

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）

江苏核电有限公司

二〇一五年十一月

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)



江苏核电有限公司

法人代表：魏国良

地址：江苏省连云港市连云区海棠中路 28 号

邮政编码：222042



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：中国核电工程有限公司

住 所：北京市海淀区西三环北路 117 号

法定代表人：刘巍

证书等级：甲级

证书编号：国环评证 甲 字第 1053 号

有 效 期：至 2019 年 11 月 6 日

评价范围：环境影响报告书类别 — 甲：核工业***
环境影响报告表类别 — 特殊项目环境影响报告表；一般项目环境影响报告表***



二〇一五年九月十七日

与原件一致 仅限 0603 项目使用

项目名称： 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组

文件类型： （环境影响报告书（建造阶段）

适用的评价范围： 核工业

法定代表人： 刘 巍 (签章)

主持编制机构： 中国核电工程有限公司 (签章)



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）编制人员名单表

编制		姓名	职业资格证书编号	登记证编号	专业类别	本人签名
主持人		李廷君	0006984 0000841	A10530111300 ZNPPE19-1612	核工业	李廷君
主要 编制 人员 情况	序号	姓名	职业资格证书编号	登记证编号	编制内容	本人签名
	1	李廷君	0006984	A10530111300	第一章 第十一章	李廷君
	2	高桂玲	0004412	A10530081300	第二章	高桂玲
	3	魏 刚	0006883	A10530181300	第三章	魏刚
	4	麻锦琳	0006835	A10530171300	第四章	麻锦琳
	5	刘继连	0011563	A10530221300	第五章	刘继连
	6	郑 伟	0001050	A10530091300	第六章	郑伟
	7	毛亚蔚	0004411	A10530101300	第七章	毛亚蔚
	8	王 欣	0006857	A10530191300	第八章	王欣
	9	张 威	0006842	A10530201300	第九章	张威
	10	李 力	00013795	A10530231300	第十章	李力

第一章 概 述

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

1.1.2 建设性质

1.2 建设规模和规划

1.3 建设经费

1.4 建设目的

1.5 建设进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

1.6.2 主要法规、标准和导则

1.7 评价标准

1.7.1 放射性评价标准

1.7.2 非放射性评价标准

1.8 评价范围及子区划分

1.9 选址阶段环境影响报告书审批时遗留问题的落实情况

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称

核电厂的名称：田湾核电站。

工程名称：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，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 建设规模和规划

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，1999 年 10 月 20 日田湾核电站 1 号正式浇灌第一罐混凝土，2007 年 5 月投入商业运行；2 号机组 8 月份投入商业运行。3、4 号机组已于 2012 年 12 月获得了国家核安全局颁发的建造许可证（国核安发[2012]253 号），目前正处于建设状态。

本工程为田湾核电站扩建工程 5、6 号机组，拟建 2 台百万千瓦级核电机组，是在田湾核电站 1~4 号机组基础上进行的扩建工程。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。

1.3 建设经费

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的项目计划总资金约为 303 亿元，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。项目基础投资约为 244 亿元，其中环保投资约 6.3 亿元，占基础价投资约 2.6% 左右。

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）中也明确，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

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、2 号机组已经投入运行，3、4 号机组正处于建设状态。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，江苏省全年原煤消耗量达到 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 亿标立方米，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 CO₂ 约 1324 万吨，SO₂ 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 号机组计划于 2015 年 12 月 31 日开工浇灌第一罐混凝土，单台机组建设周期为 60 个月，两台机组开工日期相隔 10 个月，计划分别在 2020 年 12 月 31 日和 2021 年 10 月 31 日建成投产。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 编制依据文件

- (1) 《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》（发改能源办[2009]1402 号）；
- (2) 《关于田湾核电站扩建工程五号、六号机组环境影响报告书（选址阶段）的批复》（环审[2010]132 号）；
- (3) 《关于田湾核电站 3、4 号机组工程项目环评和非放射性污染排放执行标准请示的复函》；
- (4) 《关于原则同意连云港市田湾核电站近岸海域环境功能区划调整的函》（苏环委办[2012]6 号）；
- (5) 《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）；
- (6) 《国家海洋局关于江苏省田湾核电站 5、6 号机组用海预审意见的函》（国海管字[2015]212 号）
- (7) 《准予水行政许可决定书》（水许可资源决字[2015]1 号）
- (8) 《关于田湾核电站 5-6 号机组扩建工程建设用地预审意见的复函》（国土资预审字[2010]143 号）
- (9) 《关于同意延长田湾核电站 5-6 号机组扩建工程用地预审意见有效期的函》（国土资预审字[2015]37 号）

本报告书编制依据的主要专题研究成果详见表 1.6-1。

1.6.2 主要法规、标准和导则

本报告编制遵循的主要法规、标准和参照体的主要导则如下：

- (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》（2003 年 9 月 1 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》（2013 年 12 月 28 日修订）；
- (5) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2016 年 1 月 1 日）；
- (6) 《中华人民共和国水污染防治法》（2008 年 6 月 1 日）；
- (7) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1997 年 3 月 1 日）；
- (8) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2005 年 4 月 1 日）；
- (9) 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 3 月 1 日）；
- (10) 《中华人民共和国土地管理法》（2004 年 8 月 28 日）；
- (11) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月）；
- (12) 《放射性物品运输安全管理条例》（2010 年 1 月 1 日）；
- (13) 《中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害与海洋环境管理条例》（2008 年）；
- (14) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2015 年 6 月 1 日）；
- (15) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日）；
- (16) 《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006]28 号）；
- (17) 《近岸海域环境功能区管理办法》（1999 年 12 月 10 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) 《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》；
- (20) 《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（NEPA-RG1）；
- (21) 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）；
- (22) 《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）；
- (23) 《核动力厂设计安全规定》（HAF102）；
- (24) 《放射性废物安全监督规定》（HAF401）；
- (25) 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）；
- (26) 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
- (27) 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；

- (28) 《核电厂厂址选择中的地震问题》(HAD101/01);
- (29) 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02);
- (30) 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》(HAD101/03);
- (31) 《核电厂厂址选择的外部人为事件》(HAD101/04);
- (32) 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》(HAD101/05);
- (33) 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》(HAD101/06);
- (34) 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01);
- (35) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2011);
- (36) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2008);
- (37) 《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ/T2.3-1993);
- (38) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009);
- (39) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2011);
- (40) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001);
- (41) 《海洋监测规范》(GB17378.1~7-2007);
- (42) 《海洋调查规范》(GB12763.1~7-2007);
- (43) 《建设项目海洋环境影响跟踪监测技术规程》(国家海洋局, 2002);
- (44) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);
- (45) 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011);
- (46) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);
- (47) 《放射性废物的分类》(GB9133-1995);
- (48) 《核设施流出物监测的一般规定》(GB11217-89);
- (49) 《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);
- (50) 《环境核辐射监测规定》(GB12379-90);
- (51) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB11215-89)
- (52) 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93)
- (53) 《核电厂环境辐射监测规定》(NB/T 20246-2013)
- (54) 《放射性物质安全运输规程》(GB11806-2004);
- (55) 《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》(GB/T 17230-1998);
- (56) 《低、中水平放射性固体废物的浅地层处置规定》(GB 9132-88);
- (57) 《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》(GB14587-2011);
- (58) 《电离辐射监测质量保证一般规定》(GB8999-1988);

- (59) 《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》(GB14569.1-2011);
- (60) 《放射性废物体和废物包的特性鉴定》(EJ 1186-2005);
- (61) 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》(GB14589-93);
- (62) 《海水水质标准》(GB3097-1997);
- (63) 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002);
- (64) 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002);
- (65) 《环境空气质量标准》(GB3095-1996);
- (66) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012);
- (67) 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996);
- (68) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008);
- (69) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011);
- (70) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008);
- (71) 《环境影响评价技术导则 输变电工程》(HJ24-2014);
- (72) 《交流输变电工程电磁环境监测方法（试行）》(HJ681-2013)
- (73) 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)
- (74) 《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);
- (75) 《电磁辐射环境影响评价方法与标准》(HJ/T 10.3-1996);
- (76) 《高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法》(GB/T7349-2002);
- (77) 《高压交流架空送电线无线电干扰限值》(GB15707-1995);

1.7 评价标准

1.7.1 放射性评价标准

本报告正常运行工况的剂量评价标准，遵循《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)中的有关规定。

(1) 正常运行工况下的剂量约束值

田湾核电站 1、2 号机组已建成运行，3、4 号机组正在建设，本期扩建工程新建两台百万千瓦核电机组。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”。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成后，厂址将有六台百万千瓦级核电机组投入运行。已批复的田湾核电站 1-4 号机组剂量约束值为 0.16 mSv/a，其中 1、2 号机组的剂量约束值为 0.08mSv/a，3、4 号机组的剂量约束值也是 0.08mSv/a。因此基于田湾核电站 1-4 号机组的批复情况以及本厂址的后续规划情况，拟定

的本期工程田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的剂量约束值为 0.04mSv/a，全厂址的剂量约束值按照 GB6249-2011 的规定为 0.25 mSv/a。

（2）事故条件下的剂量控制值

按照我国国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011），在设计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）放射性流出物的排放控制值

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的 6.2 款和 6.3 款规定了核动力厂每座 3000MW 热功率反应堆气载和液态放射性流出物年排放量控制值，同时对不同功率反应堆要求根据其功率按照 6.2 条款规定适当调整，6.4 款规定了多堆厂址所有机组年总排放量控制值，此外，6.8 款还规定了滨海厂址放射性流出物槽式排放出口处除氚和碳 14 外其它核素浓度不超过 1000Bq/L。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组需满足的放射性流出物年排放量单堆控制值为：

— 气载放射性流出物：惰性气体：600TBq/a；碘：20GBq/a；粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）：50GBq/a；碳 14：700GBq/a；氚：15TBq/a。

— 液态放射性流出物：氚：75TBq/a；碳 14：150GBq/a；其余核素：50GBq/a。

同时，田湾核电站六台机组全部建成运行后，整个厂址所有反应堆需满足放射性流出物年排放量全厂控制值为：

— 气载放射性流出物：惰性气体：2400TBq/a；碘：80GBq/a；粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）：200GBq/a；碳 14：2.8TBq/a；氚：60TBq/a。

— 液态放射性流出物：氚：300TBq/a；碳 14：600GBq/a；其余核素：200GBq/a。

田湾核电站作为滨海厂址，其槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和碳 14 外其他放射性核素浓度不超过 1000Bq/L。

（4）海水中的放射性核素浓度限值

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，田湾核电站运行期间受纳水体中的与核电厂释放相关的放射性核素浓度控制值为：

— Co-60：0.03Bq/L；

— Sr-90：4.0Bq/L；

— Ru-106: 0.2Bq/L;

— Cs-134: 0.6Bq/L;

— Cs-137: 0.7Bq/L。

1.7.2 非放射性评价标准

在田湾核电站 3、4 号机组建造阶段的环境影响评价过程中，连云港市环境保护局以《关于田湾核电站 3、4 号机组工程项目环评和非放射性污染排放执行标准请示的复函》对 3、4 号机组工程环评所遵循的环境质量标准和污染物排放标准进行了函复。本工程和 3、4 号机组同处同一厂址，3、4 号机组环评中在非放射性评价方面所遵循的环境质量标准和污染物排放标准同样适用于本工程。根据该复函，结合本工程的实际设计特点，本次环境影响评价所执行的非放射性评价标准如下：

（1）大气

大气环境质量：执行《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）及修改单的二级标准，以及《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准。

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）水环境

海水水质：依据《关于原则同意连云港市田湾核电站近岸海域环境功能区划调整的函》（苏环委办[2012]6号），执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的三类标准。

污水排放：田湾5、6号机组的污水均收集到原田湾1、2号厂前区已经完成的全厂污水处理站，经处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准的要求。中水用于厂区绿化、道路浇洒等，其水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）的要求。回用水量小于排放量时，溢流排放。

（3）噪声

声环境质量：项目区执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中3类标准，即昼间：65dB（A），夜间55dB（A）；项目区外周边村庄执行2类标准，即昼间：60dB（A），夜间50dB（A）。

厂界噪声：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中 3 类标准，即昼间：65dB（A），夜间 55dB（A）。

施工噪声：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），即昼间 70dB（A），夜间 55dB（A）。

（4）电磁辐射

工频电场：4kV/m；工频磁场：0.1mT（100μT）。

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

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

1.8 评价范围及子区划分

根据《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89），本次评价范围是以田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的烟囱为中心，半径 80km 的地域范围。为进行剂量估算，将此区域分别以 1、2、3、5、10、20、30、40、50、60、70、80km 为半径画 12 个同心圆，与圆心角为 22.5° 的 16 个方位相交划分扇形区，共 192 个评价子区。

厂址半径 80km 评价子区划分示意图见图 1.8-1。

1.9 选址阶段环境影响报告书审批时遗留问题的落实情况

2010年5月4日，环境保护部批复了《田湾核电站扩建工程五、六号机组环境影响报告书（选址阶段）》（环审[2010]132号）。在该批复中，环境保护部从环境保护的角度对本工程在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作提出了三点要求。针对该批复中的有关要求，江苏核电有限公司开展了大量的工作，进行了积极的响应和落实。

（1）目前阶段应至少考虑同一厂址一号至六号机组温排水排放对环境的影响，提出相应的工程设计方案，减少温排放对环境的影响。

自本工程选址阶段环境影响报告书获得批复以后，江苏核电有限公司委托有关单位持续开展取排水方案的工程优化。设计方在选址阶段初步确定的取排水方案的基础上，结合田湾核电站自身的工程特点和厂址周围的新近环境特征（特别是旗台作业区、黄窝吹填区、徐圩港区等的规划建设），开展了温排水的数值模拟和物理模型试验，并在此基础上进行了大量的优化论证工作，确定取水明渠采用单边堤（延长南堤缩短北堤）布置，取排水口之间的距离也有所拉伸，这使得取水温升有所降低，温排放对环境的影响也有所减少。按照目前确定的取排水方案所开展的环境影响评价结果表明，田湾核电站6台机组运行所致海水温升与GB3097-1997、厂址附近近岸海域环境功能区划是相符的。

（2）对同一厂址内放射性固体废物处理工作，应统一规划，分类处理，优化管理，尽量采用实际可行的先进技术，减少废物量。

自本工程选址阶段环境影响报告书获得批复以后，根据环境保护部对田湾核电基地放射性固体废物处理的有关要求，江苏核电有限公司组织有关单位开展了相关论证，并确定在田湾核电基地建设全厂址共用的废物处理中心（T4UKT）。该中心采用“废树脂热态超

级压缩、蒸残液烘干压实、采用可降解防护用品和干废物超级压实”的技术方案来降低废物包产生量，可降解废物处理装置设置在2号机组核服务厂房，废树脂热态超级压实、蒸残液烘干压实和干废物超级压实设备设置在T4UKT。T4UKT随田湾核电站3、4号机组同期建设，供田湾核电基地使用。目前，T4UKT正处于设计、建设过程中，并将在田湾核电站3、4号机组申请首次装料许可证时处于可用状态。

（3）在本工程正式开工前，落实规划限制区的设置和海域使用工作。工程建设应符合项目所在区域的总体规划，做好与连云港港口规划相容性研究，确保核电站扩建与城市发展相协调。

针对规划限制区：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）文，确认了“连云港核电站半径5km范围内为规划限制区”。此外，《连云港市城市总体规划（2008~2030）》于2009年获得了江苏省人民政府的批复（苏政复[2009]38号）。在连云港市城市总体规划中第41条规定了核电安全防护区及管制措施，该强制性条文规定了田湾核电站的非居住区、规划限制区和烟羽应急计划区。

针对海域使用：本工程作为田湾核电站的扩建工程，海工部分的主要建设内容包括取水口构筑物、取水明渠、排水明渠及取水口配套服务区，取排水导流堤和排水口构筑物与3、4号机组共用。江苏核电有限公司已委托南京师范大学编制《田湾核电站5、6号机组海域使用论证报告书》提交国家海洋局审查，并取得用海预审意见。

针对规划相容性：江苏核电有限公司组织的有关分析工作表明，本工程与《江苏省海洋功能区划（2011-2020）》、《国家核电中长期发展规划（2005-2020）》、《江苏沿海地区发展规划（2009-2020）》和《连云港城市总体规划（2008-2030）》等规划是相符合的。此外，为了论证田湾核电站与连云港港总体规划的相容性，连云港市港口管理局、连云港港口集团公司和江苏核电有限公司共同研究决定委托中国核电工程有限公司进行核电与港口规划的相容性研究。研究结果表明，在田湾核电基地继续建设本工程和连云港港旗台作业区、旗台作业南区以及徐圩港区规划是相容的。

表 1.6-1 采用的主要专题研究成果一览表

序号	项目名称	承担单位	完成时间
1.	连云港核电厂大气扩散实验与研究	中国辐射防护研究院	1999.12
2.	田湾核电站六氟化硫（SF ₆ ）示踪实验及其分析	中国辐射防护研究院	2000.5
3.	田湾核电站中尺度风场和大气边界层及湍流扩散特征的观测分析	中国辐射防护研究院	2000.5
4.	田湾核电扩建项目厂址区域气候和常规气象观测资料收集及统计分析	北京大学科技开发部 江苏省连云港市气象局	2007.4
5.	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	中国辐射防护研究院	2008.1
6.	田湾核电扩建工程厂址区域极端气象补充调查和极端气象设计基准研究	北京大学科技开发部 江苏省连云港市气象局	2009.8
7.	田湾核电扩建工程厂址区域气象资料补充收集与暖通和空调专业工程气象设计参数	北京大学科技开发部 江苏省连云港市气象局	2009.8
8.	田湾核电站扩建工程5、6号机组工程水文补充计算分析报告	国家海洋信息中心	2010.8
9.	田湾电站扩建工程5、6号机组水温补充计算分析报告	国家海洋信息中心	2010.10
10.	江苏田湾核电厂塔层气象观测相关性分析报告	中国辐射防护研究院	2013.4
11.	田湾核电站扩建工程5、6号机组施工期海域环境监测调查报告	国家海洋局第一海洋研究所	2013.6
12.	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	中国水利水电科学研究院	2014.6
13.	田湾核电项目海洋环境现状监测报告	国家海洋局南通海洋环境监测中心站	2014.9
14.	田湾电站扩建工程5、6号机组温排水综合研究报告	中国水利水电科学研究院	2015.1
15.	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）	中国核电工程有限公司 北京华测北方检测技术有限公司	2015.1
16.	田湾核电站3、4号机组工程项目施工期噪声监测分析及评价报告（2014年度报告）	中国核电工程有限公司、北京华测北方检测技术有限公司	2015.1
17.	田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址区域环境、人口分布及外部人为事件调查报告（中间成果）	苏州热工研究院有限公司	2015.5
18.	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（中间成果）	中国水利水电科学研究院	2015.5
19.	田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址区域电磁辐射现状调查与评价报告	中国核电工程有限公司 国家建筑材料测试中心	2015.5
20.	田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址区域极端气象调查、统计分析和设计基准评价（中间成果）	北京大学科技开发部	2015.6
21.	田湾核电站扩建工程5、6号机组厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析(中间成果)	北京大学科技开发部	2015.6
22.	田湾核电站扩建工程5、6号机组工程水文补充分析计算研究报告（B版）	国家海洋信息中心	2015.7

第二章 厂址与环境

2.1 地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界及附近居民点

2.1.3 厂址用地规划

2.2 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 水产资源及生态概况

2.4 厂址附近的工业、交通

2.4.1 工业设施

2.4.2 交通

2.5 气象

2.5.1 区域气候

2.5.2 当地气象条件与现场气象观测

2.5.3 设计基准气象参数

2.5.4 联合频率

2.5.5 大气稳定度

2.5.6 混合层高度及扩散参数值

2.5.7 厂址气象观测

2.6 水文

2.6.1 地表水

2.6.2 地下水

2.6.3 洪水

2.7 地质地震

2.7.1 地质特征

2.7.2 地震烈度级别和区域地壳稳定性

2.1 地理位置

2.1.1 厂址位置

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 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。厂址地理位置见图 2.1-1。

2.1.2 厂址边界及附近居民点

非居住区边界以反应堆厂房为中心半径不小于 500m 范围。

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 1.92hm² 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。非居住区边界大于征地边界的区域为船山原状山体。该区域海拔在 160~200m 之间，山上植被茂密，且坡度较陡，该区域没有道路、水、电等必要的生活条件，因此不适宜居住。后续根据需要，江苏核电有限公司可与地方政府协商，采取合适方式对该区域进行管控。

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。

厂址地产权界限即征地边界。

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）、土建施工用地、安装施工用地。

本工程部分土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。本工程拟新征地面积为 105.85hm^2 （含规划 7、8 号机组用地）。

最近的居民点为距厂址西北约 1.3km 的宿城街道东崖屋村下辖的陶庵村，共有 157 人。

2.1.3 厂址用地规划

厂址根据 8 台机组进行总体规划，其中 1~4 号机组用地已征用完毕，本工程拟将 5~8 号机组用地一次征用。

本工程拟征地 105.85hm^2 ，其中耕地 32.8648hm^2 ，园地 2.1088hm^2 ，林地 32.1122hm^2 ，其它农用地 20.4262hm^2 ，建设用地 3.2735hm^2 ，未利用地 15.0645hm^2 。

2.2 人口分布

厂址半径 80km 范围内 2013 年底的总人口数约为 815 万人，厂址半径 80km 范围内平均人口密度低于江苏省和连云港市同期（2013 年）平均人口密度。

厂址半径 80km 范围内超过十万的人口中心有 6 个，分别为位于厂址 N 方位 76km 处的山东省日照市东港区经济开发区（奎山街道和北京路街道），共有约 11 万人；位于厂址 WSW 方位 65km 处的江苏省连云港市东海县牛山街道（县城），共有约 10 万人；位于厂址 WNW 方位 34km 处的江苏省连云港市赣榆区青口镇（城区），共有约 16 万人；位于厂址 S 方位 66km 处的江苏省连云港市灌南县新安镇（县城），共有约 13 万人；位于厂址 SSW 方位 46km 处的江苏省连云港市灌云县伊山镇（县城），共有约 10 万人；位于厂址 WSW 方位 25km 处的江苏省连云港市海州区连云港市区，共有约 42 万人。

厂址半径 15km 范围内共涉及连云港市连云区的墟沟街道、海州湾街道、连云街道、连岛街道、板桥街道、朝阳街道、云山街道、宿城街道、高公岛街道、中云街道，海州区的云台街道，以及云台农场、东辛农场，截止 2013 年底共有人口数约为 19 万人。厂址半径 10km 范围内没有十万人以上的人口中心和城镇。

厂址半径 5km 范围内涉及板桥街道的程圩、跃进社区，高公岛街道的高公岛村、柳河村和黄窝村，连云街道的临海、胜利和云台社区，宿城街道的保山村、大竹园村、东崖

屋村、高庄村、留云岭村和夏庄村，云山街道的黄崖村共 5 个街道 15 个行政村的 33 个居民点，截止 2013 年底的总人口数约为 1.8 万人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的居民点。

2.3 土地利用及资源概况

本节编制依据苏州热工研究院有限公司于 2015 年完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址区域环境、人口分布及外部人为事件调查报告》。

2.3.1 土地和水体的利用

厂址半径 15km 范围内现有耕地约 7000 hm^2 。厂址半径 5km 范围现有耕地约 300 hm^2 。

厂址半径 15km 范围内云台山和花果山森林资源较为丰富。厂址半径 5km 范围内主要是北部的墟沟林场，墟沟林场总面积约 4 万亩。

厂址半径 15km 范围内居民饮用水主要为地表水；厂址半径 5km 范围居民用水主要来自宿城水库，个别高山区的乡村饮用山泉水，也有个别自然村少量饮用井水。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产情况

厂址周围地区耕地较少，农产品相对较少，种类主要有粮食作物、油料作物、蔬菜和水果等。

2.3.2.2 畜牧业情况

厂址周围地区内农村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。

2.3.2.3 林业资源与自然资源情况

厂址半径 15km 范围内云台山和花果山森林资源较为丰富。

连云港市矿产资源种类较多，非金属矿产优势突出，主要有蛇纹石、脉石英、水晶等，其中水晶主要分布在东海县。厂址区及附近无珍稀植物资源，也不存在压覆矿产。

厂址半径 15km 范围有 1 个省级自然保护区—云台山国家森林公园，位于厂址 WNW~NNW 方位约 3.5~10km 处。

厂址半径 15km 范围内没有国家级和省级文物、古迹保护单位。

厂址半径 15km 范围内的风景名胜区主要涉及连岛海滨旅游度假区、花果山风景区、渔湾自然风景区、宿城风景区、云台山国家森林公园，其中宿城风景区是厂址附近最近的景点。

厂址附近无野生珍稀动植物分布。

2.3.3 水产资源及生态概况

厂址所临海州湾地处亚热带向暖温带过渡地带。海域开阔，水深不大，低潮线以下海底多为水下岸坡。沿岸入海河流众多，输入了大量的营养物质，湾外侧又受东海暖流和黄海冷水团的影响，水质肥沃，海洋生物种类繁多，是海洋鱼、虾、蟹类等洄游栖息和繁殖生长的优良场所。

厂址半径 80km 范围内潮间带和近岸海域，渔业自然资源种类繁多，浮游植物、浮游动物、鱼类、软体动物、虾类、蟹类等形成了底栖和游泳动物并茂的生态系统。这些丰富的自然资源，为发展渔业生产提供了物质基础。

海州湾具有若干种数量多、密度大和集群性强的优势种，如黄鲫、棘头梅童鱼、银鲳、刀鲚、蓝点马鲛、青鳞鱼、灰鲳、鳙鱼、小带鱼和鳗鱼等。

厂址附近海域为三类环境功能区，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）三类海水水质标准。

厂址附近有两个渔业资源保护区，其中海州湾中国对虾国家级水产种质资源保护区为国家级水产种质资源保护区，位于厂址 N~NE 方位约 33km 处；海州湾国家级海洋公园为国家级海洋公园，田湾核电站位于海州湾国家级海洋公园南侧，与海州湾国家级海洋公园最近距离约为 7km。

2.4 厂址附近的工业、交通

2.4.1 工业设施

厂址半径 15km 范围内包括连云港市连云区海州湾街道、墟沟街道、连云街道、连岛街道、板桥街道、云山街道、高公岛街道、宿城街道；连云港经济技术开发区的中云街道、朝阳街道；连云港港区全部；省东辛农场部分以及徐圩新区大部分区域。厂址半径 15km 范围内规模以上工业企业约有 60 家，主要集中在连云港经济技术开发区（厂址 WNW~NW 方位 10~15km）、板桥工业区（厂址 SSW~SSE 方位 5~10km），少量分布于连云区街道、板桥街道以及高公岛街道。

厂址半径 15km 范围内的固定危险源主要为贮存和使用危险品的企业，包括化工企业、加油站以及连云港港区内的危险品贮存设施，危险品类型涉及汽油、柴油、易燃易爆气体、化学原料和化工产品等。经计算分析，不会对核电厂的安全运行产生影响。

2.4.2 交通

（1）公路

田湾核电站厂址区域公路交通网络发达，现已形成“一横两纵”的高速网，其中横向为 G30 连霍高速（连云港至徐州），两纵分别为 G25 长深高速（连云港至淮安）和 G15 沈海

高速（连云港至盐城）。另外还有国道、省道等多条道路交织其中，包括北疏港公路、南疏港公路、东疏港公路、G327、G310、G205、G204、S235、S236、S242、S245、S323、S324、S326 等，构建成以高速公路为主骨架，十几条国道、省道公路为依托，县乡道为支脉的四通八达的公路网络。其中位于田湾核电站厂址半径 15km 内的公路有：北疏港高速公路、南疏港高速公路、东疏港高速公路、S201 省道（赣榆至海门）、S242 省道（黑林至杨集）、G310（港城大道）、G30 连霍高速。厂址附近有危险品运输车辆通行的公路主要有两条，为南疏港公路和连高路（乡道）。经计算分析，预计通过这两条公路运输的易燃、易爆危险品不会对厂址安全产生影响。

（2）水上交通

连云港港由连云、赣榆、徐圩、前三岛和灌河 5 大港区组成，其中连云港区是以集装箱和大宗散货运输为主，兼顾客运和通用散杂货运输，大力发展保税、物流等功能的综合性港区；赣榆、徐圩港区依托临港工业起步，将逐步发展成为腹地经济发展和后方临港工业服务的综合性港区，以干散货、液体散货和散、杂货运输为主，并预留远期发展集装箱运输的功能；前三岛港区以石油运输为主，主要为大型石化产业发展服务；灌河港区以散杂货、化工品运输为主，兼顾修造船功能，主要为地方经济发展服务。厂址半径 15km 范围内的港区包括连云港区全部和徐圩港区北侧部分。连云港区包括墟沟、庙岭、马腰、旗台和大堤 5 个作业区。

田湾核电站厂址半径 15km 范围内目前有两条海上航道，分别为连云港区主航道和徐圩港区航道。连云港区主航道为 25 万吨级深水航道，最近处位于田湾核电站 N 方位约 6km。徐圩港区航道为 10 万吨级深水航道，最近处位于田湾核电站 SSE 方位约 14.5km。据分析计算，海上运输的危险品不会对核电站安全产生影响。

田湾核电站半径 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。

（3）空运

厂址 SW 方位约 50km 处为连云港市军民两用的白塔埠 4D 机场，离厂址最近的空中航线地面投影距离厂址约 35km。按 HAD101/04 的规定，距离厂址最近的机场和空中航线均位于规定的筛选距离外，可不考虑飞机坠毁对核电站安全的影响。

2.5 气象

2.5.1 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。

2.5.2 当地气象条件与现场气象观测

根据厂址代表性气象站西连岛站 1971~2014 年 44 年主要气象要素，以及厂区南地面气象站和新建气象铁塔 2013~2014 年的气象观测资料，分析厂址的当地气象条件。

2.5.2.1 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 12%，相邻的东风频率也比较高，占全年的 9%、两者合计达 21%。全年静风频率 4.6%，各月比较均匀，在 4%~6%之间。

本地常年风速较大，平均风速为 5.2m/s。一年中以 11 月份风速最大，平均 5.5m/s，7 月份最小，为 4.8m/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

该地年平均气温为 14.6℃。有记录以来的极端最高气温是 38.5℃，极端最低气温是 -11.9℃。

3) 湿度

西连岛年平均相对湿度为 69%，最大月平均值出现在 7 月份，达到 82%；最小月平均值出现在 12 月份，月平均值为 62%。

4) 降水

西连岛年平均降水日数 86 天，年平均降水量为 899.8mm，一日最大降水量为 432.2mm。

5) 气压

西连岛平均气压 1014.9hPa，累年平均 1 月气压最高，为 1025.4hPa，7 月平均气压最低，为 1002.2hPa。

6) 云量和日照

西连岛平均总云量为 5.4 成，低云量年平均 2.2 成。

该地年平均日照时数为 2345 小时，年平均日照百分率 55%。

2.5.2.2 现场气象观测结果

1) 风向、风速

地面站年平均风速为 3.0m/s，近两年的年静风频率为 0.47%。气象铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的年平均风速分别为 2.7m/s、3.4m/s、3.8m/s 和 4.3m/s，各高度的年静风频率分别为 4.3%、3.64%、5.65%和 2.54%。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。2013~2014 年，地面站最大风速和极大风速极值分别为 13.4m/s 和 25.0m/s。

地面站全年各季的最多风向均为 ENE。气象铁塔 10m 和 30m 的最多风向为 NE~ENE 方位，次多风向均为 WNW。100m 高度的最多风向为 SW~WSW 方位，次多风向为 NE~ENE 方位。

2) 气温

厂址地面站的年平均气温为 15.1℃。铁塔 10m、30m、70m 和 100m 高度的年平均气温分别为 14.9℃、15.0℃、14.8℃和 14.6℃。年平均露点温度为 9.6℃。

3) 湿度

地面气象站年平均相对湿度 72.6%，最低相对湿度为 11%。

4) 降水

2013 年和 2014 年厂址的年降水量分别为 829.3mm 和 776.0mm。近两年最大日降水量为 77.3 mm。

5) 气压

2013~2014 年厂址年平均气压为 1016.0hPa，厂址极端最高气压为 1060.1hPa，极端最低气压为 949.9hPa。

6) 辐射

近两年总辐射量和净辐射量的月最高值分别为 712.3MJ/m² 和 374MJ/m²，总辐射量和净辐射量月最低值分别为 116.1MJ/m² 和 11MJ/m²。

2.5.3 设计基准气象参数

根据对厂址周边极端气象调查分析和评价，确定厂址设计基准风速为 49.8m/s；最大龙卷风风速为 92.6m/s，对应龙卷风强度等级为 F3 级；厂址极端温度的设计基准为百年一遇最高气温 42.2℃，百年一遇最低气温-20.6℃。厂址百年一遇雪荷载设计基准为 100kg/m² (0.98kN/m²)。

2.5.4 联合频率

根据 2013 年 1 月至 2014 年 12 月厂址气象铁塔 10m 和 100m 高度的风向、风速和地

面气象站的雨量观测结果，以及采用 $\Delta T-U$ 法得到的稳定度分类，统计计算 10m 高度的风向-风速-稳定度三维联合频率和 100m 高度的风向-风速-稳定度-雨况四维联合频率。

2.5.5 大气稳定度

大气稳定度的划分采用 $\Delta T-u$ 法，使用厂址 2013 年 1 月~2014 年 12 月气象铁塔 100m 高度和 10m 高度的温度差和 10m 高度风速逐时确定 A~F 各类。田湾厂址不稳定 A~C 类和中性 D 类频率相当，稳定 E~F 类偏少。

2.5.6 混合层高度及扩散参数值

2.5.6.1 混合层高度

根据中国辐射防护研究院于 1997 年夏季和冬季在田湾厂址一带开展的短期低空探测，再结合射阳气象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计算结果，并考虑了田湾夏季向岸流时可能出现的热内边界层，根据混合层高度特征值的大小范围及大气边界层越不稳定混合层发展越旺盛的一般概念，确定运行状态下计算采用的各稳定度类别的混合层高度。C 类和 D 类稳定度下的混合层高度低于 A、B 类对应的混合层高度。

2.5.6.2 大气扩散参数

该地区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。其中，示踪实验考虑了研究区域内地形、流场等实际因素对扩散的影响，最直接地反映了扩散稀释情况，但只获得了 D 类稳定度的数据。铁塔湍流测量获得了各类天气条件的扩散参数，但为单点测量，不能够全面反映田湾核电厂址复杂地形对扩散的影响。综合考虑，D 类天气扩散参数取示踪实验结果，其他天气类型的扩散参数通过将湍流 i 类稳定度和 D 类稳定度扩散曲线的差距按比例折算为相应的示踪实验扩散曲线差距得到。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。

2.5.7 厂址气象观测

2.5.7.1 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。

田湾核电站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 $25 \times 25 \text{m}^2$ 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。2013 年和 2014 年塔层数据和地面降水的联合获取率分别为 99.3%和 99.5%，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。

2.5.7.2 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。

2.6 水文

本节内容主要论述田湾核电站 5-6 号机组建设期间与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，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）、《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组温排水综合研究报告》（2014.12）及《田湾核电站海平面异常现象分析报告》（2008.05）。

连云港海区潮汐观测使用的基本水准点为连云港水尺零点，其高程在黄海基准点以下 2.87m，在连云港平均海平面以下 2.90m。各基准面间关系见图 2.6-1。本报告中潮位和水位均为 56 黄海基面。

2.6.1 地表水

2.6.1.1 海洋水文

（1）地理、地形条件

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。

（2）潮汐

a. 潮汐

核电站厂址位于海州湾南岸。海州湾潮波属驻波性质，M2 分潮的无潮点在海州湾东南部约 122°E，34°N 附近，同潮时线和潮流运动均作逆时针方向旋转。沿岸地区的潮流运行由于受到海岸廓线和水下地形的影响，愈靠近岸线潮流的旋转率愈小，椭圆长轴方向愈加明显，部分区域长轴方向基本上与岸线走向一致。

b. 潮汐性质

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。 $R = (HK1 + HO1) / HM2 = 0.31 < 0.5$ （HK1、HO1、HM2 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。其主要特性是涨落潮时不等，落潮历时较涨潮历时长约 1 小时左右。

c. 潮位特征值

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 年到 2014 年）统计结果进行比较后确定的。潮位特征值见表 2.6-1：

（3）重现期潮位

根据连云港站 1951 年 4 月~2014 年 12 月的潮汐资料，并利用高公岛站与连云港站 1997 年 3 月~1998 年 3 月的同期潮位资料，建立两站的高低潮位相关关系。依据高公岛站与连云港站高低潮位相关关系推算的结果见表 2.6-2。

（4）连云港风况对增减水的影响

连云港地区常风向为偏东风，强风向为偏北风。大风除台风季节的八、九月份外，一般出现在冬季，其次是夏季。根据对 1979 年冬、春季节寒潮天气下增减水资料分析，NNE—NE 为增水主方向，NW 方向为减水主方向。

根据厂址和连云港站 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，结果如下：

高公岛站与连云港站增水相关方程为：

$$H_{\text{高公岛站}} = 0.942 \times H_{\text{连云港站}}$$

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：

$$H_{\text{高公岛站}} = 1.041 \times H_{\text{连云港站}}$$

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、减水值分别带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 2.6-3。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。

（5）海流

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。图 2.6-2 中示出了各测站按编号顺序的站位布置平面图。

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。

（6）波浪

田湾核电站的主要海工建筑物布置在羊山岛至扒山头附近的海湾内，只有北侧的两道

防沙堤建于羊山岛的外侧。湾内海工建筑物主要受 NNE~ESE(顺时针)向波浪的影响。

该海域无长期观测资料，根据位于连云港北面东西连岛的连云港海洋站（34°47'N，119°26'E）2010~2014 年的测波资料，统计分析工程海域的波况，计算重现期波要素，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~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%。

（7）海水温度

《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组工程水文补充分析计算报告（B 版）》主要收集连云港海洋站 2010~2014 年的水温资料，并根据收集到的资料，补充分析计算连云港站的水温特征值。

——连云港多年平均水温

表 2.6-4 是连云港站多年表层水温月均值。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℃。

（8）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）。

（9）泥沙

厂址附近海域，海水的年平均含沙量为 0.24kg/m³。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。

2.6.1.2 陆地水文

（1）河流

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沐新河，水源主要是洪泽湖水，平常以 $40\sim 50\text{m}^3/\text{s}$ 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 $15\sim 20\text{m}^3/\text{s}$ ，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）可能最大降雨（PMP）

可能最大降雨(PMP)的估算按选择的 1985 年 9 月 1 日暴雨中心在连云港市墟沟镇海棠村和西连岛的暴雨作为典型暴雨，以 1960 年 8 月 4 日省内潮桥暴雨作为移置暴雨，采用水文气象法估算，10 分钟的 PMP 为 77mm，24 小时的 PMP 为 1100mm。

厂址所在区域各时段内可能最大雨量见表 2.6-5。

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。厂址附近的小河流均由排洪沟泄入海中，不会对核电厂造成影响。

（3）溪流及溃坝洪水影响

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。在厂址西南约 4km 的后云台山腹地山间，有一座宿城水库。

——宿城水库工程特征值

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

——溃坝洪水的影响

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为 5.80m，高出公路 1.0m，厂坪标高为 7.85m，由此可以看出溃坝对厂址没有影响。

（4）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 14000m³/d，5、6 号机组最大日取水量 12400m³/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供给生产、生活淡水用水，淡水厂设计规模为 28000m³/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 5400m³/d，由生产用水供给。

2.6.2 地下水

2.6.2.1 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。

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。

厂址附近范围第四纪松散孔隙水中多为半咸水、咸水，基本不能饮用。

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，多为咸水，水位埋深多小于 2m。水化学类型多为 $\text{Cl HCO}_3\text{—Na Ca}$ 型或 Cl-Na 型，平原区浅层地下水矿化度多大于 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 $\text{HCO}_3\text{ Cl-Na Ca}$ 或 $\text{HCO}_3\text{ Cl-Na}$ 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 2.6-6。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。

2.6.2.2 厂址区地下水

2.6.2.2.1 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。

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 $2.3 \times 10^{-5} \sim 6.60 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 、 $2.1 \times 10^{-7} \sim 2.47 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 、 $1.1 \times 10^{-7} \sim 1.2 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，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 $9.00 \times 10^{-7} \sim 3.86 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，属极微透水~弱透水岩体（表 2.6-7），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。

2.6.2.2.2 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东南方向径流排入海积平原上的小河。

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。

2.6.2.2.3 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，在厂址区南部有一条小河，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

场地地下水与海水没有直接的水力联系。

2.6.2.3 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。

2.6.2.4 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排入大海。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。

2.6.3 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

——天文潮最高(低)潮位

最高和最低天文潮位采用高公岛潮汐调和常数，推算 19 年(1980~1998 年)天文潮位

后统计得出：

最高天文潮位：2.96m

最低天文潮位：-3.02m

10%超越概率天文高潮位：2.71m

10%超越概率天文低潮位：-2.81m

——可能最大增水、减水

可能最大风暴增水：4.33m

可能最大温带风暴减水：-3.09m

——假潮

一年四季中冬季连云港假潮最小(10 厘米)，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(22 厘米)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，在核电厂安全的防洪考虑中，假潮只起着非常小的作用。

——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系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

目前，国内外局地海平面变化预测普遍采用统计预测模型，考虑局地显著周期变化和线性趋势变化。本报告采用的海平面变化预测模型，考虑工程海域潮汐与海平面实际变化

状况，取 5 个周期振动（1.0a、1.19a、3.57a、8.85a 和 18.61a）作为海平面变化中的显著周期成分。

通过模型计算了工程海域未来 10~100 年海平面上升值，计算结果见表 2.6-8。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 2.6-9。

（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。该导则要求在所有时间内确保安全停堆、堆芯冷却和放射性物质的抑制，其中包括防止以后可能发生外部洪水给核设施所带来的不利影响。核电厂址的设计基准洪水位的组合如下：

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：	<u>0.14m</u>
设计基准洪水位：	7.18m

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，防波堤在 1-2 号机组投产前已经修筑完成，并通过核安全部门审查，确保在设计基准洪水位及相应台风浪作用下不会对 5-6 号机组核岛的安全产生影响。

2.7 地质地震

2.7.1 地质特征

2.7.1.1 区域地质特征

在大地构造上，厂址位于鲁苏断块的东南角。在新构造分区上，厂址位于胶南徐缓稳定上升区，新构造期未见明显活动迹象。

新构造期以来，区域内的岩浆活动，主要表现为玄武岩流的喷溢。区域内没有现代火

山活动。

区域断裂构造发育，区域内断裂主要为北北东向、北东向、北西向(包括北北西向)及近东西向 4 组，共 36 条。按断裂最新活动时代划分，区内断裂可分为全新世（ Q_4 ）断裂、晚更新世（ Q_3 ）活动断裂、第四纪早、中更新世断裂和前第四纪断裂。 Q_3 以来活动断裂有 7 条，其中郯庐断裂带是一条大规模活动断裂带，对厂址影响最大，到厂址的最短距离为 85km。南黄海海域断裂也较发育，但其规模远小于郯庐断裂带。

厂址近区域断裂共 13 条，主要为前第四纪断裂，不存在发震构造。

2.7.1.2 厂址附近地质特征

厂址附近范围基岩露头均为海州群云台组变质岩，山间、平原区为第四系覆盖。不存在影响核电厂安全的泥石流、滑坡、砂土液化等不良地质作用和地震灾害。厂址附近范围发现两条断裂（排淡河断裂和邵店-桑墟断裂），在田湾厂址发现一条断层破碎带（称为“特殊地质体”），它们晚更新世以来都没有活动，与其它能动断层没有构造上的联系。厂址附近没有发生 5 级以上地震的地震构造环境，厂址附近范围没有能动断层。

2.7.1.3 厂址地质特征

厂址区原始地貌形态按成因可分为：低山丘陵、海积平原和人工地貌。低山丘陵属构造~剥蚀成因，海积平原属堆积成因，人工地貌由原山体经人工爆破、开挖、搬运回填而成。低山丘陵地貌主要为船山山体，大体呈北西向展布，山体浑圆，北陡南缓，绝对标高最高 127.20m，相对高差约 123m，山坡坡度 $18^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。

由于工程施工，厂址区地貌有较大的改变，核岛、常规岛负挖已经完成，核岛北侧边坡已经施工完毕，西侧边坡正在施工，核岛南侧已清理至厂坪标高。主厂区出露的岩性主要为二长浅粒岩，局部夹透镜状、条带状分布的绿泥片岩及团块状石英、石英脉。主厂区南侧为人工回填区。

厂址内除特殊地质体外无其它断裂，特殊地质体是一条发育于基岩中的局部存在的老断层，不是能动断层。断层物质测年结果分析表明特殊地质体的最新活动年代在中更新世之前；从特殊地质体的右旋走滑特征和区域构造应力场分析，最后活动时代应在始新世至中新世早期（距今 50Ma-15Ma），但不应晚于中新世中期（距今约 15Ma）。特殊地质体距主厂区距离大于 120m，特殊地质体的存在不影响厂址的可接受性。

厂址区内无岩溶、滑坡与崩塌、泥石流、地面沉降与塌陷、基土液化、震陷等不良地质作用与地质灾害，没有地下采空区，没有具有开采价值的矿产资源，也没有影响场地和地基安全的人类活动。不良地质作用主要是滚石、危岩，其规模较小，在场地平整和边坡开挖时将被清除，对厂址区稳定性无影响。

核岛、常规岛、联合泵房基础均坐落在微风化二长浅粒岩岩体上，岩体基本质量等级为 I ~ II 级，承载力高，属均匀地基。5、6 号核岛区分布小规模、陡倾角的挤压破碎带和绿泥石片岩，岩体基本质量等级为 IV 级，但不影响地基的整体均匀性；地基岩体内没有可导致滑移的缓倾角连续软弱结构面或软弱夹层，因此可不考虑地基差异沉降问题和地基滑动问题。

主厂区天然边坡处于稳定状态，人工边坡属于与核安全相关的边坡，即将完工，从监测结果来看，边坡是稳定的。

主厂区的场地类别为 I 类，没有可液化地层。

2.7.2 地震烈度级别和区域地壳稳定性

2.7.2.1 地震烈度

厂址区域地处地震活动较强的华北地震区，从公元前 70 年至今，区域范围内共记录到历史破坏性地震（ $M_s \geq 4.7$ 级）49 次，其中 $M_s 4.7-4.9$ 级地震 12 次、 $M_s 5.0-5.9$ 级地震 25 次、 $M_s 6.0-6.9$ 级地震 10 次、 $M_s 7.0-7.9$ 级地震 1 次。厂址区域最大历史地震为郯城 $8\frac{1}{2}$ 级大震。6 级以上历史强震主要分布在郯庐断裂带和南黄海海域。近区域历史上仅发生一次 $4\frac{3}{4}$ 级地震，1970 年以来厂址半径 16km 范围内没有记录到一次 $M_s \geq 1.0$ 级地震，近区域不具备发生 5.0 级以上地震的地震地质背景，对厂址的影响主要来自远域地震。

厂址地震基本烈度为 VII 度。

厂址 SL-2 级地面运动基岩水平向峰值加速度计算值为 0.19g，设计值取 0.20g；设计反应谱为 0.20g 标定的 GR1.60 谱。

2.7.2.2 区域地壳稳定性

厂址处在鲁苏断块的东南角。郯庐断裂带和南黄海海域断裂是距厂址最近的更新世以来活动断裂，也是距厂址最近的发震构造，延伸方向均不朝向厂址，其活动不影响厂址的稳定。厂址附近范围没有晚更新世以来活动断裂，没有能动断层。厂址不存在现代火山活动。

根据区域地球物理调查，区域内除郯庐断裂带以外，地壳内部结构差异不明显，尤其是厂址所在的块体，地壳密度的侧向差异较小，重力异常显得平稳，莫霍面没有明显起伏，显示出较为稳定的深部构造条件。

厂址近区域和厂址附近范围内地震活动较弱，近区域不具备发生 5.0 级以上地震的地震地质背景；历史地震对厂址的最大影响烈度为 VIII 度，厂址地震基本烈度为 VII 度。

综上所述，厂址处在区域地壳较稳定的地区。

表 2.6-1 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 2.6-2 厂址不同重现期潮位值表

重现期 (年)	频率 P %	重现期高潮位(m)			重现期低潮位(m)		
		P—III	概率 70%的	耿贝尔	P—III	概率 70%的	耿贝尔
		分布	置信区间	分布	分布	置信区间	分布
10000	0.01	4.98	±0.65		-4.05	±0.24	
1000	0.1	4.48	±0.42	4.30	-3.81	±0.16	-3.83
500	0.2	4.33	±0.36	4.17	-3.74	±0.14	-3.75
200	0.5	4.13	±0.28	4.00	-3.64	±0.11	-3.63
100	1	3.98	±0.22	3.86	-3.57	±0.09	-3.55
50	2	3.82	±0.17	3.73	-3.49	±0.07	-3.46
33	3	3.73	±0.14	3.64	-3.44	±0.06	-3.40
20	5	3.61	±0.11	3.56	-3.37	±0.05	-3.35
10	10	3.45	±0.08	3.42	-3.28	±0.04	-3.26
5	20	3.28	±0.06	3.23	-3.18	±0.04	-3.13
2	50	3.03	±0.05	3.06	-3.02	±0.03	-3.03

表 2.6-3 厂址不同重现期增、减水值

重现期 (年)	频率 P %	增 水			减 水		
		P—III	概率 70%的	GUMBEL	P—III	概率 70%的	GUMBEL
		分布	置信区间	分布	分布	置信区间	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 2.6-4 连云港站多年表层水温月均值（℃）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
温度 a	2.8	3.2	6.7	11.9	17.5	22.1	25.6	27.1	24.2	19.1	12.6	6.0	14.9
温度 b	3.4	4.1	7.6	12.6	18.0	22.2	25.8	26.8	24.2	19.7	13.1	6.70	15.3
差值	-0.6	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.1	-0.2	0.3	0.0	-0.6	-0.5	-0.7	-0.4

表 2.6-5 厂址所在区域各时段内可能最大雨量

时段	10 分钟	30 分钟	1 小时	3 小时	6 小时	24 小时
雨量（mm）	74	162	266	480	650	1100

表 2.6-6 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			无	已废弃，该井位于场地 平整范围内。
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 2.6-7 压水试验成果一览表

钻孔 编号	试段深度(m)	试段标高 (m)	岩性	风化程度	试段透水 率(Lu)	渗透系数 (cm/s)	透水性 分级	P—Q 曲线
K1	22.00~27.00	1.90~-3.10	二长浅粒岩	微风化	3.86	3.86×10^{-5}	弱透水	E 型
	27.00~32.00	-3.10~-8.10	二长浅粒岩	微风化	2.34	2.34×10^{-5}	弱透水	E 型
	32.00~37.00	-8.10~-13.10	二长浅粒岩	微风化	2.25	2.25×10^{-5}	弱透水	E 型
	41.00~46.00	-17.10~-22.10	二长浅粒岩	微风化	2.47	2.47×10^{-5}	弱透水	E 型
K4	56.00~61.00	-1.30~-6.30	二长浅粒岩	微风化	1.47	1.47×10^{-5}	弱透水	D 型
	60.60~65.60	-5.90~-10.90	二长浅粒岩	微风化	0.21	2.10×10^{-6}	微透水	E 型
	65.60~70.60	-10.90~-15.90	二长浅粒岩	微风化	0.24	2.40×10^{-6}	微透水	D 型
K8	40.00~45.80	-2.40~-8.20	二长浅粒岩	微风化	0.46	4.60×10^{-6}	微透水	A 型
	45.61~51.61	-8.01~-13.01	二长浅粒岩	微风化	0.22	2.20×10^{-6}	微透水	A 型
	51.40~58.10	-13.80~-20.50	二长浅粒岩	微风化	0.09	9.00×10^{-7}	极微透水	A 型
K11	25.10~30.00	-6.40~-11.30	二长浅粒岩	微风化	0.45	4.50×10^{-6}	微透水	D 型
	28.90~35.90	-10.20~-17.20	二长浅粒岩	微风化	0.40	4.00×10^{-6}	微透水	D 型
	34.70~41.70	-16.00~-23.00	二长浅粒岩	微风化	0.35	3.50×10^{-6}	微透水	D 型
	53.40~58.90	-34.70~-40.20	二长浅粒岩	微风化	2.60	2.60×10^{-5}	弱透水	E 型
	58.90~63.80	-40.20~-45.10	二长浅粒岩	微风化	1.78	1.78×10^{-5}	弱透水	B 型

表 2.6-8 田湾核电站工程海域主要海平面数据

	上升值	单位
上升速率	0.15	cm / a
100 年上升值	14	cm
70 年上升值	12	cm
50 年上升值	9	cm
30 年上升值	5	cm
10 年上升值	3	cm

表 2.6-9 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 2.1-1 厂址地理位置图

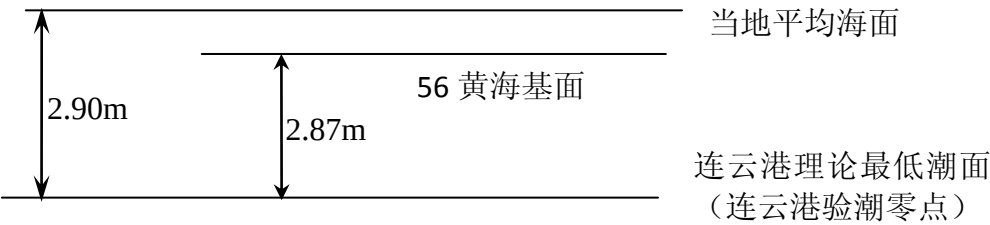


图 2.6-1 基准面关系

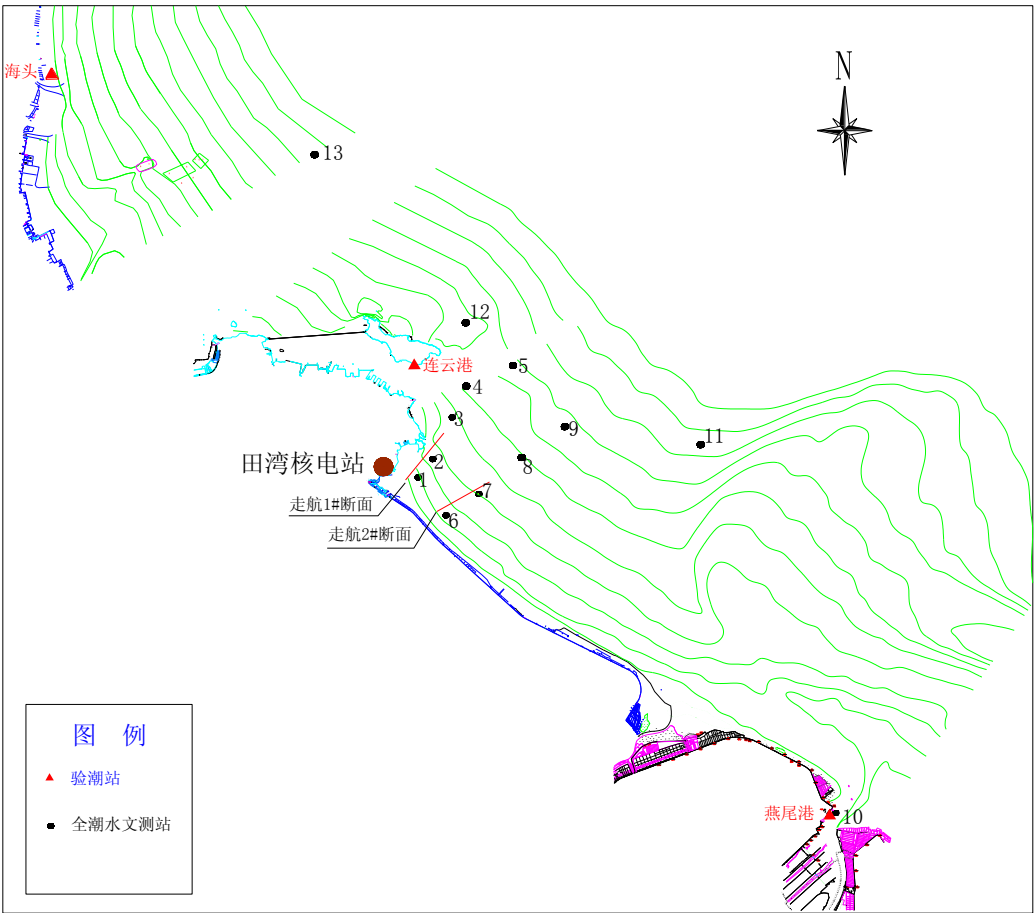


图 2.6-2 水文测验水文观测站、验潮站站位示意图

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 辐射环境质量现状

3.1.3 辐射影响现状评价

3.2 非放环境质量现状

3.2.1 非放环境质量调查

3.2.2 非放环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.1.1 辐射环境现状调查

田湾核电站厂址位于江苏省连云港市东北部高公岛乡柳河村管辖的田湾村，后云台山南麓扒山。东临黄海，西南距连云港市区的新浦区直线距离约 28km，西北距连云港市连云区中心约 11km，距宿城乡约 4km。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组位于田湾核电站西北侧的船山。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组与其他已运行和在建的田湾核电站机组同属于田湾核电基地。

运行前环境监测的内容主要是对厂址周围地区环境辐射现状水平的调查。根据国家相关标准的要求，核动力厂厂址首台机组首次装料前，必须完成环境本底辐射水平的调查，至少应获得最近两年的调查数据。同一厂址后续建造的机组应至少获得最近一年的辐射环境水平现状调查数据。

依托田湾核电站 3、4 号机组工程，中国核电工程有限公司委托中国原子能科学研究院自 2015 年 5 月至 2016 年 4 月对田湾核电基地周围环境进行为期一年的环境放射性现状调查，调查方案见表 3.1-1，该调查结果将在运行阶段环评报告中给出。此外，田湾核电站已经建立了一套对厂址周围环境进行监测的设施与设备，并在核电站运行前已根据国家相关规范和标准制定了详细的环境监测大纲，对核电站周围环境 γ 辐射水平及环境介质中的放射性水平进行监测和测量。在田湾核电站 1、2 号机组核电站运行前及运行期间获取了大量的环境监测数据，并定期上报国家及地方环境保护主管部门。

本报告给出了田湾核电站最近两年（2013.1~2014.12）的环境辐射水平现状监测数据，并对数据进行了对比及分析。

3.1.1.1 参照的主要标准规范和文献资料

（1）标准和规范：

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）

《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB 11216-89）

《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-89）

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）

《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）

《核电厂环境辐射监测规定》（NB/T 20246-2013）

（2）文献资料：

《田湾核电站 2013 年流出物与环境监测评价年报》

《田湾核电站 2014 年流出物与环境监测评价年报》

《田湾核电站 1、2 号机组工程环境影响报告书（首次装料阶段）》

《田湾核电站 3、4 号机组工程环境影响报告书（申请建造许可证阶段）》

《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组环境影响报告书（设计阶段）》

3.1.1.2 环境监测方案

2013-2014 年田湾核电站环境辐射监测方案见表 3.1-2。

3.1.1.3 监测范围

（1）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。

（2）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。

3.1.1.4 制订原则

制订监测方案的主要依据是国家的有关法规和标准，同时参考本底调查方案并综合分析田湾核电站几年来运行环境监测经验反馈信息，充分考虑到下述因素：

- （1）最大风频下风向厂区边界附近区域和烟羽照射区域；
- （2）监测点的选取和环境样品的采集能充分保证监测区域和样品的代表性；
- （3）尽可能与环境本底调查的布点一致；
- （4）气载放射性流出物经大气弥散后的最大浓度落地点；
- （5）在最小风频下风向受核电厂排放影响最小的区域设采样和监测对照点；
- （6）废液排放方式及特点、潮汐规律；
- （7）陆生和海生生物生长周期、采样品种的代表性。

3.1.1.5 监测项目

2013-2014 年田湾核电站环境辐射监测项目主要包括以下几类：

（1）环境 γ 辐射：

γ 辐射剂量率固定站点连续监测；

γ 辐射剂量率定期测量；

γ 辐射累积剂量定期测量。

（2）大气及沉降物：

大气中的 ^3H 、 ^{131}I 测量分析；

气溶胶：总 α 、总 β 、 ^{137}Cs 和 γ 谱核素分析；

沉降灰：总 β 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

（3）土壤和沉积物：

陆地土壤、水库沉积物和海洋沉积物 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

（4）水：

地表水、地下水和降水 ^3H 和 γ 谱核素分析；

饮用水总 α 、总 β 、 ^3H 和 γ 谱核素分析；

海水 ^3H 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；

循环冷却水和安全厂用水总 β 分析。

（5）农畜产品：

植物和动物 γ 谱核素分析；

牛奶 ^{131}I 放化分析。

（6）海洋生物：

鱼类、甲壳类、软体类及藻类 γ 谱核素分析。

（7）海盐和卤水：

海盐： γ 谱核素分析；

卤水： ^3H 和 γ 谱核素分析。

（8）指示生物：

陆地指示生物松针 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；

海洋指示生物牡蛎 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

3.1.1.6 测量仪器、测量方法和探测限

田湾核电站环境监测所采用的分析测量方法，均按照国家有关的规定、标准制定。

3.1.1.7 质量保证

为了保证环境辐射监测过程处于质量控制状态，田湾核电站建立了环境辐射监测质量保证体系，见图 3.1-1。田湾核电站采用质量保证措施主要有：

（1）质保程序的制定和执行

为保证监测数据的准确、可靠，依据《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）及其它相关国家标准，田湾核电站编写了用于环境监测的管理程序共 11 份、技术程序共 38 份，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 and 数据处理等一系列管理和技术程序，整体满足环境监测使用需求。同时，根据管理需要以及实际使用过程中发现的问题，及时对相应

的管理程序与技术程序进行修订升级。

（2）人员的培训及考核

田湾核电站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。同时，为了环境满足监测人员资质要求，不断提升员工的监测技能，环境监测人员除了正常参加内部基本安全授权培训考核外，还借助于实验室认可工作，积极开展实验室认可相关知识培训和岗位技能培训，按计划安排了相关人员参加实验室认可内审员培训、设备管理内校员和期间核查培训、实验室认可准则在化学领域应用说明培训以及实验室质量管理工程师培训等等。

（3）过程质量控制

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，建立了包括样品采集、运输和贮存，样品处理和分析测量，数据处理等一系列过程质量控制措施。

1) 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；
- 准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 10%以内；
- 操作样品时具有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：生物、土壤、海洋沉积物、海水等项目进行 γ 谱分析复检率高于 15%。生物、土壤、海洋沉积物等介质进行 γ 谱、核素 ^{90}Sr 分析项目的平行样比例在 10%以上，液闪分析项目的平行样比例在 10%以上；
- 保存各类常规样品（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。

2) 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注意防止样品之间的交叉污染；
- 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；
- 为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；
- 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和修正已定的系统误差；
- 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；
- 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和可比性。田湾核电站环境监测科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：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；对放射性测量仪器均每年进行一次以说明仪器计数是否满足泊松分布的 χ^2 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。

3) 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，并在自己的职责范围内进行核查；

- 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。

（4）仪器设备的检定和校准

田湾核电站用于环境监测的仪器设备均按照计量器具管理，按照检定计划按期检定，检定合格后进行标示，检定源可溯源到国家标准。环境监测仪器设备的检定记录详见表 3.1-3。

（5）能力验证

田湾核电站与江苏省辐射环境监测管理站、连云港辐射监测管理站建立了长期的实验室比对机制，每年制定比对表。其中，2013 年共开展了 8 个样品，共计 20 个项目的比对；2014 年共开展了 8 个样品，共计 19 个项目的比对，各单位的测量分析结果基本一致。此外，田湾核电站于 2014 年积极参加了中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所组织的放射性核素 γ 能谱分析质量控制比对与总 α /总 β 放射性测量，两项结果均为合格。

3.1.2 辐射环境质量现状

田湾核电站环境监测设施于 2003 年底前完成了建设和调试，于 2004，2005 年运行前进行了厂址周围环境 γ 辐射水平及各类环境介质的取样及测量，并根据相关会议、检查中审评专家的建议和周围环境变化等对环境监测大纲进行了多次优化调整。

3.1.2.1 环境 γ 辐射剂量率测量结果

（1）连续测量

田湾核电站目前设有 10 个环境 γ 辐射监测站，其分布位置见图 3.1-2。环境 γ 辐射剂量率连续监测站建成运行至今运行状态良好。2013 年~2014 年期间，10 个监测站的环境 γ 辐射剂量率测量结果的月均值见表 3.1-4~3.1-5，各监测站年均值与运行前数据对比结果见表 3.1-6。另外，图 3.1-3 给出了 2008 年以来 10 个 γ 监测站的环境 γ 辐射剂量率年均值水平。

2013 年的环境 γ 辐射剂量率年均值范围为 73nGy/h~118nGy/h；2014 年的环境 γ 辐射剂量率年均值范围为 73nGy/h~120nGy/h。运行前环境 γ 辐射剂量率年均值范围为 72nGy/h~122nGy/h。

结果表明：与运行前监测结果相比，核电站的运行未使厂区周围的环境 γ 辐射剂量率产生明显的变化，近年来的监测结果未出现明显异常。

（2）定期测量

田湾核电站对以核电站为中心的 50km 范围内的道路、原野选取了 67 个环境 γ 剂量率监测点，每季度进行 1 次测量，测量使用仪器为 GH-102A 型环境 χ 、 γ 剂量率仪。

2013 年的环境 γ 辐射剂量率年均值范围为 79nGy/h~127nGy/h，2014 年的环境 γ 辐射

剂量率年均值范围为 70nGy/h~114nGy/h。

结果表明：近年来环境 γ 辐射剂量率的定期测量结果未出现明显异常。

3.1.2.2 环境 γ 辐射累积空气吸收剂量率测量结果

2013 年~2014 年期间，田湾核电站共设置了 67 个环境 γ 辐射累积空气吸收剂量监测点，全部采用玻璃管 TLD 剂量计，年度回收率均大于 95%。

2013 年的环境 γ 辐射累积空气吸收剂量率年均值范围为 81nGy/h~130nGy/h，2014 年的环境 γ 辐射累积空气吸收剂量率年均值范围为 78nGy/h~134nGy/h。

结果表明：与本底调查和运行前监测结果相比，核电站的运行未使厂区周围的环境 γ 辐射累积空气吸收剂量产生明显的变化，近年来的测量结果未出现明显异常。

3.1.2.3 气溶胶放射性测量结果

2013 年~2014 年期间，田湾核电站设置了 5 个气溶胶采样点，气溶胶样品进行了总 α 、总 β 、 γ 谱和 ^{137}Cs 放化分析等测量项目。测量结果未发现明显异常。

结果表明：与本底调查和运行前监测结果相比，核电站的运行未使厂区周围的环境气溶胶放射性水平产生明显的变化。

3.1.2.4 空气中放射性气态碘测量结果

2013 年~2014 年期间，田湾核电站从固定地点采集碘样品。2013 年~2014 年对 5 个监测站进行空气中放射性气态碘取样分析，测量样品均低于 γ 谱探测下限。

结果表明：核电站的运行未使厂区周围的空气中放射性气态碘水平产生明显的变化，近年来的测量结果未出现明显异常。

3.1.2.5 空气中的氡活度浓度测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站从固定地点采集空气中水蒸汽样品。

2013 年度，空气中氡活度浓度的范围在 $<1.0\text{Bq/L}$ （水）~ 3.0Bq/L （水）之间；2014 年度，空气中氡活度浓度的范围在 $<1.0\text{Bq/L}$ （水）~ 3.3Bq/L （水）之间，测量结果基本一致。

3.1.2.6 沉降灰放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站在 5 个站位采集沉降灰样品，对沉降灰样品进行 γ 谱核素、总 β 和 ^{90}Sr 测量分析。

2013 年度，沉降灰总 β 的测量范围在 $3.8\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ ~ $36.1\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ 之间， ^{90}Sr 的测量值范围在 $<0.015\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ ~ $0.093\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ 之间；2014 年度，沉降灰总 β 的测量范围在 $8.1\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ ~ $28.5\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ 之间， ^{90}Sr 的测量值范围在 $<0.014\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ ~ $0.027\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{月})$ 之间。

结果表明：近年来沉降灰的放射性水平测量结果基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.7 饮用水放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站采集的饮用水样品，均进行总 α 、总 β 、 ^3H 和 γ 谱核素分析。

2013 年~2014 年期间，饮用水中总 α 、总 β 测量结果未发现明显异常。2013 年度，饮用水中 ^3H 活度浓度测量值范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 1.8\text{Bq/L}$ 之间；2014 年度，饮用水中 ^3H 活度浓度测量值范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 2.4\text{Bq/L}$ 之间。

结果表明：近年来饮用水的放射性水平测量结果基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.8 降水放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站的降水样品全部进行 ^3H 和 γ 谱测量分析。

2013 年度，降水中 ^3H 活度浓度测量值范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 1.8\text{Bq/L}$ 之间；2014 年度，降水中 ^3H 活度浓度测量值范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 4.2\text{Bq/L}$ 之间。

结果表明：近年来降水的放射性水平测量结果基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.9 地下水放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站采集地下水进行 γ 谱核素和 ^3H 测量分析。

2013 年度，地下水中 ^3H 活度浓度测量值在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 1.9\text{Bq/L}$ 之间；2014 年度，地下水中 ^3H 活度浓度测量值范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 1.0\text{Bq/L}$ 之间。

结果表明：近年来地下水的放射性水平测量结果基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.10 地表水放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站地表水样品进行 γ 谱核素和 ^3H 测量分析。

2013 年度，地表水中 ^3H 活度浓度测量值在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 1.7\text{Bq/L}$ 之间；2014 年度，地表水中 ^3H 活度浓度测量值范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 2.4\text{Bq/L}$ 之间。

结果表明：近年来地表水的放射性水平测量结果基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.11 陆地生物放射性测量结果

田湾核电站所采集和测量的陆地动植物样品有猪肉、淡水鱼、大米、小麦、青菜、水果、茶叶、草等，样品均进行 γ 谱分析。另外，还采集牛奶样品进行 ^{131}I 放化分析。两年内所测的牛奶样品中的 ^{131}I 均小于探测限。

结果表明：近年来陆地动物样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.12 土壤和底泥放射性测量结果

土壤样品，底泥样品进行 γ 谱和 ^{90}Sr 分析。

2013 年度，土壤中 ^{90}Sr 活度浓度测量值范围在 $<0.219\text{Bq/kg}\sim 0.956\text{Bq/kg}$ 之间；2014

年度，土壤中 ^{90}Sr 活度浓度测量值范围在 $0.24\text{Bq/kg}\sim 0.80\text{Bq/kg}$ 之间。

结果表明：近年来土壤和底泥样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.13 海水放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站海水样品采集及测量项目设置包括：

- a) 采集海水样品进行 γ 谱、 ^3H 的测量分析，其中 4 个样品进行 ^{90}Sr 测量分析；
- b) 定期从循环冷却水、安全厂用水排放口海水样品进行总 β 分析。

各年数据中 γ 谱分析只测出 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 和 ^{40}K ，其余核素 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 等均小于 γ 谱探测下限；同时，每年的 4 个样品均测到了 ^{90}Sr 。

结果表明：近年来海水样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.14 海洋沉积物放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站采集海洋沉积物样品进行 γ 谱核素分析和 ^{90}Sr 测量分析。

2013 年度，潮下带海洋沉积物中 ^{90}Sr 活度浓度测量值范围在 $<0.231\text{Bq/kg}\sim 0.941\text{Bq/kg}$ 之间；2014 年度，潮下带海洋沉积物中 ^{90}Sr 活度浓度测量值范围在 $0.25\text{Bq/kg}\sim 0.64\text{Bq/kg}$ 之间。通过 γ 谱分析只测出 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{238}U ，部分样品测出 ^7Be 和 ^{137}Cs ，其余核素 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 等均小于 γ 谱探测下限。

结果表明：近年来海洋沉积物样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.15 海洋生物放射性测量结果

田湾核电站采集核电厂排放口为中心，周围海域中的鱼类、软体类、藻类和甲壳类等海洋生物样品，所有样品均进行 γ 谱测量分析。鱼类样品为黄鲫鱼、蓝点鲮、带鱼和鲮鱼，甲壳类样品为鹰爪虾、对虾、梭子蟹和虾菇，软体类样品为蛤仔、乌贼、紫贻贝、缢蛏和毛蚶，藻类样品为紫菜和海带。

γ 谱分析只测出 ^7Be 、 ^{137}Cs 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{238}U ，其余核素 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{60}Co 等均小于 γ 谱探测下限。

结果表明：近年来海洋生物样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显异常。

3.1.2.16 海盐、卤水放射性测量结果

海盐、卤水样品均进行 γ 谱测量分析，另外卤水样品还进行 ^3H 分析。海盐、卤水 γ 谱分析均只测出 ^{40}K ，其余核素均小于 γ 谱探测下限。

结果表明：近年来海盐和卤水样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显

异常。

3.1.2.17 指示生物放射性测量结果

2013 年~2014 年田湾核电站采集的指示生物有松针和牡蛎。全部样品均进行 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

结果表明：近年来指示生物样品中放射性核素活度浓度水平基本一致，未出现明显异常。

3.1.3 辐射影响现状评价

田湾核电站目前已投入商业运行的机组为核电站 1、2 号机组：1 号机组于 2007 年 1 月 9 日反应堆功率首次达到 100%额定功率，5 月 17 日正式投入商业运行；2 号机组于 2007 年 7 月 11 日反应堆功率首次达到 100%额定功率，2007 年 8 月 16 日正式投入商业运行。

本节参考江苏核电有限公司编制的 2010 年至 2014 年的核电站流出物监测年报，取最近五年的气、液态实际运行排放数据的平均值，作为田湾核电站 1、2 号机组的实际运行排放源项，根据国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了气载流出物和液态流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。

经计算，田湾核电站 1、2 号机组气载和液态流出物对公众造成的最大个人有效剂量为 $3.10\text{E}-06\text{Sv/a}$ ，满足本工程和厂址剂量约束值的要求。

3.2 非放环境质量现状

3.2.1 非放环境质量调查

3.2.1.1 大气环境质量现状调查

本节有关资料和数据取自中国核电工程有限公司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）》。

执行标准和评价依据

——《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）；

——《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；

——《关于田湾核电站 3、4 号机组工程项目环评和非放射性污染排放执行标准请示的复函》（2012 年 4 月）。

根据连云港市环境保护局《关于田湾核电站 3、4 号机组工程项目环评和非放射性污染排放执行标准请示的复函》（2012 年 4 月），厂址半径 5km 范围执行国家标准采用《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值。

3.2.1.2 环境噪声现状调查

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噪声监测分析及评价报告（2014 年度报告）》。

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）；

《关于田湾核电站 3、4 号机组工程项目环评和非放射性污染排放执行标准请示的复函》（2012 年 4 月）。

根据连云港市环境保护局《关于田湾核电站 3、4 号机组工程项目环评和非放射性污染排放执行标准请示的复函》（2012 年 4 月），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）。

3.2.1.3 海水水质现状调查

为了解田湾核电站附近海域的海洋环境状况，田湾核电站委托国家海洋局南通海洋环境监测中心站于 2014 年 9 月 25-26 日对项目所在海域进行了海洋生态环境调查。

在调查范围内以现有排水口为中心，布置 5 条放射性断面，共布设 25 个大面站。站位设置具体见图 3.2-1。

（1）监测项目及监测频率

监测项目：pH、总碱度、溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、磷酸盐、活性硅酸盐、总悬浮物、总有机碳、阴离子洗涤剂、氯离子、氟化物、硫酸根、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、锰、铁、银、钴、镍、硒、钾、钠、钙、镁、石油类共 34 项。

观测层次：当水深小于 10 m 站点时，只取表层样；水深大于 10 m 时而又小于 20m 时，取表、底层样；当水深大于 20m 时，取表、中、底三层（或根据深度调整取样层次）。其中石油类只采表层。

调查时间和频率：秋季进行一次采样监测。

（2）监测方法

按《海洋调查规范》和《海洋监测规范》进行样品采集、保存与分析。

3.2.1.4 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》，（2003 年 9 月）；
《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》（NEPA-RG1）；
《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/T24-2014）；
《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）；
《高压架空输电线、变电站无线电干扰测量方法》（GB/T 7349-2002）；
《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）；
《交流输变电工程电磁环境监测方法》（HJ 681-2013）。

（2）调查目的

a) 通过现场测量，调查江苏田湾核电站运行后的电磁辐射现状，以获取其扩建工程 5、6 号机组建造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、无线电干扰影响等环境影响收集本底数据；

b) 为田湾核电站扩建工程 5、6 号机组施工期和运行后的长期电磁辐射环境影响评价提供基础资料 and 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；

无线电干扰场强：开关站墙外 2km 的环形区域以及电力出线送电走廊两侧 2km 带状区域；

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

a) 工频电磁场

依据《高压交流架空送电线路、变电站工频电场和磁场测量方法》（DL/T988-2005），每个测点分别测量离地 1.5m 处的工频电场强度/工频磁场强度。在特定的时间、地点和气象

象条件下，若仪表读数是稳定的，测量读数为稳定时的仪表读数；若仪表读数是波动的，应每 1min 读一个数，取 5min 的平均值为测量读数。

b) 无线电干扰

依据《高压架空送电线、变电站无线电干扰测量方法》（GB/T7349-2002）进行，每个测点位置上分别测量离地 2m 处的无线电干扰场强。

c) 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。

3.2.2 非放环境质量现状

3.2.2.1 大气环境质量评价

3.2.2.1 大气环境质量评价

监测结果表明，评价区域内 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 TSP 均满足《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及 2000 年修改单和《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中二级标准的要求； PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 有三次监测结果不符合《环境空气质量标准》（GB3095-1996）及 2000 年修改单和《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。

3.2.2.2 噪声环境质量现状

（1）2007 年监测结果表明，陆域环境噪声均符合《声环境质量标准》3 类区环境噪声标准；交通噪声部分测点出现超过《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 4a 类区噪声标准的情况，是由于部分超标测点地处火车站边，车流大；另外部分超标测点受拉石料的车影响很大；海域环境噪声均符合《声环境质量标准》3 类区环境噪声标准。

（2）2014 年监测结果表明，2014 年度居民点噪声监测结果均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

3.2.2.3 海水质量评价

水质监测结果见表 3.2-1~表 3.2-3。

根据本次水质要素的调查结果，评价如下：

本次水质调查中溶解氧、pH、油、化学需氧量、汞、砷、铜、镍、镉、铬全部符合一

类海水水质标准。五日生化需氧量超过一类海水水质标准的占 58.0%，但是所有五日生化需氧量均符合二类海水水质标准。铅超过一类海水水质标准的占 22.6%，超过一类的站位均位于徐圩港区附近，受船舶航行等影响较大，但所有的铅均符合二类海水水质标准。无机氮均为劣四类，最大站位 A 站位，A 站位位于徐圩港区西侧近岸，受人类活动影响较大。活性磷酸盐超过一类海水占比为 74.1%，超过二、三类海水占比为 41.9%，超过四类海水占比为 25.8%，超过四类海水的站位是 A、A0、A01、A11、A12、A21、A22、A31，四类海水站位主要位于徐圩港区附近海域和河口附近海域，劣四类海水站位全部位于近岸船舶航行与停靠区，受人类活动影响较大。营养盐总体趋势符合江苏沿海富营养化的趋势。

本次调查中硒均为符合一类海水水质标准。银、锰均低于检出限（水质银检出限：0.0025mg/L、水质锰检出限：0.01 mg/L）。铁均在检出限附近（水质检出限：0.032 mg/L）。

通过与 2009 年秋季、2012 年秋季的调查结果对比分析可以看出，调查海域海水质量状况总体稳定，个别指标呈现污染加重趋势，无机氮、磷酸盐是主要超标要素。水质常规因子中 COD、营养盐类浓度呈增加趋势，水质汞、镍、锌、铜浓度有一定升高，但仍符合一类海水水质标准，其余常规因子浓度总体稳定。特征因子中氟化物、硫酸盐、氯化物、铁、钴浓度有所下降，硒的浓度变化不大。

3.2.2.4 电磁辐射质量评价

（1）评价标准

a) 开关站及高压架空送电线路走廊的工频电磁场强度以离地面 1.5m 高度处 4kV/m 作为居民区工频电场评价标准，以 0.1mT（100 μ T）作为磁感应强度的评价标准。

b) 高压架空送电线路的无线电干扰场强根据《高压交流架空送电线无线电干扰限值》（GB15707-1995）中规定的限值标准进行评价。具体限值见表 3.2-4。

c) 射频电场强度采用《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）标准，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/m²（电场强度限值 12V/m），该限值包括 30MHz-3000 MHz 的频率范围所有电磁辐射源的作用。

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/T10.2-1996）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 3.2-5。

（2）质量现状结论

各项测量数据结果见表 3.2-6~表 3.2-15。根据评价区域电磁辐射测量结果（统计情况见表 3.2-16~表 3.2-18），得到如下结论：

a) 厂区内电磁辐射监测结果评价

厂区监测点电磁辐射监测结果：

1) 工频电场/工频磁场强度

厂区监测点工频电场强度监测值范围 1.119V/m~3.379V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.046 μ T~0.068 μ T 之间，分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

厂区监测点 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 48.6dB（ μ V/m）~49.8dB（ μ V/m）之间，所有监测值都小于 GB15707-1995 中规定的 55 dB（ μ V/m）的标准限值。

3) 射频电场强度

厂区监测点射频电场强度监测值在 0.42V/m ~0.89V/m 之间。所有监测值都小于 GB8702-2014 中规定的 12V/m 标准限值。

厂区 1、2 号机组开关站电磁辐射监测结果：

1) 工频电场/工频磁场强度

工频电场强度监测值范围 10.76V/m~1121V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.179 μ T~2.006 μ T 之间，分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 48.9dB（ μ V/m）~53.8dB（ μ V/m）之间，所有监测值都小于 GB15707-1995 中规定的 55 dB（ μ V/m）的标准限值。

3) 射频电场强度

射频电场强度监测值在 0.31V/m ~1.35V/m 之间。所有监测值都小于 GB8702-2014 中规定的 12V/m 标准限值。

b) 主变压器电磁辐射监测结果评价

1#机组主变压器：

1) 工频电场/工频磁场强度

工频电场强度监测值范围 39.62V/m~62.72 之间，工频磁场强度监测值在 0.368 μ T~0.816 μ T 之间，分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 51.0dB（ μ V/m）~54.5dB（ μ V/m）之间，所有监测值都小于 GB15707-1995 中规定的 55 dB（ μ V/m）的标准限值。

2#机组主变压器：

1) 工频电场/工频磁场强度

工频电场强度监测值范围 40.16V/m~58.62V/m 之间，工频磁场强度监测值在 0.356 μ T~0.806 μ T 之间，分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 51.0dB（ μ V/m）~54.3dB（ μ V/m）之间，所有监测值都小于 GB15707-1995 中规定的 55 dB（ μ V/m）的标准限值。

c) 输电线路电磁辐射监测结果评价

云城 110kV 输电线路（P1 监测断面）：

1) 工频电场/工频磁场强度

P1 输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 8.658V/m~92.49V/m 之间，平行监测断面工频电场强度监测值在 20.18V/m~25.35V/m 之间；P1 输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.050 μ T~0.108 μ T 之间，平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.058 μ T~0.062 μ T 之间。所有监测值都分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

P1 输电线路垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 45.0dB（ μ V/m）~51.3 dB（ μ V/m）之间，东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 45.5dB（ μ V/m）和 45.6dB（ μ V/m）；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 44.8dB（ μ V/m）~45.8dB（ μ V/m）之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 46 dB（ μ V/m）的标准限值。

香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）：

1) 工频电场/工频磁场强度

P2 输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 8.720V/m~573.7V/m 之间，平行监测断面工频电场强度监测值在 35.62V/m~45.12V/m 之间；P2 输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.036 μ T~0.106 μ T 之间，平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.045 μ T~0.056 μ T 之间。都分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

P2 输电线路垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 45.0dB（ μ V/m）~51.8 dB（ μ V/m）之间，东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 45.9dB（ μ V/m）和 45.5dB（ μ V/m）；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 45.1dB（ μ V/m）~45.9dB（ μ V/m）之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 46 dB（ μ V/m）的标准限值。

220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线（P3 监测断面）：

1) 工频电场/工频磁场强度监测数据分析

P3 输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 13.92V/m~2042V/m 之间，平行监测

断面工频电场强度监测值在 127.18V/m~962.3V/m 之间；P3 输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.296 μ T ~3.945 μ T 之间，平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.743 μ T ~1.878 μ T 之间。都分别小于标准限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

P3 输电线路垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 48.6dB（ μ V/m）~55.8 dB（ μ V/m）之间，东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 51.8dB（ μ V/m）和 50.0dB（ μ V/m）；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 49.5dB（ μ V/m）~51.6dB（ μ V/m）之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 55dB（ μ V/m）的标准限值。

拟建 5、6 号机组 220kV 施工进线（P4 监测断面）：

1) 工频电场/工频磁场强度监测数据分析

P4 输电线路垂直监测断面工频电场强度监测值在 0.547m~1.819V/m 之间，平行监测断面工频电场强度监测值在 0.712V/m~1.312V/m 之间；P4 输电线路垂直监测断面工频磁场强度监测值在 0.032 μ T ~0.047 μ T 之间，平行监测断面工频磁场强度监测值在 0.038 μ T ~0.046 μ T 之间。都分别小于限值 4kV/m 和 0.1mT（100 μ T），符合要求。

2) 无线电干扰场强

P4 输电线路垂直监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 47.8dB（ μ V/m）~49.6dB（ μ V/m）之间，东、西边相外 20m 处 0.5MHz 监测值分别为 47.8dB（ μ V/m）和 48.9dB（ μ V/m）；平行监测断面 0.5MHz 无线电干扰场强监测值在 48.1dB（ μ V/m）~49.0dB（ μ V/m）之间，都小于 GB15707-1995 中规定的 53dB（ μ V/m）的标准限值。

d) 厂区外环境敏感区监测结果评价

1) 工频电场/工频磁场强度

所有监测点工频电场强度监测值在 0.476V/m~6.482V/m 之间，都小于限值 4kV/m，符合要求。

2) 无线电干扰场强

所有监测点 0.5MHz 监测值在 49.2dB（ μ V/m）~51.4dB（ μ V/m）之间。各监测点监测值差异不大，所有监测值都小于 GB15707-1995 中规定的 55 dB（ μ V/m）的标准限值。

3) 射频电场强度

所有监测点监测值在 0.13 V/m ~1.22 V/m 之间。最大值为 18#监测点（南山湾移动基站），其监测值为 1.22 V/m。所有监测值都小于《电磁环境控制限值》（GB 8702-2014）中的 12V/m 限值，符合要求。

表 3.1-1 田湾核电站 3、4 号机组辐射环境现状调查方案

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数
1	陆地环境 γ 辐射水平	剂量率	空气吸收剂量率 ⁽¹⁾	1 次/季	50km	90 个
		累积剂量	累积剂量			70 个
2	土壤（表层土）		⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs ⁽²⁾ 、γ 谱分析 ⁽³⁾	1 次/半年	30km	12 个
3	空气	气溶胶	总 α、总 β	1 次/月	30km	7 个
			⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/季		
		沉降物	总 β	1 次/月		7 个
			⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/季		
		降水	总 α、总 β、 ³ H、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/季		5 个
		³ H、 ¹⁴ C、 ¹³¹ I	HTO、 ¹⁴ C、 ¹³¹ I	1 次/季		5 个
4	陆地水体	地表水	总 α、总 β、 ³ H、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/半年	30km	4 个
			¹⁴ C			1 个
		沉积物	⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/半年		4 个
		饮用水	总 α、总 β、 ³ H、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/季		4 个
			¹⁴ C			1 个
		地下水	总 α、总 β、 ³ H、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析	1 次/半年		5 个
			¹⁴ C			1 个
		水生动物	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年		3 个

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数	
5	陆生生物	小麦	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	收获期	30km	4 个	
			¹⁴ C			1 个	
		稻米	⁹⁰ Sr、γ 谱分析			3 个	
			¹⁴ C			1 个	
		蔬菜	⁹⁰ Sr、γ 谱分析	1 次/半年		3 个	
			¹⁴ C			1 个	
		牧草	⁹⁰ Sr、γ 谱分析			1 个	
		水果	⁹⁰ Sr、γ 谱分析			3 个	
			¹⁴ C			1 个	
		家禽	⁹⁰ Sr、γ 谱分析			2 个	
			¹⁴ C			1 个	
		家畜	⁹⁰ Sr、γ 谱分析			2 个	
		松针	¹⁴ C 、 ⁹⁰ Sr、γ 谱分析			1 个	
		茶叶	⁹⁰ Sr、γ 谱分析			1 个	
		牛奶	¹³¹ I、γ 谱分析			1 个	
6	受纳水体	海水	³ H、 ⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析		1 次/半年	10km	10 个
			¹⁴ C				2 个
		沉积物	⁹⁰ Sr、 ¹³⁷ Cs、γ 谱分析				10 个

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数
		藻类	^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析			4 个
		贝类	^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析			4 个
		甲壳类	^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析			4 个
			^{14}C			1 个
		软体类	^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析			4 个
			^{14}C			1 个
		鱼类	^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析			4 个
			^{14}C			1 个
		牡蛎	^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 γ 谱分析			1 个

注：

- (1) 请同时给出贯穿辐射剂量率及扣除宇宙射线的环境 γ 辐射剂量率；
- (2) 对单独提出 ^{137}Cs 测量要求的项目，若 γ 谱分析不能给出该介质中 ^{137}Cs 的活度浓度，应采用放化方法给出。
- (3) γ 谱分析应至少包括 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等核素，另外：
 - 对气溶胶增加 ^7Be 的测量；
 - 对土壤、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 ，若 γ 谱分析不能给出该介质中 ^{59}Fe 的活度浓度，应采用放化方法给出；
 - 对接纳水体介质增加 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 。
- (4) 可根据现场情况及以往测量经验合理调整测量点/采样点数量及位置。

表 3.1-2 田湾核电站环境放射性监测方案

监测介质			频度	采样点数	监测分析项目
陆地生态	空气	剂量率	连续	10	γ 辐射空气吸收剂量率
		剂量率	季	67	γ 辐射空气吸收剂量率
		累积剂量	季	67	TLD
		大气	月	5	^{131}I
		大气	季	5	^3H
		气溶胶	1 周 2 次	5	总 α 、总 β
		气溶胶	季	5	γ 谱
		气溶胶	半年	5	^{137}Cs
		沉降灰	季	5	总 β 、 ^{90}Sr 、 γ 谱
	陆地水体	降水	季	5	^3H 、 γ 谱
		饮用水	季	4	总 α 、总 β 、 ^3H 、 γ 谱
		地表水	半年	3	^3H 、 γ 谱
		地下水	半年	2	^3H 、 γ 谱
	土壤		年	9	γ 谱、 ^{90}Sr
	水库沉积物		年	1	γ 谱、 ^{90}Sr
	草		年	1	γ 谱
	农作物	稻谷	年	2	γ 谱
		小麦	年	3	γ 谱
		青菜	年	2	γ 谱
		水果	年	3	γ 谱
		茶叶	年	2	γ 谱
	动物及产品	猪肉	年	2	γ 谱
		淡水鱼	年	2	γ 谱
		牛奶	半年	1	^{131}I
海洋生态	海 水		半年	8	γ 谱、 ^3H
			月	1	^3H
			日	2	总 β
			年	4	^{90}Sr
	海洋沉积物	潮下带	年	7	γ 谱、 ^{90}Sr
		潮间带	年	1	γ 谱
	甲壳类	鹰爪虾	年	1	γ 谱
		虾	年	2	γ 谱
		梭子蟹	年	2	γ 谱
		虾菇	年	2	γ 谱
	软体类	蛤仔	年	1	γ 谱
		乌贼	年	2	γ 谱
		紫贻贝	年	1	γ 谱
		缢蛏	年	1	γ 谱
		毛蚶	年	1	γ 谱
	鱼类	黄鲫鱼	年	2	γ 谱
		蓝点鲷	年	2	γ 谱
		带鱼	年	1	γ 谱
		鲻鱼	年	2	γ 谱
	藻类	紫菜	年	2	γ 谱
		海带	年	1	γ 谱
指示生物	松针		年	2	γ 谱、 ^{90}Sr
	牡蛎		年	2	γ 谱、 ^{90}Sr
盐类	海盐		年	1	γ 谱
	卤水		年	1	γ 谱、 ^3H

表 3.1-3 田湾核电站环境监测仪器设备的检定记录

序号	名称	型号	有效日期	管理状态	检定单位
1	程控烘箱	FD-53	2016/3/15	在用	第二计量实验室
2	程控烘箱	FD-115	2016/3/15	在用	第二计量实验室
3	程控烘箱	FD-115	2016/3/15	在用	第二计量实验室
4	程控烘箱	FD-115	2016/3/15	在用	第二计量实验室
5	热释光剂量仪	RGD-3B	2016/1/28	在用	放射性计量一级站
6	热释光剂量仪	RGD-3B	2016/1/28	在用	放射性计量一级站
7	原子吸收分光光度计	SOLAAR	2016/1/22	在用	上海计量院
8	化学需氧量（COD）测量仪	Photolab S6	2016/1/22	在用	上海计量院
9	低本底液体闪烁仪	Quantulus1220-003	2016/1/18	在用	放射性计量一级站
10	低本底液体闪烁仪	Quantulus1220-003	2016/1/18	在用	放射性计量一级站
11	十通道低本底 α/β 测量仪	LB770	2016/1/18	在用	放射性计量一级站
12	高纯锗 γ 谱仪	GMX40P-S (N)	2016/1/18	在用	放射性计量一级站
13	高纯锗 γ 谱仪	GEM40P4-76	2016/1/18	在用	放射性计量一级站
14	高纯锗 γ 谱仪	GEM60P-S (P)	2016/1/18	在用	放射性计量一级站
15	BOD 测量仪	OxiTopBox	2016/1/15	在用	上海计量院
16	便携式多参数测量仪主机	520M-81	2016/1/24	在用	江苏省计量院
17	pH（酸度）计	PH 3210	2016/1/24	在用	江苏省计量院
18	溶解氧探头	083010MD	2016/1/24	在用	上海计量院
19	电导率探头（常规水）	013010MD	2016/1/24	在用	上海计量院
20	单参数水质分析仪	PC II	2015/12/25	在用	江苏省计量院
21	低本底 α , β 测量仪	MPC 9604	2016/12/12	在用	中国原子能科学研究院
22	低本底 α , β 测量仪	MPC 9604	2016/12/12	在用	中国原子能科学研究院
23	压力表	Y-100	2015/12/9	在用	第二计量实验室

表 3.1-4 2013 年环境 γ 辐射剂量率连续监测结果

单位: uGy/h

月份	91UCJ	92UCJ	93UCJ	94UCJ	01UCJ	05UCJ	02UCJ	03UCJ	06UCJ	04UCJ
1 月	0.117	0.114	0.114	0.104	0.087	0.075	0.087	0.077	0.084	0.090
2 月	0.115	0.113	0.112	0.103	0.086	0.074	0.086	0.076	0.083	0.090
3 月	0.116	0.114	0.113	0.103	0.087	0.074	0.085	0.076	0.084	0.089
4 月	0.116	0.113	0.112	0.102	0.088	0.074	0.085	0.076	0.084	0.090
5 月	0.120	0.112	0.114	0.100	0.086	0.073	0.084	0.076	0.083	0.089
6 月	0.116	0.109	0.112	0.099	0.083	0.070	0.081	0.075	0.081	0.087
7 月	0.120	0.112	0.113	0.101	0.084	0.072	0.083	0.076	0.083	0.088
8 月	0.120	0.109	0.111	0.101	0.084	0.072	0.082	0.076	0.083	0.089
9 月	0.118	0.110	0.111	0.099	0.083	0.071	0.082	0.076	0.082	0.088
10 月	0.119	0.110	0.113	0.099	0.085	0.071	0.082	0.075	0.082	0.089
11 月	0.120	0.113	0.113	0.102	0.088	0.075	0.085	0.077	0.084	0.091
12 月	0.121	0.115	0.114	0.102	0.090	0.076	0.087	0.078	0.086	0.092
平均值	0.118	0.112	0.113	0.101	0.086	0.073	0.084	0.076	0.083	0.089
标准差	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001

表 3.1-5 2014 年环境 γ 辐射剂量率连续监测结果

单位: uGy/h

月份	91UCJ	92UCJ	93UCJ	94UCJ	01UCJ	05UCJ	02UCJ	03UCJ	06UCJ	04UCJ
1	0.120	0.114	0.115	0.101	0.088	0.075	0.086	0.078	0.085	0.091
2	0.120	0.116	0.115	0.100	0.087	0.074	0.085	0.078	0.084	0.089
3	0.120	0.115	0.115	0.101	0.080	0.074	0.084	0.076	0.084	0.089
4	0.120	0.113	0.112	0.102	0.079	0.073	0.083	0.076	0.082	0.089
5	0.121	0.114	0.114	0.104	0.078	0.074	0.084	0.077	0.083	0.089
6	0.120	0.112	0.112	0.102	0.076	0.072	0.082	0.076	0.082	0.088
7	0.119	0.112	0.116	0.103	0.077	0.073	0.082	0.075	0.082	0.088
8	0.120	0.112	0.110	0.102	0.075	0.071	0.082	0.075	0.082	0.085
9	0.120	0.112	0.116	0.102	0.075	0.068	0.081	0.075	0.081	0.086
10	0.123	0.115	0.119	0.105	0.079	0.071	0.084	0.076	0.083	0.089
11	0.121	0.114	0.107	0.104	0.077	0.073	0.084	0.076	0.084	0.089
12	0.119	0.113	0.102	0.101	0.078	0.074	0.086	0.076	0.083	0.089
平均值	0.120	0.114	0.113	0.102	0.079	0.073	0.084	0.076	0.083	0.088
标准差	0.001	0.001	0.004	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002

备注：01UCJ（厂前区）、02UCJ（高公岛）、03UCJ（宿城）、04UCJ（环境楼）、05UCJ（杨圩）、06UCJ（板桥）、91/92/93/94UCJ（双围墙内 4 处监测点）。

表 3.1-6 环境 γ 辐射剂量率连续监测年均值结果比较

单位: uGy/h

年份	91UCJ	92UCJ	93UCJ	94UCJ	01UCJ	05UCJ	02UCJ	03UCJ	06UCJ	04UCJ
2013 年	0.118	0.112	0.113	0.101	0.086	0.073	0.084	0.076	0.083	0.089
2014 年	0.120	0.114	0.113	0.102	0.079	0.073	0.084	0.076	0.083	0.088
运行前	0.122	0.109	0.076	0.099	0.088	0.073	0.086	0.072	0.077	0.084

表 3.2-1 秋季水质调查结果（一）

监测项目	表层		底层	
	范围	均值	范围	均值
pH	8.01~8.23	8.15	8.13~8.23	8.19
悬浮物 (mg/L)	4.10~117	22.9	8.40~50.5	24.7
DO (mg/L)	6.39~7.64	7.12	6.84~7.44	7.21
BOD ₅ (mg/L)	0.52~1.62	1.10	0.76~1.28	1.06
COD _{Mn} (mg/L)	0.837~2.00	1.35	0.965~1.89	1.32
总有机碳 (mg/L)	2.01~3.51	2.68	2.01~3.00	2.41
油类 (mg/L)	0.0400~0.0498	0.0463	—	—
PO ₄ ³⁻ (μg/L)	10.9~109	36.4	10.6~24.1	17.7
硅酸盐 (μg/L)	156~935	477	156~573	252
活性磷酸盐 (μg/L)	10.9~109	36.4	10.6~24.1	17.7
无机氮 (μg/L)	593~1.02E+03	786	708~870	762
总汞 (μg/L)	0.0100~0.0407	0.0280	0.0233~0.0385	0.0306
砷 (μg/L)	1.42~3.77	2.33	1.43~2.92	2.15
铜 (μg/L)	1.99~4.69	2.87	2.35~4.17	3.14
铅 (μg/L)	0.264~1.78	0.696	0.413~1.22	0.698
锌 (μg/L)	2.78~16.7	8.98	5.00~16.3	8.29
镉 (μg/L)	0.0229~0.220	0.0663	0.0126~0.0840	0.0525
镍 (μg/L)	1.49~3.44	2.31	1.54~3.26	2.33
总铬 (μg/L)	未检出~0.817	—	未检出~0.426	—

表 3.2-2 秋季水质调查结果（二）

单位：mg/L

检测项目 样品标识	总碱度	阴离子洗涤剂	氯化物	氟化物	硫酸盐
A-表	120	0.012	1.42×10^4	0.711	192
A0-表	123	0.013	1.41×10^4	0.821	189
A01-表	125	0.015	1.42×10^4	0.852	152
A02-表	120	0.014	1.41×10^4	0.852	177
A03-表	124	<0.010	1.49×10^4	0.883	215
A04-表	122	0.011	1.53×10^4	0.737	274
A04-底	122	<0.010	1.55×10^4	0.821	141
A05-表	121	0.010	1.63×10^4	0.792	256
A05-底	122	0.010	1.60×10^4	0.883	269
A11-表	124	<0.010	1.52×10^4	0.821	254
A11-表-平	123	<0.010	1.37×10^4	0.737	254
A12-表	118	0.010	1.40×10^4	0.852	532
A13-表	123	<0.010	1.41×10^4	0.883	269
A14-表	125	0.010	1.43×10^4	0.916	521
A15-表	123	0.011	1.45×10^4	0.883	146
A21-表	126	0.011	1.37×10^4	0.916	544
A22-表	119	0.016	1.35×10^4	0.916	248
A23-表	121	<0.010	1.38×10^4	0.883	307
A24-表	125	0.011	1.37×10^4	0.883	414
A25-表	128	0.019	1.49×10^4	0.852	199
A25-表-平	124	0.018	1.47×10^4	0.883	484
A31-表	124	0.011	1.41×10^4	0.821	1.11×10^3
A32-表	122	0.016	1.46×10^4	0.764	1.32×10^3
A33-表	122	0.016	1.48×10^4	0.949	1.25×10^3
A33-底	122	0.012	1.47×10^4	0.883	1.33×10^3
A34-表	123	0.019	1.51×10^4	0.916	1.12×10^3
A34-底	124	0.014	1.53×10^4	0.949	853
A35-表	123	0.010	1.57×10^4	0.916	924
A35-底	123	0.015	1.59×10^4	0.883	1.02×10^3
A41-表	126	0.016	1.50×10^4	0.916	1.18×10^3
A41-表-平	123	0.013	1.49×10^4	0.916	1.35×10^3
A42-表	124	0.018	1.50×10^4	0.852	1.15×10^3
A43-表	125	0.016	1.56×10^4	0.821	1.12×10^3
A43-底	125	0.017	1.56×10^4	0.686	662
检出限	0.6	0.010	2	0.050	5

表 3.2-3 秋季水质调查结果（三）

单位：mg/L

检测项目 样品标识	钾	钠	钙	镁	银	钴（ $\mu\text{g/L}$ ）	锰	铁	硒
A-表	400	1.12×10^4	314	1.12×10^3	<0.0025	0.200	<0.01	0.033	0.0021
A0-表	294	4.17×10^3	249	894	<0.0025	0.117	<0.01	0.031	0.0018
A01-表	321	5.43×10^3	275	898	<0.0025	0.13	<0.01	0.038	0.0014
A02-表	286	4.67×10^3	291	881	<0.0025	<0.1	<0.01	0.033	0.0023
A03-表	347	6.39×10^3	292	971	<0.0025	<0.1	<0.01	0.034	0.0015
A04-表	259	5.80×10^3	327	896	<0.0025	0.138	<0.01	0.036	0.0016
A04-底	356	8.14×10^3	326	858	<0.0025	0.16	<0.01	0.035	0.0012
A05-表	318	8.50×10^3	351	937	<0.0025	<0.1	<0.01	0.035	0.0013
A05-底	378	9.55×10^3	322	861	<0.0025	<0.1	<0.01	0.033	0.0019
A11-表	335	7.27×10^3	297	772	<0.0025	0.13	<0.01	0.036	0.0016
A11-表-平	362	6.86×10^3	323	804	<0.0025	0.103	<0.01	0.035	0.0015
A12-表	327	6.16×10^3	309	750	<0.0025	<0.1	<0.01	0.039	0.0014
A13-表	380	1.12×10^4	305	747	<0.0025	<0.1	<0.01	0.037	0.0017
A14-表	367	7.72×10^3	320	797	<0.0025	<0.1	<0.01	0.036	0.0022
A15-表	395	6.01×10^3	273	661	<0.0025	0.181	<0.01	0.034	0.0012
A21-表	339	1.52×10^4	287	685	<0.0025	<0.1	<0.01	0.037	0.0018
A22-表	346	7.24×10^3	304	709	<0.0025	<0.1	<0.01	0.032	0.0017
A23-表	270	4.81×10^3	185	789	<0.0025	0.154	<0.01	0.036	0.0018
A24-表	262	5.86×10^3	200	779	<0.0025	0.155	<0.01	0.036	0.0015
A25-表	278	6.17×10^3	273	914	<0.0025	0.109	<0.01	0.033	0.0021
A25-平	265	5.89×10^3	243	788	<0.0025	<0.1	<0.01	0.034	0.0023
A31-表	264	5.93×10^3	248	780	<0.0025	0.122	<0.01	0.034	0.0019
A32-表	279	6.11×10^3	256	805	<0.0025	0.115	<0.01	0.032	0.0012
A33-表	296	6.55×10^3	263	826	<0.0025	<0.1	<0.01	0.036	0.0015
A33-底	107	5.03×10^3	227	677	<0.0025	<0.1	<0.01	0.038	0.0025
A34-表	240	5.13×10^3	204	591	<0.0025	0.123	<0.01	0.039	0.0012
A34-底	257	5.64×10^3	288	882	<0.0025	0.102	<0.01	0.035	0.0023
A35-表	306	6.47×10^3	287	881	<0.0025	<0.1	<0.01	0.031	0.0021
A35-底	269	5.56×10^3	242	743	<0.0025	<0.1	<0.01	0.033	0.0015
A41-表	279	5.76×10^3	260	749	<0.0025	<0.1	<0.01	0.033	0.0027
A41-表-平	289	5.97×10^3	283	836	<0.0025	<0.1	<0.01	0.033	0.0019
A42-表	261	5.28×10^3	264	773	<0.0025	<0.1	<0.01	0.036	0.0028
A43-表	290	6.02×10^3	281	819	<0.0025	0.107	<0.01	0.036	0.002
A43-底	340	6.77×10^3	301	885	<0.0025	<0.1	<0.01	0.035	0.0026
检出限	0.03	0.01	0.02	0.002	0.0025	0.1	0.01	0.032	0.0012

表 3.2-4 无线电干扰限值

电压（kV）	110	220～330	500
无线电干扰限值 dB（μV/m）	46	53	55

注：表中数据为距离边导线 20m、频率 0.5MHz 时的限值。

表 3.2-5 居民区环境辐射电平水平标注

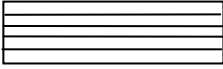
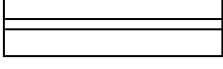
序号	种 类	射频电场强度（mV/m）
1		>300
2		200～300
3		130～200
4		80～130
5		50～80
6		<50

表 3.2-6 田湾核电站厂区工频电场/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 (μ T)
1	5、6#机组中心	34°41'25.122"N 119°27'04.363"E	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	1.835	0.046
2	拟建 220kV 变电站	34°41'23.016"N 119°27'02.132"E	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	2.704	0.048
3	拟建 500kV 出线 开关站	34°41'24.680"N 119°26'59.816"E	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	1.263	0.046
4	1、2#机组厂区一 号办公楼	34°41'05.526"N 119°27'22.152"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	1.119	0.058
5	1、2#机组厂区二 号办公楼	34°41'04.152"N 119°27'23.136"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	3.379	0.068
6	1、2 号机组 500kV 开关站东边界	34°41'08.342"N 119°27'24.232"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	29.88	1.143
7	1、2 号机组 500kV 开关站南边界	34°41'07.336"N 119°27'20.329"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	1121	2.006
8	1、2 号机组 500kV 开关站西边界	34°41'11.152"N 119°27'14.235"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	11.17	0.179
9	1、2 号机组 500kV 开关站北边界	34°41'11.328"N 119°27'14.142"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	10.76	0.267

表 3.2-7 田湾核电站厂区无线电干扰场强现状监测结果

测点编号	测点名称	监测时间	天气情况	温度℃	湿度%	风向	风速m/s	大气压kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
1	5、6#机组中心	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	56.5	52.6	49.0	46.8	47.1	46.0	45.8	46.6	48.2	48.0
2	拟建 220kV 变电站	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	58.5	55.6	48.9	45.8	46.2	45.3	45.5	47.2	48.3	47.6
3	拟建 500kV 出线开关站	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	60.1	56.3	48.6	46.3	45.5	44.6	46.8	48.3	45.6	46.8
4	1、2#机组厂区 1 号办公楼	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	64.2	59.8	49.3	47.9	46.7	45.9	45.3	46.9	49.9	47.8
5	1、2#机组厂区二号办公楼	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	57.6	53.8	49.8	46.6	47.4	45.9	46.1	49.2	48.6	48.3
6	1、2 号机组 500kV 开关站东边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	58.1	56.5	48.9	45.8	46.2	45.3	46.2	48.0	49.2	49.3
7	1、2 号机组 500kV 开关站南边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	59.3	55.3	53.8	46.9	45.8	46.3	47.1	47.8	47.5	48.6
8	1、2 号机组 500kV 开关站西边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	58.7	53.9	50.3	48.2	46.7	45.5	46.7	48.5	49.2	47.9
9	1、2 号机组 500kV 开关站北边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	59.7	55.4	50.4	47.2	48.3	46.9	45.8	47.0	50.7	50.7

表 3.2-8 田湾核电站厂区射频电场强度现状监测结果

测点 编号	测点名称	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)	测量仪器最低 检测限 (V/m)
1	5、6#机组中心	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	0.45	0.3
2	拟建 220kV 变电站	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	0.44	0.3
3	拟建 500kV 出线开关站	2015.5.5 PM	晴	29.2	34.2	东	1.5	100.9	0.42	0.3
4	1、2#机组厂区 1 号办公楼	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.42	0.3
5	1、2#机组厂区二号办公楼	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.52	0.3
6	1、2 号机组 500kV 开关站东边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.82	0.3
7	1、2 号机组 500kV 开关站南边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	1.35	0.3
8	1、2 号机组 500kV 开关站西边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.31	0.3
9	1、2 号机组 500kV 开关站北边界	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.45	0.3
10	厂区移动基站	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.89	0.3

表 3.2-9 田湾核电站厂区 1、2 号机组主变压器工频电场/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 (μ T)
1#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
A1	1#主变压器外 0m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	62.72	0.816
A2	1#主变压器外 5m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	60.86	0.718
A3	1#主变压器外 10m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	58.65	0.675
A4	1#主变压器外 15m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	56.62	0.572
A5	1#主变压器外 20m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	52.36	0.528
A6	1#主变压器外 25m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	48.75	0.469
A7	1#主变压器外 30m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	45.63	0.452
A8	1#主变压器外 35m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	43.32	0.438
A9	1#主变压器外 40m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	42.62	0.406
A10	1#主变压器外 45m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	41.28	0.379
A11	1#主变压器外 50m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	39.62	0.368
2#主变压器工频电场/工频磁场强度监测结果										
B1	2#主变压器外 0m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	58.62	0.806
B2	2#主变压器外 5m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	56.85	0.762
B 3	2#主变压器外 10m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	54.62	0.693
B 4	2#主变压器外 15m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	52.78	0.636
B 5	2#主变压器外 20m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	50.73	0.598
B 6	2#主变压器外 25m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	48.38	0.565

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)
B 7	2#主变压器外 30m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	46.62	0.513
B 8	2#主变压器外 35m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	45.75	0.482
B 9	2#主变压器外 40m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	43.96	0.436
B10	2#主变压器外 45m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	42.78	0.385
B11	2#主变压器外 50m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	40.16	0.356

表 3.2-10 田湾核电站厂区 1、2 号机组主变压器无线电干扰场强现状监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	天气 情况	温 度 ℃	湿 度 %	风 向	风 速 m/s	大 气 压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
1#主变压器无线电干扰场强监测结果																		
A12	1#主变压器外 0m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			54.5							
A13	1#主变压器外 1m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			53.8							
A14	1#主变压器外 2m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			52.6							
A15	1#主变压器外 4m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			52.3							
A16	1#主变压器外 8m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			52.3							
A17	1#主变压器外 16m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			51.8							
A18	1#主变压器外 20m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	57.2	54.1	51.6	46.2	46.8	45.8	46.1	45.7	50.2	47.1
A19	1#主变压器外 32m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			51.2							
A20	1#主变压器外 64m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			51.0							
2#主变压器无线电干扰场强监测结果																		
B12	2#主变压器外 0m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			54.3							
B13	2#主变压器外 1m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			54.0							
B14	2#主变压器外 2m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			53.9							
B15	2#主变压器外 4m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			53.6							
B16	2#主变压器外 8m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			53.0							
B17	2#主变压器外 16m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			52.5							
B18	2#主变压器外 20m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	57.6	53.8	52.3	48.6	47.1	45.3	45.8	46.2	49.3	46.7

测点 编号	测点名称	监测时间	天气 情况	温 度 ℃	湿 度 %	风 向	风 速 m/s	大 气 压 kPa	无线电干扰强度 dB（μV/m）									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
B19	2#主变压器外 32m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			51.9							
B20	2#主变压器外 64m	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2			51.0							

表 3.2-11 田湾核电站输电线路监测断面工频电场/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 (μ T)
云城 110kV 输电线路（P1 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P1-1	P1 输电线路东边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	92.49	0.108
P1-2	P1 输电线路东边相外 5m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	75.16	0.101
P1-3	P1 输电线路东边相外 10m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	62.17	0.075
P1-4	P1 输电线路东边相外 15m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	46.22	0.064
P1-5	P1 输电线路东边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	25.54	0.058
P1-6	P1 输电线路东边相外 25m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	20.83	0.054
P1-7	P1 输电线路东边相外 30m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	13.14	0.052
P1-8	P1 输电线路东边相外 35m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	9.953	0.054
P1-9	P1 输电线路东边相外 40m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	9.163	0.052
P1-10	P1 输电线路东边相外 45m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	8.858	0.051
P1-11	P1 输电线路东边相外 50m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	8.766	0.050
P1-12	P1 输电线路西边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	91.60	0.095
P1-13	P1 输电线路西边相外 5m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	84.75	0.075
P1-14	P1 输电线路西边相外 10m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	62.31	0.074
P1-15	P1 输电线路西边相外 15m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	45.53	0.063
P1-16	P1 输电线路西边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	22.12	0.062
P1-17	P1 输电线路西边相外 25m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	16.02	0.061
P1-18	P1 输电线路西边相外 30m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	11.23	0.060
P1-19	P1 输电线路西边相外 35m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	10.45	0.058
P1-20	P1 输电线路西边相外 40m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	9.882	0.057
P1-21	P1 输电线路西边相外 45m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	8.707	0.055
P1-22	P1 输电线路西边相外 50m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	8.658	0.053
云城 110kV 输电线路（P1 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P1-23	P1 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	21.26	0.060
P1-24	P1 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	20.38	0.059
P1-25	P1 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	22.75	0.062
P1-26	P1 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	20.18	0.061
P1-27	P1 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	21.36	0.058
P1-28	P1 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	25.35	0.059
香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P2-1	P2 输电线路东边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	573.7	0.106

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 (μ T)
P2-2	P2 输电线路东边相外 5m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	513.6	0.095
P2-3	P2 输电线路东边相外 10m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	317.7	0.086
P2-4	P2 输电线路东边相外 15m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	166.4	0.078
P2-5	P2 输电线路东边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	48.23	0.059
P2-6	P2 输电线路东边相外 25m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	34.28	0.054
P2-7	P2 输电线路东边相外 30m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	23.09	0.052
P2-8	P2 输电线路东边相外 35m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	18.16	0.051
P2-9	P2 输电线路东边相外 40m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	16.58	0.050
P2-10	P2 输电线路东边相外 45m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	13.26	0.049
P2-11	P2 输电线路东边相外 50m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	10.18	0.049
P2-12	P2 输电线路西边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	541.4	0.086
P2-13	P2 输电线路西边相外 5m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	346.7	0.066
P2-14	P2 输电线路西边相外 10m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	212.9	0.058
P2-15	P2 输电线路西边相外 15m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	85.34	0.050
P2-16	P2 输电线路西边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	34.23	0.043
P2-17	P2 输电线路西边相外 25m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	17.68	0.041
P2-18	P2 输电线路西边相外 30m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	17.34	0.039
P2-19	P2 输电线路西边相外 35m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	13.62	0.038
P2-20	P2 输电线路西边相外 40m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	12.36	0.037
P2-21	P2 输电线路西边相外 45m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	9.33	0.036
P2-22	P2 输电线路西边相外 50m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	8.72	0.036
香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P2-23	P2 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	45.12	0.053
P2-24	P2 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	43.68	0.056
P2-25	P2 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	43.16	0.052
P2-26	P2 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	38.16	0.051
P2-27	P2 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	35.62	0.045
P2-28	P2 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	37.73	0.046
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线（P3 监测断面）垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-1	P3 输电线路东边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	2042	3.945
P3-2	P3 输电线路东边相外 5m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	2016	3.909
P3-3	P3 输电线路东边相外 10m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1616	3.283
P3-4	P3 输电线路东边相外 15m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1412	2.478
P3-5	P3 输电线路东边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	958.2	1.894

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 (μ T)
P3-6	P3 输电线路东边相外 25m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	591.1	1.741
P3-7	P3 输电线路东边相外 30m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	374.3	0.841
P3-8	P3 输电线路东边相外 35m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	168.8	0.623
P3-9	P3 输电线路东边相外 40m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	119.7	0.503
P3-10	P3 输电线路东边相外 45m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	105.1	0.443
P3-11	P3 输电线路东边相外 50m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	60.87	0.404
P3-12	P3 输电线路西边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	768.64	1.583
P3-13	P3 输电线路西边相外 5m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	538.17	1.486
P3-14	P3 输电线路西边相外 10m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	429.12	1.412
P3-15	P3 输电线路西边相外 15m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	228.19	0.866
P3-16	P3 输电线路西边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	128.03	0.746
P3-17	P3 输电线路西边相外 25m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	79.97	0.634
P3-18	P3 输电线路西边相外 30m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	58.62	0.525
P3-19	P3 输电线路西边相外 35m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	38.47	0.418
P3-20	P3 输电线路西边相外 40m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	25.88	0.313
P3-21	P3 输电线路西边相外 45m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	15.52	0.304
P3-22	P3 输电线路西边相外 50m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	13.92	0.296
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线 (P3 监测断面) 平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P3-23	P3 输电线路东边相外 20m (1)	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	962.3	1.862
P3-24	P3 输电线路东边相外 20m (2)	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	953.6	1.878
P3-25	P3 输电线路东边相外 20m (3)	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	943.5	1.726
P3-26	P3 输电线路西边相外 20m (1)	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	129.1	0.751
P3-27	P3 输电线路西边相外 20m (2)	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	128.6	0.743
P3-28	P3 输电线路西边相外 20m (3)	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	127.2	0.749
拟建 5、6#机组 220kV 施工进线 (P4 监测断面) 垂直监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P4-1	P4 输电线路东边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.163	0.040
P4-2	P4 输电线路东边相外 5m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.819	0.046
P4-3	P4 输电线路东边相外 10m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.832	0.038
P4-4	P4 输电线路东边相外 15m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.565	0.040
P4-5	P4 输电线路东边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.816	0.039
P4-6	P4 输电线路东边相外 25m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.744	0.045
P4-7	P4 输电线路东边相外 30m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.003	0.040
P4-8	P4 输电线路东边相外 35m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.855	0.036
P4-9	P4 输电线路东边相外 40m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.832	0.036

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 (μ T)
P4-10	P4 输电线路东边相外 45m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.843	0.040
P4-11	P4 输电线路东边相外 50m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.832	0.040
P4-12	P4 输电线路西边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.011	0.044
P4-13	P4 输电线路西边相外 5m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.152	0.032
P4-14	P4 输电线路西边相外 10m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.419	0.047
P4-15	P4 输电线路西边相外 15m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.547	0.036
P4-16	P4 输电线路西边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.571	0.049
P4-17	P4 输电线路西边相外 25m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.037	0.043
P4-18	P4 输电线路西边相外 30m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.302	0.046
P4-19	P4 输电线路西边相外 35m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.632	0.039
P4-20	P4 输电线路西边相外 40m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.724	0.032
P4-21	P4 输电线路西边相外 45m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.659	0.035
P4-22	P4 输电线路西边相外 50m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.482	0.035
拟建 5、6#机组 220kV 施工进线（P4 监测断面）平行监测断面工频电场/工频磁场强度监测数据										
P4-23	P4 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.712	0.042
P4-24	P4 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.768	0.038
P4-25	P4 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.825	0.040
P4-26	P4 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	1.312	0.039
P4-27	P4 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.918	0.046
P4-28	P4 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	0.838	0.041

表 3.2-12 田湾核电站输电线路监测断面无线电干扰场强现状监测结果

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	无线电干扰强度 dB（μV/m）									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
云城 110kV 输电线路（P1 监测断面）垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P1-29	P1 输电线路东边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	64.5	58.3	51.2	49.3	46.9	45.8	47.2	50.3	52.2	48.6
P1-30	P1 输电线路东边相外 1m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	62.2	57.9	50.1	48.7	46.5	45.6	46.8	49.3	50.1	48.5
P1-31	P1 输电线路东边相外 2m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	59.8	57.5	49.6	48.5	46.6	45.3	46.5	49.1	48.6	48.3
P1-32	P1 输电线路东边相外 4m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	58.9	58.1	47.8	48.0	46.2	45.0	46.3	48.8	47.8	48.5
P1-33	P1 输电线路东边相外 8m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	58.6	57.1	46.3	47.9	45.9	45.7	46.2	48.6	47.3	48.2
P1-34	P1 输电线路东边相外 16m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	58.0	56.8	45.8	47.5	45.6	45.6	46.0	47.6	46.9	48.1
P1-35	P1 输电线路东边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.4	58.4	45.5	46.5	46.6	45.7	45.7	47.3	46.5	48.1
P1-36	P1 输电线路东边相外 32m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.2	57.3	45.3	46.3	46.3	45.2	45.6	47.6	46.3	48.0
P1-37	P1 输电线路东边相外 64m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.0	56.5	45.3	46.5	45.8	45.3	46.0	47.3	46.2	47.5
P1-38	P1 输电线路东边相外 128m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.8	55.9	45.2	46.8	45.9	45.6	46.2	47.0	46.5	47.8
P1-39	P1 输电线路东边相外 256m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.6	58.7	45.1	47.0	46.6	46.5	46.0	47.0	47.2	47.6
P1-40	P1 输电线路东边相外 512m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.1	56.8	45.0	46.5	46.0	45.2	46.1	47.1	47.5	47.5
P1-41	P1 输电线路西边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	63.2	57.2	51.3	48.3	46.8	45.0	47.0	49.9	49.8	48.5
P1-42	P1 输电线路西边相外 1m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	62.1	59.6	50.6	47.9	46.3	45.9	46.5	48.8	48.5	48.0
P1-43	P1 输电线路西边相外 2m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	59.6	57.8	49.2	47.6	46.1	45.8	46.3	48.5	48.5	47.5

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	无线电干扰强度 dB（ μ V/m）									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
P1-44	P1 输电线路西边相外 4m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	59.9	57.6	48.2	46.8	46.0	45.3	46.2	48.6	48.9	47.3
P1-45	P1 输电线路西边相外 8m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	58.4	56.8	47.2	46.5	46.0	45.2	46.3	48.7	48.6	47.2
P1-46	P1 输电线路西边相外 16m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	58.1	57.2	45.9	46.3	45.9	45.6	46.0	47.9	48.2	47.6
P1-47	P1 输电线路西边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.8	55.8	45.6	47.0	45.5	45.1	46.1	47.6	47.9	47.5
P1-48	P1 输电线路西边相外 32m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.5	56.7	45.3	46.6	46.2	45.6	46.5	48.1	47.6	47.0
P1-49	P1 输电线路西边相外 64m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.5	58.7	45.2	45.8	46.1	45.3	46.2	47.5	48.1	47.3
P1-50	P1 输电线路西边相外 128m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.9	56.8	45.2	46.2	46.5	45.3	45.8	47.6	48.0	47.0
P1-51	P1 输电线路西边相外 256m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.2	57.0	45.2	46.1	46.3	45.6	45.9	47.3	47.6	47.0
P1-52	P1 输电线路西边相外 512m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.0	56.3	45.0	46.3	46.2	45.5	46.0	46.7	47.5	47.1
云城 110kV 输电线路（P1 监测断面）平行监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P1-53	P1 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.8	57.6	45.3	46.3	46.3	45.9	45.6	47.1	46.3	47.9
P1-54	P1 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.2	58.0	45.6	46.2	46.2	45.6	45.1	47.0	46.1	48.0
P1-55	P1 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.0	57.2	44.8	46.5	46.5	45.2	45.3	47.3	46.7	48.3
P1-56	P1 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.4	57.0	45.1	46.8	46.0	45.8	45.5	47.5	46.8	47.8
P1-57	P1 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.5	57.3	45.8	46.1	46.0	45.1	45.8	46.8	46.5	48.2
P1-58	P1 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.0	57.5	45.0	46.0	46.1	45.6	46.0	47.2	46.0	47.9
香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P2-29	P2 输电线路东边相下	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东	1.5	100.8	55.6	53.9	51.8	48.5	47.9	45.9	48.2	55.5	58.8	47.9

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	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
	0m					南												
P2-30	P2 输电线路东边相外 1m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	55.0	53.6	51.1	47.6	47.6	45.7	48.8	55.3	58.6	47.6
P2-31	P2 输电线路东边相外 2m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	54.8	53.2	48.6	47.5	47.8	45.6	47.6	55.3	58.0	47.5
P2-32	P2 输电线路东边相外 4m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	54.3	53.0	46.7	47.0	47.5	45.5	46.8	52.6	57.6	47.8
P2-33	P2 输电线路东边相外 8m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.8	52.9	46.2	46.5	47.0	45.3	47.1	53.1	56.8	47.2
P2-34	P2 输电线路东边相外 16m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.6	52.6	45.8	46.3	46.8	45.4	46.5	54.0	56.6	47.3
P2-35	P2 输电线路东边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.6	52.9	45.7	46.1	47.0	45.3	45.5	53.4	56.1	47.8
P2-36	P2 输电线路东边相外 32m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.5	53.2	45.6	46.5	46.5	45.2	45.8	54.2	55.2	47.6
P2-37	P2 输电线路东边相外 64m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	54.0	52.5	45.5	47.1	47.0	45.2	46.2	53.6	56.3	47.3
P2-38	P2 输电线路东边相外 128m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.1	52.4	45.3	46.3	46.4	45.0	46.1	53.8	56.1	47.2
P2-39	P2 输电线路东边相外 256m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.8	52.6	45.2	46.2	45.8	45.1	46.3	53.2	56.2	47.5
P2-40	P2 输电线路东边相外 512m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	52.1	52.1	45.0	46.0	46.2	45.3	46.7	53.5	55.8	47.4
P2-41	P2 输电线路西边相下 0m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	55.0	53.8	51.5	48.3	47.5	45.2	46.3	52.8	55.6	47.3
P2-42	P2 输电线路西边相外 1m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	54.6	53.4	51.3	47.5	46.5	45.0	46.2	52.6	55.9	47.5
P2-43	P2 输电线路西边相外 2m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.6	52.8	48.5	47.6	46.8	45.6	46.5	53.0	56.1	47.4
P2-44	P2 输电线路西边相外 4m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	53.8	52.5	47.6	46.8	46.3	45.2	45.8	52.1	55.8	47.6
P2-45	P2 输电线路西边相外 8m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	52.2	52.6	46.8	46.5	46.6	45.6	45.9	52.0	55.6	47.3

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	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
P2-46	P2 输电线路西边相外 16m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.6	52.2	45.9	46.2	46.5	45.3	46.0	51.8	55.5	47.5
P2-47	P2 输电线路西边相外 20m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.2	52.3	45.5	46.3	46.8	45.7	45.1	51.2	55.3	46.9
P2-48	P2 输电线路西边相外 32m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.0	51.8	45.3	46.5	46.3	45.6	45.2	51.6	55.0	46.8
P2-49	P2 输电线路西边相外 64m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.2	52.3	45.2	47.0	45.9	45.3	45.6	52.3	55.3	47.0
P2-50	P2 输电线路西边相外 128m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.1	52.6	45.2	46.2	46.2	44.9	45.3	51.8	55.2	46.5
P2-51	P2 输电线路西边相外 256m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.0	51.9	45.1	46.8	46.1	45.5	45.6	51.6	54.9	46.9
P2-52	P2 输电线路西边相外 512m	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.0	52.0	45.0	46.0	46.0	45.6	45.1	51.2	55.0	46.8
香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）平行监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P2-53	P2 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.3	52.2	45.6	46.5	46.5	45.4	45.4	51.3	55.6	46.5
P2-54	P2 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.0	52.0	45.1	46.3	46.0	45.3	45.3	51.2	55.3	46.6
P2-55	P2 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	50.6	52.6	45.8	46.6	46.4	45.6	45.9	51.5	55.6	46.3
P2-56	P2 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.3	51.6	45.9	46.8	46.3	45.8	45.1	51.6	55.8	47.0
P2-57	P2 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.6	51.8	45.5	46.5	46.5	45.2	45.2	51.8	55.5	46.5
P2-58	P2 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	51.3	51.5	45.7	46.2	46.6	45.0	45.0	51.6	55.7	46.8
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线（P3 监测断面）垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P3-29	P3 输电线路东边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	58.5	55.6	55.8	48.6	48.0	47.5	47.8	48.8	48.8	49.8
P3-30	P3 输电线路东边相外 1m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.8	55.3	54.1	48.3	47.8	47.3	47.5	48.5	48.5	48.6
P3-31	P3 输电线路东边相外	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东	1.0	101.0	58.6	55.2	53.3	48.5	47.6	47.0	47.3	48.6	48.6	48.5

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	无线电干扰强度 dB（μV/m）									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
	2m					南												
P3-32	P3 输电线路东边相外 4m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	58.3	54.9	53.1	48.2	47.5	47.2	46.8	48.6	48.3	49.0
P3-33	P3 输电线路东边相外 8m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.6	55.0	52.8	47.8	47.3	47.5	46.5	48.5	47.8	48.5
P3-34	P3 输电线路东边相外 16m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.3	54.9	52.0	47.6	47.2	46.8	46.7	48.2	48.2	48.7
P3-35	P3 输电线路东边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.8	54.8	51.8	47.5	47.1	46.2	46.5	48.2	47.9	48.6
P3-36	P3 输电线路东边相外 32m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.5	54.6	50.6	47.3	47.3	46.3	46.8	47.8	47.6	48.3
P3-37	P3 输电线路东边相外 64m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.7	54.8	49.8	47.2	47.2	46.8	46.5	47.6	47.5	47.8
P3-38	P3 输电线路东边相外 128m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.4	55.2	49.2	47.1	47.5	46.5	47.0	48.0	47.3	48.2
P3-39	P3 输电线路东边相外 256m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.0	54.7	49.0	47.6	47.6	46.5	46.7	47.5	48.2	48.0
P3-40	P3 输电线路东边相外 512m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	55.6	49.0	48.0	47.3	46.8	46.4	47.6	47.5	47.5
P3-41	P3 输电线路东边相外 1024m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.6	53.8	48.6	46.8	47.1	46.3	46.2	47.3	47.4	48.0
P3-42	P3 输电线路西边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	58.6	55.7	52.8	48.3	47.3	47.0	47.8	48.5	48.0	47.9
P3-43	P3 输电线路西边相外 1m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	58.0	54.6	52.0	47.3	47.2	46.2	47.3	48.3	47.5	47.6
P3-44	P3 输电线路西边相外 2m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.6	54.8	51.6	47.5	47.2	46.1	46.8	48.5	47.3	47.2
P3-45	P3 输电线路西边相外 4m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.5	54.3	51.5	47.6	47.0	46.3	46.5	48.0	47.0	48.0
P3-46	P3 输电线路西边相外 8m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.9	54.2	50.8	47.2	46.8	45.9	46.3	47.8	46.8	48.3
P3-47	P3 输电线路西边相外 16m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.3	53.7	50.2	46.8	46.9	46.2	46.2	47.5	46.6	48.0

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	无线电干扰强度 dB（μV/m）									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
P3-48	P3 输电线路西边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.2	53.5	50.0	47.2	46.9	46.0	46.0	47.2	46.6	48.2
P3-49	P3 输电线路西边相外 32m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.8	53.6	49.8	47.0	47.1	45.8	46.1	47.5	46.5	48.0
P3-50	P3 输电线路西边相外 64m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.0	53.2	49.2	47.5	46.5	46.2	46.5	47.3	46.8	47.9
P3-51	P3 输电线路西边相外 128m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.6	53.7	49.0	47.3	46.3	46.8	46.3	47.3	47.0	47.8
P3-52	P3 输电线路西边相外 256m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.5	54.0	48.8	46.8	46.8	45.7	46.5	47.6	47.2	48.2
P3-53	P3 输电线路西边相外 512m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.2	53.8	48.8	46.5	46.7	45.6	47.0	47.2	46.5	48.1
220kV 云核线/500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线（P3 监测断面）平行监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P3-54	P3 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.2	53.6	51.6	46.3	46.8	45.8	46.5	47.2	46.3	48.0
P3-55	P3 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.8	54.0	51.2	47.0	46.3	45.6	46.3	47.5	46.5	47.5
P3-56	P3 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.4	53.8	50.9	46.9	46.5	45.7	46.2	47.8	47.1	47.6
P3-57	P3 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.9	53.2	49.7	47.0	47.2	45.5	46.0	47.1	46.8	47.2
P3-58	P3 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	53.8	49.5	47.1	47.0	46.2	46.3	47.0	46.9	47.0
P3-59	P3 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.2	53.6	49.8	46.8	46.5	46.0	46.1	47.3	46.6	48.1
拟建 5、6#机组 220kV 施工进线（P4 监测断面）垂直监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P4-29	P4 输电线路东边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.2	53.6	49.0	46.2	47.0	45.8	45.3	47.0	45.8	46.8
P4-30	P4 输电线路东边相外 1m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.8	53.5	48.6	47.3	46.3	46.2	45.1	47.2	45.6	47.0
P4-31	P4 输电线路东边相外 2m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.0	52.8	47.9	45.8	46.8	46.3	45.0	47.5	45.9	46.6
P4-32	P4 输电线路东边相外	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东	1.0	101.0	57.2	53.6	48.6	45.9	45.3	45.8	45.2	46.5	46.2	46.5

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	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
	4m					南												
P4-33	P4 输电线路东边相外 8m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.1	54.0	49.1	47.0	46.3	45.1	45.3	46.3	45.2	47.2
P4-34	P4 输电线路东边相外 16m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.5	53.2	48.9	45.6	46.2	45.3	45.1	46.5	45.6	47.0
P4-35	P4 输电线路东边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	52.0	47.8	47.3	45.8	46.5	45.2	46.3	45.3	46.5
P4-36	P4 输电线路东边相外 32m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.8	53.1	48.2	45.6	46.3	46.3	45.5	46.5	45.6	46.0
P4-37	P4 输电线路东边相外 64m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.7	52.8	49.1	46.8	45.8	45.3	45.2	47.2	45.1	46.2
P4-38	P4 输电线路东边相外 128m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.2	52.6	47.8	46.3	46.1	45.2	45.6	47.5	46.2	46.5
P4-39	P4 输电线路东边相外 256m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.5	52.5	48.3	46.7	46.8	44.8	45.7	46.5	46.0	46.2
P4-40	P4 输电线路东边相外 512m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.2	51.8	49.1	46.2	45.9	45.3	45.1	46.8	45.8	47.0
P4-41	P4 输电线路东边相外 1024m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	52.0	48.6	45.3	45.6	45.6	45.3	47.3	45.6	46.5
P4-42	P4 输电线路西边相下 0m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.6	51.6	49.6	46.3	45.8	45.8	45.6	47.5	46.2	46.8
P4-43	P4 输电线路西边相外 1m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.0	51.5	48.5	45.8	45.6	46.2	45.5	47.1	45.8	46.5
P4-44	P4 输电线路西边相外 2m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.7	51.1	48.2	45.9	45.9	46.1	45.3	46.2	45.8	46.0
P4-45	P4 输电线路西边相外 4m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	57.0	51.6	48.0	46.3	46.0	46.2	45.5	46.5	45.3	46.3
P4-46	P4 输电线路西边相外 8m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.8	52.3	48.2	45.8	45.3	45.9	45.3	46.2	45.2	46.5
P4-47	P4 输电线路西边相外 16m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	50.8	47.9	46.3	45.6	45.6	45.5	46.7	46.0	46.2
P4-48	P4 输电线路西边相外 20m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.8	51.2	48.9	46.7	46.2	46.3	45.7	47.5	45.8	47.0

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	无线电干扰强度 dB（μV/m）									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
P4-49	P4 输电线路西边相外 32m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.9	51.6	48.5	46.2	46.3	45.7	45.2	47.3	45.2	46.3
P4-50	P4 输电线路西边相外 64m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.5	51.8	48.3	45.8	45.8	45.2	45.6	47.2	45.2	46.8
P4-51	P4 输电线路西边相外 128m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.6	52.3	48.4	45.2	46.1	46.4	45.2	46.9	45.6	47.2
P4-52	P3 输电线路西边相外 256m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.8	51.6	49.0	45.9	46.2	46.3	45.1	47.2	45.3	47.1
P4-53	P4 输电线路西边相外 512m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.2	52.5	48.7	47.5	46.3	46.0	45.2	46.2	45.7	46.8
P4-54	P4 输电线路西边相外 1024m	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	51.8	48.5	46.9	46.5	45.2	45.0	46.5	46.2	47.2
拟建 5、6#机组 220kV 施工进线（P4 监测断面）平行监测断面无线电干扰场强监测数据																		
P4-55	P4 输电线路东边相外 20m（1）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.1	51.8	48.6	45.8	45.3	45.0	45.6	46.0	46.5	46.0
P4-56	P4 输电线路东边相外 20m（2）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.2	51.9	48.1	46.3	45.8	44.6	45.2	45.8	45.2	46.0
P4-57	P4 输电线路东边相外 20m（3）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.9	52.3	48.2	46.5	46.0	45.3	45.2	45.3	45.8	45.8
P4-58	P4 输电线路西边相外 20m（1）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.8	51.8	49.0	46.7	45.2	45.2	45.5	45.2	45.2	45.3
P4-59	P4 输电线路西边相外 20m（2）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	56.3	52.3	48.6	45.8	45.6	46.1	45.3	45.6	46.5	45.3
P4-60	P4 输电线路西边相外 20m（3）	2015.5.6AM	晴	23.0	48.0	东南	1.0	101.0	55.8	52.0	48.5	46.2	45.7	46.0	45.0	45.0	45.0	45.7

表 3.2-13 田湾核电站厂区外环境敏感区工频电场/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)
11	东山组	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.894	0.038
12	东崖屋	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.476	0.041
13	苹果园	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.605	0.034
14	南山湾	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.768	0.050
15	柳河村	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.870	0.038
16	宿城 110kV 变电站北围墙外	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	6.482	0.057

表 3.2-14 田湾核电站厂区外环境敏感区无线电干扰场强现状监测结果

测点 编号	测点名称	监测时间	天气 情况	温 度 ℃	湿 度 %	风 向	风 速 m/s	大 气 压 kPa	无线电干扰强度 dB (μV/m)									
									监测频率 MHz									
									0.15	0.25	0.5	1.0	1.5	3.0	6.0	10	15	30
11	东山组	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.5	53.5	50.2	50.6	47.8	46.2	46.3	46.8	46.3	47.8
12	东崖屋	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.6	54.0	49.6	51.1	47.0	45.4	45.6	47.5	46.7	48.4
13	苹果园	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	57.0	53.9	50.3	46.5	46.4	45.4	46.1	45.7	51.2	48.4
14	南山湾	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.5	52.9	50.1	47.2	48.2	46.0	45.8	45.9	49.3	48.0
15	柳河村	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	56.4	53.1	51.4	46.1	47.1	45.3	45.7	45.1	50.6	47.9
16	宿城 110kV 变电站北 围墙外	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	56.0	52.2	49.2	46.3	46.8	45.6	46.2	46.3	47.8	48.0

表 3.2-15 田湾核电站厂区外环境敏感区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)	测量仪器最低检测 限 (V/m)
11	东山组	34°42'04.162"N 119°26'07.256"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.46	0.3
12	东崖屋	34°41'48.582"N 119°26'19.223"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.68	0.3
13	苹果园	34°41'39.632"N 119°25'54.062"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.14	0.3
14	南山湾	34°40'47.132"N 119°26'32.652"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.24	0.3
15	柳河村	34°42'04.138"N 119°28'06.373"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.13	0.3
16	宿城 110kV 变电站北围墙外	34°41'45.328"N 119°26'23.652"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.16	0.3
17	南山湾 电信基站	34°40'45.136"N 119°26'29.218"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.48	0.3
18	南山湾 移动基站	34°40'42.158"N 119°26'15.151"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	1.22	0.3
19	南山湾 联通基站	34°40'42.162"N 119°26'14.112"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.58	0.3
20	苹果园 通讯基站	34°41'42.625"N 119°25'53.127"E	2015.5.5AM	晴	22.0	33.4	东南	1.5	100.8	0.52	0.3
21	柳河村 电信基站	34°42'11.129"N 119°28'33.282"E	2015.5.6PM	晴	28.0	39.5	东南	1.0	101.2	0.89	0.3

表 3.2-16 厂区内监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
厂区监测点	工频电场（V/m）	1.119~3.379	3.379	4000
	工频磁场（μT）	0.046~0.068	0.068	100
	无线电干扰 dB（μV/m）	48.6~49.8	49.8	55
	射频店场强度（V/m）	0.42~0.89	0.89	12
1、2 号机组开关 站	工频电场（V/m）	10.76~1121	1121	4000
	工频磁场（μT）	0.179~2.006	2.006	100
	无线电干扰 dB（μV/m）	48.9~53.8	53.8	55
	射频电场强度（V/m）	0.31~1.35	0.89	12

注：无线电干扰场强统计值及评价标准都指监测频率为 0.5MHz。

表 3.2-17 主变压器监测值统计情况

监测点位置	监测因子	监测值范围	最大值	评价标准
1 号机组主变 压 器	工频电场（V/m）	39.62~62.72	62.72	4000
	工频磁场（μT）	0.368~0.816	0.816	100
	无线电干扰 dB（μV/m）	51.0~54.5	54.5	55
2 号机组主变 压 器	工频电场（V/m）	40.16~58.62	58.62	4000
	工频磁场（μT）	0.356~0.806	0.806	100
	无线电干扰 dB（μV/m）	51.0~54.3	54.3	55

表 3.2-18 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：8.658~92.49	92.49	4000
		平行监测断面：20.18~25.35	25.35	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.050~0.108	0.108	100
		平行监测断面：0.058~0.062	0.062	
	无线电干扰 dB（ $\mu\text{V/m}$ ）	垂直监测断面：45.0~51.3	51.3	-
		平行监测断面：44.8~45.8	45.8	46
香宿 110kV 输电线路（P2 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：8.720~573.7	573.7	4000
		平行监测断面：35.62~45.12	45.12	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.036~0.106	0.106	100
		平行监测断面：0.045~0.056	0.056	
	无线电干扰 dB（ $\mu\text{V/m}$ ）	垂直监测断面：45.0~51.8	51.8	-
		平行监测断面：45.1~45.9	45.9	46
220kV 云核线 /500kV 田伊线 /500kV 田都线 / 500kV 田盐线（P3 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：13.92~2042	2042	4000
		平行监测断面：127.2~962.3	962.3	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.296~3.945	3.945	100
		平行监测断面：0.743~1.878	1.878	
	无线电干扰 dB（ $\mu\text{V/m}$ ）	垂直监测断面：48.6~55.8	55.8	-
		平行监测断面：49.5~51.6	51.6	55
拟建 5、6 号机组 220kV 施工进线（P4 监测断面）	工频电场（V/m）	垂直监测断面：0.547~1.819	1.819	4000
		平行监测断面：0.712~1.312	1.312	
	工频磁场（ μT ）	垂直监测断面：0.032~0.047	0.047	100
		平行监测断面：0.038~0.046	0.046	
	无线电干扰 dB（ $\mu\text{V/m}$ ）	垂直监测断面：47.8~49.6	49.6	-
		平行监测断面：48.1~49.0	51.6	53

注：无线电干扰场强统计值及评价标准都指监测频率为 0.5MHz。

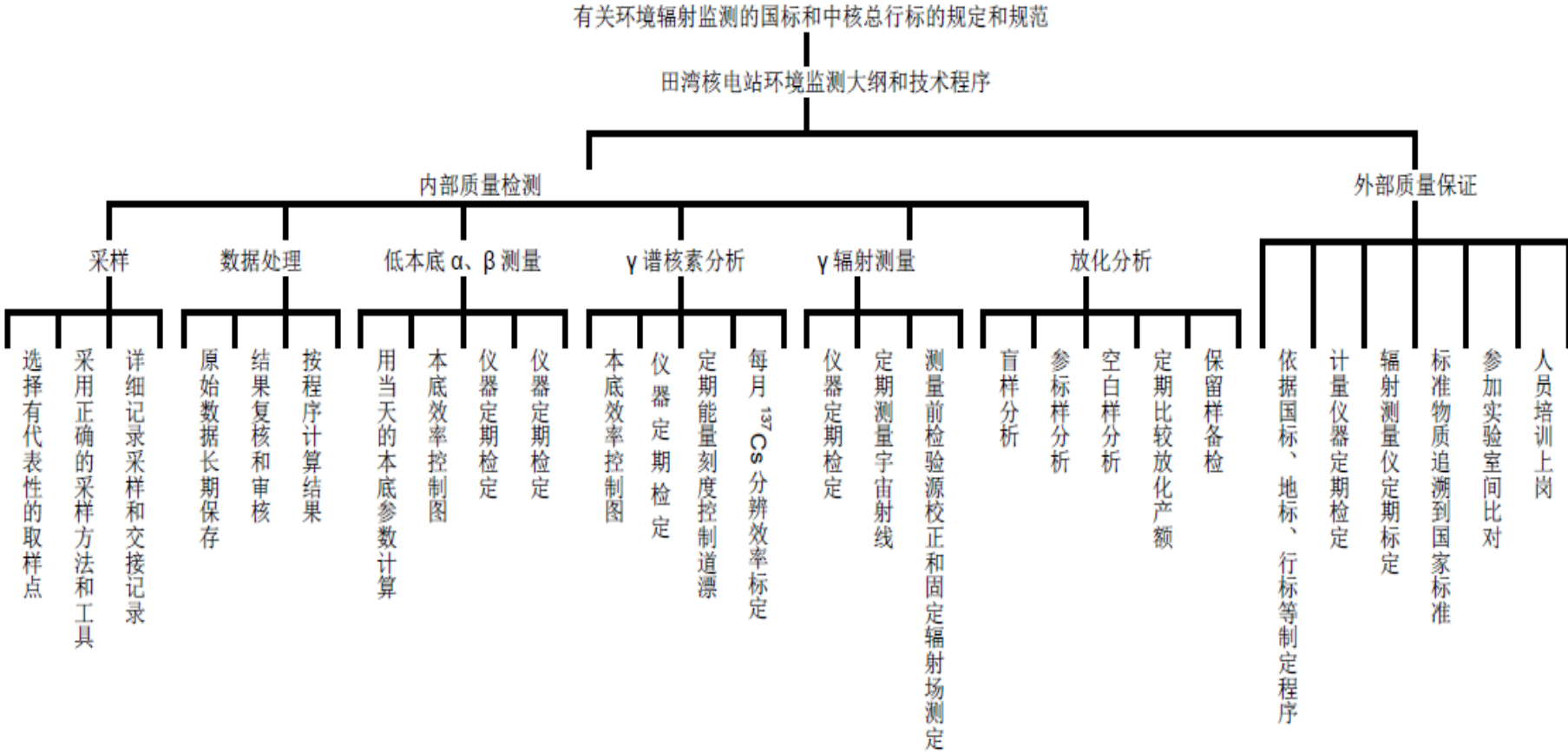
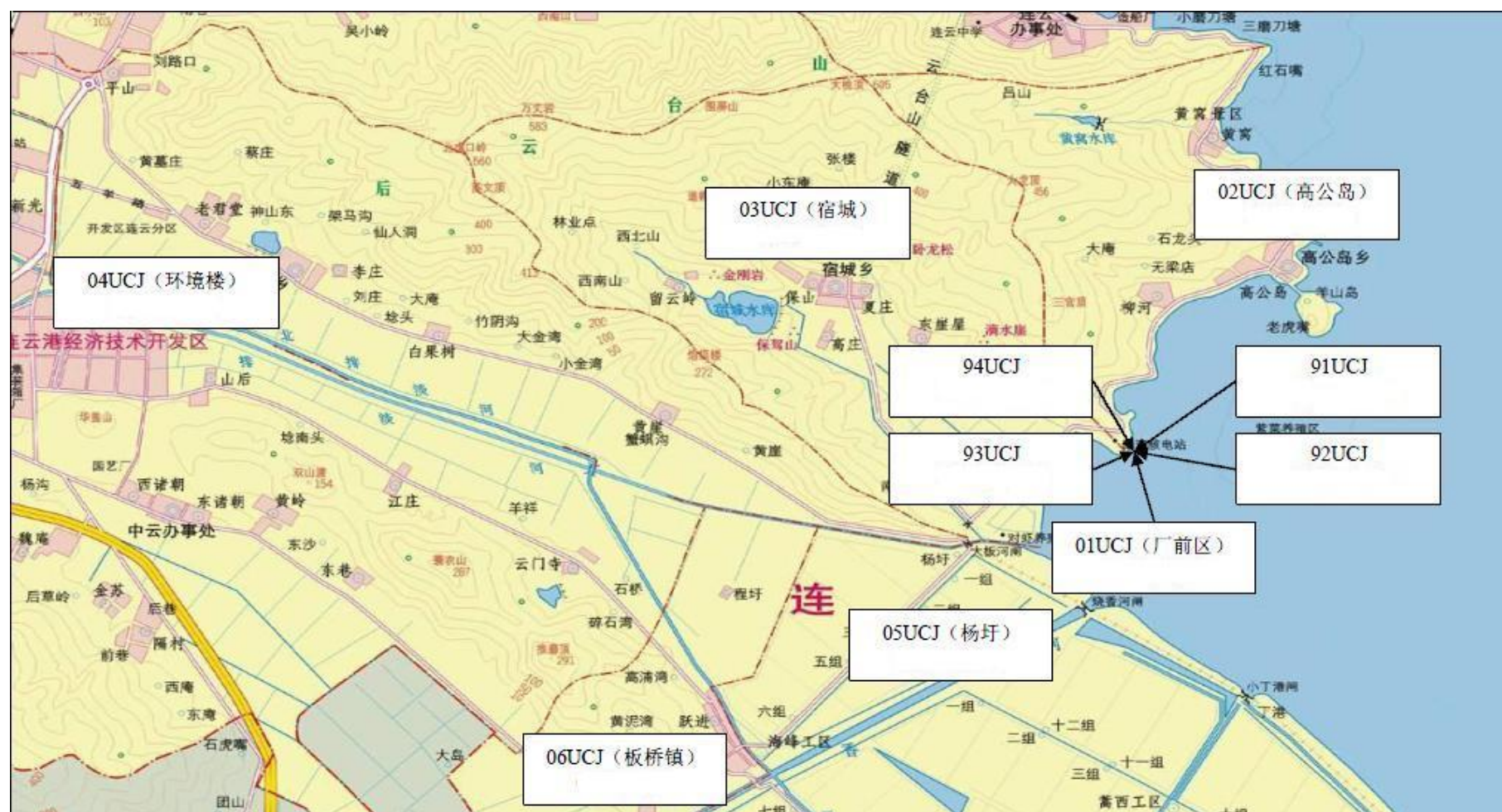


图 3.1-1 田湾核电站环境辐射监测质量保证体系

图 3.1-2 田湾核电站固定环境 γ 监测站分布图

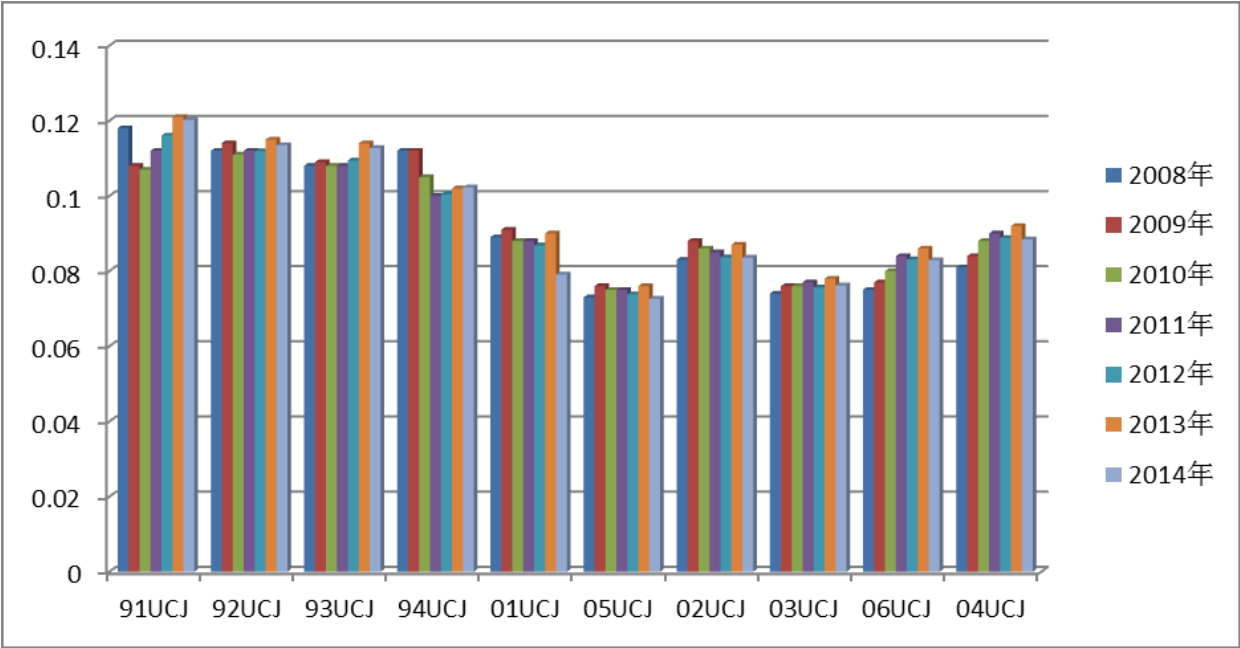


图 3.1-3 2008 年~2014 年固定监测站环境 γ 辐射剂量率平均值（单位：uGy/h）



图 3.2-1 水质调查站位图

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 反应堆厂房及流出物释放点的位置和标高

4.1.4 环境保护措施

4.2 反应堆和蒸汽 — 电力系统

4.2.1 概述

4.2.2 核岛

4.2.3 常规岛

4.2.4 反应堆-蒸汽发生器系统流程图

4.3 电厂用水和散热系统

4.3.1 电厂取排水系统

4.3.2 用水

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 放射性流出物监测系统

4.6.6 乏燃料暂存系统

4.7 化学物质排放

4.8 生活废物

4.8.1 固体废物

4.8.2 生活废水

4.9 放射性物质运输

4.9.1 新燃料运输

4.9.2 乏燃料运输

4.9.3 放射性固体废物的运输 84

4.10 安全环保改进项

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 WWER-1000/428 型及加改进的压水堆核电机组，布置在厂区东部；5、6 号机组采用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 号机组布置在厂区西部。其中 1、2 号机组已投入运行，3、4 号机组正在建设。

田湾核电扩建工程 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。

- 厂坪设计标高的确定

扩建工程 5、6 号机组紧邻 1~4 号机组工程，厂坪设计标高同 1~4 号机组，定为 7.85m（高程系统采用 1956 年黄海高程系统），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，一、二期工程 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，5 号机组在 4 号机组西侧。

- 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。

- 取排水方案

一期工程在羊山岛建有取水构筑物及短明渠，3、4 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。

循环水排水拟采用暗渠+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（3-6 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。排水明渠底宽暂定 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。

- 对外交通运输规划

扩建工程 5、6 号机组紧邻一、二期工程，对外交通运输可利用前期工程已有设施。一期工程厂区与外部交通已建设三条主要厂外道路（核电南路一次要进厂道路、核电西路—主要进厂道路、核电北路—应急道路）及一座 3000t 级大件码头。

- 厂区工程规划

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；厂前设施包括生产办公楼、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及候车廊、培训中心、武警营房等。停车场及候车廊拟布置在 UA 子项主要人流出入口的南部；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；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；辅助开关站位于一期开关站西侧，与其贴建。

- 截排洪设施规划

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。设计标准千年一遇加 PMP 校核。

- 施工场地规划

施工场地规划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 33.59hm²。

工程公司仓储区、土建施工场地、安装施工场地布置在回填区的西侧和南侧，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，利用直埋电缆或电缆沟形式接入厂区及施工工地。施工用水从已建淡水厂引接，淡水厂的供水规模为 28000m³/d。

- 施工生活区规划

施工生活临建充分利用现有田湾核电站施工生活基地设施，满足施工队伍生活、文化、

娱乐等设施的需要。施工生活区基地位于苹果园，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 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。

4.1.2.2 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船山南部，核岛厂房北向，常规岛厂房南向并列布置在自然地形标高 6.0~75.0m 左右的区域，位于 3、4 号机组西部。

5、6 号机组主厂房建筑群基础（核岛基础底板标高为-2.0m，常规岛基础底板标高为-2.7m）除 5 号常规岛厂房屋东南角位于第四系全新统海积层上，其余均坐落在微风化的二长浅粒岩上。岩体较完整~完整，岩体的基本质量等级为 II 级。微风化二长浅粒岩的地基承载力特征值为 7MPa，剪切波速为 2563m/s。

- 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，汽轮发电机厂房与排水跌落井之间以循环水出水廊道连接；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。

- 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；附加柴油发电机厂房（DY）、机械通风冷却塔及其辅助泵房（CT/PD）、后备柴油机厂房（DW）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）布置在厂区东北角，靠近 3、4 号机组除盐水泵房，利于管线接入。

机修车间（AA1）、铆焊车间（AA2）、电仪修车间（AF）、综合仓库（AB）、润滑油及油脂库（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。

- 厂前区及其他设施区

厂前区及其他设施区包括生产办公楼（BX）、食堂（SA），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；高位水池（OB）布置在 5、6 号机组北侧山体上，标高满足 OB 子项工艺特殊需求；武警营房（EY1）和周值班宿舍（FL）布置在主厂区西南，靠近和谐大道，方便进出；辅助开关站（TD）布置在前期工程开关站西侧，与其贴建；培训中心（EA）布置在前期工程培训中心北侧，与其贴建。

- 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 高、向外倾斜 45 度拉紧的四条标准带刺铁丝或钢刀片护顶。

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 高、向外倾斜 45 度拉紧的五条标准带刺铁丝或钢刀片护顶。

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 1m。内侧围栏顶部加装 800mm 高、向外倾斜 45 度拉紧的五条标准带刺铁丝或钢刀片护顶。

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或明沟排水系统。

4.1.2.3 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，道路均为城市型水泥混凝土路面。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。

4.1.2.4 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 $\geq 30\text{cm}$ 厚的耕植土壤，以利于花卉树木的成长。

4.1.3 反应堆厂房及流出物释放点的位置和标高

反应堆厂房 ± 0.00 标高为 8.00m，室外散水标高 7.85m。

5、6 号机组反应堆中心距离地产边界线最小距离为：西向边界线约 826m，北向边界线 475m，南向边界线 909m。

气态流出物释放点：气体流出物释放边界为厂址地产边界。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 5、6 号机组反应堆排风烟囱排入大气。排风口标高为 73.38m（56 黄海高程），5、6 号反应堆排风烟囱距离地产边界线最小距离为：西向边界线约 845m，北向边界线约 485m，南向边界线约 903m。

液态流出物释放点：液体流出物释放边界为核电厂已获得海域使用权的海域使用范围边界。本工程循环冷却水和重要厂用水的排水口为液态流出物释放点。液态流出物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（液态流出物释放点），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。

此液态流出物释放点在核电厂海域地产界线内，液态流出物释放点距离征海边界最近距离为：东向边界线约 4946m，北向边界线约 3839m，南向边界线约 551m，西距陆域边界线约 1278m。

4.1.4 环境保护措施

在本工程建设中，充分考虑环境保护，使其对原有地貌的改变不仅能够补偿，而且得

到改善，以创造优美的小区域环境。具体实施措施主要有以下几方面：

- 厂址选择中在满足技术可行、安全可靠、经济合理、环境相容的前题下，尽量选择荒山及贫脊土地，减少占用良田和移民搬迁。
- 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。
- 场地平整范围和整平标高的确定在确保厂址安全的同时，将土石方平衡作为最重要的因素考虑，尽量减少土石方开挖、回填范围和工程量，以减少对现状地貌的改变。
- 鉴于核电厂保护区内属非绿化区，因此在厂区总平面布置、尤其对保护区内各设施的布置上，力求合理、紧凑，使非绿化区面积尽量小。
- 所有边坡、挡土墙均进行防护。
- 尽量为工程施工提供便利，使施工活动对环境的影响降低至最小。
- 施工场地待施工结束后将还绿。
- 利用本工程建设时机，改善厂址区域的原始地貌，增加绿化，减少水土流失，增强防洪排涝能力，改善小区域气候。

4.2 反应堆和蒸汽 — 电力系统

4.2.1 概述

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组采用两台百万千瓦级压水堆核电机组，每台机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和全厂配套设备（BOP）三大部分组成。其中 NI 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厂房内的系统设备；CI 主要指汽轮机厂房及其厂房内的系统设备；而 BOP 则是指 NI、CI 以外的系统设备。

每台机组由一座压水堆和一台汽轮发电机组组成。每台机组的核蒸汽供应系统（NSSS）主要由反应堆冷却剂系统和相关的核辅助系统组成。蒸汽电力转换系统主要由汽轮发电机组及辅助系统和二回路热力系统组成。反应堆堆芯燃料装载采用改进型格架 AFA3G 燃料组件，全堆装铀量约为 72t。

4.2.2 核岛

4.2.2.1 堆芯部件

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

堆芯第一循环按 12 个月换料设计，分三区装载，从第五循环开始 18 个月换料，每次换料卸出 68 或 72 组乏燃料组件，同时装入 68 或 72 组新燃料组件，堆芯采用 IN-OUT 低泄漏装载方式。

4.2.2.1.1 燃料组件描述

全 M5 格架 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。全 M5 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。

4.2.2.1.2 相关组件描述

全 M5 AFA3G 燃料组件的相关组件包括控制棒组件、可燃毒物组件、一次中子源组件、二次中子源组件和阻流塞组件。

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。
- 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，排量为 525t/h。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。

反应堆冷却剂系统的主要参数如下：

堆芯额定热功率：	2895MWt
NSSS 额定热功率：	2905MWt
环路数：	3
运行压力：	15.5 MPa（绝对压力）
每条环路流量：	
最佳估计	23790 m ³ /h
热工设计	22840 m ³ /h
机械设计	24740 m ³ /h
反应堆冷却剂温度：	
反应堆压力容器入口	292.4℃
反应堆压力容器出口	327.6℃
设计压力：	17.2 MPa（绝对压力）
设计温度：	343 °C
（稳压器设计温度 360 °C）	

（3）主要设备

1) 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，蒸汽发生器出口处的压力达到 6.71MPa（绝对压力），蒸汽湿度不超过 0.25%。

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。经干燥器分离后的蒸汽湿度小于 0.25。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。

2) 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。

3) 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。

4) 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。

5) 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、余热排出系统、燃料装卸和贮存系统、设备冷却水系统、蒸汽发生器排污系统、核取样系统和其他辅助系统（消防系统、通风系统等）。

反应堆辅助系统确保下列功能：

- 反应堆冷却剂容积控制和化学控制；
- 反应堆停堆和启动时排除余热；
- 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。

余热排出系统，在停堆后，当反应堆冷却剂温度和压力已降至不能通过蒸汽发生器排出热量时，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。

燃料操作与贮存系统用于检查、贮存和操作新、乏燃料组件，完成反应堆首次装料和反应堆换料操作。燃料操作设备主要布置在反应堆厂房和燃料厂房操作大厅，反应堆厂房和燃料厂房之间通过燃料转运通道连通或者隔离。接收的新燃料组件贮存在新燃料贮存架

内（干贮存），或乏燃料贮存水池中（湿贮存）。通过燃料转运通道将新燃料组件送入反应堆厂房，向堆芯装料。在反应堆换料期间，从反应堆中卸出的乏燃料组件应在足够深的水下操作，确保燃料组件上方有足够的水屏蔽层。这样首先便于对燃料操作的目视监测，其次是排除余热和辐射防护的有效方法。乏燃料组件通过装卸料机从堆芯内卸出，通过燃料转运通道由水下运至燃料转运舱，用人桥吊车将乏燃料组件吊运至乏燃料贮存架内。经过一定的衰变时间，将乏燃料组件从贮存水池中取出，装入乏燃料运输容器，运往后处理厂。

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。核岛厂房内的消防系统包括：核岛消防系统（含反应堆厂房、核辅助厂房、核废物厂房和核燃料厂房）、电气厂房消防系统、柴油发电机厂房消防系统及移动式 and 便携式消防设备。常规岛消防系统，能通过自动水喷雾灭火系统、水喷水灭火系统、气体灭火系统以及消火栓和手提式灭火器，对常规岛内的一切火灾危险提供防护。BOP 各厂房包括泵站、除盐水处理站、办公楼、制氮站、辅助锅炉房、车间和食堂等，在厂房内均设置水喷淋、消火栓和手提式灭火器。

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 1118MWe 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、50Hz 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：

- 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；
- 通向凝汽器和大气的蒸汽旁路系统；
- 汽动辅助给水泵汽轮机；
- 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：用于从低压给水加热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。

汽轮发电机额定容量为 1278MVA，运行参数为 24kV、三相和 50Hz。发电机定子用水冷却，转子用氢冷却。励磁机与发电机的外侧端子连接，它包含一台永磁副励磁机，通过自动励磁调节器激励主励磁机的磁场。主励磁机的输出通过装在轴上的硅二极管整流，直流电通过导体输送到发电机磁场绕组。

4.2.3.2 凝汽器

凝汽器按汽轮机最大保证工况进行设计，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阱分别由连通管相连。

每个凝汽器主要由接颈、壳体、水室、排汽接管等组成。每台凝汽器底部布置有固定和滑动支座，每个支座通过地脚螺栓与基础相连。

凝汽器通过排汽接管与低压缸连接，排汽接管上设有橡胶膨胀节用以吸收汽轮机低压排汽缸和凝汽器在低压缸排汽中心线方向的热膨胀，同时又能吸收汽轮机轴向的热膨胀。

凝汽器接颈内布置有汽轮机的抽汽管及汽轮机旁路装置，能接收 85%的旁路排汽，在凝汽器壳体与接颈之间按抽管方向中心线平行对称布置 3 台复合式低压加热器。

为防止因汽机旁路进汽而使凝汽器温度升高和汽轮机低压缸超温，在凝汽器接颈内设有水幕喷淋保护装置，由喷水形成水幕以保护低压缸及凝汽器管束。

每只凝汽器壳体内布置有二组管束，管束为三角形排列，管束四周布置有一定宽度的蒸汽通道，以达到合理的蒸汽流速，保证凝汽器具有良好的性能。管束中部设有空气冷却区，以使汽气混合物及非凝结气体通过该区冷却，由抽气装置抽出。

热阱布置在管束下方，设计有足够的空间，使流经管束下部的部分蒸汽进入该空间，回流加热管束底部的凝结水，从而减轻传热过程中产生的过冷现象。

热阱内还附设了凝结水除氧装置，对凝结水进行真空除氧，避免机组在低负荷或空气大量泄漏情况下凝结水的含氧量大于 10ppb。

热阱下部为凝结水保留区域，能适应凝结水水位变化的需要。

水室分为进水和出水室两部分，形状设计成半圆锥型，这种设计保证水室整体刚性较好，重量也较轻，冷却水流动性能得到改善。

水室内壁衬有耐腐蚀的橡胶层（氯丁橡胶），其内侧装有检修用的安全梯，其顶部设有抽真空用接口以及放气口，其侧面还设有检修用的人孔。

为确保凝汽器冷却管表面清洁，保证传热效果，每侧管束应配备一套胶球清洗装置，用以对冷却管内表面进行定期清洗。

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。

凝汽器壳体下部热阱处装有玻璃管液位计，在现场可观测到热阱水位，另外在热阱内还装有液位控制器，用以将液位信号反馈到控制室。

凝汽器传热管采用钛管材料，管板采用钛复合板。

4.2.4 反应堆-蒸汽发生器系统流程图

4.3 电厂用水和散热系统

4.3.1 电厂取排水系统

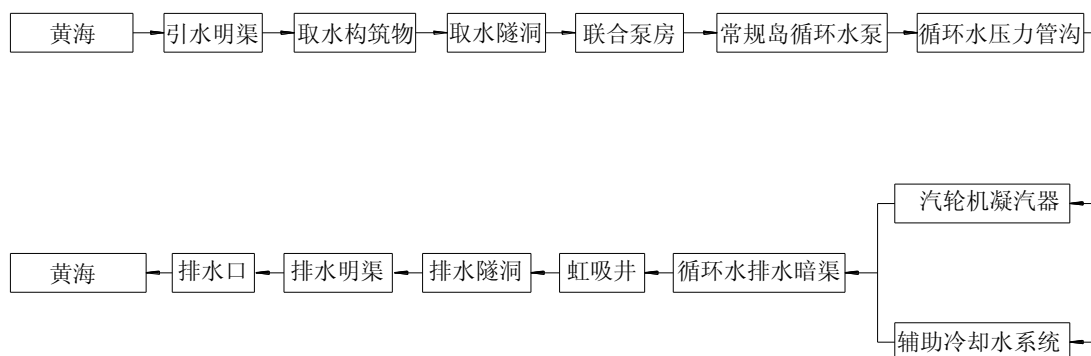
4.3.1.1 海水取排水系统

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 4.3-1。

（1）取水导流堤与取水明渠

取水明渠道流堤包括南、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出现数量庞大的浒苔、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拦污栅、检修闸门、粗格栅、加氯设施和起重机等。取水建筑物主要结构为地下钢筋混凝土墩墙，长度约为 150m，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，流道上设置抓斗清污机和旋转滤网。

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 $d=6.5\text{m}$ ，长度约 $L=3.2\text{km}$ ，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台联合泵房。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。

（4）排水构筑物

排水采用暗渠+排水导堤+开挖明渠相结合的排水方式。3~6 号机组共用一个排水口，排水口构筑物已由田湾核电站 3、4 号机组完成设计。

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。3、4 号与 5、6 号机组的排水隧洞并行，每台机组设置一条排水隧洞，5、6 号排水口位于已建一期排水口南侧。

（5）排水口

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 30° ；喇叭口结构长度为 130m ；护坦长 80m ，高程 -3.50m 。

（6）排水导流堤和排水明渠

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、4、5、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 。

4.3.1.2 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 $28000\text{m}^3/\text{d}$ 。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。

4.3.2 用水

4.3.2.1 核电厂用水系统

电厂的用水系统分为海水系统和淡水系统。

4.3.2.1.1 海水系统

海水主要用于凝汽器冷却用水、辅机冷却用水、重要厂用水系统、海水制氯系统以及鼓网冲洗用水。

循环水系统和重要厂用水系统均采用单元制海水直流冷却系统。循环冷却水和重要厂用水通过引水明渠进入厂外取水隧洞，再进入厂区内联合泵房，然后通过循环水泵和重要厂用水泵将海水输送至常规岛和核岛厂房。凝汽器冷却用水、辅机冷却用水、重要厂用水、鼓网冲洗用水的排水均通过排水暗渠排至虹吸井，在虹吸井后采用盾构法施工排水隧洞排至南护堤外的排水口。单台机组总水量调整为 $57.86\text{m}^3/\text{s}$ 。

海水制氯的原水取自循环水系统，每台机组的取水量为 $330\text{m}^3/\text{h}$ ，两台机组共计 $660\text{m}^3/\text{h}$ 。

4.3.2.1.2 淡水系统

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组淡水水源引自一期 1、2 号机组已建成的淡化厂，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 $28000\text{m}^3/\text{d}$ 。

（1）施工期用水系统

考虑管网漏失水量与未预见水量、淡水厂自耗水量以及参考 1、2 号机组施工经验，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组取蔷薇河水量施工期最大取水量为 $2630\text{m}^3/\text{d}$ ($0.030\text{m}^3/\text{s}$)，正常取水量为 $2470\text{m}^3/\text{d}$ 。

（2）运行期用水系统

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（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。

考虑核电厂管网漏失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 号机组工程项目运行期最大取水量为 $6900\text{m}^3/\text{d}$ ($0.080\text{m}^3/\text{s}$)，正常取水量 $5110\text{m}^3/\text{d}$ 。

4.3.2.2 核电厂排水系统

核电厂运行期间的排水主要来自厂区雨水、生活污水和生产废水。放射性废物见第 4.6 节。

4.3.2.2.1 生活污水

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组产生的生活污水由生活污水排水系统收集汇至生活污水提升泵站，生活污水经提升送至 1、2 号机组南区 BOP 生活污水处理站集中处理。生活污水经生化处理后达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准的要求。中水用于厂区绿化、道路浇洒等，其水质满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002) 的要求。中水回用如有余量经 1、2 号机组雨水排水口（南区）排海。生活污水处理站产生的剩余污泥外运。

4.3.2.2.2 生产废水

非放射性生产废水主要包括含油废水。含油废水主要为火灾时事故排水和平时地面冲洗水排水等。该系统是将核电厂所有厂房的含油废水用管道汇集到田湾核电站 5、6 号机组的含油废水处理站，处理后水质达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 的一级标准，就近排入雨水系统，最终经虹吸井排海。废油储存在污油池，定期外运。

4.3.2.2.3 雨水

雨水排水系统收集雨水和厂房排出的符合排放标准的工业废水，并将其排入海中。工业废水的来源是：某些设备的排空水和泄漏水，例如辅助给水箱、除盐水贮存箱，工艺管廊集水坑、空调设备冷却水等非放射性生产废水。工业废水处理后利用雨水排水口排入黄海。

5、6 号机组雨水排水系统收集雨水和厂房排出的符合排放标准的工业废水，通过雨水管网汇集至虹吸井，与海水循环水排水掺混后排入黄海。

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 1100MW 、 $\cos\varphi = 0.9$ 、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》(中国电力工程顾问集团华东电力设计院,2009 年 9 月)报告,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 高压配电装置,本期 500kV 配电装置采用 3 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 1 回出线及 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。

当机组与主电网断开,并且发电机也断开时,备用变压器的功率确保了机组的停运。5 号机组和 6 号机组的备用变压器之间采用 6kV 跨接线进行连接,此跨接线允许当一台机组的备用变压器退出运行(例如进行维修)时,使用另一台机组的备用变压器。备用变压器之间的跨接线只能采用手动连接。

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 3 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 1 回出线及 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。

安全壳结构设计能承受设计基准事故引起的机械应力和热应力。设计基准事故是指反应堆冷却剂系统的管道瞬时双端断裂（LOCA），或者安全壳内二回路蒸汽管道断裂等事故。

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。

在设计基准事故的情况下，安全壳的设计压力取 0.52MPa（绝对）。

安全壳的主要设计参数如下：

- 安全壳的设计压力：0.52MPa（绝对）
- 喷淋系统误动作引起的设计负压：-0.025MPa
- 最小净容积：约 49400m³
- 安全壳的设计泄漏率（最初 24 小时）：在设计温度和设计压力下为气体质量的 0.3%。

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。筒壁上设有相对的两个扶壁，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。

安全壳的主要尺寸如下：

- 内表面钢衬里厚度：6mm
- 筒壁厚度：0.90m
- 穹顶厚度：0.80m
- 穹顶至底板的内高：59.78m
- 净容积：约 49400m³。

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剂系统组成，安全壳喷淋系统流程图见图 4.5-1。

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 850 m³/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，平均直径约为 0.27mm。

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。

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，以减少放射性物质向大气的释放。

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。

（a）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；

（b）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；

（c）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；

（d）安全壳隔离系统设计满足单一故障准则；

（e）安全壳隔离系统能够防御飞射物和管道甩击；

（f）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；

（g）安全壳隔离系统设计成能够承受 LOCA 后环境条件；

（h）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；

（i）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；

（j）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

（a）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。

(b) 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。

(c) 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。

安全壳隔离系统示意图见图 4.5-2。

(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。

(a) 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。

(b) 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

4.5.1.4.1 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。

4.5.1.4.2 安全壳消氢系统

安全壳消氢系统（EUH），用于在设计基准事故工况下和严重事故工况下将安全壳大气中的氢浓度减少到安全限值以下，从而在设计基准事故工况下避免氢气燃烧，在超设计基准事故工况下避免发生由于氢气爆炸而导致的第三道屏障—安全壳的失效。

在安全壳内氢浓度达到非能动氢气复合器启动条件时，氢复合器会自动启动复合氢气。

（1）设计基准

（a）设计基准事故下的消氢准则

在设计基准事故工况下，安全壳消氢系统能够将安全壳内氢浓度维持在一个足够低的数值上（体积比小于 4.0%），以此预防安全壳内氢—氧混合气体燃烧、甚至发生爆炸的危险。

（b）严重事故下的消氢准则

在严重事故工况下，安全壳消氢系统设计假定相当于 100%燃料包壳金属与水反应产

生的氢气量和实际的产生速率，并能限制安全壳内的整体平均氢气浓度低于发生爆炸的浓度——体积浓度 10%。

（2）系统描述

安全壳消氢系统由 33 台完全独立的非能动催化氢复合器组成，即在安全壳隔室内根据氢气的产生和聚积情况布置一定数量的非能动催化氢复合器，用于在设计基准事故和严重事故工况，分别限制安全壳内的氢气浓度在燃烧和爆炸限值以下。

安全壳消氢系统同时应对设计基准事故和严重事故消氢，系统采用的非能动催化氢复合器，其中两台同时用于设计基准事故工况和严重事故工况消氢，其他则仅用于严重事故工况消氢。

（3）系统运行

电厂正常运行和特殊稳态运行期间，不需要本系统运行。

当发生设计基准事故和严重事故时，通过本系统消氢。非能动氢复合器不需要任何电源、气源或控制，当事故后安全壳内氢气浓度达到非能动氢气复合器启动阈值时，氢复合器自动启动消氢，安全壳内氢气浓度达到非能动氢气复合器停止阈值时停止消氢。

4.5.1.4.3 ETY 安全壳大气监测系统

ETY 系统主要进行 LOCA 后安全壳内大气混合，防止氢气在安全壳顶部区域聚集，进行 LOCA 事故后以及严重事故后氢气浓度的连续监测。

本系统中与事故后防止氢气在安全壳顶部区域聚集的设备，属专设安全设施。

（1）系统设计基准

- （a） 系统的独立性：本系统为每台机组专用；
- （b） 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；
- （c） 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。

（d） 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。

（2）系统描述

取样和混合系统组成如下：

—— 从安全壳上部排气管道通向燃料厂房。在安全壳外侧的管道上备有两个串联的密闭蝶阀，当电磁线圈断电时，该阀门自动关闭。

—— 一台 100%容量的风机用于安全壳上部和下部之间空气循环；

—— 每台风机的每侧有一个接头；

—— 用可移动的取样装置在两个接头之间循环的小流量空气进行取样，用皮下注射器将样品注入一只小的钢容器内。且设有监测仪表用于连续监测安全壳内氢浓度。

—— 用一根回风管将空气引回到安全壳的底部，并在安全壳外侧设置两个气密性蝶阀。

—— 安全壳内设置严重事故后连续测氢仪表。

4.5.1.5 安全壳密封性试验

（1）试验的类型和目的

（a）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。

（b）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。

（c）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

● 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

采用的仪表如下：

- 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：

$F_m + \Delta F_m < 0.160\% / 24 \text{ 小时}$ （试验条件下安全壳内气体质量）。

● 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

这些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；

人员闸门和应急闸门：1%，对每个闸门；

设备闸门：1%；

燃料转运通道盲板法兰：1%；

— C 类试验的部件

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，将可能泄露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）

（a）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 系统在应急工况期间用来保证控制室的可居留性，这一部分称为应急过滤通风机组。

（b）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、两台预过滤器、两台高效空气粒子过滤器、两台 III 型碘吸附器和两台后置高效空气粒子过滤器。

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。除新风外，部分空调机组的回风也通过应急过滤机组进行过滤，用于减少控制室中可去除的裂变产物，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。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。

（c）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）

（a）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。

（b）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 $\pm 0.00\text{m}$ 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。

（c）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）

（a）设计基准

除标高 $\pm 0.00\text{m}$ 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。

（b）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。

（c）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

（a）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。

（b）设计参数

为了有效的和快速地排除碘，系统的设计参数为：

- 安全壳总自由容积超过 70% 的部分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。
- 喷淋流量：从 $850\text{m}^3/\text{h}$ 到 $2100\text{m}^3/\text{h}$ （一台或两台安全壳喷淋泵在运行）。
- 喷淋液滴的平均直径： $270 \times 10^{-6}\text{m}$
- 液滴下落高度约为 30m。

（c）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。

（d）材料

与氢氧化钠溶液相接触的系统的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。这些裂变产物和活化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 号机组采用 1/3 堆芯换料方式年换料制。

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 AFA-3G 组件；
- 堆芯组件共有 157 盒，换料方案按三区换料，每次卸出 52 盒组件。

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。

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。

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（TEU006DE）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 $27.2\text{m}^3/\text{h}$ 。

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（ $27.2\text{m}^3/\text{h}$ ），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 $27.2\text{m}^3/\text{h}$ 。

前贮槽的部分容积还能用来接收余热导出系统（RRA）在 180°C 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 $3.5\text{m}^3/\text{h}$ 。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，当一回路氘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开盖前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（001BA，008BA）接收，然后用前贮槽泵（001PO，002PO）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（001FI，002FI），再经阳床除盐器（001DE，002DE）、混床除盐器（003DE，004DE）、树脂滞留过滤器（003FI，004FI）净化后，进入除气塔（001DZ，002DZ）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（003PO，004PO）送去冷却，经过两次冷却（经 001EX、002EX 与 001RF、002RF）后进入中间贮槽（002BA 或 003BA、004BA）暂时贮存。

由除气塔脱出的气体经冷凝器（001CS，002CS）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（002BA、003BA、004BA）共用一台混合和输送泵（007PO）。

用蒸发器供料泵（005PO，006PO）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（001EV、002EV）的下循环管线内，即强制循环泵（009PO、008PO）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（007BA）和蒸馏液监测槽（005BA，006BA）内，经取样分析监测合格后用浓缩液泵（014PO）和蒸馏液泵（013PO，012PO）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（ $>5\text{ppm}$ ）时，则可以在混床除盐器（006DE）中进一步进行除硼处理。在反应堆冷停堆前也可用除盐器（006DE）对反应堆冷却剂进行净化处理。

还有两台阴床除盐器（005DE，007DE）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。

TEP 系统主要设备特性参见表 4.6-2。

（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（100 μ g/L）时才算合格。

前贮槽 001BA（008BA）覆盖着一定数量的氮气。在正常操作状况下，不排出气体，气体覆盖层压力随液位变化而变化，通常在 0.12 至 0.32MPa（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 001BA（008BA）的液位与压力检测系统自动控制除气塔 001DZ（002DZ）的启动和停运。

前贮槽的正常液位控制在 10~28m³ 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（27.2m³/h）送来的冷却剂至少半小时的量。

当一个中间贮槽被注满时，则手动关闭该槽的进料阀，打开另一个中间贮槽的进料阀。

蒸发操作前，要先用输送和混合泵 007PO 将中间贮槽 002BA 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 003CS（004CS）冷凝后，再经蒸馏液冷却器 003RF（004RF）冷却至 50℃，进入蒸馏液监测槽 005BA（006BA）。

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 013PO（012PO）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 006DE 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 013PO（012PO）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 005RF（006RF）冷却后进入浓缩液监测槽 007BA。

在浓缩液监测槽中的浓缩液经取样分析后有以下几种出路：

- 如果浓缩液合格，则用浓缩液泵 014PO 送到 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（硼含量远小于 7000ppm，但其他指标合格），则经浓缩液泵（014PO）返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理；
- 如果浓缩液不合格（放射性浓度 $>1.85\text{TBq/m}^3$ ，但含盐量低），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（ $\geq 1.85\text{TBq/m}^3$ ），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 RCV002BA 的进料液转送到本系统的前贮槽，经本系统的净化部分处理后，再送回到容控箱 RCV002BA。

这个工艺过程除了能减少反应堆开盖前的操作时间以外还可以增加净化效率。

- 用蒸发器对由除盐水分配系统（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 007PO 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 013PO（或 012PO）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。

在这种情况下，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。按照废液的特性分别采用下述方法进行处理。

— 地面排水、服务排水放射性浓度低,悬浮固体含量高,用过滤方法处理,处理能力为 $27.2\text{m}^3/\text{h}$ 。地面排水量约为 $10000\text{m}^3/\text{a}$,服务排水量约为 $2500\text{m}^3/\text{a}$ 。

— 工艺排水放射性浓度高,化学物质含量低,一般采用除盐工艺处理,处理能力为 $10\text{m}^3/\text{h}$,每台除盐器去污因子为 $10\sim 100$ 。工艺排水量约为 $4500\text{m}^3/\text{a}$ 。

— 化学排水放射性浓度高,化学物质含量也高,用蒸发方法处理,处理能力为 $3.15\text{m}^3/\text{h}$,去污因子为 1000,处理废液量约为 $3000\text{m}^3/\text{a}$ 。

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。

地面排水接收槽的容积为 $2\times 20\text{m}^3$,化学排水接收槽的容积为 $2\times 20\text{m}^3$,工艺排水接收槽的容积为 $2\times 35\text{m}^3$,监测槽的容积为 $2\times 35\text{m}^3$,两个 100m^3 的废液备用槽,在一般情况下,阀门连接在化学排水管上,但在必要时,可接收各种排向废液处理系统 (TEU) 的废液。

a) 除盐工艺包括:

— 两个工艺排水接收槽 TEU001/002BA。工艺排水在贮槽中混和、取样分析。

— 一台工艺排水泵 (001PO),用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。当废液需要除盐处理时,用其将废液送往除盐净化装置。当废液的放射性浓度低于排放管理限值时,也用其将废液送往过滤器 TEU002/012FI 过滤后经 TER 系统监测、排放。

— 一台预过滤器 TEU004FI。用于去除悬浮物质,以保证除盐器效率。

— 三台串联的除盐器。

— 两台树脂滞留过滤器 TEU005/006FI。

经过处理后的废液进入监测槽 TEU009/010BA。

b) 蒸发工艺包括:

— 两个化学排水接收槽 TEU005/006BA 以及两个废液接收槽 TEU016/017BA,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 TEU003PO，用于 TEU005/006BA 槽内废液的混合搅拌、取样分析和输送。

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

— 一套化学中和站由酸、碱试剂槽和两台计量泵组成，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 TEU005PO、蒸发器预过滤器 TEU001FI、加热器 TEU001RE、蒸发器 TEU001EV、强制循环泵 TEU006PO、净化器 TEU001ZE、蒸馏液冷凝器 TEU001CS、蒸馏液泵 TEU007PO、蒸馏液冷却器 TEU001RF 和冷凝水冷却器 TEU002RF。

蒸发浓缩液由 TES 系统的浓缩液槽收集，然后送往 T4UKT 处理。

蒸馏液由两个监测槽（TEU009/010BA）接收。

蒸发净化单元包括消泡剂注入装置，当蒸发器处理易起泡的废液时，可由本装置注入消泡剂。

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

对监测槽 TEU009/010BA 中的废液进行取样分析。如果其放射性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 TEU003/004BA，用于地面排水和服务排水的收集、贮存、混和、取样分析及化学中和。

— 地面排水泵 TEU002PO，用于废液的混和搅拌、取样分析和输送。

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

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

与废液接触的设备的材料均为不锈钢。

TEU 系统主要设备特性参见表 4.6-3。

（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 500m^3 的废液排放贮槽 TER001/002/003BA，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 TER001/002 /003PO，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。

地坑泵 TER004/005PO 安装在地坑 TER001PS 内，地坑泵 TER006PO 安装在地坑 TER002PS 内，地坑泵 TER007PO 安装在地坑 TER003PS 内。地坑泵将地坑内废液送至贮槽。

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（KRT901MA）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。

TER 所有管线材料为不锈钢。

TER 系统主要设备特性参见表 4.6-4。

（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 系统液态流出物取样分析排放限值为 1000Bq/L（除 H-3 和 C-14 以外核素），pH 值为 6-9。

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大于第一报警值时，KRT901MA 报警；当排放废液的放射性达到第二报警值时，自动切断排放管线。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重新进行处理。

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 SRE001BA。工具间、淋浴间和更衣间的地面排水、电气厂房冷冻水系统（DEL）的冷凝水靠重力收集于废水贮槽 SRE001BA 中。SRE001BA 内的废液经混匀和取样分析后，由泵 SRE001PO 送往 TER 系统监测、排放或送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。当 SRE001BA 不可用时，可将废液送至 SRE002BA。

二次漂洗的排放废液，借助重力流入废水贮槽 SRE002BA。SRE002BA 内的废液经混匀和取样分析后，由泵 SRE002PO 送往 TER 系统排放或送往 TEU 系统地面排水接收槽处理。当 SRE002BA 不可用时，可将废液送至 SRE001BA。

废水贮槽 SRE001/002BA 房间内的地坑 SRE003PS 收集的废液由地坑泵 SRE008PO 送往 SRE001/002BA。

全厂放射性实验室和放射性车间排放的化学废液靠重力流入核岛疏水排气系统（RPE）的化学疏水坑 RPE003PS，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 SRE202BA，经过混匀和取样分析后，由化学去污水排水泵 SRE202PO 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。

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 SRE201BA，经过混匀和取样分析后，由机械去污水排水泵 SRE201PO 送往 TEU 系统地面排水接收槽处理或送往 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 SRE203BA，经过混匀和取样分析后，由厂区试验室排水泵 SRE203PO 送往 TEU 系统地面排水接收槽处理或送往 TER 系统监测、排放。

SRE 系统主要设备特性参见表 4.6-5。

（3）系统运行

a) 核岛部分

当废水贮槽 SRE001/002BA 的液位达到高液位时，泵 SRE001/002PO 自动启动。当槽中液位达到低液位时，泵 SRE001/002PO 自动停运。每个贮槽均可就地取样，以测量废液的放射性浓度。

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 SRE202BA 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 SRE201BA 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 SRE203BA 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；

— 地坑泵有足够的容量，以防止在正常预期疏水期间地坑溢流；

— 采取预防措施在反应堆发生事故后使高放废液再注入反应堆厂房。

（2）系统描述

a) 反应堆冷却剂疏水子系统

该系统收集含氢的反应堆冷却剂疏水和回路的泄漏。同时还收集当硼酸浓度发生变化时排出的反应堆冷却剂。这些废液被送至 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（RPE002PS），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（RPE002PS）和燃料厂房工艺疏水坑（RPE008PS、009PS、012PS、013PS）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（RPE001PS）；

— 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（RPE001PS）和燃料厂房地面疏水坑（RPE010PS、014PS）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（TEU005BA、006BA）或在应急情况下排入 TEU 备用槽（TEU016BA、017BA），通常化学疏水被送至核辅助厂房的化学疏水坑（RPE003PS），再由泵输送到 TEU 化学排水接收槽。

e) 含氢废气子系统

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。

RPE 系统主要设备特性参见表 4.6-6。

（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（RPE001BA），并由两台并联安装的泵（RPE001PO、RPE002PO）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（RPE003BA），再用泵（RPE014PO）将废液送到核辅助厂房工艺疏水坑（RPE002PS）。工艺疏水箱（RPE003BA）有溢流管，可使超过溢流管的废水排到安全壳疏水坑（RPE011PS）。

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（RPE002PS），再用泵（RPE023PO、024PO）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（RPE003PS），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（RPE011PS），疏水坑液位测量仪表，根据预先设定的高高和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（TEU005BA、006BA）。

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（RPE001PS）。

核辅助厂房地面疏水坑（RPE001PS）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（RPE002BA）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）。

（1）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、燃耗和氡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。

主要设备特性参见表 4.6-7。

(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℃；

处理能力：60m³/h；

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

c) 反应堆换料水池过滤回路

处理能力为 100m³/h，过滤器的过滤粒度为 5μm。

d) 换料水箱

换料水箱有效容积为 1600m³，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 001PO 或 002PO 或 006PO 抽送乏燃料水池的水流过热交换器 001RF 或 002RF 或 003RF，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 005PO 水泵继续排水。

PTR 系统主要设备特性参见表 4.6-8。

（3）系统运行

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

系统正常运行：

— 乏燃料水池冷却、过滤和除盐回路

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

冷却回路的流量为 360m³/h，由流量计监测。

水泵的工作流量为 420m³/h，其中 60m³/h 提供给过滤和除盐回路。

过滤和除盐回路连续运行，其处理流量 60m³/h 由流量计监测，手动调节阀根据过滤器和除盐装置的压降调节流量。

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

根据乏燃料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 5m³/h。

— 反应堆换料水池和附属回路

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

当反应堆压力容器封头打开，反应堆换料水池充水后，过滤回路投入连续运行，过滤水量为 100m³/h，由流量计监测。

余热排出系统保持反应堆换料水池的冷却剂最高温度为 60℃。

根据反应堆换料水池的水质情况，可以投运表面撇沫和过滤回路，其流量为 5m³/h。

— 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。在功率运行时，排污量在 10~70 t/h 之间变化。

三根排污管在安全壳外合并为一根排污母管，根据运行工况，可将排污水输向再生热交换器，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。

排污水由热交换器冷却至与离子交换树脂相适应的温度（即 45~56℃ 左右）之后，通过一个减压和流量控制阀，将热交换器下游的压力限制到 1.4MPa（表压）。

冷却和减压后，排污水被引至处理系列，即先通过一台过滤粒度为 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。

APG 主要设备特性参见表 4.6-9。

（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（QB201）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 SEL001/002/003BA，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 SEL001/002/003 PO，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 SEL004PO 安装在泵房地坑 SEL001PS 内。地坑泵 SEL005PO 安装在滞留池地坑 SEL002PS 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检测仪（KRT902MA）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，KRT902MA 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。

SEL 系统主要设备特性参见表 4.6-10。

（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

在反应堆正常运行期间放射性废液的排放量取决于：

- 主回路冷却剂中的放射性比活度；

- 相关系统的设备性能,例如泄漏率、去污因子等;
- 液态放射性流出物相关系统的运行参数, 例如年处理量、排污量、贮存时间等。

放射性废液的年排放总量见下表:

	两台机组（工况 A+工况 B）
除 C-14、氚外的液态释放	24.6GBq/a
C-14	62GBq/a
H-3	62.95TBq/a

4.6.2.11 释放点

所有放射性废液通过排放构筑物（CC）排出，然后进入排水渠导入大海。

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氦和氙的各种同位素。由于少量的燃料包壳破损，燃料包壳内存积的裂变气体进入反应堆冷却剂。在高压下裂变气体溶解于冷却剂中，但当系统内存在气相空间时，裂变气体就会释放出来，特别是在对堆冷却剂进行除气处理时，几乎所有的裂变气体都将随着溶解的氢气或氮气一起解吸出来，形成为含氢放射性废气，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、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，除辐照危害外并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），并且满足了国家标准 GB9136—1988《轻水堆核电厂放射性废气处理系统技术规定》的要求；

——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 $2 \times 100\%$ ；含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 $2 \times 100\%$ ；

——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。

这类废气有如下两个来源，详见表 4.6-11：

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。

含氢废气子系统的主要工艺设备参数,详见表 4.6-12。

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。

这类废气来自与大气相通的容器（并可能含有放射性气体），详见表 4.6-11。

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）。

含氧废气子系统的主要工艺设备参数,详见表 4.6-13。

（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阈值，或者假如正在排放的衰变箱内的压力下降到 0.02MPa（表压）时，则手动停止排放。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炭的活性。

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 12 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 4.6-14。

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 3000（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部。

（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 $\pm 0.000\text{m}$ 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 5 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、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。

● 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：

- 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。

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；
- 二回路相关系统；

放射性废气的年排放总量给出在下表：

	两台机组（工况 A+工况 B）
总惰性气体	1.01E+05 GBq/a
总碘	7.17E-01GBq/a
氡	6.3TBq/a
C-14	850GBq/a
气载粒子	7.96E-02GBq/a

Ar-41	小于 40GBq/a

4.6.4 放射性固体废物处理系统

田湾核电站 5、6 号机组的放射性固体废物处理系统（TES）由位于核辅助厂房（NX）内部分和固体废物暂存库（QT）组成。本工程与田湾核电站 1~4 号机组共用放射性废物处理中心（T4UKT）。废树脂、浓缩液和杂项干废物送到 T4UKT 进行集中处理。NX 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（5~8 号机组）运行 5 年产生的废物量进行设计。

4.6.4.1 设计基准

固体废物处理系统（TES）无安全功能，属非核安全级（NC），设计基准如下：

— TES 系统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 NX 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。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，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。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。可降解废物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。

- 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 TES004BA，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，可作为非放废物处理。在异常情况下，APG 系统产生的废树脂排至 TES002 或 003BA，送往 T4UKT 进行处理。
- 废过滤器芯子在 NX 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 $>2\text{mSv/h}$ 时，需外加屏蔽容器进行厂内、外运输。
- 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。
- 两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的设计值见表 4.6-15。
- 两台机组每年产生的废树脂体积和活度的设计值见表 4.6-16。
- 两台机组每年产生的废过滤器芯子的个数（设计值）见表 4.6-17。

4.6.4.2 系统组成

废树脂、浓缩液以及干废物主要在 T4UKT 进行处理，T4UKT 是随田湾 3、4 号机组一起建设的 BOP 子项，本文中不再赘述。废过滤器芯处理主要在 NX 厂房水泥固定站进行。T4UKT 和 NX 厂房处理包装完成后的钢桶运至 QT 库暂存。

TES 系统主要设备见表 4.6-18。

(1) 位于 NX 厂房中的设备

废物处理站位于核辅助厂房（NX）内部，用于将 NX 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。

NX 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 NX 厂房设有两个废树脂贮槽（TES002、003BA），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。在废树脂贮槽 TES002BA 和 TES003BA 设

备间，设置电厂辐射监测系统（2 个通道）测量废树脂贮槽的辐射剂量率。

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（TES004BA）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（TES002BA、003BA）中的废树脂在 NX 厂房通过除盐水或泵送入屏蔽运输槽车，运送到 T4UKT 进行后续处理。

从 NX 厂房向 T4UKT 厂运送废树脂的废树脂运输槽车与田湾 1~4 号机组共用。屏蔽运输槽车采用双球阀结构的干式快速接头，确保软管和快速接头无泄漏，软管和快速接头在断开前用除盐水进行冲洗，确保软管和快速接头中无废树脂残留。这些措施保证了废树脂通过软管输送过程中无放射性物质泄漏。运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有干式快速接头的装卸接口箱、泄漏报警系统、液位测量系统、自动化控制系统等。

屏蔽运输槽车接收废树脂时，软管和快速接头都位于控制区内，软管和快速接头的结构确保输送和断开时不会发生滴漏，万一软管发生破裂或泄漏时，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。废树脂运输时，运输槽车的泄漏探测系统和液位探测系统能够确保运输过程中无放射性物质泄漏，并且废树脂运输槽车将在厂内专门路线运输，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。运输槽车的屏蔽能够使运输槽车的外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

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（TES001BA）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（001AG），在贮槽进料和排料时，利用搅拌器搅拌混合。

一台辐射监测系统（KRT）设备用于测量贮槽（001BA）附近的放射性。

浓缩液收集槽（TES001BA）中的浓缩液在 NX 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。为了使用 T4UKT 的浓缩液运输槽车将含硼浓缩液送到 T4UKT 处理，TEU 系统的蒸发器将浓缩液蒸发到硼酸含量不超过 100g/L（pH 值 12），此时硼浓度约 15000ppm，以防止运输过程中发生结晶。

从 NX 厂房向 T4UKT 厂运送浓缩液的运输槽车与田湾 1~4 号机组共用。屏蔽运输槽

车采用双球阀结构的干式快速接头，确保软管和快速接头无泄漏，软管和快速接头在断开前用除盐水进行冲洗，确保软管和快速接头中无废树脂残留。这些措施保证了浓缩液通过软管输送过程中无放射性物质泄漏。运输车的屏蔽运输容器由内箱体和外箱体构成，外箱体包括屏蔽加强的保护框架、接口箱和控制系统，内箱体由屏蔽箱和屏蔽箱内的奥氏体不锈钢的双层容器组成，双层容器配有干式快速接头的装卸接口箱、泄漏报警系统、液位测量系统、自动化控制系统等。

屏蔽运输槽车接收浓缩液时，软管和快速接头都位于控制区内，软管和快速接头的结构确保输送和断开时不会发生滴漏，万一软管发生破裂或泄漏时，放射性物质收集在控制区，不会污染非控制区和厂房外的空间。浓缩液运输时，运输槽车的泄漏探测系统和液位探测系统能够确保运输过程中无放射性物质泄漏，并且浓缩液运输槽车将在厂内专门路线运输，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。运输槽车的屏蔽能够使运输槽车的外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，能够有效控制工作人员在废物接收和运输时受到的剂量。

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，通过废过滤器芯子更换转运容器从 NX 厂房过滤器隔间过滤器室的上部取出后经输送通道放入 400L 钢桶中待水泥固定。废过滤器芯更换转运容器用于远距离更换和转运废过滤器芯，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，并设有一套定位装置、与过滤器芯运输通道连接的滑动底板和升降装置。

装桶站将废过滤器芯装入 400L 钢桶进行水泥固定。装桶站备有移动式料斗供应水泥，水泥在 QT 库装入料斗，然后运到 NX 厂房标高+13.15m 层。料斗下部的计量装置用于计量水泥的量，计量后的水泥送入装桶站的混合器。在混合气制备好的水泥浆，通过穿墙的软管注入 400L 金属桶中对废滤芯灌浆固定，然后将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。

废过滤器芯处理装置的操作用设在控制间的监视器、摄像机控制系统和设在装桶站各处摄像机组成的视频监视系统监视，并使用计算机在 TES 控制室进行远距离控制。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 NF366 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 NX 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。

QT 库主体为单层，分为贮存区、人员工作区和辅助设施区共三部分。贮存区分为“废物桶贮存区”和“贮存室”。“废物桶贮存区”用于贮存表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 的 200L、400L 废物钢桶及轻微污染设备，“贮存室”用于贮存表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ 的 200L、400L 废物钢桶。贮存室由混凝土墙分隔的贮存单元组成，每个贮存单元能够容纳 4 个垂直码放的 200L 或 400L 金属桶，上方覆有混凝土防护盖板。QT 库内设有两台双梁远距离数控起重机，用于吊运废物包。吊车为远距离遥控操作数控定位吊车。可通过 TV 监视器，在控制室内监视、控制废物包的装卸。

另外 QT 库干混料间设有水泥料仓，为 NX 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 NX 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 进行集中处理；
- 高放射性活度的设备布置在带屏蔽的设备间内；
- 中、低活度设备的分组布置，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，换上专用盖板，打开过滤器顶盖。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，转运容器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。一个聚乙烯塑料袋随吊具一起上下，以防止污染物滴落或飞溅到过滤器小室、铅罐、输送通道或地板上面。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 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，可以直接运到容器进出站；如果桶的表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$ ，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

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。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。可降解废物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。

(5) 废物包贮存

从 NX 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，然后送到低、中水平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）。

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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 采用高交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。
- 对可压实干废物采用超级压实工艺压实装桶。

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 96.4m^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）送到低、中放废物区域处置场处置，放射性废物厂外运输应遵守 GB11806-2004《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）各种干固体废物

核电厂内的其他被放射性污染的各种干固体废物（如布、纸、塑料及废的设备零部件等）。

4.6.5 放射性流出物监测系统

4.6.5.1 气载放射性流出物监测系统

根据田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的通风工艺设计，除了在异常工况下经二回路蒸汽安全阀和卸压排放管直接向环境排放外，其余的气载放射性流出物全部经过烟囱排至大气，其来源主要有核岛厂房的通风、废气处理系统排气、安全壳扫气及停堆期间安全壳换气等。因此，气载放射性流出物监测将主要集中于烟囱中的气体排放监测。

（1）烟囱放射性惰性气体监测

烟囱放射性惰性气体监测分为高活度浓度放射性惰性气体监测和低活度浓度放射性惰性气体监测两类通道，具有显示、记录打印和报警功能。它们是事故后监测通道，属安全 1E 级设备，具有冗余、仪表量程宽等特点。惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，这些要求包括：

- 系统设计为冗余监测，冗余设备之间进行实体隔离和电气隔离；
- 采用交流不间断电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行。

（2）烟囱气溶胶和放射性碘监测

气溶胶连续监测道及放射性碘连续监测道进行气溶胶和放射性碘活度连续监测，具有显示、记录打印和报警功能。

（3）气载放射性流出物取样测量

气载放射性流出物取样系统包括：C-14 和 H-3 连续取样；气溶胶和放射性碘连续取样；放射性惰性气体定期取样。

取得的样品送厂区实验室进行放射性核素测量分析。

4.6.5.2 放射性液态流出物监测系统

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的所有放射性液体都采用分批排放（槽式排放），将要排放的核岛和常规岛废液先分别注入废液贮罐。经对贮存罐废液取样，实验室定量分析合格后，再排入大海。液态流出物监测包括贮罐废液连续监测和贮罐废液取样测量。

（1）贮罐废液连续监测

本工程设置两台低放液体活度监测仪，分别监测 TER 贮罐和 SEL 贮罐排放废液的放射性活度浓度。其目的是：验证实验室测定结果及核实被测贮罐废液是否完全排空。当液体活度监测仪设备故障或所测放射性活度超过设定阈值时，监测仪给出信号触发相应废液

排放管路中的隔离阀关闭并发出报警。

（2）贮罐废液取样测量

废液罐中废液排放前，需从排放罐中采集样品并送至厂区实验室进行测量。测量结果满足排放限值要求和其它排放条件时，才可排放。样品分析测量项目主要包括：pH 值、总 α 、总 β 、总 γ 测量、 γ 谱分析、氡测量、C-14 测量以及 Sr-90 的定期测量分析。其中 γ 谱分析主要包括 Co-58、C0-60、Ag-110m、Sb-124、Sb-125、I-131、I-133、Cr-51、Cs-137、Cs-134、Mn-54、Fe-59 等核素。关于液态流出物中 C-14 的测量，鉴于国内尚无相关标准规范给出其取样制样及测量方法，目前已经对国内电站及科研院所进行了调研，掌握了一定的资料，田湾核电站在运行期间将基于目前国内的测量方法和技术成果对液态流出物中 C-14 开展尝试性测量，并跟踪国家标准的版本及最新的研究成果，在运行过程中逐步修改完善监测方法。

4.6.6 乏燃料暂存系统

乏燃料贮存系统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。

4.6.6.1 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。

燃料转运舱是一个容积为 235m^3 的长方形的水池，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。

乏燃料贮存水池是一个容积为 1326m^3 的长方形水池，水池侧壁是混凝土屏蔽墙，墙

厚大于 150cm，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，共设 1073 个乏燃料贮存单元。乏燃料贮存水池分为两个区，I 区为锆乏燃料贮存格架，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，其中 6×6 贮存单元和 5×6 贮存单元的锆乏燃料贮存格架分别有 8 台和 3 台。II 区为高密度硼不锈钢乏燃料贮存格架，利用硼不锈钢板作为中子吸收材料，用于贮存由堆芯卸出的达到规定燃耗限值的乏燃料组件，其中 9×8 贮存单元的硼不锈钢格架有 4 台，9×9 贮存单元和 5×8 贮存单元的硼不锈钢格架分别有 2 台，另 7×9 贮存单元、7×10 贮存单元和 5×9 贮存单元的硼不锈钢格架分别有 1 台。

乏燃料贮存水池的内壁衬有不锈钢覆面，并设有 5 个引漏管，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 230m³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。

4.6.6.2 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》（2007 年 1 月 23 日）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 $k_{\text{eff}} \leq 0.95$ ）；

（2）乏燃料贮存水池及格架的设计，应能承受乏燃料装卸工具掉落的冲击；

（3）防止不属于提升机构部件的重物在贮存的燃料上方移动；

（4）贮存区不得是通往其它操作区出入通道的一部分，贮存区应有足够的容量，未经批准不得进行任何操作；

（5）贮存区必须提供足够的操作空间和安放设备及工具的空间；

（6）必须提供贮存破损燃料组件的设施；

（7）贮存区必须具有适当的密封性，使池内含硼水泄漏的后果保持在可接受的限值内；

(8) 应在足够深的水下操作辐照燃料组件，以确保足够的生物保护；

(9) 乏燃料贮存格架的材料应与环境相容。应排除由于运行引起环境条件变化而造成几何尺寸变化；应考虑运行工况和事故工况引起的全部载荷；

(10) 乏燃料贮存格架的设计，应具有足够的稳定性，不会倾倒，并具有防止意外移动的措施；

(11) 乏燃料贮存格架的设计，应便于燃料组件的插入和取出，并具有保护燃料不受损伤的措施；

(12) 乏燃料贮存格架的设计，应使得乏燃料贮存水池中的冷却水能够自由循环；

(13) 乏燃料贮存区应具有承受内部、外部灾害的防护措施。

(14) 乏燃料贮存水池的设计，能够保证在有乏燃料组件贮存时水池充满水，而且可以自然循环、净化，以冷却乏燃料组件。

(15) 在乏燃料贮存区域及相关的乏燃料组件装卸区域设有辐射水平监测系统，以保证工作人员的辐射安全。

(16) 在乏燃料贮存水池中设有多道水位监测装置和温度测量设备，防止池水意外排空，其监测信号送到控制室。乏燃料贮存水池监测满足《核电厂改进通用技术要求》的规定。

4.6.6.3 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。

在反应堆冷却剂系统打开时，换料水池和乏燃料贮存水池的冷却和处理系统可保证当余热排出系统完全失效时作为该系统的最后备用。这种备用同样允许对余热排出系统进行维修，而不降低装置的安全水平。

该系统可保持乏燃料贮存区域的恒定水位，确保对工作人员的生物屏蔽作用。

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。

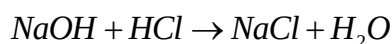
4.7 化学物质排放

为满足本工程运行的要求，有关系统的用水需要进行某些化学处理。化学处理的主要方法是在系统中加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学添加剂，以保证水质的要求并实现以下目的：避免设备的腐蚀和结垢、去除水中的氧、调整水的 pH 值、调节反应堆的反应性、水处理装置的再生、达到水处理工艺效果、防止海生物的附着和繁殖、化学清洗等。这些化学物质将根据工作环境的不同发生不同的化学转化，最终将进入环境。

本工程使用的大宗化学物质主要有：盐酸（HCl）、氢氧化钠（NaOH）、硼酸（H₃BO₃）、联胺（N₂H₄）、次氯酸钠（NaClO）、液氨或氨水（NH₃）、磷酸钠（Na₃PO₄）等。这些化学物质主要用于循环水处理系统、除盐水加氨系统、凝结水精处理系统以及一二回路水质调控等。电厂使用的非放射性化学物质年使用量与电厂的运行情况密切相关。以下对电厂运行过程中各物质的使用情况及化学过程予以简要说明。

1) 盐酸和氢氧化钠

因 3、4 号除盐水生产系统已考虑了 5、6 号机组除盐水的需求，本项目盐酸和氢氧化钠主要用于凝结水精处理系统树脂的再生。再生液是干净的除盐水配置的低浓度酸碱溶液，再生废液排放进入系统中和池，需要使用盐酸或氢氧化钠调节 pH 值到 6 至 9 的范围内，排放进入 CC 井，最终随循环冷却水排放进入大海。上述化学过程可以表述为：

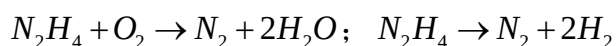


2) 硼酸

硼酸作为可溶性中子吸收剂在主回路中为反应堆提供反应性的补偿控制，其浓度随着堆芯剩余反应性的减少而降低。主回路硼浓度调节时排出的硼酸可通过硼回收系统（TEP）加以回收复用，硼用量损耗主要产生于堆内核反应、下泄进入 TEU 后随废液排放、TEP 浓缩液进入固体废物等三方面途径。需要说明的是，经 TER 排入循环冷却水混合并排入环境的硼酸量实际只占其使用量的很小部分。

3) 联胺、氨

联胺注入凝结水中以控制水中的溶解氧，同时起到延缓腐蚀的作用，联胺在给水中不断与溶解氧发生反应，剩余联胺将随着给水温度的升高而分解直到完全消失，故需要不停的在凝结水中加入一定量的联胺以维持除氧效果。上述化学过程可以表述为：



氨（氨水或液氨）作为二回路给水全挥发处理碱化剂，可在汽水回路中循环使用，但由于机组的汽水损失、凝气器抽气以及蒸汽发生器排污水净化用除盐树脂的吸收，需要补充氨。正常运行工况下排放进入海水中的氨量甚微。此外送入 5、6 号机组常规岛除盐水分系统的除盐水需要通过加氨水将其 pH 值调整到 9 ± 0.2 。

二回路湿保养期间和调试期间产生的废水排放进入 SEL 罐。根据大亚湾核电厂的运行经验反馈，这些废水中联胺浓度低于 0.18mg/L ，氨低于 0.09mg/L 。本工程未来将制定详细的排放操作规程，对 SEL 罐内废水加药氧化和调节 pH 值，以确保联胺的排放浓度低于有关标准的相关要求。

在 pH 和电导率不合格时除盐水加氨系统会产生少量排污水，正常运行不会产生。产生的少量废水经中和处理后主要以 NH_4Cl 形式排放，再经循环冷却水稀释后，其浓度更低，不会影响黄海的海水质量。

4) 次氯酸钠

在核电厂循环水处理系统中需要使用次氯酸钠。在正常运行时，由于海水取自循环水进水或排水，水中含有一定量的余氯，通常在沉淀池前不用再加次氯酸钠杀菌，而当循环水取水余氯偏低或采用备用水源时，需在沉淀池进水加入次氯酸钠溶液杀菌。

4.8 生活废物

4.8.1 固体废物

在核电站施工建设期间的生活废物主要是在施工现场由施工人员产生的生活废物。施工建设期间，所产生的生活垃圾由各施工单位（土建单位和安装单位）在其施工区、办公

区和生活区分别通过设置符合环卫要求的生活垃圾桶进行收集，每天定点转运到现场生活垃圾暂存场，再定期外运处理，并定期对生活垃圾暂存场进行消毒处理。在施工区设置一定数量的临时化粪池，对产生的生活污水进行收集，当化粪池达到清通周期时，由各施工单位委托环卫单位清运。

在核电站运行期间的生活废物主要是与放射性有关的固体生活废物、非放射性固体生活垃圾和非放射性生活污水等。本工程产生的与放射性有关的固体生活废物均按放射性废物做专门处理。在本工程非控制区及厂外附属、辅助区产生的非放射性固体生活垃圾应按规定收集暂存并交由有资质单位处理。

4.8.2 生活废水

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组污水处理系统采用清污分流的处理方案。具体包括生产生活排水系统和雨水管道系统。

（1）生产生活排水系统

田湾核电站目前已经在厂区建成有北区污水处理站和南区污水处理站。其中南区污水处理站设有生活污水处理系统、含油废水处理系统及中水回用水处理系统。北区污水处理站仅设生活污水处理系统。各系统功能如下：

南区生活污水处理系统处理 BOP 南区及电站双围墙内各子项产生的生活污水；含油废水处理系统处理电站双围墙内有关子项排放的含油废水；中水回用水处理系统主要对南区生活污水处理系统处理后的出水进行二次处理，其处理后的合格水用于厂区局部绿化浇灌。北区生活污水处理系统处理 BOP 北区各子项产生的生活污水。

本工程生活污水由生活污水排水系统收集汇至生活污水提升泵站，生活污水经提升送至南区生活污水处理系统集中处理。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）水质要求，出水用于厂区绿化、道路浇洒等。中水回用如有余量经 1、2 号机组雨水排水口（南区）排海。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 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，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 $20\text{m}^3/\text{h}$ ，于 2009 年 6 月投入运行。目前仅运行两套新系统。北区生活污水处理系统共有两套处理系统，每套处理能力为 $3\text{m}^3/\text{h}$ ，目前系统正常运行。南、北区生活污水处理系统总能力可达 $1344\text{m}^3/\text{d}$ （南区老系统仅考虑运行一套）。

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 $1016.55\text{m}^3/\text{d}$ 。南北区生活污水处理能力能够满足要求，且还留有一定的裕量。

（2）雨水管道系统

雨水管道包括全厂的雨水收集与排放。降雨时保证生产正常运转。本工程厂区分若干区，这使得有可能收集各排放点和厂区的雨水。雨水管网包括几个管网以及排水口。这样的布置可以使管网分开，优点是可以减小管道直径、减小埋深以及减小连接井的尺寸。管材采用玻璃钢夹砂管或 PE 双壁波纹管等。雨水系统流程为：雨水→地面径流→雨水收水口→雨水管道→排洪沟（或大海）。

4.9 放射性物质运输

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《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）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。

4.9.1 新燃料运输

4.9.1.1 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陆路运输方式由燃料组件制造厂运至核电站，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。

4.9.1.2 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 A (F)
- 燃料组件装载后货包剂量率

货包表面	$< 2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$
距货包外表面 1 米处	$< 1 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$

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。容器内设有一个减震框架，通过弹性垫块连接于下壳体座。减震框架上的支撑框架用于装载新燃料组件。支撑框架的顶梁上装有两个加速度测量装置，在壳体的端板上设有充气阀和安全阀各一个，每个容器可装运两组组件，两组组件间设有中子吸收板，容器内充以保护性气体，以避免

污染。

新燃料运输容器的设计和制造能够满足我国《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

4.9.2 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）、《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2004）、《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、可燃毒物组件等，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 11806-2004《放射性物质安全运输规程》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。

4.9.3 放射性固体废物的运输

田湾核电站 5、6 号机组放射性废物包括烘干压实处理后的废树脂、浓缩液、水泥固定装桶的废过滤器芯子、超级压实和水泥固定装桶的干废物。厂外运输的运输物是由 200L 钢桶、400L 钢桶和混凝土 HIC 包装的桶装废物。外表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废物桶在运输中将采取必要的辐射防护措施。

运行中产生废过滤器芯装入 400L 钢桶进行水泥固定，废树脂、浓缩液以及干废物超压后形成的 165L 桶饼在 200L 桶内进行固定。废树脂和浓缩液处理后形成 200L 钢桶 105 个，运往处置场前装入 HIC；干废物处理后形成 200L 钢桶 162 个；装有废过滤器芯的 400L 钢桶 218 个。两台机组每年产生各类废物包总计约 485 桶（设计值）。每两年向规划中的低、中放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低、中放废物区域处置场。放射性废物运输必须遵守下列标准：GB 11806-2004 《放射性物质安全运输规程》，GB 12711—1991《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。

4.10 安全环保改进项

福岛核事故后，国家核安全监管部门为了核电安全的监督和管理，制定了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》、《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》和《“十二五”期间新建核电厂安全要求（报批稿）》等一系列文件，文件对福岛核事故后的新建核电厂提出了更高的安全要求，要求完善严重事故预防和缓解措施，提供多样化的手段以保障核电站安全。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的技术方案以福建福清核电厂一期工程为参考，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，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。

（1）核电站严重事故下氢气监测系统的改进

增加用于严重事故的氢气浓度监测系统，用于监测严重事故下的安全壳内氢浓度，了解消氢系统工作情况。测量结果用于严重事故管理，为确定核电厂状态和未事故管理期间决策提供实际的信息，防止氢-氧混合气体着火或发生爆炸而危及安全壳完整性。

（2）主泵轴封 SBO 工况下完整性改进

本项目采用 ANDRITZ 公司的 RCP440-TB50 型主泵，通过对隔离高、低压泄漏管线和氮气停车密封来保证主泵轴封在 SBO 事故工况下和严重失电事故工况（SBO 应急柴油机电源也失去工况）下的完整性。

（3）增设严重事故卸压阀改进

增设严重事故卸压阀，防止高压熔堆。

（4）乏燃料水池临时补水改进

福岛事故后，核安全局要求从设计上进一步增强乏燃料水池的补水能力。为了应对类似福岛的乏燃料水池失冷事故，增加应急补水管道、控制阀门和接头，可在事故后使用消防车或移动泵通过应急补水管道为乏燃料水池补水。

（5）乏燃料水池液位和温度监测改进

为提高乏燃料水池的状态监测能力，提高乏池的安全性，设置了严重事故下可用的乏

燃料水池液位和温度监测仪表。

（6） 一回路应急补水及安全壳临时喷淋改进

补水：全厂断电情况下，当二回路排热手段不可用时，一回路热量将无法导出，此时对电厂状态的判断和处置需依照相关规程或严重事故管理导则中相关描述来开展。为防止高压熔堆的发生，在严重事故管理导则中要求在综合评估卸压的好处和潜在风险的前提下，对一回路进行降压操作。通过开启稳压器安全阀等，使一回路的压力降低到一定水平。在安注和安喷相连的 H4 管线上增设临时补水管道，将接管口引至燃料厂房外方便连接外部临时接管的位置，通过在管端设置标准接口，可连接移动式泵组和水源，实现向一回路补水。

安喷：在发生全厂断电时，考虑丧失最终热阱，并且二次侧排热手段不可用的事故工况下。此时需要临时的一回路注水手段，维持堆芯水装量，延缓事故恶化，为恢复安全系统功能提供时间条件。此外，为降低安全壳内的压力和温度、沉降放射性物质，需要设置安全壳临时喷淋手段。

（7） 二回路应急补水改进

由于发生全厂断电事故，同时如果出现电源长期无法恢复，此时辅助给水箱的正常补水手段将失效。为了在长期失电情况下对蒸汽发生器的持续补水，如果此时蒸发器的蒸汽压力能维持 ASG 汽动泵的运行（维持汽动泵运行的蒸汽压力大于 0.76Mpa），在正常补水管线上增加应急补水通道并将补水接口（水泵接合器）布置到厂房外便于消防车到达的地方，通过消防车接入该应急补水通过进行蒸发器的持续补水，并手动开启大气排放阀由 GCT-A 排出余热。

在蒸汽发生器产生的蒸汽压力无法维持汽动泵运行的情况下，增加直接为蒸汽发生器补水的应急补水通道。该新增应急补水通道设置在汽动泵出口母管上，并布置管线到便于消防车到达的厂房外，通过消防车接入该应急补水通道直接对蒸汽发生器进行补水操作，由 GCT-A 排出余热。

（8） 增设移动式应急电源及接口

加强电源-超设计基准下纵深防御的供电能力，设置中压和低压移动电源及其接口。

（9） 增设多样化驱动系统（DAS）改进

由于采用数字化保护系统，在设计时有必要考虑应对软件共因故障的措施。原来采用的“ECP 旁路数字化+BUS 上 PAMS 参数旁路数字化+ATWS 缓解系统”应对措施中，除了设置 ATWS 缓解系统外，主要依靠手动操作提供多样性的手段。因此增设了 DAS 系统。

（10）增加严重事故监测和控制系统的改进

增加严重事故监测和控制统，结合新增的严重事故预防和缓解措施，使得严重事故工况下必要的信息监测功能和设备控制功能实现功能集中，实现纵深防御层次的完整性。

（11）增设严重事故机柜专用 UPS 电源

为保证失去全部交流电源后必要的监控手段，每机组增设一套严重事故专用 UPS 电源系统，用于严重事故专用仪控机柜及部分应急设备的供电。

（12）增加 ATWS 保护信号改进

对丧失主给水叠加 ATWS 事故，改进后的 ATWS 保护逻辑能够对考虑 R 棒组和 G 棒组不可用情况下的丧失主给水叠加 ATWS 起到保护作用。

（13）可居留性系统设计改进

为了满足《STANDARD REVIEW PLAN》NUREG-0800 的要求，切实改善主控室区域的可居留性，解决原 M310 机组可居留性区域布置不合理，可居留区域范围过大，主控室区域与电气房间通风系统不独立等问题。因此，对本工程项目增加了可居留性系统设计改进。

（14）核岛厂房和泵站、柴油机厂房防水淹能力改进

加强对核岛厂房外部洪水的封堵，使核岛厂房不被水淹，以便核应急响应和避免次生灾害，从而提高核电厂安全性。

（15）全范围 PSA 分析

根据 HAF102 及其导则要求，补充了外部事件 PSA、内部水淹 PSA、内部火灾 PSA、乏燃料水池 PSA 以及二级 PSA 的分析工作。发现可能存在的薄弱环节，以实施改进并进一步提高电厂的安全性。

（16）抗震裕量分析（SMA）

对于超设计基准地震，开展抗震裕量评价（SMA）。识别对地震风险有重要贡献的 SSC，识别抗震设计薄弱缓解，提出改进措施。

（17）全范围 SAMG 研制

将 SAMG 扩展至停堆工况和乏燃料水池的严重事故。扩大 SAMG 的包络范围，提高电厂应对严重事故的能力。

（18）严重事故下设备可用性分析

通过 SAMG 梳理分析，判断严重事故下使用的设备范围，对设备的可用性进行分析，对于缺乏严重事故下鉴定试验的设备开展分析评价和补充鉴定工作。

（19）严重事故下可达性分析

针对严重事故的预防和缓解，通过 SAMG 梳理分析，判断严重事故下使用的设备范围，同时对设备的人员可达性进行分析，对事故下需要操作而不可达的设备，考虑改进操作方式。

（20）全范围事故分析

根据 HAF102 及其导则要求，开展核电厂全范围事故分析，使事故分析更加系统、全面，验证电厂的安全性。

（21）增设非能动应急冷却高位水源改进

针对严重事故的预防和缓解，拟在田湾 5、6 号机组厂区附近设立高位水箱，保证二次侧非能动余热排出系统、ASG 水箱、乏燃料水池或 PTR 水箱在事故后 72 小时内有足够的水量。

（22）增设二次侧非能动冷却系统改进

通过设置高位水箱和内置换热器，在蒸汽发生器没有补水的情况下，让蒸汽通过高位水箱内的内置换热器进行冷却，冷凝水回流到蒸汽发生器，实现汽水的非能动循环。

（23）增设堆腔注水前期非能动注入系统改进

通过设置氮气蓄压罐及其下游的水箱，以非能动方式将冷却水注入堆腔，实现冷却 RPV 外壁面，争取足够时间投入能动注入系统，实现压力容器外表面的长期冷却。

（24）增设堆腔注水系统

增设堆腔注水系统，以实现在核电厂发生严重事故，堆芯熔融物落入反应堆压力容器（RPV）下封头时，向堆腔内注水进行压力容器外部冷却，并与其它安全功能（如一回路卸压等）同时作用以保持 RPV 完整性，从而将堆芯熔融碎片滞留于压力容器中，防止大多数可能威胁安全壳完整性的堆外现象（如安全壳直接加热、蒸汽爆炸、熔融物-混凝土反应等），增强了核电厂严重事故缓解能力，提高核电厂安全水平。

（25）增设安全壳及乏燃料水池事故后中长期排热系统改进

在发生全厂断电时，为了在长期丧失最终热阱工况下应对可能的一回路小破口（各种原因导致）或燃料水池长期失去冷却的工况，设置了安全壳及乏燃料水池事故后中长期排热系统，用于排出事故后堆芯、安全壳及乏燃料水池的余热。

为其配置了单独的二次循环冷却系统，主要包括满足抗震要求的机械通风冷却塔、水池和补水池、以及辅助泵房等。其中涉及的核心设备-机械通风冷却塔，已作为华龙一号重大专项的课题之一完成验收，可以应用于本工程。

（26）厂址附加后备电源柴油发电机组设计改进

方家山核电、福清一期、海南昌江核电站厂区附加电源柴油发电机成套装置为非安全

级，厂房建筑、暖通、消防等未达到与 DX 同等级的抗震能力，相应的配电装置是非 1E 级。本项目厂区附加电源柴油发电机成套装置按安全级设计同 DX 设备要求，厂房按抗震 I 类物项设计，电缆和管廊按抗震 I 类物项设计，消防、暖通、电缆桥架增加质保和抗震等级要求，从而提高 DY 抗震能力，使得 DY 在功能上尽可能可完全替代 DX，以延长机组后撤时间。

（27）KIS 地震仪表设计优化及地震自动停堆改进

IAEA 最新核安全法规 NS-G-1.6 2003 版要求，核电厂在综合考虑多种因素情况下，可确定是否设置自动触发停堆的地震仪表系统。另外，我国“十二五”期间新建核电厂安全要求建议增加此功能。因此，计划对地震自动停堆功能设计进行优化。在强地震情况下，实现自动停堆功能。

（28）PTR 系统冷却回路冷却能力进行改进

福清和方家山核电工程设计时考虑的燃料管理方式是实施“1/3 堆芯卸料”，且停堆后 14 天完成卸料，此种换料工况下乏燃料水池最大热负荷为 4.2MW，PTR 系统两个冷却系列（每个系列由一台额定换热能力 4.2MW 的管壳式换热器（K316/K356 房间）和一台匹配的离心泵（K216/K256 房间）组成）满足 $2 \times 100\%$ 的裕度。随着燃料装卸技术的革新和运行管理水平的提高，实际卸料方式和卸料结束时间相对于原设计基准出现了很大变化，实际每次换料采取全堆芯卸料方式，卸料结束时间较设计考虑 14 天提前到 8 天左右，这样导致乏池实际热负荷（10MW 左右）远大于设计基准的假设（4.2MW）。原 PTR 系统配置不能满足乏燃料水池冷却和设备冗余的要求。田湾 5、6 号核电厂工程对 PTR 系统冷却回路冷却能力进行改进，设计增加一台泵，用于换料期间辅助冷却乏燃料水池。在电厂正常功率运行期间，一个冷却系列投入运行，另外系列备用；在换料大修期间，两个泵和两个换热器投入运行，另一个泵备用；从而满足冷却和备用的要求。安全可靠性和经济性都得到了提高。

（29）主给水隔离措施改进

原 M310 电站的主给水流量调节系统（ARE）在主蒸汽管线破裂（MSLB）叠加安全停堆地震（SSE）时主给水难以有效隔离，可能导致主给水不可控的注入蒸汽发生器，并通过安全壳内蒸汽管道破口进入反应堆厂房，引起安全壳超压风险。为了解决 MSLB 叠加 SSE 时实现主给水隔离，消除蒸汽使安全壳内升温升压后对安全壳的威胁，拟在原有的 M310 核电站基础上，将核岛主给水管道上位于安全壳外的止回阀替换为核级的主给水隔离阀，主给水系统的其他设备保持不变，从而有效地实现了当主蒸汽管线破裂叠加安全停堆地震时主给水的隔离功能、有力避免安全壳超温超压的危险，提高安全性。

（30）H4 管线设计改进

为减少人员辐照，实现 RIS/EAS 快速互备，将 H4 管线进行优化。

（31）厂区水源优化

根据《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》的有关规定，福清、方家山和海南昌江核电工程，已对厂区水源进行了应急取水水源优化，提供严重事故后重要安全系统应急补水。本工程将实施同类改进。

（32）增设后备柴油发电机组改进

增设后备柴油发电机组，保证在全厂断电工况下堆芯的充分冷却和安全壳的完整性，从纵深防御角度加强电源的可靠性。

（33）增设堆顶排气系统改进

在反应堆冷却剂系统高位设置阀门，以便在事故工况下排出不可凝气体，从而防止这些气体影响反应堆堆芯的传热，保证反应堆冷却剂系统中只有唯一的汽水界面，缓解事故后果；同时该系统可以排出反应堆压力容器顶部的可燃性气体，从而避免由于氢气的积聚而带来爆炸的危险。

（34）安全壳过滤排放系统单堆布置改进

对于按双堆共用设计的 EUF 系统，一旦两台机组同时发生严重事故，虽然可以通过手动操作轮流对安全壳进行卸压排放来满足安全壳卸压的要求。但是 5、6 号机组为了进一步提升 EUF 系统在严重事故后的可用性，EUF 系统可采取单堆配置优化设计，并对系统过滤部分增加抗震要求。

（35）SG 防满溢设计改进（SGTR 事故）

通过增设 SG 辅助给水流量自动控制逻辑等措施降低受影响 SG 在事故后满溢风险。

（36）停主泵改进

增加事故后自动停运主泵信号，延长操纵员可不干预时间，缓解事故后果。

（37）安全壳消氢系统改进

岭澳二期 EUH 安全壳消氢系统仅应对严重事故消氢，设计基准事故消氢采用 ETY 系统的移动式氢气复合器。田湾 5、6 号机组取消 ETY 系统的移动式氢气复合器，由安全壳消氢系统 EUH 的非能动氢气复合器包络设计基准事故和严重事故消氢。

（38）主控室应急照明系统抗震设计改进

为保证发生 SSE 地震时主控室人员可居留性，将主控室的应急照明箱 LLF001AR、LLH001AR、DSL001AR、DSL002AR、DSL003AR、DSL004AR 改为抗震 I 类。原安全照明切换箱 DSL005AR 为带蓄电池的照明配电盘，现拆分为 DSL005AR-1（包括切换开关、

进出线、整流器）和 DSL005AR-2（蓄电池）两部分，均能达到抗震要求。

（39）中低放废液贮存间敷设钢覆面改进

针对可能达到中低放射性废液贮槽的房间，在原滞留池基础上设置不锈钢覆面。

（40）ASG/GCT 系统调节阀供气改进

增强 SG 水位调节的可用性（满足 8 小时的用气要求），保证持续从二次侧导出堆芯余热。

（41）乏燃料贮存格架设计改进

乏燃料贮存格架临界安全分析严格按照 HAD102/15 以及《“十二五”新建核电厂安全要求（报批稿）》中要求执行，保证在正常和事故工况下，一次临界安全满足法规和标准的要求，任何工况下均不置信池水里的可溶性硼。

（42）安注箱水容积增大改进

适当增大安注箱有效水量，增加 LOCA 事故情况下堆芯补水量，提高堆芯热工裕量。

表 4.1-1 建、构筑物一览表

序号	代号	建、构筑物名称	建筑面积 (m ²)	占地面积 (m ²)	安全等级	抗震类别	备注
一	核岛厂房及构筑物						
1.	DX	柴油发电机厂房	2540	864	LS	I 类	
2.	ET	反应堆停堆更衣室	3100	932	LS	I 类	增加堆腔注水系统和二次侧非能动余热排出系统
3.	EU	5、6 号机联楼	303.8	43.4			
4.	KX	燃料厂房	7076	2309	LS	I 类	
5.	LX	电气厂房	23665	3125	LS	I 类	
6.	NX	核辅助厂房	17050	3966	LS	I 类	
7.	RE	辅助给水箱间	369	369	LS	I 类	
8.	RP	核岛龙门架	-	520		NO	
9.	RX	反应堆厂房	11000	2414	2	I 类	
10.	WX	连接厂房	-	909.9	LS	I 类	
二	常规岛厂房及构筑物						
11.	MF	消防稳压设备间	100260	16010			
12.	MO	润滑油传送间					
13.	MP	凝结水精处理间					
14.	MV	汽机通风间					
15.	MX	汽轮发电机厂房				NO	
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			新增设备和管道
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
三	核岛 BOP 厂房						
24.	AC	放射性机修车间	10060	5000			5~8 号共用
25.	AK	严重事故蓄电池间	380	200		I 类	新增子项，福岛后改进
26.	AS	特种汽车库	800	800			5~8 号共用
27.	CT	机械通风冷却塔（含水池）	960	960		I 类	新增子项，福岛后改进

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）

28.	DW	后备柴油机厂房	1650×2	700×2		I 类	新增子项，福岛后改进
29.	DY	附加柴油发电机厂房	1700	700		I 类	
30.	EN	放射源库房	200	200			新增子项，补缺 5~8 号共用
31.	QA	核岛液态流出物排放厂房	980	980	LS	I 类	
32.	QB	常规岛液态流出物排放厂房	980	980	LS	I 类	
33.	QR	放射性废油暂存库	350	350			新增子项，补缺 5~8 号共用
34.	QT	废物暂存库	4000	4000			5~8 号共用
35.	PD	机械通风冷却塔辅助泵房	900	800		I 类	新增子项，福岛后改进,泵房 500m ² ，补水池 300m ²
四	开关站						
36.	TB	主开关站	1330	1330			5~8 号共用，设备分期配置
37.	TC	网控楼	1300	654			
38.	TD	辅助开关站	720	720			
39.	JN	500kV 进线门架	-	1870			
40.	GJ	TD 到 JX220kV 电缆沟	-	-			新增子项，补缺
41.	DG	主变至开关站 GIL 廊道	-	-			
五	海工子项						
42.	CA	取水头部	-	2450	LS	I 类	
43.	CF	取水口管理站	1000	1000			
44.	CE	取水隧洞	-	-	LS	I 类	
45.	PX	联合泵房	4660	10480	LS	I 类	地上建筑面积 4660m ² ，地下体积 246400m ³
46.	GD	循环水进排水管道	-	-			
47.	GA	重要厂用水取水管廊	-	-	LS	I 类	
48.	GS	重要厂用水排水管道	-	-			
49.	CC	虹吸井	1580	1880			
50.	CH	排水隧洞	-	-			
六	BOP 厂房及构筑物						
51.	00 室外 工程	北门附近边坡喷锚		9000			
		北门附近片石护坡		24000			
		西门桥					
		场地回填平整					
		土石方及边坡处理					

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）

52.	AB	综合仓库	8000	6470			
53.	AA1	机修车间	2200	1660			
54.	AA2	铆焊车间	900	900			
55.	AF	电仪修车间	4000	4000			
56.	AL	厂区实验室	3000	1500			5~8 号共用
57.	AP	停车场	-	21000			原面积指标 39600m ² ，按 700 辆车考虑，调整为 21000m ²
58.	BH	职业去污室	300	300			新增子项，补缺
59.	BX	生产办公楼	6500	3000			
60.	SA	餐厅	1400	1400			
61.	EA	培训中心	3500	1400			在一期培训中心北侧扩建
62.	EH	地下水监测井	-	5			新增子项，补缺
63.	EY1	武警营房	2400	1050			
64.	EY2	厂区西门、北门	-	-			
65.	FC	润滑油和油脂库	1100	1100			
66.	FL	周值班宿舍	11250	4000			
67.	GB	综合技术廊道	-	-		NO	
68.	GC1	液态流出物排放管沟	-	-	LS	I 类	
69.	GE	雨水—污水系统和地下管道	-	-			新增子项，补缺
70.	GF	SEU 进排水廊道	-	-			新增子项，补缺
71.	GH	地下水排水盲沟	-	-			
72.	GI	非能动应急高位水源管沟	-	-			新增子项，福岛后改进
73.	GC2	TER 废液排放廊道	-	-			新增子项，补缺
74.	HX	制氯站	1550	1550			5~8 号共用，设备分期配置
75.	JG	截洪沟	-	-			
76.	OB	高位水箱	950	1000		NO	新增子项，补缺
77.	PG	排洪沟	-	-			
78.	UA	控制区大门	960	1050			
79.	UB	围栏	-	-			
80.	UD	保护区大门	460	460			
81.	UG	保安楼	800	800			
82.	XC	土建实验室					
83.	YB	除盐水储水罐	602	602			

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）

84.	YC	加氨间及氨贮存间	150	150			新增子项,除盐水的制备已随 3、4 号机组建设, SER 除盐水箱需贮存偏碱性除盐水。
85.	ZA1	氮气站	80	350			
86.	ZA2	气体储存区	9	66			
87.	ZB	氢气贮存站	540	790			5~8 号共用
88.	ZC	空气压缩机房	630	630			5~8 号共用
89.	ZD	压缩空气罐	-	20			
90.	AJ	应急移动电源、移动泵仓库				NO ^{**}	新增子项,位置待定
91.	LY	全厂公用负荷配电室	210	210			
七	1~4 号机组已建, 只需增加设备或分摊费用的子项						
92.	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
93.	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
94.	CQ	大件码头					1~4 号机组已建, 本期只计列清淤及维护费用
95.	CB	取水明渠					主体已随 3、4 号机组建设, 仅计列挖泥费用。
96.	CD	排水明渠					主体已随 3、4 号机组建设, 仅计列挖泥费用。
注: 1.表中部分内容暂缺待补充。 2. * 在发生地震后, 不会损坏安全级部件或构筑物。 3. ** 按当地地震基本烈度提高一度进行抗震设计, 并按照 SL-2 进行校核。 4. 子项安全等级或抗震类别: LS 级为安全级, 未标明的均为非安全级或非抗震类。							

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（ $\times 10^8 \text{GBq}$ ）				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（1/5） TEP 系统主要设备特性——槽类

贮槽名称 特 性	前贮槽 9TEP001BA/008BA	中间贮槽 9TEP002BA/003BA/004BA	蒸馏液监测槽 9TEP005BA/006BA	浓缩液监测槽 9TEP007BA
数量（个）	2	3	2	1
类型与特点	覆盖氮气	标准	薄膜，浮顶	薄膜，浮顶
有效容积（m ³ ）	75	350	70	10
介质	含氢反应堆冷却剂	除气后的反应堆冷却剂	蒸馏液	硼酸溶液
工作压力（MPa）（绝压）	0.34+静压头	0.105+静压头	常压	常压
工作温度（℃）	≤70	≤60	≤50	≤50
结构材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢
核安全等级	3	NC	NC	NC
抗震类别	1I	NO	NO	NO

表 4.6-2（2/5） TEP 系统主要设备特性——泵类

泵的名称 特 性	前贮槽泵 1TEP001PO 2TEP002PO	除气塔疏水泵 1TEP 003PO 2TEP004PO	蒸发器供料泵 9TEP 005/006PO	输送和混合 泵 9TEP 007PO	蒸发器循环泵 9TEP 008/009PO	蒸发器蒸馏液 泵 9TEP 010/011PO	蒸馏液泵 9TEP 012/013PO	浓缩液泵 9TEP 014PO
数量（个）	2	2	2	1	2	2	2	1
额定流量（m ³ /h）	27.2	28.7	5	100	115	5	27.2	10
类型	离心式屏蔽泵	离心式屏蔽泵	离心泵	离心泵	离心泵	离心泵	离心泵	离心泵
介质	含氢的反应堆 冷却剂	除气后的反应 堆冷却剂	除气后的反应 堆冷却剂	除气后的反 应堆冷却剂	硼酸溶液	蒸馏液	蒸馏液	硼酸溶液
额定流量下的扬程 （m 水柱）	~106	~55	~50	~50	~8.3	~65	~60	~30
吸入口最高温度 （ ⁰ C）	60	155	50	50	155	155	50	50
结构材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢
核安全等级	3	3	NC	NC	NC	NC	NC	NC
抗震类别	1I	1I	NO	NO	NO	NO	NO	NO

表 4.6-2（3/5） TEP 系统主要设备特性——除气塔和蒸发器

除气塔（9TEP001/002DZ）

特 性	设 备
数量（个）	2
介质	含氢的反应堆冷却剂
处理能力（m ³ /h）	27.2
除气系数	10 ⁶
设计压力（MPa）（绝压）	0.55/0.565
材料	不锈钢
核安全等级	3
抗震类别	1I

蒸发器（9TEP001/002EV）

特 性	设 备
数量（个）	2
生产能力（m ³ /h）	3.5
流体名称	反应堆冷却剂
浓缩液硼浓度（ppm）	7000～7700
蒸馏液硼浓度（ppm）	≤ 5ppm
工作温度（ ⁰ C）	～103
除氧系数	100
净化系数	1000
材料	不锈钢
核安全等级	NC
抗震类别	NO

表 4.6-2（4/5） TEP 系统主要设备特性——过滤器

过滤器名称 特 性	除盐预过滤器 9TEP001FI/002FI	树脂滞留过滤器 9TEP003FI/004FI	浓缩液过滤器 9TEP005FI	树脂滞留过滤器 9TEP006FI
数量（个）	2	2	1	1
额定流量（m ³ /h）	27.2	27.2	10	27.2
介质	含氢的反应堆冷却剂	含氢的反应堆冷却剂	硼酸溶液	含氢的反应堆冷却剂
过滤粒度（微米）	5	25	5	25
过滤介质	纤维制品	纤维制品	纤维制品	纤维制品
过滤效率（%）	98	98	98	98
允许压力（MPa）（绝压）	1.69	1.69	1.58	1.58
工作温度（ ⁰ C）	≤60	≤60	≤60	≤60
结构材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢
核安全等级	3	3	NC	NC
抗震类别	1I	1I	NO	NO

表 4.6-2（5/5） TEP 系统主要设备特性——除盐器

除盐器名称 特 性	阳床除盐器 9TEP001DE/002DE	混床除盐器 9TEP003DE/004DE	阴床除盐器 9TEP005DE/007DE	混床除盐器 9TEP006DE
数量（个）	2	2	2	1
正常流量（m ³ /h）	27.2	27.2	27.2	27.2
类型	阳床	混床	阴床	混床
介质	含氢的反应堆冷却剂	含氢的反应堆冷却剂	含氢的反应堆冷却剂	含氢的反应堆冷却剂
允许压力（MPa）（绝压）	1.69	1.69	1.58	1.58
工作温度（℃）	≤60	≤60	≤60	≤60
树脂容量（m ³ ）	1.5	1.5	1.5	1.5
材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢
核安全等级	3	3	3	3
抗震类别	1I	1I	1I	1I

表 4.6-3（1/5） TEU 系统主要设备特性

工艺排水接收槽（9TEU001/002BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压）（槽体顶部） 最高工作温度，℃ 主要材料	2 立式圆筒 35 0.005 50 不锈钢
地面排水接收槽（9TEU003/004BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压）（槽体顶部） 最高工作温度，℃ 主要材料	2 立式圆筒 20 大气压 50 不锈钢
化学排水接收槽（9TEU005/006BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压）（槽体顶部） 最高工作温度，℃ 主要材料	2 立式圆筒 20 大气压 50 不锈钢
废液接收槽（9TEU016/017BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压）（槽体顶部） 最高工作温度，℃ 主要材料	2 立方体 100 大气压 70 不锈钢
监测槽（9TEU009/010BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压）（槽体顶部） 最高工作温度，℃ 主要材料 消泡剂槽（9TEU011BA） 数量 型式 有效容积，L 工作压力，MPa（表压）（槽体顶部） 最高工作温度，℃ 主要材料	2 立式圆筒 35 大气压 50 不锈钢 1 立式圆筒 150 大气压 常温 不锈钢

表 4.6-3 (2/5) TEU 系统主要设备特性

除盐器 (9TEU001/002/003DE)	
数量	3
型式	立式圆筒
树脂装量, m ³	1.5
流量, m ³ /h	10
最大允许压降, MPa	0.15
最高工作压力, MPa (表压)	1
最高工作温度, °C	50
主要材料	不锈钢
蒸发器预过滤器 (9TEU001FI)	
数量	1
型式	滤芯式
流量, m ³ /h	4
最大允许压降, MPa	0.25
最高工作压力, MPa (表压)	0.65
最高工作温度, °C	70
过滤粒度, μm	100
过滤效率, %	98
主要材料	不锈钢
直接排放过滤器 (9TEU002/012FI)	
数量	2
型式	滤芯式
流量, m ³ /h	27.2
最大允许压降, MPa	0.25
最高工作压力, MPa (表压)	1.05
最高工作温度, °C	70
过滤粒度, μm	5
过滤效率, %	98
主要材料	不锈钢
除盐器预过滤器 (9TEU004FI)	
数量	1
型式	滤芯式
流量, m ³ /h	10
最大允许压降, MPa	0.25
最高工作压力, MPa (表压)	1.05
最高工作温度, °C	70
过滤粒度, μm	5
过滤效率, %	98
主要材料	不锈钢

表 4.6-3（3/5） TEU 系统主要设备特性

树脂滞留过滤器（9TEU005/006FI） 数量 型式 流量，m ³ /h 最大允许压降，MPa 最高工作压力，MPa（表压） 最高工作温度，℃ 过滤粒度，μm 过滤效率，% 主要材料	2 滤芯式 10 0.25 1.05 70 25 98 不锈钢
工艺排水泵（9TEU001PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 10 95 70 不锈钢
地面排水泵（9TEU002PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 27.2 70 70 不锈钢
化学排水泵（9TEU003PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心式 10 40 70 不锈钢
排水泵（9TEU012PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 27.5 75 70 不锈钢

表 4.6-3（4/5） TEU 系统主要设备特性

蒸发器供料泵（9TEU013PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 5 55 70 不锈钢
蒸发器供料泵（9TEU005PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 5 50 70 不锈钢
强制循环泵（9TEU006PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 500 20 155 不锈钢
蒸馏液泵（9TEU007PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 5 64.5 155 不锈钢
废液排放泵（9TEU008PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 离心泵 15 40 70 不锈钢

表 4.6-3（5/5） TEU 系统主要设备特性

消泡剂泵（9TEU009PO） 数量 型式 流量，L/h 最高工作温度，℃ 主要材料	1 计量泵 27 95 不锈钢
碱泵（9TEU010PO） 数量 型式 流量，L/h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 计量泵 0—150 ≥10 40 不锈钢
酸泵（9TEU011PO） 数量 型式 设计流量，L/h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 计量泵 0—150 ≥10 40 不锈钢
蒸发器（9TEU001EV） 数量 流量，t/h 最高工作压力，MPa（表压） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 3.5 1.6 160 不锈钢
净化器（9TEU001ZE） 数量 流量，m ³ /h 最高工作压力，MPa（表压） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 3.5 1.6 160 不锈钢

表 4.6-4 TER 系统主要设备特性

废液排放贮槽（0TER001/002/003BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压） 最高工作温度，℃ 主要材料	3 立式圆筒 500 大气压 60 碳钢
排放泵（0TER001/002/003PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	3 离心泵 170 40 60 不锈钢
地坑泵（0TER004/005/006PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	3 地坑潜水泵 10 32 70 不锈钢
地坑泵（0TER007PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 地坑潜水泵 5 24 50 不锈钢

表 4.6-5（1/2） SRE 系统主要设备特性

废水贮槽（0SRE001/002BA） 数量 型式 有效容积， m^3 工作压力，MPa（表压） 最高工作温度， $^{\circ}\text{C}$ 主要材料	2 立式立方体 20 大气压 50 不锈钢
排水泵（0SRE001/002PO） 数量 型式 流量， m^3/h 扬程，m（水柱） 最高工作温度， $^{\circ}\text{C}$ 主要材料	2 离心泵 10 67 50 不锈钢
地坑泵（0SRE008PO） 数量 型式 流量， m^3/h 扬程，m（水柱） 最高工作温度， $^{\circ}\text{C}$ 主要材料	1 地坑潜水泵 5 30 50 不锈钢
过滤器（0SRE001FI） 数量 型式 流量， m^3/h 最大允许压降，MPa 最高工作温度， $^{\circ}\text{C}$ 过滤粒度， μm 过滤效率，% 主要材料	1 滤芯式 10 0.25 50 5 98 不锈钢
机械去污水疏水箱（0SRE201BA） 数量 型式 有效容积， m^3 工作压力，MPa（表压） 最高工作温度， $^{\circ}\text{C}$ 主要材料	1 卧式圆筒 26 大气压 70 不锈钢
化学去污水疏水箱（0SRE202BA） 数量 型式 有效容积， m^3 工作压力，MPa（表压） 最高工作温度， $^{\circ}\text{C}$	1 立式圆筒 12 大气压 70

表 4.6-5（2/2） SRE 系统主要设备特性

厂区试验室疏水箱（0SRE203BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 立式圆筒 2.5 大气压 70 不锈钢
排水泵（0SRE201/202/203PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	3 离心泵 5 60 70 不锈钢
地坑泵（0SRE301/302/303/305/306/307PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	5 地坑潜水泵 5 30 50 不锈钢

表 4.6-6 RPE 系统主要设备特性

设备名称	设备编号	主要参数	主要材料
反应堆冷却剂疏水箱	1RPE 001BA	全容积：5m ³ 设计压力：0.2MPa	不锈钢
	2RPE 001BA	全容积：5m ³ 设计压力：0.2MPa	不锈钢
含氧废气疏水罐	1RPE 002BA	全容积：0.24m ³ 设计压力：0.02MPa	不锈钢
	2RPE 002BA	全容积：0.24m ³ 设计压力：0.02MPa	不锈钢
工艺疏水箱	1RPE003BA	全容积：1.45 m ³ 设计压力：常压	不锈钢
	2RPE003BA	全容积：1.45 m ³ 设计压力：常压	不锈钢

表 4.6-7 (1/2) RCV 系统主要设备特性

设 备	参 数
容积控制箱 (1/2RCV002BA)	
数量	2
容积, m ³	8.9
设计压力, MPa (表压)	0.52
设计温度, °C	110
材料	奥氏体不锈钢
混合床除盐器 (1/2RCV001DE, 1/2RCV002DE)	
数量	4
设计压力, MPa (表压)	1.38
设计温度, °C	110
流量, m ³ /h:	
— 正常	13.6
— 最大	27.2
树脂体积 (每台), m ³	0.93
材料	奥氏体不锈钢
阳床除盐器 (1/2RCV003DE)	
数量	2
设计压力, MPa (表压)	1.38
设计温度, °C	110
最大流量, m ³ /h:	13.6
树脂体积, m ³	0.46
材料	奥氏体不锈钢

表 4.6-7（2/2） RCV 系统主要设备特性

设 备	参 数
反应堆冷却剂过滤器 （1/2RCV001FI, 1/2RCV002FI） 数量 设计压力，MPa（表压） 设计温度，℃ 流量，m ³ /h： —— 正常 —— 最大 颗粒滞留率 材料（容器）	4 1.38 110 13.6 27.2 5μm 颗粒达 98% 奥氏体不锈钢
密封水注入过滤器 （1/2RCV003FI,1/2RCV004FI） 数量 设计压力，MPa（表压） 设计温度，℃ 流量，m ³ /h： —— 正常 —— 最大 颗粒滞留率 材料（容器）	4 188 110 — 5.4 9 5μm 颗粒达 98% 奥氏体不锈钢
密封水返回过滤器（1/2RCV005FI） 数量 设计压力，MPa（表压） 设计温度，℃ 流量，m ³ /h： —— 正常 —— 最大 颗粒滞留率 材料（容器）	2 1.03 110 — 2.1 17 5μm 颗粒达 98% 奥氏体不锈钢

表 4.6-8（1/3）PTR 系统主要设备特性（泵类）

服务区域	乏燃料水池		反应堆换料水池	
水泵名称	冷却回路用泵	撇沫回路用泵	撇沫回路用泵	过滤回路用泵
水泵编号	1/2PTR001PO, 1/2PTR002PO 1/2PTR006PO	1/2PTR003PO	1/2PTR004PO	1/2PTR005PO
额定流量 (m ³ /h)	421.5	5	6	100
额定流量下扬程 (m)	47.5	32	20	42
净正吸入压头 (m)	27.16	15	5	20
额定流量下 最小 NPSH	7.2	2	2	6
主要材料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢

表 4.6-8（2/3）PTR 系统主要设备特性

冷却水热交换器 1/2PTR001RF 1/2PTR002RF 1/2PTR006RF	冷 侧	热 侧
连接系统	RRI	PTR
额定流量（m ³ /h）	542	361.5
入口温度（℃）	35	50
换热量（MW）	4.2	4.2
材料	碳钢	不锈钢

换料水箱 1/2PTR001BA	
有效容积（m ³ ）	1664
总容积（m ³ ）	1756
最高工作温度（℃）	60
最大压力，MPa（水箱顶部）	大气压力
外径（mm）	11800
高度（mm）	17940
材料	不锈钢

除盐器 1/2PTR001DE	
额定流量（m ³ /h）	60
最高工作温度（℃）	60
最高工作压力（表压）（MPa）	0.8
树脂体积（m ³ ）	1.5
材料	不锈钢

表 4.6-8（3/3）PTR 系统主要设备特性（过滤器）

过滤器名称	乏燃料水池 过滤器	乏燃料水池 过滤器	反应堆换料 水池过滤器	乏燃料水池 撇沫过滤器
过滤器编号	1/2PTR001FI	1/2PTR002FI	9PTR003/004FI	1/2PTR005FI
额定流量 (m ³ /h)	60	60	50	5
最大工作压力 (MPa)	0.75	0.75	0.75	0.35
设计温度 (℃)	80	80	80	80
过滤精度 (μm)	5*	25	5	5
过滤效率 (%)	98	98	98	98
截污容量 (g)	3750	3400	3750	400
材 料	不锈钢	不锈钢	不锈钢	不锈钢

* 采用 25μm 过滤精度已经可以满足水质要求，但是，为了进一步改善水质，采用 5 过滤精度（除盐器内的碎树脂大于 25）。

表 4.6-9 APG 系统主要设备特性

非再生热交换器 1/2APG001RF	壳侧	管侧
连接的系统	RRI	APG
最大流量 (t/h)	193	37
最大进口压力 (MPa) 表压	0.8	7.5
最高进口温度 (°C)	35	291
最高出口温度 (°C)	83.3	56
再生热交换器 1/2APG002RF	壳侧	管侧
连接的系统	CEX	APG
最大流量 (t/h)	137	70
最大进口压力 (MPa) 表压	2.51	7.5
最高进口温度 (°C)	45.2	291
最高出口温度 (°C)	177	56
除盐器	1/2APG00DE, 1/2APG002DE	1/2APG003DE 1/2APG004DE
树脂类型	阳床	混合床
树脂装量 (m ³)	1.5	1.5
最大流量 (m ³ /h)	35	35
运行压力 (MPa) 表压	1.4	1.4
最高温度 (°C)	60	60
设计温度 (°C)	80	80

过滤器	1/2APG001FI, 1/2APG002FI	1/2APG003FI
最大流量 (t/h)	70	70
运行压力 (MPa) 表压	1.4	1.4
最高温度 (°C)	60	60
设计温度 (°C)	80	80
过滤粒度 (μm)	5	25
过滤效率 (%)	98	98
滞留能力 (kg)	3.75	3.40

表 4.6-10 SEL 系统主要设备特性

废液排放贮槽（0SEL001/002/003BA） 数量 型式 有效容积，m ³ 工作压力，MPa（表压） 最高工作温度，℃ 主要材料	3 立式圆筒 500 大气压 60 碳钢
排水泵（0SEL001/002/003PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	3 卧式离心泵 170 40 60 不锈钢
地坑泵（0SEL004PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 地坑潜水泵 10 32 70 不锈钢
地坑泵（0SEL005PO） 数量 型式 流量，m ³ /h 扬程，m（水柱） 最高工作温度，℃ 主要材料	1 地坑潜水泵 5 24 70 不锈钢

表 4.6-11 TEG 废气的来源

含氢废气：

序号	来 源	设 备 名 称	设 备 编 号
1	氮气覆盖的贮槽排气	<1>稳压器卸压箱 <2>前贮槽 <3>容积控制箱 <4>反应堆冷却剂疏水箱	RCP002BA TEP001BA, 008BA RCV002BA RPE001BA
2	硼回收系统除气装置	排气冷凝器	TEP001CS, 002CS

含氧废气：

序号	来 源	设 备 名 称	设 备 编 号
1	常压贮槽的排气	<1>中间贮槽 <2>工艺排水接收槽 <3>废树脂贮槽 <4>疏水含氧废气罐	TEP002BA, 003BA, 004BA TEU001BA, 002BA TES002BA, 003BA RPE002BA
2	TEP 系统蒸发排气	TEP 蒸馏液冷凝器	TEP003CS, 004CS
3	冷停堆时 TEP 除气塔生产状态（状态五）前的排气	排气冷凝器	TEP001CS, 002CS
4	氮气覆盖的贮槽的排气（不含氢气）	硼酸贮存槽	REA003BA, 004BA
5	过滤器更换过滤器芯子时的排气	<1>TEP 系统的过滤器 <2>RCV 系统的过滤器 <3>TEU 系统的过滤器	TEP001FI, 002FI, 003FI, 004FI, 006FI, RCV001FI, 002FI, 005FI, TEU001FI, 004FI, 005FI
6	除盐器更换树脂时的排气	<1>TEP 系统的除盐器 <2> RCV 系统的除盐器 <3>TEU 系统的除盐器	TEP001DE, 002DE, 003DE, 004DE, 005DE, 006DE, 007DE RCV001DE, 002DE, 003DE TEU001DE, 002DE
7	反应堆启动时，RCV 系统设备排气（经 RPE 管道视镜 029IC，030IC）	<1>下泄热交换器 <2>密封水热交换器	RCV002RF RCV003VF

表 4.6-12 TEG 含氢废气子系统主要工艺设备参数

——缓冲罐（001BA） 数量 型式 容积 设计压力 设计温度 主要材料	1 台 卧式，圆筒型 5m^3 0.7MPa（表压） 50℃ 不锈钢
——含氢废气压缩机（001，002CO） 数量 型式 设计流量 设计压力 设计温度 主要材料	2 台 隔膜压缩机 38m^3 （STP）/h 台 0.7MPa（表压） 200℃ 不锈钢和碳钢
——压缩气体冷却器（001，002RF） 数量 型式 气体额定流量 入口气体压力（内管） 入口设冷水压力（外管） 出口气体温度 主要材料	2 台 卧式套管 38m^3 （STP）/h 台 0.7MPa（表压） 1.2MPa（表压） 50℃ 不锈钢
——衰变箱（004，005，006，007BA） 数量 型式 容积 设计压力 设计温度 主要材料	4 台 立式圆筒型 18m^3 /台 0.7MPa（表压） 50℃ 碳钢
——衰变箱（008，009，010，011BA） 数量 型式 容积 设计压力 设计温度 主要材料	4 台 立式圆筒型 60m^3 /台 0.7MPa（表压） 50℃ 碳钢

表 4.6-13 TEG 含氧废气子系统主要工艺设备参数

——电加热器（001，002RS） 数量 额定流量 气体出口最高温度 主要材料	2 台 2000m ³ （STP）/h 台 70℃ 不锈钢
——碘吸附器（001，002PI） 数量 额定流量 去污因子（分子碘） 主要材料	2 台 2000m ³ （STP）/h 台 ≥5000（分子碘）, ≥1000（甲基碘） 碳钢
——排气风机（001，002ZV） 数量 类型 额定流量 静压（20℃） 主要材料	2 台 离心式 2000m ³ （STP）/h 台 5800 Pa 碳钢

表 4.6-14 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	复合流量为 85～119 m ³ /h		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		复合后循环		
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				

表 4.6-15 两台机组每年待处理废物的体积及每年输出桶的平均值

a) TES 系统输入废物的总容积的设计值

来 源	TES 输入物
过滤器芯子	218 个
废树脂	34m ³ (1)
化学废液	不计
浓缩液	54m ³ (3)
压实前的各类干废物	280m ³ (2)

注： (1) 其中 12 m³ 封装在 200L 钢桶送往 QT 库等待清洁解控，其余在 T4UKT 烘干热压后固定在 200L 钢桶中。

(2) 其中 85%是可压实的，15%是不可压实的。由于采用了可降解的防护用品，2/3 的可压实废物采用了可降解处理。

(3) 为了使用 T4UKT 的蒸残液运输槽车将含硼浓缩液送到 T4UKT 处理，TEU 系统的蒸发器按照田湾 1~4 号机组 KPF 系统的情况，将浓缩液蒸发到硼酸含量不超过 100g/L (pH 值 12)，此时硼浓度约 15000ppm，浓缩倍数降低导致体积增加，但由于 T4UKT 采用蒸干压实工艺，这不会增加最终废物包的产生量。

b) 两台机组每年输出桶的设计值

	NX 厂房固定废过滤器芯产生的 400L 钢桶	T4UKT 处理废物后产生的 200L 钢桶
废树脂		67
浓缩液		38
过滤器芯子	218	
各种干废物		162
总计	218	267

表 4.6-16（1/2）两台机组每年产生的废树脂体积和活度的设计值

设备编号	树脂床类型	单位容积 (m ³)	活度水平	平均年产量 (m ³)	备注
1APG001DE	阳床	1.5	<370GBq/m ³	6	两列正常流量的50%。如果用标准规格的给水，并且蒸汽发生器(SG)无泄漏，这些树脂可持续使用一年。
1APG002DE	阳床	1.5	<370GBq/m ³		
1APG003DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
1APG004DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
2APG001DE	阳床	1.5	<370GBq/m ³	6	
2APG002DE	阳床	1.5	<370GBq/m ³		
2APG003DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
2APG004DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
1PTR001DE	混合床	1.5	>3.7TBq/m ³	3	当水池中无乏燃料时，最好进行持续排水。树脂持续使用约一年。
2PTR001DE	混合床	1.5	>3.7TBq/m ³		
1RCV001DE	混合床	1	>3.7TBq/m ³	1	每年约一个除盐器
1RCV002DE	混合床	1	>3.7TBq/m ³		
1RCV003DE	阳床	0.5	>3.7TBq/m ³	0.5	每年约一个除盐器
2RCV001DE	混合床	1	>3.7TBq/m ³	1	每年约一个除盐器
2RCV002DE	混合床	1	>3.7TBq/m ³		
2RCV003DE	阳床	0.5	>3.7TBq/m ³	0.5	每年约一个除盐器

表 4.6-16（2/2）两台机组每年产生的废树脂体积和活度的设计值

设备编号	树脂床类型	单位容积 (m ³)	活度水平	平均年产量 (m ³)	备注
9TEP001DE	阳床	1.5	>0.37TBq/m ³ 且 <3.7TBq/m ³	3	两列 001、003 和 002、004，每台 650MWe 机组为一列，间歇运行。这些树脂能用一年以上。
9TEP002DE	阳床	1.5	>0.37TBq/m ³ 且 <3.7TBq/m ³		
9TEP003DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
9TEP004DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
9TEP005DE	阴床	1.5	<370GBq/m ³	7	在周期末使用除硼树脂。
9TEP006DE	混合床	1.5	<370GBq/m ³		
9TEP007DE	阴床	1.5	<370GBq/m ³		
9TEU001DE	混合床	1.5	>0.37TBq/m ³ 且 <3.7TBq/m ³	6	处理工艺废水。
9TEU002DE	混合床	1.5	>0.37TBq/m ³ 且 <3.7TBq/m ³		
9TEU003DE	混合床	1.5	>0.37TBq/m ³ 且 <3.7TBq/m ³		
总计		33.5		34	

表 4.6-17（1/2）两台机组每年产生的废过滤器芯子的个数（设计值）

过滤器名称	外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$	外表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$
1APG001FI	19	
1APG002FI		
1APG003FI		
2APG001FI	19	
2APG002FI		
2APG003FI		
1PTR001FI		1
1PTR002FI	0.5	
1PTR005FI		1
2PTR001FI		1
2PTR002FI	0.5	
2PTR005FI		1
9PTR003FI		6
9PTR004FI		
1RCV001FI		4
1RCV002FI		
1RCV003FI		10
1RCV004FI		
1RCV005FI		1
2RCV001FI		4
2RCV002FI		
2RCV003FI		10
2RCV004FI		
2RCV005FI		1

表 4.6-17（2/2）两台机组每年产生的废过滤器芯子的个数（设计值）

过滤器名称	外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$	外表面剂量率 $> 2\text{mSv/h}$
9TEP001FI		4
9TEP002FI		
9TEP003FI		2
9TEP004FI		
9TEP005FI	1	
9TEP006FI	1	
9TEU001FI	59	72
9TEU002FI		
9TEU012FI		
9TEU004FI		
9TEU005FI		
9TEU006FI		
总计	100	118
	用水泥浆固定在 400L 钢桶内	

表 4.6-18（1/3）固体废物处理系统（TES）主要设备参数

NX 厂房内设备	
浓缩液贮槽	
数量	1 个
有效容积	5m ³
设计压力	0.3MPa（g）
设计温度	170℃
主要材料	不锈钢
废树脂贮槽	
数量	2 个
有效容积	9m ³
设计压力	常压
设计温度	55℃
主要材料	不锈钢
移动式 APG 废树脂贮槽	
数量	1 个
有效容积	3m ³
设计压力	常压
设计温度	55℃
主要材料	不锈钢
树脂喷射器	
数量	2 台
除盐水流量	7.5m ³ /h
树脂流量	2.5m ³ /h
工作压力	0.3MPa（g）
树脂输送泵	
数量	1 台
额定流量	11m ³ /h
扬程	20m
设计压力	1.0MPa（g）
废树脂运输接口箱	
数量	1 套
材料	不锈钢
设计压力	1.0MPa（g）

表 4.6-18（2/3）固体废物处理系统（TES）主要设备参数

浓缩液运输接口箱	
数量	1 套
材料	不锈钢
设计压力	1.0MPa（g）
接口箱连接用人员平台	
数量	1 套
材料	碳钢
过滤器芯子更换转运容器	
数量	1 套
铅厚	100mm
主要材料	不锈钢、铅
废滤芯灌浆固定装置	
数量	1 套
灌浆能力	灌浆流量为 13~ 47L/min，流量可以调节。 可以连续进料，连续出料
自动开封盖装置	
数量	1 套
用电量	20kW
内屏蔽门	
数量	1 套
防护厚度	130mm 碳钢
外屏蔽门	
数量	1 套
防护厚度	130mm 碳钢
废物桶吊车	
数量	1 套
起重量	~12t
废物桶抓具	
数量	3 套（NX 1 套、QT 2 套）
材料	不锈钢
废滤芯水泥固定桶屏蔽运输容器（400L 钢桶）	
数量	1 套
铅屏蔽厚度	100mm

表 4.6-18（3/3）固体废物处理系统（TES）主要设备参数

QT 库 内设备	
数控起重机	
数量	2 台
操作位置	控制室
起重量	5t
水泥料仓	
数量	1 个
有效容积	20m ³
材料	碳钢

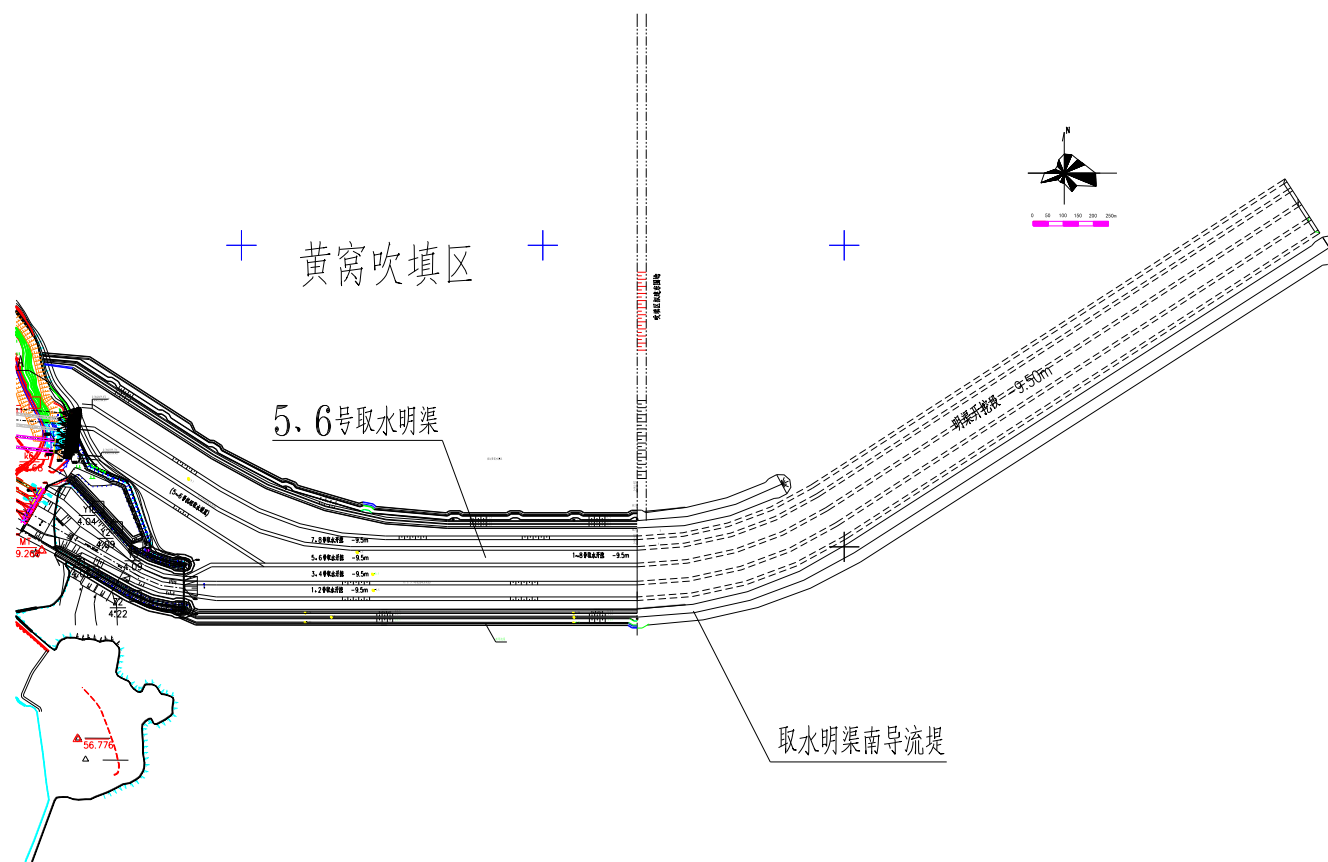


图 4.3-1 (1/2) 各期取水口的相对关系示意图

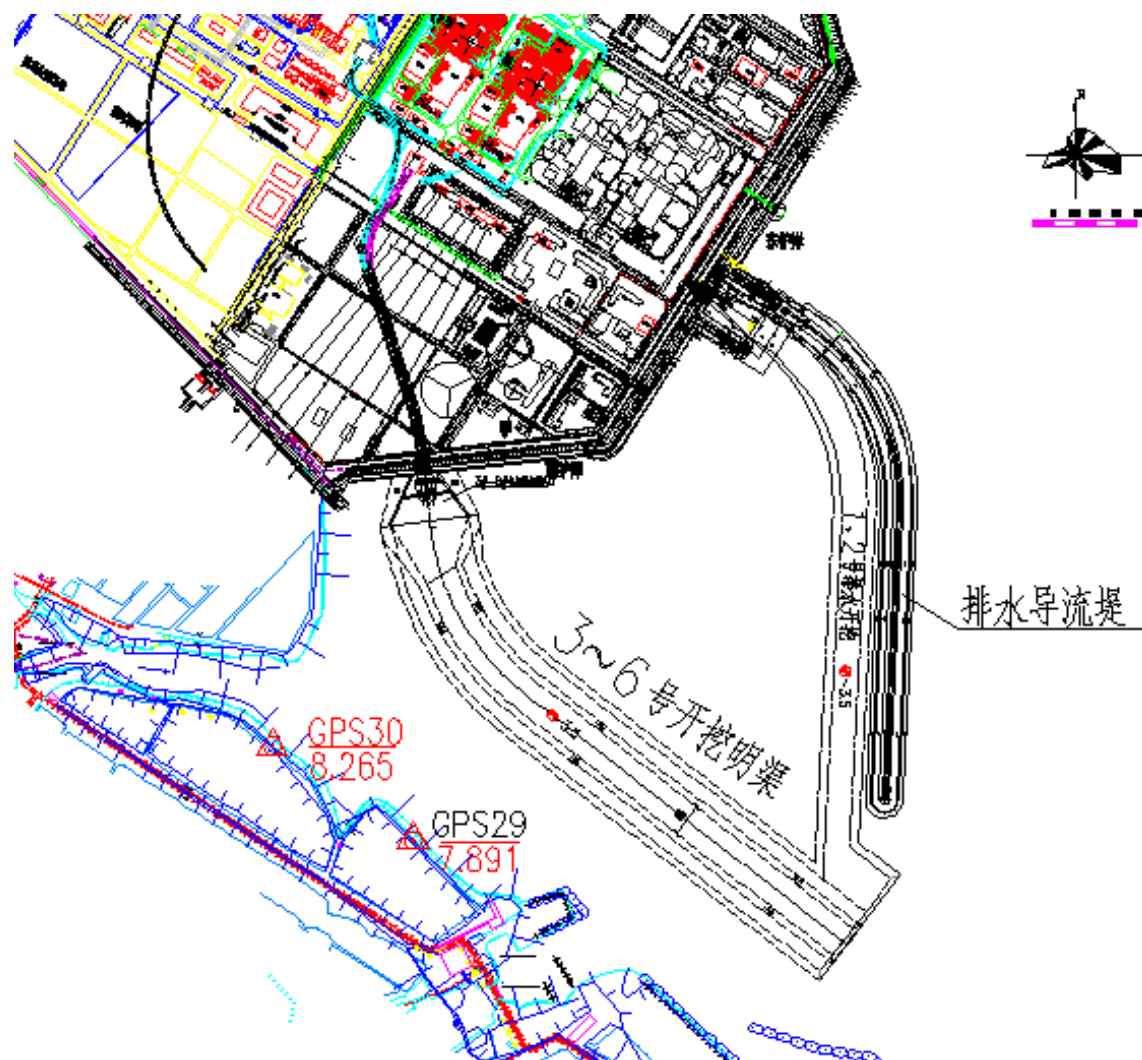
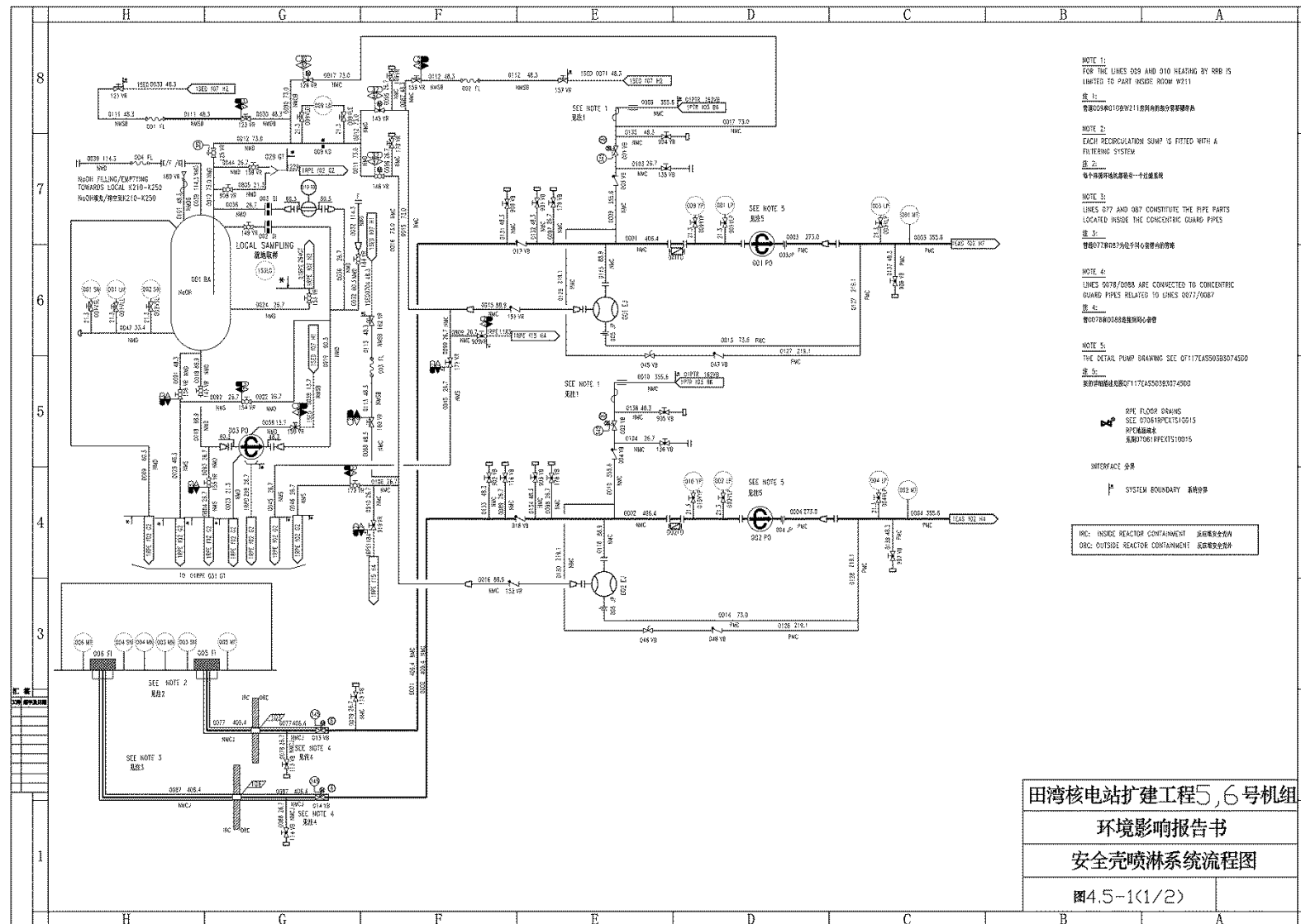
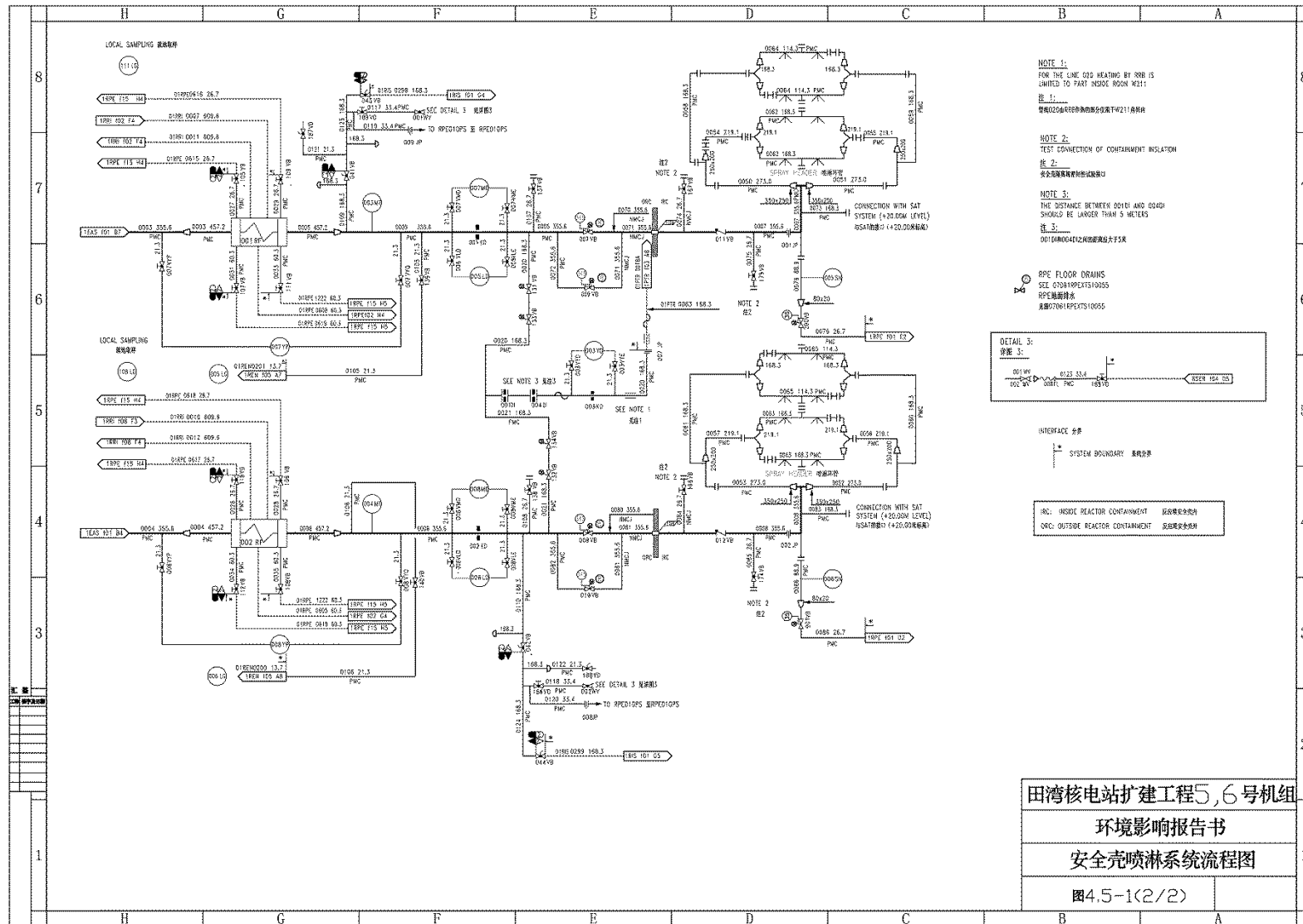
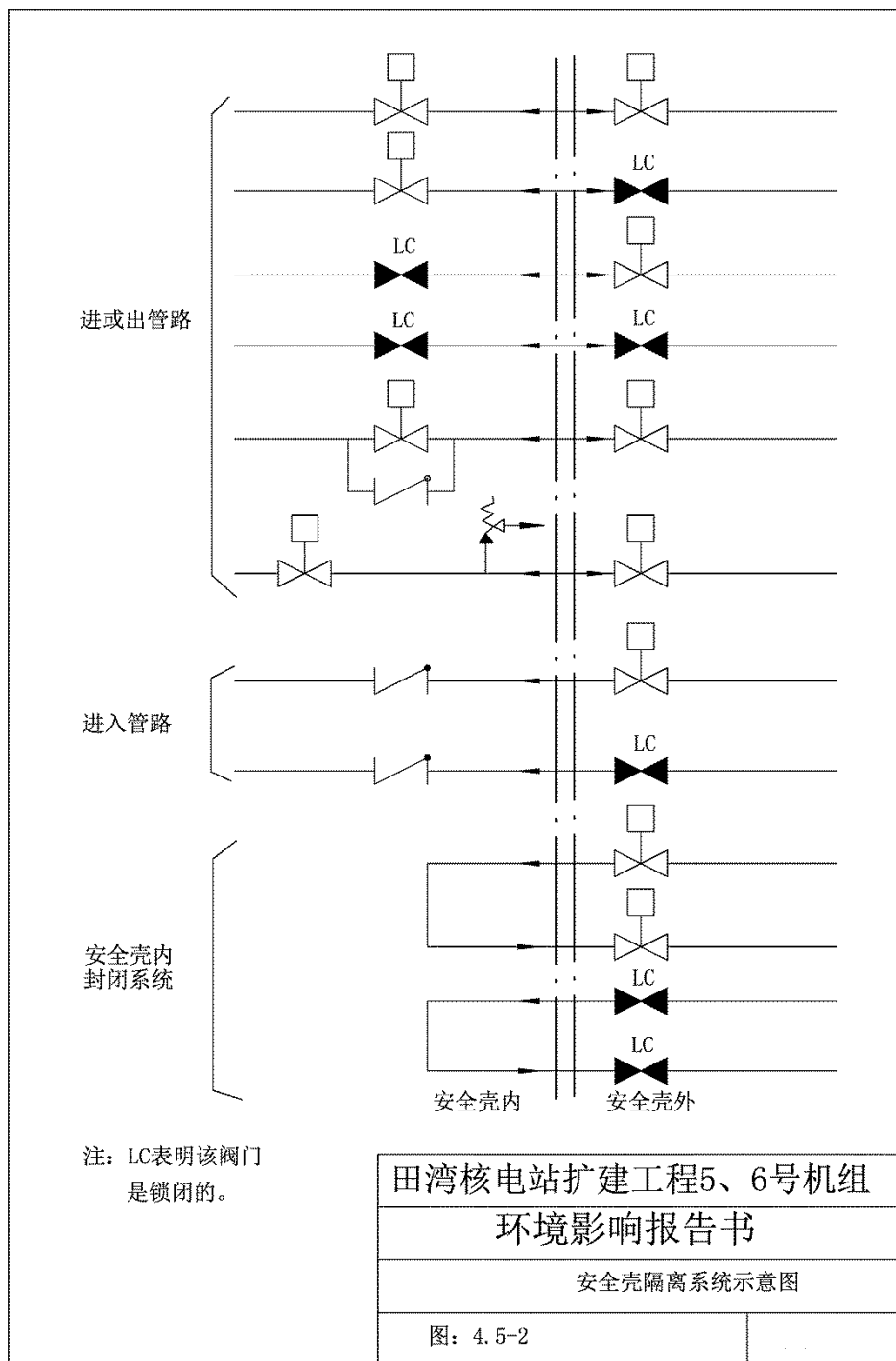


图 4.3-1（2/2）各期排水口的相对关系示意图



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）





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 陆域工程概况
- 5.1.2 陆域施工活动的影响
- 5.1.3 施工期陆域环境监测

5.2 水的利用

- 5.2.1 海域施工活动对水环境的影响
- 5.2.2 施工期对沉积物的影响
- 5.2.3 施工期对生态环境的影响

5.3 施工影响的控制

- 5.3.1 施工破坏地表覆盖层的防护措施及景观恢复
- 5.3.2 土石方开挖工程的控制措施
- 5.3.3 场地回填的控制措施
- 5.3.4 设计地形地貌的改造措施
- 5.3.5 水土保持措施
- 5.3.6 施工扬尘的控制措施
- 5.3.7 施工噪声的控制措施
- 5.3.8 固体废物污染控制措施
- 5.3.9 非放射性物质
- 5.3.10 施工期间的节水措施
- 5.3.11 放射源的使用管理

5.1 土地利用

5.1.1 陆域工程概况

5.1.1.1 工程规划用地

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。扩建工程 5、6 号机组按 5~8 号机组用地一次征用，征地 105.85hm^2 。

5.1.1.2 土地使用情况

本工程用地位于田湾核电基地西部。场地平整后，会形成东西向长约 797m，南北向宽约 369m 的长方形场地和东西向长约 1374m，南北向宽约 440~720m 的梯形场地组成，工程规划用地总面积约为 105.85hm^2 ，厂坪设计标高为 7.85m。

5.1.1.3 土地合理利用

（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。

5.1.2 陆域施工活动的影响

陆域施工活动主要是土石方爆破、场地的开挖和回填、临时和永久道路的建造、建构

筑物施工、设备安装、运输等产生的噪声、粉尘等影响。

5.1.2.1 对当地气候的影响

本工程的场地开挖和回填、临时和永久道路及建构筑物的建造，将改变当地的局部地形和下垫面粗糙度，对厂址气流变化产生局部影响，不足以影响厂址边界以外的大气环境。

5.1.2.2 对声环境的影响

土石方工程施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具所产生的噪声对厂址周围的声学环境、已运行机组和附近居民将产生影响。

（1）噪声对厂址周围的声学环境影响：由于爆破施工是阶段性的，集中在施工初期，其影响时间短，爆破施工完毕，噪声也即消失。

（2）对已运行机组产生影响：土石方爆破区域距已运行机组约 700m，如对爆破等施工进行施工控制，其对运行机组的影响是有限的。

（3）对附近居民的影响：厂址征地范围内的居民拆迁是在爆破施工前完成。最近的居民点为距厂址西北约 1.3km 的宿城街道东崖屋村下辖的陶庵村，共有 157 人，距离较远，施工噪声影响仅限于施工人员，不会出现扰民现象。

因此本工程施工噪声对环境的影响是可以接受的。

5.1.2.3 对大气环境质量的影响

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，造成大气环境质量局部恶化。必须采取必要的防护措施，以减少粉尘的影响。土石方施工完成后，当地的大气环境质量将很快得以恢复。因此施工过程中产生的粉尘对大气环境的影响是局部的和暂时的。

5.1.2.4 施工安装对环境的影响

核电厂施工建设阶段，各种设备和连接管道需要运输、贮存和现场安装，为避免盐雾锈蚀和表面氧化，采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理。钢材的处理包括除油、酸洗和钝化。除油采用磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂及一些表面活性剂、去污剂等；酸洗采用硫酸、磷酸、有机酸及缓蚀剂；钝化通过磷化、有机物或铬酸盐完成，钝化后有时用油做表面防护。上述物质有些是有毒化学物品，因此施工时，要求设备由承包商在出厂时按要求处理。需要在现场补充处理的，由施工单位按照制定的化学物品使用管理规定严格执行，对其使用量严格控制，产生的废弃物由承包商按相关规定进行处理，因此不会对环境造成污染。

5.1.2.5 建筑材料供应区的开辟对环境的影响

建筑材料包括水泥、沙子、石子、地砖、墙砖、钢材、管材、涂料及止水带等，除石子取自厂区正、负挖存料外，其余建材均外购。外购水泥自带包装存于搅拌站仓库内，无需倒运；外购沙子存于搅拌站料仓内，场内车辆倒运；外购地砖、墙砖自带包装及篷布运至施工区域临时周转场地；外购钢材、管材运至施工单位临建区，场内车辆倒运；涂料、止水带外购运至施工区域临时周转场地；石子取自厂区料场堆场及石料厂内堆场，运输为场内车辆短倒，绿网维护。建筑材料均堆置于库内或有防护措施的堆场，没有长距离倒运，所以对环境的影响是可以接受的。

石料堆场的石子来自石料加工厂，加工厂位于施工场地的最东部，远离办公和临时生活区，较大骨料在此分解，成料在此堆放。石料加工期间会产生扬尘和噪音，为减少噪音对环境的影响，采用先进的生产工艺和设备，噪音得到有效控制；通过加设防护和洒水措施，有效降低粉尘影响。

混凝土搅拌站位于厂址的东北角，所有原料均存于料仓内，加工过程无扬尘溢出仓外。

5.1.2.6 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。3、4 号机组施工期间对于固体废弃物指定承包单位，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。因此，3、4 号机组施工期间固体废弃物对环境的影响是局部的和暂时的，是可以接受的。

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，通过类比分析可知，5、6 号机组施工期间固体废弃物对环境的影响是可以接受的。

5.1.2.7 厂外道路对沿线居民的影响

厂外道路在一期工程的建设时已建成通车，其对沿线居民的可能影响主要是施工车辆扬尘和噪声的影响。

厂外道路目前主要承担部分建筑材料运输和建设人员的通勤。建筑材料主要是袋装水泥和钢材。

为减少扬尘，采用如下措施：保持运输车辆清洁，运输物品包装完好，厂外道路经常清扫。通过严格的施工管理，运输产生的扬尘对沿线居民的影响是可以接受的。

运输作业主要发生在白天，并且施工交通量较少，所以噪声对沿线居民的影响是可以

接受的。

5.1.2.8 社会环境的影响

本工程的建设将永久占用土地，所用土地均在田湾核电厂的拟征地范围内。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。

5.1.2.9 生态环境的影响

本工程施工期间，将在建设规划区内占用大量土地，其表土和植被需要剥离，这将影响当地植物资源量和动物的生存环境。根据调查结果，施工所在地没有名贵的动植物资源，也没有风景名胜和文物古迹。厂址区原有的生态将被厂区绿化和景观所代替。因此，施工建设对周围环境造成的影响是很有限的。

5.1.3 施工期陆域环境监测

本工程施工期间将进行大气环境和噪声监测，本小节列出具体监测方案。

5.1.3.1 施工期大气环境监测

（1）监测因子及监测频率

施工期大气环境监测因子为：TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO 等五项。根据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2008）要求，本次所有监测项目均连续监测 7 天。其中 TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、CO、NO₂ 日均值每天连续采样 24h，SO₂、CO、NO₂ 小时均值每天在 02:00、08:00、14:00、20:00 点分别连续采样 1h。

（2）监测点设置

由风向玫瑰图可知，春夏季节 ESE 为主导风向，秋冬季节 NNE 为主导风向，根据各季主导风向，本次监测工作共设 5 个监测点，兼顾上风向、下风向居民点、厂界和污染源。监测点设置情况见表 5.1-1，监测点位置示意图见图 5.1-1。

（3）监测计划

根据不同施工阶段安排监测次数，监测计划见表 5.1-2。实际监测时根据具体施工进度进线适当调整。

（4）分析方法

按《环境空气质量标准》（GB3095-2012）执行，详见表 5.1-3。

（5）评价标准

采用《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准，评价标准如表 5.1-4。

5.1.3.2 施工期噪声环境监测

（1）监测因子及监测频率

1) 厂址区域

田湾核电站厂区内噪声监测分昼间和夜间两部分，监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} 和标准偏差 SD。施工场界内的 5 个点位监测分昼间和夜间两部分，施工期间，测量连续 20min 等效声级 L_{eq} 和最大声级 L_{max} ，连续监测两天。其余点位昼间每个测点每次监测 10min 等效连续 A 声级，连续监测两天，夜间每个测点每次监测 10min 等效连续 A 声级，监测两天。

2) 敏感区

敏感区噪声监测分昼间和夜间两部分，昼间监测时段为 6:00~22:00，夜间监测时段为 22:00~次日 6:00。监测参数为等效连续 A 声级 L_{eq} ，最大声级 L_{max} ，累积百分声级 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{90} ，和标准偏差 SD；在规定监测时间内，每个测点昼间每次监测 10min 等效连续 A 声级 L_d ，连续监测两天；夜间每次监测 10min 等效连续 A 声级 L_n ，连续监测两天。

（2）监测点设置

1) 厂址区域监测点

该项目厂址区域共设监测点 15 个，其中建筑施工场界设噪声监测点 4 个。具体布点情况见表 5.1-5 和图 5.1-2。

2) 敏感区监测点

环境噪声敏感点布设 5 个，分别为柳河村、东山组、船山、东崖屋、南山湾；均为居民点，具体布点情况见表 5.1-6 和图 5.1-3。

（3）监测计划

根据不同施工阶段安排监测次数，监测计划见表 5.1-7。实际监测时根据具体施工进度进线适当调整。

（4）分析方法

根据噪声测量得到的昼间等效声级 L_{eq} 和夜间等效声级 L_{eq} ，以及环境噪声评价标准，评述施工期噪声对厂界和敏感区的影响程度和超标情况，分析超标原因，绘制噪声分布图。

（5）评价标准

施工场界执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；敏感区执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 级标准。

5.2 水的利用

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组本工程与 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 号机组工程期间已建成取水导流堤、排水导流堤、排水口。本工程 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。

（1）海域工程施工情况

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组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，冷取水通过取水明渠进入厂外取水隧洞，再进入厂区内联合泵房，然后通过循环水泵和重要厂用水泵将海水输送至常规岛和核岛厂房。本期 2 台机组的循环水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隧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，排水口设置排水导流堤。

田湾核电站 5、6 号机组海域工程主要取水口构筑物、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，已完成了工程建设。

— 取水导流堤与取水明渠

1、2 号机组，3、4 号机组和 5、6 号机组取水明渠从南向北依次并排布置，明渠之间相互不影响。且田湾地区淤泥较深，各机组正常运行下也需定期疏浚，明渠开挖作业同正常运行工况下的明渠定期挖泥工作性质一样，挖泥不会影响运行机组安全。

— 排水构筑物

排水采用暗渠+排水导堤+开挖明渠相结合的排水方式。3-6 号机组共用一个排水口，排水口构筑物已由田湾核电站 3、4 号机组完成了工程建设。

— 排水导流堤与排水明渠

田湾核电站 5、6 号机组与 1、2、3、4 号机组共用排水导流堤。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，方位角 123°00'00"，长度为 95.928m；曲线段转弯半径 500m，长度为 521.635m；南段直线段方位角 2°46'29.789"，长度为 694.415m，南端堤头自然水深约-2.0m。排水导流堤已由田湾核电站 3、4 号机组完成了工程建设。

1、2 号机组排水明渠和 3、4 号机组以及 5、6 号机组排水明渠分开布置，在终端并行。5、6 号机组排水明渠在 3、4 号机组排水明渠 80m 的基础上向两侧拓宽至 180m。明渠之间相互不影响，5、6 号机组排水明渠施工不会影响运行机组安全。

5.2.1 海域施工活动对水环境的影响

田湾核电站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，严重损害其滤水和呼吸功能。另外，悬浮物中有害物质的二次污染也会对海水水质产生一定影响。

施工造成的海水中悬浮物浓度增加主要表现在机械的搅动，施工结束后，水体中的泥沙将在重力作用下以下沉为主，在施工停止 3~4 小时后，绝大部分泥沙将沉降于海底，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。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 0.45km²，0.09km²，0.04km²。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 0.39km²，0.14km²，0.07km²。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 2.41km²、1.1km² 和 0.65km²，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 0.94km²、0.52km² 和 0.31km²。

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。

（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。

5.2.2 施工期对生态环境的影响

（1）工程施工泥沙入海对海洋生物的影响

施工过程产生的入海泥沙对浮游生物的影响首先主要反映在悬浮泥沙入海将导致海水的混浊度增大，透明度降低，不利于浮游植物的光合作用，对浮游生物的生长起到抑制作用，降低单位水体浮游植物的数量。此外还表现对浮游动物的生长率、摄食率、丰度、生产量及群落结构等的影响。

徐兆礼等对悬沙影响浮游植物的问题进行了多项研究，其中长江口悬沙牟氏角毛藻生长影响的动态试验和静态试验研究表明：牟氏角毛藻的生长速度随悬沙浓度增大而逐渐减少，悬沙对浮游植物生物的影响非常显著，而且悬沙一旦产生，即便是浓度不大，也影响水体的透明度，从而影响浮游植物的光合作用，对浮游植物生长起到抑制作用。徐兆礼等人的研究结果还表明：悬沙对浮游植物的影响有两个方面，一是悬沙影响水体的透明度，从而影响浮游植物的光合作用，对浮游植物生长起到抑制作用；二是底泥存在的污染物，这些污染物从底泥中析出，造成水体二次污染，进而对浮游植物生长产生影响。根据徐兆礼^[30]开展的实验研究，长江口疏浚弃土悬沙对微绿球藻和牟氏角毛藻的生长有一定的抑制作用，试验结果表明，当水体中含沙量持续 96h 达到 3g/L 时，藻类生长速率降低 20%-30%。但当疏浚作业停止，悬沙将迅速沉淀，水体变清，藻类生长可恢复正常。

据施工期泥沙扩散数模成果，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 2.41km²、1.1km² 和 0.65km²，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 0.94km²、0.52km² 和 0.31km²。泥沙入海将对该范围内的浮游植物光合作用、浮游动物和鱼卵仔鱼的存活率产生一定的影响，这种影响是不可避免的。挖泥施工期若能避开鱼类的繁殖期进行施工，则对浮游生物和鱼卵、仔鱼影响较小。

施工过程引起的入海悬浮泥沙是暂时和有限的。随着上述工程的结束，泥沙的沉降作

用，水质将逐渐恢复，浮游生物会逐渐恢复正常。有关资料表明，浮游生物群落的重新建立需要几天到几周时间。

悬浮颗粒将直接对海洋生物仔幼体造成伤害，主要表现为影响胚胎发育。一般说来，仔幼体对悬浮物浓度的忍受限度比成鱼低得多。

海水中悬浮物对虾、蟹类的影响较小，但在许多方面对鱼类会产生不同的影响。首先是悬浮微粒过多时，不利于天然饵料的繁殖生长；其次，水中大量存在的悬浮物微粒会随鱼呼吸动作进入其鳃部，损伤鳃组织，隔断气体交换，影响鱼类的存活和生长。据有关实验数据，悬浮物质含量在 200mg/L 以下及影响较短时期时，不会导致鱼类直接死亡，但在疏浚中心区域附近的鱼类，即使过高的悬浮物质浓度未能引起死亡，但其鳃部会严重受损，从而影响鱼类今后的存活和生长。另外，挖泥施工产生的悬浮物扩散场和施工船舶在水中产生的振源，还会导致鱼类的回避反应，产生“驱散效应”。因此，挖泥施工期间，泥沙入海对鱼类会产生一定影响。

（2）海洋生物资源损失

根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》（SC/T 9110-2007），对疏浚过程造成的生态损失进行分析和计算。

本方法适用于污染物扩散范围内对海洋生物资源的损害评估，分一次性损害和持续性损害。

一次性损害：污染物浓度增量区域存在时间少于15天（不含15天）；

持续性损害：污染物浓度增量区域存在时间超过15天（含15天）。

一次性平均受损量评估：

某种污染物浓度增量超过GB11607或GB3097中II类标准值（GB11607或GB3097中未列入的污染物，其标准值按照毒性试验结果类推）对海洋生物资源损害，按公式计算：

$$W_i = \sum_{j=1}^n D_{ij} \times S_j \times K_{ij}$$

式中：

W_i ——第 i 种类生物资源一次性平均损失量，单位为（尾）、个（个）、千克(kg)；

D_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源密度，单位为尾平方千米（尾/ km^2 ）、个平方千米（个/ km^2 ）、千克平方千米（kg/ km^2 ）；

S_j ——某一污染物第 j 类浓度增量区面积，单位为平方千米（ km^2 ）；

K_{ij} ——某一污染物第 j 类浓度增量区第 i 种类生物资源损失率，单位为百分之（%）；
生物资源损失率取值参见表 5.2-3。

n ——某一污染物浓度增量分区总数

本工程施工造成的悬浮泥沙对海洋生物的损失按一次性损害计算，根据数模计算成果，5、6 号机组取水明渠开挖造成的悬浮泥沙浓度增量 $>10\text{mg/L}$ 的最大影响范围为 2.41 km^2 ，悬浮泥沙浓度增量 $>100\text{mg/L}$ 的最大影响范围为 1.1 km^2 ；5、6 号机组排水明渠开挖造成的悬浮泥沙浓度增量 $>10\text{mg/L}$ 的最大影响范围为 0.94 km^2 ，悬浮泥沙浓度增量 $>100\text{mg/L}$ 的最大影响范围为 0.52 km^2 。

根据 2012 年 5 月和 9 月工程海区渔业资源调查，鱼卵密度均值为 0.80 ind./m^3 ，仔稚鱼密度均值为 0.50 ind./m^3 ；根据 2012 年工程区渔业资源现场调查结果，工程区鱼类、虾类、蟹类资源尾数密度均值分别约为 $22.27 \times 10^3\text{ ind./km}^2$ 、 $6.76 \times 10^3\text{ ind./km}^2$ 、 $0.31 \times 10^3\text{ ind./km}^2$ 。本项目取、排水明渠开挖产生悬浮物造成的渔业资源损失，鱼卵损失 $4.12 \times 10^6\text{ ind}$ ，仔稚鱼损失 $2.58 \times 10^6\text{ ind}$ ，鱼类损失 $11.07 \times 10^3\text{ ind}$ ，虾类损失 $3.36 \times 10^3\text{ ind}$ ，蟹类损失 $0.15 \times 10^3\text{ ind}$ 。

5.2.3 施工期水域环境监测

5.2.3 施工期海域环境监测

（1）水质质量

根据《海水水质标准（GB 3097-1997）》，调查海域中各调查要素结果基本符合二类水质标准，无机氮、活性磷酸盐等要素超标率比较高。除了 Cu，其他重金属含量均符合二类海水水质标准要求。

（2）沉积物质量

调查海域中沉积物重金属元素的含量相对稳定，无明显的增加或减少趋势，表明沉积物重金属污染没有发生质的变化。

（3）水生生物及海洋生物质量

厂址附近海域叶绿素 a、浮游植物、浮游动物、潮间带生物、底栖生物以及生物质量水平与零点调查结果相当。

5.3 施工影响的控制

本工程建设过程中，特别是“四通一平”等前期场地准备工程，其施工活动必然会对周围环境产生一定的影响，为此需要采取一定的控制措施，以减少对环境造成的不利影响。

5.3.1 施工破坏地表覆盖层的防护措施及景观恢复

（1）场地平整之前，先将具有肥力的地表土剥离并集中堆放，用于绿化；

- (2) 严格按照设计要求进行施工；
- (3) 开挖出的土方应尽可能及时运至填方地段充填，避免水土流失；
- (4) 雨季施工做好防护措施；
- (5) 场地和边坡形成后，尽早进行绿化；
- (6) 施工结束后，在全部厂址范围内，凡可进行绿化的用地均充分绿化。

5.3.2 土石方开挖工程的控制措施

土石方开挖的影响主要是对 1、2 号运行机组、3、4 号机组建设以及对电厂其它已建设施和周围民宅等建筑的影响。

为了控制土石方开挖对 1、2 号运行机组的影响，应严格控制振动速度。

为了控制土石方开挖对电厂其它已建设施和周围民宅等建筑的影响，可采用以下措施：

- (1) 土石方爆破应严格遵守《爆破安全规程》（GB6722-2003）的相关规定；
- (2) 石方爆破需根据工程要求、地质条件、工程量大小和施工机械等合理选用爆破方法；
- (3) 合理选择最大装药量，控制震动速度和安全距离；
- (4) 爆破震动安全允许标准参见表 5.3-1；
- (5) 对各种临时弃土、弃渣按照“先挡后弃”的原则处理。

5.3.3 场地回填的控制措施

- (1) 场地回填时剥离清除的杂物，要集中堆放并及时运往厂外指定弃置场；
- (2) 临时堆放场地做临时挡护；
- (3) 剥离的用于绿化的表土集中堆放，在土堆周边外坡脚做临时挡护及雨排设施，其它裸露面采用撒播草籽等临时植物防护；
- (4) 分层回填并及时碾压；
- (5) 回填时避开扬尘、雨水等不良气象条件。

5.3.4 设计地形地貌的改造措施

- (1) 严格按照设计要求进行施工；
- (2) 选择合理的施工时间，尽量避开雨季施工。若不能避开，雨季施工应做好防护措施，对新开挖面采用土工布或塑料布等进行覆盖，防止雨水冲刷；
- (3) 优化施工工序，对工程开挖区要先修建临时性排水沟以避免径流对开挖场地的冲刷；对工程开挖的弃土弃渣要及时清运；弃土（渣）场地必须先拦后弃，防

止弃土（渣）流失；对开挖面、填方段等新形成的不稳定边坡要及时护坡，避免长时间裸露；

- （4）厂区东北设截排洪设施；
- （5）基础开挖的土、石方要集中堆放，并及时回填于需要填方的地点或指定场地，避免水土流失；
- （6）厂区施工中场地平整应与地下建筑施工相结合，统筹考虑，杜绝重复挖填，避免或减少二次倒运；
- （7）厂区内地下设施繁多，施工时要合理安排施工顺序，遵循由深而浅、统筹安排的原则，确定临近地下设施尽量同槽一次开挖，同时应保持基坑土方边坡的稳定，基面不受扰动；
- （8）所有建筑工地排水、设备清洗水要集中处理，尽量重复利用，对施工场所进行喷洒，减少地面起尘；
- （9）施工结束后，在全部厂址范围内，凡裸露地面全部进行硬化或绿化，可进行绿化的用地均充分绿化。

5.3.5 水土保持措施

扩建工程 5、6 号机组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。

5、6 号机组是在核电厂已有厂址上进行的扩建工程，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。

本工程新征建设用地 105.85hm^2 ，为 5~8 号机组生产区、施工场地及未利用地（非居住区）等用地。水土流失防治责任范围为 108.77hm^2 ，其中项目建设区 105.85hm^2 ，直接影响区 2.92hm^2 ；项目建设区中新增用地 105.85hm^2 ，利用一期已建设施面积 54.44hm^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。

本项目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。

5.3.5.1 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 $3\text{m}\times 3\text{m}$ 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。边坡防治区措施工程量见表 5.3-2。

（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 338 m^3 。

5.3.5.2 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 1800 m^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。施工区措施工程量见表 5.3-3。

5.3.5.3 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 7.5 hm^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 3.75 hm^2 ，两侧共占地 7.5 hm^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 7935 m^3 。施工区措施工程量见表 5.3-4。

（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 7.41hm²。

5.3.5.4 水土保持监测

5.3.5.4.1 监测内容

水土保持的监测内容如下：

- （1）项目区水土流失背景值的监测；
- （2）项目区水土流失影响因子监测；
- （3）项目水土保持防治责任范围的动态监测；
- （4）项目区水土流失动态状况监测；
- （5）水土流失危害监测；
- （6）项目区水土保持防治措施效果监测；
- （7）重大水土流失事件监测。

通过实施监测，评价水土流失控制情况和水土保持治理效果，最后计算出水土保持方案所确定的扰动土地整治率、水土流失总治理度、土壤流失控制比、拦渣率、林草覆盖率、林草植被恢复系数等的 6 项防治目标达到值。

5.3.5.4.2 监测时段、点位、频次

（1）监测时段

本工程属于建设生产类项目，监测时段分为施工准备期、施工建设期和生产运行期（仅自然恢复期）。根据项目建设实际情况，工程施工期与自然恢复期是本方案的重点监测期。

1）第一时段是施工准备期。进场前的水土流失及影响因子监测值是项目水土流失及其防治措施的本底值，是比较分析项目实施过程和生产运行初期的水土流失及其防治措施数量、质量与效果的对比值。

2）第二时段是施工建设期。该时段的水土流失强度及其影响因子的变化反应了项目施工造成水土流失的动态。

3）第三时段是自然恢复期。该时段的水土保持措施及其数量、质量与防治效果直接反映了项目的水土保持效果。

（2）监测频次

1）调查监测频次：根据不同的施工时序、监测内容分别确定。在施工准备期前结合

设计资料进行 1 次本底值调查监测，在施工期的中间及结束后各进行 1 次全面的调查监测，在水土保持措施开始实施后，春、秋季各监测 1 次。

2) 定位监测频次：水蚀监测主要安排在 6~9 月份，每 15 天各监测一次；每次大风、暴雨后另增加监测次数，汛期增加监测频次。即风速在 5m/s 以上时加测 1 次；水蚀监测，每次降雨雨强达到 $10\text{min} \geq 5\text{mm}$ 、 $30\text{min} \geq 10\text{mm}$ 、24 小时 $\geq 25\text{mm}$ 后加测 1 次。

5.3.5.4.3 监测方法

本方案水土保持监测方法采用调查监测与定点观测相结合的方法。在监测点根据监测内容要求，布设监测小区，定时观测和采样分析，获取监测数据。

(1) 调查监测：包括样方调查法、普查法、动态巡视法和访问法。调查监测主要包括植被状况监测和防护措施的效果及稳定性监测。

(2) 定点监测：主要对水土流失量变化及水土流失程度采用定点监测。本项目主要为水蚀量监测。

(3) 对水蚀量的监测采用沟槽法、简易坡面量测法和简易径流小区监测法。

5.3.5.4.4 监测设施及设备

按照监测内容和监测方法的要求，水土保持监测需要的主要设备有：GPS 定位仪、电子天平、自记雨量计、比重计、卷尺、测钎以及其它小型测量仪器等。水土保持监测人员三个，必须具备相关专业知

5.3.6 施工扬尘的控制措施

- (1) 施工区和相关道路上散落的灰土及时清扫，道路路面上经常洒水，保持路面湿润；
- (2) 严格控制行车速度；
- (3) 改善道路路面；
- (4) 在环境保护目标附近，应使用隔离板使施工区与周围环境隔离；
- (5) 尽量减少土方的临时堆置时间；
- (6) 渣土临时堆放场应加盖布条进行防护；
- (7) 水泥等粉状建筑材料应妥善保管，不得露天随意存放；
- (8) 加强施工管理，合理调度运输车辆等；
- (9) 在施工过程中对易引起飞尘的操作如钻机打孔，采用干式或湿式除尘方法，以减少粉尘。

5.3.7 施工噪声的控制措施

- （1） 尽可能使用噪声低的先进施工设备，并合理安排施工进度，加强在施工期间对高噪声设备的管理，避免高噪声设备的同步使用；
- （2） 对于可能造成声环境敏感点影响的工程，在夜间尽量不施工，或夜间施工禁止使用重型机械；
- （3） 爆破噪声为间歇性脉冲噪声，在爆破中每一个脉冲噪声应控制在 120dB 以下。复杂环境条件下，噪声控制由安全评估确定。

5.3.8 固体废物污染控制措施

- （1） 对于施工期间现场废物垃圾的处置，制定相应的管理规定，并严格执行；
- （2） 从源头控制，使废物垃圾产生的数量最小化；
- （3） 集中储存，做好防护措施，使其对环境的影响降至最低；
- （4） 采用专用运输车辆及时外运，避免运输过程中的遗撒；
- （5） 污水采用有组织排水方式，处理达标后排入大海。

5.3.9 非放射性物质

- （1） 对需进行表面处理的设备、管道、钢材等，要求设备承包商在出厂前进行处理；
- （2） 必须在现场处理的，由施工单位严格执行化学物品使用管理规定，对其使用量严格控制；
- （3） 表面处理产生的废弃物由承包商按相关规定进行处理，避免污染环境。

5.3.10 施工期间的节水措施

- （1） 采用新型管材，推广节水器具

项目在实施先进的水处理工艺及施工技术的同时，采用密封性能可靠的设备和管材，减少用水设备及供水管网水的漏失。生活用水的卫生洁具采用节水型器具。

- （2） 提高水的重复利用率

施工期生活污水输送到一期生活污水处理站集中处理，处理后的水达标后进行中水回用，中水可用于施工场地道路喷洒和绿化，施工期生产用水中的砂石冲洗的排水循环利用，不外排。这样使用既可以节约新鲜水，又可以解决生活污水排放问题。

- （3） 加强节水管理

采取上述各种节水措施，可最大程度地达到了节约用水的目的。

为了加强核电厂的水务管理，设计中考考虑对施工期用水量加以控制和计量的措施。在工程给水总管及主要用水支管上安装水量计量装置，必要时设调节和控制流量的装置，并

将主要计量数据送到一个地点，进行统计分析，以便有针对性的控制水量。

5.3.11 放射源的使用管理

施工期间主要用 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。

施工期间使用放射源的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。装卸放射源时，尽量使用长柄钳等远距离操作器械，操作时间要准确、迅速，必要时可提前进行模拟练习。现场透照布置时，尽可能让射线辐射窗口远离工作人员。本项目施工期间从事放射工作的人员要穿戴必要的射线防护用品，如铅胶围裙、铅胶手套、铅玻璃眼镜等。用于处理放射性同位素与射线装置的工具均为专用，不得挪作它用。

调试或测试放射探伤装置在专门的射线探伤室或空旷的地方进行；射线工作区域用围栏圈出非安全区，并派专人监查。

根据射线的辐射范围，划出一定范围的警戒区域，并设置电离辐射标志和中文警示说明，必要时须有专人负责警戒，以防无关人员进入辐射现场。放射源使用完毕后，及时清点回收。

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

本项目产生的废源争取按采购合同约定的方式，优先考虑由供货方回收。

对于采购合同中没有约定处置方式的废旧放射源，集中收贮保管和处理，进行固化或固定、进行再包装。积累到一定程度，移交环保部门认可的放射性废物处理机构。

表 5.1-1 施工期大气环境监测点名称及位置概况

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
5	核电北门	厂址东北

表 5.1-2 施工期大气环境监测计划表

施工阶段	监测次数，/年
场地开挖阶段	4
土建阶段	4
安装阶段	2

表 5.1-3 大气环境监测因子分析方法一览表

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} 、 $\text{PM}_{2.5}$	HJ618-2011	重量法	0.001
SO_2	HJ482-2009	副玫瑰苯胺分光光度法	0.007（1 小时采样） 0.004（连续 24 小时采样）
NO_2	HJ479-2009	Saltzman 法	0.015（1 小时采样） 0.006（连续 24 小时采样）
CO	GB9801-88	非分散红外法	0.3（1 小时采样）

表 5.1-4 大气环境监测因子的评价标准

监测因子	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO ₂	SO ₂	CO
日均值 (μg/m ³)	300	150	75	80	150	4000
小时均值 (μg/m ³)	-	-	-	200	500	10000

表 5.1-5 厂址区域施工期噪声监测点情况

测点编号	测点位置	测点方位	噪声来源
C1	厂界北	C9	双围墙（1、2 号核岛北）
C2	厂界东北	C10	双围墙（2 号核岛西）
C3	厂界南	C11	双围墙（1、2 号核岛南）
C4	厂界西	C12	5、6 号机组北边界
C5	3 号反应堆中心	C13	5、6 号机组东边界
C6	1 号核岛生产厂房	C14	5、6 号机组南边界
C7	2 号核岛生产厂房	C15	5、6 号机组西边界
C8	双围墙（1 号核岛东）		

表 5.1-6 环境敏感区施工期噪声监测点情况

测点编号	测点位置	噪声来源	备注
1	柳河村	运输车辆及修补船只的机械声	金山船厂
2	东山组	居民日常活动	/
3	船山	居民日常活动	船山景区
4	东崖屋	居民日常活动	/
5	南山湾	运输车辆	连云港兴达紫菜加工有限公司

表 5.1-7 施工期噪声监测计划表

施工阶段	监测次数, /年
场地开挖阶段	4
土建阶段	4
安装阶段	2

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 污染物对各类生物损失率

污染物 i 的超标 倍数 (B_i)	各类生物损失率 (%)			
	鱼卵和仔稚鱼	成体	浮游动物	浮游植物
$B_i \leq 1$ 倍	5	<1	5	5
$1 < B_i \leq 4$ 倍	5~30	1~10	10~30	10~30
$4 < B_i \leq 9$ 倍	30~50	10~20	30~50	30~50
$B_i \geq 9$ 倍	≥ 50	≥ 20	≥ 50	≥ 50

注:

1. 本表列出污染物 i 的超标倍数(B_i), 指超《渔业水质标准》或超 II 类《海水水质标准》的倍数, 对标准中未列的污染物, 可参考相关标准或按实际污染物种类的毒性试验数据确定; 当多种污染物同时存在, 以超标准倍数最大的污染物为评价依据。
2. 损失率是指考虑污染物对生物繁殖、生长或造成死亡, 以及生物质量下降等影响因素的综合系数。
3. 本表列出的对各类生物损失率作为工程对海洋生物损害评估的参考值。工程产生各类污染物对海洋生物的损失率可按实际污染物种类, 毒性试验数据作相应调整。
4. 本表对 pH、溶解氧参数不适用。

表 5.3-1 爆破震动安全允许标准

序号	保护对象类别	安全允许振速（cm/s）		
		<10Hz	10Hz~50Hz	50Hz~100Hz
1	土窑洞、土坯房、毛石房屋	0.5~1.0	0.7~1.2	1.1~1.5
2	一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
3	钢筋混凝土结构房屋	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0

表 5.3-2 边坡防治区措施工程量

工程名称		单位	数量
工程措施	砖砌体	m ³	6331
	混凝土	m ³	19152
植物措施	常春藤	株	305302

表 5.3-3 施工区措施工程量

工程名称			单位	数量
植物措施		撒播草籽	kg	38.4
临时措施	临时挡土防护	干浆砌石	m ³	1800
	临时排水工程	M7.5 浆砌片石	m ³	1668
		M7.5 砂浆抹面	m ²	5560

表 5.3-4 施工区措施工程量

工程名称		单位	数量
工程措施	浆砌石	m ³	7935
植物措施	撒播草籽	kg	96.2



图 5.1-1 田湾核电站 5、6 号机组施工期大气环境监测点位置示意图

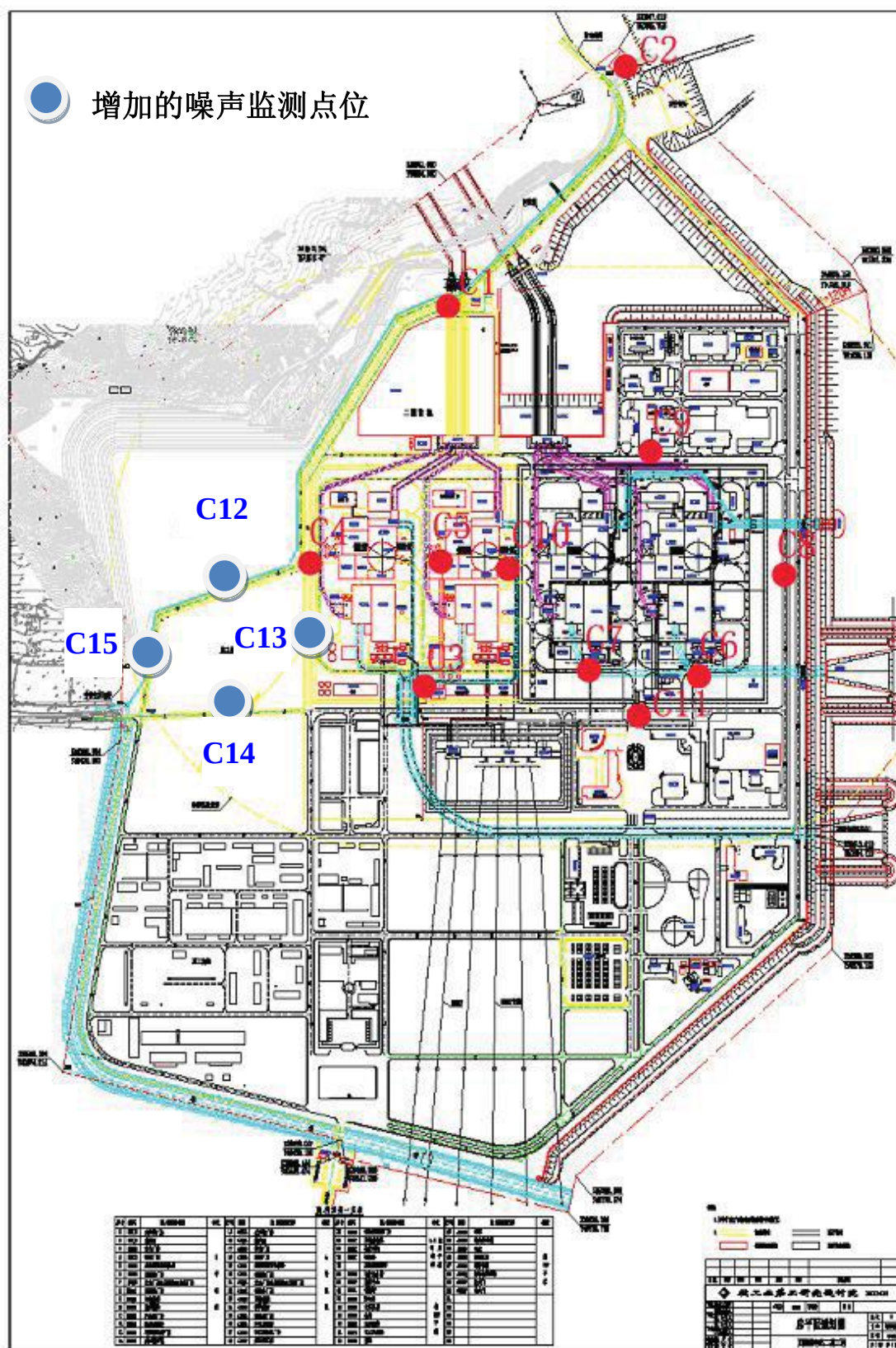


图 5.1-2 厂址区域噪声监测点位置示意图



图 5.1-3 敏感区施工期噪声监测点位置示意图

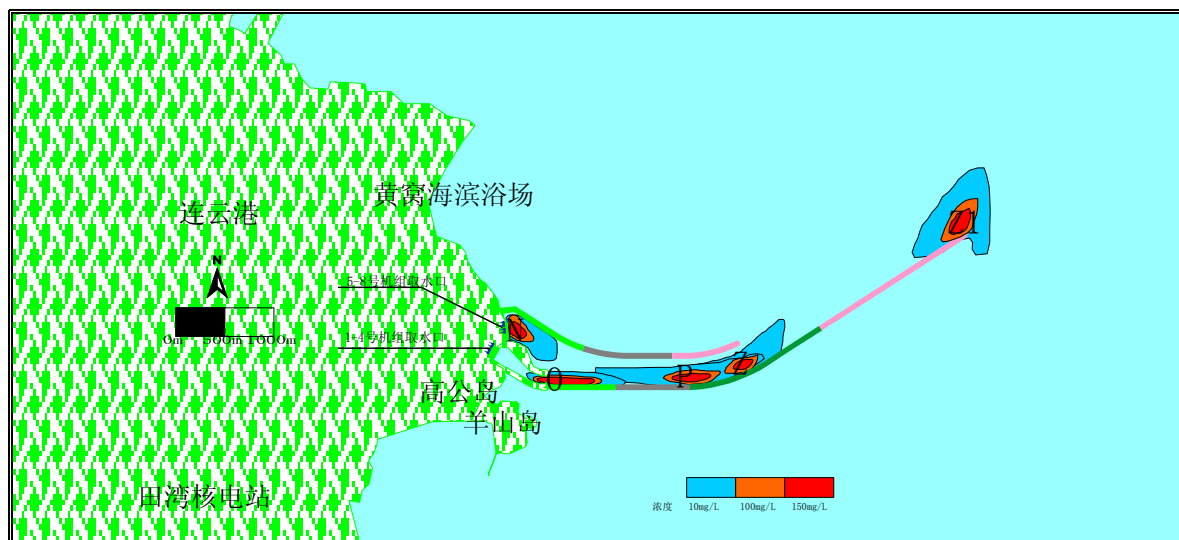


图 5.2-1 取水渠代表作业点基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大包络线图

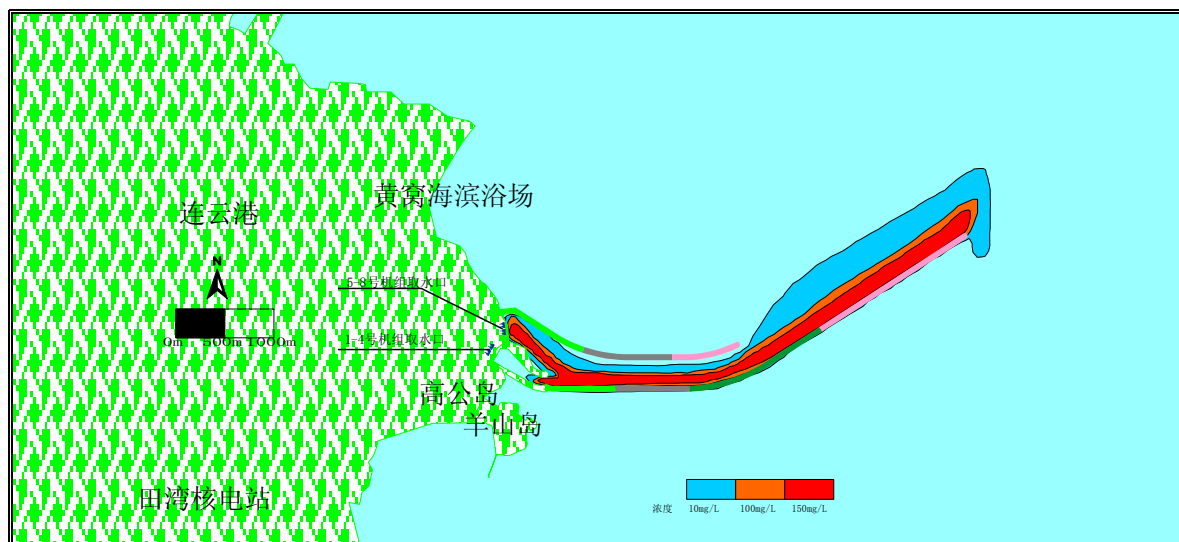


图 5.2-2 取水渠整体基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大可能影响范围

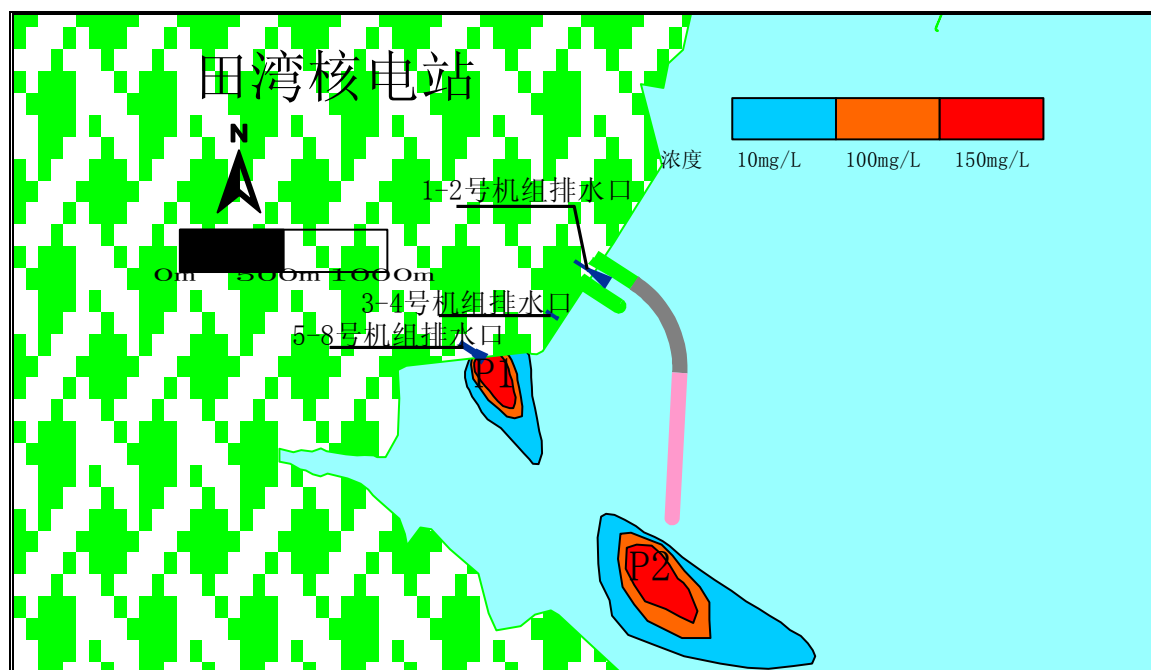


图 5.2-3 排水渠代表作业点基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大包络线图

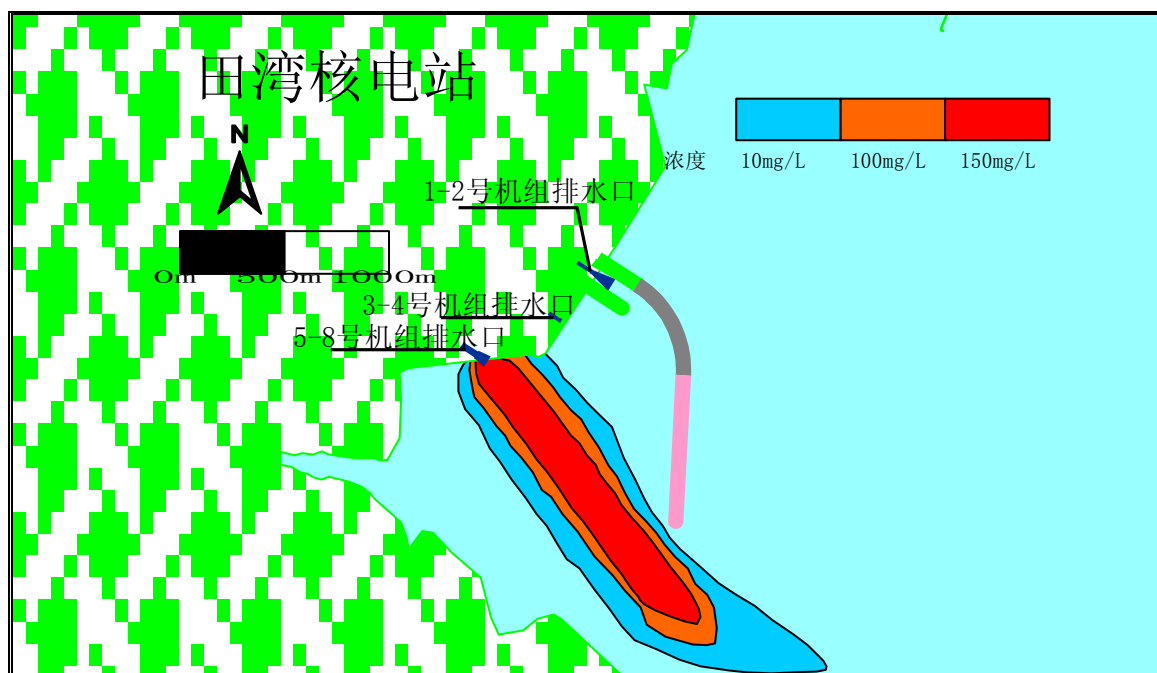


图 5.2-4 排水渠整体基槽挖泥悬浮泥沙扩散最大可能影响范围

第六章 电厂运行的环境影响

6.1 散热系统运行的环境影响

6.1.1 物理影响

6.1.2 生物效应

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 正常运行对公众的辐射影响

6.2.2 正常运行对水生生物的辐射影响

6.3 其它影响

6.3.1 除盐过程产生的废水

6.3.2 循环系统的排放水

6.3.3 废水处理的排放物

6.3.4 余氯排放

6.3.5 受纳水体中化学物质浓度与水质标准比较

6.4 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 散热系统运行的环境影响

6.1.1 物理影响

（1）核电工程概况

田湾核电站位于江苏省连云港市连云区宿城街道，与连云港港区相距约 6km。一期工程 1、2 号机组和二期工程 3、4 号机组均采用俄罗斯 AES-91 型核电机组，其中 1、2 号机组已经运行，3、4 号机组在 2 号机组西侧场地开始建设。5、6 号机组为田湾核电站的扩建项目，毗邻 1~4 号机组。

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。

（2）田湾核电站取排水工程布置

1) 排水方案

b) 各期排水采用暗涵+海床上开挖深槽出流+导流堤方案，导流堤为 1、2 号机组排水口北堤延伸并通过 522m 长的 60°圆弧转向西南，再直线延伸 694m，将各期工程排水集中向东南侧顺岸出流。3~6 号机组共用一个排水口，位于 1、2 号机组排水口西南侧的南护岸。

1) 取水方案

取水明渠导流堤包括南、北两条堤，南导流堤向东延伸 1542.849m，再向东北延长 2634.6m。北导流堤向东延伸 2128.039m，再向东北外延 500m。南、北导流堤中心线间距约 320m。取水明渠为规划容量全厂共用，对于明渠只有南导流堤掩护段采用通过开挖形成半掩护的取水明沟，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。

2014 年 10 月，中国水利水电科学研究院采用二维数模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计算，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》；2015 年 1 月，中国水利水电科学研究院完成了《田湾核电站 5、6 号机组温排水研究成果综合分析报告》。

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。

（3）物理影响

2014 年，中国水利水电科学研究院根据田湾核电站厂址海域的水文、地形等实际情况，采用前述取排水系统实际参数开展了温排水二维数值模拟计算。

1) 数值模拟基本方程

连续方程：

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial (Hu)}{\partial x} + \frac{\partial (Hv)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

运动方程：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gu}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} - \frac{\tau_{sx}}{\rho H} - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE \frac{\partial u}{\partial x}) \\ & - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE \frac{\partial u}{\partial y}) - fv = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

c) x 方向：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gv}{C^2 H} \sqrt{u^2 + v^2} - \frac{\tau_{sy}}{\rho H} - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HE \frac{\partial v}{\partial x}) \\ & - \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HE \frac{\partial v}{\partial y}) + fu = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

d) y 方向：

热输运方程：

$$\text{e) } \frac{\partial \Delta T}{\partial t} + u \frac{\partial \Delta T}{\partial x} + v \frac{\partial \Delta T}{\partial y} = \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial x} (HD_x \frac{\partial \Delta T}{\partial x}) + \frac{1}{H} \frac{\partial}{\partial y} (HD_y \frac{\partial \Delta T}{\partial y}) - \frac{K_s \Delta T}{\rho_p H} \quad (4)$$

2) 定解条件

— 流场定解条件如下：

- 边界条件：对于岸边界采用流速滑移条件，即 $\bar{v}|_b \cdot \bar{n} = 0$ ；对于水边界采用给定潮位过程，即 $H_b(x, y, t) = H_0(x, y) + \zeta(x, y, t)$ ，其中 $\zeta(x, y, t)$ 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 $\bar{v}|_{t=0} = 0$ 。

— 温度场定解条件如下：

- 边界条件：对于岸边界采用绝热条件，即 $\frac{\partial T}{\partial n}|_b = 0$ ；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 $\Delta T(x, y, 0) = 0$ 。

3) 温排水计算结果

— 计算组合条件：

- 典型大、中、小潮、半月潮；
- 跨海大桥；
- 黄窝全部吹填、黄窝吹填现状；

- 徐圩港工程方案：徐圩规划方案、徐圩规划八字堤方案；
- 与海工工程对应的演变后地形；
- 夏、冬两季水文气象条件；
- 装机组合：1~6 号机组。

— 模型潮流验证

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。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。

— 计算结果：

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。

6.1.2 生物效应

本节内容主要参照已通过评审的《田湾核电站 5、6 号机组海域使用论证报告书》（2015 年 2 月）。

6.1.2.1 卷吸效应

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。

参考秦山二期工程研究成果，进入冷却系统的浮游藻类的机械损伤率为 11.98%~

27.08%，连续两年监测的平均损伤率为 20.33%，而损伤后恢复实验的结果表明，经过 72 小时后浮游藻类的数量与自然海水中的数量相同，证明经过 3 天后即可恢复到原来的数量。对浮游动物的实验表明，浮游动物的总损伤率为 55%。但浮游动物生殖期短（一般 1~7 天），繁殖快，生物量周转率较高，恢复试验证明浮游动物各种类恢复到原来的时间为 30 小时~6 天。Karas 曾对瑞典西部沿岸几个核电厂的冷却水系统对浮游动物的卷吸效应进行过研究。其结果表明，进入冷却水系统的浮游动物因机械损伤及温升引起的死亡率在加氯情况下死亡可达到 60%（上述几个电厂运行期间的连续监测结果表明，浮游动物的总数减少了 30~50%。在法国格拉夫林核电站的观察表明，几个经过机械损伤、热冲击造成的死亡率：浮游动物在 10%以下，其中敏感群体 20%；底栖鱼类的卵 50%，幼鱼为 100%。对撞击比较敏感的鲱鱼死亡达 100%，耐抗力较强的比目鱼、鳗鱼、鲈鱼在 0~20%间；海虾在 30~70%间。因为没有田湾核电站的实际资料，上引数据仅供参考。

根据 2012 年 5 月和 9 月工程海区渔业资源调查，鱼卵密度均值为 0.80ind./m^3 ，仔稚鱼密度均值为 0.50ind./m^3 ；根据 2012 年工程区渔业资源现场调查结果，工程区鱼类、虾类、蟹类资源尾数密度均值分别约为 $22.27 \times 10^3\text{ind./km}^2$ 、 $6.76 \times 10^3\text{ind./km}^2$ 、 $0.31 \times 10^3\text{ind./km}^2$ 。

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，平均流速 0.14m/s （在高潮位时）~ 0.24m/s （在低潮位时），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。

6.1.2.2 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°C 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 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 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 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ 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 $8\sim 30^{\circ}\text{C}$ ；牡蛎 $2\sim 35^{\circ}\text{C}$ ；带鱼 $15\sim 22^{\circ}\text{C}$ ；海蜇 $16\sim 27^{\circ}\text{C}$ ；紫菜 $5\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。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 $20\sim 200\text{km}$ 范围。

由于温排水导致的海水温升仅局限在有限的范围内，温升 4.0°C 的区域也仅在 20.5km^2 范围内，海水温升 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 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 $5\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，对虾在 $8\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，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°C 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。

与近岸海域环境功能区划的符合性分析：田湾核电 5、6 号机组温排水排放满足近岸海域环境功能区划的要求。

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 正常运行对公众的辐射影响

本节将针对核电站运行状态下气、液两种途径对公众的辐射影响进行评价。

6.2.1.1 气载流出物的辐射影响

1) 排放源项

在田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行状态下，气载流出物主要通过高 62.3m ，直径 3m 的烟囱排入大气，经大气扩散对公众造成辐射影响。

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），田湾核电站的气载流出物年排放量应低于以下控制值：

惰性气体 $2.40 \times 10^{15} \text{Bq/a}$ ；

碘 $8.00 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ；

长寿命粒子 ($T_{1/2} \geq 8\text{d}$) $2.00 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

氟 $6.00 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ；

碳-14 $2.80 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ 。

田湾核电站扩建工程 5、6 号组工程运行状态下，气载流出物排放量归纳如下：

惰性气体 $1.01 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 4.20%；

碘 $7.17 \times 10^8 \text{Bq/a}$ ，为控制值的 0.90%；

长寿命粒子 ($T_{1/2} \geq 8\text{d}$) $7.97 \times 10^7 \text{Bq/a}$ ，为控制值的 0.04%。

氟 $6.30 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 10.49%；

碳-14 $8.50 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 30.36%。

均满足田湾核电站的年排放量控制值要求。

2) 照射途径

在核电站运行状态下，气载流出物排放到环境后对公众的照射途径可归纳为：(1)空气浸没外照射；(2)地表沉积外照射；(3)吸入空气内照射；(4)食入农牧产品内照射。

3) 评价模式

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。

4) 剂量估算

根据北京大学科技开发部编制完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址现场铁塔和地面气象站常规气象观测和统计分析》（2015 年 6 月）报告，厂址所在地区以中性（D 类）天气为主，频率为 38.29%，稳定的 E、F 类天气频率总和与不稳定的 A、B、C 三类天气的频率总和分别为 23.03%和 38.69%。100m 高度的最多风向为 SW~WSW 方位，风频为 19.33%，次多风向为 NE~ENE 方位，风频为 17.64%。100 米高度静风频率为 2.54%（风速小于 0.5m/s）。

厂址濒临东海，场地相对比较开阔，对气载流出物在大气中迁移和扩散有利。

经计算，气态途径排放的放射性物质对公众个人成人、青少年、儿童和婴儿组造成的最大个人有效剂量分别为 $6.81 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 、 $6.50 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 、 $4.43 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 和 $4.26 \times 10^{-7} \text{Sv/a}$ 。

6.2.1.2 液态流出物的辐射影响

1) 排放源项

根据国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011），田湾核电站的液态流出物年排放量应低于以下控制值：

氚 $3.00 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ；

碳-14 $6.00 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ ；

其余核素 $2.00 \times 10^{11} \text{Bq/a}$ 。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行状态下，液态流出物排放量归纳如下：

氚 $6.30 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 21.00%；

碳-14 $6.20 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 10.33%；

其余核素 $2.46 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 12.30%。

均满足田湾核电站的年排放量控制值要求。

2) 照射途径

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组在运行状态（包括正常运行和预计运行事件）下，液态流出物排放到海州湾，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径有：

—食入海产品造成的内照射；

—岸边沉积的外照射；

—在海域中游泳、划船和从事水上作业时受到的外照射。

田湾核电站为滨海厂址，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。

3) 评价模式

根据田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行状态下液态流出物源项数据和国标、国际标准推荐的计算模式和参数以及厂址参数，计算了液态流出物对厂址半径 80km 范围内公众的最大个人有效剂量。

4) 剂量估算

经计算，液态流出物对公众个人成人、青少年、儿童和婴儿组造成的最大个人有效剂量分别为 $1.88 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.51 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $3.05 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 和 $4.11 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。

5) 间歇排放的浓度评价

本工程运行状态下，液态流出物排放是按照间歇排放方式进行的，液态流出物以槽式排放的方式与冷却水混合后排出。根据排放源项与排放参数计算得到的核电站总排放口处的放射性核素浓度（只考虑液态流出物与冷却水完全混合后的浓度）可知，本工程运行状

态下排放海域的海水水质满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的放射性指标要求，即使考虑排放海域内放射性本底与核电站液态流出物排放的叠加效应，放射性核素的浓度也均符合 GB3097-1997 中相应的放射性指标要求。

6.2.1.3 年辐射剂量汇总及分析

综合 6.2.1.1 节和 6.2.1.2 节，厂址半径 80km 范围内成人、青少年、儿童和婴儿组受到的最大有效剂量分别为 $1.96 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.57 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $3.49 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 和 $4.53 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。在各年龄组中成人组的剂量最大，受到的剂量为 $1.95 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占本工程（田湾核电站扩建工程 5、6 号机组）个人剂量约束值（ 0.06mSv/a ）的 32.56%，满足个人剂量约束值的要求。

6.2.1.4 田湾核电站 1-6 号机组正常运行对公众的辐射影响估算

1) 排放源项

当田湾核电站扩建工程 5、6 号机组工程全部建成并运行时，需要考虑与已投入运行的 1-4 号机组同时运行时的共同影响。田湾核电站 1-6 号机组运行状态下，气载流出物排放量与厂址的气载流出物年排放量控制值比较如下：

惰性气体 $3.71 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 15.47%；

碘 $8.09 \times 10^9 \text{Bq/a}$ ，为控制值的 10.12%；

长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8\text{d}$ ） $3.22 \times 10^8 \text{Bq/a}$ ，为控制值的 0.16%。

氚 $2.27 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 37.90%；

碳-14 $1.52 \times 10^{12} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 54.11%。

液态流出物排放量与厂址的液态流出物年排放量控制值比较如下：

氚 $1.28 \times 10^{14} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 42.50%；

碳-14 $7.49 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 12.49%；

其余核素 $4.09 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ ，为控制值的 20.44%。

均满足田湾核电站的年排放量控制值要求。

2) 剂量估算

经计算，田湾核电站 1-6 号机组在同时运行状态下，厂址半径 80km 范围内成人、青少年、儿童和婴儿各年龄组的最大个人有效剂量分别为 $2.59 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $2.32 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $6.16 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 和 $9.57 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。在各年龄组中成人组的剂量最大，约占田湾核电站 1-6 号机组个人剂量约束值（ 0.18mSv/a ）的 14.39%，满足个人剂量约束值的要求。

6.2.2 正常运行对水生生物的辐射影响

本节主要估算田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，由于液态放射性流出物的排放，所致周围水体中水生生物的辐射剂量水平，同时还考虑了田湾核电厂六台机组正常运行时对水生生物的辐射影响。

6.2.2.1 水生生物的辐射效应

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。

6.2.2.2 评价模式

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，液态流出物对周围水体中水生生物的辐射影响采用欧洲委员会推荐的可以用来计算水生生物所受到的辐射剂量的程序。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时的液态放射性流出物对周围水体中水生生物的辐射影响评估中，在一级筛选的基础上进行了二级筛选。

6.2.2.3 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。评价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。

6.2.2.4 参数选取

由生物的剂量率限值（评价程序推荐所有生物的筛选值为 $10\mu\text{Gy/h}$ ）反推出各核素在环境介质中对不同生物体的浓度限值即为环境介质浓度限值，该参数与核素、媒介、生物种类有关，是一般筛选方法的技术基础。

6.2.2.5 水生生物辐射影响的估算

（1）田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，水生生物辐射影响采用与公众辐射影响评价相同的源项（液态途径）进行估算。

①各水生生物影响率的计算

影响率是核素在介质中的浓度与相应 EMCL 的比率，该值反映了当前介质中该核素的浓度对该种水生生物的危险程度。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，附近海域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。

②剂量率估算

经计算，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，各类水生生物所受的总剂量率均小于评价程序推荐的筛选值（ $10\mu\text{Gy/h}$ ）。

综上所述，从影响率和剂量率的结果来看，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，厂址附近海域水生生物是安全的。

（2）田湾核电厂 6 台机组正常运行时水生生物辐射影响的估算

田湾核电厂 6 台机组正常运行时，水生生物辐射影响采用与公众辐射影响评价相同的源项（液态途径）进行估算。

经计算，田湾核电厂 6 台机组正常运行时，附近海域中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 数量级以下，各类水生生物所受的总剂量率均小于 $10\mu\text{Gy/h}$ 。因此，厂址附近海域水生生物是安全的。

6.3 其它影响

田湾核电站 5、6 号机组运行对环境的其它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；
- 循环系统排水；
- 废水处理；
- 氯化处理；
- 放射性废物处理。

6.3.1 除盐过程产生的废水

核电站除盐水的处理过程是将淡水厂来的生水进行除盐处理。田湾核电厂在二期建设时已包含了 5、6 号机组的淡水用量，3、4 号机组的除盐水处理在设计时也考虑了 5、6 号机组的除盐水需求，因此本工程不存在淡水和除盐水处理过程产生的废水，仅需考虑除盐水加氨后少量排污的影响，废水主要在偏碱性除盐水 pH 不合格排放时产生。

除盐水的加氨处理是将 3、4 号机组除盐水生产装置生产的除盐水通过加氨水使除盐水的 pH 值调整到 9 ± 0.2 ，然后送入 5、6 号机组的常规岛除盐水分配系统的除盐水箱。废水仅在 pH 和电导率不合格时才会产生，其排放量非常小，一般仅会在除盐水调试过程和运行故障时出现，正常运行不会产生。产生的少量废水经中和处理后主要以 NH_4Cl 形式排放，再经循环冷却水稀释后，其浓度更低，不会影响黄海的海水质量。

6.3.2 循环系统的排放水

核电厂所有工艺循环系统的水都是相当纯净的，这种水由几乎没有化学添加剂的除盐水制成。因此，这类水排放入田湾水域，对环境不会造成影响。

6.3.3 废水处理的排放物

这类排放物主要指电厂生活污水及其他非放射性废水处理的排放物。首先经生化工艺处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的“城镇二级污水处理厂”一级标准，再经中水处理满足《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）水质要求，出水用于绿化等。生物处理后的污泥定期清理外运。因此这类排放物不会对田湾水体产生任何影响。

6.3.4 余氯排放

循环水系统的余氯来自循环水处理系统，该系统对流经循环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（ $\approx 60\text{mg/L}$ ）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，幼蝶的不孵化率为 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 号机组低放计算结果，田湾核电站 5、6 号机组建成后，装机容量按 1、2、3、4、5、6 号六台机组考虑，余氯 0.03mg/L、0.015mg/L、0.0075mg/L、0.0015mg/L

相对浓度等值线全潮平均包络面积分别为 0.90km^2 、 1.58km^2 、 2.31km^2 、 4.61km^2 ；余氯 0.03mg/L 、 0.015mg/L 、 0.0075mg/L 、 0.0015mg/L 相对浓度等值线全潮最大包络面积分别为 1.52km^2 、 2.79km^2 、 4.06km^2 、 7.01km^2 ；由此可见，田湾核电站 1、2、3、4、5、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。

核电站释放到环境中的化学物质主要以 NaCl 、 NH_4Cl 或 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 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 号机组排出的非放射性污染物对厂址海域的海水浓度几乎没有影响。

6.3.5 受纳水体中化学物质浓度与水质标准比较

根据目前资料表明：田湾水质状况符合国家海水水质三类标准。

田湾核电站 5、6 号机组厂址各类生产废水的排放量不大，这部分生产废水排入排水渠后，受循环冷却水的稀释，以及海域中海水的进一步稀释，其化学物质的浓度将更低，完全符合《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应规定。

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。6.3.4 小节对核电厂排放的余氯对海域环境的影响进行了初步分析，认为电厂排放的余氯对海域环境的影响有限。

田湾核电站 5、6 号机组厂址所有的生活污水均需经污水处理系统处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）中的标准后回用。

6.4 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。它是一个包括去污、厂内设备和设施的拆除、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，尽可能在场址选择、总图布置、材料规范、系统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最低，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考虑或推荐的退役策略主要包括两种：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。

（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安全可控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。

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相应可选退役方案的需求，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是可以实现的。如果采取延迟拆除的策略需要注意在拆除之前的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和辐射防护措施上的简化。

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。

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中的重要组成部分，是确保退役期间工作人员、公众和环境安全，免受或减少由于退役产生的放射性和非放射性危害的关键。

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

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的退役，考虑需要经历停运过渡——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：

在停运过渡阶段进行必要的系统倒空、系统串洗等工作，有效降低待拆除物项的放射性水平，并在退役工作开始前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，经检测达到解控标准后暂存，经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、地面的放射性水平进行源项调查，根据调查结果制定相应的去污方案；之后对厂房建（构）筑物进行表面剥离去污，直至解控。

最后，当厂房全部去污完毕后，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。根据退役目标对建（构）筑物进行拆毁，并对污染土壤进行清理直至达到退役目标值。

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。尽可能在场址选择、总图布置、材料规范、系统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 主要系统和设备设计

（1）易清洁性

为了减少污染积累和减少后续去污的困难，系统设备、管道及部件选用耐腐蚀、易清洁去污的材料。例如与放射性废液接触的设备均采用不锈钢材料。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避免存在弯管或液封，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。

6.4.5.2 系统设备布置

（1）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。

（2）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。

（3）设计时考虑了设备运输通道、吊装设备以及检修空间，这些也可以用来设备的拆除。

（4）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，方便拆除这些大设备时使用。

（5） 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。

（6） 管道保温材料采用易于拆除的结构型式。

6.4.5.3 限制系统污染主要采取了以下措施：

（1） 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。

（2） 放射性废液储罐所在房间设置滞留池，防止废液蔓延。

（3） 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。

（4） 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。

6.4.5.4 便于房间和设备去污的布置

（1） 反应堆厂房内层安全壳设置钢衬里，大大方便了反应堆厂房的清洁作业和后续拆除。

（2） 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。

（3） 所有的水下壁面均提供涂层或者钢衬里设计，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。

（4） 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。

6.4.5.5 便于拆除阶段人员进出的措施

（1） 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。

（2） 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：

（1） 工程设计文件应该随时更新；

(2) 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);

(3) 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:

(1) 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;

(2) 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);

(3) 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和污染的部件;

(4) 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;

(5) 保留反应堆施工材料(钢材, 混凝土等)的样本和标本;

(6) 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;

(7) 所有能够追踪放射性清洁和放射性数量的文件(方位图、图片检测、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, 并列入投资概算或者生产成本。根据 NB/T 20048-2011《核电厂建设项目经济评价方法》, 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的退役基金将按核电站建设工程固定资产原值的 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）筑物拆毁和厂址清理，使厂址最终无限制开放。

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，将来建造和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，进行专门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。

第七章 电厂事故的环境影响

7.1 电厂放射性事故

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.3 事故后果评价

7.2 放射性物质运输事故

7.2.1 新燃料运输事故

7.2.2 乏燃料运输事故

7.2.3 放射性固体废物运输事故

7.3 其他事故

7.3.1 化学物爆炸

7.3.2 火灾

7.3.3 盛装化学物品的容器泄漏或破裂

7.4 环境风险

7.4.1 环境风险识别

7.4.2 后果预测与评价

7.4.3 风险管理

7.5 事故应急

7.5.1 应急计划

7.5.2 应急计划区

7.5.3 应急状态的描述

7.5.4 应急组织考虑

7.5.5 应急设施的配备要求

7.5.6 应急响应能力的维持

7.1 电厂放射性事故

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。按照预计事件发生频率和潜在的放射性后果对公众的影响，将运行工况分成下述四类：

- I 类工况：正常运行和正常运行瞬态；
- II 类工况：中等频率事件；
- III 类工况：稀有事故；
- IV 类工况：极限事故。

这四类工况分别对应《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）的正常运行、预计运行事件、稀有事故和极限事故。

根据初步安全分析报告中的分析结论，本章针对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设计基准事故中有环境后果的 8 个设计基准事故、2 个特殊工况的进程进行描述，采用田湾核电站厂址气象数据，评价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。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组所考虑的主要设计基准事故如下：

- 失水事故
- 弹棒事故
- 蒸汽发生器传热管破裂事故
- 主蒸汽管道破裂事故
- 燃料操作事故
- 化容系统容积控制箱破裂事故
- 废气处理系统衰变箱破裂事故
- 蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故

另外评价了两个特殊工况：

- 最终热阱丧失事故
- 主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故

上述事故中包含了 8 个设计基准事故和 2 个特殊工况。其中，失水事故，弹棒事故，主蒸汽管道破裂事故，燃料操作事故，蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故属于 GB 6249-2011 中规定的极限事故；蒸汽发生器传热管破裂事故，废气处理系统衰变箱破裂事故，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；最终热阱丧失事故及主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故属于特殊工况，按照极限事故进行评价。

7.1.1 事故描述

7.1.1.1 失水事故

假想的失水事故（LOCA）中，假定一根主冷却剂管道双端断裂，反应堆冷却剂通过管道的破口大量泄出，当压力低于安全注入整定值时，安注系统投入以确保堆芯的完整性，同时，喷淋系统动作，降低安全壳的压力和温度，从而保证安全壳的完整性，最大限度地降低裂变产物的释放。裂变产物通过安全壳泄露进入环境中。

大破口失水事故属于极限事故。

7.1.1.2 控制棒弹出事故

控制棒弹出事故是由于控制棒密封壳套的机械破裂导致控制棒和驱动杆弹出堆芯引起的，其后果是反应性迅速增加造成不利的功率分布以及冷却剂温度、压力增加，从而导致局部燃料元件损坏，使燃料元件中裂变产物进入反应堆冷却剂。

反应堆冷却剂中的放射性物质通过两个途径释放到大气中，通过安全壳泄露释放和通过主蒸汽安全阀释放。

控制棒弹出事故属于极限事故。

7.1.1.3 蒸汽发生器传热管破裂事故

蒸汽发生器传热管破裂事故考虑一根传热管完全双端剪切断裂。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一回路向二回路系统泄漏，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。

该事故属于稀有事故。

7.1.1.4 安全壳外主蒸汽管道破裂事故

主蒸汽系统管道失效是由主蒸汽系统管道破裂引起的。最保守的假设是主蒸汽系统管道双端剪切断裂，这是引起一回路最大程度冷却的工况。从破口喷放的蒸汽导致事故初期蒸汽流量增加，之后随着蒸汽压力的下降，破口蒸汽流量逐渐减小。蒸汽发生器二次侧排热的增加导致反应堆冷却剂温度和压力下降，由于慢化剂的负反馈效应，反应堆内会引入正反应性。如果停堆后一束最大价值的控制棒卡在全提出位置，则事故过程中反应堆很可能重返临界，堆芯最终需要安注系统注入的硼酸来进入停堆状态。

安全壳外主蒸汽管道破裂事故属于极限事故。

7.1.1.5 燃料操作事故

燃料操作事故是指一组乏燃料组件跌落在乏燃料水池内(这种情景后果最大)导致经过辐照的这组乏燃料组件燃料棒包壳破损，致使放射性裂变产物释放到燃料厂房，并通过厂房通风系统释放到环境。假定事故发生在停堆后 100h，这是停堆后将乏燃料送至贮存池的最短时间。事故导致组件内所有的燃料棒包壳破损，包壳间隙中的放射性物质全部立即释放到乏燃料水池中。裂变产物中惰性气体不滞留水中，乏燃料水池对分子碘和贯穿碘（贯穿碘指有机碘和粒子碘的总称）两种化学形态的滞留因子不同。

燃料操作事故属于极限事故。

7.1.1.6 容积控制箱破裂事故

某些贮液罐含有放射性液体和气体，当这些容器破损时，不可避免地造成容器内放射性物质向外释放。

此类事故指化容系统（RCV）的容控箱破裂。

当容积控制箱破裂时，容控箱内的放射性液体和气体不可控制地释放到它所在的房间内，并且在操作员隔断 RCV 下泄管之前，放射性液体以一确定流量连续释放。

为了减轻容器溢流、泄漏或破损造成的影响，在厂房设计上采取了一系列设施，可以防止放射性液体扩散，因此，在事故分析中，只考虑气态放射性释放对环境的影响。

该事故属于稀有事故。

7.1.1.7 废气系统衰变箱破裂事故

废气处理系统（TEG）的功用在于滞留衰变反应堆冷却剂中的裂变气体，以及处理和释放放射性气体向环境释放。该系统由废气缓冲罐、过滤器、废气压缩机和废气衰变箱等部件组成。

废气处理系统或设备破损事故中可能导致较为严重的放射性释放是废气衰变箱或与之相联的管道发生破损的事故。

事故发生时，废气衰变箱破裂导致容器内全部放射性气体排放出来，并且在操作员隔离该废气衰变箱上充管之前，仍有放射性物质不断地从进气管线进入衰变箱再通过破口处连续释放出来。

除了有关 RCV 罐的气相活度外，其它假设与基本负荷运行工况相似。实际上，在这种情况下，RCV 罐气相活度对应于负荷跟踪运行工况下的一回路活度，即瞬态工况下观测到的峰值活度。

考虑基本负荷运行及负荷跟踪运行两种情况来计算该事故的环境排放源项。

该事故属于稀有事故。

7.1.1.8 蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故

本瞬态分析基于下列假设：

— 在一次侧向二次侧泄漏量减小到零之前，破损蒸汽发生器满水，该蒸汽发生器的安全阀存在过水而失效的可能。

— 假设破损蒸汽发生器的大气释放阀打开失效，这台蒸汽发生器的某个安全阀就存在过水而失效的可能。

— 假设该安全阀过水而失效，并处于完全卡开状态。

对本特定事故，只有当蒸汽发生器一、二次侧和大气的压力达到平衡时破口流量才会终止。

由于大气释放是在含有大量的一回路放射性的蒸汽发生器的安全阀卡开时发生的，因此本事故瞬态的放射性后果是这类事故中最严重的。

该事故属于极限事故。

7.1.1.9 主蒸汽管断裂外加 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故

主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故可能由下列情况引起：

— 安全壳外不可隔离的主蒸汽管道双端剪切断裂（即安全壳外、主蒸汽隔离阀上游的主蒸汽管道断裂或安全壳外主蒸汽管道断裂同时主蒸汽隔离阀关闭失效）；

— 同时，主蒸汽管道断裂引起同一台蒸汽发生器的 100 根传热管同时断裂。

所分析的工况为反应堆初始 100%功率情况。

该事故相当于发生在安全壳外的一回路管道破裂事故（通过破损蒸汽发生器）。

主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故属于特殊工况，其放射性后果按照极限事故进行评价。

7.1.1.10 最终热阱丧失事故

最终热阱丧失的原因可能是：

— 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。

在这种情况下，一个系列各泵的共用排放管道上的低压监测器触发该运行系列各泵之间的正常—应急功能转换，并在延迟 20 秒后，触发两个系列之间的正常—应急功能转换。

如果这种应急恢复措施无效（泵站阻塞或 SEC 泵失效），则两个系列的泵排放管的低压信号表明已经发生该事故，并在延迟 50 秒后发出“SEC 完全丧失”报警。

如果 RRI/SEC 热交换器的压降超过正常值，就可检测出发生了结垢或阻塞。在这种情况下，自动控制电路不会触发正常—应急功能转换。热交换器压差过大与“另一系列停运”信号同时出现，触发“SEC 完全丧失”报警。

设备冷却水系统（RRI）完全丧失可能是因为：

- 4 台设备冷却水泵完全丧失。该事件由每个系列联箱排放管上的低压报警指示；
- 或者 RRI 两个系列都失去冷却水，并且不能由自动补水系统补偿（例如向系列间热交换器供水的某一段管道破裂并同时发生管线间隔离失效或者一个系列不能工作）。该事件可能导致泵汽蚀并产生与上述情况相似的征兆：触发每个 RRI 系列联箱排放管的低压报警。

最终热阱丧失事故属于特殊工况，其放射性后果按极限事故进行评价。

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组应用于事故后果评价的事故（短期）大气弥散因子，根据 USNRC 的管理导则 RG1.145 推荐的模式和方法，采用计算机程序 PAVAN 程序进行计算。

计算短期大气弥散因子所用到的大气扩散参数采用中国辐射防护研究院大气扩散试验推荐的一套适用于田湾核电厂厂址的扩散参数，联合频率采用厂址 2013 年~2014 年两年统计的风向、风速、大气稳定度的 10m 高度的三维联合频率。根据 GB 6249-2011 对核电厂非居住区半径不得小于 0.5km 和规划限制区半径不得小于 5km 的规定，计算厂区非居住区边界（取 0.5km）和规划限制区外边界（取 5km）处的大气弥散因子，使用 PAVAN 程序的输出得到 16 个方位 0-2h、0-8h、8-24h、24-96h、96-720h 五个时段的大气弥散因子。根据 RG1.145 的规定，该结果具有各方位 99.5%和全厂址 95%概率水平的包容性，计算时作为保守模型的取值，在事故评价时取各方位最大值。

为了得到现实模型的结果，在 PAVAN 程序的输出文件中，选取 16 个方位约 50%概率水平的弥散因子作为 0-2 小时弥散因子，用小时大气弥散因子和年均大气弥散因子进行双对数内插可以得到各个时间段的事 故大气弥散因子，在事故后果评价时取各方位最大值。

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。

剂量后果计算采用的吸入剂量转换因子、浸没照射剂量转换因子和地面照射的剂量转换因子，包括有效剂量和甲状腺当量剂量转换因子，取自 GB18871、ICRP 71 号出版物和美国联邦导则第 12 号报告中的推荐值。

7.1.3 事故后果评价

7.1.3.1 评价标准

根据《核动力厂环境辐射防护规定》GB 6249-2011 的规定：

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

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

7.1.3.2 后果评价和分析

经过计算，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组各设计基准事故以及特殊工况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 放射性物质运输事故

7.2.1 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《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）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。

7.2.2 乏燃料运输事故

反应堆换料卸出的乏燃料组件在燃料厂房的乏燃料贮存水池中暂存，在水池尚未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 GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》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。

7.2.3 放射性固体废物运输事故

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组运行过程中产生的中、低放固体废物，将根据其特性装入不同型号的包装容器内，然后用专用车辆运往厂内废物暂存库，在其间贮存一定年限后，再运往中、低放废物处置场。在放射性固体废物运输过程中将严格遵守 GB11806-2004《放射性物质安全运输规程》中的有关要求，防止事故发生，确保运输人员和沿途居民的安全和健康。公路运输的经验表明，事故发生率（次/km•车）以及预计事故次数都是很低的。

废物桶的设计和制造满足 EJ1042-1996《低、中水平放射性固体废物包装容器 钢桶》的要求，采用加厚桶，密封采用法兰连接，螺栓紧固；钢桶经过堆码试验、贯穿试验和自由下落试验检验，试验证明钢桶跌落不会产生严重破损和开裂，能够防止桶内固体的散失。

废物体的性能满足 GB 14569.1-2011《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》，其抗冲击性能可保证从 9 米高处竖直自由下落后固化体没有明显破碎。

废物桶和废物体构成的废物包符合 GB 11806-2004《放射性物质安全运输规程》和 GB 12711-1991《低、中水平放射性固体废物包装安全标准》的要求。即使在运输过程中废物桶从运输车辆上掉下来，最大限度只会造成废物桶的局部损坏，废物散落的可能性很小，即便散落少量废物，也是易于收集的块状水泥固化物，故不会对环境造成污染。

7.3 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。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的防火设计严格执行有关的设计规范，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。

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。

7.4 环境风险

根据环境保护部《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发[2012]77 号）和《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发[2012]98 号）文件的要求，本节针对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组可能产生的放射性和非放射性环境风险进行评价。

7.4.1 环境风险识别

7.4.1.1 放射性环境风险识别

（1）设计基准事故

针对田湾核电站扩建工程 5、6 号机组所考虑的 8 个设计基准事故和 2 个特殊工况的潜在放射性后果进行评价。设计基准事故包括 3 类稀有事故（蒸汽发生器传热管破裂事故，废气处理系统衰变箱破裂事故，化容系统容积控制箱破裂事故）和 5 类极限事故（失水事故，弹棒事故，主蒸汽管道破裂事故，燃料操作事故，蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座事故）。特殊工况包括最终热阱丧失事故及主蒸汽管道断裂同时 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故。

（2）严重事故

严重性超过设计基准事故的核电厂状态，包括堆芯严重损坏的状态称之为严重事故。保守地选取 S3 事故源项进行严重事故环境风险评价，该源项对应于事故发生后晚期（通常为几天后）安全壳由于隔离失效及基础板熔穿等导致的安全壳包容性失效，向环境的间

接释放。

7.4.1.2 非放射性环境风险识别

根据《危险化学品重大危险源辨识》（GB 18218-2009）、《危险货物品名表》（GB 12268-2012）和《化学品分类和标签规范 第18部分：急性毒性》（GB 30000.18-2013）确定危险化学品重大危险源。

单元内存在危险化学品的数量等于或超过《危险化学品重大危险源辨识》（GB 18218-2009）表1、表2规定的临界量，即被定为重大危险源。单元内存在的危险化学品的数量根据涉及危险化学品种类的多少，辨识指标分为两种情况：

（1）单元内存在的危险化学品为单一品种，则该危险化学品的数量即为单元内危险化学品的总量，若等于或超过相应的临界量，则定为重大危险源。

（2）单元内存在的危险化学品为多品种时，则按下面的公式计算，若满足该公式，则定为重大危险源：

$$\text{计算公式为：} (q_1 / Q_1) + (q_2 / Q_2) + \cdots + (q_n / Q_n) \geq 1$$

式中： q_1 、 q_2 、 q_n — 各种危险物实际存在量；

Q_1 、 Q_2 、 Q_n — 各种危险物相应在生产场所或贮存区的临界量。

本工程属于标准辨识范围内的物质贮存数量及标准中规定的临界量见表 1。

表 1 田湾核电站 5、6 号机组危险化学品临界量确定

序号	名称	临界量 (t)	贮存量 (t)	危险性	浓度	q/Q
1	氢气	5	0.59	第 2.1 类易燃气体	99.8%	0.118
2	液氨	10	5.4	第 2.3 类有毒气体	纯品	0.54
3	乙炔	1	0.025	第 2.1 类易燃气体	99.6%	0.025
4	乙醇	500	0.004	第 3 类易燃液体	纯品	0.000008
5	氧气	200	0.15	第 2.2 类 非易燃无毒气体 第 5.1 类 氧化性物质	纯品	0.00075
合计						0.684

0.684<1，所以，本工程危险化学品未构成重大危险源。

7.4.2 后果预测与评价

（1）设计基准事故

7.1.3 小节对 8 类设计基准事故和 2 类特殊工况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。

（2）严重事故

根据田湾核电厂址 2014 年全年逐时气象监测数据，以及苏州热工研究院有限公司完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址区域环境、人口分布及外部人为事件调查报告》，采用 2020 年的预期人口分布，计算 S3 严重事故发生后厂址半径 80km 范围内的公众集体有效剂量。厂址周围公众受到的集体有效剂量约为 $1.48\text{E}+04$ 人·Sv，S3 源项对应的安全壳底板熔穿，根据初步的 PSA 分析结果，安全壳底板熔穿的发生概率大致为 $1\text{E}-06/\text{堆}\cdot\text{年}$ ，由此可以估算得到厂址 80km 范围内公众受到的风险约为 $1.48\text{E}-02$ 人·Sv/堆·年。

7.4.3 风险管理

7.4.3.1 严重事故预防措施

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组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，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的设计中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。

7.4.3.2 严重事故缓解措施

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组严重事故情况下采取的缓解措施有：

- 反应堆冷却剂系统卸压；
- 可燃气体控制；
- 安全壳过滤排。

（1）反应堆冷却剂系统卸压

为提高核电厂抗御和缓解事故、尤其是严重事故的能力，考虑充分利用现有稳压器事故卸压功能并将其延伸到严重事故管理策略中以降低严重事故下堆芯熔融物高压喷射所带来的风险。

严重事故下高压堆芯熔融物喷射，可能导致安全壳失效和严重的放射性释放后果。如

果在反应堆压力容器破损前，通过稳压器卸压来降低一回路冷却剂系统压力，能够缓解高压熔堆事故的后果。严重事故情况下由操纵员手动开启稳压器安全阀为一回路卸压，以缓解高压堆芯熔融物喷射的风险。

稳压器压力控制、调节功能能够提供设计基准事故下的超压保护。将事故卸压功能延伸，首先能够消除高压堆芯熔融物喷射的风险，其次能够减少在堆芯熔化且发生蒸汽发生器传热管破损条件下，潜在的安全壳旁通所带来的大量放射性释放风险。因此，稳压器事故卸压功能延伸，能较大的降低需要场外早期响应的大量放射性释放事件的发生频率。

（2）可燃气体控制

严重事故下锆水反应、水的辐照分解以及结构材料的氧化会产生大量氢气，造成安全壳内局部或整体氢气浓度增大，由此造成的安全壳内氢气局部或整体燃烧产生的静态和动态压力载荷对安全壳完整性构成威胁，并影响安全壳内安全系统的设备有效执行其安全功能。为了缓解严重事故下氢气燃烧造成的后果，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设置了安全壳消氢系统（EUH），在安全壳内不同位置共设置了 33 台非能动氢气复合器（PAR），用于在超设计基准事故下将安全壳内氢浓度减少到安全限值以下，避免发生由于氢气爆炸而导致的第三道屏障——安全壳的失效。

PAR 用于对付超设计基准事故，不执行安全功能。PAR 不需要任何电源、气源或控制。PAR 将安全壳内的氢气氧化为水蒸气，可将安全壳内平均氢气浓度限制在 10% 体积浓度以下，避免安全壳内发生氢气爆炸。

（3）安全壳过滤排放

在发生堆芯熔穿压力容器的严重事故下，由于堆芯熔融物与混凝土相互作用（MCCI）产生不凝结气体导致安全壳内压力缓慢升高，会造成安全壳晚期失效和放射性裂变产物释放的风险。为了缓解 MCCI 对安全壳完整性造成的威胁并控制放射性裂变产物释放，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设置了安全壳过滤排放系统（EUF），通过主动卸压使安全壳内压力不超过承载限值，同时通过安装在卸压管线上的过滤装置对排放气体的放射性物质进行过滤，对放射性裂变产物进行可控排放。

7.4.3.3 设计改进

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组根据已建和在建核电项目的经验反馈，同时根据新版核安全法规，“十二五”新建核电厂安全要求，参考已开工的同类机组的安全相关重要改进，本工程也采用了“增设严重事故卸压阀改进”、“可居留系统设计改进”等 42 项重大改进项，这些改进项的实施将进一步增强核电机组的安全性，增强其应对事故的能力，有助于降低事故对环境造成的风险。

总体来看，本工程环境风险可接受。

7.5 事故应急

7.5.1 应急计划

7.5.1.1 制定应急计划区的主要依据

《中华人民共和国放射性污染防治法》第二十五条规定：“核设施营运单位应当按照核设施的规模和性质制定核事故场内应急计划，做好应急准备。出现核事故应急状态时，核设施营运单位必须立即采取有效的应急措施控制事故，并向核设施主管部门和环境保护行政主管部门、卫生行政部门、公安部门以及其他有关部门报告。”第二十六条规定：“核设施主管部门、环境保护行政主管部门、卫生行政部门、公安部门以及其他有关部门，在本级人民政府的组织领导下，按照各自的职责依法做好核事故应急工作。中国人民解放军和中国人民武装警察部队按照国务院、中央军事委员会的有关规定在核事故应急中实施有效的支援。”

《中华人民共和国突发事件应对法》第二十三条规定：“矿山、建筑施工单位和易燃易爆物品、危险化学品、放射性物品等危险物品的生产、经营、储运、使用单位，应当制定具体应急预案，并对生产经营场所、有危险物品的建筑物、构筑物及周边环境开展隐患排查，及时采取措施消除隐患，防止发生突发事件。”

此外，我国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）要求在核电厂选址和设计阶段考虑核事故应急工作，新建核电厂必须在其场内和场外核事故应急计划审查批准后方可装料，《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAF002/01）则对核电厂营运单位制定事故应急计划提出了相应的要求。

核事故应急的目的是在核电厂发生放射性物质可能向环境大量释放的事故时，使事故迅速得到控制，以防止或减少放射性物质向环境的释放，并采取防护行动保护电厂内所有人员的安全，迅速向场外提供保护居民安全与健康的建议。

7.5.1.2 制定应急计划的目的

遵循我国关于“安全第一、质量第一”的核电发展方针和按照我国核与辐射安全法规的要求，由江苏核电有限公司（JNPC）所建造和营运的田湾核电站（TNPS）同我国已运行和在建的其它核电站一样，具有良好的安全性，尤其是发生严重事故导致放射性物质异常或大量释放的可能性极其微小。然而，本着有备无患和防患于未然的精神，按照有关核与辐射安全法规的要求，仍然需要在预防事故和保障安全的基础上，做好应对导致或可能导致放射性物质向环境释放或危及核电站安全的事件或事故的应急准备。

田湾核电站场内应急计划，其目的就是针对包括严重事故在内的事件或事故做好应急

准备，并在万一发生这些事件或事故时做出及时、协调和有效的响应，履行保护电厂、保护环境和保护电厂职工和公众安全的宗旨。

7.5.2 应急计划区

7.5.2.1 应急计划区划分的方法与准则

确定烟羽应急计划区和食入应急计划区大小的方法是：在考虑所有可能引起放射性物质向环境释放的设计基准事故和严重事故基础上，根据所选取的严重事故源项计算其场外不同距离处公众可能接受的预期剂量和采取防护措施后的可防止剂量，以及可能被污染的食品及饮用水的污染水平，并与核应急管理导则所推荐的剂量干预水平或行动水平值进行比较。

确定应急计划区范围大小应满足的准则是：

（1）在烟羽应急计划区之外，所考虑的最严重事故使公众个人可能受到的最大预期剂量不超过发生严重确定性效应的剂量阈值；

（2）在烟羽应急计划区之外，对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列，相应于特定防护行动的可防止剂量不大于所规定的通用干预水平，即一般不需要采取隐蔽、撤离等紧急防护行动；

（3）在食入应急计划区之外，大多数严重事故序列所造成的食品或饮用水的污染水平，不超过所规定的控制食品或饮用水消费的通用行动水平。

7.5.2.2 应急计划区划分

根据《核事故应急情况下公众受照剂量估算的模式和参数》（GB/T 17982-2000），在确定应急计划区的大小时将根据核事故应急照射的基本途径——烟羽照射（包括空气浸没外照射和烟云吸入内照射）、地面沉积外照射和吸入再悬浮核素内照射来计算场外不同距离上造成的预期剂量和可防止剂量。确定应急计划区的大小时除考虑放射性后果外，还应充分考虑各种政治、经济、社会及公众心理等因素的影响，权衡在核电厂周围实施各种防护措施的可能性和它们的风险、困难和代价，同时要考虑地理环境和行政区划对实施应急响应行动的影响。

田湾核电站估算得到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，以及食物的可能污染水平，并将其与我国核应急管理导则《核或辐射防护的干预原则与干预水平》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 向江苏省核应急协调委建议的应急计划区大小如下：

（1） 烟羽应急计划区为以田湾核电站一号机组反应堆为中心，半径 5~8 公里的范围，其中烟羽应急计划区内区半径为 3~4 公里，外区半径为 5~8 公里；

（2） 食入应急计划区为以田湾核电站一号机组反应堆为中心，半径 25~30 公里的范围。

经有关部门批准的《江苏省田湾核电站场外应急计划》中的田湾核电站烟羽应急计划区内区为 4 公里、外区为 8 公里，食入应急计划区为 30 公里。

7.5.3 应急状态的描述

根据《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）的规定，按照可能发生的事故和可能导致事故的事件的性质、特征、事故后果或潜在后果及其严重程度，将应急状态分成应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急四个级别。

（1） 应急待命：出现可能导致危及核电厂核安全的某些特定情况或者外部事件，核电厂有关人员进入戒备状态。

确定应急待命的目的是使核电厂运行人员和其他有关人员及时启动并处于戒备状态，保证初始的应急响应行动得以顺利实施，使事故处理、信息发送和决策过程等纳入有条不紊的应急组织体系中去。

（2） 厂房应急：事故后果仅限于核电厂的局部区域，核电厂人员按照场内核事故应急计划的要求采取核事故应急响应行动，通知场外有关核事故应急响应组织。

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作出响应；向场外应急组织提供有关事故的信息资料。

（3） 场区应急：事故后果蔓延至整个场区，场区内的人员采取核事故应急响应行动，通知省级人民政府指定的部门，某些场外核事故应急响应组织可能采取核事故应急响应行动。

确定场区应急的目的是保证及时派出环境监测人员进行环境监测；保证场外应急组织及时启动；保证及时与场外应急组织协调应急行动；通过场外应急组织向公众提供信息。

（4） 场外应急：事故后果超越场区边界，实施场内和场外核事故应急计划。

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；持续评价核电站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。

7.5.4 应急组织考虑

7.5.4.1 场外应急组织

根据国务院“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，田湾核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）、环境保护部（国家核安全局）、江苏省核事故应急委员会以及国家能源局、中国核工业集团公司和中国核能电力股份有限公司等部门和单位的应急机构（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，田湾核电站应急指挥部可请求和获得场外支援，同时电站也将接受来自上述单位的指示。

在《中核集团公司核应急专项预案》中规定，中核集团公司核应急指挥部及下设的核应急办公室、专家咨询组、应急专业组和应急技术后援中心及应急救援分队总体承担以下应急准备和响应职责：

- （1） 贯彻落实国家核应急有关法律法规、政策及应急救援的指示；
- （2） 指导、监督相关板块、成员单位建立应急组织并履行其职责；
- （3） 指导、监督和检查板块、成员单位应急预案的制定和应急准备活动；
- （4） 为国家、省核事故应急提供技术支持；
- （5） 指导、协调和支持板块和成员单位场内应急响应行动；
- （6） 向国家有关部门报告事故应急情况；
- （7） 协助板块和事故单位向场外请求应急支援；
- （8） 组织或参加事故的调查。

7.5.4.2 场内应急组织

田湾核电站（TNPS）应急响应组织由应急指挥部（TEH）及其领导下的运行控制组（GOP）、技术支持组（GTS）、设备抢修组（GEM）、仪控抢修组（GIM）、辐射防护组（GRP）、后勤保障组（GLS）、保卫消防组（GSF）、公众信息组（GPI）扩建工程协调一组（GEC I）和扩建工程协调二组（GEC II）组成。

（1） 应急指挥部（TEH）

应急指挥部是田湾核电站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。

应急指挥部主要由应急总指挥（EGC）、运行副总指挥（OCD）、应急抢修副总指挥（EMD）、辐射防护副总指挥（RPD）、后勤保卫副总指挥（LGD）等五位应急指挥和一位应急总指挥助理组成，另外还设有技术秘书、文秘、应急指挥中心管理员等辅助成员。

1) 应急总指挥

- 确认应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急的应急状态的分级；
- 批准进入和终止应急待命、厂房应急和场区应急；

- 组织、指挥场内应急响应；
- 协调场内、外应急响应；
- 批准和签发向场外应急组织通报和报告的事故和应急信息；
- 批准向场外应急组织提供进入场外应急状态和采取公众防护行动的建议；
- 按有关规定，批准需向场外有关应急组织提供的公众信息；
- 请求国家、地方及行业主管部门应急组织和军队提供援助。

2) 运行副总指挥

直接指挥运行控制组、技术支持组，协调组织事故机组状态诊断和事故控制及缓解。

3) 应急抢修副总指挥

应急抢修副总指挥的主要职责为：直接指挥设备抢修组和仪控抢修组，指挥应急状态下系统和设备故障的紧急排查与抢修等响应行动。

4) 辐射防护副总指挥

直接指挥辐射防护组，协调组织应急状态下电站内人员的工业安全与辐射安全、场内辐射监测与场外环境监测、核事故场外辐射后果评价、场内外防护行动建议和医疗救护等方面的应急响应。

5) 后勤保卫副总指挥

直接指挥保卫消防组、后勤保障组、扩建工程协调一组和扩建工程协调二组，负责组织应急状态下电站内的后勤、保卫、消防、交通与物资保障，负责组织场内非应急响应人员的集合、清点与撤离以及与扩建工程承包商应急指挥的联络协调。

6) 应急总指挥助理

应急总指挥助理的主要职责为：及时向应急总指挥报告场内应急信息，协助应急总指挥做好应急决策，确保应急状态下应急指挥部应急重要工作能够有序进行。指挥应急指挥部技术秘书和文秘等辅助人员的响应行动。

应急指挥部各辅助成员的职责如下：

1) 技术秘书

主要负责操作相关应急计算机，查找机组工况参数等信息，编制向场外应急组织通报和报告的事故和应急信息，并协助应急指挥部各主要成员工作。

2) 应急指挥中心管理员

主要负责管理和启动应急指挥中心的设备，如计算机系统、通风过滤系统、应急柴油发电机等系统设备。

3) 文秘

主要负责应急响应期间的文件管理，如应急响应期间有关信息和文件的记录、收集和整理，收发传真，文件打印等。

（2） 运行控制组

运行控制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務，主要职责如下：

- 初步评定应急状态，提供应急状态分级的建议；
- 播发应急通知和应急报警；
- 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；
- 向应急指挥部和技术支持组、辐射防护组提供事故机组事故工况的数据；
- 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；
- 控制并维持非事故机组的安全状态或安全运行；
- 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，一号机组当班值长和组长依次暂时履行应急总指挥（或运行副总指挥）的职责。
- 运行控制组由组长、机组主控室人员和运行处其他现场值班员组成。

（3） 技术支持组

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，主要职责如下：

- 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；
- 对事故机组燃料及堆芯损伤评价提供技术支持；
- 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；
- 对事故机组的化学取样及其分析提供技术支持或指导；
- 对非事故机组确保安全运行提供技术支持。

（4） 设备抢修组

设备抢修组在应急响应期间承担设备维修、通信联络保障等任务，主要职责如下：

- 系统、设备故障的检查、排除，以及设备的维修、抢修；
- 保障通信系统畅通；
- 参与抢险和抗灾行动；

— 负责厂区工艺厂房内失踪人员的搜寻。

（5） 辐射防护组

辐射防护组在应急响应期间的主要职责是：

- 负责监督和检查电站内人员的工业安全和辐射安全；
- 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；
- 组织场外辐射调查、取样、分析和评价；
- 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；
- 组织实施医疗急救；
- 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）；
- 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；
- 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；
- 电站应急状态下其他辐射防护工作。

辐射防护组主要由组长、工业安全助理、辐射防护助理、后果评价助理、环境监测助理、职业医疗助理以及机组当班辐射防护值班员、场区及场外应急辐射监测人员、厂区医务室当值医务人员等组成。

（6） 后勤保障组

后勤保障组承担应急期间后勤保障任务以及与承包商应急响应的联络协调工作，主要职责是：

- 提供生活后勤保障；
- 提供物资供应保障；
- 提供交通运输保障；
- 作为电站与承包商的直接接口，负责承包商应急响应的联络协调工作，并及时向指挥部汇报有关情况。

后勤保障组由组长、后勤交通助理、生活后勤助理、物资保障助理、仓储管理人员和车队值班司机等组成。

（7） 保卫消防组

保卫消防组在应急响应期间的主要职责是：

- 电站的保卫和出入控制；
- 场内交通与治安管制；

- 组织并实施防火与灭火行动；
- 参与抢险抗灾行动；
- 负责组织非应急人员的集合、清点和撤离；
- 负责厂区非工艺厂房内以及厂区室外失踪人员的搜寻；
- 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。

保卫消防组由组长、保卫助理、治安交通助理、警卫助理、防火助理、灭火助理、保安人员、武警战士、消防队员等组成。

（8） 公众信息组

公众信息组在应急响应期间的职责是：

- 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；
- 负责与国家核安全局接口，并向其进行应急通告和报告；
- 按照上级核应急部门及公司应急总指挥的指令，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；
- 收集公众与媒体的舆论，向应急指挥部提出控制谣传和流言的措施建议。

公众信息组由组长和公众信息助理组成。

（9） 仪控抢修组

仪控抢修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，主要职责如下：

- 仪控故障的检查、排除，以及仪控设备的抢修；
- 工业计算机网络系统畅通；
- 参与抢险和抗灾行动；
- 与设备抢修组共同进行厂区工艺厂房内失踪人员的搜寻。

仪控抢修组由组长、各相关专业助理以及维修人员组成。

（10） 扩建工程协调一组的职责与组成

扩建工程协调一组负责对田湾核电站 3、4 号机组建设期间协作单位的应急响应协调和监督。

扩建工程协调一组由组长和扩建工程协调助理组成。

（11） 扩建工程协调二组的职责与组成

扩建工程协调二组负责对扩建工程 5、6 号机组建设期间协作单位的应急响应协调和监督。

扩建工程协调二组由组长和扩建工程协调助理组成。

7.5.5 应急设施的配备要求

田湾核电站主要应急设施有：主控制室、备用控制室、技术支持中心、应急指挥中心、运行支持设施、监测和评价设施、应急通信系统等。

电站同时还利用场区医学救护设施、消防设施、保卫设施等作为相应的辅助应急设施。

（1）主控制室

1) 功能

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：

- 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；

- 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。

2) 可居留性

主控制室所在的控制厂房为整体钢筋混凝土结构，其外墙结构具有防飞射物性能，能承受安全停堆地震（SL-2）；同时具有良好的密封和通风性能，进风系统安装两级气溶胶过滤器及除碘过滤器，对进风具有足够的过滤能力。

（2）远程停堆站

每台机组设有一个远程停堆站，位于与反应堆厂房相邻的电气和连接厂房内。远程停堆站是独立于主控制室的关键控制场所。当主控制室人员不得不撤离主控室时，操纵员在这里实现如下控制机组的功能：

- a) 可靠地控制反应堆的停堆过程直到其进入安全停堆状态，并确保反应堆余热的导出；

- b) 触发安全系统并监视其工作过程；

- c) 获取机组和反应堆状态的重要安全信息。

（3）技术支持中心

1) 功能

技术支持中心在平时作为机组隔离办的工作地点，在机组到达应急状态后作为电站技术支持组成员工作场所。其在应急响应期间的主要功能为：

- 对已经发生或可能发生的事故工况（包括严重事故）的分析、预测和诊断提供技术支持和指导；

- 对缓解事故或使机组或电站恢复到安全状态可采取的控制措施提供建议；

- 与机组主控制室、电站应急指挥中心进行信息交流，提供技术支持。

2) 可居留性

技术支持中心的可居留性与主控室相同。

(4) 应急指挥中心

田湾核电站一期工程应急指挥中心位于一期工程 1# 机组反应堆厂房偏西南方 700m 处，为一栋两层建筑物，总建筑面积约 1200m²。福岛核事故后，根据《“十二五”期间新建核电厂安全要求》，结合田湾核电基地发展结合，随田湾核电站二期工程新建田湾核电基地应急指挥中心。

新建应急指挥中心位于场区北侧老气象站附近，距最近的 2 号反应堆中心约 800 米，场地平整后的标高（黄海高程）约为 15 米，建筑面积约为 1860 m²，预计 2017 年投入使用。其在应急响应期间的主要功能为：

- 统一指挥核电站内部各应急专业组和应急人员的响应行动；
- 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；
- 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。

(5) 备用应急指挥室

备用应急指挥室设在连云港市经济开发区，离 1 号机组核岛约 10.8km 左右，楼内设有公司内部专网可查询机组参数，同时部分电脑还开通了外部网络，确保及时获取外部信息。此外该中心设有专门的会议室，并配备足够的通讯工具以及文件资料，满足基本的应急决策与通信功能需求。

(6) 运行支持设施

田湾核电站的运行支持设施由核服务厂房（每个机组一个），检修车间（包括仪、电检修车间 01UST、机加工车间 03UST、铆焊车间 04UST）、运行服务厂房和仪控工程师站等组成。

(7) 公众信息中心

为了在核事故应急期间按规定向新闻媒体和公众提供有关核动力厂应急和公众防护行动的信息，对公众和新闻媒体的信息需求作出响应，澄清失真的传闻等，电站在烟羽应急计划区外设立了“江苏核电有限公司公众信息中心”。该中心地点位于连云港市连云区海棠中路 28 号核电宾馆二楼多功能厅，面积 240 平方米，是一个可容纳 80 人的会场，配有满足信息发布要求的多媒体设备，具有足够的空间和为媒体安排基础设施的条件。

(8) 监测和评价设施

田湾核电站的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。消防仪控系统（包括火灾报警系统）和地震保护仪控监测系统，属于特殊的事件/事故监测与评价设施。

田湾核电站在应急情况下，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：反应堆装置监测、控制和诊断系统（MCDS）、安全参数显示系统（SPDS）、自动辐射监测系统（ARMS）和事故后监测系统（PAMS）。

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、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。

（9）通信系统

应急通信是指令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。应急通信的基本任务是：

- 1) 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的传输；
- 2) 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；
- 3) 保障 TNPS 的应急通知和应急警报的发布；

记录 TNPS 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。

7.5.6 应急响应能力的维持

尽管需要启动应急计划的事故很少，但核电厂的应急准备却必须常备不懈，为了能在需要时顺利实施应急计划，则应维持必要的应急响应能力，主要包括：

（1）应急计划的修订和完善

根据应急演习及运行中实际出现过的应急状态，认真总结经验及教训，对应急计划及相关执行程序加以完善，核电厂的场内应急计划至少每两年要进行一次必要的修订并报国家核安全局审评。

（2）建立并坚持应急工作人员培训制度

对所有应急工作人员进行定期培训，包括新人的岗前培训及原有应急工作人员的定期轮训。

（3）应急设施、设备及通讯等系统的维护

所有应急设施、设备及通讯、监测、评价等系统都必须妥善维护，并有严格的保养及试验制度，以保证其处于随时可用状态。

（4）按法规要求定期进行各种类型及规模的应急演练

应急演练是检验应急准备状况的主要手段之一。

核电厂应急响应的过程十分复杂，因此应急演练也多种多样，一般按演习涉及的范围可分为：

- 1) 单项演习：为检验某些应急响应基本技巧或分系统检验应急组织响应能力、应急设施核设备状况而进行的较小范围的演习，分练习和部分练习；要求每年至少一次，通讯及数据传输系统的练习则应更多。
- 2) 综合演习：核电厂应急组织全面启动的应急演练，应急响应过程中会涉及核电厂的绝大部分甚至全部应急组织、应急设施及设备；要求每台机组每两年一次。
- 3) 联合演习：场内、外应急组织全面启动的应急演练，要求在首次装料前进行，并在运行期间每五年一次。

第八章 流出物监测和环境监测

8.1 运行期间流出物监测方案

8.1.1 监测目的和制定监测方案的原则

8.1.2 气载放射性流出物监测方案

8.1.3 液态放射性流出物监测方案

8.1.4 其它放射性物质的监测

8.1.5.地方环保部门监督性监测

8.2 运行期间的环境监测方案

8.2.1 监测目的

8.2.2 监测范围和布点原则

8.2.3 监测项目

8.2.4 测量方法

8.2.5 环境监测系统

8.2.6 地方环保部门监督性监测

8.3 应急监测方案

8.4 非放监测方案

8.5 质量保证计划

8.5.1 质量控制

8.5.2 质量管理

8.1 运行期间流出物监测方案

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组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。

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、排放总量和核素的种类等。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。

制定流出物监测方案的主要依据是：

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB 14587-2011）

《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-89）

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB 11216-89）

《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 7165.1-2005）

《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 7165.2-2008）

《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 7165.3-2008）

《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 7165.4-2008）

《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.5-2008）

《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 12726.1-2013）

《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》（GB/T 12726.2-91）

《海水水质标准》（GB 3097-1997）

《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）

8.1.1 监测目的和制定监测方案的原则

8.1.1.1 监测目的

运行期间流出物监测目的：

- （1）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厂规定的管理目标值；
- （2）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；
- （3）为应用适当的环境模式评价环境质量提供源项数据和资料；
- （4）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。

8.1.1.2 制定监测方案的主要原则

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制定和监测系统设计遵循的主要原则有：

- （1）满足国家法规标准提出的多堆厂址统一管理规范和流出物监测管理要求；
- （2）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；
- （3）对于分批排放，排放前取样分析；
- （4）对于具有事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- （5）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报警阈值；
- （6）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。

8.1.2 气载放射性流出物监测方案

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组所产生的大部分放射性废物是通过气体排放途径排至环境，因此对气载放射性流出物的排放监测和控制是防止环境污染措施的重要组成部分。

根据通风工艺设计，除了在异常工况下经二回路蒸汽安全阀和卸压排放管直接向环境排放外，其余的气载放射性流出物全部经过烟囱排至大气，其来源主要有核岛厂房的通风、废气处理系统排气、安全壳扫气及停堆期间安全壳换气等。因此，气载放射性流出物监测将主要集中于烟囱中的气体排放监测。

8.1.2.1 气载放射性流出物排放

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组排放到环境中的放射性物质主要是通过气态途径，因此，必须准确测定排放气载放射性流出物的放射性浓度、核素组成和排放总量。监测方

法如下：

对于不连续排放的气载放射性流出物（如废气储罐排气、安全壳扫气）取样到实验室分析；

对于连续排放的气载放射性流出物在线连续监测其惰性气体、气溶胶、碘；同时，对气溶胶、碘连续取样后定期送至实验室进行分析，对惰性气体定期取样进行实验室分析；

对 ^3H 及 ^{14}C 连续取样后进行实验室分析。

8.1.2.2 气载放射性流出物监测

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组气载放射性流出物监测由烟囱气载放射性流出物连续监测以及取样测量组成。

（1）烟囱气载放射性流出物连续监测

烟囱气载放射性流出物连续监测主要包括以下几部分：

1) 取样部分

烟囱内设置两套一样的取样管路互为冗余。

2) 烟囱放射性惰性气体监测

烟囱放射性惰性气体监测分为两个高活度浓度放射性惰性气体监测通道和两个低活度浓度放射性惰性气体监测通道，它们是事故后监测通道，属安全 1E 级设备，具有冗余、仪表量程宽等特点，有显示、记录打印和报警功能，还可以对烟囱中放射性惰性气体定期进行取样。样品在厂区实验室做放射性核素测量分析。

惰性气体连续监测仪需按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，这些要求包括：

- 系统设计为冗余监测，冗余设备之间进行实体隔离和电气隔离；
- 采用交流不间断电源供电；
- 对设备的输入输出信号进行信号保护；
- 对设备进行预先的质量鉴定，确保设备在事故后环境条件及地震条件下能保持正常运行。

3) 烟囱气溶胶和放射性碘监测

气溶胶和放射性碘连续监测和取样包括：

- 气溶胶连续监测道及放射性碘连续监测道进行气溶胶和放射性碘活度连续监测，具有显示、记录打印和报警功能；
- 气溶胶和放射性碘连续取样，样品定期送厂区实验室进行测量分析。

4) 烟囱 ^3H 和 ^{14}C 取样监测：

烟囱中 ^3H 和 ^{14}C 监测为连续取样，样品送厂区实验室进行测量分析，计算核素的排放量。

（2）气载放射性流出物取样测量

气载放射性流出物在实行分批排放时，须进行取样测量，包括：

- 废气贮存罐贮存时间满足规程要求且需要排放时由取样人员通过核取样系统进行取样；
- 在停堆初期需要进行安全壳换气时，由取样人员通过安全壳空气监测系统进行取样分析，活度低于预定限值时进行排放；排放期间对安全壳换气系统（EBA）排气的放射性活度进行连续监测；
- 对于通过烟囱连续排放的气载放射性流出物中的气溶胶和碘采用连续取样装置取样，定期更换样品。

2 个机组的气载放射性流出物连续监测及取样设备拟分别安装在 NB 厂房中。所取样品均送到厂区实验室的仪器测量间进行测量分析。

8.1.3 液态放射性流出物监测方案

8.1.3.1 液态放射性流出物排放

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的所有放射性液体都采用分批排放（槽式排放），将要排放的核岛和常规岛废液先分别注入相应废液贮罐。经对贮存罐废液取样，实验室定量分析合格后，再排入大海。

样品分析测量项目主要包括： pH 值、总 α 、总 β 、总 γ 测量、 γ 谱分析、氡测量、 ^{14}C 测量以及 ^{90}Sr 的定期测量分析等。其中 γ 谱分析主要包括 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{131}I 、 ^{133}I 、 ^{51}Cr 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{59}Fe 等核素。

8.1.3.2 液态放射性流出物监测

（1）贮罐废液连续监测

当 TER 和 SEL 贮罐废液的取样分析结果低于排放管理限值时，则可排放已测定的贮罐中的废液。排放时，还需采用低放液体活度监测仪进行连续监测，其目的是：验证实验室测定结果；核实被测贮罐废液是否完全排空。当液体活度监测仪设备故障或所测放射性活度超过设定阈值时，监测仪给出信号触发相应废液排放管路中的隔离阀关闭并发出报警。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组共设置两台低放液体活度监测仪，分别监测 TER 贮罐和 SEL 贮罐排放废液的放射性活度浓度。监测仪拟分别安装在 QA 和 QB 厂房中。运行人员可根据的运行管理要求调整报警阈值。

（2）贮罐废液取样测量

在 TER 和 SEL 贮罐中废液排放前，需从排放罐中采集样品送至厂区实验室的仪器测量间进行测量，并分析其是否达到排放要求。

8.1.4 其它放射性物质的监测

（1）固体放射性废物

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的固体放射性废物，除高放乏燃料元件另作特殊处理外，其余的中低放固体废物在分装和运输过程中，使用 γ 电离室和便携式测量仪器测量固体废物的辐射剂量。另外，对固体废物包装桶表面进行擦拭污染测量。测量结果符合国家有关规定后方可移出厂区暂存或永久处置。

（2）辐射控制区出口

在辐射控制区的出口处，设置全身表面污染监测仪和工具污染监测仪，对工作人员退出控制区时进行全身和携带工具的表面污染监测，防止放射性污染被带出辐射控制区。

（3）厂区总出入口

在厂区总出入口，设置车辆 γ 和人员 γ 污染监测仪，对离开厂区的车辆和人员进行监测，防止放射性物质被意外带出核电厂厂区。

（4）其它

对于其它可能出现放射性污染的非特定区域可采用便携式仪表进行测量。

8.1.5 地方环保部门监督性监测

为了配合地方环保部门进行监督性监测，目前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 1、2 号机组的气载、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：

（1）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部门。

（2）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。

（3）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 ^3H 和 ^{14}C 样品可供地方环保部门进行测量；从 TER 和 SEL 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。

（4）向地方环保部门及时提供流出物监测月报表。

（5）定期进行监测结果的比对和监测技术的交流。

8.2 运行期间的环境监测方案

目前，田湾核电站已基本建立了一套能够覆盖整个厂址区域的环境监测设施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 2003 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 8.2-1。但考虑到田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成后对周围局部区域环境的影响，需对目前实施的环境监测大纲进行适应性修改，对监测点及采样点的布设加以适当调整和补充，以实现对整个核电基地环境进行统一监测。

运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）

《环境核辐射监测规定》（GB 12379-90）

《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB 11216-89）

《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）

《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93）

《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）

《核电厂环境辐射监测规定》（NB/T 20246-2013）

《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ527-90）

《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》（国核安发[2012]98 号文）

8.2.1 监测目的

实施运行期间环境监测的主要目的是：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。

8.2.2 监测范围和布点原则

8.2.2.1 监测范围

（1）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。

（2）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。

8.2.2.2 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有：

- （1）依据相关标准及技术规范；
- （2）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；
- （3）对居民密集地区适当增加监测点；
- （4）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；
- （5）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；
- （6）废液排放方式及特点、潮汐规律；
- （7）海上取样点主要设在排放口及其附近海域；
- （8）土壤采样点设置在无水土流失的原野或田间；
- （9）考虑田湾核电站厂址区域附近地区的地形等条件；
- （10）气象塔的位置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；
- （11）充分利用田湾核电站运行前本底调查所获得的资料，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。环境监测的重点是居民的居住区域。

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，考虑到扩建工程机组建成后对环境的影响，需根据扩建项目的厂坪布置对现监测点及采样点的布设加以适当调整和补充。

8.2.3 监测项目

（1）气象参数测量

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。

（2）环境 γ 辐射水平

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

1) 大气及沉降物

大气中的 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 测量分析；

气溶胶：总 α 、总 β 、 ^{137}Cs 和 γ 谱核素分析；

沉降灰：总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、和 γ 谱核素分析。

2) 土壤和沉积物

陆地土壤、水库沉积物、岸边沉积物和海洋沉积物 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

3) 水

地表水、地下水和降水 ^3H 和 γ 谱核素分析；

饮用水总 α 、总 β 、 ^3H 和 γ 谱核素分析；

海水 ^3H 、 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

4) 农畜产品

植物和动物 γ 谱核素分析；

牛奶 ^{131}I 放化分析。

5) 海洋生物

鱼类、甲壳类、软体类及藻类 γ 谱核素分析。

6) 海盐和卤水

海盐： γ 谱核素分析；

卤水： ^3H 和 γ 谱核素分析。

7) 指示生物

陆地指示生物松针 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析；

海洋指示生物牡蛎 ^{90}Sr 和 γ 谱核素分析。

田湾核电站已设置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用于整个核电基地周围环境介质样品的测量。

8.2.4 测量方法

根据监测任务和样品的种类采取以下不同的测量方法：

(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、 ^3H 和 ^{14}C 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 、 ^{131}I 等核素进行测量分析。

(2) 固定式环境 γ 辐射监测和流动的辐射监测

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/应急监测车进行核电厂周边环境 γ 辐射监测，车上设有车载 γ 剂量率监测仪、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内各区域的局部气象状况。

8.2.5 环境监测系统

环境监测系统主要由以下设施组成：

- （1）环境 γ 辐射监测系统；
- （2）自动气象观测系统；
- （3）环境监测楼；
- （4）环境/应急监测车和环境介质采样车；
- （5）厂区地下水监测井；

8.2.5.1 环境 γ 辐射监测系统

（1）环境 γ 辐射监测站

目前田湾核电站已设置了 10 个固定式环境 γ 辐射监测站，分别为双围墙内 4 个站（91UCJ、92UCJ、93UCJ、94UCJ）、厂前区（01UCJ）、高公岛（02UCJ）、宿城乡（03UCJ）、环境监测楼（04UCJ）、杨圩（05UCJ）及板桥镇（06UCJ），方位详见图 8.2-1。13 个监测站的方位和距离见表 8.2-2。厂区外 3 个站（杨圩、宿城乡和环境监测楼）和厂区 2 个站（厂前区和双围墙）均设有空气中 ^{131}I 、 ^3H 、 ^{14}C 、雨水和沉降灰收集装置。10 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。

福岛核事故后，田湾核电站对现有环境 γ 辐射监测站的部分设备进行了维护和更新。初步改进方案的主要内容包括：

- 1) 在双围墙南角、厂前区、宿城乡、环境监测楼和杨圩监测站增加配备了大流量气溶胶取样装置，以及时发现环境中辐射水平的上升，应对应急情况下的快速测量；
- 2) 对环境辐射监测站点部分仪器设备的蓄电池进行了更换，以使监测站在失去外部电源的情况下，应急蓄电池应能保证 72 小时供电；
- 3) 监测站的 γ 监测仪更换为高气压电离室；
- 4) 更改现有的通讯方式，由原电话线/无线数传电台更改为光纤/CDMA3G 无线，并配备相关的网络安全隔离装置；
- 5) 环境监测楼布置备用环境辐射监测中央计算机，并配置相关软件；
- 6) 部分设备的更新。

另外，在上述 10 个固定式环境 γ 辐射监测站的基础上，田湾核电站厂区内计划增加

3 个固定 γ 监测站（W1UCJ、W2UCJ、W3UCJ），新增设的监测站位置见图 8.2-2。新增设的监测站所配置的环境 γ 辐射连续监测仪在型号上将尽量与原有其它 γ 监测站保持一致，以保证测量数据的可参照性。增设站的监测数据将与原有监测站的数据汇入一个数据库。

（2）累积 γ 剂量及瞬时 γ 剂量率测量

累积 γ 剂量采用热释光剂量计及热释光剂量计读出装置进行监测。将热释光剂量计按布点图放置在有代表性的不受附近建筑物影响的开阔场地，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 剂量率采用监测车的便携式环境 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。

8.2.5.2 自动气象观测系统

气象数据是评价核电厂气载放射性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是电厂运行期间环境监测的重要组成部分。自动气象站主要用来采集、处理和记录厂区的风速、风向、温度、大气稳定度、湿度、气压和雨量等气象数据，作为计算、评价短期或长期常规放射性释放对该地区环境影响的依据。在发生核事故时，提供实时气象参数以便电厂应急组织执行应急措施，同时作为事故辐射后果评价的输入参数，以便采取最适当的防护措施保护环境以及保护电厂工作人员和公众安全。

目前田湾核电站已建成一个自动气象观测系统。它由一个气象铁塔站和两个地面气象站组成。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。三个气象站各设施分布为：厂区北气象站（01UCL，102m 铁塔），厂区地面气象站（02UCL，10m 气象桅杆），环境监测楼地面气象站（03UCL，10m 气象桅杆）。

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、网络传输、查询和网上发布。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建设中也将使用上述气象观测系统测量的数据，不再建设新的气象站点。

8.2.5.3 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、规模

环境监测楼距核电厂厂区约 10km，总面积约为 2000m²，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，供存放环境/应急监测车和采样车。

环境监测楼内的主要功能房间包括：

1) 低本底物理测量房间： γ 谱仪测量室、液闪测量室、低本底 α/β 测量室、热释光测量室及相应的数据处理间；

2) 样品预处理及制备房间：鲜样存放间、鲜样处置间、样品干燥间、碳化室、灰化室、待测样品制备间、天平室等；

3) 化学制样及分析房间：化学实验室、光谱测量室、非放测量室、标准样品准备间等。

环境监测楼配置的主要设备包括以下几类：

1) 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；

2) 制样设备：程控马福炉、电炉、程控烘箱、球磨机、组织打浆机、电子天平、超声波清洗仪、通风柜及实验室常用设备；

3) 非放测量及分析仪器：原子吸收光谱仪、紫外/可见分光光度计、BOD、COD、酸度计、溶氧仪、测氯仪、电导率仪等。

8.2.5.4 环境/应急监测车和环境介质采样车

田湾核电站现设有 1 辆环境/应急监测车和 1 辆环境介质采样车，用于电厂正常运行期间对厂区及周围环境 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，以及进行热释光元件（TLD）的布设及回收。采集的环境介质样品拿至环境监测楼进行测量分析。在事故应急情况下，环境/应急监测车将快速出动，利用便携式仪表对厂区内及厂址周围的辐射水平进行快速测量，同时将车载 γ 剂量率仪测量数据通过无线方式传输到应急指挥中心。

另外，田湾核电站计划增加 1 辆应急监测车及必要的车载环境 γ 辐射测量设备、便携式仪表、辅助设备。上述设备将在田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成后执行同样的功能。

环境/应急监测车和环境介质采样车已配置和拟配置的主要设备有：便携式 γ 多道谱仪、碘和气溶胶取样设备、便携式表面污染测量仪、便携式 γ 剂量率仪、车载 γ 探头、手持式气象仪、无线通讯、个人防护器具、便携式发电机、车载 GPS、各种介质采样工具以及样品容器、包装袋等设备。

8.2.5.5 厂区地下水监测井

田湾核电站为监测核电站运行对厂区地下水的影响情况，在田湾核电站厂区将设置地下水监测井，用于对厂区附近地下水进行取样，样品送至环境监测楼进行测量分析，分析地下水是否受到放射性核素污染。目前计划在 3、4 号机组厂区附近设置 3 口监测井，在 5、6 号机组厂区附近设置 3 口监测井，监测井的具体数量及位置将根据厂区地下水径流等情况最终确定。

8.2.6 地方环保部门监督性监测

除了田湾核电站各类环境监测设施外，江苏省辐射环境监督管理站也同时在田湾核电基地周围设立了环境监测设施对整个基地实施监督性监测。其中，监督性监测前沿站位于核电基地正西方向 10.8km 处的连云港市经济技术开发区内，各监测子站位置见表 8.2-3。为了大力配合该项工作的实施，田湾核电站考虑主要从以下几个方面保证对监督性监测的支持：

（1）目前田湾核电站监督性监测子站系统等已运行多年，江苏省核安全局将自行进行升级改造及增设站点，田湾核电站通过资助的形式进行配合；

（2）为地方环保部门现场监测提供方便，包括人员出入支持、人员配合、水电及监测场地的支持等；

（3）开展实验室之间的检测结果比对活动，增强交流和了解。

8.3 应急监测方案

田湾核电站事故情况下环境监测的任务是：对田湾地区的环境 γ 辐射进行监测以及对空气、土壤、地面水、陆地生物等环境介质取样，实验室测量分析，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。目前田湾核电站已制定了详细的应急环境监测计划。在发生事故时，环境/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。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成后，将依据实际情况进一步完善应急监测计划。

8.4 非放监测方案

本工程在运行期间将会向环境排放少量化学有害物（其中还包括热污染），主要是通过液态途径向海洋排放。因此环境监测中考虑了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环境的影响。电厂环境监测部门实施定期的环境监测。非放射性测量是定时采样，检测的方法主要有：光谱法、pH 值电极法、电导法等。

针对温排水产生的热污染，运营单位承诺在机组运行后进行温排水监测。

8.5 质量保证计划

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成运行后，整个田湾核电基地的环境监测将由目前田湾核电站环境监测科工作人员承担。

为了保证环境监测和流出物监测结果达到足够的可信度，确保获取的数据的有效性和可靠性，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成运行后将按照国家和行业标准规范的要求，在现田湾核电站环境监测大纲和质量保证计划的基础上进行适应性修改，并报上级主管部门批准，对整个田湾核电基地环境辐射监测和流出物监测进行质量控制和质量保证。

质量保证计划制定的主要依据是：

《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB 11216-89）

《电离辐射监测质量保证一般规定》（GB 8999-88）

8.5.1 质量控制

8.5.1.1 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 8.5-1。

8.5.1.2 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：

（1）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；

（2）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；

（3）准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 10%以内；

- （4）操作样品时具有防止交叉污染的措施；
- （5）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；
- （6）保存各类常规样品（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。

8.5.1.3 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：

（1）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；

（2）在分析测量的操作过程中注意防止样品之间的交叉污染；

（3）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。

（4）为了确定分析测量的精密度，采用平行样品分析测量；

（5）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和修正已定的系统误差；

（6）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。

（7）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和可比性。田湾核电站环境监测科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；

（8）仪器的刻度和检验：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：

1) 标准（参考）样品分析；

2) 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；

3) 对放射性测量仪器均每年进行一次以说明仪器计数是否满足泊松分布的 χ^2 检验；

4) 每月进行能量分辨率和能量刻度检验；

5) 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；

8.5.1.4 数据处理中的质量控制

数据处理中的质量控制包括：

（1）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；

（2）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；

（3）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；

（4）对于偏离正常值的异常结果，及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进行核查；

（5）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；

8.5.2 质量管理

8.5.2.1 组织机构

（1）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、权限等级；

（2）统一的环境监测组织机构，对田湾核电地区的环境监测进行统一管理；

（3）环境监测科设有科长、副科长、主管工程师、分析工程师及技术员等。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建成运行后，可根据调整质保大纲及环境监测大纲对环境监测科的人员进行相应的调整。

8.5.2.2 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。每年选送技术人员外出进行技术培训，并举办内部技术讲座，以使技术人员知识得以更新和扩展，技能得以提高。

8.5.2.3 技术交流

田湾核电站环境监测科多次开展了与江苏省辐射环境监测管理站（省站）技术交流，并召开研讨会，与其工作人员交流了监测工作中质量控制经验。

表 8.2-1 田湾核电站正常运行期间环境放射性监测大纲

监测介质			频度	采样 点数	监测分析项目
陆地生态	空气	剂量率	连续	10	γ 辐射空气吸收剂量率
		剂量率	季	67	γ 辐射空气吸收剂量率
		累积剂量	季	67	TLD
		大气	月	5	^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I
		气溶胶	周	5	总 α 、总 β
		气溶胶	月	5	γ 谱
		气溶胶	半年	5	^{137}Cs
		沉降灰	季	5	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 γ 谱
	陆地水体	降水	季	5	^3H 、 γ 谱
		饮用水	季	4	总 α 、总 β 、 ^3H 、 γ 谱
		地表水	半年	3	^3H 、 γ 谱
		地下水	半年	2	^3H 、 γ 谱
	土壤		年	15	γ 谱、 ^{90}Sr
	水库沉积物		年	1	γ 谱、 ^{90}Sr
	草		年	2	γ 谱
	农作物	稻谷	年	2	γ 谱
		小麦	年	3	γ 谱
		青菜	年	3	γ 谱
		水果	年	3	γ 谱
		茶叶	年	2	γ 谱
	动物及产品	猪肉	年	2	γ 谱
		淡水鱼	年	2	γ 谱
		牛奶	半年	1	^{131}I
海洋生态	海 水		半年	7	γ 谱、 ^3H
			周	2	总 β
			年	4	^{90}Sr
	海洋沉积物	潮下带	年	7	γ 谱、 ^{90}Sr
		潮间带	年	2	γ 谱、 ^{90}Sr
	甲壳类	鹰爪虾	年	1	γ 谱
		虾	年	2	γ 谱
		梭子蟹	年	2	γ 谱
		虾菇	年	2	γ 谱
	软体类	蛤仔	年	1	γ 谱
		乌贼	年	2	γ 谱
		紫贻贝	年	1	γ 谱
		缢蛏	年	1	γ 谱
		毛蚶	年	1	γ 谱
	鱼类	黄鲫鱼	年	2	γ 谱
		蓝点鲰	年	2	γ 谱
		带鱼	年	1	γ 谱
		鲻鱼	年	2	γ 谱

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）

	藻类	紫菜	年	2	γ 谱
		海带	年	1	γ 谱
指示生物	松针		年	2	γ 谱、 ^{90}Sr
	牡蛎		年	3	γ 谱、 ^{90}Sr
盐类	海盐		年	1	γ 谱
	卤水		年	1	γ 谱、 ^3H

表 8.2-2 田湾核电站现有和新增 γ 监测站位置

站点名称	方位	距离	站点名称	方位	距离
91UCJ	SE	双围墙内	02UCJ 高公岛	NE	约 3km
92UCJ	SE	双围墙内	03UCJ 宿城乡	WNW	约 3.5km
93UCJ	E	双围墙内	04UCJ 环境楼	W	约 10.8km
94UCJ	S	双围墙内	05UCJ 杨圩	SW	约 2.1km
01UCJ 厂前区	S	约 0.8km	06UCJ 板桥镇	SW	约 5km
W1UCJ	SW	约 1km	W2UCJ	NE	约 1km
W3UCJ	W	约 1.5km			

表 8.2-3 监督性监测系统子站位置

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

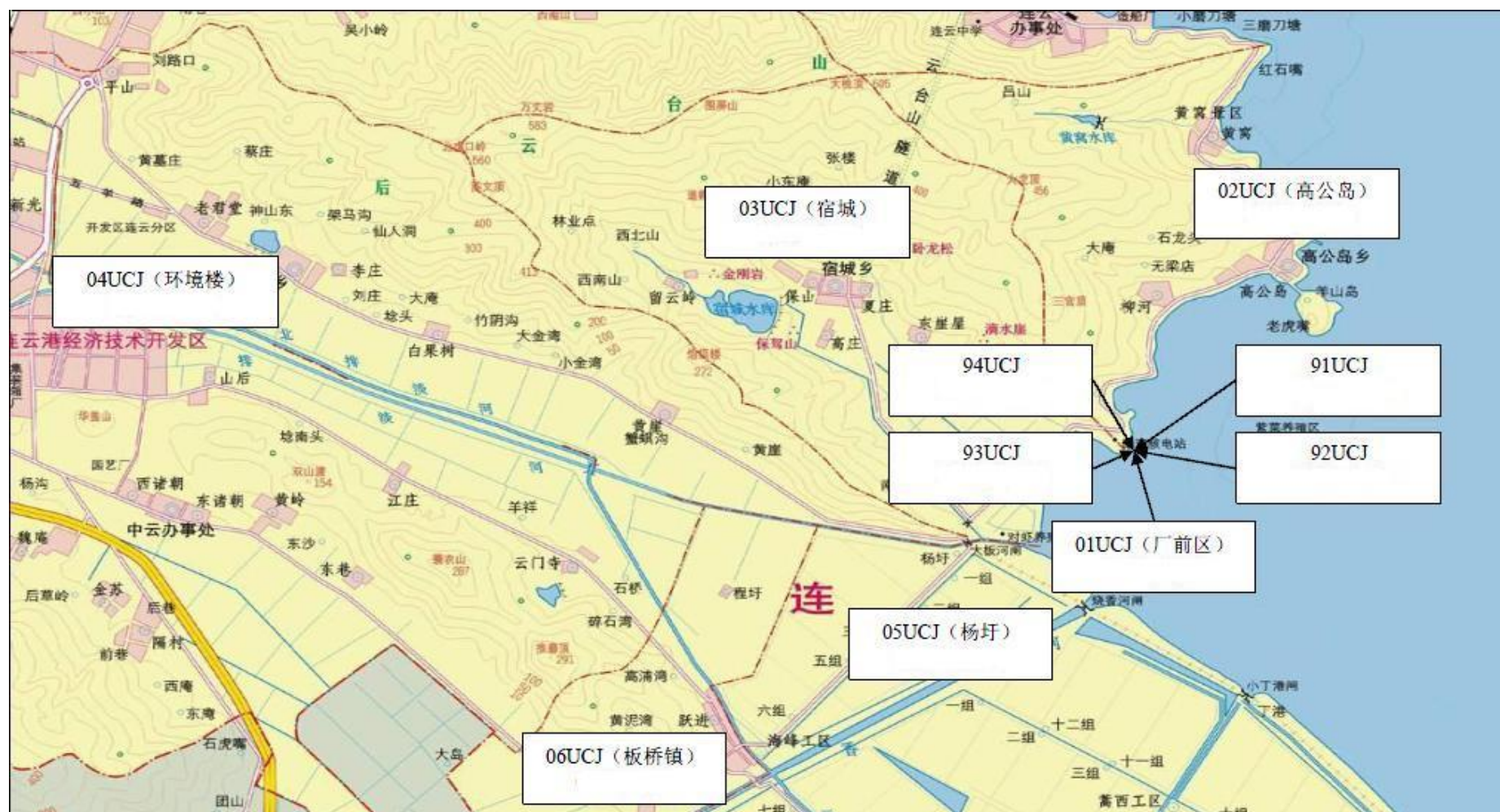


图 8.2-1 田湾核电站固定环境 γ 监测站分布图

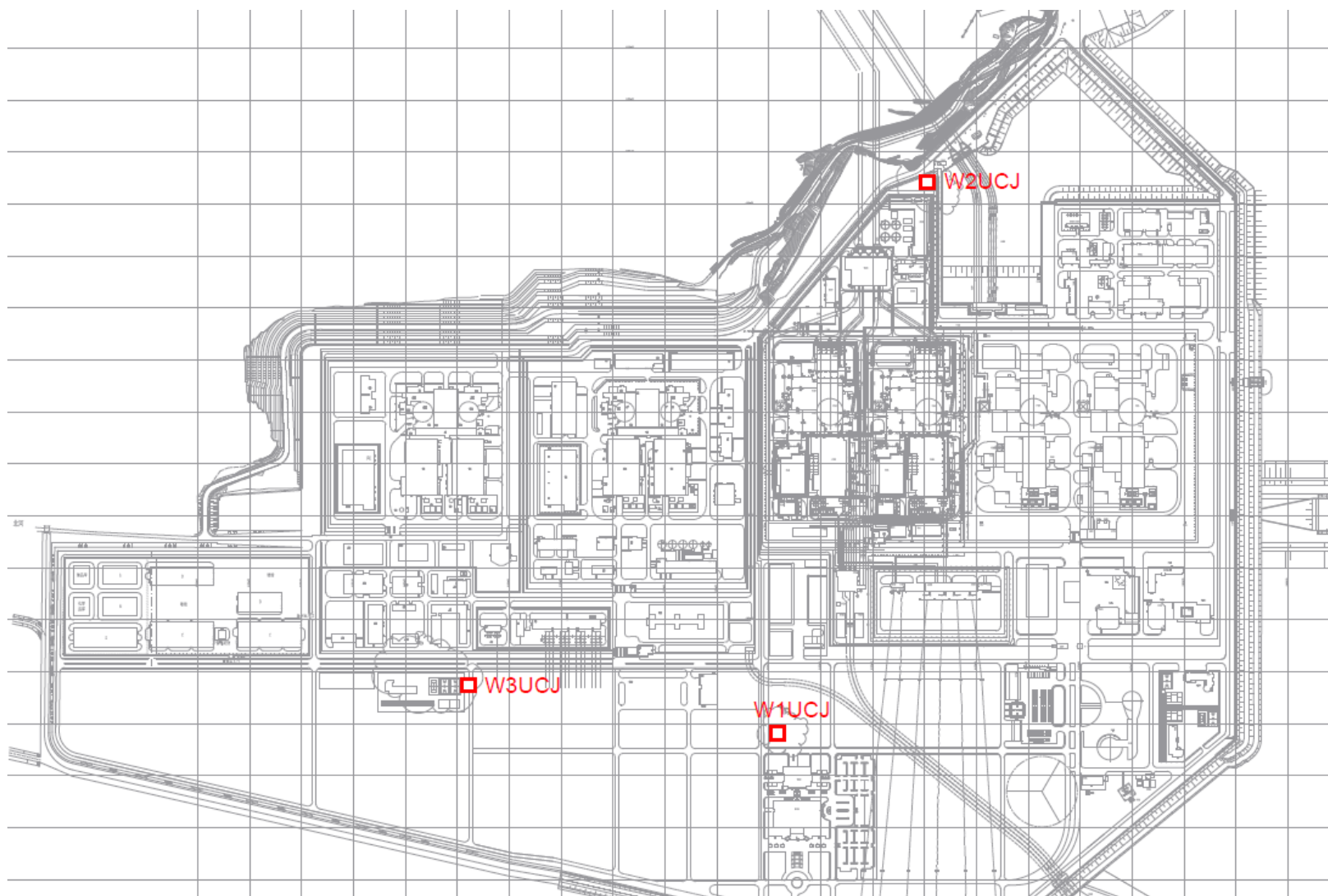


图 8.2-2 田湾核电站新增 γ 监测站位置示意图

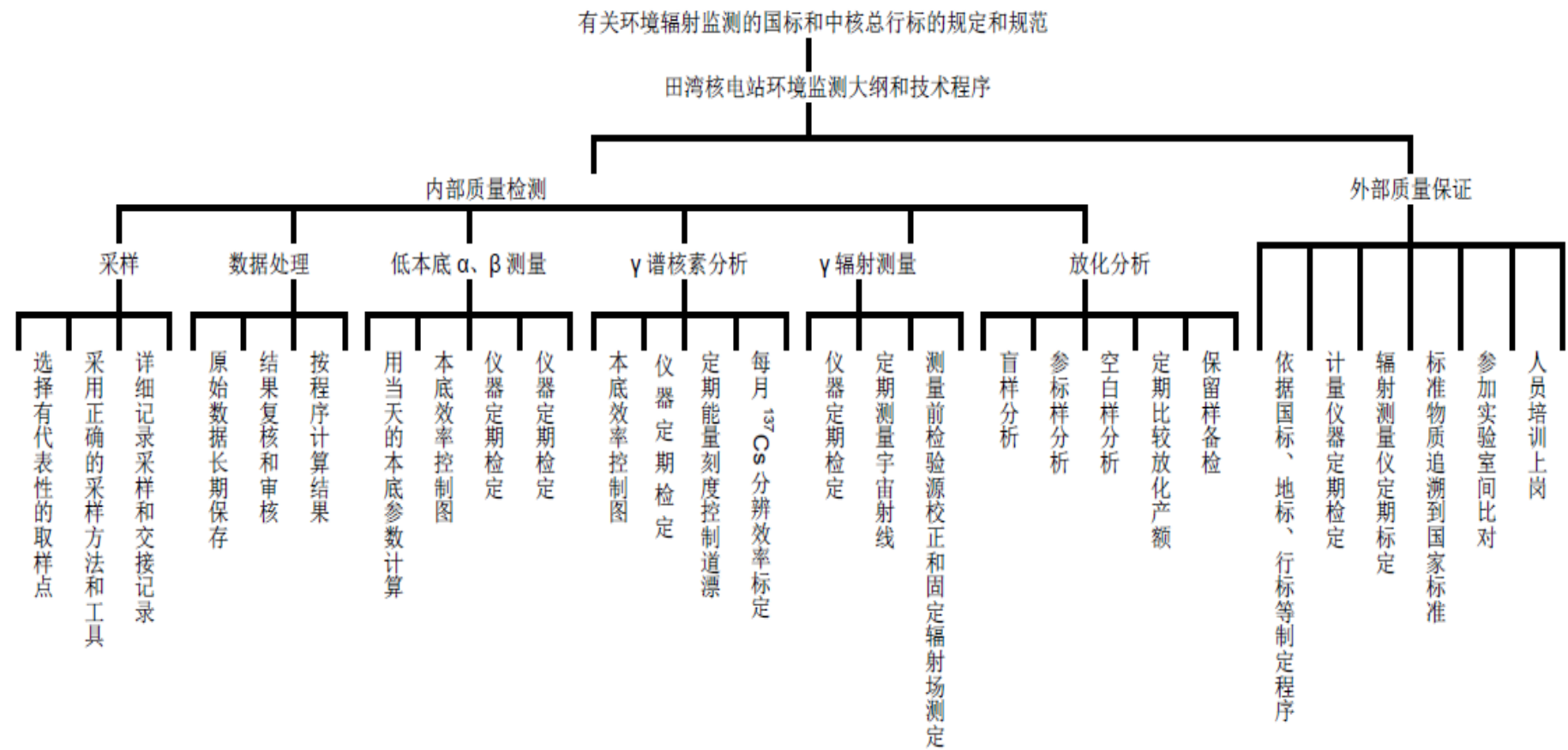


图 8.5- 1 田湾核电站环境辐射监测质量保证体系

第九章 公众参与

9.1 公众参与的目的和作用

9.2 田湾核电站已完成的公众参与工作

9.3 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段公众参与工作

9.1 公众参与的目的和作用

根据《中华人民共和国环境影响评价法》的要求，除国家规定需要保密的情形外，环境影响评价报告书中必须要有公众参与的内容。根据《中华人民共和国环境影响评价法》第二十一条的规定，在建设项目批准立项前要举行论证会、座谈会，或采取其他形式征求有关单位、专家和公众意见。2006年3月18日开始实施的《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发[2006] 28号）也为公众参与的具体操作方式提供了有效的依据。

公众参与是建设单位、环评单位同公众之间的一种双向交流方式，也是协调工程建设与社会影响的重要手段。通过公众参与，可以让公众了解建设项目的内容、规模、意义以及拟建项目对环境产生的影响，从而体现公众对建设项目的意见和看法，使建设项目的规划设计更完善和合理，有利于最大限度发挥项目的综合和长远利益，也有利于提高全民族环保意识，对保护公众生活环境具有积极的作用。

公众参与调查的目的和作用，是为了广泛了解社会各界人士，特别是厂址周围受影响的人群对田湾核电厂厂址选择、设计建设的意见和建议，最大限度地降低工程的建设可能对周边环境带来的不利影响，以发挥工程最大的社会、环境和经济效益。

9.2 田湾核电站已完成的公众参与工作

江苏核电有限公司按照《环境影响评价公众参与暂行办法》的有关要求，在以下阶段以核电知识宣传、信息公告发布和问卷调查等多种形式，在项目所在地针对社会各界人士开展了大量的公众参与工作：

- 田湾核电站 3、4 号机组选址阶段；
- 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组选址阶段；
- 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段（2010 年）；
- 田湾核电站 3、4 号机组建造阶段。

（1）田湾核电站 3、4 号机组选址阶段的公众参与工作

2007 年第一季度，江苏核电有限公司开展了田湾核电站 3、4 号机组选址阶段的公众参与工作。该次工作主要包括核电科普知识宣传、公众参与问卷调查和信息公告。

2007 年 3 月 1 日至 3 月 8 日，江苏核电有限公司在连云港市核应急办公室及江苏省辐射环境监测管理站连云港分站等部门的支持下举办了核电科普知识宣传和公众问卷调查工作。该次宣传工作包括连云港市新浦区、海州区、开发区、连云区墟沟街道、连云区宿城乡、连云区高公岛乡、连云区板桥镇、灌南县、灌云县、东海县、赣榆县以及山东省日照市等。该次宣传活动围绕“核电科普知识”、“田湾核电建设”两个专题，采用八块展板十六个展面的展览方式，配合专职讲解员的生动讲解以及各个专业领域专家的现场咨

询答疑，利用图片、漫画等形式展示核电基本原理、核安全知识，并介绍了田湾核电站 1、2 号机组和 3、4 号机组的扩建规划情况。

2007 年 3 月 20 日至 21 日，江苏核电有限公司和中国核学会主办“院士田湾行”核能科普宣传活动。中国工程院部分院士、清华大学教授、中国核学会和中核集团的专家等出席了有关活动。在此期间，江苏核电有限公司还先后组织有关师生到核电站进行了一些参观活动。

该次活动共发放调查问卷 640 份，回收有效问卷 617 份，其中连云港市新浦区 61 份，海州区 53 份，开发区 49 份，连云区墟沟街道 56 份，连云区宿城乡 57 份，连云区高公岛乡 54 份，连云区板桥镇 56 份，灌南县 54 份，灌云县 49 份，东海县 58 份，赣榆县 50 份，山东省日照市 20 份。统计结果表明，从环保角度考虑，对本扩建工程坚决支持和有条件赞成的人数达到 90.9%。

江苏核电有限公司还通过连云港市政府网站分别于 2007 年 2 月至 3 月期间和 2007 年 8 月至 9 月期间，向公众进行了两次信息公告。

（2）田湾核电站扩建工程 5、6 号机组选址阶段的公众参与工作

2009 年第二季度，江苏核电有限公司开展了田湾核电站 5、6 号机组选址阶段的公众参与工作。该次工作主要包括核电科普知识宣传、公众参与问卷调查和信息公告。

2009 年 5 月 5 日至 5 月 14 日，江苏核电有限公司在连云港市核应急办公室及江苏省辐射环境监测管理站连云港分站等部门的支持下再次举办了核电科普知识宣传和公众问卷调查工作。本次宣传和问卷调查范围与 2007 年相同，该次宣传活动围绕“核电科普知识”、“田湾核电建设”两个专题，采用十块展板十二个展面的展览方式，介绍核电基本原理、核安全知识和田湾核电基地各机组的建设运行情况。该次活动共发放调查问卷 670 份，回收有效问卷 645 份，其中连云港市新浦区 100 份，海州区 62 份，开发区 40 份，连云区墟沟街道 29 份，连云区宿城乡 57 份，连云区高公岛乡 62 份，连云区板桥镇 81 份，灌南县 41 份，灌云县 48 份，东海县 62 份，赣榆县 41 份，山东省日照市 22 份。统计结果表明，从环保角度考虑，对本扩建工程坚决支持和有条件赞成的人数达到 84.7%。

江苏核电有限公司还通过连云港市政府网站分别于 2009 年 4 月至 5 月期间和 2009 年 7 月期间，向公众进行了两次信息公告。

（3）田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段（2010 年）的公众参与工作

2010 年第一季度，江苏核电有限公司开展了田湾核电站 5、6 号机组 2010 年建造阶段的公众参与工作。该次工作同样包括核电科普知识宣传、公众参与问卷调查和信息公告。

2010 年 3 月 15 日至 3 月 19 日，江苏核电有限公司在连云港市核应急办公室等部门

的支持下再次举办了核电科普知识宣传和公众问卷调查工作。与前两次相比，本次宣传和调查工作主要集中在田湾核电站周围的宿城乡、高公岛乡、板桥镇、云山街道等四个与核电站距离较近、利益相关、可能受到较大影响的乡镇范围和地段。本次宣传活动同样围绕“核电科普知识”、“田湾核电建设”两个专题，采用十块展板二十个展面的展览方式，介绍核电基本原理、核安全知识和田湾核电基地各机组的建设运行情况。该次活动共发放调查问卷 220 份，回收有效问卷 209 份，其中连云港市宿城乡 56 份，高公岛乡 53 份，板桥镇 50 份，云山街道 50 份。统计结果表明，从环保角度考虑，对本扩建工程坚决支持和有条件赞成的人数达到 87.1%。

江苏核电有限公司还通过江苏核电有限公司外部网站分别于 2010 年 2 月至 3 月期间和 2010 年 3 月期间，向公众进行了两次信息公告。

（4）田湾核电站 3、4 号机组建造阶段的公众参与工作

2012 年第一季度，江苏核电有限公司开展了田湾核电站 3、4 号机组建造阶段的公众参与工作。该次工作同样包括核电科普知识宣传、公众参与问卷调查和信息公告。

2010 年 3 月 26 日至 3 月 30 日，江苏核电有限公司在连云港市核应急办公室等部门的支持下再次举办了核电科普知识宣传和公众问卷调查工作。本次宣传和公众问卷调查主要在田湾核电站周围的高公岛乡、宿城乡、云山街道、墟沟街道、开发区/板桥街道、徐圩街道、等七个乡镇范围和地段。本次宣传活动同样围绕“核电科普知识”、“田湾核电建设”两个专题，采用十块展板二十个展面的展览方式，介绍核电基本原理、核安全知识和田湾核电基地各机组的建设运行情况。该次活动共发放调查问卷 430 份，回收有效问卷 398 份，其中高公岛乡 99 份，宿城乡 75 份，云山街道 61 份，墟沟街道 30 份，开发区 52 份，板桥街道 31 份，徐圩街道 50 份。统计结果表明，从环保角度考虑，对本扩建工程坚决支持和有条件赞成的人数达到 87.0%。

江苏核电有限公司还分别通过连云港市政府网站、江苏核电有限公司外部网站、连云港日报分别于 2012 年 3 月和 2012 年 4 月至 5 月期间，向公众进行了两次信息公告。

2012 年 12 月 3-4 日，江苏核电有限公司组织开展了公众参与座谈会。座谈会由连云港市核电协调办公室主持，邀请了连云港市和相关区县的港口管理、环保、海洋与渔业、卫生监督等政府部门的代表，以及银行、淮海工学院、东方医院、振兴石化机械有限公司等社会公众代表，还邀请了厂址附近的高公岛乡、宿城乡等乡镇以及高公岛乡柳河村、黄窝村、高公岛村和宿城乡高庄村、东崖屋村、云山街道黄崖村的公众代表。

（5）其他公众参与工作

除了科普宣传、问卷调查、信息公告和座谈会外，江苏核电有限公司还定期或不定期

的以其他形式开展了公众参与活动。自 2005 年开始，江苏核电有限公司连续多年参加了省、市、区等相关组织的各类公益性科普宣传活动，如参加江苏省科普宣传周、连云港市科普宣传周、核电厂科普社区行、校园行等活动，坚持每年 5 月第三周的“全国科普宣传周”、6 月 5 日“世界环境日”和 9 月“全国科普宣传日”等。其中，每年 6 月 5 日，江苏核电有限公司都会结合自身特色确立的田湾环境日主题开展相关活动。此外，田湾核电站深入挖掘自身资源，于 2007 年 1 月 9 日通过了国家旅游局的验收，并荣获了“全国工业旅游示范点”荣誉证书和铭牌。2008 年田湾核电站会展中心又先后荣获江苏省爱国主义教育基地和连云港市科普示范基地，并荣获连云港市第 23 届科普宣传周先进集体荣誉。田湾核电站会展中心的建设以及“全国工业旅游示范点”的活动，为田湾核电站的公众参与宣传工作打下了非常好的基础，并在实际宣传中取得了非常好的效果。近几年，江苏核电有限公司先后策划和参加了多次国家级、省部级和企业级组织的展览会，对宣传田湾核电站、普及核能知识等方面取得了十分积极和良好的社会效应。

9.3 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段公众参与工作

（1）核电科普知识宣传和问卷调查

2015年2月7日至10日，江苏核电有限公司重点在田湾核电站周围的宿城街道、高公岛街道、云山街道、墟沟街道、海州湾街道五个核电站厂址位置附近、影响较大、利益相关的范围和地段，通过免费发放由该公司制作的科普宣传材料、放置宣传展板、专业技术人员现场讲解和咨询等多种方式开展核电科普知识宣传活动。本次活动的相关照片记录如图 9.3-1所示。

在科普知识宣传时，江苏核电有限公司根据人群的职业、文化程度、年龄及性别情况随机发放调查问卷，以征集公众对田湾核电站扩建工程5、6号机组在环境保护和环境影响评价方面的建议和意见。本次调查样表见表9.3-1，调查对象统计见表9.3-2。本次活动共计发放调查问卷560份，收回有效问卷550份（其中团体问卷20份，人员信息不完整的问卷视为无效问卷），其中连云区宿城街道89份，高公岛街道87份，墟沟街道149份，海州湾街道129份，连云区云山街道76份，单位20份。统计结果表明：从环保角度考虑，对本建设项目坚决支持的有205人，占总数的37.27%，有条件赞成的有213人，占总数的38.73%，合计达76.00%，持无所谓态度的有70人，占总数的12.73%，持反对态度的有62人，占总数的11.27%；认为该建设项目有利于推动当地经济发展的有376人，占总数的68.36%，对此表示不清楚的有134人，占总数的24.36%，认为不利的有40人，占总数的7.27%；综合各方面因素考虑，支持建设田湾核电站扩建工程5、6号机组工程建设的有378人，占总数的68.73%，持无所谓态度的有123人占总数的22.36%，不支持的有49人占总数的8.91%。总体来讲，公

众支持扩建工程5、6号机组的建设。详细统计结果见表9.3-3。

在本次调查中，广大公众不仅积极参与问卷调查，还对如何发展核电、怎样加强环境保护等提出了宝贵意见和建议，如合理开发利用资源，带动本地经济发展；保证核电站的安全运行，做好安全生产工作；防止放射性物质的外泄，减少环境污染；加大宣传力度，让更多的老百姓了解核电等。

（2）信息公告

2015年5月11日至5月22日，为充分征询周围公众对本项目建设的意见，江苏核电有限公司通过连云港市政府网站、中国核电外部网站（江苏核电子网页）以及连云港日报向公众发布了田湾核电站扩建工程5、6号机组建造阶段环境影响评价第一次信息公告，如图9.3-2所示。第一次信息公告的主要内容为：田湾核电站扩建工程5、6号机组概要介绍，建设单位及环评单位联系方式，环境影响评价的工作程序和主要工作内容，征求公众意见的主要事项，公众提出意见的主要方式。

2015年7月3日至7月16日，江苏核电有限公司通过连云港市政府网站、连云港日报以及社区公告板向公众发布了田湾核电站扩建工程5、6号机组建造阶段环境影响评价第二次信息公告，如图9.3-3所示。第二次信息公告的主要内容为：《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）》全本，公众可通过此公告信息详细了解本项目概况、环境质量现状、电厂施工建设过程中、电厂运行时和电厂事故时对环境的影响以及公众反馈意见的渠道，以方便公众积极参与本项目环境影响评价工作。

在第二次信息公告的10个工作日的公示期间，公众对田湾核电站扩建工程5、6号机组的建设关注较高，截至7月20日，通过连云港政府网的关注量为1856人，通过连网（连云港地方媒体网站）关注的人数超过2000人次。

（3）公众意见处理、反馈与答复

在本次问卷调查期间，综合各方面因素考虑，不支持在本地区建设该扩建项目的有49人，占有效问卷总数550份的8.86%。调查结果显示，表示不支持在本地区建设的公众的理由主要集中在认为：①担心有辐射，不利于人体健康，对环境尤其是海水和海洋生物有影响；②核电站发展未能给本地发展带来切身实惠。针对这些意见，江苏核电有限公司成立了专门小组，与连云区科协科普志愿者团队在问卷调查回收时对相关公众进行了相应的回复。

在信息公告公示期间共收到了1个通过公告渠道的来电，来电公众咨询了核电站对周边环境和相关养殖业的影响，工作人员根据环评工作的对应内容给予了细致的解释，解答了公众的疑惑。

在本工程公众参与工作开展过程中，未收到公众通过其它途径提出的意见和建议。

综上所述，从田湾核电站已完成的公众参与工作和近期开展的公众参与情况可以看出，江苏核电有限公司开展的多次活动已经收到了良好的效果，大多数公众表示支持核电厂的建设。

江苏核电有限公司一直注重与当地公众的沟通和交流，充分尊重当地公众，为与当地公众的沟通交流提供了良好渠道。后续将开展持续的公众参与工作，以进一步争取公众对核电厂建设的理解和支持。

表 9.3-1（1/2）公众意见问卷调查表（2015 年 2 月）
（个人）

姓名		性 别	☐ 男 ☐ 女	身份证号	
职业	☐ 公务员 ☐ 企事业单位 ☐ 学生 ☐ 教师 ☐ 务工人员 ☐ 个体经营者 ☐ 农民 ☐ 其他				
文化程度	☐ 大专及以上 ☐ 中专或高中 ☐ 初中 ☐ 初中以下				
年龄	☐ 20 岁以下 ☐ 20~40 岁 ☐ 40~60 岁 ☐ 60 岁以上				
家庭住址	市（县） 乡（街道）				
工作单位				联系方式	
工程概况	工程名称	田湾核电站扩建工程 5、6 号机组			
	建设规模	两台百万千瓦级压水堆核电机组			
	投资方	中核集团等			
	建设地点	江苏省连云港市田湾核电站二期工程西北侧的船山			
工程建设意义	1. 作为一种清洁的能源，符合国家能源发展的战略； 2. 满足江苏省及周边省市经济持续发展对电力的需求； 3. 用核电替代部分火电，可以缓解江苏省煤炭运输的压力，节省有限的煤炭资源，有效地减少 CO、CO ₂ 、SO ₂ 、粉尘等污染物的排放，改善苏北地区乃至江苏省的大气环境质量； 4. 江苏电网电源结构单一，发展核电可进一步优化能源结构，促进社会经济的可持续性发展。 5. 对本地区的经济、投资环境、环保、税收、就业等都将产生巨大的拉动效应。				
公众调查意见	您是否了解核电是一种安全、清洁、高效的能源？ ☐ 很清楚 ☐ 知道一点 ☐ 不了解				
	您对本地区环境质量现状是否满意（如果不满意请注明原因）？ ☐ 很满意 ☐ 较满意 ☐ 不满意 ☐ 很不满意				
	根据您掌握的情况，认为本扩建项目对本地区环境质量造成的影响？ ☐ 无影响 ☐ 较小 ☐ 一般 ☐ 不清楚 ☐ 较大				
	5、6 号机组需要大量务工人员参与工程建设，您是否愿意自己或家人参与到建设工作中来？ ☐ 很愿意 ☐ 较愿意 ☐ 无所谓 ☐ 不愿意				
	从环保角度出发，您对本扩建工程持何种态度？ ☐ 坚决支持 ☐ 有条件赞成 ☐ 无所谓 ☐ 反对				
	您认为本扩建项目是否有利于推动当地经济的发展？ ☐ 有利 ☐ 不清楚 ☐ 不利				
	综合各方面考虑，您是否支持在该地区建设本扩建项目？简要说明原因。 ☐ 支持 ☐ 无所谓 ☐ 不支持				
	原因： 对于已经建成并投入运行的江苏田湾核电站一期工程（1、2 号机组）、正在建设阶段的二期工程（3、4 号机组），您对其在施工建设和运行过程中在环境等方面的影响有何意见或者改进的建议？您对 5、6 号机组核电工程建设项目环保方面有何建议和要求？				
备注	信息公告：连云港市政府网站 www.lyg.gov.cn 、中国核电外部网站 www.cnnp.com.cn				

表 9.3-1（2/2）公众意见问卷调查表（2015 年 2 月）
（团体）

单位名称			
单位性质	☐ 机关、事业单位 ☐ 国企 ☐ 私企 ☐ 其他		
单位地址			
联系方式			
工程概况	工程名称	田湾核电站扩建工程 5、6 号机组	
	建设规模	两台百万千瓦级压水堆核电机组	
	投资方	中核集团等	
	建设地点	江苏省连云港市田湾核电站二期工程西北侧的船山	
工程建设意义	1. 作为一种清洁的能源，符合国家能源发展的战略； 2. 满足江苏省及周边省市经济持续发展对电力的需求； 3. 用核电替代部分火电，可以缓解江苏省煤炭运输的压力，节省有限的煤炭资源，有效地减少 CO、CO ₂ 、SO ₂ 、粉尘等污染物的排放，改善苏北地区乃至江苏省的大气环境质量； 4. 江苏电网电源结构单一，发展核电可进一步优化能源结构，促进社会经济的可持续性发展。 5. 对本地区的经济、投资环境、环保、税收、就业等都将产生巨大的拉动效应。		
公众调查意见	您是否了解核电是一种安全、清洁、高效的能源？ ☐ 很清楚 ☐ 知道一点 ☐ 不了解		
	您对本地区环境质量现状是否满意（如果不满意请注明原因）？ ☐ 很满意 ☐ 较满意 ☐ 不满意 ☐ 很不满意		
	根据您的情况，认为本扩建项目对本地区环境质量造成的影响？ ☐ 无影响 ☐ 较小 ☐ 一般 ☐ 不清楚 ☐ 较大		
	5、6 号机组需要大量务工人员参与工程建设，您是否愿意自己或家人参与到建设工作中来？ ☐ 很愿意 ☐ 较愿意 ☐ 无所谓 ☐ 不愿意		
	从环保角度出发，您对本扩建工程持何种态度？ ☐ 坚决支持 ☐ 有条件赞成 ☐ 无所谓 ☐ 反对		
	您认为本扩建项目是否有利于推动当地经济的发展？ ☐ 有利 ☐ 不清楚 ☐ 不利		
	综合各方面考虑，您是否支持在该地区建设本扩建项目？简要说明原因。 ☐ 支持 ☐ 无所谓 ☐ 不支持 原因：		
	对于已经建成并投入运行的江苏田湾核电站一期工程（1、2 号机组）、正在建设阶段的二期工程（3、4 号机组），您对其在施工建设和运行过程中在环境等方面的影响有何意见或者改进的建议？您对 5、6 号机组核电工程建设项目环保方面有何建议和要求？		
备注	信息公告：连云港市政府网站 www.lyg.gov.cn 、中国核电外部网站 www.cnnp.com.cn		

表 9.3-2 公众意见问卷调查对象统计情况（2015 年 2 月）

结构组成	类别	人数（人）	比例（%）
性别	男	286	53.96
	女	244	46.04
年龄	20岁以下	6	1.13
	20岁~40岁	243	45.85
	40岁~60岁	206	38.87
	60岁以上	75	14.15
文化程度	大专及以上	256	48.3
	中专或高中	150	28.3
	初中	85	16.04
	初中以下	39	7.36
职业	国家公务员	67	12.64
	企事业单位工作人员	132	24.91
	学生	11	2.08
	教师	4	0.75
	务工人员	35	6.6
	个体经营者	41	7.74
	农民	30	5.66
	其他	210	39.62

表 9.3-3（1/3）公众意见问卷调查结果统计表（2015 年 2 月）
（个人）

调查内容	意见	统计情况	
		人数（人）	比例（%）
您是否了解核电是一种安全、清洁、高效的能源？	很清楚	213	40.19
	知道一点	279	52.64
	不了解	38	7.17
您对本地区环境质量现状是否满意？	很满意	149	28.11
	较满意	242	45.66
	不满意	97	18.3
	很不满意	42	7.92
根据您的情况，认为本扩建项目对本地区环境质量造成的影响？	无	152	28.68
	较小	128	24.15
	一般	113	21.32
	不清楚	53	10
	较大	84	15.85
5、6 号机组需要大量务工人员参与工程建设，您是否愿意自己或家人参与到建设工作中来？	很愿意	199	37.55
	较愿意	159	30
	无所谓	104	19.62
	不愿意	68	12.83
从环保角度出发，您对本扩建工程持何种态度？	坚决支持	201	37.92
	有条件赞成	203	38.30
	无所谓	68	12.83
	反对	58	10.94
您认为本扩建项目是否有利于推动当地经济的发展？	有利	362	68.49
	不清楚	129	24.34
	不利	39	7.36
综合各方面因素考虑，您是否支持在该地区建设本扩建项目？简要说明原因。	支持	366	69.06
	无所谓	117	22.08
	不支持	47	8.86

注：收回有效问卷 530 份。

表 9.3-3（2/3）公众意见问卷调查结果统计表（2015 年 2 月）
（团体）

调查内容	意见	统计情况	
		人数（人）	比例（%）
您是否了解核电是一种安全、清洁、高效的能源？	很清楚	8	40
	知道一点	11	55
	不了解	1	5
您对本地区环境质量现状是否满意？	很满意	5	25
	较满意	12	60
	不满意	3	15
	很不满意	0	0
根据您掌握的情况，认为本扩建项目对本地区环境质量造成的影响？	无	4	20
	较小	5	25
	一般	5	25
	不清楚	5	25
	较大	1	5
5、6 号机组需要大量务工人员参与工程建设，您是否愿意自己或家人参与到建设工作中来？	很愿意	4	20
	较愿意	9	45
	无所谓	4	20
	不愿意	3	15
从环保角度出发，您对本扩建工程持何种态度？	坚决支持	4	20
	有条件赞成	10	50
	无所谓	2	10
	反对	4	20
您认为本扩建项目是否有利于推动当地经济的发展？	有利	14	70
	不清楚	5	25
	不利	1	5
综合各方面因素考虑，您是否支持在该地区建设本扩建项目？简要说明原因。	支持	12	60
	无所谓	6	30
	不支持	2	10

注：收回有效问卷 20 份。

表 9.3-3（3/3）公众意见问卷调查结果统计表（2015 年 2 月）
（个人+团体）

调查内容	意见	统计情况	
		人数（人）	比例（%）
您是否了解核电是一种安全、清洁、高效的能源？	很清楚	221	40.18%
	知道一点	290	52.73%
	不了解	39	7.09%
您对本地区环境质量现状是否满意？	很满意	154	28.00%
	较满意	254	46.18%
	不满意	100	18.18%
	很不满意	42	7.64%
根据您掌握的情况，认为本扩建项目对本地区环境质量造成的影响？	无	156	28.36%
	较小	133	24.18%
	一般	118	21.45%
	不清楚	58	10.55%
	较大	85	15.45%
5、6 号机组需要大量务工人员参与工程建设，您是否愿意自己或家人参与到建设工作中来？	很愿意	203	36.91%
	较愿意	168	30.55%
	无所谓	108	19.64%
	不愿意	71	12.91%
从环保角度出发，您对本扩建工程持何种态度？	坚决支持	205	37.27%
	有条件赞成	213	38.73%
	无所谓	70	12.73%
	反对	62	11.27%
您认为本扩建项目是否有利于推动当地经济的发展？	有利	376	68.36%
	不清楚	134	24.36%
	不利	40	7.27%
综合各方面因素考虑，您是否支持在该地区建设本扩建项目？简要说明原因。	支持	378	68.73%
	无所谓	123	22.36%
	不支持	49	8.91%

注：个人和团体总收回有效问卷 550 份。



图9.3-1（1/2）科普宣传活动情况（2015年2月）



图9.3-1（2/2）科普宣传活动情况（2015年2月）

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）

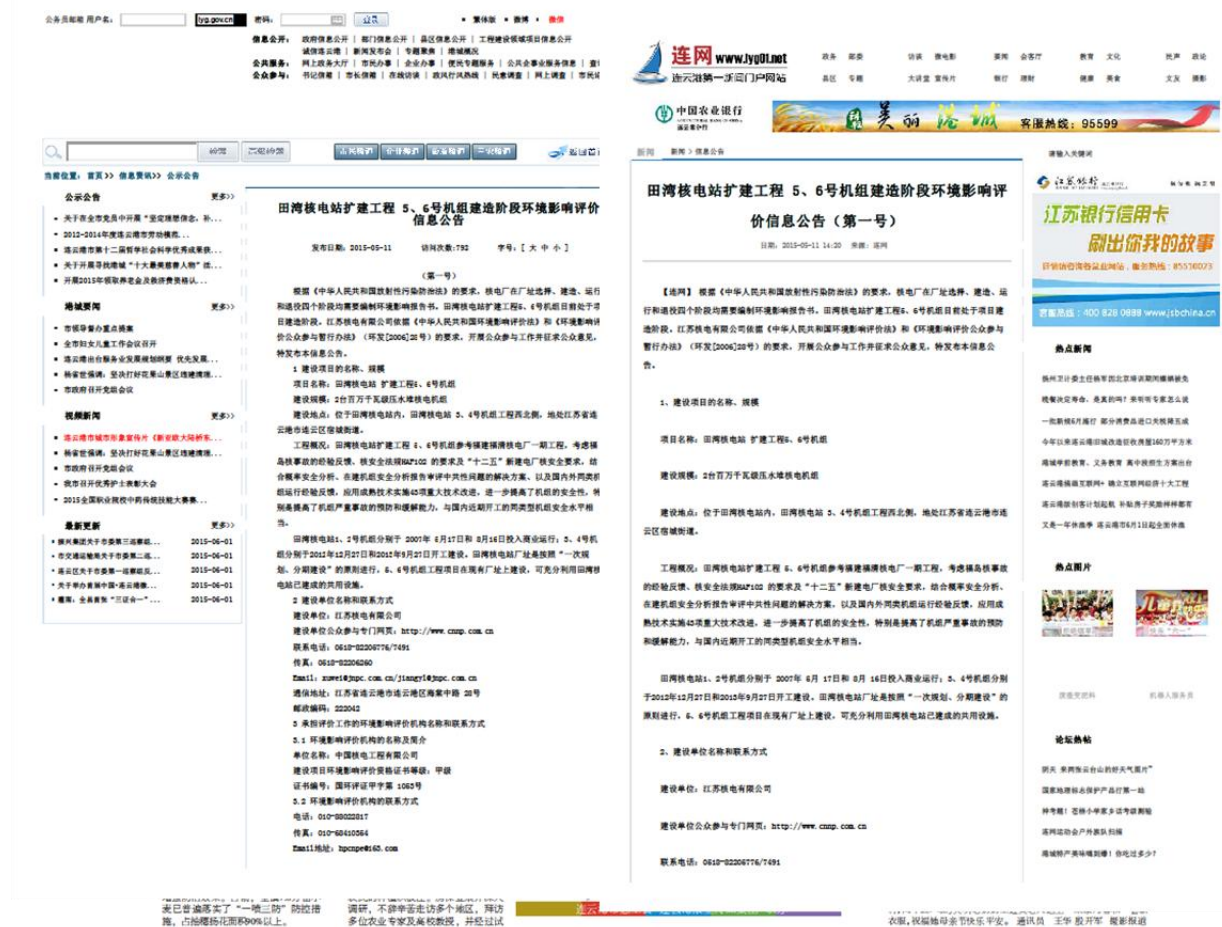


图 9.3-2 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段环境影响评价第一次信息公告（2015 年 5 月）



中国 连云港
www.lyg.gov.cn

信息公开: 政府信息公开 | 部门信息公开 | 基层信息公开 | 工程建设领域项目信息公开
公共事务: 诚信连云港 | 新闻发布 | 专题聚焦 | 港城概况
公众参与: 网上政务大厅 | 市民办事 | 企业办事 | 便民专题服务 | 公共企事业单位服务信息 | 查询汇总
 书记信箱 | 市长信箱 | 在线咨询 | 政风行风热线 | 民意调查 | 网上调查 | 市民论坛

当前位置: 首页 >> 信息资讯 >> 公示公告

公示公告 更多>>

- 丝绸之路国际物流博览会邀请函
- 连云港市2015年“三引引才工程”公告
- 江苏省人民银行系统2015年度业务操作...
- 连云港市徽、吉祥物、纪念品设计征集公告
- 连云港市关于市委第一巡察组反馈意见整改情...

港城要闻 更多>>

- 万名小学生进军军营活动启动
- 市领导调研农产品电商发展情况
- 我市举行碳纤维产业论坛
- 市政协督办交通建设提案
- 连云港市连云区建设“一带一路”文汇报商...

视频新闻 更多>>

- 连云港市城市形象宣传片《新蓝歌大陆新景...
- 共建“一带一路”西来·加强与连云港合...

田湾核电站扩建工程5、6号机组建造阶段环境影响评价

发布日期: 2015-07-03 访问次数: 363 序号: [大 中 小]

田湾核电站扩建工程5、6号机组环境影响评价报告书（建造阶段）已经编写完毕，现将报告书全本向公众发布，如有疑问，可通过电话、Email或信函等方式向江苏核电有限公司或中国核电工程有限公司咨询。

一. 建设单位名称和联系方式
 建设单位: 江苏核电有限公司
 网页: <http://www.cnnp.com.cn>
 联系电话: 0518-82207491 (技术) / 5776 (科普)
 传真: 0518-82206260
 Email: xuwei@jnpe.com.cn/jiangyl@jnpe.com.cn
 通信地址: 江苏省连云港市连云区海棠中路 28号
 邮政编码: 222042

二. 承担评价工作的环境影响评价机构名称和联系方式
1. 承担本项目评价工作的单位名称
 单位名称: 中国核电工程有限公司

八、管理社区居委会的财产，根据自愿原则，筹集社区的公共事务和公益事业所需的经费。
九、依法培育和发展社区服务民间组织，协助政府加强对社区民间组织的指导与帮助。

居 务 公 开

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段环境影响评价
 信息公告（第二号）

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组环境影响评价报告书（建造阶段）已经编写完毕，现将报告书全本向公众发布，如有疑问，可通过电话、Email或信函等方式向江苏核电有限公司或中国核电工程有限公司咨询。

一. 建设单位名称和联系方式
 建设单位: 江苏核电有限公司
 网页: <http://www.cnnp.com.cn>
 联系电话: 0518-82207491 (技术) / 5776 (科普)
 传真: 0518-82206260
 Email: xuwei@jnpe.com.cn/jiangyl@jnpe.com.cn
 通信地址: 江苏省连云港市连云区海棠中路 28号
 邮政编码: 222042

二. 承担评价工作的环境影响评价机构名称和联系方式
1. 承担本项目评价工作的单位名称
 单位名称: 中国核电工程有限公司

2. 联系方式
 电话: 010-88022817
 传真: 010-68410354
 Email地址: lpcnpe@163.com
 邮政编码: 100840
 地址: 北京市海淀区西三环北路117号
 三、公示时间
 2015年7月3日至7月16日。

田湾核电站扩建工程5、6号机组建造阶段环境影响评价信息公告（第二号）

田湾核电站扩建工程5、6号机组环境影响评价报告书（建造阶段）已经编写完毕，现将报告书全本向公众发布，如有疑问，可通过电话、Email或信函等方式向江苏核电有限公司或中国核电工程有限公司咨询。

一. 建设单位名称和联系方式
 建设单位: 江苏核电有限公司
 网页: <http://www.cnnp.com.cn>
 联系电话: 0518-82207491 (技术) / 5776 (科普)

二. 承担评价工作的环境影响评价机构名称和联系方式
1. 承担本项目评价工作的单位名称
 单位名称: 中国核电工程有限公司

2. 联系方式
 电话: 010-88022817
 传真: 010-68410354
 Email地址: lpcnpe@163.com
 邮政编码: 100840
 地址: 北京市海淀区西三环北路117号
 三、公示时间
 2015年7月3日至7月16日。

地址: 江苏省连云港市海州区朝阳东路3号 邮政编码: 222006 广告经营许可证: 苏连工商广字102号 党委办公室: 85867301 纪委办公室: 85867259 编委办公室: 85803637 新闻中心: 85829672 85800629(传真) 时政部: 85800629 文体部: 85806409 视觉中心: 85815171 广告中心: 85811177 房地产广告部: 85802003 金融广告部: 85830911 卫生保健广告部: 85830911 教文体广告部: 85810710 通讯信息广告部: 85814634 商业服务广告部: 8583000

图 9.3-3 田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建造阶段环境影响评价第二次信息公告
 （2015 年 7 月）

第十章 电厂建设和运行的效益分析

10.1 利益分析

10.1.1 核设施产品（发电）带来的利益

10.1.2 设施建设运行带来的连带利益

10.2 代价分析

10.2.1 直接代价

10.2.2 间接代价

10.3 代价效益分析

10.3.1 经济效益

10.3.2 社会效益

10.3.3 环境效益

10.4 结论

10.1 利益分析

10.1.1 核设施产品（发电）带来的利益

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组建设规模为 $2 \times 1118\text{MW}$ 百万千瓦级压水堆核电机组。设计寿命期为 40 年，经济评价期为 30 年。工程投产后，每年可向华东电网送电约 147.30 亿度。

10.1.2 设施建设运行带来的连带利益

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的需要，因此，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的建设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 $2 \times 1000\text{MW}$ 机组的投产将进一步有效地解决能源供求矛盾，减轻燃煤运输和环境影响的压力。

建设期间可提供几万人年的就业机会；运行期间，电厂各岗位就业人数总计为 800 人。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的建设将进一步有利于当地的交通、通讯、建材、教育及其他市政设施和福利事业的发展，对加快田湾地区的经济发展具有重要意义。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的建设将充分利用现有资源，采用国内外成熟的核电设计、制造技术，自主创新，大力推进我国核电品牌自主化的进程，从而全面推动我国核电事业的发展，促进民族工业的振兴。

10.2 代价分析

10.2.1 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约为 303 亿元，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。项目基础投资约为 244 亿元，其中环保投资约 6.3 亿元，占基础价投资约 2.6% 左右。

10.2.2 间接代价

10.2.2.1 社会代价

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组需要新增征地 92.76hm^2 ，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。

10.2.2.2 环境代价

核电站施工期间对环境的影响主要表现在噪声、扬尘、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。

10.3 代价效益分析

10.3.1 经济效益

按 30 年经济寿期平均计算，项目总投资收益率为 5.62%，资本金净利润率为 17.49%，其经济效益在电力行业里属中等水平，经济效益大于经济代价。

10.3.2 社会效益

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的建设，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。核电厂项目投资大，建设周期长，直接或间接地解决了大量劳动力的就业问题，建设期贷款可以有效促进当地金融等服务产业发展。同时，优化能源结构、带动医疗卫生、零售业等相关产业发展等。同时，核电厂职工的教育文化水平较高，在融入当地的过程中也有利于促进整个社会发展水平的提高。

核电厂的建设，还有助于逐步完善我国的核电标准，实现我国核电建设的系列化、

标准化发展，并培养出一批核电站建设组织管理人才，为其后续机组和国内其它核电厂的建设培养人材，从而全面推动我国核电事业的发展。

10.3.3 环境效益

从本报告书第六章可以看到，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行情况下，放射性流出物对周围居民的辐射影响明显小于规定的限值，对生态环境的影响也较小。

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 CO₂、SO₂、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 SO₂ 约 3800 吨，烟尘约 1573 吨，灰渣约 90 万吨（按 15%计算）。

同时，火电厂释放的 CO₂ 是全球 CO₂ 重要来源，而 CO₂ 作为一种对全球气候变化起负面作用的温室气体，其减排问题已成为国际气候公约谈判的争论焦点。因此，积极发展核电将是我国今后在满足电力需求的基础上，改善环境质量的一种有效措施。

10.4 结论

从以上分析可以得出：田湾核电站扩建工程 5、6 号机组是经济的、环保的。对于电力需求紧张，资源相对匮乏，经济发展迅速的地区，发展核电是解决能源问题的有效手段，是调整能源结构、实现区域经济可持续发展的重要保证。田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的建设不仅将给各股东方、国家和地方带来可观的经济效益，同时还将获得良好的社会效益和环境效益。

第十一章 结 论

11.1 核电厂工程

11.2 环境保护设施

11.2.1 放射性废液处理

11.2.2 放射性废气处理

11.2.3 放射性固体废物处理

11.3 放射性排放

11.4 辐射环境影响评价结论

11.4.1 正常运行工况下对公众的辐射影响评价

11.4.2 正常运行对水生生物的辐射影响

11.4.3 事故工况下的环境影响评价

11.5 非放环境影响评价结论

11.5.1 施工期间的环境影响

11.5.2 运行期间的环境影响

11.1 核电厂工程

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。厂址西距海州区中心约 33km（直线距离，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。

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，1999 年 10 月 20 日田湾核电站 1 号正式浇灌第一罐混凝土，2007 年 5 月投入商业运行；2 号机组 8 月份投入商业运行。3、4 号机组已于 2012 年 12 月获得了国家核安全局颁发的建造许可证（国核安发[2012]253 号），目前正处于建设状态。

本工程为田湾核电站扩建工程 5、6 号机组，拟建 2 台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。5 号机组计划于 2015 年 12 月 31 日开工浇灌第一罐混凝土，单台机组建设周期为 60 个月，两台机组开工日期相隔 10 个月，计划分别在 2020 年 12 月 31 日和 2021 年 10 月 31 日建成投产。

为适应新形势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。

11.2 环境保护设施

废物处理系统包括核岛疏水排气系统、废液处理系统、废气处理系统、固体废物处理系统、放射性废水回收系统、核岛液态流出物排放系统和常规岛液态流出物排放系统，它们分别用于收集、处理、监测、暂存或排放核电厂运行过程中产生的放射性废液、废气和固体废物。本章节对废液、废气、固体废物处理系统的主要处理工艺的先进性及可靠性进行分析。

11.2.1 放射性废液处理

废液处理系统根据废液的放射性浓度和化学杂质含量分类收集，分别处理，一般处理方法为：

（1）地面排水和服务排水：带有各种化学杂质、放射性浓度低于排放限值的地面排

水和服务排水经过过滤即可直接排放；

（2）工艺排水：放射性浓度高、化学杂质含量低的工艺排水采用过滤和离子交换组合处理工艺进行处理；

（3）化学排水：对于放射性浓度高、化学杂质含量也高的化学排水采用蒸发处理。

本工程地面排水和化学排水仍分别采用过滤和蒸发的处理工艺，在我国大亚湾、岭澳一期、二期、方家山、福清等在役核电厂均采用此处理工艺。过滤工艺对于放射性水平较低、悬浮物及杂质含量较高的地面排水的处理有良好的工程实践，蒸发对于含盐量高及放射性水平较高的化学排水有良好的处理效果。其中蒸发单元的浓缩液不再送往固体废物系统（TES）水泥固化，而是收集到浓缩液槽内，通过屏蔽运输槽车送往放射性废物处理中心（T4UKT）集中处理。

工艺排水仍采用过滤和离子交换组合的处理工艺，改进之处增设了一台混床和树脂滞留过滤器，离子交换单元由三台混床组成，可三台串联使用，也可旁路其中的一台或两台除盐器。处理后的废液经树脂滞留过滤器送至监测槽内检测后送核岛液态流出物排放系统排放。我国已商运的 M310 堆型多采用过滤、离子交换工艺，该工艺简单、对降低工艺废水中的悬浮颗粒和放射性核素有良好的处理效果。

11.2.2 放射性废气处理

废气处理系统含氢废气处理子系统采用加压贮存衰变处理工艺，含氧废气由风机抽吸，通过电加热器加热后，通过碘吸附器处理后送至 DVN 系统排放。该处理工艺具备以下功能，满足 GB 9136—1988《轻水堆核电厂放射性废气处理系统技术规定》的要求，保证了其可靠性。

（1）能够监测含氢废气中氧的浓度，防止形成爆炸性混合气体，并能发出报警信号；

（2）整个含氢废气子系统都保持正压，以防止空气渗入形成爆炸性的混合气体；

（3）衰变箱的数量和容量能使废气的放射性浓度在排放前衰变到排放控制值以下：含氢废气在衰变箱中贮存 60 天后，绝大多数短半衰期的放射性同位素，包括占主要份额的 ^{133}Xe ，至少经历了 10 个以上的半衰期，核素的活度减少到千分之一；

（4）对贮存 60 天后的含氢废气进行取样分析，当放射性浓度低于规定的排放控制值时即可通过通风系统排放；

（5）在衰变箱排气总管设置辐射监测仪表（KRT），对排放气体的放射性浓度进行连续监测，但超过规定的排放限值时，排放阀自动关闭，排放停止；

（6）为保证系统的密封性，含氢废气子系统为核安全 3 级，抗震 1I 类，承压设备之间的连接，除压缩机进、出气口、安全阀和几个止回阀用法兰连接外，其余均采用焊接；

(7) 为防止放射性含氧废气泄漏，含氧废气子系统及与其相通的核岛贮槽内的压力通过 RPE 系统风机抽气保持负压，含氧排气管负压值约 0.004MPa（表压）；

(8) 对设备间与人员进入区进行通风，尽可能减少被放射性污染的空气吸入人体；

(9) 含氧废气处理子系统正常运行时设备冗余为 $2 \times 100\%$ 。

11.2.3 放射性固体废物处理

固体废物处理系统（TES）的主要功能是收集、贮存、处理和整备核电厂在运行及检修时产生的放射性干、湿固体废物，使其达到适宜运输、贮存和处置的要求。

本工程的 TES 系统包括位于核辅助厂房（NX）内部分和固体废物暂存库（QT），说明如下：

(1) 位于核辅助厂房（NX）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和废滤芯水泥固定设备；

1) 浓缩液和废树脂转运站

浓缩液和废树脂转运站用于将收集的废树脂和浓缩液装入屏蔽运输槽车（与田湾核电站 1~4 号机组共用），再送到放射性废物处理中心（T4UKT）集中处理。槽车采用干式快速接头，确保软管和快速接头无泄漏。接收废树脂和浓缩液时，软管和快速接头都位于控制区内，软管和快速接头的结构确保输送和断开时不会发生滴漏。废树脂和浓缩液运输时，运输槽车的泄漏探测系统和液位探测系统能够确保运输过程中无放射性物质泄漏。运输槽车在国外有多年的运输经验，在浙江三门核电厂也将投入使用，证明是先进和安全可靠的。

2) 废过滤器芯在 NX 厂房采用水泥固定进行处理，水泥固定是成熟可靠的放射性湿废物处理技术，在国内核电站有多年的应用经验。

3) 本工程与田湾核电站 1~4 号机组共用放射性废物处理中心（T4UKT），废树脂、浓缩液和杂项干废物送到 T4UKT 进行集中处理，处理后产生的废物包送回本工程的 QT 库暂存。T4UKT 采用了经实践验证的成熟技术，以国外成熟的减容工艺为主。根据放射性水平进行适当分类、再干燥、超压降低废物包产生量，缓解废物厂内暂存和最终处置的压力。处理后产生的废物包能满足贮存、运输和处置的要求。

废树脂在 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。浓缩液在 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。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。

干废物在 T4UKT 中的干废物处理系统（KPG）进行处理，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。分拣、超级压实和水泥固定工艺是

目前国内外核电厂普遍采用的干废物处理工艺，成熟可靠，二次废物少，对可压实干废物的减容比约 4.1。本工程还将采用可降解废物处理技术，使得可压实干废物产生量降低到运行核电厂的 1/3，可降解废物进行降解处理后产生的二次废物送到 T4UKT 厂房进行烘干、超级压实和水泥固定处理。

（2）废物包暂存设施和设备

QT 库主要用于暂存 NX 厂房处理废过滤器芯产生的 400L 钢桶和 T4UKT 厂房处理废树脂、浓缩液和干废物产生的 200L 钢桶，这些废物在贮存期满后外运。厂外运输的运输物包括 200L 钢桶、400L 钢桶和高整体性容器（HIC）包装的桶装废物，装有废树脂和浓缩液压缩桶饼的 200L 钢桶外运前将装入高整体性容器（HIC）。外表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 的废物桶在运输中将采取必要的辐射防护措施。

QT 库还用于对通风过滤器芯、大尺寸废物和装有等待清洁解控废树脂的 200L 钢桶进行贮存衰变。同时 QT 库还为 NX 厂房废过滤器芯进行水泥固定提供水泥。QT 库的容量按照 4 台机组（5~8 号机组）运行 5 年产生的废物量进行设计。

QT 库内设有两台数控起重机，在控制室操作，用于吊运钢桶废物包。数控起重机在福清、方家山和岭澳二期核电站的 QT 库均有应用，成熟可靠。

QT 库内设有一台钢桶废物包的核素检测装置，用于测量钢桶废物包的核素种类、活度、表面剂量率、表面污染水平和重量，在控制室操作。该设备在秦山二期、岭澳二期和田湾一期核电厂均有应用，成熟可靠。

11.3 放射性排放

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组需满足的放射性流出物年排放量单堆控制值为：

— 气载放射性流出物：惰性气体：600TBq/a；碘：20GBq/a；粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）：50GBq/a；碳 14：700GBq/a；氚：15TBq/a。

— 液态放射性流出物：氚：75TBq/a；碳 14：150GBq/a；其余核素：50GBq/a。

同时，田湾核电站 6 台机组全部建成运行后，整个厂址所有反应堆需满足放射性流出物年排放量，6 台机组控制值为：

— 气载放射性流出物：惰性气体：2400TBq/a；碘：80GBq/a；粒子（半衰期 $\geq 8\text{d}$ ）：200GBq/a；碳 14：2.8TBq/a；氚：60TBq/a。

— 液态放射性流出物：氚：300TBq/a；碳 14：600GBq/a；其余核素：200GBq/a。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组，正常运行工况下 2 台机组的放射性流出物的设计值采用 CASEA+CASEB，具体的排放源项为：

— 气载流出物：惰性气体 $1.01 \times 10^{14}\text{Bq}$ ，碘 $7.17 \times 10^8\text{Bq}$ ，长寿命粒子（ $T_{1/2} \geq 8\text{d}$ ）

$7.96 \times 10^7 \text{Bq}$;

— 液态流出物：氚 $6.3 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ ，其余核素 $2.46 \times 10^{10} \text{Bq/a}$ 。

结合已运行电站的排放监测，扩建工程 5、6 号机组以及 1~6 号机组的排放量均满足其相应的排放控制值和 GB 6249-2011 中的规定。

11.4 辐射环境影响评价结论

11.4.1 正常运行工况下对公众的辐射影响评价

（1）5、6 号机组

厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量为 $1.95 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占本工程（田湾核电站扩建工程 5、6 号机组）个人剂量约束值的 48.75%。

（2）1~6 号机组

田湾核电站 1-6 号机组在同时运行状态下，厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量为 $2.59 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占田湾核电站 1-6 号机组个人剂量约束值的 12.95%。

11.4.2 正常运行对水生生物的辐射影响

（1）5、6 号机组

从影响率的结果来看，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，0~80km 海域范围内不同媒介中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-2} 数量级以下；从剂量率的估算来看，0~80km 海域范围内各种水生生物所受的剂量率均小于 $10 \mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组正常运行时，厂址附近 0~80km 海域范围内水生生物是安全的。

（2）1~6 号机组

田湾核电站 6 台机组正常运行时，近区海域中放射性核素对不同水生生物的影响率均在 10^{-1} 数量级以下。各类水生生物所受的总剂量率均小于 $10 \mu\text{Gy/h}$ 。因此，田湾核电站 6 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。

11.4.3 事故工况下的环境影响评价

在本工程的事故工况辐射影响评价中，考虑了 10 个假定事故，其中 8 个是设计基准事故（失水事故、控制棒弹出事故、蒸汽发生器传热管破裂事故、安全壳外主蒸汽管道破裂事故、燃料操作事故、容积控制箱破裂事故、废气系统衰变箱破裂事故、蒸汽发生器一根管子破裂并伴随一个主蒸汽安全阀开启不回座），2 个是特殊工况（主蒸汽管断裂外加 100 根蒸汽发生器传热管断裂事故、最终热阱丧失事故）。

采用厂址实测的扩散参数以及风向、风速、稳定度三维联合频率计算事故后短期大气弥散因子，考虑烟羽浸没外照射，地面沉积外照射和吸收内照射三种照射途径分别计算各

事故对非居住区边界及规划限制区边界处公众造成的剂量后果。计算结果表明，田湾核电站扩建工程 5、6 号机组各设计基准事故以及特殊工况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。

11.5 非放环境影响评价结论

11.5.1 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。本工程水土流失防治责任范围为 108.77hm^2 ，其中项目建设区 105.85hm^2 ，直接影响区 2.92hm^2 ；项目建设区中新增用地 105.85hm^2 ，利用一期已建设施面积 54.44hm^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。

本项目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。

（3）施工噪声

施工期间，开挖爆破以及各类施工和运输机具产生的噪声对厂址周围的声环境将产生一定的影响，施工期间采用了相应的措施降低噪声水平或减少噪声对敏感点的影响。在施工建设期间，安排进行了施工期噪声监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工噪声对环境的影响。

（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。施工期间采取有效的防治措施可减少扬尘的释放。在施工建设期间，安排进行了施工期大气的环境监测工作，一旦发现超标，及时通知施工方进行整改，尽可能降低施工对大气环境的影响。

（5）海域施工的影响

海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取排水口工程施工，以及海上施工船舶产生的含油废水排放等。取排水口工程施工及明渠基槽开挖的悬沙等影响主要集中在明

渠之内；船舶产生的含油废水自行处理达标后排放或带至岸上排放。通过采取措施，有序排放，能够尽量减小海域施工的影响。

11.5.2 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）生活污水排放的影响

生活污水经生化处理，再经中水处理后，满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2002）水质要求，出水用于厂区绿化、道路浇洒等。生物处理后的污泥定期清理外运。因此这类排放物不会对田湾水体产生任何影响。

（3）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。