

建设项目环境影响报告表

(送审件)

项 目 名 称： 田湾核电站5、6号机组长燃料循环项目

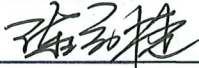
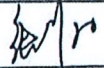
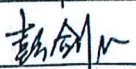
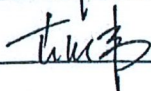
建设单位(盖章)： 江苏核电有限公司



编制日期：2020年10月
中华人民共和国生态环境部制

打印编号: 1597734836000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	guj47q		
建设项目名称	田湾核电站5、6号机组长燃料循环项目		
建设项目类别	50_187核动力厂(核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等); 反应堆(研究堆、实验堆、临界装置等); 核燃料生产、加工、贮存、后处理; 放射性废物贮存、处理或处置; 上述项目的退役。放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称(盖章)	江苏核电有限公司		
统一社会信用代码	911100001000027329		
法定代表人(签章)	刘兆华		
主要负责人(签字)	陈瑜捷		
直接负责的主管人员(签字)	李载鹏		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	中国核动力研究设计院		
统一社会信用代码	12100000450716858P		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
张翔	2016035650352016650101000016	BH022264	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张翔	表1、2、6、7、9辐射专题第二、三章	BH022264	
彭剑飞	表3、4、5、8辐射专题第一章	BH016878	
胡伟	审核	BH022345	

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1. 项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过 30 个字（两个英文字段作一个汉字）；
2. 建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；
3. 行业类别——按国标填写；
4. 总投资——指项目投资总额；
5. 主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；
6. 结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；
7. 预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；
8. 审批意见——由负责审批该项目的环境保护行政主管部门批复。

目录

田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目环境影响报告表

建设项目基本情况（表一）	1
建设项目所在地自然环境社会环境简况（表二）	14
环境质量状况（表三）	51
评价适用标准（表四）	57
建设项目工程分析（表五）	59
项目主要污染物产生及预计排放情况(表六)	63
环境影响分析（表七）	64
建设项目拟采取的防治措施及预期治理效果（表八）	67
结论（表九）	68

田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目辐射环境影响专项评价

1 工程分析.....	2
1.1 燃料管理策略.....	2
1.2 放射性废物管理系统和源项.....	5
2 正常运行的辐射环境影响.....	91
2.1 气载流出物的辐射环境影响.....	92
2.2 液态流出物的辐射环境影响.....	93
2.3 本工程所致公众年辐射剂量汇总.....	95
2.4 本工程对水生生物的辐射影响.....	95
2.5 本工程与 1~4 号机组的辐射环境影响.....	96
3 事故的辐射环境影响.....	98
3.1 设计基准事故描述及源项.....	98
3.2 事故后果.....	107

建设项目基本情况

(表一)

项目名称	田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目				
建设单位	江苏核电有限公司				
法人代表	刘兆华	联系人	陈瑜捷		
通讯地址	江苏省连云港市连云区宿城街道云宿路 9000 号				
联系电话	0518-82205181	传真	0518-82205191	邮政编码	222042
建设地点	江苏省连云港市田湾核电站一期工程西北侧船山				
立项审批部门	/	批准文号	/		
建设性质	新建 <input type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input checked="" type="checkbox"/>		行业类别及代码	D4413 核力发电	
占地面积(平方米)	无新增占地面积		绿化面积(平方米)	无新增绿化面积	
总投资(万元)	/	环保投资(万元)	/	环保投资占总投资比例	/
评价经费(万元)	/	预期投产日期	/		
<p>工程内容及规模：</p> <p>一、项目由来</p> <p>田湾核电站 5、6 号机组由中国核能电力股份有限公司、上海禾曦能源投资有限公司、江苏省国信资产管理集团有限公司分别按照 50%，30%，20% 的比例出资建设。江苏核电有限公司作为项目法人负责田湾核电 5、6 号机组的建设和运营，负责筹集和准备足够的资金以保证项目建设期间所发生的费用和合同费用的支付，负责债务的风险管理。</p> <p>田湾核电站 5、6 号机组的设计和建设均参考福清核电站 1、2 号机组，建设 2 台 M310 加改进型压水堆核电机组，机组功率均为 1000MWe。5 号机组计划于 2020 年 12 月 31 日投入商业运行，6 号机组计划于 2021 年 7 月 31 日投入商业运行。</p> <p>为了贯彻落实国家“节能减排、增效降耗”政策，通过燃料管理策略的改进，提高核燃料 ²³⁵U 的利用率，节能减排，同时提升电厂经济性，田湾核电站在确保核安全的前</p>					

前提下实施长燃料循环，将有利于增加机组运行的灵活性，通过合理安排各核电机组换料大修时间窗口，以增强适应电网用电需求能力，减少群堆运行带来的问题。相比较年换料，机组实施长燃料循环预计可以减少 1/3 的大修次数，乏燃料数量下降 10%、中低放废物处置成本下降 25%。

根据中华人民共和国生态环境部令第 1 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》修改单，并经与生态环境部沟通，确定本项目的环境影响评价文件形式为环境影响报告表。为此，田湾核电站委托中国核动力研究设计院对该项目开展环境影响评价工作，接到委托后，中国核动力研究设计院按照环境影响评价有关技术规范、导则及环保部门的有关要求和规定，组织有关技术人员对该项目进行现场踏勘、资料收集和工程分析，根据《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环堆芯燃料管理论证项目》，院编制了《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目环境影响报告表》。

二、建设项目概况

1、技改前项目概况

田湾核电站 5、6 号机组均为 M310 加改进型压水堆核电机组，机组功率均为 1000MWe。每个机组均包括一个百万千瓦级、三环路的压水堆核蒸汽供应系统(NSSS)，每台核电机组均由包括核反应堆及其核辅助设施的核岛（NI）和包括汽轮发电机及其辅助设施的常规岛(CI)以及全厂配套设备（BOP）组成。

5 号机组计划于 2020 年 7 月 1 日进行首次装料，2020 年 12 月 31 日投入商业运行；6 号机组计划于 2021 年 2 月 1 日进行首次装料，2021 年 7 月 31 日投入商业运行。

反应堆堆芯由 157 组全 M5 型 AFA3G 燃料组件组成，换料采用年换料制。

田湾核电站 5、6 号机组在正式投运前编制了环境影响评价报告文件，生态环境部以文件《关于田湾核电站 5、6 号机组环境影响报告书(运行阶段)的批复》（环审[2020] 87 号）对其环评文件进行了批复。

2、技改后项目概况

拟将每年进行一次换料的堆芯燃料管理策略，改进为每 18 个月进行一次换料的长燃料循环堆芯燃料管理策略。本次技改内容仅仅是对堆芯燃料管理的技术实施改进，提高堆芯燃料富集度，改变堆芯燃料装载方式，不对核电厂既有的系统、设备及其运行工艺和管理进行改变，也不对田湾核电站现有的系统和设备实施改造。

三、项目总平面布置

本次技改不改变现有总平面布置。

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，按照田湾核电站总体规划，1~4 号 4 台机组采用俄罗斯 WWER-1000/428 型及加改进的压水堆核电机组，从东往西建设，固定端为东部；5、6 号机组以福建福清核电厂一期工程技术方案为参考，采用 M310 加改进型压水堆核电机组，布置在厂区中部扩建方向同前期工程；7、8 号机组拟采用俄罗斯 AES-2006 压水堆核电机组，正在开展前期工作。

田湾核电站 5、6 号机组位与现有 4 号机组西侧，厂坪设计标高为 7.85m(核电工程安全重要物项的场地设计标高，高程系统采用 1956 年黄海高程系统，下同)；5、6 号机组各建设 1 台 M310 加改进型压水堆核电机组，2 台机组反应堆厂房中心经纬度分别为：

5 号机组反应堆厂房：东经 119°27'08"，北纬 34°41'28"

6 号机组反应堆厂房：东经 119°27'05"，北纬 34°41'30"

主厂房是核电厂的核心设施，包括核岛和常规岛，布置在厂区中部，核岛北向、常规岛南向布置；放射性辅助生产厂房集中布置在主厂房周围（东、北、西三个方向），位于保护区双围栏内，包括固体废物暂存库（QT）、放射源库(EN)、特种气体库（AS）、放射性机修车及仓库（AC）、放射性费油暂存库(QR)等子项布置在主厂房北侧及西侧，核岛液态流出物厂房（QB）及核岛气态流出物厂房（QA）等子项布置在主厂房东侧。

田湾核电站产生的生活污水经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；循环冷却水经处理达标后通过地下管沟排至虹吸井，稀释后经循环水排水暗渠排至排水明渠，最后通过排水明渠排至排水口(液态流出物排放点)，进入厂址东南部海域(接纳水体)；循环水排水采用暗渠+排水明渠相结合的排水方式，循环水自虹吸井出来后，每两台机组设置一条暗渠排到南护岸旁的排水明渠，经排水明渠排入大海。六台机组(1~6 号)共用一个排水口，排水口位于南护岸边上，排水导流堤一直延伸到约-2.0m 等深线附近，排水明渠底宽 160m，明渠内底高程-3.5m。排海点坐标为 X=34°40'24.32"，Y=119°27'59.73"。

田湾核电站 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，共用一个排气筒排入大气，气态流出物排放点坐标为：X=34°41'29.59"，Y=119°27'5.94"，排风口标高为 62.3m (56 黄海高程)，出口直径 3 米，距离西侧向地产业界限约 347m，距离南侧方向地产业界限约 477m，最近北侧方向地产业界限约 708m。

田湾核电站总平面布置详见图 1-1。



图 1-1 田湾核电站总平面布置图

与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题:

田湾核电站自 1 号机组 2007 年 5 月年投入商运以来, 各核电机组均运行正常。根据《2018 年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》及《2019 年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》, 2018 年度田湾核电站 1~2 号机组、3~4 号机组通过烟囱以及随循环冷却水排放到环境的放射性气载、液态流出物排放体积和排放总量见表 1-1~1-4, 2019 年度田湾核电站 1~2 号机组、3~4 号机通过烟囱以及随循环冷却水排放到环境的放射性气载、液态流出物排放体积和排放总量见表 1-5~1-8。

表 1-1 2018 年度田湾核电站 1~2 号机组放射性液态流出物排放情况统计表

月/季度	排放体积(m ³)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)	其余核素 (Bq)
1	1.55E+04	2.86E+12	3.55E+08	4.14E+07
2	2.56E+04	4.46E+12	4.87E+08	4.99E+07
3	3.08E+04	4.68E+12	7.43E+08	4.66E+07
第一季度	7.19E+04	1.20E+13	1.59E+09	1.38E+08
4	2.56E+04	3.43E+12	4.93E+08	1.13E+07
5	2.52E+04	1.24E+12	4.66E+08	1.08E+07
6	2.39E+04	2.06E+12	4.51E+06	9.96E+06
第二季度	7.47E+04	6.73E+12	9.64E+08	3.21E+07
7	2.42E+04	1.59E+12	6.23E+08	1.01E+07
8	1.78E+04	1.92E+12	4.31E+08	9.97E+06
9	1.75E+04	3.62E+12	6.08E+08	1.09E+07
第三季度	5.95E+04	7.13E+12	1.66E+09	3.10E+07
10	2.08E+04	2.58E+12	4.69E+08	9.14E+06
11	2.12E+04	4.72E+12	4.76E+08	1.12E+07
12	2.99E+04	4.72E+12	7.80E+08	1.60E+07
第四季度	7.19E+04	1.20E+13	1.73E+09	3.63E+07
全年合计	2.78E+05	3.79E+13	5.94E+09	2.37E+08
*批准年排放值		6.60E+13	3.00E+10	7.40E+09

*国核安发[2016]228 号文批复的排放量

表 1-2 2018 年度田湾核电站 3~4 号机组放射性液态流出物排放情况统计表

月/季度	排放体积(m ³)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)	其余核素 (Bq)
1	2.27E+04	6.59E+10	3.47E+07	7.71E+06
2	1.33E+04	5.08E+11	1.87E+08	7.23E+06
3	7.29E+03	2.24E+11	9.26E+07	9.24E+06
第一季度	4.33E+04	7.98E+11	3.14E+08	2.42E+07
4	1.11E+04	9.17E+11	2.80E+08	6.81E+06
5	9.95E+03	6.24E+11	3.11E+07	5.13E+06
6	9.37E+03	4.87E+11	9.84E+07	5.03E+06
第二季度	3.04E+04	2.03E+12	4.10E+08	1.70E+07
7	1.09E+04	1.59E+12	2.84E+07	8.58E+06
8	8.96E+03	1.07E+12	4.32E+07	6.96E+06
9	1.42E+04	5.22E+11	3.36E+07	1.11E+07
第三季度	3.41E+04	3.18E+12	1.05E+08	2.66E+07
10	2.18E+04	2.68E+12	6.50E+08	1.70E+07
11	4.34E+04	1.71E+12	1.66E+09	1.44E+07
12	4.22E+04	1.72E+12	1.02E+09	3.73E+07
第四季度	1.07E+05	6.11E+12	3.33E+09	6.87E+07
全年合计	2.15E+05	1.21E+13	4.16E+09	1.36E+08
*批准年排放值		6.16E+13	3.00E+10	7.40E+09

*环审[2017]130 号文批复的排放量

表 1-3 2018 年田湾核电站 1~2 号机组放射性气载流出物排放情况统计表

月/季度	体积(m ³)	惰性气体 (Bq)	碘 (Bq)	气溶胶 (Bq)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)
1	9.85E+07	1.45E+11	6.89E+04	6.19E+04	2.51E+10	1.58E+09
2	8.98E+07	1.23E+11	9.48E+04	6.82E+04	3.20E+10	3.70E+09
3	1.09E+08	1.13E+11	1.56E+05	7.20E+04	3.54E+10	5.28E+09
第一季度	2.97E+08	3.81E+11	3.20E+05	2.02E+05	9.25E+10	1.06E+10
4	1.11E+08	1.14E+11	1.30E+05	7.87E+04	3.00E+10	4.90E+09
5	1.07E+08	1.77E+11	1.24E+05	7.62E+04	3.25E+10	6.58E+09
6	9.66E+07	1.42E+11	4.09E+05	7.99E+04	4.91E+10	1.19E+10

月/季度	排放体积 (m ³)	氡 (Bq)	碳-14 (Bq)	其余核素 (Bq)	月/季度	排放体 积(m ³)
第二季度	3.15E+08	4.33E+11	6.62E+05	2.35E+05	1.12E+11	2.34E+10
7	1.17E+08	2.04E+11	1.26E+05	8.56E+04	7.65E+10	1.90E+10
8	1.17E+08	1.90E+11	1.26E+05	9.52E+04	8.23E+10	2.59E+10
9	1.15E+08	1.91E+11	1.01E+05	8.60E+04	7.95E+10	2.09E+10
第三季度	3.49E+08	5.86E+11	3.54E+05	2.67E+05	2.38E+11	6.58E+10
10	1.30E+08	2.23E+11	1.46E+05	9.33E+04	6.64E+10	1.83E+10
11	1.21E+08	2.16E+11	1.22E+05	9.58E+04	3.71E+10	1.31E+10
12	1.38E+08	1.35E+11	9.49E+04	1.04E+05	3.37E+10	2.85E+10
第四季度	3.89E+08	5.73E+11	3.63E+05	2.93E+05	1.37E+11	5.99E+10
全年合计	1.35E+09	1.97E+12	1.70E+06	9.97E+05	5.80E+11	1.60E+11
*批准年排放值		7.63E+13	3.70E+08	1.20E+08	6.40E+12	6.00E+11

*国核安发[2016]228号文批复的排放量

表 1-4 2018 年田湾核电站 3~4 号机组放射性气载流出物排放情况统计表

月/季度	体积(m ³)	惰性气体 (Bq)	碘 (Bq)	气溶胶 (Bq)	氡 (Bq)	碳-14 (Bq)
1	9.85E+07	1.45E+11	6.89E+04	6.19E+04	2.51E+10	1.58E+09
2	8.98E+07	1.23E+11	9.48E+04	6.82E+04	3.20E+10	3.70E+09
3	1.09E+08	1.13E+11	1.56E+05	7.20E+04	3.54E+10	5.28E+09
第一季度	2.97E+08	3.81E+11	3.20E+05	2.02E+05	9.25E+10	1.06E+10
4	1.11E+08	1.14E+11	1.30E+05	7.87E+04	3.00E+10	4.90E+09
5	1.07E+08	1.77E+11	1.24E+05	7.62E+04	3.25E+10	6.58E+09
6	9.66E+07	1.42E+11	4.09E+05	7.99E+04	4.91E+10	1.19E+10
第二季度	3.15E+08	4.33E+11	6.62E+05	2.35E+05	1.12E+11	2.34E+10
7	1.17E+08	2.04E+11	1.26E+05	8.56E+04	7.65E+10	1.90E+10
8	1.17E+08	1.90E+11	1.26E+05	9.52E+04	8.23E+10	2.59E+10
9	1.15E+08	1.91E+11	1.01E+05	8.60E+04	7.95E+10	2.09E+10
第三季度	3.49E+08	5.86E+11	3.54E+05	2.67E+05	2.38E+11	6.58E+10
10	1.30E+08	2.23E+11	1.46E+05	9.33E+04	6.64E+10	1.83E+10
11	1.21E+08	2.16E+11	1.22E+05	9.58E+04	3.71E+10	1.31E+10
12	1.38E+08	1.35E+11	9.49E+04	1.04E+05	3.37E+10	2.85E+10

月/季度	排放体积 (m ³)	氡 (Bq)	碳-14 (Bq)	其余核素 (Bq)	月/季度	排放体积 (m ³)
第四季度	3.89E+08	5.73E+11	3.63E+05	2.93E+05	1.37E+11	5.99E+10
全年合计	1.35E+09	1.97E+12	1.70E+06	9.97E+05	5.80E+11	1.60E+11
*批准年排放值		7.63E+13	3.70E+08	1.20E+08	6.16E+12	6.00E+11

*环审[2017]130 号文批复的排放量

表 1-5 2019 年度田湾核电站 1~2 号机组放射性液态流出物排放情况统计表

月/季度	排放体积(m ³)	氡 (Bq)	碳-14 (Bq)	其余核素 (Bq)
1	2995.7	2.29E+12	6.22E+08	1.09E+07
2	2424.8	3.52E+12	3.42E+08	9.28E+06
3	2403.3	1.01E+12	1.80E+08	9.15E+06
第一季度	7823.8	6.82E+12	1.14E+09	2.93E+07
4	2565.6	2.20E+12	2.91E+08	1.04E+07
5	2494.6	2.05E+12	2.80E+08	9.63E+06
6	2419.9	3.24E+12	5.40E+08	9.01E+06
第二季度	7480.1	7.49E+12	1.11E+09	2.91E+07
7	2364.7	1.88E+12	5.81E+08	1.02E+07
8	2833.6	3.58E+12	5.44E+08	1.18E+07
9	3276.8	2.55E+12	5.21E+08	2.37E+07
第三季度	8475.1	8.01E+12	1.65E+09	4.57E+07
10	2890.1	3.07E+12	1.22E+09	1.45E+07
11	1798.1	6.98E+11	2.20E+08	6.37E+06
12	2018.1	1.59E+12	2.92E+08	8.21E+06
第四季度	6706.3	5.36E+12	1.73E+09	2.91E+07
全年合计	30485.3	2.77E+13	5.63E+09	1.33E+08
*批准年排放值		6.60E+13	3.00E+10	7.40E+09

*国核安发[2016]228 号文批复的排放量

表 1-6 2019 年度田湾核电站 3~4 号机组放射性液态流出物排放情况统计表

月/季度	排放体积(m ³)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)	其余核素 (Bq)
1	3814.8	1.15E+12	8.59E+08	1.98E+07
2	2793.5	9.71E+11	1.80E+08	1.61E+07
3	2800.1	1.77E+12	1.72E+08	1.63E+07
第一季度	9408.4	3.89E+12	1.21E+09	5.21E+07
4	3177	1.34E+12	9.72E+07	1.65E+07
5	2961.9	2.35E+12	1.73E+08	1.29E+07
6	2481.3	2.40E+12	3.18E+08	1.16E+07
第二季度	8620.2	6.09E+12	5.88E+08	4.10E+07
7	2211.4	2.98E+12	7.07E+08	7.87E+06
8	2521.9	2.84E+12	5.70E+08	1.34E+07
9	3003.1	3.00E+12	5.71E+08	1.17E+07
第三季度	7736.4	8.82E+12	1.85E+09	3.29E+07
10	6399.9	2.74E+12	9.88E+08	1.89E+07
11	4462.8	2.29E+12	1.51E+09	1.70E+07
12	3755.6	7.00E+11	2.24E+08	1.17E+07
第四季度	14618.3	5.73E+12	2.72E+09	4.75E+07
全年合计	40383.3	2.45E+13	6.37E+09	1.74E+08
*批准年排放值		6.16E+13	3.00E+10	7.40E+09

*环审[2017]130 号文批复的排放量

表 1-7 2019 年田湾核电站 1~2 号机组放射性气载流出物排放情况统计表

月/季度	体积(m ³)	惰性气体 (Bq)	碘 (Bq)	气溶胶 (Bq)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)
1	9.85E+07	2.36E+11	1.08E+05	8.83E+04	4.90E+10	1.62E+10
2	8.98E+07	1.88E+11	8.53E+04	9.65E+04	5.44E+10	1.22E+09
3	1.09E+08	2.20E+11	1.28E+05	8.25E+04	4.78E+10	4.18E+09
第一季度	2.97E+08	6.45E+11	3.21E+05	2.67E+05	1.51E+11	2.16E+10
4	1.11E+08	2.18E+11	9.43E+04	9.16E+04	4.54E+10	6.38E+09
5	1.07E+08	2.20E+11	1.39E+05	1.09E+05	4.58E+10	7.07E+09
6	9.66E+07	2.04E+11	1.29E+05	1.46E+05	4.55E+10	6.79E+09

月/季度	体积(m ³)	惰性气体 (Bq)	碘 (Bq)	气溶胶 (Bq)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)
第二季度	3.15E+08	6.42E+11	3.62E+05	3.47E+05	1.37E+11	2.02E+10
7	1.17E+08	1.98E+11	1.27E+05	1.16E+05	5.66E+10	8.70E+09
8	1.17E+08	2.06E+11	1.01E+05	9.73E+04	8.05E+10	1.43E+10
9	1.15E+08	1.61E+11	1.25E+05	9.29E+05	1.03E+11	3.19E+10
第三季度	3.49E+08	5.64E+11	3.53E+05	1.14E+06	2.40E+11	5.49E+10
10	1.30E+08	2.27E+11	1.06E+05	8.85E+04	8.69E+10	1.58E+10
11	1.21E+08	2.04E+11	1.36E+05	9.25E+04	8.12E+10	1.57E+10
12	1.38E+08	2.03E+11	1.13E+05	8.79E+04	7.55E+10	1.57E+10
第四季度	3.89E+08	6.33E+11	3.55E+05	2.69E+05	2.44E+11	4.72E+10
全年合计	1.35E+09	2.49E+12	1.39E+06	2.02E+06	7.72E+11	1.44E+11
*批准年排放值		7.63E+13	3.70E+08	1.20E+08	6.40E+12	6.00E+11

*国核安发[2016]228号文批复的排放量

表 1-8 2019 年田湾核电站 3~4 号机组放射性气载流出物排放情况统计表

月/季度	体积(m ³)	惰性气体 (Bq)	碘 (Bq)	气溶胶 (Bq)	氚 (Bq)	碳-14 (Bq)
1	1.87E+08	2.46E+11	1.94E+05	1.61E+05	6.59E+09	4.21E+10
2	1.92E+08	1.55E+11	1.54E+05	2.73E+05	1.57E+10	2.47E+10
3	1.84E+08	1.41E+11	2.47E+05	3.11E+05	1.09E+10	1.84E+10
第一季度	5.63E+08	5.43E+11	5.94E+05	7.45E+05	3.32E+10	8.52E+10
4	1.88E+08	2.77E+11	5.70E+05	1.71E+05	1.28E+10	1.59E+10
5	1.96E+08	3.09E+11	3.36E+05	1.80E+05	1.73E+10	1.66E+10
6	1.94E+08	3.30E+11	4.58E+05	1.61E+05	1.76E+10	1.69E+10
第二季度	5.78E+08	9.16E+11	1.36E+06	5.12E+05	4.77E+10	4.94E+10
7	1.94E+08	3.45E+11	5.17E+05	1.99E+05	3.16E+10	1.33E+10
8	2.44E+08	3.99E+11	3.11E+05	2.00E+05	3.95E+10	2.26E+10
9	2.43E+08	3.48E+11	8.28E+05	1.88E+05	3.32E+10	2.20E+10
第三季度	6.81E+08	1.09E+12	1.66E+06	5.87E+05	1.04E+11	5.79E+10
10	2.22E+08	5.74E+11	2.63E+05	1.67E+05	1.92E+10	3.40E+09
11	2.15E+08	3.28E+11	5.36E+05	1.85E+05	1.85E+10	2.48E+10
12	1.94E+08	2.09E+11	4.08E+05	1.60E+05	1.89E+10	1.69E+10

月/季度	体积(m ³)	惰性气体(Bq)	碘(Bq)	气溶胶(Bq)	氚(Bq)	碳-14(Bq)
第四季度	6.31E+08	1.11E+12	1.21E+06	5.12E+05	5.66E+10	4.51E+10
全年合计	2.45E+09	3.66E+12	4.82E+06	2.36E+06	2.42E+11	2.37E+11
*批准年排放值		7.63E+13	3.70E+08	1.20E+08	6.16E+12	6.00E+11

***环审[2017]130号文批复的排放量**

由表 1-1~1-8 可见，田湾核电站 1~2 号机组、3~4 号机组在 2018、2019 年度放射性流出物排放情况良好，放射性流出物的年排放量小于国家批准的排放申请值；并且，每个季度的排放总量小于批准的年排放申请值的二分之一，每个月的排放总量小于批准的年排放申请值的五分之一，满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)中对放射性流出物排放量的控制要求。

田湾核电站 1~4 机组产生的放射性固体废物主要包括技术废物、工艺废物以及其他废物。其中技术废物主要为电站运行中由于人员防护和维修活动中产生的废物，主要包括个人防护用品、受到放射性污染的报废工器具、设备部件、废中子通量与温度测量通道(NTMC)、废电离室以及其电缆(IC)等；工艺废物主要为电站运行中工艺系统产生的废物，包括蒸发浓缩液、旋流器泥浆、废树脂、废通风过滤器、淤积物等；其他废物主要包括主电站产生的除工艺废物、技术废物以外的其他废物，如被放射性物质污染的有机废液(废油、废清洗剂、废有机溶剂等)。

技术废物的分类原则如下：

- 1: 技术废物按表面剂量率水平分为>2mSv/h 的废物和≤2mSv/h 的废物两类；
- 2: 对于≤2mSv/h 的废物再细分为可降解废物、可压缩废物、不可压缩废物；
- 3: 可压缩废物继续细分为可燃废物、不可燃废物；不可压缩废物继续细分为金属废物(包括废 NTMC 和废 IC)、含水废物和其他不可压缩废物等。

工艺废物的分类原则如下：

1: 蒸发浓缩液

蒸发浓缩液主要为含硼酸钠、硼酸或其他化合物的水溶液经蒸发浓缩产生的废液；

2: 旋流器泥浆

主要为来源于废液处理系统旋流器分离出的泥浆；

3: 废树脂

废树脂主要为来自下列系统的除盐器:主回路、主系统水净化系统、反应堆换料区域和乏燃料水池的冷却和处理系统、蒸汽发生器排污系统等，废树脂按照放射性污染程度又可以细分为可清洁解控和不可清洁解控树脂；

4: 废通风过滤器

主要指来源于通风系统的空气过滤器、碘捕集器等；

5: 淤积物

主要指来源于废水收集罐、处理罐和地坑的淤泥等。

田湾核电站 1~4 号机组已产生放射性废物主要来源及处理方式，所采用的包装容器主要为 200L 金属桶、CD1 型混凝土桶及 990L 钢桶，相关容器性能满足国家和行业标准。

田湾核电站 1~4 号机组配套有相应的放射性废物暂存库，暂存库根据放射性废物实行分类存放的原则，废物包均存放在相应的废物暂存库内。

田湾核电站 1~4 号机组自投入商运以来，放射性固体废物经妥善整備后形成废物包存于暂存库内，无遗留环境问题。

2018 年~2019 年田湾核电站放射性固体废物处理系统正常运行，满足机组正常运行生产需要。针对 2018、2019 年工艺废物未处理部分，均按照废物处理中心的高效减容工艺进行整備估算，尚未进行处理生成废物货包，标注“*”的数据为根据处理工艺减容比的预估量，见表 1-9。

表 1-9 2018~2019 年田湾核电站放射性固体废物产生情况统计表

年度	技术废物 (m ³)		工艺废物原生废物量 (m ³)		工艺废物整备后货包体积 (m ³)		小计	合计
	200L 金属桶	废中子通量及温度测量通道	废树脂	蒸发浓缩液、旋流器泥浆	废树脂	蒸发浓缩液、旋流器泥浆		
2019 年	1、2 号机组	30.4	/	12.9	18.3	27.45*	9.14*	66.99*
	3、4 号机组	40.2*	/	11.2	50.5	23.83*	25.25*	89.33*
2018 年	1、2 号机组	41.8	5	18.3	8.317	38.8*	4.16*	89.76*
	3、4 号机组	3.4*	/	3.7	5	7.84*	2.5*	13.74*

综上，田湾核电站对放射性废物进行了妥善整备、处理、暂存、处置，所使用的包装容器以及废物包性能满足国家标准要求，废物暂存库设计满足国家标准要求。

建设项目所在地自然环境社会环境简况

(表二)

自然环境简况(地形、地貌、地质、气候、气象、水文、植被、生物多样性等):

1、地理位置

田湾核电站位于江苏省连云港市连云区宿城街道。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307m。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，项目总平面布置图见图2.1-2。

田湾核电站5、6号机组反应堆厂房中心地理坐标为：

5号机组厂房 东经119°27'08"，北纬34°41'28"

6号机组厂房 东经119°27'05"，北纬34°41'30"

2、地质地震

区域地质：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(Q4)断裂、晚更新世(Q3)活动断裂、第四纪早、中更新世断裂和前第四纪断裂。Q3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，到厂址的最近距离为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。

近区域地质：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。

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。

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、条带状分布的绿泥石片岩及团块状石英、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。

厂区内原地形地貌为三类，即海滩、海积平原（I）、冲坡积裙（II）、丘陵（III），

经 1~4 号机组工程的建设施工以及本工程的场地平整，原地貌形态已全部改变，现状为平整的建设场地，标高约为 7.60m（1956 年黄海高程系统，下同）。

厂区北侧已开挖完成并形成人工边坡，按照核安全相关边坡设计，边坡处于稳定状态；西侧为预留的 7、8 号机组建设用地，现状为石料堆场；南侧、东侧分别为施工场地和 3、4 号机组用地。厂区内原地形地貌为三类，即海滩、海积平原（Ⅰ）、冲坡积裙（Ⅱ）、丘陵（Ⅲ），经 1~4 号机组工程的建设施工以及本工程的场地平整，原地貌形态已全部改变，现状为平整的建设场地，标高约为 7.60m（1956 年黄海高程系统，下同）。

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

地震：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郟城 8.5 级大震。6 级以上历史强震主要分布在郟庐断裂带和南黄海海域。近区域历史上仅发生一次 4.75 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Ⅷ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。

根据区域地球物理调查，区域内除郟庐断裂带以外，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Ⅷ度。

综上所述，厂址处在区域地壳较稳定的地区。

3、气候、气象

(1) 区域气候

厂址所在区域为暖温带半湿润季风气候区。气候的基本特征是季风气候显著，冬冷夏热，四季分明，具有海洋性气候和大陆性气候双重特点。冬季受欧亚大陆冬季风控制，

气候干燥寒冷，呈现明显的大陆性气候，夏季则受低纬度洋面来的夏季风影响，潮湿多雨，气温偏高，表现出较为明显的海洋性气候特征。春、秋、冬三季常有冷空气侵袭，时常伴有大风和冰雪。厂址周边主要的四个气象站分别为西连岛、赣榆、燕尾港和连云港（新浦）气象站。厂址所在的连云港市处在苏北黄淮平原的北端，总体上是华北平原的一部分，局部有丘陵分布，为山东丘陵向南延续的侵蚀残丘。厂址与连云港市区之间的云台山山体呈北西-南东走向，相对高度 200~600m，最高峰为大桅尖，高程 605.4m。

根据厂址代表性气象站西连岛站多年气象资料统计结果，厂址区域年平均气温为 14.7℃，极端最高气温是 38.5℃，极端最低气温是-13.3℃；年平均相对湿度 69%。年最多风向为 ESE，占全年风频的 11.8%，年静风频率为 5.1%，年平均风速为 5.1m/s，最大风速和极大风速的极值分别为 36.5m/s 和 44.4m/s；年平均降水量为 892.0mm，最大日降水量 432.2mm；年平均雷暴日数为 23.2d。

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

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

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

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

秋季：自九月份起冬季的大气环流形势开始建立。长江流域和华北在平直的西风控

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

(2) 现场气象观测

本节采用田湾核电站地面气象站 2017 年 1 月~2018 年 12 月年的观测资料进行现场地面气象要素分析；塔层风向、风速采用气象铁塔 2017 年 1 月~2018 年 12 月的观测数据进行分析。2017 年 1 月~2018 年 12 月地面站、铁塔的数据获取率分别为 99.97%、97.44%。

地面气象站观测数据的统计结果如下：

风向和风速：2017 年 1 月~2018 年 12 月铁塔 70m 梯度风向频率分布见表 2.1-1 和图 2.1-3。可见，铁塔 70m 高度的最多风向为 NNE（10.35%），次多风向 NE（9.73%）。静风（<0.5m/s）频率为 2.59%。

2017 年 1 月~2018 年 12 月地面气象站风向频率分布见表 2.1-1 和图 2.1-3。可见，地面气象站的最多风向为 ENE（11.63%），次多风向 NE（10.12%）。静风（<0.5m/s）频率为 2.65%。

表 2.1-2 给出了 2017 年 1 月~2018 年 12 月塔层 70m 高度、地面气象站的月、年平均风速。塔层 70m 梯度年平均风速为 4.2m/s，地面气象站年平均风速为 2.70m/s。

温度：2017 年 1 月~2018 年 12 月，塔层 70m 高度、地面气象站的年平均温度分别为 15.3℃、15.5℃。

相对湿度：2017 年 1 月~2018 年 12 月地面站现场观测的年平均相对湿度 76.1%。最低相对湿度为 65.8%。

降雨量：2017 年 1 月~2018 年 12 月地面站现场观测的年降雨量为 787.8mm。

(3) 联合频率

本次环境影响评价分别采用 2017 年 1 月~2018 年 12 月地面气象站、气象铁塔 70m 高度的风向、风速资料，计算厂址 10m、70m 高度的风向、风速、稳定度三维联合频率；利用地面站的降水数据以及铁塔 70m 高度的风向、风速资料，计算 70m 高度的风向、风速、稳定度、雨况四维联合频率，计算稳定度和联合频率的气象资料的联合获取率为 98.76%。

(4) 大气稳定度

大气稳定度的划分采用 AT~u 法，该方法依靠风速和温度梯度作为判据，同时考虑了热力湍流和机械湍流的影响，较好地克服了单纯使用温度递减率法分类的不足，是 IAEA 推荐的基本方法之一。本次环境评价使用厂址 2017 年 1 月~2018 年 12 月气象铁塔

100m 高度和 10m 高度的温度差和 10m 高度逐时风速确定 A~F 各类, 稳定度统计结果见表 2.1-8。可见, 各年稳定度分类结果相近, 厂址区域不稳定 A~C 类和中性 D 类频率相当, 稳定 E~F 类偏少。综合两年来看, D 类稳定度占 39.11%, 不稳定的 A、B、C 类分别占 3.09%、17.29%和 17.81%, 偏稳定的 E、F 类分别占 3.35%和 19.35%。

(5) 混合层高度及大气扩散参数

1) 混合层高度

北京大学于 2001-2005 年冬、夏两季在厂址开展的大气边界层探测。根据东、夏两季大气边界层实验得到的不同稳定度类型的混合层高度的观测值, 以及这些混合层高度特征值的大小范围, 根据大气边界层越不稳定混合层发展越旺盛的一般概念, 剔除不合理的观测值后混合层高度的平均值以及理论和经验合理分析, 综合分析后得到厂址不同稳定度下混合层高度值如下:

A-B 类: 800m

C 类: 600m

D 类: 600m

2) 大气扩散参数

为研究厂址的大气扩散特征, 于 2009 年开展了大气扩散试验, 主要包括示踪实验、湍流观测和大气扩散数值模拟。

对不同方法计算得到的水平扩散参数进行综合对比, 得到对于 B~D 类稳定度情况, 数值模拟结果与示踪实验结果吻合很好, 湍流观测结果与示踪实验和数值模拟结果有所差别, 主要由于湍流观测结果反映了局地相对较小范围的影响, 不能反映拉格朗日扩散过程和路径上气流的时空变化造成的扩散作用, 同时湍流资料处理中倾向于把较大尺度的扰动成分滤除, 因此, 由当地单点湍流观测资料导出的扩散参数不能反映导致示踪实验结果偏大的扩散因子。示踪实验和数值模拟结果能够反映出当地沿岸局地环流对侧向扩散的影响。稳定条件下, 由于缺乏示踪实验观测结果, 而湍流观测和补充数值模拟的结果都显示扩散参数略大于 P-G 曲线, 因而稳定条件下水平扩散参数的确定主要以数值模拟结果为依据, 并参照湍流观测的近处结果。

对于垂直扩散参数, 三种方法获得的结果具有较好的可比性, 湍流观测结果在不稳定一侧略偏低。考虑到垂直湍流观测反映的较小尺度的湍流特征对当地扩散有较好的代表性, 同时数值模拟的结果也与湍流观测的较为接近, D 类稳定度条件下的垂直扩散参数采用湍流观测结果, 不稳定条件下的垂直扩散参数取示踪实验结果与湍流观测结果的几

何平均，稳定条件下则参考补充数值模拟情况对湍流观测结果进行修正。

近些年厂址的主要地形地貌和气象特征没有发生改变，因此仍沿用 2009 年获取的扩散参数，见表 2.1-9。

4、水文

本节内容主要论述田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环期间可能影响到的水域，以及这些水体的水流特性、温盐分布、海洋水文和陆地水文等方面的情况，依据的专题报告有《田湾核电扩建工程 5、6 号机组工程水文补充分析计算报告（B 版）》（2015.08）、《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组工程海域海洋水文观测及分析报告》（2010.10）、《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组可能最大降雨计算技术报告》（2011.11）、《田湾核电站 7、8 号机组工程海域冬季海洋水文观测及分析报告》（2019.12）等。

（1）海洋水文

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，位于 1-4 号机组西侧，厂址西与宿城山谷相邻，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。

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。本节中水位基准面均为 56 黄海基面。

1997 年 3 月~1998 年 3 月在工程海域进行了为期一年的水文站连续观测，同时借助附近海域的长期海洋观测站（连云港站）的同步观测资料与厂址站海洋水文观测资料进行相关拓延海洋水文资料序列。连云港站位于连云港西连岛山顶，海拔 26.9 米，四周环海。该站建立于 1959 年，主要观测项目有风、潮位、波浪、水温等。

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

1：潮汐

核电站厂址位于海州湾南岸。由潮位资料进行调和分析，求得连云港多年平均的调和常数。 $R = (H_{k1} + H_{o1}) / H_{M2} = 0.31 < 0.5$ （ H_{k1} 、 H_{o1} 、 H_{M2} 分别为分潮 H_{k1} 、 H_{o1} ， H_{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。

2: 海流

根据 2019 年田湾厂址海域全潮水文测验结果, 厂址海域潮流特征如下:

整体来看, 外海以逆时针的旋转流为主, 近岸往复流为主, 海域的海流主流向大体为偏 SW-NE 向, 偏 NE 向为落潮流向, 偏 SW 向为涨潮流向。

1) 平均流速

在冬季, 测验海域大潮期垂线平均涨潮流平均流速在 16~49cm/s, 落潮流平均流速在 13~35cm/s; 中潮期垂线平均涨潮流平均流速在 9~36cm/s, 落潮流平均流速在 12~31cm/s; 小潮期垂线平均涨潮流平均流速在 10~27cm/s, 落潮流平均流速在 9~23cm/s。

在夏季, 测验海域大潮期垂线平均涨潮流平均流速在 16~48cm/s, 落潮流平均流速在 9~36cm/s; 中潮期垂线平均涨潮流平均流速在 12~40cm/s, 落潮流平均流速在 11~32cm/s; 小潮期垂线平均涨潮流平均流速在 10~26cm/s, 落潮流平均流速在 8~26cm/s。

2) 最大流速

在冬季, 测验海域大潮期垂线平均涨潮流平均流速在 35~101cm/s, 落潮流平均流速在 27~54cm/s; 中潮期垂线平均涨潮流平均流速在 19~74cm/s, 落潮流平均流速在 22~53cm/s; 小潮期垂线平均涨潮流平均流速在 20~48cm/s, 落潮流平均流速在 20~39cm/s。

在夏季, 测验海域大潮期垂线平均涨潮流平均流速在 28~91cm/s, 落潮流平均流速在 20~56cm/s; 中潮期垂线平均涨潮流平均流速在 23~68cm/s, 落潮流平均流速在 19~47cm/s; 小潮期垂线平均涨潮流平均流速在 18~49cm/s, 落潮流平均流速在 14~45cm/s。

3) 波浪

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

2014 年之后, 由于连云港海滨大道跨海大桥建成和徐圩港区防波堤增加八字堤, 对核电厂区护岸波浪掩护条件略有改善, 另外港口规划实施后发生的岸滩演变导致近岸水深变浅, 都有利于减少波浪的破坏性影响, 但改变幅度不大。

3: 海水温度

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

下:

——连云港多年平均水温

根据连云港和厂址的海水温度相关关系,推算的厂址多年平均值为考虑到近 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℃。

4: 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)。

5: 泥沙

根据 2019 年水文测验期间含沙量资料和悬沙粒度资料,分析出一下结论:

在冬季,海域落潮平均含沙量为 0.077kg/m³,其中大潮为 0.104kg/m³,中潮为 0.070kg/m³,小潮为 0.056kg/m³,垂线平均最大含沙量大、中、小潮分别为 0.801 kg/m³, 0.385kg/m³, 0.376 kg/m³。在夏季,海域落潮平均含沙量为 0.027kg/m³,其中大潮为 0.034kg/m³,中潮为 0.020kg/m³,小潮为 0.026kg/m³,垂线平均最大含沙量大、中、小潮分别为 0.889kg/m³, 0.144kg/m³, 0.290kg/m³。

(2) 陆地水文

连云港市是多河流的城市,主要河流为蔷薇河,其它河流有大浦河、西盐河、龙尾河、玉带河、妇联河、善后河、烧香河、排淡河、临洪河等。蔷薇河是连云港市唯一的淡水水源河,其上游为人工开挖的淮沭新河,水源主要是洪泽湖水,平常以 40-50m³/s 流量进入连云港市。蔷薇河全长 53km,宽 70-100m,流域面积 1819km²。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 15-20m³/s,以满足连云港市区生产、生活用水需要。

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。

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。

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。

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，溃坝计算中按假定宿城水库大坝全部垮掉考虑，计算得到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，因此溃坝对厂址没有影响。

(3) 地下水

厂址位于扒山，此区域基岩大部分裸露，局部裂隙较发育。基岩区地下水为基岩裂隙水。基岩节理裂隙仅上部有部分张开，连通性差，地下水就赋存在这些浅部节理裂隙中，深部一般不含水，呈脉状、枝状分布，无统一的地下水位。地下水补给来源主要为大气降水，径流一般较弱，径流途径短，以蒸发、泉泄潜流等方式排泄。

在厂坪标高以下的岩体渗透性极差，属微透水层。

基岩区开挖到厂坪设计标高后，相对富水的浅部裂隙被挖除，厂区外围上部裂隙水将通过边坡排水沟截流，厂坪下仅有少许裂隙水。开挖的土石方被埋置于海滩区，使原地面标高增至 3.50-7.00m，但仍低于基岩区厂坪标高，海滩区的地下水将不会影响基岩区。

电站建成之后，地下补给大部分被阻断，地基岩体中的地下水含量极少，核电站永久排水系统完全可以保证地下水位不超过设计基准。厂区地下水将不用作核电站的任何用水水源。

厂址区地下水流向一般受地势控制，向东、向南排泄，最终流入大海。厂址区整平开挖后，不会改变地下水的总体流向，厂址区地下水下游方向没有居民，因此，地下水污染对周边村庄的地下水不会有影响。

(4) 洪水

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；周围山坡上的暴雨径流，采用截洪沟拦截并分别引入两侧排水渠再排入大海，不会对核电厂造成影响；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。

5、生态概况

(1) 陆生资源及生态概况

本节依据 2019 年 7 月完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、环境、食谱及其外部人为事件调查报告 B 版》和 2017 年 6 月完成的《田湾核电站 3、4 号机组工程项目厂址附近陆域生态环境 调查及评价报告》编制。

厂址半径 80km 范围内的农业以粮食作物（稻谷、小麦、玉米、薯类、豆类）为主，一年两熟。夏收作物有早稻（杂交稻和粳稻）、大麦、小麦、花生、蔬菜、瓜类（西瓜）等；秋收作物有稻谷、玉米、大豆、绿豆、杂豆类、薯类、果实类和根茎类蔬菜、棉花、茶叶等。家畜家禽主要包括大牲畜、猪、羊、家禽。大牲畜以牛为主；最主要的家畜是猪，其次是羊；家禽饲养的主要品种有鸡、鸭、鹅。

厂址半径 5km 范围内丘陵山地分布广泛，适宜耕作的土地较少，没有大规模的农田、菜园和果园，各村居民主要通过自留地及房屋前后空地种植少量玉米、蔬菜等农作物，面积较小，粮食种植不多；厂址半径 80km 范围内粮食种植面积 11893494 亩，油料作物种植面积 1256452 亩，蔬菜作物种植面积 1811102 亩，水果作物种植面积 496543 亩。

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

厂址半径 5km 范围内没有奶牛饲养，仅有少量羊、猪和极少禽类；厂址半径 80km 范围内大牲畜出栏数 391014 头，猪出栏量 6037134 头，家禽出栏数 64211344 羽。

(2) 水产资源及生态概况

本节依据自然资源部第一海洋研究所 2020 年 4 月完成的《田湾核电站 5、6 号机组工程项目厂址附近海域生态环境调查报告》编制，调查时间为 2019 年 2 月、2019 年 4 月、2019 年 8 月以及 2019 年 10 月。

厂址临近水域中的海洋生物包括浮游植物（优势种主要为硅藻）、浮游动物（大型浮游动物以中华哲水蚤和强壮箭虫最为常见，小型浮游动物以纺锤水蚤、小拟哲水蚤、强额拟哲水蚤以及长腹剑水蚤最为常见）、游泳动物（春季渔业资源种类 42 种，其中鱼类 20 种，占总数量的 47.6%；甲壳类 11 种，占 42.9%，头足类 4 种，占 9.5%，优势种为鲜明鼓虾、细巧仿对虾、变态螳、红狼牙鰕鱼葛氏长臂虾、棘头梅童鱼、六丝钝尾鰕虎鱼、莱士舌鳎、日本鼓虾以及矛尾鰕虎鱼以及日本鼓虾；夏季渔业资源种类 45 种，其中鱼类 23 种，占总数量的 51%，甲壳类 19 种，占 42%，头足类 3 种，占 7%，优势种为凤鲚、日本枪乌贼、莱士舌鳎、六丝钝尾鰕虎鱼、三疣梭子蟹、黑鳃梅童鱼、口虾蛄及葛氏长臂虾；秋季渔业资源种类 42 种，其中鱼类 25 种，占总数量的 59.5%，甲壳类 13 种，占 31%；头足类 4 种，占 9.5%，优势种为葛氏长臂虾、莱士舌鳎、棘头梅童鱼、六丝钝尾鰕虎鱼、莱士舌鳎、三疣梭子蟹、以及口虾蛄；冬季渔业资源种类 28 种，其中鱼类 13 种，占总数量的 46%，甲壳类 11 种，占 39%；头足类 4 种，占 14%。优势种为葛氏长臂虾、棘头梅童鱼、六丝钝尾鰕虎鱼、莱士舌鳎、日本鼓虾以及矛尾鰕虎鱼。）、底栖生物（春季出现底栖生物 48 种，隶属环节动物、棘皮动物、甲壳动物、纽形动物、软体动物及鱼类 6 个门类，甲壳动物出现的最多，为 18 种；夏季出现底栖生物 18 种，隶属软体动物、甲壳动物、环节动物、棘皮动物、星虫动物和鱼类 6 个门类，软体动物出现的最多，为 9 种；秋季出现底栖生物 15 种，隶属环节动物、软体动物、甲壳动物、棘皮动物和鱼类 5 个门类，环节动物出现的最多，为 6 种；冬季出现底栖生物 30 种，隶属环节动物、软体动物、甲壳动物、棘皮动物和鱼类 5 个门类，甲壳动物出现的最多，为 11 种）、潮间带生物（春季出现潮间带生物 29 种，甲壳动物出现的最多，18 种，其次为甲壳动物、环节动物、星虫和腔肠动物；夏季出现潮间带生物 25 种，软体动物出现的最多，11 种，其次为甲壳动物、环节动物、星虫、腔肠动物和鱼类；秋季出现潮间带生物 28 种，甲壳动物出现的最多，14 种，其次为软体动物、环节动物和鱼类；冬季出现潮间带生物 29 种，软体动物出现的最多，13 种，其次为甲壳动物、环节动物、星虫和腔肠动物）。

社会环境简况(社会经济结构、教育、文化、文物保护等):

1、人口分布

本节编制依据为中国核电工程有限公司于 2018 年完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》以及 2019 年完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告 B 版》。

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

(1) 厂址半径 5km 范围内的人口分布、年龄结构、饮食习惯及生活习性

厂址半径 5km 范围内主要涉及连云区所辖的板桥街道、高公岛街道、连云街道、宿城街道、云山街道和连云港经济技术开发区所辖的中云街道，涉及 6 个街道的 12 个行政村和 11 个社区，共计 40 个居民点。截止 2017 年底，总人口数为 36708 人。

厂址半径 5km 范围内没有万人以上的居民点。距离厂址最近的自然村为东崖屋村，位于厂址 NW 方位，距离本次调查中心 1.3km，截止到 2017 年底人口总数为 447 人；厂址半径 5km 范围内最大的居民点为连云街道荷花社区，位于厂址 N 方位 4.9km，2017 年底人口总数为 3711 人，此外，连云街道云台、胜利、临海社区三个居民点距离很近，上述三个社区 2017 年底总人口数为 6777 人。厂址半径 500m 范围内无居民点。

厂址半径 5km 范围评价区域内按照年龄分为四组，即婴儿组（≤1 岁）、儿童组（1~7 岁）、青少年组（7~17 岁）和成年组（17 岁以上），2017 年底人口数分别为 235 人、1755 人、2019 人和 32699 人，相应占总人口数的比例数分别为 0.64%、4.78%、5.50% 和 89.08%。

厂址半径 5km 范围居民活动排放水域地点主要是黄海一线高公岛海域。厂址半径 5km 范围不同职业未成年组中，0~1 岁的婴幼儿极少有岸边活动；1~7 岁年龄段的儿童有少量岸边活动，但没有游泳和划船活动；7-17 岁年龄段的青少年中和成人年龄段，都有划船和游泳活动。有少部分成年农村居民职业为半渔半农，在农闲时有少量的捕鱼和养殖活动。

厂址半径 5km 范围内人口分布情况详见表 2.2-1 和图 2.2-1；厂址半径 5km 范围内不同年龄组年消费量见表 2.2-2；厂址半径 5km 范围内不同职业、不同年龄段居民在核电站排放水域内岸边活动、游泳和划船等活动的年最大和年平均小时数的调查结果见表 2.2-3，关键居民组居民不同年龄组年消费量及在核电站排放水域内岸边活动、游泳和划船等活动的年最大和年平均小时数调查结果见表 2.2-4~5。

(2) 厂址半径 15km 范围内的人口分布

厂址半径 15km 范围主要涉及连云区、连云港经济技术开发区、云台山景区和徐坪新区所辖的 11 个街道、1 个农场，共计涉及 74 个社区和行政村，2017 年底人口总数为 192723 人。厂址半径 10km 范围内没有 10 万人以上的城镇。距离厂址最近的行政村是位于厂址 WNW 方位 1.0km 处的连云区宿城街道东崖屋村，2017 年底人口总数为 831 人；厂址半径 15km 范围内人口最多的是位于厂址 NW 方位 10.3km 的连云区墟沟街道院前社区，2017 年底人口总数为 11155 人。

厂址半径 15km 范围内重要居民点分布情况详见表 2.2-6。

(3) 厂址半径 80km 区域内的人口分布、年龄结构、饮食习惯及生活习性

厂址半径 80km 范围内 2017 年底的总人口数为 8172577 人，厂址半径 80km 范围内城镇居民和农民（含渔民）人口数分别为 4890579 人和 3281998 人，相应占总人口数的比例数分别为 59.84% 和 40.16%。厂址半径 80km 范围内十万人以上的城镇有 8 个，厂址半径 80km 范围内没有百万人以上的人口中心。最大也是距离厂址最近的人口中心是位于厂址 WSW 方位 24.5km 处的连云港市区，2017 年人口共 499274 人。

厂址半径 80km 范围内重要城镇分布情况详见表 2.2-7。

厂址半径 80km 范围内各子区人口分布（2017 年）见表 2.2-8。

厂址半径 80km 范围内不同年龄组年消费量及在核电站排放水域内岸边活动、游泳和划船等活动的年最大和年平均小时数调查结果见表 2.2-9~10。

2、社会经济

本节编制依据中国核电工程有限公司于 2018 年完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》以及 2019 年 7 月完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告 B 版》。

连云港市现状轻工业比重大、重工业比重小。现已初步形成医药、化工、食品、电力、非金属矿物制造（硅资源加工）五大支柱产业。农副食品加工业、饮料制造业等传

统劳动 密集型产业基础较好。医药制造、新材料、电子信息等高科技产业具有一定区域优势。

厂址半径 15km 范围内规模以上工业类型主要为化学原料及化学品制造、建材生产加工、矿业产品加工、农副产品加工等，厂址半径 15km 范围内规模以上工矿企业有 69 家，主要分布在连云区板桥工业园（SSW~SSE 方位 2.5~10km）、连云港经济技术开发区（WNW~NW 方位 4.5~25km）和徐圩新区（SSE~SSW 方位 7.5~25km）。距离厂址最近的规模以上工矿企业是连云港美特佳新型建材有限公司，位于云山街道黄崖村，主要从事混凝土生产和销售，共有职工 55 人，相对厂址位置为 W 方位 2.9km。职工人数最多的工矿企业是江苏恒瑞医药股份有限公司，位于黄河路 38 号，主要从事注射剂生产，共有职工 3943 人，相对厂址位置为 W 方位 9.1km。厂址半径 15km 范围内生产、使用、经营危化品企业共计 16 家，主要集中在板桥工业园（连云经济开发区）和连云港区旗台作业区，主要危险品为化工原料、压缩气体等。单罐储量最大的为位于厂址 N 方位 4.9km 的旗台作业区连云港新世纪石油化工有限公司储罐，储存硫酸、硫磺，单罐最大为 20000m³，储存量最大的易燃液体为丙烯腈，位于厂址 N 方位 4.9km 的连云港港口国际石化仓储有限公司，最大储量为 10000m³。厂址半径 5km 范围内规模以上工矿企业有 2 家，主要经营业务包括混凝土和建筑材料生产销售和紫菜食品加工。职工人数最多且距离厂址最近的工矿企业是位于云山街道黄崖村，相对厂址 W 方位 2.9km 处的连云港美特佳新型建材有限公司，主要从事混凝土生产销售，共有职工 55 人。

厂址半径 15km 范围内有加油加气站 22 个，油气储量最大的为中石化临港加油站，其中汽油储量 60m³，柴油储量 100m³，相对厂址位置为 WNW 方位 11.5km，距离厂址最近的加油站是中石化宿城加油站，汽油柴油储量 80m³，相对厂址位置为 NW 方位 1.7km。

3、交通

本节编制依据中国核电工程有限公司于 2018 年完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》以及 2019 年 7 月完成的《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告 B 版》。

（1）公路

厂址半径 15km 范围内的公路有：

北疏港高速 S72：位于厂址北侧，最近处位于田湾核电站 N 方位 8.5km；

南疏港公路：位于厂址北侧，最近处位于田湾核电站 N 方位 5km；

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

道口);

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

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

G310 (连共线): 位于厂址北侧, 最近处位于田湾核电站 N 方位 4.5km;

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

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

滨海大道: 最近处位于田湾核电站 E 方位 1.8km 处。

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

东疏港高速存在运输危险品的车辆运输的主要易燃危险品为 液化石油气、丙烯腊、甲苯和丙酮, 最大运输量为 30t。

(2) 铁路

厂址半径 15km 范围现有铁路为陇海线, 路离厂址最近处为 N 方位约 5km 处。

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

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

(3) 水上交通

1) 港口海运

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

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

徐圩港区位于连云港市南部小丁港至灌河口之间, 目前处于起步建设阶段, 东西防

波堤基本建成、10万吨级航道已经建成，港内良好的掩护条件和进港航道水深已经具备，截至2017年底，共有万吨级以上经营性生产性泊位11个，综合通过能力3794万吨。

2)内河航运

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

(4) 空运

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

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

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

4、教育、文化、医疗

厂址半径5km范围内共有学校（幼儿园）6所，学生人数最多且距离厂址最近的是宿城小学，共有学生232人，教职工14人，相对厂址位置为NNW方位2.3km。连云区宿城中心幼儿园距离厂址2.3km，位于厂址NNW方位，有学生122人教职工9人。

厂址半径5km范围内有2个社区卫生服务中心，距离厂址最近的卫生服务中心为宿城社区卫生服务中心，位于厂址NW方位2.0km，床位8张医护人员15人。

厂址半径5km范围内学校、医院、卫生院情况见表2.2-11~13。

5、文物保护

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

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

NNW 方位 3.2km。

厂址半径 15km 范围内省级以上风景名胜区一处,为云台山风景名胜区(国家级),根据《云台山风景名胜区总体规划(2011-2030)》(2015 年修订),最近处景区界线相对调查中心位置为 NNW 方位 775m。

厂址半径 15km 范围内的旅游度假区有 6 个,分别为连岛海滨旅游度假区(N 方位, 8.4km), 国家 AAAA 级旅游区;花果山风景区(WSW 方位, 9.5km), 国家 5A 级旅游区;海鲜美食文化旅游景区(NW 方位, 10.8km), AA 级景区;北固山生态公园(NW 方位, 9.7km), AA 级景区;宿城船山飞瀑景区(NW 方位, 0.8km), AAA 级景区;海上云台山景区(NW 方位, 2.7km), 国家 AAAA 级旅游景区。

表 2.1-1 (1/2)2017~2018 年气象铁塔 70m 高度风向频率 (%)

风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
频率	8.15	10.35	9.73	8.17	3.9	2.5	2.25	2.78	3.9	8.59	8.52	10.31	5.43	3.62	3.66	5.55	2.59

表 2.1-1 (2/2)2017~2018 年气象站地面风向频率 (%)

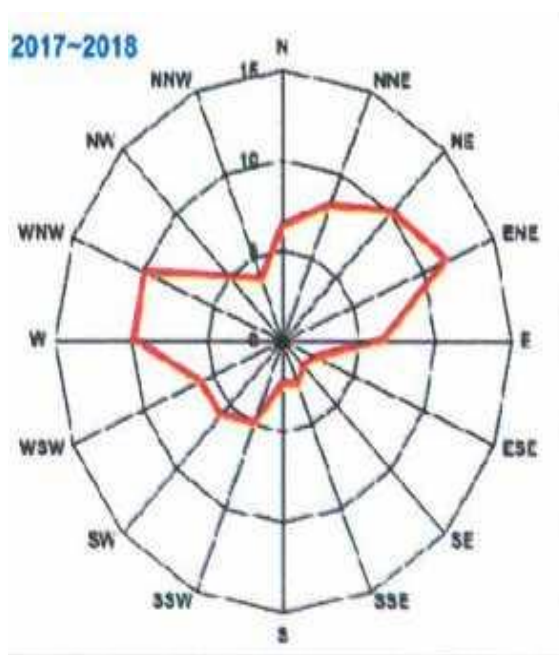
风向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
频率	6.33	8.09	10.12	11.63	6.62	2.45	1.97	2.67	2.42	4.96	5.83	5.94	9.8	9.89	4.96	3.67	2.65

表 2.1-2 (1/2) 2017~2018 年气象铁塔各月、年 70m 高度平均风速 (m/s)

时段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均风速	3.8	4.1	4.2	4.3	4.2	3.8	4.4	4.6	4	4	4	3.9	4.1

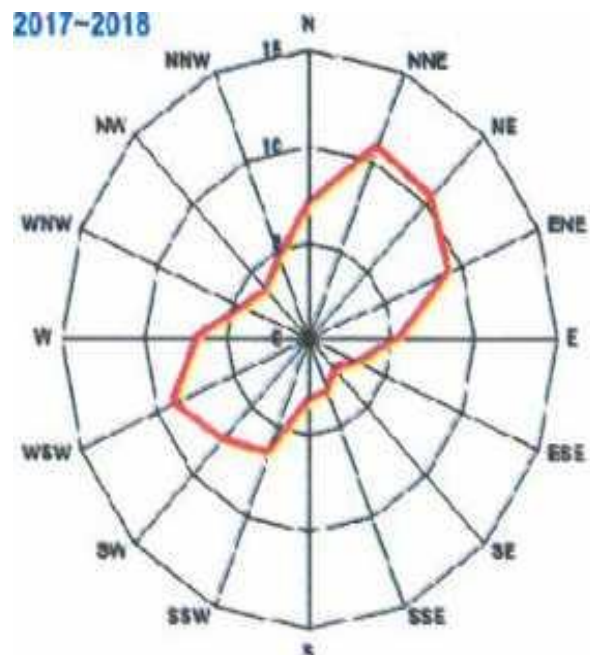
表 2.1-2 (2/2) 2017~2018 年气象站各月、年地面平均风速 (m/s)

时段	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
平均风速	2.5	2.7	2.9	2.9	2.7	2.4	2.8	2.8	2.5	2.6	2.6	2.5	2.7



静风频率 (2.59%)

图 2.1-3a 地面风向玫瑰图



静风频率 (2.65%)

图 2.1-3b 70m 高度风向玫瑰图

表 2.1-8 2017~2018 年度大气稳定度分类结果

稳定度	A	B	C	D	E	F
频率 (%)	3.09	17.29	17.81	39.11	3.35	19.35

表 2.1-9 田湾核电站大气扩散参数

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

**水平扩散参数($\sigma_y = P_y X^{q_y}$), 垂直扩散参数($\sigma_z = P_z X^{q_z}$)

表 2.2-1 厂址半径 5km 范围内各居民点和人口数(2017 年底)

镇名	行政村名	自然村（居民小组）	位置		常住人口数（人）
			方位	距离（km）	
板桥街道		程圩社区	SW	3.2	118
		跃进社区	SW	4.5	1167
		板桥社区	SSW	4.9	2442
		台南社区	SSW	4.9	2223
高公岛街道	高公岛社区	东山	ENE	2.9	391
		后山	ENE	2.8	230
		西山	ENE	2.5	602
		羊山	ENE	2.9	249
	柳河村	一组	ENE	1.4	390
		二组	ENE	1.6	292
		田湾	ENE	2.6	253
	黄窝村	涧北	NE	3.3	289
		涧南	NE	3.0	159
马路下		NE	3.6	175	
连云街道		临海社区	N	3.8	3373
		胜利社区	N	3.5	1616
		云台社区	N	3.8	1788
		荷花社区	N	4.1	3711
		桃林社区	NNW	4.3	2461
		庙岭社区	NNW	4.5	2469
		陶庵社区	NW	4.9	2762
宿城街道	宝山村	宝山村	WNW	2.3	398
		新村村	WNW	2.5	353
		新建村	WNW	2.2	272
	大竹园村	大竹园	NW	2.0	153
		黄毛顶	NW	2.6	154
		上洞	NW	2.2	151
		张楼	NW	3.0	156
	东崖屋村	北山	NNW	1.5	144
		东崖屋	NW	0.8	447
		陶庵	NNW	1.0	240
	高庄村	高庄	WNW	1.8	252
		官场	NW	1.7	418
		南山湾	SW	1.4	242
留云岭村	留云岭	NW	3.1	606	

镇名	行政村名	自然村（居民小组）	位置		常住人口数（人）
			方位	距离（km）	
	夏庄居委会	夏庄	NW	1.8	453
		东山	NW	1.5	270
云山街道		黄崖村	SW	2.3	1020
		白果树村	WNW	4.8	2556
中云街道		云门寺村	WSW	4.1	1263
合计					36708

表 2.2-2 厂址半径 5km 范围内不同年龄组居民年消费量调查结（单位：kg/人·a）

食物类型		≤1 岁		1-7 岁		7-17 岁		>17 岁						来自评价区内%		来自评价区外%
								城镇居民		农民		渔民				
		年平均	最大值	年平均	最大值	年平均	最大值	年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大	本子区	非本子区	
粮食食物	大米	5.8	9.6	27.8	42.0	78.2	120.0	106.2	151.2	116.3	168.0	128.7	180.0	0	60	40
	面粉	2.3	3.6	10.2	15.6	22.6	38.4	28.6	39.6	33.2	49.2	26.7	38.4	0	0	100
	其它	0.6	2.4	4.0	7.2	9.2	15.6	10.8	15.6	13.2	18.0	8.7	15.6	10	20	70
蔬菜类	叶类	3.3	6.0	17.2	27.6	45.6	72.0	57.2	91.2	52.8	86.4	49.3	85.2	25	40	35
	根茎类	2.3	4.8	6.5	12.0	24.2	36.0	33.7	50.4	30.5	49.2	25.3	38.4	15	40	45
	果实类	2.0	3.6	13.2	21.6	31.5	45.6	39.8	58.8	38.6	55.2	32.3	50.4	20	30	50
	水生类	0.3	1.2	4.5	7.2	12.2	18.0	15.2	25.2	12.7	18.0	11.6	18.0	20	20	60
肉类	猪肉	0.5	2.4	4.6	7.2	19.6	33.6	31.8	49.2	28.9	43.2	23.3	38.4	0	65	35
	羊肉	0.2	1.2	0.5	1.2	5.0	9.6	6.8	12.0	5.2	9.6	3.6	6.0	5	10	85
	牛肉	0.2	1.2	1.3	2.4	6.2	12.0	8.1	14.4	6.0	10.8	4.1	7.2	0	10	90
	禽肉	0.2	1.2	2.9	4.8	9.6	18.0	13.2	19.2	11.2	16.8	8.5	13.2	10	25	65
奶类及其制品		33.6	48.0	35.3	54.0	50.2	78.0	36.8	54.0	31.3	48.0	28.8	42.0	0	15	85
水果类		2.5	3.6	5.6	12.0	32.5	54.0	50.1	73.2	48.1	69.6	41.9	60.0	15	20	65
蛋类		12.8	19.2	15.3	27.6	18.6	30.0	21.3	38.4	19.5	31.2	17.2	31.2	15	20	65
海产品	鱼类	2.6	4.8	9.6	18.0	36.8	54.0	35.2	60.0	30.5	54.0	43.2	68.4	60	20	20
	甲壳类	1.1	2.4	6.3	12.0	16.6	30.0	19.2	31.2	16.3	25.2	28.2	48.0	55	20	25
	软体类	0.2	1.2	2.0	4.8	8.2	18.0	8.8	15.6	6.8	12.0	15.7	24.0	55	20	25
	藻类	0.1	1.2	0.6	1.2	1.8	3.6	1.8	3.6	1.5	2.4	3.0	4.8	70	10	30

注：粮食类中其它包括：薯类、玉米、米粉、小米等。取统计群体中排序 90%对应的个人食物消费最得到最大个人食物消费量。

表 2.2-3 厂址半径 5km 范围不同职业居民分年龄段生活习性调查结果 (单位: 小时/人·a)

职业构成	生活习性	≤1 岁		1~7 岁		7~17 岁		>17 岁	
		年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大
农民	岸边活动	1	2	5	15	20	50	80	280
	游泳	0	0	0	0	10	25	30	120
	划船	0	0	0	0	6	20	20	75
城镇居民	岸边活动	1	2	5	20	15	45	70	130
	游泳	0	0	0	0	5	20	25	60
	划船	0	0	0	0	3	16	15	55
渔民	岸边活动	1	2	15	40	80	150	550	1200
	游泳	0	0	0	0	30	75	130	230
	划船	0	0	0	0	20	50	2200	3200
活动地点		黄海一线高公岛海域							

表 2.2-4 关键居民组柳河村二组居民食谱结构 (单位: kg/人·a)

食物类型		≤1 岁		1~7 岁		7~17 岁		>17 岁		来自评价区内%		来自评价区 外%
		年平均	最大值	年平均	最大值	年平均	最大值	年平均	最大值	本子区	非本子区	
粮食 食物	大米	6.2	12.0	29.2	48.0	75.1	114.0	126.6	180.0	0	60	40
	面粉	1.9	4.8	8.6	14.4	20.6	33.6	25.3	36.0	0	0	100
	其它	0.8	2.4	4.2	9.6	7.8	14.4	8.3	15.6	10	20	70
蔬菜类	叶类	2.8	6.0	15.6	25.2	43.2	66.0	47.2	78.0	25	40	35
	根茎类	2.1	4.8	5.8	10.8	21.5	34.8	26.5	39.6	15	40	45
	果实类	1.8	3.6	12.7	25.2	28.7	42.0	31.2	48.0	20	30	50
	水生类	0.3	1.2	4.2	7.2	10.9	18.0	12.8	21.6	20	20	60
肉类	猪肉	0.4	2.4	4.3	8.4	17.8	30.0	25.2	42.0	0	65	35
	羊肉	0.2	1.2	0.3	1.2	4.0	9.6	3.8	6.0	5	10	85
	牛肉	0.2	1.2	0.6	2.4	5.6	12.0	4.5	9.6	0	10	90
	禽肉	0.2	1.2	2.6	6.0	8.8	16.8	9.2	15.6	10	25	65
奶类及其制品		32.8	45.6	33.6	55.2	46.2	72.0	26.6	42.0	0	15	85
水果类		2.3	3.6	5.2	10.8	30.8	49.2	42.6	66.0	15	20	65
蛋类		11.9	18.0	14.2	24.0	17.5	28.8	18.6	31.2	15	20	65
海产品	鱼类	3.2	6.0	12.6	21.6	45.2	66.0	45.2	72.0	60	20	20
	甲壳类	1.8	3.6	8.5	14.4	23.6	39.6	29.8	54.0	55	20	25
	软体类	0.4	2.4	3.5	6.0	11.3	21.6	16.2	27.6	55	20	25
	藻类	0.2	1.2	1.0	3, 6	2.0	4.8	3.2	6.0	70	10	30

注:取统计群体中排序 90%对应的个人食物消费景得到最大个人食物消费量。

表 2.2-5 关键居民组柳河村二组居民生活习性调查结果（单位：小时/人·a）

职业构成	生活习性	≤1 岁		1~7 岁		7~17 岁		>17 岁	
		年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大	年平均	年最大
渔民	岸边活动	1	2	25	55	110	190	600	1350
	游泳	0	0	0	0	45	80	135	260
	划船	0	0	0	0	35	70	1960	2450
活动地点		黄海一线高公岛海域							

表 2.2-6 (1/2) 厂址半径 15km 范围内范围涉及的镇乡及行政村人口情况 (2017 年底)

县(市、区)	镇、街道	社区、行政村	位置		常住人口数 (人)
			方位	距离(km)	
连云区	板桥街道	台南社区	SSW	6.0	2223
		板桥社区	SW	5.8	2442
		跃进社区	SW	5.0	1167
		程圩社区	WSW	4.0	118
		张跳村	SSW	12.3	669
	海州湾街道	两墅村	NW	11.7	2747
		棠梨社区	NW	10.5	4174
		大港社区	NW	10.6	4789
		海棠社区	NW	10.1	5183
		营山社区	NW	10.2	7333
		海州湾社区	NW	11.8	82
	连云街道	桃林社区	NNW	5.8	2461
		庙岭社区	NNW	6.0	2469
		陶庵社区	NNW	6.4	2762
		砚航社区	NNW	7.2	2734
		荷花社区	NNW	4.9	3711
		临海社区	N	4.4	3373
		胜利社区	N	4.2	1616
	云山街道	云台社区	NNW	4.4	1788
		李庄村	WNW	6.9	2579
		白果树村	WNW	5.4	2556
		老君堂村	WNW	8.1	4336
		平山社区	WNW	9.9	10081
	连岛街道	黄崖村	wsW ~w	2.8 ~3.2	1020
		大路口社区	N	8.9	221
		西连岛村	N	9.8	2108
		沙湾村	N	7.8	382
	墟沟街道	东连岛村	NNE	9.9	409
		桃园社区	NW	8.5	4700
		滨海社区	NW	8.6	5547
		西园社区	WNW	9.9	8207
		东园社区	NW	9.5	8581
		大巷社区	NW	8.2	8619
		南巷社区	WNW	9.2	9314
	高公岛街道	院前社区	NW	10.3	11155
		高公岛居委会	NE	2.8	1472
		柳河村	NNE	1.8	935
	宿城街道	黄窝村	NNE	3, 8	623
		宝山村	WNW	2.6	1023
		大竹园村	NW	2.3	614
		东崖屋村	WNW	1.0	831
		高庄村	WNW	2.0	912
留云岭村		WNW	4.0	606	
	夏庄居委会	NW	1.9	723	

表 2.2-6 (2/2) 厂址半径 15km 范围内范围涉及的镇乡及行政村人口情况 (2017 年底)

县(市、区)	镇、街道	社区、行政村	位置		常住人口数 (人)
			方位	距离(km)	
连云港经济技术开发区	朝阳街道	.马山村	W	13.3	944
		尹宋村	W	13.5	1432
		张庄村	W	12.5	1897
		沙集村	W	12.0	1609
		新县社区	W	13.1	2314
		朝东社区	W	13.8	1869
		韩李村	W	14.0	2291
		刘巷村	W	15.5	2210
		西庄村	W	16.2	3070
	中云街道	云门寺村	WSW	5.0	1263
		山后社区	W	8.1	1101
		江庄村	W	7.2	1287
		魏庵社区	W	9.1	1055
		东诸朝村	W	7.6	1276
		黄岭村	W	6.9	1407
		焦庄社区	W	9.6	1737
		新光社区	WNW	10.2	1212
		胜利村	W	11.2	2065
		西诸朝社区	W	9.7	953
		五羊社区	WNW	10.3	2721
		范庄社区	W	9.7	3489
		东巷村	W	7.9	1035
		隔村村	W	8.2	3525
金苏村	W	10.1	1189		
兴旺社区	W	10.5	877		
徐坪新区	东辛农场	海北分场	SSW	13.1	0
云台山风景区	云台街道	渔湾村	WSW	11.9	1641
		凤凰村	SW	9.5	2374
		东磊村	WSW	13.6	2356
		朱麻村	WSW	9.8	3129
合计					192723

表 2.2-7 厂址半径 80km 范围内的十万人以上城镇(2017 年底)

省	市	县(区、市)	镇、街道	相对厂址位置		人口总数(人)
				方位	距离(km)	
江苏省	连云港市	东海县	牛山街道	WSW	65.0	191583
		赣榆区	青口镇	WNW	34.0	178773
		灌南县	新安镇	S	66.3	171088
		灌云县	伊山镇	SSW	46.3	144388
		海州区	连云港市区	WSW	24.5	499274
山东省	日照市	东港区	经济开发区	N	76.1	117550
	临沂市	莒南县	十字路街道	NW	78.4	161335
		临沭县	临沭街道	WNW	77.1	142389

表 2.2-8 厂址半径 80km 范围内总人口分子区统计(2017 年底)

方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	方位合计
N	0	0	0	4953	2947	1803	0	0	21148	66783	148182	275056	520872
NNE	0	0	0	765	0	0	0	0	0	0	0	0	765
NE	0	682	1085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1767
ENE	0	0	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	10610	156653	0	29936	80059	277258
SSE	0	0	0	0	2353	3603	41685	63065	0	290875	132507	112776	646864
S	0	0	0	0	0	0	78252	0	80869	102900	171088	223657	656766
SSW	0	0	0	0	10669	21338	30927	72294	250650	118824	161369	295711	961782
SW	0	0	0	833	9879	31213	23922	83277	63524	71771	190903	366548	841870
WSW	0	242	510	1381	3129	27616	516392	142345	94929	143973	272015	148912	135U44
W	0	0	0	510	19631	36108	35481	135652	190709	114282	120349	191464	844186
WNW	0	397	1421	1031	21383	26587	35606	222211	74244	188054	121471	168776	861181
NW	0	1107	151	310	51767	30218	0	128935	74209	115584	122196	241194	765671
NNW	0	0	0	5499	0	0	0	0	141820	142246	108043	43903	441511
环形段合计	0	2428	3807	15282	121758	178486	762265	858389	1148755	1355292	1578059	2148056	8172577

表 2.2-9 (1/2) 厂址 80km 半径范围 (江苏地区) 居民年消费量调查结果 (kg/人·a)

食物类型		≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁			食物来源	
					城镇居民	农村居民	渔民	评价区内%	评价区外%
粮食 食物	大米	5.2	28.6	75.3	96.2	113.5	128.8	60	40
	面粉	2.2	10.8	21.5	25.8	23.6	20.7	0	100
	其它	0.5	4.6	9.6	11.5	12.8	7.2	30	70
蔬菜类	叶类	3.2	16.8	43.2	56.4	51.2	45.2	65	35
	根茎类	2.3	5.8	25.9	31.8	28.6	15.2	55	45
	果实类	2.1	14.3	33.6	42.8	43.8	35.3	50	50
	水生类	0.2	4.9	12.9	16.7	15.8	13.6	40	60
肉类	猪肉	0.7	4.9	20.2	23.5	21.8	20.2	65	35
	羊肉	0.2	0.6	4.5	7.8	5.2	4.5	15	85
	牛肉	0.1	1.2	6.5	8.6	6.8	4.2	10	90
	禽肉	0.1	3.2	9.2	12.3	16.2	10.2	35	65
奶类及其制品		29.8	36.2	45.2	39.8	30.2	26.8	15	85
水果类		2.8	5.9	29.5	52.7	49.2	45.8	35	65
蛋类		13.6	15.8	17.1	22.3	18.6	18.2	35	65
海产品	鱼类	2.2	8.7	32.2	35.8	28.7	45.1	80	20
	甲壳类	0.8	5.6	16.2	17.2	15.6	25.2	75	25
	软体类	0.2	1.5	6.8	7.2	5.8	16.2	75	25
	藻类	0.1	0.4	1.3	1.5	1.3	2.7	70	30

注：粮食类中其它包括：薯类、玉米、米粉、小米等。

表 2.2-9 (2/2) 厂址 80km 半径范围 (山东地区) 居民年消费量调查结果 (kg/人·a)

食物类型		≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁			食物来源	
					城镇居民	农村居民	渔民	评价区内%	评价区外%
粮食食物	大米	4.0	23.2	52.1	65.5	76.2	82.6	35	65
	面粉	3.8	19.5	50.2	60.2	65.2	68.8	100	0
	其它	1.2	5.6	11.6	15.8	16.2	10.3	70	30
蔬菜类	叶类	3.0	15.3	41.2	53.1	50.2	43.2	70	30
	根茎类	2.1	6.3	28.5	35.2	36.3	29.8	70	30
	果实类	2.3	12.5	30.8	39.8	43.8	36.2	75	25
	水生	0.2	4.6	10.5	12.6	13.2	11.6	60	40
肉类	猪肉	0.8	4.9	18.2	20.6	19.8	17.8	70	30
	羊肉	0.2	0.8	8.2	10.2	7.8	7.5	30	65
	牛肉	0.1	1.0	6.3	6.8	6.5	5.0	35	70
	禽肉	0.1	2.6	7.8	10.8	12.6	10.2	65	35
奶类及其制品		29.8	37.2	43.6	35.6	27.2	25.6	30	70
水果类		2.1	5.3	27.2	50.2	45.3	38.5	35	65
蛋类		12.8	17.2	18.2	21.6	19.6	15.6	75	25
海产品	鱼类	1.0	7.6	26.8	28.5	23.6	45.6	40	60
	甲壳类	0.6	5.0	11.5	13.6	10.2	23.5	35	65
	软体类	0.1	1.0	5.0	5.2	4.0	13.0	35	65
	藻类	0.1	0.4	1.0	1.2	1.0	2.8	30	70

注：粮食类中其它包括：薯类、玉米、米粉、小米等。

表 2.2-10 厂址半径 80km 范围不同职业居民分年龄段生活习性调查结果 (单位: 小时/人·a)

职业构成	生活习性	≤1 岁	1~7 岁	7~17 岁	>17 岁
		年平均	年平均	年平均	年平均
农民	岸边活动	1	6	18	80
	游泳	0	0	8	50
	划船	0	0	5	30
城镇居民	岸边活动	1	5	15	65
	游泳	0	0	8	30
	划船	0	0	3	20
渔民	岸边活动	2	12	70	500
	游泳	0	0	25	150
	划船	0	0	20	2450
活动地点		海州湾海域			

表 2.2-11 厂址半径 5km 范围内学校（幼儿园）统计（2017 年）

学校名称	地址	相对厂址位置		学生人数	教职工数
		方位	距离 (km)		
宿城小学	桃源路 58 号	NNW	2.3	232	14
连云区宿城中心幼儿园	宿城乡桃园路 23 号	NNW	2.3	122	9
连云区高公岛中心幼儿园	高公岛街道后山组 2 号	NE	2.4	97	7
连云中学	环山东路 168 号	NNW	4.3	113	26
连云区金贝儿幼儿园	连云镇胜利路 114 号	N	4.3	160	12
连云区快乐宝贝幼儿园	连云老街七一广场 3 号	NNE	4.4	102	7

表 2.2-12 厂址半径 5km 范围内医院、卫生院情况（2017 年）

医院名称	地址	级别	相对厂址位置		床位	医护人员数
			方位	距离 (km)		
宿城社区卫生服务中心	宿城街道桃源路 15 号	一级	NW	2.0	8	15
高公岛社区卫生服务中心	高公岛街道西山组 13 号	一级	NE	2.6	10	12

表 2.2-13 厂址半径 5km 范围内敬老院（老年公寓）分布情况分布情况

医院名称	地址	相对厂址位置		床位数 (个)	供养人数	员工数
		方位	距离 (km)			
连云区夕阳居老年公寓	连云区连云广场巷 2 号	N	4.4	88	17	6
连云区荷花养老服务中心	连云区文化巷 9 号	NNW	4.8	55	3	3

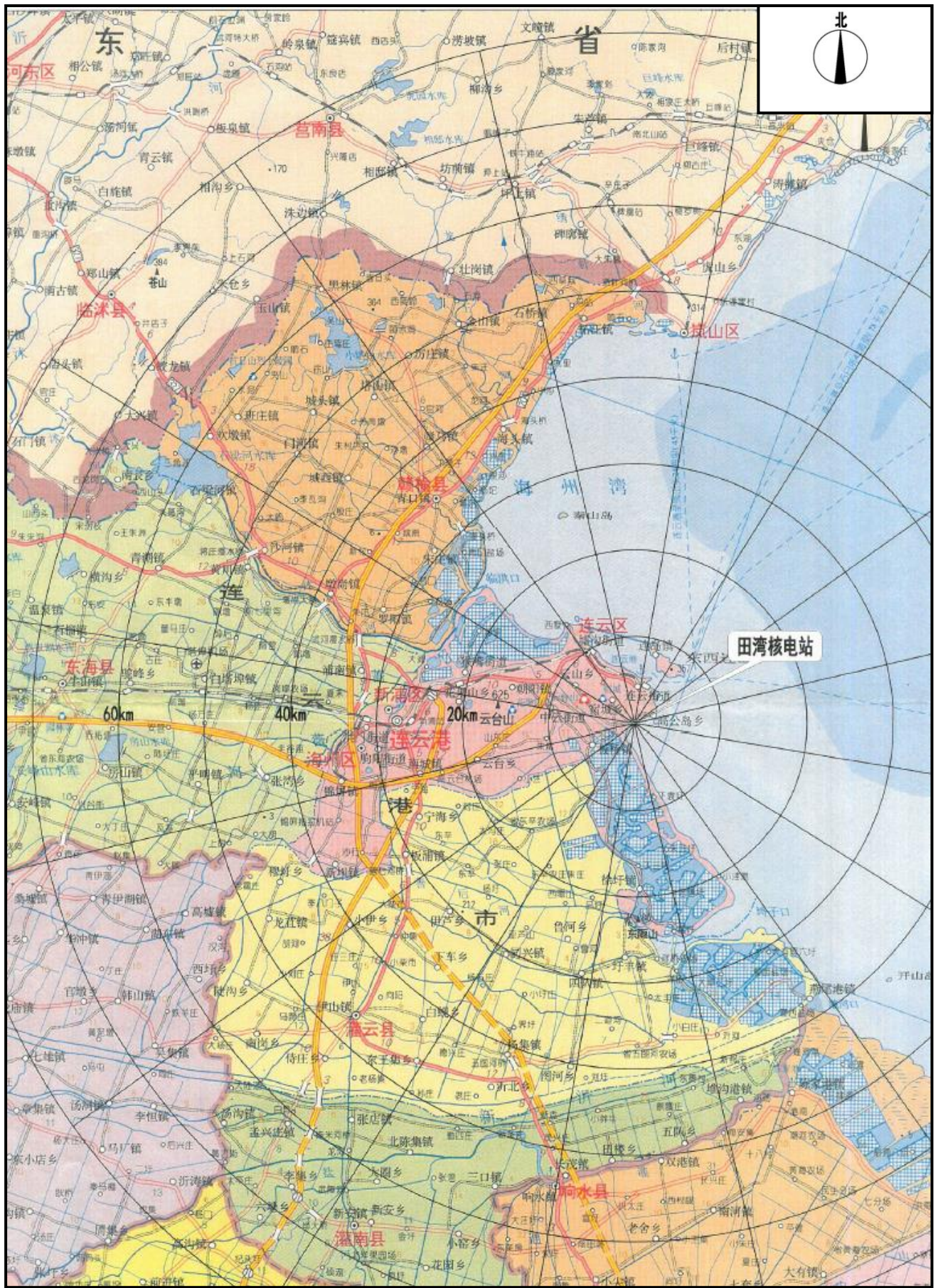


图 2.1-1 本项目地理位置图

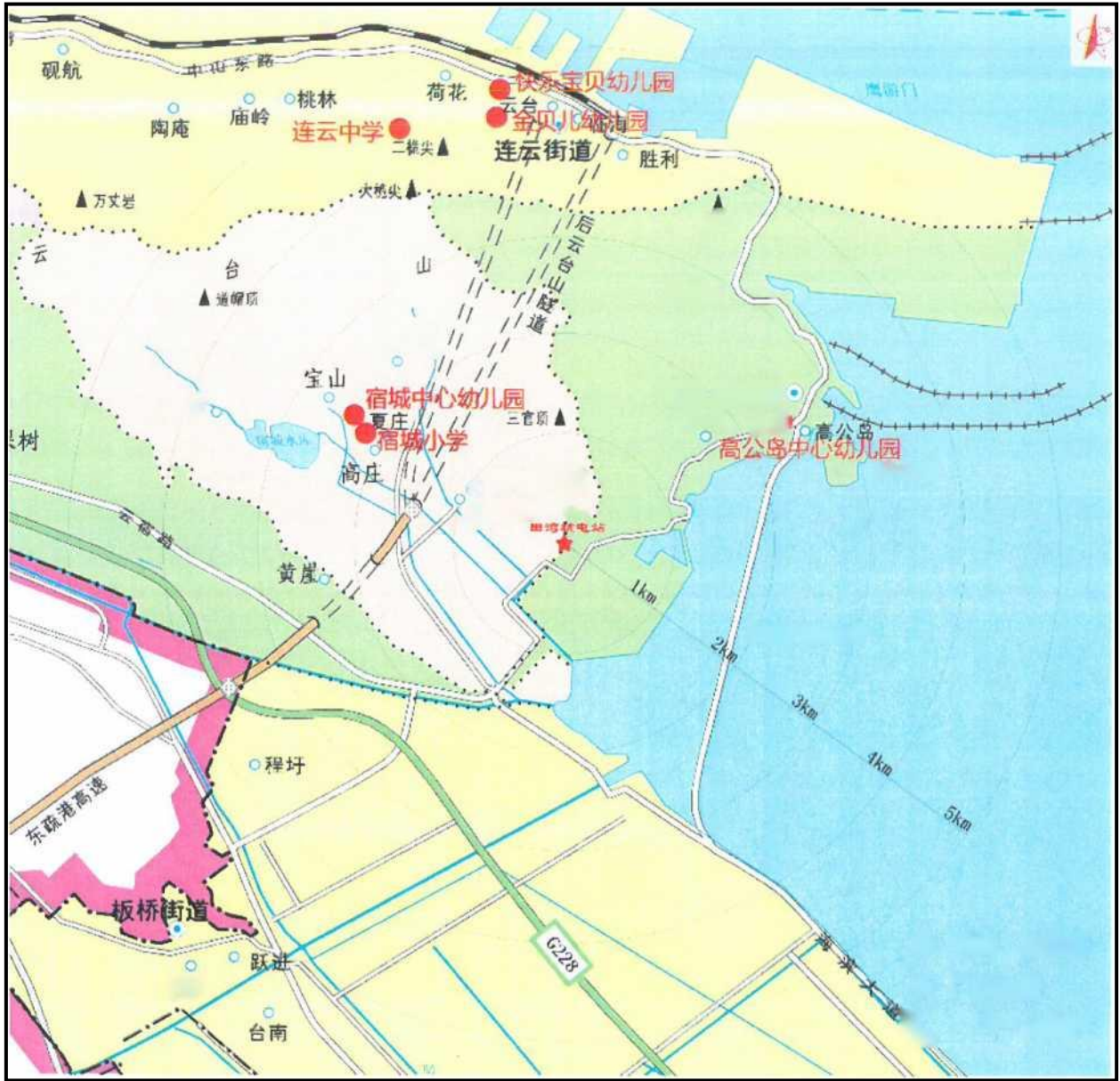


图 2.2-1 厂址半径 5km 范围内居民点分布示意图

建设项目所在区域环境质量现状及主要环境问题(环境空气、地面水、地下水、声环境、生态环境等):

引用《2019年田湾核电站流出物与环境监测评价年报》，对本项目所在区域的辐射环境质量现状分述如下：

1、环境 γ 辐射剂量率

2019年，田湾核电站对周围地区环境 γ 辐射水平的监测采取了三种方法，即环境 γ 辐射剂量率连续监测、环境 γ 辐射水平的即时测量、环境 γ 辐射累积空气吸收剂量。

环境 γ 辐射剂量率连续监测方面，电站周围 13 个环境 γ 辐射剂量率连续监测站环境 γ 辐射剂量率测量结果年度平均值范围为 80nGy/h ~116nGy/h，与往年相比，未见异常。

环境 γ 辐射水平的即时测量方面，以核电站为中心的 50km 范围内的道路、原野选取了 75 个监测点，监测频次为 1 次/季度。2019 年电站厂区及周围 γ 辐射空气吸收剂量率年度均值在 61nGy/h~130nGy/h 之间（最低值出现在跨海大桥，最高值出现在宋庄和新坝），在本底水平（78 nGy/h~121nGy/h）附近波动，未见显著差异。

环境 γ 辐射累积空气吸收剂量方面，75 个监测点环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果的年度均值在 53.8nGy/h~131.0nGy/h 之间（最低值出现在跨海大桥，最高值出现在新坝），与本底调查数据（71nGy/h~113nGy/h）相比，本年度各点位 γ 辐射累积剂量未见显著差异。

2、大气、沉降物和降水

2019年，对厂址及周围空气样品 6 个气溶胶监测点进行了 1 次/月的取样监测。气溶胶中七天衰变样总 α 、总 β 放射性水平（月均值）的范围为 0.011mBq/m³~0.154mBq/m³、0.33mBq/m³~2.60mBq/m³，与本底调查数据（总 α 为 0.08mBq/m³~2.04mBq/m³、总 β 为 0.16 mBq/m³~2.54mBq/m³）相比，本年度气溶胶中七天衰变样总 α 、总 β 放射性水平（月均值）未见显著差异。

2019年，对厂址所在区域 5 个沉降灰监测点进行了 1 次/季的取样监测，监测项目为 γ 核素、总 α 、总 β 和 ⁹⁰Sr 分析。沉降灰总 α 监测结果值在 0.640Bq/（m²·月）~9.643 Bq/（m²·月）之间，与往年相比无明显差异。沉降灰总 β 监测结果值在 3.693Bq/（m²·月）~38.981Bq/（m²·月）之间，在本底范围（1.40 Bq/（m²·月）~110 Bq/（m²·月））内正常波动。沉降灰中核素 ⁹⁰Sr 测量值范围在<0.015 Bq/（m²·月）~0.093 Bq/（m²·月）

之间，与本底调查数据（ $0.01 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 2.44 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ）相比，沉降灰中 ^{90}Sr 测量数据未见异常。沉降灰 γ 核素分析监测到 ^7Be 、 ^{40}K 、 ^{226}Ra 和 ^{232}Th 等天然核素，核素 ^7Be 测量值范围为 $1.1 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 11.4 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，核素 ^{40}K 测量值范围为 $1.2 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 10.3 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，核素 ^{226}Ra 测量值范围为 $<0.06 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 0.49 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，核素 ^{232}Th 测量值范围为 $<0.08 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 0.41 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ，与本底调查结果（ ^7Be 为 $<1.9 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 257 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 、 ^{40}K 为 $<0.70 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 76.0 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 、 ^{226}Ra 为 $0.06 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 2.22 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ 、 ^{232}Th 为 $0.05 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月}) \sim 3.23 \text{ Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{月})$ ）相比，2019 年沉降灰 γ 核素监测未发现显著差异。

2019 年，对厂址所在区域 5 个降水监测点进行了 1 次/季的取样监测，监测项目为 ^3H 、 γ 谱分析。监测结果显示：降水中的 ^3H 的活度范围为 $<0.9 \text{ Bq}/\sim 3.0 \text{ Bq}/\text{L}$ ，与往年相比，未见异常； γ 谱仪分析，未检测出人工放射性核素，监测结果无异常。

3、地表水、地下水、饮用水

2019 年，厂址附近共采集地表水样品 6 个，取自宿城水库、青口河和蔷薇河等处，监测项目为 γ 谱分析、 ^3H 等。地表水监测结果表明：地表水中的 ^3H 的活度范围为 $<0.9 \text{ Bq}/\sim 1.1 \pm 0.3 \text{ Bq}/\text{L}$ ，与往年相比，未见异常； γ 核素分析未监测到人工核素，监测结果无异常。

2019 年，厂址附近采集地下水样品 8 个，分别取自高公岛、东磊山泉、厂区地下水井 B 和厂区地下水井 C，监测项目为 γ 谱分析、 ^3H 等。地下水监测结果表明：各测点 ^3H 的活度范围为 $<0.9 \text{ Bq}/\text{L} \sim 1.3 \pm 0.3 \text{ Bq}/\text{L}$ ，与本底范围（ $0.89 \text{ Bq}/\text{L} \sim 1.17 \text{ Bq}/\text{L}$ ）无显著差异，未见异常； γ 核素分析没有监测到人工核素，监测结果无异常。

2019 年，对厂址附近 4 个饮用水监测点进行了 1 次/季取样监测，监测项目为总 α 、总 β 、 γ 谱分析、 ^3H 等。饮用水监测结果表明：各测点总 α 测量值范围在 $<0.012 \text{ Bq}/\text{L} \sim 0.084 \text{ Bq}/\text{L}$ ，与往年相比无明显差异；各测点总 β 测量值范围在 $0.163 \text{ Bq}/\text{L} \sim 0.306 \text{ Bq}/\text{L}$ ，与本底调查（ $0.04 \text{ Bq}/\text{L} \sim 0.29 \text{ Bq}/\text{L}$ ）相比未见明显异常；各测点 ^3H 的活度范围为 $<0.9 \text{ Bq}/\text{L} \sim 1.4 \pm 0.3 \text{ Bq}/\text{L}$ ，与本底调查（ $0.78 \text{ Bq}/\text{L} \sim 1.16 \text{ Bq}/\text{L}$ ）相比未见明显异常； γ 谱仪分析未检测出人工放射性核素，监测结果无异常。

4、土壤

2019 年共采集环境楼、青口、板桥、宿城、杨圩等处土壤样品 13 个，并采集宿城水库、青口河、蔷薇河底泥样品各 1 个，各样品均进行了 γ 谱和 ^{90}Sr 分析，通过 γ 谱分析，土壤（底泥）样品监测到 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{238}U 等天然核素，多数土壤（底泥）样品监测到 ^{137}Cs 核素，其余核素均小于探测下限。土壤样品中核素 ^{90}Sr 测量值范

围在 $<0.175\text{Bq/kg}\sim 1.360\text{Bq/kg}$ 之间；核素 ^{137}Cs 测量值范围在 $<0.48\text{Bq/kg}\sim 4.00\text{Bq/kg}$ 之间。本底调查各类土壤样品均检测出 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 核素，本年度各类土壤中各放射性核素监测结果均在本底范围内波动。

5、海水及海洋沉积物

2019 年在排放口附近、高公岛、丁港、水岛、连岛、青口闸以北等海域共采集 20 个海水样品，对海水样品进行了 ^3H 分析、 ^{90}Sr 分析和 γ 核素分析。本年度海水样品中核素 ^3H 测量值的范围在 $<1.0\text{Bq/L}\sim 12.7\text{Bq/L}$ 之间，与本底调查结果（ $0.62\text{Bq/L}\sim 1.13\text{Bq/L}$ ）相比，2019 年海水中 ^3H 监测结果有所升高。本年度共分析 4 个海水样品中核素 ^{90}Sr ，其测量值的范围在 $0.521\text{mBq/L}\sim 0.671\text{mBq/L}$ 之间，与本底调查结果（ $1.13\text{mBq/L}\sim 3.05\text{mBq/L}$ ）相比，监测结果未见异常。通过 γ 谱分析，海水样品监测到 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 核素，其他核素均小于探测下限，监测结果未见异常。其中海水样品中核素 ^{137}Cs 测量值范围为 $<0.48\text{mBq/L}\sim 1.38\text{mBq/L}$ ，本底调查 γ 谱分析测出 ^{137}Cs ，浓度范围为 $<0.25\sim 1.07\text{mBq/L}$ ，本底调查报告未给出 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 等核素本底数据。2019 年度海水中 ^{137}Cs 核素活度浓度与本底调查相比，未见异常； ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 核素监测结果与往年监测数据处于同一水平。

2019 年在电站周围海域共采集 9 个海洋沉积物样品，其中 7 个样品取自电站排放口、高公岛、青口等附近海域潮下带，另 2 个样品取自丁港与青口海域潮间带。样品进行了 γ 谱和 ^{90}Sr 分析，通过 γ 谱分析，沉积物样品监测到 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{238}U 等核素，所有样品监测到 ^{137}Cs 核素，部分样品监测到 ^7Be ，其余核素均小于探测下限。沉积物（潮下带）样品中核素 ^{90}Sr 测量值范围在 $0.170\text{Bq/kg}\sim 0.772\text{Bq/kg}$ 之间；核素 ^{137}Cs 测量值范围在 $0.74\text{Bq/kg}\sim 2.09\text{Bq/kg}$ 之间，与本底调查数据（ ^{90}Sr 为 $0.08\text{Bq/kg}\sim 1.60\text{Bq/kg}$ ， ^{137}Cs 为 $<0.24\text{Bq/kg}\sim 5.00\text{Bq/kg}$ ）相比，并无显著差异。本年度海洋沉积物中监测到的 ^{40}K 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 等核素监测数据分别为 $816\text{Bq/kg}\sim 853\text{Bq/kg}$ 、 $28.0\text{Bq/kg}\sim 29.7\text{Bq/kg}$ 、 $42.8\text{Bq/kg}\sim 48.0\text{Bq/kg}$ 、 $27.0\text{Bq/kg}\sim 59.0\text{Bq/kg}$ 与本底调查数据（ ^{40}K 为 $397\text{Bq/kg}\sim 1234\text{Bq/kg}$ ， ^{226}Ra 为 $9.3\text{Bq/kg}\sim 84.7\text{Bq/kg}$ ， ^{232}Th 为 $9.5\text{Bq/kg}\sim 57.7\text{Bq/kg}$ ， ^{238}U 为 $8.9\text{Bq/kg}\sim 94.2\text{Bq/kg}$ ，）相比，未见显著差异。

6、生物

(1) 海洋生物

2019 年在电站周围海域采集了鱼类、软体类、甲壳类、藻类等生物样品，并进行了 γ 谱分析。

鱼类样品为黄鲫鱼、蓝点鲮、带鱼和鲮鱼，通过 γ 谱分析监测到了核素 ^{40}K 、 ^{137}Cs ，

部分样品监测到 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 核素，其余核素均小于探测下限。其中， ^{40}K 测量值范围在 49.9Bq/kg~100.8Bq/kg 之间， ^{137}Cs 测量值范围在<0.013Bq/kg~0.088Bq/kg 之间，均在本底范围（ ^{40}K 为 37.4 Bq/kg(鲜重)~167Bq/kg(鲜重)， ^{137}Cs 为<0.03 Bq/kg(鲜重)~0.37Bq/kg(鲜重)）内波动，未见异常； ^{226}Ra 、 ^{232}Th 核素监测结果与往年监测数据处于同一水平。

甲壳类样品为鹰爪虾、对虾、梭子蟹和虾菇，通过 γ 谱分析，部分样品监测到 ^{40}K 、 ^{226}Ra 和 ^{232}Th 等天然核素，其余核素均小于探测下限。其中， ^{40}K 测量值范围在 36.5Bq/kg~92.1Bq/kg 之间， ^{226}Ra 测量值范围在<0.032 Bq/kg~1.476Bq/kg 之间， ^{232}Th 测量值范围在 0.111Bq/kg~6.172Bq/kg 之间。甲壳类样品 ^{40}K 监测结果在本底调查（33.1Bq/kg(鲜重)~180Bq/kg(鲜重)）内波动，未见异常； ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U 和 ^7Be 核素监测结果与往年监测数据处于同一水平。

软体类样品为蛤仔、乌贼、紫贻贝、缢蛏和毛蚶，通过 γ 谱分析所有样品均监测到 ^{40}K ，部分样品监测到 ^7Be 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{238}U 等核素，其余核素均小于探测下限。其中， ^{40}K 测量值范围在 23.0Bq/kg~37.4Bq/kg 之间， ^{137}Cs 测量值范围在<0.006Bq/kg~0.023Bq/kg 之间， ^{226}Ra 测量值范围在<0.025Bq/kg~0.346Bq/kg 之间， ^{232}Th 测量值范围在<0.036Bq/kg~1.189Bq/kg 之间， ^{238}U 测量值范围在<0.15Bq/kg~1.68Bq/kg 之间， ^7Be 测量值范围在<0.04Bq/kg~1.55Bq/kg 之间。软体类样品 γ 谱分析结果中， ^{40}K 、 ^{137}Cs 与本底调查（ ^{40}K 为 20.3 Bq/kg~84.5Bq/kg， ^{137}Cs 为<0.01 Bq/kg~0.07Bq/kg）相比未见异常； ^7Be 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 和 ^{238}U 核素监测结果与往年监测数据处于同一水平。

藻类样品为紫菜和海带，通过 γ 谱分析监测到 ^{40}K 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{238}U 等天然核素，其余核素均小于探测下限。其中， ^{40}K 测量值范围在 78Bq/kg~629Bq/kg 之间， ^{232}Th 测量值范围在 0.415Bq/kg~1.09Bq/kg 之间， ^{226}Ra 测量值范围在 0.090Bq/kg~<0.36Bq/kg 之间， ^{238}U 测量值范围在<0.3Bq/kg~<4.8Bq/kg 之间。本年度藻类样品 γ 谱分析结果中， ^{40}K 与本底调查（57.0 Bq/kg~2080Bq/kg）相比未见异常； ^{232}Th 、 ^{226}Ra 和 ^{238}U 核素监测结果与往年监测数据处于同一水平。

(2) 陆生生物

2019 年共采集猪肉样品 2 个、淡水鱼样品 2 个（均为鲜样），鸡肉样品 2 个，各样品均进行了 γ 谱分析，通过 γ 谱分析，猪肉、淡水鱼与鸡肉样品均监测到核素 ^{40}K ，两个猪肉样品与中监测到微量的核素 ^{137}Cs ，两个淡水鱼样品未检测出核素 ^{137}Cs ，两个鸡肉样品检测出微量的核素 ^{137}Cs ，其他核素均小于探测下限；新浦淡水鱼样品测出微

量的 ^{232}Th 。猪肉样品中核素 ^{137}Cs 测量值分别为 $(0.036\pm 0.006)\text{Bq/kg}$ 、 $(0.033\pm 0.006)\text{Bq/kg}$ 。宿城、青口鸡肉样品中核素 ^{137}Cs 测量值分别为 $(0.029\pm 0.006)\text{Bq/kg}$ 、 $(0.031\pm 0.004)\text{Bq/kg}$ 。本底调查时猪肉样品中 ^{137}Cs 监测数据范围为 $<0.02\sim 0.16\text{Bq/kg}$ ，鲤鱼肉样品中 ^{137}Cs 监测数据范围为 $<0.01\sim 0.08\text{Bq/kg}$ 。2019 年猪肉、淡水鱼 γ 核素监测结果在本底范围内波动，未见异常。各年 2019 年采集东辛农场牛奶样品 2 个，进行 ^{131}I 放化分析，测量结果小于方法探测下限（探测下限为 0.004Bq/L ）。

2019 年共采集稻谷、小麦、青菜、水果、草、茶叶等陆地植物样品 16 个，各样品均进行了 γ 谱分析，通过 γ 谱分析，部分样品监测到 ^7Be ，所有样品均监测到 ^{40}K 核素，部分样品监测到 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 等核素，其余核素均小于探测下限。本底调查时 32(32/40) 个样品中测出 ^{137}Cs ，主要是干牧草和小麦，比活度范围为 $0.006\sim 0.370\text{Bq/kg}$ ；30 个样品中测出 ^7Be ，比活度范围为 $0.11\sim 126\text{Bq/kg}$ ；松针和大部分茶叶中均测出 ^7Be ，其中松针的 ^7Be 含量较高，比活度范围为 $18.3\sim 88.6\text{Bq/kg}$ (鲜样)，茶叶中 ^7Be 比活度范围为 $7.6\sim 81.9\text{Bq/kg}$ (干样)；松针 ^{137}Cs 比活度范围为 $0.08\sim 0.12\text{Bq/kg}$ (鲜样)，茶叶 ^{137}Cs 比活度范围为 $0.22\sim 0.38\text{Bq/kg}$ (干样)；松针和茶叶均测出 ^{90}Sr ，松针比活度范围为 $0.10\sim 5.62\text{Bq/kg}$ (鲜样)，茶叶比活度范围为 $1.33\sim 3.04\text{Bq/kg}$ (干样)。2019 年度植物样品 γ 核素监测结果与本底调查结果相比未见显著差异。

7、结论

2019 年环境样品监测结果显示：除海水中 ^3H 有所升高外，放射性监测结果处于本底涨落范围内，未发现可察觉性的异常。

(1) 环境 γ 辐射水平

通过环境 γ 辐射剂量率连续监测、周围环境 γ 辐射累积剂量监测、便携式 γ 剂量率仪定点定期监测，环境 γ 辐射水平相对于往年及本底调查无明显变化。

(2) 空气、沉降灰和降水放射性水平

通过对空气、沉降灰和降水进行总 α 、总 β 、 γ 谱、核素 ^{90}Sr 、核素 ^3H 等监测项目的分析工作，各放射性核素的活度浓度水平同往年及本底调查相比无明显变化。

(3) 陆地环境介质放射性水平

通过对陆地生物、土壤、水的取样分析，各放射性核素的活度浓度水平同往年及本底调查相比无明显变化。

(4) 海洋环境介质放射性水平

通过对海洋生物、沉积泥、海水的取样分析，各放射性核素的活度浓度水平同往年及本底调查相比无明显变化。

综上，根据环境监测结果，2019 年厂址周围环境 γ 辐射剂量率及环境介质中放射性物质的含量均处在本底水平。总体来说，田湾核电站 1~4 号机组的运行未引起核电厂周围环境辐射水平的明显变化。

主要环境保护目标(列出名单及保护级别):

本项目环境保护目标包括：居民点、商业区、幼儿园、学校、敬老院、卫生院、医院等以及厂址 NW 方位 3km 的云台山森林自然保护区、W 方位 9.5km 的国家级文物古迹藤花落遗址、NNE 方位 8.1km 的东连岛东海琅玕郡界域刻石、NNW 方位 3.2km 的云台山抗日石刻群、NNW 方位 775m 的云台山风景名胜区（国家级）。

厂址半径 5km 范围内居民点分布情况，见表 2.2-1 及图 2.2-1；

厂址半径 5km 范围内学校、医院、养老院的分布情况，见表 2.2-5~7；

厂址半径 15km 范围内重要居民点分布情况，见表 2.2-2；

厂址半径 80km 范围内重要城镇分布情况，见表 2.2-3。

评价适用标准

(表四)

环 境 质 量 标 准	<p>1) 海水水质标准</p> <p>水环境质量标准执行《海水水质标准》(GB3097-1997)中的三类标准。(田湾核电站近岸海域环境功能区划以《关于同意连云港市田湾核电站附近近岸海域环境功能区划调整的函》(苏环委办〔2015〕27号)的要求为准)。</p> <p>海水中放射性核素浓度限值如下：</p> <p>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。</p> <p>2) 环境空气质量标准</p> <p>执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准。</p> <p>3) 声环境质量标准</p> <p>项目区的声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 3类标准，项目区外周边村庄声环境质量执行 2 类标准，交通噪声执行 4a 类标准。</p>																					
污 染 物 排 放 标 准	<p>执行《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)中规定的放射性流出物排放量控制值，根据第 6.2、6.3 和 6.4 条款的规定，田湾核电站所有机组的年放射性排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内，田湾核电站规划建设 8 台百万千瓦级压水堆核电机组，厂址所有机组运行状态下的排放量控制值如下：</p> <table border="1" data-bbox="268 1216 1398 1671"> <thead> <tr> <th colspan="2">控制指标</th> <th>GB 6249-2011 规定的排放控制值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center;">气载放射性流出物</td> <td>惰性气体 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">2.40E+15</td> </tr> <tr> <td>碘 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">8.00E+10</td> </tr> <tr> <td>粒子 (半衰期≥8d) (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">2.00E+11</td> </tr> <tr> <td>碳-14 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">2.80E+12</td> </tr> <tr> <td>氚 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">6.00E+13</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">液态放射性流出物</td> <td>氚 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">3.00E+14</td> </tr> <tr> <td>碳-14 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">6.00E+11</td> </tr> <tr> <td>其余核素 (Bq/a)</td> <td style="text-align: center;">2.00E+11</td> </tr> </tbody> </table> <p>放射性液态流出物排放限值：根据 GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》的相关规定，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。</p>	控制指标		GB 6249-2011 规定的排放控制值	气载放射性流出物	惰性气体 (Bq/a)	2.40E+15	碘 (Bq/a)	8.00E+10	粒子 (半衰期≥8d) (Bq/a)	2.00E+11	碳-14 (Bq/a)	2.80E+12	氚 (Bq/a)	6.00E+13	液态放射性流出物	氚 (Bq/a)	3.00E+14	碳-14 (Bq/a)	6.00E+11	其余核素 (Bq/a)	2.00E+11
控制指标		GB 6249-2011 规定的排放控制值																				
气载放射性流出物	惰性气体 (Bq/a)	2.40E+15																				
	碘 (Bq/a)	8.00E+10																				
	粒子 (半衰期≥8d) (Bq/a)	2.00E+11																				
	碳-14 (Bq/a)	2.80E+12																				
	氚 (Bq/a)	6.00E+13																				
液态放射性流出物	氚 (Bq/a)	3.00E+14																				
	碳-14 (Bq/a)	6.00E+11																				
	其余核素 (Bq/a)	2.00E+11																				

电 离 辐 射 评 价 标 准	<p>运行状态:</p> <p>(1) 公众剂量约束值: 执行《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)中“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。”其中5、6号机组的年剂量约束值为0.04mSv。</p> <p>事故工况: 执行《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)关于设计基准事故、选址假想事故的潜在照射后果的规定, 具体如下:</p> <p>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控制在 5mSv 以下, 甲状腺当量剂量控制在 50mSv 以下。</p> <p>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控制在 0.1Sv 以下, 甲状腺当量剂量控制在 1Sv 以下。</p>
总 量 控 制 指 标	/

工艺流程简述 (图示)

本次技改不改变核电厂总的工艺流程, 仅改变堆芯燃料管理策略。

1、总工艺流程

田湾核电站是由反应堆回路 (一回路)、汽轮机回路 (二回路) 和发电机回路 (三回路) 三个基本部分组成。

反应堆回路主要由反应堆、蒸汽发生器和主泵等组成密闭式的高压循环回路。其作用是将反应堆堆芯内核裂变所释放的大量热能导出, 传给蒸汽发生器二次侧的给水, 使之产生饱和蒸汽送入汽轮发电机。

汽轮机回路的主要设备有汽轮发电机、凝汽器、凝结水泵、低压加热器、除氧器、主机水泵和高压加热器等与核岛部分的蒸汽发生器组成封闭的汽水循环回路。这个循环回路的流程原理与火力发电厂的流程原理基本相同, 只是由核岛部分的蒸汽发生器代替了火力发电厂的蒸汽锅炉。

发电机回路的主要设备为发电机、励磁机、主变压器、厂用变压器、高压开关站等。

工艺流程图见下图。

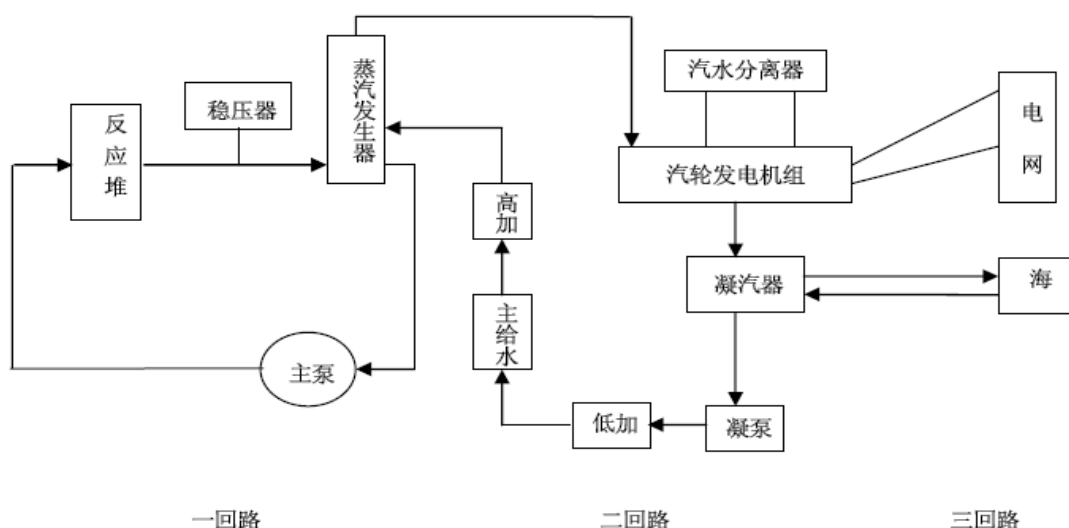


图 5-1 核电厂工艺流程图

2、燃料管理策略

堆芯装料时, 为了提高堆芯平均功率密度和充分利用核燃料, 采取按富集度不同

分区装料和局部倒料的燃料循环方式，换料时卸出内部区的乏燃料组件，外围的组件向内部区域倒换，新加入的燃料组件放在最外围。

本次技改将换料方式由目前的年换料制改为 18 个月换料制。技改前后堆芯燃料管理策略如下。

(1) 技改前燃料管理策略

田湾核电站 5、6 机组的反应堆堆芯均由 157 组“全 M5”AFA3GAA 燃料组件及其相关组件组成。初装堆芯燃料组件的燃料富集度分 1.8%、2.4%、3.1% 三种，数量分别为 53、52、52。最高富集度的组件装在堆芯外围，较低富集度的两种组件按棋盘格式布置在堆芯中部。采用年换料制，每次换料卸出 52 组乏燃料组件，同时装入 52 组富集度为 3.2% 的新燃料组件。从第二循环开始，反应堆经过 3 次装料，第 5 循环时达到平衡循环。技改前各循环的堆芯燃料组件数见表 1.1-1。

燃料管理的主要设计参数如下：

- 1) 换料组件富集度：3.2%；
 - 2) 平衡循环换料组件数：52 组；
- 平衡燃料循环的循环长度 272EFPD。

(2) 技改后燃料管理策略

技改后换料改为 18 个月换料制。以年换料制第 1 循环堆芯为基础，第 2 循环开始，每个循环装入 44 组富集度为 4.45% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 24 组富集度为 4.95% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件，从第 3 循环起，每个循环装入 32 组富集度为 4.45% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 36 组富集度为 4.95% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件，第 2、3、4 循环的循环长度分别为 450EFPD、508EFPD、502EFPD；第 5 循环达到平衡循环，平衡循环长度分别为 505EFPD。

也可以在平衡循环的基础上进行机动循环，即增加 4 组或减少 8 组换料组件，堆芯装入 32 组富集度为 4.45% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 40 组富集度为 4.95% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件的循环记为 Ea，堆芯装入 32 组富集度为 4.45% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 28 组富集度为 4.95% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件的循环记为 Eb，Ea 堆芯循环长度为 533EFPD，Eb 堆芯循环长度为 465EFPD。

技改后反应堆堆芯燃料组件采用带改进型定位格架的 M5 型 AFA3G 燃料组件，燃料组件数不变、技术参数没有变化，为了补偿堆芯后备反应性和展平堆芯径向功率分布，在燃料组件中布置了可燃毒物。可燃毒物材料为 Gd_2O_3 与 UO_2 均匀弥散的载钆燃

料棒。根据堆芯装载需要，在燃料组件中，分别含有 8 根、16 根和 20 根载钎燃料棒。

技改后过渡循环、平衡循环、机动循环堆芯各批燃料组件数见表 1.1-2。平衡循环燃料管理策略见表 1.1-3。

燃料管理的主要设计参数如下：

- 1) 换料组件富集度：4.45%和 4.95%混合使用；
- 2) 平衡循环换料组件数：68 组。为增加运行灵活性，在平衡燃料循环的基础上考虑增加 4 组（或减少 8 组）富集度为 4.45%或 4.95%的燃料组件；
- 3) 堆芯换料模式：采用部分低泄漏装载模式；
- 4) 平衡燃料循环的循环长度 505EFPD；
- 5) 燃料组件的燃耗限值：燃料组件最大燃耗<52000MWd/tU。

主要污染工序：

（一）放射性物质的产生

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。

（二）放射性废物的处理及排放情况

本次技改不改变田湾核电站原有三废处理、排放设施，三废的处理处置及排放情况详见《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目辐射环境影响专项评价》。以下仅列出排放量。

1、放射性废液

放射性液态流出物排入环境的排放量分为硼回收系统、废液处理系统、二回路系统三个途径分别估算。

放射性液态流出物排放量设计值汇总及技改前排放量设计值见下表。

液态流出物		氚 (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	其余核素 (Bq/a)
排放量 设计值	技改前	5.37E+13	6.20E+10	2.46E+10
	技改后	7.95E+13	5.66E+10	3.95E+10
GB6249-2011 控制值		3.00E+14	6.00E+11	2.00E+11

由上表可见，除 C-14 外，各种类型核素的排放量均比技改前有所增加。上表中技改前后的数据差异一方面是由于长燃料循环技改造成的，同时也有计算方法差异所造成的影响。由上表可见，技改后，液态放射性流出物各类核素的年排放量设计值均满足 GB6249-2011 的控制值要求。

鉴于田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环换料项目的放射性液态流出物排放量设计值比起年换料制排放量设计值有所变化，故需调整原申请值。新申请值取值方法为：申请值就是设计值。新申请值见下表。

液态流出物	氚 (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	其余核素 (Bq/a)
申请值	7.95E+13	5.66E+10	3.95E+10

2、放射性废气

放射性气载流出物排入环境的排放量分为放射性废气处理系统排放、反应堆厂房排风、核辅助厂房排风、以及二回路的排放四个途径分别估算。

放射性气载流出物排放量设计值汇总及技改前后排放量设计值对比见下表。

气载流出物		惰性气体 (Bq/a)	碘 (Bq/a)	粒子(半衰期 ≥8d) (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	氚 (Bq/a)
排放量 设计值	技改前	9.09E+13	6.45E+08	7.16E+07	8.50E+11	5.37E+12
	技改后	1.52E+14	1.32E+09	1.46E+08	7.52E+11	7.95E+12
GB6249-2011 控制值		2.40E+15	8E+10	2.00E+11	2.80E+12	6.00E+13

由上表可见，除 C-14 之外，各种类型核素的排放量均比技改前有所增加。上表中技改前后的数据差异一方面是由于长燃料循环技改造成的，同时也有计算方法差异所造成的影响。由上表可见，技改后，气载放射性流出物各类核素的年排放量设计值均满足 GB6249-2011 的控制值要求。

鉴于田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目排放量设计值比起年换料制排放量设计值有所变化，故需调整原申请值。新申请值取值方法：新申请值取值方法为：惰性气体、粒子（半衰期≥8d）申请值为设计值的 90%，碳-14、氚等核素申请值就是设计值。新申请值见下表。

气载流出物	惰性气体 (Bq/a)	碘 (Bq/a)	粒子(半衰期 ≥8d) (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	氚 (Bq/a)
申请值	1.37E+14	1.19E+09	1.31E+08	7.52E+11	7.95E+12

项目主要污染物产生及预计排放情况

(表六)

内容 类型	排放源 (编号)	污染物 名称	处理前产生浓度及产生量 (单位)		排放浓度及排放量 (单位)	
			Bq/a	Bq/m ³	Bq/a	Bq/m ³
大气污 染物*	烟囱		Bq/a	Bq/m ³	Bq/a	Bq/m ³
		惰性气体	1.17E+13	3.60E+03	1.17E+13	3.60E+03
		碘	3.29E+09	1.01E+00	9.88E+07	3.04E-02
		粒子(半衰 期≥8d)	1.10E+09	3.38E-01	1.10E+07	3.38E-03
		C-14	7.10E+11	2.19E+02	7.10E+11	2.19E+02
		H-3	7.74E+12	3.01E+03	7.74E+12	3.01E+03
水污 染物*	废液排放槽		Bq/a	Bq/L	Bq/a	Bq/L
		H-3	7.74E+13	2.08E+07	7.74E+13	2.08E+07
		C-14	5.34E+10	1.43E+04	5.34E+10	1.43E+04
		其余核素	2.14E+12	5.74E+05	2.14E+10	1000
固体 废弃物	RCV、TEP、 PTR、TEU、 APG 系统除 盐器	废树脂	<370GBq/m ³ 19.5 m ³		不外排	
			>0.37TBq/m ³ 且<3.7TBq/m ³ 8.5 m ³			
			>3.7TBq/m ³ 6 m ³			
	TEP、TEU 系统蒸发器	浓缩液	20 m ³ 13.88GBq/m ³			
	RCV、TEP、 PTR、TEU、 APG 系统过 滤器	废过滤器 芯	外表面剂量率≤2mSv/h, 39 个			
			外表面剂量率>2mSv/h, 40 个			
劳保用品、 设备零部件	杂项废物	280m ³				
<p>主要生态影响:</p> <p>不涉及</p>						

注: *各类污染物产生量、排放量为源项现实值。

施工期环境影响分析

不涉及

营运期环境影响分析

一、运行状态下的辐射环境影响

本项目（5~6#机组）正常运行状态下的辐射环境影响评价详见《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环换料项目辐射环境影响专项评价》。主要结论如下：

厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量出现在 EN 方位 1-2km 处，各年龄组（成人、青少年、儿童和婴儿）受到的个人最大有效剂量分别为 $1.27 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.47 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.33 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 和 $5.89 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。在各年龄组中青少年组的剂量最大，为 $1.47 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，其中，气态途径所致的剂量为 $3.31 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，液态途径所致的剂量为 $1.14 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 。气、液态途径释放的放射性核素所致评价范围内公众的集体剂量为 24.5Sv/a 。

对于关键人群组柳河村二组的村民成人组，受到的个人最大有效剂量为 $1.10 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，关键途径为食入海产品造成的内照射，其所致剂量为 $9.72 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，约占总剂量的 88.70%；其次为空气吸入内照射照射途径，约占气液态途径总剂量的 6.61%；岸边活动外照射和空气浸没外照射途径分别占气液态途径的 4%和 0.68%。各核素中关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $6.14 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，约占总剂量的 56%，其它贡献较大的核素为 Co-60 和 Fe-59，分别占气液态途径总剂量的 15.10%和 8.35%。

本工程建成后将与田湾核电站 1~4 号机组一起运行，6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 $1.54 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.85 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.60 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $7.83 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。各年龄组中青少年组的剂量最大，为 $1.85 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占厂址个人剂量约束值（ 0.25mSv/a ）的 7.41%，其中气态途径剂量为 $3.59 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，液态途径剂量为 $1.42 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 。气、液态途径释放的放射性核素所致评价范围内公众的集体剂量为 29.8Sv/a 。

田湾核电站 1~6 号机组一同运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是柳河村二组的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 $1.48 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 $1.32 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占气液态总剂量的 89.53%；其次为空气吸入内照射照射途径，

约占气液态途径总剂量的 6.60%；岸边活动外照射和空气浸没外照射途径分别占气液态途径的 3.1%和 0.6%。各核素中的关键核素为 C-14，它所致的剂量为 $7.80 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，约占总剂量的 52.76%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 Fe-59，分别占气液态途径总剂量的 11.83%和 18.74%。

技改前后剂量计算结果对比表详见下表：

本工程(5~6#机组)剂量计算结果与技改前年换料的结果对比见下表：

	年换料	长循环
对公众个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.13×10^{-5}	1.47×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.04mSv/a) 比例	28.25%	36.75%
关键人群组	柳河村二组青少年组	
对关键人群组个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.07×10^{-5}	1.10×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.04mSv/a) 比例	26.75%	27.5%

本工程(1~6#机组)剂量计算结果与技改前年换料的结果对比见下表：

	年换料	长循环
对公众个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.78×10^{-5}	1.85×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 比例	7.12%	7.40%
关键人群组	柳河村二组青少年组	
对关键人群组个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.38×10^{-5}	1.48×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 比例	5.52%	5.92%

二、事故工况环境影响分析

事故工况下的辐射环境影响评价详见《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目辐射环境影响专项评价》。主要结论如下：

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。

由计算结果可以得到：各类极限事故导致在非居住区边界（500m）上公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $2.97 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $3.53 \times 10^{-1} \text{Sv}$ ；导致规划限制区（5000m）外边界上公众中任何个人在整个事故持续时间

内可能受到的最大有效剂量为 $6.89 \times 10^{-3} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $9.08 \times 10^{-2} \text{Sv}$ 。

各类稀有事故导致在非居住区边界（500m）上公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $2.49 \times 10^{-3} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.07 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ；导致规划限制区外边界（5000m）上公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $2.81 \times 10^{-4} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.20 \times 10^{-3} \text{Sv}$ 。

综上所述，极限事故和稀有事故的放射性后果均低于GB 6249-2011中规定的剂量控制值。因此，技改后设计基准事故的环境影响满足GB 6249-2011的要求。将厂址非居住区半径设置为500m、将规划限制区半径设置为5000m在技改后仍然是适宜的。

技改前后剂量计算结果对比表详见下表：

事故剂量计算结果与技改前年换料的结果对比见下表：

	0h-2h, 500m		0d-30d, 5000m	
	最大有效剂量 (Sv)	最大甲状腺当量剂量(Sv)	最大有效剂量 (Sv)	最大甲状腺当量剂量(Sv)
稀有事故				
年换料	1.55E-03	7.84E-03	1.73E-04	8.76E-04
长循环	2.49E-03	1.07E-02	2.81E-04	1.20E-03
极限事故				
年换料	2.68E-02	3.14E-01	6.59E-03	8.25E-02
长循环	2.97E-02	3.53E-01	6.89E-03	9.08E-02

建设项目拟采取的防治措施及预期治理效果

(表八)

内容 类型	排放源 (编号)	污染物名称	防治措施	预期治理效果
大气 污 染 物	烟囱	惰性气体	废气系统对其进行收集、处理（含氢废气在废气处理系统衰变箱内衰变）和排放，且排放前取样分析和审批，排放时连续监测。	达标排放
		碘	废气系统对其进行收集、处理（含氢废气在废气处理系统衰变箱内衰变；碘吸附器过滤）和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
		粒子 (半衰期≥8d)	废气系统对其进行收集、处理（含氢废气在废气处理系统衰变箱内衰变；排气预过滤器、高效过滤器、高效颗粒过滤器过滤）和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
		C-14	废气系统对其进行收集和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
		H-3	废气系统对其进行收集和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
水 污 染 物	排放槽	H-3	废液系统对其进行收集、暂存、输送、和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
	排放槽	C-14	废液系统对其进行收集、暂存、输送、和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
	排放槽	其余核素	废液系统对其进行收集、暂存、输送、处理（化学中和、蒸发净化、除盐净化、过滤净化）和排放，且排放前取样分析和审批，排放时取样监测。	达标排放
固 体 废 物	/	固体废物	固体废物系统对其进行分拣、处理（湿固体废物水泥固化；干固体废物压实、水泥固定）、封装和暂存，且制定和执行严格的废物管理程序。	不外排
<p>生态保护措施及预期效果： 不涉及。</p>				

一、建设项目概况

本项目是对田湾核电站5、6号机组原工程设计规定的每年进行一次换料的堆芯燃料管理策略，改进为每18个月进行一次换料的长燃料循环堆芯燃料管理策略。本项目技改内容仅仅是对堆芯燃料管理的技术实施改进和提高，不对核电厂既有的系统和设备及其运行工艺和管理进行改变，即原则上不对核电厂现有的系统和设备实施改造。

二、环保措施有效性分析

田湾核电站自运行以来，各核电机组运行正常，废气、废液和固体废物处理系统的处理性能满足设计要求，流出物排放控制有效，年排放量远低于国家核安全局批准的控制值。无遗留环境问题。

田湾核电站5、6号机组在本次技改实施后的放射性流出物排放量设计目标值低于GB6249-2011所规定的排放量控制值。

根据长燃料循环的特点，提出了新的申请值（见下表，表中同时列出技改前年换料的排放量申请值）。田湾核电站5、6号机组在本次技改实施后的放射性流出物排放量设计目标值、申请值均低于GB6249-2011所规定的排放量控制值。

气载流出物					
申请值	惰性气体 (Bq/a)	碘 (Bq/a)	粒子 (半衰期 ≥8d) (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	氚 (Bq/a)
年换料	9.09E+13	6.45E+08	7.16E+07	8.50E+11	5.37E+12
长循环	1.37E+14	1.19E+09	1.31E+08	7.52E+11	7.95E+12
液态流出物					
申请值	/	/	其他核素 (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	氚 (Bq/a)
年换料	/	/	2.46E+10	6.20E+10	5.37E+13
长循环	/	/	3.95E+10	5.66E+10	7.95E+13

田湾核电站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均小于1000Bq/L，满足GB6249-2011的要求。

三、环境影响分析

(1) 运行状态下环境影响分析

技改后田湾核电站 5、6 号机组释放的放射性流出物对厂址半径 80km 评价范围内有人居住子区的公众所致最大个人年有效剂量为 $1.47 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，出现在 NE 方位 1-2km 子区。关键人群组为柳河村二组的青少年组，年有效剂量为 $1.10 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占本工程(5~6#机组)个人剂量约束值 (0.04mSv/a) 的 27.5%。

技改后田湾核电站 1~6 号六台机组释放的放射性流出物对厂址半径 80km 评价范围内有人居住子区的公众所致最大个人年有效剂量为 $1.85 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，出现在 NE 方位 1-2km 子区。关键人群组为柳河村二组的青少年组，年有效剂量为 $1.48 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ ，约占本工程个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 的 5.92%。

本工程(5~6#机组)剂量计算结果与技改前年换料的结果对比见下表：

	年换料	长循环
对公众个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.13×10^{-5}	1.47×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.04mSv/a) 比例	28.25%	36.75%
关键人群组	柳河村二组青少年组	
对关键人群组个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.07×10^{-5}	1.10×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.04mSv/a) 比例	26.75%	27.5%

本工程(1~6#机组)剂量计算结果与技改前年换料的结果对比见下表：

	年换料	长循环
对公众个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.78×10^{-5}	1.85×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 比例	7.12%	7.40%
关键人群组	柳河村二组青少年组	
对关键人群组个人所致最大有效剂量 Sv/a	1.38×10^{-5}	1.48×10^{-5}
占个人剂量约束值 (0.25mSv/a) 比例	5.52%	5.92%

(2) 事故工况下环境影响分析

在本项目的事故工况辐射影响评价中，考虑了12个设计基准事故，事故后果预测结果表明，极限事故和稀有事故的放射性后果均低于《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）中规定的剂量控制值，放射性后果是可以接受的。对选址假想事故的重新评价结果表明将厂址非居住区边界设置为500m、将规划限制区半径设置为5km是适宜的。

事故剂量计算结果与技改前年换料的结果对比见下表：

	0h-2h, 500m		0d-30d, 5000m	
	最大有效剂量 (Sv)	最大甲状腺当量剂量(Sv)	最大有效剂量 (Sv)	最大甲状腺当量剂量(Sv)
稀有事故				
年换料	1.55E-03	7.84E-03	1.73E-04	8.76E-04
长循环	2.49E-03	1.07E-02	2.81E-04	1.20E-03
极限事故				
年换料	2.68E-02	3.14E-01	6.59E-03	8.25E-02
长循环	2.97E-02	3.53E-01	6.89E-03	9.08E-02

四、评价结论

田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目实施后，在燃料管理策略存在变化而电厂主辅系统设备不变的前提下，根据放射性流出物排放量设计值对环境影响的分析结果来看，其对环境的影响与本项目实施前的年换料制下的环境影响水平基本相当。在田湾核电工程现行的三废控制措施及管理制度下，正常运行状态及事故工况下对电厂周围公众的辐射影响均满足国家相关标准的要求。非居住区、规划限制区边界的划分是适宜的。从环境保护角度考虑，本项目的实施是可行的。

预审意见：

公 章

经办人：

年 月 日

县（市、区）环境保护部门审查意见：

公 章

经办人：

年 月 日

市（地、州）环保部门审查意见：

公 章

经办人：

年 月 日

省环境保护部门审批意见：

公 章

经办人：

年 月 日

**田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目
辐射环境影响专项评价**

1 工程分析

本次技改不改变核电厂总的工艺流程，仅改变堆芯燃料管理策略。

1.1 燃料管理策略

堆芯装料时，为了提高堆芯平均功率密度和充分利用核燃料，采取按富集度不同分区装料和局部倒料的燃料循环方式，换料时卸出内部区的乏燃料组件，外围的组件向内部区域倒换，新加入的燃料组件放在最外围。

本次技改将换料方式由目前的年换料制改为 18 个月换料制。技改前后堆芯燃料管理策略如下。

(1) 技改前燃料管理策略

田湾核电站 5、6 机组的反应堆堆芯均由 157 组“全 M5” AFA3GAA 燃料组件及其相关组件组成。初装堆芯燃料组件的燃料富集度分 1.8%、2.4%、3.1% 三种，数量分别为 53、52、52。最高富集度的组件装在堆芯外围，较低富集度的两种组件按棋盘格式布置在堆芯中部。采用年换料制，每次换料卸出 52 组乏燃料组件，同时装入 52 组富集度为 3.2% 的新燃料组件。从第二循环开始，反应堆经过 3 次装料，第 5 循环时达到平衡循环。技改前各循环的堆芯燃料组件数见表 1.1-1。

燃料管理的主要设计参数如下：

- 3) 换料组件富集度：3.2%；
- 4) 平衡循环换料组件数：52 组；
- 5) 平衡燃料循环的循环长度 272EFPD。

(2) 技改后燃料管理策略

技改后换料改为 18 个月换料制。以年换料制第 1 循环堆芯为基础，第 2 循环开始，每个循环装入 44 组富集度为 4.45% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 24 组富集度为 4.95% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件，从第 3 循环起，每个循环装入 32 组富集度为 4.45% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 36 组富集度为 4.95% 的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件，第 2、3、4 循环的循环长度分别为 450EFPD、

508EFPD、502EFPD；第 5 循环达到平衡循环，平衡循环长度分别为 505EFPD。

也可以在平衡循环的基础上进行机动循环，即增加 4 组或减少 8 组换料组件，堆芯装入 32 组富集度为 4.45%的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件和 40 组富集度为 4.95%的 AFA3G 燃料组件的循环记为 Ea，堆芯装入 32 组富集度为 4.45%的 AFA3GAA 燃料组件和 28 组富集度为 4.95%的全 M5 型 AFA3GAA 燃料组件的循环记为 Eb，Ea 堆芯循环长度为 533EFPD，Eb 堆芯循环长度为 465EFPD。

技改后反应堆堆芯燃料组件采用带改进型定位格架的 M5 型 AFA3G 燃料组件，燃料组件数不变、技术参数没有变化，为了补偿堆芯后备反应性和展平堆芯径向功率分布，在燃料组件中布置了可燃毒物。可燃毒物材料为 Gd_2O_3 与 UO_2 均匀弥散的载钎燃料棒。根据堆芯装载需要，在燃料组件中，分别含有 8 根、16 根和 20 根载钎燃料棒。

技改后过渡循环、平衡循环、机动循环堆芯各批燃料组件数见表 1.1-2。平衡循环燃料管理策略见表 1.1-3。

燃料管理的主要设计参数如下：

- 6) 换料组件富集度：4.45%和 4.95%混合使用；
- 7) 平衡循环换料组件数：68 组。为增加运行灵活性，在平衡燃料循环的基础上考虑增加 4 组（或减少 8 组）富集度为 4.45%或 4.95%的燃料组件；
- 8) 堆芯换料模式：采用部分低泄漏装载模式；
- 9) 平衡燃料循环的循环长度 505EFPD；
- 10) 燃料组件的燃耗限值：燃料组件最大燃耗 $<52000\text{MWd/tU}$ 。

表 1.1-1 技改前堆芯各批燃料组件数

批	富集度 (%)	各区燃料组件数目				
		第 1 循环	第 2 循环	第 3 循环	第 4 循环	第 5 循环
1	1.8	53	1	1	1	
2	2.4	52	52			
3	3.1	52	52	52		
4	3.2		52	52	52	1
5	3.2			52	52	52
6	3.2				52	52
8	3.2					52

表 1.1-2 技改后过度循环燃料管理策略

批	富集度 (%)	过渡前循环	过度循环		
		第 1 循环	第 2 循环	第 3 循环	第 4 循环
1	1.8	53			
2	2.4	52	37		
3	3.1	52	52	24	
4	4.45		44	41	8
5	4.95		24	24	16
6	4.45			32	29
7	4.95	4		36	36
8	4.45				32
9	4.95				36

表 1.1-3 技改后平衡循环燃料管理策略

批	富集度 (%)	循环			
		N	N+1	N+2	N+3
n-4	4.45				
n-3	4.95	24			
n-2	4.45	29			
n-1	4.95	36	24		
n	4.45	32	29		
n+1	4.95	36	36	24	
n+2	4.45		32	29	
n+3	4.95		36	36	24
n+4	4.45			32	29
n+5	4.95			36	36
n+6	4.45				32
n+7	4.95				36

1.2 放射性废物管理系统和源项

1.2.1 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。

1.2.1.1 堆芯主要裂变产物积存量

根据《田湾核电站5、6号机组长燃料循环堆芯燃料管理论证—堆芯裂变产物积存量计算报告》，堆芯裂变产物积存量计算方法与技改前一致，使用ORIGEN-S程序，对各循环各区采用燃耗分段的包络计算方法。主要计算参数如下：

堆芯额定热功率：2895MW；

燃料组件数：157；

燃料富集度：4.45%、4.95%；

技改后由于堆芯燃料组件富集度、循环长度、装载方式发生改变，导致堆芯积存量发生改变。

1.2.1.2 一回路源项

根据《田湾核电站5、6号机组长燃料循环换料堆芯燃料管理论证—一回路源项计算

报告》，一回路源项计算的假设及方法与技改前一致。用于计算正常运行工况下排放到环境中的放射性气态和液态流出物的一回路源项，分为现实和保守两种情况。现实情况中关于燃料元件的行为、废物处理系统运行及其释放的假设均建立在运行经验反馈的基础上，其放射性活度值称为“预期值”。保守情况相应于运行状态下反应堆冷却剂活度的极限工况，其放射性活度值称为“设计值”，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。

现实和保守情况下一回路冷却剂中的裂变产物和腐蚀产物均考虑了稳态工况和瞬态工况两种运行工况。计算假设及方法如下：

1) 现实情况

裂变产物：稳态运行工况下一回路冷却剂中裂变产物比活度取0.55GBq/t I-131当量比活度（法国同类电站200个堆年的运行平均值），使用PROFIP5 程序计算。瞬态值采用与参考电站一样的峰值因子。

腐蚀产物：稳态运行工况下一回路冷却剂中腐蚀产物（除 Ag-110m、Sb-124）比活度使用 PACTOLE 程序计算；腐蚀产物中的 Ag-110m 和 Sb-124 的稳态值为参考电站的设计值。瞬态值和冷停堆值均为参考电站的设计值。

2) 保守情况

裂变产物：对稳态工况下一回路冷却剂比活度使用 PROFIP5 程序计算。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。

瞬态值采用与参考电站一样的峰值因子。

腐蚀产物：根据参考电站的假定，保守情况的稳态运行工况下一回路冷却剂中的腐蚀产物比活度，保守地认为是现实情况结果的三倍。瞬态值和冷停堆值均为参考电站的设计值。

1.2.1.3 二回路源项

二回路系统的污染是由于蒸汽发生器的传热管出现泄漏造成。与一回路源项相对应，二回路源项分为现实和保守两种情况进行计算。现实和保守情况下二回路冷却剂中的裂变产物和腐蚀产物均考虑了稳态工况和瞬态工况两种运行工况。

根据《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环换料堆芯燃料管理论证—二回路源项计算报告》，稳态工况和瞬态工况下二回路源项计算采用的假设如下：

稳态工况：假设两台蒸汽发生器中只有一台在一年中的最后两个月发生泄漏（实际运行中的大亚湾核电站和岭澳一期核电站至今尚未记录到可测到的蒸汽发生器泄漏率），单台蒸汽发生器一次侧向二次侧的初始泄漏率为 0.5kg/h，假设反应堆冷却剂从一回路到二回路的泄漏率在 2 个月内从 0 变为 72kg/h，并假设是在较为不利的情况下，即考虑反应堆运行在 37GBq/tI-131 当量比活度下发生泄漏。

瞬态工况：瞬态工况持续 2 小时，假定两台蒸汽发生器中只有一台发生一回路向二回路系统的泄漏，瞬态期间其泄漏率保持稳态末期的值不变。

计算得到各种工况下二回路系统水和蒸汽中惰性气体、碘和铯的各核素最大比活度。

1.2.1.4 H-3 源项

在压水堆核电站中，氚的主要产生途径包括：燃料裂变（三元裂变）产生的氚通过燃料包壳扩散或燃料包壳破损处泄漏进入主冷却剂中；主冷却剂中中子与可溶硼的反应；主冷却剂中中子与可溶锂的反应；主冷却剂中中子与氘的反应；二次中子源中铍受中子活化产生的锂进一步与中子发生反应产生氚，然后通过不锈钢包壳进入主冷却剂中。

根据《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环换料堆芯燃料管理论证—反应堆冷却剂中氚、C-14 产生量优化计算报告》，堆芯氚积存量采用 ORIGEN-S 程序计算。一回路冷却剂中核反应（产生氚相关）的反应率采用 MCNP 程序计算。分为现实和保守两种情况进行计算。各种情况下的计算假设如下：

现实情况下假设堆芯中氚的释放份额（由燃料芯块释放到一回路冷却剂）为 0.1%，Li-7 的丰度为 99.98%；保守情况下假设堆芯中氚的释放份额为 0.2%，Li-7 的丰度为 99.96%。在两种假设下，B-10 的丰度均取为 19.8%，氘的丰度取 0.015%。计算中考虑了负荷因子 0.9。结合参考电站的气液态排放比例，得出单台机组氚的设计年排放量为：

·现实情况：气态：3.87E+12Bq/a；液态：3.87E+13Bq/a。

·保守情况：气态：4.08E+12Bq/a；液态：4.08E+13Bq/a。

1.2.1.5 C-14 源项

C-14 是碳的一种放射性同位素，是一种半衰期长达 5730 年的纯 β 源。在反应堆中存在多种可以产生 C-14 的核反应，主要由燃料、堆芯结构材料和冷却剂中的 N-14、O-17 和 C-13 与中子发生核反应产生。另外，C-14 也可以通过三元裂变产生，但这种途径产生的 C-14 的量可以忽略不计。

根据《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环换料堆芯燃料管理论证—反应堆冷却剂中氚、C-14 产生量优化计算报告》，一回路冷却剂中 C-14 的产生率采用 MCNP 程序

进行计算。分为现实和保守两种情况进行计算。各种情况下的计算假设如下：

现实情况下假设一回路冷却剂中 N 浓度为 5ppm，保守情况下假设一回路冷却剂中 N 浓度为 25ppm，在两种假设下，O-17 的丰度均取为 0.038%，N-14 的丰度取 99.632%，反应堆运行的负荷因子为 0.9。

结合参考电站的气液态排放比例，得出单台机组 C-14 的设计年排放量为：

·现实情况：气态：3.55E+11 Bq/a；液态：2.67E+10 Bq/a。

·保守情况：气态：3.97E+11 Bq/a；液态：2.99E+10 Bq/a。

1.2.2 放射性废液管理系统及排放源项

本次技改不改变田湾核电站 5、6 号机组原有废液处理、排放设施，废液处理、排放设施的情况如下。

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（包括发生预计运行事件时）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）。

1.2.2.1 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，接受从化学和容积控制系统（RCV）来的含氢反应堆冷却剂，在除盐器中除硼，然后再返回到 RCV 系统；另一台混床除盐器（TEP006DE）为两堆共用，可用于水和硼酸分离后蒸馏液的进一步除硼（当硼浓度大于 5ppm 时），以及在反应堆开盖前对反应堆冷却剂净化处理。三台除盐器处理能力均为 27.2m³/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（27.2m³/h），两条生产线独立运行，在正常运行期间，每条生产线对应一台机组，又能互相备用，每条生产线的处理能力为 27.2m³/h。

前贮槽的部分容积还能用来接收余热导出系统（RRA）在 180℃ 冷却开始时的中间热停堆期间所排出的反应堆冷却剂。

中间贮槽的容积可以满足本系统前后两部分的独立运行，同时不影响反应堆的运行。中间贮槽共三个，每个贮槽的有效容积为 350m³。

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 3.5m³/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大修期间对反应堆冷却剂净化处理。

两台机组排出的含氢反应堆冷却剂分别由两个前贮槽（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 或 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（> 5ppm）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 1.2-4。

(3) 系统运行

1) 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根据需要间歇进行的。

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 μg/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氘浓度，通过废液处理系统 (TEU) 的排放管将

含氟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），也可用泵送到废水处理系统（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（ $\geq 1.85\text{TBq/m}^3$ ）的情况下，送至固体废物处理系统（TES）处理。

2) 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。

在这种情况下时，与不能使用的净化线相对应的反应堆来的冷却剂应排到另一座反应堆用的前贮槽中去。除了当前贮槽的容积余量太小而不允许中间热停堆外，允许两座反应堆继续运行。

1.2.2.2 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体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 $10\text{m}^3/\text{h}$ ，去污因子为 10~100。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 以及两个废液接受槽 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。
- 一个化学中和站由酸、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 TEU002，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 1.2-5。

(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。

1.2.2.3 核岛液态流出物排放系统（TER）

(1) 设计基准

1) 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氙量高的反应堆冷却剂、蒸馏器蒸馏液。
- 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。

2) 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。

3) 将超过排放限值的放射性废液送往废液处理系统 (TEU) 处理。

4) 按照 GB6249-2011《核动力厂环境辐射防护规定》的要求, TER 系统设计排放浓度控制值为 1000Bq/L。

(2) 系统描述

TER 系统设置三个 500m³ 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 1.2-6。

(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 系统液态流出物排放控制值为 900Bq/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 2700Bq/L 时, KRT901MA 报警; 当排放废液的放射性达到第二报警值 4500Bq/L 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。

1.2.2.4 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 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，借助重力流入废液贮槽 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 SRE001/002RA。

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处理或送往 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 厂区实验室 AL 产生的废液

厂区实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 1.2-7。

(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，以检测废液的放射性浓度。

b) BOP 部分

① 放射性机修及去污车间 AC 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。

1.2.2.5 核岛疏水排气系统 (RPE)

核岛疏水排气系统 (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

1) 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。

2) 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）的高放射性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。

4) 化学疏水子系统

该子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。

5) 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。

6) 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 1.2-8。

(3) 系统运行

1) 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。

2) 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）。

4) 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。

5) 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。

6) 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。

1.2.2.6 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）。

RCV 系统定量设计基准参见表 1.2-9。

(2) 系统描述

RCV 系统由两个子系统组成：上充、下泄、密封水子系统和反应堆冷却剂净化和化学控制子系统。

1) 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，然后下泄流流下泄孔板

进行降压，再流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。

2) 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、能耗和氩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。

RVC 系统主要设备特性参见表 1.2-10。

(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。

1.2.2.7 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。

1) 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。

2) 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。

3) 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。

4) 换料水箱

换料水箱有效容积为 1664m^3 ，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

1) 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 1.2-11。

(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：

1) 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°C 。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 $360\text{m}^3/\text{h}$ ，由流量计监测。

水泵的工作流量为 $421.5\text{m}^3/\text{h}$ ，其中 $60\text{m}^3/\text{h}$ 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 $60\text{m}^3/\text{h}$ 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°C 。当温度高于 60°C 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 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

2) 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 $100\text{m}^3/\text{h}$ ，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°C 。

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 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

3) 换料水箱

在冬季需将换料水箱的水温保持在 $7\sim 13^\circ\text{C}$ 之间，为此设置了一组由温度控制器控制的电加热元件。

1.2.2.8 蒸汽发生器排污系统 (APG)

(1) 设计基准

1) 在正常运行时，APG 系统水处理设计流量最高能达到 $70\text{t}/\text{h}$ ，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 $23.3\text{t}/\text{h}$)。

2) 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 $10\sim 70\text{t}/\text{h}$ 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°C 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 5 μ m 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 25 μ m 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 系统主要设备特性参见表 1.2-12。

(3) 系统运行

1) 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。

2) 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 向核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。

1.2.2.9 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 SEL001/002/003PO，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监测仪（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，排放阀启动关闭，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 1.2-13。

(3) 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。

1.2.2.10 放射性废液的排放源项

排入环境的放射性废液主要来自：

- 硼回收系统 (TEP)，
- 废液处理系统 (TEU)，
- 二回路相关系统。

根据设计运行模式，针对以下两种运行工况和源项来考虑：

- 包括预期运行事件并允许计算在电站寿期内的平均释放的水平的正常运行的工况 (Case A)，这里称为“预期值”。
- 反应堆在冷却剂最大活度下运行的工况 (Case B)，该活度可以用于计算相关释放的水平，这里称为“设计值”。

(1) 硼回收系统 (TEP) 的排放

反应堆冷却剂下泄流经 RCV 除盐器后，部分由 TEP 系统处理，在 TEP 系统进一步去污后被分离 (由蒸发) 为除硼水和硼酸溶液。这两者被作为反应堆冷却剂系统的补给而加以复用，当需要主动排气时，TEP 系统将处理后的蒸馏液排往 TER 中去。

在整个燃料循环周期内，计算中 TEP 系统处理的一回路冷却剂的数量考虑如下：

- 功率运行：1350m³；
- 短期 (8 小时) 热停堆后再启动 (氙峰下)，1270m³；
- 长期 (90 小时) 热停堆后再启动 (Xe 衰变即完全解毒后)，1120m³；

— 冷停堆后再启动， 561m^3 ；

TEP 系统保证最少 5 天的贮存时间和整体系统包括蒸发器和除盐器 10^5 的去污因子，考虑 Ag-110m 复杂的化学形态，通常的除盐效率较低，假定为 Ag-110m 的去污因子相比其他低一个量级。

(2) 废液处理系统(TEU)的排放

经 TEU 系统释放的废液每堆年估计量为 10000m^3 。

分别如下：

— 工艺排水 $2250\text{m}^3/\text{a}$ ；

— 地面排水 $5000\text{m}^3/\text{a}$ ；

— 化学排水 $1500\text{m}^3/\text{a}$ ；

— 服务排水 $1250\text{m}^3/\text{a}$ 。

工艺排水主要来源于收集的一回路冷却剂系统的泄露液。

地面排水主要来源于未加收集的地面水。通常这些排水的放射性水平非常低，只有在极特殊情况少量的地面排水经过蒸发处理，大部分的排水不经过净化处理只在 TER 系统中贮存衰败后排放。

化学排水主要是从中间冷却系统 (RRI)、废液处理系统 (TEU) 蒸发器和去污车间收集来的水。

服务排水来自于沐浴、放射性洗衣房的排水，放射性一般可忽略。

但是，在高活度情况下，这类废水被送往 TEU 地面排水暂存槽。

废液处理系统保证了最短的衰变时间为 5 天；系统中蒸发过程的去污系数为 10^3 ；考虑工艺改进因素，除盐器的去污因子为 10^3 ，考虑 Ag-110m 复杂的化学形态，通常的除盐效率较低，假定为 Ag-110m 的去污因子相比其他低一个量级。

一般情况下，废液的处理原则是：

— 对工艺排水采用除盐处理；

— 对地面排水采用过滤处理；

— 对化学排水采用蒸发处理。

蒸发可作为下列排水的备用处理方法：

— 化学组成不符合除盐处理的工艺排水；

— 活度太高的地面排水。

在本工程的设计中沿用了参考电厂的设计改进，设置了两个容量为 100m^3 的前贮槽，这就大大增加了废液排放的处理能力。

估计 TEU 系统处理后的废液中活度的一种简单方法就是采用除气的反应堆冷却剂的当量体积，它相当于 1555m³ 除气的反应堆冷却剂中所含有的活度。

(3) 二回路系统的排放

由于反应堆冷却剂通过蒸汽发生器向二回路泄漏，蒸汽发生器排污系统（APG）被污染，同时二回路系统存在泄漏，从而形成放射性排放的主要部分。

蒸汽发生器的液相由 APG 处理（总的去污因子为 100），并通过冷凝器冷凝复用。去污由过滤器和除盐器来实现，它们不会产生任何放射性废液。在启动期间，排污不经处理而被释放。

为了假设一种最不利的情况，假设在反应堆冷却剂从一回路向二回路的泄漏期间，有两次排污分别出现在泄漏发生后的第一个月和第二个月期间，并且二回路蒸汽发生器系统中的全部活度均不经 APG 系统处理直接被送往常规岛废液收集系统（SEK）。

二回路系统本身的泄漏通过疏水管道送往常规岛废液排放系统（SEL）监测排放。参考电站反馈表明，SEL 系统液态流出物放射性活度低于仪器探测下限，一般不经处理直接排放到环境中去。且本计算是基于废液排放系统（TER）液态流出物的释放计算。因此，计算中不考虑二回路系统泄漏，仅考虑蒸汽发生器排污释放。

核电厂每年总的液体释放量（除氚和 C-14 外）为硼回收系统、废液处理系统和二回路系统释放量之和。

(4) 放射性液态流出物排放量设计值

放射性液态流出物排放量计算模式与技改前所用模式相同，放射性液态流出物排放量与下列参数有关：

- 一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，例如废液处理系统处理的一回路冷却剂的数量、排污量、贮存时间等。

上述参数中除了一回路冷却剂中核素的比活度，其余参数与技改前相同。

根据上述模式及参数，计算得到现实、保守两种情况下的放射性液态流出物排放量，分别见表 1.2-14、表 1.2-15。将一台机组现实情况下的排放量加上另一台机组保守情况下的排放量作为两台机组的排放量设计值，见表 1.2-16。

放射性液态流出物排放量在技改前后的设计值见下表。

液态流出物		氚 (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	其余核素 (Bq/a)
排放量	技改前	5.37E+13	6.20E+10	2.46E+10

设计值	技改后	7.95E+13	5.66E+10	3.95E+10
GB6249-2011 控制值		3.00E+14	6.00E+11	2.00E+11

由上表可见，除 C-14 之外，各种类型核素的排放量均比技改前有所增加。上表中技改前后的数据差异一方面是由于长燃料循环技改造成的，同时也有计算方法差异所造成的影响。由上表可见，技改后，液态放射性流出物各类核素的年排放量设计值仍然满足 GB6249-2011 的控制值要求。

1.2.3 放射性废气管理系统及排放源项

田湾核电站 5、6 号机组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）主要来自于核辅助系统，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）。

1.2.3.1 放射性废气处理系统（TEG）

(1) 系统功能

废气处理系统（TEG）的功能是对核电厂产生的放射性惰性气体，卤素和空气中的悬浮粒子进行收集和处理，以便将预期的气载流出物年释放量低于国家规定的限值，核电站工作人员在控制区和非控制区内的受照剂量降低到“可合理达到尽量低”的水平。

TEG 系统不直接履行安全功能。但由于 TEG 系统处理的废气带有放射性，尤其是含氢放射性废气，除辐照危害外还存在爆炸和引起火灾的危险性，故在进行 TEG 系统的设计时，考虑了防止该气体向环境泄漏、安全防火、防爆和通风排气等问题，并将放射性气体进行贮存衰变，使放射性气态流出物的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，使放射性气载流出物的排放低于国家标准 GB6249—2011《核动力厂环境辐射防护规定》和 RCC-P（5.4.3 节）中规定的限值；
- TEG 系统是按照 RCC-P《法国 90 万千瓦压水堆核电厂系统设计和建造规则》进行设计（第 2.3.7 节）；
- 防止氢气燃爆的准则为 RCC-I《压水堆核电站防火设计和建造规则》1983 年 B 版及 1987 年 3 月版的应用，对 1997 年版的适用部分积极加以参照；
- TEG 系统要能在主要设备停运检修（单一故障）期间和产生过多废气量期间提供足够的处理能力，所以主要能动设备都考虑冗余：含氢废气子系统的含氢废气压缩机的容量为 2×100%；含氧废气子系统的电加热器、碘过滤器和风机的容量为 2×100%。
- TEG 系统不执行核安全相关功能，但含氢废气子系统设计成安全 3 级，因为该子系统的故障可能会导致正常贮存衰变的放射性气体的释放；
- 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 1.2-17：

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。

这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 1.2-18。

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 1.2-17 (2/2)。

这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 1.2-19。

(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,则自动停止排放。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。

1.2.3.2 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、安全及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自于下述厂房，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

根据不同的受控区要求，通风系统设计所采用的最小换气次数为：

— 核辅助厂房

氢风险区域为 8 次/小时；

红区与橙区为 4 次/小时；

黄区为 2 次/小时；

绿区为 1 次/小时。

— 电气厂房

绿区为 1 次/小时；

蓄电池房间（氢风险区域）为 12 次/小时。

— 燃料厂房

黄区为 2 次/小时；

绿区为 1 次/小时。

厂房通风系统的送、排风量见表 1.2-20。

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项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废气进行过滤处理。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/T14295）。

b) 排风预过滤器

用于高效过滤器或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/T14295）。

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/T14295）。

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超细小颗粒。这种过滤器的净化系数至少为 5000（基于标准 GB/T14295）。

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%KI（碘化钾）和

TEDA（三乙烯二胺）浸渍的煤基炭或椰壳炭。碘吸附器单元安装在碘吸附器的排架上或安装在密封的金属箱体内。

(3) 系统运行

a) 燃料厂房通风系统（DVK）

正常运行期间，DVK 系统是连续运行的“直流”式全新风系统。

事故工况下，DVK 系统以小流量排风子系统方式运行。在燃料装卸事故时，小流量排风与乏燃料水池大厅通风相连接。LOCA 时，小流量排风与±0.000m 以下房间的通风相连接。

在机组所有运行模式下，为了维持适当的环境，当任一风机或自动隔离阀出现单一能动故障时，系统的设计都能保持其功能。事故工况下使用的小流量排风子系统，设有应急柴油机电源。

DVK 系统由主控制室远距离控制。

排风机组包括两台 100%容量并联的机组，每个机组包括：

- 两台预过滤器；
- 两台高效空气粒子过滤器；
- 两个平衡阀；
- 两台 100%容量并联的排风机，装有止回阀。
- 一支通向烟囱的排风管，配有两个冗余设置的快速关闭的隔离阀，在事故时把系统与室外隔离。

b) 安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统（DVS）

DVS 系统是“直流”式全新风系统，对安全注入和安全壳喷淋泵电机房进行通风。

DVS 系统提供最小换气次数为 1 次/时。

DVS 系统的设计是为了在设备维修和定期试验时，保持适当的环境条件，并保持电动机房的压力稍高于相应泵房的压力，以防电动机房被污染。即：

- 防止放射性产物释放到电动机房；
 - 在安全壳喷淋系统（EAS）和安注系统（RIS）运行期间，允许维修人员进入。
- 电站正常运行期间，DVS 系统不运行，在 EAS 和 RIS 泵启动后手动启动运行。DVS 系统就地控制。

c) 核辅助厂房通风系统（DVN）

DVN 系统为直流式通风系统，连续运行。

厂房火灾的情况下，对核辅助厂房的电气房间进行排烟。

DVN 系统由送风子系统、正常排风子系统、碘排风子系统、电气间排烟子系统和排风烟囱等组成。

- 正常排风子系统

正常排风子系统由以下部件组成：

- 四组并联的预过滤器；
- 四组并联的高效空气粒子过滤器；
- 三台 50%冗余配置的风机，并联连接，并配置止回阀；
- 配有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

- 碘排风子系统

两台容量为 100%的冗余机组，并联连接，每个子系统的组成如下：

- 两台电加热器；
- 一组预过滤器；
- 一组高效空气粒子过滤器；
- 一组碘吸附器；
- 一台配置有止回阀的风机；
- 带有平衡阀、隔离阀和防火阀的排风管道。

正常运行期间（排除不含碘的气体）时，一台碘排风机组通过碘吸附器的旁通管路运行，第二台碘排风机组备用。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并启动相应的风机。

为防止核辅助厂房超压，按照以下顺序控制 DVN 系统风机的启动：

- 碘排风机启动；
- 正常排风机启动；
- 送风机启动。

- 电气间排烟子系统

排烟子系统的组成：

- 一台过滤器机组（预过滤器和高效空气粒子过滤器）；
- 两台 100%容量并联连接的风机，并配置止回阀；
- 来自电气房间并装有排烟阀的排烟管道。

- 排风烟囱

排风烟囱设在核辅助厂房的屋顶上，烟囱高出反应堆厂房屋顶至+62.30m 标高处。在烟囱中设有监测放射性气体和记录废气排放水平的系统。

d) 外围设备间通风系统 (DVW)

DVW 系统为安全壳装有贯穿件的所有外围厂房进行排风，是连续运行的排风系统。

贯穿件房间的排风来自：

- 安全壳可能的泄漏；
- 核辅助厂房的转送风；
- 电气厂房的转送风；
- 无计划渗透的空气。

为减少放射性向周围环境中的扩散，用于事故工况下的碘排放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；
- 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较高时，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，降低空气中放射性污染物浓度，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 系统由控制室手动控制。

EVF 系统由并联设置的 $2 \times 50\%$ 冗余配置的净化回路组成，每个管路组成如下：

- 一个气动隔离阀；
- 一台电加热器；
- 一台高效空气粒子过滤器；
- 一台碘吸附器；
- 两个防火阀（安装在碘吸附器上下游）；
- 一个手动平衡阀；
- 一个静压箱。

当 EVF 系统运行时，两台风机中一台运行，一台备用，两台净化机组同时运行。

f) 安全壳空气监测系统(ETY)

ETY 系统由以下五个子系统组成：

- 反应堆厂房大气化学监测子系统，包括：

混合、取样子系统： LOCA 后，作为安全壳内空气循环系统运行。

小扫气子系统是直流式系统，在反应堆正常运行期间，使排风经过预过滤器、高效空气粒子过滤器和碘吸附器的过滤，确保安全壳大气的净化。其功能为：

- 降低安全壳内空气放射性水平；
 - 在反应堆启动和正常运行期间，根据安全壳内空气压力的变化，维持安全壳内外压差低于最大值 0.006MPa ；
 - 安全壳密封试验后，当安全壳内空气的相对压力低于 0.01MPa 时，进行排气泄压。
- 安全壳试验子系统，使用压缩空气系统（SAT）给安全壳充气，做整体密封性检查。
 - 安全壳内空气物理监测子系统，连续监测安全壳内空气的温度和压力。
 - 保健物理监测子系统，与辐射防护监测系统（KRT）相连，连续测量安全壳内空

气的放射性污染水平。

- 严重事故下安全壳内氢气浓度监测子系统，用于在严重事故下监测安全壳内的氢气浓度。

g) 安全壳换气通风系统(EBA)

每个机组的反应堆厂房中，EBA 系统设计成：

- 冷停堆期间，为在反应堆厂房内工作的维修人员提供适宜的环境温度。
- 冷停堆期间，尽可能快地减少反应堆厂房中裂变气体产物的浓度，以便允许工作人员持续进入。
- 机组停运期间，维持除氧废气分离罐（RPE 002 BA）处在轻微负压状态下。

EBA 系统是直流式通风系统。从反应堆厂房排出的空气经过核辅助厂房通风系统（DVN）处理后通过烟囱向大气排放。本系统为安全壳提供至少每小时 1 次的换气次数。

1.2.3.3 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，把抽出的气体输送到 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漏，从而造成 CVI 系统抽出的气体带有放射性。系统为此设置了放射性气体监测系统。

1.2.3.4 放射性废气的排放

排入环境的放射性废气主要来自：

- 废气处理系统，
- 反应堆厂房通风系统，
- 核辅助厂房通风系统，
- 二回路系统。

根据设计运行模式，针对以下两种运行工况和源项来考虑：

- 包括预期运行事件并允许计算在电站寿命期内的平均释放的水平的正常运行的工况（Case A），这里称为“预期值”。
- 反应堆在冷却剂最大活度下运行的工况（Case B），该活度可以用于计算相关释放的水平，这里称为“设计值”。

1) 含氢废气

这些废气主要是在功率运行期间由硼回收系统的反应堆冷却剂排出流脱气产生的。在硼回收系统脱出的废气中，惰性气体的活度与反应堆冷却剂的相同，这是由于这些废

气是在通过化学和容积控制系统和硼回收系统除盐器（对此，考虑去污系数为 100）后被抽取出的。

在脱气塔中，所有的惰性气体均被分离出，而碘的分离因子为 10^{-3} 。

含氢废气的另一个来源是具有氮或氢覆盖的主冷却剂的贮存槽（如稳压器卸压箱、容积控制箱、硼回收系统的前贮槽）的扫气。

2) 含氧废气

含氧废气主要来自含有溶解气体的热或冷的放射性水回路的泄漏，以及在反应堆冷却剂系统向二回路系统泄漏的情况下汽轮机冷凝器的抽气。

含氧废气的释放量与电站的运行模式无关。

关于核辅助厂房中反应堆冷却剂的泄漏，泄漏液中所含的全部气体和部分碘都会释放到厂房的大气中去。

对热泄漏液 ($t > 60^{\circ}\text{C}$) 中所含碘的分离系数取 10^{-3} ，对冷泄漏液中所含碘的分离系数取 10^{-4} 。

厂房通风系统将这些放射性产物不加衰变而释放到环境中去。在处理可能污染房间的通风系统中的碘过滤器，在 25°C 和 40% 相对湿度下，对 I_2 的去污系数为 5000，对 ICH_3 的去污系数为 1000，但是释放计算仍然假定对碘的去污系数为 10。

在核辅助厂房中反应堆冷却剂的泄漏率为：

- 冷泄漏，31kg/h；
- 热泄漏，2kg/h。

关于反应堆厂房中反应堆冷却剂的泄漏，泄漏液中所含的全部气体和部分碘都要释放到厂房的大气中去，因泄漏的温度，碘的分离系数设计值取为 10^{-3} 。

20000 m^3/h 的安全壳内部过滤(安全壳空气净化系统)和 180h/a 的 1500 m^3/h 扫气(安全壳大气监测系统)，可降低反应堆厂房中环境的放射性水平。这两个系统中碘过滤器的去污系数均为 10。

反应堆厂房中泄漏的反应堆冷却剂，估计为 66kg/h。

在反应堆冷却剂系统向二回路系统泄漏的情况下，抽出的惰性气体可由喷射器和凝汽器真空泵完全除去，并通过烟囱释放到大气中。

碘通过凝汽器的气水分配因子，假定为 10^{-4} 。

3) 气态氙

反应堆冷却剂系统中的氙主要来自反应堆冷却剂中用于控制反应性的硼，另一部分从燃料中产生并通过燃料包壳部分扩散出来。

含氙水蒸汽的释放时由于：

- 安全壳大气监测系统（ETY）反应堆安全壳吹扫子系统的运行，
- 安全壳通风换气系统（EBA）换料停堆之前反应堆安全壳的扫气，
- 泄漏液和反应堆换料水池与乏燃料水池水的蒸发。

根据各项年产氙量的估计，两台机组气态途径氙的释放量为 5.367TBq。

4) 气溶胶

尚无一种物理模式可用来描述和计算气溶胶的产生和释放。

按照法国运行经验，气溶胶的释放主要涉及如下核素：Co-58、Co-60、Cs-134、Cs-137。

根据 TSGAZ1.3 程序计算模式，气溶胶总量约为碘排放总量的 1/9，其中 Co 与 Cs 各占 50%。且在 Co 中，Co-58 占 60%，Co-60 占 40%；在 Cs 中，Cs-134 占 60%，Cs-137 占 40%。H-3、C-14 的排放量见 1.2.1.4、1.2.1.5 节。

气溶胶的年释放总量为：工况 A，5.49E-03GBq；工况 B，1.41E-01GBq。

5) 氩（Ar）

放射性核素 Ar-41 的产生是由于空气中的 Ar-40 受到中子照射结果，即 Ar-41 是直接反应堆容器周围的空气中形成的。

当对反应堆安全壳中气体进行吹扫时，主要在反应堆带功率运行期间，Ar-41 就被释放到环境中。安全壳大气监测系统安全壳吹扫子系统的全年运行时间很短，因此，Ar 的释放量少，小于 20GBq/a。

6) 放射性废气的年总排放量

根据上述模式及参数，计算得到现实、保守两种情况下的放射性气载流出物排放量，分别见表 1.2-21、表 1.2-22。将一台机组现实情况下的年排放量加上另一台机组保守情况下的年排放量作为两台机组的年排放量设计值，见表 1.2-23。

放射性气载流出物年排放量设计值汇总及技改前后年排放量设计值对比见下表。

气载流出物		惰性气体 (Bq/a)	碘 (Bq/a)	粒子(半衰期 ≥8d) (Bq/a)	碳-14 (Bq/a)	氙 (Bq/a)
排放量 设计值	技改前	9.09E+13	6.45E+08	7.16E+07	8.50E+11	5.37E+12
	技改后	1.52E+14	1.32E+09	1.46E+08	7.52E+11	7.95E+12
GB6249-2011 控制值		2.40E+15	8E+10	2.00E+11	2.80E+12	6.00E+13

由上表可见，除 C-14 之外，各种类型核素的排放量均比技改前有所增加。上表中技改前后的数据差异一方面是由于长燃料循环技改造成的，同时也有计算方法差异所造

成的影响。由上表可见，技改后，气载放射性流出物各类核素的年排放量设计值均满足 GB6249-2011 的控制值要求。

1.2.4 放射性固体废物管理系统及废物量

放射性固体废物处理设施包括田湾核电站5、6号机组新建部分和1~6号机组共用部分。本工程新建的固体废物处理系统（TES）由核辅助厂房（N厂房）内部分和固体废物暂存库（QT）组成，与田湾核电站1~4号机组共用设施包括放射性废物处理中心（T4UKT）和位于2号机组核服务厂房（21UKC）的可降解处理系统（KPW）。

N厂房内部分为两台机组共用，包括浓缩液和废树脂贮存槽、浓缩液和废树脂转运站及废滤芯水泥固定设备，QT库的库容按4台机组（考虑后续7、8号机组）运行5年产生的废物量进行设计。可降解的废防护用品送到21UKC的KPW系统进行降解处理，废树脂、浓缩液、可降解处理的二次废物和其他杂项干废物送到T4UKT进行集中处理。

1.2.4.1 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 N 厂房收集后，通过转运站送往 T4UKT 进行集中处理。在 T4UKT 废树脂通过接收、量、磨碎、烘干、装桶（165L）完成预处理，浓缩液通过接收、混匀、桶内干燥完成预处理，然后将装有预处理后的废树脂和浓缩液的 165L 钢桶送往超级压实机进行超压处理，形成的桶饼经优

化组合后装入 200L 钢桶水泥固定。

- 正常情况下，APG 系统产生的废树脂仅受轻微放射性污染，用除盐水将废树脂送入 TES004BA，除水后装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶后，经衰变达到 GB27742-2011《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》规定的清洁解控水平后，经审管部门批准，作为非放废物处理。异常情况下，APG 系统产生的废树脂排至 TES002 或 003BA，送往 T4UKT 进行处理。
- 废过滤器芯子在 N 厂房用水泥浆固定在 400L 钢桶中，形成的废物包送往 QT 库进行暂存。当废物桶表面剂量率 $>2\text{mSv/h}$ 时，需外加屏蔽容器进行厂内、外运输。
- 本工程采用可降解的一次性聚乙烯醇（PVA）防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，采用可降解废物处理技术后，使得可压实干废物产生量降低到原来的 1/3。杂项干废物按就地分拣原则在产生地进行分拣，并装入相应的收集容器和不同颜色的塑料袋中，可降解废物在 21UKC 的 KPW 系统进行降解处理后产生的二次废物送到 T4UKT 进行烘干、超级压实和水泥固定处理；其他干废物在 T4UKT 通过分拣、初级压实、超级压实和水泥固定进行处理，必要时进行剪切和烘干。
- 为了减少操作人员所受辐射照射，TES 系统在就地控制室进行监测和控制。
- 常压贮槽考虑了足够的排气和溢流能力，以防贮槽出现超压或负压。
- 浓缩液贮槽和废树脂贮槽的设备间设有滞留堰，以防止贮槽破损时废物外流。

固体废物处理系统（TES）主要设备参数见表 1.2-24。

1.2.4.2 系统组成

可降解废物在 21UKC 的 KPW 系统进行降解处理，废树脂、浓缩液以及其他干废物主要在 T4UKT 进行处理，KPW 系统和 T4UKT 是已建项目。废过滤器芯在 N 厂房水泥固定站进行处理。T4UKT 和 N 厂房处理后产生的废物包运至 QT 库暂存。

(1) 位于 N 厂房中的设备

废物处理站位于 N 厂房内部，用于将 N 厂房产生的废树脂和浓缩液收集后送往 T4UKT 处理，对产生的废过滤器芯进行水泥固定处理。

N 厂房内放射性废物处理设施包括：废树脂和浓缩液收集站、废树脂和浓缩液转运站以及废过滤器芯水泥固定设备。

a) 废树脂收集和转运设备

TES 系统在 N 厂房设有两个废树脂贮槽 (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 (TES002、003BA) 中的废树脂在 N 厂房通过喷射器或螺杆泵送入屏蔽运输槽车，运送到 T4UKT 进行后续处理。

从 N 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运输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) 附件的放射性。

浓缩液收集槽（TES001BA）中的浓缩液在 N 厂房通过重力或压缩空气送入屏蔽运输槽车，运送到 T4UKT 进行后续处理。为了使用 T4UKT 的浓缩液运输槽车将含硼浓缩液运到 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 N 厂房向 T4UKT 厂运送浓缩液的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浓缩液残留。这些措施保证了浓缩液通过软管运输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，使用废过滤器芯子更换转运容器从相关系统的过滤器隔间过滤器室的上部将废过滤器芯取出，经输送通道放入 400L 钢桶中待水泥固定。废过滤器芯更换转运容器外表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，并且废过滤器芯的更换和转运采用遥控模式作业，减少人员受辐照的风险和危害。

装桶站将废过滤器芯装入 400L 钢桶进行水泥固定。装桶站备有移动式料斗用于供应水泥，在 QT 库将水泥转入料斗，然后运到 N 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。在混合器制备好的水泥浆，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。

厂房内设有废滤芯处理装置的视频监视系统,在 TES 控制室进行远距离监视和操作。为避免误操作或设备误动作造成放射性物质无控制释放,操作控制程序中包括了一系列联锁保护措施。

400L 钢桶废物包外表面剂量率、表面污染情况及废物桶的重量在屏蔽的设备间内测量。

装桶站由核辅助通风系统 (DVN) 进行通风和维持负压。

装桶站的操作在位于有生物屏蔽的 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,用于储存 N 厂产生的 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,用于监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,上方覆有防护盖板。QT 库内设有两台双梁数控起重机,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 N 厂进行水泥固定提供水泥。水泥通过带密封盖的料斗运往 N 厂房。

(4) 设计特点

TES 系统所有操作均为手动或就地远距离控制操作,并在电视监视下进行,许多远距离控制的顺序都有相应的连锁。

放射性固体废物处理系统厂房的设备布置使得操作人员受到的照射减至最少,设计特点如下:

- 废树脂、浓缩液以及干废物运往 T4UKT 和 21UKC 的 KPW 系统进行集中处理;
- 较高放射性活度的设备布置在带屏蔽的设备间内;
- 较低放射性活度的设备的分组布置,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。

1.2.4.3 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 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。水泥固定后的 200L 钢桶废物包在 T4UKT 进行养护、暂存后运往 QT 库进行暂存。

(3) 废过滤器芯子的装卸与固定

利用吊车将过滤器隔间的密封盖板移走，打开过滤器顶盖，用吊车将过滤器芯子更换转运容器运送到过滤器隔间上方。打开转运容器底部的闸板，用过滤器芯子更换转运容器的升降装置将废过滤器芯子取出后装入转运容器，关闭转运容器底部闸板，底部闸板设有接液盘，防止有水滴滴落。装有废过滤器芯子的转运容器用吊车运至废过滤器芯输送通道上，在输送通道正上方定位后，将过滤器芯子经下降通道放入已就位的 400L 钢桶内。钢桶内设有定位架，用于装桶时使废过滤器芯子定位，并保证均匀的生物防护。将装有废过滤器芯的 400L 钢桶运至水泥固定站，加入用混合器制备的水泥浆，再用振动台将 400L 钢桶内的水泥浆震动均匀、密实。处理后产生的钢桶废物包送到 QT 库暂存。

在装桶操作期间，人员通常不能进入装桶站，用运输小车将空的 400L 钢桶和屏蔽容器运进装桶站空气闸门间，再用输送装置将空的 400L 钢桶送到废过滤器芯接收站，

然后将装有废过滤器芯 400L 钢桶运至固定站进行固定。如果固定后的 400L 钢桶的表面剂量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ ，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

本工程采用可降解聚乙烯醇(PVA)防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，采用可降解废物处理技术后，使得可压实干废物产生量降低到原来的 1/3。可降解的废物单独收集后运送到 21 UKC 的 KPW 系统进行可降解处理，可降解处理的二次废物再运到 T4UKT，进行烘干、超压和水泥固定。其他杂项干废物根据放射性水平的不同收集在不同颜色的塑料袋内，送到 T4UKT 进行分拣、烘干（必要时）、剪切（必要时）、初级压实、超级压实和水泥固定处理，处理后产生的钢桶废物包送到 QT 库暂存。

(5) 废物包贮存

从 N 厂房和 T4UKT 运出的 400L 钢桶和 200L 钢桶废物包，先在废物暂存库(QT) 暂存，然后送到放射性固体废物区域处置场进行处置。装有废树脂和浓缩液压缩桶饼的 200L 钢桶在外运前装入高整体性容器（HIC），使废物包具有更好的性能，减小环境影响。

1.2.4.4 废物最小化

TES 系统在废物最小化方面采取了如下措施：

- 采用可降解的聚乙烯醇(PVA)防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，可压实干废物产生量降低到原来的 1/3。
- 对可降解处理对 PVA 材料的废物进行处理，可降解处理的综合减容比约为 120 显著减小废物包产生量。
- 对可压实干废物在初级压实的基础上，进行超级压实，超级压实桶饼优选组合后装入 200L 钢桶水泥固定，提高干废物处理减容效果。
- 对核岛内 16” 以下管道法兰密封含银垫片进行替换，从源头上减少 Ag-110m 对工艺系统和设备的污染及对排放废液剂量率的贡献。对含有 Ag-110m 的 TES 系统废树脂贮存槽排出的工艺废水采用蒸发处理方法，以减少废树脂的产生量。
- 采用高交换容量的树脂以减少废树脂的产生量。
- 废树脂按放射性水平分类收集。较高放射性水平的废树脂在废树脂贮槽中储存衰变一段时间后再送往 T4UKT 进行烘干压实处理。蒸汽发生器排污系统产生的废树脂一般仅受轻微放射性污染，装入内衬有塑料薄膜的 200L 钢桶中，送到 QT 库的专门区域进行贮存衰变。若废树脂经衰变达到清洁解控水平后，经监管

部门批准可作为非放废物处理。

- 采用烘干超压工艺处理废树脂和浓缩液，比传统的水泥固化工艺减少了废物包的体积。
- 通风系统的废过滤器芯表面剂量率水平很低，大部分核素是短寿命的，送到 QT 库的专门区域进行贮存衰变，等待清洁解控，或对过滤器芯的壳体进行复用。
- 表面剂量率很低的大尺寸废物暂时不作为放射性废物处理，将其放在 QT 库的专门区域进行贮存衰变，并在贮存一定年限后进行去污和清洁解控。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组废物最小化的设计目标是：在满足标准规范要求的同时，每年每台机组放射性废物包的设计值（整备后）为 113.4m^3 ，每年每台机组产生的废物包的预期值为 41m^3 。

1.2.4.5 废物最终处置

废物包从田湾核电站扩建工程 5、6 号机组的废物暂存库（QT）送到放射性固体废物区域处置场处置，废物包符合 GB9132-2018《低、中水平放射性固体废物近地表处置安全规定》，放射性废物厂外运输应遵守 GB11806-2019《放射性物质安全运输规程》。

1.2.4.6 放射性固体废物的源项

(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。

两台机组每年的废树脂产生量见表 1.2-25。

废树脂的平均放射性活度浓度为：

RCV $9.1\text{E}+03\text{GBq/m}^3$

PTR $2.4\text{E}+03\text{GBq/m}^3$

最大放射性活度浓度为：

RCV $2.2E+04GBq/m^3$

PTR $3.8E+03GBq/m^3$

(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。两台机组每年的浓缩液产生量见表 1.2-25。

浓缩液的放射性浓度为：

平均值 $13.88GBq/m^3$

最大值 $83.25GBq/m^3$

(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)。

废过滤芯的产生量见表 1.2-25。

其中 RCV 和 TEP 系统的废过滤器芯放射性水平较高，RCV 系统放射性最高的过滤器芯活度水平设计值为 $1.05E+13Bq/kg$ ，TEP 系统放射性最高的过滤器芯活度水平设计值为 $8.02E+9Bq/Kg$

(4) 杂项干废物

根据大亚湾核电站和岭澳一期的运行经验反馈，核电厂内的其他被放射性污染的杂项干废物（如布、纸、塑料及废的设备零部件等），两台机组每年产量约 $280m^3$ （处理前），其中 85%为可压实废物，15%为不可压实废物。本工程采用可降解的一次性聚乙烯醇 (PVA) 防护用品代替传统棉质、纸质和塑料防护用品，采用可降解废物处理技术后，可压实干废物产生量降低到原来的 1/3。可降解废物处理过程产生的二次废物以及其他干废物送往 T4UKT 进行压实和水泥固定处理。

根据国内核电站的运行数据，取 $1.5E+06Bq/kg$ 作为处理前杂项干废物的设计源项，取 $7.50E+05Bq/kg$ 作为处理前杂项干废物的预期源项。装有经过初级压实干废物的 200L

钢桶平均表面剂量率为 300 μ Sv/h，最大表面剂量率为 2mSv/h。各种核素的活度比例如下表：

核素	活度比例
Cr-51	6%
Mn-54	6%
Co-58	3%
Co-60	65%
Zr-95	3%
Nb-95	10%
Ag-110m	6.5%
Sb-124	0.5%

产生量见表 1.2-25。

1.2.5 放射性流出物监测系统

田湾核电站 5、6 号机组燃料管理策略改变后，废液及废气的排放途径不发生改变，因此本次技改不改变原有监测系统，原有监测系统的设置情况如下。

1.2.5.1 气载放射性流出物监测系统

根据通风工艺设计，除了在异常工况下向环境排放的气体经二回路蒸汽安全阀和卸压排放管直接向环境排放外，其余全部经过 5、6 号机组共用的烟囱排至大气，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途径。因此，气载放射性流出物监测将主要集中于烟囱中气体排放监测。气载放射性流出物监测系统由烟囱惰性气体、气溶胶、碘监测道和流出物取样系统组成。

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设的排风烟囱，设有烟囱气溶胶活度监测道(1KRT016MA、2KRT016MA)、烟囱碘活度监测道(1KRT020MA、1KRT020MA)、烟囱低量程气体监测道(1KRT017MA、2KRT017MA)和烟囱高量程气体监测道(1KRT021MA、2KRT021MA)。

(1) 烟囱放射性气载放射性流出物连续监测

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设的排风烟囱，设有烟囱气溶胶活度监测道(1KRT016MA、2KRT016MA)、烟囱碘活度监测道(1KRT020MA、1KRT020MA)、烟囱低量程气体监测道(1KRT017MA、2KRT017MA)和烟囱高量程气体监测道(1KRT021MA、2KRT021MA)。

烟囱低量程和高量程气体监测道按照事故后监测系统（PAMS）的要求进行设计，包括两列冗余的监测设备，设备的安全级别为 1E 级，抗震类别为 I 类。由烟囱低量程

气体监测道给出的高辐射报警信号自动关闭安全壳内大气监测系统（ETY）隔离阀和废气处理系统（TEG）排放阀。

在排风烟囱设置两套一样的取样管路互为冗余，为保证取样代表性，取样点及取样装置的设计主要考虑以下特殊要求：

- 烟囱流出物取样点应满足至少距上游干扰 8 倍烟囱水力直径，距烟囱出口 2 倍烟囱水力直径的要求，确保取样气体已充分混合；

- 烟囱取样头的结构进行特殊设计，保证取样管嘴的传输比为 80%-130%，在本工程中，烟囱取样头采用带护套的单嘴取样头进行烟囱流出物采样。

- 合理选择取样管道的直径和流量，尽量减少取样管道的长度和弯头个数，取样头到气溶胶取样器之间避免使用阀门、扩大管、减压器等部件，必须使用的阀门选择直通型，以尽可能减少气溶胶和碘在管路中的沉积。

（2）气载放射性流出物取样测量

与烟囱连续监测设备并行设置了连续取样设备，对烟囱气态流出物中的气溶胶、碘、³H、¹⁴C 流出物样品进行连续取样，对惰性气体样品进行定期取样，样品送至实验室进行分析，利用上述样品分析的数据，连续监测仪器测得的数据以及烟囱排放总流量可计算出田湾核电站 5、6 号机组通过烟囱向环境中排出的总活度。

（3）气载放射性流出物排放量计算方法

气载流出物分为惰性气体、粒子、碘、H-3 和 C-14 五类。对于某类核素一年排放量计算方法如下：

$$A_{\text{年}} = \sum \{(C_1 + C_2 + \dots + C_n) \times V_k\}$$

其中 $A_{\text{年}}$ 表示该年某类核素的排放量，Bq； Σ 表示一年内各次排放量之和； C_1 、 C_2 、 C_n 表示某次排放废气中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度，Bq/m³； V_k 表示该排放的废气的排放体积，当监测结果高于探测下限时，以监测结果参与计算；当监测结果低于探测下限时，以探测下限的二分之一参与计算。

1.2.5.2 放射性液态流出物监测系统

本工程所有放射性液体都采用约定性批排放（槽式排放），将要排放的核岛和常规岛废液先分别注入废液排放贮槽。经对贮槽废液取样，实验室定量分析合格后，再排入大海。液态流出物监测系统包括贮槽废液取样、液态流出物连续监测道和废液取样站。

（1）液态放射性流出物连续监测

田湾核电站扩建工程 5、6 号机组设有 QA/QB 厂房。QA 厂房主要收集、贮存核岛

废液排放系统 (TER) 废液, QB 厂房主要收集、贮存汽轮机厂房的废液 (SEL)。在 QA、QB 厂房各设置一套低放液体排放监测道 (9KRT901MA、9KRT902MA),其功能是连续监测贮罐排放管道中的废液浓度,以验证实验室所分析的排放前贮罐中的样品浓度,同时监视已分析过的废液贮罐废液是否在排放。当排放废液活度浓度超过预定阈值时,给出报警信号,并自动启动隔离阀,停止废液排放。

(2) 液态放射性流出物取样测量

在 QA/QB 的废液排放前,工作人员必须对其进行取样分析,测量待排放废液中的放射性浓度,计算排放活度,确保其放射性浓度及排放活度不超过运行管理限值。取样前将进行充分搅拌,确保取样的代表性;样品在实验室中采用高纯锗 γ 谱仪、低本底 α 、 β 计数器及低本底液体闪烁计数器等仪器进行测量和分析。

液态放射性流出物样品的分析项目包括总 β 、 γ 核素、H-3、C-14 及 ^{90}Sr 分析。

(3) 液态放射性流出物排放量计算方法

液态流出物分为 H-3 和 C-14 和其余核素三类。对于某类核素一年排放量计算方法如下:

$$A_{\text{年}} = \sum \{(C_1 + C_2 + \dots + C_n) \times V_k\}$$

其中 $A_{\text{年}}$ 表示该年某类核素的排放量, Bq; Σ 表示一年内各次排放量之和; C_1 、 C_2 、 C_n 表示某次排放废气中实验室取样分析测得某类某个核素的活度浓度, Bq/m³; V_k 表示该排放的废液的排放体积,当监测结果高于探测下限时,以监测结果参与计算;当监测结果低于探测下限时,以探测下限的二分之一参与计算。

表 1.2-1 堆芯裂变产物积存量

放射性核素	堆芯积存量 (10 ⁸ GBq)
Kr-83m	4.58E+00
Kr-85	3.38E-01
Kr-85m	1.05E+01
Kr-87	2.13E+01
Kr-88	2.89E+01
Xe-131m	3.91E-01
Xe-133	6.04E+01
Xe-133m	1.85E+00
Xe-135	2.06E+01
Xe-135m	1.26E+01
Xe-138	5.56E+01
I-131	2.91E+01
I-132	4.29E+01
I-133	6.08E+01
I-134	7.03E+01
I-135	5.73E+01
Cs-134	5.19E+00
Cs-136	1.76E+00
Cs-137	3.49E+00
Cs-138	5.95E+01

表 1.2-2 一回路稳态运行和瞬态工况下裂变产物比活度 (GBq/t)

核素 \ 工况	37GBq/t I-131 当量		4.44GBq/t I-131 当量		0.55GBq/t I-131 当量	
	稳态	瞬态	稳态	瞬态	稳态	瞬态
Kr-85m	3.56E+01	8.47E+01	4.22E+00	1.00E+01	6.60E-01	1.57E+00
Kr-85	1.52E+00	1.52E+00	1.77E-01	1.77E-01	2.12E-02	2.12E-02
Kr-87	4.87E+01	1.14E+02	5.81E+00	1.36E+01	9.55E-01	2.24E+00
Kr-88	8.39E+01	1.91E+02	9.98E+00	2.27E+01	1.61E+00	3.67E+00
Xe-133m	1.63E+01	3.62E+01	1.90E+00	4.22E+00	2.26E-01	5.02E-01
Xe-133	4.94E+02	9.34E+02	5.77E+01	1.09E+02	6.95E+00	1.32E+01
Xe-135	2.78E+02	3.75E+02	3.28E+01	4.42E+01	4.33E+00	5.84E+00
Xe-138	7.60E+01	2.16E+02	9.43E+00	2.68E+01	1.48E+00	4.20E+00
I-131	2.68E+01	6.97E+02	3.15E+00	8.17E+01	3.65E-01	9.48E+00
I-132	1.46E+01	1.87E+02	2.07E+00	2.65E+01	3.41E-01	4.37E+00
I-133	3.32E+01	2.65E+02	4.06E+00	3.25E+01	5.45E-01	4.36E+00
I-134	2.42E+00	5.41E+01	8.32E-01	1.86E+01	2.36E-01	5.28E+00
I-135	1.35E+01	1.13E+02	1.93E+00	1.61E+01	3.25E-01	2.72E+00
Cs-134	2.36E+00	3.67E+02	2.72E-01	4.23E+01	1.38E-02	2.14E+00
Cs-136	8.52E-01	5.05E+01	9.98E-02	5.91E+00	7.74E-03	4.59E-01
Cs-137	2.02E+00	2.69E+02	2.35E-01	3.13E+01	2.23E-02	2.98E+00

表 1.2-3 二回路流体中的裂变产物比活度
(37GBq/t I-131 归一化当量运行期间)

核素	稳态 (GBq/t)		瞬态 (GBq/t)	
	水中的活度	蒸汽中活度	水中的活度	蒸汽中活度
Kr-85m	0.00E+00	4.69E-04	0.00E+00	4.44E-02
Kr-85	0.00E+00	2.00E-05	0.00E+00	1.30E-03
Kr-87	0.00E+00	6.42E-04	0.00E+00	7.54E-02
Kr-88	0.00E+00	1.10E-03	0.00E+00	1.10E-01
Xe-133	0.00E+00	6.50E-03	0.00E+00	4.74E-01
Xe-135	0.00E+00	3.66E-03	0.00E+00	2.56E-01
Xe-138	0.00E+00	1.00E-03	0.00E+00	1.37E-01
I-131	4.50E-02	4.50E-04	8.26E-02	8.26E-04
I-132	1.26E-02	1.26E-04	4.58E-02	4.58E-04
I-133	5.08E-02	5.08E-04	6.74E-02	6.74E-04
I-134	1.16E-03	1.16E-05	1.42E-02	1.42E-04
I-135	1.70E-02	1.70E-04	2.83E-02	2.83E-04
Cs-134	4.01E-03	1.00E-05	2.41E-02	6.02E-05
Cs-136	1.44E-03	3.60E-06	4.22E-03	1.06E-05
Cs-137	3.44E-03	8.59E-06	1.81E-02	4.54E-05

表 1.2-4(1/5) TEP 系统主要设备特性——槽类

特性 \ 贮槽名称	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 (°C)	≤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	II	NO	NO	NO

表 1.2-4(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 1TEP003PO 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 (°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	II	II	NO	NO	NO	NO	NO	NO

表 1.2-4(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	II

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 (°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 1.2-4(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 (°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	II	II	NO	NO

表 1.2-4(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 (°C)	≤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	II	II	II	II

表 1.2-5(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, °C 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, °C 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, °C 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, °C 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, °C 主要材料	2 立式圆筒 35 大气压 50 不锈钢
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, °C 主要材料	1 立式圆筒 150 大气压 常温 不锈钢

表 1.2-5(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 1.2-5(3/5) TEU 系统主要设备特性

树脂滞留过滤器 (9TEU005/006FI)	
数量	2
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	25
过滤效率, %	98
主要材料	不锈钢
工艺排水泵(9TEU001PO)	
数量	1
型式	离心泵
流量, m ³ /h	10
扬程, m(水柱)	95
最高工作温度, °C	70
主要材料	不锈钢
地面排水泵(9TEU002PO)	
数量	1
型式	离心泵
流量, m ³ /h	27.2
扬程, m(水柱)	70
最高工作温度, °C	70
主要材料	不锈钢
化学排水泵(9TEU003PO)	
数量	1
型式	离心式
流量, m ³ /h	10
扬程, m(水柱)	40
最高工作温度, °C	70
主要材料	不锈钢
排水泵(9TEU012PO)	
数量	1
型式	离心泵
流量, m ³ /h	27.5
扬程, m(水柱)	75
最高工作温度, °C	70
主要材料	不锈钢

表 1.2-5(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, °C 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, °C 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, °C 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, °C 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, °C 主要材料	1 离心泵 15 40 70 不锈钢

表 1.2-5(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, °C 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, °C 主要材料	1 计量泵 0-150 ≥ 10 40 不锈钢
酸泵(9TEU011PO) 数量 型式 流量, L/h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 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 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	1 3.5 1.6 160 不锈钢
净化器(9TEU001ZE) 数量 流量, m ³ /h 扬程, m (水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	1 3.5 1.6 160 不锈钢

表 1.2-6 TER 系统主要设备特性

废液排放贮槽(OTER001/002/003BA) 数量 型式 有效容积, m ³ 工作压力, MPa(表压) 最高工作温度, °C 主要材料	3 立式圆筒 500 大气压 60 碳钢
排放泵(OTER001/002/003PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	3 离心泵 170 40 60 不锈钢
地坑泵(OTER004/005/006PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	3 地坑潜水泵 10 32 70 不锈钢
地坑泵(OTER007PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	1 地坑潜水泵 5 24 50 不锈钢

表 1.2-7(1/2) SRE 系统主要设备特性

废水贮槽(OSRE001/002BA) 数量 型式 有效容积, m ³ 工作压力, MPa(表压) 最高工作温度, °C 主要材料	2 立式立方体 20 大气压 50 不锈钢
排水泵(OSRE001/002PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	2 离心泵 10 67 50 不锈钢
地坑泵(OSRE008PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	1 地坑潜水泵 5 36 50 不锈钢
过滤器(OSRE001FI) 数量 型式 流量, m ³ /h 最大允许压降, MPa 最高工作温度, °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(OSRE201BA) 数量 型式 有效容积, m ³ 工作压力, MPa(表压) 最高工作温度, °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(OSRE202BA) 数量 型式 有效容积, m ³ 工作压力, MPa(表压) 最高工作温度, °C	1 立式圆筒 12 大气压 70

表 1.2-7(2/2) SRE 系统主要设备特性

厂区试验室疏水箱(OSRE203BA) 数量 型式 有效容积, m ³ 工作压力, MPa(表压) 最高工作温度, °C 主要材料	1 立式圆筒 2 大气压 70 不锈钢
排水泵(OSRE201/202/203PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	3 离心泵 5 60 70 不锈钢
地坑泵(OSRE301/302/303/305/306/307PO) 数量 型式 流量, m ³ /h 扬程, m(水柱) 最高工作温度, °C 主要材料	6 地坑潜水泵 5 36 50 不锈钢

表 1.2-8 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	1RPE 003BA	全容积：1.45m ³ 设计压力：常压	不锈钢
	2RPE 003BA	全容积：1.45m ³ 设计压力：常压	不锈钢

表 1.2-9 化学和容积控制系统 (RCV) 定量设计基准

设计参数	单位	参数值
三台反应堆冷却剂泵总的密封水注入流量		
—— 正常	m ³ /h	~5.76
—— 最大	m ³ /h	9
三台反应堆冷却剂泵总的密封水返回流量		
—— 正常	m ³ /h	2.4
—— 最大	m ³ /h	17
下泄流量:		
—— 正常	m ³ /h	13.6
—— 最大	m ³ /h	27.2
上充流量 (不包括密封水):		
—— 正常	m ³ /h	10.2
—— 最大	m ³ /h	23.9
反应堆冷却剂下泄流进入 RCV 系统的温度	°C	292
上充流进入反应堆冷却剂系统 (RCP) 的温度:		
—— 正常流量时	°C	266
—— 最大流量时	°C	233
每台上充泵旁路流量	m ³ /h	13.6
反应堆冷却剂系统水压试验所需的最大压力	MPa	22.9

表 1.2-10(1/2) RCV 系统主要设备特性

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

表 1.2-10(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, °C 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, °C 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, °C 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 1.2-11(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 1.2-11(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 (°C)	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 (°C)	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 (°C)	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 1.2-11(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 (°C)	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 25 μ m 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 1.2-12 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	1/2APG001DE 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 1.2-13 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, °C 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, °C 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, °C 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, °C 主要材料	1 地坑潜水泵 5 24 70 不锈钢

表 1.2-17(1/2) TEG 含氢废气的来源

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

表 1.2-17 (2/2) TEG 含氧废气的来源

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 1.2-18TEG 含氢废气子系统主要工艺设备参数

<p>——缓冲罐（001BA）</p> <p>数量 型式 容积 设计压力 设计温度 主要材料</p>	<p>1 台 卧式，圆筒型 5m³ 0.7MPa（表压） 50℃ 不锈钢</p>
<p>——含氢废气压缩机（001，002CO）</p> <p>数量 型式 设计流量 设计压力 设计温度 主要材料</p>	<p>2 台 隔膜压缩机 38m³ (STP)/h·台 0.7MPa（表压） 200℃ 不锈钢和碳钢</p>
<p>——压缩气体冷却器（001，002RF）</p> <p>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</p>	<p>2 台 卧式套管 38m³(STP)/h·台 0.7MPa(表压) 1.2MPa（表压） 50℃ 不锈钢</p>
<p>——衰变箱（004，005，006，007BA）</p> <p>数量 型式 容积 设计压力 设计温度 主要材料</p>	<p>4 台 立式圆筒型 18m³/台 0.7MPa（表压） 50℃ 碳钢</p>
<p>——衰变箱（008，009，010，011BA）</p> <p>数量 型式 容积 设计压力 设计温度 主要材料</p>	<p>4 台 立式圆筒型 60m³/台 0.7MPa（表压） 50℃ 碳钢</p>

表 1.2-19 TEG 含氧废气子系统主要工艺设备参数

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

表 1.2-20 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 5	机组 6	机组 5	机组 6	机组 5	机组 6	
1.	核燃料厂房通风系统(DVK)	32100	32235	36695	36875	3600	3600	正常排风：两台预过滤器，两台高效空气粒子过滤器（互为备用）。 低流量排风：一台预过滤器，一台高效空气粒子过滤器。
		全新风		DVN 烟囱		DVN 烟囱		
2.	安全注入和安全壳喷淋泵电机房通风系统 (DVS)	14120	14120	13200	13200	0	0	无 (只有一台进风预过滤器)
		全新风		直排室外				
3.	核辅助厂房通风系统(DVN)	200400		200400		32400		正常排风：四台并联的预过滤器，四台并联的高效空气粒子过滤器（三用一备）。 碘排风：一台预过滤器，一台高效空气粒子过滤器，一台碘吸附器（另有一套备用）。
		全新风		DVN 烟囱		DVN 烟囱		
4.	外围设备间通风系统(DVW)	无送风，只有排风		12000	12000	12000	12000	正常排风：一台预过滤器，一台高效过滤器。 碘排风：一台预过滤器，一台高效过滤器，一台碘吸附器。
				DVN 烟囱		DVN 烟囱		
5.	安全壳空气净化系统(EVF)	20000	20000	0	0	0	0	无（只有四台进风高效空气粒子过滤器，碘吸附器两台，并联使用，无备用，EVF 系统为闭式空气循环系统）。
		从 EVR 引入		安全壳内部循环				
6.	安全壳内空气监测系统(ETY)	1500	1500	1500	1500			正常排风：一台预过滤器，一台高效空气粒子过滤器，一台碘吸附器。无备用。
		从 DVK 引入		DVN 烟囱				
7.	安全壳换气通风系统 (EBA)	50000	53000	53000	53000	5 号或 6 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 1.2-24 (1/3) 固体废物处理系统 (TES) 主要设备参数

N 厂房内设备	
— 浓缩液贮槽	
数量	1
有效容积, m ³	5
设计压力, MPa (g)	0.3
最高温度, °C	170
主要材料	不锈钢
— 废树脂贮槽	
数量	2
有效容积, m ³	9
设计压力	常压
最高工作温度, °C	55
主要材料	不锈钢
— 移动式 APG 废树脂贮槽	
数量	1
有效容积, m ³	1.5
设计压力	常压
最高工作温度, °C	55
主要材料	不锈钢
— 树脂喷射器	
数量	2
除盐水流量, m ³ /h	7.5
树脂流量, m ³ /h	2.5
工作压力, MPa (g)	0.3
— 树脂输送泵	
数量	1
额定流量, m ³ /h	12
扬程, m	35
设计压力, MPa (g)	1.0
— 湿废物转运接口箱	
数量	1
材料	不锈钢
设计压力, MPa (g)	1.0

表 1.2-24(2/3) 固体废物处理系统 (TES) 主要设备参数

—接口箱连接用人员平台	
数量	1
主要材料	碳钢
—过滤器芯子更换转运容器	
数量	1
铅屏蔽厚度, mm	100
主要材料	不锈钢、铅
—移动式干混料斗	
有效容积, m ³	0.88
主要材料	碳钢
—废滤芯灌浆固定装置	
数量	1
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
用电量, kW	20
—内屏蔽门	
数量	1
防护厚度, mm	130
主要材料	碳钢
—外屏蔽门	
数量	1
防护厚度, mm	130
主要材料	碳钢
—废物桶吊车	
数量	1
起重量, t	~12
—废物桶抓具	
数量	3 (N1、QT2)
主要材料	不锈钢
—废滤芯水泥固定桶屏蔽运输容器 (400L) 钢桶	
数量	1
铅屏蔽厚度, mm	100

表 1.2-24(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
操作位置	控制室
起重量, t	5
— 混合配料装置	
数量	1
材料	碳钢

表 1.2-25 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 系统输入废物的总体积的设计值

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 (2)
压实前的各类干废物	280m ³ (3)

注：

- (1) 其中 12m³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) 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。
- (3) 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。

b) 两台机组每年输出桶数的设计值

	N 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	
杂项干废物		334
总计	218	439

2 正常运行的辐射环境影响

田湾核电站 5~6 号两台机组正常运行时，主要通过气态、液态流出物以及固体废物厂外运输过程中对公众造成辐射影响，描述如下：

田湾核电站 5~6 号两台机组正常运行时，气载放射性流出物主要通过核辅助厂房的烟囱排入大气，经大气扩散对核电厂周围的公众造成辐射影响。

田湾核电站 5~6 号两台机组正常运行时，液态流出物主要经过放射性废液处理系统处理后进监测槽，监测合格后与电厂的循环水混合一起“槽式排放”排到海州湾海域，在其稀释和扩散的过程中，对公众造成辐射影响。

田湾核电站 5~6 号两台机组正常运行时，固体废物可能在厂外运输过程中对公众造成辐射影响，厂外运输指废物装运到最终处置场或其它的设备，这种运输按专门的执行程序进行，其环境影响由专门的环境影响评价报告描述，本报告不予评价。

气载流出物排放到环境后对公众的照射途径包括以下四个方式：

- ①烟云浸没外照射；
- ②地面沉积外照射；
- ③吸入空气内照射；
- ④食入农牧产品内照射。

经由大气途径的干湿沉积造成海水污染而引起水生生物污染，相对于电厂向海水排放液态流出物造成的水生生物污染要小得多，因此“气载流出物→海产品污染→食入内照射”照射途径不予考虑。

液态流出物排放到环境后对公众的照射途径包括以下三个方式：

- ①食入水生生物（藻类、鱼、软体和贝类动物等）内照射；
- ②海滩娱乐、海岸作业等岸边沉积物外照射；
- ③海域中游泳、划船和水上作业等外照射。

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。

本项目气、液态放射性流出物对公众的照射途径详见下图 2.1。

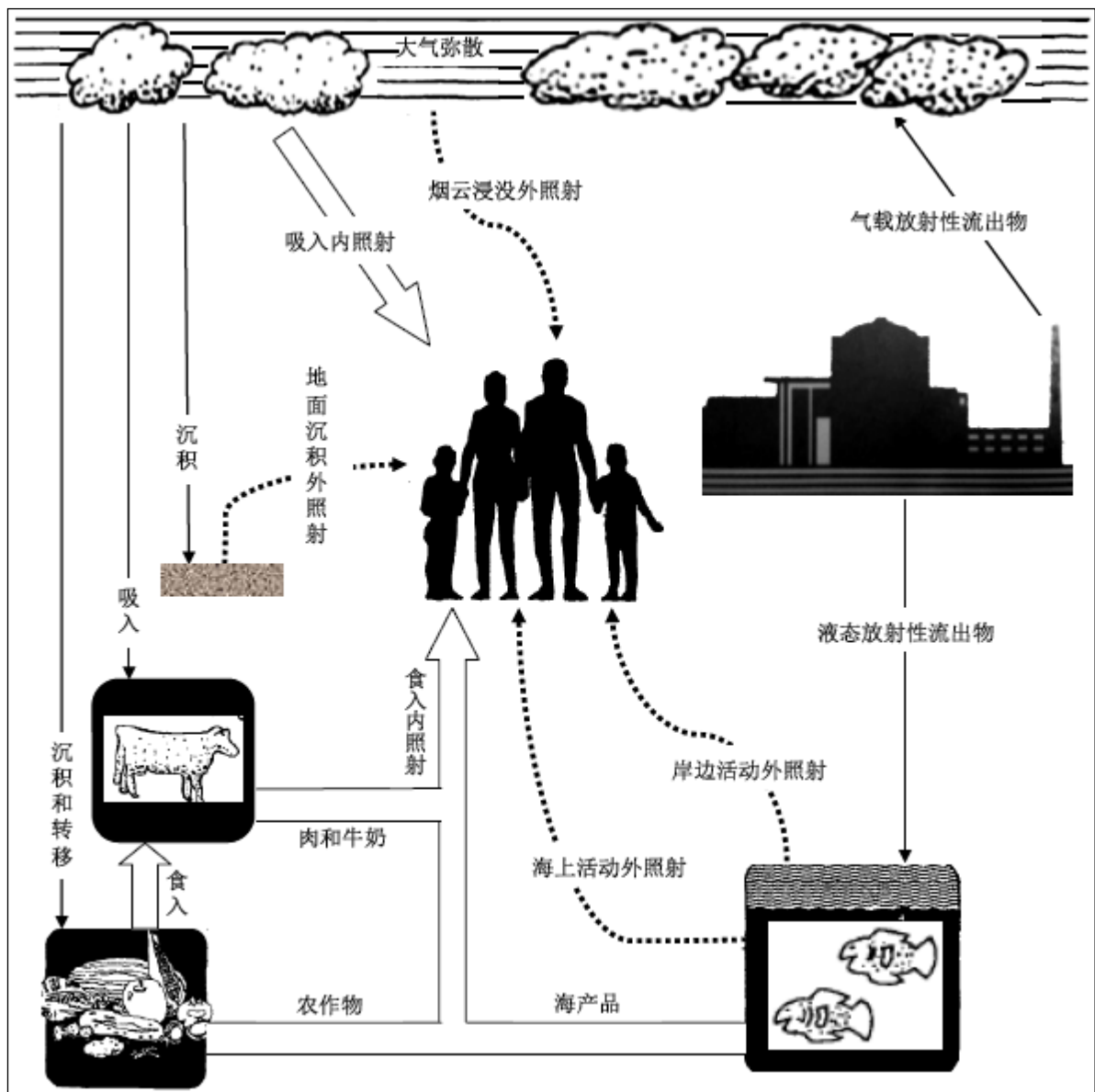


图 2-1 气、液态放射性流出物对公众的照射途径

2.1 气载流出物的辐射环境影响

田湾核电站 5、6 号机组正常运行时，气载放射性流出物主要通过核辅助厂房的烟囱排入大气，经大气扩散对核电厂周围的公众造成辐射影响。

2.1.1 排放源项

按照 HJ808-2016 的要求，在运行阶段，用于计算评价范围内的公众剂量的流出物排放源项采用排放量申请值；在分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时源项采用流出物排放源项的预期值（现实值）。

鉴于田湾核电站 5、6 号机组改为长燃料循环后排放量的设计值比起年换料制的排放量设计值有所变化，故需调整原申请值。新申请值各核素申请值中，惰性气体、粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）申请值为设计值的 90%，碳-14、氚等核素申请值就是设计值。

2.1.2 照射途径

计算考虑的气态途径有：空气浸没外照射，地面沉积物外照射，吸入污染空气受到的内照射和食入污染食品受到的内照射。

2.1.3 评价模式及参数

本项目运行状态下，气载放射性流出物在大气中的扩散采用高斯烟羽模式计算，在大气弥散计算模式中，考虑了风摆效应、静风的分配、混合层高度以及建筑物尾流；同时考虑了放射性衰变及干、湿沉积在地表的累积、清除和转移。

计算剂量所用的惰性气体空气浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，其余核素的空气浸没外照射剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告 (1993)，食入、吸入内照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，地表沉积剂量转换因子取自美国联邦导则 12 号报告，各核素的转移系数和浓集因子取自 IAEA 安全丛书 19 号报告中的数据。居民食谱、生活习性数据采用《田湾核电站扩建工程 5、6 号机组厂址周围人口、食谱、环境及其外部人为事件调查报告》(2018 年 12 月) 的调查数据，人口分布数据选用厂址 2020 年的预期人口数。

2.1.4 剂量估算

(1) 大气弥散因子及地面沉积因子

大气弥散因子及地面沉积因子采用厂址气象站 2017 年 1 月~2018 年 12 月逐时气象数据计算。采用高度为 70m 梯度的风向、风速、稳定度三维联合频率，以及高度为 70m 梯度的风向、风速、稳定度、降雨量四维联合频率。

年均大气弥散因子最大值为 $9.42 \times 10^{-6} \text{s/m}^3$ ，出现在厂址 ENE 方位 0~1km 处；地面沉积因子的最大值为 $3.78 \times 10^{-7} \text{m}^{-2}$ ，出现在厂址 ENE 方位 0~1km 处。

(2) 剂量估算结果

基于饮食、生活习性以及剂量转换因子的不同，将一般公众分为四个年龄组，即成人组 (>17 岁)、少年组 (7~17 岁)、儿童组 (2~7 岁)、婴儿组 (≤ 2 岁)，分别对厂址 80km 范围内各方位各距离所在子区的上述年龄组的个人年有效剂量进行估算。

经计算得到的各年龄组、各子区公众个人所受的年有效剂量见表 2.1-7。由表可知，气态途径释放的放射性核素对成人、青少年、儿童和婴儿组造成的最大个人有效剂量分别为 $2.57 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 、 $3.31 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 、 $3.81 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 和 $1.67 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，位于 NE 方位 1~2km 处。气态途径释放的放射性核素所致评价范围内公众的集体剂量为 0.17Sv/a 。

2.2 液态流出物的辐射环境影响

2.2.1 排放源项

按照 HJ808-2016 的要求，在运行阶段，用于计算评价范围内的公众剂量的流出物排放源项采用排放量申请值；在分析关键人群组、关键核素、关键照射途径时源项采用流出物排放源项的预期值（现实值）。

表中所列的除氡和 C-14 外其余核素共为 15 种，相较于表前节所给出的源项少了 23 种，但此 23 种未评价核素不足总排放量的 0.5%，对总剂量贡献值不足 0.05%，对评价结果影响很小。

2.2.2 照射途径

本项目在运行状态下，液态放射性流出物排放到黄海，在其稀释和扩散的过程中，对公众的照射途径包括：食入海生生物造成的内照射、岸边沉积造成的外照射、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。

2.2.3 评价模式及参数

海水稀释因子取自中国水利水电科学研究院分别于 2014 年 6 月和 2015 年 11 月完成的《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一温排水、低放废水数值模拟计算报告》和《田湾核电站 5、6 号机组液态流出物排放数值模拟计算报告》成果报告，根据研究成果报告，在液态剂量计算中选取厂址排放口不同范围海域放射性核素的稀释因子选取最不利潮型一典型小潮时的相应结果。

食入有效剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），地表沉积和水中浸没剂量转化因子取自美国联邦导则 12 号报告（1993），海产品沉积吸附分配系数 K_d 、海产品浓集因子 B_p 取自 IAEA 安全丛书 19 号报告中的数据。

2.2.4 剂量估算

由于膳食、生活习性以及剂量转换因子的不同，将公众个人分为四个年龄组，即成人组（>17 岁）、青少年组（7-17 岁）、儿童组（2~7 岁）、婴儿组（≤2 岁）。

经过计算，液态途径释放的放射性核素对成人、青少年、儿童和婴儿造成的个人最大有效剂量分别为 $1.01 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $1.14 \times 10^{-5} \text{Sv/a}$ 、 $9.49 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 和 $4.22 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ 。液态途径释放的放射性核素所致评价范围内公众的集体剂量为 24.3Sv/a 。

2.2.5 海水水质评价

田湾核电站 5、6 号机组共用一套低放废液排放系统，低放废液年排放量为 58000m^3 ，

间歇排放时单台有效容积 500m^3 的贮槽排空时间保守假设为 3.3h, 2 台机组的冷却循环水流量为 $118.2\text{m}^3/\text{s}$ 。按间歇排放方式计算得到总排放口处循环冷却水内的放射性核素浓度见表 2.2-4。由表可知, 本工程运行状态下排放海域中 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 五个核素浓度小于《海水水质标准 (GB3097-1997)》规定的浓度限值。

田湾核电站 5、6 号机组运行前放射性环境本底调查对排放海域内的海水放射性浓度监测结果。由表可知, 即使考虑排放海域内放射性本底与 5、6 号机组低放废水排放的叠加, 海水中放射性核素的浓度也符合 GB3097-1997 中相应指标要求。

2.3 本工程所致公众年辐射剂量汇总

将气、液态途径释放的放射性核素对厂址半径 80km 范围内各年龄组、各子区公众个人所致的有效剂量叠加后, 可知, 厂址半径 80km 范围内最大个人有效剂量出现在 EN 方位 1-2km 处, 此处居住的是柳河村二组的村民, 各年龄组 (成人、青少年、儿童和婴儿) 受到的个人最大有效剂量分别为 $1.27\times 10^{-5}\text{Sv/a}$ 、 $1.47\times 10^{-5}\text{Sv/a}$ 、 $1.33\times 10^{-5}\text{Sv/a}$ 和 $5.89\times 10^{-6}\text{Sv/a}$ 。在各年龄组中青少年组的剂量最大, 其中, 气态途径所致的剂量为 $3.31\times 10^{-6}\text{Sv/a}$, 液态途径所致的剂量为 $1.14\times 10^{-5}\text{Sv/a}$ 。气、液态途径释放的放射性核素所致评价范围内公众的集体剂量为 24.5Sv/a 。

对于关键人群组, 气、液态综合各途径、各核素的剂量贡献进行计算, 关键人群组受到的个人最大有效剂量为 $1.10\times 10^{-5}\text{Sv/a}$, 关键途径为食入海产品造成的内照射, 其所致剂量为 $9.72\times 10^{-6}\text{Sv/a}$, 约占总剂量的 88.70%; 其次为空气吸入内照射照射途径, 约占气液态途径总剂量的 6.61%; 岸边活动外照射和空气浸没外照射途径分别占气液态途径的 4%和 0.68%。各核素中的关键核素为 C-14, 它所致的剂量约占气液态剂量的 56%; 其它贡献较大的核素为 Co-60 和 Fe-59, 分别占气液态途径总剂量的 15.10%和 8.35%。

2.4 本工程对水生生物的辐射影响

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。田湾核电站 5、6 号机组正常运行时, 液态放射性流出物对周围水体中水生生物的辐射剂量采用 ERICA 程序计算。

ERICA 程序根据生物所在的栖息环境设置了 14 种不同的代表性生物作为参考生物。本次评价根据本工程厂址所在海域代表性生物的具体情况, 选择了底栖软体动物、甲壳类动物、大型藻类、浅水鱼、深水鱼、浮游植物、浮游动物、多毛纲动物蠕虫、珊瑚虫、珊瑚虫群落共 10 类生物进行计算。

用田湾核电站 5、6 号机组改为 18 个月换料后的流出物申请值估算对水生生物的辐

射剂量率。

由计算可见，在评价范围内 10 类生物中多毛纲动物蠕虫受到的总剂量率最大，为 $2.13 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。对多毛纲动物蠕虫贡献最大的核素为 Co-58，该核素对多毛纲动物蠕虫造成的总剂量率 $1.16 \times 10^{-2} \mu\text{Gy/h}$ 。上述各类水生生物所受的总剂量率均小于 ERICA 推荐的筛选值 ($10 \mu\text{Gy/h}$)。因此，田湾核电站 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。

2.5 本工程与 1~4 号机组的辐射环境影响

2.5.1 气态流出物排放源项

本工程（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，田湾核电站 1、2 号机组气载流出物 2014 年~2019 年实际运行监测值。田湾核电站 3、4 号机组分别于 2018 年和 2019 年投入商业运行，由于 3、4 号机组运行时间短，流出物实际排放监测数据积累有限，本节进行相关计算分析时，采用预期值（现实值）源项。

厂址 1~6 号 6 台机组运行状态下，气载流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的厂址气载流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组 排放量申请 值 Bq/a	3、4 号机组 排放量申请 值 Bq/a	5、6 号机组 量申请值 Bq/a	厂址 6 台机组 总排放量申请 值 Bq/a	厂址排放 量控制值 Bq/a	比值
惰性气体	7.63E+13	7.63E+13	1.37E+14	2.90E+14	2.40E+15	12.07%
碘	3.70E+08	3.70E+08	1.19E+09	1.93E+09	8.00E+10	2.41%
粒子($T_{1/2} \geq 8\text{d}$)	1.20E+08	1.20E+08	1.31E+08	3.71E+08	2.00E+11	0.19%
氚	6.40E+12	6.16E+12	7.95E+12	2.05E+13	6.00E+13	34.18%
碳-14	6.00E+11	6.00E+11	7.52E+11	1.95E+12	2.80E+12	69.71%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的厂址年排放量控制值要求。

核电站运行状态下的气载流出物中，C-14 主要以碳氢化合物和 CO_2 两种形态排放。以碳氢化合物形态排放的 C-14，是造成 C-14 全球影响的主要因素。要计算它的全球效应是一个较为复杂的过程，现阶段没有适宜的计算模型和参数，无法得到真正有现实意义的结果。UNSCEAR（1982）中指出，C-14 气态途径排放的化学形态中，20%以 CO_2 形态排放，80%以 CH_4 和 C_2H_6 形态排放；IAEA421 号报告（2004 年）中提出，欧洲和美国的压水堆核电站以 CO_2 形态排放的 C-14 仅占 5~25%。因此，本报告中本工程排放的 C-14 对公众造成的辐射影响只考虑以 CO_2 形态排放造成的剂量影响，其排放量为整个 C-14 气态途径排放量的 25%。俄罗斯提供的对 VVER-1000 型核电站 C-14 排放的实测报告表明，约有 40% 的 C-14 以 CO_2 形态释放。因此，本报告中 1-4 号机组 C-14 对公

众造成的辐射影响只考虑以 CO₂ 形态释放造成的剂量影响，其释放量为整个 C-14 气态途径释放量的 40%。

2.5.2 液态流出物排放源项

厂址 1~6 号 6 台机组运行状态下，液态流出物排放源项与《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2011）规定的液态流出物年排放量控制值的比较如下：

核素类别	1、2 号机组 排放量 申请值 Bq/a	3、4 号机组 排放量 申请值 Bq/a	5、6 号机组 排放量 申请值 Bq/a	厂址 6 台机组总 排放量申请值 Bq/a	厂址排放 量控制值 Bq/a	比值
氚	6.60E+13	6.16E+13	7.95E+13	2.07E+14	3.00E+14	69.03%
碳-14	3.00E+10	3.00E+10	5.66E+10	1.17E+11	6.00E+11	19.43%
其余核素	7.40E+09	7.40E+09	3.95E+10	5.43E+10	2.00E+11	27.15%

各类核素的排放量均满足 GB 6249-2011 规定的年排放量控制值要求。

2.5.3 本工程与 1~4 号机组所致公众年辐射剂量汇总

本工程建成后将与田湾核电站 1~4 号机组一起运行，6 台机组运行状态下，气液态途径综合释放的放射性物质对各年龄组（成人、青少年、儿童、婴儿）公众造成的最大个人有效剂量分别为 1.54E-05Sv/a、1.85E-05Sv/a、1.60E-05Sv/a、7.83E-06Sv/a。各年龄组中青少年组的剂量最大，为 1.85E-05Sv/a，约占厂址个人剂量约束值（0.25mSv/a）的 7.41%，其中气态途径剂量为 3.59E-06Sv/a，液态途径剂量为 1.42E-05Sv/a。

本工程建成后将与田湾核电站 1~4 号机组一起运行，6 台机组运行状态下，最大个人有效剂量出现在厂址 NE 方位 1~2km 处，此处居住的是柳河村二组的村民。关键居民组为青少年组，受到的最大个人有效剂量为 1.48E-05 Sv/a。关键途径为液态途径的食入海产品造成的内照射途径，其所致的剂量为 1.32E-05Sv/a，约占气液态总剂量的 89.53%；空气吸入内照射照射途径，约占气液态途径总剂量的 6.60%；岸边活动外照射和空气浸没外照射途径分别占气液态途径的 3.1%和 0.6%。各核素中的关键核素为 C-14，它所致的剂量约占气液态剂量的 52.76%；其它贡献较大的核素为 Co-60 和 Fe-59，分别占气液态途径总剂量的 11.83%和 18.74%。

3 事故的辐射环境影响

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，需对核电厂设计基准事故的潜在照射后果进行评价。田湾核电站 5、6 号机组采用 M310 机组，本章根据《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环堆芯燃料管理论证项目》确定的设计基准事故源项，采用田湾核电站厂址气象数据，计算各设计基准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 GB6249-2011 中的有关要求。

田湾核电站 5、6 号机组所考虑的主要**设计基准事故**如下：

- 一失水事故(LOCA)
- 一控制棒弹出事故 (CREA)
- 一卡轴事故 (LRA)
- 一主蒸汽管道断裂事故 (MLSB)
- 蒸汽发生器传热管破裂加安全阀卡开事故 (SGTR+SVSO)
- 一燃料操作事故 (FHA)
- 一蒸汽发生器传热管破裂事故 (SGTR)
- 一安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故
- 一废气处理系统衰变箱破裂事故 (TEGA)
- 化学容积控制系统容控箱破裂事故 (RCVA)

上述事故中包含了 9 个设计基准事故。其中，失水事故(LOCA)、控制棒弹出事故 (CREA)、卡轴事故 (LRA)、主蒸汽管道断裂事故 (MLSB)、蒸汽发生器传热管破裂加安全阀卡开事故 (SGTR+SVSO) 和燃料操作事故 (FHA) 六个事故属于 GB6249-2011 中规定的**极限事故**；蒸汽发生器传热管破裂事故 (SGTR)、安全壳外含有一次侧冷却剂小管道破损事故、废气处理系统衰变箱破裂事故 (TEGA) 和化学容系统容积控制箱破裂事故 (RCVA) 四个事故属于 GB 6249-2011 中规定的**稀有事故**。另外，本章节还考虑了特殊工况，包括最终热阱丧失事故以及主蒸汽管道断裂事故叠加蒸汽发生器传热管断裂事故 (MLSB+SGTR)，按照 GB 6249-2011 中规定的**极限事故**进行评价。

3.1 设计基准事故描述及源项

3.1.1 失水事故(LOCA)

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漏进入环境中。该事故属于**极限事故**。

计算该事故向环境的排放源项采用了如下的假设和参数：

- 事故发生在堆芯平衡循环末期；
- 燃料包壳破损份额：100%；
- 堆芯裂变产物释放到冷却剂份额：

Kr-85	30%
惰性气体(除 Kr-85)	2%
碘	3%
- 碘在冷却剂中的滞留和在结构上的沉积，导致碘向安全壳的释放减少 50%；
- 碘的喷淋去除因子：

元素碘	1000
有机碘	1
- 碘在安全壳内的化学形态和泄漏率

1) 保守模型下，碘在安全壳内的化学形态：元素碘占 90%，粒子碘占 10%。

安全壳泄漏率：	0.3%/d	0~24h
	0.15%/d	24h~30d

2) 现实模型下，碘在安全壳内的化学形态：元素碘占 90%，粒子碘占 10%。

安全壳的泄漏率是安全壳内压降的函数，最大值为 0.3%/d，见下表。

时间	0-1h	1-2h	2-6h	6-12h	12h-1d	1-30d
绝对压力(bar)	4.77	3.29	2.35	1.84	1.60	1.49
空气温度(°C)	182	118	98	84	74	68
每天的泄漏率(%)	0.300	0.265	0.239	0.213	0.192	0.180

3.1.2 控制棒弹出事故 (CREA)

该事故是由于控制棒驱动机构耐压壳机械损坏，导致控制棒组件和驱动轴弹出堆芯外。这种机械损坏将导致正反应性的快速引入和不利的堆芯功率分布畸变。事故可能引起局部的燃料棒破损。该事故属于**极限事故**。

计算该事故向环境的排放源项采用了如下的假设和参数：

- 随着假想的控制棒弹出，燃料中的放射性物质将释放进入反应堆冷却剂，并假定在反应堆冷却剂中瞬时均匀混合。
- 假定释放到安全壳中的放射性物质（通过破裂的控制棒机构承压外壳释放）在

安全壳中瞬时均匀混合，然后泄漏入大气。在安全壳内考虑的去碘过程包括碘沉积、放射性衰变、安全壳泄漏以及通过安全壳喷淋的除碘，喷淋系统在事故开始后 6 小时手动启动。

释放到环境的放射性物质包括：

- 通过安全壳途径泄漏的放射性物质；
- 通过主蒸汽安全阀和释放阀泄漏的放射性物质。

主要计算参数如下：

	现实模型	保守模型
堆芯热功率	2895MWth	2895 MWth
破损燃料	燃料棒的 10%	10%
熔化燃料	堆芯的 1%	1%
释放到反应堆冷却剂的放射性活度 (燃料所含活度的%)		
— 破损燃料	惰性气性 (Kr-85 除外): 2%	惰性气性 (Kr-85 除外): 10%
— 熔化燃料	Kr-85: 30% 碘: 3% 惰性气性: 100% 碘: 50%	Kr-85: 30% 碘: 10% 惰性气性: 100% 碘: 50%
安全壳中碘的形态:		
— 元素碘	90%	90%
— 粒子碘	10%	10%
安全壳喷淋除碘因子 (事故后 6 小时):		
— 元素碘	10^{-3}	10^{-3}
— 有机碘	1	1
释放到安全壳的碘活度的沉积	50%	50%
一回路到二回路的泄漏率	3kg/h	72kg/h

通过二回路释放的假设参数,如事故后 200 秒通过二回路安全阀喷射了 3.4 吨蒸汽,事故后 30 分钟内通过二回路释放阀释放 6.75 吨蒸汽,一、二回路平衡时间保守地按 2500 秒考虑。

由于通过二回路主蒸汽安全阀和释放阀的环境释放源项远小于安全壳直接向环境的排放量,因此仅计算了安全壳释放造成的剂量。

3.1.3 主蒸汽管道断裂事故 (MLSB)

主蒸汽系统管道失效是由主蒸汽管道断裂引起的,蒸汽系统管道损坏最保守的假设是导致最快降温冷却的双端剪切断裂。

假设安全壳外一根主蒸汽管道完全切断。事故期间,与断裂的蒸汽管相连的受影响蒸汽发生器在很短的时间内完全排空,随后产生的蒸汽通过破口直接向大气喷放,直到工作人员把受影响蒸汽发生器隔离为止。主蒸汽管道隔离阀、其旁路阀以及蒸汽排放管

线阀在接到主蒸汽隔离信号后将未受影响蒸汽发生器和主蒸汽管道隔离。未受影响蒸汽发生器可以通过卸压阀将蒸汽排入大气来去除堆芯衰变热。排气持续进行直到反应堆冷却剂的温度和压力降到余热排出系统能用于冷却反应堆为止。

事故期间释放到环境的放射性核素是由受影响蒸汽发生器通过管道破口和未受影响蒸汽发生器通过释放阀排放到大气的二回路蒸汽带出的。二回路蒸汽中的放射性核素是由反应堆冷却剂通过蒸汽发生器传热管的泄漏而带入的。

该事故属于**极限事故**。

计算该事故向环境的排放源项采用了如下的假设和参数：

——假定事故发生在瞬态释放持续 1.5 小时后，此时一、二回路的比活度达到最大值。现实模型中泄漏率为 3kg/h，而保守模型中为 72kg/h。

——事故发生在 25%额定功率下，假定蒸汽发生器排污立即停止。紧急停堆后，假设冷凝器不可用，机组的冷却通过蒸汽发生器中水的蒸发和蒸汽释放入大气来保证。受影响蒸汽发生器主给水隔离时间为 22.76 秒，辅助给水隔离时间为 30 分钟。假设在事故期间，一/二回路的泄漏率保持不变。

——事故后 392 秒，受影响蒸汽发生器水质量达到瞬态过程中最小值，此时可近似认为，所有的水都以蒸汽的形式被带走，一回路向二回路的泄漏直接排入大气。事故后二回路通过安全释放阀向环境的蒸汽排放量为：

质量	事故开始后的时间			
	0-600 秒	600 秒-30 分	30 分-2 小时	2 小时-8 小时
由破损蒸汽发生器排放的蒸汽	149.0t	85.8t	0	0
由完好蒸汽发生器排放的蒸汽	12.2 t	0	137 t	275t
到完好蒸汽发生器的给水	83.3t	100 t	0	240.9t

3.1.4 蒸发器传热管破裂事故 (SGTR)

该事故假设蒸汽发生器一根传热管完全双端断裂。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 RCP 向二回路系统泄漏，导致二回路系统放射性增加。如果在发生该事故的同时又失去厂外电源或蒸汽向冷凝器的排放系统失效，则放射性活度将通过蒸汽发生器的安全阀和大气释放阀向大气排放。该事故属于**稀有事故**。

计算该事故向环境的排放源项采用了如下的假设和参数：

假设 SGTR 事故前一回路冷却剂系统的放射性比活度达到了瞬态后的最大值；二回路系统的初始放射性比活度也达到了瞬态后的最大值；一回路向二回路的泄漏率保持在

0.02kg/s。根据事故分析的结果，当反应堆在 5% 的功率水平运行时发生的 SGTR 事故将使得破损蒸汽发生器释放的蒸汽排放量最大，从而导致有最多的放射性物质释放至环境中，这种形式的释放对环境的影响最为严重。因此，只考虑了 5% 功率下发生 SGTR 事故的源项。

3.1.5 蒸汽发生器传热管破裂并伴随安全阀卡开事故（SGTR+SVSO）

这一事故基于如下假设：蒸汽发生器发生传热管断裂（称“相关蒸汽发生器”），在一回路冷却剂向二回路泄漏的过程中，与相关蒸汽发生器有关的释放阀和安全阀被迫打开向环境释放蒸汽，以降低压力，但相关蒸汽发生器发生了满溢，安全阀过水，在受到水冲击后，安全阀始终处于打开位置向环境释放蒸汽而不能回座，持续到一、二回路与大气压力达到平衡，排放停止。该事故属于**极限事故**。

发生一回路向二回路泄漏事故时，假设主回路冷却剂从卡开的安全阀立刻释放到大气环境中。此时假定主冷却剂的放射性水平与事故前稳态工况时相同。当反应堆停堆触发时，碘的浓度水平达到峰值。

反应堆一回路向二回路的泄漏率，事故前为 0.02kg/s；事故发生后两小时内总泄漏量为 157t。

由于安全阀卡开，蒸汽发生器传热管破裂事故发生 8.5 小时后，破口流量终止。向环境的释放为：

水 252.1 t

蒸汽 184.7t（受影响 SG），388.3t（完好 SG、两台）

在破损的蒸汽发生器中，保守地取碘的分配因子为 0.1，在所有的蒸汽发生器中，二回路蒸汽中液滴夹带系数取 0.0025。

3.1.6 主蒸汽管道断裂叠加蒸汽发生器传热管断裂事故（MLSB+SGTR）

初始事件是指安全壳外一根无隔离的蒸汽管道断裂，同时在同一蒸汽发生器内的 100 根传热管断裂。这个事件相当于一回路向安全壳外直接排放的一个破口。在短期内考虑为一回路的当量直径为 6.65 英寸破口，长期的反应堆安全由控制系统和操纵员实施相应事故操作规程来保证。

该事故属于特殊工况，放射性后果不得超过相应于极限事故的剂量控制值。

假设在事故发生 2 小时内，事故前积累在反应堆一回路冷却剂中的所有放射性核素全部通过破口释放到环境。假设事故前反应堆一回路冷却剂中的放射性核素浓度为 4.44GBq/t I-131 当量活度浓度。

3.1.7 最终热阱丧失事故

该事故考虑两种情况：如果开始时电站处于带功率运行、热停堆或中间停堆状态，则退防到中间停堆状态。余热靠蒸汽发生器排出，蒸汽发生器由其辅助给水系统和大气排放系统进行冷却，而辅助给水泵在一定时间后将按照厂区情况由数个水箱供水，并连接有可移动设备（如自备电动泵和可拆卸的连接管道）。如果开始时电站处于冷停堆状态，依靠常用设备或特殊设备保证对一回路系统补水。这些措施可在大约一个月的时间内保证电站的安全，这个期限对于恢复正常热阱来说是足够的。

该事故属于特殊工况，放射性后果不得超过相应于极限事故的放射性控制值。

计算该事故时稳态运行的一回路冷却剂放射性活度取 37GBq/t I-131 当量谱，随后 1.5 小时发展成为一个功率瞬变。二次系侧的活度与一次侧的泄漏率造成的放射性污染相关联，计算中假定在停堆前和停堆后都有一个恒定的泄漏 72kg/h。其他与计算相关的系统特性如下：

- 一回路环路数：3 条环路
- 一回路水质量：190.2t
- 一回路净化流量：0
- SG 水质量：47.95 t
- SG 蒸汽质量：3.622 t
- SG 排污流量：0
- SG 额定蒸汽流量：538kg/s

3.1.8 容积控制箱破裂事故（RCVA）

当化容系统容积控制箱破裂时，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**。

——假设事故发生在瞬态工况下，此时一回路冷却剂的比活度达到设计最大值。

——在最大下泄流量的稳态工况下，考虑碘通过混合床除盐器的去污因子等于 10，计算了在 RCV 箱运行工况下（30℃到 50℃；2.2bar）RCV 箱液相和气相的活度。

——平衡状态下，碘的分配因子（核素在气相中的放射性浓度与液相中的放射性浓度之比值）为 10^{-4} 。惰性气体 Xe 的分配因子为 15、Kr 为 25，它们是用 HENRY 定律求

得的值以及在 FESSENHEIM-I 和 BUGEY 电站上得到的实验值的包络值。

3.1.9 废气衰变箱破裂事故 (TEGA)

放射性废气处理系统 (TEG) 的功用在于滞留衰变反应堆冷却剂中的裂变气体, 以及处理和控制在环境释放。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。该事故属于**稀有事故**。

计算该事故向环境的排放源项采用了如下的假设和参数:

——机组分别采用采用基本负荷运行方式和负荷跟踪运行方式。在基本负荷运行方式下, 在事故发生前, 硼回收系统 (TEP) 除气塔连续运行。含氢废液的产生量为每天 15m^3 , 其中的放射性全部积累在 TEG 衰变箱中, 一回路水的活度对应于基本负荷运行工况的活度。

——假设在停堆 2h 后发生 TEG 废气系统衰变箱破裂事故, 并假设事故发生 1 小时后才能隔离破损的衰变箱, 在这 1h 期间 TEP 除气塔仍在除气并不断将裂变气体送入 TEG 衰变箱, 此时气相中的放射性活度对应于一回路冷却剂比活度为 37GBq/t I-131 当量条件下的瞬态值。

——为保守考虑, 在负荷跟踪运行方式下, 假设停堆时刻即发生衰变箱破裂事故。含氢废液的日产量为基本负荷运行方式下的 10 倍。

——假定 RCV 及 TEP 除盐器对碘的去污因子等于 100;

——RCV 容控箱内和 TEG 缓冲罐内碘的分配因子为 10^{-4} ;

——TEP 除气塔碘的分配因子为 10^{-3} 。

3.1.10 燃料操作事故 (FHA)

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, 乏燃料水池对元素碘和有机碘两种化学形态的滞留因子不同。该事故属于**极限事故**。

计算该事故向环境的排放源项采用了如下的假设和参数:

——假定破损组件是放射性含量最大的组件。

——事故发生在停堆后 100h。

——事故导致一个组件内的所有燃料棒包壳破损，燃料包壳间隙中的放射性物质全部释放到燃料水池中。

——燃料包壳间隙中的放射性占燃料组件中的份额，现实情况下，

Kr-85	30%
惰性气体(除 Kr-85)	2%
碘	3%(有机碘 0.25%,元素碘 99.75%)

保守情况下 Kr-85 的份额为 30%，其余惰性气体和碘的份额为 10%。

——燃料包壳间隙内碘的化学形态：

元素碘	99.75%
有机碘	0.25%

乏燃料水池对碘的去除因子

现实情况下：

元素碘	500
有机碘	1

保守情况下：

元素碘	133
有机碘	1

——燃料厂房空气过滤系统的去污因子

现实情况下：

元素碘	1000
有机碘	100

保守情况下：

元素碘	10
有机碘	3.3

3.1.11 卡轴事故 (LRA)

卡轴事故假设一台反应堆冷却剂泵的泵轴意外卡住，受影响环路的反应堆冷却剂流量快速下降，导致触发反应堆冷却剂流量低信号而紧急停堆。该事故为RCC-P IV类工况，是一个**极限事故**。

该事故所释放的裂变产物停留在反应堆冷却剂系统中而不排放到环境，仅由于在反应堆冷却剂系统压力降至二次侧压力之前存在着从反应堆冷却剂向二次侧泄漏释放的裂变产物。

——假设事故前一回路冷却剂的初始放射性活度为归一化到37GBq/t I-131当量的比活度，并考虑了瞬变后达到的最大值。

——假设事故前二回路冷却剂的初始放射性活度为对应于归一化到37GBq/t I-131当量的一回路冷却剂比活度，并考虑了瞬变后达到的最大值。

——假设一回路冷却剂向二回路的泄漏在两台蒸汽发生器之间均匀分配，总的泄漏率为72kg/h。

——事故过程中发生DNB的燃料棒份额为26.14%，保守地考虑燃料包壳破损份额为30%。在破损燃料棒中，裂变产物的释放份额Kr-85为30%，其余惰性气体为2%，碘为3%，同时假设这些放射性核素瞬时释放到一回路中并混合均匀。

——保守假设事故发生时蒸汽发生器排污立即终止。

——假设事故发生30分钟后操纵员开始动作，将反应堆稳定在热停堆状态，事故2小时后由热停堆状态开始向余热排出系统冷却的停堆状态退防，事故8小时后余热排出系统投入运行。

——假设停堆后蒸汽发生器水位为零负荷水位。

——假定蒸汽发生器中碘的汽水分配因子为0.01；碘在蒸汽中的液滴夹带份额为0.0025。

3.1.12 安全壳外载有一回路冷却剂的小管线破裂事故

安全壳外载有一回路冷却剂的小管线包括反应堆冷却剂核取样管线和从化容控制系统到液态放射性废物处理系统的化容控制系统净化流排放管线。没有仪表管贯穿安全壳并直接与反应堆冷却剂系统连接。因此，发生这类事故可能由以下两种原因造成：核取样管线破裂，或是化容控制系统管线及与化容控制系统相连的管线破裂。这类小截面管道破裂引起的冷却剂排放流量可以由一台上充泵来补充，稳压器内维持运行水位，允许操作员实施正常停堆。排放物所含放射性核素浓度与一次冷却剂的相同。该事故属于稀有事故。

在分析中使用的主要假设和参数如下：

假设从事故发生开始，破口在15min后被隔离；

假设一次小管道破口当量直径取9.5mm时的最大泄漏率为8kg/s；

假设从破口溢出的冷却剂为高温高压，则大部分流体将闪蒸为蒸汽，计算得出闪蒸份额为0.43，即从取样管线喷放出的冷却剂中43%闪蒸变成蒸汽，蒸汽中的碘全部释放到环境；剩下的57%的冷却剂以液态存在，这部分液体中有10%的碘释放到环境；

假设反应堆在连续运行的条件下，事故发生时一回路冷却剂裂变产物比活度为37GBqIt 1-131当量；不考虑放射性核素在管道中的衰减；假设事故时并发碘尖峰，导致碘从燃料到冷却剂的释放速率增加，峰值因子为500。

3.2 事故后果

3.2.1 计算模式

事故工况下的大气弥散因子计算采用PAVAN程序。由于事故时的释放高度小于相邻建筑物高度的2.5倍，按照RG1.145的规定，采用地面释放模式。事故大气弥散因子取各方位99.5%概率水平和全厂址95%概率水平的最大值。联合频率采用厂址气象站2017年1月~2018年12月的风向、风速、大气稳定度统计的10m高度三维联合频率。

事故工况下的剂量计算考虑空气浸没外照射、地面沉积外照射以及吸入内照射三个途径。

3.2.2 剂量计算结果及评价

计算结果最大值汇总见下表。

事故名称		0h-2h, 500m		0d-30d, 5000m	
		有效剂量(Sv)	甲状腺当量剂量(Sv)	有效剂量(Sv)	甲状腺当量剂量(Sv)
稀有事故	SGTR	1.65E-04	2.90E-03	1.78E-05	3.13E-04
	RCVA	1.24E-03	1.07E-03	1.39E-04	1.21E-04
	TEGA	2.49E-03	6.65E-04	2.81E-04	7.50E-05
	小管道破裂	5.88E-04	1.07E-02	6.63E-05	1.20E-03
极限事故	LOCA	5.51E-03	8.56E-02	2.95E-03	5.42E-02
	CREA	2.97E-02	3.53E-01	6.89E-03	9.08E-02
	MSLB	2.21E-04	4.26E-03	2.68E-05	5.17E-04
	FHA	1.48E-02	1.77E-01	1.66E-03	1.99E-02
	LRA	1.43E-03	1.30E-02	5.41E-04	7.96E-03
	SGTR+SVSO	3.42E-03	6.46E-02	1.48E-03	2.91E-02
	MSLB+SGTR	3.24E-02	6.36E-01	3.66E-03	7.17E-02
	最终热阱丧失	4.12E-06	4.76E-05	3.69E-05	7.31E-04

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。

由计算结果可以得到：在各类极限事故中，放射性后果最严重的是弹棒事故。在一系列的保守假设下，该事故导致在非居住区边界上公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $2.97 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $3.53 \times 10^{-1} \text{Sv}$ ；导致规划限制区外边界上公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $6.89 \times 10^{-3} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $9.08 \times 10^{-2} \text{Sv}$ 。

在各类稀有事故中，放射性后果最严重的是废气衰变箱破裂事故、小管道破裂事故。在一系列的保守假设下，稀有事故导致在非居住区边界上公众中任何个人在事故后 2h 内可能受到的最大有效剂量为 $2.49 \times 10^{-3} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.07 \times 10^{-2} \text{Sv}$ ；导致规划限制区外边界上公众中任何个人在整个事故持续时间内可能受到的最大有效剂量为 $2.81 \times 10^{-4} \text{Sv}$ ，甲状腺当量剂量为 $1.20 \times 10^{-3} \text{Sv}$ 。

综上所述，极限事故和稀有事故的放射性后果均低于 GB6249-2011 中规定的剂量控制值。因此，改为长燃料循环后后设计基准事故的环境影响满足 GB 6249-2011 的要求。将厂址非居住区半径设置为 500m、将规划限制区半径设置为 5km 在改为长燃料循环后仍然是适宜的。

附件 1

委 托 书

中国核动力研究设计院：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》的相关要求，经调查和研究，决定委托你院编制《田湾核电站 5、6 号机组长燃料循环项目环境影响报告表》。

特此委托

委托单位：江苏核电有限公司（盖章）

二零一九年四月五日



附件 2

建设项目环评审批基础信息表

填表单位 (盖章):		江苏核电有限公司				填表人 (签字):		项目经办人 (签字):		
建设 项目	项目名称	田湾核电站5、6号机组长燃料循环项目				建设内容、规模		田湾核电站5、6号机组由年燃料制改为长燃料循环		
	项目代码 ¹									
	建设地点	江苏省连云港市连云区宿城街道云深路9000号								
	项目建设周期 (月)					计划开工时间	2020年8月			
	环境影响评价行业类别	“核动力厂”				预计投产时间	2020年10月			
	建设性质	技术改造				国民经济行业类型 ²	D4413 核力发电			
	现有工程排污许可证编号 (改、扩建项目)					项目申请类别	其他			
	规划环评开展情况	不曾开展				规划环评文件名				
	规划环评审查机关					规划环评审查意见文号				
	建设地点中心坐标 ³ (非线性工程)	经度	119.452222	纬度	34.691111	环境影响评价文件类别		环境影响报告表		
建设地点坐标 (线性工程)	起点经度		起点纬度		终点经度		终点纬度		工程长度 (千米)	
总投资 (万元)					环保投资 (万元)				所占比例 (%)	
建设 单位	单位名称	江苏核电有限公司		法人代表	刘兆华		单位名称	中国核动力研究设计院		
	统一社会信用代码 (组织机构代码)	911100001000027329		技术负责人	陈瑜捷		环评文件项目负责人	张翔		
	通讯地址	江苏省连云港市连云区宿城街道云深路9000号		联系电话	0518-82205181		通讯地址	成都市双流区长坝大道一段228号		
污 染 物 排 放 量	污染物	现有工程 (已建+在建)		本工程 (拟建或调整变更)		总体工程 (已建+在建+拟建或调整变更)			排放方式	
		①实际排放量 (吨/年)	②许可排放量 (吨/年)	③预测排放量 (吨/年)	④“以新带老”削减量 (吨/年)	⑤区域平衡替代本工程削减量 ⁴ (吨/年)	⑥预测排放总量 (吨/年)	⑦排放增减量 (吨/年)		
	废水	废水量(万吨/年)	/	/	/	/	/	/	/	<input type="radio"/> 不排放 <input checked="" type="radio"/> 间接排放: <input type="checkbox"/> 市政管网 <input type="checkbox"/> 集中式工业污水处理厂 <input type="radio"/> 直接排放: 受纳水体_____
		COD	/	/	/	/	/	/	/	
		氨氮	/	/	/	/	/	/	/	
		总磷	/	/	/	/	/	/	/	
	废气	总氮	/	/	/	/	/	/	/	
		废气量 (万标立方米/年)	/	/	/	/	/	/	/	
		二氧化硫	/	/	/	/	/	/	/	
		氮氧化物	/	/	/	/	/	/	/	
	颗粒物	/	/	/	/	/	/	/		
	挥发性有机物	/	/	/	/	/	/	/		
项目涉及保护区 与风景名胜区的 情况	影响及主要措施		名称	级别	主要保护对象 (目标)	工程影响情况	是否占用	占用面积 (公顷)	生态防护措施	
	生态保护目标								<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建 (多选)	
	自然保护区		/	/	/	/	/	/	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建 (多选)	
	饮用水水源保护区 (地表)		/	/	/	/	/	/	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建 (多选)	
	饮用水水源保护区 (地下)		/	/	/	/	/	/	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建 (多选)	
风景名胜保护区		/	/	/	/	/	/	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建 (多选)		

注: 1、两级经济部门审批核发唯一项目代码
 2、分类依据: 国民经济行业分类(GB/T 4754-2011)
 3、对多点项目仅提供主体工程中心坐标
 4、指该项目所在区域通过“区域平衡”替代本工程替代削减量
 5、①=②-③-④, ⑤=②-①+③