

建设项目环境影响报告表

(污染影响类)

项目名称：秦山第三核电厂新建重水堆放射性废树脂
碳 14 脱除与回收工程装置项目

建设单位（盖章）：秦山第三核电有限公司

编制日期：2026 年 6 月

中华人民共和国生态环境部制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	80bb4b		
建设项目名称	秦山第三核电厂新建重水堆放射性废树脂碳14脱除与回收工程装置		
建设项目类别	55--167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、后处理设施；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）	秦山第三核电有限公司		
统一社会信用代码	913304241429418854		
法定代表人（签章）	黄潜		
主要负责人（签字）	曾春		
直接负责的主管人员（签字）	曹凌霄		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	上海核工程研究设计院股份有限公司		
统一社会信用代码	91310104132672722W		
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
王雪	2015035310350000003512310209	BH011677	王雪
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王雪	建设项目基本情况、建设项目工程分析、主要环境影响和保护措施、环境保护措施监督检查清单、结论	BH011677	王雪
黄若漪	建设项目基本情况、建设项目工程分析、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准、主要环境影响和保护措施	BH056617	黄若漪

秦山第三核电厂新建重水堆放射性废树脂碳 14 脱除
与回收工程装置项目
环境影响报告表

上海核工程研究设计院股份有限公司编制

审核:

杜风雷



环境影响评价工程师信用编号 BH025127

校核:

裴娟



环境影响评价工程师信用编号 BH010699

傅小城



环境影响评价工程师信用编号 BH021941

一、建设项目基本情况

建设项目名称	秦山第三核电厂新建重水堆放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置项目		
项目代码	无		
建设单位联系人	曹凌霄	联系方式	0573-86654602
建设地点	浙江省（自治区） <u>嘉兴市海盐县（区）</u> <u>秦山乡（街道）秦山第三核电厂厂区</u>		
地理坐标	（东经 <u>120</u> 度 <u>57</u> 分，北纬 <u>30</u> 度 <u>25</u> 分）		
国民经济行业类别	D4414 核力发电	建设项目行业类别	167、核动力厂
建设性质	☐ 新建（迁建） ☐ 改建 ☐ 扩建 ☒ 技术改造	建设项目申报情形	☒ 首次申报项目 ☐ 不予批准后再次申报项目 ☐ 超五年重新审核项目 ☐ 重大变动重新报批项目
项目审批（核准/备案）部门（选填）	中国核工业集团公司	项目审批（核准/备案）文号（选填）	
总投资（万元）	/	环保投资（万元）	/
环保投资占比（%）	/	施工工期	5 个月
是否开工建设	☒ 否 ☐ 是：_____	用地（用海）面积（m ² ）	
专项评价设置情况	无		
规划情况	《海盐县环境功能区划》 《海盐县国土空间总体规划》（2021-2035 年） 《海盐县生态环境分区管控动态更新方案》（盐政办发[2024]22 号）		
规划环境影响评价情况	无		
规划及规划环境影响评价符合性分析	本项目为技术改造项目，地点位于海盐县秦山街道秦山第三核电厂（以下称“秦三厂”）厂区，根据《海盐县环境功能区划》，本项目位于秦山核电站生态保障区（0424-II-4-3），符合环境功能区划要求。 根据《海盐县国土空间总体规划（2021-2035 年）》（2023 年 8 月），厂址所在秦山街道为核电共享示范区、核电综合配套服务区，项目与当地规划相容。		

其他符合性分析	1.1 其它符合性分析 1.1.1 国土空间规划“三区三线”的符合性 根据《海盐县国土空间总体规划（2021-2035）》的“三区三线”分布，本项目所建区域在嘉兴市海盐县城镇开发区，不涉及生态保护红线和基本农田保护区，符合要求。 1.1.2 环境保护法规政策的符合性 本项目为核电厂技术改造项目，地点位于浙江省海盐县秦山核电基地秦三厂厂区。本项目技改完成后，秦三厂排放流出物总量无显著变化，不会造成环境风险；依托原有空间布局开展技术改造，不占用耕地，无需新增建设用地。符合厂区原有场地属性与生态功能定位。 本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令 第 7 号）中“鼓励类——六、核能——7、乏燃料及和废物处理处置：乏燃料后处理，核设施退役及放射性废物治理”项目，符合国家的产业政策，不属于限制类和淘汰类。 1.1.3 生态环境保护规划的符合性 根据《嘉兴市生态环境保护“十四五”规划》，嘉兴市在十四五期间将加快构建绿色低碳工业结构。推进新材料、新一代信息技术、新能源、高端装备制造、高端时尚产业、生命健康产业等绿色产业发展，加快建设海盐核电关联产业基地。 根据《海盐县生态环境保护“十四五”规划》，海盐县在十四五期间将高质量发展核能利用产业。充分发挥核电绿色清洁能源优势，加快推进零碳能源综合供应平台建设。强化核与辐射环境安全监管，加强秦山核电辐射环境监管。 本项目技改依托原有空间布局开展技术改造，无需新增建设用地。符合厂区原有场地属性与生态功能定位；项目周边给排水、供电等基础设施均依托现有已批复的工程设施，可以满足项目需要。因此，本项目的建设符合嘉兴市、海盐县生态环境保护规划要求。
---------	--

二、建设项目工程分析

建设内容	2.1 建设项目 2.1.1 项目背景 秦山核电基地位于浙江省海盐县，包括秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂以及方家山核电厂共 9 台核电机组，上述核电机组的运营由中核核电运行管理有限公司负责运营。 秦三厂废树脂主要来源于慢化剂净化系统、主传热净化系统、乏燃料池净化系统、液体区域控制系统、重水净化系统、放射性废液排放系统、端屏蔽冷却净化系统。每个机组设有两个有效容积为 200m³ 废树脂贮存箱，其中 79140-TK1 主要储存慢化剂净化系统废树脂，79140-TK2 用于储存其它系统废树脂，秦三厂在建造时没有配置废树脂整备设施，无法进行废树脂送贮前整备。过去二十年秦三厂产生了大约 160m³ 放射性废树脂，其中慢化剂净化系统树脂约 50m³。根据《放射性废物分类》（环保部[2017]65 号），需要按照中等深度进行最终处置，但国内暂无处置条件。 本变更服务项目为秦三厂新建重水堆放射性废树脂碳-14 脱除与回收工程，即利用原秦三厂重水堆辅助厂房，不新建建筑，使用范围包括 1 号机组辅助厂房 018 房间、2 号机组辅助厂房 018 房间、2 号机组转运大厅 149 房间，新增废树脂碳-14 脱除与回收工程装置，实现 79140-TK1 和 79140-TK2 废树脂碳-14 安全脱除并回收，为后续废树脂安全处置提供条件。 本项目位于秦山第三核电厂，项目地理位置示意图见附图 1。本项目主要布置在 2 号机组辅助厂房 018 房间（S2-018）。 建设时间预计为 2027 年 8 月~12 月共 5 个月。 2.1.2 项目建设必要性 根据核安全法第四十一条规定“核设施营运单位、放射性废物处理处置单位应当对放射性废物进行减量化、无害化处理、处置，确保永久安全”，即秦三厂业主有责任对长期贮存的放射性废树脂进行处理，使之满足处置要求。在监管部门的各类检查中，重点关注核电厂积存未处理废物的解决问题，多次要求秦山核电尽快开展重水堆废树脂的处理和整备工作。秦三厂在 PSR 时，也提出来废树脂长期贮存引起的碳 14 排放问题，属于设计弱项需要进行改进。最终安全分析报告第 11 章承诺秦三厂积极跟踪国际上的技术发展，尽快确定废树脂处置路线。目前秦三厂产生的废树脂处于长期贮存状态，由于碳 14 达到中放标准，在脱除碳 14 前无法对废树脂进行处理和处置。目前秦三厂厂房
------	---

内已贮存超过了 160m³ 的废树脂，随着运行堆年的增加，含碳 14 的废树脂存量将逐年增加。

2.1.3 项目工程组成

本项目工程组成一览表见表 2.1-1。

表 2.1-1 本项目工程一览表

类别	项目	工程内容	依托情况
主体工程	废树脂转运计量子系统	主要功能是从 79140-TK1 和 79140-TK2 抽取废树脂，并进行暂存和计量，为后续废树脂进行整备和提取碳 14 做准备。	新增设施
	废树脂碳 14 脱除子系统	主要功能是接收来自废树脂转运计量子系统的废树脂，对其进行除水后高温降解脱碳。	新增设施
	废树脂整备配套子系统	主要功能是为废树脂整备主工艺（废树脂转运计量子系统和废树脂碳 14 脱除子系统）配套提供压缩空气、除盐水。	新增设施
辅助工程（依托工程）	实体保卫	依托厂区现有实体保卫。	依托现有设施
	消防	依托现有消防设施。	依托现有设施
公用工程（依托工程）	供电	依托厂区现有供电系统。	依托现有设施
	给排水	依托现有给排水系统。	依托现有设施
环保工程	辐射	依托现有屏蔽设施 本项目技改后，核电厂流出物排放无显著变化。核电厂放射性废气、废液经三废处理系统处理后，气态、液态流出物达标排放，符合要求。 本项目放射性固废暂存后依托电厂改造进一步处理。	部分新增，部分依托现有设施
	噪声	本项目技改后，核电厂噪声达标排放，符合要求。	依托现有设施
	非放废水	本项目技改后，核电厂不新增非放射性废水。	依托现有设施
	非放废气	本项目技改后，核电厂不新增非放射性废气。	-
	固废	本项目技改后，核电厂不新增非放射性固体废物。	依托现有设施

2.1.4 主要设备

本项目所涉及设备如表 2.1-2 所示。

表 2.1-2 项目主要设备表

序号	设备名称	规格型号
一	干燥单元	
1	锥型干燥器	总容积：350L 设计压力：1.6Mpa 材料：304L
2	窥视镜	DN80
3	摄像头	耐辐照 壳体：不锈钢 摄像视角范围：最大 115°
4	除水泵	气动隔膜泵、流量：20m³/h 扬程：7m
二	冷凝单元	
1	一级冷凝器	压降：<0.02Mpa 设计压力：1.6Mpa 材料：304L
2	二级冷凝器	压降：<0.02Mpa 设计压力：1.6Mpa 材料：304L
3	真空泵	流量：160m³/h 极限真空：0.5mbar
4	冷凝液箱	有效容积：300L 设计压力：1.6Mpa 材料：304L
三	碱液吸收单元	
1	一级碱液吸收罐	有效容积：50L 设计压力：1.0Mpa 含鼓泡器、快速接头 材料：304L
2	二级碱液吸收罐	有效容积：50L 设计压力：1.0Mpa 含鼓泡器、快速接头 材料：304L
3	尾气吸收罐	有效容积：50L 设计压力：1.0Mpa 含鼓泡器、快速接头 材料：304L
4	气体缓冲罐	有效容积：30L 设计压力：1.0Mpa 材料：304L
5	汽水分离器	压降：<0.3bar 分离效率：≥99% 材料：304L 耐受温度：-20~550℃

		四	冷水机组	控制温度：5~35℃ 控制精度：PID±0.1℃ 加热功率：104Kw 工作方式:自动/变频调节水温
		五	热油机组	控制精度：PID±1℃ 加热功率：120Kw 最高工作温度:300℃
		六	氮气注入系统	氮气吹扫，包括管路、阀组、仪表
		七	尾气转化装置	耐高温腐蚀 外形：500*1000*1500mm 材质：304L
		八	仪表	
		1	液位计	耐腐蚀，高精度，强稳定性
		2	流量计	耐高温、腐蚀 测量误差：±0.5% ~±1mm/s 测量范围:4dm³~9600m³/h
		3	温度计	强抗干扰能力，高稳定性 带 IO-LINK 通讯功能
		4	压力计	强抗腐蚀能力 测量精度：0.075% 测量范围：100mbar~40bar
		5	物位开关	强抗粘附能力 过程温度：-50~150℃ 最高耐温：230℃（特殊）
		6	pH 计	强抗化学腐蚀能力 测量范围:0~14PH 值 过程温度：-10-230℃
		九	阀门等	
		1	气动球阀	Q1，DN10,PN16，316L
		2	气动球阀	Q1，DN25,PN16，316L
		3	气动球阀	Q1，DN50,PN16，316L，全包上装式
		4	气动波纹管截止阀	Q1，DN50,PN16，316L
		5	气动球阀	Q1，DN200,PN16，316L
		6	电动调节阀	Q1，DN50,PN16，316L
		7	安全阀	Q1，DN50,PN16，316L
		8	止回阀	Q1，DN25,PN16，316L
		9	止回阀	Q1，DN50,PN16，316L
		10	膨胀节	Q1，DN50,PN16，316L
		十	控制系统	/
		十一	管路系统	304L
		十二	框架及试验辅助台架	包括树脂转型和计量台架

2.1.5 项目建设方案

	秦三厂放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置主要设置在 2 号机组 018 房间 (S2-018), 放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置的处理工艺包括废树脂转运计量子系统、废树脂碳 14 脱除子系统、废树脂整备配套子系统。 S2-018 房间布置图见附图 2, 由于 S2-018 房间需要用于压力管更换期间重水贮存, 同时房间里已有部分物项, 因此碳 14 脱除与回收工程装置的布置考虑需要结合重水贮存和现场物项的布置综合调整。S2-018 房间按照设备功能将该区域分割为废树脂处理间、废树脂暂存间、冲排水泵间、辅助设备间、操作间及通道。冲排水罐、废树脂计量罐、废树脂降解装置位于废树脂处理间, 废树脂暂存罐、废树脂缓冲罐位于废树脂暂存间, 冲排水泵、树脂取样装置、真空罐及真空泵位于冲排水泵间, 考虑到装置运行期间的放射性水平, 以上所述的带放设备间设置钢板墙进行屏蔽, 以确保人员辐射防护。热油机组、冷凝单元 (冷凝器、二级冷凝器、冷凝液箱、真空泵)、吸收单元 (碱液吸收罐、尾气吸收罐、催化氧化装置)、碳 14 监测仪表、泄漏监测装置等位于辅助设备间。配电柜、控制台位于操作间。冷冻水机组、氮气瓶组、氧气瓶组布置在 S2-149 房间的室外, 其中氮气瓶组和氧气瓶组放置于新设的气瓶间内。S1-018 房间仅布置少量废树脂转运计量子系统装置, 以真空抽吸的方式将 79140-TK1/TK2 内的废树脂转运至废树脂屏蔽转运装置。 2.1.5.1 废树脂转运计量子系统 2.1.5.1.1 工艺描述 废树脂转运计量子系统的主要功能是从 79140-TK1 和 79140-TK2 抽取废树脂, 并进行暂存和计量, 为后续废树脂进行整备和提取碳 14 做准备。处理后的废树脂通过水力冲排方式至废树脂暂存罐进行暂存。废树脂转运计量子系统主要布置在 2 号机组辅助厂房 018 房间, 少量布置在 1 号机组辅助厂房 018 房间, 1 号机组内的废树脂通过废树脂屏蔽转运装置转运至 2 号机组。 其工艺描述如下: 1) 废树脂转运计量 ● 1 号机组废树脂转运 在 1 号机组, 利用真空抽吸的方式将 79140-TK1/TK2 内的废树脂转运至废树脂屏蔽转运装置。废树脂屏蔽转运装置将 1 号机组废树脂转运至 2 号机组转运大厅, 利用真空抽吸方式将废树脂转运至 2 号机组的废树脂缓冲罐内。转运过程的排气通过移动式碱液吸收装置进行碳-14 吸附后进入到厂房通风系统。1 号机组废树脂转运计量工艺流程图见附图 3。 ● 2 号机组废树脂转运 2 号机组设置一套废树脂缓冲罐, 利用真空泵将废树脂缓冲罐抽真空, 利
--	--

	用真空抽吸将废树脂从 79140-TK1/TK2 中抽出，当废树脂缓冲罐内液位到达一定高度后，关闭进口阀门，停止废树脂转运，并利用冲排水对管道进行冲洗，避免管道内残留废树脂。废树脂抽吸前，需要适当对抽吸管路进行反冲，减少废树脂堵塞风险。真空泵前设置真空罐，避免真空泵进水。转运过程中，废树脂缓冲罐的排气通过管道送至冲排水罐中，后与冲排水罐的排气以及真空泵的排气通过固定式碱液吸收装置进行碳-14 吸附后排至厂房通风系统。 2 号机组废树脂转运计量工艺流程图见附图 4。 79140-TK1/TK2 接口位置见附图 5-6。 ● 废树脂处理前计量 废树脂计量罐用于计量每批次处理的废树脂。废树脂计量前，利用冲排水泵将废树脂缓冲罐和废树脂计量罐充满水，并通过管道连接形成回路。利用冲排水泵将废树脂计量罐内的水打入废树脂缓冲罐中，废树脂缓冲罐内压力上升，废树脂通过管道转运至废树脂计量罐内。当计量罐内物位开关触发时，废树脂体积达到设定值（~200L），停止转运，并利用冲排水对管道进行冲洗，避免管道内残留废树脂。计量后的废树脂，通过水力冲排送至废树脂降解装置。废树脂计量罐的排气通过管道送至冲排水罐中，后与冲排水罐的排气以及真空泵的排气通过固定式碱液吸收装置进行碳-14 吸附后排至厂房通风系统。 2) 废树脂暂存 经废树脂碳-14 脱除子系统处理后的废树脂温度降至 40℃ 以下时，利用水力冲排方式将废树脂排放至废树脂暂存罐进行贮存，冲排过程中可通过树脂取样装置对管道内的废树脂进行取样。废树脂暂存罐接收废树脂前，将罐子内多余的水抽出，排入 79140-TK1/TK2，预留足够的气空间。暂存罐设置有液位计和物位开关，用于测量树脂储存量以及在树脂高储量时报警。暂存罐可贮存 4m³ 的废树脂，便于等待时间窗口利用废树脂屏蔽转运装置将废树脂外运。废树脂暂存罐的排气通过管道送至冲排水罐中，后与冲排水罐的排气以及真空泵的排气通过固定式碱液吸收装置进行碳-14 吸附后排至厂房通风系统。 2.1.5.1.2 主要设备 废树脂转运计量子系统包括废树脂屏蔽转运装置、废树脂缓冲罐、冲排水泵、废树脂计量罐、冲排水罐、废树脂暂存罐、树脂取样装置、真空泵、真空缓冲罐、碱液吸收装置，以及配套的阀门、仪表和控制系统。装置采用模块化设计，便于现场安装。 1) 废树脂屏蔽转运装置
--	--

本项目采用方家山采购的废树脂屏蔽转运装置，配有真空泵、空压机、液位/物位和压力仪表、阀门、快速接头以及配套电控柜，其主要功能是将废树脂从 1 号机组转运至 2 号机组，以及将 2 号机组废树脂暂存罐中的树脂外运。废树脂屏蔽转运装置通过放置在配套牵引车和拖车上于厂区内运输，采用真空抽吸的方式进行废树脂的装卸载流程。

废树脂屏蔽转运装置具有良好的密封性，整个树脂储罐由一个带碟形封头的立式内储罐、一个外罐和一个顶部中心带盖的人孔组成。所有装卸料接头和仪表均安装在人孔盖上；内储罐外部由平底的圆柱形外罐进行封闭，外罐提供辐射屏蔽和收集盘，内外罐之间装有检漏仪，能够检测运输、装载及卸载过程中的物质泄漏，外罐顶部设有屏蔽罩，屏蔽罩采用可移动式设计，以便对内罐和整个设备进行检查和维修。废树脂屏蔽转运装置的主要参数如下：

- 设计压力：-0.1MPa~0.4MPa
- 设计温度：-40℃~50℃
- 内储罐尺寸：φ1500mm×~1500mm，壁厚 10mm，材料 316L
- 外罐尺寸：φ1890mm×2000mm，结构为 316L 不锈钢内壁（厚度 20mm）、中间注铅层（厚度 95mm）、P265GH 碳钢外壁（厚度 20mm）
- 内储罐壁厚：10mm
- 有效容积：1.6m³
- 每次可转运废树脂：1.6m³
- 装置的屏蔽套筒外表面上任一点的辐射水平：≤2mSv/h
- 距离屏蔽套筒外表面 1m 处任意一点的辐射水平：≤0.1mSv/h。

2) 箱罐

废树脂转运计量子系统的箱罐设备包括废树脂缓冲罐、冲排水罐、废树脂计量罐、废树脂暂存罐、真空缓冲罐。其中，废树脂缓冲罐、废树脂暂存罐和废树脂计量罐的抗震分类按照 DBE A 设计。本系统箱罐设备主要参数如下：

表 2.1-3 箱罐设备设计参数

设备名称	性能参数
废树脂缓冲罐	设备尺寸：φ 设备尺寸：φ 参数要参数如下： 总容积：3m ³ 废树脂有效容积：2m ³ 设计正压：0.6MPa
废树脂计量罐	设备尺寸：φ 600mm×2235mm

		总容积：0.5m ³ 废树脂计量容积：200L 设计压力：0.6MPa
	冲排水罐	设备尺寸：Φ 1600mm×3790mm 箱罐总容积：6m ³ 有效容积：5m ³
	废树脂暂存罐	设备尺寸：Φ 1600mm×3400mm 总容积：5m ³ 有效容积：4m ³ 设计压力：0.6MPa
	真空缓冲罐	设备尺寸：Φ 600mm×1735mm 总容积：0.5m ³ 设计真空度：100%

3) 泵

● 冲排水泵

冲排水泵选用离心泵，为废树脂的转运提供冲排水，以及为箱罐设备的除水提供动力。在正常工况下，冲排水泵从废树脂缓冲罐或废树脂计量罐中抽吸冲排水，将废树脂从废树脂屏蔽转运装置或废树脂缓冲罐中转运出来。冲排水泵在正常工况下不输送废树脂。

冲排水泵设计流量为 18m³/h，扬程为 40m。

● 真空泵

真空泵在废树脂转运的过程中将废树脂缓冲罐抽真空，利用真空抽吸的方式将废树脂从 79140-TK1/TK2 中抽入到废树脂缓冲罐中。

真空泵的抽气速率为 100m³/h，极限压力为 0.5mbar。

4) 树脂取样装置

树脂取样装置主要组成为树脂取样器、外壳、取样瓶组件、一次性取样瓶、集液盘、控制器单元、树脂取样屏蔽盒运输小车、树脂取样屏蔽盒（安装于树脂取样屏蔽盒运输小车内）等，还包括阀门、管道/仪表管、管件、压力仪表、流量仪表等配套部件。

● 取样器

树脂取样器单次取样体积约为 10 cm³，每分钟取样次数为 1~30 次，其连接取样管道工艺流体流量为 18 m³/h。取样器配有远程取样的能力，同时配有

	冲洗接口，确保介质不发生残留。 ● 外壳 树脂取样装置外壳为钢制，安装于楼板，并设有带铰链的小门。 ● 控制器 控制器能控制压缩空气来运行树脂取样器，通过接线控制所规定的每次取样速度和取样量。 ● 树脂取样屏蔽盒及运输小车 树脂取样屏蔽盒由筒形容器组成，能容纳树脂取样瓶，其包含衬铅桶进行屏蔽。树脂取样屏蔽盒运输小车由带有屏蔽作用的金属盒组成，车配有液压装置，用以提升屏蔽盒和取样瓶到树脂取样器之上。设有隔膜针，将其插入到取样瓶盖中获取树脂样品。 5) 碱液吸收装置 分为固定式碱液吸收装置和移动式碱液吸收装置。移动式碱液吸收装置设置于 1 号机组厂房，用于吸收屏蔽转运装置在 1 号机组装载废树脂时排气中的碳 14。固定式碱液吸收装置设置于 2 号机组真空缓冲罐后，用于吸收系统排气中的碳 14。碱液吸收装置设计成可拆卸式，便于现场安装和操作。碱液吸收装置有效容积 60L，吸收效率不低于 99.8%。 6) 管道管件及阀门 系统管道内流体介质为放射性废液或废树脂，因此管道采用奥氏体不锈钢。除了 P&ID 中标识的法兰接口，所有管道的连接均采用焊接。为减少放射性物质累积，放射性介质的管道均采用对接焊。树脂管道采用 5 倍 DN 的弯管，以避免树脂管道堵塞。 在树脂装载和卸载管道上设置有流量窥视并自带照明和摄像头，用于观察管道中树脂的流动情况。 2.1.5.2 废树脂碳 14 脱除子系统 2.1.5.2.1 工艺描述 废树脂碳-14 脱除子系统的主要功能是接收来自废树脂转运计量子系统的废树脂，对其进行除水后高温降解脱碳。降解产生的 $^{14}\text{CO}_2$ 气体通过两级碱液吸收罐吸收后，出口气体排入尾气转化装置处理。尾气转化装置通过催化氧化工艺将有机碳转化为无机碳，并通过尾气吸收罐吸附固定，不凝性气体最终排入厂房通风系统。处理后的废树脂经取样分析后，排入废树脂暂存罐贮存。其工艺描述如下： 1) 废树脂进料和除水 废树脂碳-14 脱除子系统的主要功能是接收来自废树脂转运计量子系统
--	---

	的废树脂，对其进行除水后高温降解脱碳。降解产生的 $^{14}\text{CO}_2$ 气体通过两级碱液吸收罐吸收后，出口气体排入尾气转化装置处理。尾气转化装置通过催化氧化工艺将有机碳转化为无机碳，并通过尾气吸收罐吸附固定，不凝性气体最终排入厂房通风系统。处理后的废树脂经取样分析后，排入废树脂暂存罐贮存。其工艺描述如下： 1) 废树脂进料和除水 计量后的废树脂（~200L）通过水力冲排的方式送入废树脂降解装置，利用除水泵将装置内废树脂多余的游离水从装置底部带滤网的排水口抽出，排往废树脂缓冲罐，直至通过管道窥视镜观察除水泵抽不出水时停止除水泵，并关闭相关阀门，除水过程结束。 2) 废树脂高温降解和碳-14 提取 废树脂降解装置的干燥器装入废树脂并除水后，从干燥器底部的氮气吹扫口持续注入大量氮气（通入氮气前可通过真空泵对降解装置进行抽吸，以减少氮气用量），将系统内的氧气排尽，直至氧气浓度检测仪表读数为 0。启动干燥器内的混合装置和热油机组，并保持氮气吹扫管线以一定的流量（~5L/min）持续注入氮气作为载气，将废树脂高温降解过程产生的气体排出。排气经过冷凝器和二级冷凝器冷凝后，不凝性气体经两级碱液吸收罐吸收后，送入尾气转化装置处理。两级冷凝器产生的冷凝液排入冷凝液箱收集，冷凝液经取样分析后送入废树脂槽（79140-TK1/TK2）。最终，尾气经碱液吸收后排入辅助厂房通风系统（73420）。与辅助厂房通风系统（73420）的接口位置见附图 8，与废树脂槽（79140-TK1/TK2）的接口位置见附图 9。 在树脂加热过程中，热油机组加热温度由常温逐步升高至 200℃，持续加热一定时长后停止加热，并通过冷冻水对降解装置降温。此时，从降解装置底部的氮气吹扫口注入大量氮气，并维持一定时间，将系统内残留的 $^{14}\text{CO}_2$ 完全排出并被两级碱液吸收罐吸收，直至一级碱液吸收罐进气管道上的碳-14 工艺监测仪读数达到设定值时停止通入氮气。碱液吸收罐设计成可拆卸式，当达到吸收目标后拆卸下来送至指定区域贮存。 在树脂高温脱碳过程中，干燥器顶盖法兰盖以及接管的法兰连接处、碱液吸收罐和尾气吸收罐快速接头处可能会发生泄漏，进而导致系统内碳 14 向环境释放，因此在上述存在潜在泄漏点的设备（如干燥、碱液吸收罐和尾气吸收罐等）外设泄漏防护罩，并通过碳 14 泄漏监测系统持续监测是否发生泄漏。 3) 废树脂卸料和暂存 待废树脂温度降至 40℃时，通过冲排水泵将冲排水罐内的冲排水送入降
--	--

	解装置内，并打开卸料球阀，将装置内的废树脂冲排至废树脂暂存罐内暂存。废树脂卸出过程中可通过树脂取样装置对管道内的废树脂进行取样分析。 2.1.5.2.2 主要设备 废树脂碳 14 脱除子系统的主要设备是废树脂降解装置，该装置是个成套设备，由干燥单元、冷凝单元和碱液吸收单元组成，包括干燥器、热油机组、冷冻水机组、冷凝器、二级冷凝器、冷凝液箱、真空泵、除水泵、两级碱液吸收罐、催化氧化装置、尾气吸收罐等设备以及配套的管道、阀门和仪表组成。装置采用模块化设计，便于现场安装。废树脂碳-14 脱除子系统设备主要布置在 2 号机组 018 房间。 1) 干燥器 干燥器由带混合装置的干燥器本体、卸料阀和再清洗过滤器组成。干燥器的有效容积为 350L。在干燥器的底部设置了若干个带滤网的除水阀。另外，底部还设置了 1 个紧急排放阀用于在紧急工况下排空废树脂。干燥器的夹套和再清洗过滤器内安装了保温加热管，在正常运行工况下热油从加热管中流过，对容器内的废树脂进行加热。 2) 热油机组 热油机组向干燥器提供热源，其最高设计温度可达 250℃。热油流量为 15m³/h。 3) 冷凝器 冷凝器是个管束式热交换器，冷冻水走管侧，蒸汽走壳侧。管侧压降小于 0.02MPa。 4) 二次冷凝器 二次冷凝器是个管束式热交换器，冷冻水走管侧，蒸汽走壳侧。管侧压降小于 0.02MPa。 5) 除水泵 除水泵是个气动隔膜泵，最大流量约为 20m³/h，扬程约为 7m。 6) 真空泵 真空泵的设计流量为 100m³/h，极限真空度为 0.5mbar。真空泵安装了油温探测器和油液位计。 7) 冷凝液箱 冷凝液箱用于收集废树脂真空干燥过程产生的冷凝液，容积约为 300L。 8) 冷冻水机组 冷冻水机组是个风冷式机组，用于向冷却器、二次冷却器、热油机组以及催化氧化装置提供冷冻水。冷冻水机组出水温度为 7℃，回水温度为 12℃。
--	--

	9) 碱液吸收罐 碱液吸收罐主要功能是对干燥器排出的碳 14 进行吸附固定。碱液吸收罐设为两级，不同级别的吸附罐均可单独旁路，按需使用。碱液吸收罐内装有 50L 的 20%浓度氢氧化钠溶液，并设置若干个曝气头用以提高 $^{14}\text{CO}_2$ 吸收效率。为减少通气过程中的雾沫夹带程度，在碱液吸收罐出口管嘴处设置了过滤器。碱液吸收罐设计成可拆卸式，便于现场安装和操作。碱液吸收罐有效容积 60L，吸收效率不低于 99.8%。 10) 催化氧化装置 催化氧化装置主要功能是对排气中的有机碳 14 进行催化氧化，催化氧化后的排气排入尾气吸收罐中吸附固定。装置采用模块化设计，便于现场安装。尾气转化装置反应温度约为 $350^{\circ}\text{C}\sim 450^{\circ}\text{C}$，有机碳转化效率不低于 90%。 11) 尾气吸收罐 尾气吸收罐数量 1 台，其设计参数同碱液吸收罐。 12) 管道管件、阀门、仪表 本系统管道管件、阀门、仪表安全分级为 Class 6，抗震等级为 NSQ，部分包容 $^{14}\text{CO}_2$ 的气路系统管道上的阀门需按 DBE A 设计。 系统管道内流体介质为放射性废液或废树脂，因此管道采用奥氏体不锈钢。除了 P&ID 中标识的法兰接口，所有管道的连接均采用焊接。为减少放射性物质累积，所有大于 DN50（包括 DN50）的管道均采用对接焊，并使用长半径的弯头弯管和分支管道。树脂管道采用 5 倍 DN 的弯管，以避免树脂管道堵塞。由于在废树脂加热过程中，干燥器会受热膨胀，与其相连接的管道会受到热应力和机械应力的作用。因此，热油管和树脂进料管须进行应力计算，并设置膨胀节。 为了降低泄漏风险，所有与含碳 14 气体接触的阀门采用波纹管截止阀。 干燥器、热油管道以及排气管道由于工作温度较高，需考虑保温和防烫措施。冷冻水机组由于布置于 S2-149 室外，该设备有防腐需求，并考虑水管保冷措施。 2.1.5.3 废树脂整备配套子系统 2.1.5.3.1 工艺描述 废树脂整备配套子系统的主要功能是为废树脂整备主工艺（废树脂转运计量子系统、和废树脂碳-14 脱除子系统）配套提供压缩空气、除盐水，满足主工艺启动前、正常运行和检维修等工况下的配套需求；此外，该系统配备碳-14 泄漏监测系统，用于监测废树脂碳-14 脱除子系统的碳-14 的泄漏情况。其工艺描述如下：
--	---

	1) 碳-14 泄漏监测系统 废树脂整备碳-14 泄漏监测系统由法兰罩、设备罩、风机、气载碳-14 监测和取样系统、碱性吸附床组成。法兰罩及设备罩上设有开孔，通过管道与电离室和风机相连，风机按照预设风量持续运转，法兰罩内和设备罩内形成负压环境。正常运行工况下，空气通过风机抽吸至系统管道内，系统管路内无碳-14 存在，不会发生泄漏报警，空气经过风机后排至厂房通风系统内。若法兰连接和设备发生气体泄漏时，泄漏气体通过风机抽吸至系统管道内，经过气载碳-14 监测和取样系统后，可识别碳-14 泄漏并连锁风机后管路切换至碱性吸附床，完成泄漏工况下碳-14 吸附，吸附后尾气去往厂房通风系统，保障碳-14 不向厂房通风系统扩散。碳 14 泄漏监测系统流程图见附图 10。 2) 压缩空气及除盐水系统 压空及除盐水系统由相关阀门、管道和配套管件组成。在正常模式下，压空系统能够连续为废树脂碳-14 脱除子系统、废树脂转运计量子系统提供经过过滤的、干燥的压缩空气。除盐水系统从厂房获得除盐水，供废树脂碳-14 脱除子系统、废树脂转运计量子系使用。压缩空气及除盐水系统流程图见附图 11。压缩空气接口位置见附图 12。 2.1.5.3.2 主要设备 1) 碳-14 泄漏监测 碳-14 泄漏监测子系统主要设备有风机、法兰罩、设备罩（随废树脂降解装置供货）、碱性吸附床、碳-14 监测电离室，以及配套的阀门、仪表和控制系统。装置采用模块化设计，便于现场安装。 ● 风机 风机为碳-14 泄漏监测持续提供负压环境，法兰或设备泄漏时，泄漏气体及时被抽吸至泄漏监测系统中。 ● 法兰泄漏气体收集装置 可拆卸式法兰泄漏气体收集装置，外罩与管道管道之间设置软密封，法兰置于外罩中心位置；外罩一侧开孔，另外一侧连接风管，风管可持续不断抽吸空气在法兰罩内形成负压。 法兰泄漏气体收集装置的主体结构是两片带钣金扣件的半柱形钣金防护罩结构，凸起部位包覆法兰结构，缩颈部位包覆管道，两片钣金结构接触面及缩颈部位表面衬丁晴橡胶层，确保两片带钣金扣件的半柱形钣金防护罩及缩颈部位与管道紧密结合，并通过钣金扣件方便拆装，为防止防护罩脱落，在缩颈部位设置有防脱落螺栓。 ● 碱性吸附床
--	--

	设置于风机后端，用于吸收泄漏工况下系统泄漏的碳-14 气体，防止碳-14 扩散至环境中，碱性吸附床后端排出的尾气送入树脂碳-14 脱除子系统，最终排放至厂房通风系统。 ● 管道管件及阀门 正常运行工况下，系统管道内流体介质为空气，泄漏工况下为空气与少部分含碳-14 放射性气体混合气，因此管道采用奥氏体不锈钢。除了 P&ID 中标识的法兰接口，所有管道的连接均采用焊接。阀门与管道连接方式为对接焊，系统内阀门均使用蝶阀。 2) 压缩空气及除盐水系统 ● 管道管件及阀门 压空系统管道内流体介质为空气，管道采用奥氏体不锈钢，除盐水系统管道内流体为除盐水，管道采用奥氏体不锈钢。除了 P&ID 中标识的法兰接口，所有管道的连接均采用焊接。阀门与管道连接方式为对接焊，压空系统内阀门使用球阀，除盐水系统内阀门使用球阀。 2.1.6 工作制度及劳动定员 本项目不新增工作人员，由秦三厂现有工作人员调配。 工作人员工种包括：放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置操作人员、检修人员。其中各工种工作人员工作制度如下。 放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置操作人员：共 3 人，每年最多操作 48 次，每次时长 5 天； 放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置检修人员（电气专业、仪控专业、机械专业）：每专业 2 人，共 6 人。预防性检修每两年每人 16 小时（大修时进行）；故障检修：预期每年故障 2 次，每次处理 4 小时，每次故障处理需 2 人。 根据本报告“四、主要环境影响和保护措施”分析结果，本项目属于技术改造，实施本项目后，秦三厂的排放源项没有显著增加。根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》规定，本项目须开展环境影响评价工作；对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部第 16 号令），本项目属于“五十五、核与辐射——167、核动力厂——主生产工艺或安全重要构筑物的重大变更，但源项不显著增加”类别，应编制环境影响报告表，由建设单位上报生态环境保护主管部门审查。
工艺流程和产排污	2.2 工艺流程和产排污环节 2.2.1 施工期

环节	本项目区域位于辅助厂房控制区内，存在一定量的新建墙体、管道安装工作和少量的墙体开孔工作，过程中会产生一定量的混凝土、金属废物和其他废物。 作业过程中从辐射控制区出来的建筑垃圾，应单独集中堆放，不得和厂区其他区域的建筑垃圾、工业垃圾、生活垃圾混放；由施工承包商负责通知保健物理处进行测量及评价，符合要求后由施工承包商及时清理运出场。 2.2.2 运营期 本项目完成技术改造投运后，非放废水及生活污水排放、噪声、危险废物及生活垃圾、电磁辐射等与技改前一致。 放射性排放情况如下： 1) 液态流出物 本项目运行过程中产生的放射性废液主要有冷凝液和废树脂冲排水，其放射性水平比较低。冷凝液一批次按照 100L 考虑，废树脂冲排水重复使用。放射性废液均通过专用管道进行收集，收集后通过电厂已有的放射性液体废物处理系统进行处理，取样监测达到排放要求后可向环境排放。 2) 气态流出物 废树脂脱除碳 14 过程中排气经多级碱液吸附、催化氧化以及尾气吸附后，剩余部分经在线碳 14 监测后排入电厂已有通风系统，最终通过核岛烟囱排向大气。核岛烟囱设有在线监测和取样装置，对气态流出物排放开展监测。 3) 放射性固体废物处理 本项目运行过程中的固体废物是脱除碳 14 后的废树脂，暂存后依托电厂改造开展进一步处理，秦三厂拟在 1 号机组热机修车间 S1-149 建设废树脂水泥固化装置，可用于处理脱碳后的废树脂。该装置基于桶内搅拌水泥固化技术，采取“系统模块化、分区单元化”的设计原则。水泥固化体满足《低、中水平放射性废物固化体性能要求 水泥固化体》（GB 14569.1-2011）中固化体性能要求。完成固化后，对固化体进行养护及性能检测，满足龙和处置场接收要求后运往处置场。废树脂水泥固化系统总体上考虑“三进三出”，“三进”指水泥干料、固化用水、废树脂，“三出”指经过净化的工艺尾气、经过净化的箱室气体、水泥固化体。水泥固化过程产生的二次废物通过废树脂水泥固化系统自行处理。 建设单位承诺废树脂水泥固化装置于 2030 年底前投运。水泥固化装置投运前，本项目（预计 2027 年 12 月底投运）每年处理废树脂不超过 1m³，处理完成的废树脂在厂内暂存，暂存罐容积为 4m³。 废树脂水泥固化装置将单独开展环评工作。
----	--

	二级碱液吸收罐中的碱液可参照一级碱液吸收罐的处理办法，先通过添加 BaCl_2 的方式实现液转固，如具有碳 14 提纯价值则送往中核秦山同位素有限公司进行提纯，否则作为废固处理。
与项目有关的原有环境污染问题	2.3 与项目有关的原有环境污染问题 2.3.1 环保手续履行情况 秦山第三核电厂已取得环境影响报告书（首次装料阶段）的批复。此外，针对规划限制区、应急计划区、环保执行标准及排放控制要求也取得相应批复。批复情况具体见下： — 原国家环境保护总局《关于秦山第三核电厂环境影响报告书（首次装料阶段）审查意见的复函》（环审[2002]188 号） — 《秦山三期（重水堆）核电站工程核建设项目竣工环境保护验收申请报告》（环核验[2004]2 号） — 浙江省人民政府《浙江省人民政府办公厅关于设置秦山核电基地规划限制区的复函》（浙政办函[2008]3 号） — 《关于批准秦山第三核电厂气态放射性流出物 C-14 的排放量管理目标值的通知》（国核安全[2010]186 号） — 浙江省核电厂事故场外应急委员会《关于同意调整秦山核电基地统一应急计划区的批复》（浙核委[2013]3 号） — 原国家环境保护总局《关于同意秦山核电基地公众辐射剂量限值和放射性物质排放量控制值申请的通知》（环函[2001]333 号） 2.3.2 现有工程污染物排放情况 秦三厂正常运行的环境影响，主要为反应堆产生的流出物对公众的辐射影响。根据《秦山核电环境质量评价年报》（2024 年），2024 年秦山核电基地各核电厂的流出物排放控制情况良好。秦三厂气、液态流出物排放量远低于基地管理目标值。 （1）三废处理设施 秦三厂设置有完整的放射性废物处理设施，包括废液处理系统、废气处理系统和固体废物处理系统。 秦三厂的两台机组各有一套独立的放射性废液处理系统，系统的主要设施为过滤器和混床离子交换器。经处理后的液态流出物取样监测合格后通过暂存箱向环境排放。 2024 年秦三厂废液处理系统运行正常，符合设计要求。 秦三厂放射性废气净化处理系统主要包括反应堆厂房通风净化系统、乏燃料池通风净化系统、辅助厂房通风净化系统。反应堆厂房和乏燃料池的排

	风通过由前置过滤器、前高效过滤器、活性炭吸附器和后高效过滤器组成的过滤净化装置处理后通过烟囱排放。辅助厂房的排风经过前置过滤器和高效过滤器处理后通过烟囱排放。另外，重水蒸汽回收系统（使气体中的氘含量降低 20 倍）排风送至反应堆厂房通风净化系统处理；来自破损燃料储存器和重水收集系统的放射性废气送至活性炭延迟床装置（两台机组共用，在 1 号机组内）处理后，再送至辅助厂房通风净化系统，最终通过烟囱排放。 2024 年秦三厂废气处理系统运行正常。废气处理系统的净化效果良好，符合设计要求。 秦三厂产生的固体废物主要包括废树脂、废过滤器芯子、可压缩废物和不可压缩废物、有机废物。秦三厂每台机组在辅助厂房内设置两个混凝土贮槽，废树脂暂存在废树脂贮槽内。废过滤器芯子装入混凝土容器内，暂存在固体废物库。可压缩废物、不可压缩废物用 200L 钢桶装桶、压缩打包，暂存在放射性固体废物暂存库内。有机废物包括放射性废油和清洗剂，采用 200L 废油桶包装，暂存在方家山 QR 厂房中（《关于同意秦山核电基地共用放射性固体废物贮存设施的复函》（国核安函[2020]121 号））。2024 年，秦三厂放射性固体废物处理、监测、运输、贮存系统运行正常。放射性固体废物使用专用车辆运输，运输过程可控，暂存库内贮存废物状态可控、账物相符。 （2）流出物及环境监测设施 秦三厂所在秦山核电基地实施统一的流出物和环境监测管理。 秦山核电基地制定了《流出物监测大纲》（QS-5CY-MNCY-0025）等规定，并设置了气态、液态流出物在线连续监测系统及取样监测系统，对秦三厂流出物排放进行监测。取得的样品在流出物监测实验室进行分析。 秦山核电基地对基地半径 50km 范围内开展环境 γ 辐射水平监测，半径 30km 范围内开展空气、水体、土壤、农畜水产及指示生物的放射性核素活度浓度监测。环境 γ 辐射监测系统、自动气象站和环境监测实验室（配有环境监测车与环境介质采样车）已设置。 （3）应急准备与响应 秦山核电基地制定了《秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂场内核事故应急预案》（EP-QX-2），建立了统一的应急组织机构并实施统一的应急管理。 （4）非放监测 2024 年秦山核电各电厂定期对取水口和排水口进行非放取样分析，分析的项目有 pH 值、电导率、溶解氧、磷酸盐、硫酸盐、联氨、氨氮、余氯、硼、钠、镍、铁、锰、油类、阴离子、悬浮物等，分析结果表明取、排水口海水
--	--

	的监测结果无明显差异，所有机组的取水口、排水口监测因子均符合《海水水质标准》（GB3097-1997）四类标准规定限值。 2024 秦山核电委托宁波华测检测技术有限公司及苏州华测检测技术有限公司对秦山各电厂排放的非放生产废水和生活污水，非放废气（包括污水处理设施的恶臭）、土壤及电磁环境进行了监测。各监测点位昼间、夜间噪声均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准的要求。各监测点位工频电磁辐射符合《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）中的有关规定要求。各监测点位的废气监测结果显示，厂界区域颗粒物无组织排放满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）要求，污水处理设施周边恶臭浓度同时满足《恶臭污染物排放标准》和《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）要求，危废库区域挥发性有机物（VOCs）无组织排放满足《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）要求。土壤监测结果满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600-2018）要求。 2024 年，秦山核电污废水排放口化学物质在线监测仪器运行正常，系统的数据总体获取率在 99%以上。各点位监测结果满足排放标准。
--	--

三、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准

区域 环境 质量 现状	3.1 区域环境质量现状 3.1.1 地表水 本项目为技术改造项目，地点位于海盐县秦山街道秦山核电基地内秦三厂厂区。 秦山核电基地附近水体为杭州湾海域，海水水质执行浙江省发展和改革委员会与浙江省生态环境厅联合发布的《浙江省近岸海域环境功能区划（修编）》，秦山附近海域均为“嘉兴乍浦四类区”（JX02DIV），该功能区的海水水质保护目标为四类水质标准，海水水质执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的四类标准。 根据《2024 年浙江省生态环境状况公报》（2025 年 6 月），全省近岸海域优良水质（一、二类）面积平均比例为 52.4%；劣四类水质面积平均比例为 25.7%。海水主要超标指标为无机氮和活性磷酸盐。根据浙江省近岸海域海水类别分布图可知，厂址周边杭州湾海域水质为劣四类海水水质。 3.1.2 环境空气及气象观测 1) 环境空气 根据嘉兴市生态环境局发布的《2025 年 1-9 月环境空气质量情况》中相关监测数据，嘉兴市海盐县 2025 年 1-9 月的 PM_{2.5} 平均浓度为 26μg/m³，厂址所在的海盐县秦山街道 2025 年 1-9 月的 PM_{2.5} 平均浓度为 27.1μg/m³，PM₁₀ 平均浓度为 48.4μg/m³，达到了《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）中的二级标准，同时也满足 2026 年 3 月 1 日起实施的《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的过渡阶段二级标准。 秦三厂委托宁波市华测检测技术有限公司进行现场监测，现场监测于 2023 年 10 月 15 日~2023 年 10 月 19 日开展，监测因子为 CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂ 和氮氧化物，根据监测结果可知，厂址下风向（厂界外）所有大气监测指标均能达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及修改单（生态环境部公告 2018 年 第 29 号）中的二级标准，同时也满足 2026 年 3 月 1 日起实施的《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中的过渡阶段二级标准。 2) 气象观测 根据《秦山地区气象观测年报（2024 年）》中的观测结果，以一厂厂区地面气象站作为秦山地区气象代表点，分析结果如下： （1）温度 年平均气温为 18.7 摄氏度；年最高气温为 40.1 摄氏度，出现在 7 月 18 日、8
----------------------	---

	月 11 日；年最低气温出现在 1 月 23 日，为-4.4 摄氏度。 (2) 风 年度平均风速为 2.6 米/秒，年风频统计分析得出：本年度最多风向是 ESE 风向，出现频率为 17.33%，次最多风向是 E 风向，出现频率为 14.97%；年出现最少风向是 SSW 风向，年出现频率为 2.33%；年静风出现频率 1.91%；年极大风速 17 米/秒，出现在 7 月 26 日 5 时 33 分 ESE 风向。 (3) 降水 年降水量为 1440.1 毫米。降水天数为 142 天，一小时最大降水量为 26.5 毫米，出现在 5 月 27 日 12~13 时。 (4) 大气稳定度 大气稳定度分类主要采用太阳辐射—10 米地面风（一厂太阳辐射与一厂地面风），使用改进的帕斯奎尔分类方法。全年 A 类天气占 5.28%，B 类天气占 13.95%，C 类天气占 7.10%，D 类天气占 39.27%，E 类天气占 24.99%；F 类天气占 9.41%；不稳定天气类（A、B、C）占 26.33%，中性天气类（D）占 39.27%，稳定天气类（E、F）占 34.40%。 3.1.3 声环境 根据《秦山核电环境质量评价年报（2024 年）》，厂址边界处昼间、夜间噪声均达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准的要求。 3.1.4 辐射环境 辐射环境现状引用《秦山地区环境辐射监测年报（2024 年）》中辐射环境监测的相关内容。 1) 监测介质： (1) 环境贯穿辐射：贯穿辐射剂量率连续监测，TLD 贯穿辐射累积剂量监测，田野、道路瞬时贯穿辐射剂量率监测。 (2) 大气样品：气溶胶、沉降物，雨水，空气 ³H、空气 ¹⁴C。 (3) 土样品：陆地表层土、海底淤泥、湖塘水底泥。 (4) 农畜产品：茶叶、叶菜、油菜籽、萝卜、大米、羊。 (5) 水产品：鲢鱼、带鱼、白虾。 (6) 水样品：海水、井水、湖塘水、厂区地下水。 (7) 指示生物：松叶、牡蛎、苔藓。 除环境贯穿辐射剂量率监测外，对环境介质的监测项目为： (1) 总 α（气溶胶）、总 β（气溶胶、沉降物、水）活度。 (2) ⁹⁰Sr——大气样品、农畜产品、水产品，部分土样品、水样品、指示生
--	--

	物。 (3) ^{131}I——大气样品、部分农畜产品。 (4) ^3H、^{14}C——所有介质样品。 (5) γ 核素——所有介质样品。 水样品、大气样品用 γ 谱分析方法和放化方法同时分析 ^{137}Cs 核素。 2) 监测布点 陆地监测范围取半径 50km，重点监测在半径 20km 范围；海域侧监测范围取半径 20km，重点半径 5km。 半径 50km 范围内布设 69 个 TLD 累积剂量监测点，同时测量路面和田野瞬时 γ 剂量率。半径 10km 范围内布设 14 个环境 γ 剂量率连续监测点，其中 8 个点同时采集空气样品。半径 20km 范围内布设环境样品取样点，半径 15km 范围内陆地表层土、农产品采样点。秦山邻近海域布设海洋介质样品采样点。 3) 监测结果 (1) 贯穿辐射剂量率连续监测结果 对 2024 年 1-12 月测得的剂量率进行综合分析表明：厂区 2024 年环境贯穿辐射剂量率由于环境变化（降雨）、探测器更换（校准因子变化）等原因，部分监测点环境 γ 剂量率测值与历史值存在一定的偏差。考虑上述因素影响，并比照秦山地区前 5 年的年均值变化，可以认为：2024 年度秦山核电周围环境贯穿辐射剂量率基本处于本底涨落范围。 (2) 大气和沉降物监测结果 2024 年度，气溶胶及沉降物的各项测值对照近五年测量结果无明显变化。 (3) TLD 累积剂量监测和贯穿辐射剂量率就地监测结果 2024 年测量结果与近 5 年测量结果无明显变化。 (4) 土壤样品中放射性核素监测结果 所有测值与近 5 年测量结果无明显变化。 (5) 水产品中放射性核素监测结果 各监测项目与近 5 年测值结果无明显变化。 (6) 农畜产品中放射性核素监测结果 秦山地区农畜产品各放射性核素的测值与近 5 年测量结果无明显变化。 (7) 指示生物中放射性核素监测结果 2024 年各指示生物放射性核素与近 5 年测量结果无明显变化。 (8) 水样中放射性核素监测结果 2024 年井水、湖塘水中放射性核素监测结果为：井水总 α、总 β 活度浓度处
--	---

	于本底涨落范围内，其他人工放射性核素浓度活度未见异常；湖塘水总 β 活度浓度处于本底涨落范围内，其他人工放射性核素浓度活度未见异常。 海水中各监测项目与近 5 年测量结果无明显变化。厂区地下水中各监测项目与近 5 年测量结果无明显变化。
--	---

环 境 保 护 目 标	3.2 环境保护目标 依据《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》(HJ808-2016), 本项目的评价范围为以厂址为中心半径 80km 范围。 本节内容根据《秦三厂 2 号机组新增堆顶辐照生产同位素装置 EPC 总包服务项目环境资料调查报告(2024)》的厂址周边环境基础资料开展编制。人口资料收集和统计的基准为 2022 年度。调查以秦三厂反应堆厂房为中心。 3.2.1 人口密度及分布 厂址所在浙江省、嘉兴市、海盐县平均陆域人口密度分别为 494 人/km²、885 人/km²、644 人/km²。厂址半径 80km 范围平均陆域人口密度为 919 人/km², 高于浙江省、嘉兴市、海盐县平均陆域人口密度; 厂址半径 15km 范围平均陆域人口密度为 735 人/km², 高于浙江省、海盐县平均陆域人口密度, 低于嘉兴市平均陆域人口密度; 厂址半径 5km 平均陆域人口密度为 447 人/km², 低于浙江省、嘉兴市、海盐县平均陆域人口密度。 3.2.1.1 厂址半径 5km 范围内居民点或自然村人口分布 以秦三厂反应堆厂房为中心, 厂址半径 5km 范围涉及海盐县秦山街道 7 个社区和 2 个行政村, 共有户籍人口 10680 人(2022 年底数据, 下同)。厂址半径 5km 范围内, 距离厂址最近的自然村为秦山社区钟家桥, 距离厂址 W 方位 1.9km, 有户籍人口 285 人。人口最多的居民点为长丰社区, 位于厂址 W 方位 4.4km, 有户籍人口 568 人。 3.2.1.2 厂址半径 15km 范围内千人以上行政村人口分布 厂址半径 15km 范围涉及海盐县秦山街道、澉浦镇、武原街道、通元镇、望海街道、于城镇的 66 个行政村(社区), 共有户籍人口 219273 人。厂址半径 15km 范围内除秦山街道长丰社区、澉浦镇澉川社区、南山村、武原街道光明社区、于城镇枫桥居委会外, 其他均为千人以上行政村, 共有 61 个。距离厂址最近的行政村为秦山街道秦山社区, 位于厂址 NW 方位 2.5km 处, 有户籍人口 1238 人; 厂址半径 15km 范围内人口最多的行政村为武原街道南门社区, 位于厂址 N 方位 8.4km 处, 2022 年底有户籍人口 16077 人。 3.2.1.3 厂址半径 80km 范围万人以上人口分布 厂址半径 80km 范围内的万人以上城、镇共有 172 个。距离厂址最近的万人以上城镇为海盐县武原街道, 位于 N 方位, 距离厂址 10.5km, 相对集中居住人口 9.98 万人。人口最多的城镇为杭州市市区, 包含上城区、拱墅区和临平区的街道, 城镇人口 225.6 万人, 位于厂址 W~WSW 方位, 距离厂址 62.6~81km。 3.2.1.4 流动人口
--	--

	秦三厂半径 5km 范围涉及秦山街道的 6 个社区（行政村）。流入人口多于流出人口，流入的目的多为务工。 秦三厂半径 15km 范围主要包括海盐县的秦山街道、澉浦镇、武原街道、通元镇、望海街道、于城镇 6 个乡镇的流动人口。 流动人口在每年春节过后的 3 月份达最高峰，次年 1 月时，流动人口达最低峰，流动人口返乡导致。流动人口绝大多数来自湖北、河南、四川、安徽等劳务输出大省，也有少量来自省内周边县市。 3.2.1.5 特殊人口 （1）养老院 厂址半径 15km 范围内涉及 4 所养老院，共有床位 1021 张，工作人员 83 人，目前入住人数 326 人。距离厂址最近的养老院是澉浦镇清泉园，位于厂址 WSW 方位 8km 处。 （2）学校 厂址半径 15km 范围内涉及 65 所学校，共有学生 44182 人，住校生 4610 人，教职工 4160 人。距离厂址最近的学校是海盐县秦山街道海贝幼儿园和海盐县秦山中心幼儿园，均位于厂址 W 方位 2.5km 处，共有学生 133 人，教职工 30 人，无住校生。 （3）医疗机构 厂址半径 15km 范围内共有医疗机构 10 所，其中距离厂址最近的医疗机构是秦山街道社区卫生服务中心，位于厂址 W 方位 3.3km 处，有床位 25 张，医护人员 82 人。 （4）监狱 厂址半径 15km 范围内无监狱。 3.2.1.6 人口分布结论 厂址半径 5km 范围内无人口集中地区。 厂址半径 10km 范围内无十万人以上城镇。 3.2.2 居民食谱与生活习性 3.2.2.1 居民食谱 厂址半径 80km 范围内居民食谱资料来自《浙江调查年鉴 2022》的城、乡居民年食物消费量统计数据；不同年龄组（划分为≤1 岁、1~7 岁（含 7 岁）、7~17 岁（含 17 岁））食谱、年食物消费量数据根据厂址半径 5km 调查结果中儿童组、青少年组与成人组食物消费量的比例关系估算得到；≤1 岁婴儿食谱参照现场调查结果给出。
--	--

	厂址半径 80km 范围涉及的居民饮食习惯接近，粮食以大米为主，蔬菜以叶类菜为主，肉类以猪肉为主，水产品以鱼类为主，蛋类及消费也比较多，奶类及其制品婴儿组和儿童组消费比较高。 厂址半径 5km 范围主要涉及秦山街道的北团村、杨柳山社区、秦山社区、秦兴社区、落塘社区、庆丰社区、丰山村、长川坝社区、新联社区等。这些区域主要以大米为主，辅以少量面粉、玉米、薯类；肉类消费主要以猪肉为主；蛋类消费量也比较大；叶类菜消费量相对较大；水果种类有橘子等，当地出产的应季水果消费量大；奶产品主要以婴幼儿、儿童和青少年消费为主，成年人量少。处于哺乳期的婴儿组主要以母乳和奶粉喂养为主。厂址周边居民耕地主要种植有大米、橘子、蔬菜等农作物及水果。 厂址附近关键居民组为秦兴社区、秦山社区、杨柳山社区，本次调查对这三个关键居民组社区发放共计 600 份调查问卷，调查 1560 人。 3.2.2.2 生活习性 (1) 厂址半径 80km 范围内居民生活习性 厂址半径 80km 范围有海岸线的县市包括浙江省嘉兴市、海盐县等。厂址所在水域内居民生活习性调查按照居民不同职业构成、不同年龄组分别进行调查和统计，走访涉及的市、县统计局和农业农村局收集相关的不同职业、不同年龄居民人数，按沿岸地区居民活动频度分别推算出不同职业构成、不同年龄组居民，在厂址水域内岸边活动、游泳和划船等活动的活动地点、活动人数、年人均小时数和总人年小时数。 厂址半径 80km 范围内居民岸边活动主要是上下船装卸货物、岸边修补渔具、退潮时赶海，游泳主要是海边游泳，划船主要是出海捕鱼、近海养殖等；其中，农村居民岸边活动主要是退潮时赶海、岸边散步等，游泳主要是海边游泳，划船主要是出海捕鱼、近海养殖等；城镇居民岸边活动多为海边散步游玩、岸边垂钓，游泳和划船属于娱乐休闲活动。未成年组中，≤1 岁年龄组，无岸边活动、游泳、划船等活动；由于安全原因，1-7 岁年龄段的儿童只有在家长监护下，有岸边活动，但没有划船和游泳活动；7-17 岁年龄段的青少年在家长陪同下，有划船和岸边活动，无游泳活动。 (2) 厂址半径 5km 范围内居民生活习性 厂址半径 5km 范围为沿海区域，当地居民亦工亦农，从事水产养殖及捕捞工作的渔民较少，在厂址半径 5km 范围无划船活动；厂址半径 5km 海域不适合游泳，因此游泳活动较少，居民在夏季岸边散步活动较多，每天散步约 0.5~1 小时。厂址附近关键居民生活习性均与厂址半径 5km 范围内居民生活习性相似。
--	---

	3.2.3 土地和资源利用 3.2.3.1 土地利用情况 根据《海盐县国土空间总体规划（2021-2035 年）》：全县共划定农田保护区、生态保护区、生态控制区、城镇发展区、乡村发展区、海洋发展区、其他保护利用区 7 个。厂址半径 10km 范围土地利用规划涉及涉及上述 7 个区。厂址所在地土地规划为城镇发展区。 3.2.3.2 水资源利用情况 海盐县地处浙江省东北部杭嘉湖平原，除南部沿海有部分低丘外，大部分属于平原水网地区，河道密布，地势平坦。 （1）地表水利用情况 海盐县属运河水系，境内地势平坦，河道、湖泊密布。全县共有河道、湖泊和其他水域三种水域类型，水域总面积 38.97km²（不含钱塘江），水面率 7.27%。全县共有河道 1963 条，总长度 1473.6km，水域面积 35.5km²，其中市级河道 6 条，县级河道 6 条，乡级河道 1951 条；共有湖泊 1 个，总面积 1.18km²；共有其他水域 229 处，水域面积 2.29km²。 厂址半径 15km 范围有市级河道 2 条，分别是长山河与海盐塘；县级河道 4 条，分别是武通港、里洪塘、酱园港与大麻泾港。距离厂址最近的河道是武通港（WNW~NNW 方位约 7.4km）。湖泊 1 个，即南北湖（WSW 方位约 11.5km）。 （2）地下水利用情况 鉴于海盐县地下水资源量有限，根据 2005 年县政府《关于控制地下水资源开采的实施意见》，现状全县地下水已全面禁采，规划地下水留作特殊干旱年份应急备用水源。 （3）居民饮用水利用情况 厂址半径 15km 范围内无饮用水水源分布。 千亩荡是海盐县现状唯一的本地水取水水源，位于县域西北部的沈荡镇、百步镇和于城镇交汇地带，位于厂址 NW 方位，其取水口距离厂址中心约 18km。区域面积 4.83km²，其中水域面积 1.02km²，平均水深 3m。海盐县域外引水供水一期工程于 2019 年 5 月 25 日开工，建设任务是对接千岛湖引水工程，构建千亩荡与千岛湖双水源供水系统，为海盐县提供优质饮用水。2021 年 6 月，嘉兴市域外配水工程正式通水，海盐分配的千岛湖水量为 6 万吨/日，约占全县日供水量的 一半。 3.2.3.3 海域利用情况 厂址半径 15km 海域共划分为 2 个一级类海洋基本功能区，即农渔业区和港
--	---

	口航运区。其中农渔业区划分 1 个二级类功能区，为海盐捕捞区；港口航运区划分 3 个二级类功能区，共 5 个功能区，分别为海盐港口区、海盐港进港航道区、乍浦至杭州航道区（海盐段）、白塔山锚地区和汤山锚地区（海盐部分）。 3.2.4 环境敏感区 3.2.4.1 文物古迹 厂址半径 15km 范围内有全国重点文物保护单位 2 个，分别是钱塘江海塘海盐敕海庙段和海宁段（海盐敕海庙段）（N 方位约 8.7km）、绮园（N 方位约 9.3km）；省级文物保护单位 2 个，分别是千佛阁（含镇海塔）（NNW 方位约 9.5km）、云岫庵（SW 方位约 13.0km）；县级文物保护单位 28 个，距离厂址最近的县级文物保护单位是秦山南麓碉堡（W 方位，约 2.5km）。 3.2.4.2 旅游风景区 厂址半径 15km 范围内有 2 个 4A 级景区，分别是绮园景区（N 方位约 9.3km）、南北湖风景区（SW~WSW 方位约 11.7km）；有 2 个 3A 级景区，分别是核电小镇景区（N 方位约 5.3km）、三毛乐园景区（NNW 方位约 10.6km）。 3.2.4.3 自然保护区 厂址半径 15km 范围无自然保护区分布。 厂址半径 15km 范围有 1 个自然保护地，即南北湖省级风景名胜区，总面积为 2762.22 公顷，均为一般控制区，位于厂址 SW~WSW 方位，其边界最近处距厂址中心约 7.7km。海盐县钱江潮源湿地公园整体位于南北湖风景名胜区范围内，根据《海盐县自然保护地整合优化方案》（2023 年 3 月），海盐县对自然保护地进行了优化整合，撤销省级钱江潮源湿地公园。 3.2.5 工业、交通 3.2.5.1 工业 厂址半径 15km 范围规模以上工业企业有 304 家，其中秦山街道有 69 家、武原街道 49 家、望海街道 51 家、西塘桥街道 6 家、澉浦镇 34 家、通元镇 52 家、于城镇 43 家。规上企业主要经营范围为高端紧固件、集成家居、电子信息及高端装备制造等。距离厂址最近的规上企业（核电秦山联营有限公司、秦山第三核电有限公司、秦山核电有限公司除外）是嘉兴三喜新材料有限公司，位于厂址 W 方位约 2.5km。 3.2.5.2 交通 厂址半径 15km 范围主要涉及海盐县的秦山街道、西塘桥街道、武原街道、望海街道、于城镇、通元镇及澉浦镇厂址，主要有高速公路 G92 杭州湾环线高速、G15 沈海高速；国道 G525；省道 S303、S207 嘉南公路；县道 X331、X614、X609、
--	---

	X104、X611、X606、X605、X613、X608、X604、X115、X602、X603 及其他乡道村道。厂址半径 15km 范围无铁路。 厂址半径 5km 范围有县道 X605、X331、X104、X606、X614、X609 共 6 条。其中 2 条道路可以直接到达秦山核电基地，分别是秦山大道（X104）和老沪杭公路乍秦线（X331），其中秦山大道为秦山核电基地的应急大道。当发生紧急情况时，撤往生活区的路线有三条：①沿应急大道至秦山大道后达生活区；②顺海堤沿沪杭公路至生活区；③经沪杭公路秦山——六里段——通元转东西大道至生活区。 厂址半径 15km 范围内距离厂址最近的外海航道为秦山航道，最近距离为 2.7km，位于 NNE 方位。厂址半径 15km 范围有 VII 级以上内河航道 11 条，距离厂址最近的内河航道为何家桥线，最近距离为 2.7km，位于 NW 方位。 厂址半径 16km 范围内无机场，厂址半径 4km 范围内无空中航线。
污 染 物 排 放 控 制 标 准	3.3 污染物排放标准 3.3.1 法规文件 ● 《中华人民共和国核安全法》（2017.9.1） ● 《中华人民共和国环境保护法》（2015.1.1） ● 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003.10.1） ● 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018.12.29） ● 《中华人民共和国水污染防治法》（2018.1.1） ● 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018.10.26） ● 《中华人民共和国噪声污染防治法》（2022.6.5） ● 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部第 16 号令，2021.1.1） ● 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017.10.1） 3.3.2 技术标准 ● 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） ● 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025） ● 《核辐射环境质量评价一般规定》（GB11215-1989） ● 《环境核辐射监测规定》（GB12379-1990） ● 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ808-2016） ● 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002） ● 《环境空气质量标准》（GB3095-2026）

● 《声环境质量标准》(GB3096-2008) ● 《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) ● 《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 及 2006 年修改单 ● 《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025) ● 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) ● 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023) ● 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018) ● 其它有关国家标准和核行业标准 3.3.3 其他参考文件 ● 《秦三厂新建重水堆放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置变更服务项目初步设计说明书》 ● 《秦山第三核电厂环境影响报告书(首次装料阶段)》 ● 《秦山核电厂扩建工程(方家山核电项目)环境影响报告书(设计阶段)》 ● 《秦山第三核电厂乏燃料临时干式贮存设施运行阶段环境影响报告表》 ● 《秦山核电环境质量评价年报(2024 年)》(QS-5EM-RCEM-202455) ● 《秦山地区环境辐射监测年报(2024 年)》(QS-5EM-RCEM-202429) ● 《秦山地区气象观测年报(2024 年)》(QS-5EM-RCEM-25011001) ● 《流出物监测大纲》(QS-5CY-MNCY-0025) ● 《秦山核电环境辐射监测大纲》(QS-2EMS-TGEM-0001) ● 《秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂场内核事故应急预案》(EP-QX-2) ● 《秦三厂 2 号机组新增堆顶辐照生产同位素装置 EPC 总包服务项目环境资料调查报告》 3.3.4 评价标准 1) 放射性标准限值 (1) 正常运行状态的剂量约束值 国家标准《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 6.1 条的规定: 正常运行工况下, 任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性核素对公众中任何个人造成的有效剂量, 每年不得超过 0.25mSv。 根据核安全局要求, 秦山核电基地各期机组对公众造成的有效剂量按 0.23mSv/a 限值执行。因此, 本项目建设完成后, 作为整个秦三厂的一部分, 其对秦山核电基地外公众造成的有效剂量应与秦山核电基地各期机组进行综合考虑, 使秦山核电基地对公众造成的有效剂量满足 0.23mSv/a 的限值。
--

	根据秦山基地总量控制要求，秦三厂在正常运行工况下对附近居民中任何个人造成的最大有效剂量的评价剂量目标值为 0.05mSv/年。 (2) 事故状态下的剂量控制值 《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个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任意 2h 内以及规划限制区外边界上公众在事故的整个持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 100mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1000mSv 以下。” 秦三厂运行期间，其设计基准事故工况下的事故后果应满足《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025) 的要求。 (3) 运行状态下的流出物浓度限值 对于滨海厂址，槽式排放出口处的流出物中除氚和 ¹⁴C 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。 2) 非放射性标准限值 (1) 生产废水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级标准的 A 标准，经处理达标后排入海水温排水 CC 井，和循环冷却水掺混后排放；生活污水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 中一级标准的 A 标准，经处理达标后排放。见表 3.3-1。 表 3.3-1 生产废水及生活污水主要污染物排放执行标准限值（单位：mg/L） <table><tr><th>项目</th><th>标准限值(mg/L) (pH 值无量纲)</th><th>标准来源</th></tr><tr><td>化学需氧量（COD）</td><td>50</td><td rowspan="7">《城镇污水处理厂污染物排放标准》 (GB18918-2002) 中一级 A 标准</td></tr><tr><td>氨氮（以 N 计）</td><td>5（8）</td></tr><tr><td>总氮（以 N 计）</td><td>15</td></tr><tr><td>总磷（以 P 计）</td><td>0.5</td></tr><tr><td>生化需氧量（BOD₅）</td><td>10</td></tr><tr><td>悬浮物（SS）</td><td>10</td></tr><tr><td>pH</td><td>6~9</td></tr></table> 注 1：括号外数值为水温>12℃ 时的控制指标，括号内数值为水温≤12℃ 时的控制指标。 (2) 大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 要求。 (3) 施工阶段厂界噪声执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)，即昼间为 70dB(A)，夜间为 55dB(A)；本项目运行阶段，厂界噪声执行《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-2008) 中的 3 类标准，即昼间为 65dB(A)，夜间为 55dB(A)；声环境敏感点执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准。	项目	标准限值(mg/L) (pH 值无量纲)	标准来源	化学需氧量（COD）	50	《城镇污水处理厂污染物排放标准》 (GB18918-2002) 中一级 A 标准	氨氮（以 N 计）	5（8）	总氮（以 N 计）	15	总磷（以 P 计）	0.5	生化需氧量（BOD ₅ ）	10	悬浮物（SS）	10	pH	6~9
项目	标准限值(mg/L) (pH 值无量纲)	标准来源																	
化学需氧量（COD）	50	《城镇污水处理厂污染物排放标准》 (GB18918-2002) 中一级 A 标准																	
氨氮（以 N 计）	5（8）																		
总氮（以 N 计）	15																		
总磷（以 P 计）	0.5																		
生化需氧量（BOD ₅ ）	10																		
悬浮物（SS）	10																		
pH	6~9																		

	(4) 电磁辐射环境执行《电磁环境控制限值》(GB8702-2014), 即工频电场强度限值: 4kV/m, 工频磁感应强度限值 0.1mT。 (5) 根据浙江省发展和改革委员会与浙江省生态环境厅联合发布的《浙江省近岸海域环境功能区划 (修编) 》, 秦山附近海域均为“嘉兴乍浦四类区”(JX02DIV), 该功能区的海水水质保护目标为四类水质标准, 海水水质执行《海水水质标准》(GB3097-1997) 中的四类标准, 四类环境功能区以外海域为二类功能区, 相应的水质保护目标为二类海水水质标准。 《近岸海域环境功能区管理办法》第九条规定: 对入海河流河口、陆源直排口和污水排海工程排放口附近的近岸海域, 可确定为混合区。《海水水质标准》(GB3097-1997) 对海水温升的要求如下: 一、二类海水水质: 人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 1℃, 其他季节不超过 2℃; 三、四类海水水质: 人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃。 (6) 危险废物的产生、贮存和外运执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。
总量控制指标	无

四、主要环境影响和保护措施

施工期环境保护措施	秦三厂新建重水堆放放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置项目的建设主要为废树脂转运计量子系统、废树脂碳 14 脱除子系统、废树脂整備配套子系统的安装建设，拟安排在 2027 年 8 月至 12 月开展。 施工过程产生的主要污染物为施工过程中施工人员产生的生活污水和生活垃圾、施工噪声。新建墙体、管道安装工作和少量的墙体开孔工作过程中会产生一定量的混凝土、金属废物和其他废物。 ● 水污染影响预测 本工程产生的少量废水经采用适当的环保措施后本项目施工期不会对水环境产生不良影响。施工人员产生的生活污水依托现有的生活污水处理设施处理。 ● 大气污染影响预测 本工程安装在室内进行，安装过程中采取防尘、抑尘措施，不会对大气环境产生不良影响。 ● 施工噪声防治 本工程安装在室内进行，不会对周围声环境产生不良影响。 ● 固体废物处置 本工程位于辅助厂房控制区内，存在一定量的新建墙体、管道安装工作和少量的墙体开孔工作，过程中会产生一定量的混凝土、金属废物和其他废物。 从辐射控制区出来的建筑垃圾，应单独集中堆放，不得和厂区其他区域的建筑垃圾、工业垃圾、生活垃圾混放；由施工承包商负责通知保健物理处进行测量及评价，符合要求后由施工承包商及时清理运出场。
-----------	--

运营期环境影响和保护措施	4.1 运营期环境影响 本项目属于技术改造项目，本项目投运后，非放废水及生活污水排放、噪声、危险废物及生活垃圾、电磁辐射等与技改前一致。 本项目运行过程中产生的放射性废液主要有冷凝液和废树脂冲排水，其放射性水平比较低。放射性废液均通过专用管道进行收集，收集后通过电厂已有的放射性液体废物处理系统进行处理，取样监测达到排放要求后可向环境排放。 废树脂脱除碳 14 过程中排气经多级碱液吸附、催化氧化以及尾气吸附后，剩余部分经在线碳 14 监测后排入电厂已有通风系统，最终通过核岛烟囱排向大气。核岛烟囱设有在线监测和取样装置，对气态流出物排放开展监测。 本项目运行过程中的固体废物是脱除碳 14 后的废树脂，进行暂存，后续依托电厂改造开展进一步处理。三厂拟在 1 号机组 149 房间建设小型化水泥固化装置，用于处理脱碳后的废树脂。脱除碳 14 后的废树脂经水泥固化处理后，可满足近地表处置要求。 4.2 运营期保护措施 4.2.1 放射性废气处理设施 秦三厂放射性废气净化处理系统主要包括反应堆厂房通风净化系统、乏燃料池通风净化系统、辅助厂房通风净化系统。反应堆厂房和乏燃料池的排风通过由前置过滤器、前高效过滤器、活性炭吸附器和后高效过滤器组成的过滤净化装置过滤净化后排向烟囱。辅助厂房的排风经过前置过滤器和高效过滤器过滤净化后排向烟囱。另外，重水蒸汽回收系统可使气体中的氚含量降低 20 倍，其排风送至反应堆厂房通风净化系统处理；来自破损燃料储存器和重水收集系统的放射性废气送至活性炭延迟床装置（两台机组共用，在 1 号机组内）处理后，再送至辅助厂房通风净化系统。 4.2.2 放射性废液处理设施 秦三厂的两台机组各有一套独立的放射性废液处理系统，低放废液和放射性废液分别进入系统两个不同的废液暂存箱，低放废液和放射性废液经取样监测合格后通过暂存箱向环境排放，如果排放不满足要求，则对废液进行净化处理后，经取样监测合格后通过暂存箱向环境排放。特殊废液经检测如重水含量超过限值，则要首先进入重水净化系统处理，然后进入废液暂存箱，经检测合格后向环境排放。对废液处理的主要设施为过滤器和混床离子交换器，净化系数为 10，如一次处理后还不符合排放标准，可循环处理，直至符合排放标准。 4.2.3 其他环保设施 反应堆正常运行期间工作人员工作期间产生的生活污水，经秦山核电基地现
--------------	---

有生活污水处理设施处理达标后排放。

4.3 运营期排放源项

4.3.1 运行期间的气态排放源项

1) 正常运行排放源项

本项目设置在 2 号机组 018 房间，正常运行时，每批次处理 200kg 废树脂。

废树脂干燥工艺在核电三废处理中已成熟引用，干燥装置顶部有过滤器，可以防止干燥过程大液滴夹带。

废树脂降解过程中，经 2 级吸附和催化氧化和尾气吸附处理后，碳 14 排放量约为总量的 0.04%。全年最多 48 次。

2) 事故下排放源项

本项目设置了应急措施，如处理过程中如发生碳 14 泄漏，则采用通过碱性物质进行紧急吸附。废树脂降解过程中排放的气态碳 14，其中约 0.5%为有机物（无法进行吸附），其余为无机碳 14（可进行紧急吸附，吸附效率为 99%），则泄漏情况下排放的碳 14 为总量的 1.5%。

4.3.2 运行期间的液态排放源项

1) 正常运行排放源项

正常运行期间废树脂干燥后产生的冷凝液和冲排水均排往废树脂水池，后续通过电厂自带的废液处理系统进行处理。由于废树脂处理过程中核素不会浸出，因此主要考虑氚和碳 14 的排放增量。由于碳 14 基本被碱性吸附液吸附，因此不考虑碳 14 的液态排放。

2) 事故下排放源项

本项目事故下不会导致液态氚排放。

4.3.3 事故说明

本项目位于抗震辅助厂房内，因此仅考虑电厂内部事件，分为外部系统故障和内部系统故障，具体分析如下。其中最严重的排放为废树脂降解装置泄漏。

表 4.3-1 事故说明

内部事件类型		事故说明	事故后果分析	应对措施
外部系统故障	火灾探测系统失效	电厂火灾探测系统故障，会自动报警。	本项目火灾探测系统依托电厂火灾探测系统，失效不影响本系统运行。	尽快修复火灾探测系统
	消防系统失效	电厂消防系统故障，会自动报警。	本项目消防系统依托电厂消防系统，失效不影响本系统运行。	尽快修复消防系统
	通风系统失效	通风系统故障，无法运行	通风系统无法及时将本项目的排气排至烟囱，但不影响	运行人员可根据通风系统运行情况

				本项目的碳 14 排放量。	况手动停止废树脂降解装置运行。
		重水疏排水箱破裂	重水疏排水箱破裂时，可以容纳在水箱所在房间内，不会对本项目产生影响。	NA	NA
	内部系统故障	废树脂降解装置	装置泄漏	装置密封性失效导致卸碳 14 泄漏，此时启动紧急吸附，保守假设所有碳 14 都泄漏，其中约 0.5%为有机物（无法进行吸附），其余为无机碳 14（可进行紧急吸附，吸附效率为 99%），则泄漏情况下排放的碳 14 为总量的 1.5%。	启动紧急吸附
		冷冻水失效	冷冻水机组故障停机、制冷能力不足、冷冻水管道破裂等原因，导致冷冻水失效。可通过冷冻机组状态显示及冷冻水管道上的温度计进行提醒。	冷冻水失效时，1）如在废树脂降解前期，此时处于蒸发水分的过程，温度约 100℃，此时温度较低，不会产生碳 14，将自动停止热油机组加热，不会造成碳 14 释放。2）如处在中后期，此时已没有水蒸气，废树脂处于 170℃，会产生碳 14，此时停止热油机组加热，废树脂温度会较快冷却，停止产生碳 14，同时碱液吸收罐会被排气加热，即使保守考虑连续 20min 产生 45L/min 的二氧化碳，碱液升温也不会超过 20℃，不会造成碳 14 意外释放。此时会关闭催化氧化装置，关闭排放阀门，废树脂降解装置启动内部循环。	冷冻水失效时自动停止热油机组，停止对废树脂进行加热，关闭催化氧化装置，关闭排放阀门。
		热油供应故障	热油机组故障时，机组会提醒故障。	热油机组故障时，废树脂降解装置将停止加热，不会造成碳 14 意外释放。	运行人员根据实际情况手动停止装置运行。
			热油管道破裂，热油机组油箱液位计报警	热油管道破裂导致废树脂无法被有效加热降解，不会造成碳 14 意外释放。	运行人员根据实际情况手动停止装置运行，并进行热油清理。
		氧气供应不足	氧气瓶压力过低，自动报警	氧气瓶压力过低	运行人员根据氧气压力低报警更

					换氧气瓶。
			氧气管泄漏	氧气管泄漏从而氧气无法进入催化氧化装置导致催化氧化失效，保守考虑 0.2% 的有机碳 14 无法被催化氧化，排至通风系统，此时管路上的碳 14 监测装置会报警，不会造成过多的碳 14 排放。同时为了确保系统的碳 14 不会从管道破口泄漏，氧气管与催化氧化装置的接口处会设置止回阀。	碳 14 监测装置报警，系统自动停止加热，热油机组进入冷却状态；氮气停止供应。氧气管与催化氧化装置的接口处会设置止回阀。
		氮气供应不足	氮气瓶压力过低，自动报警	氮气供应不足会导致干燥器内残留一定的碳 14，不会导致碳 14 意外释放。更换氮气瓶后可通过通入氮气将干燥器内部残留的碳 14 排出。	运行人员手动更换氮气瓶。
			氮气管泄漏	氮气管泄漏导致氮气未及时进入废树脂降解装置带走碳 14，会导致干燥器内残留一定的碳 14，不会导致碳 14 意外释放。同时为了确保系统的碳 14 不会从管道破口泄漏，氮气管与干燥器的接口处会设置止回阀。	运行人员恢复破口后继续运行。
		单级碱液吸收罐失效	单级碱液吸收罐因鼓泡器破损、碱液污染等原因失效	单级碱液吸收失效会导致吸收级数减少，原设计有 2 级吸收罐和一级尾气吸收罐共 3 级吸收，如单级碱液吸收罐失效，则总的吸收级数变为 2 级，不会影响碳 14 排放。	每个碱液吸收管在装碱液之前，检查鼓泡器质量，同时碱液在氮气手套箱内配置，避免碱液被污染。
		催化氧化装置故障	催化氧化装置故障	催化氧化装置故障停止运行，则此时系统自动停止加热，热油机组进入冷却状态；氮气停止供应。	催化氧化装置故障自动联锁热油机组进入冷却状态，氮气停止供应。
			催化氧化装置催化效率下降	催化氧化装置故障，即使此时装置不停止运行，保守考虑 0.2% 的有机碳 14 无法被催化氧化，排至通风系统，此时管路上的碳 14 监测装置会报警，不会造成过多的碳 14 排放。	管路上的碳 14 监测装置会报警，自动联锁热油机组进入冷却状态，氮气停止供应。
		尾气吸收罐失效	尾气吸收罐比如鼓泡器破	尾气吸收罐失效导致尾气中的碳 14 无法被吸收，保守考	每个碱液吸收管在装碱液之前，检

	效	损、碱液污染等原因失效	虑 0.2%的有机碳 14 排至环境。此时管路上的碳 14 监测装置会报警，不会造成过多的碳 14 排放。	查鼓泡器质量，同时碱液在氮气手套箱内配置，避免碱液被污染。
	碳 14 监测装置会故障	碳 14 监测装置故障会报警	碳 14 监测装置故障时，不会导致碳 14 超标排放	碳 14 监测装置故障报警，系统自动停止加热，热油机组进入冷却状态。

4.4 运行阶段气液态流出物排放量评价

本项目运行期间的气液态流出物的年排放量能满足 GB6249-2025 单机组排放量限值要求。本项目运行情况秦三厂各机组气态和液态流出物的年排放量能满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）要求。

4.5 运行阶段流出物所致公众照射评价

对本项目运行阶段的公众照射剂量进行环境影响预测及评价。

4.5.1 照射途径

1) 气态途径

本项目在正常运行工况下，气态流出物排放至大气中进入环境，在环境中经由不同的照射途径，最终到达人体，照射途径分为内照射和外照射。

- 气态流出物排放至大气中后，人员吸入含放射性核素的空气造成的内照射。
- 气态流出物排放至大气中后，放射性核素因干、湿沉降导致在农作物中积累，人食入含放射性核素的粮食、蔬菜等食物造成的内照射。
- 气态流出物排放至大气中后，放射性核素因干、湿沉降导致在饲料作物中积累，并通过饲料进入家禽家畜体内，人员食入由含放射性核素的肉、奶及其制品造成的内照射。
- 气态流出物排放至大气中后，人员浸没于含放射性核素的空气中受到的烟云浸没外照射。
- 气态流出物排放至大气中后，放射性核素由于干、湿沉降导致地面沉积，人员在该区域内活动受到的地面沉积外照射。

2) 液态途径

液态流出物排放至水体中经弥散进入环境，在环境中经由不同的照射途径，最终到达人体，照射途径分为内照射和外照射。

- 内照射途径主要为食物链。液态流出物排入受纳水体，放射性核素在水体中稀释扩散，被水生生物摄取后在体内蓄积，人在食入受纳水体中生活的水生生物

物后，对人体组织和器官造成的内照射。

- 液态流出物排入受纳水体，人在含放射性核素的受纳水体中游泳、划船造成外照射。

- 液态流出物排入受纳水体后，部分放射性核素在岸边沉积，对岸边活动人员所造成外照射。

本项目受纳水体为海洋，不向河流湖泊等淡水排放液态流出物。厂址液态流出物排放对附近居民的饮用水、农田灌溉用水、畜牧养殖用水等无影响，所以在液态流出物对公众照射途径中不考虑饮用水的内照射，动物产品（肉、奶等）的内照射，食入用水灌溉的作物（蔬菜、粮食、水果等）的内照射三种照射途径。

4.5.2 计算模式与参数

1) 气态途径

(1) 弥散因子计算模式

弥散因子计算模式依据《核电厂运行状态下气载放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20181-2012）。

本项目废气通过秦三厂烟囱排放，秦三厂烟囱几何高度为 49.84m，临近建筑物高度为 45m，对烟囱释放的气态流出物按混合释放考虑。

在大气弥散因子计算中考虑了建筑物尾流影响，以及混合层高度的修正，同时也考虑了干、湿沉积损耗，核素衰变损耗的修正。

计算中采用的气象观测数据、混合层高度和大气扩散参数取值如下：

中国辐射防护研究院于 2007 年完成了《方家山与秦山核电基地现有气象观测站的相关性实验观测与分析》报告，其中包含了秦三厂气象铁塔与秦山第二核电厂气象铁塔的数据相关性。本报告利用秦三厂与秦山第二核电厂气象铁塔相关频率矩阵，将二厂铁塔气象站 63m 高度的 2023 年~2024 年两整年气象数据转换为秦三厂气象数据。

混合层厚度是大气环境评价的重要参数之一。最终推荐的不同稳定度条件下的混合层高度为 A~B 类为 1062m、C 类为 600m、D 类为 400m。大气弥散参数 σ_y 、 σ_z 采用秦山厂址大气扩散试验得到的厂址大气水平弥散参数和垂直弥散参数(2) 气载流出物剂量模式

本项目在正常运行时，气态流出物对居民所致的剂量计算包括空气浸没外照射剂量、地面沉积外照射剂量、吸入内照射剂量、以及食入陆地动植物内照射剂量。

气态流出物剂量模式依据《核电厂运行状态下气载放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》（NB/T20181-2012）。

气态途径剂量计算采用的剂量转换因子引用自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、美国联邦导则 12 号报告《空气、水和土壤中核素导致的外照射》。

2) 液态途径

液态流出物致公众个人的计算依据《滨海核电厂液态放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》(NB/T20199-2013), 主要考虑海产品食入内照射、岸边沉积外照射、海水浸没外照射和海上活动外照射四种主要照射途径下的公众剂量。

为了计算人体通过食用水生生物、在厂址附近被放射性物质污染的岸滩上活动等水环境途径所致的内外照射剂量, 本报告采用的剂量转换因子为我国国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 和《空气、水和土壤中核素导致的外照射》(美国联邦导则 12 号报告, 1993) 的推荐值。

4.5.5 公众的最大个人剂量

根据正常运行工况下液态氚排放源项、气态碳 14 的排放源项、气态碳 14 平均长期大气弥散因子、地面沉积因子、食物摄入量、剂量转换因子、水体稀释因子等数据, 计算了本项目在正常运行工况下由气态途径、液态途径对厂址周围居民可能造成的最大个人有效剂量。

根据剂量计算结果, 本项目由气态途径所致婴儿、儿童、青少年和成人的个人最大受照有效剂量分别为 $8.73\text{E-}05\text{mSv/a}$ 、 $3.75\text{E-}04\text{mSv/a}$ 、 $2.99\text{E-}04\text{mSv/a}$ 和 $2.50\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。本项目由液态途径所致婴儿、儿童、青少年和成人的个人最大受照有效剂量分别为 $7.54\text{E-}08\text{ mSv/a}$ 、 $2.01\text{E-}07\text{mSv/a}$ 、 $1.64\text{E-}07\text{mSv/a}$ 、 $1.75\text{E-}07\text{mSv/a}$ 。

本项目正常运行期间, 由气态途径和液态途径所致个人最大受照剂量为 $3.75\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。

1) 气态途径

根据气态途径剂量计算结果, 由气态途径所致厂址附近个人最大受照有效剂量为 $3.75\text{E-}04\text{mSv/a}$ 。由气态流出物造成居民最大个人有效剂量的主要途径是食入途径, 对气态途径剂量的贡献为 62.19%。本项目气态流出物仅排放 ^{14}C , 故气态途径所致居民最大个人有效剂量的主要核素为 ^{14}C 。

2) 液态途径

根据液态途径剂量计算结果, 项目附近居民(各年龄组)中的个人最大受照有效剂量为 $2.01\text{E-}07\text{mSv/a}$ 。项目运行期间由液态流出物造成居民最大个人有效剂量的主要途径是食入水生生物途径, 它们对液态途径所致剂量的贡献为 100%。本项目正常运行液态流出物仅排放氚, 故液态途径所致居民最大个人有效剂量的主

要核素为 ^3H 。

3) 年辐射剂量汇总

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2025)规定:正常运行工况下,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,每年应小于 0.25mSv 的剂量约束值。根据秦山基地总量控制要求,秦山第三核电厂在正常运行工况下对附近居民中任何个人造成的最大有效剂量的评价剂量目标值为 0.05mSv/年 。

根据已批复的《秦山三期(重水堆)核电站工程环境影响报告书(首次装料阶段)》,秦三厂在正常运行工况下通过气态和液态两种途径对附近居民中个人所致最大有效剂量 $9.42\text{E-}03\text{mSv/a}$,叠加本项目影响后,最大个人有效剂量为 $9.80\text{E-}03\text{mSv/a}$,约占评价剂量目标值的 19.59%。本项目自身运行所致剂量仅占评价剂量目标值的 0.75%,所致剂量贡献很小。

4.5.6 运行阶段非人类生物的辐射剂量

采用欧共体非人类生物辐射评价模式对本项目正常运行所致非人类生物的辐射剂量开展评价,陆生生物和水生生物的非人类生物辐射评价模式见附录三。

4.5.6.1 对陆生生物的影响

对两栖类、环节动物、节肢动物、鸟类、飞行昆虫、苔藓、大型哺乳类、小型哺乳类、软体动物、爬行动物、灌木、树进行了评价。

本次评价保守的采用欧共体非人类生物辐射评价模式中默认的剂量率基准值: $10\mu\text{Gy/h}$ 。

本项目运行阶段对陆生生物造成的危害商最大为苔藓 ($2.85\text{E-}08$),远小于 1,因此,可以认为,本项目运行阶段不会对厂址周边陆生生物产生影响。

4.5.6.2 对水生生物的影响

对底层鱼类、甲壳类、大型海藻、软体动物、中上层鱼类、浮游植物、环节动物的多毛类、脉管类植物、浮游动物进行了评价。

本次评价保守的采用欧共体非人类生物辐射评价模式中默认的剂量率基准值: $10\mu\text{Gy/h}$ 。

本项目正常运行对厂址邻近海域的水生生物造成的危害商最大为脉管类植物 ($1.88\text{E-}06$),均远小于 1。因此可以认为,本项目运行阶段液态流出物排放不会对厂址邻近海域中的水生生物造成不良影响。

4.6 事故影响分析

本项目事故说明见 4.3.3 节。本项目设置了应急措施,如处理过程中如发生碳 14 泄漏,则采用通过碱性物质进行紧急吸附。废树脂降解过程中排放的气态碳 14,

其中约 0.5%为有机物（无法进行吸附），其余为无机碳 14（可进行紧急吸附，吸附效率为 99%），则泄漏情况下排放的碳 14 为总量的 1.5%。

由于本项目事故情况下仍通过电厂烟囱排放，不会影响电厂正常运行，保守假设事故排放叠加全年正常运行排放。根据计算评估，本项目事故导致的环境放射性后果满足《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2025）的相应要求。

4.7 非放射性环境影响分析

本项目实施后，反应堆热功率及冷却水排水设计温升无变化，引用《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）环境影响报告书（运行阶段）》中秦山核电厂所在秦山核电基地 9 台机组的温排水影响结论，秦山核电厂冷却水产生的温升影响范围处于《浙江省近岸海域环境功能区划》的乍浦-海盐四类区（D02IV）范围内，符合浙江省近岸海域环境功能区划要求。

本项目实施后，非放生产废水、生活污水、噪声及电磁等依托现有环保设施。根据非放现状监测结果，并考虑厂区周围环境特征以及厂平面布置情况，预计本项目实施后秦三厂运行期间的非放生产废水、生活污水、噪声及电磁等不会对电厂周围的公众造成不良影响。

五、环境保护措施监督检查清单

内容要素	排放口（编号、名称）/污染源	污染物项目	环境保护措施	执行标准
大气环境	气态流出物烟囱排放口	气态流出物	通过秦三厂烟囱统一排放	《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）
地表水环境	液态流出物槽式排放口、总排水口	液态流出物	秦三厂废液处理系统统一处理排放	《核动力厂环境辐射防护规定》（GB 6249-2025）、《海水水质标准》（GB3097-1997）
	生活污水	化学需氧量、氨氮、总氮、总磷、生化需氧量、悬浮物、pH	秦三厂生活污水处理系统统一处理排放	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）
声环境	风机、泵等	机械噪声	通过确保设备正常运行、设备隔振、厂房隔声等方式确保厂界噪声达标。	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）
	施工机械	机械噪声	选择先进工艺设备、设备隔振、厂房隔声等方式确保厂界噪声达标。	《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）
电磁辐射	500kV 变电站	电磁辐射		《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）
固体废物	本项目实施期间产生的固体废物分类收集贮存和处置。			
土壤及地下水污染防治措施	/			
生态保护措施	/			
环境风险防范措施	本项目不涉及有毒有害和易燃易爆危险物质的生产、使用和贮存。			
其他环境管理要求	5.1 其他环境管理要求 5.1.1 环境监测 5.1.1.1 辐射环境监测 按秦山核电基地现有的辐射环境监测相关大纲《秦山核电环境辐射监测大纲》（QS-2EMS-TGEM-0001）执行： 监测介质为：空气（含气溶胶、沉降物、雨水），水体（海水、陆地水），土壤（包括陆地表层土、海滩土、水体底泥），农产品、畜牧			

	产品、水产（海产品）。 监测项目包括 1) 环境 γ 辐射剂量率、贯穿辐射累积剂量；2) 放射性活度——^3H、^{14}C、放射性碘、γ 核素、^{90}Sr 等反应堆裂变产物及中子活化产物，总 α（气溶胶、井水），总 β（气溶胶、沉降物、水） 具体监测点位布设及监测频度如下： 1) 大气（空气介质） （1）环境 γ 辐射水平 ①环境 γ 剂量率连续监测 环境 γ 连续监测点布设在各厂厂区（含秦三厂乏燃料临时干式贮存设施）或边界附近、关键居民组附近、人口密集居住区、主要城镇；最大污染方位适当增设监测点。厂址陆地侧 10km 范围内共设置 14 个固定式环境 γ 连续监测点，其中 3 公里以内有 8 个点，分别为一厂铁塔、一厂厂区、二厂厂区、三厂厂区、夏家湾（方家山核电厂厂区）、海堤、秦联、二厂扩建；3~10km 有 6 个监测点，即二厂铁塔、秦山镇、沈家浜、溁浦（SW、~8km）、武原（N、~8km）、滕泾（WNW、10km）。滕泾监测点原为里洪塘，同时是秦山第二核电厂淡水取水。上述各点实施实时在线监测 γ 剂量率，测量的采样周期为 30 秒。 ②就地 γ 监测（瞬时 γ 剂量率测量） 厂址 60km 范围内，16 方位角以近密远疏原则共布设 70 个就地 γ 监测点，包括对秦三厂乏燃料临时干式贮存设施的周边环境剂量率监测。就地 γ 监测的对象是路面和田野瞬时 γ 剂量率。监测频度每季一次。 ③贯穿辐射累积剂量 使用 TLD 剂量计监测环境贯穿辐射累积剂量。监测布点与就地 γ 监测点一一对应（除了少数几处岩石或岛屿礁石上，因为没有田野或路面而有所不同外）。 （2）气溶胶（含气碘）/沉降物 在进行 γ 剂量率连续监测的部分点位上同时进行气溶胶/气碘、沉降物样品的采集，以关注各厂区（含秦三厂乏燃料临时干式贮存设施）气态排放和空气沉降的环境影响，取样点位分别为：一、二、三厂厂区监测点、夏家湾、秦联、武原、溁浦、滕泾。 气溶胶/气碘采取联合取样方式，采样频率 1 次/月，气溶胶采样体积大于 10000m³，气碘采样体积大于 100m³。其中夏家湾监测点 24 小时连续采样，每周分析一次 γ 能谱。距离秦山厂址 5km 范围内的沉降物
--	--

取样点位累积每月采样一次，其余点位的沉降物每季度采样一次，使用干湿沉降物采样器采样。 监测项目的分析频度为： <table border="1"> <tr> <th>项目 \ 介质</th> <th>气溶胶</th> <th>沉降物</th> </tr> <tr> <td>总 α</td> <td>月</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>总 β</td> <td>月</td> <td>月/季</td> </tr> <tr> <td>γ 谱</td> <td>周/月（同时测气碘）</td> <td>月/季</td> </tr> <tr> <td>⁹⁰Sr（放化）</td> <td>年</td> <td>年</td> </tr> </table>	项目 \ 介质	气溶胶	沉降物	总 α	月	-	总 β	月	月/季	γ 谱	周/月（同时测气碘）	月/季	⁹⁰ Sr（放化）	年	年	（3）空气氡 空气 ³H 采样布点原则同气溶胶。连续采样，每月分析累积样品；其中夏家湾监测点每周分析一个累积样品。 （4）空气 ¹⁴C 空气 ¹⁴C 采样布点原则同气溶胶。每月采样一次，每次不少于 7 天，累积取样空气体积不少于 3m³。分析频度每月一次。 （5）雨水 雨水监测其中的氡活度水平，设一、二、三厂厂区点、夏家湾、秦联、武原、澈浦、滕泾采样点。连续采样，制样分析频度每月一次。
	项目 \ 介质	气溶胶	沉降物													
	总 α	月	-													
	总 β	月	月/季													
	γ 谱	周/月（同时测气碘）	月/季													
	⁹⁰ Sr（放化）	年	年													
2）水体 水体包括陆地水和海水。海水是液态流出物的直接受体，属于重点监测的对象。核电厂运行后气态流出物的排放弥散向水体的沉降、液态放射性物质的泄漏或渗漏均可能污染水体，特别是地下水体。 （1）海水——秦山厂址地处杭州湾畔，这里潮汐作用强烈，海水稀释能力强。各厂建设前的物模试验和数模计算结果表明，距排放口 1.5~2km 处，液态流出物的浓度基本趋于本底。据此，主要监测各厂排放口附近。设置 350MW 压水堆机组、670MW 压水堆机组（秦山第二核电厂 2 号机组为 708MW）、728MW 重水堆机组、1089MW 机组总排口附近各一个采样点，其他距厂址 3km（门山外、白塔山北、杨柳山南）和涨落潮上下游约 10km（武原、澈浦）各设一个监测点。分析项目：γ 核素、³H、¹⁴C、⁹⁰Sr、总 β、⁴⁰K；监测频度：半年。 （2）陆地水——监测的对象为井水、湖塘水、厂区地下水。 井水：设置夏家湾、秦联、杨柳村、武原监测点（自来水管末端水）。																

	武原监测点取自自来水管末端水，其余监测点取井水，分析项目：^3H、^{14}C、γ核素、^{90}Sr（夏家湾、武原）、总α、总β；监测频度：平水期、枯水期各1次。 湖塘水：设置秦联、丰山（WNW、~5km）监测点。分析项目：^3H、^{14}C、γ核素、总β；监测频度：平水期、枯水期各1次。对于氡的监测，另设置夏家湾、杨柳村、王家浜、甘姚门、澉浦南门湖塘水监测点，监测频度：季。 厂区地下水：主要用于监视核设施泄漏或渗漏对地下水环境的影响。针对运行电厂的监测，设置秦山一厂、二厂、三厂、方家山厂区各三个地下水监测点。分析项目：^3H、^{14}C、γ核素、^{90}Sr、总β；采样频度：^3H项目为1次/月，其余项目为1次/月、抽测（四个生产单元，每个生产单元每月轮流取一个点）。 3) 土壤 将陆地表层土、海滩土（潮间带土）、海底淤泥、湖塘水底泥归类为土壤介质。陆地表层土典型地指示气态流出物沉降、迁徙、积累信息；海滩土、海底泥放射性主要来源于液态流出物的沉积，气态流出物向海域侧弥散后沉降也会提供少量贡献。土壤介质主要与沉积外照射途径相关联。 （1）陆地表层土——监测范围取15km，布设夏家湾（W，~1.25km）、秦联（WNW，~2.4km）、杨柳村（SW，~2km）、秦山镇（WSW，~3.5km）、马家石桥（WNW，~4.5km）、梅园（W，7.5km）、石泉（WNW，~14km）、澉浦（SSW，~8.0km）、官堂（NNW，~5.0km）、武原（N，8.0km）、落塘（WN，~3.7km）11个监测点。分析项目：γ核素、^{90}Sr、$^{239+240}\text{Pu}$；分析频度：年。 （2）海底淤泥——监测点设置同海水，分析项目：γ核素、^{90}Sr、$^{239+240}\text{Pu}$（各总排水口或附近各一点（4个））；分析频度：年。 （3）海滩土——与海底淤泥互为补充，获取岸边沉积辐射现状。设置白塔山、毛灰山、杨柳山、澉浦、武原监测点。分析项目：γ核素、^{90}Sr、$^{239+240}\text{Pu}$（毛灰山、杨柳山）；分析频度：年。 （4）湖塘水底泥——设置秦联、丰山监测点。 分析项目：γ核素、^{90}Sr、$^{239+240}\text{Pu}$；分析频度：年。 4) 农产品 农产品是食入内照射的主要途径。本地规模种植并主要食用的农作
--	---

	物为蔬菜、粮食、经济类作物，如油菜籽、茶叶局部也有规模出产。采集叶菜、萝卜、大米、茶叶、油菜籽等生物样品。 (1) 叶菜/萝卜/大米——主要食用农产品，布设小桥头（WNW，~1.5km）、秦联（NW，~2km）、秦山镇（WSW，~3km）、马家石桥（WNW，~4.5km）4 个监测点。监测频度取决于生物体生长周期、种植季节，一般收获期即为采样期。由此确定：叶菜监测频度每年二次；萝卜、大米监测频度每年一次。分析项目：^3H（TFWT,OBT）、^{14}C、γ核素、^{90}Sr（秦联、乔司），其中叶菜另分析 ^{131}I（放化分析）项目。 (2) 茶叶——设夏家湾、杨柳山、丰山（WNW，~5km）监测点。分析项目：^3H（TFWT,OBT）、^{14}C、γ核素、^{90}Sr（夏家湾）；监测频度：年。 (3) 油菜籽——设秦联、丰山（WNW，~5km）监测点。分析项目：^3H（TFWT,OBT）、^{14}C、γ核素、^{90}Sr（秦联）；监测频度：年。 5) 畜牧产品 针对食草放养或饲养动物的监测，属于途径分析之一，取羊样品。因本地主要发展饲料养殖的畜牧业，羊是局部放养的例外品种，但不发达，故羊的采样点设秦联、梅园两个监测点。分析项目：^3H（TFWT,OBT）、^{14}C、γ核素、骨中 ^{90}Sr；监测频度：年。 6) 水产 水产为海产品，杭州湾海产品种类及数量较少，取产量相对较多，属于秦山邻近海域优势品种的鲳鱼、白虾进行监测。秦山邻近海域设置 1 个监测点，采样频度每年一次，分析项目：鲳鱼：肉中 γ核素（包括 ^{131}I）、^3H（TFWT,OBT）、^{14}C，骨中 ^{90}Sr；白虾：γ核素（包括 ^{131}I）、^3H（TFWT,OBT）、^{14}C、^{90}Sr； 7) 指示生物 因其对特定核素具有较大浓集因子，从而能指示污染趋势，因而作为一类特殊介质单列。根据相关生态监测资料，设松针、苔藓、牡蛎指示生物监测品种。 (1) 松针——主要监测厂址周围松树林，设置秦山、杨柳山 2 个监测点。分析项目：γ核素、^3H（TFWT,OBT）、^{14}C、^{90}Sr，监测频度：年。 (2) 苔藓——主要生长在潮湿地带，受生长环境所限，设白塔山、
--	---

	大北山监测点。分析项目：γ核素、^3H (TFWT,OBT)、^{14}C，监测频度：年。 (3) 牡蛎——设置海塘、乍浦 2 个监测点。分析项目：γ核素（包括 ^{131}I）、^3H (TFWT,OBT)、^{14}C、^{90}Sr，监测频度：年。 3) 对照点 对照点是空间上的本底监测点，受核设施运行的影响可以忽略。这样的点一般位于核电厂区域风场风向频率分布小的方位，距离核电厂足够远且不受其他放射性设施的影响，基本没有工业污染的地方。据此，陆地对照点选择乔司（WSW，60km）、杭州（WSW，100km）；海洋对照点选择舟山（ESE，140km）。 陆地对照点分析项目除 $^{239+240}\text{Pu}$ 外与非对照点相同。采集叶菜、萝卜、大米、油菜籽、羊、茶叶等生物样品和沉降物、雨水空气样品，进行核素活度分析；并开展就地 γ 剂量率和 TLD 贯穿辐射水平测量。分析频度除雨水为月，沉降物、就地 γ 剂量率、TLD 贯穿辐射为季，叶菜为半年外，其余均为年。其中茶叶取自杭州，其余均采自乔司。 海洋对照点为舟山渔场，采集海水、海底淤泥、海滩土样品。考虑舟山渔场的社会效应，设舟山渔场海产品监测点，监测品种为带鱼、白虾，海水采样频度为半年，其余采样频度每年一次，分析项目为：带鱼、虾肉中 γ 核素（包括 ^{131}I）、^3H、^{14}C，白虾中 ^{90}Sr、带鱼骨中 ^{90}Sr，海底淤泥、海滩土中的 γ 核素、^{90}Sr，海水的分析项目与非对照点相同。 5.1.1.2 非放环境监测 本项目运行阶段，秦山核电基地按照《秦山核电非放环境监测大纲》（QS-2EMS-TPEM-1004）开展非放环境监测。 5.1.2 辐射事故应急 秦山核电基地已按《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）等法规标准建立了完善的应急响应组织机构。场内核事故应急预案按照《秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂场内核事故应急预案》（EP-QX-2）执行。
--	---

六、结论

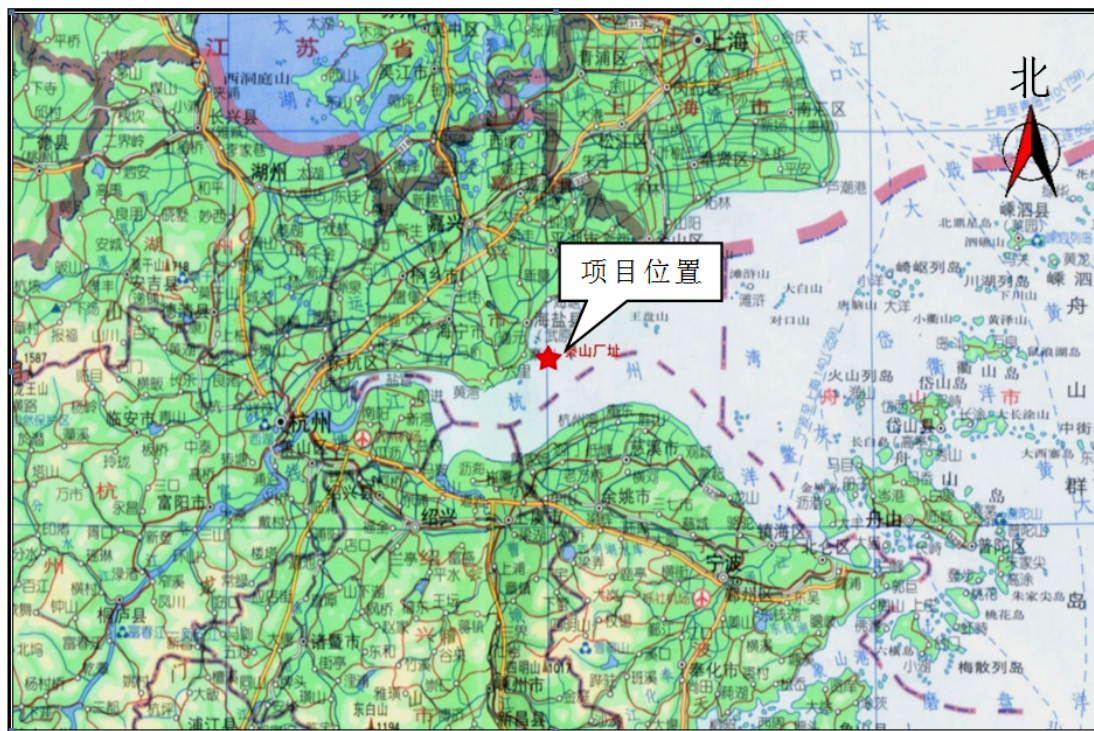
综上所述，新建重水堆放射性废树脂碳 14 脱除与回收工程装置项目实施后，秦三厂排放源项无显著变化，对本项目实施后秦三厂的环境影响分析表明，本项目施工期环境影响小，施工期和运行期环境影响符合我国有关法律法规、标准的要求。从生态环境保护角度，本项目的环境影响可行。

附表

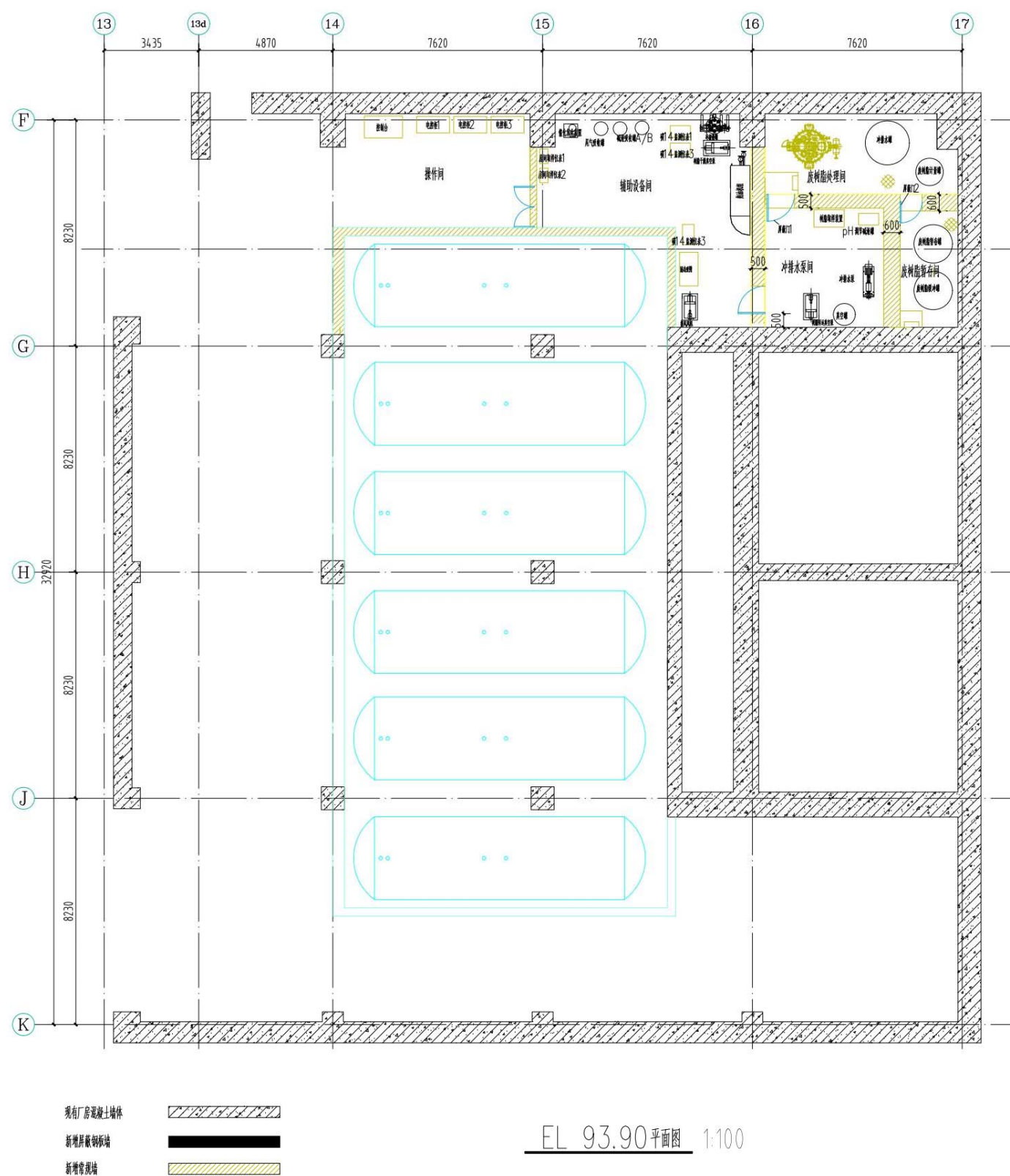
建设项目污染物排放量汇总表

分类 \ 项目	污染物名称	现有工程 排放量（固体废物 产生量）①	现有工程 许可排放量 ②	在建工程 排放量（固体废物 产生量）③	本项目 排放量（固体废物 产生量）④	以新带老削减量 （新建项目不填）⑤	本项目建成后 全厂排放量（固体废物产 生量）⑥	变化量 ⑦
废气	/	/	/	/	/	/	/	/
废水	COD	<25.55kg/a	/	/	0	0	<25.55kg/a	0
	BOD ₅	<5.11kg/a	/	/	0	0	<5.11kg/a	0
	总氮	<7.67kg/a	/	/	0	0	<7.67kg/a	0
	总磷	<0.25kg/a	/	/	0	0	<0.25kg/a	0
	氨氮	<4.08kg/a	/	/	0	0	<4.08kg/a	0
一般工业 固体废物	/	/	/	/	/	/	/	/
	/	/	/	/	/	/	/	/
危险废物	/	/	/	/	/	/	/	/

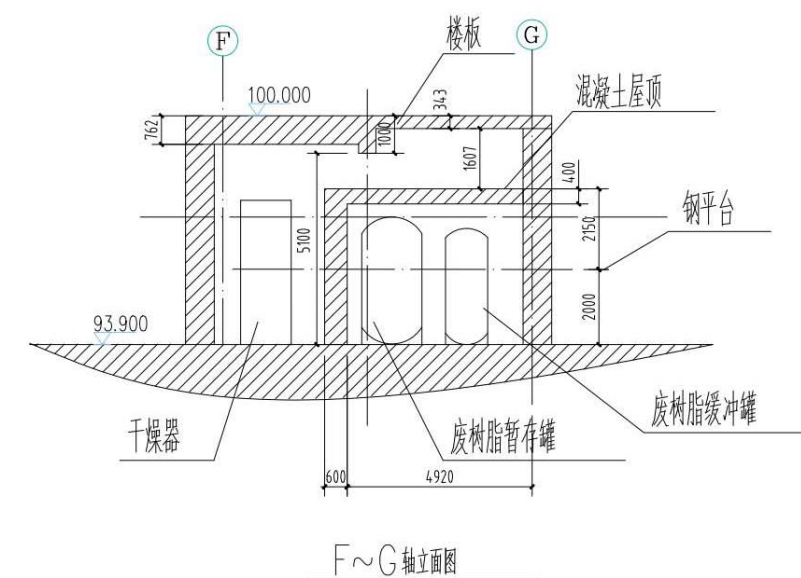
注：⑥=①+③+④-⑤；⑦=⑥-①



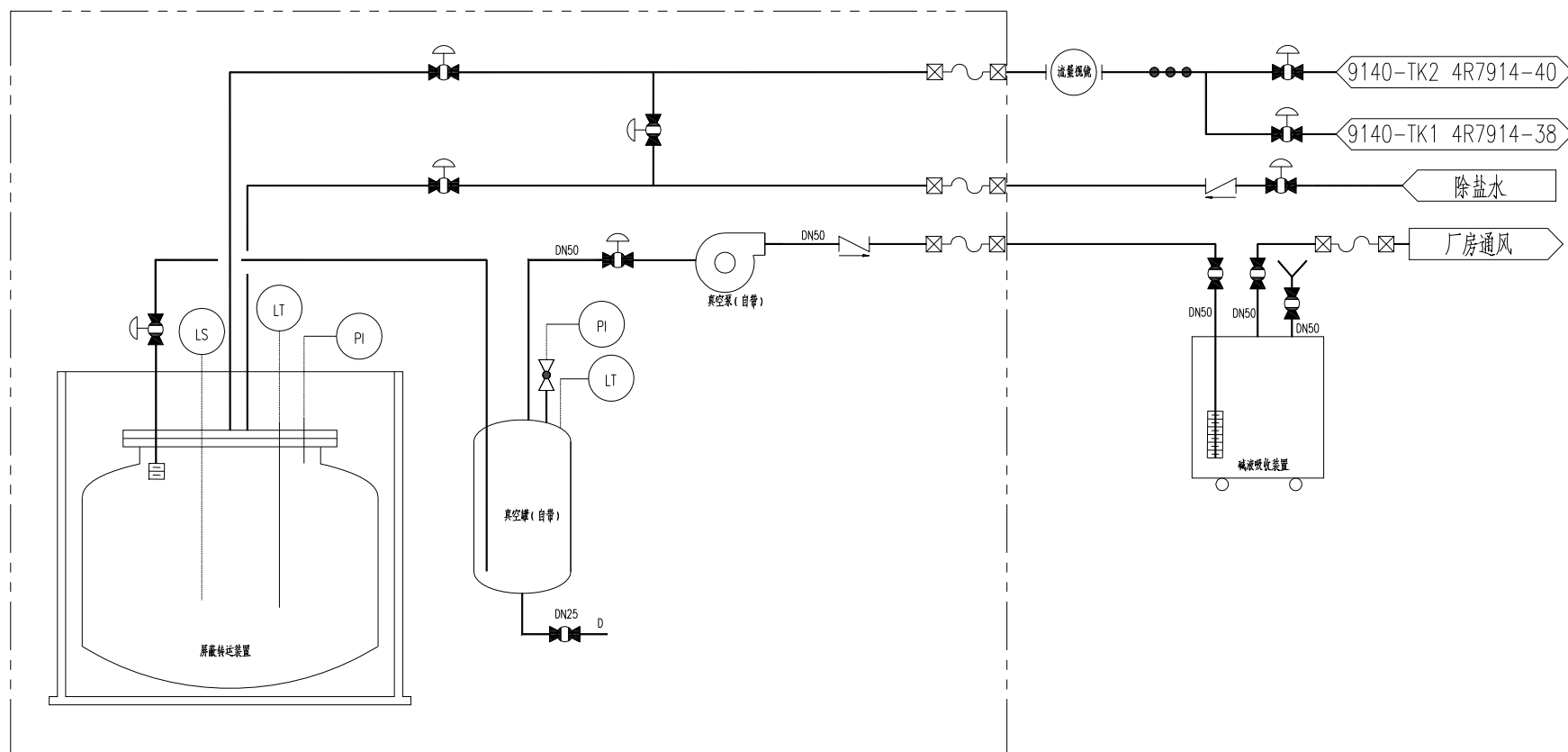
附图1 项目地理位置示意图



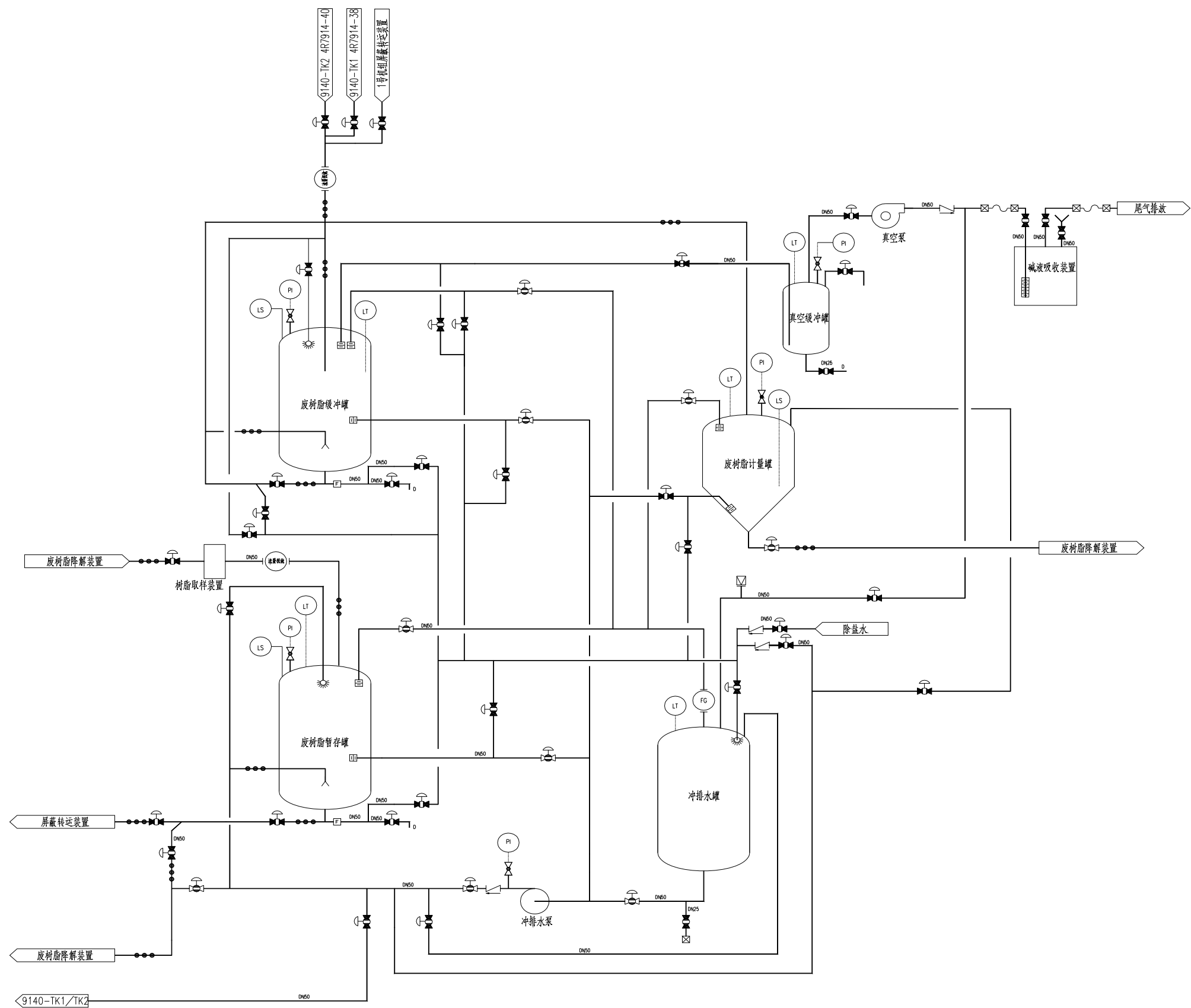
钢平台高度距地面2m
S2-149 房间外需设置气瓶间



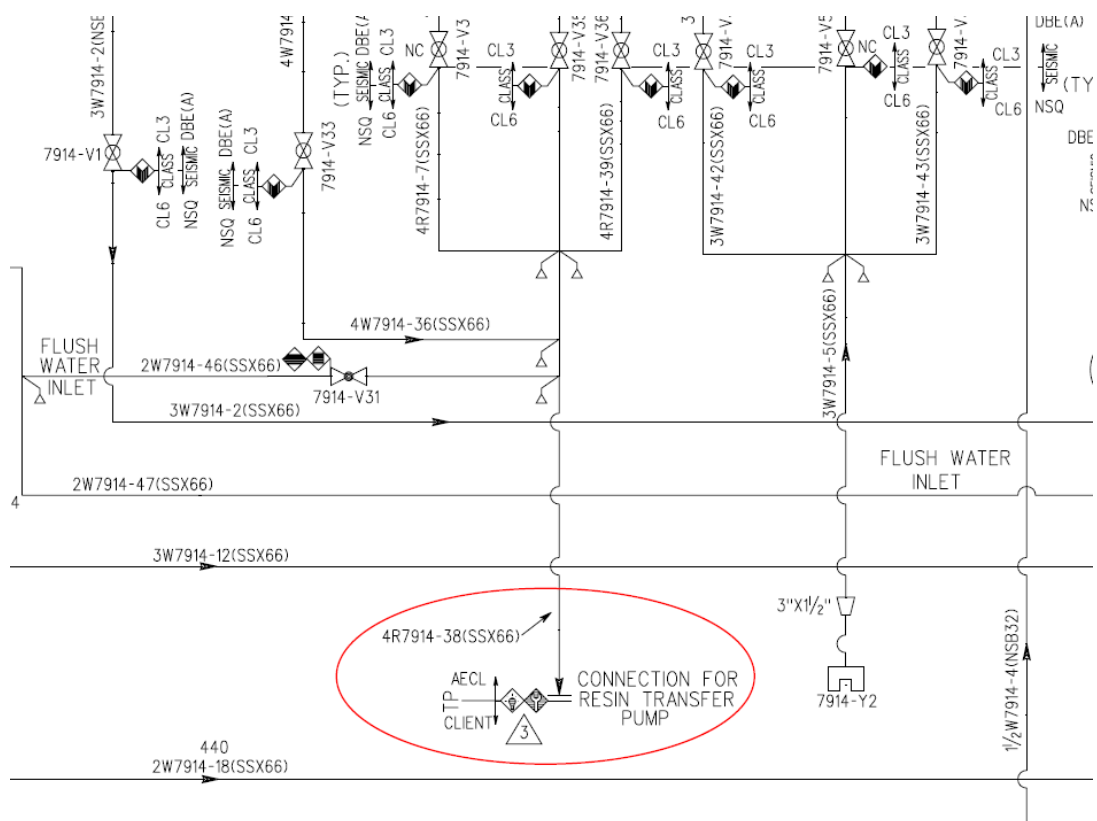
附图2 S2-018 房间布置图



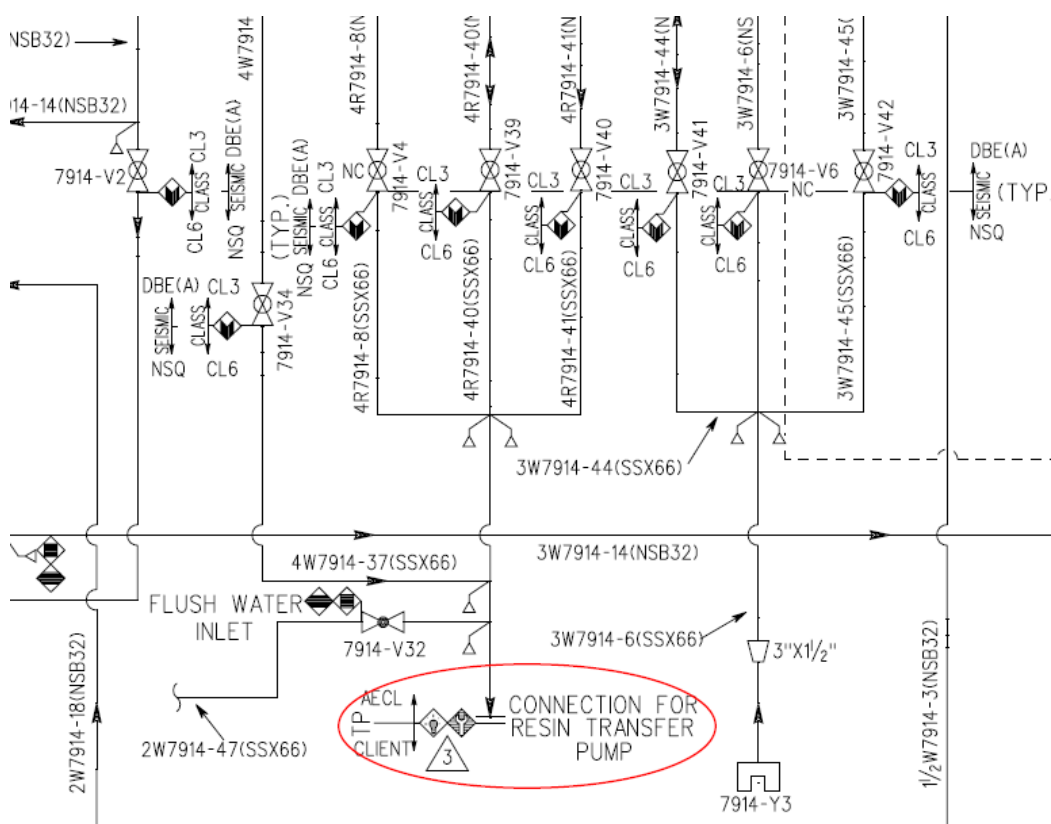
附图3 废树脂转运计量工艺流程图（1号机组）



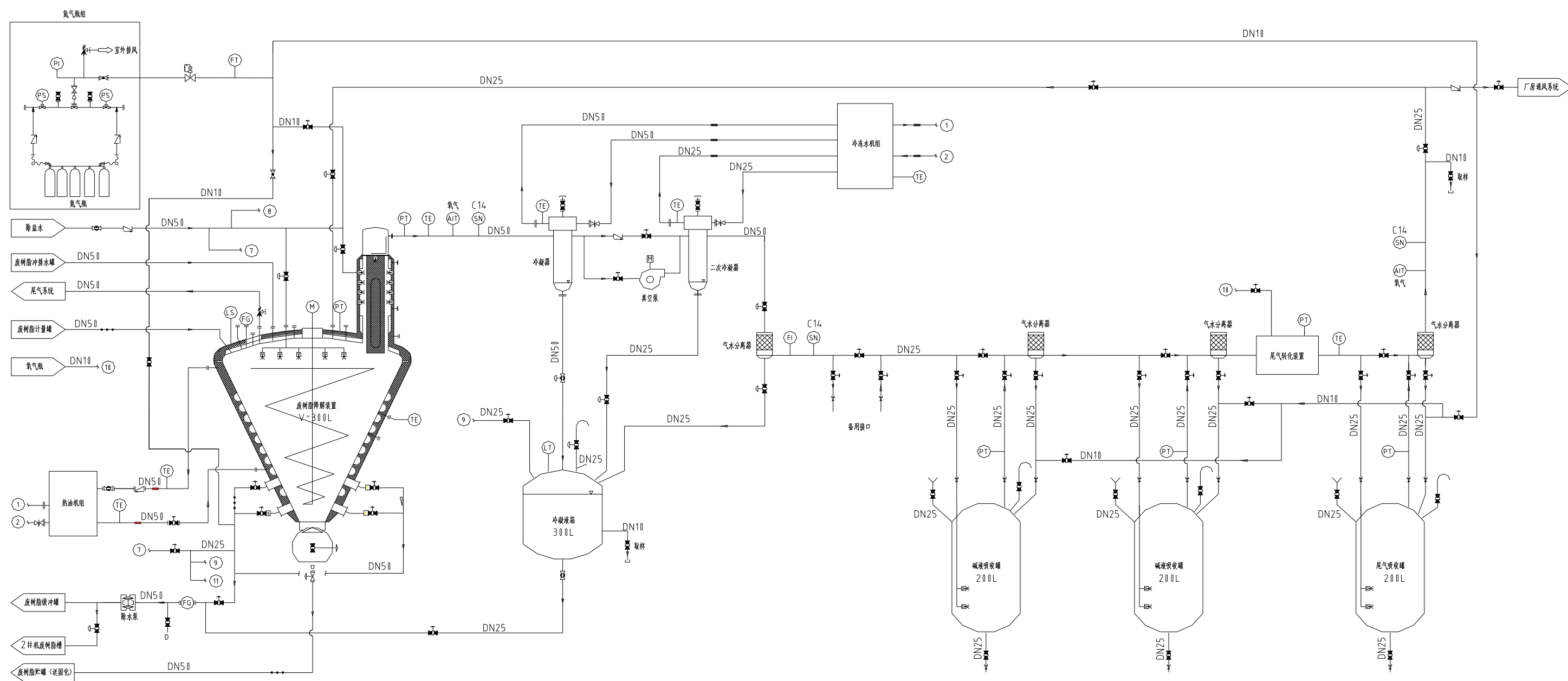
附图 4 废树脂转运计量工艺流程图（2 号机组）



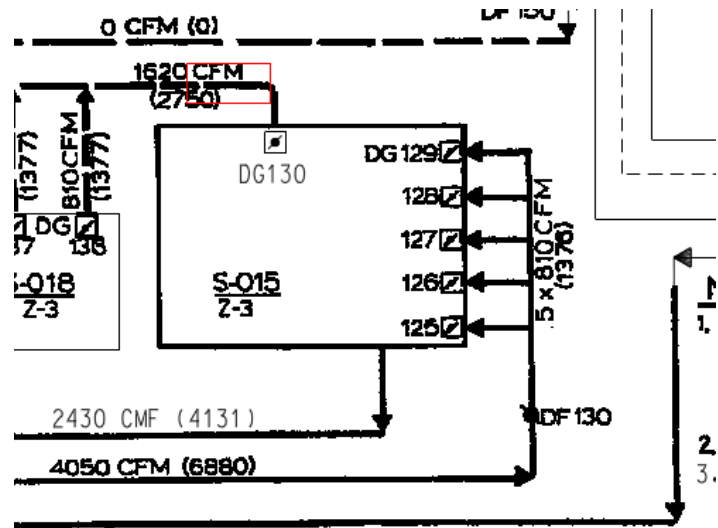
附图 5 79140-TK1 接口位置



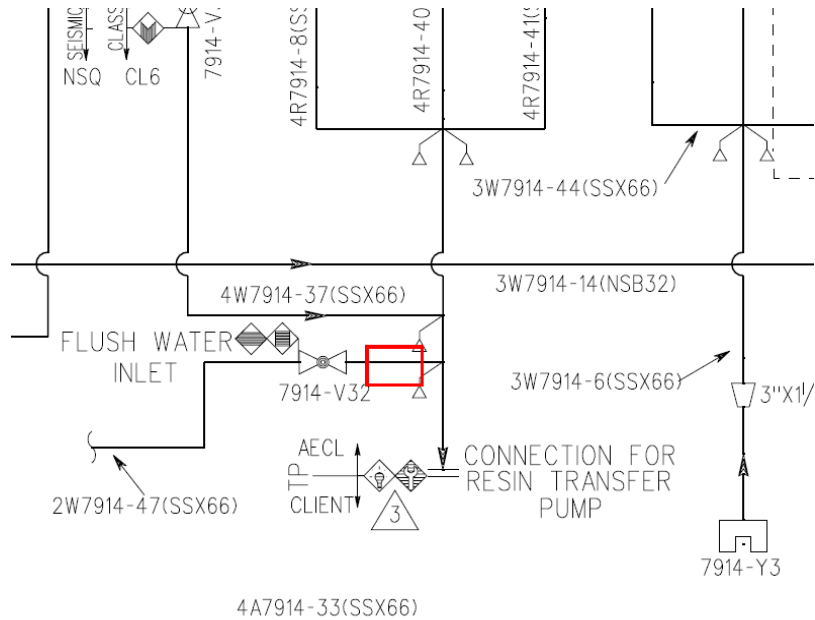
附图 6 79140-TK2 接口位置



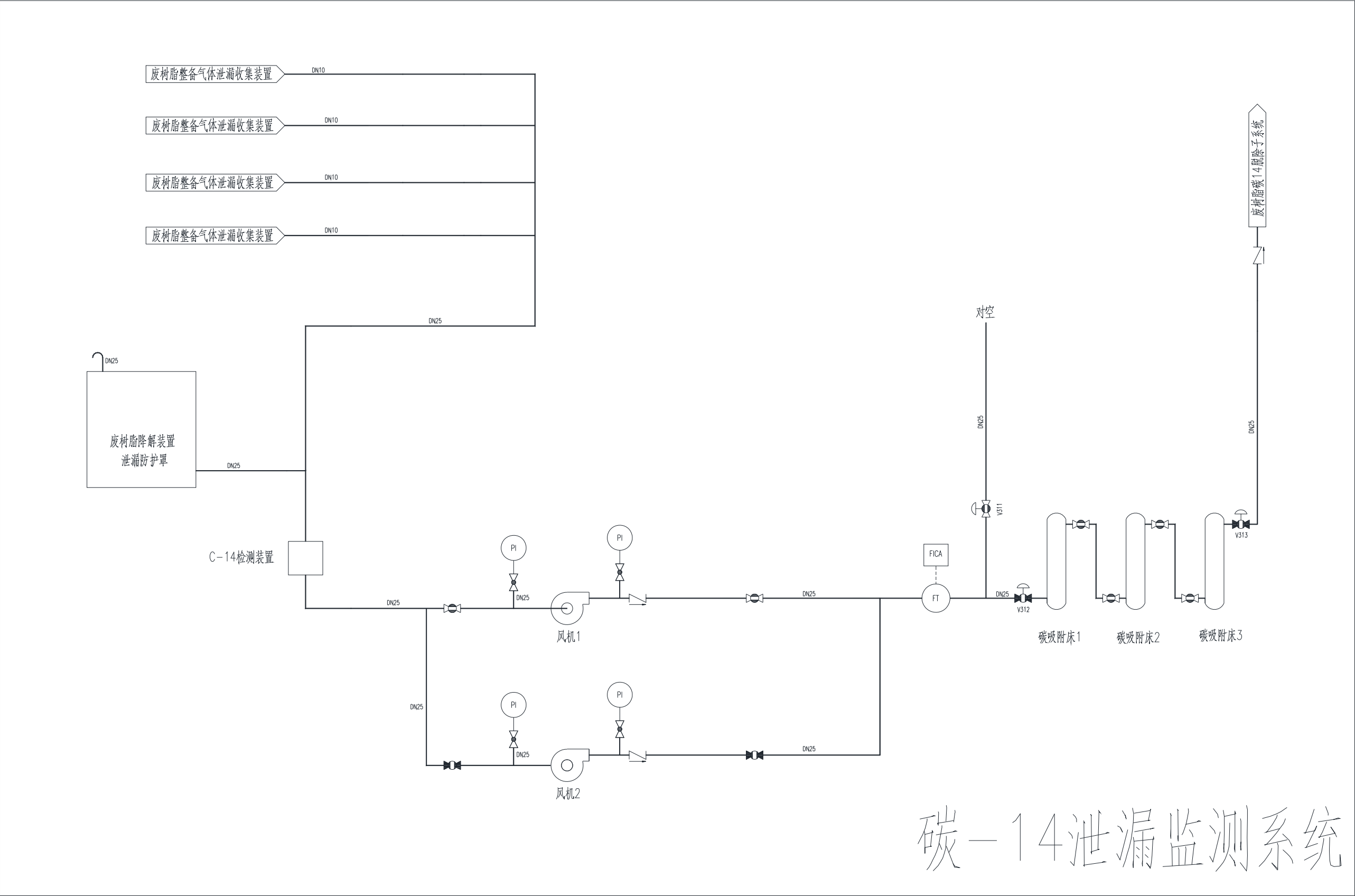
附图 7 废树脂碳 14 脱除子系统工艺流程图



附图 8 与辅助厂房通风系统（73420）的接口位置

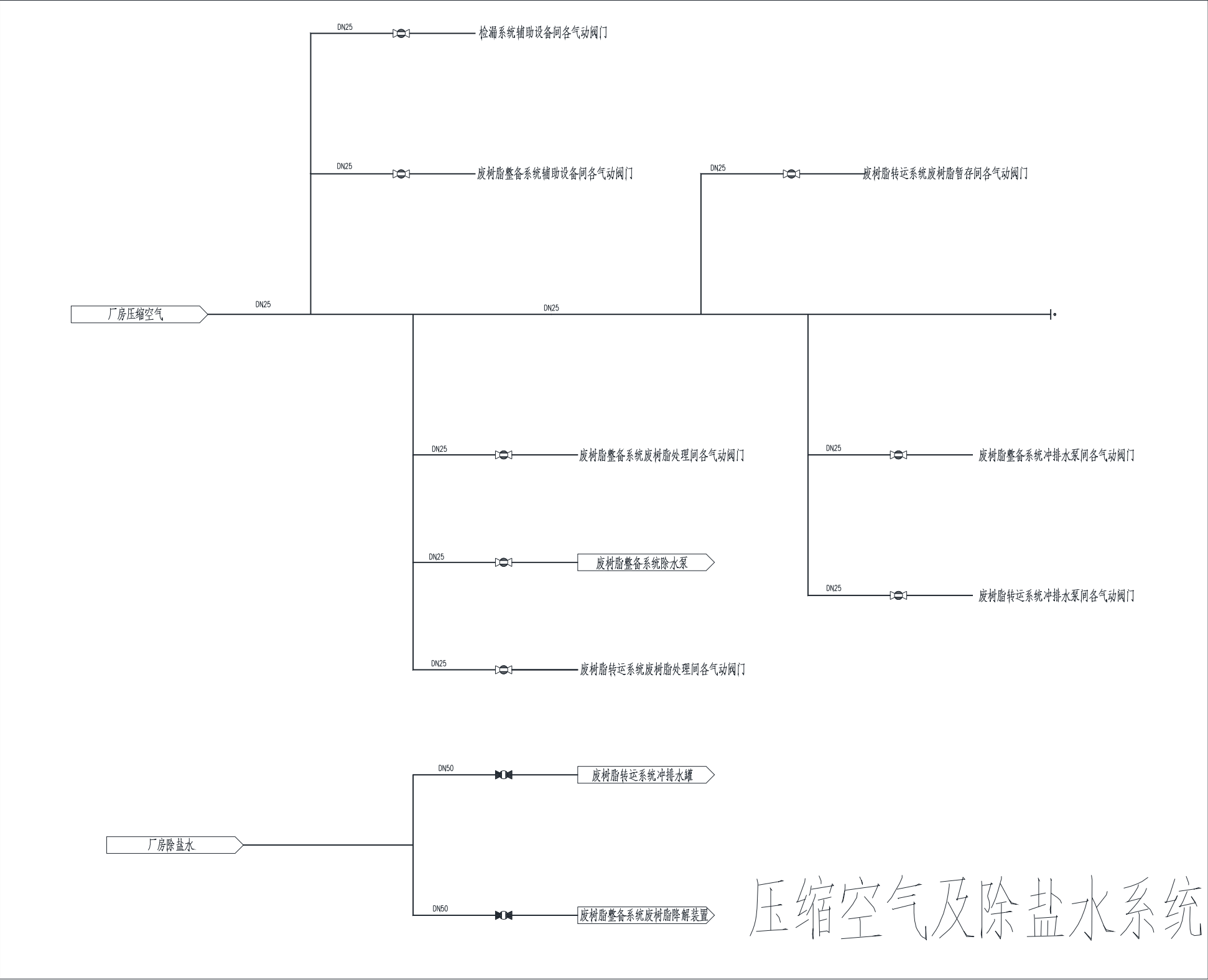


附图 9 与废树脂槽（79140-TK1/TK2）的接口位置

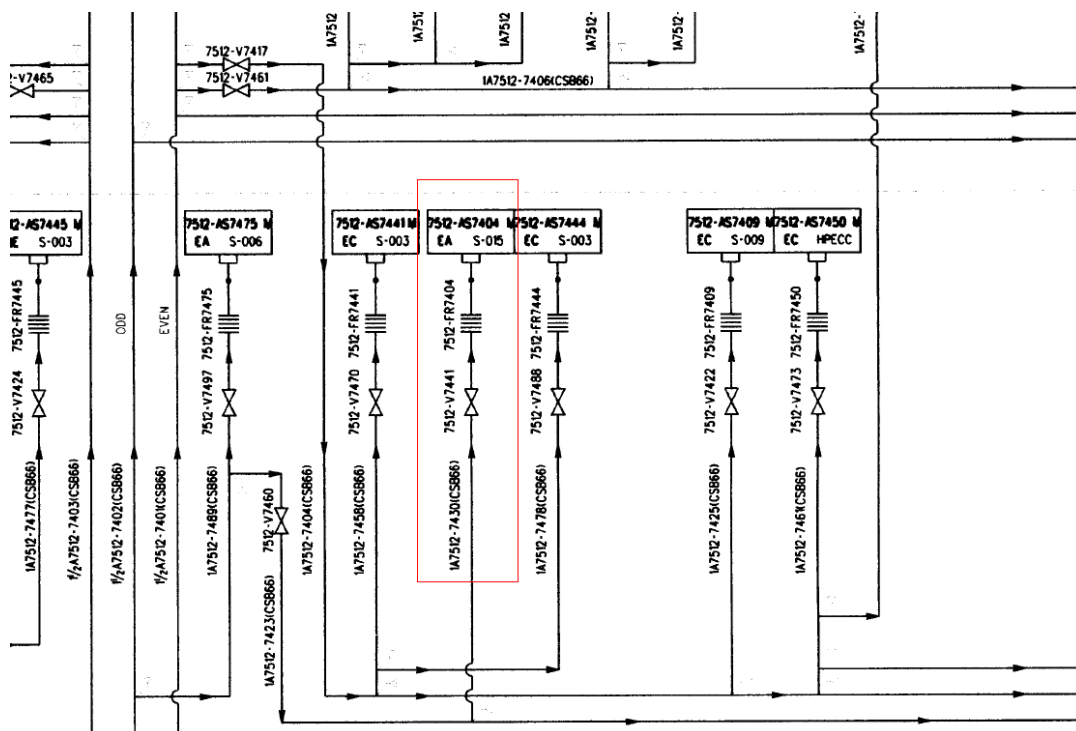


碳-14泄漏监测系统

附图 10 碳 14 泄漏监测系统流程图



附图 11 压缩空气及除盐水系统流程图



附图 12 压缩空气接口位置

附录一 正常情况下的气态途径弥散因子及剂量计算模式

1 弥散因子计算模式

在大气弥散因子计算中考虑了建筑物尾流影响，以及混合层高度的修正，同时也考虑了干、湿沉积损耗，核素衰变损耗的修正。

(1) 高架源排放

考虑到干、湿沉积损耗修正，放射性衰变修正，以及混合层影响的高架源排放时 i 风向的长期大气弥散因子 $(\chi/Q)_{i,高}$ 按 (1-1) 式计算：

$$\begin{cases} (\chi/Q)_{i,高} = \frac{8}{\pi x} \sum_{j=1}^6 f_{D,j} f_{F,j} f_{w,j} \frac{1}{L_j} \sum_{k=1}^6 \frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} & x \geq 2x_{L,j} \\ (\chi/Q)_{i,高} = \frac{2.032}{x} \sum_{j=1}^6 f_{D,j} f_{F,j} f_{w,j} \frac{1}{\sigma_{z,j}} \exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2}\right) \sum_{k=1}^6 \frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} & x \leq x_{L,j} \end{cases} \quad (1-1)$$

式中：

$(\chi/Q)_{i,高}$ —高架源排放情况下 i 风向的长期大气弥散因子， s/m^3 。

x —下风向距离， m 。

$f_{D,j}$ —j 稳定度时的干沉积耗减修正因子，无量纲。

$f_{F,j}$ —j 稳定度时的放射性核素衰变修正因子，无量纲。

$f_{w,j}$ —j 稳定度时的湿沉积损耗修正因子，无量纲。

L_j —j 稳定度时的混合层高度， m 。

$f_{i,j,k}$ —出现 i 风向，j 稳定度，k 风速组的联合频率，无量纲。

$\bar{u}_{j,k}$ —j 稳定度 k 风速组的平均风速， m/s 。

$\sigma_{z,j}$ —j 稳定度时垂直弥散参数， m 。

$H_{e,j}$ —j 稳定度时烟羽有效排放高度， m 。

$x_{L,j}$ —j 稳定度下烟羽上边缘达到混合层顶部的下风向距离， m 。 $x_{L,j}$ 由公式 $\sigma_{z,j}(x=x_{L,j})=(L_j-H_{e,j})/2.15$ 确定， $x \leq x_{L,j}$ 时不考虑混合层影响， $x \geq 2x_{L,j}$ 时考虑混合层的充分影响。对于 $x_{L,j} < x \leq 2x_{L,j}$ 处的 $(\chi/Q)_{i,高}$ 值，则由 (1-1) 中两式计算结果线性内插得到。

其中，干沉积耗减修正因子、放射性核素衰变修正因子和湿沉积损耗修正因子分别由下式计算：

$$f_{D,j} = \exp\left\{-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_d}{u_j} \int_0^x \exp\left(-\frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2}\right) \frac{dx'}{\sigma_{z,j}(x')}\right\} \quad (1-2)$$

$$f_{F,j} = \exp\left(-\lambda_r \cdot \frac{x}{u_j}\right) \quad (1-3)$$

$$f_{w,j} = \exp\left(-\Lambda \cdot \frac{x}{u_j}\right) \quad (1-4)$$

式中：

V_d —放射性核素的干沉积速度, m/s;

$\bar{u}_j$ —j 稳定度时平均风速, m/s。

λ_r —放射性核素的衰变常数, s^{-1} 。

Λ —放射性核素的冲洗因子, s^{-1} 。

(2) 地面源排放

考虑到干、湿沉积损耗修正, 放射性衰变修正的地面源排放时 i 风向的年均大气弥散因子 $(\chi/Q)_{i,地}$ 按 (1-5) 式计算:

$$(\chi/Q)_{i,地} = \frac{2.032}{x} \sum_{j=1}^6 f_{D,j} f_{F,j} f_{w,j} \frac{1}{\sum_{z,j}} \sum_{k=1}^6 \frac{f_{i,j,k}}{\bar{u}_{j,k}} \quad (1-5)$$

式中:

$(\chi/Q)_{i,地}$ —地面源排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子, s/m^3 。

x—下风向距离, m。

$f_{D,j}$ —j 稳定度时的干沉积耗减修正因子, 无量纲。

$f_{F,j}$ —j 稳定度时的放射性核素衰变修正因子, 无量纲。

$f_{w,j}$ —j 稳定度时的湿沉积损耗修正因子, 无量纲。

$\Sigma_{z,j}$ —j 稳定度时, 考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数, m。

$f_{i,j,k}$ —出现 i 风向, j 稳定度, k 风速组的联合频率, 无量纲。

$\bar{u}_{j,k}$ —j 稳定度 k 风速组的平均风速, m/s。

其中, 干沉积耗减修正因子、放射性核素衰变修正因子、湿沉积损耗修正因子和考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数分别由下式计算:

$$f_{D,j} = \exp \left\{ - \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{V_d}{\bar{u}_j} \int_0^x \exp \left(- \frac{H_{e,j}^2}{2\sigma_{z,j}^2} \right) \frac{dx'}{\sigma_{z,j}(x')} \right\} \quad (1-6)$$

$$f_{F,j} = \exp \left(- \lambda_r \cdot \frac{x}{\bar{u}_j} \right) \quad (1-7)$$

$$f_{w,j} = \exp \left(- \Lambda \cdot \frac{x}{\bar{u}_j} \right) \quad (1-8)$$

$$\Sigma_{z,j} = \min [(\sigma_{z,j}^2 + 0.5D_z^2/\pi)^{0.5}, \sqrt{3}\sigma_{z,j}] \quad (1-9)$$

式中:

V_d —放射性核素的干沉积速度, m/s。

$\bar{u}_j$ —j 稳定度时地面平均风速, m/s。

λ_r —放射性核素的衰变常数, s^{-1} 。

Λ —放射性核素的冲洗因子, s^{-1} 。

D_z —排放点附近最高建筑物的高度, m。

$\sigma_{z,j}$ —j 稳定度时, 未考虑建筑物尾流影响的垂直弥散参数, m。

(3) 混合排放

当烟囱高度高于邻近建筑物但低于邻近建筑物高度 2 倍时，部分时间可视为高架排放，部分时间应视为地面源排放，其时间分配比例取决于 w_0/u 的比值（ w_0 为烟囱出口处烟气流速， u 为烟羽排放高度处的风速），此种情况称为混合释放方式，其 i 风向的年均混合释放大气弥散因子 $(\chi/Q)_{i,混}$ 按 (1-10) 式计算：

$$(\chi/Q)_{i,混} = \sum_{j=1}^6 [\xi_{i,j,1}(\chi/Q)_{i,地} + \xi_{i,j,2}(\chi/Q)_{i,高} + (1 - \xi_{i,j,1} - \xi_{i,j,2}) Et_{i,j}(\chi/Q)_{i,地} + (1 - \xi_{i,j,1} - \xi_{i,j,2})(1 - Et_{i,j})(\chi/Q)_{i,高}] \quad (1-10)$$

式中：

$(\chi/Q)_{i,混}$ ——混合排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子， s/m^3 。

$(\chi/Q)_{i,地}$ ——地面源排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子， s/m^3 。

$(\chi/Q)_{i,高}$ ——高架源排放情况下 i 风向的年均大气弥散因子， s/m^3 。

$\xi_{i,j,1}$ 与 $\xi_{i,j,2}$ 按 (1-11) 式计算：

$$\xi_{i,j,1} = \frac{n_{i,j,1}}{n_{i,j}}, \quad \xi_{i,j,2} = \frac{n_{i,j,2}}{n_{i,j}} \quad (1-11)$$

式中：

n_{ij} ——一年中出现 i 风向、 j 稳定度天气的小时数， h 。

$n_{i,j,1}$ ——一年中 i 风向 j 稳定度且烟羽出口风速满足 $w_0/u_{i,j,n} < 1.0$ 的小时数， h 。

$n_{i,j,2}$ ——一年中 i 风向 j 稳定度且烟羽出口风速满足 $w_0/u_{i,j,n} > 5.0$ 的小时数， h 。

$u_{i,j,n}$ ——出现 i 风向 j 稳定度时的第 n 小时排放高度处的风速值（ $n=1,2,\dots,n_{ij}$ ）。

$Et_{i,j}$ ——在 i 风向 j 稳定度时的测量次数中， $Et_{i,j}$ 的份额为地面释放， $(1-Et_{i,j})$ 的份额为高架释放， $Et_{i,j}$ 由下式确定：

$$Et_{i,j} = \begin{cases} 1 & w_0/u_{i,j,n} \leq 1.0, \text{ 地面源释放} \\ 2.58 - 1.58(w_0/u_{i,j,n}) & 1.0 < w_0/u_{i,j,n} \leq 1.5, \text{ 混合释放} \\ 0.30 - 0.06(w_0/u_{i,j,n}) & 1.5 < w_0/u_{i,j,n} \leq 5.0, \text{ 混合释放} \\ 0 & w_0/u_{i,j,n} > 5.0, \text{ 高架源释放} \end{cases} \quad (1-12)$$

正常运行条件下年均干沉积因子和湿沉积因子按 (1-13) 式和 (1-14) 式计算

$$W_{D,i} = (\chi/Q)_i \cdot V_d \quad (1-13)$$

$$W_{wi} = \frac{N}{2\pi x} \sum_{j,k,l} f_{i,j,k,l} \frac{\Lambda_l}{\bar{u}_{j,k}} \quad (1-14)$$

式中：

W_{Di} —— i 风向下的年均干沉积因子， m^{-2} 。

W_{wi} —i 风向下的年均湿沉积因子, m^{-2} 。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下的年均大气弥散因子, s/m^3 。

V_d —放射性核素的干沉积速度, m/s 。

N —16 个扇形方位数 ($N=16$) , 无量纲。

Λ —相应于 1 降水强度组的冲洗系数, s^{-1} 。

$f_{i,j,k,l}$ —i 风向、j 稳定度、k 风速组、l 降水强度组的四维联合频率, 无量纲。

$\bar{u}_{j,k}$ —j 稳定度、k 风速组的年均风速, m/s 。

2 气态流出物剂量模式

气态流出物对居民所致的剂量计算模式描述如下:

(1) 空气浸没剂量

居民浸没在放射性烟云中所受到的外照射剂量按下式计算:

$$D_{Bi}=1000 \cdot S_F \cdot Q \cdot (\chi/Q)_i \cdot g_B \quad (1-15)$$

式中:

D_{Bi} —i 风向下风向扇形区内受照个人的年剂量, mSv/a 。

S_F —建筑物屏蔽因子, 无量纲。

Q —放射性核素的释放率, Bq/a 。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下风向扇形区内 x 距离处的年均大气弥散因子, s/m^3 。

g_B —烟云浸没照射的全身剂量转换因子, $(Sv/s)/(Bq/m^3)$ 。

(2) 烟羽吸入剂量

吸入烟羽中放射性核素所致内照射剂量按下式计算:

$$D_{Ai}^a = \frac{1}{3.15 \times 10^7} \cdot Ra \cdot Q \cdot (\chi/Q)_i \cdot g_{Aa} \quad (1-16)$$

D_{Ai}^a —i 风向下风向扇形区内年龄组 a 的个人年吸入待积有效剂量, mSv/a 。

Ra —年龄组 a 的个人呼吸率, m^3/a 。

Q —放射性核素的释放率, Bq/a 。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下风向扇形区内 x 距离处的年均大气弥散因子, s/m^3 。

g_{Aa} —年龄组 a 的吸入剂量转换因子, Sv/Bq 。

(3) 地面沉积外照射剂量

地面沉积外照射剂量按下式计算:

$$D_{Gi} = 3.15 \times 10^{10} \cdot S_F \cdot C_i^G \cdot g_G \quad (1-17)$$

式中:

D_{Gi} —i 风向下风向扇形区内由干、湿沉积外照射所致的年全身剂量, mSv/a 。

S_F —建筑物屏蔽因子, 无量纲。

C_i^G —i 风向下风向扇形区内放射性核素 i 的干、湿沉积量, Bq/m²。

g_G —沉积外照射全身剂量转换因子, (Sv/s)/(Bq/m²)。

其中, C_i^G 由下式计算:

$$C_i^G = \frac{(w_{Di} + w_{wi})Q}{\lambda_e^s} (1 - e^{-\lambda_e^s \cdot t_b}) \quad (1-18)$$

式中:

w_{Di} —i 风向下风向扇形区内年干沉积因子, m⁻²。

w_{wi} —i 风向下风向扇形区内年湿沉积因子, m⁻²。

Q —放射性核素的释放率, Bq/a。

λ_e^s —放射性核素由地表面清除的有效速率常数, a⁻¹。 $\lambda_e^s = \lambda + \lambda_s$, λ 为放射性核素的物理衰变常数, a⁻¹, λ_s 为除放射性衰变外其他清除过程的速率常数, a⁻¹。

t_b —放射性核素的地面累积时间, a。

(4) 食入内照射剂量

食入内照射剂量按下式计算:

$$D_{Fi}^a = 1000 g_{Fa} \sum_p u_p^a f_p c_i^p \quad (1-19)$$

式中:

D_{Fi}^a —i 风向下风向扇形区内 a 年龄组个人的食入待积有效剂量, mSv/a。

g_{Fa} —a 年龄组的食入剂量转换因子, Sv/Bq。

u_a^p —a 年龄组个人对 p 类农产品的年摄入量, kg/a 或 a⁻¹。

f_p —食入关心地区生产的 p 类农产品的份额, 无量纲。

C_i^p —p 类农产品中放射性核素浓度, Bq/kg 或 Bq/L。

各类农产品中的放射性核素浓度计算公式如下:

(a) 蔬菜、谷类、水果等农作物中核素浓度

$$C_i^p = Q(w_{Di} + w_{wi}) \left\{ \frac{RT_{iv}[1 - \exp(-\lambda_e^v \cdot t_e)]}{Y_v \cdot \lambda_e^v} + \frac{B_v[1 - \exp(-\lambda_e^s \cdot t_b)]}{p\lambda_e^s} \right\} \exp(-\lambda t_h) \quad (1-20)$$

式中:

C_i^p —p 类农产品中放射性核素浓度, Bq/kg。

Q —放射性核素的释放率, Bq/a。

w_{Di} —i 风向下风向扇形区内年干沉积因子, m⁻²。

w_{wi} —i 风向下风向扇形区内年湿沉积因子, m⁻²。

R —滞留份额, 即放射性沉积物保留在植物上的份额, 无量纲。

T_{iv} —易位因子, 即沉积于植物外部的放射性核素向植物食用部分的转移系数, 无量纲。

λ_e^v —放射性核素由植物清除的有效速率常数, a^{-1} 。 $\lambda_e^v = \lambda + \lambda_w$, λ_w 为物理消除速率常数, 无量纲。

t_e —农作物在生长季节受污染的时间, a 。

Y_v —收获时农作物的单位面积产量, kg/m^2 。

B_v —农作物食用部分相对于土壤中核素的浓集因子, $(Bq/kg \text{ 鲜作物})/(Bq/kg \text{ 干土壤})$ 。

p —土壤有效表面密度, $kg(\text{干土壤})/m^2$ 。

t_h —农作物由收获到消费的时间, a 。

(b) 饲料作物中的核素浓度

饲料作物中的核素浓度计算公式同前描述的农作物中核素浓度计算公式, 但式中的参数取值不同。

(c) 奶、肉等动物产品中的核素浓度

$$C_i^a = F_m C_i^p Q_F \exp(-\lambda t_f) \quad (1-21)$$

式中:

C_i^a —动物产品中核素浓度, Bq/kg 或 Bq/L 。

F_m —动物每天摄入放射性核素出现在每千克 (或每升) 动物产品中的份额, d/kg 或 d/L 。

C_i^p —动物饲料中核素浓度, $Bq/kg(\text{干重})$ 。

Q_F —动物每天消耗的饲料量, $kg(\text{干重})/d$ 。

t_f —放射性核素由屠宰或挤奶到人消费的平均迁移时间, a 。

考虑到鲜饲料和贮存饲料的区别, 动物饲料浓度 C_i^p 由下式计算:

$$C_i^p = f_f C_{if}^p + f_s C_{is}^p \quad (1-22)$$

式中:

f_f —饲料中鲜饲料的份额, 无量纲。

f_s —饲料中贮存饲料的份额, 无量纲。

C_{if}^p —鲜饲料中放射性核素的浓度, Bq/kg 。

C_{is}^p —贮存饲料中放射性核素的浓度, Bq/kg 。

(d) 3H 在农作物中浓度

当计算 3H 在农作物中浓度时, 只考虑来自大气水中的氚, 未考虑经土壤向植物的转移。

$$C_i^T = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot Q_H \cdot (\chi/Q)_i \cdot 0.75 \cdot \frac{0.5}{H} \quad (1-23)$$

式中:

C_i^T —i 风向下风向扇形区内农作物中 ^3H 浓度, Bq/kg。

Q_{H} — ^3H 的年释放率, Bq/a。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子, s/m^3 。

H—评价点的年均绝对湿度, g/m^3 。

0.75—农作物总质量中水份所占的份额, 无量纲。

0.5—农作物水份中氡浓度与大气水份中氡浓度的比值, 无量纲。

$1/(3.15 \times 10^4)$ —单位转换系数, $(\text{g} \cdot \text{a})/(\text{kg} \cdot \text{s})$ 。

(e) ^{14}C 在农作物中浓度

农作物中 ^{14}C 的浓度是按农作物中 ^{14}C 浓度与天然 C 浓度的比值和农作物周围空气中 ^{14}C 浓度与天然 C 浓度的比值相同的假定进行计算。

$$C_i^T = \frac{1}{3.15 \times 10^4} \cdot p \cdot Q_c \cdot (\chi/Q)_i \cdot \frac{0.11}{0.16} \quad (1-24)$$

式中:

C_i^T —i 风向下风向扇形区内农作物中 ^{14}C 浓度, Bq/kg。

p—相对平衡比, 无量纲, 对于连续释放, $p=1$ 。

Q_c — ^{14}C 的年释放率, Bq/a。

$(\chi/Q)_i$ —i 风向下风向扇形区内在 x 距离处的大气弥散因子, s/m^3 。

0.11—植物总量中天然碳所占的份额, 无量纲。

0.16—大气中天然碳的浓度, g/m^3 。

$1/(3.5 \times 10^4)$ —单位转换系数, $(\text{g} \cdot \text{a})/(\text{kg} \cdot \text{s})$ 。

(5) 集体剂量

$$D = \sum_d \sum_a p_{da} D_{da} \quad (1-25)$$

式中:

D—某一半径区域内的居民所接受的年集体剂量, $\text{人} \cdot \text{Sv}/\text{a}$ 。

p_{da} —d 子区内 a 年龄组的居民总数, 人。

D_{da} —d 子区内 a 年龄组个人接受的年平均剂量, Sv/a 。

附录二 正常情况下的液态途径剂量计算模式

液态流出物致公众个人和集体剂量的计算依据《滨海核电厂液态放射性流出物辐射环境影响评价技术规范》(NB/T20199-2013), 主要考虑海产品食入内照射、岸边沉积外照射、海水浸没外照射和海上活动外照射四种主要照射途径下的公众剂量。

(1) 海产品食入内照射

海产品一般分为海鱼、甲壳类、软体类和海藻四大类, 公众食入海产品造成的内照射剂量计算公式:

$$D_{EP} = \sum_i C_{PKi} \cdot U_p \cdot e^{(-\lambda_i T_p)} \cdot Df_{EEi} \quad (2-1)$$

式中:

D_{EP} —通过食入途径造成的公众个人年有效剂量, Sv/a。

C_{PKi} —海产品中放射性核素 i 的浓度, Bq/kg。

U_p —公众个人的海产品消费量, kg/a。

λ_i —核素 i 的衰变常数, h^{-1} 。

T_p —海产品从捕捞到被消费的时间间隔, h。

Df_{EEi} —食入放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子, Sv/Bq。

海产品中放射性核素 i 的浓度基于下式计算:

$$C_{PKi} = C_{WKi} \cdot B_{Pi} \quad (2-2)$$

式中:

C_{PKi} —海产品 P 中放射性核素 i 的浓度, Bq/kg。

C_{WKi} —海水中放射性核素 i 的浓度, Bq/L。

B_{Pi} —海产品 P 对放射性核素 i 的浓集因子, L/kg。

(2) 岸边沉积外照射

岸边沉积外照射剂量基于下式计算:

$$D_{ES} = \sum_i C_{Bi} \cdot W \cdot Df_{ESi} \cdot T_s \quad (2-3)$$

式中:

D_{ES} —通过岸滩沉积物途径造成的公众个人年有效剂量, Sv/a。

C_{Bi} —岸边放射性核素 i 的沉积量, Bq/m²。

W —岸宽因子, 无量纲。

Df_{ESi} —岸边沉积物中核素 i 对人体的有效剂量转换因子, (Sv/h)/(Bq/m²)。

T_s —每年公众在岸边的活动时间, h/a。

岸边放射性核素 i 的沉积量基于下式计算:

$$C_{Bi} = \frac{(0.1)(0.001) \cdot K_{di} \cdot D_s \cdot C_{wi}}{1 + (0.001) S_s \cdot K_{di}} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_i T_e}}{\lambda_i \cdot T_e} \quad (2-4)$$

式中:

C_{Bi} —岸边放射性核素 i 的沉积量, Bq/m^2 。

K_{di} —海水中悬浮物对核素 i 的吸附分配因子, L/kg 。

D_s —悬浮物在岸边的有效沉积密度, kg/m^2 , 据《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》(IAEA Safety Reports Series No. 19), 该参数取值 60。

C_{wi} —海水中放射性核素的浓度, Bq/m^3 。

S_s —海水中悬浮物的浓度, kg/m^3 , 据《Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment》(IAEA Safety Reports Series No. 19), 近海取值 1×10^{-2} 。

λ_i —放射性核素 i 的衰变常数, h^{-1} 。

T_e —沉积物中放射性累积时间, h , 取 8760。

0.1—底部沉积物吸附分配因子与悬浮物吸附分配因子之比, 无量纲。

0.01—体积转换系数, m^3/L 。

(3) 海水浸没外照射

海水浸没(包括游泳、水下作业等)外照射剂量基于下式计算:

$$D_{Ews} = \sum_i C_{wi} \cdot T_s \cdot Df_{EWi} \quad (2-5)$$

式中:

D_{Ews} —游泳或海中作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量, Sv/a 。

C_{wi} —水中放射性核素 i 的浓度, Bq/m^3 。

T_s —每年公众个人游泳或海水中作业的时间, h/a 。

Df_{EWi} —放射性核素 i 对人体的水体浸没有效剂量转换因子, $(Sv/h)/(Bq/m^3)$ 。

(4) 海上活动外照射

公众划船、捕捞等海上活动受到的外照射剂量:

$$D_{Ewf} = \sum_i C_{wi} \cdot g \cdot T_f \cdot Df_{EWi} \quad (2-6)$$

式中:

D_{Ewf} —海上作业时海水中放射性核素对公众个人产生的有效剂量, Sv/a 。

C_{wi} —水中放射性核素 i 的浓度, Bq/m^3 。

g —海上作业的几何因子, 无量纲, 取 0.5。

T_f —每年公众个人在海面上作业的时间, h/a 。

Df_{EWi} —浸没于无限大水体中放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子, $(Sv/h)/(Bq/m^3)$ 。

(5) 集体剂量

$$D_{ip} = P \sum_a D_a \cdot f_a \quad (2-7)$$

式中：

D_{ip} —核素 i 通过途径 p 所致的居民年集体剂量，人·Sv/a。

P —半径 80km 范围内居民数，人。

D_a —年龄组 a 中个人所接受的年剂量，Sv/a。

f_a —居民中年龄组 a 所占的份额。

附录三 欧共体非人类生物辐射评价模式

1 模式组成

欧共体非人类生物辐射评价模式由三级筛选组成：一级筛选中只需输入要评价的生态系统、选择核素、输入核素在介质中的活度浓度，导出危害商，若危害商大于 1 则进入二级筛选；二级筛选在一级筛选的基础上增加了生物种类的选择，同时程序还允许用户进行核素参数设置（包括分布系数、生物参数设置等）；三级筛选的特点是用户在进行核素参数设置时，不但可以输入或采用程序提供的默认值，也可以根据选择的分布类型计算其分布值（可选择 7 种，包括指数分布、正态分布、三角分布、均匀分布、对数正态分布、对数三角分布、对数均匀分布）。

欧共体非人类生物辐射评价模式采用了危害商的定义，危害商的定义是剂量估算值与参考值的比值，具体公式如下：

$$RQ = \frac{\text{预测的生物剂量率}}{\text{认定安全的剂量率基准值}} \quad (3-1)$$

由上述公式可知，如果危害商小于 1，说明不可能对环境产生危害。

2 对陆生生物的影响

陆生生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性物质及核设施气态排放物，这些照射形成了外照射剂量和内照射剂量。其中外照射剂量来源于地表辐射（土壤中天然放射性核素）和空气浸没照射；内照射剂量则通过食物链传递，陆生生物摄入被放射性核素污染的植物或水源后，核素在体内产生生物蓄积效应。

采用二级筛选模式，模式中陆生生物辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1) 浓度平衡比

$$CR = \frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度(Bq/kg干重)}}{\text{放射性核素在介质中的浓度(Bq/kg或Bq/m}^3\text{)}} \quad (3-2)$$

2) 剂量转换因子

● 对于单能源的剂量转换因子

内照射剂量转换因子：

$$DCC_{\text{int}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times \Phi_E \quad (3-3)$$

外照射剂量转换因子：

$$DCC_{\text{ext}} = 5.77 \times 10^{-4} \times E \times (1 - \Phi_E) \quad (3-4)$$

式中：

DCC—剂量转换因子， $(\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1})/(\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1})$ 。

E—单能源的能量，MeV。

Φ_E —特定能量的吸收系数，无量纲。

5.77×10^{-4} —转换因子。

- 对于多能源的剂量转换因子

$$\begin{aligned} DCC_{int} &= wf_{low \beta} \times DCC_{int, low \beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{int, \beta+\gamma} + wf_{\alpha} \times DCC_{int, \alpha} \\ DCC_{ext} &= wf_{low \beta} \times DCC_{ext, low \beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{ext, \beta+\gamma} \quad (3-5) \end{aligned}$$

式中：

wf—各能量源的权重因子（ β ， $\beta+\gamma$ 和 α ），无量纲。

3) 陆生生物辐射剂量

- 内照射剂量率

$$D_{int}^b = \sum_i C_i^b \times DDC_{int,i}^b \quad (3-6)$$

式中：

D_{int}^b —生物体 b 的内照射吸收剂量率， $\mu Gy \cdot h^{-1}$ 。

C_i^b —核素 i 在生物体 b 内的平均浓度，Bq/kg 干重。

$DDC_{int,i}^b$ —内照射剂量率转换因子， $(\mu Gy \cdot h^{-1})/(Bq \cdot kg^{-1})$ 。

- 外照射剂量率

$$D_{ext}^b = \sum_Z V_Z \sum_i C_{Zi}^{ref} \times DDC_{ext,Zi}^b \quad (3-7)$$

式中：

V_Z —居留因子，即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额，无量纲。

C_{Zi}^{ref} —核素 i 在介质 Z 中的平均浓度，Bq/kg 干重或 Bq/L。

$DDC_{ext,Zi}^b$ —外照射剂量转换因子， $(\mu Gy \cdot h^{-1})/(Bq \cdot kg^{-1})$ 。

- 总照射剂量

$$D = D_{int} + D_{ext} \quad (3-8)$$

3 对水生生物的影响

水生生物受到的辐射照射主要来自宇宙射线、天然放射性及核设施液态流出物，这些照射导致了水生生物的外照射剂量和内照射剂量。其中外照射剂量来源于水体照射和底泥照射；内照射剂量来源于生物直接摄入放射性核素并通过代谢过程在生物体内浓集。

采用二级筛选模式，水生生物辐射剂量计算模式和参数如下所述：

1) 浓度平衡比和分配系数

浓度平衡比：

$$CR = \frac{\text{放射性核素在生物体中的浓度}(Bq/kg \text{干重})}{\text{放射性核素在水中的浓度}(Bq/L)} \quad (3-9)$$

分配系数：

$$K_d = \frac{\text{放射性核素在沉积物中的浓度}(Bq/kg \text{干重})}{\text{放射性核素在水中的浓度}(Bq/L)} \quad (3-10)$$

2) 剂量转换因子

● 对于单能源的剂量转换因子

内照射剂量转换因子:

$$DCC_{int}=5.77 \times 10^{-4} \times E \times \Phi_E \quad (3-11)$$

外照射剂量转换因子:

$$DCC_{ext}=5.77 \times 10^{-4} \times E \times (1-\Phi_E) \quad (3-12)$$

式中:

DCC—剂量转换因子, $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

E—单能源的能量, MeV。

Φ_E —特定能量的吸收系数, 无量纲。

5.77×10^{-4} —转换因子。

● 对于多能源的剂量转换因子

$$\begin{aligned} DCC_{int} &= wf_{\beta} \times DCC_{int, \beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{int, \beta+\gamma} + wf_{\alpha} \times DCC_{int, \alpha} \\ DCC_{ext} &= wf_{\beta} \times DCC_{ext, \beta} + wf_{\beta+\gamma} \times DCC_{ext, \beta+\gamma} \end{aligned} \quad (3-13)$$

式中:

wf—各能源源的权重因子 (β , $\beta+\gamma$ 和 α), 无量纲。

3) 水生生物辐射剂量

● 内照射剂量率

$$D_{int}^b = \sum_i C_i^b \times DDC_{int,i}^b \quad (3-14)$$

式中:

D_{int}^b —生物体 b 的内照射吸收剂量率, $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

C_i^b —核素 i 在生物体 b 内的平均浓度, Bq/kg 干重。

$DDC_{int,i}^b$ —内照射剂量转换因子, $(\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1})/(\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$ 。

● 外照射剂量率

$$D_{ext}^b = \sum_z V_z \sum_i C_{zi}^{ref} \times DDC_{ext,Zi}^b \quad (3-15)$$

式中:

V_z —居留因子, 即生物体 b 在介质 Z 所停留时间的份额, 无量纲。

C_{zi}^{ref} —核素 i 在介质 Z 中的平均浓度, Bq/kg 干重或 Bq/L。

$DDC_{ext,Zi}^b$ —外照射剂量转换因子, $(\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1})/(\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1})$ 。

● 总照射剂量

$$D=D_{int}+D_{ext} \quad (3-16)$$