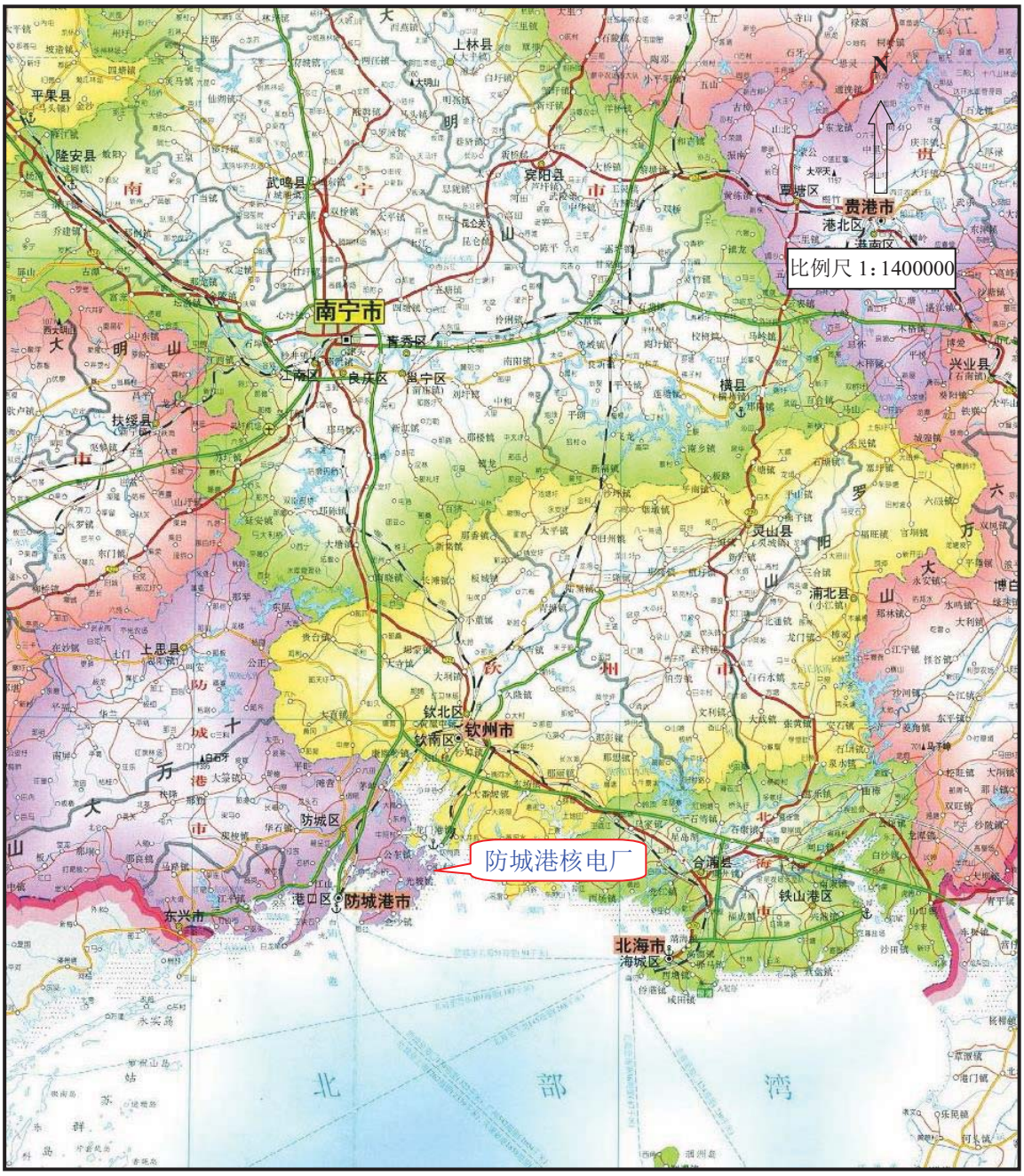
根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，在防城港核电厂厂址周围将设置半径为 5km 的规划限制区。规划限制区内必须限制人口的机械增长，对该区域内的新建和扩建的项目应加以引导或限制，以考虑事故应急状态下采取适当防护措施的可能性。广西壮族自治区人民政府以《关于同意在防城港红沙核电站周围设置限制区的复函》（桂政函[2009]28 号文），同意在防城港核电厂周围划定并设置半径 5km 的规划限制区（以反应堆为中心）。防城

港市城市总体规划（2012-2030 年）中也明确了防城港核电厂周围半径 5km 的规划限制区。

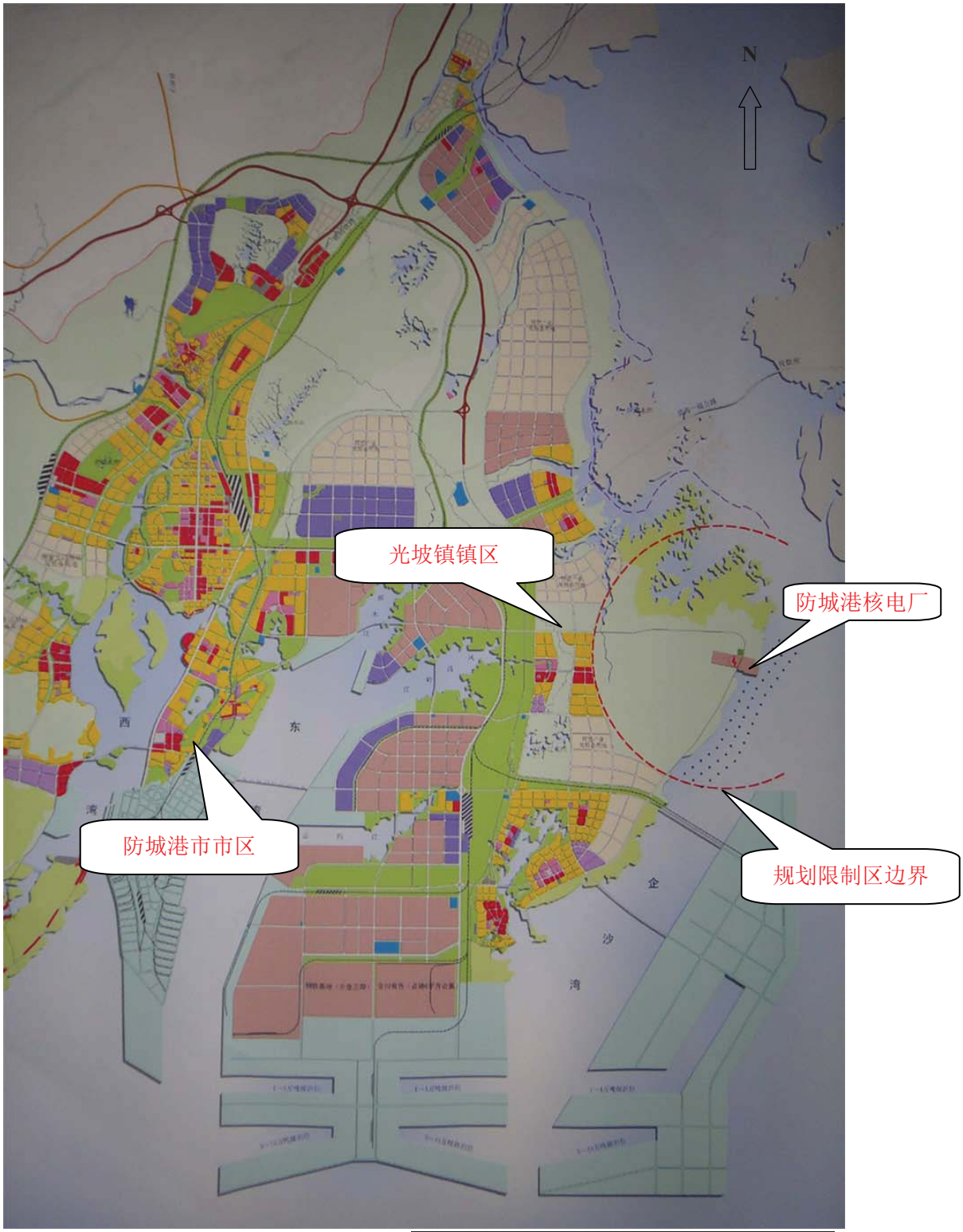
图 2.1-3 给出了防城港核电厂规划限制区边界和外环境关系图。

目前，距离 1 号反应堆最近的居民点为 N 方位约 1.3km 处的牛角冲自然村，有人口 108 人。

离厂址最近的工业区是钦州港经济技术开发区，该工业区位于厂址 E~N 方位约 6~15km 处。



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
防城港核电厂地理位置图		
图 2.1-1	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
防城港核电厂规划限制区边界与外环境关系图		
图 2.1-3	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 流动人口

2.2.4 居民年龄构成

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 人口自然增长率预测值（略）
表 2.2-3 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2015 年）
表 2.2-4 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2025 年）
表 2.2-5 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2035 年）
表 2.2-6 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2045 年）
表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2055 年）
表 2.2-8 厂址半径 5km 范围内所有村庄及人口分布
表 2.2-9 厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布

表 2.2-10　厂址半径 80km 范围内万人以上人口中心
表 2.2-11　厂址半径 80km 范围内居民食物消费量
表 2.2-12　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 80km 范围内各子区预期人口分布图（2015 年）
图 2.2-3　厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2025 年）
图 2.2-4　厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2035 年）
图 2.2-5　厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2045 年）
图 2.2-6　厂址半径 80km 范围内各子区预期人口分布图（2055 年）
图 2.2-7　厂址半径 5km 范围内居民点分布图（略）
图 2.2-8　厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布图
图 2.2-9　厂址半径 80km 范围内人口中心分布示意图

2.2 人口分布

防城港核电厂厂址半径 5km 范围内人口根据 2013 年实地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 53 至 80km 范围内涉及越南芒街的小部分辖区，对这部分人口数据以收集网络相关资料为主。

按照《核电厂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，以防城港核电厂一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/km^2，高于广西壮族自治区同期平均人口密度 198 人/km^2。

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，符合《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的相关规定。

2.2.1.2 厂址半径 80km 范围内的预期人口分布

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）的要求，需要预测核电厂投运及电厂寿期内（每隔十年）的人口数量，表 2.2-2 给出了广西壮族自治区的年平均人口预期增长率。

防城港核电厂 1 号机组计划于 2015 年商业运行。由此本报告推算了 1 号机组运行第一年（2015 年）以及寿期内每隔 10 年，即 2025 年、2035 年、2045 年、2055 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：

$$N = N_0 e^{r \cdot t}$$

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调查得到的人口预期增长率进行人口预测。预测结果表明：到 2015 年广西防城港核电厂 1 号机组投产时，厂址半径 80km 范围内的总人口数为 3601769 人，各子区的人口分布情况详见表 2.2-3 和图 2.2-2。

核电厂运行寿期内 2025 年、2035 年、2045 年、2055 年厂址半径 80km 范围内的总人口数分别为 3718897 人、3735289 人、3709236 人和 3558451 人。各子区的人口分布情况见表 2.2-4~表 2.2-7 和图 2.2-3~2.2-6。

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

防城港核电厂址 1 号反应堆半径 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 54 个居民点，截至 2012 年年底共有人口 7273 人。离厂址最近的居民点为厂址 N 方位 1.3km 处的牛角冲自然村，共有人口 108 人。

表 2.2-8 列出了厂址半径 5km 范围内各居民点的方位、距离和人口数。

图 2.2-7 给出了厂址半径 5km 范围内各居民点的分布情况。

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 18 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，共有城镇人口 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），共有城镇人口 14565 人。

厂址半径 15km 范围内的重要居民点分布详见表 2.2-9 和图 2.2-8。

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 2.2-10 列出了厂址半径 80km 范围内城镇人口超过万人的人口中心，各人口中心的分布情况见图 2.2-9。

2.2.3 流动人口

厂址半径 15km 范围所涉及的各镇、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。

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。

2.2.4 居民年龄构成

略。

2.2.5 居民生活习惯

根据防城港核电厂厂址半径 80km 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 2.2-11 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，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 2.2-12。

本报告附录 B.1 给出了厂址半径 80km 范围内各子区居民的食物消费品种及个人年平均消费量。附录 B.1 还给出了厂址半径 80km 范围内各子区居民个人食物品种来自本子区和评价区的份额。

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 1 号机组半径 80km 范围内各子区现有人口分布（2012 年）

单位（距离：km；人口：人）

距离 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	325	383	94	2445	3645	43582	171813	40058	101730	83862	98641	546578
NNE	0	0	469	0	5986	12465	18292	115556	45094	91881	83253	172365	545361
NE	0	0	0	0	3840	5599	11507	11507	37795	21656	48442	48443	188789
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	0	264	347	276	0	0	0	0	0	0	0	887
SW	0	483	534	327	4622	31492	0	0	0	0	0	0	37458
WSW	0	0	357	1092	5532	11313	32140	3136	12009	18619	38880	11250	134328
W	0	225	220	864	4224	18296	26358	10341	36597	27775	53837	47428	226165
WNW	0	0	34	442	980	7942	97644	15973	30281	41494	28804	13037	236631
NW	0	379	111	44	2132	7991	4690	39872	25877	20422	23179	88989	213686
NNW	0	0	279	0	5766	6757	20618	39948	44665	88984	33241	40495	280753
合计	0	1412	2651	3210	35803	133893	290183	477364	380530	534494	918527	751015	3529082

表 2.2-3　厂址 1 号机组半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2015 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	331	390	95	2495	3719	44480	175353	40883	103827	85590	100674	557837
NNE	0	0	478	0	6109	12721	18668	117937	46023	93774	84968	175917	556595
NE	0	0	0	0	3919	5714	11744	11744	38573	22102	49441	49441	192678
ENE	0	0	0	0	0	9265	3084	16810	26488	35148	40708	48465	179968
E	0	0	0	0	0	16505	31029	53836	83894	75101	193425	171249	625039
ESE	0	0	0	0	0	3207	1966	0	0	14195	301716	15400	336484
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	0	269	354	281	0	0	0	0	0	0	0	904
SW	0	492	545	333	4717	32141	0	0	0	0	0	0	38228
WSW	0	0	364	1114	5647	11546	32802	3200	12256	19002	39681	11481	137093
W	0	229	224	881	4311	18673	26901	10554	37351	28347	54948	48405	230824
WNW	0	0	34	451	1000	8105	99656	16302	30905	42349	29397	13304	241503
NW	0	386	113	44	2175	8154	4786	40693	26410	20843	23656	90823	218083
NNW	0	0	284	0	5884	6896	21042	40771	45585	90817	33926	41328	286533
合计	0	1438	2701	3272	36538	136646	296158	487200	388368	545505	937456	766487	3601769

表 2.2-4　厂址 1 号机组半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2025 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	342	403	99	2576	3840	45926	181056	42213	107203	88373	103948	575979
NNE	0	0	494	0	6308	13135	19276	121772	47519	96823	87731	181637	574695
NE	0	0	0	0	4046	5900	12126	12126	39828	22821	51049	51049	198945
ENE	0	0	0	0	0	9566	3184	17357	27350	36291	42031	50041	185820
E	0	0	0	0	0	17042	32038	55586	86622	77543	199715	176817	645363
ESE	0	0	0	0	0	3312	2030	0	0	14657	311527	15901	347427
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	0	278	365	290	0	0	0	0	0	0	0	933
SW	0	508	562	344	4870	33186	0	0	0	0	0	0	39470
WSW	0	0	376	1150	5830	11921	33869	3304	12655	19620	40971	11855	141551
W	0	237	231	910	4451	19280	27775	10897	38565	29269	56735	49979	238329
WNW	0	0	35	465	1032	8369	102897	16832	31910	43726	30353	13737	249356
NW	0	399	116	46	2246	8419	4942	42017	27269	21521	24425	93776	225176
NNW	0	0	294	0	6076	7120	21727	42097	47067	93771	35029	42672	295853
合计	0	1486	2789	3379	37725	141090	305790	503044	400998	563245	967939	791412	3718897

表 2.2-5　厂址 1 号机组半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2035 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	343	405	99	2587	3856	46129	181854	42399	107676	88763	104407	578518
NNE	0	0	496	0	6335	13193	19361	122309	47729	97250	88118	182438	577229
NE	0	0	0	0	4064	5926	12179	12179	40003	22921	51274	51274	199820
ENE	0	0	0	0	0	9608	3198	17433	27470	36451	42217	50262	186639
E	0	0	0	0	0	17117	32179	55831	87004	77885	200596	177597	648209
ESE	0	0	0	0	0	3326	2039	0	0	14721	312901	15971	348958
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	0	279	367	292	0	0	0	0	0	0	0	938
SW	0	511	565	346	4892	33332	0	0	0	0	0	0	39646
WSW	0	0	377	1155	5856	11974	34018	3319	12710	19707	41152	11907	142175
W	0	238	232	914	4470	19365	27898	10945	38735	29398	56985	50199	239379
WNW	0	0	35	467	1037	8406	103350	16906	32050	43919	30487	13797	250454
NW	0	401	117	46	2256	8456	4964	42202	27389	21616	24533	94189	226169
NNW	0	0	295	0	6102	7151	21823	42282	47275	94184	35183	42860	297155
合计	0	1493	2801	3394	37891	141710	307138	505260	402764	565728	972209	794901	3735289

表 2.2-6　厂址 1 号机组半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2045 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	341	402	98	2569	3830	45807	180585	42103	106925	88144	103678	574482
NNE	0	0	492	0	6291	13101	19226	121456	47396	96572	87503	181166	573203
NE	0	0	0	0	4036	5884	12094	12094	39724	22761	50916	50916	198425
ENE	0	0	0	0	0	9541	3176	17312	27279	36197	41922	49911	185338
E	0	0	0	0	0	16997	31955	55442	86397	77342	199197	176358	643688
ESE	0	0	0	0	0	3303	2025	0	0	14619	310718	15860	346525
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	0	277	364	290	0	0	0	0	0	0	0	931
SW	0	507	561	343	4858	33100	0	0	0	0	0	0	39369
WSW	0	0	375	1147	5815	11890	33781	3296	12622	19569	40865	11824	141184
W	0	236	231	908	4439	19230	27703	10869	38465	29193	56588	49849	237711
WNW	0	0	35	464	1030	8347	102629	16788	31827	43612	30274	13701	248707
NW	0	398	116	46	2240	8397	4929	41907	27198	21465	24362	93532	224590
NNW	0	0	293	0	6060	7102	21670	41987	46945	93527	34938	42561	295083
合计	0	1482	2782	3370	37628	140722	304995	501736	399956	561782	965427	789356	3709236

表 2.2-7　厂址 1 号机组半径 80km 范围内各子区的预期人口分布（2055 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	327	386	94	2465	3674	43945	173244	40391	102578	84560	99464	551128
NNE	0	0	472	0	6035	12568	18444	116519	45469	92646	83946	173801	549900
NE	0	0	0	0	3872	5645	11602	11602	38110	21836	48846	48846	190359
ENE	0	0	0	0	0	9153	3047	16608	26170	34726	40218	47882	177804
E	0	0	0	0	0	16306	30656	53188	82885	74198	191099	169189	617521
ESE	0	0	0	0	0	3169	1943	0	0	14024	298087	15215	332438
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	0	266	349	278	0	0	0	0	0	0	0	893
SW	0	487	538	329	4660	31754	0	0	0	0	0	0	37768
WSW	0	0	359	1101	5579	11407	32407	3162	12109	18774	39204	11343	135445
W	0	226	221	871	4259	18448	26577	10427	36902	28006	54287	47823	228047
WNW	0	0	34	445	988	8008	98457	16106	30533	41839	29044	13144	238598
NW	0	382	111	44	2149	8056	4729	40204	26092	20593	23372	89730	215462
NNW	0	0	281	0	5814	6813	20789	40280	45037	89725	33518	40831	283088
合计	0	1422	2668	3233	36099	135001	292596	481340	383698	538945	926181	757268	3558451

表 2.2-8　厂址半径 5km 范围内所有村庄及人口分布（2012 年）

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	WSW	4.3	31	红沙村	白云组	N	1.6	118
	柏西组	WSW	4.5	87		大岭组	NW	1.7	103
	春天岭组	W	2.2	133		红北组	NNE	2.4	182
	陈屋组	WSW	2.9	91		红南组	NNE	2.2	189
	大屋组	WSW	4	145		黄屋组	N	2.6	73
	旧洋组	W	3.2	192		刘屋组	NNW	2.2	101
	林东组	WSW	5	87		牛角冲组	N	1.3	108
	老虎港	W	2	225		稔子山组	NNE	2.2	98
	里头村	WSW	4.1	163		扫把坪组	N	2.8	204
	栏东组	SW	2.8	144		社委会组	NW	2.2	111
	栏西组	WSW	2.9	145		湾潭组	N	1.8	99
	山北组	WSW	4.7	132		虾场组	N	4	94
	山南组	WSW	4.9	89		新二组	NW	1.9	73
	田辽屋组	W	2.2	87		学校队组	NW	2	111
	湾角山组	W	4	72		新一组	NW	2	92
	细冲组	W	3.1	110		盐田港组	N	2.9	106
	芋坡丫组	WSW	2.8	121		珠沙港组	NNW	2.1	178
	增埠角组	W 至 WNW	3.1	172	新兴村	中间冲	WNW	5	146
	山口组	WSW	3.5	204		龙眼坪一组	W	5	404
	中北组	WSW	3.7	67		管草田组	WNW	4.6	164
	中南组	WSW	3.5	87		枫木龙组	WNW	4.9	80
沙螺辽村	大坳组	SW	3.5	203		东风组	NW	5	218（部分在 5km 内）
	大垌组	SSW	3.2	235					
	东风组	SSW	4.1	112					
	港口组	SSW	2.7	68					
	光明组	SW	1.6	283					
	苏屋组	SSW	2.8	111					
	红旗组	SW	2.4	188					
	黄屋组	SSW	2.6	85					
	栏埠组	SW	4.3	124	–				
	前进组	SW	2	200					
	沙螺辽组	SW	2.2	202					

表 2.2-9　厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布（2012 年）

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	5.4	3200	企沙镇	牛路村	SW	8.2	2756
	中间坪村	W	7.8	2560		山新村	SW	10	2142
	镇区	W~WSW	8~8.1	6225		镇区	SW	13.8	24082
	潭油村	WSW	13.1	3485	钦州港经济技术开发区	主城区	NNE	9	14565
	大龙村	WSW	10.8	3350		金鼓社区	NE	11.7	1853
龙门港镇	龙门港镇	NNW	9	8166		鸡墩头社区	ENE	12.6	3385
公车镇	白沙村	WNW	11.9	3173	大番坡镇	辣椒槌村	N	14.6	3520
	公车村	WNW	13.7	3170	茅岭乡	响水村	NW	11.5	1368
	沙港村	W	11.4	3728		大陶村	NNW	14.6	2999

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、水井坑社区；

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 2.2-10　厂址 1 号反应堆半径 80km 范围内万人以上人口中心（城镇人口）

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	13.8（距 1 号反应堆）	24082	防城港市港口区
防城镇	WNW	23	65777	防城港市防城区
大菉镇	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

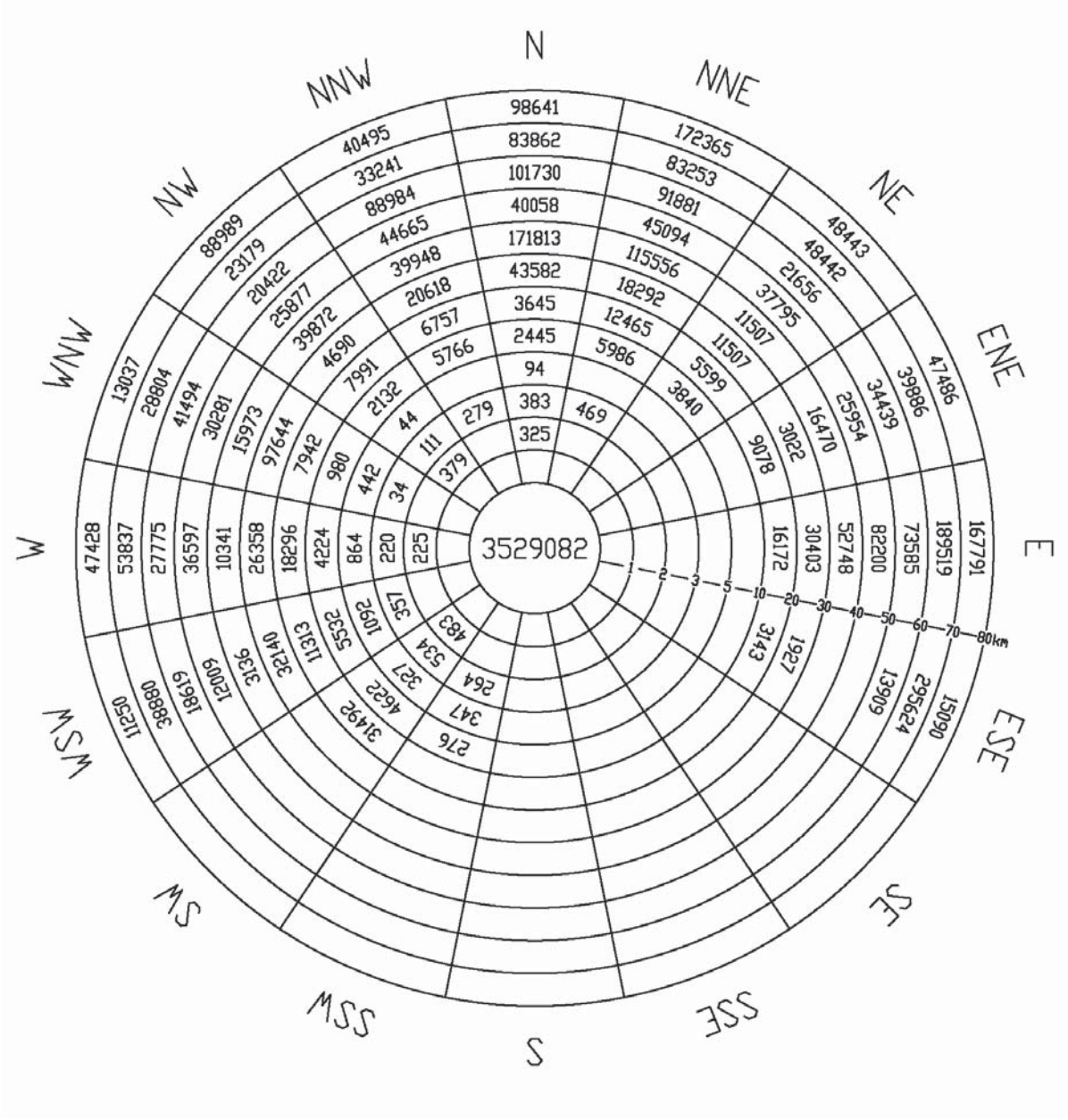
表 2.2-11　厂址半径 80km 范围居民全年食物消费量

单位：kg/人年

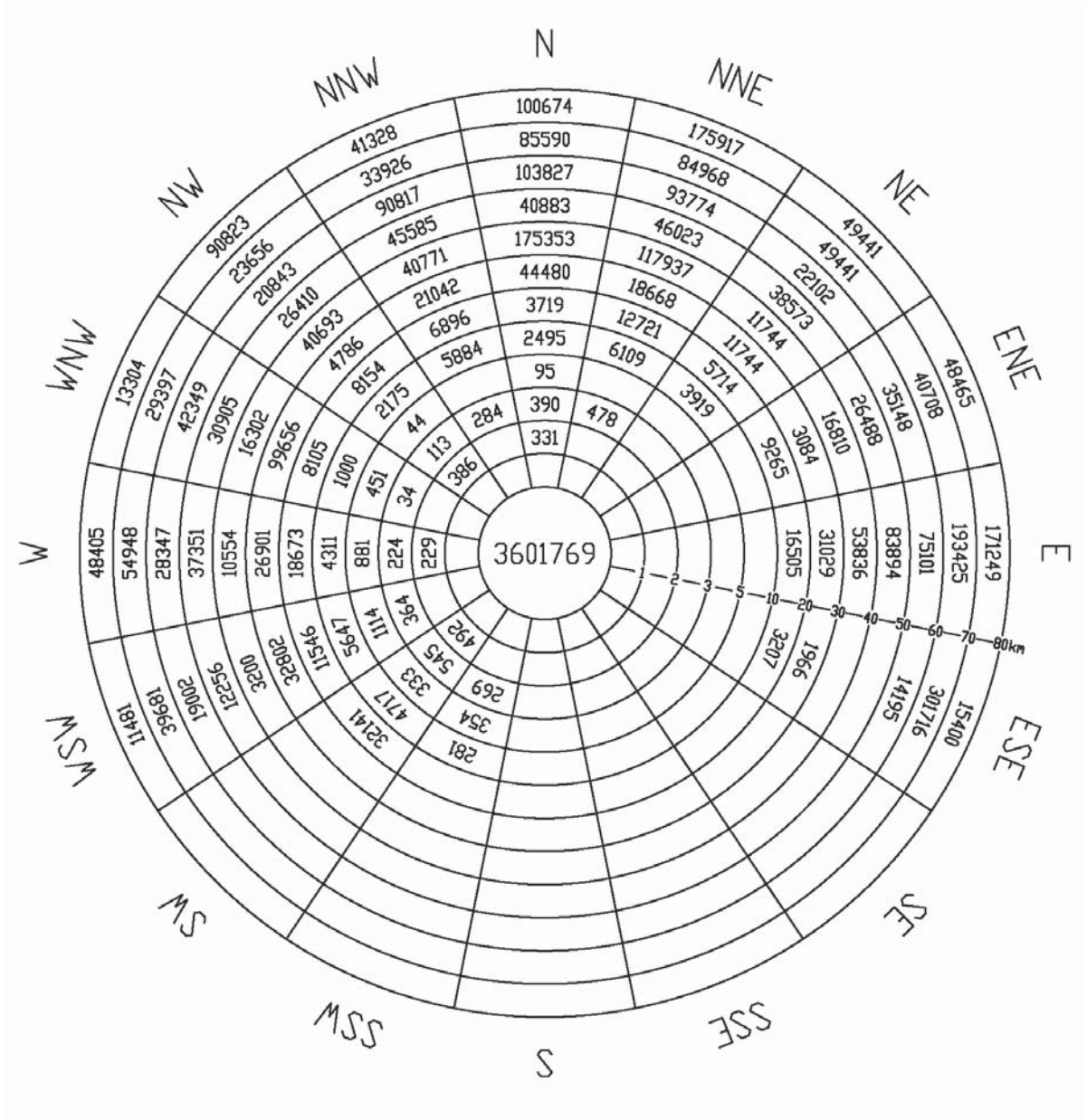
食物 地区	粮食	油脂	蔬菜	水果	肉	蛋	奶	水产品
广西壮族自治区农村	179.36	5.56	87.84	10.52	41.53	1.79	—	3.66
广西壮族自治区城镇	71.12	6.58	99.04	51.51	55.13	6.34	10.61	11.24

表 2.2-12　厂址附近区域内典型渔民及养殖人员的个人生活因子

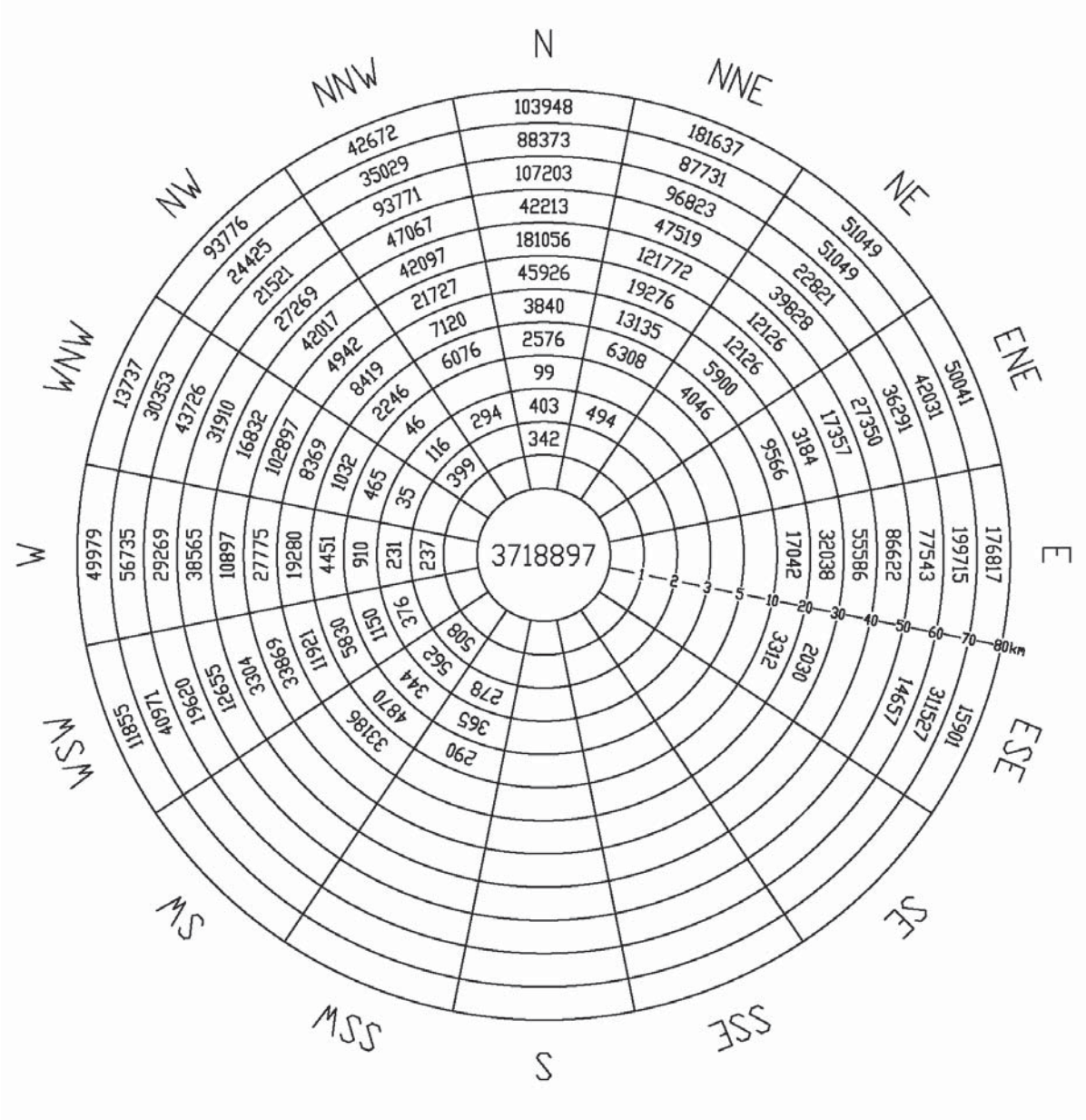
年食物消费量(kg/a)	粮食		145
	蔬菜		110
	肉类		31
	蛋类		11
	水果		29
	鱼类		99
	甲壳类		17
	贝类		12
	藻类		—
年活动时间（h/a）	捕捞渔民	海上活动时间	2000
		岸边活动时间	600
	养殖人员	海上活动时间	1500
		岸边活动时间	1200
	游泳时间		100



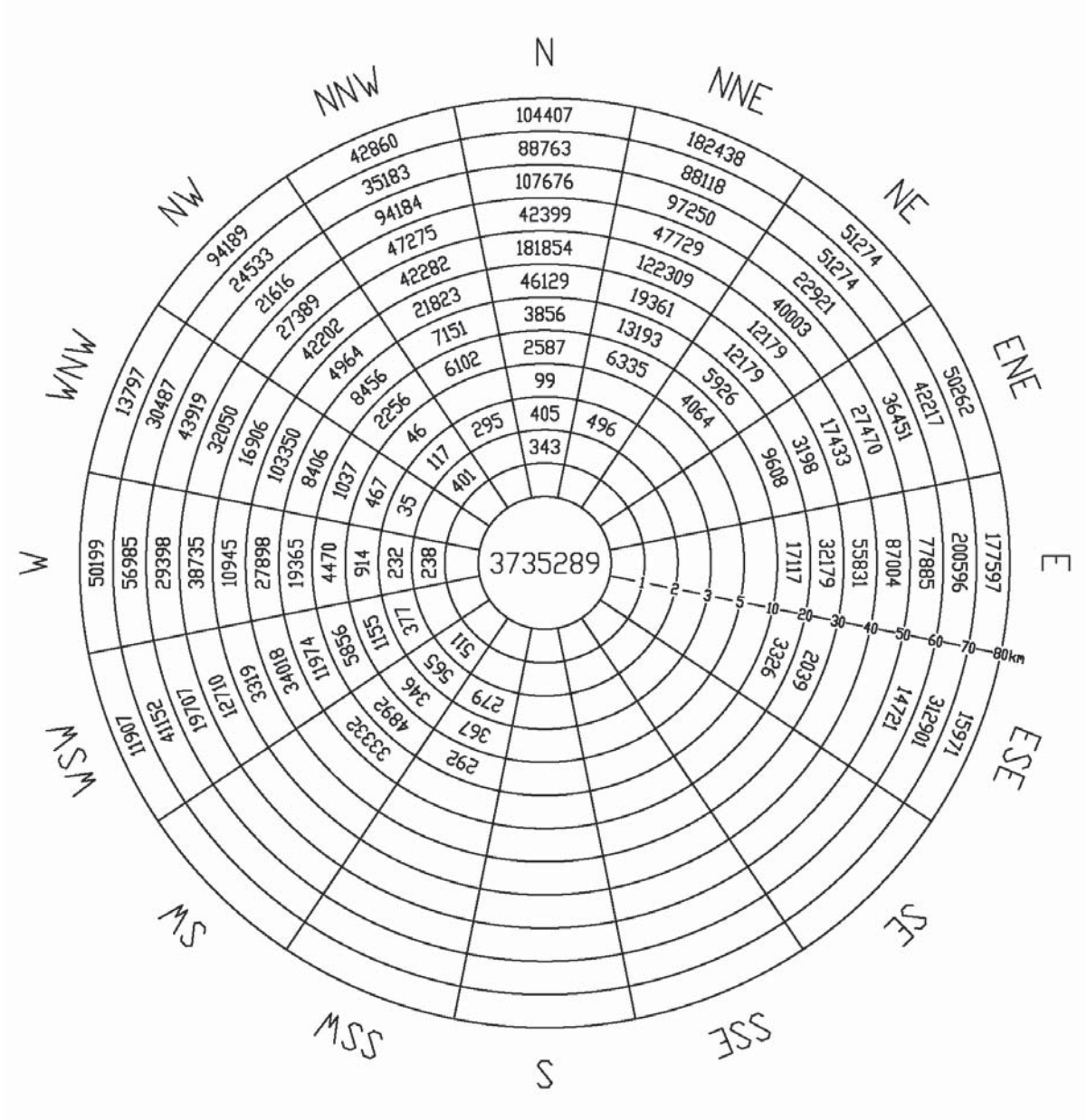
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2012 年）		
图 2.2-1	版次：	A



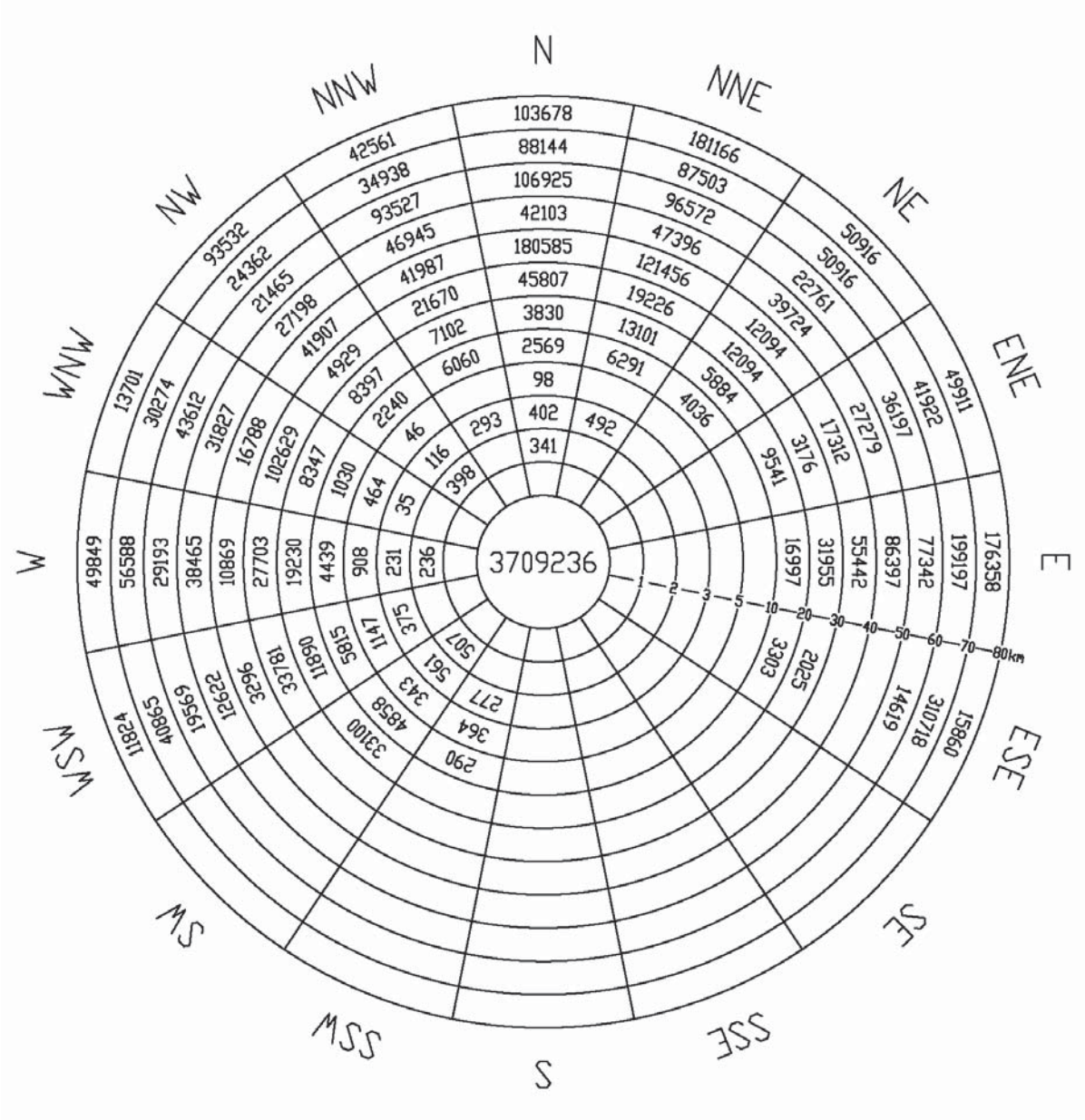
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2015 年）		
图 2.2-2	版次：	A



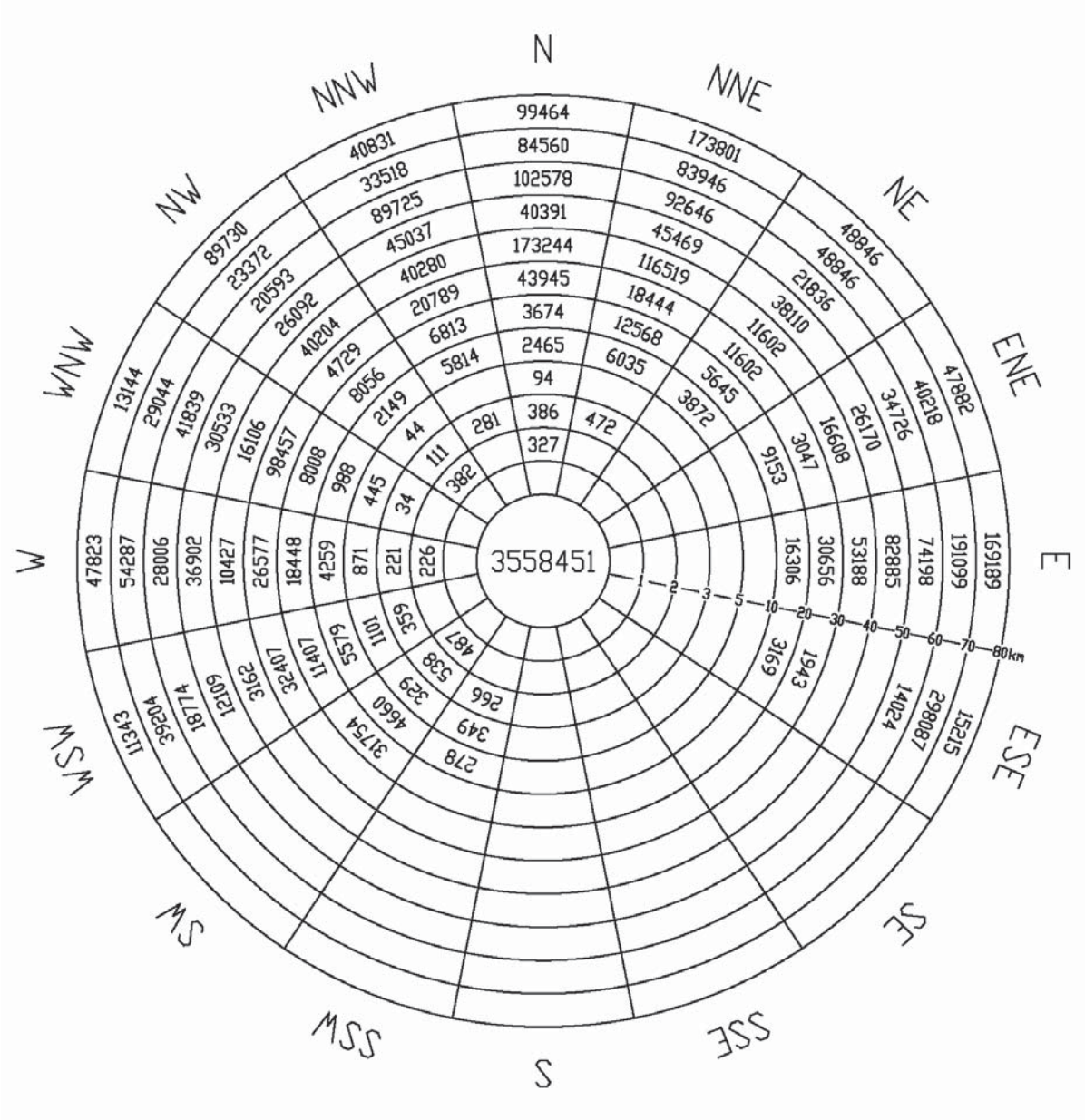
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2025 年）		
图 2.2-3	版次：	A



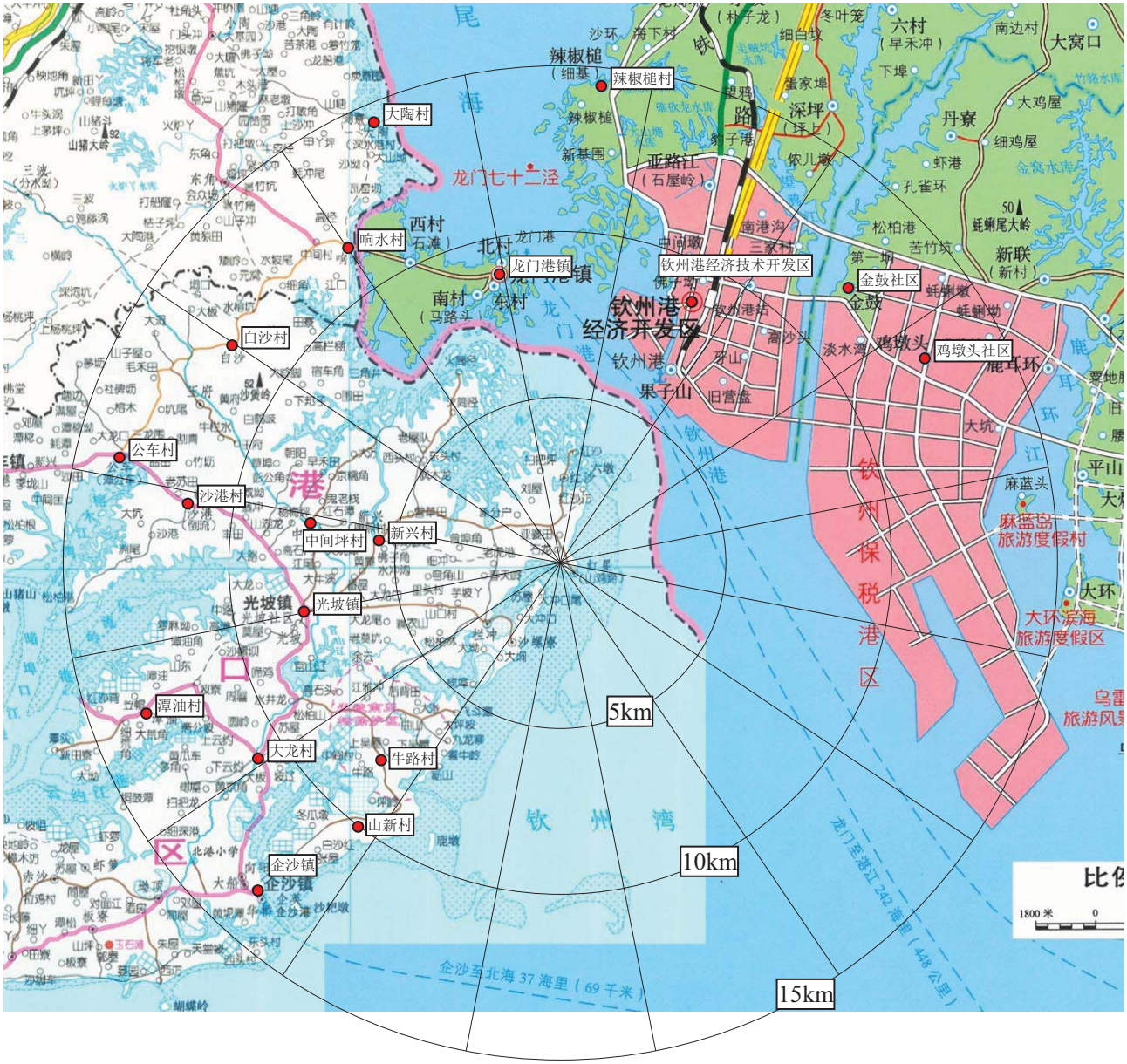
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2035 年）		
图 2.2-4	版次：	A



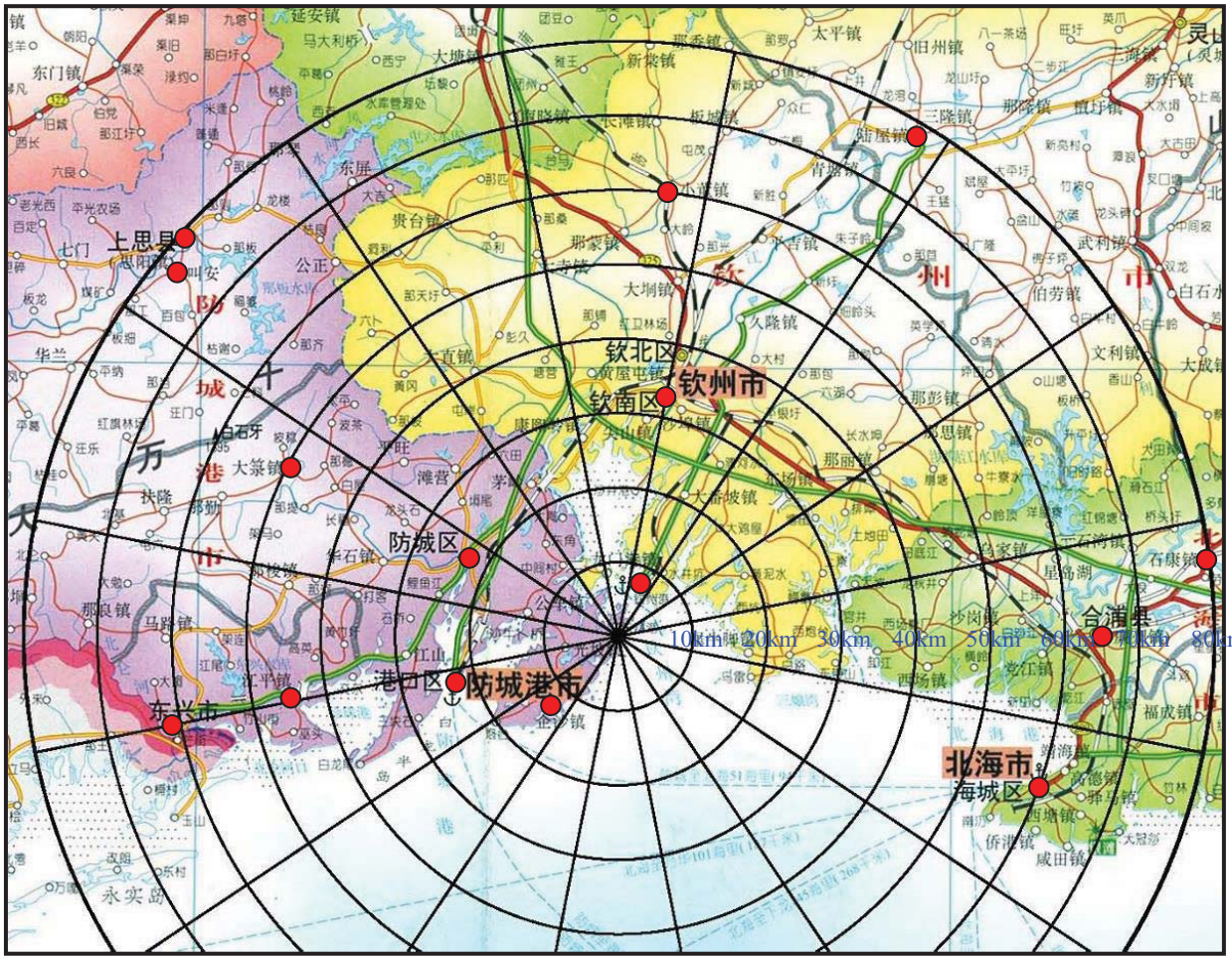
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2045 年）		
图 2.2-5	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内 各子区人口分布图（2055 年）		
图 2.2-6	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 5 至 15km 范围内千人以上居民点分布图		
图 2.2-8	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 80km 范围内人口中心分布示意图		
图 2.2-9	版次：	A

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通、军事和文化设施

2.3.1.1 工业

2.3.1.2 交通

2.3.1.3 军事设施

2.3.1.4 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 钦州港区危险品贮存企业分布情况（略）
表 2.3-2 厂址半径 15km 范围内的学校分布情况（略）
表 2.3-3 海洋生物调查站位及调查内容一览表
表 2.3-4 调查海区内叶绿素 a 和初级生产力的统计情况
表 2.3-5 海域浮游植物种类组成
表 2.3-6 海域浮游植物多样性指数及均匀度

表 2.3-7　海域浮游动物种类组成
表 2.3-8　海域浮游动物多样性指数及均匀度
表 2.3-9　海域底栖生物种类组成
表 2.3-10　海域底栖生物多样性指数及均匀度
表 2.3-11　海域潮间带生物种类组成
表 2.3-12　海域潮间带生物多样性指数及均匀度
表 2.3-13　海域游泳生物组成及特征值
表 2.3-14　厂址附近海洋功能区划（略）

图

图 2.3-1　防城港市城市总体规划图（2012-2030 年）（略）
图 2.3-2　钦州港总体规划图（2012-2025 年）（略）
图 2.3-3　钦州港区危险品贮存企业分布图（略）
图 2.3-4　厂址附近乡村公路分布示意图
图 2.3-5　防城港市十二五交通规划图（略）
图 2.3-6　钦州港各作业区、东西航道与核电厂的相对位置示意图
图 2.3-7　厂址半径 15km 范围内的学校分布图（略）
图 2.3-8　厂址附近海域红树林分布示意图（略）
图 2.3-9　厂址附近海域海洋生物调查站位图
图 2.3-10　厂址附近海域潮间带生物调查站位图
图 2.3-11　厂址附近海域生物物种保护区分布示意图
图 2.3-12　厂址附近海域养殖区分布示意图（略）
图 2.3-13　厂址附近近岸海域环境功能区划图（略）

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通、军事和文化设施

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。图2.3-1给出了防城港市城市总体规划图（2012-2030年），图2.3-2给出了钦州港总体规划图（2008-2025年）。

（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2762公顷。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，其中一期工程 100 万吨/年，二期工程 200 万吨/年，三期工程 300 万吨/年，计划一期工程投资 15 亿，二期工程投资 35 亿，三期工程投资 50 亿。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，总投资

10 亿元人民币，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。

— 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，预期建成后年总产值达到 8 亿元，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钦州港临海工业区和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 10km^2，由码头作业区、保税物流区、出口加工区和综合服务区组成，一期 2.5km^2 已建成，主要为中石油 420 万 m^3 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 范围内无较大规模的工矿企业。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。

钦州港区内的危险品贮存企业分布情况见表 2.3-1，具体位置见图 2.3-3。

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 2.3-4 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。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。

图 2.3-5 给出了防城港市的十二五交通规划图。

（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。图 2.3-6 给出了钦州港各作业区、东西航道与核电厂的相对位置示意图。

（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。

— 其他港点：除上述泊位外，钦州港茅岭港点有广西钦州市康熙岭港务有限公司的茅岭码头，沙井港点有钦州市沙井港务所的沙井港务所码头，沙坪港点有灵山县沙坪港务公司的灵山沙坪港务公司码头，龙门港点共有泊位 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

企沙港位于防城港市企沙半岛，靠近富饶的北部湾渔场，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，-5km 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。

企沙港是广西第二大渔港，北部湾著名的渔贸集散地，也是商港，为国家一类边境贸易口岸，2007 年企沙港进出货物约 60 万 t。企沙港距离厂址的最近距离约 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。规划建设的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。

厂址所在钦州湾的航道图见图 2.3-6。

（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），厂址最近的三条航线距厂址的最短距离分别为 11km（X30 航线）、51km（R339 航线）和 91km（W70 航线），厂址附近的航线在核安全导则规定的筛选距离外。但为了保证评价结论的保守、可靠，上述报告对距厂址最近的航线 X30 进行坠机概率计算，计算得到的厂址区域内坠机概率分别为 4.33×10^{-10}（2009 年）和 3.96×10^{-9}（2020 年），小于核安全导则规定的筛选概率水平。

2.3.1.3 军事设施

略。

2.3.1.4 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。

一　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。

厂址半径 15km 范围内的学校分布情况见表 2.3-2 和图 2.3-7。

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。

厂址所在的企沙半岛东侧沿岸没有成片红树林分布。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2.3-8。

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。

— 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。

— 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、火山岛等旅游景观点，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

离防城港核电厂 1 号机组最近的居民点为厂址 N 方位 1.3km 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。对于搬迁所占用的宅基地、水塘和植物等，防城港市人民政府已按照《防城港市人民政府关于印发防城港市企沙工业区建设征地拆迁补偿及安置办法的通知》予以经济补偿，不再划拨种植地。

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。2012 年底厂址半径 80km 范围内各子区大牲畜、猪、羊、家禽、兔出栏量以及产肉量、禽蛋产量详见附表 B.2。

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

深圳中广核工程设计有限公司于 2008 年 10 月委托国家海洋局南海工程勘察中心

开展厂址邻近海域水质环境、水生生态和渔业资源等调查工作，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）。根据已完成的《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》，以下给出核电厂邻近海域的水生态概况的简要描述。

图 2.3-9 给出了厂址邻近海域海洋生物调查站位的分布情况，图 2.3-10 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 2.3-3。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。潮间带生物调查站位 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 2.3-4 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 2.3-5。

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 606.72×10^4 cells/m^3，数量以硅藻类占优势，其密度为 581.57×10^4 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 992.80×10^4 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 619.37×10^4 cells/m^3，数量以硅藻类占优势，其密度为 591.57×10^4 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 977.00×10^4 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 458.82×10^4 cells/m^3，数量以硅藻类占优势，其密度为 434.89×10^4 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 758.00×10^4 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 549.39×10^4 cells/m^3，数量以硅藻类占优势，其密度为 509.79×10^4 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 925.00×10^4 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 2.3-6 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 2.3-7。

春季调查，浮游动物共鉴定出 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，浮游动物共鉴定出 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 50.00～660.00 mg/m^3，平均生物量为 212.94mg/m^3。密度分布方面，多数采样站为中等水平，变化幅度为 240.28～1589.00ind/m^3，平均密度为 568.98ind/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 60.00～790.00 mg/m^3，平均生物量为 252.33mg/m^3。密度分布方面，各采样站都出现得比较高，变化幅度为 493.00～1700.50ind/m^3，平均密度为 1112.87ind/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 120.44～1900.00 mg/m^3，平均生物量为 721.17mg/m^3。在密度分布方面，多数采样站较为一般，变化幅度为 185.56～2088.00ind/m^3，平均密度为 759.18ind/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 100.00～808.33 mg/m^3，平均生物量为 324.28mg/m^3。在密度分布方面，多数采样站较为一般，变化幅度为 136.11～2598.00ind/m^3，平均密度为 779.41ind/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缍水蚤，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溞，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 2.3-8 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/1000m^3，仔鱼平均密度为 117.7 尾/1000m^3，鱼卵数量以鳀属鱼类最多，占总数的 37.6%。夏季调查，鱼卵平均密度为 461.4 粒/1000m^3，仔鱼平均密度为 36.3 尾/1000m^3，鱼卵数量以鳀属鱼类最多，占总数的 28.1%。秋季调查，鱼卵平均密度为 563.0 粒/1000m^3，仔鱼平均密度为 45.8 尾/1000m^3，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/1000m^3，仔鱼平均密度为 363.0 尾/1000m^3，鱼卵以斑鰶数量最多，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 2.3-9 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 55.52 g/m^2，平均栖息密度为 189.17 尾/m^2。夏季调查，底栖生物的平均生物量为 61.28 g/m^2，平均栖息密度为 112.5 尾/m^2。秋季调查，底栖生物的平均生物量为 138.88g/m^2，平均栖息密度为 594.17 尾/m^2。冬季调查，底栖生物的平均生物量为 188.15g/m^2，平均栖息密度为 857.58 尾/m^2。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，仅肋鲳螺和方格皱纹蛤 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 2.3-10 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 2.3-11。

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/m^2，平均栖息密度为 437.60 ind/m^2，在调查断面中，生物量的高低排序均为 C_4＞C_1＞C_3＞C_2，栖息密度高低排序均为 C_1＞C_3＞C_4＞C_2。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/m^2，平均栖息密度为 808.80 ind/m^2，在调查断面中，生物量高低排序均为 C_1＞C_4＞C_3＞C_2。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 C_2＞C_1＞C_4＞C_3，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/m^2，平均栖息密度为 407.2ind/m^2，在调查断面中，生物量和栖息密度高低排序均为 C_1＞C_3＞C_4＞C_2，栖息密度高低排序为 C_1> C_2>C_4>C_3；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/m^2，平均栖息密度为 430.6ind/m^2，在调查断面中，生物量和栖息密度高低排序均为 C_1＞C_4＞C_3＞C_2；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 2.3-12 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 2.3-13。

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/km^2，资源密度范围为 667.212kg/km^2~136.413kg/km^2，平均尾数资源密度为26629.8 尾/km^2，尾数资源密度范围为 44951.6 尾/km^2~16846.8 尾/km^2。夏季调查，整个评价区鱼类的平均资源密度为 576.301kg/km^2，资源密度范围为1245.208kg/km^2~283.868kg/km^2，平均尾数资源密度为 67738.2 尾/km^2，尾数资源密度范围为 143037.0 尾/km^2~19198.7 尾/km^2。秋季调查，整个评价海区鱼类的平均资源密度为 66.018kg/km^2，资源密度范围为 154.511kg/km^2~24.860kg/km^2，平均尾数资源密度为 3149.4 尾/km^2，尾数资源密度范围为 10043.3 尾/km^2~1461.8 尾/km^2。冬季调查，整个评价区鱼类的平均资源密度为 273.733kg/km^2，资源密度最高为1070.397kg/km^2~4.226kg/km^2，平均尾数资源密度为 38746.7 尾/km^2，尾数资源密度范围为 192114.2 尾/km^2~939.1 尾/km^2。

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/km^2，平均尾数资源密度为 10917.7 尾/km^2。夏季调查，整个评价区甲壳类的平均资源密度为412.952kg/km^2，平均尾数资源密度为 28902.2 尾/km^2。秋季调查，整个评价海区甲壳类的平均资源密度为 25.412kg/km^2，平均尾数资源密度为 1885.3 尾/km^2。冬季调查，整个评价区甲壳类的平均资源密度为 94.813kg/km^2，平均尾数资源密度为 10917.7 尾/km^2。

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/km^2，平均尾数资源密度为 877.0 尾/km^2。夏季调查，整个评价区头足类的平均资源密度为120.625kg/km^2，平均尾数资源密度为 5476.0 尾/km^2。秋季调查，整个评价海区头足类的平均资源密度为 10.284kg/km^2，平均尾数资源密度为 128.7 尾/km^2。冬季调查，整个评价区头足类的平均资源密度为 25.803kg/km^2，平均尾数资源密度为 1515.9 尾/km^2。

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

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 2.3-11。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、�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、中国蛏等甲壳类，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、大耗、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。

图 2.3-12 给出了厂址附近养殖区分布示意图。

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

中华人民共和国国务院 2012 年发布《国务院关于广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）的批复》（国函[2012]166 号），原则同意《广西壮族自治区海洋功能区划（2011-2020 年）》。

表 2.3-14 给出了防城港核电厂附近海域海洋功能区划。

（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见图 2.3-13。具体为：

一、红沙工业区用海区（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 150km^2。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 15km^2，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 GX085BⅡ）

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 30km^2。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（GX088BⅡ）：

企沙镇北面，田鸡港村至牛路村的海域，面积 5km^2。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。

2.3.5 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。

[2] 广西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，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 2.3-3　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 2.3-4　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 2.3-5　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 2.3-6　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 2.3-7　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 2.3-8　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 2.3-9　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	螠虫动物	藻类	腔肠动物	星虫类	合计
春季	10 科 14 种	9 科 12 种	5 科 5 种	2 科 2 种	2 科 2 种	1 科 1 种	—	—	—	12 目 28 科 36 种
夏季	7 科 8 种	8 科 10 种	4 科 6 种	—	1 科 1 种	—	—	—		12 目 20 科 25 种
秋季	4 科 5 种	5 科 5 种	4 科 5 种	—	1 科 1 种	—	—	—		11 目 15 科 17 种
冬季	10 科 12 种	15 科 20 种	10 科 12 种	3 科 5 种	1 科 1 种	—	1 科 1 种	1 科 1 种	1 科 1 种	23 目 42 科 53 种

表 2.3-10　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 2.3-11　海域潮间带生物种类组成

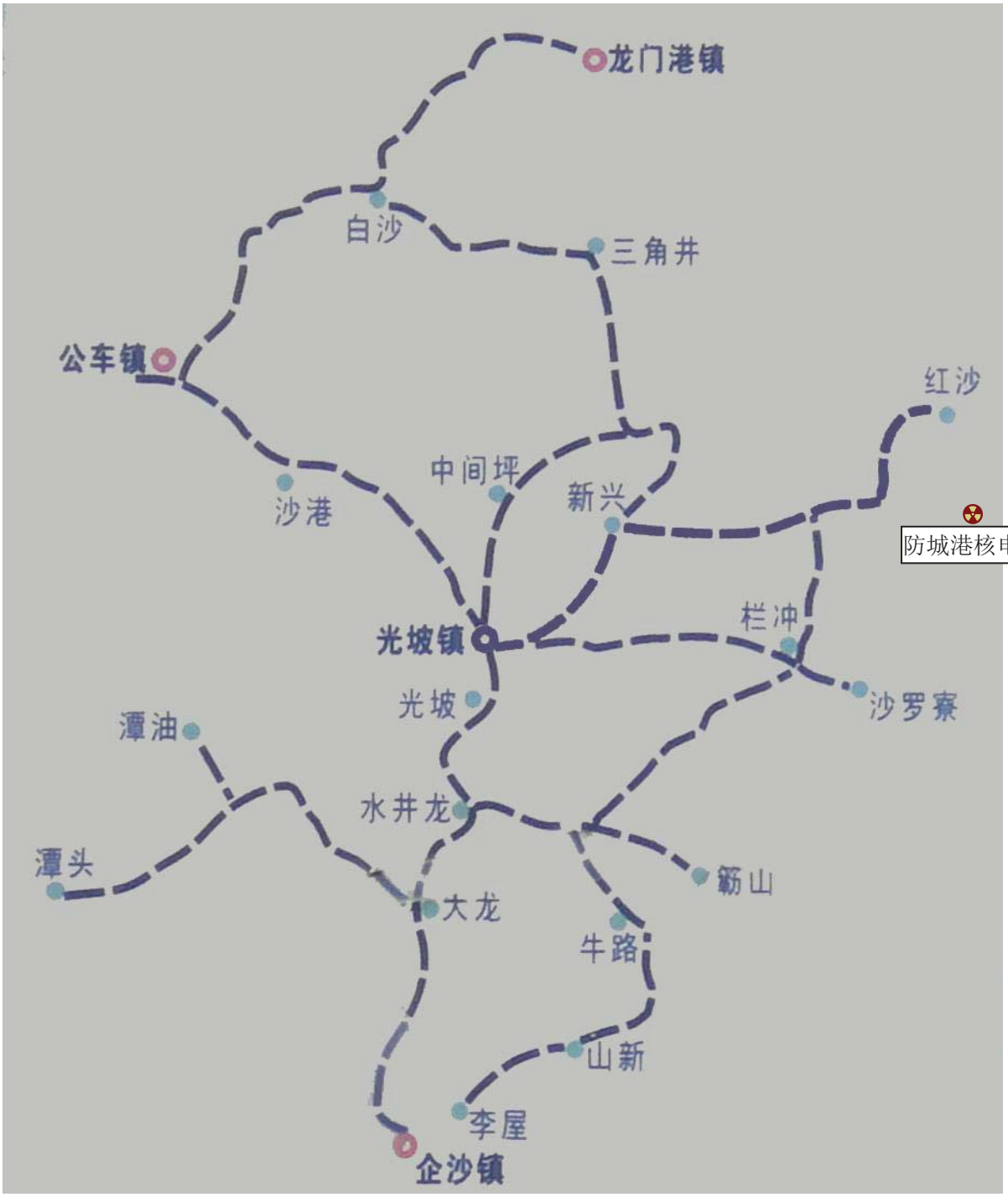
项目	多毛类	软体动物	节肢动物	棘皮动物	底栖鱼类	腕足类	海葵	腔肠动物	螠虫类	星虫类	海豆牙	合计
春季	151 个	291 个	83 个	16 个	1 尾	547 个	2 个	2 个	—	—	—	11 门 26 目 48 科 64 种
夏季	45 个	782 个	140 个	42 个	—	—	—	—	—	2 个	—	8 门 20 目 40 科 58 种
秋季	23 个	304 个	154 个	—	1 尾	—	6 个		19 个	—	2 个	8 门 19 目 37 科 51 种
冬季	92 个	334 个	43 个	5 个	5 尾	—	1 个	3 个	—	—	—	9 门 24 目 50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

表 2.3-12　海域潮间带生物多样性指数及均匀度

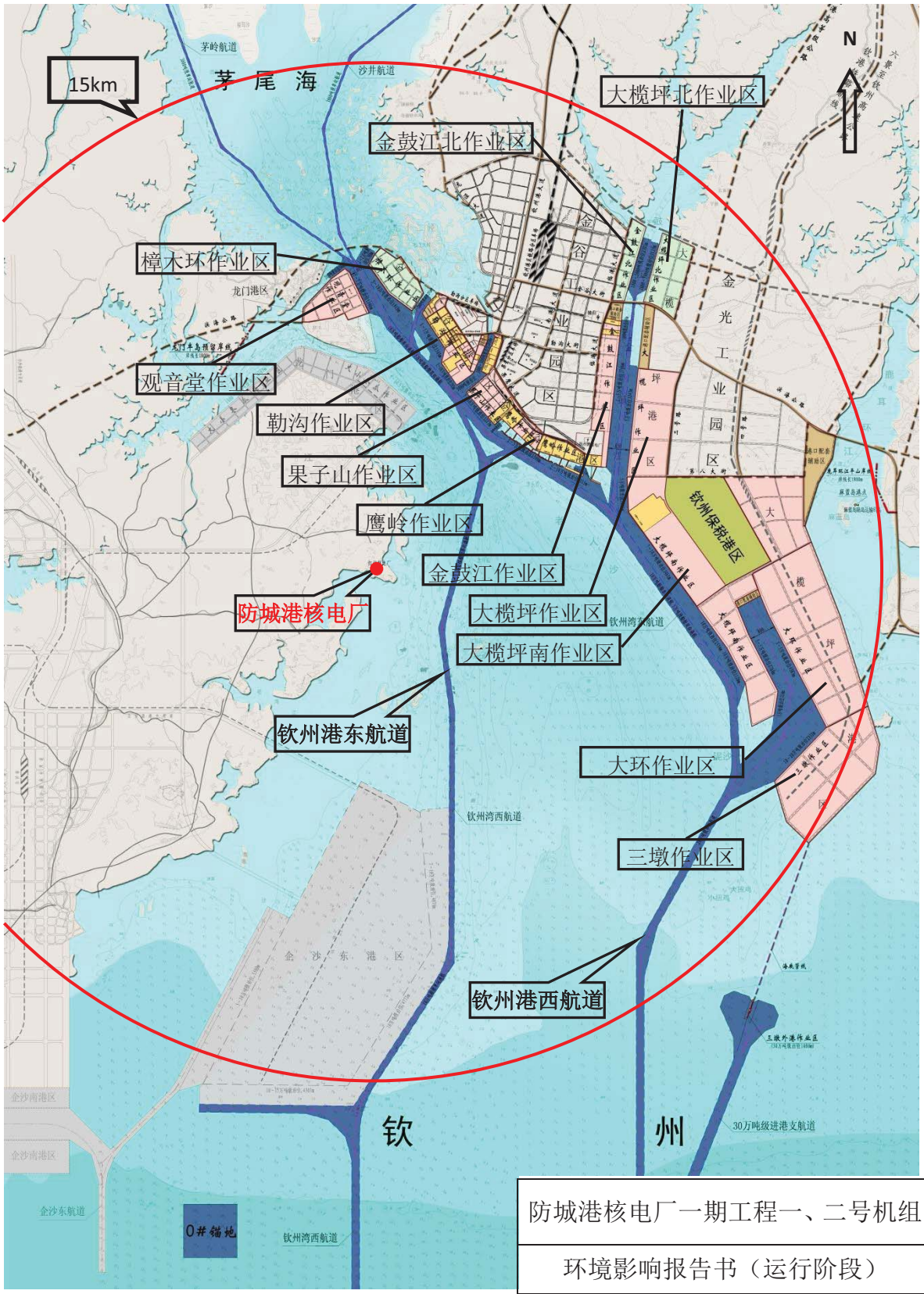
项目	多样性指数		均匀度	
	范围	平均值	范围	平均值
春季	0.449～3.211	1.842	0.398～0.947	0.700
夏季	0.371～3.365	1.763	0.322～0.960	0.663
秋季	0.000～3.085	1.796	0.000～0.991	0.753
冬季	0.000～3.125	1.783	0.000～0.961	0.711

表 2.3-13　海域游泳生物组成及特征值

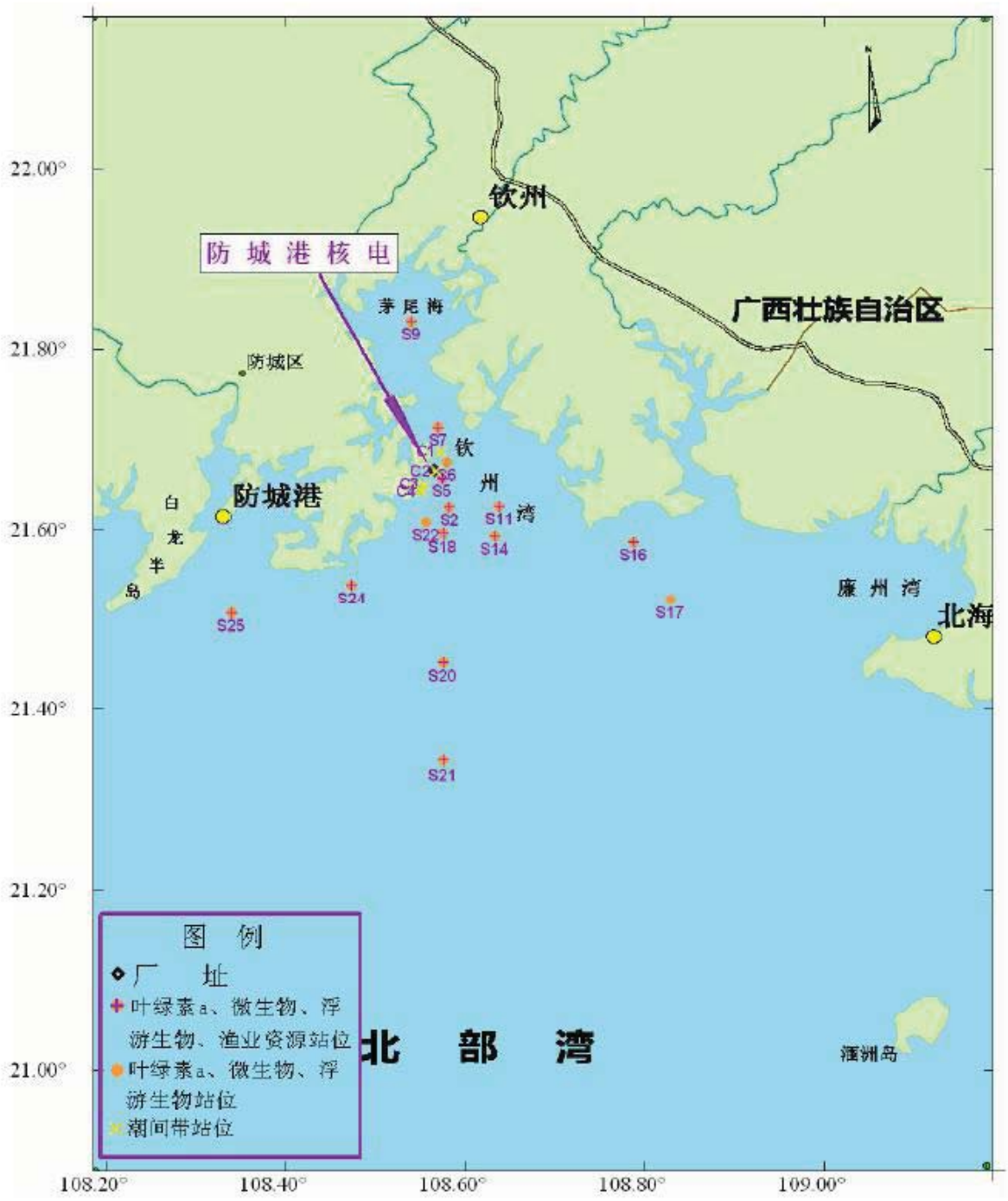
项目	种类数（种）			渔获量及组成				总平均渔获率（kg/h）	总平均资源密度（kg/km^2）	总渔获尾数（尾）	总平均尾数渔获率（尾/h）	平均尾数资源密度（尾/km^2）
	鱼类	甲壳类	头足类	总渔获量（kg）	鱼类（%）	甲壳类（%）	头足类（%）					
春季	36	27	4	138.373	76.54	17.79	5.66	16.353	469.598	14725	1899.8	55907.1
夏季	67	22	4	317.382	52.08	37.87	10.05	39.547	1109.878	29442	3658.2	102116.4
秋季	60	28	5	33.660	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



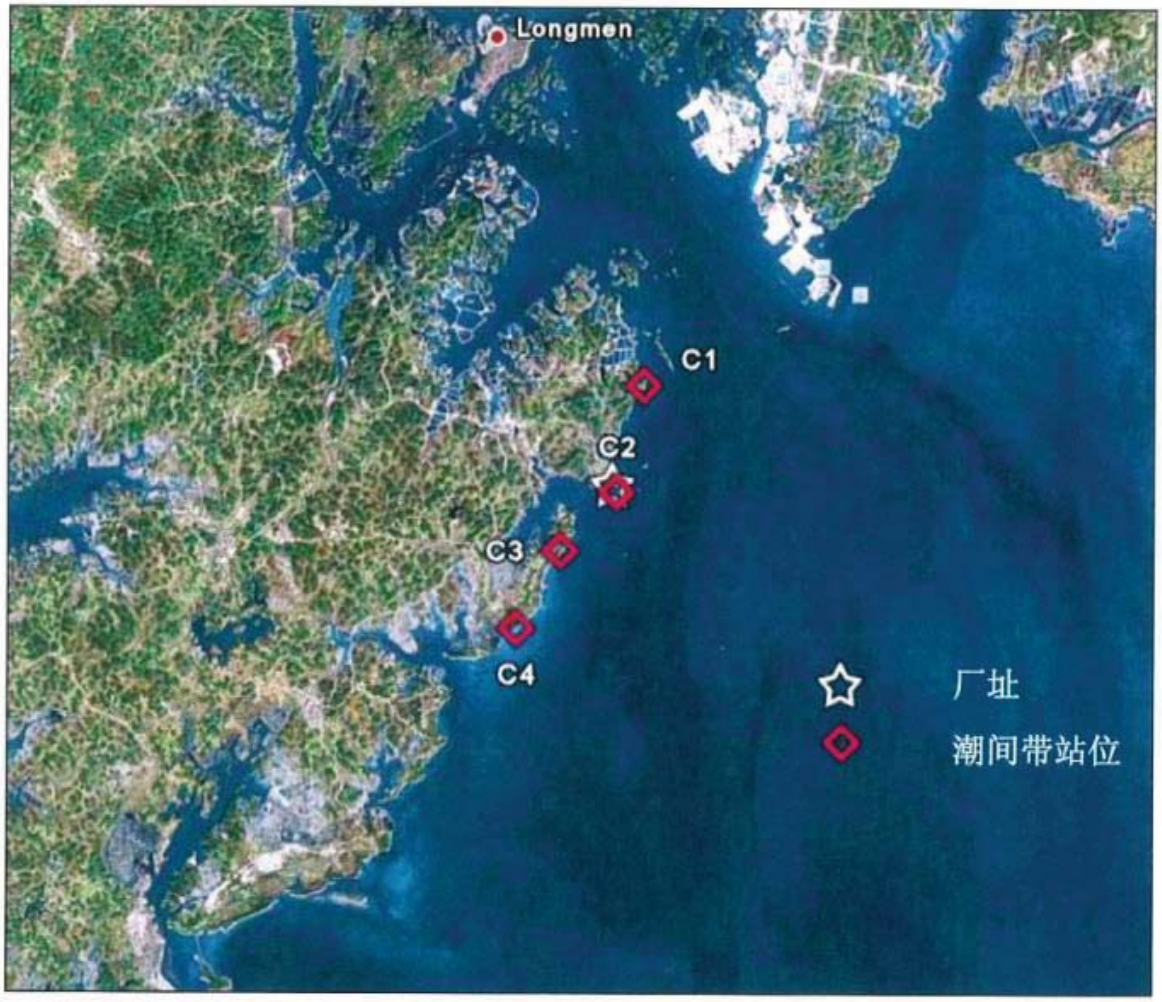
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址附近乡村公路分布示意图		
图 2.3-4	版次：	A



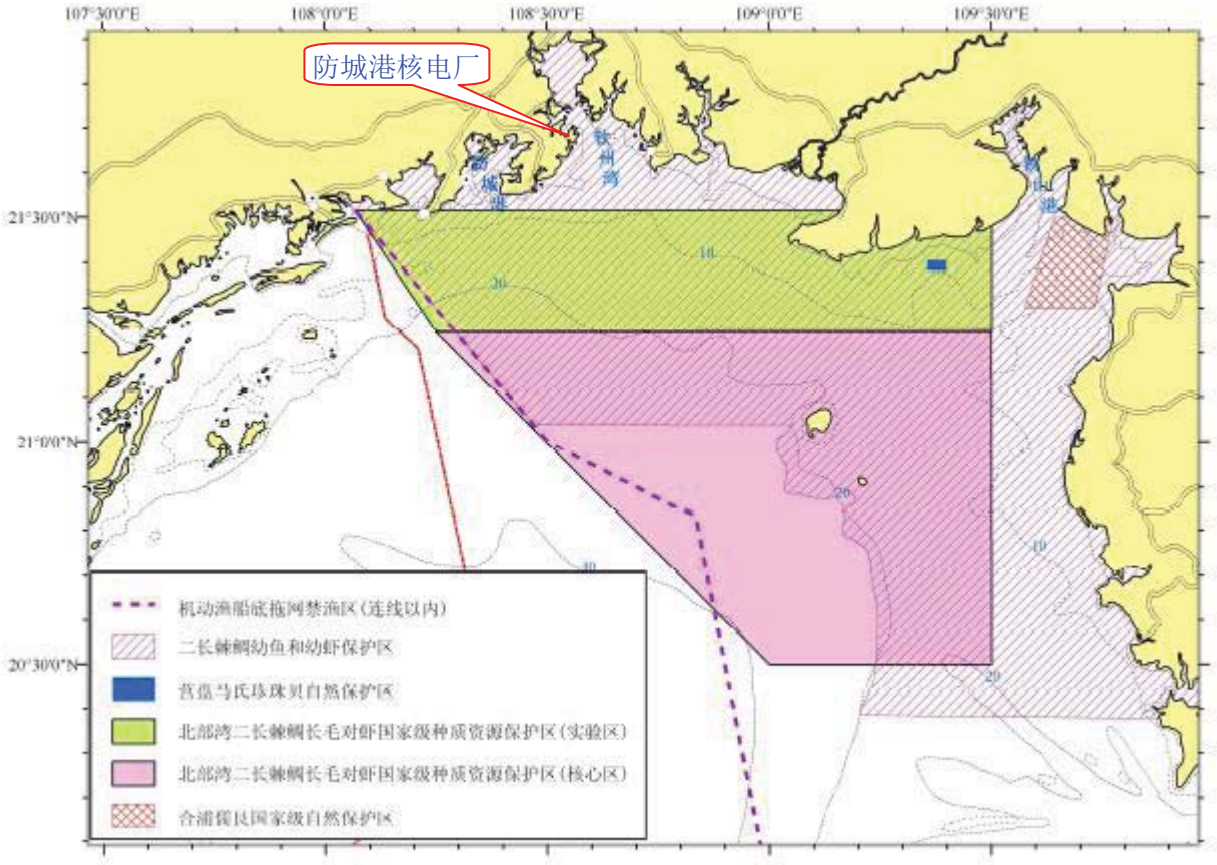
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
钦州港各作业区、东西航道 与核电厂的相对位置示意图		
图 2.3-6	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址附近海域海洋生物调查站位图		
图 2.3-9	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址附近海域潮间带生物调查站位图		
图 2.3-10	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址附近海域生物物种保护区分布示意图		
图 2.3-11	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（1982-2007年）
表2.4-3　钦州站累年气象特征值（1953-2007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（1961-2007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、稳定度和降水联合频率
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（1953-2007年）
图2.4-3　厂址气象站位置示意图（略）
图2.4-4　气象塔各层全年风向玫瑰图
图2.4-5　气象塔10m全年降水期间风向玫瑰图
图2.4-6　试验结果与Briggs乡村扩散参数和P-G扩散参数的比较
图2.4-7　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。该地区气候主要受如下气团影响：

— 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。钦州气象观测站位于核电厂址以北约 33.1km，防城气象观测站位于核电厂址西北约 23.9km，两个气象观测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，而且钦州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 1953 年至 2007 年的观测资料作为描述防城港核电厂区域气象的主要气象资料依据。

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 28.4℃；1 月份月平均气温最低，为 13.7℃。

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。

钦州站年平均海平面气压为 1011.4hPa，平均气压年变化在 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，平均气压年变化在 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%。6 月份月平均相对湿度最大，为 86%；12 月份月平均相对湿度最小，为 72％。

防城港站相对湿度全年平均为 80%，6 月份月平均相对湿度最大，为 87%；12 月份月平均相对湿度最小，为 70％。

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 1752.1 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 17%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 2129.6mm，春、夏季降水量占全年的 77.6%。

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，春季风向集中于偏北方位，偏南方位次之；夏季风向集中于偏南方位，秋、冬季风向集中于偏北方位。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 24.9%；

冬季主导风向为 N，频率为 32.5%；

春季主导风向不明显，N 和 S 向风交替出现，频率分别为 15.%和 14.4%。

全年主导风向为 N，频率为 19%，次主导风向为 S，频率为 11%。

全年静风频率为 10%。

钦州站全年年平均风速为 2.5m/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 18%，次主导风向为 N，频率为 16%。

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）包括地面站和百米气象塔，具体位置见图 2.4-3。

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 2012 年 3 月至 2014 年 2 月两整年气象数据，数据联合获取率为 97.8%，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 2012 年 3 月~2014 年 2 月两整年的气象要素（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 22.0℃，8 月平均气温最高，为 27.9℃，1 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 22.0℃，8 月平均气温最高，为 27.8℃，1 月平均气温最低，为 13.6℃。

气象塔 30m 高度年平均气温 21.9℃，8 月平均气温最高，为 27.8℃，1 月平均气温最低，为 13.7℃。

气象塔 80m 高度年平均气温 21.9℃，8 月平均气温最高，为 27.8℃，1 月平均气温最低，为 13.6℃。

气象塔 100m 高度年平均气温 21.6℃，8 月平均气温最高，为 27.5℃，1 月平均气

温最低，为 13.4℃。

2.4.2.2 气压

厂址地区全年平均气压为 1006.7hPa，1 月份平均气压最高，为 1016.3hPa，6 月份平均气压最低，为 997.3hPa。

2.4.2.3 相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 85.4%，全年月平均相对湿度在 75.5%至 92.0%之间波动。

2.4.2.4 降水量

厂址地区年降水量为 1867.6mm。年内各月降水分配不均，雨水主要集中在汛期 4~11 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 2.4-4 给出了气象塔各层全年风向玫瑰图。图 2.4-5 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%、1.3%和 2.4%。
- 10m、30m、80m 和 100m 高度层主导风向为 N；
- 10m、30m、80m 和 100m 高度层平均风速分别为 4.2m/s、4.5m/s、5.8m/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，以北风（N）为主，10m 高度北风频率为 32.4％，30m 高度北风频率为 28.7％，80m 高度北风频率为 27.5％，100m 高度北风频

率为 25.9%。

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 08 月 04 日和

02 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（02 日只发生风向偏转，未形成环流）。根据夏季 08 月 04 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。由此推荐使用温度梯度-风速稳定度分类法时，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 2.4-6 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。计算扩散参数与 P-G 扩散参数相比：侧向扩散参数基本相当，其中不利于扩散的稳定类条件下计算扩散参数比 P-G 扩散参数大，P-G 扩散参数更保守；垂直向扩散参数也基本一致，稳定类条件下扩散参数相当。综合起来，P-G 扩散参数比计算扩散参数更为保守。

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2.4-8。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）。

根据《广西防城港核电项目可行性研究阶段海洋水文分析与计算专题》成果，得到设计基准热带气旋的参数如下：

— 热带气旋中心最低气压 Po＝906hPa；

— 热带气旋外围气压 P∞＝1010hPa；

— 热带气旋最大风速半径 R＝40km；

— 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，占所有确切记录日的 57%。

补充调查 2008-2012 年厂址区域的龙卷风资料，防城港核电厂址区域共出现了 8 个龙卷风个例，其中 F0 级 6 个，F1 级 1 个，F2 级 1 个，未发现有 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）：70；

— 最大旋转风速（m/s）：56.5；

— 最大平移风速（m/s)：13.5；

— 最大压降速率（hPa/s）：9.91；

— 总压力降（hPa）：36.7；

— 飞射物的速度（m/s）：24.5。

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）。

2.4.5 联合频率

联合频率统计采用厂址百米气象塔 2012 年 3 月至 2014 年 2 月两整年的气象数据。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 0.2%，B 类 2.7%，C 类 6.8%，D 类 68.0%，E 类 6.9%，F 类 15.4%。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、雨凇、雾凇、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筑物，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。图 2.4-3 给出了厂址地面气象观测站和气象塔的历次搬迁站址位置。

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	21º47'	108º21'	32.4	防城各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	21º57'	108º37'	5.0	钦县钦州镇四马路 9 号“郊外”
		1960~1980	21º57'	108º37'	4.0	钦县钦州镇地基庙 28 号“郊外”
		1981 年至今	21º57'	108º37'	4.5	钦州镇三马路南巷 80 号“郊外”
防城港	一般站	1993 年至今	21º 37'	108º21'	31.3	港口区郊外

表 2.4-2　防城站累年气象特征值（1982-2007 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(℃)	14.1	15.5	18.2	22.9	26.0	27.6	28.1	27.7	26.5	24.3	20.1	15.9	22.2
极端最高气温(℃)	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(℃)	2.1	2.9	3.5	9.2	13.9	17.8	20.1	21.7	15.4	12.0	6.3	1.4	1.4
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

表 2.4-3　钦州站累年气象特征值（1953-2007 年）

月份 / 项目	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(℃)	13.7	14.8	18.1	22.3	26.3	27.8	28.4	28.1	27.0	24.0	19.8	15.8	22.2
极端最高气温(℃)	28.1	29.2	31.8	33.4	36.5	37.0	37.9	37.5	37.0	35.3	32.9	31.5	37.9
极端最低气温(℃)	-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)	5.5	20.6	84.1	78.3	289.3	357.6	414.5	69.5	219.1	40.7	24.1	43.1	1646.4
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)	9.9	20.5	18.2	22.9	27.1	32.5	32.8	31.8	29.5	24.5	15.7	12.0	23.1
相对湿度(%)	76	81	84	84	83	86	85	85	80	75	72	72	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)	85.5	59.0	65.1	103.7	177.1	171.3	210.0	192.7	199.9	195.3	162.4	130.6	1752.1
日照百分率(%)	25	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	2.9	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5	2	2.2	2.4	2.5	2.5	2.5
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

表2.4-4　防城港站累年气象特征值（1995-2007年）

项目 \ 月份	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(℃)	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(℃)	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(℃)	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（1961-2007 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	24.9	32.5	19
NNE	8.2	4.7	13.1	12.7	10
NE	3.8	4.5	6.2	4.5	5
ENE	2.1	4.2	3.5	1.7	3
E	2.7	6	3.4	1.9	4
ESE	4.4	6.9	3.2	2.2	4
SE	6.2	6.1	2.6	2.9	5
SSE	8	8.5	2.5	3.2	6
S	14.4	18.1	5	5.2	11
SSW	11.9	12.2	4.2	4.2	8
SW	2.6	3.9	2.2	2	3
WSW	0.9	1.8	1.2	0.9	1
W	0.7	1.1	0.7	0.5	1
WNW	0.7	1.4	0.8	0.6	1
NW	1.8	2.1	2.5	1.4	2
NNW	8.2	3.9	13.1	13.1	10
C	7.7	9.6	10.9	10.5	10

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(℃) / 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	13.6	22.9	4.1	13.7	22.3	4.0	13.6	22.2	3.5	13.4	22.0	3.3	13.7	23.6	4.2
二月	14.5	22.9	4.8	14.4	22.4	4.7	14.3	23.8	4.0	14.1	23.6	3.9	14.6	24.8	4.8
三月	18.7	30.2	8.7	18.7	29.7	8.6	18.7	29.5	8.2	18.5	28.8	7.9	18.8	31.2	8.7
四月	22.7	29.8	14.2	22.5	29.4	14.2	22.4	29.1	13.9	22.1	28.5	13.6	22.8	30.6	14.2
五月	26.4	31.6	20.0	26.3	31.3	19.9	26.2	31.3	19.9	25.8	30.6	19.5	26.5	32.7	20.0
六月	27.6	33.1	21.7	27.5	32.7	21.8	27.6	32.6	21.7	27.1	32.0	21.1	27.6	34.3	21.3
七月	27.7	32.1	22.8	27.6	31.6	23.1	27.6	31.4	23.4	27.1	30.8	23.1	27.7	33.2	22.8
八月	27.8	35.0	23.2	27.8	34.7	23.3	27.8	34.2	23.4	27.5	34.0	22.8	27.9	42.2	22.9
九月	26.4	32.9	18.4	26.4	32.5	18.3	26.4	32.4	18.0	25.9	31.8	17.6	26.5	33.3	18.1
十月	24.4	31.5	16.6	24.4	31.1	17.6	24.4	30.9	17.7	24.0	30.3	17.3	24.3	32.3	15.7
十一月	20.2	28.6	11.7	20.1	28.1	11.7	20.0	27.8	11.3	19.7	27.4	11.1	20.2	30.7	11.4
十二月	14.4	23.2	7.2	14.4	22.9	7.1	14.3	23.6	6.6	14.1	23.5	6.5	14.4	23.9	6.6
全年	22.0	35.0	4.1	21.9	34.7	4.0	21.9	34.2	3.5	21.6	34.0	3.3	22.0	42.2	4.2

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	1016.3	1026.2	1008.1	81.8	37.0	20.1	37.0
二月	1012.7	1023.7	1002.8	90.3	44.0	43.9	98.0
三月	1009.1	1022.9	998.2	89.0	35.0	39.3	73.5
四月	1004.8	1017.1	992.4	90.7	43.0	145.3	70.0
五月	1001.2	1009.5	994.1	91.4	42.0	263.0	72.5
六月	997.3	1005.7	990.0	90.5	31.0	198.7	100.5
七月	998.7	1004.3	987.9	92.0	49.0	231.5	67.5
八月	999.0	1007.4	909.7	86.3	38.0	282.8	77.0
九月	1004.3	1011.7	993.0	81.3	31.0	240.7	60.0
十月	1009.3	1017.1	1002.7	76.9	27.0	125.5	42.5
十一月	1011.3	1023.0	997.3	82.8	31.0	210.5	87.5
十二月	1014.8	1025.3	1006.7	75.5	30.0	66.6	64.0
全年	1006.7	1026.2	909.7	85.4	27.0	1867.6	850.0

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＜rr＜0.2	210	21
0.2≤rr＜0.5	220.5	60.7
0.5≤rr＜1.0	119	78.8
1.0≤rr＜2.0	110.5	155.4
2.0≤rr＜5.0	100	314.5
5.0≤rr＜7.0	23.5	141.9
7.0≤rr＜10.0	20.5	173.1
10.0≤rr＜15.0	22.5	272.9
15.0≤rr＜20.0	8.5	146.6
20.0≤rr＜30.0	8.5	212.2
30.0≤rr	6.5	290.5

rr 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）

高度 月份	10m	30m	80m	100m
一月	4.8	5.6	6.8	7.1
二月	4.4	5.3	6.4	6.7
三月	4.2	4.9	5.9	6.1
四月	3.7	4.4	5.4	5.6
五月	3.7	4.4	5.3	5.4
六月	3.9	4.7	5.7	5.9
七月	3.6	4.3	5.1	5.3
八月	3.2	3.8	4.5	4.6
九月	4.0	3.2	4.8	5.6
十月	4.1	2.2	5.6	5.7
十一月	4.7	5.3	6.5	6.8
十二月	5.4	6.3	7.5	7.8
全年	4.2	4.5	5.8	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	54.5	33.4	34.1	24.1	14.2	18.4	4.4	22.4	37.9	41.1	42.9	56.9	32.4
NNE	13.0	17.4	7.0	7.7	6.9	5.3	2.2	6.2	17.9	16.4	26.5	23.0	12.5
NE	1.7	2.1	1.6	3.1	3.0	2.0	2.1	2.7	5.5	5.1	2.9	1.7	2.8
ENE	1.2	1.6	1.4	1.3	1.2	1.7	2.7	1.7	2.8	2.2	1.5	0.8	1.7
E	1.4	1.8	2.0	1.5	3.3	1.8	5.4	3.6	3.8	2.6	2.0	0.9	2.5
ESE	2.0	2.2	3.0	2.2	2.4	1.3	4.3	2.3	2.1	2.0	1.5	1.8	2.3
SE	4.6	6.3	13.0	6.8	7.7	3.2	10.0	6.4	3.8	4.8	4.1	4.3	6.3
SSE	6.6	11.8	12.1	10.7	12.7	8.2	11.9	7.0	3.6	5.8	5.3	2.5	8.1
S	4.8	8.1	7.5	8.0	9.1	6.6	8.5	7.4	3.5	4.5	4.3	2.1	6.2
SSW	2.8	6.4	5.6	11.9	17.0	20.3	22.3	7.2	2.8	3.0	3.2	1.2	8.5
SW	1.4	2.1	2.4	9.5	11.7	15.4	10.5	6.5	2.8	1.8	1.0	0.7	5.4
WSW	0.7	1.9	2.9	6.8	5.2	5.5	6.2	6.8	3.1	1.8	0.7	0.4	3.5
W	0.7	1.3	1.4	2.3	1.5	2.0	2.0	4.4	1.2	1.0	0.4	0.0	1.5
WNW	0.7	0.9	1.1	0.8	0.6	1.7	1.3	2.6	1.6	1.3	0.5	0.6	1.1
NW	0.5	0.9	1.1	1.1	1.4	2.4	2.3	5.9	2.6	2.1	0.3	0.5	1.7
NNW	3.4	1.7	3.6	2.2	2.1	4.0	3.6	7.0	5.0	4.5	2.8	2.5	3.5
C	0.7	2.2	1.6	0.9	1.2	1.2	1.3	1.6	1.2	0.6	0.4	0.6	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	49.2	38.5	25.6	17.9	10.5	17.6	4.3	22.1	23.9	24.0	52.3	52.7	28.7
NNE	9.5	8.2	15.2	13.8	9.8	6.6	2.7	8.1	24.0	15.4	13.4	15.1	11.4
NE	2.2	1.0	2.6	3.3	3.0	2.9	2.0	3.0	6.5	5.3	2.4	1.1	2.8
ENE	1.8	1.6	2.0	1.6	2.3	2.0	2.4	2.7	4.1	4.5	1.4	0.6	2.1
E	1.6	1.8	1.6	1.7	2.4	2.0	4.2	3.0	4.0	3.0	2.6	0.7	2.3
ESE	4.1	5.1	3.6	1.9	3.7	1.3	5.9	2.5	3.3	3.0	1.6	2.2	3.2
SE	7.8	10.2	11.0	5.7	5.5	2.7	7.8	5.9	4.0	6.1	3.8	3.4	6.2
SSE	5.4	9.2	11.6	8.8	11.5	5.9	11.2	5.8	4.9	9.6	6.2	3.5	7.7
S	3.0	5.9	9.5	9.0	9.8	8.1	10.3	7.8	5.4	8.4	3.1	2.9	6.9
SSW	1.3	5.3	5.5	10.8	11.6	10.5	15.1	6.6	4.4	5.4	3.3	0.8	6.8
SW	0.9	2.6	3.4	9.8	17.6	22.8	18.6	8.2	4.6	4.5	1.7	0.6	8.1
WSW	1.1	2.3	2.8	8.6	7.5	9.4	6.8	6.6	3.4	2.8	0.6	0.2	4.4
W	0.6	1.0	2.5	4.1	1.8	2.9	3.5	6.1	2.5	1.5	0.1	0.1	2.3
WNW	0.4	0.4	0.7	1.1	1.2	1.7	1.0	3.0	1.8	1.8	0.1	0.2	1.1
NW	0.7	0.5	0.9	1.0	0.6	1.7	1.7	3.0	1.0	2.3	0.4	0.5	1.2
NNW	10.4	6.3	1.6	0.9	1.1	2.0	2.6	5.4	2.3	2.4	6.9	15.3	5.0
C	0.4	1.4	0.7	0.3	0.5	0.6	0.7	1.1	1.3	0.8	2.6	0.3	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	37.7	29.2	23.6	13.7	9.7	17.4	3.8	23.2	33.9	43.1	46.8	45.7	27.5
NNE	13.4	8.7	7.5	8.3	5.2	5.1	1.3	5.7	9.6	6.2	9.1	11.9	7.7
NE	6.9	5.0	3.4	7.1	3.3	2.8	1.1	3.9	7.3	6.6	8.0	8.5	5.3
ENE	5.3	3.7	4.4	4.3	2.7	2.2	1.8	2.3	6.1	5.2	5.7	5.1	4.1
E	3.4	3.0	4.1	2.3	3.8	2.9	3.5	3.7	4.4	4.1	3.8	1.8	3.4
ESE	5.9	6.0	4.9	2.2	4.4	2.2	4.2	3.4	3.0	4.2	2.2	1.0	3.6
SE	5.6	5.4	10.3	3.3	5.4	2.4	7.0	4.2	3.9	2.6	3.2	1.3	4.5
SSE	4.9	6.0	4.4	4.0	6.2	5.3	9.0	4.2	3.8	3.9	2.8	3.9	4.9
S	4.9	6.4	4.1	8.5	7.3	5.8	8.9	5.0	3.5	5.8	4.1	3.6	5.7
SSW	2.2	7.5	8.9	12.4	12.0	7.9	16.7	7.0	2.9	4.3	3.7	2.3	7.3
SW	1.8	5.0	6.6	10.7	15.1	12.8	16.6	7.6	4.3	4.8	4.0	2.5	7.6
WSW	1.0	5.1	5.9	11.1	11.8	14.0	9.2	7.0	5.2	3.2	2.5	0.7	6.3
W	0.5	1.6	4.5	6.0	6.9	7.4	6.2	6.5	4.1	1.7	1.3	0.2	3.9
WNW	0.3	1.3	2.2	3.1	4.0	6.4	4.5	6.7	2.1	0.9	0.4	0.3	2.7
NW	0.9	0.7	2.6	2.2	1.3	3.5	3.0	4.9	1.6	0.9	0.3	0.2	1.8
NNW	5.3	5.4	2.6	0.8	0.9	1.7	3.1	4.7	4.3	2.6	2.1	11.1	3.7
C	0.2	0.3	0.5	0.1	0.1	0.3	0.3	0.6	13.4	0.7	0.3	0.2	1.3

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	40.6	23.6	29.4	20.8	12.4	18.8	2.7	22.4	31.3	31.1	30.1	45.2	25.9
NNE	17.7	20.8	7.4	10.1	7.1	5.4	1.4	5.7	17.3	17.5	26.9	26.0	13.7
NE	7.5	5.3	3.5	3.4	3.0	3.0	1.8	4.4	9.2	11.0	12.7	10.3	6.3
ENE	3.7	2.1	2.6	2.3	2.5	1.9	2.9	3.0	7.4	6.9	4.0	2.9	3.5
E	2.1	2.3	2.7	1.6	3.3	1.9	5.1	3.2	4.8	2.7	2.7	1.0	2.8
ESE	4.6	4.8	7.5	3.1	4.1	1.6	7.1	3.7	3.8	4.9	2.8	2.9	4.2
SE	7.1	9.2	13.4	7.6	9.3	3.0	10.8	5.4	3.7	6.0	5.3	3.8	7.0
SSE	6.3	11.8	8.3	7.0	9.3	6.3	9.8	6.0	4.0	4.5	4.8	3.2	6.7
S	3.8	8.5	8.4	8.1	10.2	8.9	10.4	7.4	3.5	5.2	4.4	3.1	6.8
SSW	1.9	4.7	5.1	10.0	13.2	17.5	22.1	10.2	4.0	3.5	2.5	1.1	7.9
SW	1.4	3.4	3.7	12.5	17.1	19.8	13.8	6.8	2.9	2.8	2.0	0.1	7.1
WSW	1.0	1.5	4.4	9.3	5.7	6.3	5.4	6.9	2.4	1.4	0.8	0.0	3.7
W	0.9	1.1	1.8	2.4	1.6	2.3	1.9	7.0	2.2	0.7	0.1	0.1	1.8
WNW	0.5	0.2	0.3	1.1	0.4	1.0	1.4	3.2	1.1	0.6	0.2	0.1	0.8
NW	0.5	0.3	0.6	0.4	0.2	0.9	1.7	1.7	1.1	0.5	0.3	0.1	0.7
NNW	0.3	0.5	1.0	0.4	0.5	1.5	1.8	3.0	1.5	0.7	0.4	0.2	1.0
C	1.2	2.7	2.7	2.5	2.1	2.6	3.1	2.7	2.1	4.7	1.1	1.6	2.4

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	WNW	NW	NNW
A	静　风	-	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	0.00
	<1.9	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	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	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.41	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
	2.0~2.9	2.45	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.32	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
	2.0~2.9	2.51	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	3.0~4.9	3.91	0.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01
	5.0~5.9	5.46	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	>6.0	6.74	0.02	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
D	静　风	-	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
	<1.9	1.27	0.16	0.09	0.10	0.05	0.02	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.04	0.01	0.04	0.05
	2.0~2.9	2.43	0.11	0.08	0.07	0.06	0.04	0.02	0.03	0.04	0.05	0.09	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02
	3.0~4.9	3.85	0.62	0.23	0.06	0.04	0.09	0.06	0.08	0.11	0.06	0.20	0.11	0.10	0.04	0.01	0.05	0.07
	5.0~5.9	5.44	0.37	0.09	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.01	0.07	0.05	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
	>6.0	8.47	1.97	0.54	0.07	0.04	0.11	0.04	0.13	0.12	0.03	0.11	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	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	2.40	0.12	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.05	0.02	0.04	0.06	0.03	0.01	0.02	0.04	0.06
	3.0~4.9	3.97	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	5.0~5.9	5.70	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
	>6.0	6.10	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
F	静　风	-	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	<1.9	1.23	0.14	0.06	0.04	0.03	0.04	0.02	0.05	0.04	0.07	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.07	0.08
	2.0~2.9	2.33	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	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	-	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
	<1.9	1.10	0.03	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01
	2.0~2.9	2.47	0.01	0.01	0.00	0.02	0.06	0.07	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	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	-	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
	<1.9	1.48	0.27	0.14	0.16	0.11	0.15	0.12	0.22	0.20	0.17	0.17	0.09	0.05	0.03	0.03	0.05	0.09
	2.0~2.9	2.46	0.20	0.07	0.04	0.09	0.09	0.06	0.18	0.21	0.14	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.07
	3.0~4.9	4.03	1.32	0.27	0.04	0.05	0.12	0.11	0.28	0.96	0.83	0.50	0.17	0.10	0.03	0.01	0.01	0.11
	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	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
	<1.9	1.43	0.13	0.13	0.11	0.09	0.09	0.06	0.16	0.16	0.15	0.12	0.08	0.04	0.03	0.04	0.01	0.03
	2.0~2.9	2.46	0.27	0.18	0.13	0.10	0.05	0.06	0.26	0.34	0.40	0.16	0.11	0.04	0.02	0.02	0.01	0.02
	3.0~4.9	3.90	1.18	0.41	0.16	0.04	0.11	0.06	0.34	0.75	0.58	0.71	0.13	0.12	0.00	0.00	0.01	0.05
	5.0~5.9	5.41	1.13	0.27	0.05	0.00	0.02	0.04	0.11	0.20	0.19	0.34	0.14	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01
	>6.0	6.43	0.76	0.27	0.01	0.00	0.00	0.01	0.09	0.08	0.01	0.32	0.14	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
D	静 风	-	0.03	0.02	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
	<1.9	1.35	0.55	0.47	0.39	0.28	0.21	0.18	0.40	0.50	0.64	0.71	0.69	0.36	0.21	0.12	0.13	0.15
	2.0~2.9	2.45	1.06	0.72	0.46	0.18	0.38	0.34	0.44	0.83	0.92	0.95	0.96	0.33	0.05	0.02	0.05	0.17
	3.0~4.9	3.83	4.76	1.86	0.38	0.18	0.40	0.34	0.98	1.58	0.84	1.43	0.67	0.43	0.16	0.03	0.05	0.39
	5.0~5.9	5.42	3.16	1.41	0.11	0.01	0.12	0.09	0.53	0.61	0.11	0.54	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05
	>6.0	8.26	10.00	3.96	0.08	0.02	0.09	0.11	1.02	0.50	0.08	0.89	0.26	0.06	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	2.38	1.25	0.41	0.03	0.04	0.02	0.06	0.27	0.20	0.27	0.29	0.56	0.58	0.26	0.20	0.20	0.48
	3.0~4.9	3.52	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.15
	5.0~5.9	5.37	0.13	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
	>6.0	6.10	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
F	静 风	-	0.04	0.05	0.02	0.03	0.06	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
	<1.9	1.34	1.49	0.60	0.23	0.15	0.13	0.25	0.45	0.34	0.37	0.54	0.72	0.63	0.51	0.47	0.69	1.02
	2.0~2.9	2.42	0.33	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.20	0.32
	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

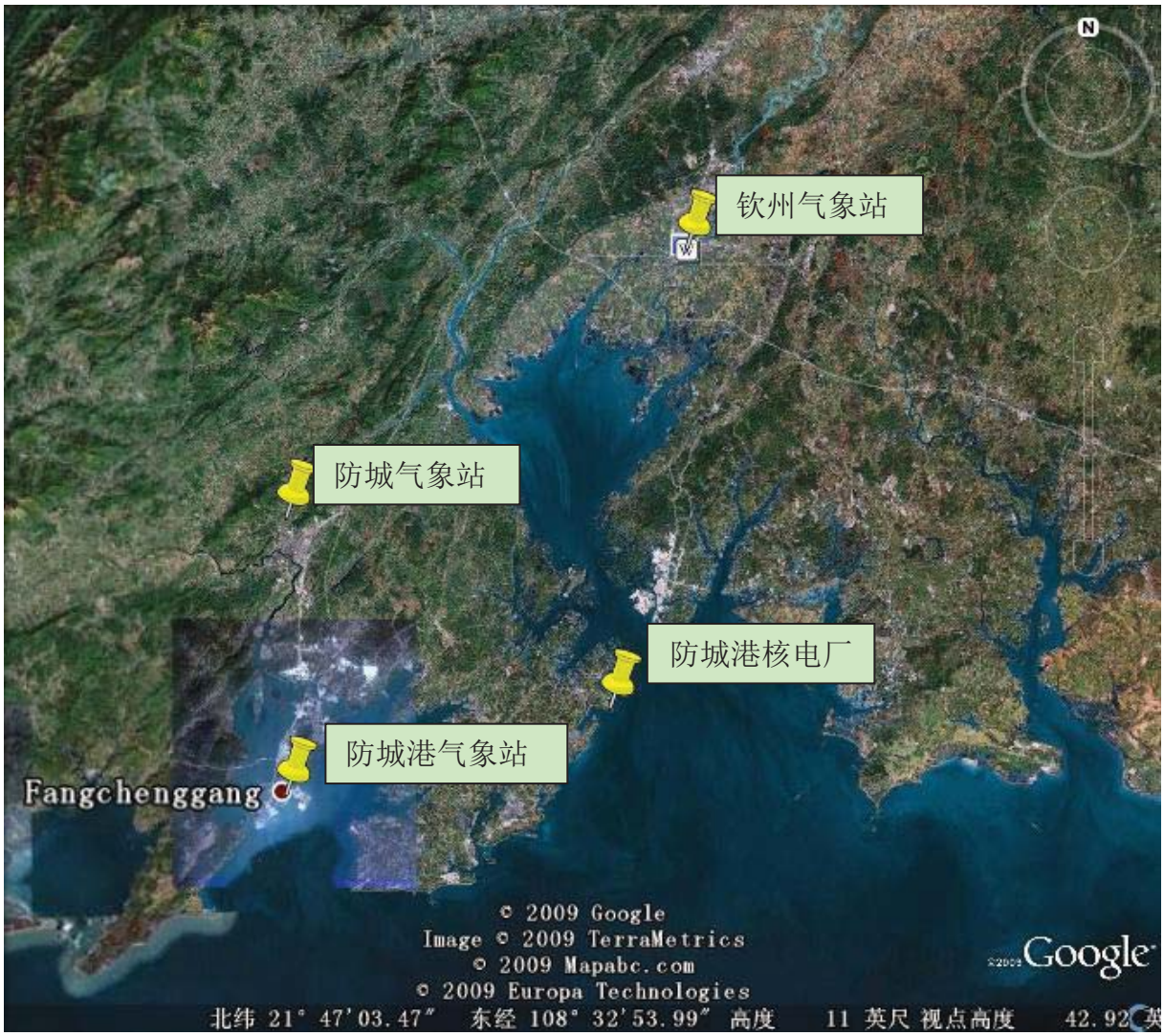
表 2.4-13（3/3） 厂址地区风向、风速、稳定度联合频率（包括有降水和无降水）

单位：%

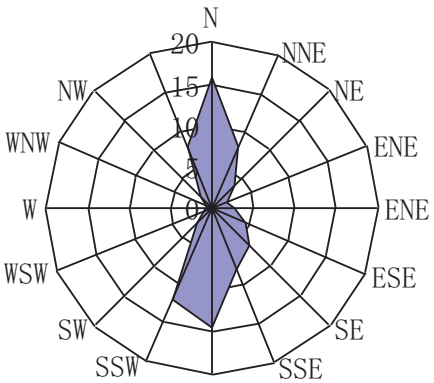
稳定度	风速等级	风速m/s	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A	静 风	-	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00
	<1.9	1.09	0.03	0.01	0.01	0.03	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.02	0.01
	2.0~2.9	2.47	0.01	0.01	0.00	0.02	0.06	0.07	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	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	-	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
	<1.9	1.48	0.27	0.15	0.16	0.11	0.15	0.12	0.22	0.20	0.18	0.18	0.11	0.05	0.03	0.03	0.06	0.09
	2.0~2.9	2.46	0.20	0.07	0.04	0.09	0.09	0.06	0.18	0.21	0.15	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.07
	3.0~4.9	4.03	1.32	0.27	0.04	0.05	0.12	0.11	0.29	1.01	0.86	0.53	0.18	0.11	0.03	0.01	0.01	0.11
	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	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
	<1.9	1.42	0.15	0.15	0.12	0.10	0.11	0.07	0.18	0.16	0.16	0.12	0.08	0.04	0.03	0.04	0.01	0.04
	2.0~2.9	2.46	0.28	0.18	0.13	0.11	0.05	0.07	0.27	0.36	0.40	0.17	0.11	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02
	3.0~4.9	3.90	1.23	0.44	0.17	0.05	0.11	0.06	0.35	0.78	0.60	0.74	0.15	0.14	0.00	0.00	0.01	0.05
	5.0~5.9	5.42	1.14	0.27	0.05	0.01	0.02	0.04	0.11	0.20	0.19	0.37	0.14	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01
	>6.0	6.44	0.78	0.27	0.01	0.00	0.00	0.01	0.10	0.08	0.01	0.32	0.14	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
D	静 风	-	0.03	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02
	<1.9	1.34	0.71	0.55	0.48	0.33	0.23	0.23	0.43	0.56	0.70	0.76	0.75	0.44	0.25	0.13	0.18	0.20
	2.0~2.9	2.45	1.16	0.80	0.53	0.23	0.41	0.37	0.47	0.88	0.97	1.03	1.00	0.39	0.06	0.03	0.06	0.19
	3.0~4.9	3.83	5.38	2.09	0.44	0.21	0.50	0.40	1.06	1.69	0.90	1.63	0.78	0.53	0.20	0.04	0.10	0.46
	5.0~5.9	5.42	3.53	1.50	0.12	0.04	0.15	0.11	0.55	0.65	0.11	0.61	0.23	0.09	0.00	0.00	0.01	0.06
	>6.0	8.29	11.97	4.50	0.15	0.06	0.20	0.15	1.15	0.62	0.11	1.00	0.28	0.08	0.00	0.00	0.01	0.04
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	2.38	1.38	0.43	0.03	0.05	0.02	0.07	0.28	0.25	0.29	0.32	0.62	0.61	0.27	0.23	0.24	0.54
	3.0~4.9	3.55	0.33	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.04	0.16
	5.0~5.9	5.38	0.14	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
	>6.0	6.10	0.01	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
F	静 风	-	0.04	0.05	0.02	0.03	0.06	0.03	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
	<1.9	1.33	1.63	0.66	0.27	0.18	0.18	0.27	0.50	0.38	0.44	0.58	0.75	0.68	0.57	0.52	0.76	1.10
	2.0~2.9	2.42	0.34	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.06	0.20	0.33
	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　防城港核电厂气象观测系统传感器性能指标

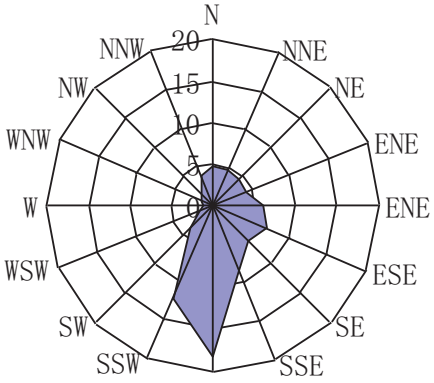
名称	单位	测量范围	准确度	分辨率	灵敏度
风速	m/s	0~60	0.3m/s＋0.03×实际风速	0.1m/s	启动风速
风向	°	0~360	5	3	＜0.5m/s
温度	℃	-50~+50	0.2	0.1	—
降雨量	mm/min	0~4	0.4mm（≤10mm） 4%（＞10mm）	0.1	—
总辐射	KW/m^2	0~1.4	5%	1W/m^2	10μV/W/m^2
净辐射	KW/m^2	-0.2~1.4	15%~20%	1W/m^2	—
气压	hPa	500~1100	0.3	0.1	—
相对湿度	%	0~100%	4%（≤80%） 8%（＞80%）	1%	—



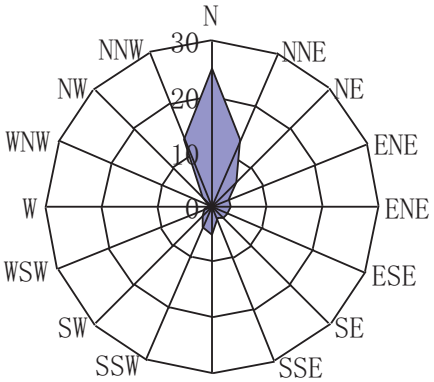
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
气象观测站和厂址的 相对地理位置		
图 2.4-1	版次：	A



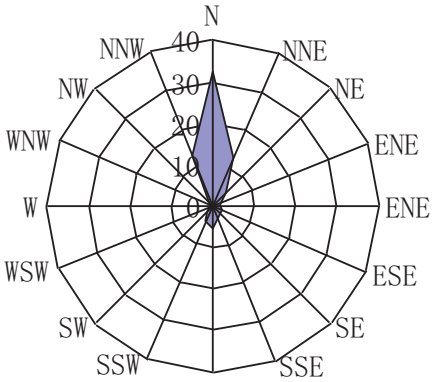
春 C=7.7%



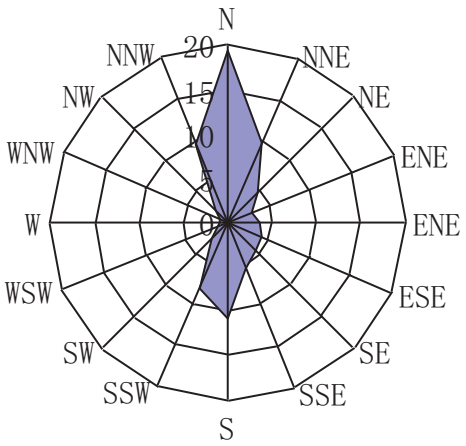
夏 C=9.6%



秋 C=10.9%

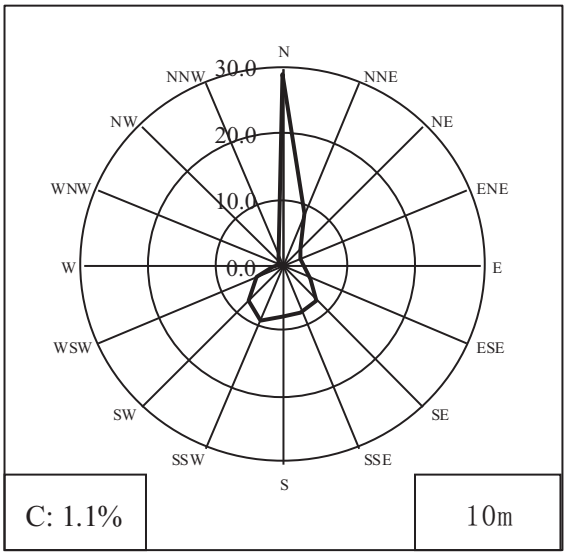


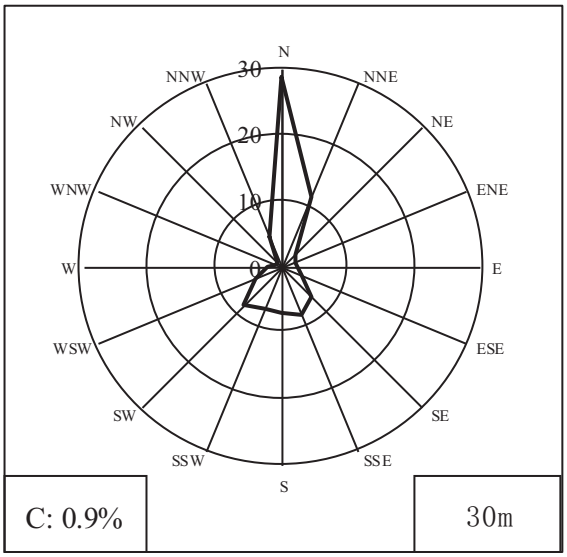
冬 C=10.5%

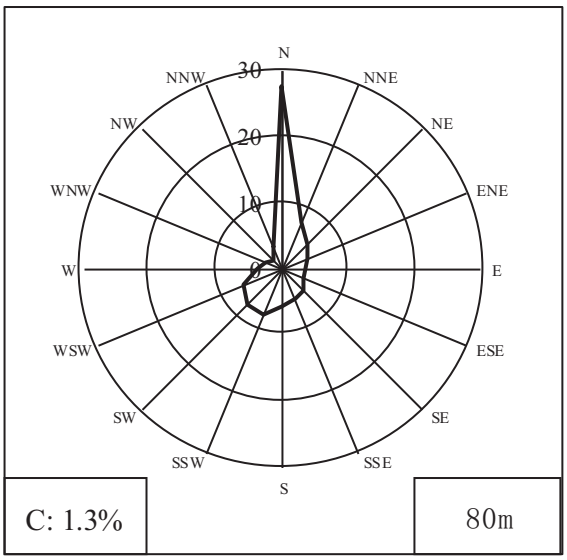


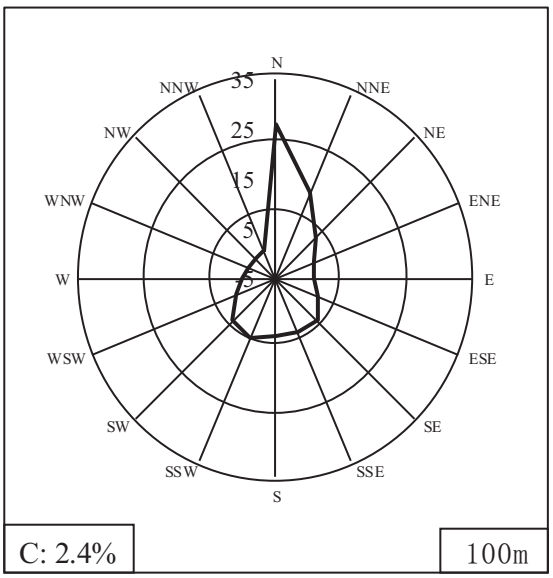
C=10%

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
钦州站季、年风玫瑰图 （1953-2007 年）		
图 2.4-2	版次：	A

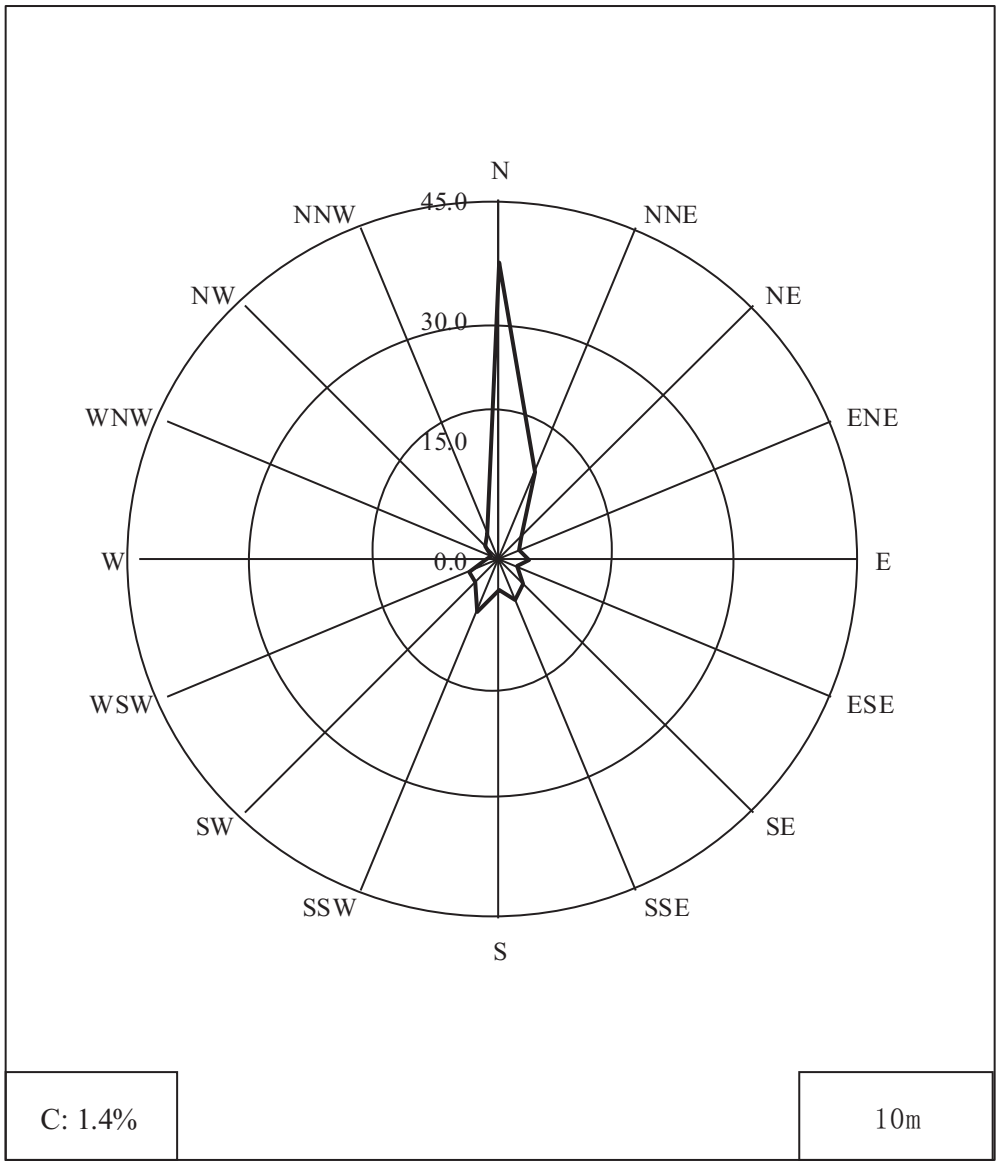




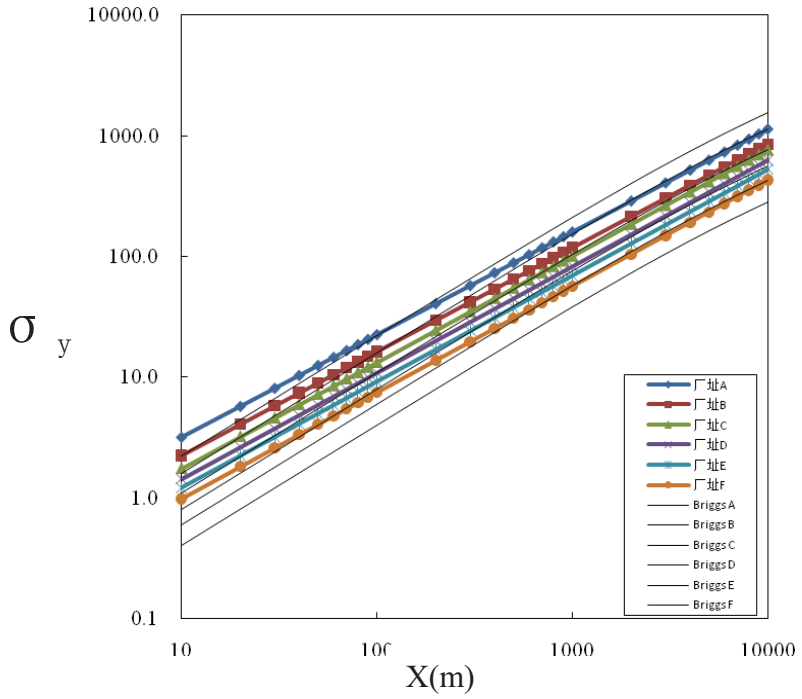


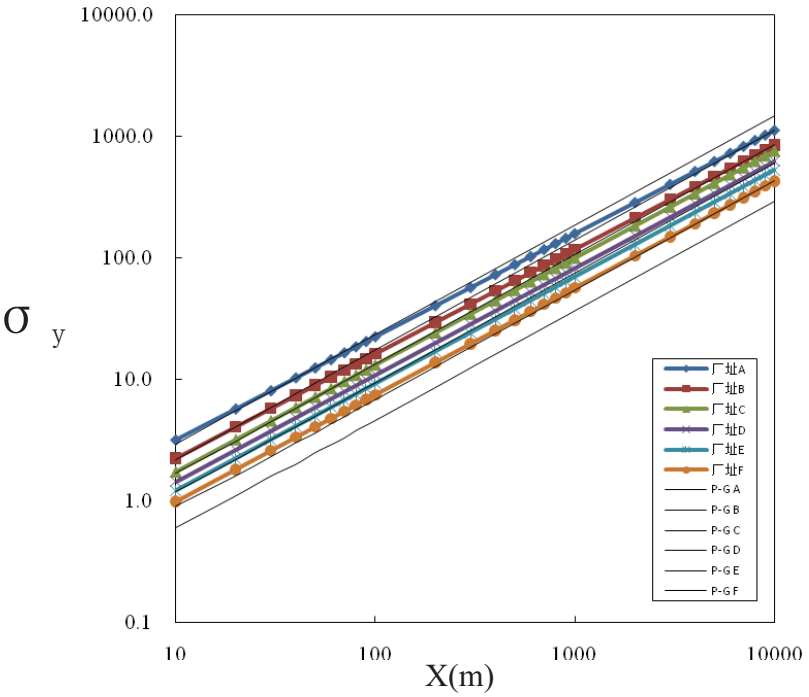


防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
气象塔全年各层风向玫瑰图		
图 2.4-4	版次：	A



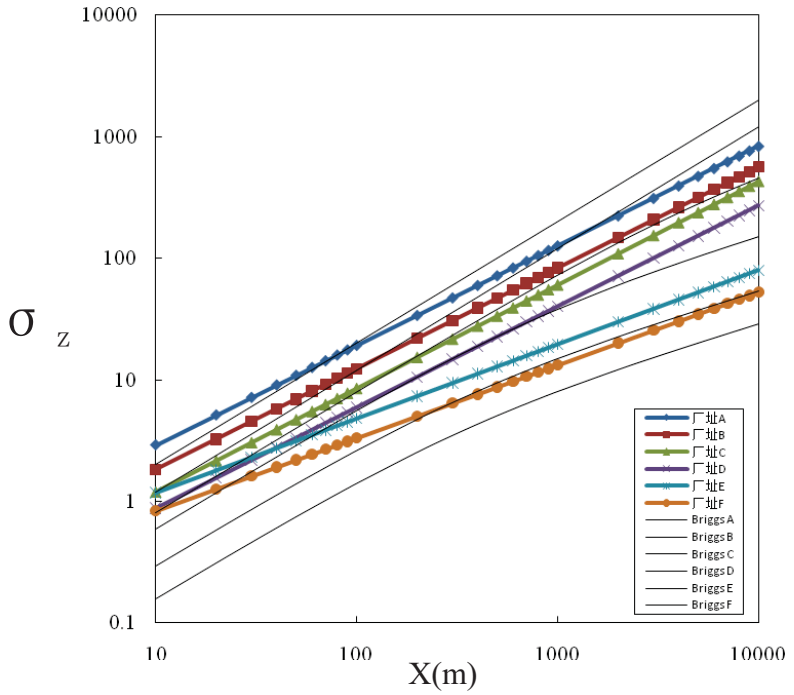
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
降水期间气象塔 10m 风玫瑰图		
图 2.4-5	版次：	A

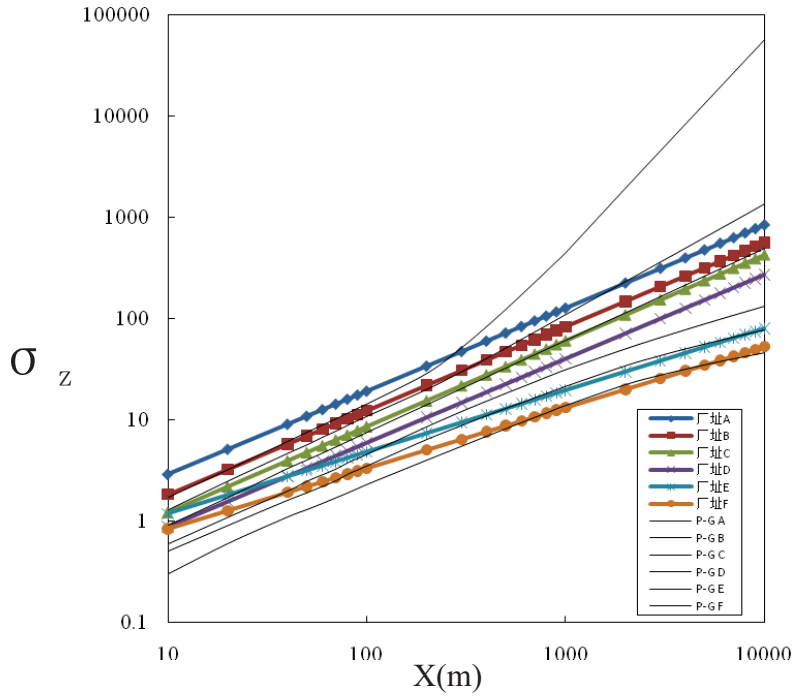




侧向扩散参数

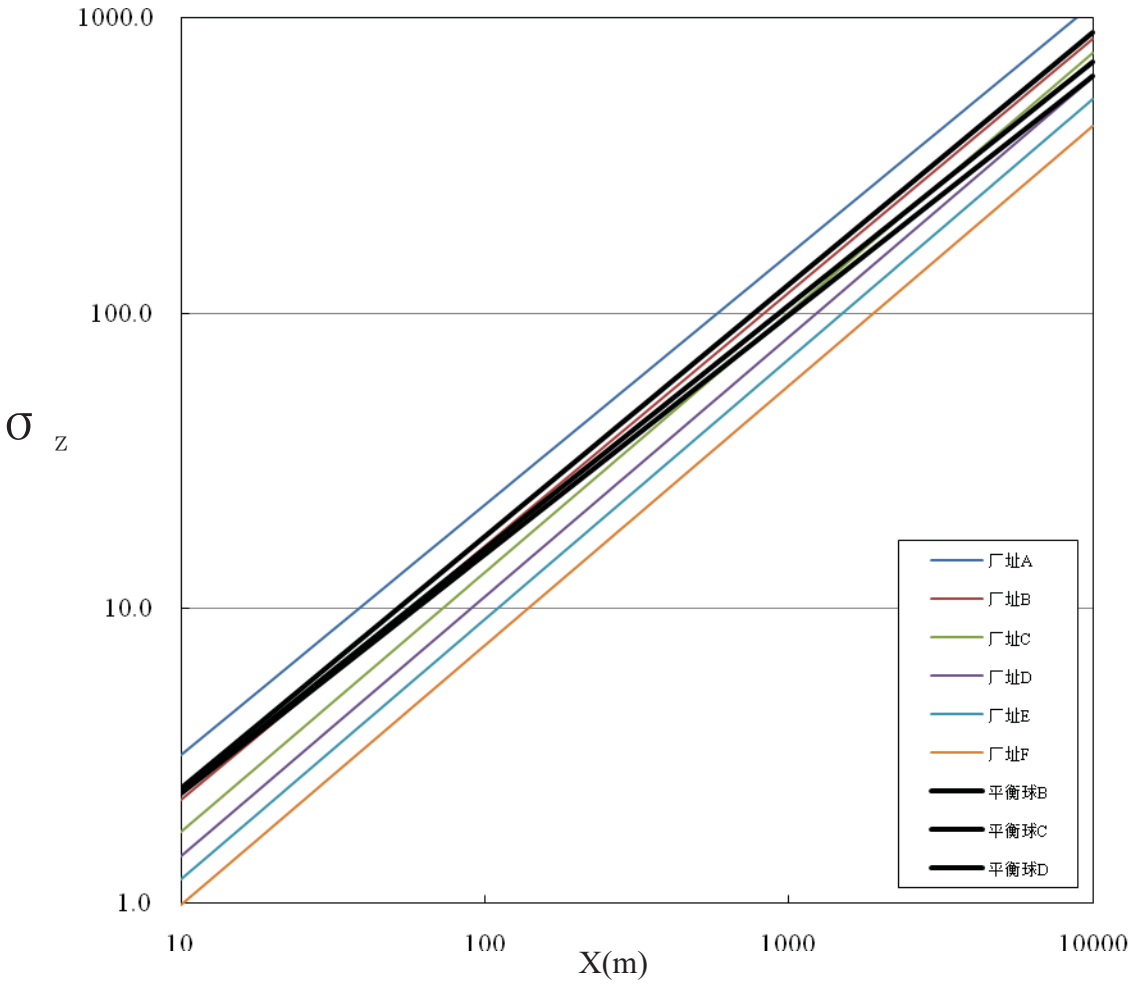
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
试验结果与 Briggs 乡村扩散参数和 P-G 扩散参数的比较		
图 2.4-6（1/2）	版次：	A





垂向扩散参数

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
试验结果与 Briggs 乡村扩散参数和 P-G 扩散参数的比较		
图 2.4-6（2/2）	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
平衡球试验计算水平扩散参数		
图 2.4-7	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 厂址区范围内地下水使用情况

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 水文观测时间表

表2.5-3 各测站垂线平均余流计算结果表（2009年夏季）

表2.5-4 各测站垂线平均余流计算结果表（2009年冬季）

表2.5-5 各测站潮段平均含沙量汇总统计表

图

图2.5-1 厂址周边地表水及水利工程示意图（略）

图2.5-2 钦州湾水下地形示意图（略）

图2.5-3 厂址周围各验潮站位置示意图

图2.5-4 夏、冬季水文测站位置示意图

图2.5-5 夏、冬季各测站大潮期间垂线平均余流矢量图

图2.5-6　夏、冬季各测站中潮期间垂线平均余流矢量图

图2.5-7　夏、冬季各测站小潮期间垂线平均余流矢量图

图2.5-8　厂址附近水文地质图（略）

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 2909km^2，全长 112km；钦江独流注入茅尾海，流域面积 2260km^2，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 894.6km^2，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 21.05×10^{8}m^3，其河流多为山区性河流。在防城河中游设有长歧水文站，自 1957 年至今有实测水文资料，多年平均流量 32.4m^3/s，实测最大流量 5450m^3/s，实测最小流量 1.18m^3/s；最大年径流量 14.45×10^{8}m^3/s，最小年径流量 7.004×10^{8}m^3/s。经分析计算，长歧水文站、长歧引水坝、木头滩拦河坝 97%概率水平时的枯水流量分别为 1.5m^3/s、1.46m^3/s 和 2.33m^3/s。

防城河流域主要的水利工程包括：长歧引水坝和木头滩取水坝 2 座引水建筑物以及长岐干渠引水工程；另外流域内建有大（2）型小峰水库 1 座；三波水库、小陶水库和白石牙水库中型水库 3 座；小（1）型水库 5 座；小（2）型水库 4 座；规划大垌中型水库 1 座。共 14 座水库。

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。水库坝址以上集雨面积 3.29km^2，总库容 590×10^{4}m^3，兴利库容 423×10^{4}m^3，

死库容 $7\times10^4m^3$，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（长歧引水坝－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。

厂址附近区域内地表水概况见图 2.5-1。

（2）淡水水源与淡水供应

防城港核电厂一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，共敷设 2×DN500 干管，输水管线单线长约 9.62km，输水管线主要沿着机耕道路和核电厂进厂公路旁侧敷设，一期工程设计取水规模为 $10000m^3/d$。

根据核电厂正常运行期供水保证率 P＝97%设计、P＝99%校核，一期工程 2 台 CPR1000 机组正常运行期间的年淡水用量为 205 万 m^3，可满足电厂运行期间的淡水取用水要求。国家水利部已经以“水许可资源决字[2009]14 号”准予了广西防城港核电厂一期工程一、二号机组的淡水用水方案。

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 $380km^2$。

内湾茅尾海面积 $114km^2$，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。

茅岭江于防城港茅岭处独流注入茅尾海，流域面积 $2909km^2$，干流全长 112km，年平均入海水量 $29.0\times10^8m^3$，年输沙量约 55.3×10^4t。钦江（其中陆屋以上河段称鸣珂江）独流注入茅尾海，流域面积 $2260km^2$，河长 179km，多年平均径流量为 18.5 亿 m^3。

（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 280km^2，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。

图 2.5-2 给出了厂址附近海域水下地形示意图。

（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 2.5-3。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 月在厂址设立海洋水文专用站，进行为期一年的水文观测，观测项目有潮汐、含沙量、水温、漂浮物、盐度、波浪。龙门站位于厂址西北方仅相距 9km 左右。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性较好，相关系数均高于 0.98。

根据龙门站资料统计，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 5.52 m，平均潮差 2.4 m。历年最高潮位 3.98 m，历年最低潮位-2.55 m。根据龙门站资料统计分析得出，厂址百年一遇高潮位为 4.25 m，百年一遇低潮位为-2.95 m。

（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。涨潮流方向主要在 270~360°之间；落潮流方向在 90~180°之间。

天津海岸带工程有限公司分别于 2009 年 1 月和 2009 年 7 月针对厂址附近海域进行了冬季及夏季典型潮水文测验工作。测区范围包括防城港厂址以东，钦州港至钦州湾的大范围海域，共设置 3 个潮位站，15 个测流站，潮位观测与海流观测同步进行。

观测时间见表 2.5-2，观测站点分布图见 2.5-4。

根据实测资料分析结果表明，钦州湾的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。涨潮流从北部湾以 SSW-NNE 方向进入钦州湾，受东岸的阻碍，潮流逐渐转向 S-N 向，到达青菜头附近时转为 SSE-NNW 方向，通过鹰岭水道进入内湾茅尾海；落潮流以 NNW-SSE 方向通过鹰岭水道后遇到青菜头岩礁阻碍分汊成三股水流，分别进入东、中、西水道，逐渐偏转为 NNE-SSW 向流出钦州湾。

2009 年全潮水文测验期间，观测海域冬、夏两季落潮平均流速均大于涨潮平均流速。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。

2009 年冬季大潮观测期间涨、落潮平均流速分别为 0.35m/s 和 0.51m/s，中潮观测期间涨、落潮平均流速分别为 0.27m/s 和 0.39m/s，小潮观测期间涨、落潮平均流速分别为 0.16m/s 和 0.19m/s。2009 年夏季大潮观测期间涨、落潮分别为 0.28m/s 和 0.40m/s，中潮观测期间涨、落潮分别为 0.23m/s 和 0.27m/s，小潮观测期间涨、落潮分别为 0.30m/s 和 0.31m/s。

（5）余流

根据2009年1月和2009年7月的厂址周围海域全潮水文观测资料，各测站夏、冬两季全潮期间的垂线平均流速的余流值详见表2.5-3和表2.5-4。

就垂线平均余流流速值而言，除冬季的L3#和L12#以及夏季的L2#、L7#、L10#~L12#测站外，其余各测站余流均很小，不超过10cm/s，最大值出现在冬季大潮期间L3#测站，达17.3cm/s。各站垂线平均余流矢量图见图2.5-5~图2.5-7。

就余流方向而言，在冬季测流期间，以L9、L10和L11测站连线为界，界线以北测站余流多呈偏南趋势，界线以南测站多为偏东向和偏西向；在夏季测流期间，以L10和L12测站连线为界，界线以北测站多为偏南至偏西向，界线以南测站多为偏东向和偏西向。

（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 1969～1984 年波浪观测资料统计，波浪以风浪为主，多年统计的风浪出现频率达 99%，其中，5～11 月的风浪出现频率最高，为 100%；2 月份最低，为 95%；涌浪出现频率 33.2%，涌浪出现频率的逐月变化均以 4 月份最高，为 43%，11 月份最低，为 31%。

白龙尾风浪明显受季风影响，每年 10 月至翌年 3 月，主浪向为 NNE 浪，频率均在 26%以上，最大可达 46%。夏季则以 S 到 SSW 居多，4 月及 9 月为过渡季节，最多浪向为 SE 或 NE。涌浪浪向主要为 S 到 SE，除 2 月和 8 月外，其频率均在 30%以上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。按波高划分 0～0.4m 为 1 级，0.5～1.4m 为 2 级，1.5～2.9m 为 3 级，3.0～4.9m 为 4 级，5m 以上为 5 级。统计结果表明以 1 级波浪最多，占 51.2%；其次为 2 级，占 45.8%；4 级波浪较少，不到 1%；没有出现过 5 级以上波浪。

白龙尾站多年平均波高为 0.52 m，平均周期为 3.1 s，最大波高 4.1 m，周期 8.7 s，发生于 1977 年，为 ESE 向。

（7）泥沙

根据悬移质含量的测量结果，观测海域悬移质含沙量落潮大于涨潮，北部水域略大于南部水域，夏季略大于冬季，含沙量过程与流速关系不明显。表2.5-5给出了各测站潮段平均含沙量的统计情况。由表可见：

夏季实测涨、落潮平均含沙量为 0.017 kg/m^3，其中大潮为 0.010 kg/m^3，中潮为 0.033 kg/m^3，小潮为 0.006 kg/m^3，由于中潮 L3#测站附近有挖泥船作业，在一个涨、落潮段时间内含沙量较大，故使得中潮的涨、落潮平均含沙量相对较大。

冬季施测海域实测涨、落潮平均含沙量为 0.008 kg/m^3，其中大潮为 0.007 kg/m^3，中潮为 0.007 kg/m^3，小潮为 0.005 kg/m^3。

大潮垂线平均含沙量，夏季最大为 0.026 kg/m^3，出现在钦州港区水域 L3#站落潮期，最小为 0.003 kg/m^3，出现在钦州湾中部水域 L11#站涨潮期；冬季最大为 0.029kg/m^3，出现在钦州湾北部水域 L8#站落潮期，最小为 0.003 kg/m^3，出现在钦州湾南部水域 L12#站涨潮期。中潮平均含沙量，夏季最大为 0.392 kg/m^3，仍出现在钦州港区水域 L3#站落潮期，最小为 0.003 kg/m^3，出现在钦州湾南部水域 L14#站涨潮期；冬季最大为 0.014kg/m^3，出现在钦州湾中部水域 L11#站落潮期，最小为 0.003 kg/m^3，出现在钦州湾南部水域 L12#站涨潮期。小潮平均含沙量，夏季最大为 0.012 kg/m^3，出现在钦州港

区水域 L4#站落潮期，最小为 0.002kg/m^3，出现在钦州湾中部水域 L11#站涨潮期；冬季最大为 0.010kg/m^3，出现在钦州港区水域 L4#站落潮期，最小为 0.003 kg/m^3，出现在 L9#站以及钦州湾南部大部分水域。

钦州湾海域床沙组成中，主要沉积物类型为砂砾、粗砂、中砂、细砂、粉砂质粘土及粘土质粉砂，其中粗颗粒样品占全部样品的61.76%，海域沉积物分选程度为4级。

（8）海水温度

根据白龙尾站 1968-1984、1997-2009 年的水温统计资料可知，其最高日平均水温为 32.5℃（2007 年 7 月）；防城港站自 1996 年开始水温观测，根据其 1996-2003 年水温统计资料可知，其表层水温的平均值、最高值和最低值分别为 23.4、33.1 和 10.1℃；根据厂址专用水文站 2008.10~2009.9 的水温统计资料可知，表层月平均水温的最大值为 31.8℃（8 月），实测最高水温为 32.8℃（8 月），实测最低水温为 11.6℃（1 月）。

根据 2009 年冬、夏两季全潮水文测验各个测站的分层海水温度观测结果可知：

- 2009 年冬季实测最大海水温度为 16.50℃，最小温度为 13.01℃；2009 年夏季实测最大海水温度为 32.64℃，最小温度为 29.27℃。
- 海水垂线平均温度平面变化较小，2009 年冬季各站大潮垂线平均水温在 13.6℃～14.6℃之间；各站中潮垂线平均水温在 14.3℃～15.6℃之间；各站小潮垂线平均水温在 14.1℃～15.5℃之间；2009 年夏季各站大潮垂线平均水温在 30.25℃～30.62℃之间；各站中潮垂线平均水温在 30.18℃～31.08℃之间；各站小潮垂线平均水温在 29.94℃～30.57℃之间。总体来看，夏季钦州湾南部水域水温低，钦州港区水域水温高些；冬季各水域水温差异较小，钦州湾南部水域略高。
- 海水温度垂直分布，2009 年冬季水温垂向梯度均较小，总体趋势为由表层至底层增大，底层与表层相差不足 1℃；2009 年夏季水温自表层至底层逐渐降低。

总体而言，观测海域海水温度夏季大于冬季，各观测期间海水温度相对稳定，垂向梯度较小。

（9）海水盐度

根据白龙尾站 1968-1971 的盐度统计资料可知，其表层盐度的月平均、最高和最低值分别为 29.5‰、33.3‰和 12.3‰；根据厂址专用水文站 2008.11-2009.9 的盐度统计资料可知，3 月盐度值最高，9 月盐度值最低，年最高盐度为 29.0‰，年最低盐度为 8.6‰。

总体来说冬季、春季海水盐度较高、夏季、秋季海水盐度较低。

根据冬、夏两季全潮水文测验各个测站的分层海水盐度观测结果可知：

- 2009 年冬季最大海水盐度为 30.59‰，最小盐度为 21.87‰；2009 年夏季最大海水盐度为 31.11‰，最小盐度为 4.81‰。钦州湾海域海水的盐度冬季大于夏季。
- 海水盐度的垂向分布，总趋势为随深度的加大而增加。夏季盐度垂向变化较大，而冬季变化较小。
- 海水盐度的平面分布表现为：钦州港区水域盐度最小，钦州湾北部、中部水域渐大，钦州湾南部水域盐度最大。

（10）岸滩稳定性

钦州湾不同年代地形资料分析表明，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，水道和沙脊区均是有冲有淤，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。

中国水利水电科学研究院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，不同潮流条件得到的取排水明渠导流堤形成的小湾及排水明渠西侧形成的湾口淤积强度均较小，年淤积厚度较小，风暴潮作用下淤积也很少。根据对排水明渠 6.2km 下典型潮长期演变计算结果表明，取水明渠北堤北侧的湾口 30 年和 60 年最大淤积厚度分别为 0.13m 和 0.19m，取排水明渠之间的湾口分别为 0.08m 和 0.12m；排水明渠西侧的湾口一般小于 0.03m 和 0.05m。

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，与地表水水力联系微弱，与海水的水力联系薄弱。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分布

区分布于山间沟谷中，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，松散层孔隙水除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。

厂区附近的水文地质概况见图 2.5-8。

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，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 厂址区范围内地下水使用情况

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，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，厂址 1 号机组半径 1km 范围内没有居民点。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

（1）设计基准洪水位

根据《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）和《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）的要求，设计基准洪水位考虑可能最大风暴潮增水、10%超越概率的天文高潮位组合，及可能最大风暴潮相应的波浪影响。由于厂址位于北部湾湾顶海域，防城港核电厂址设计基准水位应由可能最大风暴潮增（减）水，10%超越概率天文高潮位、最低天文潮位、海平面异常和风浪影响四部分组成。

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：

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
	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，结合循环水泵运行费用和场地平整土石方的平衡，防城港核电厂厂坪标高确定为：

设计基准洪水位＋安全裕度＝8.61m＋0.89m＝9.50m

对于风浪的影响，采取采用防浪堤等工程措施对厂区进行掩护。

（2）设计基准低水位

厂址海区可能最大风暴潮减水值为-3.07m，最低天文低潮位为-1.92m。

厂址设计基准低水位是可能最大风暴潮减水与最低天文低潮位的组合，为-4.99m。

2.5.4 参考资料

[1] 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；

[2] 天津市海岸带公司，防城港核电工程 2009 年夏季全潮水文测验与分析报告，2009 年 11 月；

[3] 天津市海岸带工程有限公司，天津水运工程勘察设计院. 广西防城港核电厂全潮水文测验与分析报告，2009 年 3 月；

[4] 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；

[5] 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；

[6] 天津市海岸带工程有限公司，广西防城港核电厂海域工程可行性研究，2009 年 6 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	55-95	69-96	66-83	66-83	69-89	69-84	77-89	77-89

表 2.5-2　水文观测时间表

潮　型		观测时间
2009 年 1 月	冬季大潮	2009 年 1 月 11 日 4 时至 1 月 12 日 8 时
	冬季中潮	2009 年 1 月 7 日 9 时至 1 月 8 日 15 时
	冬季小潮	2009 年 1 月 4 日 9 时至 1 月 5 日 13 时
2009 年 7 月	夏季大潮	2009 年 7 月 21 日 4 时至 7 月 22 日 6 时
	夏季中潮	2009 年 7 月 18 日 4 时至 7 月 19 日 16 时
	夏季小潮	2009 年 7 月 15 日 4 时至 7 月 16 日 14 时

表 2.5-3　各测站垂线平均余流计算结果表（2009 年夏季）

单位：流速（cm/s）,流向（°）

水 域	站号	大 潮		中 潮		小 潮	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
钦州港区	L1#	7.2	196	3.9	6	2.2	8
	L2#	3.4	77	8.8	320	11.7	330
	L3#	5.8	303	6.8	341	2.5	329
	L4#	8.1	235	5.8	225	3.7	260
钦州湾北部	L5#	4.2	198	2.5	255	5.9	333
	L6#	0.7	143	3.6	359	5.2	326
	L7#	12.4	173	8.8	187	6	305
	L8#	5.3	315	7.7	344	3.5	319
钦州湾中部	L9#	2.5	204	6.3	48	6.8	1
	L10#	16	213	10	62	1.3	290
	L11#	9.3	240	12	89	5.9	258
	L12#	8.4	279	12	95	5.9	276
钦州湾南部	L13#	9	257	5.8	43	4.1	358
	L14#	9.5	294	2.4	127	3.6	291

表 2.5-4　各测站垂线平均余流计算结果表（2009 年冬季）

单位：流速（cm/s）,流向（°）

水 域	站号	大 潮		中 潮		小 潮	
		流速	流向	流速	流向	流速	流向
钦州港区	L1#	6.4	184	3.6	186	7.2	170
	L2#	9.3	28	7.5	211	1.0	131
	L3#	17.3	190	6.8	153	9.1	167
	L4#	2.7	235	4.7	160	3.4	174
钦州湾北部	L5#	1.2	277	5.6	325	3.1	203
	L6#	7.4	171	2.6	218	5.7	179
	L7#	4.4	128	1.9	284	0.7	98
	L8#	6.1	183	2.6	290	3.3	153
钦州湾中部	L9#	3.4	258	7.2	349	1.2	190
	L10#	3.6	263	3.9	248	1.7	184
	L11#	3.3	65	3.3	323	5.6	174
钦州湾南部	L12#	3.4	64	10.3	94	2.4	80
	L13#	7.2	202	6.5	148	4.1	121
	L14#	3.2	146	8.1	200	5.3	100
	L15#	2.6	212	7.3	20	3.3	153

表 2.5-5(1/2)　各测站潮段平均含沙量汇总统计表（夏季）

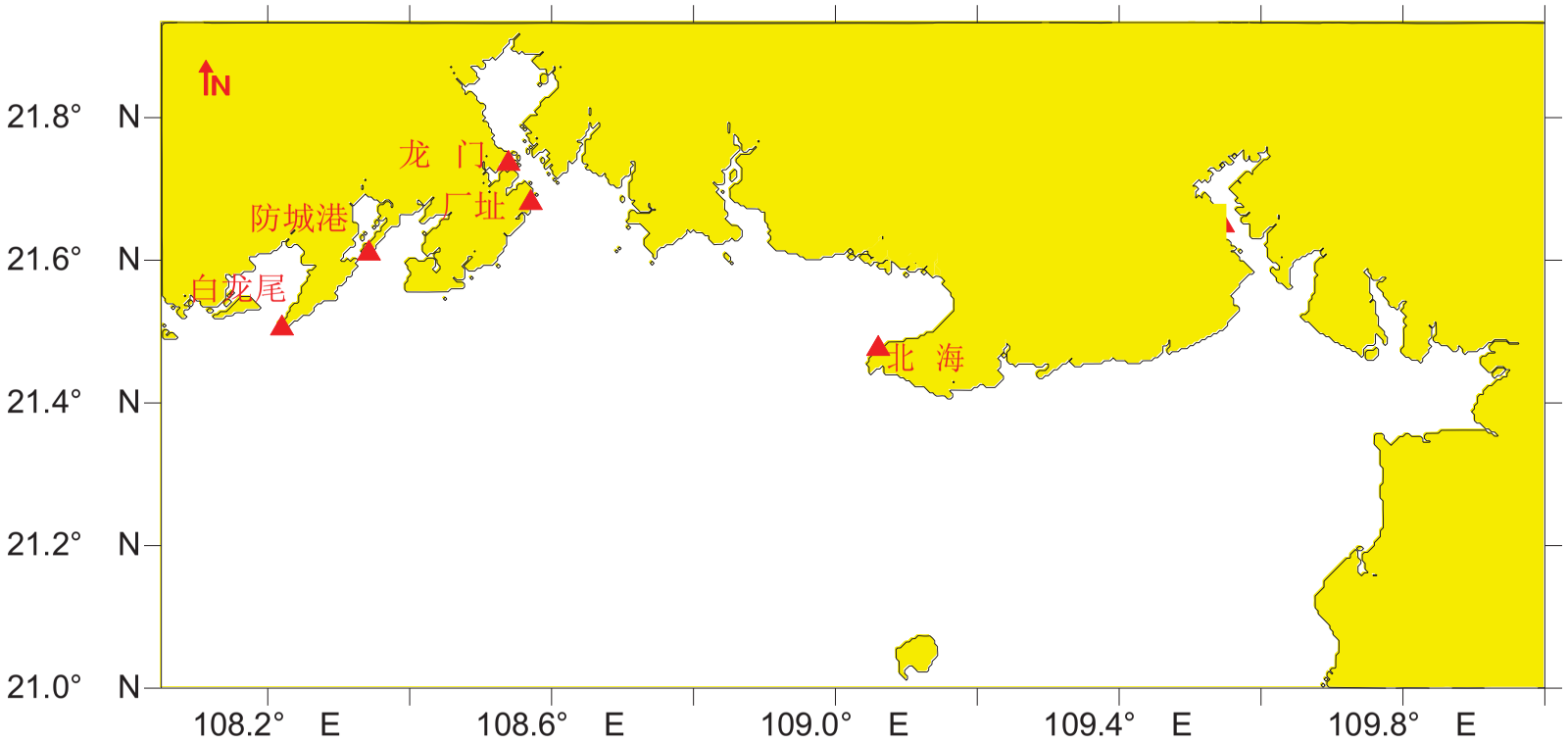
单位：含沙量(kg/m^3)

水域	站名	落潮				涨潮			
		大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
钦州港区	L1	0.014	0.01	0.008	0.011	0.012	0.009	0.01	0.01
	L2	0.01	0.027	0.007	0.015	0.009	0.013	0.008	0.01
	L3	0.026	0.392	0.007	0.142	0.018	0.291	0.009	0.106
	L4	0.012	0.01	0.007	0.01	0.012	0.01	0.012	0.011
钦州湾北部	L5	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.007	0.006
	L6	0.008	0.009	0.006	0.008	0.007	0.009	0.009	0.008
	L7	0.01	0.012	0.006	0.009	0.009	0.007	0.008	0.008
	L8	0.016	0.027	0.009	0.017	0.007	0.029	0.007	0.014
钦州湾中部	L9	0.006	0.004	0.003	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
	L10	0.007	0.004	0.004	0.005	0.005	0.003	0.006	0.005
	L11	0.006	0.005	0.003	0.004	0.003	0.004	0.002	0.003
	L12	0.024	0.014	0.005	0.014	0.025	0.008	0.007	0.013
钦州湾南部	L13	0.012	0.006	0.004	0.007	0.011	0.006	0.004	0.007
	L14	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003
平　均		0.012	0.038	0.006	0.018	0.009	0.029	0.007	0.015

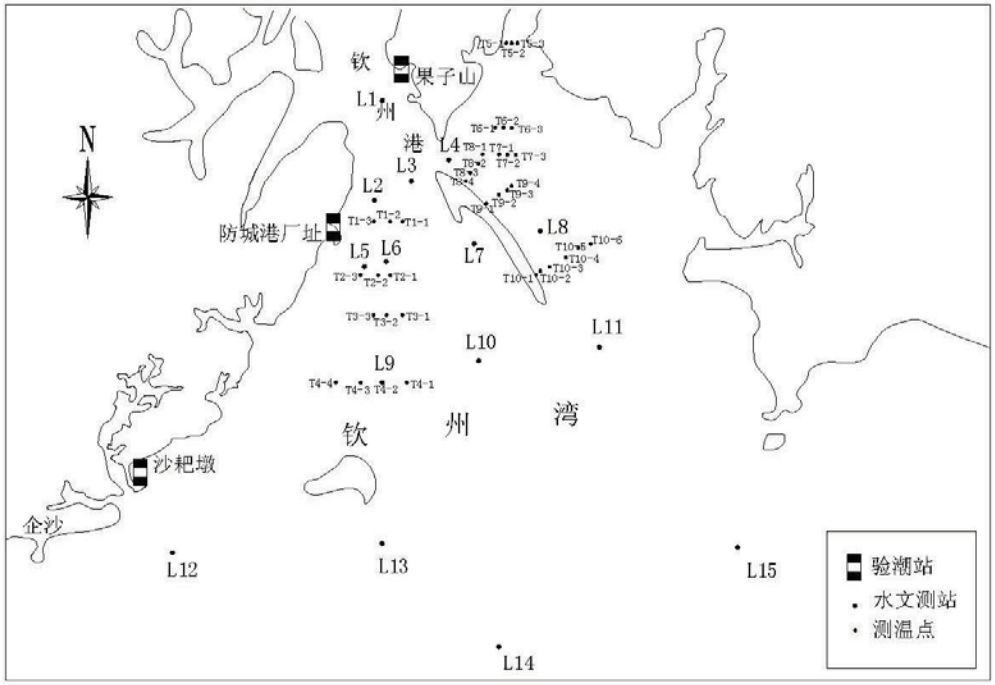
表 2.5-5(2/2)　各测站潮段平均含沙量汇总统计表（冬季）

单位：含沙量(kg/m^3)

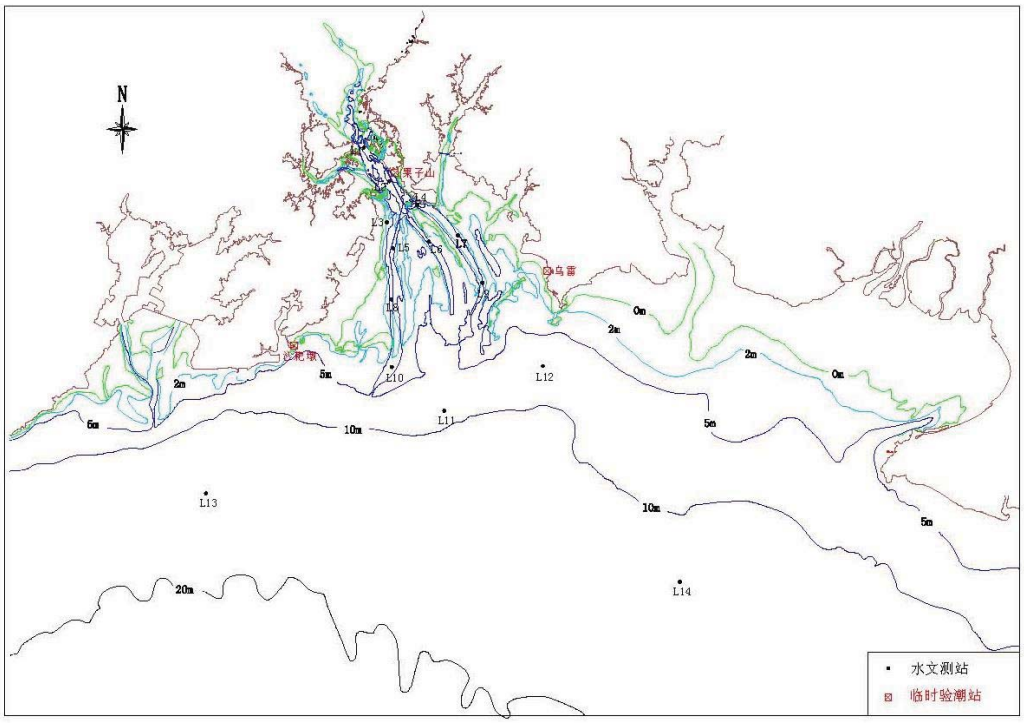
水域	站名	落潮				涨潮			
		大潮	中潮	小潮	平均	大潮	中潮	小潮	平均
钦州港区	L1#	0.012	0.007	0.007	0.009	0.01	0.007	0.007	0.008
	L2#	0.007	0.008	0.006	0.007	0.006	0.006	0.007	0.006
	L3#	0.009	0.007	0.004	0.007	0.006	0.004	0.004	0.005
	L4#	0.011	0.009	0.01	0.01	0.01	0.01	0.008	0.009
钦州湾北部	L5#	0.007	0.009	0.005	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006
	L6#	0.01	0.01	0.006	0.009	0.009	0.009	0.006	0.008
	L7#	0.01	0.008	0.004	0.007	0.008	0.006	0.004	0.006
	L8#	0.029	0.008	0.008	0.015	0.018	0.007	0.007	0.011
钦州湾中部	L9#	0.008	0.006	0.003	0.006	0.005	0.006	0.003	0.005
	L10#	0.009	0.008	0.005	0.007	0.006	0.009	0.004	0.007
	L11#	0.017	0.014	0.006	0.013	0.012	0.011	0.006	0.01
钦州湾南部	L12#	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	L13#	0.01	0.008	0.003	0.007	0.005	0.007	0.003	0.005
	L14#	0.008	0.009	0.004	0.007	0.005	0.006	0.004	0.005
	L15#	0.006	0.005	0.004	0.005	0.006	0.005	0.003	0.005
平　均		0.006	0.008	0.005	0.008	0.008	0.007	0.005	0.007



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址周围各验潮站位置示意图		
图 2.5-3	版次：	A



2009 年冬季各测站位置示意点



2009 年夏季各测站位置示意点

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
夏、冬季水文测站位置示意图		
图 2.5-4	版次：	A

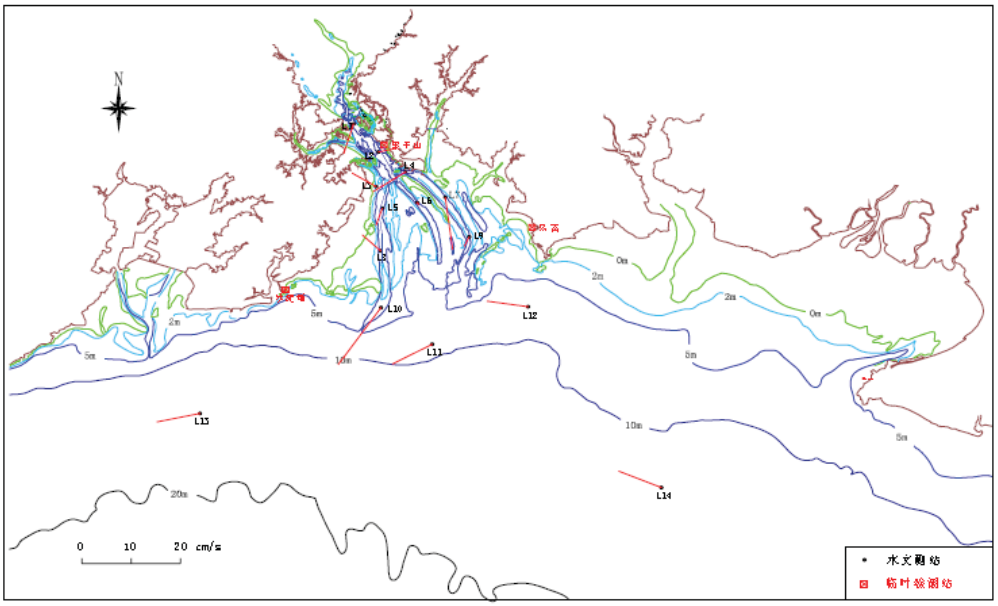


图 a　2009 年夏季各测站大潮垂线平均余流矢量图

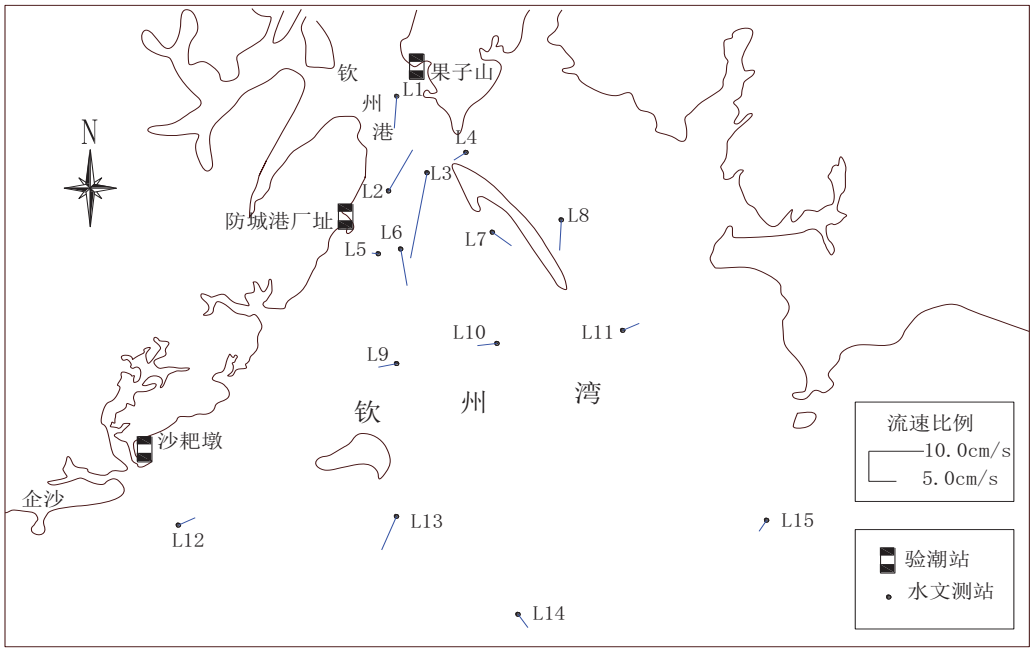


图 b　2009 年冬季各测站大潮垂线平均余流矢量图

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
夏、冬季各测站大潮期间垂线平均余流矢量图		
图 2.5-5	版次：	A

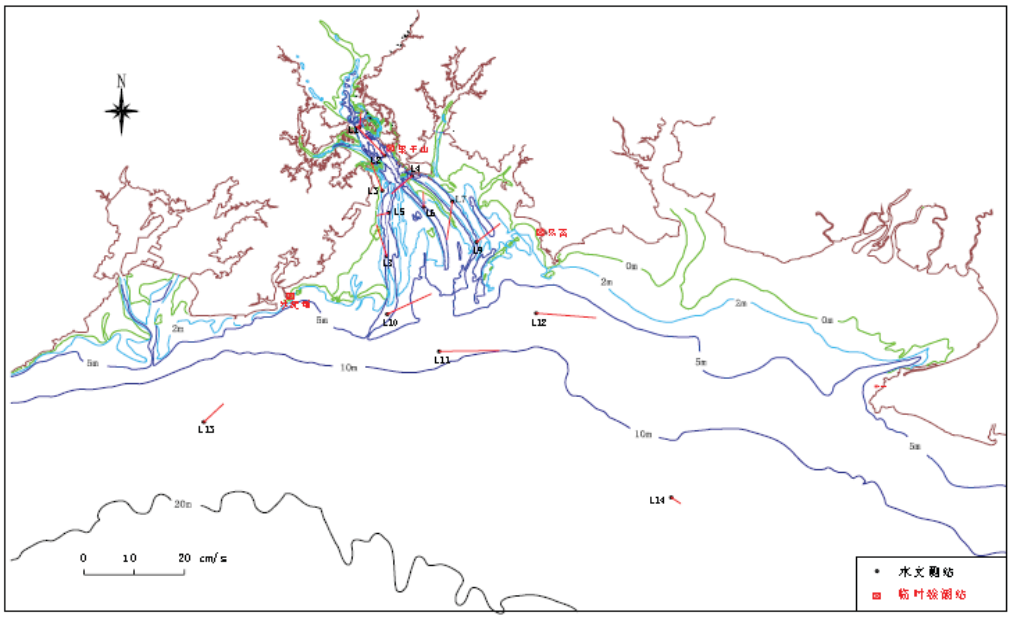


图 a　2009 年夏季各测站中潮垂线平均余流矢量图

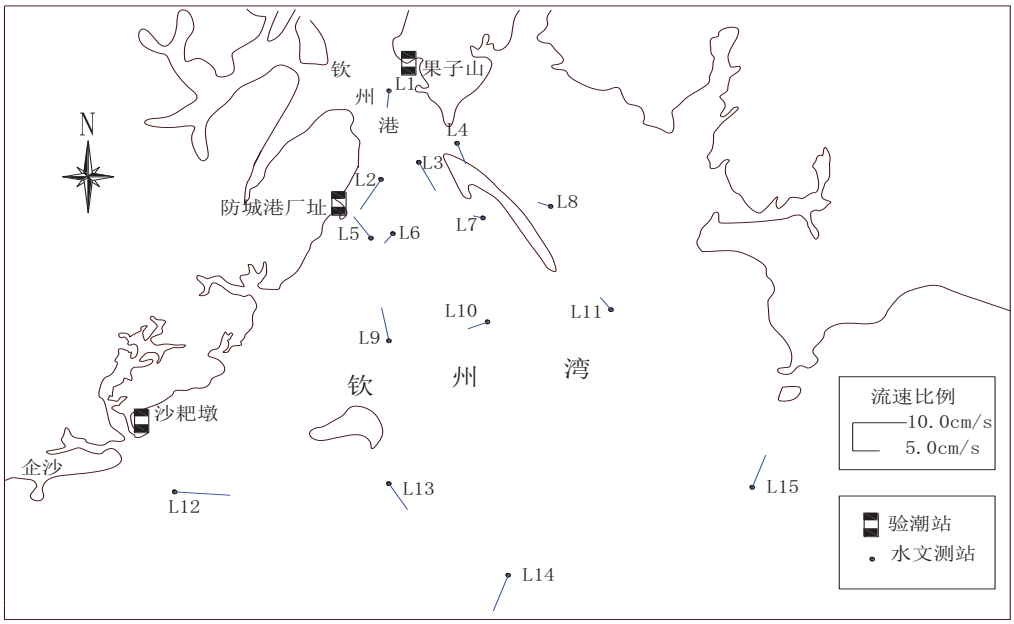


图 b　2009 年冬季各测站中潮垂线平均余流矢量图

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
夏、冬季各测站中潮期间垂线平均余流矢量图		
图 2.5-6	版次：	A

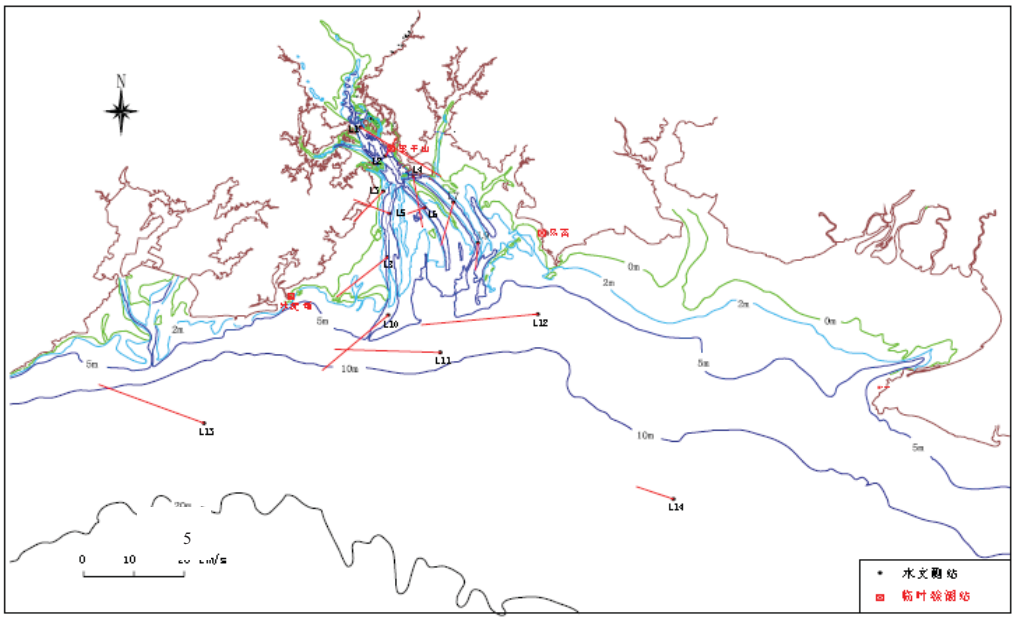


图 a 2009 年夏季各测站小潮垂线平均余流矢量图

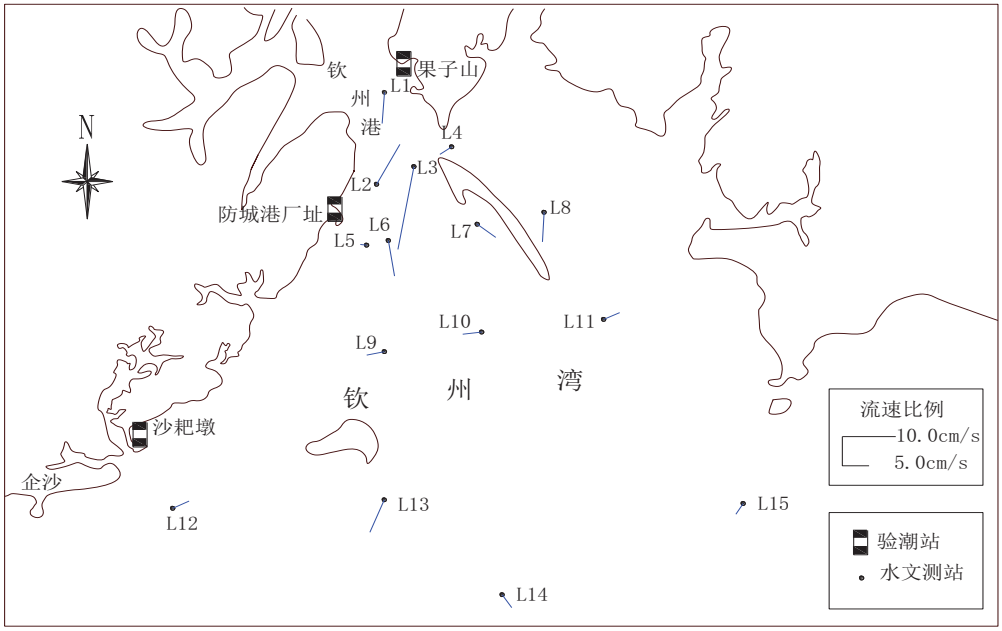


图 b 2009 年冬季各测站小潮垂线平均余流矢量图

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
夏、冬季各测站小潮期间垂线平均余流矢量图		
图 2.5-7	版次：	A

2.6 地质地震

2.6.1 地形地貌

2.6.2 地质特征

2.6.3 厂址区域地壳稳定性及地震烈度级别

2.6.4 厂址工程地质

2.6.5 参考文献

图

图 2.6-1 厂址附近范围地形示意图（略）
图 2.6-2 厂址区域地质构造图（略）
图 2.6-3 厂址区域历史破坏性地震震中分布图（略）
图 2.6-4 厂址区域仪器记录小震震中分布图（略）
图 2.6-5 厂址近区域地震构造图（略）
图 2.6-6 厂址特定反应谱示意图（略）

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+9.5m 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。一般走向北东或北西向，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

海岸地貌分布于厂区东部及南部，属于钦州湾潮间带，地面高程一般为-1.0~2.0m，地形均向大海倾斜，倾角 2~5°。海岸地貌主要表现为沙滩和岩滩，沙滩主要断续分布于西－南海岸段的沿岸地带，由灰白色细砂、灰黑色淤泥和含泥砾砂组成；岩滩分布于厂区海岸东－南段的沿岸地带，海拔高度 1~3m，接受海水冲蚀，出露志留系砂岩、泥质砂岩夹泥页岩。

C）人工地貌

厂址区范围内的人工地貌主要包括虾塘、水田、废弃采石场、坟墓等，厂坪后均

不复存在。

图 2.6-1 给出了厂址附近范围地形示意图。

2.6.2 地质特征

（1）区域地质特征

区域范围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。区域新构造运动以向南掀斜抬升为主要特征，伴随间隙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。

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。

图 2.6-2 给出了厂址区域地质构造图。

厂址区域范围内与地震活动密切相关的发震构造共有 12 条（段）。

厂址所在区域属中强地震活动区，厂址区域范围内地震活动水平总体不高，地震活动强度和频度较低，具有不均匀分布的特点，历史上没有发生过 7 级以上的强震。最大地震为 1936 年的广西灵山东北 $6^{3}/_{4}$ 级地震。图 2.6-3 给出了厂址区域历史破坏性地震震中分布示意图。1970 年以来地震观测结果表明，厂址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，离厂址距离较远。图 2.6-4 给出了厂址区域仪器记录现代小震震中分布示意图。

历史地震对厂址的最大影响烈度为Ⅴ度。

（2）近区域地质特征

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。厂址近区域内无破坏性地震（M≥4.7）记载，1970 年以来现代仪器记录地震频度、强度相对较低。1970 年以来 $M_L \geqslant 1.0$ 级的现代小震共记录到 29 次，最大地震为 1976 年 6 月 11 日 M_L3.5 级地震，震中距离厂址约 22km。

图 2.6-5 给出了厂址近区域地震构造图。

（3）厂址附近地质特征

厂址附近范围陆域共发育了 5 条断层，它们是企沙断裂、老虎港断裂、刘屋村断裂、牛角冲断裂（F_{19}）和红星断裂。均为前第四纪断裂。

厂址附近范围内地震活动微弱，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。

厂址附近范围内不存在能动断层，可以不考虑能动断层作用在厂址地表或近地表断层作用的潜在可能性。

2.6.3 厂址区域地壳稳定性及地震烈度级别

（1）厂址区域地壳稳定性

厂址区位于北东向分布的钦州华力西褶皱带上。根据厂址区域地壳稳定性分级评价标准，综合评定该厂址属稳定区。

（2）厂址地震烈度级别

厂址 50 年超越概率 10％的基岩水平峰值加速度值为 0.050g，相应的厂址地震基本烈度为Ⅵ度。

（3）厂址 SL-2 值的确定与厂址特定反应谱

根据确定性方法和综合概率法 SL-2 计算所得结果，厂址 SL-2 基岩水平地震动峰值加速度为 0.16g、竖直向峰值加速度为 0.11g。

取确定性方法和概率性方法 SL-2 级厂址基岩水平向加速度反应谱（5％阻尼比）曲线的外包络线作为厂址特定 SL-2 级地面运动基岩水平向加速度反应谱（见图 2.6-6）。

2.6.4 厂区工程地质

（1）厂区出露地层岩性概况

厂区出露的地层主要为第四纪地层（主要为海积层和人工回填土）和基岩，主厂区出露的基岩为志留系连滩群沉积岩，岩性较复杂，主要由一套粉砂岩、泥质粉砂岩、泥页岩互层或夹层组成的沉积岩。

（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，在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情况和遗迹， 无地面沉降、地面塌陷、泥石流及崩塌等不良地质现象或潜在地质灾害。断层、挤压破碎带规模一般较小，可以采取工程措施消除影响，不影响场地的稳定性。

依据《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，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

核岛均以中等风化基岩作为直接持力层，岩体较破碎~较完整，节理裂隙多由石英脉充填，胶结较好；层状岩体层理之间多为泥质胶结或钙质胶结；未发现蚀变带、风化剥蚀面、、溶洞和其它地下采空区，岩体周围不存在临空面的，无地基塌陷和地基滑动、倾覆的潜在危险。

1、2 号核岛场地基底-0.5m 标高至-15.0m 标高范围内存在强风化夹层，夹层厚度一般 1.0~3.0m，空间状态呈现为透镜体状，分布范围十分有限，水平方向的展布不连续，未形成稳定连续的软弱夹层；在与基础直接接触的强风化夹层均被挖除换填；因岩石的风化是一种渐变过程，各风化等级之间也没有截然的界限，且强风化夹层位于基础之下，在没有临空面的条件下，地基岩体不会沿风化带产生滑动。经过三维有限元的方法对地基强风化岩体的分布进行了模拟，从静力和动力两方面进行了地基适宜性计算，并充分考虑了岩土参数及抗震分析中的各种不确定性，证明了强风化夹层的存在对拟建核电厂的适应性不构成影响。

因此，核岛地基岩体是稳定的。

联合泵房地基由以中等风化砂岩为主的岩体组成，地基承载力较高，满足承载力的要求。基础底面标高以下的中等风化岩体以较破碎~较完整为主，节理裂隙大多由石英脉充填，胶结较好。岩体层理之间多为泥质胶结或钙质胶结，岩体周围无临空面；地基岩体内未发现蚀变带、风化剥蚀面、地下空洞、软弱夹层，无地基塌陷和地基滑动、倾覆的潜在危险。因此，联合泵房区地基稳定。

（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，厂区未发现岩溶、崩塌、滑坡、泥石流、地下洞穴、采空区、地面沉降、温泉等影响场地稳定性的不良地质作用。

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 6 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] 防城港核电厂一期工程核岛区初步设计阶段（详勘）岩土工程勘测报告，广东省电力设计研究院，2009 年 5 月；

[4] 防城港核电厂一期工程常规岛区、联合泵房区初步设计阶段岩土工程勘测报告，广东省电力设计研究院，2009 年 6 月；

[5] 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。

2.7 环境质量现状

2.7.1 大气环境

2.7.2 海 水环境

2.7.3 声环境

2.7.4 电磁环境

2.7.5 参考资料

表

表 2.7-1 环境空气敏感点监测结果
表 2.7-2 开关站及变电站边界噪声监测结果
表 2.7-3 电厂内敏感点声环境质量监测结果
表 2.7-4 码头区域声环境质量监测结果
表 2.7-5 核电厂厂界噪声监测结果
表 2.7-6 核电厂厂外敏感点噪声监测结果
表 2.7-7 防城港核电厂 500kV 开关站电磁环境监测结果
表 2.7-8 防城港核电厂 500kV 送电线路电磁环境监测结果
表 2.7-9 防城港核电厂 220kV 辅助变电站电磁环境监测结果
表 2.7-10 防城港核电厂 220kV 辅助变电站西侧电磁衰减监测
表 2.7-11 防城港核电厂 220kV 送电线路电磁环境监测结果
表 2.7-12 1#主变压器附近电磁环境监测结果
表 2.7-13 厂外敏感点电磁环境监测结果

图

图 2.7-1　噪声和电磁辐射现状监测布点示意图（略）

图 2.7-2　应急道路噪声监测布点示意图（略）

2.7 环境质量现状

本节将根据现有的调查和监测资料，给出防城港核电厂厂址的环境质量现状，厂址所在区域的电离辐射环境质量现状情况详见本报告书 7.1 节。

2.7.1 大气环境

根据《防城港核电厂一期工程施工期环境空气质量现状监测（2013 年第四季度）》，2013 年 12 月 18 日至 22 日防城港市环境监测站分别在厂址北面 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 SO_2、NO_2 日均浓度连续采样 18 个小时，TSP、PM_{10} 日均浓度连续采样 12 个小时。表 2.7-1 给出了环境空气敏感点监测结果，从表中结果可以看出，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。

2.7.2 海水环境

根据《防城港核电厂一期工程施工期水环境质量现状监测（2013 年第四季度）》，厂址附近海域海水 pH 值介于 6.8～8.8 之间；SS 浓度在 6mg/L～10mg/L 之间；COD 浓度在 0.85mg/L～1.60mg/L 之间；BOD_5 浓度在 1.0mg/L～2.1mg/L 之间；无机氮浓度在 0.213mg/L～0.292mg/L 之间；活性磷酸盐浓度在 0.019mg/L～0.030mg/L 之间；石油类浓度在<0.0035mg/L～0.0064mg/L 之间；溶解氧浓度在 7.58mg/L～9.20mg/L 之间。上述指标中，除无机氮监测结果超标外，其余各指标均能满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中二类标准要求。根据监测报告的分析，无机氮的超标原因主要是红沙村大量养殖贝类造成的。

2.7.3 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点位分布见图 2.7-1 和图 2.7-2，监测结果见表 2.7-2~表 2.7-6。

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 2.7-2 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 2.7-3 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 2.7-4 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 2.7-5 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 2.7-6 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。

2.7.4 电磁环境

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、1 号机主变进行重点布点监测，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布点见图 2.7-1，监测结果见表 2.7-7~2.7-13。

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 2.7-7 和 2.7-8 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 2.7-9 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 2.7-10 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，选择了厂内空地处 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 2.7-11 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，选择了已建成的 1 号机组变压器作为监测对象，表 2.7-12 给出了 1 号机组变压器附近的工频电磁场监测结果，由结果可知，1 号机组变压器附近工频电场强度为 0.630V/m，工频磁场强度为 0.64nT，满足 HJ/T24-1998 中的推荐限值。

表 2.7-13 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%。

2.7.5 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。

表 2.7-1　环境空气敏感点监测结果

监测点位名称	采样日期	二氧化硫 (mg/m^3)	二氧化氮 (mg/m^3)	总悬浮颗粒物 (mg/m^3)	可吸入颗粒物 (mg/m^3)
大冲口	12 月 18 日	<0.004	0.008	0.086	0.062
	12 月 19 日	0.004	0.009	0.084	0.059
	12 月 20 日	<0.004	0.007	0.092	0.075
	12 月 21 日	<0.004	0.008	0.082	0.063
	12 月 22 日	<0.004	0.011	0.088	0.072
老虎港	12 月 18 日	<0.004	0.007	0.085	0.065
	12 月 19 日	0.005	0.008	0.081	0.060
	12 月 20 日	0.004	0.006	0.083	0.067
	12 月 21 日	<0.004	0.008	0.079	0.059
	12 月 22 日	0.004	0.010	0.091	0.069
湾潭村	12 月 18 日	<0.004	0.007	0.079	0.056
	12 月 19 日	0.004	0.007	0.081	0.057
	12 月 20 日	0.004	0.007	0.085	0.063
	12 月 21 日	<0.004	0.007	0.076	0.055
	12 月 22 日	<0.004	0.010	0.073	0.052
GB3095-1996《环境空气质量标准》二级标准		≤0.15	≤0.12	≤0.30	≤0.15

表 2.7-2 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 2.7-3 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
3	员工生活区	61.9	43.2

表 2.7-4 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 2.7-5 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）
2	南厂界处	62.9	50.2
3	西厂界处	63.6	50.6
	北厂界处	57.4	45.2

表 2.7-6 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

表 2.7-7 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	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
4	开关站北边界外 5m	5.76	0.3326	0.1686	0.7113	0.80

表 2.7-8 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 2.7-9 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	水平分量 2	垂直分量	总量
2	变电站南边界外 5m	50.1	5.36	4.78	28.75	29.63
4	变电站北边界外 5m	265.4	0.6921	0.5867	3.12	3.25

表 2.7-10 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	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 2.7-11 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	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 2.7-12 1#主变压器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	水平分量 2	垂直分量	总量
1	1 号机组变压器外 5m	0.630	0.0877	0.0767	0.627	0.64

表 2.7-13 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

第三章　电厂

3.1　核电厂规划及厂区平面布置

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　放射性废物系统及源项

3.7　非放射性废物处理系统

3.8　放射性物质运输

3.1 核电厂规划及厂区平面布置

3.1.1 总体规划

3.1.2 总平面布置

3.1.3 主要构筑物

3.1.4 放射性废气和放射性废液排放口

表

表 3.1-1 防城港核电厂主要构筑物（略）

图

图 3.1-1 防城港核电厂总体规划图（略）

图 3.1-2 防城港核电厂总平面布置图（略）

3.1 核电厂规划及厂区平面布置

3.1.1 核电厂规划

防城港核电厂规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组，分期建设，一期工程一、二号机组的场地规划布置在红星村西面，工程由东向西扩建，后续工程场地规划布置在江岭南面。规划所遵循的主要原则包括：

- 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，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。

防城港核电厂总体规划图见图 3.1-1。

防城港核电厂规划的主要内容为：

（1）水源

循环冷却水及安全厂用水：厂址东、南面向钦州湾，为滨海电厂，电厂循环冷却水（包括安全厂用水）取海水作为冷却水水源，取排水采用合取合排。永久供水项目由距厂址西南约 9km 的官山辽水库引接至现场，作为核电厂运行期间生活、生产用水水源，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，可满足运行期淡水取用水要求。

（2）电源出线

防城港核电厂工程装机规模为 6 台百万千瓦级压水堆核能发电机组，一期工程 500kV 出线 3 回，分别是核电厂－500kV 海港变电站 2 回线路、核电厂－500kV 邕州变电站 1 回线路。

防城港核电厂工程辅助电源最终由 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，一期工程考虑由中路站引入第 1 路电源，后续工程引入潭松站第 2 路电源，220kV 辅助变电站电气主接线采用双母线接线，

辅助变压器出线为六回，分期建成，一期建设 2 台。

（3）交通运输

本工程对外交通运输以水运和公路运输为主，不设铁路。厂区自建 3000 吨级设备码头一座，大件设备由海运直接抵达设备码头。厂址对外交通道路主要有进场道路和应急公路。

进场道路是核电厂对外联系的主要通道及工程建设专用通道，道路起点于沙企一级公路，向东经高石门村、中间坪村、新兴村、亚婆田村北侧，与核电厂厂区相接，路线全长 9.5km，按二级公路标准进行设计，路基宽度 12m。

应急公路规划从厂区西侧向西接入规划的企沙至茅岭一级公路，路线全长约 2.5km，按照三级公路标准进行设计，路基宽度 8.5m。

（4）海工规划

电厂采用一次循环冷却系统，取海水冷却，海工工程规划内容主要为：取、排水构筑物、厂区护岸及重件码头工程。取排水采用“东取南排、明渠取明渠排”方案，循环冷却水从厂址东侧海域通过取水明渠取水；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。自建重件码头的建设规模按 3000DWT 甲板驳船靠泊：码头初步布置在厂区东面，为开敞式布置，位于取水北防波堤北侧。

3.1.2 总平面布置

电厂总平面布置原则包括：

- 电厂按 6 台百万千瓦级压水堆核电机组进行规划，分期建设，一期建设 2 台机组，采用 CPR1000 技术路线。
- 主厂房布置在埋深适宜、承载力满足要求、均匀稳定的基岩上；
- 工艺流程合理，功能分区明确，交通运输便捷；
- 循环冷却水取排水管线短捷、电力出线力求顺畅；
- 合理确定通道宽度，满足管网敷设布置、生产、防火、卫生和施工安装要求；
- 合理利用厂址地形、地质条件，减少土石方工程量；
- 合理确定厂坪标高，降低运行费用；
- 施工场地规划应方便施工，注意节约用地。

防城港核电厂总平面布置图见图 3.1-2。

（1）主厂房区

由反应堆厂房、核辅助厂房、核燃料厂房、电气厂房、柴油发电机厂房和汽轮发电机厂房等组成的主厂房区是核电厂最重要的组成部分，根据防城港核电厂一期工程初步设计阶段岩土工程勘测报告，并结合场地地形条件，一期 2 台机组的主厂房区布置在厂区东南部山体上，核岛地基坐落在较完整的基岩上，基底以下局部存在强风化夹层，通过采取适宜的工程措施进行处理后，对地基稳定性不构成影响；常规岛少量区域为中等风化砂岩，其它区域为第四系覆盖区或回填区，为不均匀地基，进行一定的地基处理后，可满足常规岛地基的要求，地基总体上是稳定的；联合泵房地基总体上稳定、均匀。

（2）BOP 厂房区

BOP 设施除了少数采取单元式配置外，其它均按规划容量 6 台机共用的原则进行设计。BOP 设施主要布置在一期工程主厂房区周围，带放射性生产的建构筑物主要有废液贮罐、废物辅助厂房、废物暂存库、热机修车间和仓库等，集中布置在主厂房区西南侧，厂内运输集中，利于污染的控制；除盐水生产车间、空压机房、厂区实验室、辅助锅炉房、附加柴油发电机房等，位于主厂房区西、北侧，邻近主厂房，工艺运输和室外管网联系顺直、短捷；机、电、仪仓库维修等人员办公集中的厂房布置在厂区北部，以方便日常维修及人员进出；制氢站和危险品库布置在厂区的东南角，相对独立并靠厂区边缘，与其它厂房之间留有足够的防火间距，均满足生产需求及防爆安全的要求。

（3）取排水工程

采用“东取南排、明渠取明渠排”方案，联合泵房布置在常规岛东侧，循环冷却水从厂址东侧海域通过取水明渠取水，再经取水支渠进入循环水泵房前池；排水通过排水管道经由排水构筑物、排水暗涵，进入排水明渠，从厂区东南侧排入大海；重件码头采用取水南、北防波堤全掩护式布置，码头布置在一期泵房前的半岛东侧，利用天然半岛建设重件道路与陆域连接。

（4）电气布置

500kV 开关站布置在主厂房区西北侧，按 6 台机共用规模设计，开关站与机组主变间通过部分 GIC 气体绝缘管道母线和部分架空线相结合的混合输电方式连接，并以架空方式向北出线。220kV 开关站布置在 500KV 开关站西侧，全厂共用。

（5）厂前区布置

包括生产办公楼、档案馆、岩芯库和餐厅，布置在厂区北侧，靠近出入口并设有停车场，便于通行与管理。

（6）厂区道路

厂区道路分为四级，即：主干道、次干道、支道（车间引道）和人行道，根据设备运输要求，路面结构又分为轻型路和重型路两种，运输大型设备必须走重型路。厂区内围绕主厂房设厂区主干道路，各生产车间四周设环形通道。厂区道路型式为城市型道路。

（7）主出入口设置

根据核电厂实体保卫以及应急疏散的要求，在厂区北面的厂前区开设一个主入口，连接进厂公路，另外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应急疏散人员使用。

（8）厂区绿化规划

核电厂厂区由于有剂量防护、卫生防火、安全保卫等方面的特殊要求，对厂区绿化的要求不同于一般的电厂，在厂区保护区内（ZP 围栏之内）一般不进行绿化，仅在厂前区及其以外的地方进行绿化。由于核电厂非居住区面积较大，从总体上讲，厂区四周绿化面积较大，可以形成一个环境优美的大厂区绿化环境。

3.1.3 主要构筑物

防城港核电厂的主要构筑物见表 3.1-1。

核电厂主要的工艺厂房包括：

— 反应堆厂房（RX）：主要布置核反应堆和反应堆冷却剂系统、部分核岛辅助系统和专设安全设施系统。反应堆厂房由基础板、带钢衬里的圆筒形预应力钢筋混凝土安全壳及其内部构筑物组成。安全壳内径 37m，屏蔽墙厚 0.9m，总高 59.4m，设计压力为 0.52MPa（绝对压力）。密闭的反应堆厂房安全壳是核电厂的第三道安全实体屏障，属安全二级、抗震Ⅰ类建筑物。

— 核辅助厂房（NX）：是两台机组共用的厂房，主要布置核辅助系统及其设备，以及电厂的放射性废气和废液处理系统等，属抗震Ⅰ类厂房，厂房面积 74m×46m，高 22m。

— 燃料厂房（KX）：主要布置新、乏燃料装卸、检验、贮存设备和部分辅助系统设备，厂房面积为 51m×24m，属抗震Ⅰ类厂房。

— 电气厂房（LX）：是两台机组合用的厂房，主要布置主控室、配电设备及仪表和控制电器设备，厂房面积为 118m×23.05m，属抗震Ⅰ类厂房。

— 汽轮发电机厂房（MX）：由汽轮发电机房和辅助车间组成，布置汽轮发电机组和二回路主蒸汽、主给水系统的设备以及为汽轮发电机运行提供支持的机电设备，汽轮发电机厂房跨度为 44m，长为 98m。

防城港核电厂内与主厂房配套并与环境相关辅助设施还包括：

— 联合泵站（PX/PS/PA）用于输送和过滤常规岛系统和核岛系统的冷却水，它通过暗渠与主厂房连接起来；循环冷却水则通过排水虹吸井（CC）排入海中（最终热阱）。

— 制氯站（HX）生产次氯酸钠，用于对循环水进行处理，以防止海生生物在循环水系统中附着和繁殖。

— 除盐水生产车间（YA）为核岛和常规岛的循环水系统以及 BOP（电站配套设备）系统生产除盐水，并生产满足厂区需求的饮用水。

— 制氢站（ZB）生产和贮存氢气。

— 废物处理厂房（QS）用于处理和暂存电厂运行期间产生的固体废物。

— 废物暂存库（QT）用于中期贮存核电厂产生的固体废物桶。

— 核岛废液储存罐、常规岛废液储存罐（QA、QB）配备有能控制、贮存和排放放射性核岛和常规岛液体流出物的设施。

— 热机修车间及仓库（AC）用于维护和净化受污染的设备及仪表。

— 厂区实验楼（AL）用于分析一回路冷却剂和各种流出物的放射性含量。

— 污水系统油分离站（FS）用于净化可能夹带污垢或油脂物的污水。

— 厂区生活污水处理站（ED1）用于处理厂区生活污水和所有厂房的非放射性污水。

— 厂区生活污水处理站（ED2）用于处理生活区生活污水和所有厂房的非放射性污水。

— 放射性含油废水处理间（FX）用于处理常规岛可能含有放射性的含油废水。

— 放射性废溶剂储存库（QV）为全厂共用，用于储存含有放射性的废溶剂。

— 放射性污染油罐储存库（QR）为全厂共用，用于存储含有放射性的被污染的废油。

3.1.4 放射性废气和放射性废液排放口

防城港核电厂产生的放射性废气主要通过烟囱排放，两台机组共用一个烟囱，烟囱位置在核辅助厂房屋顶上，高度为 62.3m，烟囱内径为 3m，烟气流量为 14.6m/s（两台机组正常运行时）和 16.7m/s（一台机组停运时）。

防城港核电厂产生的放射性废液采用槽式排放，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渠最终排入大海。

3.2 反应堆和蒸汽-电力系统

3.2.1 概述

3.2.2 核岛
3.2.2.1 堆芯设计
3.2.2.2 反应堆冷却剂系统
3.2.2.3 主要辅助系统

3.2.3 常规岛
3.2.3.1 系统主要流程
3.2.3.2 汽轮机发电机组
3.2.3.3 凝汽器

表
表 3.2-1 堆芯主要设计参数（略）
表 3.2-2 全 M5 AFA3G 燃料组件主要设计参数（略）
表 3.2-3 全 M5 AFA 3G 燃料棒主要设计参数（略）
表 3.2-4 反应堆冷却剂系统主要设计参数（略）
表 3.2-5 主蒸汽系统设计参数（略）
表 3.2-6 凝汽器主要技术参数（略）

图
图 3.2-1 反应堆本体剖视简图（略）
图 3.2-2 燃料组件和燃料棒组成示意图（略）
图 3.2-3 初始堆芯布置图（略）
图 3.2-4 十八个月燃料循环管理策略示意图（略）
图 3.2-5 反应堆冷却剂系统流程图（略）

3.2 反应堆和蒸汽-电力系统

3.2.1 概述

防城港核电厂每台机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和电厂配套设备（BOP）三大部分组成。防城港核电厂一、二号机组每台机组的核蒸汽供应系统（NSSS）的额定热功率为 2905MWt，堆芯额定热功率为 2895MWt，发电机额定电功率约 1087MWe。反应堆堆芯由 157 组全 M5 AFA 3G 燃料组件组成。

核能的风险与放射性辐射有关，因此防城港核电厂总的核安全目标是建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会公众和环境免受辐射威胁。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于多重措施的防御之下。即使有某种故障发生，它将由适当的措施探测、缓解或纠正。防城港核电厂一、二号机组的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御（固有特性、设备及规程）用以防止事故，并在未能有效防止事故时提供适当的保护。

— 第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止系统失效。防城港核电厂一、二号机组通过高质量的设计和建造并吸取同类核电厂丰富的运行经验来满足这一层次的要求。例如所有构筑物、系统和部件都根据其安全功能及其重要程度进行安全分级以保证其安全性能；对于不同级别的设施采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同等级的质量保证措施；设计了完整的仪表监测和自动调节控制系统，当一些安全重要的参数出现对正常运行不大的偏离时，能将电厂自动恢复到正常状态；采用经过实践验证的规程进行在役检查、维护和试验，同时考虑为进行这些活动的可达性提供必要的装备、工具等。

— 第二层次防御的目的是检测和纠正反应堆偏离正常运行状态，以防止预计运行事件升级为事故工况。为满足这一层次的要求，设置了两套独立的停堆系统（控制棒系统和硼酸控制系统），以保证堆芯在具有最大后备反应性的情况下停闭反应堆并保持在安全停堆状态。控制棒系统能够快速落棒，即使在具有最大当量的一束控制棒被卡在堆外时也能保证必要的停堆速度和停堆深度；硼酸系统则能保证直到冷停堆状态都有足够的次临界度。此外，为对付各种可能出现的预期运行事件并指导操纵员及时采取纠正行动，主控制室备

有一整套的事件处理规程，正确执行这些规程将保证电厂恢复到安全状态。

— 第三层次防御的目的是预防发生可能性极小的设计基准事故。为此，电厂提供了一系列专设安全设施，诸如堆芯应急冷却、安全壳喷淋系统、安全壳空气监测和氢浓度控制系统、蒸汽发生器辅助给水系统以及相应支持系统，这些设施在事故工况时将自动投入运行以控制事故工况的后果。此外主控制室配备有一套针对各类事故的处理规程，以指导操纵员根据主控室内提供的各种信息正确判断事故状态和采取相应的措施。

— 第四层次防御的目的是针对设计基准可能已被超过的严重事故，保证放射性释放保持尽可能的低。这一层次最重要的目的是保护包容功能。除了事故管理规程之外，还可以由防止事故扩展的补充措施与规程、以及选定的减轻严重事故后果的措施来达到。

— 第五层次防御的目的是减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。防城港核电厂已经制定了应急计划，并安置了相应的应急设施。

纵深防御概念应用的另一方面是在设计中设置一系列的实体屏障。这些屏障包括燃料芯块本身、燃料包壳、反应堆冷却剂系统压力边界和安全壳。设计中保证了每一道屏障的有效性并为之提供保护：

— 防城港核电厂所采用的全 M5 AFA 3G 燃料组件使用二氧化铀陶瓷体燃料芯块，它容纳大约 95%以上的裂变产物；

— AFA 3G 燃料组件的燃料包壳能在长期运行过程中保持其完整性，以最大限度地防止裂变产物进入冷却剂中；

— 反应堆冷却剂压力边界由可靠的奥氏体不锈钢制造的回路管道、高质量的反应堆压力容器和抗应力腐蚀的 Inconel-690 传热管等组成，能在整个寿期内保证安全可靠地运行，并且能经受得住安全停堆地震所引起的荷载组合；

— 安全壳系统提供了放射性裂变产物的最后一道实体密封屏障，以保证设计基准事故（特别是大破口失水事故）条件下包容事故时释放的放射性物质。

3.2.2 核岛

3.2.2.1 堆芯设计

反应堆堆芯由燃料组件及其它相关组件、围板、堆芯上、下支撑板、堆芯吊篮和堆芯测量装置组成，图 3.2-1 给出了反应堆本体剖视简图。

反应堆堆芯活性段高度（冷态）为 365.76cm，等效直径为 304cm，堆芯高径比为 1.203，平均线功率密度为 186W/cm。反应堆额定热功率为 2895MW，运行压力为 15.5MPa，冷却剂总流量（最佳估算）为 68520m^3/h。反应堆的堆芯参数如表 3.2-1 所示。堆芯运行模式为 Mode-G。

3.2.2.1.1 燃料组件和燃料棒

（1）燃料组件

防城港核电厂一期工程一、二号机组装载全 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。

图 3.2-2 给出了全 M5 AFA 3G 燃料组件的示意图，全 M5 AFA 3G 燃料组件的主要设计参数见表 3.2-2。

（2）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。防城港核电厂一、二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-三氧化二钆粉末烧结而成。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。

燃料棒的主要设计参数见表 3.2-3。

（3）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^{TM} 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^{TM} 导向管。MONOBLOC^{TM} 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。

（4）换料策略

为了兼顾堆芯设计的先进性、燃料经济性和控制工程风险，防城港核电厂 1、2 号机组拟采用 12 个月转 18 个月换料的燃料管理方案，即首循环采用年度换料模式，并采用钆作为可燃毒物，从第二循环开始快速向 18 个月换料过渡。

为满足经济性和安全性的要求，对防城港 1、2 号机组 18 个月换料堆芯燃料管理要求如下：

— 首循环循环长度：年度换料；

— 平衡循环循环长度：长短交替的 18 个月换料；

— 平衡循环的 U235 富集度：4.45%；

— 全 M5 AFA3G 燃料组件的燃耗限值：

• 组件燃耗不超过 57GWd/tU；

• 燃料棒燃耗不超过 62GWd/tU；

— FΔH：≦1.65 （包括不确定性：1.03*1.04*1.04）

— I 类工况 Fq：≦2.45（包括 11.7%的不确定性）

— 反应堆在功率运行时，慢化剂温度系数必须为负值或零，使反应堆具有负反馈特性

— 停堆裕量：>2300 pcm；

— 考虑一定数量的过渡循环和灵活性循环；

1）首循环

反应堆首循环堆芯组件分三区装载，三区燃料组件数目分别为 53、52 和 52 组，对应的 U-235 富集度分别为 1.8%、2.4%和 3.1%。最高富集度的组件置于堆芯外区，较低富集度的两种组件在堆芯内按近似棋盘式排列的方式排布。

首循环采用 Gd2O3 作为可燃毒物吸收体材料，并均匀弥散在较低富集度的 UO2 芯块内。钆棒中 U-235 的富集度均为 0.711%，Gd2O3 重量百分比均取为 9.0%，以利于燃料组件的制造。在部分燃料组件中布置了 4、8 或 12 根钆棒，整个堆芯共使用钆棒 656 根。

2）平衡循环

防城港 18 个月换料的平衡循环采用交替式的长、短循环。

平衡循环的长循环（L0）使用 72 组新组件，短循环（S0）使用 68 组新组件。

新组件中 UO2 燃料棒中 U-235 的富集度均为 4.45%。

新组件中的可燃毒物棒采用 Gd2O3 作为吸收体材料，并均匀弥散在较低富集度的 UO2 芯块内。钆棒中 U-235 的富集度均为 2.5%，Gd2O3 重量百分比均取为 8.0%。

3）过渡循环

过渡循环包括第二和第三循环。

为实现向 18 个月平衡循环的快速过渡，防城港 18 个月换料第二循环使用了 68 组新燃料组件，第三循环使用了 72 组新燃料组件。

过渡循环新组件和平衡循环新组件的设计相同，即新组件中的 UO2 燃料棒中 U-235 的富集度均为 4.45%。新组件中的可燃毒物棒采用 Gd2O3 作为吸收体材料，并均匀弥散在较低富集度的 UO2 芯块内。钆棒中 U-235 的富集度均为 2.5%，Gd2O3 重量百分比均取为 8.0%。

4）灵活性循环

通用燃料管理应具有一定的灵活性，以使整个燃料管理策略具有一定的包络性。

在防城港 18 个月换料的燃料管理策略里，基于平衡循环方案，对其进行了一定程度的灵活性研究，包括在平衡循环的后续循环里考虑±4 个新组件时堆芯特性的可能变化，以及平衡循环提前 20 EFPD 停堆或采用 Stretch-out 方式延长燃耗运行 30EFPD 后的堆芯变化特性等。

灵活性循环包括 L1、L3、S1 和 S3，共 4 个循环。

— L1 循环是跟在平衡循环的短循环（S0）后面，并考虑了 76（72+4）组新组件的长循环。

— L3 循环是跟在平衡循环的短循环（S0）后面，并考虑了 S0 提早 20EFPD 停堆的长循环。

— S1 循环是跟在平衡循环的长循环（L0）后面，并考虑了 64（68-4）组新组件的短循环。

— S3 循环是跟在平衡循环的长循环（L0）后面，并考虑了 L0 提早 20EFPD 停堆的短循环。

灵活性循环新组件和平衡循环新组件的设计相同，即新组件中的 UO2 燃料棒中

U-235 的富集度均为 4.45%。新组件中的可燃毒物棒采用 Gd2O3 作为吸收体材料，并均匀弥散在较低富集度的 UO2 芯块内。钆棒中 U-235 的富集度均为 2.5%，Gd2O3 重量百分比均取为 8.0%。

5）延伸运行

延伸运行是指堆芯在寿期末时，一回路的硼浓度接近零，通过降温和降功率引入正的反应性，以使反应堆继续保持在较高的功率水平上运行。

在过渡循环和平衡循环自然循环的寿期末，考虑了 30EFPD 延伸运行的能力要求，以满足电网对循环长度灵活性的要求。

防城港核电厂 1、2 号机组初始堆芯布置图如图 3.2-3 所示。

防城港核电厂 1、2 号机组十八个月换料燃料管理策略示意图如图 3.2-4 所示。

3.2.2.1.2 堆芯相关组件

堆芯相关组件包括控制棒组件、一次和二次中子源组件和阻流塞阻件。按其在堆内就位方式，将控制棒组件称为可动式相关组件，而其余的均称为固定式相关组件。这些组件设计除应满足有关的标准和堆芯物理、热工水力要求外，还满足结构完整性和相容性的准则。

— 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。在一个星形架组件上悬挂 24 根控制棒即构成控制棒组件。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 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。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。

— 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锎，在首炉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水平之后，由二次中子源棒提供中子。二次中子源棒含有 Sb-Be 芯块，Sb-Be 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。在低中子通量期间（如

换料和随后启动时）它就成为中子源。在反应堆堆芯中放置两个一次中子源组件和两个二次中子源组件。每个一次中子源组件含有一根一次中子源棒、一根二次中子源棒。每个二次中子源组件含有 4 根对称布置的二次中子源棒。在这两种类型的中子源组件中，凡不装中子源棒或可燃毒物棒的位置都装有阻流塞棒。

— 阻流塞组件：阻流塞组件的作用是限制通过燃料组件导向管的旁流量，阻流塞棒位于不放控制棒、中子源棒的那些导向管中。阻流塞组件由一个平的连接板、一些悬挂在连接板下面的短棒和一组组合弹簧组件构成。24 根短棒（称为阻流塞棒）插入导向管的上端部，以减小旁流量。每根阻流塞棒用螺母与连接板形成永久性的连接，螺母和阻流塞棒的拧入端焊接防松。类似的短棒也在中子源组件中和可燃毒物组件中使用，以塞入所有空导向管的端部。在堆芯，阻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。

3.2.2.1.3 堆芯其他部件

堆芯围板是由多块不锈钢平板拼接而成的直角多边形筒体，形成堆芯外部轮廓。堆芯上、下支撑板由不锈钢制成，支撑板上有定位销与燃料组件的定位销孔配装，使燃料组件及相关组件在堆芯中定位。堆芯吊篮是反应堆内用于盛放堆芯的带法兰的不锈钢圆筒。

堆芯测量装置包括堆内中子通量探测器和热电偶，位于反应堆压力容器底部的 50 根堆内中子探测器的导向管内，通过隔离阀接到五个 10 通道选择器上。这些选择器与五个放在仪表房内的堆内通量测量传动机构相连。通过这些设备可任意选择堆内中子通量探测器的插入或抽出堆芯，以实现对堆芯内中子通量密度的测量。40 根固定在堆芯上支撑板的热电偶，编成四组通过反应堆压力容器顶盖上的四根导向管引出堆外，用来测量冷却剂通过燃料组件后的出口温度。

3.2.2.2 反应堆冷却剂系统

反应堆冷却剂系统由三个环路组成，它包括并联连接到反应堆压力容器的三个相同的热传输环路，每个环路由一台反应堆冷却剂泵、一台蒸汽发生器和相关的管道、

阀门组成。此外，反应堆冷却剂系统还包括一台稳压器、相互连接的管道和运行控制所需的仪表。上述所有部件都位于安全壳厂房内。

反应堆冷却剂系统流程简图见图 3.2-5。

（1）系统功能

— 冷却堆芯并将堆芯的热能传递给二回路系统；

— 流经堆芯的水作为中子慢化剂；

— 协助控制反应性；

— 控制压力；

— 构成防止放射性产物释放的第二道屏障。

（2）系统描述

反应堆压力容器是带有一个焊接半球形下封头以及一个可拆卸、法兰连接和加密封环的半球形上封头的圆筒。压力容器内装有堆芯、堆芯支撑结构、控制棒和直接与堆芯关联的其他部件。压力容器有进口和出口管嘴，它们位于压力容器法兰下面、堆芯顶部以上的水平面上。冷却剂经进口管嘴进入压力容器，并向下流经堆芯吊篮——压力容器壁的环形通道，在底部折回，然后向上流经堆芯到出口管嘴。

蒸汽发生器是带有整体汽水分离设备的立式壳体和 U 型管蒸发器，反应堆冷却剂通过位于蒸汽发生器半球形下封头的管嘴进入，流经倒 U 型管，然后经下封头管嘴离开。在壳侧产生的蒸汽向上流经汽水分离器到蒸汽发生器顶部的出口管嘴。

反应堆冷却剂泵由水/空气冷却的三相感应电动机驱动。电动机安装在泵的上面，在电动机上方的轴安装有飞轮，以提供附加的转动惯量，进而延长泵的惰转时间。

稳压器是一个带有半封头形上封头和下封头的立式圆筒形容器，在容器下封头安装电加热器，喷淋管嘴和安全阀接头位于容器的上封头。稳压器通过管线与一号环路的热段相连接。

稳压器安全阀是先导式的，它们用来提供反应堆冷却剂系统超压保护功能。

反应堆冷却剂系统的主要设计参数见表 3.2-4。

3.2.2.3 主要辅助系统

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系

统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列功能：

— 反应堆冷却剂容积控制和化学控制；

— 反应堆停堆和启动时排出余热；

— 反应堆换料期间燃料组件的装卸。

（1）化学和容积控制系统

担负正常运行期间反应堆冷却剂系统的容积、化学和反应性的控制。事故（小破口、弹棒和卡棒等）时，保持反应堆冷却剂系统水的装载量，与硼水补给系统一起能使反应堆停堆，并维持在热态次临界状态。该系统的主要部件（上充泵、除盐床和容积控制箱）布置在核辅助厂房内。

（2）反应堆硼和水补给系统

为化学和容积控制系统提供除盐除氧水和硼酸溶液以及提供联氨、氢氧化锂和双氧水等三种化学药剂。

（3）余热排出系统

在停堆后，当反应堆冷却剂温度和压力已降至不能通过蒸汽发生器排出热量时，承担排出反应堆冷却剂系统中的衰变热以及相应的一回路显热。该系统布置在安全壳内，以避免经过核辅助厂房输送大量的反应堆冷却剂。

（4）燃料装卸和贮存系统

用于燃料组件的更换、贮存和装卸运输。由于换料期间，从反应堆中卸出的乏燃料具有很强的放射性，要求在水下运输和贮存，这样既能看清操作又能有足够的辐射防护。燃料装卸设备布置在三个区域：反应堆厂房内的反应堆换料水池，燃料厂房内的乏燃料贮存水池和新燃料贮存区。反应堆厂房和燃料厂房由通过反应堆安全壳孔道输送燃料的燃料输送系统连接。用装有抓取乏燃料组件伸缩杆的装卸料机取出堆内的乏燃料。燃料组件运出以后，用人桥吊车上的工具将乏燃料组件放置在乏燃料贮存架上。经过适当的衰变时间，将乏燃料从贮存水池中取出，装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。接收的新燃料组件贮存在新燃料贮存架上（干贮存）或乏燃料贮存水池中（湿贮存）。通过燃料运输管道把它们送进反应堆厂房。

（5）消防系统

为核电厂可能发生火灾的场所提供灭火措施。核电厂设计对可能发生的火灾隐患

采取了层层设防，一旦发生火灾，启用预先设置的各种行之有效的灭火设施灭火，使火灾危害降低到最低限度。核岛各厂房消防系统包括：核岛消防系统（含反应堆厂房、核辅助厂房和核燃料厂房）、电气消防系统和柴油发电机房消防系统。BOP 各厂房包括泵站、除盐水站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，不存在较大的火灾危险，在厂房内均设置消火栓和手提式灭火器。常规岛消防系统，能通过固定的自动高速和中速喷雾系统、固定的喷水灭火系统以及人工消火栓和消防软卷盘，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。

3.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及其厂房内的系统设备。

蒸汽-电力转换系统是常规岛侧最为主要的系统，它包括 1 台额定输出功率为 1089.075MWe 的汽轮发电机组。汽轮发电机为三缸四排汽，全周进汽，串联布置，汽机转速为 1500rpm，由一个高中压联合汽缸和两个双流低压缸组成。它与 24kV、三相、50Hz 的交流发电机直接相连。蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽通过汽轮发电机组将热能转换成电能。

3.2.3.1 系统主要流程

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

（1） 主蒸汽系统

主蒸汽系统的功能是将蒸汽从蒸汽发生器输送到汽轮机和其他蒸汽用户，主要用以发电。其安全功能主要包括四点：（1）在余热排出系统投运之前，通过大气释放阀排出来自反应堆的余热；（2）在发生安全壳内主蒸汽管道断裂事故时限制蒸汽释放，从而限制反应堆过度冷却，并防止安全壳压力超过设计值；（3）作为安全壳屏障，位于反应堆厂房贯穿件和蒸汽发生器之间的蒸汽管道被认为是安全壳的延伸；（4）通过蒸汽发生器安全阀保护二回路系统，使其免受蒸汽发生器超压的影响。

主蒸汽系统主要部件由主蒸汽管道、流量限制器、主蒸汽安全阀（弹簧加载式）、主蒸汽隔离阀、与大气释放阀以及汽轮机旁路阀的接口。在常规岛中蒸汽管道的设计压力和温度分别为 8.6MPa（a）和 316℃。主蒸汽系统的设计参数参见表 3.2-5。

（2） 汽水分离再热器系统

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

（3） 凝结水系统

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

（4） 主给水系统

主给水系统是指从除氧器至蒸汽发生器给水入口进行除氧、升压、加热和调节过程的系统。

（5） 汽轮机旁路系统

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

（6） 辅助给水系统（ASG）

辅助给水系统属于专设安全设施，因此，该系统按专设安全设施适用的准则设计，如单一故障准则、冗余和多样性设计准则等。

3.2.3.2 汽轮机发电机组

防城港核电厂一期工程一、二号机组的汽轮发电机为三缸四排汽，全周进汽，串联布置。汽机转速为 1500rpm，低压转子末级叶片长度为 55 英寸。

汽轮机由一个双流高压缸和两个双流低压缸组成。经过高压缸作功膨胀后的蒸汽进入两个水平布置、圆柱型壳体的汽水分离再热器 MSR。MSR 由汽水分离器和两级再热器组成，对称布置于低压缸的两侧。

交流发电机与汽机轴直接相连，并配备有与发电机轴直接相连的无刷励磁系统。

汽轮发电机的辅助系统和主要设备包括: 汽轮机润滑、顶轴和盘车系统、汽机调节系统、汽机保护系统、汽机监测系统、汽机轴封系统、汽水分离再热器、气体控制系统、发电机密封油系统、发电机定子冷却水系统、无刷励磁系统、各类监测仪表以及连接管道等。

3.2.3.3 凝汽器

每台汽轮机组包含两台凝汽器，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，管子采用外径 22.225mm，壁厚 0.5mm（受冲击管子为 0.7mm）的焊接钛管。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。

凝结水收集托盘设置成嵌入管束中，从而保证下部管道不被淹没。每组管束底部都设置第二个凝结水收集托盘，使得全部凝结水都先通过除气段，然后才进入凝汽器热井，保证避免过冷。正常运行热阱容量应满足机组在满功率条件下至少 3min 的凝结水量。

每台汽轮发电机组均包括四套蒸汽排放装置。四套蒸汽排放装置分别设置在两台凝汽器相连接的中间喉部，每侧各两套。排汽经过两级减压。蒸汽通过钻孔的半球封头膨胀，进入一个圆柱型容器内，完成第一级减压。当蒸汽通过该容器顶部和底部的许多小孔膨胀时，完成第二级减压。折流板引导蒸汽经减温喷淋后，进入凝汽器，喷淋水来自凝结水泵出口。

凝汽器的主要技术参数参见表 3.2-6。

3.3 电厂用水和散热系统

3.3.1 取排水系统

3.3.2 电厂水系统

3.3.3 供水条件

图

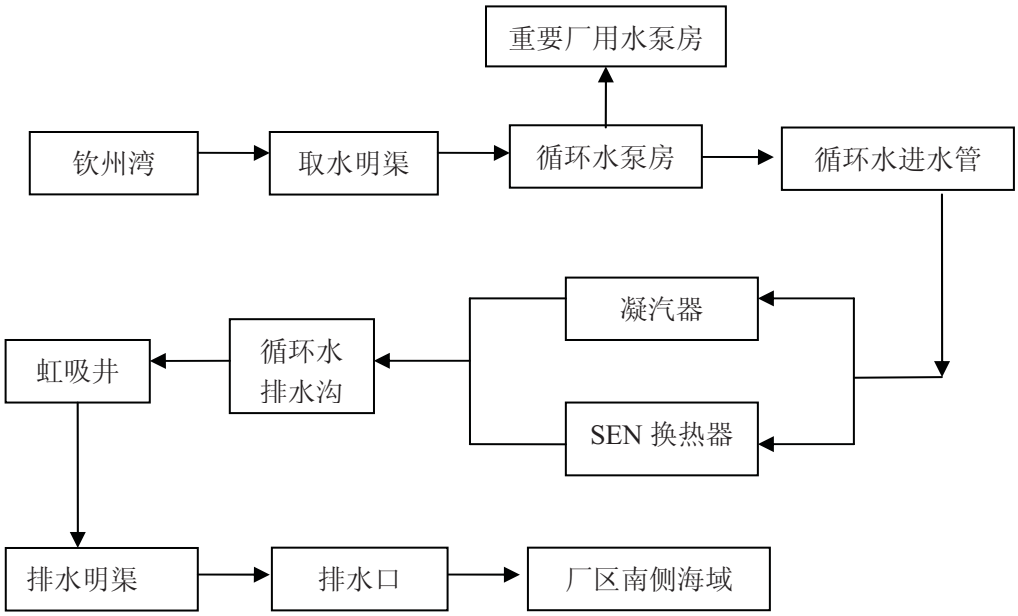
图 3.3-1 取排水系统高程图（略）
图 3.3-2 设备冷却水系统（略）
图 3.3-3 核电厂用水水平衡图

3.3 电厂用水和散热系统

3.3.1 取排水系统

核电厂取排水系统为电厂提供循环冷却水和安全用水，并将温排水与符合排放标准的液态放射性流出物混合后稀释排出。

防城港核电厂一、二号机组循环冷却水供水系统采用单元制海水直流供水系统，其主要功能是向常规岛汽轮机凝汽器及其辅助系统、核岛重要厂用水提供冷却水，系统主要流程为：



取排水口的布置见 3.1 节的图 3.1-1。取排水系统高程图见图 3.3-1。

防城港核电厂一、二号机组取排水采用“东取南排、明渠取明渠排、厂区北进”方案。一、二号机组的冷却水从厂区东侧的取水支渠进入循环水泵房前池，在厂址南侧海域通过明渠排水，取排水口置于的西航道西侧水深条件较好的区域。

防城港核电厂一、二号机组设计取水量 124.72m^3/s。

两台机组的循环冷却水量的具体分配如下：

- 循环冷却水系统（CRF）：119.16m^3/s；
- SEN 系统：3.20m^3/s；
- SEC 系统：1.94 m^3/s；
- CFI 冲洗：0.30m^3/s；

－ 制氯站：0.12 m^3/s。

整个取排水系统包括如下部分：

－ 钦州湾取水明渠；

－ 循环水泵房，包括循环水泵及鼓网系统等；

－ 循环水压力进水管道等；

－ 凝汽器；

－ 循环水排水沟；

－ 虹吸井；

－ 排水明渠及排水口。

（1）取水明渠

取水明渠进口底高程-7.0m，干渠底宽 100m，长约 1450m；至一、二号机组联合泵房前池支渠长约 600m，支渠底宽 40m。平均潮位时，明渠流速约 0.45m/s，取水口距离西航道轴线约 650m。取水干渠按规划容量一次建成，三至六号机组的取水支渠分期实施。。

（2）循环水泵房

两台机组共用一座循环水泵房，设于常规岛附近，自取水明渠取水。泵房尺寸为地下部分 101.8m×45.1×24.0m(长×宽×深)，地上部分 112.6m×20.8×13.2m(长×宽×高)，。

泵房内可分成两个区域：鼓型滤网区和水泵区。每台机组泵房设备暂配置如下：

a）鼓型滤网区（露天布置）

— 循环水进水流道 8 条：按水流方向每条进水流道装设：粗格栅、海水闸门、细格栅及清污机、鼓形滤网。

— 粗格栅：栅格间隔距为 200mm，用于拦阻体积较大的飘浮物进入泵房。

— 海水闸门：其作用是当泵房内部流道或滤网结构需要检修时，可将闸门放下隔断海水。

— 细格栅：栅条间距为 50mm，配带固定式清污机。

— 鼓型旋转滤网：2 条进水流道对应 1 台鼓型滤网，每台滤网配冲洗设备；

b）水泵区

— 循环水泵 4 台，每台循环水泵对应 1 台鼓型滤网，为混凝土蜗壳泵；

— 冲洗水泵 8 台；

— 电解制氯设备海水供给泵 4 台。

泵房的±0.00m 标高比厂区地坪高出 0.20m。

（3）循环水进出水管沟

每台机组的 2 台循环水泵通过 2 条 DN3600mm 钢筋混凝土管道向汽机房的凝汽器供水。用于连接循环水泵和凝汽器的管道为圆形截面，现场用钢筋混凝土浇制，使用精制模板以保证管道内部表面光洁。

每台机组经凝汽器热交换后的海水通过一条 2×3500×3500mm 现浇钢筋混凝土双孔排水暗沟排入虹吸井（CC）。

（4）虹吸井(CC)及溢流堰

为了使电厂循环冷却水系统能够形成稳定的流态，循环水泵需要提供一定的供水高程使循环水升压来克服管道的阻力和高差（指泵房进水间水面与循环水系统最高处——凝汽器水室顶的高度差）。如不设虹吸井，凝汽器水室水压要大于零才能使系统中循环水流动。设置虹吸井后，可利用虹吸作用使凝汽器水室处于负压状态仍然流动，这样相当于降低了循环水泵的供水高程，从而使循环水泵扬程降低，节约电耗，提高电厂运行的经济性。溢流堰设置在虹吸井内，设置它是为了获得稳定的虹吸高程，避免循环水泵扬程在运行期间发生较大的波动。

每台机组设一座排水溢流井，每个循环回路均装设有一个独立的溢流水道。

（5）排水明渠和排水口

排水明渠长约 6200m，底宽 100m，两侧导流堤间距 300m，底标高约-2.0 到-4.0m。排水明渠导流堤按规划容量一次建成。平均潮位时，排水明渠流速约 0.45m/s，排水口流速约 0.26m/s。

排水口布置在高墩石和外沙石两座小岛以南，西航道西侧海域，排水渠出口向外沿排水方向开挖一段排水槽，底宽约 100m，底标高-6.0m，保证与周围地形的顺畅衔接。排水口距离西航道轴线约 750m。

3.3.2 电厂水系统

（1） 与热交换相关的系统主要有：

—重要厂用水系统（SEC）：经由取水构筑物和循环水过滤系统（CFI）过滤装置从最终热阱（海水）取水，通过 2 个的 RRI/SEC 热交换器，将设备冷却水系统（RRI）热负荷输送到最终热阱。

—设备冷却水系统（RRI）：用于冷却核岛的各种热交换器，将反应堆余热载荷输送到最终热阱，并在核岛各台热交换器和海水之间形成一道屏障，防止放射性流体失控排入海水。图 3.3-2 中给出了电厂设备冷却水系统图。

—最终热阱：最终热阱是钦州湾的海水。在功率运行、正常停堆和冷停堆以及事故工况期间，海水作为最终热阱经由循环水过滤系统（CFI）向常规岛循环系统（CRF）和重要厂用水系统（SEC）供水。

（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，输送至除盐水储存和分配系统(SED、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） 与核岛运行相关的水系统主要有：

—冷凝水贮存装置：用于辅助给水系统（ASG），以满足在各种运行方式下系统水贮量的变化。

—反应堆补给水装置：由核岛除盐水分配系统（SED）供应水，用于 RCV 系统补水、制备含硼水、辅助喷淋液等。

—换料水贮存系统：用于在两次换料之间贮存反应堆池的水，同时作为安注系统（RIS）和安全壳喷淋系统（EAS）的备用贮水罐。

—冷冻水系统：生产出 10℃的冷冻水。

—汽机房闭路冷却水系统（SRI）；

—汽机房运行水系统。

（4） 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。

（5） 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 淡水水源

（1）运行期间淡水水源

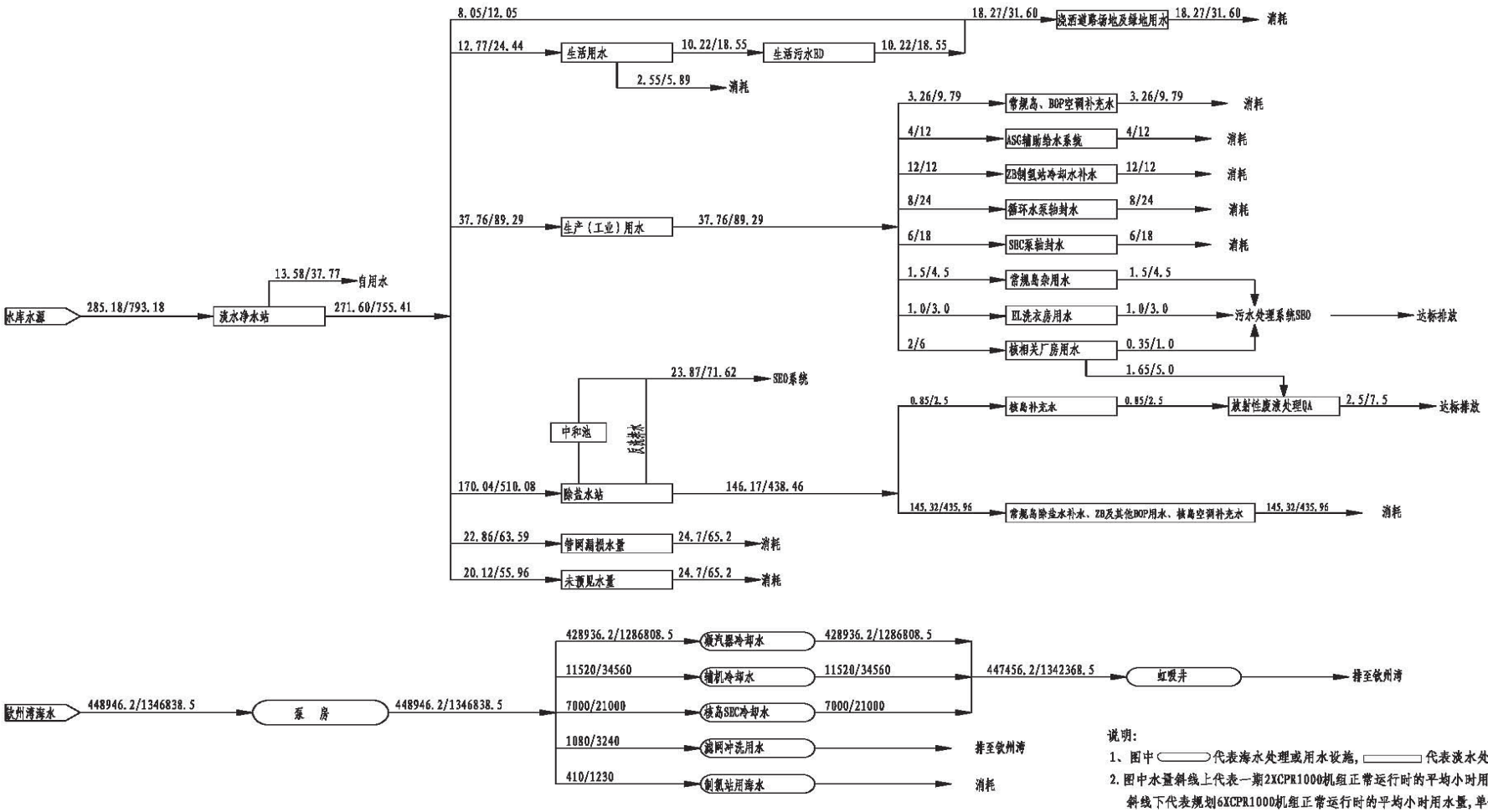
永久供水项目由距厂址西南约 9km 的官山辽水库引接至现场，作为核电厂运行期间生活、生产用水水源，利用防城河上现有的水源工程进行联合调度，经木头滩拦河坝引水至官山辽水库调节后，可满足运行期淡水取用水要求。一期工程设计取水规模为 10000 m^3/d，规划容量取水规模为 23000 m^3/d。本工程淡水供水项目输水管设计按满足规划装机 6×CPR1000 机组最高日需水量的要求，一次建设完成，共敷设 2×DN500 干管，输水管线单线长约 9.62km，输水管线主要沿着机耕道路和核电厂进厂公路旁侧敷设。

图 3.3-3 给出了防城港核电厂用水水平衡图。

（2）施工期间淡水水源

为满足进度需要，核电厂施工用水取自亿港自来水厂，最高日用水量为 6300m^3/d。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。

防城港市港务局亿港自来水厂一条 DN800 输水管在核电厂进场道路和沙企一级公路交汇处预留有 1 个三通接口。核电厂施工用水由此处引出 DN400 聚乙烯管（PE）沿进场道路北侧进入厂区，向核电厂供水。



说明：

1、图中 ⬭ 代表海水处理或用水设施，▭ 代表淡水处理或用水设施；

2. 图中水量斜线上代表一期2XCPR1000机组正常运行时的平均小时用水量，单位为m^3/h.
斜线下代表规划6XCPR1000机组正常运行时的平均小时用水量，单位为m^3/h.

3. 本工程装机机组，淡水平均均

4. 生产、除盐用水时间按7000hi

5. 机组启动增加水量：两台机组

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
核电厂用水水平衡图		
图 3.3-3	版次：	A

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

图

图 3.4-1 防城港核电厂一期工程一、二号机组接入系统图（略）

3.4 输电系统

3.4.1 接入方案

（1）接入系统方案

防城港核电厂工程装机规模为 6×1000MW 压水堆核能发电机组，作为广西电网的大型骨干电厂，将以 500kV 电压等级接入广西 500kV 网架。一期工程 500kV 出线 3 回，分别是核电厂——500kV 海港变电站 2 回线路、核电厂——500kV 邕州变电站 1 回线路。输电线路采用 500kV 同塔双回，总的出线走廊宽度约 350m～400m，最终的线路长度、导线截面在电厂送出输变电工程可研中确定。

防城港核电厂工程辅助电源最终由 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，一期工程考虑由中路站引入第 1 路电源，后续工程引入潭松站第 2 路电源，220kV 辅助变电站电气主接线采用双母线接线，辅助变压器出线为六回，分期建成，一期建设 2 台。

一、二号机组的接入系统图见图 3.4-1。

（2）导线截面

- 防城港核电厂～海港双回 500kV 线路导线截面选用 4×720mm^2；
- 防城港核电厂～新江双回、南宁～海港 500kV 线路导线截面选用 4×630mm^2；
- 邕州～海港 500kV 线路 π 接入核电厂往邕州方向段、南宁～邕州双回 500kV 线路 π 接入新江段，导线截面选用 4×400mm^2。

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

3.5.1.1 设计基准

3.5.1.2 安全功能

3.5.1.3 系统描述

3.5.2 安全壳功能设计

3.5.2.1 设计基准

3.5.2.2 安全壳结构

3.5.2.3 安全壳隔室

3.5.2.4 安全壳泄漏试验

3.5.3 安全壳隔离系统

3.5.3.1 设计基准

3.5.3.2 安全功能

3.5.3.3 系统说明

3.5.4 安全壳喷淋系统

3.5.4.1 设计基准

3.5.4.2 系统组成

3.5.4.3 系统运行

3.5.5 安全壳内可燃气体的控制

3.5.5.1 安全壳消氢系统

3.5.5.2 安全壳大气监测系统

3.5.6 控制室可居留系统

3.5.6.1 设计基准

3.5.6.2　系统组成
3.5.6.3　系统设计说明

3.5.7　裂变产物的清除和控制
3.5.7.1　概述
3.5.7.2　安全级空气过滤系统
3.5.7.3　非安全级空气过滤系统
3.5.7.4　安全壳过滤排放系统

图

图 3.5-1　安全注入系统流程图（略）
图 3.5-2　安全壳喷淋系统流程图（略）

3.5 专设安全设施

核电厂专设安全设施在各种设计基准事故情况下，可确保反应堆紧急安全停堆并长期排出堆芯余热，保持裂变产物与环境之间的安全屏障完整。专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、安全壳和安全壳隔离系统等。

专设安全设施在设计中采用了单一故障准则，各个系统设计成各自独立的具有冗余度的安全系列，使得单一事件不会导致其安全功能的丧失。专设安全设施的设计使其在安全停堆地震时不会导致安全功能的丧失，在恶劣工况下（例如在出现失水事故时）也不会丧失其功能。

3.5.1 安全注入系统

在发生反应堆冷却剂系统功能丧失的事故时，安全注入系统（RIS）提供冷却核燃料所需的手段，保证燃料包壳温度不超过设计限值，从而限制了燃料元件包壳损伤和由此产生的裂变产物的外逸。

3.5.1.1 设计基准

RIS 设计成在下列事故发生后，冷却堆芯并提供附加停堆能力：

— 失水事故（LOCA），该事故会导致失水量大于由正常补水系统提供的补水量；

— 控制棒驱动机构断裂引起的一个控制棒束组件（RCCA）弹出事故；

— 蒸汽或给水系统破裂事故，包括管道破裂或主蒸汽系统上的卸压阀或安全阀误打开事故，这些事故会导致蒸汽释放或给水丧失不受控制；

— 蒸汽发生器传热管破裂。

在 LOCA 后的再循环阶段，RIS 系统设计成作为安全壳屏障的一部分。

RIS 系统同时有下列功能：

— 在换料冷停堆时用来给换料水池充水；

— 利用水压试验泵对反应堆冷却剂系统进行水压试验；

— 在丧失厂外电时，作为主泵密封水注入的备用；

— 通过将上充泵吸入口从容控箱切换至换料水箱来防止快稀释；

— 在停堆时将上充泵吸入口从容控箱切换至换料水箱来防止慢稀释；

— 在 RRA 泵丧失后防止冷停堆时堆芯裸露。

在选择功能要求、选择专用设备和设备及连接管道的布置中，已经考虑了 RIS 的可靠性。在失去一个设备会影响可靠性的地方提供了冗余的设备。

3.5.1.2 安全功能

本系统主要安全功能有：

（1）冷却堆芯和防止堆芯超临界

在反应堆冷却剂系统出现各种尺寸的破口时，启动 RIS 系统向堆芯提供应急冷却水，防止燃料熔化，防止燃料组件和堆内构件出现可能妨碍堆芯冷却的变形。RIS 系统提供的冷却水，含有足够浓度的硼，以维持堆芯的次临界状态。贮存在冷却剂系统和燃料中的热能及剩余发热通过 RIS 系统传到安全壳内。在安全壳内产生的蒸汽由安全壳喷淋系统冷凝成水。聚集于安全壳地坑中的液体再由 RIS 系统重新注入堆芯。在安全壳喷淋系统将其喷到安全壳内以前进行冷却，这种再循环过程保证长期排出堆芯余热。

（2）紧急加硼，维持反应堆在安全停堆状态

RIS 系统提供必要的负反应性，以确保在蒸汽管路破裂或二回路系统过冷之后，反应堆仍可维持在安全停堆状态。

（3）密封屏障

在失水事故后期再循环阶段，该系统起到了安全壳的密封屏障作用。

3.5.1.3 系统描述

安全注入系统的流程图见图 3.5-1。它的主要设备有：

— 高压安全注入子系统：在安注工况下，3 台上充泵可用作高压安注泵（HHSI），将硼酸溶液注入到反应堆冷却剂系统，用作高压安注泵的 3 台上充泵是并联设置的，在事故工况下，其中 2 台分别由应急母线 LHA、LHB 供电，由安注信号自动启动，第 3 台 HHSI 泵作为备用泵，当由 LHB 供电的 HHSI 泵发生故障时，第 3 台 HHSI 泵经手动切换可由 LHB 供电投入运行。

— 低压安全注入子系统：在事故后的直接注入阶段和长期冷却阶段，两台低压安注泵可将含硼水注入至反应堆冷却剂系统以冷却堆芯。

— 安注箱子系统：该子系统是一个非能动系统，当反应堆冷却剂系统压力降到低

于设定值时，安注箱子系统向反应堆冷却剂系统注入硼酸溶液以保证堆芯的短期冷却。该子系统含有三个独立的安注箱，每个安注箱溶剂为 47.7m^3，最小硼酸浓度 2300ppm。

— 1 个硼酸注入箱，额定浓度 7000~9000ppm。

— 1 个硼酸波动箱，额定浓度 7000~9000ppm。

— 2 个硼酸循环泵，最小硼酸浓度 2300ppm。

— 系统内以及与连接其他系统的相关阀门和管道组成。

— 水压试验泵设计，用来进行 RCP 系统的压力试验、安注箱初始补水，从换料水箱向安注箱定期补水以及主泵密封注入的备用。

— 一回路临时注入设备：一次侧临时注水管线与 EAS 系统的连接点设置在 H4 管线隔离阀之间，一列管线用于取水，另一列管线用于注入。管线从 KX 厂房内引出至厂房以外，设置双道隔离阀。每条管线为 2 段固定铺设的不锈钢管道加中间 1 段金属软管，软管平时拆卸下来，防止将放射性介质引出厂外。临时注入泵采用应急移动泵，自带动力源。

3.5.2 安全壳功能设计

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

3.5.2.1 设计基准

（1） 设计载荷考虑

a）设计基准事故引起的机械应力与热应力

设计基准事故是在专设安全设施投入运行情况下安全壳内一回路系统或二回路系统管道瞬时双端断裂事故，它对安全壳造成机械应力和热应力。在这些应力作用下安全壳不丧失其完整性。

b）安全停堆地震、飞机撞击、洪水和龙卷风载荷，龙卷风载荷包括风压、所引起的压差和飞射物（如汽车）所产生的载荷。

c）安全壳设计考虑的重力载荷和气候载荷

重力载荷包括永久性载荷（构件静重、结构所支承的设备静重）及建造和运行期间的活载荷。气候载荷包括正常气候载荷和极端气候载荷。

d）安全壳设计考虑的其它载荷

对管道破裂造成的动力作用（甩动）通过采取适当措施对安全壳及贯穿件提供保护。如对管道甩动进行约束、实体隔离（防护屏障，混凝土墙，…）。

蒸汽管道破裂所产生的蒸汽喷射效应。

在正常工况下，安全壳能在设备产生的反作用力（振动、膨胀…）下其密封性能保持在规定范围内，并保持其机械完整性。

对于可能的内部飞射物，采用混凝土墙或屏障作为防护措施。

（2） 安全分级

安全壳的安全等级为 2 级。

（3） 密封性

a）对大气的密封性

安全壳在失水事故时泄漏率设计如下：

— 设计基准失水事故工况下，安全壳设计泄漏率在最初24小时为安全壳内气体质量的0.3%，所指失水事故时工况是：压力0.52MPa（绝对）；最高温度（对蒸汽和空气混合物）为145℃，局部不均匀性造成的热点为180℃。

— 电气贯穿件在各种运行工况（包括事故工况）下不损害其机械和电气特性。工厂试验时在0.47MPa（绝对）压力和环境温度下，气体最大允许泄漏率为$10^{-6}cm^3/s$干氮气。

b）对地下水的密封性

安全壳基础底板为大约 1m 厚的混凝土筏基，并用钢衬锚固其中，该钢衬是安全壳钢衬里的延续，钢衬焊缝通过泄漏检验并对泄漏处进行修补，不使放射性核素或化学物质在事故工况下渗漏到地下水中。

（4） 安全壳隔离功能

安全壳隔离功能由下述管路中的隔离阀完成：贯穿安全壳且与反应堆冷却剂系统连接的管路或与安全壳内大气直接相通的管路或在安全壳内未形成封闭系统的管路。

这些隔离阀按下述方式之一设置：

a）安全壳内一个锁闭的隔离阀，安全壳外一个锁闭的隔离阀；

b）安全壳内一个自动隔离阀，安全壳外一个锁闭的隔离阀；

c）安全壳内一个锁闭的隔离阀，安全壳外一个自动隔离阀；

d）安全壳内一个自动隔离阀，安全壳外一个自动隔离阀；

e）在安全壳内发生事故后要求隔离，但在安全壳内不能操作时，在安全壳外设两个自动隔离阀；

f）在需要一个隔离阀开启或关闭以改进系统运行的可靠性并同时符合下列情况时，可只在安全壳外设置一个自动隔离阀：

— 系统在安全壳外是封闭的；

— 系统能动部件设计符合单一故障准则；

— 系统属于专设安全设施；

— 系统的安全壳贯穿件至所含阀门之间的部分被封闭在一个密封的包壳内。

g）对贯穿安全壳并在安全壳内形成封闭系统的管路，可在安全壳外设置一个隔离阀，它可以是自动隔离阀、锁闭隔离阀或远距离操作隔离阀。

h）对贯穿安全壳并在安全壳内、外都形成封闭系统的仪表管路，不设置安全壳隔离阀。安全壳外侧的隔离阀应尽可能靠近安全壳。自动隔离阀设计成当丧失动力源时处于安全位置。简单的止回阀不能用作安全壳外侧的自动隔离阀，但可以用在安全壳内侧。

（5） 安全壳设计温度和设计压力

a）设计温度：规定为设计基准失水事故过程中所达到的最高温度（145℃）。

b）设计压力：规定为设计基准失水事故过程中所达到的最高压力（0.52MPa 绝对压力）。

安全壳还应能承受安全壳喷淋系统误动作导致安全壳内压力降低，设计采用负压差为 25kPa。

（6） 可接近性考虑

反应堆厂房内设备布置、气闸门和设备舱口的设计考虑了各种设备（包括蒸汽发生器）的搬运安装、修理和更换。

3.5.2.2 安全壳结构

（1）安全壳：内表面钢衬里厚度为 6mm，竖向预应力钢筋混凝土墙厚度约为 0.90m（某

些局部区域增厚）。混凝土穹顶厚度 0.80m；钢衬里内径 37m，壳的内高 54m。穹顶最高点至厂房地面 59.4m。总的内部体积约 60000m^3，安全壳内的自由体积为 49400m^3（假想失水事故所考虑的空间）。

（2）构成安全壳延伸部分主要有：

a）位于安全壳内的二回路部分；

— 蒸汽管道；

— 主给水与辅助给水管道；

— 蒸汽发生器排污与取样管道；

b）蒸汽发生器的管板和管束；

c）在安全壳内、外形成闭合系统的仪表管道，从安全壳内部的传感器接到安全壳外部的变送器。其中主要是两套安全壳压力测量通道。

3.5.2.3 安全壳隔室

在安全壳内，用混凝土结构分成若干隔室，并将各主要放射性设备分别置于各个隔室内，其中有放置反应堆的堆坑隔室，蒸汽发生器隔室，主泵隔室和稳压器隔室。它们均有足够厚度的混凝土墙用以支承、约束和屏蔽设备的核辐射。由于当主回路管道断裂引起的蒸汽喷放可能在隔室内造成很高压力，因此，隔室设计除保证墙壁有足够的强度外，各隔室向安全壳空间的出气通道面积应能保证隔墙承受的峰值压差是可以接受的，并保证不存在堵塞物件。

3.5.2.4 安全壳泄漏试验

核电厂投入运行前进行最初的安全壳试验并完成检查程序，以检查建造质量和评价出现失水事故时可能的泄漏风险。

在核电厂寿期内进行安全壳密封性能定期试验，以检查安全壳密封性能是否超出设计预定的范围，证明能否继续执行密封功能，或作出是否进行修补决定。

（1） 密封试验

— 整体试验，又称A类试验，其目的是在安全壳竣工后，反应堆调试前测量安全壳的泄漏率，以证实安全壳整体密封性。

— 局部试验，包括B类和C类两类，是在设计压力下安全壳允许总泄漏率在不同

部件间的分配。对于B类试验，包括电气贯穿件、人员气闸门、设备舱口闸门和燃料输送通道的盲板，各为允许总泄漏率的1%。对于C类试验，包括所有安全壳贯穿件上隔离阀和止回阀泄漏率的总和必须低于允许总泄漏率的50%。

（2） 强度试验

首次试验压力为 1.15 倍设计压力并与 A 类泄漏率试验同时进行。以后定期检查试验在设计压力下进行。

3.5.3 安全壳隔离系统

为在事故工况下保持安全壳的密封性能，防止向环境释放的放射性物质超过可接受限值，贯穿安全壳且属于反应堆压力边界的组成部分或直接与安全壳空间相连的管线在事故工况下必须能可靠地自动封闭，为此设置了安全壳隔离系统。

3.5.3.1 设计基准

— 如果发生 LOCA 事故，安全壳隔离系统就要隔离专设安全设施（ESF）的运行所不需要的那些贯穿安全壳的管路，以减少放射性物质向外界环境释放。

— 主蒸汽管路破裂时，为防止反应堆冷却剂系统（RCP）过冷或安全壳超压，由蒸汽管路隔离信号隔离蒸汽发生器。

— 安全壳内发生燃料操作事故后，安全壳隔离系统隔离安全壳大气，以抑制放射性物质向外界环境释放。

— 安全壳隔离系统的设计要能满足单一故障准则。

— 安全壳隔离系统能够防飞射物袭击和管道甩击。

— 安全壳隔离系统的机械设备为安全 2 级，电气设备的安全级为 1E 级。

— 安全壳隔离系统设计成能够承受 LOCA 后的环境。

— 安全壳隔离系统要能够在安全停堆地震（SSE）时维持其功能。

— 安全壳外侧的隔离阀布置应尽可能靠近安全壳。

3.5.3.2 系统说明

安全壳隔离系统由隔离阀、执行机构、信号系统及动力供应系统所组成。安全壳隔离系统分阶段起动。

A 阶段安全壳隔离信号：

— 稳压器低-低压力；

— 安全壳高压力；

— 蒸汽管线高流量同时蒸汽管线低压力，或同时反应堆冷却剂低-低平均温度；

— 蒸汽管线之间高压差；

— 手动启动。

在 A 阶段隔离的同时，应急柴油发电机起动，RIS 系统投入运行。

B 阶段安全壳隔离信号：

— 安全壳高压力；

— 手动启动。

在 B 阶段，在 A 阶段没有隔离的管路被隔离，同时安全壳喷淋系统启动。

蒸汽管线隔离信号：

— 蒸汽管线高流量同时蒸汽管线低压力，或同时反应堆冷却剂低-低平均温度；

— 蒸汽管线低-低压力；

— 安全壳高压力。

高放射性信号（燃料操作事故等）隔离下列管线：

— 安全壳换气通风系统（EBA）；

— 安全壳大气监测系统（ETY）：小风量扫气和氢复合系统贯穿件；

— 核岛排水排气系统：反应堆疏水、地板疏水、工艺疏水贯穿件。

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

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

3.5.4 安全壳喷淋系统

安全壳喷淋系统在发生设计基准事故（主回路失水或二回路管线破口）情况下从安全壳内迅速排出热量和清除气载裂变产物，以限制安全壳内的压力和温度急剧上升以及安全壳外侧的放射性后果。

3.5.4.1 设计基准

安全壳内压力的降低减小了安全壳的泄漏率。在一回路管道破裂情况下，由于 EAS 系统也减少了安全壳内的气载裂变产物量（特别是碘），所以该系统有助于限制安全壳外的放射性后果。为了实现上面规定的功能，EAS 系统将来自 PTR001BA 水箱的冷的含硼水喷淋出来，在含硼水中加有来自 EAS001BA 水箱的氢氧化钠溶液。在 PTR001BA 水箱完全排空之前，EAS 系统水源切换到收集存贮在安全壳地坑中的水，将水冷却并喷淋回到安全壳内（再循环阶段）。在大破口事故后，安全壳喷淋系统是唯一的从安全壳内导出热量的系统。

3.5.4.2 系统组成

EAS 系统由两个相同的并且实体隔离的系列组成，每个系列都能完全保证喷淋功能。两个系列共用换料水箱 PTR 001 BA 和化学添加子系统。每个系统包括一台电动喷淋泵、一台由设备冷却水系统（RRI）水冷却的热交换器、位于安全壳穹顶下面的两个喷淋环管和管道。每个系列也包括一条泵试验管线和一条喷头试验管线。每台热交换器由相应的 RRI 系列管线冷却，每个系列由其相应的应急母线供电。图 3.5-2 给出了安全壳喷淋系统的系统流程图。

EAS 可分为两个子系统：喷淋主系统和化学添加剂子系统。

（1）主系统的主要设备包括：

- 换料水箱 PTR001BA；
- 热交换器，热交换器为卧式，管侧由 EAS 泵供水，壳侧由 RRI 供水；
- 电动喷淋泵，在 LOCA 事故中，要求每台喷淋泵提供 100%的流量以确保安全壳的完整性并排出余热。在再循环阶段期间，它们的最小流量是 1050m^3/h。
- 安全壳地坑。整个过滤系统采用模块化结构，每个模块由不锈钢滤筒和集流管道组成，单列有效过滤面积约 240m^2，接近流速为 2.81mm/s，滤筒采用六棱柱形，冲孔板采用圆形冲孔，冲孔呈倒三角形。模块之间采用特制密封板，该密封采用弹性设计，在确保相对密封的情况下能够吸收汇流槽产生的热膨胀。
- 喷淋环管、喷头。每个系列有两个喷淋环管，在喷淋环管上装有喷头（1 号机组 504 个，2 号机组 506 个）。喷淋环管的布置如下：A 系列：两个环直径为

27m 和 14.5m 的喷淋环管，分别位于 50.97m 和 54.16m 标高处；B 系列：两个环直径为 22.5m 和 10m 的喷淋环管，分别位于 52.33m 和 54.78m 标高处。

（2）化学添加剂子系统

化学添加剂系统包括一个氢氧化钠贮存箱（喷淋添加剂箱 EAS001BA）和两个喷射器（每个系列对应一个）。喷射器从该箱吸取氢氧化钠溶液，形成与喷淋主系统泵并列安装的一个系统。二股流体经喷淋环喷咀喷出。化学添加剂系统包括一个氢氧化钠混合和循环系统，以防止氢氧化钠结晶。

3.5.4.3 系统运行

EAS 提供安全壳喷淋。

在直接喷淋阶段期间，从换料水箱 PTR001BA（至少有 1380m^3 浓度 2400±100ppm 的含硼水，其温度在 7~40℃之间）吸水；

在再循环阶段期间，本系统再循环安全壳地坑水。

当 PTR001BA 水箱的水达到“低 3”液位时，喷淋泵的吸水从换料水箱自动切换到安全壳地坑（再循环阶段）。

3.5.5 安全壳内可燃气体的控制

安全壳消氢系统（EUH）和 ETY 系统氢复合子系统的主要作用是用于控制安全壳内可燃气体的浓度，以确保维持安全壳结构和密封的完整性。

在设计基准事故工况下可能释放到安全壳内的氢气浓度必须保持在低到足以防止出现氢氧混合物燃烧爆炸的危险的浓度。氢气的最低可燃极限是 4%（体积浓度，该数值是保守的）。设计基准事故下主要通过 ETY 系统氢复合子系统进行消氢。在超设计基准事故工况下将安全壳隔间内的氢气浓度保持在低于体积浓度 10%，从而有效降低直至避免发生由氢气爆炸引起安全壳失效的可能，在超设计基准事故情况下通过非能动的安全壳消氢系统（EUH）进行消氢。

实际上在设计基准事故下消氢工作若由 EUH 非能动的氢复合器完成，则 ETY 氢复合器子系统的有些功能可不必投入使用。氢气可能由于下述原因而积累：

— 冷却剂在堆芯区和地坑区的辐照分解；

— 锆水反应（锆燃料包壳在事故期间被冷却剂或蒸汽腐蚀）；

－ 在安全壳内金属（铝和锌）被安全壳喷淋液腐蚀；

－ 溶解在一回路冷却剂中的氢的析出。

3.5.5.1 安全壳消氢系统

安全壳消氢系统（EUH）为应对严重事故的专项工程技术措施，该系统设计为非能动系统，在严重事故期间和严重事故后，安全壳消氢系统能够避免由于氢气爆炸而导致的第三道屏障－安全壳的完整性丧失。

在安全壳隔室内根据氢气的产生和累积情况布置一定数量的非能动氢复合器，当安全壳内的氢浓度达到一定数值时，氢复合器自动工作，使安全壳内气体混合物中的氢气、氧气与催化剂接触后复合为水蒸汽，可以有效的将安全壳内氢浓度控制在安全范围之内。

EUH 由 33 台非能动氢复合器组成，不需要任何监测和控制措施。EUH 使用的氢复合器型号为 XQ-FN/30 型和 XQ-FN/50 型。在 0.15MPa，4%氢气体积浓度，50℃的条件下，两种类型的复合器消氢容量分别为 2.4kg/h 和 5.36kg/h。非能动氢复合器的外部金属箱体引导含氢气体向上流过装置（气体从复合器的底部进入），气流出口采用侧向开口方式，实现了必要的防滴设计。催化床位于箱体底部，为可更换“抽屉式”结构。催化床由催化剂板组成，催化剂板采用金属网板作为基材，TiO_2 等组分作为活性组分载体，两种贵金属 Pt、Pd 作为活性组分。

3.5.5.2 安全壳大气监测系统

（1）设计基准

ETY 系统吸风口位于安全壳穹顶，当 ETY 运行时，由安全壳穹顶吸风、底部送风，可以对安全壳内的大气进行混合，从而防止可燃气体的局部积聚。

ETY 系统氢气浓度控制的特殊子系统有两个独立的功能：一是安全壳空气混合取样；二是由 ETY 系统两台可移动式能动氢复合器中的一台来降低安全壳的可燃气体浓度。这些为专设安全设施的功能。

（2）系统描述

a)取样与混合

本功能由 ETY 子系统完成。该系统由两条并联管线组成，一条正常工作，另一条

备用。系统组成如下：

- 排出安全壳内上部空气的排气管道，位于燃料厂房一侧，在安全壳外部的该管道上设置了两个密封蝶阀，这些阀门的关闭是自动的。
- 一台 100%容量的电动风机，使排出安全壳的空气自上而下循环；
- 每台风机的进出口各有一管嘴；
- 一部移动式取样装置从两个管嘴间循环小空气流量中取样，样品收集在带有注射器的小型钢制容器中。气体取样分析在实验室进行。
- 一根回风管将空气引回安全壳下部，并在安全壳外侧设置有两个密封蝶阀。

b)能动式氢复合器

为了降低设计基准事故情况下安全壳内氢气的浓度，机组使用 2 台移动式能动氢复合器（ETY 系统）。在每个燃料厂房 0m 标高处各设置了一台能动氢复合器。

在设计基准 LOCA 事故时，2 台移动式氢复合器分别放置在 1、2 号机组的燃料厂房 0m 标高处。移动式氢复合器（0ETY001RV）由氢复合器本体和控制柜两部分组成。氢复合器本体的主要部件有：冷却冷凝器、除雾器、消氢风机、催化反应器、空气冷却器、冷凝收集器、储液槽、接线盒等。移动式氢复合器的工作原理为：由安全壳引出的含氢空气在消氢风机吸引下，进入氢复合器。首先通过冷却冷凝器进行冷却，经过除雾器进行气液分离，去除液滴的含氢空气加压进入催化反应器。催化反应器的下部使空气加热器，使空气温度升高至 120℃。由于温度的升高，游离出的固体颗粒在催化反应器的中部进行沉降、分离。催化反应器上部装有 XQ-ⅢG 型消氢催化剂，在催化剂的作用下氢和氧化合生成水。由于化合反应为放热反应，消氢后的高温空气经过空气冷却器进行冷却，反应生成的水冷凝后收集。能动氢复合器性能如下：额定气流量：119m^3/h，消氢能力：复合器启动后，会到反应堆厂房的复合气体中氢浓度低于 0.1%（体积分数）。

3.5.6 控制室可居留系统

控制室可居留性系统（CRHS）主要的设计功能是提供一个安全环境，使操作人员在此环境中，能在电厂正常运行期间保持核反应堆和辅助系统在受控之下，在异常情况期间能使这些系统安全停堆，以保护公众和电厂工作人员的健康和安全。

CRHS 必须保证控制室在正常工况下的可居留性，在设计基准事故、严重事故和

外部事件发生时及事故后的居留期得以延长，并保证在主控制室或其他可选停堆站控制反应堆的操作不受影响。可居留性系统包括辐射屏蔽、冗余设置的新鲜空气供应和调节系统、防火排烟、人员的防护设备、应急照明、通讯、生活保障及救生设施。

3.5.6.1 设计基准

为了使核电机组在正常工况下安全运行并且使它在事故工况（包括失去冷却剂事故）下处于安全状态，要求控制室是可居留的。在发生事故时，控制室可居留区域中食物、水、医疗用品、卫生设施等能保持 10 名运行人员停留 5 天，其通风过滤设施和屏蔽设计可以满足其中的工作人员的受照剂量在事故期间不超过 50mSv。

a) 控制室的可居留性系统（CRHS）应符合以下三个总的设计准则：

— 辐射剂量；

— 防止危险物质的影响；

— 从主控制室或其他可选的停堆控制站对反应堆进行控制。

b) 控制室可居留性系统设计的具体要求为：

— 使控制室可居留区域能够承受地震、洪水、台风、龙卷风等自然现象及外部飞射物的影响。

— 辐射防护方面：在事故工况下，提供足够的防护，使进入和停留在控制室可居留区域内的人员，在事故期间全身接受的射线照射不超过 50mSv 或者相当于身体任何部位的当量值。

— 对呼吸系统、眼睛、皮肤的应急防护：把送风过滤系统和循环系统设计成在设计基准事故后能运行。使控制室可居留区域内保持正压。

— 防火要求：对安全重要的构筑物、系统和部件（SSC）要将火灾和爆炸的影响降到最小，可保障在烟雾威胁的情况下操作人员仍能控制反应堆。控制室外的火灾不向控制室内蔓延，及某一机组主控制室内的火灾不影响其他机组主控制室的正常运行。

— 应急监测及控制设备：在事故和应急期间，安全重要的系统和部件要能够履行其安全功能。

3.5.6.2 安全功能

CRHS 为控制室内工作人员提供适当的环境条件，以便实现对核电厂正常运行的

控制和管理、或事故情况下完成安全停堆并维持安全停堆状态、限制事故发展、缓解事故后果等操作。

保护控制室内人员和设备免受可能的自然事件（地震、洪水、龙卷风等）和人为事件（外环境的火灾、爆炸、飞射物等）的影响，保证控制室功能的完成。

3.5.6.3 系统设计说明

（1） 控制室

控制室是核电厂内在正常工况下为核电机组的安全运行和在事故情况下保持反应堆在安全状态进行控制操作的一个场所。该场所内拥有电厂安全停运所必需的仪表和控制设备，并且一般还包括重要文件资料卷宗、计算机房、值长办公室、运行人员洗手间和厨房及在事故情况下人员频繁进出或可能必须连续占用的一些其他关键场所。

（2） 空调和通风

主控室可居留间空调系统（DCL）为主控制室可居留间提供适宜的空气条件。

该系统功能是：

— 保持主控制室、计算机房、TSC 以及走廊的室温在 18℃到 25℃之间；

— 保持空调处理设备间室温在 10℃到 30℃之间；

— 保持主控室可居留房间相对湿度在 40%到 65%之间，走廊的最高相对湿度 70%；

— 当发生 LOCA 或导致放射性产物扩散到环境中的其他种类事故时，应限制污染空气从室外进到主控制室（室外新风空气流量限制在 2300m^3/h）；

— 防止火灾或烟气蔓延到主控制室。

DCL 系统是由新风过滤机组和主通风机组组成，该系统的主要设备布置在主控制室附近的两个房间内。

主通风机组包括两套冗余设置由柴油发电机组应急供电的容量为 100%的组合式空调箱，每套空调箱中包括一台预过滤器，一台冷却盘管，一台电加热器，一台加湿器和一台送风机。在某些房间设有末端电加热器，可以保证主控制室温湿度要求。部分空气是再循环的，循环空气在主送风机吸入端与新鲜空气混合。部分房间如计算机房设有单独的温湿度监测仪表。

新风过滤机组主要由两台 100%冗余设置的带应急电源供电的通风机、两个电加热

器和两组（四套 50%冗余）空气净化装置组成。每组空气净化装置包括两台前置过滤器、两台高效粒子空气过滤器、四台碘吸附器和两台高效后置过滤器。

两台冗余设置的放射性监测器控制通风系统运行。为了监测主控制室内的新鲜空气和送风的放射性浓度，在 DCL 过滤机组内设置放射性监测器 KRT（1 号机组在 W819/W820，2 号机组在 L846/W846）。

（3） 防火

主控制室中可燃物质极少，没有装有危险气体的罐及没有高压电路；仪表和控制电缆是耐火型的，防火阀能隔离发生火灾的房间。

一般而言，当排烟系统排烟时，不必关闭其他房间的通风系统。

防火设备也包括就地灭火装置（如手提式灭火器）。

使用设在主控制室范围的灭火器时，其产生的有毒气体应不会达到危险浓度。

火灾时可用如下方法把每个机组的主控制室与另一机组的主控制室隔离：

— 每个机组在+19.00m 标高走廊上，设有耐火极限 1.5 小时的防火门；

— 两个机组的主控制室被划分为各自独立的安全防火区，与中间的公共控制室由耐火极限为 1.5 小时的防火门和防火墙隔开（即两个主控制室之间的隔离耐火极限将大于 1.5 小时）。贯穿件以及管道穿越防火墙的部位均做耐火保护，耐火极限不小于穿越部位的耐火极限，可以满足防火保护要求。

— 在每个主控制室后部的每组控制屏之间，由 1.5 小时耐火极限的防火墙隔离。

因为主控制室内有人员值守，在人工充分干预的条件下，主控制室发生火灾蔓延的可能性很小，故任一主控制室着火时，不会影响另一个主控制室的可居留性及正常工作。

当某个机组的主控制室发生火灾导致其不可用时，相应的机组由远程停堆站和位于开关盘上的就地控制器操作（如果需要）。

（4） 密封

控制室可居留区域范围内保持微小正压以防止空气漏入（通过门、管道及电缆贯穿件）。在可能的泄漏处，设计上均作了考虑，如采用密闭门，电缆、管道和风管的穿墙处、结构接点等处均用封堵材料进行封堵等。

每个正常进风管上有 2 个串联的气动快速隔离阀。阀门关闭时间小于 15 秒。

另外，提供如下设计措施：

— 控制室可居留区域自动隔离；

— 为混凝土进行适当表面处理的施工详图，以降低由于气孔或施工缝导致的泄漏。

（5） 屏蔽

在事故工况下，主控制室可居留区域的屏蔽设计要保持主控制室可居留区域内的放射性在可接受的水平。在事故期间，工作人员有效剂量不超过 50mSv、甲状腺当量剂量不超过 500mSv。

控制室可居留区域范围内各房间，通过采用钢筋混凝土板和墙以避免受到外部风险如飞射物或龙卷风的影响。另外,在 DCL 系统进排风口进一步采用特殊装置以免受龙卷风影响。因不需考虑事故的叠加，故应急采风口不设防龙卷风阀。

3.5.7 裂变产物的清除和控制

3.5.7.1 概述

核电厂与其它类型电厂的本质区别在于核电厂的热源由核裂变提供。核电厂设计为防核辐射采取了一系列纵深防御措施，包括设计了严密可靠的三道实体屏障：燃料包壳，一回路压力密封边界和安全壳。在正常运行时仍有很少量的裂变产物泄漏并进入安全壳内的液相和气相。在核电厂设计中为维持核电厂正常运行的水质要求和使核电厂正常运行对工作人员和公众及环境带来的辐射影响合理可行尽可能低，设计了各种工艺系统（如化学与容积控制系统，三废处理系统等），以限制裂变产物在液相和气相中的积累和扩散，并清除。

在事故工况下，特别是一、二道实体屏障出现破损时，安全壳内将有大量气载放射性物质。安全壳喷淋系统为此提供了有效的抑制手段。特定的规程将可泄漏出安全壳的高活度液体收集后重新注回安全壳内。并由特定的通风系统对泄漏的气载放射性物质进行“动态密封”和过滤排放以维持一定的室内环境条件。为此，核电厂设计中针对事故情况下裂变产物的释放采取了相应措施并设计了专门的系统和专门的空气过滤设施。除了维持主控制室在事故工况下可居留性的空调系统（DVC）以外，还设置了与安全及质量有关的确保净化和确保冷却两种通风系统。通风系统中的空气过滤设施根据其所起的安全作用和重要程度分为安全级和非安全级。

3.5.7.2 安全级空气过滤系统

（1） 控制室空调系统（DVC）

这个系统有两台冗余设置的应急过滤风机和二台碘吸附器。假想事故发生后，从进入控制室的空气中去除裂变产物，以保持控制室的可居留性条件。

（2） 安全壳环廊房间通风系统（DVW）

这个系统有两台冗余设置的风机和一台碘吸附器，在 LOCA 情况下，去除从安全壳贯穿件释放出来的裂变产物。

（3） 部分燃料厂房通风系统（DVK）

“小流量”排风子系统有一台碘吸附器以及一台高效过滤器。此系统在事故工况下运行用以去除 LOCA 后从安全壳贯穿件和 ESF 系统释放出来的裂变产物或者去除在发生燃料装卸事故后从燃料厂房中释放出来的裂变产物。

上述安全级空气过滤系统设计要求：

— 确保在最大假想事故下，由此引起的厂外射线照射和控制室内操作人员的射线照射，保持在允许的限值内，

— 确保在假想燃料装卸事故下，由此引起的厂外射线照射和控制室内操作人员的射线照射，保持在允许的限值内，

— 确保当失去外部电源时，过滤系列的任何能动部件发生故障，通风系统执行其安全功能的能力不会被削弱。

— 发生安全停堆地震（SSE）时，仍要保持其完整性及功能。

3.5.7.3 非安全级空气过滤系统

下列通风系统有过滤除碘设备和清除裂变产物的功能，但它们不属于控制事故后环境的专设安全设施，因此是非安全级的。

（1） 安全壳空气净化系统（EVF）

本系统设有碘吸附器，在操纵人员需进入安全壳内时，用以降低安全壳污染水平。

（2） 安全壳大气监测系统（ETY）的非安全相关部分

当安全壳内空气要求净化时，该系统的过滤器和碘吸附器投入运行。

（3） 核辅助厂房通风系统（DVN）

本系统有二个冗余的带有碘吸附器的过滤系列，用以过滤来自有潜在碘污染危险

房间排出的空气。

3.5.7.4 安全壳过滤排放系统

核电站安全壳是防止放射性产物释放到环境中的最后一道屏障。在发生堆芯熔穿压力容器的严重事故时，由于熔融堆芯与混凝土底板反应产生的不凝结气体的不断增加，安全壳内的压力逐渐升高，最终可能会破坏安全壳的完整性，造成放射性物质的外泄。安全壳过滤排放系统通过主动卸压使安全壳内的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。

安全壳过滤排放系统的设计目标是防止严重事故后由于熔融堆芯与混凝土相互作用而产生的不凝结气体的累计效果造成安全壳大气压力逐渐升高从而引起的安全壳破坏，它不能用于应付短期内较高的压力瞬态（例如，由安全壳内氢气爆炸引起的压力瞬态）。

防城港核电厂 1、2 号机组的安全壳过滤排放系统（EUF）为两机共用，采用文丘里水洗器和金属纤维过滤器两级过滤的方案。

（1）系统组成

安全壳过滤排放系统（EUF）由两台机组共用。系统的主要设备有文丘里水洗器及金属纤维过滤器，其它还包括 4 台安全壳隔离阀、限流孔板、爆破膜、向文丘里水洗器注入各种物质（包括含化学物质的除盐水、氮气）的管路（包括管道、设备及相关仪表）、废液返回事故机组安全壳的管道及阀门、测量液位及压力的仪表、系统连接管道等。

— 文丘里水洗器（9EUF001BA）

文丘里水洗器是卧式圆筒形压力容器。文丘里水洗器中装有一组（6 个）文丘里管，容器内盛有重量浓度为 0.5%的氢氧化钠（NaOH）和 0.2%的硫代硫酸钠（$Na_2S_2O_3$）的除盐水。

—金属纤维过滤器（9EUF002BA）

金属纤维过滤器（9EUF002BA）是卧式圆筒形压力容器。容器内的金属纤维过滤器由具有液滴分离作用的预过滤层及精细过滤层两部分组成，其主要过滤在文丘里水洗器中未滞留的微粒子气溶胶，特别是对于直径<1μm 的气溶胶粒子，它有很高的滞留

效率。文丘里水洗器及金属纤维过滤器构成排放气体的两级过滤。

通过两级过滤，最终的过滤效率需要达到如下要求：文丘里水洗器（9EUF001BA）及金属纤维过滤器（9EUF002BA）能够提供至少 99.9%的气溶胶滞留率。这种滞留能力也适用于小于 0.5μm 的小粒径气溶胶，因此，气溶胶粒径的变化不会降低本系统的滞留效率。在所有运行条件包括超压运行条件下，系统对碘分子的滞留率至少为99.0%，进一步的试验证明，有机碘的滞留率也能达到 80%以上。

— 放射性活度监测仪

U5 辐射监测仪监测事故后安全壳卸压排气的总 γ 放射性活度。

U5 辐射监测仪能够测量事故后执行 U5 程序期间，由安全壳向环境中排放气体中的 Cs-134、I-131 以及总 γ 活度浓度，并进行指示、记录和报警。

仪器的探测装置自带一段与工艺排放管道直径相同的管道以及配对法兰，通过该管道的气体中的放射性核素产生的 γ 辐射通过准直孔进入到 NaI 闪烁探测器，产生的闪烁信号经光电倍增管转换为电信号，由电子线路和微处理器处理和计算，得到排放气体中的放射性活度。

探测装置带有屏蔽体用于屏蔽环境辐射本底，带有源检装置用于检查装置工作是否正常，整个探测装置置于同一个底板上以分散重力载荷。

排放管道中的压力信号与流量存在一定的对应关系，因此将该压力信号输入到 U5 辐射监测仪，由该监测仪转化成为流量信息，并计算总排放量。

— 仪表和控制：EUF 系统的仪表包括文丘里水洗器液位测量和系统压力测量。

下列报警信号被传送到主控制室和 EM 楼：

- 文丘里水洗器低液位；
- 系列高、低压力。

（2）系统运行

本系统设计为发生严重事故工况下，当安全壳压力超压时，为了保证安全壳的完整性，应用 U5 规程，由现场应急指挥中心确定系统开始运行的时机。

1）系统的开启

发生堆芯熔穿压力容器的严重事故之后，由于熔融堆芯与混凝土的相互作用，安全壳内的温度和压力会逐渐上升，当压力超过安全壳的承载限值时，安全壳的完整性将会遭到破坏。为了保证安全壳的完整性，本系统在适当情况下通过手动方式投入运

行进行安全壳的卸压排气。事故发生一段时间后，当安全壳内的压力值高于其设计压力（0.52MPa（a））时，可通过手动开启安全壳隔离阀（1EUF001、002VA，2EUF003、004VA）启动本系统。由现场应急指挥中心这样的组织来决定本系统的启动时机。在打开安全壳隔离阀至少 30min 之前，应启动 KRT 放射性活度监测仪（其启动时间需要 30min），在确认其能够正常工作之后，再行开启安全壳隔离阀。

手动开启安全壳隔离阀是在屏蔽墙后执行远距离手动操作。

2）气体的过滤

安全壳内气体经过安全壳隔离阀（1EUF001、002VA，2EUF003、004VA，本系统运行期间它们始终处于开启状态）后进入文丘里水洗器（9EUF001BA）。

文丘里水洗器（9EUF001BA）内装有一组文丘里管，文丘里管均被淹没在含有重量浓度为 0.5%的氢氧化钠（NaOH）和 0.2%的硫代硫酸钠（$Na_2S_2O_3$）的除盐水中，排出的气体高速通过文丘里管，在这种速度下，气体通过文丘里管喉部建立起吸入压力使其吸入混合溶液，而高速气流与混合液之间形成速度差，其结果是高效地去除了气体中的大部分气溶胶。与此同时，进入文丘里管的液滴在喉管内部提供了很大的交换面积，与碘发生充分的化学反应，从而有效的吸附排放气体中的碘。另外，从气体在文丘里管内的机械运动来看，实际上，大部分的碘及气溶胶粒子在文丘里管内就已分离了。

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

气体穿过文丘里水洗器（001BA）之后进入其下游的金属纤维过滤器（9EUF002BA）进行下一步的过滤。经文丘里水洗器过滤后的气体中仍留有少量难滞留的气溶胶，同时还含有一些由于化学溶液表面的气泡破裂而产生的极小粒径的水滴，这些将通过金属纤维过滤器进行过滤。金属过滤器（002BA）作为第二级滞留措施，能够保证整个系统长期阶段内的高滞留率及高效液滴分离性能。

3）衰变热的释放

由于大量的放射性物质（气溶胶及碘）滞留在文丘里水洗器（9EUF001BA）的溶液中，积聚的放射性物质的衰变热将随着混合液的蒸发被导出文丘里水洗器。蒸汽继续经过金属纤维过滤器（液滴分离）（9EUF002BA）由排放管通过烟囱排向大气。通

过蒸汽的排放及金属纤维过滤器（9EUF 002BA）的冷却，约有 109kW 的衰变热以非能动方式从安全壳过滤排放系统得以释放。

当由于衰变热的蒸发，文丘里水洗器内溶液低液位时，要关闭系统停止过滤排放，并采用移动式化学加药组合装置给文丘里水洗器进行补水，补水完成后，系统重新打开。

3.6 放射性废物系统和源项

3.6.1 放射性源项

3.6.1.1 堆芯裂变产物积存量

3.6.1.2 一回路冷却剂的放射性活度

3.6.1.3 二回路系统的放射性活度

3.6.1.4 H-3 和 C-14 的放射性活度

3.6.2 放射性废液系统及源项

3.6.2.1 设计基准

3.6.2.2 硼回收系统（TEP）

3.6.2.3 废液处理系统（TEU）

3.6.2.4 废液排放系统（TER）

3.6.2.5 放射性废水回收系统（SRE）

3.6.2.6 核岛排气和疏水系统（RPE）

3.6.2.7 化学和容积控制系统（RCV）

3.6.2.8 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）

3.6.2.9 蒸汽发生器排污系统（APG）

3.6.2.10 常规岛废液排放系统（SEL）

3.6.2.11 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 冷凝器抽真空系统（CVI）

3.6.3.3 空调、加热冷却及通风系统（HVAC）

3.6.3.4 放射性废气的排放

3.6.4 放射性固体废物系统

3.6.4.1 系统功能

3.6.4.2　系统描述
3.6.4.3　源项
3.6.4.4　废物最小化的考虑

3.6.5　三废系统调试大纲

3.6.6　乏燃料暂存系统
3.6.6.1　设计基准
3.6.6.2　系统描述
3.6.6.3　反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理

表
表 3.6-1　堆芯气态裂变产物积累量（略）
表 3.6-2　循环模拟策略（略）
表 3.6-3　一回路活度谱计算参数（略）
表 3.6-4　一回路冷却剂活度谱（略）
表 3.6-5　一回路冷却剂腐蚀产物活度谱（略）
表 3.6-6　计算二回路源项所用的主要参数（略）
表 3.6-7　Case A 工况下两次排污前二回路核素最大放射性浓度（GBq/t）（略）
表 3.6-8　Case B 工况下两次排污前二回路核素最大放射性浓度（GBq/t）（略）
表 3.6-9　硼回收系统（TEP）的主要设备特性（略）
表 3.6-10　废液处理系统（TEU）的主要设备特性（略）
表 3.6-11　废液排放系统（TER）的主要设备特性（略）
表 3.6-12　放射性废水回收系统（SRE）的主要设备特性（略）
表 3.6-13　核岛排气和疏水系统（RPE）的主要设备特性（略）
表 3.6-14　化学和容积控制系统（RCV）的主要设备特性（略）
表 3.6-15　反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）的主要设备特性（略）
表 3.6-16　蒸汽发生器排污系统（APG）的主要设备特性（略）

表 3.6-17　常规岛废液排放系统（SEL）的主要设备特性（略）
表 3.6-18　废液处理系统（TEU）的运行假设（略）
表 3.6-19　一台机组预期的废液放射性排放量
表 3.6-20　一台机组设计的废液放射性排放量
表 3.6-21　废气处理系统（TEG）的主要设备特性（略）
表 3.6-22　含氢废气处理系统的设计参数（略）
表 3.6-23　含氢废气来源（略）
表 3.6-24　含氧废气处理系统的设计参数（略）
表 3.6-25　含氧废气来源（略）
表 3.6-26　一台机组放射性废气排放量预期值（工况 A）
表 3.6-27　一台机组放射性废气排放量设计值（工况 B）
表 3.6-28　固体废物系统（TES）的主要设备特性（略）
表 3.6-29　QT 库废物桶堆码方式量（略）
表 3.6-30　TES 系统水泥固化线输入源项（两台机组）（略）
表 3.6-31　两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的平均值

图

图 3.6-1　放射性物质从一回路泄漏到二回路系统后的迁移示意图（略）
图 3.6-2　硼回收系统（TEP）工艺流程图（略）
图 3.6-3　废液处理系统（TEU）工艺流程图（略）
图 3.6-4　废液排放系统（TER）工艺流程图（略）
图 3.6-5　放射性废水回收系统（SRE）工艺流程图（略）
图 3.6-6　核岛排气和疏水系统（RPE）工艺流程图（略）
图 3.6-7　常规岛废液排放系统（SEL）工艺流程图（略）
图 3.6-8　废气处理系统（TEG）工艺流程图（略）
图 3.6-9　固体废物处理系统（TES）工艺流程图（略）
图 3.6-10　TEP、TEU 和 TER 系统调试流程图（略）
图 3.6-11　TEG 系统调试程序流程图（略）
图3.6-12　TES系统调试程序流程图（略）

3.6 放射性废物系统和源项

本节描述防城港核电厂一、二号机组的放射性废物系统和在正常运行时放射性源项，主要包括：

— 堆芯裂变产物积存量；

— 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；

— 废液处理系统的性能及运行方式。

3.6.1 放射性源项

核电厂的各类放射性物质均源于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绝大部分都包容在燃料元件的包壳内，只有极少量的裂变产物通过燃料棒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、硼酸和其它结构材料及其腐蚀产物受到激活而产生活化产物。这些泄漏出的裂变产物和一回路冷却剂中的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将放射性物质转移到核辅助系统和二回路系统。

本节中提出的源项是由如下几方面确定的，即防城港核电厂一、二号机组的堆芯和反应堆冷却剂系统的参数和预期的防城港核电厂运行参数，并借鉴了法国同类机组的运行经验反馈。

3.6.1.1 堆芯裂变产物积存量

防城港核电厂采用18个月换料技术方案，堆芯裂变产物积存量由ORIGEN-S程序计算，计算时所用的假定包括：

— 堆芯根据燃耗分为三个燃料区；

— 三个区的燃耗用包括燃耗值代替：

➢ 对于新组件，0<批燃耗<28000MWd/tU，

➢ 对于经过一个辐照循环的组件，15000MWd/tU<批燃耗<48000MWd/tU，

➢ 对于经过二个和三个循环辐照的组件，30000MWd/tU<批燃耗<53000MWd/tU。

— 对于每个包络燃耗区间，每种裂变产物核素取最大放射性活度用于计算结果。

— 堆芯热功率2895MWt；

— 堆芯燃料组件数目为157，组件所含重金属质量为461kg；

— 新组件富集度为4.45%。

堆芯裂变产物积存量见表3.6-1。

3.6.1.2 一回路冷却剂的放射性活度

反应堆运行时燃料元件中产生的气态和固态放射性产物，在元件中迁移并积存，当发生包壳破损情况后以一定的几率释放到冷却剂中，构成冷却剂中裂变产物源项，包括惰性气体、卤素等。

此外，一方面由于堆内构件因受到中子照射而具有放射性，在发生腐蚀后释放到冷却剂中；另一方面一回路管道和设备的材料由于氧化和腐蚀进入到冷却剂中，随冷却剂流经堆芯受到堆芯及其相邻区域的中子照射后具有放射性，主要有Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-58 和Co-60 等核素。这些构成了冷却剂中的腐蚀产物源项。

（1）裂变产物

防城港核电厂一、二号机组的一回路裂变产物活度谱由PROFIP5.1计算。该软件建立在法国PWR燃料组件实验和电站功率运行经验的反馈基础上，由法国CEA开发并验证。在PROFIP的计算模型中，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四个连续的过程：

— 通过裂变、放射性衰变或中子俘获而实际产生的裂变产物；

— 由各种机理，例如晶间扩散和俘获、反冲和击出等造成的裂变产物从燃料中的释放；

— 裂变产物扩散到燃料组件包壳，并通过包壳缺损释入反应堆冷却剂；

— 考虑了反应堆运行参数（净化率、在RCV 系统和稳压器中的分配、泄漏率等）后的反应堆冷却剂系统中裂变产物的总估算。

考虑到燃料循环管理策略中的平衡循环为长循环（509EFPD）和短循环（469EFPD）交替。采用PROFIP5.1模拟了8个循环。把不同运行工况下所模拟的8个循环中，第3至

第8循环寿期末的最大值提取作为源项值。循环模拟策略见表3.6-2。

在进行源项计算时，采用如下两套假设：

工况A：正常运行工况

在这种工况下，对于燃料行为、废物处理系统运行以及放射性物质释放的假设，均尽可能地基于法国电站的运行经验反馈，对于腐蚀产物，还考虑了本电站的特点（瞬态值除外）；此外，还采用了一些其他假设，以涵盖预期运行事件，例如UO_2造成的包壳外部污染和异常包壳破损率等。在此工况下的废物量称作为“预期值”。

工况B：异常运行工况

该工况对应于反应堆冷却剂活度的限值条件，在此工况下的废物量称为“设计值”。

这两套源项假设的主要差别在于反应堆冷却剂的活度。对于工况A，在整个燃料循环中，反应堆冷却剂的放射性浓度取为0.55GBq/t I-131当量。该值来源于法国运行电站（约200个堆年，不包括布热2号电站的第2个和第8个循环）在每个循环末所记录的碘活度的平均值。大亚湾核电站和岭澳一期核电站的平均值一般都在0.1GBq/t 以下（除大亚湾核电站1995、1996年的平均值接近0.3GBq/t外）。

对于工况B，其分析对应于反应堆冷却剂活度较大的设计工况，较大的活度可能是由于发生了某种程度上的燃料包壳破损造成的。在分析时，对反应堆冷却剂活度的假设如下：

— 前1/4循环为0.55GBq/t I-131当量；

— 中间1/2循环为4.44GBq/t I-131当量；

— 后1/4循环为37GBq/t I-131当量。

计算一回路活度谱的其他主要参数见表3.6-3。

分别按照如下方法对一回路裂变产物谱进行了计算：

— 0.55GBq/t I-131当量比活度

在1根燃料棒包壳破损的假设下，使用PROFIP5.1计算并归一化、再考虑1g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为0.55GBq/t计算稳态值。采用与年度燃料循环管理策略下相同的峰值因子推导瞬态值。

— 4.44GBq/t I-131当量比活度

在10 根燃料棒包壳破损的假设下，使用PROFIP5.1计算并归一化、再考虑3g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为4.44GBq/t计算稳态值。采用与年度燃

料循环管理策略下相同的峰值因子推导瞬态值。

— 37GBq/t I-131当量比活度

在0.25%包壳破损率（相当于104根燃料棒破损）的假设下，使用PROFIP5.1计算并归一化、再考虑3g包壳表面铀沾污的假设条件下使得I-131当量比活度为37GBq/t计算稳态值。采用与年度燃料循环管理策略下相同的峰值因子推导瞬态值。

计算出的裂变产物活度谱见表3.6-4。

（2）腐蚀产物

反应堆冷却剂系统中腐蚀产物主要由于堆芯及一回路冷却剂中的材料受中子照射因活化而产生放射性。腐蚀产物活度谱见表3.6-5。

3.6.1.3 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束泄漏造成。

二回路中发生泄漏的蒸汽发生器中的带放射性蒸汽和惰性气体与另外两台蒸汽发生器中的蒸汽均匀混合，经汽轮机膨胀做功后进入冷凝器。在冷凝器中，蒸汽中所有惰性气体和小部分的碘（碘的份额与汽水分配因子有关）从冷凝器抽真空系统向大气排放。其他的放射性蒸汽全部被冷凝成液体后经过凝结水除盐器回到给水系统。但二回路中的凝结水除盐器只用来处理化学水质，不减少水中的放射性活度。二回路的泄漏主要发生在冷凝器后端的给水系统中。

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。二回路系统泄漏是连续发生的，而蒸汽发生器排污的不回收废液则间断产生。设计时为了假设一种更不利的工况，假定蒸汽发生器排污有 2 次（于泄漏率开始线性增加的 1 个月末和 2 个月末时），在这两次排污期间，蒸汽发生器水中所包含的总活度未经处理即通过蒸汽发生器排污系统（APG）向常规岛废液排放系统（SEL）排放。

在计算二回路源项时假设其中的一台蒸汽发生器发生泄漏，泄漏率在运行周期末的2个月（按照1500h考虑）内线性变化，反应堆冷却剂在该期间向二回路的泄漏率从1.5kg/h 增加到73.5kg/h，其他时间泄漏率为1.5kg/h。对于Case A，泄漏期间一回路冷却剂放射性浓度为0.55GBq/t I-131当量；对于CaseB，前1/4循环周期内泄漏对应的一回路冷却剂放射性比活度为0.55GBq/t I-131当量，中间1/2循环发生泄漏对应的一回路冷却剂放射性比活度为4.44GBq/t I-131当量，后1/4循环发生泄漏对应的一回路冷却剂比

活度为37GBq/t I-131当量。

二回路源项计算时所用的其他主要估算参数见表3.6-6。

二回路源项计算结果见表3.6-7和表3.6-8。

3.6.1.4 H-3 和 C-14 的放射性活度

（1） H-3的放射性活度

氚主要是由反应堆运行时燃料的裂变反应及硼、锂、氘和二次源中铍的中子活化反应产生。

燃料元件、二次源中产生的氚有一部分会扩散到主回路中，主回路中还会因为硼、锂和氘的中子活化反应产生氚，由于氚易溶于水，而且不能被三废系统有效去除，因此氚会在回路中滞留，运行时一般将冷却剂中的氚浓度控制在一定范围内。由于氚的半衰期比较长，同时核电站产生的氚会定期排放，因此可以假设年初和年末一回路中氚浓度保持不变。

一回路主冷却剂中的氚产生途径主要有：

— 燃料中三元裂变产生的氚通过包壳扩散到一回路冷却剂中；

— 反应性控制中在一回路主冷却剂中加入硼酸，硼活化产生；

— 在一回路水中为调节pH值加入LiOH，锂活化产生；

— 由冷却剂中天然存在的氘反应产生；

— 二次源中的铍活化产生的氚

在进行氚源项计算时，考虑了如下计算参数：

— 反应堆热功率为2895MW；

— 反应截面基于ENDF 评价数据库；

— 中子注量率由MCNP 程序通过全堆芯三维计算精确得到；

— 燃料组件的富集度为4.45%，燃料包壳材料为M5合金。

— 氚通过二次源包壳进入主冷却剂的渗透率：15%；

— 机组的年平均负荷因子100%；

— 氚通过燃料包壳进入主冷却剂的扩散率：Case A 为1.25%，Case B 为2%；

— 氢氧化锂中Li-6 的丰度：Case A 为0.02(atm)%，Case B 为0.04(atm)%；

— 氚排放管理的不确定性引入的年度氚排放量为5TBq。

由此计算出每台机组的年排放量：Case A 为39.0 TBq/a，Case B 为48.5TBq/a。根据我国国家标准《压水堆核电厂运行状态下的放射性源项》（GB/T 13976-2008）中的相关描述，“经液相途径排放的氚的数量最大可达氚的计算排放总量的90%”，由此可以得到防城港核电厂一期工程，单台机组氚的排放量为：

— Case A：气态3.9TBq；液态35.1TBq；

— Case B：气态4.85TBq；液态43.65TBq。

（2） C-14的放射性活度

热中子反应堆中，C-14 主要由燃料、堆芯结构材料和冷却剂中的N-14、O-17和C-13产生。以上三种核素可能是主要成分，也可能是杂质。设计方通过调研，认为国际上对C-14释放量的计算主要还是基于统计数据进行估算，尚无一个有效的物理模型用于C-14排放源项的计算。由于估算C-14排放源项所基于的电厂统计数据没有发生明显的变化，因此，对于防城港核电厂一、二号机组现阶段的C-14排放源项，仍然沿用了参考电站的相关结果，即单台机组每年排放的C-14源项为：

— Case A：气态途径：200GBq，液态途径5GBq；

— Case B：气态途径：370GBq，液态途径50GBq。

3.6.2 放射性废液系统及源项

放射性废液系统为电站提供控制、收集、处理、输送、贮存及处置正常运行期间（包括预期运行事件）产生的放射性废液的能力，并将放射性废液的比活度和化学浓度降低到可排放或电站可重复利用的水平。

废液管理系统包括下列几个处理系统：

— 硼回收系统（TEP）

— 废液处理系统（TEU）

— 废液排放系统（TER）

— 放射性废水回收系统（SRE）

— 核岛疏水和排气系统（RPE）

其它已被污染或可能污染的废液也可由下列系统处理、收集或排放：

— 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）

— 常规岛废液收集系统（SEK）

— 常规岛废液排放系统（SEL）。

3.6.2.1 设计基准

放射性废液系统的设计目标是为了收集和处理电站运行期间产生的放射性废液，并将其放射性比活度和化学浓度降低到可排放或电站可重复利用的水平。

放射性废液系统在设计时，主要采用了如下的设计基准：

— 系统设计依据中华人民共和国核安全法规中的有关规定，按照法国RCC-P《900MW压水堆电站系统设计和建造规则》的有关章节进行。

— 为了防止向环境偶然释放，组成废液系统的设计控制包括严格的行政管理程序、操作员的培训、提供报警和自动排放阀关闭的排放辐射监测，以及电站放射性单一排放管线。全部设计将有助于：使操作员的失误减至最小；限制过多的放射性废液的释放；避免非计划释放或溢流释放。

— TER、SEL系统提供足够的贮存容量，以暂存机组正常运行及大修期间产生的废液。

— 核辅助厂房放射性废物系统的设备布置具有能使操作人员所受照射减至最少。高放射性的设备被隔离和屏蔽在单个房间内。中低放射性的设备被分组布置，使操作人员出入进行检查或维修时所受剂量减至最少。

3.6.2.2 硼回收系统（TEP）

硼回收系统每两台机组共用，具有以下功能：

— 收集化学容积控制系统（RCV）与核岛排气和疏水系统（RPE）来的含氢反应堆冷却剂，为反应堆冷却剂排水提供足够的贮存容积；

— 对含氢冷却剂用除盐和脱气进行净化，通过蒸发制取反应堆补给水和4%（重量百分比）硼酸溶液，返回反应堆硼和水补给系统（REA）重复使用；

— 用除盐器直接对化学容积控制系统（RCV）含低浓度硼酸的反应堆冷却剂的下泄流除硼。

硼回收系统每两台机组共用，位于核辅助厂房内。系统设置两条生产线，能独立运行，也能相互备用。每条生产线由净化、水与硼分离和除硼三部分组成。

— 净化：净化部分包括前贮槽（有效容积75m^3）、过滤器、除盐器和除气装置，处理能力27.2m^3/h。从两个机组来的含氢反应堆冷却剂疏水收集后，经过过滤器和除盐器组成的净化系列，去除反应堆冷却剂内的裂变产物及活化腐蚀产物、放射性气体、氢气和氮气，以降低其放射性浓度和其它杂质，达到净化目的。流出液经过脱气塔脱气、冷却后进入硼水分离段。脱气塔中脱出的气体经冷却后，由废气处理系统的含氢废气子系统进行处理。正常运行情况下，这部分是一条生产线对应一个反应堆。

— 水与硼分离：水与硼分离部分为两堆共用，主要设备有中间贮存槽（有效容积350m^3）、蒸发装置、蒸馏液监测槽（有效容积70m^3）和浓缩液监测槽（有效容积10m^3），处理能力为3.5m^3/h。已经净化的反应堆冷却剂由蒸发装置通过蒸发分离成符合反应堆冷却剂水质要求的水和硼酸溶液。蒸发装置蒸发出的蒸汽经冷凝和冷却后，送入蒸馏液监测罐。蒸发装置产生的浓缩液经冷却后送往浓缩液监测罐。通过监测合格的蒸馏液和浓缩液被送到反应堆硼和水补给系统复用。

— 除硼：除硼部分设置两台相同的阴床除盐器和一台混床除盐器，一台机组对应一台阴床除盐器，对RCV来的含硼反应堆冷却剂直接除硼。设置一台混床除盐器用在大修期间一回路冷却剂的净化床。

TEP 产生的蒸馏液经过取样分析后有如下几种出路：

— 若水质满足反应堆补给水要求，则由蒸馏液泵 013PO（012PO）将其直接送往反应堆硼和水补给系统（REA）作为补给水使用；根据电厂的放射化学技术规范，在向 REA 生水箱补充蒸馏水时，需要补充监测氧和总电导率，氧的期望值为低于 0.02mg/kg，限值为低于 0.10mg/kg，总电导率的期望值为低于 1.0μS/cm，限值为低于 2.0μS/cm。当总电导率超过期望值时，需要查找原因，可根据需要补充测量硼浓度、钠、氧化物+氟化物、熔硅、硫酸盐、钙、镁和铝。

— 若蒸馏液中硼浓度含量略高（>5ppm），则将其送往阴床除盐器 TEP006DE 进一步除硼后送 REA 使用；

— 若蒸馏液不合格，需要再处理时，则利用蒸馏液泵 013PO（012PO）打会中间贮槽去，重新在本系统的蒸发装置中处理；

- 为了维持反应堆冷却剂中合适的氚浓度，通过 TEU 的排放管将含氚高的蒸馏液送到 TER 排放。为了控制反应堆冷却剂系统中氚的浓度（控制在 15GBq/t 以下），减少 REA 补水带来的氚，REA 补给水箱中氚活度的期望值控制在 7.5GBq.t 以下。

TEP 产生的浓缩液经过取样分析后有如下几种出路：

- 若浓缩液合格，则利用浓缩液泵 TEP014PO 送到 REA 系统作为补给硼酸用；
- 若浓缩液的硼含量高（≧7700ppm）则利用蒸馏液监测槽中的蒸馏水进行稀释达到要求的浓度后，再经浓缩液泵 TEP014PO 送往 REA 复用；
- 若浓缩液不合格，则经浓缩液泵 TEP014PO 返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理（仅限于低硼含量的浓缩液）；
- 若浓缩液不合格，也可用泵将其送往 TEU 工艺排水接收槽，由 TEU 系统除盐处理（仅限于低硼含量的和低放射性浓度的浓缩液）；
- 在浓缩液放射性浓度太高（≧1.85TBq/m^3）的情况下，送往 TES 装桶固化。

硼回收系统的主要设备见表3.6-9。硼回收系统工艺流程见图3.6-2。

3.6.2.3 废液处理系统（TEU）

TEU系统处理三类放射性废液：工艺排水、化学排水和地面排水。上述废液由核岛排气和疏水系统、放射性废水回收系统收集。

工艺排水进入工艺排水接收槽（TEU001/002BA），地面排水进入地面排水接收槽（TEU003/004BA），化学排水由化学排水接收槽（TEU005/006BA）接收。每类贮槽中总有一个贮槽处于接收状态。贮槽装满后要进行搅拌、取样分析、添加化学试剂等，然后进行处理。经过处理和取样分析的TEU废液通过TER系统到排放渠排放。

此外，还有服务排水，可送到TEU系统地面排水接收槽，再进行处理；如果其放射性浓度低于排放管理限值，应经过滤后再经TER系统排放。TEU系统也可接收、收集其它来源的废液（如TEP系统废液等）。TEU系统还有两台备用贮存槽(TEU016/017BA)，除接收化学废水外，异常情况下还可以用于接收工艺排水接收槽、地面排水接收槽、TER贮罐和SEL贮罐内的废液。

TEU系统流程图参见图3.6-3，TEU系统的主要设备见表3.6-10。

TEU系统总的运行原则如下：

— TEU系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可监测系统的运行。
— 每类废液的接收槽（包括工艺排水接收槽、化学排水接收槽、地面排水接收槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。接收槽被装满后，要对槽内废液进行搅拌和取样。
— 根据取样分析结果，如果废液放射性浓度低于排放管理限值，则经过滤装置后送往TER系统，然后排放；否则送蒸发净化单元或除盐净化单元处理。
— 蒸发净化单元由手动启动，一旦运行平衡，即进入自动控制状态。
— 除盐器是手动启动的。

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

— 工艺排水为化学杂质含量低的放射性废液，可采用除盐工艺处理。
— 化学排水的化学杂质含量及放射性浓度均较高，可用蒸发工艺处理。采用外热式强制循环型蒸发器，设备去污性能好（去污系数为10^3）。
— 地面排水和服务排水的放射性浓度较低，含悬浮固体和纤维物质等，可采用过滤工艺进行处理。

a) 除盐工艺包括：

— 两个工艺排水槽TEU001/002BA。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。
— 一台泵(TEU001PO)，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时，用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放管理限值时，也用其将废液送往过滤器TEU002/012FI过滤后排放。
— 一台预过滤器TEU004FI。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。
— 三台串联的除盐器TEU001DE、TEU002DE和TEU003DE均为混床。
— 两台树脂滞留过滤器TEU005FI和TEU006FI。

经过处理后的废液进入监测槽TEU009/010BA。

b) 蒸发工艺包括：

— 两台化学排水接收槽TEU005/006BA以及两台备用贮存槽TEU016/017BA，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和预处理。
— 一台泵TEU003PO，用于TEU005/006BA槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

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

— 一套化学中和站，由酸、碱试剂槽和试剂泵组成，用于调节接收槽中废液的pH值。

— 一套蒸发处理设备，包括：蒸发器供料泵TEU005PO/013PO、预过滤器TEU001FI、加热器TEU001RE、蒸发器TEU001EV、强制循环泵TEU006PO、净化塔TEU001ZE、蒸馏液冷凝器TEU001CS、冷凝液泵TEU007PO、蒸馏液冷却器TEU001RF和冷凝水冷却器TEU002RF。

蒸发浓缩液由 TES 系统的浓缩液槽收集，由此装桶固化或必要时返回蒸发器重新处理。若蒸发器在浓缩过程中故障需停运时，也将蒸残液排向 TES，此时浓缩液的浓度达不到固化的要求，在蒸发器正常后需要返回。

蒸馏液由两个监测槽（TEU009/010BA）接收。蒸发净化单元包括消泡剂注入装置，当蒸发器处理易起泡的废液时，可由本装置注入消泡剂。蒸发净化单元和除盐净化单元设有集中和就地取样点，通过取样分析来监测废液的特性及处理效果。

对监测槽 TEU009/010BA 中的废液进行取样分析。如果其放射性和化学特性符合排放要求，则排往核岛废液排放系统（TER）。否则，由蒸发设备或 TEU003DE 重新处理。若废液放射性较高，可在蒸发处理后通过除盐床 TEU003DE 进一步精处理。

c) 过滤工艺包括：

— 两台地面排水接收槽TEU003/004BA，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混和、取样分析及化学中和。

— 地面排水泵TEU002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

— 两台并联使用的过滤器TEU002/012FI。可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯子。

— 当地面排水接收槽内废液的放射性浓度高于排放管理限值时，可采用蒸发工艺处理。由于地面排水含有悬浮固体和纤维物质等，蒸发前需要先过滤。

与废液接触的设备的材料均为不锈钢，有较好的耐腐蚀性。

3.6.2.4 废液排放系统（TER）

TER 系统的功能为：

— 收集来自核岛的废液，废液经混匀、取样分析、监测后有控制地向环境稀释排放；

— 当因环境稀释能力不足而要求延迟排放、或当取样分析或辐射监测系统（KRT）监测到废液放射性浓度超过规定排放限值时，可暂存废液；

— 将超过排放限值的放射性废液输送至废液处理系统（TEU）处理。

TER系统处理的废液包括：

— 硼回收系统（TEP）的中间贮槽排放的含氚量高的反应堆冷却剂、蒸发器蒸馏液。

— 废液处理系统（TEU）的蒸馏液、经除盐器处理的废液，经过滤器处理的废液。

— 放射性废水回收系统（SRE）的废液。

— 核岛排气和疏水系统（RPE）的排水。

— 固体废物处理系统（TES）的疏水。

— 蒸汽发生器排污系统（APG）的排污水（当 SEL 系统不能用或监测出放射性水平高于 SEL 系统排放限值时）。

— 常规岛废液收集系统（SEK）的废液（当 SEL 系统不能用或监测出放射性水平高于 SEL 系统排放限值时）。

— 其它废液：如 TER 泵房间（QA201）地坑内的废液,TER 核辅助厂房廊道地坑（TER002PS）地坑内的废液，TER 贮槽滞留间（QA202）地坑内的废液，SEL 贮槽滞留间（QB202）地坑内的废液。

正常运行时，三个 TER 贮存罐中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。各系统来的废液在贮存罐内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性水平及排水渠道的稀释能力来确定废液的排放流量。

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

贮存罐废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 TEU 系统化学排水槽重新进行处理。

另外，TER系统和SEL系统相连。在应急情况下，TER系统的贮存罐可以作为SEL系统的备用槽。

图3.6-4给出了TER系统的工艺流程示意图。TER系统的主要设备见表3.6-11。

3.6.2.5 放射性废水回收系统（SRE）

放射性废水回收系统（SRE）有选择地收集下列场所产生的废液，收集后的废液经贮存和取样分析后输送到废液处理系统（TEU）、废液排放系统（TER）或固体废物处理系统（TES）：

— 核岛厂房内放射性洗衣房、热更衣室的排放废液，以及电气厂房冷冻水系统（DEL）的冷凝水。

— 核岛厂房内化学去污排放废液，机组热工具间的排放废液

— BOP 的放射性机修及去污车间（AC 厂房）的机械去污废液和化学去污废液；

— BOP 的厂区实验室（AL 厂房）排放废液；

— BOP 的生产办公楼人体去污室排放废液。

对于不同来源的废液，SRE系统采用了不同的处理方式：

（1）核岛部分

洗衣和初次漂洗的排放废液、热更衣室（淋浴间和洗涤槽）的排放废液、DEL 冷凝水、地面疏水（热更衣室、机组热化学实验室和机组热工具间）依靠重力流入热洗衣房疏水箱 SRE001BA。工具间、淋浴间和更衣间的地面排水、电气厂房冷冻水系统（DEL）的冷凝水靠重力收集于热洗衣房疏水箱 SRE001BA 中。SRE001BA 内的废液经混匀和取样分析后，由泵 SRE001PO 送往 TER 系统排放或送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。

二次漂洗的排放废液，借助重力流入热洗衣房疏水箱 SRE002BA。SRE002BA 内的废液经混匀和取样分析后，由泵 SRE002PO 送往 TER 系统排放或送往 TEU 系统地面排水接收槽或化学排水接收槽处理。

热洗衣房疏水箱 SRE001/002BA 房间内的地坑 SRE003PS 收集的废液由地坑泵 SRE008PO 送往 SRE001/002BA。

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

（2）BOP部分

— 热机修车间和仓库排放废液

热机修车间和仓库排放的化学去污废液靠重力流入化学去污废液收集箱 SRE202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污废液排水泵 SRE202PO 送往 TES 系

统的浓缩液贮槽处理或送往 TEU 系统的化学排水接收槽处理。

热机修车间和仓库排放的机械去污废液靠重力流入机械去污废液收集箱 SRE201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 SRE201PO 送往 TEU 系统地面排水接收槽处理或化学排水接收槽处理。

— 厂区试验室排放废液

厂区试验室排放废液靠重力流入厂区试验室废液收集箱 0SRE203BA，经过混匀和取样分析后，由厂区试验室废液排放泵 0SRE203PO 送往 TEU 系统地面排水接收槽处理或化学排水接收槽处理。

— 生产办公楼人体去污室排放废液

人体去污室产生的去污废液依靠重力流入人体去污室废液收集箱 0SRE210BA。当废液到达高液位时由排放泵被送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。

图3.6-5给出了SRE系统的工艺流程示意图，SRE的主要设备参数见表3.6-12。

3.6.2.6 核岛排气和疏水系统（RPE）

RPE系统收集在各种工况下核岛产生的所有放射性废气和废液，以及核岛各厂房的地板排水。系统位于反应堆厂房、核辅助厂房及燃料厂房。

根据废物的特性以及收集后的处理方式（能复用或不能复用的废液，含氢废气或含氧废气），由RPE系统通过各自独立的回路分别送往位于核辅助厂房内的废液处理系统（TEU）、硼回收系统（TEP）和废气处理系统（TEG）。

RPE系统的设计基准包括：对于从安全相关设备间来的疏水，设计成能防止由于疏水管线回流而淹没安全相关设备；贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；对于非放射性疏水管线的设计和布置，能确保不会掺入潜在被放射性污染的物质；对于地坑泵有足够的排放流量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流。

RPE系统分成六个独立的子系统，每个子系统对应于不同种类的放射性废物。

a) 反应堆冷却剂疏水子系统收集含氢的反应堆冷却剂疏水和回路的泄漏，同时还收集当一回路硼酸浓度发生变化时排出的反应堆冷却剂。这些废液被送至TEP系统处理。

b) 工艺疏水子系统收集含氧的反应堆冷却剂疏水和泄漏以及树脂冲洗水，这些疏水通常是化学成分含量低的放射性废水。这些废液的收集和输送方法是：1）送至核辅

助厂房工艺疏水坑（RPE002PS），再用泵输送到TEU系统；2）由TEU系统直接收集。

在LOCA事故后，经放射性检测，当反应堆厂房条件允许时，经主控室操作，可将收集在核辅助厂房工艺疏水坑（RPE002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RPE008PS/009PS/012PS/013PS）的高放射性废液再注入反应堆厂房

c) 地面排水子系统收集核辅助厂房、燃料厂房、连接厂房的地面疏水。这些疏水是化学成分含量不定的低放射性废水。这些废水按下述方法进行收集和输送：

— 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；

— 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑（RPE001PS）；

— 废水排至所在厂房的地面疏水坑中，用泵输送到TEU系统；

— 核岛放化实验室来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到 TEU 系统；

在LOCA事故后，经放射性检测，当反应堆厂房条件允许时，经主控室操作，可将收集在核辅助厂房地面疏水坑（RPE001PS）和燃料厂房地面疏水坑（RPE014PS/010PS）的高放射性废液再注入反应堆厂房。

d) 化学排水子系统收集核岛放化实验室的废水、来自处理含有放射性化学物质系统的疏水，包括反应堆厂房的地面疏水。这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。除反应堆厂房的地面疏水被直接送到TEU化学排水接收槽（TEU005BA/006BA）或在应急情况下排入TEU备用贮存槽（TEU016BA/017BA）以外，通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RPE003PS），再由泵输送到TEU化学排水接收槽。

e) 含氢废气子系统接收反应堆冷却剂系统、TEP系统脱气塔产生的含氢废气以及用氮气吹扫各种箱体覆盖层产生的含氢废气，废气送往TEG系统的含氢废气子系统处理。

f) 含空气废气子系统收集反应堆在启动、冷停堆时设备排气及常压下贮槽、手套箱等设备排气，这些废气被送到TEG含氧废气子系统进行处理。

图3.6-6给出了PRE系统的工艺流程示意图，RPE的主要设备参数见表3.6-13。

3.6.2.7 化学和容积控制系统（RCV）

RCV系统位于核辅助厂房，为两台机组共用。

（1）设计基准

RCV系统以实现以下功能为设计基准：

— 控制维持RCP中冷却剂的装量，并使稳压器液位在所有正常运行模式下（包括从冷停堆动满功率运行及机组冷停堆等模式）位于允许的范围内；

— 实现反应堆冷却剂化学控制和反应性控制，具体包括：

- 通过调整硼浓度来控制反应性（与REA系统相结合）；
- 调节反应堆冷却剂中可溶性气体（种类及含量），以防止裂变气体的聚积、腐蚀和爆炸；
- 去除反应堆冷却剂中以离子或微粒形式存在的裂变和活化产物，控制工艺管线中的辐射水平；
- 控制反应堆冷却剂中的氧含量和pH值（与REA系统相结合）。

— 持续为反应堆冷却剂泵注入密封水；

— 提供稳压器在正常喷淋出现故障时的辅助喷淋手段；

— 当稳压器充水时，为RCP系统提供压力控制；

— 为余热排出系统（RRA）的投运作准备；

— 反应堆冷却剂系统（RCP）的充水，疏水和压力试验；

— 在事故时，提供高压安全注入功能（系统的一部分与安全注入系统（RIS）共用）。

（2）系统组成

RCV系统由两子系统组成：上充、下泄、密封水子系统和反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

表3.6-14给出了RCV系统的主要设备参数。

（3）系统运行

a） 反应堆冷却剂净化过程

下泄流首先通过下泄过滤器，以去除可能存在的颗粒物质，再经离子交换树脂除盐装置（两台混床除盐装置和一台阳离子床除盐装置）净化；

反应堆运行时，一台混合床投运，另一台备用，去除离子态的腐蚀产物和裂变产物。如果运行混床除盐装置的树脂交换率已达饱和，则作备用的第二台混床除盐装置开始投入运行。

在不同的位置设置有过滤器，以确保过滤掉颗粒杂质和破碎树脂，以保护反应堆

冷却剂泵的密封。

b） 稳定功率运行

在稳定功率运行时，根据反应堆冷却剂泵密封水的要求和反应堆冷却剂系统（RCP）正常净化的要求来确定上充和下泄的流量。

正常功率运行时，保持正常的下泄流量和一台混合床除盐器投入运行。

定期对反应堆冷却剂进行取样，以检查硼浓度、水质、pH值和放射性水平。

去RCP系统的上充流量由稳压器液位控制信号通过上充流量调节阀来自动控制。

c） 负荷跟踪

在电厂升负荷时，反应堆冷却剂随着温度上升而膨胀，当稳压器液位控制器将其液位整定值上升到与新功率相适应的较高液位时，稳压器吸收了这部分的膨胀体积。膨胀而过剩的反应堆冷却剂下泄并贮存在容积控制箱内。在此期间，通过下泄孔板的下泄流量不变，而上充流量由稳压器液位控制信号来减少，导致再生热交换器出口温度上升。下泄热交换器下游的温度控制器使设备冷却水系统（RRI）的流量增加，以保持所要求的下泄流温度。

在电厂降负荷时，增加上充流量，以补偿不能由稳压器液位按程序降低来调节的冷却剂收缩部分。

3.6.2.8 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）对乏燃料水池和反应堆换料水池执行如下功能：

— 为贮存在乏燃料水中的燃料组件提供次临界裕度；

— 通过水封和过滤方式，对工作人员进行生物保护；

— 排出贮存在乏燃料池中辐照过燃料组件释放出的余热；

— 控制流体液位和化学特性；

除这些功能之外PTR换料水箱还提供以下功能：

— 为安全壳喷淋和安全注入（直接注入阶段）提供必需的含硼水；

— 在反应堆硼和水补给系统（REA）不能投入的情况下，通过化学和容积控制系统（RCV）向反应堆冷却剂系统（RCP）提供紧急补给。

PTR系统过滤器（除了位于反应堆厂房或燃料厂房的撇渣过滤器外）和除盐器都

位于核辅助厂房。PTR系统的其它部分位于燃料厂房和反应堆厂房。

换料水箱（001BA）内的硼酸水带有一定的放射性，放射性气体或气溶胶通过水箱顶部的放气管排出。根据大亚湾和岭澳一期核电厂的运行经验反馈，由于换料水箱（001BA）位于封闭的厂房内，无通风设施，从而导致了厂房内空气放射性的累积，一定程度上加重了该区域内工作人员的受射剂量。因而，在防城港核电厂的设计过程中，将对换料水箱所在的建筑物，增设通风设施，以进一步降低工作人员的受照剂量。

（1） 设计基准

PTR系统采用了如下的设计基准：

— 热交换器换热面积根据电厂正常工况下乏燃料水池释放的最大剩余功率（18个月换料方案为包络值）来确定，及正常换料大修工况。在这种情况下PTR系统要带出的剩余热功率包括存满乏燃料水池（除去一个全堆芯卸料所需的空间）的历次堆芯卸料加上停堆后6天的全堆芯卸料所释放的热功率。在这种工况下，使用两台泵和两台热交换器带走这些热量，相应的RRI温度为35℃时，乏燃料水池温度可以被限制到50℃以下。

— 假定RRI最高温度为35℃，在大修结束后出现事故需要全堆芯卸料的异常工况热负荷下，两台泵和两台热交换器投入运行时，乏燃料水池冷却回路的设计保证乏燃料水池水温不超过70℃（最大允许温度80℃）。

— 换料水箱设计能保证冷却剂丧失事故后同时向下述设备供水约20min。该要求相当于换料水箱必须提供1380m^3的含硼水。

  • 两台安全壳喷淋泵，
  • 三台高压安注（HHSI）泵中的两台，
  • 两台低压安注（LHSI）泵。

— 假定设备冷却水系统（RRI）最高温度为35℃，在大修结束后出现事故需要全堆芯卸料的异常工况热负荷下，两台泵和两台热交换器投入运行时，乏燃料水池冷却回路的设计保证乏燃料水池水温不超过55℃（最大允许温度60℃），一台泵和一台热交换器投入运行时，乏燃料水池冷却回路的设计保证乏燃料水池水温不超过72℃（最大允许温度80℃）。

— PTR系统设计，在乏燃料元件以上至少有3.60m厚的水层，以保证对工作人员的生物防护。

— 乏燃料池水净化回路的设计保证每日连续对整个乏燃料水池（换料工况下还包括燃料转运舱）的水进行过滤和除盐。净化流量为60m^3/h，除盐器最高工作温度为60℃。

— 对乏燃料水池冷却回路的设备、换料水箱和连接管路的设计可以满足在安全停堆地震（SSE）产生的荷载下保持其功能。其它水池的排水管路从水池接口至第一个隔离阀之间的管段（包括隔离阀）都设计成能在上述SSE荷载下保持无泄漏。

— 在发生SBO或丧失最终热阱的超设计基准事故下，乏燃料水池应急补水流量考虑乏燃料水池最大设计基准热负荷对应的沸腾蒸发损失21m^3/h，并考虑一定裕量，按照45 m^3/h设计。

（2） 系统组成

每台机组的反应堆换料水池和乏燃料水池冷却系统（PTR）包括下列系统：

— 乏燃料水池冷却和净化回路，该回路中设有：三台相同容量的泵；三台相同容量的热交换器；在小流量再循环回路中有一套过滤-除盐装置；

— 在乏燃料水池和反应堆换料水池各有一个表面水过滤和撇渣子系统。该子系统安装一台泵和一台过滤器；

— 在换料周期之间，换料水箱为反应堆换料水池贮存换料水。在反应堆正常运行时，换料水箱贮存足够的含硼水，作为安注系统和安喷系统的储备水箱；此外，换料水箱还能作为REA系统和RCV系统的备用水源；

— 反应堆换料水池和反应堆容器的含硼水过滤器子系统，在卸料期间使用；该子系统有一台泵和两台并联的过滤器（这些过滤器为两堆共用）。

表3.6-15给出了PTR系统的主要设备参数。

（3） 系统运行

a） 乏燃料水池

— 乏燃料水池净化过程通常是连续运行，可以由运行人员来停运，以便进行短期的操作，尤其是燃料转运舱或乏燃料运输容器装载井的充水以及维修工作。

— 在正常功率运行期间，PTR从乏燃料水池中央处由三台泵中的一台泵将池水抽出，然后流经一台热交换器冷却，返回到池的底部。在正常换料大修期间，PTR从乏燃料水池中央处由三台泵中的两台泵将池水抽出，然后流经两台热

交换器冷却，返回到池的底部。同时，利用位于冷却系统热交换器上游的部分流量再循环管路中的过滤器/除盐器装置，确保池水的净化。

— 当反应堆和乏燃料池水表面的杂质增多时，由运行人员间歇起动表面过滤（撇渣）装置。

— 乏燃料水池经由一台泵从换料水箱（水箱总储量由REA系统维持）取水补充。

b） 反应堆换料水池

— 水的过滤：由005PO泵从反应堆换料水池底抽水并循环，通过两台机组共用的并联过滤器（PTR003FI和004FI）后，排至水池上部。

— 充水：由002PO泵从换料水箱取水，向换料水池下部充水至反应堆压力容器池底以上约30cm。在卸除反应堆压力容器封头组件时，用大流量低压安注泵继续向反应堆换料水池充水，以维持生物防护。

— 排水：先用RRA泵以大流量使水位下降到反应堆压力容器封头密封处，反应堆封头随水位一起下降。剩余的水由PTR 005 PO泵排出。

3.6.2.9 蒸汽发生器排污系统（APG）

蒸汽发生器排污系统（APG）与化学试剂注入系统（SIR）以及核取样系统（REN）一起用于控制蒸汽发生器壳侧水的化学成分。APG以可控的速率连续排放蒸汽发生器壳侧的水，从而达到限制可溶物或悬浮物浓度的目的。

（1） 设计基准

— 蒸汽发生器排污系统（APG）水处理能力的设计流量可达到70t/h（约为正常蒸汽流量的1.2%）。

— 水相排污水的化学和物理特性根据排污和给水的化学技术规范中给出。

（2） 系统组成

蒸汽发生器排污系统（APG）主要设备的特性列于表3.6-16。

（3） 系统运行

a） 排污

— 每个蒸汽发生器通过两个对向设置的排放孔来收集排污，排污以10t/h和70t/h之间可变的流量进行，正常运行的排污流量为50t/h。

— 每个蒸汽发生器排污管线由一支管线连到核取样系统（REN）进行取样分析。

b） 排污水处理

— 排污水经过冷却和降压后，先由一个过滤器（001FI或002FI）净化，然后再由并联的一个或两个除盐器进一步净化，每台除盐器有相当于最大流量一半的容量，即35t/h。

— 每个除盐装置系列由一个阳离子床（001DE或002DE）、一个混合床（003或004DE）和一个手动流量调节阀（036VL或037VL）串联。

— 经除盐器处理的排污水可能被离子交换器介质释放的“细颗粒”所污染，故在除盐器下游用一台后过滤器（003FI）去除这些细颗粒。

— 在处理系统的排放口，通过一条密封回路将处理后的排污水送到补给水系统，由计量和记录装置（006QD和007QD）来测定和记录处理流量。

— 当存在一回路向二回路泄漏时，当蒸汽发生器内水的放射性超过以下某个值时认为其达到污染：

➢ 裂变产物的放射性＞4.1×10^{4}Bq/kg；

➢ 碘＞1.85×10^{4}Bq/kg；

➢ 铯＞4.44×10^{3}Bq/kg。

— 排污水排放到凝汽器不能复用时，则排污水被引至SEL贮存箱，进行分析监测，然后根据监测结果由SEL系统排放或引至TER系统。

3.6.2.10 常规岛废液排放系统（SEL）

常规岛废液排放系统每两台机组共用，位于 QB 厂房内，其功能为：

— 收集来自常规岛的废液，经混匀、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；

— 为TER系统提供备用贮存罐。

SEL 系统为两台机组共用，每两台机组设置三个废液排放贮槽 SEL001/002/003BA 和三台排放泵 SEL001/002/003 PO，地坑泵 SEL004PO 安装在泵房地坑 SEL001PS 内。地坑泵 SEL005PO 安装在滞留池地坑 SEL002PS 内。本系统三台贮槽布置在 QB202 房间内。正常运行时，三个 SEL 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排

放废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合后，进行取样分析，若放射性浓度符合排放要求是，通过排放泵向电厂排水终端构筑物排放。

排放管上的 KRT 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。贮槽内放射性浓度超过排放限值的废液被送回 TEU 系统重新处理。

SEL 的主要设备参数见表 3.6-17。SEL 的系统流程示意图见图 3.6-7。

3.6.2.11 放射性废液的排放源项

各个废液系统预期的放射性废液排放量计算按预期运行工况（工况 A）及设计运行工况（工况 B）进行的。

（1）硼回收系统（TEP）的排放（不包括氚）

反应堆冷却剂排出物，经 RCV 除盐器后由 TEP 系统处理，在 TEP 系统进一步去污后被分离（由蒸发）为除硼水和硼酸溶液（7000ppm 硼）。这两者被作为反应堆冷却剂系统的补给而加以复用，除了为了降低反应堆冷却剂氚浓度而排放的液体。

防城港核电厂一、二号机组采用 18 个月燃料循环方式，平衡燃料循环分为长短循环（即 L0 和 S0），各循环中单台机组 TEP 系统处理的废液量分别为：

L0 循环

在一个完整的 L0 循环时间内（509 天基本负荷），TEP 系统处理的废水量如下：

— 第一次启动，205 m^3；

— 换料停堆，135m^3；

— 燃耗补偿，461 m^3；

— （8 小时）热停堆后再启动，1903 m^3；

— （90 小时）热停堆后再启动，1496 m^3；

— 冷停堆后再启动，1077 m^3 ；

— 基本负荷下每堆每燃料循环全部的废水产生量是 5277 m^3。

在第一个完整的慢负荷跟踪（50%）期间废水平均日产生量是 68 m^3，TEP 系统处理的反应堆冷却剂的量平均为每堆每燃料循环 33888m^3，在两台机组负荷跟踪振荡的 3 个月时间内 TEP 系统最大日处理量是 140m^3。在第二个慢负荷跟踪（30%）期间，TEP 系统日处理的反应堆冷却剂的量是 84m^3，TEP 系统处理的反应堆冷却剂的量平均为每

堆每燃料循环 46348 m^3。一台机组负荷跟踪，另一台机组为基本负荷情况下 TEP 系统最大日处理量是 118 m^3。

S0 循环

在一个完整的 S0 循环时间内（469 天基本负荷），TEP 系统处理的废水量如下：

— 第一次启动，199 m^3；

— 停堆换料，135 m^3；

— 燃耗补偿，466 m^3；

— （8 小时）热停堆后再启动，1859m^3；

— （90 小时）热停堆后再启动，1353m^3；

— 冷停堆后再启动，1041 m^3 ；

— 基本负荷下每堆每燃料循环全部的废水产生量是 5053m^3。

在第一个完整的慢负荷跟踪（50%）期间废水平均日产生量是 79 m^3，TEP 系统处理的反应堆冷却剂的量平均为每堆每燃料循环 36536 m^3，在两台机组负荷跟踪振荡的 3 个月时间内 TEP 系统最大日处理量是 157m^3。在第二个慢负荷跟踪（30%）期间，TEP 系统日处理的反应堆冷却剂的量是 97m^3，TEP 系统处理的反应堆冷却剂的量平均为每堆每燃料循环 49360 m^3。一台机组负荷跟踪，另一台机组为基本负荷情况下 TEP 系统最大日处理量是 140 m^3。

TEP 系统保证最少 5 天的贮存时间和整体系统包括蒸发器和除盐器 10^4 的去污因子。TEP 系统处理的是经过 RCV 系统净化后降低一个量级的主冷却剂水。

（2）废液处理系统（TEU）的排放（不包括氚）

TEU 处理的废水主要包括：a）工艺排水：主要来自各系统的废树脂冲洗水、不再复用的主冷却剂泄漏和排水、不复用的 TEP 系统废液等，这些废水一般化学杂质少，采用除盐方式处理，每台机组的工艺排水量 2250m^3/a；b）地面排水：主要来自不回收的设备泄漏水、核岛厂房地面冲洗水、设备冷却水系统的排水等。这些排水一般带有各种杂质，采用过滤方式处理，每台机组的地面排水量 5000m^3/a；c）化学排水：主要来自放射性机修和去污车间、放射性试验室、取样系统的取样间等的废液，这些排水一般化学杂质含量高，采用蒸发方式处理，每台机组的化学排水量 1500m^3/a；d）服务排水的放射性水平极低，一般可以不经处理排放。然而当放射性浓度高于排放限值时，这些废水送入(TEU)地面排水槽，每台机组的服务排水量 1250m^3/a。

释放计算的运行假设参见表 3.6-18。

（3）二回路的排放

经二回路系统释放到环境中的放射性废液主要包括不回收的蒸汽发生器排污和二回路系统泄漏。

蒸汽发生器排污系统（APG）对二回路排污水的去污因子为 10，功率运行时蒸汽发生器排污水通过冷凝器冷凝后循环复用，由过滤和除盐处理设施实现过滤除盐。但当处理设施失效、冷凝器不能使用、或者疏水中含放射性时 APG 排污水会直接排向核岛废液排放系统（TER）或常规岛废液排放系统（SEL）。

出于保守考虑，设想一种更为不利的情况，在蒸汽发生器二次侧所包含的总活度在泄漏率线性变化开始一个月后以及二个月后分别进行两次不回收的排污，此时排污水经过 APG 系统除盐单元处理后排向 SEL 系统。

（4）氚排放量

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冷却剂 pH 值的锂（Li-6），同时还包括燃料裂变产生的氚透过包壳扩散。

在正常运行工况下（工况 A），氚的年排放量为 35.1TBq。

在最不利的工况下（工况 B），氚的年排放量为 43.6TBq。

（5）C-14 排放量

在正常运行工况下（工况 A），C-14 的年排放量为 5.0GBq；在最不利工况下（工况 B），C-14 的年排放量为 50GBq。

（6）放射性废液排放总量

总的放射性废液释放量为 TEP 系统、TEU 系统和二回路系统释放量之和，并考虑废液在废液排放系统贮存衰变。对于工况 A，考虑 TER 系统 5 天的贮存衰变时间；对于工况 B，考虑 3 小时混合循环时间。

表 3.6-19 和表 3.6-20 给出了一台机组预期的废液放射性排放量（工况 A）和设计的废液放射性排放量（工况 B）。

3.6.3 放射性废气系统及源项

放射性废气系统用于收集、贮存并处理两座反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准后排入大气。

裂变过程产生的放射性气体主要是氪和氙的各种同位素。由于少量的燃料包壳破损，燃料包壳内存积的裂变气体进入反应堆冷却剂。高压下裂变气体溶解于冷却剂中，但当系统内存在气相空间时（特别是在冷却剂除气处理时），裂变气体就会挥发出来，随溶解的氢气或氮气一起释出，从而被收集到缓冲罐中成为含氢废气。

另一类废气为含氧废气（含空气废气），主要来自核辅助系统特别是三废处理系统可能进入空气的各种设备等有关系统容器的呼排气、吹扫气、鼓泡排气或抽气（保持负压）等，由核岛排气和疏水系统集中在一条管路上，通过系统排气风机吸入本系统，经除碘后排至通风系统DVN。含空气废气所含的放射性核素主要以气溶胶的形式存在，含有元素碘和有机碘等。

放射性废气系统主要包括：

— 废气处理系统（TEG）；

— 凝汽器抽真空系统（CVI）（一回路向二回路泄漏时）；

— 核辅助厂房通风系统（DVN）。

3.6.3.1 废气处理系统（TEG）

废气处理系统（TEG）的功能是收集和处理防城港核电厂相关系统产生的气载放射性惰性气体、卤素和气体中的悬浮粒子，以便将废气预期的年释放量和使在电站工作的人员在控制区与非控制区内的个人受照剂量满足“可合理达到尽量低”的原则。

TEG系统由两个独立的子系统组成：

— 含氢废气子系统；

— 含氧废气子系统。

TEG系统流程图见图3.6-8。TEG的主要设备参数见表3.6-21。

（1）含氢废气子系统

含氢废气主要由氢、氮、放射性惰性气体、卤素和微粒等组成。含氢废气有两大来源：

— 冷却剂在硼回收系统（TEP）除气塔中脱出的气体，这部分气体流量小（＜2m^3/h），但经常有，每天可有几次；

— 容控箱、卸压箱、疏排水箱和硼回收系统前置贮槽等设备的排气和因工艺要求吹扫被置换的覆盖气体，这类气体流量大，但每月只有一、二次。

废气由核岛排气和疏水系统（RPE）收集，并将气体导入缓冲罐9TEG001BA的入口管道，在入口管道上旁接一台氧分析仪，以检测含氢废气中的氧气浓度。缓冲罐内的气体再由出口管引至两台并联的废气压缩机（1TEG001CO和2TEG002CO）的入口管。

含氢废气经压缩机压缩后通过压缩气体冷却器（1TEG001RF、2TEG002RF）降低气体温度（冷却至50℃），压缩机和冷却器所用冷却水由设备冷却水系统（RRI）提供。

经压缩和冷却后的含氢废气最后被送至八个衰变箱中的一个（手动选择）。

八个衰变箱（9TEG004/005/006/007/008/009/010/011BA）通过排气管网与核辅助厂房通风系统（DVN）相连。该排气管网由两套相同管路组成，能使一个衰变箱在5～84小时内以预定的恒定流量排气。排放总管上安装了测量排放废气流量和体积的流量计。排放过程中根据流量计指示，通过自动调节阀可调整废气的排放流量。

含氢废气在排放前由核取样系统（REN）取样分析，以确定废气所含放射性核素含量已低于可接受的限值。废气排至DVN系统的碘吸附器的入口管。

在每个衰变箱的入口管上均有单独的取样管线，取样管线通往气体通风柜（一回路取样室NA293）。衰变箱内可能产生的少量液体通过本系统的疏水器收集并排向9RPE002PS，然后送至TEU的工艺排水接收槽进行处理，实现废液的可控排放。

设计上考虑了用废气压缩机将废气从一个衰变箱转移至另一个衰变箱的连接管路。缓冲罐和衰变箱均设有安全阀，以作超压保护，其中缓冲罐安全阀整定压力为0.35MPa(g)，衰变箱整定压力为0.7MPa(g)。容器超压时排出的废气直接排往烟囱（位于DVN碘吸附器的出口管上）。

在核电厂以基本负荷运行时，含氢废气在衰变箱内贮存衰变时间为60天，在负荷跟踪运行时，废气的贮存衰变时间为45天。

含氢废气子系统的主要设备特性列于表3.6-22，含氢废气来源见表3.6-23。

（2）含氧废气子系统

含氧废气主要成分为空气，含有少量放射性碘及其同位素。

相关的RPE总管与两台并联的离心风机（1TEG001ZV和2TEG002ZV）的吸入端相连接。在进气管上设有一个活瓣止回式调节风阀，根据需要可进行调节，以便使总管维持在恒定的负压值。在碘吸附器和风机上游的总管上设置了两台串联的电加热器，用来降低含氧废气中的相对湿度，使其达到适合于碘吸附器工作的要求（相对湿度≤

40%）。

在电加热器下游，废气总管连接两条并联的、互为备用的管线，每条管线上均设有一台碘吸附器和一台排气风机。经碘吸附器处理后的废气由排气风机排入一根与DVN系统相连的共用排气总管，废气经DVN系统排往烟囱。

含氧废气子系统的主要设备特性列于表3.6-24，含氧废气来源见表3.6-25。

3.6.3.2 凝汽器抽真空系统（CVI）

CVI 系统的主要功能是保持冷凝器的真空度在正常运行所要求的水平。同时，把抽出的气体输送至 DVN 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。

3.6.3.3 空调、加热冷却及通风系统（HVAC）

厂房通风系统除了对各厂房通风换气，维持各厂房空气的温度、湿度以外，也对通风排气进行过滤和除碘处理，以减少气载放射性物质向大气环境的排放。并且，HVAC 系统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，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。

含放射性的废气主要来源于下述厂房，并经由相应的通风子系统进行处理：

— 核辅助厂房：核辅助厂房通风系统（DVN）和安全壳环廊房间通风系统（DVW）

— 反应堆厂房：安全壳连续通风系统（EVR）、安全壳空气净化系统（EVF）、安全壳内空气监测系统（ETY）、安全壳换气通风系统（EBA）

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

（1）设计基准

各厂房通风系统的设计具有如下特性，以保证对环境的污染尽可能的低：

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

— 每个厂房的通风系统，其一般排风管路的敷设应使得向新风进风口短路循环

回流的可能性减到最小；

— 从潜在放射性气体区域排放的空气不能进行再循环；

— 没有污染的空气可以从屋顶或墙上的通风口排至室外大气中；

— 所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，并通过烟囱排放至室外环境中。

（2）主要设备

各个厂房通风系统主要通过各类过滤器对放射性废气进行过滤处理。过滤器类型包括有进气预过滤器、排气预过滤器、高效过滤器、高效颗粒过滤器、碘吸附器等。

— 进气预过滤器：用于除去大气浮尘，这些过滤器效率相对较低，但效率至少为 85%。

— 排气预过滤器：预过滤器用于高效颗粒过滤器前的排气过滤，捕集气流中的粗颗粒，以延长高效颗粒过滤器的寿命。这类过滤器的效率至少为 85%。

— 高效过滤器：高效过滤器用以捕集气流中的细颗粒。这些过滤器的效率至少为 95%。

— 高效颗粒过滤器（绝对过滤器）：高效颗粒过滤器用以捕集气流中极细的颗粒。这些过滤器的净化系数为 3000。

— 碘吸附器（清除放射性碘过滤器）：清除放射性碘过滤器用于各个采暖、降温、通风和空调系统，其作用是吸附气流中的气载放射性碘。这些吸附器在温度为 25℃、湿度为 40%的条件下吸附元素碘的净化系数至少为 5000，吸附有机碘的净化系数至少为 3000（基于标准 NFM 62206）。

滤器芯子为一次性的，采用标准尺寸的芯子（除另有说明外，滤材为玻璃纤维）可以更换。芯子装在涂过油漆的碳钢台架上或气密的过滤器壳内。碘吸附器也是一次性的，采用标准尺寸的芯子可以更换，介质是1%的KI（碘化钾）浸渍的活性炭。芯子装在涂过油漆的镀锌碳钢台架上或不锈钢台架上，或气密的过滤器壳内。

3.6.3.4 放射性废气的排放

氚和 C-14 的气态排放源项已在 3.6.1 节中讨论过。本节主要讨论除氚和 C-14 外的气态排放源项。除氚和 C-14 外的气态排放源项按两类核素组考虑。

（1）惰性气体和碘

这些核素排放源项计算时考虑了三条释放途径：TEG 释放、一回路泄漏的排放和二回路排放。

TEG 排放途径主要考虑含氢废气的排放。TEG 系统排放又具体可分为三条途径：压缩机泄漏、衰变箱泄漏和衰变箱贮存排放。

反应堆一回路冷却剂泄漏一部分在反应堆厂房内，另一部分在核辅助厂房内。反应堆厂房空气中放射性泄漏通过以下两个途径：功率运行时通过安全壳内大气监测系统（ETY）持续不断的通风净化安全壳内放射性气体，ETY 系统排放气体通过核燃料厂房通风系统（DVK）后再经核辅助厂房通风系统（DVN）烟囱排放到大气中；在冷停堆时通过安全壳换气通风系统（EBA）扫除安全壳内放射性气体，扫除的放射性气体经过 DVN 系统排至烟囱后向大气排放。对于在辅助厂房中泄漏的反应堆冷却剂考虑所谓的“冷泄漏”和“热泄漏”。

二回路系统的放射性气体排放主要是通过冷凝器真空系统。在存在一回路冷却剂向二回路泄漏的情况下，二回路冷却剂中惰性气体在凝汽器真空系统中以一定的分配因子被抽出，抽出的气体通过核辅助厂房通风系统（DVN）经辐射监测后排放。

（2）气溶胶、Ar-41

核电厂经由气态途径释放的放射性物质还需考虑气溶胶的贡献。设计方考虑到目前尚无一种合适的物理模式用来描述和计算气溶胶的产生和释放，根据同类型电站的运行经验，参考大亚湾和岭澳核电站的测量数据，直接给出了气溶胶的释放量。

此外，空气中的Ar-40 受到中子照射而产生Ar-41，因此它是在反应堆容器周围空气中产生的。由于Ar-41的半衰期短，只有当反应堆安全壳的空气进行换气，而且是反应堆功率运行期间，这种核素才会排放到环境中。由于这种扫气时间很短，因此Ar-41的排放量很低，经验反馈数据表明，Ar-41的排放量小于20GBq/a。

表3.6-26和表3.6-27给出了系统预期的废气放射性排放量及系统设计的废气放射性排放量。

3.6.4 放射性固体废物系统

固体废物处理系统（TES）是为电厂运行和维修时所产生的放射性废物在处置之前提供收集、暂存、固化（固定）、压缩、包装和临时贮存而设计的。固体放射性废物贮存厂房贮存期满后低、中放废物按国家区域处置政策送国家区域处置场最终处置。

固体废物处理系统（TES）主要由水泥固化线、分拣压缩打包线及废物暂存库组成。水泥固化线位于核辅助厂房（NX）内，为两台机组共用；废物分拣压缩打包线位于废物辅助厂房（QS），废物分拣压缩打包线和废物暂存库为六台机组共用，在一期工程建成。

3.6.4.1 系统功能

TES系统的主要功能为：

— 收集机组运行中产生的放射性“固体”废物；

— 将废物暂存，并进行可能的放射性衰变；

— 对湿固体废物采用水泥固化工艺进处理；

— 对可压缩的固体废物进行压缩处理；

— 将废物封装在金属桶中。

TES系统处理下列几种类型的废物：

— 废离子交换树脂：由化学和容积控制系统（RCV）、硼回收系统（TEP）、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）、废液处理系统（TEU）、蒸汽发生器排污系统（APG）的除盐器产生。这些废树脂将固化在400L钢桶容器内。

— 蒸发浓缩液和化学废液：浓缩液主要由TEU系统蒸发器产生，特殊情况下也由TEP系统的蒸发器产生；化学废液由放射性废水回收系统（SRE）产生。这些废液将固化在400L钢桶容器内。

— 废过滤器芯子：由RCV、TEP、PTR、TEU、APG 系统的过滤器产生。表面剂量率＞2mSv/h的废滤芯用水泥固定在400L钢桶中，表面剂量率≤2mSv/h的废滤芯装入200L钢桶后，送QS厂房进行超级压缩，再用水泥灌浆固定。受轻微污染的蒸汽发生器排污系统(APG)废树脂（排入9TES004BA的废树脂）装在400L钢桶中。通风系统的过滤器芯子不在固体废物处理系统封装。

— 杂项固体干废物（纸、抹布、乙烯塑料等）。

3.6.4.2 系统描述

固体废物处理过程主要在核辅助厂房（NX）和固体废物辅助厂房（QS）内进

行，处理包装完成后的金属桶运至废物暂存库暂存。

TES系统流程见图3.6-9，系统主要设备见表3.6-28。

3.6.4.2.1 湿废物的贮存和处理系统

a) 废树脂

在核辅助厂房内设有两个废树脂贮槽（9TES002BA/9TES003BA），用来接收、贮存、衰变来自TEU、TEP、RCV、PTR系统的废树脂。两个贮槽可以根据放射性水平的不同有选择的贮存废树脂，贮槽内的废树脂可通过自流或水力喷射器送往固化前树脂准备罐，然后分批送往水泥固化线进行固化。

在废树脂贮槽9TES002BA和9TES003BA设备间(ND405)，设置电厂辐射监测系统（KRT）（2个通道）测量废树脂贮槽的辐射剂量水平。

在APG系统除盐床的下游设有一个移动式的APG树脂贮槽（9TES004BA），正常情况下，APG系统除盐床内的树脂通过除盐水输送进入9TES004BA。APG废树脂槽有效容积为1.58m^3，APG的8个除盐床树脂容量均为1.5m^3。贮槽边进树脂边通过容器下部的排水管排水，树脂接收完毕后，再经过一段时间，沥出所有表面水分后，将通过抽吸装置将树脂装入内衬有塑料薄膜的400L钢桶中，运往QT暂存。若废树脂经衰变达到IAEA RS-G-1.7《排除、豁免和解控概念的适用》规定的清洁解控水平后，经审管部门批准，可作为非放废物处理。在异常情况下（如蒸汽发生器破管），其放射性水平较高。APG废树脂剂量率较高时送往废树脂贮槽（9TES002BA或9TES003BA），通过固化线固化在400L钢桶中。

b）蒸发浓缩液

蒸发浓缩液来自废液处理系统、硼回收系统。在核辅助厂房内设有一个浓缩液贮槽9TES001BA用来收集此类废液。为防止硼酸结晶，利用加热系统分别对管道和贮槽加热，在贮槽进料和排料时，利用搅拌器搅拌混合。浓缩液在水泥固化时，靠重力排入固化线的浓缩液准备槽（9TES502BA）中进行计量，然后装入400L钢桶内进行水泥固化。

在9TES001BA设备间（ND404），设置KRT探头测量浓缩液贮槽的放射性水平。

c）过滤器芯子

对于表面剂量率大于2mSv/h的废滤芯，用过滤器芯子更换转运容器从过滤器室的

上部取出，然后运输至与固化线废过滤器芯装桶站相连的废过滤器芯子输送通道上。过滤器芯子更换转运容器的升降装置将芯子经输送通道放入固化线上带有滤芯固定支架的400L钢桶中，然后送往固化线的加料站位用水泥灌浆固定。过滤器芯子更换转运容器用铅作为屏蔽层，内敷不锈钢，并设有一套定位装置、与过滤器芯子运输通道连接的滑动底板和升降抓取装置。表面剂量率不大于2mSv/h的废过滤器芯子放入200L钢桶中送往QS厂房进行超级压缩。

d）水泥固化线

水泥固化线设在核辅助厂房内，根据废物的特性，采取下列不同方法处理：浓缩液、化学废液和废树脂分别和水泥及添加剂在桶内混合后固化在400L钢桶内；外表面剂量率≥2mSv/h的废过滤器芯子用移动式灌浆设备制成的湿混料固定在400L钢桶内。

水泥固化物的质量经过配方试验保证。设计中所选择的配方能够保证废物完全固化，游离水、抗压强度、核素浸出率等均能满足有关规定的要求。

水泥固化线分为如下几个工作区：

－容器进出站

在400L钢桶和屏蔽容器装卸区内设置有远程操控吊车和专用抓具，钢桶和屏蔽容器通过吊车吊运到电动平板小车（9TES501CX）上运进空气闸门间。固化(或固定)后的废物桶也经此站转运到废物暂存库（QT）。

－空气闸门间

为保持装桶区负压，防止放射性气溶胶扩散，在装桶区和容器转运站之间设有两道屏蔽门（屏蔽门1和屏蔽门2），使NF266形成一个空气闸门间。该站位设有表面剂量率装置，以检测废物桶的表面剂量率。空气闸门间内设置单轨吊车（9TES501PR）与辊道传输线的两段平移辊道。吊车和辊道传输线也采用远程控制。若废物桶外表面剂量率大于2mSv/h，则将其装入屏蔽容器后再运往容器转运站。废物桶在装料或搅拌过程中均采用密封罩密封，外表面受沾污的可能性极小，若出现沾污，需在采用屏蔽措施后人工进行处理。

－钢桶搅拌站

装桶搅拌站分搅拌工位和湿料加注工位。搅拌工位设有行星式双螺旋桨桶内混合器、干料加注罩、粉尘过滤器及接液盘等。干料加注罩上有水泥进料口、添加剂进料口及排风口。400L钢桶在该站位上将被顶升，与干料加注罩下密封面密封，当搅拌桨

下降到钢桶内后与干料加注罩上密封面密封。400L钢桶完全密封后，开始搅拌并添加干水泥。湿料加注工位设置有湿料加注罩和接液盘。在湿料加注工位可完成废树脂、浓缩液、固化水的装桶及废滤芯装桶后的灌浆固定。400L钢桶在装料时被抬升与湿料加注罩密封。废树脂或浓缩液装桶后转运至搅拌站加注水泥并进行搅拌。装有废滤芯的钢桶在填灌水泥浆后，送振动台进行振动，保证桶内物料密实。振动台设置在搅拌工位与湿料加注工位之间。搅拌器和加注罩下均设置接液盘，防止残液滴溅到其它设备上，造成沾污。装桶搅拌站的设备排气管与核岛厂房通风系统（DVN）相连。

— 清洗水回收工位

清洗水回收工位设置有清洗液回收装置，钢桶内的设备清洗废液经澄清后通过该装置回收到9TES502BA或9TES003BA中。

— 取/封盖站

本站设有一台自动开封盖装置，可对400L钢桶进行远程自动开盖或封盖。该设备配置桶盖搁架，可暂存桶盖。

— 废滤芯装桶站

在废滤芯下降通道的下端，设置有废滤芯装桶装置，该装置上配置气动闸阀和摄像头。过滤器芯更换转运容器内的废过滤器芯子通过下降通道装入本站的400L钢桶内后，立即运往废物处理站，注入湿混料进行固定。

e）水泥和添加剂计量

固化用的水泥在核辅助厂房外的AH厂房内称量并装在移动式水泥料斗中，每个料斗装固化一桶所需的水泥。移动式水泥料斗转运至ND505房间（+13.15m）后，将其吊装到干混料输送机上。干混料输送机为螺旋式送料机，水泥通过该设备加注到钢桶中。在AH厂房内桶内称量固化所用石灰并加注到400L钢桶内。液态添加剂贮存ND505房间的添加剂计量槽（9TES503BA）内，固化时通过定容积计量。

3.6.4.2.2 干废物的收集和处理

QS厂房用于对放射性干废物进行分拣，在200L钢桶内预压缩废物，并对预压缩后的废物桶进行超级压缩，经超级压缩后的桶饼装在400L钢桶内进行固定及封盖处理。

杂项放射性固体废物（纸、衣服、塑料、金属等）在产生地经初步分类后运输至QS厂房未压缩废物存放区。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，可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可压缩桶压成金属桶饼。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金属桶饼。

超级压缩机设有一个防护罩，在压缩200 L金属桶时，先用防护罩罩住200 L金属桶，再进行压缩。压缩时产生的气体进入通风系统，防止气溶胶危害。超级压缩机液压单元被放置在单独的隔间，有利于防火。空压机和超级压缩机被放置在不同的隔间，可有效降低噪声，有利于操作员工作。在超压过程中产生的废水和灌浆设备冲洗水排入QS厂房地坑，暂存衰变一段时间后，利用管道输送至废液处理系统进一步处理。地坑设置有不锈钢衬里，地坑上部由盖板覆盖。

超级压缩后形成的桶饼被输送至桶饼优化测厚装置。根据厚度优化装置选择厚度合适的桶饼装入400 L钢桶内，以达到一个400 L钢桶内放尽可能多的桶饼的要求。400 L钢桶装满桶饼后利用水泥灌浆固定，进行封盖之后，在QS厂房养护间养护。经分拣箱分拣出的不可压缩废物则装入400 L钢桶，用水泥灌浆固定后封盖，在QS厂房养护间养护。

对剂量率比较高的检修废物，则收集到400L钢桶中，利用水泥固化线移动式灌浆装置灌浆固定。

废物分拣压缩打包线除废物分拣和封盖为手工操作外，其余操作均为远程自动化操作，以加强对工作人员的保护。

3.6.4.2.3 废物暂存库（QT）

核电站废物暂存库（QT）用于暂存核电站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。

暂存库建筑物设计使用寿命为五十年；

库内废物的贮存以定型包装、分区贮存、监测管理、限期转运处置场为原则。

暂存库贮存量按照暂存核电站共六台机组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。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。通过监视器系统，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400 L金属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。

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1.2×1.2×1.2 m、重量小于5 t，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。

废物贮存量、贮存方式及表面剂量率要求见表3.6-29。

3.6.4.2.4 放射性污染油储存库（QR）

防城港核电厂一、二号机组运行产生的放射性废油为液体废物，但并不随放射性液态流出物排入大海。由于目前尚无针对放射性废油进行处理的有效工艺，现阶段对于核电厂产生的放射性废油只能进行收集和暂存。

根据大亚湾和岭澳一期核电厂运行经验反馈，每年/两台机组产生放射性废油约为0.60m^3；设计取10%余量，则每年/两台机组产生放射性废油量约为0.60×（1+10%）=0.66m^3。放射性污染油储存库（QR）为核电厂六台机组共用，厂房位于废物暂存库（QT）西侧，按照两台机组共用一个废油储罐，共设置3个储油罐，工艺设计方案按

照单个储存罐容量可以存放机两台组运行30 年产生的废油量考虑，单个罐子的容积20m^3。废油储罐用于收集、暂存机组正常运行和大修期间产生的放射性废油，主要来源为检修泵产生的放射性润滑油。对于机组产生的放射性废油由运行人员用运输小车运输到QR 厂房，再倾倒入废油储存罐。

3.6.4.2.5 放射性污染废溶剂储存库（QV）

放射性废溶剂储存库（QV）为核电厂工程BOP 子项之一，用于储存全厂6 台机组正常运行和大修期间产生的放射性废溶剂。QV厂房布置在主厂区东南角，EN厂房东侧，共设置3 台储存罐，为非安全相关厂房，不执行安全功能。

核电厂放射性废溶剂储存库（QV）设计容量按照六台机组运行40年产生的放射性废溶剂考虑。每年六台机组产生放射性废溶剂量约为0.20×6=1.2m^3，设计取10%余量，则放射性废溶剂产生总量约为1.2×（1+10%）×40=52.8m^3，共设置3个储存罐，单台储存罐容量约为17.6m^3，圆整后取18.0m^3。

根据放射性检测结果，放射性水平低的废溶剂作为一般工业废物处理，放射性水平较高，需作为放射性废物处理的，由检测人员倒入废溶剂收集桶，然后再集中运输至QV厂房，倾倒入废溶剂储存罐进行储存。

3.6.4.3 源项

年度燃料循环管理策略下废物产生量设计值考虑了机组整个寿期内的运行情况，包括大修、事故等得出的废物量，具有一定的包络性。对应于两台机组，每年TES系统输入废物总容积的设计值为见表3.6-30。

两台机组每年放射性固体废物体积的平均值见表3.6-31。

3.6.4.4 废物最小化的考虑

核电厂送往废物处置场的低、中放固体废物体积在一定程度上反映了核电厂的安全运行和维修管理水平。为了降低放射性固体废物的最终处置费用，尽量减少废物处置对环境产生的不利影响，核电厂放射性固体废物最小化工作日益受到关注。核电厂在以下几个方面贯彻废物最小化原则：

一 源项和系统设计方面；

— 再循环和复用方面；

— 施工图设计方面；

— 运营管理方面；

— 放射性固体废物处理技术方面。

3.6.4.4.1 源项和系统设计方面

（1）堆工和源项

（a）降低反应堆冷却剂中的放射性浓度

不断改进燃料组件是贯彻废物最小的主要内容之一。防城港核电厂采用的全M5 AFA 3G燃料组件运行性能良好。

（b）延长燃料循环周期

核电厂采用18个月燃料循环管理策略，相对于年度换料而言，每三年能够减少一次换料大修，从而减少废物产生量，降低人员辐照剂量。

（c）提高燃料的卸料燃耗

核电厂采用的18个月燃料循环管理策略卸料燃耗明显高于年度换料，故每年产生的乏燃料组件数量也要低于年度换料方案。

（d）负荷跟踪采用灰棒控制

核电厂采用的MODE G模式（为FRAMATOME为了提高反应堆运行灵活性而设计的采用灰棒控制的堆芯与系统运行方式）与MODE A模式（为FRAMATOME引进美国西屋核电站时所采用的堆芯常轴向功率偏差控制模式）相比，减少了调硼和需要处理的放射性废水量，最终放射性废物量要降低20%至30%。

（2）系统设计方面

（a）反应堆冷却剂系统（RCP）

核电厂RCP设计有如下特点以减少一回路的泄漏：

— 一些重要阀门设有双层填料函和阀杆引漏接头。

— 反应堆冷却剂泵采用三级轴封组件。

— 蒸汽发生器采用如下一些措施防止泄漏：管材选用因科镍690；二次侧水采用全挥发处理，防止区域性腐蚀；严格控制二回路水化学指标，防止管板上方管壁受压陷及腐蚀裂纹的损伤；维修期间定期清洗；运行期间控制传热管两侧压差。

－ 在压力容器筒体法兰与顶盖之间接合处，安装因科镍制造的O型密封环。

（b）化学和容积控制系统（RCV）

核电厂RCV设计有如下特点以贯彻废物最小化原则：

－ RCV001FI设计为可以过滤掉尺寸大于0.45μm的固体颗粒，从而可以更好的保护离子交换树脂；

－ RCV设计为当下泄流温度高于57℃时，除盐器旁路阀自动切换，从而可以保护离子交换树脂；

－ 使用吸附能力强的树脂，增大树脂的更换周期，减少放射性废物的产生。

（c）废液处理系统（TEU）

核电厂TEU设计有如下特点以贯彻废物最小化原则：

－ 分类收集废液，防止废液间的交叉污染；

－ 设置化学中和单元，调节待成立废液pH值和相关化学特性，提高各处理线的效率。对于蒸发单元，合适的pH值能提高蒸发所得浓缩液的溶解度，有利于最终固化处理时提高固化质量。

－ 蒸发单元最终的浓缩液的硼浓度数值较高，减少最终固体废物产量；

－ 处理工艺排水的除盐床设有反冲洗管线，能延长除盐床的使用寿命，减少废树脂的产量。

（d）硼回收系统（TEP）

TEP产生的不合格蒸发浓缩液先送到TEU系统，再蒸发浓缩一次，然后送TES系统装桶固化，使产生固体废物量减少。

3.6.4.4.2 再循环和复用方面

由于TEP系统的设置，大部分的反应堆冷却剂能够得以再循环和复用，使得硼酸得到复用的同时，减少了废液的产生量。

3.6.4.4.3 施工图设计方面

在施工图设计中，采用了如下具体措施以贯彻废物最小化措施：

（1）复核系统和设备的材料选择有利于减少活化、腐蚀产物；

（2）关注设备长期稳定运行的可靠性、必要的远距离操作机构的设置以及避免设

备中放射性核素积累的手段；

（3）关注重要部件清洗、去污及其他退役时所需的接口条件，为将来的解体、切割和运输创造条件；

（4）了解各类废液特征，按初设最合理化设计对废液进行分流，保证对各类废液进行最优化的处理；

（5）复查地面疏水地坑筛网等阻隔装置设置情况，保证大的固体颗粒不会进入废液处理系统，以延长过滤器和树脂的使用寿期；

（6）复核放射性分区，降低不同放射性水平废物交叉污染的可能。重点关注放射性废液的合理分流、废气在暖通系统应由放射性较低处向较高处输送以及避免非放射性进入放射性废液处理系统等；

（7）关注保护和保持控制区清洁的技术手段（如地面覆盖、墙面刷漆等）在设计中的应用；

（8）关注可处理袋式过滤器或可反洗（金属）管道过滤器在设计中的应用；

（9）复查固体废物减少措施，如固体废物自收集点开始的有效分拣和分流，限制和控制清洁物进入控制区，尽量减少一次性工作服和塑料制品的使用。

（10）复核含硼废液和其他物项的复用手段；

（11）关注废物减容技术的应用，如超级压缩技术和高装填量的固化技术；

（12）对于初步设计进行细化设计过程中，对于流程设置、工艺布置和材料清单等进行复核，保证施工图设计的流程配置和布置方案尽量合理，减少不必要的耗材使用，避免材料统计错误带来废物产生；

（13）关注放射性废物管理大纲的制定和组织机构的建立，以便电厂通过有效的宣传、教育和管理，限值控制区域工作人员，改进对污染区人流、物流的控制，对各类承包商提出废物最小化要求并明确对其产生废物的责任。

3.6.4.4.4 运营管理方面

核电厂的放射性废物最小化管理将吸取国内大亚湾等电站的管理经验，从运营管理最优化方面减少放射性废物的产生：

（1）建立、健全放射性废物管理机构：建立由各有关部门参见的放射性废物管理委员会，定期召集会议，研究电站放射性废物管理中存在的问题，并提出改进意见；

（2）建立有关减少放射性产生量的管理程序：包括建立监测和控制放射性系统泄漏的管理大纲、建立废物统计和跟踪系统、制定电站放射性废物清洁解控水平。

（3）控制区管理的最优化：包括现场人员最少化、严格监控出入控制区的人流和物流、保持控制区的清洁、定期进行消防检查、尽量避免产生混合废物。

（4）对电站工作人员宣传减少放射性废物产生量的目的和意义。

3.6.4.4.5 放射性固体废物处理工艺方面

核电厂确定通过招标采购TES固化线工艺（包括固化配方）及设备，并采用400L金属桶作为废物包装容器，对于废物最小化具有重要意义。核电厂的固体废物处理工艺见本小节的有关描述。

核电厂在工程设计上贯彻废物最小化原则，从源头上减少放射性废物的产生量；并且通过严格的管理措施，从循环复用以及运营管理对废物的产生量进行控制；对于已经产生的废物采用优化的废物处理技术进行处理，湿废物采用水泥固化技术，用400L金属桶作为包装容器进行固化，对易压缩干固体废物采用两级压缩，先在200L金属桶中进行初级压缩，再使用超级压缩机进行压缩，之后将200L桶饼装入400L金属桶进行固定灌浆操作。在放射性废物的产生、预处理、处理、整备的全过程中体现了ALARA法则和废物最小化原则。

3.6.5 三废系统调试大纲

三废处理系统的调试是根据其各自的标准调试大纲的要求进行的，其目的在于在这些系统投入运行前，通过分步骤地模拟试验，验证这些系统的功能可靠，性能稳定，能满足相应的系统设计要求。对于一个给定的系统的调试，其所有的调试程序按其性质可分为预试验、子系统试验、系统试验三种类型。TEP、TEU、TER、SEL系统调试流程图见图3.6-10，TEG系统调试流程图见图3.6-11，TES系统调试流程图见图3.6-12。

（1）TEP

TEP的预试验包括四个部分：系统冲洗（TP-9-TEP-04）、仪表和控制通道试验（TP-9-TEP-08）、逻辑控制通道试验（TP-9-TEP-09）以及电机和气动阀门试验（TP-9-TEP-07）。

TEP的子系统试验包括：前贮槽和净化管线试验（TP-X-TEP-10）、中间贮槽试验

（TP-9-TEP-11）、浓缩液监测槽、蒸馏液监测槽及除硼单元试验（TP-9-TEP-12）、浓缩液监测槽和蒸馏液监测槽气密性试验（TP-9-TEP-13）、脱气塔操作顺序静态试验（TP-X-TEP-05）、脱气塔冲洗和初次蓄水（TP-X-TEP-30）、脱气塔初次启动（TP-X-TEP-60）、脱气塔50h耐久试验（TP-X-TEP-61）、蒸发器操作顺序静态试验（TP-X-TEP-03）蒸发器初次蓄水（TP-X-TEP-20）、蒸发器初次启动（TP-X-TEP-50）、核实蒸发器运行参数（TP-X-TEP-55）、蒸发器100h耐久试验（TP-X-TEP-56）。

（2）TEU

TEU的预试验包括四个部分：系统冲洗（TP-9-TER-04）、仪表和控制通道试验（TP-9-TER-08）、逻辑控制通道试验（TP-9-TER-09）以及电机和气动阀门试验（TP-9-TEP-07）。

TEU的子系统试验包括：贮槽（工艺、化学和地板疏水）和相关泵的试验（TP-9-TEU-11）、化学中和试验（TP-9-TEU-12）、监测槽试验（TP-9-TEU-13）、废水接受槽试验（TP-9-TEU-14）。

TEU的系统试验为蒸发器操作顺序静态试验（TP-9-TEU-03）、蒸发器初次蓄水（TP-9-TEU-20）、蒸发器初次启动（TP-X-TEU-50）、核实蒸发器运行参数（TP-9-TEU-55）、蒸发器100h耐久试验（TP-9-TEU-56）。

（3）TER

TER的预试验包括四个部分：系统冲洗（TP-9-TER-04）、仪表和控制通道试验（TP-9-TER-08）、逻辑控制通道试验（TP-9-TER-09）以及电机和气动阀门试验（TP-9-TEP-07）。

TER的子系统试验包括：TER地坑泵试验（TP-9-TER-10）、排放效能试验（TP-9-TER-12）。

TER的系统试验为带水排放试验（TP-9-TER-50）。

（4）SEL

SEL的预试验包括四个部分：系统冲洗（TP-9-SEL-04）、仪表和控制通道试验（TP-9-SEL-08）、逻辑控制通道试验（TP-9-SEL-09）以及电机和气动阀门试验（TP-9-SEL-07）。

SEL的子系统试验包括：贮槽和混合管线相关的排放泵试验（TP-9-SEL-11）、SEL地坑泵试验（TP-9-SEL-10）以及排放效能试验（TP-9-SEL-12）。

SEL的系统试验为带水排放试验（TP-9-SEL-50）。

（5）TEG

TEG的预试验包括四个部分：系统冲洗（TP-9-TEG-04）、仪表和控制通道试验（TP-9-TEG-08）、逻辑控制通道试验（TP-9-TEG-09）以及电机和气动阀门试验（TP-9-TEG-07）。

TEG的子系统试验包括：进气风扇试验（TP-9-TEG-10）、含氢废气压缩机试验（TP-9-TEG-11）、采用一台压缩机向贮箱充气（TP-9-TEG-12）以及采用两台压缩机向贮箱充气（TP-9-TEG-14）。

TEG的系统试验为含氢废气排放管线试验（TP-9-TEG-53）和碘滞留效能试验（TP-9-TEG- 54）。

（6）TES

TES的预试验包括四个部分：系统冲洗（TP-9-TES-04）、仪表和控制通道试验（TP-9-TES-08）、逻辑控制通道试验（TP-9-TES-09）以及电机和气动阀门试验（TP-9-TES-07）。

TES的子系统试验包括：水泥固化线起重机（TP-9-TES-01）、废物桶检查子系统试验（TP-9-TES-10）、混合配料（TP-9-TES-11）、废物桶封盖（TP-9-TES-13）、树脂贮存箱和脱水试验（TEP-9-TES-14）、浓缩液贮存箱和硼固化试验（TP-9-TES-15）、在装桶区域内经过每个工作站运输固体废物桶（TP-9-TES-17）、废过滤器芯子转运和灌浆试验（TP-9-TES-50）、废树脂固化试验（TP-9-TES-51）以及蒸发浓缩液固化试验（TP-9-TES-52）等。

TES的系统试验为整体系统试验（TP-9-TES-60）。

3.6.6 乏燃料暂存系统

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

3.6.6.1 设计基准

乏燃料暂存系统的设计基准为：

— 防止临界：乏燃料贮存格架的设计必须防止发生临界事故。贮存栅距和永久

中子毒物吸收屏蔽材料应满足以下要求：在包括了不确定因素并且被不含硼的水淹没的情况下，计算所得的有效增殖系数Keff不得超过0.95。

— 燃料包壳的完整性：格架的几何形状应该保证没有导致燃料棒包壳损伤的风险。水下燃料贮存区和相关操作区，应设置足够的放射性水平超标探测系统，能及时探测操作环境的放射性剂量水平。

— 剩余衰变热的导出：水下燃料贮存格架的设计应确保燃料组件得到冷却。

— 辐射防护：水下燃料贮存区的设计应保证对电厂工作人员的辐射防护，且设计上有防止燃料冷却水排空的措施。

— 防外部事件：乏燃料贮存水池和乏燃料贮存格架应设计成能承受安全停堆地震所产生的载荷而保持其完整性（包括水池密封性）。乏燃料贮存区应具有适当的防止内、外部灾害的措施。乏燃料贮存水池和贮存格架应设计成能承受乏燃料组件加上其操作工具掉落所产生的冲击。系统应设计成在乏燃料贮存区上方无需进行重载操作（如乏燃料运输容器）。

3.6.6.2 系统描述

水下燃料贮存由两个区域组成，称为区域1和区域2。

区域1用来贮存最大反应性的燃料组件：

— 待入堆的新燃料；

— 非计划大修的整个堆芯的燃料；

— 因卸料燃耗低而不能在区域2贮存的乏燃料组件。

区域2仅用来贮存达到由初始燃料富集度限定的最低燃耗的乏燃料组件。

每台机组两个贮存区域贮存容量的和为1206组燃料组件，至少可以贮存20年的乏燃料卸料量。

a) 区域1

该区域可以贮存378组燃料组件，由11台乏燃料贮存镉格架组成：

— 规格为6×6贮存小室的乏燃料贮存镉格架8台；

— 规格为5×6贮存小室的乏燃料贮存镉格架3台，其中一台格架含有5个底部装有过滤装置、用来贮存破损燃料组件的贮存小室。

b) 区域2

该区域设计成可以贮存828组燃料组件，由16台高密度乏燃料贮存格架组成：

— 规格为8×7贮存小室的高密度乏燃料贮存格架12台；

— 规格为8×6贮存小室的高密度乏燃料贮存格架2台；

— 规格为6×6贮存小室的高密度乏燃料贮存格架1台；

— 规格为4×6贮存小室的高密度乏燃料贮存格架1台；

3.6.6.3 反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理

反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统（PTR）是用来保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理。并且在燃料装卸期间为堆腔水池、换料水池和燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。PTR在3.6.2节中有所描述。

表 3.6-19　一台机组预期的废液放射性排放量（工况 A）（GBq）

核素	硼回收系统	废液处理系统	二回路	总排放量
Sr-89	2.04E-05	2.93E-03	6.12E-05	3.01E-03
Sr-90	3.20E-07	4.61E-05	9.01E-07	4.73E-05
Sr-91	1.06E-11	1.63E-09	1.24E-07	1.25E-07
Sr-92	1.30E-30	2.18E-28	4.30E-17	4.30E-17
Y-90	1.64E-09	2.39E-07	1.56E-08	2.56E-07
Y-91	6.61E-05	1.02E-02	2.06E-06	1.02E-02
Zr-95	1.82E-06	2.62E-04	5.40E-06	2.70E-04
Nb-95	9.54E-07	1.37E-04	2.37E-06	1.41E-04
Mo-99	7.59E-05	1.11E-02	7.29E-04	1.19E-02
Tc-99m	6.93E-06	1.01E-03	6.70E-11	1.02E-03
Ru-103	2.74E-06	3.95E-04	8.40E-06	4.06E-04
Ru-106	4.41E-07	6.35E-05	1.25E-06	6.52E-05
Te-131m	4.51E-08	6.66E-06	1.90E-06	8.60E-06
Te-131	1.14E-10	1.69E-08	0.00E+00	1.70E-08
Te-132	5.43E-06	7.89E-04	4.31E-05	8.37E-04
Te-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	3.57E-02	9.51E-01	8.61E-02	1.07E+00
I-132	3.53E-34	4.39E-32	8.78E-18	8.78E-18
I-133	1.66E-05	1.19E-03	3.34E-03	4.55E-03
I-134	0.00E+00	0.00E+00	3.90E-43	3.90E-43
I-135	3.50E-13	3.10E-11	3.34E-07	3.34E-07
Cs-134	8.79E-02	1.36E-01	2.67E-03	2.27E-01
Cs-136	2.89E-03	3.58E-02	9.05E-04	3.96E-02
Cs-137	8.02E-02	1.49E-01	2.91E-03	2.32E-01
Cs-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-140	4.30E-05	6.21E-03	1.58E-04	6.41E-03
La-140	6.34E-06	9.15E-04	6.64E-07	9.22E-04
Ce-141	2.69E-06	3.87E-04	8.39E-06	3.98E-04
Ce-143	3.17E-07	4.66E-05	1.04E-05	5.73E-05
Ce-144	8.11E-07	1.17E-04	2.31E-06	1.20E-04
Pr-143	3.29E-05	4.84E-03	2.02E-06	4.87E-03
Pr-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cr-51	1.30E-03	2.80E-02	6.18E-04	3.00E-02
Mn-54	3.90E-03	3.64E-03	7.19E-05	7.61E-03
Fe-59	1.29E-04	5.23E-04	1.10E-05	6.64E-04
Co-58	1.11E-02	8.86E-02	1.81E-03	1.01E-01
Co-60	2.51E-03	2.37E-01	4.64E-03	2.44E-01
Ag-110m	3.90E-01	3.56E-01	7.05E-04	7.47E-01
Sb-124	1.69E-03	5.44E-02	1.12E-03	5.72E-02
Sb-122	7.17E-05	5.73E-04	3.83E-05	6.83E-04
Total	6.18E-01	2.08E+00	1.06E-01	2.80E+00
H-3				35.10E+03
C-14				5

表 3.6-20　一台机组设计的废液放射性排放量（工况 B）（GBq）

核素	硼回收系统	废液处理系统	二回路	总排放量
Sr-89	4.46E-04	8.30E-03	3.77E-03	1.25E-02
Sr-90	6.94E-06	1.28E-04	5.51E-05	1.90E-04
Sr-91	1.75E-07	5.73E-06	4.07E-03	4.07E-03
Sr-92	3.68E-17	1.58E-15	1.99E-03	1.99E-03
Y-90	1.23E-07	2.29E-06	3.46E-06	5.87E-06
Y-91	2.95E-04	9.46E-03	1.28E-04	9.89E-03
Zr-95	2.26E-05	4.71E-04	1.77E-04	6.70E-04
Nb-95	2.00E-05	3.71E-04	1.64E-04	5.55E-04
Mo-99	8.13E-04	2.88E-02	1.21E-02	4.17E-02
Tc-99m	7.42E-05	2.63E-03	3.30E-04	3.04E-03
Ru-103	2.35E-05	5.50E-04	1.75E-04	7.49E-04
Ru-106	6.46E-06	1.28E-04	4.98E-05	1.84E-04
Te-131m	4.38E-06	1.12E-04	4.36E-04	5.52E-04
Te-131	1.11E-08	1.02E-07	1.35E-05	1.36E-05
Te-132	2.01E-04	4.12E-03	4.32E-03	8.64E-03
Te-134	0.00E+00	0.00E+00	2.14E-04	2.14E-04
I-131	1.20E+00	4.12E+00	8.16E+00	1.35E+01
I-132	1.48E-17	2.53E-16	1.06E+00	1.06E+00
I-133	1.56E-02	1.48E-01	8.99E+00	9.15E+00
I-134	6.45E-44	2.21E-42	2.13E-02	2.13E-02
I-135	8.97E-07	1.14E-05	2.46E+00	2.46E+00
Cs-134	1.90E+00	3.93E-01	1.72E-01	2.47E+00
Cs-136	8.25E-02	1.31E-01	7.36E-02	2.87E-01
Cs-137	1.74E+00	4.26E-01	1.85E-01	2.36E+00
Cs-138	0.00E+00	0.00E+00	3.56E-02	3.56E-02
Ba-140	8.44E-04	1.66E-02	8.45E-03	2.59E-02
La-140	1.11E-04	2.19E-03	2.66E-04	2.57E-03
Ce-141	2.45E-05	5.65E-04	1.89E-04	7.79E-04
Ce-143	1.05E-05	3.98E-04	4.89E-04	8.98E-04
Ce-144	1.42E-05	2.71E-04	1.12E-04	3.97E-04
Pr-143	1.23E-04	4.36E-03	1.58E-04	4.64E-03
Pr-144	0.00E+00	0.00E+00	9.71E-09	9.71E-09
Cr-51	1.75E-03	2.22E-02	2.03E-03	2.60E-02
Mn-54	3.97E-03	2.53E-03	2.05E-04	6.71E-03
Fe-59	1.44E-04	3.92E-04	3.40E-05	5.70E-04
Co-58	1.24E-02	6.46E-02	5.44E-03	8.24E-02
Co-60	4.61E-03	1.68E-01	1.36E-02	1.86E-01
Ag-110m	7.29E-01	2.51E-01	2.04E-03	9.82E-01
Sb-124	2.28E-03	4.00E-02	3.40E-03	4.57E-02
Sb-122	2.47E-03	2.63E-02	1.16E-02	4.03E-02
Total	5.70E+00	5.87E+00	2.12E+01	3.28E+01
H-3				43.65E+03
C-14				50

表 3.6-26　一台机组放射性废气排放量预期值（工况 A）

单位：GBq/a

核　素	废气处理系统	泄　漏		二回路	总　计
		反应堆厂房	核辅助厂房		
Kr-85m	1.64E+01	4.90E+01	1.49E+02	3.83E+01	2.52E+02
Kr-85	2.49E+02	4.73E+00	2.37E+00	6.10E-01	2.57E+02
Kr-87	2.07E+01	2.03E+01	1.90E+02	4.91E+02	2.80E+02
Kr-88	3.78E+01	7.73E+01	3.44E+02	1.92E+01	5.48E+02
Xe-133m	1.06E+01	1.04E+02	7.45E+01	1.92E+01	2.08E+02
Xe-133	8.39E+02	4.04E+03	2.38E+03	6.13E+02	7.87E+03
Xe-135	1.27E+02	6.54E+02	1.13E+03	2.92E+02	2.21E+03
Xe-138	3.23E+01	7.35E+00	2.97E+02	7.65E+01	4.13E+02
总惰性气体	1.33E+03	4.95E+03	4.57E+03	1.18E+03	1.20E+04
I-131	6.93E-02	2.04E-02	1.49E-02	3.15E-03	1.08E-01
I-132	2.38E-03	1.95E-03	1.39E-02	1.53E-03	1.97E-02
I-133	3.35E-03	1.60E-02	2.17E-02	4.20E-03	4.52E-02
I-134	1.59E-03	5.05E-04	8.74E-03	5.44E-04	1.14E-02
I-135	1.80E-03	4.34E-03	1.24E-02	2.00E-03	2.05E-02
总碘量	7.84E-02	4.32E-02	7.15E-02	1.14E-02	2.05E-01
气溶胶	—				1.00E-01
H-3	—	—	—	—	3900
C-14	—	—	—	—	200

表 3.6-27　一台机组放射性废气排放量设计值（工况 B）

单位：GBq/a

核　素	废气处理系统	泄　漏		二回路	总　计
		反应堆厂房	核辅助厂房		
Kr-85m	3.62E+02	1.08E+03	3.27E+03	2.34E+03	7.05E+03
Kr-85	5.60E+03	1.07E+02	5.33E+01	3.81E+01	5.80E+03
Kr-87	4.49E+02	4.39E+02	4.13E+03	2.94E+03	7.96E+03
Kr-88	8.29E+02	1.70E+03	7.56E+03	1.19E+03	5.42E+03
Xe-133m	2.36E+02	2.33E+03	1.67E+03	1.19E+03	5.42E+03
Xe-133	1.09E+04	9.04E+04	5.33E+04	3.81E+04	1.93E+05
Xe-135	2.80E+03	1.44E+04	2.49E+04	1.78E+04	5.99E+04
Xe-138	6.24E+02	1.42E+02	5.74E+03	4.05E+03	1.05E+04
总惰性气体	2.19E+04	1.11E+05	1.01E+05	7.18E+04	3.05E+05
I-131	5.00E-01	4.56E-01	3.32E-01	1.95E-01	1.48E+00
I-132	3.55E-02	2.97E-02	2.11E-01	6.21E-02	3.39E-01
I-133	6.65E-02	3.24E-01	4.39E-01	2.34E-01	1.06E+00
I-134	7.62E-03	2.41E-03	4.17E-02	5.24E-03	5.69E-02
I-135	2.55E-02	6.45E-02	1.83E-01	7.92E-02	3.53E-01
总碘量	6.35E-01	8.77E-01	1.21E+00	5.76E-01	3.29E+00
气溶胶	—				1.70E+00
H-3	—	—	—	—	4850
C-14	—	—	—	—	370

表 3.6-31　两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的平均值

a) TES 系统输入废物的总容积的估计值

来　源	TES 输入物
过滤器芯子	218 个
废树脂	34m^3
浓缩液	20m^3
各类干废物	280m^3（压缩前体积）

b) 每年装废物的金属桶产量如下：

废物桶类型	400L 钢桶（个）
蒸发浓缩液	103
放射性废树脂	153
APG 废树脂	30
过滤器芯子（表面剂量率不大于 2mSv/h）	34 (2)
过滤器芯子（表面剂量率>2mSv/h）	118
技术废物	237 (3)
合计	645
总体积（m^3）	258m^3 (4)

注：

(1) APG 树脂作为待清洁解控废物不计入最终废物货包体积；

(2) 100 个表面剂量率不大于 2mSv/h 的废过滤芯，先装入 200L 桶经超级压缩后，每 3~4 个桶饼再装入 1 个 400L 桶中灌浆固定，本表保守计算，取 3 个桶饼装入一个 400L 桶；

(3) 技术废物中将可压缩和不可压缩废物按一定比例装 200L 钢桶后经超级压缩后装入 400L 钢桶内；

(4) 上述废物桶的产生量为设计值，根据大亚湾以及岭澳核电站 1、2 号机组的实际运行经验表明，废物的实际产生量远低于设计值。

3.7 非放射性废物处理系统

3.7.1 化学物质排放

3.7.2 生活废物

表

表 3.7-1 核电厂非放射性化学物质使用量（两台机组）

3.7.1 化学物质排放

为满足防城港核电厂一期工程运行的要求，电厂有关系统的用水需要进行某些化学处理。化学处理的主要方法是在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证水质的要求并实现以下目的：避免设备的腐蚀和结垢、去除水中的氧、调整水的 pH 值、调节反应堆的反应性、水处理装置的再生、达到水处理工艺效果、防止海生物的附着和繁殖、化学清洗等。这些化学物质将根据工作环境的不同发生不同的化学转化，最终将进入环境。

防城港核电厂一、二号机组使用的重要化学物质主要有：盐酸（HCl）、氢氧化钠（NaOH）、硼酸（H_3BO_3）、联胺（N_2H_4）、碳酸氢钠（$NaHCO_3$）、次氯酸钠（NaClO）、聚丙烯酰胺（PAM）、聚合氯化铝（PAC）、液氨或氨水（NH_3）和硫酸二甲脂等。这些化学物质主要用于循环水处理系统、除盐水生产系统等。电厂使用的非放射性化学物质年使用量与电厂的运行情况密切相关。结合大亚湾核电厂的运行经验反馈，并考虑到本工程的实际特点，估计防城港一、二号机组每年使用的化学物质如表 3.7-1 所示。表 3.7-1 的化学药品的平均使用量和最大使用量分别根据大亚湾核电站 1994 年至 2003 年 10 年间的平均使用量和最大使用量得到。

以下对各化学物质的使用情况予以说明。

（a）盐酸和氢氧化钠

盐酸和氢氧化钠主要用于除盐水处理和凝结水精处理系统树脂的再生。再生用水是干净的除盐水，再生废水排放进入系统中和池，需要使用盐酸或氢氧化钠调节 pH 值到 6 至 9 的范围内。排放进入 CC 井，最终随循环冷却水排放进入大海。上述化学过程可以表述为：

$$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$$

（b）硼酸

硼酸作为可溶性中子吸收剂在主回路中为反应堆提供反应性的补偿控制，其浓度随着堆芯剩余反应性的减少而降低。主回路硼浓度调节时排出的硼酸可通过硼回收系统（TEP）加以回收复用，硼用量损耗主要产生于堆内核反应、下泄进入 TEU 后随废液排放、TEP 浓缩液进入固体废物等三方面途径。需要说明的是，经 TER 排入循环冷却水混合并排入环境的硼酸量实际只占其使用量的很小部分。

（c）联胺、氨

联胺注入凝结水中以控制水中的溶解氧，同时起到延缓腐蚀的作用，联胺在给水中不断与溶解氧发生反应，剩余联胺将随着给水温度的升高而分解直到完全消失，故需要不停的在凝结水中加入一定量的联胺以维持除氧效果。正常运行工况下，联胺完全分解为氮气或者氢气排出，对环境影响甚微。上述化学过程可以表述为：

$$N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O \text{；}\quad N_2H_4 \rightarrow N_2 + 2H_2$$

氨（氨水或液氨）作为二回路给水全挥发处理碱化剂，可在汽水回路中循环使用，但由于机组的汽水损失、凝气器抽气以及蒸汽发生器排污水净化用除盐树脂的吸收，需要补充氨。正常运行工况下排放进入海水中的氨量甚微。

二回路湿保养期间和调试期间产生的废水排放进入 SEL 罐。根据大亚湾核电厂的运行经验反馈，这些废水中联胺浓度低于 0.18mg/L，氨低于 0.09mg/L。本工程未来将制定详细的排放操作规程，对 SEL 罐内废水加药氧化和调节 pH 值，以确保联胺的排放浓度低于相关限值要求。经循环冷却水稀释后，上述化学物质在排水渠中的浓度将进一步降低，对环境的影响很小。

（e）次氯酸钠

在核电厂循环水处理系统中需要使用次氯酸钠。在正常运行时，由于海水取自循环水进水或排水，水中含有一定量的余氯，通常在沉淀池前不用再加次氯酸钠杀菌，而当循环水取水余氯偏低或采用备用水源时，需在沉淀池进水加入次氯酸钠溶液杀菌。次氯酸钠对环境的影响在报告书 5.3 节有详细的描述。

（f）硫酸二甲脂

在事故情况下，有机碘（如 $CH_3{}^{131}I$）占气载放射性碘的 5-10%，单质碘占气载放射性碘的 90-95%。由于放射性甲基碘最不易被碘吸附器吸附，故试验中用气态放射性甲基碘做示踪剂。碘过滤器试验中使用的示踪剂甲基碘 $CH_3{}^{131}I$ 是由放射性 $Na^{131}I$ 和剧毒品硫酸二甲酯反应生成，反应式如下：

$$2Na^{131}I + (CH_3)^2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2CH_3{}^{131}I$$

生成的放射性甲基碘是既有放射性又有毒性的物质，但是由于试验用量少，在试验中基本消耗掉，因此只要在试验中注意泄漏和污染防护，就可以避免其对人体的伤害。

3.7.2 生活废物

3.7.2.1 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。

3.7.2.2 处理方式

防城港核电厂一、二号机组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 480m^3/d，处理后的国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 排放标准后通过雨水管网排放入海。若回用，将满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准。

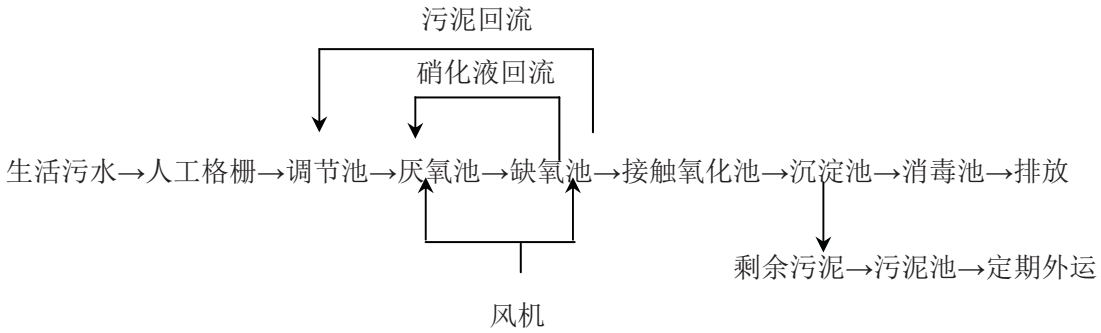
生活污水处理流程为：

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 480m^3/d，处理后出水达到国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 排放标准后排放入海。若回用，将满足《城市污水

再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）标准。

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 5m^3/h，总处理能力为 10m^3/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。

表 3.7-1　核电厂非放射性化学物质使用量

（两台机组）

序号	药品	平均使用量	最大使用量
1	硼酸	10.7 t	22.8 t
2	氢氧化锂	0.02 t	0.05 t
3	氢氧化钠	99（纯 NaOH 计）t	244.8 t
4	盐酸	88（以纯 HCl 计）t	202.6 t
5	氨水	38.6 t	171 t
6	液氨	2.9 t	16.4 t
7	联胺	11.4 t	17.1 t
8	次氯酸钠	758.2 t	2000 t
9	磷酸三钠	2.8 t	12.3 t
10	硫酸二甲脂	50ml	70ml

3.8 放射性物质运输

3.8.1 新燃料运输

3.8.1.1 运输路线

3.8.1.2 运输容器

3.8.2 乏燃料运输

3.8.2.1 乏燃料组件厂内运输

3.8.2.1 乏燃料组件厂外运输

3.8.3 放射性固体废物的运输

图 3.8-1 乏燃料组件厂内运输路线图（略）

图 3.8-2 放射性固体废物厂内运输路线图（略）

3.8 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。

3.8.1 新燃料运输

防城港核电厂一、二号机组选用的全 M5 AFA 3G 燃料组件及相关组件，拟由中核建中核燃料元件公司（812 厂）提供。新燃料组件及相关组件从宜宾经铁路专列运至距厂址较近的车站，再由专用新燃料运输车经公路（路线待定）运至防城港核电厂一、二号机组的燃料厂房内（亦可临时存放于干燥通风的库房内）。

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 FRAGEMA 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：UO_2

— 燃料的 235U 富集度：1.8%，2.4%，3.1%，3.2%

— 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：$<2\times10^{-2}$mSv/h

距货包 1m 处：$<1\times10^{-2}$mSv/h

— 货包类型：A

RCC-3 型新燃料运输容器已被法国批准并有多年的使用历史。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Φ1064mm，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。

3.8.2 乏燃料运输

3.8.2.1 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。

图 3.8-1 给出了暂定的乏燃料组件厂内运输路线图。

3.8.2.2 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。

目前世界上各国乏燃料运输主要采用公路、铁路和海运三种方式。防城港核电厂一、二号机组将根据具体条件选择合适的乏燃料运输路线。最终的乏燃料运输路线将由承运公司进行具体论证并报国家核安全局审批。

3.8.3 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（NX）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（国家标准容器）。两台机组一年产生的 400L 桶装废物约为 645 桶，其中约有 10%左右的金属桶表面剂量可能超过 2mSv/h，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。

图 3.8-2 给出了暂定放射性固体废物厂内运输路线图。

（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低、中放固体废物处置场。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事故，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

4.1.2 陆域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

4.1.1.1 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，连续建设，场地平整一次完成，分阶段实施。涉及陆域的工程主要包括厂区的场地平整、边坡防护、主厂房、进厂道路、应急道路、运行道路、输水管线和取排水口等，以及为核电厂运行建设的污水处理站、弃渣场、排洪沟、员工生活区、办公楼、消防站和武警营房等辅助配套设施，上述项目均在一、二号机组施工期间统一建设完成。

由于本次环评为运行阶段环评，部分基建工程已建设完成或收尾，运行阶段总体环境影响相对较小。因此，本章节主要对防城港核电厂一、二号机组建设进行回顾性分析和评价。

4.1.1.2 土地使用情况

防城港核电厂一期工程总用地面积为86.96 hm^2，其中陆域面积为62.04 hm^2，海域回填面积为24.92 hm^2。厂区用地面积为40.86 hm^2，工程临时用地面积为61.2 hm^2。

按照土地的使用性质，核电厂征地分为厂区用地、施工区用地、生活区用地、管线用地和道路用地。核电厂征地范围内没有工业、商业和公共娱乐设施，也没有名胜古迹和风景旅游区。征地范围内涉及的红星村全村和红沙村的石龙组、李屋、彭屋、亚婆田和独田口自然村已经搬离原居民点。电厂的工程占地已划工业用地，符合土地利用的规划。

4.1.1.3 土石方平衡

防城港核电厂工程主要包括：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。本工程的土石方主要来自于场地平整、港池清淤、填海造地以及道路建设过程。

防城港核电厂厂址区范围内开挖土石方工程量(实方)约为 500 万 m^3，填方工程量约为 543 万 m^3。

4.1.2 陆域施工活动对环境的影响

防城港核电厂一、二号机组陆域施工活动对环境的影响主要是场地负挖、土石方爆破、石料加工、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。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后果。

4.1.2.2 噪声的影响

核电厂施工过程中，厂区内可能产生噪声的活动包括场地负挖，土石方爆破、道路平整、主厂房（核岛、常规岛）的建设和厂区辅助配套设施的建设，另外设备安装和汽车运输也会产生一定噪声。施工阶段的主要噪声污染源及其噪声级见表 4.1-1。

爆破施工是间歇性的，集中在施工初期场地平整阶段，目前爆破施工已结束，伴随爆破产生的巨大噪声已消失。现场施工机械设备如挖掘机、推土机、钻孔机等噪声值也较高，且在实际施工过程中，通常是多台机械设备同时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加。同一地点同时作业的机械设备多为 2~6 台，一般不会超过 10 台，叠加后的噪声增值约 3~10dB。

施工机械作业时可视为点声源，距离加倍时噪声降低 6dB，如果考虑空气吸收，则附加衰减 0.5~1dB/100m，因此，施工活动可分别满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的昼间 70dB，夜间 55dB 的限值要求。防城港核电厂在红星、红沙部分自然村搬迁后，施工区域一定范围内没有固定居住人群或其它环境敏感目标，施工机械造成的噪声影响仅限于施工人员。但爆炸造成一定的震动，会对周围较远处村庄的建筑物和居民生活造成短暂的影响。目前，离厂址最近的居民点为 N 方位约 1.3km 处的牛角冲自然村。由于大规模的场地平整和爆破施工已结束，预计后期施工活

动噪声对该处敏感点的声环境基本没有影响。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。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、爆破、土石方开挖和填筑、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。

爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气，烟气量与炸药种类、用量和操作方式等诸多因素有关。本项目爆破使用炸药，主要污染物为 NO_x，炸药集中存放于仓库，每次使用前均向公安部门申报。

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 施工废弃物对环境的影响

在防城港核电厂建设过程中，会产生一定量的生活垃圾和工业废弃物，其中油漆桶、探伤洗片废液，废油布、废油漆等部分工业废弃物属于危险固废，为此，防城港核电有限公司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责任公司进行处理。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。

通过采取上述措施，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。

4.1.2.5 道路建设对沿线环境的影响

为降低核电厂外进厂道路和应急道路的施工过程会对沿线居民生活和工农业生产造成的一定影响，道路在选线过程中选择避开村庄并尽量使线型与地形地貌相吻合，同时部分利用已有公路并裁弯取直，拓宽改造修建。道路施工过程中通过路面硬化、路基防护、道路排水渠修建、表土剥离、洒水抑尘和尽量避免大型机械同时施工并禁止夜间施工的方式，来减少对沿线居民和生态环境的影响程度。

4.1.2.6 厂区施工对生态及景观的影响

电厂在施工期需要对厂址场地进行平整，场平过程的施工机械、施工便道占压土地，破坏地表植被，改变土地利用格局，大量的土石方挖掘工作也破坏了当地自然环境，因此施工期对区域土地利用格局和自然生态系统带来较大影响。此外，土石方爆破、挖掘过程的烟尘和粉尘，以及与周围本底自然景观的巨大差异，导致施工区域的视觉景观效果较差。

防城港核电厂工程建设共扰动地表面积 215.66hm^2，损坏水土保持设施面积 146.11hm^2，产生弃方 85.85 万 m^3（其中永久弃方 61.09 万 m^3，临时弃方 24.76 万 m^3）。

这些地表上原有的植被主要包括木麻黄、松树、铁芒萁、五节芒、蕨类等乔木及灌草，均为当地常见植物。从防城港核电厂的建设对当地植被资源损失、动植物生长环境变化、土地功能的变化等方面而言，其建设对厂址及附近区域陆域生态环境有不利的影响，但从损失的植被种类、数量、土地类别等定量估计看，这种影响是一次的也是局部的，不会造成土地荒漠化、动植物物种的消失以及引起自然灾害，也不会造成当地防风固沙能力的降低，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。

根据调查，核电厂址无特殊生境，施工所在地的植被多为乔木、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。且建设单位有规划地对整个厂区实施绿化，建造全新的人文景观，从工程施工前后的生态比较来看，工程对当地局部生态环境的影响是可以接受，电厂正常运营后的厂区景观生态将优于厂址原地貌。

4.1.2.7 施工活动对社会环境的影响

为了做好核电厂建设的移民搬迁工作，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。此外，核电厂建设单位也积极配合地方政府，对于涉及搬迁的沿海养殖户和渔民，除了加大赔偿力度外，还从多方面努力以尽最大可能地保护好当地养殖户的利益。由于搬迁居民对新环境有个适应过程，因此，在一定时期内，可能使部分居民生活受到影响。

核电厂陆域征地包括林地、荒地和部分耕地等，被占用的土地将彻底失去生产能力，从而对厂址所在区域的农业经济造成了一定的影响。但由于征地范围内人口数量和耕地面积均比较少，且土地贫瘠、农产品的产量和附加值低，因此，工程建设对原有社会经济的不利影响有限。

核电厂施工期间大量外来施工人员进驻施工现场和附近乡镇，对当地居民的日常生活造成了一定影响，但同时也增加了当地居民的就业机会和商业机会。由于核电建设施工期较长，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 海域工程概况

4.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

4.2.3 施工期供水及排水系统对水环境的影响

4.2.4 临时海洋倾倒区的环境影响

表

表 4.2-1 海洋临时倾倒区监测站位
表 4.2-2 临时倾倒区监测项目
表 4.2-3 水质因子监测结果
表 4.2-4 表层沉积物中污染物监测结果
表 4.2-5 生物质量监测结果

图

图 4.2-1 项目工程用海示意图（略）
图 4.2-2 海洋临时倾倒区及监测点位示意图

4.2 水的利用

4.2.1 海域工程概况

（1）海域使用情况

2009 年 11 月中国海洋大学和国家海洋局南海工程勘察中心共同完成了《广西防城港核电厂一期工程海域使用论证报告》（报批稿）的编制，并提交国家海洋局。2009 年 12 月国家海洋局以《关于广西防城港核电项目用海预审意见的函》（国海管字[2009]814 号文）的形式对本项目的用海情况进行了批复。根据批复内容，防城港核电厂一期工程申请用海面积为 554.9353hm^2，其中厂区填海面积 38.9073hm^2，取水非透水构筑物面积 11.9587hm^2，取水口面积 72.99hm^2；排水非透水构筑物面积 61.3445hm^2，排水口面积 172.0270hm^2，温排水扩散用海 204.1hm^2。项目用海示意图见图 4.2-1。

（2）海域工程情况

防城港核电厂的海域工程主要包括取排水工程、重件码头工程、厂区护岸工程和围填海工程。

— 取排水工程：防城港核电厂冷却水取排水方案采用“东取南排、明渠取明渠排、厂区北进”方式。一、二号机组的冷却水从厂区东侧的取水支渠进入循环水泵房前池，在厂址南侧海域通过明渠排水，排水口位于西航道西侧水深条件较好的区域。排水明渠长约 6200m，渠底宽 100m，取排水口相距 7.1km。

— 重件码头工程：由于核电厂部分大件设备需在原厂预制后统一运送至核电厂，在取水南防波堤及取水北防波堤之间的港池内布置建设 3000t 级重件码头。重件及进口设备均用海路运输，在重件码头进行装卸。设备卸船后通过大件运输拖车将设备运达堆货场或直接到安装场地。重件码头主体结构共分三部分：重件作业场、1#突堤码头、2#突堤码头。重件作业场平面尺度为 34.00×46.00m；1#突堤码头长度 95.00m，宽 12.00m；2#突堤码头长度 95.00m，宽 9.00m。重件码头顶面标高均为+5.00m，两个突堤码头间港池泥面设计高程为-6.30m，重件作业场及 1#突堤码头北侧临时港池设计泥面标高为-4.32m。

— 厂区护岸工程：包括厂区外护岸（辅助设施区护岸）、厂区东、南内护岸，采用抛石斜坡堤结构，人工块体护面。厂区内、外护岸的顶高程均与厂区高程一致为 9.5m，底标高为原海底面标高。其中，外护岸总长度为 595m，在一期工

程中全部建成；内护岸总长度为2513m，东内护岸在一期工程中全部完成，南内护岸需完成一期工程厂区部分，一期工程总长度1653m。

— 围填海工程：本工程涉及填海造地38.9073hm^2，通过填海造地形成厂区陆域，建设护岸和辅助厂房、贮存库等。采用先围堰后吹填，和隔体填筑的方式进行回填。取、排明渠开挖使用绞吸式挖泥船配合重型抓斗式挖泥船进行挖泥施工。大面积疏浚开挖使用绞吸式挖泥船，局部基岩强度较高的，使用重型抓斗破岩开挖。

4.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

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、重件码头工程和取排水设施修筑工程，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。

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。

根据《广西防城港核电厂海域使用论证报告（报批稿）》（2009 年 11 月），防城港核电厂建设期间围填海工程造成的潮间带生物和底栖生物损失量为415.57t，疏浚工程造成的潮间带生物和底栖生物损失量为 235.67t。入海泥沙造成的浮游植物损失量为

42.92×10^{14}cells；浮游动物损失量为 58.04t；鱼卵仔鱼损失量为 13.88×10^{6} 尾；游泳生物损失量为 128.56t。

4.2.2.2 重件码头施工期对环境的影响

在重件码头港池、航道疏浚及桩基、钻孔灌注等施工过程中，不可避免地会导致局部区域悬浮泥沙含量增大，对海域生态环境带来不利影响。通常重件码头施工期悬沙扩散影响基本局限在挖泥点所在的局部海域。在实际施工过程中开展了严密的跟踪监测，密切注意挖泥作业产生悬浮物的扩散方向和速度，以采取有效措施控制悬浮物浓度，避免挖泥施工对施工海域造成污染影响。

重件码头用海区域海底地貌类型属于水下浅滩，大部分属滨海湿地范畴。重件码头程实施后，填海区内潮间带海洋生态环境将变成陆地，其内栖息的底栖生物将不复存在。重件码头的建设除直接造成下覆海底区域海洋生物资源的损失外，还将造成海工构筑物下覆底土和上覆水体空间资源的永久丧失。

4.2.2.3 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。

4.2.2.4 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 淡水供水工程对环境的影响

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。电厂淡水供水工程总设计规模为 2.3 万 m^3/d，其中一期工程设计规模 1.0 万 m^3/d。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。

取水工程包括取水头、取水泵站。取水头共设 2 个箱体式取水塔，取水泵房内设 6 台机泵，一期工程和二期工程各安装 3 台水泵。取水工程土建机构按设计规模一次建成，设备分期安装。

输水工程包括原水输水管及净水输水管，管线按二期规模一次敷设。采用双根 DN500mm 的 PE 输水管线，输水管线单线长约 9.62km。

净水工程包括厂外净水厂及厂内配水站。厂外净水厂总设计规模为 2.3 万 m^3/d。分两期建设，一期设计规模为 1.0 万 m^3/d，二期续建设计规模为 1.3 万 m^3/d，主要包括净水处理系统及排泥水处理系统。厂内配水站主要包括厂内综合泵房、清水池和加氯间。

官山辽水库加固新增扩建溢洪道，分两孔，分别布置于原溢洪道两侧，单孔净宽均为 6.5m，新增过流断面总净宽 13.0m。

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约为 $1.8m^3/d$，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 施工期排水对环境的影响

（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 $2\times6m^3/h$。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

施工现场搅拌作业及场地、车辆冲洗产生一定量的生产废水，污染物主要为悬浮颗粒物。根据防城港核电厂一期工程施工期环境监测报告，目前防城港核电厂暂无施工废水排放。建议建设单位加强对施工废水处理设施的管理，确保施工废水达标排放。同时为了最大限度的降低对环境的影响，建议施工废水处理后循环使用，尽量不外排，可经沉淀处理后回用于场地洒水抑尘、绿化等。

综上，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。

4.2.4 临时海洋倾倒区的环境影响

4.2.4.1 临时海洋倾倒区概况

围填海工程和港池疏浚工程需要先将海底淤泥清除，除部分吹填至填海区域外，还有部分需抛泥至指定海域。为此防城港核电厂向国家海洋局南海分局申请设立了防城港核电厂临时海洋倾倒区。国家海洋局南海分局于 2011 年 1 月批复防城港核电厂临时海洋倾倒区范围为 108°29′25.29″E~108°30′34.71″E，21°19′27.55″N~21°20′32.45″N，倾倒区面积为 4 km^2，使用期限至 2014 年 1 月 30 日。倾倒区位置见图 4.2-2。

4.2.4.2 临时海洋倾倒区的环境影响

建设单位委托国家海洋局北海环境监测中心站分别于 2012 年和 2013 年对核电厂临时海洋倾倒区附近海域进行了 2 次海洋环境监测， 2 次监测的站位布设一致。监测区域以临时海洋倾倒区为中心，监测范围为东经 108°29′00″~108°31′00″、北纬 21°19′00″~21°23′00″包围的海域，监测面积 27km^2。共布设水环境站位 12 个，其中 12 号为对照站，沉积物站位 7 个，生物生态站位 7 个，生物体质量站位 7 个。具体见图 4.2-2。临时倾倒区的监测站位见表 4.2-1。监测项目包括附近海域的水质、沉积物、生物质量等，具体见表 4.2-2 中所示。

（1）海水水质影响分析

对倾倒区水质监测因子包括石油类、无机氮、活性磷酸盐、总汞、铅等 13 项。水质因子的监测结果详见表 4.2-3。通过对监测海区海水水质进行分析后得出：2012 年和 2013 年倾倒区水质均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）中的第三类标准。

（2）海域沉积物影响分析

倾倒区监测海区表层沉积物各污染物含量分析结果见表 4.2-4。沉积物环境监测评价结果表明：监测海域沉积物中粉砂的含量最多，粘土和砂次之，砾几乎没有。2012 年沉积物粒度类型只有粘土质粉砂一种，监测倾倒区沉积物质量均符合《海洋沉积物质量》（GB18688-2002）中的一类标准。而 2013 年沉积物粒度类型有细粉砂、砂质粉砂和粘土粉砂三种，倾倒区沉积物质量均符合 GB18688-2002 中的二类沉积物标准，若按一类沉积物标准，则有部分站位硫化物超标。

（3）海洋生物生态影响分析

① 浮游植物影响分析

2012年9月份的监测，共检定出浮游植物3大类75种，调查区域内浮游植物总数变化范围为30~41种，平均为35种。其中硅藻种类最多，有66种，占总种数88.0%；其次为甲藻，有8种，占总种数10.7%；着色鞭毛藻有1种，占总种数的1.3%。浮游植物总个体数量平均为1.35×10^7cell/L，除5号站明显较多外，其他各站之间差异较小。多样性指数变化范围为1.32～3.24，平均为2.10，除3号和9 号站多样性指数较大外，其它站多样性指数较小（<2.0），且差异较小。均匀度变化范围为0.25～0.60，平均为0.41；丰度变化范围为1.17～1.76，平均为1.45，表明各站种类丰度差异也较小。倾倒区浮游植物优势种有球形棕囊藻、拟弯角毛藻、洛氏角毛藻、佛氏海毛藻和中肋骨条藻，优势度分别为0.72、0.03、0.03、0.04 和0.02，除球形棕囊藻优势度较高外，其它种优势度均较低。

2013年9月份的监测，共检定出浮游植物3大类53 种，调查区域内浮游植物总数变化范围为17~31 种，平均为24 种。其中硅藻种类最多，有43种，占总种数81.1%；其次为甲藻，有9种，占总种数16.9%；着色鞭毛藻有1种，占总种数的2.0%。浮游植物平均个体数量为2.93×10^6cell/L，各站位都比较均匀。多样性指数变化范围为1.30～2.31，平均为1.65，除10号站位多样性指数较大外，其它站多样性指数较小（<2.0），且差异较小。各站均匀度变化范围为0.27～0.52，平均为0.36。丰度变化范围为0.75～1.37，平均为1.09，表明各站种类丰度差异也较小。倾倒区浮游植物优势种有菱形海线藻、柔弱根管藻、拟弯角毛藻，优势度分别为0.75、0.10 和0.04，除菱形海线藻优势度较高外，其它种优势度均较低。

② 浮游动物影响分析

2012 年 9 月份的监测结果表明：浮游动物共 12 个类群，36 种。调查海区的优势种为鸟喙尖头溞、长角海羽水蚤、精致真刺水蚤、肥胖三角溞、刺尾纺锤水蚤、甲壳幼虫、锥形宽水蚤、美丽大眼剑水蚤、亨生莹虾和肥胖箭虫，其优势度分别为：0.39、0.07、0.07、0.04、0.04、0.04、0.03、0.03、0.03 和 0.02。多样性指数的平均值为 3.44，种群多样性指数均处于正常状态，种群数量分布相对均匀，群落结构稳定。调查区域浮游动物均匀度平均值为 0.76，说明浮游动物的种间个体数分布均匀。

2013年9月份的监测结果表明：浮游动物共11 个类群，31 种。调查海区的优势种为肥胖箭虫、长角海羽水蚤、肥胖三角溞、驼背隆哲水蚤、亨生莹虾、甲壳幼虫、正

型莹虾、丹氏厚壳水蚤、太平洋箭虫和刺尾纺锤水蚤，其优势度分别为：0.21、0.17、0.13、0.09、0.09、0.07、0.04、0.03、0.02 和0.02。多样性指数的平均值为3.48，种群多样性指数均处于正常状态，种群数量分布相对均匀，群落结构稳定。均匀度平均值为0.83，说明浮游动物的种间个体数分布均匀。

③ 底栖生物影响分析

2012年9月份的监测结果表明：底栖生物共有5大类16 种，主要优势种为背蚓虫、扁蛰虫、长吻沙蚕、毛蚶、光滑倍棘蛇尾和豆形短眼蟹，优势度分别为0.08、0.05、0.04、0.04、0.03 和0.02。底栖生物种类多样性指数范围为1.31~3.02，平均值为1.95，调查海区各站生物多样性指数均较低。底栖生物种类均匀度的变化范围为0.14~0.72，平均值为0.42，各站底栖生物种间个体数分布不均匀。

2013年9月份的监测结果表明：底栖生物共有6大类19 种。主要优势种为短吻铲英蛤和柯氏双鳞蛇尾，优势度分别为0.41 和0.02。多样性指数范围为0.37~2.03，平均值为1.48，各站生物多样性指数均较低。均匀度的变化范围为0.37~1.00，平均值为0.74。各站底栖生物种间个体数分布较均匀。

（4）海洋生物质量影响分析

倾倒区生物质量监测结果见表4.2-5。两年的监测结果均表明，调查海区生物体内铬、铅、铜、镉的含量均较低，符合《海洋生物质量》（GB18421-2001）中的一类标准。

综上所述，根据近两年倾倒区内海水、沉积物、生物生态以及生物体质量监测结果显示，倾倒区海洋环境质量状况良好。

表 4.2-1　防城港核电厂海域工程疏浚物临时海洋倾倒区监测站位

站位	经度（E）	纬度（N）
1	108° 29′ 00″	21° 21′ 00″
2	108° 30′ 00″	21° 21′ 00″
3	108° 31′ 00″	21° 21′ 00″
4	108° 29′ 00″	21° 20′ 00″
5	108° 29′ 30″	21° 20′ 00″
6	108° 30′ 00″	21° 20′ 00″
7	108°30′30″	21° 20′ 00″
8	108° 31′ 00″	21° 20′ 00″
9	108° 29′ 00″	21° 19′ 00″
10	108° 30′ 00″	21° 19′ 00″
11	108° 31′ 00″	21° 19′ 00″
12	108° 30′ 00″	21° 23′ 00″

表 4.2-2　临时倾倒区监测项目

监测对象	测 定 项 目
水文气象	水温、水深、透明度、水色
水质	叶绿素、溶解氧、pH、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、无机盐、悬浮物、化学需氧量、铜、锌、铅、总汞、镉、砷、石油类
沉积物	硫化物、粒度、类型组成、pH、有机质、铜、锌、铅、总汞、镉、砷、石油类
生物质量	锌、铅、铬、总汞、砷、镉、
海洋生物	底栖生物体数量及种类、浮游植物、浮游动物
水深	倾倒区内水深地形变化情况

表 4.2-3（1/2） 水质因子监测结果（2012 年）

监测站位	采样深(m)	悬浮物 mg/L	石油类 mg/L	磷酸盐 mg/L	总汞 mg/L	铅 mg/L	亚硝酸盐-氮 mg/L	硝酸盐氮 mg/L	氨-氮 mg/L	叶绿素 mg/L	DO mg/L	pH	COD mg/L	铜 mg/L	锌 mg/L	镉 mg/L	砷 mg/L
1	0.5	18.8	4.00E-02	8.00E-04	1.9E-05	2.0E-04	1.3E-03	1.27E-02	4.55E-02	1.5	6.57	8.17	0.51	2.3E-03	1.33E-02	6.0E-05	8.0E-04
1	23.8	22.3		2.50E-03	1.2E-05	2.0E-04	1.2E-03	1.17E-02	4.88E-02	1.0	6.24	8.18	0.81	2.9E-03	1.58E-02	1.1E-04	8.6E-04
2	0.5	20.7	5.80E-02	2.50E-03	1.4E-05	5.0E-04	1.4E-03	6.50E-03	4.54E-02	1.6	6.42	8.17	0.44	2.7E-03	1.95E-02	8.0E-05	7.4E-04
2	23.8	21.3		2.20E-03	2.0E-05	6.0E-04	1.3E-03	5.50E-03	5.51E-02	0.8	6.50	8.16	0.42	2.6E-03	1.26E-02	8.0E-05	8.1E-04
3	0.5	25.8	6.75E-02	8.00E-04	1.7E-05	8.0E-04	9.0E-04	1.03E-02	4.59E-02	2.0	6.24	8.17	0.69	3.8E-03	1.77E-02	1.4E-04	7.8E-04
3	23.4	26.3		1.70E-03	2.2E-05	5.0E-04	9.0E-04	7.60E-03	5.60E-02	1.5	5.99	8.16	0.47	3.2E-03	1.91E-02	1.4E-04	9.2E-04
4	0.5	22.0	7.25E-02	1.90E-03	9.0E-06	5.0E-04	9.0E-04	7.50E-03	4.26E-02	1.0	6.33	8.18	0.51	2.0E-03	1.10E-02	1.5E-04	6.4E-04
4	24.5	22.5		2.80E-03	8.0E-06	6.0E-04	8.2E-03	1.31E-02	5.22E-02	1.6	6.09	8.17	0.50	2.3E-03	1.95E-02	1.0E-04	7.6E-04
5	0.5	21.2	6.44E-02	1.70E-03	2.2E-05	8.0E-04	7.0E-04	1.67E-02	3.98E-02	1.0	6.50	8.18	0.59	2.4E-03	1.50E-02	1.5E-04	6.3E-04
5	24.6	22.0		2.80E-03	2.5E-05	7.0E-04	9.0E-04	1.49E-02	5.40E-02	1.6	6.23	8.17	0.58	2.2E-03	1.10E-02	1.1E-04	7.8E-04
6	0.5	25.8	8.78E-02	1.10E-03	2.4E-05	4.0E-04	1.5E-03	7.20E-03	5.06E-02	1.6	6.88	8.19	0.87	3.9E-03	1.10E-02	1.0E-04	6.5E-04
6	23.9	25.8		1.00E-03	2.6E-05	6.0E-04	1.6E-03	4.20E-03	5.31E-02	0.8	6.27	8.18	0.71	2.9E-03	1.42E-02	6.0E-05	7.8E-04
7	0.5	23.3	4.85E-02	1.40E-03	2.0E-05	5.0E-04	1.6E-03	3.50E-03	4.24E-02	2.7	6.70	8.20	1.31	3.0E-03	1.77E-02	1.1E-04	5.9E-04
7	23.2	25.2		2.50E-03	2.3E-05	6.0E-04	7.0E-04	3.70E-03	4.44E-02	1.4	6.14	8.18	0.35	3.6E-03	1.92E-02	1.4E-04	7.1E-04
8	0.5	21.8	8.00E-02	8.00E-04	2.2E-05	5.0E-04	8.0E-04	3.70E-03	4.11E-02	1.6	6.85	8.19	1.67	2.4E-03	1.33E-02	1.4E-04	5.9E-04
8	23.0	24.0		1.10E-03	1.7E-05	5.0E-04	9.0E-04	3.00E-03	4.25E-02	1.5	6.27	8.17	0.79	2.3E-03	1.39E-02	1.0E-04	7.3E-04
9	0.5	18.3	5.24E-02	3.40E-03	1.5E-05	7.0E-04	5.4E-03	6.30E-03	5.02E-02	0.8	6.38	8.18	0.90	3.0E-03	1.52E-02	1.2E-04	4.8E-04
9	23.7	22.0		3.90E-03	1.0E-05	7.0E-04	9.0E-04	1.22E-02	4.89E-02	1.3	6.26	8.18	0.79	2.6E-03	1.59E-02	1.3E-04	5.2E-04
10	0.5	18.7	7.34E-02	2.50E-03	1.5E-05	7.0E-04	1.3E-03	8.20E-03	4.28E-02	1.8	6.41	8.18	1.10	2.3E-03	1.62E-02	7.0E-05	5.8E-04
10	23.0	21.2		1.10E-03	1.7E-05	4.0E-04	7.0E-04	7.10E-03	5.12E-02	0.4	6.33	8.17	0.71	2.6E-03	1.87E-02	7.0E-05	6.2E-04
11	0.5	19.8	5.65E-02	2.20E-03	1.2E-05	6.0E-04	1.6E-03	1.93E-02	6.83E-02	1.7	6.46	8.17	1.65	3.8E-03	1.52E-02	1.2E-04	4.6E-04
11	23.0	21.3		1.10E-03	1.5E-05	6.0E-04	1.9E-03	1.26E-02	7.06E-02	1.6	6.14	8.20	0.71	3.1E-03	1.86E-02	9.0E-05	4.8E-04
12	0.5	23.6	3.40E-02	3.70E-03	2.2E-05	5.0E-04	1.3E-02	1.41E-02	4.11E-02	2.8	5.56	8.13	1.06	2.7E-03	1.17E-02	8.0E-05	8.5E-04
12	22.5	24.7		1.40E-03	1.5E-05	8.0E-04	7.3E-03	1.18E-02	4.31E-02	2.5	5.62	8.15	0.37	2.0E-03	1.02E-02	5.0E-05	9.5E-04

表 4.2-3（2/2） 水质因子监测结果（2013 年）

监测站位	采样深(m)	悬浮物 mg/L	石油类 mg/L	磷酸盐 mg/L	总汞 mg/L	铅 mg/L	砷 mg/L	亚硝酸盐-氮mg/L	硝酸盐-氮 mg/L	氨-氮 mg/L	叶绿素 mg/L	pH	COD mg/L	DO mg/L	铜 mg/L	锌 mg/L	镉 mg/L
1	0.5	21.5	4.50E-02	8.0E-04	3.5E-05	1.0E-03	3.00E-04	1.6E-03	3.8E-02	1.34E-02	4.90E-03	8.23	0.78	7.37	4.60E-03	2.41E-02	1.90E-04
1	24.0	7.0		1.1E-03	4.3E-05	9.0E-04	3.20E-04	1.5E-03	1.8E-02	1.14E-02	5.00E-03	8.25	0.78	6.06	4.90E-03	1.86E-02	2.20E-04
2	0.5	4.2	4.77E-02	8.0E-04	1.4E-05	1.0E-03	3.80E-04	1.0E-03	4.6E-03	1.26E-02	6.00E-03	8.22	1.05	6.88	3.80E-03	1.70E-02	1.10E-04
2	24.0	9.5		8.0E-04	2.6E-05	6.0E-04	4.00E-04	5.4E-03	1.6E-02	1.32E-02	5.40E-03	8.14	0.88	5.17	2.50E-03	2.25E-02	2.50E-04
3	0.5	8.0	4.30E-02	1.9E-03	3.3E-05	1.1E-03	3.70E-04	6.0E-04	6.8E-03	1.28E-02	1.13E-02	8.24	1.80	7.48	4.60E-03	2.82E-02	2.30E-04
3	22.6	10.3		8.0E-04	4.5E-05	1.0E-03	4.50E-04	1.0E-03	6.8E-03	1.18E-02	7.70E-03	8.29	1.39	7.06	3.10E-03	2.47E-02	2.30E-04
4	0.5	4.5	4.42E-02	1.1E-03	1.8E-05	5.0E-04	3.80E-04	7.0E-04	3.2E-03	1.00E-02	8.60E-03	8.35	0.72	7.26	4.10E-03	2.05E-02	1.90E-04
4	24.0	7.3		8.0E-04	5.1E-05	8.0E-04	4.20E-04	4.3E-03	1.8E-02	1.43E-01	6.70E-03	8.24	0.55	5.44	4.90E-03	2.35E-02	2.40E-04
5	0.5	8.3	4.52E-02	8.8E-03	2.1E-05	9.0E-04	3.40E-04	9.0E-04	5.9E-03	9.30E-03	8.90E-03	8.33	1.16	7.24	3.70E-03	2.00E-02	1.30E-04
5	24.2	6.5		1.1E-03	4.4E-05	5.0E-04	4.10E-04	8.0E-04	1.4E-02	1.06E-02	7.80E-03	8.33	0.33	6.63	4.80E-03	1.93E-02	1.90E-04
6	0.5	9.0	9.07E-02	1.7E-03	3.3E-05	7.0E-04	3.30E-04	2.4E-03	4.1E-02	7.90E-03	8.90E-03	8.27	1.35	6.38	2.60E-03	1.83E-02	1.30E-04
6	24.0	9.3		8.0E-04	4.9E-05	5.0E-04	3.80E-04	7.0E-04	1.3E-02	1.27E-02	9.10E-03	8.16	0.86	5.42	4.00E-03	1.83E-02	1.00E-04
7	0.5	8.8	2.95E-02	1.3E-02	1.3E-05	9.0E-04	3.50E-04	2.3E-03	4.3E-02	1.08E-02	6.00E-03	8.37	0.97	7.45	4.00E-03	1.51E-02	1.50E-04
7	25.0	10.3		1.4E-03	4.6E-05	9.0E-04	4.60E-04	1.2E-03	1.2E-02	1.05E-02	5.90E-03	8.32	1.16	6.38	3.20E-03	2.76E-02	1.00E-04
8	0.5	7.5	2.91E-02	1.1E-03	4.4E-05	7.0E-04	3.40E-04	9.0E-04	6.5E-03	9.50E-03	8.60E-03	8.37	0.67	7.02	4.30E-03	2.52E-02	1.90E-04
8	22.5	8.8		1.4E-03	1.7E-05	4.0E-04	4.00E-04	1.5E-03	9.2E-03	1.09E-02	5.90E-03	8.35	0.44	6.84	4.40E-03	2.20E-02	1.60E-04
9	0.5	11.3	1.85E-02	1.1E-03	4.0E-05	7.0E-04	4.40E-04	8.4E-03	2.3E-02	2.04E-02	3.80E-03	8.21	0.48	5.32	3.80E-03	1.98E-02	1.80E-04
9	23.0	7.8		3.1E-03	5.4E-05	6.0E-04	4.00E-04	1.2E-02	5.3E-02	2.52E-02	4.40E-03	8.12	0.29	3.84	2.10E-03	1.87E-02	1.30E-04
10	0.5	7.8	2.58E-02	8.0E-04	1.5E-05	1.0E-03	4.60E-04	6.0E-03	6.4E-03	1.42E-02	1.03E-02	8.28	0.67	6.19	3.30E-03	2.54E-02	1.10E-04
10	23.8	9.8		1.9E-03	3.7E-05	8.0E-04	4.90E-04	7.2E-03	2.1E-02	1.59E-02	8.70E-03	8.18	0.74	6.64	4.00E-03	2.60E-02	1.00E-04
11	0.5	9.5	2.47E-02	3.1E-03	3.7E-05	8.0E-04	3.20E-04	1.4E-03	7.0E-03	1.28E-02	4.50E-03	8.37	1.30	6.97	2.60E-03	2.07E-02	1.70E-04
11	0.5	9.0	2.78E-02	7.7E-03	3.5E-05	9.0E-04	3.40E-04	1.0E-03	6.9E-03	1.36E-02	4.60E-03	8.37	1.27	7.01	2.40E-03	2.55E-02	2.20E-04
11	23.0	11.5		7.4E-03	4.2E-05	1.0E-03	4.10E-04	2.3E-03	1.2E-02	1.91E-02	6.10E-03	8.28	0.44	5.64	2.90E-03	2.03E-02	1.10E-04
11	23.0	11.3		1.0E-02	4.0E-05	9.0E-04	4.10E-04	2.5E-03	1.1E-02	1.92E-02	6.20E-03	8.27	0.43	5.61	3.10E-03	1.91E-02	1.20E-04
12	0.5	8.8	1.03E-01	1.1E-03	4.40E-05	4.0E-04	4.60E-04	2.3E-03	2.5E-02	1.11E-02	1.30E-02	8.35	1.46	7.40	3.00E-03	1.15E-02	2.20E-04
12	22.0	4.8		1.4E-03	4.9E-05	8.0E-04	4.40E-04	1.5E-03	9.3E-03	1.21E-02	1.29E-02	8.20	0.93	7.22	2.20E-03	1.66E-02	2.10E-04

表 4.2-4（1/2）　沉积物监测结果（2012 年）

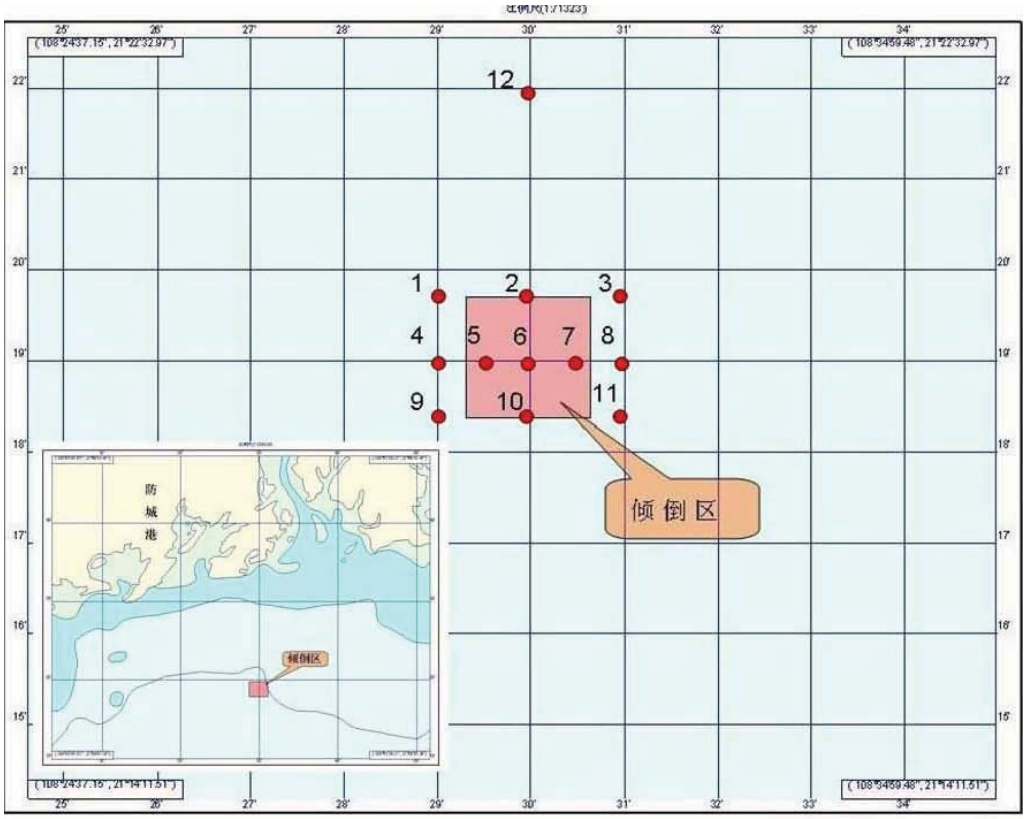
监测站位	水深 m	采样深度 m	石油类 $\times10^{-6}$	汞 $\times10^{-6}$	镉 $\times10^{-6}$	铜 $\times10^{-6}$	铅 $\times10^{-6}$	砷 $\times10^{-6}$	锌 $\times10^{-6}$	有机碳 %	硫化物 $\times10^{-6}$	pH
2	24.8	2	96.9	0.033	0.058	10.7	15.1	9.05	64.4	0.86	32.8	8.28
3	24.4	2	106.2	0.034	0.085	9.04	11.1	11.38	67.4	1.09	147.5	8.21
5	25.6	2	96.0	0.025	0.223	6.54	13.1	8.45	56.2	0.80	26.4	8.26
7	24.2	2	97.0	0.028	0.098	4.72	13.3	7.65	54.6	0.83	20.7	8.28
9	24.7	2	97.4	0.024	0.072	5.04	9.0	8.06	68.5	0.79	31.7	8.28
10	24.0	2	100.1	0.028	0.098	5.02	15.3	7.86	60.6	0.97	32.8	8.29
12	23.5	2	133.5	0.04	0.081	11.8	11.4	10.43	63.5	1.02	120.1	8.20

表 4.2-4（2/2）　沉积物监测结果（2013 年）

监测站位	水深 m	采样深度 m	石油类 $\times10^{-6}$	汞 $\times10^{-6}$	镉 $\times10^{-6}$	铜 $\times10^{-6}$	铅 $\times10^{-6}$	砷 $\times10^{-6}$	锌 $\times10^{-6}$	有机碳 %	铬 $\times10^{-6}$	硫化物 $\times10^{-6}$	pH
2	25.0	2	24.3	0.039	0.08	14.5	47.6	7.07	71.7	0.85	42.5	329.7	8.42
3	23.6	2	64.2	0.037	0.04	11.2	26.4	8.2	76.4	1.06	28.9	247.9	8.37
5	25.2	2	33.8	0.035	0.07	13.2	26.0	8.17	60.9	0.81	30.9	140.7	8.42
9	24.0	2	81.0	0.028	0.07	13.4	17.3	7.49	70.3	0.85	38.0	351.4	8.43
10	24.8	2	30.0	0.034	0.07	13.5	17.4	6.9	70.0	0.89	36.8	131.1	8.47
12	23.0	2	101.5	0.046	0.10	15.3	31.5	9.81	79.0	1.00	36.6	406.3	8.27

表 4.2-5　生物质量监测结果

监测站位	年份	水深 m	生物种	总汞 $\times10^{-6}$	砷 $\times10^{-6}$	镉 $\times10^{-6}$	铅 $\times10^{-6}$	铜 $\times10^{-6}$	锌 $\times10^{-6}$	铬 $\times10^{-6}$
3	2012年	24.4	斑鰶	0.02	0.72	—	—	—	13.30	—
5		24.9	二长棘鲷	0.03	0.54	—	—	—	13.60	—
11		24.0	半滑舌鳎	0.03	0.55	—	0.04	—	13.40	—
12		23.5	鹿斑	0.02	0.69	—	—	—	13.60	—
3	2013年	23.6	鹿斑鲾	0.011	0.394	0.03	—	0.65	12.10	—
5		25.2	大黄鱼	0.011	0.388	0.02	—	0.56	14.70	—
11		24.0	细纹鲾	0.009	0.416	0.02	0.08	0.0.54	14.30	—
12		23.0	二长棘鲷	0.012	0.384	0.03	0.06	0.71	15.00	—
备注：“—”为未检出										



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
海洋倾倒区及监测点位示意图		
图 4.2-2	版次：	A

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

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，工程中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。弃土场在施工结束后用作景观平台。

（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。

4.3.2 减少海洋环境影响的措施

防城港核电厂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。一期项目海域工程和场地负挖已基本完成，目前主要处于厂房建筑物构建和设备安装阶段。根据现场踏勘和资料收集，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，建设单位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开展了防城港核电厂施工期间的陆域及海域环境监测，目前两项监测工作仍在进行中，以下对相关工作进展和最近一年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（PM_{10}）、二氧化氮（NO_2）和二氧化硫（SO_2），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 SO_2、NO_2 日平均浓度至少连续采样 18h，TSP、PM_{10} 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各 1 个。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 2012 年 7 月和 2013 年 7 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达到了《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达到了《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，其余监测时段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《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准限值。

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 2012 年 7 月和 2013 年 7 月出具的监测报告，可得到如下结论：

广西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《广西近岸海域环境功能区划调整方案》。

2011 年 7 月~2012 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。

表 4.3-1　施工场界大气环境质量监测结果

单位：mg/m^3

监测点位（内容） \ 日期		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/m^3

监测点位（内容） \ 日期		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） \ 日期		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） \ 日期		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)

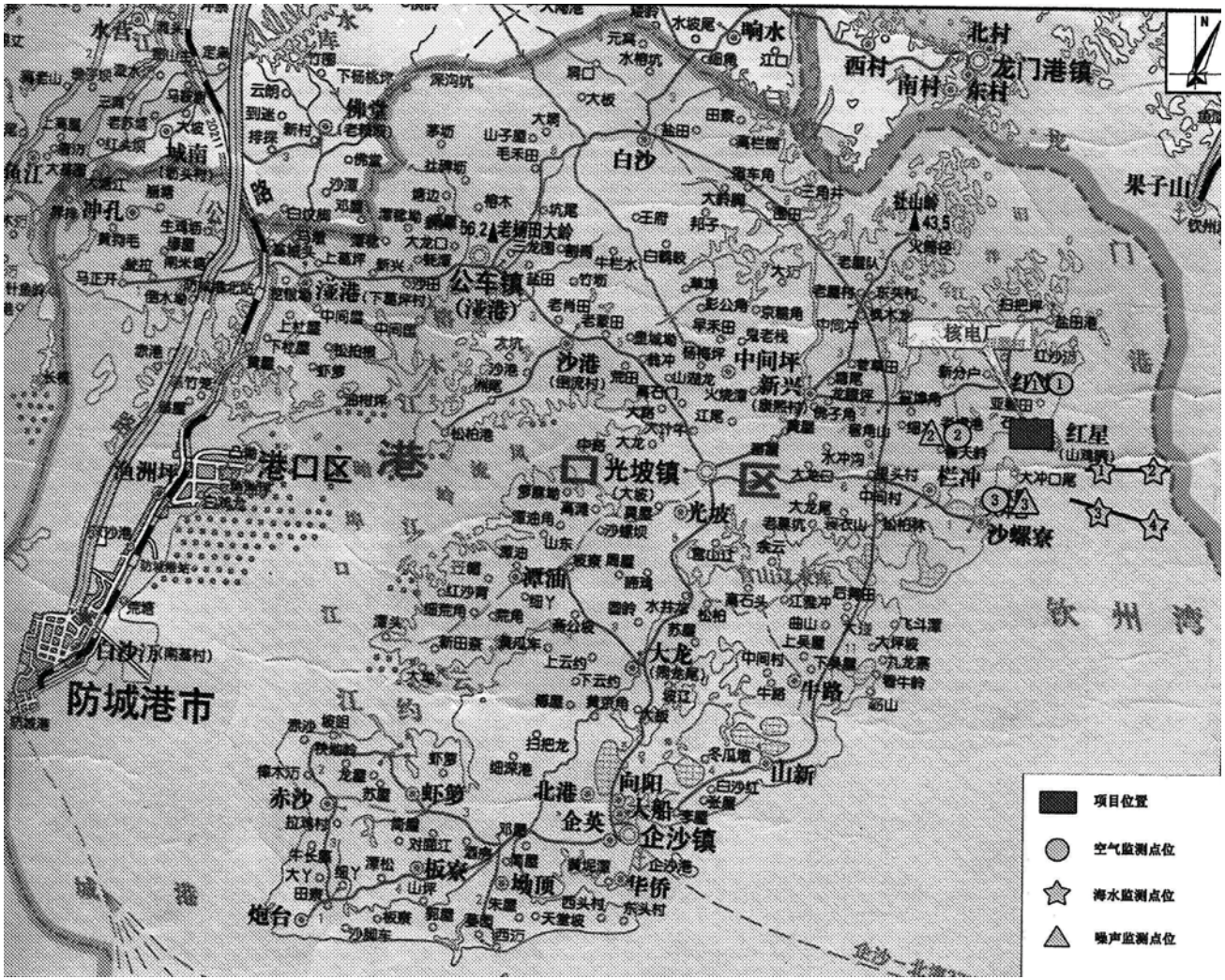
单位：mg/L（pH 值：无量纲）

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



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
防城港核电厂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　水土流失预测

4.4.2　水土流失的影响

4.4.3　水土流失的防治

4.4.4　水土保持监测

4.4.5　水土保持监理

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

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）。本节 4.4.1~4.4.3 根据该报告书中的内容进行了回顾性的描述。

在实际工程建设中，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，本节 4.4.4 和 4.4.5 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进行编写。

4.4.1 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 水土流失的影响

（1）项目建设中扰动原地貌。这些活动一方面破坏了地表的土层物理结构，减弱了地表的抗蚀抗冲能力，可能增加河流洪水径流泥沙含量，影响区域水环境。另外，如果施工过程中对河涌水体保护措施不力，则形成水体污染，影响水质。

（2）项目区耕地、林地及草地面积的减少，生物产量降低，不利于动物的栖息与生存，生物多样性大幅下降，使得生态系统抗御各种灾害的能力变弱以及生态环境恶化，环境抗逆能力和环境容量下降。

（3）厂区施工过程中场地开挖、削坡和回填改变了原地形地貌，形成的高陡边坡降低了原地貌的稳定性，增加了水土流失的潜在威胁，对核电机组建设、道路的安全构成一定威胁。

（4）水库蓄水后随着水位上涨，原有岸坡受到库水浸泡作用后，改变了原有地层

受力条件，通常在滑坡体、断层、破碎带等节理构造部位，极易发生塌岸，大量土石滑入水库，一方面造成土壤植被破坏，另一方面加大水库淤积。

（5）水库施工过程中河床、山坡开挖后大面积裸露的土体，在暴雨形成的地表径流作用下，水流挟带着泥沙，冲填或淤塞道路桥涵、导流明渠，甚至会造成路堤失稳、滑坡。河道导流系统如若淤堵，洪水下泄不畅，极易造成洞前洪水水位上抬，如果围堰漫水将造成工程失事，将直接影响工程投资和施工进度。

（6）海工工程施工时间较长，期间经历台风、暴雨季节，对平台的回填冲刷十分严重，造成周围海域的含沙量增大，影响水质。

4.4.3 水土流失的防治

4.4.3.1 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 hm^2，增加了约15.12hm^2。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 hm^2；截止 2012 年底累计弃渣量 178.44 万 m^3；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。

4.4.3.2 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

管道采用边开挖管沟、边铺设边回填的分段施工方法，加强管理措施，施工产生的弃土应及时运到指定地点堆放。

4.4.4 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。

4.4.4.1 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≥75mm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。

4.4.4.2 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。

4.4.4.3 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。

4.4.4.4 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15hm^2，碎石清运2400万m^3，路面硬化32.53hm^2。海工工程区主要工程措施有：砖砌体排水沟386m，铺碎石15hm^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780m^2，浆砌石块护坡731m^2，土质排水沟100m，铺碎石2.63hm^2，浆砌石排水沟370m，路面硬化39.99m^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5000m^2；施工用水供应工程区迹地恢复绿化面积0.15hm^2。2012年本项目绿化面积为10.32hm^2，累计绿化面积共计18.05hm^2。

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1310m^2；碎石清运3500m^3；施工生产生活区铺碎石0.52hm^2，开挖临时排水沟200m，地面硬化2.9hm^2。海工工程区洒水扬尘2500m^3；弃渣场临时挡土坝81m。

4.4.5 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《广西防城港核电厂一、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厂一、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。

4.4.5.1 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《广西防城港核电厂一、二号机组水土保工程监理规划》、《广西防城港核电厂一、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。

4.4.5.2 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）施工安全监理效果

本项目安全生产的总体目标是做到杜绝重大伤亡事故，严格控制一般事故。对此要求施工单位始终把安全生产放在首要位置抓紧抓好，要坚持“以人为本”和“构建和谐社会”的要求，牢固树立“安全第一、预防为主”的思想，建立健全安全保障和预防体系。

在施工过程中，通过多种形式和途径广泛开展安全知识宣传和教育活动，使广大施工人员牢记“安全生产无小事”，切实做到人人关心安全，事事为了安全，时时不忘安全，做到防微杜渐，警钟长鸣。

表 4.4-1　各年度弃渣量的统计结果表

单位：万 m^3

<table>
<tr><td rowspan="2">设计弃渣量</td><td rowspan="2">年度</td><td rowspan="2">86.19</td><td>南侧</td><td>北侧</td></tr>
<tr><td>25.1</td><td>61.09</td></tr>
<tr><td rowspan="6">实际监测</td><td rowspan="2">2009 年</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2">累计</td></tr>
<tr><td colspan="2">24.25（一期场平）</td></tr>
<tr><td>2010 年</td><td></td><td colspan="2">75.24（二期场平）</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2011 年</td><td></td><td colspan="2">85.54（海工程）</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">84.01（二期场平）</td></tr>
<tr><td>2012 年</td><td>8.89</td><td colspan="2">178.44</td></tr>
</table>

表 4.4-2　累计土石方开挖量（2009~2012 年）

单位：万 m^3

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　运行状态下的辐射影响

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　取排水工程方案简介

5.1.2　物理影响

5.1.2.1　温排水数模计算

5.1.2.2　温排水物模试验

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　温排水流量、温升模拟计算条件

表5.1-2　取水温升特征值(℃)

表5.1-3　一期工程两台机组全潮温升等值线包络面积

表5.1-4　综合数模计算和物模分析结果的全潮温升等值线包络面积

图

图5.1-1　取排水工程设计方案

图5.1-2　数值模拟计算区域范围示意图

图5.1-3　温排水数模计算网格布置

图5.1-4　钦州湾海域典型潮流场（温排水数模计算）

图5.1-5　物模计算区域范围图

图5.1-6　物模试验流场模拟结果

图5.1-7　典型潮温升分布数模计算结果
图5.1-8　温排水温升区包络范围综合分析结果
图5.1-9　温排水最大温升分布与近岸海域环境功能区划相对位置（略）
图5.1-10 夏季典型潮最大温升分布与养殖区相对位置关系图（略）

5.1 散热系统运行的影响

防城港核电厂一、二号机组采用海水直流冷却方式，一期工程建设2台CPR1000核电机组，电厂冷却水取、排水口均位于钦州湾，一期工程两台机组的循环冷却水水量为123m^3/s，循环冷却水排水温升为7.5^{o}C。

目前，除防城港核电厂外，钦州湾内排放大量废热的还有位于防城港核电厂NE方向约6.5km的钦州燃煤电厂。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，采用金鼓江排水、鹰岭水道取水的布置方案；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98.54m^3/s，取排水温升为8.83℃。鉴于防城港核电厂建成后，钦州湾海域将同时接纳核电厂和钦州燃煤电厂的温排水，因此，本节针对防城港核电厂一、二号机组和钦州燃煤电厂最终装机容量下温排水的影响进行分析评价。

5.1.1 取排水工程方案简介

2009年，防城港核电厂针对取排水工程方案做了大量的研究，并委托中国水利水电科学研究院对各种预测方案开展了二维数学模型研究和三维物理模型试验工作：

— 数学模型模拟主要研究远区温升分布，并为物模试验提供边界条件；

— 物理模型试验主要研究厂址近区的温升分布以及垂直方向上的分层等现象。

根据工程海域水深条件、泥沙分布、岸滩稳定性分析和温排水数模成果，以及航道、钦州火电与核电厂之间的位置关系，在电厂取排水方案比选过程中，对厂址附近钦州湾主航道西侧共4个区域进行了分析，提出了“北取南排”、“东取南排”在内的三个候选取排水方案。在对上述三个方案从多方面进行综合比较后，认为“北取南排”方案不可取，并基本确定了“东取南排”方案。随后设计单位又对“东取南排”方案进行了进一步优化和比选，确定了“东取南排、明渠取明渠排、厂区北进”方案；在电厂温排水物理模型试验阶段，又针对电厂取水口位置、进出流方式等进行了深入的优化调整工作。

目前，结合电厂已经开展的温排水模拟试验研究成果，并根据海况、海域施工、电厂运行等实际条件进行进一步优化，防城港核电厂一期工程排水明渠长度最终确定为6.2km。电厂的取排水方案如下：一期工程一、二号机组的冷却水从厂区东侧的取水支渠进入循环水泵房前池，在厂址南侧海域通过明渠排水，取排水口位于西航道西侧

水深条件较好的区域。排水明渠长约6200m，渠底宽100m，平均潮位0.55m下排口周围水深约4m～4.5m；取排水口相距约7.1km。电厂取排水工程的具体布置见图5.1-1。

潮流是温排水的载体，取水温升的变化过程与潮流的运动特征密切相关，电厂一期工程取水口位于排水的北侧，现排水明渠长约6.2km、取排水口间距离约7.1km，与早期设计方案相比，排水口位置进一步延伸向外海，排水口更贴近于海域主流区边缘，并且排水口附近海域更深，出口处水深较前增加约1m左右，更有利于温排水的稀释扩散。

为更好地了解防城港核电厂一期工程两台机组的温排水温升影响，2010年期间，建设单位委托中国水科院补充开展了电厂排水渠6.2km条件下的温排水影响数模计算，并通过不同装机、不同排水方案的数模、物模研究成果比对分析、校正的方法给出了电厂一期工程排水口近区温升影响区范围的物模结果，以及温排水温升影响研究综合分析成果。2014年期间，为进一步全面分析电厂一期工程两台机组在典型潮全潮期间的温排水温升影响，建设单位委托中国水科院再次开展了两台机组的温排水数模工作，并给出了夏、冬两季典型潮期间的取水温升影响和温升包络面积结果。

本节针对防城港核电厂一期工程最终的取排水方案（排水明渠长6.2km），根据2010年期间的数模物模综合结果以及2014年期间开展的数模专题成果进行综合分析，给出电厂正常运行期间温排水造成周围海域温升影响范围，进而进行海域温升的环境影响评价。

5.1.2 物理影响

防城港核电厂一、二号机组采用CPR1000机组，取排水口均位于钦州湾。核电厂在运行过程中向钦州湾排放的温排水会引起钦州湾局部海域水温的升高，从而可能对局部海域水生生态环境产生影响。

5.1.2.1 温排水数模计算

5.1.1.2.1 数值模拟区域及计算条件

（1） 数学模型

动量方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+g\frac{\partial \varsigma}{\partial x}+\frac{gu}{C^2H}\sqrt{u^2+v^2}-\frac{\tau_{sx}}{\rho H}-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial x}(HE\frac{\partial u}{\partial x})-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial y}(HE\frac{\partial u}{\partial y})-fv=0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial \varsigma}{\partial y}+\frac{gv}{C^2H}\sqrt{u^2+v^2}-\frac{\tau_{sy}}{\rho H}-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial x}(HE\frac{\partial v}{\partial x})-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial y}(HE\frac{\partial v}{\partial y})+fu=0$$

连续方程：

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial (Hu)}{\partial x}+\frac{\partial (Hv)}{\partial y}=0$$

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，$H=h_b+\varsigma$，h_b为基准面以下水位，ς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；$\Delta T$为水体超温，$\Delta T=T-T_\infty$，T为水温，$T_\infty$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；$\rho$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；$\tau_{sx}$，$\tau_{sy}$为表面风应力$\tau_s$在x、y方向的分量。

（2） 参数选择

糙率系数n：参考以往本海区的研究成果，并经过潮流场的率定、调试获得，糙率系数的取值为0.018~0.02；表面综合散热系数K_s：采用公式$K=(k+b)\alpha+4\varepsilon\sigma(T_s+273)^3+\Delta K$计算，根据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48.5W/m^2 ℃和27.6 W/m^2 ℃。

（3） 计算区域与网格划分

计算模型中，水下地形数据采用厂址附近海域的实测地形图，岸线采用钦州港规划的总体岸线，作为模拟计算基础地形资料。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，东至白龙尾，西至北海港，南距电厂约55km，北至茅尾海湾顶，囊括了整个钦州湾。计算网格单元最小为30m，对应网格数约20000，见图5.1-3。

（4） 计算条件

钦州湾水域潮型属不正规全日潮为主的混合潮型。天津市海岸带工程有限公司分别于2009年1月、2009年7月针对厂址附近海域进行了全潮冬季及夏季水文测验，具体测验时段见表2.5-2。其中，2009年冬季实测大、中、小潮对应的潮差频率分别为4%、45%和82%，2009年夏季实测大、中、小潮对应的潮差频率分别为4%、40%和90%。计算中以冬季实测潮作为典型潮使用，以典型潮作为数模的潮型，并同时对夏季实测

潮进行了复核计算。

模式计算的装机组合：防城港核电厂2×1000MW装机与钦州燃煤电厂两期3200MW装机组合。表5.1-1给出了防城港核电厂和钦州燃煤电厂的取排水流量及取排水温升。预测时按照防城港电厂一期工程两台机组的循环冷却水水量为123m^3/s，循环冷却水排水温升7.5ºC，钦州火电厂取排水流量共为98.54m^3/s，取排水温升为8.83℃开展工作。

5.1.2.1.2 模型验证

利用防城港核电厂冬、夏两季全潮实测水文测验结果进行数学模型的验证。厂址附近海域内验潮站及测流站布设情况见图2.5-3和图2.5-4。

（1）流场验证

潮位验证过程中，对具有实测潮位的果子山、厂址站、沙靶墩、白龙和北海共5个测站进行冬、夏两季的典型大、中、小潮的潮位验证（共6个潮型），计算潮位与实测潮位出现高低潮的时间基本一致，潮位计算值与实测值吻合良好。对流场的验证则采用测流期间布设的15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，大部分验证点流速、流向计算值与实测的各层平均值基本一致。

（2）流场分析

工程海区海流运动的主要形式为以岸线、海底地形为主要控制因素的往复流。工程区域附近，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。图5.1-4给出了钦州湾海域典型潮的涨急、落急流场图。

根据防城港核电取排水工程实施后对厂址所在茅尾海的纳潮量数值模拟计算结果表明：通过对以青菜头岛至红星村所在位置作为茅尾海的分界线的监测断面D-D处的涨落潮水量进行统计，并与工程实施前纳潮量对比显示，防城港核电厂取排水工程实施后，茅尾海内典型大潮、中潮和小潮条件下其纳潮量与原来相比最大仅差0.4%、0.2%和1.1%；取排水工程实施前后，茅尾海内的纳潮量变化很小，核电厂取排水工程对海域的总体流场变化影响很小。

流场验证结果表明，模型计算潮流场可以较好地反映原型实际情况，可用此模型来进行电厂温排水稀释扩散的预测研究工作。

5.1.2.2 温排水物模试验

2009年期间，电厂针对不同的取排水方案进行了物理模型试验研究。物模试验的范围为36km×22.5km、面积约810km^{2}的海域，包含钦州湾主体及茅尾海的部分水域，采用2009年冬季典型大、中、小潮条件进行率定。模型为三开边界潮汐模型，采用开边界流量过程模拟控制的潮控系统模拟潮流的进出，模型边界条件由数模计算提供。物模试验获取了电厂不同工况和潮流条件下的温排水温升影响结果。图5.1-5给出了核电厂温排水物理模型试验的平面布置图。

根据电厂温排水物模试验结果可知，电厂取排水对水域流场影响主要表现在取排水构筑物附近局部水域，电厂取排水方案工程布置的改变对工程海域总体流场特性没有影响。

电厂排水明渠出口靠近西水道主潮流区，温排水从排水明渠流出后，与周围冷水掺混较剧烈。排水口附近水域在涨潮时段，涨潮流沿着西水道北上，受涨潮流的顶托作用，排水出流充分掺混、稀释后在出口不远处分为两支，大部分出流逐渐汇入西水道深槽主流北上，有较少部分温排水会随涨潮流进入排水明渠西侧区域并形成一定的回流带，由于水量较少而对该区域温升影响范围也较小；涨潮时段的大潮和中潮情况下，温排水随潮流可以上溯到茅尾海，距离较远，小潮潮流较弱上溯的距离相对较近。落潮时，排水渠附近水体表现为归槽流动，排水出流受落潮流作用向南或稍偏东南方向直接汇入西水道而最终进入外海。图5.1-6给出了电厂物模试验的温排水流场模拟结果图。

5.1.2.3 温排水影响预测

（1） 取水温升

厂址附近海域内潮流运动主要以往复形式，涨潮时，西水道的北上的涨潮流会将热水带向取水口，尤其在涨潮初期潮位较低时刻；全潮期间由于不同潮型其潮位特征以及潮流强弱有所差别。涨潮时，温排水自排水明渠出口流出后，其主体被卷入排水明渠出口附近的主潮流中，并随着涨潮流沿西水道北上，在涨潮的后期，到达取水明

渠入口附近水域，其中部分温水被吸入取水口，从而带来取水温度的不断升高；落潮时段，电厂温排水主体随落潮流直接向南输往外海，但此时随涨潮流输往茅尾海方向的二次回归温排水将有少部分进入取水口，对取水温升带来影响，但对取水温升值的影响会随着落潮流逐渐降低。根据模型试验结果表明，不同潮型下取水温升有所差异，中潮温升最高，大潮温升次之，小潮温升最小；取水温升随潮变化过程中，取水温升峰值一般出现于涨潮过程的后期，而低平潮时期容易出现温升低值。

表5.1-2给出了防城港核电厂一、二号机组运行时，典型潮条件下取水口温升的数值模拟计算结果。由表可见，一期工程两台机组的最大取水温升、平均取水温升结果为：

— 夏季典型潮期间最大取水温升为：0.26ºC，平均取水温升最大为：0.21ºC；

— 冬季典型潮期间最大取水温升为：0.35ºC，平均取水温升最大为：0.27ºC。

（2） 温升范围

根据电厂开展的厂址附近海域内温排水数模、物模成果分析显示：

— 在不同取排水条件方案时，对应工况条件下，电厂温排水物模试验的温升等值线包络面积与数模结果基本一致；

— 电厂排水近区（2℃以上）高温升影响区范围，物模试验结果大于数模计算结果，而远区（1℃以下）温升影响区范围，物模试验结果小于数模计算结果。

— 不同潮型工况下取排水工程水域潮流强度有一定差异，相应排水口近区水域温排水与环境水体间的掺混效应也有所不同，高温升影响区范围均以大潮最小、中潮次之、小潮最大。

排水口近区，高温升面积主要取决于环境水体对排水出流的稀释、掺混程度；而远区的热量主要依靠蒸发、对流作用散失到大气中。工程海域涨落潮分东、中、西三支，核电排水与钦州电厂排水的主体基本上各行其道，核电温排水主影响区集中在西水道，钦州电厂温排水主影响区集中在东水道，两者基本没有直接影响，相应各自的1.0℃以上温升区没有交汇。

图5.1-7和表5.1-3分别给出了根据数模计算得出的夏、冬两季典型潮条件下温升等值线包络面积分布结果。

对电厂一期工程排水渠6.2km长度下的排水口近区温升物理影响，通过不同装机容量、不同排水口长度方案数模、物模研究成果比对分析、校正的方法，并根据偏保守

的原则综合分析得出。与早期设计方案相比，现有排水方案条件下，排水口已贴近主流区边缘，出口处水深变大，环境水体对温排水出流的掺混稀释能力增强，对排水口近区高温升区影响面积进一步降低。由于厂址附近海域在小潮条件下稀释扩散条件最弱，电厂温排水的温升影响包络面积相对最大，在小潮条件下的温排水影响则相对保守。表5.1-4给出了物模综合保守分析后得到的典型潮条件下排水口附近最大温升包络面积与平均温升包络面积。图5.1-8给出了电厂温排水物模综合分析得到的高温升区包络面积分布图。

根据专题承担单位推荐的温排水综合论证结果，排水近区（4℃、3℃、2℃）温升等值线包络面积为物模分析结果；排水远区（1℃及以下）包络面积为二维数学模型计算结果。电厂一期工程两台机组温排水对厂址附近海域内造成的温升影响为：

— 4ºC最大温升包络面积为1.25km^2；

— 3ºC最大温升包络面积为4.67km^2；

— 2ºC最大温升包络面积为12.5km^2；

— 1ºC最大温升包络面积为42.1km^2。

5.1.2.4 温排水影响评价

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）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1ºC，其它季节不超过2ºC。

电厂一期工程两台机组运行期间典型潮的全潮最大温升包络面积与近岸海域环境功能区划叠加位置关系详见图5.1-9。由图可知：（1）电厂温排水全潮最大4℃温升区位于红沙排污区（GX084DIV）内；（2）夏季全潮最大1ºC温升区和冬季全潮最大2℃

温升区位于红沙工业用海区（GX083CIII）三类环境功能区范围内，能够满足相关功能区划要求。

此外，由于钦州火电厂在金鼓江排水，其温排水的高温升影响范围主要分布在金鼓江和东水道；而防城港核电厂排水紧邻水流深急的西水道，温排水的高温升影响范围局限于西水道，两者各自相应的1.0℃以上温升区没有交汇，相互的影响不大。

5.1.3 生物效应

防城港核电厂取排水系统主要包括取水明渠、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升温，其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

浮游生物是许多鱼虾贝类的饵料生物，其数量的多寡和种类性质也决定海洋次级生产力的大小，从而影响整个水域渔业资源的潜力。浮游生物个体小，一般漂浮于水体中，游泳能力差，一般对不适宜环境缺乏逃避能力。对浮游生物而言，多数浮游生物的生存水体温度超过35℃时，生存条件将明显受到威胁，生长将受到抑制甚至造成死亡。

根据对防城港核电厂邻近海域的多年水温统计资料和全潮水文观测成果可知，海域内夏季日平均最高水温为32.5℃，表层月平均水温的最大值为31.8℃，因此，估计除排水口附近局部区域3℃以上高增温区会产生不利影响外，温排水的增温幅度小于3℃

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。防城港核电厂一期工程运行时夏季全潮最大3ºC温升包络面积不超过4.67km^2，因此，核电厂温排水对浮游生物的影响将仅局限于排水口周围的小范围区域内。而厂址附近海域较为开阔，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 温排水对鱼类、虾类和蟹类的影响

水温对鱼类、虾类的各种生命活动过程有很大的影响。一般而言，在适温范围内，水温的升高会提高鱼类、虾类的摄食能力，促进其性成熟加快、生长加速。但是，如果水温超过适温范围，将会抑制其新陈代谢和发育生长；如果超过其忍受极限，还将会有导致其死亡的危险。此外，对于鱼类和虾类等具有游泳能力的海洋生物，它们能感受到环境水温的微弱变化，对超出适温范围的高温或低温水体，具有回避反应。

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31.8℃（8月），夏季海水表层温度相对较高，水温自表层至底层逐渐降低；冬季海水温度较低，实测最大水温为16.50℃。厂址附近海域内主要以鱼类以底层种类和以暖水性的种类为主，而甲壳类也主要以暖水性为主，虾蟹类的适温范围多在18~32℃之间，致死温度一般在39℃以上。因此初步预计，海域内除夏季外，其他季节温排水入海后海水温度仍在鱼、虾、蟹类的适温范围内，夏季海水高温期间，温排水引起的温升对其生长的影响局限于钦州湾西侧核电厂温水排放口附近3℃温升海域，而由于其能感受到环境水温的变化，具有回避能力，因此，对鱼类不会造成明显影响。

总体来说，防城港核电厂一、二号机组运行温排水会引起周围部分海域水温有所升高，由于该区域的鱼、虾、贝类主要以暖水性为主，对高温具有回避能力，且厂址近区域海域内无鱼类资保护区，因此，从资源及种群分布等方面考虑，预计核电厂温排水排放对海域内鱼类不会产生明显影响，对虾蟹等甲壳类的影响也是较为有限的。

5.1.3.1.3 温排水对底栖生物生态的影响

底栖生物对水温变化的适应能力较强，能忍耐水温的较大变化。核电厂正常运行后，排水口附近海域形成了一个永久性暖水区域。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，还有可能使物种增加，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。对于贝类来说，适温范围内，贝类新陈代谢旺盛，对生长繁殖产生积极作用，水温超过一定范围时，生长率下降、发育速度受阻，甚至停止生长或死亡。例如牡蛎属于暖水种，可忍受40℃左右的水温，适宜水温15~35℃；翡翠贻贝的起始致死温度最高为36.04℃。一般高出自然水体6ºC以上的增温，将对底栖生物造成危害，即使是冬季也是如此；而适度增温（△T≤3ºC）则有利于底栖生物种类和数量的增加。

根据厂址附近海域内水生态调查结果，防城港附近海域内底栖生物出现种数和栖息密度以冬季最多、夏季最少。在核电厂运行后，靠近温排水口的高升温海区，底栖生物群落组成将会发生一定的改变。由于防城港核电厂采用离岸明渠排放，温排水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十分有限的。在核电厂运行一段时间后，附近受到温排水影响海域，水环境与生活于该水域的生物之间会重新调整它们之间的生态关系，并逐步建立新的生态平衡。

5.1.3.1.4 温排水对海水养殖的影响

防城港核电厂厂址5km沿岸各村在所属海域均有海水养殖分布，主要分布在厂址北部的红沙和南部的沙螺辽等村，厂址附近海域养殖情况详见图2.3-12，养殖品种主要有对虾、蟹，以及文蛤等。根据上述温排水对虾类类、贝壳类海洋生物的适温性分析可知，当电厂温排水对其夏季温升影响主要在3℃以上时，可能产生不利影响。图5.1-10给出了防城港核电厂一期工程两台机组夏季全潮最大温升外包络线与厂址附近的主要水产养殖的相对位置关系。由图可知，电厂排水口长度为6.2km、排水口处位置远离近岸养殖区域，根据电厂温排水的温升包络线分布，在夏季全潮条件下，各养殖区位于核电厂温排水最大温升1℃包络区域外，电厂温排水对其影响是较小的。

此外，根据厂址附近现有近岸海域环境功能区划要求，厂址排水渠南侧有部分的近岸养殖所在海域为“红沙工业用海区”，该区域为三类环境功能区，主导功能为核电站温排水及工业用海，水质目标为III类，电厂在该区域内的1℃温升可以满足相关法规要求。同时，由于电厂排水口远离海岸，温排水高温升主要是以表层温升为主，高温升区位于电厂排水口周围较小海域内，在考虑水温自然波动后，预计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35ºC，红树林根的结构、苗的发育、光合作用则将受到负面的影响。

电厂排放口半径5km范围内没有成片红树林，厂址附近的红树林主要是茅尾海红树林自然保护区，该保护区位于钦州湾内，距离电厂排放口N方位约20km以上。防城港核电厂一、二号机组温排水造成的温排水影响范围基本不涉及红树林保护区，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，温排水造成温升影响有限（温升不超过0.5℃），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。

防城港核电厂一、二号机组运行过程中，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，取水造成的卷吸影响预计较小。

为尽量缓解取排水卷吸效应对海洋生物的可能影响，防城港核电厂在机组取水头部的设计上采取一定的措施，如设置有格栅、滤网等；除在取水系统中加装有旋转滤网外（滤网孔径大小为3mm），在取水明渠头部的设计中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] 广西防城港核电厂温排水数学模型计算研究报告（A 版），中国水利水电科学研究院，2014 年 5 月；

[2] 广西防城港核电厂温排水对受纳水体热影响问题研究综合分析报告（A 版），中国水利水电科学研究院，2010 年 4 月；

[3] 广西防城港核电厂温排水数学模型计算研究报告（A 版），中国水利水电科学研究院，2010 年 10 月；

[4] 广西防城港核电厂温排水物理模型试验研究报告（A 版），中国水利水电科学研究院，2010 年 4 月；

[5] 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；

[6] 防城港核电厂海域工程可行性研究报告（送审稿），天津市海岸带工程有限公司，2009 年 6 月。

表 5.1-1　温排水流量、温升模拟计算条件

	容量	机组容量（MW）	冷却水流量（m^3/s）	取排水温升（ºC）
防城港核电厂	一期工程	2×1000	123	7.5
钦州火电厂	一期	2×600	38.98	8.83
	一期+二期	3200	98.54	8.83

表 5.1-2　取水温升特征值(℃)

装机组合（MW）	季节	潮型	取水温升（℃）	
			最大	平均
核电2×CPR1000＋钦州电厂3200	夏季	典型大潮	0.19	0.13
		典型中潮	0.26	0.21
		典型小潮	0.12	0.10
	冬季	典型大潮	0.23	0.17
		典型中潮	0.35	0.27
		典型小潮	0.15	0.12

表 5.1-3　一期工程两台机组全潮温升等值线包络面积

数模计算结果（2014年）

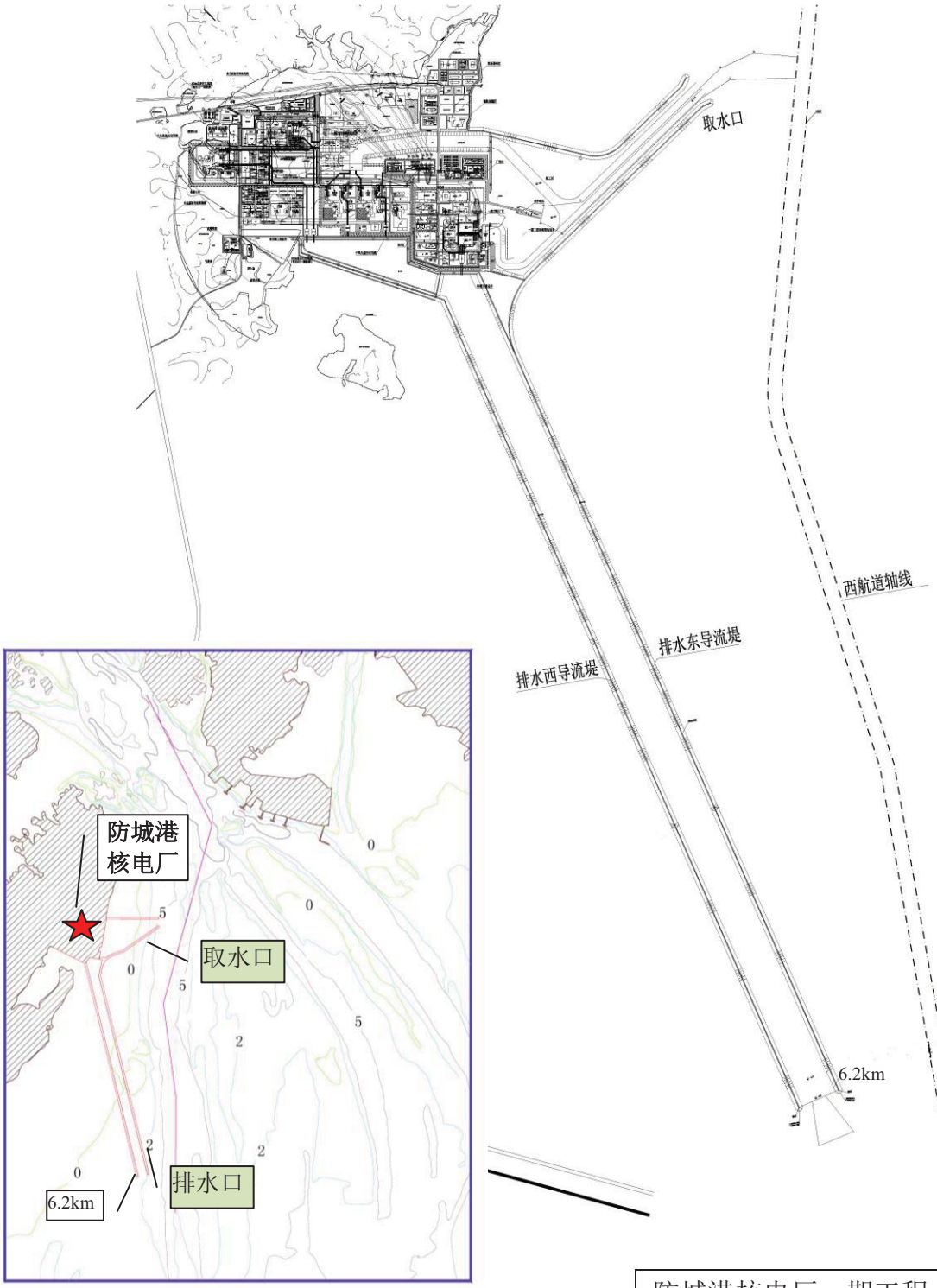
装机	季节	潮型	项目	等温升包络面积(km^2)									
				4℃		3℃		2℃		1℃		0.5℃	
				核电	火电	核电	火电	核电	火电	核电	火电	核电	火电
核电2000MW＋钦州电厂3200MW	夏季	大潮	最大	0.16	0.49	0.54	0.82	2.80	3.00	11.9	13.4	47.9	60.6
			平均	0.01	0.04	0.02	0.11	0.23	0.30	1.39	1.73	13.5	28.5
		中潮	最大	0.27	0.81	0.80	2.49	4.90	6.62	18.9	26.5	90.7	70.7
			平均	0.02	0.14	0.04	0.29	0.41	0.77	5.32	10.0	33.6	37.9
		小潮	最大	0.31	3.58	0.83	6.81	3.86	15.9	21.6	30.8	60.4	57.8
			平均	0.03	1.01	0.17	2.47	0.62	7.12	6.39	19.3	35.2	41.3
	冬季	大潮	最大	0.23	0.51	0.69	0.88	4.27	3.62	20.1	21.3	89.1	85.3
			平均	0.02	0.05	0.04	0.11	0.36	0.34	3.20	2.74	24.5	58.3
		中潮	最大	0.35	0.92	2.05	3.06	9.08	7.46	45.1	41.5	261*	
			平均	0.04	0.15	0.13	0.35	0.95	0.97	10.1	18.4	180*	
		小潮	最大	0.54	4.45	1.66	11.2	6.75	23.5	42.1	51.5	220*	
			平均	0.04	1.60	0.28	4.40	1.49	12.0	19.1	35.2	172*	

注：*表示核电和火电的温排水温升包络面积有重叠区域。

表 5.1-4　物模保守分析的全潮温升等值线包络面积

物模综合分析结果（2010年）

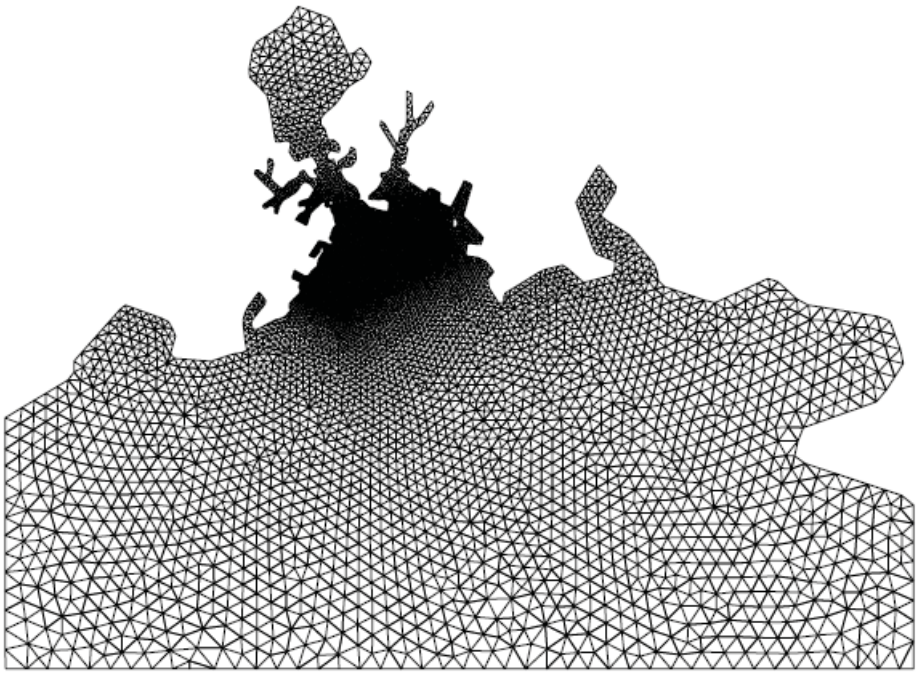
计算条件	潮型	项目	等温度包络面积（km^2）		
			4ºC	3ºC	2ºC
核电 2000MW + 钦州火电3200MW	夏季 （典型小潮）	最大	1.25	4.67	12.5
		平均	0.21	0.76	1.84



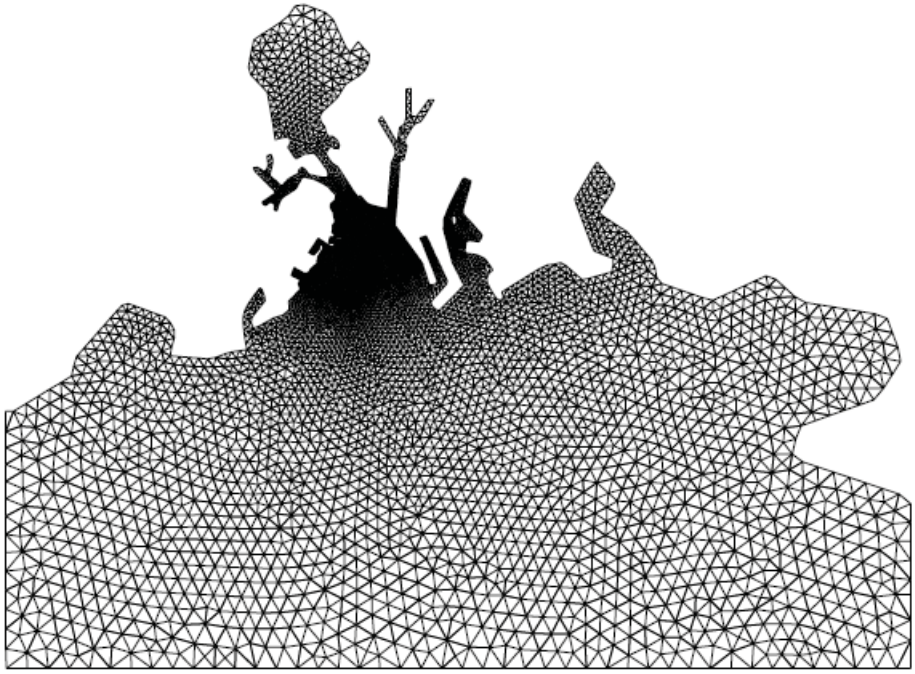
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
取排水工程设计方案		
图5.1-1	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
数值模拟计算区域范围示意图		
图5.1-2	版次：	A

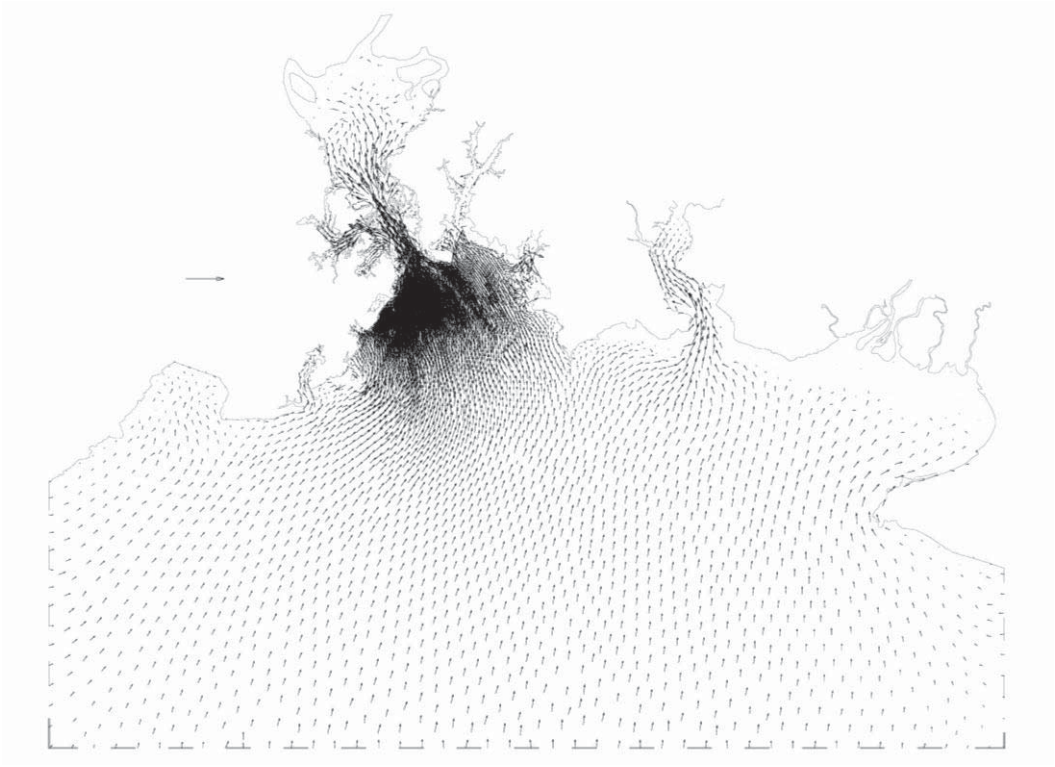


无工程布置

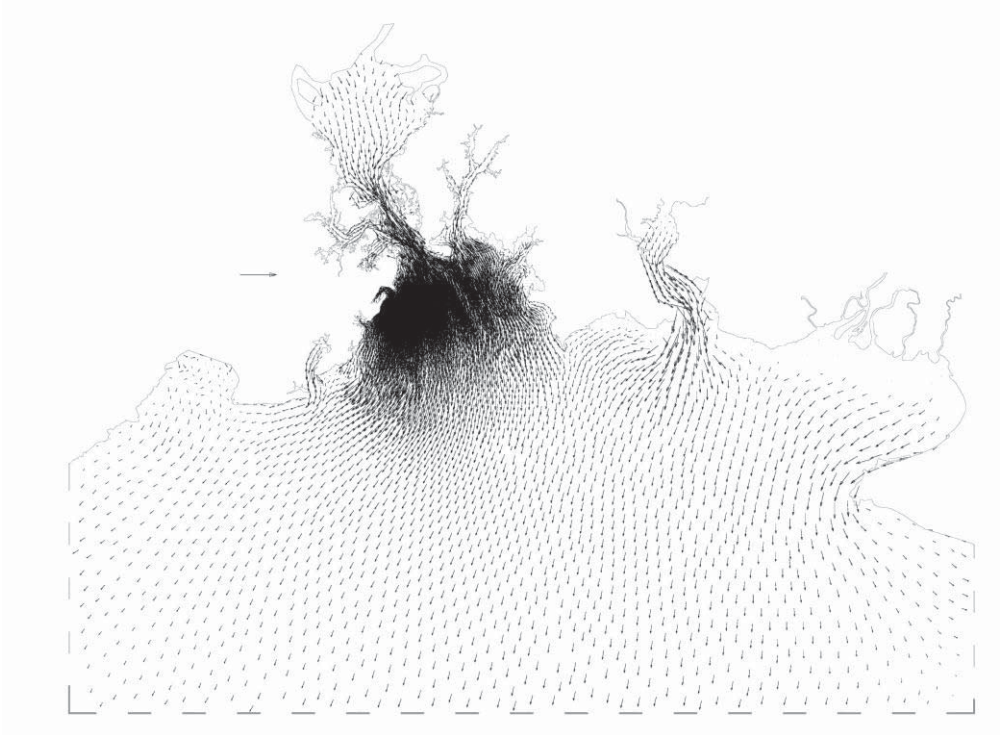


有工程布置

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
温排水数模计算网格布置		
图5.1-3	版次：	A

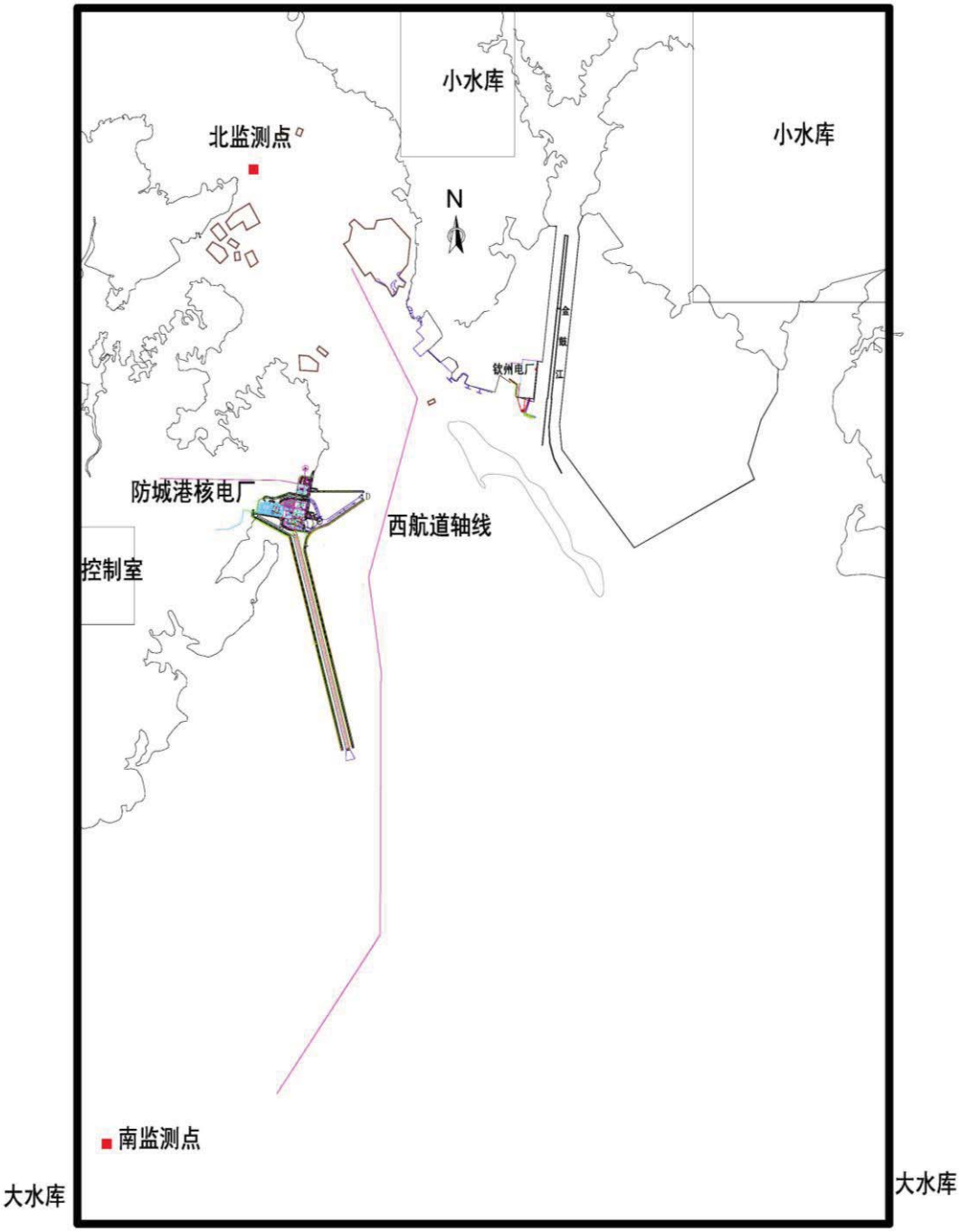


钦州湾典型潮流场（涨急）

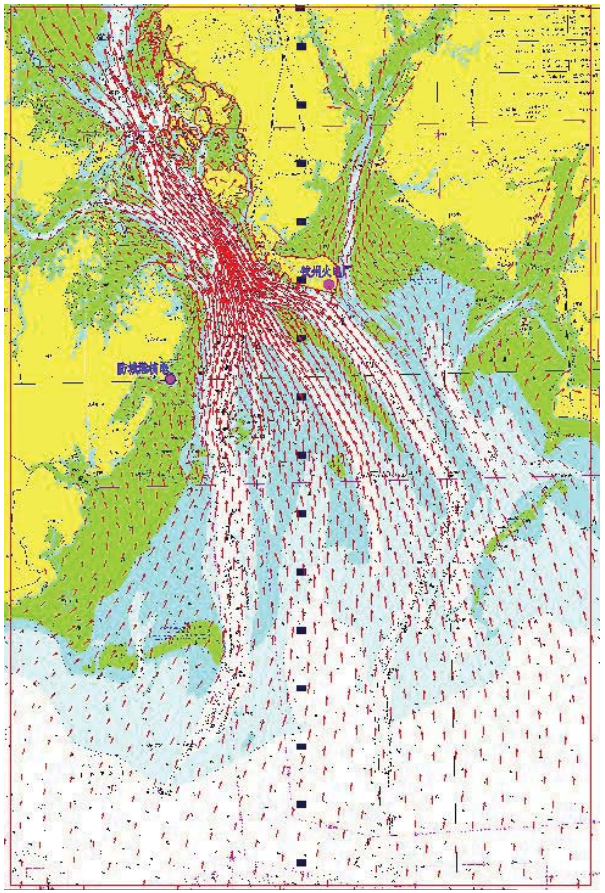


钦州湾典型潮流场（落急）

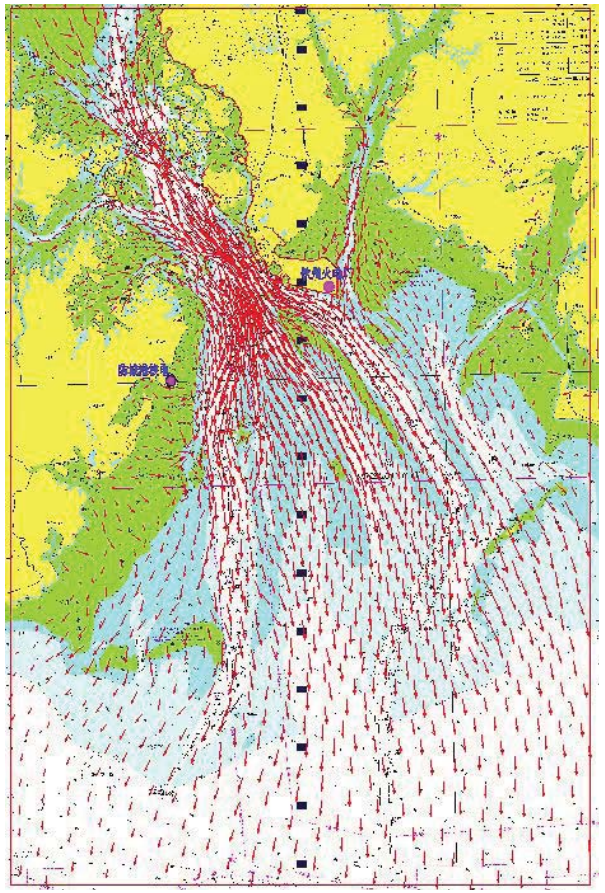
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
钦州湾海域典型潮流场 （温排水数模计算）		
图5.1-4	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
物模计算区域范围图		
图5.1-5	版次：	A

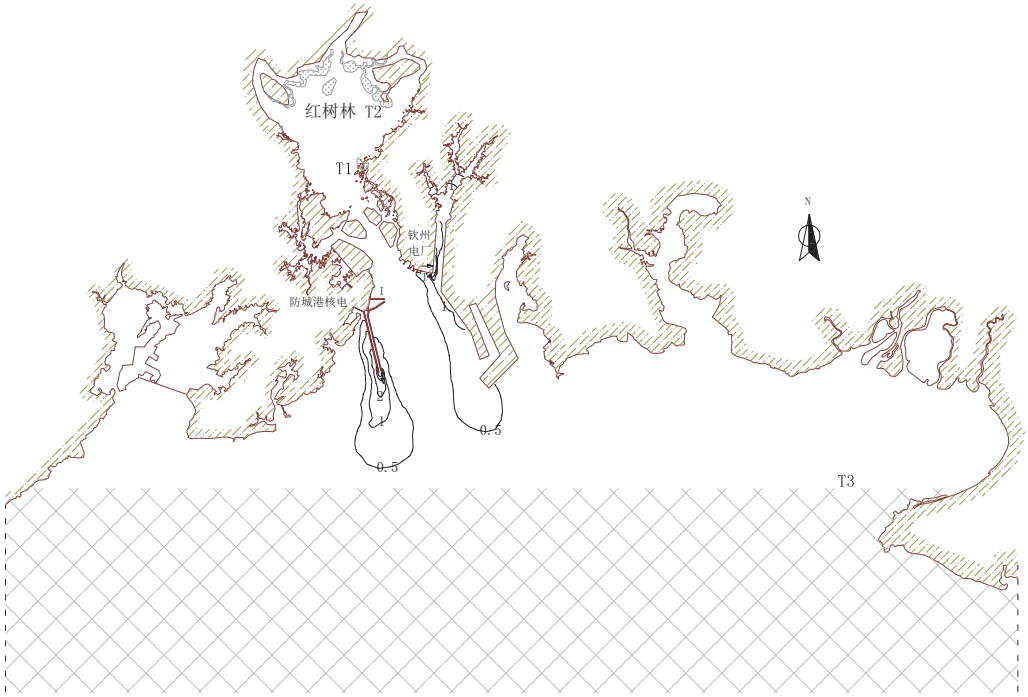


工程海域流场模拟（涨潮）

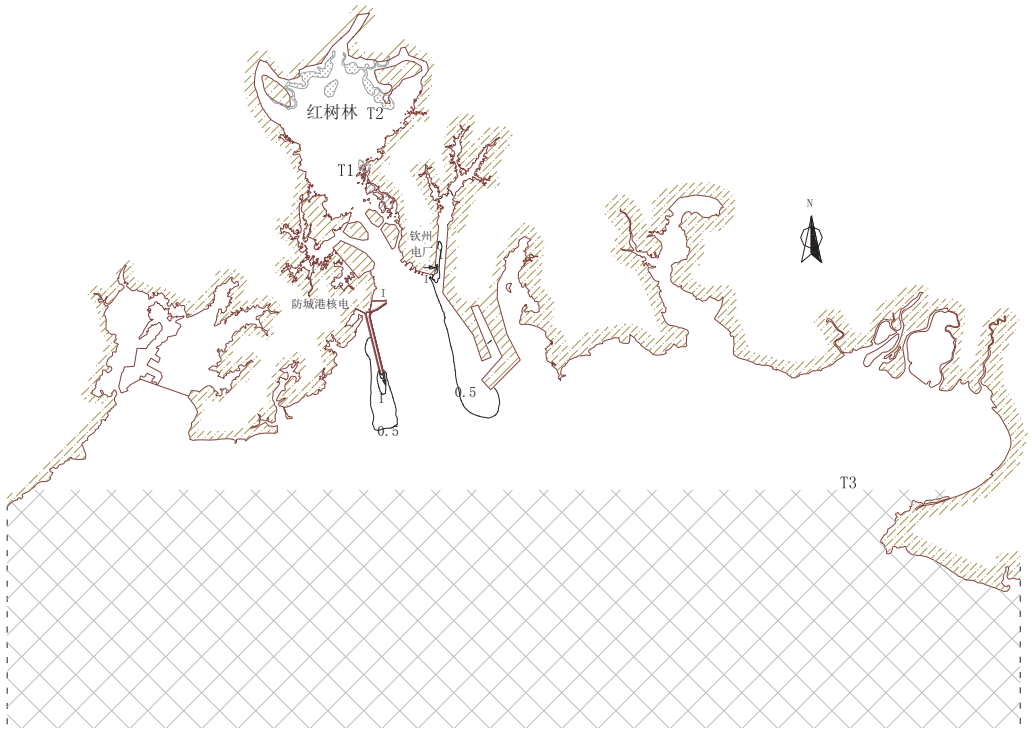


工程海域流场模拟（落潮）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
物模试验流场模拟结果		
图5.1-6	版次：	A

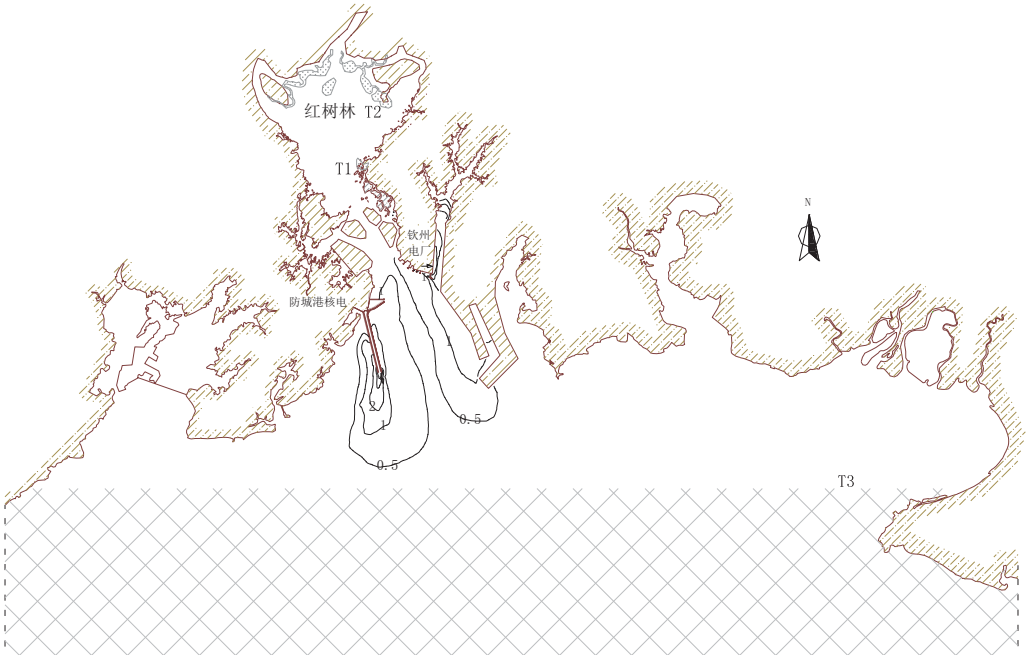


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

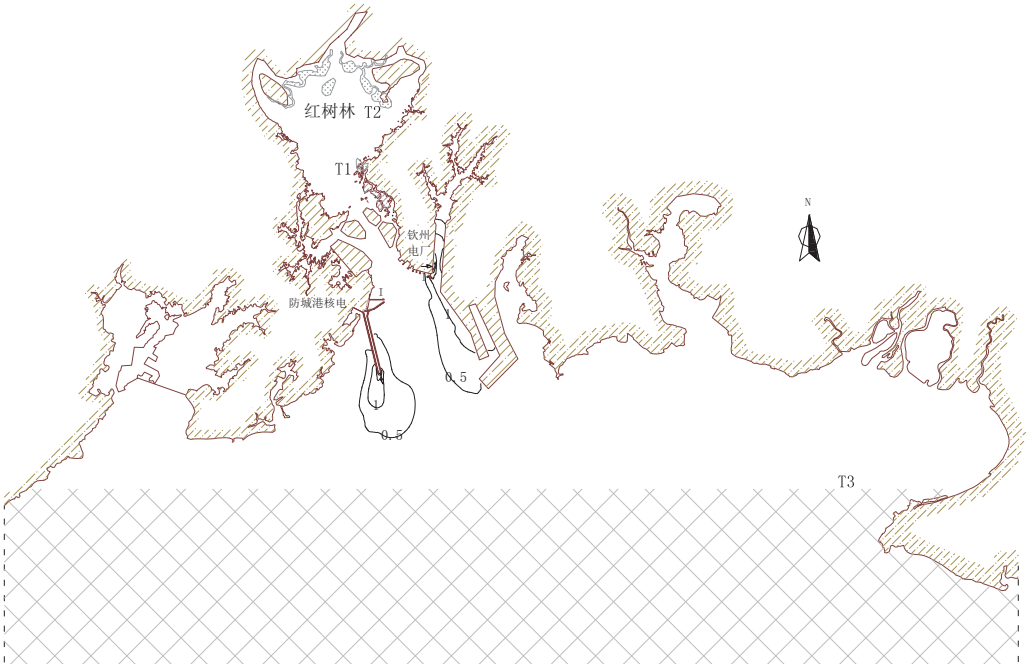


全潮平均温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
典型潮温升分布数模计算结果（夏季大潮）		
图5.1-7（1/6）	版次：	A

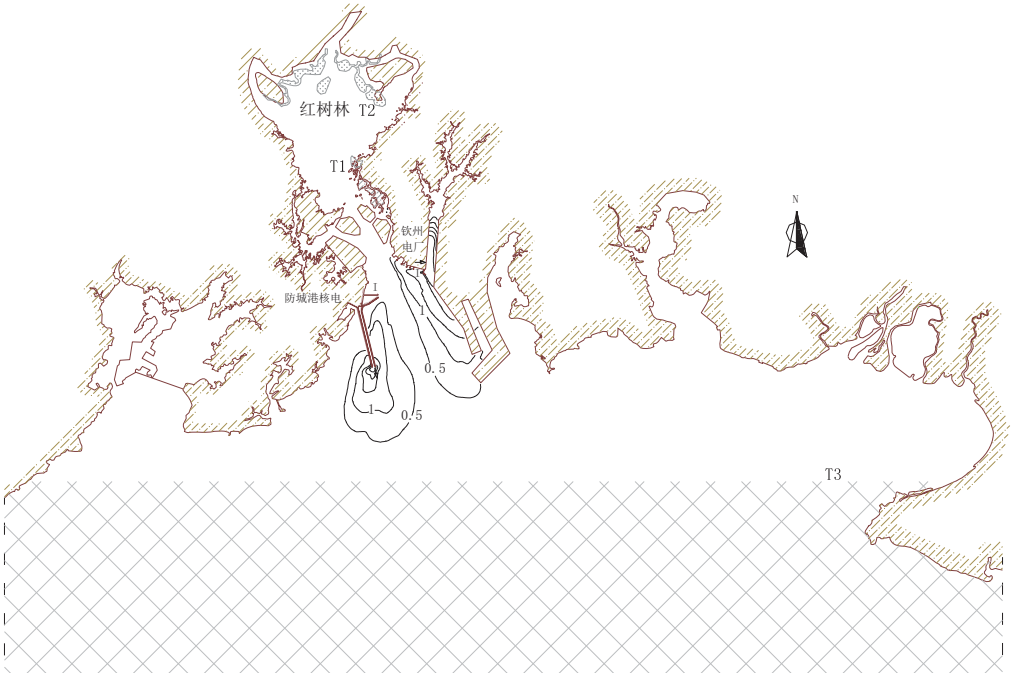


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）



全潮平均温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
典型潮温升分布数模计算结果（夏季中潮）		
图5.1-7（2/6）	版次：	A

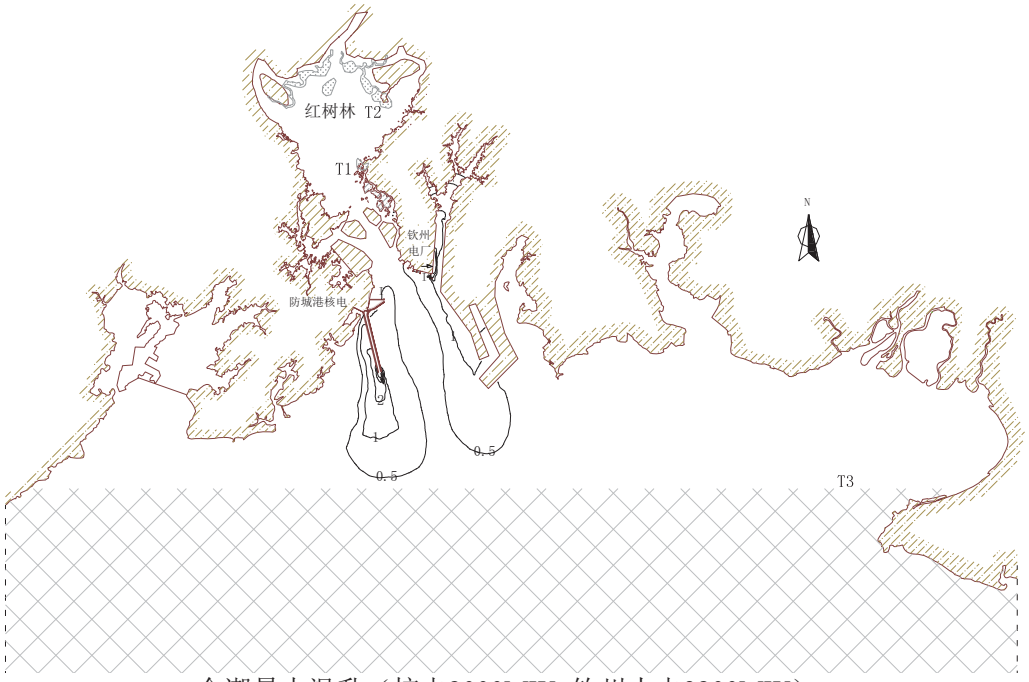


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

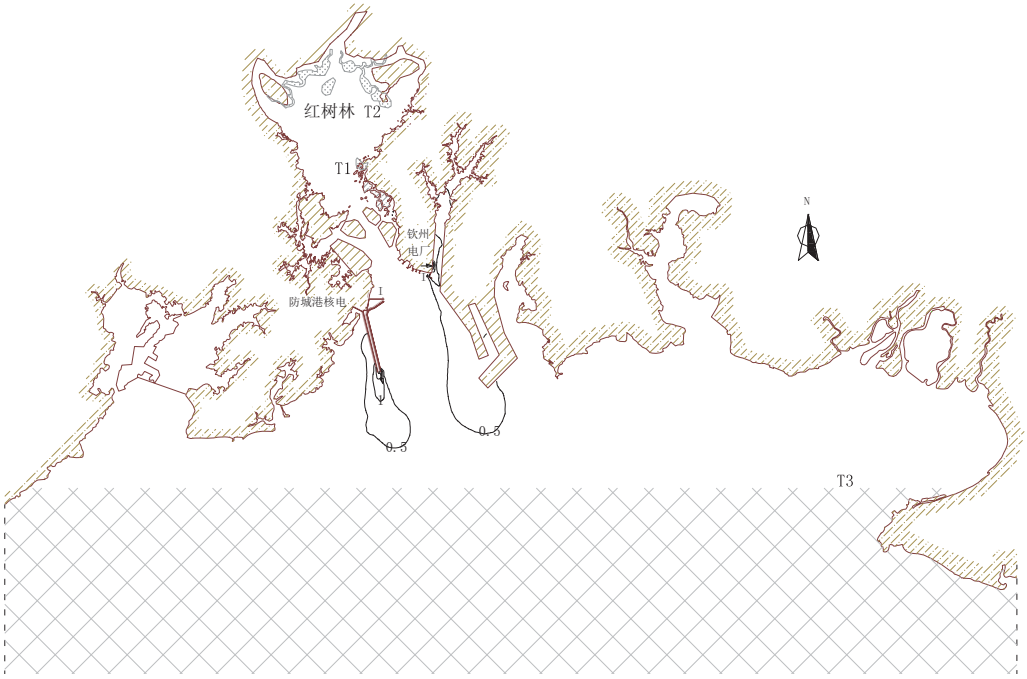


全潮平均温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
典型潮温升分布数模计算结果（夏季小潮）		
图5.1-7（3/6）	版次：	A

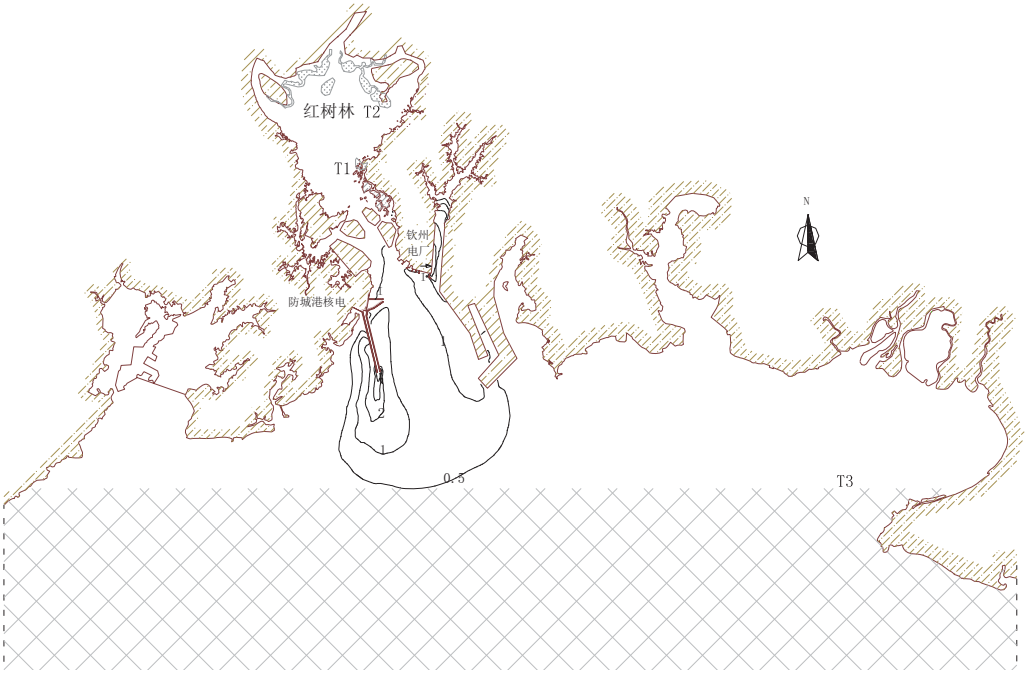


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

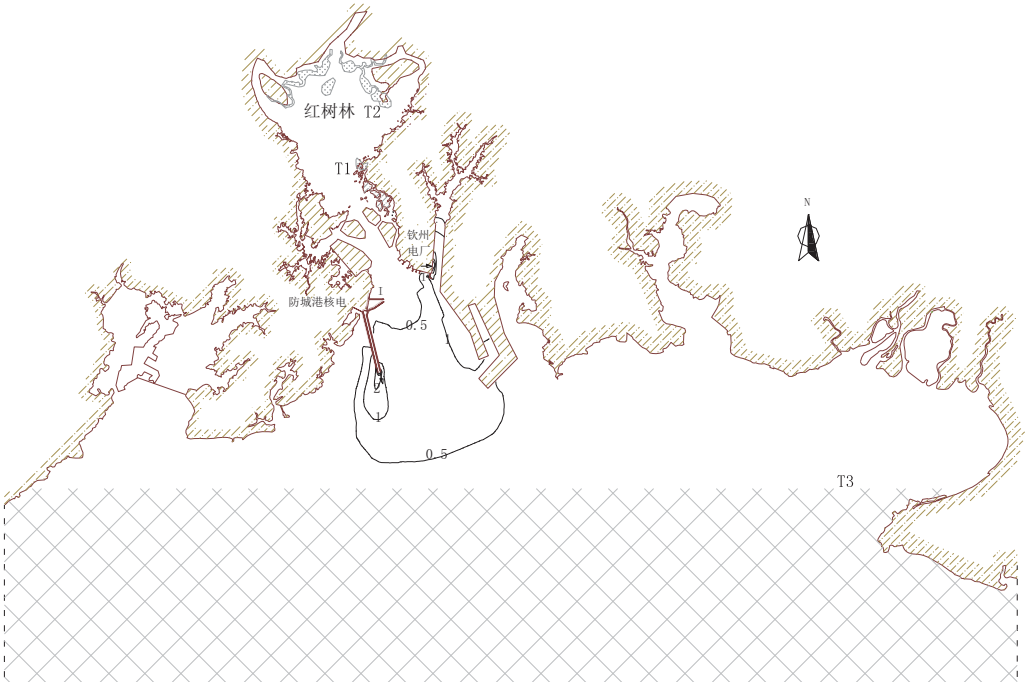


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
典型潮温升分布数模计算结果（冬季大潮）		
图5.1-7（4/6）	版次：	A

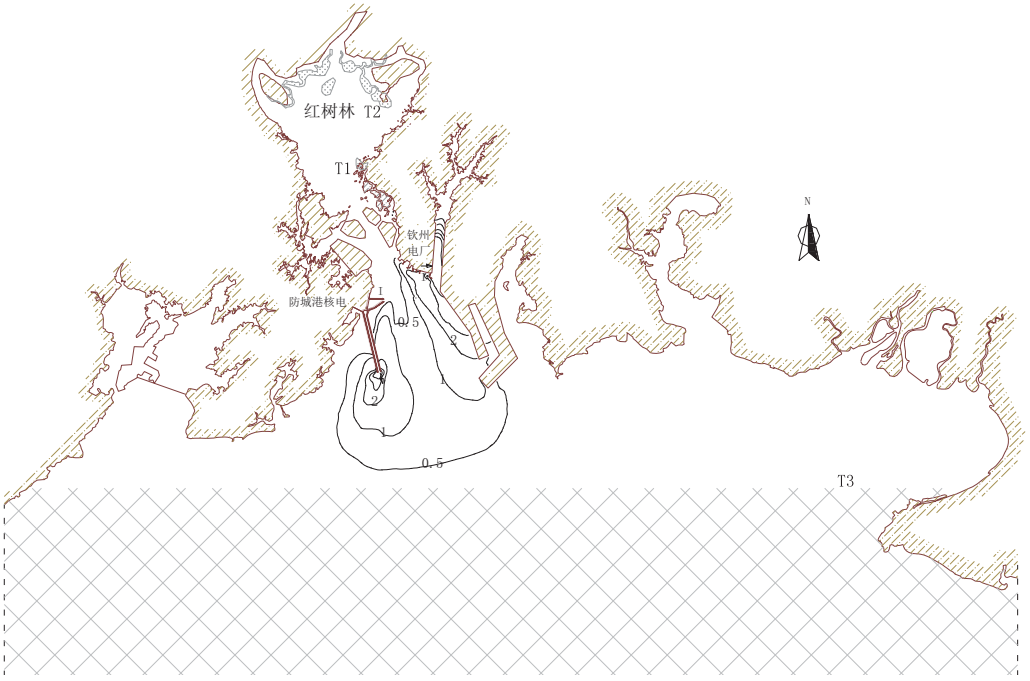


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

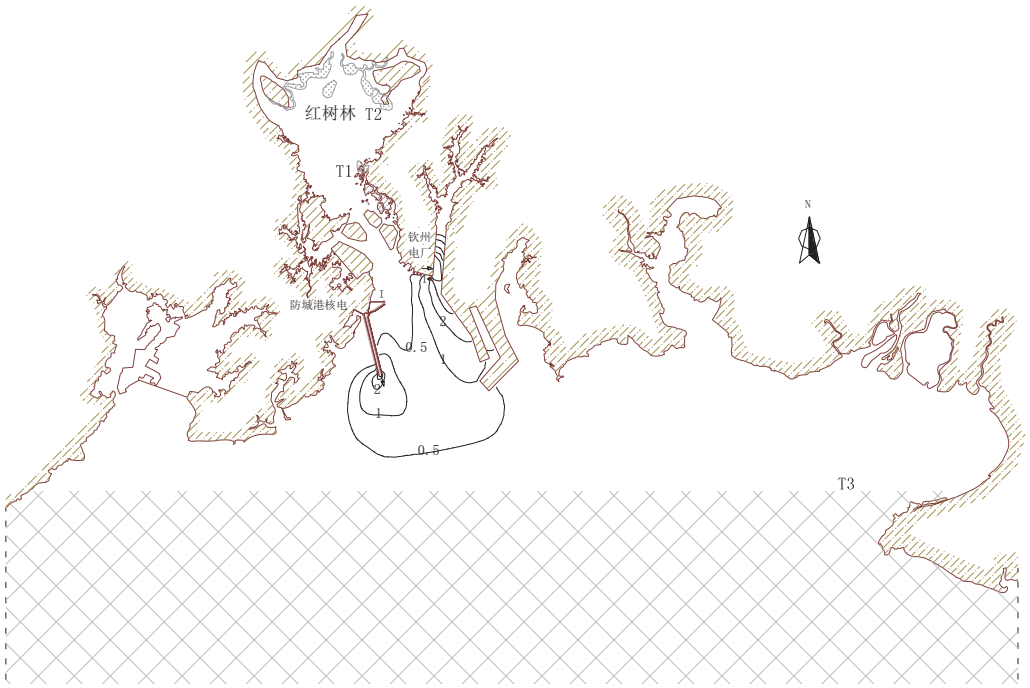


全潮平均温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
典型潮温升分布数模计算结果（冬季中潮）		
图5.1-7（5/6）	版次：	A

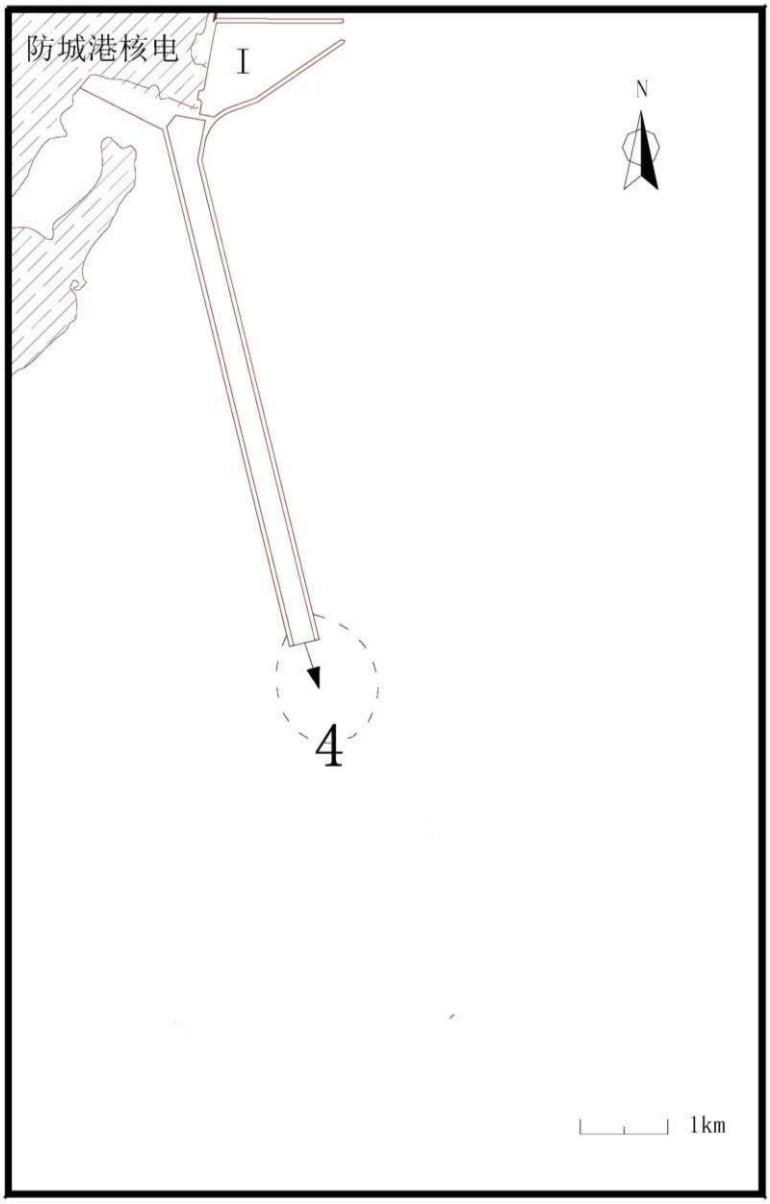


全潮最大温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）



全潮平均温升（核电2000MW+钦州火电3200MW）

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
典型潮温升分布数模计算结果（冬季小潮）		
图5.1-7（6/6）	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
温排水高温升区包络范围物模综合分析结果		
图5.1-8	版次：	A

5.2 运行状态下的辐射影响

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 放射性流出物对海洋生物的辐射影响分析

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

5.2.6 排放量申请值分析和剂量估算

5.2.6.1 放射性排放申请值分析

5.2.6.2 与排放申请值有关的辐射影响

5.2.7 结论

5.2.8 参考资料

表

表5.2-1　防城港核电厂放射性流出物的年排放量与GB6249-2011控制值比较
表5.2-2　放射性核素长期大气弥散因子
表5.2-3　放射性核素长期地面沉积因子
表5.2-4　各海域放射性核素的相对浓度
表5.2-5　海洋生物浓集因子B_p和悬浮物K_d因子
表5.2-6　主要核素对七类海洋生物的辐射剂量转换因子
表5.2-7　排水口附近海域海洋生物的辐射剂量率
表5.2-8　环境介质参数
表5.2-9　放射性核素特征参数
表5.2-10　气态途径辐射剂量计算相关参数
表5.2-11　液态照射途径辐射剂量计算参数
表5.2-12　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5.2-13　各种照射途径剂量转换因子
表5.2-14　气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
表5.2-15　液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
表5.2-16　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5.2-17　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5.2-18　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5.2-19　“三关键”筛选比较
表5.2-20　防城港核电厂一、二号机组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5.2-21　防城港核电厂一、二号机组运行状态下“三关键”计算分析结果
表5.2-22　排放量申请值分析比较
表5.2-23　放射性申请值排放对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量
表5.2-24　放射性申请值排放对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量
表5.2-25　放射性申请值排放对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

图

图5.2-1　气态照射途径

图5.2-2　液态照射途径

5.2 运行状态下的辐射影响

防城港核电厂一、二号机组采用 CPR1000 技术方案。本节根据 CPR1000 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，对电厂一、二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。

5.2.1 放射性释放源项

防城港核电厂一、二号机组运行状态下，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 CPR1000 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 给出了防城港核电厂一、二号机组单堆运行状态下各类放射性流出物年排放量与 GB6249-2011 相应总量控制值的比较。从表可以看出，防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，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 2012 年 3 月到 2014 年 2 月两整年 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。

防城港核电厂一期工程采用 CPR1000 技术方案，一期工程两台机组气载放射性流出物的排放烟囱高度为 62.3m，邻近建筑物高度为 56.4m，由于其排放高度低于邻近建筑物高度的 2 倍，根据核安全导则 HAD101/02 推荐的划分方法，防城港核电厂一期工程两台机组气载放射性流出物的排放按混合排放考虑。

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。

长期大气弥散因子和地面沉积因子的计算模式见附录 C.1。表 5.2-2 和表 5.2-3 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）和长期地面沉积因子（^{60}Co、^{131}I、^{137}Cs）。

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。

防城港核电项目一期工程两台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液态放射性流出物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 $123m^3/s$。

防城港核电厂委托开展了《广西防城港核电厂受纳水体低放废水数值模拟计算成

果报告》的专题研究，该专题研究根据防城港核电厂的取排水布置方案，结合核电厂循环冷却水的排放工况，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受纳水体中的稀释扩散水平。表 5.2-4 给出了全潮条件下一期工程两台机组运行状态下，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，计算模型详见附录 C。

5.2.3 放射性流出物对海洋生物的辐射影响分析

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，放射性核素并通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一、二号两台机组运行状态下，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 5.2-5 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 5.2-6 给出了七类海洋生物的辐射剂量率的剂量转换因子。根据上述介绍的模型及参数，表 5.2-7 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：防城港核电厂一、二号机组运行状态下，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 4.61×10^{-4}μGy/h、7.22×10^{-4}μGy/h、1.55×10^{-3}μGy/h、8.37×10^{-3}μGy/h、5.68×10^{-3}μGy/h、1.04×10^{-5}μGy/h 和 1.72×10^{-3}μGy/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。国际上 IAEA、NCRP、UNSCEAR 等机构和组织曾开展过关于放射性核素对生物的辐射影响研究，一般认为不超过 400μGy/h 的辐射剂量率可以确保水生生物种群不会受到慢性损伤。

从表 5.2-7 给出的计算结果可以看出，防城港核电厂一、二号机组运行状态下，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可能造成生物损伤的辐射剂量率 400μGy/h。因此，可以预计，防城港核电厂一、二号机组运行后，两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见附录C。相关的计算参数如下：

（1） 环境参数

根据环境调查分析，表5.2-8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5.2-9给出了放射性核素在食物链中转移的特征参数；表5.2-10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5.2-11给出了液态照射途径辐射剂量计算参数；表

5.2-12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 5.2-13 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及附录 B。

5.2.4.3 一般公众的年辐射剂量

（1）公众（成人）个人剂量

表 5.2-14 和表 5.2-15 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 5.2-16 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，防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，放射性流出物对于一般公众（成人）个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 NW 方位 1~2km 子区。造成的最大年有效剂量增量为 2.41×10^{-6}Sv，其中通过气态途径造成的年有效剂量增量为 2.14×10^{-6}Sv，通过液态途径造成的年有效剂量增量为 2.75×10^{-7}Sv。

（2）公众（青少年）个人剂量

表 5.2-17 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，防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，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厂址 NW 方位 1~2km 子区，对该子区的青少年组公众个人造成的年有效剂量为 2.08×10^{-6}Sv。

（3）公众（儿童）个人剂量

表 5.2-18 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，防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，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厂址 NW 方位 1~2km 子区，对该子区的儿童年组公众个人造成的年有效剂量为 1.91×10^{-6}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，防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，放射性流出物对厂址 NW 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，防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，就一般公众的受照剂量而言，厂址 NW 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，受到的年有效剂量为 2.41×10^{-6}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，对防城港核电厂一、二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、SW 方位、W 方位、NW 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 2.2-12 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 5.2-19 给出了上述子区内在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、二号两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，防城港核电厂一、二号机组运行状态下，放射性流出物排放对厂址 NW 方位 1~2km 子区内红沙村滩涂养殖渔民造成的年有效剂量为 5.88×10^{-7}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 NW 方位 1~2km 子区红沙村滩涂养殖渔民作为受辐射影

响可能的关键居民组。

表 5.2-20 给出了单独考虑防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，放射性流出物通过各种途径对厂址 NW 方位 1~2km 子区内红沙村关键组居民个人造成的辐射剂量贡献。从表可以看出：

— 防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，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 5.88×10^{-7}Sv/a。其中通过气态途径造成的剂量贡献为 1.63×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 27.69%；通过液态途径造成的剂量贡献为 4.25×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 72.31%。比较发现，气态途径对关键组居民个人造成的剂量贡献大于液态途径。

— 可能的关键照射途径为食入海产品内照射，对关键组居民个人造成的有效剂量为 3.35×10^{-7}Sv/a，占个人总有效剂量的 56.93%。其它重要照射途径为食入陆生食品内照射和岸边沉积外照射，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为 9.68×10^{-8}Sv/a 和 9.03×10^{-8}Sv/a，分别占个人总有效剂量的 16.48%和 15.36%。

— 可能的关键核素为 ^{110m}Ag，对关键组居民个人造成的有效剂量为 2.52×10^{-7}Sv，占个人总有效剂量的 42.81%；其它重要核素为 ^{60}Co、^{14}C，对关键组居民个人造成的有效剂量分别为 1.15×10^{-7}Sv/a、9.30×10^{-8}Sv/a，分别占个人总有效剂量的 19.50%、15.83%。

具体的“三关键”分析结果见表 5.2-21。

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

根据 IAEA、NCRP 及 UNSCEAR 等机构组织的研究，一般认为不超过 400μGy/h 的辐射剂量率可以确保水生生物种群不会受到慢性损伤。防城港核电厂一、二号两台机组运行状态下，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 8.37×10^{-3}μGy/h，远低于造成生物损伤的剂量率，因此，可以认为防城港核电厂两台核电机组运行状态下，液态放射性流出物排放不会对排放口附近海域的海洋生物在种群上造成明显的损伤。

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，防城港核电厂一、二号两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（0.08mSv/a）。

— 对于一般公众（成人）个人，一、二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 2.41×10^{-6}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 0.96%和 3.01%。

— 对于关键居民组个人，一、二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 5.88×10^{-7}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 0.24%和 0.74%。

5.2.5.3 “三关键”评价

通过公众辐射剂量“三关键”分析，防城港核电一期工程一、二号机组运行状态下，在制定环境辐射监测方案时，需要关注的关键居民组为位于厂址 NW 方位 1~2km 子区红沙村滩涂养殖渔民，需要关注的照射途径包括：食入海产品内照射途径、食入陆生食品内照射途径和岸边沉积外照射途径，需要关注的放射性核素包括：^{110m}Ag 、^{60}Co 和 ^{14}C 等。

5.2.6 排放量申请值分析和剂量估算

5.2.6.1 放射性排放申请值分析

根据环保部针对运行阶段环境影响评价的技术要求，核电站营运单位在运行前必须向环保部申请核电站运行后放射性流出物的年排放量，经批准后作为核电站运行后开展排放管理的技术依据。

本节将根据防城港核电厂在运行阶段拟申请的放射性流出物年排放量，对其申请排放值进行分析，并基于该申请值进行公众辐射剂量估算。

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核电厂的排放申请值要求如下：

— “申请的放射性流出物排放量不得高于放射性排放量设计目标值，并经审管部门批准后实施。”

— “营运单位应针对核动力厂厂址的环境特征及放射性废物处理工艺技术水平，遵循可合理达到的尽量低的原则，向审管部门定期申请或复核（首次装料前提出申请，以后每隔 5 年复核一次）放射性流出物排放量。”

根据上述要求，防城港核电厂一、二号两台机组在运行阶段对于放射性流出物年排放量的申请应满足辐射防护最优化的要求，并遵循“可合理达到尽量低”的原则。根据报告书 1.4 节中给出的防城港核电厂两台机组放射性流出物排放量申请值，表 5.2-22 给出了单台机组的申请值与电厂运行设计值以及 GB6249-2011 中排放总量单堆控制值的比较结果。

5.2.6.2 与排放申请值有关的辐射影响

根据防城港核电厂一、二号两台机组放射性流出物的排放量申请值，按照电厂放射性流出物的设计排放源项进行核素分配，对电厂周围公众的辐射剂量进行估算，表 5.2-23、表 5.2-24 和表 5.2-25 分别给出了厂址评价区内各子区成人组公众个人、青少年组公众个人以及儿童组公众个人的受照年有效剂量。

从表可以看出，按排放量申请值进行公众辐射剂量估算，对各年龄组公众个人造成辐射剂量最大的子区均位于厂址 NW 方位 1~2km 子区。对该子区成人组公众个人、青少年组公众个人和儿童组公众个人造成的年有效剂量分别为 2.53×10^{-6}Sv/a、2.27×10^{-6}Sv/a 和 2.06×10^{-6}Sv/a。其中对成人组公众个人造成的辐射剂量最大，约占 0.08mSv/a 公众剂量约束值的 3.16%。

因此，防城港核电厂一、二号机组申请的放射性流出物排放量所造成公众辐射剂量可满足公众辐射剂量的管理要求。

5.2.7 结论

综合上述计算分析结果，防城港核电厂一期工程一、二号机组运行状态下，就放射性流出物的排放控制和公众所受剂量而言，三废处理系统的预期处理效果可以满足

国家标准的相应要求。而就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对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。

5.2.8 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] 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07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，2013年04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　防城港核电厂放射性流出物的年排放量与 GB6249-2011 控制值比较

单位：Bq/a

1、2号单台机组	气载放射性流出物	气载流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
		^{3}H	1.5×10^{13}	4.85×10^{12}	32.33%
		^{14}C	7.0×10^{11}	3.70×10^{11}	52.86%
		惰性气体	6.0×10^{14}	3.05×10^{14}	50.83%
		碘	2.0×10^{10}	3.29×10^{9}	16.45%
		粒子（$T_{1/2}\geq8d$）	5.0×10^{10}	1.70×10^{9}	3.40%
	液态放射性流出物	液态流出物	GB6249-2011 控制值	设计排放量	占控制值的百分比
		^{3}H	7.5×10^{13}	4.37×10^{13}	58.27%
		^{14}C	1.5×10^{11}	5.00×10^{10}	33.33%
		其余核素	5.0×10^{10}	3.28×10^{10}	65.60%

表 5.2-2（1/4）　放射性核素长期大气弥散因子（^{85}Kr）

单位：s/m^3

距离(km) 方位	0 ~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.70E-07	1.12E-07	6.92E-08	4.22E-08	2.09E-08	9.52E-09	5.35E-09	3.63E-09	2.71E-09	2.11E-09	1.70E-09	1.47E-09
NNE	2.25E-07	1.41E-07	8.37E-08	4.99E-08	2.41E-08	1.06E-08	5.72E-09	3.83E-09	2.84E-09	2.20E-09	1.75E-09	1.50E-09
NE	1.92E-07	1.19E-07	7.11E-08	4.36E-08	2.19E-08	1.01E-08	5.63E-09	3.83E-09	2.87E-09	2.26E-09	1.82E-09	1.56E-09
ENE	1.12E-07	6.58E-08	3.74E-08	2.28E-08	1.19E-08	5.88E-09	3.50E-09	2.46E-09	1.88E-09	1.51E-09	1.25E-09	1.08E-09
E	5.09E-08	2.93E-08	1.69E-08	1.11E-08	6.58E-09	3.67E-09	2.32E-09	1.68E-09	1.31E-09	1.06E-09	8.94E-10	7.77E-10
ESE	3.22E-08	1.78E-08	9.58E-09	5.96E-09	3.46E-09	1.93E-09	1.23E-09	8.88E-10	6.92E-10	5.65E-10	4.77E-10	4.16E-10
SE	2.87E-08	1.62E-08	9.21E-09	5.99E-09	3.48E-09	1.92E-09	1.22E-09	8.88E-10	6.95E-10	5.67E-10	4.78E-10	4.16E-10
SSE	5.62E-08	3.16E-08	1.72E-08	1.05E-08	5.55E-09	2.80E-09	1.70E-09	1.21E-09	9.36E-10	7.59E-10	6.36E-10	5.52E-10
S	7.77E-07	4.65E-07	2.56E-07	1.43E-07	6.29E-08	2.48E-08	1.24E-08	7.93E-09	5.72E-09	4.40E-09	3.39E-09	2.82E-09
SSW	3.37E-07	2.16E-07	1.30E-07	7.68E-08	3.58E-08	1.48E-08	7.63E-09	4.95E-09	3.60E-09	2.77E-09	2.15E-09	1.80E-09
SW	6.97E-08	6.03E-08	4.89E-08	3.48E-08	1.93E-08	9.28E-09	5.26E-09	3.60E-09	2.71E-09	2.13E-09	1.71E-09	1.47E-09
WSW	5.08E-08	3.97E-08	2.98E-08	2.08E-08	1.18E-08	5.95E-09	3.54E-09	2.47E-09	1.87E-09	1.48E-09	1.21E-09	1.05E-09
W	5.79E-08	4.20E-08	2.87E-08	1.85E-08	9.67E-09	4.66E-09	2.70E-09	1.85E-09	1.39E-09	1.08E-09	8.77E-10	7.58E-10
WNW	7.86E-08	5.69E-08	3.82E-08	2.42E-08	1.25E-08	5.97E-09	3.46E-09	2.37E-09	1.78E-09	1.39E-09	1.12E-09	9.68E-10
NW	1.76E-07	1.15E-07	7.02E-08	4.20E-08	2.02E-08	8.98E-09	4.95E-09	3.31E-09	2.45E-09	1.91E-09	1.53E-09	1.30E-09
NNW	1.84E-07	1.19E-07	7.20E-08	4.36E-08	2.14E-08	9.52E-09	5.23E-09	3.51E-09	2.60E-09	2.02E-09	1.61E-09	1.38E-09

表 5.2-2（2/4）　放射性核素长期大气弥散因子（^{60}Co）

单位：s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.67E-07	1.10E-07	6.75E-08	4.09E-08	2.00E-08	8.82E-09	4.79E-09	3.14E-09	2.27E-09	1.71E-09	1.34E-09	1.12E-09
NNE	2.22E-07	1.38E-07	8.13E-08	4.80E-08	2.27E-08	9.62E-09	5.01E-09	3.24E-09	2.32E-09	1.74E-09	1.34E-09	1.12E-09
NE	1.87E-07	1.15E-07	6.80E-08	4.13E-08	2.04E-08	9.08E-09	4.89E-09	3.21E-09	2.33E-09	1.77E-09	1.38E-09	1.14E-09
ENE	1.08E-07	6.30E-08	3.52E-08	2.11E-08	1.08E-08	5.13E-09	2.94E-09	1.98E-09	1.46E-09	1.13E-09	9.03E-10	7.53E-10
E	4.87E-08	2.76E-08	1.56E-08	1.01E-08	5.93E-09	3.23E-09	1.97E-09	1.37E-09	1.03E-09	8.08E-10	6.55E-10	5.49E-10
ESE	2.86E-08	1.53E-08	7.95E-09	4.85E-09	2.75E-09	1.47E-09	8.86E-10	6.10E-10	4.54E-10	3.55E-10	2.88E-10	2.42E-10
SE	2.70E-08	1.49E-08	8.19E-09	5.18E-09	2.91E-09	1.54E-09	9.33E-10	6.40E-10	4.74E-10	3.67E-10	2.93E-10	2.42E-10
SSE	5.36E-08	2.97E-08	1.59E-08	9.58E-09	4.97E-09	2.42E-09	1.39E-09	9.45E-10	6.95E-10	5.37E-10	4.28E-10	3.55E-10
S	7.71E-07	4.59E-07	2.52E-07	1.39E-07	6.06E-08	2.33E-08	1.13E-08	7.04E-09	4.96E-09	3.73E-09	2.81E-09	2.28E-09
SSW	3.34E-07	2.13E-07	1.27E-07	7.47E-08	3.42E-08	1.37E-08	6.73E-09	4.23E-09	2.98E-09	2.23E-09	1.68E-09	1.37E-09
SW	6.88E-08	5.93E-08	4.79E-08	3.37E-08	1.83E-08	8.53E-09	4.66E-09	3.09E-09	2.25E-09	1.71E-09	1.34E-09	1.12E-09
WSW	4.95E-08	3.85E-08	2.87E-08	1.97E-08	1.08E-08	5.26E-09	3.00E-09	2.02E-09	1.49E-09	1.14E-09	9.06E-10	7.63E-10
W	5.69E-08	4.10E-08	2.78E-08	1.76E-08	9.01E-09	4.17E-09	2.32E-09	1.53E-09	1.11E-09	8.42E-10	6.59E-10	5.53E-10
WNW	7.70E-08	5.56E-08	3.72E-08	2.34E-08	1.19E-08	5.48E-09	3.04E-09	2.01E-09	1.46E-09	1.11E-09	8.67E-10	7.25E-10
NW	1.74E-07	1.13E-07	6.82E-08	4.04E-08	1.91E-08	8.15E-09	4.31E-09	2.78E-09	1.99E-09	1.51E-09	1.16E-09	9.61E-10
NNW	1.80E-07	1.16E-07	7.00E-08	4.20E-08	2.02E-08	8.69E-09	4.60E-09	2.99E-09	2.15E-09	1.62E-09	1.26E-09	1.05E-09

表 5.2-2（3/4） 放射性核素长期大气弥散因子（^{131}I）

单位：s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	1.47E-07	9.58E-08	5.81E-08	3.43E-08	1.54E-08	5.63E-09	2.35E-09	1.20E-09	7.05E-10	4.54E-10	3.09E-10	2.33E-10
NNE	1.93E-07	1.18E-07	6.84E-08	3.94E-08	1.73E-08	6.17E-09	2.54E-09	1.32E-09	7.86E-10	5.07E-10	3.39E-10	2.51E-10
NE	1.50E-07	8.99E-08	5.33E-08	3.21E-08	1.49E-08	5.62E-09	2.37E-09	1.22E-09	7.03E-10	4.39E-10	2.80E-10	1.97E-10
ENE	8.44E-08	4.69E-08	2.59E-08	1.55E-08	7.59E-09	3.15E-09	1.40E-09	7.20E-10	4.10E-10	2.52E-10	1.61E-10	1.11E-10
E	3.37E-08	1.80E-08	1.03E-08	7.05E-09	4.13E-09	1.95E-09	8.94E-10	4.50E-10	2.46E-10	1.43E-10	8.72E-11	5.68E-11
ESE	1.65E-08	8.53E-09	4.66E-09	3.09E-09	1.83E-09	8.73E-10	3.94E-10	1.93E-10	1.02E-10	5.72E-11	3.37E-11	2.10E-11
SE	1.84E-08	9.51E-09	5.24E-09	3.44E-09	1.85E-09	7.96E-10	3.37E-10	1.54E-10	7.66E-11	4.11E-11	2.34E-11	1.45E-11
SSE	4.14E-08	2.14E-08	1.10E-08	6.57E-09	3.17E-09	1.24E-09	5.02E-10	2.35E-10	1.24E-10	7.30E-11	4.63E-11	3.24E-11
S	7.22E-07	4.20E-07	2.23E-07	1.19E-07	4.81E-08	1.60E-08	6.50E-09	3.51E-09	2.19E-09	1.50E-09	1.03E-09	7.72E-10
SSW	3.11E-07	1.95E-07	1.14E-07	6.49E-08	2.74E-08	9.19E-09	3.65E-09	1.92E-09	1.16E-09	7.70E-10	5.11E-10	3.76E-10
SW	6.20E-08	5.43E-08	4.40E-08	3.01E-08	1.49E-08	5.65E-09	2.31E-09	1.16E-09	6.60E-10	4.03E-10	2.53E-10	1.76E-10
WSW	4.15E-08	3.34E-08	2.55E-08	1.72E-08	8.73E-09	3.51E-09	1.52E-09	7.63E-10	4.32E-10	2.64E-10	1.70E-10	1.21E-10
W	5.23E-08	3.74E-08	2.50E-08	1.54E-08	7.19E-09	2.76E-09	1.17E-09	5.89E-10	3.41E-10	2.17E-10	1.47E-10	1.11E-10
WNW	6.83E-08	4.92E-08	3.28E-08	2.01E-08	9.44E-09	3.66E-09	1.57E-09	8.00E-10	4.64E-10	2.94E-10	1.94E-10	1.42E-10
NW	1.48E-07	9.51E-08	5.72E-08	3.31E-08	1.45E-08	5.28E-09	2.22E-09	1.14E-09	6.75E-10	4.36E-10	2.88E-10	2.10E-10
NNW	1.61E-07	1.02E-07	6.07E-08	3.53E-08	1.56E-08	5.66E-09	2.34E-09	1.21E-09	7.21E-10	4.68E-10	3.17E-10	2.38E-10

表 5.2-2（4/4） 放射性核素长期大气弥散因子（^{137}Cs）

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	1.67E-07	1.10E-07	6.75E-08	4.09E-08	2.00E-08	8.82E-09	4.79E-09	3.14E-09	2.27E-09	1.71E-09	1.34E-09	1.12E-09
NNE	2.22E-07	1.38E-07	8.13E-08	4.80E-08	2.27E-08	9.62E-09	5.01E-09	3.24E-09	2.32E-09	1.74E-09	1.34E-09	1.12E-09
NE	1.87E-07	1.15E-07	6.80E-08	4.13E-08	2.04E-08	9.08E-09	4.89E-09	3.21E-09	2.33E-09	1.77E-09	1.38E-09	1.15E-09
ENE	1.08E-07	6.30E-08	3.52E-08	2.11E-08	1.08E-08	5.13E-09	2.94E-09	1.98E-09	1.46E-09	1.13E-09	9.03E-10	7.53E-10
E	4.87E-08	2.76E-08	1.56E-08	1.01E-08	5.93E-09	3.23E-09	1.97E-09	1.37E-09	1.03E-09	8.08E-10	6.55E-10	5.50E-10
ESE	2.86E-08	1.53E-08	7.95E-09	4.85E-09	2.75E-09	1.47E-09	8.86E-10	6.10E-10	4.54E-10	3.55E-10	2.88E-10	2.42E-10
SE	2.70E-08	1.49E-08	8.19E-09	5.18E-09	2.91E-09	1.54E-09	9.33E-10	6.41E-10	4.75E-10	3.67E-10	2.93E-10	2.42E-10
SSE	5.36E-08	2.97E-08	1.59E-08	9.58E-09	4.97E-09	2.42E-09	1.39E-09	9.45E-10	6.95E-10	5.37E-10	4.29E-10	3.55E-10
S	7.71E-07	4.59E-07	2.52E-07	1.39E-07	6.06E-08	2.33E-08	1.13E-08	7.04E-09	4.96E-09	3.73E-09	2.81E-09	2.28E-09
SSW	3.34E-07	2.13E-07	1.27E-07	7.47E-08	3.42E-08	1.37E-08	6.73E-09	4.23E-09	2.98E-09	2.23E-09	1.68E-09	1.37E-09
SW	6.88E-08	5.93E-08	4.79E-08	3.37E-08	1.83E-08	8.53E-09	4.66E-09	3.09E-09	2.25E-09	1.71E-09	1.34E-09	1.12E-09
WSW	4.95E-08	3.85E-08	2.87E-08	1.97E-08	1.08E-08	5.26E-09	3.00E-09	2.02E-09	1.49E-09	1.14E-09	9.07E-10	7.64E-10
W	5.69E-08	4.10E-08	2.78E-08	1.76E-08	9.01E-09	4.17E-09	2.32E-09	1.53E-09	1.11E-09	8.42E-10	6.59E-10	5.53E-10
WNW	7.70E-08	5.56E-08	3.72E-08	2.34E-08	1.19E-08	5.48E-09	3.04E-09	2.01E-09	1.46E-09	1.11E-09	8.67E-10	7.25E-10
NW	1.74E-07	1.13E-07	6.82E-08	4.04E-08	1.91E-08	8.15E-09	4.31E-09	2.78E-09	1.99E-09	1.51E-09	1.16E-09	9.61E-10
NNW	1.80E-07	1.16E-07	7.00E-08	4.20E-08	2.02E-08	8.69E-09	4.60E-09	2.99E-09	2.15E-09	1.62E-09	1.26E-09	1.05E-09

表 5.2-3（1/3）　放射性核素长期地面沉积因子（^{60}Co）

单位：$1/m^2$

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	9.52E-10	6.11E-10	3.70E-10	2.29E-10	1.18E-10	5.68E-11	3.31E-11	2.31E-11	1.76E-11	1.41E-11	1.17E-11	1.01E-11
NNE	2.05E-09	1.29E-09	7.72E-10	4.77E-10	2.49E-10	1.21E-10	7.09E-11	5.00E-11	3.85E-11	3.12E-11	2.61E-11	2.25E-11
NE	1.74E-09	1.10E-09	6.57E-10	4.08E-10	2.14E-10	1.05E-10	6.18E-11	4.36E-11	3.36E-11	2.72E-11	2.28E-11	1.96E-11
ENE	3.12E-09	1.97E-09	1.17E-09	7.32E-10	3.89E-10	1.94E-10	1.16E-10	8.28E-11	6.42E-11	5.24E-11	4.43E-11	3.83E-11
E	1.17E-09	7.36E-10	4.40E-10	2.76E-10	1.48E-10	7.46E-11	4.48E-11	3.19E-11	2.48E-11	2.02E-11	1.70E-11	1.47E-11
ESE	1.60E-09	1.01E-09	6.03E-10	3.77E-10	2.01E-10	1.01E-10	6.05E-11	4.32E-11	3.35E-11	2.74E-11	2.32E-11	2.01E-11
SE	1.20E-09	7.53E-10	4.50E-10	2.81E-10	1.50E-10	7.54E-11	4.52E-11	3.23E-11	2.50E-11	2.04E-11	1.73E-11	1.49E-11
SSE	6.32E-10	3.92E-10	2.31E-10	1.44E-10	7.64E-11	3.81E-11	2.27E-11	1.61E-11	1.25E-11	1.01E-11	8.52E-12	7.35E-12
S	3.72E-09	2.30E-09	1.33E-09	7.96E-10	3.97E-10	1.84E-10	1.05E-10	7.32E-11	5.59E-11	4.51E-11	3.74E-11	3.21E-11
SSW	2.75E-09	1.75E-09	1.05E-09	6.45E-10	3.33E-10	1.59E-10	9.27E-11	6.51E-11	5.00E-11	4.05E-11	3.38E-11	2.92E-11
SW	1.30E-09	8.53E-10	5.36E-10	3.43E-10	1.83E-10	9.04E-11	5.34E-11	3.76E-11	2.90E-11	2.34E-11	1.96E-11	1.69E-11
WSW	1.27E-09	8.18E-10	5.02E-10	3.18E-10	1.70E-10	8.47E-11	5.05E-11	3.58E-11	2.77E-11	2.25E-11	1.89E-11	1.64E-11
W	9.84E-10	6.33E-10	3.86E-10	2.42E-10	1.28E-10	6.35E-11	3.77E-11	2.67E-11	2.06E-11	1.67E-11	1.40E-11	1.21E-11
WNW	9.40E-10	6.09E-10	3.73E-10	2.33E-10	1.23E-10	6.07E-11	3.59E-11	2.53E-11	1.95E-11	1.58E-11	1.32E-11	1.14E-11
NW	2.27E-09	1.44E-09	8.66E-10	5.36E-10	2.81E-10	1.38E-10	8.15E-11	5.77E-11	4.45E-11	3.62E-11	3.04E-11	2.62E-11
NNW	2.19E-09	1.39E-09	8.36E-10	5.19E-10	2.72E-10	1.33E-10	7.88E-11	5.57E-11	4.30E-11	3.49E-11	2.93E-11	2.53E-11

表 5.2-3（2/3） 放射性核素长期地面沉积因子（^{131}I）

单位：$1/m^2$

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	5.14E-09	3.33E-09	2.02E-09	1.20E-09	5.46E-10	2.07E-10	9.13E-11	4.99E-11	3.15E-11	2.19E-11	1.61E-11	1.28E-11
NNE	7.28E-09	4.48E-09	2.61E-09	1.52E-09	6.92E-10	2.67E-10	1.23E-10	7.22E-11	4.84E-11	3.53E-11	2.70E-11	2.20E-11
NE	5.74E-09	3.47E-09	2.06E-09	1.25E-09	5.95E-10	2.39E-10	1.12E-10	6.45E-11	4.24E-11	3.03E-11	2.27E-11	1.83E-11
ENE	4.70E-09	2.77E-09	1.59E-09	9.70E-10	4.96E-10	2.27E-10	1.21E-10	7.72E-11	5.53E-11	4.26E-11	3.43E-11	2.88E-11
E	1.82E-09	1.04E-09	6.12E-10	4.01E-10	2.26E-10	1.09E-10	5.67E-11	3.45E-11	2.35E-11	1.73E-11	1.36E-11	1.12E-11
ESE	1.59E-09	9.46E-10	5.53E-10	3.51E-10	1.93E-10	9.52E-11	5.30E-11	3.50E-11	2.57E-11	2.02E-11	1.66E-11	1.41E-11
SE	1.37E-09	8.01E-10	4.66E-10	2.96E-10	1.59E-10	7.52E-11	4.06E-11	2.62E-11	1.90E-11	1.49E-11	1.22E-11	1.04E-11
SSE	1.68E-09	9.14E-10	4.90E-10	2.96E-10	1.47E-10	6.25E-11	2.98E-11	1.73E-11	1.16E-11	8.57E-12	6.75E-12	5.61E-12
S	2.46E-08	1.44E-08	7.72E-09	4.18E-09	1.73E-09	6.07E-10	2.65E-10	1.53E-10	1.02E-10	7.38E-11	5.47E-11	4.37E-11
SSW	1.14E-08	7.14E-09	4.20E-09	2.42E-09	1.06E-09	3.85E-10	1.71E-10	1.00E-10	6.75E-11	4.94E-11	3.73E-11	3.02E-11
SW	2.78E-09	2.24E-09	1.71E-09	1.15E-09	5.78E-10	2.31E-10	1.04E-10	5.89E-11	3.79E-11	2.67E-11	1.97E-11	1.57E-11
WSW	2.13E-09	1.58E-09	1.12E-09	7.42E-10	3.81E-10	1.63E-10	7.91E-11	4.63E-11	3.08E-11	2.24E-11	1.72E-11	1.41E-11
W	2.27E-09	1.58E-09	1.03E-09	6.34E-10	3.06E-10	1.26E-10	6.01E-11	3.51E-11	2.36E-11	1.73E-11	1.35E-11	1.11E-11
WNW	2.73E-09	1.92E-09	1.25E-09	7.71E-10	3.71E-10	1.51E-10	7.07E-11	4.03E-11	2.63E-11	1.87E-11	1.41E-11	1.14E-11
NW	6.07E-09	3.88E-09	2.33E-09	1.37E-09	6.32E-10	2.53E-10	1.21E-10	7.24E-11	4.94E-11	3.67E-11	2.85E-11	2.34E-11
NNW	6.40E-09	4.06E-09	2.42E-09	1.43E-09	6.60E-10	2.61E-10	1.23E-10	7.30E-11	4.97E-11	3.67E-11	2.86E-11	2.36E-11

表 5.2-3（3/3） 放射性核素长期地面沉积因子（^{137}Cs）

单位：$1/m^2$

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	9.52E-10	6.11E-10	3.70E-10	2.29E-10	1.18E-10	5.68E-11	3.31E-11	2.31E-11	1.76E-11	1.41E-11	1.17E-11	1.01E-11
NNE	2.05E-09	1.29E-09	7.72E-10	4.77E-10	2.49E-10	1.21E-10	7.09E-11	5.00E-11	3.85E-11	3.12E-11	2.61E-11	2.25E-11
NE	1.74E-09	1.10E-09	6.57E-10	4.08E-10	2.14E-10	1.05E-10	6.18E-11	4.36E-11	3.36E-11	2.72E-11	2.28E-11	1.96E-11
ENE	3.12E-09	1.97E-09	1.17E-09	7.32E-10	3.89E-10	1.94E-10	1.16E-10	8.28E-11	6.42E-11	5.24E-11	4.43E-11	3.83E-11
E	1.17E-09	7.36E-10	4.40E-10	2.76E-10	1.48E-10	7.46E-11	4.48E-11	3.19E-11	2.48E-11	2.02E-11	1.70E-11	1.47E-11
ESE	1.60E-09	1.01E-09	6.03E-10	3.77E-10	2.01E-10	1.01E-10	6.05E-11	4.32E-11	3.35E-11	2.74E-11	2.32E-11	2.01E-11
SE	1.20E-09	7.53E-10	4.50E-10	2.81E-10	1.50E-10	7.54E-11	4.52E-11	3.23E-11	2.50E-11	2.04E-11	1.73E-11	1.49E-11
SSE	6.32E-10	3.92E-10	2.31E-10	1.44E-10	7.64E-11	3.81E-11	2.27E-11	1.61E-11	1.25E-11	1.01E-11	8.52E-12	7.35E-12
S	3.72E-09	2.30E-09	1.33E-09	7.96E-10	3.97E-10	1.84E-10	1.05E-10	7.32E-11	5.59E-11	4.51E-11	3.74E-11	3.21E-11
SSW	2.75E-09	1.75E-09	1.05E-09	6.45E-10	3.33E-10	1.59E-10	9.27E-11	6.51E-11	5.00E-11	4.05E-11	3.38E-11	2.92E-11
SW	1.30E-09	8.53E-10	5.36E-10	3.43E-10	1.83E-10	9.05E-11	5.34E-11	3.76E-11	2.90E-11	2.34E-11	1.96E-11	1.69E-11
WSW	1.27E-09	8.18E-10	5.02E-10	3.18E-10	1.70E-10	8.47E-11	5.05E-11	3.58E-11	2.77E-11	2.25E-11	1.89E-11	1.64E-11
W	9.84E-10	6.33E-10	3.86E-10	2.42E-10	1.28E-10	6.35E-11	3.77E-11	2.67E-11	2.06E-11	1.67E-11	1.40E-11	1.21E-11
WNW	9.40E-10	6.09E-10	3.73E-10	2.33E-10	1.23E-10	6.07E-11	3.59E-11	2.53E-11	1.95E-11	1.58E-11	1.32E-11	1.14E-11
NW	2.27E-09	1.44E-09	8.66E-10	5.36E-10	2.81E-10	1.38E-10	8.15E-11	5.77E-11	4.45E-11	3.62E-11	3.04E-11	2.62E-11
NNW	2.19E-09	1.39E-09	8.36E-10	5.19E-10	2.72E-10	1.33E-10	7.88E-11	5.57E-11	4.30E-11	3.49E-11	2.93E-11	2.53E-11

表 5.2-4　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	2.28E-01	2.71E-01	2.76E-01	2.78E-01
排水口 1~5km 海域	7.70E-02	1.11E-01	1.14E-01	1.16E-01
排水口 5~10km 海域	2.70E-02	5.60E-02	6.00E-02	6.20E-02
排水口 10~20km 海域	8.00E-03	3.00E-02	3.50E-02	3.80E-02
排水口 20~30km 海域	2.00E-03	1.10E-02	1.30E-02	1.40E-02

表 5.2-5　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
$_{1}H$	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}	1×10^{0}
$_{11}Na$	1×10^{-1}	1×10^{0}	7×10^{-2}	3×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^{0}
$_{24}Cr$	5×10^{4}	2×10^{2}	1×10^{2}	2×10^{3}	6×10^{3}	5×10^{3}	1×10^{3}
$_{25}Mn$	2×10^{6}	1×10^{3}	5×10^{3}	5×10^{4}	6×10^{3}	5×10^{4}	7×10^{3}
$_{26}Fe$	3×10^{8}	3×10^{4}	5×10^{5}	5×10^{5}	2×10^{4}	4×10^{5}	5×10^{5}
$_{27}Co$	3×10^{4}	7×10^{2}	7×10^{3}	2×10^{4}	6×10^{3}	2×10^{3}	7×10^{3}
$_{30}Zn$	7×10^{4}	1×10^{3}	3×10^{5}	8×10^{4}	2×10^{3}	1×10^{4}	1×10^{5}
$_{37}Rb$*	8×10^{0}	1×10^{2}	2×10^{1}	—	—	—	—
$_{38}Sr$	8×10^{0}	3×10^{0}	5×10^{0}	1×10^{1}	1×10^{1}	1×10^{0}	2×10^{0}
$_{39}Y$	9×10^{5}	2×10^{1}	1×10^{3}	1×10^{3}	1×10^{3}	1×10^{2}	1×10^{2}
$_{40}Zr$	2×10^{6}	2×10^{1}	2×10^{2}	5×10^{3}	3×10^{3}	6×10^{4}	2×10^{4}
$_{41}Nb$	8×10^{5}	3×10^{1}	2×10^{2}	1×10^{3}	3×10^{3}	1×10^{3}	2×10^{4}
$_{42}Mo$*	1×10^{2}	1×10^{1}	1×10^{2}	1×10^{1}	1×10^{1}	—	—
$_{43}Tc$	1×10^{2}	8×10^{1}	1×10^{3}	5×10^{2}	3×10^{4}	4×10^{0}	1×10^{2}
$_{44}Ru$	4×10^{4}	2×10^{0}	1×10^{2}	5×10^{2}	2×10^{3}	2×10^{5}	3×10^{4}
$_{45}Rh$*	4×10^{4}	1×10^{2}	1×10^{3}	—	—	—	—
$_{47}Ag$	1×10^{4}	1×10^{4}	2×10^{5}	6×10^{4}	5×10^{3}	5×10^{4}	2×10^{4}
$_{51}Sb$	2×10^{3}	6×10^{2}	3×10^{2}	3×10^{2}	2×10^{1}	1×10^{3}	8×10^{1}
$_{52}Te$	1×10^{3}	1×10^{3}	1×10^{3}	1×10^{3}	1×10^{4}	1×10^{3}	1×10^{3}
$_{53}I$	7×10^{1}	9×10^{0}	3×10^{0}	1×10^{1}	1×10^{4}	8×10^{2}	3×10^{3}
$_{55}Cs$	4×10^{3}	1×10^{2}	5×10^{1}	6×10^{1}	5×10^{1}	2×10^{1}	4×10^{1}
$_{56}Ba$	2×10^{3}	1×10^{1}	7×10^{-1}	1×10^{1}	7×10^{1}	8×10^{2}	8×10^{1}
$_{57}La$	3×10^{6}	3×10^{1}	1×10^{3}	1×10^{3}	5×10^{3}	—	—
$_{58}Ce$	3×10^{6}	5×10^{1}	1×10^{3}	2×10^{3}	5×10^{3}	9×10^{4}	6×10^{3}
$_{59}Pr$	5×10^{6}	2.5×10^{1}	—	1×10^{3}	—	—	—
$_{74}W$	3×10^{4}	9×10^{1}	1×10^{1}	6×10^{2}	6×10^{2}	9×10^{4}	1×10^{3}

表 5.2-6（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	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	
照射途径	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

表 5.2-6（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	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	
照射途径	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
^{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
^{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

表 5.2-7　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
防城港核电厂一、二号两台机组	浮游鱼类	4.59E-04	2.17E-06	4.61E-04
	底栖鱼类	4.05E-04	3.17E-04	7.22E-04
	软体类	1.22E-03	3.35E-04	1.55E-03
	甲壳类	8.06E-03	3.09E-04	8.37E-03
	海藻类	5.68E-03	2.51E-06	5.68E-03
	浮游植物	9.63E-06	7.47E-07	1.04E-05
	浮游动物	1.72E-03	2.88E-06	1.72E-03

表 5.2-8　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 5.2-9　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 5.2-10　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 • 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 5.2-11　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 5.2-12　海产品可食部份生物浓集因子 B_p 和悬浮物吸附分配因子 K_d

元素	K_d（L/kg）	海产品生物浓集因子 B_p（Bq/kg 海产品）/（Bq/L 海水）			
		海鱼类	甲壳类	软体类	海藻类
$_{24}$Cr	5×10^4	2×10^2	8×10^2	5×10^2	3×10^4
$_{25}$Mn	2×10^5	4×10^2	5×10^3	1×10^4	1×10^4
$_{26}$Fe	5×10^4	3×10^3	3×10^4	1×10^3	1×10^4
$_{27}$Co	2×10^5	1×10^3	5×10^3	1×10^3	1×10^3
$_{38}$Sr	1×10^3	2	2	10	10
$_{39}$Y	1×10^7	20	1×10^3	1×10^3	1×10^3
$_{40}$Zr	1×10^6	20	5×10^3	1×10^3	5×10^2
$_{41}$Nb	5×10^5	30	1×10^3	1×10^3	5×10^2
$_{42}$Mo	1×10^2	10	1×10^2	1×10^2	1×10^2
$_{43}$Tc	1×10^2	30	1×10^3	1×10^2	1×10^4
$_{44}$Ru	3×10^2	2	2×10^3	2×10^3	2×10^3
$_{47}$Ag	1×10^3	5×10^2	1×10^4	1×10^5	1×10^3
$_{51}$Sb	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^*	$1\times10^{3*}$	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 5.2-13（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/m3）
^{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 5.2-13（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 5.2-13（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 5.2-14　气态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.27E-06	7.62E-07	4.59E-07	2.22E-07	9.35E-08	5.01E-08	2.94E-08	2.35E-08	1.81E-08	1.46E-08	1.27E-08
NNE	—	—	1.26E-06	—	2.83E-07	1.61E-07	8.98E-08	5.03E-08	4.52E-08	3.48E-08	2.87E-08	2.45E-08
NE	—	—	—	—	2.66E-07	1.45E-07	7.95E-08	5.41E-08	4.03E-08	3.26E-08	2.61E-08	2.22E-08
ENE	—	—	—	—	—	2.16E-07	1.28E-07	9.27E-08	6.96E-08	5.85E-08	4.60E-08	3.96E-08
E	—	—	—	—	—	8.08E-08	5.22E-08	3.64E-08	2.79E-08	2.21E-08	1.49E-08	1.28E-08
ESE	—	—	—	—	—	9.03E-08	5.48E-08	—	—	2.81E-08	1.86E-08	2.04E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	1.79E-06	1.07E-06	5.37E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.18E-06	8.17E-07	6.18E-07	2.88E-07	1.27E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	6.97E-07	4.47E-07	2.18E-07	1.13E-07	6.79E-08	4.39E-08	3.18E-08	2.26E-08	1.94E-08	1.95E-08
W	—	9.14E-07	5.69E-07	3.54E-07	1.67E-07	8.17E-08	4.22E-08	3.18E-08	2.36E-08	1.75E-08	1.53E-08	1.38E-08
WNW	—	—	6.12E-07	3.73E-07	1.91E-07	8.05E-08	5.20E-08	3.28E-08	2.38E-08	1.88E-08	1.53E-08	1.33E-08
NW	—	2.14E-06	1.28E-06	7.80E-07	3.99E-07	1.70E-07	1.01E-07	6.67E-08	4.92E-08	3.97E-08	3.38E-08	2.66E-08
NNW	—	—	1.26E-06	—	2.90E-07	1.78E-07	9.48E-08	6.35E-08	4.74E-08	3.74E-08	3.17E-08	2.98E-08

表 5.2-15　液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	2.75E-07	2.75E-07	2.75E-07	1.55E-07	1.01E-07	8.04E-09	8.71E-09	3.74E-09	4.01E-09	4.03E-09	3.32E-09
NNE	—	—	2.75E-07	—	1.55E-07	1.01E-07	8.02E-09	1.11E-08	3.35E-09	3.71E-09	3.46E-09	4.22E-09
NE	—	—	—	—	1.55E-07	1.01E-07	1.16E-08	4.86E-09	5.28E-09	3.78E-09	3.62E-09	3.62E-09
ENE	—	—	—	—	—	1.01E-07	7.41E-09	4.16E-09	5.48E-09	4.23E-09	4.66E-09	4.54E-09
E	—	—	—	—	—	1.01E-07	7.41E-09	1.05E-08	1.05E-08	4.82E-09	2.35E-08	8.03E-09
ESE	—	—	—	—	—	1.01E-07	2.26E-08	—	—	2.98E-08	2.65E-08	8.33E-09
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	2.75E-07	2.75E-07	1.55E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	2.75E-07	2.75E-07	2.75E-07	1.55E-07	9.43E-08	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	2.74E-07	2.75E-07	1.49E-07	1.01E-07	8.04E-08	1.00E-08	1.33E-08	1.33E-08	1.16E-08	3.09E-09
W	—	2.75E-07	2.75E-07	2.75E-07	1.49E-07	9.49E-08	4.40E-08	7.22E-09	7.82E-09	1.24E-08	8.86E-09	5.53E-09
WNW	—	—	2.73E-07	2.75E-07	1.55E-07	8.08E-08	4.02E-08	5.63E-09	7.59E-09	6.89E-09	6.90E-09	8.61E-09
NW	—	2.75E-07	2.75E-07	2.75E-07	1.55E-07	4.66E-08	1.15E-08	6.89E-09	4.88E-09	5.54E-09	8.63E-09	1.34E-08
NNW	—	—	2.73E-07	—	1.55E-07	1.01E-07	1.01E-08	3.55E-09	3.62E-09	3.98E-09	3.98E-09	3.47E-09

表 5.2-16　气态和液态途径对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.54E-06	1.04E-06	7.34E-07	3.77E-07	1.94E-07	5.81E-08	3.81E-08	2.72E-08	2.21E-08	1.86E-08	1.60E-08
NNE	—	—	1.53E-06	—	4.38E-07	2.62E-07	9.79E-08	6.13E-08	4.85E-08	3.85E-08	3.22E-08	2.87E-08
NE	—	—	—	—	4.21E-07	2.45E-07	9.12E-08	5.90E-08	4.55E-08	3.64E-08	2.98E-08	2.58E-08
ENE	—	—	—	—	—	3.17E-07	1.36E-07	9.68E-08	7.50E-08	6.27E-08	5.07E-08	4.42E-08
E	—	—	—	—	—	1.81E-07	5.96E-08	4.69E-08	3.84E-08	2.69E-08	3.84E-08	2.09E-08
ESE	—	—	—	—	—	1.91E-07	7.74E-08	—	—	5.79E-08	4.50E-08	2.88E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	2.06E-06	1.34E-06	6.92E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.46E-06	1.09E-06	8.93E-07	4.43E-07	2.22E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	9.71E-07	7.22E-07	3.67E-07	2.14E-07	1.48E-07	5.40E-08	4.51E-08	3.59E-08	3.10E-08	2.26E-08
W	—	1.19E-06	8.43E-07	6.29E-07	3.16E-07	1.77E-07	8.62E-08	3.90E-08	3.14E-08	2.99E-08	2.42E-08	1.93E-08
WNW	—	—	8.85E-07	6.48E-07	3.46E-07	1.61E-07	9.22E-08	3.84E-08	3.14E-08	2.57E-08	2.22E-08	2.19E-08
NW	—	2.41E-06	1.56E-06	1.06E-06	5.54E-07	2.17E-07	1.12E-07	7.36E-08	5.41E-08	4.52E-08	4.24E-08	4.00E-08
NNW	—	—	1.53E-06	—	4.45E-07	2.79E-07	1.05E-07	6.71E-08	5.10E-08	4.14E-08	3.56E-08	3.32E-08

表 5.2-17　气态和液态途径对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.45E-06	1.02E-06	7.50E-07	3.86E-07	2.07E-07	5.25E-08	3.70E-08	2.43E-08	2.02E-08	1.72E-08	1.46E-08
NNE	—	—	1.39E-06	—	4.47E-07	2.58E-07	8.21E-08	5.83E-08	4.00E-08	3.23E-08	2.70E-08	2.47E-08
NE	—	—	—	—	4.28E-07	2.46E-07	7.96E-08	4.96E-08	3.90E-08	3.06E-08	2.53E-08	2.22E-08
ENE	—	—	—	—	—	2.92E-07	1.07E-07	7.45E-08	5.93E-08	4.88E-08	4.07E-08	3.57E-08
E	—	—	—	—	—	1.93E-07	5.04E-08	3.89E-08	3.24E-08	2.33E-08	4.35E-08	2.12E-08
ESE	—	—	—	—	—	2.00E-07	6.76E-08	—	—	6.08E-08	5.01E-08	2.62E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	1.86E-06	1.25E-06	6.42E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.31E-06	1.02E-06	8.35E-07	4.35E-07	2.25E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	9.00E-07	7.06E-07	3.67E-07	2.16E-07	1.56E-07	4.42E-08	3.97E-08	3.58E-08	3.07E-08	1.88E-08
W	—	1.08E-06	8.08E-07	6.36E-07	3.27E-07	1.86E-07	9.30E-08	3.45E-08	2.88E-08	3.03E-08	2.36E-08	1.78E-08
WNW	—	—	8.53E-07	6.60E-07	3.55E-07	1.68E-07	9.54E-08	3.33E-08	2.88E-08	2.39E-08	2.12E-08	2.17E-08
NW	—	2.08E-06	1.38E-06	9.79E-07	5.15E-07	1.91E-07	9.37E-08	6.11E-08	4.47E-08	3.79E-08	3.72E-08	3.87E-08
NNW	—	—	1.37E-06	—	4.52E-07	2.68E-07	8.81E-08	5.45E-08	4.19E-08	3.45E-08	2.96E-08	2.75E-08

表 5.2-18　气态和液态途径对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.42E-06	1.02E-06	7.83E-07	4.05E-07	2.21E-07	4.97E-08	3.73E-08	2.28E-08	1.93E-08	1.67E-08	1.41E-08
NNE	—	—	1.33E-06	—	4.66E-07	2.63E-07	7.37E-08	5.83E-08	3.53E-08	2.90E-08	2.43E-08	2.28E-08
NE	—	—	—	—	4.46E-07	2.54E-07	7.42E-08	4.46E-08	3.58E-08	2.76E-08	2.31E-08	2.04E-08
ENE	—	—	—	—	—	2.86E-07	9.15E-08	6.28E-08	5.13E-08	4.17E-08	3.57E-08	3.16E-08
E	—	—	—	—	—	2.07E-07	4.62E-08	3.33E-08	2.78E-08	2.19E-08	4.95E-08	2.23E-08
ESE	—	—	—	—	—	2.13E-07	5.95E-08	—	—	6.64E-08	5.66E-08	2.60E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	1.75E-06	1.21E-06	6.26E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.25E-06	1.01E-06	8.31E-07	4.45E-07	2.34E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	8.87E-07	7.26E-07	3.80E-07	2.25E-07	1.66E-07	3.75E-08	3.59E-08	3.74E-08	3.20E-08	1.70E-08
W	—	1.05E-06	8.16E-07	6.68E-07	3.47E-07	1.98E-07	1.03E-07	3.29E-08	2.83E-08	3.21E-08	2.44E-08	1.76E-08
WNW	—	—	8.59E-07	6.94E-07	3.73E-07	1.76E-07	1.03E-07	3.11E-08	2.83E-08	2.38E-08	2.14E-08	2.28E-08
NW	—	1.91E-06	1.31E-06	9.63E-07	5.07E-07	1.77E-07	8.47E-08	5.50E-08	3.98E-08	3.45E-08	3.55E-08	3.99E-08
NNW	—	—	1.30E-06	—	4.70E-07	2.70E-07	7.98E-08	4.76E-08	3.69E-08	3.09E-08	2.66E-08	2.48E-08

表 5.2-19 “三关键”筛选比较

单位：Sv/a

照射途径 \ 筛选居民组 剂量结果		N 方位 1~2km		SW 方位 1~2km		W 方位 1~2km		NW 方位 1~2km	
		滩涂养殖渔民	海水捕捞渔民	滩涂养殖渔民	海水捕捞渔民	滩涂养殖渔民	海水捕捞渔民	滩涂养殖渔民	海水捕捞渔民
气态途径	空气浸没外照射	1.91E-08		1.03E-08		7.07E-09		1.97E-08	
	地面沉积外照射	1.25E-08		1.73E-08		1.28E-08		2.92E-08	
	空气吸入内照射	1.65E-08		8.89E-09		6.19E-09		1.69E-08	
	陆生食品食入内照射	6.17E-08		5.09E-08		4.07E-08		9.68E-08	
	合　　计	1.10E-07		8.74E-08		6.68E-08		1.63E-07	
液态途径	岸边沉积外照射	9.03E-08	4.51E-08	9.03E-08	4.51E-08	9.03E-08	4.51E-08	9.03E-08	4.51E-08
	水上活动外照射	9.86E-11	1.30E-10	9.86E-11	1.30E-10	9.86E-11	1.30E-10	9.86E-11	1.30E-10
	海产品食入内照射	3.35E-07		3.35E-07		3.35E-07		3.35E-07	
	合　　计	4.25E-07	3.80E-07	4.25E-07	3.80E-07	4.25E-07	3.80E-07	4.25E-07	3.80E-07
合　　计		5.35E-07	4.90E-07	5.12E-07	4.67E-07	4.92E-07	4.47E-07	5.88E-07	5.43E-07

表5.2-20（1/3）　防城港核电厂一、二号机组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）

（NW方位，1 ~2 km，红沙村滩涂养殖渔民）

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	—	—	—	—	1.08E-08	1.83	2.70E-09	0.46	—	—	—	—	6.27E-09	1.07	1.97E-08	3.36
2	^{14}C	—	—	—	—	6.13E-09	1.04	3.26E-08	5.54	3.50E-13	0.00	1.27E-19	0.00	5.43E-08	9.24	9.30E-08	15.83
3	^{85}Kr	1.13E-11	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.13E-11	0.00
4	^{85m}Kr	2.89E-10	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.89E-10	0.05
5	^{87}Kr	1.76E-09	0.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.76E-09	0.30
6	^{88}Kr	8.87E-09	1.51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.87E-09	1.51
7	^{133}Xe	1.88E-09	0.32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.88E-09	0.32
8	^{133m}Xe	4.56E-11	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.56E-11	0.01
9	^{135}Xe	4.20E-09	0.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.20E-09	0.71
10	^{138}Xe	2.67E-09	0.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.67E-09	0.46
11	^{51}Cr	—	—	—	—	—	—	—	—	7.16E-12	0.00	4.48E-14	0.00	3.55E-12	0.00	1.08E-11	0.00
12	^{54}Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	6.36E-10	0.11	1.79E-13	0.00	1.13E-10	0.02	7.49E-10	0.13
13	^{59}Fe	—	—	—	—	—	—	—	—	9.28E-12	0.00	3.85E-14	0.00	7.79E-11	0.01	8.72E-11	0.01
14	^{58}Co	2.41E-13	0.00	3.62E-10	0.06	2.89E-12	0.00	1.71E-10	0.03	3.65E-09	0.62	4.57E-12	0.00	1.17E-09	0.20	5.36E-09	0.91
15	^{60}Co	4.30E-13	0.00	1.64E-08	2.79	1.20E-11	0.00	3.85E-09	0.66	8.04E-08	13.68	3.93E-12	0.00	1.39E-08	2.37	1.15E-07	19.50
16	^{89}Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	8.64E-14	0.00	2.01E-16	0.00	2.20E-13	0.00	3.06E-13	0.00
17	^{90}Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	1.14E-14	0.00	7.77E-21	0.00	3.99E-14	0.00	5.13E-14	0.00
18	^{91}Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	1.95E-19	0.00	2.98E-18	0.00	2.84E-19	0.00	3.46E-18	0.00
19	^{92}Sr	—	—	—	—	—	—	—	—	3.53E-29	0.00	2.02E-27	0.00	8.01E-31	0.00	2.06E-27	0.00
20	^{90}Y	—	—	—	—	—	—	—	—	4.41E-17	0.00	2.97E-20	0.00	9.45E-16	0.00	9.90E-16	0.00

表5.2-20（2/3）　防城港核电厂一、二号机组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）

（NW方位，1 ~2 km，红沙村滩涂养殖渔民）

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	—	—	—	—	—	—	—	—	3.68E-11	0.01	2.47E-15	0.00	6.06E-11	0.01	9.74E-11	0.02
22	^{95}Zr	—	—	—	—	—	—	—	—	1.90E-11	0.00	9.33E-15	0.00	2.02E-12	0.00	2.10E-11	0.00
23	^{95}Nb	—	—	—	—	—	—	—	—	2.60E-12	0.00	5.16E-15	0.00	2.07E-13	0.00	2.81E-12	0.00
24	^{99}Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	1.87E-12	0.00	6.00E-14	0.00	1.24E-12	0.00	3.16E-12	0.00
25	^{99m}Tc	—	—	—	—	—	—	—	—	1.85E-17	0.00	4.27E-15	0.00	1.72E-15	0.00	6.01E-15	0.00
26	^{103}Ru	—	—	—	—	—	—	—	—	1.88E-14	0.00	8.95E-15	0.00	1.37E-12	0.00	1.40E-12	0.00
27	^{106}Ru	—	—	—	—	—	—	—	—	1.10E-14	0.00	6.01E-16	0.00	2.27E-12	0.00	2.28E-12	0.00
28	^{110m}Ag	—	—	—	—	—	—	—	—	2.72E-09	0.46	6.58E-11	0.01	2.49E-07	42.33	2.52E-07	42.81
29	^{122}Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	3.91E-13	0.00	8.47E-13	0.00	2.05E-10	0.03	2.06E-10	0.04
30	^{124}Sb	—	—	—	—	—	—	—	—	5.90E-13	0.00	6.02E-14	0.00	6.50E-12	0.00	7.15E-12	0.00
31	^{131}Te	—	—	—	—	—	—	—	—	7.06E-22	0.00	2.41E-19	0.00	9.96E-35	0.00	2.42E-19	0.00
32	^{131m}Te	—	—	—	—	—	—	—	—	9.68E-17	0.00	4.17E-16	0.00	1.27E-13	0.00	1.27E-13	0.00
33	^{132}Te	—	—	—	—	—	—	—	—	3.97E-14	0.00	6.09E-15	0.00	3.47E-11	0.01	3.48E-11	0.01
34	^{134}Te	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	^{131}I	2.83E-13	0.00	1.57E-10	0.03	1.31E-11	0.00	2.88E-09	0.49	3.84E-13	0.00	1.36E-11	0.00	2.92E-09	0.50	5.98E-09	1.02
36	^{132}I	3.10E-13	0.00	2.03E-12	0.00	1.06E-13	0.00	9.80E-17	0.00	2.27E-31	0.00	6.85E-28	0.00	2.52E-31	0.00	2.44E-12	0.00
37	^{133}I	1.93E-13	0.00	1.20E-11	0.00	1.26E-12	0.00	1.81E-11	0.00	2.93E-16	0.00	9.28E-14	0.00	1.19E-12	0.00	3.28E-11	0.01
38	^{134}I	1.97E-13	0.00	4.93E-13	0.00	2.85E-14	0.00	6.15E-23	0.00	—	—	—	—	—	—	7.18E-13	0.00
39	^{135}I	2.38E-13	0.00	4.10E-12	0.00	2.47E-13	0.00	1.04E-13	0.00	1.64E-20	0.00	1.85E-17	0.00	3.37E-18	0.00	4.69E-12	0.00
40	^{134}Cs	3.87E-13	0.00	5.46E-09	0.93	1.64E-11	0.00	2.41E-08	4.09	1.93E-09	0.33	5.07E-12	0.00	3.88E-09	0.66	3.54E-08	6.02

表5.2-20（3/3）　防城港核电厂一、二号机组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）

（NW方位，1 ~2 km，红沙村滩涂养殖渔民）

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	—	—	—	—	—	—	—	—	2.67E-11	0.00	4.13E-12	0.00	9.60E-11	0.02	1.27E-10	0.02
42	^{137}Cs	9.35E-14	0.00	6.80E-09	1.16	1.17E-11	0.00	3.06E-08	5.20	8.44E-10	0.14	3.77E-17	0.00	2.72E-09	0.46	4.09E-08	6.97
43	^{138}Cs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	^{140}Ba	—	—	—	—	—	—	—	—	5.80E-13	0.00	5.41E-14	0.00	2.82E-12	0.00	3.45E-12	0.00
45	^{140}La	—	—	—	—	—	—	—	—	1.87E-12	0.00	7.47E-14	0.00	2.23E-12	0.00	4.17E-12	0.00
46	^{141}Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	7.77E-13	0.00	1.37E-15	0.00	2.02E-12	0.00	2.79E-12	0.00
47	^{143}Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	1.23E-14	0.00	5.18E-16	0.00	1.97E-13	0.00	2.09E-13	0.00
48	^{144}Ce	—	—	—	—	—	—	—	—	3.03E-12	0.00	6.47E-17	0.00	4.80E-12	0.00	7.83E-12	0.00
49	^{143}Pr	—	—	—	—	—	—	—	—	3.67E-14	0.00	8.86E-17	0.00	1.41E-11	0.00	1.42E-11	0.00
50	^{144}Pr	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
合计		1.97E-08	3.36	2.92E-08	4.97	1.69E-08	2.88	9.68E-08	16.48	9.03E-08	15.36	9.86E-11	0.02	3.35E-07	56.93	5.88E-07	100
		1.63E-07Sv/a，占总有效剂量的 27.69%								4.25E-07Sv/a，占总有效剂量的 72.31%							

百分数指占总剂量的百分比

表 5.2-21　防城港核电厂一、二号机组运行状态下“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）
NW	1~2	红沙村滩涂养殖渔民	5.88×10^{-7}

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	3.35×10^{-7}	56.93
重要照射途径	食入陆生食品内照射	9.68×10^{-8}	16.48
	岸边沉积外照射	9.03×10^{-8}	15.36

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	^{110m}Ag	2.52×10^{-7}	42.81	食入海产品内照射：42.33
重要核素	^{60}Co	1.15×10^{-7}	19.50	岸边沉积外照射：13.68 地面沉积外照射：2.79 食入海产品内照射：2.371
	^{14}C	9.30×10^{-8}	15.83	食入海产品内照射：9.24 食入陆生食品内照射：5.54

表 5.2-22　排放量申请值分析比较

核　素		单台机组排放量（Bq/a）			比值	
		申请值 A	设计值 B	GB6249-2011 控制值 C	A/B	A/C
气载放射性流出物	氚	4.85×10^{12}	4.85×10^{12}	1.5×10^{13}	1.00	0.32
	C-14	3.70×10^{11}	3.70×10^{11}	7.0×10^{11}	1.00	0.53
	惰性气体	2.75×10^{14}	3.05×10^{14}	6.0×10^{14}	0.90	0.46
	碘	2.96×10^{9}	3.29×10^{9}	2.0×10^{10}	0.90	0.15
	粒子($T_{1/2}\geq8d$)	1.53×10^{9}	1.70×10^{9}	5.0×10^{10}	0.90	0.03
液态放射性流出物	氚	4.37×10^{13}	4.37×10^{13}	7.5×10^{13}	1.00	0.58
	C-14	5.00×10^{10}	5.00×10^{10}	1.5×10^{11}	1.00	0.33
	其余核素	2.95×10^{10}	3.28×10^{10}	5.0×10^{10}	0.90	0.59

表 5.2-23　放射性申请值排放对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量（单位：Sv/a）

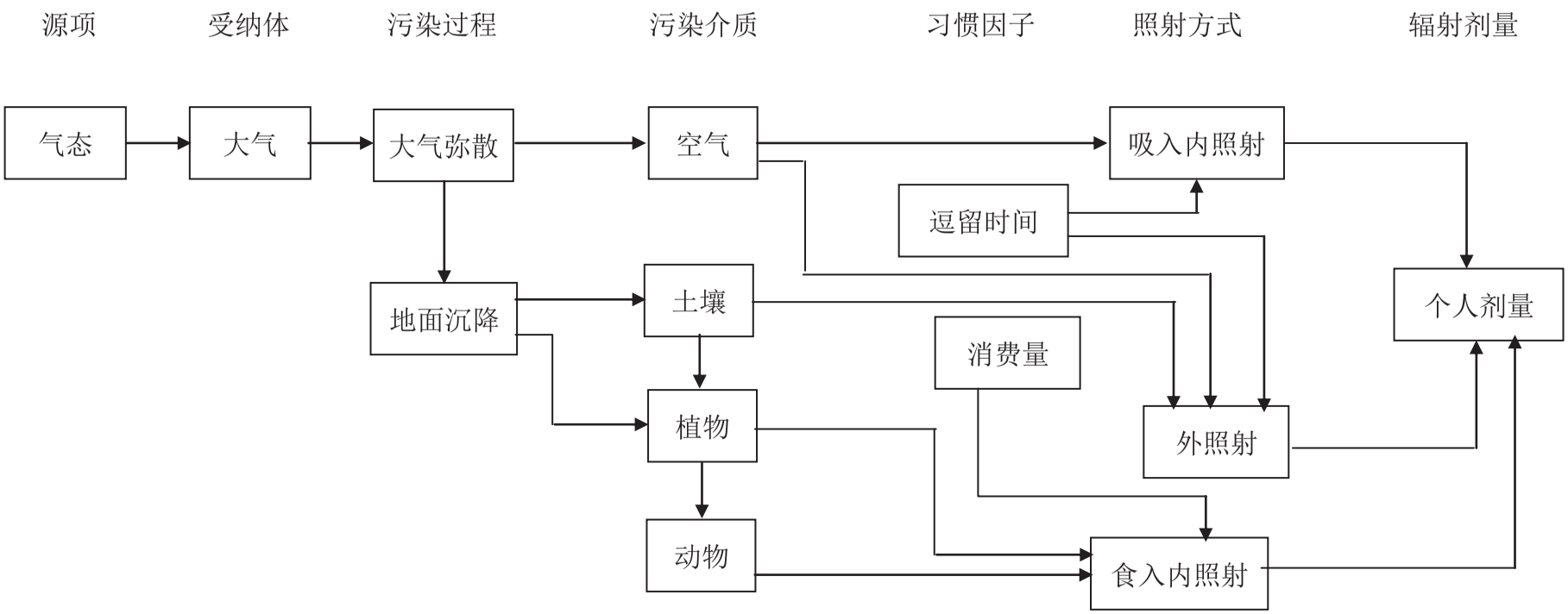
距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.75E-06	1.30E-06	1.03E-06	5.50E-07	3.14E-07	5.50E-08	3.74E-08	2.59E-08	2.14E-08	1.83E-08	1.57E-08
NNE	—	—	1.74E-06	—	6.04E-07	3.75E-07	9.07E-08	5.92E-08	4.49E-08	3.61E-08	3.03E-08	2.75E-08
NE	—	—	—	—	5.89E-07	3.60E-07	8.61E-08	5.47E-08	4.29E-08	3.41E-08	2.82E-08	2.47E-08
ENE	—	—	—	—	—	4.25E-07	1.25E-07	8.87E-08	6.96E-08	5.80E-08	4.74E-08	4.15E-08
E	—	—	—	—	—	3.03E-07	5.64E-08	8.87E-08	8.12E-08	2.61E-08	4.34E-08	2.18E-08
ESE	—	—	—	—	—	3.12E-07	1.80E-07	—	—	6.34E-08	5.05E-08	2.90E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	2.21E-06	1.58E-06	8.32E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.68E-06	1.35E-06	1.18E-06	6.11E-07	3.37E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	1.25E-06	1.03E-06	5.41E-07	3.32E-07	2.66E-07	9.49E-08	8.82E-08	3.73E-08	3.22E-08	2.15E-08
W	—	1.44E-06	1.13E-06	9.42E-07	4.95E-07	2.97E-07	9.42E-08	3.78E-08	3.12E-08	3.16E-08	2.51E-08	1.95E-08
WNW	—	—	1.17E-06	9.58E-07	5.24E-07	2.78E-07	9.82E-08	3.66E-08	3.11E-08	2.57E-08	2.27E-08	2.30E-08
NW	—	2.53E-06	1.77E-06	1.32E-06	7.10E-07	3.14E-07	1.05E-07	6.87E-08	5.05E-08	4.28E-08	4.15E-08	4.11E-08
NNW	—	—	1.75E-06	—	6.11E-07	3.91E-07	9.79E-08	6.16E-08	4.73E-08	3.88E-08	3.36E-08	3.13E-08

表 5.2-24　放射性申请值排放对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量（单位：Sv/a）

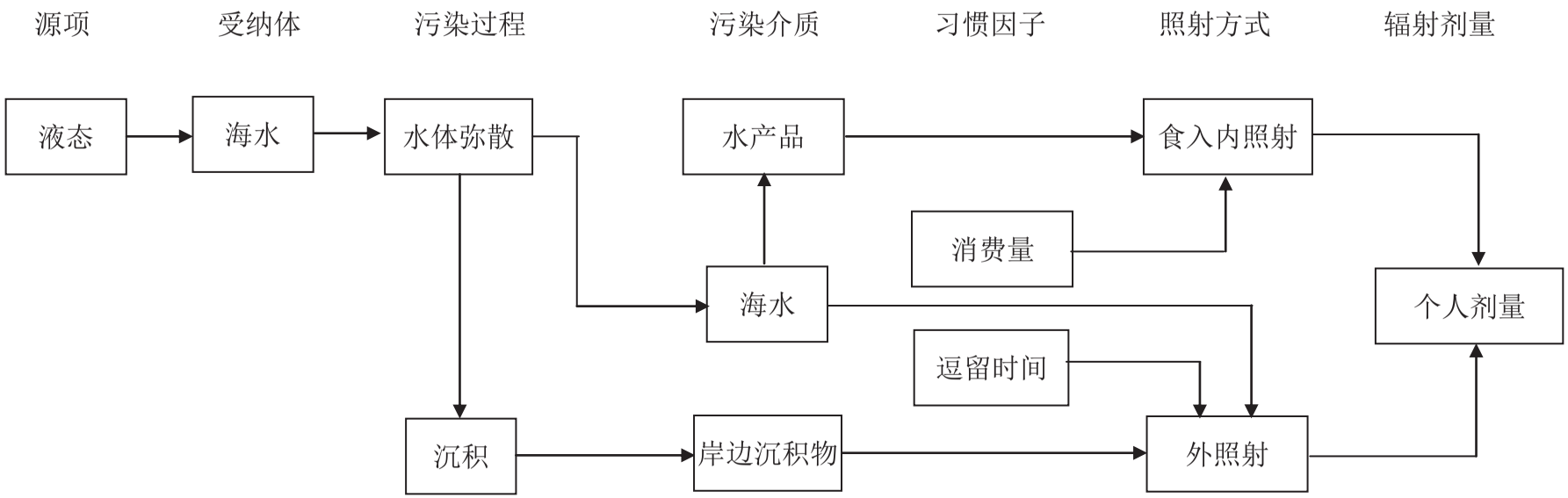
距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.71E-06	1.32E-06	1.09E-06	5.80E-07	3.39E-07	5.37E-08	4.04E-08	2.50E-08	2.15E-08	1.89E-08	1.60E-08
NNE	—	—	1.66E-06	—	6.34E-07	3.85E-07	8.03E-08	6.15E-08	3.88E-08	3.22E-08	2.72E-08	2.57E-08
NE	—	—	—	—	6.17E-07	3.75E-07	8.10E-08	4.85E-08	3.94E-08	3.07E-08	2.58E-08	2.30E-08
ENE	—	—	—	—	—	4.17E-07	1.02E-07	7.05E-08	5.80E-08	4.75E-08	4.05E-08	3.60E-08
E	—	—	—	—	—	3.27E-07	5.15E-08	7.29E-08	6.70E-08	2.50E-08	5.87E-08	2.57E-08
ESE	—	—	—	—	—	3.34E-07	1.50E-07	—	—	7.94E-08	6.71E-08	3.06E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	2.07E-06	1.53E-06	8.08E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.59E-06	1.33E-06	1.16E-06	6.25E-07	3.51E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	1.22E-06	1.05E-06	5.59E-07	3.48E-07	2.78E-07	7.73E-08	7.60E-08	4.32E-08	3.72E-08	1.95E-08
W	—	1.38E-06	1.14E-06	9.86E-07	5.23E-07	3.16E-07	1.20E-07	3.71E-08	3.24E-08	3.76E-08	2.86E-08	2.07E-08
WNW	—	—	1.18E-06	1.01E-06	5.53E-07	2.88E-07	1.19E-07	3.47E-08	3.23E-08	2.73E-08	2.48E-08	2.68E-08
NW	—	2.27E-06	1.65E-06	1.29E-06	6.96E-07	2.81E-07	9.37E-08	6.07E-08	4.42E-08	3.88E-08	4.07E-08	4.60E-08
NNW	—	—	1.64E-06	—	6.38E-07	3.95E-07	8.75E-08	5.19E-08	4.07E-08	3.43E-08	3.00E-08	2.77E-08

表 5.2-25　放射性申请值排放对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量（单位：Sv/a）

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
N	—	1.63E-06	1.28E-06	1.07E-06	5.69E-07	3.34E-07	5.44E-08	4.41E-08	2.51E-08	2.23E-08	2.00E-08	1.68E-08
NNE	—	—	1.55E-06	—	6.24E-07	3.71E-07	7.59E-08	6.59E-08	3.59E-08	3.06E-08	2.62E-08	2.57E-08
NE	—	—	—	—	6.06E-07	3.63E-07	8.08E-08	4.59E-08	3.86E-08	2.95E-08	2.52E-08	2.29E-08
ENE	—	—	—	—	—	3.93E-07	9.14E-08	6.17E-08	5.30E-08	4.27E-08	3.79E-08	3.40E-08
E	—	—	—	—	—	3.22E-07	5.07E-08	4.77E-08	4.28E-08	2.56E-08	7.35E-08	2.99E-08
ESE	—	—	—	—	—	3.28E-07	9.32E-08	—	—	9.63E-08	8.35E-08	3.37E-08
SE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	1.93E-06	1.45E-06	7.68E-07	—	—	—	—	—	—	—
SW	—	1.48E-06	1.27E-06	1.11E-06	6.06E-07	3.39E-07	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	1.16E-06	1.02E-06	5.42E-07	3.39E-07	2.61E-07	5.09E-08	5.36E-08	5.00E-08	4.30E-08	1.91E-08
W	—	1.30E-06	1.10E-06	9.67E-07	5.12E-07	3.07E-07	1.48E-07	3.86E-08	3.51E-08	4.42E-08	3.29E-08	2.27E-08
WNW	—	—	1.13E-06	9.90E-07	5.43E-07	2.70E-07	1.42E-07	3.49E-08	3.48E-08	2.99E-08	2.78E-08	3.11E-08
NW	—	2.06E-06	1.54E-06	1.23E-06	6.63E-07	2.28E-07	9.03E-08	5.79E-08	4.18E-08	3.78E-08	4.26E-08	5.25E-08
NNW	—	—	1.53E-06	—	6.27E-07	3.78E-07	8.41E-08	4.70E-08	3.76E-08	3.26E-08	2.89E-08	2.66E-08



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
气态照射途径		
图 5.2-1	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
液态照射途径		
图 5.2-2	版次：	A

5.3 正常运行的其他影响

5.3.1 余氯排放的影响

5.3.2 非放射性化学物质排放的影响

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 食堂油烟排放的影响

5.3.6 噪声影响

5.3.7 电磁影响

5.3.8 参考资料

图

图 5.3-1 余氯排放的相对浓度包络线
图 5.3-2 噪声等声级曲线图（略）

5.3 正常运行的其他影响

防城港核电厂一期工程一、二号机组正常运行时，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 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降低，通常在循环冷却系统取水中加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

按照设计资料，防城港核电厂正常运行条件下使用的活性氯通过电解海水产生，电解过程以海水为原料，在全封闭槽内进行，没有滴漏和气体的泄出。副产物为氢气，通过大排量风机稀释后释放进入大气中。电厂运行时在线监测冷却海水的活性氯浓度，根据结果控制活性氯加入量。活性氯初始浓度控制在1.0mg/L左右，既可保证杀藻的有效性，也使排放水中余氯浓度不致过高。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯直接作用于水生生物，还包括氯可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（HClO 和 ClO^-），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（NH_2Cl 和 $NHCl_2$）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体的化学性质、pH 值、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现，0.2mg/L的氯可以直接杀死水中60~80%的藻类；0.1mg/L的氯会使浮游植物光合作用下降50%；当余氯被稀释到0.03mg/L以下时，水中初级生产力可完全恢复；25℃时余氯对咸水中浮游动物的96h半致死浓度（LC_{50}）为0.062~0.267mg/L；鱼类受余氯影响也较大，余氯对平鲷等几种海水鱼类48h的LC_{50}为0.18~0.19mg/L；白鲢、银蛙等10种鱼类对氯的回避相应浓度范围为0.04~0.41mg/L。有研究提出由48h的半致死浓度乘以安全因子0.5可确定余氯的安

全浓度。目前国内尚没有对水体中余氯浓度的标准限值。国外研究人员通过对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的120多种水生生物的余氯毒性研究，证明当余氯浓度低于20μg/L时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。

核电厂正常运行过程中，通常在循环冷却水中连续加入次氯化钠达到1mg/L的浓度以实现加氯处理效能，根据国内其他核电厂正常运行的经验，估计防城港核电厂排水口处水中余氯浓度不高于0.15mg/L。

根据中国水利水电科学研究院的《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（A版）》，防城港核电厂一期工程两台机组运行时排放的余氯在附近海域中浓度全潮最大包络线见图5.3-1。其中15μg/L的浓度等值线最大包络面积为0.05km^2，7.5μg/L的浓度等值线全潮最大包络面积为0.32km^2，因此可以认为防城港核电厂一、二号机组正常运行时的余氯排放对周围海域中海洋生物可能有明显毒性影响的范围小于0.05km^2，这表明核电厂排放的余氯对海洋生物的影响局限于很小的范围内。考虑到光照引起的余氯衰减以及核电厂附近海域较高的pH值均会降低余氯毒性，实际情况下防城港核电厂排放到水中的余氯对附近海域水生生物影响将会更小。

5.3.2 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，电厂有关回路系统和循环冷却水系统用水需进行化学处理，即在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂和化学添加剂（如硼酸、氢氧化锂、次氯酸钠、盐酸、氢氧化钠、联氨和液氨等），以保证水质要求。这些化学物质中，硼酸和氢氧化锂作用于主回路系统用水，联氨和氨作用于二回路系统用水，其他物质作用于循环冷却水系统用水。主回路设有硼回收系统，对排出的硼酸大部分回收复用，其余部分则随浓缩液进入固体废物，仅少量部分随废液进入循环冷却水系统排放。保守假设所使用硼酸全部直接进入循环冷却水系统，则排水渠内硼元素增量约0.04mg/L，约为电厂附近海水中硼含量本底（约4mg/L）的1%，对海水水质影响很小。在正常运行工况下，联胺完全分解为氮气及氢气排出，氨循环使用，排放量极小，对环境影响甚微。因此，本报告主要预测循环冷却水系统所用化学物质排放对海水水质的影响。化学物质随温排水排放到海洋，受到温排水的稀释，温排水排放量为123m^3/s。循环冷却水的化学处理过程是连续的，因此排放也是连续均匀的。

部分化学物质在水中混合后可以发生氧化还原和中和反应生成无毒无害的无机盐

类，化学物质导致的氯化钠增量为541.68μg/L，与海水本身氯化钠含量相比增量较小，对海水水质影响不大。磷酸盐（以P计）的排放浓度增量约为0.64μg/L，为一类海水水质标准15μg/L的4.27%，对水质影响很小。

总体而言，非放射性化学物质由于使用量较小，循环冷却水排放量大，经混合反应稀释后不会对海水产生明显的影响。

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合而堵死失效，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 生活污水排放对海洋环境的影响

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。一期工程编制约 700 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 84m^3/d。厂区的污水处理站（ED1、ED2）设计进水水量规模均为480m^3/d，具备一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。污水

处理厂运行产生的废气排放将按照 GB18918-2002 的二级标准执行，运行产生的污泥将进行脱水处理，满足 GB18918-2002 的污泥含水率要求后，委托有资质单位外运处置。

因此，防城港核电厂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运营期间净水厂的生活污水约为 1.8m^3/d，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

防城港核电厂一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工业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，预计防城港核电厂一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 食堂油烟对环境的影响

防城港一期工程一、二号机组运行后，每天预计就餐 2100 人·餐左右，根据类比调查，人均食用油消耗量以 3.5kg/100 人·餐计，则本项目餐厅食用油消耗量为 73.5kg/d，即 26827.5kg/a，炒菜时油烟挥发一般为用油量的 1%～3%，本环评保守取 3%，则油烟产生量为 804.8kg/a。

根据本项目餐饮规模，应属大型饮食业单位，按照《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）规定，厨房油烟最高允许排放浓度为 2.0mg/m^3，油烟净化设施去除率不得低于 85%。经预测，在风机排风量>6889m^3/h 的前提下，油烟排放浓度可达到 GB18483-2001 的排放标准。

此外，《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）规定排气筒出口段的长度至少应有 4.5 倍直径（或当量直径）的平直管段，经处理后的油烟废气必须经专用烟道送至屋顶（排放口应高出屋面 1m 以上）高空排放，不得侧向排放。

5.3.6 噪声影响

5.3.6.1 设备运行产生的噪声

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。

核岛厂房群包括反应堆厂房、核辅助厂房、燃料厂房、电气厂房、连接厂房、柴油发电机厂房和应急给水箱厂房，其噪声主要来自五个方面：

1) 大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；

2) 柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；

3) 为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机组不停运转；

4) 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；

5) 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、开式变压器、逆变器等。

汽轮发电机厂房的噪声主要来自以下四个方面：

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。

根据设计资料，每台泵、风机、设备的噪声源强为 85~110dB（A）。考虑到设备均密闭于厂房内，高噪声设备均经过减震、隔噪等工程措施处理，因此保守假设厂房外的源强为 80~90dB（A）。由于各厂房离厂界距离相对较远，且部分厂房相连，因此对厂区声源进行了适当简化。依《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009），仅考虑几何衰减情况下，对核电厂正常运行期间的噪声环境影响进行了预测，等声级曲线图见图 5.3-2。

按照 HJ2.4-2009 的噪声评价要求，厂界处评价工业企业噪声排放的贡献值。根据厂区总平面等声级曲线图，最近东侧厂界处的噪声贡献值约为 37dB（A），满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类排放限值要求（昼间 65 dB（A），夜间 55 dB（A）），其余厂界也均可满足 GB12348-2008 的标准要求。一期工程两台机组运行期间对生活区处的噪声贡献值约为 24dB（A），对生活区声环境质量影响较小。

5.3.6.2 通行车辆产生的噪声

防城港核电厂的应急道路是在原有公路上的扩建工程，扩建后车流量变化不大，敏感点仍为原有道路两侧的栏冲村、山口小学、松柏林组和光坡镇星光派出。预计一、二号机组运行后，栏冲村、山口小学、松柏林组和光坡镇星光派出所的声环境质量与表 2.7-6 中的声环境质量现状监测结果没有明显变化。在声环境敏感点附近，通过设置限速和禁止鸣笛的道路标志，可以减小噪声的影响。

5.3.7 电磁影响

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，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均可满足 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。

5.3.8 参考资料

[1] USEPA，National Recommended Water Quality Criteria 2006；

[2] Brooks A J，Baker A L，Chlorination at power plant: Impact on phytoplankton productivity，Science，1972：1414-1415；

[3] 黄洪辉等，电厂温排水中的余氯对邻近水域生态环境的影响，南海研究与开发，1998（2）：46-58；

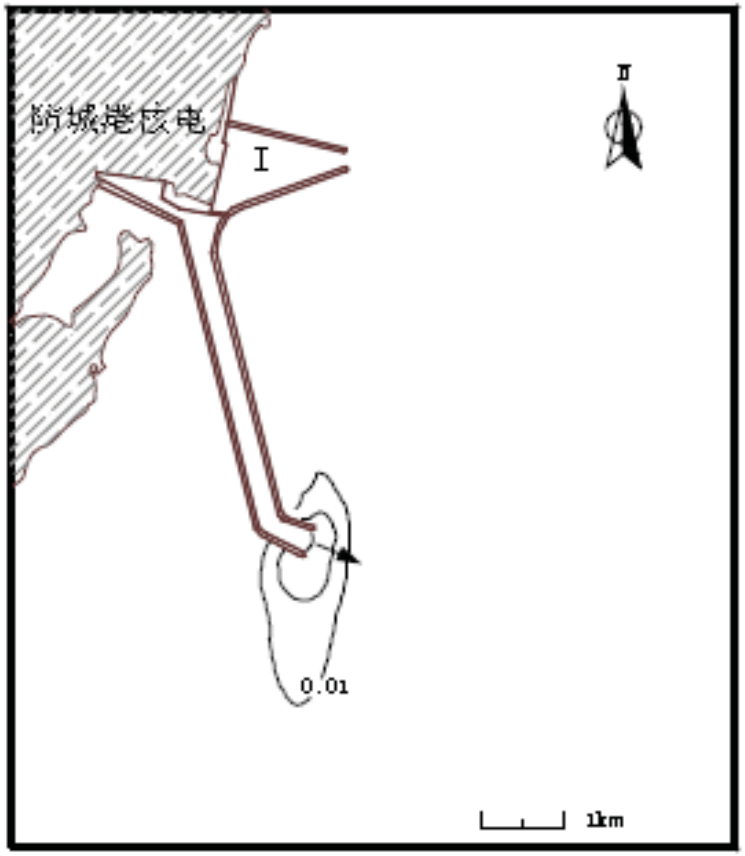
[4] 刘兰芬等，电厂温排水中余氯衰减规律及其影响因素的实验研究，水利学报，2004（5）：1-6；

[5] 张穗等，大亚湾核电站余氯排放对邻近海域环境的影响，海洋环境科学，2000（2）：14-18；

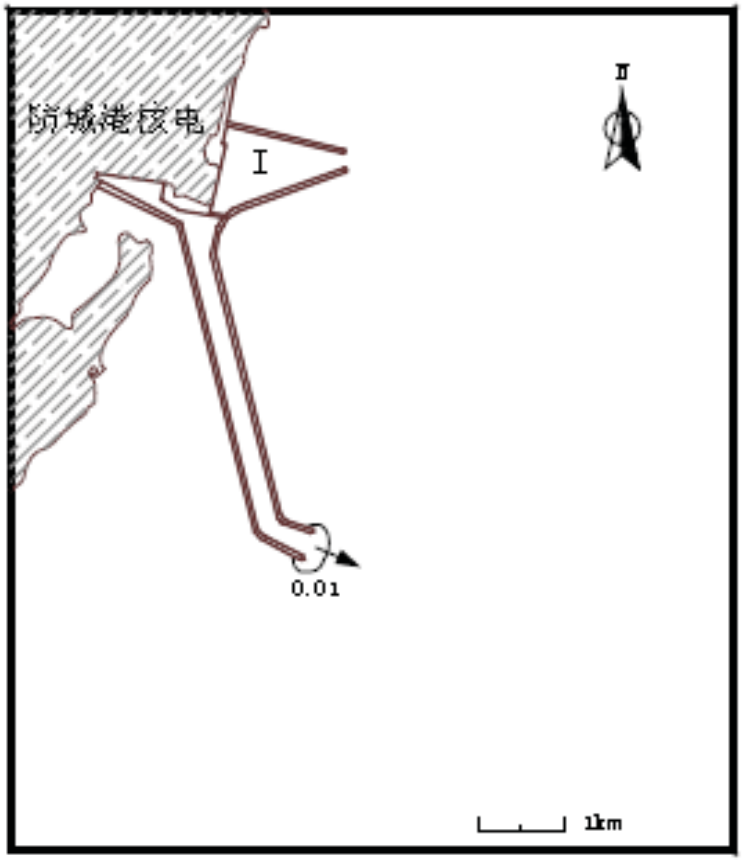
[6] 曾红宁等，余氯对水生生物的影响，生态学报，2005（10）：2717-2724；

[7] 南京水利科学研究院，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（A 版），2010 年 6 月；

[8] Mattice JS，Zittel HE，Site-specific Evaluation of Power Plant Chlorination，Journal - Water Pollution Control Federation，1976：2284-2308。



余氯最大扩散包络线



余氯半均扩散包络线

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
核电厂排放浓盐水在海域中增加浓度（mg/L）全潮最大包络线		
图 5.3-1	版次：	A

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

5.4.3.1 电厂设计阶段便于退役的考虑

5.4.3.2 电厂运行阶段便于退役的考虑

5.4.4 退役资金

5.4.5 参考资料

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。防城港核电厂一期工程一、二号机组采用CPR1000核电技术方案，其设计寿期为40年，运行期满将实施退役。

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。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，防城港核电厂的详细退役方案的制订以及退役环境影响的评价工作将在反应堆退役前开展。此外，随着科学技术的不断进步，在今后几十年时间内核电厂的退役技术必将会发展到一个新的水平。鉴于核电厂退役的重点是反应堆退役，它的影响因素又是多方面的，包括安全、技术、经济、国家的政策法规、核电厂本身的特点等诸多因素，本节将简要给出核电厂一般退役方案的初步设想及退役资金的筹措方案。

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。退役活动中的每项实践活动，必须符合辐射防护三原则。

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：通常是在核设施关停之后尽快（一般在 5 年之内）开始去污、拆除和场址的清污、设施内放射性物质运到已经准备好的贮存或处置场地。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：是设施在保证安全条件下进行安全贮存若干年，让放射性核素进行衰变，然后再进行拆除活动。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。

核电厂反应堆堆本体放射性水平很高，含有很多活化产物，其退役方案因国家不同，采取的退役方案也不同，但总的倾向为缩短封存时间。

核设施退役应该尽量减少废物数量和流出物的排放，减少对环境的影响，减少工作人员和公众的受照剂量，以较高的效率和较好的效果完成退役。退役策略的选择对退役周期、受照剂量、废物量和退役费用等都有重要影响。根据目前的技术经济条件，依据国家方针政策、法规标准和环保要求，结合 IAEA 提出的三种退役方案，防城港核电厂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。

防城港核电厂一期工程一、二号机组运行寿期满后，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，防城港核电厂一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

5.4.3.1 电厂设计阶段便于退役的考虑

根据国际上一些核设施退役的经验及IAEA的规范，在设计阶段考虑便于退役的措施是必要的，因为越晚考虑退役措施，退役阶段就可能遇到更多的困难和付出更大的代价。我国核安全法规HAF102-2004《核动力厂设计安全规定》指出，对于退役，设计中必须考虑以下事项：材料的选取，以便把放射性废物的最终数量降至最少程度，并便于去污；必要的可达性；贮存核动力厂运行和退役中产生的放射性废物所需的设施。

防城港核电厂一期工程在材料、设计措施、回路布置、总平面布置等方面均为电厂退役做了考虑。

（1）材料

材料上，主要有如下四点考虑：

- 降低辐照活化产物。对于所有受中子直接照射或其腐蚀产物照射的材料都应尽量降低其活化。设计上采取的主要措施包括：通过设计改进减少磨损；严格控制合金中钴含量；限制钢、合金中银的含量；减少锑密封材料；降低Be-Sb二次中子源组件的破损泄漏。
- 提高燃料包壳性能。由于包壳材料会影响放射性废物的种类，通过改进包壳材料来限制 α 和 β 放射源。防城港核电厂工程使用 M5 合金作为包壳材料，M5 合金具有如下综合性能：低的热中子吸收截面；对冷却剂、燃料和裂变产物具有高的抗腐蚀性能；在运行温度下具有高强度和高延性；高的可靠性。
- 减少有害材料。由于混合废物的处置特别困难，在可能被活化或污染的情况下，本工程尽量减少能形成有害工业废物的材料的使用，包括可燃液体（油）、重混凝土（含有钡）、易燃金属或锆合金类（在切割和包装操作中需要特别严格的预防措施）、纤维状材料等。
- 利用可复用材料。在污染区或放射区以外尽可能选择可复用的材料。在特定条件下，污染区或放射区也选择可复用的材料。

（2）设计措施

在核电厂退役过程中，主要通过减少近距离接触高放射性设备的时间和加快拆卸速度来减少对工作人员的辐照。在核电厂设计当中，通过合理有效的设计措施来尽可能实现上述目标。主要措施包括：采取便于设备和构筑物拆除的设计，尤其是对于退

役时具有高放射性的设备，在设备设计上考虑了方便的拆卸设施； 考虑便于拆除阶段人员进出的设计，如合理设计人员进出通道和工作区域，尽可能避免工作人员受到不必要的辐射；一些设计考虑，如排污系统、废物处理系统、通风系统等的设计应满足在退役阶段可及时排出放射性的废物、废液、废气等，以方便退役工作的进一步发展。由于一回路的保温层采用模块化设计，很容易从焊接处拆除。

（3）回路相关的布置

在主回路系统及相关辅助系统设计中，通过适当的流体力学设计考虑减少活化腐蚀产物的产生与沉积，以达到减少源项的目的，从而为后期的退役去污创造有利条件。如电厂辐射监测系统（KRT）中设置 KRT001MA、026MA 通道来测量燃料元件的破损；系统设计中除系统实现其自身功能和目的外应尽可能考虑对腐蚀产物沉积的影响，尽量减少流场畸变（流速突变、不规则管段等）的可能性，减少可能产生应力集中、沉降（死管段、流道突起或凹下、不规则的高流速管段等）的可能性；系统、布置设计中考虑以适当的坡度，避免腐蚀产物的局部沉积，适当的排水口与排水阀的设置来实现完备的排水方案；通风系统根据辐射分区进行设计与布置，排风系统排风口尽可能接近污染源以控制污染物扩散；在系统合理位置安装高效过滤器，以清除放射性污染物，从而减少污染物向环境的排放。对通风系统进行完善改造，既要保证在电厂安全停闭和部分拆除后结构及设备的完整性和可运行性，又要保证在拆除过程中对放射性污染物的控制。

（4）总平面布置对后续退役的考虑

厂区总平面布置功能分区明确，通道宽度合理，并留有适当空地，尤其主厂房区四周留有较大空间，为将来拆卸、废物临时贮存设施的布置提供了有利条件。

此外厂区道路设计成环形路网，交通组织顺畅，运输车辆可顺利到达各建、构筑物周围，可满足后续退役的运输要求。

5.4.3.2 电厂运行阶段便于退役的考虑

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一期工程两台CPR1000机组的退役所用。

5.4.5 参考资料

[1] 论退役策略，《核安全》，罗上庚，2011 年第 1 期；

[2] 核与辐射退役设施监管，《全国核与辐射设施退役学术交流会论文集》，刘华，2007。

第六章　电厂事故环境影响与环境风险评价

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

6.1 电厂放射性事故

6.1.1 运行工况

6.1.2 事故描述

6.1.3 事故源项

6.1.4 事故剂量计算

6.1.5 剂量结果及评价

表

表 6.1-1 失水事故源项计算的主要假设和计算得到的源项
表 6.1-2 弹棒事故源项计算的主要假设
表 6.1-3 弹棒事故源项
表 6.1-4 燃料操作事故所考虑的组件裂变产物活度
表 6.1-5 计算 FHA 释放源项所用的主要假设和参数
表 6.1-6 燃料操作事故源项
表 6.1-7 估算 SGTR 事故源项所用的主要参数和假设
表 6.1-8 SGTR 事故源项
表 6.1-9 计算 SGTR+SVSO 事故源项所用的主要参数和假设
表 6.1-10 SGTR+SVSO 事故源项
表 6.1-11 计算 MSLB 事故源项所用的主要参数和假设
表 6.1-12 MSLB 事故源项
表 6.1-13 RCVA 源项计算中所用的假设和参数
表 6.1-14 RCV 容控箱内液体和气体的放射性活度
表 6.1-15 容控箱破损事故释入环境的放射性活度
表 6.1-16 TEGA 源项计算中所用的假设和参数

表 6.1-17　废气储存罐破损事故释放源项
表 6.1-18　卡轴事故源项计算中所用的假设和参数
表 6.1-19　卡轴事故源项
表 6.1-20　非居住区边界上的大气弥散因子
表 6.1-21　厂址规划限制区外边界上的大气弥散因子
表 6.1-22　设计基准事故公众剂量计算采用的剂量转换因子
表 6.1-23　设计基准事故造成非居住区边界上公众个人剂量
表 6.1-24　设计基准事故造成规划限制区外边界上公众个人剂量
表 6.1-25　事故后果与国家标准的比较

6.1 电厂放射性事故

6.1.1 运行工况

防城港核电厂一、二号机组采用 CPR1000 核电机组，根据机组运行期间事件/事故的预计发生频率和对公众的潜在放射性影响程度，参考法国 900MWe 系列压水堆核电站设计和建造准则（RCC-P，1991 年版，1995 年修订）中有关电站工况的分类方法，将防城港核电厂一、二号机组的运行工况分为如下四类：

— 工况Ⅰ：正常运行和正常运行瞬态，指在核电站正常运行、换料和维修过程中预期会经常或有规律地发生的事件。

— 工况Ⅱ：中等频率事件，在电站的运行日历年中都可能发生。

— 工况Ⅲ：稀有事故，在电站寿期内可能发生的事故。

— 工况Ⅳ：极限事故，被认为是非常不可能的事故，但因为它们的后果包含向环境释放大量放射性物质的潜在危险，这些事故代表极限的设计情况。

对照 GB6249-2011 中关于事故分类的定义，工况Ⅲ相当于稀有事故，工况Ⅳ相当于极限事故。稀有事故和极限事故均属于设计基准事故范畴，防城港核电厂设计时，针对每一类设计基准事故，均考虑了针对性的预防和缓解措施，其考虑的基本设计原则是：最可能发生的事故，对公众产生的放射性风险应最小，而那些对公众有最大潜在风险的极端事故，发生的可能性应最小。在满足上述原则时，设计基准事故条件下紧急停堆系统和专设安全设施的保护功能应符合单一故障准则的要求。根据 GB6249-2011 的相关要求，稀有事故和极限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。本章针对工况Ⅲ和工况Ⅳ中可能有较大放射性物质释放的下列设计基准事故进行事故评价。

— 大破口失水事故（LOCA）

— 控制棒弹出事故（CREA）

— 燃料操作事故（FHA）

— 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

— 蒸汽发生器传热管破裂并安全阀卡开事故（SGTR+SVSO）

— 安全壳外主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

— 容积控制箱破损事故（RCVA）

— 废气衰变罐破损事故（TEGA）

— 卡轴事故（LRA）

防城港核电厂一、二号机组卡轴事故采用确定论方法计算得到的发生 DNB 的燃料棒份额为 18.8%，超过了其“发生 DNB 的燃料棒数量少于总数的 10%”的验收准则，故本报告还分析评估了该事故的放射性后果。

6.1.2 事故描述

（1） 失水事故（LOCA）

失水事故是在一回路压力边界有较大破口时，反应堆冷却剂从破口流失，当一回路水的补充能力不足以弥补破口流量时，使堆芯逐渐丧失冷却能力，最终导致燃料棒烧毁的事故。这种破口可能是由于一回路主管道、或者与它相连的辅助系统管道在隔离阀前一段上发生破裂，也可能是由于安装在高压系统上的设备（如阀门）故障而引起的。

事故开始后发生的序列取决于破口的大小，LOCA 的破口根据物理特征可分为以下五类：

— 大破口：等效直径大于 34.5cm（工况Ⅳ）；

— 等效直径在 25~34.5cm 之间的破口（工况Ⅳ）；

— 中破口：等效直径在 2.5~25cm 之间（工况Ⅳ）；

— 小破口：等效直径在 9.5~25mm 之间（工况Ⅲ）；

— 极小破口：等效直径小于 9.5mm（工况Ⅱ）。

在上述各类破口事故中，以大破口 LOCA 可能造成的放射性后果最严重，属于 RCC-P 工况Ⅳ。

下面以大破口 LOCA 为例对失水事故进行描述，事故瞬态结果如下：

a) 喷放阶段：一回路冷却剂压力快速降到饱和压力水平，导致液体闪蒸和冷却剂汽化，堆芯中的高功率区域经历偏离泡核沸腾，这引起燃料包壳温度的急剧上升，除了在下腔室仍保留部分液体外，RCS 中的冷却剂都逐渐蒸发为蒸汽，随着 RCS 压力的快速下降，最终达到触发安注箱动作的初始压力，安注水自动向冷管道注射；

b) 喷放结束/再灌水阶段：安注箱开始注射，大流量的欠冷水使蒸汽冷凝并在注

射口附近形成了水塞，水塞的振荡引起进入下降腔的安注水波动。堆芯和下降腔中的反向流动蒸汽阻止了安注水进入下降腔，直到喷放阶段结束前反向流动蒸汽足够低时，才允许安注水从安注箱进入下降腔。

c) 早期再淹没阶段：来自安注箱的高 ECC 流量使得下腔室水位快速上升，由于水在冷段破口处溢出，使得水位稳定在冷管道高度位置，随着大量欠冷液体注入堆芯，再淹没阶段开始，在此阶段，堆芯得到有效冷却，骤冷前沿快速推进；

d) 中后期再淹没阶段：安注箱中的水完全注射完后，安注箱中的氮气通过安注管线进入 RCS，进入下降段的氮气推动欠冷水进入堆芯，可加强对堆芯的冷却。堆芯和下降段之间的压力分布由下降段驱动压头和蒸汽束决定，这是确定骤冷前沿推进速度的主要现象，堆芯的热能和储能持续释放。该阶段到堆芯安全骤冷和长期冷却建立为止。

事故进程如下：

— 事故发生后 4.4s，稳压器的压力达到低压紧急停堆的整定值（120.3bar），反应堆紧急停堆；

— 事故发生后 9.4s，堆芯给水停止；

— 事故发生后 14.2s，安全注射箱开始排水；

— 冷却剂的持续流失导致稳压器的水位和压力继续下降，在事故发生后 32.4s，稳压器压力下降到低-低压力整定值（117.6bar），触发安全注射系统动作；

— 事故发生后 36.0s，堆芯底部开始淹没，随后在 38.7s 时，安全注射箱排水结束；

— 事故发生后 64.4s，RCP 系统压力下降到安注箱卸压整定值以下，安全注射系统开始将换料水箱中的水向 RCP 系统注射，随后可使堆芯建立长期的冷却。

（2） 弹棒事故（CREA）

该事故假定为控制棒驱动机构压力罩发生机械故障而导致控制棒组件弹出，引起堆芯反应性增长，局部功率增加，部分燃料棒因超功率而破损和融化。因此控制棒组件弹出事故可能同时具有两个特征：它是一个反应性事故，因为在瞬间内向堆芯引入正反应性，也是一起失水事故，因为在控制棒组件弹出是在控制棒传动机构压力罩破裂时发生，一回路压力边界的完整性必遭到破坏。事故属于 RCC-P 工况Ⅳ。

事故引起的功率上升为多普勒效应所制约，并由于中子高通量密度紧急停堆信号

（高低整定值）和中子高通量率强制停堆信号而终止。同时，超温 ΔT 和稳压器高压力信号为缓解事故提供了第二级保护。

电厂设计中采用保守准则，以确保事故过程中只有很少或没有燃料破损并使放射性物质释放入冷却剂，同时保证没有栅格的总体变形或严重的冲击波，对反应堆冷却剂系统无进一步重大损坏的危险。这些准则主要包括：

— 热点处燃料芯块平均焓，对于新燃料应低于 942J/g，对于辐照过的燃料应低于 837J/g；

— 即使热点处燃料芯块平均焓低于上述限值，热点处燃料芯块熔化的份额也应限制在燃料体积的 10%以内；

— 热点处包壳的平均温度应低于包壳可能发生脆化的温度（对无氧化或极少氧化情况该温度为 1482℃）；

— 冷却剂压力峰值应低于使应力超过故障工况应力限值的压力值。

事故分析计算结果表明，热点处的最大燃料平均焓远低于验收准则值，事故过程中稳压器压力未达到安全阀开启压力整定值。即使在最保守的情况下，有关燃料和包壳的安全准则都能得到满足。

（3） 燃料操作事故（FHA）

燃料装卸期间可能发生的燃料操作事故有如下几种类型：

— 燃料组件掉落在反应堆换料水池内：由于安全壳换气通风系统的自动关闭和装卸料停堆期间为确保反应堆厂房的密封所采取的预防措施，使得事故对反应堆厂房外造成的受照剂量可以忽略不计。在运行人员向反应堆厂房外撤离期间，人员闸门打开，期间没有空气从反应堆厂房通过气闸向核辅助厂房的转移，而气闸在撤离完毕后关上。

— 燃料组件掉落在乏燃料水池内：燃料组件在移动到乏燃料水池过程中可能会因为各种原因造成跌落，该事故可能会引起包壳破损，从而导致燃料厂房内出现高放射性水平。

— 乏燃料罐掉落在燃料厂房内或外：在用燃料罐装卸吊车运输或装卸燃料期间，可能会发生掉罐事故，但由于乏燃料罐装卸吊车是按照核安全设备要求设计并且达到安全级要求，因此可以将事故发生概率降到很低的程度。另外，由于乏燃料组件在装卸时已在乏燃料水池里储存了 6 个月以上，其主要放射性同位素

（碘和氙）的活度已衰变至很低，其放射性后果基本可以忽略。

燃料操作事故主要指燃料组件掉落在乏燃料水池中，该事故的放射性物质释放量较大，属于 RCC-P 工况Ⅳ。

（4） 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

该事故假定为一台蒸汽发生器管子完全破裂。

假定事故发生在功率运行时，反应堆冷却剂被裂变产物污染的程度相当于具有有限数量破损燃料棒连续运行的情况。由于该事故使放射性冷却剂从一回路向二回路泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向凝气器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和电动卸压阀向大气排放。本事故属于 RCC-P 工况Ⅲ。

假设事故发生时，堆芯处于 5%额定功率，事故后的瞬态结果如下：

a) 触发反应堆保护信号以前：破损的蒸汽发生器水位由于管子破裂流量而快速上升。由于电加热器和上充流量的作用，减缓了稳压器压力的下降速率。

b) 触发反应堆保护信号后：由于蒸汽发生器水位调节系统不可用，破损蒸汽发生器产生蒸汽发生器高-高水位报警，于是主给水泵停运，辅助给水电动泵启动。为了使瞬变结果更加不利，辅助给水汽动泵也同时启动。因此，注入破损蒸汽发生器的水量最大。之后，稳压器压力低-低信号产生，安注启动，随后反应堆紧急停堆，上充流量停止。

c) 环境释放开始：安注投入后，一回路系统压力回升，于是蒸汽发生器破口流量也随之增加，导致破损蒸汽发生器满水。水进入破损蒸汽发生器蒸汽管线，大量水和蒸汽从破损蒸汽发生器释放阀排出。这将导致所有的蒸汽发生器卸压（没有蒸汽管线被隔离）。

d) 环境释放：从此时起，水通过破损的蒸汽发生器释放阀连续向外排放，蒸汽流量随堆芯衰变热的下降而减少。操作员动作开始，假设操作员停运破损的蒸汽发生器辅助给水失败。由于辅助给水注射流量和蒸汽发生器破口流量，蒸汽发生器水位上升，水释放到环境。15 分钟后，辅助给水就地停运。此时只有破口流量注入破损蒸汽发生气，因此，水一直释放到破口流量终止。

e) 蒸汽发生器破口流量终止：当破损蒸汽发生器一、二次侧压力相等时，破口流量终止。因此，操作员干预的目的是对一回路系统降压，这需要冷却一回路以

维持一回路足够的饱和安全裕量。

初始功率为 5%额定功率下 SGTR 的事件序列如下：

- 事故后 0s：蒸汽发生器传热管开始破裂；
- 事故后 118s：下泄隔离；
- 事故后 159s：稳压器加热器关闭；
- 事故后 426s：蒸汽发生器高高水位；
- 事故后 561s：安注；
- 事故后 563s：反应堆停堆；
- 事故后 1161s：开始操作程序——受影响的蒸汽发生器隔离；
- 事故后 1179s：RCP 开始泄压和冷却（56℃/h）；
- 事故后 2061s：受影响蒸汽发生器辅助给水隔离；
- 事故后 2186s：隔离硼注射箱；
- 事故后 2993s：泄漏终止（泄露率<1kg/s）。

（5） 蒸汽发生器传热管破裂并安全阀卡开事故（SGTR+SVSO）

蒸汽发生器传热管破裂事故的定义在第（4）部分进行了描述。

蒸汽发生气传热管破裂并安全阀卡开事故属于 RCC-P 工况Ⅳ，其瞬态分析基于下列假设：

- 在一次侧向二次侧泄漏量减小到零之前，破损蒸汽发生器满水，该蒸汽发生器的大气释放阀或安全阀存在过水而失效的可能；
- 假设破损的蒸汽发生器释放阀打开失效，这台蒸汽发生器的安全阀就存在过水而失效的可能性；
- 假设该安全阀过水而失效，并处于完全卡开状态。

假设事故发生时，堆芯处于 5%额定功率，事故后的瞬态结果如下：

a) 反应堆保护动作前：对破损蒸汽发生器而言，冷却剂通过破口泄漏到二次侧，导致破损蒸汽发生器水位升高。由于电加热器和上充流量的作用，减缓了稳压器压力的下降速率。

b) 反应堆保护动作：由于蒸汽发生器水位调节系统不可用，破损蒸汽发生器产生蒸汽发生器高-高水位报警，于是主给水泵停运，辅助给水电动泵启动。稳压器压力低-低信号产生，安注启动，随后反应堆紧急停堆，上充停止。假设同

时主泵停运，主泵低-低速报警，触发辅助给水汽动泵启动。

c) 安全阀卡开：安注投入后，一回路系统压力回升，于是破口流量也随之增加，导致破损蒸汽发生器满水。随后水进入蒸汽发生器蒸汽管线，此时假设安全阀进水并维持卡开状态。这导致所有蒸汽发生器卸压（未隔离蒸汽发生器管线），大量水和蒸汽从卡开安全阀排放出去。

d) 向环境释放：从安全阀卡开时起，蒸汽通过卡开安全阀连续向外排放，蒸汽流量随堆芯衰变热的下降而减小。而另一方面，操纵员动作，停运辅助给水泵，给水中断，破损蒸汽发生器水位下降。但不断有冷却剂通过破口进入破损蒸汽发生器，一段时间后，破损蒸汽发生器水位又开始回升，破损蒸汽发生器将再次满水，再次排水，直到破口流量中断为止。

e) 破口流量终止：当破损蒸汽发生器一、二次侧压力相等时，破口流量终止，压力等于蒸汽发生器饱和压力 0.1MPa（蒸汽发生器顶部）。操纵员干预的目的是对一回路系统降压，这需要冷却一回路以维持一回路足够的饱和安全裕量。

以下给出了初始功率为 5%额定功率，非延伸运行工况下的 SGTR+SVSO 事故进程：

— 事故后 0s：SG 传热管断裂，事故发生；

— 事故后 425s：SG 水位达到“高高”；

— 事故后 570s：安注启动；

— 事故后 572s：反应堆停堆；

— 事故后 1243s：安全阀卡开；

— 事故后 1772s：操纵员开始动作：隔离受损的 SG，停止一台高压安注泵，RCP 开始泄压和冷却（56℃/h）；

— 事故后 1834s：关闭第二台高压安注泵；

— 事故后 2777s：重启高压安注泵；

— 事故后 3191s：关闭一台高压安注泵；

— 事故后 4396s：第二台高压安注转到 BIT 模式；

— 事故后 8459s：RRA 运行准备开始；

— 事故后 12059s：RRA 运行准备结束，RRA 投入运行；

— 事故后 12080s：关闭一台低压安注泵；

— 事故后 12852s：隔离 BIT 旁通，关闭第二台低压安注泵；

— 事故后 14335s：泄漏终止。

（6） 安全壳外主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

本事故分析的是蒸汽管道双端剪切破裂的情况，当量的破口面积对应于蒸汽发生器流量限制器总的流通截面面积，因为所有蒸汽发生器都装有喉部面积为 0.13m^2 的一体化限流器，因此任何破口面积大于 0.13m^2 的管道破口对核蒸汽供应系统的影响都与所分析的工况相同。

事故过程大体可以分为下面两个阶段描述：

第一阶段即蒸汽管道刚破裂、二回路蒸汽从破口大量流失，蒸汽流量迅猛增加，造成反应堆功率快速上升，以补偿二回路负荷的这种虚假增长。同时，由于一回路冷却剂平均温度的降低，稳压器内压力和水位也相应下降。其结果将导致反应堆因超功率保护或稳压器低压保护而紧急停堆，汽轮机组脱扣停机。

第二阶段即停堆、停机后，在主蒸汽管道隔离之前，蒸汽继续从破口流失，一回路冷却剂平均温度不断下降。由于压水堆具有负温度效应的内在特性，冷却剂温度的下降意味着堆内正反应性的引入，停堆深度逐渐减少，如果此时又遇上反应性价值最大的一根控制棒组件卡死在堆顶，那么就有可能使停闭后的反应堆重返临界，并且达到一定的功率。因而需要通过安全注射系统注射硼酸使反应堆最终停堆。该事故属于 RCC-P 工况Ⅳ。

研究结果表明，任何蒸汽系统管道破裂都不会发生偏离泡核沸腾（DNB）。

当蒸汽发生器传热管出现泄漏使相应的二次侧蒸汽受到反应堆冷却剂污染时，安全壳外主蒸汽管道破损会造成受污染的二回路蒸汽释放入环境；如果二回路冷却系统没有受到一回路的放射性污染，则即使蒸汽管道破裂也不会有放射性后果。

（7） 化学和容积控制箱破损事故（RCVA）

化学和容积控制箱的完全破损导致箱内所有的液相和气相放射性物质释入其所在的房间。同时，在运行人员采取措施隔离化学和容积控制系统下泄管路以前，该管路中一定数量的放射性物质也会释放出来。

该事故属于 RCC-P 工况Ⅲ。

（8） 废气衰变罐破损事故（TEGA）

操作员差错或阀门失效等起因都可能导致废气衰变罐破损，事故发生时罐内所含

的全部惰性气体和碘将和持续从进气管线进入衰变罐的放射性废气一起通过破口向外释放，直至运行人员将进气管线隔离为止。事故发生后 DVN 活性炭过滤器投入运行。

该事故属于 RCC-P 工况Ⅲ。

（9） 卡轴事故（LRA）

卡轴事故定义为反应堆正常运行工况下冷却剂泵转子瞬间卡住。事故发生后，受影响的反应堆冷却剂环路的流量快速降低，导致反应堆在流量低信号下触发紧急停堆。

如果事故发生时反应堆正在功率运行状态，堆芯流量降低会导致冷却剂温度快速升高。这种温度升高可能使燃料棒发生 DNB，此时如果反应堆没有紧急停堆，就可能导致燃料损伤。环路冷却剂低流量停堆保护信号为卡轴事故提供了自动保护，同一条环路上的三个流量信号中有两个低于停堆整定值时触发反应堆停堆。稳压器高压保护提供了第二道保护措施，在三个压力测量信号中有两个超过停堆整定值时触发反应堆停堆。

该事件的验收准则是：发生 DNB 的燃料棒数量少于总数的 10％；热点的包壳平均温度必须低于防止任何包壳脆化的安全限值（在包壳未被氧化或被轻微氧化时为 1482℃）。在十八个月燃料循环管理策略下，防城港核电厂一、二号机组卡轴事故采用确定论方法计算得到的发生 DNB 的燃料棒份额为 18.8%。

该事故属于 RCC-P 工况Ⅳ。

6.1.3 事故源项

本小节将依次给出上述设计基准事故源项和计算这些源项所采用的主要假设。

（1） 失水事故

事故发生的同时假设失去厂外电源。

大破口失水事故（LOCA）发生后，由于安全注射系统的动作可将燃料包壳的温度限制在远低于熔点以下，保证反应堆堆芯保持完好，具有可冷却的几何构形。

LOCA 事故源项计算分三个阶段：

— 第一阶段为放射性物质从一回路向安全壳的释放，该阶段考虑堆芯内放射性物质一次释放进入安全壳大气，不涉及时间过程；

— 第二阶段为放射性物质在安全壳大气中的迁移，该过程的放射性物质通过放射性衰变、安全壳喷淋、结构部件的表面附着等机理而衰减；

— 第三阶段是放射性物质从安全壳大气通过安全壳泄漏进入环境。

表 6.1-1 给出了 LOCA 源项计算的主要假设和计算得到的源项。

（2） 弹棒事故

事故发生的同时假设失去厂外电源。

放射性物质向环境的释放考虑两条途径：

— 随着控制棒弹出，破损燃料元件释出的放射性物质进入反应堆冷却剂。假设这些放射性物质立即与反应堆冷却剂均匀混合。然后，放射性物质通过控制棒驱动机构压力外罩排出的反应堆冷却剂而释入安全壳中并向环境泄漏。

— 经蒸汽发生器传热管从反应堆冷却剂泄漏出来的放射性物质导致二回路系统的污染，然后通过主蒸汽安全阀和卸压阀释入环境。

表 6.1-2 给出了弹棒事故源项计算的主要假设。表 6.1-3 给出了弹棒事故通过安全壳和主蒸汽卸压阀两种释放途径释放的源项。

（3） 燃料操作事故

燃料操作事故中以燃料组件跌落在乏燃料水池内造成的放射性后果最严重，本报告分析该事故的放射性后果。

假设发生在反应堆停堆后100h（是核电厂停堆后允许操作燃料组件的最短时间），估算此时破损的燃料组件中气态裂变产物放射性活度的积存量时考虑了核素的衰变。

损坏的组件恰好为十八个月燃料循环管理策略中所有循环中具有最大燃耗的中心组件，燃耗保守取53000MWd/tU。事故导致一个燃料组件中的所有燃料棒破损，使得燃料包壳间隙中的所有裂变产物装量都被释放。

释放到燃料贮存池水中的惰性气体不会留在水中，而进入至燃料厂房的大气中；碘则由于可溶性和水解作用，大部分留在池水中；在燃料厂房内释放的放射性活度立即与乏燃料贮存大厅的大气均匀混合。事故开始后5s，DVK低流量通风和碘过滤系统启动，DVK正常流量通风系统停止运行。DVK低流量通风系统运行24h，然后再启动DVK正常流量通风系统。假定燃料厂房内的放射性活度在事故后12h内通过通风系统逐渐释入环境。

表 6.1-4 给出了停堆时和停堆后 100h 事故燃料的放射性活度。

表 6.1-5 给出了乏燃料水池内燃料操作事故源项计算的主要假设。

表 6.1-6 给出了燃料操作事故源项。

（4） 蒸汽发生器传热管破裂事故

发生蒸汽发生器一根传热管破裂时，假设同时失去厂外电源。

事故发生后，蒸汽发生器压力将迅速升高，使蒸汽以及放射性活度通过释放阀和主蒸汽安全阀向大气排放。从破损蒸汽发生器连续向大气的排放一直到二回路侧蒸汽压力低于主蒸汽安全阀整定值为止。此时破损蒸汽发生器才有效隔离，假定以后破损蒸汽发生器不再向大气排放蒸汽。堆芯衰变热通过未受损蒸汽发生器主蒸汽安全阀以排放蒸汽的方式排出，这个过程一直延续到受控降温终止才结束。

SGTR 放射性释放源项计算考虑事故期间各种参数的快速变化，对各控制体（未破损的 SG 二次侧和破损的 SG 二次侧）内的放射性核素比活度（或活度）建立微分方程，进而求解出事故期间向环境的放射性释放量。源项计算时一回路冷却剂裂变产物活度谱按照 4.44GBq/t I-131 当量活度谱考虑，并假定一回路功率瞬态发生于事故前 1.5h，并持续到事故结束。

表 6.1-7 给出了用于估算 SGTR 事故源项的参数。

表 6.1-8 给出了 SGTR 事故源项。

（5） 蒸汽发生器传热管破裂并安全阀卡开事故

假设事故发生后，在反应堆停堆或安注系统投入运行后失去厂外电源。

大部分主回路冷却剂通过破损的蒸汽发生器传热管破口流入蒸汽发生器的二次侧，然后通过开启的安全阀释放到大气中。

发生一回路向二回路泄漏事故时，假设主回路冷却剂会从卡开的安全阀立刻释放到大气环境中。与 SGTR 源项计算相类似，SGTR+SVSO 放射性释放源项计算应该考虑事故期间各种参数的快速变化，对各控制体（未破损的 SG 二次侧和破损的 SG 二次侧）内的放射性核素比活度（或活度）建立微分方程，进而求解出事故期间向环境的放射性释放量。在源项计算中假定一回路功率瞬态发生于事故前 1.5h，并持续到事故结束。

计算 SGTR+SVSO 事故源项的主要假设见表 6.1-9。

源项计算结果见表 6.1-10。

（6） 安全壳外蒸汽系统管道破裂事故

为了评价主蒸汽管道破裂（安全壳外）造成的放射性后果，假设一根安全壳外主蒸汽管道完全破裂，同时假设厂外电源完全丧失，即凝汽器不可用，机组的冷却通过

蒸汽发生器中水的蒸发和蒸汽释放入大气来保证。受影响的蒸汽发生器（与破裂蒸汽管道相连接的蒸汽发生器）的放射性活度从主蒸汽管路破裂处直接释入环境。未受影响的蒸汽发生器经卸压阀继续排出蒸汽和带走放射性物质，直至停堆余热冷却系统（RRA）投入为止。事故发生后 8 小时，停堆余热排出系统启动，释放的蒸汽和放射性物质接近于零。

主蒸汽管道破裂后，与破裂的蒸汽管道相连的蒸汽发生器（受影响的蒸汽发生器）将会在一定时间后蒸干，因此计算该事故的放射性碘释放量应包括四部分的内容：

— 受影响的蒸汽发生器蒸干过程中，随二次侧水蒸发释入环境的放射性；

— 受影响的蒸汽发生器在蒸干过程中，由一回路泄入蒸汽发生器二次侧，直接随蒸汽排入大气的放射性；

— 受影响的蒸汽发生器，在蒸干后的时间内，释放到环境的放射性；

— 不受影响的蒸汽发生器释放到环境的放射性。

表 6.1-11 给出了 MSLB 源项计算的主要假设和参数。

表 6.1-12 给出了 MSLB 事故源项。

（7） 容控箱破损事故

当 RCV 箱完全破裂时，释放到 RCV 箱房间的裂变产物如下：

— RCV 箱气相中含有的全部惰性气体；

— RCV 箱液相和下泄管线隔断前，排出的水容积中含有的全部惰性气体；

— RCV 箱液相蒸发的碘（具有一定的 FPg 分离因子）；

— 从下泄管线排出的水容积中蒸发的碘（具有一定的 FPg 分离因子）。

这里，FPg 分离因子指气相中同位素数量/该同位素总量。

事实上，RCV 箱完全破裂后，上述各途径释放进入 RCV 箱房间的裂变产物将在 RCV 箱房间内滞存，并通过房间泄漏、厂房通风系统带出等途径进入环境。出于保守和简化的目的，源项计算时假设放射性核素只要释放进入 RCV 箱房间内气相空间，就立刻进入环境。

RCV 释放源项计算时所用到的参数和假设见表 6.1-13。

RCV 内气相和液相的活度值以及 RCVA 事故期间向环境释放的放射性源项分别见表 6.1-14 和表 6.1-15。

（8） 废气衰变罐破损事故

假设 TEG 衰变箱的破损发生在停堆瞬间：

— 停堆瞬态前，含氢一回路冷却剂处理量为每天 15m^3，一回路冷却剂中的氢含量为 35Ncm^3/kg，其放射性活度在 TEG 衰变罐中累积；

— 一回路冷却剂的放射性活度对应于基本负荷运行的活度；

— 停堆瞬变期间，TEG 系统由 TEP 脱气塔除气，并对 TEG 罐进行扫气（以防止液相再汽化），考虑气相中累积的活度相当于停堆瞬变前机组基本负荷运行工况下的活度。

该事故的放射性释放考虑经容控箱气相泄漏、TEP 除气器除气、TEG 系统隔离阀关闭前 TEG 系统运行排放、TEG 缓冲箱气相释放和 TEG 衰变罐破裂释放等五个释放途径。

TEG 衰变罐破损事故源项计算假设见表 6.1-16。

TEG 衰变罐破损事故源项见表 6.1-17。

（9） 卡轴事故

卡轴事故将导致一定比例的燃料棒破损或熔化，这些破损燃料棒中的放射性将进入一回路冷却剂中，将一回路冷却剂比活度提升至很高的水平。由于存在一回路向二回路的正常泄漏，这将随后影响蒸汽发生器内二次侧水相和汽相的比活度。放射性物质由二回路带入环境。考虑事故期间各种参数的快速变化，对蒸汽发生器二次侧内的放射性核素比活度建立微分方程，进而求解出事故期间向环境的放射性释放量。

卡轴事故源项主要计算假设见表 6.1-18。

卡轴事故源项见表 6.1-19。

6.1.4 事故剂量计算

防城港核电厂事故放射性释放造成的剂量后果估算主要考虑事故期间起主要作用的三个照射途径：

— 放射性烟云浸没外照射；

— 烟云中吸入放射性物质内照射；

— 地面沉积外照射。

这些照射途径的剂量计算模型见附录 D。

（1）大气弥散因子

大气弥散因子计算采用的气象数据为防城港核电厂 2012 年 3 月到 2014 年 3 月厂址气象塔观测数据。采用根据 USNRC RG1.145 推荐模式开发的 CEIRA 程序计算逐时大气弥散因子，计算中采用本报告书 2.4 节中推荐的厂址特征扩散参数。

厂址周围各方位 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；对于释放持续时间长于 2h 的事故大气弥散因子，则利用 0-2h 的事故大气弥散因子与年平均大气弥散因子之间的双对数内插的方法求得，各个方位年平均大气弥散因子为该方位按高斯扇形平均浓度公式计算的小时大气弥散因子的年平均值。事故大气弥散因子的计算模式见附录 D。

表 6.1-20 和表 6.1-21 分别给出了非居住区边界和规划限制区边界上的不同事故时段的大气弥散因子。

（2）剂量转换因子

6.1-22 给出了设计基准事故放射性后果评价中所采用的剂量转换因子，惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子采用 GB18871-2002 的推荐值；放射性碘的空气浸没和地面沉积外照射剂量转换因子采用 IAEA 第 19 号报告的推荐值；放射性碘吸入内照射剂量转换因子取自 ICRP 71 号报告。

（3）干沉积速率

干沉积速率取自联邦德国辐射防护委员会第十七卷出版物（SSK No.17）：

— 气溶胶：$V_d=1.5\times10^{-3}$ m/s；

— 分子碘：$V_d=1.0\times10^{-2}$ m/s；

— 有机碘：$V_d=1.0\times10^{-4}$ m/s。

（4）呼吸率

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则 RG 1.195：

— 0~8h：　$B_r=3.5\times10^{-4}$ m^3/s；

— 8~24h：　$B_r=1.8\times10^{-4}$ m^3/s；

— 24~720h：$B_r=2.3\times10^{-4}$ m^3/s。

6.1.5　剂量结果及评价

GB6249-2011 规定，在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内

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

表 6.1-23 和表 6.1-24 分别给出了设计基准事故在非居住区边界和规划限制区边界上造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量。表 6.1-24 给出了这些事故的放射性后果与国家标准相应控制值的比较。

（1） 大破口失水事故（LOCA）

大破口失水事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 3.61E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 5.62E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 3.61%和 5.62%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.97E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 3.70E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.97%和 3.70%。

（2） 弹棒事故（CREA）

弹棒事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 8.88E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.55E-01Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 8.88%和 15.5%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 2.24E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 4.06E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.24%和 4.06%。

（3） 主蒸汽管道破裂事故（MSLB）

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 8.37E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.61E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.08%和 0.16%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 9.00E-06Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.73E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.01%和 0.02%。

（4） 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）

蒸汽发生器传热管破裂事故属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.11E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.92E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 22.2%和 38.4%；规划限制区外边界上事故期间公众

（成人）的个人有效剂量最大值为 1.08E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.88E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 2.16%和 3.76%。

（5） 蒸汽发生器传热管破裂事故并安全阀卡开事故（SGTR+SVSO）

蒸汽发生器传热管破裂事故并安全阀卡开事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.10E-02Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.70E-01Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 11.0%和 17.0%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 1.69E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.69E-02Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.69%和 2.69%。

（6） 废液系统破损事故（RCVA）

废液系统破损事故属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 9.44E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 8.77E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 18.88%和 1.75%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 9.25E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 8.59E-05Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 1.85%和 0.17%。

（7） 废气系统破损事故（TEGA）

废气系统破损事故属于稀有事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 3.55E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 3.17E-05Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 7.10%和 0.06%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 3.48E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 3.11E-06Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.70%和 0.01%。

（8） 燃料操作事故（FHA）

燃料操作事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 3.29E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 1.07E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.33%和 0.11%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 4.37E-05Sv，甲状腺当量剂量最大值为 2.17E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.04%和 0.02%。

（9） 卡轴事故（LRA）

卡轴事故属于极限事故。非居住区边界上 0-2h 公众（成人）的个人有效剂量最大值为 4.08E-03Sv，甲状腺当量剂量最大值为 4.15E-03Sv，分别占国家标准 GB6249-2011

相应限值的 4.08%和 0.42%；规划限制区外边界上事故期间公众（成人）的个人有效剂量最大值为 4.00E-04Sv，甲状腺当量剂量最大值为 4.06E-04Sv，分别占国家标准 GB6249-2011 相应限值的 0.40%和 0.04%。

上述分析可知，在Ⅳ类事故中，蒸汽发生器传热管断裂并安全阀卡开事故（SGTR+SVSO）在事故发生后 2h 内对非居住区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大；弹棒事故（CREA）事故期间对规划限制区外边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大；在Ⅲ类事故中，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对规划限制区边界上、非居住区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大，但都分别满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，防城港核电厂一、二号机组专设安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

表 6.1-1　失水事故源项计算的主要假设和计算得到的源项

主要参数和假设

堆芯活度排放到安全壳的份额	惰性气体（Kr-85 除外）	0.02
	Kr-85	0.3
	碘	0.03
安全壳大气碘的化学形态	分子碘	0.9
	有机碘	0.1
安全壳喷淋去除因子	分子碘	1000
	有机碘	1
由于在冷却剂中滞留和安全壳内表面及构件上的沉积，碘的去除因子		2
安全壳泄漏率		为安全壳内压力与温度的函数

失水事故源项

单位：GBq

核素	0-1h	1-2h	2-6h	6-12h	12-24h	24-96h	96h-240h	240h-720h
Kr-83m	1.00E+03	6.14E+02	9.36E+02	2.02E+02	2.10E+01	2.09E-01	0.00E+00	0.00E+00
Kr-85m	2.50E+03	1.92E+03	4.76E+03	2.86E+03	1.45E+03	2.49E+02	3.60E-03	0.00E+00
Kr-85	1.37E+03	1.23E+03	4.41E+03	5.65E+03	1.04E+04	5.76E+04	1.14E+05	3.71E+05
Kr-87	4.32E+03	2.24E+03	2.46E+03	2.57E+02	9.31E+00	1.25E-02	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	7.01E+03	4.91E+03	9.95E+03	3.94E+03	1.03E+03	5.40E+01	1.25E-06	0.00E+00
Xe-131m	1.05E+02	9.38E+01	3.35E+02	4.24E+02	7.60E+02	3.82E+03	5.86E+03	9.45E+03
Xe-133m	4.63E+02	4.09E+02	1.42E+03	1.70E+03	2.78E+03	9.20E+03	4.90E+03	8.49E+02
Xe-133	1.51E+04	1.34E+04	4.76E+04	5.92E+04	1.03E+05	4.59E+05	5.13E+05	3.88E+05
Xe-135	4.65E+03	3.86E+03	1.15E+04	1.01E+04	9.58E+03	5.91E+03	2.44E+01	4.11E-04
Xe-135m	1.07E+03	6.32E+01	4.01E+00	6.44E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-138	4.65E+03	2.21E+02	1.11E+01	7.57E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	5.43E+02	4.84E+02	1.72E+03	2.17E+03	3.85E+03	1.84E+04	2.51E+04	2.98E+04
I-132	6.83E+02	4.52E+02	8.09E+02	2.47E+02	4.32E+01	1.11E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-133	1.13E+03	9.81E+02	3.25E+03	3.52E+03	4.81E+03	8.25E+03	8.12E+02	6.68E+00
I-134	9.22E+02	3.74E+02	2.67E+02	9.98E+00	8.04E-02	5.65E-06	0.00E+00	0.00E+00
I-135	1.03E+03	8.33E+02	2.32E+03	1.77E+03	1.33E+03	4.89E+02	2.55E-01	0.00E+00

表 6.1-2　弹棒事故源项计算的主要假设

一、二回路冷却剂比活度		瞬态值
一回路向二回路泄漏率		3kg/h
一回路冷却剂质量		187t
破损燃料棒占全堆芯燃料棒份额		10%
破损燃料棒中裂变产物释放比例	惰性气体（除 Kr-85）	2%
	Kr-85	30%
	碘	3%
熔化燃料棒占破损燃料棒份额		1%
熔化燃料棒中裂变产物释放比例	惰性气体	100%
	碘	50%
安全壳大气中碘的化学形态		分子碘取 0.9，有机碘取 0.1
安全壳喷淋去除常数		对于分子碘，事故发生后 6h 至 6.6907h 时段内取 10，其余时段为 0；对于有机碘，0
由于在冷却剂中滞留和安全壳内表面及构件上的沉积，碘的去除因子		2
安全壳泄漏率		事故发生后 0 至 6h 内为 0.25%/d，以后为 0.15%/d
水蒸汽的夹带因子		1%
二回路向环境的蒸汽释放量、二回路水质量		由热工水力事故分析得到

表 6.1-3　弹棒事故源项

安全壳途径

单位：GBq

核素	0 至 1h	1 至 2h	2 至 6h	6 至 12h	12h 至 1d	1 至 4d	4 至 10d	10 至 30d
kr83m	4.93E+02	3.38E+02	5.72E+02	8.67E+01	9.84E+00	1.06E-01	0.00E+00	0.00E+00
Kr85m	1.23E+03	1.05E+03	2.91E+03	1.23E+03	6.75E+02	1.24E+02	1.76E-03	0.00E+00
Kr85	1.41E+02	1.41E+02	5.64E+02	5.07E+02	1.01E+03	6.07E+03	1.20E+04	3.93E+04
Kr87	2.12E+03	1.23E+03	1.50E+03	1.09E+02	4.25E+00	6.00E-03	0.00E+00	0.00E+00
Kr88	3.45E+03	2.70E+03	6.09E+03	1.70E+03	4.83E+02	2.73E+01	0.00E+00	0.00E+00
Xe131m	5.17E+01	5.16E+01	2.05E+02	1.82E+02	3.56E+02	1.93E+03	2.96E+03	4.78E+03
Xe133m	2.27E+02	2.25E+02	8.70E+02	7.33E+02	1.30E+03	4.64E+03	2.48E+03	4.30E+02
Xe133	7.43E+03	7.39E+03	2.91E+04	2.55E+04	4.85E+04	2.32E+05	2.60E+05	1.97E+05
Xe135	2.29E+03	2.12E+03	7.05E+03	4.35E+03	4.49E+03	2.99E+03	1.24E+01	2.10E-04
Xe135m	5.28E+02	3.47E+01	2.45E+00	2.77E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe138	2.29E+03	1.22E+02	6.89E+00	3.36E-05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I131	1.16E+03	1.15E+03	4.56E+03	4.67E+02	7.87E+02	4.06E+03	5.52E+03	6.60E+03
I132	1.45E+03	1.07E+03	2.14E+03	6.07E+01	8.86E+00	2.46E-01	0.00E+00	0.00E+00
I133	2.40E+03	2.33E+03	8.57E+03	7.67E+02	9.86E+02	1.84E+03	1.86E+02	1.60E+00
I134	1.95E+03	8.85E+02	7.01E+02	3.06E+00	1.61E-02	1.20E-06	0.00E+00	0.00E+00
I135	2.19E+03	1.97E+03	6.12E+03	3.97E+02	2.70E+02	1.07E+02	5.55E-02	0.00E+00

二回路途径

单位：GBq

核素	释放量（30min）
Kr85m	9.85E+01
Kr85	1.09E+01
Kr87	1.86E+02
Kr88	2.82E+02
Xe133m	1.74E+01
Xe133	5.73E+02
Xe135	1.76E+02
Xe138	2.74E+02
I131	2.38E-01
I132	1.16E-01
I133	1.93E-01
I134	1.29E-01
I135	1.36E-01

表 6.1-4　燃料操作事故所考虑的组件裂变产物活度

核素	停堆时活度（GBq）	停堆 100h 后活度（GBq）
I-131	2.73E+07	1.97E+07
I-132	3.97E+07	1.65E+07
I-133	5.49E+07	2.01E+06
I-134	6.01E+07	—
I-135	5.26E+07	1.38E+03
Kr-83m	2.86E+06	—
Kr-85	2.37E+05	2.37E+05
Kr-85m	5.71E+06	1.11E+00
Kr-87	1.14E+07	—
Kr-88	1.56E+07	—
Xe-131m	4.00E+05	3.68E+05
Xe-133	5.49E+07	3.80E+07
Xe-133m	1.76E+06	7.17E+05
Xe-135	9.70E+06	7.03E+04
Xe-135m	1.18E+07	2.25E+02
Xe-138	4.56E+07	—

表 6.1-5　计算 FHA 释放源项所用的主要假设和参数

停堆 100h 后最高功率水平组件内核素的放射性贮存量		见表 6.1-9
核素释放量占该燃料组件内贮存量的比例	其他惰性气体	0.02
	Kr85	0.30
	碘	0.03
从燃料中释放出核素的化学形态份额	分子碘	0.9975
	有机碘	0.0025
乏燃料水池对相应化学形态核素的去除因子	分子碘	500
	有机碘	1
DVK 低流量通风系统运行时，过滤器对碘的去除效率	分子碘	1000
	有机碘	100
乏燃料贮存室自由体积		$5600m^3$
乏燃料贮存室排气通风流量	事故后前 5s	$17000m^3/h$
	事故发生 5s 后	$3600m^3/h$
放射性活度释放时间		12h

表 6.1-6　燃料操作事故源项

单位：GBq

核素	0-2h	0-8h	0-12h
Kr-85	5.15E+04	7.06E+04	7.10E+04
Kr-85m	1.43E-02	1.79E-02	1.79E-02
Kr-87	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Kr-88	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Xe-131m	5.32E+03	7.28E+03	7.32E+03
Xe-133m	1.03E+04	1.40E+04	1.40E+04
Xe-133	5.48E+05	7.49E+05	7.53E+05
Xe-135m	8.67E-01	8.68E-01	8.68E-01
Xe-135	9.59E+02	1.25E+03	1.26E+03
Xe-138	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-131	2.26E+01	2.69E+01	2.70E+01
I-132	1.70E+01	1.84E+01	1.84E+01
I-133	2.28E+00	2.67E+00	2.68E+00
I-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
I-135	1.52E-03	1.74E-03	1.74E-03

表 6.1-7　估算 SGTR 事故源项所用的主要参数和假设

SG 蒸汽中的碘夹带因子	0.01
破损 SG 满水时刻	事故发生后 1230s
破损 SG 停止释放时刻	事故发生后 2556s
蒸汽发生器满水后闪蒸分配因子	1
环境中水的饱和焓（标准气压，100℃）	419kJ/kg
环境中蒸汽的饱和焓（标准气压，100℃）	2675kJ/kg
完好 SG 一回路向二回路的泄漏率（单台）	24kg/h
一回路放射性比活度	事故发生时为瞬态值
二回路放射性比活度	事故发生时为瞬态值
元素碘	97%
有机碘	3%
破损蒸汽发生器破口流率	由事故分析得出
完好蒸汽发生器蒸汽释放率	由事故分析得出
破损蒸汽发生器蒸汽和水的释放率	由事故分析得出

蒸汽和水释放量（t）

时间间隔	0~RT（563s）	RT~1h	1~2h	2h~6h	6h~8h
受影响 SG 的水释放量	0.05	48.347	0.81	0.00	0.00
不受影响 SG 的水释放量	0.00	0.16	0.05	0.19	0.09
受影响 SG 的蒸汽释放量	12.08	2.27	0.00	0.00	0.00
不受影响 SG 的蒸汽释放量	23.36	84.32	67.55	200.44	100.22
受影响 SG 的一回路向二回路泄漏量	14.60	45.34	1.17（1h~5000s）		

表 6.1-8　SGTR 事故源项

单位：GBq

核素	0～2h	2～8h	0~8h
Kr-85m	6.46E+02	3.04E+00	6.49E+02
Kr-85	5.53E+00	2.60E-02	5.55E+00
Kr-87	8.82E+02	4.16E+00	8.86E+02
Kr-88	1.52E+03	7.16E+00	1.53E+03
Xe-133m	3.05E+02	1.44E+00	3.07E+02
Xe-133	8.89E+03	4.19E+01	8.93E+03
Xe-135	2.98E+03	1.41E+01	3.00E+03
Xe-138	1.52E+03	7.15E+00	1.52E+03
I-131	3.80E+02	1.54E+00	3.82E+02
I-132	1.12E+02	1.26E-01	1.12E+02
I-133	1.55E+02	5.76E-01	1.55E+02
I-134	4.09E+01	1.33E-02	4.10E+01
I-135	6.96E+01	1.68E-01	6.98E+01

表 6.1-9　计算 SGTR+SVSO 事故源项所用的主要参数和假设

SG 蒸汽中的碘夹带因子	0.01
蒸汽发生器满水后闪蒸分配因子	1
环境中水的饱和焓（标准气压，100℃）	419kJ/kg
环境中蒸汽的饱和焓（标准气压，100℃）	2675kJ/kg
完好 SG 一回路向二回路的泄漏率（单台）	24kg/h
一回路放射性比活度	事故发生时为瞬态值
二回路放射性比活度	事故发生时为瞬态值
破损蒸汽发生器的破口流率、破损和完好蒸汽发生器向环境的蒸汽和水的释放量	由事故进程分析得到

蒸汽和水释放量（t）

时间间隔	0~RT（683s）	RT~1298s（卡开）	1298s~1h	1h~2h	2h~12058s	12058s~17305s
受影响 SG 的水释放量	0.00	0.00	42.326	9.547	47.816	21.158
受影响 SG 的蒸汽释放量	0.00	0.00	62.838	24.611	18.908	10.459
不受影响 SG 的蒸汽释放量	44.719	6.237	62.489	44.102	31.58	13.459

表 6.1-10　SGTR+SVSO 事故源项

单位：GBq

核素	0-2h	2-8h	0~8h
Kr-85m	1.32E+04	9.04E+03	2.23E+04
Kr-85	1.14E+02	7.80E+01	1.92E+02
Kr-87	1.80E+04	1.23E+04	3.02E+04
Kr-88	3.11E+04	2.12E+04	5.23E+04
Xe-133m	6.29E+03	4.29E+03	1.06E+04
Xe-133	1.84E+05	1.25E+05	3.09E+05
Xe-135	6.12E+04	4.17E+04	1.03E+05
Xe-138	2.95E+04	2.01E+04	4.97E+04
I-131	3.40E+03	3.73E+03	7.13E+03
I-132	8.32E+02	6.64E+02	1.50E+03
I-133	1.33E+03	1.41E+03	2.74E+03
I-134	1.22E+02	6.52E+01	1.88E+02
I-135	5.20E+02	5.08E+02	1.03E+03

表 6.1-11　　计算 MSLB 事故源项所用的主要参数和假设

SG 蒸汽中的碘夹带因子	0.01
完好环路 SG 一回路向二回路的泄漏率（单台）	现实：1kg/h
一回路放射性比活度	事故发生时为瞬态值
二回路放射性比活度	事故发生时为瞬态值

MSLB 质量释放数据（t）

质　量	事故开始后的时间			
	0-600s	600s-1/2h	1/2h-2h	2h-8h
破损环路 SG 排放的蒸汽	158.71	82.35	0	0
完好环路 SG 排放的蒸汽	11.99	0	110.6	328.94
2台完好环路SG的给水	74.8	100	0	292.57

表 6.1-12　　MSLB 事故源项

单位：GBq

核素	0-2h	2-8h	0~8h
Kr-85m	5.37E-01	1.61E+00	2.15E+00
Kr-85	4.63E-03	1.39E-02	1.85E-02
Kr-87	7.28E-01	2.19E+00	2.91E+00
Kr-88	1.26E+00	3.78E+00	5.04E+00
Xe-133m	2.55E-01	7.65E-01	1.02E+00
Xe-133	7.44E+00	2.23E+01	2.98E+01
Xe-135	2.48E+00	7.44E+00	9.92E+00
Xe-138	1.20E+00	3.59E+00	4.79E+00
I-131	3.19E+01	5.49E+00	3.74E+01
I-132	7.09E+00	1.19E+00	8.28E+00
I-133	1.38E+01	2.14E+00	1.59E+01
I-134	8.83E-01	1.88E-01	1.07E+00
I-135	5.09E+00	7.90E-01	5.88E+00

表 6.1-13　RCVA 源项计算中所用的假设和参数

计算 RCV 箱内放射性活度	一回路放射性活度	瞬态值，
	混床除盐器对碘的去除因子	0.1
	RCV 箱内的液体密度	1t/m^3
	进入 RCV 箱的最大下泄流量	27.2t/h
	RCV 箱内的气相体积	5.5 m^3
	RCV 箱内的液相体积	3.4 m^3
	RCV 箱内气、液相体积浓度之比	碘：10^{-4}/氙：15/氪：25
计算RCVA释放源项	下泄阀门隔离时间	0.5h
	水渍表面积	44.9 m^2
	蒸发率	1.54kg/(m^2 h)
	地坑泵输送流量W	5m^3/h

表 6.1-14　RCV 容控箱内液体和气体的放射性活度

单位：GBq

核素	气态	液相
Kr-85m	6.83E+03	1.69E+02
Kr-85	1.06E+02	2.62E+00
Kr-87	4.37E+03	1.08E+02
Kr-88	1.28E+04	3.16E+02
Xe-133m	3.37E+03	1.39E+02
Xe-133	1.01E+05	4.14E+03
Xe-135	2.75E+04	1.13E+03
Xe-138	1.60E+03	6.61E+01
I-131	3.66E-02	2.26E+02
I-132	9.54E-03	5.89E+01
I-133	1.44E-02	8.90E+01
I-134	1.53E-03	9.48E+00
I-135	5.72E-03	3.54E+01

表 6.1-15　容控箱破损事故释入环境的放射性活度

单位：GBq

核素	RCV 气相	RCV 液相	下泄量	合计
Kr-85m	6.83E+03	1.69E+02	1.22E+03	8.22E+03
Kr-85	1.06E+02	2.62E+00	1.05E+01	1.19E+02
Kr-87	4.37E+03	1.08E+02	1.65E+03	6.13E+03
Kr-88	1.28E+04	3.16E+02	2.86E+03	1.59E+04
Xe-133m	3.37E+03	1.39E+02	5.78E+02	4.08E+03
Xe-133	1.01E+05	4.14E+03	1.69E+04	1.22E+05
Xe-135	2.75E+04	1.13E+03	5.62E+03	3.42E+04
Xe-138	1.60E+03	6.61E+01	2.71E+03	4.38E+03
I-131	3.66E-02	3.49E+00	1.40E+01	1.75E+01
I-132	9.54E-03	9.11E-01	3.78E+00	4.70E+00
I-133	1.44E-02	1.38E+00	5.52E+00	6.91E+00
I-134	1.53E-03	1.47E-01	6.44E-01	7.92E-01
I-135	5.72E-03	5.47E-01	2.22E+00	2.77E+00

表 6.1-16　TEGA 源项计算中所用的假设和参数

一回路放射性活度	停堆前	稳态值
	停堆后	瞬态值
正常运行期间 TEP 脱气塔处理的废液量		$15m^3/d$
正常运行期间 RCV 下泄流量		$13.6m^3/h$
RCV 和 TEP 系统除盐器对核素的去除因子	碘	100
	惰性气体	1
液体密度		$1t/m^3$
进入 RCV 箱的最大下泄流量		$27.2m^3/h$
RCV 箱内的气相体积		$5.5m^3$
RCV 箱内的液相体积		$3.4m^3$
RCV 箱内气、液相体积浓度之比	Kr	25
	Xe	15
	I_2	0.0001
停堆至 TEG 罐破裂的时间间隔		2h
TEG 罐破裂至管道隔离的时间		1h
TEP 中间槽气相空间体积		$2.4m^3$
TEP 中间槽内碘在气液相体积浓度之比		0.0001
TEP 脱气塔碘在气液相体积浓度之比		0.001

表 6.1-17　废气储存罐破损事故释放源项

单位：GBq

核素名称	TEG 罐体破损	RCV 气相	停堆后 TEP 除气器	TEP 中间槽脱气	隔离前 TEG 的排放	合计
Kr-85m	1.19E+02	1.56E+03	3.57E+03	0.00E+00	1.77E+03	7.02E+03
Kr-85	5.55E+04	9.02E+01	4.20E+01	0.00E+00	2.24E+01	5.56E+04
Kr-87	1.94E+01	3.49E+02	2.21E+03	0.00E+00	9.22E+02	3.50E+03
Kr-88	1.46E+02	2.22E+03	7.02E+03	0.00E+00	3.35E+03	1.27E+04
Xe-133m	9.44E+02	1.52E+03	2.25E+03	0.00E+00	1.20E+03	5.91E+03
Xe-133	7.36E+04	5.17E+04	6.67E+04	0.00E+00	3.56E+04	2.28E+05
Xe-135	2.16E+03	1.46E+04	1.93E+04	0.00E+00	9.94E+03	4.60E+04
Xe-138	4.23E-02	8.39E-01	3.10E+01	0.00E+00	5.84E+00	3.77E+01
I-131	4.56E-02	1.44E-04	3.59E-01	4.22E-02	1.92E-01	6.39E-01
I-132	1.84E-04	4.53E-05	5.36E-02	7.49E-03	2.44E-02	8.57E-02
I-133	6.13E-03	1.76E-04	1.34E-01	2.12E-02	6.90E-02	2.30E-01
I-134	3.81E-06	2.22E-06	3.42E-03	4.57E-04	1.26E-03	5.14E-03
I-135	6.76E-04	6.09E-05	4.63E-02	7.36E-03	2.30E-02	7.74E-02

表 6.1-18　卡轴事故源项计算中所用的假设和参数

DNB 后燃料包壳失效份额		20%
破损燃料棒中裂变产物释放比例	惰性气体（Kr-85 除外）	10%
	Kr-85	10%
	碘	10%
SG 蒸汽中的碘夹带因子		0.01
SG 一回路向二回路的泄漏率（单台）		24kg/h
一回路放射性比活度		事故发生时为瞬态值
二回路放射性比活度		事故发生时为瞬态值

表 6.1-19　卡轴事故源项

单位：GBq

核素	0~2h	2~8h	0~8h
Kr-85m	1.66E+04	4.99E+04	6.66E+04
Kr-85	5.64E+02	1.69E+03	2.26E+03
Kr-87	3.45E+04	1.03E+05	1.38E+05
Kr-88	4.87E+04	1.46E+05	1.95E+05
Xe-133m	2.84E+03	8.52E+03	1.14E+04
Xe-133	9.32E+04	2.80E+05	3.73E+05
Xe-135	2.92E+04	8.75E+04	1.17E+05
Xe-138	8.49E+04	2.55E+05	3.40E+05
I-131	6.01E+01	2.31E+03	2.37E+03
I-132	7.96E+01	1.59E+03	1.67E+03
I-133	1.25E+02	4.47E+03	4.60E+03
I-134	1.18E+02	1.27E+03	1.39E+03
I-135	1.16E+02	3.45E+03	3.57E+03

表 6.1-20　非居住区边界上的大气弥散因子

单位：（s/m^3）

方位	距离（m）	0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	600	2.08E-04	1.20E-04	7.32E-05	3.44E-05	1.16E-05
NNE	600	2.25E-04	1.31E-04	8.13E-05	3.89E-05	1.35E-05
NE	600	2.49E-04	1.42E-04	8.62E-05	4.00E-05	1.33E-05
ENE	600	2.44E-04	1.35E-04	7.93E-05	3.52E-05	1.10E-05
E	600	2.41E-04	1.27E-04	7.21E-05	3.01E-05	8.57E-06
ESE	600	2.29E-04	1.19E-04	6.64E-05	2.72E-05	7.53E-06
SE	600	2.88E-04	1.53E-04	8.69E-05	3.65E-05	1.05E-05
SSE	600	3.01E-04	1.67E-04	9.82E-05	4.36E-05	1.36E-05
S	600	3.41E-04	2.15E-04	1.42E-04	7.56E-05	3.05E-05
SSW	600	2.69E-04	1.57E-04	9.74E-05	4.67E-05	1.63E-05
SW	600	1.61E-04	8.97E-05	5.31E-05	2.38E-05	7.50E-06
WSW	600	1.16E-04	6.43E-05	3.80E-05	1.69E-05	5.31E-06
W	600	1.08E-04	6.21E-05	3.78E-05	1.76E-05	5.89E-06
WNW	600	1.25E-04	6.99E-05	4.16E-05	1.88E-05	6.02E-06
NW	600	2.06E-04	1.18E-04	7.11E-05	3.29E-05	1.09E-05
NNW	600	2.06E-04	1.20E-04	7.43E-05	3.55E-05	1.23E-05
全厂址		3.05E-04	1.95E-04	1.31E-04	7.10E-05	2.92E-05

表 6.1-21　厂址规划限制区外边界上的大气弥散因子

单位：（s/m^3）

方位	距离（m）	0~2h	2~8h	8~24h	24~96h	96~720h
N	5000	1.89E-05	9.73E-06	5.38E-06	2.16E-06	5.86E-07
NNE	5000	2.09E-05	1.09E-05	6.12E-06	2.52E-06	7.04E-07
NE	5000	2.37E-05	1.22E-05	6.73E-06	2.70E-06	7.30E-07
ENE	5000	2.31E-05	1.16E-05	6.22E-06	2.40E-06	6.14E-07
E	5000	2.27E-05	1.09E-05	5.65E-06	2.07E-06	4.87E-07
ESE	5000	2.12E-05	1.00E-05	5.15E-06	1.85E-06	4.27E-07
SE	5000	2.82E-05	1.35E-05	7.03E-06	2.58E-06	6.09E-07
SSE	5000	2.98E-05	1.49E-05	8.00E-06	3.09E-06	7.88E-07
S	5000	3.34E-05	1.88E-05	1.12E-05	5.12E-06	1.65E-06
SSW	5000	2.52E-05	1.32E-05	7.43E-06	3.08E-06	8.66E-07
SW	5000	9.85E-06	5.18E-06	2.91E-06	1.21E-06	3.41E-07
WSW	5000	6.58E-06	3.48E-06	1.97E-06	8.25E-07	2.36E-07
W	5000	6.30E-06	3.44E-06	2.00E-06	8.71E-07	2.64E-07
WNW	5000	7.69E-06	4.08E-06	2.31E-06	9.70E-07	2.79E-07
NW	5000	1.97E-05	9.98E-06	5.45E-06	2.15E-06	5.68E-07
NNW	5000	1.61E-05	8.55E-06	4.86E-06	2.04E-06	5.89E-07
全厂址		2.89E-05	1.66E-05	1.01E-05	4.71E-06	1.58E-06

表 6.1-22　设计基准事故公众剂量计算采用的剂量转换因子

核素		衰变常数（1/s）	烟云浸没照射（Sv/s）/（Bq/m^3）	地面沉积外照射（Sv/s）/（Bq/m^2）	吸入内照射（Sv/Bq）	甲状腺吸入（Sv/Bq）
Kr-83m		1.05E-04	2.43E-18	-	-	-
Kr-85m		4.30E-05	6.83E-15	-	-	-
Kr-85		2.05E-09	2.55E-16	-	-	-
Kr-87		1.52E-04	3.94E-14	-	-	-
Kr-88		6.78E-05	9.72E-14	-	-	-
Xe-131m		6.74E-07	3.70E-16	-	-	-
Xe-133m		3.66E-06	1.27E-15	-	-	-
Xe-133		1.53E-06	1.39E-15	-	-	-
Xe-135m		7.42E-04	1.85E-14	-	-	-
Xe-135		2.12E-05	1.11E-14	-	-	-
Xe-138		8.15E-04	5.44E-14	-	-	-
I-131	有机碘	9.98E-07	1.84E-14	3.81E-16	1.50E-08	3.10E-07
	粒子碘				7.40E-09	1.50E-07
	元素碘				2.00E-08	3.90E-07
I-132	有机碘	8.37E-05	1.14E-13	2.28E-15	1.90E-10	3.20E-09
	粒子碘				9.40E-11	1.40E-09
	元素碘				3.10E-10	3.60E-09
I-133	有机碘	9.26E-06	3.00E-14	6.33E-16	3.10E-09	6.00E-08
	粒子碘				1.50E-09	2.80E-08
	元素碘				4.00E-09	7.60E-08
I-134	有机碘	2.20E-04	1.33E-13	2.63E-15	5.00E-11	7.00E-10
	粒子碘				4.50E-11	2.60E-10
	元素碘				1.50E-10	7.00E-10
I-135	有机碘	2.91E-05	8.25E-14	1.52E-15	6.80E-10	1.30E-08
	粒子碘				3.20E-10	5.70E-09
	元素碘				9.20E-10	1.50E-08

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 6.1-23　非居住区边界上公众个人剂量（1/2）

（保守大气弥散条件）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA（0~2h）		CREA（0~2h）		FUHA（0~2h）		MSLB（0~2h）		SGTR+SVSO（0~2h）	
		EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY
N	600	2.20E-03	3.43E-02	5.42E-03	9.42E-02	2.01E-04	6.53E-04	5.11E-05	9.81E-04	6.72E-03	1.04E-01
NNE	600	2.38E-03	3.71E-02	5.86E-03	1.02E-01	2.17E-04	7.06E-04	5.53E-05	1.06E-03	7.27E-03	1.12E-01
NE	600	2.63E-03	4.10E-02	6.48E-03	1.13E-01	2.40E-04	7.82E-04	6.11E-05	1.17E-03	8.05E-03	1.24E-01
ENE	600	2.58E-03	4.02E-02	6.35E-03	1.11E-01	2.35E-04	7.66E-04	5.99E-05	1.15E-03	7.89E-03	1.22E-01
E	600	2.55E-03	3.97E-02	6.28E-03	1.09E-01	2.33E-04	7.57E-04	5.92E-05	1.14E-03	7.79E-03	1.20E-01
ESE	600	2.42E-03	3.77E-02	5.96E-03	1.04E-01	2.21E-04	7.19E-04	5.62E-05	1.08E-03	7.40E-03	1.14E-01
SE	600	3.05E-03	4.75E-02	7.50E-03	1.30E-01	2.78E-04	9.04E-04	7.07E-05	1.36E-03	9.31E-03	1.44E-01
SSE	600	3.18E-03	4.96E-02	7.84E-03	1.36E-01	2.90E-04	9.45E-04	7.39E-05	1.42E-03	9.73E-03	1.50E-01
S	**600**	**3.61E-03**	**5.62E-02**	**8.88E-03**	**1.55E-01**	**3.29E-04**	**1.07E-03**	**8.37E-05**	**1.61E-03**	**1.10E-02**	**1.70E-01**
SSW	600	2.84E-03	4.43E-02	7.00E-03	1.22E-01	2.60E-04	8.45E-04	6.61E-05	1.27E-03	8.70E-03	1.34E-01
SW	600	1.70E-03	2.65E-02	4.19E-03	7.29E-02	1.55E-04	5.06E-04	3.95E-05	7.59E-04	5.21E-03	8.03E-02
WSW	600	1.23E-03	1.91E-02	3.02E-03	5.26E-02	1.12E-04	3.64E-04	2.85E-05	5.47E-04	3.75E-03	5.79E-02
W	600	1.14E-03	1.78E-02	2.81E-03	4.89E-02	1.04E-04	3.39E-04	2.65E-05	5.09E-04	3.49E-03	5.39E-02
WNW	600	1.32E-03	2.06E-02	3.25E-03	5.66E-02	1.21E-04	3.92E-04	3.07E-05	5.90E-04	4.04E-03	6.24E-02
NW	600	2.18E-03	3.40E-02	5.36E-03	9.33E-02	1.99E-04	6.47E-04	5.06E-05	9.72E-04	6.66E-03	1.03E-01
NNW	600	2.18E-03	3.40E-02	5.36E-03	9.33E-02	1.99E-04	6.47E-04	5.06E-05	9.72E-04	6.66E-03	1.03E-01
全厂址		3.23E-03	3.23E-03	7.94E-03	1.38E-01	2.94E-04	9.58E-04	7.49E-05	1.44E-03	9.86E-03	1.52E-01

注：EFF 指有效剂量；THY 指甲状腺当量剂量。

表 6.1-23　非居住区边界上公众个人剂量（2/2）

（保守大气弥散条件）

方位	距离（m）	LRA（0~2h）		SGTR（0~2h）		RCVA（0~2h）		TEGA（0~2h）	
		EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY
N	600	2.49E-03	2.53E-03	6.75E-04	1.17E-02	5.76E-04	5.35E-04	2.17E-04	1.94E-05
NNE	600	2.69E-03	2.74E-03	7.31E-04	1.26E-02	6.23E-04	5.78E-04	2.34E-04	2.09E-05
NE	600	2.98E-03	3.03E-03	8.09E-04	1.40E-02	6.90E-04	6.40E-04	2.59E-04	2.32E-05
ENE	600	2.92E-03	2.97E-03	7.92E-04	1.37E-02	6.76E-04	6.27E-04	2.54E-04	2.27E-05
E	600	2.88E-03	2.93E-03	7.82E-04	1.35E-02	6.67E-04	6.20E-04	2.51E-04	2.24E-05
ESE	600	2.74E-03	2.79E-03	7.43E-04	1.29E-02	6.34E-04	5.89E-04	2.38E-04	2.13E-05
SE	600	3.45E-03	3.50E-03	9.35E-04	1.62E-02	7.98E-04	7.40E-04	3.00E-04	2.68E-05
SSE	600	3.60E-03	3.66E-03	9.77E-04	1.69E-02	8.34E-04	7.74E-04	3.13E-04	2.80E-05
S	**600**	**4.08E-03**	**4.15E-03**	**1.11E-03**	**1.92E-02**	**9.44E-04**	**8.77E-04**	**3.55E-04**	**3.17E-05**
SSW	600	3.22E-03	3.27E-03	8.74E-04	1.51E-02	7.45E-04	6.92E-04	2.80E-04	2.50E-05
SW	600	1.93E-03	1.96E-03	5.23E-04	9.04E-03	4.46E-04	4.14E-04	1.68E-04	1.50E-05
WSW	600	1.39E-03	1.41E-03	3.77E-04	6.51E-03	3.21E-04	2.98E-04	1.21E-04	1.08E-05
W	600	1.29E-03	1.31E-03	3.51E-04	6.06E-03	2.99E-04	2.78E-04	1.12E-04	1.00E-05
WNW	600	1.50E-03	1.52E-03	4.06E-04	7.02E-03	3.46E-04	3.21E-04	1.30E-04	1.16E-05
NW	600	2.46E-03	2.51E-03	6.69E-04	1.16E-02	5.71E-04	5.30E-04	2.14E-04	1.92E-05
NNW	600	2.46E-03	2.51E-03	6.69E-04	1.16E-02	5.71E-04	5.30E-04	2.14E-04	1.92E-05
全厂址		3.65E-03	3.71E-03	9.88E-04	1.71E-02	8.45E-04	7.84E-04	7.84E-04	2.84E-05

表 6.1-24　规划限制区外边界上公众个人剂量

（保守大气弥散条件）

单位：Sv

方位	距离（m）	LOCA（0~30d）		CREA（0~30d）		FUHA（0~12h）		MSLB（0~8h）		SGTR+SVSO（0~8h）	
		EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY
N	5000	9.35E-04	1.73E-02	1.20E-03	2.16E-02	2.42E-05	1.17E-04	5.06E-06	9.70E-05	9.29E-04	1.47E-02
NNE	5000	1.07E-03	1.98E-02	1.34E-03	2.42E-02	2.68E-05	1.30E-04	5.60E-06	1.07E-04	1.03E-03	1.64E-02
NE	5000	1.17E-03	2.17E-02	1.50E-03	2.71E-02	3.03E-05	1.47E-04	6.34E-06	1.22E-04	1.16E-03	1.85E-02
ENE	5000	1.09E-03	2.00E-02	1.44E-03	2.60E-02	2.93E-05	1.42E-04	6.17E-06	1.18E-04	1.13E-03	1.79E-02
E	5000	9.95E-04	1.82E-02	1.38E-03	2.49E-02	2.85E-05	1.36E-04	6.04E-06	1.16E-04	1.09E-03	1.73E-02
ESE	5000	9.09E-04	1.66E-02	1.28E-03	2.31E-02	2.65E-05	1.26E-04	5.63E-06	1.08E-04	1.01E-03	1.60E-02
SE	5000	1.24E-03	2.27E-02	1.72E-03	3.10E-02	3.54E-05	1.69E-04	7.50E-06	1.44E-04	1.35E-03	2.14E-02
SSE	5000	1.40E-03	2.58E-02	1.85E-03	3.35E-02	3.78E-05	1.82E-04	7.95E-06	1.53E-04	1.45E-03	2.30E-02
S	**5000**	**1.97E-03**	**3.70E-02**	**2.24E-03**	**4.06E-02**	**4.37E-05**	**2.17E-04**	**9.00E-06**	**1.73E-04**	**1.69E-03**	**2.69E-02**
SSW	5000	1.30E-03	2.41E-02	1.62E-03	2.93E-02	3.23E-05	1.58E-04	6.75E-06	1.29E-04	1.25E-03	1.98E-02
SW	5000	5.08E-04	9.43E-03	6.33E-04	1.14E-02	1.27E-05	6.17E-05	2.64E-06	5.06E-05	4.88E-04	7.74E-03
WSW	5000	3.43E-04	6.38E-03	4.24E-04	7.67E-03	8.47E-06	4.14E-05	1.76E-06	3.38E-05	3.26E-04	5.18E-03
W	5000	3.49E-04	6.52E-03	4.15E-04	7.50E-03	8.17E-06	4.02E-05	1.69E-06	3.25E-05	3.16E-04	5.02E-03
WNW	5000	4.03E-04	7.49E-03	4.97E-04	8.98E-03	9.90E-06	4.84E-05	2.06E-06	3.96E-05	3.82E-04	6.06E-03
NW	5000	9.50E-04	1.75E-02	1.24E-03	2.23E-02	2.51E-05	1.21E-04	5.26E-06	1.01E-04	9.63E-04	1.53E-02
NNW	5000	8.46E-04	1.57E-02	1.04E-03	1.88E-02	2.07E-05	1.01E-04	4.32E-06	8.28E-05	8.00E-04	1.27E-02
全厂址		1.78E-03	3.34E-02	1.97E-03	3.57E-02	3.80E-05	1.89E-04	7.80E-06	1.50E-04	1.48E-03	2.35E-02

注：EFF 指有效剂量；THY 指甲状腺当量剂量。

表 6.1-24　规划限制区外边界上公众个人剂量

（保守大气弥散条件）

单位：Sv

方位	距离（m）	LRA（0~8h）		SGTR（0~8h）		RCVA（0~2h）		TEGA（0~2h）	
		EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY	EFF	THY
N	5000	2.26E-04	2.30E-04	6.14E-05	1.06E-03	5.23E-05	4.86E-05	1.97E-05	1.76E-06
NNE	5000	2.50E-04	2.54E-04	6.79E-05	1.17E-03	5.79E-05	5.37E-05	2.18E-05	1.94E-06
NE	5000	2.84E-04	2.88E-04	7.69E-05	1.33E-03	6.56E-05	6.09E-05	2.47E-05	2.21E-06
ENE	5000	2.76E-04	2.81E-04	7.50E-05	1.30E-03	6.40E-05	5.94E-05	2.41E-05	2.15E-06
E	5000	2.72E-04	2.76E-04	7.37E-05	1.27E-03	6.29E-05	5.84E-05	2.36E-05	2.11E-06
ESE	5000	2.54E-04	2.58E-04	6.88E-05	1.19E-03	5.87E-05	5.45E-05	2.21E-05	1.97E-06
SE	5000	3.37E-04	3.43E-04	9.15E-05	1.58E-03	7.81E-05	7.25E-05	2.94E-05	2.62E-06
SSE	5000	3.57E-04	3.62E-04	9.67E-05	1.67E-03	8.25E-05	7.66E-05	3.10E-05	2.77E-06
S	**5000**	**4.00E-04**	**4.06E-04**	**1.08E-04**	**1.88E-03**	**9.25E-05**	**8.59E-05**	**3.48E-05**	**3.11E-06**
SSW	5000	3.01E-04	3.06E-04	8.18E-05	1.41E-03	6.98E-05	6.48E-05	2.62E-05	2.34E-06
SW	5000	1.18E-04	1.20E-04	3.20E-05	5.53E-04	2.73E-05	2.53E-05	1.03E-05	9.17E-07
WSW	5000	7.87E-05	8.00E-05	2.14E-05	3.69E-04	1.82E-05	1.69E-05	6.85E-06	6.12E-07
W	5000	7.54E-05	7.66E-05	2.05E-05	3.54E-04	1.74E-05	1.62E-05	6.56E-06	5.86E-07
WNW	5000	9.20E-05	9.35E-05	2.50E-05	4.32E-04	2.13E-05	1.98E-05	8.01E-06	7.16E-07
NW	5000	2.36E-04	2.40E-04	6.40E-05	1.11E-03	5.46E-05	5.06E-05	2.05E-05	1.83E-06
NNW	5000	1.93E-04	1.96E-04	5.23E-05	9.04E-04	4.46E-05	4.14E-05	1.68E-05	1.50E-06
全厂址		3.46E-04	3.51E-04	9.38E-05	1.62E-03	8.00E-05	7.43E-05	3.01E-05	2.69E-06

注：EFF 指有效剂量；THY 指甲状腺当量剂量。

表 6.1-25　事故后果与国家标准的比较

事故	事故类别	非居住区边界			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量（Sv）	与GB6249-2011控制值之百分比	最大剂量（Sv）	与GB6249-2011控制值之百分比
LOCA	Ⅳ	3.61E-03	3.61%	5.62E-02	5.62%
CREA	Ⅳ	8.88E-03	8.88%	1.55E-01	15.5%
FHA	Ⅳ	3.29E-04	0.33%	1.07E-03	0.11%
MSLB	Ⅳ	8.37E-05	0.08%	1.61E-03	0.16%
SGTR+SVSO	Ⅳ	1.10E-02	11.0%	1.70E-01	17.0%
LRA	Ⅳ	4.08E-03	4.08%	4.15E-03	0.42%
SGTR	Ⅲ	1.11E-03	22.20%	1.92E-02	38.40%
RCVA	Ⅲ	9.44E-04	18.88%	8.77E-04	1.75%
TEGA	Ⅲ	3.55E-04	7.10%	3.17E-05	0.06%
事故	事故类别	规划限制区边界			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量（Sv）	与GB6249-2011控制值之百分比	最大剂量（Sv）	与GB6249-2011控制值之百分比
LOCA	Ⅳ	1.97E-03	1.97%	3.70E-02	3.70%
CREA	Ⅳ	2.24E-03	2.24%	4.06E-02	4.06%
FHA	Ⅳ	4.37E-05	0.04%	2.17E-04	0.02%
MSLB	Ⅳ	9.00E-06	0.01%	1.73E-04	0.02%
SGTR+SVSO	Ⅳ	1.69E-03	1.69%	2.69E-02	2.69%
LRA	Ⅳ	4.00E-04	0.40%	4.06E-04	0.04%
SGTR	Ⅲ	1.08E-04	2.16%	1.88E-03	3.76%
RCVA	Ⅲ	9.25E-05	1.85%	8.59E-05	0.17%
TEGA	Ⅲ	3.48E-05	0.70%	3.11E-06	0.01%

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

防城港核电厂一、二号机组采用全 M5 AFA 3G 燃料组件，拟使用国内核燃料厂依照法国 FRAGEMA 公司 RCC-3 容器全套技术资料及图纸等同转化原则制造生产的新燃料运输容器。燃料组件运输容器的设计和制造满足我国《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。

根据国内其它核电厂燃料运输的经验表明，在严格遵循国家标准的技术规范下运输燃料组件时，组件的抗震和密封性能可确保不对环境产生任何有害的影响。

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

防城港核电厂一、二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。

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、泄漏或爆炸

6.3.2 火灾

6.3 其它事故

6.3.1 化学物质容器破裂、泄漏或爆炸

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、三氯化铁、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、泄漏等事故地发生，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和环境的影响降到最低。

（1） 氢气爆炸及柴油火灾

电厂部分系统中使用氢气作为覆盖气体，在存在氢气的各系统中均配备有氢氧监测器，可监测氢气和氧气的浓度，并有相应的除氢（氧）设施，使氢氧的可能积聚不会达到可爆炸的浓度比。

此外，电厂还设置有 7 个 50m^3 的氢气贮存罐，贮存压力为 2.5MPa，这些罐在高温、严重腐蚀、剧烈振动等恶劣工况下存在发生爆炸的风险。根据职业安全预评价的结果，根据初步估算，火灾爆炸半径为 30.5m，氢气储罐发生爆炸的危害范围有限。

电厂还配备有 5 个 321m^3 的 0$^{\#}$轻柴油贮罐，以常压贮存，在进行柴油的装卸、存储生产过程中，存在液体泄漏的风险。当大量的可燃性液体自储罐或附属管路泄漏到地面后，将向四周流淌、扩展，由于受到防火堤、隔堤的阻挡，液体将在限定区域（相当于围堰）内得到聚积，形成一定厚度的液池。这时，若遇到火源，液池将被点燃，发生地面火灾。根据职业安全预评价的结果表明，柴油贮罐发生爆炸的危害范围有限。

（2） 有毒有害气体泄漏

核电厂正常运行期间使用的化学物质以固体和液体为主，如次氯酸钠、盐酸、硫酸、联氨等，也有气体，如氯气，在电厂的某些厂房、车间还会积聚一些有毒有害气体，如一氧化碳、甲烷等，这些化学物质使用量并不大，但如果忽视对其的防护，还是会对职业人员造成一定的伤害，但影响范围有限，不会对厂外公众和环境造成可察觉的影响。

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火封隔措施。

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。

（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。

全厂消防系统由9个系统构成，即消防水生产系统（JPP）、厂区消防水分配系统（JPU）、消防水分配系统（JPD）、核岛消防系统（JPI）、电气厂房消防系统（JPL）、柴油机厂房消防系统（JPV）、汽轮机厂房消防系统（JPH）、变压器消防系统（JPT）、移动式和便携式消防设备（JPS）。消防水生产系统向消防水分配系统提供1.2MPa（g）运行压力的消防用水，用以扑救核岛、常规岛和配套设施所发生的火灾。消防水分配系统由2个子系统构成，即厂区消防水分配系统（JPU）和各建筑物内部消防水分配系统（JPD）。厂区消防水系统能满足持续2小时的消防供水要求。

厂房内还备有各种便携式灭火器、消火栓、水喷淋系统，供厂房内就地灭水使用。

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

6.4.1.2　运行期间环境风险

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　非放事故风险防范

6.4.2.4　危险化学品管控

表

表 6.4-1　S3 释放份额

表 6.4-2　S3 事故源项（10^{8}GBq）

表 6.4-3　S3 源项事故公众个人剂量（Sv）

表 6.4-4　S3 源项事故公众集体剂量（Sv）

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，本节将根据防城港核电厂址环境特征，结合防城港核电厂一、二号机组设计资料以及参考电厂资料，对防城港核电厂一、二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一、二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

环境风险评价是指对建设项目建设和运行期间发生的可预测突发性事件或事故（一般不包括人为破坏及自然灾害）引起有毒有害、易燃易爆等物质泄漏，或突发事件产生的新的有毒有害物质，所造成的对人身安全与环境的影响和损害，进行评估，提出防范、应急与减缓措施。

对于核电厂而言，其环境风险主要来自于潜在的放射性事故造成的放射性物质的释放，此外还包括自于建设过程中所贮存或运输的有毒有害、易燃易爆物质爆炸及泄漏造成的风险，以及电厂运行后非放化学物质贮存、运输和使用所造成的风险。

6.4.1.1 建设期间环境风险

核电厂施工建设期间的环境风险主要包括场平阶段炸药的储存和运输风险、山坡开采和道路施工引起滑坡等带来的生态风险以及施工过程中危险化学品储存的泄漏风险。

核电厂施工场平阶段需采用炸药对厂址处山体进行爆破削平处理，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厂区外的临时炸药库，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。

在前期选址阶段，防城港核电厂已对厂址处的地质条件进行了详细勘察，基

本排除了因地质本身问题导致的生态风险。核电厂选择了经验丰富的施工团队，在施工前对施工工艺进行论证，选择具有针对性的施工工艺，降低施工过程带来的生态风险。另外，工程设计和施工及时采取合理有效的控制措施，避免对区域生态产生不利影响。

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。

6.4.1.2 运行期间环境风险

核电厂最大的环境风险应来自于放射性事故风险。环评报告 6.1~6.3 节中已对防城港核电厂一、二号机组运行期间，发生设计基准事故、放射性物质运输事故以及化学物质容器破裂、泄漏或爆炸事故及火灾等对环境的影响进行了分析，本节将依据本工程可能产生潜在最严重后果的事故下的放射性释放，开展运行期间的放射性环境风险评价。

6.4.1.2.1 放射性环境风险

（1）风险识别

1）环境风险源

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中明确，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。

GB6249-2011 中针对设计基准事故给出了剂量接受准则，以验证电厂设计中

采取的针对性措施（例如专设安全设施）性能是否可靠；针对严重事故，GB6249-2011 中要求将严重事故产生的后果，作为确定应急计划区范围时的依据。

鉴于目前针对防城港核电厂一、二号号机组所采用的 CPR1000 机组尚未针对严重事故开展二级 PSA 研究，因此，本次评价将 S3 事故源项作为放射性环境风险源。

2）扩散途径

评价中考虑 S3 事故源项通过气态扩散，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

防城港核电厂址 1 号反应堆半径 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 54 个居民点，截至 2012 年年底共有户籍人口 7273 人。离厂址最近的居民点为厂址 N 方位 1.3km 处的牛角冲自然村，共有户籍人口 108 人。

考虑到电厂已设置半径 600m 的非居住区，该区域内严禁有常住居民，电厂将对非居住区实施有效控制。因此，保守将可能在距反应堆 600m 处活动的公众作为评价保护目标。同时，考虑到核电厂运行特点及相关接受准则的要求，同时考虑规划限制区（距反应堆 5km）外边界处的公众和厂址附近居民点的公众。

（2）源项分析

防城港核电厂一、二号机组 S3 事故源项下的放射性惰性气体和碘排放源项，以十八个月燃料循环管理策略下的堆芯放射性积存量为基础。

防城港核电厂一、二号机组十八个月燃料循环管理策略下的堆芯内裂变产物积存量见表 3.6-1。表 6.4-1 和表 6.4-2 分别给出了 S3 事故释放份额和事故源项。

（3）后果预测与评价

根据防城港核电厂厂址气象观测系统 2012 年 3 月~2014 年 3 月两个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厂一、二号机组 S3 严重事故条件下的放射性后果。

表6.4-3~6.4-4分别给出了防城港核电厂一、二号机组事故期间非居住区边界和规划限制区外边界的公众个人剂量以及厂址半径80km范围内的公众集体剂量。

6.4.1.2.2 非放射性环境风险

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、泄漏等事故地发生，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和环境的影响降到最低。

6.4.2 风险管理

针对核电厂运行期间的放射性与非放射性环境风险，防城港核电厂将从机组设计和运行管理等两方面加以风险防范，具体包括，从设计上考虑对于机组事故包括严重事故的防范缓解措施，和电厂运行时可能发生的非放射性事故风险防范措施，以及针对放射性物质运输的风险防范措施，和针对电厂所使用的危险品在厂内运输、装卸、贮存与使用的环境风险所采取的管理措施。

同时，鉴于核事故应急在核电厂选址、建造、装料及运行等各阶段均需着重考虑，对于核电厂而言，建设期间与运行期间的非放射性环境风险相对较小，因此，防城港核电厂的应急措施主要是对于核事故应急的相关考虑。有关防城港核电厂核事故应急的相关内容参见本报告书第 8 章。

6.4.2.1 核事故风险防范

防城港核电厂一、二号 CPR1000 机组具有能动专设安全系统，其专设安全设施主要包括安全注入系统、安全壳隔离系统、安全壳喷淋系统、安全壳大气监测系统、安全壳消氢系统、控制室可居留系统和安全壳过滤排放系统等。CPR1000 专设安全设施的基本功能是在发生设计基准事故时，控制反应性、排出堆芯衰变热、包容放射性物质和控制期间放射性物质向环境的释放。专设安全设施相关内容在环评报告 3.5 节中已有介绍。

针对严重事故的预防与缓解，本工程已建立包括部分超设计基准事故在内的事故管理程序（H 程序），严防严重事故发生，此外，设计中采用的严重事故

缓解措施还包括：非能动氢气复合器、稳压器卸压功能延伸（预防高压熔堆）以及安全壳卸压过滤排放系统。

（1）非能动氢气复合器

在防城港核电厂一、二号机组的安全壳内安装非能动氢气复合器，这些氢气复合器分别安装在蒸汽发生器隔间、稳压器隔间、主冷却剂泵隔间、稳压器卸压间以及反应堆厂房钢平台等位置，把安全壳均匀氢气浓度控制在 10%以内，以满足美国联邦法规 10CFR50.34 和 10CFR50.44 给出的验收准则要求。

（2）稳压器卸压功能延伸

稳压器卸压功能延伸是指利用稳压器安全阀卸压。当反应堆的出口温度≥650℃时，操纵员手动打开稳压器的安全阀卸压，在压力容器失效之前把反应堆冷却剂系统的压力降低到 0.2MPa 以下。采用稳压器卸压功能延伸（预防高压熔堆）的主要目的为：①避免高压熔堆以后飞入安全壳内的堆熔物直接加热安全壳内的大气温度，使安全壳压力升高或者堆熔物点燃安全壳内的氢气，发生氢气快速燃烧或爆炸；②避免高压熔堆以后飞入安全壳内的堆熔物损坏安全壳内的相关系统、设备和监测系统。

（3）安全壳卸压过滤排放系统

安全壳卸压过滤排放系统的功能是：当安全壳的压力超过设计压力时，以 4kg/s 的气体排放速率打开安全壳卸压排放系统，使安全壳压力低于设计压力，保证安全壳的完整性。

6.4.2.2 放射性物质运输事故风险防范

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。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

本工程从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。

— 用氮气充入储槽或有关设备的上部空间，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。

— 酸碱储存罐均装有酸雾吸收器不会排放大气。

6.4.2.4 危险化学品管控

防城港核电厂将参考国内在运核电厂的经验反馈，制定严格的危险化学品管控程序，明确电厂各部门在危险化学品安全管理中的职责，以切实降低电厂危险化学品在运输、装卸、贮存以及使用中可能的环境风险，具体包括：

（1）危险化学品运输和装卸

- 进入厂区的新增危险化学品需由相关部门技术审定；
- 运送进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。如确因工作需要临时储存在现场时，需办理存放证，经区域负责人和安全管理部门审批后方可存放，并严格落实存放证上要求的安全防护措施；
- 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《危险货物品名表》进行分类、分项存放；仓库管理单位必须建立安全操作、发放和回收制度，确保包装完好、标签清楚，配备相应的安全技术说明书供用户查阅；危险化学品仓库的管理人员、搬运人员必须经过专项安全培训和授权才能上岗工作；
- 厂房管理方需对所辖范围内储存的危险化学品进行定期检查，督促存放人落实相关管理措施，保证存放的危险化学品不威胁厂房的安全；

（3）危险化学品使用

- 使用危险化学品或在相关系统上操作、取样、检修的工作人员，必须经过培训授权，了解相关化学品的特性及应急防护措施；

- 领取危险化学品时，以满足当天工作需要为准，限量领取；
- 对于易燃品的使用必须采取防火措施，远离热源和火源，防止发生火灾；
- 使用时，应根据危险化学品的种类、特性及工作情况采取相应隔离、清扫、通风、检测、防火、防爆、防毒等安全措施，并使用相应的安全防护用具。

表 6.4-1　S3 释放份额

源项类型	释放量占堆芯放射性总量的份额							
	Xe（1）	I（2）		Cs（3）	Te（4）	Sr（5）	Ru（6）	镧系和锕系（7）
		无机碘	有机碘					
S3	7.5×10^{-1}	3.0×10^{-3}	5.5×10^{-3}	3.5×10^{-3}	3.5×10^{-3}	4.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	5.0×10^{-5}

（1）“Xe”包括 Xe、Kr；

（2）“I”包括 I、Br；

（3）“Cs”包括 Cs、Rb；

（4）“Te”包括 Te、Se、Sb；

（5）“Sr”包括 Sr、Ba；

（6）“Ru”包括 Ru、Mo、Rh、Tc；

（7）“镧系和锕系”包括 Nd、Eu、Y、Pr、Pm、Sm、La、Np、Pu、Zr、Nb。

表 6.4-2　S3 事故源项（10^8GBq）

核　素	0-2h	2-8h	8-12h
Kr-83m	6.03E-01	1.81E+00	1.21E+00
Kr-85m	4.58E-02	1.37E-01	9.15E-02
Kr-85	1.35E+00	4.05E+00	2.70E+00
Kr-87	2.80E+00	8.40E+00	5.60E+00
Kr-88	3.95E+00	1.19E+01	7.90E+00
Xe-131m	5.26E-02	1.58E-01	1.05E-01
Xe-133m	7.55E+00	2.27E+01	1.51E+01
Xe-133	2.33E-01	6.98E-01	4.65E-01
Xe-135m	2.41E+00	7.24E+00	4.83E+00
Xe-135	1.56E+00	4.69E+00	3.13E+00
Xe-138	7.20E+00	2.16E+01	1.44E+01
I-131（无机碘）	1.44E-02	4.31E-02	2.87E-02
I-132（无机碘）	2.09E-02	6.27E-02	4.18E-02
I-133（无机碘）	3.05E-02	9.14E-02	6.09E-02
I-134（无机碘）	3.53E-02	1.06E-01	7.05E-02
I-135（无机碘）	2.88E-02	8.64E-02	5.76E-02
I-131（有机碘）	2.63E-02	7.89E-02	5.26E-02
I-132（有机碘）	3.83E-02	1.15E-01	7.66E-02
I-133（有机碘）	5.58E-02	1.67E-01	1.12E-01
I-134（有机碘）	6.46E-02	1.94E-01	1.29E-01
I-135（有机碘）	5.28E-02	1.58E-01	1.06E-01

表 6.4-3　S3 源项事故公众个人剂量

单位：Sv

项　目	剂量结果
非居住区边界上公众可能受照的最大有效剂量（Sv）	1.70E+02
非居住区边界上公众可能受照的最大甲状腺当量剂量（Sv）	8.32E+02
规划限制区边界（5km）公众可能受照的最大有效剂量（Sv）	1.50E+01
规划限制区边界（5km）公众可能受照的最大甲状腺当量剂量（Sv）	5.22E+01

表 6.4-4　S3 源项事故公众集体有效剂量

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	0.00E+00	6.82E+03	3.60E+03	4.24E+02	4.49E+03	2.57E+03	1.52E+04	3.82E+04	6.13E+03	1.17E+04	7.63E+03	7.44E+03	1.04E+05
NNE	0.00E+00	0.00E+00	4.92E+03	0.00E+00	1.23E+04	9.72E+03	6.93E+03	2.81E+04	7.87E+03	1.23E+04	9.01E+03	1.55E+04	1.07E+05
NE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.74E+03	4.79E+03	4.93E+03	3.16E+03	7.44E+03	3.29E+03	5.93E+03	4.92E+03	4.32E+04
ENE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.47E+03	1.25E+03	4.35E+03	4.93E+03	5.03E+03	4.68E+03	4.64E+03	3.23E+04
E	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.29E+04	1.19E+04	1.32E+04	1.48E+04	1.03E+04	2.13E+04	1.57E+04	1.00E+05
ESE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.28E+03	7.00E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.77E+03	3.05E+04	1.29E+03	3.65E+04
SE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SSE	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
S	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SSW	0.00E+00	0.00E+00	3.25E+03	2.11E+03	6.72E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.03E+03
SW	0.00E+00	7.68E+03	3.66E+03	1.06E+03	5.71E+03	1.33E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.14E+04
WSW	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+03	2.43E+03	4.61E+03	3.27E+03	4.26E+03	2.51E+02	6.54E+02	7.49E+02	1.21E+03	2.84E+02	1.94E+04
W	0.00E+00	2.22E+03	9.52E+02	1.79E+03	3.28E+03	4.93E+03	3.23E+03	7.71E+02	1.88E+03	1.07E+03	1.45E+03	1.03E+03	2.26E+04
WNW	0.00E+00	0.00E+00	1.61E+02	1.03E+03	8.72E+02	2.50E+03	1.45E+04	1.46E+03	1.92E+03	1.96E+03	1.07E+03	3.92E+02	2.58E+04
NW	0.00E+00	7.87E+03	1.02E+03	1.97E+02	3.96E+03	5.70E+03	1.67E+03	9.03E+03	4.17E+03	2.54E+03	2.32E+03	7.40E+03	4.59E+04
NNW	0.00E+00	0.00E+00	2.62E+03	0.00E+00	1.04E+04	4.40E+03	6.27E+03	7.71E+03	6.02E+03	8.86E+03	2.57E+03	2.57E+03	5.14E+04
合计	0.00E+00	2.46E+04	2.19E+04	9.03E+03	5.50E+04	7.38E+04	7.08E+04	1.06E+05	5.59E+04	5.96E+04	8.76E+04	6.12E+04	6.26E+05

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

7.1 运行前的环境监测

7.1.1 调查方案

7.1.2 监测方法

7.1.3 调查结果及评价

7.1.4 本底调查质量保证

7.1.5 结论

7.1.6 参考资料

表

表 7.1-1 防城港核电厂环境辐射本底调查大纲（2 张）

表 7.1-2 测量项目所采用的仪器、测量方法及监测标准

表 7.1-3 环境放射性监测各类样品的探测下限（3 张）

表 7.1-4 γ 辐射剂量率调查结果（8 张）

表 7.1-5 累积剂量换算出的剂量率分析结果（2 张）

表 7.1-6 γ 辐射连续监测数据每月数据平均值以及范围

表 7.1-7 2011-2013 年气溶胶的放射性水平（8 张）

表 7.1-8 空气中气溶胶分析结果(^{7}Be)

表 7.1-9 空气中气溶胶分析结果（总 α、总 β）

表 7.1-10 沉降物放射性核素分析结果（2 张）

表 7.1-11 空气中 ^{3}H、^{14}C 放射性活度分析结果（5 张）

表 7.1-12 地表水放射性核素分析结果（2 张）

表 7.1-13 地下水放射性核素分析结果

表 7.1-14 饮用水放射性核素分析结果（2 张）

表 7.1-15　雨水放射性核素分析结果（2 张）
表 7.1-16　土壤放射性核素分析结果（4 张）
表 7.1-17　底泥放射性核素分析结果
表 7.1-18　陆域生物放射性核素分析结果（4 张）
表 7.1-19　海洋生物放射性核素分析结果（3 张）
表 7.1-20　海水放射性核素分析结果（3 张）
表 7.1-21　海底泥放射性核素分析结果（2 张）
表 7.1-22　潮间带土放射性核素分析结果
表 7.1-23　本次本底调查主要仪器设备
表 7.1-24　本次本底调查使用的标准物质
表 7.1-25　γ 剂量率质保样所占比例
表 7.1-26　RSS-131 仪器现场测量数据分析
表 7.1-27　累积剂量换算出的剂量率数据分析
表 7.1-28　YB-Ⅳ仪器连续监测数据
表 7.1-29　环境介质样品质保样统计
表 7.1-30　气溶胶 γ 核素质保数据
表 7.1-31　气溶胶总 α、总 β 质保数据
表 7.1-32　地表水样品质保数据
表 7.1-33　实验室间气溶胶中 γ 核素分析结果
表 7.1-34　实验室间土壤中 γ 核素分析结果
表 7.1-35　实验室间海水中 γ 核素分析结果
表 7.1-36　实验室间生物灰中 γ 核素分析结果
表 7.1-37　实验室间土壤中 ^{90}Sr 分析结果

图

图 7.1-1　厂址半径 5km 范围内布点示意图
图 7.1-2　厂址半径 5-15km 范围内布点示意图
图 7.1-3　厂址半径 20-60km 范围内布点示意图
图 7.1-4　沉积物、气溶胶、雨水和空气监测点位图

图 7.1-5　地表水、饮用水、地下水监测点位图

图 7.1-6　土壤监测点位图

图 7.1-7　陆生生物监测点位图

图 7.1-8　海水、海产品、潮间带监测点位图

图 7.1-9　累计剂量换算的剂量率与 γ 空气吸收剂量率测量结果比较图

图 7.1-10　γ 辐射剂量率连续监测日平均和月平均剂量水平变化图

图 7.1-11　气溶胶 ^{7}Be 测量结果图

图 7.1-12　气溶胶总 α、总 β 测量结果图

图 7.1-13　沉降灰 ^{7}Be、总 α、总 β 测量结果图

图 7.1-14　空气氚测量统计图（按月统计）

图 7.1-15　空气碳-14 测量统计图（按月统计）

7.1 运行前的环境监测

核电厂运行前的环境辐射监测目的主要是确定核电厂运行前的环境辐射本底或现状水平，为核电厂运行期间环境监测提供对照基准，并为制定运行期间的环境监测方案提供参考借鉴。根据国家相关标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)和《环境核辐射监测规定》(GB12379-90)的要求，防城港核电厂自 2011 年 8 月至 2013 年 7 月完成了环境放射性本底辐射水平的调查，获得了两年的调查数据，其调查结果反映到核电厂运行阶段的环境影响报告书中。本节主要描述该次辐射本底调查的方案和结果，并对监测结果进行评价。

防城港核电厂运行前的辐射本底调查遵循的法规标准包括：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)
- 《辐射环境监测技术规范》 (HJ/T61-2001)
- 《核电厂环境辐射监测规定》(EJ/T1131-2001)
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）
- 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ 527-1990）
- 《环境核辐射监测规定》(GB12379-90)
- 《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》(GB11216-89)

7.1.1 调查方案

7.1.1.1 调查目的

了解核电厂运行前的环境辐射本底水平，获取环境 γ 辐射水平、陆地介质（空气、陆水、土壤、陆上动植物等）中的放射性核素含量、海洋介质（海水、海洋生物、海洋沉积物等）中的放射性核素含量的数据。主要目的为：

- 掌握核电厂厂址周围环境 γ 辐射本底水平和主要环境介质中重要放射性核素的本底浓度水平；
- 为核电厂运行期间环境辐射监测提供对照基准，为评价厂址周围环境辐射质量变化趋势累积基础数据；
- 为制定核电厂运行期间的环境监测方案提供参考依据。

7.1.1.2 调查范围

国家标准GB6249-2011规定，运行前环境调查时“环境γ辐射水平的调查范围的半径一般取50km，其余项目调查范围的半径一般取20~30km”。本次调查的范围满足该标准的要求。

7.1.1.3 调查内容、布点及频次

本次辐射本底调查的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。

本次调查的采样和布点，充分考虑防城港核电厂地区人口分布、陆地资源、居民食物结构的调查资料、当地水文气象条件、核电厂周围海洋生态环境、水产资源分布等因素，以保证所取样品和监测数据的代表性。大气样品采样点设在与常年主导风向下风向的最大浓度点处。采样点分布密度按“近密远疏”的原则安排。具体的布点原则如下：

— 关键人群组居住地区；

— 最大风频下风向厂区边界附近区域及最大沉降点；

— 人口分布、土地利用和陆生资源、居民饮食结构；

— 海洋生态和水产资源；

— 陆生和海生生物生长周期、采样品种的代表性；

调查方案的汇总情况见表7.1-1，具体布点见图7.1-1至7.1-8。具体的调查内容如下：

（1）陆地环境γ辐射水平

陆地环境γ辐射水平调查的内容包括原野、道路、室内、农田、滩涂环境辐射剂量率、累积剂量（TLD）和γ连续辐射剂量率调查。在厂区周围50km范围内原野、道路、室内、农田和滩涂的布点数各为152、135、4、19、18个。

— 原野测量：包括146个草地和6个盐田。

— 道路测量：包括水泥路、砂石路、柏油路面以及泥土路面。

— 室内测量：核电厂50km的范围内选点测量。

— 滩涂、农田：包括18个滩涂测量点位和19个农田测量点位。

— 累积剂量：热释光剂量计在现场布放时充分考虑到与陆地γ辐射剂量率监测点的可比性，要求点位尽量保持一致，本次调查共布设了49个点位，

监测频度为 1 次/季。

— 连续测量：连续测量点位选在防城港核电厂厂区气象平台处（N：21°39′51.28″，E：108°33′04.82″）。

（2）气溶胶、沉降灰、雨水、空气 ^{3}H 和 ^{14}C

气溶胶、沉降灰、雨水、空气 ^{3}H 和 ^{14}C 采样半径为 60km 范围，共布设 4 个采样点位，分别为核电厂气象站、沙螺辽小学、红沙村委会和小峰水库（对照点）。监测点分布图见图 7.1-4。主要分析项目包括：

— 气溶胶：共设 4 个监测点，频度是每 1 次/月，测量 γ 核素、总 β、总 α。具体见表 7.1-1。

— 沉降灰：共设 4 个监测点，频度是每 1 次/月，测量 γ 核素、总 β、总 α。具体见表 7.1-1。

— 空气中的 ^{3}H 和 ^{14}C：共设 4 个监测点，频度是每 1 次/月，分别测量 ^{3}H 和 ^{14}C。具体见表 7.1-1。

— 雨水：共设 4 个监测点，频度是每 1 次/月，测量 ^{3}H 和 γ 核素。具体见表 7.1-1。

（3）地表水、饮用水、地下水和底泥

地表水、饮用水、地下水和底泥的调查范围为半径 60km 范围。其中地表水和底泥监测点位相同，共布设 5 个采样点位，分别为红沙村水塘、刘屋水塘、山口水塘、官山辽水库和小峰水库（对照点）；饮用水和地下水监测点位相同，共布设 3 个点位，分别为白云村*、沙螺辽和小峰水库（对照点），监测项目及频次见表 7.1-1。监测点分布见图 7.1-5。主要分析项目包括：

— 地表水：共设 5 个监测点，频度为 1 次/半年，测量 ^{3}H 和 γ 核素、总 β、^{90}Sr。

— 地下水：共 3 个采样点，频度为 1 次/半年，测量 ^{3}H 和 γ 核素、总 β、^{90}Sr。

— 饮用水：共 3 个采样点，频度为 1 次/季。测量总 α、γ 核素、总 β、^{90}Sr。

— 底泥：共有 5 个底泥采样点，频度为 1 次/年，分析项目为 γ 核素和 ^{90}Sr。

（4）土壤

土壤的调查范围为半径 60km 范围。其中地表水和底泥监测点位相同，共布设 15 个采样点位，分别为 9 个种植土：白云村（香蕉土、稻米土、青菜种植土）、

* ：文中采样点位白云村，实际称呼为白云组，在此特作说明。

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）；6 个不动土：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。监测点分布图见图 7.1-6。采样频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。具体分析项目见表 7.1-1。

（5）陆生生物

陆生生物取样种类包括粮食类、蔬菜类、肉类、淡水鱼类、松针、桉树和水果类。其中松针作为指示生物加测总 β、自由水氚和有机氚。采样点位见表 7.1-1、图 7.1-7。主要分析项目包括：

— 粮食类：以稻米为监测对象，选取了 3 个采样点，频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。

— 蔬菜类：青菜，选取了 3 个采样点，频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。

— 肉类：以鸡肉为分析对象，选取了 3 个采样点，频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。

— 淡水鱼：选取了罗非鱼和草鱼进行样品采集，分别位于山口水库、草鱼取自小峰水库和观山辽水库。采样频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。

— 桉树：选取了 3 个采样点，采样频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。

— 水果类：香蕉，3 个采样点，采样频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr。

— 松针：3 个采样点，采样频度为 1 次/年，分析 γ 核素和 ^{90}Sr、总 β、自由水氚、有机结合氚。

（6）海洋环境介质调查

海水、海产品和潮间带作为海洋环境的重要介质，是调查的重点。本次海洋环境调查范围主要集中在厂区 10km 范围内。海水取样布设 8 个点位，采样频度为 1 次/半年，测量 ^{3}H、^{90}Sr，γ谱，总 β；海底泥和海水取样点相同，采样频度为 1 次/年，测量 ^{3}H、^{90}Sr，γ谱，总 β；潮间带土布设 3 个采样点，采样频度为 1 次/年，测量 ^{90}Sr，γ谱；调查的海洋生物主要包括杂鱼、黄鱼、牡蛎、墨鱼、八爪鱼和红树林，共布设 3 个采样点位，采样频度为 1 次/年，测量 ^{90}Sr，γ谱。其中，海洋生物牡蛎和红树林作为指示生物加测自由水氚和有机氚。具体分析项目见表 7.1-1，点位布设见图 7.1-8。

7.1.2 监测方法

测量项目所采用的仪器设备、测量方法及监测标准内容见表 7.1-2。各类样品探测下限见表 7.1-3。调查结果中的平均值均为等权的算术平均值。对同类环境样品调查结果平均值后面所附的误差均为单次测量标准差。

7.1.2.1 环境 γ 辐射水平

（1）陆地 γ 辐射剂量率

陆地 γ 辐射剂量率（瞬时）测量选用 RSS131 和 YB-IV 型高压电离室。测量点距附近高大建筑物的距离大于 30m，测量时仪器的有效中心离地面 1 米高。

（2）累积剂量

环境 γ 辐射累积剂量采用热释光剂量计（TLD）测量。热释光剂量计采用 LiF（Mg、Cu、P）圆形片。每批次布放的 TLD 经严格筛选。TLD 在布放到监测点之前，对其进行多重包装，包装达到足够的厚度，以便达到电平衡及消除 β 辐射干扰，包装材料为塑料，以防止水或水汽的渗入，包装的外层不宜用黑色，以防止阳光照射后吸热使热释光信息衰退。本次调查的 49 个监测点位中，47 个绑在树上，2 个绑在电杆斜拉线上，在同一点位布设下一季度的样品时，回收上个季度的样品。

7.1.2.2 大气和沉降物

（1）气溶胶

采集使用 TSP 大流量空气采样器，滤材选用对直径 0.5μm 粒子捕集效率 99.95%以上的聚丙烯滤膜(可完全灰化)。采样器的采样口高出基础面 1.5m，以 1m^3/min 的流量采样，每个采样点采集时间约为 7 天（168 小时），采集总量为 10000m^3。

采样后的聚丙烯滤膜放入已称重的坩埚内炭化，炭化后于马弗炉中 359℃灰化；将灰样源放在仪器测量盘上，在 α/β 低本底测量仪上测量。

（2）沉降灰

沉降物采集设备为 50cm×50cm 的方形不锈钢槽。沉降物取样时，在沉降物收集槽内加注一定深度的蒸馏水，采用湿法采样。

采样结束后，将收集槽内水与沉降灰的混合物小心转入干净的塑料桶内，用蒸馏水冲洗槽壁三次，冲洗液合并到塑料桶内，加盖拧紧。将采集的沉降灰样品

转入烧杯内，用小火加热蒸发，浓缩至一定体积，转入已称重的坩埚内继续蒸发至干，炭化后于马弗炉中 350℃灰化，灰样在 α/β 低本底测量仪上测量。

（3）雨水氚

取 300mL 采集的水样，放入 500mL 蒸馏烧瓶中，加入 1g 高锰酸钾，加热蒸馏，将收集到的蒸馏液进行二次蒸馏，取 250mL 的二次蒸馏液加入电解浓集装置中，接通电解系统的半导体致冷器电源，在电解过程中注意检查电解电流与半导体冷阱的温度指示。电解的时间约为 3 天。电解完成后，收集浓集液，取 8mL 浓集液，加入 12mL 闪烁液，振荡混合均匀后放入仪器内测量。

（4）气态氚

采用空气氚采样器采集空气中冷凝水。采集冷凝水 500ml，用玻璃瓶保存后运回实验室，进行电解浓集。浓集液加闪烁液，用超低本底液闪谱仪测量。

（5）气态碳-14

采用空气碳-14 采样器进行采集。采样器采用装有 NaOH 溶液的鼓泡器对空气中的 CO_2 进行吸收捕集，溶液用塑料瓶保存后运回实验室。空气中二氧化碳经碱液吸收，生成碳酸钠，加氯化钙生成碳酸钙沉淀，碳酸钙沉淀粉末悬浮于闪烁液中，用超低本底液闪谱仪测量 ^{14}C。

7.1.2.3 水体

（1）水中氚

实验室采用电解浓集的方法测量水中 ^{3}H，用超低本底液闪谱仪测量。

（2）^{90}Sr

^{90}Sr 分析，采用二-（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法，取 50L 水样，将样品中的 ^{90}Y 转化为草酸盐沉淀，通过测量 ^{90}Y 的活度确定 ^{90}Sr 的活度。

（3）总 β

取一定量水样（淡水 2～5L，海水约 100mL）于烧杯中，加入一定量的浓硝酸和浓硫酸（若需要，可加入适量氯化钙固体），置于电热板上缓慢加热，蒸发浓缩至一定体积后，将样品转入已称重的坩埚中，坩埚置于红外灯下烤干，然后转入马弗炉 350℃灼烧 1h，准确称取 0.2g 样品，在 α/β 低本底测量仪上测量。

（4）水中 γ 谱分析

取 50L 水样，在搅拌下加入 4g 亚铁氰化钴钾，搅拌 5 分钟后，加入 8g 高

锰酸钾，加入 50～100ml 30%的过氧化氢溶液，搅拌 40min，静置 12h 以上，用虹吸法移去上清液，将体积小于 500ml 的浆液转入塑料瓶中，加盖拧紧，经离心、沉淀，装入样品盒测量。

7.1.2.4 土壤、潮间带土、底泥及沉积物

（1）γ 核素

将采集到的样品剔除明显的石子、草根等杂物后，于烘箱中 105℃中烘干，碾碎后过筛，压实并密封在样品盒中进行测量。

（2）总 β

采集的样品，置于搪瓷盘中摊开，于烘箱中 105℃烘干，干样碾碎后过 100 目筛，准确称取约 0.2g 于样品盘中，用无水乙醇润湿后铺成厚薄均匀的样品源，红外灯下烤干，在 α/β 测量仪测量。

（3）^{90}Sr

将样品于烘箱中 105℃烘干，然后碾碎后过筛。采用二-（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法，进行样品制备和测量。

7.1.2.5 生物样品

（1）γ 核素

将采集的样品，取可食部分，在电炉上进行炭化，然后在马弗炉 400℃下灰化至无黑炭，取灰样、称重、压实并密封于样品盒中测量 γ 核素。

（2）总 β

将已灰化完全的生物样品灰研细并混合均匀，过 100 目筛，准确称取生物样品灰 5g 于测量盘中，用无水乙醇润湿后铺成厚薄均匀的样品源，红外灯下烤干，最后在 α/β 低本底测量仪上测量。

（3）^{90}Sr

生物样品取可食部份，烘干、炭化、灰化、分析采用二-（2-乙基己基）磷酸酯萃取色层法，进行样品制备和测量。

7.1.3 调查结果及评价

7.1.3.1 陆地γ辐射剂量率和累积剂量

陆地γ辐射剂量率和累积剂量调查时段为2011年第三至2013年第二季度。监测结果见表7.1-4。所有剂量率测量均已扣除宇宙射线成分(按26.9nGy/h扣除)。

（1）原野γ辐射剂量率调查结果

原野测量点共有152个，两年监测结果最低点是22号点位大坳，两年平均值为15.1nGy/h；最高点是197号点位的红沙村，两年平均值为96.1nGy/h。

（2）道路γ辐射剂量率调查结果

道路测量点共有135个。两年监测结果最低点是23号点位大垌，两年平均值为32.5nGy/h；最高点是67号点位简屋，两年平均值为87.5nGy/h。

（3）室内γ辐射剂量率调查结果

室内共有4个测量点，两年监测结果最低点是311号点位沙螺辽小学，两年平均值为59.8nGy/h；最高点是312号点位小峰水库，两年平均值为123.2nGy/h。

（4）农田、滩涂环境γ辐射剂量率调查结果

19个农田测量点位中，两年监测结果最低点是138号点位沙螺辽，两年平均值为20nGy/h；最高点是84号点位的中间坑地，两年平均值为81.9nGy/h。

18个滩涂测量点中，两年监测结果最低点是171号点位港口，两年平均值为16.5nGy/h；最高点是38号点位新基围，两年平均值为85.4nGy/h。

（5）累积剂量调查结果

累积剂量共布设了49个点位，监测频度为1次/季。在放置期间由于种种原因，会有少量样品丢失，但样品的整体回收率大于85%。累积剂量的布设点位与部分剂量率测量点位重合。累积剂量季度均值与点位重合的剂量率测量点位剂量率季度均值比较见表7.1-5和图7.1-9。从累积剂量换算出的剂量率结果可以看出：49个点位按季度平均，2012年5月至2012年7月季结果最低，为68.1nGy/h；2012年12月至2013年1月最高，为84.6nGy/h；每个测量点位的季度平均值，最高点是豹子港（39号点位），为98.5nGy/h，最低点是苏屋（11号点位），为49.4nGy/h。由图7.1-9可知，TLD测量结果均值基本低于剂量率测量结果均值。

（6）连续监测结果

γ辐射连续监测点位布置在核电厂气象观测站(N：21°39′51.28″ E：108°33′04.82″)。2012年3月至2013年7月γ辐射连续监测每月数据见表7.1-6和图7.1-10。从两年的监测结果来看，γ辐射剂量率呈现明显的季节变化特征，

即冬春高，夏秋低，这与可能的气候的季节变化特征有关。

（7）宇宙射线测量

宇宙射线的测量选择在大王滩水库和南海海面进行实地测量。

大王滩水库（N：22°35′02.34″；E: 108°18′52.09″）属珠江水系郁江支流，八尺江中游，位于南宁市南郊，距南宁市 28 公里。水库全长 53 公里，水库总库容 6.38 亿立方米。大王滩水库选取的测量点距离岸边大于 1km，水深超过 10m。

南海海面(N：21°35′03.02″E：108°34′47.24″)选择测量点距离岸边大于 6km，水深超过 10m。

经测量，大王滩水库宇宙射线为 28.0~29.5 nGy/h；南海测量点为 26.9 nGy/h。

7.1.3.2 空气介质-气溶胶、空气中 ^{3}H、^{14}C、沉降灰

（1）气溶胶

气溶胶样品的分析项目包括每月一次的 γ 谱分析、总 α、总 β 分析。分析结果具体见表 7.1-7 和图 7.1-11~7.1-12。

γ 谱分析结果中，除 ^{7}Be 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。其中：

^{7}Be 的放射性水平按月均值统计，范围为 0.28～3.32mBq/m^3，最低值出现在 2012 年 7 月份，两年均值为 1.6±0.9mBq/m^3；具体见表 7.1-8 和图 7.1-12。

总 α 的放射性水平按月均值统计，范围为<0.016～0.150mBq/m^3，最低值出现在 2012 年 10 月，最高值出现在 2012 年 9 月的厂区气象站；具体见表 7.1-9 和图 7.1-12。

总 β 的放射性水平按月均值统计，范围为 0.16～2.67mBq/m^3，最低值出现在 2012 年 2 月的小峰水库，最高值出现在 2013 年 3 月的厂区气象站；两年均值为 0.75±0.59mBq/m^3；具体见表 7.1-9 和图 7.1-12。

（2）沉降灰

沉降灰样品的分析项目包括 γ 谱分析、总 α、总 β 分析，结果见表 7.1-10 和图 7.1-13。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。其中：

^{7}Be 分析结果的放射性水平范围为 4.14～159Bq/m^2·月，最低值出现在 2013 年 8 月至 10 月的厂区气象站；最高值出现在 2013 年 5 月至 7 月的红沙村委会小

学；两年均值为 36.3±30.8Bq/m^2·月。

总 α 每月分析结果的放射性水平范围为<0.07～38.90Bq/m^2·月，最低值出现在 2012 年 5 月至 7 月的厂区气象站；最高值出现在 2013 年 5 月至 7 月的红沙村委会小学。

总 β 每月分析结果的放射性水平范围为 2.46～62.70Bq/m^2·月，最低值出现在 2013 年 2 月至 4 月的红沙村委会小学；最高值出现在 2013 年 5 月至 7 月的红沙村委会小学；两年均值为 15.1±14.7Bq/m^2·月。

（3）空气氚和碳-14

空气中 ^3H 和 ^{14}C 的分析为每月一次。分结果见表 7.1-11，图 7.1-14 至图 7.1-15。

^3H 的活度浓度范围为 2.14～21mBq/m^3，最低值出现在 2012 年 3 月的厂区气象站 ，最高值出现在 2011 年 9 月的沙螺辽小学，两年均值为 7.59±3.52mBq/m^3。

^{14}C 的活度浓度范围为 101～412mBq/g·C，最低值出现在 2012 年 1 月的红沙村委会小学，最高值出现在 2012 年 6 月的小峰水库 ，两年均值为 213±70mBq/g·C。

从点位测量结果可知，各点空气中 ^3H 和 ^{14}C 的活度浓度并无显著区别。

7.1.3.3 陆地水

（1）地表水

地表水分析结果具体见表 7.1-12。其中：γ 谱测量人工核素(包括 ^{137}Cs、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn)分析结果均低于探测限。

^3H 活度浓度范围 0.23～0.77Bq/L，最低点出现在 2011 年 8 月至 2012 年 1 月的官山辽水库，最高点出现在 2012 年 8 月至 2013 年 1 月的山口水库，两年均值为 0.49±0.16Bq/L。

^{90}Sr 活度浓度范围 1.04～10.90mBq/L，最低点出现在 2012 年 8 月至 2013 年 1 月的小峰水库，最高点出现在 2011 年 8 月至 2012 年 1 月的刘屋水塘，两年均值为 2.8±2.6mBq/L。

总 α 活度浓度范围＜0.003～0.200Bq/L，最高点出现在 2013 年 2 月至 2013 年 7 月的刘屋水塘，值为 0.042±0.060Bq/L。

总 β 活度浓度范围＜0.002～0.380Bq/L，最低点出现在 2011 年 8 月至 2012 年 1 月的官山辽水库，最高点出现在 2013 年 2 月至 2013 年 7 月的刘屋水塘，两

年均值为 0.11±0.10Bq/L。

（2）地下水

地下水分析结果见表 7.1-13。其中：

γ 谱分析结果中人工核素(包括 ^{137}Cs、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn)分析结果均低于探测限。

^{3}H 的活度范围为 0.27～0.88Bq/L，最低点出现在 2012 年 2 月至 2012 年 7 月的小峰水库，最高点出现在 2013 年 2 月至 2013 年 7 月的沙螺辽，两年均值为 0.45±0.16Bq/L。

（3）饮用水

饮用水分析结果见表 7.1-14。其中：

饮用水中人工 γ 放射性核素(包括 ^{137}Cs、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn)分析结果均低于探测限。

总 α 活度浓度范围＜5.70E-04～0.053Bq/L，最高点出现在 2012 年 11 月至 2013 年 1 月的白云村。

总 β 活度浓度范围 0.015～0.140Bq/L，最低点出现在 2011 年 8 月至 2011 年 11 月的小峰水库，2012 年 11 月至 2013 年 1 月的白云村，两年均值为 0.035±0.024Bq/L。

饮用水中 ^{3}H 的活度浓度范围为：0.15～0.66Bq/L，最低点出现在 2011 年 11 月至 2012 年 1 月的小峰水库，最高点出现在 2013 年 2 月至 2013 年 4 月的沙螺辽，两年均值为 0.38±0.12Bq/L。

（4）雨水

雨水样品的分析项目包括 γ 谱分析、^{3}H 分析。分析结果见表 7.1-15。其中：

γ 谱分析分析结果中人工放射性核素(包括 ^{137}Cs、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn)分析结果均小于探测限。

^{3}H 的活度浓度范围为 0.27～0.62Bq/L，最低值出现在 2012 年 8 至 2012 年 10 月的红沙村委会小学，最高值出现在 2013 年 2 月至 2013 年 4 月的厂区气象站，两年均值为 0.42±0.09Bq/L。

7.1.3.4 土壤与沉积物

（1）土壤

土壤分析项目为每年一次的 γ 谱分析和 ^{90}Sr 分析。分析结果见表 7.1-16。其

中：

γ 谱分析结果中，人工核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn）分析结果小于探测限。^{137}Cs 的活度浓度范围为＜0.46～8.75Bq/kg，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库青菜土。

^{238}U 的活度浓度范围为 15.5～206.0Bq/kg，最低值出现在 2012 年 10 月的大坳 22 号点位，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库青菜土。

^{232}Th 的活度浓度范围为 5.0～224.0Bq/kg，最低值出现在 2011 年 10 月的大冲口尾不动土，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库青菜土。

^{226}Ra 的活度浓度范围为 5.5～116.0Bq/kg，最低值出现在 2011 年 10 月的大冲口尾不动土，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库青菜土。

^{40}K 的活度浓度范围为 9.91～779Bq/kg，最低值出现在 2012 年 10 月的 22 号点位大坳，最高值出现在 2012 年 10 月的白云村香蕉土。

^{90}Sr 的活度浓度范围为<0.38～8.15Bq/kg，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库青菜土。

从上述结果可以看出，^{40}K 的最高点出现在 2012 年 10 月的白云村香蕉土，^{238}U、^{232}Th 和 ^{226}Ra 的最高点出现在 2011 年 10 月的小峰水库青菜土。

（2）地表水底泥

底泥分析项目为每年一次的 γ 谱分析和 ^{90}Sr 分析。分析结果见表 7.1-17。其中：

γ 谱分析结果中，检测到天然放射性核素 ^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K。人工放射性核素检测到 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr，其余核素（包括 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn）分析结果均小于探测限。其中：

^{238}U 的活度浓度范围为 14.1～157Bq/kg，最低值出现在 2011 年 10 月的官山辽水库，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库。

^{232}Th 的活度浓度范围为 22.4～160Bq/kg，最低值出现在 2012 年 10 月的刘屋水塘，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库。

^{226}Ra 的活度浓度范围为 15.9～86.8Bq/kg，最低值出现在 2012 年 10 月的刘屋水塘，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库。

^{40}K 的活度浓度范围为 62.8～1090Bq/kg，最低值出现在 2012 年 10 月的小峰水库，最高值出现在 2012 年 10 月的官山辽水库。

从上述结果可以看出，^{40}K 的最高点出现在官山辽水库，^{238}U、^{232}Th 和 ^{226}Ra 的最高点出现在小峰水库。

^{90}Sr 的活度浓度范围为＜0.37～3.31Bq/kg，最高值出现在 2012 年 10 月的小峰水库。^{137}Cs 活度浓度范围为＜0.32～1.34Bq/kg，最高值出现在 2011 年 10 月的小峰水库。

7.1.3.5 陆域生物

陆地生物样品共 7 类，包含了粮食类、蔬菜类、肉类、鱼类、树叶类、水果类等。其中粮食类布设 3 个稻米采样点，蔬菜类布设 3 个青菜采样点，肉类布设 3 个鸡肉采样点，淡水鱼类布设 1 个罗非鱼采样点、2 个草鱼采样点，树叶布设 3 个松针采样点、3 个桉树采样点，水果类布设 3 个香蕉采样点，两年共计采集了 43 个陆地生物样品。其中，稻米、青菜、桉树、香蕉、淡水鱼、鸡肉分析项目为 γ 谱分析、^{90}Sr，频度为 1 次/年；松针分析项目为 γ 谱分析、^{90}Sr、总 β、自由水氚、有机结合氚，频度为 1 次/年。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。

具体分析结果见表 7.1-18。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。从表 7.1-18

可知，鲜样的放射性核素活度浓度测量结果中：^{90}Sr：桉树叶中的含量明显高于其它样品，2 年均值为 1.88±0.90Bq/kg（鲜)；^{137}Cs：小峰水库松针的测量结果最高，2 年均值为 1.62±1.08Bq/kg（鲜)。

7.1.3.6 海洋生物

海洋生物样品共采集了 12 种，包含了藻类、贝类、甲壳类、鱼类和软体类等。共布设红树林、墨鱼、八爪鱼、杂鱼、牡蛎、黄鱼和海带采样点位，两年共采集了 31 个海洋生物样品。分析项目为 γ 谱、^{90}Sr。其中，对企沙港采集的红树林加测自由水氚和有机结合氚，对指示生物牡蛎加测自由水氚、有机结合氚和总 β。频度均为 1 次/年。具体分析结果见表 7.1-19。

表中结果显示：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)，两年均值为 38.1±15.5Bq/kg(鲜)。

7.1.3.7 海水、海洋沉积物

（1）海水

海水分析结果见表 7.1-20。 其中：

γ 谱分析结果中放射性核素(^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{110m}Ag)分析结果均低于探测限。

海水中 ^{137}Cs 活度浓度范围为：＜0.76～2.02mBq/L，最大值出现在 2012 年 4 月的南海 1 号点位。

海水中 ^{90}Sr 活度浓度范围为：＜0.20～4.42mBq/L，最大值出现在 2011 年 10 月的南海 7 号点位。

海水中去钾总 β 的活度浓度范围为：0.11～0.62Bq/L，最小值出现在 2013 年 4 月的南海 1 号点位，最大值出现在 2011 年 10 月的南海 4 号点位，两年均值为 0.35±0.14Bq/L。

海水中 ^{3}H 的活度浓度范围为：0.18～0.48Bq/L，最小值出现在 2012 年 4 月的北海海水，最大值出现在 2012 年 4 月的南海 1 号点位，两年均值为 0.34±0.3Bq/L。

（2）海底泥

海底泥分析结果见表 7.1-21。其中：

γ 谱分析结果中放射性核素(^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{110m}Ag)分析结果均低于探测限。

^{137}Cs 活度浓度范围为：＜0.17～1.5Bq/kg，最大值出现在 2011 年 10 月的南海 1 号点位。

^{90}Sr 活度浓度范围为：＜0.18～1.57Bq/L，最大值出现在 2012 年 10 月的南海 6 号点位。

^{238}U 均值活度浓度范围 14.8～48.3Bq/kg，两年均值为 32.9±13.3Bq/kg。

^{232}Th 均值活度浓度范围 16.9～78.2Bq/kg，两年均值为 34.4±19.4Bq/kg。

^{226}Ra 均值活度浓度范围 10.1～42.2Bq/kg，两年均值为 19.3±10.0Bq/kg。

^{40}K 均值活度浓度范围 26.8～272.5Bq/kg，两年均值为 151.4±102.7Bq/kg。

（3）海洋沉积物（潮间带）

分析结果见表 7.1-22。 其中：

γ 谱分析结果中放射性核素(^{134}Cs、^{58}Co、^{137}Cs、^{60}Co、^{54}Mn、^{110m}Ag)分析结果均低于探测限。

^{90}Sr 活度浓度范围为：＜0.25～0.44Bq/L,最大值出现在 2012 年 10 月的沙螺辽点位。

^{238}U 均值活度浓度范围 6.6～25.3Bq/kg，两年均值为 17.7±9.8Bq/kg。

^{232}Th 均值活度浓度范围 11.2～20Bq/kg，两年均值为 15.3±4.4Bq/kg。

^{226}Ra 均值活度浓度范围 8.58～13.75Bq/kg，两年均值为 11.8±2.8Bq/kg。

^{40}K 均值活度浓度范围 27～114.8Bq/kg，两年均值为 65.9±44.7Bq/kg。

7.1.4 本底调查质量保证

质量保证是使测量结果具有适当置信度而采取的有计划的系统行动，其目的是通过对监测过程的全面控制（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），以保证测量结果的代表性、准确性和可靠性。

7.1.4.1 组织管理与职责

本次调查由中国原子能科学研究院辐射监测与评价实验室具体执行，由实验室主任进行领导，由技术负责人和质量负责人进行直接管理。

7.1.4.2 监测设备的质量控制

（1）设备的检定

参与本底调查的仪器设备，按照量值溯源关系，定期经计量部门检定，保证检定/校准结果能够溯源到国家计量基准，检定合格后方可使用。本项目涉及的主要仪器设备详见表7.1-23，所有仪器均在检定的合格期内。

（2）标准物质的控制

本底调查监测工作所用的标准物质必须是有证书的标准物质，且在有效期内。监测人员领用的标准物质必须妥善保管并做好标识，在有效期内使用。过期的标准物质应报质量负责人批准后核销。本次本底调查使用的标准物质见表7.1-24。

7.1.4.3 测量过程的质量控制

（1）样品的质量控制

- 采样：对各类样品的采集和预处理，制定操作程序，要求参加采样的人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行。
- 标识：采样人员负责对样品编号，加贴唯一性识别标志，注明样品的详细信息。样品管理员在接收样品时，应及时登记后保存。
- 流转：本底调查的样品按照分析顺序流转，交接签收时应检查样品的状况。分析人员对分析完毕的样品，加贴状态标识以免发生混淆，使样品具有可追溯性；本底调查的样品在制备、测试、传递过程中应加以防护，严格遵守有关样品的程序，避免受到非正常损坏。样品如遇意外损坏或丢失，应详细记录其情况，及时采取补救措施。
- 贮存：分析完成后的样品应及时通知样品管理员送回样品库保存，为了避免分析的样品在存储、处置和监测过程中发生非正常损坏，样品分类存放，以保证分析结果的准确可靠。
- 环境条件控制：对用于本底调查的设施和环境条件应按照设施和环境控制程序进行有效的控制，以保证调查结果有效。

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

（2）样品测量的质量控制

空白样品的分析测量：为检查实验用水和化学试剂的放射性本底水平及分析人员的操作能力，在样品分析过程中插入空白样品分析。抽取不少于20%的样品进行质保样的测定，包括平行样、比对样、加标样、复测样、外检样等，原则上平行样、比对样、加标样、复测样、外检样对于某一类样品不同时采用，当某一类样品的20%不足一个样品时，应至少保证一个质保样。

瞬时γ剂量率监测采用复测样，累积剂量采用平行样，总α、总β采用复测和平行样，γ谱采用复测、比对样和平行样，^{90}Sr采用平行样，^{3}H、^{14}C采用复测样，有机结合氚、自由水氚采用外检样。

– γ 剂量率监测

γ剂量率监测质保样所占比例及数据分析见表7.1-25。

瞬时γ剂量率监测质保采用复测以及工作前在固定场所测量仪器稳定性，在固定场所测量仪器的数据结果见表7.1-26。

环境γ累积剂量采用布设平行样。每季在同一点位不同位置布设4片平行样，回收测量以后取其平均值作为当季的环境γ累积剂量，部分数据见表7.1-27。

γ辐射连续监测采取不定期进行数据检查和进行观察，同时定期检查仪器稳定性，在固定场所长时间监测数据见表7.1-28。

– 环境介质样品分析

实验室内质量控制是分析人员对本底调查分析质量自我控制及内部质控人员对其实施质量控制的过程，各类质控数据在调查结果中。

采用复测、比对样和平行样以及实验室间质控数据分析结果见表7.1-29至表

7.1-37。由表可知，质控样品的监测数据均在可接受范围内。

7.1.5 结论

根据我国有关法规标准要求，防城港核电厂建设单位在一期工程一、二号机组装料前委托开展了本次辐射环境本底调查，获得了两年完整的监测数据。调查结果和数据分析表明，厂址周围环境γ辐射剂量率、陆地和海洋环境介质中的放射性核素浓度水平均无异常，在环境介质中检出的主要放射性核素为天然放射性核素 ^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K，海洋介质中检测到 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr、天然放射性核素 ^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K 含量属于正常的环境水平。

7.1.6 参考资料

[1] 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 7.1-1（1/2） 防城港核电厂环境辐射本底调查大纲

（一）γ 辐射

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	

（二）海洋介质

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	^{3}H、^{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

*：藻类因核电站周边均无海带和紫菜产出，故第一年度在北海市场采购后，便不再采集。

表 7.1-1（2/2） 防城港核电厂环境辐射本底调查大纲

（三）陆地介质

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
	^{3}H	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	^{3}H
	^{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	^{3}H，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，^{3}H，γ谱、总 β
	饮用水	季	3	24	白云村、小峰水库、沙螺辽	总 α、总 β，^{3}H，γ谱
	地下水	半年	3	6	白云村、小峰水库、沙螺辽	^{3}H，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、自由水氚、有机结合氚
	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 7.1-2　测量项目所采用的仪器、测量方法及监测标准

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	环境γ辐射瞬时剂量率	RSS131 高气压电离室 YB-IV 型高气压电离室	GB/T14583-1993《环境地表原野贯穿辐射剂量率测定规范》GB12379-1990《环境核辐射监测规定》EJ/T379-1989《环境贯穿辐射监测一般规定》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB8998-1988，环境热释光剂量计及其使用方法 GB10246-1988，个人和环境监测用热释光剂量测量系统
3	总 α	BH1914α/β 测量仪 LB-4α/β 测量仪 LB1008α/β 测量仪	EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测量　厚源法》
4	总 β		EJ/T 900-1994《水中总 β 放射性测定　蒸发法》
5	生物灰 ^{90}Sr		GB 11222.1-1989《生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法 二—（2-乙基已基）磷酸萃取色层法》
6	水中 ^{90}Sr		GB 6766-1986《水中锶-90 放射化学分析方法　二—（2-乙基已基）磷酸萃取色层法》
7	土壤、沉积物 ^{90}Sr		EJ/T 1035-1996《土壤中锶-90 的分析方法》
8	水中 γ 核素	BE6530 HPGeγ 谱仪 GEM35P483HPGeγ 谱仪 GMS60S 反康 γ 谱仪	GB/T 16140-1995《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 GB 11713-1989《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
9	土壤、沉积物、气溶胶、沉降灰		GB 11743-1989《土壤中放射性核素 γ 能谱测定》 GB/T 16145-1995《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
10	生物灰 γ 核素		GB/T 16145-1995《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》 GB 11713-1989《用半导体 γ 谱仪分析低比活度放射性样品的标准方法》
11	^{3}H（HTO）	QUANTULUS1220 低水平液闪谱仪	GB 12375-1990《水中氚的分析方法》
12	空气中 ^{14}C		EJ/T 1008-1996《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
13	水中、空气中 ^{3}H		GB/T 12375-1990《水中氚的分析方法》

表 7.1-3（1/3） 环境放射性监测各类样品的探测下限

（一）气溶胶

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：10000m^3

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量 (keV)	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限 (Bq/m^3)
^{7}Be	477.6	0.1052	329	0.0266	3.50E-5
^{134}Cs	604.7	0.9760	240	0.0228	3.75E-6
^{137}Cs	661.7	0.8521	168	0.0212	3.87E-6
^{58}Co	810.8	0.9945	92	0.0167	3.11E-6
^{54}Mn	834.8	0.9998	138	0.0171	3.71E-6
^{60}Co	1173.2	0.9987	69	0.0121	3.71E-6

（二）沉降灰

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：90 天，面积 0.25m^2

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量 (keV)	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限 (Bq/m^2·月)
^{7}Be	477.6	0.1052	117	2.24E-02	1.10E-02
^{137}Cs	661.7	0.8521	125	1.98E-02	1.59E-03
^{134}Cs	604.7	0.976	264	2.06E-02	1.94E-03
^{58}Co	810.7	0.9945	210	1.95E-02	1.79E-03
^{60}Co	1173.2	0.9987	193	1.28E-02	2.61E-03
^{54}Mn	834.8	0.9998	120	1.75E-02	1.50E-03

（三）土壤

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：0.24kg

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量(keV)	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限（Bq/kg）
^{238}U	92.6	0.0516	1881	4.00E-02	4.72E+00
^{232}Th	911.1	0.277	558	1.20E-02	1.60E+00
^{226}Ra	351.2	0.389	1969	2.60E-02	9.86E-01
^{40}K	1460.8	0.107	1409	9.70E-03	8.13E+00
^{137}Cs	661.7	0.8521	319	2.00E-02	2.36E-01
^{134}Cs	795.8	0.854	171	1.40E-02	2.46E-01
^{54}Mn	834.8	0.9998	210	1.26E-02	2.59E-01
^{58}Co	810.7	0.9945	121	1.21E-02	2.05E-01
^{60}Co	1173.2	0.9987	375	1.10E-02	3.96E-01

表 7.1-3（2/3） 环境放射性监测各类样品的探测下限

（四）生物灰

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：0.12kg

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量(keV)	发射几率	本底计数率	探测效率	最小探测限（Bq/kg 灰）
^{137}Cs	661.7	0.8521	118	1.99E-02	2.88E-01
^{134}Cs	604.7	0.976	97	2.07E-02	2.19E-01
^{54}Mn	834.8	0.9998	92	1.75E-02	2.46E-01
^{58}Co	810.7	0.9945	121	1.67E-02	2.57E-01
^{60}Co	1173.2	0.9987	67	1.28E-02	2.88E-01

（五）海水

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：0.10kg

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量(keV)	发射几率	本底计数率	探测效率	最小探测限（Bq/L）
^{137}Cs	661.7	0.8521	118	2.14E-02	6.43E-04
^{134}Cs	604.7	0.976	97	2.23E-02	4.88E-04
^{54}Mn	834.8	0.9998	92	1.89E-02	5.48E-04
^{110m}Ag	657.7	0.944	91	2.14E-02	5.09E-04
^{58}Co	810.7	0.9945	92	1.84E-02	5.65E-04
^{60}Co	1173.2	0.9987	67	1.41E-02	6.27E-04

（六）淡水

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：0.18kg

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量(keV)	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限（Bq/L）
^{137}Cs	661.7	0.8521	118	1.99E-02	6.91E-04
^{134}Cs	604.7	0.976	97	2.06E-02	5.28E-04
^{54}Mn	834.8	0.9998	92	1.80E-02	5.75E-04
^{58}Co	810.7	0.9945	92	1.75E-02	5.95E-04
^{60}Co	1173.2	0.9987	67	1.42E-02	6.23E-04

表 7.1-3（3/3） 环境放射性监测各类样品的探测下限

（七）降水

测量仪器：HPGe γ谱仪 相对效率 38%，样品量：0.15kg

样品几何尺寸： Φ70mm×70mm 测量时间：86400 秒

核 素	能量(keV)	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限（Bq/L）
^{137}Cs	661.7	661.7	0.8521	118	6.91E-04
^{134}Cs	604.7	604.7	0.976	97	5.26E-04
^{54}Mn	834.8	834.8	0.9998	92	5.91E-04
^{58}Co	810.7	810.7	0.9945	90	6.16E-04
^{60}Co	1173.2	1173.2	0.9987	67	6.91E-04

（八）放化样品

分析项目	环境介质	样品量	本底计数(cpm)	测量时间（min）	探测效率（%）	化学回收率（%）	探测下限
总 α	气溶胶	10000m^3	0.045	600	3	100	2.2μBq/m^3
	沉降物	90 天 0.25m^2	0.045	600	3	100	30mBq/m^2·月
	水	2.5L	0.045	600	3	100	9.0m Bq/L
总 β	气溶胶	10000m^3	1.02	600	28	100	1.1μBq/m^3
	沉降物	90 天 0.25m^2	1.02	600	28	100	15mBq/m^2·月
	水	2.5L	1.02	600	28	100	4.6mBq/L
^{90}Sr	水	50L	0.91	1800	33	72	0.15mBq/L
	生物灰	15g	0.82	1200	33	75	0.55mBq/g 灰
	土壤	50g	0.82	1200	33	60	0.2Bq/kg
^{3}H	空气 1)	250ml	1.0	600	26	100	0.49mBq/m^3
	水 2)	250ml	1.0	600	26	100	0.1Bq/L
^{14}C	空气	4000L	2.3	600	40.0	100	3.0mBq/m^3

表 7.1-4（1/8） γ辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
1	核电运营生活区公路	71.4	69.8	78.3	68.8	57.0	70.7	64.1	64.0	68	57～78.3
2	核电运营生活区	--	--	--	--	83.2	64.2	70.8	72.2	72.6	64.2～83.2
3	非居住区边界（北）	57.5	60.3	58.7	69.2	39.9	46.1	51.2	49.9	54.1	39.9～69.2
4	6 号核岛西侧	--	--	58.6	60.3	56.3	59.6	55.8	55.6	57.7	55.6～60.3
5	排水明渠	--	--	--	65.2	60.8	62.6	55.0	60.8	60.9	55～65.2
6	白云村	59.0	55.9	62.3	72.9	55.2	58.1	63.4	59.1	60.7	55.2～72.9
7	红沙小学	60.0	56.4	55.3	62.5	56.8	48.7	49.9	53.7	55.4	48.7～62.5
8	非居住区边界（西）	59.7	76.9	60.0	70.1	44.5	64.4	56.6	60.0	61.5	44.5～76.9
9	老虎港	--	--	--	--	37.9	57.9	57.4	55.1	52.1	37.9～57.9
10	大冲口尾	23.5	32.5	29.7	43.2	33.7	26.3	29.0	31.3	31.1	23.5～43.2
11	苏屋	21.2	25.9	27.6	30.4	28.9	28.9	21.7	26.5	26.4	21.2～30.4
12	大冲口	27.3	30.8	25.3	28.0	36.7	34.0	39.0	34.8	32	25.3～39
13	沙螺辽	--	30.9	50.2	42.3	34.6	24.8	26.3	25.2	33.5	24.8～50.2
14	栏冲村	51.2	70.2	54.6	60.0	44.2	55.5	56.8	55.1	56	44.2～70.2
15	春天岭	55.2	49.7	49.2	53.4	32.2	43.6	46.7	45.2	46.9	32.2～55.2
16	刘屋	52.2	65.5	63.1	65.2	50.2	52.9	56.5	53.9	57.4	50.2～65.5
17	红沙村	38.5	52.1	48.3	53.9	35.0	44.2	46.2	44.3	45.3	35～53.9
18	红沙村渔猎部落	54.8	55.1	62.5	66.5	53.4	56.7	52.0	41.7	55.3	41.7～66.5
19	红沙湾	--	--	--	--	59.7	71.2	67.9	66.4	66.3	59.7～71.2
20	旧洋	80.2	87.3	67.1	76.6	69.6	64.7	68.5	68.9	72.9	64.7～87.3
21	山口小学	60.9	62.9	60.3	70.0	45.8	65.4	58.4	58.3	60.2	45.8～70
22	大坳	--	16.2	14.4	19.9	12.3	14.2	14.2	14.6	15.1	12.3～19.9
23	大垌	34.7	39.8	29.3	41.2	23.1	31.7	28.9	31.2	32.5	23.1～41.2
24	榄埠	--	36.7	32.6	35.3	36.2	32.0	27.2	32.9	33.3	27.2～36.7
25	沙田墩	54.6	54.7	62.3	67.8	45.3	56.2	53.7	53.0	55.9	45.3～67.8
26	山口村	61.4	74.9	74.9	71.2	59.5	73.9	75.5	69.1	70	59.5～75.5
27	营草田	56.4	63.9	62.1	70.7	58.7	56.3	55.1	58.3	60.2	55.1～70.7
28	仙岛公园	72.3	69.0	63.7	63.9	71.2	67.9	70.4	68.0	68.3	63.7～72.3
29	新兴小学	54.0	64.7	60.7	81.8	61.0	64.8	62.2	63.1	64	54～81.8
30	光坡镇	--	--	--	--	72.6	76.5	59.9	73.1	70.5	59.9～76.5
31	官山辽水库	69.3	67.5	56.1	77.8	58.8	63.7	66.7	64.1	65.5	56.1～77.8
32	松柏山	--	--	--	--	77.7	83.7	82.5	78.8	80.7	77.7～83.7
33	飞斗潭	40.4	38.4	39.5	58.0	35.2	36.4	40.1	39.0	40.9	35.2～58
34	牛路村	71.4	86.7	69.6	66.6	58.0	68.0	65.7	63.5	68.7	58～86.7
35	勒山	47.5	53.3	43.0	44.6	41.7	41.3	37.6	40.8	43.7	37.6～53.3
36	北港集中安置区	60.3	77.8	66.3	75.8	58.1	65.5	58.8	64.1	65.8	58.1～77.8
37	红星村安置区	62.8	56.5	54.8	72.6	52.3	61.9	53.1	57.6	58.9	52.3～72.6
38	新基围	--	--	72.9	96.5	78.3	93.4	87.8	83.6	85.4	72.9～96.5
39	豹子港	72.5	82.7	76.8	91.2	74.6	66.8	72.6	73.1	76.3	66.8～91.2
40	防城港港口区	--	--	81.3	85.9	81.5	72.7	--	73.1	78.9	72.7～85.9
41	防城港防城区	--	62.3	66.6	77.6	57.6	67.8	64.2	63.6	65.7	57.6～77.6

表 7.1-4（2/8） γ辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
42	冲岑小学	--	59.5	63.7	66.7	58.6	64.9	62.9	61.7	62.6	58.6～66.7
43	屋地岭	--	65.0	60.8	72.5	56.4	65.8	60.8	61.7	63.3	56.4～72.5
44	钦州收费站	39.1	51.0	47.6	52.6	37.9	41.0	49.7	42.5	45.2	37.9～52.6
45	小峰水库	78.1	84.7	74.4	87.3	73.6	76.6	71.0	73.4	77.4	71～87.3
46	火筒径	77.4	84.2	76.1	--	66.7	75.4	78.9	74.8	76.2	66.7～84.2
47	老屋队	65.6	68.7	66.2	68.9	65.6	66.3	65.6	65.2	66.5	65.2～68.9
48	核电厂区内	65.4	62.2	62.2	64.3	55.3	61.5	57.4	56.1	60.6	55.3～65.4
49	核电气象站	--	--	--	78.0	65.2	75.2	63.5	67.9	70	63.5～78
50	官山辽水库-1	59.7	54.7	55.6	63.9	45.6	54.6	56.9	52.1	55.4	45.6～63.9
51	官山辽水库-2	68.0	69.0	67.1	67.7	54.3	66.5	61.0	63.8	64.7	54.3～69
52	春牛岭	18.1	15.5	17.5	34.2	16.7	18.8	17.3	18.1	19.5	15.5～34.2
53	大坡坪	56.2	48.0	54.9	64.4	46.8	47.5	45.3	47.8	51.4	45.3～64.4
54	九龙寨	63.9	63.8	60.9	61.9	57.2	58.7	51.6	57.4	59.4	51.6～63.9
55	飞斗潭-1	49.2	66.3	64.5	63.0	54.2	57.4	58.2	57.9	58.8	49.2～66.3
56	江路桶-1	45.1	54.5	52.0	56.3	47.6	40.7	44.3	46.8	48.4	40.7～56.3
57	江路桶-2	--	--	61.7	69.9	57.3	60.2	57.0	58.8	60.8	57～69.9
58	牛路村-1	55.4	59.8	53.6	68.6	61.4	60.8	50.2	57.4	58.4	50.2～68.6
59	三浪口-1	--	--	--	--	25.2	23.2	24.7	27.7	25.2	23.2～27.7
60	三浪口-2	26.0	24.0	20.4	33.3	14.5	25.4	17.5	19.8	22.6	14.5～33.3
61	山新	48.2	32.8	40.8	50.0	25.6	41.5	43.7	38.2	40.1	25.6～50
62	冬瓜潮	52.5	36.8	52.8	54.6	33.5	53.4	45.5	46.9	47	33.5～54.6
63	李屋	49.1	61.4	54.5	66.6	53.0	58.0	57.0	54.8	56.8	49.1～66.6
64	高石头	83.5	83.0	83.2	87.2	77.4	88.6	82.1	82.7	83.5	77.4～88.6
65	北港村	--	--	--	--	--	66.3	67.7	66.8	67	66.3～67.7
66	万屋	66.1	63.5	61.2	62.9	42.9	63.4	56.2	55.8	59	42.9～66.1
67	简屋	84.2	95.7	87.5	--	--	93.5	84.8	79.4	87.5	79.4～95.7
68	肖安	68.6	73.5	75.7	74.0	52.9	73.1	67.2	64.7	68.7	52.9～75.7
69	大深港	70.3	72.6	74.1	72.7	47.9	74.7	73.3	66.2	69	47.9～74.7
70	傅屋	69.5	78.6	81.3	80.0	54.0	72.2	72.8	70.3	72.3	54～81.3
71	下云约	65.6	64.7	65.6	59.3	45.8	68.1	57.9	58.4	60.7	45.8～68.1
72	大沟尾	68.1	70.4	66.5	80.9	62.9	63.4	70.2	66.4	68.6	62.9～80.9
73	沙螺坝	--	--	84.3	91.9	66.3	80.1	70.3	75.8	78.1	66.3～91.9
74	黄泥夹	69.6	76.8	72.6	88.4	61.8	80.5	70.4	72.0	74	61.8～88.4
75	山湖龙	70.7	68.4	67.8	71.4	56.0	70.4	54.5	64.2	65.4	54.5～71.4
76	翁用	--	--	--	--	37.5	58.8	52.0	54.7	50.8	37.5～58.8
77	松柏山-1	49.3	59.5	46.4	51.3	35.3	51.2	48.5	46.9	48.5	35.3～59.5
78	园岭-1	44.8	45.1	44.5	52.1	39.4	48.5	44.7	44.8	45.5	39.4～52.1
79	园岭-2	47.4	54.6	51.6	59.0	45.7	44.4	45.6	46.2	49.3	44.4～59
80	企沙-1	53.4	32.8	45.8	41.5	27.4	50.5	47.9	42.1	42.7	27.4～53.4
81	企沙-2	49.8	53.2	50.5	55.1	38.6	62.3	61.4	54.1	53.1	38.6～62.3
82	中石油	--	--	--	--	--	46.0	49.9	57.4	51.1	46～57.4

表 7.1-4（3/8） γ辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
83	鸡笼山	--	--	--	--	82.7	62.5	71.7	73.1	72.5	62.5～82.7
84	中间坑	81.9	72.4	77.8	96.5	88.6	80.1	77.2	81.0	81.9	72.4～96.5
85	旧坂领	58.6	63.1	52.4	61.9	59.3	58.0	56.3	57.4	58.4	52.4～63.1
86	老严围	--	--	--	--	--	33.2	40.5	53.0	42.2	33.2～53
87	大环领	68.6	76.3	71.0	83.6	67.5	63.9	48.2	61.7	67.6	48.2～83.6
88	生牛卜	63.5	70.9	71.9	69.4	65.5	59.0	46.7	58.3	63.1	46.7～71.9
89	田寮屋	60.2	71.6	60.1	68.4	64.4	63.1	44.8	58.3	61.4	44.8～71.6
90	防城港站	48.8	53.9	55.6	58.9	51.9	37.8	39.1	45.2	48.9	37.8～58.9
91	大牛冲岑	49.8	75.0	67.8	76.5	60.8	66.0	56.5	64.0	64.5	49.8～76.5
92	下那控	--	70.7	73.3	77.7	59.7	67.8	60.3	65.2	67.8	59.7～77.7
93	那傍	--	79.7	75.8	87.1	72.4	79.2	--	71.8	77.7	71.8～87.1
94	定枭	--	65.2	63.0	74.9	57.1	61.6	48.3	59.6	61.4	48.3～74.9
95	冲卜口	46.0	63.5	63.3	68.2	58.3	56.9	60.7	58.8	59.5	46～68.2
96	石头埠	--	65.9	67.0	72.0	59.3	59.6	64.5	61.7	64.3	59.3～72
97	草坪	--	59.9	60.8	66.6	50.3	56.1	52.6	53.9	57.2	50.3～66.6
98	冲仑大桥	51.0	73.2	69.0	75.8	61.0	62.9	60.5	63.5	64.6	51～75.8
99	油路村	43.6	34.0	35.5	45.2	38.3	31.2	36.5	36.4	37.6	31.2～45.2
100	钦江	54.1	40.7	46.4	54.4	38.0	42.6	43.3	41.7	45.1	38～54.4
101	西围	54.1	56.8	53.7	67.7	46.3	50.5	52.0	52.8	54.2	46.3～67.7
102	望鸦	50.1	55.7	61.0	76.6	55.6	57.0	65.9	59.1	60.1	50.1～76.6
103	大坡-1	55.9	62.1	55.3	64.1	57.4	54.7	50.3	53.9	56.7	50.3～64.1
104	红英帽	40.1	39.7	44.4	42.4	34.0	54.0	38.5	41.7	41.8	34～54
105	那勤-1	60.9	60.9	70.5	86.3	68.4	68.7	69.6	68.7	69.2	60.9～86.3
106	那勤-2	--	--	--	--	78.3	81.9	80.3	83.0	80.9	78.3～83
107	小峰-1	--	--	--	--	97.0	82.0	78.4	84.9	85.6	78.4～97
108	大绿	65.6	68.0	74.9	89.6	89.6	80.7	82.8	79.4	78.8	65.6～89.6
109	火筒径-1	72.0	78.1	66.8	80.8	61.2	65.8	64.6	67.0	69.5	61.2～80.8
110	火筒径-2	57.2	78.9	68.0	76.9	59.3	63.5	67.8	64.4	67	57.2～78.9
111	老屋队-1	70.5	72.0	69.1	68.3	61.6	63.8	67.8	64.4	67.2	61.6～72
112	水坝	66.4	75.6	74.1	71.2	62.4	68.4	66.5	66.1	68.8	62.4～75.6
113	社岭-1	51.9	56.2	56.5	48.7	52.6	55.7	54.3	53.0	53.6	48.7～56.5
114	社岭-2	49.8	57.5	56.8	57.9	51.6	53.1	49.7	52.1	53.6	49.7～57.9
115	围田	58.7	--	54.4	58.8	56.2	59.8	56.7	57.4	57.4	54.4～59.8
116	上邦子	64.6	78.8	79.6	74.5	74.3	74.3	70.6	72.2	73.6	64.6～79.6
117	盐田	69.7	74.1	68.1	66.0	59.8	66.4	66.2	64.7	66.9	59.8～74.1
118	牛角冲	53.0	46.8	53.2	51.6	49.9	55.9	52.7	52.3	51.9	46.8～55.9
119	京糯角	61.8	81.4	63.8	78.8	60.2	64.0	61.4	61.7	66.6	60.2～81.4
120	大牛涡岭	64.9	58.6	57.5	62.8	60.3	52.6	60.5	56.8	59.2	52.6～64.9
121	东头村	77.1	78.3	70.5	71.9	63.3	67.6	61.2	67.6	69.7	61.2～78.3
122	老屋队-2	--	--	--	--	55.7	57.6	58.1	59.8	57.8	55.7～59.8
123	老屋队-3	75.3	83.0	72.2	68.1	59.1	63.1	73.0	67.1	70.1	59.1～83

表 7.1-4（4/8） γ 辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
124	老屋队-4	68.9	83.5	63.2	66.5	54.0	57.7	65.9	61.7	65.2	54～83.5
125	老屋队-5	57.9	56.2	51.8	53.4	39.6	53.2	57.8	51.6	52.7	39.6～57.9
126	高山岭	67.4	86.9	77.0	70.4	89.5	77.5	91.3	82.7	80.3	67.4～91.3
127	水泥站-1	59.8	77.4	77.1	75.1	53.5	72.8	65.5	64.9	68.2	53.5～77.4
128	水泥站-2	57.3	65.2	60.2	61.6	46.0	58.6	60.8	56.5	58.3	46～65.2
129	核电大道-1	58.2	66.7	79.0	68.4	53.0	67.7	64.6	63.1	65.1	53～79
130	核电大道-2	65.6	72.5	66.0	70.6	53.7	69.7	68.0	64.4	66.3	53.7～72.5
131	亚婆田	58.7	87.0	77.8	77.5	59.6	74.1	74.5	69.7	72.4	58.7～87
132	核电大道-3	75.4	77.0	69.1	74.6	51.5	77.5	75.5	67.8	71.1	51.5～77.5
133	核电大道-4	84.2	86.3	78.9	83.5	62.5	77.2	68.3	72.2	76.6	62.5～86.3
134	核电大道-5	--	--	--	--	--	69.4	62.0	64.0	65.1	62～69.4
135	核电大道-6	60.0	58.5	64.0	66.2	45.5	63.2	60.7	56.5	59.3	45.5～66.2
136	核电大道-7	64.4	64.5	51.5	60.5	40.8	65.2	56.6	54.9	57.3	40.8～65.2
137	核电大道-8	69.7	71.0	66.5	67.5	51.8	76.9	70.7	66.1	67.5	51.8～76.9
138	沙螺辽村-9	15.4	27.0	22.3	25.2	14.8	18.8	17.4	19.1	20	14.8～27
139	沙螺辽村-10	--	51.9	49.5	56.8	47.3	50.2	46.0	49.2	50.1	46～56.8
140	春天岭-1	46.3	53.2	52.7	59.1	42.9	45.7	56.0	48.3	50.5	42.9～59.1
141	刘屋-1	--	72.3	67.2	75.4	63.7	60.6	70.9	66.2	68	60.6～75.4
142	盐田港-3	78.7	85.3	79.0	92.4	78.3	71.9	75.6	76.6	79.7	71.9～92.4
143	红沙村渔猎部落-1	26.4	33.3	33.1	44.8	38.0	29.2	34.0	33.8	34.1	26.4～44.8
144	红沙湾-1	43.7	48.9	47.1	62.8	47.5	45.4	48.5	47.8	49	43.7～62.8
145	高坳-1	62.4	--	60.4	82.4	68.5	63.1	60.9	64.7	66.1	60.4～82.4
146	芋坡丫	56.3	74.6	64.3	77.0	64.2	74.8	69.5	66.2	68.4	56.3～77
147	高坡顶-1	22.2	20.7	19.5	27.6	24.5	21.4	26.0	23.3	23.1	19.5～27.6
148	大垌-1	21.6	18.1	16.3	20.2	11.0	18.3	14.6	14.8	16.9	11～21.6
149	榄埠-1	22.1	27.3	25.2	28.2	30.3	25.2	25.2	26.0	26.2	22.1～30.3
150	里头村-1	--	--	--	--	56.4	69.8	68.7	65.5	65.1	56.4～69.8
151	营草田	47.7	56.4	52.2	57.1	49.4	56.7	51.8	52.1	52.9	47.7～57.1
152	锦州七十二泾	53.5	--	46.0	55.3	51.7	46.0	49.3	46.9	49.8	46～55.3
153	佛子角	44.9	67.0	60.0	62.0	49.5	62.2	59.2	56.3	57.6	44.9～67
154	水井龙	55.2	57.4	52.8	58.8	37.0	50.3	42.0	46.0	49.9	37～58.8
155	高坡顶-2	14.6	22.3	23.6	25.4	11.0	18.0	20.2	19.0	19.2	11～25.4
156	港口-1	48.5	57.4	52.8	68.0	49.0	56.8	61.9	56.5	56.3	48.5～68
157	刘屋-2	37.2	44.9	38.4	47.4	33.4	38.5	41.0	39.9	40.1	33.4～47.4
158	盐田港-1	71.0	83.1	71.7	77.2	55.9	65.8	60.4	64.4	68.7	55.9～83.1
159	红沙村渔猎部落-2	73.6	68.4	76.2	82.7	62.9	66.4	67.5	67.0	70.6	62.9～82.7
160	盐田港-2	--	74.8	81.8	--	79.0	--	59.0	71.3	73.2	59～81.8
161	高坳-2	62.9	66.2	57.2	61.0	60.5	54.5	63.5	59.6	60.7	54.5～66.2
162	山口-1	64.7	64.0	59.7	58.9	45.0	56.7	60.9	55.1	58.1	45～64.7
163	大坳-1	22.9	16.8	24.5	21.2	17.1	25.1	18.5	20.7	20.8	16.8～25.1
164	大坳-2	18.6	20.9	22.6	25.3	16.2	18.0	19.1	18.1	19.9	16.2～25.3

7.1-4（5/8） γ辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
165	榄埠-2	24.2	20.2	23.4	29.0	17.2	21.5	22.0	20.7	22.3	17.2～29
166	里头村-2	54.5	54.6	58.4	63.8	60.7	64.7	58.2	59.1	59.3	54.5～64.7
167	塘尾-1	--	78.3	68.6	69.5	63.8	69.2	69.2	70.1	69.8	63.8～78.3
168	厚福沙	52.5	59.1	53.8	65.7	60.0	51.3	49.2	54.2	55.7	49.2～65.7
169	牛角埇-1	69.3	73.1	62.6	75.3	67.1	59.2	73.1	67.0	68.3	59.2～75.3
170	牛角埇-2	--	67.6	59.5	69.1	61.6	69.0	68.4	67.0	66	59.5～69.1
171	港口-2	12.9	10.5	18.0	17.2	20.6	16.9	19.5	16.6	16.5	10.5～20.6
172	栏冲村-1	41.9	46.0	38.5	45.9	43.0	40.9	35.9	40.2	41.5	35.9～46
173	刘屋-3	78.6	88.4	--	85.4	69.2	80.9	78.6	77.9	79.9	69.2～88.4
174	红沙湾-2	62.8	75.0	74.6	85.6	65.6	61.6	66.9	67.0	69.9	61.6～85.6
175	红沙村渔猎部落-3	49.0	54.9	--	59.9	52.4	54.8	53.3	53.9	54	49～59.9
176	曾埠角-1	60.9	88.3	79.4	78.1	74.2	77.7	73.5	73.8	75.7	60.9～88.3
177	旧洋-1	54.8	40.1	44.6	41.8	36.8	34.0	37.3	36.4	40.7	34～54.8
178	大垌-2	53.5	55.2	55.5	60.9	39.4	58.7	51.9	49.9	53.1	39.4～60.9
179	里头村-3	31.0	29.8	28.5	27.8	26.0	31.5	31.2	28.4	29.3	26～31.5
180	龙眼坪	48.4	55.5	56.0	71.3	51.1	49.8	54.2	52.6	54.9	48.4～71.3
181	水沙田	--	--	--	--	57.0	43.0	45.3	53.7	49.8	43～57
182	大坡-2	47.5	56.8	59.6	61.7	45.2	53.4	54.9	51.6	53.8	45.2～61.7
183	余云	42.6	46.1	45.9	53.0	36.0	46.8	47.4	44.3	45.2	36～53
184	核电大道-9	77.8	69.7	65.3	66.2	54.5	62.8	56.6	58.8	64	54.5～77.8
185	核电大道-10	62.4	61.6	64.7	58.1	52.1	62.8	54.4	56.5	59.1	52.1～64.7
186	核电大道-11	61.4	67.5	61.3	60.3	58.5	62.7	62.9	60.0	61.8	58.5～67.5
187	核电大道-12	59.3	61.5	59.6	73.8	68.3	83.3	67.7	67.5	67.6	59.3～83.3
188	核电大道-13	58.7	78.0	61.4	--	53.9	58.1	58.1	55.6	60.5	53.9～78
189	核电大道-14	67.7	68.5	65.4	63.9	48.8	60.5	59.3	56.7	61.4	48.8～68.5
190	核电大道-15	64.1	64.5	57.5	55.7	50.9	54.8	53.1	54.0	56.8	50.9～64.5
191	核电大道-16	79.0	78.6	69.2	68.1	63.4	83.6	75.4	72.7	73.8	63.4～83.6
192	核电大道-17	62.1	61.0	56.5	65.3	58.9	74.0	65.6	65.2	63.6	56.5～74
193	核电大道-18	59.5	73.8	67.8	77.1	51.1	56.5	56.4	57.0	62.4	51.1～77.1
194	沙螺辽沙滩-1	17.1	--	27.4	--	22.2	24.7	16.1	23.1	21.8	16.1～27.4
195	栏冲村-2	--	70.4	64.4	70.1	60.7	62.8	63.2	61.7	64.8	60.7～70.4
196	红沙湾-3	71.7	80.9	70.7	84.9	60.0	65.6	62.1	68.7	70.6	60～84.9
197	红沙村渔猎部落-4	94.3	95.2	99.1	108.	89.3	93.4	94.0	94.5	96.1	89.3～108.9
198	管埠角	58.9	50.8	45.7	63.8	51.2	45.7	45.0	47.6	51.1	45～63.8
199	旧洋-2	58.8	50.8	58.9	44.0	41.0	41.4	43.9	42.5	47.7	41～58.9
200	大龙口-1	60.0	69.3	65.2	63.1	58.3	60.8	60.2	60.3	62.2	58.3～69.3
201	佛子坳里	57.8	52.6	70.4	67.1	61.9	59.4	54.7	59.1	60.4	52.6～70.4
202	核电大道-19	57.6	59.6	57.4	66.0	56.0	63.4	65.7	60.9	60.8	56～66
203	核电大道-20	62.7	66.9	62.3	68.1	58.3	70.7	67.2	63.5	65	58.3～70.7
204	沙螺辽沙滩-2	17.3	21.9	21.3	27.0	23.6	19.0	23.3	20.7	21.8	17.3～27
205	栏冲村-3	43.9	55.9	54.8	48.0	46.2	55.0	46.7	50.4	50.1	43.9～55.9

表 7.1-4（6/8） γ 辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
206	红沙湾-4	--	--	--	--	60.2	69.8	64.9	69.6	66.1	60.2～69.8
207	红沙村渔猎部落-5	--	--	--	--	39.5	41.4	58.6	50.4	47.5	39.5～58.6
208	曾埠角-2	61.1	62.6	52.4	60.6	51.6	53.8	48.5	51.9	55.3	48.5～62.6
209	春天岭-2	40.4	44.2	47.5	51.0	35.4	50.2	46.7	44.3	44.9	35.4～51
210	大龙尾	75.1	73.1	74.4	79.0	61.4	59.4	53.3	59.1	66.8	53.3～79
211	白云村-1	--	61.7	54.4	61.7	36.7	44.8	48.8	46.0	50.6	36.7～61.7
212	白云村-2	83.9	96.4	83.3	88.2	69.5	69.1	76.0	73.1	79.9	69.1～96.4
213	白云村-3	--	--	--	--	--	75.6	67.8	69.2	70.8	67.8～75.6
214	白云村-4	65.7	69.7	73.3	90.0	61.5	62.8	66.8	64.4	69.3	61.5～90
215	白云村-5	60.3	73.0	62.3	71.4	44.4	49.5	55.9	53.9	58.8	44.4～73
216	渔鹭园	68.4	73.9	64.7	84.7	63.8	61.4	62.7	66.1	68.2	61.4～84.7
217	红沙村-1	73.1	81.2	74.2	71.6	59.0	60.9	70.6	67.0	69.7	59～81.2
218	红沙村-2	58.0	71.1	61.3	60.7	45.8	48.2	55.2	50.4	56.3	45.8～71.1
219	扫把坪-1	53.7	68.0	63.2	67.3	51.6	49.0	53.2	52.1	57.2	49～68
220	扫把坪-2	--	56.7	66.0	59.3	49.8	52.6	55.3	53.3	56.2	49.8～66
221	扫把坪-3	65.9	77.0	64.7	74.2	63.0	66.1	67.9	66.6	68.2	63～77
222	扫把坪-4	60.7	63.7	53.9	63.0	44.4	47.2	57.9	53.0	55.5	44.4～63.7
223	沙螺辽沙滩-3	17.1	26.6	21.7	24.2	28.8	21.6	21.3	24.0	23.2	17.1～28.8
224	刘屋-4	72.8	77.0	69.9	68.4	61.1	63.8	60.6	63.5	67.1	60.6～77
225	刘屋-5	57.7	60.0	55.5	57.0	51.2	54.6	56.1	53.9	55.7	51.2～60
226	松柏林-1	55.4	60.1	54.2	49.1	50.3	54.9	52.2	53.0	53.6	49.1～60.1
227	红沙湾-5	--	--	--	--	70.4	60.5	71.7	77.6	70	60.5～77.6
228	红沙村渔猎部落-6	55.6	64.4	60.9	69.8	55.6	56.3	57.9	58.3	59.8	55.6～69.8
229	曾埠角-3	62.7	76.5	71.0	78.2	63.3	71.5	72.6	69.6	70.6	62.7～78.2
230	山口-2	80.6	66.5	70.5	77.0	62.3	75.6	62.4	67.0	70.2	62.3～80.6
231	老本拢组	60.5	61.7	51.9	54.3	41.3	53.5	52.1	52.1	53.4	41.3～61.7
232	沙螺辽沙滩-10	14.7	20.8	21.6	18.7	23.0	18.8	23.0	20.7	20.2	14.7～23
233	松柏林-2	47.4	60.0	48.6	78.8	60.4	57.4	49.6	55.6	57.2	47.4～78.8
234	红沙湾-6	--	--	--	--	--	--	73.1	60.9	67	60.9～73.1
235	红沙村渔猎部落-7	--	80.6	71.0	82.6	55.4	66.9	78.1	68.8	71.9	55.4～82.6
236	管草田	--	87.8	72.3	88.5	73.1	72.4	70.1	73.1	76.7	70.1～88.5
237	大屋	68.4	64.3	57.5	73.0	60.5	61.4	56.3	59.6	62.6	56.3～73
238	红沙村-3	53.4	67.7	50.1	65.9	56.8	62.9	61.7	59.6	59.8	50.1～67.7
239	红沙村-4	--	71.6	70.3	89.1	58.0	68.5	68.2	65.7	70.2	58～89.1
240	红沙村-5	57.3	73.5	68.5	74.4	71.4	64.7	58.1	64.9	66.6	57.3～74.4
241	大岭脚-1	71.7	73.4	61.2	72.8	53.2	59.7	56.7	59.1	63.5	53.2～73.4
242	新分户-1	58.2	71.0	61.0	73.1	53.9	62.3	65.9	62.7	63.5	53.9～73.1
243	新分户-2	56.1	63.7	59.2	63.2	50.2	55.8	56.7	54.9	57.5	50.2～63.7
244	新分户-3	35.9	50.4	55.4	52.4	52.8	48.5	39.8	47.0	47.8	35.9～55.4
245	新分户-4	52.9	66.4	59.2	58.1	54.6	76.4	63.6	62.6	61.7	52.9～76.4
246	大岭脚-2	--	76.0	65.9	72.2	54.3	62.2	59.0	60.9	64.3	54.3～76

表 7.1-4（7/8） γ辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
247	高坳-3	52.2	76.1	68.3	64.2	40.8	58.4	60.3	53.9	59.3	40.8～76.1
248	管草田-1	58.0	84.5	71.1	74.2	62.4	68.9	75.8	69.2	70.5	58～84.5
249	管草田-2	63.1	73.0	73.0	72.9	60.5	57.6	72.3	64.0	67	57.6～73
250	沙螺辽沙滩-4	15.1	17.1	23.0	22.1	19.8	16.0	16.5	15.8	18.2	15.1～23
251	管草田-3	54.4	54.5	62.6	63.7	61.6	53.4	52.4	54.7	57.2	52.4～63.7
252	管草田-4	--	--	99.8	86.7	78.5	90.4	94.1	88.2	89.6	78.5～99.8
253	独山-1	68.3	53.2	--	56.2	53.1	56.3	68.2	59.1	59.2	53.1～68.3
254	管草田-5	54.3	67.8	60.8	64.9	54.3	65.4	59.9	60.3	61	54.3～67.8
255	红沙湾-7	32.8	41.8	46.0	51.1	44.3	50.7	40.0	44.3	43.9	32.8～51.1
256	塘尾-2	61.7	--	64.9	66.5	62.6	65.5	56.3	60.9	62.6	56.3～66.5
257	大龙口-2	51.2	56.9	73.3	76.5	64.7	73.7	53.5	62.9	64.1	51.2～76.5
258	老虎岗	46.6	51.7	53.5	54.9	47.2	51.2	55.6	50.7	51.4	46.6～55.6
259	沙螺辽沙滩-5	22.3	19.3	--	--	19.5	20.8	17.3	20.1	19.9	17.3～22.3
260	独山-2	43.9	46.4	50.4	41.2	36.7	40.3	39.9	39.9	42.3	36.7～50.4
261	红沙湾-8	55.1	62.1	59.0	57.1	42.5	88.0	55.2	55.6	59.3	42.5～88
262	旧洋-3	--	90.0	83.5	85.3	78.5	77.2	78.7	79.2	81.7	77.2～90
263	大龙口-3	61.6	60.2	57.9	57.5	54.9	58.8	57.9	57.0	58.2	54.9～61.6
264	大冲口尾-1	20.6	23.2	30.7	21.0	27.0	22.5	23.0	24.4	24	20.6～30.7
265	大冲口尾-2	19.8	23.7	17.0	41.8	38.0	20.2	18.1	24.7	25.4	17～41.8
266	大冲口尾-3	23.1	32.6	19.4	36.3	34.1	34.5	30.1	30.3	30	19.4～36.3
267	大冲口尾-4	16.5	21.5	18.4	16.5	10.6	43.2	38.3	30.3	24.4	10.6～43.2
268	沙螺辽沙滩-6	19.9	15.7	17.2	17.2	16.5	15.3	14.9	15.5	16.5	14.9～19.9
269	独山-3	51.8	59.5	58.5	72.4	45.0	45.6	42.5	46.0	52.7	42.5～72.4
270	旧洋-4	59.1	62.1	59.0	56.7	41.6	55.4	58.7	53.1	55.7	41.6～62.1
271	苏屋-1	27.8	32.4	26.2	28.1	28.0	32.9	25.2	28.6	28.6	25.2～32.9
272	苏屋-2	15.8	16.9	15.9	22.8	21.3	17.8	27.7	19.0	19.6	15.8～27.7
273	苏屋-3	19.7	27.9	25.8	25.2	27.5	24.0	25.6	24.3	25	19.7～27.9
274	苏屋-4	19.8	32.5	27.7	--	29.8	29.4	23.3	27.7	27.1	19.8～32.5
275	沙螺辽沙滩-7	22.7	13.2	18.6	27.0	14.2	19.6	16.8	18.1	18.8	13.2～27
276	栏冲村-4	59.2	60.6	59.8	69.2	58.4	59.5	54.6	58.3	59.9	54.6～69.2
277	沙螺辽村-1	15.0	21.6	20.9	15.4	21.1	18.2	23.5	18.1	19.2	15～23.5
278	沙螺辽村-2	16.1	34.4	26.5	30.8	29.9	26.8	25.8	25.5	27	16.1～34.4
279	沙螺辽村-3	22.4	33.1	28.5	30.1	28.6	32.4	29.8	31.2	29.5	22.4～33.1
280	沙螺辽村-4	25.8	36.7	32.7	34.2	27.7	32.8	33.7	32.7	32	25.8～36.7
281	沙螺辽村-5	22.1	30.6	27.7	36.5	24.9	31.3	31.8	29.4	29.3	22.1～36.5
282	沙螺辽村-6	45.2	58.3	52.5	61.0	43.0	46.4	51.7	47.0	50.6	43～61
283	沙螺辽村-7	32.8	26.8	26.3	42.1	24.2	31.7	33.1	30.3	30.9	24.2～42.1
284	沙螺辽村-8	25.3	28.6	24.3	31.1	27.1	25.3	27.4	26.3	26.9	24.3～31.1
285	沙螺辽沙滩-8	19.7	22.6	20.2	18.6	21.2	18.1	19.3	19.0	19.8	18.1～22.6
286	栏冲村-5	32.0	33.5	32.7	36.8	31.3	31.2	29.2	31.3	32.2	29.2～36.8
287	老懒坝	46.5	8.5	54.6	68.2	51.1	57.0	53.4	53.5	49.1	8.5～68.2

表 7.1-4（8/8） γ辐射剂量率调查结果

单位： nGy/h

序号	地点	2011		2012				2013		均值	范围
	季度	3	4	1	2	3	4	1	2		
288	高坡顶-3	26.8	27.8	--	40.7	32.1	24.3	22.9	26.0	28.6	22.9～40.7
289	沙螺辽沙滩	--	--	--	--	--	54.2	50.4	44.4	49.7	44.4～54.2
290	高坡顶-4	22.8	20.0	19.3	20.1	15.3	25.3	20.2	19.8	20.3	15.3～25.3
291	大垌-3	35.7	39.3	39.0	40.4	24.4	31.5	36.4	33.4	35	24.4～40.4
292	独山-4	33.9	28.2	28.9	31.2	29.6	28.2	27.5	28.8	29.5	27.5～33.9
293	沙港村-1	52.5	71.8	56.8	56.3	38.5	46.4	47.8	48.8	52.4	38.5～71.8
294	沙港村-2	--	--	--	--	58.0	76.6	67.7	71.0	68.3	58～76.6
295	船底坑	47.6	56.3	55.3	60.4	45.7	56.4	60.5	60.0	55.3	45.7～60.5
296	洲尾	56.2	66.3	66.4	75.3	46.1	66.4	58.0	56.5	61.4	46.1～75.3
297	箔辽尾	60.4	77.0	79.2	86.5	58.3	72.2	63.5	68.4	70.7	58.3～86.5
298	松柏港	57.3	59.6	62.4	76.7	45.0	59.1	62.2	56.6	59.9	45～76.7
299	沙港村	62.3	64.0	72.3	58.9	43.3	59.5	51.7	53.0	58.1	43.3～72.3
300	中车	--	--	--	--	70.9	83.0	83.5	81.0	79.6	70.9～83.5
301	公车	41.1	51.8	51.4	59.3	44.3	53.5	53.9	50.4	50.7	41.1～59.3
302	云插	65.5	--	66.0	--	62.3	67.2	63.3	65.2	64.9	62.3～67.2
303	割青	--	70.4	63.8	67.1	55.4	61.4	62.7	60.1	63	55.4～70.4
304	竹坜	--	84.4	76.4	82.3	66.0	77.9	77.5	74.1	76.9	66～84.4
305	金瓜田	44.8	59.0	55.4	62.6	44.8	47.3	53.5	49.7	52.1	44.8～62.6
306	鬼老栈	92.9	84.2	81.1	92.0	78.8	88.5	81.6	83.6	85.3	78.8～92.9
307	中间坪	53.7	68.6	57.4	71.2	54.1	56.7	57.0	55.6	59.3	53.7～71.2
308	大牛涡	57.1	67.2	55.3	69.5	59.3	58.3	49.2	57.4	59.2	49.2～69.5
309	光坡镇民居	92.9	89.5	100.	107.	93.3	96.4	97.3	97.3	96.9	89.5～
310	红沙村委会小学	100.5	100.	94.6	112.1	97.1	82.2	98.2	96.7	97.8	82.2～
311	沙螺辽小学	50.1	50.0	52.2	72.1	61.3	61.4	67.5	63.8	59.8	50～72.1
312	小峰水库	126.6	127.	135.	118.9	103.	134.	119.1	120.4	123.2	103.1～
313	钦州电厂-1	--	--	--	--	--	40.9	57.2	64.0	54	40.9～64
314	钦州电厂-2	--	--	--	--	--	41.2	39.5	50.4	43.7	39.5～50.4
315	钦州电厂-3	--	--	--	--	--	42.2	42.7	47.8	44.2	42.2～47.8
316	钦州电厂-4	--	--	--	--	--	44.3	50.5	52.1	49	44.3～52.1
317	钦州电厂-5	--	--	--	--	--	50.7	42.6	48.7	47.3	42.6～50.7
318	钦州电厂-6	--	--	--	--	--	47.1	34.3	38.2	39.9	34.3～47.1
319	钦州电厂-7	--	--	--	--	--	40.0	40.2	54.2	44.8	40～54.2
320	钦州电厂-8	--	--	--	--	--	42.6	32.5	45.7	40.3	32.5～45.7
321	观海美食庄	--	--	--	--	--	41.5	56.3	48.7	48.8	41.5～56.3
322	坟面大岭	--	--	--	--	--	65.6	83.0	75.7	74.8	65.6～83
323	埠头村	--	--	--	--	--	48.9	65.1	57.4	57.1	48.9～65.1
324	龙眼山	--	--	--	--	--	66.8	85.4	74.8	75.6	66.8～85.4
325	大坪	--	--	--	--	--	49.7	80.9	65.2	65.2	49.7～80.9
326	九峰山	--	--	--	--	--	58.3	61.5	67.0	62.2	58.3～67
327	方隆矿业	--	--	--	--	--	64.6	69.0	60.0	64.5	60～69
328	板桥	--	--	--	--	--	62.1	77.1	70.0	69.8	62.1～77.1

表 7.1-5（1/2）　累积剂量换算出的剂量率分析结果

单位：　nGy/h

点位编号	点位名称	2011/8～2011/10	2011/11～2012/1	2012/2～2012/4	2012/5～2012/7	2012/8～2012/10	2012/11～2013/1	2013/2～2013/4	2013/5～2013/7	平均值	范围
1	核电运营生活区公路北侧	/	113	103.9	80.8	88.6	95.2	93.9	84	94.2	80.8～113
2	核电运营生活区	70.8	91.9	66.2	76.7	84.8	96.0	94.2	86.7	83.4	66.2～96
3	非居住区边界(北)	82.9	96.9	78.9	73.6	78.2	84.5	73.1	/	81.2	73.1～96.9
4	6 号核岛西侧	88.2	107.8	67.8	90.3	85.4	81.0	76.8	81.4	84.8	67.8～107.8
5	排水明渠	/	/	84.1	82.2	83.9	/	76.9	88.5	83.1	76.9～88.5
6	白云村	67.8	75.1	82.9	59.8	90.2	97.0	84.5	88.4	80.7	59.8～97
7	红沙小学	73.3	76.3	71.5	58.7	73.8	80.0	73.2	68.7	71.9	58.7～80
8	非居住区边界(西)	92.1	96.1	87.6	59.3	85.8	87.0	81	78.9	83.5	59.3～96.1
9	老虎港	73.4	67.3	65	62.9	79.4	83.6	80.4	/	73.1	62.9～83.6
10	大冲口尾	/	55.2	45.1	/	51.1	58.6	56.4	51.4	53.0	45.1～58.6
11	苏屋	63.7	43.5	41.1	/	51.7	50.9	45.5	/	49.4	41.1～63.7
12	大冲口	47.4	47.7	/	56.1	61.2	68.3	59.1	63.1	57.6	47.4～68.3
13	沙螺辽	/	54.8	47.5	74.5	52.6	61.4	53.5	57.6	57.4	47.5～74.5
14	栏冲村	67.9	86	67.2	/	79.6	86.5	/	/	77.4	67.2～86.5
15	春天岭	69.8	77.1	65.9	54.4	67.2	81.5	67.9	70	69.2	54.4～81.5
16	刘屋	64.1	74.7	67.9	56.4	73.5	87.2	81.1	75.1	72.5	56.4～87.2
17	红沙村	55.4	73.3	48.3	62.9	67.7	80.5	/	/	64.7	48.3～80.5
18	红沙村渔猎部落	59.6	98.6	64.5	80.9	78.4	81.7	72.3	/	76.6	59.6～98.6
19	红沙湾	80.4	83.4	80.8	68.4	86.4	98.9	88.6	85.1	84.0	68.4～98.9
20	旧洋	75.2	/	79.4	87.6	90.3	97.8	88.8	95.6	87.8	75.2～97.8
21	山口小学	59.8	83.5	64.7	75.8	90.6	80.3	87.8	79.7	77.8	59.8～90.6
22	大坳	50.1	50.3	37.5	54.8	95.7	41.7	41	37.4	51.1	37.4～95.7
23	大垌	/	51.3	42.5	54.3	42.6	55.3	54.8	60.7	51.6	42.5～60.7
24	榄埠	51.1	61.4	42	46.7	57.5	53.3	49.7	/	51.7	42～61.4
25	沙田墩	72.3	82.1	/	74	62.5	86.1	77.5	72.2	75.2	62.5～86.1

表 7.1-5（2/2）　累积剂量换算出的剂量率分析结果

单位：　nGy/h

点位编号	点位名称	2011/8～2011/10	2011/11～2012/1	2012/2～2012/4	2012/5～2012/7	2012/8～2012/10	2012/11～2013/1	2013/2～2013/4	2013/5～2013/7	平均值	范围
26	山口村	76	84.4	77.9	62.7	86.9	97.7	91.8	92.3	83.7	62.7～97.7
27	营草田	74.7	80	73.4	73.6	94.5	86.3	77.3	80.1	80.0	73.4～94.5
28	仙岛公园	56.8	75	50.1	63.2	77.3	90.0	89.5	/	71.7	50.1～90
29	新兴小学	69.2	72.9	69.6	66.2	87.6	84.2	83.9	80.1	76.7	66.2～87.6
30	光坡镇	96.8	/	91.8	65.4	91.3	94.3	91.1	/	88.5	65.4～96.8
31	官山辽水库	81.2	76.7	58.6	50.3	93.6	99.1	89.9	84	79.2	50.3～99.1
32	松柏山	69.3	70.9	63.9	77.5	86.2	100.4	101.6	/	81.4	63.9～101.6
33	飞斗潭	/	65.9	58.8	67.6	96.4	72.7	64.4	60.6	69.5	58.8～96.4
34	牛路村	96	/	/	73.5	65.6	92.4	85.1	92.2	84.1	65.6～96
35	勒山	/	63.3	40	57.3	90.3	67.2	63.6	58.5	62.9	40～90.3
36	北港集中安置区	75.8	81.1	74.2	72.2	73.8	92.3	85.2	79.5	79.3	72.2～92.3
37	红星村安置区	73.6	/	92.3	75.5	89.5	86.2	/	/	83.4	73.6～92.3
38	新基围	84.1	98.3	76.1	/	83	105.5	109.5	104.4	94.4	76.1～109.5
39	豹子港	92.1	/	89	101.7	107.3	106.2	101.8	91.5	98.5	89～107.3
40	防城港港口区	90.8	96.4	82.4	82.2	87.1	81.2	/	/	86.7	81.2～96.4
41	防城港防城区	75.5	85.6	73	59.1	93.8	96.6	85.3	93	82.7	59.1～96.6
42	冲岑小学	69.5	72.8	70.8	/	90.1	94.9	85.9	/	80.7	69.5～94.9
43	屋地岭	79	97.8	/	72.5	89.4	92.2	80.4	88.5	85.7	72.5～97.8
44	钦州收费站	67.5	72.5	87.8	64.7	84	78.9	69.6	70.9	74.5	64.7～87.8
45	小峰水库	91.6	/	/	/	71.5	100.5	101.1	/	91.2	71.5～101.1
46	火筒径	95.9	/	66.5	71.6	93.8	101.6	98.5	104.9	90.4	66.5～104.9
47	老屋队	74.6	79.1	73.2	67.5	97.7	91.3	91.2	83.2	82.2	67.5～97.7
48	核电厂区内	95.2	98.6	72.8	/	91.9	87.0	80	77	86.1	72.8～98.6
49	核电气象站	68.8	/	61.2	54	84.3	88.1	81.9	81.1	74.2	54～88.1

表 7.1-6　γ 辐射连续监测数据每月数据平均值以及范围

单位：nGy/h

时间	测量值范围	平均值及标准差
2012 年 3 月	81～88	83±1.85
2012 年 4 月	78～97	84±3.89
2012 年 5 月	76～84	79±2.59
2012 年 6 月	74～91	81±3.84
2012 年 7 月	74～101	79±5.8
2012 年 8 月	71～95	78±5.26
2012 年 9 月	71～85	80±3.37
2012 年 10 月	79～91	85±2.81
2012 年 11 月	78～103	88±6.09
2012 年 12 月	81～102	93±6.3
2013 年 1 月	85～109	96±6.8
2013 年 2 月	81～103	90±7.44
2013 年 3 月	79～98	86±4.74
2013 年 4 月	75～95	83±6.08
2013 年 5 月	72～92	77±4.16
2013 年 6 月	71～92	76±4.12

表 7.1-7 （1/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

气象站（一）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
厂区内气象站	2011/8	(4.26±0.40)E-03	<3.51E-06	<3.94E-06	<4.46E-06	<3.85E-06	<3.51E-06	(1.04±0.03)E-04	(4.66±0.07)E-04
	2011/9	(1.88±0.17)E-03	<3.29E-06	<3.81E-06	<3.17E-06	<4.57E-06	<4.37E-06	(2.86±0.21)E-05	(1.74±0.05)E-04
	2011/10	(1.59±0.15)E-03	<4.79E-06	<6.26E-06	<3.85E-06	<4.01E-06	<5.16E-06	(8.21±0.26)E-05	(4.41±0.07)E-04
	2011/11	(4.54±0.39)E-03	<2.98E-06	<4.34E-06	<3.20E-06	<3.74E-06	<4.23E-06	(3.83±0.15)E-05	(7.33±0.11)E-04
	2011/12	(6.59±0.58)E-03	<3.23E-06	<4.23E-06	<3.89E-06	<3.81E-06	<3.86E-06	(5.39±0.18)E-05	(4.68±0.07)E-04
	2012/1	(8.75±0.76)E-03	<3.00E-06	<3.24E-06	<2.91E-06	<3.38E-06	<3.91E-06	(1.38±0.07)E-04	(1.19±0.01)E-03
		(9.17±0.79)E-03	<3.12E-06	<5.05E-06	<4.38E-06	<3.97E-06	<4.13E-06		
	2012/2	(7.91±0.77)E-04	<3.51E-06	<3.33E-06	<3.61E-06	<2.73E-06	<3.52E-06	(1.88±0.31)E-04	(1.58±0.03)E-03
	2012/3	(3.18±0.28)E-03	<3.01E-06	<4.06E-06	<3.92E-06	<3.66E-06	<3.54E-06	(1.00±0.16)E-04	(1.25±0.02)E-03
	2012/4	(2.37±0.21)E-03	<4.58E-06	<6.94E-06	<6.23E-06	<4.29E-06	<5.45E-06	(2.61±0.50)E-05	(6.86±0.09)E-04
		(2.33±0.21)E-03	<3.81E-06	<6.23E-06	<6.12E-06	<4.99E-06	<7.01E-06		
	2012/5	(1.43±0.13)E-03	<3.64E-06	<3.68E-06	<3.63E-06	<3.93E-06	<3.91E-06	(1.98±0.28)E-05	(4.46±0.06)E-04
	2012/6	(1.20±0.11)E-03	<2.78E-06	<3.18E-06	<3.15E-06	<2.99E-06	<3.42E-06	(2.10±0.29)E-05	(2.90±0.04)E-04
		(1.45±0.19)E-03	<3.14E-06	<4.42E-06	<4.13E-06	<3.16E-06	<4.35E-06	(4.90±0.71)E-05	(2.60±0.06)E-04
	2012/7	(9.13±0.89)E-04	<3.30E-06	<4.49E-06	<4.12E-06	<4.20E-06	<4.60E-06	(1.30±0.35)E-05	(1.42±0.05)E-04

表 7.1-7（2/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

气象站(二)

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
厂区内气象站	2012/8	(4.97±0.45)E-03	<4.67E-06	<3.99E-06	<3.75E-06	<4.03E-06	<3.84E-06	(5.93±0.47)E-05	(6.97±0.06)E-04
		(2.89±0.26)E-03	<4.85E-06	<4.31E-06	<4.35E-06	<4.57E-06	<4.54E-06		
	2012/9	(2.02±0.19)E-03	<4.67E-06	<3.99E-06	<3.75E-06	<4.03E-06	<3.84E-06	(4.61±0.64)E-04	(8.35±0.16)E-04
	2012/10	(6.43±0.57)E-03	<4.51E-06	<4.22E-06	<3.84E-06	<4.35E-06	<4.80E-06	<1.59E-05	(3.82±0.12)E-04
	2012/11	(2.73±0.25)E-03	<4.42E-06	<5.52E-06	<4.47E-06	<4.73E-06	<5.31E-06	(7.64±1.27)E-05	(1.32±0.02)E-03
	2012/12	(3.25±0.29)E-03	<4.46E-06	<5.53E-06	<4.39E-06	<4.32E-06	<5.51E-06	(4.00±1.07)E-05	(1.92±0.03)E-03
	2013/1	(7.37±0.64)E-03	<4.48E-06	<5.10E-06	<4.47E-06	<4.63E-06	<4.68E-06	(8.62±1.88)E-05	(3.81±0.05)E-03
	2013/2	(2.90±0.26)E-03	<4.94E-06	<5.30E-06	<4.39E-06	<4.77E-06	<4.99E-06	(2.04±0.49)E-05	(8.59±0.16)E-04
	2013/3	(4.91±0.43)E-03	<4.79E-06	<5.20E-06	<4.24E-06	<4.94E-06	<5.13E-06	(7.86±1.67)E-05	(9.78±0.23)E-04
	2013/4	(2.21±0.20)E-03	<4.38E-06	<4.72E-06	<3.78E-06	<4.38E-06	<4.73E-06	(4.20±0.54)E-05	(4.90±0.17)E-04
								(2.73±0.48)E-05	(5.04±0.09)E-04
	2013/5	(2.65±0.24)E-04	<4.35E-06	<4.55E-06	<3.78E-06	<4.43E-06	<4.97E-06	(4.95±0.62)E-05	(5.79±0.08)E-04
								(4.12±0.64)E-05	(5.76±0.09)E-04
	2013/6	(8.11±0.78)E-04	<4.80E-06	<5.02E-06	<4.17E-06	<4.89E-06	<5.48E-06	(8.00±1.02)E-06	(1.69±0.02)E-04
	2013/7	(9.79±0.92)E-04	<4.70E-06	<4.91E-06	<4.08E-06	<4.78E-06	<5.37E-06	(1.02±0.09)E-05	(1.17±0.01)E-04

表 7.1-7 （3/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

红沙村委会小学（一）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
红沙村委会小学	2011/8	(4.84±0.43)E-03	<3.16E-06	<4.08E-06	<3.74E-06	<3.33E-06	<3.98E-06	(4.43±0.17)E-05	(3.81±0.07)E-04
	2011/9	(2.56±0.24)E-03	<3.16E-06	<4.08E-06	<3.74E-06	<3.33E-06	<3.98E-06	(6.86±0.21)E-05	(2.88±0.04)E-04
	2011/10	(4.28±0.37)E-03	<2.94E-06	<4.52E-06	<3.37E-06	<3.79E-06	<4.98E-06	(5.99±0.18)E-05	(6.61±0.08)E-04
	2011/11	(4.02±0.36)E-03	<4.23E-06	<5.14E-06	<3.72E-06	<3.47E-06	<4.48E-06	(7.99±0.25)E-05	(7.41±0.10)E-04
	2011/12	(6.36±0.56)E-03	<2.69E-06	<3.24E-06	<2.77E-06	<2.84E-06	<4.06E-06	(5.26±0.14)E-05	(4.68±0.06)E-04
	2012/1	(4.97±0.44)E-03	<3.63E-06	<5.03E-06	<3.928E-06	<3.17E-06	<4.43E-06	(7.08±0.18)E-05	(1.06±0.01)E-03
	2012/2	(2.86±0.26)E-03	<4.84E-06	<5.47E-06	<4.61E-06	<5.00E-06	<4.43E-06	(1.54±0.29)E-04	(1.93±0.04)E-05
	2012/3	(5.71±0.55)E-04	<2.86E-06	<3.13E-06	<3.43E-06	<3.68E-06	<3.07E-06	(1.11±0.20)E-05	(8.29±0.18)E-04
	2012/4	(3.54±0.31)E-03	<4.58E-06	<6.94E-06	<6.23E-06	<4.29E-06	<5.45E-06	(4.13±0.48)E-05	(4.47±0.05)E-04
		(3.53±0.31)E-03	<3.11E-06	<3.65E-06	<3.69E-06	<3.60E-06	<3.30E-06		
	2012/5	(2.09±0.19)E-03	<3.27E-06	<3.82E-06	<3.65E-06	<4.03E-06	<4.31E-06	(1.94±0.41)E-05	(4.79±0.09)E-04
	2012/6	(1.27±0.12)E-03	<4.07E-06	<4.33E-06	<4.02E-06	<3.78E-06	<4.41E-06	(3.09±0.56)E-05	(2.97±0.07)E-04
		(1.54±0.13)E-03	<4.30E-06	<3.12E-06	<3.65E-06	<4.03E-06	<4.32E-06	(3.24±0.79)E-05	(2.63±0.07)E-04
	2012/7	(4.36±0.46)E-04	<2.73E-06	<3.02E-06	<2.84E-06	<3.30E-06	<3.59E-06	(1.08±0.30)E-05	(1.73±0.05)E-04
		(6.07±0.54)E-04	<3.65E-06	<4.12E-06	<3.85E-06	<4.12E-06	<4.41E-06	(1.44±0.28)E-05	(1.72±0.04)E-04

表 7.1-7 （4/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

红沙村委会小学（二）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
红沙村委会小学	2012/8	(1.47±0.14)E-03	<4.20E-06	<4.57E-06	<4.60E-06	<4.68E-06	<4.67E-06	(7.43±1.02)E-05	(7.33±0.12)E-04
		(2.39±0.22)E-03	<4.28E-06	<4.58E-06	<4.48E-06	<4.79E-06	<4.38E-06		
	2012/9	(2.96±0.26)E-03	<4.83E-06	<4.14E-06	<3.78E-06	<4.10E-06	<3.77E-06	(3.78±0.36)E-05	(4.16±0.05)E-04
		(2.46±0.23)E-03	<3.17E-06	<3.73E-06	<3.00E-06	<3.48E-06	<3.26E-06		
	2012/10	(4.18±0.37)E-03	<4.84E-06	<4.17E-06	<4.38E-06	<4.21E-06	<4.90E-06	<1.59E-05	(5.28±0.12)E-04
	2012/11	(4.68±0.42)E-03	<4.51E-06	<5.13E-06	<4.58E-06	<4.41E-06	<4.43E-06	(7.94±1.71)E-05	(1.79±0.03)E-03
	2012/12	(2.46±0.22)E-03	<4.30E-06	<4.70E-06	<3.85E-06	<4.65E-06	<4.50E-06	(9.20±2.37)E-05	(2.39±0.05)E-03
	2013/1	(3.74±0.33)E-03	<4.56E-06	<4.93E-06	<3.93E-06	<4.46E-06	<4.67E-06	(6.24±1.40)E-05	(2.56±0.04)E-03
	2013/2	(4.48±0.39)E-03	<4.77E-06	<4.79E-06	<4.19E-06	<4.25E-06	<4.94E-06	(3.16±0.88)E-05	(1.00±0.12)E-03
								(2.30±0.47)E-05	(1.04±0.11)E-03
	2013/3	(6.68±0.58)E-03	<4.88E-06	<4.95E-06	<4.39E-06	<4.39E-06	<5.14E-06	(5.37±1.62)E-05	(1.49±0.16)E-03
	2013/4	(2.92±0.26)E-03	<4.82E-06	<4.75E-06	<4.14E-06	<4.32E-06	<5.03E-06	(3.58±0.52)E-05	(3.66±0.17)E-04
								(2.68±0.52)E-05	(3.65±0.17)E-04
	2013/5	(3.93±0.35)E-03	<4.93E-06	<4.91E-06	<4.43E-06	<4.596E-06	<5.44E-06	(3.85±0.52)E-05	(4.80±0.07)E-04
								(2.68±0.47)E-05	(4.45±0.07)E-04
	2013/6	(5.91±0.60)E-04	<4.73E-06	<4.72E-06	<4.26E-06	<4.41E-06	<5.22E-06	(1.90±0.20)E-05	(1.44±0.02)E-04
	2013/7	(9.74±0.91)E-04	<4.81E-06	<4.80E-06	<4.33E-06	<4.49E-06	<5.31E-06	(1.54±0.14)E-05	(1.91±0.02)E-04

表 7.1-7（5/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

沙螺辽小学（一）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
沙螺辽小学	2011/8	(3.83±0.36)E-03	<3.87E-06	<4.45E-06	<3.67E-06	<3.29E-06	<3.59E-06	(6.38±0.23)E-05	(3.45±0.06)E-04
	2011/9	(3.22±0.30)E-03	<3.16E-06	<3.96E-06	<3.74E-06	<3.33E-06	<3.98E-06	(4.08±0.16)E-05	(1.32±0.03)E-04
	2011/10	(5.12±0.46)E-03	<4.64E-06	<5.25E-06	<4.18E-06	<4.49E-06	<5.65E-06	(8.31±0.23)E-05	(6.43±0.08)E-04
	2011/11	(5.83±0.51)E-03	<2.73E-06	<3.30E-06	<2.85E-06	<2.99E-06	<4.30E-06	(9.36±0.30)E-05	(7.08±0.10)E-04
	2011/12	(7.50±0.65)E-03	<3.06E-06	<3.60E-06	<3.41E-06	<3.59E-06	<3.88E-06	(7.75±0.19)E-05	(5.34±0.38)E-04
	2012/1	(6.87±0.60)E-03	<2.73E-06	<3.37E-06	<2.34E-06	<3.17E-06	<4.06E-06	(1.75±0.04)E-04	(1.28±0.01)E-03
	2012/2	(3.03±0.27)E-03	<3.30E-06	<3.37E-06	<4.20E-06	<2.81E-06	<3.60E-06	(1.61±0.27)E-04	(1.82±0.06)E-05
	2012/3	(1.41±0.13)E-03	<4.44E-06	<4.86E-06	<4.24E-06	<4.12E-06	<4.93E-06	(8.49±1.70)E-05	(1.15±0.03)E-04
	2012/4	(2.47±0.22)E-03	<6.75E-06	<8.82E-06	<7.14E-06	<5.62E-06	<6.01E-06	(1.83±0.24)E-05	(4.97±0.05)E-04
	2012/5	(1.33±0.12)E-03	<3.15E-06	<3.45E-06	<2.91E-06	<3.59E-06	<3.05E-06	(7.34±0.82)E-06	(2.57±0.02)E-04
	2012/6	(9.23±0.86)E-04	<2.51E-06	<2.96E-06	<2.52E-06	<2.96E-06	<3.09E-06	(1.52±0.39)E-05	(1.85±0.06)E-04
								(1.70±0.28)E-05	(1.77±0.03)E-04
	2012/7	(5.03±0.50)E-04	<2.65E-06	<2.92E-06	<2.75E-06	<2.99E-06	<3.73E-06	(1.15±0.15)E-05	(1.35±0.02)E-04
								(1.54±0.31)E-05	(1.29±0.04)E-04

表 7.1-7（6/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

沙螺辽小学（二）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
沙螺辽小学	2012/8	(1.22±0.12)E-03	<4.67E-06	<3.99E-06	<3.75E-06	<4.03E-06	<3.84E-06	(1.21±0.15)E-04	(8.11±0.15)E-04
	2012/9	(2.26±0.20)E-03	<4.67E-06	<3.99E-06	<3.75E-06	<4.03E-06	<3.84E-06	(5.42±0.48)E-05	(4.96±0.05)E-04
		(2.31±0.21)E-03	<4.99E-06	<4.71E-06	<4.70E-06	<5.09E-06	<5.00E-06		
	2012/10	(8.02±0.70)E-03	<4.88E-06	<4.33E-06	<3.73E-06	<4.25E-06	<4.61E-06	<1.59E-05	(8.06±0.17)E-04
	2012/11	(2.6±0.24)E-03	<4.64E-06	<5.30E-06	<4.56E-06	<4.92E-06	<6.01E-06	(1.05±0.25)E-05	(1.41±0.04)E-03
	2012/12	(2.96±0.26)E-03	<4.42E-06	<5.21E-06	<4.37E-06	<4.34E-06	<4.85E-06	(3.28±1.24)E-05	(2.14±0.05)E-03
	2013/1	(3.78±0.33)E-03	<4.90E-06	<5.05E-06	<4.37E-06	<4.60E-06	<5.27E-06	(2.42±0.99)E-05	(2.03±0.04)E-03
	2013/2	(3.51±0.31)E-03	<4.83E-06	<5.23E-06	<4.53E-06	<4.76E-06	<5.18E-06	(2.62±0.73)E-05	(1.10±0.02)E-03
								(4.75±0.42)E-05	(1.26±0.11)E-03
	2013/3	(8.81±0.77)E-03	<5.06E-06	<5.34E-06	<4.72E-06	<4.88E-06	<5.28E-06	(1.06±0.08)E-04	(1.79±0.16)E-03
	2013/4	(1.86±0.17)E-03	<4.78E-06	<5.04E-06	<4.45E-06	<4.61E-06	<4.98E-06	(1.91±0.28)E-05	(3.87±0.36)E-04
	2013/5	(7.55±0.72)E-04	<4.53E-06	<4.21E-06	<4.24E-06	<4.36E-06	<5.05E-06	(8.30±1.42)E-05	(2.14±0.03)E-04
	2013/6	(7.24±0.70)E-04	<4.73E-06	<4.40E-06	<4.43E-06	<4.56E-06	<5.27E-06	(6.08±0.89)E-06	(1.93±0.02)E-04
	2013/7	(5.06±0.55)E-04	<4.76E-06	<4.43E-06	<4.46E-06	<4.59E-06	<5.31E-06	(1.23±0.12)E-05	(1.47±0.02)E-04

表 7.1-7（7/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

小峰水库（一）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
小峰水库	2011/8	(1.36±0.12)E-02	<3.46E-06	<4.08E-06	<3.88E-06	<3.21E-06	<4.34E-06	(1.29±0.80)E-04	(7.29±0.21)E-04
	2011/9	(2.48±0.25)E-03	<4.21E-06	<5.13E-06	<3.79E-06	<4.25E-06	<4.98E-06	(8.61±0.22)E-05	(3.83±0.06)E-04
	2011/10	(3.35±0.30)E-03	<4.18E-06	<4.03E-06	<4.67E-06	<4.94E-06	<4.41E-06	(6.54±0.18)E-05	(8.65±0.12)E-04
	2011/11	(5.26±0.46)E-03	<2.77E-06	<3.28E-06	<2.89E-06	<3.09E-06	<3.51E-06	(1.39±0.03)E-04	(8.53±0.09)E-04
	2011/12	(2.31±0.21)E-03	<3.65E-06	<4.22E-06	<3.64E-06	<4.13E-06	<5.29E-06	(9.56±0.28)E-05	(4.41±0.07)E-04
	2012/1	(1.03±0.10)E-03	<3.33E-06	<4.35E-06	<4.307E-06	<3.32E-06	<3.05E-06	(4.02±0.13)E-05	(4.02±0.05)E-04
	2012/2	(2.60±0.23)E-03	<3.36E-06	<4.06E-06	<4.30E-06	<3.93E-06	<4.42E-06	(5.42±1.16)E-05	(7.99±0.17)E-06
	2012/3	(2.86±0.26)E-04	<4.84E-06	<5.47E-06	<4.61E-06	<5.00E-06	<4.43E-06	(1.07±0.17)E-04	(8.11±0.81)E-04
	2012/4	(6.21±0.52)E-03	<3.60E-06	<4.23E-06	<3.90E-06	<2.87E-06	<4.24E-06	(4.35±0.85)E-05	(7.22±0.12)E-04
	2012/5	(2.16±0.19)E-03	<2.69E-06	<3.57E-06	<2.59E-06	<3.45E-06	<3.51E-06	(3.43±0.38)E-05	(4.66±0.04)E-04
	2012/6	(1.03±0.10)E-03	<3.51E-06	<4.58E-06	<4.00E-06	<4.06E-06	<4.70E-06	(3.97±1.06)E-05	(9.47±0.21)E-04
								(9.20±0.12)E-05	(1.03±0.20)E-03
	2012/7	(4.16±0.45)E-04	<3.23E-06	<4.34E-06	<3.93E-06	<4.20E-06	<4.54E-06	(2.96±0.15)E-05	(3.21±0.06)E-04
								(3.44±0.60)E-05	(3.27±0.07)E-04

表 7.1-7 （8/8） 2011-2013 年气溶胶的放射性水平

单位：Bq/m^3

小峰水库（二）

点位名称	月份	^{7}Be	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β
小峰水库	2012/8	(1.39±0.13)E-03	<4.67E-06	<4.92E-06	<4.83E-06	<4.34E-06	<4.13E-06	(1.25±0.18)E-04	(2.01±0.03)E-03
		(1.07±0.10)E-03	<4.57E-06	<4.16E-06	<4.19E-06	<4.22E-06	<4.10E-06		
	2012/9	(8.96±0.89)E-04	<3.52E-06	<3.82E-06	<3.75E-06	<3.43E-06	<3.56E-06	(2.98±0.44)E-05	(4.31±0.07)E-04
	2012/10	(4.00±0.35)E-03	<4.48E-06	<3.86E-06	<4.05E-06	<3.89E-06	<4.54E-06	<1.59E-05	(3.45±0.08)E-04
	2012/11	(4.39±0.39)E-03	<3.99E-06	<5.01E-06	<4.21E-06	<4.63E-06	<5.53E-06	(5.65±0.74)E-05	(1.25±0.01)E-03
	2012/12	(1.62±0.15)E-03	<4.02E-06	<4.80E-06	<3.83E-06	<4.21E-06	<4.18E-06	(3.64±0.11)E-05	(1.15±0.03)E-03
	2013/1	(3.75±0.33)E-03	<4.19E-06	<4.67E-06	<3.74E-06	<4.26E-06	<4.47E-06	(3.03±1.17)E-05	(2.27±0.04)E-03
	2013/2	(1.60±0.15)E-03	<5.07E-06	<5.65E-06	<4.53E-06	<5.16E-06	<5.41E-06	(3.60±0.68)E-05	(1.41±0.12)E-03
		(2.13±0.12)E-03	<4.13E-06	<4.35E-06	<5.21E-06	<4.21E-06	<4.47E-06	(3.94±0.38)E-05	(1.03±0.12)E-03
	2013/3	(1.93±0.18)E-03	<4.90E-06	<5.50E-06	<4.95E-06	<5.07E-06	<5.65E-06	(6.86±2.29)E-05	(3.32±0.18)E-04
	2013/4	(1.89±0.17)E-03	<4.16E-06	<4.70E-06	<4.23E-06	<4.33E-06	<4.83E-06	(2.49±0.26)E-05	(3.51±0.35)E-04
								(1.67±0.24)E-05	(3.69±0.06)E-04
	2013/5	(1.68±0.15)E-03	<4.08E-06	<4.17E-06	<4.04E-06	<3.95E-06	<4.41E-06	(1.19±0.17)E-05	(2.96±0.04)E-04
								(2.12±0.29)E-05	(3.04±0.05)E-04
	2013/6	(1.80±0.17)E-03	<4.65E-06	<4.75E-06	<4.59E-06	<4.49E-06	<5.02E-06	(1.55±0.13)E-05	(3.26±0.02)E-04
	2013/7	(9.10±0.89)E-04	<4.67E-06	<4.77E-06	<4.61E-06	<4.51E-06	<5.04E-06	(1.52±0.17)E-05	(1.74±0.02)E-04

表 7.1-8　空气中气溶胶分析结果(^{7}Be)

单位: mBq/m^3

月份	^{7}Be 分析结果	范围	月份	^{7}Be 分析结果	范围
2011 年 8 月	3.32±4.66	3.83～13.6	2012 年 8 月	1.13±1.81	1.22～4.97
2011 年 9 月	1.27±0.55	1.88～3.22	2012 年 9 月	1.02±0.86	0.9～2.96
2011 年 10 月	1.79±1.51	1.59～5.12	2012 年 10 月	2.83±1.92	4～8.02
2011 年 11 月	2.46±0.8	4.02～5.83	2012 年 11 月	1.8±1.09	2.6～4.68
2011 年 12 月	2.85±2.31	2.31～7.5	2012 年 12 月	1.29±0.71	1.62～3.25
2012 年 1 月	2.71±3.3	1.03～8.75	2013 年 1 月	2.33±1.81	3.74～7.37
2012 年 2 月	1.16±1.03	0.79～3.03	2013 年 2 月	1.56±1.21	1.6～4.48
2012 年 3 月	0.68±1.3	0.29～3.18	2013 年 3 月	2.79±2.91	1.93～8.81
2012 年 4 月	1.83±1.79	2.37～6.21	2013 年 4 月	1.11±0.49	1.86～2.92
2012 年 5 月	0.88±0.43	1.33～2.16	2013 年 5 月	0.83±1.62	0.27～3.93
2012 年 6 月	0.55±0.16	0.92～1.27	2013 年 6 月	0.49±0.55	0.59～1.8
2012 年 7 月	0.28±0.23	0.42～0.91	2013 年 7 月	0.42±0.23	0.51～0.98

表 7.1-9　空气中气溶胶分析结果（总 α、总 β）

单位:mBq/m^3

月份	总 α 分析结果	范围	总 β 分析结果	范围
2011 年 8 月	0.0853±0.0383	0.0443～0.129	0.48±0.173	0.345～0.729
2011 年 9 月	0.056±0.0261	0.0286～0.0861	0.244±0.114	0.132～0.383
2011 年 10 月	0.0726±0.0117	0.0599～0.0831	0.653±0.173	0.441～0.865
2011 年 11 月	0.0877±0.0415	0.0383～0.139	0.759±0.0644	0.708～0.853
2011 年 12 月	0.0699±0.0206	0.0526～0.0956	0.478±0.0396	0.441～0.534
2012 年 1 月	0.106±0.0615	0.0402～0.175	0.983±0.398	0.402～1.28
2012 年 2 月	0.139±0.0586	0.0542～0.188	0.406±0.782	0.00799～1.58
2012 年 3 月	0.0758±0.0441	0.0111～0.107	0.751±0.47	0.115～1.25
2012 年 4 月	0.0323±0.0121	0.0183～0.0435	0.588±0.136	0.447～0.722
2012 年 5 月	0.0202±0.011	0.00734～0.0343	0.412±0.104	0.257～0.479
2012 年 6 月	0.0267±0.0108	0.0152～0.0397	0.43±0.349	0.185～0.947
2012 年 7 月	0.0162±0.00896	0.0108～0.0296	0.193±0.0871	0.135～0.321
2012 年 8 月	0.0949±0.0331	0.0593～0.125	1.06±0.633	0.697～2.01
2012 年 9 月	0.146±0.21	0.0298～0.461	0.545±0.197	0.416～0.835
2012 年 10 月	<1.59E-02	<1.59E-02	0.515±0.209	0.345～0.806
2012 年 11 月	0.0557±0.0318	0.0105～0.0794	1.44±0.241	1.25～1.79
2012 年 12 月	0.0503±0.028	0.0328～0.092	1.9±0.536	1.15～2.39
2013 年 1 月	0.0508±0.029	0.0242～0.0862	2.67±0.792	2.03～3.81
2013 年 2 月	0.0286±0.00675	0.0204～0.036	1.09±0.234	0.859～1.41
2013 年 3 月	0.0767±0.022	0.0537～0.106	1.15±0.639	0.332～1.79
2013 年 4 月	0.0305±0.0104	0.0191～0.042	0.399±0.0628	0.351～0.49
2013 年 5 月	0.0271±0.0201	0.0083～0.0495	0.389±0.171	0.202～0.579
2013 年 6 月	0.0121±0.00612	0.00608～0.019	0.208±0.0812	0.144～0.326
2013 年 7 月	0.0133±0.00249	0.0102～0.0154	0.157±0.0324	0.117～0.191

7.1-10（1/2） 沉降物放射性核素分析结果

单位：Bq/m^2·月

采样时间	采样地点	^{7}Be	^{58}Co	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	总 α	总 β
2011/11～2012/1	厂区内气象站	(1.64±0.16)E+01	<5.26E-02	<5.26E-02	<4.39E-02	<5.72E-02	<5.14E-02	2.54±0.22	7.67±0.11
	红沙村委会小学	(1.90±0.17)E+01	<4.94E-02	<5.44E-02	<4.39E-02	<5.71E-02	<5.21E-02	1.97±0.27	7.01±0.15
	沙螺辽小学	(6.32±0.56)E+01	<4.77E-02	<4.03E-02	<4.15E-02	<5.43E-02	<4.66E-02	1.89±0.15	4.62±0.06
	小峰水库	(2.15±0.20)E+01	<5.24E-02	<5.18E-02	<4.52E-02	<5.68E-02	<5.18E-02	4.24±0.29	(1.34±0.01)E+01
2012/2～2012/4	厂区内气象站	(5.31±0.47)E+01	<3.84E-02	<4.77E-02	<4.47E-02	<4.30E-02	<4.75E-02	2.10±0.17	8.91±0.12
	红沙村委会小学	(2.84±0.26)E+01	<3.44E-02	<4.43E-02	<3.43E-02	<3.88E-02	<4.48E-02	0.95±0.08	4.58±0.06
	沙螺辽小学	(5.39±0.49)E+01	<5.30E-02	<6.75E-02	<5.38E-02	<5.46E-02	<7.93E-02	3.75±0.33	(1.23±0.02)E+01
	小峰水库	(1.62±0.17)E+01	<6.71E-02	<8.02E-02	<5.28E-02	<5.86E-02	<7.65E-02	2.18±0.13	5.41±0.06
2012/5～2012/7	厂区内气象站	(1.10±0.12)E+01	<6.79E-02	<8.11E-02	<5.34E-02	<5.93E-02	<7.74E-02	<0.07	3.35±0.55
	红沙村委会小学	(1.97±0.19)E+01	<6.32E-02	<7.57E-02	<4.92E-02	<5.56E-02	<7.16E-02	1.14±0.16	6.20±0.14
	沙螺辽小学	(2.27±0.21)E+01	<6.50E-02	<7.42E-02	<5.54E-02	<5.61E-02	<7.59E-02	4.67±0.77	(1.15±0.34)E+01
	小峰水库	(1.65±0.16)E+01	<5.90E-02	<6.61E-02	<5.07E-02	<5.68E-02	<7.05E-02	3.37±0.27	(1.08±0.14)E+01
2012/8～2012/10	厂区内气象站	(6.09±0.55)E+01	<7.47E-02	<6.99E-02	<6.36E-02	<7.20E-02	<7.95E-02	4.08±0.39	4.94±0.13
	红沙村委会小学	(4.28±0.39)E+01	<8.00E-02	<6.89E-02	<7.24E-02	<6.96E-02	<8.11E-02	3.50±0.40	5.48±0.14
	沙螺辽小学	(2.28±0.23)E+01	<6.50E-02	<5.77E-02	<4.97E-02	<5.66E-02	<6.15E-02	4.81±0.39	7.32±0.14
	小峰水库	7.48±1.00	<6.45E-02	<5.55E-02	<5.84E-02	<5.61E-02	<6.54E-02	2.06±0.16	2.64±0.05

7.1-10（2/2） 沉降物放射性核素分析结果

单位：Bq/m^2·月

采样时间	采样地点	^{7}Be	^{58}Co	^{60}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	总 α	总 β
2012/11～2013/1	厂区内气象站	(5.88±0.53)E+01	<6.57E-02	<7.51E-02	<5.98E-02	<6.97E-02	<7.29E-02	3.05±0.20	(1.40±0.02)E+01
	红沙村委会小学	(1.46±0.17)E+01	<6.46E-02	<7.42E-02	<6.15E-02	<6.65E-02	<7.41E-02	2.70±0.42	(1.37±0.04)E+01
	沙螺辽小学	(1.55±0.24)E+01	<6.79E-02	<7.68E-02	<5.81E-02	<6.08E-02	<7.12E-02	2.26±0.35	(3.41±0.07)E+01
	小峰水库	(1.62±0.16)E+01	<6.50E-02	<7.14E-02	<5.79E-02	<7.14E-02	<6.99E-02	(9.59±1.96)E-01	6.56±0.27
2013/2～2013/4	厂区内气象站	(3.13±0.29)E+01	<6.57E-02	<7.51E-02	<5.98E-02	<6.97E-02	<7.29E-02	1.98±0.14	8.96±0.18
	红沙村委会小学	(1.50±0.15)E+01	<6.46E-02	<7.42E-02	<6.15E-02	<6.65E-02	<7.41E-02	(3.22±0.36)E-01	2.46±0.49
	沙螺辽小学	(4.95±0.44)E+01	<6.81E-02	<7.84E-02	<5.94E-02	<6.18E-02	<7.16E-02	8.88±0.60	(2.47±0.25)E+01
	小峰水库	(2.93±0.27)E+01	<6.54E-02	<7.35E-02	<6.03E-02	<6.72E-02	<7.20E-02	(1.25±0.10)E+01	(3.61±0.25)E+01
2013/5～2013/7	厂区内气象站	(4.41±0.39)E+01	<4.38E-02	<5.01E-02	<3.99E-02	<4.65E-02	<4.86E-02	(1.64±0.10)E+01	(3.09±0.04)E+01
	红沙村委会小学	(1.59±0.14)E+02	<4.14E-02	<4.76E-02	<3.95E-02	<4.27E-02	<4.76E-02	(3.89±0.34)E+01	(6.27±0.11)E+01
	沙螺辽小学	(9.06±0.79)E+01	<4.54E-02	<5.22E-02	<3.96E-02	<4.12E-02	<4.77E-02	(3.11±0.24)E+01	(4.94±0.08)E+01
	小峰水库	(7.59±0.66)E+01	<4.36E-02	<4.90E-02	<4.02E-02	<4.48E-02	<4.80E-02	9.90±1.11	(2.36±0.05)E+01
2013/8～2013/10	厂区内气象站	4.14±0.67	<6.01E-02	<6.84E-02	<5.91E-02	<6.95E-02	<6.77E-02	(2.19±0.61)E-01	2.96±0.15
		4.67±0.64	<1.03E-01	<1.22E-01	<1.70E-01	<1.27E-01	<1.28E-01		
	红沙村委会小学	(2.65±0.24)E+01	<6.31E-02	<6.94E-02	<6.03E-02	<6.81E-02	<7.20E-02	3.82±0.26	(1.13±0.03)E+01
		(2.64±0.24)E+01	<6.19E-02	<7.12E-02	<6.20E-02	<7.03E-02	<7.29E-02		
	沙螺辽小学	(1.83±0.17)E+01	<6.19E-02	<6.32E-02	<6.27E-02	<6.59E-02	<6.72E-02	4.22±0.32	9.21±0.13
		(1.98±0.20)E+01	<1.00E-01	<1.19E-01	<1.66E-01	<1.24E-01	<1.25E-01		

7.1-11（1/5） 空气中 ^{3}H、^{14}C 放射性活度分析结果

点位	月份	^{14}C(mBq/gC)	绝对湿度(g/m^3)	^{3}H（mBq/m^3）
厂区气象站	2011/8	(2.63±0.26)E+02	21.8	7.59±1.61
	2011/9	(1.41±0.24)E+02	22.3	13.3±2.1
	2011/10	(1.51±0.19)E+02	12.5	3.26±0.93
	2011/11	(1.62±0.24)E+02	15.5	4.46±1.02
	2011/12	(2.20±0.24)E+02	8.3	3.37±0.56
	2012/1	(1.04±0.20)E+02	8.3	2.82±0.78
	2012/2	(1.22±0.20)E+02	14.2	2.52±1.17
	2012/3	(1.90±0.23)E+02	15.3	2.14±1.21
	2012/4	(1.07±0.16)E+02	20	6.11±2.09
	2012/5	(2.84±0.28)E+02	22.9	4.00±1.82
	2012/6	(4.09±0.37)E+02	24.4	7.96±1.60
	2012/7	(3.36±0.35)E+02	23.7	17.4±2.79
	2012/8	(1.94±0.30)E+02	23.0	7.13±1.67
	2012/9	(1.92±0.30)E+02	22.0	6.24±1.60
	2012/10	(1.91±0.30)E+02	11.2	5.08 ±0.75
	2012/11	(2.26±0.30)E+02	11.6	5.85±0.82
	2012/12	(2.75±0.26)E+02	7.1	4.50±0.61
	2013/1	(2.49±0.25)E+02	7.5	3.65±0.48
	2013/2	(2.85±0.34)E+02	16.5	8.15±1.08
	2013/3	(2.65±0.33)E+02	16.1	9.06±1.05
	2013/4	(2.08±0.44)E+02	21.0	11.8±1.43
	2013/5	(2.48±0.32)E+02	18.2	11.9±1. 34
	2013/6	(1.91±0.19)E+02	23.4	13.9±1.63
	2013/7	(1.78±0.24)E+02	23	12.0±1.59

7.1-11（2/5） 空气中 ^{3}H、^{14}C 放射性活度分析结果

点位	月份	^{14}C(mBq/gC)	绝对湿度(g/m^3)	^{3}H（mBq/m^3）
沙螺辽小学	2011/8	(2.10±0.27)E+02	20.7	6.62±1.61
	2011/9	(2.44±0.42)E+02	20.2	21.0±2.1
	2011/10	(1.51±0.31)E+02	18.1	6.86±1.41
	2011/11	(1.78±0.26)E+02	11	2.56±0.68
	2011/12	(1.98±0.23)E+02	10.7	5.11±0.73
	2012/1	(1.21±0.19)E+02	7.2	3.13±0.49
	2012/2	(1.22±0.19)E+02	8.5	2.86±0.76
	2012/3	(1.57±0.18)E+02	9.5	3.60±0.93
	2012/4	(1.86±0.22)E+02	20.2	5.84±1.96
	2012/5	(2.30±0.27)E+02	23.9	5.50±2.19
	2012/6	(3.94±0.36)E+02	22.5	6.60±1.23
	2012/7	(3.81±0.36)E+02	23.8	12.2±2.04
	2012/8	(2.38±0.32)E+02	21.0	10.5 ±1.50
	2012/9	(1.90±0.30)E+02	20.0	12.0 ±1.56
	2012/10	(2.27±0.32)E+02	16.3	5.57 ±1.00
	2012/11	(2.89±0.34)E+02	15.8	4.96±0.94
	2012/12	(2.14±0.24)E+02	5.8	2.84±0.40
	2013/1	(2.40±0.25)E+02	5.7	4.67±0.44
	2013/2	(2.68±0.33)E+02	14.1	6.40±0.77
	2013/3	(2.36±0.30)E+02	18.9	12.1±1.62
	2013/4	(1.64±0.41)E+02	22.1	12.1±1.48
	2013/5	(2.07±0.31)E+02	17.3	9.78±1.25
	2013/6	(1.92±0.19)E+02	22.9	13.5±1.68
	2013/7	(1.71±0.22)E+02	23.3	13.7±1.74

7.1-11（3/5） 空气中 ^{3}H、^{14}C 放射性活度分析结果

点位	月份	^{14}C(mBq/gC)	绝对湿度(g/m^3)	^{3}H（mBq/m^3）
红沙村委会小学	2011/8	(1.85±0.25)E+02	21.7	9.99±1.87
	2011/9	(2.15±0.27)E+02	19	11.4±1.6
	2011/10	(1.17±0.20)E+02	17.2	5.37±1.13
	2011/11	(1.55±0.24)E+02	10.5	3.58±0.73
	2011/12	(2.23±0.20)E+02	10.3	3.25±0.71
	2012/1	(1.01±0.18)E+02	7.1	2.83±0.52
	2012/2	(1.03±0.16)E+02	14.2	3.56±1.24
	2012/3	(1.62±0.19)E+02	11	2.90±1.12
	2012/4	(1.95±0.23)E+02	20.3	6.63±1.82
	2012/5	(2.03±0.24)E+02	22	4.43±1.83
	2012/6	(3.76±0.36)E+02	23.8	9.06±1.58
	2012/7	(3.73±0.36)E+02	22.7	9.62±1.56
	2012/8	(1.70±0.29)E+02	23.0	8.49±1.53
	2012/9	(1.52±0.30)E+02	19.0	14.6 ±1.54
	2012/10	(1.08±0.28)E+02	16.2	3.11 ±0.91
	2012/11	(2.97±0.34)E+02	16.2	5.34±0.97
	2012/12	(2.07±0.24)E+02	9.2	3.99±0.64
	2013/1	(2.21±0.24)E+02	6.6	2.81±0.42
	2013/2	(2.09±0.31)E+02	8.8	4.43±0.59
	2013/3	(2.49±0.33)E+02	16.0	8.07±1.10
	2013/4	(2.72±0.47)E+02	17.4	8.81±1.15
	2013/5	(2.41±0.32)E+02	18.4	10.5±1.37
	2013/6	(2.00±0.19)E+02	21.6	13.3±1.69
	2013/7	(1.41±0.20)E+02	22.2	12.9±1.68

7.1-11（4/5） 空气中 ^{3}H、^{14}C 放射性活度分析结果

点位	月份	^{14}C(mBq/gC)	绝对湿度(g/m^3)	^{3}H（mBq/m^3）
小峰水库	2011/8	(1.68±0.22)E+02	17.1	9.95±1.44
	2011/9	(1.89±0.23)E+02	20	5.51±1.24
	2011/10	(1.10±0.21)E+02	15.6	4.39±1.08
	2011/11	(2.33±0.24)E+02	15.8	4.79±1.14
	2011/12	(1.27±0.28)E+02	12.7	4.86±0.89
	2012/1	(2.44±0.22)E+02	9.2	4.36±0.63
	2012/2	(1.26±0.20)E+02	11.2	7.63±1.05
	2012/3	(2.33±0.29)E+02	11.9	7.83±0.93
	2012/4	(2.53±0.32)E+02	19.1	6.18±1.79
	2012/5	(2.32±0.28)E+02	20.4	4.05±1.72
	2012/6	(4.12±3.69)E+02	21.6	17.3±1.75
	2012/7	(3.64±0.36)E+02	23.6	11.4±1.79
	2012/8	(1.86±0.30)E+02	20.0	10.7 ±1.51
	2012/9	(1.55±0.29)E+02	22.0	9.11 ±1.46
	2012/10	(2.34±0.32)E+02	19.3	8.79 ±1.31
	2012/11	(1.97±0.31)E+02	18.6	3.65±1.00
	2012/12	(2.61±0.25)E+02	9.5	5.67±0.80
	2013/1	(2.39±0.25)E+02	8.1	4.09±0.56
	2013/2	(2.42±0.31)E+02	16.3	8.04±1.32
	2013/3	(1.71±0.29)E+02	15.7	9.52±1.19
	2013/4	(2.70±0.47)E+02	19.0	10.1±1.41
	2013/5	(2.06±0.31)E+02	21.1	11.7±1.53
	2013/6	(1.90±0.19)E+02	22.7	13.3±1.69
	2013/7	(1.99±0.20)E+02	22.4	13.4±1.64

7.1-11（5/5） 空气中 ^{3}H、^{14}C 放射性活度分析结果

月份	^{14}C 分析结果(mBq/gC)	范围(mBq/gC)	^{3}H 分析结果（mBq/m^3）	范围（mBq/m^3）
2011/8	(2.07±0.41)E+02	168～263	8.5±1.5	6.62～9.99
2011/9	(1.97±0.44)E+02	141～244	12.8±5.5	5.51～21
2011/10	(1.32±0.22)E+02	110～151	5±1.3	3.26～6.86
2011/11	(1.82±0.35)E+02	155～233	3.8±0.9	2.56～4.79
2011/12	(1.92±0.45)E+02	127～223	4.1±0.8	3.25～5.11
2012/1	(1.43±0.68)E+02	101～244	3.3±0.6	2.82～4.36
2012/2	(1.18±0.1)E+02	103～126	4.1±2	2.52～7.63
2012/3	(1.86±0.35)E+02	157～233	4.1±2.2	2.14～7.83
2012/4	(1.85±0.6)E+02	107～253	6.2±0.3	5.84～6.63
2012/5	(2.37±0.34)E+02	203～284	4.5±0.6	4～5.5
2012/6	(3.98±0.17)E+02	376～412	10.2±4.2	6.6～17.3
2012/7	(3.64±0.2)E+02	336～381	12.7±2.9	9.62～17.4
2012/8	(1.97±0.29)E+02	170～238	9.2±1.5	7.13～10.7
2012/9	(1.72±0.22)E+02	152～192	10.5±3.1	6.24～14.6
2012/10	(1.9±0.58)E+02	108～234	5.6±2	3.11～8.79
2012/11	(2.52±0.49)E+02	197～297	5±0.8	3.65～5.85
2012/12	(2.39±0.34)E+02	207～275	4.3±1	2.84～5.67
2013/1	(2.37±0.12)E+02	221～249	3.8±0.7	2.81～4.67
2013/2	(2.51±0.33)E+02	209～285	6.8±1.5	4.43～8.15
2013/3	(2.3±0.41)E+02	171～265	9.7±1.5	8.07～12.1
2013/4	(2.29±0.52)E+02	164～272	10.7±1.3	8.81～12.1
2013/5	(2.26±0.22)E+02	206～248	11.0±1.0	9.78～11.9
2013/6	(1.93±0.05)E+02	190～200	13.5±0.3	13.25～13.87
2013/7	(1.72±0.24)E+02	141～199	13.01±0.7	12.03～13.71

7.1-12（1/2） 地表水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

时间	地点	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总β	^{90}Sr	^{3}H
2011/8～2012/1	小峰水库	<7.71E-04	<9.35E-04	<1.10E-03	<7.06E-04	<9.49E-04	<3.49E-03	(3.78±0.10)E-02	(1.57±0.39)E-03 (1.43±0.29)E-03	(5.36±0.80)E-01
	红沙村水塘	<5.43E-04	<5.98E-04	<7.80E-04	<6.66E-04	<6.78E-04	<3.49E-03	(4.04±0.11)E-02	(1.52±0.51)E-03	(3.21±0.70)E-01
	刘屋水塘	<7.53E-04	<8.96E-04	<1.06E-03	<1.00E-03	<1.25E-03	<3.49E-03	(1.26±0.03)E-01	(1.09±0.08)E-02	(7.35±0.80)E-01
	山口水库	<6.85E-04	<6.68E-04	<1.08E-03	<7.42E-04	<1.38E-03	<3.49E-03	(1.24±0.02)E-01	(6.59±0.53)E-03	(2.55±0.66)E-01
	官山辽水库	<7.38E-04	<1.05E-03	<1.18E-03	<8.67E-04	<1.09E-03	<3.49E-03	<2.29E-03	(1.12±0.41)E-03	(2.27±0.61)E-01
2012/2～2012/7	小峰水库	<6.31E-04	<8.46E-04	<8.49E-04	<7.19E-04	<9.22E-04	(6.82±1.36)E-03	(4.01±0.14)E-02	(1.17±0.30)E-03 (1.60±0.36)E-03	(5.52±1.03)E-01
	红沙村水塘	<4.97E-04	<6.51E-04	<6.99E-04	<5.73E-04	<5.17E-04	(1.48±0.29)E-02	(2.25±0.09)E-01	(1.35±0.42)E-03	(4.35±1.13)E-01
	刘屋水塘	<5.20E-04	<6.77E-04	<7.28E-04	<6.01E-04	<5.50E-04	(9.08±1.54)E-02	(3.28±0.09)E-01	(6.09±0.89)E-03	(3.74±0.92)E-01
	山口水库	<6.01E-04	<8.55E-04	<8.86E-04	<6.92E-04	<7.41E-04	(2.15±0.38)E-02	(4.01±0.14)E-02	(2.57±0.46)E-03	(3.34±0.87)E-01
	官山辽水库	<6.64E-04	<9.05E-04	<9.83E-04	<7.94E-04	<9.34E-04	<3.49E-03	(1.98±0.05)E-01	(2.02±0.41)E-03	(4.28±0.91)E-01

7.1-12（2/2） 地表水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

时间	地点	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总β	^{90}Sr	^{3}H(Bq/L)
2012/8～2013/1	小峰水库	<6.10E-04	<5.87E-04	<5.17E-04	<5.89E-04	<5.47E-04	<3.49E-03	(1.44±0.04)E-02	(1.04±0.10)E-03 (1.09±0.13)E-03	(4.18±0.61)E-01
	红沙村水塘	<5.11E-04	<7.99E-04	<5.34E-04	<4.21E-04	<4.71E-04	<3.49E-03	(6.59±0.19)E-02	(1.29±0.22)E-03	(4.49±0.88)E-01
	刘屋水塘	<7.79E-04	<8.73E-04	<1.02E-03	<8.78E-04	<1.08E-03	<3.49E-03	(1.28±0.03)E-01	(3.52±0.17)E-03	(3.48±0.67)E-01
	山口水库	<9.19E-04	<1.17E-03	<1.43E-03	<1.05E-03	<1.21E-03	<3.49E-03	(9.88±0.35)E-02	(1.73±0.16)E-03	(7.73±0.74)E-01
	官山辽水库	<8.14E-04	<7.83E-04	<7.04E-04	<8.41E-04	<8.41E-04	(1.16±0.17)E-02	(3.90±0.13)E-02	(1.83±0.24)E-03	(6.61±0.71)E-01
2013/2～2013/7	小峰水库	<7.78E-04	<9.69E-04	<1.04E-03	<8.02E-04	<7.19E-04	(1.24±0.11)E-02	(4.49±0.10)E-02	(1.94±0.13)E-03 (2.13±0.10)E-03	(5.21±0.67)E-01
	红沙村水塘	<7.12E-04	<8.98E-04	<9.60E-04	<7.33E-04	<6.40E-04	(1.06±0.15)E-02	(1.22±0.04)E-01	(1.18±0.14)E-03	(6.45±0.72)E-01
	刘屋水塘	<7.19E-04	<9.06E-04	<9.69E-04	<7.41E-04	<6.49E-04	(1.99±0.22)E-01	(3.81±0.12)E-01	(5.62±0.19)E-03	(6.19±0.76)E-01
	山口水库	<7.23E-04	<9.10E-04	<9.74E-04	<7.45E-04	<6.54E-04	<3.49E-03	(8.07±0.23)E-02	(1.60±0.13)E-03	(6.62±0.73)E-01
	官山辽水库	<7.26E-04	<9.14E-04	<9.77E-04	<7.48E-04	<6.57E-04	(6.32±0.75)E-03	(2.25±0.07)E-02	(1.23±0.17)E-03	(5.70±0.81)E-01

7.1-13　地下水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

时间	地点	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{3}H
2011/8～2012/1	小峰水库	<4.45E-04	<7.22E-04	<6.99E-04	<5.48E-04	<6.03E-04	(5.09±0.93)E-01
2011/8～2012/1	白云村	<7.88E-04	<7.14E-04	<1.07E-03	<8.51E-04	<1.07E-03	(5.07±0.72)E-01
2011/8～2012/1	沙螺辽	<4.84E-04	<7.36E-04	<9.26E-04	<5.75E-04	<6.64E-04	(3.89±0.84)E-01
2012/2～2012/7	小峰水库	<5.25E-04	<5.08E-04	<6.37E-04	<4.49E-04	<5.44E-04	(2.66±0.85)E-01
2012/2～2012/7	白云村	<6.86E-04	<7.37E-04	<9.16E-04	<7.23E-04	<8.29E-04	(4.06±0.94)E-01
2012/2～2012/7	沙螺辽	<4.92E-04	<6.47E-04	<6.51E-04	<4.93E-04	<5.07E-04	(3.34±0.98)E-01
2012/8～2013/1	小峰水库	<5.34E-04	<6.98E-04	<7.32E-04	<6.09E-04	<3.89E-04	(3.19±0.59)E-01
2012/8～2013/1	白云村	<6.47E-04	<7.08E-04	<7.97E-04	<5.98E-04	<5.34E-04	(4.09±0.76)E-01
2012/8～2013/1	沙螺辽	<6.32E-04	<7.33E-04	<7.94E-04	<4.87E-04	<5.93E-04	(3.79±0.63)E-01
2013/2～2013/7	小峰水库	<6.34E-04	<9.02E-04	<8.93E-04	<7.64E-04	<6.40E-04	(5.44±0.63)E-01
2013/2～2013/7	白云村	<6.40E-04	<9.11E-04	<9.02E-04	<7.72E-04	<6.49E-04	(5.02±0.61)E-01
2013/2～2013/7	沙螺辽	<6.43E-04	<9.14E-04	<9.05E-04	<7.76E-04	<6.53E-04	(8.81±0.88)E-01

7.1-14（1/2） 饮用水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

时间	点位	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β	^{3}H
2011/8～2011/10	小峰水库	<6.06E-04	<6.56E-04	<7.33E-04	<6.01E-04	<6.55E-04	<5.70E-04	(1.47±0.04)E-02	(3.99±0.72)E-01
	白云村	<4.51E-04	<7.17E-04	<7.71E-04	<6.34E-04	<7.11E-04	(5.85±0.57)E-03	(2.34±0.06)E-02	(3.74±0.66)E-01
	沙螺辽	<6.03E-04	<6.53E-04	<8.98E-04	<5.75E-04	<6.99E-04	<5.70E-04	(1.68±0.05)E-02	(3.17±0.70)E-01
2011/11～2012/1	白云村	<1.25E-03	<1.60E-03	<1.80E-03	<1.26E-03	<1.45E-03	<5.70E-04	(4.52±0.11)E-02	(1.91±0.63)E-01
	沙螺辽	<6.84E-04	<7.60E-04	<7.69E-04	<8.16E-04	<7.39E-04	<5.70E-04	(4.03±0.09)E-02	(3.37±0.71)E-01
	小峰水库	<1.15E-03	<1.57E-03	<1.31E-03	<1.01E-03	<1.45E-03	<5.70E-04	(1.73±0.05)E-02	(1.46±0.58)E-01
		<1.10E-03	<1.56E-03	<1.52E-03	<1.24E-03	<1.82E-03			
2012/2～2012/4	小峰水库	<6.98E-04	<7.57E-04	<8.69E-04	<5.83E-04	<6.92E-04	<5.70E-04	(2.45±0.09)E-02	(3.16±0.86)E-01
	白云村	<7.36E-04	<8.45E-04	<8.10E-04	<6.67E-04	<8.58E-04	(4.63±0.96)E-03	(2.77±0.09)E-02	(3.04±0.81)E-01
	沙螺辽	<5.16E-04	<7.28E-04	<8.24E-04	<6.54E-04	<6.81E-04	(5.07±0.94)E-03	(2.45±0.10)E-02	(2.82±0.83)E-01
2012/5～2012/7	小峰水库	<7.26E-04	<6.60E-04	<7.56E-04	<5.31E-04	<7.69E-04	<5.70E-04	(3.90±0.11)E-02	(3.79±0.68)E-01
	白云村	<9.24E-04	<8.21E-04	<9.24E-04	<8.00E-04	<8.05E-04	(1.53±0.33)E-03	(3.13±0.08)E-02	(3.39±0.66)E-01
	沙螺辽	<6.39E-04	<8.22E-04	<7.56E-04	<6.20E-04	<7.93E-04	(1.88±0.31)E-03	(3.04±0.07)E-02	(3.48±0.67)E-01

7.1-14（2/2） 饮用水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

时间	点位	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	总 α	总 β	^{3}H
2012/8～2012/10	小峰水库	<6.47E-04	<7.15E-04	<5.66E-04	<8.25E-04	<8.34E-04	<5.70E-04	(3.57±0.09)E-02	(3.48±0.59)E-01
	白云村	<5.16E-04	<7.97E-04	<6.42E-04	<5.27E-04	<5.71E-04	(6.91±0.93)E-04	(2.55±0.06)E-02	(3.02±0.66)E-01
		<6.64E-04	<8.60E-04	<6.33E-04	<4.68E-04	<6.43E-04			
	沙螺辽	<5.54E-04	<7.39E-04	<5.54E-04	<4.48E-04	<5.68E-04	(4.71±0.77)E-03	(2.52±0.02)E-02	(2.87±0.61)E-01
2012/11～2013/1	小峰水库	<6.35E-04	<7.04E-04	<9.70E-04	<6.09E-04	<6.46E-04	(2.79±0.29)E-03	(2.65±0.06)E-02	(4.17±0.76)E-01
	白云村	<6.95E-04	<7.06E-04	<8.49E-04	<6.43E-04	<6.05E-04	(5.26±0.45)E-02	(1.43±0.03)E-01	(4.16±0.74)E-01
	沙螺辽	<5.16E-04	<6.83E-04	<8.69E-04	<5.31E-04	<5.34E-04	(6.45±0.57)E-03	(2.67±0.06)E-02	(4.17±0.73)E-01
2013/2～2013/4	小峰水库	<7.54E-04	<1.03E-03	<1.12E-03	<8.57E-04	<8.19E-04	(1.85±0.21)E-03	(2.49±0.25)E-02	(4.80±0.78)E-01
	白云村	<6.36E-04	<8.89E-04	<9.60E-04	<7.21E-04	<6.50E-04	(2.02±0.19)E-02	(5.91±0.14)E-02	(5.02±0.67)E-01
		<6.52E-04	<8.94E-04	<8.97E-04	<7.63E-04	<6.23E-04	(2.91±0.27)E-02	(6.58±0.14)E-02	
	沙螺辽	<5.71E-04	<8.10E-04	<8.71E-04	<6.46E-04	<5.65E-04	(2.33±0.34)E-03	(2.58±0.08)E-02	(6.60±0.76)E-01
2013/5～2013/7	小峰水库	<6.29E-04	<6.98E-04	<9.61E-04	<6.03E-04	<6.37E-04	(3.30±0.37)E-03	(2.78±0.07)E-02	(5.46±0.72)E-01
	白云村	<6.75E-04	<6.88E-04	<8.28E-04	<6.24E-04	<5.82E-04	<5.70E-04	(5.03±0.11)E-02	(5.57±0.73)E-01
	沙螺辽	<5.62E-04	<7.36E-04	<9.39E-04	<5.80E-04	<5.98E-04	<5.70E-04	(3.62±0.11)E-02	(5.41±0.74)E-01

7.1-15（1/2） 雨水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

采样时间	样品名称	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{3}H
2011/11～2012/1	厂区内气象站	<5.92E-04	<8.47E-04	<9.64E-04	<7.30E-04	<7.55E-04	(4.17±0.92)E-01
		<4.74E-04	<5.49E-04	<6.93E-04	<4.72E-04	<4.74E-04	
	红沙村委会小学	<4.71E-04	<4.74E-04	<6.37E-04	<5.35E-04	<5.04E-04	(3.39±0.91)E-01
	沙螺辽小学	<7.07E-04	<7.32E-04	<9.90E-04	<6.60E-04	<8.17E-04	(3.76±0.87)E-01
	小峰水库	<8.35E-04	<8.11E-04	<1.04E-03	<8.40E-04	<9.46E-04	(2.70±0.86)E-01
2012/2～2012/4	厂区内气象站	<1.05E-02	<1.21E-02	<1.35E-02	<1.12E-02	<1.13E-02	(2.89±0.90)E-01
	红沙村委会小学	<7.37E-03	<7.31E-03	<6.62E-03	<6.84E-03	<7.79E-03	(2.70±0.86)E-01
	沙螺辽小学	<7.79E-03	<9.63E-03	<1.08E-02	<6.49E-03	<7.84E-03	(4.59±0.97)E-01
	小峰水库	<5.82E-04	<7.24E-04	<8.10E-04	<4.84E-04	<5.78E-04	(3.45±0.87)E-01
2012/5～2012/7	厂区内气象站	<6.47E-04	<5.37E-04	<6.42E-04	<5.65E-04	<6.13E-04	(4.66±0.74)E-01
	红沙村委会小学	<5.46E-04	<6.15E-04	<6.78E-04	<6.10E-04	<7.00E-04	(4.04±0.74)E-01
	沙螺辽小学	<6.18E-04	<6.55E-04	<7.14E-04	<7.16E-04	<7.51E-04	(4.04±0.75)E-01
	小峰水库	<4.84E-04	<8.39E-04	<9.44E-04	<5.76E-04	<7.23E-04	(3.88±0.73)E-01
2012/8～2012/10	厂区内气象站	<7.14E-04	<7.95E-04	<6.08E-04	<8.14E-04	<8.55E-04	(4.02±0.62)E-01
	红沙村委会小学	<6.47E-04	<7.25E-04	<5.84E-04	<7.24E-04	<8.17E-04	(2.67±0.65)E-01
	沙螺辽小学	<5.59E-04	<8.86E-04	<6.10E-04	<4.45E-04	<5.74E-04	(3.86±0.59)E-01
	小峰水库	<6.83E-04	<7.50E-04	<6.00E-04	<7.68E-04	<7.91E-04	(4.53±0.76)E-01

7.1-15（2/2） 雨水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

2012/11～2013/1	厂区内气象站	<6.63E-04	<6.65E-04	<7.29E-04	<6.33E-04	<6.30E-04	(4.06±0.77)E-01
	红沙村委会小学	<5.55E-04	<6.51E-04	<7.61E-04	<5.67E-04	<4.79E-04	(4.76±0.79)E-01
	沙螺辽小学	<6.47E-04	<7.26E-04	<9.06E-04	<6.34E-04	<6.49E-04	(4.79±0.69)E-01
	小峰水库	<6.09E-04	<7.57E-04	<6.07E-04	<6.41E-04	<5.51E-04	(2.96±0.62)E-01
2013/2～2013/4	厂区内气象站	<9.23E-04	<7.42E-04	<1.20E-03	<1.02E-03	<9.97E-04	(6.18±0.67)E-01
	红沙村委会小学	<5.69E-04	<4.94E-04	<7.83E-04	<6.25E-04	<5.06E-04	(5.54±0.74)E-01
	沙螺辽小学	<6.29E-04	<5.39E-04	<8.58E-04	<6.94E-04	<5.78E-04	(5.19±0.71)E-01
	小峰水库	<5.90E-04	<5.10E-04	<8.10E-04	<6.49E-04	<5.31E-04	(5.31±0.63)E-01
2013/5～2013/7	厂区内气象站	<8.39E-04	<6.87E-04	<1.11E-03	<9.30E-04	<8.63E-04	(4.77±0.77)E-01
	红沙村委会小学	<8.65E-04	<7.04E-04	<1.14E-03	<9.60E-04	<9.03E-04	(5.45±0.71)E-01
	沙螺辽小学	<7.07E-04	<5.95E-04	<9.52E-04	<7.80E-04	<6.76E-04	(5.95±0.77)E-01
	小峰水库	<6.81E-04	<5.76E-04	<9.21E-04	<7.51E-04	<6.42E-04	(6.06±0.81)E-01
2013/8～2013/10	厂区内气象站	<6.76E-04	<5.73E-04	<9.15E-04	<7.45E-04	<6.35E-04	(5.08±0.86)E-01
	红沙村委会小学	<6.49E-04	<5.53E-04	<8.82E-04	<7.15E-04	<6.02E-04	(4.65±0.84)E-01
	沙螺辽小学	<6.71E-04	<5.69E-04	<9.09E-04	<7.40E-04	<6.29E-04	(4.93±0.81)E-01

7.1-16（1/4） 土壤放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	地点	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co
2011/8～2012/7	小峰水库青菜土	<4.36E-01	<7.95E-01	8.75±0.83	<8.74E-01	<3.08E-01
	小峰水库香蕉土	<4.42E-01	<5.16E-01	1.33±0.26	<8.21E-01	<2.78E-01
	白云村青菜土	<3.12E-01	<3.26E-01	(7.91±0.22)E-01	<3.38E-01	<2.87E-01
	飞斗潭青菜土	<2.08E-01	<2.02E-01	(7.82±0.13)E-01	<2.25E-01	<1.87E-01
	大冲口尾不动土	<1.30E-01	<1.45E-01	<2.99E-01	<1.36E-01	<1.05E-01
	仙岛公园不动土	<2.93E-01	<3.07E-01	4.30±0.46	<3.53E-01	<2.82E-01
	非居住区北边界不动土	<2.17E-01	<2.24E-01	1.71±0.22	<2.00E-01	<1.78E-01
		<2.17E-01	<2.26E-01	1.70±0.25	<2.20E-01	<1.65E-01
	白云村香蕉土	<2.69E-01	<2.69E-01	1.21±0.19	<2.72E-01	<2.89E-01
	小峰水库稻米土	<4.19E-01	<4.38E-01	4.53±0.54	<8.90E-01	<4.23E-01
	沙螺辽稻米土	<1.70E-01	<2.31E-01	1.29±0.17	<1.81E-01	<1.93E-01
	白云村稻米土	<2.68E-01	<3.42E-01	2.77±0.36	<3.60E-01	<3.11E-01
	飞斗潭香蕉土	<3.24E-01	<2.55E-01	1.52±0.24	<3.19E-01	<2.56E-01
	钦州电厂	<2.44E-01	<2.77E-01	<4.56E-01	<4.03E-01	<3.83E-01

7.1-16（2/4） 土壤放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	地点	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co
2012/8～2013/7	小峰水库青菜土	<5.05E-01	<3.61E-01	0.44±0.13	<6.43E-01	<3.63E-01
		<5.31E-01	<3.70E-01	0.56±0.16	<6.78E-01	<3.83E-01
	小峰水库香蕉土	<3.76E-01	<4.29E-01	0.35±0.10	<4.52E-01	<3.28E-01
	白云村青菜土	<5.92E-01	<6.75E-01	(8.31±0.84)E-01	<7.11E-01	<4.45E-01
	飞斗潭青菜土	<5.20E-01	<3.98E-01	1.80±0.16	<6.16E-01	<4.53E-01
	大冲口尾不动土	<2.13E-01	<2.44E-01	<2.97E-01	<2.32E-01	<2.23E-01
	仙岛公园不动土	<5.56E-01	<4.58E-01	2.56±0.22	<6.99E-01	<5.54E-01
	非居住区北边界不动土	<4.85E-01	<4.44E-01	2.74±0.37	<6.51E-01	<5.19E-01
	白云村香蕉土	<5.06E-01	<4.12E-01	<4.67E-01	<6.05E-01	<4.81E-01
	小峰水库稻米土	<3.44E-01	<2.81E-01	4.51±0.39	<4.26E-01	<3.88E-01
	沙螺辽稻米土	<2.88E-01	<2.35E-01	2.00±0.17	<3.64E-01	<3.60E-01
	白云村稻米土	<4.88E-01	<4.01E-01	2.21±0.19	<5.69E-01	<4.68E-01
	飞斗潭香蕉土	<4.04E-01	<4.18E-01	<6.25E-01	<4.92E-01	<4.30E-01
	钦州电厂	<3.42E-01	<2.99E-01	<5.01E-01	<4.87E-01	<3.36E-01
	防城区伯南公园	<4.01E-01	<4.68E-01	0.92±0.10	<4.93E-01	<3.59E-01
	大坳 22 号点位	<2.48E-01	<2.05E-01	2.27±0.19	<2.88E-01	<3.28E-01

7.1-16（3/4） 土壤放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	地点	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{238}U	^{90}Sr
2011/8～2012/7	小峰水库青菜土	(2.24±0.20)E+02	(1.16±0.10)E+02	(1.24±0.11)E+02	(2.06±0.21)E+02	8.15±0.28
	小峰水库香蕉土	(1.60±0.14)E+02	(8.75±0.76)E+01	(3.88±0.34)E+02	(1.50±0.13)E+02	<7.80E-01
	白云村青菜土	(8.03±0.71)E+01	(4.64±0.41)E+01	(5.66±0.50)E+02	(6.90±0.60)E+01	2.70±0.36 2.11±0.17
	飞斗潭青菜土	(2.93±0.28)E+01	(1.75±0.16)E+01	(2.12±0.19)E+02	(4.25±0.37)E+01	4.32±0.14
	大冲口尾不动土	4.98±0.53	5.50±0.50	(3.39±0.32)E+01	(2.33±0.20)E+01	<7.67E-01
	仙岛公园不动土	(7.09±0.63)E+01	(3.14±0.28)E+01	(6.16±0.54)E+02	(4.90±0.42)E+01	2.13±0.62
	非居住区北边界不动土	(3.42±0.31)E+01	(3.14±0.28)E+01	(2.73±0.24)E+02	(5.07±0.44)E+01	（7.33±1.51）E-01
		(3.57±0.32)E+01	(2.77±0.24)E+01	(2.73±0.24)E+02	(4.36±0.38)E+01	
	白云村香蕉土	(5.53±0.50)E+01	(3.24±0.29)E+01	(4.54±0.40)E+02	(6.81±0.59)E+01	<6.07E-01
	小峰水库稻米土	(1.42±0.13)E+02	(1.01±0.10)E+02	(3.92±0.35)E+02	(1.15±0.10)E+02	<7.82E-01
	沙螺辽稻米土	(1.46±0.15)E+01	(2.71±0.24)E+01	(7.52±0.68)E+01	(3.26±0.28)E+01	<4.13E-01
	白云村稻米土	(6.50±0.60)E+01	(5.03±0.44)E+01	(4.30±0.38)E+02	(6.16±0.53)E+01	<3.82E-01
	飞斗潭香蕉土	(2.06±0.21)E+01	7.03±0.65	(6.77±0.61)E+01	(4.76±0.41)E+01	1.20±0.25
	钦州电厂	(4.16±0.39)E+01	(2.15±0.19)E+01	(2.25±0.20)E+02	(6.12±0.53)E+01	——

7.1-16（4/4） 土壤放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	地点	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{238}U	^{90}Sr
2012/8～2013/7	小峰水库青菜土	(1.67±0.14)E+02	(9.41±0.82)E+01	(9.44±0.82)E+01	(1.90±0.16)E+02	2.95±0.39
		(1.61±0.14)E+02	(9.43±0.82)E+01	(1.13±0.10)E+02	(1.94±0.17)E+02	——
	小峰水库香蕉土	(1.38±0.12)E+02	(7.15±0.62)E+01	(6.53±0.57)E+02	(1.30±0.11)E+02	1.03±0.38
	白云村青菜土	(6.14±0.53)E+01	(3.31±0.29)E+01	(4.30±0.37)E+02	(5.34±0.46)E+01	2.18±0.21
	飞斗潭青菜土	(4.05±0.35)E+01	(3.00±0.26)E+01	(2.15±0.19)E+02	(6.47±0.56)E+01	1.16±0.14
	大冲口尾不动土	(1.69±0.15)E+01	(1.28±0.11)E+01	(8.38±0.73)E+01	(2.27±0.20)E+01	0.37±0.11
	仙岛公园不动土	(7.52±0.65)E+01	(2.72±0.24)E+01	(6.75±0.59)E+02	(3.15±0.27)E+01	<0.74
	非居住区北边界	(7.21±0.65)E+01	(4.26±0.38)E+01	(7.76±0.68)E+02	(4.07±0.43)E+01	1.26±0.32
	白云村香蕉土	(8.38±0.73)E+01	(3.10±0.27)E+01	(7.79±0.68)E+02	(4.46±0.39)E+01	3.02±0.21
						3.21±0.28
	小峰水库稻米土	(1.28±0.11)E+02	(6.61±0.57)E+01	(2.03±0.18)E+02	(1.45±0.13)E+02	3.37±0.16
						3.29±0.24
	沙螺辽稻米土	(2.82±0.24)E+01	(2.84±0.25)E+01	(1.47±0.13)E+02	(5.37±0.47)E+01	2.24±0.30
						1.56±0.18
	白云村稻米土	(6.66±0.58)E+01	(3.83±0.33)E+01	(4.90±0.42)E+02	(4.33±0.38)E+01	1.71±0.17
						2.51±0.24
	飞斗潭香蕉土	(4.61±0.42)E+01	(3.36±0.30)E+01	(3.03±0.27)E+02	(3.08±0.31)E+01	1.44±0.24
						1.21±0.25
	钦州电厂	(3.87±0.36)E+01	(2.61±0.23)E+01	(2.71±0.24)E+02	(1.95±0.21)E+01	0.84±0.16
	防城区伯南公园	(7.34±0.64)E+01	(4.35±0.38)E+01	(4.48±0.39)E+02	(9.40±0.81)E+01	1.04±0.21
						1.41±0.18
	大坳 22 号点位	7.56±0.66	9.53±0.83	9.91±0.90	(1.55±0.14)E+01	0.55±0.13
						0.70±0.12

7.1-17　底泥放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

（一）人工核素

时间	地点	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{90}Sr
2011/8～2012/7	小峰水库	<2.40E-01	<4.05E-01	1.34±0.20	<5.32E-01	<3.68E-01	2.05±0.42
	红沙村水塘	<2.21E-01	<1.80E-01	<4.67E-01	<1.91E-01	<2.79E-01	<0.49
	刘屋水塘	<1.54E-01	<1.79E-01	<3.91E-01	<1.25E-01	<2.10E-01	2.46±0.59
	山口水库	<2.81E-01	<2.94E-01	<4.48E-01	<5.49E-01	<4.23E-01	<0.37
	官山辽水库	<1.76E-01	<2.29E-01	<3.26E-01	<2.21E-01	<2.50E-01	2.66±0.37
2012/8～2013/7	小峰水库	<3.11E-01	<2.57E-01	0.57±0.10	<3.62E-01	<3.48E-01	3.31±0.21
	红沙村水塘	<3.25E-01	<2.66E-01	0.37±0.10	<3.78E-01	<3.54E-01	1.73±0.16
	刘屋水塘	<2.55E-01	<2.52E-01	<3.22E-01	<3.14E-01	<2.13E-01	<0.41
	山口水库	<4.71E-01	<4.00E-01	<4.59E-01	<5.57E-01	<4.57E-01	1.63±0.19
	官山辽水库	<4.62E-01	<3.81E-01	<4.34E-01	<5.37E-01	<4.46E-01	<0.54

（二）天然核素

时间	地点	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{238}U
2011/8～2012/7	小峰水库	(1.60±0.14)E+02	(8.68±0.76)E+01	(9.28±0.85)E+01	(1.57±0.14)E+02
	红沙村水塘	(6.57±0.59)E+01	(2.57±0.23)E+01	(4.82±0.42)E+02	(6.88±0.60)E+01
	刘屋水塘	(3.25±0.30)E+01	(1.72±0.15)E+01	(2.44±0.21)E+02	(6.76±0.59)E+01
	山口水库	(7.25±0.64)E+01	(2.16±0.19)E+01	(8.96±0.78)E+02	(9.11±0.79)E+01
	官山辽水库	(4.68±0.43)E+01	(4.23±0.37)E+01	(4.56±0.40)E+02	(1.41±0.12)E+01
2012/8～2013/7	小峰水库	(1.31±0.11)E+02	(7.20±0.62)E+01	(6.28±0.54)E+01	(1.34±0.12)E+02
	红沙村水塘	(6.07±0.53)E+01	(3.73±0.32)E+01	(2.69±0.23)E+02	(6.21±0.54)E+01
	刘屋水塘	(2.24±0.21)E+01	(1.59±0.14)E+01	(1.72±0.15)E+02	(2.41±0.25)E+01
	山口水库	(7.08±0.61)E+01	(2.42±0.21)E+01	(1.01±0.87)E+03	(3.77±0.33)E+01
	官山辽水库	(9.08±0.79)E+01	(3.57±0.31)E+01	(1.09±0.94)E+03	(5.70±0.49)E+01

7.1-18（1/4） 陆域生物放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{90}Sr	
桉树小峰水库	2011/10	<1.25E-02	<1.51E-02	<2.84E-02	<1.24E-02	<2.06E-02	1.90±0.17	
							1.04±0.10	
桉树小峰水库	2012/10	<1.15E-02	<1.03E-02	<9.70E-03	<1.13E-02	<1.64E-02	1.15±0.12	1.01±0.10*
桉树白云村	2011/10	<1.94E-02	<2.67E-02	<2.58E-02	<1.20E-02	<1.24E-02	2.10±0.18	
桉树白云村	2012/10	<1.64E-02	<1.67E-02	<2.38E-02	<1.94E-02	<1.56E-02	1.44±0.12	1.42±0.13*
桉树沙螺辽	2011/10	<1.26E-02	<1.90E-02	(1.52±0.16)E-01	<1.36E-02	<1.87E-02	3.73±0.36	
		<1.80E-02	<2.55E-02	(1.61±0.16)E-01	<9.10E-03	<1.45E-02	2.45±0.22	
桉树沙螺辽	2012/10	<8.90E-03	<9.24E-03	(4.69±0.42)E-01	<8.75E-03	<1.86E-02	1.19±0.13	1.13±0.11*
稻米小峰水库	2011/10	<4.67E-03	<6.06E-03	(5.10±0.45)E-01	<5.53E-03	<4.65E-03	＜7.05E-03	
稻米小峰水库	2012/10	<5.53E-03	<5.18E-03	(8.67±0.54)E-02	<5.19E-03	<4.18E-03	(4.41±0.46)E-02	
稻米白云村	2011/10	<4.20E-03	<4.16E-03	(1.20±0.28)E-02	<3.43E-03	<4.85E-03	(2.61±1.00)E-02	
稻米白云村	2012/10	<5.89E-03	<5.42E-03	(5.43±0.28)E-02	<6.33E-03	<7.62E-03	(5.95±0.59)E-02	
稻米沙螺辽	2011/10	<2.95E-03	<3.47E-03	(2.72±0.34)E-02	<2.58E-03	<4.56E-03	(3.91±1.53)E-02	
		<3.40E-03	<4.81E-03	(2.66±0.35)E-02	<3.24E-03	<4.47E-03		
稻米沙螺辽	2012/10	<4.48E-03	<4.28E-03	(1.69±0.12)E-02	<4.17E-03	<4.08E-03	(2.16±0.38)E-02	

备注：*为除铋结果。

7.1-18（2/4） 陆域放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{90}Sr
青菜小峰水库	2011/10	<7.72E-03	<6.59E-03	(1.03±0.10)E-01	<1.08E-02	<1.87E-02	（3.87±0.37)E-01
							(4.31±0.43)E-01
青菜小峰水库	2012/10	<3.01E-03	<2.70E-03	(4.96±0.50)E-02	<3.71E-03	<4.11E-03	(3.53±0.75)E-01
青菜白云村	2011/10	<6.06E-03	<6.78E-03	<1.05E-02	<8.79E-03	<9.30E-03	(2.98±0.38)E-01
		<6.38E-03	<7.20E-03	<8.66E-03	<8.11E-03	<8.77E-03	
青菜白云村	2012/10	<4.72E-03	<4.93E-03	(2.02±0.33)E-02	<4.84E-03	<8.36E-03	(1.25±0.14)E-01
							(1.02±0.11)E-01
青菜飞斗潭	2011/10	<1.09E-02	<1.05E-02	<1.49E-02	<1.07E-02	<1.81E-02	(2.23±0.36)E-01
青菜飞斗潭	2012/10	<4.64E-03	<4.90E-03	(4.35±0.46)E-02	<5.19E-03	<8.67E-03	(1.29±0.13)E-01
香蕉小峰水库	2011/10	<6.78E-03	<5.69E-03	<9.22E-03	<6.73E-03	<1.10E-02	＜7.05E-03
							＜7.05E-03
香蕉小峰水库	2012/10	<4.91E-03	<4.52E-03	<5.05E-03	<4.59E-03	<4.21E-03	＜7.05E-03
香蕉白云村	2011/10	<9.07E-03	<9.46E-03	<1.12E-02	<9.73E-03	<1.59E-02	(6.38±2.37)E-02
		<9.27E-03	<8.41E-03	<1.20E-02	<1.08E-02	<1.36E-02	
香蕉白云村	2012/10	<4.70E-03	<3.37E-03	<4.90E-03	<4.62E-03	<6.75E-03	(3.66±0.411)E-02
香蕉飞斗潭	2011/10	<9.71E-03	<1.02E-02	<1.09E-02	<1.06E-02	<1.00E-02	(9.33±3.54)E-02
香蕉飞斗潭	2012/10	<6.30E-03	<5.65E-03	<6.33E-03	<6.62E-03	<6.33E-03	＜7.05E-03
家禽鸡小峰水库	2011/10	<7.11E-03	<7.66E-03	(4.57±0.57)E-02	<9.21E-03	<1.17E-02	(3.25±0.98)E-02
家禽鸡小峰水库	2012/10	<9.71E-03	<9.06E-03	(2.43±0.11)E-02	<1.13E-02	<1.25E-02	(4.72±0.57)E-02
家禽鸡白云村	2011/10	<7.10E-03	<6.38E-03	(2.10±0.36)E-02	<7.32E-03	<1.04E-02	(7.47±2.18)E-02

7.1-18（3/4） 陆域放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{90}Sr
家禽鸡白云村	2012/10	<1.05E-02	<1.05E-02	(2.00±0.70)E-02	<1.23E-02	<9.58E-03	(4.10±0.95)E-02
家禽鸡沙螺辽	2011/10	<9.63E-03	<8.35E-03	<8.24E-03	<9.55E-03	<1.18E-02	(9.65±1.37)E-02
		<7.45E-03	<7.13E-03	<7.89E-03	<8.20E-03	<9.87E-03	(7.21±1.43)E-02
家禽鸡沙螺辽	2012/10	<7.36E-03	<6.99E-03	(4.74±0.30)E-02	<8.12E-03	<1.09E-02	(3.34±0.62)E-02
淡水鱼小峰水库	2011/10	<1.74E-02	<1.64E-02	(1.22±0.14)E-01	<1.78E-02	<2.24E-02	(9.25±0.91)E-01
		<1.32E-02	<1.54E-02	(1.30±0.15)E-01	<9.70E-03	<1.96E-02	
淡水鱼小峰水库	2012/10	<1.99E-02	<1.63E-02	(4.63±0.19)E-01	<1.79E-02	<2.37E-02	(6.61±0.59)E-01
淡水鱼官山辽水	2011/10	<1.98E-02	<2.20E-02	(3.29±0.84)E-02	<1.64E-02	<2.27E-02	(1.39±0.31)E-01
淡水鱼官山辽水	2012/10	<2.49E-02	<2.15E-02	<2.99E-02	<2.78E-02	<2.49E-02	(1.47±0.15)E-01
淡水鱼山口水库	2011/10	<8.14E-03	<9.76E-03	(3.40±0.54)E-02	<1.05E-02	<1.13E-02	(4.49±0.50)E-01
淡水鱼山口水库	2012/10	<2.61E-02	<2.44E-02	(6.82±0.28)E-02	<2.89E-02	<2.73E-02	(6.63±0.60)E-01
							(7.08±0.79)E-01
松针小峰水库	2011/10	<1.01E-02	<1.13E-02	2.87±0.25	<1.82E-02	<1.74E-02	(7.96±0.68)E-01
	2011/11	<5.60E-03	<9.12E-03	1.00±0.10	<5.07E-03	<6.25E-03	1.21±0.14
松针小峰水库	2012/10	<8.10E-03	<7.38E-03	(9.86±1.34)E-01	<7.14E-03	<8.88E-03	1.00±0.08
							1.13±0.10
松针白云村	2011/10	<7.91E-03	<8.83E-03	<1.88E-02	<8.14E-03	<1.07E-02	(3.72±0.41)E-01
松针白云村	2012/10	<1.37E-02	<1.30E-02	<1.46E-02	<1.39E-02	<1.32E-02	(1.25±0.20)E-01
松针沙螺辽	2011/10	<1.49E-02	<1.63E-02	<2.78E-02	<1.46E-02	<3.87E-02	(1.17±0.17)E-01
		<1.56E-02	<1.87E-02	<2.54E-02	<1.78E-02	<4.23E-02	(1.88±0.31)E-01
松针沙螺辽	2012/10	<1.26E-02	<1.24E-02	<1.63E-02	<1.25E-02	<1.32E-02	(4.02±0.35)E-01

7.1-18（4/4） 陆域放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	总 β	自由水氚 (Bq/L)	有机结合氚
松针小峰水库	2011/10	(6.29±0.13)E+01	1.39 1.81	0.39 0.42
松针小峰水库	2012/10	(7.25±0.06)E+01	1.81 1.27	0.53 0.49
松针白云村	2011/10	(6.93±0.15)E+01	1.87 2.42	0.61 0.63
松针白云村	2012/10	(8.14±0.09)E+01	1.33 0.97	0.42 0.38
松针沙螺辽	2011/10	(5.05±0.11)E+01	1.99 1.05	0.33 0.25
松针沙螺辽	2012/10	(5.37±0.05)E+01	1.87 2.42	0.37 0.34

7.1-19（1/3） 海洋生物放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{90}Sr
黄鱼北海	2011/10	<6.81E-03	<1.06E-02	<1.18E-02	<5.72E-03	<7.91E-03	(6.09±1.43)E-02
黄鱼企沙港		<4.86E-03	<5.51E-03	(9.82±0.28)E-03	<4.20E-03	<6.45E-03	(2.52±0.92)E-02
		<5.60E-03	<5.47E-03	(1.42±0.38)E-02	<3.68E-03	<5.54E-03	
黄鱼钦州港		<6.01E-03	<6.87E-03	<1.27E-02	<5.30E-03	<6.82E-03	(5.14±1.17)E-02
墨鱼北海		<4.29E-03	<5.14E-03	<6.98E-03	<6.21E-03	<7.33E-03	(8.84±0.95)E-02
							(6.83±2.07)E-02
墨鱼企沙港		<6.63E-03	<6.71E-03	(1.64±0.34)E-02	<7.12E-03	<1.04E-02	(1.97±0.94)E-02
八爪鱼钦州港		<3.85E-03	<4.28E-03	<5.74E-03	<4.01E-03	<4.75E-03	<1.0E-02
杂鱼北海		<6.02E-03	<6.01E-03	(1.88±0.32)E-02	<5.49E-03	<6.97E-03	(2.00±0.77)E-02
杂鱼企沙港		<6.58E-03	<6.87E-03	(3.46±0.49)E-02	<5.81E-03	<8.35E-03	(3.14±1.29)E-02
		<6.14E-03	<6.10E-03	(2.79±0.43)E-02	<6.13E-03	<7.85E-03	
杂鱼钦州港		<8.15E-03	<7.66E-03	<1.29E-02	<7.51E-03	<1.24E-02	(4.09±1.22)E-02
		<8.09E-03	<7.70E-03	<1.21E-02	<7.17E-03	<1.20E-02	(3.98±1.72)E-02
红树林北海		<1.65E-02	<1.64E-02	<2.18E-02	<1.77E-02	<2.36E-02	(1.77±0.28)E-01
红树林企沙港		<1.84E-02	<2.38E-02	<2.20E-02	<2.78E-02	<3.93E-02	(6.57±0.67)E-01
红树林钦州港		<1.38E-02	<1.65E-02	<2.40E-02	<1.88E-02	<2.15E-02	1.53±0.14
牡蛎北海		<1.31E-02	<1.12E-02	(2.17±0.48)E-02	<1.30E-02	<2.05E-02	(8.36±2.11)E-02
牡蛎企沙港		<9.28E-03	<1.39E-02	(2.91±0.57)E-02	<1.43E-02	<1.34E-02	(1.48±0.21)E-01
		<7.80E-03	<9.68E-03	(2.03±0.46)E-02	<7.36E-03	<1.10E-02	
牡蛎钦州港		<4.30E-03	<4.72E-03	<6.47E-03	<4.22E-03	<6.40E-03	(7.56±1.28)E-02
		<5.83E-03	<6.04E-03	<6.96E-03	<5.97E-03	<6.96E-03	
海带北海		<9.23E-02	<1.12E-01	<1.26E-01	<9.94E-02	<9.98E-02	(6.60±1.91)E-01

7.1-19（2/3） 海洋生物放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{90}Sr
黄鱼北海	2012/10	<1.99E-02	<1.88E-02	<3.01E-02	<2.29E-02	<2.74E-02	(7.60±0.89)E-02
黄鱼企沙港		<2.00E-02	<2.00E-02	<1.99E-02	<2.30E-02	<1.96E-02	(4.39±0.53)E-02
							(4.98±0.64)E-02
黄鱼钦州港		<1.75E-02	<1.75E-02	<2.84E-02	<2.36E-02	<2.94E-02	(2.96±0.44)E-02
八爪鱼北海		<4.76E-03	<4.94E-03	(7.64±2.06)E-03	<5.41E-03	<1.01E-02	(3.28±0.47)E-02
墨鱼企沙港		<7.42E-03	<7.25E-03	<8.87E-03	<6.99E-03	<6.69E-03	(1.50±0.26)E-02
八爪鱼钦州		<8.00E-03	<6.63E-03	<6.01E-03	<7.62E-03	<8.95E-03	<7.05E-03
杂鱼北海		<2.59E-02	<2.14E-02	(5.29±1.69)E-02	<2.47E-02	<2.91E-02	(3.89±0.64)E-02
							(3.42±0.74)E-02
杂鱼企沙港		<1.77E-02	<1.65E-02	(2.83±1.27)E-02	<2.04E-02	<1.84E-02	(6.75±0.79)E-02
杂鱼钦州港		<2.81E-02	<2.50E-02	<2.90E-02	<2.77E-02	<2.61E-02	(6.99±0.82)E-02
红树林北海		<1.70E-02	<1.96E-02	<2.28E-02	<1.88E-02	<2.37E-02	(3.47±0.34)E-01
红树林企沙港		<1.01E-02	<9.22E-03	<1.43E-02	<1.04E-02	<1.29E-02	(4.11±0.37)E-01
							(3.89±0.36)E-01
红树林钦州港		<1.38E-02	<1.35E-02	<1.86E-02	<1.40E-02	<1.82E-02	(5.50±0.92)E-01
							(4.80±0.43)E-01
牡蛎北海		<6.08E-03	<5.62E-03	<6.16E-03	<6.19E-03	<8.19E-03	(3.24±0.73)E-02
牡蛎企沙港		<1.36E-02	<1.36E-02	<1.07E-02	<1.51E-02	<1.44E-02	(1.44±0.16)E-01
							(1.71±0.18)E-01
牡蛎钦州港		<1.60E-02	<1.36E-02	<1.29E-02	<1.46E-02	<1.89E-02	(7.95±1.26)E-02

7.1-19（3/3） 海洋生物放射性核素分析结果

单位: Bq/kg·鲜

样品名称	时间	总 β	自由水氚(Bq/L)	有机结合氚
牡蛎北海	2011/10	(3.47±0.53)E+01	2.17 2.90	0.23 0.24
牡蛎企沙港	2011/10	(5.46±0.59)E+01	1.05 1.51	0.15 0.17
牡蛎钦州港	2011/10	(1.60±0.20)E+01	1.27 1.99	0.22 0.25
红树林企沙港	2011/10	——	2.80 2.54	0.46 0.48
牡蛎北海	2012/10	(3.18±0.03)E+01	2.54 2.17	0.25 0.30
		(3.19±0.03)E+01		
牡蛎企沙港	2012/10	(3.38±0.05)E+01	1.21 1.75	0.18 0.20
		(4.67±0.10)E+01		
牡蛎钦州港	2012/10	(5.75±0.06)E+01	2.48 2.90	0.27 0.30
红树林企沙港	2012/10	——	1.75 2.11	0.27 0.32
海带北海	2011/10	(5.56±0.20)E+01	0.91 1.05	0.18 0.14

7.1-20（1/3） 海水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

点位名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{110m}Ag
北海海水	2011/10	<4.81E-04	<6.46E-04	(1.74±0.49)E-03	<7.21E-04	<5.18E-04	<6.29E-04
南海海水-1	2011/10	<7.11E-04	<8.03E-04	(1.33±0.14)E-03	<8.25E-04	<1.04E-03	<6.91E-04
南海海水-2	2011/10	<4.67E-04	<5.83E-04	(1.60±0.34)E-03	<8.18E-04	<5.08E-04	<6.36E-04
南海海水-3	2011/10	<4.44E-04	<6.43E-04	(1.38±0.25)E-03	<6.73E-04	<4.75E-04	<6.79E-04
南海海水-4	2011/10	<5.90E-04	<8.42E-04	(1.20±0.12)E-03	<8.83E-04	<7.14E-04	<6.45E-04
南海海水-5	2011/10	<6.63E-04	<7.72E-04	(1.81±0.31)E-03	<9.90E-04	<9.85E-04	<7.23E-04
南海海水-6	2011/10	<1.94E-03	<5.91E-04	(1.79±0.36)E-03	<7.36E-04	<4.72E-04	<6.69E-04
南海海水-7	2011/10	<6.62E-04	<7.92E-04	(1.78±0.29)E-03	<1.01E-03	<1.04E-03	<6.38E-04
北海海水	2012/4	<4.90E-04	<5.57E-04	(1.47±0.38)E-03	<5.49E-04	<5.15E-04	<6.17E-04
南海海水-1	2012/4	<7.36E-04	<8.41E-04	(2.02±0.58)E-03	<9.46E-04	<9.75E-04	<7.29E-04
南海海水-2	2012/4	<4.88E-04	<5.66E-04	(1.36±0.26)E-03	<5.39E-04	<5.32E-04	<5.47E-04
南海海水-3	2012/4	<6.72E-04	<6.91E-04	(1.75±0.37)E-03	<6.81E-04	<7.90E-04	<6.96E-04
南海海水-4	2012/4	<5.14E-04	<6.10E-04	(1.46±0.33)E-03	<5.58E-04	<5.64E-04	<6.37E-04
南海海水-5	2012/4	<6.74E-04	<8.29E-04	(1.95±0.41)E-03	<6.37E-04	<8.08E-04	<6.98E-04
南海海水-6	2012/4	<6.20E-04	<8.00E-04	(1.37±0.34)E-03	<6.01E-04	<7.64E-04	<6.34E-04
南海海水-7	2012/4	<6.06E-04	<7.75E-04	(1.24±0.33)E-03	<6.91E-04	<7.33E-04	<6.82E-04
北海海水	2012/10	<9.83E-04	<1.07E-03	<1.58E-03	<1.02E-03	<1.21E-03	<9.83E-04

7.1-20（2/3） 海水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

点位名称	时间	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{110m}Ag
南海海水-1	2012/10	<6.00E-04	<6.79E-04	<1.17E-03	<6.76E-04	<6.08E-04	<6.00E-04
南海海水-2	2012/10	<5.98E-04	<6.92E-04	(1.35±0.43)E-03	<6.33E-04	<4.92E-04	<5.98E-04
南海海水-3	2012/10	<5.79E-04	<7.27E-04	(1.26±0.39)E-03	<6.28E-04	<5.24E-04	<5.85E-04
南海海水-4	2012/10	<5.85E-04	<7.26E-04	(1.30±0.29)E-03	<6.45E-04	<5.35E-04	<5.85E-04
南海海水-5	2012/10	<6.13E-04	<7.45E-04	<1.19E-03	<7.30E-04	<5.33E-04	<6.13E-04
南海海水-6	2012/10	<5.15E-04	<7.20E-04	<1.07E-03	<5.81E-04	<5.45E-04	<5.15E-04
南海海水-7	2012/10	<6.49E-04	<7.90E-04	<1.32E-03	<7.40E-04	<6.41E-04	<6.49E-04
北海海水	2013/4	<5.46E-04	<6.55E-04	<9.51E-04	<5.58E-04	<5.10E-04	<5.46E-04
北海海水（8.9L）	2013/7	<4.12E-03	<4.73E-03	<6.91E-03	<4.24E-03	<4.30E-03	<4.12E-03
南海海水-1	2013/4	<6.22E-04	<7.01E-04	<9.31E-04	<7.02E-04	<6.39E-04	<6.22E-04
南海海水-1	2013/7	<6.04E-04	<6.83E-04	<8.22E-04	<6.81E-04	<6.14E-04	<6.04E-04
南海海水-2	2013/4	<5.51E-04	<6.38E-04	<1.19E-03	<5.83E-04	<4.52E-04	<5.51E-04
南海海水-2	2013/7	<5.52E-04	<6.39E-04	<9.04E-04	<5.84E-04	<4.54E-04	<5.52E-04
南海海水-3	2013/4	<5.49E-04	<6.87E-04	<8.53E-04	<5.96E-04	<5.03E-04	<5.49E-04
南海海水-4	2013/4	<5.80E-04	<7.20E-04	<9.63E-04	<6.39E-04	<5.28E-04	<5.80E-04
南海海水-5	2013/4	<6.09E-04	<7.41E-04	<8.07E-04	<7.25E-04	<5.29E-04	<6.09E-04
南海海水-6	2013/4	<5.12E-04	<7.17E-04	<7.54E-04	<5.78E-04	<5.41E-04	<5.12E-04
南海海水-7	2013/4	<6.20E-04	<7.59E-04	<1.27E-03	<7.06E-04	<6.03E-04	<6.20E-04
南海海水-7	2013/7	<6.12E-04	<7.50E-04	(7.63±1.88)E-04	<6.97E-04	<5.92E-04	<6.12E-04

7.1-20（3/3） 海水放射性核素分析结果

单位: Bq/L

点位名称	时间	^{90}Sr	去钾总β	^{3}H(Bq/L)
北海海水	2011/10	<5.29E-04	(3.61±0.41)E-01	(3.91±0.94)E-01
南海海水-1	2011/10	(1.16±0.30)E-03	(3.06±0.41)E-01 (4.00±0.66)E-01	(3.74±0.73)E-01
南海海水-2	2011/10	(1.78±0.38)E-03	(5.72±0.56)E-01	(3.58±0.76)E-01
南海海水-3	2011/10	(1.28±0.35)E-03	(5.18±0.44)E-01	(3.75±0.68)E-01
南海海水-4	2011/10	<5.29E-04	(6.16±0.52)E-01	(3.32±0.87)E-01
南海海水-5	2011/10	<5.29E-04	(2.54±0.34)E-01	(3.58±0.76)E-01
南海海水-6	2011/10	(1.64±0.30)E-03	(5.15±0.43)E-01 (9.02±0.76)E-01	(3.40±0.74)E-01
南海海水-7	2011/10	(4.42±0.82)E-03 (1.78±0.81)E-03	(3.14±0.37)E-01	(3.79±0.76)E-01
北海海水	2012/4	(1.13±0.36)E-03	(4.28±0.51)E-01	(1.81±0.85)E-01
南海海水-1	2012/4	(8.25±4.11)E-04	(5.38±0.51)E-01	(4.76±1.07)E-01
南海海水-2	2012/4	<3.94E-04	(3.19±0.42)E-01	(4.58±1.23)E-01
南海海水-3	2012/4	<4.40E-04	(3.80±0.42)E-01	(3.12±1.31)E-01
南海海水-4	2012/4	<3.09E-04	(1.14±0.24)E-01	(3.85±0.99)E-01
南海海水-5	2012/4	<4.69E-04	(3.34±0.36)E-01	(2.61±0.87)E-01
南海海水-6	2012/4	<4.04E-04	(5.08±0.49)E-01	(3.67±1.19)E-01
南海海水-7	2012/4	<5.29E-04 <2.04E-04	(2.23±0.31)E-01	(2.53±0.92)E-01
北海海水	2012/10	<6.08E-04	(4.32±0.17)E-01	(2.86±0.63)E-01
南海海水-1	2012/10	(1.10±0.14)E-03	(4.12±0.23)E-01	(3.49±0.67)E-01
南海海水-2	2012/10	(9.95±1.33)E-04	(3.33±0.16)E-01	(3.39±0.68)E-01
南海海水-3	2012/10	(6.89±1.12)E-04	(3.66±0.20)E-01	(2.82±0.61)E-01
南海海水-4	2012/10	<6.08E-04	(3.16±0.16)E-01	(2.47±0.62)E-01
南海海水-5	2012/10	(6.49±1.18)E-04	(5.00±0.18)E-01	(2.67±0.65)E-01
南海海水-6	2012/10	(7.19±0.82)E-04	(5.83±0.23)E-01 (5.47±0.18)E-01	(3.20±0.63)E-01
南海海水-7	2012/10	(8.50±1.32)E-04 (8.73±1.27)E-04	(4.19±0.22)E-01 (4.45±0.19)E-01	(3.23±0.64)E-01
北海海水	2013/4	<5.86E-04	(1.64±0.13)E-01	(3.98±0.72)E-01
南海海水-1	2013/4	(8.18±1.55)E-04	(1.06±0.11)E-01	(3.43±0.69)E-01
南海海水-2	2013/4	(7.37±0.96)E-04	(1.55±0.13)E-01	(3.25±0.72)E-01
南海海水-3	2013/4	<5.86E-04	(2.29±0.14)E-01	(3.18±0.65)E-01
南海海水-4	2013/4	<5.86E-04	(2.41±0.15)E-01	(3.79±0.92)E-01
南海海水-5	2013/4	<5.86E-04	(2.45±0.11)E-01	(4.02±0.61)E-01
南海海水-6	2013/4	<5.86E-04	(2.44±0.12)E-01	(3.99±0.74)E-01
南海海水-7	2013/4	(6.64±1.15)E-04	(2.53±0.14)E-01	(3.56±0.72)E-01

7.1-21（1/2） 海底泥放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	地点点位	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co
2011/10	北海底泥	<1.72E-01	<1.94E-01	<2.74E-01	<2.07E-01	<1.69E-01
	南海底泥-1	<3.57E-01	<3.88E-01	1.50±0.25	<6.20E-01	<3.67E-01
	南海底泥-2	<4.18E-01	<3.82E-01	(8.97±0.22)E-01	<6.26E-01	<4.32E-01
	南海底泥-3	<2.78E-01	<3.59E-01	(8.53±0.16)E-01	<4.58E-01	<4.34E-01
	南海底泥-4	<1.93E-01	<1.86E-01	<2.27E-01	<1.68E-01	<1.52E-01
	南海底泥-5	<1.74E-01	<1.69E-01	<2.06E-01	<1.95E-01	<1.40E-01
	南海底泥-6	<1.84E-01	<1.83E-01	<2.44E-01	<3.04E-01	<2.90E-01
	南海底泥-7	<2.32E-01	<2.40E-01	(4.63±0.96)E-01	<3.17E-01	<2.22E-01
2012/10	北海底泥	<2.33E-01	<2.82E-01	<2.97E-01	<2.21E-01	<1.77E-01
	南海底泥-1	<3.30E-01	<4.02E-01	<4.84E-01	<4.36E-01	<3.53E-01
	南海底泥-2	<4.32E-01	<2.53E-01	(8.38±0.79)E-01	<3.35E-01	<2.94E-01
	南海底泥-3	<3.62E-01	<4.13E-01	(4.77±0.60)E-01	<4.31E-01	<3.33E-01
		<3.61E-01	<4.08E-01	(3.22±1.16)E-01	<4.25E-01	<3.36E-01
	南海底泥-4	<2.21E-01	<2.62E-01	<3.02E-01	<2.51E-01	<1.97E-01
	南海底泥-5	<3.63E-01	<4.26E-01	(5.25±0.67)E-01	<4.52E-01	<3.49E-01
	南海底泥-6	<2.67E-01	<3.07E-01	<3.22E-01	<3.47E-01	<2.25E-01
	南海底泥-7	<2.97E-01	<3.46E-01	<2.21E-01	<3.69E-01	<3.22E-01

7.1-21（2/2） 海底泥放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	地点点位	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{238}U	^{90}Sr
2011/10	北海底泥	(2.78±0.25)E+01	(1.70±0.15)E+01	(2.30±0.23)E+01	(2.87±0.25)E+01	<1.80E-01
	南海底泥-1	(5.54±0.50)E+01	(3.05±0.27)E+01	(5.08±0.44)E+01	(8.10±0.70)E+01	(6.72±2.37)E-01
	南海底泥-2	(1.28±0.14)E+01	3.02±0.34	(1.33±0.12)E+02	(3.23±0.13)E+01	(8.31±0.84)E-01
	南海底泥-3	(4.09±0.38)E+01	(2.14±0.19)E+01	(2.46±0.22)E+02	(3.76±0.33)E+01	<0.78
	南海底泥-4	(1.72±0.16)E+01	9.18±0.82	(3.70±0.35)E+01	(1.94±0.17)E+01	<0.45
	南海底泥-5	(1.24±0.12)E+01	6.40±0.58	(5.87±0.54)E+01	(1.59±0.14)E+01	1.54±0.11 1.07±0.13
	南海底泥-6	(1.98±0.19)E+01	(1.26±0.11)E+01	(8.76±0.79)E+01	(1.46±0.13)E+01	<0.26
	南海底泥-7	(1.76±0.17)E+01	(1.19±0.11)E+01	(1.28±0.11)E+02	(2.73±0.78)E+01	<0.30
2012/10	北海底泥	6.09±0.67	3.29±0.13	(3.06±0.30)E+01	(9.31±1.19)E-01	1.18±0.21
	南海底泥-1	(1.01±0.88)E+02	(5.38±0.47)E+01	(1.17±0.10)E+02	(1.06±0.92)E+01	<0.41
	南海底泥-2	(5.30±0.46)E+01	(3.36±0.29)E+01	(3.89±0.34)E+02	(6.15±0.53)E+01	0.98±0.21
	南海底泥-3	(4.56±0.40)E+01	(2.50±0.22)E+01	(2.99±0.26)E+02	(5.90±0.51)E+01	0.85±0.14
		(4.49±0.39)E+01	(2.52±0.22)E+01	(3.41±0.30)E+02	(4.97±0.43)E+01	
	南海底泥-4	(2.35±0.20)E+01	(1.71±0.15)E+01	(4.07±0.35)E+01	(2.72±0.24)E+01	<0.41
	南海底泥-5	(4.84±0.42)E+01	(2.71±0.24)E+01	(3.63±0.31)E+02	(4.91±0.43)E+01	<0.30
	南海底泥-6	(3.36±0.29)E+01	(1.47±0.13)E+01	(8.27±0.72)E+01	(2.16±0.19)E+01	1.57±0.52
	南海底泥-7	(3.60±0.31)E+01	(2.29±0.20)E+01	(3.36±0.29)E+02	(3.95±0.34)E+01	0.29±0.07

7.1-22 潮间带土放射性核素分析结果

单位: Bq/kg

时间	点位	^{58}Co	^{134}Cs	^{137}Cs	^{54}Mn	^{60}Co	^{232}Th	^{226}Ra	^{40}K	^{238}U	^{90}Sr
2011/10	渔猎人落	<1.63E-01	<1.89E-01	<2.76E-01	<2.62E-01	<2.21E-01	(1.74±0.17)E+01	6.56±0.59	(7.25±0.65)E+01	9.74±0.88	<2.52E-01
	沙螺辽	<1.25E-01	<1.38E-01	<2.10E-01	<1.44E-01	<1.50E-01	7.10±0.91	(1.09±0.10)E+01	(2.59±0.24)E+01	<4.5	<6.41E-01
	排水口	<1.50E-01	<1.28E-01	<1.89E-01	<1.85E-01	<1.20E-01	(1.29±0.12)E+01	(1.23±0.11)E+01	(4.34±0.40)E+01	(1.77±0.15)E+01	<7.14E-01
2012/10	渔猎人落	<2.41E-01	<2.50E-01	<4.54E-01	<3.03E-01	<2.48E-01	(2.25±0.21)E+01	(1.06±0.96)E+01	(1.57±0.14)E+02	3.46±0.40	<5.88E-01
	沙螺辽	<2.14E-01	<2.43E-01	<2.11E-01	<2.31E-01	<1.79E-01	(1.52±0.13)E+01	(1.66±0.14)E+01	(2.80±0.24)E+01	(2.53±0.22)E+01	0.44±0.13
	排水口	<2.70E-01	<3.16E-01	<2.31E-01	<3.35E-01	<3.18E-01	(1.67±0.15)E+01	(1.38±0.12)E+01	(6.86±0.59)E+01	(2.47±0.21)E+01	<5.58E-01

7.1-23 本次本底调查主要仪器设备

名称	型号	检定周期(月)	最近检定日期	检定单位
高气压电离室	RSS131	12	2013/6/4	国防科技工业一级计量站
高气压电离室	YB-Ⅳ	12	2013/6/15	
热释光测量仪	RGD-3A	12	2013/5/16	
低本底α、β测量仪	BH1914 LB1008	24	2012/5/21	中国计量科学研究院
超低本底液闪谱仪	QUANTULUS 1220	24	2012/11/26	国防科技工业一级计量站
低本底γ谱仪	GMS60-S	24	2012/4/27	
高纯锗γ谱仪	BE6530	36	2013/5/06	
高纯锗γ谱仪	GEM35P4-83	36	2013/6/27	
电子天平	LP503	12	2013/4/26	中国原子能科学研究院计量室
电子天平	AE240	12	2013/4/26	

7.1-24 本次本底调查使用的标准物质

标准物质名称	生产单位	定值日期	定值单位	有效期(月)
^{137}Cs点源	原子高科	2010/3/19	国防科技工业一级计量站	36
^{60}Co点源		2010/3/17		36
^{133}Ba点源		2010/3/19		36
^{241}Am粉末(总α)		2009/6	中国计量科学研究院	-
KCl粉末(总β)		2009/6	中国计量科学研究院	-
^{137}Cs模拟土壤	国防科技工业一级计量站	2010/7/12	国防科技工业一级计量站	-
^{60}Co模拟土壤		2010/7/12		-
^{241}Am模拟土壤		2010/7/12		-
^{133}Ba模拟土壤		2010/3/9		-
^{137}Cs点源/面源	原子高科	2012/6/7		-
^{60}Co点源	原子高科	2012/6/4		-
^{241}Am点源	原子高科	2012/6/6		-
^{152}Eu点源	原子高科	2012/6/6		-
^{137}Cs、^{60}Co生物灰	IAEA	2010/3		

7.1-25 γ剂量率质保样所占比例

监测对象		监测周期	监测点数	质保样所占比例(%)	工作量	监测项目
空气γ辐射	γ辐射瞬时剂量率	季	328	30	3149	γ辐射空气吸收剂量率
	环境γ累积剂量	季	49	80	630	环境γ累积剂量
	γ辐射连续监测	连续	1	/	/	获取1年以上连续监测数据

7.1-26 RSS-131仪器现场测量数据分析

（一）早晚监测数据

单位：nGy/h

项目	频次	早（均值）	晚（均值）	频次	早（均值）	晚（均值）
γ辐射瞬时剂量率	1	126	123	5	123.5	123.2
	2	122	125	6	123	118
	3	112.9	112.8	7	118.7	119
	4	125	123	8	117	123

（二）长时间监测数据

单位：nGy/h

小时	小时均值	小时	小时均值	小时	小时均值
1	123.4	17	123.0	33	123.2
2	123.2	18	123.1	34	124.0
3	123.0	19	122.6	35	123.9
4	123.5	20	123.5	36	123.7
5	123.7	21	123.2	37	123.4
6	123.3	22	123.5	38	123.3
7	122.8	23	123.5	39	123.6
8	123.0	24	123.3	40	123.6
9	123.6	25	123.5	41	123.8
10	123.4	26	122.8	42	124.0
11	123.1	27	123.4	43	123.8
12	123.0	28	123.5	44	123.6
13	123.1	29	123.5	45	124.1
14	123.3	30	123.5	46	123.6
15	123.2	31	123.6	47	123.6
16	123.4	32	123.9	48	123.5

7.1-27 累积剂量换算出的剂量率数据分析

单位：nGy/h

项目	点位名称	测量结果	点位名称	测量结果
环境γ累积剂量	非居住区边界（西）	81.0	大冲口	72.4
		77.1		61.7
		82.7		77.1
		79.7		61.8
	苏屋	49.4	栏冲村	87.7
		51.3		85.3
		51.5		86.4
		51.5	勒山	64.2
	光坡镇	97.5		69.8
		92.8		67.7
		94.4	屋地岭	92.8
		92.3		88.1
	官山辽水库	95.6		95.6
		105.0	火筒径	98.7
		91.3		101.3
		104.6		103.3
				103.0

7.1-28 YB-Ⅳ仪器连续监测数据

单位：nGy/h

次数	时间（日）	日均值	时间（日）	日均值
γ辐射连续监测	1	129.3	12	134
	2	130.7	13	133.7
	3	131	14	134.2
	4	131.1	15	133.7
	5	131.1	16	134.1
	6	131.2	17	134.6
	7	131	18	134.4
	8	134.2	19	135.2
	9	133.7	20	135.1
	10	134.1	21	134.9
	11	134.6	22	135.9

7.1-29　环境介质样品质保样统计

监测项目	质保样所占比例(%)	工作量
γ核素	29	380+111
总α、总β	24.5	196+48
^{90}Sr	24	166+40

7.1-30　气溶胶γ核素质保样分析结果

单位：mBq/m^3

地点	时间	^{7}Be活度浓度	地点	时间	^{7}Be活度浓度
厂区内气象站	2012/1/15	A：8.75±0.76 B：9.17±0.79 A/B：0.95	红沙村委会小学	2012/7/15	A：0.44±0.05 B：0.61±0.05 A/B：0.72
	2012/4/15	A：2.37±0.21 B：2.33±0.21 A/B：1.02		2012/8/15	A：1.47±0.14 B：2.39±0.22 A/B：0.62
	2012/6/15	A：1.20±0.11 B：1.45±0.19 A/B：0.83		2012/9/15	A：2.96±0.26 B：2.46±0.23 A/B：1.20
	2012/7/15	A：0.91±0.10 B：1.01±0.35 A/B：0.90	沙螺辽小学	2012/9/15	A：2.26±0.20 B：2.31±0.21 A/B：0.98
	2012/8/15	A：4.97±0.45 B：2.89±0.26 A/B：1.72	小峰水库	2012/8/15	A：1.39±0.13 B：1.07±0.10 A/B：1.30
红沙村委会小学	2012/4/15	A：3.54±0.31 B：3.53±0.31 A/B：1.0		2013/2/15	A：1.60±0.15 B：2.13±0.12 A/B：0.75

7.1-31 气溶胶总 α、总 β 质保样品分析结果

单位：Bq/m^3

地点	时间	总α	总β	地点	时间	总α	总β
红沙村委会小学	2013/2	(3.16±0.88)E-05 (2.30±0.47)E-05	(1.00±0.12)E-03 (1.04±0.11)E-03	沙螺辽小学	2012/6	(1.52±0.39)E-05 (1.70±0.28)E-05	(1.85±0.06)E-04 (1.77±0.03)E-04
	2013/4	(3.58±0.52)E-05 (2.68±0.52)E-05	(3.66±0.17)E-04 (3.65±0.17)E-04		2012/7	(1.15±0.15)E-05 (1.54±0.31)E-05	(1.35±0.02)E-04 (1.29±0.04)E-04
	2013/5	(3.85±0.52)E-05 (2.68±0.47)E-05	(4.80±0.07)E-04 (4.45±0.07)E-04		2013/2	(2.62±0.73)E-05 (4.75±0.42)E-05	(1.10±0.02)E-03 (1.26±0.11)E-03
小峰水库	2012/6	(3.97±1.06)E-05 (9.20±0.12)E-05	(9.47±0.21)E-04 (1.03±0.20)E-03		2013/3	(1.06±0.08)E-04 (3.84±1.92)E-04	(1.19±0.01)E-03 (1.87±0.05)E-03
	2012/7	(2.96±0.15)E-05 (3.44±0.60)E-05	(3.21±0.06)E-04 (3.27±0.07)E-04		2013/4	(1.91±0.28)E-05 (5.40±1.24)E-05	(3.87±0.36)E-04 (3.99±0.07)E-05
	2013/2	(3.60±0.68)E-05 (3.94±0.38)E-05	(1.41±0.12)E-03 (1.03±0.12)E-03		2013/5	(8.30±1.42)E-06 (1.30±0.23)E-05	(2.14±0.03)E-04 (1.97±0.04)E-04
	2013/4	(2.49±0.26)E-05 (1.67±0.24)E-05	(3.51±0.35)E-04 (3.69±0.06)E-04	厂区内气象站	2013/4	(4.20±0.54)E-05 (2.73±0.48)E-05	(4.90±0.17)E-04 (5.04±0.09)E-04
	2013/5	(1.19±0.17)E-05 (2.12±0.29)E-05	(2.96±0.04)E-04 (3.04±0.05)E-04		2013/5	(4.95±0.62)E-05 (4.12±0.64)E-05	(5.79±0.08)E-04 (5.76±0.09)E-04

7.1-32 地表水质保样分析结果

单位：Bq/L

地点	时间	^{90}Sr
小峰水库	2011/8～2012/1	(1.57±0.39)E-03
		(1.43±0.29)E-03
	2012/2～2012/7	(1.17±0.30)E-03
		(1.60±0.36)E-03
	2012/8～2013/1	(1.04±0.10)E-03
		(1.09±0.13)E-03
	2013/2～2013/7	(1.94±0.13)E-03
		(2.13±0.10)E-03

7.1-33 实验室间气溶胶中γ核素分析结果

点位名称	月份	修正时间	$^{7}Be(mBq/m^{3})$	实验室
厂区内气象站	2011/11	均修正至 2011/11/15	A：4.54±0.39	本实验室
			B：4.73±0.19	国防科工委一级计量站
			A/B：0.96	

7.1-34 实验室间土壤中γ核素分析结果

样品编号		GXFCGS009		样品名称	小峰水库稻米土
监测单位	检测项目	检测结果(Bq/kg)	平均值(Bq/kg)	相对偏差(%)	结果评价
中国原子能院	铯-137	4.5	4.5	0.67	A
国防科技一级计量站		4.8	4.5	7.38	A
北京市辐射安全中心		4.11	4.5	-8.05	A
中国原子能院	镭-226	101	95.7	5.54	A
国防科技一级计量站		91.6	95.7	-4.28	A
北京市辐射安全中心		94.5	95.7	-1.25	A
中国原子能院	铀-238	115	103.8	10.75	A
国防科技一级计量站		92.5	103.8	-10.91	A
北京市辐射安全中心		104	103.8	2.63	A
中国原子能院	钍-232	142	139.3	1.91	A
国防科技一级计量站		133	139.3	-4.55	A
北京市辐射安全中心		143	139.3	2.63	A
中国原子能院	钾-40	392	409.3	-4.23	A
国防科技一级计量站		411	409.3	0.41	A
北京市辐射安全中心		425	409.3	3.83	A
检验依据		GB11713-89 用半导体γ谱仪分析低比活度γ放射性样品的标准方法；GB11743-89 土壤中放射性核素γ能谱分析方法			

判定标准

1：因样品为盲样，分析结果取几家单位平均值作为最终分析结果。2：对于反馈数据:相对偏差=(实验室测量值-平均值)/平均值

判定标准为: 相对偏差<20% 接受(A)

20%<相对偏差<30% 接受但警告(W)

30%<相对偏差 不接受(N)

7.1-35 实验室间海水中γ核素分析结果

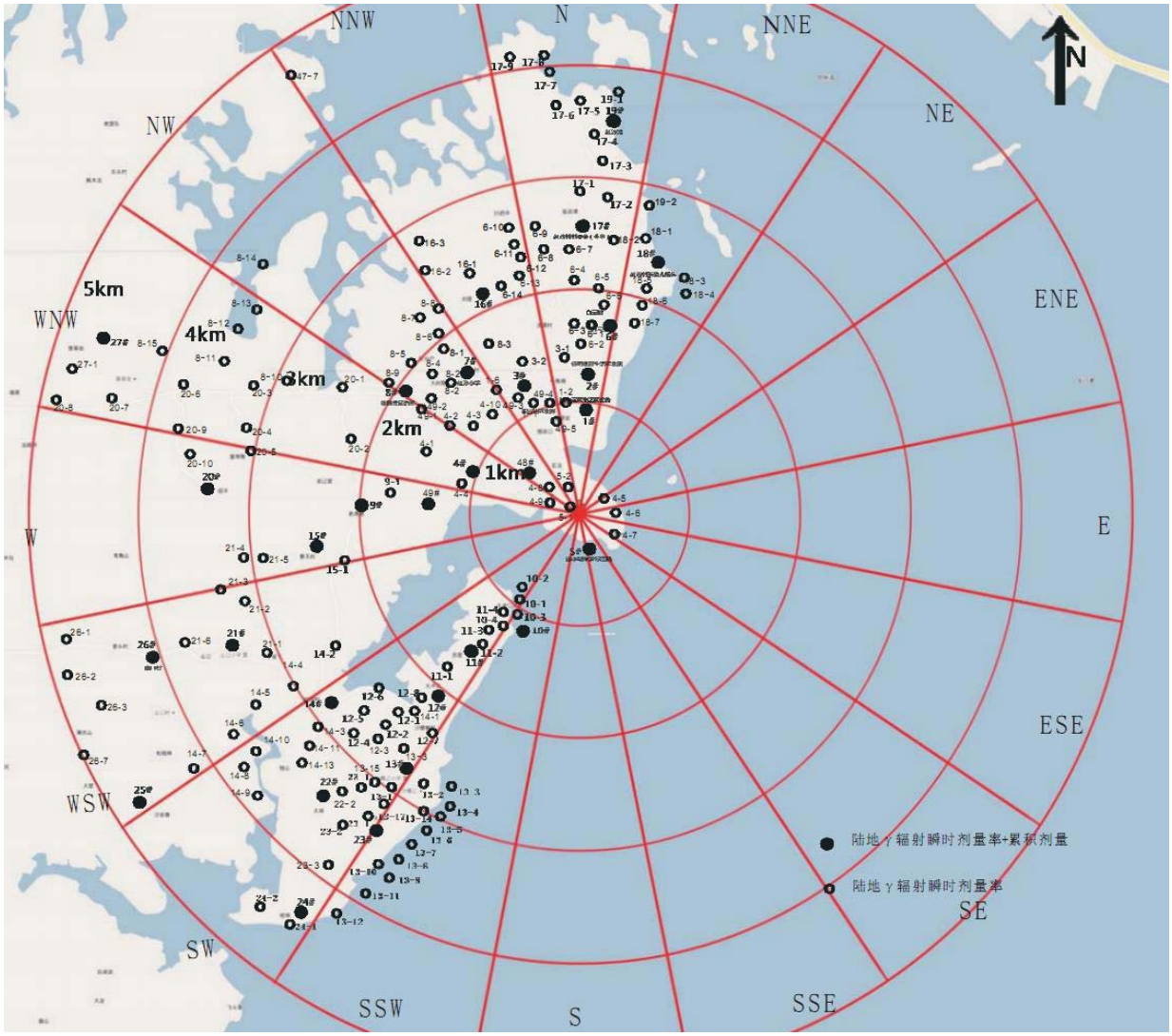
样品名称	^{137}Cs(Bq/L)	实验室	平均值(Bq/L)	相对偏差(%)	结果评价
南海海水(浓缩样)	0.76±0.08	本实验室	0.78	-2.56	A
	0.80±0.19	国防科工委一级计量站	0.78	2.56	A

7.1-36 实验室间生物灰中γ核素分析结果

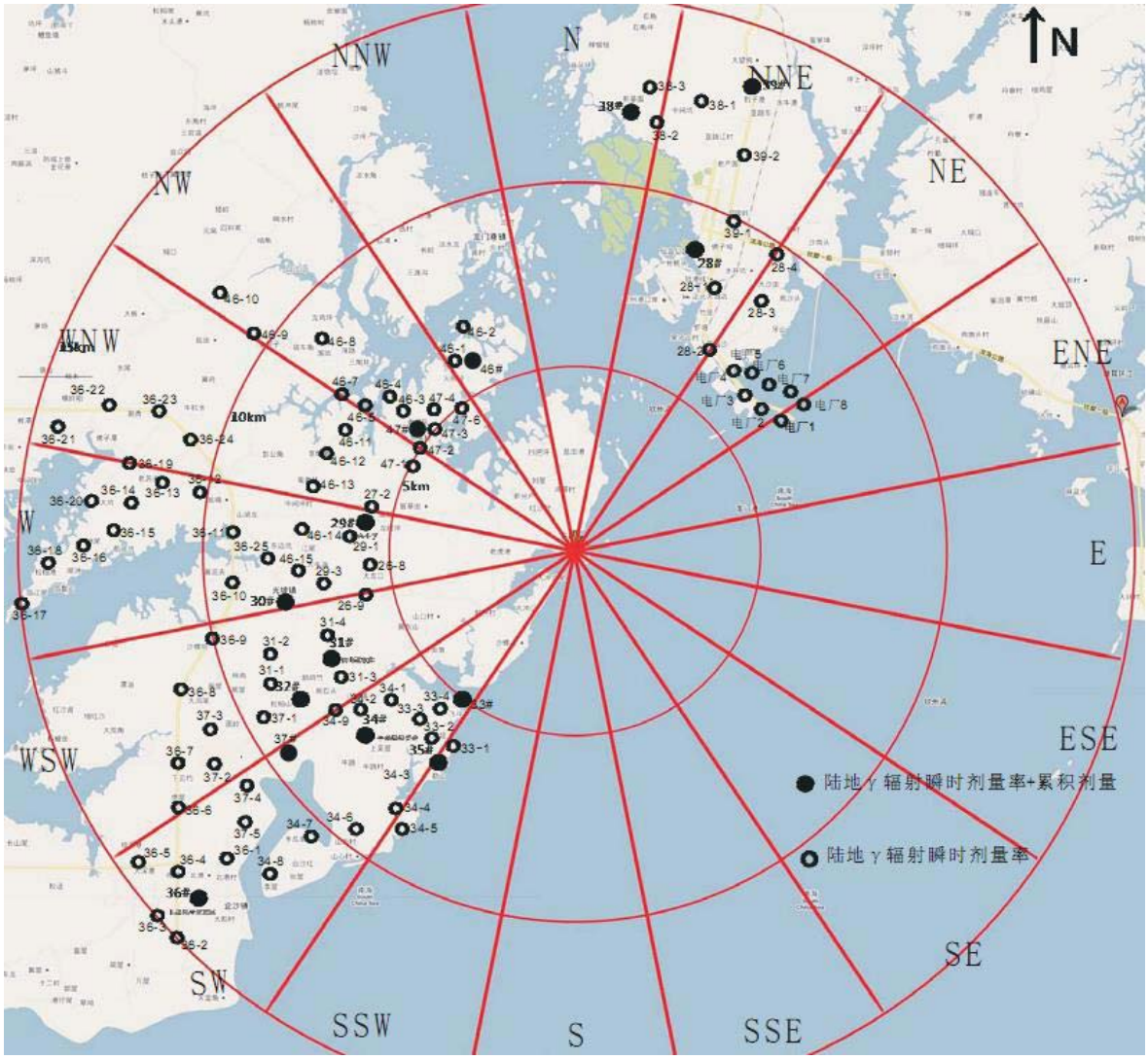
样品名称	γ核素(Bq/kg)		实验室	相对偏差(%)		结果评价	
	^{137}Cs	^{40}K		^{137}Cs	^{40}K	^{137}Cs	^{40}K
菠菜灰	1098±105	1128±180	本实验室	0.46	-5.05	A	A
	1094±55	1299±70	国防科工委一级计量站	0.09	9.34	A	A
	942±53	1140±10	北京市辐射安全技术中心	-13.8	-4.04	A	A
	1093±31	1188±30	IAEA	按IAEA结果进行统计			

7.1-37 实验室间土壤中^{90}Sr分析结果

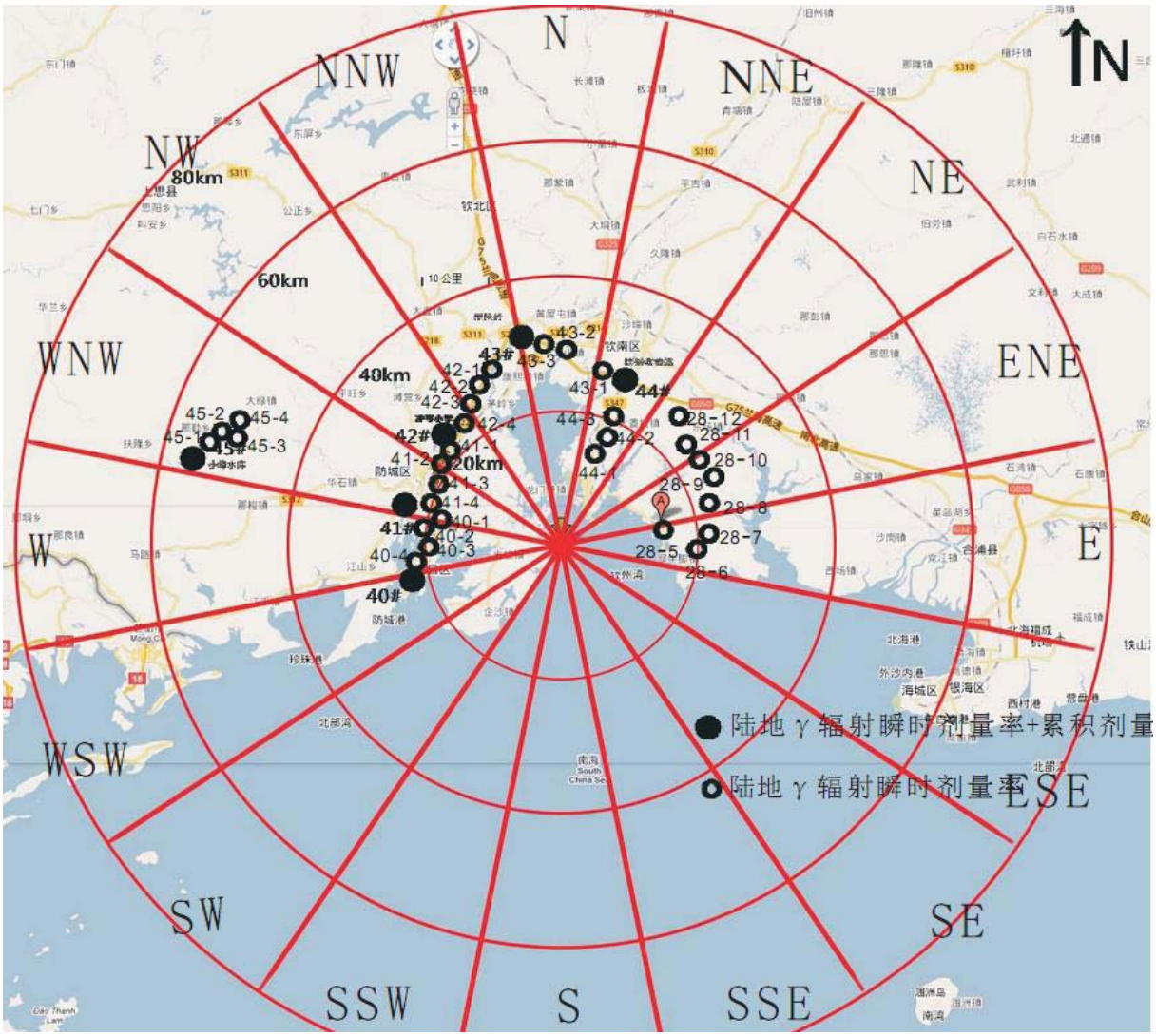
样品名称	^{90}Sr(Bq/kg)	实验室	平均值(Bq/L)	相对偏差(%)	结果评价
小峰水库青菜土	8.15±0.28	本实验室	0.78	-2.56	A
	6.2±0.9	北京市辐射安全技术中心	0.78	2.56	A



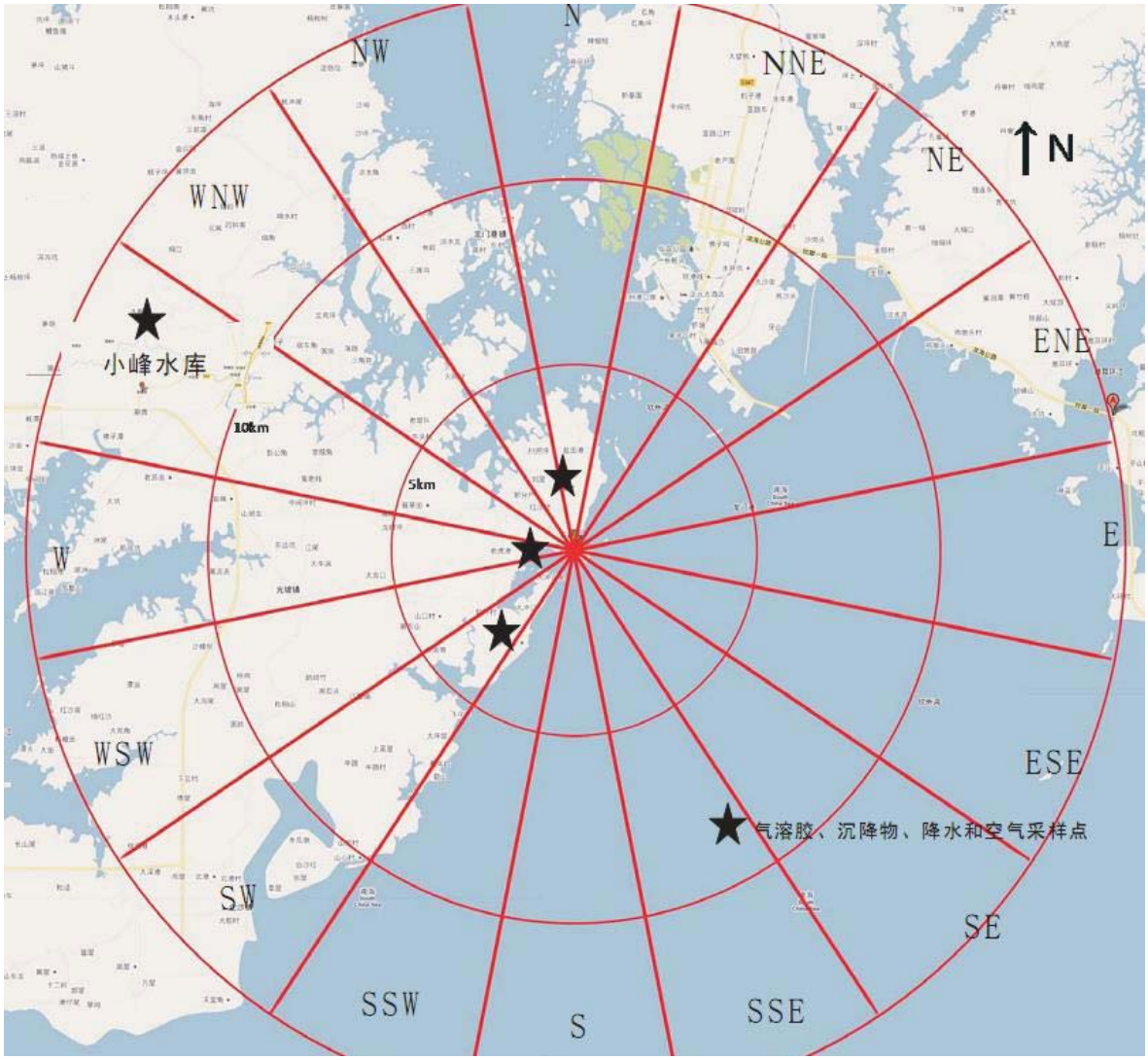
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 5km 范围内布点示意图		
图 7.1-1	版次：	A



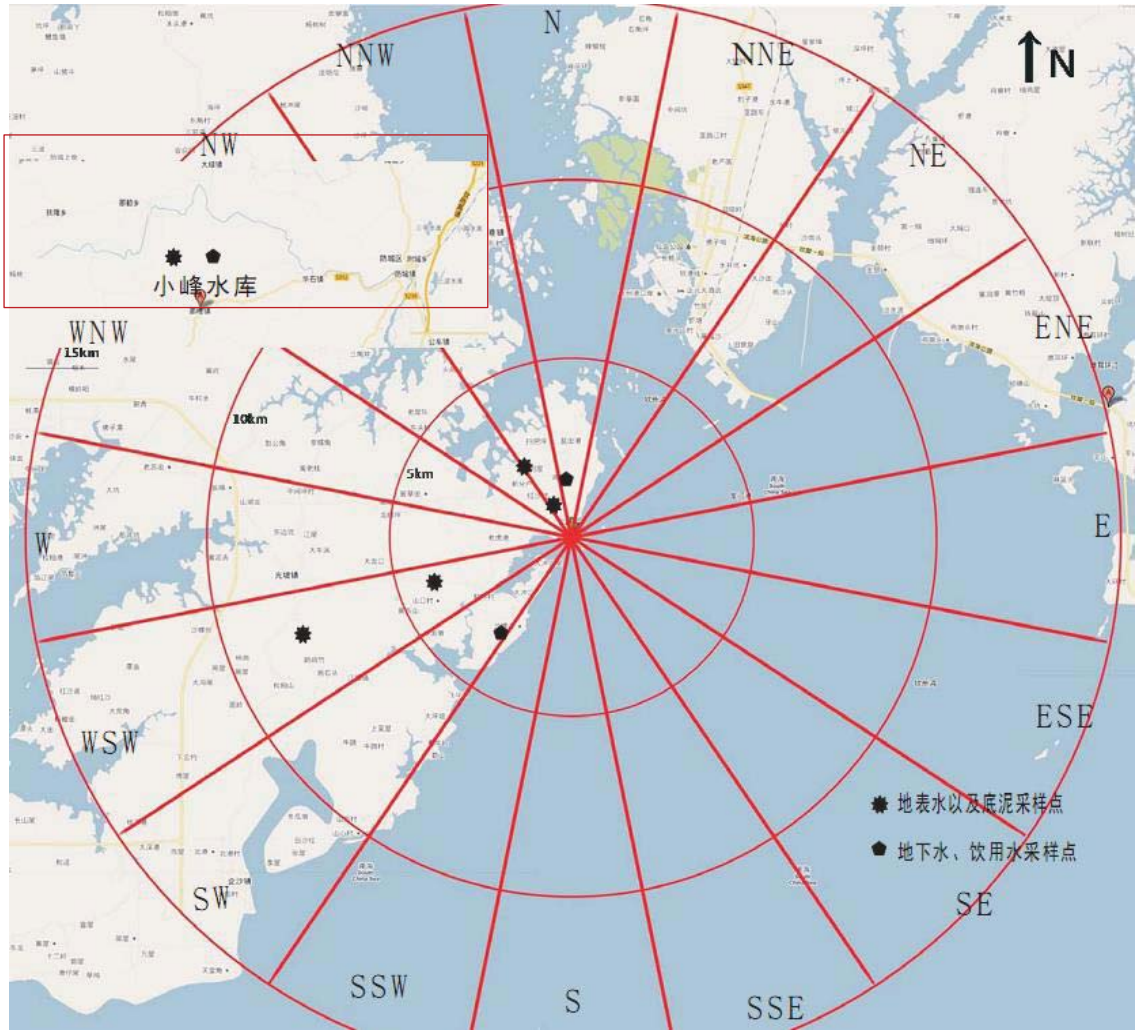
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 5-15km 范围内布点示意图		
图 7.1-2	版次：	A



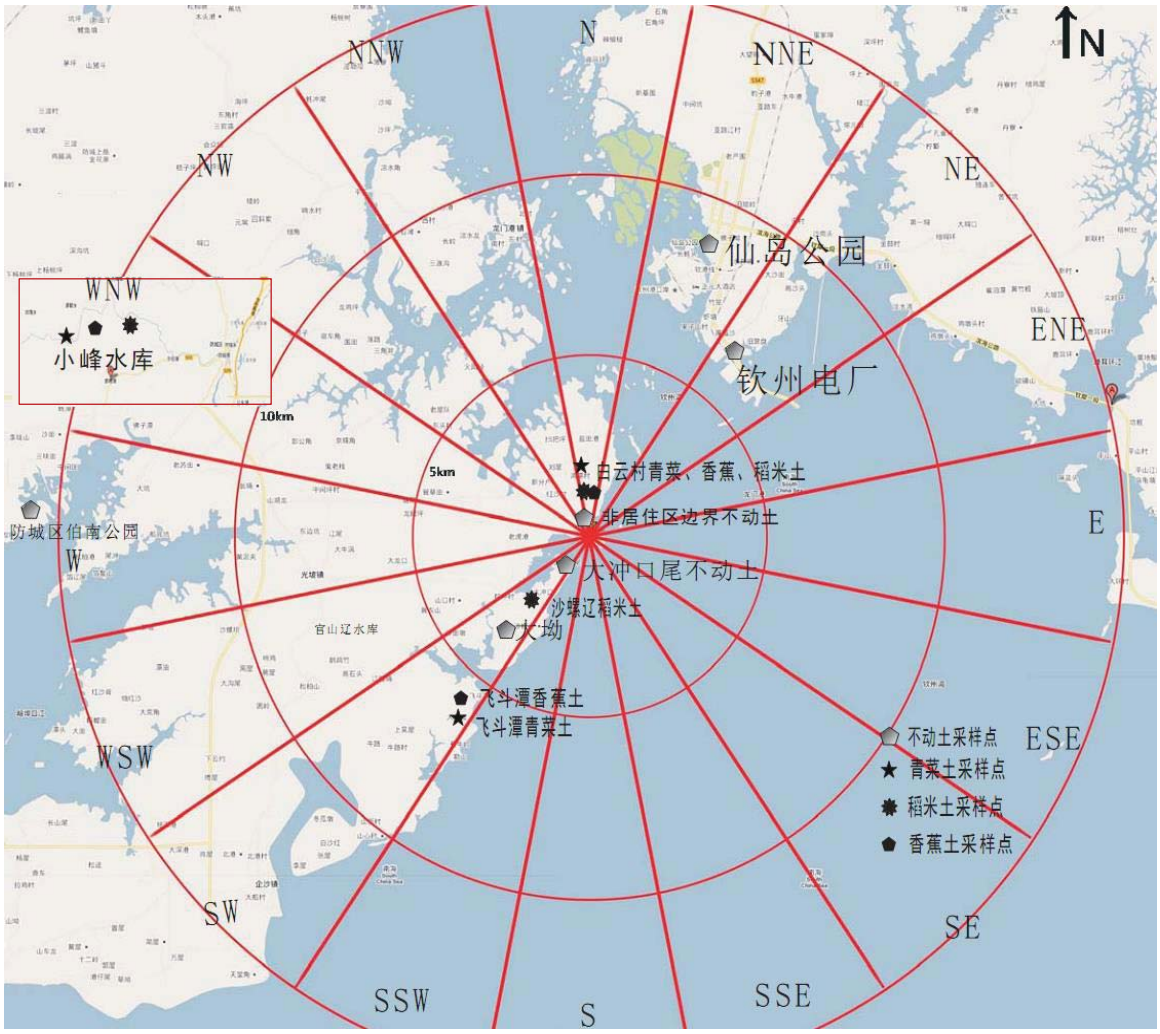
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
厂址半径 20-60km 范围内布点示意图		
图 7.1-3	版次：	A



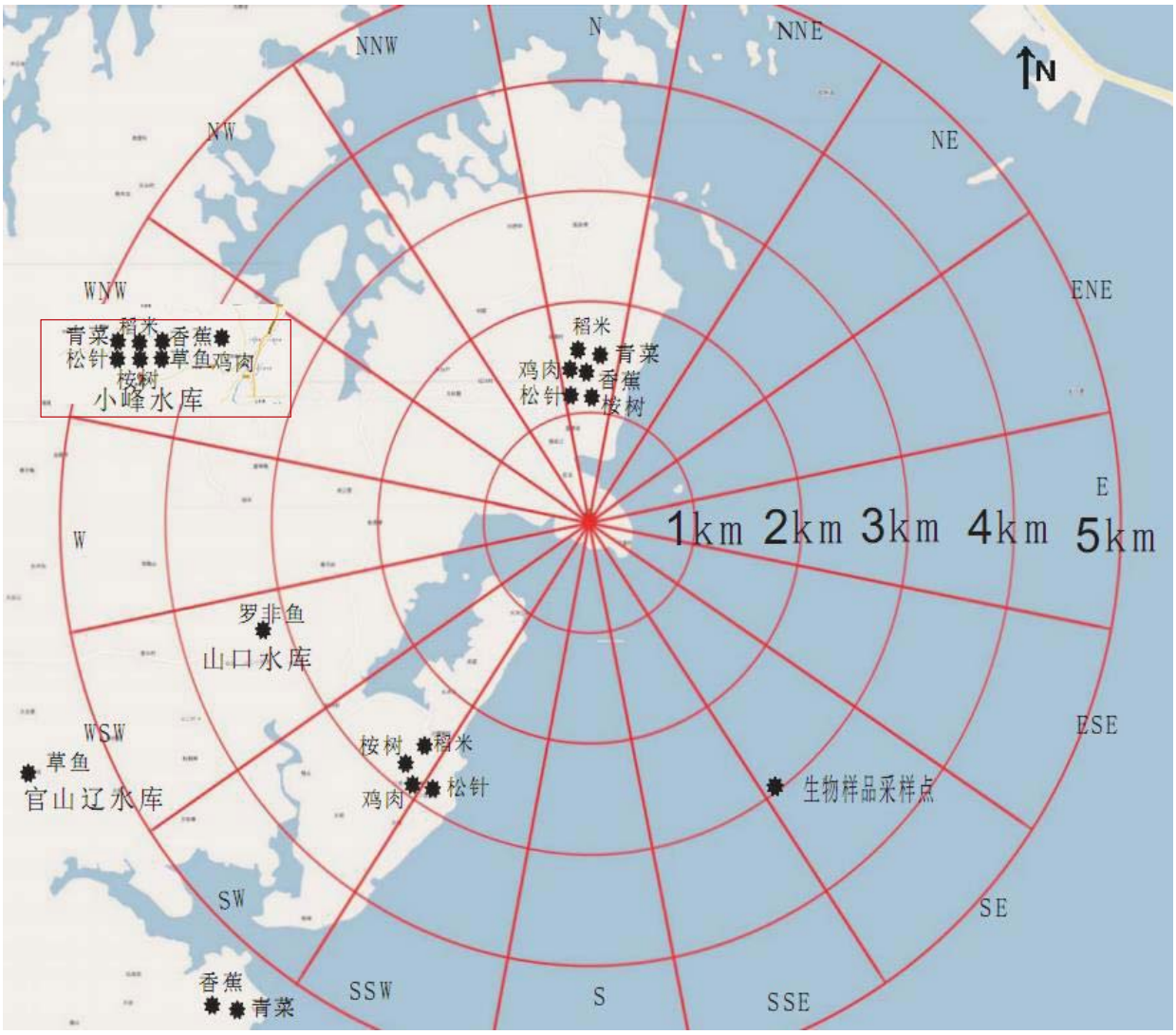
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
沉降物、气溶胶、雨水和空气监测点位图		
图 7.1-4	版次：	A



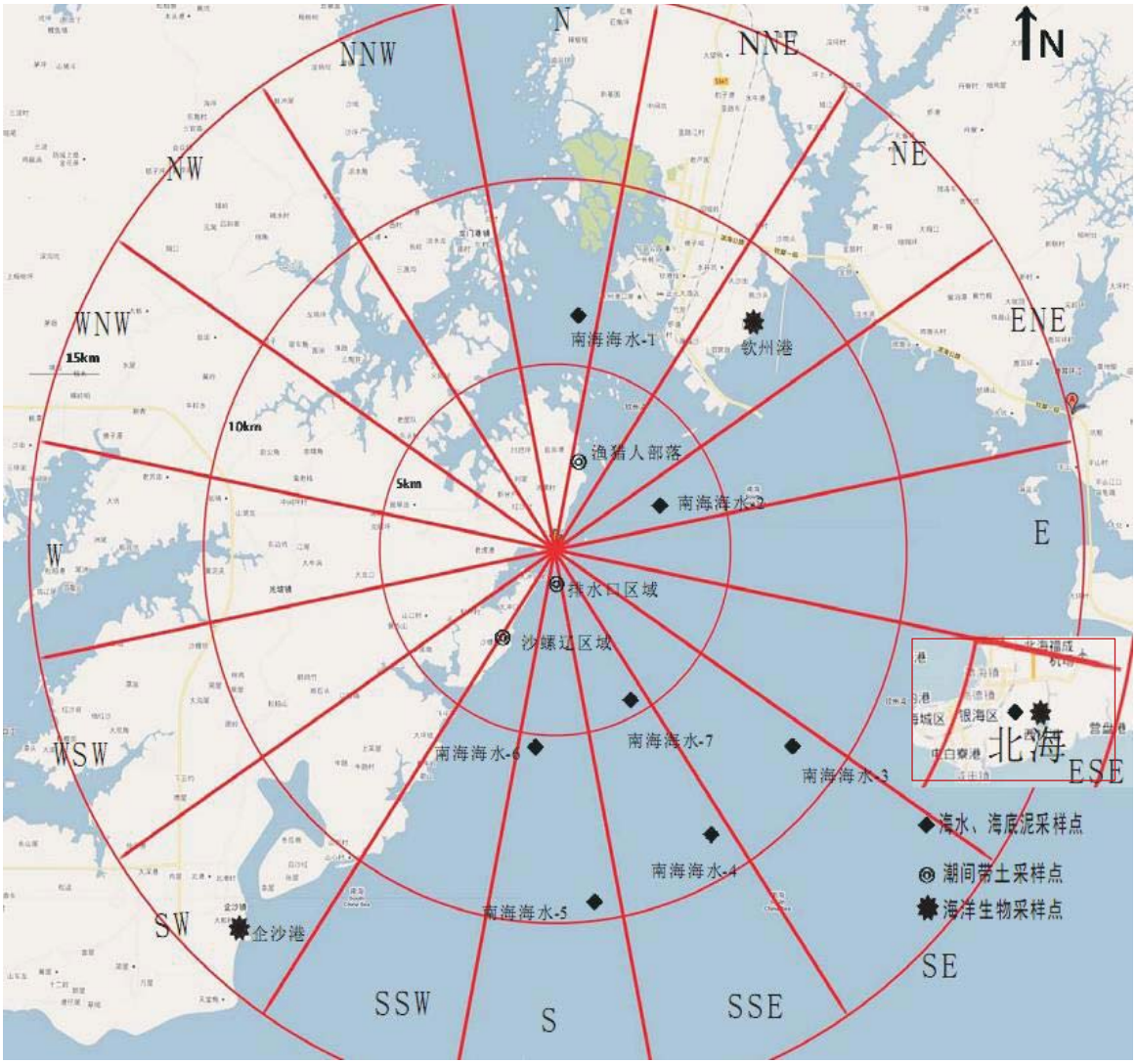
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
地表水、饮用水、地下水监测点位图		
图 7.1-5	版次：	A



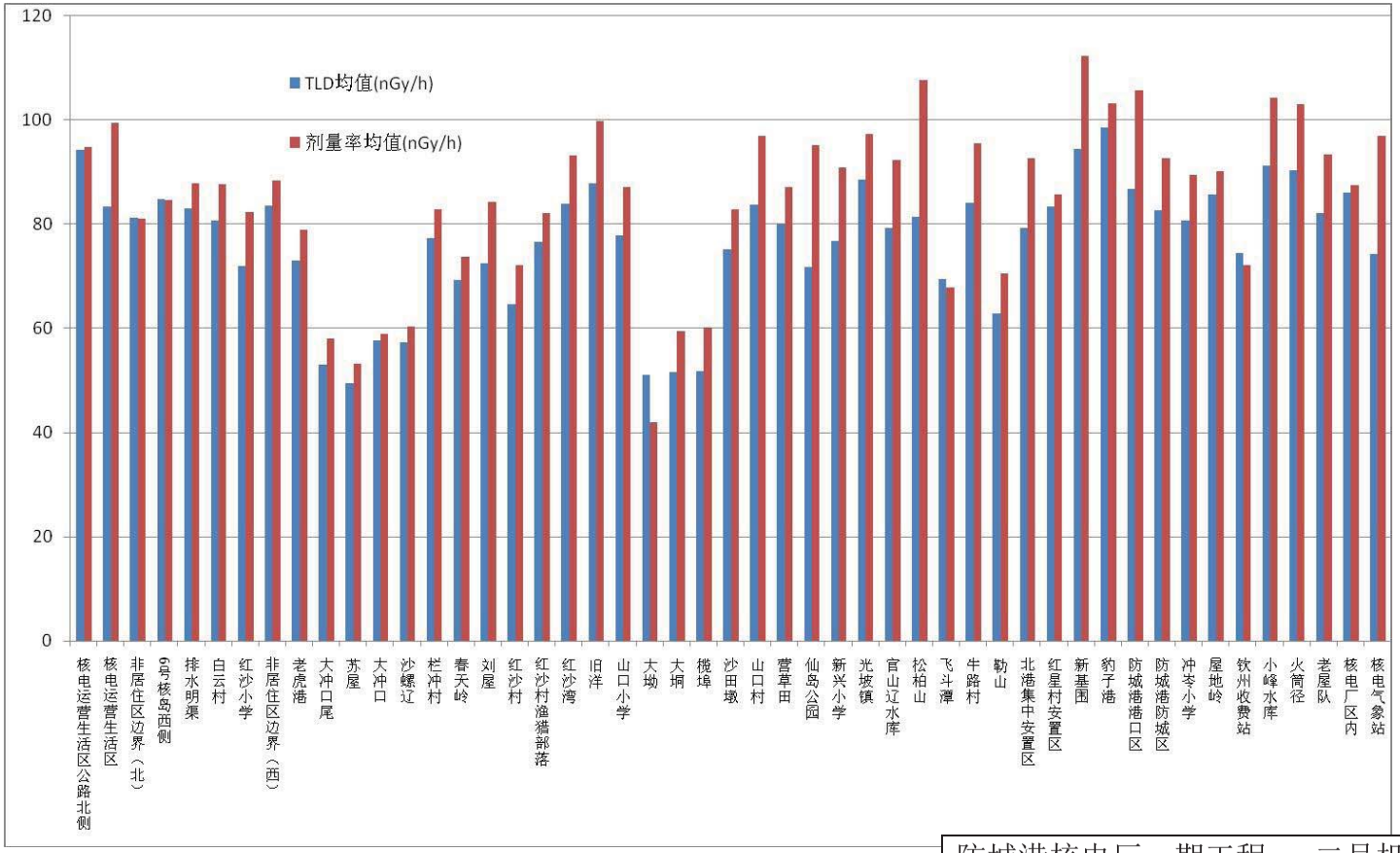
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
土壤监测点位图		
图 7.1-6	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
陆生生物监测点位图		
图 7.1-7	版次：	A

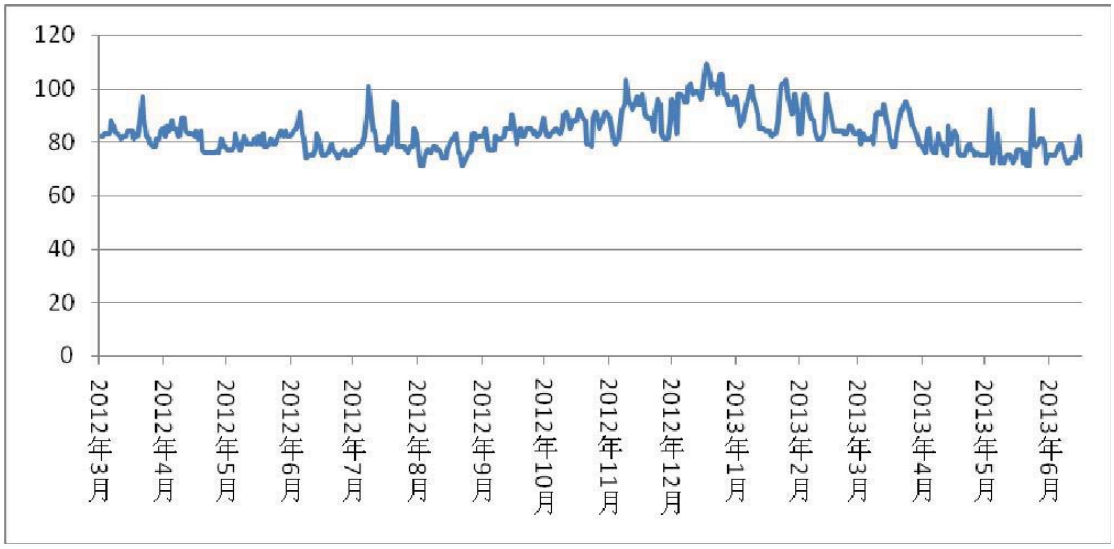


防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
海水、海产品、潮间带监测点位图		
图 7.1-8	版次：	A

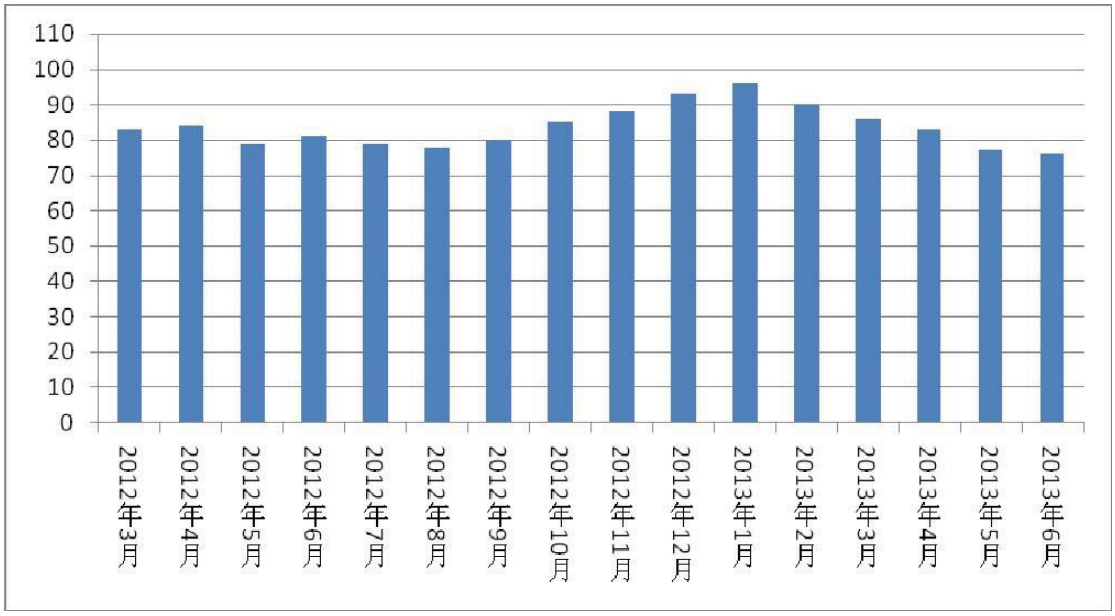


防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
累计剂量换算的剂量率与γ空气吸收剂量率测量结果比较图		
图 7.1-9	版次：	A

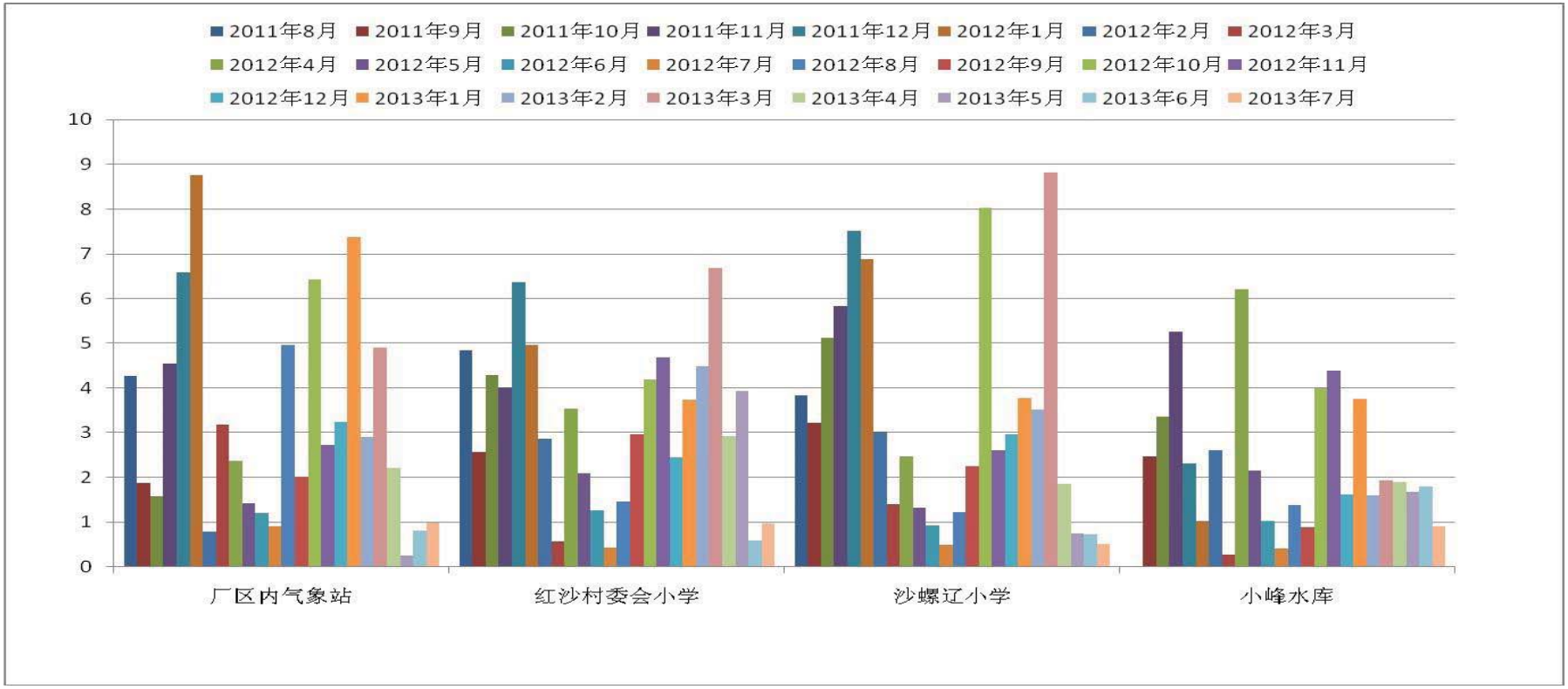
图（一）



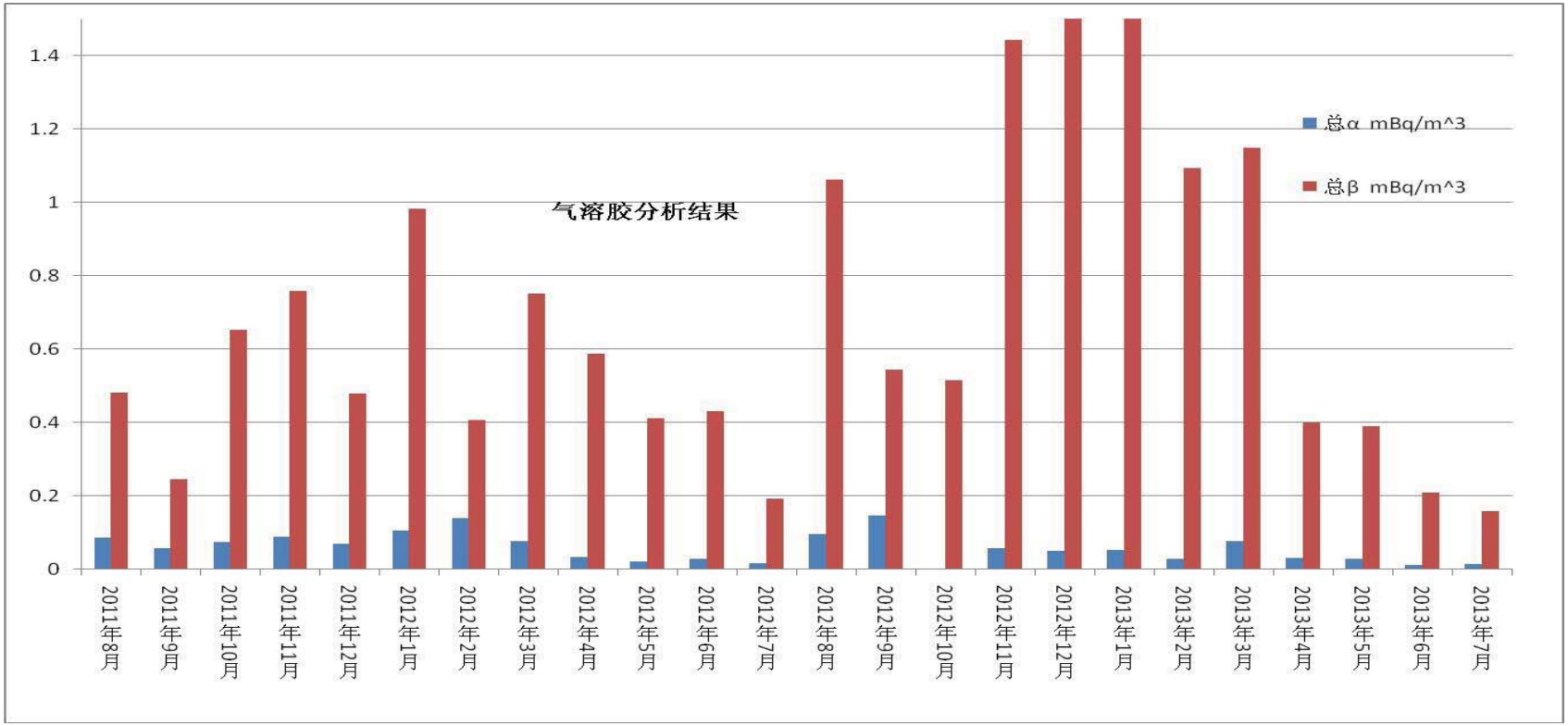
图（二）



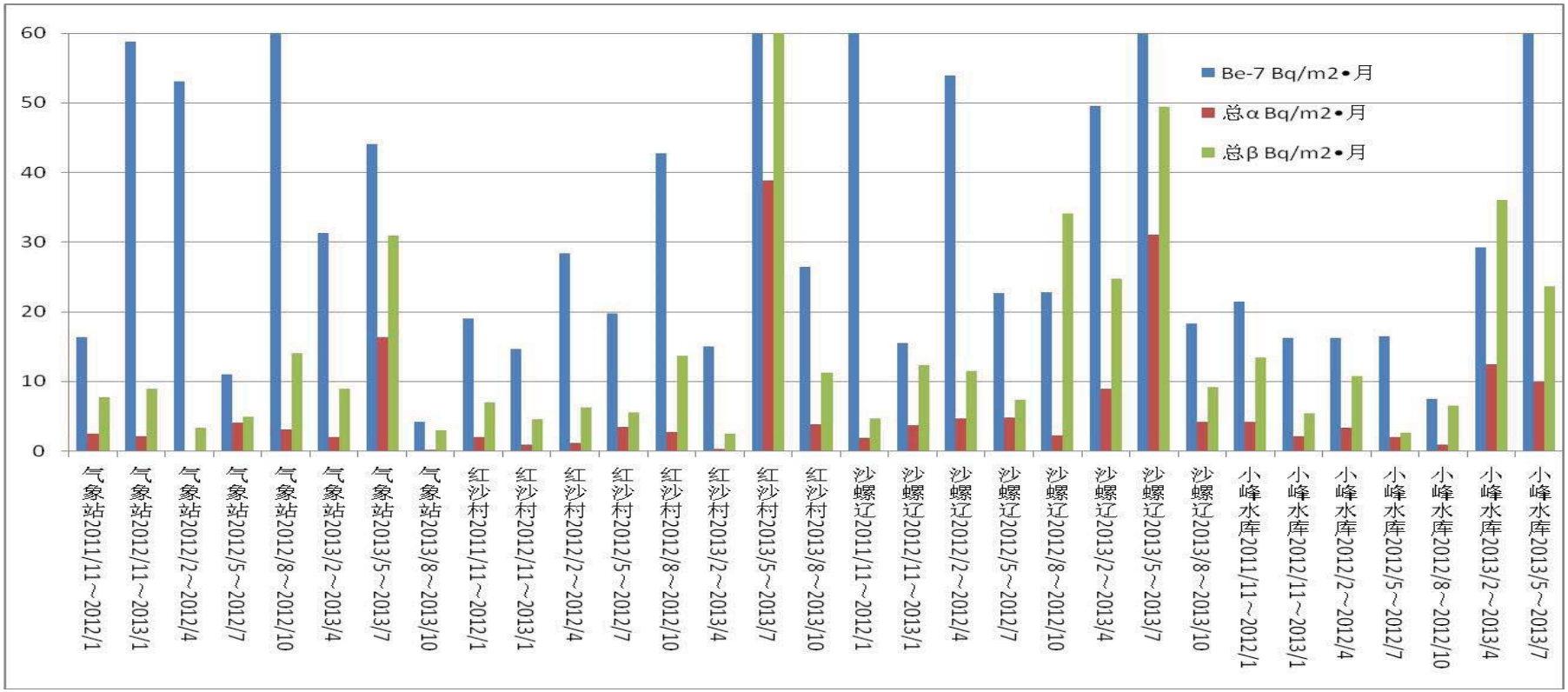
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
γ辐射剂量率连续监测日平均（图一）和月平均（图二）剂量率水平变化图		
图 7.1-10	版次：	A



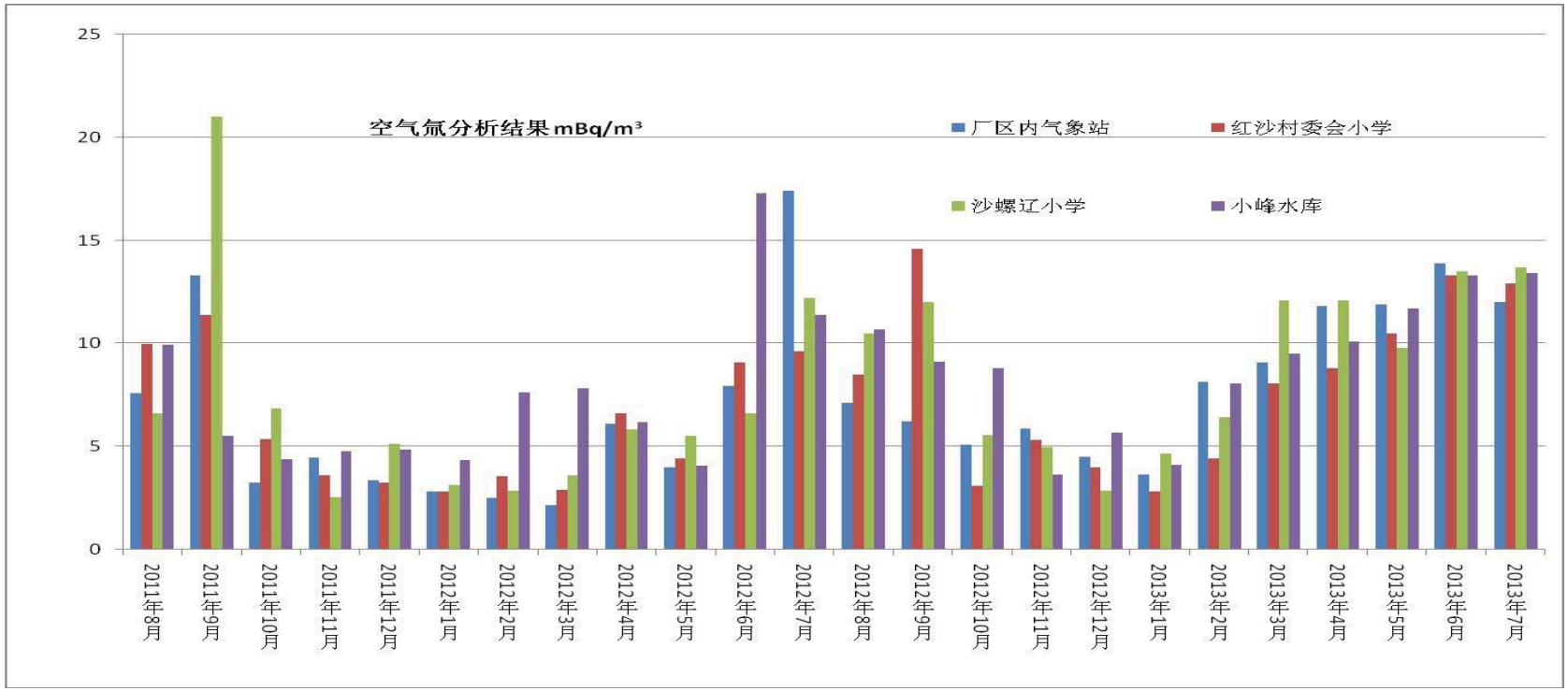
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
气溶胶 ^{7}Be 测量结果图		
图 7.1-11	版次：	A



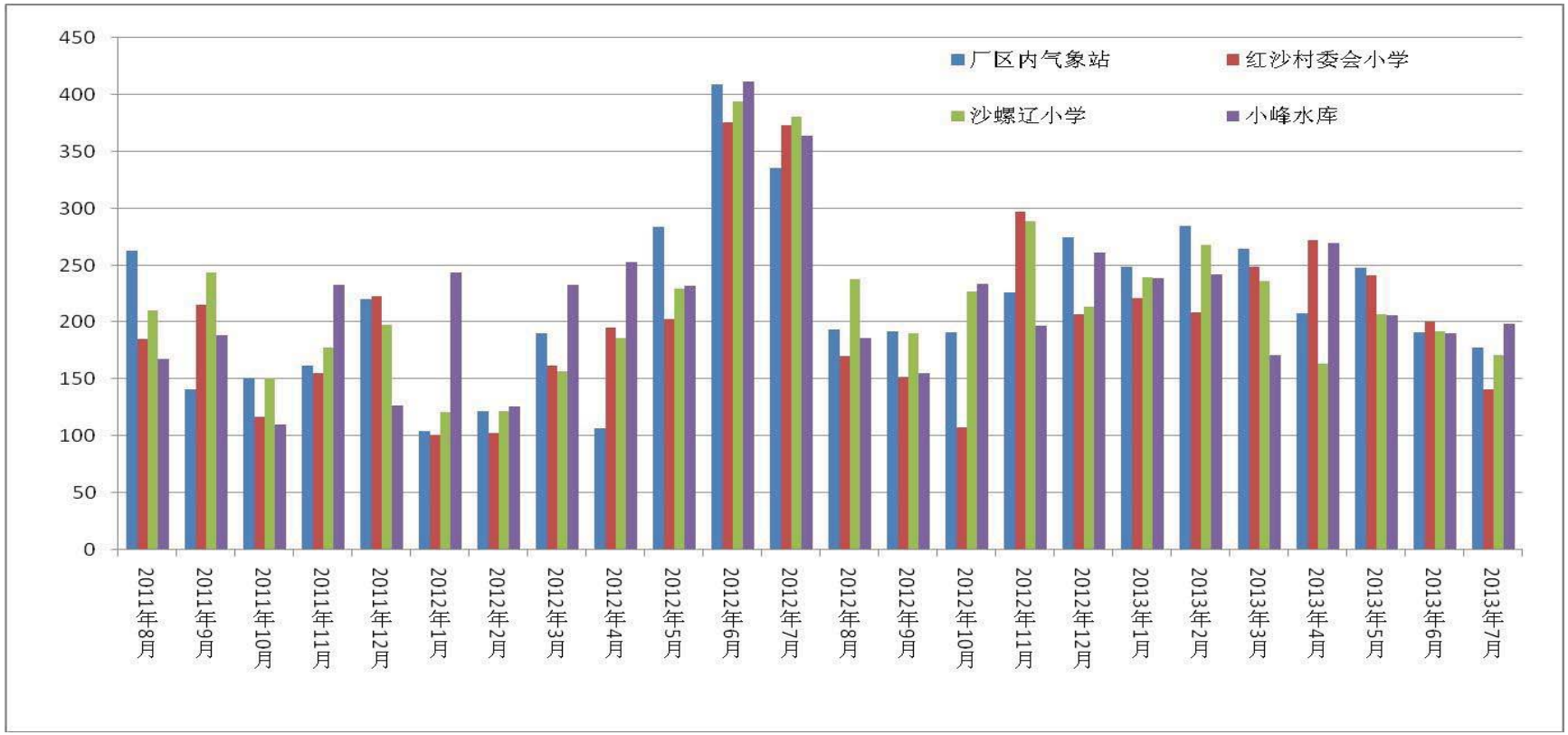
防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
气溶胶总 α、β 测量结果图		
图 7.1-12	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
沉降灰 ^{7}Be、总 α、β 测量结果图		
图 7.1-13	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
空气氚测量统计图（按月统计）		
图 7.1-14	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
空气碳-14 测量统计图（按月统计）		
图 7.1-15	版次：	A

7.2 运行期间的环境监测

7.2.1 运行期间环境监测计划

7.2.2 核电厂环境监测设施

7.2.3 应急监测

7.2.4 参考资料

表

表 7.2-1 运行期间环境监测方案（2 张）（略）

表 7.2-2 环境辐射与放射性样品测量方法、装置及探测下限（2 张）（略）

表 7.2-3 防城港核电厂 KRS 站点厂内的布设情况及监测项目（略）

表 7.2-4 防城港核电厂 KRS 站点厂外的布设情况及监测项目（略）

表 7.2-5 KRS 中央监测站主要设备（略）

表 7.2-6 环境实验室环境监测车主要设备（略）

表 7.2-7 环境实验室主要仪器设备（2 张）（略）

图

图 7.2-1 TLD 监测布点图（略）

图 7.2-2 气溶胶、碘、雨水、沉降灰监测布点图（略）

图 7.2-3 陆地水监测布点图（略）

图 7.2-4 土壤、沉积物监测布点图（略）

图 7.2-5 陆地生物监测布点图（略）

图 7.2-6 海水、海底监测布点图（略）

图 7.2-7 海洋生物、潮间带土监测布点图（略）

图 7.2-8　环境实验室平面布置图（一楼）（略）

图 7.2-9　环境实验室平面布置图（二楼）（略）

图 7.2-10 环境监测车监测线路图（略）

7.2 运行期间的环境监测

为确保电厂运行期间排放的放射性物质和有害化学物质对周围环境和居民的影响符合我国辐射防护和环境保护的要求，并遵循“可合理达到的尽可能低”（ALARA）的原则，防城港核电厂制定了运行期间的环境监督与监测大纲，配备了开展核电厂址周围环境的常规监测的设施和能力。本节描述防城港核电厂环境监测计划及和环境监测设施。

运行期间的环境监测应满足以下法规和标准的要求：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）
- 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215）
- 《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）
- 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-88）
- 《核电厂运行辐射防护规定》（EJ/T270-2005）
- 《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）
- 《核电厂环境辐射监测规定》（EJ/T 1131-2001）
- 《海水水质标准》（GB 3097-97）

7.2.1 运行期间环境监测计划

7.2.1.1 监测目的

运行期间环境监测的目的为：

- 监测放射性流出物排放、非放废水及生活污水排放对海洋环境、大气环境和陆地环境的影响；
- 评估与验证核电厂放射性流出物控制排放的有效性；
- 分析受纳水体中的放射性核素浓度是否满足国家标准的要求；
- 检验周边海域符合国家海水水质标准的等级；
- 评估由于放射性排放而使公众实际上或可能受到的辐射影响；
- 监测和评估电站周围环境放射性水平的变化趋势；
- 对流出物在环境中的传输和扩散情况进行评估；

— 鉴别由其他来源引起的污染；

— 对发现的异常情况进行分析，通过监测、评估数据及信息的反馈，改进核电厂排放控制，保证核电厂环境保护的持续改进。

7.2.1.2 监测范围及布点

根据防城港核电厂运行期间环境监督与监测大纲，核电厂的监测范围为：环境 γ 辐射水平调查范围的半径一般为 20km，其余项目调查范围的半径一般取 10km，满足 GB 6249-2011 的规定。非放项目的监测范围为取水口、排放渠出口及钦州湾海域等。

环境监测布点参考以下原则：

— 关键人群居住地区；

— 最大风频下风向区域；

— 与本底调查中取样点、样品种类等的一致性；

— 周边海域水域潮汐特点；

— 取样点地理位置的特点；

— 核电厂放射性流出物的排放方式及特点；

— 海水监测点主要分布在钦州湾西海域，对湾内的海产品养殖场给予特别关注；

— 钦州湾水域潮汐特点；

— 放射性核素在海洋生物中的浓集因子；

— 非放化学品、生活污水，特别是营养盐对核电厂周围海域的影响；

— 采样品种的代表性；

— 陆生及水生生物的生长周期；

— 电厂排放渠的具体条件。

7.2.1.3 监测项目

运行期间的辐射环境监测项目包括大气放射性监测、陆地放射性监测和海洋放射性监测三部分组成，重点监测对关键居民组影响最大的环境介质和核素。监测对象包括环境 γ 辐射、空气、水、土壤、沉积物、陆生及水生生物。非放射性监测重点关注核电基地排放的主要非放射性污染因子和监测海域环境质量敏感

的项目。包括温度、残余氯、生化需氧量、化学耗氧量、pH、无机氮、磷酸盐、石油类、悬浮物、大肠菌群数。运行期间的监测项目具体见表 7.2-1，布点情况见图 7.2-1~图 7.2.7。

（1）环境辐射监测项目

1）环境γ辐射

— γ辐射固定点连续监测：共包括 8 个厂内站和 6 个厂外站；

— γ 辐射剂量率瞬时监测：包括采用便携式 γ 剂量率仪测量和利用监测车进行测量，分别布设 37 个点和 30 个点；

— γ辐射累积剂量测量：采用 TLD 进行测量，与采用便携式γ剂量率仪进行测量的点位相同。

2）气载放射性物质及其沉降物

— 大气气溶胶：共布设 6 个点，取样监测总 α、总 β，总 β 偏高时测 γ 谱，按日取样；累积样品测量 γ 能谱，按月取样；

— 空气碘监测：γ 能谱，共布设 6 个点，按周取样，分别位于 AS1、AS2、AS3、AS4、AS7、BS5；

— 空气氚、碳-14：共布设 5 个点，按季度取样，分别位于 AS1、AS3、AS7、BS2、BS5；

— 沉降灰：共布设 5 个点，按季度取样，与空气氚、空气碳-14 点位相同；

— 降水：测量 ^{3}H、总 β 与 pH 值，共设 3 个点，按季度取样，分别位于 AS1、AS3、AS7。

3）水

— 地表水：测量总 β 和氚，设 4 个点，按每半年取样，分别位于官山辽水库、山口水库、红沙村水塘、黄淡水库；

— 地下水：测量总 β、氚、γ 谱和 ^{40}K。

— 饮用水：测量总 β 和氚，共设三个点，按每半年取样，分别位于白云村、沙螺辽、核电生活区。

4）土壤与沉积物

— 陆地土壤：γ 谱、^{90}Sr，共设 9 个点位，按年取样；

— 沉积物：γ 谱、^{90}Sr，共设 4 个点位，按年取样；

— 海洋沉积物：包括潮间带（3 个点）与潮下带（共 8 个点）：测量 γ 谱、

^{90}Sr，按没半年取样。

5）陆生生物

— 香蕉：测量γ谱，在收获期采样，共设2个点位；

— 青菜：测量γ谱，按年取样，共设3个点位；

— 稻米：测量γ谱，按年取样，设2个点位；

— 桉树：测量γ谱，按年取样，设2个点位；

— 鸡：测量γ谱，按年取样，设2个点位。

— 淡水鱼：测量γ谱，按年取样，设3个点位。

6）海洋生物

— 植物：取红树林，进行γ核素、^{90}Sr分析，按每半年取样，设2个点位；

— 杂鱼：进行γ核素分析，按每半年取样，设2个点位；

— 墨鱼：进行γ核素分析，按每半年取样，设2个点位；

— 虾：进行γ核素分析，按每半年取样，设2个点位；

— 蟹：进行γ核素分析，按每半年取样，设2个点位；

— 指示生物：选定牡蛎作为指示生物，测量^{90}Sr、γ谱和有机氚、总β，每半年取样，共设2点位。

（2）非放监测项目

按下列原则选择监测项目：

— 核电基地排放的主要非放射性污染因子；

— 对监测海域环境质量敏感的监测项目；

非放监测项目主要有：温度、残余氯、COD、BOD_5、pH、氨氮、磷酸盐、石油类、悬浮物、大肠菌群数等。

7.2.1.4 测量方法和探测下限

运行期间辐射环境监测分析测量方法、使用仪器见表7.2-2。

在统计置信水平为95%时，探测下限LLD按下式计算：

$$LLD = 4.65\sqrt{\frac{n_b}{t_b}}$$

式中，n_b：仪器本底计数率；t_b：计数时间。各分析项目测量方法和探测下限见表7.2-2。

7.2.1.5 采样测量频度

运行期间的环境监测采样测量频度取决于如下因素：

— 核电厂计划排放周期和非计划排放；

— 流出物放射性核素的物理化学性质、环境介质的稳定性、核素在环境中的迁移规律；

— 生物的收获期及渔汛期并考虑人为转移因素；

— 气象状况的变化；

— 核电厂周围环境条件的变化情况。

采样测量频度详见表 7.2-1。

7.2.2 核电厂环境监测设施

7.2.2.1 厂区辐射与气象监测系统

目前防城港核电厂已建成厂区辐射与气象监测系统（KRS），包括厂区环境γ辐射监测站、自动气象站、KRS 中央站和环境监测车。

（1）厂区环境γ辐射监测站

环境γ辐射监测站连续记录厂区周围环境γ 辐射数据，获取气溶胶、碘和雨水的样品，测量大气γ辐射监测站降雨量，当γ辐射剂量率超过阈值时报警。防城港核电厂 KRS 系统布设 14 个辐射监测站，厂内 8 个，厂外 6 个。

核电厂厂内共布设 8 个监测站点，临近可能的释放点，分别布置在 1 号机组核岛区域的 N、NW、SW、S、NNW、WNW、WSW 和 ENE 方位，监测点位为：

— EC-AS1：EM/EC1 楼北侧；

— EC-AS2：华兴公司办公楼后绿地；

— EC-AS3：新建气象站；

— EC-AS4：AE 厂房东侧；

— EC-AS5：进厂道路北侧；

— EC-AS6：征地边界；

— EC-AS7：征地边界；

— EC-AS8：PX 泵房北侧。

监测项目有：γ辐射水平、气溶胶、碘、测量、空气氚、空气碳-14、沉降灰、

雨量测量和雨水收集。

核电厂厂外共布设 6 个监测站点，分别布置在厂外的 N、W、WSW、SW、NNW 和 NE 方位，监测点位为：

- ES-BS2：红沙村；
- ES-BS3：山口村；
- ES-BS4：栏冲村委办公楼；
- ES-BS5：沙螺辽；
- ES-BS7：龙门镇舒鑫宾馆；
- ES-BS8：国投钦州电厂办公楼楼顶；

监测项目有γ辐射水平、风速、风向、雨量、碘、气溶胶、空气氚、空气碳-14 和沉降灰。

厂内、外监测项目分别见表 7.2-3 和表 7.2-4。

（2）自动气象站

自动气象站的作用是测量、记录和发送厂址风向、风速、温度和湿度等气象数据计算、评价核电厂气态放射性物质排放对环境的影响；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

（3）KRS 中央站

KRS 中央站连续采集、处理和记录气象和大气 γ 辐射数据；发送处理后的数据到主控室、EC1 楼（环境实验室）、EM 楼（应急指挥中心）和 BX 楼（行政楼）；接收并处理传感器故障报警、电源故障报警及阈值报警信号。

KRS 中央站位于环境实验室。中央站包括：

- 环境γ辐射数据采集工作站：对场区环境γ辐射监测站进行远程管理，提供监视和操作平台，收集γ辐射监测站采集的γ剂量率数据。
- 气象数据采集工作站：气象数据采集工作站通过无线和有线两种冗余的数据传输方式与气象和环境监测车进行通讯并进行远程管理，它提供数据文件最终存入 KRS 网络服务器数据库中。
- 图形工作站：实时进行气象数据和环境γ数据分析处理，用人机交互方式控制给出每日、月、年的气象数据报表、各种曲线和统计图表，达到对环境监测数据集中管理的要求。
- KRS 网络服务器：作为 KRS 网络主控制器、文件服务器和数据库服务

器，提供数据和文件共享。

— KRS 局域网和打印件等硬件设备和软件。

表 7.2-5 给出了 KRS 中央站设备配置。

7.2.2.2 环境监测车

在核电厂正常运行期间，环境监测车作为移动式的环境辐射监测站，定期地对核电厂周围环境γ辐射进行巡测，范围在半径 50km 以内。在事故应急状态下，监测车作为应急辐射监测系统的一部分，可快速前往核电厂下风向方向测出所经过地区环境γ辐射水平，实时显示在电子地图上，并具有采集气溶胶、碘样品的功能。

2 辆环境监测车的基本配置及其功能如下：

— γ 辐射监测装置：其功能为实时测量核电厂周围的环境剂量率，将数据即时传输到车载计算机系统进行数据处理，并通过数据通讯系统，最终发送到 KRS 中央站进行显示；

— 大气气溶胶、碘取样器：配置过滤器、抽气装置、气体流量计；

— 小型气象站：风速、风向传感器；

— 环境水样、土壤样及生物样取样、储存样品柜。

监测车主要配置见表 7.2-6。

7.2.2.3 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 1308.96m^2。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 ^{14}C、^{90}Sr 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。

防城港核电厂环境实验室平面布置见图 7.2-8 和图 7.2-9，实验室的仪器配置及仪器性能见表 7.2.7。

7.2.3 应急监测

为保证防城港核电厂在进入核事故应急状态下能够迅速有效地开展应急环境辐射监测，及时确定电站周围环境放射性污染的范围和水平，为采取防护行动决策提供依据，防城港核电厂制定了事故期间环境应急监测程序。核电厂应急环境监测应该满足以下法规标准的要求：

— 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

— 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；

— 《核电厂应急计划与准备准则－核电厂营运单位应急野外辐射监测、取样与分析准则》（GB/T 17680.10-2003）；

— 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；

— 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）。

防城港核电厂配备了移动式辐射监测设备，在 KRS 站点不可用的情况下，可以利用移动式辐射监测设备替代 KRS 系统固定的环境监测站点，并快速联网形成监测系统，实现事故情况下的环境监测。临时组网的移动式辐射监测仪考虑100%临时组网备用，临时监测点需测量 γ 剂量率、风速、风向，通过无线传输（或卫星电话）将有关数据传到应急指挥中心的应急 KRS 数据处理中心。

7.2.3.1 环境应急监测计划

根据核电厂事故放射性释放对公众的照射途径，确定事故后不同阶段应急环境辐射监测的任务和内容，从而制定应急环境辐射监测方案，确定监测方法和手段。

在宣布进入厂房及以上应急状态后，安全防护组按照一定的频率在各自厂区内进行循环测量，监测地点为相关厂房和进出口通道。在非应急人员集合撤离时，主要监测集合地点和撤离线路的辐射水平。在非应急人员撤离后，主要测量应急人员活动地点的辐射水平。厂区周界和外围环境监测的重点为厂区周界及厂址周围 10km 的范围。10~20km 范围可以设立个别对照点。应急环境监测人员负责进行监测，当监测力量不足时，可以请求场外支援。

（1）事故后早期监测

核事故早期主要环境辐射风险来源于放射性烟羽外照射和放射性吸入内照射。根据应急监测的任务，参照电站风向、辐射评价结果确定监测区域和监测内容，并根据空气环境 γ 剂量率监测结果，结合事故工况和操作干预水平给出辐射防护行动建议。

事故早期应急环境监测内容是：（a）厂区监测内容γ剂量率为主，必要时，还应测量表面污染和进行空气取样测量，空气测量主要是碘；（b）厂区周界和厂外环境监测内容主要是烟羽环境的剂量率、放射性水平和核素组成以及放射性烟羽随时间和空间的变化趋势，通过空气取样，分析出空气中的活度浓度水平及主要核素，如果有必要的话还需对地表沉积的环境剂量率进行监测，主要是I-131和Cs-137活度。

1）环境 γ 剂量率监测

事故情况下，核电厂烟羽环境γ剂量率的监测通过两种方式进行：环境γ辐射连续监测系统（KRS）和环境监测车移动监测系统。

— 环境γ辐射连续监测系统

正常运行情况下，KRS 系统中央站数据采集计算机每 5 分钟扫描一次 14 个监测站，γ 剂量率的数据通过系统网络，传送到环境实验室（EC1）和应急指挥中心(EM)。在事故状态下，其中任一个站的数据超过报警域值时，控制程序自动切换为 1 分钟更新一次数据传送。

— 应急环境监测车系统

核电厂配备了 2 台环境监测车。事故早期可同时迅速启动 2 条线路的巡测。监测车的首要任务是迅速确定电厂下风向 γ 剂量率的分布和放射性烟羽的污染区。监测车实时监测的 γ 剂量率和 GPS 定位信息通过车载无线传输设备和系统网络，自动传输到 EM 和 EC1 网络图形监控站，供应急监测助理及时获取监测信息，根据环境实测结果和操作干预水平，及时给出辐射防护行动建议。

2）气溶胶和碘的监测

空气中气溶胶和放射性碘的采集通过两种途径进行：一是厂区 5 个固定辐射监测站的空气取样泵，另一途径通过监测车便携式气溶胶和碘取样器，对重点关注区域采集气溶胶和碘样品。

3）环境 TLD 的布放与监测

在厂区周围和厂外20km范围内布放了TLD剂量计，用于测量环境累计剂量。在事故情况下，监测人员取回TLD送到实验室测量，同时布放新的TLD，在一定时间后取回测量，以监测不同时段内的累计剂量。

4）海上监测

若事故电站下风向是海上，需要开展海上监测时，应急环境监测助理通过技术支持组组长向基地后勤保卫组求助海上交通工具和人力的支援，由应急巡测人员和相关人员，共同完成应急监测任务。主要监测任务是：海面上空气环境γ剂量率。若事故电站在气体放射性释放的同时，有高放废液排放，则须取海水样品进行γ谱测量分析。

（2）事故后中期监测

事故中期辐射危害主要来自烟羽放射性外照射、地面沉积外照射、放射性物质的吸入以及受污染的食品和水的摄入造成的内照射。该阶段环境监测任务的重

点为对下风向污染区空气、水、食物进行监测，主要监测项目：

- 环境γ剂量率巡测；
- 气溶胶和碘样品的监测；
- 环境 TLD 的布放与取样监测；
- 地面污染监测；
- 地表水污染水平；
- 地表沉积外照剂量率；
- 食物样品监测。

（3）事故后期监测

事故后期应急环境监测任务在于确定整个事故释放所造成的污染水平及范围，重点监测内容：污染区地表污染 β/γ 剂量率和地面沉积 γ 核素、空气 γ 剂量率、水库水和饮用水、食品或植物、土壤以及环境 TLD 的测量。监测方法：

- 环境监测车继续巡测环境γ剂量率，并在关注区进行气溶胶和碘样品的采集；
- 收回和更换 TLD 片，布放与回收的周期根据事故的具体情况确定；
- 采集地表水、地下水和饮用水等样品；
- 将采集食入食品样品进行测量；
- 根据环境样品测量结果，评价核电厂周围环境介质污染的程度，并重新修正操作干预水平，对后期的防护行动给出修正建议。

7.2.3.2 应急环境监测范围和路线

根据应急环境辐射监测的要求，在事故早期应急巡测路线有 5 条陆路和 1 条海路监测路线，其中陆路监测线路见图 7.2-10。

- A线：（风向NE、ENE）AS1—老虎港—沙螺辽—山口益海—松柏林—曲山—牛路—松柏山—大龙—企杀镇；
- B线：（风向E）AS1—管草田—中间坪—山湖龙—光坡镇—官山辽水库—山口益海—栏冲—老虎港；
- C线：（风向SSW、SW）AS1—中间坪—企杀大道—钦防高速—仙岛公园—果子山；
- D线：（风向ESE、SE）AS1—管草田—老屋队—冲花坳—响水—龙门港

镇；

— E线：（风向SSE、S）AS1—湾潭村—红沙村—盐田巷—红沙湾—刘屋；

— F线：(风向WSW、W、WNW、NW、NNW、N、NNE)海上巡测，在无液态途径释放时，以事故电厂为中心，以1km、3km、5km为半径的圆弧上，每隔30°进行选点测量：在同时有液态途径释放时，还应以电站总排放渠出口为中心，以1、3、5km为半径，每隔30°选点取样测量。

7.2.3.3 应急监测组织及响应

（1）应急监测组织

核电厂应急环境监测组织由安全防护组的人员组成，主要职责如下：

— 在事故状态下，进行厂区内的辐射监测、取样分析和辐射安全水平的评价，提出厂内工作人员和厂外公众防护的建议。

— 对工程抢险和应急维修活动等提出工业安全和辐射防护的要求并提供现场支持，控制应急照射，保证应急抢险和维修人员的安全。

— 收集并保存应急状态下各阶段的有关资料和记录。

（2）应急监测响应

— 应急环境监测人员在事故状态下按照核电厂相关程序的要求进行启动和响应。

— 当核电厂进入厂房应急状态时，监测人员立即到应急指挥部报到。

— 按照程序要求，启动KRS中央站数据采集计算机和应急指挥中心（EM楼），应急环境辐射监测网络系统图形监控站，与监测车建立通讯连接。

— 落实监测车巡测前的准备工作和车载仪器工作状态。在监测车启动前，首先报告核电厂KRS系统场区辐射监测站γ剂量率监测数据。

— 密切关注核电厂事故发展状态以及KRT016MA、KRT017MA、KRT020MA、KRT021MA在线监测系统指示的变化，及时了解辐射评价预测结果，并根据电站风向确定巡测的路线和监测内容，向监测队下达监测任务。

— 实时跟踪KRS系统14个固定辐射监测站和环境监测车γ剂量率监测数据及变化趋势。并与监测车巡测人员保持联系。

— 根据核电厂下风向环境空气γ剂量率以及地面沉积γ剂量率及核素测量结果进行分析，确定环境受污染的区域及受污染的程度，并根据实测的环境

监测结果和事故工况类型、厂址气象参数，重新计算和修正操作干预水平，给出可行的辐射防护行动建议。

— 控制监测人员在污染区域工作的时间。

（3）环境监测车的应急响应

环境监测车在应急待命阶段启动。当核电厂进入应急待命状态时，环境监测车的岗位人员立即奔赴监测车就位，穿戴好防护服，佩戴好个人剂量计，按照指令做好监测车巡测前的准备工作：

— 监测队员和驾驶员分别按照检查清单，检查车载供电设备、车载γ剂量率仪、便携式γ剂量率仪及谱仪、便携式空气和碘取样装置，使之处于良好的备用工作状态， 做好检查记录；

— 进行逐项检查；

— 启动车载供电设备、检查车载设备及网络的工作状态；

— 备好滤膜和碘盒备用品；

— 准备好取水库水的样品瓶，土壤取样工具及塑料袋若干个；

— 准备环境 TLD 剂量计，放入车载小铅室内；

— 当接到环境监测命令后，按指定的路线和监测点进行巡测；

— 将巡测结果及时报告；

— 认真做好现场巡测记录；

— 巡测任务结束后，巡测人员对人体和车体进行去污测量和处理。

（4）环境实验室应急响应

在进入厂房应急状态时，环境实验室应急人员进行以下方面的准备工作：

— 按照实验室应急检查清单检查环境实验室γ谱仪、环境 TLD 剂量测量仪；

— 气溶胶α/β测量仪处于良好的工作状态，做好检查记录；

— 作好仪器、桌面、地面防污染的预防措施，测量前探头用塑料薄膜包好，地面和桌面用塑料布铺垫；

— 准备相关测量程序及应急环境监测记录表和操作干预水平修正建议表；

— 放射性测量及仪器操作程序的准备；

— 备好滤膜、碘盒、水、土壤样品测量塑料袋或样品盒、样品标签；

— 样品测量后保存在备好的塑料袋中；

— 准备就绪后，向环境监测助理报告，并在环境实验室应急待命；

— 按照指令要求，开展应急环境样品的测量和分析任务。

7.2.4 参考资料

[1] 深圳中广核工程设计有限公司，PF 环境实验室（EC1 子项）初步设计总说明，2012 年 5 月。

[2] 深圳中广核工程设计有限公司，PF KRS 系统布点方案。

[3] 广西防城港核电有限公司，环境监督与监测大纲，2014 年 2 月。

7.3 运行期间的流出物监测

7.3.1 放射性流出物监测系统

7.3.2 流出物监测计划

7.3.3 流出物分析实验室

7.3.4 流出物排放控制

7.3.5 参考资料

表

表 7.3-1 防城港核电厂放射性流出物监测系统通道配置（略）
表 7.3-2 流出物监测大纲（略）
表 7.3-3 流出物实验室主要的仪器设备（略）

图

图 7.3-1 气载放射性流出物监测系统流程图（略）
图 7.3-2 流出物实验室平面布置图（略）

7.3 运行期间的流出物监测

为确保核电厂流出物排放得到有效的监测、管理和控制，防城港核电厂营运单位将对核电厂流出物监测与排放控制实行统一管理。运行期间的流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测，主要监测对象是核电厂向环境排放的气载和液态放射性流出物。

本节主要描述防城港核电厂流出物监测系统相关设计及监测方案。

核电厂流出物监测应满足以下法规标准要求：

- 《核电厂辐射防护设计》（HAD 102/12-1990）；
- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）；
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-1989）；
- 《核电厂安全有关仪表和控制系统》（HAD102/14-1988）；
- 《核电厂事故及事故后辐射监测设备》（GB 12726-1991）；
- 《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB 14587-2011）。

7.3.1 放射性流出物监测系统

流出物监测系统是核电厂辐射监测系统（KRT）的重要组成部分，负责放射性流出物排放的监测与控制。

7.3.1.1 气载放射性流出物监测系统

防城港核电厂气载放射性流出物通过核电厂烟囱向环境排放。烟囱中装有气载流出物在线监测与取样装置。从待排放的气体中抽取样品进行在线监测或送至实验室分析。

气载放射性流出物监测系统包括KRT016MA、KRT017MA、KRT020MA与KRT021MA四个监测通道以及KRT050MA采样通道，气载放射性流出物监测通道的性能详见表7.3-1，系统流程图见图7.3-1。

（1）KRT016MA

KRT016MA 采用 1 个气溶胶过滤器对样品进行采集，在采样器吸附了气溶胶之后由设置在采样器前的 GM 计数器监测其 β 放射性。气溶胶过滤器可以定期在流出物

分析实验室进行测量分析。该通道采用的探测器及滤纸性能如下：

— 探测器：

- 能量范围：80keV~2MeV；
- β 射线参考能量：764keV（^{204}Tl）；
- 样品流量：35LPM；
- 测量范围：1～3.7×10^{6}Bq/m^{3}。

— 气溶胶过滤器：

- 过滤效率：大于 99.59%（粒子平均粒径 0.15μm）。

（2）KRT020MA 通道

KRT020MA 采用 1 个活性碳碘吸附器对样品进行采集，之后由设置在采样器前的 γ 探测器测量 ^{131}I 放射性。该监测只作报警用，监测数据不用于统计排放量。碘吸附器可以定期在流出物分析实验室进行测量分析。该通道采用的探测器及碘吸附器性能如下：

- 能量范围：100keV~3MeV；
- γ 射线参考能量：364keV（^{131}I）；
- 采样流量：35LPM；
- 过滤效率：大于 99%；
- 测量范围：3.7～3.7×10^{6}Bq/m^{3}。

（3）KRT017MA 通道

KRT017MA 是烟囱排气低量程惰性气体监测通道，用于测量正常排放时惰性气体的 β 放射性。本监测通道采用的探测器性能如下：

- 能量范围：80keV~2MeV；
- 采样流量：35LPM；
- β 射线参考能量：350keV（^{133}Xe）；
- 测量范围：3.7×10^{3}~3.7×10^{9}Bq/m^{3}。

（4）KRT021MA 通道

KRT021MA 是烟囱排气高量程惰性气体监测通道，用于测量事故排放时惰性气体的 β 放射性。本通道采用探头性能如下：

- 能量范围：5keV~3MeV；

- 采样流量：35LPM；
- β 射线参考能量：350keV（^{133}Xe）；
- 测量范围：3.7×10^{8}~$3.7\times10^{15}Bq/m^{3}$。

（5）KRT050MA 取样通道

气载放射性流出物系统设计了 KRT050MA 取样通道，对气载流出物中的氚和 C-14 进行定期取样，采集的样品送流出物实验室分析气载流出物中氚和 C-14 的浓度。

本监测通道中氚采样器采用法国 SEDC 公司的 MARC 7000 型氚采样器，其技术指标为：

- 取样气体瞬时流量：10~55L/h；
- 气体最大累积量：$25.6m^{3}$；
- 流量计测量准确度：±1%；
- 捕集效率：>99%（对 HTO）；
- 催化炉转化率：＞98%；
- 催化温度：200~500℃；
- 吸收瓶数量与体积：4×250mL。

C-14 采样器采用法国 SEDC 公司的 HAGUE 7000 型 C-14 采样器，其技术指标为：

- 取样气体瞬时流量：10~55L/h；
- 气体最大累积量：$25.6m^{3}$；
- 流量计测量准确度：±1%；
- 捕集效率：对气态碳>85%，对气态 CH_4>90%；
- 采用氧化铝基体镀铂金敷层催化剂；
- 吸收瓶数量与体积：4×250mL。

7.3.1.2 液态放射性流出物监测系统

防城港核电厂的液态放射性流出物在排放前必须先取样，在实验室进行定量分析测量。当测量结果低于排放管理限值时方能排放，否则禁止排放，并需将废液返回处理。

液态流出物监测子系统由 2 个在线监测通道组成，即 KRT901MA 与 KRT902MA 监测通道，分别在线监测核岛废液(TER)与常规岛废液(SEL)排放管线上的放射性活

度。

液体流出物监测系统 2 个监测通道的探测器相同，由于这 2 个监测通道所用的探测器、大小、型号、工作电压全部相同，因而它们的辐射特性也完全相同，其性能如下：

- 测量辐射：总 γ；
- 能量范围：100keV~7MeV；
- γ 射线参考能量：662keV（^{137}Cs）；
- 测量范围：3.7×10^{3}~$3.7\times10^{9}Bq/m^{3}$。

7.3.2 流出物监测计划

7.3.2.1 监测目的

核电厂开展流出物监测的目的是：

- 证明释放到环境中的气载和液态放射性物质的数量遵守国家批准的排放限值和核电厂规定的管理限值；
- 为判明核电厂的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效，提供数据和资料；
- 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；
- 使公众确信核电厂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。

防城港核电厂流出物监测大纲见表 7.3-2。

7.3.2.2 气载放射性流出物监测

防城港核电厂一期工程一、二号机组放射性气体向环境排放的总排放口是烟囱，根据气体来源将放射性气载流出物排放分为连续性排放和约定性排放。连续性排放指核辅助厂房和核燃料厂房的正常通风。约定性排放指含氢废气贮存罐（TEG）的排空和反应堆厂房（ETY）排气。

气态流出物的放射性活度由 KRT 系统（017MA 和 021MA）进行连续监测，其结果记录在主控室。为确定气载放射性流出物排放放射性物质的量，在样品经连续采集后，定期送流出物分析实验室进行分析。

（1）连续排放的监测

— 厂房正常通风

连续排放的气体都是低水平放射性，并且在排放到环境大气以前由通风空气稀释。连续气体释放过程中有两类监测：

- 对惰性气体进行总 β 放射性的连续计数，其结果在主控制室记录。
  - 低量程，监测通道 KRT017MA；
  - 高量程，监测通道 KRT021MA。
- 连续取样、定期测量
  - 对气溶胶（微尘），监测通道 KRT016MA；
  - 对碘，监测通道 KRT020MA。

通过烟囱连续释放的气态流出物每月进行四次连续取样、定期分析，连续取样时间为每月 7、14、21 日和月底，两次取样之间的间隔不允许超过 240h，而定期分析是在每一次取样后在流出物监测实验室进行的，分别测量：

- KRT016MA 通道上气溶胶过滤器：γ 谱（分析核素：^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）；
- KRT020MA 通道上的碘吸附器：总 γ 和 γ 谱（分析核素 ^{131}I、^{133}I）；
- KRT017MA 与 KRT021MA 通道：γ 谱（分析核素 ^{85}Kr、^{88}Kr、^{133}Xe、^{135}Xe 等）；
- KRT050MA 通道采集的 ^{3}H 与 ^{14}C 样品，分析其中的 ^{3}H 与 ^{14}C。

— 其他情况的排放

如 TEG、TEP 等系统为检修而进行氮气吹扫后的排放、碘过滤器试验的排放等均作为厂房通风的一部分，其排放情况由 KRT016MA、KRT020MA、KRT017MA、KRT021MA 和连续排放样品进行监测、测量。

（2）约定排放的监测

约定排放主要是废气处理系统（TEG）贮存箱、反应堆厂房通过安全壳大气监测系统（ETY）等的排放。约定排放监测的目的是为了确定排放流量，以满足烟囱对气

载排放放射性气体的稀释条件。

约定排放前，在监测通道 KRT016MA 上换上新的气溶胶采样器，在 KRT020MA 上换上新的活性炭碘吸附器。

气体取样采用容积为 3L 的取样瓶，直接抽取 3L 排放气体，进行 γ 谱分析。当完成约定排放后，立即取下所有样品，分别进行下列分析：

— 气体样品的 γ 能谱分析，以识别 ^{85}Kr、^{88}Kr、^{131m}Xe、^{133}Xe 和 ^{135}Xe；测量过滤器样品的 γ 能谱，以识别不同核素（^{58}Co、^{60}Co、^{134}Cs、^{137}Cs）；

— 测量碘过滤盒样品的总 γ 放射性，并进行 γ 能谱分析，以识别 ^{131}I、^{133}I 和其它重要核素。

7.3.2.3 液态放射性流出物监测

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 系统均设置一个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。液态放射性流出物监测项目详见表 7.3-2。

废液在采样和排放前必须经过连续循环混合，对 TER 贮存罐，不得少于 6 小时，对 SEL 贮存罐不得小于 3 小时。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，^{110m}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。

（1） 排放监测

— SEL 系统的排放

SEL 的排放由监测通道 KRT902MA 进行控制。

- 若总 γ 比活度＜8×10^{4}Bq/m^{3}，定量收集样品储存以进行月度混合样品分析。
- 若总 γ 比活度≥8×10^{4}Bq/m^{3} 且＜4×10^{5}Bq/m^{3} 之间，则必须进行附加 γ 能谱分析。
- 若总 γ 比活度≥0.4MBq/m^{3} 或 ^{3}H 浓度≥2MBq/m^{3}，必须重复取一个样品进行核实，查找原因，并采取相应措施。

- 如监测到的 pH 值<6 或>10.5，其上游系统可能有酸碱泄漏，需要进行核实并查明原因。

— TER 废液排放系统的排放

在液体流出物计划排放之前，先对所要排放的贮存箱取样，并完成总 γ 放射性测量。

- 若总 γ 比活度＜0.5MBq/m^3，只要取一个等分样品，供月分析用。
- 若总 γ 比活度≥0.5MBq/m^3 且＜1.0MBq/m^3 之间，应另取一个样品进行核实，核实以后，流出物需返回 TEU 罐进行再处理或贮存衰变。
- 若总 γ 比活度≥1.0MBq/m^3，则属异常事件，禁止排放，事件原因需要向国家核安全和环境保护行政主管部门报告。
- 如监测到的 pH 值<6 或>9，其上游系统可能有酸碱泄漏，需要进行核实并查明原因。

7.3.2.4 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。

7.3.3 流出物分析实验室

核电厂放射性流出物的准确排放量主要来自于流出物分析实验室的测量与分析。防城港核电厂一期工程一、二号机组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厂厂区内，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 3600m^2，占地面积 1208.8m^2，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，其平面布置图见图 7.3-2.

（1） 测量室（217）

测量室用于对流出物样品进行测量。防城港核电厂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氚和 ^{14}C 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

防城港核电厂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。

流出物实验室配备的主要测量仪器设备见表 7.3-3。

7.3.4 流出物排放控制

7.3.4.1 气载放射性流出物排放控制

核电厂所有的气态流出物必须通过 DVN 烟囱进行排放，禁止经其它途径的排放。根据气载放射性流出物的来源将其分为连续排放和约定排放。

（1）连续排放控制

1）厂房正常通风

连续性气体在排入大气以前，必须先经高效过滤器，然后通过 DVN 烟囱进行排放。通过烟囱连续性释放的气态流出物每月进行四次取样、分析，取放样时间原则上为每月 7、14、21 日和月底，两次取样之间间隔不允许超过 240 h。

2）其他情况的排放

当 TEG、TEP 等系统为检修而进行氮气吹扫后的排放、碘过滤器试验的排放等均

作为厂房通风的一部分，其排放情况由 KRT016/017/020/021MA 和连续排放样品进行监测、测量。当 TEG、TEP 等系统吹扫完毕后需直接通过烟囱向环境排放时，分以下情况进行监测：

- 检修前氮吹扫，每次排放前由化学环境科对气体的放射性水平进行监测与评价，当 TEG 的放射性水平高于含氢废气排放前的水平时，吹扫气体应排入 TEG 其它罐中进行贮存衰变并查找原因，其它情况可以排放；
- 检修前的空气吹扫和检修后的氮吹扫，排放前无需进行放射性水平的监测；但在吹扫与检修罐憋压期间，运行人员需监视所有罐的压力变化。当发现其它罐压力降低且检修罐压力升高时，建议对放射性水平进行监测评价。
  - 当气体比活度<10^6 Bq/m^3，需通过高效过滤器和碘过滤器进行排放。
  - 当气体比活度≥10^6 Bq/m^3，需计算排放流速，并以小于此流速通过高效过滤器和碘过滤器进行排放。

（2）约定排放

1）排放申请

- TEG：根据生产日计划安排进行申请与排放；
- ETY：ETY501MP 指示的大气压与 ETY502MP 指示的安全壳压力的相对压差在 43~52mbar 进行申请。当有台风等异常气象可能会影响防城港核电厂，应协商是否提前进行反应堆厂房卸压排放，以确保反应堆厂房内相对压差不超过 100mbar。

2）取样

- TEG：取样前（后），打开（关闭）通向 REN 系统的 TEG 下游阀门。取样必须包括：相应罐的放射性气体、气态氚、碘、气溶胶（检修吹扫时仅取放射性气体）。
- ETY：取样包括放射性气体样品、碘盒样品、氚水。为保证样品的代表性，在 KRT028MA 的正常运行情况下，碘盒与氚水取样时间不少于 20 小时。

3）分析测量

- 对采集的样品进行测量分析。
- 核实分析结果，并根据测量结果和烟囱的气体流速，确定排放条件。

4）排放批准

满足正常排放条件（否则为特殊排放、需报总经理部分管领导签字批准）及现场气象条件的情况下可以申请排放。

— 正常排放条件：

- TEG 含氢废气贮存衰变时间不得少于 60 天（基本负荷运行）或 45 天（负荷跟踪），ETY 取样时间不少于 20 小时；
- TEG 和 ETY 碘浓度不得高于 3.7×10^3 Bq/m^3；
- ETY 系统、TEG 系统只能有一个进行排放。
- 烟囱的空气流量不低于 50 m^3/s（DVN001MD 读数为 7m/s）；
- 现场气象站 80 米风速不低于 0.5 m/s；
- KRT016/017/020/021MA 可用。

5）实施排放

应尽快安排 TEG、ETY 排放，取样结束至排放开始时间不超 2 天。特殊情况下，当预计的排放开始时间与取样结束时间超过 2 天短于 15 天时，按如下方法处理：

— 对于 TEG 需由运行人员现场确认待排罐的压力与取样时有无变化，如不变，原分析结果有效；如降低，分析结果有效，但需查找压力降低的原因；如升高，需通知化学环境科重新取样分析。

— 对于 ETY，由化学环境科结合反应堆厂房内压力变化速率和 KRT008/009/028MA 在线监测情况等方法对分析结果和排放条件给予重新评价，并签字。

— 当超过 15 天时，化学环境科重新取样验证，并调查推迟原因。

— 约定性排放在排入环境前，必须经过高效过滤器和碘过滤器。

— 对电站的约定性排放（ETY 与 TEG）可以连续排放，但不可以同时排放。

6）排放过程中异常情况及处理

— 超过 KRT017MA 阈值：如果烟囱中的气体放射性活度超过了 KRT017MA 二级报警阈值（4.0×10^6 Bq/m^3）时，必须立即停止排放，按相关报警单处理。

— 部分通风丧失：如果烟囱中的通风流量低于 7m/s（DVN001MD 的读数）时，必须立即下令停止排放。

— DVN（核辅助厂房通风系统）碘过滤器失效：TEG 排放必须终止，必须尽快

查找事故原因。在满足下列条件后方可继续进行排放：

- 事故的根本原因已经查明，并且已恢复至正常工况；
- 排放得到当班值长批准。

7.3.4.2 液态放射性流出物排放控制

（1）排放条件

液态流出物的排放可分为正常排放和特殊排放。

1）正常排放

TER、SEL 废液同时满足下列条件的排放为正常排放：

- 废液连续循环混合时间：TER 不得少于 6 小时，SEL 不得少于 3 小时；
- pH 值：TER 为 6.0～9.0，SEL 为 6.0～10.5，保证排放渠出口 pH 值在 6～9 范围内（包括 6 和 9）；
- 总 γ 比活度：TER 小于 0.5 MBq/m^3，SEL 小于 0.4 MBq/m^3。

2）特殊排放

对于 TER、SEL 废液满足下述中任一条件的排放为特殊排放，需总经理部分管领导签字同意后方可进行排放，具体如下：

- TER 循环时间小于 6 小时，SEL 循环时间小于 3 小时；
- SEL pH<6 或>10.5、TER pH<6 或>9 时，各自的上游系统（ATE、TEU、EAS 等）可能有酸、碱泄漏，在查明原因后，由化学环境科提出处理建议，由总经理部分管领导批准实施。
- 当 TER 总 γ 比活度≥0.5 MBq/m^3 且＜1.0 MBq/m^3，化学环境科必须另取一个样品进行核实。核实以后，流出物需返回 TEU 罐进行再处理或贮存衰变，对于未进行处理的上述流出物，由总经理部分管领导决定是否进行排放。
- 当 TER 总 γ 比活度≥1.0 MBq/m^3，则属异常事件，事件原因需向国家核安全局报告，如需排放，必须得到政府部门批准。
- 当 SEL 总 γ 比活度≥0.4 MBq/m^3，需查找事件原因，排放控制标准参考 TER 的规定执行，并由总经理部分管领导批准实施，排放完毕，统计放射性排放量。

3）大修时的排放

当 SEK 系统不可用或大修二回路排水较多时，在蒸汽发生器无明显泄漏并且确定废水来源的情况下，可通过临时管道排放，废水的排放控制参考 SEL 规定执行，并在总经理部分管领导签字同意后实施，此段时间内化学环境科每天取样监测，并将结果通告主控人员。

（2）过程控制

1）排放申请

当 TER 或 SEL 罐充满并开始循环混和后，当班机组长（副值长）申请排放。由化学环境科取样和分析。

2）取样

化学环境科工作人员取样前必须确认排放单中申请的取样罐内的流出物已经进行了充分混合，且必须在取样罐内进行取样。

3）分析

测量分析项目参见表 7.3.2，有关描述见 7.3.2 节。

4）排放工况确定

- TER：化学环境科人员必须检查分析结果，并按照比活度水平和 CRF、SEC 泵的流量确定排放流速。废液排放流速的计算应遵循如下原则：
  - 至少有一台 CRF 泵运行；
  - 稀释因子≥500 倍；
  - 在排放渠内稀释后的比活度：
    - 总 γ(^{40}K 和 ^{226}Ra 除外) <7.4 Bq/L
    - 氚<740 Bq/L
  - 排放流速≤150 m^3/h。
  - 特殊情况：没有 CRF 泵运行情况下，TER 排放流速的计算：
- SEL：当流出物总 γ 比活度<0.4 MBq/m^3 时，在电厂辐射监测系统（KRT）通道的监测下进行排放时无特殊要求；当流出物总 γ 比活度≥0.4 MBq/m^3 时，参考 TER 的规定确定排放流速。

5）批准排放

排放前，当班的值长需检查当时的实际排放条件，如为正常排放则批准，如是特殊排放则需报请总经理部分管领导批准。

6）排放实施

－ TER 实施排放的条件如下：

- 一般结合钦州湾海水潮位，在由高潮位开始退潮时，实施优化排放；
- 必须在当班值长签字同意后方可实施；
- 实际排放流速不能高于排放单上给出的最大流速；
- KRT 监测通道（KRT901MA）可用，无故障和超阈值报警。如在排放过程中 KRT901MA 出现报警信号，运行人员应立即按照有关报警单的指令采取行动；
- 机组长按排放单要求及时准确填写排放实施情况，用于排放量统计及归档。

－ SEL 实施排放条件如下：

- 当班值长签字同意后方可授权排放；
- KRT 监测通道（KRT902MA）可用，无故障和超二级阈值报警；
- 对特殊排放需按给出的排放条件进行排放；
- 在排放过程中，运行人员需监视排放情况。如 KRT 监测通道报警，必须按照有关报警单的指令立即采取措施；
- 排放结束，机组长按排放单的要求填写所有排放实施情况。

7.3.5 参考资料

[1] 深圳中广核工程设计有限公司，防城港核电厂厂区实验室 AL 工艺设计说明，2011 年 11 月；

[2] 广西防城港核电有限公司，流出物监测质量控制措施，2014 年 3 月；

[3] 广西防城港核电有限公司，核电厂放射性液态和气态流出物排放管理，2014 年 2 月。

7.4 质量保证

7.4.1 质量管理

7.4.2 质量控制

7.4 质量保证

为了保证广西防城港核电厂环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性、可比性，依据国家有关标准，运营单位制订了环境与流出物监测质量保证程序。本节主要描述运行期间环境与流出物监测质量保证的主要内容。

流出物和环境监测的质量保证的法规标准依据主要有：

- 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；
- 《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》（GB11216-89）；
- 《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-88）；
- 《水质采样技术指导》（HJ494-2009）；
- 《水质采集样品的保存和管理技术规定》（HJ493-2009）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）。

7.4.1 质量管理

质量保证体系是环境和流出物监测工作管理水平的集中表现，它对从外部到内部，从组织机构设立到人员素质保证，从工作环境和测试方法到工作方法标准和管理制度等各种可能影响监测质量的活动进行严格和有效地控制。

7.4.1.1 组织机构

建立环境和流出物监测的组织机构，通过流出物监测和排放的监督和管理，及时发现异常并采取措施，确保排放符合公司标准或国家法规的要求；组织机构执行有效的管理措施，减少废液产生量、排放量，减少对环境的影响。通过对电厂环境工作的监督与管理，确保电站各种废物处理、排放设施的可靠运行及环保机构的正常运作，达到保护环境的目的。

7.4.1.2 人员的资格与培训

监测结果的精密度和数据准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，所有参加取样、监测分析、数据统计和审核的人员均必须按规程要求，参加相应的理论和实践培训，合格经授权后上岗。从事放射性环境监测的人员，应掌握辐射防护基础知

识和放射性环境监测技术，熟悉有关环境保护和环境监测的法规和标准。环境监测组不定期地组织测量、分析人员就放射性测量仪器、测量原理及测量方法等方面进行探讨和研究，以提高对测量仪器的了解和样品测量、分析水平。

7.4.1.3 数据审查制度

针对检测项目的不同，要求检测人员严格按照分析测量程序规定，真实、准确、完整地记录分析测量过程中的相关信息。在对原始数据进行必要的整理之前，逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、正确。如发现有误，经反复核算后予以纠正。本次调查对调查数据的处理和表述作如下规定：

（1）设立监测质量工程师岗位，以检查仪器定期试验的执行情况，确保仪器工作正常，并对原始测量数据的准确性与数据格式等进行复核与检查，保证原始数据的准确性和记录的规范性，每月对检查结果进行总结与分析并通报；

（2）流出物数据自查。一旦测量数据超过预警点，要求测量人员上报情况并从测量过程、仪器状况、数据处理、系统运行等方面分析原因，以便及时采取相应的处理或控制措施。这样可迅速发现异常情况，提高放射性流出物的排放控制水平。

7.4.1.4 核查

按季、年进行质量自查。对于工作中出现的质量问题及时组织有关技术人员解决，并写出质量检查报告。若在比对中出现比对结果有差异时，及时进行分析，找出差异的原因。

7.4.2 质量控制

7.4.2.1 内部质量控制

（1）样品采集、运输、保存

样品采集的代表性和可比性是整个监督性监测工作的起点，也是关系到监测数据能否客观反映核电站运行对环境影响的关键。环境样品必须由负责对应实验的环境监测人员来接收，并填写好样品交接单。存放到相应的环境实验室或者贮存室，样品应按照类别和放射性等级分开放置，防止交叉污染。为了准确地测量样品，在采样的过程中应详细的记录与采样相关的参数，并定期采集平行的瞬时样品。确定采样的不确

定度。

（2）实验室分析测量的质量控制

— 样品预处理与分析

所有样品预处理和分析测量必须采用已出版且最新的程序，任何操作人员不得擅自修改常规采用的方法和程序，如有修改的必要，应先经研究确定，修改程序生效后，再按新方法执行。

— 质量控制样品

环境实验室分析指控样品数不少于 10%，质控样包括：平行样、空白样、盲样、复测样和比对样等。

— 载体和标准溶液

准确配制载体和标准溶液，并确保在使用期限内使用。对于采购、领用的试剂，应进行质量检查，对于开封的试剂，设置开封标签，并标明使用有效期，确保不使用过期或不合格产品。

— 防止样品交叉污染。

环境样品前处理中采取严格措施防止交叉污染。

在事故情况下，按照实验室样品放射性级别来分别存放样品，将低放射性活度样品和高放射性活度样品分开存放，测量时需要将探头用防沾污塑料布包裹住探头，防止探头沾污。

（3）数据处理质量控制

按照实验室环境监测放射性测量数据处理相关规程的要求，进行数据处理。

— 异常数据处理

对于偏离正常值异常结果，应及时向主管报告，进行核查、复测、分析原因。

- 发现测量数据有疑问或异常时，应及时分析查找原因、确认仪器有无异常，并进行独立验证（复测或重新取样等），证实数据无误后再提交或上报；
- 当系统取样过程中出现异常情况无法处理时，应及时了解清楚情况，联系相关部门进行处理或到现场协助处理；
- 数据的记录：每个样品从采样、预处理、分析测量到数据处理过程要有清楚、详细、准确的记录，记录不得随意涂改。填写排放申请单数据，

分析人首先自查数据无误后再提交，并及时通知流出物监测主管检查数据。

— 数据的检查

原始测量数据和监测记录，严格执行“三级”审查制，即记录、校核、审核，其中任何两级不能为同一人。经各级检查签字后，将测量记录和报告及时归档。

— 数据的保存

对于所有的监测记录和质量保证编制文件均应妥善保存，保存期限不少于电厂退役后十年。对于环境监测结果将永久保存。

（4）内部比对

— 不定期地组织实验室内部比对工作。

— 不定期发放环境样品（盲样），对实验室工作人员考核。

7.4.2.2 外部质量控制

防城港核电厂环境监测与流出物监测的外部质量控制措施主要有：

— 尽可能参加国内外机构组织的实验室之间比对。

— 加强信息交流，关注国际、国内有关监测标准、规范、方法和理论概念的变化，及时使用国家和行业新的监测标准和规定。

— 加强与地方环保部门之间的技术交流。

— 不定期地抽取部分样品送权威机构外检。

— 采购权威机构研制的标准参考物质。

— 实验室计量器具定期由国家计量部门或其授权的计量站检定，保证量值溯源的可靠性。

第八章　应急计划与准备

8.1　制定应急计划的主要依据

8.2　应急计划区

8.2.1　应急源项

8.2.2　应急计划区划分

8.3　应急状态的描述

8.4　应急组织

8.4.1　场内应急组织与职责

8.4.2　与场外应急响应组织的接口关系

8.5　应急设施和设备

图

图 8.2-1　防城港核电厂一、二号机组烟羽应急计划区示意图（略）

图 8.2-2　防城港核电厂一、二号机组食入应急计划区示意图（略）

图 8.4-1　防城港核电厂应急响应组织机构图（略）

图 8.4-2　防城港核电厂应急组织与场外应急组织相互关系图（略）

图 8.5-1　防城港核电厂主控制室平面布置图（略）

图 8.5-2　防城港核电厂应急指挥与行动中心平面布置图（2 张）（略）

图 8.5-3　防城港核电厂应急集合点分布位置示意图（略）

图 8.5-4　防城港核电厂场外撤离示意图（略）

8.1 制定应急计划的主要依据

核事故应急的目的是在核电厂发生导致放射性物质可能向环境大量释放的事故时，能及时有效地实施各种应急响应行动，控制事故状态的发展并努力维持和恢复电厂的安全状态，最大限度地限制和减少事故的后果与影响，以保护公众、保护环境。

《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十五条规定：“核设施营运单位应当按照核设施的规模和性质制定核事故场内应急计划，做好应急准备。出现核事故应急状态时，核设施营运单位必须立即采取有效的应急措施控制事故，并向核设施主管部门和环境保护行政主管部门、卫生行政部门、公安部门以及其他有关部门报告。”

我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）第十四条要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急计划审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急计划提出了相应的要求。同时，HAF002/01 还要求：“在整个核电厂运行阶段，应急准备应做到常备不懈；应定期进行核事故应急演习和对应急计划进行复审和修订”。

8.2 应急计划区

应急计划区是指为在事故时能及时、有效的采取保护公众的行动，事先在核电厂周围建立的、制定有应急计划并做好应急准备的区域。应急计划区是应急准备工作的需要，而事故后的应急响应范围有可能需要根据事故后果评价，在相应的区域采取应急响应行动。

防城港核电厂依据《核电厂核事故应急管理条例》、《国家核应急预案》及相关核安全法规、导则和标准要求，在辐射剂量计算的基础上给出应急计划区的技术推荐值。防城港核电厂一、二号机组统一应急计划区的实际边界将按照相关法规的要求，综合考虑核电厂周围的具体环境特征、社会经济状况及公众心理等因素，由广西壮族自治区核事故应急委员会确定。

8.2.1 应急源项

在确定防城港核电厂应急计划区大小时，考虑了所有可能引起放射性物质向环境释放的设计基准事故和严重事故序列及其源项，事故范围既包括最终安全分析报告中

分析过的设计基准事故，也包括堆芯损坏的严重事故（超设计基准事故）。但可不考虑发生概率极小的事故，以避免所确定的应急计划区范围过大而带来不合理的经济负担。

堆芯熔化状态通常需经过反应堆冷却剂系统排空——堆芯裸露和损坏——堆芯熔化并穿透压力容器——堆芯熔体侵蚀安全壳基础板（筏基）的过程，在此事故发展过程中，安全壳的屏障功能有可能失效，放射性物质将因此向大气环境释放。

安全壳失效模式被归纳为下列五种：

— α 模式：反应堆压力容器内发生蒸汽爆炸，强大的压力脉冲可能冲开压力容器顶盖，使之成为强力飞射物而击穿安全壳，属早期失效模式，发生概率极低；

— β 模式：安全壳隔离失效，失效原因之一是安全壳本身存在密封缺陷，如安全壳贯穿件失效，另一个是安全壳被旁路，如发生安全壳外二回路管道或阀门故障，属早期失效模式；

— γ 模式：安全壳内可燃气体爆炸（主要是氢气），使安全壳超压失效，属早期或中期失效模式；

— δ 模式：堆芯熔体侵蚀基础板的混凝土时不断放出大量的水蒸气、二氧化碳和少量的一氧化碳，造成安全壳内的压力缓慢地上升并最终超过设计基准压力，安全壳可能以某种方式失效，属晚期超压失效模式；

— ε 模式：堆芯熔体对基础板的混凝土不断侵蚀导致基础板熔穿，放射性物质经基岩和土壤过滤释放，属晚期失效模式。

安全壳屏障功能的丧失将导致放射性物质向环境的释放，释放量与事故后安全壳密封失效的时间和失效模式相对应，源项值有 3 个等级：

— S1 源项：相当于安全壳早期失效导致的释放（事故开始后几小时之内）。如安全壳以 α、β、γ 模式失效；

— S2 源项：相当于安全壳中期失效导致的放射性直接向环境释放（事故发生后一天或几天内），如 δ 模式失效；

— S3 源项：相当于安全壳晚期失效导致的释放（通常为事故发生几天后）。如安全壳由于其基础板熔穿后密封破坏而导致的向环境间接释放（ε 失效模式），此时放射性气溶胶和分子碘在释放通道中被过滤掉一部分。

防城港核电厂采用了与岭澳核电站一期工程相同的大型干式安全壳，其 PSA 分析

结果表明其发生早期失效（α 或 γ 模式）的概率极低，可认为不可能发生；而堆芯熔体侵蚀基础板的混凝土并不断放出水蒸气和其他气体，引起安全壳超压失效（δ 模式），或者放射性物质经由基岩和土壤过滤释放（ε 模式），则要在事故后 7 天才有可能发生，其释放量介于 S3/10~S3 之间，甚至仅为 S3/100；此外电厂在严重事故发生时执行 U2 规程，可及时实行安全壳隔离，极大地缓解由于安全壳隔离失效（β 模式）而造成的早期释放，在此情况下的释放量将小于 S3 源项。因此，防城港核电厂应急计划包络严重事故源项可合理保守地取为 S3，释放时间和释放持续时间假定为：在事故发生 1 天后均匀释放 12 小时。

8.2.2 应急计划区划分

针对选址源项（设计基准事故源项）和严重事故源项，采用高斯烟羽扩散模式，分别计算得到了相应的预期剂量和可防止的剂量及对食物的可能污染水平，并采用MACCS程序对结果进行了核算。将该结果与《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）所规定的通用优化干预水平或行动水平值进行比较，按照确定应急计划区大小应遵循的准则，给出了应急计划区的技术推荐值。在考虑了核电厂周围环境特征、社会经济状况以及公众心理等因素后，向广西壮族自治区核事故应急委员会建议的防城港核电厂应急计划区大小如下：

— 烟羽应急计划内区：以1#机组反应堆为中心，半径5km划定的区域，包括光坡镇下辖的红沙村、沙螺辽村、栏冲村和新兴村四个行政村的所有自然村，共五十余个村民小组；

— 烟羽应急计划外区：以1#机组反应堆为中心，半径10km划定的区域，包括防城港市港口区下辖的光坡镇、企沙镇及钦州市下辖的龙门港镇、钦州港区的部分区域；

— 食入应急计划区：以1#机组反应堆为中心，半径50km划定的区域。

广西壮族自治区核事故应急委员会于2013年6月17日印发了《自治区核应急委关于确定防城港核电厂应急计划区范围的函》，批准建立上述防城港核电厂应急计划区。

防城港核电厂烟羽应急计划区示意图见图8.2-1所示。

防城港核电厂食入应急计划区示意图见图8.2-2所示。

8.3 应急状态的描述

根据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）规定，核事故应急状态分为四级：

(1) 应急待命：出现可能导致危及核电厂核安全的某些特定情况或者外部事件，核电厂有关人员进入戒备状态。

应急待命的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平可能下降，但还有时间采取预防性措施以防止向更高级别的应急状态演变。在这类事件中，预期不会出现需要采取场外响应行动（如进行辐射监测）的放射性物质释放。

核电厂安全水平可能下降的主要表现为运行参数超出了核电厂技术规范书中的运行限制条件，在这种情况下允许于规定的时间内变更运行模式。应急待命的事件还应包括那些更严重事件的征兆，因为这种征兆也预示着核电厂的安全水平可能下降。在应急待命状态的事件中可能出现少量放射性物质的释放，但是这类释放并不导致启动环境监测或场外应急响应行动。

确定应急待命的目的是使核电厂运行人员和其他有关人员及时启动并处于戒备状态，保证初始的应急响应行动得以顺利实施，使事故处理、信息发送和决策过程等纳入有条不紊的应急组织体系中去。

(2) 厂房应急：事故后果仅限于核电厂的局部区域，核电厂人员按照场内核事故应急计划的要求采取核事故应急响应行动，通知厂外有关核事故应急响应组织。

厂房应急的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平实际上或可能发生大的下降。然而，如果有放射性物质释放的话，预计场外照射水平只是相当于隐蔽通用干预水平的很小部分。厂房应急时，事故的辐射后果或可能的辐射后果仅限于某些厂房内部或核电厂局部区域。

此时关注的重点不应是判断安全水平的下降是否足够大，而是关注安全系统出现问题的后果是否需要为进一步加强对核电厂安全状态的监控而进入厂房应急状态，即确定当班运行人员是否需要支持，而不论此时是否已经确定了核电厂安全水平的下降。加强监控即可更好地确定核电厂的安全状态，确定是否需要将应急状态升级、降级或终止应急状态。

确定厂房应急的目的是保证场内应急响应人员能够迅速有效地做出响应；向场外应急组织提供有关事故的信息资料。

(3) 场区应急：事故后果蔓延至整个场区，场区内的人员采取核事故应急响应行动，

通知广西壮族自治区核事故应急委员会，某些场外核事故应急响应组织可能采取核事故应急响应行动。

场区应急的特征是事故正在进展或已经发生，核电厂的一些安全设施的功能已经丧失或可能丧失。在这种应急状态下，可能出现堆芯损坏的情况，可能从电厂中释放出一些放射性物质。除在场区边界附近之外，预计场外其它区域的照射水平不会超过紧急防护行动水平。

确定场区应急的目的是保证及时派出环境监测人员进行环境监测；保证场外应急组织及时启动；保证及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

(4) 场外应急：事故后果超越场区边界，实施场内和场外核事故应急计划。

场外应急的特征是事故正在进展或已经发生，堆芯即将或已经极大损坏，甚至熔化，同时安全壳完整性可能丧失。在这种应急状态下，极可能从电厂释放出大量的放射性物质，事故的辐射后果或可能的辐射后果可能使场区边界之外的照射水平超过紧急防护行动干预水平。

不管放射性物质的释放是由于何种原因造成的，进入场外应急状态就意味着场外公众可能需要采取隐蔽或撤离等紧急防护行动。如果厂址周围的人口密度很高，应重点关注安全系统或构筑物（如安全壳）失效的可能性，以及诸如废气贮存罐大量释放放射性气体、严重的乏燃料破损等事故的后果。为了及时通知场外应急组织，确定场外应急状态应主要以核电厂安全系统功能为判据，其次是事故后果评价的预期剂量。就包容裂变产物的三道屏障而言，如果其中二道屏障失效且第三道屏障潜在丧失，就应建议场外应急组织进入场外应急状态。

8.4 应急组织

8.4.1 场内应急组织与职责

防城港核电厂的应急响应组织由应急指挥部（SEH）及其领导下的运行控制组（FOP）、技术支持组（TSC）、安全防护组（GRP）、维修服务组（MSC）、后勤支持组（LSC）组成，负责电厂核事故及非核突发事件的应急响应与处置工作。

防城港核电厂应急响应组织机构图见图8.4-1。

（一） 应急指挥部（SEH）

应急指挥部由应急总指挥（SED）、应急副总指挥（PED）、应急指挥助理（AED）、工程指挥助理（EED）、技术助理（SEH1）、公众信息助理（SEH2）和秘书组（SEH3A/B）组成。应急指挥部是应急状态下场内的应急管理与指挥中心，负责指挥场内的应急响应行动，并与国家、地方及主管部门的应急组织密切联系和协调。

应急指挥部各成员的主要职责为：

1）应急总指挥（SED）：

SED全面领导应急响应，进入应急状态后具体负责：场内外应急响应行动的协调；批准和宣布进入和终止场区应急；向自治区应急指挥部建议场外应急和公众防护行动；批准和签发向场外应急组织通报的应急信息；审查和批准向场外应急组织发送的用于公众信息发布的有关资料；向公司董事会的董事长报告应急状态和应急响应情况；请求国家、地方及主管部门应急组织和中国人民解放军提供援助；负责与中国广核集团有限公司应急办公室联系。

2）应急副总指挥（PED）：

PED在SED领导下并在应急指挥助理（AED）、技术助理的协助下指挥和协调整个应急响应组的应急响应行动。应急状态下的职责是：确定应急级别，启动应急组织，宣布进入或终止应急待命和厂房应急状态；直接指挥事故电厂内的应急响应行动，控制机组状态，以缓解和减少事故影响和后果；决定非事故机组的运行策略，并向SED报告；向SED报告应急状态，提供事故电厂机组状态的有关信息，审核并在应急待命和厂房应急状态下批准和签发向场外组织通报的应急信息；向SED建议进入或终止场区应急；审查和批准进入或终止SAMGs的建议；当执行SAMGs后，审查和批准技术支持组建议的有关减少和缓解裂变产物向环境的释放、控制安全壳状态（压力、氢气浓度等）以及长期监测等严重事故处置行动，签署相应的《严重事故决策文件表》，并指示运行控制组执行这些行动；根据机组状态、环境监测和事故后果评价，决定场内应急防护行动方案以及公众防护行动建议；组织事故电厂的工程抢险、应急维修，领导事故电厂的抢险救灾和急救行动；组织机组状态诊断和堆芯损伤评价；领导事故电厂的出入控制和电厂保卫；由于天气、交通等原因SED未按时到岗的特殊情况下代行SED职责。

3）应急指挥助理（AED）：

AED支持和协助PED履行其职责，并具体负责：与运行控制组联络，审查运行控

制组发送来的信息表，准确了解机组状态的信息和数据以及机组状态变化的趋势，向PED说明和解释机组状态的关键数据和可能的发展，并提供运行控制的建议；与技术支持组联络，组织事故电厂的机组状态诊断和预测以及堆芯损伤评估，审查该组发送来的评估和技术讨论结果，由此向PED提供机组运行控制，缓解事故以及工程抢修的技术支持；协助PED审查和决策技术支持组提交的有关进入或终止SAMGs的建议；在执行SAMGs期间，协助PED审查和决策技术支持组提交的严重事故缓解行动的建议；与技术支持组联络，了解事故源项估算、环境监测和事故后果评价的结果，协助PED决定场内防护行动的方案，提出场外公众防护行动的建议；组织搜寻事故电厂厂内失踪的人员；核查向场外应急组织通报的应急信息，送PED和SED审核和签发。

4）工程指挥助理（EED）：

EED负责场内在建工程区域应急响应的指挥与协调，建立并保持防城港核电厂应急指挥部与工程公司防城港项目部及相关承包商单位的联系，提出在建工程区域应急响应行动建议，并在应急状态下正确采取行动。

5）技术助理（SEH1）：

— 启动应急指挥部，确保指挥部各成员到岗；

— 保持与场外应急组织和场内各应急响应组的联系，起草和发送向场外应急组织通报的应急信息；

— 操作指挥部通信控制台，通过无线通信、有线广播和声警报信号向场区内的单位和人员发布应急相关信息；

— 操作指挥部内计算机系统，为应急总指挥和副总指挥提供有关信息和资料。

6）公众信息助理（SEH2）：

— 负责为场外应急组织准备用于公众信息发布的材料；

— 负责启动公司舆情应对领导小组并提出舆情危机应对建议方案；

— 负责收集公众的舆论，控制流言和误传；

7）秘书组（SEH3A/B）：

— 检查指挥部内的设备、器材和文件的可用状态，提醒指挥部成员佩戴相关防护用具；

— 负责收发和保存应急指挥部与场、内外各应急组织之间的往来信息；

— 负责指挥部的后勤工作；

— 负责记录应急总指挥及指挥部其他成员的指令和响应行动并保存；

（二） 运行控制组（FOP）

运行控制组由运行部当班运行人员组成。运行控制组的主要责任是控制事故工况，减小事故的后果和影响，以正常运行程序维持非事故机组的安全状态。

运行控制组在应急响应时的主要职责是：

— 执行应急运行程序，控制事故工况，恢复和维持机组的安全状态，减少事故的后果和影响；

— 初步评价应急状态，向PED报告机组情况，提供应急状态分级的建议；

— 执行应急指挥部批准的和技术支持组提交的严重事故缓解行动，并将执行情况通报应急指挥部和技术支持组；

— 向应急指挥部和技术支持组提供有关事故性质、规模的资料和数据；

— 发布应急通知和事故报警信号；

— 随时向应急指挥部报告事故的发展情况；

— 执行电厂内消防和急救二级干预行动；

— 运行控制组组长有责任在PED因各类原因（如通讯故障、交通事故、应急指挥与行动中心不可用等）未能及时启动和履行应急副总指挥职能的紧急情况下代行PED的职能；

— 向应急指挥部报告非事故机组运行情况，提供非事故机组重要运行参数；

— 控制并维持非事故机组在安全状态。

（三） 安全防护组（GRP）

安全防护组由安全防护部的工业安全、消防、辐射防护和职业医疗人员组成。安全防护组在应急响应时的主要职责是：

— 进行电厂内的辐射监测、取样分析和辐射安全水平的评价，适时提出场内工作人员和场外公众防护的建议；

— 对工程抢险和应急维修活动等提出工业安全和辐射防护的要求并提供现场支持，控制应急照射，保证应急抢险和维修人员的安全；

— 协调电厂内的消防行动，执行三级消防行动，联系协调场外消防力量；

— 组织实施电厂内的人员急救和去污行动；

— 组织和指导现场去污；

— 协调场内外医学救援行动；

— 适时提出场内工作人员的建议；

— 收集并保存应急状态下各阶段的有关资料和记录。

— 电厂的保卫和出入口控制；

— 协助技术支持组进行海上监测，通知核电海域内的船只远离厂区；

— 应急撤离的场内交通秩序控制；

— 厂区外失踪人员的搜寻；

— 联系获取场外治安保卫和交通控制的支持；

（四） 技术支持组（TSC）

技术支持组由技术部、系统设备部、培训部的技术人员组成。技术支持组在应急响应时的主要职责是：

— 获取和收集事故机组的机组状态参数；

— 对机组和设备系统状态进行诊断和预测，评估行动优先级，提供运行控制和应急维修的建议；

— 分析评价堆芯损伤情况，估算事故源项；

— 提供设备系统的性能参数；

— 安全壳泄漏率的估算；

— 核电厂区外环境辐射监测；

— 气象参数的获取；

— 进行化学取样分析，并提供有关机组状态诊断、堆芯损伤评价及源项估算所需的化学数据；

— 估算可能释放或已经释放的放射性物质量，并估算和评价其造成的辐射剂量后果；

— 向指挥部提供场外公众防护行动建议；

— 在应急状态终止后的恢复阶段，确定辐射污染区的大小，提出污染区通道控制、食物和水源控制、区域去污的初步行动计划和防护措施；

— 获取上级或外部技术支援组织的技术支持。

（五） 维修服务组（MSC）

维修服务组由机械部、电仪部、服务部、计划部的有关人员组成。维修服务组在

应急响应时的主要职责是：

— 制定应急维修方案，组织应急期间所需要的应急维修队伍，确保维修方案得到实施；

— 设备与系统损伤的探查、控制和检修；

— 参加工程抢险和抗灾行动，实施应急防护行动方案；

— 厂房内失踪人员的搜寻和救援；

— 实施现场去污；

— 抢险救灾。

（六） 后勤支持组（LSC）

后勤支持组主要由综合管理部、信息文档部、环通公司、信息技术中心（CIT）人员组成。后勤支持组在应急响应时的主要职责是：

— 提供后勤支持，确保应急所需的物资供应；

— 组织电厂内人员集合、清点、隐蔽、服用碘片和撤离等防护行动；

— 组织人员撤离和安置，并与场外撤离行动的支援单位联系，保证应急响应和应急撤离所需的交通运输车辆和安置场所等的支援；

— 应急通信保障；

— 收集汇总各单位（包括非电厂单位）集合清点的信息和失踪人员的名单。

相关的应急执行程序和指令单规定了各应急响应组每个应急岗位的职责和分工及不同应急状态下应采取的应急响应行动。

8.4.2 与场外应急响应组织的接口关系

根据《核电厂核事故应急管理条例》，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系，在该管理体系中，防城港核电厂应急组织与相关部门和场外应急组织机构之间的相互关系见图8.4-2。

核事故应急期间，防城港核电厂应急指挥部有责任和义务及时与国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、环境保护部（国家核安全局）、国家能源局、广西壮族自治区核事故应急委员会（广西壮族自治区核事故应急指挥部）以及中国广核集团有限公司等单位和部门的场外应急机构建立起报告联系，通报应急状态，并密切配合，协调一致地实施应急响应行动，必要时请求和获得场外支援。

1）国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）

国家核事故应急协调委员会由国务院和中国人民解放军的各有关部门的领导组成，统一协调全国的核事故应急准备和响应工作，日常管理工作由设在国防科工局的国家核事故应急办公室负责。根据国家核事故应急管理条例的规定：

防城港核电厂进入应急状态时，应急指挥部将及时向其报告事故情况，并按规定提供后续报告；

必要时防城港核电厂应急组织将向其请求援助。

2）环境保护部（国家核安全局及下属监督站）

环境保护部是对全国环境保护工作实施统一监督管理的政府部门，其下属的国家核安全局和华南核与辐射安全监督站，根据《国家核安全监督管理条例》对全国民用核设施的安全实施监督。在核事故应急情况下，防城港核电厂应急指挥部根据相关法规和要求与其核应急技术中心建立起报告联系，通报事故情况和应急信息，将事故机组参数通过专用网络（失效时，通过传真）传送至国家核安全局，并接受其监督和按法规要求采取的干预行动。

3）国家能源局

国家能源局是核电行业的主管单位，在核事故应急状态下，防城港核电厂应急指挥部应及时向国家能源局报告事故情况和应急信息。

4）广西壮族自治区核事故应急委员会（广西壮族自治区核事故应急指挥部）

广西壮族自治区核事故应急委员会统一领导和协调广西壮族自治区内的准备与响应。在核事故应急状态下，防城港核电厂应急指挥部将向自治区核事故应急指挥部办公室或应急指挥部通报事故情况和应急信息，在事故严重恶化，放射性物质可能或已经影响核电厂以外区域时，提出进入场外应急并采取场外应急防护措施的建议，必要时通过其请求地方和军队提供应急支援：

交通运输方面的支援包括派遣运输车辆协助核电厂将人员撤离到临时安置点，或经污染检测和去污后，将撤离人员从临时安置点转移至其他安置点，同时派遣警力控制核电厂应急撤离道路的交通；

治安保卫方面的支援是指在特别需要的情况下，派遣人员协助核电厂加强治安保卫，应付突发事件；

医疗急救方面的支援主要是烧伤、中毒等常规伤害的救治，包括伤员转移、院前

急救和医疗处置等；

通信保障方面的支援是指在核电厂通信系统的对外通信功能全部丧失的特殊情况下，派遣通信车支持核电厂应急组织与上级主管部门及场外应急组织恢复通信联系，实施应急通知和报告。

污染检测和洗消去污方面的支援包括由防化部队调派兵力和装备到核电现场，使用污染检测和洗消去污设施或移动洗消去污设备对撤离人员进行污染检测和必要时的清洗去污；

消防方面的支援主要是派出消防车辆和消防队员员，协助核电厂扑灭火灾。

在核事故情况下，核电厂应急组织还将与自治区专业组保持联系，相互提供气象和辐射监测的信息资料。

5）中国广核集团有限公司（CGNPC）

中国广核集团有限公司作为防城港核电厂的上级主管单位，在电厂核应急准备与响应中，结合电厂的实际需求，编制集团公司核应急支援方案。防城港核电厂在核事故应急状态下，应急指挥部向中国广核集团有限公司报告事故情况和应急信息，视需要请求集团给予防城港核电厂支持，集团公司将根据集团核应急支援方案相关要求向防城港核电厂提供支援。

6）中国人民解放军

根据国家核事故应急管理条例，应急响应期间防城港核电厂应急指挥部可通过国家核事故应急办公室，广西壮族自治区核事故应急委员会（广西壮族自治区核事故应急指挥部）请求中国人民解放军提供交通运输、治安保卫、医疗急救、洗消去污和通信保障等方面的支援。中国人民解放军将根据国家《核电厂核事故应急管理条例》之第八条参与核事故应急响应的支援行动。

8.5 应急设施和设备

应急设施与设备是核电厂进入应急状态后应急响应人员需要使用的设备、工具和停留的空间，是核电厂实现应急功能的物质基础。本章描述防城港核电厂的应急设施与设备，重点描述这些设施的功能、位置及其配备的物资、器材和技术文件。

防城港核电厂主要的应急设施有：主控制室、辅助控制室、应急指挥与行动中心、技术支持中心、运行支持中心、公众信息中心、化学实验室、环境实验室、辐射防护

与医学应急设施、应急监测与评价设施、应急网络系统、应急通信系统等。

这些设施与主体工程同时设计、同时建造、同时投入运行。

（一） 主控制室

1）功能

主控制室是核电厂正常和事故工况下实施运行控制的中心，也是应急响应期间运行控制组的工作场所，其应急响应期间的主要功能为：

— 对反应堆运行状态进行集中控制和监测，显示并提供安全参数；

— 在应急初始阶段应急指挥部启动到位之前可作为应急指挥的中心，并发出早期应急通知和警报；

— 在应急的各个阶段，对电厂实施运行控制，分析和诊断事故状态，提出应急状态分类建议，保证安全状态的重新恢复或尽可能减少事故后果。

2）概况

主控制室位于与反应堆厂房相邻的电气厂房（LX），标高+19.40m，每台机组各配有一个主控制室及其计算机房。每台机组的主控制室及计算机房面积约23×12m^2，两台机组的主控制室紧密相邻，但分属不同的防火区域。

每台机组的主控制室主要配置有：冗余配置的两个计算机化的操纵员工作站、机组长站、安全工程师站、大屏幕显示器、后备盘、紧急操作装置、火灾探测及消防盘、闭路电视、通讯设备。

两个操纵员工作站、机组长站、安全工程师站是4个冗余的计算机工作站，这4个工作站硬件、软件配备完全相同，但操作授权不同，正常情况下两个操纵员工作站可以对电厂进行监视和控制，机组长站和安全工程师站只有监视功能，没有控制功能，当操纵员工作站不可用时，可将机组长站或安全工程师站设置成操纵员工作站，若超过两台以上工作站不可用时，需将机组控制功能切换到后备盘上。

紧急操作装置位于两个操纵员工作站之间，用于紧急情况下操纵员手动停堆和手动启动专设安全设施。

大屏幕显示器用于显示核电厂重要系统与设备的状态和参数，布置在主控制室正面，方便主控制室内所有人员观察。共设四块显示屏，分别显示电厂重要参数和安全系统的状态、一回路系统流程图、二回路系统流程图、电厂其它信息。

电厂控制室仪表及控制系统采用全数字化DCS技术，采用冗余配置的微型计算机

控制级，分散风险，提高可靠性，状态监视及控制操作部分高度集中。

针对计算机控制可能失效的情况，主控制室配备了不同于计算机系统的多样化控制的后备盘。后备盘使用常规设备，采用硬接线直接与自动控制和保护层连接，采用传统的声光报警、记录仪和操作按钮来保证对核安全相关设备的运行监视和控制。

主控制室的平面布置见图8.5-1。

3）可居留性

主控制室所处的LX厂房为整体钢筋混凝土结构，抗震Ⅰ类，墙厚80-100cm，顶板厚100cm，有防飞射物和防外照射的屏蔽功能。主控制室系统的设计满足冗余性的要求和有关的安全标准，能承受安全停堆地震，防止火灾，同时具有良好的密封和通风性能，通风系统装有预过滤器和高效粒子空气过滤器，通风口串联安装有两台碘吸附器，对于分子碘过滤净化系数大于5000，对于甲基碘净化效率大于99.9%，对放射性物质具有足够的过滤能力。

完善的通风过滤设施和屏蔽设计，可确保事故期间在其中的工作人员受照剂量小于50mSv，满足相关法规对应急设施可居留性的要求。

4）应急文件、器材与防护用品

主控制室配备行政电话、安全电话、调度电话等各种电话及内外部传真机、声响警报系统、有线广播系统、无线通信系统等通信设施，准备有场内应急计划、相关执行程序、应急用表格的文本及场内外应急组织通讯录，在专设应急柜中配备热释光剂量计、个人电子剂量计、防护面罩、防护服、碘片等防护器材及手电等物品。

（二） 辅助控制室

1）功能

在主控制室因火灾等原因不可用时，可用辅助控制室代替执行紧急停堆功能，使反应堆迅速达到并维持在冷、热停堆状态。

辅助控制室装有控制装置和仪表，通过停堆盘对相关的系统进行操作，以达到：

— 排出堆芯余热；

— 控制反应堆冷却剂的压力和体积；

— 往反应堆冷却剂加入硼酸，使反应堆保持在次临界状态；

— 使必要的辅助系统保持运行。

2）概况

辅助控制室位于电气厂房（LX），标高+11.50m，与主控制室分属不同的防火区域，不同的楼层，抗震Ⅰ类。辅助控制室采用两个互相冗余的计算机化操纵员工作站，是简化的主控制室操纵员工作站。来自主控制室和辅助控制室的操作不能同时发生，互相闭锁，在辅助控制室设有开关、按钮（带灯）和信号灯，开关用于把主控制室的指令传送到辅助控制室，为防止人员擅自接触，辅助控制室的按钮上加有带锁的保护罩，一旦打开保护罩，将在控制室内发出报警。

辅助控制室所在的房间具有足够的屏蔽和密封功能，满足事故下的可居留性要求。

3）应急文件、器材与防护用品

辅助控制室配备有行政电话、安全电话、有线广播系统和声响警报系统通信设施。配备有场内应急计划和相关的执行程序、必要的事故程序文本，场内外应急组织通讯录和最新应急值班表，以及便携式辐射探测器、照明灯及消防设备等必要的器材。

（三） 应急指挥与行动中心（EM/EG）

1）功能

应急指挥与行动中心是应急响应期间指挥和协调核电厂内一切核应急响应行动的场所。

2）概况

应急指挥与行动中心位于进厂道路北侧，1#反应堆N方位约1026m处。EM为一栋二层建筑物，建筑高度11.1m，总建筑面积为1554.98m^2。应急指挥与行动中心采用分区设置，一层为设备区域，二层为人员办公区域，首层主要配备该建筑物的功能支持设施设备和系统，包括通风空调系统、供水设备间、柴油发电机间、电气间、通讯间、通信蓄电池室、通信配电室、不间断电源设备间等，另外，测量与去污间及相应卫生通道、应急样品测量分析间也设在一层。应急指挥部、技术支持组、后勤保卫组、安全防护组和应急行动中心位于第二层，通信控制台及食品饮用水贮存间也设在二层。

EM/EG周边辅助生活区场坪标高9.0m，EM/EG室外标高9.5m，室内标高为9.95m，厂址DBF水位8.61m，考虑一定的安全裕量，主厂区标高为9.5m。计算表明，在DBF水位叠加千年一遇降雨的情况，EM/EG不会遭遇水淹危害，具备足够的防洪能力。

应急指挥与行动中心平面图见图8.5-2。

应急指挥与行动中心墙壁及屋顶厚300mm，建筑物具备足够的γ射线屏蔽功能，配备通风系统、制冷系统，通风系统设置高效过滤装置和碘吸附过滤装置，可确保即使

在严重事故情况下也可对楼内应急响应工作人员提供长时间的防护，在设定的30天的持续应急响应期间所受辐射剂量不会超过50mSv的限值，可居留性满足要求。应急指挥与行动中心采用隔震技术，结构类型为钢筋混凝土剪力墙结构，主体结构具有足够的抗震能力，满足SL-2地震条件下的可用性。

卫生出入口配备有表面污染监测仪，对进入中心的人员、设备、物资等进行污染检查。配备有可对污染人员进行淋浴式去污、头部去污和体表局部去污的设施设备以及干净的衣物，还配备有碘片、个人剂量监测仪表以及防护面罩等个人防护用品。

独立的应急柴油发电机和蓄电池组可确保外电源丧失后应急指挥与行动中心内重要应急设备和求生安全设备的电源供电。蓄电池组主要为应急指挥网络系统提供不间断供电，持续供电时间约1h。应急柴油发电机主要为应急指挥网络系统以及通风空调系统提供应急供电。应急柴油发电机备有室内油罐及地下油库，地下油库和室内油罐储存的油可供应急柴油发电机运行180h，并考虑燃油补给。

UPS系统及应急配电柜采用核岛抗震设备。同时柴油发电机组增加减震底座，应急配电柜设有抗震的移动电源接口，地震中如果柴油机损坏，可以接入移动柴油机。在福岛事故后改进行动中，整个厂址增加了一台400kW的移动柴油发电机组。

应急指挥与行动中心设有厨房、休息室、食品和饮用水贮存间和必备的生活设施，贮存有足够的生活用水和食品，可供100人生活7天。

3）通信和计算机系统

应急指挥与行动中心配置了无线通信系统、有线广播和声响警报系统的操作台，作为核电厂应急响应指挥、管理和协调的中枢，应急指挥与行动中心无线通信控制、广播和警报操作都具有最优先的级别。

应急指挥与行动中心配置有可获取各机组重要实时参数、厂区内重要部位的辐射监测数据、实时气象信息、环境辐射监测数据及其他各种应急信息的应急指挥网络。

应急数据信息经过处理形成特定的数据组、表或图的形式，供应急指挥部、各应急响应小组和场外相关应急管理部门调用和查询。网络终端用户可根据授权访问以了解电厂应急的实时状况。同时这些数据在应急期间均可实时传送国家核安全局等场外应急组织。

应急指挥与行动中心配备有各种功能的通信设施设备。这些设施设备都留有接口，以便与上级主管部门、国家和场外应急组织实时传送和交流信息。

4）应急文件、器材与防护用品

应急指挥与行动中心内各应急响应功能组所配备的电话、传真机、视频会议系统、应急指挥网络系统、场内、外应急计划、最终安全分析报告、环境影响报告、应急值班表、核安全相关系统流程图、事故处理规程、技术规范书、个人剂量计、碘片等。

（四） 技术支持中心

1）功能

应急响应期间技术支持组在技术支持中心启动和实施响应行动，进行机组状态诊断、预测和评价、辐射后果评价，组织实施应急环境监测，并向应急指挥部提供运行维修和防护行动建议。

应急响应期间厂内外技术支援专家在此活动。

2）概况

技术支持中心在应急指挥与行动中心二层，建筑面积84m^2。在技术支持中心配备机组状态诊断与预测系统、辐射后果评价系统，并可方便访问厂区气象和辐射监测系统（KRS）。

技术支持中心可与中国广核集团有限公司应急技术支持中心及其他场外技术支持机构联络，获取场外应急技术支持。

3）应急文件、器材与防护用品

技术支持中心内配备机组状态诊断系统终端、事故后果评价系统终端、电话、传真机、个人剂量计、碘片、场内应急计划、最终安全分析报告、环境影响报告、应急值班表、核安全相关系统流程图、事故处理规程、技术规范书等。

（五） 运行支持中心

1）功能

运行支持中心提供维修服务组人员实施应急行动活动的场所，应急响应期间维修服务组在此启动，各专业维修队在此待命和进行应急维修的准备。

2）概况

运行支持中心在冷机修车间（AA）110房间，当运行支持中心现场待命点不可居留时，维修服务组人员撤到应急指挥与行动中心待命，地点在应急指挥与行动中心二层，具有足够的可居留性，包括运行支持中心指挥部、两个应急行动中心，总面积145.5m^2。

运行支持中心共用应急指挥与行动中心内的发电机和蓄电池组等后备电源和卫生出入口、监测与去污设施及食品和饮用水。

3）应急文件、器材与防护用品

根据维修服务组应急响应行动的需要，在AA110房间和应急指挥与行动中心内配备有电话、传真机、场内应急计划、最终安全分析报告、环境影响报告、应急值班表、核安全相关系统流程图、事故处理规程、个人剂量计、碘片、碘面罩、手套、维修专用工具、便携式仪器仪表等。

（六） 公众信息中心

防城港核电厂设有公众信息中心，公众信息中心与应急指挥与行动中心有电话、传真和网络联系，具备接待公众和新闻媒体的来访条件，可在此收集公众对有关应急的舆论和反映，发布有关核电厂应急的信息。

公众信息中心在日常情况下作为公众了解核电的窗口，向公众提供有关核电厂和核安全的资料和信息，并接待公众来访和参观，进行沟通和交流。

（七） 医学应急设施

核电厂职业医疗中心设立在生产办公楼（BX），是应急状态下进行伤员现场救护和体表污染洗消的场所，以及实施或者协调医疗急救的工作人员的工作场所。

职业医疗中心设有生物取样间、人员去污间和样品测量室，配备有必要的急救和去污洗消设备。

当职业医疗中心不可居留时，医护人员转移到EM楼。

核电厂配置专用救护车，内设的供氧仪、心电监护仪、人口呼吸机、120急救通信设备等由职业医疗中心医护人员管理，保证紧急状态下救护车和内置设备的可用性。

（八） 安全防护中心和现场辐射防护值班室

安全防护中心是安全防护组在应急状态下的工作场所，位于EM楼内二层，安全防护组在此组织和指挥核电厂内辐射监测、应急照射控制、安全防护支持、消防行动协调、医学应急等应急响应行动。

现场辐射防护值班室设在各机组电气厂房LX-215房间，在相邻的热更衣间设有C1和C2门，专门对出辐射控制区的人员服装及体表进行监测，其中C1门测量工作服的γ剂量率，C2门测量人体表面β污染。LX-217是人体去污间，对体表污染者进行初步的洗消去污。

辐射防护值班室具有足够的辐射屏蔽能力，在设计基准事故条件下具备可居留性，在严重事故情况下辐射防护人员可转移到EM楼内的安全防护中心。

（九） 集合清点系统

防城港核电厂拟设八个应急集合点，如图8.5-3所示，分别为：

UA门以内（厂区和厂前区）六个：冷更衣间、1#MX汽机大厅、AF厂房、AC厂房大厅、SA餐厅、BX楼。

UA门以外（生活区）两个：培训中心、生活区食堂。

各处集合点均设置在具有隐蔽条件的室内，具备抵御恶劣天气的能力。

每一个应急集合点配备如下设备：

— 每个集合点配备2个读卡器，且安装位置要有一定的距离，距离按实际情况考虑，有两个入口时分别安装在两个入口，要确保人多情况下不至于集合清点秩序混乱和发生拥挤；

— 读卡器带有语音提醒功能，刷卡是否成功有语音提示，未刷上时 语音提示重刷，已刷上时提示成功且再刷无效；

— 应急集合点处设电话和网线端口；

— 应急集合点处设应急物品柜，应急物品柜内配备碘片、辐射测量仪表、手持扩音器、手电、标识马甲、指令单、专用表格及文具等物品；

— 应急集合点建筑物外部每一入口处设置醒目的指示标牌，使前来集合的人员能够按标牌指示迅速到达集合点。

集合清点数据必须能够实时传输到应急指挥与行动中心，能进行集合清点情况的分析判断，结果能够打印输出。通过集合清点数据处理，应急指挥部能够及时了解：

— 应集合人数

— 已集合人数

— 失踪人数

— 失踪人员信息

— 失踪人员可能的区域

（十） 撤离道路

防城港核电厂有两条应急撤离道路，如图8.5-4所示。

第一条撤离道路（进厂公路，正西方向）：应急车辆可通过进厂公路-沙企公路-

北部湾大道到达距电厂约30km的防城港市港口区，其中进厂公路设计行车速度为80km/h，规划年平均日交通量15000~30000辆/天，按照一级平原微丘标准进行设计，全长约9.5km。

第二条撤离道路（应急公路）：应急车辆可通过应急公路-沙企公路-北部湾大道到达距电厂约30km的防城港市港口区，应急公路起点位于防城港核电厂西南侧大门，经老虎港、栏冲、山口，终于光坡镇星光派出所附近，终点桩号为K7+318.235处，道路标准为三级路，全长约10.38km，路线总体走向呈东西走向。

撤离人员经两条应急撤离道路后撤至防城港市内的核电生活基地。

场外洗消去污点作为场区应急及以上应急状态下场内撤离人员的临时停留和中转地点，是对进出电厂的应急人员和应急车辆实施交通控制，进行污染监测和必要时洗消去污的场地。

（十一） 应急监测与评价设施

1）厂区实验室（AL）

厂区实验室在应急响应期间的主要功能是对反应堆冷却剂系统、二回路以及流出物进行放射性取样分析。

厂区实验室具备应急通信的功能，但在严重事故情况下不具备可居留性，此时化学取样分析人员转移到EM楼内的技术支持中心，依靠KRT系统对流出物进行在线监测。

厂区实验室为防城港核电厂提供检测服务，由三个主要活动区域组成，即：

— 水化学实验室用于监测核电厂在调试、运行及维修过程中一、二回路和辅助系统的液体和气体样品的化学组成及放射性参数，以判断各系统可能产生的腐蚀和泄漏并及时采取有效措施来保证系统的正常运行。水化学实验室包括冷实验室(201)、功能间(202)、配置间(203)、离子色谱间(204)、放化γ测量间(205)、放化α/β测量间(206)、放化制备间(207)、原子吸收间(208)、热制备间(209)、腐蚀实验室(210)和等离子体间(211)。

— 放射性流出物实验室用于监测核电厂废水和废气排放系统的样品，以确定被排放液体和气体的放射性水平，保证环境不受污染。放射性流出物实验室包括热准备室(215)、冷准备室(216)和流出物测量间(217)。

— 油分析实验室用于检测核电厂各种油样的品质和运行中油质的变化，确保相关

系统运行的安全性。油分析实验室包括301、302、303房间。

2）核岛热实验室（L213）

L213位于核辅助厂房内0米L区，与NA293、NA298、NA299相邻。功能上主要用于测量分析核电厂核取样系统（REN）液体样品中的硼浓度、溶解氧、溶解氢、Ph值、电导率、总γ放射性活度等；测量分析气体样品中氢、氧浓度等。

在机组和各系统正常运行时向相关系统运行操作人员提供准确、可靠的测量数据，确保核电厂设备正常运行。在机组或系统异常时，为判断事故原因提供依据。

在LOCA事故工况下，可以对安全壳地坑取样分析，用以评价堆芯损伤程度和对环境的影响。LOCA事故24小时后，通过对安全壳内大气进行取样分析，防止其氢气浓度超出限制而引起爆炸。

3）环境实验室（EC）

环境实验室位于厂外行政管理及辅助设施区，距离1#核岛NNW-N方位约1.0km处，与应急指挥与行动中心位置相邻。

环境实验室在正常情况下用于分析和测量放射性很低的环境样品（气溶胶、海水、雨水、地表水、土壤、食物链和TLD样品等），在应急状态下对空气、土壤、水和其他样品中的放射性浓度进行取样分析。环境实验室配备环境监测车，环境监测车内除了配备基本的监测仪器设备外，还配备有通讯设备和基本的辐射防护用品。通常在事故早期，启动环境监测车快速对厂址周围10km范围内的环境γ剂量率和气溶胶进行监测和取样分析。在事故的中后期，重点是对水源和食物污染程度的监测，并在环境实验室进行更为精确的分析测量。

环境实验室配备的主要设备有：

— 低本底流气式α/β测量仪；
— 分光光度计；
— 低本底液体闪烁测量仪；
— 热释光剂量仪；
— γ能谱分析仪；
— 环境监测车（内设有卫星定位仪、无线通信传输装置、便携式γ能谱分析仪、γ剂量率测量仪及取样设备等）。

当核电厂发生严重事故导致环境实验室不可用（环境实验室不可居留）时，将采

用烟羽应急计划区外的后备环境监测手段，保证有效实施应急监测。

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、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，减少了防城港核电厂建设和运行对环境和公众的影响。

目前防城港核电厂一期工程一、二号机组处于即将首次装料阶段，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一期工程一、二号机组的意见和建议。

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、政协代表、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、福岛事故，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。会议从下午 3 点 30 分准时开始，历时 150 分钟。

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：防城港核电厂选址是经过科学论证的；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；对核电厂建设的意见和建议。

会议由防城港市政府代表主持，首先由广西防城港核电有限公司与会代表介绍广西防城港核电有限公司概况、项目进展情况等，然后听取了环境影响报告书编制单位对环评报告特别是其中公众尤为关注的问题进行的仔细讲解，并与公众代表们进行了充分讨论和交流，有针对性的解释、答复了与会代表所提出和关注的问题。

9.2.4 公众参与信息公告

在防城港核电厂选址阶段环境影响评价过程中，广西防城港核电有限公司于 2008 年 11 月在防城港市政府网站和防城港日报上发布了防城港核电厂一期工程选址阶段环境影响评价的第一号和第二号公众参与信息公告。

在防城港核电厂设计阶段环境影响评价过程中，广西防城港核电有限公司分别于 2009 年 6 月和 2009 年 8 月在网站上发布了防城港核电厂一期工程一、二号机组（设计阶段）环境影响评价的第一号和第二号公众参与信息公告。2010 年 1 月 14 日，广西防城港核电有限公司分别在防城港市政府网站和防城港日报上再次发布防城港核电厂一期工程一、二号机组（设计阶段）的环评公告。

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，对相关人员进行了经济补偿，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扰，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

防城港核电厂一期工程一、二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，2013 年 7 月在防城港核电有限公司网站（http://www.fcgnp.com.cn）、防城港市政府网站（http://www.fcgs.gov.cn）和防城港日报上公告了“防城港核电厂一期工程一、二号机组运行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），防城港核电厂一期工程一、二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。2014 年 5 月在防城港核电有限公司网站（http://www.fcgnp.com.cn）、防城港市政府网站（http://www.fcgs.gov.cn）和防城港日报上公告了“防城港核电厂一期工程一、二号机组运行阶段环境影响评价二号信息公告”，主要内容为：本期工程概况，核电厂建设期间对环境造成的影响，预防或者减轻不良环境影响的对策和措施的要点，环境影响报告书提出的环境影响评价结论的要点，公众查阅环境影响报告书或索取补充信息的方式和期限，征求公众意见的主要事项，公众提出意见的主要方式和起止时间等。

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。附录 E 给出了这两次公众参与信息公告

的内容。

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调查表的样表。调查表共发放问卷 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：

— 90%以上的公众听说过或熟悉防城港核电厂一期工程的建设。说明广西防城港核电有限公司在项目宣传上已做了大量的工作，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 21.8%的公众认为防城港核电厂一期工程的建设对其心理存在一定的影响，但也有 30.1%的公众认为防城港核电厂一期工程的建设对其没有影响。47.2%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。

— 37.2%的公众认为防城港核电厂一期工程的建设对于当地社会经济有很大的

推动作用，38.1%的公众认为防城港核电厂一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，当地政府和多数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%的公众认为核电厂的主要影响为放射性污染，36.9%的公众则对核电厂可能造成的海水污染表示关注。同时，62.7%以上的公众认为核电厂对本地区的工农业生产有影响，其中 6.5%的公众认为有严重影响。11.7%的公众认为核电将会对海洋生态环境造成严重的影响， 27.6%的受调查公众认为核电可能对当地海洋生态环境造成影响。同时，26.6%的受调查公众认为防城港核电厂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 30.5%的公众认为主要在于空气粉尘。

— 23.5%的公众对征地补偿及其它相关政策不满意，电厂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一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一期工程的建设利弊相当。76.9%的公众对于防城港核电厂一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 5.6%。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助政策不满意；

— 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、人大和政协代表、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；对核电厂建设的意见和建议。

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，然后听取了环境影响报告书编制单位对环评报告特别是其中公众尤为关注的问题进行的仔细讲解，并与公众代表们进行了充分讨论和交流，有针对性的解释、答复了与会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代表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；

— 与会代表发言，就防城港核电厂建设的必要性，核电厂环境影响及工程污染防止措施、环境影响评价主要结论、核电厂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。

在防城港核电厂一期工程运行阶段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厂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厂的建设，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厂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，与会专家与核电厂相关代表用大量的图片、数据和例子向代表们讲解了核电厂工作原理、辐射防护措施以及可能受到的辐射水平、核电厂应急响应和准备工作，消除了代表们对核电厂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厂应急响应和准备的了解；

（2） 参加座谈会的有养殖户及渔民代表，很关注核电厂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厂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。通过展示核电厂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，公众一般支持防城港核电厂一期工程一、二号机组的建设，认为核电工程的建设对推动当地经济的发展有利。但与此同时，广西防城港核电有限公司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，使核电厂成为环境友好型企业，努力为因电厂建设经济受到影响的群众提供帮助。

表 9.3-1（1/2）　防城港核电厂环境影响评价公众参与调查表

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 □　听说过 □　熟悉 □		您对二期工程的了解程度： 不知道 □　听说过 □　熟悉 □	
您对核电的了解程度： 不知道 □　听说过 □　熟悉 □			
您认为厂址附近海水水质状况： 优 □　良好 □　一般 □　差 □　不知道 □			
您认为当地环境的主要污染是： 大气 □　水体 □　噪声 □　辐射 □　生态 □　不知道 □　其它 ___			
您认为一期工程对您的影响是： 征地 □　拆房 □　征水域 □　经济 □　心理 □　无影响 □　其它 ___			
您认为二期工程对您的影响是： 经济 □　心理 □　无影响 □　其它 ___			
您认为一期工程对环境影响的主要是： 放射性 □　大气 □　水 □　噪声 □　其它 _____			
您认为二期工程对环境影响的主要是： 放射性 □　大气 □　水 □　噪声 □　其它 _____			
您认为一期工程对本地区的工农业生产影响： 严重 □　一般 □　轻微 □　没有 □　不知道 □			
您认为二期工程对本地区的工农业生产影响： 严重 □　一般 □　轻微 □　没有 □　不知道 □			
您认为一期工程对当地渔业生产的影响： 严重 □　一般 □　轻微 □　没有 □　不知道 □			
您认为二期工程对当地渔业生产的影响： 严重 □　一般 □　轻微 □　没有 □　不知道 □			
您认为一期工程对本地区海洋生态环境的影响： 严重 □　一般 □　轻微 □　没有 □　不知道 □			
您认为二期工程对本地区海洋生态环境的影响： 严重 □　一般 □　轻微 □　没有 □　不知道 □			
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 □ 空气粉尘 □ 交通不便 □　水质 □　不知道 □　其它 _____			
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 □ 空气粉尘 □ 交通不便 □　水质 □　不知道 □　其它 _____			
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 □　满意 □ 基本满意 □　不满意 □			

表 9.3-1（2/2） 防城港核电厂环境影响评价公众参与调查表

您认为一期工程对本地区经济社会发展产生的效益： 很大 □ 一般 □ 轻微 □ 不知道 □ 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 □ 一般 □ 轻微 □ 不知道 □ 其它 _____
您认为一期工程的总体效应是： 利大于弊 □ 利弊相当 □ 弊大于利 □ 无好处 □ 不知道 □
您认为二期工程的总体效应是： 利大于弊 □ 利弊相当 □ 弊大于利 □ 无好处 □ 不知道 □
您对一期工程的态度是： 积极支持 □ 有条件支持 □ 反对 □ 不关心 □ （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 □ 有条件支持 □ 反对 □ 不关心 □ （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 □ 会不会发生事故 □ 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 □ 会不会发生事故 □ 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。
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。



4 防城港日报 FANG CHENG GANG RI BAO 电话2825278 传真2823889 专题·广告 责任编辑 罗丽繁 2013年7月9日 星期二 E-mail:fcgribaga@126.com

圆梦大学的摇篮

——防城港市高级中学发展成果

市庆20周年

一、学校发展主要成绩

广西优质示范高中——防城港市高级中学，创办于2000年6月，坐落在风景秀丽的港口区政府所在地渔沥坪，办学之初，条件简陋，道路难通，当初仅有208名高中生，4个教学班，18名高中教师。经历了13年的努力发展，学校在艰难中崛起，目前校园占地227亩，现有学生3229人，教学班54个，教职工271人，其中特级教师2人，高级教师52人(含市高级教师人数最多的高中)。

学校坚持"人的现代化教育"办学理念，以"让每一位学生在原有的基础上获得最优发展"为育人目标，课堂教学施行"导学法"，德育工作推行"导师制"。学校注重营造具有开放性与包容性的海洋文化特色的育人环境。建校时间虽短，在上级领导、社会各界的大力支持和师生的共同努力下，学校实施素质教育，坚持"文、艺、体"三轮并进原则，大幅度提高学生综合素质，学生学习进步幅度最大，效果最佳，成功率全市最高，被誉2005—2012年高考质量第一名，"教育增长值"明显体现。

学校一路高歌，取得累累硕果，近年先后荣获"国家级重点课题科研单位"、"全国全民健身先进单位"、"全国和谐校园先进学校"、"广西卫生优秀学校"、"广西校园文化建设先进学校"、"广西德育工作先进集体"、"广西基础教育科研基地"、"高中新课改综合实践课样本学校"等国家级、省部级荣誉，是防城港市中小学校规范管理十佳学校。

目前，学校正努力打造五大校园(平安校园、数字校园、绿色校园、和谐校园、人文校园)，以创建"广西知名、个性鲜明的现代化海港示范性高级中学"为奋斗目标，团结奋进，努力开拓，不断超越！

二、一流的师资队伍

学校拥有一支经验丰富、乐于奉献的高素质教师队伍，现有专任教师221人，其中有硕士研究生30人，国家级骨干教师3人，特级教师2人，全国"五一劳动奖章"获得者1人，广西百名名师1人，广西A类园丁工程骨干教师5人，广西B类园丁工程骨干教师9人，广西优秀教师和先进个人10人，广西二等功1人，市科技拔尖人才3人，市学科带头人7人，高级教师52人，中级以上的教师156人。

三、健康向上的校园文化

建校以来，学校着力打造"五大校园"，不断优化校风、教风和学风建设，形成了师生团结友爱、教师乐教、学生乐学的和谐文化。

四、卓有成效的教研工作

学校坚持实施"科研兴校"、"科研强校"战略，积极开展旨在提高办学质量的教科研活动。已完成的国家级课题2个，省级课题5个。正在进行的国家级课题2个，区级课题6个，北京的教研工作有力促进办学质量的提高，取得显著成效，获广西基础教育科研基地称号。

五、丰富的社团活动

为了让学生充分挖掘潜力，培养兴趣，展示特长，提高综合素质，学校开设有计算机协会、心理健康工作坊、关爱老年人志愿服务团、"最钟木"美文鉴赏协会、校广播站、体育协会、勤俭爱心社、多媒体影视管理小组等21个学生社团。

六、设备有力的助学保障

为确保家庭困难学生顺利完成学业，市财政每年拨出专项资金资助贫困在校生，此外学校特设学生荣取优惠政策，核电公司等大型企业和社会团体积极爱心。每学年捐资助学资金近165万，受助学生可达2000人次，每位受助学生每学期500—2000元。

七、一流的硬件设施，宜人的校园环境

学校硬件设施全市一流。教室宽敞明亮且安装有多媒体教学设备；电脑室、实验室、画室、音乐室、舞蹈练功房等设施，功能齐全，先进气派；图书馆藏书达22万册；塑胶运动场，达国家级标准，全市一流；学生公寓楼安装有热水系统，安全方便，学生食堂是全市唯一的A级食堂，价廉物美，安全卫生。

校园静谧幽雅，鸟语花香，绿树成荫。花草、校道、书籍成趣：教学楼、综合楼、错落有致；男生公寓楼、女生公寓楼依山傍林；璀璀广场，海韵广场充满着浓厚的海洋文化氛围；标准而大气的运动场洋溢着欢乐与活力。校园周边无噪音等干扰因素，清爽怡乎良好，空气清新。

八、全市最强的打造能力

坚持面向全体学生、因材施教，让每个学生都得到最优发展，帮助学生整体提高，进步幅度大，成功率高是我校最大的办学亮点之一。学校因此连获2005—2012年高考质量连续八年第一名。2013年高考质量再创历史新高，居住效果显著，部分考600分以上考生今年高考全部上重点大学校，其中荣宇欣同学以638分夺取我北部2013年高考文科状元。各校次上线人数全市均领先大。本科上线人数达到671人，本科上线率达65.3%，体艺生成才率高，创高考品牌。今年高考体育考生12人，上本科线11人；艺术考生46人，上本科线38人。

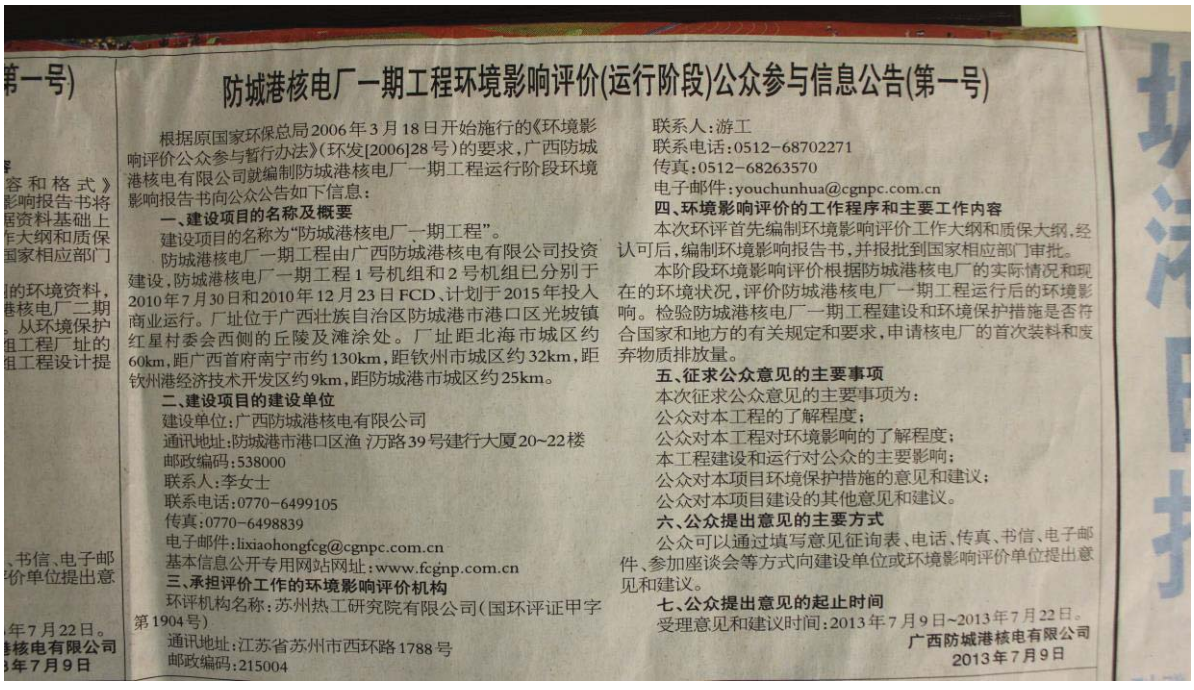
2012年防城港市高考第一名

广西百名名师、特级教师陈茂老师与学生在探讨学习问题

范航清博士指导学生开展红树林生态研究社团活动

我校黄良方同学设计的《立体车库》获广西青少年科技创新大赛一等奖，并代表广西参加全国比赛

学生实验课



第一号)

容和格式》影响报告书将据资料基础上作大纲和质保国家相应部门

的环境资料，港核电厂二期从环境保护组工程厂址的组工程设计提

、书信、电子邮价单位提出意

年7月22日。港核电有限公司年7月9日

防城港核电厂一期工程环境影响评价(运行阶段)公众参与信息公告(第一号)

根据原国家环保总局2006年3月18日开始施行的《环境影响评价公众参与暂行办法》(环发[2006]28号)的要求，广西防城港核电有限公司就编制防城港核电厂一期工程运行阶段环境影响报告书向公众公告如下信息：

一、建设项目的名称及概要

建设项目的名称为"防城港核电厂一期工程"。

防城港核电厂一期工程由广西防城港核电有限公司投资建设，防城港核电厂一期工程1号机组和2号机组已分别于2010年7月30日和2010年12月23日FCD、计划于2015年投入商业运行。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，距钦州港经济技术开发区约9km，距防城港市城区约25km。

二、建设项目的建设单位

建设单位：广西防城港核电有限公司
通讯地址：防城港市港口区渔 汀路39号建行大厦20~22楼
邮政编码：538000
联系人：李女士
联系电话：0770-6499105
传真：0770-6498839
电子邮件：lixiaohongfcg@cgnpc.com.cn
基本信息公开专用网站网址：www.fcgnp.com.cn

三、承担评价工作的环境影响评价机构

环评机构名称：苏州热工研究院有限公司(国环评证甲字第1904号)
通讯地址：江苏省苏州市西环路1788号
邮政编码：215004
联系人：游工
联系电话：0512-68702271
传真：0512-68263570
电子邮件：youchunhua@cgnpc.com.cn

四、环境影响评价的工作程序和主要工作内容

本次环评首先编制环境影响评价工作大纲和质保大纲，经认可后，编制环境影响报告书，并报批到国家相应部门审批。

本阶段环境影响评价根据防城港核电厂的实际情况和现在的环境状况，评价防城港核电厂一期工程运行后的环境影响。检验防城港核电厂一期工程建设和环境保护措施是否符合国家和地方的有关规定和要求，申请核电厂的首次装料和废弃物质排放量。

五、征求公众意见的主要事项

本次征求公众意见的主要事项为：
公众对本工程的了解程度；
公众对本工程对环境影响的了解程度；
本工程建设和运行对公众的主要影响；
公众对本项目环境保护措施的意见和建议；
公众对本项目建设的其他意见和建议。

六、公众提出意见的主要方式

公众可以通过填写意见征询表、电话、传真、书信、电子邮件、参加座谈会等方式向建设单位或环境影响评价单位提出意见和建议。

七、公众提出意见的起止时间

受理意见和建议时间：2013年7月9日~2013年7月22日。

广西防城港核电有限公司
2013年7月9日

防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
核电环境信息公示（第一次）		
图 9.3-1（1/2）	版次：	A





防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
核电环境信息公示（第一次）		
图 9.3-1（2/2）	版次：	A



4 防城港日报 电话 2825278 传真 2823889 广 告 责任编辑 罗丽繁 2014年5月6日 星期二

东兴市民政局社会组织单位年检合格公告

东兴市民政局社会组织单位年检合格公告

东兴市民政局社会组织单位年检合格公告

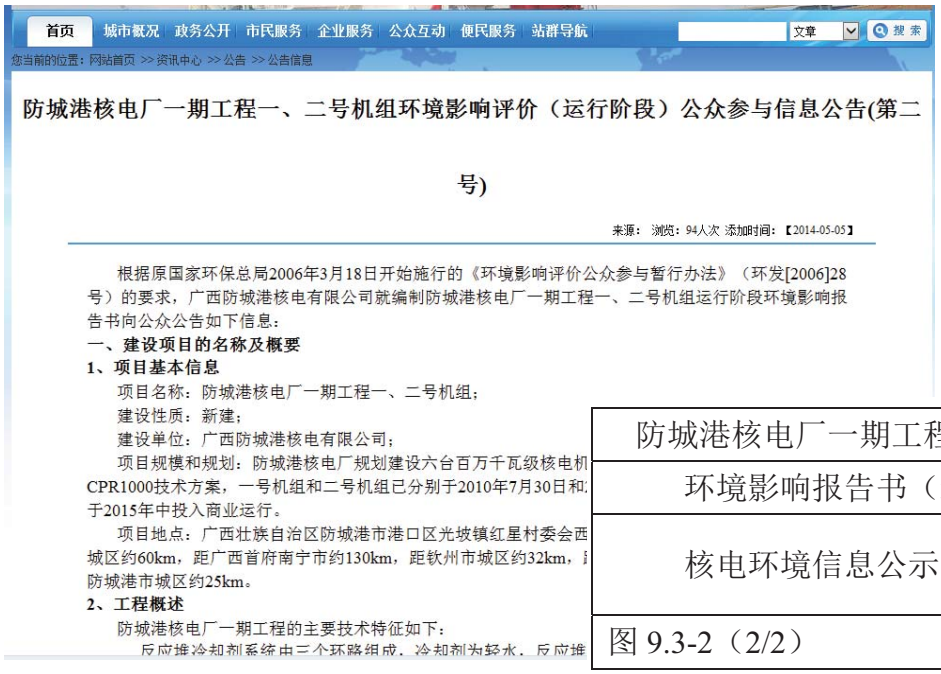
东兴市民政局社会组织单位年检合格公告

公 告

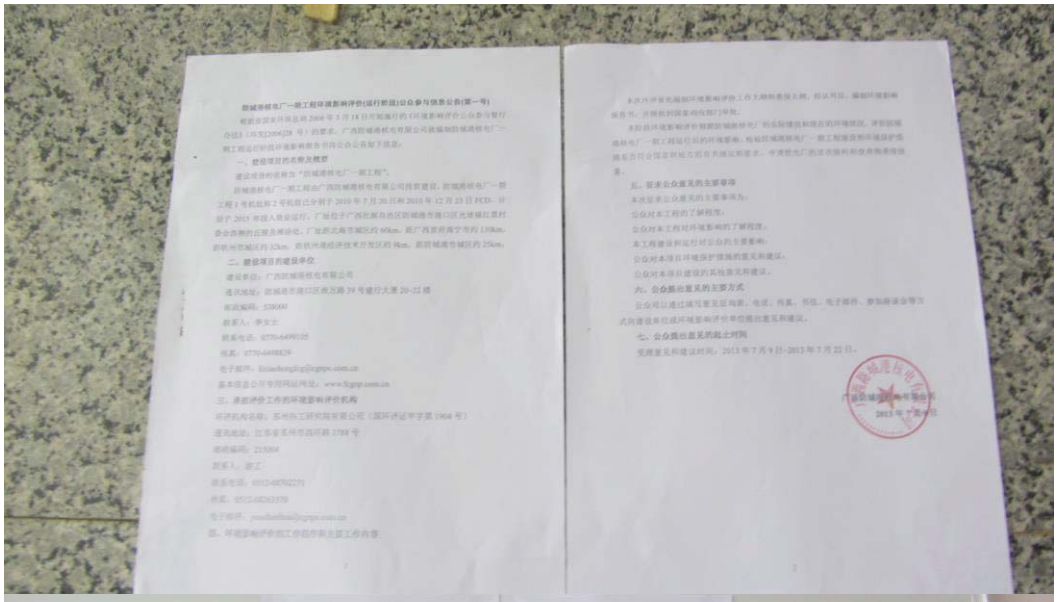
防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响评价（运行阶段）公众参与信息公告（第二号）

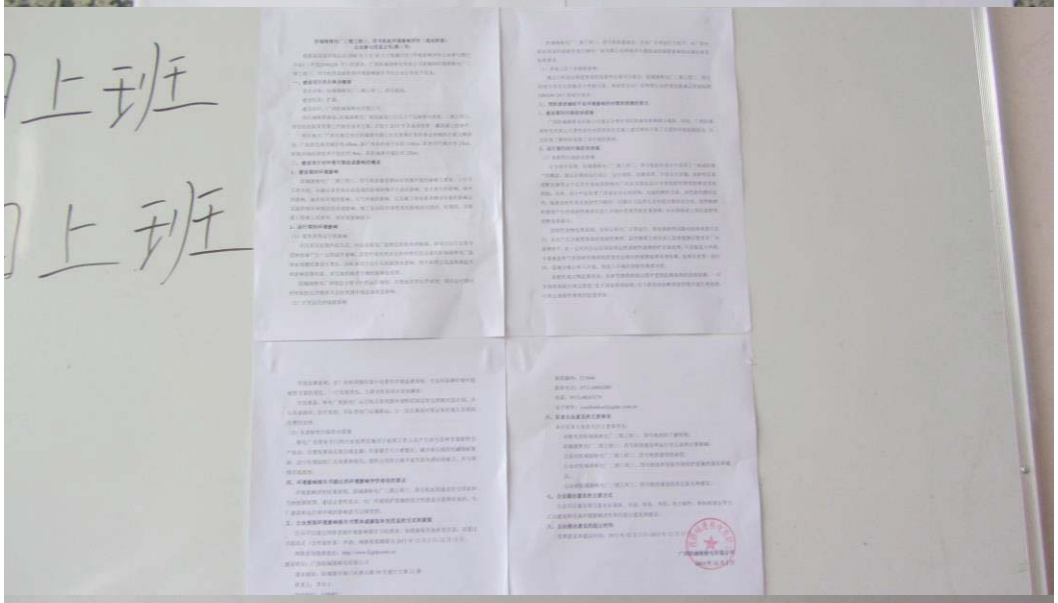
千圣牛交广告 边防

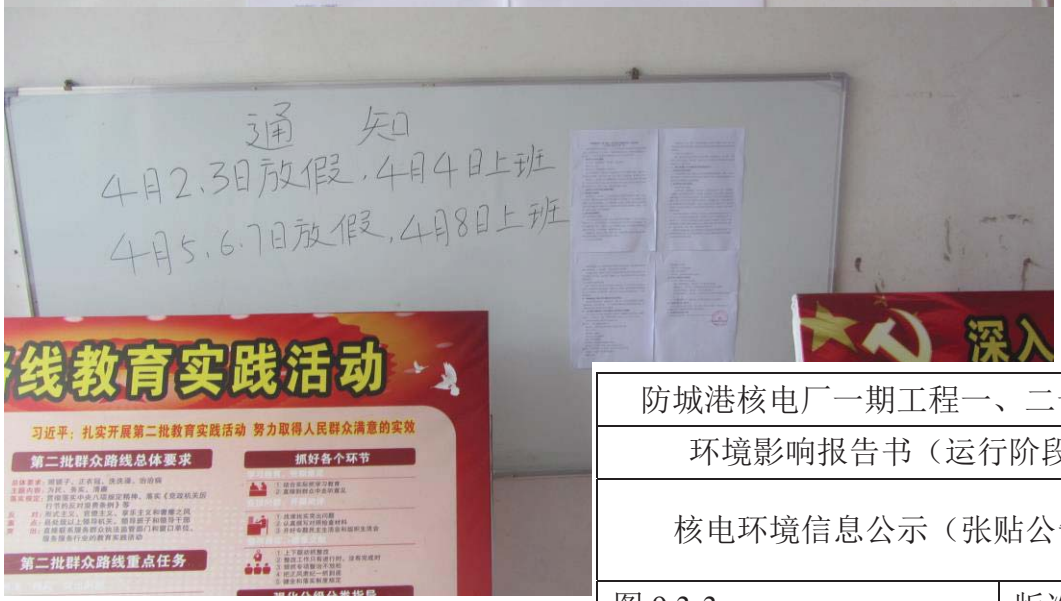




防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
核电环境信息公示（第二次）		
图 9.3-2（2/2）	版次：	A







防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
核电环境信息公示（张贴公告）		
图 9.3-3	版次：	A



防城港核电厂一期工程一、二号机组		
环境影响报告书（运行阶段）		
公众参与座谈会		
图 9.3-4	版次：	A

第十章　结论和建议

10.1　概述

10.2　厂址环境特征

10.3　电厂废物处理设施的性能

10.4　电厂施工建设对环境的影响

10.5　电厂运行的辐射环境影响

10.6　电厂运行的非放射性环境影响

10.7　流出物监测与环境监测

10.8　应急计划与准备

10.9　公众参与

10.10　结论

10.11　建议

10.1 概述

防城港核电厂由广西防城港核电有限公司投资建设，同时由其负责电厂建成后的运营和管理。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。

防城港核电厂一期工程一、二号机组采用中国广核集团有限公司拥有自主知识产权的CPR1000百万千瓦级压水堆核电技术，以岭澳核电站三、四号机组为参考电站，并充分吸取了参考电站的运行经验反馈，以及岭澳核电站三、四号机组设计中确定的改进项。

2010年4月20日，国家环境保护部以环审[2010]118号文件对《广西防城港核电厂一、二号机组环境影响报告书（设计阶段）》进行了批复；随后，国家核安全局批准颁发了防城港核电厂一、二号机组的建造许可证。按照工程进度计划，防城港核电厂一、二号机组分别计划于2015年6月30日和2016年2月28日建成投产。

本报告书为防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响报告书（运行阶段），作为广西防城港核电有限公司申请一期工程一、二号机组首次装料批准书和运行许可证的执照申请文件之一，报告书依据防城港核电厂一期工程一、二号机组最终安全分析报告、系统设计文件以及相关专题研究成果，对防城港核电厂一期工程一、二号机组的环境影响进行分析和评价。分析防城港核电厂一期工程一、二号两台机组正常运行以及事故工况下对厂址周围环境和公众造成的潜在影响，确定防城港核电厂废物处理系统设计性能的有效性以及工程安全设施设计性能的可靠性。通过对电厂各类放射性流出物申请值进行分析，确定排放量申请值的合理性以及对环境影响的可接受性，并对电厂的应急准备和响应措施，以及电厂流出物监测和环境监测进行分析，最终确定防城港核电厂一期工程一、二号机组具备了反应堆首次装料的条件。

10.2 厂址环境特征

（1） 地理位置

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。地理坐标为108°33′42″E，21°40′02″N。

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 22km。

（2） 人口分布

截止至 2012 年底防城港核电厂址半径 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/km^2，高于广西壮族自治区同期平均人口密度 198 人/km^2。

防城港核电厂址 1 号反应堆半径 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 54 个居民点，截至 2012 年年底共有人口 7273 人。离厂址最近的居民点为厂址 N 方位 1.3km 处的牛角冲自然村，共有人口 108 人。

（3） 工业企业

防城港核电厂厂址半径 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。钦州港经济技术开发区离厂址最近（6~15km），是钦州港临海工业区和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。

（4） 交通

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。

厂址对外交通设置了两条道路，施工进场公路和应急公路，进场公路自核电厂由东向西与沙谭江至企沙一级公路向连接。应急公路在红沙村到光坡镇的乡村公路基础上改扩建而来。目前，进场道路已完工开通，应急公路仍在扩建施工，但也可通行。

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。

离厂址最近的航道为钦州港东、西航道，西航道为万吨级航道，东航道为 10 万吨级航道和 30 万吨级进港主航道。

（5） 陆域资源和海域环境

防城港核电厂厂址附近的粮食作物主要是水稻，其次是薯类和玉米，厂址区域及附近无珍稀野生动植物资源。

防城港核电厂厂址位于钦州湾，海域生态环境良好，周围海域滩涂养殖比较发达，养殖品种主要有文蛤、大耗、对虾、鱼等海产品。

（6） 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。

（7） 大气弥散条件

根据防城港核电厂的厂址气象观测系统的气象观测数据，厂址区域的年平均温度为 22.0℃，全年平均气压为 1006.7hPa，全年平均相对湿度为 85.4%，全年总降水量为 1867.6mm。

厂址 10m 高度平均风速为 4.2m/s，静风频率为 1.1%；气象铁塔 30m、80m 和 100m 各层高度的年平均风速分别为 4.5m/s、5.8m/s 和 6.1m/s，各层高度的静风频率分别为 0.9%、1.3%和 2.4%，主要分布于 N~NNE 方位。

厂址地区各稳定度所占比例分别为：A 类 0.2%，B 类 2.7%，C 类 6.8%，D 类 68.0%，E 类 6.9%，F 类 15.4%，厂址地区具有较好的大气扩散条件。

10.3 电厂废物处理设施的性能

防城港核电厂一、二号机组的废物处理系统参照岭澳核电二期工程的相应系统进行设计。其中硼回收系统（TEP）、废液处理系统（TEU）、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）、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）涉及电厂控制、收集、处理、输送、贮存及排放放射性废液的功能；废气处理系统（TEG）、各个厂房空调、加热、冷却及通风系统、核岛排气和疏水系统（RPE）等涉及电站控制、收集、处理、输送、贮存及排放放射性废气的功能。

根据岭澳核电站一、二号机组废物处理系统的实际运行经验反馈，上述系统的设计容量和预期处理效果能够满足对核电机组产生的放射性废液和废气的处理和排放要求。

防城港核电厂一、二号机组的固体废物采用水泥固化技术进行处理，根据参考电站的运行经验，防城港核电厂一、二号机组采用的水泥固化技术能够满足处理电厂产生固体废物的能力要求。

从环境保护的统一管理角度，防城港核电厂 QS/QT 厂房贮存量按照规划容量六台机组 5 年产生的放射性固体废物中期贮存要求进行设计。

总体而言，防城港核电厂一、二号机组的三废处理系统设置和性能可以满足环境保护的要求。

10.4 电厂施工建设对环境的影响

（1） 陆域工程

防城港核电厂一、二号机组工程施工建设对陆域环境的影响主要是场地平整、道路建设、运输以及其它活动造成的社会、生态、噪声、大气环境等方面的影响，这些影响是短暂和有限的，通过有效的工程管理措施，没有出现扰民现象。

（2） 海域工程

防城港核电厂海域施工建设会造成厂址附近海域底栖生物的直接损失和其它海洋生物的间接损失，根据厂址海域海洋生态调查结果，工程建设造成损失的底栖生物和鱼类在当地大多数海域中均有大量分布，同时厂址附近海域也没有珍稀海洋生物，工程建设不会降低海洋生物物种多样性，损失的生物群落在施工活动结束后短期内可以恢复。

（3） 施工废水和生活污水

厂区设置了生产废水沉淀池，废水经沉淀后回用于场地洒水抑尘、绿化等，多于的中水外排。施工现场建设有生活污水处理站，可以满足现场施工和管理人员的生活污水处理需求。

（4） 水土保持

防城港核电厂厂址所在地为水土流失重点监督区。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，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。

截止 2013 年的监测成果表明，防城港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。

10.5 电厂运行的辐射环境影响

（1） 正常运行期间的辐射环境影响

根据防城港核电厂一期工程一、二号机组正常运行工况下的放射性物质设计排放量（Case B），结合厂址周围公众生活习性、饮食习惯等特征因子的调查结果和厂址大气弥散、水弥散条件，计算并评价了电厂放射性物质释放对环境的潜在影响。同时，为了给电厂运行前后的环境辐射监测提供参考，采用防城港核电厂一期工程一、二号机组正常运行工况下的放射性物质预期排放量（Case A）进行了“三关键”分析。

— 放射性流出物的排放总量控制

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对于核电厂放射性流出物的排放总量控制要求，对防城港核电厂一期工程一、二号机组各类放射性流出物的运行预期排放量进行比较，其预期排放量相对较低，均能满足国家标准 GB6249-2011 规定的总量控制要求。

— 液态放射性流出物排放的浓度控制

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）对核动力厂放射性流出物排放除规定了总量控制要求外，对于滨海厂址，还要求槽式排放口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其它放射性核素的浓度不超过 1000Bq/L。

根据防城港核电厂一期工程一、二号机组废液系统的排放设计，排放前首先需要对 TER 系统中的废液进行人工取样和实验室分析，分析结果满足排放要求后，取样的废液才允许向环境排放，排放过程中，TER 系统排放口有在线监测装置进行排放监测，设置了二级报警阈值，一旦排放的核素浓度达到第二级报警阈值，TER 系统的排放将被关闭，废液返回 TEU 系统进行重新处理。

因此，实际运行过程中，通过排放前的取样分析，以及排放过程中的报警控制，对于电厂除氚和 C-14 外其它液态放射性核素的排放，能够从排放管理控制和设计控制

方面实现国家标准 GB6249-2011 规定的低于 1000Bq/L 的浓度控制要求。

— 海洋生物的辐射影响分析

防城港核电厂一、二号机组运行状态下，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可能造成生物损伤的辐射剂量率 400μGy/h。可以认为防城港核电厂一期工程一、二号机组运行期间排放的液态放射性流出物不会对受纳海域内的海洋生物在种群上造成明显的损伤。

— 公众辐射剂量分析

对于一般公众而言，防城港核电厂两台机组运行状态下，厂址 NW 方位 1~2km 子区内的成人组公众个人受核电厂放射性流出物排放造成的年有效剂量最大，为该子区的最大受照年龄组，年受照有效剂量为 2.41×10^{-6}Sv，占防城港核电厂两台机组 0.08mSv/a 公众剂量约束值的 3.01%。

— “三关键”分析

通过对电厂运行公众辐射剂量的“三关键”分析，防城港核电厂一、二号机组运行后，在制定环境辐射监测方案时，需关注位于厂址 NW 方位 1~2km 子区红沙村滩涂养殖渔民的剂量受照情况，并且需要重视对海产品食入内照射途径、陆生食品食入内照射和岸边沉积外照射途径，以及 ^{110m}Ag、 ^{60}Co 和 ^{14}C 等放射性核素的监测。

（2） 放射性流出物年排放申请值的合理性和环境可接受性

针对厂址的环境特征以及电厂放射性废物处理工艺的技术水平，按照“可合理达到尽量低”的原则，并考虑国家对核电厂各类放射性流出物的总量控制要求，防城港核电厂一期工程目前提出的各类放射性流出物提出的年排放量申请值不高于电厂的设计值，也不高于国家标准规定的控制值。各类放射性流出物的申请值分别为：气态氚 9.7TBq、气态 ^{14}C 0.74TBq、惰性气体 550TBq、气态碘 5.92GBq、粒子 3.06GBq；液态氚 87.4TBq、液态 ^{14}C 100GBq、除氚和 ^{14}C 外的液态核素 59GBq。

按排放量申请值进行公众辐射剂量估算，防城港核电厂申请的放射性排放值造成的公众最大辐射剂量为 2.53×10^{-6}Sv/a，低于防城港核电厂两台机组对公众的管理目标值 0.08mSv/a，其环境辐射影响可接受。

（3） 事故工况下的辐射环境影响

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的相关要求，稀有事故和极

限事故用于核电厂事故工况下的环境影响评价。

本报告书的事故辐射环境影响评价涉及可能有较大放射性物质释放的九类设计基准事故，其中极限事故有失水事故、控制棒弹出事故、燃料操作事故、主蒸汽管道破裂、蒸汽发生器传热管破裂并安全阀卡开事故和卡轴事故；稀有事故有蒸汽发生器传热管破裂事故、容积控制箱破损事故、废气衰变罐破损事故。

各类设计基准事故的放射性后果计算分析评价结果表明：在Ⅳ类事故中，蒸汽发生器传热管断裂并安全阀卡开事故（SGTR+SVSO）在事故后 2h 内对非居住区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大；弹棒事故（CREA）事故期间对规划限制区外边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大；在Ⅲ类事故中，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对规划限制区边界和非居住区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大，但都满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求，表明防城港核电厂专设安全设施的设计性能可靠，厂址周围各类边界的设置合理。

10.6 电厂运行的非放射性环境影响

（1） 取排水系统的影响

由本项目数模和物模试验结果，结合广西省近岸海域环境功能区划的规定，防城港核电厂一期工程两台机组造成的 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。防城港核电一期工程两台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，秋、冬、春三季核电厂温排水引起的温升仍保持在当地海洋生物的适温范围内，估计不会对这些海洋生物构成明显的不利影响。在夏季高温季节，由于当地海水的基础温度较高，如果温排水引起环境水温上升 3℃以上，可能对排水口附近海域的一些鱼类、虾类和贝类的生长会产生一定的抑制作用，由于夏季核电厂温排水引起环境水体 3℃以上温升面积不大（不超过 4.67 km^2），并且鱼、虾、贝类多数会回避高温区，因而预计温排水对鱼、虾、贝类影响是非常有限的。

此外，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

防城港核电厂一期工程一、二号机组建成运行后，电厂排放的有害化学物质主要是余氯。余氯具有生物毒性，但现有研究成果表明，当余氯浓度低于 20μg/L 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。针对防城港核电厂一期工程一、二号机组运行后全厂余氯排放的二维数值模型的计算结果表明，防城港核电两台机组运行余氯排放造成 15μg/L 的浓度等值线最大包络面积为 0.05km^2，考虑到电厂排放的余氯由于光照和电厂附近海域较高的 pH 值（平均 pH＞8.0）中和的作用，其中毒性较大的游离态余氯消散较快，海水中的余氯以毒性较小的化合态为主，因此，预计防城港核电厂两台机组排放的余氯不会对厂址附近海域的海洋生物产生明显的影响。

除余氯外，核电厂排放的其它化学物质的量很小，且浓度较低，经电厂循环冷却水和海水稀释后，不会影响厂址附近海域的海水水质和海洋生物。

核电厂产生的生活污水经过污水处理站处理后回用水按《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB18920-2002）进行控制，外排水按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 B 标准进行控制，预计对海域环境造成的影响是十分有限的。

10.7 流出物监测与环境监测

（1）流出物监测

防城港核电厂将对所有气载和液体放射性流出物进行监测。监测内容包括排放总量、排放浓度及主要核素分析。

气载放射性流出物的监测项目包括：放射性惰性气体、气溶胶、碘、气态氚和气态 ^{14}C。气载放射性流出物通过核电厂烟囱向环境释放，烟囱内装有气载放射性流出物取样与监测系统，具备在线监测和取样的功能。监测系统设置对惰性气体、气溶胶、碘的在线监测通道，提供报警和终止排放的信号，当超过设定排放阈值时产生报警或终止排放。

核电厂产生的所有放射性废液按照《轻水堆核电厂放射性废液处理系统技术规定》（GB9135-88）要求实施“槽式排放”，即无论核岛废液或常规岛废液在排入环境之前，

先分别贮存在各自的贮存罐中，贮存罐中的废液经人工取样、实验室分析测量合格后方能实施排放。贮存罐中废液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，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，以确定所排放主要核素的浓度和核素年排放量。

（2）环境监测

防城港核电厂运行前开展的辐射环境本底调查表明：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，未见显著的差异。

防城港核电厂运行期间的环境监测包括正常运行时的常规监测和事故时的应急监测以及非放环境监测。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。运行期间的辐射环境监测项目包括环境 γ 辐射剂量和剂量率、陆地介质与海洋环境介质放射性核素浓度，重点关注对关键居民组影响较大的环境介质和排放核素，监测介质主要为大气、水、土壤、沉积物、陆生生物与水生生物、气象观测。

10.8 应急计划与准备

防城港核电厂依据国家核事故应急管理条例、相关核安全法规以及国家标准《核电厂应急计划与准备准则——应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）等确定应急计划区大小。

防城港核电厂一期两台机组采用统一的烟羽应急计划区和食入应急计划区。其范围如下：

— 烟羽应急计划内区：以1#机组反应堆为中心，半径5km划定的区域，包括光坡镇下辖的红沙村、沙螺辽村、栏冲村和新兴村四个行政村的所有自然村，共五十余个村民小组；

— 烟羽应急计划外区：以1#机组反应堆为中心，半径10km划定的区域，包括防城港市港口区下辖的光坡镇、企沙镇及钦州市下辖的龙门港镇、钦州港区的部分区域；

— 食入应急计划区：以1#机组反应堆为中心，半径50km划定的区域。

防城港核电厂将建立完善的应急响应组织，明确组织各单位的职责分工，配备必

要的应急设施，制定科学可行的应急响应措施，保持电厂应急管理的有效性。

10.9 公众参与

广西防城港核电厂有限公司在前阶段的工程建设过程开展的多种形式的公众参与工作，包括开展核电知识宣传、公众意见问卷调查、召开座谈会和专家咨询等活动，公众参与活动过程中对公众的反馈意见通过召开座谈会及专家咨询会及时与公众进行了沟通和解答，获得了公众对防城港核电厂建设的理解和支持。

本阶段环境影响评价公众参与作为上阶段公众参与工作的延续，通过公开环境信息公示、公众意见问卷调查和召开座谈会的方式征询社会公众对核电厂一期工程的意见和建议，并对公众的反馈意见及时进行解答，与公众进行充分沟通。本次公众参与工作的结果表明大多数公众支持本工程。

10.10 结论

上述分析和评价结果表明，防城港核电厂一期工程一、二号核电机组环境保护设施的设计性能是可靠的，电厂建设和运行对环境的影响也是可接受的。设计基准事故工况下对公众造成的放射性后果能够满足国家相关标准要求，应急准备和响应的措施充分和有效，流出物监测和环境监测也均是有保障的，大多数公众表示支持本工程。因此，从环境保护角度来讲，防城港核电厂一期工程一、二号机组具备首次装料和运行的条件。

10.11 建议

（1） 鉴于防城港核电厂一期工程一、二号机组废物处理设施和环境及流出物监测系统的相关调试和试验工作尚未完成，建议防城港核电厂严格按照相关规程做好环境保护设施的调试和试验工作，保存相关调试和试验资料，并结合一、二号机组试运行期间环境保护设施的运行经验反馈，为环境保护设施的最终竣工验收积累必要的基础数据。

（2） 根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的相关要求，在防城港核电厂运行后，应加强积累放射性流出物排放数据和经验反馈，按照相关法规要求“可合理达到的尽量低”的原则，定期对流出物排放量申请值进行优化。

（3） 建议重视核电厂的非放射性污染排放控制，加强对厂区生活污水处理站的管理和监测，保证其稳定运行。

（4） 公众对核电建设和运行的支持是核电可持续发展的必要条件，建议防城港核电厂进一步开展广泛的核电宣传，展示核电清洁能源的形象，并积极反馈公众的意见和建议，建设核电厂专用的信息公开网站，强化与公众的信息交流渠道，向公众展示核电环境友好型企业的优良形象。

附 录

附录 A 与防城港核电厂一期工程一、二号机组建设相关的文件（略）

附录 B 厂址周围部分环境数据（略）

附录 C 与正常运行的辐射影响有关的计算模式（略）

附录 D 核电厂事故计算模式（略）

附录 E 公众参与资料

附录 E　公众参与资料

附录 E.1 防城港核电厂一期工程环境影响评价(运行阶段)公众参与信息公告(第一号)
附录 E.2 防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响评价（运行阶段）公众参与信息公告(第二号)

E.1 防城港核电厂一期工程环境影响评价(运行阶段)公众参与信息公告(第一号)

根据原国家环保总局 2006 年 3 月 18 日开始施行的《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28 号）的要求，广西防城港核电有限公司就编制防城港核电厂一期工程运行阶段环境影响报告书向公众公告如下信息：

一、建设项目的名称及概要

建设项目的名称为“防城港核电厂一期工程”。

防城港核电厂一期工程由广西防城港核电有限公司投资建设，防城港核电厂一期工程 1 号机组和 2 号机组已分别于 2010 年 7 月 30 日和 2010 年 12 月 23 日 FCD、计划于 2015 年投入商业运行。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，距钦州港经济技术开发区约 9km，距防城港市城区约 25km。

二、建设项目的建设单位

建设单位：广西防城港核电有限公司

通讯地址：防城港市港口区渔万路 39 号建行大厦 20~22 楼

邮政编码：538000

联系人：李女士

联系电话：0770-6499105

传真：0770-6498839

电子邮件：lixiaohongfcg@cgnpc.com.cn

基本信息公开专用网站网址：www.fcgnp.com.cn

三、承担评价工作的环境影响评价机构

环评机构名称：苏州热工研究院有限公司（国环评证甲字第 1904 号）

通讯地址：江苏省苏州市西环路 1788 号

邮政编码：215004

联系人：游工

联系电话：0512-68702271

传真：0512-68263570

电子邮件：youchunhua@cgnpc.com.cn

四、环境影响评价的工作程序和主要工作内容

本次环评首先编制环境影响评价工作大纲和质保大纲，经认可后，编制环境影响报告书，并报批到国家相应部门审批。

本阶段环境影响评价根据防城港核电厂的实际情况和现在的环境状况，评价防城港核电厂一期工程运行后的环境影响。检验防城港核电厂一期工程建设和环境保护措施是否符合国家和地方的有关规定和要求，申请核电厂的首次装料和废弃物质排放量。

五、征求公众意见的主要事项

本次征求公众意见的主要事项为：

公众对本工程的了解程度；

公众对本工程对环境影响的了解程度；

本工程建设和运行对公众的主要影响；

公众对本项目环境保护措施的意见和建议；

公众对本项目建设的其他意见和建议。

六、公众提出意见的主要方式

公众可以通过填写意见征询表、电话、传真、书信、电子邮件、参加座谈会等方式向建设单位或环境影响评价单位提出意见和建议。

七、公众提出意见的起止时间

受理意见和建议时间：2013 年 7 月 5 日~2013 年 7 月 19 日。

广西防城港核电有限公司

2013 年 7 月 5 日

E.2 防城港核电厂一期工程一、二号机组环境影响评价（运行阶段）公众参与信息公告(第二号)

根据原国家环保总局 2006 年 3 月 18 日开始施行的《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28 号）的要求，广西防城港核电有限公司就编制防城港核电厂一期工程一、二号机组运行阶段环境影响报告书向公众公告如下信息：

一、建设项目的名称及概要

1、项目基本信息

项目名称：防城港核电厂一期工程一、二号机组；

建设性质：新建；

建设单位：广西防城港核电有限公司；

项目规模和规划：防城港核电厂规划建设六台百万千瓦级核电机组，一期工程一、二号机组采用 CPR1000 技术方案，一号机组和二号机组已分别于 2010 年 7 月 30 日和 2010 年 12 月 23 日 FCD、一号机组计划于 2015 年中投入商业运行。

项目地点：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，距钦州港经济技术开发区约 9km，距防城港市城区约 25km。

2、工程概述

防城港核电厂一期工程的主要技术特征如下：

反应堆冷却剂系统由三个环路组成，冷却剂为轻水，反应堆运行压力为 15.5MPa，反应堆冷却剂有效设计流量 68520m^3/h；

反应堆堆芯额定热功率为 2895MWt；

汽轮机发电机组机组额定功率为 1087MW；

电站设计寿命 40 年，采用十二个月转十八个月换料燃料管理方案，即首循环采用年度换料模式，从第二循环开始快速向十八个月换料过渡；

采用直流冷却系统，冷却水取自附近钦州湾海域。

二、建设项目对环境可能造成影响的概述

1、建设期间环境影响

防城港核电厂一期工程一、二号机组建设期间对周围环境的影响主要是：土石方工程负挖、道路建设、运输以及其他活动造成的陆域和海洋生态的影响、水土流失的

影响、噪声的影响、地表水环境的影响、大气环境的影响，以及施工固体废弃物对环境的影响以及临时海洋倾倒区的环境影响。施工活动给环境带来的影响是局部的、短期的，并随着工程竣工而消失，对环境影响较小。根据近年来施工监测结果，防城港核电厂海域施工对厂址临近海域海水水质造成了暂时性影响，但施工海域水质基本可以满足相应海水水质标准的要求。

2、运行期间环境影响

（1）散热系统运行的影响

根据中国水利水电科学研究院于 2012 年开展的温排水二维数值模拟计算结果，综合预测温升分布和近岸海域环境功能区划，防城港核电厂一期工程两台机组正常运行期间温排水影响能够满足相关功能区划要求，造成的海水温升能够满足海水水质管理目标要求。

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，秋、冬、春三季核电厂温排水引起的温升仍保持在当地海洋生物的适温范围内，估计不会对这些海洋生物构成明显的不利影响。在海水自然水温较高的夏季，核电厂附近海域中的浮游生物受影响范围局限在核电厂两台机组温排水造成温升 4℃以上的范围内，鱼、虾、贝类受影响范围局限在核电厂两台机组温排水造成温升 3℃以上的范围内，上述的影响范围面积较小，且不涉及海洋生物的产卵场、洄游路线等，因此，预计核电厂温排水对海洋生物的影响将是有限的。核电厂附近的养殖区域距离厂址温排水排水口均较远。根据数模实验结果，各养殖区域均位于电厂温排水造成的 1℃温升区之外。因此，预计防城港核电厂温排水不会对上述养殖区造成不利影响。

（2）正常运行的辐射影响

防城港核电厂一期工程一、二号机组建成后，在电厂正常运行工况下，基于电厂放射性流出物设计排放量及申请排放量进行的剂量计算结果表明，防城港核电厂一期工程一、二号机组运行对厂址周围公众和海洋生物造成的辐射影响均可满足相关标准要求。

（3）事故工况下的辐射影响

通过分析选址假想事故的放射性后果可以看出，防城港核电厂一期工程一、二号机组专设安全设施设计性能可靠，以反应堆半径 600m 区域作为核电厂周围非居住区

边界的设置是合理的，电厂设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

三、预防或者减轻不良环境影响的对策和措施的要点

1、施工期间污染防治措施

广西防城港核电有限公司通过合理有效的措施将影响降为最低，同时，广西防城港核电有限公司委托相关有资质单位在施工期间开展了大量的环境监测活动，以更好地了解和控制施工对环境的影响。结合近期监测结果，可认为防城港核电厂施工过程未对附近海域环境质量造成较大影响。

2、运行期间的污染防治措施

放射性污染防治措施

安全设计原理：防城港核电厂一期工程一、二号机组在设计中采用了“纵深防御“的概念，通过合理的运行设计、运行规程、监测系统、专设安全设施、放射性后果缓解设施等五个层次有效地保障核电厂的安全稳定运行并使放射性物质的释放受到控制；另外，设计中还布置了四道安全实体屏障：先进的燃料芯块、高性能的燃料包壳、隔离放射性和非放射性回路的一回路压力边界以及牢固可靠的安全壳，使得核燃料裂变产生的放射性物质在进入环境时需要突破多重屏障，从实体隔离上保证放射性的释放量最小。

放射性废物处理系统：为保证核电厂正常运行，需对放射性回路内的流体进行去污，从而产生少量需排放的放射性物质，这些物质大部分进入固体废物后暂存在厂内废物库中，在一定时间后运往国家指定的放射性废物库贮存或处理，不直接进入环境；少量液态和气体放射性物质则需要经过相应的废物处理系统收集、处理并衰变一段时间，监测合格后排入环境，使进入环境的放射性物质可控。

放射性流出物监测系统：放射性物质排放过程中受到监测系统的连续监测，一旦发现排放超过规定限值（低于国家排放标准）后立即自动切断排放管线并进行再处理，可防止放射性物质的超量排放。

环境监测系统：在厂内和周围环境中设置有环境监测系统，可实时监测环境中放射性含量的变化，一旦发现变化，立即分析原因并切实解决。

应急准备：核电厂根据电厂运行特点和周围环境特征制定有完善地应急计划，并与各级政府、医疗机构、军队等部门实施联动，万一发生事故可保证各区域人员得到合理的安排。

非放射性污染防治措施

核电厂设置有专门的污水处理设施用于处理工作人员产生的生活和非放射性生产废水。合理布置高压线出线走廊，尽量避开人口密集区，减少高压线的电磁辐射影响。进行有规划的厂区布置和绿化，使所占用的土地不丧失防风固沙的能力，并与周围环境相容。

四、环境影响报告书提出的环境影响评价结论的要点

环境影响评价结果表明，防城港核电厂一期工程一、二号机组的环境保护设施的设计性能是可靠的，电厂建设和运行对环境的影响是可以接受的。

五、公众查阅环境影响报告书或索取补充信息的方式和期限

公众可以通过网络查阅环境影响报告书，如需索取其他补充信息，请通过书面形式（信件或传真）申请，网络查阅期限为 2014 年 5 月 6 日~5 月 19 日。

网络查询链接地址：http://www.fcgnp.com.cn

建设单位：广西防城港核电有限公司

通讯地址：广西防城港市中心区迎宾路红树林大厦西塔楼 25 楼广西防城港核电有限公司

联系人：李女士

邮政编码：538000

联系电话：0770-6499105

传真：0770-6498839

电子邮件：lixiaohongfcg@cgnpc.com.cn

基本信息公开专用网站网址：www.fcgnp.com.cn

环评单位：苏州热工研究院有限公司（国环评证甲字第 1904 号）

通讯地址：江苏省苏州市西环路 1788 号

联系人：游工

邮政编码：215004

联系电话：0512-68702271

传真：0512-68263570

电子邮件：youchunhua@cgnpc.com.cn

六、征求公众意见的主要事项

本次征求公众意见的主要事项为：

对核电及防城港核电厂一期工程一、二号机组的了解程度；

防城港核电厂一期工程一、二号机组建设和运行对公众的主要影响；

公众对防城港核电厂一期工程一、二号机组所采取环境保护措施的意见和建议；

公众对防城港核电厂一期工程一、二号机组建设的其它意见和建议。

七、公众提出意见的主要方式

公众可以通过填写意见征询表、电话、传真、书信、电子邮件等方式向建设单位或环境影响评价单位提出意见和建议。

八、公众提出意见的起止时间

受理意见和建议时间：2014 年 5 月 6 日~2014 年 5 月 19 日。

广西防城港核电有限公司

2014 年 5 月 6 日