田湾核电站扩建工程5、6号机组

环境影响报告书

（运行阶段）

江苏核电有限公司

二〇一九年十月

田湾核电站扩建工程5、6号机组

环境影响报告书

（运行阶段）

江苏核电有限公司

法人代表：马明泽

地址：江苏省连云港市连云区宿城街道云宿路9000号

邮政编码：222042

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	田湾核电站扩建工程5、6号机组
环境影响评价文件类型	环境影响报告书（运行阶段）
一、建设单位情况	
建设单位（签章）	江苏核电有限公司
法定代表人或主要负责人（签字）	马明泽
主管人员及联系电话	顾磊 0518-82246301
二、编制单位情况	
主持编制单位名称（签章）	中国核电工程有限公司
社会信用代码	911100001000027329
法定代表人（签字）	卢洪早
三、编制人员情况	
编制主持人及联系电话	李廷君 010-88022817

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书编号	签字
李廷君	0006984， 0000841 ZNPPE19-1612	

2. 主要编制人员

姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
李廷君	0006984	第一章 第十章	
朱 好	20170351103520131107150009 28	第二章	
韩 蕊	20170351103520161107140004 13	第三章	
毛亚蔚	0004411	第四章	
李 京	0006864	第五章	
郑 伟	0001050	第六章	
薛 娜	00019558	第七章	
王 欣	0006857	第八章	
林小凤	0009090	第九章	

四、参与编制单位和人员情况：无

总 目 录

第一章　概述

第二章　厂址与环境

第三章　环境质量现状

第四章　核电厂

第五章　核电厂施工建设过程的环境影响

第六章　核电厂运行的环境影响

第七章　核电厂事故的环境影响和环境风险

第八章　流出物监测与环境监测

第九章　利益代价分析

第十章　结论与承诺

附件 1：《国家发展改革委关于同意江苏田湾核电站5、6机组开展前期工作的复函（发改办能源[2009]1402号）

附件 2：《关于田湾核电站五、六号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》（环审 [2015] 263号）

附件 3：《关于田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案的复函》（ 水保函[2010] 31号）

附件 4：关于申请批复田湾核电站 5、6 号机组环境影响评价非放射性污染排放执行标准的函

附件 5：市生态环境局关于田湾核电站5、6号机组非放射性污染排放执行标准的复函

附件 6：《关于同意连云港市田湾核电站附近近岸海域环境功能区划调整的函》（苏环委办[2015]27号）；

附件 7：《准予水行政许可决定书》（水许可资源决字[2015]1号）

附件 8：自然资源部关于田湾核电站5、6号机组工程项目用海的批复

第一章 概　述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称

1.1.2 建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费和环保设施投资

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

1.7.2 非辐射环境影响的评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称

核电厂的名称：田湾核电站。

建设项目名称：田湾核电站扩建工程 5、6 号机组。

营运单位：江苏核电有限公司。

1.1.2 建设性质

本工程为田湾核电站扩建工程 5、6 号机组，由中国核能电力股份有限公司、上海禾曦能源投资有限公司、江苏省国信资产管理集团有限公司分别按照 50%、30%、20%的比例出资营建。江苏核电有限公司作为项目法人负责田湾核电 5、6 号机组的建设和运营，负责筹集和准备足够的资金以保证项目建设期间所发生的费用和合同费用的支付，负责债务的风险管理。

田湾核电站扩建工程5、6号机组以福建福清核电厂一期工程技术方案为参考，考虑福岛核事故的经验反馈、HAF102 要求及《“十二五”期间新建核电厂安全要求》，结合概率安全分析、在建机组SAR审评共性问题的解决方案、以及国内外同类机组运行经验反馈，应用成熟技术实施42项重大技术改进，进一步提高了机组的安全性，特别是提高了机组严重事故的预防和缓解能力，与国内近期开工的同类型机组安全水平相当。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

本工程为田湾核电站扩建工程 5、6 号机组，拟建 2 台二代加改进型（M310 加改进）百万千瓦级压水堆核电机组。田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级核电机组，厂址进行统一规划，分期建设。1~4 号机组为俄罗斯 WWER1000 压水堆核电机组，1999 年 10 月 20 日田湾核电站 1 号机组正式浇灌第一罐混凝土，2007 年 5 月投入商业运行；2 号机组于 2007 年 8 月份投入商业运行。3、4 号机组分别于 2018 年 2 月 15 日和 12 月 22 日投入商业运行。7、8 号机组拟建 WWER1200 压水堆核电机组。

规划机组主厂房群（反应堆厂房中心）在同一轴线上由东向西平行布置。1~4号机组工程主厂房区布置在厂区东侧，扩建工程5、6号机组主厂房区布置在4号机组西侧，能充分利用1~4号机组有关设施和宝贵的电厂建设资源，实现电厂资源的充分利用，7、8号机组布置在厂区西部。

1.3 建设项目经费和环保设施投资

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组为以福建福清核电厂一期工程技术方案为参考，考虑福岛核事故的经验反馈、HAF102 要求及“十二五”新建电厂核安全要求，应用成熟技

术实施42项重大技术改进，与国内近期开工的同类型机组安全水平相当。

项目计划总资金折合人民币共计3078509万元（不包括配套送出工程）。按照工程固定价总投资资金需求，资金拟通过以下途径筹措：

项目资本金：由项目出资人（各股东方）按出资协议中确定的股份比例自行筹措；

人民币融资：拟采用国内政策性银行和（或）商业银行贷款解决；

外币融资：拟全部采用国内换汇方式，由国内金融机构提供美元商业贷款解决。

本工程的主要环保经费见表1.3-1。

1.4 建设目的

（1）符合国家能源政策

2013年1月1日，国务院印发的《能源发展“十二五”规划》（国发[2013]2号）中明确，严格实施核电安全规划和核电中长期发展规划（调整），把“安全第一”方针落实到核电规划、建设、运行、退役全过程及所有相关产业。合理把握建设节奏，稳步有序推进核电建设；科学布局项目，对新建厂址进行全面复核，“十二五”时期只安排沿海厂址；提高技术准入门槛，新建机组必须符合三代安全标准。到2015年，运行核电装机达到4000万千瓦，在建规模1800万千瓦。2014年11月，国务院办公厅发布《关于印发能源发展战略行动计划（2014-2020年）的通知》中指出，将“适时在东部沿海地区启动新的核电项目建设，研究论证内陆核电建设”。

核电厂厂址选择难度较大，要求较高，可用于建设核电厂的厂址较为稀缺。田湾核电基地厂址位于江苏沿海，1～4 号机组已经投入运行，本工程的建设符合国家的相关能源政策。

（2）有利于改善江苏省电源结构

2013 年，江苏省全省原煤消耗量达到 30294 万吨。江苏省煤炭资源并不丰富，煤炭自给率较低， 2013 年全省用于发电的煤耗量占全省煤炭消耗量的 50.1%，电煤运输压力很大。目前江苏省规划于“十三五”期间投产的天然气发电项目全部利用“西气东输”天然气，按年利用3500小时计，预计2015年全省用于发电的年耗气量就将达到28亿标立米，但随着“西气东输”沿线其他省份用气量的增加，该气量长远看难以保证。江苏省的石油及水利资源亦十分匮乏，因此本工程两台核电机组的建设投产对改善江苏省以火电机组为主的电源结构有较大帮助，有助于减轻江苏省电煤运输的压力。

（3）满足江苏省电网对电力的需求

江苏省是我国国民经济较为发达的省份之一，经济增长速率高于全国平均水平。江苏经济正处于新一轮的增长周期中。根据江苏省现有电网概况、电力负荷预测和全省电源装

机安排以及国家电网特高压项目规划，对江苏省电网进行电力平衡分析可知，江苏省电网缺电情况较为严重。受江苏电网负荷增长较快的影响，如果省内只计核准、路条及应急电源，省外只计入落实及较确定区外来电（含锡盟、晋北和准东直流分电），若考虑江苏省2018年及以后按11%的备用率，则至2016年江苏电力缺口约1791万千瓦，实际备用率约-3%，2017年后，随着区外直流的陆续投产，全省电力缺口有所回缩，至2018年可维持电力平衡。2020年及“十四五”期间随着负荷的增长，全省电力缺口再一次扩大，至2020年实际备用率仅为6%，电力缺口约1100万千瓦。至2025年若无新增规划机组或接受区外来电，电力缺口进一步拉大，约3740万千瓦。本工程的建设投产将有助于缓解电力缺口。

（4）有利于环境保护

江苏省能源消费主要以煤炭消费为主，导致大气污染日趋严重。根据江苏省“十二五”期间节能减排计划，到2015年，江苏省全省二氧化硫、氮氧化物排放总量需要分别控制在92.5万吨和121.4万吨，分别比2010年削减14.8%和17.5%，后续节能减排任务将更加艰巨。根据初步估算，两台百万千瓦级核电机组替代相应容量的脱硫火电机组，每年可减少向环境排放CO_2约1324万吨，SO_2约1.36万吨、NO_x约2.7万吨。在当今世界能源结构中，核电作为一种优质清洁能源，已被人们所广泛接受。由核电厂替代燃煤、燃油电厂，将显著改善区域的环境质量。因此，建设该项目对缓解江苏省的环境保护压力具有重要意义。

1.5 建设项目的进度

田湾核电站扩建工程5、6号机组是在田湾1~4号机组的基础上进行扩建的，扩建工程5、6号机组厂址位于田湾核电站二期工程3、4号机组西北侧的船山，拟建两台百万千瓦级先进压水堆核电机组。5号机组已于2015年12月27日核岛FCD，计划2020年7月1日首次装料， 2020年12月31日商运；6号机组已于2016年9月7日核岛FCD，计划2021年2月1日首次装料， 2021年7月31日商运。

本工程环保设施的建设进度计划见表1.5-1。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 主要法规

（1） 《中华人民共和国环境保护法》（2015年1月1日）；

（2） 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日）；

（3） 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日）；

（4） 《中华人民共和国海洋环境保护法》（2017年11月5日）；

（5） 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018年10月26日）；

（6） 《中华人民共和国水污染防治法》（2018年1月1日）；

（7） 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（2018年12月29日）；

（8） 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2016年11月7日）；

（9） 《中华人民共和国水土保持法》（2011年3月1日）；

（10）《中华人民共和国水法》（2016年7月2日）；

（11）《中华人民共和国土地管理法》（2004年8月28日）；

（12）《中华人民共和国突发事件应对法》（2007年11月1日）

（13）《建设项目环境保护管理条例》（2017年10月1日）；

（14）《放射性物品运输安全管理条例》（2010年3月1日）；

（15）《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害与海洋环境管理条例》（2018年3月19日）；

（16）《放射性废物安全管理条例》（2012年3月1日）；

（17）《近岸海域环境功能区管理办法》（2010年12月22日）；

（18）《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局［1997］第18号令）；

（19）《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；

（20）《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）；

（21）《放射性废物安全监督规定》（HAF401）；

1.6.2 技术导则、标准

（1） 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016）；

（2） 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；

（3） 《环境影响评价技术导则 大气环境》（ HJ 2.2-2018）；

（4） 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018）；

（5） 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）；

（6） 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；

（7） 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ24-2014）；

（8） 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；

（9） 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；

（10）《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；

（11）《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；

（12）《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；

（13）《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）；

（14）《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；

（15）《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；

（16）《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）；

（17）《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；

（18）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；

（19）《海洋监测规范》（GB17378.1～7-2007）；

（20）《海洋调查规范》（GB12763.1～7-2007）；

（21）《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》（国家海洋局，2002）；

（22）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

（23）《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；

（24）《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）；

（25）《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；

（26）《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）

（27）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）

（28）《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2019）；

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

（30）《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB8999-1988）；

（31）《海水水质标准》（GB3097-1997）；

（32）《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；

（33）《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；

（34）《城市污水再生利用　城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）；

（35）《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

（36）《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；

（37）《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

（38）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；

（39）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；

（40）《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；

（41）《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）；

（42）《危险废物贮存污染控制标准》（GB18957-2001）

（43）《放射性废物体和废物包的特性鉴定》（EJ 1186-2005）；

（44）《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》（GB12711-2018）

（45）《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-93）；

（46）《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》（HJ681-2013）

（47）《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）

（48）《辐射环境保护管理导则　电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996）；

（49）《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响的评价标准

本报告运行状态和事故工况下的剂量评价标准，遵循《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中的有关规定。

（1）运行状态下的剂量约束值和排放量、排放浓度控制值

运行状态下的剂量约束值，遵循国家标准 GB6249-2011 的规定：“任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质，对公众中任何个人造成的有效剂量每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值”。田湾核电站以 0.25mSv/a 作为全厂址公众的辐射剂量约束值，本期工程 2 台机组剂量约束值拟定为 0.04mSv/a。

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB6249-2011 的第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，田湾核电站所有机组的年放射性排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内，田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级压水堆核电机组，厂址所有机组运行状态下的排放量控制值如下：

气载放射性流出物

——惰性气体， 2.40E+15 Bq/a；

——碘， 8.00E+10 Bq/a；

——长寿命粒子（$T_{1/2}$≥8d）， 2.00E+11 Bq/a；

——氚， 6.00E+13Bq/a；

——C-14， 2.80E+12Bq/a。

液态放射性流出物

——氚， 3.00E+14Bq/a；

——C-14， 6.00E+11Bq/a；

——其余核素（除氚、C-14 外）， 2.00E+11Bq/a。

已投入运行的田湾核电站 1-4 号机组为 WWER-1000 型核电机组，5、6 号机组为 M310 改进型机组。厂址 1～6 号机组的排放量申请值和厂址的排放量控制值见表 1.7-1，从表中

可见：5、6 号机组及厂址 1～6 号 6 台机组的年排放量均低于国标 GB6249-2011 规定的控制值。

国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)第 6.8 条中规定了液态流出物排放浓度的要求。本厂址为滨海厂址，电厂运行过程中所产生的液态流出物系统排放口的浓度按照以下要求来控制，即：槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。

（2）事故工况下的剂量控制值

按照国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)，在运行阶段针对设计基准事故进行环境影响评价。在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

（3）海水中的放射性核素浓度标准

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，受纳海域中海水的放射性核素浓度执行以下标准：

— Co-60：0.03 Bq/L；

— Sr-90： 4.0 Bq/L；

— Ru-106：0.2 Bq/L；

— Cs-134：0.6 Bq/L；

— Cs-137：0.7 Bq/L。

（4）田湾核电站 5、6 号机组运行后的排放量申请值

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

田湾核电站 5、6 号机组拟定的排放量申请值如下：

气载放射性流出物

——惰性气体，1.01E+14Bq/a；

——碘，7.17E+08 Bq/a；

——长寿命粒子（$T_{1/2}$≥8d），7.97E+07 Bq/a；

——氚，5.37E+12Bq/a；

——C-14，8.50E+11Bq/a。

液态放射性流出物

——氚，5.37E+13Bq/a；

——C-14，6.20E+10Bq/a；

——其余核素（除氚、C-14外），2.46E+10Bq/a。

1.7.2 非辐射环境影响的评价标准

（1）大气

本工程大气环境评价标准如下：

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

常规大气污染物排放：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的标准限值。

（2）海水水质标准

根据《关于同意连云港市田湾核电站附近近岸海域环境功能区划调整的函》（苏环委办[2015]27号），本工程海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的三类标准，温排水混合区除水温外，执行《海水水质标准》三类标准。

（3）污水排放标准

厂区、厂前建筑区、其它设施区、施工区的生活污水回用执行《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920－2002）中城市绿化水质标准，排放水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级A标准。其它非放射性废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准。

（4）噪声

本工程声环境评价标准如下：

声环境质量标准：项目区的声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准，项目区外周边村庄声环境质量执行2类标准。交通噪声执行4a类标准。

噪声排放标准：建筑施工噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准控制要求；运行后噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准。

（5）电磁辐射

工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT（100μT）。

射频综合场强：执行《电磁环境控制限值》（GB8702-2014），30MHz~3000MHz，

任意连续 6min 不超过 0.4W/m^2。

1.8 工程组成

本工程由核岛 NI、常规岛 CI 和配套设施 BOP 组成。厂区总平面按功能分为五个区，分别为主厂房区、循环水设施区、开关站区、辅助生产区、厂前区及其他设施区，详见第四章。

1.9 环境保护措施

本工程拟采取的环境保护措施包括设置核岛通风系统、核岛废物处理和排放系统、常规岛含油污水处理、放射性机修及去污车间、厂区三废处理设施及环境保护工程、核岛辐射监测系统等，以及进行厂区绿化等。

1.10 评价范围

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

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

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

电磁辐射评价范围：1）工频电厂、工频磁场强度：以本工程核电厂拟建开关站为中心的半径 0.5km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 0.5km 带状区域；2）射频综合场强：调查范围为核电厂厂址周围 5km 范围内环境敏感区域。

温排水评价范围：排水 0.5℃温升可能影响到的全部区域。

生态环境的评价范围：1）陆生生态环境的现状调查评价范围为厂址半径 10km；水生生态的现状调查评价范围为以排水口为中心，向海延伸 50 km 范围。2）施工期海域生态评价范围为以排水口为中心的 20km 半径范围内的海域。

施工期陆域评价范围为厂址征地范围，包括厂区、取排水区、施工场地区、开挖面人工边坡区等。

1.11 环境影响报告书批复的落实情况

根据《关于田湾核电站五、六号机组环境影响报告书（建造阶段）的批复》（环审[2015]263 号），在工程建造阶段及今后一个时期 应重点做好的工作：

（一）严格执行施工期间的环境影响评价标准，落实噪声、施工废水、扬尘污染防治

措施和固体废物处理措施，加强施工场地环境管理，及时缓解和控制施工活动可能造成的环境影响。

落实情况：施工期间业主和项目总包单位严格执行环境影响评价标准，现场施工承包商都制定了相应的施工环境管理程序、规定，包括环境因素识别与评价管理程序、放射源管理程序、防尘降噪措施等，控制施工噪声、生产生活污水废水收集处理后排放、裸露区域覆盖、固体废弃物收集处理，可以保证施工期间对环境的影响可接受。

（二）加强施工期间环境管理与监测，及时对田湾核电站施工活动及其控制措施进行总结和经验反馈，结合工程进度和具体施工活动，进一步细化施工期间环境监测方案并有效实施。

落实情况：施工期间开展了大气环境、噪声、海域生态环境和水土保持等相关监测工作。根据以往的经验，结合工程进度和具体施工活动，制定了有效的环境监测方案，监测方案经过专家评审。

（三）采取积极有效的措施，切实推动本地区中低放固体废物处置场的建设工作，满足废物长期处置需求。

落实情况：2018年11月16日，JNPC参加了核能行业协会组织的核电厂中低放废物集中处置市场化可行性研究课题策划会，课题将从利用国内一些地区的有利条件建设集中处置场进行市场化运作的可行性方面开展研究，并计划于2019年6月底完成研究任务。JNPC积极参与本课题，并关注课题的研究进展，为确定放射性废物处置技术路线提供参考。

表 1.3-1 本工程的主要环保设施及经费概算

序号	项目名称	投资（万元）	所占比例
环保设施投资		**148417**	**99%**
一	非放射性和放射性废物处理处置系统	131577	87.5%
1	核岛厂房通风系统	5831	
2	核岛废物处理和排放系统	89692	
2.1	核岛疏水和排气系统	204	
2.2	硼回收系统	8736	
2.3	废液处理系统	2412	
2.4	废气处理系统	927	
2.5	核岛废液排放系统	28	
2.6	固体废物处理系统	2270	
2.7	核岛废水回收系统	196	
2.8	核岛建筑工程环保费用	74919	
3	常规岛含油污水处理	376	
4	放射性机修及去污车间	11049	
5	三废处理设施及环境保护工程	24629	
5.1	废物暂存库	4744	
5.2	核岛废液贮存罐厂房 常规岛废液贮存罐厂房	3242	
5.3	特种汽车库	331	
5.4	地下水监测井	12	
5.5	职业去污室	710	
5.6	放射性废油暂存库	502	
5.7	放射源库房	336	
5.8	油水分离池	295	
5.9	废物处理中心	14457	
二	流出物监测和环境监测系统	7290	5%
6	核岛辐射监测系统	7290	
三	环境整治	8670	6%
7	雨水－污水系统和地下管道	4130	
8	TER 废液排放廊道	1150	

9	海域使用费	3390	
四	施工期环保投入	880	0.5%
绿化投资		**1369**	**1%**
合计		**149786**	**100%**

表 1.5-1 环保设施建设进度计划

序号	类型	子系统	名　称	目前进展	预计投运时间
1	三废系统（包括常规岛废液排放系统）	DVQ	废物辅助厂房通风系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
2		SBE1	清洗去污系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
3		SEH	废油和非放射性水排放系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
4		SEK	常规岛废液收集系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
5		SEL	常规岛液态流出物排放系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
6		SEO	电站污水系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
7		SRE	放射性废水回收系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
8		TEG	废气处理系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
9		TEP	硼回收系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
10		TER	核岛液态流出物排放系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
11		TES	固体废物处理系统	正在进行管道实体安装、电气施工。	2020.9.30
12		TEU	废液处理系统	正在进行管道实体安装、电气施工	2020.9.30
13	三废系统构筑物	FF	常规岛事故排油坑	主体结构已完工，正在进行管道设备安装	2020.9.30
14		FG	放射性油水分离池	主体结构已完工，正在进行管道设备安装	2020.9.30
15		GC1	液态流出物排放管沟	施工过程中	2020.9.30
17		GC2	TER 废液排放廊道	施工过程中	2020.9.30
18		GE	雨水-污水系统和地下管道	施工过程中	2020.9.30
19		QA	核岛液态流出物排放厂房	正在进行主体施工	2020.9.30
20		QB	常规岛液态流出物排放厂房	正在进行主体施工	2020.9.30
21		QR	放射性废油暂存库	正在进行主体施工	2020.9.30
22		QT	废物暂存库	正在进行主体施工	2020.9.30
23		EH	地下水监测井	准备施工	2020.9.30

表 1.7-1 厂址 6 台机组的排放量申请值和厂址的排放量控制值

气液态	核素类别	12 号机组排放量申请值 Bq/a	34 号机组排放量申请值 Bq/a	56 号机组排放量申请值 Bq/a	厂址六台机组排放申请值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	厂址 6 台排放量占控制值比例
气态	惰性气体	7.63E+13	7.63E+13	1.01E+14	2.53E+14	2.40E+15	10.57%
	碘	3.70E+08	3.70E+08	7.17E+08	1.46E+09	8.00E+10	1.82%
	粒子（$T_{1/2}$≥8d）	1.20E+08	1.20E+08	7.97E+07	3.20E+08	2.00E+11	0.16%
	氚	6.40E+12	6.16E+12	5.37E+12	1.79E+13	6.00E+13	29.88%
	碳-14	6.00E+11	6.00E+11	8.50E+11	2.05E+12	2.80E+12	73.21%
液态	氚	6.60E+13	6.16E+13	5.37E+13	1.81E+14	3.00E+14	60.43%
	碳-14	3.00E+10	3.00E+10	6.20E+10	1.22E+11	6.00E+11	20.33%
	其余核素	7.40E+09	7.40E+09	2.46E+10	3.94E+10	2.00E+11	19.70%

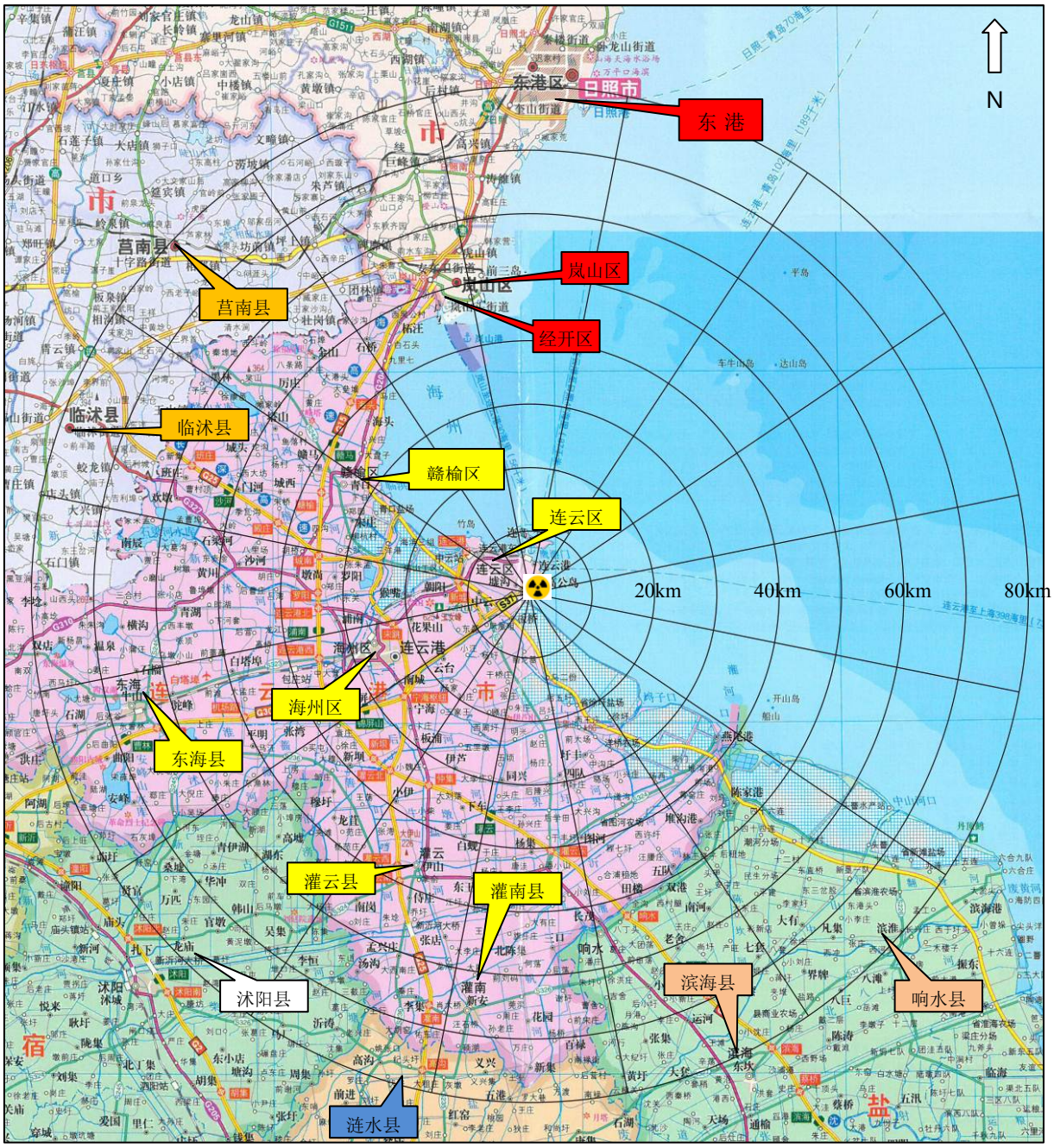


图 1.10-1 田湾核电站 5、6 号机组厂址半径 80km 范围评价子区划分示意图

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

2.2 人口分布

2.2.1 厂址近区域的人口分布

2.2.2 厂址半径80km区域的人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.3 水产资源及水生态概况

2.3.4 厂址附近的工业、交通和军事设施

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.3 当地气象条件

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.7 厂址气象观测

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.6 地形地貌

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

田湾核电站行政隶属于江苏省连云港市连云区宿城乡。田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址位于田湾核电站3、4号机组工程西北侧的船山。

厂址西距连云港市海州区中心约 33km（直线距离，以下同）；西北距连云区中心约11km，北距连云港码头约5.2km；东北距高公岛乡约2km；南临黄海，西北临东崖屋村。

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

厂址地产边界即征地边界。

扩建工程5、6号机组(以下简称本工程)征地是考虑了5～8号机组建设用地需求的，征地范围包括厂区用地（包括主要生产区、辅助生产区、仓库区、三修区和厂前区及其他设施区）。

本工程部分用地利用前期工程已征用地，部分利用新征用地。新增用地范围是根据厂区总体规划实际用地并考虑非居住区最小半径范围确定的。本工程核准用地面积为70.98hm^2（为5-8号机组用地，咨能发[2015] 2458号），其中5、6号机组厂区占地面积29.25hm^2，其它为7、8号机组预留用地。本期工程施工场地利用了部分7、8号机组预留用地，约18.76hm^2。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的选址假想事故采用 RG1.183 的相关假设，以DBALOCA源项作为选址假想事故源项进行非居住区边界的计算。根据田湾核电厂址2013年1月～2014年12月10m高度三维联合频率、采用PAVAN计算机程序对事故剂量后果所用的大气弥散因子进行计算。计算时根据GB6249-2011的规定，考虑事故发生后任意2小时内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量。经过计算得到拟定非居住区边界 500m 处的公众在发生选址假想事故后受到的有效剂量为 64.5mSv，为GB6249-2011规定剂量控制值的25.8%，满足标准要求，故推荐以反应堆厂房为中心、将半径500m作为非居住区边界。

田湾核电基地的非居住区统一考虑，非居住区范围是以反应堆为中心半径500m和电厂征地边界的包络。田湾 1～6 号机组非居住区范围绝大部分在田湾核电站地产界限内，仅北部一条形地带共约 0.93hm^2 未包括在地产界限内，这部分山地地势陡，山体坡度约25.46°，没有居住人口。

核电站 5km 范围为田湾核电站规划限制区，并得到江苏省政府和连云港地方政府的确认，已在地方总体规划中统一考虑。

1997年11月29日，江苏省人民政府下发了《江苏省政府关于依照国家规定保护连云港核电站周围环境的函》（苏政函[1997]104号），确认“连云港核电站半径5公里范围内为规划限制区”。

《连云港市城市总体规划》（2008-2030）于2009年获得江苏省人民政府的批复，批复函为《省政府关于连云港市城市总体规划的批复》（苏政复[2009]38号）。在《连云港市城市总体规划》中41条，规定了核电安全防护区及管制措施，作为强制性的条文规划了核电站的非居住区、规划限制区和烟羽应急计划区。

2.2 人口分布

本节编制依据中国核电工程有限公司于2018年完成的《田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》。

田湾核电站厂址半径80km范围内主要涉及江苏省连云港市、宿迁市、淮安市和盐城市所辖的14个县（市、区），山东省日照市和临沂市所辖的共计4个县（市、区），人口调查的资料和数据来源于：厂址半径80km范围内涉及的省、市、区、县提供的2017年最新的统计年鉴、年鉴、统计报表、相关规划等资料；厂址半径15km范围内涉及的各街道、镇人民政府提供的2017年最新的有关统计资料，以及实地调查收集的资料；厂址半径5km范围内实地调查，获取最新的资料和数据。

2.2.1 厂址近区域的人口分布

2.2.1.1 厂址半径5km范围内的人口分布

厂址半径5km范围内主要涉及6个街道的11个行政村和6个社区，共计34个居民点，共有人数两万余人。厂址半径5km范围内没有万人以上的居民点。距离厂址最近的自然村为东崖屋陶庵村，位于厂址NW方位，距离本次调查中心1.3km，人口数两百余人；厂址半径5km范围内最大的居民点为连云街道荷花社区，位于厂址N方位4.9km，人口数三千余人，此外，连云街道云台、胜利、临海社区三个居民点距离很近，上述三个社区人口数六千余人。厂址半径1km范围内无居民点。

2.2.1.2 厂址半径15km范围内的重要居民点

厂址半径15km范围主要涉及连云区、连云港经济技术开发区、云台山景区和徐圩新区所辖的11个街道、1个农场，共计涉及74个社区和行政村，共有人口十九万余人。厂址半径10km范围内没有10万人以上的城镇。距离厂址最近的行政村是位于厂址WNW方位1.0km处的连云区宿城街道东崖屋村，人口数八百余人；厂址半径15km范围内人口最多的是位于厂址NW方位10.3km的连云区墟沟街道院前社区，人口数一万余人。

2.2.1.3 流动人口

厂址半径15km范围内主要以农业、海水养殖业和工业为主，没有大中专院校，大部分长期流动人口的流动方式主要是务工、经商、随迁，以流入为主，厂址半径15km范围内长期流动人口总数为2万8千余人：其中流入人口总数为2万5千余人；流出人口总数为2千余人。厂址半径15km范围内的短期流动人口主要是外地来连云港市的旅游度假游客。区域内主要景点及2017年旅游人口情况如下：

连岛海滨旅游度假区（N方位，8.4km），国家AAAA级旅游区，年接待游客425.0

万人次，旺季为每年4月到10月，单日最大游客接待数可达6.0万人次。

花果山风景区（WSW方位，9.5km），国家5A级旅游区，年接待游客417万人次。

海鲜美食文化旅游景区（NW方位，10.8km），AA级景区，年接待游客2万人次。

北固山生态公园（NW方位，9.7km），AA级景区，年接待游客33万人次。

宿城船山飞瀑景区（NW方位，0.8km），AAA级景区，每年接待游客主要集中于春、夏、秋三季，年接待游客15万人次，单日最大接待游客数量约1600人次左右。

海上云台山景区（NW方位，2.7km），国家级风景名胜区、国家AAAA级旅游景区、国家级森林公园、省级自然生态保护区，旺季为每年4月到10月，2017年游客接待量为207万人次。

厂址半径 5km 范围内主要以农业、海水养殖业和工业为主，大部分各行政村人口的流动方式主要是务工、经商、随迁，以流入为主。厂址半径 5km 范围内长期流入人口总数为四千余人；长期流出人口总数为八百余人。

2.2.2 厂址半径80km区域的人口分布

2.2.2.1 厂址半径80km区域内的人口分布

厂址半径80km范围内主要涉及共计18个县（市、区）的144个街道、镇（乡），厂址半径80km范围内2017年底的总人口数为八百余万人，厂址半径80km范围内平均人口密度小于江苏省和连云港市同期平均人口密度。

2.2.2.2 厂址半径80km区域内的人口中心和城镇

厂址半径80km范围内十万人以上的城镇有8个，厂址半径80km范围内没有百万人以上的人口中心。最大也是距离厂址最近的人口中心是位于厂址 WSW 方位 24.5km 处的连云港市区，人口数49万余人。

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

本节编制依据中国核电工程有限公司于2018年完成的《田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》。

田湾核电厂为沿海厂址，厂址周围耕地较少。厂址半径10km范围内土地利用涉及行政区：连云区墟沟街道、连云街道、连岛街道、板桥街道、云山街道、宿城街道、高公岛街道；连云港经济技术开发区（下称开发区）中云街道；云台山景区云台街道，土地总面积12134.51hm^2，根据连云港市土地利用总体规划（2006~2020），田湾核电站厂址所在区域土地利用现状和规划类型均为工业建设用地。

厂址半径15km范围内有一处省级自然保护区，为云台山森林自然保护区，位于厂址NW方位，核心区距离厂址3km。

厂址半径10km范围内省级以上文物古迹共3个，其中国家级2个，国家级文物古迹分别为藤花落遗址，相对厂址位置为W方位9.5km；东连岛东海琅琊郡界域刻石，相对厂址最近为NNE方位8.1km。距离厂址最近的古迹为云台山抗日石刻群，相对厂址位置为NNW方位3.2km。

厂址半径15km范围内省级以上风景名胜区有一处，为厂址NNW方位0.7km的云台山风景名胜区。

厂址半径50km范围内的淡水资源主要有地表水、过境水和地下水。境内水系基本属于淮河流域沂沭泗水系。厂址半径50km范围内涉及骨干河流39条，厂址半径50km范围内无大中型水库，有小型水库25座。厂址所在连云港市工农业用水及当地居民饮用水水源情况是：农业用水、渔业用水主要靠当地水库和河流，远离海岸线的乡镇居民有少量水井作为补充。

厂址半径15km范围内居民饮用水均为地表水，几乎村村通自来水，其普及率已达90%以上。

厂址半径5km范围居民用水主要来自宿城水库，自来水普及率98%以上，宿城水库为小（一）型水库，主要用于下游水利灌溉及辖区内饮用水及工业用水供应，供水范围几乎涵盖厂址半径5km范围所有村街。个别乡村饮用山泉水，也有个别自然村饮用井水，包括：宿城街道大竹园村地势较高无法供应自来水，吃水主要来自山涧沟塘坝供水；连云街道庙岭社区有10口水井作为居民饮用水，胜利社区靠山边居民饮用山泉水（取水点在院墙路五排宿舍西），云台社区有9口水井作为居民饮用水。厂址半径15km范围除个别

自然村使用井水外，不涉及到地下水的开发利用。

2.3.2 陆生资源及生态概况

本节依据中国核电工程有限公司于2018年10月完成的《田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址周围人口、环境、食谱及其外部人为事件调查报告》和中核第四研究设计工程有限公司于2017年6月完成的《田湾核电站3、4号机组工程项目厂址附近陆域生态环境调查及评价报告》编制。

2.3.2.1 农业生产情况

厂址半径80km范围主要农作物分类如下：

粮食作物：稻谷、小麦、玉米、薯类、豆类；

油料作物：花生、油菜籽；

蔬菜：叶菜类（菠菜、芹菜、包菜、油菜、空心菜）、白菜类（大白菜）、瓜菜类（黄瓜、冬瓜、丝瓜、南瓜）、根类（白萝卜、胡萝卜、芋头、生姜、马铃薯、榨菜头）、茄果类（茄子、西红柿、辣椒）、葱蒜类（蒜头、大葱）、菜用豆类（四季豆、豇豆）、水生菜类（莲藕）；

水果：苹果、梨、葡萄、桃、杏、红枣、柿子、山楂、猕猴桃、樱桃；

其他作物：茶叶等。

2.3.2.2 畜牧业情况

厂址周围地区内农村的副业生产主要是畜牧养殖，养殖的种类包括大牲畜、猪、羊、家禽（鸡、鸭和鹅）和少量的兔。猪和家禽是厂址周围绝大多数农户的副业，牛、羊和兔是部分农户的家庭副业，饲养量相对较少。饲养方式上，牛、羊饲养以放牧为主，冬春季节舍饲；生猪以圈养为主，极少地方散养；家禽饲养中小规模养禽场笼养，农户饲养主要是散养。饲养饲料方面，农户养猪以浓缩料加自产能量饲料或浓缩料加稻谷配合饲养为主，也有部份农户养猪以浓缩料加自产农副产品如糠麸加青菜喂养。牛、羊等草食动物主要以牧草、稻草加少量精料饲喂养。规模化蛋鸡、肉鸡饲养场采取笼养方式，饲料主要是浓缩料加能量饲料配制成的饲料喂养；农户饲养家禽主要是以自产粮食兼放牧喂养。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

连云港全市森林覆盖率24.7%，林木覆盖率27.5%。

连云港市主要有磷、蛇纹岩、大理岩、花岗岩、水晶、建筑石料、建筑用砂、脉石英、地热、蛭石等优势特色矿种和金红石、榴辉岩系列伴生矿产（石榴子石、绿辉石）、蓝晶石、石榴红宝石、瓷石、玄武岩、云母、硅石、陶土、矿泉水、海砂等具潜在优势的矿种

以及泥炭、重晶石、含钾千枚岩、地下水、铁、稀土、耐火粘土、砖瓦用粘土等一般性矿种。另外，尚有金、银、铜、铅、锌、钼、锰、镍、石墨、石棉、锆石、铬铁矿、金刚石、铀、萤石等其它矿种。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

2.3.2.4.1 调查方法

本次调查采用资料收集和现场调查相结合的方法。

2.3.2.4.2 植物

（1）苔藓植物

调查区内苔藓植物资料收集共有25科52属122种，其中苔类1科1属1种；现场调查共有11科17属25种，其中刺叶护蒴苔、芽孢裂萼苔和硬叶对齿藓3种是资料中未记录的物种。优势科分别是丛藓科、灰藓科、青藓科、真藓科、葫芦藓科和凤尾藓科；优势属为凤尾藓属、真藓属、青藓属、毛口藓属、立碗藓属、绢藓属、灰藓属。调查区域苔藓植物生态类型分为土生、石生、岩面薄土生、树基生、树干生几种类型，以土生为主。

（2）维管植物

调查区内维管植物资料收集有159科560属1000种，现场调查到的物种有101科395种，没有资料收集之外的物种。

调查区内蕨类植物22科、29属、38种；裸子植物5科、13属、16种；被子植物131科、518 属、946 种。被子植物科属种数上均占绝对优势。被子植物中，双子叶植物是绝对的优势类群。

调查区内植被类型属于暖温带落叶阔叶林，绝大多数的维管植物为种子植物，去除栽培种后，共有野生分布的种子植物112科430属787种。调查区植被类型主要有针叶林、落叶阔叶林、草丛、人工植被、湿生植被五种，其中，人工植被又包括经济林、作物植被、村庄植被及人工绿化植被等几种类型。

调查区的优势种主要为化香、麻栎、黑松、刺楸、盐肤木、芦苇和盐地碱蓬；建群种为化香；关键种为芦苇和盐地碱蓬，在整个调查区均有分布。

调查区内一共有9个特有种，分别为：牛鼻栓、盾果草、枳、银杏、水杉、楸树、红楠、流苏、金镶玉竹，其中牛鼻栓、盾果草、枳均为广布种，银杏、水杉多为栽培种，楸树为我国特有的珍贵速生用材树种，红楠为云台山保存至今自然分布的常绿阔叶乔木树种，流苏是优良的观花树种，金镶玉竹为珍稀的观赏竹类。

调查区主要植物资源有赤松、杉木、毛竹、麻栎、意杨、楸树等林业树种；板栗、茶、

小麦、水稻等各种经济农作物；桃、梨、葡萄、樱桃、杏等水果；何首乌、海洲常山、海州香薷、金银花、卷柏等中药材类植物以及具有食用价值的野菜包括盐地碱蓬、蕨等。其中，野生分布、产量丰富且具有经济开发价值的植物为楸树和盐地碱蓬，二者在整个调查区都有大量分布。

调查区内共有14种国家级重点保护野生植物分布，其中银杏和水杉为国家I级重点保护物种，其余12种植物为国家II级重点保护物种。调查区内共有100余株古树名木，主要为朴树、黄连木、银杏、南京椴、楸树、枫香、四照花等，主要分布于宿城街道和高公岛街道。

2.3.2.4.3 动物

（1）鸟类

调查区内资料收集共有鸟类19目58科229种。现场调查到鸟类11目30科70种，其中留鸟最多，现场调查未发现迷鸟。

调查区鸟类分布呈现出显著的北方性质。调查区旅鸟种类最多，其次为冬候鸟、留鸟、夏候鸟和迷鸟。

调查区内一共有国家级重点保护野生鸟类32种，其中国家I级重点保护野生鸟类6种，国家II级重点保护野生鸟类26种。此外，调查区内还有180种鸟类被列入中国国家林业局2000年8月1日发布的《国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录》（简称“三有”鸟类），以及省级保护鸟类16种。

（2）两栖动物

两栖动物调查主要通过资料收集完成，调查区共有两栖动物1目3科11种，其中，蛙科有6种，蟾蜍科有3种，雨蛙科2种。两栖动物以北方物种为主，兼有其它成分。

调查区内两栖动物保护物种共有三种，分别为东方铃蟾、黑斑侧褶蛙和金线侧褶蛙，均为江苏省重点保护野生动物。东方铃蟾主要栖息在山溪的石下、草丛、路边、半山坡上的小水坑、石头坑等处；黑斑侧褶蛙常在池塘、水田旁的草丛中活动；金线侧褶蛙分布于农田和沟渠生境。

（3）爬行动物

爬行动物调查主要通过资料收集完成，调查区共有爬行动物7科14属21种。总体来看，爬行动物的分布具有明显的过渡性。

调查区内共有 6 种爬行类保护动物分布，分别为乌龟、赤链蛇、黑眉锦蛇、乌梢蛇、翠青蛇和短尾蝮，均为省级保护物种。乌龟主要分布在河流、农田等生境，近些年随着环

境破坏和人为捕抓，已经非常罕见。赤链蛇主要分布在农田、鱼塘等湿地生境；黑眉锦蛇主要分布在村庄及农田；乌梢蛇主要分布在村庄、农田及鱼塘；翠青蛇主要分布在山地；短尾蝮主要分布在山地、旱地、农田，较为罕见。

（4）哺乳动物

哺乳动物调查主要通过资料收集完成，调查区共有哺乳动物5目10科19种，其中小型掘穴类哺乳动物有4目5科14种。常见的北方种有草兔、大仓鼠、黑线姬鼠和黄鼬。东洋界物种有3种，分别为鼩鼱、果子狸和豹猫。

调查区内共有8种哺乳类保护动物分布，分别为刺猬、赤腹松鼠、赤狐、黄鼬、猪獾、果子狸、狗獾、豹猫，均为省级保护物种。刺猬分布较广，以河堤、田埂等生境最为常见；赤腹松鼠主要分布在云台山松树林内；赤狐主要分布在云台山山地；黄鼬分布较广，村庄及农田生境最为常见；猪獾、果子狸主要分布在云台山山地；狗獾分布较广，田野山坡均有分布，但并不常见；豹猫主要分布在云台山山区。

（5）飞行类昆虫

调查区内资料收集共有昆虫17目138科742个物种。

飞行类昆虫主要分布在农田、落叶阔叶林和湿地植物群落中。优势种在山地森林区以斑腿蝗科、瓢虫科、粉蝶科及凤蝶科为主；在海边滩涂区以食蚜蝇类为主；在城镇区以瓢虫科、粉蝶科及凤蝶科为主；在农田区以瓢虫科、粉蝶科、凤蝶科和蜻蜓类为主。调查区内无保护性飞行类昆虫分布。

（6）腹足纲软体动物

调查区内资料收集共有软体动物2目9科19种。现场调查采集到软体动物标本87个，分属1个纲1个目8个科15种。

调查区内软体动物主要分布在城镇和农田等生境，主要以柄眼目为优势类型，优势种为灰巴蜗牛和同型巴蜗牛。

（7）食腐类节肢动物

调查区内资料收集共有食腐类节肢动物4纲4目8科46种。现场调查共发现食腐类节肢动物4纲5目6科12种。

调查区内甲壳纲的优势种为光滑鼠妇；唇足纲和倍足纲的优势物种分别为少棘蜈蚣和条马陆；昆虫纲的优势种为黑翅土白蚁。调查区内无保护性食腐类节肢动物分布。

（8）环节动物

调查区内资料收集共有环节动物3目4科9种。现场调查共采集到环节动物标本136

个，共有2目3科8种，环节动物的生境条件为草地，林地，阴暗潮湿的土壤中。

调查区内环节动物主要分布在城镇和农田等生境，主要以巨蚓科的直隶环毛蚓和秉氏环毛蚓为优势种。调查区内无保护性环节动物分布。

2.3.2.4.4 生态红线

江苏省人民政府于2018年6月印发了《江苏省国家级生态保护红线规划》，根据此规划，厂址半径15km范围内陆域生态红线区域3个：连云港云台山森林省级自然保护区、云台山国家级森林公园、连云港北固山省级森林公园。

2.3.2.5 距离反应堆最近的居民点、农田、菜园、养殖场、奶牛场等

厂址周围半径15km范围内无牧场，有1处奶牛场-连云港东辛农场东旺奶牛养殖有限公司，距离厂址S方位约12.6km，2018年底奶牛存栏3千头，其中一场1千8百头，二场1千6百头。

厂址半径5km范围内丘陵山地分布广泛，适宜耕作的土地较少，没有大规模的农田、菜园和果园，各村居民主要通过自留地及房屋前后空地种植少量玉米、蔬菜等农作物，面积较小。距离厂址最近的农田和菜园均位于厂址NW方位1.4km处，属东崖屋村村民自行种植。

2.3.3 水产资源及水生态概况

沉积物质量依据国家海洋局第一海洋研究所2016年10月完成的《田湾核电站3、4号机组工程项目厂址附近海域生态环境调查报告》编制。目前厂址附近海域生态环境现状调查及分析评价专题正在开展，待专题完成后补充其余调查结果。

2.3.3.1 厂址附近海域海洋沉积物质量

调查海域所有调查沉积物站位底质类型为粘土质粉砂和粉砂质砂。

单因子污染指数评价中，Cd的污染最为严重，有11个站位超过相应的沉积物质量标准，平均污染指数为1.03，超标率为42.3 %；其次为Hg，有8个站位超过相应的沉积物质量标准，平均污染指数为0.88，超标率为30.8 %；Cr和Cu分别有3个和1个站位超过相应的沉积物质量标准，超标率分别为11.5%和3.8%；其他元素均未超标，满足相应的沉积物标准。

2.3.4 厂址附近的工业、交通和军事设施

本节编制依据中国核电工程有限公司于2018年完成的《田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》。

2.3.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内规模以上工矿企业有 69 家，主要分布在连云区板桥工业园（SSW~SSE方位2.5~10km）、连云港经济技术开发区（WNW~NW方位4.5~25km）和徐圩新区（SSE~SSW 方位 7.5~25km）。距离厂址最近的规模以上工矿企业是连云港美特佳新型建材有限公司，位于云山街道黄崖村，主要从事混凝土生产和销售，共有职工55人，相对厂址位置为W方位2.9km。职工人数最多的工矿企业是江苏恒瑞医药股份有限公司，位于黄河路38号，主要从事注射剂生产，共有职工3943人，相对厂址位置为W方位9.1km。

根据《连云港市城市总体规划（2015~2030）》，连云港产业发展按照“三带、三核、四片、多区”的产业空间布局。以国家级经济技术开发区、国家级高新技术产业开发区为核心，重点发展战略性新兴产业，着力构建高新技术产业带；以省级开发园区为载体，发展水晶与硅材料、食品制造业、精细化工、金属精加工等特色产业，加快产城融合步伐，着力构建都市型产业带；以沿海交通干线为主轴，依托港口、园区，重点布局临港基础性工业，着力构建沿海产业带。沿海重点打造北翼的赣榆港区临港产业区、海洋经济开发区、赣榆经济开发区和南翼的板桥工业园、徐圩临港产业区、灌河港区临港产业区。

厂址半径15km范围内的工业园主要包括徐圩新区、云港经济技术开发区、板桥工业区（连云开发区）和旗台作业区。

厂址半径 5km 范围内规模以上工矿企业有 2 家，主要经营业务包括混凝土和建筑材料生产销售和紫菜食品加工。职工人数最多且距离厂址最近的工矿企业是位于云山街道黄崖村，相对厂址 W 方位 2.9km 处的连云港美特佳新型建材有限公司，主要从事混凝土生产销售，共有职工55人。

厂址半径 15km 范围内生产、使用、经营危化品企业共计 16 家，加油加气站 22 个，厂址半径15km范围内有毒有害气体主要是液氨、液氯、丙烯腈和溴甲烷，易燃气体为液化石油气。连云港区旗台作业区储存的危化品均通过连云航道运输，运输危化品品种包括丙烯腈、丙烯醇、1-己烯、甲苯、二氯乙烷、丙烯、液化石油气、硫酸、硫磺、甲醇。

经过计算分析，所有上述厂址半径15km范围内的危险品，均不会对厂址安全构成潜在危险。

2.3.4.2 交通

（1）公路

厂址半径15km范围内的公路有：

北疏港高速S72：位于厂址北侧，最近处位于田湾核电站N 方位8.5km；

南疏港公路：位于厂址北侧，最近处位于田湾核电站N 方位5km；

东疏港高速S73：位于厂址北侧和西侧，最近处位于田湾核电站WNW 方位1.6km（隧道口）；

G228（丹东线）：位于厂址西侧，最近处位于田湾核电站WSW 方位2.7km；

S242（黑林至沂北转盘）：位于厂址西侧，最近处位于田湾核电站WSW方位7.2km；

G310（连共线）：位于厂址北侧，最近处位于田湾核电站N 方位4.5km；

G30（连霍高速）：最近处位于田湾核电站 WSW 方位 8.8km，东疏港公路向西，南、北疏港公路向南均与该高速入口相接；

S72北疏港高速从墟沟街道至猴嘴街道，等级为一级，最近处位于厂址N方位8.5km。

滨海大道：最近处位于田湾核电站E方位1.8km处。

根据《连云港市城市总体规划》（2008~2030年）和《江苏省省道公路网规划（2011~2020年）》，结合《连云港市“十二五”综合交通运输体系发展规划》，厂址半径15km范围内的规划的公路有1条，为G311连栾线。G311连栾线从浦南海清立交西至新沂与连云港交界，规划等级为一级，最近处位于厂址SW方位4.0km。

东疏港高速存在运输危险品的车辆，主要的易燃危险品为液化石油气、甲苯和丙酮，有毒危险品为丙烯腈，最大运输量为30t。

上述涉及运输易燃易爆危险品的公路，经过计算分析，不会对厂址安全构成影响。对于距离厂址1.6km的东疏港道路运输的丙烯腈，经过分析计算，30t丙烯腈对核电厂安全具有影响。考虑到核电厂的安全运行，建议禁运丙烯腈等有毒化学品。

（2）铁路

厂址半径15km范围现有铁路为陇海线，路离厂址最近处为N方位约5km处。

厂址半径15km范围在建铁路为徐圩支线。主要为徐圩港区杂货、原料和产品提供运输条件。徐圩港区铁路支线从厂址西侧和南侧穿过，最近处位于厂址SW方位约9.5km。

厂址半径15km范围内规划线路为上合物流园铁路专用线、徐圩临港产业区铁路专用线、徐圩港区铁路专用线。其中上合物流园专线最近处位于厂址SW方位5km；徐圩港区铁路专用线和徐圩临港产业区铁路专用线，最近处位于厂址SE方位9km。

厂址半径15km范围内铁路不涉及危险品运输，不会对厂址安全构成影响。

（3）水上交通

1）港口海运

连云港港已初步形成以连云港区为主体，以徐圩港区、赣榆港区、灌河港区为两翼的总体发展格局，另有部分千吨级内河码头分布在上合组织物流园区。

连云港区位于海洲湾西南岸，是散杂集并举、客货兼顾的大型综合性港区。现已形成东部旗台作业区以大型散货为主、中部马腰和庙岭作业区以集装箱和通用散货为主、西部墟沟作业区以通用散货和杂货为主的格局。距离最近的为旗台作业区，旗台作业区位于港区东侧，共有5万吨级以上泊位7个，综合通过能力3478万吨，其中外贸进口铁矿石接卸能力2230万吨。主要从事铁矿石、散化肥、氧化铝运输，兼顾液体散货作业。

徐圩港区位于连云港市南部小丁港至灌河口之间，目前处于起步建设阶段，东西防波堤基本建成、10 万吨级航道已经建成，港内良好的掩护条件和进港航道水深已经具备，截至2017底，共有万吨级以上经营性生产性泊位11个，综合通过能力3794万吨。

厂址半径15km范围涉及连云港区航道和徐圩港区航道。连云港区航道由主航道、马腰支航道、庙岭支航道和墟沟支航道组成。徐圩港区目前 10 万吨级散货船单线航道已建成通航。连云港区旗台作业区储存的危化品均通过连云航道运输，运输危化品品种包括丙烯腈、丙烯醇、1-己烯、甲苯、二氯乙烷、丙烯、液化石油气、硫酸、硫磺、甲醇。徐圩港区除新荣泰码头有少量化学品外，无危化品经徐圩航道运输。经过分析计算，厂址15km范围内的港口海运储存、运输的危化品，均不会对厂址安全构成影响。

2）内河航运

厂址半径15km 范围内的内河航道为烧香河航道，该航道为三级航道。烧香河主要功能为农业用水及泄洪，流域的水资源量相对贫乏，由于降雨的年内分配及多年变化不均，导致径流变化较大，航运功能较弱，河道中很少有船只航行。烧香河航道最近处位于田湾核电站 S 方位2.5km 处，为烧香河闸口。内河航道不存在危险品运输，不会对厂址安全构成影响。

（4）空运

厂址SW方位约50km处有一军民两用的白塔埠4D机场，可以起落波音737、757、麦道85、图154等飞机；离厂址最近的空中航线为连云港~大连航线，地面投影距离田湾核电站约35km。

连云港近期规划的新机场位于灌云县小伊乡境内，定名为连云港花果山国际机场，新机场位于田湾核电站西南方向约40km处。

厂址半径10km范围内没有机场，空中航线距离厂址4km以外，按核安全导则《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）的规定，可不考虑飞机坠毁对核电厂安全的影响。

2.4 气象

2.4.1 区域气候

厂址所在区域为暖温带半湿润季风气候区。气候的基本特征是季风气候显著，冬冷夏热，四季分明，具有海洋性气候和大陆性气候双重特点。冬季受欧亚大陆冬季风控制，气候干燥寒冷，呈现明显的大陆性气候，夏季则受低纬度洋面来的夏季风影响，潮湿多雨，气温偏高，表现出较为明显的海洋性气候特征。春、秋、冬三季常有冷空气侵袭，时常伴有大风和冰雪。厂址周边主要的四个气象站分别为西连岛、赣榆、燕尾港和连云港（新浦）气象站。各气象站的地理位置和基本状况与见表2.4-1。

本区天气条件是由于高空天气系统如东亚大槽、西太平洋副热带高压、西风带阻塞、南亚高压、西南低涡、切变线和南支大槽等和地面天气系统如气旋、冷锋、台风、梅雨锋等活动造成的，而常年的气候特征基本上由大气环流决定。

冬季：厂址区域整个对流层在西风带控制之下，我国华北和西北处于深厚的东亚大槽后部，苏鲁两省稍靠大槽底部。与此相对应，地面盛行西北气流，引导极地大陆气团南下，形成寒冷干燥的基本气候特点。冬季本区常有气旋生成活动，并由于锋面和气旋活动而经常发生雨雪和随后的大风降温天气。

春季：春季是大气环流由冬季到夏季的转换季节。500hPa 以上的环流基本上仍是冬季形势，但底层的环流形势表现为冬、夏大气活动中心并存，东亚大槽明显减弱，蒙古高压的强度也显著减弱。地面流场已开始具有夏季环流的特点，这时盛行气旋活动和冷高压过程，天气多变。

夏季：对流层中部500hPa等压面上西风带显著北移. 长江中下游直至华北南部5000m上空气流呈西南—东北向。随着西太平洋副热带高压逐步北进，雨带也随之北移，6月中下旬至7月上旬是长江中下游地区的梅雨期，为全年最集中的多雨期。7月中旬地面全在夏季风控制之下，该地进入盛夏期，受热带海洋气团的影响，天气潮湿闷热。夏季我国沿海常有热带气旋活动，是形成降水与暴雨的另一种主要天气。梅雨和热带气旋活动都可对连云港地区造成影响。特别是台风和冷空气南下同时发生、干冷空气与暖湿热带海洋气团交汇，可形成强烈的风雨过程。

秋季：自九月份起冬季的大气环流形势开始建立。长江流域和华北在平直的西风控制

下，华南上空是反气旋环流，槽脊活动较少；副热带高压势力减弱，蒙古高压建立并逐渐增强，多秋高气爽天气，但冷空气南下时对本区也能造成降水和偏南、偏北大风。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 热带气旋

取厂址为中心 400km 半径范围的区域作为热带气旋调查范围，满足核安全导则的规定。调查1949~2018年进入划定区域内的所有热带气旋，采用耿贝尔函数进行拟合，得到厂址区域百年一遇的最大可能热带气旋的最低中心气压为934.7hPa，10m高度处10min最大风速为38.3m/s，对应的极大风速为49.8m/s。

2.4.2.2 龙卷风

按照核安全导则的要求，调查以厂址为中心，经度3度、纬度3度范围内的所有龙卷风样本，共得到龙卷风样本507例。对所有样本进行富士达~皮尔森强度分类，其中F0级有267例，F1级有167例，F2级有69例，F3级有4例。

以10^{-7}/年作为设计基准龙卷风的概率水平，得到厂址区域龙卷风设计基准如下：

最大龙卷风速	94.4 m/s
平移速度	18.4 m/s
最大风速半径	50 m
总气压降	66.5 hPa
压降速率	24.4 hPa/s
最大旋转风速	76.0 m/s

2.4.2.3 极端风速

收集西连岛、赣榆、连云港、燕尾港4个气象站有自记记录以后至2018年的历年10min平均最大风速数据。对最大风速资料进行观测高度和观测时间的订正后，采用耿贝尔函数对四个气象站的历年最大风速序列进行拟合，得到百年一遇最大风速为 33.7m/s，未超过厂址区域实测最大风速36.3m/s。阵风系数取1.4时，最终得到实测风厂址百年一遇极大风速为47.2m/s，未超过原设计基准的49.6m/s。

综合热带气旋和实测风的设计基准，以及实测风的统计结果，最终确定厂址区域10m高度百年一遇设计基准最大风速为38.3m/s，百年一遇极大风速为49.8m/s。本工程与核安全有关的抗震I类建构筑物设计基准风速为49.8m/s（3s阵风）。

2.4.2.4 极端温度

收集西连岛（1960~2018年）、赣榆（1957~2018年）、连云港（1951~2018年）、燕尾

港（1973~2018 年）4 个气象站的历年极端最高气温和极端最低气温资料，采用耿贝尔函数对历年极端温度序列进行拟合，得到厂址区域百年一遇最高气温为 42.2℃，百年一遇最低气温为-21.2℃。

2.4.2.5 雪荷载

收集西连岛、赣榆、连云港和燕尾港有观测记录以来的历年冬季最大雪深和逐日降水资料，经整编得到各站历年冬季极端积雪深度和连续 2d 与 3d 的最大降水量数据。以耿贝尔函数分别做最大积雪深度和连续 2d 与 3d 最大降水量的极值拟合，48h 最大降水量取连续 2d 与 3d 最大降水量的平均作为合理的估计值，得到厂址百年一遇雪荷载为 100kg/m^2（0.98kN/m^2）。

2.4.3 当地气象条件

以下根据西连岛气象站 1971～2018 年 48 年主要气象要素，以及厂区南地面气象站和新建气象铁塔 2017~2018 年的气象观测资料，分析厂址的当地气象条件。

2.4.3.1 代表性气象站气象要素统计分析

1）风向、风速

西连岛的最多风向为 ESE，占全年风频的 11.8%，相邻的东风频率也比较高，占全年的 9.4%、两者合计达 21.2%。44 年资料混合统计的静风频率为 5.1%，各月比较均匀，在 4%～7%之间。图 2.4-1 是西连岛站的年风向玫瑰图。

西连岛年平均风速为 5.1m/s，年最大风速和极大风速的极值分别为 36.5m/s 和 44.4m/s，出现在 2012 年达维台风登陆时。

2）气温

西连岛年平均气温为 14.7℃，有记录以来的极端最高气温是 38.5℃（1966 年 7 月 15 日），极端最低气温是-13.3℃（2016 年 1 月 24 日）。

3）湿度

西连岛年平均相对湿度为 69%，年平均水汽压为 13.9hPa。

4）降水

西连岛年平均降水日数 86d，年平均降水量为 892.0mm，年降水最大值为 1399.6mm，出现在 2003 年；年降水最小值为 520.7mm，出现在 1988 年。48 年间西连岛暴雨日数（日雨量≥50mm）共 167d，年平均出现 3.5d，一日最大降水量为 432.2mm，出现在 1985 年 9 月 2 日。

5）气压

西连岛年平均气压为1014.9hPa。

6）云量和日照

西连岛年平均总云量为5.4成，年平均低云量为2.2成。

西连岛年平均日照时数为2320.6h，1988年日照时数最多达2749.9h，2016年日照时数最少为 1798.1h。多年统计数据表明当地年日照时数有降低的总趋势。年平均日照百分率为54%。

7）蒸发

西连岛累年平均蒸发量为1746.4mm。

2.4.3.2 现场气象观测结果

1）风向、风速

厂址地面站年平均风速为2.9m/s，年静风频率为2.64%。铁塔10m、30m、70m和100m高度的年平均风速分别为2.7m/s、3.5m/s、4.1m/s和4.4m/s，各高度的年静风频率分别为2.66%、1.92%、2.88%和 2.21%。整体上，厂址区域属于风速常年较大，局地输送能力较好的地段。

观测期间厂址地面站最大风速极值为14.3m/s，出现在2018年7月23日；极大风速极值为21.1m/s，出现在2018年3月15日和6月13日。铁塔10m、30m、70m和100m高度的最大风速极值分别为12.9m/s、16.9m/s、21.3m/s和22.8m/s，均出现在2018年3月4日；极大风速极值分别为22.8m/s、25.7m/s、28.1m/s和28.8m/s，其中10m和30m出现在2018年3月15日，70m和100m出现在2018年3月4日。

图2.4-2给出了2017~2018年地面站的年风玫瑰图。可见，地面站最多风向为ENE，年风频达19.61%；次多风向为NW，年风频为10.54%。图2.4-3给出了2017~2018年气象铁塔各层年风玫瑰图。可见，铁塔10m、30m、70m和100m的最多风向均为NNE~ENE，风频分别为 29.84%、30.46%、28.25%和 28.99%；10m 和 30m 高度的次多风向均为WSW~WNW，风频分别为25.63%和25.04%，70m高度的次多风向为SSW~WNW，风频为27.42%，100m高度的次多风向为SW~W方位，风频为24.26%。

2）气温

厂址地面站的年平均气温为16.0℃，铁塔10m、30m、70m和100m高度的年平均气温分别为15.5℃、15.6℃、15.3℃和15.1℃，地面站与铁塔10m高度的年平均气温、最高和最低月平均气温相近。

地面气象站观测期间出现的极端最高气温为37.8℃（2018.6.13）；极端最低气温为-8.5℃

（2018.1.12）。铁塔10m、30m、70m和100m高度的极端气温分别为37.0℃、37.0℃、36.3℃和36.0℃，均出现在2017年7月23日；极端最低气温分别为-7.5℃、-7.5℃、-7.1℃和-7.5℃，其中10m和30m出现在2018年1月12日，70m和100出现在2018年12月28日。

2017~2018年铁塔各层逆温强度的时次频率见表2.4-2，可见，10-30m、10-70m和10-100m各层强逆温的频率分别为12.81%、3.87%和1.09%；出现逆温的频率分别为38.08%、23.97%和22.36%。可见当地低层出现强逆温的频率较高。

厂址年平均露点温度为11.4℃，观测期间出现的最高露点温度为34.5℃，出现在2018年8月15日；最低露点温度为-20.0℃，出现在2018年1月12日。

3）湿度

厂址年平均相对湿度76.1%，观测期间出现的最低相对湿度为14%，出现在2018年2月11日。

4）降水

2017年和2018年厂址的年降水量分别为927.3mm和648.3mm。两年观测期间均是ENE方位的降水量最大，分别为204.8mm和169.3mm。近两年最大日降水量为90.3mm（2018年7月23日）。

5）气压

厂址年平均气压为1016.6hPa，观测期间出现的极端最高气压为1042.5hPa，出现在2018年12月29日；极端最低气压为990.6hPa，出现在2018年7月23日。

6）辐射

厂址2017年总辐射量和净辐射量分别为3582.8MJ/m^2和2144.0MJ/m^2；2018年分别为3507.2MJ/m^2和2126.6MJ/m^2。总辐射量日最高值为2017年5月12日的547.8MJ/m^2，净辐射量日最高值为2017年6月12日的513.5MJ/m^2。

2.4.4 大气稳定度

大气稳定度的划分采用ΔT~u法，该方法依靠风速和温度梯度作为判据，同时考虑了热力湍流和机械湍流的影响，较好地克服了单纯使用温度递减率法分类的不足，是IAEA推荐的基本方法之一。使用厂址2017年1月～2018年12月气象铁塔100m高度和10m高度的温度差和10m高度逐时风速确定A～F各类，得到D类稳定度占39.11%，不稳定的A、B、C类分别占3.09%、17.29%和17.81%，偏稳定的E、F类分别占3.35%和19.35%。

2.4.5 联合频率

利用2017年1月至2018年12月厂址气象铁塔各高度的风向、风速和地面气象站的

雨量观测结果，以及采用 ΔT~u 法得到的稳定度分类，统计计算得到 10m 高度的风向-风速-稳定度三维联合频率，70m 和 100m 高度的风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

根据中国辐射防护研究院曾于 1997 年夏季和冬季在厂址一带开展过短期低空探测，再结合射阳探空站多年早晨的探空资料确定的各季最大混合层高度，同时参照 GB/T3840-91《制定地方大气污染物排放标准的技术方法》推荐的中性稳定度混合层高度计算公式的计算结果。此外，还考虑了厂址夏季向岸流时可能出现的热内边界层。最终确定运行状态下计算所采用的混合层高度为：A 类和 B 类稳定度：800m；C 类和 D 类稳定度：600m。

2.4.6.2 大气扩散参数

厂址所处滨海地段地形较为复杂，其微气象既受丘陵山区的影响，又受海洋影响，致使厂址风场特征较为复杂。厂址区域扩散参数的确定综合了 SF_6 示踪实验、铁塔湍流测量和风洞室内模拟三种方法，得到各类天气条件下的扩散参数见表 2.4-3。推荐扩散参数计算方法充分考虑了现场实际情况的影响，示踪实验和湍流观测结果优缺互补，因而是合理的。

2.4.7 厂址气象观测

2.4.7.1 运行前的厂址气象观测

为了观测用于评价电厂正常运行期间和事故工况下气载放射性物质的弥散特征所需要的各种气象参数，在厂址现场应设立气象塔自动观测系统以及地面气象站，以开展气象观测工作。气象观测系统运行前的各气象要素数据联合获取率均应保证在 90%以上。

厂址一期工程已经建立现场气象塔自动观测系统以及地面气象站，并在 2004 年 4 季度正式开始观测。2012 年在应急指挥中心西侧新建了 102 米高的厂区南气象铁塔，并于 2012 年 4 月份开始运行。

地面气象站和国家气象站网的常规气象站基本相同，为一个 25×25m^2 的标准气象观测场，位于应急指挥中心旁边，设在 10m 气象桅杆及地面观测站上的气象传感器实时测量该站点的风速、风向、温度、湿度、气压、雨量、天空总辐射、净辐射等气象要素数据，并通过专线实时传送到设在应急指挥中心的 1 号气象数据采集器主机。

气象铁塔塔身高 102m，设在铁塔上的传感器可以连续的采集、处理和记录在 10m、30m、70m、100m 处的风速、风向、温度等气象数据，并可以通过无线收发机或专用电话

线实时传送到设在应急指挥中心的气象数据采集器主机。2017年和2018年塔层数据和地面降水的联合获取率分别为99.9%和99.1%，满足核安全导则的要求。

操作人员在监测系统日常正常运行状态期间，从计算机界面上获取全系统的实时气象信息，也可用运行计算机界面软件的控制模块来选择获取历史信息。根据EJ/T736-92《核设施现场污染气象资料标准》的规定进行定期试验与维护。气象监测系统所用的所有传感器均须由国家相关部门的仪器鉴定所标定，且均有相应的标定证书，传感器在安装前先在室内进行水平比对。以保证所得气象数据的质量和准确性。仪器主要技术指标参数见表2.4-4。

2.4.7.2 运行期间的厂址气象观测大纲

核电厂运行期间的气象观测设施为气载流出物排放管理和电站应急准备服务。运行时的气象观测系统主要包括新建气象铁塔、自动气象站和相应的通讯设备，即新建铁塔10m、30m、70m、100m的风速、风向、温度观测，地面气象站风、温、压、湿、降水、辐射等常规气象要素的观测。气象观测系统的联合数据获取率应达到HAD101/02不低于90%的要求，必须对所有观测设备设有足够的备品备件，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检定部门进行标定。采用与运行前相同的厂址气象观测数据质量评定措施，来保证运行期间厂址气象观测数据良好可靠的质量。

数据采集系统能实现对所有的数据实时采集、保存，提供整分和整时的测量数据，并实时显示多层的数据，还能单独显示每层的数据及变化曲线，存储数据能够在局域网上共享。

在核电厂运行阶段，现场气象观测数据将能直接上传至应急指挥中心等场所，为事故情况下实施应急计划提供及时准确的资料。

2.5 水文

本节内容主要论述田湾核电站 5-6 号机组电站运行期间可能影响到的水域，以及这些水体的水流特性、温盐分布、海洋水文和陆地水文等方面的情况，依据的专题报告有《田湾核电扩建工程 5、6 号机组工程水文补充分析计算报告（B 版）》（2015.08）、《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组工程海域海洋水文观测及分析报告》（2010.10）、《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组可能最大降雨计算技术报告》（2011.11）、《田湾核电站 7、8 号机组工程海域冬季海洋水文观测及分析报告》（2019.04）等。

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

（1）概括描述

田湾核电站 5-6 号机组位于江苏省连云港市东北部船山处，毗邻 1-4 号机组，位于 1-4 号机组西侧，厂址远离黄海，西与宿城山谷相邻，南面为黄海滩地。黄海海滩较为平坦，海底坡度较小，水深变化缓慢，等深线大体上与海岸线平行。-5m 等深线距厂址 2～3 公里，距羊山岛岸边约 0.06 公里；-10m 等深线距岸约 10 多公里。

本节中水位基准面均为 56 黄海基面。

1997 年 3 月～1998 年 3 月在工程海域进行了为期一年的水文站连续观测，同时借助附近海域的长期海洋观测站（连云港站）的同步观测资料与厂址站海洋水文观测资料进行相关，拓延海洋水文资料序列。

在田湾核电站工程海域分别于 2009 年 12 月 19 日～2010 年 1 月 9 日和 2010 年 7 月 1 日～2010 年 7 月 19 日开展了冬季、夏季海洋水文观测工作。在此水文观测的基础上 2019 年对此海域重新进行冬季、夏季大、中、小潮的同步水文测验工作，测验项目包括潮位、海流、水温、悬沙、盐度、海面风和表流迹线观测。

（2）潮汐

核电站厂址位于海州湾南岸。由潮位资料进行调和分析，求得连云港多年平均的调和常数。$R=(H_{K1}+H_{O1})/H_{M2}=0.31<0.5$（$H_{K1}$、$H_{O1}$、$H_{M2}$ 分别为分潮 K1、O1、M2 的平均振幅）。按照目前我国采用的潮汐类型划分标准，该工程海域的潮汐属半日潮性质，且浅海分潮也较显著，故而该地海域属正规半日潮型。

厂址处的主要潮位特征值是采用厂址站 1997 年 3 月～1998 年 3 月的资料统计，并用连云港的长期资料（1951 年~2014 年）统计结果进行比较后确定的。潮位特征值见表 2.5-1。

根据厂址高公岛站和连云港站 1997 年 3 月～1998 年 3 月的同期潮位资料，确立其潮

位的相关关系如下：

高潮位相关方程：

H1（厂址）=0.987H（连云港）+0.052m (2.5-1)

相关系数=0.984

标准差=0.07m

低潮位相关方程：

L1（厂址）=0.981L（连云港）+0.043m (2.5-2)

相关系数=0.986

标准差=0.08m

将连云港站 1951～2014 年的历年的最高高潮位、最低低潮位值分别代入上述相关方程，推算出厂址高公岛的年最高和最低潮位系列，计算其 P-III 分布和耿贝尔分布，得到不同重现期低潮位，本着合理偏保守的原则，采用 P-III 分布结果，结果见表 2.5-2。

（3）海流

1）2010 年全潮观测结果（冬季、夏季）

天津水运工程勘察设计院分别于 2009 年 12 月 19 日~2010 年 1 月 9 日和 2010 年 7 月 1 日～2010 年 7 月 19 日，按大、中、小潮型各进行全潮观测。

a．流向

冬季涨、落潮平均流向，1#～4#测站分别为 SW～ENE、SW～NE、SSW～NNE、SSW～NNE，10#测站为 SW～NE。6#、7#测站大潮时为往复流，中、小潮时为旋转流且流速较小。1#～4#、10#测站为往复流，其余测站为旋转流。流场形态不同的原因为：地形变化和月赤纬变化的影响，近突出岛屿部分明显影响流场，形成往复流，当潮汐增大后，流速相对增大，地形影响效应随之增大，6#、7#测站位置也成为往复流。

夏季涨、落潮平均流向，1#测站为 SW～NE，10#测站为 SW～NE。1#、10#测站为往复流，其余测站为旋转流。流场形态不同的原因为：地形变化和月赤纬变化的影响，近突出岛屿部分明显影响流场，形成往复流。

b．流速

冬季施测海域潮段平均流速，涨、落潮段大潮分别为 0.38m/s 和 0.33m/s，中潮分别为 0.30m/s 和 0.28m/s，小潮分别为 0.24m/s 和 0.21m/s，除 10#测站受灌河口径流影响，涨潮段平均流速小于落潮段平均流速外，其余测站涨潮段平均流速均大于落潮段平均流速。潮段平均流速，以 10#测站为最大，其余测站基本呈远岸大、近岸小的分布。垂线平均最大

流速，涨潮段为1.41m/s，流向233°，落潮段为1.50 m/s，流向41°，也均出现在南部10#测站。

夏季施测海域除10#测站受灌河口径流影响，涨落潮流速较大，其他测站潮段平均流速，涨、落潮段大潮分别为0.36m/s和0.32m/s，中潮分别为0.28m/s和0.26m/s，小潮分别为0.22m/s和0.22m/s，除10#测站受灌河口径流影响，涨潮段平均流速明显小于落潮段平均流速外，其余测站涨潮段平均流速均大于或略小于落潮段平均流速。潮段平均流速，以10#测站为最大，其余测站基本呈远岸大、近岸小的分布。垂线平均最大流速，涨潮段为1.03m/s，流向231°，落潮段为1.76m/s，流向54°，均出现在南部10#测站。

c．潮流的运动形式

施测海域潮流类型属于规则半日潮流性质，且半日分潮流中，M_2分潮最具有代表性，根据M_2分潮的K值可以得出：1#～4#、7#、10#测站的$|K|$小于0.25，这5个测站表现为往复流；其余测站的$|K|$大于0.25，表现为旋转流，且K值为正，表明逆时针方向旋转。

d．余流

余流的变化主要受风场、径流以及地形的支配，从垂线平均的余流结果来看，冬季最大值出现在大潮期间10#测站，达0.25m/s，方向为32°，其余测站不超过0.1m/s。夏季最大值出现在大潮期间10#测站，达0.49m/s，方向为58°，其余测站不超过0.1m/s。

从各层余流结果看，冬季最大值出现在小潮期间10#测站表层，达0.37m/s，方向为55°，其余测站多数不超过0.1m/s。夏季最大值出现在大潮期间10#测站表层，达0.71m/s，方向为29°，其余测站多数不超过0.1m/s。10#测站位于灌河口，受灌河口径流影响较大。

2）2019年全潮观测结果（冬季）

国家海洋环境监测中心于2019年1月16日~2019年1月23日，按大、中、小潮型进行了本厂址海域冬季全潮水文观测，计划于2019年8月实施夏季全潮水文观测，关于夏季海流观测成果待后续补充。

a．流向

通过垂向平均海流矢量平面分布图可以看出，V1、V2、V3、V4、V6、V7、V8和V13站表现为往复流，而V5、V9、V10、V11、V12测站表现为旋转流。根据海流矢量方向与水位变化的关系得知，观测海域的海流主流向大体为偏SW-NE向，偏NE向为落潮流向，偏SW向为涨潮流向。

b．流速

从空间分布来看，V1、V2、V3、V6、V7的流速较小，其他测站流速较大，表现出

近岸流速小，外海流速大的特征。从垂向分布来看，大部分由表层至底层有随深度增加逐渐减小的趋势。从时间分布来看，大部分站位大潮期海流最大，中潮次之，小潮最小。

——各站垂线平均涨、落潮流平均流速

大潮期垂线平均涨潮流平均流速在16～49 cm/s之间，落潮流平均流速在13～35 cm/s之间；中潮期垂线平均涨潮流平均流速在9～36 cm/s之间，落潮流平均流速在12～31 cm/s之间；小潮期垂线平均涨潮流平均流速在10～27 cm/s之间，落潮流平均流速在9～23 cm/s之间。整体而言，大潮涨落潮流较大，中潮次之，小潮最小。平面分布来看，V8~V13测站的涨落潮流流速整体上要大于V1~V7测站，呈现涨落潮流外海大于近岸的分布特征。

——各站垂线平均涨、落潮流最大流速

大潮期：垂线平均涨潮流最大流速在35～101 cm/s之间，最大值为101 cm/s，流向为218°，出现在V9站；落潮流最大流速在27～54 cm/s之间，最大流速为54 cm/s，流向为25°，出现在V11站。中潮期：垂线平均涨潮流最大流速在19～74 cm/s之间，最大流速为74 cm/s，流向为230°，出现在V8站；垂线平均落潮流最大流速在22～53 cm/s之间，最大流速为53 cm/s，流向为277°，出现在V10站；小潮期：垂线平均涨潮流最大流速在20～48 cm/s之间，最大流速为48 cm/s，流向为220°，出现在V8站；垂线平均落潮流最大流速在20～39 cm/s之间，最大流速为39 cm/s，流向为51°，也出现在V8站。

——测点最大流速

施测海域的测点实测最大流速，涨潮段为116 cm/s，流向248°，出现于V8测站的表层；落潮段为77 cm/s，流向17°，出现于V11测站的表层。

c. 涨落潮历时

受月赤纬变化和海湾地形等因素的影响，施测海域不同测站的涨、落潮历时有所差异。根据实测资料统计，施测海域涨、落潮平均历时分别为5小时53分和6小时36分，涨潮流历时小于落潮流历时，平均历时差43分。空间分布来看，近岸向外海方向，涨潮流历时增加，落潮流历时减少。

d．潮流的运动形式

施测海域潮流类型属于规则半日潮流性质，且半日分潮流中，M_2分潮最具有代表性，根据M_2分潮的K值可以得出：V1、V2、V3、V4、V6、V7、V8和V13测站的$|K|$小于0.25，这8个测站表现为往复流的特征；V5、V9、V10、V11和V12测站的$|K|$大于0.25，这5

个测站表现为旋转流的特征，且*K*值为正，表明潮流的旋转方向为逆时针。整体来看，外海测站以逆时针的旋转流为主，近岸测站往复流为主。

e．余流

余流的变化主要受风场、径流以及地形的支配。从垂线平均的余流结果来看，大潮期垂线平均余流流速为1.1~10.7 cm/s；中潮期垂线平均余流流速为1.3~8.1 cm/s；小潮期垂线平均余流流速为1.1~6.5 cm/s。冬季最大值出现在大潮期间V11测站，流速值为10.7 cm/s，流向为185°，其余测站不超过10 cm/s。

从各层余流结果看，流速在小潮期最大，中潮次之，大潮最小。大潮期各站各层余流流速在0.6～14.4 cm/s之间；中潮期余流流速在0.2～16.4 cm/s之间；小潮期余流流速在0.8～23.0 cm/s之间。冬季最大值出现在小潮期间10#测站表层，23.0 cm/s，流向为141°。除表层和V11站的大潮期余流之外，绝大部分测站的各层余流流速值不超过10 cm/s。

平面分布来看，外海余流的流速值要大于近岸。外海的整体余流方向为S~SE向，这与冬季盛行偏北风有关；近岸的余流方向表现为多方向性变化，差异显著，无明显规律。

3）两次全潮观测结果的比较

2019年冬季航次和2010年冬季航次分析所得施测海域均为半日潮流主导。海流的运动形式有所变化，V2~V4和V10站有所调整暂不比较，V6和V8站的运动形式由2009年的逆时针旋转流转变为往复流。

2019年冬季航次与2010年冬季航次涨落潮流平均历时相差不大，整体上涨潮流历时小于落潮流历时。2019年冬季航次与2010年冬季航次垂线平均涨落潮平均流速比较接近，分布特征一致，表现为涨落潮流大潮最大，中潮次之，小潮最小，涨落潮流外海大于近岸，垂线平均涨潮流平均流速均大于落潮流平均流速。垂线平均流向上有差别，整体上符合NE向落潮流、SW向涨潮流的特征。

2019年冬季航次和2010年冬季航次的余流，绝大部分测站的余流流速值小于10 cm/s。外海的余流方向均为S~SE向，这与冬季盛行偏北风有关。外海的余流要大于近岸，垂向上表现为表层至底层逐渐递减的特征。2010年冬季航次的近岸海域余流方向整体为S~SE向，2019年冬季航次的近岸海域的余流表现为多方向性变化。

（4）波浪

田湾核电站厂址位于连云港南侧扒山头，该海域水深较浅，其等深线大致与岸线平行，主要受NNE～ESE向波浪的影响。工程海域无长期测波资料，田湾核电站原报告波浪分析计算时，采用位于连云港北面东西连岛的连云港海洋站（34°47′N，119°26′E）1960～2009

年的测波资料，统计分析工程海域的波况，计算了重现期波要素。

根据补充收集的连云港海洋站 2010～2014 年的测波资料，统计分析了工程海域的波况，结果表明：NE 向所占的频率都最高为 24%，其次为 E 向和 ENE 向，所占频率分别为 14.1％和 8.1％，常浪向为 E～NE 向；0.5m 以下的波高 $H_{1/10}$ 所占频率为 72%，2.0m 以上的波高 $H_{1/10}$ 所占频率为 0.6%，强浪向均为 NE～NNE 向；周期频率分布与波高基本一致，其中，E 向、ENE 向和 NE 向，分别占 14.1％、8.1%和 24.0%，3S 以下平均周期所占频率均为 56.7%，7S 以上的平均周期所占频率为 0.1％。

（5）海水温度

根据连云港站 1960～2014 年的海水温度资料序列，分析得到工程海域水温特征值如下：

——连云港多年平均水温

根据连云港和厂址的海水温度相关关系，推算的厂址多年平均值为 14.1℃。考虑到近些年水温的变化，厂址处平均水温取 15.3℃。

——年极值水温

连云港站历年表层海水温度最高值和最低值分别为 31.5℃和-2.0℃，分别发生于 1966 年 8 月 6 日和 1963 年 1 月 26 日。

根据连云港和厂址夏季日均水温的关系，推算的厂址海域多年最高水温值为 31.6℃。取厂址海域多年最低水温值与连云港站一致，为-2.0℃。

——T7 为 27.8℃，考虑取水温升 1.5℃。

连云港站多年夏季（7～9 月）表层水温累积频率 1％和 10%的水温值分别为 29.5℃和 28.0℃。

（6）盐度

海水表层盐度多年平均为 29.3‰，最高盐度值为 33.0‰（1996 年 5 月 29 日）；历年月平均最高盐度值为 32.5‰（1996 年 5 月）；海水表层最低盐度值为 5.2‰（1971 年 8 月 31 日）。

（7）泥沙

根据 2010 年水文测验期成果，厂址附近海域海水的年平均含沙量为 0.24kg/m^3。悬沙中值粒径平均为 0.004mm，该海区水体含沙量，主要受波浪掀沙、潮流输沙影响。

根据 2019 年 1 月冬季水文测验期间含沙量资料和悬沙粒度资料分析得到基本结论如下：

a．涨、落潮平均含沙量为0.077 kg/m^3，其中大潮为0.104 kg/m^3，中潮为0.070 kg/m^3，小潮为0.056 kg/m^3，大潮含沙量相对较大，中潮、小潮含沙量相对较小。大潮潮段平均含沙量，最大为0.473 kg/m^3，出现在V10测站涨潮段，最小为0.039 kg/m^3，出现在V6测站落潮段；中潮潮段平均含沙量，最大为0.198 kg/m^3，出现在V10测站涨潮段，最小为0.024 kg/m^3，出现在V13测站涨潮段；小潮潮段平均含沙量，最大为0.107 kg/m^3，出现在V1测站涨潮段，最小为0.022 kg/m^3，出现在V13测站涨潮段。

b.垂线平均最大含沙量，大、中、小潮分别为0.801 kg/m3、0.385 kg/m^{3}和0.376 kg/m^3，分别出现在V1测站的落潮、V3测站的落潮和V3测站的涨潮。

c．施测海域含沙量的平面分布呈现北低南高的特点。垂向分布，潮段平均含沙量呈现表层至底层逐渐增大的特征。潮段分布，涨潮段含沙量大于落潮段含沙量的测站要更多一些。

d．本期测验期间施测海域的周日单宽净输沙量，大潮平均、中潮平均、小潮平均分别为10.53 t/m、3.92 t/m和1.64 t/m，大、中、小三个潮平均为5.36 t/m。周日单宽净输沙量最大值出现在大潮V10测站，其值为43.43 t/m，方向为W向。

e．工程海域悬沙平均中值粒径在0.0059～0.0077 mm之间变化，悬沙物质主要为粘土质粉砂。

总体来看，垂线平均潮段平均含沙量，2010年冬季航次的观测结果要大于2019年冬季航次；垂线平均涨潮最大含沙量二者差异不大；垂线平均落潮最大含沙量，2010年航次整体上要大于2019年航次。这可能与观测时间、天气状况以及当时的水文环境、泥沙输运情况不同等有关。自然环境上，本海域泥沙来源趋于减少；人为影响上，2010年港口的抛泥区抛泥量整体上要大于2019年；“小丁湾”形成后，阻挡了沿岸海流泥沙输运，湾口水深加大穿越主要破波带，都有利于泥沙含量降低。

2.5.1.2 陆地水文

（1）水文描述

连云港市是多河流的城市，主要河流为蔷薇河，其它河流有大浦河、西盐河、龙尾河、玉带河、妇联河、善后河、烧香河、排淡河、临洪河等。蔷薇河是连云港市唯一的淡水水源河，其上游为人工开挖的淮沭新河，水源主要是洪泽湖水，平常以40～50m^3/s流量进入连云港市。蔷薇河全长53km，宽70～100m，流域面积1819km^2。沿河主要支流有民主河、鲁兰河、乌龙河等。建有排灌站80余座，排灌面积90万亩。蔷薇河由刘顶处进入连云港市区，市区内长16km，再经临洪闸汇入临洪河后入海，临洪闸以下至入海口段称临

洪河，长约16km，为感潮河流。

除暴雨季节外，省水利部门通过蔷薇河从洪泽湖调水15～20m^3/s，以满足连云港市区生产、生活用水需要。

市区内的大浦河，西盐河、龙尾河和玉带河是新浦和海州区内主要河流。目前主要功能为市区排污和运输。以上河流均由临洪闸以下入临洪河入海，不会对蔷薇河水质造成污染。

妇联河、排淡河、善后河均单独入海，主要为运输功能。除蔷薇河外，其它河流水质均不同程度受到污染，经调查和水质分析，均不能做为淡水水源。

（2）核电厂淡水水源

田湾核电站所需淡水取自蔷薇河。田湾核电站1～4号机组淡水工程包括取水口、取水泵站、输水管线、中间加压泵站、淡水厂，已建设完成投入运行。1～4号机组最大日取水量14000m^3/d，5，6号机组最大日取水量12400m^3/d，利用1～4号机组取水设施和淡水厂。水源水由取水泵提升至加压站，再由加压泵加压送至淡水厂，经淡水厂净化后供给全厂生产、生活淡水用水，淡水厂设计规模为28000m^3/d，出水水质达到《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）要求。施工用水量为5400m^3/d，由生产用水供给。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 厂址附近范围地下水

厂址及其周边水文地质条件相对简单，主要由基岩裂隙水和第四系松散孔隙水组成，见图2.5-1。

基岩裂隙水主要分布于基岩山区，基岩受褶皱、断裂的构造作用，裂隙比较发育，但因长期裸露地表，遭受风化剥蚀，裂隙多被充填，故其地下水不丰富。在有利于补给的张扭性构造破碎带，有较为丰富的地下水。

第四系松散孔隙水分布在平原区、山麓及沟谷之中。第四系松散层北部较薄，一般10－30m，南部较厚，30－220m。本区东临黄海，地下咸水沿海岸分布。

厂址附近范围沿海岸分布的第四系松散孔隙水中多为半咸水、咸水，基本不能饮用。位于海平面以上山麓及沟谷中的第四系松散孔隙水为淡水。

1）含水岩组

根据含水层岩性，区内地下水可分两大类型（第四系孔隙水和基岩裂隙水）、三个含水岩组，依埋藏深度，将埋深约50m以上的地下水称浅层地下水，50m以下的地下水称深层地下水。

①第四系松散孔隙水无压－微承压（浅层）含水岩组

主要位于云台山四周坡麓及山涧谷地和平原区的浅层（50m以上）部位。

含水层主要为含砾砂层和含砾亚砂土，多不连续，层数较多，厚度较薄。富水性较差，涌水量0.1-1L/s·m，水位埋深多小于2m，水化学类型多为$Cl·HCO_3$－Na·Ca型或Cl-Na型。云台山四周坡麓及山涧谷地第四系松散孔隙水为淡水，平原区浅层地下水多为咸水，矿化度多大于10g/L，硬度多为30－50德国度。

②第四系松散孔隙水承压（深层）含水岩组

含水层主要为中细砂及含砾亚砂土层，其顶板埋深在30－50m之间，含水层厚度3-15m，承压水位埋深一般1－2m，单位涌水量一般小于0.7L/s·m，大者可达1L/s·m，渗透系数0.1-7m/d，矿化度大于3g/L，水化学类型以Cl-Na型为主，属咸水。

③基岩裂隙含水岩组

云台组岩层富水性受构造节理和风化裂隙控制，一般属隔水层。局部节理裂隙发育地带泉水出露较多，出水量小于1L/s，富水性弱。矿化度一般小于0.3g/L，水化学类型以HCO_3·Cl-Na·Ca或HCO_3·Cl-Na型为主，硬度多小于3德国度。云台组深部地下水贫乏。

2) 地下水补给、径流、排泄

①坡麓地带第四系松散孔隙水

补给来源主要有大气降水及基岩裂隙水侧向补给。自山坡向平原或海岸方向流动，在沟谷地段，谷坡中的地下水向沟谷中心径流，渗透系数1－5m/d。

地下水排泄有蒸发、人工开采、侧向排泄三种方式。其中人工开采的水量较小。水位变化受气象控制明显，雨季水位高，旱季水位低。

②平原区第四系松散孔隙水

补给来源主要有大气降水和邻区的侧向径流补给。

从山前向东南方向运动，流入大海，浅部孔隙水的排泄还有蒸发，基本不开采使用。

③基岩裂隙水

基岩裸露区，大气降水是唯一补给源，且仅在地形较缓、植被茂盛、裂隙发育、岩石破碎部位，入渗补给较强。渗透系数通常仅有0.01-0.017m/d，径流一般较弱。排泄有蒸发、径流，或以泉的形式向地表排泄。

基岩隐伏区，有潜水的侧向径流补给及部分地段上覆松散层孔隙水的垂向补给，径流一般很弱。排泄有侧向径流、排入松散层二种途径。地下水由地势高处流向低处，最终流入大海。

3）地下水取水点调查

厂址附近范围水文地质调查工作开展于上世纪 90 年代初，根据调查结果，厂址附近范围水井资料见表 2.5-3，水井位置见图 2.5-1。厂址附近村庄主要分布在厂址的西北侧和东北侧。厂址北侧和西侧均为地势高于厂坪的基岩山区，形成了较好的隔水屏障，厂址南侧为海积平原，东侧为大海。厂址无贯通厂区内外的含水通道。厂址区地下水总体流向由西北向东南流动，最终排入大海，厂址靠近海边，是地下水的排泄区。厂区下游无地下水取水点。因此厂区地下水不会向厂区外围居民点运移。

2.5.2.2 厂址区地下水

2.5.2.2.1 地下水类型

厂址区地下水分两大类，即第四系孔隙潜水和基岩裂隙水，见厂区水文地质图（图 2.5-2）。

1）第四系孔隙潜水

第四系孔隙潜水主要分布于主厂区南侧的海积平原一带，水位埋深 0.40～2.10m，相当于标高 0.74～2.55m，赋存于第四系全新统海相沉积地层中。全新统海积层以淤泥、粘土、淤泥质粘土为主，富水性差，水量少，渗透性低，根据回填区勘察资料，其渗透系数分别为 2.3×10^{-5}～6.60×10^{-6}cm/s、2.1×10^{-7}～2.47×10^{-6}cm/s、1.1×10^{-7}～1.2×10^{-5}cm/s，属弱～极微透水层。

地下水补给来源主要是大气降水补给、地表径流入渗补给以及基岩裂隙水顺山前侧向径流补给。排泄方式主要有蒸发、径流。

2）基岩裂隙水

基岩裂隙水主要赋存于强、中等风化的二长浅粒岩裂隙中，基岩节理裂隙多为剪节理，节理裂隙张开度多呈闭合～微张，以闭合为主，节理面铁锰质浸染，一般无充填，少数裂隙充填有微晶高岭土（蒙脱石）粘土矿物，节理延伸长度一般在 3～10m，延伸长度最长的大于 20m，微风化岩体平均节理间距为 0.55m，根据主厂区钻孔压水试验结果分析，微风化岩体透水率为 0.09～3.86Lu，渗透系数为 9.00×10^{-7}～3.86×10^{-5}cm/s，属极微透水～弱透水岩体，渗透性很差。因基岩节理裂隙多呈闭合或微张状态，故裂隙赋水性差，仅以脉状或树枝状分布，且无统一的地下水位，水质为淡水。

基岩裂隙水的主要补给源是大气降水，排泄方式有径流、蒸发等方式。

2.5.2.2.2 地下水活动特征

厂址区内第四系孔隙水主要受大气降水和地表水补给。由于海积平原地势平缓，水力

坡度小，含水层渗透性低，第四系孔隙水流动缓慢。排泄方式主要为蒸发和向南径流排入排洪沟或直接排向大海。

基岩裂隙水受大气降水补给，地下水径流方向基本受地形控制，总体上自高向低处流动。部分以蒸发排泄或以下降泉的形式出露于沟谷地带和山间洼地，部分以径流形式侧向补给第四系孔隙潜水。

2.5.2.2.3 水力联系

（1）地下水之间的水力联系

依据可研阶段的水文地质调查并结合前期资料分析，厂区内的地下水由地势较高地区向地势较低地区径流，经地表河流最终排泄入海。基岩裂隙水主要接受大气降水补给，沿地势由高到低径流，部分地下水直接补给或溢出地表回渗进入第四系孔隙水。

（2）地下水与地表水的水力联系

厂址区内地表水水体不发育，在厂址区西侧有一条小河绕经厂址南部边缘，向东流入大海。河流水量一般受季节影响，雨季时水量较大，旱季水量明显减少或干涸。地表水与第四系孔隙潜水呈相互补给和排泄的关系。

（3）地下水与海水的水力联系

场地地下水主要径流排入南侧排洪沟，厂区南部回填区部分地下水可直接排向大海，地下水与海水有微弱的水力联系。

2.5.2.3 电厂对地下水的利用计划

地下水位受降水影响，年变幅较大，含水层较薄，不具备工业开采价值。厂址区及其周围没有居民开采地下水作为生活用水或用于农业灌溉。

核电厂没有利用地下水作为安全相关水源的计划。

2.5.2.4 电厂对地下水的可能影响

拟建场地附近没有供水水源地，不存在对供水水源的影响问题。

厂址区内地下水径流方向基本受地形控制，总体上自高向低处流动，最终向南经地表河流或向东直接排入大海，河流下游无取水点。厂址区整平开挖后，不会改变地下水的总体流向。因此，厂址区地下水对周边村庄的地下水不会有影响。

无贯通厂区内外的断裂构造所形成的含水通道。

综上所述，厂址周围居民的生活用水，不会因厂址地下水条件的改变而受影响。工程建设不会形成向厂区外围居民点的地下水迁移路径。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 海洋洪水

（1）历史洪水

江苏田湾核电站工程厂址地区，据调查1939年（民国28年）8月30日（农历7月16日）曾发生过气象海啸。根据对当地居民的调查，历史资料的考证及风暴潮数值模拟计算结果都非常接近，得1939年的特大洪水位（潮位）为56黄海平均海平面上4.23m。另外，1956年9月的第22号台风，曾使本地区出现过一次高水位，估计值为3.94m。

（2）海潮洪水

——风暴潮增减水

1）概率论法

根据厂址高公岛站和连云港站1997年3月～1998年3月的同期增减水资料，确立其增、减水的相关关系：

高公岛站与连云港站增水相关方程为：

$\mathbf{H}_{高公岛站}=0.942\times\mathbf{H}_{连云港站}$

相关系数r=0.836

标准差q=8.45

高公岛站与连云港站减水相关方程为：

$\mathbf{H}_{高公岛站}=1.041\times\mathbf{H}_{连云港站}$

相关系数r=0.785

标准差q=8.91

将连云港站1951～2014年的年最大增、减水值分别代入高公岛和连云港增水相关方程与减水相关方程，推算出高公岛历年最大增、减水值；然后分别计算高公岛增、减水年极值序列的P－Ⅲ分布和GUMBEL分布，结果见表2.5-4。本着合理偏保守的原则，采用P–Ⅲ分布结果作为核电厂址风暴潮重现期增减水值。

2）确定论法

确定论法计算厂址可能最大风暴潮增减水采用三重嵌套网格风暴潮数值模型。对进入或影响厂址附近海域有代表性的台风风暴潮过程进行了模拟计算，计算结果表明，所建立的风暴潮模型能够满足计算核电厂厂址处可能最大风暴潮增、减水的要求。

本着合理偏保守原则，确定可能最大热带气旋PMTC参数为：

台风外围气压　　P_{∞}=1008hPa；

台风中心气压　　P_0=920hPa；

台风半径　　R=25km；

台风移动速度　　V_d=25km/h。

经计算田湾核电站厂址处可能最大台风增水为4.33m，减水为–2.52m。可能最大温带风暴增水（PMSS）为3.36m，可能最大温带风暴减水（–PMSS）为–3.09m。

——假潮

假潮是叠加在潮汐上的一种较短周期的震动，经常发生在沿岸的海湾中，其成因主要为“气压波强迫作用”、“大气压力扰动和风向、风速突变”、 “自由波共振”、 “港湾地理环境”等，当外力周期与海湾的固有振动周期一致时，则激发假潮。

一年四季中冬季连云港假潮最小（10cm），这是因为这个季节一般是大尺度天气系统影响海州湾，局地的气压和风不发生突变。而春、夏、秋季，海州湾均可受到局地气压和风的突变影响，故易引起较显著假潮。在这三个季节发生的假潮中，春季（22cm）略大于秋季，夏季最严重。根据连云港验潮站1997年1、4、8和11月四个月（分别代表冬、春、夏和秋四个季节）的资料进行统计分析，1997年8月19日连云港的最大假潮为58cm，该值是自1950年以来的历史最高值。连云港假潮发生次数较少，高度也较小。

——海啸

海啸是由海底地震或火山爆发产生的地壳错动，引起大面积水体变化所产生的一列波长很长的周期波，这种波的周期通常在1小时左右。当海啸由火山活动或山崖塌方引起时，其波能一般沿波峰扩散，影响的范围主要在源地附近，而当海啸是由地壳构造上升运动引起时，其波浪可以传越整个海洋盆地，对远离源地的地点造成巨大的破坏。

为评价该厂区地震海啸的影响，委托国家海洋环境预报中心开展了《连云港核电站地震海啸分析和计算（PMT）专题报告》。可能最大海啸产生的增、减水，是根据历史海啸资料分析、地震构造环境研究、潜在震源区划分和潜在海啸源鉴别的基础上对工作区内（海域）的海啸源参数进行估算确定。根据地震海啸数值模拟计算方法，对工作区（30°～40°N，117°～130°E）中的四个海啸源进行了数值计算，其最终结论是位于南黄海的2号(T2)潜在海啸源对连云港核电站厂址处海啸增（减）水的影响最大。田湾核电站厂址可能最大地震海啸的增水为51cm，减水为-59cm。

——海平面异常

利用连云港站海平面长期监测资料和其它信息，综合分析了工程海域海平面变化状况，指出工程海域海平面将持续上升，但幅度不大，不会出现异常变化状况。厂址工程海域未来80年海平面上升值约为14cm。

（3）波浪洪水

核电站厂址的防波浪措施是通过临海岸边修筑防波堤来实现的。波浪计算的设计高水位是按最高天文潮加百年一遇增水的组合水位进行计算。其组合潮位如下：最高天文潮（2.96m）+百年一遇增水（2.08m）＝5.04m。波浪计算的校核高水位，是按可能最大风暴增水（4.33m）＋10％超越概率天文高潮位（2.71m）+海平面异常（0.14m）＝7.18m 进行计算。

可能最大台风浪的计算是在以上两种水位条件下采用青岛海洋大学海浪数值模式和 Bretschneider 的台风浪模式两种方法计算：由于青岛海洋大学方法计算的最大 $H_{1/10}$ 大于 Bretschneider 法的计算结果。故从偏安全角度出发，采用海洋大学模式计算结果，见表 2.5-5。

（4）洪水影响

核电厂址对海洪的防护是按照《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）进行考虑的。核电厂址的设计基准洪水位的组合（不考虑波浪影响）如下：

10%超越概率天文高潮：　2.71m

可能最大台风增水：　4.33m

海平面上升：　0.14m

设计基准洪水位：　7.18m

田湾核电站 5、6 号机组厂坪标高定为 7.85m，高于设计基准洪水位。波浪的影响通过修筑防波堤来解决，确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对核岛的安全产生影响。

2.5.3.2 陆地洪水

（1）厂区暴雨洪水

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

厂址的厂区雨水排水，按千年一遇降雨量设计，可能最大降雨 PMP 进行校核，并根据《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》，保证设计基准洪水位叠加千年一遇降雨工况下核安全相关厂房的防洪安全。

（2）山洪

对于厂址周围山坡上的暴雨径流，采用截洪沟拦截并分别引入两侧排水渠再排入大海，

不会对核电厂造成影响。

（3）溃坝洪水

在厂址西北约 4km 的后云台山腹地山间，有一座宿城水库。宿城水库属小型水库，坝型为均质土坝，汇水面积小，来水量也小，干旱季节水库水位已近死库容水位。宿城水库工程特征值如下：

集雨面积（km^2） 5.23

兴利库容（104 m^3） 242.0

兴利水位（m） 20.0

汛限水位（m） 20.0

坝体特征：坝顶长（m） 474.0

最大坝高（m） 18.0

坝顶高程（m） 22.4

坝顶宽度（m） 3.5

溢洪道堰顶高程（m） 20.0

在溃坝计算中按假定宿城水库大坝全部垮掉考虑，通过计算至入海口公路处的最高溃坝水位高出厂坪标高，由此可以看出溃坝对厂址没有影响。

（4）溪流与江河洪水

由于厂址三面靠山，一面临海，连云港地区的河流均被云台山相隔，故无影响厂址的河流洪水。

2.6 地形地貌

厂区内原地形地貌为三类，即海滩、海积平原（Ⅰ）、冲坡积裙（Ⅱ）、丘陵（Ⅲ），经1~4号机组工程的建设施工以及本工程的场地平整，原地貌形态已全部改变，现状为平整的建设场地，标高约为7.60m（1956年黄海高程系统，下同）。

厂区北侧已开挖完成并形成人工边坡，按照核安全相关边坡设计，边坡处于稳定状态；西侧为预留的7、8号机组建设用地，现状为石料堆场；南侧、东侧分别为施工场地和3、4号机组用地。

表 2.4-1　各气象站基本状况与地理位置一览表

站名	纬度	经度	高度（m）	距厂址距离和方位	建站时间	备注
厂址气象站	34º41'N	119º27'E	1.2	厂址南侧	2004 年	-
西连岛	34º47'N	119º26'E	26.9	北，9km	1960 年	一般站
赣榆	34º50'N	119º07'E	2.1	西北，28km	1955 年	基准站
燕尾港	34º29'N	119º47'E	5.0	东南，36km	1973 年	一般站
连云港	34º35'N	119º10'E	4.1	西偏南，约 25km	1951 年	一般站

表 2.4-2　2017~2018 气象铁塔各层逆温强度的时次频率

单位：%

高度（m）	无 $\Delta T/\Delta z\leq 0$	有 $\Delta T/\Delta z>0$	弱 $0<\Delta T/\Delta z\leq 1.7$	中 $1.7<\Delta T/\Delta z\leq 3.4$	强 $\Delta T/\Delta z>3.4$
10~30	61.92	38.08	19.24	6.03	12.81
10~70	76.03	23.97	12.82	7.28	3.87
10~100	77.64	22.36	15.25	6.02	1.09

表 2.4-3　连云港地区各类天气条件下的扩散参数

稳定度	A、B	C	D	E	F
P_y	0.293	0.279	0.266	0.219	0.214
q_y	0.881	0.871	0.861	0.841	0.800
P_z	0.367	0.344	0.331	0.468	0.558
q_z	0.828	0.789	0.760	0.633	0.526

注：（参数采用值 $\sigma_y = P_y X^{q_r}$，$\sigma_z = P_z X^{q_z}$）

表 2.4-4　仪器主要技术指标参数

参数 / 传感器	测量范围	分辨率	精度	灵敏度	采样频率
风速	0~60m/s	0.1m/s	±（0.3±0.03 $_{实际}$）m/s	启动风速0.5m/s	1 次/s
风向	0°~360°	1.4°	±5°（周速>0.5m/s		1 次/s
温度	-20°C~+60°C	0.01°C	±0.1°C		1 次/10s
湿度	10%~100%RH	1%RH	±4%RH		1 次/10s
气压	850~1060hP a	0.1hP a	±0.3hP a		1 次/10s
雨量	0~240mm/h	0.1mm	±0.4mm(<10mm) ±4%(≥10mm)		1 次/min
总辐射	0~2kW/m^2	1W/m^2	9.71μv.w^{-1}.m^2		1 次/10s
净辐射	-2~2kW/m^2	1W/m^2	14μv.w^{-1}.m^2		1 次/10s

表 2.5-1 主要潮位特征值

当地平均海面	0.03
56 黄海高程基准	0.00
理论深度基准面	-2.87
最高天文潮位	2.96
最低天文潮位	-3.02
超越概率 10%天文高潮位	2.71
超越概率 10%天文低潮位	-2.81
设计（历时 1%）高潮位	2.48
设计（历时 98%）低潮位	-2.34
历史最高高潮位(1997 年 8 月 19 日）	3.61
历史最低低潮位(1959 年 1 月 10 日）	-3.42
平均高潮位	1.92
平均低潮位	-1.77
平均潮差	3.69
平均大潮差	4.43
平均小潮差	2.92
最大潮差(1997 年 8 月 21 日）	6.04
平均涨潮历时	5 小时 36 分
平均落潮历时	6 小时 50 分

表 2.5-2 厂址不同重现期潮位值表

重现期（年）	频率 P %	高潮位（m）	低潮位（m）
10000	0.01	4.98	-4.11
1000	0.1	4.48	-3.89
500	0.2	4.33	-3.81
200	0.5	4.13	-3.71
100	1	3.98	-3.63
50	2	3.82	-3.55
33	3	3.73	-3.49
20	5	3.61	-3.43
10	10	3.45	-3.34
5	20	3.28	-3.25
2	50	3.03	-3.08

表 2.5-3 厂址附近范围民井调查结果表

民井编号	距核电厂距离	与核电厂位置关系	地下水流向	事故后对民井的影响	备注
SJ1	在厂址区内	位于5、6号机组场地平整范围内		无	现已挖除
10	约3km	在核电厂的西北方向，约NW75°	地下水由西北向东南流动，民井位于地下水径流途径的上游。	无	

表 2.5-4 厂址不同重现期增、减水值

重现期（年）	频率P%	增　　水(m)			减　　水(m)		
		P－III分布	概率70%的置信区间	GUMBEL分布	P－III分布	概率70%的置信区间	GUMBEL分布
10000	0.01	3.33	±0.86		-3.00	±0.65	
1000	0.1	2.71	±0.56	2.31	-2.50	±0.43	-2.32
500	0.2	2.52	±0.48	2.17	-2.34	±0.37	-2.18
200	0.5	2.27	±0.37	1.99	-2.14	±0.29	-2.00
100	1	2.08	±0.29	1.85	-1.98	±0.23	-1.86
50	2	1.89	±0.22	1.70	-1.82	±0.18	-1.72
33	3	1.78	±0.18	1.61	-1.72	±0.15	-1.63
20	5	1.63	±0.14	1.52	-1.60	±0.11	-1.53
10	10	1.43	±0.09	1.37	-1.43	±0.08	-1.39
5	20	1.23	±0.07	1.17	-1.25	±0.06	-1.19
2	50	0.95	±0.06	0.99	-0.99	±0.05	-1.02

表 2.5-5 不同水位时厂址前-5m处最大波要素

项　　目	设计高水位时厂址前-5m处最大波要素	校核高水位时厂址前-5m处最大波要素
Hs	5.56m	5.76m
$H_{1/10}$	6.54m	6.82m
$H_{1\%}$	7.42m	7.79m
$H_{1/100}$	7.92m	8.33m
平均波周期 T	8.7s	8.9s

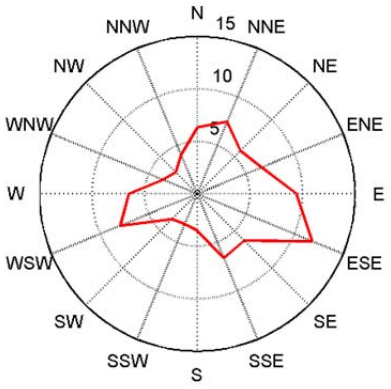


图 2.4-1　西连岛的年风玫瑰图

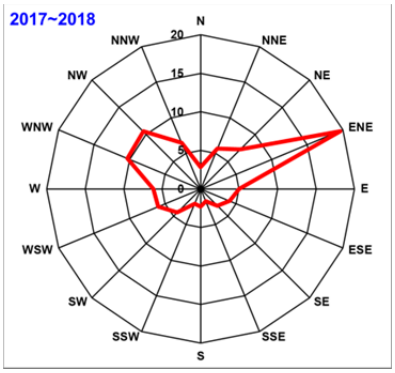
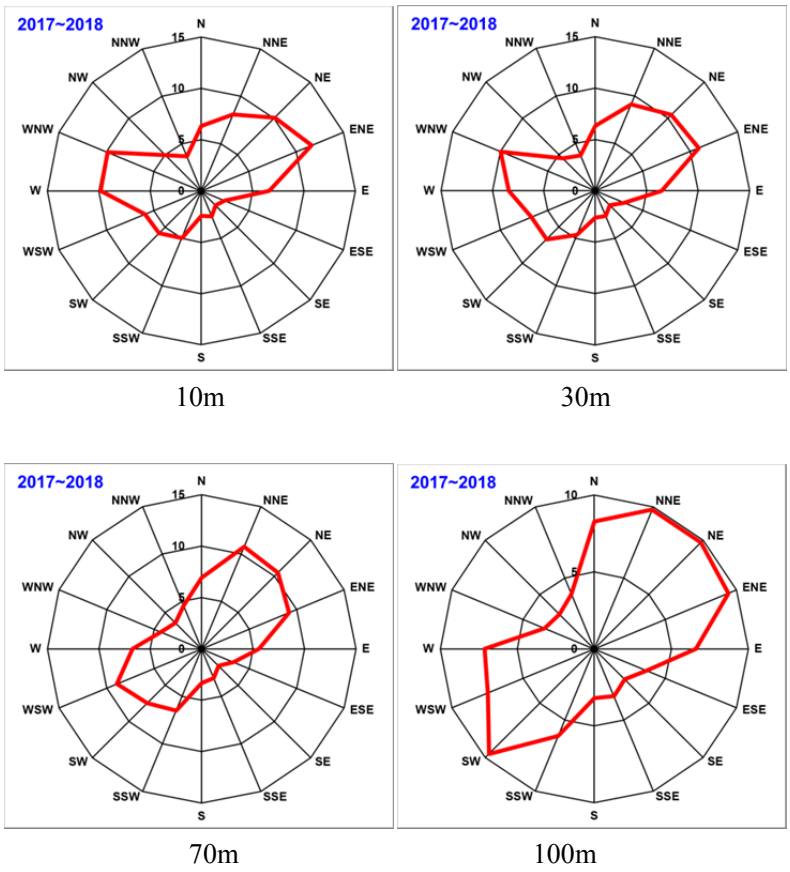


图 2.4-2　2017~2018 年厂址地面站的年风玫瑰图



10m　　30m

70m　　100m

图 2.4-3　2017~2018 年厂址气象铁塔各层风频分布

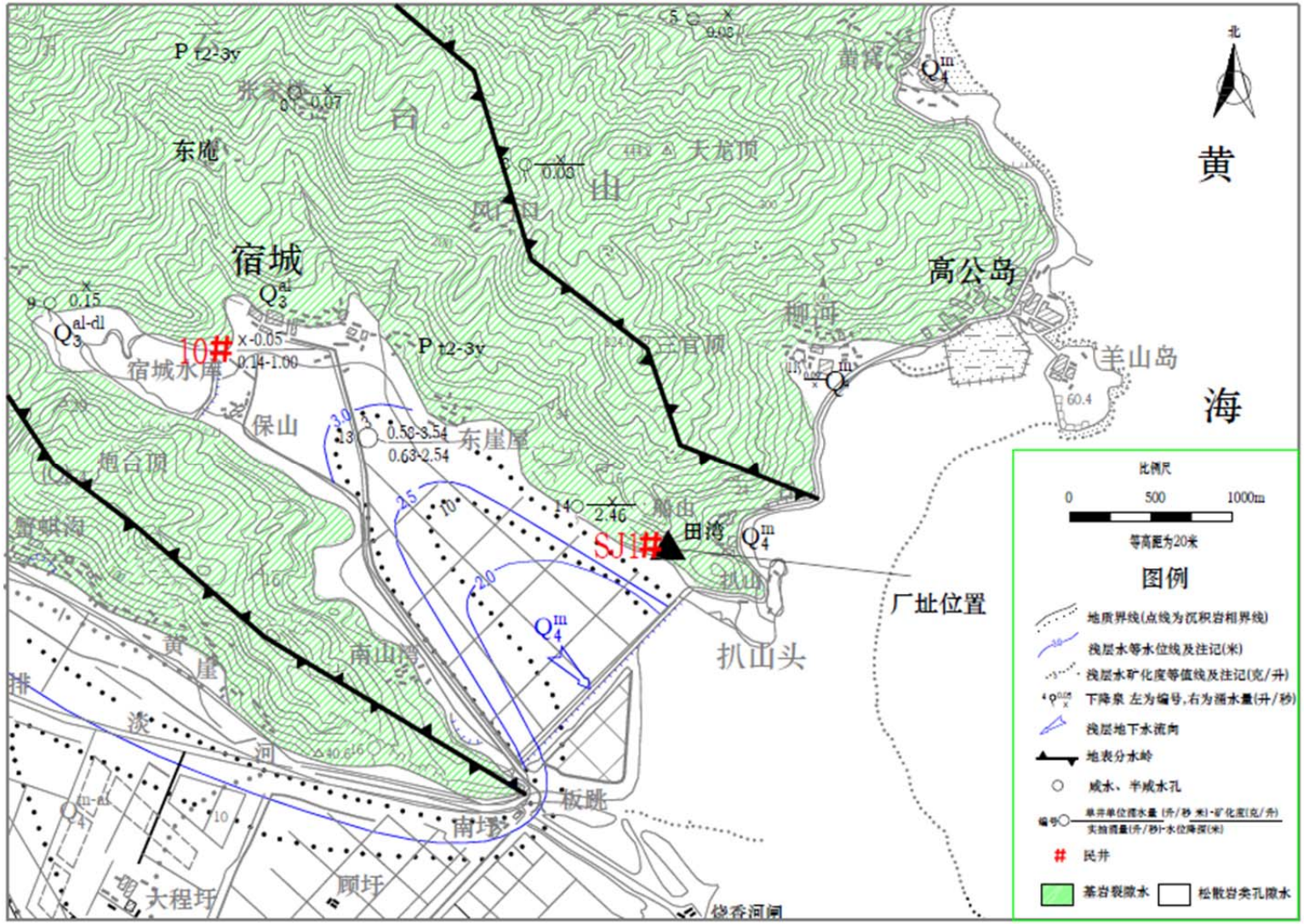
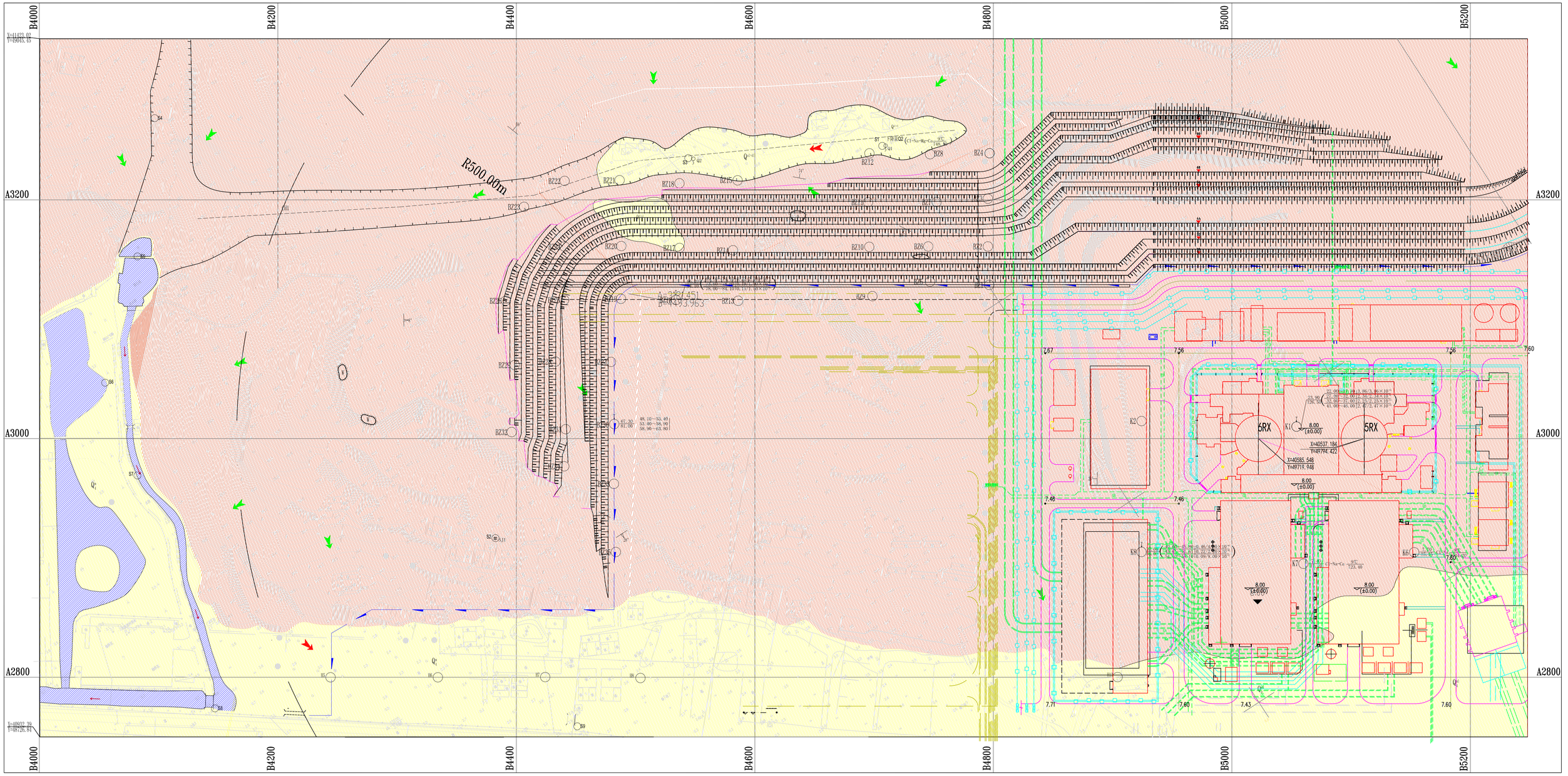


图 2.5-1 厂址附近范围水文地质图



水文地质柱状图

界	系	统	成因	代号	厚度(m)	图例	岩性及工程性质描述	水文地质特征描述
第四系	第四系未分统	全新统	人工回填	Q^{ml}	3~5		杂色，以粉质粘土和碎石为主，碎石级岩为中等~微风化，长浅较差，回填不均，工程性质差别较大。	第四系孔隙水：主要赋存于冲坡积粉质粘土及淹相沉积的淤泥质土和砂类土等地层中，分为流水和微咸水两种类型，流水主要分布在现形层和山前海相沉积地带，微咸水分布在陆海交汇处，岸砂类土外，其它岩层富水性差，渗透性弱，补给来源主要是大气降水，部分接受河水补给，以径流、蒸流、蒸发方式排泄，赋地形坡降由高向低排泄，地下水补给、排泄、径流途径单一，流水的水化学类型为：$Cl\text{-}Na\text{-}Mg\text{-}Ca$。
			海积	Q_4^m	15~20		海积层，表层为粉质粘土，黄褐色，以粉质粘土为主，松散，根部，下部为淤泥质粉质粘土，黄灰色~青灰色，局部层理发育，夹薄层粉砂，含少量腐植物和白色贝壳碎屑，有腐臭味，无摇震反应，切面光滑，干强度中等，韧性高，高压缩性。	
			坡~残积	Q^{dl+el}	2		黄褐色，以粉质粘土为主，含少量碎石，呈松散、稍湿状态，分布在山间台地上，土质不均匀。	
			冲~坡积	Q^{al+dl}	2		黄褐色，以粉质粘土为主，含少量碎石，呈松散、稍湿状态，分布在三脚洲沟内，不均匀。	
中~晚元古代				$P_{1-2}y^{3}$	>100		二长岩粉岩，中等~微风化，浅灰色~肉红色，粒状变晶结构，块状构造，主要矿物成分以石英，长石，含少量黑云母等暗色矿物，岩体较破碎~较完整，属坚硬岩。工程性质较好，局部发育有石英岩脉和绿泥石岩脉。	基岩裂隙水：广址区节理裂隙较发育，均部存在节理裂隙密集带，但节理裂隙分布不均且大多呈闭合状，只在局部范围内连通而形成不联系或联系很差的脉状含水系统，赋存脉状裂隙水，无连续稳定的地下水位，脉岩裂隙水为淡水，大气降水是主要补给来源，以裂隙和潜流形式补给第四系含水层方式排泄，富水分布在冲沟中，多为下降泉，泉水量很少且随季节变化而变化，地下水流向基本与地形一致，由高向低，微风化二长浅粒岩渗透系数为：$9.00\times10^{-7}\sim3.86\times10^{-6}$ cm/s，为极微透水~弱透水，水化学类型为：$Cl\text{-}Na\text{-}Ca$。

图例

Q_4^{ml} 人工回填层	绿泥石片岩脉	第四系孔隙水流向	人工回填层	水井及编号
Q^{al+dl} 冲~坡积层	石英脉	地表水流向	坡~残积层 冲~坡积层	水文地质点及编号
Q^{dl+el} 坡~残积层	冲沟及编号	钻孔及其编号	海积层	基岩裂隙水流向
Q_4^{el} 第四系全新统海积层	基岩裂隙水	拟建建筑物	二长浅粒岩	危石
P_1y 中上元古界海州群云台组上段	第四系孔隙水	25° 片理产状	Q1 下降泉及编号	孤石
岩性及工程地质分界线	地表水	87° 节理产状	K7 钻孔号 $\frac{7.40}{17.10}$ 孔口标高/钻孔深度 $\frac{Cl\text{-}Na\text{-}Ca}{123.40}$ 水化学类型 $\frac{9℃}{水温}$ 总矿化度（mg/l）	

比例

10 20 40 80 100

第三章　环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境现状调查

3.1.2 辐射环境质量评价

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

表3.1-1 田湾核电站3、4号机组首次装料前辐射环境现状调查方案

表3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

表3.1-3 γ谱仪分析测量参数

表3.1-4 放化分析测量参数

表3.1-5 原野γ辐射空气吸收剂量率测量结果

表3.1-6 道路γ辐射空气吸收剂量率测量结果

表3.1-7 2018年田湾核电站γ辐射剂量率连续监测结果

表3.1-8 原野γ辐射累积剂量（按小时平均）测量结果

表3.1-9 道路γ辐射累积剂量（按小时平均）测量结果

表3.1-10 作业文件及名称

表3.1-11 主要仪器设备列表

表3.1-12 标准物质列表

表3.2-1 环境空气质量标准（二级）

表3.2-2 大气环境监测分析方法

表3.2-3 大气环境监测点位概况表

表3.2-4 分次各污染物最高浓度表（2014年度）

表3.2-5 各点位颗粒污染物日均值统计分析表（2014年度）（一）

表3.2-5 各点位颗粒污染物日均值统计分析表（2014年度）（二）

表 3.2-6 田湾核电站厂区电磁辐射监测点设置情况

表 3.2-7 田湾核电站开关站监测点设置

表 3.2-8 田湾核电站主变压器监测点编号一览表

表 3.2-9 田湾核电站厂区外监测点设置情况

表 3.2-10 田湾核电站厂区外变电站与通讯基站监测点设置情况

表 3.2-11 监测仪器一览表

表 3.2-12 居民区环境辐射电平水平标注

表 3.2-13 田湾核电站厂区内工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-14 田湾核电站厂区内射频电场强度现状监测结果

表 3.2-15 田湾核电站开关站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-16 田湾核电站开关站射频电场强度现状监测结果

表 3.2-17 田湾核电站主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-18 田湾核电站厂址区域输电线路工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-19 田湾核电站厂区外环境敏感区、宿城变电站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

表 3.2-20 田湾核电站厂区外环境敏感区监测点、变电站与通讯基站监测点射频电场强度现状监测结果

表 3.2-21 厂区内监测值统计情况

表 3.2-22 输电线路监测值统计情况

表 3.2-23 厂区外环境敏感区监测值统计情况

图 3.1-1 田湾核电站 3、4 号机组工程项目首次装料前辐射环境现状调查项目组织机构图

图 3.1-2 RSS-131 固定场所数据分析（按小时均值统计结果 nGy/h）

图 3.1-3 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第一路 α 本底质控图

图 3.1-4 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第二路 α 本底质控图

图 3.1-5 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第三路 α 本底质控图

图 3.1-6 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第四路 α 本底质控图

图 3.1-7 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第一路 β 本底质控图

图 3.1-8 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第二路 β 本底质控图

图 3.1-9 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第三路 β 本底质控图

图 3.1-10 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第四路 β 本底质控图

图 3.1-11 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 A 道 β 本底质控图

图 3.1-12 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 B 道 β 本底质控图

图 3.1-13 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 C 道 β 本底质控图

图 3.1-14 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 D 道 β 本底质控图

图 3.1-15 BE6530 型高纯锗 γ 谱仪本底质控图

图 3.1-16 QUANTULUS 1220 型超低本底液闪谱仪本底质控图

图 3.2-1 厂址评价范围内大气环境监测布点图

图 3.2-2 连云港 2014 年 2 月份空气质量数据

图 3.2-3 连云港 2014 年 3 月份空气质量数据

图 3.2-4 连云港 2014 年 5 月份空气质量数据

图 3.2-5 田湾核电站厂区监测点设置示意图

图 3.2-6 田湾核电站开关站监测点设置示意图

图 3.2-7 田湾核电站主变压器监测点设置示意图

图 3.2-8 田湾核电站输电线路监测断面设置示意图

图 3.2-9 田湾核电站厂区外环境敏感区监测点设置示意图

图 3.2-10 田湾核电站厂区外变电站和通讯基站监测点设置示意图

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境现状调查

田湾核电站属多堆厂址，1~4号机组为俄罗斯WWER1000压水堆核电机组，1999年10月20日田湾核电站1号机组正式浇灌第一罐混凝土，2007年5月投入商业运行；2号机组于2007年8月份投入商业运行，3、4号机组分别于2018年2月15日和12月22日投入商业运行。田湾5、6号机组为M310改进型机组，目前正在建设中。田湾7、8号机组拟建WWER1200压水堆核电机组，目前正在规划设计中。

中国核电工程有限公司委托中国原子能科学研究院于2015年5月至2016年4月在田湾核电站开展了为期1年的辐射环境现状调查，获得了环境中的辐射水平和周围环境介质放射性现状水平，最终编制完成了调查报告和质量保证总结报告，并通过了专家评审。通过对比田湾核电站2018年环境监测结果，未发现田湾34号机组运行对本地区辐射环境水平产生影响，因此本节主要采用中国原子能科学研究院的调查成果，结合近年来田湾核电站的其他监测数据，对田湾核电站5、6号机组运行前的辐射环境现状进行描述和评价。

3.1.1.1 标准规范

辐射环境现状调查时参照的主要标准规范如下：

- 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
- 《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）；
- 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；
- 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ 527-90）；
- 《海洋调查规范总则》（GB12763.1-2007）；
- 《海洋调查规范海洋生物调查》（GB12763.6-2007）；
- 《海水水质标准》（GB3097-1997）；

3.1.1.2 调查内容

辐射环境现状调查主要分为资料收集和实地调查两部分：

（1） 相关数据和资料收集

- 厂址周围50km范围内核设施或矿产开发设施的基本情况；

● 厂址周围30km范围内非密封放射性同位素源及10km范围内密封放射性同位素源的基本情况。

（2） 现场实际调查

● 厂址半径50km范围内的陆地环境γ辐射空气吸收剂量率；

● 厂址半径50km范围内的陆地环境γ辐射累积剂量；

● 厂址半径30km范围内土壤（表层土）放射性核素活度浓度；

● 厂址半径30km范围内空气介质中放射性核素活度浓度；

● 厂址半径 50km 范围内陆地水体（饮用水、地下水、地表水和底泥（沉积物））放射性核素活度浓度；

● 厂址半径50km范围内陆地生物放射性核素活度浓度；

● 厂址半径10km范围内受纳水体（海水和沉积物）放射性核素活度浓度；

● 厂址半径10km范围内海洋生物放射性核素活度浓度。

上述调查对象的相关监测项目、监测频度以及分析项目等详见表3.1-1。

3.1.1.3 调查方法

（1）布点原则

在设置采样点时，充分考虑核电厂周围地区人口分布、居民食物结构等调查资料，同时参考当地气象的资料，重点关注主导风向下风向区域、人口稠密区以及敏感区（如生态功能区、海水养殖区），充分考虑样品和监测点的代表性。遵循国家法律法规和相关标准并严格按照调查技术任务书的要求，充分考虑厂址自然环境状况和社会环境状况（人口分布、水资源、气象资源、土地利用情况等）以及影响放射性核素在环境中迁移的各种因素，按“均匀选点，近密远疏” 的原则安排，最终确定布点方案。

（2）布点方案

A．环境γ辐射空气吸收剂量率和累积剂量

环境γ辐射空气吸收剂量率和环境γ累积剂量调查范围为50km，以田湾核电站3、4号机组核岛位置为中心，按半径为2km、5km、10km、20km、30km、50km的16个方位角的扇形区域内布点。陆地环境γ辐射空气吸收剂量率共设置90个监测点，陆地环境γ累积剂量共设置70个监测点，对照点设在青口镇。仪器对宇宙射线的响应测量点选择在当地的最大淡水水库连云港市东海县石梁河水库中进行。

B．土壤中放射性核素活度浓度

土壤中放射性核素活度浓度的调查范围为30km，共设置12个采样点，对照点设在青

口镇。

C．空气介质中放射性核素活度浓度

空气介质的调查对象主要有气溶胶、沉降物、降水和空气中 ^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I，调查范围为 30km。气溶胶和沉降物各设置 7 个采样点，降水和空气中 ^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I 设置 5 个采样点。气溶胶、沉降物、降水和空气中 ^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I 的采样点位设置在同一位置。

D．陆地水体放射性核素活度浓度

以田湾核电站3、4机组核岛位置为中心，半径50km以内。地表水和底泥设置4个采样点，对照点设在青口河。饮用水设置4个采样点，对照点设在青口镇。地下水设置5个采样点，对照点设在青口镇。

E．陆地生物放射性核素活度浓度

综合考虑当地的陆生资源及生态概况，以及 1、2 号机组运行期间监测点的情况和 3、4 号机组将来可能影响的地区进行布点，以田湾核电站 3、4 号机组核岛位置为中心，半径 50km 以内。陆地生物样品共 11 种，包含小麦、稻米、蔬菜、水果、牧草、茶叶、松针、鸡肉、猪肉、牛奶和淡水鱼。

F．海域放射性核素活度浓度

海水和沉积物设置 10 个采样点，以 3、4 号机组排循环放口为中心，以半径 0.5km、2km 和 10km 选取采样点，重点关注排放口附近 2km 的海域，在青口闸以北的海域设置对照点。

G．海洋生物放射性核素活度浓度

综合考虑田湾核电站 3、4 号机组周围海域中海洋生物的种类以及生产情况进行布点。

（3）测量仪器及测量方法

测量项目所采用的仪器及测量方法依据见表 3.1-2。

本次调查监测方法的探测下限见表 3.1-3~表 3.1-4。

3.1.1.4 调查结果

（1）相关数据和资料收集

A．核设施或矿产开发设施情况

50km范围内核设施只有田湾核电站，田湾核电站一期工程 1、2 号机组分别于2007年5月17日和8月16日投入商业运行；田湾核电站二期工程3、4号机组分别于2018年2月15日和12月22日具备商运条件；田湾5、6号机组目前正在建设中；田湾7、8号正在规划设计中。

根据第一次全国污染源普查伴生放射性污染源普查结果，距离核电站50km范围内的矿产开发企业只有江苏省东海县丽港稀土材料厂，行业类别为稀土金属冶炼。

B．密封与非密封放射性同位素源情况

核电站周围30km 范围放射性同位素源使用单位主要有：连云港市东浦纸业有限公司、连云港市第一人民医院和中国核工业二三建设有限公司连云港项目部。其中围30km范围内非密封放射性同位素源使用的单位是连云港市第一人民医院，具有乙级非密封放射性物质工作场所；10km范围内密封放射性同位素源的单位是中国核工业二三建设有限公司连云港刚项目部，使用Ⅱ类放射源。

（2）陆地γ辐射空气吸收剂量率和累积剂量

A．宇宙射线测量

宇宙射线的测量选择在石梁河水库进行实地测量。石梁河水库位于新沭河中游，地处连云港市赣榆区、东海县交界处，西临山东临沭，东距连云港市区约 35 公里，坝长 5200 米，高 22 米，最大库面积 91 平方千米，总库容 5.31 亿立方米。石梁河水库选取的测量点距离岸边大约 3km，水深约 11m，测量结果为 34.8nGy/h。

B．陆地环境γ辐射空气吸收剂量率

陆地环境γ辐射空气吸收剂量率选用高气压电离室进行测量。一共设置了 90 个测量点，其中 21 个测量点位是道路，包括水泥路、砂石路和柏油路；其余 69 个测量点位是原野，包括草地、农田、山坡等地表。

陆地γ辐射空气吸收剂量率的测量结果（扣除仪器宇宙射线响应值）见表 3.1-5～3.1-6。

陆地原野γ辐射空气吸收剂量率的测量值范围为 37.7～87.4nGy/h。各点的平均值范围为 45.0～76.4nGy/h，按点平均值为 56.9±5.6nGy/h。

陆地道路γ辐射空气吸收剂量率的测量值范围为 23.7～77.1nGy/h。各点平均值范围为 29.2～70.6nGy/h，按点平均值为 59.4±10.0nGy/h。

C.田湾核电站γ辐射剂量率连续监测结果

2018 年田湾核电站环境γ辐射剂量率连续监测站运行状态良好，核电站周围站点环境γ辐射剂量率测量结果的月均值详见表 3.1-7，年度平均值范围为 0.082μGy/h~0.095μGy/h。

D．陆地环境γ辐射累积剂量

累积剂量采用现场布设热释光剂量计（TLD）的方式监测，共布设了 70 个点，监测频次为 1 次/季度。整个调查过程中，由于工程建设以及核电南门前的云宿路扩建等原因造成的样品丢失总计 20 个。

陆地环境γ辐射累积剂量测量结果（按小时平均、未扣除仪器宇宙射线响应值）见表3.1-8～3.1-9。

原野γ辐射累积剂量的测量值范围为58.7～139.4nGy/h。各点的年平均值范围为69.0～98.5nGy/h，按点平均值为 82.4±6.8nGy/h。道路 γ 辐射累积剂量的测量值范围为 60.1～116.7nGy/h。各点平均值范围为 74.5～102.8nGy/h，按点平均值为 85.9±8.1nGy/h。

（3）土壤中放射性核素活度浓度

本次调查共设置 12 个土壤采样点，采样时使用土壤采集器，采用梅花五点法采集，条件不具备时用蛇型布样采集。土壤样品的采样频度为 1 次/半年，每点采 10×10cm^2 的表层土样（1～5cm），每个样品的采样量一般为 2kg。

土壤中放射性核素活度浓度的测量结果：^{238}U 的活度浓度范围为 21.7～58.7Bq/kg（干样），^{226}Ra 的活度浓度范围为 21.9～51.3Bq/kg（干样），^{232}Th 的活度浓度范围为 28.3～61.8 Bq/kg（干样），^{40}K 的活度浓度范围为 614～1230Bq/kg（干样）。^{90}Sr 活度浓度范围 0.317～1.05Bq/kg（干样），^{137}Cs 活度浓度范围＜0.25～11.8Bq/kg（干样），放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

（4）空气介质中放射性活度浓度

A．气溶胶

气溶胶设置7个采样点，样品采集使用崂应2031型TSP大流量空气采样器，以1m^3/min的流量采样。气溶胶总α/β样采集频度为1次/月，每个采样点采集时间为1天（24小时），采样量为1000m^3；气溶胶其他核素样采集频度为1次/季，每个采样点采集时间约为7天（168小时），采集总量为10000 m^3。气溶胶的分析项目有：总α、总β和^{90}Sr、^{137}Cs 的放化分析和γ谱分析。

γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

总α：活度范围0.021～1.347 mBq/m^3，均值为0.446±0.310 mBq/m^3；

总β：活度范围0.071～2.44 mBq/m^3，均值为0.784±0.310 mBq/m^3；

^{7}Be：活度范围0.66～5.85mBq/m^3，均值为3.26±1.29 mBq/m^3；

^{90}Sr：活度范围0.006～0.198 mBq/m^3，均值为0.063±1.292mBq/m^3；

^{137}Cs：活度范围＜1.50～2.5mBq/m^3，均值为 1.53±0.54mBq/m^3。

B．沉降物

沉降物设置7个采样点，采集设备为50cm×50cm的方形不锈钢槽，槽壁高50cm，采用湿法采样。沉降物总β样采集频度为1次/月，沉降物其他核素样采集频度为1次/季。沉降物

的分析项目有：总β、^{90}Sr、^{137}Cs 的放化分析和γ谱分析。

γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

总β：活度范围4.5～40Bq/m^2，均值为15.4±7.6 Bq/m^2；

^{90}Sr：活度范围0.012～1.797 Bq/m^2，均值为0.557±0.432 Bq/m^2；

^{137}Cs：活度范围＜0.028～0.154Bq/m^2。

C．降水

降水设置5个采样点，采集频度为1次/季。降水的分析项目有：总α、总β、^{3}H和γ谱分析，由于降水采集量较少，^{137}Cs只采用了γ谱仪分析，没有进行化学分析，第三个季度降水较少，只进行了总α、总β和^{3}H分析。

γ 谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

总α：活度范围36.8～209mBq/L，均值为86.9±44.8 mBq/L；

总β：活度范围31.3～215mBq/L，均值为83.1±47.3mBq/L；

^{3}H：活度范围0.51～1.27Bq/L，均值为0.84±0.22Bq/L；

^{90}Sr：活度范围1.24～7.42mBq/L，均值为3.39±1.7mBq/L。

D．^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I

^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I 设置 5 个采样点，空气中氚（HTO）样品采集：由 H3R7000 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分析。空气中 ^{14}C 样品采集：使用中辐院的空气中 ^{14}C 采样器，采用装有 NaOH 溶液的鼓泡器对使空气中的 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 ^{131}I 样品采集：使用装有滤纸的和活性炭盒的 ^{131}I 取样器进行取样，取完样后样品尽快运回实验室进行分析。在实验室对 ^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I 样品进行分析，其中 ^{131}I 低于探测限。

^{3}H：氚化水中^{3}H的测量结果为0.416～3.97Bq/L；空气中^{3}H活度浓度范围为2.91～25.21mBq/m^3。

^{14}C：活度范围153～396 mBq/g·碳或30.6～79.2mBq/m^3·空气，均值为267.1mBq/g·碳或53.4 mBq/m^3·空气。

（5）陆地水体中放射性核素活度浓度

饮用水、地表水和底泥设置 4 个采样点，地下水设置 5 个采样点。饮用水、地下水、地表水样品容器选用聚乙烯塑料桶，取 ^{3}H 样时应采用硬质玻璃容器。现场采集的 50L 水样进行预处理，将处理好的样品带回实验室测量。底泥样品采集水体底部泥土，将采集到

的底泥剔除明显的石子、草根等杂物后装入聚乙烯塑料袋内，运回实验室分析。

A．饮用水

饮用水的分析项目有：总α、总β、^{90}Sr 、^{3}H、^{14}C和γ谱分析。

γ 谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe）测量结果均低于探测限。

总α：活度范围＜25～135mBq/L，均值为74.6±38.4mBq/L；

总β：活度范围51.0～163mBq/L，均值为97.4±36.8mBq/L；

^{3}H：活度范围 0.18～0.78Bq/L，均值为 0.52±0.18Bq/；

^{90}Sr：活度范围 0.80～8.27mBq/L，均值为 3.46±2.36mBq/L；

^{14}C：饮用水中 ^{14}C 活度浓度范围为（3.18±0.11）E-04～（5.90±0.68）E-04Bq/L。

B．地下水

地下水的分析项目有：总 α、总 β、^{90}Sr 、^{3}H、^{14}C 和 γ 谱分析，并采用化学分析法分析了 ^{137}Cs。

γ 谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe）测量结果均低于探测限。

厂区 1、厂区 2 地下水井测量年均活度浓度：总 α 均值为 165±5mBq/L；总 β 均值为 424±65mBq/L：^{3}H 均值为 2.01Bq/L；^{90}Sr 均值为 1.74±0.14mBq/L；^{137}Cs 低于探测限。

对高公岛乡、东磊山泉和青口镇地下水进行统计；

总 α：活度范围 55.4～211mBq/L，均值为 118±52mBq/L；

总 β：活度范围 99.0～503mBq/L，均值为 228±151mBq/L；

^{3}H：活度范围 0.38～2.13Bq/L，均值为 0.92±0.64Bq/L；

^{90}Sr：活度范围 1.58～10.33mBq/L，均值为 5.36±3.43mBq/L；

^{137}Cs：活度均值为 0.309mBq/L；

^{14}C：活度浓度均值为 3.95E-04 Bq/L 和 1.99E-01 Bq/g·碳。

C．地表水

地表水的分析项目有：总α、总β、^{90}Sr 、^{3}H、^{14}C和γ谱分析，并采用化学分析法分析了^{137}Cs。

γ 谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe）测量结果均低于探测限。

总α：活度范围51.1～248mBq/L，均值为123±62 mBq/L；

总β：活度范围123～320mBq/L，均值为196±65mBq/L；

^{3}H：活度范围 0.71～1.27Bq/L，均值为 0.86±0.18Bq/L；

^{90}Sr：活度范围0.42～2.86mBq/L，均值为1.49±0.96mBq/L；

^{137}Cs：活度范围＜0.25～0.52mBq/L，均值为 0.28±0.15mBq/L；

^{14}C：宿城水库中 ^{14}C 活度浓度为（6.49±0.89）E-04 Bq/L 和（2.78±0.24）E-01 Bq/g·碳；青口河水中 ^{14}C 活度浓度为（4.79±0.52）E-04 Bq/L 和（2.38±0.32）E-01 Bq/g·碳。

D．底泥

底泥γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

^{238}U：活度范围 35.3～55.3Bq/kg（干样），均值为 46.8±6Bq/kg（干样）；

^{226}Ra：活度范围 23.7～39.3Bq/kg·干，均值为 31.2±4.9Bq/kg（干样）；

^{232}Th：活度范围 31～60.2Bq/kg（干样），均值为 45.6±8.8Bq/kg（干样）；

^{40}K：活度范围 582～1030Bq/kg（干样），均值为 806±155Bq/kg（干样）；

^{137}Cs：活度范围＜0.25～1.42Bq/kg（干样），均值为 0.51±0.35q/kg（干样）；

^{90}Sr：活度范围 0.60～0.92Bq/kg（干样），均值为 0.80±0.11Bq/kg（干样）。

（6）陆地生物放射性核素活度浓度

动物及水果蔬菜类采集可食用部分，牧草从地里面直接割收，松针在当地的松树上直接采摘。选择可食部分的原则是符合大多数人的食用习惯和取样处理方便，.动物取瘦肉为主，将采来的样品洗净，称鲜重。陆地生物样品包含了粮食、蔬菜、水果、牧草、茶叶、松针、鸡肉、猪肉、牛奶、淡水鱼。其中粮食采集了4个小麦和3个稻米，蔬菜采集6个、水果采集2个、牧草1个、茶叶2个、松针2个，鸡肉4个，猪肉4个、牛奶2个，淡水鱼6个，共采集了36个生物。从调查结果可知，各类陆生生物样品中^{90}Sr的活度浓度范围为0.0034~0.81Bq/kg（鲜样），γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{238}U）测量结果均低于探测限。

（7）海域放射性核素活度浓度

A．海水

海水设置10个采样点，海水在潮间带外取样，样品容器选用聚乙烯塑料桶，取^{3}H样时应采用硬质玻璃容器，现场采集的50L水样进行预处理，将处理好的样品带回实验室测量。海水的分析项目有：^{137}Cs、^{90}Sr、^{14}C、^{3}H和γ谱分析，具体分析结果见表3.1-36～3.1-38。

γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe、^{106}Ru、^{110m}Ag）

测量结果均低于探测限。

^{137}Cs：活度范围0.36～1.60mBq/L，均值为0.99±0.34mBq/L；

^{90}Sr：活度范围<0.16～0.84mBq/L，均值为0.45±0.21mBq/L；

^{3}H：活度范围0.65～16.33Bq/L，均值为2.80±3.42Bq/L。

^{14}C：活度范围为1.09~8.51mBq/L，折合为0.12~0.47Bq/g·碳。

B．海洋沉积物

海洋沉积物设置10个采样点，海洋沉积物的采取与海水采集同步，用海底泥取样器勾取，沉积物剔除明显的杂质后，装入聚乙烯塑料袋，运回实验室分析。

γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）分析结果均低于探测限。

^{238}U：活度范围34.5～46.4Bq/kg（干样），均值为40±4.1Bq/kg（干样）；

^{226}Ra：活度范围25.3～35.9Bq/kg·干，均值为31.2±3.1Bq/kg（干样）；

^{232}Th：活度范围25.2～62.3Bq/kg（干样），均值为47.9±8.3Bq/kg（干样）；

^{40}K：活度范围696～835Bq/kg（干样），均值为754±37Bq/kg（干样）；

^{137}Cs：活度范围＜0.25～2.13Bq/kg（干样），均值为1.01±0.74Bq/kg（干样）；

^{90}Sr：活度范围＜0.20～0.97Bq/kg（干样），均值为0.52±0.26Bq/kg（干样）。

C．海洋生物

海洋生物样品的采集是直接从当地的渔民手中购买，在实验室里进行分析。海洋生物放射性核素调查所采集的样品种类有：贝类、软体类、鱼类、藻类和指示生物牡蛎。其中鱼类、甲壳类、软体类和指示生物采集两次，藻类采集一次，共采集物种11个，样品27个。

^{90}Sr：活度浓度范围为0.035±0.017~0.059±0.026Bq/kg(鲜样)；

^{137}Cs：活度浓度范围为0.006±0.001~0.037±0.042Bq/kg(鲜样)；

^{14}C：活度浓度范围为6.71±0.94~23.7±7.4Bq/kg(鲜样)；

本次调查中对个别样品进行了有机氚测量，测量结果为2.62±1.36Bq/kg(鲜样)。

3.1.1.5 质量保证措施

为保证调查结果的代表性、准确性、和可靠性，以及对调查过程进行全面控制，在本次环境放射性质量调查过程中采取了一系列质量保证措施。在调查过程中的质量保证措施主要有以下几个方面：

（1）组织机构及人员配备

任务承担单位针对本次调查成立了调查组织机构，进行质量控制，质量控制组织机构见图 3.1-1，明确的规定了相应的职责、权限和联络渠道。在组织机构中确保了质量保证

人员和部门的组织独立性，并授予实施和验证的质量保证人员和部门拥有足够的权力，包括不受经费和进度约束的权力，以便鉴别质量问题，建议、推荐或提供解决办法；必要时拥有对不符合、有缺陷或不满足要求的工作或物项采取行动，以制止进行下一步工序、交货、安装或使用的权力，直到作出适当的安排；同时具有可直接向承担单位领导报告工作的权利和义务。

（2）样品的质量控制

A．调查方法控制

本次调查采用最新有效的国家和行业标准，对于部分未颁布标准方法的项目,结合本次调查的实际需要,根据公开发表的文献上已有的方法,制定相应的作业指导规程,组织有关专家审定,并经实验验证，由项目负责人批准后在项目组内部实施。项目组根据国家和行业标准，制定相应的作业文件。本次调查中的调查方法首选国家标准，其次选用行业标准或者专家认可、并经实验验证的方法。国家标准方法发生变化时，及时更新。本次调查采用的实验室作业文件见表3.1-10。

B．采样的质量控制

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

- 样品的采集和预处理

对于样品的采集和预处理，实验室参照相关国标与行标，制定了FSJC·ZY08《环境介质样品的采集和预处理操作规程》，样品采集与现场预处理过程严格按照操作规程要求进行。

- 样品的标识

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

- 样品的流转

调查中的样品按相关规定进行包装，并由专车运输至实验室。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。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。

- 样品的贮存

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

- 环境条件的控制

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

C．数据处理质量控制

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

D．样品测量的质量控制

样品测量的质量控制包括：空白样的分析和质保样的测定。

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，在样品分析过程中进行空白样品分析。

质保样的测定：包括平行样、比对样、加标样、复测样等，原则上平行样、比对样、加标样、复测样对于某一类样品不同时采用，质保证样不少于样品10%。

- 陆地γ辐射空气吸收剂量率和累积剂量

陆地γ辐射空气吸收剂量率采用复测和仪器间的比对，其中仪器比对选择的仪器是北京市辐射安全技术中心同一型号的电离室，该电离室通过了仪器的检定。质保样的相对偏差在10%以内，质保控制情况良好。

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，布设位置尽量相同。取值时相互间的相对偏差控制在30%以内，后取其平均值作为当季的环境γ累积剂量。空气吸收剂量率测量均值与累积剂量（按小时平均）测量均值吻合较好。

- 环境水体样品

环境水体样品包括降水、饮用水、地下水、地表水和海水。降水、饮用水、地下水、地表水测量核素相同，共采集样品49个，质保样品（平行或复测）5个；海水采集样品20个，设置质保样品（平行或复测）2个，质保样比例10.1%。

- 土壤、底泥

土壤、底泥（含海底泥）共采集样品样品52个，质保样品15个，其中平行或复测样5个，实验室间的比对样10个，质保样比例28.8%。

- 生物

生物包括陆地生物和海洋生物，共采集样品63个，质保样品15个，其中平行或复测样7个，实验室间的比对样8个，质保样比例23.8%。

- 气溶胶、沉降灰

气溶胶、沉降灰总α总β采集样各84个，其他核素测量各28个，总α总β质保样9个，质保比例10.7%，气溶胶其他核素质保样5个，质保比例17.8%，沉降灰其他核素质保样3个，质保比例10.7%。

- 空气氚和 ^{14}C

空气氚和 ^{14}C 采集样各20个，质保比例10%，标准偏差均没有超过30%。

（3）仪器设备的控制

- 仪器设备的检定

参与本次调查的仪器设备，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。无法直接溯源的设备，可参加实验室间比对。本项目涉及的主要仪器设备详见表3.1-11，所有仪器均在检定的合格期内。

- 仪器性能的检验

仪器本底质控图是检查仪器状态是否正常的主要手段。在项目分析测量中涉及到的仪器主要有：RSS-131高气压电离室、BH1227型四路低本底α/β测量仪、MPC-9604型四路超低本底α/β计数器、QUANTULUS 1220型超低本底液闪谱仪、BE6530型高纯锗γ谱仪。各仪器质控图见图3.1-2~3.1-16。

- 仪器设备使用人员要求

调查分析测量人员应严格按照仪器的操作规程使用仪器，并持有相应的上岗证，若是没有相应证件的人员操作时，应在有证人员的指导下按现行有效版本的作业指导书中规定的程序进行。监测人员在操作仪器设备前后均应检查其状态和环境条件并记录。

（4）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。本项目使用标准物质见表3.1-12。

（5）化学试剂的控制

用标准溶液配置工作溶液时，应根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录；在使用高活度标准溶液时，要防止其对低本底实验室的沾污；用标准溶液配制工作溶液时，应根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录；实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、配制日期，有的试剂还要写明有效期。

（6）实验室间的比对

2015年4月～2016年6月，调查任务承担单位参与实验室比对验证3次。2015年2月份，北京中实国金国际实验室能力验证研究有限公司和北京中实国金国际实验室能力验证研究中心组织了一次水中锶-90的检测比对，比对结果合格。2015年8月份，参加中国建材检验认证集团股份有限公司（CTC）组织实施的“CTC PT-2014-03建筑材料放射性测试”能力验证，验证结果合格。2015年7月份，参加中国核工业集团公司组织的核电厂和“两厂两院”环境监测实验室比对，结果合格。

3.1.2 辐射环境质量评价

（1）核设施或矿产开发设施情况

厂址50km范围内运行的核设施只有田湾核电站1~4号机组，根据《田湾核电站2018年流出物与环境监测评价年报》，2018年田湾核电站1、2号机组运行以及3、4号机组调试、运行放射性气态、液态流出物排放量和排放浓度均低于生态环境部批准的排放限值及电站规定的管理目标值，核电站50km范围内放射性的监测结果处于本底涨落范围内，没有发现明显异常。

厂址50km范围内的矿产企业只有江苏省东海县丽港稀土材料厂，行业类别为稀土金属冶炼。

（2）密封与非密封放射性同位素源情况

厂址半径30km范围内有数家放射源、射线装置使用单位，放射性源项主要为工业、医用的非密封放射性同位素源、密封放射性同位素源以及射线装置，均接受监督管理，对周围环境影响较小。

（3）环境γ辐射水平

田湾核电站3、4号机组运行前一年环境放射性现状调查中，γ辐射空气吸收剂量率瞬时测量中，原野的γ辐射空气吸收剂量率测量值范围为37.7～87.4nGy/h，按点平均值为56.9±5.6nGy/h；道路的γ辐射空气吸收剂量率的测量值范围为23.7～77.1nGy/h，按点平均值为59.4±10.0nGy/h。γ辐射累积剂量的测量中，原野的γ辐射累积剂量测量值范围为58.7～

139.4nGy/h，按点平均值为82.4±6.8nGy/h。道路的γ辐射累积剂量的测量值范围为60.1～116.7nGy/h，按点平均值为85.9±8.1nGy/h。各点的空气吸收剂量率与累积剂量年均值比较见表3.1-10，空气吸收剂量率与累积剂量测量结果吻合较好。

除本次调查外，田湾核电站地区目前有田湾核电站1、2号机组运行前本底调查（2000~2002年）结果（以下简称“运行前调查”）、田湾核电站流出物与环境监测评价年报（2017年、2018年）结果（以下简称“2017、2018电厂监测”）、田湾核电站外围环境监督性监测报告（2017年、2018年）结果（以下简称“2017、2018监督性监测”） 、2019年完成的《田湾核电站7、8号机组陆域环境放射性现状调查报告（2019.1~2019.4）》（以下简称“2019现状调查”）。通过对比，不同机构/单位的测量结果基本处于同一水平，没有发现明显差异。

此外，参考1995年出版的《中国环境天然放射性水平》中调查结果，江苏连云港原野γ辐射空气吸收剂量率的本底水平为33.1～66.8nGy/h，道路γ辐射空气吸收剂量率的本底水平为26.9～73.7 nGy/h，测量结果基本上处于同一水平。

从上述分析比较可知，田湾核电站周围环境的γ辐射水平仍处于环境本底水平，未发现明显异常。

（4）土壤中放射性核素活度浓度

将本次调查结果与“运行前调查”、“2017、2018电厂监测”、“2017、 2018监督性监测”、“2019现状调查”的测量结果进行比较。参考1995年出版的《中国环境天然放射性水平》中调查结果，江苏连云港土壤中天然放射性核素^{238}U的含量为18.1～45.3 Bq/kg、^{226}Ra的含量为13.1～49.0 Bq/kg、^{232}Th的含量为17.9～67.6 Bq/kg、^{40}K的含量为405.4～876.2 Bq/kg。通过上述比较分析可知，各核素活度浓度基本在同一水平，均在环境正常本底水平，未发现明显异常。

（5）空气介质中放射性核素活度浓度

A．气溶胶

本次调查中气溶胶样品中总α活度浓度范围为0.021～1.347 mBq/m^3，总β活度浓度范围为0.071～2.44 mBq/m^3，^{7}Be活度范围为0.66～5.85mBq/m^3， ^{90}Sr活度范围为0.006～0.198 mBq/m^3，^{137}Cs活度范围＜1.50～2.5mBq/m^3。

B．沉降物

本次调查中沉降物样品中总β活度范围为4.5～40Bq/m^2，^{90}Sr活度范围为0.012～1.797 Bq/m^2，^{137}Cs活度范围＜0.028～0.154Bq/m^2，γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、

^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

C．降水

本次调查中降水样品中总 α 活度范围为 36.8～209mBq/L，总 β 活度范围为 31.3～215mBq/L，^{3}H 活度范围为 0.51～1.27Bq/L，^{90}Sr 活度范围为 1.24～7.42mBq/L，γ 谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

D．^{3}H、^{14}C和^{131}I

空气中氚化水中^{3}H的测量结果为0.416～3.97Bq/L；^{3}H活度浓度范围为2.91～25.21mBq/m^{3}，空气中^{14}C的活度范围为153～396 mBq/g·碳（换算为30.6～79.2mBq/m^{3}·空气），^{131}I低于探测限。

E．评价结论

将本次调查结果与“运行前调查”、“2017、2018电厂监测”、“2017、 2018监督性监测”、“2019现状调查”的测量结果进行比较，通过对比可以看出，不同机构/单位的测量结果均处于同一水平，没有发现异常数据。田湾核电站周围空气介质中放射性核素活度浓度处于环境本底水平，未发现明显异常，田湾核电站的运行未对本地区空气介质中放射性核素产生明显影响。

（6）陆地水体中放射性核素活度浓度

A．饮用水

饮用水样品中总 α 活度浓度范围＜25～135mBq/L，总 β 活度浓度范围为 51.0～163mBq/L，^{3}H 活度浓度范围为 0.18～0.78Bq/L， ^{90}Sr 活度浓度范围为 0.80～8.27mBq/L，^{14}C 活度浓度范围为（3.18±0.11）E-04～（5.90±0.68）E-04Bq/L，γ 谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe）测量结果均低于探测限。

《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2006）中给出的放射性指标指导值为：总 α 放射性为 500 mBq/L，总 β 放射性为 1000 mBq/L，通过比较，饮用水样品中总 α 和总 β 的活度浓度水平满足标准要求。

B．地下水

厂区 1，厂区 2 地下水井测量年均活度浓度：总 α 均值 165±5mBq/L；总 β 均值 424±65mBq/L：^{3}H 均值 2.01±14Bq/L；^{90}Sr 均值 1.74±0.14mBq/L；^{137}Cs 低于探测限。厂区外地下水总 α 活度范围为 55.4～211mBq/L，总 β 活度范围为 99.0～503mBq/L， ^{3}H 活度范围为 0.38～2.13Bq/L，^{90}Sr 活度范围为 1.58～10.33mBq/L，^{137}Cs 活度均值为 0.309mBq/L，地下水中 ^{14}C 活度浓度均值为 3.95E-04 Bq/L 和 1.99E-01 Bq/g·碳。γ 谱分析结果中放射性

核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe）测量结果均低于探测限。

C．地表水

地表水样品中总α活度范围为51.1～248mBq/L，总β活度范围为123～320mBq/L，^{3}H活度范围为0.71～1.27Bq/L，^{90}Sr活度范围为0.42～2.86mBq/L，^{137}Cs活度范围＜0.25～0.52mBq/L，宿城水库中^{14}C活度浓度为（6.49±0.89）E-04 Bq/L和（2.78±0.24）E-01 Bq/g·碳，青口河水中^{14}C活度浓度为（4.79±0.52）E-04 Bq/L和（2.38±0.32）E-01 Bq/g·碳，γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I、^{59}Fe）测量结果均低于探测限。

D．底泥

底泥样品中^{238}U活度范围为35.3～55.3Bq/kg（干样），^{226}Ra活度范围为23.7～39.3Bq/kg·干，^{232}Th活度范围为31～60.2Bq/kg（干样），^{40}K活度范围为582～1030Bq/kg（干样），^{137}Cs活度范围＜0.25～1.42Bq/kg（干样），^{90}Sr活度范围为0.60～0.92Bq/kg（干样），γ谱分析结果中放射性核素（^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{131}I）测量结果均低于探测限。

E．评价结论

将本次调查结果与“运行前调查”、“2017、2018电厂监测”、“2017、2018监督性监测”、“2019现状调查”的测量结果进行比较，通过对比可以看出，不同机构/单位的测量结果均处于同一水平，没有发现明显异常数据。田湾核电站周围陆地水体中放射性核素活度浓度仍处于环境本底水平，未发现明显异常，田湾核电站的运行未对本地区陆地水体产生明显影响。

（7）陆地生物放射性核素活度浓度

陆生植物选取具有代表性宿城乡青菜、松针和茶叶 ，陆生动物选取当地人主要食物的鸡肉和猪肉进行了比较。通过对比分析可知，本次调查中各类陆地生物中的^{90}Sr、^{137}Cs的放射性核素活度浓度的测量结果与“运行前调查”、“2017、2018年电厂监测”的测量结果处于同一水平，在正常环境本底水平范围，没有发现明显异常。因此，可认为田湾核电站周围陆地生物放射性核素活度浓度仍处于环境本底水平，田湾核电站的运行未对本地区陆地生物产生明显影响。

（8）海域放射性核素活度浓度

将本次调查结果与“运行前调查”、“2017、2018电厂监测”、“2017、2018监督性监测”、“2019现状调查”的测量结果进行比较，通过对比分析可知，本次调查中的测量结果与“运

行前调查”、“2017、2018电厂监测”、“2017、2018监督性监测”、 “2019现状调查”的测量结果基本上处于同一水平，没有发现明显异常，田湾核电站的运行未对本地区海域放射性核素活度浓度产生明显影响。

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.1.1 大气环境质量现状调查

根据连云港 2017 年环境状况公告（2018 年环境状况公告暂未发布），市区（不含赣榆区）空气质量优良天数共 289 天，占全年总有效天数（365 天）的 79.2%，比 2016 年提高 2.7 个百分点。空气质量超标天数共 76 天，其中轻度污染 62 天，中度污染 12 天，重度污染 2 天。市区（不含赣榆区）空气中二氧化硫年平均浓度为 18 微克/立方米，比 2016 年降低 28.0%，二氧化氮为 33 微克/立方米，比 2016 年上升 10.0%，均符合空气质量二级标准要求；可吸入颗粒物（PM10）年平均浓度为 75 微克/立方米，比 2016 年降低 13.8%，超过环境空气质量二级标准；细颗粒物（PM2.5）年平均浓度为 45 微克/立方米，比 2013 年、2016 年分别降低 32.8%、2.2%，完成上级下达的下降目标，但仍超过环境空气质量二级标准；一氧化碳日均值的第 95 百分位浓度为 1.5 毫克/立方米，臭氧 8 小时第 90 百分位浓度为 153 微克/标立方米，均满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）相应标准限值要求。灌云县、灌南县、东海县、赣榆区城区空气质量达标率分别为 80.6%、79.3%、72.6%、66.0%。各地区环境空气中的可吸入颗粒物（PM10）、细颗粒物（PM2.5）年平均浓度均超过环境空气质量二级标准，其它指标均符合空气质量二级标准要求。

同时，中国核电工程有限公司联合北京华测北方检测技术有限公司对厂址大气环境现状进行了补充监测，监测结果如下：

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司联合北京华测北方检测技术有限公司于 2015 年 1 月完成的《田湾核电站 3、4 号机组工程项目施工期大气环境监测分析及评价报告（2014 年度报告）》。

（1）厂址半径 5km 范围内的大气污染源

厂址区域东部临海，北部沿海岸分布有连云港港口码头、船厂和居民区等，西侧有居民区和小型工厂，南侧为开发区（目前暂停拆检）。调查范围所涉及的大气污染源及污染物主要有：

周边道路运输车辆排放的尾气；

厂址 3、4 号机组施工产生的扬尘等；

厂址北侧的连云港港口亿吨码头（20个泊位）运输矿砂产生的矿尘和扬尘；

厂址北侧船厂造船和维修产生的少量焊接气体等。

（2）执行标准和评价依据

《环境影响评价技术导则　大气环境》（HJ2.2-2018）；

《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

《市生态环境局关于田湾核电站5、6号机组非放射性污染排放执行标准的复函》。

厂址半径5km范围执行国家标准《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准（见表3.2-1）。

（3）大气环境质量监测数据的处理

大气环境质量现状监测数据需进行统计分析，分别计算出极值（最大值、最小值）、日均值及1小时均值。

厂址周围大气环境质量现状评价，占标率公式如下：

$$I_i = \frac{c_i}{c_{0i}}$$

式中：

I_i—第 i 种污染物的单项指数；

c_i— 第 i 种污染物的实测浓度，mg/m^3；

c_{0i}— 第 i 种污染物的评价标准，mg/m^3。

（4）大气环境质量监测的技术条件

根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的规定，TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$、SO_2、NO_2、CO日均值每天采样1次，每次连续采样20h；SO_2、NO_2、CO小时均值每天采样4次（02:00时、08:00时、14:00时、20:00时），每次连续采样1 h。

监测项目的监测及分析方法按《环境空气　总悬浮颗粒物的测定　重量法》（GB/T15432-1995）、《环境空气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的测定　重量法》（HJ618-2011）、《环境空气　二氧化硫的测定　甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法》（HJ482-2009）、）《环境空气　氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的测定　盐酸萘乙二胺分光光度法》（HJ479-2009）、《环境空气　一氧化碳的测定　非分散红外法》（GB9801-88），见表3.2-2。

（5）大气环境质量监测点的布设和监测结果

此次监测共设置4个居民点处监测点，厂址附近的居民点设置监测点2个，主导风下风向居民点设置监测点2个，见表3.2-3和图3.2-1。表3.2-4~表3.2-5列出了四个监测点

SO_2、NO_2、CO、TSP、PM_{10}、$PM_{2.5}$的监测数据。

3.2.1.2 大气环境质量评价

根据《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中规定的二级标准（见表3.2-1）和污染物监测数据的统计结果（见表3.2-4和表3.2-5），对厂址评价区域大气环境质量现状分析和评价如下：

SO_2小时浓度范围在0.007~0.057mg/m^3之间，SO_2日均浓度范围在0.010~0.044mg/m^3之间，均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准的要求。

NO_2小时浓度范围在0.009~0.042mg/m^3之间，NO_2日均浓度范围在0.011~0.040mg/m^3之间，均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准的要求。

CO小时浓度范围在0.42~1.06mg/m^3之间，CO日均浓度范围在0.55~0.79mg/m^3之间，均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准的要求。

PM_{10}日均浓度值在0.026~0.203mg/m^3之间，$PM_{2.5}$日均浓度值在0.013~0.138mg/m^3之间，PM_{10}和$PM_{2.5}$均有三次监测结果出现了超过《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准的要求的情况。经核实，三次监测期间厂区均无会引起大量粉尘产生的施工活动，监测数据超标原因主要由连云港区域大气环境所致。图3.2-2~3.2-4为2014年2月份、3月份和5月份三次监测期间连云港空气质量数据（图片来源于天气后报，数据来源于国家环境监测总站）。

TSP日均浓度值在0.036~0.271mg/m^3之间，均符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）的二级标准的要求。

综上所述，评价区域内SO_2、NO_2、CO、TSP均满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中二级标准的要求；PM_{10}和$PM_{2.5}$有三次监测结果不符合《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中二级标准的要求，超标情况是受区域环境影响所致。评价区域内的气态污染物浓度分布比较均匀，而颗粒物污染物浓度有较大差异。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.2.1 声环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国辐射防护研究院于2008年1月完成的《田湾核电站扩建工程区域环境噪声和电磁辐射现状水平监测与评价报告书》和中国核电工程有限公司联合核工业二〇三研究所于2019年4月编制的《田湾核电站7、8号机组厂址周围噪声现状水平监测及评价报告》。田湾核电站7、8号机组厂址位于田湾核电基地西北侧的原船山，在6号机组西侧，其中7号机组反应堆中心距6号机组反应堆中心直线距离292.68m。本

次监测成果能代表田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址周围噪声现状。

（2）执行标准和评价依据

《环境影响评价技术导则　声环境》（HJ2.4-2009）；

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

《市生态环境局关于田湾核电站5、6号机组非放射性污染排放执行标准的复函》。

厂址周围村庄声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的2类标准，即昼间和夜间噪声限值分别为60dB（A）和50dB（A），交通噪声执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中4a类区噪声标准，即昼间70dB（A），夜间55dB（A）。

3.2.2.2　声环境质量现状评价

2007年和2019年两次声环境质量调查，除了个别监测点在个别监测时段外，其余厂界、陆域、海域、交通及居民点噪声监测值均满足评价标准的要求。

对比两次监测结果可知，除了部分点位因周边环境改变噪声源不同导致两次监测数据有所差别以外，其它监测数据变化不大。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

2019年在田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址附近海域再次开展生态环境现状调查。

海水水质调查要素包括水温、水深、盐度、水色、透明度、pH、总碱度、溶解氧、化学耗氧量、五日生化需氧量、挥发酚、无机氮（硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐）、非离子态氨、磷酸盐、硅酸盐、硫化物、氯化物、氰化物、氟化物、石油类、阴离子表面活性剂、总磷、总氮、悬浮物、硼、金属（汞、铜、铅、锌、镉、总铬）、砷、硒、余氯等。

目前已完成2019年2月冬季航次的调查及现场样品分析工作，待成果报告提交后补充相关内容。

3.2.4 电磁环境现状调查与评价

3.2.4.1　电磁辐射现状调查

1）调查依据标准规范

- 《中华人民共和国环境保护法》，（2015年1月）；
- 《中华人民共和国环境影响评价法》（2016年修订，2016年9月1日起施行）
- 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订，2017年10月1日施行）
- 《电磁辐射环境保护管理办法》（国家环保局[1997]18号令）；
- 《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（HJ808-2016；
- 《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）；

- 《辐射环境保护管理导则—电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）；
- 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T 10.3-1996）；
- 《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ 24-2014）；
- 《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T 988-2005）；
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）。

2）调查目的

- 通过现场测量，调查江苏田湾核电站的电磁辐射现状，以获取其扩建工程5、6号机组运行阶段环境影响报告书编制所需要的电磁辐射现状测量数据。同时，为今后评价厂址区域核电站工作人员及周围公众所接受电磁辐射照射水平等环境影响收集数据；
- 为田湾核电站扩建工程5、6号机组运行后的长期电磁辐射环境影响评价提供基础资料和对比数据。

3）调查内容及范围

- 工频电场、工频磁场强度：以本工程核电厂拟建开关站为中心的半径0.5km的环形区域以及电力出线送电走廊两侧0.5km带状区域；
- 射频综合场强：调查范围为本工程核电厂厂址周围5km范围内环境敏感区域。

4）监测方法

- 工频电场/工频磁场强度

依据《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013），监测点应选择在地势平坦、远离树木且没有其他电力线路、通信线路及广播线路的空地上。

监测仪器的探头应架设在地面（或立足平面）上方1.5m高度处。也可根据需要在其他高度监测，并在监测报告中注明。

监测工频电场时，监测人员与监测仪器探头的距离应不小于2.5m。监测仪器探头与固定物体的距离应不小于1m。

监测工频磁场时，监测探头可以用一个小的电介质手柄支撑，并可由监测人员手持。采用一维探头监测工频磁场时，应调整探头使其位置在监测最大值的方向。

- 射频综合场强

根据《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T10.2-1996），每个测点使用非选频式辐射测量仪，分别测量离地1.7m的射频综合场强。

现场测量过程中，上述所有测点记录当时的天气情况（晴、雨、雪等）、环境温度、

相对湿度、测量时间、风向、风速和大气压。每个测点均拍摄照片，用于反映各测点的原貌，同时用GPS进行卫星定位以确定其准确位置。

5）厂址区域电磁辐射源调查

根据现场踏勘，厂址区域现有电磁辐射源有运行中的1、2号机组、江苏省电力公司110kV宿城变电站、田湾核电厂区内通讯基站1个，厂区外通讯基站19个、高压输电线路六条。输电线路包括，110kV云城线、110kV香宿线、还有并列在一条输电线路上的500kV田盐线、500kV田都线、500kV田伊线、220kV云核线。

6）监测点的设置

- 厂址区域监测点设置

本次调查工作共设置17个监测点，在厂区边界设4个（东南西北），厂区内13个。编号 1~17#，1~16#监测点分别监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。17#监测点只监测射频电场强度。

监测点名称、编号、见表3.2-6和图3.2-5。

- 开关站监测点设置

田湾核电站目前共有3个开关站，分别为220kV辅助开关站、1~4号机组500kV出线开关站、5~8号机组500kV出线开关站。其中220kV辅助开关站与1~4号机组500kV出线开关站并排在同一站址。分别在220kV辅助开关站与1~4号机组500kV出线开关站站址、5~8号机组500kV出线开关站址东、南、西、北围墙外5m处监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强。编号18~25#。开关站监测点设置情况见表3.2-7和图3.2-6。

- 主变压器监测点设置

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

本次调查工作分别对1~8号机组主变进行监测，现场监测过程中根据实际情况（地形限制等）对监测点数量进行相应的调整，并逐一编号，监测点设置编号见表 3.2-8，监测断面位置见图3.2-7。

- 输电线路监测点设置

本次调查工作共设4处监测断面（编号 P1~P4），且分别在各拟建输电线路和已建输电线路垂直方向和平行方向设置监测断面，每个监测断面上监测点设置如下：

（1）垂直方向的监测断面点位设置

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

（2）平行方向的监测断面点位设置

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

现场监测过程中根据实际情况（地形限制等）对监测点数量进行了相应的调整，并逐一编号，监测点设置编号如下：

a) 云城110kV输电线路监测点编号为P1-1~P1-X。

b) 香宿110kV输电线路监测点编号为P2-1~P2-X。

c) 220kV云核线/500kV田伊线 /500kV田都线 / 500kV田盐线（并排在同一条输电线路断面，所以按照一个断面监测）监测点编号为P3-1~P3-X。

d) 田湾核电站5~8号机组500kV出线监测点编号为P4-1~P4-X。

田湾核电站输电线路监测断面设置情况见图3.2-8。

- 厂区外环境敏感区监测点设置

在田湾核电站厂区外敏感区共设置18个监测点，设点原则是以7、8号机组开关站为中心，半径五公里范围内已建成和规划的居民点为环境敏感区，敏感区监测点编号26~43#。每个监测点分别监测工频电场强度、工频磁场强度和射频综合场强。

监测点设置情况见表3.2-9和图3.2-9。

- 厂区外变电站与通讯基站监测点设置

在田湾核电站厂区外宿城东崖屋村有一座110kV宿城变电站，在变电站东、南、西、北边界外5m处设置监测点，监测工频电场、工频磁场强度和射频综合场强，编号44~47#。厂区外通讯基站共设置19个监测点，编号48~66#。每个监测点只监测射频电场强度。

监测点设置情况见表3.2-10和图3.2-10。

7）监测仪器

本次监测使用的仪器见表3.2-11。

3.2.4.2 电磁辐射质量现状评价

1）评价标准

a) 根据《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014），50Hz频率下，环境中工频电场强度

的公众暴露控制限值为4kV/m，工频磁感应强度的公众暴露控制限值为0.1mT。

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

同时，按照《辐射环境保护管理导则 电磁辐射监测仪器和方法》（HJ/T 10.2-1996）附录B2中居民区环境辐射电平水平标注，对5km范围内的居民区环境电磁辐射进行分类标注，分类要求见表3.2-12。

2）质量现状结论

各项测量数据结果见表3.2-13~表3.2-20。

根据评价区域电磁辐射测量结果（统计情况见表3.2-21~表3.2-23），得到如下结论：

1）厂区内电磁辐射监测结果评价：

- 工频电场/工频磁场强度

厂区内所有监测点工频电场强度监测值范围0.164V/m~1428.52V/m之间，工频磁场强度监测值在0.036μT ~9.793μT之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值4kV/m和 0.1mT（100μT），符合要求。

- 射频综合场强

厂区内所有监测点射频综合场强监测值在0.27V/m ~1.33V/m之间。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中规定的12V/m标准限值。

2）输电线路电磁辐射监测结果评价

输电线路所有监测点工频电场强度监测值范围1.326V/m~2044.64V/m之间，工频磁场强度监测值在0.050μT ~6.817μT之间，分别小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中标准限值4kV/m和 0.1mT（100μT），符合要求。

3）厂区外监测点电磁辐射监测结果评价

- 工频电场/工频磁场强度监测结果

厂区外所有监测点工频电场强度监测值在0.118V/m~106.80V/m之间，所有监测值都小于标准限值4kV/m，符合要求；工频磁场强度监测值在0.038μT ~0.087μT之间，小于标准限值0.1mT（100μT），符合要求。

- 射频综合场强

所有监测点监测值在0.08V/m ~1.81V/m之间。最大值为61#监测点（羊山岛移动基站），其监测值为1.81V/m。所有监测值都小于《电磁环境控制标准》（GB 8702-2014）中的12V/m

标准限值，符合标准要求。

表 3.1-1 田湾核电站 3、4 号机组首次装料前辐射环境现状调查方案

序号	调查对象		采样(监测)频度	采样（监测）点位	全年采样数	全年分析样品数	分析项目	采样（监测）地点
1	陆地环境 γ 辐射		季	90	360	360	空气吸收剂量率 (1)	50km
			季	70	275	275	累积剂量	50km
2	土壤（表层土）		半年	12	24	24	^{90}Sr、^{137}Cs (2)、γ 谱分析 (3)	柳河村、连岛、杨圩、板桥镇、宿城乡 2 个、东辛集团 2 个、核电厂北、环境大楼、青口镇 2 个
3	空气	气溶胶	月	7	84	84	总 α 总 β	厂前区、双围墙内、杨圩、板桥镇、宿城乡、环境大楼、青口镇
			季	7	28	28	^{90}Sr、^{137}Cs、γ 谱分析	厂前区、双围墙内、杨圩、板桥镇、宿城乡、环境大楼、青口镇
		沉降物	月	7	84	84	总 β	厂前区、双围墙内、杨圩、板桥镇、宿城乡、环境大楼、青口镇
			季	7	28	28	^{90}Sr、^{137}Cs、γ 谱分析	厂前区、双围墙内、杨圩、板桥镇、宿城乡、环境大楼、青口镇
		降水	季	5	20	20	总 α、总 β、^{3}H、^{90}Sr、^{137}Cs、γ 谱分析	厂前区、杨圩、板桥镇、宿城乡、青口镇
		^{3}H、^{14}C 和 ^{131}I	季	5	60	20	HTO、^{14}C、^{131}I	厂前区、杨圩、板桥镇、宿城乡、青口镇
		地表水	半年	4	8	8	总 α、总 β、^{3}H、^{90}Sr、^{137}Cs、γ 谱分析	蔷薇河、新沐河、宿城水库和青口河

序号	调查对象		采样(监测)频度	采样（监测）点位	全年采样数	全年分析样品数	分析项目	采样（监测）地点
4	陆地水体		半年	1	2	2	^{14}C	宿城水库
		沉积物	半年	4	8	8	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱分析	蔷薇河、新沐河、宿城水库和青口河
		饮用水	季	4	16	16	总α、总β、^{3}H、^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱分析	宿城乡，高公岛乡、板桥镇和的青口镇
			季	1	4	4	^{14}C	宿城乡
		地下水	半年	5	10	10	总α、总β、^{3}H、^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱分析	厂区地下水井2个、东磊山泉、高公岛乡和青口镇
			半年	1	2	2	^{14}C	高公岛乡
5	陆地生物	小麦	年	4	4	4	^{90}Sr、γ谱分析	杨圩、宿城乡、东辛农场和青口镇
			年	1	1	1	^{14}C	宿城乡
		稻米	年	3	3	3	^{90}Sr、γ谱分析	宿城乡、东辛农场和青口镇
			年	1	1	1	^{14}C	宿城乡
		蔬菜	半年	3	6	6	^{90}Sr、γ谱分析	宿城乡、板桥和青口镇
			半年	1	2	2	^{14}C	宿城乡、板桥和青口镇
		牧草	年	1	1	1	^{90}Sr、γ谱分析	宿城乡
		水果	年	3	2	2	^{90}Sr、γ谱分析	核电站南门、朝阳和青口镇
			年	1	1	1	^{14}C	宿城乡
		茶叶	半年	1	2	2	^{90}Sr、γ谱分析	宿城乡

序号	调查对象		采样(监测)频度	采样（监测）点位	全年采样数	全年分析样品数	分析项目	采样（监测）地点
		牛奶	半年	1	2	2	^{131}I、γ谱分析	宿城乡
		松针	半年	1	2	2	^{14}C 、^{90}Sr、有机氚、γ谱分析	宿城乡
		家禽	半年	2	4	4	^{90}Sr、γ谱分析	板桥镇和青口镇
			半年	1	2	2	^{14}C	板桥镇
		家畜	半年	2	4	4	^{90}Sr、γ谱分析	板桥镇和青口镇
		淡水鱼	半年	3	6	6	^{90}Sr、γ谱分析	朝阳、新浦和青口镇
6	受纳水体	海水	半年	10	20	20	^{3}H、^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	连岛浴场、水岛、取水口附近、高公岛乡以南海域、安全排放口、循环排放口、3,4机组排循环放口附近、丁港、刘圩、青口闸
			半年	2	4	4	^{14}C	丁港、高公岛乡
		沉积物	半年	10	20	20	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	连岛浴场、水岛、取水口附近、高公岛乡以南海域、安全排放口、循环排放口、3,4机组排循环放口附近、丁港、刘圩、青口闸
		藻类	年	3	3	3	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	西连岛、高公岛乡和青口镇
		贝类	半年	4	4	4	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	连云港、西连岛、高公岛乡和青口镇
		甲壳类	半年	4	4	4	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	连云港、西连岛、高公岛乡和青口镇
			半年	1	2	2	^{14}C	高公岛乡
		软体类	半年	4	4	4	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	连云港、西连岛、高公岛乡和青口镇

序号	调查对象		采样(监测)频度	采样（监测）点位	全年采样数	全年分析样品数	分析项目	采样（监测）地点
			半年	1	2	2	^{14}C	高公岛乡
		鱼类	半年	4	4	4	^{90}Sr、^{137}Cs、γ谱	连云港、西连岛、高公岛乡和青口镇
			半年	1	2	2	^{14}C	高公岛乡
		牡蛎	半年	1	2	2	^{14}C、^{90}Sr、^{137}Cs、有机氚、γ谱	小丁港

注：1） 同时给出贯穿辐射剂量率及扣除仪器对宇宙射线响应的环境γ剂量率

2） 对单独提出^{137}Cs测量要求的项目，若γ谱不能给出介质中^{137}Cs的活度浓度，采用放化方法进行了分析。

3） γ谱分析分析至少包括：^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{131}I、^{134}Cs、^{137}Cs等人工核素，另外：

- 对空气增加^{7}Be；
- 土壤、沉积物、生物类介质增加^{40}K、^{226}Ra、^{232}Th、^{238}U；
- 对地表水、饮用水、地下水、海水增加^{59}Fe；
- 对受纳水体介质增加^{110m}Ag、^{106}Ru。

4） 表中分析样品的个数不含质样的分析，质保样具体情况详见《田湾核电站3、4号机组首次装料前辐射环境现状调查质量保证总结报告》

表 3.1-2 采用的仪器及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	环境 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	BH1227α/β 测量仪 MPC-9604α/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 1035-2011《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、沉降物		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 14C 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 3.1-3 γ 谱仪分析测量参数

测量仪器：HPGeγ 谱仪　　相对效率 38%　　样品几何尺寸 Φ70mm×70mm　　测量时间 8000s

环境介质	核素	能量（kev）	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限	最小探测限单位	样品量
土壤	^{238}U	92.6	0.0516	1881	4.00E-02	4.72E+00	Bq/kg	0.24kg
	^{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		
生物灰	^{137}Cs	661.7	0.8521	118	1.99E-02	2.88E-01	Bq/kg 灰	0.12kg
	^{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		
降水	^{137}Cs	661.7	0.8521	118	1.99E-02	6.91E-04	Bq/L	0.15kg 原始水样 50L
	^{134}Cs	604.7	0.976	97	2.07E-02	5.26E-04		
	^{54}Mn	834.8	0.9998	92	1.75E-02	5.91E-04		
	^{58}Co	810.7	0.9945	90	1.67E-02	6.16E-04		
	^{60}Co	1173.2	0.9987	67	1.28E-02	6.91E-04		
海水	^{137}Cs	661.7	0.8521	118	2.14E-02	6.43E-04	Bq/L	0.10kg 原始水样 50L
	^{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		

环境介质	核素	能量（kev）	发射几率	本底计数	探测效率	最小探测限	最小探测限单位	样品量
	^{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		
淡水	^{137}Cs	661.7	0.8521	118	1.99E-02	6.91E-04	Bq/L	0.18kg 原始水样 50L
	^{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		
气溶胶	^{7}Be	477.6	0.1052	329	2.66E-02	3.50E-05	Bq/m^3	$10000m^3$
	^{137}Cs	661.7	0.8521	168	2.12E-02	3.87E-06		
	^{134}Cs	604.7	0.976	240	2.28E-02	3.75E-06		
	^{54}Mn	834.8	0.9998	138	1.71E-02	3.71E-06		
	^{58}Co	810.7	0.9945	92	1.67E-02	3.11E-06		
	^{60}Co	1173.2	0.9987	69	1.21E-02	3.71E-06		
沉降物	^{7}Be	477.6	0.1052	117	2.24E-02	1.10E-02	Bq/m^2·月	取样时间：90 天 取样面积：$0.25m^2$
	^{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		

表 3.1-4 放化分析测量参数

分析项目	环境介质	样品 采集量	本底(cpm)	测量时间(min)	探测效率(%)	化学回收率(%)	探测下限
总 α	气溶胶	1000m^3	0.79	3600	3	100	22μBq/m^3
	水	2L	0.028	1200	2	100	15mBq/L
总 β	气溶胶	1000m^3	0.79	3600	35	100	11μBq/m^3
	沉降物	90 天 0.25m^2	0.79	600	28	100	15mBq/m^2·月
	水	2L	1.30	1200	27	100	9.4mBq/L
^{90}Sr	水	50L	0.79	3600	55	80	0.16mBq/L
	生物灰	15g	0.79	3600	55	80	0.80mBq/g 灰
	土壤	50g	0.79	3600	55	80	0.20Bq/kg
^{3}H	空气	250ml	0.91	300	26	100	0.20Bq/L(水样)
	水	250ml	0.91	300	26	100	0.20Bq/L
	生物中氚	500g	0.91	300	26	100	30mBq/g·鲜样
^{14}C	空气	2.5m^3	2.5	600	60	100	3.0mBq/m^3
	水	50L	2.5	300	60	100	5.0mBq/L(7.7mq/g·C)
	生物	500g	2.5	300	60	100	5.0mBq/ g·鲜样

表 3.1-5 原野 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

单位：nGy/h（扣除宇宙射线响应值）

点位编号	方位	距离 km	坐标		测量结果				测量值范围	均值及标准偏差
			N	E	2015.05	2015.08	2015.11	2016.3		
T1	NNE	1.7	34°41'59.26"	119°28’17.03”	62.5	64.2	60.0	53.2	53.2～64.2	60±4.9
T2	WSW	1.4	34°41'12.3"	119°26'41.4"	65.9	62.4	64.2	58.9	58.9～65.9	62.9±3
T4	N	3.4	34°43’03.00"	119°28’33.24"	70.1	70.5	87.4	77.6	70.1～87.4	76.4±8.1
T5	NNE	4.5	34°43’38.6”	119°28’10.4”	77.2	65.2	62.1	73.7	62.1～77.2	69.5±7.1
T7	WSW	1.6	34°41’04.34”	119°26’32.99”	61.9	62.2	55.2	58.7	55.2～62.2	59.5±3.3
T8	NE	2.5	34°42'01.2"	119°29'15.8"	65.1	67.5	69.9	55.2	55.2～69.9	64.4±6.5
T9	SW	2.2	34°40'24.3"	119°26'51.7"	61.0	60.5	50.8	61.9	50.8～61.9	58.6±5.2
T10	SW	4.5	34°39’43.84”	119°24’58.48"	51.7	60.3	53.0	47.0	47.0～60.3	53±5.5
T13	WNW	4.4	34°42’11.94"	119°24’48.32”	68.4	63.3	71.3	56.0	56～71.3	64.8±6.7
T14	WNW	3.4	34°42'04.2"	119°26'01.6"	62.4	64.8	58.2	49.5	49.5～64.8	58.7±6.7
T17	NW	2.5	34°42'18.9"	119°26'48.3"	46.1	56.7	44.3	42.6	42.6～56.7	47.4±6.3
T18	W	3.4	34°41’45.05"	119°25’55.47”	58.0	53.5	53.9	45.3	45.3～58	52.7±5.3
T20	SW	3.1	34°39’20.8”	119°27’11.41”	55.5	53.1	47.7	50.9	47.7～55.5	51.8±3.3
T21	SSW	3.3	34°39'00.62"	119°27'24.27"	57.6	53.8	49.8	50.7	49.8～57.6	53±3.5
T24	WSW	4.2	34°40’09.38”	119°25’17.18”	60.1	60.6	56.9	58.5	56.9～60.6	59±1.7
T26	NNW	3.7	34°42'43.2"	119°25'44.3"	66.9	65.1	58.7	48.5	48.5～66.9	59.8±8.3
T27	SW	6.3	34°42’12.31”	119°25’49.37”	70.7	71.0	65.4	60.0	60.0～71	66.8±5.2
T28	WSW	5.7	34°40’31.52”	119°24’26.15”	55.8	56.5	52.2	46.2	46.2～56.5	52.7±4.7
T29	WSW	9.4	34°38’21.18”	119°21’45.51”	66.9	64.9	63.6	57.2	57.2～66.9	63.2±4.2
T33	NW	9.6	34°45’21.70”	119°22’39.70”	54.5	58.3	52.4	43.4	43.4～58.3	52.1±6.3
T34	NE	9.5	34°44’55.59”	119°29’14.71”	53.4	56.3	50.5	51.3	50.5～56.3	52.9±2.6
T35	NNE	8.16	34°46’04.46”	119°26’51.78”	55.5	56.0	49.0	60.9	49.0～56	55.3±4.9

点位编号	方位	距离 km	坐标		测量结果				测量值范围	均值及标准偏差
			N	E	2015.05	2015.08	2015.11	2016.3		
T36	WSW	9.7	34°39’55.97”	119°21’35.95”	60.3	60.6	58.7	50.0	50.0～60.6	57.4±5
T37	WSW	9.5	34°37’59.91”	119°22’59.14”	63.5	67.3	56.1	50.8	50.8～67.3	59.4±7.4
T38	NW	9.96	34°45’01.14”	119°22’27.56”	60.3	60.1	57.0	53.8	53.8～60.3	57.8±3.1
T39	SSW	9.5	34°36’12.40”	119°24’31.29”	59.4	59.7	55.8	50.2	50.2～59.7	56.3±4.4
T40	S	8.5	34°36’09.74”	119°27’14.24”	58.8	59.1	45.9	56.5	45.9～59.1	55.1±6.3
T41	W	10	34°41’28.20”	119°21’06.09”	61.0	64.9	51.8	58.7	51.8～64.9	59.1±5.5
T42	WSW	5.6	34°40'19.4"	119°24'41.3"	58.8	58.6	55.5	46.6	46.6～58.8	54.9±5.7
T43	WNW	6.5	34°42'06.6"	119°22'56.7"	68.4	68.0	62.2	57.7	57.7～68.4	64.1±5.1
T44	NNW	5.5	34°44'04.74"	119°26'23.68"	65.4	63.5	52.2	52.6	52.2～65.4	58.4±7
T45	SW	7.59	34°38'16.2"	119°23'58.2"	62.4	62.8	60.9	50.7	50.7～62.8	59.2±5.7
T46	S	6.5	34°41’08.86”	119°23’04.41”	56.8	60.3	53.4	46.6	46.6～60.3	54.3±5.8
T47	SW	8.6	34°36'33.8"	19°24'43.2"	59.5	61.7	55.5	49.2	49.2～61.7	56.5±5.5
T48	WNW	5.7	34°41'46.6"	119°23'58.4"	59.0	60.9	60.7	53.9	53.9～60.9	58.6±3.3
T49	NNW	6.5	34°44'05.40"	119°24'46.31"	62.1	61.1	56.9	65.8	56.9～62.1	61.5±3.7
T50	SSE	18	34°30’30.40”	119°32’26.48”	57.1	56.5	55.7	54.7	54.7～57.1	56±1
T51	SSW	17.3	34°32’41.18”	119°23’10.37”	62.7	61.6	54.8	46.7	46.7～62.7	56.4±7.4
T52	SW	18.9	34°33’37.80”	119°19’20.71”	58.3	60.6	54.1	46.2	46.2～60.6	54.8±6.3
T53	SW	18.6	34°38’35.23”	119°14’34.76”	62.2	65.0	59.7	49.4	49.4～65	59.1±6.8
T54	W	14.7	34°41’20.2”	119°17’57.9”	48.4	49.0	44.9	37.7	37.7～49	45±5.2
T55	W	12.1	34°41'33.3"	119°19'24.5"	52.7	50.6	48.6	40.2	40.2～52.7	48±5.5
T56	SW	15.5	34°35'47.2"	119°18'06.7"	49.2	54.1	48.7	48.7	48.7～54.1	50.2±2.6
T57	WNW	11.4	34°44’49.34”	119°22’11.46”	52.4	50.3	45.8	57.0	45.8～52.4	51.4±4.7
T58	SSE	19	34°30’52.4”	119°31’30.5”	58.8	55.8	55.9	58.7	55.8～58.8	57.3±1.7
T59	WSW	12.4	34°38’13.57”	119°20’37.03”	65.5	63.2	60.8	62.8	60.8～65.5	63.1±1.9
T61	WNW	11.6	34°42’51.34”	119°21’02.33”	60.2	56.6	52.3	49.2	49.2～60.2	54.6±4.8

点位编号	方位	距离 km	坐标		测量结果				测量值范围	均值及标准偏差
			N	E	2015.05	2015.08	2015.11	2016.3		
T62	WSW	17	34°34'47.6"	119°16'17.0"	60.9	66.8	62.9	55.5	55.5～66.8	61.5±4.7
T63	SSW	25	34°26’09.4”	119°19’02.3”	62.5	48.9	55.9	57.0	48.9～62.5	56.1±5.6
T65	W	28	34°42’56.28”	119°06’08.29”	59.2	59.4	51.8	49.2	49.2～59.4	54.9±5.2
T66	WNW	29	34°47’04.02”	119°07’05.28”	59.4	60.1	58.3	53.1	53.1～60.1	57.7±3.2
T67	WSW	28	34°36’ 57.82”	119°07’ 52.08”	54.7	56.8	55.3	53.0	53.0～56.8	54.9±1.6
T68	SSE	26	34°27’32.63”	119°33’30.00”	56.5	55.9	49.6	53.8	49.6～55.9	54±3.1
T69	S	24	34°25’36.48”	119°31’13.69”	58.0	55.7	53.9	56.8	53.9～58	56.1±1.8
T70	WSW	28.5	34°35’55.50”	119°10’04.30”	54.9	56.7	50.7	48.2	48.2～56.7	52.6±3.9
T71	S	27	34°25’19.09”	119°23’21.11”	59.4	51.4	53.8	54.4	51.4～59.4	54.7±3.4
T72	SSE	21	34°32’32.09”	119°32’03.26”	61.9	58.2	46.9	58.6	46.9～61.9	56.4±6.6
T74	SSE	37.2	34°22’16.5”	119°35’33.9”	55.0	51.0	50.2	51.5	50.2～55	51.9±2.1
T75	WNW	35.2	34°48’12.29”	119°05’03.77”	53.8	55.8	47.5	43.1	43.1～55.8	50.1±5.8
T76	W	48.8	34°43’53.7”	118°55’47.3”	46.1	53.7	42.8	46.9	42.8～53.7	47.4±4.6
T77	SW	49.4	34°20’56.2”	119°06’32.7”	59.8	59.2	45.8	52.5	45.8～59.8	54.3±6.6
T78	NNW	48	35°04’30.2”	119°13’34.0”	55.4	56.4	46.4	43.1	43.1～56.4	50.3±6.6
T79	NW	37.1	34°54’50.6”	119°09’41.7”	53.8	58.3	52.6	52.0	52.0～58.3	54.2±2.9
T80	SW	33.8	34°28’20.0”	119°13’25.4”	55.8	55.1	52.8	54.6	52.8～55.8	54.6±1.3
T82	SSW	0.94	34°40’47.31”	119°27’08.23”	56.1	59.6	58.7	47.6	47.6～59.6	55.5±5.5
T84	E	0.7	34°41’04.66”	119°27’36.99”	61.7	61.5	60.6	68.7	60.6～61.7	63.1±3.7
T85	E	0.8	34°40’58.66”	119°27’47.72”	61.7	65.5	62.1	68.9	61.7～65.5	64.5±3.4
T89	SW	0.6	34°40’57.96”	119°27’22.15”	65.9	78.2	69.2	62.1	62.1～78.2	68.9±6.9
T90	N	0.5	34°40’55.39”	119°27’44.84”	53.9	56.8	50.6	46.5	46.5～56.8	51.9±4.4

表 3.1-6 道路 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

单位：nGy/h（扣除宇宙射线响应值）

点位编号	方位	距离 km	坐标		测量结果				测量值范围	均值及标准偏差
			N	E	2015.05	2015.08	2015.11	2016.3		
T3	NW	1.7	34°41’47.70"	119°26’19.15	57.1	53.5	50.8	53.7	50.8～57.1	53.8±2.6
T6	NNE	2.3	34°42'14.1"	119°28'51.7"	68.1	68.7	62.9	65.4	62.9～68.7	66.3±2.7
T11	W	2.1	34°41’23.27”	119°26’10.06	68.5	63.4	62.1	55.3	55.3～68.5	62.3±5.4
T12	W	4.1	34°41'20.3"	119°25'02.1"	65.4	64.4	60.7	63.6	60.7～65.4	63.5±2
T15	NW	2.5	34°42’06.36”	119°26’02.15”	71.7	69.8	64.2	61.7	61.7～71.7	66.9±4.7
T16	NW	2.5	34°42'18.9"	119°26'48.3"	72.8	70.6	63.3	75.6	63.3～75.6	70.6±5.3
T19	SW	2	34°40'34.0"	119°26'57.6"	64.2	60.1	60.8	66.3	60.1～66.3	62.9±2.9
T22	S	4.1	34°38'01.82"	119°27'19.57"	61.8	61.0	60.8	61.7	60.8～61.8	61.3±0.5
T23	SSE	3.6	34°40'06.50"	119°27'35.78"	55.2	60.9	57.4	58.7	55.2～60.9	58.1±2.4
T25	SW	3.7	34°39’37.21”	119°25’22.81”	70.3	70.7	62.8	62.3	62.3～70.7	66.5±4.6
T30	W	9	34°40’41.63”	119°21’44.79”	59.2	65.8	50.2	55.7	50.2～65.8	57.7±6.5
T31	WNW	8.6	34°42’15.53”	119°22’07.67”	50.4	53.5	45.9	47.7	45.9～53.5	49.4±3.3
T32	WNW	7.5	34°44’10.71”	119°25’09.96”	51.5	59.2	54.0	66.4	51.5～66.4	57.8±6.6
T60	NW	14	34°45'31.05"	119°20'50.38"	63.9	60.5	47.4	51.7	47.4～63.9	55.9±7.6
T64	SW	27	34°29’15.20”	119°15’12.58”	34.5	33.9	41.4	51.6	33.9～51.6	40.3±8.2
T73	ESE	38	34°27’48.07”	119°43’52.87”	30.6	23.7	30.9	31.8	23.7～31.8	29.2±3.7
T81	WNW	0.7	34°41’18.16”	119°27’09.19”	62.8	60.0	63.2	64.7	60～64.7	62.7±1.9
T83	S	0.6	34°40’51.94”	119°27’22.04”	64.6	67.2	62.7	65.4	62.7～67.2	65±1.9
T86	/	/	34°41’18.50”	119°27’30.50”	72.5	72.1	68.3	65.2	65.2～72.5	69.5±3.5
T87	/	/	34°41’10.80”	119°27’25.72”	51.1	62.2	54.7	59.9	51.1～62.2	57±5
T88	NNE	0.6	34°41’32.33”	119°28’08.79”	77.1	67.5	70.4	66.1	66.1～77.1	70.3±4.9

表 3.1-7 2018 年田湾核电站 γ 辐射剂量率连续监测结果

单位：μGy/h

月份	05UCJ	02UCJ	03UCJ	06UCJ	04UCJ
1 月	0.084	0.088	0.082	0.089	0.091
2 月	0.085	0.087	0.082	0.089	0.094
3 月	0.085	0.088	0.084	0.089	0.094
4 月	0.085	0.088	0.084	0.090	0.095
5 月	0.085	0.088	0.085	0.090	0.095
6 月	0.086	0.088	0.085	0.090	0.096
7 月	0.084	0.087	0.084	0.089	0.094
8 月	0.083	0.087	0.084	0.088	0.093
9 月	0.083	0.087	0.084	0.089	0.094
10 月	0.083	0.087	0.083	0.089	0.095
11 月	0.084	0.087	0.083	0.089	0.094
12 月	0.084	0.088	0.083	0.089	0.093
平均值	0.084	0.088	0.084	0.089	0.094

表 3.1-8 原野 γ 辐射累积剂量（按小时平均）测量结果

单位：nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）

点位编号	方位	距离 km	坐标		2015.5～2015.8	2015.8～2015.12	2015.12～2016.3	2016.3～2016.6	均值及标准偏差
			N	E					
T1	NNE	1.7	34°41'59.26"	119°28’17.03”	77.3	91.8	76.9	75.5	80.4±7.6
T2	WSW	1.4	34°41'12.3"	119°26'41.4"	94.2	109.1	89.6	67.1	90.0±17.4
T4	N	3.4	34°43’03.00"	119°28’33.24"	80.1	98.8	99.3	100.8	94.7±9.8
T5	NNE	4.5	34°43’38.6”	119°28’10.4”	93.1	113.5	98.0	89.3	98.5±10.7
T7	WSW	1.6	34°41’04.34”	119°26’32.99”	86.7	94.7	88.1	93.2	90.7±3.8
T9	SW	2.2	34°40'24.3"	119°26'51.7"	75.9	85.1	104.0	71.5	84.1±14.4
T10	SW	4.5	34°39’43.84”	119°24’58.48"	80.2	86.8	121.9	76.1	91.3±20.9
T14	WNW	3.4	34°42'04.2"	119°26'01.6"	80.2	89.1	92.4	-	87.2±6.3
T17	W	3.4	34°41’45.05"	119°25’55.47”	80.1	84.3	74.5	77.4	79.1±4.2
T18	SW	5	34°38'34.0"	119°25'24.1"	73.6	87.7	85.7	76.4	80.9±6.9
T24	WSW	4.2	34°40’09.38”	119°25’17.18”	80.6	99.9	69.5	81.3	82.8±12.6
T27	SW	6.3	34°42’12.31”	119°25’49.37”	86.1	104.6	80.4	82.3	88.4±11.1
T28	WSW	5.7	34°40’31.52”	119°24’26.15”	70.8	72.4	66.8	67.3	69.3±2.7
T29	WSW	9.4	34°38’21.18”	119°21’45.51”	77.3	94.2	79.6	74.8	81.5±8.7
T33	NW	9.6	34°45’21.70”	119°22’39.70”	72.7	89.4	88.0	68.5	79.6±10.6
T34	NE	9.5	34°44’55.59”	119°29’14.71”	70.9	81.5	86.5	71.2	77.5±7.7
T35	NNE	8.16	34°46’04.46”	119°26’51.78”	72.5	90.4	90.7	79.0	83.2±9
T36	WSW	9.7	34°39’55.97”	119°21’35.95”	74.4	91.4	81.2	72.9	80.0±8.4
T37	WSW	9.5	34°37’59.91”	119°22’59.14”	-	89.2	73.4	72.9	78.5±9.2
T38	NW	9.96	34°45’01.14”	119°22’27.56”	77.4	88.6	81.5	72.5	80.0±6.8
T41	W	10	34°41’28.20”	119°21’06.09”	84.2	96.5	81.7	86.6	87.3±6.5
T42	WSW	5.6	34°40'19.4"	119°24'41.3"	65.5	80.2	84.4	-	76.7±9.9
T43	WNW	6.5	34°42'06.6"	119°22'56.7"	86.0	101.3	85.3	84.6	89.3±8
T45	SW	7.59	34°38'16.2"	119°23'58.2"	67.6	84.8	90.0	87.0	82.3±10.1
T46	S	6.5	34°41’08.86”	119°23’04.41”	74.1	87.3	76.1	71.7	77.3±6.9
T47	SW	8.6	34°36'33.8"	19°24'43.2"	62.3	-	-	75.7	69.0±9.5

点位编号	方位	距离 km	坐标		2015.5～2015.8	2015.8～2015.12	2015.12～2016.3	2016.3～2016.6	均值及标准偏差
			N	E					
T48	WNW	5.7	34°41'46.6"	119°23'58.4"	58.7	86.5	-	64.3	69.8±14.7
T50	SSE	18	34°30’30.40”	119°32’26.48”	78.5	86.1	96.6	70.3	82.8±11.2
T51	SSW	17.3	34°32’41.18”	119°23’10.37”	70.8	102.5	139.4	71.7	96.1±32.4
T52	SW	18.9	34°33’37.80”	119°19’20.71”	80.2	101.2	88.7	79.4	87.4±10.1
T53	SW	18.6	34°38’35.23”	119°14’34.76”	70.2	94.0	89.6	73.0	81.7±11.9
T54	W	14.7	34°41’20.2”	119°17’57.9”	72.4	74.9	69.6	73.1	72.5±2.2
T56	SW	15.5	34°35'47.2"	119°18'06.7"	84.3	80.6	74.6	96.8	84.1±9.4
T57	WNW	11.4	34°44’49.34”	119°22’11.46”	70.8	80.9	88.5	78.5	79.7±7.3
T58	SSE	19	34°30’52.4”	119°31’30.5”	-	103.5	88.1	74.0	88.6±14.8
T59	WSW	12.4	34°38’13.57”	119°20’37.03”	80.5	95.5	97.6	80.9	88.6±9.2
T61	WNW	11.6	34°42’51.34”	119°21’02.33”	80.1	-	81.4	84.8	82.1±2.4
T62	WSW	17	34°34'47.6"	119°16'17.0"	74.2	-	-	64.4	69.3±6.9
T65	W	28	34°42’56.28”	119°06’08.29”	74.1	91.2	93.9	76.2	83.9±10.1
T66	WNW	29	34°47’04.02”	119°07’05.28”	77.3	95.2	84.3	70.4	81.8±10.6
T67	WSW	28	34°36’57.82”	119°07’ 52.08”	66.2	80.6	86.9	75.7	77.3±8.7
T69	S	24	34°25’36.48”	119°31’13.69”	70.3	87.8	-	65.1	74.4±11.9
T70	WSW	28.5	34°35’55.50”	119°10’04.30”	72.1	93.0	90.0	75.3	82.6±10.4
T71	S	27	34°25’19.09”	119°23’21.11”	70.8	85.0	74.7	73.8	76.1±6.2
T75	WNW	35.2	34°48’12.29”	119°05’03.77”	69.4	91.5	87.8	81.3	82.5±9.7
T78	NNW	48	35°04’30.2”	119°13’34.0”	71.5	103.1	82.2	74.0	82.7±14.3
T79	NW	37.1	34°54’50.6”	119°09’41.7”	66.9	78.7	75.7	71.8	73.3±5.1
T82	SSW	0.94	34°40’47.31”	119°27’08.23”	77.0	-	-	92.8	84.9±11.2
T84	E	0.7	34°41’04.66”	119°27’36.99”	76.3	92.7	76.8	73.1	79.7±8.8
T85	E	0.8	34°40’58.66”	119°27’47.72”	79.8	95.5	99.9	74.5	87.4±12.2
T89	SW	0.6	34°40’57.96”	119°27’22.15”	91.2	101.9	72.0	114.8	95.0±18.1
T90	N	0.5	34°40’55.39”	119°27’44.84”	73.0	89.8	94.6	74.7	83.0±10.8

表 3.1-9 道路 γ 辐射累积剂量（按小时平均）测量结果

单位：nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）

点位编号	方位	距离	坐标		2015.5～2015.8	2015.8～2015.12	2015.12～2016.3	2016.3～2016.6	均值及标准偏差
		km	N	E					
T3	NW	1.7	34°41’47.70"	119°26’19.15	77.3	86.3	79.1	70.2	78.2±6.6
T6	NNE	2.3	34°42'14.1"	119°28'51.7"	78.8	106.9	78.8	81.0	86.4±13.7
T11	W	2.1	34°41’23.27”	119°26’10.06	92.5	109.8	116.7	92.3	102.8±12.3
T12	W	4.1	34°41'20.3"	119°25'02.1"	78.6	86.2	-	60.2	75.0±13.4
T15	NW	2.5	34°42’06.36”	119°26’02.15”	87.6	94.5	78.2	80.9	85.3±7.3
T19	SW	2	34°40'34.0"	119°26'57.6"	84.0	90.2	83.7	95.4	88.3±5.6
T23	SSE	3.6	34°40'06.50"	119°27'35.78"	74.1	88.5	84.8	74.0	80.4±7.4
T25	SW	3.7	34°39’37.21”	119°25’22.81”	80.3	107.9	103.6	94.3	96.5±12.2
T30	W	9	34°40’41.63”	119°21’44.79”	72.4	89.7	83.8	70.0	79±9.3
T31	WNW	8.6	34°42’15.53”	119°22’07.67”	80.0	84.3	74.1	90.7	82.3±7.0
T32	WNW	7.5	34°44’10.71”	119°25’09.96”	84.1	83.5	107.7	87.4	90.7±11.5
T60	NW	14	34°45'31.05"	119°20'50.38"	-	83.4	74.6	78.2	78.8±4.4
T64	SW	27	34°29’15.20”	119°15’12.58”	70.7	77.9	77.0	72.5	74.5±3.4
T81	WNW	0.7	34°41’18.16”	119°27’09.19”	78.0	90.0	99.9	-	89.3±11
T83	S	0.6	34°40’51.94”	119°27’22.04”	67.2	-	80.5	85.8	77.8±9.6
T86	/	/	34°41’18.50”	119°27’30.50”	88.7	99.7	92.2	85.2	91.4±6.2
T87	/	/	34°41’10.80”	119°27’25.72”	104.2	-	-	85.4	94.8±13.3
T88	NNE	0.6	34°41’32.33”	119°28’08.79”	88.9	97.8	94.8	-	93.8±4.5

注：“—”表示剂量片丢失无测量数据。

表 3.1-10 作业文件及名称

序号	作业文件编号	作业文件名称
1	FSJC·ZY03	环境贯穿辐射剂量测定规程
2	FSJC·ZY07	环境地表 γ 辐射剂量率测定操作规程
3	FSJC·ZY08	环境介质样品的采集和预处理操作规程
4	FSJC·ZY09	土壤、生物样品总 α、总 β 分析测定规程
5	FSJC·ZY10	土壤中 ^{90}Sr 的分析操作规程
6	FSJC·ZY11	气溶胶中 ^{90}Sr 放化分析操作规程
7	FSJC·ZY12	水中 ^{131}I、^{125}I 分析方法操作规程
8	FSJC·ZY13	环境水中氚的分析测量操作规程
9	FSJC·ZY15	水中总 α、总 β 分析测定操作规程
10	FSJC·ZY17	水中 ^{90}Sr 放化分析方法操作规程
11	FSJC·ZY21	沉降物中 ^{90}Sr 分析测定规程
12	FSJC·ZY22	沉降物中总 α、总 β 分析测定规程
13	FSJC·ZY23	气溶胶中总 α、总 β 分析测定规程
14	FSJC·ZY24	生物样品（陆地海洋）中 ^{90}Sr 的放化分析规程
15	FSJC·ZY25	牛奶中 ^{131}I、^{125}I 的分析方法操作规程
16	FSJC·ZY27	植物中 ^{131}I、^{125}I 的分析方法操作规程
17	FSJC·ZY28	低本底 HpGeγ 谱仪样品分析测定操作规程
18	FSJC·ZY36	空气中 ^{14}C 的分析测量操作规程
19	FSJC·ZY37	有机氚的分析测定
20	FSJC·ZY40	标准物质使用和标准溶液配制作业指导书
21	FSJC·ZY41	化学试剂检查、验证作业指导书

表 3.1-11 主要仪器设备列表

名称	厂家	型号	检定周期（月）	证书编号	检定单位
高气压电离室	美国GE公司	RSS-131	12	GFJGJL1005140000697	国防科技工业一级计量站
热释光测量仪	放化研究院	RGD-3A	12	JZ-D07-140423D001	
四路低本底α/β测量仪	中核核仪器厂	BH1227	24	DYhd2014-0745	中国计量科学研究院
超低本底α/β计数	Protean Instrument Corporation	MPC-9604	24	DYhd2014-0745	中国计量科学研究院
超低本底液闪谱仪	WALLAC	QUANTULUS 1220	24	GFJGJL1005140001326	国防科技工业一级计量站
高纯锗γ谱仪	美国ORTEC公司	BE6530	36	JD-A21-130506A201	
高纯锗γ谱仪	美国ORTEC公司	GEM35P4-83	36	JD-A21-130626A201	
电子天平	常熟市衡器厂	LP503	12	T14042302	中国原子能科学研究院计量室
电子天平	梅特勒	AE240	12	T14042303	

表 3.1-12 标准物质列表

标准物质名称	生产单位	定值日期	定值单位
^{137}Cs点源	原子高科	2010/3/19	国防科技工业一级计量站
^{60}Co点源		2010/3/17	
^{133}Ba点源		2010/3/19	
^{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	
^{40}K、^{226}Ra、^{232}Th、^{238}U模拟土壤	国防科技工业一级计量站	2013/8	

表 3.2-1 环境空气质量标准（二级）

项目	日均值（mg/m^3）	小时均值（mg/m^3）
SO_2	0.15	0.50
NO_2	0.08	0.20
CO	4.00	10.00
PM_{10}	0.15	
TSP	0.30	
$PM_{2.5}$	0.075	

表 3.2-2 大气环境监测分析方法

监测因子	方法依据	分析方法	最低检出限值（mg/m^3）
TSP	GB/T15432-1995	重量法	0.001
PM_{10}	HJ618-2011	重量法	0.001
$PM_{2.5}$	HJ618-2011	重量法	0.001
SO_2	HJ482-2009	甲醛吸收-副玫瑰苯胺分光光度法	0.007（1 小时采样） 0.004（连续 20 小时采样）
NO_2	HJ 479-2009	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.015（1 小时采样） 0.006（连续 20 小时采样）
CO	GB 9801-88	非分散红外法	0.3（1 小时采样）

表 3.2-3 大气环境监测点位概况表

序号	监测点名称	监测点位置
1	东崖屋	厂址西北
2	苹果园	厂址西
3	南山湾	厂址南
4	柳河村	厂址东北

表 3.2-4 分次各污染物最高浓度表（2014 年度）

单位：mg/m^3

监测次数	SO_2 最高小时浓度	NO_2 最高小时浓度	CO 最高小时浓度	SO_2 最高日均浓度	NO_2 最高日均浓度	CO 最高日均浓度	TSP 最高日均浓度	$PM_{2.5}$ 最高日均浓度	PM_{10} 最高日均浓度
第 1 次	0.026	0.040	0.79	0.020	0.032	0.69	0.181	0.070	0.102
第 2 次	0.027	0.038	1.06	0.025	0.033	0.72	0.223	0.124	0.167
第 3 次	0.032	0.036	1.06	0.020	0.033	0.73	0.271	0.135	0.203
第 4 次	0.029	0.039	1.06	0.025	0.032	0.72	0.176	0.058	0.132
第 5 次	0.057	0.038	1.06	0.044	0.035	0.79	0.252	0.138	0.189
第 6 次	0.045	0.042	1.06	0.035	0.040	0.68	0.197	0.066	0.128
第 7 次	0.027	0.027	1.06	0.020	0.025	0.71	0.137	0.062	0.103
第 8 次	0.029	0.036	1.06	0.020	0.035	0.69	0.141	0.048	0.098
2014 年度	0.057	0.042	1.06	0.044	0.040	0.79	0.271	0.138	0.203
GB3095-2012 标准值	0.50	0.20	10.00	0.15	0.08	4.00	0.30	0.075	0.15
占标率	0.114	0.21	0.106	0.293	0.5	0.1975	0.903	1.84	1.353

表 3.2-5 各点位颗粒污染物日均值统计分析表（2014 年度）（一）

项目 \ 监测次数			第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次
东崖屋 1#	PM_{10}	最高浓度	0.100	0.158	0.201	0.132	0.188	0.127	0.096	0.090
		标准值	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
		污染系数	0.667	1.053	1.340	0.880	1.253	0.847	0.640	0.600
	TSP	最高浓度	0.152	0.210	0.268	0.176	0.250	0.195	0.128	0.130
		标准值	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
		污染系数	0.500	0.700	0.893	0.587	0.833	0.650	0.427	0.433
	$PM_{2.5}$	最高浓度	0.063	0.110	0.132	0.052	0.129	0.065	0.057	0.045
		标准值	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
		污染系数	0.840	1.467	1.760	0.693	1.720	0.867	0.760	0.600
苹果园 2#	PM_{10}	最高浓度	0.095	0.162	0.203	0.130	0.186	0.125	0.098	0.095
		标准值	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
		污染系数	0.633	1.080	1.353	0.867	1.240	0.833	0.653	0.633
	TSP	最高浓度	0.171	0.214	0.271	0.174	0.248	0.193	0.131	0.137
		标准值	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
		污染系数	0.570	0.71	0.903	0.580	0.827	0.643	0.437	0.457
	$PM_{2.5}$	最高浓度	0.062	0.124	0.135	0.053	0.128	0.064	0.059	0.047
		标准值	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
		污染系数	0.827	1.653	1.800	0.707	1.707	0.853	0.787	0.627

表 3.2-5 各点位颗粒污染物日均值统计分析表（2014 年度）（二）

项目 \ 监测次数			第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次
南山湾 3#	PM_{10}	最高浓度	0.102	0.158	0.200	0.128	0.187	0.124	0.099	0.094
		标准值	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
		污染系数	0.680	1.053	1.333	0.853	1.247	0.827	0.660	0.627
	TSP	最高浓度	0.174	0.208	0.267	0.170	0.249	0.191	0.132	0.135
		标准值	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
		污染系数	0.580	0.690	0.890	0.567	0.830	0.637	0.440	0.450
	$PM_{2.5}$	最高浓度	0.068	0.118	0.130	0.055	0.126	0.063	0.060	0.043
		标准值	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
		污染系数	0.907	1.573	1.733	0.733	1.680	0.840	0.800	0.573
柳河村 4#	PM_{10}	最高浓度	0.092	0.167	0.202	0.131	0.189	0.128	0.103	0.098
		标准值	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
		污染系数	0.613	1.113	1.347	0.873	1.260	0.853	0.687	0.653
	TSP	最高浓度	0.171	0.223	0.269	0.175	0.252	0.197	0.137	0.141
		标准值	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
		污染系数	0.570	0.740	0.897	0.583	0.840	0.657	0.457	0.470
	$PM_{2.5}$	最高浓度	0.062	0.112	0.132	0.057	0.131	0.066	0.062	0.042
		标准值	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
		污染系数	0.827	1.493	1.760	0.760	1.747	0.880	0.827	0.560

表 3.2-6 田湾核电站厂区电磁辐射监测点设置情况

编号	监测点名称	编号	监测点名称
1	厂界东	2	厂界南
3	厂界西	4	厂界北
5	1、2#机组厂区一号办公楼	6	1、2#机组厂区二号办公楼
7	1、2 号机组中心	8	3、4 号机组中心
9	5、6 号机组中心	10	拟建 7、8 号机组中心
11	华兴公司办公区	12	中建二局办公区
13	工程公司办公区	14	电建三办公区
15	二三公司办公区	16	华兴搅拌站
17	厂区移动通讯基站	/	/

表 3.2-7 田湾核电站开关站监测点设置

开关站名称	监测点设置	编号
220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站	东、南、西、北围墙外 5m 处监测工频电场、工频磁场强度和射频电场强度。	18~21
5~8 号机 500kV 出线开关站		22~25

表 3.2-8 田湾核电站主变压器监测点编号一览表

监测点名称	1#主变压器	2#主变压器	3#主变压器	4#主变压器	5#主变压器	6#主变压器	拟建 7#变压器	拟建 8#变压器
监测点编号	A1~A11	B1~B11	C1~C11	D1~D11	E1~E11	F1~F11	G1~G11	H1~H11

表 3.2-9 田湾核电站厂区外监测点设置情况

编号	名称	编号	名称	编号	名称
26	临海社区	27	胜利社区	28	云台社区
29	荷花社区	30	黄窝村	31	高公岛社区
32	羊山岛	33	柳河村	34	宝山村
35	大竹园村	36	东崖屋村	37	高庄村
38	留云岭村	39	夏庄居委会	40	黄崖村
41	云门寺村	42	程圩社区	43	跃进社区

表 3.2-10 田湾核电站厂区外变电站与通讯基站监测点设置情况

编号	名称	编号	名称	编号	名称
44	宿城 110kV 变电站东边界	45	宿城 110kV 变电站南边界	46	宿城 110kV 变电站西边界
47	宿城 110kV 变电站北边界	48	苹果园通讯基站	49	南山湾电信基站
50	南山湾移动基站	51	南山湾联通基站	52	宿城街道移动基站
53	宿城街道电信基站	54	宿城街道联通基站	55	船山通讯基站
56	上合组织（连云港物流园）基站	57	跃进村石料厂联通基站	58	程圩村通讯基站
59	石桥石面厂联通基站	60	云门寺通讯基站	61	羊山岛移动基站
62	羊山岛联通基站	63	高公岛电信基站	64	黄窝村移动基站
65	黄窝村电信基站	66	港口老街通讯基站	67	柳河村电信基站

表 3.2-11 监测仪器一览表

仪器名称	工频电场/磁场强度测量仪	电磁场强测量仪
型号	PMM8053A（EHP50C）	PMM8053A（EP330）
频率响应	5Hz~100kHz	100kHz~3GHz
测量灵敏度/准确度	0.01V/m，1nT	0.3V/m
计量标定标号	XDdj2018-3314	XDdj2018-3269
有效期	2019 年 8 月 8 日	2019 年 8 月 7 日

表 3.2-12 居民区环境辐射电平水平标注

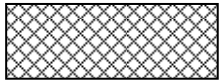
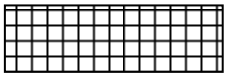
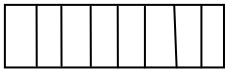
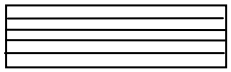
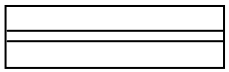
序号	种　　类	射频电场强度（mV/m）
1		＞300
2		200～300
3		130～200
4		80～130
5		50～80
6		＜50

表 3.2-13 田湾核电站厂区内工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	经纬度	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
1	厂界东	34°41′14.19″N 119°27′48.64″E	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	0.499	0.038
2	厂界南	34°40′59.26″N 119°26′56.87″E	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	6.611	0.098
3	厂界西	34°41′35.27″N 119°26′20.15″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	13.468	0.063
4	厂界北	34°41′36.96″N 119°27′3.55″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.287	0.040
5	1、2#机组厂区一号办公楼	34°41′1.99″N 119°27′0.52″E	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	10.512	0.067
6	1、2#机组厂区二号办公楼	34°41′4.54″N 119°27′30.71″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	3.544	0.091
7	1、2 号机组中心	34°41′13.97″N 119°27′35.09″E	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	0.750	0.050
8	3、4 号机组中心	34°41′20.62″N 119°27′22.01″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.568	0.044
9	5、6 号机组中心	34°41′24.87″N 119°27′4.93″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.164	0.052
10	拟建 7、8 号机组中心	34°41′36.75″N 119°26′55.32″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.660	0.039
11	华兴公司办公区	34°41′11.88″N 119°26′55.34″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.113	0.039
12	中建二局办公区	34°41′19.1″N 119°26′48.65″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.908	0.038
13	工程公司办公区	34°41′22.2″N 119°26′44.23″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.029	0.050
14	电建三办公区	34°41′21.92″N 119°26′35.08″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.697	0.039
15	二三公司办公区	34°41′26.89″N 119°26′35.06″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.267	0.040
16	华兴搅拌站	34°41′41.02″N 119°27′57.53″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.193	0.039

表 3.2-14 田湾核电站厂区内射频电场强度现状监测结果

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度（V/m）
1	厂界东	34°41′14.19″N, 119°27′48.64″E	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	0.58
2	厂界南	34°40′59.26″N, 119°26′56.87″E	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	0.47
3	厂界西	34°41′35.27″N, 119°26′20.15″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.62
4	厂界北	34°41′36.96″N, 119°27′3.55″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.32
5	1、2#机组厂区一号办公楼	34°41′1.99″N, 119°27′0.52″E	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	0.37
6	1、2#机组厂区二号办公楼	34°41′4.54″N, 119°27′30.71″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.51
7	1、2 号机组中心	34°41′13.97″N, 119°27′35.09″E	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	0.42
8	3、4 号机组中心	34°41′20.62″N, 119°27′22.01″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.45
9	5、6 号机组中心	34°41′24.87″N, 119°27′4.93″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.33
10	拟建 7、8 号机组中心	34°41′36.75″N, 119°26′55.32″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.27
11	华兴公司办公区	34°41′11.88″N, 119°26′55.34″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.62
12	中建二局办公区	34°41′19.1″N, 119°26′48.65″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.57
13	工程公司办公区	34°41′22.2″N, 119°26′44.23″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.51
14	电建三办公区	34°41′21.92″N, 119°26′35.08″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.50
15	二三公司办公区	34°41′26.89″N, 119°26′35.06″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.57
16	华兴搅拌站	34°41′41.02″N, 119°27′57.53″E	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.44
17	厂区移动通讯基站	34°40′56.63″N, 119.27°27′22.06″E	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	1.33

表 3.2-15 田湾核电站开关站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	经纬度	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
18	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站东围墙外 5m	34°41′7.79″N 119°27′24.64″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	34.310	0.320
19	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站南围墙外 5m	34°41′7.52″N 119°27′18.75″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1428.52	1.819
20	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站西围墙外 5m	34°41′12.75″N 119°27′15.5″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	29.057	0.197
21	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站北围墙外 5m	34°41′11.42″N 119°27′21.88″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	3.970	0.267
22	5~8 号机组 500kV 出线开关站东围墙外 5m	34°41′18.9″N 119°26′58.58″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.020	0.040
23	5~8 号机组 500kV 出线开关站南围墙外 5m	34°41′18.89″N 119°26′54.64″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.660	0.050
24	5~8 号机组 500kV 出线开关站西围墙外 5m	34°41′22.16″N 119°26′53.02″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.773	0.042
25	5~8 号机组 500kV 出线开关站北围墙外 5m	34°41′21.85″N 119°26′56.36″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.225	0.041

表 3.2-16 田湾核电站开关站射频电场强度现状监测结果

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度（V/m）
18	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站东围墙外 5m	34°41′7.79″N, 119°27′24.64″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.40
19	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站南围墙外 5m	34°41′7.52″N, 119°27′18.75″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.46
20	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站西围墙外 5m	34°41′12.75″N, 119°27′15.5″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.54
21	220kV 辅助开关站、1~4 号机组 500kV 出线开关站北围墙外 5m	34°41′11.42″N, 119°27′21.88″E	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	0.57
22	5~8 号机组 500kV 出线开关站东围墙外 5m	34°41′18.9″N, 119°26′58.58″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.56
23	5~8 号机组 500kV 出线开关站南围墙外 5m	34°41′18.89″N, 119°26′54.64″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.47
24	5~8 号机组 500kV 出线开关站西围墙外 5m	34°41′22.16″N, 119°26′53.02″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.54
25	5~8 号机组 500kV 出线开关站北围墙外 5m	34°41′21.85″N, 119°26′56.36″E	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.34

表 3.2-17 田湾核电站主变压器工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
A1	1#主变围墙外 0m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.636	9.793
A2	1#主变围墙外 5m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.312	6.045
A3	1#主变围墙外 10m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.207	3.175
A4	1#主变围墙外 15m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.145	2.084
A5	1#主变围墙外 20m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.730	1.386
A6	1#主变围墙外 25m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.614	0.996
A7	1#主变围墙外 30m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.579	0.731
A8	1#主变围墙外 35m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.111	0.564
A9	1#主变围墙外 40m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.079	0.469
A10	1#主变围墙外 45m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.014	0.436
A11	1#主变围墙外 50m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	1.952	0.417
B1	2#主变围墙外 0m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.633	7.965
B2	2#主变围墙外 5m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.609	3.550
B3	2#主变围墙外 10m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.583	1.743
B4	2#主变围墙外 15m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	3.236	0.980
B5	2#主变围墙外 20m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.969	0.652
B6	2#主变围墙外 25m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.704	0.469
B7	2#主变围墙外 30m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.645	0.384
B8	2#主变围墙外 35m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.522	0.338
B9	2#主变围墙外 40m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.505	0.319
B10	2#主变围墙外 45m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	2.504	0.314
B11	2#主变围墙外 50m	2019-2-26,AM	晴	11.2	66.3	东	4.0	102.8	1.921	0.308
C1	3#主变围墙外 0m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.981	0.074
C2	3#主变围墙外 5m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.967	0.050
C3	3#主变围墙外 10m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.946	0.045
C4	3#主变围墙外 15m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.955	0.048
C5	3#主变围墙外 20m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.734	0.046
C6	3#主变围墙外 25m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.695	0.045
C7	3#主变围墙外 30m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.853	0.044

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
C8	3#主变围墙外 35m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.750	0.043
C9	3#主变围墙外 40m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.537	0.045
C10	3#主变围墙外 45m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.511	0.044
C11	3#主变围墙外 50m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.340	0.046
D1	4#主变围墙外 0m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	3.959	9.315
D2	4#主变围墙外 5m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	3.864	7.662
D3	4#主变围墙外 10m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	3.709	4.777
D4	4#主变围墙外 15m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	3.309	2.410
D5	4#主变围墙外 20m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	2.983	1.446
D6	4#主变围墙外 25m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	2.693	0.901
D7	4#主变围墙外 30m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	2.583	0.672
D8	4#主变围墙外 35m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	2.306	0.575
D9	4#主变围墙外 40m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	2.192	0.560
D10	4#主变围墙外 45m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	2.068	0.528
D11	4#主变围墙外 50m	2019-2-25,PM	晴	14.6	39.6	北	2.5	102.4	1.752	0.516
E1	5#主变围墙外 0m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.693	0.041
E2	5#主变围墙外 5m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.802	0.042
E3	5#主变围墙外 10m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.902	0.041
E4	5#主变围墙外 15m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.916	0.043
E5	5#主变围墙外 20m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.833	0.044
E6	5#主变围墙外 25m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.938	0.045
E7	5#主变围墙外 30m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.965	0.048
E8	5#主变围墙外 35m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.718	0.043
E9	5#主变围墙外 40m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.607	0.054
E10	5#主变围墙外 45m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.625	0.050
E11	5#主变围墙外 50m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.621	0.046
F1	6#主变围墙外 0m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.883	0.045
F2	6#主变围墙外 5m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.712	0.048
F3	6#主变围墙外 10m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.861	0.041
F4	6#主变围墙外 15m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.680	0.043

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
F5	6#主变围墙外 20m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.874	0.039
F6	6#主变围墙外 25m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.765	0.036
F7	6#主变围墙外 30m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.876	0.041
F8	6#主变围墙外 35m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.728	0.042
F9	6#主变围墙外 40m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.877	0.047
F10	6#主变围墙外 45m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.795	0.045
F11	6#主变围墙外 50m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	0.843	0.042
G1	7#主变围墙外 0m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.682	0.040
G2	7#主变围墙外 5m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.653	0.037
G3	7#主变围墙外 10m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.663	0.038
G4	7#主变围墙外 15m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.647	0.040
G5	7#主变围墙外 20m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.609	0.041
G6	7#主变围墙外 25m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.624	0.039
G7	7#主变围墙外 30m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.606	0.040
G8	7#主变围墙外 35m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.618	0.039
G9	7#主变围墙外 40m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.598	0.042
G10	7#主变围墙外 45m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.602	0.041
G11	7#主变围墙外 50m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.596	0.040
H1	8#主变围墙外 0m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.580	0.043
H2	8#主变围墙外 5m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.585	0.040
H3	8#主变围墙外 10m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.568	0.038
H4	8#主变围墙外 15m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.572	0.037
H5	8#主变围墙外 20m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.598	0.040
H6	8#主变围墙外 25m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.586	0.042
H7	8#主变围墙外 30m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.602	0.041
H8	8#主变围墙外 35m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.608	0.040
H9	8#主变围墙外 40m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.596	0.039
H10	8#主变围墙外 45m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.621	0.038
H11	8#主变围墙外 50m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	0.598	0.039

表 3.2-18 田湾核电站厂址区域输电线路工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
云城 110kV 输电线路垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P1-1	东边相下 0m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	226.86	0.093
P1-2	东边相外 5m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	222.98	0.092
P1-3	东边相外 10m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	147.85	0.075
P1-4	东边相外 15m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	81.141	0.057
P1-5	东边相外 20m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	37.864	0.054
P1-6	东边相外 25m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	16.737	0.046
P1-7	东边相外 30m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	10.125	0.043
P1-8	东边相外 35m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	6.157	0.040
P1-9	东边相外 40m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	5.665	0.040
P1-10	东边相外 45m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	4.925	0.038
P1-11	东边相外 50m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	3.504	0.036
P1-12	西边相下 0m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	220.86	0. 099
P1-13	西边相外 5m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	216.82	0. 097
P1-14	西边相外 10m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	137.86	0.086
P1-15	西边相外 15m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	82.942	0.062
P1-16	西边相外 20m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	33.190	0.056
P1-17	西边相外 25m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	18.694	0.050
P1-18	西边相外 30m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	11.271	0.045
P1-19	西边相外 35m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	6.952	0. 041
P1-20	西边相外 40m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	5.721	0. 040

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
P1-21	西边相外 45m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	4.868	0.038
P1-22	西边相外 50m	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	3.606	0.035
云城 110kV 输电线路平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P1-23	东边相外 20m（1）	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	35.62	0.052
P1-24	东边相外 20m（2）	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	36.18	0.054
P1-25	东边相外 20m（3）	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	35.16	0.050
P1-26	西边相外 20m（1）	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	34.12	0.052
P1-27	西边相外 20m（2）	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	35.60	0.053
P1-28	西边相外 20m（3）	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	34.65	0.052
香宿 110kV 输电线路垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P2-1	东边相下 0m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	587.38	0.141
P2-2	东边相外 5m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	538.59	0.133
P2-3	东边相外 10m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	354.88	0.120
P2-4	东边相外 15m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	217.31	0.109
P2-5	东边相外 20m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	101.73	0.094
P2-6	东边相外 25m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	28.530	0.074
P2-7	东边相外 30m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	15.551	0.056
P2-8	东边相外 35m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	15.227	0.055
P2-9	东边相外 40m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	14.756	0.052
P2-10	东边相外 45m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	12.651	0.049
P2-11	东边相外 50m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	10.616	0.048
P2-12	西边相下 0m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	597.35	0.138

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
P2-13	西边相外 5m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	483.38	0.126
P2-14	西边相外 10m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	341.02	0.112
P2-15	西边相外 15m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	205.13	0.106
P2-16	西边相外 20m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	98.547	0.091
P2-17	西边相外 25m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	29.184	0.072
P2-18	西边相外 30m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	16.162	0.065
P2-19	西边相外 35m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	14.350	0.062
P2-20	西边相外 40m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	13.620	0.058
P2-21	西边相外 45m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	12.178	0.056
P2-22	西边相外 50m	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	10.712	0.050
香宿 110kV 输电线路平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P2-23	东边相外 20m（1）	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	99.62	0.093
P2-24	东边相外 20m（2）	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	101.65	0.092
P2-25	东边相外 20m（3）	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	98.62	0.092
P2-26	西边相外 20m（1）	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	99.76	0.091
P2-27	西边相外 20m（2）	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	98.72	0.090
P2-28	西边相外 20m（3）	2019-2-27,AM	阴	7.8	70.0	北	1.5	102.4	98.65	0.091
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-1	西边相下 0m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	972.58	0.668
P3-2	西边相外 5m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	973.89	0.638
P3-3	西边相外 10m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	580.11	0.586
P3-4	西边相外 15m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	284.23	0.554

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
P3-5	西边相外 20m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	98.918	0.513
P3-6	西边相外 25m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	90.578	0.478
P3-7	西边相外 30m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	83.479	0.461
P3-8	西边相外 35m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	71.643	0.454
P3-9	西边相外 40m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	57.418	0.428
P3-10	西边相外 45m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	55.668	0.436
P3-11	西边相外 50m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	54.212	0.448
P3-12	东边相下 0m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	2044.64	6.817
P3-13	东边相外 5m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	1927.54	6.336
P3-14	东边相外 10m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	1749.64	5.820
P3-15	东边相外 15m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	1458.88	5.139
P3-16	东边相外 20m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	1033.30	3.854
P3-17	东边相外 25m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	500.42	2.670
P3-18	东边相外 30m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	302.88	1.455
P3-19	东边相外 35m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	203.64	1.115
P3-20	东边相外 40m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	146.03	0.907
P3-21	东边相外 45m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	110.41	0.746
P3-22	东边相外 50m	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	81.897	0.655
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-23	西边相外 20m（1）	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	72.330	0.508
P3-24	西边相外 20m（2）	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	74.421	0.568
P3-25	西边相外 20m（3）	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	70.715	0.537

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
P3-26	东边相外 20m（1）	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	868.01	3.129
P3-27	东边相外 20m（2）	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	854.95	3.179
P3-28	东边相外 20m（3）	2019-2-25,AM	晴	10.3	44.1	东	2.0	102.5	836.84	3.461
田湾核电站 5~8 号机组 500kV 出线垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P4-1	东边相下 0m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.447	0.055
P4-2	东边相外 5m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.328	0.052
P4-3	东边相外 10m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.465	0.060
P4-4	东边相外 15m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.452	0.051
P4-5	东边相外 20m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.365	0.050
P4-6	东边相外 25m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.462	0.056
P4-7	东边相外 30m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.502	0.060
P4-8	东边相外 35m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.480	0.061
P4-9	东边相外 40m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.426	0.057
P4-10	东边相外 45m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.398	0.052
P4-11	东边相外 50m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.386	0.061
P4-12	西边相下 0m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.469	0.053
P4-13	西边相外 5m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.529	0.058
P4-14	西边相外 10m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.502	0.060
P4-15	西边相外 15m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.481	0.062
P4-16	西边相外 20m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.426	0.060
P4-17	西边相外 25m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.347	0.064

测点编号	测点位置	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
P4-18	西边相外 30m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.368	0.059
P4-19	西边相外 35m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.326	0.052
P4-20	西边相外 40m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.392	0.056
P4-21	西边相外 45m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.402	0.052
P4-22	西边相外 50m	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.396	0.050
田湾核电站 5~8 号机组 500kV 出线平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P4-23	东边相外 20m（1）	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.392	0.050
P4-24	东边相外 20m（2）	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.378	0.056
P4-25	东边相外 20m（3）	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.402	0.052
P4-26	西边相外 20m（1）	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.396	0.056
P4-27	西边相外 20m（2）	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.385	0.060
P4-28	西边相外 20m（3）	2019-2-26,PM	晴	12.4	42.5	东	1.0	102.5	1.382	0.062

表 3.2-19 田湾核电站厂区外环境敏感区、宿城变电站工频电场/工频磁场强度现状监测结果

测点编号	测点位置	经纬度	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
26	临海社区	34°43′51.31″N 119°27′5.14″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.204	0.041
27	胜利社区	34°43′42.36″N 119°27′20.92″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	1.399	0.042
28	云台社区	34°43′55.02″N 119°27′4.48″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	1.189	0.040
29	荷花社区	34°44′14.25″N 119°26′7.36″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	1.115	0.046
30	黄窝村	34°43′4.98″N 119°28′13.77″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.126	0.041
31	高公岛社区	34°42′12.46″N 119°28′42.74″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.118	0.038
32	羊山岛	34°42′0.16″N 119°28′50.64″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.157	0.038
33	柳河村	34°42′1.5″N 119°27′55.42″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.208	0.040
34	宝山村	34°42′12.04″N 119°25′40.34″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.199	0.042
35	大竹园村	34°42′31.26″N 119°25′53.81″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	3.087	0.051
36	东崖屋村	34°41′48.23″N 119°26′14.86″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.371	0.043
37	高庄村	34°42′5.35″N 119°25′43.45″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.189	0.040
38	留云岭村	34°42′13.37″N 119°24′40.66″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.159	0.041
39	夏庄居委会	34°42′7.28″N 119°25′56.07″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.168	0.044
40	黄崖村	34°41′12.82″N 119°24′57.92″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.287	0.041

测点编号	测点位置	经纬度	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
41	云门寺村	34°40′35.26″N 119°24′0.71″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	1.012	0.044
42	程圩社区	34°40′12.55″N 119°24′57.42″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	3.968	0.087
43	跃进社区	34°39′33.69″N 119°24′48.59″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	1.769	0.058
44	宿城110kV变电站东边界	34°41′43.65″N 119°26′23.93″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	106.80	0.087
45	宿城110kV变电站南边界	34°41′42.87″N 119°26′21.76″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	6.223	0.046
46	宿城110kV变电站西边界	34°41′44.36″N 119°26′22.21″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	35.000	0.062
47	宿城110kV变电站北边界	34°41′44.98″N 119°26′23.4″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	8.706	0.054

表 3.2-20 田湾核电站厂区外环境敏感区监测点、变电站与通讯基站监测点射频电场强度现状监测结果

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度（V/m）
26	临海社区	34°43′51.31″N, 119°27′5.14″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.32
27	胜利社区	34°43′42.36″N, 119°27′20.92″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.49
28	云台社区	34°43′55.02″N, 119°27′4.48″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.18
29	荷花社区	34°44′14.25″N, 119°26′7.36″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.39
30	黄窝村	34°43′4.98″N, 119°28′13.77″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.46
31	高公岛社区	34°42′12.46″N, 119°28′42.74″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.47
32	羊山岛	34°42′0.16″N, 119°28′50.64″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.48
33	柳河村	34°42′1.5″N, 119°27′55.42″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.40
34	宝山村	34°42′12.04″N, 119°25′40.34″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.41
35	大竹园村	34°42′31.26″N, 119°25′53.81″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.15
36	东崖屋村	34°41′48.23″N, 119°26′14.86″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.24
37	高庄村	34°42′5.35″N,	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.31

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度（V/m）
		119°25′43.45″E								
38	留云岭村	34°42′13.37″N, 119°24′40.66″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.16
39	夏庄居委会	34°42′7.28″N, 119°25′56.07″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.23
40	黄崖村	34°41′12.82″N, 119°24′57.92″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.18
41	云门寺村	34°40′35.26″N, 119°24′0.71″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.08
42	程圩社区	34°40′12.55″N, 119°24′57.42″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.19
43	跃进社区	34°39′33.69″N, 119°24′48.59″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.41
44	宿城 110kV 变电站东边界	34°41′43.65″N, 119°26′23.93″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.50
45	宿城 110kV 变电站南边界	34°41′42.87″N, 119°26′21.76″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.42
46	宿城 110kV 变电站西边界	34°41′44.36″N, 119°26′22.21″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.18
47	宿城 110kV 变电站北边界	34°41′44.98″N, 119°26′23.4″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.50
48	苹果园通讯基站	34°41′42.93″N, 119°25′54.5″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.86

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度（V/m）
49	南山湾电信基站	34°40′45.33″N, 119°24′29.05″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.48
50	南山湾移动基站	34°40′42.35″N, 119°24′15.67″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.89
51	南山湾联通基站	34°40′43″N, 119°24′14.89″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.92
52	宿城街道移动基站	34°41′56.87″N, 119°25′53.88″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.96
53	宿城街道电信基站	34°42′8.98″N, 119°25′51.85″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.34
54	宿城街道联通基站	34°42′10.64″N, 119°25′47.06″E	2019-2-24,PM	晴	15.8	34.5	东北	1.4	102.4	0.46
55	船山通讯基站	34°41′42.06″N, 119°26′31.67″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.76
56	上合组织（连云港物流园）基站	34°39′38.9″N, 119°24′52.7″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.43
57	跃进村石料厂联通基站	34°39′25.05″N, 119°24′51.04″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.35
58	程圩村通讯基站	34°39′59.38″N, 119°24′52.4″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.35
59	石桥石面厂联通基站	34°40′19.28″N, 119°24′25.38″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.66

测点编号	测点名称	经纬度	测量时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速 m/s	大气压 kPa	射频电场强度（V/m）
60	云门寺通讯基站	34°40′19.54″N, 119°24′11.47″E	2019-2-24,AM	阴	8.0	69.1	南	0.5	102.6	0.46
61	羊山岛移动基站	34°41′56.32″N, 119°28′55.11″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	1.81
62	羊山岛联通基站	34°41′57.06″N, 119°28′53.37″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.80
63	高公岛电信基站	34°42′12.96″N, 119°28′33.73″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.25
64	黄窝村移动基站	34°43′16.09″N, 119°28′46.11″E	2019-2-28,PM	晴	10.6	54.5	东	1.5	101.5	1.20
65	黄窝村电信基站	34°43′18.78″N, 119°28′1.92″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.87
66	港口老街通讯基站	34°43′41.31″N, 119°27′37.98″E	2019-2-28,AM	晴	6.4	65.3	无	-	102.0	0.63
67	柳河村电信基站	34°41′51.45″N, 119°27′47.68″E	2019-2-27,PM	阴	10.1	56.4	西	1.5	100.1	0.85

表 3.2-21 厂区内监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区	工频电场（V/m）	0.164~13.468	13.468	4000
	工频磁场（μT）	0.038~0.098	0.098	100
	射频综合场强（V/m）	0.27~1.33	1.33	12
开关站	工频电场（V/m）	0.773~1428.52	1428.52	4000
	工频磁场（μT）	0.040~1.819	1.819	100
	射频综合场强（V/m）	0.34~0.57	2.22	12
主变压器	工频电场（V/m）	0.568~3.959	3.959	4000
	工频磁场（μT）	0.036~9.793	9.793	100

表 3.2-22 输电线路监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
云城 110kV 输电线路（P1 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：3.504~226.86	226.86	4000
		平行监测断面：34.12~36.18	36.18	
	工频磁场（μT）	垂直监测断面：0.035~0.099	0.099	100
		平行监测断面：0.050~0.054	0.054	
香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：10.616~597.35	597.35	4000
		平行监测断面：98.65~101.65	101.65	
	工频磁场（μT）	垂直监测断面：0.048~0.141	0.141	100
		平行监测断面：0.090~0.093	0.093	
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线输电线路（P3 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：54.212~2044.64	2044.64	4000
		平行监测断面：70.715~868.01	868.01	
	工频磁场（μT）	垂直监测断面：0.448~6.817	6.817	100
		平行监测断面：0.508~3.461	3.461	
5~8 号机组 500kV 出线输电线路（P4 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：1.326~1.529	1.529	4000
		平行监测断面：1.378~1.402	1.402	
	工频磁场（μT）	垂直监测断面：0.050~0.064	0.064	100
		平行监测断面：0.050~0.062	0.062	

表 3.2-23 厂区外环境敏感区监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区外环境敏感区	工频电场（V/m）	0.118~3.968	3.968	4000
	工频磁场（μT）	0.038~0.087	0.087	100
	射频综合场强（V/m）	0.08~0.49	0.49	12
厂区外宿城变电站与通讯基站	工频电场（V/m）	6.223~106.80	106.80	4000
	工频磁场（μT）	0.046~0.087	0.087	100
	射频综合场强（V/m）	0.18~1.81	1.81	12

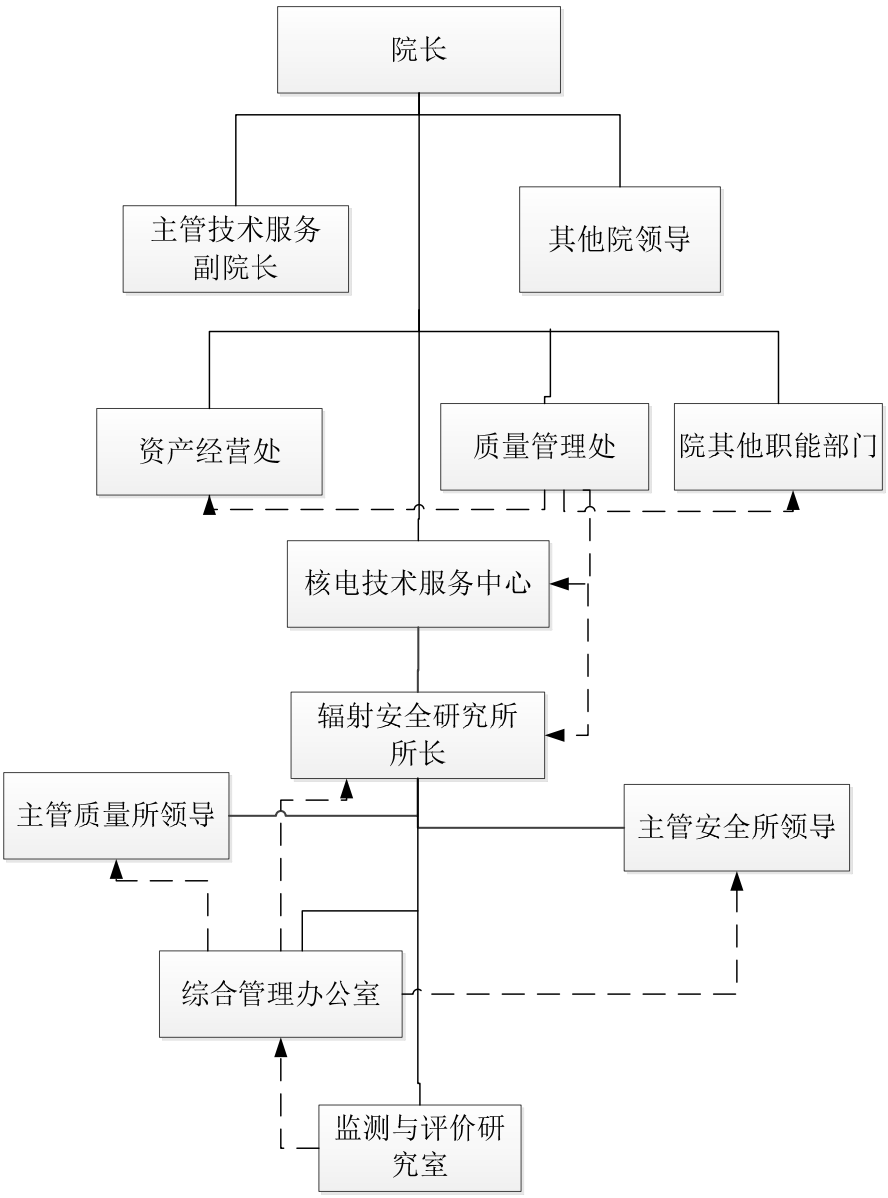


图 3.1-1 田湾核电站 3、4 号机组工程项目首次装料前辐射环境现状调查项目组织机构图

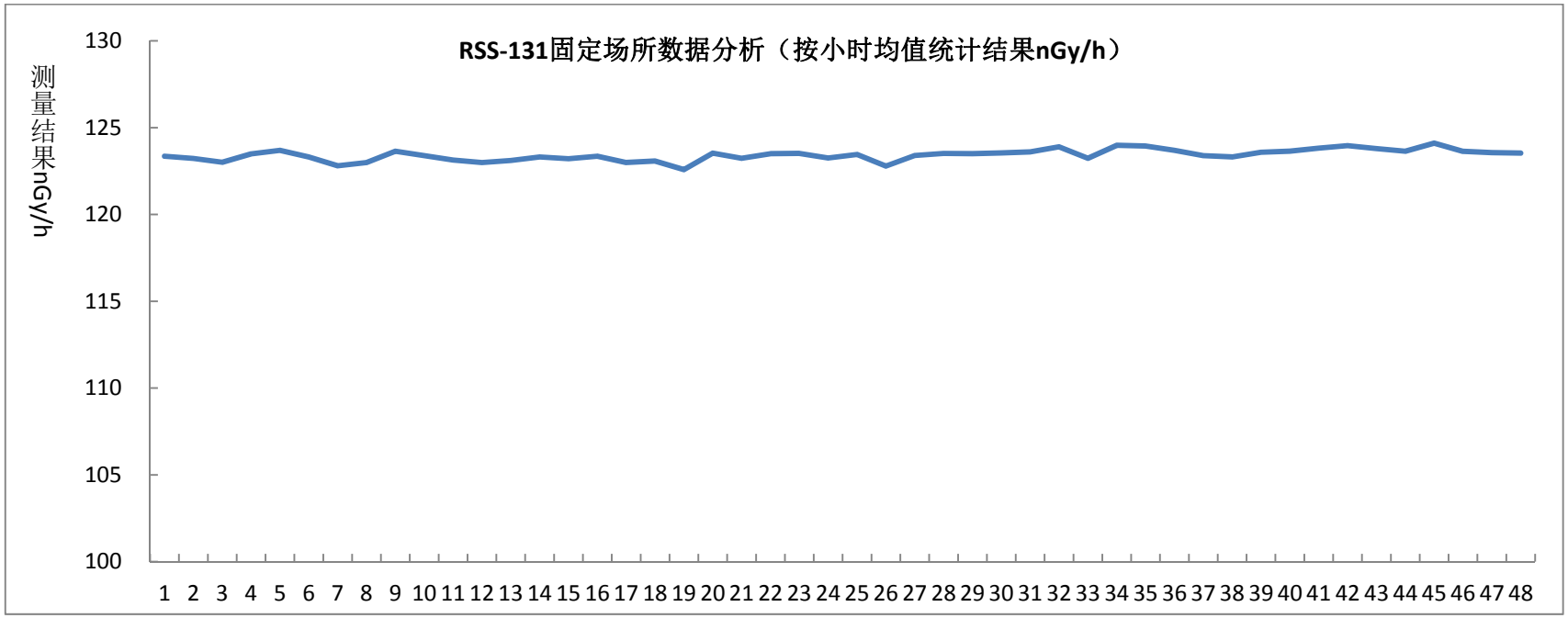


图 3.1-2 RSS-131 固定场所数据分析（按小时均值统计结果 nGy/h）

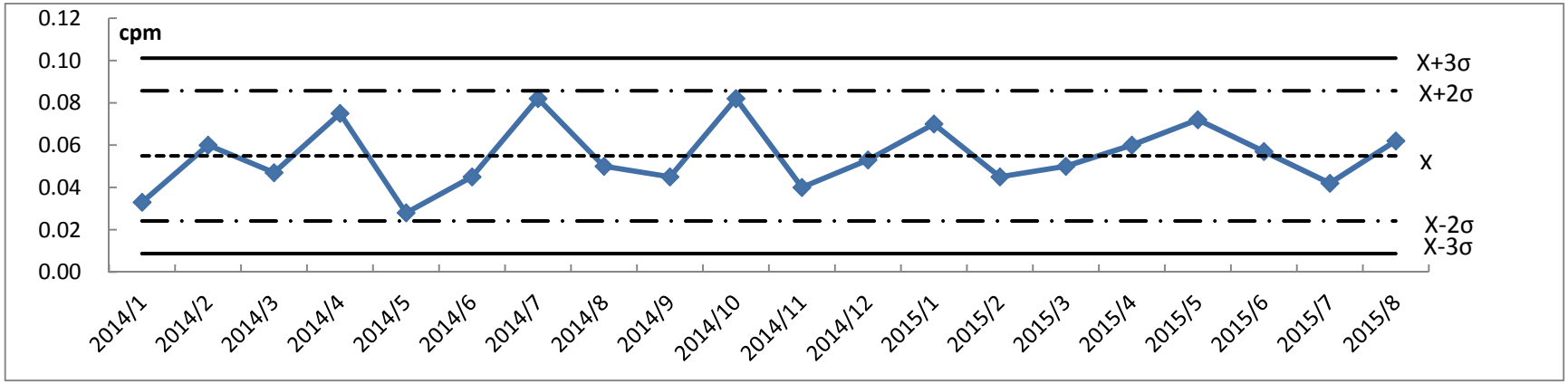


图 3.1-3 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第一路 α 本底质控图

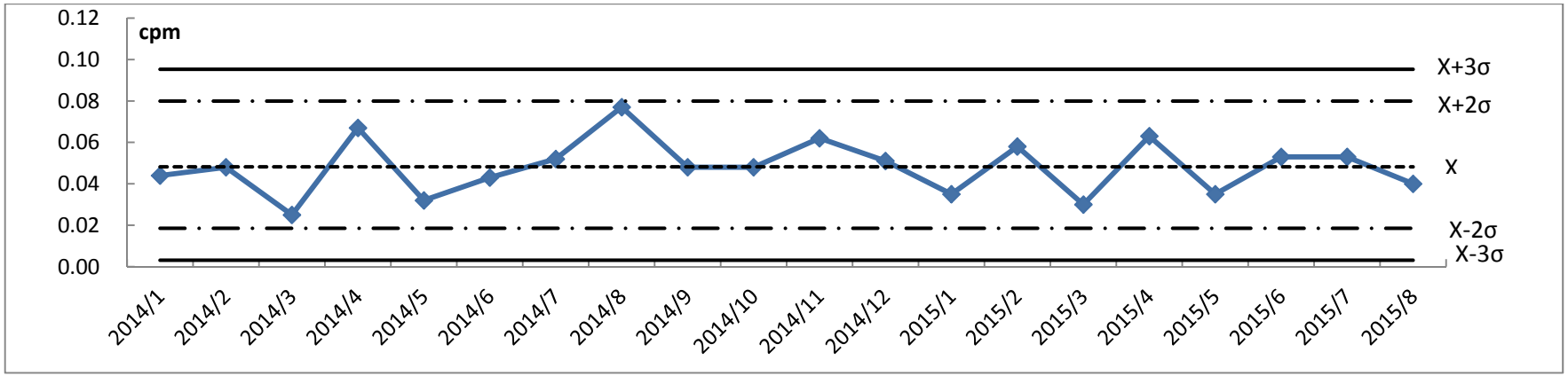


图 3.1-4 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第二路 α 本底质控图

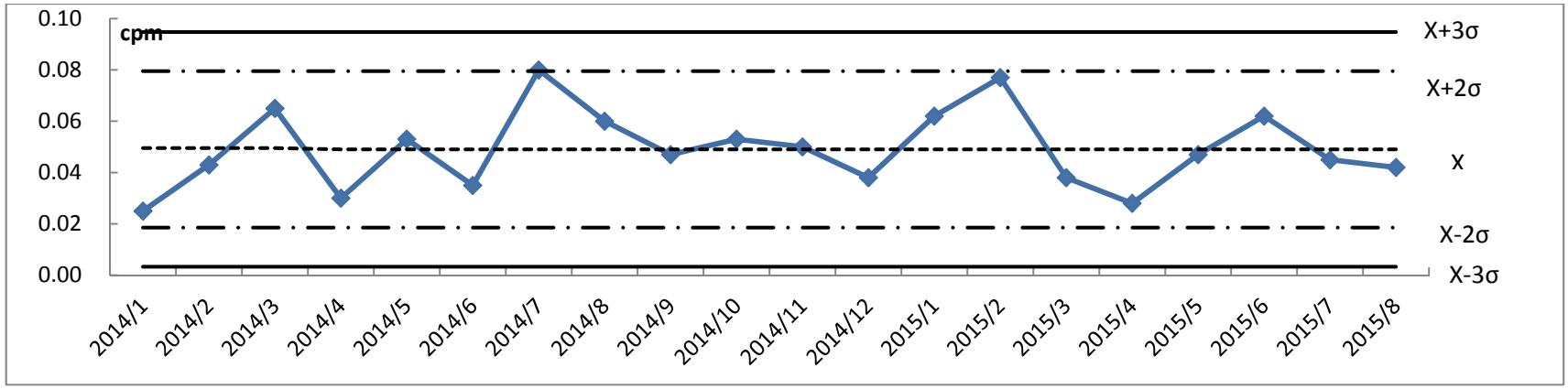


图 3.1-5 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第三路 α 本底质控图

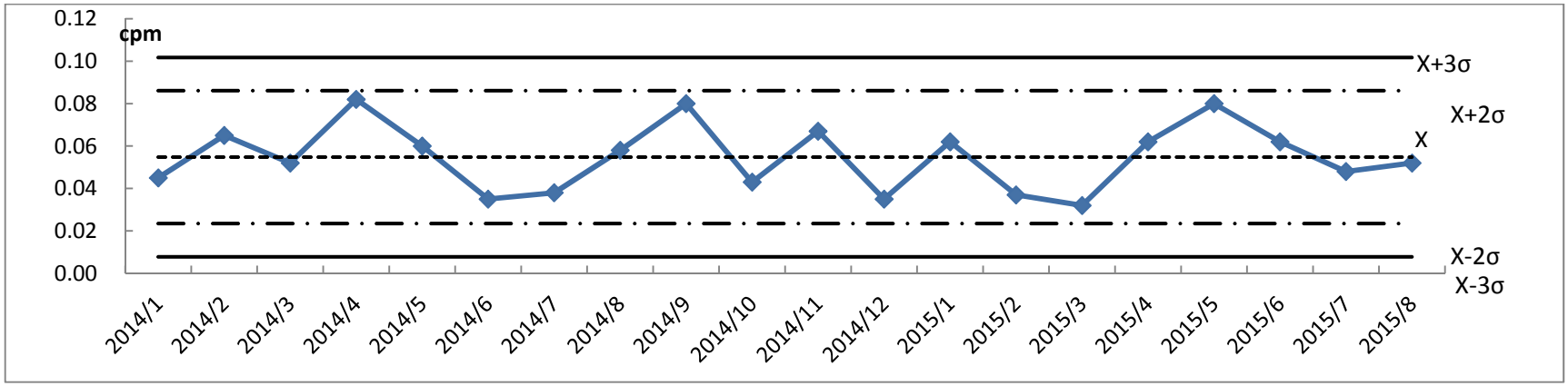


图 3.1-6 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第四路 α 本底质控图

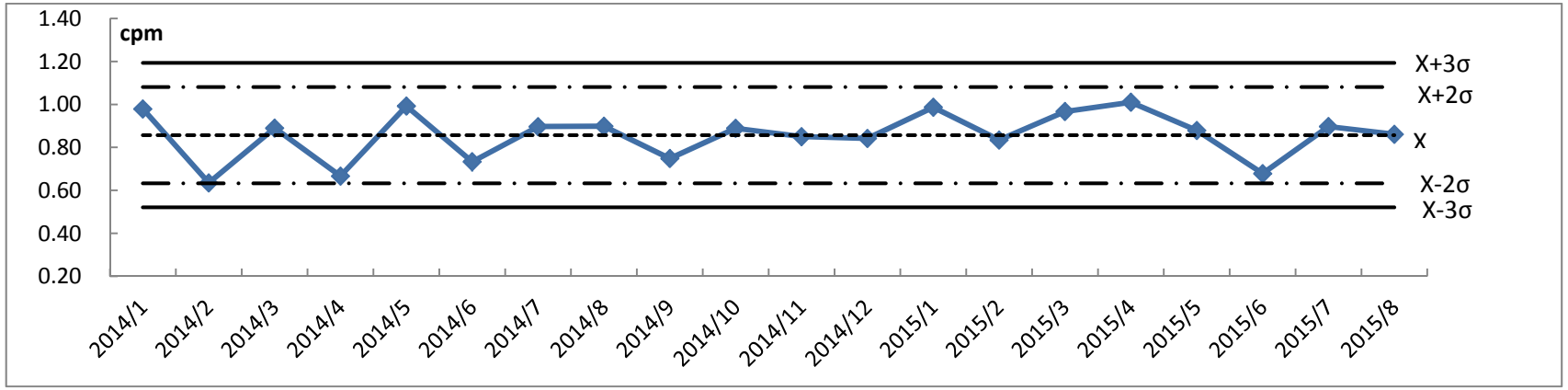


图 3.1-7 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第一路 β 本底质控图

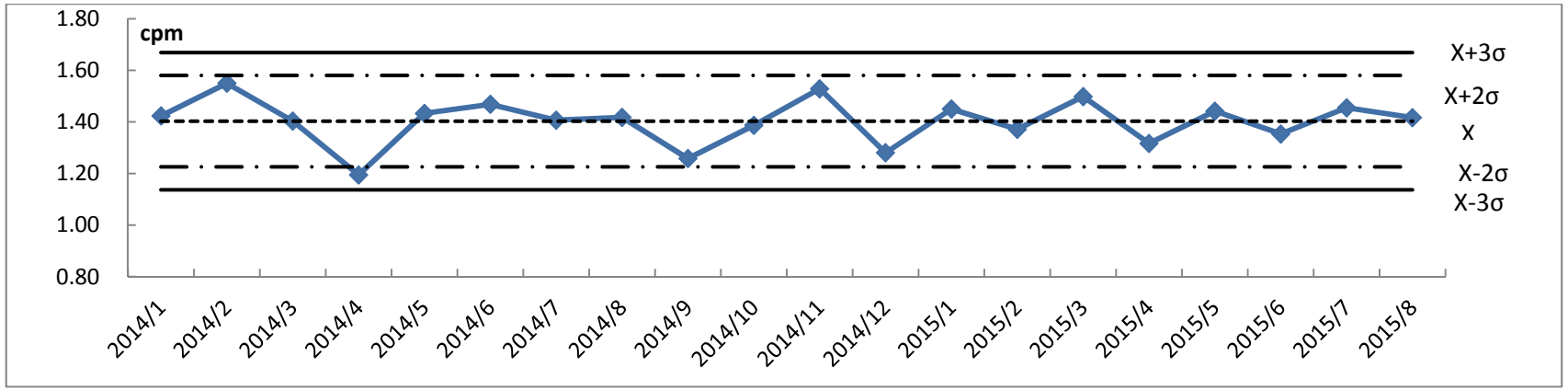


图 3.1-8 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第二路 β 本底质控图

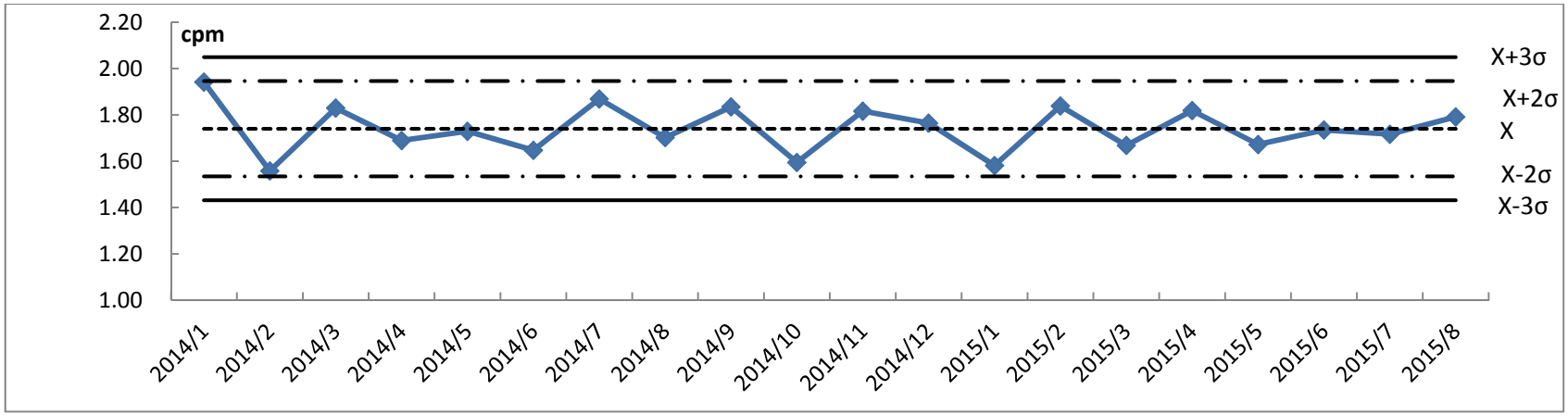


图 3.1-9 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第三路 β 本底质控图

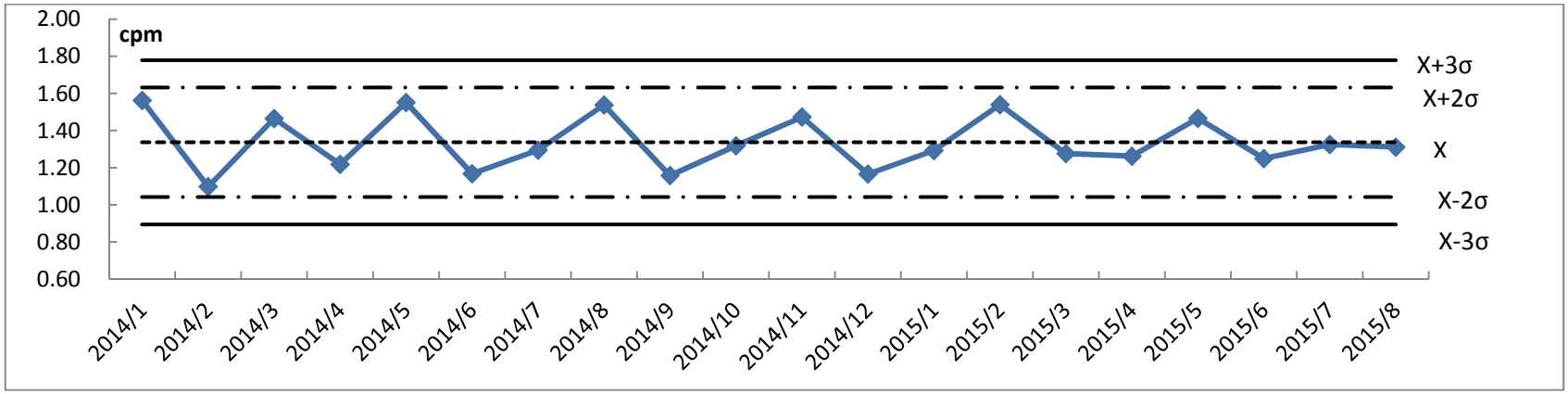


图 3.1-10 BH1227 型四路低本底 αβ 测量仪第四路 β 本底质控图

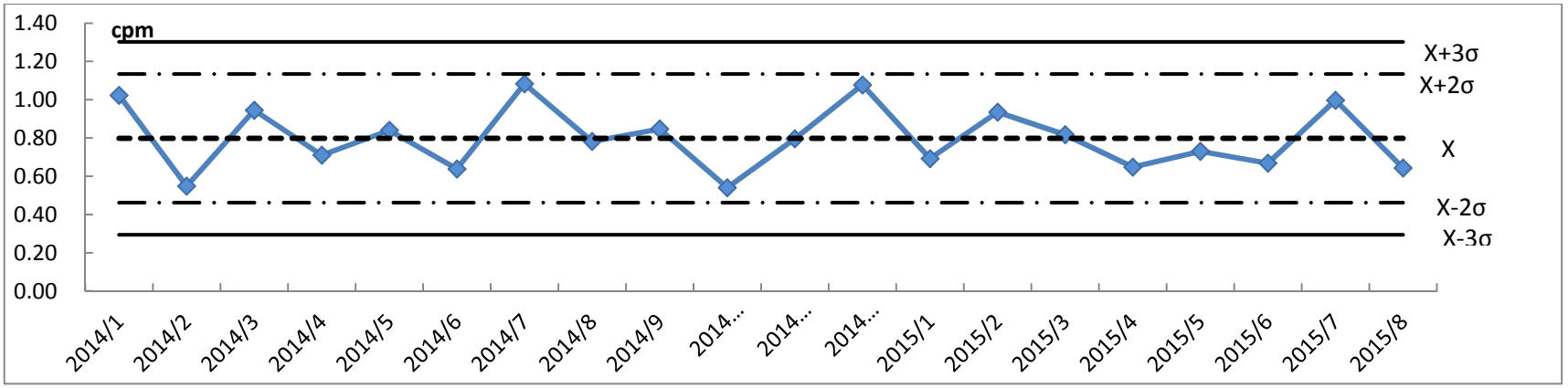


图 3.1-11 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 A 道 β 本底质控图

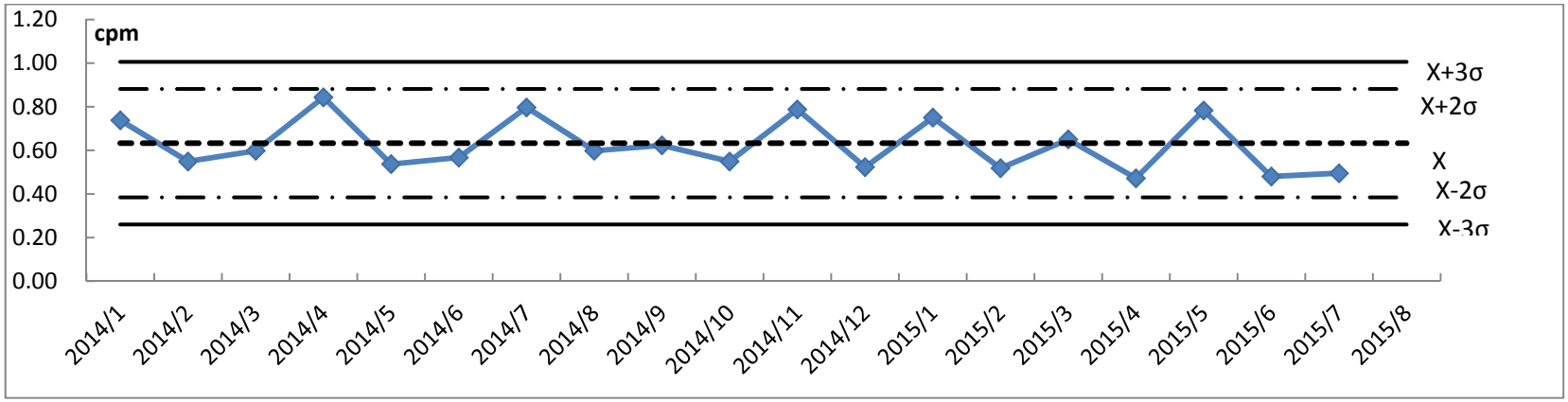


图 3.1-12 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 B 道 β 本底质控图

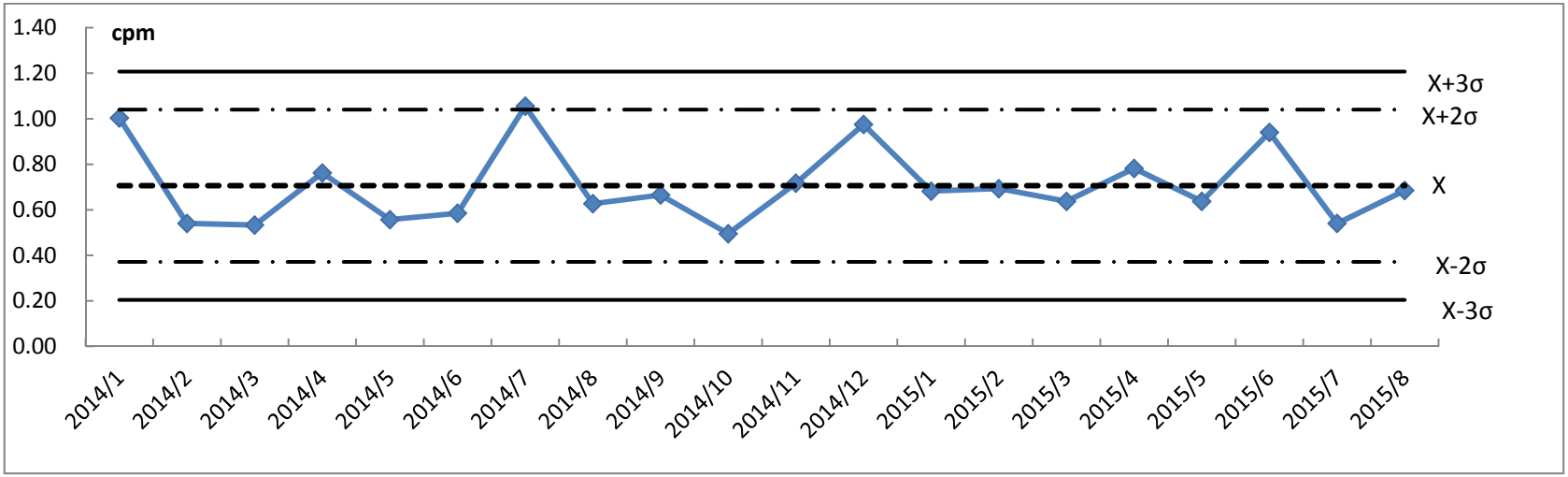


图 3.1-13 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 C 道 β 本底质控图

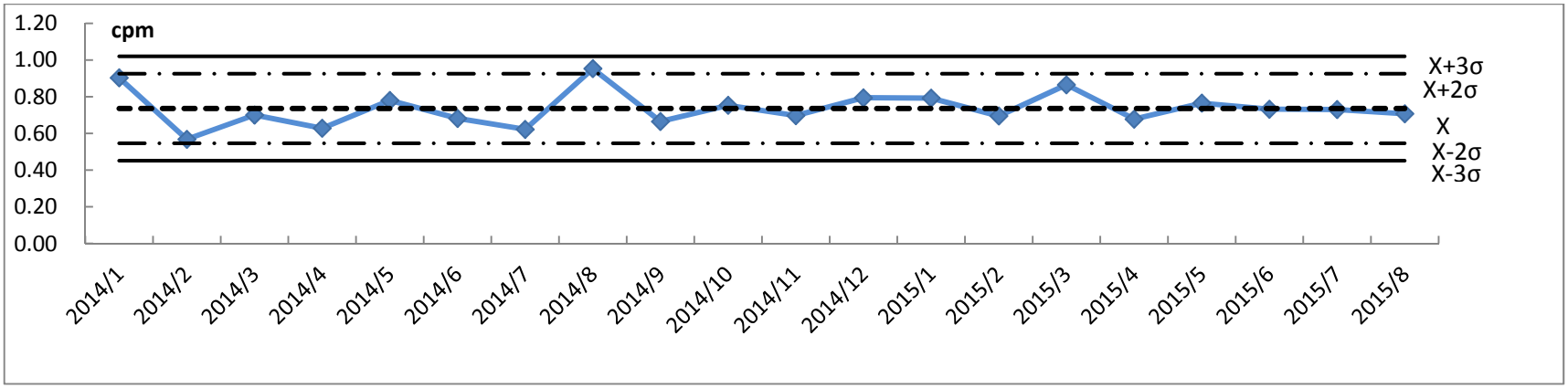


图 3.1-14 MPC-9604 型四路超低本底 α/β 计数器 D 道 β 本底质控图

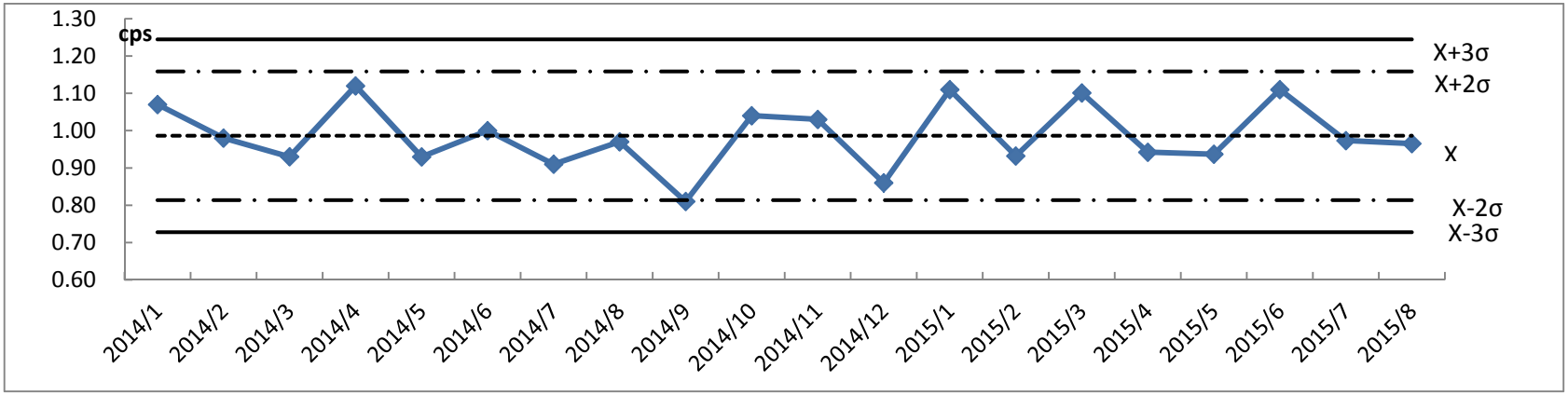


图 3.1-15 BE6530 型高纯锗 γ 谱仪本底质控图

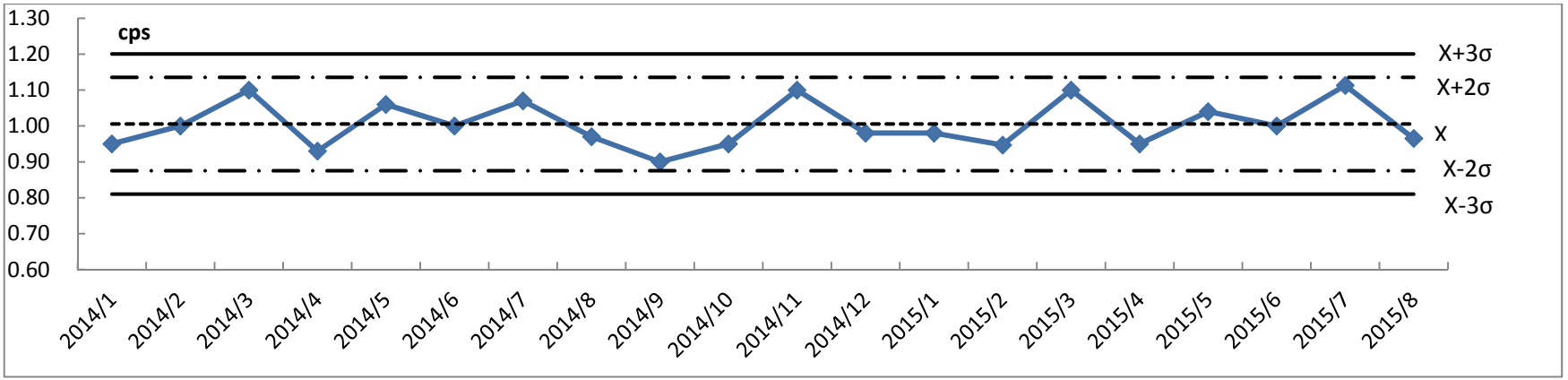


图 3.1-16 QUANTULUS 1220 型超低本底液闪谱仪本底质控图

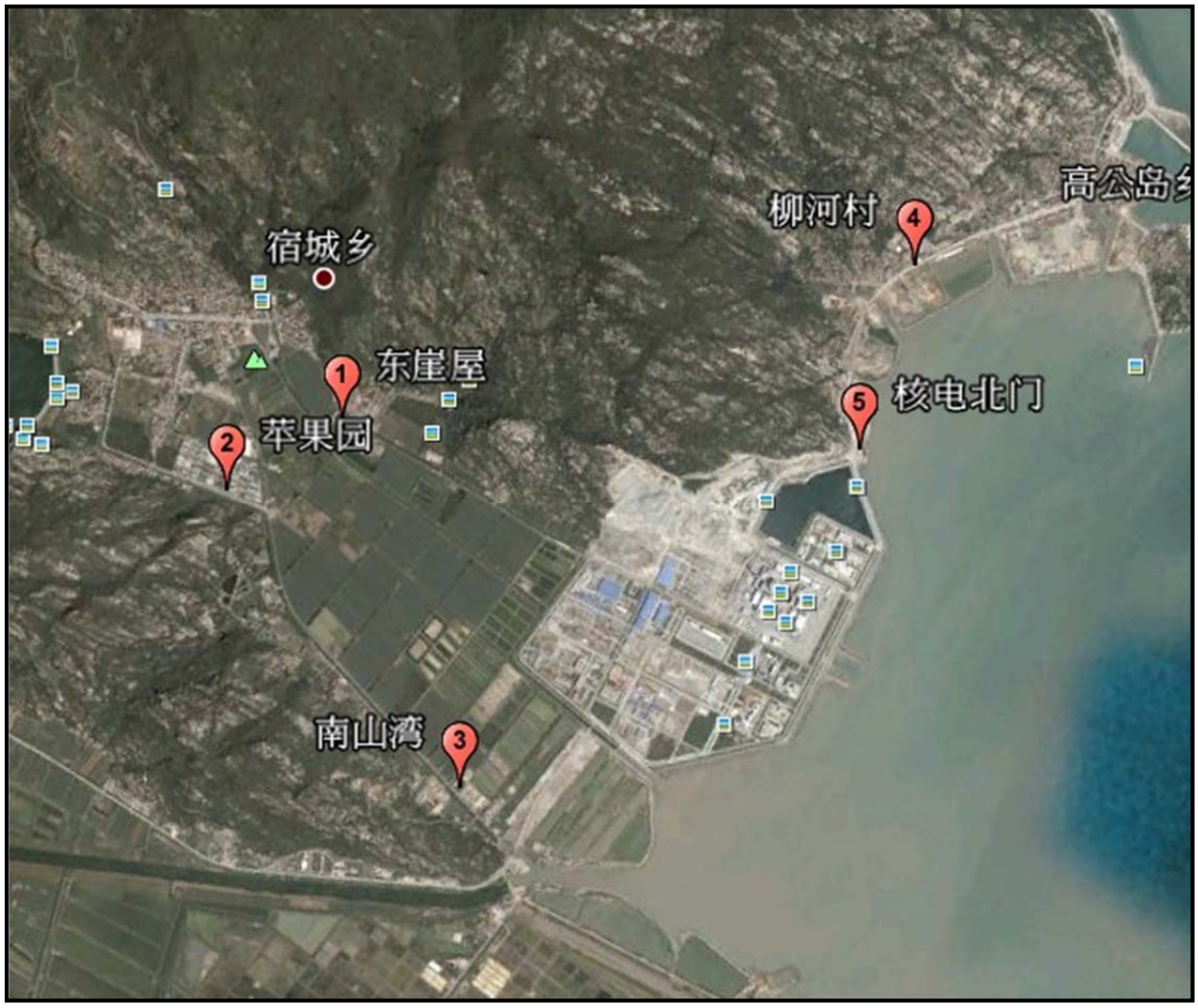


图 3.2-1 厂址评价范围内大气环境监测布点图

连云港02月份空气质量指数(AQI)数据： 数值单位：μg/m³(CO为mg/m³)

日期	AQI指数	质量等级	当天AQI排名	PM2.5	PM10	Co	No2	So2
2014-02-01	124	轻度污染	99	92	118	2.05	32	14
2014-02-02	306	严重污染	179	259	333	3.00	50	27
2014-02-03	58	良	59	27	57	0.78	18	17
2014-02-04	52	良	69	25	56	1.14	22	30
2014-02-05	46	优	84	28	22	0.55	14	10
2014-02-06	28	优	31	8	15	0.53	12	8
2014-02-07	67	良	117	46	68	0.86	23	20
2014-02-08	70	良	96	49	74	0.75	23	32
2014-02-09	51	良	83	29	51	0.47	16	23
2014-02-10	56	良	98	27	61	0.51	19	44
2014-02-11	52	良	24	31	54	0.73	29	43
2014-02-12	89	良	83	65	103	1.04	42	51
2014-02-13	145	轻度污染	149	112	151	1.24	39	59
2014-02-14	121	轻度污染	103	91	140	1.11	52	48
2014-02-15	139	轻度污染	106	104	168	1.00	38	44
2014-02-16	43	优	15	21	37	0.57	25	17
2014-02-17	44	优	30	12	24	0.47	13	14
2014-02-18	82	良	121	58	100	0.89	34	37
2014-02-19	134	轻度污染	159	101	171	1.34	65	44
2014-02-20	153	中度污染	139	116	186	1.43	55	48
2014-02-21	157	中度污染	118	124	151	1.20	41	55
2014-02-22	90	良	46	66	103	1.19	31	42
2014-02-23	99	良	53	74	115	1.04	32	39
2014-02-24	164	中度污染	124	123	181	1.55	39	50
2014-02-25	165	中度污染	121	127	160	1.42	27	42
2014-02-26	142	轻度污染	122	109	148	1.22	46	30
2014-02-27	113	轻度污染	133	83	136	1.24	51	32
2014-02-28	45	优	27	23	45	0.45	26	26

图 3.2-2 连云港 2014 年 2 月份空气质量数据

连云港03月份空气质量指数(AQI)数据： 数值单位：μg/m³(CO为mg/m³)

日期	AQI指数	质量等级	当天AQI排名	PM2.5	PM10	Co	No2	So2
2014-03-01	77	良	118	52	101	1.15	56	52
2014-03-02	118	轻度污染	141	86	167	1.26	68	48
2014-03-03	93	良	107	67	121	1.03	38	27
2014-03-04	78	良	108	52	100	0.84	27	29
2014-03-05	74	良	93	52	84	0.79	29	31
2014-03-05	74	良	93	52	84	0.79	29	31
2014-03-06	72	良	115	49	89	0.87	39	29
2014-03-07	109	轻度污染	154	82	147	1.00	48	39
2014-03-08	73	良	97	52	85	0.62	29	30
2014-03-09	155	中度污染	164	117	201	1.16	44	57
2014-03-10	177	中度污染	167	131	230	1.40	44	52
2014-03-11	124	轻度污染	124	93	166	0.97	46	36
2014-03-12	94	良	117	66	118	0.80	34	25
2014-03-13	75	良	92	41	100	0.75	38	46
2014-03-14	139	轻度污染	183	102	201	1.45	69	67
2014-03-15	113	轻度污染	131	74	173	1.01	49	48
2014-03-16	112	轻度污染	103	83	138	0.98	39	40
2014-03-17	116	轻度污染	96	86	161	1.29	45	53
2014-03-18	296	严重污染	176	93	409	1.20	38	40
2014-03-19	87	良	74	58	118	0.89	41	25
2014-03-20	75	良	82	46	95	0.94	32	32
2014-03-21	88	良	142	47	124	0.64	45	36
2014-03-22	89	良	106	62	122	0.67	41	44
2014-03-23	105	轻度污染	117	75	141	0.75	53	42
2014-03-25	140	轻度污染	135	106	158	1.35	61	20
2014-03-26	197	中度污染	160	152	234	1.82	53	29
2014-03-27	114	轻度污染	98	81	131	0.88	32	21
2014-03-28	77	良	83	48	99	0.59	33	22
2014-03-29	137	轻度污染	141	103	148	0.74	37	28
2014-03-30	96	良	99	69	119	0.85	46	35
2014-03-31	98	良	131	66	136	0.81	57	40

图 3.2-3 连云港 2014 年 3 月份空气质量数据

连云港05月份空气质量指数(AQI)数据： 数值单位：μg/m³(CO为mg/m³)

日期	AQI指数	质量等级	当天AQI排名	PM2.5	PM10	Co	No2	So2
2014-05-01	102	轻度污染	86	70	146	0.84	33	34
2014-05-02	108	轻度污染	138	44	166	0.64	27	33
2014-05-03	72	良	75	26	94	0.58	32	25
2014-05-04	81	良	135	31	111	0.73	35	33
2014-05-05	92	良	172	48	132	0.87	42	33
2014-05-06	96	良	147	50	139	0.86	35	33
2014-05-07	99	良	144	60	148	0.80	37	40
2014-05-08	90	良	94	63	108	0.79	33	36
2014-05-09	61	良	53	38	68	0.83	24	25
2014-05-10	53	良	69	26	52	0.65	17	18
2014-05-11	51	良	75	28	43	0.64	21	17
2014-05-12	78	良	109	48	98	0.75	31	38
2014-05-13	85	良	103	53	107	0.69	32	31
2014-05-14	110	轻度污染	154	74	136	1.03	37	60
2014-05-15	79	良	98	39	106	0.90	41	51
2014-05-16	79	良	67	48	96	0.84	38	39
2014-05-16	79	良	67	48	96	0.84	38	39
2014-05-17	106	轻度污染	137	79	125	1.14	40	41
2014-05-18	87	良	114	64	91	0.92	25	22
2014-05-19	59	良	37	37	67	0.65	21	24
2014-05-20	93	良	92	69	106	0.90	29	28
2014-05-21	147	轻度污染	158	110	198	1.24	43	49
2014-05-22	130	轻度污染	147	92	153	0.98	32	32
2014-05-23	76	良	95	45	98	0.60	21	22
2014-05-24	57	良	79	34	61	0.69	23	12
2014-05-25	112	轻度污染	127	82	127	1.52	28	32
2014-05-26	152	中度污染	162	88	252	1.06	46	57
2014-05-27	131	轻度污染	132	75	210	0.62	22	36
2014-05-28	120	轻度污染	131	61	160	0.88	41	26
2014-05-29	116	轻度污染	105	76	170	0.83	26	26
2014-05-30	168	中度污染	158	121	260	1.08	49	37
2014-05-31	183	中度污染	181	134	237	0.96	29	19

图 3.2-4 连云港 2014 年 5 月份空气质量数据



图 3.2-5 田湾核电站厂区监测点设置示意图

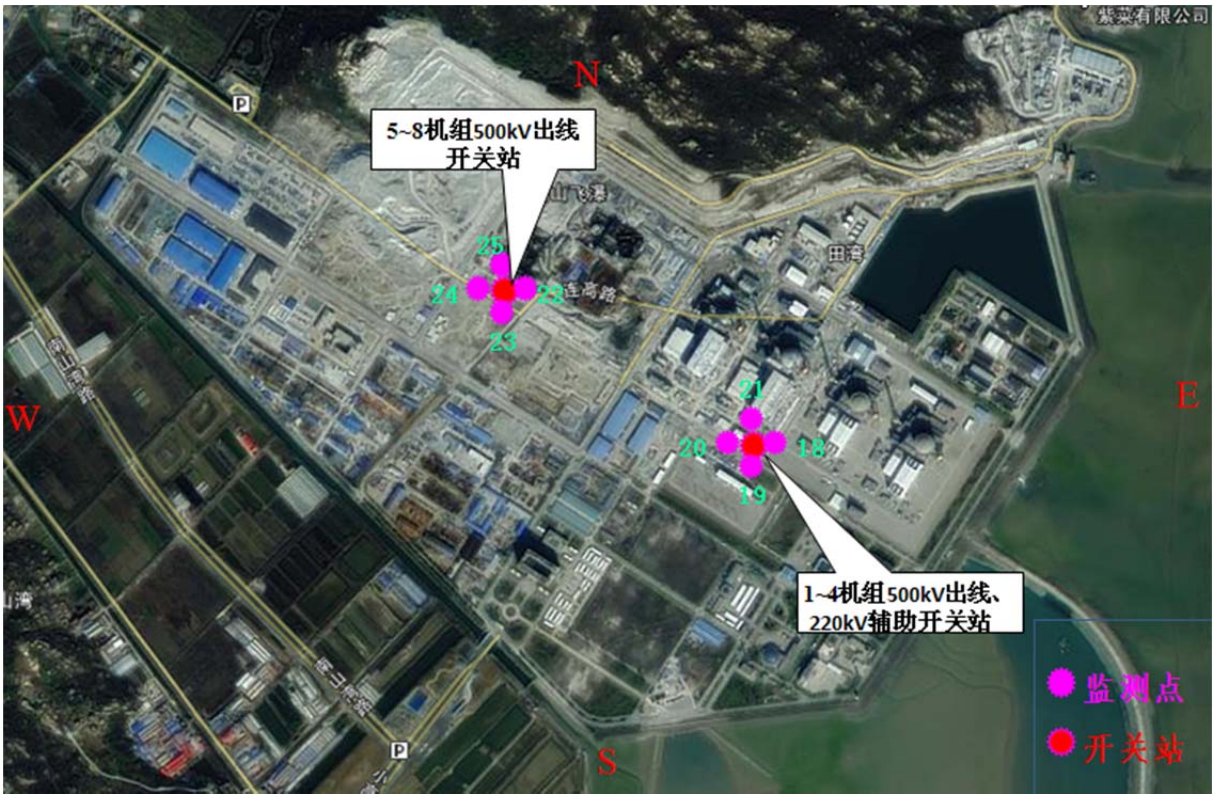


图 3.2-6 田湾核电站开关站监测点设置示意图

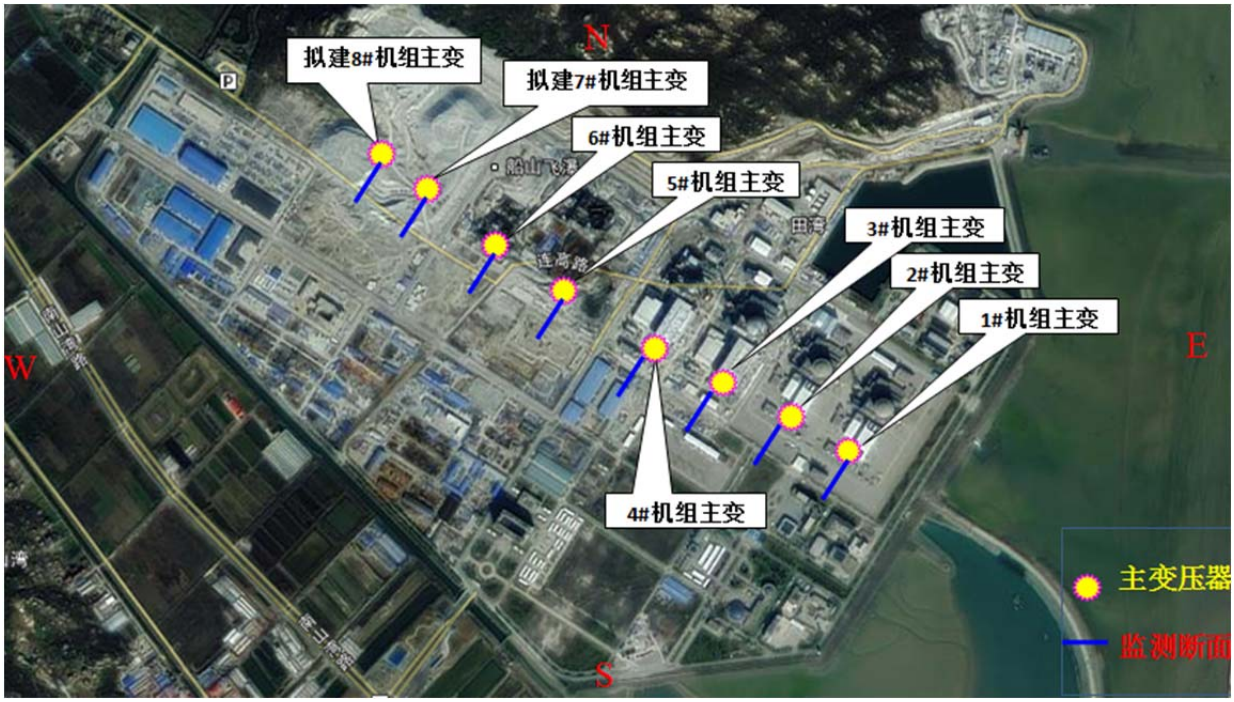


图 3.2-7 田湾核电站主变压器监测点设置示意图

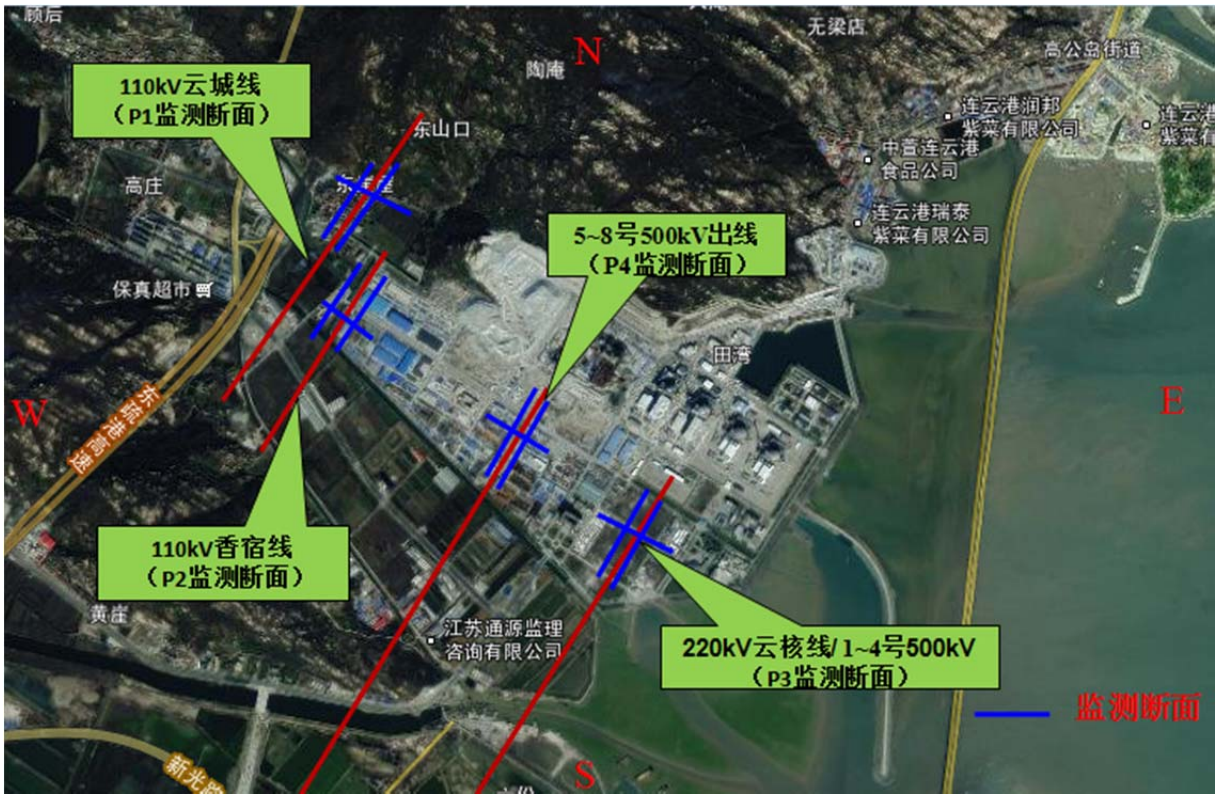


图 3.2-8 田湾核电站输电线路监测断面设置示意图

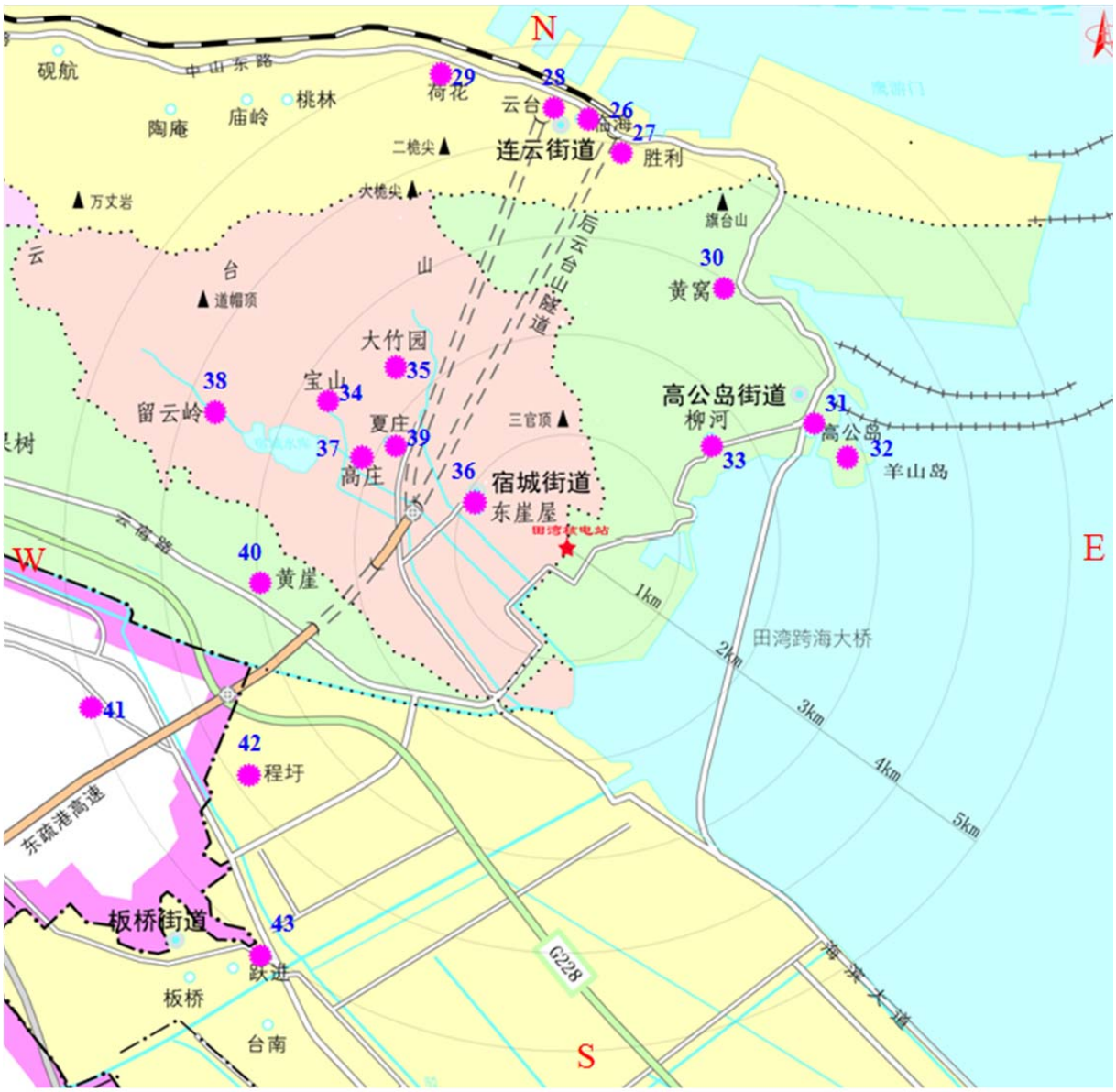


图 3.2-9 田湾核电站厂区外环境敏感区监测点设置示意图

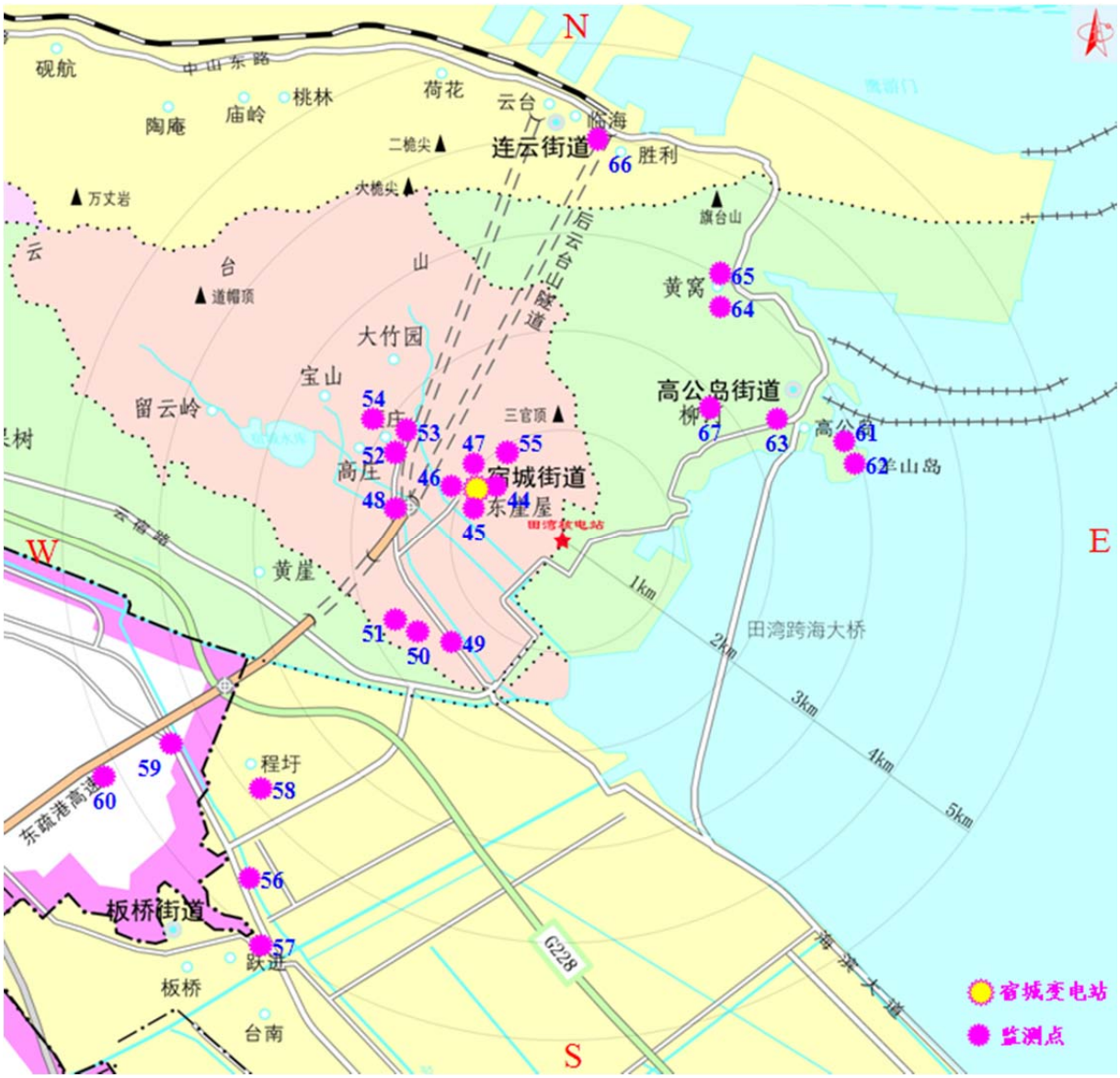


图 3.2-10 田湾核电站厂区外变电站和通讯基站监测点设置示意图

第四章 电　厂

4.1　厂区规划及平面布置

4.1.1　总体规划简述

4.1.2　厂区总平面布置

4.1.3　排放口布置

4.2　反应堆和蒸汽-电力转换系统

4.2.1　概述

4.2.2　核岛

4.2.3　常规岛

4.3　核电厂用水和散热系统

4.3.1　核电厂用水

4.3.2　核电厂散热系统

4.4　输电系统

4.4.1　电气主接线

4.4.2　开关站的选型和布置

4.4.3　与电力系统的连接

4.5　专设安全设施

4.5.1　安全壳系统

4.5.2　裂变产物去除和控制系统

4.6　放射性废物系统和源项

4.6.1　放射性源项

4.6.2　放射性废液处理系统及源项

4.6.3　放射性废气处理系统及源项

4.6.4　放射性固体废物处理系统

4.6.5　乏燃料贮存系统

4.7　非放射性废物处理系统

4.7.1　化学污染物

4.7.2　生活废物

4.7.3　其他废物

4.8　放射性物质厂内运输

4.8.1 新燃料运输

4.8.2 乏燃料运输

4.8.3 放射性固体废物的运输

4 电厂

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 总体规划简述

田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级核电机组，统一规划、分期建设。1-4 号机组采用俄罗斯 WWER1000 压水堆核电机组，布置在厂区东部；5、6 号机组采用 M310 机型，以福建福清核电厂一期工程技术方案为参考，实施 42 项重大技术改进的技术方案，布置在厂区中部；7、8 号机组拟建 WWER1200 压水堆核电机组，布置在厂区西部。其中 1-4 号机组已投入运行，5、6 号机组正在建设，7、8 号机组正在开展前期工作。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组（以下简称本工程）总体规划包括厂坪设计标高的确定、主厂房建筑群位置的确定、电力出线及开关站、取排水方案、对外交通运输规划、厂区工程规划、其它设施规划、截排洪设施规划、施工场地规划、施工准备区规划、施工生活区规划、承包商办公管理用房等。

- 厂坪设计标高

厂坪设计标高为 7.85m（核电工程安全重要物项的场地设计标高，高程系统采用 1956 年黄海高程系统，下同），该标高已通过核安全审评，满足防洪要求。

- 主厂房建筑群位置的确定

按照总体规划，1-4 号 4 台机组从东往西扩建，固定端为东部，5～8 号机组扩建方向同前期工程，从东往西依次为 5、6、7、8 号机组。

- 电力出线和开关站

扩建工程 5、6 号机组开关站为 5～8 号机组共用，规划布置在 5、6 号机组厂区西南部，邻近 7、8 号机组用地；主变与开关站之间采用管道母线（GIL）连接；220kV 开关站沿一期工程 220kV 开关站向西扩建。

500kV 出线 3～4 回，220kV 辅助电源接入 1～2 回。

- 取排水设施

一期工程在羊山岛建有取水构筑物及短明渠，5、6 号机组工程在原取水口处扩建，建设满足 1～8 号机组取水要求的取水构筑物和长明渠。长明渠从羊山岛东北侧取水，明渠直接引至取水构筑物，再经过隧洞进入联合泵房（循环冷却水和重要厂用水合用），经水泵提升后供至凝汽器以及核岛厂房。

循环水排水采用暗渠+排水明渠相结合的排水方式。循环水自虹吸井出来后，每两台机组设置一条暗渠排到南护岸旁的排水明渠，经排水明渠排入大海。六台机组（1～6 号）

共用一个排水口，排水口位于南护岸边上。排水导流堤一直延伸到约-2.0m 等深线附近。排水明渠底宽 160m，明渠内底高程-3.5m。

重要厂用水由核岛厂房排出，在虹吸井处与循环冷却水汇合，与循环冷却水一起从排水暗渠排入大海。

扩建工程 5、6 号机组所需淡水取自已建淡水厂，满足淡水使用需求。污水接入前期已建污水处理站。

- 对外交通运输

对外交通运输利用已建成的进厂道路（核电南路－主要进厂道路、核电西路—次要进厂道路、核电北路—次要进厂道路）及一座 3000t 级大件码头。

- 厂区工程

厂区包括与生产相关的设施及厂前设施。与生产相关的设施包括主生产区、开关站、循环水设施区及辅助生产区，其中主厂房区及与生产密切相关厂房布置在保护区内，其余布置在控制区内。厂前设施为生产办公楼（含食堂），布置在扩建工程厂区的东南侧，控制区围墙以外，和谐大道以南。

- 其它设施区

其它设施区包括停车场、武警营房、周值班宿舍、高位水池、培训中心等。停车场布置在 UA 子项主要人流出入口的南部；武警营房、周值班宿舍布置在 500m 非居住区范围外，和谐大道南侧、排洪沟东侧；高位水池布置在厂区北侧山体上，满足该子项标高要求较高的特殊需求；培训中心在一期工程用地内新建，位于一期培训中心的北部、现场办公楼东侧。

- 边坡工程及截排洪设施

场地平整工程结束后厂址北侧、西侧为安全级人工挖方边坡，边坡长约 1034m，边坡最大垂高 108.4m，阶段高度 12m，阶段边坡角 65°，在各阶段设置不小于 4m 宽的平台，其中在 44m 平台设有一条 9m 宽的过境路，过境路在西侧边坡从 29m 升至 44m 标高。

厂区北部、西部边坡坡顶设置截洪沟，坡脚设置排洪沟，洪水通过截排洪设施，有组织的汇入大海。设计标准为千年一遇加 PMP 校核。

- 施工场地

施工场地包括工程公司仓储区、土建施工场地、安装施工场地、混凝土搅拌站、砂石料堆场。施工场地用地面积 34.43hm^2。

工程公司仓储区、土建施工场地、安装施工场地布置在施工场地的西侧和南侧，混凝

土搅拌站、砂石料堆场利用已建设施，该设施位于大件码头的北部。

- 施工准备区规划

施工用电从110kV宿城变电所引接，变电所位于核电西路南部，西排洪沟西部。

施工用水从已建淡水厂引接。

- 施工生活区

施工生活区位于苹果园，距厂址最近边界公路里程约740m。

- 承包商办公管理用房规划

承包商办公管理用房是工程公司现场施工期间的办公用房，内设办公、餐厅。施工结束后，可作为大修厂房，位于核电西路南部，排洪沟东侧。

4.1.2 厂区总平面布置

4.1.2.1 布置原则

- 厂区总平面布置应与总体规划相协调。
- 核岛基础尽量坐落在均匀稳定、埋深适宜、承载力特征值满足要求的基岩上。
- 避免汽轮机飞射物危及与核安全有关的建、构筑物。
- 满足生产工艺流程的要求。
- 功能分区明确，合理划分放射性和非放射性生产区的位置。
- 冷却水取水、排水管线、电力出线力求短捷、顺畅。
- 主厂房群四周应留有足够的场地，以满足敷设工程管线和施工的需要。
- 满足运输、防火、卫生、安全、管网布置及施工安装要求。

4.1.2.2 建设规模及项目组成

扩建工程5、6号机组的2台机组主厂房建筑群及其辅助生产建、构筑物的工程组成详见表4.1-1，部分辅助生产设施按照5～8号四台机组一次建设。

4.1.2.3 厂区平面布置

扩建工程5、6号机组厂区总平面按功能分为五个区，主厂房区、循环水设施区、开关站区、辅助生产区、厂前区及其他设施区。

- 主厂房区

主厂房区包括核岛、常规岛及其辅助设施。核岛主要包括反应堆厂房、核辅助厂房、燃料厂房和电气厂房等；常规岛主要包括汽轮机厂房及其附属构筑物。主厂房为整个核电厂的中心，周围分布着各个辅助建筑物。主厂房建筑群布置在3、4号机组西部，核岛厂房北向，常规岛厂房南向并列布置在场地平整标高为7.60m的区域。

- 循环冷却水设施区

循环冷却水和重要厂用水北取南排。机组取排水管道采用单元式，明渠+隧洞取水、暗涵+明渠排水的方式。

循环水设施区主要包括联合泵房、制氯站及各种水工设施。联合泵房两台机组联合设置，布置在主厂房群西部；制氯站 5～8 号机组共用，布置在联合泵房南侧，并靠近 7、8 号机组扩建场地，管线短捷；联合泵房与汽轮发电机厂房之间以循环水进水廊道连接，汽轮发电机厂房与虹吸井之间以循环水排水廊道连接；重要厂用水取自联合泵房，重要厂用水进水廊道由核岛厂房南部进入，北侧排除，通过重要厂用水排水廊道连接至虹吸井。虹吸井通过排水暗涵与排水口连接。

- 开关站区

开关站主要包括 500kV 开关站、网控楼、220kV 开关站等。

因为出线方向为厂区南部出线，故 500kV 开关站及网控楼布置在厂区南侧并邻近 7、8 号机组用地，主变与开关站之间采用管道母线（GIL）连接。

220kV 开关站沿一期工程 220kV 开关站向西扩建。

- 辅助生产区

辅助生产设施根据有无放射性分为放射性厂房和非放射性厂房。

放射性厂房与核岛厂房有密切联系，因此集中布置在核岛厂房周围（东、北、西三面），位于保护区双围栏以内。固体废物暂存库（QT）、放射源库（EN）、特种汽车库（AS）、放射性机修及仓库（AC）、放射性废油暂存库（QR）等子项，布置在 5、6 号机组核岛厂房北侧和西侧；核岛液态流出物厂房（QA）、常规岛液态流出物厂房（QB）布置在主厂房群的东侧，靠近虹吸井（CC），地基条件良好，管线短捷。

非放射性辅助生产厂房中的空气压缩机房（ZC）、氢气贮存及分配站（ZB）、厂区实验楼（AL）等 5～8 机组共用，布置在 5、6 号机组主厂房西南侧，人、物流顺畅；保安楼（UG）布置在保护区围栏（UD）入口处，方便管理，且管线短捷；6 号机组备用柴油发电机厂房（2DY）、机械通风冷却塔及其辅助泵房（CT/PD）、5 号机组备用柴油发电机厂房（1DY）是核岛重要的辅助性厂房，且对地基条件要求较高，规划将其布置在核岛厂房北侧及东侧，与核岛厂房联系便利且地基条件良好；除盐水储水罐（YB）、加氨间及氨贮存间（YC）布置在厂区东南角，靠近 3、4 号机组除盐水厂房，利于管线接入。

机电仪修车间（AF）、综合仓库（AB1）、大件仓库（AB2）、润滑油和油脂库（FC）、职业去污室（BH）等布置在 5、6 号机组主厂房东南角，开关站东侧，靠近 UA、UD 厂

区大门，成区布置，人、货运输均较便利。

- 厂前区

厂前区包括生产办公楼（BX），布置在扩建工程厂区的东南侧，控制区围墙以外，和谐大道以南，方便与各期的联系。

- 实物保护

厂区设置三道实物保护围栏如下：

控制区围栏，为单层铁丝网可视围栏，包围区域为主厂房区、循环水设施区、开关站区、辅助生产区。围栏采用拉紧铁丝防护围栏，高度2.5m，顶部加装800mm长、向外倾斜45度的T型棱臂，每根T型棱臂上有4条系紧的钢刺丝穿过。

保护区围栏，为双层铁丝网可视围栏，并装备相应的技术防范设施，包围区域为主厂区及大部分辅助生产设施。双围栏均采用拉紧铁丝网防护围栏，内、外侧围栏高度均为2.5m，双层围栏之间设置6m宽的隔离带。内、外侧围栏顶部加装800mm长、向外倾斜45度的T型棱臂，每根T型棱臂上有4条系紧的钢刺丝穿过。

要害区围栏，为双层可视围栏，并装备相应的技术防范设施，或利用建筑物外墙并增加相应的安全保卫设施，包围核岛、联合泵房、保卫控制中心。外侧围栏为轻质防护栏，防护栏高度1.5m，内侧围栏采用拉紧铁丝防护围栏，围栏高度2.5m，内外两层围栏之间净宽度lm。内侧围栏顶部加装4条钢刺丝。

控制区、保护区和要害区围墙出入口处设置监控系统和值勤哨位，进出人员、车辆必须持有专用证件和磁卡。

- 竖向设计

厂坪设计标高7.85m，厂区竖向采用平坡式布置，主生产区设计标高7.85m，辅助生产区设计标高7.60m－7.00m，厂前区设计标高7.00m－6.55m。场地排水采用有组织的管道排水系统。

4.1.2.4 交通运输

(1) 厂内道路设置

厂内运输主要是新燃料、乏燃料、固体废物、如备品备件、劳保用品、设备仪表维修用品等的运输，均采用公路运输方式。

为满足厂内外交通运输及厂内各建筑物之间货流及人流交通运输的需求，厂区内设有环行道路网，道路分为主干道、次干道、车间引道及人行道。路面宽度分别为9m、7m、4m，控制区内道路均为城市型沥青路面。主干道分为重型路和轻型路，主干道转弯内半

径重型路最小 25m、轻型路 9m；次干道转弯内半径最小 9m；车间引道转弯内半径最小 6m。

沿控制区和保护区围墙内侧、要害区围墙外侧，设置巡逻通道。

上述各级道路除满足生产运输安全保卫要求外，还兼作消防通道。

(2) 厂区出入口设置

厂区共设置三座出入口，其中 UA 设置在厂区中南部，靠近进厂道路；在厂区东北角设置备用出入口，连接大件码头和应急道路，既可作为大件运输通道，也可用于厂区应急等特殊情况；在厂区西侧设置货运出入口，作为近期对外、远期连接 7、8 号机组的通道。

(3) 交通组织

施工道路与生产运行道路在道路设计及交通组织上采用分流的方法。

施工期间的施工运输通道：核电北路—哈尔滨路—备用出入口—施工区；

核电西路—货运出入口—施工区。

生产运行通道：核电西路—厂区

厂内三废区集中布置，不仅使废物运输距离最短，而且减少与干净运输的交叉。

4.1.2.5 绿化与美化

在核电厂厂区，由于对辐射防护、卫生、防火、安全保卫等方面的特殊要求，厂区分绿化区和非绿化区。

——非绿化区。厂区保护区围栏内不进行绿化，采用硬化或铺设碎石。

——绿化区。厂前区以及保护区以外区域等地段进行绿化。绿化以栽种行道树、花木及加铺草坪等，以改善环境，充分运用和发挥绿化功能，为核电厂职工提供良好的工作环境。

为实施绿化，在厂区绿化区地段的地表均需填筑≥30cm 厚的耕植土壤，以利于花卉树木的成长。

本期工程绿地率为 7.2%，符合“《工业项目建设用地控制指标》的通知”要求，符合《核电厂总平面及运输设计规范》要求。

4.1.2.6 主要经济指标

主要经济指标见表 4.1-2。

4.1.2.7 环境保护相关设施的布置

环境保护相关设施包括放射性厂房、机械通风冷却塔、生活污水和生产废水处理设施、环境监测设施等。

总平面布置中充分考虑环保相关子项的特殊要求，放射性厂房尽可能集中布置，远离人员密集的区域，同时考虑厂址盛行风向，避免气体扩散带来的影响。合理设置厂区出入口，可使放射性和非放射性运输线路有效分离。

- 放射性厂房

放射性厂房与核岛厂房有密切联系，因此集中布置在核岛厂房周围（东、北、西三面）。固体废物暂存库（QT）、放射源库（EN）、特种汽车库（AS）、放射性机修及仓库（AC）、放射性废油暂存库（QR）等子项，布置在5、6号机组核岛厂房北侧和西侧；核岛液态流出物厂房（QA）、常规岛液态流出物厂房（QB）布置在主厂房群的东侧。

该区域集中布置放射性厂房，合理设置厂区出入口，可使放射性和非放射性运输线路有效分离。该区域位于厂区主导风向的下风向，且远离厂前区，可有效减少气态流出物对人员密集区域的影响。

本工程与前期工程共用放射性废物处理中心(T4UKT)，位于3、4号机组厂区内。

- 机械通风冷却塔

机械通风冷却塔及其辅助泵房（CT/PD）布置在厂区北侧边缘，远离厂前区，且位于厂区主导风向的下风向，可有效减少对其它辅助生产子项的影响。

- 生活污水和生产废水处理设施

本工程生活污水接入前期工程污水处理站处理和排放；油水分离池（FS）靠近常规岛布置，收集并处理含油生产废水，达标后排放。

- 环境监测设施

本工程除新增3个地下水监测井外，其它环境监测设施均与前期工程公用。3个地下水监测井分别位于主厂房区东北侧、南侧和西侧，子项位置满足地下水监测要求。

4.1.2.8 环境保护措施

在运行阶段，采取如下环境保护措施：

·所有边坡、挡土墙均进行防护，并定期维护；

·硬化路面和广场及时修补破损，厂区截排水设施及时疏通，保证环保措施有效；

·厂区内充分进行绿化，并采取多种绿化方式，在运行期间做好养护；

·运行期间的改造和维修活动涉及场地开挖的，需考虑合适的水土保持措施，回填完成后对开挖区域恢复绿化或硬化。

4.1.3 排放口布置

4.1.3.1 排放口位置

本工程流出物主要包括液态流出物和气态流出物。

(1) 液态流出物排放点

循环冷却水排水口为液态流出物排放点。液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，稀释后经循环水排水暗渠排至排水明渠，最后通过排水明渠排至排水口（液态流出物排放点），进入厂址东南部海域（受纳水体）。

生活污水经前期已建成的污水处理站处理达标后，中水回用。

非放射性含油废水经FS处理达标后，就近排放至厂区雨水系统，经虹吸井、循环水排水暗渠、排水明渠，最终排至厂址东南部海域。

(2) 气态流出物排放点

反应堆排风烟囱为气态流出物排放点。5、6 号机组反应堆厂房产生的气态流出物经过处理达标后，通过排风烟囱排入大气。

4.1.3.2 排放口设置的合理性

液态流出物经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，稀释后经排水暗涵排放至排水口。根据厂址前沿的水深条件以及海域的流场规律，排水口布置在厂址东南侧，有利于核素扩散。

气态流出物排放点位于厂址最大风频的下风向，且远离厂前建筑区及生活配套设施，有效避免气态流出物扩散对生产生活的影响。

4.2 反应堆和蒸汽-电力转换系统

4.2.1 概述

田湾核电厂5、6号机组采用2×1000MWe压水堆核电机组。每台核电机组均由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛组成。

由于核能的风险与电离辐射有关，因此总的核安全目标是在核电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。安全设计原理的最重要部分是纵深防御概念，它贯彻于安全有关的全部活动中，包括与组织、人员行为或设计有关的方面，以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下，即使有一种故障发生，它将由适当的措施探测、补偿或纠正。田湾核电厂 5、6 号机组的设计在贯彻纵深防御概念时采用了一系列多层次的防御，用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护：

第一层次防御：防止偏离正常运行及防止系统失效。这一层次要求按照恰当的质量水平和工程实践，例如多重性、独立性及多样性的应用，正确并保守地设计、建造、维修和运行核电厂。所有构筑物、系统和部件都要根据其安全功能及重要程度进行安全分级，针

对不同级别采用不同的规范标准和抗震要求，以及不同的质量保证措施。在第一层次防御中还包括了按经过实践考验的规程进行核电站的在役检查、维护和试验。设计中也考虑了进行这些活动时的可达性和必要的装备和工具。

第二层次防御：检测和纠正偏离正常运行状态，以防止预计运行事件升级为事故工况。这一层次中最重要的是设置了保护系统，以保证安全相关的重要参数的偏离达到设定的阈值时停闭反应堆，使电站处于安全状态。为此设置了两套独立的停堆系统——控制棒系统和硼酸控制系统。

第三层次防御：必须提供附加的设备和规程以控制由某些预计运行事件的升级引起的事故工况的后果。为此，设置了一系列反应堆专设安全设施，如安全注入系统、安全壳喷淋系统、辅助给水系统以及它们的支持系统，这些专设安全设施在事故工况时自动投入运行以控制事故产生的后果。

第四层次防御：针对设计基准可能已被超过的严重事故，以保证放射性的释放保持在尽可能低的水平。这一层次最重要的目的是保护包容功能。除了事故管理规程之外，还可以由防止事故进展的补充措施与规程，以及减轻选定的严重事故后果的措施来达到。

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

4.2.2 核岛

核岛包括反应堆厂房、核辅助厂房、核燃料厂房、电气和连接厂房、柴油发电机厂房和辅助给水箱厂房及其厂房内的系统设备。

4.2.2.1 堆芯部件

本工程机组反应堆由反应堆压力容器、堆芯、堆内构件、堆内测量装置、控制棒驱动机构等部件组成，反应堆剖视图如图4.2-1所示。其中堆芯由157组全M5型AFA3G燃料组件及其相关组件组成。

(1) 燃料组件描述

全M5型AFA3G燃料组件由17×17排列的燃料棒和燃料组件骨架组成，组件骨架包括上管座、下管座、导向管、仪表管和格架。导向管通过机械连接方式与上下管座连接，通过焊接方式与格架连接。格架内外条带相互嵌插组成17×17排列的栅元，燃料棒插入格架栅元中，靠栅元的夹持力保持定位，并与上下管座保持轴向间隙。燃料组件的结构见图4.2-2。

全M5型AFA3G燃料组件的燃料棒包壳、导向管、导向管端塞、仪表管以及格架条带均采用M5合金材料。以下对燃料组件的主要组成部件进行简要描述：

- 燃料棒

燃料棒是由再结晶M5包壳管、装在包壳管中的二氧化铀陶瓷芯块以及密封焊在包壳管两端的上、下端塞构成的。燃料芯块内可裂变物质通过自持链式裂变反应产生热量，经由燃料棒传递给冷却剂，裂变产物保留在燃料包壳内。燃料棒包壳是防止放射性物质外泄的第一道屏障。燃料棒结构见图4.2-3。

- 上管座

上管座是燃料组件的上部结构件，它是由框板、上孔板和围板组成的盒式结构件。4组板弹簧就位于框板一对角位置的凸台两侧，每一凸台两侧各装1组板弹簧，靠近凸台的根部用螺钉固定。组件依靠上堆芯板对板弹簧的压力平衡冷却剂的水力提升力。上管座除了为冷却剂提供流出通道外，还为控制棒组件和固定式相关组件的插入提供保护空腔。上孔板流水孔的设计避开了燃料棒的轴向位置，以防止燃料棒弹出燃料组件。

- 下管座

下管座是燃料组件的下部结构件，它承受燃料组件横向和轴向的载荷，并把这些载荷传递给下堆芯板。下管座是由下孔板、支撑柱和防异物板组成的凳式结构件。下孔板开有流水孔，作为冷却剂流入燃料组件的通道并分配流入燃料组件的冷却剂流量。防异物板放置在下孔板顶部的凹槽内，以铆钉固定，起防止异物进入燃料组件进而磨损燃料棒的作用。一对角的两个支撑柱开有定位销孔，与下堆芯板上的定位销配合实现燃料组件的定位。

- 格架

沿燃料组件轴向上有8个结构格架和3个跨间搅混格架。结构格架有两种，一种是带搅混翼的结构搅混格架，搅混翼由内条带上边缘倾斜伸出，这种格架用在燃料组件热中子注量高的区域，可以促进冷却剂的搅混，改善堆芯的热工水力性能。另一种是端部格架，它们没有搅混翼，起支承和定位燃料棒的作用。跨间搅混格架只具有搅混冷却剂的功能，三个跨间搅混格架分别位于燃料组件第4、5、6跨的中间。

- 导向管

全M5型AFA3G燃料组件设有24根导向管。导向管上端通过套筒和套筒螺钉与上管座机械连接，下端通过轴肩螺钉与下管座机械连接，中间通过点焊与11层格架连接。导向管为相关组件棒的插入提供通道和空间。导向管下部设置了缓冲段，为紧急停堆时控制棒的快速下落提供末段缓冲力。

- 仪表管

全 M5 型 AFA3G 燃料组件在中心位置设有 1 根仪表管，仪表管的上下端分别嵌入上下管座的仪表管孔中。仪表管用于容纳堆芯测量仪表。

(2) 相关组件描述

全 M5 型 AFA3G 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件，各相关组件的结构和功能简述如下：

- 控制棒组件：由星形架和 24 根控制棒组成，具有启动、停堆、变更堆功率和紧急停堆的功能。
- 一、二次中子源组件：一、二次中子源组件分别用于初始堆芯的首次启动和反应堆的再启动。由于中子源棒数目不多，所以需同可燃毒物棒和阻流塞棒混装，构成所谓混合型组件。
- 阻流塞组件：由压紧系统和阻流塞棒组成。用于未插入控制棒、可燃毒物棒和中子源棒的导向管中，限制冷却剂旁通流量。

4.2.2.2 反应堆冷却剂系统

(1) 系统功能

- 堆芯冷却和传热：在反应堆正常运行期间，反应堆冷却剂系统把堆芯核裂变产生的热量由冷却剂经蒸汽发生器传递给二回路的水，使其产生供汽轮机发电用的饱和蒸汽。
- 压力控制：在反应堆正常运行期间，通过稳压器控制冷却剂系统的压力，使其保持稳定。瞬态时，限制压力的变化范围，使其保持在允许的范围内。一旦反应堆冷却剂系统的压力达到安全阀的整定值时，则通过稳压器的安全阀和卸压阀将蒸汽排放到卸压箱来防止反应堆冷却剂系统的超压。
- 慢化中子和控制反应性：除了控制棒之外，反应堆冷却剂还作为慢化剂和反射层以及硼酸的溶剂，为反应性的控制提供了另一种独立的控制手段。并且保持冷却剂温度变化速率，确保不发生不可控的反应性变化。
- 反应堆冷却剂压力控制：反应堆冷却剂压力稳压器控制，以防止不利于传热的偏离泡核沸腾（DNB)。
- 压力边界：反应堆冷却剂系统作为压力边界，可以包容反应堆冷却剂，限制放射性物质的释放，构成防止放射性物质释放的一道屏障。

(2) 系统描述

反应堆冷却剂系统由并联到反应堆压力容器的三条相同的传热环路组成。每条环路包括一台蒸汽发生器和一台反应堆冷却剂泵。在反应堆冷却剂一条环路上设置一台稳压器，用于反应堆冷却剂系统的压力控制。

反应堆冷却剂进入反应堆压力容器后，在堆芯吊兰和反应堆压力容器壁之间的环形流道中向下流动，至反应堆压力容器底部反向向上，通过堆芯达到出口，然后进入蒸汽发生器冷却，经反应堆冷却剂泵升压后再返回到反应堆压力容器。

稳压器通过波动管与一条主传热环路相连，波动管的布置与水平面有适当的夹角，减轻由于热分层效应引起的热应力和疲劳，防止波动管与稳压器之间连接的焊缝出现裂纹。

稳压器上部设有两条喷淋管线，此两条管线从两条主传热环路的冷段（反应堆冷却剂泵的出口）经总管接到稳压器的汽相空间。

在稳压器上设置有三条超压保护管线。在稳压器接管和到稳压器卸压箱的排放总管之间的每条管线上串联安装有两台先导式安全阀。第一台安全阀起超压保护作用，正常时关闭。第二台安全阀起隔离作用，正常时开启。在第一台安全阀因故障不“回座”时，第二台安全阀保证隔离。

为了在严重事故下执行快速卸压功能，在稳压器上部还设置有快速卸压管线。每个系列由一台电动闸阀和一台电动截止阀组成。两个系列都排放到稳压器安全阀的排放环管上，最终通过稳压器排放总管排到稳压器卸压箱。

反应堆冷却剂系统还包括反应堆压力容器高位排气系统，由正常排气和事故排气子系统两部分组成。事故排气子系统由两个冗余的并联系列组成，包括四个常关的电磁阀以及相连的管道、仪表等。

(3) 主要设备

- 蒸汽发生器

蒸汽发生器用于生产饱和蒸汽。每台蒸汽发生器按满负荷运行时传递三分之一的反应堆热功率设计。蒸汽发生器的设计应能够在设计污垢系数及设计堵管量的条件下使电厂以额定的功率运行，

本工程的蒸汽发生器为立式自然循环U形管式。蒸汽发生器由两大部分组成，即用于使给水加热产生饱和蒸汽的蒸发段部分和用于将所产生的汽水混合物进行分离的汽水分离段部分。

蒸发段是由倒U形布置的因科镍-690制成的传热管构成。一回路冷却剂在传热管内流动，二回路水的蒸发在传热管的外侧进行。

汽水分离段由分离器和干燥器组成。离开管束后的汽水混合物首先进入旋风分离器，通过离心作用除去大部分水分，然后进入干燥器。经干燥器分离后，干燥后的蒸汽通过位于上封头中央的出口接管流出蒸汽发生器。

- 反应堆冷却剂泵

反应堆冷却剂泵用于驱动高温高压的反应堆冷却剂，补偿系统的压力降，保证冷却剂在反应堆冷却剂系统中的循环。

主要部件包括泵壳、叶轮、隔热屏、下部径向轴承、密封件及电动机。

飞轮安装在电动机的顶端，以增加主泵的转动惯量，使主泵在丧失电源时有足够的惰转时间，保证驱动主泵向堆芯提供冷却剂。反应堆冷却剂进口在泵壳的底部，出口在泵壳侧面。

- 稳压器

稳压器是一个立式、带有半球形顶部和底部封头的圆筒形容器，它的下部封头放置在圆筒形的裙座上。稳压器的主要功能是建立并维持压力，避免反应堆冷却剂在反应堆内沸腾。在正常运行时将反应堆冷却剂系统保持在恒定的压力下；在负荷瞬变时限制压力的变化。借助于加热和喷淋来控制水-汽平衡温度，从而保持所要求的冷却剂压力，将反应堆冷却剂系统的压力变化限制在一个允许的范围内，并防止其超压。

通过安全阀将稳压器内的蒸汽排放到卸压箱内，达到反应堆冷却剂系统的超压保护目的。

此外，稳压器的快速卸压阀具备严重事故条件下的安全卸压能力，避免出现高压熔堆。

- 卸压箱

稳压器卸压箱的功能是接纳来自稳压器的安全阀和快速卸压阀、安全壳内的余热排出系统的安全阀或化学和容积控制系统所释放的蒸汽，以及反应堆压力容器事故排气系统排出的气体，这些蒸汽通过与卸压箱内的水的混合达到冷凝和冷却。

卸压箱是一个卧式、带有椭圆形封头的圆筒形容器。

箱内通常容纳水和以氮气为主的气体。采用氮气是为了保证箱内压力以及便于定期分析可能聚集的氢和氧的含量。

- 反应堆冷却剂管道

反应堆冷却剂管道应能承受反应堆冷却剂系统预计运行工况的压力和温度，管道材料应具有抗腐蚀性并和工作介质相容，保证冷却剂的正常输运。

反应堆冷却剂系统共有三条环路，每条环路由三段管道组成。根据流体流动的方向，

它们分别是：

热　段：即反应堆压力容器与蒸汽发生器之间的管段；

过渡段：即蒸汽发生器与反应堆冷却剂泵之间的管段；

冷　段：即反应堆冷却剂泵与反应堆压力容器之间的管段。

稳压器波动管与反应堆冷却剂管道的一条热段相连接。

4.2.2.3　主要辅助系统

反应堆辅助系统主要包括：化学和容积控制系统、反应堆硼和水补给系统、余热导出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列功能：

（1）反应堆冷却剂容积控制和化学控制；

（2）反应堆停堆和启动时排除余热；

（3）反应堆换料期间燃料组件的装卸。

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

反应堆硼和水补给系统为化学和容积控制系统提供除盐除气水和硼酸溶液以及防止压力边界材料产生腐蚀的化学药剂。

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

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

过燃料运输管道把他们送进反应堆厂房。

消防系统是为核电站可能发生火灾的场所提供灭火措施的系统。核电站设计对可能发生的火灾隐患，采取了层层设防，一旦发生火灾，启用预先设置的各种行之有效的灭火设施灭火，使火灾危害降到最低限度。核岛各厂房消防系统包括：核岛消防系统（含反应堆厂房、核辅助厂房和核燃料厂房）、电气消防系统和柴油发电机消防系统。BOP 各厂房包括泵站、除盐水站、办公楼、制氯站、辅助锅炉房、车间和食堂等，不存在较大的火灾危险，在厂房内均设置消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。

4.2.3 常规岛

常规岛主要包括汽轮机厂房及其厂房内的系统设备。

4.2.3.1 蒸汽-电力转换系统

蒸汽-电力转换系统接收来自核蒸汽供应系统的蒸汽，通过汽轮发电机组将热能转换成电能。每台机组包括一台额定输出功率为 1118 MWe 的汽轮发电机组。汽轮机由一个1500rpm 的高中压组合汽缸和三个双流低压缸组成，它与 24kV、三相、50 Hz 的交流发电机直接相连。

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

其中主蒸汽系统、主给水系统和辅助给水系统与核安全相关。

主蒸汽系统用于将蒸汽由蒸汽发生器输送到下列设备和系统：

（1） 主汽轮机及其辅助设备包括汽轮机轴封系统、凝汽器和汽水分离再热器；

（2） 通向凝汽器和大气的蒸汽旁路系统；

（3） 除氧器给水系统；

（4） 汽动辅助给水泵汽轮机；

（5） 辅助蒸汽系统。

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

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

主给水系统：用于从除氧器至蒸汽发生器给水入口进行除氧、升压、加热和调节。

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

辅助给水系统：辅助给水系统属于专设安全设施，在主给水系统和启动给水系统受损失或失效的情况下保证蒸汽发生器的给水。

汽轮发电机的额定容量为1278 MVA，额定运行工况下有功功率为1150 MW，功率因数0.9（滞后），输出电压24 kV，三相交流，频率50 Hz。发电机定子用水冷却，定子铁芯及转子用氢冷却。采用无刷励磁，无刷励磁机与发电机机械连接方式：励磁机的电枢与发电机转子联轴器连接。无刷励磁机与发电机的电气连接方式：励磁装置输出直流电流至励磁机定子线圈，励磁机随发电机大轴旋转而产生的交流电通过励磁机内二极管整流输出直流至发电机转子线圈形成旋转磁场。

4.2.3.2 凝汽器

凝汽器按 TMCR 工况进行设计，传热面积的设计遵循美国传热协会的标准（HEI 标准）。每个低压缸下部配有单独横向布置的凝汽器。三个凝汽器的汽侧和热井分别相连。

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

凝汽器喉部分为上、下喉部。每个上喉部内设有安装、检修平台，每个下喉部上各布置了一个合体低压加热器及一套低加抽汽管道。旁路扩散装置安装于两下喉部中间，用于接收85%旁路蒸汽。在汽轮机启动及甩负荷时，将来自汽轮机旁路系统的蒸汽减温减压至凝汽器所能接收的允许值。共设有6个旁路扩散器，每个旁路扩散器上有2个DN400旁路蒸汽接口。

凝汽器壳体内共设有6组管束模块以接收凝结汽轮机低压缸排汽。在每组管束下部设有空冷区，用于不凝结气体的抽取。管束采用钛管，端管板为钛复合板。钛管两端采用胀接＋焊接的方式固定在端管板上，端管板组件与壳体采用焊接形式构成一整体，管束中间设有支撑管板，以防止在正常运行工况下管束振动破坏，中间管板通过工字钢、肋板与壳体侧板及端板相焊。

凝汽器水室：对应每组管束，设有一个进水室和一个出水室。循环水从进水室流入冷却管，换热完成过后从出水室流出。水室通过螺栓连接固定在管板上。水室内部采用衬胶，

以防止海水腐蚀。水室采用弧形设计，保证了水室中没有死角和紊流区域，循环水能均匀的分布到传热管中。

凝汽器热井四周全部由钢板焊接而成，内部采用一定数量的肋板、支撑管进行支撑。热井的容量大约为 300 m^3，可满足凝水泵以最大流量抽取凝结水 5 分钟而不会使热井水位到达低报警水位。热井底部设有凝结水出水装置，安装有 42 套凝结水过滤装置，其中每套过滤装置包括防涡格栅、磁性过滤器和机械过滤器。

热井上设有三套水位测量装置，每套水位测量装置包括一个导波雷达及一个带液位开关的磁翻板液位计，用于凝汽器液位就地显示及提供 4～20 mA 的远传信号。

在汽轮机适当减负荷至一定程度情况下可对凝汽器任一半进行清洗或检修。

4.3 核电厂用水和散热系统

4.3.1 核电厂用水

4.3.1.1 海水用水

海水取自黄海，其主要功能是向循环水系统（CRF）、重要厂用水系统（SEC）提供冷却水；向循环水处理系统（CTE）提供生产原水；向循环水过滤系统（CFI）提供冲洗水。循环水系统和重要厂用水系统采用海水直流冷却方式。

上述海水系统正常运行时的用水量详见表 4.3-1。

黄海取水条件好、水量充足可靠，可满足循环水系统、重要厂用水系统及其他海水用水系统的取水需求，不会出现冷却水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统。

4.3.1.2 淡水用水

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组淡水水源引自一期 1、2 号机组已建成的淡水厂，供应全厂生产用水、生活用水、消防用水以及施工用水。绿化、道路浇洒、洗车等用水采用中水。淡水厂总设计规模为 28000m^3/d。

4.3.1.2.1 淡水用水量

1）施工期间用水量

施工期间的淡水用水主要包括施工生产用水和施工人员的生活用水。施工生产用水主要用于混凝土搅拌、混凝土养护、冲洗砂石、降尘浇洒、砌筑工程、施工机械用水等。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组施工期最大日用水量约为 2138.5m^3/d。

2）运行期间用水量

运行期淡水用水包括生活用水、生产用水、消防和绿化等用水。

生活水系统供给生活用水、主厂区 SEP 系统用水（生活水系统供给的工业用水）、消

防补水等。由生活水系统（SEP 系统）供给的工业用水主要包括循环水泵房用水、核岛用水、常规岛用水及工作人员生活用水等。

生产用水主要供给除盐水处理系统原水，除盐水处理系统采用超滤+反渗透+一级除盐+混床的工艺，除盐水处理系统与田湾核电站 3、4 号机组工程合并建设。

考虑管网漏损水量与未预见水量以及淡水厂自用水量，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行期正常运行日用水量为 4961m^3/d，最大日用水量为 6202m^3/d。运行期间水量平衡图详见图 4.3-1。

本工程正常运行设计耗水指标为 0.026m^3/s • GW。工业用水的重复利用率后续补充。

4.3.1.2.2 淡水水源

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组与 1~4 号机组为同一水源。淡水厂的原水取自蔷薇河。在蔷薇河刘顶河段河堤外建有取水泵站，由两根 DN500 输水管线送至淡水厂。淡水厂的设计规模为 28000m^3/d，取水口、取水泵站及输水管线设计供水能力 30000 m^3/d，可满足核电站 1~6 号机组淡水取用水要求。

上述淡水水源水量充沛，核电厂不会出现淡水供应不足而引起电厂运行中断或启动应急系统的情况。

4.3.2 核电厂散热系统

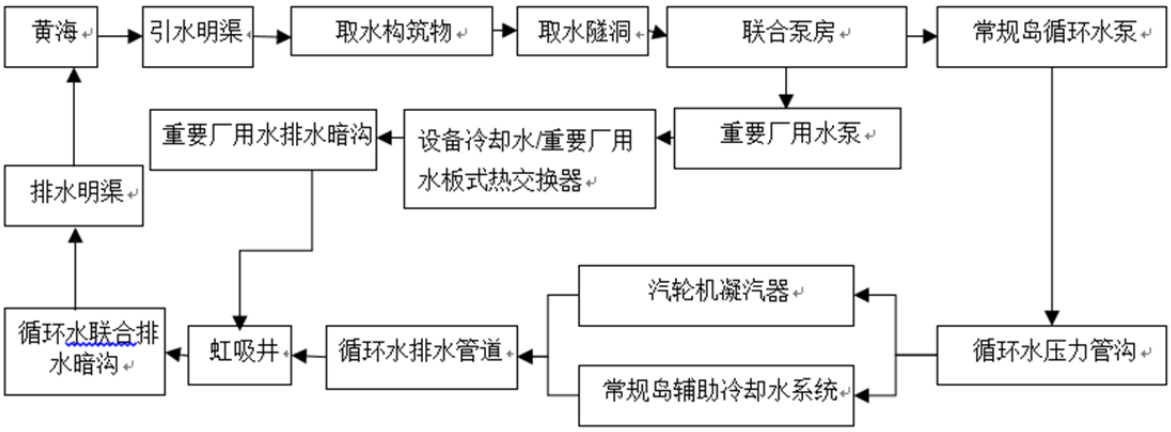
4.3.2.1 海水取排水系统

海水取排水系统的功能主要是为常规岛和核岛提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、核岛重要用水排水以及符合排放标准的液态放射性流出物混合后经排水渠排入海域。

本工程采用海水为冷却水的直流供水系统，循环冷却水北取南排。即在羊山岛北侧设置取水引水明渠，冷却水通过取水明渠进入厂外取水隧洞后，再进入厂区内联合泵房。排水通过排水暗渠排至虹吸井，在虹吸井后采用盾构法排水涵洞将循环水排至南护堤，出护堤后采用排水明渠进行排水。排水口位于南护岸边上。

重要厂用水由重要厂用水泵接出，在执行完冷却功能后由重要厂用水排水管沟排入虹吸井，在虹吸井处与循环水汇合，与循环水一起从循环水排水暗管及近岸短明渠排入黄海。

本工程取排水的主要流程为：



本工程与 3、4 号机组共用取水导流堤、排水导流堤和排水口构筑物。3、4 号机组已建成取水导流堤、排水导流堤、排水口。5、6 号机组将新建取水构筑物和取水口配套服务设施，并进行取水明渠疏浚工程、排水明渠疏浚工程。

本工程与前期工程取排水口之间的关系图详见图 4.3-2 和图 4.3-3。

（1）取水导流堤与取水明渠

取水明渠导流堤包括南、北两条堤，南导流堤总长约为 4177.4m，先向东延伸约 1542.8m，再向东北延长 2634.6m；北导流堤总长约 2628m，先向东延伸约 2128m，再向东北外延 500m。南、北导流堤中心线间距约 320m，南导流堤堤头水深约-7.5m（国家 85 高程）。取水导流堤的建设已涵盖在前期工程中。取水明渠位于南、北两条导流堤之间，按照全厂规划容量八台机组考虑共用，明渠内底标高-9.5m 不变，取水明渠底宽随不同工程规划而不同。1~6 号机组共同运行时取水明渠内底宽约 155m。

在取水明渠进口设置有桩基平台拦污网，可有效拦截海面可能突发出现的数量庞大的浒苔、麦秸秆等漂浮物，避免堵塞取水构筑物的进水口造成局部水头损失剧增。

（2）取水构筑物

在隧洞头部设置隧洞进水构筑物及相应的运行维护设施，其主要功能是保证隧洞在设计潮位下取用所需水量，使其具有良好的进水条件，并防止杂物进入隧洞，在引水系统需要检修时截断水流。

取水构筑物采用潜孔式进水的布置形式。其主要组成部分包括粗格栅、检修闸门、旋转滤网、加氯设施、抓斗清污机、旋转滤网反冲洗设施和起重机等。取水建筑物主要结构为地下钢筋混凝土墩墙，长度约为 150m（包括 7、8 号机组），宽度约为 60m，取水构筑物进口的底标高为-9.6m，取水构筑物前局部明渠底标高为-10.6m，留有 1.0m 的备淤高度，并防止清淤机械触及内部设施。每台机组设置五个进水口门，口门尺寸为 5.5m×5.0m（高），正常运行工况下的口门进口流速为 0.42m/s。每台机对应 5 个进水流道，流道上设置粗格

栅和旋转滤网。取水建筑物属核安全有关物项，其抗震类别均为I类。

（3）取水隧洞

每台机组设置一条取水隧洞，本期工程共设置2条，隧洞内径d=6.5m，长度约L=3.7km，设置有检修闸门可单条隧洞独立检修，正常运行工况下取水隧洞内流速约1.77m/s。

（4）PX泵房

本工程两台机组设置一座联合泵房。联合泵房中设置有鼓形滤网和循环水泵、重要厂用水泵、消防泵等设备。

（5）排水构筑物与排水口

排水采用暗渠+排水导堤+开挖明渠相结合的排水方式。5、6 号机组的循环冷却水排水和重要厂用水排水在厂区排水虹吸井内混合，再通过内径6.1m的排水隧洞排向东南侧，穿过南护岸由排水口排入大海。每台机组设置一条排水隧洞。

3~6 号机组共用一个排水口，位于已建一期排水口南侧。5、6 号机组的排水口随 3、4 号机组一次建成。排水口门由前段的喇叭口结构和后段护坦组成，喇叭口的扩散角为30º，喇叭口结构长度为130m；护坦长80m，高程-3.50m。

（6）排水导流堤与排水明渠

排水导流堤总长1311.978m，分三段布置在厂区东南侧，北段直线段与已建一期排水口北堤堤头相接，长95.928m；曲线段转弯半径500m，长521.635m；南段直线段长694.415m，南端堤头自然水深约-2.0m。排水明渠通过开挖形成。排水明渠底宽、内底标高随不同工程规模而不同。3~6 号机组的排水明渠开挖长约 1455m，明渠内底宽 160m，明渠内底标高-3.5m。

4.3.2.2 淡水取排水系统

（1）取水工程

田湾核电基地所需的淡水均取自蔷薇河。根据中国水利水电科学研究院针对本工程所开展的水资源论证成果表明，蔷薇河能够满足本工程淡水的取水需要。

田湾核电基地的淡水取水口、输水管线和淡水厂已经建成，本工程将沿用这些设施，供应全厂生产用水、生活用水、消防用水以及施工用水。田湾核电基地已建成淡水厂设计规模28000m^3/d。分析表明，取水工程和淡水水厂的设计规模能够满足本工程运行和建设的需要，无需扩建。

（2）排水工程

核电厂运行期间与淡水有关的排水主要来自厂区雨水和生产废水，汇集至虹吸井后，

与海水循环水排水掺混后排入黄海。生活污水处理后回用。

放射性废物见第 4.6 节。

4.4 输电系统

4.4.1 电气主接线

田湾核电站（TNPS）5&6 号机组汽轮发电机的额定功率为 1150MW、cosφ = 0.9、发电机额定电压为 24kV，两台机组分别与三个单相升压变压器（主变）相连，以发电机—变压器组单元接线方式升压至 500kV 接入系统。

发电机与主变压器通过离相封闭母线相连，母线上设有发电机出口断路器，发电机出口断路器的额定短时耐受电流为 210kA 。

500kV 配电装置选用 SF6 气体绝缘的全封闭组合电器(GIS)，采用一个半断路器接线。

根据《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组接入系统设计》报告及《关于田湾 5、6 号机组电力送出线由三回增加到四回修改的确认函》（WPMB-000317-WDEC）及其附件《转发江苏花果山 500kV 输变电工程可研评审意见》（WANL-001640-WCNB），在 5、6 号机组扩建场地将新建 1 座用于本期电力送出的 500kV 开关站，本期 500kV 开关站采用 4 回出线与华东电网连接，2 回进线与 5、6 号机组主变连接；预留下期 2 回主变进线。500kV 配电装置采用户内 GIS 方案。

田湾核电站 5、6 号机组辅助电源接线原方案为在扩建场地新建 1 座 220kV 辅助开关站，作为 2 台扩建机组的辅助电源，开关站电源采用 2 路进线。随着田湾 3、4 号机组的建设，江苏核电有限公司对田湾核电站 8 台机组的备用电源方案重新规划，并委托江苏电力公司相关部门对供电方案进行设计、复核等工作，根据江苏核电有限公司《田湾核电站 220kV 备用电源方案》及讨论会会议纪要，以及江苏省电力设计院《220kV 备用电源一次接入系统设计复核报告》，田湾核电基地 8 台机组远景将共用一套厂内 220kV 备用电源系统，所有机组启备变全部接入厂内 220 kV 备用电源系统。备用电源系统从公用电网接入 2 路 220 kV 独立电源。3、4 号机组建设期间，新建 1 条香河变至田湾核电站的 220 千伏输电线路;现有云台变至田湾核电站的 220kV 线路随田湾核电站备用电源容量增长适时增容改造；现有 220kV 备用开关站将由单母线改为双母线接线。这一设想已获得江苏省电力公司的同意并取得正式批文。

按照上述边界条件，本阶段对 5、6 号机组备用电源建设方案进行了修改，即 5、6 号机组备用电源从厂内现有 220kV 开关站引接，在改造后的 220kV 开关站扩建 2 个双母线间隔用于机组的备用电源。

厂外 220kV 备用电源经两台 220/6.9kV，34MVA 厂用备用变压器（或称辅助变压器）

降至6.9kV，作为核电厂厂用电的备用电源。

4.4.2 开关站的选型和布置

田湾核电站扩建工程5、 6号机组地处海边，所有电气设备都必须考虑盐雾腐蚀的影响，为提高电气设备供电的可靠性、安全性，500kV与220kV开关站都是室内型，500kV和220kV配电装置采用SF6气体绝缘组合电器（GIS）。

500kV和220kV开关站位置在厂区的南部，出线向南。主变压器及其厂用备用变压器布置在汽轮机厂房附近。

4.4.3 与电力系统的连接

结合江苏近期电力发展的态势和江苏经济发展规划、发展潜力、经济结构调整和工业化进程，在多种方法预测的基础上，并参考沿海经济发展较快的省市电力需求增长情况以及对江苏省电力需求的预测，综合考虑电力平衡，针对核电站的机组容量，田湾核电站（TNPS）5&6号机组本期500kV配电装置拟采用4回出线与华东电网连接，2回进线与5、6号主变GIS连接；预留下期2回主变进线；共计通过4回500kV线路接入电网。

4.5 专设安全设施

4.5.1 安全壳系统

4.5.1.1 安全壳性能设计

安全壳是防止裂变产物释放的第三道屏障，在反应堆正常运行和发生重大事故时，安全壳是阻挡放射性物质释放到环境中去的最后一道核安全屏障。为工作人员和公众提供辐射防护，并可保护核岛免受外部人为事件影响。

安全壳结构设计成能承受设计基准事故引起的机械应力和热应力。设计基准事故是在专设安全设施运行情况下安全壳内反应堆冷却剂系统管道瞬时双端断裂事故或二回路系统管道瞬时双端断裂事故。安全壳在极限安全地震动（SL-2）、小型飞机坠落和火灾等外部事件造成的载荷下应保持其机械完整性。安全壳设计要求能保护地下水，不使放射性核素或化学物质在事故工况下渗漏到地下水中。

事故后最初几分钟内安全壳的压力和温度迅速上升到峰值。喷淋系统的投入使压力和温度下降，下降的速率使安全壳的热应力和压力都是可以接受的。

安全壳采用预应力混凝土结构。竖向为一圆筒型壳体，底部连接于钢筋混凝土板，顶部通过环梁与一扁球形的预应力混凝土穹顶相连。筒壁上设有相对的四个扶壁，底板下部外围有一锚固廊道。整个安全壳内表面设有防泄漏的钢衬里，以保证安全壳的整体密封性。

4.5.1.2 安全壳热量排出系统

安全壳热量排出系统用于在设计基准事故下限制安全壳的压力和温度，以保持安全壳的完整性，此项功能是由安全壳喷淋系统（EAS）实现的，即在发生引起安全壳压力和温度上升的事故后（失水事故或二回路管线破裂事故），安全壳喷淋系统（EAS）投入运行以降低安全壳内的压力和温度，从而减小安全壳的泄漏率；同时，在一回路管道破裂事故情况下，也减少了安全壳内的气载裂变产物量（特别是碘），从而降低安全壳内的气体放射性水平，减轻安全壳外的放射性后果。

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

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

安全壳喷淋系统为实现其功能，向安全壳内喷淋混合有氢氧化钠的含硼水。

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

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

安全壳喷淋系统设计能迅速降低安全壳的压力和温度：在直接喷淋阶段，用至少一个喷淋系列提供额定值为850m^3/h的流量，为了最大限度地导出安全壳内的热量，选取了适当的喷头喷淋的液滴直径。

安全壳喷淋系统的两台喷淋泵提供的最小流量可排出安全壳大气中排出的热量，并满足安全壳应力强度的允许要求。

EAS系统设计成可运行长达数月并且用于长期余热导出。在严重事故下，如果安全壳喷淋系统失效，可以利用安全壳临时喷淋系统来降低安全壳压力。

4.5.1.3 安全壳隔离系统

安全壳隔离系统在设计基准事故下，将安全壳贯穿件隔离阀关闭，以减少放射性物质对大气的释放。本节涉及假想事故时用于隔离安全壳的贯穿件阀门。

（1）设计基准

安全壳隔离系统设计符合RCC-P设计准则第2.1.3条款的要求。

1）在LOCA时，安全壳隔离系统用于隔离与工程安全设施无关的安全壳贯穿管路，以减少放射性物质向大气的释放；

2）在主蒸汽管路破裂时，蒸汽管路隔离信号隔离蒸汽发生器，以防止反应堆冷却剂系统（RCP）过快降温，或安全壳超压；

3）在安全壳内发生燃料操作事故时，安全壳隔离系统隔离安全壳大气，以控制放射性物质向安全壳外侧大气的排放；

4）安全壳隔离系统设计满足单一故障准则；

5）安全壳隔离系统能够防御内部飞射物和管道甩击；

6）安全壳隔离系统的机械设备属安全2级，电气设备的安全级为1E级；

7）安全壳隔离系统设计成能够承受LOCA后环境条件；

8）安全壳隔离系统能承受至少与安全壳试验压力相等的外部压力；

9）安全壳隔离系统设计成在极限安全地震动（SL-2）情况下仍能保持其功能，按抗震1类设计；

10）安全壳外侧的安全壳隔离阀尽可能安装在靠近安全壳处。

（2） 系统描述

1）若贯穿安全壳的管路属主回路的一部分，或者直接与安全壳内大气相通，或不满足在安全壳内侧形成封闭系统的要求，应按下列方式之一设置隔离阀：

— 安全壳内侧一个锁闭的隔离阀，安全壳外侧一个锁闭的隔离阀；

— 安全壳内侧一个自动的隔离阀，安全壳外侧一个锁闭的隔离阀；

— 安全壳内侧一个锁闭的隔离阀，安全壳外侧一个自动的隔离阀；

— 安全壳内、外侧各一个自动隔离阀；

— 对于事故后要求运行，而在安全壳内侧不可能操作的情况，在安全壳外侧设置两个自动隔离阀；

— 在完全满足下列条件情况下，可在安全壳外侧设置一个自动隔离阀：

- 系统在安全壳外是封闭的；
- 系统能适应能动部件的单一故障；
- 系统属于工程安全设施；
- 安全壳贯穿件直至所含阀门之间的回路部分封闭在一个密封的包壳内。

2）对于贯穿安全壳但既不是主回路的一部分，也不直接与安全壳内的大气相通，并满足在安全壳内是封闭系统的各条管路，至少在安全壳外设置一个安全壳隔离阀。该阀可以是自动隔离阀、锁闭的隔离阀，或远距离手动操作的隔离阀。

3）对于在安全壳内和安全壳外都是封闭系统的某些仪表管线，不设安全壳隔离阀。

（3） 系统运行

安全壳隔离系统有隔离阀、执行机构、信号系统及动力供应系统组成。安全壳隔离分两个阶段启动：A阶段和B阶段。

1）出现下列情况之一时，产生安全壳A阶段隔离：

（A）稳压器低—低压力；

（B）安全壳内高压（高压2）；

（C）蒸汽管路高流量，同时出现蒸汽管路低压力，或反应堆冷却剂低—低平均温度；

（D）任一蒸汽管路低压力；

（E）手动启动。

信号（A）和（B）表明发生了LOCA事故，自动启动相应安全壳隔离。

信号（C）和（D）表明发生了蒸汽管路断裂事故，信号（C）自动启动蒸汽管路的隔离。

A阶段的隔离信号隔离那些专设安全设施（ESF）的运行所不需要的，且其隔离不会增加安全壳设备受损坏的可能性的贯穿安全壳的所有工艺管路，与A阶段隔离动作同时，应急柴油发动机启动，安全注入泵及支持系统投入运行。

2）B阶段隔离由安全壳内高压（高压4）信号或手动启动。

B阶段隔离信号隔离那些在A阶段没有隔离的，且专设安全设施（ESF）运行所不需要的贯穿安全壳的工艺管路。这些管路属于反应堆冷却剂泵冷却水供水管路。在B阶段隔离的同时，启动安全壳喷淋系统。

在接到下列信号之一时，启动蒸汽管路隔离：

（A）蒸汽管路高流量，同时出现蒸汽管路低压力，或反应堆冷却剂低—低平均温度；

（B）低—低蒸汽管路压力；

（C）安全壳内高压（高压3）。

高放射性信号（燃料操作事故等）隔离下列管线：

（A）安全壳换气通风系统（EBA）；

（B）安全壳大气监测系统（ETY）：小风量扫气和氢复合系统贯穿件；

（C）核岛疏水排气系统：反应堆疏水、地板疏水、工艺疏水贯穿件。

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

对于能从安全壳大气通往外界环境的管线，阀门的关闭时间小于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。

一些安全壳隔离阀可由反应堆保护系统（RPR）自动启动。

4.5.1.4 安全壳可燃气体控制

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

本系统中控制事故后安全壳内氢气浓度的设备，属专设安全设施。

（1）氢的主要来源和采用的假设

当电厂发生LOCA事故时，氢气释入安全壳，其主要来源如下：

— 堆芯和地坑水的辐照分解；

— 锆—水反应（燃料包壳的锆合金受到事故期间冷却剂或蒸汽的侵蚀）；

— 安全壳中的金属（铝和锌）受到安全壳喷淋水中添加溶液的腐蚀；

— 反应堆冷却剂中的氢。

为此，电厂设置安全壳内可燃气体控制系统，以维持在设计基准事故时安全壳内大气的氢浓度低于4%体积浓度的最低可燃浓度极限。

（2）设计基准

1）系统的独立性：本系统为每台机组专用，但氢气复合器可以用于其它机组；

2）单一故障准则：系统中属于专设安全设施的所有能动部件均冗余设置；

3）安全壳隔离：由于本系统与安全壳内大气直接连通，每个贯穿安全壳的回路上设置两个安全壳隔离阀。事故时，隔离阀在无外电源情况下可在一秒内关闭。

4）耐压能力：

安全壳内及第二个安全壳隔离阀前的管路和设备能承受安全壳试验压力及失水事故下工况的压力、温度和放射性等条件。

安全壳外用于混合、复合或小流量扫气的管路和设备设计成在其投入使用是能承受安全壳的空气压力、温度和辐射影响，并在安全壳加压情况下能承受压缩机提供的最高压力。

（3）系统描述

1）混合、取样和复合系统

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

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

LOCA后，被处理的空气经氢复合器，通过三步处理：

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

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

2）小流量扫气系统

它是直流式系统。利用上述监测回路上设置的接头吸取安全壳内空气，经过过滤后再通过燃料厂房排风系统的排风管排到烟囱。过滤系统包括一台电加热器，一个空气流量调节阀，一台前置过滤器，一台高效过滤器和一台除碘器。

（4） 系统运行

1）控制事故后安全壳内氢浓度

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

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

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

2）安全壳内空气监测

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

3）小流量扫气测

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

小流量扫气系统启动根据需要进行，以便在适当条件下人员进入安全壳内进行维修。

4.5.1.5 安全壳密封性试验

（1）试验的类型和目的

1）强度试验：在机组投入运行之前进行安全壳强度试验，以证明它能经受LOCA事故工况和主蒸汽管断裂事故（MSLB）工况的能力。试验在冷态下进行，安全壳设计考虑LOCA时的最大环境温度为145℃。

强度试验期间，安全壳内大气在环境温度下，加压到0.483MPa（表压）的试验压力，等于安全壳设计压力0.420MPa（表压）的1.15倍。

2）安全壳贯穿件的局部密封性试验

试验的目的是为了测量和就地探测安全壳贯穿件的泄漏。

局部密封性试验分为B类试验和C类试验，试验可以采用局部加压测量压降或直接测量泄漏流量的方法。

B类试验涉及以下部分：

- 燃料运输通道盲板的密封件；
- 电气贯穿件外壳；
- 人员空气闸门的密封装置，包括贯穿件；
- 设备闸门的密封装置。

C类试验涉及安全壳管道贯穿件上的所有隔离阀和止回阀，但那些在二回路水或蒸汽系统上的阀门以及那些只能在A类整体性密封试验中被检查的阀门除外。

3）安全壳整体密封性试验

试验目的是在安全壳建造完毕之后和反应堆装料之前测量安全壳的整体泄漏率。在安全壳设计压力0.42MPa（表压）下进行整体密封性试验。

（2）试验描述和验收准则

1）安全壳整体密封性试验

（a）试验前的条件

— 安全壳安装了永久性的密封、隔离装置和贯穿件；

— 完成了试验前的目视检查；

— 一旦安装好永久隔离装置，则要进行B类或C类试验，以探测相应贯穿设备的泄漏率。

— 此类试验涉及的系统和设备应尽可能处在假想LOCA条件下。

（b）方法

利用“绝对法”测量泄漏率，即通过测量压力的变化来确定安全壳中干空气质量的相对变化。测量值按平均温度和湿度的波动进行修正。

（c）仪表

采用的仪表有：温度传感器、湿度传感器、压力传感器。

（d）试验步骤

试验开始时，在 0MPa（表压）下进行测量，以校核测量的有效性和估算仪表引起的误差。

在 0.1MPa（表压）下进行泄漏率探测试验，如果发现较大的泄漏，要对泄漏点进行修复，然后重新进行整体试验。

在 0.21MPa（表压）（0.5P）下进行一次完整的泄漏率测量，以得到粗略的泄漏值。

在 0.42MPa（表压），即安全壳设计压力（P）时，分两次间隔进行测量，两个时段各历时 24 小时，中间阶段压力达到 0.483MPa（表压）（1.15P）的试验压力（强度试验）。

（e）验收准则

如果满足下列准则，则试验满足要求：

Fm + △Fm < 0.160% / 24 小时（试验条件下安全壳内气体质量）。

2）安全壳贯穿件的局部泄漏率试验

（a）概述

其泄漏率占安全壳整体泄漏率的一部分，需要检验和改善每个部件的密封性。

（b）整体泄漏率在安全壳各部件的分配

局部试验期间安全壳屏障各部分的允许泄漏率取决于所用密封系统的类型（例如，密封件、焊接、阀门等），部件的功能，密封件的预计老化以及产生磨损的工况（尤其是人员闸门、密封圈和阀门的磨损）。

（c）B 类和 C 类局部密封试验的验收准则

B 类试验的部件的泄漏率必须低于下列数值，所有泄漏率都表示为安全壳整体允许泄漏率的百分数：

电气贯穿件：1%，对所有电气贯穿件的总泄漏率；

人员闸门：1%，对每个闸门；

设备闸门：1%；

燃料转运通道盲板法兰：1%。

C类试验涉及安全壳管道贯穿件上的所有隔离阀和止回阀，但那些在二回路水或蒸汽系统上的阀门以及那些只能在A类整体密封试验中被检查的阀门除外。承受C类局部试验的所有隔离阀的总泄漏率：50%。

4.5.2 裂变产物去除和控制系统

在事故工况下，特别是一、二道实体屏障出现破损是，安全壳内将有大量气载放射性物质。安全壳喷淋系统为此提供了有效的抑制手段，将可能泄漏出安全壳的高活度液体收集后重新注回安全壳内，并由特定的通风系统对泄漏的气载放射性物质进行“动态密封”和过滤排放以维持一定的室内环境条件。

同时，核电厂设计中针对事故情况下裂变产物的释放设计了专门的系统和专门的空气过滤措施。除了维持主控室在事故工况下可居留性的空调系统（DVC）以外，还设置了与安全及质量有关的确保净化和确保冷却的两种通风系统。

4.5.2.1 专设安全设施的过滤系统

（1） 主控制室空调系统（DVC）

1）设计基准

提供一个温度适宜，空气质量好的环境，以保证工作人员舒适，健康和安全以及设备能有效运行和完好。

在正常运行和应急工况期间保持控制室内的压力高于大气压，以防止室外空气渗入。

DVC 系统中的一部分在应急工况期间是用来保证控制室的可居留性的，这一部分称为应急过滤通风机组。

2）系统说明

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

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

DVC 系统设计考虑以下事故：

— 厂外电源丧失

为了维持控制室的可居留性，正常空调机组和应急过滤通风机组由柴油发电机组作为应急电源。

— 地震

进入可居留区域的风管和其它设置有安全级设备的房间的风管设计成能承受极限安

全地震动（SL-2）。

— 功能丧失

DVC系统的设计满足能动部件单一故障准则，保证DVC系统能够连续运行。两个应急过滤系列是同时运行的，因为风机是两台100%冗余的，在一个系列丧失功能的情况下，另一个系列执行其功能。

3）应急过滤通风机组的功能

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

（2） 燃料厂房的通风系统（DVK）

1）设计基准

DVK系统设计成能完成如下任务：

为设备的正常运行及工作人员进入维持一个适宜的环境温度；

维持厂房压力略低于大气压力，以减少气载放射性物质的泄漏；

在机组正常运行期间，限制厂房内相对湿度以防止乏燃料水池大厅壁面结露；

在下列情况下，减少排风中的气载放射性物质浓度：燃料装卸事故；乏燃料水池大厅内的高放射性水平；LOCA。

2）系统说明

在正常运行期间，DVK 系统以“直流式”的全新风系统运行。在事故情况下，DVK系统以低流量碘排风过滤系统运行。在燃料装卸事故时，低流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。在LOCA情况时，低流量排风与±0.00m以下房间的通风相连接。为了在机组所有运行模式下，维持适当的环境，当任一风机或自动隔离阀出现单一能动故障时，设计的系统都能保持其功能。事故工况下使用的低流量排风子系统，设有应急电源。DVK 系统由控制室远距离控制。

3）低流量排风子系统的功能

本机组与正常排风子系统的排风管道相连接，并接至NX区烟囱。在燃料装卸事故或高放射性水平情况下，由放射性监测系统自动将系统从正常运行模式切换到低流量排风运行模式，也可在控制室或乏燃料水池大厅手动完成。

放射性气体在运行层与隔离阀之间的扩散和传递时间比隔离阀的驱动和快速关闭时间长。而且，在排到室外之前经过过滤和吸附，这样，就不会发生有放射性气体被失控释放的事件，从而保护环境，并确保运行人员的辐照水平低于允许限值。

（3） 外围设备间通风系统（DVW）

1）设计基准

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

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

DVW 系统是连续运行的。

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

2）系统说明

在事故后所有运行模式期间，为减少释放到周围环境中的放射性，用于事故工况的碘排风子系统，设计成在任一部件单一故障时，仍能保持其功能，并接有应急电源。

DVW 系统是与安全相关的系统，本系统设计考虑了以下事故：

— 厂外电源丧失

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

当正常运行时，二台碘排风风机中的一台必须从控制室启动。

— 地震

DVW 系统设计承受极限安全地震动（SL-2）。

— 功能丧失

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

— LOCA 或蒸汽管道破裂

碘排风子系统由安注信号自动启动。

— 碘吸附器失火

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

3）碘排风子系统的功能

碘排风子系统在接到安注信号后，两台碘排风风机中的一台立即自动启动，这样 DVW

碘排风子系统的过滤器和碘吸附器就能在LOCA事故后，对从安全壳贯穿件泄漏的裂变产物进行去除，以减少释放到周围环境中的放射性。

4.5.2.2 安全壳喷淋系统

4.5.1.2 节中已经描述了安全壳喷淋系统（EAS）。本节着重讨论该系统的化学添加剂子系统。

（1） 概述

安全壳喷淋系统（EAS）的一个重要功能是去除裂变产物。LOCA事故后裂变产物弥散到安全壳大气中，需要通过喷淋液的水滴来吸附裂变产物，特别是放射性碘。喷淋液通过布置在安全壳穹顶下的大量喷头喷淋到安全壳内。使得喷淋液滴和安全壳大气之间有很大的接触表面积，从而使喷淋液具有足够的吸附裂变产物的能力。为了增强喷淋液对碘的吸收能力，在喷淋液中加入了氢氧化钠。

化学添加剂系统按安全3级和抗震1类设计。非能动设备，如化学添加箱，为两列共用；系统主要由两个容量为100％的相同的且独立的管线组成。系统的设备有防灾害的保护措施。

（2） 系统设计

1）化学添加剂子系统

该子系统的设置是为了控制pH值，使pH值维持在9.4左右，一方面可以防止金属构件的腐蚀，另一方面控制由于金属与水反应及金属腐蚀产生的氢和氧的释放。为此，该子系统提供了重量浓度为 30％的氢氧化钠溶液。溶液贮存箱的设计能保证防止添加剂出现沉积、化学反应和分解。

化学添加剂子系统利用泵和喷淋总管输送化学添加剂并将其喷淋到安全壳大气中。化学添加箱的氢氧化钠溶液被混入来自换料水箱（PTR 001BA）的水中，并且由EAS泵送到EAS喷淋环管和喷头。

子系统包括：一台装有氢氧化钠溶液的贮存箱（化学添加箱EAS 001BA）；一台氢氧化钠搅拌泵，及化学添加剂子系统仪表和控制装置；两台喷射器（每个系列一台喷射器）用于吸入氢氧化钠并将其注射到喷淋水中，来自喷淋泵的加压水注入喷射器并使其工作。

2）设计参数

为了有效的和快速地排除碘，系统的设计参数为：

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

因此，除碘能力不会受影响。

3）运行方式和给水源

（a）运行方式

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

化学添加剂子系统在安全壳喷淋系统（EAS）启动后5分钟自动启动并由化学试剂添加箱的低液位信号自动停止。

（b）给水源

直接喷淋水来自换料水箱PTR 001BA，并向其中添加NaOH溶液；

再循环喷淋水来自下列混合物：

— 换料水箱的水；

— 注入到喷淋水中的化学添加剂；

— 进入安全壳内的混有裂变产物以及放射性腐蚀产物的反应堆冷却剂；

— 来自安注箱的水；

— 来自硼注入箱的水。

4）材料

与氢氧化钠溶液相接触的系统的所有部分都是奥氏体不锈钢制造的。

4.5.2.3 裂变产物控制系统

为了保持安全壳高度密封，在设计中采取了许多措施。安全壳墙体、衬焊接钢板、机械和电气贯穿件、隔离阀、人孔盖和气闸等都具有密封功能，可在事故时限制放射性物质向环境释放。

在失水事故和蒸汽管道双端断裂事故工况下，安全壳喷淋系统通过向安全壳内注入大量喷淋水，降低安全壳内、外压差，使安全壳大气中的裂变产物向厂外泄漏量减少，从而限制厂外的放射性水平。

4.6 放射性废物系统和源项

4.6.1 放射性源项

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，裂变产生的放射性核素基本上都包容在燃料元件芯块与包壳之内，只有极少量的裂变产物会由于燃料元件破损而泄漏到反应堆冷却剂中，或者由极少量的燃料元件加工制造过程中的表面铀沾污而直接进入主冷却剂。同时裂变产生的中子使反应堆冷却剂自身以及腐蚀产物、控制棒、

硼酸和其它材料受到激活而产生中子活化及活化腐蚀产物。这些裂变产物及活化腐蚀产物是主冷却剂系统及相关系统的主要放射性来源，其中蒸汽发生器传热管束的泄漏还有可能造成二回路系统的污染。

4.6.1.1 堆芯积存量

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组堆芯放射性积存量的主要计算参数如下：

- 设计堆芯额定热功率 2895MW；
- 燃料元件为全 M5 AFA-3G 燃料组件；
- 堆芯组件共有 157 盒，首循环为年换料，后续循环采用 18 个月换料模式，每次卸出 68 盒燃料组件。

本工程堆芯裂变产物积存量设计值见表 4.6-1 所示。

4.6.1.2 一回路冷却剂中放射性活度

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；
- 由晶间扩散、俘获、分离反冲、击出和排出等各种机理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的芯块与包壳的间隙中，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率、泄漏率等）后的反应堆冷却剂系统中裂变产物的总估算。

反应堆冷却剂系统的放射性水平取决于燃料包壳的缺陷特征和造成裂变产物从燃料组件包壳到反应堆冷却剂的穿越现象的特性。当燃料元件不存在缺陷时，则同元件表面的铀污染水平相关。

反应堆主冷却剂中活化腐蚀产物产生的主要机理有：

- 母体金属的氧化、腐蚀和侵蚀释放、溶解、结晶和沉淀；
- 腐蚀产物的形态和相应的净化机制；
- 在回路中的迁移、活化、衰变和泄漏。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组一回路冷却剂中的裂变产物和腐蚀产物在不同工况下的放射性水平均采用参考机型的数据，分别由 PROFIP-V 和 PACTOLE 程序计算得到。所有数据都针对一台核电机组给出。

PROFIP-V 程序是 CEA/DEN/SEN 在法国压水堆核电站燃料组件试验和运行经验反馈

的基础上进行研制并经过验证的裂变产物和锕系元素源项计算程序。该程序可以模拟裂变产物在燃料内的产生、逃脱、通过燃料元件的破损包壳向一回路冷却剂迁移过程以及在反应堆冷却剂系统中的行为。

PACTOLE 程序是由 CEA、EDF 和 FRAMATOME 联合开发，用于计算压水堆一回路中腐蚀产物的分布及源强，在该程序中，一回路冷却剂系统被划分成一系列分区，每一个分区对应某个重要部件或其中一部分。分区参数主要包括几何结构参数、热工水力参数、中子学特征参数等几类。

在进行源项计算时，采用如下两套假设：

1）工况 A（现实工况，Case A）：基于电厂寿期内正常运行和预期运行事件条件下放射性释放的现实源项。对应于“0.55GBq/t I-131 当量”（法国同类电站 200 个堆年的运行平均值），该工况反映机组长期正常运行的主冷却剂放射性活度水平的平均值。

2）工况 B（保守工况，Case B）：关于反应堆冷却剂活度的保守计算，它用于制定电厂运行的规定限值，并用于放射性废物处理系统的源项设计，也是最大设计源项值。对反应堆冷却剂比活度稳态值采用如下假设：

- 0.55GBq/t I-131 当量，在最初 1/4 燃料循环周期；
- 4.44GBq/t I-131 当量，在中间 1/2 燃料循环周期；
- 37GBq/t I-131 当量，在最后 1/4 燃料循环周期。

其中，“4.44GBq/t I-131 当量”是国际运行 PWR 95%置信度的包络值，是运行技术规格书规定的稳态运行的最高值。电厂运行规程规定，当主冷却剂的 I-131 当量活度水平达到 37GBq/t 时，反应堆将在 6 小时内实现热停堆。

稳态时的腐蚀产物活度是用 PACTOLE 程序计算出的。瞬变及冷停堆的腐蚀产物活度，不能用程序计算出，采用了法国电站运行经验反馈数据。作为保守估计，在 4.44GBq/t 和 37GBq/t I-131 当量稳态运行期间，腐蚀产物的活度推断为工况 A 的 3 倍。其中冷停堆时主要腐蚀产物(Co-58，Co-60，Ag-110m，Sb-124)的活度为法国 1300MW 核电站记录的最大值。

表 4.6-2、4.6-3、4.6-4 分别给出了 0.55GBq/t、4.44GBq/t、37GBq/t I-131 当量运行期间的一回路冷却剂中放射性核素比活度。

反应堆冷却剂中氚的主要来源包括燃料中裂变产生的氚通过包壳的扩散，以及反应堆冷却剂中用于控制反应性的可溶硼和用于控制反应堆冷却剂 pH 值的锂(Li-6)的活化。

本工程氚排放计算中涉及的主要参数如下：

（1）反应堆热功率：2895MWt

（2）氚通过燃料包壳进入主冷却剂的年扩散率：

– CASE A：2%；

– CASE B：3%。

（3）氢氧化锂中 6Li 的丰度：

– CASE A：0.02(atm)%;

– CASE B：0.04(atm)%。

本工程单台机组每年的氚排放设计值为：

– CASE A：26.72TBq；

– CASE B：36.23TBq。

压水堆里，C-14 是由中子与在存在于氧化物燃料和慢化剂里的 O-17 的（n，α）反应生成的，此外也由于中子与燃料中的杂质 N-14 的(n，p)反应以及三元裂变产生的。

本工程单台机组每年的 C-14 释放量的设计值如下：

– 气态：425GBq；

– 液态：31GBq。

4.6.1.3 二回路系统中放射性活度

二回路系统的污染是由于蒸汽发生器的管束出现泄漏造成的。

在考虑二回路系统放射性活度时作如下假设：

一回路向二回路系统的泄漏，假定三台蒸汽发生器各自都存在 0.5kg/h 的常年泄漏项，其泄漏时间为每年 7000 小时，然后三台蒸汽发生器中只有一台发生每年两个月的附加泄漏，且附加泄漏的时间段与常年泄漏的末期重合，附加泄漏率为 0-72kg/h 线性变化，其它时间附加泄漏为 0。并假设是在较为不利的情况下，即考虑反应堆运行在 37GBq/t I-131 当量比活度下发生泄漏，这种假设是非常保守的，因为根据运行技术规格书的规定，当主冷却剂中的放射性活度水平达到 37GBq/t I-131 当量时，必须在 6 小时内实现反应堆停堆。

二回路水和蒸汽中各放射性核素最大的放射性活度水平设计值见表 4.6-5 所示。

4.6.2 放射性废液处理系统及源项

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

– 硼回收系统（TEP），

– 废液处理系统（TEU），

– 核岛液态流出物排放系统（TER），
– 放射性废水回收系统（SRE），
– 核岛疏水排气系统（RPE）。

其它已被污染或可能被污染的废液由下列系统收集、处理或排放：

– 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和处理系统（PTR），
– 蒸汽发生器排污系统（APG），
– 常规岛废液收集系统（SEK），
– 常规岛液态流出物排放系统（SEL）。

4.6.2.1 硼回收系统（TEP）

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

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

（1）设计基准

TEP 系统为两台机组共用，位于核辅助厂房。系统设置了两条生产线，每条生产线由净化、水与硼分离和除硼三部分组成。在正常运行情况下，净化部分是一条生产线对应一台机组，水和硼酸分离部分为两台机组共用；除硼部分有两台阴床除盐器（TEP005/007DE），一座反应堆对应一台除盐器，接收从化学和容积控制系统（RCV）来的含氢反应堆冷却剂，在除盐器中除硼，然后再返回到 RCV 系统；另一台混床除盐器（TEP006DE）为两堆共用，可用于水和硼酸分离后蒸馏液的进一步除硼（当硼浓度大于 5ppm 时），以及在反应堆开盖前对反应堆冷却剂净化处理。三台除盐器处理能力均为 27.2m^3/h。

本系统设计成能处理电站以基本负荷或负荷跟踪运行时所产生的含氢反应堆冷却剂，再加上电站每年每个机组多次停堆和启动瞬变时所产生的含氢反应堆冷却剂。

本系统的前贮槽和净化部分可接收和处理每台机组的 RCV 系统来的最大下泄流（27.2m^3/h），两条生产线独立运行，在正常运行期间，每条生产线对应一个机组，又能互相备用，每条生产线的处理能力为 27.2m^3/h。

前贮槽的部分容积还能用来接收余热导出系统（RRA）在 180℃冷却开始时的中间热

停堆期间所排出的反应堆冷却剂。

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

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

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

本系统蒸发部分将反应堆冷却剂分离为蒸馏液和浓缩液，处理能力为 3.5m^3/h。蒸馏液经冷却后，含硼量低于 5ppm，通常可作为反应堆补给水复用，当一回路氚的浓度高于控制值时，TEP 蒸馏液直接送往 TER 系统监测、排放；浓缩液含硼量为7000ppm，质量合格时可作为4%硼酸溶液复用。

（2）系统描述

TEP 系统由三部分组成：

– 净化部分：包括前贮槽、过滤器、除盐器和除气装置。
– 水和硼酸分离部分：包括中间贮槽、蒸发装置、蒸馏液监测槽和浓缩液监测槽。
– 除硼部分：设两台阴床除盐器对 RCV 来的含硼反应堆冷却剂直接除硼，一台机组对应一台除盐器。还设有一台混床除盐器，用于蒸馏液的进一步除硼和在反应堆停堆大修期间对反应堆冷却剂净化处理。

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

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

三个中间贮槽共用一台混合和输送泵。

用蒸发器供料泵将已经过净化处理的反应堆冷却剂从一个中间贮槽抽出，送至外热式强制循环蒸发器的下循环管线内，即强制循环泵的上游，通过蒸发装置的分离操作，得到浓度约 4%的硼酸溶液和蒸馏液。两者经过冷却后分别收集在浓缩液监测槽和蒸馏液监测

槽内，经取样分析监测合格后用浓缩液泵和蒸馏液泵送到反应堆硼和水补给系统（REA）的4%硼酸贮存槽和反应堆补给水箱内待复用。

如果蒸馏液中硼含量偏高（＞5ppm）时，则可以在混床除盐器中进一步进行除硼处理。在反应堆冷停堆前也可用除盐器对反应堆冷却剂进行净化处理。

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

TEP系统的设备全部安装在核辅助厂房内。

（3）系统运行

a）正常运行

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

中间贮槽、蒸发装置、蒸馏液监测槽和浓缩液监测槽是两台机组共用的。

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

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

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

前贮槽的液位与压力检测系统自动控制除气塔的启动和停运。

前贮槽的正常液位控制在10～28 m^3之间，以确保前贮槽在净化部分不能使用时，仍能贮存反应堆以最大排放速率（27.2 m^3/h）送来的冷却剂至少半小时的量。

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。

蒸发操作前，要先用输送和混合泵将中间贮槽中的料液连续搅动混合，然后取样分析。

蒸发器手动启动，操作稳定后，改为自动运行。

蒸发产生的二次蒸汽经蒸馏液冷凝器冷凝后，再经蒸馏液冷却器冷却至50℃，进入蒸馏液监测槽。

在蒸馏液监测槽中的蒸馏液通过取样分析后有以下几种出路：

– 如果蒸馏液的水质满足反应堆补给水要求，则由蒸馏液泵将其直接送到 REA 反应堆硼和水补给系统作补给水使用；
– 如果蒸馏液中硼含量略高，则将其送到阴床除盐器进一步除硼后送 REA 使用；
– 如果蒸馏液不合格，需再处理时，则用蒸馏液泵打回中间贮槽去，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，通过废液处理系统（TEU）的排放管将含氚高的蒸馏液送到核岛液态流出物排放系统（TER）排放。

蒸发器中的浓缩液自动排出，经浓缩液冷却器冷却后进入浓缩液监测槽。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

– 如果浓缩液合格，则用浓缩液泵送到 REA 反应堆硼和水补给系统作为补给硼酸用；
– 如果浓缩液不合格，则经浓缩液泵返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；
– 如果浓缩液不合格，也可用泵送到废液处理系统（TEU）工艺排水接收槽，由 TEU 系统除盐器处理；
– 在浓缩液放射性浓度太高的情况下，送至固体废物处理系统（TES）处理。

b）特殊运行

– 在打开反应堆压力容器前，利用除气塔对反应堆冷却剂进行除气。

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

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

– 用蒸发器对由除盐水分配系统（SED）来的补给水除氧。

当 REA 硼和水补给系统的一个水箱空着需补水时，可以用本系统的蒸发器对除盐水（由 SED 除盐水分配系统来）进行除氧，使其达到补给水要求。这是 TEP 系统的一个特殊任务。此时，要求在蒸发器运行前，除盐水须送入本系统的中间贮槽，蒸发后的二次蒸汽冷凝液送到 REA 系统需要补给水的水箱内。

– 对含氧太高的 REA（硼和水补给系统）补给水除氧。

这项操作也是本系统的一个特殊任务。其要求与上述相同，须在蒸发器运行前，将需除氧的补给水经由输送和混合泵送入本系统的一个中间贮槽，然后由该中间贮槽向选定的蒸发器供料。除氧后的蒸馏液用蒸馏液泵送回 REA 系统的补给水箱。

– 一条净化生产线不能使用时的运行。

在这种情况时，与不能使用的净化线相对应的反应堆来的冷却剂应排到另一座反应堆用的前贮槽中去。除了当前贮槽的容积余量太小而不允许中间热停堆外，允许两座反应堆继续运行。

4.6.2.2 废液处理系统（TEU）

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

（1） 设计基准

废液处理系统的设计基准是确保核电厂液态流出物的年排放量和排放浓度低于国家规定的限值，使公众和运行人员所受的辐射照射满足”可合理达到尽量低”的ALARA原则。

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

本系统是两堆共用，位于核辅助厂房内。所有贮槽均布置在相应的设备间内，设备间设计成可滞留贮槽泄漏或破损时流出的放射性废液。

（2） 系统描述

废液根据放射性浓度和化学成分由RPE系统分类收集，然后送至TEU系统贮槽分别贮存。

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

a）除盐工艺包括：

– 两个工艺排水接收槽。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。
– 一台工艺排水泵，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过滤后经TER系统监测、排放。
– 一台预过滤器。用于去除悬浮物质，以保证除盐器效率。
– 三台串联的除盐器。
– 两台树脂滞留过滤器。

经过处理后的废液进入监测槽。

b）蒸发工艺包括：

– 两个化学排水接收槽以及两个废液接收槽，用于废液的收集、贮存、混和、取样分析和pH值调节。
– 一台化学排水泵，用于槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。
– 一台排水泵，用于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、碱试剂槽和两台计量泵组成，用于调节接收槽中废液的pH值。
– 一套蒸发处理设备包括：蒸发器供料泵、蒸发器预过滤器、加热器、蒸发器、强制循环泵、净化器、蒸馏液冷凝器、蒸馏液泵、蒸馏液冷却器和冷凝水冷却器。

蒸发浓缩液由TES系统的浓缩液槽收集，然后送往T4UKT处理。

蒸馏液由两个监测槽接收。

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。

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

c）过滤工艺包括：

– 两台地面排水接收槽，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，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，可以在不停止处理废液的情况下更换过滤器芯子。
– 当地面排水接收槽内废液的放射性浓度高于排放管理限值时，可采用蒸发工艺处理。

与废液接触的设备的材料均为不锈钢。

（3） 系统运行

TEU系统总的运行原则如下：

– TEU系统有手动控制和自动控制两种控制方式，操作人员可在KSN工作站监测系统的运行。
– 每类废液的接收槽（包括工艺排水接收槽、化学排水接收槽、地面排水接收槽、废液接收槽）应保持有一个槽处于可接收废液的状态。接收槽充满后，要对槽内

废液进行搅拌和取样。

– 根据取样分析结果，废液经过滤装置送往TER系统监测、排放；或由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，运行稳定后，即进入自动控制状态。

– 除盐器是手动启动的。

4.6.2.3 核岛液态流出物排放系统（TER）

（1）设计基准

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

① 放射性废液

– 硼回收系统（TEP）来的废液，包括中间贮槽排放的含氚量高的反应堆冷却剂、蒸发器蒸馏液。

– 废液处理系统（TEU）来的废液，包括蒸馏液、经除盐器处理的废液、经过滤器处理的废液。

– 放射性废水回收系统（SRE）来的废液。

– 核岛疏水排气系统（RPE）排水。

– 核岛液态流出物排放系统（TER）地坑疏排水。

– 固体废物处理系统（TES）的疏水。

② 常规废水

– 蒸汽发生器排污系统（APG）蒸汽发生器排污液。

b） 当因环境稀释能力不足而要求延迟排放、或当取样分析或辐射监测系统（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。

c） 将超过排放限值的放射性废液送往废液处理系统（TEU）处理。

（2）系统描述

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

每个贮槽配有一台排放泵，用于在取样、分析之前搅拌槽内料液和排放废液，或将废液送往废液处理系统（TEU）重新处理。

三个贮槽有一根共用的排放管线及一根通往 TEU 系统的管线。在排放管线上安装有

一台辐射监测仪和受 KRT 控制的自动隔离阀、一个手动隔离阀、一个流量调节阀、一个止逆阀及一个累计流量计。

贮槽的材料为碳钢内外涂涂料，其余设备的材料均为不锈钢。

（3） 系统运行

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

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

4.6.2.4 放射性废水回收系统（SRE）

（1） 设计基准

本系统有选择地收集下列场所产生的放射性废液或可能带放射性的废液：

– 核岛厂房内放射性洗衣房排放废液，
– 核岛厂房内化学去污排放废液，
– 核岛辅助设施（BOP）的放射性机修及去污车间（AC 厂房）产生的机械去污废液和化学去污废液，
– 核岛辅助设施（BOP）的厂区实验室（AL 厂房）产生的废液。

收集的废液经贮存和取样分析后，废液被送往 TEU 系统、TER 系统或 TES 系统。

（2）系统描述

a）核岛部分

放射性洗衣房洗衣和初次漂洗的排放废液，经过滤后借助于重力流入废水贮槽。工具间、淋浴间和更衣间的地面排水、电气厂房冷冻水系统（DEL）的冷凝水靠重力收集于废水贮槽中。内的废液经混匀和取样分析后，由泵送往 TER 系统监测、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，借助重力流入废水贮槽。内的废液经混匀和取样分析后，由泵送往 TER 系统排放或送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。

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

b）BOP 部分

①放射性机修及去污车间 AC 产生的废液

放射性机修及去污车间产生的化学去污废液靠重力流入化学去污水疏水箱，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵送往TEU系统的化学排水接收槽或送往TES系统的浓缩液槽处理处理。

放射性机修及去污车间排放的机械去污废液靠重力流入机械去污水疏水箱，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵送往TEU系统地面排水接收槽处理或送往TER系统监测、排放。

② 厂区试验室AL产生的废液

厂区试验室产生的废液靠重力流入厂区试验室疏水箱，经过混匀和取样分析后，由厂区试验室排水泵送往TEU系统地面排水接收槽处理或送往TER系统监测、排放。

（3）系统运行

a）核岛部分

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

b）BOP部分

① 放射性机修及去污车间排放的化学去污废液

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

② 放射性机修及去污车间排放的机械去污废液

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

③ 厂区试验室排放废液

厂区试验室疏水箱的高液位信号自动启动泵。根据取样分析结果，将废液送往TEU系统的地面排水接收槽或TER系统的贮槽。出现低液位信号时，自动停泵。

4.6.2.5 核岛疏水排气系统（RPE）

疏水排气系统（RPE）在核岛内有一部分是每台机组专用，其余部分是两台机组共用。

本系统收集核岛内产生的所有放射性废液和废气，它们来自：

– 机组正常运行；

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

根据废物的特性（可复用或不可复用的废液、含氢或含氧废气），这些废物将分别由各自的管网输送到核辅助厂房的硼回收系统（TEP）、废液处理系统（TEU）和废气处理系统（TEG）。在反应堆发生事故以后，放射性水平较高的废液再注入反应堆厂房。

（1）设计基准

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

RPE 系统采用的设计基准如下：

– 从与安全有关设备间来的废水，要防止由于疏水管线回流而造成与安全有关设备的淹没；
– 贯穿安全壳的疏水管线设置隔离阀；
– 地坑泵有足够的能力，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；
– 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

（2）系统描述

a）反应堆冷却剂疏水子系统

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

b）工艺疏水子系统

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

– 送至核辅助厂房工艺疏水坑，再用泵输送到 TEU 系统；
– 由 TEU 系统直接收集；
– 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房工艺疏水坑和燃料厂房工艺疏水坑的高放射废液再注入反应堆厂房。

c）地面疏水子系统

该系统收集核辅助厂房、燃料厂房、连接厂房的地面疏水。这些疏水是化学成分含量

不定的低放射性废水。这些废水按下述方法进行收集和输送：

– 由集水箱、排水沟和疏排管道收集；

– 用管道直接送至核辅助厂房地面疏水坑；

– 废水排至各自厂房的地面疏水坑中，用泵输送到TEU系统；

热洗衣房来的放射性废水，同样也送到地面疏水坑，再用泵输送到TEU系统；

– 在事故工况时，一旦接收到高放射性信号，即将收集在核辅助厂房地面疏水坑和燃料厂房地面疏水坑的高放射废液再注入反应堆厂房。

d）化学疏水子系统

该系统收集核岛放化实验室、热机修实验室的废水和来自处理含有放射性化学物质系统的疏水，包括反应堆厂房的地面疏水。

这些疏水通常是含有高化学成份的放射性废水。

除反应堆厂房的地面疏水被直接送到TEU化学排水接收槽或在应急情况下排入TEU备用槽，通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑，再由泵输送到TEU化学排水接收槽。

e）含氢废气子系统

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

f）含氧废气子系统

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

（3）系统运行

a）反应堆冷却剂疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

b）工艺疏水子系统

该系统设计成间歇运行方式。它可在正常运行期间和预期瞬态期间保持连续运行。

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

在反应堆厂房位置低于工艺疏水管安全壳贯穿件的系统和设备，工艺疏水收集到工艺

疏水箱，再用泵将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑。工艺疏水箱有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑。

其它厂房的系统和设备疏水输送方式：

– 送到核辅助厂房工艺疏水坑，再用泵输送到TEU系统。

– 靠重力直接送到TEU系统。

c）化学疏水子系统

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

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

d）地面疏水子系统

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

燃料厂房和连接厂房中的地面疏水通过重力收集到各自厂房的疏水坑，再用泵送至核辅助厂房地面疏水坑。

核辅助厂房地面疏水坑接收核辅助厂房的设备泄漏、疏水，及其它厂房地面疏水和房间地面疏水（一般情况下放射性水平低于排放标准），再用两台并联安装的泵将疏水坑中废液输送到TEU地面排水接收槽。

e）含氢废气子系统

维持本系统压力略高于大气压，以防止空气渗入。

f）含氧废气子系统

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

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

核辅助厂房的含氧废气排至废气处理系统（TEG），由TEG的排风机保持负压。

4.6.2.6 化学和容积控制系统（RCV）

（1）设计基准

化学和容积控制系统（RCV）为反应堆冷却剂系统（RCP）提供以下服务：

– 反应堆冷却剂容积控制；

– 反应堆冷却剂化学控制：

• 与硼和水补给系统（REA）共同完成硼浓度的调节，从而控制反应性；

• 控制气体的浓度；

• 净化和过滤；

• 含氧量和 pH 值的控制（与 REA 系统一起）。

– 反应堆冷却剂泵密封水注入。

RCV 系统还提供以下服务：

– 为稳压器提供辅助喷淋；

– 稳压器满水时控制 RCP 压力；

– 为余热排出系统（RRA）的投运作准备；

– 为 RCP 系统充水、排水和进行水压试验；

– 高压安全注入（RCV 系统的一部分与安全注入系统（RIS）共用）；

– 当反应堆冷却剂系统处于半管运行时，使用上充泵进行自动补给（RCV 系统的部分管道与安全注入管道（RIS）共同完成）。

（2）系统描述

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

a）上充、下泄、密封水子系统

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

反应堆冷却剂的下泄流从一个反应堆冷却剂回路的冷段排到化学和容积控制系统中，在流过再生热交换器的壳侧时将流经管侧的上充流加热，然后下泄流流过下泄孔板进行降压，再流过下泄热交换器的管侧，其温度进一步降低。在下泄热交换器的下游，通过低压下泄阀使下泄流的压力进一步降低。低压下泄阀的功能是保持其上游的压力，以防在下泄孔板的下游发生闪蒸。

下泄流流过两台混合床除盐装置中的一台进行净化，去除离子态腐蚀产物和多数裂变产物。在需要降低反应堆冷却剂中的铯和过量的锂时可以再流过阳床除盐装置。

下泄流流过反应堆冷却剂的过滤器并从容积控制箱顶部的一条喷淋接管进入容积控制箱。氢气连续不断地供给容积控制箱，以扫除容控箱气相空间的裂变气体和控制在堆芯

处由于水的辐射分解所产生的氧的浓度。

三台离心式上充泵中的两台从容积控制箱吸水并将被冷却、净化过的反应堆冷却剂返回到反应堆冷却剂系统。正常工况下上充流由一台上充泵输送，这股上充流被分成两路：一路经再生热交换器的管侧被注入到反应堆冷却剂系统。另一路通过轴封水流量调节阀进入轴封水。它在泵轴承和1号密封之间进入泵体，并在此分为两股，一股冷却剂流（称作泄漏流）润滑泵轴，然后通过高压密封引漏离开泵体，通过密封水热交换器到上充泵吸入端，或通过替换通道流到容积控制箱。另一股冷却剂流冷却泵的下部轴承，进入RCP系统。它作为下泄流的一部分，通过正常或过剩下泄流道从RCP系统排出。泄漏流的一小部分通过反应堆冷却剂密封低压密封引漏离开泵体并引入RPE疏排水系统。

b）反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

化学和容积控制系统与反应堆硼和水补给系统共同完成对反应堆冷却剂中硼浓度的控制，以补偿因温度变化、燃耗和氙毒变化所引起的反应性的慢变化。

去除反应堆冷却剂中的腐蚀产物和裂变产物，以便将反应堆冷却剂中的杂质含量及放射性水平控制在允许的范围内。

控制反应堆冷却剂的pH值、氧含量和其它溶解气体的浓度。

（3）系统运行

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

在正常运行期间，通过上充、下泄维持主回路化学容积条件。

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

4.6.2.7 反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）

（1）设计基准

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统按下列准则进行设计。

反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统的冷却回路要满足单一故障准则的要

求。反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统冷却回路的安全等级为3级。

a）乏燃料水池冷却回路

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

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

在正常储存工况下，反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统用一个冷却系列（一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过 50℃（按设备冷却水系统水温为35℃考虑）。

在正常换料工况下，反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统用二个冷却系列（每个冷却列一台泵和一台热交换器）冷却乏燃料水池水，并确保水池的水温不超过50℃（按设备冷却水系统水温为35℃考虑）。

热交换器的换热面积将根据正常换料工况确定。

b）乏燃料水池过滤和除盐回路

最高温度：60℃；

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

c）反应堆换料水池过滤回路

过滤器的过滤粒度为5μm。

d）换料水箱

换料水箱有效容积可确保两台安喷泵、两台高压安注泵和两台低压安注泵约 20 分钟的用水量。

（2）系统描述

a）服务于乏燃料水池的设施

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

– 冷却回路：水泵抽送乏燃料水池的水流过热交换器，然后返回到乏燃料水池。
– 过滤和除盐回路
– 表面撇沫和过滤回路
– 充水回路
– 至换料水箱的排水回路

b）服务于反应堆换料水池的设施

反应堆换料水池分成两个隔离室：反应堆换料水池和堆内构件存放区。

– 过滤回路

– 反应堆换料水池充水和排水

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

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

（3）系统运行

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

系统正常运行：

– 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

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

过滤和除盐回路连续运行，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

– 反应堆换料水池和附属回路

在整个反应堆压力容器开盖和换料水池充水过程中，应通过余热排出系统、化学和容积控制系统和硼回收系统对反应堆冷却剂进行去污处理，但要防止降低换料水池操作时的硼浓度。裂变气体和溶解的氢则通过化学和容积系统的容积控制箱和硼回收系统的除气塔去除。

– 换料水箱

在冬季需将换料水箱的水温保持在7～13℃之间，为此设置了一组由温度控制器控制的电加热元件。

4.6.2.8 蒸汽发生器排污系统（APG）

（1）设计基准

a）在正常运行时，APG系统水处理设计流量最高能达到70t/h，三台蒸汽发生器的排污量是相同的，每台蒸汽发生器的最大排污量约为额定蒸汽流量的1.2%（即23.3t/h）。

b）经排污系统处理后的排污水质指标应与二回路系统补给水的指标一致。

（2）系统描述

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

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

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，或非再生热交换器。一般来说，在电厂正常运行时，为了回收其热量，排污水应由再生热交换器来冷却；而在热备用、热试验及与再生热交换器连接的设备或部件失效时，排污水才由非再生热交换器进行冷却。再生热交换器的冷却水为凝结水抽取系统来的凝结水，而非再生热交换器的冷却水则为设备冷却水。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 5μm 的过滤器，然后通过一条或两条并联的离子交换管路进行净化处理，每条管路均串联有一台阳离子交换器、一台混合床离子交换器和一个手动流量调节阀。处理过的排污水再通过一台过滤粒度为25μm的树脂捕集过滤器，清除掉水中破碎树脂。

处理后的排污水通过凝汽器真空保护装置送到凝汽器。

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

在特殊情况下，也允许排污水不经处理直接排放。有以下两种特殊情况：

– 处理设施失效；

– 凝汽器失效且排污水只有轻微放射性。

在处理设施失效的情况下，排污水要进行连续的放射性监测，然后再送到废液排放系统。

（3）系统运行

a）正常运行

正常运行工况下，蒸汽发生器二次侧的排污是连续的，排污水经过再生热交换器冷却后，经过减压、除盐处理后进入冷凝器。排污流量控制在 10 ~ 70t/h 之间。不论系统排污流量有多大，系统两条除盐管线必须同时运行。

b）特殊稳态运行

①使用非再生热交换器

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

②向常规岛废液排放系统的排放

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

③特殊瞬态运行

– 蒸汽发生器的疏水

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

– 蒸汽发生器传热管断裂

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

4.6.2.9 常规岛液态流出物排放系统（SEL）

（1）设计基准

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

– 常规岛废液收集系统（SEK）的废液：冷凝器热阱的疏水、汽轮机厂房汽水回路的疏水和排气冷凝液、疏水回收池中收集的排水、冷凝液集水坑中收集的疏水。
– 其它废液：如SEL泵房间地坑内的废液。
– 在异常情况下，SEL系统的贮槽在三个TER系统的贮槽充满时收集核岛排放的废液。

当要求延迟排放，或当取样分析或辐射监测系统（KRT）监测到废液的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存废液；

将超过允许排放限值的废液输送至废液处理系统（TEU）处理。

（2）系统描述

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

每个贮槽配有一台排放泵，用于在取样和分析之前搅拌槽内废液，也用于废液排放，或将废液送回废液处理系统（TEU）重新处理。

地坑泵安装在泵房地坑内。地坑泵安装在滞留池地坑内。地坑泵将地坑内的水输送至贮槽。

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

排放管上的 KRT 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，当排放废液的放射性浓度达到第一报警值时，报警；当排放废液的放射性达到第二报警值时，排放阀自动关闭，排放停止，然后废液送往 TEU 系统处理。

（2）系统运行

正常运行时，三个 SEL 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。

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

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

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

4.6.2.10 放射性废液的排放源项

排入环境的放射性废液主要来自：

- 硼回收系统（TEP），
- 废液处理系统（TEU），
- 二回路相关系统。

根据设计运行模式，针对以下两种运行工况和源项来考虑：

— 包括预期运行事件并允许计算在电站寿期内的平均释放的水平的正常运行的工况（CaseA），这里称为“预期值”。

— 反应堆在冷却剂最大活度下运行的工况（CaseB），该活度可以用于计算相关释放的水平，这里称为“设计值”。

放射性废液的年排放总量见下表：

每机组	CaseA	CaseB：设计值
除氚、C-14 外的液体释放	6.67GBq	17.9GBq
液体释放中的氚	22.89TBq	30.78TBq

C-14	31GBq	31GBq

4.6.3 放射性废气处理系统及源项

放射性废气处理系统为两台机组共用，用于收集、贮存并处理两座反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准及核电厂管理规范要求后排入大气。放射性废气分为含氢放射性废气和含氧放射性废气两大类。

裂变过程产生的放射性气体主要是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。在高压下裂变气体溶解于冷却剂中，但当系统内存在气相空间时，裂变气体就会释放出来，特别是在对堆冷却剂进行除气处理时，几乎所有的裂变气体都将随着溶解的氢气或氮气一起解吸出来，形成为含氢放射性废气，被收集到缓冲罐中。

含氧放射性废气（含空气废气）主要来自核辅助系统，特别是三废处理系统中可能进入空气的各种贮槽设备的呼排气、吹扫气、鼓泡排气或抽气（保持负压）等，由核岛疏水排气系统集中收集在一根管路里，通过系统排气风机吸入废气处理系统（TEG），经碘过滤器处理后排到核辅助厂房通风系统（DVN）。含空气废气所含的放射性核素主要以气溶胶的形式存在，含有分子碘和有机碘等。

放射性废气处理系统主要包括：

– 废气处理系统（TEG）；
– 厂房通风系统（HVAC）；
– 主冷凝器真空系统（CVI）。

4.6.3.1 废气处理系统（TEG）

（1）系统功能

废气处理系统（TEG）的功能是对核电厂产生的放射性惰性气体，卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的气载流出物年释放量低于国家规定的限值，核电站工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

TEG 系统不直接履行安全功能。但由于 TEG 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外还存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 TEG 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性的气态排放保持在可接受的限值内。

（2）设计基准

废气处理系统（TEG）的设计基准如下：

– TEG 系统提供足够的处理能力，使气载流出物中的放射性排放低于国家标准

GB6249—2011《核动力厂环境辐射防护规定》和 RCC-P（5.4.3 节）中规定的限值；

- TEG 系统是按照 RCC－P《法国 90 万千瓦压水堆核电厂系统设计和建造规则》进行设计（第 2.3.7 节）；
- 防止氢气燃爆的准则为 RCC-I《压水堆核电站防火设计和建造规则》1983 年 B 版及 1987 年 3 月版的应用，对 1997 年版的适用部分积极加以参照；
- TEG 系统要能在主要设备停运检修（单一故障）期间和产生过多废气量期间提供足够的处理能力，所以主要能动设备都考虑冗余：含氢废气子系统的含氢废气压缩机的容量为 2*100%；含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 2*100%；
- TEG 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成安全 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放（见 RCC—P 及其应用说明，第 4.1.2 节）；
- TEG 系统通过调整衰变箱排气速率、安装氢气和氧气检测仪表防范系统内潜在的氢氧混合爆炸危险。整个含氢废气子系统都保持正压，并且整个子系统和每个主要设备都有严格的密封措施，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体。
- TEG 系统为两台机组所共用。主要设备位于 NX 厂房内。

（3）系统组成

TEG 系统由含氢废气子系统和含氧废气子系统两个独立的子系统组成。

a）含氢废气子系统

含氢废气主要是由氢气、氮气、衰变过程中产生的放射性惰性气体（例如 Xe，Kr）和碘等组成。

①来自装有反应堆冷却剂的容器，即反应堆冷却剂系统（RCP）的稳压器卸压箱、化学和容积控制系统（RCV）的容积控制箱和核岛疏水排气系统（RPE）的反应堆冷却剂疏水箱。这类气体流量大，但每月只有一、二次。

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

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

b）含氧废气子系统

含氧废气主要由空气、少量放射性碘及其同位素组成。

该类废气由核岛疏水排气系统（RPE）收集于含氧废气母管中，进入本系统后经碘吸附器进行除碘处理后排至通风系统（DVN），经由 DVN 系统的主排风（空气）稀释后排向烟囱（不经贮存）。

（4）系统运行

a）含氢废气子系统

含氢废气子系统运行前用氮气吹扫净化。

含氢废气由 RPE 系统收集至缓冲罐（TEG001BA）。缓冲罐可对无规律的来气（不同压力和流量）进行调节稳定，从而向含氢废气压缩机提供平稳的气流，并分离废气中夹带的冷凝水。

正常运行时，含氢废气压缩机（TEG001/002CO）可以根据缓冲罐上的压力测量装置的设定值，进行自动操作（启动或停运）：

①当缓冲罐压力上升达到 0.025MPa（表压）时，第一台含氢废气压缩机启动。

②如果缓冲罐压力继续上升到 0.03MPa（表压）时，第二台含氢废气压缩机自动启动。

③在含氢废气压缩机运行时，当缓冲罐内压力回落到 0.005MPa（表压）时，正在运行的压缩机停运。

气水分离器的液位信号与疏水阀开关状态联锁，当气水分离器高液位时打开疏水阀，低液位时关闭疏水阀。当气水分离器高液位信号出现 2.5 分钟后应发出低液位信号，此时疏水阀未关闭信号联锁相应的压缩机自动停运。

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

衰变箱在进气、衰变贮存、排气时的阀门操作均由远传手动进行。

衰变箱向大气排放气载流出物之前，要进行取样分析监测排放气载流出物的放射性浓度、主要核素组成等，并且要检查 DVN 系统的运行工况和大气环境条件是否满足排放要求。只有当两个串联的远传阀门已经被手动打开时，才能控制排放阀进行废气气载流出物排放。

在 TEG 排放总管线上设有在线辐射监测仪表，当废气放射性活度浓度超过排放控制值时，自动联锁关闭压缩机和排放隔离阀。

如果 DVN 系统碘吸附器出现故障，NX 厂房的烟囱放射性超过阀值，或者假如正在

排放的衰变箱内的压力下降到0.02MPa（表压）时，则手动停止排放。衰变箱内压力低于0.02MPa（表压）时停止排放是为了防止外部空气进入衰变箱发生爆炸事故。

衰变箱与两套并联的排气管网相连，确保箱内废气在5～84个小时内以预定的流量排放到NX厂房DVN系统的碘吸附器入口管线上。排放总管上安装了测量废气排放流量和累积流量的流量计。

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

b）含氧废气子系统

正常运行时，一台电加热器，一台碘吸附器和一台排气风机串联投入运行。当信号显示第一台风机停运后，第二台风机即自动启动（包括与之相关的电加热器和碘吸附器）。

含氧废气干管内的负压由止回式调节风门维持；一旦风机停运，该阀就自动关闭。

含氧废气以及经由调节风门引入的空气，可经电加热器加热，用以降低气体的相对湿度，以保护碘吸附器中活性碳的活性。

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

4.6.3.2 厂房通风系统（HVAC）

核岛厂房通风系统（HVAC）对各厂房进行采暖、通风和空调，维持各厂房内的环境条件和一定的换气次数。根据需要，除了维持各厂房空气的温度、湿度以外，还对排风进行过滤和除碘处理，减少了气载放射性物质向大气环境的排放。HVAC系统控制气流从较低污染区域流向较高污染区域，而且使各厂房内被污染的空气全部经监测过滤后，通过烟囱排放。这样可以确保运行人员的健康、安全和设备的有效运行以及对排入大气环境的空气的净化。

（1）系统设计

a）主要系统

含放射性的废气主要来源于下述厂房，并由相应的通风系统进行过滤处理：

– 核辅助厂房

核辅助厂房通风系统（DVN）；

外围设备间通风系统（DVW）。

– 反应堆厂房

安全壳空气净化系统（EVF）；

安全壳内空气监测系统（ETY）；

安全壳换气通风系统（EBA）。

– 燃料厂房

核燃料厂房通风系统（DVK）；

安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统（DVS）。

b）受控区域的换气次数

根据不同受控区域的要求，通风系统设计所采用的最小换气次数为：

– 核辅助厂房

氢风险区域为8次/小时；

红区与橙区为4次/小时；

黄区为2次/小时；

绿区为1次/小时。

– 电气厂房

绿区为1次/小时；

蓄电池房间（氢风险区域）为12次/小时。

– 燃料厂房

黄区为2次/小时；

绿区为1次/小时。

厂房通风系统的送、排风量见表4.6-6。

c）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：

– 在污染区域内，保证空气从潜在的低污染区流向潜在的高污染区；
– 每个厂房的通风系统的排风口尽可能远离新风口，以使排风向新风进口短路回流的可能性减到最小；
– 从潜在放射性污染区域排放的空气不能进行再循环；
– 没有污染的空气可以从屋顶或外墙上的通风口排至室外大气中；
– 所有可能来自污染区的空气，在排放之前要进行监测，通过烟囱排放至室外环境中；
– 厂外电源丧失时，所有与安全相关的能动部件（包括仪表）分别备有1E级的AC电源；

– 有抗震要求的设备部件采取特殊措施，如抗震支吊架、基座等。设备安装空间符合可达性、运行和维修规程的要求。

（2）系统组成

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

a)进风预过滤器

用于除去大气浮尘，这种过滤器效率相对较低，但效率至少为 85%（基于标准 GB/T 14295）。

b)排风预过滤器

用于高效过滤器和高效空气粒子过滤器前的排风过滤，捕集气流中的粗颗粒，以延长高效过滤器和高效空气粒子过滤器的使用寿命。这种过滤器效率至少为 85%（基于标准 GB/T 14295）。

c)高效过滤器

高效过滤器用来捕集气流中的细小颗粒。这种过滤器效率至少为95%（基于标准 GB/T 14295）。

d)高效空气粒子过滤器（HEPA）

高效空气粒子过滤器用来捕集气流中的极细小颗粒。这种过滤器的净化系数至少为 5000（基于标准 GB/T 6165）。

过滤器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。除非另有说明，过滤器介质均使用玻璃纤维材料。过滤器单元安装在过滤器的排架上或安装在密封的金属箱体中。

e)碘吸附器

设置于有潜在放射性危险区域的通风系统中，用于吸附气流中的气载放射性碘。常态下，这种过滤器吸附分子碘的净化系数至少为 5000（或首次试验要求对甲基碘净化系数≥1000）（基于标准 NFM62206）。

碘吸附器是一次性的，由标准尺寸的单元构成。吸附介质是含 1%的 KI（碘化钾）和 TEDA（三乙烯二胺）浸渍的煤基炭或椰壳炭。碘吸附器单元安装在碘吸附器的排架上或安装在密封的金属箱体内。

（3）系统运行

a)燃料厂房通风系统（DVK）

正常运行期间，DVK 系统是连续运行的”直流”式全新风系统。

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

在机组所有运行模式下，为了维持适当的环境，当任一风机或自动隔离阀出现单一能动故障时，系统的设计都能保持其功能。事故工况下使用的小流量排风子系统，设有应急柴油机电源。

DVK 系统由主控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

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

b) 安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统（DVS）

DVS 系统是 “直流’式全新风系统，对安全注入和安全壳喷淋泵电机房进行通风。

DVS 系统提供最小换气次数为 1 次/时。

DVS 系统的设计是为了在设备维修和定期试验时，保持适当的环境条件，并保持电动机房的压力稍高于相应泵房的压力，以防电动机房被污染。即：

– 防止放射性产物释放到电机房；
– 在安全壳喷淋系统（EAS）和安注系统（RIS）运行期间，允许维修人员进入。

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

c) 核辅助厂房通风系统（DVN）

DVN 系统为直流式通风系统，连续运行。

厂房火灾的情况下，对核辅助厂房的电气房间进行排烟。

DVN 系统由送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统、电气间排烟子系统和排风烟囱等组成。

● 正常排风子系统

正常排风子系统由以下部件组成：

– 四组并联的预过滤器；

– 四组并联的高效空气粒子过滤器；

– 三台 50%冗余配置的风机，并联连接，并配置止回阀；

– 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

● 碘排风子系统

两台容量为 100%的冗余机组，并联连接，每个子系统的组成如下：

– 两台电加热器；

– 一组预过滤器；

– 一组高效空气粒子过滤器；

– 一组碘吸附器；

– 一台配置有止回阀的风机，

– 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

正常运行期间（排除不含碘的气体）时，一台碘排风机组通过碘吸附器的旁通管路运行，另一台碘排风机组备用。在碘污染的情况下，由主控制室远距离执行切换至碘吸附器管路并启动相应的风机。

为防止核辅助厂房正压，按照以下顺序控制 DVN 系统风机的启动：

– 碘排风机启动；

– 正常排风机启动；

– 送风机启动。

● 电气间排烟子系统

排烟子系统的组成：

– 一台过滤器机组（预过滤器和高效空气粒子过滤器）；

– 两台 100%容量并联连接的风机，并配置止回阀；

– 来自电气房间并装有排烟阀的排烟管道。

● 排风烟囱

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

在烟囱中设有监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

d)外围设备间通风系统（DVW）

DVW 系统为安全壳装有贯穿件的所有外围厂房进行排风，是连续运行的排风系统。

贯穿件房间的排风来自：

– 安全壳可能的泄漏；

– 核辅助厂房的转送风；

– 电气厂房的转送风；

– 无计划渗透的空气。

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

对每个机组，DVW 系统组成如下：

– 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管；

– 一个正常排风子系统；

– 一个碘排风子系统；

– 与共用排风小室相连、安装在屋顶的气密性风管。

● 正常排风子系统包括：

– 一组预过滤器；

– 一组高效空气粒子过滤器；

– 一台配有止回阀的排风机。

● 碘排风子系统包括：

– 两台电加热器；

– 一组预过滤器；

– 一组高效空气粒子过滤器；

– 一台碘吸附器；

– 两台 100%容量并联的排风机，并配有止回阀。

正常工况下，碘排风子系统处于备用状态，由正常排风子系统排风。当探测到排风中放射性水平高时，从正常通风子系统切换到碘排风子系统。

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

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

e)安全壳空气净化系统（EVF）

安全壳空气净化系统的设计功能，是在反应堆厂房内部发生放射性污染时，降低空气中的放射性污染浓度，以便工作人员进入。

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

EVF 系统在主控制室手动控制。

EVF 系统由并联设置的 2x50%冗余配置的净化管路组成，每个管路组成如下：

– 一个气动隔离阀；
– 一台电加热器；
– 一台高效空气粒子过滤器；
– 一台碘吸附器；
– 两个防火阀（安装在碘吸附器上下游）；
– 一个手动平衡阀；
– 一个静压箱。

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

f)安全壳空气监测系统（ETY）

ETY 系统由以下五个子系统组成：

- 反应堆厂房大气化学监测子系统，包括：
  混合、取样子系统：LOCA 后，作为安全壳内空气循环系统运行。

小扫气子系统是直流式系统，在反应堆正常运行期间，使排风经过预过滤器、高效空气粒子过滤器和碘吸附器的过滤，确保安全壳大气的净化。其功能为：

– 降低安全壳内空气放射性水平；
– 在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差低于最大值 0.006MPa。
– 安全壳密封试验后，当安全壳内空气的相对压力低于 0.01 MPa 时，进行排气泄压。

- 安全壳试验子系统，使用压缩空气系统（SAT）给安全壳充气，做整体密封性检查。
- 安全壳内空气物理监测子系统，连续监测安全壳内空气的温度和压力。
- 保健物理监测子系统，与辐射防护监测系统（KRT）相连，连续测量安全壳内空气的放射性污染水平。
- 严重事故下安全壳内氢气浓度监测子系统，用于在严重事故下监测安全壳内的氢

气浓度。

g) 安全壳换气通风系统（EBA）

每个机组的反应堆厂房中，EBA 系统设计成：

– 冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供适宜的环境温度。

– 冷停堆期间，尽可能快地减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便允许工作人员持续进入。

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

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

4.6.3.3 冷凝器抽气系统（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 系统或在启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露，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检测系统。

4.6.3.4 放射性废气的排放源项

排入环境的放射性废气主要来自：

- 废气处理系统，
- 反应堆厂房通风系统，
- 核辅助厂房通风系统，
- 二回路系统。

根据设计运行模式，针对以下两种运行工况和源项来考虑：

– 包括预期运行事件并允许计算在电站寿期内的平均释放的水平的正常运行的工况（CaseA），这里称为“预期值”。

– 反应堆在冷却剂最大活度下运行的工况（CaseB），该活度可以用于计算相关释放的水平，这里称为“设计值”。

放射性废气的年排放总量见下表：

每机组	Case A “预期值”	Case B “设计值”
	GBq/a	GBq/a
惰性气体	4.87E+03	9.60E+04

总碘	5.02E-02	6.67E-01
粒子（半衰期≥8d）	5.56E-03	7.41E-02
释放气体中的氚	2289	3078
C-14	425	425

4.6.4 放射性固体废物处理系统

放射性固体废物处理设施包括田湾核电站 5、6 号机组新建部分和 1~6 号机组共用部分。本工程新建的固体废物处理系统（TES）由核辅助厂房（N 厂房）内部分和固体废物暂存库（QT）组成，与田湾核电站 1~4 号机组共用设施包括放射性废物处理中心（T4UKT）和位于 2 号机组核服务厂房（21UKC）的可降解处理系统（KPW）。

N 厂房内部分为两台机组共用，包括浓缩液和废树脂贮存槽、浓缩液和废树脂转运站及废滤芯水泥固定设备，QT 库的库容按 4 台机组（考虑后续 7、8 号机组）运行 5 年产生的废物量进行设计。可降解的废防护用品送到 21UKC 的 KPW 系统进行降解处理，废树脂、浓缩液、可降解处理的二次废物和其他杂项干废物送到 T4UKT 进行集中处理。

4.6.4.1 设计基准

固体废物处理系统无安全功能，属非核安全级（NC），设计基准如下：

– 处理四种放射性废物：
  - 废液处理系统（TEU）和硼回收系统（TEP）的浓缩液以及放射性废水回收系统（SRE）的少量化学废液；
  - 来自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的冷却和处理系统（PTR）、废液处理系统（TEU）和蒸汽发生器排污系统（APG）除盐器的废树脂；
  - 来自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的冷却和处理系统（PTR）、废液处理系统（TEU）和蒸汽发生器排污系统（APG）过滤器的废过滤器芯；
  - 核电厂各控制区产生的杂项干废物（包括抹布、塑料、纸、防护鞋套、口罩、手套、衣服等和废弃的设备零部件等）。
– TES 系统的废物处理站设计成能收集、处理、整备和贮存两台机组运行和维修时产生的湿废物。各种固体废物根据各自的性质进行处理，说明如下：
  - 浓缩液和废树脂在 N 厂房收集后，通过转运站送往 T4UKT 进行集中处理。在 T4UKT 废树脂通过接收、计量、磨碎、烘干、装桶（165L）完成预处理，浓缩液通过接收、混匀、桶内干燥完成预处理，然后将装有预处理后的废树脂

和浓缩液的165L钢桶送往超级压实机进行超压处理，形成的桶饼经优化组合后装入200L钢桶水泥固定。

- 正常情况下，APG 系统产生的废树脂仅受轻微放射性污染，用除盐水将废树脂送入废树脂贮槽，除水后装入内衬塑料薄膜的 200L 钢桶中，经衰变达到GB 27742-2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素浓度活度》规定的清洁解控水平后，经审管部门批准，作为非放废物处理。异常情况下，APG系统产生的废树脂排至废树脂贮槽，送往T4UKT进行处理。
- 废过滤器芯子在N厂房用水泥浆固定在400L钢桶中，形成的废物包送往QT库进行暂存。当废物桶表面剂量率＞2mSv/h时，需外加屏蔽容器进行厂内、外运输。
- 本工程采用可降解的一次性聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，采用可降解废物处理技术后，使得可压实干废物产生量降低到原来的1/3。杂项干废物按就地分拣原则在产生地进行分拣，并装入相应的收集容器和不同颜色的塑料袋中，可降解废物在21UKC的KPW系统进行降解处理后产生的二次废物送到 T4UKT 进行烘干、超级压实和水泥固定处理；其他干废物在 T4UKT 通过分拣、初级压实、超级压实和水泥固定进行处理，必要时进行剪切和烘干。
- 为了减少操作人员所受辐射照射，TES系统在就地控制室进行监测和控制。
- 常压贮槽考虑了足够的排气和溢流能力，以防贮槽出现超压或负压。
- 浓缩液贮槽和废树脂贮槽的设备间设有滞留堰，以防止贮槽破损时废物外流。

4.6.4.2 系统组成

可降解废物在21UKC的KPW系统进行降解处理，废树脂、浓缩液以及其他干废物主要在T4UKT进行处理，KPW系统和T4UKT是已建项目。废过滤器芯在N厂房水泥固定站进行处理。T4UKT和N厂房处理后产生的废物包运至QT库暂存。

（1）位于N厂房的中的设备

废物处理站位于N厂房内部，用于将N厂房产生的废树脂和浓缩液收集后送往T4UKT处理，对产生的废过滤器芯进行水泥固定处理。

N厂房内放射性废物处理设施包括：废树脂和浓缩液收集站、废树脂和浓缩液转运站以及废过滤器芯水泥固定设备。

a)废树脂收集和转运设备

TES系统在N厂房设有两个废树脂贮槽，接收和暂存从RCV、PTR、TEP和TEU系统用除盐水冲排来的废树脂。贮槽设有除盐水和压缩空气入口，来自核岛除盐水分配系统（SED）的除盐水和来自公用压缩空气分配系统（SAT）的压缩空气用于废树脂的松动，贮槽上部设有溢流管。

受轻微放射性污染的废树脂(通常来自APG系统)接收在移动式的APG树脂贮槽中，在装入200L桶后送到QT库暂存，经一段时间的衰变后，如果200L钢桶内树脂实测放射性水平达到清洁解控水平，经监管部门批准后，可以考虑回收或作为非放废物处理。

废树脂收集槽中的废树脂在 N 厂房通过喷射器或螺杆泵送入屏蔽运输槽车，运送到T4UKT进行后续处理。

b)浓缩液收集和转运设备

蒸发浓缩液和化学废液由浓缩液贮槽接收，贮槽和有关的管道设有加热保温，以防止槽内废液结晶和沉淀，槽内设有一个搅拌器，在贮槽进料和排料时，利用搅拌器搅拌混合。

浓缩液收集槽中的浓缩液在 N 厂房通过重力或压缩空气送入屏蔽运输槽车，运送到T4UKT进行后续处理。

c)废滤芯转运装置和水泥固定装置

废滤芯来自APG、PTR、RCV、TEP和TEU系统，使用废过滤器芯子更换转运容器从相关系统的过滤器隔间过滤器室的上部将废过滤器芯取出，经输送通道放入400L钢桶中待水泥固定。废过滤器芯更换转运容器用铅作为屏蔽层（故又称铅容器或铅罐），外有不锈钢外壳，能保证工作过程中容器外表面剂量率≤2mSv/h，并且废过滤器芯的更换和转运采用遥控模式作业，减少人员受辐照的风险和危害。

装桶站将废过滤器芯装入400L钢桶进行水泥固定。装有滤芯的废物桶进行封盖后养护，24h后可通过传输轨道将废物桶转运至废物桶转运站，再用屏蔽运输车外运至废物暂存库暂存。

灌浆和固定单元配有屏蔽门、振动台、封盖装置、废物桶表面沾污和表面剂量率检测设备、废物桶表面淋洗和去污装置、运输用屏蔽容器等设备。

厂房内设有废过滤器芯处理装置的视频监视系统，在 TES 控制室进行远距离监视和操作。为避免误操作或设备误动作造成放射性物质无控制释放，操作控制程序中包括了一系列联锁保护措施。

400L 钢桶废物包外表面剂量率、表面污染情况及废物桶的重量在屏蔽的设备间内测量。

装桶站由核辅助通风系统（DVN）进行通风和维持负压。

装桶站的操作在位于有生物屏蔽的房间内的控制室进行。

（2）废物暂存库（QT）

QT库的库容按4台机组（田湾5~8号机组）运行5年产生的废物量进行设计，用于存储N厂房产生的400L钢桶废物包、T4UKT产生的200L钢桶废物包、轻微污染设备、通风过滤器芯以及装有轻微污染的APG废树脂的200L钢桶。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。QT库设有核素检测装置，用于检测废物桶内的主要放射性核素、表面剂量率及表面污染。

另外QT库干混料间设有水泥料仓，为N厂房进行水泥固定提供水泥。水泥通过带密封盖的料斗运往N厂房。

（3）设计特点

TES系统所有操作均为手动或就地远距离控制操作，并在电视监视下进行，许多远距离控制的顺序都有相应的连锁。

放射性固体废物处理系统厂房的设备布置使得操作人员受到的照射减至最少，设计特点如下：

- 废树脂、浓缩液以及干废物运往T4UKT和21UKC的KPW系统进行集中处理；
- 较高放射性活度的设备布置在带屏蔽的设备间内；
- 较低放射性活度的设备分组布置，使操作人员进入检查和维修时所受剂量减至最少；
- 废物桶的装卸和贮存均在带屏蔽的固体废物区内进行。
- 从过滤器隔间取出过滤器芯子是用带屏蔽的转运容器进行的。
- 厂房布置提供了放射性固体废物处理系统在控制室进行遥控操作。

4.6.4.3 系统运行

（1） 废树脂的处理

用SED系统的除盐水将RCV、TEP、PTR和TEU除盐器中的废树脂送入废树脂贮存槽暂存。经一定的衰变和混合后，通过废树脂运输槽车运往T4UKT中的废树脂处理系统（KPM）进行处理，通过接收、计量、磨碎、烘干、装桶（165L）完成预处理，然后将165L钢桶送往超级压实机进行超压处理，形成的桶饼经优化组合后转入200L钢桶水泥固定。水泥固定后的200L钢桶废物包在T4UKT进行养护、暂存后运往QT库进行暂存。

APG废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入200L钢桶后送到废物暂存库的专门区域

贮存衰变等待清洁解控。

（2） 浓缩液的处理

浓缩液用泵和压空输送到浓缩液贮槽暂存，接收和排出浓缩液时启动搅拌器使浓缩液混合均匀。浓缩液经一段时间的衰变后，通过浓缩液运输槽车送往T4UKT中的浓缩液处理系统（KPN）进行处理，通过接收、混匀、桶内干燥完成预处理工序，然后将165L钢桶送往KPM系统超级压实机进行超压处理，桶饼经优化组合后装入200L钢桶水泥固定。水泥固定后的200L钢桶废物包在T4UKT进行养护、暂存后运往QT库进行暂存。

（3） 废过滤器芯子的装卸与固定

利用吊车将过滤器隔间的密封盖板移走，打开过滤器顶盖，用吊车将过滤器芯子更换转运容器运送到过滤器隔间上方。打开转运容器底部的闸板，用过滤器芯子更换转运容器的升降装置将废过滤器芯子取出后装入转运容器，关闭转运容器底部闸板，底部闸板设有接液盘，防止有水滴洒落。装有废过滤器芯的转运容器用吊车运至废过滤器芯输送通道上，在输送通道正上方定位后，将过滤器芯经下降通道放入已就位于的400L钢桶内。钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯子定位，并保证均匀的生物防护。将装有废过滤器芯的400L钢桶运至水泥固定站，加入用混合器制备的水泥浆，再用振动台将400L钢桶内的水泥浆震动均匀、密实。处理后产生的钢桶废物包送到QT库暂存。

在装桶操作期间，人员通常不能进入装桶站，用运输小车将空的400L钢桶和屏蔽容器运进装桶站空气闸门间，再用输送装置将空的400L钢桶送到废过滤器芯接收站，然后将装有废过滤器芯400L钢桶运至固定站进行固定。如果固定后的400L钢桶的表面剂量率≤2mSv/h，可以直接运到容器进出站；如果桶的表面剂量率＞2mSv/h，则需将桶装入屏蔽容器再运到容器进出站。

（4） 杂项干废物装桶

本工程采用可降解聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，采用可降解废物处理技术后，使得可压实干废物产生量降低到原来的1/3。可降解的废物单独收集后运送到21UKC的KPW系统进行可降解处理，可降解处理的二次废物再运到T4UKT进行烘干、超压和水泥固定。其他杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到T4UKT进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的钢桶废物包送到QT库暂存。

（5） 废物包贮存

从N厂房和T4UKT运出的400L钢桶和200L钢桶废物包，先在废物暂存库（QT）

暂存，然后送到放射性固体废物区域处置场进行处置。装有废树脂和浓缩液压缩桶饼的200L 钢桶在外运前装入高整体性容器（HIC），使废物包具有更好的性能，减小环境影响。

4.6.4.4 废物最小化

TES 系统在废物最小化方面采取了如下措施：

- 采用可降解的聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，可压实干废物产生量降低到原来的 1/3。
- 对可降解处理对 PVA 材料的废物进行处理，可降解处理的综合减容比约为 120，显著减小废物包产生量。
- 对可压实干废物在初级压实的基础上，进行超级压实，超级压实桶饼优选组后后装入 200L 钢桶水泥固定，提高干废物处理减容效果。
- 对核岛内 16”以下管道法兰密封含银垫片进行替换，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。对含有 Ag-110m 的 TES 系统废树脂贮存槽排出的工艺废水采用蒸发处理方法，以减少废树脂的产生量。
- 采用高交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。
- 废树脂按放射性水平分类收集。较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中储存衰变一段时间后再送往 T4UKT 进行烘干压实处理。蒸汽发生器排污系统产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到 QT 库的专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，经监管部门批准可作为非放废物处理。
- 采用烘干超压工艺处理废树脂和浓缩液，比传统的水泥固化工艺减少了废物包的体积。
- 通风系统的废过滤器芯表面剂量率水平很低，大部分核素是短寿命的，送到 QT 库的专门区域进行贮存衰变，等待清洁解控，或对过滤器芯的壳体进行复用。
- 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在 QT 库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组废物最小化的设计目标是：在满足标准规范要求的同时，每年每台机组放射性废物包的设计值（整备后）为 113.4 m^3，每年每台机组产生的废物包的预期值为 41m^3。

4.6.4.5 废物最终处置

废物包从田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的废物暂存库（QT）送到放射性固体废物

区域处置场处置，废物包符合GB9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》，放射性废物厂外运输应遵守GB11806-2019《放射性物质安全运输规程》。

4.6.4.6 放射性固体废物源项

（1） 废树脂

废树脂来源于下列系统的除盐器：

– 化学和容积控制系统（RCV）

– 硼回收系统（TEP）

– 蒸汽发生器排污系统（APG）

– 反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统（PTR）

– 废液处理系统（TEU）

这些废树脂按其放射性浓度可分为三类：

– 化容系统、反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统的放射性浓度较高的废树脂；

– 废液处理系统和硼回收系统的中等放射性浓度的废树脂；

– 蒸汽发生器排污系统的低放射性浓度的废树脂。

（2） 蒸发浓缩液

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

（3） 废过滤器芯子

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

装有这些过滤器的系统主要有：

— 蒸汽发生器排污系统（APG）；

— 反应堆换料水池和乏燃料水池的冷却和处理系统（PTR）；

— 化学和容积控制系统（RCV）；

— 硼回收系统（TEP）；

— 废液处理系统（TEU）。

（4） 杂项干废物

根据大亚湾核电站和岭澳一期的运行经验反馈，核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（如布、纸、塑料及废的设备零部件等），两台机组每年产量约280 m^3（处理前），

其中85%为可压实废物，15%为不可压实废物。本工程采用可降解的一次性聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，采用可降解废物处理技术后，可压实干废物产生量降低到原来的 1/3。可降解废物处理过程产生的二次废物以及其他干废物送往T4UKT进行压实和水泥固定处理。

4.6.5 乏燃料贮存系统

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

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

4.6.5.1 系统描述

乏燃料组件从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车吊运乏燃料组件，垂直存放在水下的乏燃料贮存格架中。破损的燃料组件装入破损燃料组件贮存小室内存放。需要定量检查辐照燃料组件的破损程度时，采用离线啜吸检测装置进行检测。当乏燃料组件贮存一定时间需要外运时，将组件装入乏燃料运输容器，经过清洗，检查乏燃料容器的表面辐射水平和污染水平满足运输标准规定后，可运往乏燃料后处理厂。

以上乏燃料组件全部操作过程都严格地遵守操作规程，所用的操作设备都设有安全措施。如人桥吊车的提升系统设置两个相对独立的行程开关，在上部限位开关发生失效时，安全上部限位开关能自动断开吊车电源；为防止燃料组件与池壁碰撞，人桥吊车上设有运行路径保护装置限制人桥吊车的运行范围等。

燃料转运舱底部设有连接安全壳内换料水池的燃料转运通道。反应堆正常运行时转运通道是隔离的，只有换料时才打开。

乏燃料贮存水池侧壁是混凝土屏蔽墙，使水池周围相邻区域的辐射水平满足相应辐射区域的设计标准。

在乏燃料贮存水池内设有乏燃料贮存格架，分为两个区，I 区为镉乏燃料贮存格架，用于贮存新燃料组件和由堆芯卸出的未达到规定燃耗限值要求的乏燃料组件。II 区为硼铝乏燃料贮存格架，用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有引漏管，用以监测覆面有否渗漏。

在正常情况下乏燃料贮存水池充满硼酸水，以保证乏燃料贮存水池内燃料组件的冷却和水面以上的辐射水平满足设计要求。在池底不设任何排水管道，防止池水流失。

在乏燃料贮存水池的另一侧是一个容积为的容器装载井，在此进行乏燃料组件装入运输容器的操作。

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

4.6.5.2 设计准则

乏燃料贮存设计按HAD102/15《核动力厂燃料装卸和贮存系统设计》的要求进行，保证乏燃料组件在贮存中各方面的安全，主要设计准则如下：

（1）乏燃料组件贮存的物理布置，必须满足燃料组件安全贮存的次临界要求。必须保证：无论电站正常运行和预期运行故障期间，或者是在特定设计基准事故期间或以后，乏燃料组件的贮存均应满足规定的次临界状态（即在I区贮存格架装载最高预期富集度的新燃料组件，而II区格架装载达到规定燃耗限值的乏燃料组件，假定被纯水淹没的情况下，有效增殖系数k_{eff}≤0.95）；

（2）乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

（3）防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

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

（5）贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

（6）必须提供贮存破损燃料组件的设施；

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

（8）应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

（9）乏燃料贮存格架的材料应与环境相容。应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化；应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

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

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

（12）乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

（13）乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施。

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

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

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

4.6.5.3 乏燃料水池的冷却和处理

乏燃料水池的冷却和处理系统用于保证对核电厂贮存乏燃料组件的水进行冷却、过滤和处理，并且在燃料装卸期间为堆腔水池、换料水池、乏燃料贮存水池以及燃料转运舱充水和排水提供所需的手段。

1) 系统的主要功能

排出在乏燃料水池中贮存的乏燃料组件发出的余热。

清除在换料水池和乏燃料贮存水池内的腐蚀产物、裂变产物和水中的悬浮颗粒。

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

在换料水箱中储备安全壳喷淋和堆芯应急冷却所需的含硼水。

2) 系统的设计基准

乏燃料水池冷却和处理系统的设备的安全等级为3级；换料水贮存箱、与余热排出系统连接的管路以及带隔离阀的安全壳贯穿件的安全等级为2级；在安全壳内的所有其他部分为非安全级。

该系统设有三台泵，正常贮存期间，运行一个冷却列（每个冷却列包括一台泵和一台热交换器）就可以满足换热要求，另外两个冷却列作为备用。正常换料工况需要运行两个冷却列导出乏燃料水池余热，另外一个冷却列作为备用。

乏燃料贮存水池的冷却系统、换料水贮存箱及连接管道的设计，在安全停堆地震引起的载荷下仍保持其功能。与之相关的其他区域的排水管道、隔离阀等可在同样条件下保持其密封性。

该系统对飞机坠落在内的飞射物、火灾和爆炸进行防护并能经受住水淹和冰冻的影响。

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

换料水贮存箱的设计，能确保收集可能的泄漏，防止放射性废液扩散和污染地下水。

系统设计能对过滤器、离子交换器、泵和热交换器进行在役维修。

4.7 非放射性废物处理系统

4.7.1 化学污染物

为满足田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行要求，需对核电厂有关系统的水作某些化学处理，即在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证水质并实现以下目的：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。

这些化学物质的最终产物也将随着排水排入到环境中去。

4.7.1.1 处理系统设计描述

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组释放到环境中的化学物质主要产生于循环水系统、除盐水加氨系统、凝结水精处理系统、二回路、闭式冷却水系统等环节。

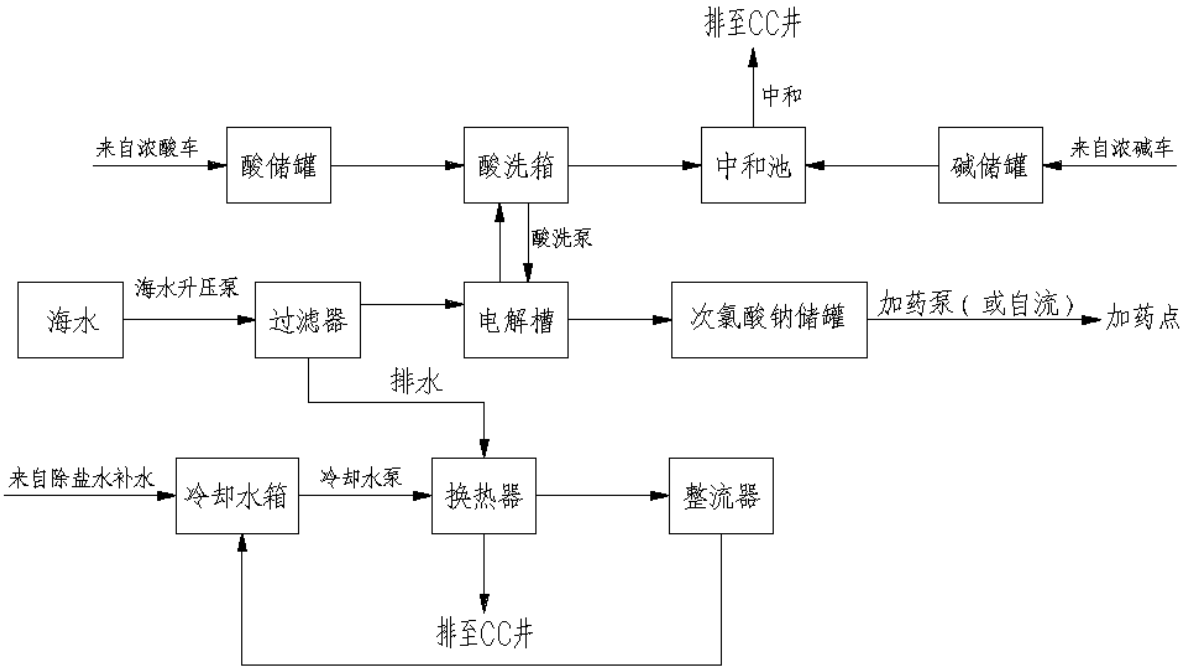
田湾核电站扩建工程 5、6 号机组制氯站的功能是通过电解海水，产生次氯酸钠溶液，并向取水头部、联合泵房、及取水隧道中间点两处投加。制氯站采用电解海水制氯工艺，该工艺具有运行费用较低、环保的特点。

海水经过位于 PX 泵房内的海水泵升压后，进入 HX 厂房自动反冲洗过滤器，除去海水中的较大颗粒物质，进入电解槽（共 4 台）。变压整流装置（共 4 台）将 6.6kv 的交流电转化成直流电供给电解槽组。流经电解槽组件的海水被直流电电解产生次氯酸钠溶溶液及氢气进入次氯酸钠储罐。次氯酸钠储罐共 4 台，布置在厂房外侧。氢气在次氯酸纳储罐顶部通过空气自然稀释并排到大气中。次氯酸钠溶液通过取水头部加药泵送至 5#、6#取水头部加氯框，通过隧道中间点冲击加药泵送至 5#、6#取水隧道中间点的加氯框，通过重力自流进入 5#、6#PX 泵房的加氯框。

5、6 号机组共设置 4 套产氯量（有效氯）为 266.0kg/h 的电解海水制氯装置，每套电解海水制氯装置可以独立运行，也可以同时运行。取水头部和联合泵房采取连续加药的方式。取水头部连续加药浓度 1.0mg/L，联合泵房连续加药浓度 1.0mg/L；取水隧道中间点设两处冲击加药点，每个点加药浓度 3.0mg/L，加药时间为 0.5 小时，每个点每天冲击加药二次。

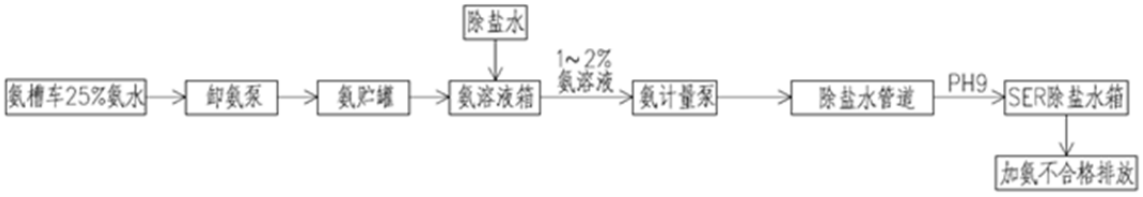
通过上述措施防止海生物在管道内和排放口繁殖，从而避免因其繁殖而导致的管道断面缩小，阻力增加，流量降低。

制氯系统流程图如下：



田湾核电站 5、6 号机组淡水水源为蔷薇河。原水经淡水厂混凝、澄清、过滤、活性炭过滤后供至清水池。按照用水要求的不同，分别经生活水泵、生产水泵供给生活消防给水系统和生产水系统，生产水作为除盐水原水再经过除盐工艺处理后供给除盐水各用户。淡水厂在 1、2 号机组时已一次性建设完成，除盐水厂房与 3、4 号机组共用，因此不在本工程范围内。5、6 号机组设置 YB 除盐水储罐、YC 加氨间及氨贮存间，将来自 3、4 号机组除盐水厂房的除盐水通过加氨将 pH 值调整到 9±0.2，经 SER 除盐水泵送至 5、6 号机组的常规岛除盐水用户。

除盐水加氨系统流程图如下：



除盐水加氨系统加入的化学物质是氨水。

常规岛化学物质的使用及排放情况：

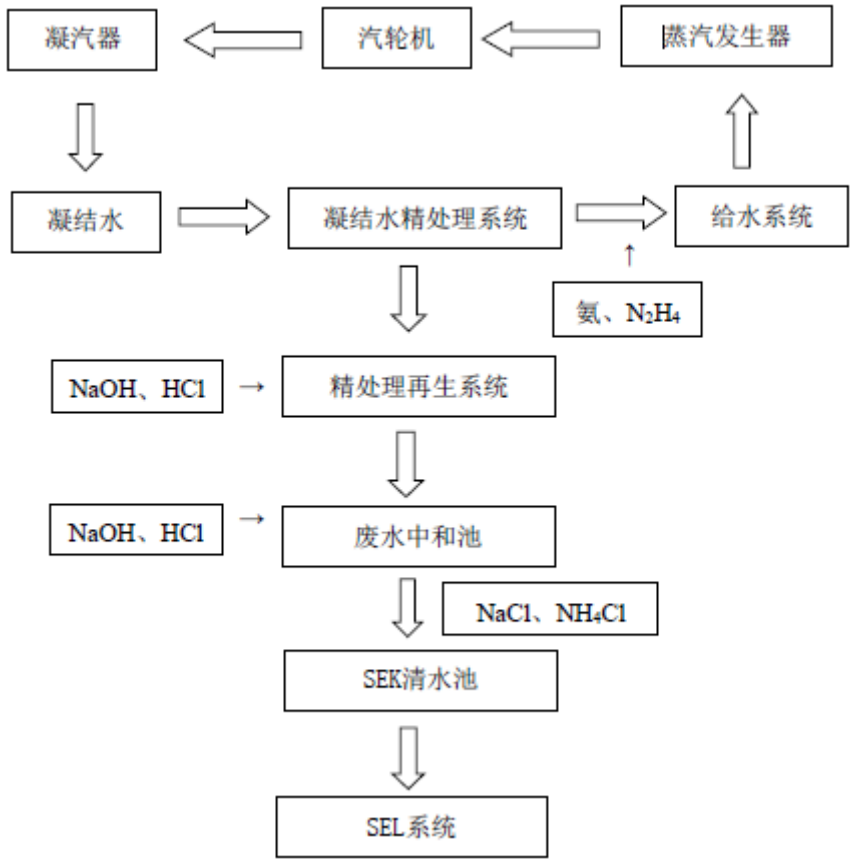
（1）常规岛通过添加联氨和氨以控制机组启动、运行时二回路系统的水化学参数在适当的范围，氨、联氨的加入点为：凝结水系统、给水系统及核岛部分主给水流量调节系统。正常运行时仅有少量药剂随凝结水精处理系统的再生废水、热力系统疏排水或跑冒滴漏等排放。

（2）向核岛和常规岛闭式循环冷却水系统加入磷酸三钠溶液作为缓蚀、阻垢剂，加

药点为常规岛与核岛的闭式循环冷却水系统。正常运行时仅有少量药剂随冷却水系统疏排水或跑冒滴漏等排放。

（3）凝结水精处理系统采用 32%浓度的 NaOH 溶液及 30%浓度的 HCl 作为离子交换树脂的再生剂；每次树脂再生的排废水量约 360t，收集至精处理废水中和池内，再用酸碱调节 pH 至 6~9 后排至常规岛含油废水处理系统（SEK）清水池，经泵排放至常规岛废液排放系统（SEL）。再生废水中的主要污染物为 NaCl 及 NH_4Cl。

相关化学物质的使用及排放的工艺流程简图如下：



4.7.1.2 废水来源及排放

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组排出的化学物质主要来自下列工艺过程中产生的废水：

- 循环水处理系统(海水加氯系统)；
- 除盐水加氨系统；
- 核电厂有关厂房的液体流出物及系统排污水处理；
- 废油处理；
- 核电厂洗衣房的排水。

循环水处理系统产生的废水排入大海。

加氨系统废水、凝结水精处理系统酸碱废水均分别通过中和池中和后排放，使用盐酸或氢氧化钠调节废水pH值至6~9的范围内，满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）的要求。上述化学过程可以表述为：

$NH_3 \cdot H_2O + HCl \rightarrow NH_4Cl + H_2O$，$NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

其它各类非放废水分别经处理达到国家排放标准后，经虹吸井排入大海。

4.7.2 生活废物

本工程产生的生活废物包括核电站非控制区产生的非放射性固体生活垃圾、生活污水。

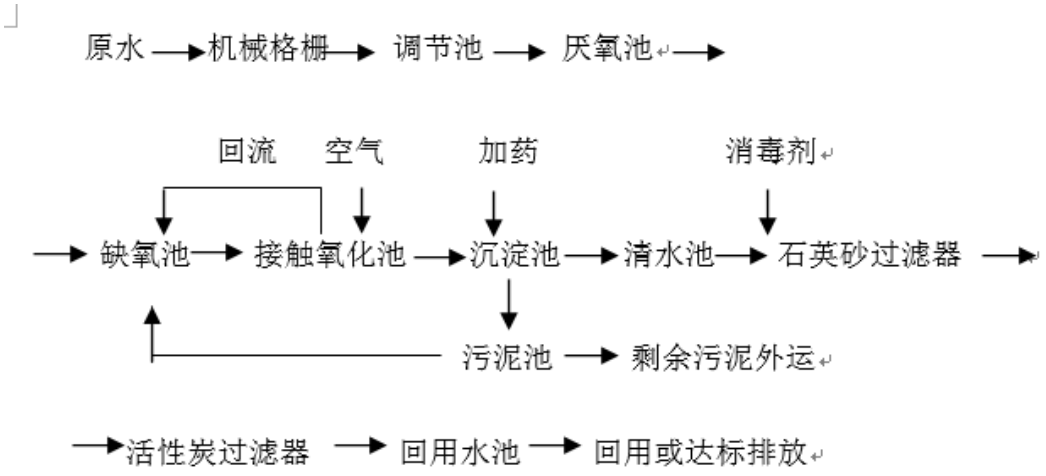
非放射性固体生活垃圾按生活垃圾处理规定收集暂存并送到指定的垃圾消纳场处理。本工程运行期间生活垃圾产生量约为2吨/天。

生活污水来自厂区、厂前建筑区、其它设施区的各个厂房、车间、实验室、办公楼等处卫生设备以及洗衣房等处的非放射性生活污水的排水。本工程生活污水由生活污水排水系统收集汇至 3、4 号机组生产生活和含油废水排水泵站（T1UGQ），生活污水经提升送至已建成南区污水处理站集中处理。生活污水经处理后达到《城市污水再生利用-城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）城市绿化水质要求，出水用于厂区绿化等。回用剩余水量排入大海。生活污水处理站产生的剩余污泥外运。

南区生活污水处理系统共有4套处理系统。其中老系统两套，每套处理能力为10 m^3/h，一用一备，于2003年10月份投入运行；新系统两套，每套处理能力为20 m^3/h，于2009年6月投入运行。2018年改造项目，将原2×10 m^3/h改造为1×35 m^3/h，原2×20 m^3/h改造为1×25 m^3/h，计划2019年7月改造完成。

核电站正常运行期间工作人员主要包括正常工作人员以及现场人员，其中正常工作人员主要指每天在厂区上班时间为 8 小时的人员，包括核电站扩建机组新增内部工作人员、大修期间进驻人员；现场人员主要是指每天 24 小时居住及工作在现场的人员，包括武警和消防队员、保安人以及驻现场维修承包商等。根据田湾核电站各期工程正常运行期间的人数，保守估算出本工程建成后，田湾核电站 6 台机组运行所产生的生活污水量最大为1016 m^3/d。南区生活污水处理能力能够满足要求，且还有一定的裕量。

南区生活污水处理站主要工艺流程图如下：



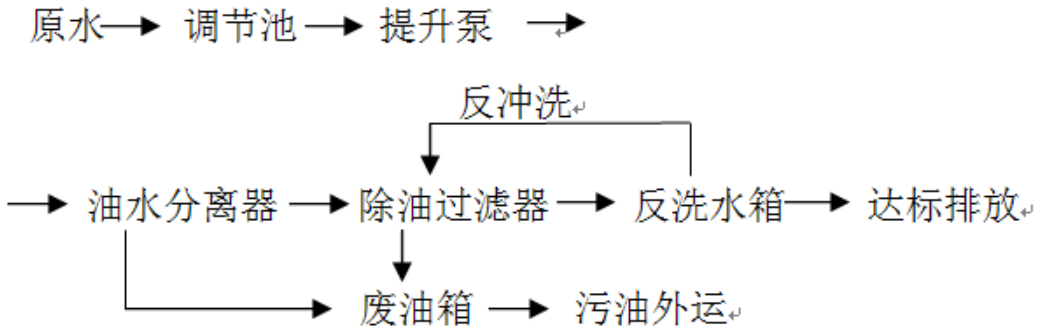
4.7.3 其他废物

本工程运行期产生的其他废物主要为非放射性含油废水、废油、固体废物等。

4.7.3.1 非放射性含油废水、废油

本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至本工程 FS 油水分离池。FS 油水分离池设计规模 2×5m^3/h。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准(含油类＜5mg/L)，经检测合格后排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

非放射性含油废水处理流程图如下：



4.7.3.2 固体废物

本工程运行期产生的固体废物为一般工业废物，主要包括淡水处理和生活污水处理过程中产生的污泥、膜组件及 FS 油水分离池经油水分离装置分离后的废油、凝结水精处理过程中废弃的离子交换树脂等。本工程淡水处理、生活污水处理、除盐水处理与前期工程共用。凝结水精处理过程中废弃的离子交换树脂不含有游离液体或有害物质，一般按照工业垃圾固体废物进行处理。

4.8 放射性物质厂内运输

运进核电站的放射性物质有中子源和未经辐照的新燃料组件。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造能满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

运出核电站的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

4.8.1 新燃料运输

4.8.1.1 燃料供应

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组堆芯选用的燃料组件，由我国中核建中核燃料元件有限公司（原中核集团八一二厂）或中核北方核燃料元件有限公司（原中核集团二〇二厂）供应。新燃料运输容器采用铁路或陆路运输方式，厂内运输路线为从厂外运至新燃料组件运输中转贮存场地（FX），再从 FX 运至燃料厂房（KX），或者由厂外直接运至 KX 厂房。

4.8.1.2 新燃料运输容器

新燃料组件装载在新燃料容器中运输，新燃料运输容器特性：

• 货包类型 AF

新燃料运输容器是由上、下壳体组成的一个卧式圆柱形密封箱体。上、下壳体的连接用螺栓锁紧。上壳体设有吊装环、下壳体设有叉孔，以便于吊装容器。新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

4.8.2 乏燃料运输

乏燃料组件的运输必须遵守下列标准规范：《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF 501）、《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T 17230-1998）、《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 562 号）。

从核电站卸下的乏燃料在乏燃料贮存水池暂存若干年后, 将乏燃料运至后处理厂的中间贮存水池作后处理前的暂存。其它与燃料组件相关的控制棒组件、中子源组件等，由于需要更新的机率很小，一般不需要做经常性的运输，需要换下来的可以存放在乏燃料贮存水池内，在反应堆退役时作为废弃物运走。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的乏燃料组件在乏燃料贮存水池尚未贮满之前运出，乏燃料运输容器的设计和制造应满足 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求。

乏燃料组件在燃料厂房装入乏燃料运输容器后，采用公路运输方式直接运输出厂，运输终点为乏燃料后处理厂，该厂目前正在进行规划选址论证工作。

如果后处理厂选在中核四〇四有限公司，运输方式拟采用公路运输，运输容器由核电厂沿连霍高速经江苏、安徽、河南三省至陕西西安，转 312 国道经兰州、武威、张掖、酒

泉、嘉峪关，最后运至中核四〇四有限公司。如果后处理厂选在沿海地区，待厂址确定后再确定运输方式及运输路线。

4.8.3 放射性固体废物的运输

田湾核电站 5、6 号机组需要运输的放射性固体废物包括处理前的固体废物和处理后的废物包。处理前的固体废物包括废树脂、浓缩液和杂项干废物，处理后的废物包装形式为装有烘干废树脂或浓缩液压实桶饼的 200L 钢桶水泥固定体、装有干废物桶饼的 200L 钢桶水泥固定体、装有废过滤器芯的 400L 钢桶水泥固定体以及外运处置前二次包装后的 700L 混凝土高完整性容器（HIC）。

4.8.3.1 处理前的固体废物运输

机组运行产生的废树脂和浓缩液先在核辅助厂房（N 厂房）内贮存，定期向放射性废物处理中心（T4UKT）运输，在 T4UKT 集中进行处理。废树脂和浓缩液运输使用专用槽车，槽车上设有屏蔽容器，保证工作过程中运输容器外表面剂量率≤2mSv/h。运输槽车设有液位测量系统和泄漏探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。

杂项干废物，如衣服、手套、鞋罩、塑料、小型零部件等，集中收集后由专用的封闭式运输车送往 T4UKT 或 2 号机组服务厂房（21UKC）进行处理，运输车司机室后设有屏蔽，屏蔽厚度标准为司机室内剂量率不超过 10 μ Sv/h。

放射性废物运输车辆在运输过程中严格限速行驶，并设置警告标识，其他人员未经允许不得靠近，从管理上确保废物运输安全。

4.8.3.2 处理后的废物包运输

在核辅助厂房（N 厂房）水泥固定处理形成的装有废过滤器芯的 400L 钢桶废物包和在放射性废物处理中心（T4UKT）处理形成的装有废树脂、浓缩液盐块或干废物的 200L 钢桶废物包需要运输到 5、6 号机组的废物暂存库（QT）。废物桶厂内运输使用专用运输车，外表面剂量率＞2mSv/h 的废物桶在运输时放入屏蔽容器内，保证运输容器外表面剂量率≤2mSv/h，运输车沿规划路线行驶，运输废物期间实行道路管制措施，减小厂区人员受放射性危害的风险。

装有烘干废树脂和浓缩液盐块的 200L 钢桶外运处置前需运输到 T4UKT 进行二次包装，装入混凝土 HIC 并封盖养护后形成 700L 混凝土 HIC 废物包。最终外运的废物包为 200L 钢桶、400L 钢桶和 700L 混凝土 HIC 包装的废物包。计划每两年向规划中的放射性废物区域处置场运输一次废物包，首次向处置场运输废物包的时间取决于处置场投运时间和接收条件。放射性固体废物的运输起点为田湾核电站 5、6 号机组的 QT 库，运输终点

为规划中的放射性废物区域处置场。放射性废物运输必须遵守下列标准：GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》，GB 12711－2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》。由于区域处置场尚未选址，待处置场选址后再明确运输方式和论证运输路线的可行性。

田湾5、6号机组放射性固体废物源项信息见4.6.4.6节，单台机组每年产生的废物包数量信息见表4.8-1。

表 4.1-1 建、构筑物一览表

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
核岛	1	RX	反应堆厂房☆	11000	1207	
	2	LX	电气厂房△	23665	3125	
	3	NX	核辅助厂房△	17050	3966	
	4	DX	柴油发电机厂房☆	2540	432	
	5	EU	5、6 号机联楼△	303.8	43.4	
	6	KX	燃料厂房☆	7076	1154.5	
	7	WX	连接厂房☆	-	455	
	8	RE	辅助给水箱间☆	369	184.5	
	9	ET	反应堆停堆更衣室☆	3100	466	增加堆腔注水系统和二次侧非能动余热排出系统
	10	RP	核岛龙门架☆	-	260	
常规岛	11	MX	汽轮发电机厂房☆	100260	16010	
	12	MF	消防稳压设备间△			

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
	13	MO	润滑油传送间△			
	14	MP	凝结水精处理间☆			
	15	MV	汽机通风间☆			
	16	TA	主变压器平台☆	-	780	
	17	TX	备用变压器平台	-	90	
	18	FF	常规岛事故排油坑☆	100	100	
	19	FS	油水分离池△	-	120	
	20	JX	辅助变压器平台△	-	125	
	21	LM	LX 与 MX 间连廊△	80	80	
	22	PB	ATE 除盐水箱☆	100	100	
	23	FG	放射性油水分离池	-	-	在 MX 内
开关站	24	TB	主开关站※	1330	1330	
	25	TC	网控楼※	1300	654	

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
	26	TD	辅助开关站※	720	720	
	27	JN	500kV 进线门架※	-	1870	土建按 5~8 号机组共用设计，设备分期配置。
水工子项	28	CA	取水头部※	-	2450	
	29	CF	取水口管理站※	1000	1000	
	30	CE	取水隧洞△	-	-	
	31	CH	排水隧洞△	-	-	
	32	PX	联合泵房△	6000(169000m^3)	7600	建筑面积 6000m^2 地下体积 169000m^3
	33	GD	循环水进排水管道△	-	-	
	34	GA	重要厂用水取水管廊△	-	-	
	35	GS	重要厂用水排水管道△	-	-	
	36	CC	虹吸井△	1580	1880	
辅助生产区	37	AC	放射性机修车间△	10060	5000	
	38	AK	严重事故低压电源厂房△	380	200	
	39	AS	特种汽车库※	500	500	

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
辅助生产区	40	CT	机械通风冷却塔（含水池）△	960	960	
	41	PD	机械通风冷却塔辅助泵房△	900	800	
	42	1DY	5 号机组备用柴油发电机厂房	2230	770	
	43	2DY	6 号机组备用柴油发电机厂房	2230	770	
	44	EN	放射源库△	218	218	
	45	QA	核岛液态流出物排放厂房△	980	980	
	46	QB	常规岛液态流出物排放厂房△	980	980	
	47	QR	放射性废油暂存库	328	328	1~6 号机组共用
	48	QT	废物暂存库※	3903	3122	
	49	AB1	综合仓库△	5134.3	2200.8	
	50	AB2	大件仓库△	2017	2017	
	51	AF	机电仪修车间△	7271	6009	
	52	AL	厂区实验室△	2309.45	587.86	

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
辅助生产区	53	FC	润滑油和油脂库△	1100	1100	
	54	BH	职业去污室	300	300	全厂共用
	55	HX	制氯站※	1550	1550	厂房按 5~8 号机组共用设计，设备分期配置
	56	OB	高位水箱△	950	1000	
	57	UA	控制区大门△	960	1050	
	58	UB	围栏△	-	-	
	59	UD	保护区大门△	460	460	
	60	UG	保安楼△	800	800	
	61	YB	除盐水储水罐△	602	602	
	62	YC	加氨间及氨贮存间△	150	150	
	63	ZA1	氮气站△	80	350	
	64	ZA2	气体储存区△	9	66	
	65	ZB	氢气贮存及分配站※	540	790	厂房按 5~8 号机组共用设计，设备分期配置

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
	66	ZC	空气压缩机房※	630	630	厂房按 5~8 号机组共用设计，设备分期配置
	67	ZD	压缩空气罐☆	-	20	
	68	LY	6.6kV 公用配电站△	195	195	
	69	EH	地下水监测井△	-	1	共三个
主要管沟	70	GB	综合技术廊道△	-	-	
	71	GC1	废液廊道△	-	-	
	72	GC2	液态流出物排放管沟△	-	-	
	73	GE	雨水系统和地下管廊	-	-	设计内容编入 00 子项
	74	GF	SEU 进排水廊道△	-	-	
	75	GH	地下水排水盲沟△	-	-	
	76	GI	非能动应急高位水源管沟△	-	-	
	77	GJ	TD 到 JX 220kV 电缆沟※	-	-	
	78	DG	主变至开关站 GIL 廊道△	-	-	
	79	BX	生产办公楼△	6500	3000	
	80	AP	停车场△	-	10000	

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
厂前及其它设施区	81	EA	培训中心△	3470	1370	在一期培训中心北侧扩建
	82	FL	周值班宿舍△	16000	4000	
	83	EY1	武警营房△	2400	1050	
	84	EY2	厂区西门、北门△	-	-	
	85	00	室外工程△	-	-	
	86	JG	截洪沟	-	-	
	87	PG	排洪沟	-	-	
	88	01UMP	应急移动电源、移动泵仓库	663	663	1~6 号共用，土建随 3、4 号建设，设备分期配置。
	89	W1UCE	应急指挥中心			全厂共用，随 3、4 号机组建设，设备分期配置。
	90	T4UKT	废物处理中心			1~6 号机组共用，随 3、4 号建设，5、6 号只计列分摊费。
	91	CQ	大件码头			1~4 号机组已建，本期只计列清淤及维护费用。
	92	CB	取水明渠			主体已随 3、4 号机组建设，仅计列挖泥费用。

分区	序号	子项号	建、构筑物名称	建筑面积（m^2）	占地面积（m^2）	备注
	93	CD	排水明渠			主体已随 3、4 号机组建设，仅计列挖泥费用。
	附注： 除备注中特别注明外，表中带“☆”为单机组设置，带“△”为 5、6 号机组共用设施，带“※”为 5~8 号机组共用设施。					

表 4.1-2 主要经济指标表

序号	项目			单位	数量	备注
1	厂区占地面积			hm^2	29.25	部分子项为 4 机共用,含厂前区
	其中	主厂区占地面积		hm^2	6.80	
		开关站占地面积		hm^2	1.52	
		辅助生产设施占地面积		hm^2	18.93	
		厂前区占地面积		hm^2	2.00	
2	单位容量用地面积			m^2/kW	0.13	
3	厂区建筑物建筑面积			m^2	251934	含厂外建筑
4	厂区建构筑物占地面积			m^2	119419	5、6 号机组控制区内及厂前区
5	建筑系数			%	40.83	
6	厂内轻型路道路广场面积			hm^2	3.86	不含 AP 停车场面积 2.1hm^2
7	厂内重型路道路广场面积			hm^2	1.98	
8	道路广场系数			%	19.97	
9	绿化用地面积			hm^2	4.39	
10	绿地率			%	7.2	
11	厂区主要管廊长度	重要厂用水取水管廊 GA		m	1247	
		重要厂用水排水管道 GS		m	817	
		综合技术廊道 GB		m	2250	
		循环水进排水管道 GD		m	870	
		液态流出物排放管沟 GC1		m	295	
		SEU 进排水廊道 GF		m	168	
		非能动应急高位水源管沟 GI		m	720	
		TER 废液排放廊道 GC2		m	167	
		主变至开关站 GIL 廊道 DG		m	710	
		TD 到 JX220kV 电缆沟 GJ		m	1788	
12	厂区围栏长度		要害区围栏	m	925x2	
			保护区围栏	m	1780x2	
			控制区围栏	m	2095	

表 4.3-1 海水冷却水量及其它用水量表

机组编号	单机容量（MW）	凝汽量（t/h）	夏季冷却倍率	冬季冷却倍率	夏季凝汽器冷却水量（m^3/h）	冬季凝汽器冷却水量（m^3/h	辅机热交换器开式水（m^3/h）	重要厂用水（m^3/h）	海水制氯用水量（m^3/h）	鼓网反冲洗水（m^3/h）	总水量	
											夏季（m^3/h）	冬季（m^3/h）
5	1118	2910.5	72	44.6	203400	126000	4500	2500	335	540	211275	133875
6	1118	2910.5	72	44.6	203400	126000	4500	2500	335	540	211275	133875
合计	2236	5821	72	44.6	406800	252000	9000	5000	670	1080	422550	267750

表 4.6-1 堆芯裂变产物积存量

放射性核素	各区中各燃料组件的放射性活度（$\times 10^8$GBq）				整堆芯
	经历一个循环	经历两个循环	经历三个循环	经历四个循环	52/52/52/1（各区组件数）
I-131	1.80E-01	1.82E-01	1.83E-01	1.83E-01	2.86E+01
I-132	2.66E-01	2.67E-01	2.67E-01	2.66E-01	4.18E+01
I-133	3.87E-01	3.84E-01	3.78E-01	3.71E-01	6.01E+01
I-134	4.50E-01	4.34E-01	4.20E-01	4.09E-01	6.82E+01
I-135	3.66E-01	3.63E-01	3.59E-01	3.55E-01	5.69E+01
Kr-83m	3.05E-02	2.65E-02	2.31E-02	2.06E-02	4.18E+00
Kr-85	8.29E-04	1.25E-03	1.57E-03	1.76E-03	1.92E-01
Kr-85m	6.87E-02	5.77E-02	4.85E-02	4.20E-02	9.13E+00
Kr-87	1.42E-01	1.17E-01	9.75E-02	8.41E-02	1.86E+01
Kr-88	2.01E-01	1.65E-01	1.36E-01	1.16E-01	2.62E+01
Xe-131m	2.15E-03	2.32E-03	2.38E-03	2.38E-03	3.59E-01
Xe-133	3.85E-01	3.77E-01	3.77E-01	3.71E-01	5.96E+01
Xe-133m	1.18E-02	1.18E-02	1.18E-02	1.18E-02	1.85E+00
Xe-135	9.38E-02	9.38E-02	9.00E-02	8.49E-02	1.45E+01
Xe-135m	7.60E-02	7.79E-02	7.90E-02	7.96E-02	1.22E+01
Xe-138	3.66E-01	3.42E-01	3.24E-01	3.12E-01	5.40E+01

表 4.6-2(1/2) 一回路冷却剂归一到 0.55GBq/t I-131 当量时反应堆冷却剂放射性活度谱（正常运行期间）

惰性气体、碘和铯

核素	放射性比活度 GBq/t	
	稳态运行	瞬态
Kr-85m	6.97E-01	1.66E+00
Kr-85	1.12E-02	1.12E-02
Kr-87	1.06E+00	2.49E+00
Kr-88	1.74E+00	3.97E+00
Xe-133m	1.99E-01	4.42E-01
Xe-133	5.81E+00	1.10E+01
Xe-135	4.23E+00	5.71E+00
Xe-138	1.70E+00	4.82E+00
总的惰性气体	1.55E+01	3.01E+01
I-131	3.52E-01	9.14E+00
I-132	3.92E-01	5.02E+00
I-133	5.65E-01	4.52E+00
I-134	3.12E-01	6.97E+00
I-135	3.74E-01	3.13E+00
总的碘	2.00E+00	2.88E+01
I-131 当量	5.50E-01	1.09E+01
Cs-134	4.59E-03	7.12E-01
Cs-136	4.66E-03	2.76E-01
Cs-137	1.19E-02	1.58E+00
Cs-138	1.70E+00	4.94E+00

表 4.6-2(2/2) 一回路冷却剂归一到 0.55GBq/t I-131 当量时反应堆冷却剂放射性活度谱（正常运行期间）

其它裂变产物

核素	放射性比活度 GBq/t
Sr-89	1.10E-03
Sr-90	1.30E-05
Y-90	9.45E-07
Y-91	3.78E-05
Sr-91	1.11E-02
Sr-92	2.43E-02
Zr-95	7.78E-05
Nb-95	3.82E-05
Mo-99	3.70E-02
Tc-99m	1.48E-03
Ru-103	1.09E-04
Ru-106	1.00E-05
Te-131m	3.75E-04
Te-131	4.88E-02
Te-132	1.27E-03
Te-134	6.73E-02
Ba-140	2.88E-03
La-140	8.10E-05
Ce-141	1.21E-04
Ce-143	1.70E-03
Pr-143	4.13E-05
Ce-144	2.60E-05
Pr-144	2.23E-05

腐蚀产物

核素	放射性比活度 GBq/t		
	稳态运行	瞬态	冷停堆
Cr-51	2.22E-02	1.90E-01	3.70E+00
Mn-54	1.15E-03	5.10E-01	3.70E+00
Fe-59	6.26E-04	1.90E-02	1.90E+00
Co-58	4.17E-02	1.50E+00	4.00E+02
Co-60	3.40E-02	1.50E-01	2.50E+01
Ag-110m	6.00E-03	1.20E-01	8.00E-01
Sb-124	1.00E-02	2.00E-01	5.50E+01

表 4.6-3(1/2) 一回路冷却剂归一到 4.44GBq/t I-131 当量时反应堆冷却剂放射性活度谱（正常运行期间）

惰性气体、碘和铯

核素	放射性比活度 GBq/t	
	稳态运行	瞬态
Kr-85m	4.295E+00	1.021E+01
Kr-85	1.003E-01	1.003E-01
Kr-87	5.601E+00	1.312E+01
Kr-88	1.007E+01	2.294E+01
Xe-133m	1.770E+00	3.934E+00
Xe-133	5.154E+01	9.756E+01
Xe-135	3.154E+01	4.253E+01
Xe-138	7.869E+00	2.237E+01
总的惰性气体	1.128E+02	2.128E+02
I-131	3.211E+00	8.336E+01
I-132	1.791E+00	2.293E+01
I-133	3.994E+00	3.193E+01
I-134	3.812E-01	8.516E+00
I-135	1.637E+00	1.371E+01
总的碘	1.101E+01	1.604E+02
I-131 当量	4.440E+00	9.364E+01
Cs-134	1.07E-01	1.66E+01
Cs-136	6.08E-02	3.61E+00
Cs-137	1.38E-01	1.84E+01
Cs-138	7.77E+01	2.26E+01

表 4.6-3(2/2) 一回路冷却剂归一到 4.44GBq/t I-131 当量时反应堆冷却剂放射性活度谱（正常运行期间）

其它裂变产物

核素	放射性比活度(GBq/t)
Sr-89	4.71E-03
Sr-90	6.40E-05
Y-90	4.35E-06
Y-91	1.48E-04
Sr-91	1.16E-02
Sr-92	1.87E-02
Zr-95	2.10E-04
Nb-95	1.76E-04
Mo-99	3.09E-02
Tc-99m	1.38E-03
Ru-103	2.16E-04
Ru-106	3.99E-05
Te-131m	6.36E-04
Te-131	3.35E-02
Te-132	4.74E-03
Te-134	4.67E-02
Ba-140	1.04E-02
La-140	3.50E-04
Ce-141	2.42E-04
Ce-143	1.30E-03
Pr-143	1.78E-04
Ce-144	1.08E-04
Pr-144	1.06E-04

腐蚀产物

核素	放射性比活度 GBq/t		
	稳态运行	瞬态	冷停堆
Cr-51	6.66E-02	1.90E-01	3.70E+00
Mn-54	3.45E-03	5.10E-01	3.70E+00
Fe-59	1.88E-03	1.90E-02	1.90E+00
Co-58	1.25E-01	1.50E+00	4.00E+02
Co-60	1.02E-01	1.50E-01	2.50E+01
Ag-110m	1.80E-02	1.20E-01	8.00E-01
Sb-124	3.00E-02	2.00E-01	5.50E+01

表 4.6-4(1/2) 一回路冷却剂归一到 37GBq/t I-131 当量时反应堆冷却剂放射性活度谱（正常运行期间）

惰性气体、碘和铯

核素	放射性比活度 GBq/t	
	稳态运行	瞬态
Kr-85m	3.63E+01	8.62E+01
Kr-85	8.45E-01	8.45E-01
Kr-87	4.75E+01	1.11E+02
Kr-88	8.51E+01	1.94E+02
Xe-133m	1.48E+01	3.29E+01
Xe-133	4.32E+02	8.17E+02
Xe-135	2.65E+02	3.58E+02
Xe-138	6.67E+01	1.90E+02
总的惰性气体	9.48E+02	1.79E+03
I-131	2.69E+01	6.98E+02
I-132	1.42E+01	1.82E+02
I-133	3.32E+01	2.65E+02
I-134	1.96E+00	4.37E+01
I-135	1.30E+01	1.09E+02
总的碘	8.92E+01	1.30E+03
I-131 当量	3.70E+01	7.83E+02
Cs-134	8.95E-01	1.39E+02
Cs-136	5.09E-01	3.02E+01
Cs-137	1.16E+00	1.55E+02
Cs-138	6.56E+01	1.91E+02

表 4.6-4(2/2) 一回路冷却剂归一到 37GBq/t I-131 当量时反应堆冷却剂放射性活度谱（正常运行期间）

其它裂变产物

核素	放射性比活度 GBq/t
Sr-89	4.02E-02
Sr-90	5.48E-04
Y-90	3.75E-05
Y-91	1.27E-03
Sr-91	5.38E-02
Sr-92	4.94E-02
Zr-95	1.65E-03
Nb-95	1.53E-03
Mo-99	9.86E-02
Tc-99m	5.38E-03
Ru-103	1.49E-03
Ru-106	3.19E-04
Te-131m	3.88E-03
Te-131	5.84E-02
Te-132	3.67E-02
Te-134	8.62E-02
Ba-140	8.49E-02
La-140	2.94E-03
Ce-141	1.72E-03
Ce-143	3.36E-03
Pr-143	1.54E-03
Ce-144	9.01E-04
Pr-144	9.07E-04

腐蚀产物

核素	放射性比活度 GBq/t		
	稳态运行	瞬态	冷停堆
Cr-51	6.66E-02	1.90E-01	3.70E+00
Mn-54	3.45E-03	5.10E-01	3.70E+00
Fe-59	1.88E-03	1.90E-02	1.90E+00
Co-58	1.25E-01	1.50E+00	4.00E+02
Co-60	1.02E-01	1.50E-01	2.50E+01
Ag-110m	1.80E-02	1.20E-01	8.00E-01
Sb-124	3.00E-02	2.00E-01	5.50E+01

表 4.6-5(1/2) 二回路水和蒸汽中各放射性核素最大的放射性活度水平(稳态值)

核素	水中的比活度 GBq/kg	蒸汽中的比活度 GBq/kg
Kr-85m	0.00E+00	4.60E-04
Kr-85	0.00E+00	1.10E-05
Kr-87	0.00E+00	6.00E-04
Kr-88	0.00E+00	1.10E-03
Xe-133	0.00E+00	1.90E-04
Xe-133m	0.00E+00	5.50E-03
Xe-135	0.00E+00	3.40E-03
Xe-138	0.00E+00	8.40E-04
I-131	4.30E-02	4.30E-04
I-132	1.20E-02	1.20E-04
I-133	4.90E-02	4.90E-04
I-134	9.60E-04	9.60E-06
I-135	1.60E-02	1.60E-04
Cs-134	1.50E-03	3.70E-06
Cs-136	8.30E-04	2.10E-06
Cs-137	1.90E-03	4.70E-06
Sr-89	6.60E-05	1.60E-07
Sr-90	9.00E-07	2.20E-09
Y-90	5.90E-08	1.50E-10
Y-91	2.10E-06	5.20E-09
Sr-91	7.20E-05	1.80E-07
Sr-92	4.60E-05	1.20E-07
Zr-95	2.70E-06	6.70E-09
Nb-95	2.50E-06	6.20E-09
Mo-99	1.60E-04	3.90E-07
Tc-99m	6.60E-06	1.60E-08
Ru-103	2.40E-06	6.10E-09
Ru-106	5.20E-07	1.30E-09
Te-131m	5.90E-06	1.50E-08
Te-131	1.60E-05	4.10E-08
Te-132	5.80E-05	1.50E-07
Te-134	3.60E-05	9.00E-08
Ba-140	1.40E-04	3.40E-07
La-140	4.60E-06	1.10E-08
Ce-141	2.80E-06	7.00E-09
Ce-143	5.20E-06	1.30E-08
Pr-143	1.50E-06	3.70E-09
Ce-144	2.50E-06	6.30E-09
Pr-144	1.80E-07	4.60E-10
Cr-51	1.10E-04	2.70E-07
Mn-54	5.60E-06	1.40E-08
Fe-59	3.10E-06	7.70E-09
Co-58	2.00E-04	5.10E-07
Co-60	1.70E-04	4.20E-07
Ag-110m	2.90E-05	7.40E-08
Sb-124	4.90E-05	1.20E-07

表 4.6-5(2/2) 二回路水和蒸汽中惰性气体、碘和铯的最大放射性活度水平(瞬态值)

核素	瞬变后 2 小时	
	在 SG 水中的比活度 (GBq/kg)	在蒸汽中的比活度 (GBq/kg)
Kr-85m	0.00E+00	4.60E-02
Kr-85	0.00E+00	7.40E-04
Kr-87	0.00E+00	7.50E-02
Kr-88	0.00E+00	1.10E-01
Xe-133m	0.00E+00	1.50E-02
Xe-133	0.00E+00	4.20E-01
Xe-135	0.00E+00	2.50E-01
Xe-138	0.00E+00	1.20E-01
I-131	8.30E-02	8.30E-04
I-132	4.90E-02	4.90E-04
I-133	6.80E-02	6.80E-04
I-134	1.30E-02	1.30E-04
I-135	2.80E-02	2.80E-04
Cs-134	9.20E-03	2.30E-05
Cs-136	2.60E-03	6.40E-06
Cs-137	1.10E-02	2.60E-05
Cs-138	5.60E-02	1.40E-04

表 4.6-6 厂房通风系统送、排风量表

序号	系统名称与系统标识	正常送风量（m^3/h）		正常排风量（m^3/h）		碘排风量（m^3/h）		排风管路上的过滤、净化设备名称
		机组 3	机组 4	机组 3	机组 4	机组 3	机组 4	
1.	核燃料厂房通风系统（DVK）	32100	32235	36695	36875	3600	3600	正常排风：两台预过滤器，两台高效空气粒子过滤器（互为备用）。 低流量排风：一台预过滤器，一台高效空气粒子过滤器。
		全新风		DVN 烟囱		DVN 烟囱		
2.	安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统（DVS）	14120	14120	13200	13200	0	0	无 （只有一台进风预过滤器）
		全新风		直排室外				
3.	核辅助厂房通风系统（DVN）	200400		200400		32400		正常排风：四台并联的预过滤器，四台并联的高效空气粒子过滤器（三用一备）。 碘排风：一台预过滤器，一台高效空气粒子过滤器，一台碘吸附器（另有一套备用）。
		全新风		DVN 烟囱		DVN 烟囱		
4.	外围设备间通风系统（DVW）	无送风，只有排风		12000	12000	12000	12000	正常排风：一台预过滤器，一台高效过滤器。 碘排风：一台预过滤器，一台高效过滤器，一台碘吸附器。
				DVN 烟囱		DVN 烟囱		
5.	安全壳空气净化系统（EVF）	20000	20000	0	0	0	0	无（只有四台进风高效空气粒子过滤器，碘吸附器两台，并联使用，无备用，EVF 系统为闭式空气循环系统）。
		从 EVR 引入		安全壳内部循环				
6.	安全壳内空气监测系统（ETY）	1500	1500	1500	1500			正常排风：一台预过滤器，一台高效空气粒子过滤器，一台碘吸附器。无备用。
		从 DVK 引入		DVN 烟囱				
7.	安全壳换气通风系统（EBA）	50000	53000	53000	53000	3 号或 4 号机组碘污染：32400		冷停堆期间，EBA 通风换气正常运行。在有碘污染的情况下，EBA 排风经过 DVN 系统碘吸附器。
		从 DVN 引入		入 DVN 风机				

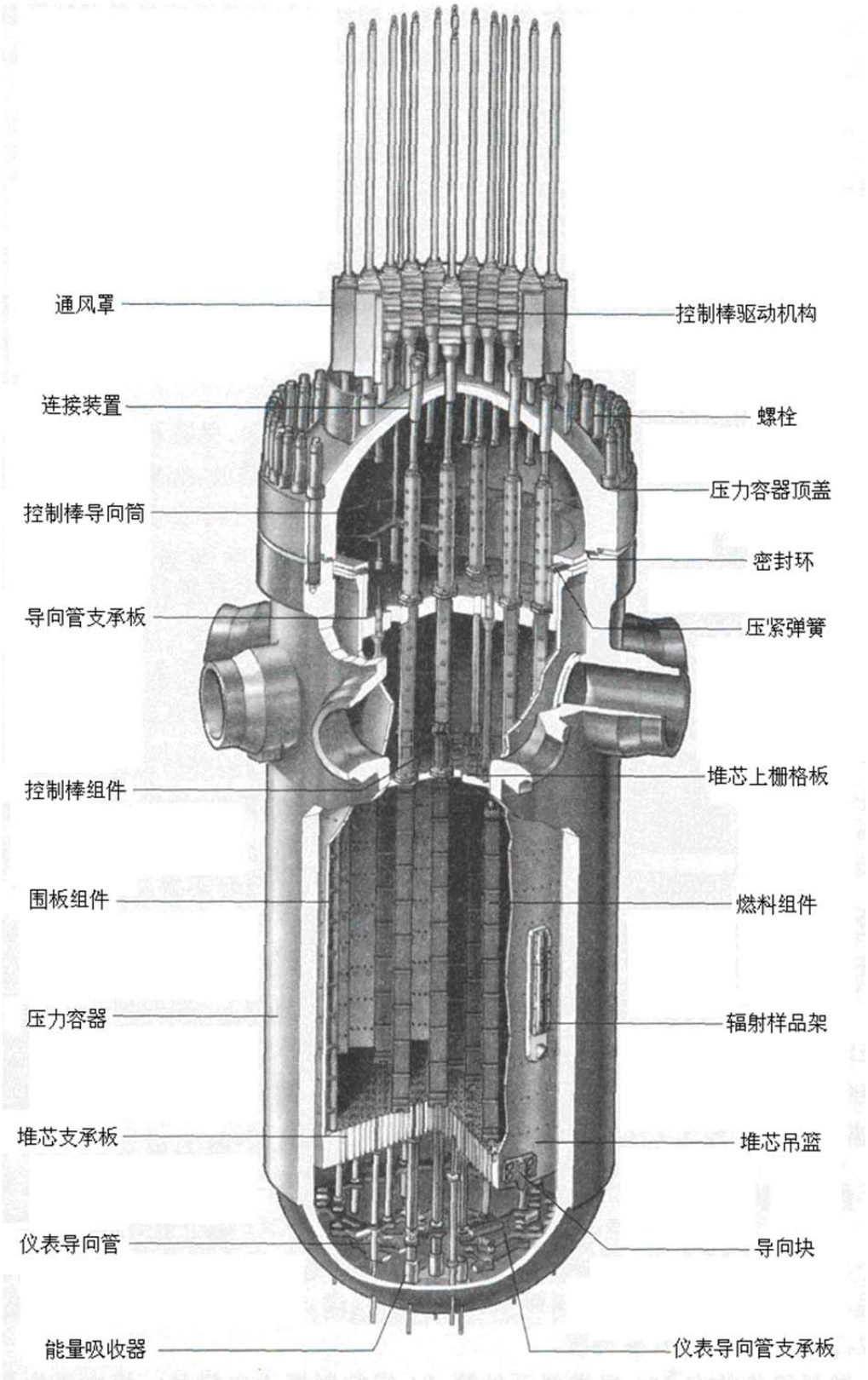

通风罩
控制棒驱动机构
连接装置
螺栓
压力容器顶盖
控制棒导向筒
密封环
导向管支承板
压紧弹簧
堆芯上栅格板
控制棒组件
围板组件
燃料组件
压力容器
辐射样品架
堆芯支承板
堆芯吊篮
仪表导向管
导向块
能量吸收器
仪表导向管支承板

图 4.2-1 反应堆剖视图

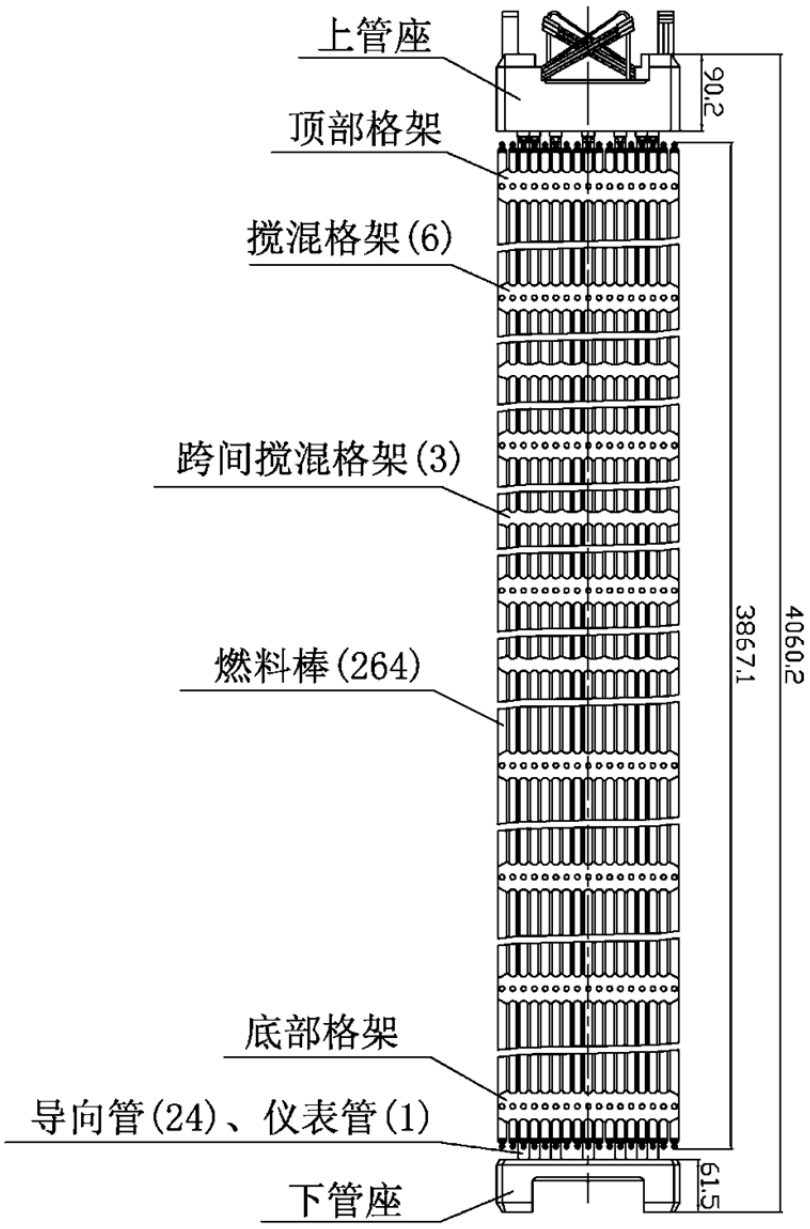


图 4.2-2 燃料组件结构图

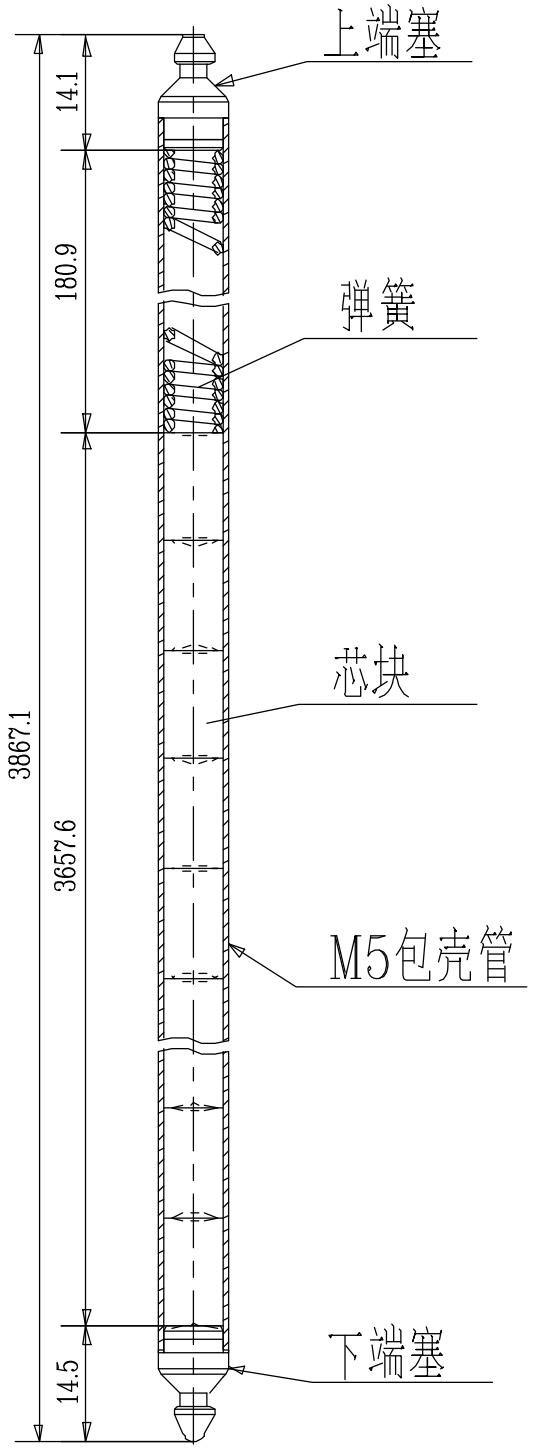
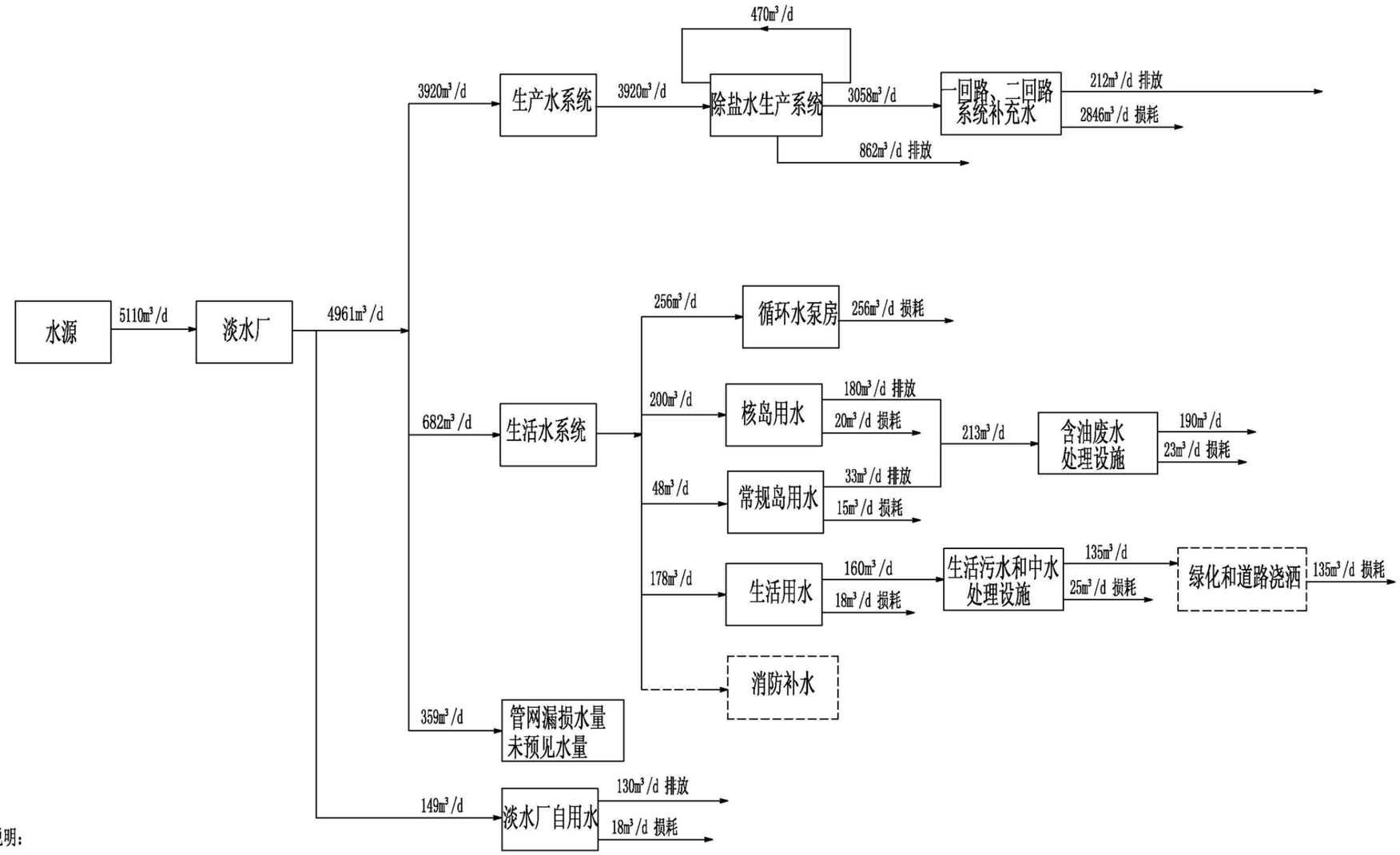


图 4.2-3 燃料棒结构图



说明：

1、图中各项水量均以m³/d为单位。

2、图中所列淡水量按2×1000MW机组容量考虑。

3、消防补充水不作为连续性的补水，不计入总水量。

图4.3-2（1/2） 运行期用水平衡图

图 4.3-1 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行工况淡水水量平衡图

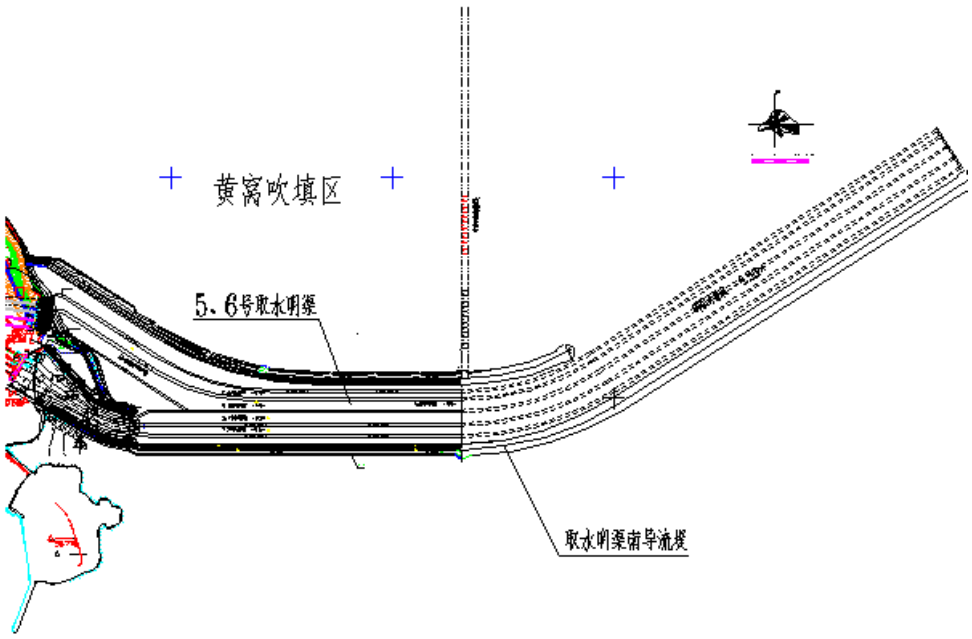


图 4.3-2 各期取水口的相对关系示意图

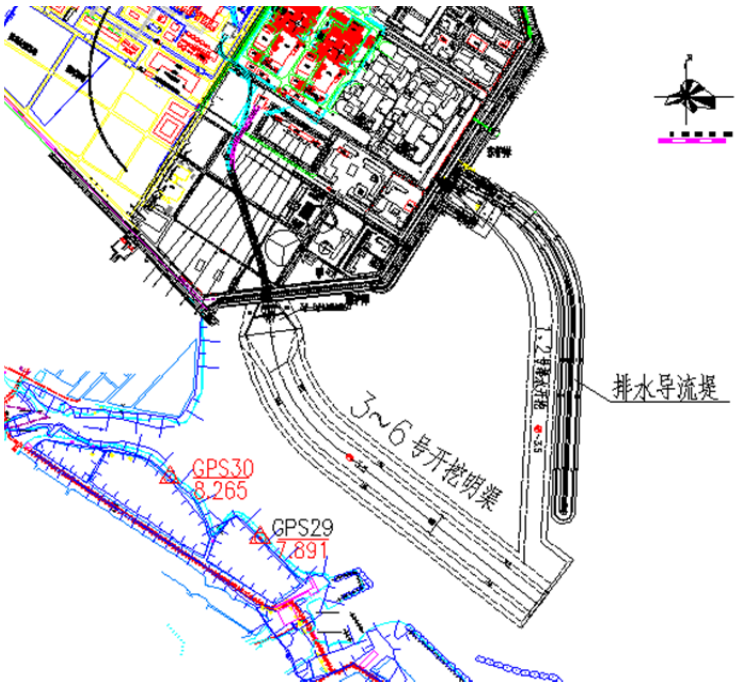


图 4.3-3 各期排水口的相对关系示意图

第五章　电厂施工建设过程对环境的影响

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.2 水的利用

5.2.1 陆域施工对水资源的影响

5.2.2 海域施工对水环境的影响

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

5.2.4 施工期海域环境监测

5.3 施工影响的控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.2 施工期的节水措施

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

5.3.4 施工扬尘的控制措施

5.3.5 施工噪声的控制措施

5.3.6 放射源的管理措施

5.1 土地利用

5.1.1 施工建设对土地利用的影响

本工程为扩建工程，包括厂外工程和厂区工程。厂外工程如厂外道路、码头、淡水厂、砂石料场等，利用已有设施，无需征地；厂区工程包括厂区和施工区，需征地建设。

5.1.2 施工建设占用土地情况

5.1.2.1 工程占地

本工程新增加征地按照5～8号机组统一考虑，项目核准新增加征地面积为70.98hm^2。

5.1.2.2 土地利用合理性分析

（1）尽量选择荒山、贫脊土地及建设用地，减少占用良田。

• 平面布置尽可能利用船山南部的低矮山地、荒地。

• 尽可能利用一期工程已征用的建设用地。

（2）总体规划和子项设置要统筹考虑。

• 5～8 号机组一次规划，场地一次平整，以减少 6 号与 7 号机组反应堆间距，从而节约用地。

• 核岛厂房布置在北侧，使未被利用的非居住区范围尽量在山体荒地上。

•扩建工程子项设置合理，辅助设施尽量利用已有设施或在原基础上扩建，节约用地。

• 5～8 号机组的辅助生产设施尽可能按照 4 台机组一次考虑，可减少各子项卫生办公等辅助用房面积的设置，从而节约用地。

（3）在厂址总体规划及厂区总平面布置中，尽量紧凑布局，节约用地。

• 在满足安全、施工安装等前提下，减少 4～8 号机组核岛中心间距，减少厂区用地面积，减少非居住区用地面积，节约用地。

• 室外管线尽可能布置在综合管廊内，多层布置，减少通道宽度，节约用地。

• 设计上采用联合厂房或多层建筑，减少建构筑物占地面积，节约用地。

•竖向设计采用平坡设计，没有挡墙及边坡等室外构筑物，减少通道宽度，节约用地。

（4）附近无规模的工矿企业、交通要道和军事设施，人口稀少，土地贫瘠，在此建核电厂，土地使用合理。

5.1.3 施工活动对自然环境的影响

5.1.3.1 对地形地貌的影响

在厂址建设期间，对原地形地貌需要按设计要求进行相应的改造，开挖部分山体，并在其周边修筑填、挖方边坡、挡墙和截洪沟，但是通过进行必要的工程及植物措施的防护，

优化施工工序，可以有效防止水土流失，对地形地貌改造的影响是局部的。

5.1.3.2 水土流失

工程建设造成的水土流失主要发生在施工期，场地平整、单体负挖、室外管（沟）线开挖及道路施工等活动带来的开挖裸露面是水土流失的重点区域；植被恢复期土壤侵蚀强度下降，面积减少，水土流失强度减弱。

项目建设过程中，将发生不可避免的扰动原地表和破坏地表植被现象，对征地范围内的原土壤和植被产生较大的改变，使植被破坏，土壤裸露，松散土方遇外力将造成一定的水土流失现象。但结合有效的工程措施（土地整治工程等）、植被种植、临时防护等措施，可有效缓解施工建设期间的水土流失现象。

因此对因工程建设而引发水土流失的区域，采取如下行之有效的水土保持措施：临时堆场以临时防护措施为主,开挖裸露面以坡面防护绿化措施为主，其它区域根据项目区的环境状况及可能造成水土流失的特点，采取相应的水土流失防治措施，对重点水土流失区域在工程建设期及植被恢复期还需进行水土保持监测，做到水土保持措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，把建设过程中产生的水土流失降至最低程度。

5.1.3.3 对生态环境的影响

工程施工期需要对厂址场地进行平整，场平需剥离原有地表植被，土石方挖掘工作也将破坏原有生境条件，改变当地特别是土壤生物的种群及群落结构，若处理不当将会造成严重的水土流失，进而引起局部生态环境恶化。挖掘过程产生的部分废弃土石方还会占用部分土地，堆放过程中易受雨水冲刷造成水土流失和生态破坏。

本工程施工范围内没有珍稀保护物种的分布。厂址附近区域植被覆盖度较高，生物多样性较丰富，陆域生态环境与连云港市平均水平相差不大，基本保持了良好的生态环境状况，预计本工程建设对当地局部生态环境的影响是可以接受的。

5.1.3.4 对大气环境的影响

本节有关资料和数据取自2016年~2018年历次完成的《田湾核电站扩建工程5、6号机组施工期大气环境监测分析及评价报告》。

为了解施工对厂址周围大气环境造成的影响，验证施工期所采取的大气污染防治措施的有效性，同时为进一步提出减缓环境影响的措施提供依据，对田湾核电站扩建工程 5、6号机组厂址周围开展施工期大气环境质量监测并进行分析和评价。2016年~2018年施工期内共进行了10期监测，监测点6个，兼顾上、下风向居民点、厂界和污染源。其中设置厂界上风向和厂界下风向监测点对施工场地无组织排放进行监测，无组织排放监测点按

照《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的新污染源大气污染物排放限值进行评价，评价标准见表5.1-1；其他监测点按照《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值进行评价，评价标准见表5.1-2。

监测期间各监测点位监测因子浓度见表5.1-3和表5.1-4，从表中可以看出，无组织排放监测点各污染物最高浓度和监控点与参与点浓度差值均满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中监控浓度限值；田湾核电站扩建工程5、6号机组施工期其他监测点位各污染物整体上满足环境空气质量标准二级的控制要求，仅在2017年第一次监测期间出现一次PM2.5超标现象，其他时间各监测因子均无超标现象。

2017年度四次监测PM2.5超标率为1.33%，超标数据出现在3月9日2#点苹果园处。经核实，监测期间厂区并无大型或密集土建施工活动，超标数据出现当日连云港空气质量为良，且离厂区最近的 1#点陶庵村并无超标，故此可以判断，本次超标非厂区施工活动影响。

针对PM2.5超标情况，建议重点关注以下事项：

—施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；

—改善道路路面；

—严格控制行车速度；

—在环境保护目标附近，使用隔离板使施工区与周围环境隔离；

—开挖出的土方及时运输，减少土方的临时堆置时间；

—渣土临时堆放场应加苫布等措施进行防护；

—水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；

—加强施工管理，合理调度运输车辆等；

—在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘；

—运输、装卸、贮存能够散发粉尘物质时，必须采取密闭措施或其他防护措施；

—运送渣土的车辆行车时，加盖防尘罩；

—在施工现场存放砂石、干粉水泥、灰土等物料，必须采取防尘措施，防止污染大气；

—已竣工子项周围及时开展绿化，并铺设碎石、对路面进行硬化处理，避免地面尘土飞扬。

5.1.3.5 对声环境的影响

本节内容编制依据中国核电工程有限公司于2017年2月编制的《田湾核电站扩建工

程 5、6 号机组施工期噪声监测分析及评价报告（2016 年度报告）》、2018 年 2 月编制的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组施工期噪声监测分析及评价报告（2017 年度报告）》和 2019 年 2 月编制的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组施工期噪声监测分析及评价报告（2018 年度报告）》。

田湾核电站 5、6 号机组工程施工建设过程中，现场车辆运输、结构安装等施工活动对施工场界、厂区和厂址周围敏感点造成了一定的影响，但这种影响是暂时的和局部的，在采取了相应的降噪措施以及对施工运输车辆加强维护和保养，避开夜间施工等措施后，降低了施工噪声的影响。监测表明，田湾核电站 5、6 号机组工程施工建设期间，施工场界昼夜间噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准，敏感区昼夜间噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

可以预计，随着施工的结束，施工活动对施工场界、厂区和厂址周围敏感点的影响也将随之消失。

5.1.3.6 对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

施工期生活污水排放量为 192m^3/d，输送到南区污水处理站集中处理，经生化处理并监测达标后，出水回用于绿化。南区生活污水处理站经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.3.7 产生的固体废弃物对环境的影响

施工期间的固体废弃物主要是建筑垃圾和生活垃圾。施工期间由指定的承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。5、6 号机组固体废弃物的堆放、清理、平整、外运和管理等采用 3、4 号机组成熟的经验，且堆置于同一堆场。因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

5.1.4 施工活动对社会环境的影响

5.1.4.1 对厂区周围历史古迹的影响

距离厂址最近的古迹为云台山抗日石刻群，相对厂址位置为NNW方位3.2km。由于距离较远，工程施工活动产生的大气和噪声对其影响较小，可忽略不计。

5.1.4.2 对风景名胜区的影响

距离厂址最近的风景名胜区为云台山国家森林公园，为国家级风景名胜区，根据《云台山风景名胜区总体规划（2011-2030）》（2015年修订），核心景区距离厂址最近处位于厂址NW方位2.5km，风景区最近处边界相对调查中心位置为NNW方位775m。云台山国家森林公园内的连云港海上云台山景区，位于厂址NW方位2.7km，2017年接待游客2076518人次，单日最大接待量10000人次。由此可见，工程施工活动产生的大气和噪声对其影响较小，可忽略不计。

5.1.4.3 对居民生产生活的影响

本工程的建设将永久占用土地，所用土地均在本工程的征地范围内。

本工程在建设期间需要大量的工程施工人员，这些外来施工人员进驻施工现场，并在该地区居住和生活，这将增加该地区的消费能力，增加当地居民的就业机会，一定程度上将促进该地区经济的发展，同时对当地居民的物价指数可能会带来一定影响。

施工人员日常生活产生的生活污水输送到南区污水处理站集中处理，经生化处理并监测达标后，出水回用于绿化；产生的废气对环境的影响较小，可忽略不计；产生的生活垃圾，施工期间由指定的承包单位负责生活垃圾的收集、堆放和外运。施工人员日常生活产生的三废排放均能得到有效处理，对居民生产生活的影响较小。

5.2 水的利用

5.2.1 陆域施工对水资源的影响

（1）陆域施工用水

核电厂施工期淡水用水主要包括施工生产用水和施工生活用水。

施工生产用水系统供给混凝土骨料清洗、生产、浇注、养护、冲洗机具、石料加工场冲洗和降尘、砌砖等施工用水。施工生产用水由已建的施工生产供水管网提供。施工生活用水系统供给施工人员生活用水，水源来自淡水厂。施工生活用水由已建的施工生活供水管网提供，其水质符合《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组施工期间所需的淡水来自田湾一期 1、2 号机组已建成的淡水厂。

（2）陆域施工对水环境的影响

施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗机具排水经过沟渠进入沉淀池，经过沉淀后复用，仅需补充水。

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。施工区的生活污水排至临时厕所，定期由污水车抽吸至田湾一期生活污水管网，最终排至南区污水处理站处理，并由专业的公司运营，对最终出水水质监测排放。

（3）陆域施工对水资源利用的影响

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组与 1~4 号机组为同一水源，原水取自蔷薇河，田湾核电站 1~4 号机组已建淡水取水工程可保证核电厂的淡水用水量。根据《田湾核电站 5、6 号机组建设项目水资源论证报告书》，本项目对取水分析范围内水资源影响很小，对蔷薇河水资源及水质不产生明显影响。在考虑通榆河北延水源的情况下，取水不影响蔷薇河市区段其他用户取水。

5.2.2 海域施工对水环境的影响

田湾核电站 5、6 号机组海域工程主要包括新建取水口构筑物、取水明渠及排水明渠疏浚工程。取、排水导流堤和排水口构筑物与 3、4 号机组共用，已在田湾核电站 3、4 号机组工程中建设完成。

田湾核电站 5、6 号机组海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取排水口工程施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。

（1）取排水工程施工对环境的影响

田湾核电站 5、6 号机组取、排水工程施工对海洋环境的影响主要为悬浮泥沙对海洋水质环境和生态的影响。

工程施工将引起海域悬浮泥砂颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚

度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。悬浮泥砂对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少，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，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。

根据南京水利科学院编制的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组施工期泥沙扩散数学模型试验研究》，本节将引用其相关成果评价施工悬浮泥沙对海水水质的影响范围。本工程挖泥作业采用抓斗挖泥，挖泥船每日连续工作 12 小时。挖泥引起的泥沙悬浮情况按连续源强处理，参照福清港挖泥源强的研究，确定连续挖泥源强为 1.48kg/s。主要考虑不利情况下挖泥引起的悬浮泥沙扩散的最大包络线。泥沙扩散数学模型计算时选取典型大潮条件。通过建立平面二维潮流泥沙数学模型，计算得到海域施工引起的悬浮泥沙对海洋水质的影响范围。

表 5.2-1 为基槽挖泥引起的典型代表作业点处悬浮泥沙扩散最大影响范围，表 5.2-2 为整体基槽挖泥施工过程引起的悬浮泥沙扩散最大可能影响范围。图 5.2-1～图 5.2-4 分别为取、排水渠典型代表作业点基槽挖泥引起的悬浮泥沙扩散浓度最大包络线和整体基槽挖泥施工过程引起的悬浮泥沙扩散最大可能影响范围图。从表中数据可以看出，在取水渠典型代表作业点基槽挖泥引起的悬浮泥沙扩散浓度大于 10mg/L、大于 100mg/L 和大于 150mg/L 的最大影响面积分别为 0.45km^2，0.09km^2，0.04km^2。排水渠典型代表作业点基槽挖泥引起的悬浮泥沙扩散浓度大于 10mg/L、大于 100mg/L 和大于 150mg/L 的最大影响面积分别为 0.39km^2，0.14km^2，0.07km^2。本项目取水渠挖泥引起海水中悬浮物的人为增量超过 10mg/L、100mg/L 和 150mg/L 的最大影响面积分别为 2.41km^2、1.1km^2 和 0.65km^2，本项目排水渠挖泥引起海水中悬浮物的人为增量超过 10mg/L、100mg/L 和 150mg/L 的最大影响面积分别为 0.94km^2、0.52km^2 和 0.31km^2。

（2）海上施工船舶含油废水排放对环境的影响

海上施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。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，将含油废水带至岸上厂区油水分离设施处理。

5.2.3 减轻施工过程对水环境影响的措施

采取下列措施可减轻施工过程对水环境的影响：

1）减少泥沙入海污染海洋环境影响的措施

（1）避免在雨季、台风及天文大潮等不利条件下进行施工。

（2）将施工期环保要求列入招投标内容。

2）减轻施工过程对海域环境影响的环保措施

（1）施工过程中合理安排施工进度和选用施工器具，如在不影响施工进度情况下尽可能选用较小的抓斗，设置拦污屏等防护措施，尽量将悬沙影响和溢油风险降至最低。

（2）开工前应对所有的施工设备，尤其是泥舱的泥门进行严格检查，发现有可能泄漏污染物（包括船用油和开挖泥沙）的必须先修复后才能施工；在施工过程中应密切注意有无泄漏污染物的现象，如有发现，应立即采取措施。

3）施工船舶及重件码头靠港船舶机舱含油污水处理措施

（1）施工船舶含油污水不能随意排放，对于未安装油水分离器的小型船舶，可考虑施工期在岸上增设油水分离和处理设施。

（2）施工船舶应加强管理，要经常检查机械设备性能完好情况，对跑、冒、滴、漏严重的船只严禁参加作业，以防止发生机油溢漏事故。

（3）严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物；不得在施工区域清洗油舱和有污染物质的容器。

（4）根据 MARPOL73/78 公约，重件码头靠港船舶舱底油污水经自备油水分离器处理达 GB3552《船舶污染物排放标准》要求后到港外排放，禁止在港内排放。

（5）重件码头到港船舶未配备油水分离处理设施，或因故障未能正常运行的，应直接交予有资质的含油污水接收处理船接收处理。

5.2.4 施工期海域环境监测

海域工程的施工会引起厂址附近局部海域环境发生暂时性变化，从而对该海域造成影响，为此委托相关单位开展海域工程施工期海域环境监测分析及评价工作，以了解施工对厂址周围海域环境所造成的影响，验证施工期所采取的环保措施的有效性。

目前，针对田湾核电站5、6号机组海域工程主要是2016年9月至2018年1月进行取水构筑物施工围堰推填施工。委托国家海洋局南通海洋环境监测中心站进行田湾核电站3~6号机组工程项目施工期海域环境监测分析与评价，监测时间自海工工程施工开始至施工结束，在施工期的每年春、夏、秋、冬四季中具有代表性月份的大小潮进行海水水质、

沉积物质量、水生生物资源及海洋生物质量的监测。本节内容参考2017年5月（春）、2017年8月（夏）、2017年10月（秋）和2018年1月（冬）的监测成果。

（1）监测范围

在田湾核电工程附近海域共布设15个监测站位（包括两个连续性站位）。其中，水质站位15个；沉积物、生物调查站位各10个，潮间带调查断面3条。监测站位示意图见图5.2-5和表5.2-3。

（2）监测内容

1）海水水质

水质监测项目包括（含水文）：水深、盐度、水温、粪大肠菌群、溶解氧、悬浮物、pH值、无机氮（包括亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、氨氮）、非离子态氨、活性磷酸盐、石油类、透明度、化学需氧量、生化需氧量、汞、镉、铅、铜、锌、砷、色度、浊度、挥发性酚、总铬、硫化物、硼、总有机碳、六价铬等，共30项。

2）海洋沉积物质量

pH值、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、有机碳、硫化物和氧化还原电位。

3）海洋生物

叶绿素a、浮游植物、浮游动物（含鱼卵、仔鱼）、底栖生物、微生物和潮间带生物。

4）海洋生物质量

铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷和石油类。

（3）监测结果

1）水质

——2017年5月监测结果

5月大小潮两次监测过程中各监测站位溶解氧、镉、铬、汞、砷、硫化物、挥发酚均符合一类海水水质标准。非离子氨、粪大肠菌群符合水质标准。石油类大潮符合一类海水水质标准，小潮一类海水超标率为6.7%，符合二三类海水标准。pH大潮符合一二类海水水质标准，小潮一二类海水超标率为20%，符合三四类海水标准。COD大潮一类超标率为6.7%，符合二类海水水质标准，小潮一类超标率为66.7%，二类超标率为13.3%，符合三类海水水质标准。水质铜大潮一类超标率为26.7%，小潮一类超标率为20%，符合二类海水水质标准。水质铅大潮一类超标率为26.7%，小潮一类超标率为20%，符合二类海水水质标准。水质锌大潮一类超标率为6.7%，符合二类海水水质标准，小潮符合一类海水水质标准。BOD_5大潮一类超标率为93.3%，符合二类海水水质标准；小潮一类超标率为100%，二类超标率为66.7%，三类超标率为6.7%，符合四类海水水质标准。

无机氮大潮超出四类海水水质标准超标率达 100%，小潮四类超标率为 46.7%。磷酸盐大潮超出四类海水水质标准超标率为60%，小潮符合二三类海水水质标准。

——2017年8月监测结果

8 月大小潮两次监测过程中各监测站位铜、锌、铬、镉、汞、砷、挥发酚、硫化物、六价铬均符合一类海水水质标准；非离子氨符合水质标准。粪大肠菌群大潮 B0、B01、B11、B21、B22、B31站位超出标准，其余均符合水质标准，小潮粪大肠菌群均符合水质标准。石油类大潮水质一类海水超标率为20%，但均符合二三类海水标准，小潮符合一类水质标准；化学需氧量大潮水质一类超标率为86.7%，二类超标率为13.3%，但均符合三类海水标准，小潮一类超标率为60%，但均符合二类海水标准；pH 大潮水质一二类超标率为13.3%，但均符合三四类海水标准，pH 小潮水质一二类超标率为13.3%，但均符合三四类海水标准；水质铅大潮一类海水超标率为 6.7%，但均符合二类海水标准，小潮一类海水超标率为 6.7%，但均符合二类海水标准；无机氮超标较为严重，大潮一类、二类、三类超标率均为 100%，劣四类海水为 93.3%，小潮均为劣四类海水；活性磷酸盐大潮一类海水超标率为 100%，二三类海水超标率为 86.7%，四类海水超标率为 66.7%；小潮一类海水超标率为100%，二三类海水超标率为93.3%，四类海水超标率为26.7%。

总体而言，8月大小潮监测过程中发现该监测海域营养盐超标较为严重，但符合江苏沿海富营养化的趋势。

——2017年10月监测结果

10 月小潮监测过程中各监测站位化学需氧量、溶解氧、铜、锌、铬、镉、汞、砷、挥发酚、硫化物、六价铬均符合一类海水水质标准；非离子氨符合水质标准。粪大肠菌群大潮 B0、B01、B02、B03、B11、B12、B13、B21、B22、B31站位超出标准，其余均符合水质标准，大潮粪大肠菌群均符合水质标准。石油类小潮水质均符合一类海水标准，大潮水质一类海水超标率为13.7%，但均符合二三类海水标准符合； pH 小潮水质均符合一二类海水标准，pH 大潮水质一二类超标率为 80.0%，但均符合三四类海水标准；水质铅小潮均符合一类海水标准，大潮一类海水超标率为 6.7%，但均符合二类海水标准；无机氮超标较为严重，大小潮均为劣四类海水；活性磷酸盐小潮一类、二三类海水超标率为100%，四类海水超标率为73.3%；大潮均为劣四类海水。

总体而言，10 月大小潮监测过程中发现该监测海域营养盐超标较为严重，但符合江苏沿海富营养化的趋势。

——2018年1月监测结果

1月大小潮两次监测过程中各监测站位 pH、溶解氧、铜、锌、镉、铬、砷、硫化物、

挥发酚均符合一类海水水质标准。非离子氨、粪大肠菌群符合水质标准。石油类大潮符合一类海水水质标准，小潮一类海水超标率为6.7%，符合二三类海水标准。COD大潮一类超标率为20%，小潮一类超标率为13.3%，但均符合二类海水水质标准。铅大小潮一类超标率为 6.7%，但均符合二类海水水质标准。汞大潮符合一类海水水质标准，小潮一类海水超标率为33.3%，符合二三类海水标准。BOD_5大潮一类超标率为100%，小潮一类超标率为20%，但均符合二类海水水质标准。

无机氮大潮、小潮超出四类海水水质标准均达 100%。磷酸盐大潮超出四类海水水质标准均超标率为53.3%，小潮超出四类海水水质标准均超标率为66.7%。

总体而言，1月大小潮监测过程中发现该监测海域营养盐超标较为严重，但符合江苏沿海富营养化的趋势。

2）生态

2017年10月国家海洋局南通海洋环境监测中心站开展了施工期海域环境监测工作，调查结果如下：

沉积物质量良好，汞、砷、铜、铅、镉、锌、铬、有机碳、硫化物各项指标均符合一类海洋沉积物标准，石油类均符合二类沉积物标准。

监测海域表层叶绿素a含量范围为1.70μg/dm^3~4.36μg/dm^3，平均值为3.20μg/dm^3。

监测海域共条鉴定出浮游植物6门35属52种，其中，硅藻门25属40种，甲藻门6属8种，金藻门1属1种，裸藻门1属1种，绿藻门1属1种，蓝藻门1属1种。海域网采浮游植物优势种共3种，分别为中肋骨条藻、具槽直链藻、琼氏圆筛藻。水采浮游植物优势种共2种，分别为具槽直链藻、中肋骨藻。调查海域浮游植物III网采水样的多样性指数均值为1.06；均匀度均值为0.38；丰富度均值为1.16。浮游植物瓶采水样的多样性指数均值为0.73，均匀度均值为0.37，丰富度均值为0.61。

监测海域共鉴定浮游动物5大类13种。桡足类8种，浮游幼体2种，毛颚类1种，磷虾类1种，糠虾类1种。大型浮游动物优势种共5种，分别为中华胸刺水蚤、真刺唇角水蚤、太平洋纺锤水蚤、糠虾幼体和背针胸刺水蚤。中小型浮游动物优势种共6种，分别为小拟哲水蚤、真刺唇角水蚤、纺锤水蚤、太平洋纺锤水蚤、中华胸刺水蚤和背针胸刺水蚤。调查海域的大型浮游动物多样性指数、丰富度和均匀度指数平均值分别为1.16、1.23和0.71；中小浮游动物多样性指数、丰富度和均匀度指数平均值分别为1.61、1.06和0.83。

监测海域共鉴定底栖生物28种，其中节肢动物6种，脊索动物4种，软体动物12种，棘皮动物4种，环节动物2种。优势种为棘刺锚参。调查海域的底栖生物多样性指数均值为0.52，丰富度均值为0.78，均匀度均值为0.50。

监测海域3个断面共鉴定潮间带生物21种，其中软体动物12种，环节动物2种，甲壳动物5种，脊索动物1种，节肢动物1种。

监测海域共发现3种仔鱼，分别为鳀科仔鱼、银鱼仔鱼和尖海龙仔鱼，成鱼一种为赤壁棱鳀。未发现鱼卵。

由于目前国家仅颁布了贝类生物评价国家标准，而其它生物种类的国家级评价标准欠缺，只能借鉴其它标准。贝类（双壳类）生物体内污染物质含量评价标准采用《海洋生物质量》（GB18421-2001）规定标准。甲壳类、软体类、鱼类生物质量采用《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》标准进行对照评价，石油烃评价标准根据《第二次全国海洋污染基线调查技术规程》中的规定进行。鱼类、甲壳类生物质量状况良好，生物体内铜、铅、锌、镉、铬、总汞、石油烃、砷含量均符合相关标准要求；双壳类生物体内铜、铅、锌、镉、铬、总汞、石油烃含量均符合第一类海洋生物质量标准，砷含量均符合二类海洋生物质量标准。

5.3 施工影响的控制

5.3.1 水土保持方案

5.3.1.1 水土保持方案

本工程的水土保持方案报告书已通过评审，水利部于 2010 年 3 月 8 日以“水保函[2010]31 号文”对该方案进行了批复。

本工程是在核电厂已有厂址上进行建设，除厂区工程的建设可能引发水土流失，其它如厂外道路、淡水厂、输水管线、大件码头及部分海工工程等均在前期工程时建设完毕，这些措施的建设均是在保证厂区安全的前提下，充分按照水土保持原则，符合水土保持要求，故本节主要阐述厂区工程的水土保持。

本工程水土流失防治责任范围为 163.31hm^2，其中项目建设区 160.29hm^2，直接影响区 2.92hm^2。

水土保持主要通过工程措施、植物措施、临时措施及水土保持监测等达到水保要求。

水土流失防治分区分为：厂区、施工生产区和弃渣场区三个区域进行水土流失治理。

1）厂区防治措施

（1）工程措施

边坡设计要素：阶段高度 12m，主要划分成 7.6m，20m，32m，44m，56m，68m，80m，92m，104m，116m 标高 10 个平台、9 个阶段。在每阶段设置不小于 4m 的平台，其中在 44m 平台设有一条 9m 宽的过境公路，过境公路在西侧边坡从 29m 标高升至 44m 标高。在坡顶布设截洪沟、各平台及坡脚设置排水沟，并按照不同的风化岩体对边坡分别实施喷射混凝土、挂网喷射混凝土及钢筋混凝土锚杆支护等边坡防治措施。本方案拟提出采用钢筋混凝土框格梁护坡，框格梁内布设砖池栽植攀缘植物。

人工开挖后，边坡坡面面积为 68693m^2，因此框格梁防护面积亦为 68693m^2。框格梁采用 3m×3m 交错布置，框格梁底部布设砖池，砖池内栽植灌木、草及攀缘植物等。砖池为矩形断面，设计池内尺寸为：池内净长 2880mm、净宽 480mm，池深 600mm。单池需标准砖 140 块，单池砌筑体积 0.83m^3。边坡防护需混凝土 383.04m^3，砌筑砖池 7633 个，总砌筑体积 6330.8m^3，需标准砖 1068558 块。

（2）植物措施

①厂区绿化方案：本工程保护区范围内不实施植物措施，在厂前区、辅助生产区、开关站等地域，在施工结束后，对硬化区域外的宜绿化地和空闲地块，布设植物措施绿化美化。

空地外围周边乔灌栽植一行大叶黄杨，栽植一行女贞。空地用乔灌植物绿化，中央布设花坛植物做点缀，植物选择广玉兰、银杏、国槐、垂柳、合欢、冬青、女贞、月季、狗牙根、胡枝子、小叶黄杨、红叶小檗、蔷薇、沙地柏、马尾松，狗牙根、柳杉、爬山虎、常春藤、木锦以及梓科、壳斗科、山茶科、豆科等。以上布局，乔灌草结合，再加上花坛的布设点缀，错落有致、富于变化，绿化美化了区域环境，营造了一个较为优美舒适的工作场景。

该区布置植物措施面积17.01hm^2，共需苗木10380株。

②开挖边坡绿化方案：砖池内填土穴植迎春花、爬山虎，填土总量 6331m^3。每砖池种10穴，每穴种植迎春花、爬山虎各2株，共需苗量为305302株。

（3）临时措施

①基坑开挖临时拦挡措施：经分析，施工期可能发生水土流失的环节和部位主要在施工期间的基坑周边临时堆至回填渣石和裸露的施工场地。应采取干砌石挡墙进行临时挡护，即对基坑周边临时堆放回填渣石坡脚就近利用开挖石方干砌挡墙进行临时挡护，挡墙长度300m，梯形断面，按底宽2m，高1.5m，顶宽1m进行挡护，据测算需干砌块石约675m^3。

②取水隧洞临时拦挡措施：隧洞施工采用进出口两端对头掘进，边掘进边衬砌。施工采用液压凿岩台车，全断面光面爆破，钻孔直径42mm，钻孔深为3.5m，采用ZC-6型侧卸装岩机装渣。隧洞开挖出渣总量为238.79万m^{3}全部用于海工。隧洞进口设置临时施工平台，临时堆放来不及转运外销的石渣。对此，就近采用干砌块石挡墙进行临时挡护，挡护长度150m，梯形断面，按底宽2m，高1.5m，顶宽1m进行挡护，据测算需干砌块石约338m^3。

2）施工生产区防治措施

施工区包括工程公司仓储区、土建施工场地、安装施工场地、混凝土搅拌站及沙石料堆场等，其扰动特点是场地平整及占压。施工结束后施工生产区仍为7、8号机组扩建使用，需进行场地整治，暂不实施拆除临建及布设植物措施。

由于本工程施工期较长，在堆置土堆表面撒播草籽，减少水土流失。需撒播草籽108.4kg。

（1）临时挡护工程：施工场地将进行表土剥离，剥离表土集中堆放到临时堆场，共剥离表土8万m^3。采取先挡后置的原则，在堆土前先在临时堆场修筑干砌石挡渣墙，挡渣墙总长约480m，为重力俯斜式，断面呈梯形，墙顶宽50cm，墙背坡度1:0.5，高3m。干砌石方量1800m^3。

（2）临时排水工程：由于对地表扰动较大，在土建安装场地，在降雨的冲刷下，容

易随水流失，对周边环境造成淤积和污染。主要沿施工场地区四周进行设置，防治场区积水和开挖的松散的土石方在雨水的冲刷下流失。排水沟与厂区的排水沟连成体系，最后汇入截洪沟。考虑核电建设的长期性及7、8号机组扩建的需要。排水沟采用M7.5浆砌片石，并且用砂浆抹面，设计断面为梯形，断面尺寸为0.7m×0.6m×0.4m（上口宽×底宽×深），拟布设临时排水沟2600m。

3）弃渣场区防治措施

弃渣场设置于厂区南大门核电南路两侧的荒芜滩涂草地上，占地面积7.5hm^2，为核电站永久性征地，地面平均高程为2.4m，厂址标高为7.6m，平均可回填高度5.2m，可满足扩建工程废弃方堆放。

弃渣场平面布设：渣场设在厂南门外进厂公路两侧，每侧渣场的宽度为100m，平行路面长度375m，平均一侧占地3.75hm^2，两侧共占地7.5hm^2。

（1）工程措施

浆砌石挡渣墙设计：渣场堆渣必须“先挡后弃”，堆渣前在渣场纵横边缘先修筑浆砌石挡渣墙。挡渣墙为梯形断面，顶宽50cm，高3m，墙内坡1:0.5，墙外坡1:0.7，基底埋深80cm。挡渣墙总长1150m，需砌筑浆砌石方量7935m^3。

（2）植物措施

当填渣堆置挡渣墙顶面高程时，按1:1边坡往上堆，堆填高度为1.65m，终期渣面宽50m，堆置终期后对渣面和渣坡面应进行平整，并撒种草籽使其自然恢复植被，植被恢复面积为7.41hm^2。

4）水土保持工程实施概况

在工程建设的工程中，各项水土保持措施按照水土保持方案实施。根据水土保持监测季报（总第10期），截止2018年12月，本工程实施的相关水土保持措施主要为土地平整、浆砌石护坡、混凝土护坡、排水措施、乔灌草绿化、密目网苫盖、彩钢板围挡等。

（1）厂区

厂区占地面积79.45hm^2，包括厂前区、生产区、辅助设施区和边坡工程区。其中边坡区占地该区占地面积5.62hm^2，扰动特点是开挖后形成的人工基岩边坡，侵蚀形式主要为开挖面裸露，如果缺少必要的防护，极易引起雨洪形成的水力侵蚀。截止2018年12月厂区完成工程措施为边坡截洪沟(浆砌石)303m，土地整治 3.52hm^2，护坡（浆砌石）0.7 万m^3，混凝土护坡31792m^2，4000m^3；植物措施为完成绿化面积8200m^2。

（2）施工生产区

施工生产区占地63.01hm^2，包括利用1-4号机组已建施工生产区9hm^2，利用1-4号机

组已建混凝土搅拌站、砂石料场、仓储临建等施工场地 17.30hm^2，新建常规岛安装场地、核岛土建场地、常规岛土建场地、仓储用地、临时堆场共计 36.71hm^2。目前施工生产区施工的工程措施为：浆砌石挡墙 380m，浆砌石排水沟 320m，土地整治 13.26hm^2；植物措施为撒播草籽 3.1hm^2；临时措施为彩钢板围挡 920m^2，密目网苫盖 5400m^2。

（3）堆渣场区

该区方案设计位于厂区南门外核电南路两侧，占地面积为 7.5hm^2，目前未启用方案设计堆渣场。目前堆渣为临时堆渣，堆放于场区高边坡南侧，截止 2018 年 12 月底临时堆渣实施密目网苫盖 80000m^2。

5.3.1.2 水保监测

1）总体介绍

按照监测实施方案要求，水土保持监测组人员根据项目区的具体情况深入工程现场，进行水土保持监测工作，对现场工程实施情况进行全面了解，熟悉水土保持各防治分区水土保持措施实施情况，进行全面巡查，在现场巡查过程中，着重对水土保持工程实施状况进行重点调查，对项目区内的边坡、施工生产区、施工道路区的扰动及治理现状进行了全面调查，重点对厂区、施工生产区、弃渣场区等工程区的扰动状况、冲刷情况进行了调查；对项目区的水土保持临时措施（种植土、苫盖、围挡、排水）开展情况进行了监测；对弃土场区的挖方边坡进行了观测；对施工道路的扰动状况进行监测。按照田湾核电站扩建工程（5、6 号机组）工程水土保持监测实施方案对厂区、施工生产区、弃渣场区水土流失背景值、工程施工对地表扰动后水土流失状况进行了全面监测。共查看调查监测点 40 个，固定监测点 6 个。

2）主要监测对象

依据水土保持方案水土流失影响因素分析及预测结果的综合评价，田湾核电站扩建工程（5、6 号机组）水土流失严重区域为厂区、施工生产区、弃渣场区。因此，本项目水土保持监测的重点区域为厂区、施工生产区、弃渣场区。

3）主要监测方法与监测设施设备

本监测时段，主要采用了资料调阅、地面观测和调查监测等相结合的方式，对工程施工造成的水土流失进行监测，包括固定监测点和调查监测点。同时，重点收集了监测过程的照片及影像资料，对各施工地段的地形地貌状况、植被状况、工程施工情况及工程扰动宽度进行了详细调查和实际测量，取得了监测数据和照片等资料。对于固定监测点，根据工程监测实施方案，采用手持 GPS，无人机进行定位和测算施工扰动面积，手持激光测距

仪测量扰动宽度。在每个监测小区内布设简易径流观测场，采用插钎法监测水土流失量。

与此同时，采用无人机、照相机和摄像机，对施工扰动情况和采取措施后地面恢复情况进行记录并通过软件对扰动面积，植物措施进行实时监测。

对调查监测点，设立了监测标志牌，采用手持 GPS 进行定位和测算扰动面积，并采用照相机和摄像机对施工扰动情况和采取措施后地面恢复情况进行记录，并采用无人机监测对施工过程中的扰动情况进行不定期对比监测。

4）主要监测成果

（1）扰动土地监测结果

截至 2018 年 12 月底，根据施工单位提交资料及监测人员无人机现场查勘，对全部工程防治区进行土壤流失面积监测，主体工程防治区共扰动 170.49hm^2。其中厂区由生产区、厂前区、辅助设施区、边坡工程等组成，厂区扰动面积 79.45hm^2，施工生产区由混凝土搅拌站、砂石料场、常规岛安装场地、核岛安装场地、核岛土建场地、常规岛土建场地、仓储用地、临时堆场、施工生活区组成扰动面积 91.04hhm^2，目前方案设计堆渣场 7.50hm^2 尚未启用，因此实际扰动面积为 170.49hm^2。

（2）监测点布局及监测成果

在重点监测区域，根据监测指标（水土流失影响因子、效益监测指标等）需要，在固定监测点基础上，加密设置抽样调查监测点，可按补漏、灵活、实用等原则，按监测需要设置抽样调查监测点，作为固定监测点的补充。抽样调查监测点也可根据监测时段的不同进行适当调整，但需保持监测内容的一致性，避免随意性。本季度根据实际情况设置调查监测点 30 个。

（3）水土流失防治措施监测

水土保持方案确定了水土保持措施体系，是由预防保护措施和综合治理措施两大部分构成。其中，水土流失综合治理措施由工程措施、植物措施、临时措施三部分组成。

截止 2018 年 12 月底，完成工程措施：厂区完成工程措施为厂区边坡截洪沟(浆砌石)303m，土地整治 3.52hm^2，护坡（浆砌石）0.7 万 m^3，混凝土护坡 31792m^2；植物措施为完成绿化面积 8200m^2。施工生产区施工的工程措施为浆砌石挡墙 380m，浆砌石排水沟 320m，土地整治 13.26hm^2；植物措施为撒播草籽 3.1hm^2；临时措施为彩钢板围挡 920m^2，密目网苫盖 85200m^2。

（4）重大水土流失危害事件

本监测时段，未发生重大水土流失危害事件。

（5）重大水土保持监测工作事项

无

5）水土保持建议

（1)临时堆渣在清运过程中堆渣不规整，建议临时堆渣场堆渣高度要求控制在 8~10m 以下，确保渣体边坡稳定。

（2）部分地段临时措施已被损毁，建议补设临时措施。

（3）部分排水堵塞，建议及时疏通保证排水通畅。

5.3.2 施工期的节水措施

节水措施主要是淡水的节水措施，如下：

—采用用水量少、耗水量低的工艺系统，降低了用水量。

—采用新型管材，推广节水器具。

—提高水的重复利用率。

—加强节水管理，对用水量加以控制和计量。

5.3.3 建设期间生产和生活废物的控制

本工程施工建设期间施工生产用水主要用于消耗和重复利用。石料加工场及冲洗机具排水经过沟渠进入沉淀池，经过沉淀后复用，不外排。

本工程施工建设期间施工区的生活污水排至临时厕所，定期由污水车抽吸至田湾一期生活污水管网，最终排至南区污水处理站处理，经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化等，回用剩余水量排入大海。施工期生活污水排放量为 192m^3/d。南区生活污水处理站主要工艺详见 4.7.2 节。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。

本工程施工建设期间指定承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。

5.3.4 施工扬尘的控制措施

—施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；

—改善道路路面；

—严格控制行车速度；

—在环境保护目标附近，使用隔离板使施工区与周围环境隔离；

—开挖出的土方及时运输，减少土方的临时堆置时间；

—渣土临时堆放场应加苫布等措施进行防护；

—水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；

—加强施工管理，合理调度运输车辆等；

—在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

—运输、装卸、贮存能够散发粉尘物质时，必须采取密闭措施或其他防护措施；

—运送渣土的车辆行车时，加盖防尘罩；

—在施工现场存放砂石、干粉水泥、灰土等物料，必须采取防尘措施，防止污染大气。

—已竣工子项周围及时开展绿化，并铺设碎石、对路面进行硬化处理，避免地面尘土飞扬。

在本项目施工过程中，通过上述控制措施，将施工扬尘的影响降到了最低，项目施工期各污染物整体上满足环境空气质量标准二级的控制要求，具体见 5.1.3.4 对大气环境的影响内容。

5.3.5 施工噪声的控制措施

施工期间通过以下措施，将施工噪声控制在相关规定的限度内：

（1）施工现场倡导文明施工，增强全体施工人员防噪声扰民的自觉意识。

（2）从声源上降低噪声。尽量选用低噪声设备和工艺，尽量选用环保型机械设备。

（3）从传播途径上控制噪声。对于噪声较大的设备，如空压机、发电机等，应采取吸声、隔音、隔振和阻尼等声学处理方法降低噪声。

（4）加强施工机械的维修保养，缩短维修保养周期，确保机械设备处于完好的技术状态。

（5）施工过程中，严格超负荷运转。禁止夜间使用噪声比较大的机械。车辆噪声可采取适当减低速度的方法进行控制。

（6）加大治理噪声的宣传和奖惩力度，充分利用教育、经济等手段做好噪声的治理。

5.3.6 放射源的管理措施

运行期间主要用γ射线进行无损探伤检验及焊缝检查，依据国家颁布的《放射性同位素与射线装置放射防护条例》，制订放射源管理制度。管理措施主要涉及到使用、贮存和处理几个方面，具体内容如下：

（1）放射源的使用

对于使用放射源的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核，考核不合格的人员不得上岗。

运行期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目运行期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作它用。

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查。

根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收。

探伤作业前发布探伤通知，将探伤信息（包括探伤作业地点、警戒范围、时间等）告知各参建单位，避免发生误照射。在探伤作业过程中，对作业前现场公告、拉警戒带隔离、请主控广播、携带剂量率仪表、利用实体隔离、挂射线探伤警示牌、作业前清场、佩戴个人剂量计等辐射安全要求进行检查。

佩带监测个人或环境射线辐射剂量仪器，对辐射场所进行监测，防止意外照射及监测个人所受辐射剂量。组织从事或拟从事放射工作人员进行一年一次的体检，并建立相关的健康档案；凡在放射事故中有受到超剂量辐射嫌疑的人员，要及时组织接受特别体检，确认伤害程度。

为防止因放射源使用不当、安全防护措施不到位而造成工作人员和周围公众的高剂量误照射，在发生该种辐射事故时，及时启动事故应急预案，控制事故可能造成的危害并按事故报告制度进行报告和处理。

（2）放射源的贮存

在放射性同位素与射线装置出入源库时，要办理出入库手续并登记、检查，做到账物相符。放射性同位素与射线装置存放在专用库内，库内有防火、防盗、防泄漏的安全防护措施，专人负责看管。放射性同位素与射线装置专用库不得存放易燃、易爆和腐蚀性物品。

运输采用符合防护及安全需求的防护容器及车辆，对货包进行表面污染及辐射水平测量。并安排专人押运，防止放射源丢失及意外事故。

放射源存放在安全的防护容器中，并贮存在专门的库、室、柜内。对其表面污染及辐

射水平进行测量与监控。进入库房的放射性同位素与射线装置本身先要闭锁，放射性同位素与射线装置不得在库房外存放过夜或较长时间库外存放。

放射源存放在安全的房间或源库内，专设屏蔽厂房进行贮存，并对其防护墙根据最大辐照量进行计算，使工作人员和公众不会受到超限值的照射。

放射性同位素与射线装置专用库的周围设置围栏标记和警告牌，必要时设置安全联锁、报警装置或者工作信号。对放射源贮存容器设置明显的放射性标识和中文警示说明。

（3）放射源的处理

本项目产生的废源按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

表 5.1-1 大气污染物综合排放标准（GB16297-1996）无组织排放监控浓度限值

污染物	SO_2	氮氧化物	颗粒物
浓度 mg/m^3*	0.4	0.12	1

*监控点与参与点浓度差值

表 5.1-2 环境空气质量标准（GB3095-2012）各污染物浓度限值

序号	项目	标准限值			
		一级标准		二级标准	
		日均值	小时值	日均值	小时值
1	SO_2（$\mu g/m^3$）	50	150	150	500
2	NO_2（$\mu g/m^3$）	80	200	80	200
3	O_3（$\mu g/m^3$）	—	160	—	200
4	CO（mg/m^3）	—	10	—	10
5	PM_{10}（$\mu g/m^3$）	50	—	150	—
6	$PM_{2.5}$（$\mu g/m^3$）	35	—	75	—
7	TSP（$\mu g/m^3$）	120	—	300	—
8	NOX（$\mu g/m^3$）	100	250	100	250

表 5.1-3 2016 年-2018 年无组织排放监测点各污染物最大小时浓度 单位：mg/m^3

年度	因子 / 点位、期次		SO_2	NO_x	颗粒物
2016 年度	5#厂界上风向	第一次	0.038	0.053	0.16
		第二次	0.035	0.042	0.128
	6#厂界下风向	第一次	0.056	0.058	0.23
		第二次	0.041	0.050	0.184
2017 年度	6#厂界下风向	第一次	0.057	0.086	0.190
		第二次	0.045	0.062	0.190
		第三次	0.024	0.054	0.128
		第四次	0.034	0.065	0.159
2018 年度	6#厂界下风向	第一次	0.040	0.068	0.235
		第二次	0.023	0.038	0.131
		第三次	0.021	0.043	0.114
		第四次	0.035	0.068	0.157

表 5.1-4 2016 年~2018 年各监测点位监测因子浓度范围(mg/m^3)

年度	点位	监测因子																					
		SO_2（μg/m^3）				NO_2（μg/m^3）				NO_x（μg/m^3）				CO（mg/m^3）				TSP（μg/m^3）		PM_{10}（μg/m^3）		$PM_{2.5}$（μg/m^3）	
		小时浓度		日均浓度		小时浓度		日均浓度		小时浓度		日均浓度		小时浓度		日均浓度		日均浓度		日均浓度		日均浓度	
		大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小	大	小
2016	陶庵村	41	52	40	31	51	48	37	33	59	58	45	39	1.88	1.75	1.50	1.25	183	124	112	102	71	63
2017	陶庵村	49	23	38	16	65	38	51	32	81	50	63	43	1.75	1.25	1.50	1.00	178	142	137	103	74	60
2018	陶庵村	45	20	32	15	54	26	37	24	66	38	51	34	1.63	1.12	1.25	1.00	183	124	112	89	70	57
2016	苹果园	66	47	32	32	62	42	40	34	68	48	47	42	2.25	1.75	1.75	1.50	182	122	124	87	74	53
2017	苹果园	54	22	57	15	75	41	63	30	90	54	75	43	1.50	1.38	1.50	1.00	187	139	133	96	76	67
2018	苹果园	38	22	35	18	62	32	53	25	75	42	68	35	1.50	1.25	1.38	1.00	185	121	115	83	72	60
2016	南山湾	66	43	35	29	69	49	38	31	75	54	46	37	2.75	1.63	1.88	1.25	155	136	106	87	72	63
2017	南山湾	57	24	43	18	70	44	54	31	87	54	67	44	1.50	1.25	1.50	1.00	170	141	132	98	70	67
2018	南山湾	45	21	28	18	56	28	51	24	63	38	60	36	1.50	1.12	1.25	1.12	174	107	106	78	70	56
2016	柳河村	61	36	33	23	67	42	32	31	73	51	43	40	3.00	1.50	2.00	1.25	128	121	94	88	65	59
2017	柳河村	45	22	36	17	73	30	63	31	85	48	79	41	1.62	1.13	1.50	1.00	185	146	115	99	74	65
2018	柳河村	39	22	23	15	47	28	32	23	59	41	45	33	1.38	1.25	1.38	1.00	133	116	104	77	71	52

表 5.2-1 代表作业点基槽挖泥引起的悬浮泥沙扩散影响面积 (单位：km^2)

作业点位		悬浮泥沙浓度		
		>10mg/L	>100mg/L	>150mg/L
取水渠	N	0.14	0.05	0.02
	O	0.12	0.05	0.04
	P	0.29	0.06	0.02
	Z	0.32	0.04	0.01
	Z1	0.45	0.09	0.04
排水渠	P1	0.13	0.05	0.03
	P2	0.39	0.14	0.07

表 5.2-2 基槽挖泥引起的悬浮泥沙扩散最大可能影响范围 (单位：km^2)

工程	悬浮泥沙浓度		
	>10mg/L	>100mg/L	>150mg/L
取水渠	2.41	1.1	0.65
排水渠	0.94	0.52	0.31

表 5.2-3 工程海域生态环境监测站位

站号	东经	北纬	监测内容	备注
B0	119°27.84'	34°41.09'	水质	
B01	119°29.05'	34°41.28'	水质、沉积物、生物	水质连续站
B02	119°30.97'	34°41.67'	水质	
B03	119°34.14'	34°42.35'	水质、沉积物、生物	
B11	119°29.45'	34°39.64'	水质、沉积物、生物	
B12	119°30.87'	34°40.22'	水质	
B13	119°32.54'	34°40.91'	水质、沉积物、生物	
B21	119°31.92'	34°38.82'	水质、沉积物、生物	
B22	119°34.32'	34°40.52'	水质、沉积物、生物	
B31	119°29.32'	34°42.05'	水质、沉积物、生物	
B32	119°30.39'	34°42.61'	水质	水质连续站
B33	119°32.43'	34°43.39'	水质、沉积物、生物	
B41	119°30.05'	34°43.60'	水质、沉积物、生物	
B42	119°30.93'	34°44.15'	水质	
B43	119°33.00'	34°45.03'	水质、沉积物、生物	
T1	119°28.80'	34°42.80'	潮间带	
T2	119°27.94'	34°41.72'	潮间带	
T3	119°27.7'	34°40.13'	潮间带	

（监测站位为预设，可根据实际情况调整）

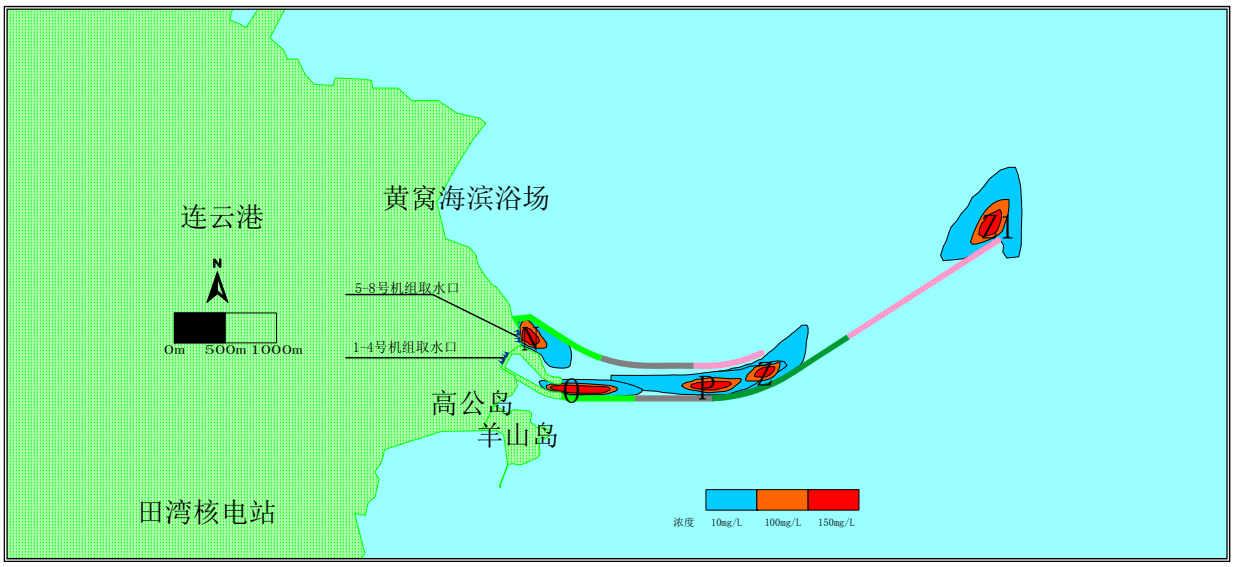


图 5.2-1 取水渠代表作业点基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大包络线图

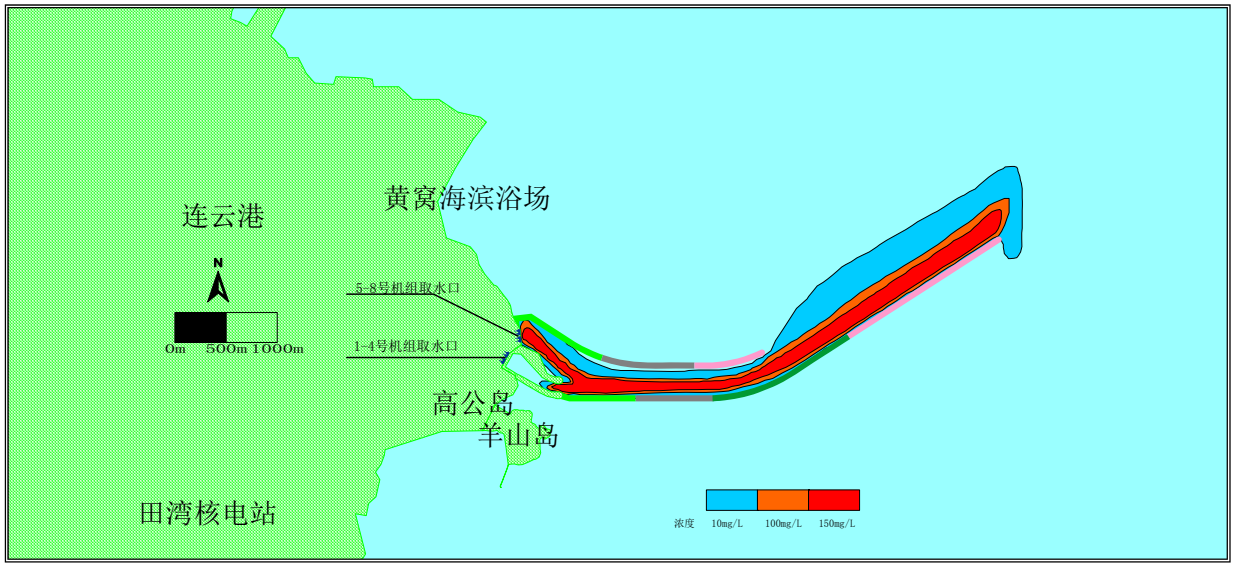


图 5.2-2 取水渠整体基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大可能影响范围

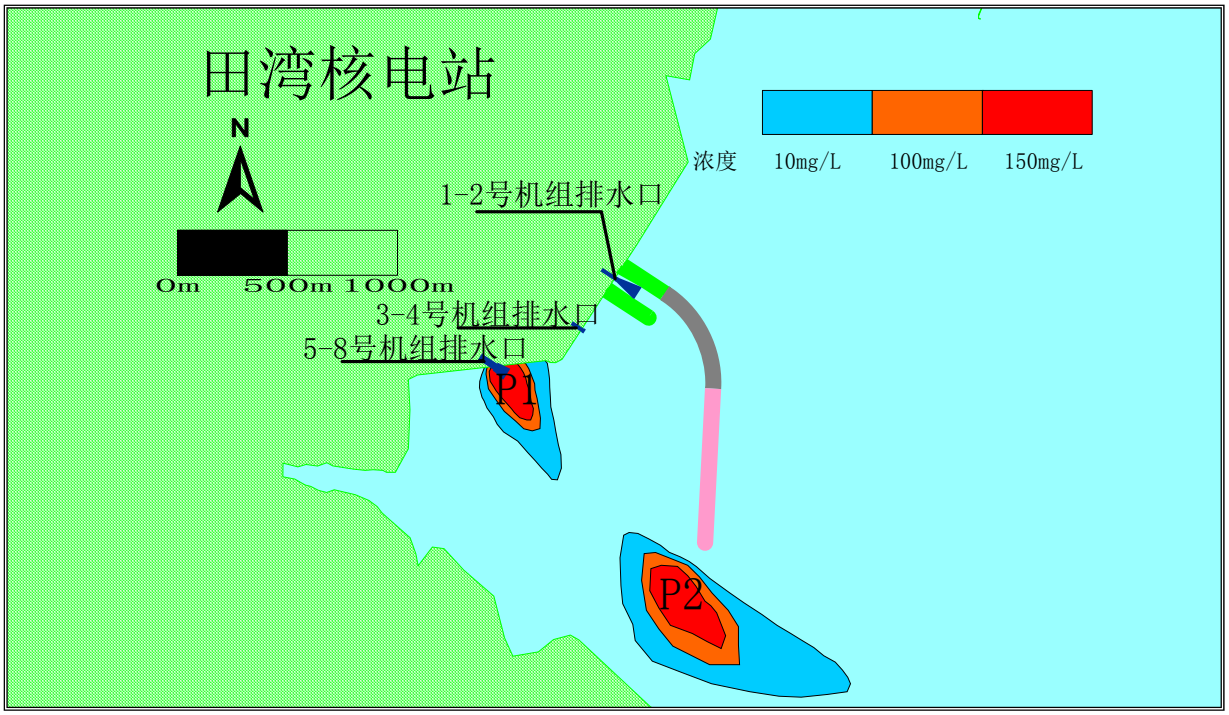


图 5.2-3 排水渠代表作业点基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大包络线图

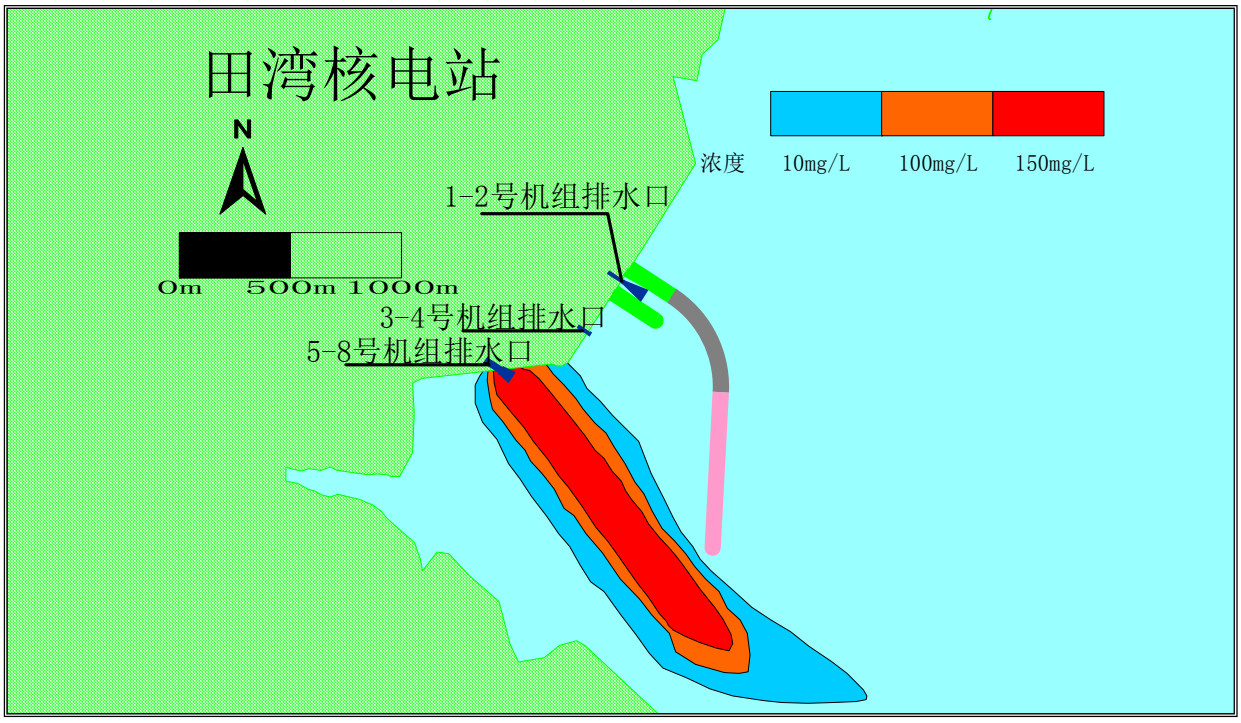


图 5.2-4 排水渠整体基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大可能影响范围

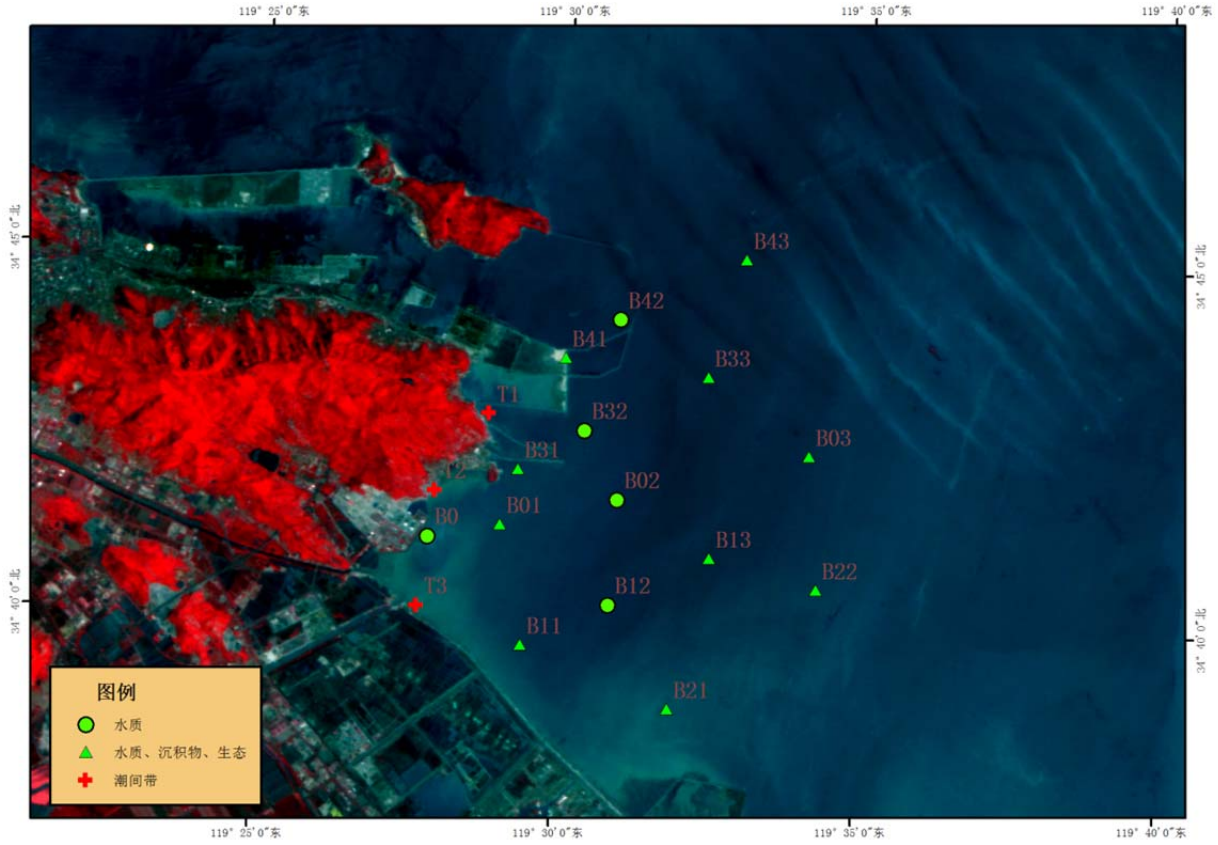


图 5.2-5 海域环境监测站位图

第六章 核电厂运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

6.2.2 照射途径

6.2.3 计算模式与参数

6.2.4 大气弥散和水体弥散

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

6.2.6 公众的最大个人剂量

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

6.2.9 辐射影响评价

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.4 初步退役计划

6.4.1 概述

6.4.2 退役策略选择

6.4.3 退役计划的制定

6.4.4 退役方案简述

6.4.5 便于退役的考虑

6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

6.4.7 退役费用的考虑

6.4.8 退役管理设想

6.4.9 结论

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

本期工程采用以海水为冷却水的直流供水系统，核电厂液态流出物将随循环冷却水排至海域。

取水明渠导流堤包括南、北两条堤，在一期取水明渠的基础上南导流堤向东延伸约1500m，再向东北延长约2600m，北导流堤向东延伸约2100m，再向东北外延500m，南、北导流堤中心线间距约 320m。南北导流堤内考虑通过开挖形式形成取水明渠，取水明渠按照全厂规划容量8台机组考虑共用，布置方案中取水明渠导流堤与黄窝吹填区围堰部分结合。1～4号机组共同运行时明渠底宽约100m。当1~6号机组共同运行时明沟底宽为190m，明沟内底标高为-9.5m。

排水导流堤在1#、2#机组排水口北堤基础上通过505m长的120°圆弧转向西南，再直线延伸700m，形成一半环抱型导流堤。1、2号机组的排水明渠通过开挖形成，明渠内底宽60m，明渠内底标高-3.5m；3~6号机组的排水明渠也通过开挖形成，明渠内底宽160m，明渠内底标高-3.5m；排水口处位于约-2.0m等深线处。

田湾核电站取排水口布置情况详见下图6.1-1所示。

田湾核电站不同机组冷却水量及取排水温升见表6.1-1。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 工程前后潮流场变化与岸滩、底床冲淤变化

2019年重新委托相关单位进行了工程海域的水下地形测量和全潮水文观测，基于新的水文观测及水下地形资料，进行了厂址附近海域的海床及岸滩稳定性和泥沙冲淤数模分析和研究。

（1）岸滩演变分析

根据2005年、2013年和2019年水深测图，进行冲淤对比分析。等深线对比见图6.1-2，冲淤分布见图6.1-3和图6.1-4，由图分析可知：

1）2005～2013年期间冲淤变化

从等深线变化看，0m、1m、2m、3m、4m及5m等深线整体向海移动，海床呈淤积趋势，其中核电取水明渠两侧、南抛泥区及徐圩港区北堤堤根处外移幅度最大。

从冲淤分布看，核电取水明渠两侧、徐圩港区北堤堤根、南抛泥区淤积厚度达1～3m；羊山岛南侧0m和3m等深线之间区域淤积厚度在0～1m，其它区域淤积较小；徐圩港区北侧3m等深线外及核电排水口附近局部有小幅冲深，冲深幅度基本小于0.5m。

2）2013～2019年期间冲淤变化

从等深线变化看，除徐圩港区北堤堤根附近 0m、1m 等深线及+1m 等高线侵蚀后退外，其它区域 0m、1m、2m、3m、4m 及 5m 等深线整体向海移动，海床整体呈淤积趋势，其中核电取水明渠北侧外移幅度最大。

从冲淤分布看，南抛泥区、核电取水明渠堤根附近、徐圩港区北堤堤根处、核电排水口附近有明显冲刷增深，局部增深 1m 以上；核电取水明渠北侧淤积最大，淤积厚度达 1～2m；羊山岛南侧 0m 和 4m 等深线之间区域淤积厚度多在 0～1m 之间，4m 等深线以外区域淤积较小。

（2）泥沙冲淤数模分析

图 6.1-5 为 1～6 号机组运行条件下，现状地形条件下工程大范围海域涨落潮流场图。图 6.1-6 为 1～6 号机组运行条件下，现状地形条件下取排水工程附近海域海床的冲淤变化图，可见地形变化局限在取排水口附近水域，且变化幅度有限，排水口门附近存在一定的冲刷。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

2014 年 10 月采用二维数模方法对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成运行后田湾核电站 6 台机组的温排水影响范围和程度进行了预测分析，编制完成了《田湾核电站 5、6 号机组温排水及低放废水数值模拟计算报告》。2019 年重新委托相关单位进行了田湾核电站工程海域的水下地形测量和全潮水文观测，基于新的水文观测及水下地形资料，进行了温排水数模复核计算。

本节主要依据上述专题得出的田湾核电站 6 台百万千瓦级核电机组运行时温排水在排放海域稀释扩散的综合研究成果，评价田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成后正常运行期间温排水的影响。

6.1.2.2.1 温排水数模（2014 年）

2014 年采用 6.1.1 节取排水系统参数开展了温排水二维数值模拟计算，图 6.1-7 给出了本次温排水数值模拟计算区域及取排水口布置示意图。

1）数值模拟基本方程

连续方程

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial (Hu)}{\partial x}+\frac{\partial (Hv)}{\partial y}=0 \tag{1}$$

运动方程

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+g\frac{\partial \zeta}{\partial x}+\frac{gu}{C^2H}\sqrt{u^2+v^2}-\frac{\tau_{sx}}{\rho H}-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial x}(HE\frac{\partial u}{\partial x})$$
$$-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial y}(HE\frac{\partial u}{\partial y})-fv=0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial \varsigma}{\partial y}+\frac{gv}{C^2H}\sqrt{u^2+v^2}-\frac{\tau_{sy}}{\rho H}-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial x}(HE\frac{\partial v}{\partial x})$$
$$-\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial y}(HE\frac{\partial v}{\partial y})+fu=0 \quad (3)$$

热输运方程

$$\frac{\partial \Delta T}{\partial t}+u\frac{\partial \Delta T}{\partial x}+v\frac{\partial \Delta T}{\partial y}=\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial x}(HD_x\frac{\partial \Delta T}{\partial x})+\frac{1}{H}\frac{\partial}{\partial y}(HD_y\frac{\partial \Delta T}{\partial y})-\frac{K_S\Delta T}{\rho c_p H} \quad (4)$$

2）定解条件

——流场定解条件

边界条件：对于岸边界采用流速滑移条件，即 $\bar{v}\big|_b\cdot\bar{n}=0$ ；对于水边界采用给定潮位过程，即 $H_b(x,y,t)=H_0(x,y)+\varsigma(x,y,t)$，其中 $\varsigma(x,y,t)$ 给定，边界潮位条件由天科所提供。

初始条件：采用静流条件起算，即 $\bar{v}\big|_{t=0}=0$ 。

——温度场定解条件

边界条件：对于岸边界采用绝热条件，即 $\frac{\partial T}{\partial n}\big|_b=0$ ；对于水边界，流出算域时按下式求解，流入计算域时按插值计算法求解。

$$\frac{\partial(H\Delta T)}{\partial t}+\frac{\partial(Hu\Delta T)}{\partial x}+\frac{\partial(Hv\Delta T)}{\partial y}=0 \quad (5)$$

初始条件：对于域内采用零温升条件，即 ΔT（x，y，0）=0。

3）计算工况

具体组合的计算工况见下表 6.1-2。

4）模型验证

通过2010年实测大、中、小潮潮位以及流速、流向对数值模型进行验证，结果表明潮位计算值与实测值吻合较好，计算所模拟的各测流点涨潮及落潮流方向、转潮点准确，流速计算值与实测值的差异较小。因此，可以认为所采用的流场数值模型及选定的参数是合适的，能够用于核电站所在水域潮流运动的数值预报。

5）计算结果

田湾核电站 1~6 号机组正常运行时，冬季与夏季气象条件下不同潮型的温排水影响范围见表 6.1-3、表 6.1-4，各工况温升分布见图 6.1-8～图 6.1-14。

计算结果显示，排水口附近高温升区面积主要由周围环境水体的掺混、稀释能力决定；低温升区的热量主要依靠蒸发、对流散发到大气层。比较大、中、小潮温升包络面积，大

潮潮流最强，掺混最充分，因而全潮平均高温升区面积最小，又因其输移挟带能力最强，故全潮最大温升影响面积最大；小潮与之相反，高温升区面积最大。

半月潮包含了大、中、小潮，并模拟了大、中、小潮潮流变化过程，从全潮平均温升包络面积看，与中潮接近，而全潮最大包络面积则最大。

冬季气象条件下的综合散热能力小于夏季，最冷季的综合散热系数约为夏季的 50%，因而温排水影响区范围较夏季工况显著增大，取水温升也明显升高。

黄窝现状（即不完全吹填）使得取水导流堤后的回旋水域范围变大，从而明显降低了取水温升的峰值，对全潮平均取水温升没有影响；黄窝未吹填部分是低温升的弱流区，与外部水域的交换极弱，故其存在增大了低温升影响区的面积；徐圩八字堤口门的设置，会使温升影响面积影响略有增大。

冬、夏季气象条件下 1～6 号机组运行时所致的受纳水体温升符合海域环境功能区划现状。

6.1.2.2.2 温排水数模复核计算（2019 年）

利用 2019 年 1 月水文测验以及最新的水下地形资料进行了 5、6 号机组温排水复核计算。本次数模复核计算成果与前期数模成果对比见表 6.1-5 和表 6.1-6，取水温升的对比见表 6.1-7。主要结论如下：

1）本次复核计算结果显示夏季气象条件下，电厂温排水影响带来 1℃温升影响区全潮平均包络面积不超过 39.6km^2，全潮最大包络面积不超过 62.4km^2，取水温升平均值不超过 0.9℃，最大值不超过 1.1℃；冬季气象条件下，1℃温升影响区全潮平均包络面积不超过 70.6km^2，全潮最大包络面积不超过 95km^2，取水温升平均值不超过 1.4℃，最大值不超过 1.6℃。

2）复核计算冬、夏季气象条件下 1～6 号机组运行时所致的受纳水体温升符合海域环境功能区划现状：4℃温升线均未超出温排水混合区范围，夏季 1℃温升线和冬季 2℃温升线均在三类区范围内。

3）两次研究成果中温度场主体分布形态基本相似，但是复核计算高温升（4℃、3℃）面积略有增大，低温升（2℃及以下）面积有所减小。原因在于，一方面由于前期数模采用的是核电站周边海工工程海床演变数模研究结果的预测地形，与 2019 年 1 月实测地形有一定差异，数模预测结果局部偏安全；另一方面从最大潮差看，2019 年 1 月实测潮略强于 2010 年的。此两方面的原因导致呈现了两侧港口所围湾内温升面积变大，口外影响范围变小的趋势。因而也导致复核计算得到的取水温升略有降低，全潮最大降低 0.2～0.3℃，全潮平均降低 0.1～0.2℃。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

6.1.3.1 取水工程对水生生物的影响

大量的循环冷却水取水将对取水口周围的较小海洋生物产生卷吸效应，如鱼卵、仔稚鱼、仔虾、浮游生物及其游动的生物幼体可能被卷吸，并通过旋转滤网进入冷却水循环系统，在通过冷凝器时经受激剧温度变化的热冲击而发生所谓“热震”致使活力下降、肌体受损伤乃至死亡。个别较大的生物可能被取水设施的旋转滤网阻截时受到机械撞击、擦伤、切断和死亡。机械损伤和热冲击产生的生物效应因生物种群耐受力不同而存在差异。

田湾核电站 6 台机组运行时，概略的估计被卷吸进入冷却水系统的鱼卵、仔稚鱼、甲壳类幼体等数量看来很大，但是由于海洋鱼虾类属具有繁殖力强、产卵多的特点，在自然环境下其幼体阶段的自然死亡率也很高，根据人工育苗的经验，多数情况下虾卵及其幼体成活率一般要低于 10%。根据国家海洋局第一海洋研究所的海洋环境调查报告，重要的经济水产生物的产卵场和回游线路均离厂址有很远的距离，如：带鱼、小黄鱼、大黄鱼、绿鳍马面产卵场和回游线路离厂址最近距离有 60~100km 和 120~200km；中国对虾产卵场和回游线路离厂址最近距离为 20km 和 30km；乌贼分别为 5km 和 10km。海水取水工程采用引水明渠和隧洞组合方案，取水源头（引水明渠入口处）在军港港池段，取水口附近不是渔业捕捞作业场所，此处没有陆上的径流，浮游生物、仔鱼、卵等发育成长相对少，加上核电站采用明渠底层取水，水流流速不大，故对大的成鱼吸引作用不大，即使有到拦污栅上的成鱼，仍有逃脱的可能，所以取水设施运行时的卷吸效应对海洋生物的影响限于局部小范围，与海洋生物的大量繁殖能力相比是很小的，因此，不会对渔业经济和海洋生态及其生态平衡产生影响。

6.1.3.2 温排水影响分析

在核电厂的运行过程中，大量的冷却水经过冷凝器后一般温升 10℃左右，其后排入环境水体将导致排放口附近有限的海域海水温度升高。如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，就有可能导致海洋生物生长受到抑制甚至死亡；如果在适温范围内，也有可能因为环境水体温度的升高，反而促进海洋生物的生长和繁殖。另外反应堆突然启动或停闭导致排放口水温的骤然改变造成的“冷冲击”，特别在寒冷季节，鱼类往往来不及适应或避开而可能死亡。

根据国外有关研究资料，当夏季水温升高 6~8℃时，会引起浮游植物光合作用的活性减弱，这种现象并未破坏藻类的细胞，经过几个小时后（不超过一昼夜），浮游植物的光合作用就会恢复。对浮游动物而言，水体增温≤3℃时，多数情况下不会对其种群有不利影响，有时还会促进其种类、数量及生物量的增加，从而提高海域的生产力和物种的多样性。

鱼类的适温范围内，水温的升高会促使摄食能力增强，生长及性成熟加快。如果水温超过适温范围，将会抑制鱼类新陈代谢和发育生长；如果超过其忍受极限，还将会导致其死亡的危险。另一方面，鱼类具有对超出适温的高温或低温水体的回避反应，使某些鱼类进行远距离的适温洄游。

厂址近海主要海洋生物的适温性均较宽，如对虾适温范围 8~30℃；牡蛎 2~35℃；带鱼 15~22℃；海蜇 16~27℃；紫菜 5~30℃。在评价区域内几种重要的经济水产种类的产卵和回游路线均距厂址较远，在 20~200km 范围。

据调查的评价区海域海水自然温度变化来看，其表层水温，春季多在 11~16℃，近岸水温高，为 16℃左右，外海水温低，为 12℃左右；夏季水温一般在 20~26℃，近岸高，外海低。秋季水温在 10~16℃，但近岸水温低，外海水温高，在平岛附近最高值为 16.5℃。冬季水温一般在 4~6℃，近岸温度低，外海温度高。水温的垂向分布表现为表层水温高，底层水温低，夏季表底层温差较大，约 1℃左右，最大温差可达 4℃，冬季表底层向温差较小，约 0.2℃。这就是说，海洋生物生活在海水温度自然的变化温差区域内，不同的生物有不同的适温范围，并可寻找适宜的范围或适应微小的变化。局部的温升不会改变大环境。

由于温排水导致的海水温升仅局限在有限的范围内，海水温升 1~3℃对于目前在此海域可见的海洋生物仍在适温范围。

厂址所在海域的沿岸原有一些海水养殖场，多为养殖紫菜、其次为对虾，紫菜适温范围在 5~30℃，对虾在 8~30℃，故温升对海水养殖影响是有限的。

在厂址半径 80km 海域内的前三岛（半山岛、达山岛和车牛山岛）岛屿周围 4 海里范围内为海珍品增值保护区，主要保护鲍鱼、海参、对虾、牡蛎等的增养殖。该渔业保护区距离厂址约 42km，已远在温排水温升 0.5℃影响以外，故核电厂温排水排放不会对前三岛渔业保护区内海珍品种类产生影响。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 流出物排放源项

（1）气载流出物排放源项

本工程运行状态下，气载流出物主要通过高 62.3m、直径 3m 的烟囱排入大气，本工程两台机组运行状态下，气载流出物排放量申请值与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台机组排放量申请值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	1.01E+14	2.40E+15	4.21%
碘	7.17E+08	8.00E+10	0.90%
粒子（$T_{1/2}$≥8d）	7.97E+07	2.00E+11	0.04%
氚	5.37E+12	6.00E+13	8.95%
碳-14	8.50E+11	2.80E+12	30.36%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

厂址 1～6 号 6 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组排放量申请值 Bq/a	3、4 号机组排放量申请值 Bq/a	本工程排放量申请值 Bq/a	厂址 6 台机组总排放量申请值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	7.63E+13	7.63E+13	1.01E+14	2.53E+14	2.40E+15	10.57%
碘	3.70E+08	3.70E+08	7.17E+08	1.46E+09	8.00E+10	1.82%
粒子（$T_{1/2}$≥8d）	1.20E+08	1.20E+08	7.97E+07	3.20E+08	2.00E+11	0.16%
氚	6.40E+12	6.16E+12	5.37E+12	1.79E+13	6.00E+13	29.88%
碳-14	6.00E+11	6.00E+11	8.50E+11	2.05E+12	2.80E+12	73.21%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的厂址年排放量控制值要求。

（2）液态流出物排放源项

本工程两台机组运行状态下，液态流出物排放量申请值与《核动力厂环境辐射防护规

定》（GB 6249-2011）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	本工程两台机组排放量申请值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
氚	5.37E+13	3.00E+14	17.90%
碳-14	6.20E+10	6.00E+11	10.33%
其余核素	2.46E+10	2.00E+11	12.30%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

厂址 1～6 号 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组排放量申请值 Bq/a	3、4 号机组排放量申请值 Bq/a	本工程排放量申请值 Bq/a	厂址 6 台机组总排放量申请值 Bq/a	厂址排放量控制值 Bq/a	比值
氚	6.60E+13	6.16E+13	5.37E+13	1.81E+14	3.00E+14	60.43%
碳-14	3.00E+10	3.00E+10	6.20E+10	1.22E+11	6.00E+11	20.33%
其余核素	7.40E+09	7.40E+09	2.46E+10	3.94E+10	2.00E+11	19.70%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

本工程为滨海厂址，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在保守工况下为 426Bq/L，在现实工况下为 231Bq/L，均满足 GB6249-2011 规定的排放控制值要求。

6.2.2 照射途径

6.2.2.1 气载途径

本工程运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射和食入农牧产品内照射。

6.2.2.2 液态途径

本工程运行状态下，液态放射性流出物与循环冷却水混合后排入海州湾，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径可归纳为：食入海产品内照射，岸边沉积外照射，在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

本工程为滨海厂址，海水不作为农业灌溉和人畜饮用水，因此对饮用水和灌溉的照射途径不予考虑。

6.2.3 计算模式与参数

（1）气态途径

根据气态途径排放的源项数据和国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了气载流出物对厂址半径80km范围内公众的最大个人有效剂量。

计算气载流出物在大气中迁移和弥散时，本工程使用了本报告2.4节中给出的70m高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，全厂址1~6号机组使用了本报告2.4节中给出的100m高度风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，结合核电厂已完成的大气扩散实验研究提供的扩散参数推荐的厂址扩散参数。在计算运行状态下气载流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：剂量估算中所使用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子和地表沉积外照射剂量转换因子（包括空气中和水中）取自美国联邦导则12号报告（1993）《空气、水和土壤中核素导致的外照射》，食入和吸入内照射剂量转换因子分别取自GB18871-2002中的表B6、表B7和表B9；各核素的转移系数和浓集因子取自IAEA安全丛书19号报告；人口分布数据取厂址2020年的预期人口数。

（2）液态途径

根据国标、国际标准推荐的计算模式和参数，计算了液态途径放射性流出物对厂址半径80km范围内公众造成的个人有效剂量。在计算运行状态下液态流出物对公众的辐射剂量中，所使用的参数如下：食入有效剂量转换因子采用GB 18871-2002中的数据；地表沉积和水中浸没剂量转化因子取自美国联邦导则12号报告（1993）；核素的Kd系数采用IAEA安全丛书19号报告的数据，其中Co、Cs和Sr的沉积吸附分配系数Kd采用中国辐射防护研究院2001年2月提供的《泥沙对放射性核素吸附、去附、沉积和再悬浮实验研究及综合分析（B版）》中的研究成果。在剂量评价中，使用厂址半径5km范围内居民最大食谱计算厂址半径5km范围内公众所受到的最大个人剂量，分别使用南山湾村居民、东崖屋村居民、柳河村二组居民的最大食谱计算关键居民组受到的最大个人剂量，使用厂址半径80km范围内居民食谱计算厂址半径5~80km范围内公众所受到的最大个人剂量。人口分布数据取厂址2020年的预期人口数。

6.2.4 大气弥散和水体弥散

（1）大气弥散

厂址濒临东海，场地相对比较开阔，对气载放射性流出物在大气中迁移和扩散有利。

厂址半径80km范围内放射性核素Cs-137的年均大气弥散因子范围为3.70E-10 s/m^3~3.56E-07 s/m^3，I-131的年均大气弥散因子范围为3.51E-10 s/m^3~3.56E-07 s/m^3，Kr-85的

年均大气弥散因子范围为4.16E-10 s/m^3 ~3.56E-07 s/m^3。大气弥散因子最大值均出现在厂址SSW方位0-1km处。

厂址半径80km范围内放射性核素Cs-137的相对干沉积因子范围为5.55E-13 m^{-2}~5.34E-10 m^{-2}，I-131的相对干沉积因子范围为3.51E-12 m^{-2}~3.56E-09 m^{-2}。相对干沉积因子最大值均出现在厂址SSW方位0-1km处。

厂址半径80km范围内放射性核素Cs-137和I-131的相对湿沉积因子范围均为1.20E-13m^{-2}~9.53E-11m^{-2}。相对湿沉积因子最大值均出现在厂址NNW方位0-1km处。

（2）水体弥散

中国水利水电科学研究院分别于2014年6月和2015年11月完成了《连云港海滨大道跨海大桥和徐圩港区防波堤工程与田湾核电站相容性研究—温排水、低放废水数值模拟计算报告》和《田湾核电站5、6号机组液态流出物排放数值模拟计算报告》成果报告。在液态剂量计算中各类核素的海水稀释因子选取最不利潮型—典型小潮时的相应结果。

6.2.5 环境介质中的放射性核素浓度

本工程在运行状态下气载流出物主要通过高62.3m烟囱排入大气。气载流出物中的代表性放射性核素Cs-137、I-131和Kr-85年均放射性活度浓度的最大值均出现在厂址SSW方位0~1km处，分别为1.80E-07 Bq/m^3、5.86E-06 Bq/m^3和1.48E-02 Bq/m^3。

本工程建成后将与田湾核电站1~4号机组一起运行。六台机组运行状态下，代表性放射性核素Cs-137和Kr-85年均放射性活度浓度的最大值均出现在厂址SE方位0~1km处，分别为1.43E-06 Bq/m^3和2.77E-02 Bq/m^3，代表放射性核素I-131年均放射性活度浓度的最大值出现在SSW方位0~1km处，为6.45E-06 Bq/m^3。

田湾核电站扩建工程5、6号机组共用一套低放废液排放系统，根据本工程源项、两台机组的循环冷却水流量及间歇排放参数计算得到排放的循环冷却水中的核素浓度。按照核电站排放的循环冷却水中的核素浓度作为排放海域内的核素浓度与国标GB 3097-1997进行比较，得到田湾核电站扩建工程5、6号机组运行状态下排放海域的海水水质满足GB 3097-1997中相应的放射性指标要求。

同时考虑《2018年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》中的排放海域各取样点的相应核素的最大监测值，即使考虑排放海域内现有的放射性核素的实测浓度与田湾扩建工程5、6号机组液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合《海水水质标准》（GB 3097-1997）中相应的放射性指标要求。

6.2.6 公众的最大个人剂量

（1）气态途径

本工程运行状态下，气态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 3.82E-07 Sv/a、4.17E-07 Sv/a、2.86E-07 Sv/a、2.33E-07 Sv/a。

（2）液态途径

本工程运行状态下，液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 8.84E-06 Sv/a、1.13E-05 Sv/a、6.51E-06 Sv/a、3.71E-06 Sv/a。

（3）气液态综合

本工程运行状态下，气液态途径释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 9.09E-06 Sv/a、1.16E-05 Sv/a、6.70E-06 Sv/a、3.86E-06 Sv/a。

各年龄组中青少年组的剂量最大，为 1.16E-05 Sv/a，约占个人剂量约束值（0.04mSv/a）的 29.00%，其中气态途径剂量为 2.58E-07 Sv/a，液态途径剂量为 1.13E-05 Sv/a。

本工程建成后将与田湾核电站 1~4 号机组一起运行，6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 1.45E-05 Sv/a、1.80E-05 Sv/a、1.01E-05 Sv/a、2.63E-06 Sv/a。各年龄组中青少年组的剂量最大，为 1.80E-05 Sv/a，约占厂址个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 7.2%，其中气态途径剂量为 7.82E-07 Sv/a，液态途径剂量为 1.72E-05 Sv/a。

6.2.7 非人类生物的辐射剂量

本节主要估算田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时，由于气、液态放射性流出物的排放，所致周围环境介质中生物的辐射剂量水平，同时还计算了田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时对生物的辐射影响。

6.2.7.1 生物的辐射效应

对水生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为水体照射和底泥照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

对陆生生物而言，辐射效应主要来自外照射和内照射。其中外照射主要分为空气照射和地面沉积外照射，内照射主要来自于生物体的食入照射。

6.2.7.2 评价模式

厂址周围环境介质中生物所受的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

6.2.7.3 参考生物的分类

参考生物的定义和选用是建立“非人类物种”辐射剂量评估模型的基础。ERICA 程序根

据生物所在的栖息环境选择了不同的代表性生物作为参考生物。

6.2.7.4 参数选取

由生物的剂量率限值（ERICA 推荐所有生物的筛选值为 10μGy/h）反推出各核素在环境介质中对不同生物的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、媒介、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

6.2.7.5 水生生物辐射影响的估算

（1）田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时，0～80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0～80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 10μGy/h。因此，田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时，厂址附近 0～80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时，0～80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0～80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 10μGy/h。因此，田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0～80km 海域范围内水生生物是安全的。

6.2.7.6 陆生生物辐射影响的估算

（1）田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 10μGy/h。因此，田湾核电站扩建工程 5、6 号两台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（2）田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时陆生生物辐射影响的估算

从影响率的结果来看，田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 10μGy/h。因此，田湾核电站 1-6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

6.2.8 关键人群组、关键核素、关键照射途径

本工程运行状态下采用现实排放源项计算周围的关键人群组、关键核素和关键照射途

径。厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人所致有效剂量见表 6.2-1，本工程运行状态下，厂址半径 80km 范围内居民所受的集体剂量为 1.64 人•Sv/a。

由表 6.2-1 可知，厂址半径 80km 范围内成人组、青少年组、儿童组、婴儿组最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1～2km 处，此处居住的是柳河村二组的村民，关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.07E-05 Sv/a。

气态途径的主要途径为食入农牧产品造成的内照射途径，约占气态途径总剂量的 87.54%；其次为空气浸没外照射途径，约占气态途径总剂量的 10.06%；吸入内照射和地面沉积外照射途径分别占气态途径的 2.08%和 0.32%。气态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占气态剂量的 82.04%；其它贡献较大的核素为 H-3 和 Kr-88，分别占气态途径总剂量的 7.49%和 4.95%。

液态途径的主要途径为食入海产品造成的内照射途径，约占液态途径总剂量的 99.60%；其次为岸边沉积外照射途径，约占液态途径总剂量的 0.40%。液态途径的主要核素为 C-14，它所致的剂量约占液态途径总剂量的 73.72%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 I-131，分别占液态途径总剂量的 9.34%和 6.37%。

气液态综合的关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.05E-05 Sv/a，约占气液态总剂量的 98.30%；其次为气态途径的食入农牧产品的内照射途径，占气液态总剂量的 1.13%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 7.92E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 73.81%；另外，Co-60 和 I-131 的剂量贡献也较大，分别占气液态总剂量的 9.23%和 6.29%。

本工程建成后将与田湾核电站 1~4 号机组一起运行，6 台机组运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1～2km 处，此处居住的是柳河村二组的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.38E-05 Sv/a。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.35E-05 Sv/a，约占气液态总剂量的 97.82%；其次为食入农牧产品造成的内照射途径，占气液态总剂量的 1.41%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 9.17E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 66.38%；另外，Fe-59 的剂量贡献也较大，占气液态总剂量的 15.83%。

6.2.9 辐射影响评价

综合上述计算分析，本工程及厂址 6 台机组运行状态下，气态和液态途径排放总量、液态途径排放的放射性核素的浓度以及公众最大个人有效剂量均满足相应国标要求。

本工程及厂址 6 台机组运行状态下，厂址附近 0～80km 范围内水生生物和陆生生物所受辐射剂量率均小于 ERICA 推荐的筛选值（10μGy/h）。

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组工艺系统中化学污染物对环境的影响主要是化学物质向海域的排放，以及由此造成的海水水质变化对海洋生物的影响。

核电厂排放的化学物质来自下列工艺过程产生的废水中：

— 淡水处理和除盐；

— 循环水处理（海水加氯处理）；

淡水厂在 1、2 号机组时已一次性建设完成，因此不在本工程范围内。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的除盐水储罐/加氨间及氨贮存间将来自 3、4 号机组除盐水厂房的除盐水通过加氨将 pH 值调整到 9±0.2，经 SER 除盐水泵送至 5、6 号机组的常规岛除盐水分配系统的 SER 除盐水箱。

关于淡水处理和除盐的工艺部分，详见田湾 3、4 号机组环境影响报告书的相关章节。本工程主要分析除盐水加氨过程和循环水处理过程产生废水带来的环境影响。

6.3.1.1 加氨过程产生的废水

除盐水加氨过程中产生的废水量很少，仅出现在 pH 和电导率不合格时。加氨不合格所产生的少量废水经过废水中和处理，满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）后排放至电站污水系统，再由电站污水系统外排，不会影响田湾的海水质量。

6.3.1.2 循环水及重要厂用水系统的排放水（余氯的排放）

循环水及重要厂用水系统的余氯来自次氯酸钠生产系统，该系统对流经取水头部、循环水及重要厂用水系统的海水作连续加氯处理，即不断加入次氯酸钠溶液使其浓度达到 1mg/L，这个浓度可以防止海洋生物在管道内和排放口繁殖，以避免因其繁殖而导致的管道断面缩小、阻力增加和流量的降低。

由于次氯酸钠溶液产生的游离态氯在核电站释放的化学物质中数量最大而且具有生物毒性，因此在分析核电站化学物质排放对海水水质及海洋生物影响时，重点分析余氯的影响。

次氯化物注入海水会产生下列产物：

— 次氯化物与海水中大量溴盐（≈ 60mg/L）作用产生次溴化物离子；

— 在海水中产生少量游离溴或游离氯；

— 次溴化物或次氯化物与含氮有机物作用产生化合态的氧化剂。

海水中的余氯包括游离态余氯和化合态余氯，加入冷却海水中的游离态氯衰减得很快，主要是与水中的氨、有机物和微生物等还原性物质作用而消耗。化合态余氯为氨氮和有机胺与氯化合而成的氯氨，如一氯胺（NH_2Cl）二氯胺（$NHCl_2$）等。化合态余氯氧化能力低，在海水中比较持久稳定，但它的生物毒性远小于游离态氯。另一主要的因素是残余氯在海区中的稀释与扩散。冷却水排入海区后，随着潮汐和海流的运动，冷却水不断地与海区中大量的海水进行混合，在这个过程中，残余氯亦得到稀释，不断扩散到田湾海区中去，并进一步得到消耗。

循环水及重要厂用水系统中加入的次氯酸钠在冷却水中迅速地消耗，至排放口时，余氯浓度约为 0.15mg/L 左右。根据南海水产研究所的研究结果，当余氯浓度为 0.1mg/L 时，鱼的种类多样性指数下降 50%。根据法国格拉芙林核电站的研究结果，余氯浓度为 0.05mg/L 时，藻类的初生组织开始受到影响，浓度高于 0.3mg/L 时初生组织将完全受到抑制。浮游动物对氯化作用敏感性则较差，余氯浓度为 0.3mg/L 左右时，幼鲽的不孵化率为 36%，浓度为 0.05mg/L 时仅为 1%。可见，余氯浓度大于 0.05mg/L 时，才可能对海洋初级生产力造成影响。

根据田湾核电站 5、6 号机组液态流出物排放数值模拟计算报告，田湾核电站 1~6 号六台机组余氯排放的影响区域仅在排水口附近海域，对海洋生物的影响范围有限。

田湾水质状况符合国家海水水质三类标准。余氯是核电厂排放量最大的化学物质，且具有生物毒性。我国《海水水质标准》（GB3097-1997）尚未对余氯允许排放浓度作出规定。田湾核电站释放到环境中的化学物质主要以 NaCl、NH_4Cl 或$(NH_4)_2SO_4$ 的形式排放，且化学物质排放的浓度非常小，远小于 I 类海水水质标准规定的浓度。

因此，田湾核电站 5、6 号机组排出的余氯对厂址海域的海水浓度几乎没有影响。

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3.2.1 生产废水和生活污水的影响

本工程其它生产废水主要为汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非放射性含油废水，汇集至本工程 FS 油水分离池。FS 油水分离池设计规模 $2\times5m^3/h$。非放射性含油废水经过油水分离设施处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准(含油类＜5mg/L)，排至大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程产生的生活污水由生活污水排水系统收集汇至 0216 生产生活和含油废水排水泵站（T1UGQ），生活污水经提升送至 1、2 号机组南区污水处理站集中处理。田湾核电站 6 台机组运行所产生的生活污水量最大为 $1016m^3/d$。南北区生活污水处理能力能够满足

要求，且还有一定的裕量。南、北区污水处理站经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化等，回用剩余水量排入大海。生活污水处理的排放物除总有机物外，不会导致任何有毒化学物质进入受纳水体环境中。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准的生活污水和满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。

因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

6.3.2.2 噪声的影响

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行后，北厂界所受影响最大，声源对北厂界的贡献值为 50.4dB(A)，南厂界所受影响最小，声源对南厂界的噪声贡献值为 33.8dB(A)，声源对西厂界和东厂界的噪声贡献值分别为 42.4dB(A)和 36.8dB(A)。因此，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行后，声源对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定 3 类标准限值，即昼间 65 dB(A)和夜间 55 dB(A)。

根据中国核电工程有限公司联合核工业二〇三研究所于 2019 年 4 月编制的《田湾核电站 7、8 号机组厂址周围噪声现状水平监测及评价报告》，东崖屋村昼夜间噪声级分别在 55.1~56.7 dB（A）和 44.4~48.7 dB（A）之间，满足声环境质量《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行对离厂址最近的东崖屋陶庵村的贡献值为 30.6 dB(A)。叠加贡献值后的昼夜间噪声分别在 55.1~56.7 dB（A）和 44.6~48.8dB（A），工程运行对东崖屋陶庵村的影响可忽略不计，东崖屋陶庵村满足声环境质量《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。

6.3.2.3 电磁辐射的影响

本工程500kV开关站与秦山二期/秦山二期扩建、秦山三期共用的500kV开关站相比：

* 开关站电压等级都为500kV；

* 开关站都布置在厂区内，且都为露天型、敞开式布设；

* 设备的环保要求都符合产品出厂标准。

根据《环境影响评价技术导则 输变电工程》（HJ/T 24-2014）标准中8.1.1节的规定可利用已运行的秦山二期/秦山二期扩建、秦山三期共用的500kV开关站电磁辐射强度和分布的实际测量，对本工程建成后电磁环境影响进行预测。根据《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）厂址区域电磁辐射本底调查和现状评价报告》（2011年12月）可知，运行后的秦山二期/二期扩建/三期工程500kV 开关站及500kV 送电线路工频电磁、工频磁场强度及无线电水平均满足国家相关标准的要求。

《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）厂址区域电磁辐射本底调查和现状评价报告》的编制背景为：秦山核电基地中秦山核电一期工程1×300MW 机组、二期工程2×650MWe机组和三期工程2×700MWe机组正在运行，秦山二期扩建工程2×650MWe机组中3#机组已经运行，4#机组正在调试，秦山核电厂扩建项目2×1000MWe核电机组正在建设。即秦山核电基地厂址区域现有电磁辐射源有已运行各核电工程各自所辖的主变压器、开关站、输变电线路及三座移动通讯基站，该报告的主要评价结论如下：

——工频电磁/工频磁场：秦山核电基地内厂区工频电场强度监测值在0.082V/m~1820V/m之间，工频磁场强度在0.02μT~52.4μT之间；核电基地外环境敏感区工频电场强度监测值在0.268V/m~843.9V/m之间，工频磁场强度在0.018μT~2.296μT之间。所有工频电场/工频磁场强度监测值都分别小于标准限值4kV/m和 0.1mT（100μT），符合标准要求。

——射频综合场强：秦山核电基地内厂区射频电场强度监测值在0.12V/m~0.96V/m之间，核电基地外环境敏感区射频电场强度监测值在0.12V/m~0.98V/m之间。所有监测点监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中规定的12V/m标准限值，符合标准要求。

此外，根据《田湾核电站 7、8 号机组厂址区域电磁辐射本底测量及现状评价报告》，田湾核电站厂址区域附近电磁辐射污染源要少于秦山核电基地。可以预见，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成投运后 500kV 开关站对周围环境的电磁辐射影响能够满足国家相关标准的要求。

6.4 初步退役计划

6.4.1 概述

对核电厂来说，退役是继选址、设计、建造、试运行和运行之后的最后一个阶段。它是一个包括源项调查、去污、厂内设备和系统的拆除、建筑物和结构的拆毁及对产生的废物进行处理、整备、处置等操作的过程。所有这些活动均要考虑操作人员和普通公众的健

康和安全要求，也要考虑对环境产生的任何影响。目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。选择合适的退役策略，尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑退役因素，可以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，将退役对环境的影响和废物产生量降至可合理达到的尽量低，尽可能降低将来退役施工的难度和费用。本节主要对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组将来退役时的策略选择和阶段划分、退役计划的制定提出了初步设想，阐述了在设计阶段应考虑的便于退役的有关因素和要求，并在退役费用和管理方面提出了考虑和设想。

6.4.2 退役策略选择

目前国际原子能机构推荐的退役策略分为两种：立即拆除和延迟拆除。

1) 立即拆除是将被放射性污染的设备、结构和设施的污染部分移除或者去污至允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用水平的策略。在这种情况下，退役执行活动在运行停止后的短时间内就开始进行。这个策略隐含指出退役项目应该立即完成，包括将设施中的所有放射性材料移除至另一个新的或者已经存在的有资质的设施中进行长期贮存或者处置。
2) 延迟拆除是将设施被放射性污染的部分处理或者放置在一定条件下一段足够的时间，直到可以进行后续的去污和/或拆除等操作，从而最终达到允许设施开放用于无限制使用或者由监管机构进行有限制使用的策略。

立即拆除策略要求在核电站停止运行后的短时间内就开始进行退役，在这种情况下，核电站内部分区域的放射性水平较高，要求采用更为先进的技术并对工作人员提供更为严格的保护以降低工作人员所将受到的辐射照射；延迟拆除也许会减少退役所产生的放射性废物的量，并减少对现场人员的辐射照射，但有可能因延迟拆除导致出现系统包容性恶化、档案资料散失、人员流失及长期监督维护需要高额费用支撑等缺陷。

上述两种策略各有利弊，具体选择何种策略需要充分考虑核电站所在国家有关退役的法规政策、放射性废物管理能力、从事退役的工作人员、退役费用估算和筹资方式、其他机组的影响、退役技术发展及其对安全及环境的影响等方面的因素，满足核电站所在国家的放射性废物管理和核能发展战略要求。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组在设计中充分考虑了各退役策略的退役方案的需求，使得对拆除技术和辐射防护水平要求相对较高的立即拆除策略的实现成为可能。如果采取延迟拆除的策略，需要注意在封存期间保证足够的监护措施，确保设施安全。而封存之后

的拆除由于放射性在一定程度上的衰变，可能会带来拆除技术上的简化。

综合比较各策略并考虑到国际上退役领域的发展趋势以及退役拆除技术的水平，针对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组退役推荐选择立即拆除的退役策略。理由如下：

- 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的部分废物处理系统经过必要的整治可在退役中继续使用。同时沿用 1、2 机组退役时建设的废物处理设施，使退役工作具备处理整备退役放射性废物的能力，可保证退役过程中产生的气态、液态及固态放射性废物都可得到良好安全的管理。
- 在本核电厂设计中，选择了便于去污的材料，在设备布置中采取了限制系统污染及污染扩散的措施，便于设备拆除及拆除阶段人员进出的措施等，可方便退役工作的开展。
- 核电厂在设计阶段考虑了很多先进的设计理念，采用了各种辐射源项控制技术，可保证退役时工作人员和公众的受照剂量保持在可合理达到的尽量低水平，实现辐射防护最优化的目标。且实行立即拆除策略可最大程度实现工作人员的平稳过渡并避免人才及资料流失等情况的发生。
- 我国已有乏燃料基金支持乏燃料外运及后处理等相关工作；根据国家政策，核电厂退役经费在各核电厂商业运行期内提取，从而保证退役所需资金充足。
- 通过已完成的核设施退役工程，我国积累了大量的核设施退役经验，结合国内外退役技术的发展及国内外交流合作的日益紧密，可保证待田湾核电站扩建工程 5、6 号机组退役时有可利用的技术及设备满足立即拆除的要求。

综合上述分析，在具备废物管理能力，存在便于退役开展的设计考虑，保护工作人员，国家政策支持及充足的资金保证，退役技术的不断发展等方面可以证明，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组退役选择立即拆除的退役策略是合适的。

6.4.3 退役计划的制定

退役最终目标的实现取决于周密和有组织的计划。国家核安全监管部门要求新建核设施要制定退役计划。计划的内容、范围和详细程度应根据设施的复杂性和潜在危害的不同进行调整。核电厂退役计划分三个阶段制定和提交，即：初始计划、中期计划和最终计划。三个阶段计划的内容应逐步深入、完善、细化和优化。其中安全分析和环境影响评价是退役计划安全实施的关键。

6.4.3.1 初始退役计划

初始计划的制定要考虑以下几方面的问题：退役可行性的一般分析；退役涉及到的安全问题的基本考虑；退役实施对环境影响方面的考虑；退役费用及筹资方式；明确退役期

间需使用的现有设施、系统和设备。

6.4.3.2 中期退役计划

核电厂运行期间需要对初始退役计划进行定期审核、更新和细化，以制定中期退役计划（若发生重大事故时应立即制定）。需要更新和细化的内容包括：国家有关退役政策和法规的变化；退役技术的发展；退役实施时可能发生的异常事件；对影响退役计划的系统和结构的重大修改；退役费用的估算及落实情况。

6.4.3.3 最终退役计划

核电厂安全关闭前要提交详细的最终退役计划，作为关闭申请和退役申请的支持性文件，其内容深度应符合国家核安全监管部门的相关规定。

6.4.4 退役方案简述

6.4.4.1 退役范围、目标及顺序

田湾核电站扩建工程5、6号机组的退役范围包括本工程建设的及与1~4号机组共用的放射性设施，具体包括：反应堆厂房（RX）、电气厂房（LX）、核辅助厂房（NX）、燃料厂房（KX）、连接厂房（WX）、反应堆停堆更衣室（ET）、废物处理中心（T4UKT）、放射性机修车间（AC）、放射源库房（EN）、放射性废油暂存库（QR）、厂区实验室（AL），NX、AC、AL、QR厂房至QA/QB厂房的液态流出物排放管沟（GC1）支路以及室外受到放射性污染区域的清理。

特种汽车库（AS）、废物暂存库（QT）、职业去污室（BH）等与7、8号机组共用的放射性厂房，将继续服务于后续机组的运行，其退役纳入后续机组的退役一并考虑；核岛液态流出物排放厂房（QA）、常规岛液态流出物排放厂房（QB）需要继续服务于QT、AS等厂房，其退役纳入后续机组的退役一并考虑，QT、AS等厂房至QA、QB厂房的液态流出物排放管沟（GC1）相应纳入后续机组退役考虑；在5、6号机组停堆之后，为满足退役废物处理的要求，可能新建废物处理设施，该设施考虑5~8号机组共用，其退役同样纳入后续机组的退役一并考虑。上述厂房都在去污达到目标值后拆毁，建筑垃圾运走，场地平整。

由于核电站选址需考虑多项因素，为了尽可能利用适宜的厂址，建议在本场址退役后尽可能仍作为核设施基地继续使用。随着核电中长期发展规划的后续制定及升版，若明确了本场址在退役后的用途，则应将本核电站的退役计划进行升版，届时退役目标、退役范围等也应根据场址利用计划有针对性地进行调整，海工、电力、取排水等基础设施可根据其状况及后续工程建设方案等方面综合考虑进行保留或拆除。现阶段田湾核电站扩建工程5、6号机组的退役目标暂时确定为：将田湾核电站扩建工程5、6号机组所在场址建构筑

物全部拆除，场址清理至无限制开放水平。

上述各放射性设施的拆除顺序简要描述如下：

——对反应堆厂房（RX）开始拆除；

——对停堆用更衣室（ET）开始拆除；

——对核辅助厂房（NX）开始拆除（不包括废气处理系统、废液收集系统、废液处理系统、热洗衣房及地面疏水相关设备及管道）；

——对燃料厂房（KX）开始拆除；

——对连接厂房（WX）开始拆除；

——对核辅助厂房（NX）剩余部分进行拆除；

——对电气厂房（LX）开始拆除；

——对放射性源库（EN）开始拆除；

——对厂区实验室（AL）开始拆除；

——对放射性机修车间（AC）开始拆除；

——对放射性废油暂存库（QR）开始拆除；

——对废物处理中心（T4UKT）开始拆除；

——对 NX、AC、AL、QR 厂房至 QA/QB 厂房的液态流出物排放管沟（GC1）支路开始拆除；

——场址清理，在场址清理前应完成去污后厂房构筑物拆除工作；

上述放射性厂房退役时，可先对其中非放射性房间内的设备进行拆除，而后开展放射性房间的退役工作；对于非放射性厂房的拆除顺序需考虑其功能及作用：若其需为放射性厂房退役服务，则必须保证其在放射性厂房全部拆除完毕后再进行拆除；无需为放射性厂房退役服务的非放射性厂房可根据安排尽快开展拆除工作。非放射性厂房的拆除按照普通工业厂房拆除方法拆除即可。

6.4.4.2 退役方案

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的退役，考虑需要经历安全关闭——厂房内放射性物项拆除——建（构）筑物去污、拆毁——场址清理等几个主要步骤，下面对退役方案简要介绍如下：

在安全关闭阶段主要考虑以下几类工作：末端运行、废液通路建立、系统倒空、系统串洗、关键技术准备和设备研发、初始源项调查、必要的整改、组织机构过渡调整、特殊资质人员准备及资料收集等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平，新建必要的废物处

理设施，可接收大型设备进行解体切割，并具备所需的废物处理整备手段，确保废物出路畅通。

退役拆除阶段，按照退役方案中确定的退役顺序，对存在放射性的厂房内物项进行拆除。拆除时对于放射性水平较高的部件（如反应堆压力容器、堆内构件等）采取远距离遥控或水下解体的拆除方式；对于大型设备（如蒸汽发生器、稳压器、主泵等），可将其移至新建废物处理设施进行解体，尽量选择冷切割工具，当冷切割不能满足切割要求时，辅以热切割方式，并在热切割工位旁设置移动式通风装置，为了减少人员辐照剂量或降低工作人员劳动强度，可选择使用机器人或自动切割设备进行切割拆除等操作；对于轻微污染的设备，经必要的擦拭去污后进行拆除，检测达到解控标准后进行暂存，待审管部门认可后解控；对于电缆及其架桥等物项，经表面擦拭去污后，送至新建废物处理设施进行剥离等处理，达到解控标准的可解控。

当厂房内物项全部拆除完毕后，对建（构）筑物墙、地面的放射性进行调查，根据调查结果制定相应的去污方案。最后对整个厂房建（构）筑物进行表面剥离去污，直至解控。

厂房建（构）筑物去污完成后，进行建（构）筑物拆毁。

最后进行场址清理工作，对场址内污染地面的土壤进行分类收集，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

6.4.4.3 环境本底辐射水平调查

根据国家相关标准的要求，田湾核电站 1、2 号机组首次装料前，必须完成环境本底辐射水平调查，至少应获得最近两年的调查数据。本底调查包括环境γ辐射、陆地环境介质监测和海洋介质监测。环境γ辐射的监测范围为以反应堆厂房为中心，半径 50km 范围内，其余陆地环境介质的监测项目一般取 20~30km，海洋介质的监测范围为排放口为中心，半径 10km 范围内。主要监测内容为：

（1）厂址周围存在的辐射或放射源应用情况；

（2）两年本底调查的环境放射性监测项目，主要包括以下几类：

- 环境γ辐射：γ辐射剂量率瞬时定点测量；γ辐射累积剂量测量。
- 陆地介质：大气及沉降物、土壤和底泥以及陆生生物
- 海洋介质：海水、海洋沉积物、海洋生物

（3）^{14}C 本底调查的项目，主要包括以下几类：

- 陆域介质：水、生物
- 海洋介质：海水、生物

6.4.4.4 退役废物管理

在田湾核电站扩建工程 5、6 号机组退役过程中，应根据《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB27742-2011）、《放射性废物分类》（公告 2017 年第 65 号）等废物管理相关标准的规定对各类废物进行检测、分类、处理。

（1）放射性固体废物

对退役过程中产生的高放废物进行包装和暂存，采取深地质处置方式处置；低放废物可以在具有工程屏障的近地表处置设施中处置；极低放废物根据其材质及放射性水平分别进行收集和包装，送至新建废物处理设施进行处理，经检测进行解控或送至极低放填埋场填埋。

（2）放射性液体废物

系统倒空、系统串洗过程中产生的放射性废液，用原废液处理系统进行处理。

设备离线去污产生的废液，通过去污设施内配建的废液处理系统进行处理。

退役过程中工作人员产生的洗澡水等放射性水平较低的废液，利用原有系统进行收集、处理及最终排放；当原有系统拆除后，利用新建的废物处理设施的相关系统进行收集、处理和排放。

（3）放射性气载废物

退役过程中，放射性气载废物产生于使用热切割工具的拆除过程和对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污的过程以及厂房的维护排风过程。

在进行热切割时，在切割工位旁设置移动式通风装置，对产生的放射性粉尘及气溶胶进行过滤，过滤后的气体进入厂房排风系统；表面剥离机与高效工业吸尘器配套使用，过滤后的气体也将进入厂房排风系统。气流进入厂房排风系统后通过厂房的排风装置过滤后排放。

退役过程中厂房的通排风利用厂房原有的通风系统。

6.4.5 便于退役的考虑

目前越来越多的核电厂退役研究和经验表明，必须在设计、建造和运行阶段就对将来核电厂的退役进行充分考虑。尽可能在厂址选择、材料选择、系统和设备设计、厂房布局、设备布置等方面考虑利于退役的因素，以有效减少退役期间工作人员和公众的受照剂量，从退役废物产生源头进行控制，贯彻废物最小化原则，有效减少退役施工难度和费用。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组在最初设计时考虑了将来退役的便利性，并遵循以下原则：

1) 任何为方便退役所采取的设计措施，都应符合现有国家法规和标准的要求。

2) 方便退役的措施应遵循放射性废物最小化的原则。

3) 对材料选择、系统和设备、厂房布局和设备布置的设计，应方便去污、拆除，方便退役操作、设备的转移。

4) 为核电厂退役而考虑的措施，应避免与设施安全可靠运行及维护等主要目的相互抵触。

5) 必要时进行利益代价分析，确保方便退役措施的合理性。

6.4.5.1 材料选择

在核电厂设计建造期间，为便于今后核电厂的退役和拆除，在材料选用上采取了必要的措施，如：

- 反应堆运行中，易活化材料造成的辐射剂量直接影响反应堆退役时工作人员的受辐照水平，设计上对与反应堆冷却剂接触的材料的种类及杂质含量进行了严格控制，特别是易活化元素如钴、锑等都严格控制其使用范围，同时对容易进入食物链的银元素杂质含量也提出了控制要求。
- 考虑在可能受到污染的区域内避免使用多孔渗水材料（非惰性材料）。
- 尽量减少使用可能有害的物质，如腐蚀性物质、有毒物质、易燃金属等。
- 设计中考虑可循环利用材料的可回收性，不仅对受到污染或活化的区域以外使用的材料进行回收，在一定条件下也对区域内的材料进行回收。

6.4.5.2 主要系统和设备设计

1) 易清洁性

为了减少污染积累和方便去污，系统设备、管道及部件选用耐腐蚀、易清洁去污的材料，尽量使系统及设备能够方便排空。例如与放射性废液接触的设备一般采用不锈钢材料。贮槽及其他设备设计尽量采用了简单设计，避免设备有较复杂的内部构件以减少可能的放射性物质的沉积。

接触和处理放射性液体的系统管道在设计上尽量减少弯管存在和避免液封存在，减少了放射性物质的沉积。并且管道尽量采用焊接，尽量减少法兰、接头及弯头等可能造成放射性物质沉积部件的使用。管道设有足够的坡度，并且管道设有疏排管线以保证管道内液体的排空。

2) 可拆除性

核岛内工艺设备在核岛厂房内的安装位置、安装方式以及安装路径均由核岛设备运输安装路径文件规定。该文件对箱罐类、泵及电机及其他附件、热交换器、除盐器、过滤器、

冷冻机组、冷却器、消音器以及大型阀门的安装状况进行描述，并对这些设备安装、吊运过程中所使用的吊装设施进行描述。退役期间可以参考核岛设备运输安装路径文件对涉及的核岛工艺设备进行整体拆除、吊运出核岛厂房，或根据设备实际状况进行合理的拆除方案。

6.4.5.3 设备布置

- 大部分的放射性阀门和设备被集中布置在单独的隔间内实现实体隔离，将放射性尽量集中到某一处，方便快速集中处理。
- 为便于操作位于放射性控制区的阀门，设置必要的阀门远传装置。
- 设计时考虑了设备运输通道、吊装设备以及检修空间，这些都有利于退役时设备的拆除。
- 主回路设备如压力容器、蒸汽发生器、反应堆冷却剂泵可以采用整体拆除方式，主设备运输通道及厂房外部的龙门架将一直保留，反应堆厂房设置有大型设备安装洞，方便拆除这些大设备时使用。
- 输送反应堆冷却剂或其它放射性液体管道尽量减少产生死区，以防止系统中杂质的沉积。尽可能缩短放射性管道长度。
- 管道保温材料采用易于拆除的结构型式。

6.4.5.4 限制系统污染和污染扩散的措施

- 在设计阶段划分辐射分区，识别在正常和事故情况下可能受到污染的区域，放射性系统和非放射性系统分开布置。
- 放射性废液储罐所在房间设置滞留池，防止废液蔓延。
- 所有带有放射性的房间地面在设计时均设计有一定的坡度，在地面的最低点设置有集水疏水地漏，通过专门的系统管线将废水收集到一起集中处理。
- 系统管道设置合理的坡度及疏水阀，保证实现系统的完全疏水。

6.4.5.5 便于房间和设备去污的布置

- 反应堆厂房内层安全壳设置钢衬里，大大方便了该厂房的清洁作业和后续拆除。
- 所有带有放射性的房间墙面、地面以及天花板均采用耐辐照的涂层，这种表面涂料可以方便去污和清除，而且可以防止污染下层的混凝土表面。
- 所有的水下壁面均提供涂层或不锈钢覆面设计，保证废水不会对混凝土造成污染，这些混凝土可以重复使用。换料水池和乏燃料水池均设置了钢衬里。
- 采取措施防止设备表面污染物沉积；设备周围设置足够空间，方便去污操作。

6.4.5.6 便于拆除阶段人员进出的措施

- 主要设备周围均设置通行区域，可以快速的将设备拆除运走，放射性装备均有专门的运输路径，在拆除时可以按照设计好的路径快速移除。所有这些措施都可以大大减少人工操作时的辐照水平和操作时间。
- 为运行和检修设计的人员通道，可在退役阶段使用。

6.4.6 运行阶段的设计、运行资料的收集和管理

需要提供的基本文件包括：核电厂竣工文件、所要求的运行文件以及一些其他的相关文件。完整的文件资料可以确保退役工作效率并减少退役期间出现的意外情况。

在核电厂运行的几十年期间，因核电厂的变更和改进，这些文件与核电厂的真实状况的吻合性有所降低。为避免在退役和拆卸作业中出现麻烦，应该避免这种情况。相对应的措施包括：

- 工程设计文件应该随时更新；
- 应确保在核电厂寿期内这些文件的可用性。必须采取措施防止数据丢失（例如，保存副本）；
- 应记录可能对未来有影响的非常规事件（如，有关污染物溢出或泄漏的信息）。

已经采取措施来确保可以储存和查阅的退役所需的文件，主要包括：

- 与运行相关的图纸和图表，包括：机械和电气图、电缆敷设图、管道等轴图、布置图、贯穿件图、部件详细资料、钢筋图、组装专用工具图和所有设备以及反应堆装置的3D数字模型图；
- 对于选择性操作，允许使用和修改设备和构筑物的其他文件（例如吊装机械的设计，专用工具，地板，承载结构，制造和设备规格书，土工技术试验结果）；
- 照片和录像（有字幕、日期和注释），有利于说明设备的组装和安装，土方工程和埋入地下的部分结构的施工，部件吊装方法，道路规划，同时关注那些将承受高放射性污染的部件；
- 数量清单：混凝土量、钢筋吨数、电缆长度等验收文件，施工中使用的材料样本，这些样本可用来检查杂质，受辐照材料的强度数据、耐腐蚀能力等，同时也能够用来区分初始放射性和由于反应堆运行导致增加的放射性，特别是对于施工中采用的有初始人工放射性的材料；
- 保留反应堆施工材料（钢材，混凝土等）的样本和标本；
- 所有运行事件的记录及其评价，以及对原设备所做的所有改造的记录；
- 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件（方位图、涂片检测、各种取样

等等）。

最后两点特别需要通过监查清洁/废物分区的演变来确保。

厂址放射性生态参考调查（陆地和海洋环境）也有益于形成最终退役报告。

6.4.7 退役费用的考虑

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》第 27 条的规定，核设施的退役费用和放射性废物处置费用应当预提，并列入投资概算或生产成本。根据 NT/B20028-2011《核电厂建设项目经济评价方法》，本工程退役基金按固定资产原值的 10%计提，从投产后第一年开始平均提取。

6.4.8 退役管理设想

运行阶段应及时完善更新退役计划，特别是有重大变化时应有相关部门负责完成此项工作。

核电厂退役工程分两个阶段，第一个阶段为电厂的安全关闭期，第二个阶段为电厂退役期。

安全关闭期是从设施运行到退役主要拆除活动实施之间的一个重要阶段，该阶段从运行阶段末期启动，组织机构与生产运行阶段的组织机构相对应，在这一阶段将进行一系列的计划和调整，使核电厂从管理构架和硬件状态等方面都适应退役的目标和要求。

这个阶段是经历人员编制从适于运行到适于退役调减的主要过程，人员编制首先满足安全关闭期工作的需要，并且在安全关闭活动结束的时候人员编制应调整到适于退役期拆除活动的技术、实施和管理需求。

退役期主要活动是将设施内所有放射性物项进行拆卸、解体、包装、处理以使所有设施内不再存有不符合退役终态要求的放射性物项，并且最终进行建（构）筑物拆毁和场址清理，使场址最终达到无限制开放的清理目标值。

6.4.9 结论

通过上述分析，得出如下结论：

1) 核电厂退役策略选择受多种因素影响，在本核电厂建造可行的前提下，从目前的国家政策、费用来源、废物出路以及退役技术方面来看，建议将来采用立即拆除的退役策略。
2) 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组在设计阶段已考虑方便退役工作的多项措施，在运行阶段也应继续对退役工作进行充分考虑。
3) 在核电厂安全关闭期，建议指定有关责任部门负责考虑、实施退役的前期工作。

核电厂退役将涉及国家政策、法规、经济和科学技术条件等问题。在核电厂运行寿期末采用的退役策略和退役方案，将根据技术经济的发展情况，在专门的退役阶段的可行性研究和环境影响评价工作中再行确定并分阶段实施。

表 6.1-1 不同装机循环水量及取排水温升

机 组	单机冷却水量（m^3/s）	取排水温升
1、2 号机组	51.0	10.0℃
3、4 号机组	61.8	8.0℃
5、6 号机组	57.85	8.0℃

表 6.1-2 温排水计算工况

工况	装机	循环水量/ 取排水温升	潮型、气象条件	港口工程方案	跨海大桥
1	1~6 号机组	51×2（m^3/s）/ 10℃ +60.8×2（m^3/s）/ 8℃ +57.85×2（m^3/s）/ 8℃	典型大潮夏季	徐圩规划方案黄窝全部吹填	已建
2			典型中潮夏季		
3			典型小潮夏季		
4			半月潮夏季		
5			半月潮冬季		
6			半月潮冬季	徐圩规划方案、黄窝现状	已建
7				徐圩八字堤方案、黄窝现状	已建

表 6.1-3（1/2） 不同工况全潮平均温升包络面积

编号	装机	潮型 气象条件	全潮平均等温升线包络面积（km^2）					港口工程方案
			4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃	
1	1~6 号机组	典型大潮 夏季	8.36	12.9	21.5	41.2	77.7	徐圩规划方案、黄窝全部吹填
2		典型中潮 夏季	9.36	14.3	25.0	43.8	79.0	
3		典型小潮 夏季	10.0	15. 9	27. 1	45.9	79.2	
4		半月潮 夏季	8.60	13.3	23.2	43.4	78.5	
5		半月潮 冬季	13.5	21.0	34.5	69.8	138	
6		半月潮 冬季	13.5	20.9	34.7	70.7	140	徐圩规划方案、黄窝现状
7		半月潮 冬季	13.5	21.0	34.8	70.8	139	徐圩八字堤方案、黄窝现状

表 6.1-3（2/2） 不同工况全潮最大温升包络面积

编号	装机容量	潮型 气象条件	全潮最大等温升线包络面积（km^2）					港口工程方案
			4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃	
1	1~6 号机组	典型大潮 夏季	15.8	24.4	39.6	64.6	124	徐圩规划方案黄窝全部吹填
2		典型中潮 夏季	14.5	21.5	35.2	57.5	107	
3		典型小潮 夏季	15.0	21.8	35.2	57.5	97.0	
4		半月潮 夏季	18.8	26.0	42.1	71.0	133	
5		半月潮 冬季	25.1	38.7	59.8	113	222	
6		半月潮 冬季	25.0	38.9	58.2	112	228	徐圩规划方案、黄窝现状
7		半月潮 冬季	25.1	39.0	58.2	112	228	徐圩八字堤方案、黄窝现状

表 6.1-4 不同工况全潮最大温升等值线影响距离（半月潮）

装机	港口工程方案	气象条件	影响方向	全潮最大等温升线影响距离（km）				
				4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
1~6号机组	徐圩规划方案、黄窝全部吹填	夏季	左侧沿岸	0.57	0.98	6.56	4.61	8.63
			右侧沿岸	4.91	5.41	6.19	7.35	11.1
			离岸	5.27	5.83	6.58	7. 91	11.0
		冬季	左侧沿岸	1.08	6.60	5.79	8.94	9.52
			右侧沿岸	5.67	6.40	7.37	10.8	12.2
			离岸	5.99	6.63	7.59	10.7	12.0
	徐圩规划方案、黄窝现状	冬季	左侧沿岸	1.05	6.65	5.79	8.89	9.61
			右侧沿岸	5.67	6.41	7.29	10.8	12.2
			离岸	5.92	6.63	7.61	10.7	12.1
	徐圩八字堤方案、黄窝现状	冬季	左侧沿岸	1.08	6.63	6.09	8.93	9.63
			右侧沿岸	5.67	6.40	7.30	10.9	12.2
			离岸	5.93	6.65	7.63	10.7	12.1

注：沿岸距离为等值线岸边端点至一期排水口间直线距离；离岸距离为一期排水口岸线的垂直距离。

表 6.1-5 全潮平均温升包络面积数模复核与前期研究成果对比表

项目	装机容量	潮型 季节 地形	全潮平均等温升线包络面积（km^2）				
			4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
前期数模成果	1～6号机组	2010 年大潮 夏季 预测	8.38	12.9	21.7	41.6	78.3
		2010 年中潮 夏季 预测	9.37	14.4	25.1	44.0	79.6
		2010 年小潮 夏季 预测	10.0	16.0	27.2	46.4	79.5
		2010 年半月潮 夏季 预测	8.62	13.4	23.3	43.7	79.1
		2010 年半月潮 冬季 预测	13.5	21.1	34.7	70.6	139
数模复核结果		2019 年大潮 夏季 实测	8.42	13.1	22.5	39.5	77.4
		2019 年中潮 夏季 实测	9.81	14.9	24.8	41.2	72.9
		2019 年小潮 夏季 实测	11.4	17.1	26.1	40.8	68.4
		2019 年半月潮 夏季 实测	9.78	14.5	23.9	39.6	69.9
		2019 年半月潮 冬季 实测	13.9	21.9	32.0	59.0	130.8
两者差异		大潮 夏季	0.04	0.2	0.8	-2.1	-0.9
		中潮 夏季	0.44	0.5	-0.3	-2.8	-6.5
		小潮 夏季	1.4	1.1	-1.1	-5.6	-11.1
		半月潮 夏季	1.16	1.1	0.6	-4.1	-9.2
		半月潮 冬季	0.4	0.8	-2.7	-10.4	-8.1

注：两者差异中的数据=本次研究成果的值—前期研究成果的值

表 6.1-6 全潮最大温升包络面积数模复核与前期研究成果对比表

项目	装机容量	潮型 季节 地形	全潮最大等温升线包络面积（km^2）				
			4℃	3℃	2℃	1℃	0.5℃
前期数模成果	1～6号机组	2010 年大潮 夏季 预测	15.8	24.5	39.7	64.8	125
		2010 年中潮 夏季 预测	14.5	21.5	35.3	57.8	108
		2010 年小潮 夏季 预测	15.0	21.9	35.3	57.9	97.4
		2010 年半月潮 夏季 预测	18.8	26.1	42.4	71.3	133
		2010 年半月潮 冬季 预测	25.1	39.0	58.5	114	222
数模复核结果		2019 年大潮 夏季 实测	17.7	25.4	35.9	60.8	119.5
		2019 年中潮 夏季 实测	17.9	26.0	35.8	58.7	108.7
		2019 年小潮 夏季 实测	17.1	24.7	33.7	52.2	89.1
		2019 年半月潮 夏季 实测	19.3	27.7	37.2	62.4	121.2
		2019 年半月潮 冬季 实测	25.8	35.8	48.7	95.0	199.3
两者差异		大潮 夏季	1.9	0.9	-3.8	-4.0	-5.5
		中潮 夏季	3.4	4.5	0.5	0.9	0.7
		小潮 夏季	2.1	2.8	-1.6	-5.7	-8.3
		半月潮 夏季	0.5	1.6	-5.2	-8.9	-11.8
		半月潮 冬季	0.7	-3.2	-9.8	-19.0	-22.7

表 6.1-7 取水温升特征值数模复核与前期研究成果对比表

项目	装机容量	潮型 季节 地形	取水温升（℃）	
			全潮最大	全潮平均
前期研究成果	1～6 号机组	2010 年大潮 夏季 预测	1.3	1.0
		2010 年中潮 夏季 预测	1.2	1.0
		2010 年小潮 夏季 预测	1.1	0.9
		2010 年半月潮 夏季 预测	1.4	1.0
		2010 年半月潮 冬季 预测	1.9	1.4
数模复核	1～6 号机组	2019 年大潮 夏季 实测	1.0	0.9
		2019 年中潮 夏季 实测	1.0	0.9
		2019 年小潮 夏季 实测	0.9	0.8
		2019 年半月潮 夏季 实测	1.1	0.8
		2019 年半月潮 冬季 实测	1.6	1.3
两者差异	1～6 号机组	大潮 夏季	-0.3	-0.1
		中潮 夏季	-0.2	-0.2
		小潮 夏季	-0.2	-0.1
		半月潮 夏季	-0.3	-0.2
		半月潮 冬季	-0.3	-0.1

表 6.2-1（1/4） 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人（成人）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				3.50E-06	9.03E-07	3.67E-07			1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.86E-07
NNE				3.52E-06								
NE		8.52E-06	6.16E-06									
ENE			6.17E-06									
E												
ESE												
SE								1.88E-07	1.88E-07		1.87E-07	1.87E-07
SSE					9.03E-07	3.67E-07	1.89E-07	1.88E-07		1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07
S							1.89E-07		1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07
SSW					9.11E-07	3.71E-07	1.91E-07	1.89E-07	1.88E-07	1.88E-07	1.87E-07	1.87E-07
SW				3.53E-06	9.12E-07	3.71E-07	1.91E-07	1.89E-07	1.88E-07	1.88E-07	1.87E-07	1.87E-07
WSW		5.33E-06	6.16E-06	3.52E-06	9.10E-07	3.69E-07	1.90E-07	1.88E-07	1.88E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07
W				3.50E-06	9.04E-07	3.67E-07	1.89E-07	1.88E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07
WNW		6.22E-06	6.10E-06	3.49E-06	9.00E-07	3.65E-07	1.88E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.86E-07	1.86E-07
NW		6.20E-06	6.09E-06	3.49E-06	8.99E-07	3.65E-07		1.87E-07	1.87E-07	1.86E-07	1.86E-07	1.86E-07
NNW				3.49E-06					1.87E-07	1.87E-07	1.87E-07	1.86E-07

表 6.2-1（2/4） 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人（青少年）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				3.89E-06	8.69E-07	3.54E-07			1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.79E-07
NNE				3.91E-06								
NE		1.07E-05	6.84E-06									
ENE			8.77E-08									
E												
ESE												
SE								1.81E-07	1.81E-07		1.80E-07	1.80E-07
SSE					8.69E-07	3.54E-07	1.82E-07	1.81E-07		1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07
S							1.82E-07		1.81E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07
SSW					8.77E-07	3.58E-07	1.84E-07	1.82E-07	1.81E-07	1.81E-07	1.80E-07	1.80E-07
SW				3.92E-06	8.78E-07	3.58E-07	1.84E-07	1.82E-07	1.81E-07	1.81E-07	1.80E-07	1.80E-07
WSW		7.89E-06	6.85E-06	3.91E-06	8.76E-07	3.56E-07	1.83E-07	1.82E-07	1.81E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07
W				3.89E-06	8.70E-07	3.54E-07	1.82E-07	1.81E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07
WNW		8.15E-06	6.78E-06	3.88E-06	8.66E-07	3.52E-07	1.81E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.79E-07	1.79E-07
NW		8.13E-06	6.77E-06	3.88E-06	8.65E-07	3.52E-07		1.80E-07	1.80E-07	1.79E-07	1.79E-07	1.79E-07
NNW				3.88E-06					1.80E-07	1.80E-07	1.80E-07	1.79E-07

表 6.2-1（3/4） 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人（儿童）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离	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	3.28E-07	1.34E-07			6.77E-08	6.76E-08	6.75E-08	6.74E-08
NNE				1.77E-06								
NE		5.40E-06	3.10E-06									
ENE			3.11E-06									
E												
ESE												
SE								6.83E-08	6.79E-08		6.76E-08	6.75E-08
SSE					3.28E-07	1.34E-07	6.85E-08	6.80E-08		6.76E-08	6.75E-08	6.74E-08
S							6.88E-08		6.79E-08	6.77E-08	6.76E-08	6.75E-08
SSW					3.32E-07	1.35E-07	6.95E-08	6.87E-08	6.82E-08	6.79E-08	6.78E-08	6.77E-08
SW				1.77E-06	3.32E-07	1.35E-07	6.94E-08	6.86E-08	6.82E-08	6.79E-08	6.78E-08	6.76E-08
WSW		3.49E-06	3.10E-06	1.77E-06	3.31E-07	1.35E-07	6.91E-08	6.84E-08	6.80E-08	6.78E-08	6.77E-08	6.76E-08
W				1.76E-06	3.29E-07	1.34E-07	6.86E-08	6.81E-08	6.78E-08	6.76E-08	6.75E-08	6.75E-08
WNW		4.70E-06	3.07E-06	1.75E-06	3.27E-07	1.33E-07	6.81E-08	6.78E-08	6.76E-08	6.75E-08	6.74E-08	6.74E-08
NW		4.68E-06	3.07E-06	1.75E-06	3.26E-07	1.32E-07		6.77E-08	6.75E-08	6.74E-08	6.74E-08	6.73E-08
NNW				1.75E-06					6.77E-08	6.75E-08	6.75E-08	6.74E-08

表 6.2-1（4/4） 本工程运行状态下厂址半径 80km 范围内气液态流出物排放对公众个人（婴儿）所致有效剂量

单位：Sv/a

方位\距离	0--1	1--2	2--3	3--5	5--10	10--20	20--30	30--40	40--50	50--60	60--70	70--80
N				1.07E-06	1.29E-07	5.27E-08			2.66E-08	2.66E-08	2.65E-08	2.65E-08
NNE				1.07E-06								
NE		3.09E-06	1.88E-06									
ENE			1.88E-06									
E												
ESE												
SE								2.69E-08	2.67E-08		2.66E-08	2.65E-08
SSE					1.30E-07	5.27E-08	2.70E-08	2.68E-08		2.66E-08	2.65E-08	2.65E-08
S							2.71E-08		2.67E-08	2.66E-08	2.66E-08	2.65E-08
SSW					1.31E-07	5.36E-08	2.74E-08	2.70E-08	2.68E-08	2.67E-08	2.66E-08	2.66E-08
SW				1.08E-06	1.32E-07	5.36E-08	2.74E-08	2.70E-08	2.68E-08	2.67E-08	2.66E-08	2.66E-08
WSW		2.38E-06	1.88E-06	1.07E-06	1.31E-07	5.33E-08	2.73E-08	2.69E-08	2.68E-08	2.67E-08	2.66E-08	2.66E-08
W				1.07E-06	1.30E-07	5.28E-08	2.70E-08	2.68E-08	2.67E-08	2.66E-08	2.65E-08	2.65E-08
WNW		2.67E-06	1.86E-06	1.07E-06	1.29E-07	5.24E-08	2.68E-08	2.66E-08	2.66E-08	2.65E-08	2.65E-08	2.65E-08
NW		2.67E-06	1.86E-06	1.06E-06	1.28E-07	5.23E-08		2.66E-08	2.65E-08	2.65E-08	2.65E-08	2.65E-08
NNW				1.07E-06					2.66E-08	2.65E-08	2.65E-08	2.65E-08

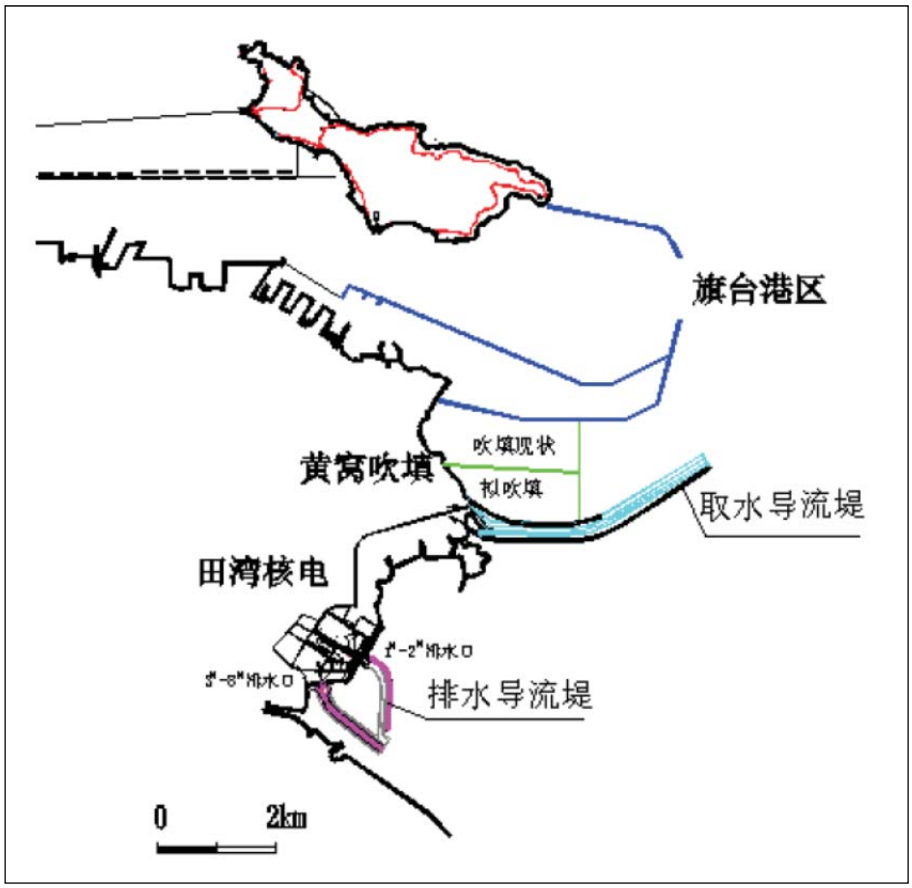


图 6.1-1 田湾核电站取排水口布置示意图

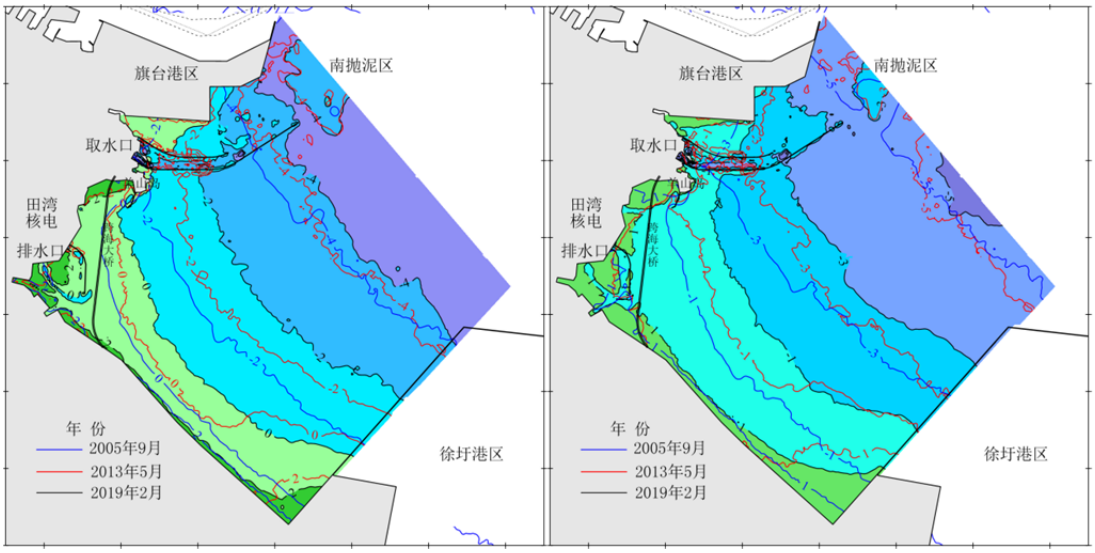


图 6.1-2 田湾核电附近海床 2005～2019 年各等深线变化（理基）

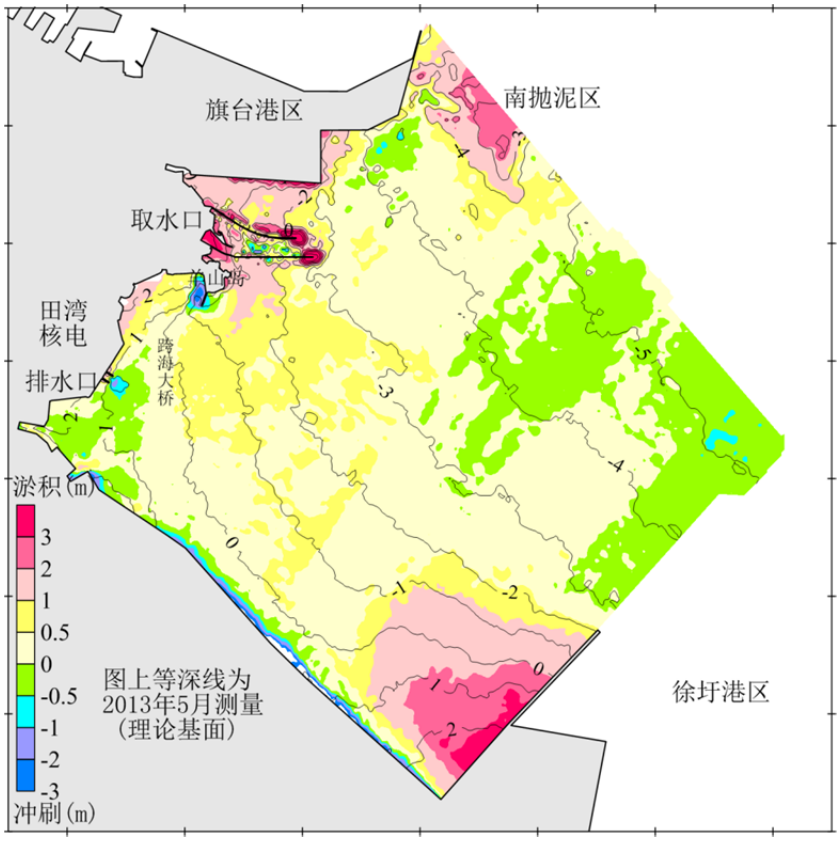


图 6.1-3 田湾核电附近海床 2005～2013 年冲淤分布

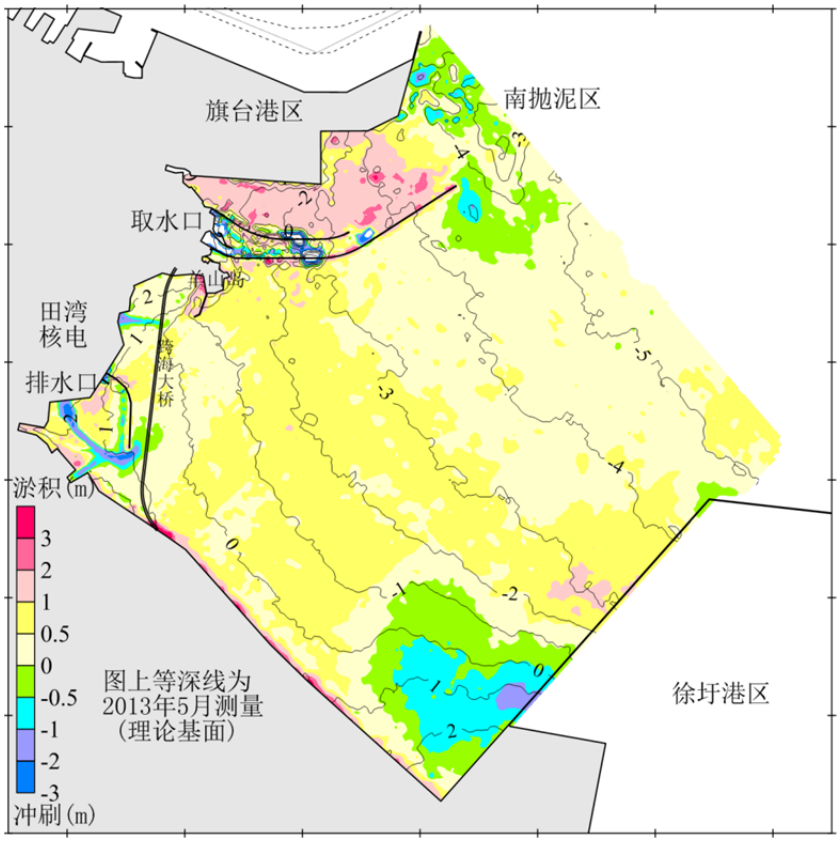
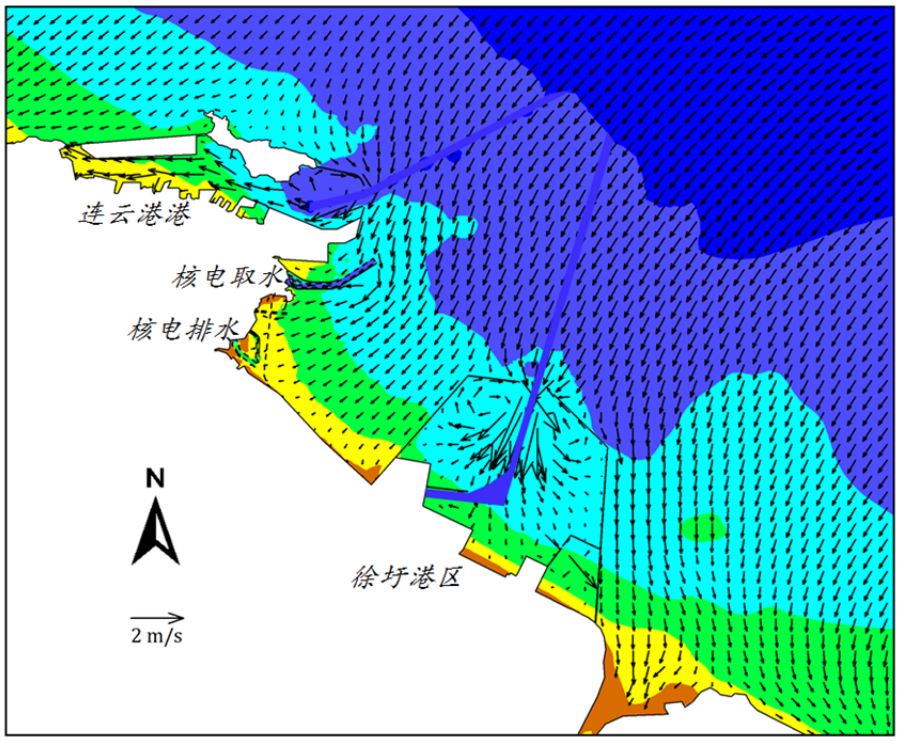
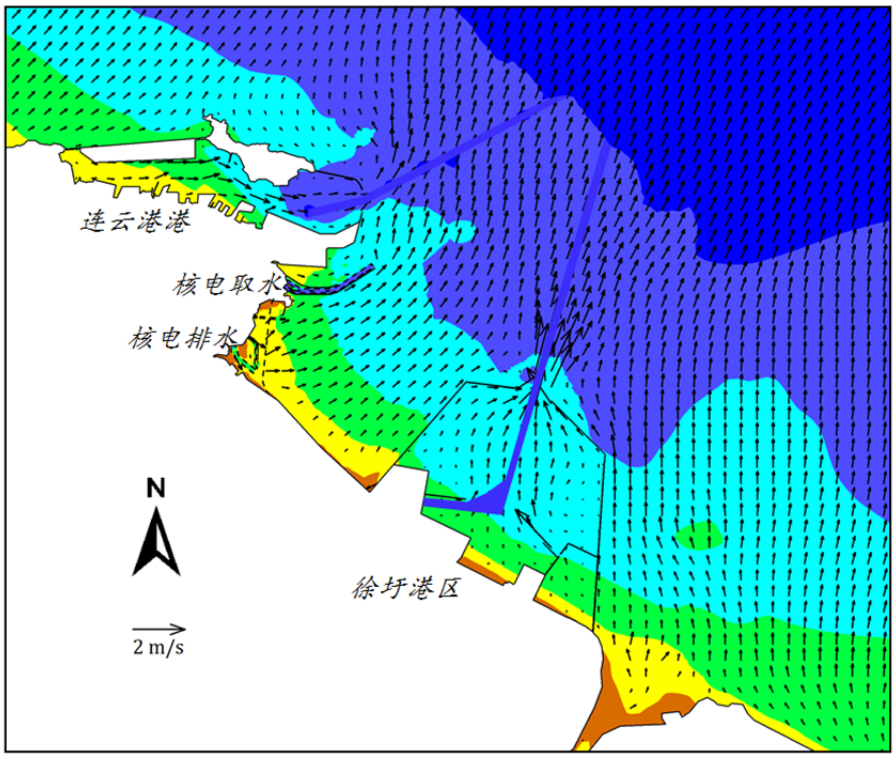


图 6.1-4 田湾核电附近海床 2013～2019 年冲淤分布



涨潮



落潮

图 6.1-5 涨落潮流场图

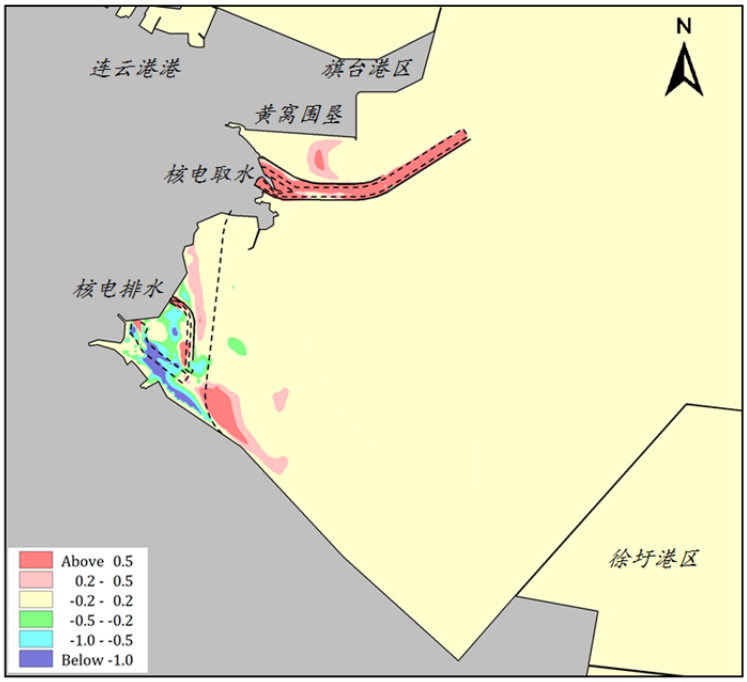


图 6.1-6 地形冲淤分布

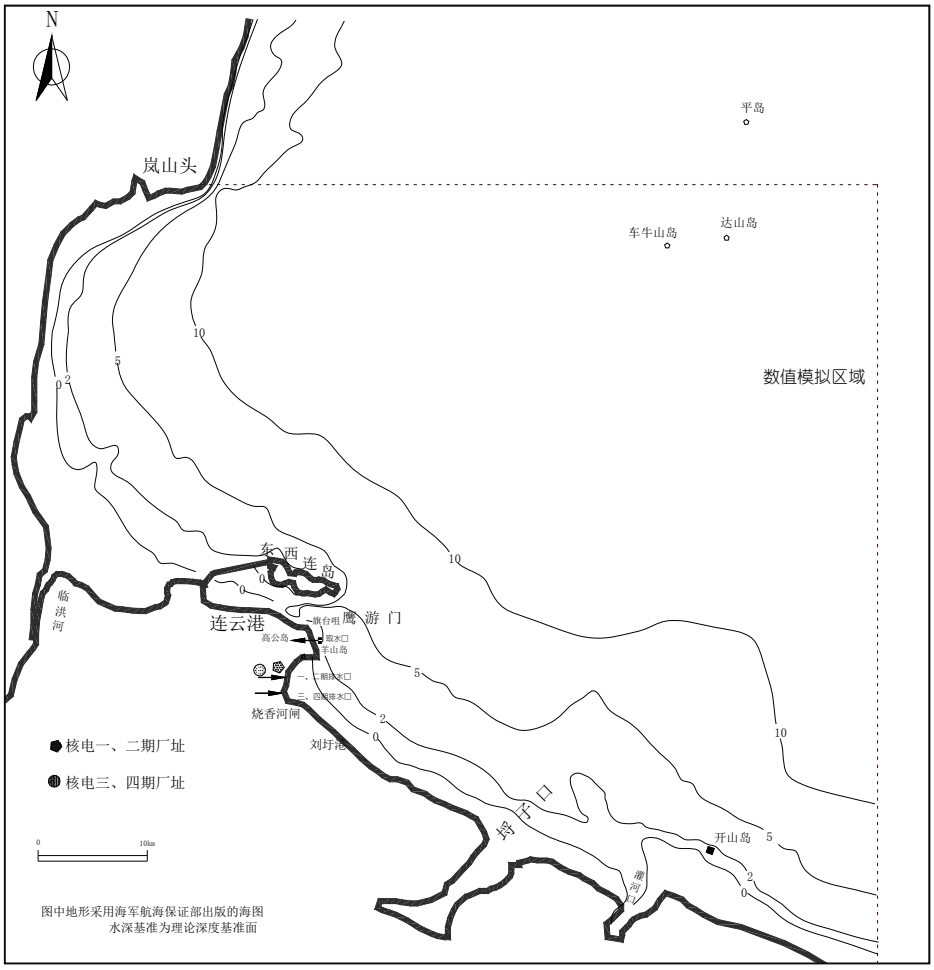
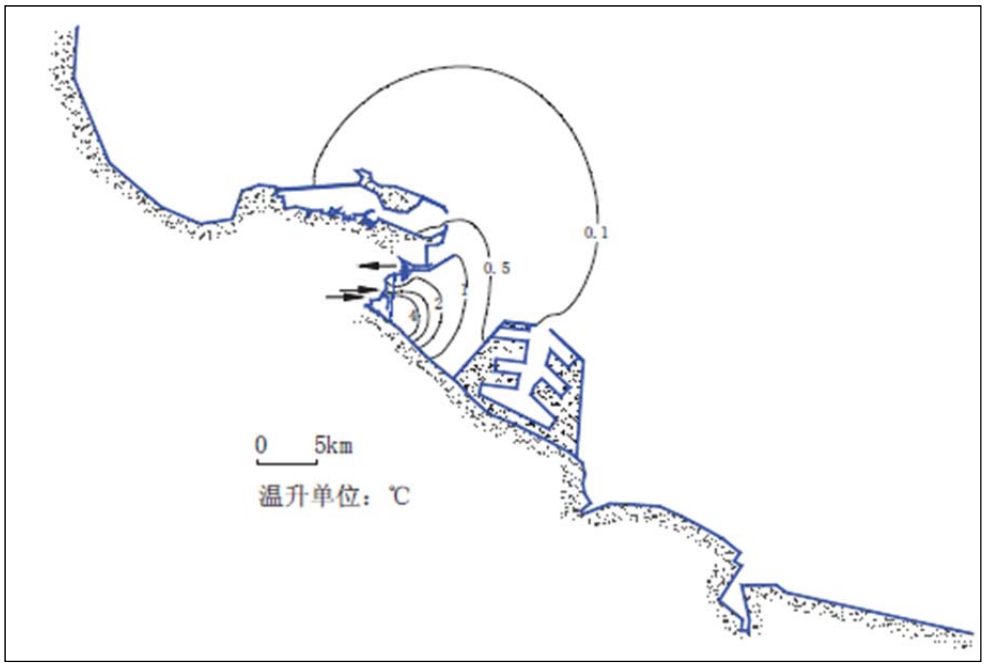
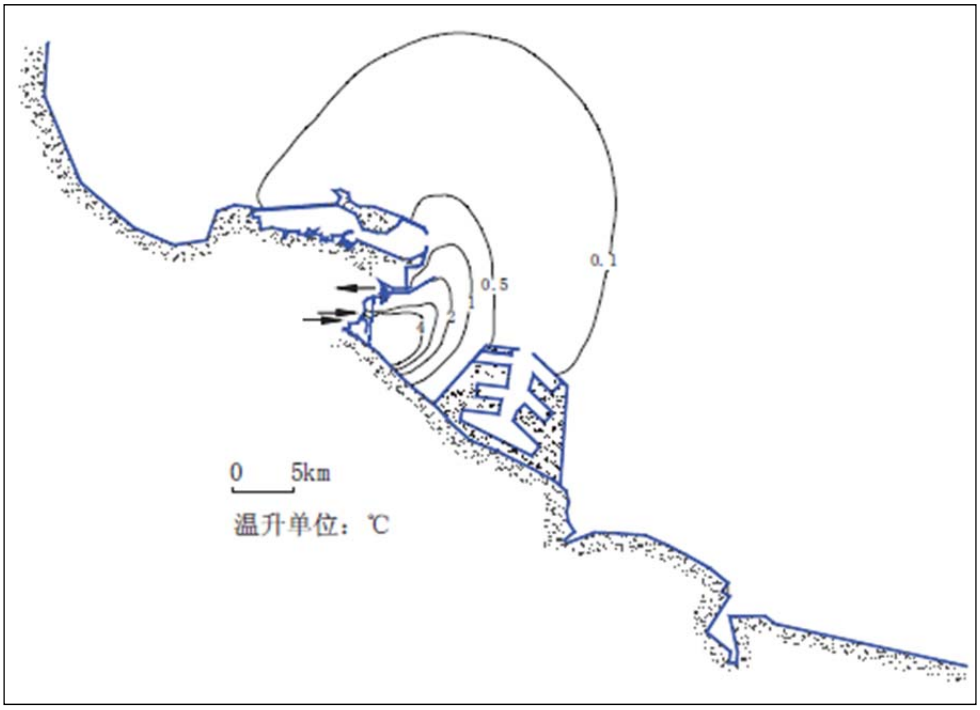


图 6.1-7 田湾核电站位置及温排水数值模拟计算范围示意图



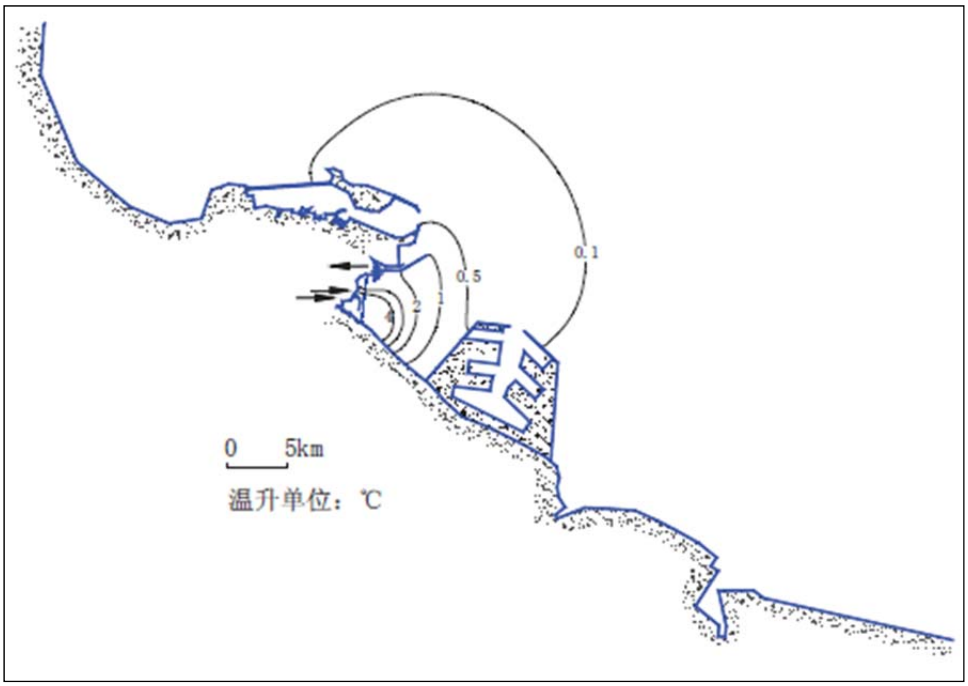
（全潮平均）



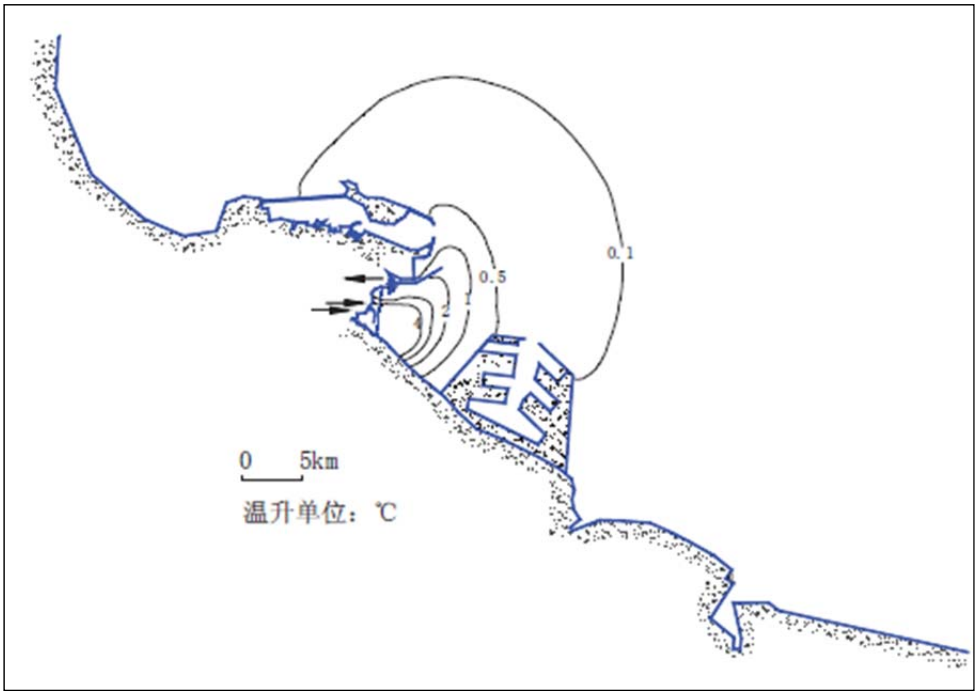
（全潮最大）

图 6.1-8 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩规划方案 黄窝吹填 典型大潮 夏季工况）



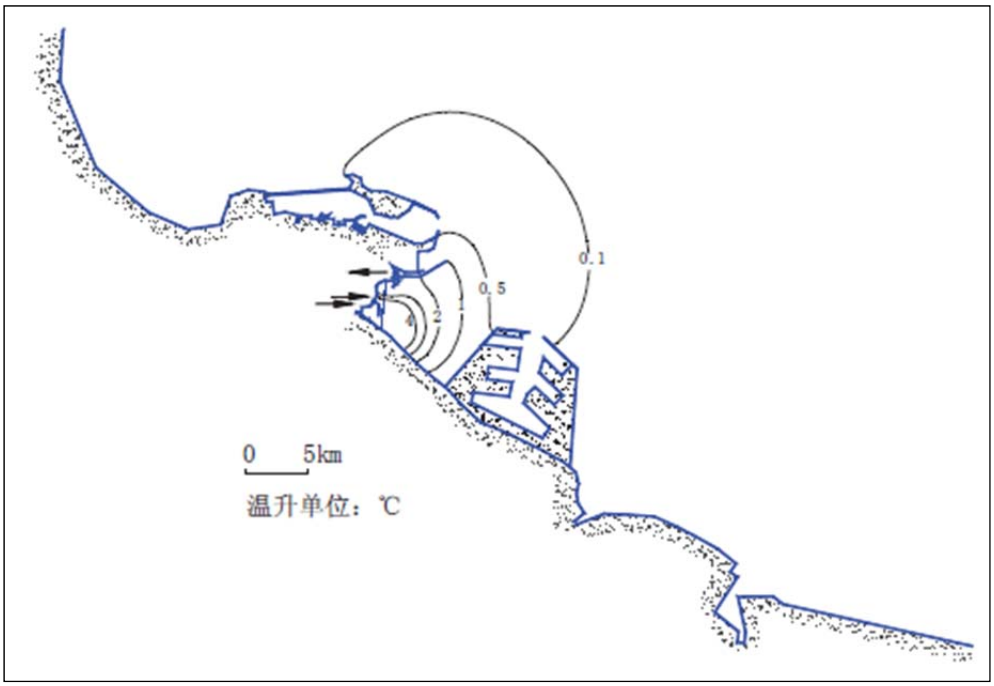
（全潮平均）



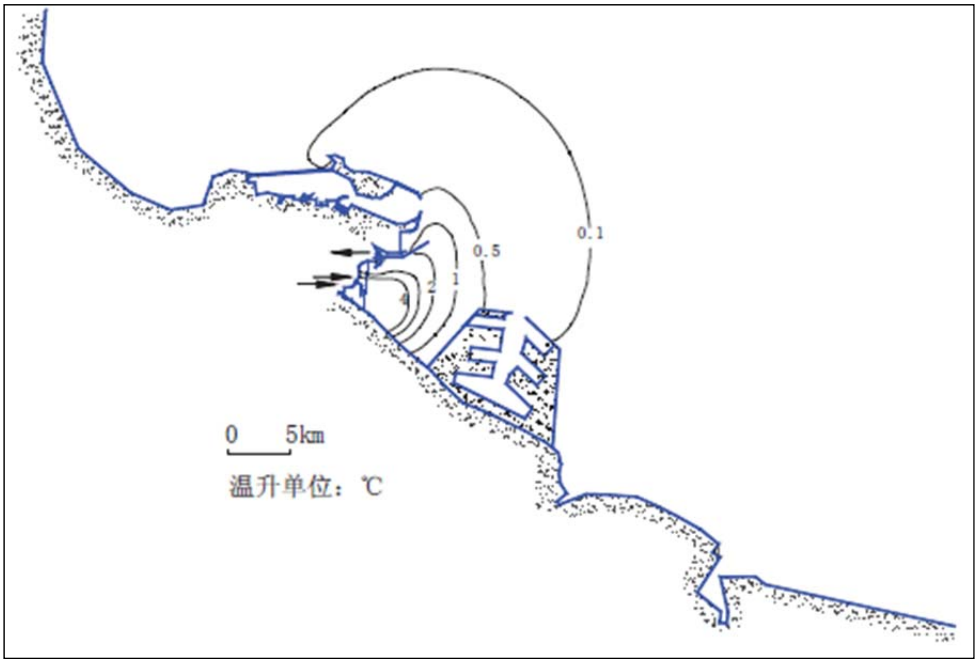
（全潮最大）

图 6.1-9 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩规划方案 黄窝吹填 典型中潮 夏季工况）



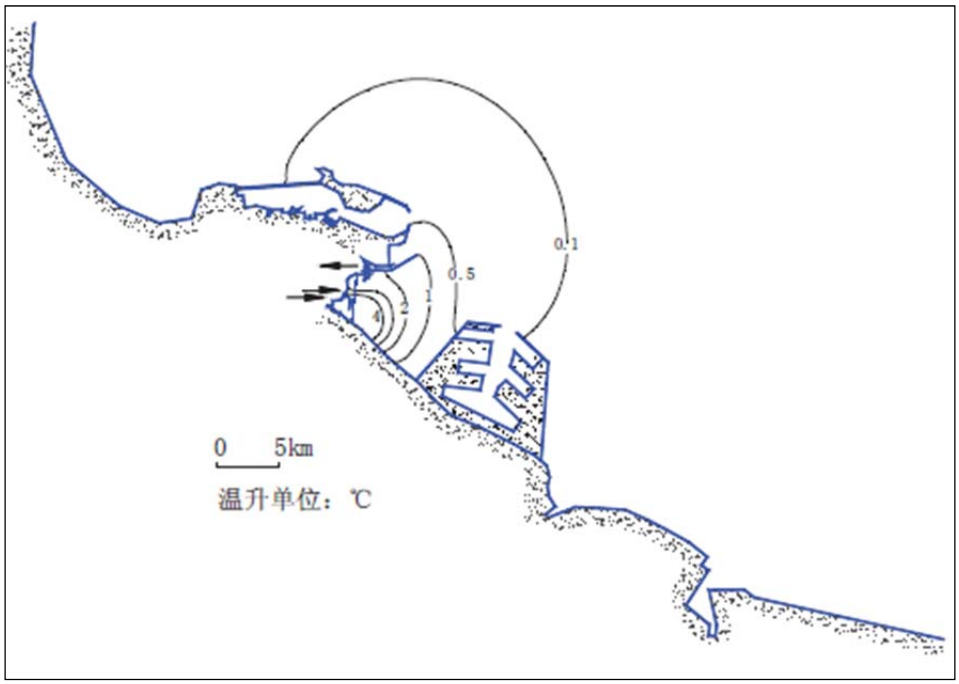
（全潮平均）



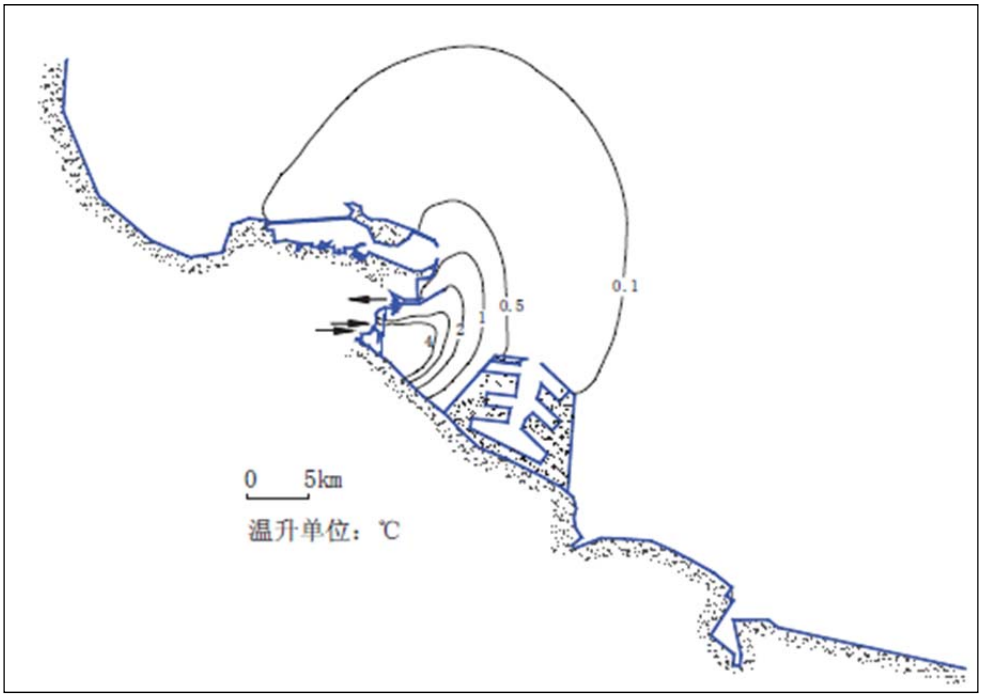
（全潮最大）

图 6.1-10 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩规划方案 黄窝吹填 典型小潮 夏季工况）



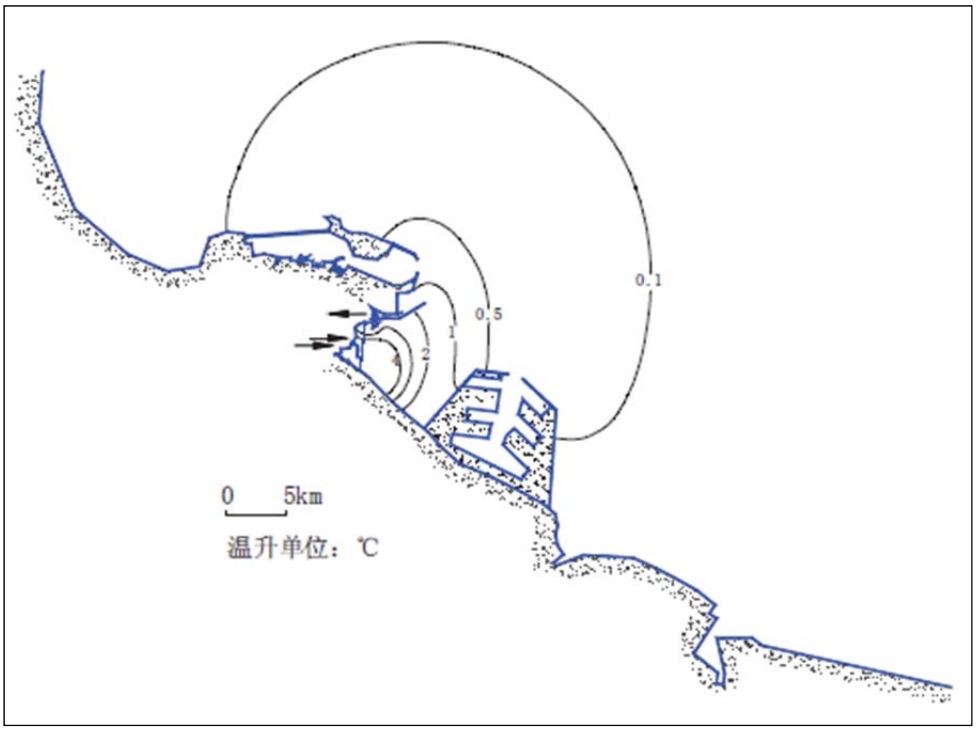
（全潮平均）



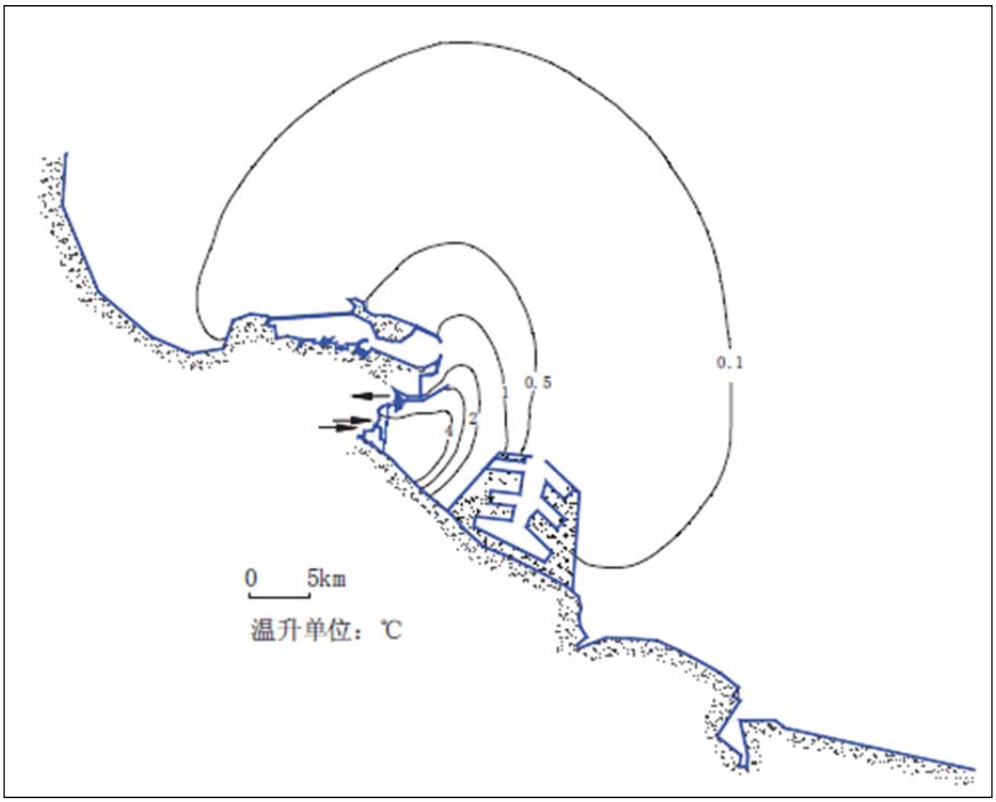
（全潮最大）

图 6.1-11 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩规划方案 黄窝吹填 半月潮 夏季工况）



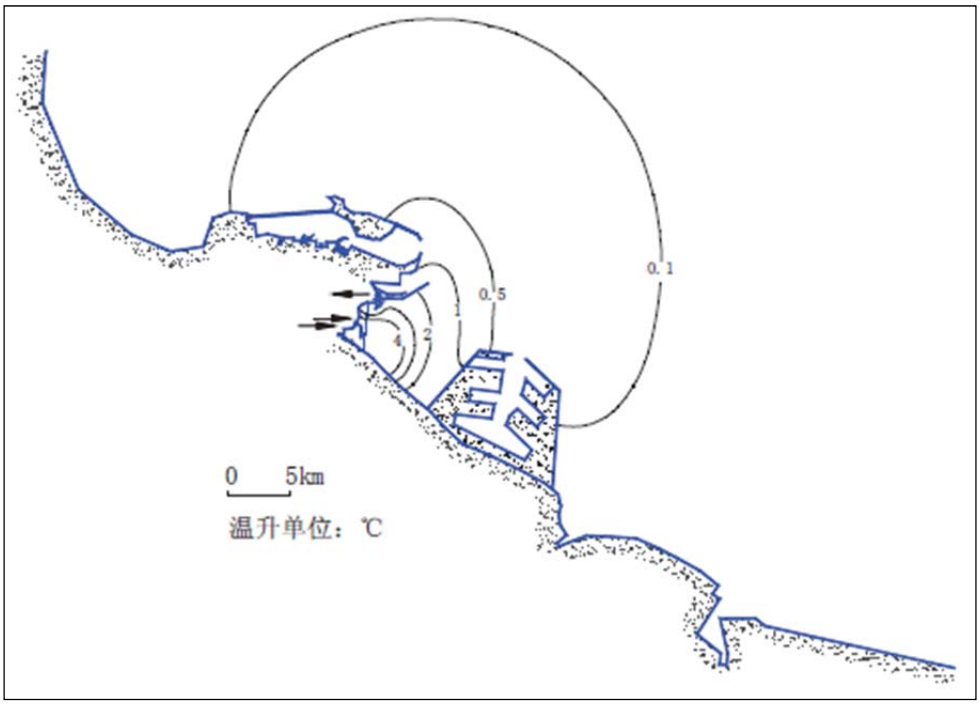
（全潮平均）



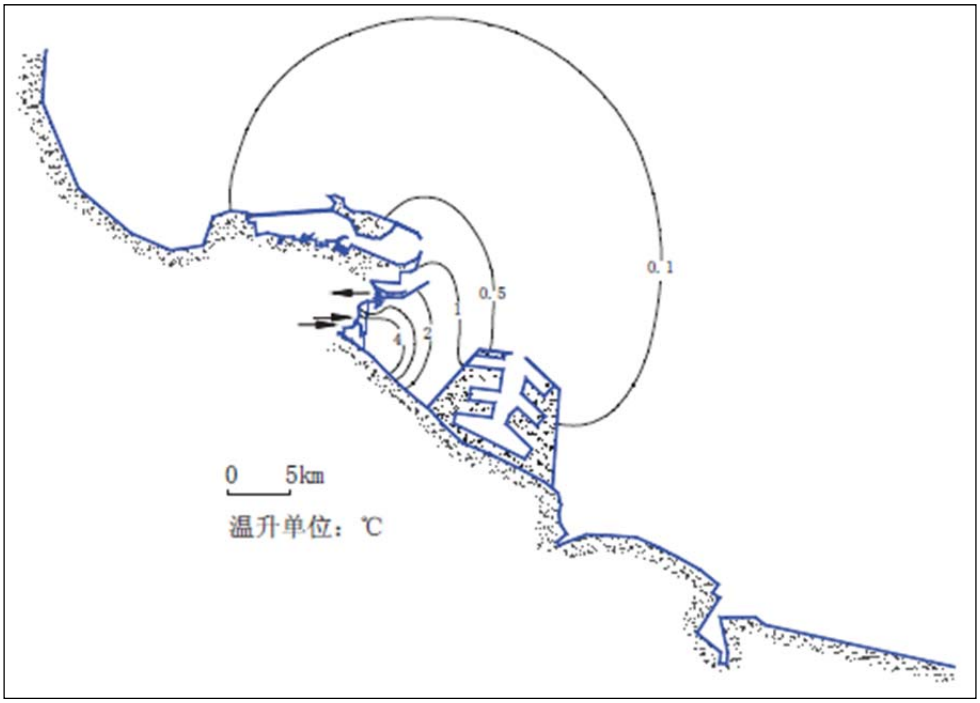
（全潮最大）

图 6.1-12 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩规划方案 黄窝吹填 半月潮 冬季工况）



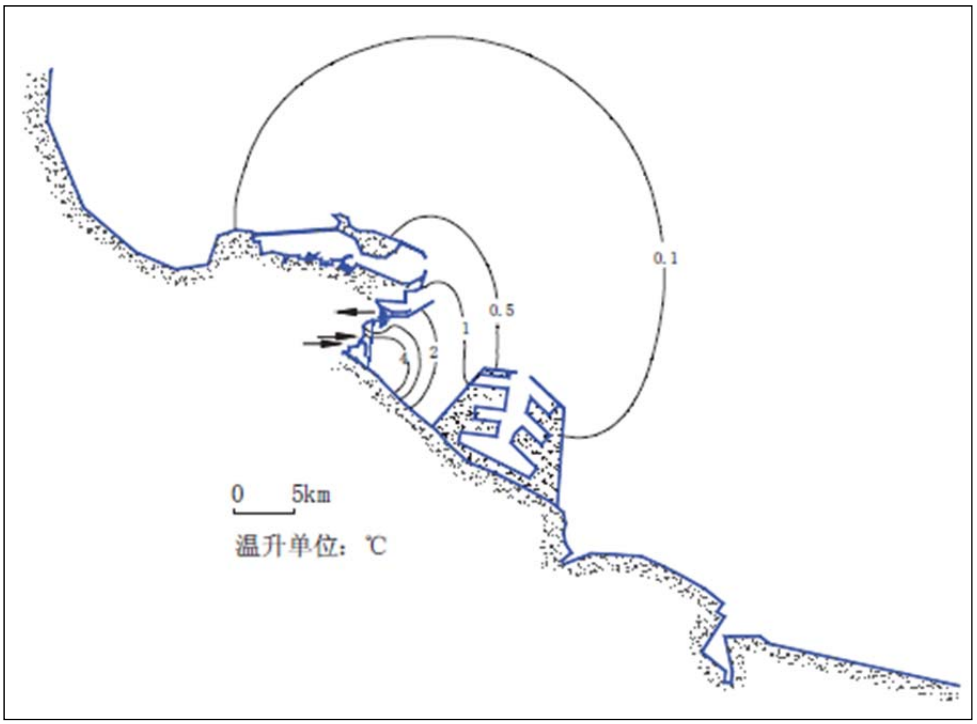
（全潮平均）



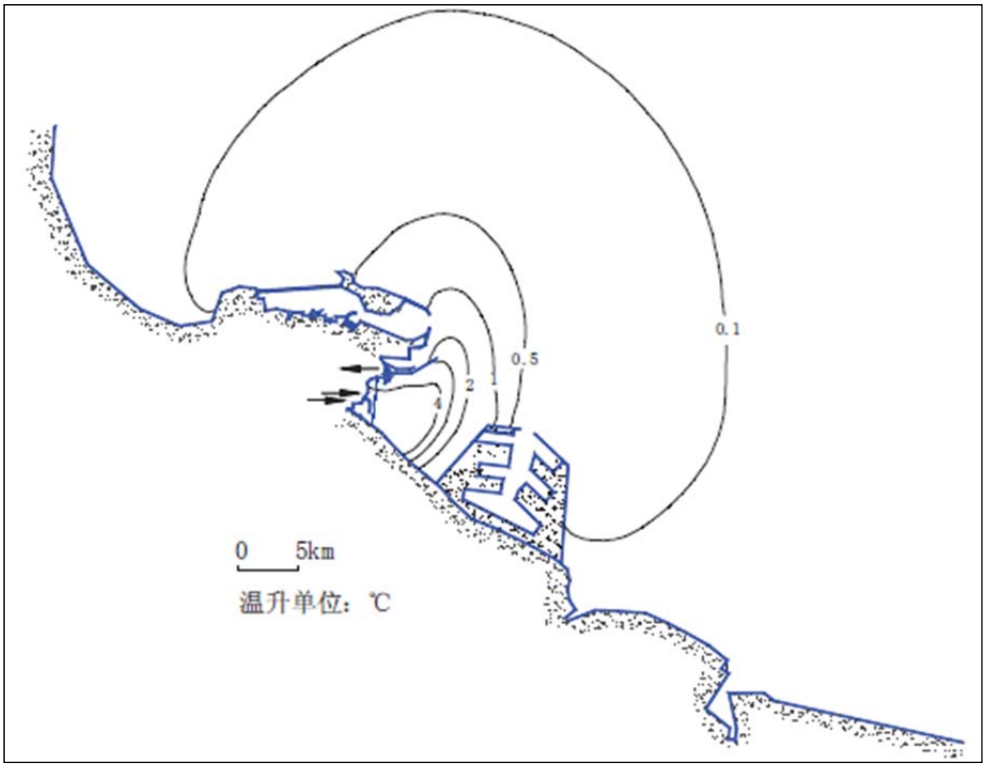
（全潮最大）

图 6.1-13 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩规划方案 黄窝现状 半月潮 冬季工况）



（全潮平均）



（全潮最大）

图 6.1-14 1~6 号机组等温升线分布图

（徐圩八字堤方案 黄窝现状 半月潮 冬季工况）

第七章　核电厂事故的环境影响和环境风险

7.1　核电厂放射性事故和后果评价

7.1.1　事故描述

7.1.2　事故后果计算

7.1.3　事故后果评价

7.2　严重事故

7.2.1　事故描述

7.2.2　事故后果

7.2.3　严重事故预防和缓解方案

7.3　场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

7.3.2 乏燃料运输事故

7.3.3 放射性固体废物运输事故

7.4　其他事故

7.5　事故应急

7.5.1　编制依据及参考文件

7.5.2　应急组织及其职责

7.5.3　与场外应急组织接口

7.5.4　应急状态分级

7.5.5　应急设施设备

7.5.6　应急撤离路线

7.5.7　应急计划区的划分

7.1 核电厂放射性事故和后果评价

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 中事故工况下的辐射防护要求，需要对核电厂设计基准事故的潜在照射后果进行评价。田湾核电厂 5、6 号机组采用 M310 机型，本章根据 M310 机组设计基准事故源项，采用田湾核电厂厂址气象数据，计算各个事故对公众造成的潜在放射性后果，并评价各事故的剂量后果是否满足 GB 6249-2011 的要求。

田湾核电厂 5、6 号机组所考虑的主要设计基准事故如下：

— 失水事故

— 控制棒弹出事故

— 蒸汽发生器传热管破裂事故

— 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故

— 主蒸汽管道破裂事故

— 废气处理系统衰变箱破裂事故

— 化学容积控制系统容控箱破裂事故

— 燃料操作事故

— 蒸汽发生器传热管破裂加安全阀卡开事故

上述事故中包含了 9 个设计基准事故。其中，失水事故、控制棒弹出事故、主蒸汽管道破裂事故、蒸汽发生器传热管破裂加安全阀卡开事故和燃料操作事故属于 GB 6249-2011 中规定的极限事故；蒸汽发生器传热管破裂事故、安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故、废气处理系统衰变箱破裂事故和化容系统容积控制箱破裂事故属于 GB 6249-2011 中规定的稀有事故。另外，本章还考虑了特殊工况，包括丧失热阱事故和 MLSB 叠加 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故，按照 GB 6249-2011 中规定的极限事故进行评价。

7.1.1 事故描述

7.1.1.1 失水事故

反应堆冷却剂系统的管道破裂或在第一个隔离阀内与该系统相连的任何管道破裂定义为失水事故（LOCA）。

对于这里的分析，使用下列定义：

— 极小破口：等效直径小于等于 9.5mm 的破口

— 小破口：等效直径在 9.5mm~25mm 之间的破口

— 中破口：等效直径在 2.5~25 cm 之间的破口

— 大破口：等效直径在34.5cm以上的破口

等效直径小于等于9.5mm的破口发生后，破口流量可由RCV系统补充，该事故不会对堆芯构成安全威胁，故不考虑再对其进行分析计算。

大破口失水事故属于极限事故。

7.1.1.2 控制棒弹出事故

该事故是由于控制棒驱动机构耐压壳机械损坏，导致控制棒组件和驱动轴弹出堆芯外。这种机械损坏将导致正反应性的快速引入和堆芯不利的堆芯功率分布畸变。事故可能引起局部的燃料棒破损。

弹棒事故属于极限事故。

7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故

本节分析的是蒸汽发生器一根传热管完全双端剪切断裂的事故。

假定事故出现在功率运行时，反应堆冷却剂被裂变产物污染的程度相当于具有有限数量破损燃料棒连续运行的情况。由于该事故使放射性冷却剂从RCP向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向冷凝器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和（或）大气释放阀向大气排放。

应该指出，破口尺寸小于一根传热管完全切断的尺寸时，从一次侧经破口向二次侧的泄漏流量较小，蒸汽发生器水位上升较慢，从破口发生至排污管辐射监测器动作和到冷凝器抽气机辐射监测器动作的时间间隔增大。因此操纵员有较多时间诊断事故和采取措施隔离破损的蒸汽发生器。

蒸汽发生器传热管破裂事故事件属于RCC-P III类工况，即属于稀有事故。

7.1.1.4 安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故

这类事故是同反应堆冷却剂系统相连接并贯穿安全壳的小管道（例如取样管）破裂引起的。这类小截面管道破裂引起的冷却剂排放流量可以由一台上充泵来补充，稳压器内维持运行水位，允许操纵员实施正常停堆。排放物所含放射性核素浓度与一次冷却剂的相同。

安全壳外含有一次冷却剂的小管道破裂属于RCC-P III类工况，即稀有事件。

7.1.1.5 主蒸汽管道破裂事故

蒸汽系统管道损坏最保守的假设是导致最快降温冷却的双端剪切断裂。

蒸汽系统管道破裂引起的蒸汽排放，最初将使蒸汽流量增加，而后在事故期间由于蒸汽压力下降，蒸汽流量减小。从 RCP 导出能量导致冷却剂的温度和压力下降。在存在负

的慢化剂温度系数的情况下，降温导致正反应性引入。

主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。

7.1.1.6 废气处理系统破裂事故

废气处理系统(TEG)的用途是从反应堆冷却剂中排除气体裂变产物，并处理和控制气体放射性流出物向厂址环境的释放。

处理废气使用了一个气体缓冲罐、几个过滤器和几台压缩机。在换料前反应堆先停堆，刚好此时 TEG 系统的废气总量最大

TEG系统破损可能有各种起因，例如缓冲罐或贮存罐破裂、操作员差错或阀门失效等。

一个罐完全破裂导致事故发生时该罐内所含的所有气体和碘排放，并使得供给该破裂罐的管线在操纵员将其隔离前继续释放放射性活度。

因为TEP缓冲罐破裂造成的放射性后果较轻，所以只要考虑TEG废气贮存罐破裂这一种情况。

废气处理系统衰变箱破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.7 化学和容积系统容控箱破裂事故

放射性废液系统的用途是收集、处理和排放电厂运行期间产生的放射性废液。

涉及放射性液体释放的事故可能包括安全壳内、核辅助厂房(TEP，TEU，RPE等)内设备和罐的破裂，换料贮水箱(PTR)的破裂或废液罐(TER)的破裂。

某些液体罐也装有放射性气体。这些罐破损也会使气体向环境释放。

这类事故中的设计基准事故是化学和容积控制系统(RCV)罐破损。

在正常运行条件下，化学和容积控制系统 RCV 罐内贮存的放射性活度，尤其是气态活度是最大的放射性活度。

容积控制罐如果完全破损，该罐中全部液体和气体就释放到罐所在的房间中，并且在操纵员隔断RCV下泄管线之前，还会有一定量的液体继续释放出来。

化学溶剂控制系统容控箱破裂事故属于稀有事故。

7.1.1.8 燃料装卸事故

燃料装卸期间发生的事故可能有以下几类：

— 反应堆水池内燃料组件坠落；

— 乏燃料池内燃料组件坠落；

— 乏燃料容器在燃料厂房外坠落；

— 乏燃料容器在燃料厂房内坠落。

如果一个燃料组件坠落在反应堆水池内，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了确保反应堆厂房的密封所采取的预防措施，使得反应堆厂房外的受照剂量

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，事实上，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。

燃料操作事故属于极限事故。

7.1.1.9 蒸汽发生器传热管破裂加安全阀卡开

蒸汽发生器传热管破裂事故定义参见7.1.1.3节。

事故发生后，放射性冷却剂从一回路向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。同时，由于受影响蒸汽发生器满溢，受影响蒸汽发生器上的汽机旁路系统大气释放阀无法打开，使得该蒸汽发生器一个安全阀过水，在安全阀过水后被卡开无法回座。安全阀被卡开后，一回路中所含有的大量放射性物质直接向环境释放。事故发生月8h后余热排出系统开始冷却堆芯，不再有蒸汽和放射性释放到环境中。

该事故属于极限事故。

7.1.1.10 主蒸汽管道断裂同时100根蒸汽发生器传热管断裂事故

MSLB叠加SGTR事故属于特殊运行工况，该事故放射性后果的验收准则按照Ⅳ类工况考虑。

对MSLB叠加SGTR事故的分析仅考虑了对放射性释放而言最保守的情况，即一根主蒸汽管道断裂同时100根蒸汽发生器传热管断裂。该事故情况下破口流量非常接近于低压安注的最大流量，因而超过100根蒸汽发生器传热管断裂情况下，破口流量不在增加。

该事故可能由以下原因导致：

— 安全壳外无法隔离的主蒸汽管道双端剪切断裂；

— 由于MSLB的影响，导致同一蒸汽发生器100根传热管破裂。

7.1.1.11 最终热阱完全丧失事故

最终热阱丧失的原因可能由以下原因引起：

– 重要厂用水系统（SEC）泵站阻塞或重要厂用水泵丧失；

– 设备冷却水（RRI/SEC）热交换器结垢或设备冷却水泵丧失。

最终热阱完全丧失使下列设备或系统不能运行：

- 蒸汽发生器排污系统（APG）（非再生热交换器）；
- 重要厂用水系统（SEC）；
- 设备冷却水系统（RRI）；
- 余热排出系统（RRA）（如果该系统在运行）；
- 反应堆和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）；
- 化学和容积控制系统（RCV）；

- 主泵（化学和容积控制系统（RCV）轴封注水，电机）；
- 安全壳冷却（DEG，RRM，EVR）；
- 取样（REN）；
- 其他辅助功能（DEL，DWL……）。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散条件

采用田湾核电厂（2017.01~2018.12）10m高度的风向、风速、大气稳定度三维联合频率，考虑厂址实测大气扩散参数计算短期大气弥散因子。计算全厂址时间保证概率水平为95%以及各方位概率水平为99.5%的高斯烟羽轴浓度的小时大气弥散因子，取各方位的最大值与全厂址95%概率水平的值比较，取其中较大值作为0~2小时保守的大气弥散因子；取全厂址50%概率水平的小时大气弥散因子作为0~2小时现实的大气弥散因子。对于释放持续时间长于2小时的大气弥散因子，则利用小时大气弥散因子与年均大气弥散因子，采用双对数内插的方法求得。

7.1.2.2 事故剂量

对各类设计基准事故分别计算了非居住区边界和规划限制区外边界的个人剂量。照射途径考虑了事故期间起主要作用的三个途径：

- 放射性烟云浸没外照射；
- 沉积在地面的放射性物质外照射；
- 从烟云中吸入放射性物质内照射。

考虑上述三种照射途径，分别计算非居住区边界处公众在各设计基准事故后 2h 内，以及规划限制区边界处公众在各设计基准事故持续期间受到的有效剂量以及甲状腺当量剂量。

外照射剂量转换因子取自 GB18871-2002 和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。吸入内照射剂量转换因子取自于 GB18871-2002，甲状腺内照射剂量转换因子取自于 ICRP71 号报告；对于 ICRP71 号报告缺少的核素的甲状腺剂量转换因子，则取用美国联邦导则 11 号报告中的推荐值。

7.1.3 事故后果评价

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中规定，对于设计基准事故的潜在照射后果应符合下列要求：

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。

对田湾5、6号机组的9类设计基准事故的潜在放射性后果进行了评价，结果表明事故对非居住区边界及规划限制区边界处的公众造成的有效剂量及甲状腺当量剂量均小于GB 6249-2011的相关剂量控制值，事故剂量后果满足国标的要求。

7.2 严重事故

7.2.1 事故描述

对于严重事故，“M310”机组设计上考虑了完善的严重事故预防及缓解措施，可以防止大量放射性向环境释放的严重事故发生。在本阶段，选取S3源项作为代表大多数严重事故序列的严重事故源项，综合考虑了前24小时内的源项的释放，来评价严重事故的放射性后果。

7.2.2 事故后果

采用NUREG/CR-4691推荐的事故后果评价模式计算严重事故造成的放射性后果。NUREG/CR-4691模拟了放射性物质释放入大气的严重事故的场外后果。NUREG/CR-4691提出的评价模式可以估算公众剂量，健康效应以及环境污染的经济代价和损失。

严重事故条件下，场外公众在事故后的2天、7天内所受到的有效剂量，结果表明公众所受2天有效剂量和7天有效剂量满足国标GB 18871-2002规定的通用优化干预水平的要求。

经过计算分析，在距离反应堆中心5km处，7天内的预期有效剂量超过50mSv的概率低于30%；在距离反应堆中心10km处，2天内的预期有效剂量超过10mSv的概率低于30%。在距反应堆中心6km处，1月内的预期有效剂量超过100mSv的条件概率低于5%；在距反应堆中心4km处，1年内的预期有效剂量超过100mSv的条件概率低于3%。

7.2.3 严重事故预防和缓解方案

事故预防的基本安全原则是纵深防御。为了贯彻纵深防御原则，事故预防阶段的基本思路就是确保反应堆的三个安全功能：

1) 为了防止或及早终止堆芯损坏过程，需要保证对堆内反应性的控制，保证反应堆

能够及时停堆，同时确保反应堆能够长期处于次临界状态，防止出现重返临界现象。

2) 为了避免由于过热而引起的燃料元件损坏，事故情况下必须导出核燃料的释热，确保对堆芯的冷却。为此可采用的方法有二次侧降温降压、一回路充排冷却及余热排出系统的导热等。

3) 为了避免放射性物质扩散到环境中，需要确保对放射性物质的包容能力，保证安全壳的完整性。可考虑的措施包括安全壳隔离和必要的减压措施等。

为了保障事故情况下的安全功能，本电厂在设计时已考虑了相应的预防措施和系统。这些预防措施是防止事故发生、终止事故进程的重要措施。此外，核电厂还设置了事故处置规程，以进一步提高事故预防能力。

本电厂在设计上针对高压熔堆、蒸汽爆炸、底板熔穿、安全壳内氢气燃烧或爆炸、安全壳长期超压失效等造成安全壳失效的威胁考虑了相应的缓解措施。

7.3 场内运输事故

7.3.1 新燃料运输事故

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的新燃料组件运输采用新燃料运输容器，容器的设计和制造满足我国《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）的要求。

新燃料组件及其运输容器的抗震和密封性能能在正常运输条件下确保运输的安全，对环境不会产生任何有害影响。运输容器在设计中考虑，即使发生运输事故使容器本身发生变形，也不会发生临界事故，同时燃料棒包壳密封仍然保持完好，不会发生燃料芯块散落的情况。燃料组件的厂内操作利用燃料操作系统（PMC），PMC 系统的设计满足相关规范和标准的要求，能够保护现场工作人员和居民免受过量的放射性辐照、防止燃料组件的意外临界和防止放射性物质不可接受的释放。此外新燃料组件未经辐照，放射性水平很低。所以，新燃料运输事故不会对周围环境和人员造成危害和污染。

7.3.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未贮满之前运往乏燃料后处理厂。乏燃料运输容器的安全可靠是实现安全运输的前提，乏燃料运输容器满足 GB11806-2019《放射性物品安全运输规程》的要求，容器具有承受正常运输条件下和运输中事故条件下各项试验的能力，能够满足密封性能与屏蔽性能的要求，并能确保临界安全。

除了运输容器本身具有高的安全性以外，乏燃料的安全运输还依靠运输过程中的正确操作和严格管理，为此，容器的设计制造和运输的操作管理两个方面均将履行规定的审批

程序。从 2003 年开始，我国每年都进行大亚湾核电站的乏燃料运输工作。大亚湾乏燃料安全运输经验表明，我国在乏燃料运输的组织管理、方案设计和实施、运输工具配置及安全保障措施等方面的能力完全可以保证乏燃料运输的安全。因此，预期的乏燃料运输事故不会对周围环境和人员造成不可接受的后果。

7.3.3 放射性固体废物运输事故

机组运行期间产生的废树脂、浓缩液在核辅助厂房（N 厂房）贮存一定时间后由专用的屏蔽运输槽车送往放射性废物处理中心（T4UKT）进行处理。屏蔽运输槽车与 1~4 号机组共用，槽车设有泄露探测系统和液位探测系统，防止运输过程中发生放射性物质泄漏。运输槽车的屏蔽设施可以保证槽车外表面剂量率≤2mSv/h，降低运输过程中的放射性危害。

装有烘干废树脂、烘干浓缩液盐块的 200L 钢桶和废过滤器芯水泥固定后的 400L 钢桶废物包分别由专用的屏蔽运输容器进行运输，屏蔽容器牢固定位在运输车板上，屏蔽容器盖具有锁死功能；防止废物桶运输过程中跌落和放射性废物洒落。运输钢桶的屏蔽容器可以保证容器外表面剂量率≤2mSv/h，降低运输过程中的放射性危害。

杂项干废物通常放射性水平很低，由专用的厢式封闭货车进行运输，防止运输过程中废物掉落。

厂内运输道路有足够的宽度和平整度保证运输安全，运输过程中采取控制转运车辆行驶速度、道路通行管制等管控措施，降低放射性固体废物运输事故发生的概率和危害程度。

处理后形成的废物包在田湾 5、6 号机组固体废物暂存库（QT）存放一定年限（通常为 5 年）后进行外运，外运时如果废物包表面剂量率≤2mSv/h，可直接通过转运车辆运输；如果废物包表面剂量率＞2mSv/h 的废物桶，则在外加屏蔽体后通过转运车辆运输。

放射性固体废物包拟采用公路运输，经验表明，公路运输的事故发生率很低，运输过程将严格遵守 GB 11806-2019《放射性物品安全运输规程》中的有关要求。废物桶的设计和制造满足 EJ 1042-2014《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》；混凝土高完整性容器（HIC）的设计和制造满足 GB 36900.2-2018《低、中水平放射性废物高完整性容器—混凝土容器》；水泥固定废物体性能满足 EJ 1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》；废物包性能满足 GB 12711-2018《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》。运输过程中即使废物包从运输车辆上掉落，只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小；即便散落少量废物，也可以采取措施收集，防止对环境造成污染。

7.4 其他事故

在本电站中其它事故不会或极少可能导致放射性物质向环境释放，但可能产生其它一

些影响环境的后果（例如化学物质爆炸、火灾、化学物品泄漏）。设计中已对这类事故给予充分的注意，采取了切实的保护措施，可以把事故发生的可能性和对环境的可能影响减至最小。

厂区内贮存的化学物品中除了氢气以外，都不是直接易爆的化学物。氢气和氮气是一起作为覆盖气体用于清除一回路冷却剂中的氧。清除覆盖气体时，是将这些气体排入放射性废气处理系统的衰变箱内。废气处理系统中配备有氢氧监测器，氢气和氧气不会在系统中积聚到危险的数量，因而不会发生氢气爆炸事故。

田湾核电厂扩建工程 5、6 号机组的防火设计严格执行有关的设计规范，例如《核动力厂设计安全规定》HAF102-2016；《核电厂防火》HAD102/11（1996）；《压水堆核电站防火设计和建造规则 RCC－I》（1997），贯彻“预防为主，防消结合”和“纵深防御”的方针。通过预防火灾、限制火灾蔓延、火灾探测以及通过自动的或由电站运行人员操作的灭火措施来实现防火的目的。尽量使用非易燃的建筑材料和设备，对易产生火灾的物品要选择好安全贮存的位置。在设计中要考虑限制火灾蔓延的措施和设施。

厂区贮存的可能发生泄漏危险的化学物品有：氢气、氮气、硫酸、氢氧化钠、联氨、硼酸、氢氧化锂、碳酸氢钠、柴油、燃料油和润滑油等。

氢气和氮气是无害气体，主要作为覆盖气体用于一回路系统中，即使发生泄漏，经电厂排风系统排入环境中，也不会产生有害影响。

液体状态的酸碱溶液，用槽车运入电厂内，盛装在专用贮槽或贮罐内。对运输和装卸采取一些保护措施，确保不会发生溅落或溢出。贮槽或贮罐均采用耐腐蚀材料和保守的设计，保证它们不会发生破裂或泄漏。箱室有足够高的覆面，即使发生泄漏，泄漏液也能被收集，不会释放到环境中。因此，酸碱溶液在运输、装卸和贮存期间，预期不会导致环境风险。

厂区内不会有危险数量的汽油贮存。应急柴油机房贮存有一定量的柴油，对此设计了安全防火系统，确保不会发生危及环境安全的火灾。

危险品仓库内仅贮有少量化学试剂，不贮存危险数量的酸碱溶液，不存在危及环境安全的化学物品泄漏事故的可能性。

7.5 事故应急

7.5.1 编制依据及参考文件

本应急计划编制的主要依据如下：

a) 法规和部门规章

— 《中华人民共和国突发事件应对法》，第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议于2007年8月30日通过；
— 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年6月28日第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过；
— 《中华人民共和国核安全法》，2017年9月1日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过；
— 核安全法规HAF002，《核电厂核事故应急管理条例》，国务院1993年8月4日；
— 核安全法规 HAF001，《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》，国务院1986年10月29日；
— 《国家核应急预案》，国务院办公厅发布，2013年6月30日；
— 核安全法规HAF002/01，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》，国家核安全局，1998年5月12日；
— 国家核事故应急协调委员会《核应急报告管理办法》，（国核应委[2016]1号）；
— 核安全法规HAF001/02/01《核电厂营运单位报告制度》，1995年6月14日国家核安全局批准发布；
— 卫生部、国防科工委《辐射损伤医学处理规范》（[2002]133号）；
— 国家核事故应急协调委员会《核应急培训管理办法》（国核应委[2015]13号）；
— 国家核事故应急协调委员会《核应急演习管理规定》（国核应委[2015]7号）。

b) 国家标准

— 国家标准GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》；
— 国家标准GB6249-2011《核电厂环境辐射防护规定》；
— 国家标准GB/T17680.1-2008《核电厂应急计划与准备准则：应急计划区的划分》；
— 国家标准GB/T17680.6-2003《核电厂应急计划与准备准则：场内应急响应职能与组织机构》；
— 国家标准GB/T17680.7-2003《核电厂应急计划与准备准则：场内应急设施功能与特性》；
— 国家标准GB/T17680.8-2003《核电厂应急计划与准备准则：场内应急计划与执行程序》；
— 国家标准GB/T17680.9-2003《核电厂应急计划与准备准则：场内应急响应能力的保持》。

c) 导则

— 核安全导则 HAD002/01-2010《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》，国家核安全局，2010 年 8 月 20 日；

— 核安全导则 HAD002/02《地方政府对核动力厂的应急准备》，国家核安全局、国家环境保护局、卫生部，1990 年 5 月 24 日；

— 核安全导则 HAD002/05《核事故医学应急准备和响应》，卫生部、国家核安全局，1992 年 6 月 24 日。

d) 工程技术文件

— 《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组可行性研究报告》；

— 江苏核电有限公司突发事件综合应急预案等。

— 本应急计划编制还参考了下述文件：

— IAEA 技术文件：IAEA-TECDOC-953，IAEA-TECDOC-955，IAEA-TECDOC-1092；USNRC 文件： NUREG-0654, FEMA-REP-1, Rev.1；NUREG/BR-0150, Vol.1, Rev.3；NUMARC- 007(NEI 97-03, NEI 99-01)。

7.5.2 应急组织及其职责

田湾核电站 5、6 号机组场内应急响应组织在一期、二期工程场内应急组织的基础上，增加了运行控制三组、设备抢修三组，目前包括应急指挥部、运行控制一组、运行控制二组、运行控制三组、技术支持组、设备抢修一组、设备抢修二组、设备抢修三组、仪控抢修一组、仪控抢修二组、辐射防护组、后勤保障组、保卫消防组和公众信息组、扩建工程协调组。

应急指挥部是电站场内应急响应时的指挥核心，全面负责应急决策和指挥应急响应行动，以及与国家、地方及行业主管部门和其它应急组织进行联系和协调。

运行控制一组、二组、三组在事故情况下承担事故机组和非事故机组运行控制的任务，主要职责为：

a) 初步评定应急状态，向应急指挥部提供应急状态分级和应急终止的建议；

b) 组织播发应急通知和应急报警；

c) 执行事故处理规程，控制和缓解事故，恢复和维持事故机组的安全状态，减轻事故的后果和影响；

d) 向应急指挥部和技术支持组、辐射防护组等应急组提供事故机组事故工况的数据；

e) 组织当值运行人员履行其各自厂房内的灭火和急救的初始响应行动；

必要时组织进行化学取样分析，以提供燃料及堆芯损伤评估和事故释放源项估计所需化学分析数据；

f) 控制并维持非事故机组的安全状态或安全运行；

g) 满足SAMG的入口条件时宣布进入严重事故管理导则；

h) 保持与电网调度之间的联系，确保电站与电网的安全；

在应急指挥部启动就位前，事态紧急且通信联络不通的情况下，若组长已启动到岗可暂时履行应急总指挥的职责；若应急指挥部和组长均未启动，事态紧急且通信联络不通的情况下，事故机组当班值长可暂时履行应急总指挥的职责。

技术支持组主要承担应急状态下对主控室和其他系统运行人员的技术支持任务，主要职责为：

a) 收集和评估电站状态的相关信息，对事故机组状态进行诊断，对控制和缓解事故的措施提供技术支持；

b) 对事故机组燃料及堆芯损伤情况进行评价；

c) 对事故机组的设备和系统状态诊断提供技术支持，对紧急维修和变通运行方案提出建议，分析使电站回到可控稳定状态的可用策略；

d) 在严重事故情况下做出决策并指引运行控制组执行适当动作；

e) 负责提供WANO-MC区域应急中心（RCC）所需信息并向应急指挥部提交，包括：起草相关信息传递表、提出技术支援申请等；

f) 对非事故机组确保安全运行提供技术支持。

设备抢修一组、二组、三组在应急响应期间承担设备维修、通信联络保障等任务，主要职责为：

a) 系统、设备故障的检查、排除，以及设备的维修、抢修；

b) 保障通信系统畅通；

c) 参与抢险和抗灾行动；

d) 负责厂区工艺厂房内失踪人员的搜寻。

辐射防护组在应急响应期间的主要职责为：

a) 负责监督和检查电站内人员的工业安全和辐射安全；

b) 负责场内辐射监测，对场内污染区域进行调查、评价、划分、标记和控制；

c) 组织场外辐射调查、取样、分析和评价；

d) 对核事故实际的或可能的放射性释放源项及其场外辐射后果进行评价或预测；

e) 组织实施医疗急救；

f) 提出并协同执行电站场内非应急响应人员的应急防护行动方案（如非应急响应人员的室内隐蔽、撤离、服用碘片等）；

g) 提出场内、外辐射防护行动建议，确定工作人员服用稳定碘的要求和发放；

h) 组织适当人员、提供相关设备，支持电站应急运行和辐射防护应急响应行动；监督和控制应急工作人员的受照剂量；

i) 电站应急状态下其他辐射防护工作。

后勤保障组承担应急期间后勤保障任务以及与生产协作单位应急响应的联络协调工作，主要职责为：

a) 提供生活后勤保障；

b) 提供物资供应保障；

c) 提供交通运输保障；

d) 作为电站与生产协作单位的直接接口，负责协作单位应急响应的联络协调工作，并及时向指挥部汇报有关情况。

保卫消防组在应急响应期间的主要职责为：

a) 电站的保卫和出入控制；

b) 场内交通与治安管制；

c) 组织并实施防火与灭火行动；

d) 参与抢险抗灾行动；

e) 负责组织非应急人员的集合、清点和撤离；

f) 负责厂区非工艺厂房内以及厂区室外失踪人员的搜寻；

g) 必要时按应急指挥部要求，动用消防车对污染车辆进行洗消。

公众信息组在应急响应期间的职责为：

a) 编制需向场外有关应急组织提供的公众信息通告文稿和新闻稿；

b) 负责与国家核安全局接口，并向其进行应急通告和报告；

c) 按照上级部门及应急总指挥的指令，组织人员参加上级相关部门组织的信息发布会，说明或回答公众和媒体关心或提出的问题；

仪控抢修一组、二组在应急响应期间承担仪控故障的检查与维修、保障工业计算机网络系统畅通等任务，主要职责为：

a) 仪控故障的检查、排除，以及仪控设备的抢修；

b) 工业计算机网络系统畅通；

c) 参与抢险和抗灾行动；

d) 与设备抢修组共同进行厂区工艺厂房内失踪人员的搜寻。

扩建工程协调二组负责对田湾核电站 5、6 号机组扩建工程总包商的应急响应协调和监督。

7.5.3 与场外应急组织接口

根据核安全法及《核电厂核事故应急管理条例》，我国核事故应急管理工作实行国家、地方、营运单位三级管理体系。

核事故应急期间，电站应急指挥部有责任和义务及时向国家核事故应急协调委员会（国家核事故应急办公室）、生态环境部（国家核安全局）、华北核与辐射安全监督站、江苏省核事故应急委员会（省核应急办）以及国家能源局、中国核工业集团公司、中国核电等部门和单位的应急组织通报和报告，并密切予以配合，协调一致地实施应急响应行动。必要时，电站应急指挥部可请求和获得场外支援。

7.5.4 应急状态分级

根据国家有关法规要求，参考国内外应急状态分级的有关技术标准，结合江苏核电机组可能发生的事件或事故的性质、特征、后果或可能的后果及其严重程度，将江苏核电的应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个等级。

根据核事故性质、严重程度及辐射后果影响范围，当批准进入应急待命状态时，启动Ⅳ级响应；当批准进入厂房应急状态时，启动Ⅲ级响应；当批准进入场区应急状态时，启动Ⅱ级响应，当批准进入场外应急状态时，启动Ⅰ级响应。

（1）应急待命

应急待命的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平可能下降，但还有时间采取预防性措施以防止向更高级别的应急状态演变。

在这类事件中，预期不会出现需要采取场外响应行动（如进行辐射监测）的放射性物质释放。核电厂安全水平可能下降的主要表现为运行参数超出了核电厂技术规范书中的运行限制条件，在这种情况下允许于规定的时间内变更运行模式。应急待命的事件还应包括那些更严重事件的征兆，因为这种征兆也预示着核电厂的安全水平可能下降。在应急待命状态的事件中可能出现少量放射性物质的释放，但是这类释放并不导致启动环境监测或场外应急响应行动。

确定应急待命的目的是使核电厂运行人员和其他有关人员及时启动并处于戒备状态，保证初始的应急响应行动得以顺利实施，使事故处理、信息发送和决策过程等纳入有条不

紊的应急组织体系中去。

（2）厂房应急

厂房应急的特征是一些事件正在进展或已经发生，核电厂安全水平实际上或可能发生大的下降。然而，事故的辐射后果或可能的辐射后果仅限于某些厂房内部或场区局部区域，不会对场外产生威胁。

此时关注的重点不应是判断安全水平的下降是否足够大，而是关注安全系统出现的问题是否需要为进一步加强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或终止应急状态。

确定厂房应急的目的是保证场内应急响应人员能够迅速有效地做出响应；向场外应急组织提供有关事故的信息资料。

（3）场区应急

场区应急的特征是事故正在进展或已经发生，核电厂的一些安全设施的功能已经丧失或可能丧失。在这种应急状态下，可能出现堆芯损坏的情况，可能从电厂中释放出一些放射性物质，事故后果扩大到整个场区，但除了场区边界附近，场外放射性照射水平不会超过紧急防护行动干预水平。

确定场区应急的目的是保证及时派出环境监测人员进行环境监测；保证场外应急组织及时启动；保证及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。宣布场区应急的目的之一是做好场区内人员随时撤离的应急准备，以便需要时可以立即执行。

（4）场外应急

场外应急的特征是事故正在进展或已经发生，堆芯即将或已经极大损坏，甚至熔化，同时安全壳完整性可能丧失。

在这种应急状态下，极可能从电厂释放出大量的放射性物质，事故后果超越场区边界，场外某个区域的放射性照射水平大于紧急防护行动干预水平。不管放射性物质的释放是由于何种原因造成的，进入场外应急状态就意味着场外公众可能需要采取隐蔽或撤离的防护行动。如果厂址周围的人口密度很高，应重点关注安全系统或构筑物（如安全壳）失效的可能性，以及诸如废气贮存罐大量释放放射性气体、严重的乏燃料破损等事故的后果。为了及时通知场外应急组织，确定场外应急状态应主要以核电厂安全系统功能为判据，其次是事故后果评价的预期剂量。就包容裂变产物的三道屏障而言，如果其中两道屏障失效同

时第三道屏障也可能失效，就应建议场外应急组织进入场外应急状态。

确定场外应急的目的是启用为保护公众所预先确定的防护行动；持续评价电厂的事故状态和环境监测数据；按实际的或可能的放射性释放量，补充或修改应急防护行动；及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

7.5.5 应急设施设备

田湾核电站5、6号机组的主要应急设施包括应急指挥中心、运行支持中心、5、6号机组主控制室、远程停堆站、部分监测和评价设施、部分应急通信系统等以及一期、二期工程的主控室、备用控制室、技术支持中心、运行支持设施，以下主要介绍5号和6号机组的主要应急设施和设备。

7.5.5.1 主控制室

每台机组设置有一个主控室，主控制室是核电站在正常和事故工况下实施电站运行控制的关键场所，也是核电站应急响应期间运行控制组的主要工作场所。其在应急响应期间的主要功能为：

a) 集中控制、监测、分析和诊断机组的运行和事故状态，保证安全运行、维持安全状态或缓解事故后果；

b) 在应急指挥中心启动之前，履行应急启动、应急通知、应急指挥等功能。

7.5.5.2 远程停堆站

在主控室因火灾等原因不能实现停堆时，可用远程停堆站替代执行。远程停堆站可使反应堆迅速达到并维持在冷、热停堆状态。通过远程停堆站可对系统进行操作，可以排除堆芯余热，控制反应堆的压力和体积、向反应堆冷却剂加入硼酸是反应堆保持在次临界状态以及使必要的辅助系统运行。

主控和远程停堆站分别在不同的防火分区，他们之间的距离可以确保操纵员在15分钟之内到达，撤离路径是安全的。

7.5.5.3 技术支持中心

5、6号机组技术支持中心设立在LX厂房L803房间，为5、6号机组共用，房间标高＋24.5m，可以实时获取机组数据，对主控进行技术支持。

7.5.5.4 应急指挥中心

田湾核电站应急指挥中心位于电站厂区北部区域，距离最近的2号机组核岛中心直线距离约为790米，建筑面积约为1853.72m^2，为两层建筑，标高12.50m，满足《福岛核事

故后核电厂改进行动通用技术要求》中对抗震性和防洪能力的要求。满足《核动力厂营运单位的应急准备和响应响应》中对于可居留性的规定：在设定的持续响应期间内（30天），工作人员接受的有效剂量不大于50mSv，甲状腺当量剂量不大于500mGy。

其在应急响应期间的主要功能为：

a) 统一指挥电站内部各应急专业组和应急人员的响应行动；

b) 保持电站与国家和地方政府有关部门、行业主管部门以及场外应急组织之间的通信联系，接收和传送有关信息，协调场内外应急响应行动；

c) 根据事故工况和事故释放源项，进行辐射后果评价，提出场外公众防护行动建议。

7.5.5.5 监测和评价设施

监测和评价设施主要包括机组事故工况监测与评价设施、环境辐射监测设施以及场外辐射后果评价设施，另外还包括消防仪控系统（包括火灾报警系统）等特殊的事件/事故监测与评价设施。

在应急情况下，用于机组事故工况和堆芯损坏状况监测和评价的设施主要有反应堆装置的监测、控制和诊断系统，安全参数显示系统，自动辐射监测系统以及事故后监测系统。

环境辐射监测设施主要包括：固定环境γ辐射监测站、环境监测楼和环境监测车和环境介质采样车。

场外辐射后果评价设施主要包括场外辐射后果评价系统及气象观测系统。

7.5.5.6 通信系统

应急通信是指挥和实施场内应急响应行动以及保持与场外应急组织联系的重要手段，通信设施的完善和信息传递的畅通是对整个应急响应过程的有力保障。应急通信系统的基本功能是：

a) 保障TNPS应急指挥部与场外应急组织之间的通信联络和数据信息传输；

b) 保障TNPS应急指挥部和各应急响应组之间，各应急响应组之间以及各响应组内部响应人员之间的通信联络和数据信息的传输；

c) 保障TNPS的应急通知和应急警报的发布；

d) 记录场内应急组织与场外应急组织之间以及电站内部各应急响应组之间的重要通话内容。

通讯系统主要由语音通信系统和数据通信系统组成。其中语音通信系统由海事卫星电话、行政电话系统、运行直通电话系统、安全电话系统、电力调度电话系统、无线电话系统、有线广播和报警系统以及电话录音系统等组成。数据通信系统由电站运行数据网和电

站核应急专网构成，电站核应急专网以应急指挥中心为核心，可保证电站应急指挥中心、主控室、综合办公楼、环境辐射监测楼、气象站等设施之间的数据通信，并与国家核应急中心、江苏省核应急中心、生态环境部核与辐射安全中心建立网络连接。

7.5.6 应急撤离路线

应急撤离路线主要为以下两条，通过这两条路线可撤离至墟沟等居住地：

（1）场区→高公岛→连云港镇→墟沟（核电北路）

（2）场区→大板桥闸→平山→墟沟（核电南路）

7.5.7 应急计划区的划分

根据国标GB/T17680.1-2008《核电厂应急计划与准备准则应急计划区的划分》的规定，在田湾核电站1至6号机组严重事故释放源项的基础上，进一步对该源项作适当保守处理，并采用田湾核电站厂址的气象观测资料，估算得到了严重事故放射性释放对电站周围公众可能造成的预期剂量及采取特定防护行动后的可防止剂量，以及对食物的可能污染水平，并将其与我国核应急管理导则 GB18871 所规定的相应通用干预水平或通用行动水平进行比较，按照确定应急计划区大小遵循的准则，并在安全估算的前提下考虑了核电站周围环境特征、社会经济状况以及公众心理等因素后，JNPC 向江苏省核应急委建议的应急计划区大小如下：

对于 1、2 号机组，以各机组反应堆为圆心，内区边界为 4km，外区边界为 8km，对于 3-6 号机组，以各机组反应堆为圆心，内区边界为 5km，外区边界为 10km。1-6 号机组总的烟羽应急计划区的范围，是以各个机组为圆心所确定的相关区域的包络范围。1-6 号机组总的食入应急计划区的范围，是以各个机组为圆心所确定的 50km 半径圆的包络范围。

烟羽应急计划区内区做好撤离、预防性撤离和服用碘片的应急准备，在外区做好隐蔽和服用碘片的准备。食入应急计划区做好食品、水的监测，控制受污染的食物和水的扩散及摄入等应急准备。

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

8.1.2 辐射环境监测

8.1.3 应急监测

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

8.2.3 气象观测

8.2.4 水文观测

8.2.5 生态监测

8.2.6 噪声监测

8.2.7 电磁环境监测

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.2 环境监测设施

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.2 质量管理

表：

表 8.1-1 田湾核电站运行期间环境辐射监测方案

表 8.1-2 田湾核电站环境辐射与样品放射性探测方法、装置及探测下限

表 8.1-3 厂区内巡测主要设备和物资清单

表 8.1-4 厂外环境巡测主要设备和物资清单

表 8.2-1 田湾核电站温排水监测计划

表 8.2-2 田湾核电站环境非放射性污染物监测方案

表 8.2-3 气象观测系统仪器主要技术指标参数

表 8.3-1 流出物实验室的房间面积和房间功能

表 8.3-2 流出物实验室的仪器设备配置

表 8.3-3 田湾核电站环境 γ 辐射监测站位置信息

表 8.3-4 田湾核电站环境 γ 辐射监测站的设备配置

表 8.3-5 环境监测实验室主要大型仪器配置

表 8.3-6 监督性监测系统前沿站仪器设备配置情况

表 8.3-7 监督性监测系统子站位置信息

表 8.3-8 监督性监测系统子站仪器设备配置情况

表 8.4-1 环境监测相关程序目录

表 8.4-2 流出物监测相关程序目录

图：

图 8.2-1 海面测量线与布点位置

图 8.2-2 气象铁塔地理位置

图 8.3-1 流出物实验室布局

图 8.3-2 田湾核电站环境 γ 辐射监测站分布图

图 8.3-3 田湾核电站监测井布置图

图 8.3-4 田湾核电站监督性监测站分布图

图 8.3-5 田湾核电站环境监测站和监督性监测站分布图

图 8.4-1 田湾核电站环境辐射监测质量保证体系

图 8.4-2 田湾核电站流出物监测质量保证体系

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的运行期间流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测。其中，气载和液态放射性流出物是造成核电厂环境污染和居民受照剂量负担的主要源项，因此在流出物监测中对气载和液态放射性流出物进行重点监测。

本工程将设置电厂辐射监测系统，在放射性流出物排放管道上设置监测通道。同时也将建设流出物实验室，对气载和液态放射性流出物进行取样测量。放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规和核电厂的实际情况制定。

8.1.1.1 监测依据

制定流出物监测方案的主要依据是：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
GB 11217-89	《核设施流出物监测的一般规定》
GB 11216-89	《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》
GB/T 7165.1-2005	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》
GB/T 7165.2-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.3-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.4-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》
GB/T 7165.5-2008	《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氚监测仪的特殊要求》
GB/T 12726.1-2013	《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》
GB/T 12726.2-2013	《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》
环发〔2012〕16 号	《核电厂辐射环境现场监督性监测系统建设规范（试行）》

8.1.1.2 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- 监测释放到环境中的气载和液态放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放控制值和核电站本身规定的排放管理目标值；
- 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；
- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，为鉴别排放性质、种类及其程度提供监测数据，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放，可为核电厂在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.3 监测原则

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行期间流出物监测方案的制定和监测系统的设计遵循的主要原则有：

- 满足国家法规标准及国家生态环境部在多堆厂址统一管理规定上的要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于定期排放，进行取样分析；对于存在计划外释放可能性的排放途径，应进行连续监测且仪表有足够宽的量程；对于事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- 为便于评价监测结果，除对释放的放射性物质监测外，还监测其它与评价和估算有关的参数，如流出物的流量、温湿度及气象参数等；
- 根据国家标准规定的年排放控制值和浓度限值，制定合理的排放控制值和仪表的报警阈值；
- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.4 气载放射性流出物监测

（1）气载放射性流出物连续监测

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设有一个排风烟囱，设有烟囱气溶胶活度监测道、烟囱碘活度监测道，烟囱低量程气体监测道和烟囱高量程气体监测道。

烟囱低量程和高量程气体监测道按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，包括两列冗余的监测设备，设备的安全级别为 1E 级，抗震类别为 I 类。由烟囱低量程气体监测道给出的高辐射报警信号自动关闭安全壳内大气监测系统（ETY）隔离阀和废气处理

系统（TEG）排放阀。

（2）气载放射性流出物取样测量

与烟囱连续监测设备并行设置了连续取样设备，对烟囱气态流出物中的气溶胶、碘、^{3}H、^{14}C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至实验室进行分析。利用上述样品分析的数据，连续监测仪器测得的数据以及烟囱排放总流量可计算出电厂通过烟囱向环境中排出的总活度。

（3）气载放射性流出物排放量计算方法

气载流出物分为惰性气体、粒子、碘、氚和碳-14 五类。对于某类核素一年排放量计算方法如下：

$$A_{年}=\Sigma\{（C_1+C_2+\cdots\cdots+C_n+\cdots\cdots）\times V_k\}$$

其中 $A_{年}$表示该年某类核素的排放量，Bq；Σ表示一年内各次排放量求和；C_1、C_2、C_n 表示某次排放废气中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度，Bq/m^3；V_k 表示该次排放的废气的排放体积，m^3。当监测结果高于探测下限时，以监测结果参与计算；当监测结果低于探测下限时，以探测下限的二分之一参与计算。

8.1.1.5 液态放射性流出物监测

（1）液态放射性流出物连续监测

田湾核电站扩建工程5、6号机组设有QA/QB厂房。QA厂房主要收集、贮存核岛废液排放系统（TER）废液，QB厂房主要收集、贮存汽轮机厂房的废液（SEL）。在QA、QB厂房各设置一套低放液体排放监测道，其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度，以验证实验室所分析的排放前贮罐中的样品浓度，同时监视已分析过的废液贮罐废液是否在排放。当排放废液活度浓度超过预定阈值时，给出报警信号，并自动启动隔离阀，停止废液排放。

（2）液态放射性流出物取样测量

在QA/QB的废液排放前，工作人员必须对其进行取样分析，测量待排放废液中的放射性浓度，计算排放活度，确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌，确保取样的代表性；样品在实验室中采用高纯锗γ谱仪、低本底α、β计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

（3）液态放射性流出物排放量计算方法

液态流出物分为氚、碳-14和其余核素三类。对于某类核素一年排放量计算方法如下：

$$A_{年}=\Sigma（C_1+C_2+\cdots\cdots+C_n+\cdots\cdots）\times V$$

其中 $A_{年}$表示该年某类核素的排放量，Bq；Σ表示一年内各次排放量求和；C_1、C_2、C_n表示某次排放废液中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度，Bq/m^3；V 表示该次排放的废液的排放体积，m^3。当监测结果高于探测下限时，以监测结果参与计算；当监测结果低于探测下限时，以探测下限的二分之一参与计算。

8.1.1.6 地方环保局监督性监测

田湾核电站流出物监督性监测系统由江苏省核安全局自行建设，田湾核电站资助配合。田湾核电站的气载、液态放射性流出物在线连续监测的部分数据传输至相关环保部门。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成后满足地方环保部门进行流出物监督性监测的主要措施预计有：

- 5、6 号机组的气载、液态放射性流出物在线连续监测的数据传输至相关环保部门；
- 经常保持与地方环保部门联系，及时争取地方环保部门的监督与指导；
- 积极配合地方环保部门进行流出物监督性监测工作，并为地方环保部门定期取样提供方便，包括：可根据需要向地方环保部门提供烟囱气溶胶及放射性碘的取样样品；取得的烟囱中 ^{3}H 和 ^{14}C 样品可供地方环保部门进行测量；从废液罐中提取废液样品时，可同时为地方环保部门提供平行样品；
- 向地方环保部门及时提供流出物监测月报表；
- 定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.1.2 辐射环境监测

目前，田湾核电站已经建立了一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施，并进行核电站运行期间的环境监测。同时，田湾核电站也制定了详细的辐射环境监测大纲，从 2004 年开始按照监测大纲进行日常的环境监测，并逐步进行了完善，目前的环境监测大纲详见表 8.1-1。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组考虑按照当前环境监测大纲开展环境监测工作，并将根据田湾核电站厂址周围环境的变化情况、国内外监测法规技术的变动及更新，以及监管部门的要求等，定期对目前实施的环境监测大纲进行适应性修改，以实现对整个核电基地环境进行统一监测。监测大纲根据环境的变化情况，一般不到 3~5 年进行一次修订。

8.1.2.1 监测依据

运行期间环境监测依据的主要标准有：

GB 18871-2002	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》
GB 6249-2011	《核动力厂环境辐射防护规定》
HJ/T 61-2001	《辐射环境监测技术规范》

GB 12379－1990	《环境核辐射监测规定》
GB 11216-89	《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》
GB/T 14583-1993	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》
GB8999-88	《电离辐射监测质量保证一般规定》
国核安发[2012]98号文	《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》

8.1.2.2 监测目的

运行期间环境监测的目的是：

- 测定环境介质中核素浓度及大气中 γ 辐射水平的变化，以评估田湾核电站排放的放射性物质对周围环境的影响情况；
- 及时发现环境介质中放射性活度的变化，并查找原因，以便采取预防措施；
- 监测海洋环境介质是否符合国家环保标准；
- 事故应急响应期间执行应急监测。

8.1.2.3 监测范围

根据国家有关法规和田湾核电站所在厂址的具体情况，监测范围如下：

- 陆地环境：环境 γ 辐射水平为 50km，其余监测项目一般取 20～30km，重点监测核电站周围 10km 范围，距核电站约 30km 的青口镇作为环境监测的对照点。
- 海洋环境：海洋环境监测范围为 10km，重点监测废液排放口 3km 范围内的海域和 4km 范围内滩涂。

8.1.2.4 布点原则

为了使采样和监测点的选取具有充分的代表性，在进行田湾核电基地环境监测采样和监测点的布设中主要考虑的原则及因素有：

- 依据相关标准及技术规范；
- 陆地监测点以反应堆厂房为中心，成辐射状布置监测点，近密远疏；
- 环境 γ 辐射监测点及气载放射性物质取样点重点布置在主导风向的下风向厂区边界附近区域，周围没有高大的树木、建筑物；
- 废液排放方式及特点、潮汐规律；
- 海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- 土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- 考虑田湾核电厂厂址区域附近地区的地形等条件；
- 陆生和海生生物生长周期、采样品种的代表性；

- 测量或取样点尽量与运行前本底调查布点一致，或至少有一部分与运行前本底调查时一致，并根据运行期间的环境监测情况进行调整；
- 气象塔的位置应适当地远离各种障碍物，使气象传感器的测量数据可充分代表厂址的大气弥散状况；站位设置尽量能与大气扩散试验站址一致，保持数据的可延续性；
- 充分利用运行前本底调查及田湾核电站 1~4 号机组运行期间所获得的资料，并在满足环境评价需要的情况下，尽量做到环境监测最优化。环境监测的重点是对关键居民组的居住区域及对居民危害最大的那些核素和项目。

田湾核电站已根据上述原则布设了一套完整的环境监测采样点及监测点，考虑到扩建工程 5、6 号机组建成后对环境的影响，如需要可根据实际情况对现监测点及采样点的布设加以适当调整和补充。

8.1.2.5 监测项目

（1）气象要素的监测

田湾核电站已建成一个气象观测系统，包括场区南气象站和场区铁塔气象站，观测的气象要素主要包括风速、风向，空气温度，相对湿度，降雨量，大气压，天空总辐射及净辐射。

（2）环境 γ 辐射水平监测

主要测量项目有：

- 大气中环境 γ 辐射水平的连续监测（自动连续监测装置）；
- 累积剂量监测（使用 TLD 热释光剂量计）；
- 非连续监测（使用便携式仪表），得到瞬时剂量率。

（3） 环境介质放射性核素浓度监测

- 大气及沉降物
  - 气溶胶：总 α、总 β、^{137}Cs 及 γ 谱分析；
  - 大气沉降物：总 α、总 β、^{90}Sr 及 γ 核素分析；
  - ^{131}I
  - ^{3}H；
  - ^{14}C。
- 水
  - 降水： ^{3}H 及 γ 核素分析；

- 饮用水：总α、总β、^{3}H及γ核素分析；
- 地表水（水库、河流等）：^{3}H及γ核素分析；
- 海水：总β、^{3}H、^{90}Sr、γ谱分析；
- 地下水：^{3}H及γ核素分析。

- 陆地生物
  - 农作物、动物及产品：进行γ核素分析；
  - 牛奶：^{131}I放化分析；
- 海洋生物
  - 鱼类、甲壳类、软体类和藻类等：进行γ核素分析。
- 土壤与沉积物
  - 土壤及岸边沉积物：进行^{90}Sr和γ核素分析；
  - 水库沉积物：进行^{90}Sr和γ核素分析；
  - 潮间带样品：进行^{90}Sr和γ核素分析；
  - 潮下带样品：进行^{90}Sr和γ核素分析。
- 指示生物
  - 松针：进行^{90}Sr和γ核素分析；
  - 牡蛎：进行^{90}Sr和γ核素分析。
- 其它介质：
  - 海盐样品：进行γ核素分析；
  - 卤水样品：进行^{3}H及γ核素分析。

田湾核电站的环境介质样品低本底测量系统均设置在现已建成的环境监测楼，在本项目建成后将继续沿用原有设施，用于整个核电基地周围环境介质样品的测量，测量项目所采用的仪器以及有关测量各类样品探测下限见表8.1-2。

8.1.2.6 测量方法

田湾核电站根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法，具体测量核素和方法见表8.1-2的“分析测量方法”一栏。

（1）实验室分析测量（对环境介质样品）

- 物理测量和分析：使用低本底α/β测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底γ谱仪等仪表进行α/β放射性活度测量、γ能谱核素分析、^{3}H放射性活度测量。
- 放射化学测量分析：放射化学测量分析的方法按照国家标准规定进行，主要对环

境介质中的 ^{90}Sr、^{137}Cs 等核素进行测量分析。

（2）固定式环境 γ 辐射监测和流动辐射监测

- 设置环境 γ 辐射监测站，进行连续监测；
- 在环境中定点布设 TLD 元件，并在实验室中用热释光剂量测量仪进行累积剂量测量；
- 设置环境监测车，对核电站周边环境 γ 辐射监测，车上设有便携式 γ 谱仪、便携式 γ 剂量率监测仪等设备。

（3）气象观测

- 在气象铁塔及地面设置风速、风向、空气温度、相对湿度、降雨量、大气压、天空总辐射、净辐射等气象要素传感器用来连续观测基地的气象状况。

8.1.3 应急监测

8.1.3.1 监测目的

田湾核电站环境辐射应急监测目的是，在核电站事故应急状态下，及时了解和掌握环境辐射水平和放射性污染情况。在田湾核电站发生事故时，应急监测车将携带便携式仪表对厂址区域的环境 γ 辐射水平进行快速测量。如有必要，环境介质采样车将对空气、土壤、地面水、陆地生物以及电厂排放口及周围海域海水等环境介质取样，并根据事故发展情况调整取样频度，送至环境监测楼中进行测量分析，以确定污染区域和污染水平，为评价事故性质、源项大小以及应采取的防护措施提供数据支持。

8.1.3.2 监测范围

田湾核电站应急监测范围分为厂区内监测和外环境监测。厂区内监测主要以反应堆为中心，划分不同等级的监测区域，制定厂区巡测路线，在厂房应急状态时实施厂区巡测。外环境监测范围重点为厂址周围半径 5km 内的地域，视情况适当扩大范围，但一般不超过半径 10km，制定相应的厂外巡测路线以及巡测点，在应急状态时开展巡测。

8.1.3.3 监测内容

（1）厂区内监测的主要内容为：

- 近地表上部 γ 剂量率（连续测量和即时测量）：厂内 8 个固定监测站的连续监测、环境监测车便携式仪表即时测量；
- 地表 α、β 污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度测量：主要为测量放射性气溶胶和碘。

（2）场区外环境监测内容为：

- 近地表上部γ剂量率：厂外5个固定监测站的连续监测、环境监测车便携式仪表即时测量；
- 地表α、β污染水平测量；
- 空气中放射性污染浓度测量：主要为测量放射性气溶胶和碘；
- 热释光剂量计测量累积剂量；
- 车载移动γ谱仪分析测量核素。

8.1.3.4 监测设备

参与环境应急监测的监测设施和设备主要包括：

- 固定式环境γ辐射监测站：监测设备具有足够宽的量程，并将设置维持72小时的备用电池，具备应急条件下进行连续监测的能力。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。
- 应急监测车和环境监测采样车：车内配备便携式放射性测量和取样设备以及气象设备，可以快速给出环境γ辐射水平、表面污染、空气中主要放射性核素等。数据传输方式采用有线及无线两种模式，两种模式互为备用。
- 气象站：气象参数为事故应急期间的应急决策提供数据支持。气象参数主要来自气象铁塔、地面气象观测站以及设置在厂外固定式环境γ辐射监测站的风速/风向传感器。
- 环境监测楼：环境监测楼在事故期间仍具备对环境介质的放射性测量能力，在事故期间参与应急响应。

应急监测又分为厂区内巡测和厂区外环境巡测，厂区内巡测主要设备和物资清单详见表8.1-3，厂区外环境巡测主要设备和物资清单见表8.1-4。

8.2 其它监测

8.2.1 热影响监测

（1）监测方式

热影响的监测主要是针对核电站温排水的监测，掌握核电站附近海域海面温度场的分布情况。温排水监测采用以航天遥感为主、海面实测为辅的方式进行，基于可用遥感数据进行分析，结合近同步的海面实测数据，对遥感数据进行温度反演，得到温度场遥感调查结果。

（2）监测范围与布点

航天遥感调查的范围以田湾核电站排水口为中心，调查1500平方千米内的海域。海

面实测范围以温升区包络范围为基准，略有扩大，测量区域覆盖排水口周边100平方千米范围海域。海面实测数据主要用于遥感数据定标，验证不同潮汐条件下温度变化的典型区域，但并不用来生成温度场分布范围，因此不需要过多布点，共布置了三条测量线，19个不同深度的测量点，详见图8.2-1。

（3）监测仪器

航天遥感卫星主要是美国陆地卫星Landsat-8 TIRS和国产环境星HJ-1B IRS。Landsat-8 TIRS有2个热红外波段，提供12bit和100m精度热红外数据，最小测量面积0.01km^2；HJ-1B搭载的IRS相机可以完成对地幅宽为720km、热红外波段像元分辨为300m的成像，最小测量面积0.09 km^2。

海面标定测量仪器主要有：美国生产的FLUCK 62 MAX手持红外温度辐射仪，测量温度读数为0.1℃；美国JENCO牌6010定制版水质测量仪，测量温度读数0.1℃，可测量深度10米以内海水温度；手持高精度全球定位系统（GPS），平面定位精度为5~10米。

（4） 监测时间与频率

由于卫星只能获得固定轨道高度和过境时间的遥感数据，时间分辨率（nh～nd）是固定的。田湾核电站从2008年起委托核工业航测遥感中心持续开展田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查工作，主要监测计划见表 8.2-1。海面实测主要是开展与航天遥感测量近同步海面测量工作，预计海面测量次数总计约4～10次。

（5） 数据分析

获取航天遥感、海面实测数据和潮汐等基础资料后，参照《遥感影像平面图制作规范》（GB 15968-1995）、《技术制图、图纸幅面和格式》（GB/T 14689-2008）等规范，制作满足核电站温排水遥感测量的一系列成果图像、图件、数据分析图表。

8.2.2 化学污染物和生活污水监测

田湾核电站在运行期间将会向环境排放少量化学有害物，主要是通过液态途径向海洋排放。因此环境监测中考虑非放射性化学物质测量，以检验液体流出物中非放射性化学有害物是否符合国家有关的排放标准，评估液体流出物中非放射性化学有害物排放对核电厂附近海域生态的影响。监测内容主要有：余氯、pH、联氨、氨氮、磷酸盐、油类等，监测方案见表8.2-2。

8.2.3 气象观测

目前田湾核电站已建成一个气象观测系统，包括场区南气象站和场区铁塔气象站，气象铁塔的地理位置见图 8.2-2。气象观测系统可自动连续采集、处理和记录田湾核电站附

近的风速、风向、温度、湿度、雨量、气压、天空总辐射、净辐射等气象要素数据。气象观测系统所用的所有传感器均由国家相关部门标定，且均有相应的标定证书，以保证所得气象数据的质量和准确性，仪器主要技术指标参数见表 8.2-3。2018 年田湾核电站气象观测系统整体运行良好，总的数据获取率为 99.95%，其中场区南气象站数据获取率为 99.91%，场区铁塔气象站各层数据获取率均为 99.99%。气象设施分布如下：

- 场区南气象站

场区南气象站为一个 25×25m^2 的标准气象观测场，位于应急指挥中心旁，厂区地面气象站观测场里的各气象要素（风速、风向、温度、湿度、雨量、气压、天空总辐射、净辐射等）传感器连续感应实时气象要素的变化，将其转换成相应电量的变化，由自动气象站主机负责采集，计算处理，并进行平均值计算，极值挑选等，所有这些数据存入主机的存储器的同时，通过 RS-232 通讯口送到应急中心的气象数据中央计算机。

- 场区铁塔气象站

场区铁塔气象站位于应急指挥中心西侧，高 102 米，在气象铁塔的 10m、30m、70m 和 100m 高处各有一个风速、风向和温度传感器，连续感应实时气象要素的变化，并将其变化转换成相应电量的变化，由气象梯度仪主机进行采集、计算处理，得出相应时刻的气象要素垂直变化和大气垂直稳定度等级。所有测量所得的各原始数据和预处理后的数据被暂存在气象梯度仪的内存中，同时，这些数据也可通过有线或无线的通讯方式发给应急中心的气象数据中央计算机。

气象数据在应急指挥中心和环境监测楼中央计算机的相应服务器处理、贮存，并与实时收集的核电厂地区γ辐射监测数据一起传至环境监测实时数据网，进行集中管理、贮存、显示、传输、查询和发布。

8.2.4 水文观测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作。常规水文观测，如潮位、水文、盐度等利用水文站每年开展一次水文观测。根据电站的实际运行情况，在运行期间计划每 5～10 年开展一次大面积水文观测和水下地形观测。

8.2.5 生态监测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作，目前计划每五年开展一次生态监测。

8.2.6 噪声监测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作，目前计划每季度开展一次噪声监测。

8.2.7 电磁环境监测

将参考同行业和国内同类电站的做法，跟踪相关标准规范等相关要求，逐步开展监测方案的制定等工作，目前计划每季度开展一次电磁环境监测。

8.3 监测设施

8.3.1 流出物实验室

8.3.1.1 流出物实验室概述

流出物实验室用于监测核电厂气载和液态流出物的样品，以确定被排放气载和液态流出物的放射性水平，保证向环境的受控排放。本工程流出物实验室位于厂区实验室一层，实验室处于辐射防护控制区，人员进出需要通过卫生出入口进行管理。

流出物实验室包括包括热冷制备间（112）、热制备间（114）、核素测量间（108）、γ 谱仪探头间（109）和放射源储存间（116）。实验室的面积和房间功能见表 8.3-1。

流出物实验室配备了流出物监测的仪器和设备，能够满足流出物监测的需求，详见表 8.3-2。

本工程气载放射性流出物和液态放射性流出物的实验室分析项目包括烟囱气态氚、气态 C-14、惰性气体、气态碘（测量周期 7 天），液态氚、液态 C-14、液态 γ 核素（批次排放前）和液态流出物中 Sr-90。

8.3.1.2 流出物实验室建设情况

流出物实验室目前正在进行内部装修和家具仪器安装工作，预计 2019 年 9 月 20 日具备投运条件。

8.3.2 环境监测设施

8.3.2.1 环境 γ 辐射监测系统

（1）环境 γ 辐射监测站

核电厂烟囱排放的放射性气态流出物是核电厂周围居民受照的重要途径，因此大气 γ 辐射监测是环境监测的重点项目。田湾核电站已运行环境监测站 13 个，分别为厂内站 8 个，厂外站 5 个，具体方位见图 8.3-2。其中，厂内站包括田湾 1/2 号双围墙内 4 个 (91UCJ、92UCJ、93UCJ、94UCJ)、3/4 号机组新增 3 个（W1UCJ、W2UCJ、W3UCJ）和厂前区(01UCJ)，5 个厂外站分别在高公岛(02UCJ)、宿城乡(03UCJ)、环境监测楼(04UCJ)、杨圩(05UCJ)、板桥镇(06UCJ)，各监测站位置信息详见表 8.3-3。此外，田湾核电站拟在跨海大桥上新建

1个监测站，目前该站正在建设中；并将田湾1/2号双围墙内93UCJ监测站移到厂区边界处，目前正在进行方案评审。厂区外3个站（杨圩、宿城乡和环境监测楼）和厂区2个站（厂前区和厂区四）均设有空气中气溶胶、碘、H-3、C-14、雨水和沉降灰收集装置，固定环境γ监测站的设备配置情况见表8.3-4。13个监测站围绕田湾核电站形成一个监测网，环境γ监测站实时获取环境γ辐射剂量率数据，通过有线或无线方式实时传输到应急指挥中心和环境监测楼γ辐射监测数据中央计算机。

（2）累积γ剂量及瞬时γ剂量率测量

在现有田湾核电地区累积γ剂量、瞬时γ剂量率监测点位基础上，将根据需要考虑在田湾核电站扩建工程5、6号机组厂区内附近增设累积γ剂量监测点位。取样频率为每季度一次，并在实验室对剂量计进行分析测量。

瞬时γ剂量率采用便携式环境γ剂量率计按布点图对监测点位进行测量，测量频度为每季度一次。

8.3.2.2 环境监测楼

（1）概述

为进行厂址区域环境辐射监测及环境介质样品的测量分析，田湾核电站已在连云港开发区建设了环境监测楼，负责田湾核电站周围环境介质样品的采集、制样、样品分析测量以及对环境样品测量数据处理及评价。

（2）位置和规模

环境监测楼距核电厂厂区约10km，总面积约为2000m^2，共三层，分为样品制备、放化分析、物理测量、信息处理传输及办公等区域。环境监测楼内共有29间环境监测实验室，主要大型仪器的配置见表8.3-5。

环境监测楼除配置了水、电、气和某些专用房间的空调和排风外，还在该建筑物旁建有一个3车位的汽车库，供存放1辆环境监测采样车和2辆应急监测车。

环境监测楼内配备的主要设备包括以下几类：

取样设备：主要有气溶胶及碘取样装置、沉降物取样设备、降水收集器、空气^3H取样装置以及一些专用取样设备。

制样设备：主要有通风柜、灰化炉、干燥箱及其它放化制样器具。

放射性分析测量仪器：主要有低本底α/β测量仪、低本底液体闪烁测量装置、低本底γ谱仪和热释光测量仪等。

8.3.2.3 自动气象观测系统

气象数据是评价核电厂气态流出物对周围环境影响程度及范围的重要参数，因此气象观测系统也为电厂运行期间的环境监测的重要组成部分。目前田湾核电站已建成一个气象观测系统。它由场区南气象站和场区铁塔气象站组成。主要的设施有气象梯度仪（安装在气象铁塔上）、地面自动气象站、日射仪、通讯系统、气象中心站。主要观测的气象要素为风速、风向、温度、气压、湿度、降水、天空总辐射、太阳直射和净辐射。

这些气象数据在应急指挥中心和环境监测楼中央计算机的相应服务器处理、贮存，并与实时收集的核电厂地区 γ 辐射监测数据一起传至环境监测实时数据网，进行集中管理、贮存、显示、传输、查询和发布。

8.3.2.4 环境监测车辆

田湾核电站目前已经配备了1辆环境监测采样车和2辆应急监测车，正常运行时用于厂区及周围环境γ辐射水平进行巡测、环境介质的快速测量、环境介质样品的采样和传送及环境辐射与气象监测系统的日常维护，也可进行热释光元件（TLD）的布设及回收，事故条件下进行应急监测及采样。车上装有车载γ谱仪、便携式气溶胶、碘空气取样器、便携式α/β表面污染测量仪、便携式γ剂量率仪、手持式气象设备、全球定位设备和无线通讯设备。

8.3.2.5 地下水监测井

田湾核电站3、4号机组设置了3口地下水监测井，分别位于31UQB厂房、 T4UKT厂房、T3UKT厂房附近。田湾核电站5、6号机组新增加了3口地下水监测井，分别位于QA 厂房、FC厂房、AC厂房附近，监测井布置位置详见图8.3-3。

8.3.2.6 监督性系统前沿站和子站

监督性系统前沿站位于连云港市经济技术开发区峨眉山路8-1号，距离核电厂10.8km，总面积3800m^2，仪器设配配置情况见表8.3-6。监督性监测系统子站共有14处，具体位置信息见表 8.3-7 和图 8.3-4，主要设备配置见表 8.3-8。田湾核电站环境监测站和监督性环境监测站见图8.3-5。

8.4 质量保证

8.4.1 质量控制

8.4.1.1 建立质量保证体系

从 2003 年环境监测设施建成运行开始，田湾核电站就依据国家相关标准，建立了包括人员培训、样品采集和处理、仪器刻度和检验、样品测量分析、标准参考物质使用和数据处理等一系列质量保证措施。田湾核电站环境辐射监测质量保证体系见图 8.4-1，环境

监测相关程序目录见表8.4-1。田湾核电站流出物监测质量保证体系图见图8.4-2，流出物监测相关程序目录见表 8.4-2。田湾核电站环境辐射监测和流出物监测相关的程序和规程定期进行升版。

8.4.1.2 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品。为达到此目的，采取了以下质量控制措施：

- 制定各类环境介质的采样计划，包括选择合适的采样地点和位置，选择合理的采样时间、采样频率和采样方式，以保证采集到具有代表性的样品。
- 根据各类环境介质的特点，严格遵守各类环境介质的采样、包装、运输和贮存的技术标准及操作程序，详细准确地填写采样、前处理、交接、分析测量和贮存记录，各种记录均有责任者签名。
- 制定了操作样品时防止交叉污染的措施。
- 环境样品采集一定的平行样品以进行平行样测量分析和进行复检。
- 保存的各类常规样品（包括分析剩余样品、非破坏性分析样品和备检样品），并附有可靠的标签和专门的记录。

8.4.1.3 样品处理、分析测量中的质量控制

样品处理、分析测量中的质量控制措施包括：

- 样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。并有完备的书面程序。任何操作人员均不得擅自修改常规采用的方法或程序。在对样品的处理中采取有效措施以防止核素损失和使样品受到污染。准确地配制载体和标准溶液、注意检查载体和标准溶液的质量。严格制备供放射性测量的样品。
- 在分析测量的操作过程中落实《环境监测质量保证措施》（EMC-0-UCJ00-001）程序规定，防止样品之间的交叉污染的措施。
- 为了确定分析测量过程中的不确定度，采取相应的校正措施。
- 分析测量掺标样品或标准参考物质，以确定分析测量的准确度。分析测量时，采用与相应的待测样品相同的操作程序。
- 分析测量空白样品。空白样品与待测样品同时进行预处理和化学分析比对。
- 为了发现监测设备和监测中可能存在的缺陷，验证环境监测设备的可靠性，确保环境监测数据的精确性，可比性，田湾核电站非常重视实验室内部和外部的比对，积极组织了与外部单位的及实验室内部的比对。

- 仪器的刻度和检验：田湾核电站对环境监测仪器设备严格执行定期检定和校准刻度制度，所有放射性测量仪器，都按照检定周期定期检定。刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准，同时还采取如下的检验措施以确保仪器在测量时仍然处于刻度时的良好状态：
  - 标准（参考）样品分析。
  - 放射性测量仪器每月至少进行一次本底、效率检验，并制作仪器本底、效率的控制图。
  - 对γ谱仪、低本底α/β测量仪等每年进行一次以说明仪器计数是否满足泊松分布的χ2检验。
  - 每月进行能量分辨率和能量刻度检验。
  - 所有放射性测量仪器，每年刻度一次，刻度所用标准源和标准物质，可追溯到国家计量标准或国际计量标准。

8.4.1.4 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

- 每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录，并有责任者签字，原始记录和环境监测结果将永久保存。
- 详细、准确的质量控制记录，包括所有采样和分析测量仪器性能的检定、校准、检验和维修情况；质量控制样品分析和实验室间的比对情况；标准计量器具、标准源、标准参考物质的使用情况和掺标样品、载体和标准溶液的配制情况；计算机程序验证情况等。将有关质量控制文件长期保存。
- 进行数据统计学处理。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。对数据处理、计算结果进行严格审核，审核人在审核报告上签字。
- 对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并进行核查。
- 环境监测报告中所采用的量、单位和符号等均符合国家颁布的标准。

8.4.1.5 实验室比对

为了发现和确定实验室分析测量所产生的系统不确定度，田湾核电站将积极参与实验室间分析测量比对。

8.4.2 质量管理

质量管理涉及到组织管理、人员资格和培训以及检查和经验反馈。

8.4.2.1 组织机构

- 编制组织管理程序，明文规定管理和实施质量保证计划的组织机构、人员设置及其职责、权力等级。
- 统一的环境监测组织机构，对田湾核电站地区的环境监测进行统一管理。
- 环境监测科设有科长、环境监测物理工程师、环境监测化学工程师及技术员。

8.4.2.2 人员资格和培训

田湾核电站环境监测科建立和完善了工作人员资格和培训管理规定，对环境监测人员严格执行培训与授权制度，所有人员必须经过培训考核合格，并取得相应的授权，才有资格上岗从事相关工作。

田湾核电站积极开展年度培训工作，结合实验室认可工作要求，组织人员参加实验室认可内审员、测量不确定度评估、实验室检测或校准结果符合性判定及质量控制人员专业能力培训等相关认可培训，掌握认可有关基础知识和技能，开展环境监测相关技术标准和程序、环境监测中放射性数据处理岗位培训，提高监测人员的技术水平。2018 年，对所有相关人员都进行了基本安全授权培训（复训）、考核和重新授权，对 4 名员工进行了 γ 能谱仪技术高级培训；组织 3 名从事气态流出物监测的分析员对烟囱惰性气体、卤素、气溶胶的取样操作、高纯锗 γ 谱仪操作进行了专项培训；按照化学分析人员岗位培训大纲的要求，组织对新入职员工进行了管理程序和技术程序培训、放射化学基础知识培训、放射性样品取样培训、放射化学分析仪器理论和实操培训等。

8.4.2.3 技术交流

田湾核电站不定期与江苏省辐射环境监测管理站（省站）开展交流，主要包括：

- 进行技术交流；
- 召开研讨会；
- 与其工作人员交流监测质量控制工作中经验。

表 8.1-1 田湾核电站运行期间环境辐射监测方案

项目	监测对象	监测种类及核素	取样或测量频度	取样或测量点分布	采样点数
环境γ辐射	剂量率	γ辐射	连续	1、2 号机组双围墙内 4 点、厂前区、现场工程公司、综合楼、核电观景平台、杨圩、宿城、高公岛、板桥镇和环境监测楼各 1 点	13
		γ辐射	季	按 22.5°方位角布点，近密远疏。	75
	累积剂量	γ辐射	季	原则同上	75
大气及沉降物	大气	^{131}I	月	双围墙内 1 点，厂前区、杨圩、宿城乡和环境监测楼各 1 点	5
		^{14}C	月		
		^{3}H	月	双围墙内 1 点，厂前区、综合楼、杨圩、宿城乡和环境监测楼各 1 点	6
	气溶胶	总 α、总 β	周		
		γ核素	月		
		^{137}Cs	半年		
	沉降灰	总 α、总 β、^{90}Sr、γ核素	季	双围墙内 1 点，厂前区、杨圩、宿城乡和环境监测楼各 1 点	5
	降水	^{3}H、γ核素	季		
陆地水	饮用水	总 α、总 β、^{3}H、γ核素	季	核电厂现场、宿城、高公岛、青口镇	4
	地表水	^{3}H、γ核素	半年	宿城水库、蔷薇河水、青口河水	3
	地下水	^{3}H、γ核素	半年	厂区地下水井*、高公岛、东磊山泉	4
土壤、岸边沉积物		γ核素、^{90}Sr	年	柳河、黄窝、大竹园、青口、东崖屋、宿城、环境楼、云门寺、杨圩、板桥、东辛农场、蒿西、蒿东、蔷薇河、青口河	15
水库沉积物		γ核素、^{90}Sr	年	宿城水库	1
农畜产品	农作物 稻谷	γ核素	年	核电厂边界、青口镇	2
	农作物 小麦	γ核素	年	板桥镇、宿城、青口镇	3
	农作物 青菜	γ核素	年	宿城、柳河、青口镇	3
	农作物 水果	γ核素	年	宿城（油桃）、朝阳（山楂）、青口（樱桃）、东海（草莓）	4
	农作物 茶叶	γ核素	年	宿城云台山、花果山	2
	农作物 草	γ核素	年	宿城、柳河	2
	动物及产品 猪肉	γ核素	年	宿城乡、青口镇	2
	动物及产品 鸡	γ核素	年	宿城乡、青口镇	2
	动物及产品 淡水鱼	γ核素	年	朝阳、新浦	2
	动物及产品 牛奶	^{131}I	半年	东辛农场	1
海水和沉积物	海水	^{3}H、γ核素	半年	排放口 3 点及排放口附近 2 点、高公岛、丁港、水岛、连岛、青口闸以北	10
	海水	总 β、^{3}H	月	1~2 号机组循环冷却水和安全厂用水取样站、3~4 号机组排放口	3
	海水	^{90}Sr	年	排放口附近 2 点、高公岛、青口闸以北	4
	沉积物 潮下带	γ核素、^{90}Sr	年	排放口附近 2 点、高公岛、丁港、水岛、连岛、青口闸以北	7
	沉积物 潮间带	γ核素、^{90}Sr	年	丁港、青口闸	2

项目		监测对象	监测种类及核素	取样或测量频度	取样或测量点分布	采样点数
海产品	鱼类	黄鲫鱼	γ核素	年	连云港以东海域、青口镇下口海域	2
		蓝点鲅	γ核素	年	连云港以东海域、青口镇下口海域	2
		带鱼	γ核素	年	连云港以东海域	1
		鲻鱼	γ核素	年	连云港以东海域、青口镇下口海域	2
	甲壳类	鹰爪虾	γ核素	年	连云港以东海域	1
		虾	γ核素	年	方洋港闸、青口下口海域	2
		梭子蟹	γ核素	年	连云港以东海域、青口镇下口海域	2
		虾蛄	γ核素	年	连云港以东海域、青口镇下口海域	2
	软体类	蛤仔	γ核素	年	连云港以东海域	1
		乌贼	γ核素	年	连云港以东海域、青口镇下口海域	2
		紫贻贝	γ核素	年	连云港以东海域	1
		缢蛏	γ核素	年	连云港以东海域	1
		毛蚶	γ核素	年	连云港以东海域	1
	藻类	紫菜	γ核素	年	柳河、青口镇下口海域	2
		海带	γ核素	年	连岛	1
指示生物	松针		^{90}Sr、γ核素	年	宿城水库保驾山、北崮山	2
	牡蛎		^{90}Sr、γ核素	半年	高公岛附近海域、青口海域	2
盐类	海盐		γ核素	年	台南盐场	1
	卤水		^{3}H、γ核素	年	台南盐场	1

* 厂区地下水井为实际出水井数量

表 8.1-2 田湾核电站环境辐射与样品放射性探测方法、装置及探测下限

项目		分析测量方法	测量装置	回收率 1) %	效率 %	测量时间 min	仪器本底 cpm	样品量	探测下限
γ吸收剂量率		连续测量	高压电离室			连续			1.0E-8~10Gy/h
		瞬时测量	ADM-300			瞬时			1.0E-7Gy/h
			GH-102A			瞬时			1E-8Gy/h
累积γ剂量		TLD 组件	RGD3B						1E-6Gy/h
氚		蒸馏法制样、液体液闪计数法	Quantulus1220 液闪谱仪		27	1440	0.9	8ml	0.899Bq/L
^{14}C		氧化后碱液吸收液体液闪计数法	Quantulus1220 液闪谱仪		11.5	1440	6.10	4g	0.09Bq/g 碳
总 β	气溶胶	总β计数法	LB770、MDS-8 α/β 测量仪	99.6	47	50×4	0.7	300m^3	3.27E-5Bq/m^3
	排放渠海水	蒸发制样、总β计数法		92 2)	40	100×2	0.7	50ml	0.250Bq/L
	淡水	蒸发制样、总β计数法			40	200	0.7	1L	1.14E-2Bq/L
	沉降灰	蒸发制样、总β计数法			40	200	0.7	0.5 g	2.30E-2Bq/g
总 α	气溶胶	总 α 计数法			28	50×4	0.07	300m^3	2.07E-5 Bq/m^3
	饮用水	蒸发制样、总 α 计数法			28	100×2	0.07	1L	6.20E-3Bq/L
^{90}Sr	生物	萃取色层法		50	45	800	0.58	10g	0.929Bq/kg 灰
	土壤			40	45	800	0.58	50g	0.232Bq/kg 干
	海水			50	45	800	0.58	40L	0.232Bq/ m3
	沉降灰			70	45	800	0.58	按实际采集量	1.86E-2Bq/g
	沉积物			70	45	800	0.58	50g	0.133 Bq/kg

^{137}Cs	气溶胶	磷钼酸铵吸附-碘铋酸铯沉淀法		90	21	1440	0.58	13000 m^3	6.34E-7 Bq/m^3
^{131}I	牛奶	四氯化碳萃取-碘化银沉淀法		30	30	800	0.58	4L	5.81E-3Bq/L
γ谱	气溶胶	滤膜采样、	ORTEC HPGe D. [GEM40p- s] [GEM60p- s] [GEM40P4-76] γ 谱仪	84.6	6.1	1400	0.14	6000 m^3	^{137}Cs 2.51E-6Bq/m^3
	碘	活性炭盒采样		81.3	2.7		0.30	1000 m^3	^{131}I 5.18E-5Bq/m^3
	生物	灰化制样		84.6	3.3		0.57	70g(灰)	^{137}Cs 0.802Bq/kg 灰
	土壤	烘干、研磨制样、		84.6	2.6		0.62	320g	^{137}Cs 0.232Bq/kg 干
	淡水	蒸发制样、		84.6	2.2		0.19	20 L	^{137}Cs 2.43Bq/m^3
	海水	亚铁氰化钴钾沉淀法制样		84.6	4.7		0.56	100 L	^{137}Cs 0.391Bq/m^3
	沉积物	烘干、研磨制样		84.6	1.9		0.69	0.23kg	0.46 Bq/kg 干
	沉降灰	蒸发、烘干		84.6	5.3	2800	0.62	0.70 月 m^2	0.036Bq/（月 m^2）

1) 化学回收率或 ^{137}Cs 661.6keV 、^{131}I 364.5keV γ射线发射几率；

2) 指海水制样过程中回收率。

表 8.1-3 厂区内巡测主要设备和物资清单

序号	物资名称	单位	备注
1	便携式 β/γ 剂量率监测仪	台	
2	表面 α/β 污染监测仪	台	
3	电子个人剂量计	块	附发放登记表 1 份
4	应急个人 TLD（热释光剂量计）	块	附发放登记表 1 份
5	场区巡检表格	张	
6	场区巡检图纸	张	
7	记录用笔	支	
8	文件夹	个	
9	《场区及外环境应急辐射监测》程序	份	
10	纸衣	件	
11	白纱手套	双	
12	口罩	个	
13	碘片	颗	
14	ON-CALL 表（通讯表）	个	
15	雨具	套	
16	手电筒	个	
17	保护膜	卷	
18	雨靴	双	
19	半面罩（P-100）	只	
20	防水纸衣	套	
21	晕车药	瓶	

注：这些物资存放在指挥中心仪表存放间。

表 8.1-4 厂外环境巡测主要设备和物资清单

类别	主要设备及其主要参数	备注
环境监测采样车/应急监测车	便携式 γ 剂量率仪	
	便携式 α/β 表面污染测量仪	
	便携式气溶胶、碘空气取样器	
	车载 γ 辐射探测器，采用双 GM 管，分为高，低两个量程，测量范围为 10^{-8}~100Sv，能量范围：0.038~1.3Mev	
	车载 γ 谱仪，LaBr 闪烁体探测器，能量范围：30 keV~3 MeV，剂量率范围：1 nSv/h~400 μSv/h	
	车载气象设备（风速风向等）	
	车载供电系统（含 UPS）	
	全球定位系统	
	计算机硬件系统	
	计算机软件系统：可实现数据实时显示、查询、存储、发送等功能，含有电站周边 50 公里范围电子地图	
	取样工具及耗材（包括取样桶、气溶胶滤纸、活性炭滤盒、样品盒、环境 TLD 等）	
	工作人员防护装备（包括带过滤器面罩、防尘口罩、纸衣、雨衣等）	
	巡测相关程序、监测记录表格及相关仪表使用说明书	
	污染及辐射划分标物、防沾污保护膜。	
	应急药箱（含碘片）、应急照明、备用电池	
个人剂量计	个人 TLD 和电子个人剂量计每人各一件，电子个人剂量计检查内容包括读数清零和报警阈值设置	在应急指挥中心取。
通讯及其它	个人移动电话、800M 集群电话。	除个人移动电话外其他设备在应急指挥中心取。

表 8.2-1 田湾核电站温排水监测计划

序号	开展项目	调查形式	起止时间
1	江苏田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查	航天	2008
2	2009-2010 江苏田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查	航空+航天	2009-2010
3	2011-2012 江苏田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查	航天	2011-2012
4	2013-2014 江苏田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查	航天	2013-2014
5	2015-2016 江苏田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查	航天	2015-2016
6	2017-2018 江苏田湾核电基地附近海域海面温度场遥感调查	航天	2017-2018

表 8.2-2 田湾核电站环境非放射性污染物监测方案

监测对象	取样测量地点	分析项目	周期
海水	取水口、1~2 号机组循环冷却水取样站、1~2 号机组安全厂用水取样站、3~4 号机组排放口附近海域	硼、油类、硫酸盐、镍、钾、铁、COD、BOD_5、活性磷酸盐、联氨、氨氮	月
		溶解氧、pH 值、余氨	周

表 8.2-3 气象观测系统仪器主要技术指标参数

参数 / 传感器	测量范围	分辨率	精度	采样频率
风速	0~60m/s	0.1m/s	±（0.3±0.03 $_{实际}$）m/s	1 次/s
风向	0°~360°	1.4°	±5°（周速>0.5m/s	1 次/s
温度	-20°C~+60°C	0.01°C	±0.1°C	1 次/10s
湿度	10%~100%RH	1%RH	±4%RH	1 次/10s
气压	850~1060hP a	0.1hPa	±0.3hPa	1 次/10s
雨量	0~240mm/h	0.1mm	±0.4mm(<10mm) ±4%(≥10mm)	1 次/min
总辐射	0~2kW/m^2	1W/m^2	9.71μv.w^{-1}.m^2	1 次/10s
净辐射	-2~2kW/m^2	1W/m^2	14μv.w^{-1}.m^2	1 次/10s

表 8.3-1 流出物实验室的房间面积和房间功能

房间	功能	使用面积（m^2）
冷制备间	常规岛气液态流出物样品制样	35.6
热制备间	核岛气液态流出物样品制样	43.8
核素测量间	分析流出物核素的种类 测量分析流出物的放射性水平	36.5
γ 谱仪探头间	流出物 γ 谱放化测量	7.6
源存放间	存放放射源	6.3

表 8.3-2 流出物实验室的仪器设备配置

序号	房间号	设备名称	数量	仪器设备型号及规格参数
1		分析天平（220g）	2	220g，精度 0.1mg。
2		红外线烘干器	1	工作温度范围：室温至 190℃，灯泡样式。
3		干燥烘箱	1	工作温度范围 20～210℃，温控精度±1℃； 不锈钢内胆和搁架，约 130L。
4		便携式 pH 计	1	梅特勒-托利便携式 pH 计 S8 pH 测量范围：-2.000 到 19.999，分辨率 0.001， 相对精度±0.005，自动校准。
5		总有机碳分析仪	1	美国 1030W TOC
6		4 孔恒温水浴锅	1	工作温度范围：室温+5～99℃，温控精度±2℃； 容积约 10L。
7		电炉	1	功率 2000w。
8		手动真空泵抽滤瓶成套（泵＋抽滤瓶）	1	配 5μ 滤微孔滤膜和 47MM, 500ML 过滤器； 手动真空泵制造材料（主体）：PVC,最大真空度：58－64cmHg； 抽滤瓶制造材料：玻璃，容量：1L。
9		高纯锗 γ 谱仪	2	ORTEC　GEM40P4-76 晶体类型：P 型高纯锗，同轴型，相对探测效率：≥ 40%； 能谱范围：50 keV~10 MeV； 分辨率：1332.5keV 半峰宽 2.1keV； 数字化谱仪≥8192 道。
10		液闪计数仪	1	LSC-LB7 计数效率：H-3 的效率大于 65%，C-14 的效率大于 95%； 配有制冷装置保证设备温度恒定。
11		低本底 αβ 测定仪	1	ORTEC　PIC-MPC 9604，4 路超低本底流气式正比计数器 每路均有独立探测器、防卫探测器、10cm 铅 40π 屏蔽和电子学单元； 本底：α＜0.1CPM，β＜1CPM; 效率：对 α ^{241}Am≥ 42%，对 β ^{90}Sr-^{90}Y≥ 55%。

表 8.3-3 田湾核电站环境γ辐射监测站位置信息

站位编号	点位	方位	距离	站位编号	点位	方位	距离
01UCJ	厂前区	ESE	1	92UCJ	厂区二	E	0.1
02UCJ	高公岛	NNE	2.3	93UCJ	厂区三	WSW	0.2
03UCJ	宿城	WNW	3.4	94UCJ	厂区四	NNW	0.12
04UCJ	环境楼	W	11.1	W1UCJ	综合楼	SSW	0.6
05UCJ	杨圩	SW	2.2	W2UCJ	观景平台	N	0.4
06UCJ	板桥	SW	5.1	W3UCJ	工程公司	WSW	0.8
91UCJ	厂区一	ENE	0.15				

表 8.3-4 田湾核电站环境γ辐射监测站的设备配置

监测站 / 设备名称	厂区内固定环境γ辐射监测站								厂区外固定环境γ辐射监测站				
	91UCJ	**92UCJ**	**93UCJ**	**94UCJ**	**01UCJ**	**W1UCJ**	**W2UCJ**	**W3UCJ**	**02UCJ**	**03UCJ**	**04UCJ**	**05UCJ**	**06UCJ**
高气压电离室	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
气溶胶及碘取样装置				√	√					√	√	√	
大气沉降灰和雨水收集器				√	√					√	√	√	
大流量气溶胶取样器				√	√					√	√	√	
空气中氚采样设备				√	√	√				√	√	√	
空气中碳-14 采样设备				√	√					√	√	√	
超大流量气溶胶取样器						√					√		
溴化镧γ谱仪											√		
数据通信设备	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
配电箱	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
备用电源	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

表 8.3-5 环境监测实验室主要大型仪器配置

序号	仪器名称	型　号	数 量	生产厂家
1	低本底 α/β 测量仪	LB770	一台	德国 Berthold 公司
1	低本底 α/β 测量仪	MPC-9604	二台	美国 Protean 公司
3	低本底液体闪烁仪	Quantulus1220	二台	芬兰 WALLAC 公司
4	HPGe－γ 谱仪	GEM40P4-76	一台	美国 ORTEC 公司
5	HPGe－γ 谱仪	GEM60P-S	一台	美国 ORTEC 公司
6	HPGe－γ 谱仪	GMX40P-S	一台	美国 ORTEC 公司
7	热释光剂量仪	RGD－3B	一台	中国防化研究所
8	热释光剂量仪	RGD－6	一台	北京海阳博创
9	标准高气压电离室	RSS－131	一台	美 国 GE-Reuter-Stokes 公司
10	原子吸收光谱仪	SOLAAR-S4	一套	美国热电
11	紫外/可见分光光度计	9243UV5	二套	美国热电

表 8.3-6 监督性监测系统前沿站仪器设备配置情况

设备名称	仪器型号	生产厂家	数量
高纯锗 γ 谱仪	GC6020+DSA100	CANBBERRA	1
高纯锗 γ 谱仪	BE5030+DSALX	CANBBERRA	1
液闪谱仪	Quantulus 1220	PerKinElmer	2
低本底 α/β 计数仪	LB770	Berthold	1
低本底 α/β 计数仪	MPC9604	protean	2
热释光测量仪	RGD-3B	北京防化研究院第二研究所	1
热释光测量仪	RGD-5	海阳博创	1
破碎机	BB200	莱驰	1
研磨仪	RM200	莱驰	1
筛分仪	AS200	莱驰	1

表 8.3-7 监督性监测系统子站位置信息

监督性站点	地址	方位	距离
厂前区	田湾核电站单围墙内	南 S	0.8km
杨圩	连云区板跳闸口	西南 SW	2.1km
新浦	海州区海昌南路 88 号	西南西 WSW	28km
高公岛	田湾核电站取水口院内	东北 NE	3km
连云	连云区荷花街荷花路西侧 A 楼东单元 401 室	北西北 NNW	5km
墟沟	连云区滨海北路 1 号海客瀛洲 B2-3303 室	西北 NW	11km
连岛	连云区连岛镇白沙村 40 号	北 N	10km
宿城	连云区宿城乡留云岭村虎口岭组 22 号	西西北 WNW	3.5km
中云	连云港经济技术开发区峨眉山路 8-1 号	西 W	10.8km
柳河	连云区高公岛柳河村	北东北 NNE	1.5km
东巷	连云港经济技术开发区茅山路 28 号藤花园小区 4-1-602	西西南 WSW	8km
封跳	连云区板桥工业园云港路江苏中彩科技有限公司办公楼 501	南西南 SSW	6km
蒿西	连云区板桥工业园区祥和路 8 号台南大酒店 523	南 S	5km
蒿东	徐圩新区环卫所二楼	南东南 SSE	7.5km

表 8.3-8 监督性监测系统子站仪器设备配置情况

序号	设备名称	加强型站点			标准型站点					加强型站点			标准型站点			数量合计
		连岛	宿城	中云	蒿东	柳河	封跳	蒿西	东巷	厂前区	杨圩	新浦	连云	墟沟	高公岛	
1	高压电离室	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
2	空气在线监测 R 谱仪		1	1						1	1	1			1	6
3	超大流量自动大气连续气溶胶采样器			1						1	全自动					2
4	大流量气溶胶采样器										1	1				2
5	空气中碘采样器									1						
6	空气中碳 14 采样器									1						
7	空气中氚采样器									1						
8	干湿沉降物采样器			1						1	1	1			1	5
9	雨水传感器	1			1	1	1	1	1				1	1		8
10	气象仪		1							1	标准	1			1	4
11	一体化站房				1	1				1					1	4
12	不间断电源	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
13	发电机			1												1
14	避雷系统	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
15	控制和数据通信硬件和软件集成系统	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
16	自动控制与安全防范装置	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14

表 8.4-1 环境监测相关程序目录

序号	程序编号	程序名称
1	G-IP-WME-010	环境监测
2	EMC-0-UCJ00-001	环境监测质量保证措施
3	EMC-0-UCJ00-002	环境监测中放射性数据处理
4	EMC-0-UCJ00-003	环境实验室样品编码原则
5	EMC-0-UCJ00-004	环境监测试剂、器材暂存规定
6	EMC-0-UCJ00-005	环境样品采样程序
7	EMC-0-UCJ00-006	环境样品前处理程序
8	EMC-0-UCJ00-007	LB770 低本底 α/β 测量仪操作程序
9	EMC-0-UCJ00-008	沉降灰和海水总 α、总 β 测量程序
10	EMC-0-UCJ00-009	气溶胶总 α、总 β 测量程序
11	EMC-0-UCJ00-010	QUANTULUS 1220 型液闪谱仪操作程序
12	EMC-0-UCJ00-011	环境样品中氚的放射性测量规程
13	EMC-0-UCJ00-012	土壤、沉积物和沉降物样品中锶-90 的放射性测量规程
14	EMC-0-UCJ00-013	低本底 γ 谱仪操作规程
15	EMC-0-UCJ00-014	环境样品 γ 谱仪测量规程
16	EMC-0-UCJ00-016	RGD-3B 型热释光剂量仪操作规程
17	EMC-0-UCJ00-017	环境监测车车载监测仪器操作规程
18	EMC-0-UCJ00-018	AREMS 系统气溶胶、空气中碘采样规程
19	EMC-0-UCJ00-019	AREMS 系统计算机软件的操作规程
20	EMC-0-UCJ00-021	取排水口海水化学分析
21	EMC-0-UCJ00-022	水中锶-90 的放射性测量规程
22	EMC-0-UCJ00-024	牛奶中 I-131 的放射性测量规程
23	EMC-0-UCJ00-025	生物样品灰中锶-90 的放射性测量规程
24	EMC-0-UCJ00-026	饮用水总 α、总 β 测量分析规程
25	EMC-0-UCJ00-028	气溶胶中铯-137 的放射性测量规程
26	EMC-0-UCJ00-033	520 紫外可见分光光度计的操作程序
27	EMC-0-UCJ00-034	Solaar 原子吸收分光光度计的操作程序
28	EMC-0-UCJ00-036	环境监测仪器检定管理
29	EMC-0-UCJ00-037	应急样品采集测量规范
30	EMC-0-UCJ00-041	环境管理科放射源操作规程
31	EMC-0-UCJ00-042	环境空气中 C-14 测量规程
32	EMC-0-UCJ00-043	MDS-8 低本底 α 本底测量仪操作程序
33	EMC-0-UCJ00-044	RGD-6 型热释光剂量仪操作规程
34	EMC-0-UCJ00-045	环境监测样品采集及分析用品定额标准
35	EMC-0-UCJ00-046	SPECORD®50PLUS 紫外可见分光光度计操作程序
36	EMC-0-UCJ00-047	红外分光测油仪操作程序
37	EMC-0-UCJ00-048	环境监测仪器设备管理
38	EMC-0-UCJ00-049	环境监测记录控制

表 8.4-2 流出物监测相关程序目录

序号	文件编码	文件名称
1	G-AD-WME-000	环境保护和废物管理分大纲
2	G-IP-WME-022	放射性流出物的监测和管理
3	RP-5M9-00000-401	放射性流出物实验室管理
4	RP-5M9-00000-402	放射性流出物监测规范
5	RP-5M9-00000-403	放射性流出物取样规程
6	RP-5M9-00000-404	5、6 号机组烟囱取样操作单
7	RP-5M9-00000-405	气态流出物中 C-14 测量规程
8	RP-5M9-00000-407	气态流出物中 H-3 测量规程
9	RP-5M9-00000-408	液态流出物中 C-14 测量规程
10	RP-5M9-00000-409	液态流出物中 H-3 测量规程
11	RP-5M9-00000-410	液闪谱仪（LSC-LB7）操作规程
12	RP-5M9-00000-411	液闪谱仪（Quantulus GCT 6220）操作规程
13	RP-5M9-00000-412	C-14 制样仪（OI-1030W）操作规程
14	RP-5M9-00000-413	液态流出物中总 β 测量规程
15	RP-5M9-00000-414	液态流出物中 Sr-90 测量规程
16	RP-5M9-00000-415	低本底 α β 计数器(ORTEC)操作规程
17	RP-5M9-00000-416	气态流出物中惰性气体测量规程
18	RP-5M9-00000-417	气态流出物中碘测量规程
19	RP-5M9-00000-418	气态流出物中气溶胶测量规程
20	RP-5M9-00000-419	液态流出物中 γ 核素和总 γ 测量规程
21	RP-5M9-00000-420	高纯锗 γ 谱仪（ORTEC)操作规程
22	RP-5M9-00000-421	pH 计（3STAR）操作规程
23	RP-5M9-00000-422	pH 计（SevenExcellence）操作规程

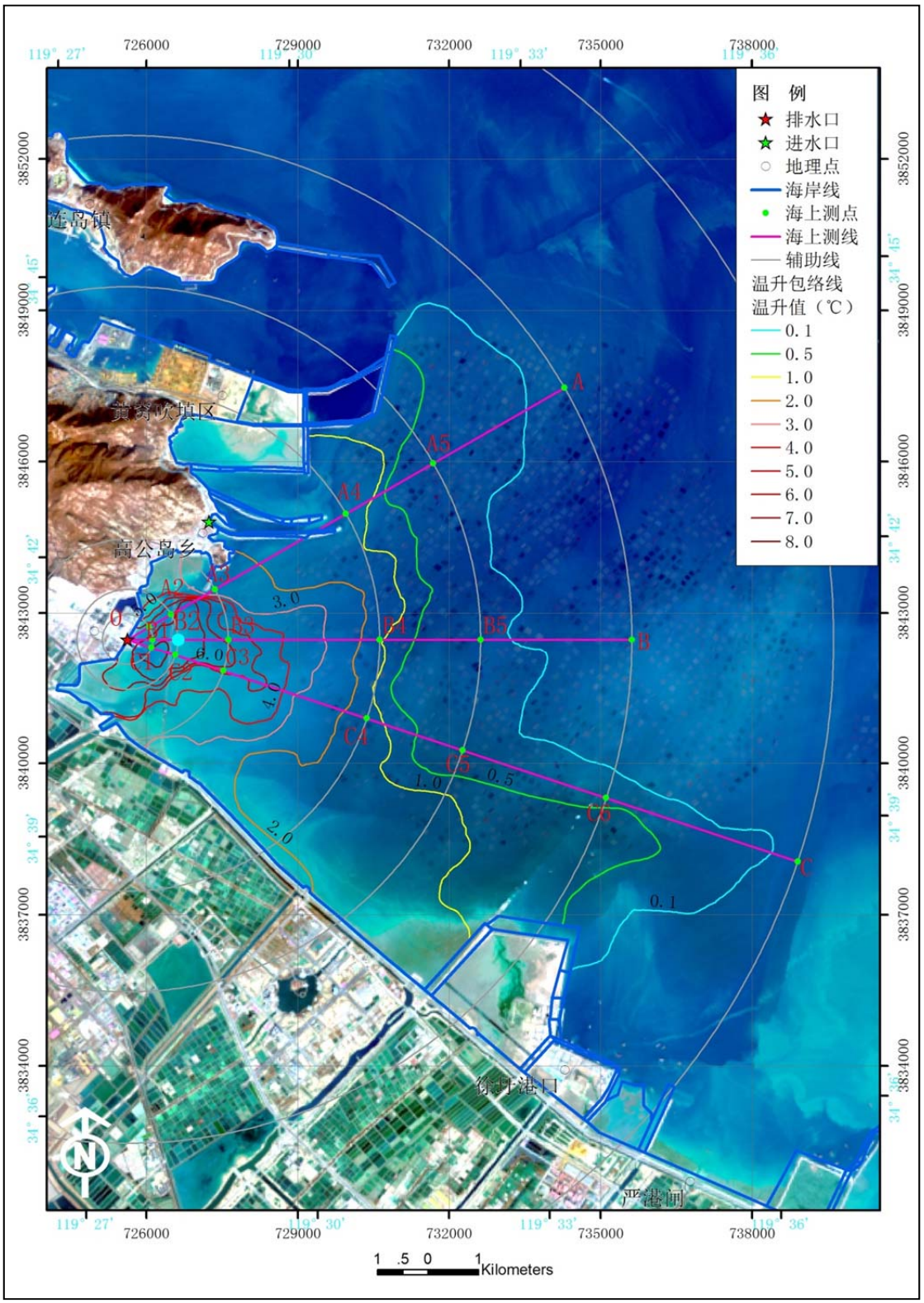


图 8.2-1 海面测量线与布点位置



图 8.2-2 气象铁塔地理位置

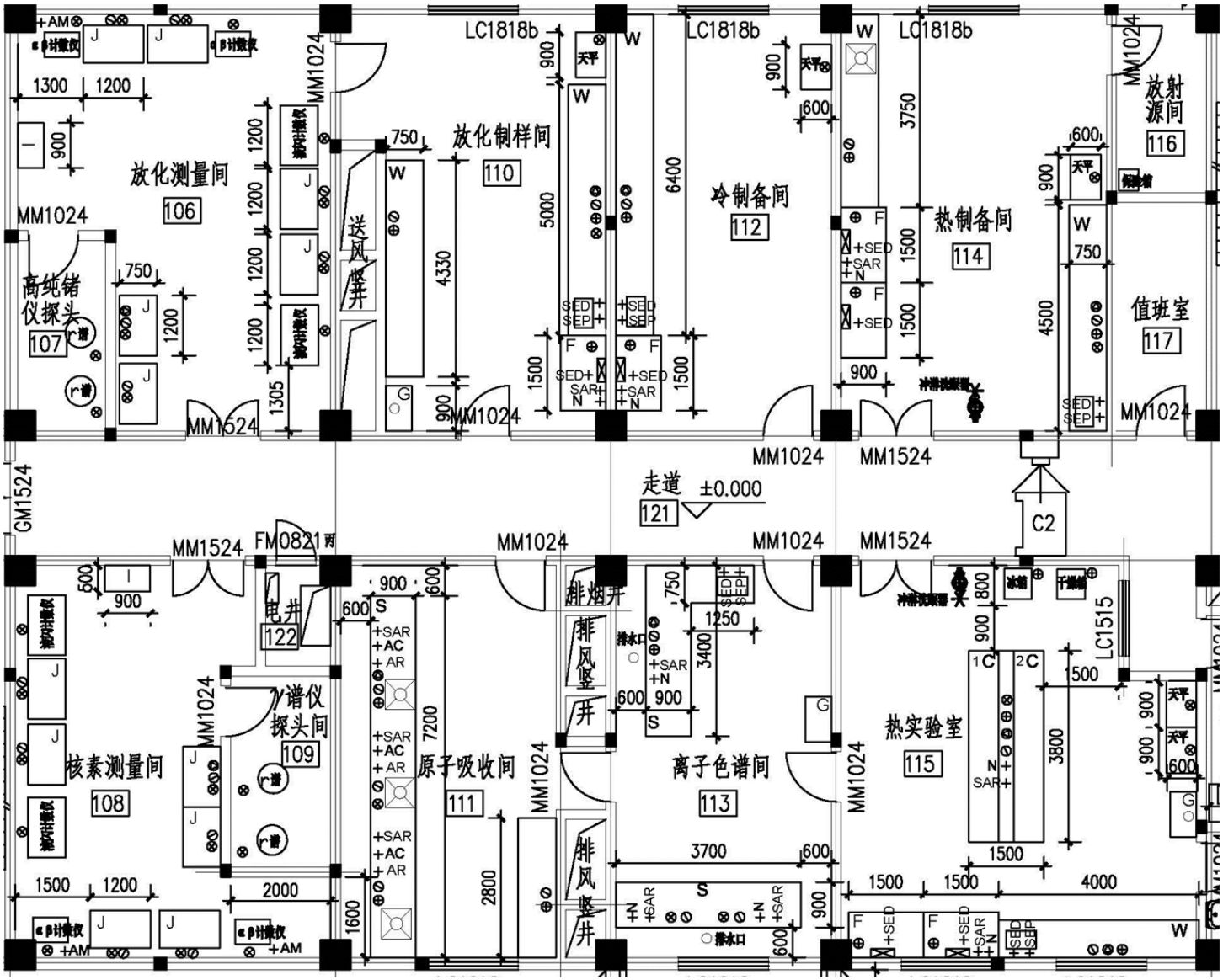


图 8.3-1 流出物实验室布局



图 8.3-2 田湾核电站环境 γ 辐射监测站分布图

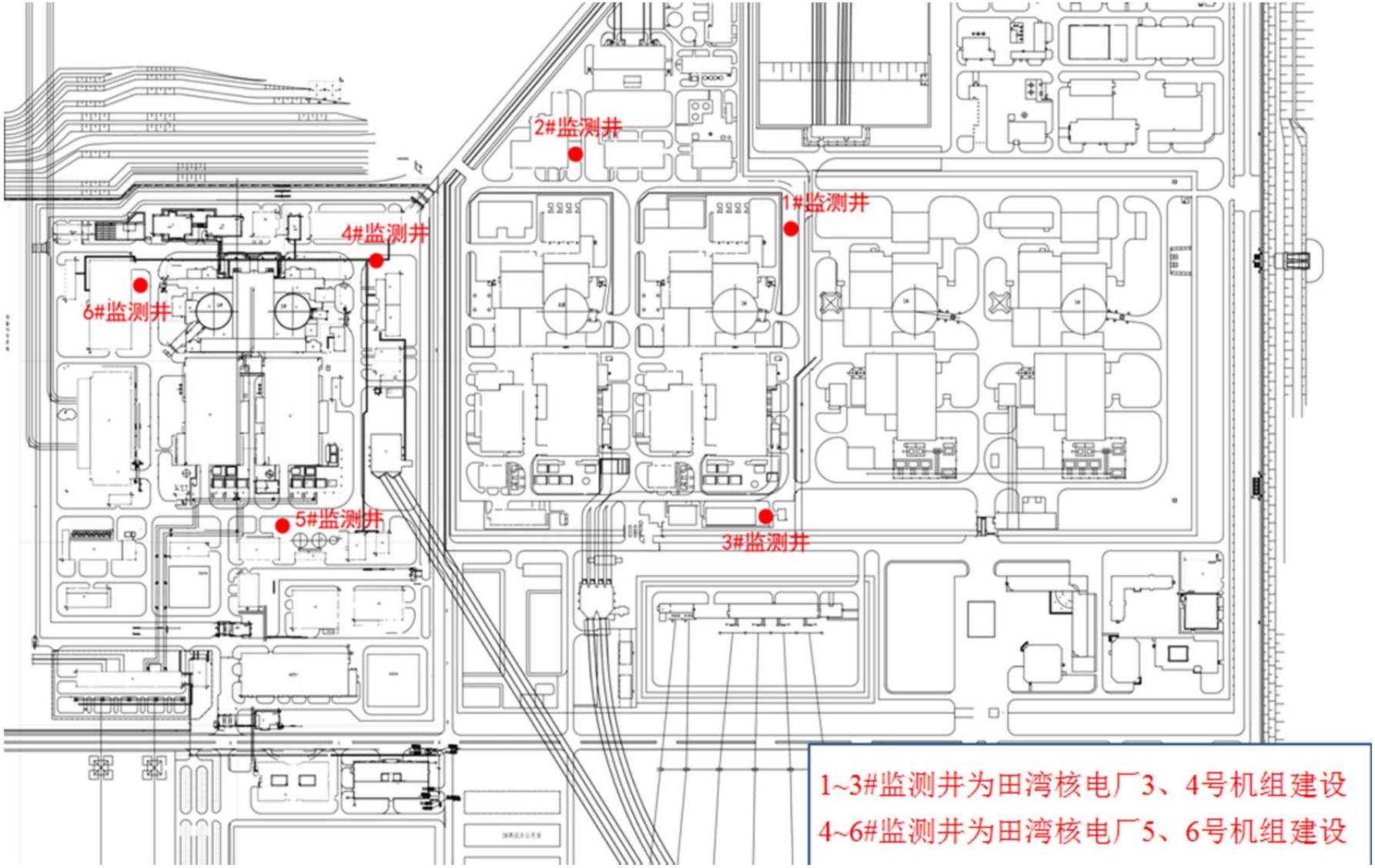


图 8.3-3 田湾核电站监测井布置图



图 8.3-4 田湾核电站监督性监测站分布图

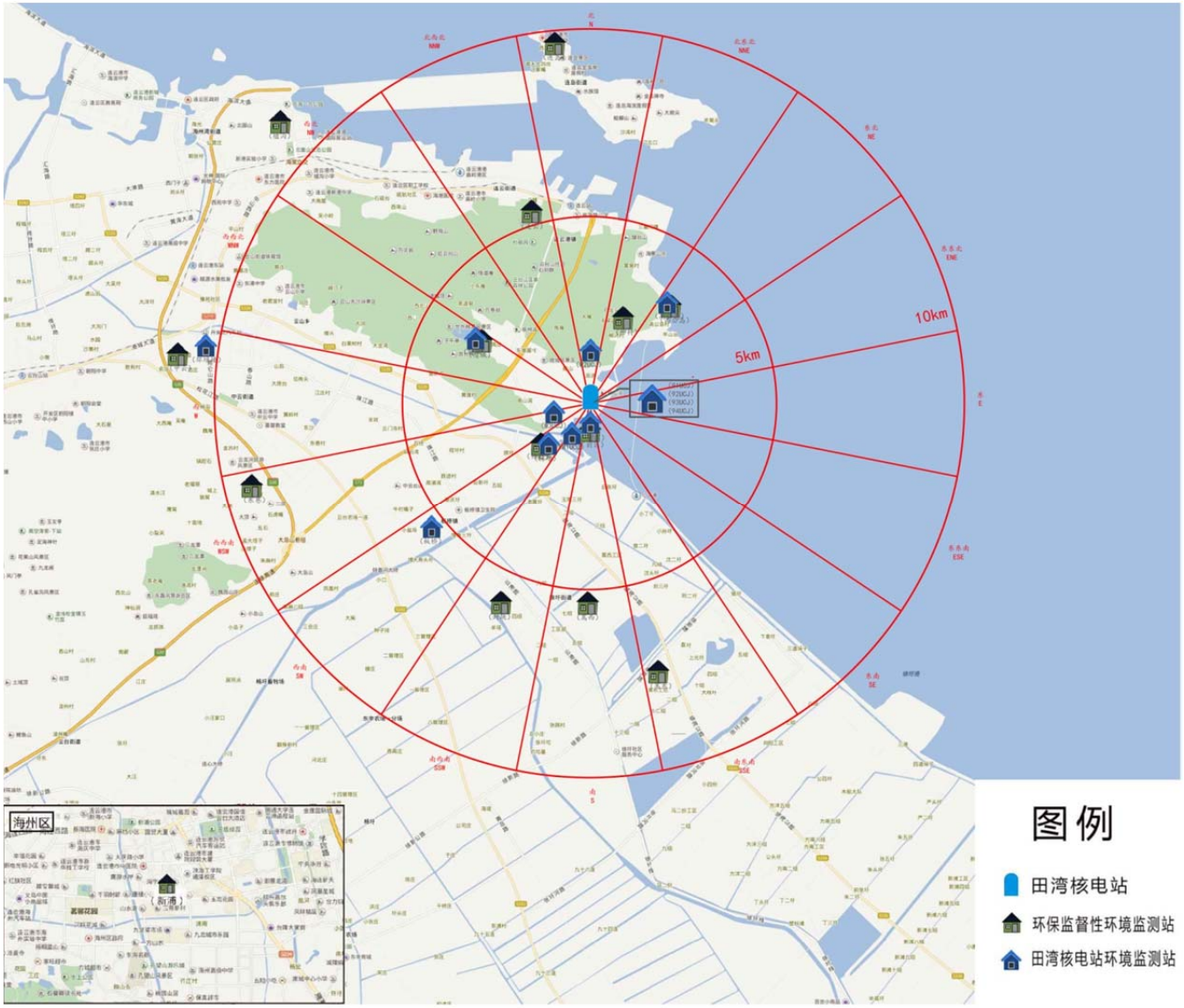


图 8.3-5 田湾核电站环境监测站和监督性监测站分布图

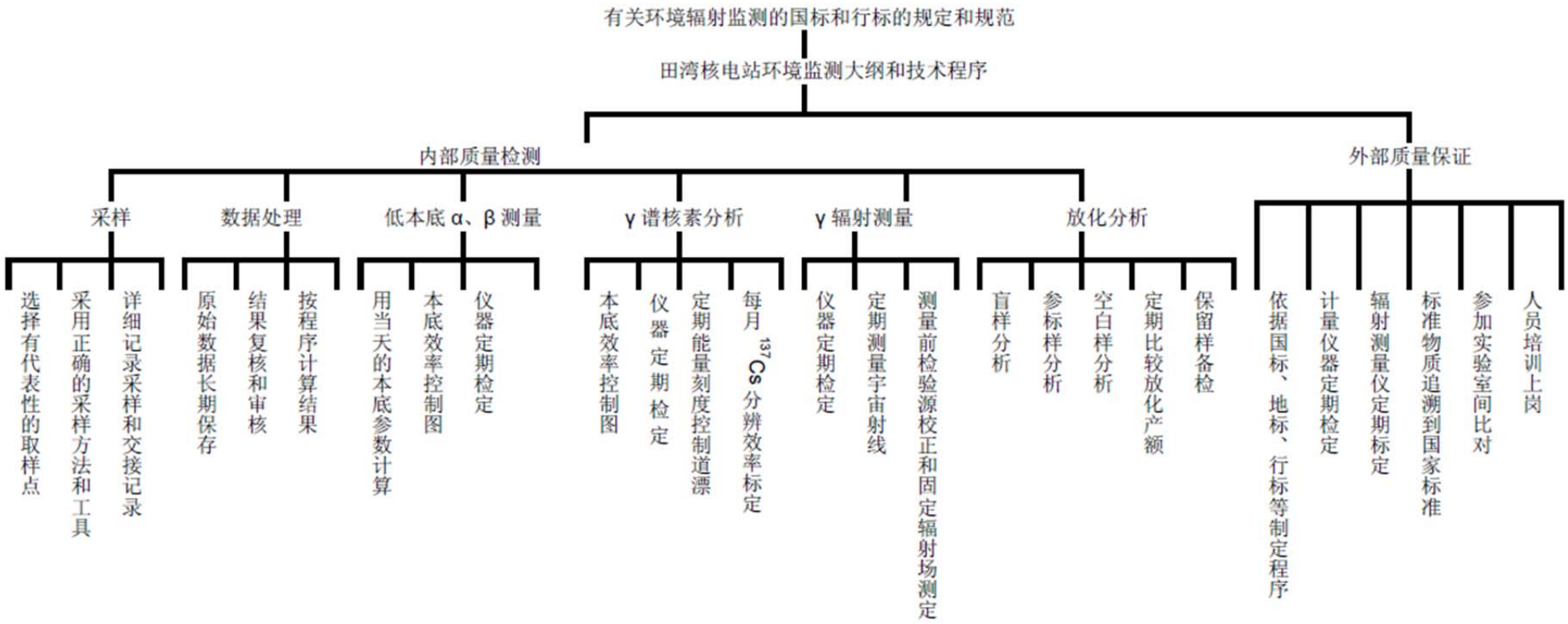


图 8.4-1 田湾核电站环境辐射监测质量保证体系

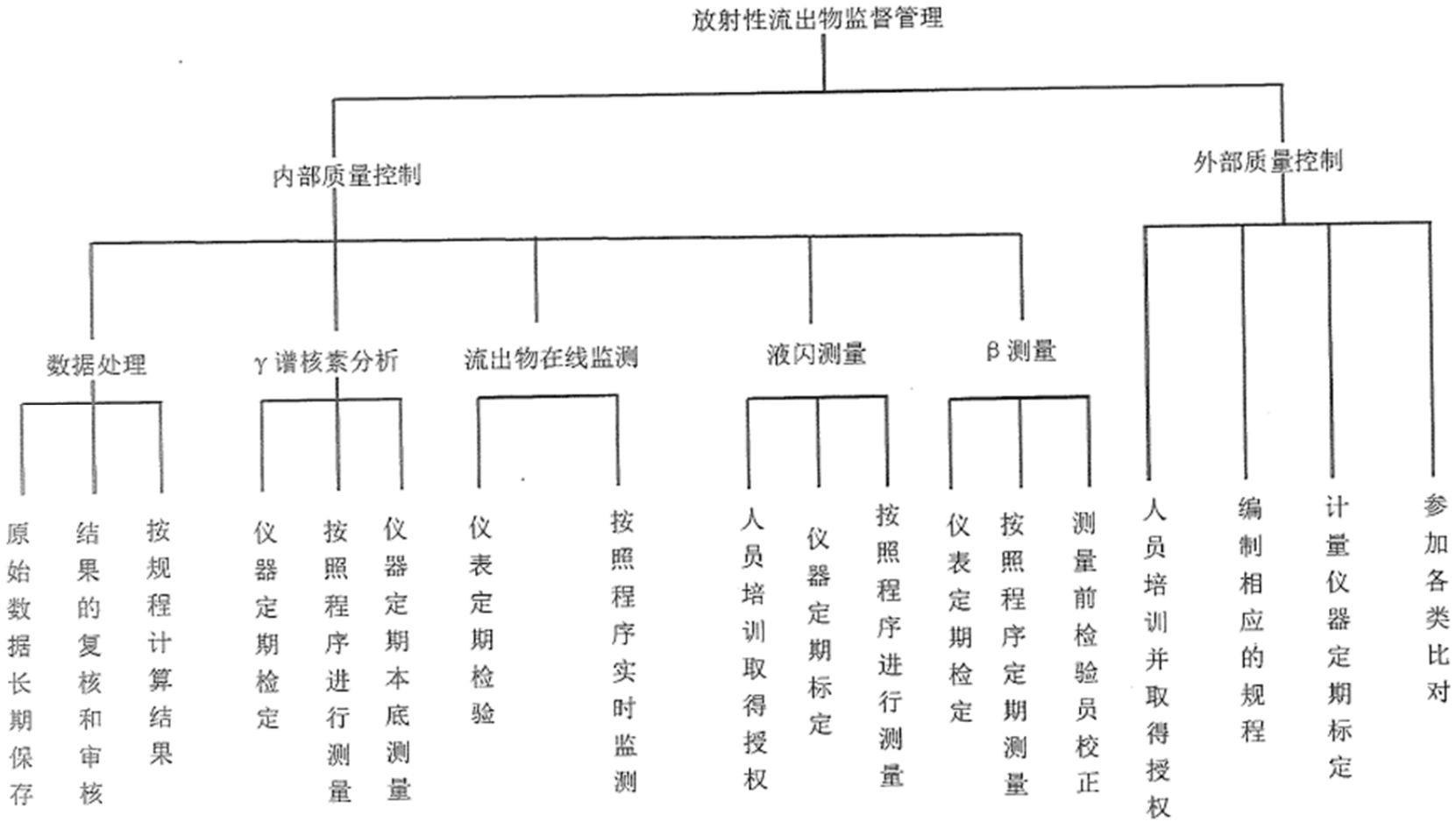


图 8.4-2 田湾核电站流出物监测质量保证体系

第九章　利益代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.2 间接代价

表：

表 9.2-1 建设期环保投资

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

田湾核电站扩建工程5、6号机组建设规模为2×1118MW百万千瓦级压水堆核电机组，统一规划建设。电厂设计寿命期均为40年，财务评价经营期为30年。

创造工业产值方面，田湾核电站5、6号机组工程项目每年可向华东电网送电约147.3亿瓦时。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

1）社会效益

江苏省地处我国东部，是我国经济比较发达、综合经济实力较强的省份之一。但是，由于受一次能源的制约，电力增长速度远远不能满足经济增长和人民生活的需要，因此，田湾核电站扩建工程5、6号机组的运行可以更好地缓解江苏省电力不足的困难局面，促进该地区的工业发展。

江苏电网电源主要是燃煤的火电机组，但是，燃煤供应、铁路运输和港口装卸却很难满足要求。田湾核电站扩建工程5、6号机组2×1000MW机组的运行不仅将有效地解决江苏省的能源供求矛盾，还将缓解交通运输的紧张状况，推动当地的经济发展，提高人民的生活水平。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、标准化发展，从而全面推动我国核电事业的发展。

田湾核电站扩建工程5、6号机组工程项目的建设，可发挥堆群优势，增强核电的竞争性，以核养核，滚动发展，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题。运行期间，核电站各岗位的就业人数总计约为800人。其运行有利于地方建设，繁荣当地经济，有利于社会的安定团结。

田湾核电站扩建工程5、6号机组的运行有利于进一步推动当地通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快区域经济发展提高居民幸福指数具有重要意义。

2）环境效益

与传统的火力发电相比，核电是一种高效的清洁能源。根据中国碳排放交易网信息，从大气污染物排放来看，正常情况下，燃煤发电向环境排放的SO_2，NOx，PM等大气污染物直接导致酸雨、降尘等环境影响，造成人体健康、森林、农作物、生态系统等明显危害；而核发电不产生任何大气污染物，未发现可察觉的环境影响；从放射性流出物排放来

看，煤中含有天然存在的原生放射性核素，通过燃煤电厂的气载烟尘排放煤中的天然放射性核素到环境中；而核电链向环境排放经审管部门批准的远低于天然本底水平的气态和液态流出物，产生数量很少的固体废物作封闭处理，没有外排；煤电链的放射性流出物排放对公众产生的辐射剂量比核电链高约40倍。

田湾核电站5、6号机组工程项目正常运行工况下，放射性流出物对周围居民的辐射影响小于天然本底辐射的波动范围，对生态环境的影响也极小。通过对最大可信事故后果的分析，周围居民可能受到的最大个人有效剂量当量和80km评价范围的集体有效剂量当量明显小于规定的限值。

核电厂两台百万千瓦级核电机组的间接效益主要来自于其替代燃煤发电带来的减排效应，核电机组每年可使电网减少燃煤600万吨，有效减少了CO_2、SO_2、NO_X、烟尘、灰渣等污染物，降低有害气体对环境的污染，缓解酸雨的发生。以本项目2×1118MW规模计算，每年可少排放SO_2约3800吨，烟尘约1573吨，灰渣约90万吨（按15%计算），大幅度减少环境的污染和对居民健康的伤害。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

田湾核电站扩建工程5、6号机组的项目计划总资金为3078509万元，包括建筑工程费、设备购置费、安装工程费等工程费用和建设单位管理费、设计和技术服务费、联合试运转费等工程其他费用以及预备费、建设期贷款利息、铺底流动资金、增值税。其中建设期环保费用投资约149786万元，占基础价投资约4.87%左右，包含环保设施投资和绿化投资两部分，见表9.2-1。

其中环保设施投资共计148417万元，约占总投资的4.83%。包括废物处理处置系统131577万元；流出物监测和环境监测系统7290万元；环境整治费用8670万元，施工期环保投入880万元。

其中绿化投资共计1369万元，约占总投资的0.04%。

9.2.2 间接代价

1) 社会代价

田湾核电站扩建工程5、6号机组需要新增征地92.76hm2，厂区、生活区需要长期征用大量的土地。按规定，在核电站外边界半径5km范围内为限制区，即在该地区内要限制人口机械增长、集中居民点建设和工矿企业及其它事业的发展。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的运输包括施工期间设备、大型设备、建筑材料的运输，生产期间的换料、乏燃料、固体废物运输，以及正常的人员进出运输等，其运输量非常大，不可避免的增加当地的运输负担。但是由于在核电站的施工过程中，严格按照国家有关规定进行操作和管理，制定了满足环保要求的施工方案和施工组织设计，并采取了相应的防护措施，所以对周围环境造成的影响是很有限的。

此外，本机组对于田湾地区的公众舆论、舆情及社会稳定有一定的影响。核电作为一种高新能源技术，需要针对其安全性和环保性对涉及切身利益的公众进行充分的宣贯，消除公众担忧甚至恐惧的心理，增强公众对核电项目建设与发展的接受与理解，有利于核电项目的顺利进行和营造更为和谐的核电发展环境。本次公众参与的目的和作用，是为了广泛了解社会各界人士，特别是厂址周围受影响的公众对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组工程建设的意见和建议，最大限度地降低工程建设可能对周边环境带来的不利影响，以发挥工程最大的社会、环境和经济效益。

2) 环境代价

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、少量有毒化学品和放射源的使用、生活污水和生产废水以及施工建设对自然景观造成一定程度的破坏等方面。为了达到保护环境和保护公众的目的，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设置了各种放射性废物净化和处理系统、环境监测和流出物监测系统、屏蔽防护体系以及应急设施等，以控制并确保核电厂在正常运行期间和事故工况下向环境释放的放射性物质低于国家标准，对环境和公众的影响在可接受的范围内。本报告书的前面章节已对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的环境影响做出了详细的论证。

表 9.2-1 建设期环保投资

序号	项目名称	投资（万元）
环保设施投资		**148417**
一	废物处理处置系统	131577
1	核岛厂房通风系统	5831
2	核岛废物处理和排放系统	89692
3	常规岛含油污水处理	376
4	放射性机修及去污车间	11049
5	三废处理设施及环境保护工程	24629
二	流出物监测和环境监测系统	7290
6	核岛辐射监测系统	7290
三	环境整治	8670
7	雨水一污水系统和地下管道（GE）	4130
8	TER 废液排放廊道（GC2）	1150
9	海域使用费	3390
四	施工期环保投入	880
绿化投资		**1369**
合计		**149786**

第十章 结 论

10.1 核电厂建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

10.5.2 运行期间的环境影响

10.6 承诺

10.1 核电厂建设项目

田湾核电站位于江苏省连云港市连云区宿城街道，扩建工程 5、6 号机组厂址位于田湾核电基地西北侧的船山，在 4 号机组西侧，其中 5 号机组反应堆中心距 4 号机组反应堆中心直线距离 307.00m。厂址地理坐标：东经 109°26′26″～109°27′33″，北纬 34°41′08″～34°41′52″。厂址西距海州区中心约 33km（直线距离，以下同）；西北距连云区中心约 10km，北距连云港码头约 5.2km；东北距高公岛乡约 2km；南临黄海，西北临东崖屋村。

田湾核电站厂址进行统一规划，分期建设。1~4 号机组为俄罗斯 WWER1000 压水堆核电机组，已经投入商业运行。7、8 号机组拟建 WWER1200 压水堆核电机组。

本工程为田湾核电站扩建工程 5、6 号机组，拟建 2 台二代加改进型（M310 加改进）百万千瓦级先进压水堆核电机组，是在田湾核电站 1 至 4 号机组基础上进行的扩建工程。计划分别在 2020 年 12 月 31 日和 2021 年 7 月 31 日商运。

为适应新形式下国家对于新建核电项目的新要求，根据我国现有核电设计、制造、建设和运行的技术水平及能力，结合国内压水堆核电技术发展的最新情况，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组以福建福清核电厂一期工程技术方案为参考，考虑福岛核事故的经验反馈、HAF102 要求及《“十二五”期间新建核电厂安全要求》，结合概率安全分析、在建机组 SAR 审评共性问题的解决方案、以及国内外同类机组运行经验反馈，应用成熟技术实施 42 项重大技术改进，进一步提高机组的安全性，特别是提高了机组对严重事故的预防和缓解能力，与国内近期开工的同类型机组安全水平相当。

10.2 环境保护设施

本工程配套建设放射性废物处理设施，对“三废”进行处理。“三废”处理设施采用成熟可靠技术，可以保证放射性废液和放射性废气处理后达标排放；放射性固体废物处理后满足安全处置要求，每台机组每年产生固体废物包的预期值为 41m^3，可以满足放射性废物最小化要求。

本工程利用 1~4 号机组已建好的一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施与气象监测系统，并且制订了环境辐射监测方案。此外，江苏省地方环保部门针对田湾核电站建设相应的流出物和环境监测设施，进行监督性监测。

田湾核电站 5、6 号机组的废物处理系统的设计性能和放射性流出物监测系统的预期效果，完全可以满足对核电厂周围环境保护的要求。

本工程生活污水处理设施与前期工程共用。其中，主厂区各子项和施工临建区的生活污水通过相应污水管网汇集至南区污水处理站，经处理达标后，用于绿化等，回用剩余水量排入大海。本工程通过室外管网收集汽机厂房、主变压器和降压变压器平台等子项的非

放射性含油废水，汇集至 FS 油水分离池，经过油水分离设施处理达标后排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

10.3 放射性排放

田湾核电站 5、6 号机组的设计年排放量满足国标 GB6249-2011 的要求，同时拟定的 5、6 号机组排放量申请值以及厂址 1～6 号机组的年排放量申请值均低于国标 GB6249-2011 规定的控制值。槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不超过 1000Bq/L。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）对公众的辐射影响

本工程运行阶段估算公众的最大个人剂量时，流出物排放源项采用排放量申请值。田湾核电站 5、6 号机组运行状态下，气液态流出物对公众的最大个人有效剂量为 1.16E-05 Sv/a，满足本工程剂量约束值（0.04mSv/a）的要求。本工程建成后将与田湾核电站 1~4 号机组一起运行，6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对公众造成的最大个人有效剂量为 1.80E-05 Sv/a，约占厂址个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 7.20%。

本工程运行阶段分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，采用现实排放源项。田湾 5、6 号机组运行状态下，关键居民组为柳河村二组的青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.07E-05 Sv/a。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.05E-05 Sv/a，约占气液态总剂量的 98.30%；关键核素为 C-14，它所致的剂量为 7.92E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 73.81%。

厂址 6 台机组运行状态下，分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时，1、2 号机组流出物采用实际运行监测值，3~6 号机组采用现实排放源项。关键居民组为柳河村二组的青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.38E-05 Sv/a。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.35E-05 Sv/a，约占气液态总剂量的 97.82%；关键核素为 C-14，它所致的剂量为 9.17E-06 Sv/a，约占气液态总剂量的 66.38%。

（2）对非人类物种的辐射影响

田湾核电站 5、6 机组正常运行时，0～80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0～80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 10μGy/h。因此，田湾核电站 5、6 机组正常运行时，厂址附近 0～80km 海域范围内水生生物是安全的。

田湾核电站 5、6 号机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率分别在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围

内各种陆生生物所受的剂量率均小于 10μGy/h。因此，田湾核电站 5、6 号机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

田湾核电站 1～6 号六台机组正常运行时，0～80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0～80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 10μGy/h。因此，田湾核电站 1～6 号六台机组正常运行时，厂址附近 0～80km 海域范围内水生生物是安全的。

田湾核电站 1～6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内不同媒介中放射性核素对不同陆生生物的影响率均在 10^{-4} 数量级以下；从剂量率的估算来看，厂址附近陆域范围内各种陆生生物所受的剂量率均远小于 10μGy/h。因此，田湾核电站 1～6 号六台机组正常运行时，厂址附近陆域范围内陆生生物是安全的。

（3）事故工况的辐射影响

在各类极限事故中，放射性后果最严重的是弹棒事故。在一系列的保守假设下，公众在非居住区边界 2h 内和规划限制区边界整个事故持续时间内受到的有效剂量分别为 2.68E-02Sv 和 6.59E-03Sv，分别占事故剂量控制值的 26.8%和 6.59%，甲状腺当量剂量分别为 3.14E-01Sv 和 8.25E-02Sv，分别占事故剂量控制值的 31.4%和 8.25%。

在各类稀有事故中，放射性后果最严重的是废气处理系统破损事故，当采用保守大气弥散因子时，公众在非居住区边界 2h 内和规划限制区边界整个事故持续时间内受到的有效剂量分别为 1.55E-03Sv 和 1.73E-04Sv，分别占事故剂量控制值的 31.0%和 3.46%；甲状腺当量剂量分别为 4.86E-04Sv 和 5.43E-05Sv，分别占事故剂量控制值 0.97%和 0.11%。综上所述，田湾核电厂 5、6 号机组设计基准事故对环境造成的剂量后果均满足 GB6249-2011 的要求。

事故分析表明：田湾 5、6 号机组运行期间可能发生的设计基准事故和特殊工况事故导致的环境放射性后果是可以接受的。

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.5.1 施工期间的环境影响

（1）社会环境影响

核电厂工程建设期间大量的工程施工人员进驻施工现场，对附近居民的日常生活产生轻微影响，同时由于大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，增加当地居民的就业机会和商机，可以增强该地区的消费能力，促进经济的发展。

（2）水土保持

本工程的水土保持方案报告书已通过评审，水利部于2010年3月8日以“水保函[2010]31

号文”对该方案进行了批复。本工程是在核电厂已有厂址上进行建设，除厂区工程的建设可能引发水土流失，其它如厂外道路、淡水厂、输水管线、大件码头及部分海工工程等均在前期工程时建设完毕，这些措施的建设均是在保证厂区安全的前提下，充分按照水土保持原则，符合水土保持要求，故本节主要阐述厂区工程的水土保持。本工程水土流失防治责任范围为163.31hm^2，其中项目建设区160.29hm^2，直接影响区2.92hm^2。水土保持主要通过工程措施、植物措施、临时措施及水土保持监测等达到水保要求。

（3）施工噪声

田湾核电站 5、6 号机组工程施工期间，施工场界昼夜间噪声满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）要求，敏感区昼夜间噪声满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。随着施工的结束，施工活动对施工场界、厂区和厂址周围敏感点的影响也将随之消失。

（4）大气环境的影响

在工程施工过程中，由于爆破、开挖、填充、道路的修建、渣土的堆放以及车辆运输会造成施工区域尘土飞扬，大气中粉尘含量增高。本项目在施工期间通过采取措施有效地减少了扬尘的释放。通过施工期大气环境监测，验证了抑尘措施的有效性，施工期间各监测点污染物整体上满足环境空气质量标准二级的控制要求，施工对环境空气的影响是可以接受的。

（5）对水环境的影响

陆域施工活动对水环境的影响主要来自施工人员生活污水的排放。

本工程部分施工区的生活污水排至临时厕所，定期由污水车抽吸至田湾一期生活污水管网，最终排至南区污水处理站处理，经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2002）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化等，回用剩余水量排入大海。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级标准的生活污水均允许排入《海水水质标准》（GB 3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。因此，陆域施工活动对水环境的影响很小，是局部的、暂时的，是可以接受的。

（6）固体废弃物的影响

施工期间，现场会产生一定数量的固体废弃物，主要是建筑垃圾和生活垃圾。施工期间由指定的承包单位负责建筑垃圾和生活垃圾的收集、堆放和外运；采用定期机械和人工

清理、平整和覆盖，避免对地下水、地表水产生影响；采用专用运输车辆（或外运车辆加盖篷布）及时外运，避免运输过程中的遗撒等。5、6 号机组固体废弃物的堆放、清理、平整、外运和管理等采用 3、4 号机组成熟的经验，且堆置于同一堆场。因此，本工程施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的、暂时的，是可以接受的。

10.5.2 运行期间的环境影响

田湾核电站 5、6 号机组拟建在核电站 1~4 号机组西北侧的船山，循环冷却水北取南排，取排水口与在建的 3、4 号机组取排水口相邻，位于厂址东侧岸外海域。主要的环境影响为核电站温排水及非放化学物质排放对海域的影响。

（1）温排水的影响

6 台机组温排水的影响海域主要为工业用海区，无自然保护区及渔业资源区。取水口机械损伤、生物效应的影响较小。基本不会对渔业经济和海洋生态及其生态平衡产生影响。

（2）取水工程的影响

本工程取水方式为厂址北侧海域设置取水明渠，通过取水隧洞取水，明渠内水流流速与天然潮流流速接近，预计运行期间对浮游生物、鱼卵仔鱼等能进入取水系统的生物造成损失的影响有限，不会造成整个区域海洋生态的变化。卷吸效应对该海域海洋生态的影响很小。设计中考虑的主要措施包括控制取水流速和设置拦网设施。

（3）生产废水和生活污水的影响

本工程非放射性含油废水经过 FS 油水分离池处理，其水质达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准，排入大海；分离出来的污油在污油池内贮存，定期通过污油泵输送至污油车运走。

本工程主厂区各子项的生活污水通过相应污水管网汇集至南区污水处理站，生活污水经生化处理和深度处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中城市绿化水质标准和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后，用于绿化等，回用剩余水量排入厂区雨水管网，最终排入大海。生活污水处理的排放物除总有机物外，不会导致任何有毒化学物质进入受纳水体环境中。

满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级标准的生活污水和满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准的生产废水均允许排入《海水水质标准》（GB3097-1997）中海水二类功能区域。本工程海水区域为三类功能区域，满足排放条件。同时，生活污水处理站处理后的再生水尽可能回用，仅回用剩余部分溢流排放，因此，生产废水和生活污水排放不会对附近海域的海水质量造成明显影响，是可以接受的。

（4）工业噪声

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行后，对各厂界的噪声贡献值均满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中规定 3 类标准；对东崖屋陶庵村的影响可忽略不计，工程正常运行后，东崖屋陶庵村满足声环境质量《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。

（5）非放化学物质

核电厂在运行过程中向海域排放一定的化学物质，由于这些物质是在处理后有序排放的，其排放不会使受纳海域的水质产生明显的变化，对受纳水体的影响十分有限。

综上所述，从田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址的自然条件和社会条件分析，能满足 5、6 号机组建设的要求。本工程施工建设对环境的影响以及电厂正常运行和事故工况对环境的可能影响均符合我国相关法律法规、标准的要求。因此，从核电厂建设和运行对环境的影响角度看，建设田湾核电站扩建工程 5、6 号机组是可行的。

10.6 承诺

本工程运行期间，营运单位江苏核电有限公司将确保环保设施安全有效地运行，严格进行流出物监测和环境监测，并积极配合国家有关部门推动处置场的建设。

附件1

中华人民共和国国家发展和改革委员会

发改办能源〔2009〕1402号

国家发展改革委办公厅关于同意江苏田湾核电站5、6号机组开展前期工作的复函

江苏省发展改革委、中国核工业集团公司：

《江苏省发展改革委关于恳请同意江苏田湾核电厂三、四期工程开展前期工作的请示》（苏发改能源发〔2008〕1305号）、《关于恳请同意开展江苏田湾扩建工程（3－8号机组）前期工作的请示》（中核计发〔2009〕164号）均悉。经研究，现函复如下：

一、为满足华东及江苏省未来用电需求，实现能源与环境的可持续发展，加快电源结构调整，同意江苏田湾核电站5、6号机组开展前期工作。

二、本期工程厂址位于连云港市田湾核电一期工程西北侧船山，参考广东岭澳核电站，建设2台百万千瓦级压水堆核电机组。本工程由江苏核电有限公司负责开展前期工作。

三、请按照国家有关规定，进一步落实电厂外部建设条件，做好规划选址、土地利用、环境保护、核安全、水土保持、用水、运输、电网接入、军事设施及核应急方案等相关工作，并取得有关部门的

同意文件。

四、请进一步落实核燃料供应、乏燃料暂存条件和运输方案，并取得相关部门的同意文件。

五、本工程项目资本金为工程建成价的20%，由中国核工业集团公司、中国电力投资集团公司和江苏省国信资产管理集团公司分别按50%、30%和20%比例出资。资本金以外资金通过融资解决，贷款需取得银行承诺文件。

请按以上原则开展前期工作。待项目建设条件具备后，按照有关规定上报核准申请。未经核准，项目不得开工建设。

国家发展和改革委员会办公厅

二〇〇九年六月三十日

主题词：能源　核电　前期工作　函

抄送：国务院办公厅，国土资源部、环境保护部、交通运输部、铁道部、水利部、卫生部、国家安监总局、国家核安全局、国家海洋局、国防科技工业局、银监会、电监会，国家电网公司、国家核电技术有限公司

中华人民共和国环境保护部

环审〔2015〕263号

关于田湾核电站五、六号机组环境影响报告书(建造阶段)的批复

江苏核电有限公司：

你公司《关于受理审查田湾核电站5、6号机组环境影响报告书(设计阶段)的请示》(苏核发〔2010〕187号)和《关于呈报田湾核电站扩建工程5、6号机组环境影响报告书(建造阶段)C版的函》(苏核发〔2015〕416号)收悉。经研究，批复如下：

一、田湾核电站五、六号机组位于江苏省连云港市连云区宿城乡，是在田湾核电站厂址一至四号机组建设的基础上，扩建两台百万千瓦级压水堆核电机组及配套设施。

该项目符合国家产业政策和《核安全与放射性污染防治"十二

五”规划和2020年远景目标》。在全面落实环境影响报告书和本批复提出的各项环境保护措施后，施工期间环境影响可以得到缓解和控制，正常运行和假想事故情况下流出物排放和放射性影响满足国家标准要求。因此，我部原则同意你公司按照环境影响评价报告书中所列建设项目的性质、规模、工艺、地点和拟采取的环境保护对策措施开展下一阶段工作。

二、在工程建造阶段及今后一个时期应重点做好的工作

（一）严格执行施工期间的环境影响评价标准，落实噪声、施工废水、扬尘污染防治措施和固体废物处理措施，加强施工场地环境管理，及时缓解和控制施工活动可能造成的环境影响。

（二）加强施工期间环境管理与监测，及时对田湾核电站施工活动及其控制措施进行总结和经验反馈，结合工程进度和具体施工活动，进一步细化施工期间环境监测方案并有效实施。

（三）采取积极有效的措施，切实推动本地区中低放固体废物处置场的建设工作，满足废物长期处置需求。

三、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

四、我部委托江苏省环境保护厅配合华北核与辐射安全监督站负责该项目的环境保护监督检查工作。

五、你公司应在收到本批复后20个工作日内，将批准后的环境影响报告书分送我部华北核与辐射安全监督站和江苏省环境保护厅，并按规定接受各级环境保护行政主管部门的监督检查。



环境保护部

2015年12月23日

抄　送：发展改革委，能源局，江苏省环境保护厅，环境保护部华北核与辐射安全监督站、核与辐射安全中心，中国核工业集团有限公司，中国核能电力股份有限公司，中国核电工程有限公司，中国核动力研究设计院，苏州热工研究院有限公司。

环境保护部办公厅　　2015年12月23日印发

附件3

中华人民共和国水利部

水保函〔2010〕31号

关于田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案的复函

江苏核电有限公司：

你公司《关于报批〈田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案报告书（报批稿）〉的请示》（苏核发〔2009〕375号）收悉。我部水利水电规划设计总院对《田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案报告书》进行了技术审查，提出了审查意见（详见附件）。经研究，我部基本同意该审查意见，现函复如下：

一、项目建设内容和组成

田湾核电站扩建工程5、6号机组位于江苏省连云港市连云区境内，本期建设2×100万千瓦级压水堆核电机组并配套建设相关设施。项目主要建设内容包括厂区、施工生产生活区和弃渣场区等。项目总占地面积160.29公顷，土石方挖填总量1703.8万立方米，估算总投资304.5亿元，总工期70个月。

二、项目建设总体要求

（一）基本同意主体工程水土保持评价。

（二）基本同意水土流失防治责任范围为163.21公顷。

（三）同意项目水土流失防治执行建设类项目一级标准。

（四）基本同意水土流失防治分区和分区防治措施。

（五）基本同意水土保持估算总投资为1624.67万元。下阶段要做好水土保持初步设计，复核水土保持投资，满足水土流失防治工作需要。

（六）项目建设中各类施工活动要严格限定在用地范围内，严禁随意占压、扰动和破坏地表植被；做好表土的剥离、集中堆放、拦挡、排水、苫盖及回覆等；施工过程中产生的弃土（渣）要及时清运至指定地点堆放并进行防护，禁止随意倾倒；施工结束后要及时进行迹地整治并恢复植被。加强施工组织管理和临时防护措施，合理安排施工时序，严格控制施工期间可能造成的水土流失。

三、建设单位在工程建设中应重点做好以下工作

（一）按照批复的水土保持方案，做好水土保持工程后续设计、招投标和施工组织工作，加强对施工单位的监督与管理，切实落实水土保持“三同时”制度。

（二）每年3月底前向水利部淮河水利委员会及省级水行政主管部门报告上一年度水土保持方案实施情况，并接受水行政主管部门的监督检查。

（三）委托具有甲级水土保持监测资质的机构承担水土保持监

测任务，并按规定向水利部淮河水利委员会及省级水行政主管部门提交监测实施方案、季度报告及总结报告。

（四）落实并做好水土保持设施监理工作，确保工程建设质量。

（五）采购土、石、砂等建筑材料要选择符合规定的料场，明确水土流失防治责任，并向市级水行政主管部门备案。

（六）本项目的规模、地点等发生较大变动时，建设单位应及时修改水土保持方案，并报我部审批；水土保持初步设计和设计变更报省级水行政主管部门备案。

（七）将批复的水土保持方案报告书（4 份）于 30 日内送我部水土保持司。

四、建设单位要按照《开发建设项目水土保持设施验收管理办法》的规定，在工程投入运行之前及时向我部申请水土保持设施验收。

附件：《关于报送田湾核电站扩建工程 5、6 号机组水土保持方案报告书审查意见的报告》（水总环移〔2010〕47 号）

二〇一〇年三月八日

主题词：水利　水土保持　方案　江苏　函

抄送：国家发展和改革委员会，环境保护部，国家能源局，中国国际工程咨询公司，水利部水利水电规划设计总院，水利部淮河水利委员会，江苏省水利厅，北京水保生态工程咨询有限公司。

水利部办公厅　　2010年3月10日印发

水 利 部

水利水电规划设计总院文件

水总环移[2010]47号　　签发人：陈伟

关于报送田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案报告书审查意见的报告

水利部：

2009年10月30日，我院在北京召开会议，对江苏核电有限公司报送水利部的《田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保

持方案报告书》（苏核发[2009]375号，以下简称《报告书》）进行了审查。会后，方案编制单位北京水保生态工程咨询有限公司根据会议讨论意见，对《报告书》进行了补充修改。经审查，基本同意该《报告书》（报批稿）。现将审查意见报上，请核批。

附件：1、田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案报告书审查意见

2、田湾核电站扩建工程5、6号机组水土保持方案报告书（报批稿）

水利水电规划设计总院

二〇一〇年一月十三日

附件 1：

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组
水土保持方案报告书审查意见

田湾核电站是国务院批准的“九五”期间新建的重要工程项目之一，规划容量为 8 台百万千瓦级核电机组。田湾核电站 1#、2#机组分别于 2007 年 5 月、8 月建成，并投入商业运营。3#、4#机组工程可行性研究工作已收口，目前处于商业谈判阶段。本次扩建工程规划在已建工程的西北侧建设 2 台百万千瓦级压水堆核电机组。2009 年 6 月，国家发展和改革委员会以发改办能源[2009]1402 号文同意江苏田湾核电站 5、6 号机组开展前期工作。

田湾核电站位于江苏省连云港市高公岛乡和宿城乡交界处，后云台山南麓的原船山、扒山一带，距连云港港口约 5 公里，距连云港机场约 65 公里。本期扩建工程拟充分利用已建成的共用设施，建设内容包括：5、6 号核电机组核岛、常规岛及其附属设施，辅助生产设施（含核岛废液储罐、常规岛废液储罐、固体废物暂存库、废物辅助厂房等），开关站，循环水设施（包括联合泵房、制氯站及相关水工设施）、厂前区（包括生产办公楼、食堂、档案楼）等。海堤工程、重大件设备码头、淡水工程、气象站、厂内外道路、环境监测、应急指挥中心等设施与已建工程共用。施工生产区、施工生活区沿用一期工程已建设施。

扩建工程总占地面积 160.29 公顷，其中新增建设用地 105.85 公顷。工程拆迁安置 28 户、企业 11 家，由地方政府组织实施。工程土石方开挖约 1443.5 万立方米，土石方填筑约 260.3 万立方米。主体工程计划于 2010 年 10 月开工，单机工期 60 个月，两台机组间隔 10 个月，总工期 70 个月。工程总投资约 304.5 亿元，土建投资约 43.7 亿元。

电站厂址地处滨海丘陵区，东临黄海，主要地貌形态为丘陵、海积平原及海滩，地形整体上呈西北高、东南低趋势，属南温带半湿润季风气候区，多年平均降水量 900 毫米，年平均风速 5.3 米每秒，最大风速 29 米每秒；土壤类型主要为潮棕壤，地带性植被为落叶阔叶林，主要树种有赤松、刺槐等。项目区土壤侵蚀类型以水蚀为主，侵蚀强度为轻度，属江苏省人民政府公告的水土流失重点预防保护区。

根据水利部安排，水利部水利水电规划设计总院于 2009 年 10 月 30 日在北京召开会议，对江苏核电有限公司报送水利部的《田湾核电站扩建工程 5#、6#机组水土保持方案报告书》（苏核发[2009]375 号，以下简称《报告书》）进行了审查。参加会议的有水利部淮河水利委员会，江苏省水利厅，连云港市水利局、连云区水利局，中国核电工程有限公司，建设单位江苏核电有限公司及方案编制单位北京水保生态工程咨询有限公司等单位的

代表，会议邀请了北京林业大学、江苏省水利水电勘测设计有限公司、安徽省水利水电勘测设计院等单位的专家。与会代表和专家听取了建设单位关于项目前期工作情况的介绍，以及编制单位对《报告书》内容的汇报，进行了质疑和讨论。会后，编制单位根据会议讨论意见，对报告内容进行了补充完善。经我院审查，基本同意该《报告书》（报批稿），主要审查意见如下：

一、主体工程水土保持评价

（一）基本同意水土保持制约性因素评价结论。经分析，项目选址及建设方案布局不存在水土保持制约性因素。

（二）基本同意主体工程方案分析评价结论。本期扩建工程符合田湾核电站总体规划，总平面规划布置基本符合水土保持要求。

（三）基本同意土石方平衡水土保持评价。本工程开挖方量巨大，除厂区场地回填及剥离表土利用以外，通过地方协调，多余石方外销用于东部城区和工业园区建设。下阶段应进一步研究对盾构弃渣进行综合利用、取消弃渣场的可能。

（四）基本同意主体工程设计中具有水土保持功能措施的分析与评价。主体工程设计的厂区道路、广场硬化措施，厂区填方边坡采取浆砌石框格草皮护坡措施，厂区截洪沟、排水沟等措施具有水土保持功能。

（五）下阶段进一步研究项目区雨水集蓄利用与植被用水相结合的可行性。

二、基本同意本阶段确定的水土流失防治责任范围为163.21公顷，其中项目建设区160.29公顷，包括厂区、施工生产生活区、弃渣场区；直接影响区2.92公顷，主要为移民安置区。下阶段结合主体工程设计复核各区面积。

三、基本同意水土流失预测内容及方法。经预测，工程损坏水土保持设施面积105.85公顷，预测时段内可能产生水土流失总量1.45万吨，其中新增水土流失量1.35万吨。

四、基本同意本工程水土流失防治执行建设类项目一级标准和相应拟定的水土流失防治目标。其中扰动土地整治率 95%,水土流失总治理度达到97%，土壤流失控制比达到1.0，拦渣率达到95%，林草植被恢复率达到99%,林草植被覆盖率27%。

五、水土流失防治分区和防治措施总体布局

（一）基本同意水土流失防治分区划分为厂区、施工生产生活区和弃渣场区。

（二）基本同意水土流失防治措施体系和总体布局。

六、分区防治措施布设

（一）厂区

基本同意结合主体工程设计的防洪排水措施以及开挖边坡，

根据核电厂运行管理和景观要求对厂区开挖边坡采取框格梁护坡，并进行边坡绿化，在厂前区、辅助生产区等可绿化区域采取乔灌草绿化。

基本同意施工期间对临时堆土和石渣采取干砌块石挡墙临时拦挡。

(二)施工生产生活区

基本同意施工生产生活区采取拦挡、排水等临时措施，施工完毕后采取土地整治和植被恢复措施。下阶段根据项目区实际，复核表土剥离措施。

（三）基本同意弃渣场采浆砌石挡渣墙拦挡、排水及植被恢复措施。

（四）下阶段应结合主体工程设计情况，做好水土保持初步设计，并注意:

1、复核厂区高边坡防护方案框格梁内设置砖池的经济合理性，完善分区植物措施配置方案；结合降水及立地条件分析，分析布设人工灌溉设施的必要性。

2、优化完善永久和临时挡墙断面。

3、结合区域气象及立地条件分析，完善分区植物措施配置方案，注重选择抗风能力强的植物种；结合电厂功能分区完善植物措施典型设计，明确有关乔灌木设计规格、株行距；厂区开挖

高边坡框格内植物措施宜采取草灌混播方式。

七、基本同意水土保持施工组织设计。

八、基本同意水土保持监测点位布设、内容和时段。下阶段应根据项目区实际复核定位监测方法，细化水土保持监测方案。

九、基本同意水土保持投资估算编制原则、依据及方法。经核定，该工程水土保持估算总投资为1624.67万元，其中工程措施715.60万元，植物措施121.65万元，临时工程55.67万元，独立费用525.67万元（含水土保持监测费149.00万元），基本预备费100.23万元，水土保持设施补偿费105.85万元。

十、基本同意水土保持效益分析方法及结果。水土保持措施实施后，水土流失总治理度达到97.9%，项目区水土流失可得到基本治理，生态环境基本得到恢复和改善。

主题词:核电站△ 水土保持 审查 江苏 报告

水利部水利水电规划设计总院　　2010年1月14日印发

附件4

江苏核电有限公司文件

苏核发〔2019〕273 号

关于申请批复田湾核电站 5、6 号机组环境影响评价非放射性污染排放执行标准的函

连云港市生态环境局：

田湾核电站 5、6 号机组自 2015 年 12 月开工以来，一直秉持安全、环保、高质、高效的理念，始终将环境保护和节能减排等工作置于重要地位。根据计划，5 号机组拟于 2019 年底装料。现呈报田湾核电站 5、6 号机组环境影响评价非放射性污染物排放执行标准，请审核批复。

特此致函。

附件：田湾核电站 5、6 号机组非放射性污染物排放标准

江苏核电有限公司

2019 年 6 月 5 日

附件

田湾核电站5、6号机组非放射性污染物排放标准

一、环境质量标准

1．环境空气质量标准执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

2．水环境质量标准执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的三类标准，温排水混合区内水温不执行水质标准。（田湾核电站近岸海域环境功能区划以《关于同意连云港市田湾核电站附近近岸海域环境功能区划调整的函》（苏环委办〔2015〕27号）的要求为准）。

3．项目区的声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3类标准，项目区外周边村庄声环境质量执行2类标准，交通噪声执行4a类标准。

4．电磁辐射执行《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）。

二、污染物排放标准

1．大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

2.生活污水排放执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002）一级排放A标准，其他非放射性废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准。

3．噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准，建筑施工噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准控制要求。

抄 送：公司总经理部（1），环境应急处，设计管理二处。

江苏核电有限公司办公室　　2019 年 6 月 6 日印发

附件5

连云港市生态环境局

连环函〔2019〕79号

市生态环境局关于田湾核电站5、6号机组非放射性污染排放执行标准的复函

江苏核电有限公司：

你公司《关于申请批复田湾核电站5、6号机组环境影响评价非放射性污染排放执行标准的函》（苏核发〔2019〕273号）收悉，经研究，原则同意你公司文中所列非放射性污染物排放标准作为田湾核电站5、6号机组有关环境影响评价标准。你公司须贯彻生态优先、绿色发展的理念，选用环保的建筑材料和可靠的污染防治设施，确保非放射性污染物按最新的排放标准达标排放。

特此函复。

连云港市生态环境局

2019年6月26日

附件6

江苏省环境保护委员会办公室文件

苏环委办〔2015〕27号

关于同意连云港市田湾核电站附近近岸海域环境功能区调整的函

连云港市环委会：

你委《关于申请调整田湾核电站近岸海域环境功能区划的请示》（连环委〔2015〕16号）收悉。经省政府同意，现函复如下：

一、同意你市提出的调整方案，将田湾核电站1~8号机组运行工况下夏季1℃最大温升包络线与现有三类功能区界限、四类功能区界限和岸线之间的围合范围原二类功能区调整为三类功能区，涉及海域面积19.4平方公里，主要功能为一般工业用水——核电温排水区，海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）三类标准；将田湾核电站1~8号机组运行工况

下冬季半月潮全潮最大4℃温升包络线与取水渠、岸线之间的围合范围原三类功能区调整为温排水混合区，涉及海域面积44.9平方公里，除水温外，执行《海水水质标准》三类标准。具体调整范围见附件1、2。

二、近岸海域环境功能区是海洋环境保护的重要依据，希望你市严格执行环境功能区管理要求，合理利用岸线和海域资源，切实保护好海洋生态环境。田湾核电站附近温排水区域近岸海域环境功能区调整后，在核电站建设过程中必须按照《田湾核电站近岸海域环境功能区划调整技术报告》等要求，采取必要的污染防治和风险防范措施，加强与排口周边养殖户等利益相关者的沟通协调，完善协调方案和补偿措施，建设人工渔礁、进行增殖放流等，确保江苏沿海地区和谐可持续发展。

附件：1. 田湾核电站附近近岸海域环境功能区调整范围表

2. 田湾核电站附近近岸海域环境功能区调整示意图

3. 调整后田湾核电站附近近岸海域环境功能区示意图

江苏省环境保护委员会办公室

2015年10月27日

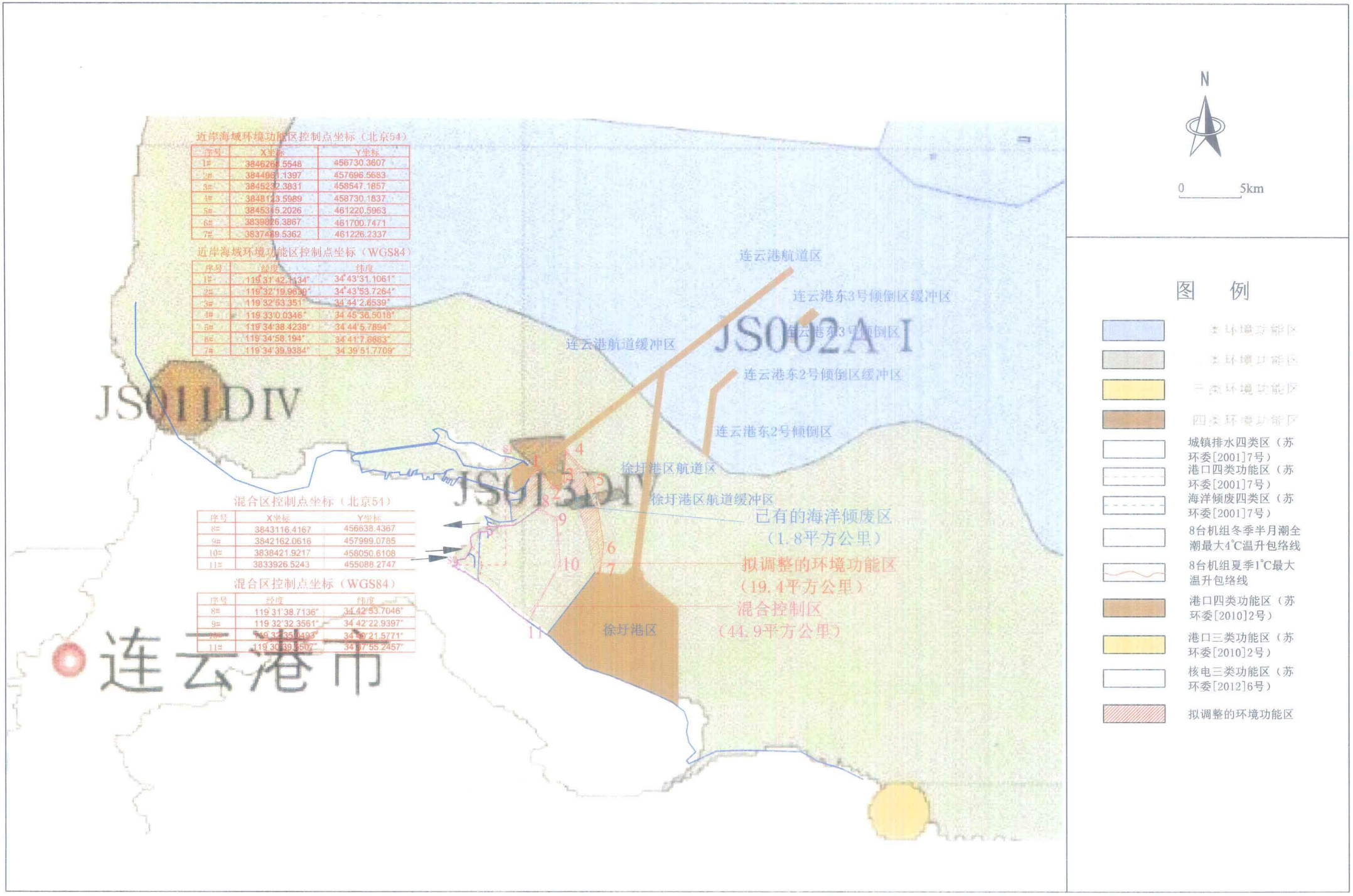
附件1

田湾核电站附近近岸海域环境功能区调整范围表

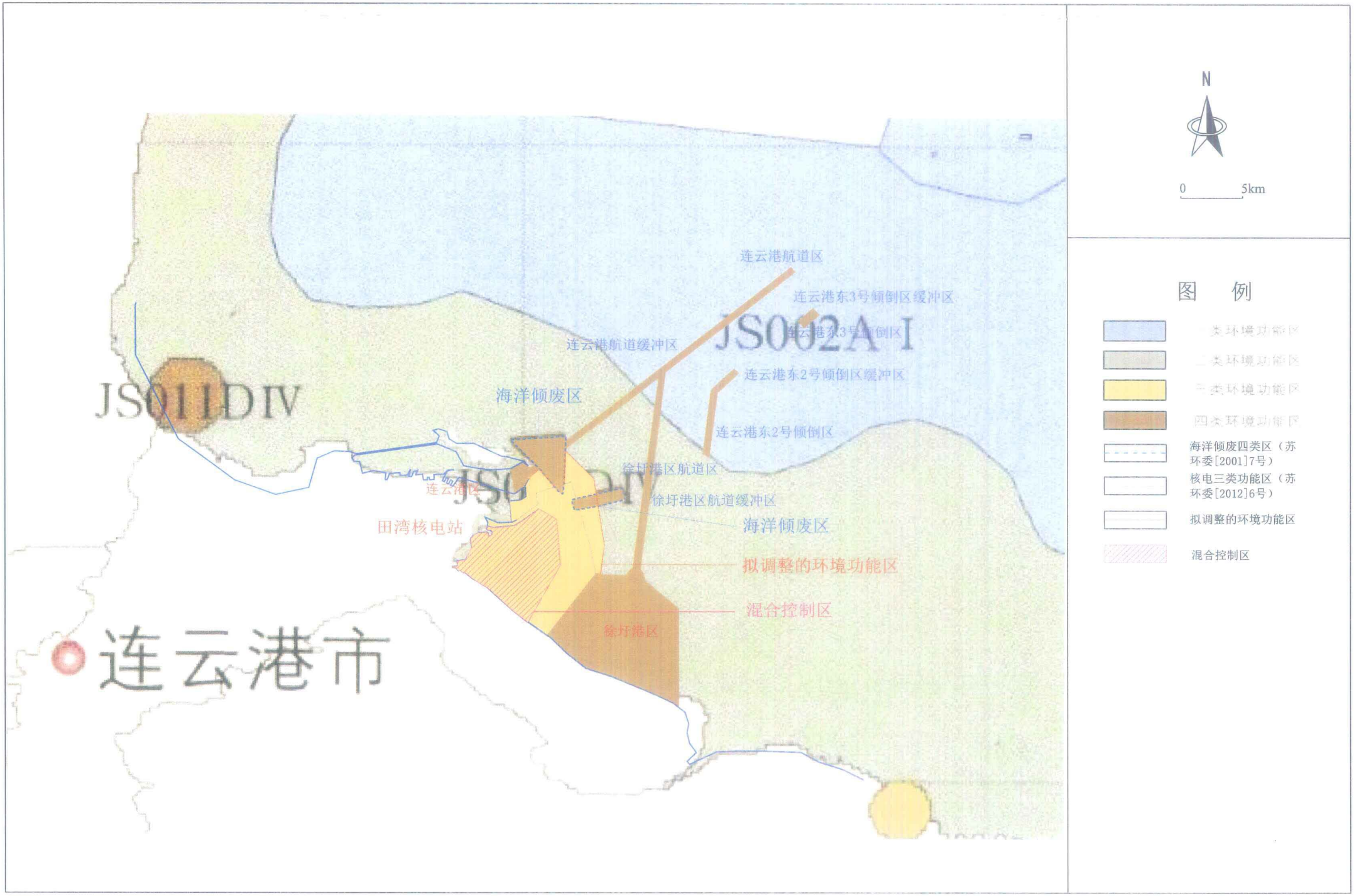
调整后环境功能区类别	环境功能区名称	调整前环境功能区类别	调整方案	主要功能	水质保护目标
三类功能区	核电温排水区	二类功能区	田湾核电站1-8号机组运行工况下夏季1℃最大温升包络线与现有三类功能区界限、四类功能区界限和岸线之间的围合范围原二类功能区调整为三类功能区，海域面积19.4平方公里，关键控制点经纬度为： 1、E:119° 31′ 42.1134″ N:34° 43′ 31.1061″ 2、E:119° 32′ 19.9639″ N:34° 43′ 53.7264″ 3、E:119° 32′ 53.351″ N:34° 44′ 2.6539″ 4、E:119° 33′ 0.0346″ N:34° 45′ 36.5018″ 5、E:119° 34′ 38.4238″ N:34° 44′ 5.7194″ 6、E:119° 34′ 58.194″ N:34° 41′ 7.6683″ 7、E:119° 34′ 39.9384″ N:34° 39′ 51.7709″	温排水	执行海水水质标准（GB3097-1997）三类标准
混合区	核电温排水区	三类功能区	田湾核电站1-8号机组运行工况下冬季半月潮全潮最大4℃温升包络线与取水渠、岸线之间的围合范围原三类功能区调整为温排水混合区，海域面积44.9平方公里，关键控制点经纬度为： 8、E:119° 31′ 38.7136″ N:34° 42′ 53.7046″ 9、E:119° 32′ 32.3561″ N:34° 42′ 22.9397″ 10、E:119° 32′ 35.0493″ N:34° 40′ 21.5771″ 11、E:119° 30′ 39.5507″ N:34° 37′ 55.2457″	温排水	除水温外，执行海水水质标准（GB3097-1997）三类标准

抄送：省政府办公厅，环保部办公厅。

江苏省环境保护委员会办公室　　2015年10月27日印发



附件2 田湾核电站附近近岸海域环境功能区调整示意图



附件3 调整后田湾核电站附近近岸海域环境功能区示意图

附件7

中华人民共和国水利部

水许可资源决字〔2015〕1号

准予水行政许可决定书

中国核工业集团公司：

你公司《关于上报田湾核电站5、6号机组水资源论证报告的请示》（中核规划发〔2014〕933号）收悉。经审查，《田湾核电站5、6号机组水资源论证报告书》（以下简称《报告书》）论证结论总体可信，可以作为你公司申办该项目取水许可以及项目立项、审批、核准等的技术依据。本机关认为：

一、田湾核电站5、6号机组位于江苏省连云港市连云区高公岛乡，在田湾核电站1、2号机组投入运行及3、4号机组开工建设的基础上，建设2台ACPR1000型核电机组，机组装机额定功率2178MW。该项目建设对于优化区域能源结构、满足江苏省未来用电需求具有重要意义。

二、《报告书》确定的水资源论证范围和水平年基本合适，论证内容基本符合《建设项目水资源论证导则》的要求。

三、同意项目水源配置方案与取用水规模。田湾核电站5、6号机组采用海水直流冷却系统，《报告书》确定项目施工期及运行

期生产、生活需用淡水均以蔷薇河干流地表水为水源，通过田湾核电站1、2号机组工程已建取水口和输水管线向该项目供水。该项目水源配置符合区域水资源相关规划、国家及区域水资源管理政策。

项目施工期(2015～2021年)用水量345.5万m^3，其中最大年用水量82.5万m^3。运行期正常工况下年用水量188万m^3。项目用水水平符合相关规定，取用水规模符合连云港市市区用水总量控制指标要求，并已取得连云港市水利局原则同意。

四、基本同意项目地表水取水水源方案，项目水源基本可满足项目施工期、运行期取水要求。

蔷薇河干流地表水取水口位于蔷薇河刘顶河段，通过输水管道经加压后供至核电水厂，项目取水口设置基本合理。《报告书》对不同保证率蔷薇河干流来水量、规划水平年蔷薇河市区范围内需水量及其供需平衡情况进行分析计算，对蔷薇河干流水质进行评价，蔷薇河干流水源基本可满足项目施工期、运行期生产及生活用水需求。

五、基本同意《报告书》提出的项目取水影响、补偿建议及水资源节约、保护措施。项目办理取水许可时，应参考《报告书》提出的补偿建议与利益相关方进行协商并签订补偿协议。

六、《报告书》提出该项目不设置入河排污口。项目退水排入黄海海域，退水排海按环境保护、海洋行政主管部门有关规定执行。

七、田湾核电站5、6号机组施工建设和运行管理中应全面落实最严格水资源管理制度，加强水资源节约、保护，并做好以下工作：

1、项目提出的节水设施与污水处理设施的建设应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产，并按规定程序，做好竣工验收工作。

2、项目施工和运行期间，应加强用水计量和退水监测，包括施工期不同用水单元的用水计量和统计，运行期厂区内用水节水统计，以及安装取、用水计量和退水监控系统。

根据《中华人民共和国行政许可法》第三十八条第一款、国务院《取水许可和水资源费征收管理条例》第十一条、第二十二条、《水行政许可实施办法》第三十二条第（一）项及《建设项目水资源论证管理办法》等有关规定，本机关决定批准《报告书》。

如该项目的规模、取水地点、取水标的等发生重大变化或自本决定之日起满3年未取得国家审批、核准，需继续申请取水的，则需重新进行水资源论证。

中华人民共和国水利部

水利部

2015年5月4日

抄送：国家发展和改革委员会，水利部淮河水利委员会，江苏省发展和改革委员会、水利厅，中国水利水电科学研究院。

附件8

中华人民共和国自然资源部

自然资函〔2019〕273号

自然资源部关于田湾核电站5、6号机组工程项目用海的批复

江苏核电有限公司：

你公司申请的田湾核电站5、6号机组工程项目用海已经国务院批准，现就该项目用海批复如下：

一、田湾核电站5、6号机组工程项目用海位于江苏省连云港市高公岛乡柳河村管辖的田湾海域。用海类型为建设工程用海，用海总面积606.234公顷（9093.51亩）。其中，非透水构筑物用海0.0628公顷（0.942亩），透水构筑物用海0.2093公顷（3.1395亩），温排水用海605.9619公顷（9098.4285亩），用海期限46年。用海界址点坐标见附件1。

二、项目建设要全面落实海域使用管理要求，用海过程中应采取切实有效措施，保护海洋生态环境，同时避免影响其他正常的用海活动。用海期间，应定期向我部东海局报告使用海域情况并接受监督管理。如用海方案发生变化，应停止施工，将变化情况报我部，批准后方可继续使用海域。

三、请在本批复文件印发之日起3个月内，按照《海域使用金缴纳通知书》（附件2）要求完成海域使用金缴纳。逾期未缴

纳海域使用金的，本批复文件自动失效。

四、你公司应按照不动产登记要求，到我部办理登记手续，领取海域使用权利证书，依法使用海域。

附件：1. 田湾核电站5、6号机组工程项目用海界址点坐标

2. 海域使用金缴纳通知书

中华人民共和国自然资源部

自然资源部

2019年6月5日

附件1

田湾核电站5、6号机组工程项目用海界址点坐标

序号	北纬	东经	序号	北纬	东经
顶点坐标（非透水构筑物）					
6	34°42′30.93″	119°28′54.34″	8	34°42′31.83″	119°28′53.47″
7	34°42′31.74″	119°28′54.45″	9	34°42′31.02″	119°28′53.36″
顶点坐标（透水构筑物）					
1	34°42′30.72″	119°28′52.45″	5	34°42′30.93″	119°28′54.39″
2	34°42′30.32″	119°28′52.79″	6	34°42′30.93″	119°28′54.34″
3	34°42′28.24″	119°28′54.03″	9	34°42′31.02″	119°28′53.36″
4	34°42′28.39″	119°28′54.06″			
顶点坐标（温排水）					
1	34°38′27.97″	119°29′45.25″	5	34°41′43.94″	119°31′36.17″
2	34°38′53.75″	119°30′40.24″	6	34°41′33.84″	119°29′51.97″
3	34°39′57.36″	119°31′30.74″	7	34°40′41.52″	119°31′31.26″
4	34°41′11.20″	119°31′53.27″			

附件2

海域使用金缴纳通知书

江苏核电有限公司田湾核电站5、6号机组工程项目用海总面积606.234公顷（9093.51亩）。其中，非透水构筑物用海0.0628公顷（0.942亩），透水构筑物用海0.2093公顷（3.1395亩），温排水用海605.9619公顷（9098.4285亩）。海域使用金按照《财政部 国家海洋局印发〈关于调整海域无居民海岛使用金征收标准〉的通知》（财综〔2018〕15号）征收，项目所在海域等别为四等，征收标准为：非透水构筑物用海100万元/公顷，一次性征收；透水构筑物用海2.53万元/公顷，温排水用海1.05万元/公顷，按年度征收。第一年度海域使用金合计为643.069524万元，其中30%（192.920857万元）缴中央国库，70%（450.148667万元）缴地方国库。自第二年度起，逐年缴纳海域使用金的用海按当年有效的征收标准征收海域使用金。

请你单位与江苏省自然资源厅联系，按要求办理缴款手续，确保海域使用金及时足额缴纳。

公开方式：依申请公开

抄送：江苏省人民政府办公厅，江苏省自然资源厅，财政部江苏监管局，自然资源部东海局。