

核技术利用建设项目

杭州芯辐科技有限公司新建辐照中心项目
环境影响报告书

(公示稿)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

杭州芯辐科技有限公司新建辐照中心项目
环境影响报告书

建设单位名称：杭州芯辐科技有限公司

建设单位名称法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市萧山区河上镇大泥线大桥段 527 号
1 幢 1 层 106 室

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

1 概述	1
1.1 项目名称、地点	1
1.2 项目概况	4
1.3 编制依据	19
1.4 评价标准	25
2 自然环境和社会环境状况	42
2.1 自然环境状况	42
2.2 社会经济状况	46
2.3 环境质量和辐射现状	47
2.4 场址适宜性评价	60
2.5 场址与相关规划的协调性分析	63
2.6 分析判定相关情况	63
3 工程分析与源项	66
3.1 项目规模与基本参数	66
3.2 工程设备与工艺分析	70
3.3 污染源项	88
4 辐射安全与防护	97
4.1 场所布局与屏蔽	97
4.2 辐射安全与防护措施	105
4.3 服务期满后的环境保护措施	122
4.4 三废的治理	123
5 环境影响	126
5.1 建设阶段的环境影响	126
5.2 运行阶段对环境的影响	131
5.3 退役考虑	172
5.4 事故影响分析	173
6 辐射安全管理	179
6.1 机构与人员	179

6.2 辐射安全管理规章制度	181
6.3 辐射监测	182
6.4 职业人员健康管理.....	185
6.5 年度评估	185
6.6 辐射事故应急	188
6.8 三同时验收.....	192
7 利益-代价简要分析	195
7.1 利益分析.....	195
7.2 代价分析	197
7.3 正当性分析	198
8 公众参与	200
8.1 公众参与方案.....	200
8.2 公众参与结果	201
9 结论与建议	202
9.1 项目工程概况.....	202
9.2 辐射安全与防护	202
9.3 环境影响分析	203
9.4 辐射安全管理	205
9.5 公众参与	206
9.6 建议和承诺	206

1 概述

1.1 项目名称、地点

(1) 项目名称：杭州芯辐科技有限公司新建辐照中心项目；

(2) 建设地点：浙江省杭州市萧山区河上新材料产业园区杭州科百特半导体分离膜有限公司 C13 厂区 8#车间（报告后续简称 C13 厂区和 8#车间），项目地理位置详见图 1.1-1；

(3) 建设性质：新建；

(4) 投资额度：2700 万元；

(5) 项目概况

杭州芯辐科技有限公司租用杭州科百特半导体分离膜有限公司 C13 厂区 8#车间进行辐照中心(包含辐照房及配套设施)建设,项目主要用于膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及材料改性,辐照装置设计装源能力 400 万居里 ($1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$) ^{60}Co 放射源,首次装源为 50 万居里 ($1.85 \times 10^{16} \text{Bq}$), 根据企业生产需要,将分批增补放射源活度,保证生产的需要。本项目按终期规模装源总活度 400 万居里 ^{60}Co 放射源进行评价。

(6) 主要建设内容

8#车间东北侧建设 2 层辐照房,西北侧辐照产品进出线和南侧辐照产品仓库。辐照房为 2 层建筑,1 层主要为辐照室(含迷道、贮源井)、试验线装卸区、水处理间和辐照产品进出线,2 层为空调机房、配电间、剂量室、配件间、控制室、进源间和风机房。

(7) 建设项目地理位置

项目位于杭州科百特半导体分离膜有限公司 C13 厂区 8#车间,所在车间和厂区位置图详见 1.1-2。



图 1.1.-1 地理位置图

图 1.1-2 项目所在车间和厂区位置图

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位基本情况

杭州芯辐科技有限公司新建辐照房项目主要用于膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及膜材料改性等研究，该辐照房主要服务范围为科百特园区，满足园区内企业产品灭菌消毒及改性需求，不涉及外来产品。企业租用杭州科百特半导体分离膜有限公司 C13 厂区 8# 车间，该车间所在厂区已委托时代盛华科技有限公司编制《科百特半导体超纯氟材料及部件产业化项目环境影响报告表》，并由杭州市生态环境局萧山分局于 2025 年 2 月审批通过（萧环建(2025)21 号）。

1.2.2 项目建设背景及必要性

科百特集团专注于纳米级过滤膜材料、除菌/除病毒过滤滤芯及超纯流体等相关材料与组件的研发与生产，产品广泛应用于半导体、生物制药等领域。长期以来，上述领域所需的过滤耗材和超纯材料一直受制于国外供应商，科百特成功突破技术壁垒，实现了国产化替代。疫情期间，集团生产的过滤滤芯和一次性袋子全面应用于国产新冠疫苗的生产环节，有效化解了关键材料“卡脖子”的风险。

为进一步巩固我国在膜技术领域的国际领跑地位，膜材料改性已成为关键突破口。当前，公司膜材料性能虽已达到国际竞品水平，但若要实现从“并跑”向“领跑”的跨越，依托辐照技术开展膜材料表面改性，是实现性能跃升的必要手段。与此同时，科百特生命科学领域的产品在出厂前均需经过辐照灭菌，以满足无菌、无病毒的严苛要求。经调研，目前浙江省内尚无完全契合我司需求的辐照工艺，一旦发生如疫情等公共突发事件，产品因辐照环节受阻，极有可能引发产业链断供风险。综上，基于膜材料改性升级与产品灭菌保障的双重需求，科百特集团亟需建设一座满足生物医药过滤材料灭菌及膜材料改性要求的辐照中心。经综合比选， ^{60}Co 伽玛辐照技术因适用性广、穿透力强、均匀性高等优势，成为最适宜的技术路径。

科百特充分发挥链主企业的引领作用，推动园区建设膜材料小镇，持续提升产业集聚水平和核心竞争力。本辐照中心项目的建设，将为科百特园区及未来膜材料小镇的发展提供有力支撑，为园区产品生产提供稳定保障。项目预计新增年产值 5000 万元。

综上所述，杭州芯辐科技有限公司建设 ^{60}Co 辐照中心是必要的。

1.2.3 建设项目基本情况

(1) 项目性质：新建；

(2) 建设规模：辐照装置设计装源能力 400 万居里 ($1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$) ^{60}Co 放射源，另有一个强度为 $10 \mu\text{Ci}$ 的 ^{137}Cs 校验源，用于辐射剂量监测仪的校准，本项目已于 2025 年 3 月 18 日由萧山区经济和信息化局备案，项目代码 2503-330109-07-02-543208。

项目首次装源为 50 万居里 ($1.85 \times 10^{16} \text{Bq}$)，主要用于膜材料、滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及膜材料改性等。根据企业生产需要，将分批增补放射源活度，保证生产的需要。本次评价针对终期 $1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ (400 万居里)。

项目所涉及放射源的情况详见表 1.2-1。

表 1.2-1 放射源情况列表

序号	核素	类别	活动种类	数量	总活度	用途
1	^{60}Co	I 类	使用	<1200 根	$1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ (400 万居里)	辐照灭菌
2	^{137}Cs	V 类	使用	1 枚	$3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ (10 微居里)	校验源

(3) 土地性质：工业用地(根据杭州科百特半导体分离膜有限公司浙(2024)杭州市不动产权第 0433556 号，项目所在地用地性质为一类二类工业兼容用地 (M1/M2))；

(4) 总平面布置：企业租用 8#车间进行辐照房建设，车间内西侧为辐照产品进出线(一进一出共 1 条)、南侧为产品仓库。辐照房共设置两层，功能布置：一层布置辐照室(含迷道、贮源井)、试验线装卸区、水处理间和辐照产品进出线，二层分别设置空调机房、配电间、剂量室、控制室、配件间、进源间和风机房。辐照房一层平面布置详见图 1.2-1，二层平面布置详见图 1.2-2，车间平面布置详见图 1.2-3。

(5) 项目投资：2700 万元，其中环保投资 300 万元，占总投资的 11.1%。

(6) 周边功能布置情况

企业租用 8#车间新建辐照房，辐照房位于车间东北侧，西北侧为辐照产品进出线，南侧为产品仓库，辐照房和 8#车间周边概况详见表 1.2-4。

8#车间周边概况：东侧现状空地，规划厂区外河益路；南侧现状为空地，规划为 9#立体车库、装卸场地；西侧现状为空地，规划为 1#、2#产品检验线用房；

北侧现状纬四路，隔路现状为空地，规划绿地。

辐照房周边概况：东侧为厂区外规划河益路，隔路规划为工业用地；南侧为8#车间辐照产品仓库；西侧为8#车间辐照产品进出线，北侧现状纬四路，隔路现状为空地，规划绿地。

表 1.2-2 辐照室及 8#车间周边环境概况

序号	方位	距离(m)	现状	功能	备注	
1	8#车间	东侧	25	农田	规划河益路、规划工业用地	厂区外
2		南侧	20	空地	9#立体仓库/装卸场地	厂区内
3		西侧	24	空地	1#、2#产品检验验收用房	厂区内
4		北侧	10	纬四路、空地、小镇客厅	纬四路、规划工业用地、小镇客厅	厂区外
5	辐照房	东侧	25	农田	规划河益路、规划工业用地	厂区外
6		南侧	紧邻	空地	8#车间辐照产品仓库	厂区内
7		西侧	紧邻	空地	8#车间辐照产品进出线	厂区内
8		北侧	10	纬四路、空地、小镇客厅	纬四路、规划工业用地、小镇客厅	厂区外

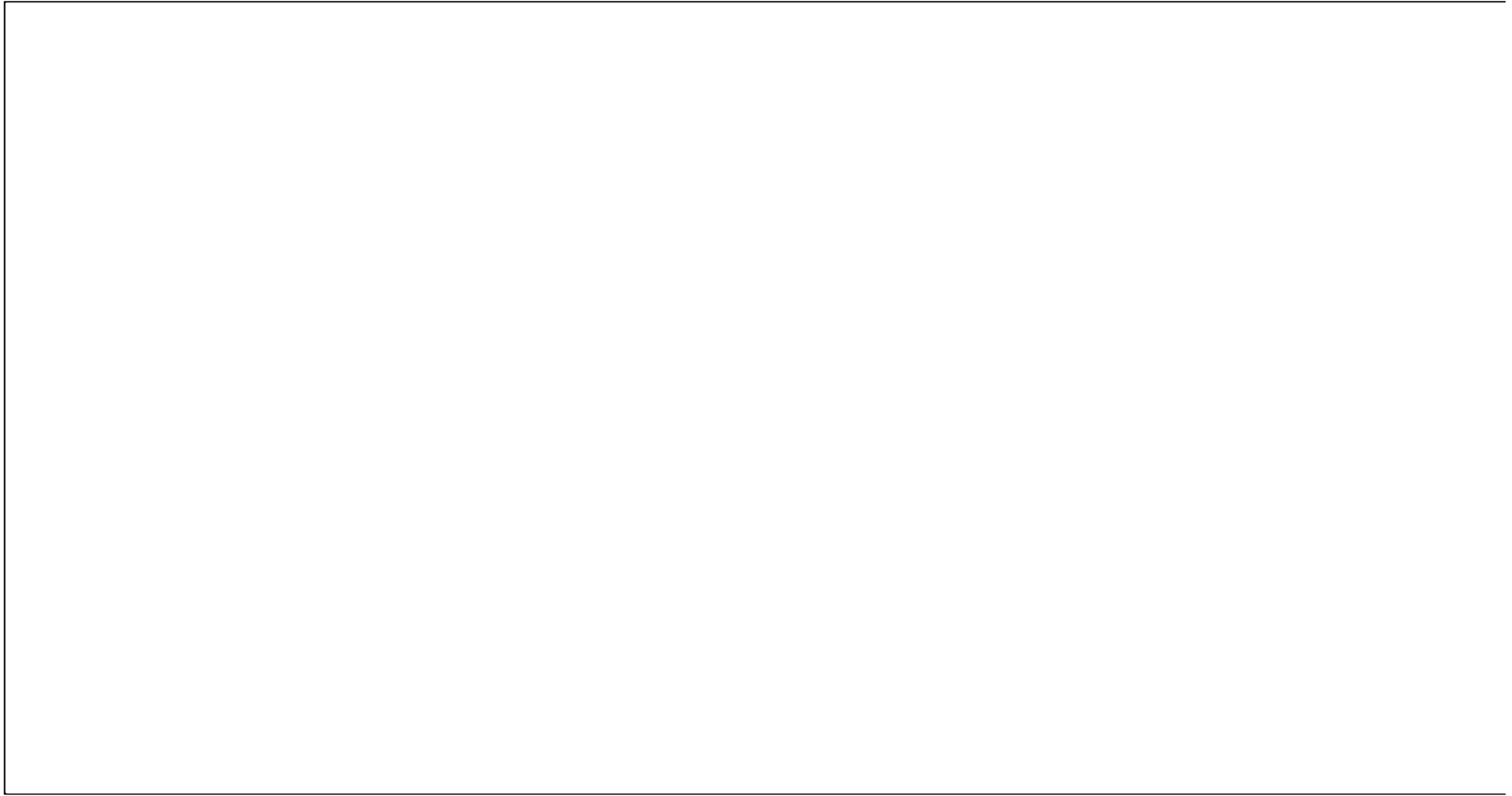


图 1.2-1 辐照房一层平面布置图



图 1.2-2 辐照房二层平面布置图



图 1.2-3 车间平面布置图

图 1.2-4 辐照房和 8#车间周边概况图

1.2.4 产业政策和规划符合性

1、产业政策符合性

(1) 本项目主要利用 ^{60}Co 放射源衰变产生的 γ 射线对膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌与膜材料改性等。根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录》(2024 年本)，本项目属于“鼓励类”中第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”。因此，本项目建设符合国家产业政策。

(2) 对照《<长江经济带发展负面清单指南(试行, 2022 年版)>浙江省实施细则》(浙长江办[2022]6 号)，本项目不在其负面清单内，因此，本项目建设符合浙江省产业政策。

(3) 对照《杭州市产业发展导向目录(2024 年本)》，本项目属于鼓励类项目：四节能环保和新能源新材料中(一)节能环保中 E45 中的 44 同位素、加速器及辐照应用技术开发，因此项目建设符合杭州市产业政策要求。

(4) 对照《杭州市萧山区产业发展导向目录与产业平台布局指引(2021 年本)》，本项目不属于限制类和禁止(淘汰)类，属于允许类，因此项目建设符合萧山区产业政策。

(5) 此外，本项目已于 2025 年 3 月 18 日由萧山区经济和信息化局备案，项目代码 2503-330109-07-02-543208。因此，本项目符合国家和地方的产业政策要求。

2、规划符合性分析

(1) 用地规划符合性分析

项目租用杭州科百特半导体分离膜有限公司 8#车间进行生产，根据杭州科百特半导体分离膜有限公司不动产权证可知(浙江省编号：BDC330109120249038955082)浙(2024)杭州市不动产权第 0433556 号可知，项目用地性质为一类二类工业兼容用地，建设符合用地性质要求。

(2) 与《河上镇膜材料特色产业平台规划》相符性分析

项目位于杭州市萧山区河上新材料产业园区(现整合为萧山河上镇膜材料特色产业平台)，该园区的规划情况详见以下：

A、规划范围

河上镇膜材料特色产业平台规划范围为东至紫东路，西至西山，南至大泥线，

北至沙祥线，总规划占地面积 2.73 km²，约 4095 亩，分为核心建设区、有机更新区和预留拓展区三个区块，其中核心建设区规划占地面积约 980 亩。

B、规划期限

本次规划期限为 2023-2032 年，其中：基准年：2022 年，近期：2023-2027 年，远期：2028-2032 年。

C、规划规模用地规模：规划总用地规模 273 公顷，其中近期建设用地规模为 153.8 公顷，非建设用地 119.2 公顷；远期建设用地规模为 189.44 公顷，非建设用地 83.56 公顷。

D、用地布局

规划居住用地主要为二类居住用地和住宅混合用地，总用地面积 3.22 公顷，占规划区域建设用地的 1.70%。规划商业服务业设施用地主要为商业用地和商务用地，总用地面积 3.96 公顷占规划区域建设用地的 2.09%。规划工业用地主要为一、二类工业用地，其中近期主要考虑有机更新区存量企业淘汰兼并重组、土地腾笼换鸟，用地面积维持现状不变为 93.53 公顷，占近期规划建设用地的 60.81%；远期主要结合核心建设区土地进行开发建设，用地面积增至 129.17 公顷，占远期规划建设用地的 68.19%。

E、产业定位：

全球高科技分离膜研产中心。以科百特为主导，打造产业创新联盟，推进研发成果在平台内转化应用，打造具有国际影响力的分离膜研产一体化中心。浙江新材料产业链创新范例。强化链主带动功能，集聚一批上下游协作企业，构建分离膜产业链，为浙江万亿级新材料产业集群建设提供产业链创新样板示范。杭州城东智造大走廊产业地标。沿时代大道联动三江创智新城、湘湖未来构建产业链式协作共同体，培育膜材料特色产业集群。

根据图 1.2-5 规划可知，项目所在地规划为工业用地，则项目建设符合规划用地性质要求；项目为包括杭州科百特半导体分离膜有限公司在内的园区内企业提供膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及膜材料改性，因此项目建设符合河上镇膜材料特色产业定位。

综上，项目建设与《河上镇膜材料特色产业平台规划》要求相符。

图 1.2-5 项目所在地规划图

(3) 杭州市生态环境分区管控动态更新方案相符性分析

本项目位于杭州市萧山区河上新材料产业园区，根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发[2024]49号），项目所在地属于“萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元（ZH33010920013）”。本项目生态环境分区管控动态更新方案符合性判定情况见表 1.2-3。

表 1.2-3 生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态保护红线	根据杭州市规划和自然资源局萧山分局出具的萧山区“三区三线”划分成果，项目所在地在城镇集中建设区内，其评价范围内不涉及当地饮用水源保护区、风景名胜区、自然保护区等生态保护区，不涉及生态保护红线。
环境质量底线	根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射剂量属于正常本底范围，在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目运营过程主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，占比量较小；主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网。项目用地为工业用地，租用在建厂房，不新增用地。整体而言本项目所用资源相对较少，也不占用当地其他自然资源和能源，因此不会突破资源利用上线。
生态环境准入管控清单	对照《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，项目符合所在的萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元（ZH33010920013）的管控要求。

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目所在地属萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元（ZH33010920013）该管控区的基本情况及其符合性分析如下表 1.2-4。

表 1.2-4 《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元（ZH33010920013）			
管控要求		符合性分析	结论
空间布局引导	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。	本项目位于河上新材料产业园内，该园区主导产业为新材料产业（膜材料、医用新材料、汽车新材料）；不宜发展产业为化学原料药、造纸、农药制造、印刷、铸造业等，本项目为核技术利用，为新材料产业提供配套的增值服务。	符合
	合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目与周边居民区之间设置了防护绿地、生活绿地等隔离带。	符合
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。	项目属于核技术利用项目，产生的废水主要为生活污水、剂量室清洗废水、冲洗测试废水和去离子浓水，废水产生和排放量较少，不会对区域水环境质量造成影响，因此不涉及总量控制要求。	符合
	所有企业实现雨污分流。	本项目排水实行雨污分流制。	符合
环境风险防控	强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	本企业将积极配合区域风险防控体系建设，加强自身环境风险防范设施、应急物资配备、隐患排查机制等建设，提高环境风险防控水平。	符合
资源开发效率要求	/	/	/

根据分析可知，本项目同《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》中的相关管控要求符合。

（4）《萧山河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》规划环评符合性分析

萧山河上镇膜材料特色产业平台位于杭州萧山区河上镇，东至紫东路，西至西山，南至大泥线，北至沙祥线。其前身为河上镇人民政府设立的杭州市河上镇新材料产业园，2019年河上镇人民政府委托浙江建院建筑规划设计院编制了《杭州市河上镇新材料产业园控制性详细规划》，规划总面积为 1.95km²，四至范围为：原河上纸包装产业功能区大泥线以北区块，南至大泥线，西至新阳坞山脚，东至工业区边界-中间规划道路，北至河沙线-规划高压走廊。规划环评由原杭州

市萧山区环境保护局组织审查通过（萧环函[2019]5号）。

根据省委、省政府印发的《关于整合提升全省各类开发区（园区）的指导意见》（浙委发[2020]20号）和省委办公厅、省政府办公厅印发的《关于打造高能级战略平台的指导意见》（浙委办发[2020]25号）等文件精神，2023年河上镇人民政府启动了杭州市河上镇新材料产业园（镇区级）整合提升工作，在现有新材料产业园面积基础上，进一步扩大规划范围，全力打造产城融合、科创产一体、人文景融合的萧山河上镇膜材料特色产业平台，总规划占地面积 2.73km²（分为核心建设区、有机更新区和预留拓展区三个区块，其中核心建设区规划占地面积约 980 亩，有机更新区规划占地面积约 1730 亩，预留拓展区规划占地面积约 1270 亩，其他道路等用地面积 115 亩，合计总规划占地面积 4095 亩）。

2023年10月委托浙江省环境科技有限公司编制了《萧山河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》，并于2023年12月1日通过了杭州市生态环境局萧山分局在萧山主持召开的审查会，经修改完善后报相关管理部门备案，备案号萧环函[2024]1号。

清单 1“生态空间清单”：本项目位于河上镇膜材料特色产业平台内，该园区主导产业为新材料产业（膜材料、医用新材料、汽车新材料），不宜发展产业为化学原料药、造纸、农药制造、印刷、铸造业等。本项目主要为园区内过滤膜材料提供配套服务，因此符合园区产业准入条件。因此，本项目符合河上镇膜材料特色产业平台环境准入条件清单要求。项目所在地与居民区之间设置有防护绿地、生活绿地等隔离带。因此，本项目的建设符合河上镇膜材料特色产业平台生态空间清单的管控要求。

清单 2“现有问题整改清单”：对照了《萧山河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》中现有问题整改清单，项目不涉及整改清单涉及的问题，符合现有问题整改清单要求。

清单 3“污染物排放总量管控限值清单”：项目辐照室产生的废水主要为生活污水、剂量室清洗废水、冲洗测试废水和去离子浓水，废水产生量为 2.312t/d，项目在总量管控限值内，不会突破区域环境质量底线。

清单 4“规划优化调整建议清单”：对照《萧山河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》中规划优化调整建议清单，本项目不涉及规划优化调整建议清单中调整内容，因此项目符合规划优化调整建议清单要求。

清单 5 “环境准入清单”：本项目不属于《河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》中的禁止准入产业和限制准入产业。对照《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目符合所在的萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元（ZH33010920013）的管控要求。因此，本项目的建设符合河上镇膜材料特色产业平台环境准入基本条件要求。

清单 6 “环境标准清单”：在运营阶段，项目生产过程中产生的废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的“新污染源”二级排放标准；废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准纳管；施工期噪声排放执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）规定的排放限值；运营期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类功能区标准；危险废物按照《国家危险废物名录》（2025 版）分类，危险废物贮存应符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）相关要求。工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）和《γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）。本项目各类环境质量管控标准、污染物排放标准均符合规划环评中确定的环境标准清单。

本项目位于河上镇膜材料特色产业平台内，该园区主导产业为新材料产业（膜材料、医用新材料、汽车新材料），不宜发展产业为化学原料药、造纸、农药制造、印刷、铸造业等。本项目主要为园区科百特企业提供配套服务，符合园区产业准入条件。因此，本项目符合河上镇膜材料特色产业平台环境准入条件清单要求。

综上所述，本次项目的建设可以符合《河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》的要求。

1.2.5 与杭州市“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2080 号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。其中“三区”具体指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。

项目辐照室位于杭州市萧山区河上新材料产业园区，根据杭州市规划和自然资源局萧山分局出具的萧山区“三区三线”划分成果，项目所在地在城镇集中建设区内，工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，本项目租赁 8#车间建设辐照中心，无需新征用地，对照上述各类文件要求，本项目建设符合“三区三线”的要求，项目所在地“三区三线”划分详见图 1.2-6。

图 1.2-6 项目所在地“三区三线”划分图

1.2.6 核技术利用现状

目前，杭州芯辐科技有限公司首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用情况。

1.3 编制依据

1.3.1 国家相关法律

(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令 第 9 号，2015 年 1 月 1 日起实施；

(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日发布施行；

(3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，中华人民共和国主席令第 43 号，自 2020 年 9 月 1 日起施行；

(4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起实施；

(5) 《中华人民共和国噪声污染防治法》，中华人民共和国主席令第一〇四号，2022 年 6 月 5 日起实施；

(6) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年修正版），中华人民共和国主席令第 32 号，2018 年 10 月 26 日发布施行；

(7) 《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年修正版），中华人民共和国主席令第 66 号，2018 年 12 月 29 日发布施行。

1.3.2 国家相关行政法规、条例

(1) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；

(2) 《建设项目环境保护管理条例》（修订版），国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；

(3) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令 第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行。

1.3.3 部门规章、规范性文件

(1) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；

- (2) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；
- (3) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；
- (4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；
- (5) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日发布；
- (6) 《放射源分类办法》，国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日起施行；
- (7) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017 年公告第 65 号公布，自 2018 年 1 月 1 日起施行；
- (8) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日施行；
- (9) 《关于印发〈生态环境分区管控管理暂行规定〉的通知》，环环评〔2024〕41 号，2024 年 7 月 6 日印发；
- (10) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部办公厅，环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日发布；
- (11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日；
- (12) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 10 月 25 日；
- (13) 关于发布《固体废物分类与代码目录》的公告，生态环境部公告 2024 年第 4 号，自 2024 年 1 月 22 日起施行；
- (14) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行；
- (15) 《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》，环环评〔2016〕150 号，2016 年 10 月 26 日；
- (17) 《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》，国核安发〔2015〕40 号，2015 年 2 月 26 日；

(18) 《国家危险废物名录(2025年版)》，2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自2025年1月1日起施行；

(19) 《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第55号，2007年3月23日经卫生部部务会议讨论通过，自2007年11月1日起施行；

(20) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，生态环境部公告2021年第9号，2021年3月11日；

(21) 《关于做好放射性废物(源)收贮工作的通知》，环办辐射函[2017]609号，2017年4月21日起施行；

(22) 《自然资源部办公厅关于浙江等省(市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》自然资办函[2022]2080号，2022年9月30日起施行；

(23) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第23号，2022年1月1日起施行；

(24) 《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告2017年第43号，2017年9月1日印发；

(25) 《环境影响评价公众参与办法》，生态环境部令第4号，2019年1月1日起施行；

(26) 《关于发布<生态环境部审批环境影响评价文件的建设项目目录(2019年本)>的公告》生态环境部公告2019年第8号，2019年2月27日；

(27) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日起施行；

(28) 《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单(试行)>的通知》环办辐射函[2025]313号，2025年8月29日。

(29) 《关于印发<辐照装置卡源故障专项整治技术要求(试行)>等两个文件的通知》，环办函[2010]662号，2010年6月25日；

(30) 《关于开展辐照装置卡源故障专项整治工作的通知》，环办函[2009]1277号，2009年12月4日；

(31) 《关于加强 γ 辐照装置设计单位监督管理的通知》，环函[2010]76号，

环境保护部，2010年2月23日；

(32)《关于印发<建设项目环境影响评价信息公开机制方案>的通知》，环发[2015]162号，2015年12月10日；

(33)《关于印发<“十四五”环境影响评价与排污许可工作实施方案>的通知》，环环评[2022]26号，2022年4月1日。

1.3.4 地方环境法规和政府规章文件

(1)《浙江省生态环境保护条例》，浙江省人民代表大会常务委员会第71号，自2022年8月1日起施行公告；

(2)《浙江省建设项目环境保护管理办法》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日；

(3)《浙江省人民政府办公厅关于印发浙江省辐射事故应急预案的通知》，浙政办发[2018]92号，2018年9月18日起施行；

(4)《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024年本）>的通知》，浙环发〔2024〕67号，2024年12月31日；

(5)《浙江省辐射环境管理办法》（2021年修正），浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；

(6)《浙江省人民政府关于浙江省水功能区水环境功能区划分方案（2015）的批复》，浙江省人民政府，浙政函（2015）71号，2015年6月29日；

(7)《浙江省水污染防治条例》，2020年11月27日；

(8)《杭州市生态环境局关于印发<杭州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，杭环发（2024）49号，杭州市生态环境局2024年7月10日印发；

1.3.5 技术导则、标准

(1)《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），2016年4月1日实施；

(2)《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016），2017年1月1日实施；

(3)《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018），2018年12月1日实施；

(4)《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），2019年3月

1 日实施；

(5) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)，2022 年 7 月 1 日实施；

(6) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)，2022 年 7 月 1 日实施；

(7) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)，2019 年 3 月 1 日实施；

(8) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，2003 年 4 月 1 日实施；

(9) 《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)，2002 年 6 月 1 日实施；

(10) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2026)，2026 年 3 月 1 日实施；

(11) 《声环境质量标准》(GB 3096-2008)，2008 年 10 月 1 日实施；

(12) 《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996)，1997 年 1 月 1 日实施；

(13) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)，1998 年 1 月 1 日实施；

(14) 《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025)，2026 年 1 月 1 日实施；

(15) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)，2008 年 10 月 1 日实施；

(16) 《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB 10252-2009)，2010 年 6 月 1 日实施；

(17) 《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》(GB/T 17568-2019)，2020 年 1 月 1 日实施；

(18) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，2021 年 5 月 1 日实施；

(19) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)，2021 年 5 月 1 日实施；

(20) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)，2021 年 8 月 1 日实施；

(21) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)，2024 年 2 月 1 日实施；

(22) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)及其修改清单，2022年11月8日实施；

(23) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)，2003年4月1日实施；

(24) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)，2020年4月1日实施；

(25) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)，2023年7月1日实施；

(26) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022)，2023年7月1日实施；

(27) 《核技术利用设施退役》(核安全导则 HAD 401/14-2021)，2021年10月13日实施；

(28) 《高活度钴-60密封放射源》(GB/T 7465-2015)，2016年11月1日实施。

1.4 评价标准

1.4.1 电离辐射相关标准

1、剂量限值和剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）和《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019），工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值和剂量约束值如下：

表1.4-1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值和剂量约束值

标准来源	对象	要求
《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）	职业照射剂量限值	应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
	公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。
	剂量约束值	剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。
《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）	剂量限值	按照GB 18871-2002的要求。
	剂量约束值	在辐照装置工程设计、运行和退役时，辐射防护的剂量约束值规定为： ①辐射工作人员个人年有效剂量值为5mSv； ②公众成员个人年有效剂量值为0.1mSv。
《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）	职业照射剂量限值	由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv； 任何一年中的有效剂量，50mSv。
	公众照射剂量限值	年有效剂量，1mSv； 年有效剂量在特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。
	剂量约束值	在 γ 辐照装置工程设计、运行和退役时，剂量约束值规定为： ①辐射工作人员个人年有效剂量值为5mSv； ②公众成员个人年有效剂量值为0.1mSv。

结合上表相关要求，本项目剂量约束值为：辐射工作人员职业照射的剂量约束值为5mSv/a，公众照射的剂量约束值为0.1mSv/a。

2、辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，控制区在设备运行时一般不允许任何人员进入；对于未被设定为控制区，不需要专门防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，划分为监督区，监督区在设备运行时只允许放射工作人员进入。辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

项目辐射管理分区执行《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）和《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019），具体分区要求详见表 1.4-2。

表 1.4-2 辐射管理分区要求

序号	依据	辐射管理分区要求
1	《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）	控制区：辐照室和迷道
		监督区：货物装卸区域、辐照室屋顶、控制室、通风间、设备间、水处理间等区域
2	《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）	γ辐照装置的辐照室、迷道为控制区；
		操作区域、控制室、通风间、设备间、水处理间等区域皆为监督区

3、辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

参照《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中的相关规定，屏蔽结构混凝土的强度等级不应低于 C20，并符合有关混凝土耐久性的要求，混凝土密度不低于 2.3g/cm³；有抗渗要求的混凝土抗渗等级不应低于 P6，最小厚度不宜小于 250mm。

屏蔽设计应保证辐射屏蔽的完整性和安全性。对于辐射屏蔽薄弱的部位（如排风和穿墙孔道等），应有防止漏束的补偿措施；辐照室屋顶厚度设计应同时考虑贯穿辐射和天空散射；迷道设计应使迷道口外辐射工作人员受照剂量满足 4.3.3 的要求（表 1.4-1）；在设计装源活度时，屏蔽体外表面剂量水平也应满足表 1.4-3 要求。

表 1.4-3 《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）辐照室设计要求

序号	项目	要求
A.1.1	屏蔽体	为了将强辐射减小到公众可以接受的水平，采用混凝土、铁、铅、贫铀等重材质构成阻挡辐射的屏蔽即屏蔽体。在设计最大装源量的前提下，在距屏蔽体表面 30cm 处，由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 2.5μSv/h。
A.1.2	迷道	在辐照室设计中采用迷宫式路径，可以有效地减少出入口处的辐射水平，从出入口到辐照室所经过的曲折通道就构成迷道。在设计最大装源量的前提下，在迷道口外 30cm 处，平均剂量率应不大于 2.5 μSv/h。

A.1.4	湿法贮源水池	在辐照室内设一深水井，源架在非工作状态时应位于井下贮存位置，以达到屏蔽目的并可在该位置完成装换放射源操作。距井口表面30cm处，由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 2.5 μ Sv/h。
-------	--------	---

4、工作场所的放射性物质污染限值

根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）和《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019），根据贮源井水放射性污染控制应符合表 1.4-4 要求。

表 1.4-4 贮源井水放射性污染控制

依据	项目类别	控制要求
《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）	放射性污染的控制	贮源井水中 ⁶⁰ Co的放射性活度浓度应控制在 10Bq/L 以下。贮源井水排放应满足下列要求：每月排放到下水道的 ⁶⁰ Co总活度不应超过 1 \times 10 ⁶ Bq；每一次排放的 ⁶⁰ Co总活度不应超过 1 \times 10 ⁵ Bq，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗；经监管部门批准后方可排放。
《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）	放射性物质污染限值	湿法贮源 γ 辐照装置，贮源井水所含 ⁶⁰ Co放射性污染物浓度应控制在 10Bq/L 以下

根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）和《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）的规定，工作人员的衣服、体表及工作场所的设备、工具、地面等表面 β 放射性物质污染控制水平见表 1.4-5。

表 1.4-5 表面 β 放射性物质污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型	β 放射性物质	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4 \times 10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜	4 \times 10 ⁻¹	

根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）的规定，工作场所内的设备与用品，经去污后，其污染水平低于 0.8Bq/cm²时，经有资质的机构测量并经监管部门许可后，可作普通物件使用，但不应用于炊具。

5、有害气体浓度限值

根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）和《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）的规定，项目有害气体浓度限值应满足下列要求：

（1）辐照室内当放射源降至水井下贮存位 5min 后，臭氧浓度不应超过 0.30mg/m³；

- (2) 辐照室外的臭氧小时平均浓度不应超过 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$;
- (3) 辐照室内当放射源降至井水下贮存位 5min 后, NO_2 浓度 (包括: NO 、 N_2O 、 NO_2 等各种氮氧化物换算出的 NO_2 浓度) 不应超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$;
- (4) 辐照室外的二氧化氮小时平均浓度不应超过 $0.24\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6、放射性固体废物

放射性固体废物: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002): A2.1 符合以下要求的放射性物质, 即任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或在实践中使用的给定核素的活度浓度不超过表 A1 所给出的或审管部门所规定的豁免水平。

A2.2 表 A1 给出的放射性核素的豁免活度浓度和豁免活度, 是根据某些可能还不足以可无限制使用的照射情景和模式、参数推导得出的, 仅可作为申报豁免的基础。考虑豁免时, 审管部门应根据实际情况逐例审查, 某些情况下, 也可以要求采用更为严格的豁免水平。

对于不可解控的放射性固体废物, 处理措施参照《放射性废物分类》中放射性固体废物的处置方法。

1.4.2 环境质量标准

1.4.2.1 环境空气质量标准

根据本项目所在区域的大气环境功能区划分, 属二类区 (即居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区), 执行《环境空气质量标准》(GB3095-2026) 二级标准, 主要评价因子符合表 1.4-6 要求。

表 1.4-6 《环境空气质量标准》(GB3095-2026)

污染因子	环境质量标准	
	取值时间	浓度限值
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年平均	60
	24 小时平均	150
	1 小时平均	500
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年平均	40
	24 小时平均	80
	1 小时平均	200
NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年平均	40 ^a
	24 小时平均	70 ^b
	1 小时平均	250
CO (mg/m^3)	24 小时平均	4
	1 小时平均	10

O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	日最大 8 小时平均	160
	1 小时平均	200
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年平均	60
	24 小时平均	120
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年平均	30
	24 小时平均	60
注: ^a 自本标准实施之日起至 2030 年 12 月 31 日止, 过渡阶段浓度限值为 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。 ^b 自本标准实施之日起至 2030 年 12 月 31 日止, 过渡阶段浓度限值为 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。		

1.4.2.2 地表水环境质量标准

根据《浙江省水功能区、水环境功能区划分方案》，周边水体为永兴河，地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准，具体详见表 1.4-7。

表 1.4-7 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）

水质指标	III类	单位
pH	6-9	无量纲
DO	≥ 5	mg/L
COD _{Mn}	≤ 6	mg/L
COD _{Cr}	≤ 20	mg/L
BOD ₅	≤ 4	mg/L
氨氮	≤ 1.0	mg/L
石油类	≤ 0.05	mg/L

1.4.2.3 声环境质量标准

项目所在地未进行声环境功能区划分，参照《科百特半导体超纯氟材料及部件产业化项目环境影响报告表》，项目所在地声环境执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）2 类标准，具体详见表 1.4-8。

表 1.4-8 《声环境质量标准》（GB 3096-2008）

类别	适用区域	标准值（dB（A））	
		昼间	夜间
2类	以商业金融、集市贸易为主要功能，或者居住、商业、工业混杂，需要维护住宅安静的区域	60	50

1.4.2.4 土壤环境质量标准

项目所在地土壤环境质量参照《核设施退役场址土壤中残留放射性可接受水平》（GB 45437-2025）中第二类建设用地要求。

表 1.4-9 《核设施退役场址土壤中残留放射性可接受水平》（GB 45437-2025）

单位: Bq/g

序号	污染物项目	筛选水平		
		农用地	建设用地	
			第一类用地	第二类用地

1	^{60}Co	7.22E-02	8.45E-02	1.05E-01
---	------------------	----------	----------	----------

1.4.3 污染物排放标准

1.4.3.1 大气污染物排放标准

运营期 NO_x 排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）相关标准，具体详见表 1.4-10。

表 1.4-10 《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）

序号	污染物	最高允许 排放浓度 mg/m^3	最高允许排放速率（ kg/h ）		无组织排放监控浓度限值	
			排气筒高度 （ m ）	二级	监控点	浓度 （ mg/m^3 ）
1	氮氧化物	240	20	1.3	周界外浓度最高点	0.12

1.4.3.2 水污染物排放标准

项目贮源井水循环处理后回用，定期补充，不外排。运营期主要产生生活污水、剂量室清洗废水、去离子制备浓水，各类废水水质简单，生活污水经化粪池预处理、剂量室清洗废水、冲洗测试废水、去离子浓水达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后纳管，其中氨氮和总磷纳管执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放标准》（DB33/887-2013）标准，最终送临江水处理厂处理。临江水处理厂污染物排放标准执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）表 1 现有城镇污水处理厂主要水污染物排放限值，未规定限值的污染物执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。

表 1.4-11 污水排放标准 单位： mg/L ，除 pH 值外

序号	污染物	《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A	《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准
1	pH	6~9	/	6~9
2	COD_{Cr}	/	40	500
3	BOD_5	10	/	300
4	石油类	1	/	20
5	$\text{NH}_3\text{-N}$	/	2（4）②	35①
6	总磷	/	0.3	8①
7	总氮	/	12（15）②	/

注：①氨氮和总磷纳管标准执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放标准》（DB33/887-2013）；括号内的数值为每年的 11 月 1 日至 3 月 31 日执行；

②根据《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018），括号内数值为每年 11 月 1 日至次年 3 月 31 日执行。

1.4.3.3 环境噪声排放标准

项目施工期噪声排放执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）规定的排放限值。

表 1.4-12 《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025） 单位：dB

执行标准	建筑施工场界噪声排放限值（L _{Aeq} ）	
《建筑施工噪声排放标准》 （GB12523-2025）	昼间	夜间
	70	55

注：夜间场界噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15 dB（A）；当场界无法测量到声源的实际排放时，应在噪声敏感建筑物户外测量，并以表中规定的排放限值作为评价依据。
当场界距噪声敏感建筑物较近，其户外不满足测量条件时，应在噪声敏感建筑物室内测量，并将表中相应的限值减 10 dB（A）作为评价依据。

运营期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类功能区标准，详见表 1.4-13。

表 1.4-13 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008） 单位：dB

厂界外声环境功能区 类别	等效声级 L _{Aeq}	
	昼间	夜间
2 类	60	50

1.4.3.4 固废排放标准

危险废物按照《国家危险废物名录》（2025 版）分类，危险废物贮存应符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）相关要求。根据《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020），贮存过程应满足防渗漏、防雨淋、防扬尘等环境保护要求，并按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订）的工业固体废物管理条款要求执行。

1.5 评价范围和保护目标

1.5.1 评价等级

1.5.1.1 大气环境评价等级

根据污染源项分析，项目营运期辐照室内 γ 射线与空气相互作用产生少量的 O₃ 和 NO_x，根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018），确定大气评价等级时，分别计算每一种污染物的最大地面浓度占标率 P_i（第 i 个污染物，简称“最大浓度占标率”），及第 i 个污染物的地面空气质量浓度达到标准限值 10% 时所对应的最远距离 D_{10%}。其中 P_i 定义为：

$$P_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \times 100\%$$

式中：P_i——第 i 个污染物的最大地面浓度占标率，%；

C_i ——采用估算模型计算出的第 i 个污染物的最大 1 h 地面空气质量浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

C_{0i} ——第 i 个污染物的环境空气质量浓度标准， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

大气环境影响评价工作等级的划分判据见表 1.5-1。

表 1.5-1 评价工作等级

评价工作等级	评价工作分级判据
一级	$P_{\max} \geq 10\%$
二级	$1\% \leq P_{\max} < 10\%$
三级	$P_{\max} < 1\%$

根据预测可知， O_3 和 NO_x 的最大地面空气质量浓度占标率为 0.92% 和 0.48%，确定大气评价等级为三级。

1.5.1.2 地表水评价等级

项目建成后生活污水经化粪池预处理，剂量室清洗废水、冲洗测试废水和去离子浓水直接纳管，属于间接排放，根据《环境影响评价技术导则—地表水环境》（HJ2.3-2018），水环境影响评价等级为三级 B。

1.5.1.3 声环境评价等级

本项目所处的声环境功能区为 GB3096 规定的 2 类地区，受影响人口数量变化不大。根据《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ19-2021）规定，确定本项目噪声评价等级为二级。

1.5.1.4 地下水环境评价等级

本项目不属于《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）附录 A “地下水环境影响评价行业分类表” 中的任何类别，本项目所在区域无集中式饮用水源地、特殊地下水资源保护区以及分散式居民饮用水水源等环境敏感区，地下水敏感程度为不敏感。根据《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ610-2016），本项目不需要开展地下水环境影响评价。

1.5.1.5 土壤环境评价等级

本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中“五十五、核与辐射”中“172 核技术利用建设项目”，《环境影响评价技术导则 土壤环境》（HJ964-2018）不适用于核与辐射建设项目。项目正常运行过程中，不会对土壤造成污染影响和生态影响，本项目不开展土壤环境影响评价工作。

1.5.1.6 生态环境评价等级

本工程不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产、重要生境、自然公园、生态保护红线，不属于水温要素影响型项目且地表水环境评价等级为三级 B，地下水水位或土壤影响范围内分布不涉及天然林、公益林、湿地等生态保护目标，8#车间占地面积为 3429.74m²，土地利用类别为工业用地，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），确定生态影响评价等级为三级。

1.5.1.7 风险环境评价等级

本项目不涉及有毒有害和易燃易爆危险物质生产、使用和储存，运营期主要环境风险源为I类、V放射源，风险因子为 γ 射线，可能构成特别重大、重大和一般辐射事故发生，《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）不适用于核技术利用类建设项目，本次评价重点是判断可能发生的环境风险，并提出防范及应急措施。

1.5.2 评价范围

1.5.2.1 辐射环境评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）“1.5 节评价范围和保护目标”中的相关规定“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于I类放射源或I类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，本项目辐照加工用的放射源为I类放射源，评价范围以辐照室为边界外 500m 范围，具体详见下图。

图 1.5-1 辐射环境评价范围（包括周边目标）

图 1.5-2 C13 厂区敏感目标分布情况

1.5.2.2 大气环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018），三级评不需设置大气环境影响评价范围。

1.5.2.3 地表水评价评价范围

根据《环境影响评价技术导则—地表水环境》（HJ2.3-2018），水环境影响评价等级为三级 B，因此主要对污水处理设施的依托环境可行性进行分析。

1.5.2.4 声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ19-2021），二级评价范围以 8#车间边界外 200m 范围。

图 1.5-3 声环境评价范围

1.5.2.5 地下水环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ610-2016），本项目不需要开展地下水环境影响评价，因此项目不设置评价范围，仅对地下水的污染防治措施进行简要的说明。

1.5.2.6 土壤环境评价范围

项目不开展土壤环境影响评价工作，因此不设置评价范围。

1.5.2.7 生态环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），污染影响类建设项目评价范围应涵盖直接占用区域以及污染物排放产生的间接生态影响区域，由于项目产生的污染对周边生态环境的影响不大，项目生态环境评价范围以 C13 厂区进行分析。

1.5.3 环境保护目标

杭州芯辐科技有限公司辐照房位于 8#车间，东侧现状空地，规划厂区外河益路和工业用地；南侧现状为空地，规划为 9#立体车库、装卸场地；西侧现状为空地，规划为 1#、2#产品检验线用房；北侧现状纬四路，隔路现状为空地，规划绿地。

1.5.3.1 辐射环境保护目标

项目辐射评价范围以辐照室边界外 500m 作为评价范围，评价范围内的环境保护目标详见表 1.5-2。

表 1.5-2 本项目辐射环境影响评价范围内环境保护目标情况

保护类别	方位	保护目标	与辐照室距离 (m)	人口规模 (人)	保护要求	
辐射环境	辐照房	东南侧	水处理间	紧邻	2	剂量约束值 ≤5mSv/a
		西侧	8#车间辐照产品进出	约 6	18	
		南侧	8#车间辐照产品仓库	约 6	2	
		二层西北侧	剂量室	紧邻	2	剂量约束值 ≤5mSv/a
		二层西南侧	控制室	紧邻	9	
		二层西北侧	配件间	紧邻	2	
	厂区内	西侧	2#产品检验验收用房	约 60	约 200	剂量约束值 ≤0.1mSv/a
		西侧	1#产品检验验收用房	约 120	约 200	
		南侧	9#立体仓库	约 50	约 10	
		西南	10#丙类车间	约 115	约 500	
南侧		14#甲类仓库	约 80	约 10		

	厂区内	南侧	15#甲类仓库	约 113	约 10
		西南侧	7#长线车间	约 120	约 500
		西南侧	3#宿舍楼	约 200	约 1500
		西南侧	20#丙类车间	约 232	约 500
		西南侧	5#配电房	约 286	约 2
		西南侧	19#总控制室	约 317	约 5
		西南	6#动力中心	约 320	约 5
		南侧	11#甲类车间	约 185	约 20
		南侧	12#甲类车间	约 220	约 20
		南侧	13#甲类车间	约 258	约 20
		东南侧	16#储罐区和泵房	约 150	约 100
	厂区外	东南侧	杭州科百特半导体分离膜有限公司 C11 厂区	约 245	约 2000
		东南侧	杭州前进连轴器有限公司	约 342	约 200
		东侧	河益路、规划工业用地	紧邻	约 50 人/d
		南侧	大桥村（杨家弄）	约 342	约 40
		南侧	杭州萧山工业投资集团有限公司	约 310	约 300
		西南侧	杭州萧山河上镇九旺门窗商行	约 433	约 60
		西南侧	杭州巨立工具有限公司	约 402	约 50
		西北侧	杭州维营包装材料有限公司	约 385	约 70
		西侧	杭州大桥轴承厂	约 395	约 40
		西北侧	小镇客厅	约 86	约 200
东北侧	规划绿地	约 38	约 50		
北侧	纬四路	紧邻	约 50 人/d		
北侧	浙江大胜达包装有限公司	约 385	约 100		
注：1、辐照房南侧评价范围内大桥村杨家弄 8 户（约 40 人）由于项目所在园区规划，因此拟拆迁，非因本项目原因。 2、水处理间和配件间共用工作人员。					

1.5.3.2 地表水环境保护目标

根据《环境影响评价技术导则—地表水环境》（HJ2.3-2018），水环境影响主要分析废水纳管环境可行性，不涉及地表水环境敏感目标。

1.5.3.3 声环境保护目标

根据《环境影响评价技术导则—声环境》（HJ19-2021），二级评价范围以 8#车间边界外 200m 范围，根据现状调查，声环境影响评价范围无声环境保护目

标，具体详见图 1.5-3。

1.5.3.4 地下水环境保护目标

根据《环境影响评价技术导则—地下水环境》（HJ610-2016），本项目不需要开展地下水环境影响评价，因此项目不涉及地下水环境保护目标。

1.5.3.5 土壤环境保护目标

项目不开展土壤环境影响评价工作，因此项目不涉及土壤环境敏感目标。

1.5.3.6 生态环境保护目标

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），生态环境影响的评价范围以 C13 厂区作为单元，根据现状调查可知，评价范围内无生态环境保护目标。

1.5.4 评价工作重点

本项目的评价重点是 ^{60}Co 辐照装置运行过程中对周边环境的影响，以及辐照装置的安全，因此本项目环境影响评价工作重点主要包括以下内容：

（1）辐照室的屏蔽效果及辐照装置对外围环境辐射水平影响预测，各项辐射安全措施是否满足要求；

（2）工作人员和公众的受照剂量是否满足要求；

（3）各项管理制度是否满足要求；

（4）大气评价因子（ O_3 、 NO_x ）是否满足标准规范要求；

（5）厂界噪声是否满足标准规范要求。

（6）项目意外事故情况下潜在照射的影响和辐射安全防护措施分析。

1.5.5 评价因子

（1）现状评价因子

电离辐射： γ 空气吸收剂量率；

环境空气： NO_2 、 O_3 ；

地表水环境： ^{60}Co 活度浓度；

噪声：连续等效 A 声级。

地下水环境： ^{60}Co 活度浓度；

土壤： ^{60}Co 活度浓度；

（2）预测评价因子

电离辐射：周围剂量当量率、年有效剂量。

环境空气： O_3 、 NO_2 。

水环境：贮源水井（ ^{60}Co 活度浓度、电导率、pH 值、总氯离子）、剂量室清洗废水（SS、 COD_{Cr} 、 NH_3-N ）、冲洗测试废水（ COD_{Cr} ）、去离子浓水（ COD_{Cr} ）、生活污水（ COD_{Cr} 、 NH_3-N ）。

噪声：厂界噪声（连续等效 A 声级）。

固体废物：生活垃圾、废离子交换树脂、废石英砂过滤器、废活性炭过滤器和废反渗透膜过滤器、废放射源、废铅蓄电池。

2 自然环境和社会环境状况

2.1 自然环境状况

2.1.1 地理位置

杭州市萧山区位于浙江省北部，钱塘江南岸，宁绍平原西端。地理位置坐标东径 $120^{\circ} 04' \sim 120^{\circ} 43'$ ，北纬 $29^{\circ} 50' \sim 30^{\circ} 23'$ 。萧山区北部与杭州市老市区、杭州市余杭区海宁市隔江相望，西面与富阳接壤，南邻诸暨，东接绍兴。

杭州芯辐科技有限公司辐照房位于 C13 厂区 8# 车间，项目位于浙江省杭州市萧山区河上新材料产业园区。

2.1.2 地形、地质、地貌

杭州市萧山区基本轮廓似一展翅翱翔的鹏鸟，地势南高北低，自西南向东北倾斜，中部略呈低洼。地貌以平原为主，滩涂资源丰富，地貌分区特征较为明显：南部是低山丘陵地区，间有小块河谷平原；中部和北部是平原，中部间有丘陵。自萧山老城区、城市新区及以北区块基本为平原地形，其中以海相沉积平原为主，多数高程在 5.2m 左右（黄海高程，下同）。

本区域濒临钱塘江，为钱塘江冲积平原（即南沙平原），地貌单一，地势平坦，水网众多，地面高程一般为 6.0~6.5m。

根据历史地震和近期地震资料，萧山属长江中下游 IV 等地震区的上海—上饶地震附带，上海—杭州 4.75~5.2 地震危险区的一部分。从发震记录看，该地区是一个相对稳定区。根据“中国地震动峰值加速度区域图”，该地区地震动峰值加速度为 0.05g。

根据杭州科百特半导体分离膜有限公司的《科百特超纯半导体氟材料及部件产业化项目岩土工程勘察报告》（项目所在厂区地勘报告）可知，场地勘探深度范围内地基土按其类型、状态、物理力学性质、均匀性与分布规律等特征分析评价如下：

第①-2 层素填土、①-3 层耕土，松散，性质较差，层厚一般；

第②-1 层粉质黏土，软塑，具中等压缩性，工程物理力学性质一般，层厚较薄，可作为附属建筑浅基础持力层；

第②-2 层黏质粉土，稍密~中密，具中等压缩性，工程物理力学性质一般，层厚较薄，不建议作为本工程基础持力层；

第③层淤泥质黏土，流塑，具高压缩性，物理力学性质差，层厚大，为本场地的软弱层，土质欠均匀，不宜作为基础持力层；

第④层含砂粉质黏土，软可塑，局部硬可塑，具中等压缩性，物理力学性质一般，层厚薄；

第⑥层含粉质黏土圆砾，稍~中密状，具中压缩性，工程物理力学性质一般，土层中砾石分布不均，均匀性较差。

第⑦-1层含粉质黏土碎石，稍~中密状，具中压缩性，工程物理力学性质一般，土层中碎石分布不均，均匀性较差。

第⑩-1层全风化泥凝灰岩，该层为本区下卧基岩全风化层，场地分布广泛，分布较广泛，层厚较薄，均匀性较差，层面起伏大，遇水易很快软化，不建议作为拟建物桩基础持力层。

第⑩-2层强风化凝灰岩，该层为本区下卧基岩强风化层，工程物理力学性质较好，层厚较薄，均匀性一般，层面起伏较大，可作为拟建物桩基础持力层使用。

第⑩-3层中风化凝灰岩，该层为本区下卧基岩中风化层，工程物理力学性质较好，为本项目重载建筑良好的桩基础持力层。

2.1.3 气候特征

本区域所在地处于北亚热带南缘季风气候区，气候四季分明，气候温和，光热较优，湿润多雨。

(1) 气温：萧山气象站7月气温最高（29.5℃），1月气温最低（5.2℃），近20年极端最高气温出现在2013/07/30（42.2℃），近20年极端最低气温出现在2016/01/25（-8.4℃）。

(2) 降水量：萧山气象站6月降水量最大（227.5毫米），12月降水量最小（70.0毫米），近20年极端最大日降水出现在2013/10/07（261.4毫米）。

(3) 风向及风速：萧山气象站主要风向为WSW、NE、NNE、ENE、E、SW占54.0%，其中以WSW为主风向，占到全年12.0%左右。

(4) 日照：萧山气象站7月日照最长（212.9小时），2月日照最短（104.8小时）。萧山气象站近20年年日照时数呈下降趋势，2004年年日照时数最长（2003.6小时），2015年年日照时数最短（1307.3小时）。

萧山气象局近二十年气象要素统计资料见表2.1-1。

表 2.1-1 萧山气象站常规气象项目统计 (2003-2022)

统计项目	统计值	极值出现时间	极值
多年平均气温 (°C)	17.8	/	/
累年极端最高气温 (°C)	39.6	2013/07/30	42.2
累年极端最低气温 (°C)	-3.8	2016/01/25	-8.4
多年平均气压 (hPa)	1009.0	/	/
多年平均相对湿度 (%)	73.0	/	/
多年平均降雨量 (mm)	1525.6	2013/10/07	261.4
灾害天气统计	多年平均沙暴日数 (d)	0.0	/
	多年平均雷暴日数 (d)	26.6	/
	多年平均冰雹日数 (d)	0.1	/
	多年平均大风日数 (d)	4.8	/
多年实测极大风速 (m/s), 相应风向	22.4	2016/07/26	33.9N
多年平均风速 (m/s)	2.2	/	/
多年主导风向, 风向频率 (%)	WSW11.8	/	/
多年静风频率 (风速<0.2m/s) (%)	4.9	/	/

2.1.4 水文水系

(1) 钱塘江水文

钱塘江是浙江省的第一大河, 全长 605km, 流域面积 55500km² (闸口以上为 41800km²)。其中浙江省境内的面积 47750km², 占全省总面积的 45%。

富春江七里泷站 (原为芦茨埠站) 控制流域面积 31300km², 约占闸口以上流域面积的 3/4, 通常用该站的径流量来代表流域径流量, 该站自 1932 年设站观测以来, 至今已有近 60 年的资料。从资料看钱塘江径流年际分配不均。七里泷站多年平均流量 952m³/s, 最大年平均流量 1710m³/s (1954 年), 最小为 412m³/s (1979 年), 年际最大变差为 4.1 倍。实测最大洪峰流量为 29000m³/s (1955 年 6 月 22 日), 最小为 14.5m³/s (1934 年 8 月 22 日), 两者相差近 2000 倍。另外, 径流在年内分配也不均匀。钱塘江流域每年 3~7 月为梅汛期, 径流量占全年的 70%, 8 月至次年 2 月为枯水期, 径流量占全年的 30%。

(2) 沙地人工河网水系

项目所在地的河道属沙地人工河网水系, 河道纵横, 呈格子状分布, 一般河面宽度为 35m 左右, 河底高程 3.5m, 河道边坡采用 1: 3。厂址附近河流主要为白洋川和航坞河一般河面宽度为 20~30m 左右, 河底高程 3.0~4.0m, 河道边坡采用 1: 3, 河水的补给来源为自然降水和通过钱塘江沿岸的排灌站翻水。项目西侧西山排涝河和东侧永兴河属于钱塘江水系。

(3) 排污去向

项目生活污水经化粪池预处理、冲洗测试废水、剂量室清洗废水和去离子浓水纳管后最终送临江水处理厂。

2.1.5 生态环境

(1) 植被现状

工程区域的植被主要为农田植被和绿化植被。评价范围内没有发现珍稀保护物种和古树名木。评价范围内植被情况详见下表：

本工程评价范围内的植被中常见农业植被占主要部分，占评价范围内植被覆盖面积的 79.3%；其次是粮油农作物，占总植被覆盖面积的 10.2%，其他林地与灌草丛分别占 1.5%及 9%。

表 2.1-2 工程评价范围内植被类型分布表

植被类型	占地面积/hm ²	占植被覆盖面积比例/%
粮油农作物	77	10.2
农业植被	600	79.3
灌草丛	68	9
其他林地	12	1.5
合计	757	100

由上表可知，评价范围内植被类型以农业植被和绿化植被为主，林地和灌草丛占比相对较少。

①农田植被：农田作物为亚热带常见品种。重要的粮油农作物为油菜、水稻、麦及棉花，以及大豆、甘薯、玉米、瓜、果等江南常见农作物。粮油农作物的轮作方式现主要有一年二熟的油一稻和麦一稻等。草本主要以种植的蔬菜为主，主要有青菜、萝卜、芥菜、芹菜、苋菜、菜豆、包心菜、茭白等江南常见蔬菜为主，且随季节变化。

②绿化植被：主要为城镇、乡村住宅及道路绿化植被，一般以常见的绿化树种为主，主要以樟科、杨柳科、梧桐科、柏科、冬青科、木樨科、蔷薇科、杜鹃花科、夹竹桃科等植物为主，主要优势种有香樟、垂柳、水杉、法国梧桐、杜鹃花、迎春花、月季、侧柏、圆柏、夹竹桃、黄杨等；主要草本为早熟禾、狗牙根等。

(2) 陆生动物现状

本工程沿线动物主要是畜禽类，有猪、羊、牛、兔、鸡等，以及鼠、蛙等小型野生动物。

根据沿线实地踏勘和调查，本项目经过地区周边不存在濒危野生动植物，在评价区域内未发现国家及省市级重点保护的稀有动植物及受保护的野生动植物种群，属于生态环境非敏感区。

(3) 水生生态现状

本项目沿线涉及的河道属于钱塘江水系及萧绍运河水系，主要功能为防洪排涝、灌溉输水，部分河道还兼顾航运、景观功能，不涉及饮用水源保护区，不涉及“三场一通道”，水生动植物主要为茭白、水葫芦、浮藻、鲫、鲤等常见水生动植物，无珍稀水生动植物分布。

2.2 社会经济状况

2.2.1 经济总量

2024年萧山区实现地区生产总值2431.65亿元，比上年增长4.9%（按可比价格计算，下同）；其中第一产业增加值59.22亿元，增长2.1%；第二产业增加值832.08亿元，增长5.8%；第三产业增加值1540.35亿元，增长4.4%；三次产业结构为2.4:34.2:63.4。按常住人口计算，全区人均地区生产总值112995元。

2.2.2 人口

公安部门户籍登记总人口131.83万人。全年人口出生12507人，死亡6650人，出生率为9.6%，死亡率为5.1%，自然增长率为4.5%，比上年提高2.7个百分点。

根据杭州市5‰人口变动抽样调查结果推算，2024年末萧山区常住人口为216.4万人，比上年增加2.4万人；城镇化率为81.9%，比上年提高0.6个百分点。

项目所在辐照房辐射评价范围500m内南侧大桥村（杨家弄）属于浙江省杭州市萧山区河上镇，共涉及8户农居，约40人，因园区规划已经列入拆迁计划，预计于2026年底完成拆迁，本项目预计于2027年初建设完成；南侧辐射评价范围500m外的大桥村户籍人口约2000多人，外来务工人员较多，属典型城郊结合部人口结构。

2.2.3 城市建设

2024年末城市建成区面积135.12km²。全年全社会用电量243.11亿，比上年增长7.3%，其中工业用电141.11亿kW·h，增长3.9%，城乡居民生活用电37.78亿kW·h，增长18.7%。全年供水量40831万m³，最高日供水量130万m³；全年售水量34949万m³，其中生活用水13143万m³；供水能力达到160万m³/d。

2.2.4 工业经济

2024 年全年工业增加值 698.00 亿元，比上年增长 6.0%，其中规上工业增加值 643.06 亿元，增长 6.0%。规上制造业数字经济增加值 113.32 亿元，增长 16.5%；高新技术产业实现增加值 444.16 亿元，增长 5.7%；战略性新兴产业实现增加值 202.31 亿元，增长 10.3%；装备制造业实现增加值 282.59 亿元，增长 9.0%。按企业大小类型分类看，大型企业增加值 119.23 亿元，比上年下降 3.0%；中型企业增加值 190.27 亿元，增长 2.4%；小微企业增加值 333.56 亿元，增长 11.7%。

全年规模以上工业企业实现利润总额 279.06 亿元，其中利润总额 212.86 亿元，分别比上年增长 4.7%和 9.3%；亏损企业 368 家，亏损面为 22.0%，亏损总额 26.28 亿元；营业收入利润率为 5.15%，规上工业企业全员劳动生产率 27.8 万元/人。

2.3 环境质量和辐射现状

为了解本项目辐照房拟建址及周围环境的辐射、地表水、地下水和土壤环境现状，建设单位委托浙江国辐环保科技有限公司（CMA 证书编号：231112050484）对拟建址及周围环境质量现状进行检测，会后环评单位委托浙江亿达检测技术有限公司（CMA 证书编号：211112051235）对 8#车间四周声环境质量进行补充检测，检测期间 8#车间尚未开始土建施工，地块处于平整阶段，调查时间属于装源前。

2.3.1 监测内容

本项目为新建项目，涉及使用 I 类放射源。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）“2.3 环境质量和辐射现状”要求，本项目辐射环境监测内容为评价范围内的地表水、地下水、土壤等环境介质中与项目相关的放射性核素含量及贯穿辐射现状水平。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中“5.3 核技术利用辐射环境监测”对应用密封型放射源应用项目的监测要求，本项目选取 γ 辐射空气吸收剂量率和特征核素含量作为本次监测因子。

本项目不向周围环境排放放射性废水，生活污水、剂量室清洗废水、冲洗测试用水和去离子浓水纳管排放。现场踏勘发现项目所在地西侧有地表水西山排涝河，经走访南侧大桥村有水井（与辐照室距离为 1.6km），综合以上环境现状和项目污染物排放特点，项目对西侧西山排涝河地表水环境和 1.6km 外大桥村地下

水环境进行检测。地表水环境监测指标为 ^{60}Co 活度浓度；地下水环境监测指标为 ^{60}Co 活度浓度；声环境监测指标为等效连续 A 声级；土壤环境监测指标为 ^{60}Co 活度浓度。

根据本项目主要辐射污染因子的类别和特征，本次环境质量现状调查选取的监测因子及点位情况详见下表，监测点位详见图 2.3-1~3。

表 2.3-1 监测方案

监测对象	监测因子	监测点位		监测频次	例图
环境地表 γ 辐射剂 量率	γ 辐射空气吸 收剂量率	辐照房 (5个)	1-5	1	图2.3-1
		8#车间 (4个)	6-9	1	图2.3-1
		厂区内 (6个)	10-15	1	图2.3-2
		厂界 (4个)	16-19	1	图2.3-2
		公众敏感点 (1)	20	1	图2.3-3
		500m评价范围 (4 个)	22-25	1	图2.3-3
地表水	^{60}Co 活度浓度	西山排涝河上游和下游 (共2 个)		1	图2.3-5
声环境	L_{Aeq}	8#车间四周 (共4个)		昼夜间各 1次	图2.3-4
地下水	^{60}Co 活度浓度	大桥村水井 (1个)		1	图2.3-5
土壤	^{60}Co 活度浓度	辐照房上风向, 辐照房下风 向, 贮源井, 厂区外上风向 (共4个)		1	图2.3-5
声环境	L_{Aeq}	8#车间四周 (共4个)		昼夜间各 1次	图2.3-4

图 2.3-1 监测点位图（辐照室+8#车间）



图 2.3-2 监测点位图（厂区及敏感车间）

图 2.3-3 监测点位图（辐照室评价范围+公众敏感点）



图 2.3-4 监测点位图（声环境）



图 2.3-5 监测点位图（土壤、地下水和地表水）

2.3.2 监测设备和监测方法

2.3.2.1 监测设备

本次监测使用的仪器设备详见表 2.3-2。项目各个监测因子的监测时间详见表 2.3-3。

表 2.3-2 监测仪器设备

仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪	FH40G+ FHZ672E-10	GF-4-9- 2020	主机（内置探头） FH40G 量程： $10\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}\sim 1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 能量响应： $36\text{keV}\sim 1.3\text{MeV}$ 探头（外置探头） FHZ672E-10 量程： $1\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}\sim 100\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 能量响应： $40\text{keV}\sim 4.4\text{MeV}$ 检定证书编号：2024H21-20-5191155003 鉴定有效期：2024.4.11~2025.4.10
高纯锗 γ 谱仪	GMX40-76- LB-B	GF-11-4- 2019	技术指标：相对效率：43% 能量分辨率： 1.90keV （ ^{60}Co 点源 1.33MeV 峰） 本底计数率： 1.005cps 鉴定有效期：2024.7.5~2025.7.4
高纯锗 γ 谱仪	GMX40-76- LB-B	GF-11-5- 2019	技术指标：相对效率：41% 能量分辨率： 1.79keV （ ^{60}Co 点源 1.33MeV 峰） 本底计数率： 0.991cps 鉴定有效期：2024.7.5~2025.7.4
高纯锗 γ 谱仪	GEM50-83- LB-C	GF-11-3- 2019	能量分辨力： 1.85keV （ ^{60}Co ， 1332keV ） 本底计数率： 1.260cps （ $50\text{keV}\sim 2000\text{keV}$ ） 鉴定有效期：2024.7.5~2025.7.4
多功能声级计	AWA6228	10335852	测量范围： $20\text{dB (A)}\sim 132\text{dB (A)}$ 检定证书编号：XZJS-20251152347 鉴定有效期：2025.11.17~2026.11.16
声校准器	AWA6021A	1008852	检定证书编号：XZJS-20251150105 鉴定有效期：2025.11.4~2026.11.3

表 2.3-3 监测时间分布表

监测对象	采样时间	分析时间
环境地表 γ 辐射剂量率	2025.3.24	2025.3.24
地表水	2025.3.24	2025.4.8~4.11
地下水	2025.3.24	2025.3.24~4.11
土壤	2025.3.24	2025.4.8~4.11
声环境	2026.1.16	2026.1.16

2.3.2.2 监测分析方法

本项目具体监测方法见表 2.3-4。

表 2.3-4 监测分析方法

监测对象	监测方法	标准依据
γ 辐射空气吸收剂量率	采用网格均匀布点的方式布设 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位，共计24个监测点位。采用便携式监测仪表，以定点测量方式进行。每个监测点位测量10次，监测结果取平均值。	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）
地表水	在项目拟建址西侧西山排涝河取样，样品送实验室分析，用高纯锗 γ 能谱仪进行核素活度浓度测量	《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022）；《水中钴-60 的分析方法》（GB/T15221-1994）
地下水	附近大桥村水井取水样	《水质pH值的测定玻璃电极法》（GB 6920-86）；《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022）；《水和废水监测分析方法》；《水质 氯化物的测定 硝酸银滴定法》（GB/T 11896-89）
土壤	采集土壤，除去树枝、石块、草根等杂物，将采集到的样品现场混合后取约 2kg。土壤样品送实验室预处理后采用高纯锗 γ 谱仪测量 γ 核素比浓度。	《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》（GB/T11713-2015）；《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2022）
噪声	对8#车间四周场界进行检测，昼夜各1次。	《声环境质量标准》（GB3096-2008）

2.3.3 质量保证措施

- (1) 监测单位具备所监测项目的资质；
- (2) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- (3) 针对各类样品的采集，监测单位制定了操作规程，要求参加采样人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行；
- (4) 采样器符合国家技术标准的规定，使用前须检验并确认其性能良好后方可采样，保证采样器和样品容器的清洁，防止交叉污染。
- (5) 采样时注意样本的均匀性和稳定性，严格按照要求采集样品。
- (6) 采样后按规定方法进行暂存或预处理，并尽快送往实验室，做好样品交接工作；
- (7) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- (8) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (9) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

(10) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

(11) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核，最后由技术总负责审定。

2.3.4 辐射环境质量现状

(1) 天然贯穿辐射剂量率现状调查本项目所在地及周边区域环境地表 γ 辐射剂量率监测结果见表 2.3-5。

表 2.3-5 环境地表 γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	监测点位描述	测量结果 (nSv/h)		测量结果 (nGy/h) (扣除仪器对宇宙射线的响应值)
		平均值	标准差	
1	拟建辐照室贮源井位置	93.7	0.7	71.5
2	拟建辐照室东侧	91.6	0.6	69.7
3	拟建辐照室南侧	97.8	0.3	75.0
4	拟建辐照室西侧	97.8	0.3	74.9
5	拟建辐照室北侧	90.5	0.4	68.9
6	拟建8#车间东侧	93.0	1.1	71.0
7	拟建8#车间南侧	96.6	2.0	73.9
8	拟建8#车间西侧	98.9	0.9	75.9
9	拟建8#车间北侧	91.6	0.6	69.8
10	科百特厂区拟建2#产品检验验收房	73.2	3.1	54.5
11	科百特厂区拟建1#产品检验验收房	88.6	1.1	67.3
12	科百特厂区拟建10#丙类车间	88.3	1.3	67.0
13	科百特厂区拟建7#长线车间	91.3	2.4	69.6
14	科百特厂区拟建3#宿舍楼	94.0	1.1	71.8
15	科百特厂区拟建20#丙类车间	93.3	0.8	71.2
16	科百特厂区东侧	86.7	1.0	65.7
17	科百特厂区南侧	96.6	1.1	74.0
18	科百特厂区西侧	79.6	0.6	59.8
19	科百特厂区北侧	89.6	0.7	68.1
20	大桥村(杨家弄)	91.7	0.2	69.9
22	辐照室500m评价范围东侧(农田)	86.5	0.7	65.5
23	辐照室500m评价范围南侧(大西畈路和河益路交叉口)	88.8	0.5	67.5
24	辐照室500m评价范围西侧(杭州维营包装材料有限公司)	103.4	2.1	79.6
25	辐照室500m评价范围北侧(胜达产业园)	92.6	0.7	70.6

备注：①根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中第5.4条款，本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为1m，仪器读数稳定后，以10s为间

隔读取10个数据；

②根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第5.5条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy；

③ γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值6.55nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，本项目检测点位均取1。

根据监测结果可知，本项目拟建址及周围环境 X- γ 辐射剂量率在(54.5~79.6) nGy/h 范围内，根据现场监测场地情况，有硬质路面采用道路上参考值，土路一般采用原野参考值，处于浙江省环境天然贯穿辐射水平正常涨落范围内。根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》，杭州市原野 γ 辐射剂量率的范围为(27~119) nGy/h。因此，本项目拟建址及周围环境的辐射环境质量现状无异常。

(2) 地表水中 ^{60}Co 活度浓度监测

本项目拟建址周边地表水中 ^{60}Co 活度浓度监测结果详见表 2.3-6。

表 2.3-6 地表水中 ^{60}Co 核素活度浓度监测结果

序号	采样地点	样品编号	^{60}Co (mBq/L)
1	项目拟建址上游 500m 处河水（西山排涝河 1）	20250418	<0.73
2	项目拟建址下游 500m 处河水（西山排涝河 2）	20250421	<0.73

从上表可知，地表水中 ^{60}Co 核素活度浓度未见异常。

(3) 地下水中 ^{60}Co 活度浓度监测

本项目拟建址地下水中 ^{60}Co 活度浓度监测结果详见表 2.3-7。

表 2.3-7 地下水中 ^{60}Co 活度浓度监测结果

序号	采样地点	样品编号	^{60}Co (mBq/L)
1	大桥村水井	1	<0.73

根据调查结果可知，地下水样品中的 ^{60}Co 活度浓度未见异常。

(4) 土壤中 ^{60}Co 活度浓度监测

本次对项目拟建址环境中土壤进行监测，监测结果见表 2.3-8。

表 2.3-8 拟建场址环境土壤中 ^{60}Co 活度浓度监测结果

监测点位	监测项目	监测点位描述		采样日期	结果 (Bq/Kg·干)
1	^{60}Co	科百特厂区 10#丙类车间	辐照室上风向 (1#)	2025.3.24	<0.62
2	^{60}Co	科百特厂区辐照房	辐照室贮源井 (2#)	2025.3.24	<0.64
3	^{60}Co	科百特厂区外东北侧	辐照室下风向 (3#)	2025.3.24	<0.63
4	^{60}Co	科百特厂区外西南侧	上风向背景点 (4#)	2025.3.24	<0.59

根据以上可知，项目拟建址环境土壤中 ^{60}Co 活度浓度未见异常。

2.3.5 非放射性环境现状调查及分析

(1) 大气环境质量现状

本项目所在区域为环境空气二类功能区，为了解建设项目所在地环境空气质量中基本污染物的现状，本次环评采用国控监测点位城厢镇（北干）自动监测站的数据进行评价，具体监测结果见下表 2.3-9。

表 2.3-9 2024 年萧山区空气质量现状评价表

污染物	评价指标	现状浓度	标准值	占标率 (%)	达标情况
SO ₂ (μg/m ³)	年均浓度	6	60	10.0	达标
	第 98 百位数	9	150	6	
NO ₂ (μg/m ³)	年均浓度	34	40	85	达标
	第 98 百位数	79	80	98.8	
PM ₁₀ (μg/m ³)	年均浓度	58	70	82.9	达标
	第 95 百位数	118	150	78.7	
PM _{2.5} (μg/m ³)	年均浓度	35	35	100	达标
	第 95 百位数	66	75	88	
CO (mg/m ³)	第 95 百位数	1.0	4	25	达标
O ₃ (μg/m ³)	第 90 百位数	166	160	103.8	超标

根据上表可知，项目所在地 O₃ 第 90 百分位数现状浓度值超标，属于不达标区。

因此杭州市人民政府制定了《杭州市人民政府办公厅关于印发杭州市大气环境质量限期达标规划的通知》（杭政办函[2019]2 号），规划内容如下：通过二十年努力，全市大气污染物排放总量显著下降，区域大气环境管理能力明显提高，大气环境质量明显改善，包括 SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5} 等 6 项主要大气污染物指标全面稳定达到国家环境空气质量二级标准，全面消除重污染天气，使广大市民尽情享受蓝天白云、空气清新的好天气。到 2025 年，实现全市域大气“清洁排放区”建设目标，大气污染物排放总量持续稳定下降，

基本消除重污染天市区 PM_{2.5} 年均浓度稳定达标的同时，力争年均浓度继续下降，桐庐、淳安、建德等 3 县(市)PM_{2.5} 年均浓度力争达到 30μg/m³ 以下，全市 O₃ 浓度出现下降拐点。到 2035 年，大气环境质量持续改善，包括 O₃ 在内的主要大气污染物指标全面稳定达到国家空气质量二级标准，PM_{2.5} 年均浓度达到 25μg/m³ 以下，全面消除重污染天气。同时《杭州市空气质量改善“十四五”规划》已出台，该规划目标：“十四五”时期，杭州市持续深化“五气共治”，实现全市大气主要污染物排放总量持续减少目标，环境空气质量进一步改善。到 2025

年，O₃上升趋势得到有效控制，基本消除中度污染天气，力争超额完成省下达的目标。

随着杭州市大气污染减排计划的推进，本项目所在区域污染情况整体呈逐渐下降的趋势，环境空气质量正在逐步达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准要求。

企业只要严格落实本环评提出的污染防治措施，本项目排放的大气污染物能达标排放，不会减缓大气污染物减排计划的推进，不会改变拟建地的环境质量水平和环境功能。

(2) 地表水环境质量现状

根据《浙江省水功能区、水环境功能区划分方案》，项目周边水体为永兴河，水质为III类。报告引用智慧河道云平台2023年8~10月对永兴河（河上段）的监测点的现状监测结果进行评价，具体详见表2.3-10。

表 2.3-10 永兴河（河上段）监测点水质监测结果 单位：mg/L，pH 除外

项目	pH 值	溶解氧	COD _{Cr}	氨氮	总磷
监测结果	2023.8	7.4	6.0	2.0	0.044
	2023.9	7.0	6.9	2.1	0.106
	2023.10	7.4	7.8	2.8	0.209
标准值（III类）	6-9	≥5	≤6	≤1.0	≤0.2
达标情况	达标	达标	达标	达标	达标

根据上表的监测结果可知，在监测期间永兴河（河上段）各监测项目的监测值均能够满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准的要求。

(3) 声环境质量现状

8#车间厂界声环境质量现状监测结果见表2.3-11。

表 2.3-11 8#车间厂界声环境质量现状 单位：dB

监测点位	监测点位描述	检测时间	采样日期	监测结果	标准值	达标情况
1	8#车间 北侧厂界	昼间	2026.1.16	56	60	达标
		夜间	2026.1.16	48	50	达标
2	8#车间 东侧厂界	昼间	2026.1.16	52	60	达标
		夜间	2026.1.16	47	50	达标
3	8#车间 南侧厂界	昼间	2026.1.16	54	60	达标
		夜间	2026.1.16	47	50	达标
4	8#车间 西侧厂界	昼间	2026.1.16	54	60	达标
		夜间	2026.1.16	46	50	达标

由监测结果可知，8#车间厂界昼间声环境噪声为（52~56）dB（A），夜间声环境噪声为（46~48）dB（A），项目所在区域声环境质量符合《声环境质量标

准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。

2.3.6 小结

项目建设区域内环境地表 γ 辐射剂量率在浙江省辐射环境本底水平正常涨落范围内。地表水和地下水中的 ^{60}Co 核素未见异常，土壤中 ^{60}Co 核素未见异常。

项目建设区域大气环境质量除 O_3 的第 90 百分位数日最大 8h 滑动平均浓度超出标准限值外，其他五项基本污染物浓度能达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。地表水环境现状监测结果符合《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。项目所在区域声环境质量符合《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。

2.4 场址适宜性评价

场址选择的制约因素主要包括：用地是否符合区域规划和环境功能区的要求，同时还受到污染气象因素、项目影响程度的制约等。比对《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）“5 厂址选择”等相关选址要求，项目的实际选址对比分析情况如下：

（1）本项目场址周边 500m 范围环境未涉及敏感区域，因此对本项目的建设无特殊环境要求。

（2）本项目所在的园区及周边主要的地表水体为雨水积水，水质无腐蚀性。贮源水井设计了良好的地下水防渗措施，加上该地区场地及附近无地下工程活动，未发现采空区、人防洞、墓穴等其它不利地质区域，水文地质防渗条件较好，因此本项目运行不会对地下水造成影响。

（3）本项目所属地块东侧和北侧均为交通道路，直接连接对外交通干道，因此，本地块对外运输条件较好。

（4）针对《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）“5 厂址选择”的分析详见以下：

A、本项目所在场地及附近无滑坡、崩塌、泥石流等不良地质情况，项目区域不存在岩溶，不属于《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）中规定的“可能发生严重破坏地震的地区”，建设条件良好，适宜本项目的建设。

B、根据现场调研，项目与东北侧 500kV（戴河 3706 线 017~戴河 3706 线 018）高压走廊控制线距离 26m。根据《电力设施保护条例》（国务院令 239 号）：架空电力线路保护区：导线边线向外侧水平延伸并垂直于地面所形成的两平行面

内的区域，在一般地区各级电压导线的边线延伸距离如下：一至十千伏五米；三十五至一百一十千伏十米；一百五十四至三百三十千伏十五米；五百千伏二十米。项目辐照室与高压走廊线的控制距离为 26m，因此符合《电力设施保护条例》（国务院令 239 号）要求，符合《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）总选址避开高压输电走廊的要求。

C、根据项目所在厂区环评报告风险评估可知，厂区内易燃车间的分布情况详见表 2.4-1，车间内易燃物品的布置情况详见表 2.4-2。C13 厂区 14#甲类仓库、15#甲类仓库和 16#埋地储罐属于易燃易爆场所，与本项目辐照室的最短距离分别为 80m、113m 和 150m，甲类仓库和储罐等区域按照《爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB50058-2014）、《危险场所电气防爆安全规范》（AQ3009-2007）等规范进行防爆。根据浙江美阳国际工程设计有限公司出具的爆炸危险区域划分图，本项目所在 8#车间与爆炸区域最近距离为 67m，不相邻且不在爆炸范围内，因此项目建设符合《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）中规定的避开易燃易爆场所的要求。

D、根据杭州科百特半导体分离膜有限公司的《科百特超纯半导体氟材料及部件产业化项目岩土工程勘察报告》（项目所在厂区地勘报告）可知，本勘察区内未发现大的断层通过，新构造运动自全新世以来活动微弱，对拟建工程影响小；项目所在区域地震活动的总体特点是：震级小、烈度低，活动周期不明显，属相对稳定的地区。因此符合《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）中规定的不应在危险地段建造辐照装置。

E、本项目用途为科百特园区内企业产品灭菌消毒及改性辐照加工，科百特园区内道路设计均满足物流运输需求，且本项目所属地块东侧和北侧均为交通道路，直接连接对外交通干道，因此具备基本物流条件。

项目拟建址周边车间布置情况详见表 2.4-1，车间内易燃品的分布情况详见表 2.4-2。

表 2.4-1 拟建址周边车间布置情况

序号	车间	方位	距离 (m)
1	7#长线车间	西南	120
2	11#甲类车间	南	185
3	12#甲类车间	南	220
4	14#仓库	南	80
5	15#仓库	南	113
6	16#储罐区和泵房	南	150

表 2.4-2 车间内易燃物品的布置情况

序号	车间	物质名称	存在量 q (t)	临界量 Q (t)	q/Q
1	7#长线 车间	异构烷烃润滑油	0.152	2500	6.08E-05
2		异丙醇	3.030	10	3.03E-01
3		盐酸 37%	0.455	7.5	6.07E-02
4	11#甲 类车间	丙酮	0.197	10	1.97E-02
5		乙醇	0.303	500	6.06E-04
6		异丙醇	123.5	10	1.24E+01
7		甲酸	0.024	10	2.40E-03
8		乙酸	0.003	10	3.00E-04
9		DMF	0.061	5	1.22E-02
10	12#甲 类车间	异丙醇	0.008	10	8.00E-04
11		DMF	0.091	5	1.82E-02
12		丙酮	0.076	10	7.60E-03
13		白油	0.061	2500	2.44E-05
14		大豆油	0.030	2500	1.20E-05
15		二氯甲烷	100	10	1.00E+01
16	14#仓 库	乙酸	0.1	10	1.00E-02
17		白油	2	2500	8.00E-04
18		大豆油	1	2500	4.00E-04
19		异构烷烃润滑油	5	2500	2.00E-03
20	15#仓 库	二甲苯	0.002	10	2.00E-04
21		石油醚	0.004	10	4.00E-04
22		正己烷	0.024	10	2.40E-03
23		甲醇	0.016	10	1.60E-03
24		正丁醇	0.016	10	1.60E-03
25		环己酮	0.016	10	1.60E-03
26		乙腈	0.032	10	3.20E-03
27		氢氟酸	0.004	1	4.00E-03
28		硝酸	0.008	7.5	1.07E-03
29		氨水	0.16	10	1.60E-02
30	16#储 罐区和 泵房	二氯甲烷	119.3	10	1.19E+01
31		异丙醇	141.3	10	1.41E+01
32		乙醇	35.5	500	7.10E-02
33		丙酮	35.5	10	3.55E+00
34		DMF	42.7	5	8.54E+00
35		甲酸	16	10	1.60E+00
36		盐酸 37%	63.7	7.5	8.49E+00
37	合计				71.13

根据《科百特半导体超纯氟材料及部件产业化项目环境影响报告表》（本项目所在厂区的环境影响评价报告）中的风险评估可知：

(1) 甲类车间、甲类仓库、甲类埋地罐区等爆炸危险区域的防爆区划分及防爆电气设计符合《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB50058-2014、《危险场所电气防爆安全规范》AQ3009-2007 等规范的要求。

(2) C13 厂区严禁吸烟和违章使用明火，爆炸危险区域不使用非防爆工具；

拟加强对电气设备、线路的检查，防止绝缘损坏；不带病运行电气设备，避免电气设备过负荷运行；保证防爆电气的防爆性能符合要求，及时更换防爆性能下降的电气设备，以防止电气火花的产生等。采取上述措施后，甲类车间和仓库的易燃易爆风险基本可控。

根据以上分析，项目厂址选择符合《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）中的各项要求。

2.5 场址与相关规划的协调性分析

本项目位于 C13 厂区 8# 车间，位于浙江省杭州市萧山区河上新材料产业园区，根据已获批的《河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》，结合《科百特半导体超纯氟材料及部件产业化项目》（本项目所在厂区环境影响评价报告），项目建设符合《产业结构调整指导目录》、《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022 年版）》浙江省实施细则（浙长江办[2022]16 号）、《杭州市产业发展导向目录（2024 年本）》、《杭州市萧山区产业发展导向目录与产业平台布局指引（2021 年本）》、《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》等管控要求。

2.6 分析判定相关情况

2.6.1 与国家产业政策相符性

本项目主要利用 ^{60}Co 放射源衰变产生的 γ 射线对膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及膜材料改性等。根据国家发展和改革委员会 7 号令《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于“鼓励类”中第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”。因此，本项目建设符合国家产业政策。

对照《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022 年版）》浙江省实施细则（浙长江办[2022]16 号），本项目不在其负面清单内，因此，本项目建设符合浙江省产业政策。

对照《杭州市产业发展导向目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类项目：四节能环保和新能源新材料中（一）节能环保中 E45 中的 44 同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造，因此项目建设符合杭州市产业政策要求。

对照《杭州市萧山区产业发展导向目录与产业平台布局指引（2021 年本）》，

本项目不属于限制类和禁止（淘汰）类，属于允许类，因此项目建设符合萧山区产业政策。

本项目已于 2025 年 3 月 18 日由萧山区经济和信息化局备案，项目代码 2503-330109-07-02-543208。因此，本项目符合国家和地方的产业政策要求。

2.6.2 与规划相符性分析

根据《河上镇膜材料特色产业平台规划》，本项目位于规划范围内的加速腾飞区，项目主要为园区内的过滤膜材料的生产进行配套。园区的产业定位：以科百特为主导，打造产业创新联盟，推进研发成果在平台内转化应用，打造具有国际影响力的分离膜研产一体化中心。园区的用地规划：对照河上镇膜材料特色产业平台规划用地规划图，项目所在地规划为工业用地，规划用地性质满足项目实施要求。因此，项目从产业定位和用地规划两方面分析，均符合河上镇膜材料特色产业平台规划要求。

2.6.3 与规划环评相符性分析

对照《萧山河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》（2023.12），本项目符合规划环评中生态空间管控清单、现有问题及意见建议清单、污染物排放总量管控限值清单、规划方案优化调整建议清单、环境准入条件清单以及环境标准清单要求，因此，本项目建设符合《萧山河上镇膜材料特色产业平台规划环境影响报告书》及审查意见相关要求。

2.6.4 与用地布局规划相符性分析

根据《河上镇膜材料特色产业平台规划》，项目所在地规划为工业用地；根据杭州科百特半导体分离膜有限公司不动产权证可知（浙江省编号：BDC330109120249038955082）浙（2024）杭州市不动产权第 0433556 号可知，项目用地性质为一类二类工业兼容用地，因此项目建设符合用地性质要求和规划要求。

2.6.5 与周边环境相符性分析

项目租用 C13 厂区 8#车间，该项目位于杭州市萧山区河上新材料产业园，辐照房周边 500m 范围，除拟拆迁的 8 户大桥村农居外，其余现状为农田、在建工业企业、后续规划分别为工业用地、绿地等，无居住区、学校等敏感点对本项目的建设无特殊环境要求。

2.6.6 与杭州市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

根据《杭州市生态环境分区管控动态更新方案》（杭环发[2024]49号），项目所在地属于“萧山区浦阳江生态经济区产业集聚重点管控单元（ZH33010920013）”。根据本环评“1.2.4 中（3）”分析可知，本项目建设本项目符合杭州市生态环境分区管控动态更新方案的建设要求。

3 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

3.1.1 项目规模

本项目租用 C13 厂区 8#车间进行辐照房建设，辐照房内配备 1 套 BFT-V 型（辐照箱式） γ 辐照装置，设计总装源能力为 $1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ （400 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源（属于 I 类放射源），主要用于膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及膜材料改性。辐照装置设计装源能力为 400 万居里（ $1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ ） ^{60}Co 放射源，首次装源为 50 万居里（ $1.85 \times 10^{16} \text{Bq}$ ）。另于辐照室人员迷道门口处放置 1 枚活度约为 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$ （ $10 \mu\text{Ci}$ ）的 ^{137}Cs 校验源，用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的剂量仪表是否工作正常。 ^{60}Co 和 ^{137}Cs 放射源相关特性见表 3.1-1。

表 3.1-1 放射源相关特性一览表

核素名称	半衰期	衰变方式	β 射线最大能量与强度 (MeV)	伴随的 γ 射线最大能量 (MeV)
^{60}Co	5.27a	β (99.89%) γ_1 (99.87%) γ_2 (99.98%)	β_1 : 0.1974 (<0.0006%) β_2 : 0.3183 (99.89%) β_3 : 0.6649 (<0.003%) β_4 : 1.4911 (0.1%)	γ_1 1.173 (99.87%) γ_2 1.332 (99.98%) γ_3 0.826 (0.0076%) γ_4 1.294 ($\leq 0.00011\%$)
^{137}Cs	30.08a	β_1 (94.6%) β_2 (5.3%) γ (99.98%)	β : 0.5116 (94.6%) β : 1.1732 (5.4%)	γ : 0.662 (85.0%)

3.1.2 项目组成

8#车间位于厂区东北侧，车间占地 3429.74m^2 ，建筑面积 8122.63m^2 。其中辐照房位于车间东北侧，共设置两层，1 层主要为辐照室（含迷道、贮源井）、试验线装卸区、水处理间和辐照产品进出线，2 层为空调机房、配电间、剂量室、配件间、控制室、进源间和风机房。辐照房总高度为 14.15m，辐照房顶部为进源间平台，总高度为 10.00m，辐照房占地 524.3m^2 ，建筑面积 1048.6m^2 ；辐照室西侧为辐照产品进出线，进出线层高为 10m，南侧为辐照产品仓库，为单层 32m 高的仓库。本项目主要建筑物面积及功能布置见表 3.1-2。

表 3.1-2 本项目主要建筑物面积一览表

建筑类型	场所名称		建筑层数	备注	
主体工程	辐照房	屏蔽体	辐照室	地上一层	15400mm×8850mm×5500mm（净高）
			迷道	地上一层	高度：3650mm
			贮源井	地下结构	①1600mm×4000mm×7500mm 水深：7200mm ②贮源井壁：600mm 混凝土+3mm 厚不锈钢覆面。
	辅助功能房间	水处理间	地上一层	5000mm×7470mm×4950mm（净高）	
		控制室	地上二层	6860mm×4600mm×4500mm（净高）	
		剂量室	地上二层	5640mm×4600mm×4500mm（净高）	
		配件间	地上二层	12000mm×4650mm×4500mm（净高）	
		风机房	地上二层	13980mm×5000mm×4500mm（净高）	
		进源间	地上二层	17250mm×12900mm×4500mm（净高）	
		进源间室外平台	地上二层	13000mm×1850mm×5350mm（净高）	
配套工程	8#车间	辐照房配套	配电间	地上二层	5670mm×4695mm×4500mm（净高）
			空调机房	地上二层	6745mm×350mm×4500mm（净高）
			辐照产品进出线	地上一层	34200mm×23750mm×10000mm（净高）
			辐照产品仓库	单层	66570mm×25800mm×32000mm（净高）
环保工程	废气治理设施		/	风机房	
	噪声治理措施		/	辐照室隔音、选用低噪声设备	
	固体废物处置设施		/	危险废物：产生后立即由有危险废物处置资质单位收集并进行安全处置；生活垃圾：集中收集，交由环卫部门统一处理；放射性废物：立即由有放射性固体废物处理许可证的单位进行收集送城市放射性废物库。	
依托工程	给排水			由市政自来水管网供应，依托厂区内给排水基础设施	
	污水处理			生活污水依托厂区东北侧化粪池预处理，然后通过厂区东北侧排放口接入市政管网	
	供电			由城市电网提供，依托厂区内配电设施。	
	暖通			依托厂区基础暖通设施	

3.1.3 原辅材料消耗

项目辐照室主要原辅材料消耗情况详见表 3.1-3。

表 3.1-3 主要原辅材料一览表

3.1.4 主要设备

项目辐照房主要设备情况详见表 3.1-4。

表 3.1-4 辐照房设备一览表

序号	设备	数量 (台)	位置	功能
1	排风机	2	辐照室 2 层风机房	辐照室内抽风
2	制冷压缩机	1	辐照房东南侧	水处理系统

3.1.5 劳动定员

杭州芯辐科技有限公司 400 万 Ci⁶⁰Co 辐照房项目建成后拟配备工作人员 49 人，其人员配备见表 3.1-5。

表 3.1-5 项目配备人员一览表

序号	人员分类	人数	生产班制	每班配置人员	工作人员类型
1	水处理间、配件间	2 人	单班制：水处理间和配件间为同一人，配件间主要为偶尔发生，进入配件间拿取配件零件等操作，每次进入时间以 10min 计，每年以 30 次计；水处理间主要为每周进行井水补充开启，每次约 30min。	1 人	辐射工作人员
2	8#车间辐照产品进出	18 人	三班制	4 人	非辐射工作人员
3	8#车间辐照产品仓库	2 人	单班制：仓库管理人员只有在特殊情况下加班	1 人	非辐射工作人员
4	剂量室	2 人	单班制：剂量室主要对产品的辐照量进行分析，由于只需要对批次产品进行分析，因此单班制基本能符合要求	1 人	辐射工作人员
5	控制室（巡检、操作）	9 人	三班制：项目巡检和操作属于同一人员	2 人	辐射工作人员
6	管理人员	3 人	单班制	/	非辐射工作人员
7	财务	2 人	单班制	/	非辐射工作人员
8	技术人员	6 人	单班制	/	非辐射工作人员
共计		44 人			

3.1.6 工作负荷

本项目辐照装置全年实际运转约 350 天，为最大限度提高放射源的使用效率，货物辐照一般是连续进行，考虑常规检查、巡检、货物准备、维修等时间，时间年工作负荷如表 3.1-6 所示。

表 3.1-6 辐照装置运转各环节工作负荷

序号	工作环节	平均日工作时间 (h)	工作天数 (d)	年工作时间 (h)
1	常规检查	1	350	350
2	巡检	0.25		87.5
3	货物准备	2.5		87.5
4	维修、检测	0.25		87.5
5	辐照出束 (含试验线)	20		7000
合计		24		8400

公司工作人员，年工作时间 2000h。8#车间辐照产品进出岗位和控制室岗位按照每班配置人员的 4.5 倍配置，可实现人员轮休，工作人员工作时间与辐照装置全年实际运转时间匹配。8#车间辐照产品进出、8#车间辐照产品仓库、剂量室、控制室需人员长期驻留，配件间、水处理间仅需人员每周驻留约 2h，则工作人员在配件间、水处理间年工作时间为 $2 \times 50 / 4 = 25\text{h}$ 。辐照室巡检由控制室操作人员完成，每次巡检约 15min，全年巡检 350 次，该工作量由 9 人共同完成，每次巡检需由 2 人同时进行，则每名工作人员巡检时间为 $15/60 \times 350 \times 2/9 = 19.4\text{h}$ 。

3.1.7 生产能力

本项目辐照装置型号为 BFT-V 型，由中核比尼（北京）核技术有限公司提供，设计装源活度 $1.48 \times 10^{17}\text{Bq}$ （400 万 Ci） ^{60}Co 放射源，初期装源活度为 $1.85 \times 10^{16}\text{Bq}$ （50 万 Ci）。按照最大装源量 $1.48 \times 10^{17}\text{Bq}$ （400 万 Ci），年辐照时间 7000h，采用两块板源架，单块板源架活性区尺寸为 $1742\text{mm} \times 1876\text{mm}$ （宽×高），辐照箱内部尺寸为 $1200\text{mm} \times 600\text{mm} \times 1700\text{mm}$ （长×宽×高）。当装源量达到 400 万居里，产品吸收剂量 25kGy ，容重为 0.10g/cm^3 时，每天处理量 409m^3 ，（吸收剂量不均匀系数不大于 2）。

项目主要产品种类、数量数量、辐照工艺要求、辐照主控时间、产品装箱厚度等辐照参数详见下表。

表 3.1-7 辐照产品分析表

产品种类	数量	辐照工艺要求 (kGy)	主控时间 (s)	产品装箱厚度范围 (mm)
膜材料	3-4 万箱	25-40	650s	500*1300*1150
滤芯	5-6.5 万只	25-40	650s	500*1300*1150
一次性袋子	50-55 万只	25-40	650s	500*1300*1150
材料改性	约 5-8 吨	15-80	450-870s	根据材料的尺寸待定

3.2 工程设备与工艺分析

3.2.1 施工期工程分析

项目租用 C13 厂区 8# 车间，辐照房的建设由杭州芯辐科技有限公司进行，因此本项目施工期包括辐照房土建施工、车间装修、设备设施安装、场地清理等，施工期主要环境污染因子包括 γ 辐射、废气、废水、噪声、固体废物等。施工期工艺流程如图 3.2-1 所示。

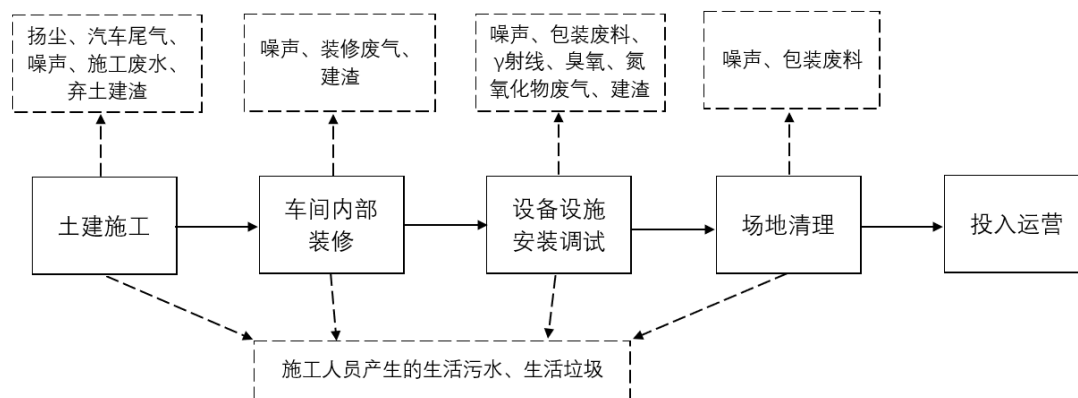


图 3.2-1 施工期工艺流程图

3.2.2 工程设备

本次拟配备 1 套 BFT 型（辐照箱式） γ 辐照装置主要由产品输送系统、源的升降及其设备系统、源架控制及监控系统、辐射监测系统及辅助系统等组成。

3.2.2.1 主工艺设备

辐照装置每根源棒尺寸为 $\phi 11.1 \times 451.5 \text{mm}$ ，活度为 $3.7 \times 10^{14} \text{Bq}$ （1 万 Ci）左右，双层不锈钢包壳结构，单根放射源结构详见图 3.2-1。用两块板源架，单块板源架活性区尺寸为 $1742 \text{mm} \times 1876 \text{mm}$ （宽 \times 高），辐照箱内部尺寸为 $1200 \text{mm} \times 600 \text{mm} \times 1700 \text{mm}$ （长 \times 宽 \times 高），最多可装 1200 根源棒。板源架周围设置源护罩、机械防撞围栏和防撞杆，用于防止载物箱冲撞板源架。板源架结构见图 3.2-2~图 3.2-4。

图 3.2-2 单根放射源结构图

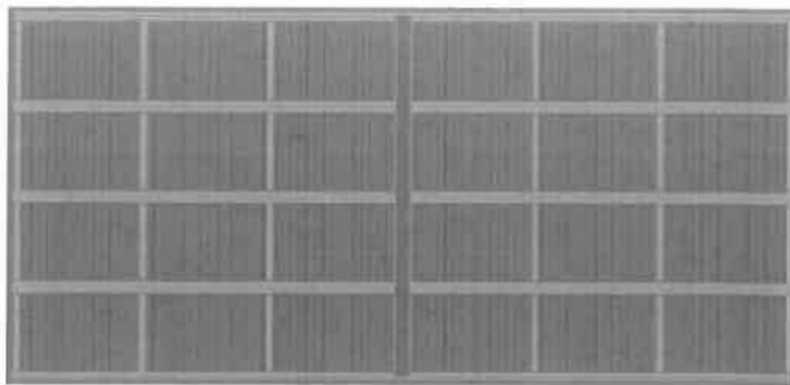


图 3.2-3 γ 辐照装置源架

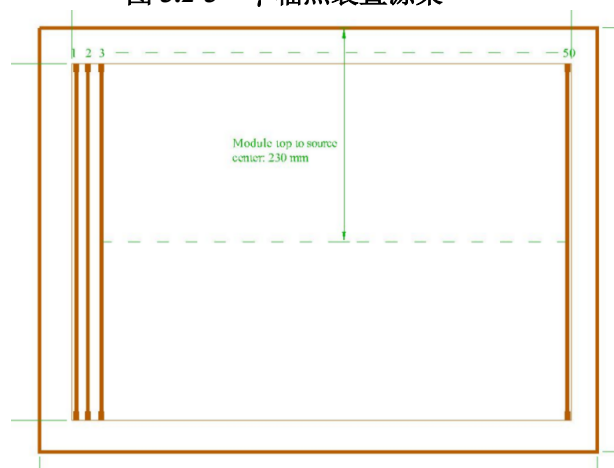


图 3.2-4 源架模块

- 1) 辐照箱内部尺寸为 1200mm×600mm×1700mm (长×宽×高)，总容积 1.224m³，额定荷载为 250kg。
- 2) 辐照室板源架的两侧设计有六路双层 72 工位密集排列的积放线路。
- 3) 辐照箱的积放运行实行集中自动控制，产品的装卸为人工操作。
- 4) 放射源 ⁶⁰Co 的半衰期为 5.27a，释放出的主要 γ 射线能量为 1.17MeV 和 1.33MeV，平均能量为 1.25MeV，⁶⁰Co 的衰变纲图见图 3.2-5。

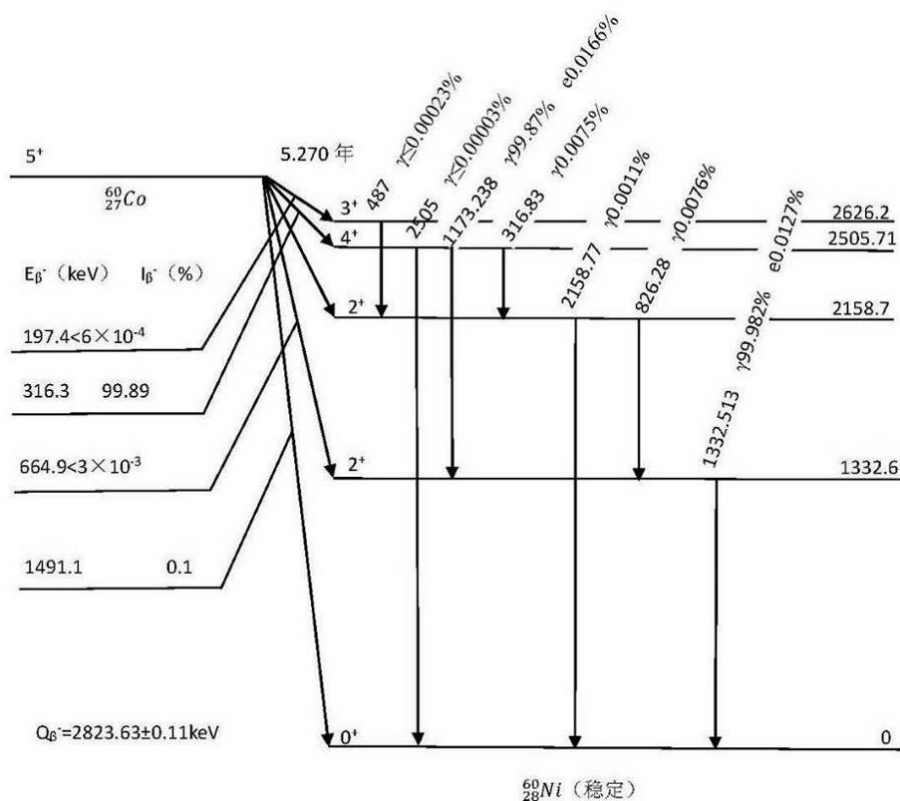


图 3.2-5 ^{60}Co 核素衰变纲图

3.2.2.2 厂房工艺布置

辐照房位于 8#车间东北侧，为两层结构，1 层主要为辐照室（含迷道、贮源井）、试验线装卸区、水处理间和辐照产品进出线，2 层为空调机房、配电间、剂量室、配件间、控制室、进源间和风机房。辐照室西侧为辐照产品进出线和操作大厅，南侧为辐照产品仓库。

1、操作大厅

操作大厅是辐照产品装卸的场所。未辐照的产品在装货段由人工装入输送系统的辐照箱中，进入辐照室进行辐照，完成辐照的产品输出辐照室后运至卸货段卸出。操作大厅内可以配备叉车，供搬运产品用。辐照室南侧（8#车间仓库）为辐照产品存放位置。

2、主控设备

主控设备设置在控制室内。控制室位于迷道屋顶上，控制室装有大型玻璃窗，以便对辐照产品进出线进行观察。

3、剂量室

剂量室是剂量人员测量产品吸收剂量的房间，工作人员进行辐照箱剂量布点、

从产品箱取出剂量计等工作都需要与控制人员密切协调，且测量结果会影响控制人员选取工艺参数，故需要经常与控制室人员联络。

4、水处理间

项目水处理系统主要分三个部分：

(1) 贮源井去离子水补充系统：自来水通过石英砂过滤器、活性炭过滤器和反渗透膜过滤器处理后产生去离子水补充贮源井挥发的水。

(2) 离子交换树脂：贮源井水质指标 pH、氯离子和电导率不符合要求时采用离子交换树脂对其进行处理。

(3) 热交换：由于放射源导致井水温度升高，需对井水进行冷却，将水抽到板式换热器内启动制冷机组，实现冷却水和井水的热交换，两股水不直接接触。

5、辐照产品进出线

辐照产品进出线设置装货段和卸货段，未辐照的产品在装货段由人工装入输送系统的辐照箱中，进入辐照室进行辐照；完成辐照的产品输出辐照室后运至卸货段自动卸出。

6、移动监控线（兼试验线）

辐照房内设置一条试验线，试验线主要实现两种功能：（1）卡源情况下将摄像头送入辐照室实时检查情况。（2）企业需要对新产品进行辐照时，将样品装入实验箱内，打开洞口栅栏门启动悬挂输送机将样品输送进入辐照室预设点位，完成辐照后反向启动悬挂输送机，将样品从实验箱内去除，检查辐照效果。

7、提升设备与风机房

辐照室屋顶上方主要有放射源铅罐提升设备、过源机械提升设备、压缩空气系统等。迷道屋顶上方设有风机房，紧邻排风塔，便于风管连接。

3.2.2.3 主要配套设备

1、产品输送系统

在操作大厅与辐照室之间设有形成闭合回路的辐照产品输送系统，其驱动方式为电动辊道及气动输送相结合。

产品输送系统位于辐照室内的部分又称作过源机械。主要由地面辊道、屋顶悬挂轨道、辐照箱提升机、移行机及电机等组成。过源机械包含 6 条输送线路，分别设置在源架两侧。每条输送线路分为上下两层，下层辐照箱位于辊道上，上层辐照箱悬挂于屋顶轨道。辐照箱紧密排列，以提高射线利用率。

每路每层设有 6 个工位，过源机械共 72 工位。按照控制系统指令，各个工位上的辐照箱步进方式移动。

为减少辐射对机电设备的损害，过源机械的驱动机构均设置在辐照室屋顶上。

产品输送系统位于迷道内的部分称为过渡区输送系统，包括货物输入迷道设备及货物输出迷道设备，作用分别是将辐照箱由操作大厅输入到辐照室、由辐照室输出到操作大厅。该部分输送系统主要由地面辊道、转运小车及电机等组成。

产品输送系统位于操作大厅内的部分称为装卸区输送系统，主要由地面辊道、装货平台、卸货平台、剪式升降机等组成。主要作用是完成装货、卸货。

输送系统中还包含辐照箱。辐照箱框架主要材料为 300 系列不锈钢型材及板材焊接而成。底架上表面覆盖约 1mm 厚度不锈钢板；顶架上表面覆盖约 0.6~0.8mm 厚度不锈钢板；底架下表面覆盖 5~6mm 不锈钢板。辐照箱左右两侧面、箱门以及后侧面内侧覆盖 2mm 高强度铝合金铝板。侧架加强筋为不锈钢压型板，两端与顶架和底架焊接，中间与铝板铆接，辐照箱内测铆钉头经专门处理与铝板内表面平齐，可防止产品被划伤。辐照箱在生产线上连续运转，工况有下托及上挂两种方式。

2、源的升降及其设备

板源架的升降是由气压驱动式钴源升降装置实现的。其基本工作方式为：气缸活塞杆端带动提升钢丝绳通过一套定、动滑轮组牵引板源架作往复运动。在非工作状态时，装载钴源棒的板源架贮存在贮源井的底部，采用井水进行屏蔽；在工作状态下，源升降装置将板源架提升到井上设定高度。设有两个气缸分别对应两台板源架。升降装置具有断电自动降源功能。工作中如系统发生停电事故，源架能自动降至井下贮存位置。其主要原理及控制逻辑如下：

升降源设备中使用的气缸为单作用型气缸，升源动作依靠压缩空气，而降源动作则依靠源架的自重使源架回落到井底安全位置，这样，即使在停电或系统意外掉电事故发生时，源架仍旧可以回落到井底安全位置。本装置以缓启动阀（快速排气阀）作为换向气路控制元件，由于该类型气阀的复位是依靠弹簧的机械作用，结构简单，因而避免了由于电磁铁故障而导致不能降源，增加了系统的可靠性。为进一步增加可靠性，控制气路采用了两个串列布置的缓启动阀作为主控单元，这两个气阀具备自检功能，任何一个阀门故障均无法正常升源。当需要降源时，两个缓启动阀同时断电，气缸内压缩空气被迅速排除，源架依靠自重便回落

到井底安全位置,其速度通过排气调速阀来调整,不会出现源架加速下落的情况。如上所述,升源时两个缓启动阀都要工作正常是必须满足的条件,这样,在紧急的情况下,即使有一个缓启动阀失灵,仍能确保源架下降至井底安全位置。

源架采用模块化结构,在每个子弹夹式模块内放射源按紧密排列。考虑到放射源衰变需定期补充放射源,设置两台板源架,并列放置。单台板源架最多可装600根源棒。两台源架共可容纳1200根源棒,可以保证源棒衰变情况下最大装源活度仍达到400万居里。

在贮源井底部安装有源架位置检测机构,当源架下降到贮存位时,压迫该机构引发开关动作,则控制台会有信号反映出源已下降到贮存位。在源工作位置上也装有源工作位检测机构,当源架被提升到工作位置时,会触发该机构,该机构引发开关动作,控制台会收到源架升到工作位的信号。另外,源架在升降过程中还有超时监测和控制。

设置了不锈钢井盖,平时将源井完全盖住,仅留有源架升降的孔道。井盖可承受人员重量。留有观察孔,打开后能够看到在源井贮存位置的源架状态。装换源时,将一侧井盖打开,此时源井周边安装栏杆防止人员跌入。

装换源设备及工具主要包括装源工作台、长杆工具、搁架、水下放大镜等,主要材质为不锈钢、铝合金。装换源时,将装源工作台固定在井内挂钩上,人员站在井边通过长杆工具进行操作。

3、贮源井系统

本装置为水井贮源,贮源井深度为7.5m,贮源井内盛去离子水作为屏蔽。为了进行装源工作,辐照室顶部留有装源孔道,平时用屏蔽塞盖住。装源时将屏蔽塞吊起移开,然后再将盛源铅罐通过装源孔道吊至贮源井底。在井水的安全屏蔽下,借助于水下照明灯,操作人员在井口处用长杆工具将铅罐中的 ^{60}Co 放射源取出,再装入板源架中,完成装源操作。装源前,应由建设单位及供源单位对铅罐中的放射源进行注水检验,只有注水检验样总放射性活度 $\leq 20\text{Bq}$ 的情况下方可装源,检验记录应长期保存。

为了保持生产水平,平均每年需要补充12.5%的 ^{60}Co 放射源。 ^{60}Co 放射源在符合规定的去离子水中贮存,根据中核比尼(北京)核技术有限公司提供的资料,其使用寿命为20年。

3.2.3 生产工艺流程

3.2.3.1 辐照工作原理

1、辐照灭菌

^{60}Co 衰变释放出 γ 射线进行辐照，作用于微生物，直接或间接破坏微生物的细胞核，通过控制辐射条件，而使被辐照物质的物理性能和化学组成发生变化并能使其成为人们所需要的一种新的物质，或使生物体（微生物等）受到不可恢复的损失和破坏，以达到产品消毒灭菌等目的。

2、辐照改性

γ 射线与膜材料分子相互作用后，产生次级电子，这些电子通过电离和激发过程使原子外层电子跃迁或脱离，形成离子对和自由基。这些自由基具有高化学活性，能够引发交联反应、接枝反应、裂解反应等，从而提高膜材料的亲水性、离子导电性、抗污能力、热收缩性等特性。

辐照技术特点：一是使用安全环保，不产生任何残留污染；二是常温常压加对物质无损伤；三是功率大、效率高、适用范围广；四是使用能耗低、无残无废弃物；五是加工过程简便、易于控制；六是加工处理后的产品附加值增高，辐射安全性强。

3.2.3.2 辐照方式

产品的辐照方式有两种：产品超盖和源超盖。

产品超盖：即产品的装箱高度大于板源架的活性区高度。该方式能提高放射源的能量利用率，产品的剂量均匀性也比较好。然而产品超盖方式要求产品在辐照过程中进行上下换层，因而其设备结构、运行程序较复杂。

源超盖：即产品的装箱高度小于板源架的活性区高度，该方式无需产品换层，辐照工艺流程设备及运行程序较简单。

本项目对剂量均匀性要求较高，且钴源用量大，为满足剂量均匀性要求，同时为提高钴源利用率，节约放射源使用成本，减少安全风险。故本装置采用产品超盖方式。

3.2.3.3 辐照工艺流程

新产品需经过试验线试辐照方能进入正式辐照阶段。进行样品辐照时，将样品放入试验箱内并安放剂量计，启动悬挂输送链运行。试验箱被输送到预定位置接受照射，达到设定时间后，试验箱被自动输出辐照室。取出样品和剂量计进行

分析从而确定合适的辐照工艺参数后进入正式辐照阶段。

将需要辐照的产品运至操作大厅装料段，由人工装至输送辊道上的辐照箱内，经由迷道入口自动输入辐照室进行辐照。辐照箱在过源时自动换面，并通过升降装置自动换层，即下层辐照箱被推箱机推动进入升降装置，触发占位开关自动提升到上层，再由推箱机从升降机推至过源辊道，经各个工位辐照后到达下一路上层辊道端头，被推箱机推进升降装置，触发占位开关自动降至下层，再由推箱机推入过源辊道。辐照箱自动换面换层使产品均匀受照。产品完成辐照后经由迷道出口输出辐照室，在操作大厅卸料段由人工卸出。

辐照完毕的产品经质检合格后入库。整个辐照过程均由控制系统自动控制。

辐照工艺流程如图 3.2-6 所示，产污环节详见图 3.2-7。

图 3.2-6 辐照工艺流程图

图 3.2-7 产污环节图

3.2.3.4 辐照工作程序

1、升源过程

①升源前检查

A、在辐照室升源前，工作人员首先检查放射源是否处在贮存位，同时检查固定式辐射水平监测仪指示值是否在低剂量本底水平。

B、为保证辐照过程的安全性，升源系统与安全系统联锁，必须满足放射源在贮存位、水井水位正常、无烟雾报警信号、通风系统正常、货物输送系统正常、光电探测器无报警信号、拉线开关无报警信号、无人复位按钮依次复位、固定式辐射水平监测仪显示值正常、人员迷道安全门关闭等条件才能允许升源。

C、升源监控条件包括：通过电气信号监控源的位置，即通过控制台上显示屏显示放射源的位置；通过源井底内行程开关监控放射源的位置；通过固定式辐射水平监测仪信号监控放射源的位置。

D、在保证放射源在贮存位的前提下，工作人员佩戴个人剂量计并携带个人剂量报警仪和便携式 γ 辐射仪，在工作人员迷道入口校验源处校验个人剂量报警仪和便携式 γ 辐射仪的有效性，再用与便携式 γ 辐射仪上串接的钥匙将人员迷道门打开，进入辐照室（进入时随时观察便携式剂量监测仪的读数）进行巡视，检查室内有无人员滞留。确认无人员滞留后，按动无人按钮，使防人光电投入运行，同时发出声光报警信号。按顺序拧动无人钥匙开关，最后从迷道退出，关好人员

通道口门。

②升源

检查工作确认无误需要升源时，工作人员将升源钥匙插入控制台，按动升源按钮，开启升源系统，贮存于水井中的板源架(中心位置)提升至高于地面 2.450m 的工作位。待放射源升至工作位后，控制台接收到工作位信号，声光报警信号停止，报警灯由闪光转为平光，警告任何人员不得进入辐照室。当放射源升到工作位后，控制台上显示放射源在工作位，迷道口源位指示红色灯亮，控制台显示器显示板源架在工作位，固定式辐射水平监测仪剂量率指示有远高于本底的剂量率读数，完成升源过程。

2、产品输送

在操作大厅与辐照室之间设有形成闭合回路的辐照产品输送系统，其驱动方式为电动辊道及气动输送相结合。辐照室板源架的两侧设计有六路双层 72 工位密集排列的积放线路，辐照箱的积放运行实行集中自动控制。

①装箱

将待辐照的产品按原包装在操作大厅装料段由人工装至或机械设备自动装至输送线上的辐照箱内，辐照箱内部尺寸为 1200mm×600mm×1700mm（长×宽×高），总容积为 1.224m³，额定荷载为 250kg。

②启动输送系统

启动输送系统，当自控程序开始后，辐照箱被输入辐照室内进行辐照。辐照完毕的辐照箱自动输出辐照室，由迷道出口到达操作大厅的卸货段上等候卸货，辐照完的产品暂时存放在产品仓库。

③产品换面

为了保证辐照产品吸收剂量的均匀度，当辐照箱在由板源架的一侧转入另一侧时，利用移行机使其自然换面，并在积放线路的另一端通过升降装置实现自动换层，从而达到产品两面及上下部分在经过全部工位后接受均匀照射的目的。

3、降源过程

①降源操作

待完成辐照后，工作人员按降源按钮，放射源下降。下降过程中，控制台上、迷道门口源位指示灯有相应的指示，LED 显示屏显示“源在下降”。降源至贮存位后停止下降，控制台上和迷道门口源位指示灯有相应的指示，控制台显示器显

示板源架在贮存位，源架触发位于井底的行程开关显示源在贮存位，固定式辐射水平监测仪读数均表明板源架在贮存位。

②通风

待降源完成后，另一台风机自动启动，待加强通风 5min 后，方可打开人员迷道安全门进入辐照室，否则人员迷道门无法打开。

4、首次装源、增补和倒装源过程

本项目计划首次装源 50 万居里 ($1.85 \times 10^{16} \text{Bq}$)，后期根据企业生产需要，将分批增补放射源活度，主要包括两个部分：(1) 放射源辐照过程中的衰减量：每年约为首次装源量的 12.5%；(2) 由于产能增加需要增加的放射性活度：约为总活度的 10%，远期装源总活度 $1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ (400 万居里)。装源由委托有资质单位负责，操作人员为持证的有资质人员。

本装置为水井贮源，贮源井深度为 7.5m，贮源井内盛去离子水作为屏蔽。为了进行装源工作，辐照室顶部留有装源孔道，平时用屏蔽塞盖住。装源时将屏蔽塞吊起移开，然后再将盛源铅罐通过装源孔道吊至贮源井底。在井水的安全屏蔽下，借助于水下照明灯，操作人员在井口处用长杆工具将铅罐中的 ^{60}Co 源（盛源花篮）取出放置在水下卸源平台，同时将源架提起，利用长杆工具将源架内的模块拆下放置平台，再将花篮内的 ^{60}Co 源棒嵌在源架模块内，再装入板源架中，完成装源操作。辐照装置装源流程详见图 3.2-8。

图 3.2-8 辐照装置装源流程图

5、安全措施

首次装源、增补和倒装源过程类似，安全措施一致，如下：

①前期准备

前期准备包括成立领导小组、完善安环手续、倒源工具的准备、辐照室内倒源前准备、警戒疏散无关群众等。企业将严格按照法律法规及管理规定的要求履

行相应的手续,并尽一切可能减少甚至避免初装源、倒源过程中可能的意外情况。

②源罐检查

源罐首先吊至指定的检查位置,检查具体分为以下几项:

A、辐射水平检测:使用辐射监测仪,找到每个运输罐表面最大辐射区域(最大值不超过 2mSv/h),测量离罐表面一米处的辐射强度(最大值不超过 100 μ Sv/h),并将测量数据记录在倒源报告中。

B、直观检查:直观检查源罐的磨损和损坏情况,将任何损坏或磨损现象记录在倒源报告中。如防火盖、防火套和源罐须检查外层油漆、小孔和凹痕损伤,以及焊接处的裂纹或腐蚀状态。

C、冲洗测试

将盛有去离子水的注水装置置于源罐顶部,从源罐的底部的排水管口接水;注意观测水的颜色和辐射水平(警告:从容器内腔流出的水不应该变色,如发生水色改变的情况,应立即停止操作,并报告钴源供应商),水的辐射水平应为本底水平。

③源罐吊装

使用电动葫芦吊起源罐,并将它送入辐照室内贮源井。

④源罐水下操作及吊离

A、组装长杆工具,一根连接吊篮钩、一根连接螺栓套。

B、把源罐缓慢放到贮源水井底部。(注意:源罐临近水井底部时,要以较慢的速度就位,井底放源罐处应无任何杂物。)

C、解开源罐吊架上两端的吊环(或把提源罐的专用链条从吊钩处取出)。

D、用装有与钴源供应商对应的螺母套的长杆工具,松开最后两颗屏蔽塞固定螺栓。

E、起吊屏蔽塞,使其脱离罐体,横移并留出提取吊篮的空间。

F、再用直角钩从源罐中提起吊篮放于水池底远离源罐的安全位置。如果本次钴源安装使用的吊篮不止一个,那么所有吊篮从左到右排开,第一个取出的吊篮放在池底两直角边的夹角处,吊篮所放置位置要在纸上标示好方位。

G、放回屏蔽塞,收起源罐吊架吊环,从池中将源罐吊离水面,并在水面上停止一段时间,直至源罐中的水分沥干,约 5 分钟。

H、在沥干水分的同时对源罐进行滤纸擦拭测试。确认没有放射性泄漏后,

放入屏蔽塞的紧固螺栓，把源罐吊架吊环的保险杆放回原位，拧紧螺栓。

⑤空源罐的检查及处理

当空源罐放在运输架上的时候，取下起源罐吊架上的两个吊环。通过附在屏蔽塞上的中心缆绳，吊起屏蔽塞、将屏蔽塞吊离开源罐；给出伸入罐内的空间。用擦拭滤纸绑在一支专用杆上并彻底擦拭源罐内部和屏蔽塞内表面。并进行剂量率测量。

⑥安装倒源操作台

用绳子将检查合格的倒源操作台沉降到池中，绳的一边连接倒源操作台的三个面（除靠近水池那面），另一端系住护栏的3个位置。

⑦源棒安装

使用长杆工具将源棒安装在模块上然后将模块安装到源架上。

⑧安装完成后的检查及收尾

A、安装完毕后，在有辐射监测仪监测的条件下，小心缓慢将所有的工具、装置从水池中移出。

B、在戴保护手套的情况下，对每个工具、装置离开水面后用 γ 辐射剂量率仪对表面进行监测，小心监测其是否受到放射性污染。

C、使用吸水性强的材料擦拭所有的工具和设备。在擦拭完所有的工具或装置配件后，立即将这个擦拭滤纸置放于一个可封闭的塑料袋中，交与现场辐射防护人员在本底处监测辐射水平。

D、如果测试结果不符合要求，保留擦拭滤纸用于进一步测试，并标识擦拭的日期、辐照装置的型号以及擦拭过的工具和设备。如发现异常，应参照“可疑辐射事件应急预案”，立即停止操作，并报告钴源供应商。

E、如确定结果无异常，填写《钴源倒源报告》。

6、检修维护

检修前：进行辐射环境监测，确保符合相关标准；准备操作工具；对放射源屏蔽防护能力及现场辐射环境监测数据做好记录。

检修中：必须保证有两人以上共同进行；操作时要轻拿轻放，严禁磕碰、重摔；遵守时间、距离、屏蔽防护原则；辐射强度超过规定时必须由生产厂家或专业维修单位进行。

检修后：做好现场清扫工作，更换后的零配件不得随便乱扔；对周围环境分

别进行一次辐射监测。

3.2.3.5 增量辐照

考虑到辐照房会有不同种类的小批量产品需要辐照，因此设置了增量辐照模式。辐照箱上贴有条形码，当不同种类的产品经过一次辐照后，控制系统根据各辐照箱内产品对吸收剂量的不同要求，将已达到要求值的产品送往卸货段卸货，而未达到要求值的产品则将再次被输往产品入口处，继续辐照，直至该产品的吸收剂量达到要求值。

3.2.3.6 辐照产品的质量控制

辐射加工的产品质量控制就是对产品吸收剂量的控制，其控制的准确程度直接影响着产品的辐射加工效果。对各种不同的辐照产品，根据辐照处理目的，规定了其平均吸收剂量和剂量均匀性标准，只有满足了这些标准方为合格。

为在辐射加工中对辐照剂量参数进行有效的控制，采取以下方法：

(1) 进行产品辐射加工工艺研究：应根据辐射效应与剂量的关系，确定产品控制剂量水平。

(2) 在产品辐射加工投产前，应根据预定的剂量参数要求，确定工艺运行参数。

(3) 在产品正式辐照过程中，通过对产品受照剂量的取样测量，检验运行参数的正确与否，达到控制辐照产品质量的目的。

3.2.3.7 辐照场剂量分布的测定

当辐照装置建成并装源后，使用化学剂量计或固体剂量片对辐照场的剂量分布进行测定，并对剂量场的剂量学性能及参数进行检定。主要测定放射源两侧各积放工位的剂量空间分布，以及动态运行时单个辐照箱内空间剂量场分布，为确定工艺运行参数提供依据，也可对辐照装置的工艺设计进行评价。检定工作由具有经验的单位承担并提供检定报告。

3.2.3.8 工艺参数的确定

辐射加工的最终目的是借助于电离辐射能量在产品中产生所需的效应。这些效应能否达到，直接依赖于产品的吸收剂量。因此，控制了剂量这个参数，也就控制了工艺效果。

在辐射加工工艺中，并不总是需要确定整个产品内的所有剂量分布，然而必须确定出产品中的 D_{\max} （最大吸收剂量值）和 D_{\min} （最小吸收剂量值）的位置。

但各产品箱中的 D_{\max} 和 D_{\min} 值不尽相同，尤其是在箱中产品不均匀时，更是如此。为此，必须求出各辐照箱的 \bar{D}_{\max} （平均最大吸收剂量值）和 \bar{D}_{\min} （平均最小吸收剂量值）。

影响工艺运行参数的因素，还有产品所受剂量的均匀度。不同种类的产品，对剂量均匀度有不同的要求。剂量不均匀系数 (D_{\max}/D_{\min}) 与产品装箱厚度有一定关系，对同一种产品，装箱厚度越大，剂量不均匀系数就越大。因此，在某种情况下，为了使产品的剂量不均匀系数符合规定值，应相应地减小装箱厚度。项目的不均匀系数不大于 2。

3.2.3.9 取样监测

在多数辐射加工工艺的运行过程中，为了监督产品中的剂量值，可以根据产品的种类和辐照工艺要求，在适当数量产品箱的 D_{\max} 和 D_{\min} 位置上安放合适的剂量计，取样测量，以监督是否满足辐射加工工艺的要求和根据取样测量结果调整运行参数。在工艺参数调整后，也要进行取样测量，以便了解新的参数运行工况下剂量的变化情况。

3.2.3.10 “照否”标志

为了防止由于辐照操作中的偶然失误，出现产品漏照或重复照射，应该在每个产品箱外侧面贴上辐射变色指示标签或打上明显的标记。

3.2.4 场所人流、物流路径规划

3.2.4.1 辐射工作人员路径

每天辐照装置运行前均需巡检，即全年巡检 350 次。辐照室的巡检开始前，辐射工作人员首先通过固定式辐射水平监测仪确定 ^{60}Co 放射源在贮存位，而后佩戴个人剂量计并携带个人剂量报警仪、便携式辐射剂量监测仪，用与便携式辐射剂量监测仪固连的升源钥匙将人员迷道门打开，在校验源 (^{137}Cs 放射源) 处校验便携式辐射剂量监测仪的有效性，摘下安全链，再按下防跟随按钮，开始巡视。

巡检分为两种情况：第一种是检修门开启过；第二种是检修门未开启。

第一种情况下人员巡视路线图参见图 3.2-9。首先进行货物迷道的无人检查。检查人员由检修门进入货物迷道区，确认靠外侧的货物迷道区域没有人员滞留后，按下 1#巡视按钮。然后由预留洞进入内侧货物迷道，确认无人滞留后按下 2#巡视按钮、3#巡视按钮。然后原路返回从检修门进入人员迷道，并关闭检修门（注：

如果检修门未关闭到位，接下来的4#巡视按钮即便按下也无效）。

而后进入辐照厅进行检查。绕辐照室一周后确认无人滞留按下4#巡视按钮。再原路返回只人员通道口门处，按动5#巡视按钮。挂好安全链，退出辐照室，关好人员迷道门。完成巡视。

第二种情况下不必进入货物迷道区，直接由人员迷道进入辐照厅进行检查，巡视路线图参见图3.2-10。绕辐照室一周后确认无人滞留按下4#巡视按钮。再原路返回只人员通道口门处，按动5#巡视按钮。挂好安全链，退出辐照室，关好人员迷道门。完成巡视。

图 3.2-9 人员巡视路线（检修门开启）

图 3.2-10 人员巡视路线（检修门未开启）

巡检过程中，辐照室人员通道内均设有防跟随按钮及 1 道光电装置可防止人员跟随，巡检过程中，如果有其他人员误入，巡检失效，辐射工作人员需要清场，并重新巡检。

3.2.4.2 物流路径

物流路径为：被工作人员放置于装货平台上的待辐照物品沿着辊道输送到直接接受辐照的辊道上，接受辐照，完成后，沿着道输送到卸货平台上，最终在卸货平台上被工作人员卸下完成整个辐照过程。货物辐照路线见图 3.2-11。

3.2.5 辐射加工质量控制和剂量测量保证

辐射加工是利用电离辐射在被照物中产生的辐射化学或辐射生物学效应。而这些效应的实现直接与其吸收的辐射能量即吸收剂量有定量关系。因此为实施辐射加工的质量控制就必须对产品吸收剂量进行控制，通过剂量监测确定、控制辐照剂量参数。辐照剂量参数有以下作用：

（1）在辐射加工工艺的研究中，要根据辐射效应与剂量的关系，确定控制剂量水平。

（2）在某项辐射加工工艺投产过程中，根据预定的剂量参数的要求，确定工艺运行参数。

（3）在产品正式生产过程中，通过对产品受照剂量的取样测量，检验运行

参数的正确与否，达到控制辐照产品质量的目的。

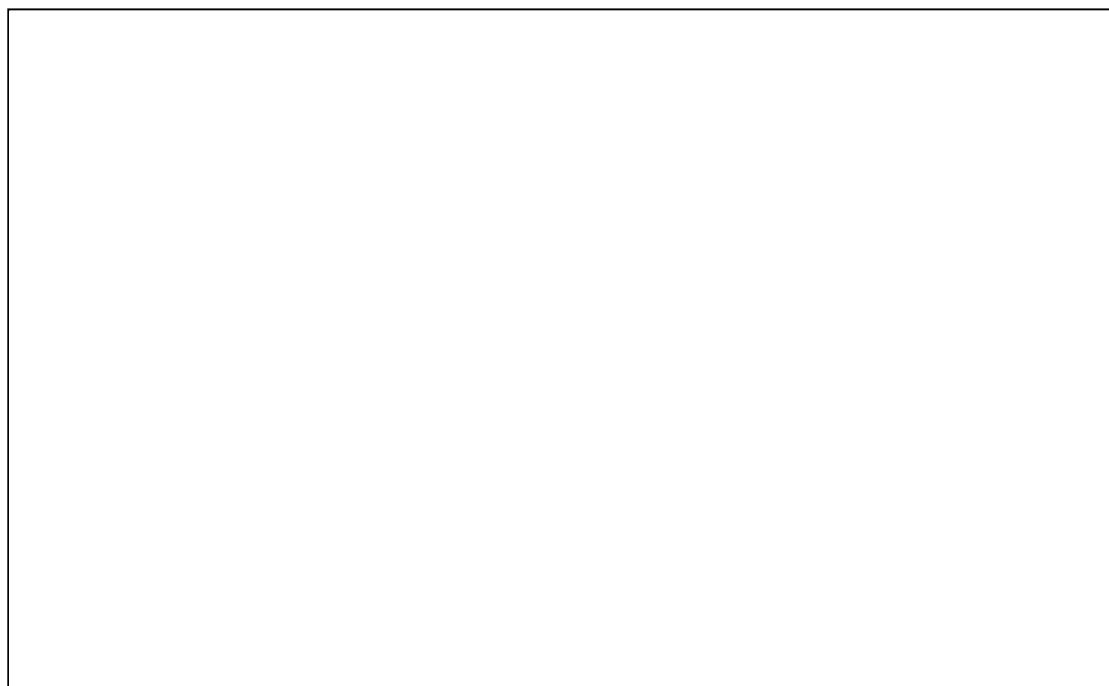


图 3.2-11 产品辐照路径

3.2.5.1 辐照场剂量分布测定

在辐照室建成装源后（投产前），可以按照实际辐射加工工艺流程，对辐照场的剂量分布进行测定并对剂量场的剂量学性能及参数进行检定，包括源到位的重复性、辐照场空间分布的均匀度、板源参考面上的剂量分布、动态辐照时模拟产品在辐照箱内经各个工位后的剂量分布。据此提供工艺运行参数。检定工作由本单位剂量人员或由有经验的单位承担，并提供检定报告。

3.2.5.2 工艺参数的确定

产品的吸收剂量一般有上限值和下限值。动态辐照时，在一个产品箱内选择若干有代表性的点放置好剂量计，随着此产品箱进入辐照室，经过各个工位，输出辐照室，结束辐照。取出剂量计进行测量，从而确定出辐照箱内最大吸收剂量 D_{\max} 和最小吸收剂量 D_{\min} ，这两个值要分别满足上、下限值的要求。并根据 D_{\max} 和 D_{\min} 确定主控时间、产品装箱的实际厚度等参数。

3.2.5.3 取样监测

在多数辐射加工工艺的运行过程中，为了监督产品中的剂量值，可以根据产品的种类和辐照工艺的要求，在适当数量产品箱中的 D_{\max} 和 D_{\min} 位置上，安放合适的剂量计或剂量片，取样测量。可以监督是否满足辐射工艺要求。也可以根据取样测量结果调整运行参数。在工艺运行参数调节后，也要进行取样测量，以

便了解在新参数情况下剂量的变化情况。

3.3 污染源项

3.3.1 施工期污染源项

项目租用 C13 厂区 8# 车间，辐照房的建设由杭州芯辐科技有限公司进行，因此本项目施工期包括土建施工、车间装修、设备设施安装、场地清理等，施工期主要环境污染因子包括 γ 辐射、废气、废水、噪声、固体废物等。

3.3.1.2 废气

本项目废气主要来源于土建施工阶段产生的施工扬尘，以及装修过程油漆和喷涂产生的少量有机废气。

3.3.1.2 废水

施工期废水主要为施工废水、施工人员的生活污水。本项目施工人员数量在 100 人左右，以施工人员生活用水量 100L/人日、生活污水量按用水量的 85% 计，生活污水产生量约为 8.5t/d。

3.3.1.3 噪声

施工期噪声分为机械噪声和交通运输车辆噪声。施工期主要设备的噪声源强详见表 3.3-1。

表 3.3-1 主要施工机械设备噪声源不同距离声压级（单位：dB(A)）

施工设备名称	距离声源 5m
吊车	80-85
挖掘机	80-90
运输卡车	82-90
卷扬机	80-90
切割机	80-90
振捣棒	80-88
抛光机	80-85
升降机	80-85
商砼搅拌车	80-85

3.3.1.4 固体废物

施工期间的固废主要有两种：生活垃圾、建筑垃圾。

施工期的固废主要有施工人员产生的生活垃圾和各种建筑垃圾等。生活垃圾以人均每天产生 1kg 计，施工人数约 100 人，则施工期产生的生活垃圾约 0.1t/d，统一收集后由环卫部门统一清运。

本项目在建设过程中产生的建筑垃圾主要有开挖土地产生的土方、建材损耗产生的垃圾、装修产生的建筑垃圾等。根据相关统计数据，建筑垃圾产生系数按

50-60kg/m²（本项目以 55kg/m² 计），装修垃圾按每 1.2t/100m² 计，本次建设总建筑面积为 1048.6m²，则本项目施工过程中产生建筑垃圾 57.7t，产生装修垃圾 12.6t。建筑垃圾和装修垃圾部分可用于填路材料，部分可以回收利用，其他的统一收集后由环卫部门清理。

3.3.2 运行过程中的污染源项

3.3.2.1 电离辐射

本项目运行期辐照过程均以 ⁶⁰Co 放射源最大装源量 1.48×10¹⁷Bq(400 万 Ci) 作为环境影响评价的源项。

⁶⁰Co 放射源在其衰变过程中产生 γ 辐射，能量为 1.17MeV 和 1.33MeV，平均能量为 1.25MeV，半衰期为 5.27 年。根据《核技术应用辐射安全与防护》可知，⁶⁰Co 放射源的空气比释动能率常数为 3.12×10⁻¹³Sv/m²·Bq⁻¹·h⁻¹。射线穿透能力强，穿过屏蔽墙进入环境，可能会对辐照装置机房周围环境和人员产生影响。

3.3.3.2 废气

辐照室内 ⁶⁰Co 放射源在贮存、运行过程中不产生放射性废气，但会产生 O₃、NO_x 等非放废气。O₃ 的排放浓度为 5.899mg/m³，排放速率为 0.239kg/h；NO_x 的排放浓度为 2.950mg/m³，排放速率为 0.119kg/h。辐照室内废气的产生情况详见以下分析：

1、臭氧

辐射使空气发生辐射分解，产生臭氧和氨氧化物气体。空气每吸收 100 电子伏的能量大约产生 6 个臭氧分子。臭分子可以自然地分解，其有效分解时间取决于辐照室房间的大小、墙壁的材料、温度、空气中的杂质和臭氧的浓度，一般为 50min。根据《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）附录 C 中的公式计算如下：

$$Q_0 = 1.71 \times 10^{-2} A \cdot V^{1/3} G \quad (3-1)$$

式中：

1.71×10⁻²—换算系数；

Q₀—O₃ 的辐射化学产额，mg/h；

A—放射源的活度，TBq，A=1.48×10⁵TBq；

G—空气吸收 100eV 的电离辐射能量所产生的 O₃ 分子数，G=6；

V—辐照室体积 (m³)，V=749.595m³，不考虑迷道。

由上式可得：

$$Q_0=1.71 \times 10^{-2} \times 1.48 \times 10^5 \times 749.595^{1/3} \times 6 = 1.38 \times 10^5 \text{ mg/h}$$

(1) O₃ 的饱和浓度 (排放浓度)

考虑连续排风和 O₃ 的分解时，辐照室空气中 O₃ 的平均浓度计算公式见公式 (3-2)。

$$C(t) = \frac{Q_0 T}{V} (1 - e^{-t/T}) \quad (3-2)$$

式中：

C (t) —辐照室内 t 时刻 O₃ 的平均浓度，mg/m³；

Q₀—O₃ 的辐射化学产额，mg/h；

V—辐照室体积 (m³)，V=749.595m³，不考虑迷道；

T—有效清除时间，h。

$$T = \frac{t_v t_d}{t_v + t_d} \quad (3-3)$$

式中：

t_v—表示换气一次所需时间，（根据设计资料，辐照室 1h 换气 27 次，则换气所需时间为 0.037）h；

t_d—表示 O₃ 的有效分解时间（可取 50min，即 0.83h）。

运行过程中，单台风机开启：t_v=0.037h，t_d=0.83h 代入公式(3-3)得 T=0.035h。

当 t≥T 时，室内 O₃ 平衡浓度 Q_s 计算方式见公式 (3-4)。

$$Q_s = \frac{Q_0 T}{V} \quad (3-4)$$

将 Q₀=1.38×10⁵mg/h，V=749.595m³，T=0.035h 各参数代入公式 (3-4)，得到室内 O₃ 平衡浓度 Q_s=6.52mg/m³，也即饱和浓度。

(2) 停止辐照后的 O₃ 浓度

降源停止辐照后，辐照室内的 O₃ 浓度随时间按指数下降，计算公式如下：

$$Q(t_f) = Q_f e^{-t_f/T} \quad (3-5)$$

式中：

$Q(t_f)$ — t_f 时刻的 O_3 浓度, mg/m^3 ;

Q_f —停止辐照的瞬时 O_3 浓度, 即平衡浓度 Q_s , mg/m^3 ;

t_f —停止辐照后的时间, h;

T —有效清除时间, h。

停止辐照后, 两台风机同时开启: $t_v=0.0185h$ (根据设计资料, 辐照室 1h 换气 54 次, 则换气所需时间为 0.0185), $t_d=0.83h$ 代入公式 (3-3) 得 $T=0.0181h$ 。

再根据公式 (3-5) 计算得出, 两台风机开启 0.35min 后, 辐照室内 O_3 浓度可降低至 $0.3mg/m^3$ 。开启 5min 后, 辐照室内 O_3 的浓度降至 $0.065mg/m^3$, 满足《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009) 附录 B 的规定“辐照室内当放射源降至井水下贮存位 5min 后, O_3 浓度不超过 $0.3mg/m^3$ ”的要求。

2、氮氧化物

根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009) 附录 B 可知, NO_x 的产额约为臭氧的 1/2。因此, 开启 5min 后, 辐照室内 NO_x 的浓度为 $0.033mg/m^3$, 由于 NO_2 浓度小于氮氧化物, 因此符合“辐照室内当放射源降至井水下贮存位 5min 后, NO_2 浓度不超过 $5mg/m^3$ ”的要求。

根据以上分析可知, 辐照装置在正常运行时辐照室内 O_3 浓度保持一个平衡浓度, 按单台风机开启, 排风量 $20240m^3/h$ 计算, 长期稳定的排放速率为 $0.119kg/h$, 辐照室 O_3 、 NO_x 产生量、排放浓度和排出量详见表 3.3-1。

根据以上分析可知, 辐照装置在正常运行时辐照室内 O_3 浓度保持一个平衡浓度, 按单台风机开启, 排风量 $20240m^3/h$ 计算, 长期稳定的排放速率为 $0.119kg/h$, 辐照室 O_3 、 NO_2 产生量、排放浓度和排出量详见表 3.3-2。

表 3.3-2 辐照室 O_3 、 NO_2 产生量、排放浓度和排出量

排放项目	产生量 (mg/h)	排放浓度 (mg/m ³)	排风量 (m ³ /h)	排放速率 (kg/h)
O_3	1.38×10^5	5.899	20240	0.119
NO_x	6.4×10^4	2.955	20240	0.059

辐照室内 ^{60}Co 放射源在贮存、生产运行过程中会产生 O_3 、 NO_x 等非放射性废气。辐照房运行过程中产生的非放射性气体经排风系统收集处理后经建筑物屋顶排放, 排气筒高度为 20m, NO_x 排放浓度符合《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 相关标准。

3.3.3.3 废水

项目运营过程中产生的废水主要为生活污水、冲洗测试废水、剂量室清洗废

水和贮源井补充用去离子水制备过程中产生的去离子浓水。

(1) 正常运行工况下的废水

厂区内工作人员共计 44 名,根据《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)可知,坐班制办公以 50L/人·班计生活用水定额,用水量为 2.2t/d,废水量以用水的 85%计,污水排放量为 1.87t/d,全年工作 350 天,共计 654.5t/a,生活污水的水质 COD_{Cr} 350mg/L,氨氮 35mg/L。

(2) 冲洗测试废水

首次装源、加源和倒装源过程,从源罐顶部注入去离子水,并从源罐的底部的排水管口接水,应对该股水放射性进行监测,若未发现异常可以判定源未泄漏。根据设备厂家提供的资料,每次冲洗测试废水的产生量以 2L 计,全年以最大 5 次计,则年产生废水量为 0.01t/a,水质为 COD_{Cr} 50mg/L。

(3) 剂量室清洗废水

剂量室每天会对台面和地面进行清洁,根据《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019),清洗水参照展厅 3L/m²·d 计,剂量室面积为 25.76m²,清洗用水量为 0.077t/d,年用水量为 26.95t/a,废水量以用水的 85%计,则废水产生量为 0.066t/d,年产生量为 23.1t/a 废水水质为 COD_{Cr} 400mg/L,氨氮 35mg/L,SS150mg/L。

(4) 去离子浓水

贮源井补水系统和冲洗测试用水由自来水经石英砂过滤器、活性炭过滤器过滤后,通过反渗透工艺制备,出水率为 70%左右,贮源井每周补充一次,每次补水量为 500kg,年补水量为 27t/a,冲洗测试用水量为 0.01t/a,自来水的年用水量为 38.38t/a,则每次浓水产生量为 0.21t,年产生浓水量为 11.57t/a,浓水水质为 COD_{Cr} 50mg/L。

(5) 水平衡图

项目水平衡图详见下图。

图 3.3-1 水平衡图

3.3.3.4 噪声

项目新增 2 台排风机,1 台制冷压缩机,项目源架提升用的压缩空气利用 C13 厂区的空压机提供,因此本项目不设置空压机。设备运行过程中会产生噪声,根据《噪声控制工程》,各类设备的噪声源强详见表 3.3-3。

表 3.3-3 噪声源强 单位: dB

序号	建筑物名称	声源名称	型号	声源源强		空间相对位置 (m)			距室内边界距离 (m)	室内边界声级 /dB (A)	运行时段
				声压级 /dB(A) (1m 处)	声源控制措施	X	Y	Z			
1	辐照房 2 层风机房	排风机 1	HTFC-V-8	90	基础减震、建筑物降噪	83	49	5.19	4	81.45	连续运行
2	辐照房 2 层风机房	排风机 2	HTFC-V-8	90	基础减震、建筑物降噪	86	49	5.19	7	81.32	连续运行
3	辐照房室外	制冷压缩机	LBGC-20AD	70	基础减震、	106	51	1.5	/	/	连续运行

注: 本次以车间西南侧点位作为 (0, 0, 0)

3.3.3.5 固体废物

1、放射性固体废物

^{60}Co 放射源在符合规定的去离子水中贮存, 其使用寿命约 20a。 ^{60}Co 放射源的半衰期为 5.27a, 使用一定时间后, 当其活度不能满足辐照要求时, 便被更换, 变成“废源”; ^{137}Cs 校准源为 V 类源, 半衰期为 30.17a, 使用一定时间后也将更换, 变成“废源”。更换的废源均由供源单位进行回收。

2、非放射性固体废物

(1) 生活垃圾

本项目产生的非放射性固体废物主要为 44 名工作人员产生的生活垃圾, 产生量为 0.5kg/人·d, 共计 22kg/d, 年工作日以 350 天计, 年排放量最大为 7.7t/a, 生活垃圾委托环卫部门定期清运。

(2) 一般固废

项目贮源井补充用去离子水用废石英砂过滤器、活性炭过滤器和反渗透膜过滤器, 废石英砂过滤器年产生量为 0.2t/a, 废活性炭过滤器产生量为 0.15t/a, 废反渗透膜过滤器产生量为 0.1t/a。贮源井中 pH 值、电导率或者氯离子浓度不符

合要求时，贮源井内的水通过离子交换树脂进行处置后回用，废离子交换树脂的年产生量为 0.2t。项目产生的一般固废由生产厂家回收。

(3) 危险废物

本项目 UPS 供电系统会产生废铅蓄电池，根据设备厂家提供的资料，预计产生量为 0.014t/a，根据《国家危险废物名录》（2025 版），废铅蓄电池属于危险废物（HW31，900-052-31），产生后立即由危险废物处置许可证的单位处置。

表 3.3-4 危险废物信息表

危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量（吨/年）	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
废铅蓄电池	HW31	900-052-31	0.014	UPS 供电系统	固态	铅酸	铅酸	1 次/4 年	T	立即由有资质单位收集并处置

3.3.4 退役过程中的污染源项

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求，I 类放射源在闲置或废弃后三个月内，按照废旧放射源返回协议规定，将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。因此公司购源时与供源方签订退役钴源返回供源方的协议，退役 ^{60}Co 放射源及时返回生产厂家。

^{137}Cs 校验源为 V 类放射源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续，送具有放射性固体废物处理许可证的单位收集处置。

3.3.5 事故过程中的污染源项

(1) 放射性废水

^{60}Co 放射源棒的包壳运用双层不锈钢密封，出厂通过严格的密封压力检验，一般不会发生放射源泄漏事故。根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）可知，贮源井水中 ^{60}Co 的放射性活度浓度应控制在 10Bq/L 以下，贮源井水排放应满足下列要求：每月排放到下水道的 ^{60}Co 总活度不应超过 $1 \times 10^6 \text{Bq}$ ；每一次排放的 ^{60}Co 总活度不应超过 $1 \times 10^5 \text{Bq}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。根据以上分析可知，事故情况下，放射源破损导致贮源井水被污染，利用树脂的吸附能力对含放射性的废水进行处理，处理后水中的 ^{60}Co 的放射性活度浓度可以控制在 10Bq/L 以下的情况下，贮源井水可以继续使用，反之，贮源井内的水作为放射性废水采取防护措施后达《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）排放标准后经监管部门批准后方可排放。

首次装源、加源和倒装源过程中产生被污染的冲洗测试废水时，采用的处置工艺和措施与贮源井水基本保持一致。

(2) 放射性废水处理过程中产生的放射性固废

井水或者冲洗测试废水产生轻度污染的情况下采用树脂进行离子交换产生的废树脂具有放射性，对所产生的废树脂需经监测达标，满足《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）要求（ ^{60}Co 活度浓度 $<0.1\text{Bq/g}$ 、 β 表面沾污 $<0.8\text{Bq/cm}^2$ ）后装袋收集，集中堆放，最终由生产厂家回收更换或交由放射性固体废物处理许可证的单位处理。

4 辐射安全与防护

4.1 场所布局与屏蔽

4.1.1 场所布局

本项目租用杭州科百特半导体分离膜有限公司 C13 厂区 8#车间，辐照房位于 8#车间东北侧，辐照房建设用地面积为 524.3m²，建筑面积为 1048.6m²。8#车间和辐照房平面布置情况见附图 4。

辐照房一层为辐照室（含迷道、贮源井）、试验线装卸区、水处理间和辐照产品进出线，二层为自东向西依次为进源间、风机房、配件间、剂量室、控制室配电间、空调机房等。辐照房西侧为辐照产品进出线和操作大厅，南侧为辐照产品仓库。

辐照产品进出线所在区域是辐照产品装卸的场所，还可供临时存放产品之用。未辐照的产品在装货段由人工装入输送系统的辐照箱中，进入辐照室进行辐照，完成辐照的产品输出辐照室后运至卸货段卸出。

控制室位于迷道屋顶上，控制室装有大型玻璃窗，以便对操作大厅进行观察。剂量室是剂量人员测量产品吸收剂量的房间，室内设有实验台和化验盆等设施。剂量人员进行辐照箱剂量布点、从产品箱取出剂量计等工作都需要与控制人员密切协调，且结果会影响控制人员选取工艺参数，需要经常与控制室人员联络。

水处理间位于辐照室东南侧，管道采用管沟内敷设及地下预埋相结合方式，该房间远离控制室，可以减小噪声及潮气的影响。水处理间主要有反渗透（RO）及离子交换等设备。迷道屋顶上方设有风机房，紧邻排风塔，便于风管连接。

辐照房屋顶上方主要有放射源铅罐提升设备、过源机械提升设备、压缩空气系统设备等。

根据项目平面布置可知，项目控制室、配件间和剂量室均位于迷道顶部二层车间，辐照室顶部为进源间，平时无人员进入，且辐照房北侧和东侧分别为 C13 厂区，不属于厂区内工作人员集中流动区域，西侧为辐照产品传输线，南侧为产品仓库，可以控制人员流动，因此辐照室车间的平面布置合理。

4.1.2 辐射场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）的要求，本项目将放射性工作场所分为控制区和监督区，辐照车间放射性工作场所的分区情况见图 4.1-1 与图 4.1-2。

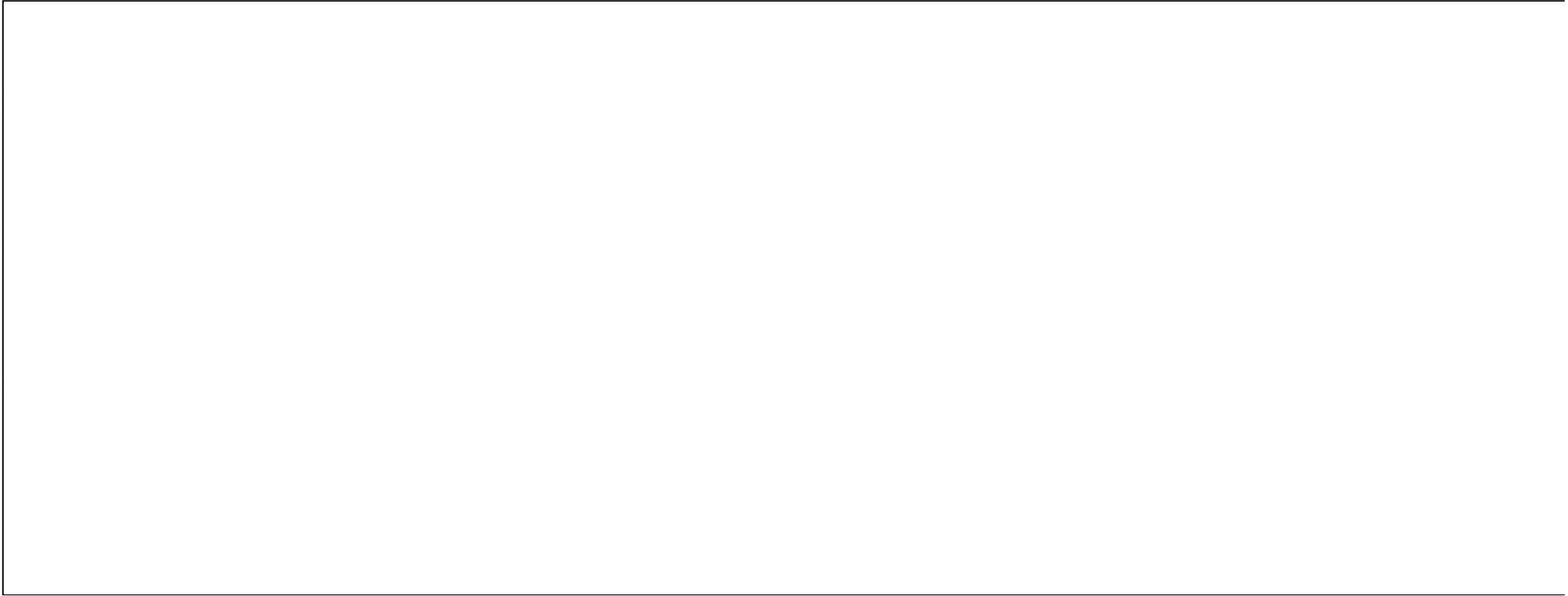


图 4.1-1 8#车间一层分区情况



图 4.1-2 辐照房二层分区情况

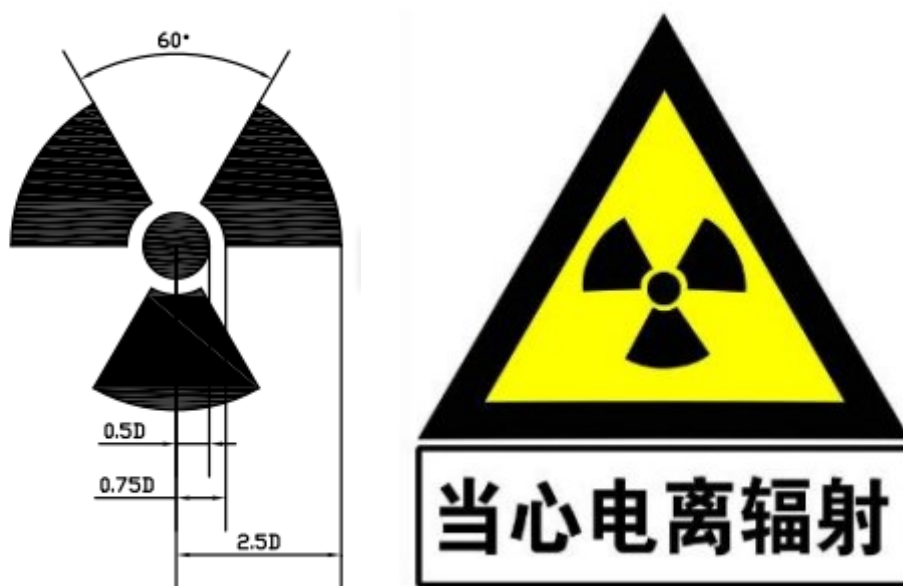
控制区：主要为辐照室，包括辐照大厅及迷道。

监督区：主要包括辐照产品进出线（装卸货区域）、水处理间、控制室、剂量室、配件间、风机房等区域。

临时控制区：放射源运输至厂区线路和卸货建议设置为临时控制区，临时控制区范围主要为东侧河益路至北侧 8#车间，总面积约为 1935m²。具体详见图 4.1-3。

4.1.2.1 控制区的防护手段与安全措施

- (1) 控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（见图 4.1-1）；
- (2) 制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- (3) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- (4) 定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。



电离辐射的标志

电离辐射警告标志

图 4.1-3 电离辐射的标志和电离辐射警告标志

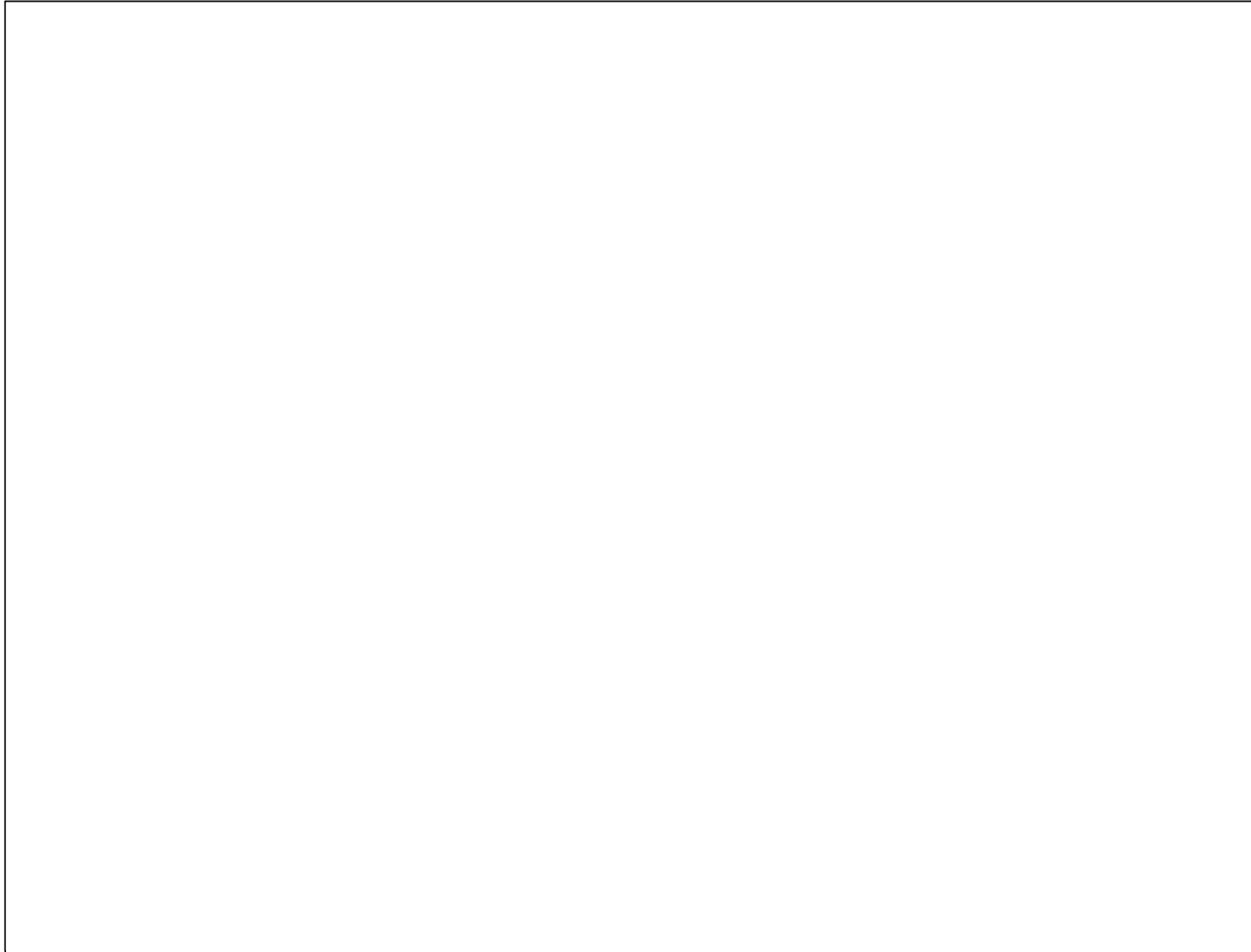


图 4.1-4 临时控制区示意图

4.1.2.2 监督区防护手段与安全措施

- (1) 以黄线警示监督区的边界；
- (2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- (3) 定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定或是否需要更改监督区的边界，或是否需要更改监督区的边界。

4.1.2.3 临时控制区防护手段与安全措施

- (1) 本项目放射源运输到工作场所时，在 8#车间西侧划出临时控制区的边界；
- (2) 在临时控制区的四周设立带有电离辐射警告标志的标牌；
- (3) 临时控制区禁止公众人员进入。

4.1.3 辐照室屏蔽措施

本项目辐照室为混凝土建筑物，辐照室内尺寸为 15.3m×8.85m×5.5m（长×宽×高）。顶厚为 1.95m 混凝土，北侧墙厚 2.25m 混凝土，南侧墙厚 2.2m 混凝土，东侧墙厚 2.15m 混凝土，西侧主要为迷道，迷道墙厚 1.3m~1.9m 厚混凝土，室内净高为 5.5m 混凝土，混凝土密度不小于 2.35g/cm³。本项目辐照室工作场所屏蔽设计方案详见表 4.1-1。辐照室平面布置图见图 4.1-5，剖面图见 4.1-6。

表 4.1-1 本项目辐照室工作场所屏蔽设计方案

辐照室屏蔽设计		
屏蔽措施名称	厚度 (mm)	材质
北侧	北侧外墙	2250
东侧	东侧外墙	2150
西侧	西侧外墙 (迷道)	1300~1900
南侧	南侧东墙	2200
	南侧西墙	1900
上方	屋顶	1950
迷道上方	屋顶	1500
贮源井屏蔽设计		
贮源井尺寸	1.6m×4.0m×7.5m (宽×长×深)	
贮源井壁防护	60cm 防水混凝土+3mm 厚不锈钢覆面	

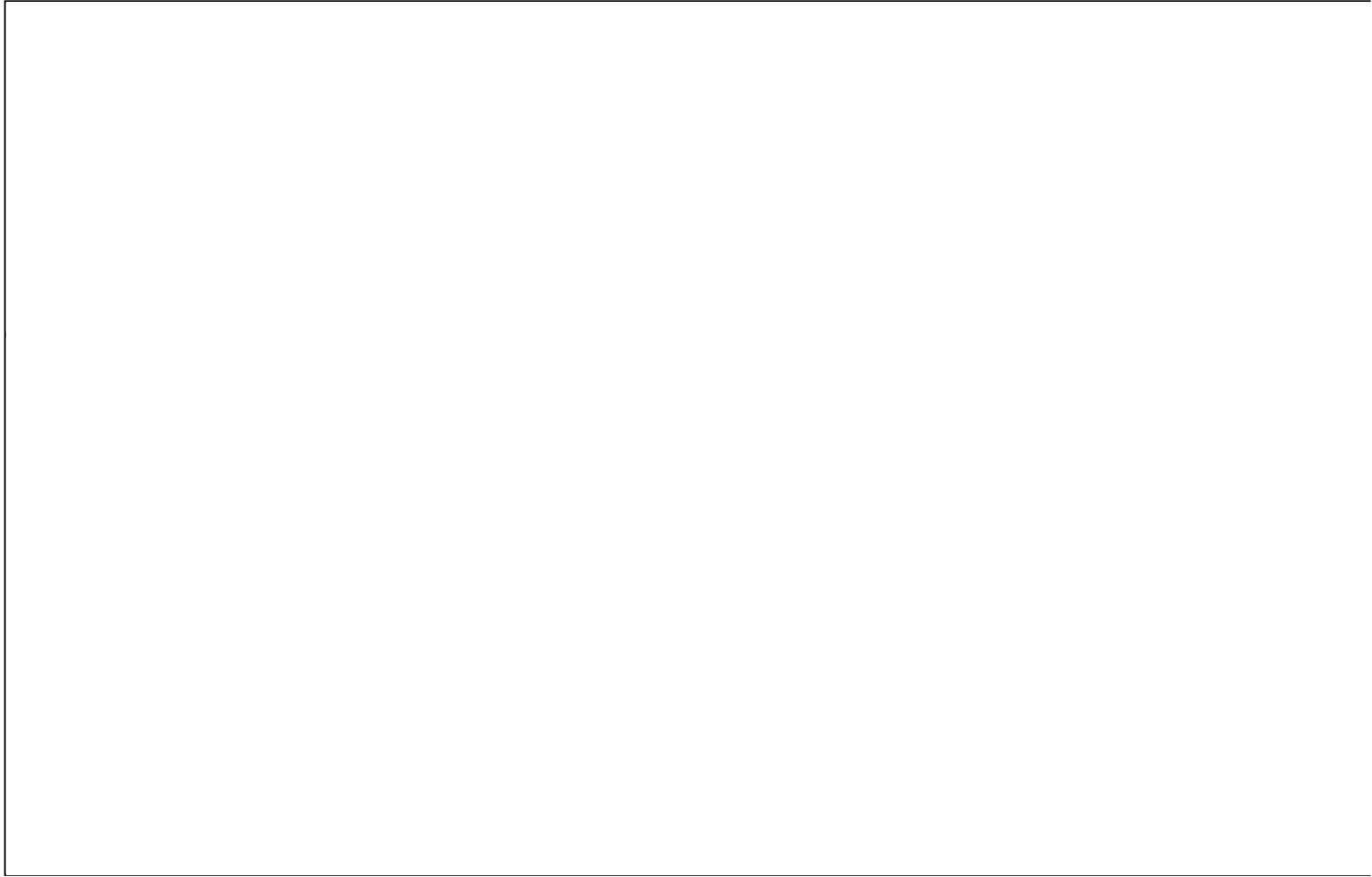


图 4.1-5 辐照室平面布置图

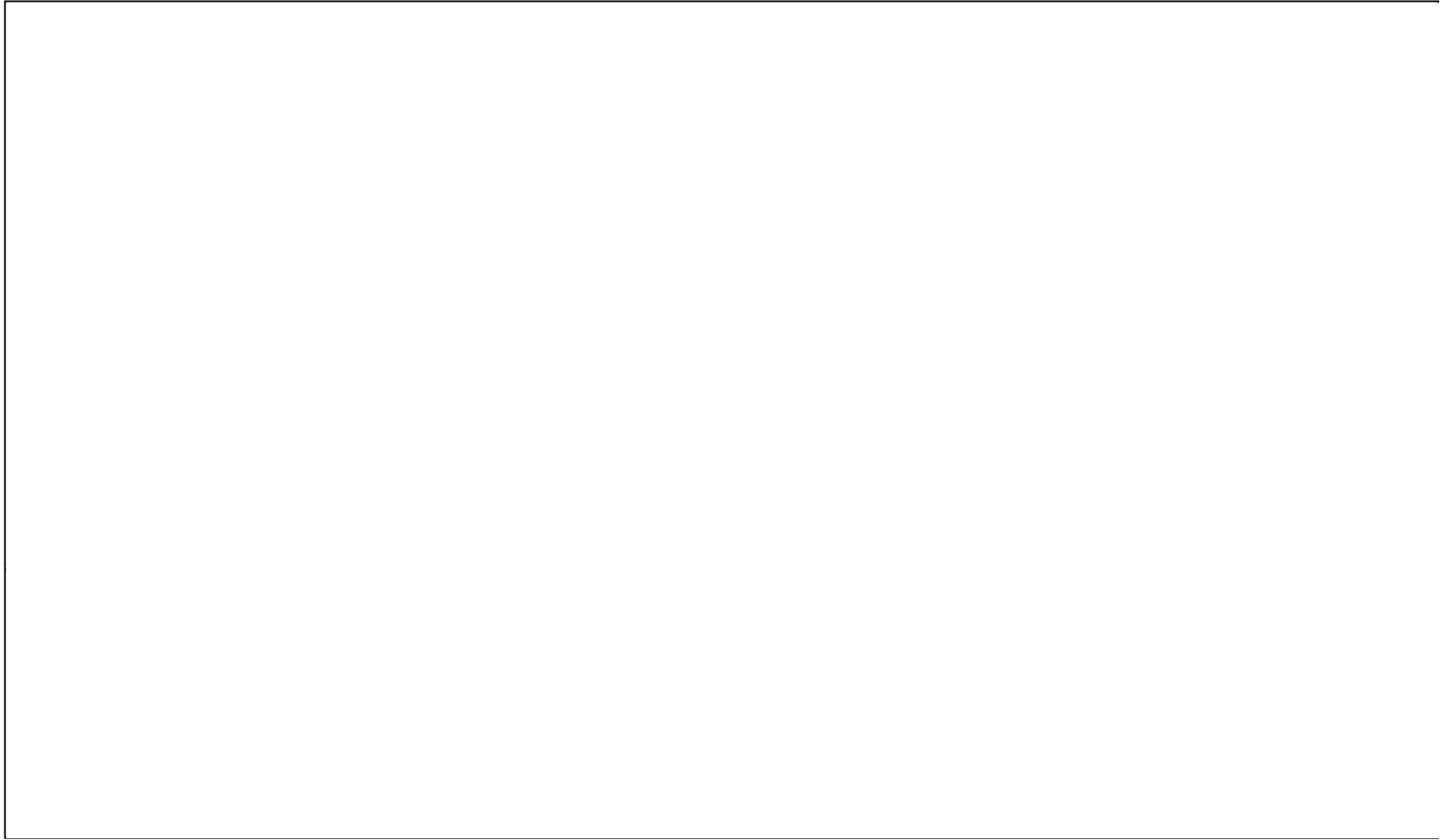


图 4.1-6 辐照室剖面布置图

4.2 辐射安全与防护措施

4.2.1 辐照装置安全原则

纵深防御原则即多级防御，将人为因素降至最低限度，以便在万一发生事故或故障时得到必要的补偿或校正。这里所指的“人为因素”包括不携带剂量率报警装置进入钴源大厅，关门不巡视等，减少人为因素是指尽量通过技术手段的方法而非管理手段来保证安全，达到：防止可能引起照射事故；减轻可能发生事故的后果；在任何事故之后，将源恢复到安全状态。

冗余性：采用比完成某一安全功能所必须的最少数目物项更多物项，以防在运行过程中某一道物项失败或不起作用时导致其整体丧失功能。

多元性：用于提高装置的可靠性，可以采用不同的运行原理，不同的物理变量，不同的运行工况，不同的元器件等。

独立性：指某一安全部位发生故障时，不会造成其他安全部件的功能故障或失去作用。多道联锁各部件之间完全独立，多级防御各部件之间也是完全独立的

4.2.2 辐照室辐射安全与防护措施

1、钥匙控制

本项目源升降装置、辐照室人员通道门拟由与一台有效的便携式辐射检测报警仪相连的独立钥匙进行控制，如从控制台上取出钥匙，放射源则自动降到安全位置。只有获得资格且经运营单位授权运行人员才能使用该钥匙。

2、电离辐射警告标志与灯光音响信号装置

为避免非辐射工作人员进入辐照区，在通往辐照室的人员迷道门、货物通道门、进源间门等处的醒目低点设置符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的电离辐射警告标志及中文警示说明。在辐照室出入口处上方显著位置设有辐照室工作状态的 LED 指示灯。当源处在贮存位时，绿色‘源在贮存位’信号灯亮，工作人员可进入辐照室。当源在工作位时，红色‘源在工作位’信号灯亮，警示人员不可进入辐照室。

3、巡检按钮

拟在辐照室内设置巡检按钮，并与控制台联锁，升源前操作人员应进入辐照室内巡视检查，且巡检按钮设置位置避免巡视检查盲区。

4、拉线开关与紧急停止按钮（含紧急降源功能）、紧急开门按钮

拟在辐照室各侧墙体、迷道区域各侧墙体设置拉线开关，在控制室设置紧急停机按钮，拉线开关和紧急停机按钮均可在任何时刻终止辐照装置的运行并将放射源降至安全位。拟在人员通道门内侧设置带灯式紧急开门按钮，并与源升降系统连锁。

5、门源连锁

本项目人员通道门与源升降系统连锁。如果门未关闭，不能升源；当源架在非安全位时，打不开人员通道门，如果强行打开人员通道门，则自动降源；当停电时，按正常操作程序打不开人员通道门。

拟在辐照室货物进出口处设置安全门，并与控制系统连锁。当源架在非安全位及停电时，按照正常操作程序无法开门。

6、固定式辐射水平监测仪

本装置除规定了必要的个人剂量计、便携式监测仪和个人剂量报警仪外还设置 1 台固定式辐射水平监测仪。分别在辐照室的迷道、货物出口及水处理装置的离子交换柱旁边设置探头，主机安装在控制室，并与控制系统连锁。分别设定剂量报警阈值。当辐照室迷道的探头探测到的辐射水平超过阈值时，人员通道门打不开；当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止货物输送系统，同时降源，并发出声光报警；当水处理的探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止水处理系统，同时降源，并发出声光报警。

7、防人光电

南侧和北侧货物出入口分别设有三道光电装置。人员通道内也设有三道光电装置，其中第一道与第二道光电位于入口门内侧，高度分别为 400mm 和 800mm，第三道光电位于迷道第一个拐弯处。当有人员误入时，光电装置将引发自动降源。

8、校验源

在人员通道门口处放置一个小的 ^{137}Cs 监测源，活度为 $10\mu\text{Ci}$ ，工作人员每次进入辐照室前都必须将携带的剂量仪表放到此源前检查，以检查仪表是否工作正常。

9、自动降源系统

本项目设置自动降源系统，保证辐照过程的安全性，下列任何故障发生都引发降源：

- (1) 人员通道口门开；
- (2) 检修门开；
- (3) 辐照室屋顶屏蔽塞检测开关动作；
- (4) 气路压力低；
- (5) 进源间内的升源电磁阀故障；
- (6) 防人光电动作；
- (7) 拉线开关动作；
- (8) 货物迷道出口处的剂量探头发出报警；
- (9) 水处理超剂量；
- (10) 监测辐照室剂量水平的固定式剂量仪表发生故障，有失效报警输出；
- (11) 排风机故障；
- (12) 源井低水位报警；
- (13) 控制台紧急停止按钮动作；
- (14) 高温报警；
- (15) 地震仪动作；
- (16) 烟雾报警；
- (17) 防碰撞开关动作；
- (18) 当源在工作位置时，突然发生停电；
- (19) 其它可引发降源的机械设备故障。

装置运行中，如有上述故障或异常情况发生，监控系统会自动弹出报警画面，并显示相应的报警指示。如突然遇有紧急情况，可以按动控制台上的紧急停机按钮或拉动拉线开关降源停机。降源到位后控制台上会有显示信号。

10、通风系统

通风系统的排风口设计在辐照室东南侧，设置有两台风机，单台风机排风量为 20240m³/h。产生的废气经排风通道进入排风塔，最终排入大气，排风塔的排放口距地面 20m。通风系统与控制系统联锁。通风系统故障时，自动降源或者无法升源。

11、烟雾报警装置

辐照室和操作区厂房的耐火等级不应低于二级，在辐照室屋顶外表面设有感烟探测器。如有火灾迹象即发出报警，排风机立即自动关闭（以免助燃），源架

同时由工作位置降到贮源井贮存位置，并停止输送系统运行。

12、屏蔽塞联锁系统

辐照室屋顶的进源通道屏蔽塞设有行程开关，以检测屏蔽塞是否正确就位，并与源升降实现联锁。如果屏蔽塞未正确就位，则无法升源。

13、移动电视监控系统

本项目拟移动电视监控系统并自带照明功能和图像储存功能，保证辐射状态下能清楚监视辐照室内和源架情况，

14、喷淋系统

喷淋系统干管由水处理间进入迷道，沿迷道顶棚进入辐照室，与6根喷淋支管连接，参下图。迷道及辐照室内的管道均为不锈钢，外部管道为镀锌钢管或其他符合消防要求的管材。

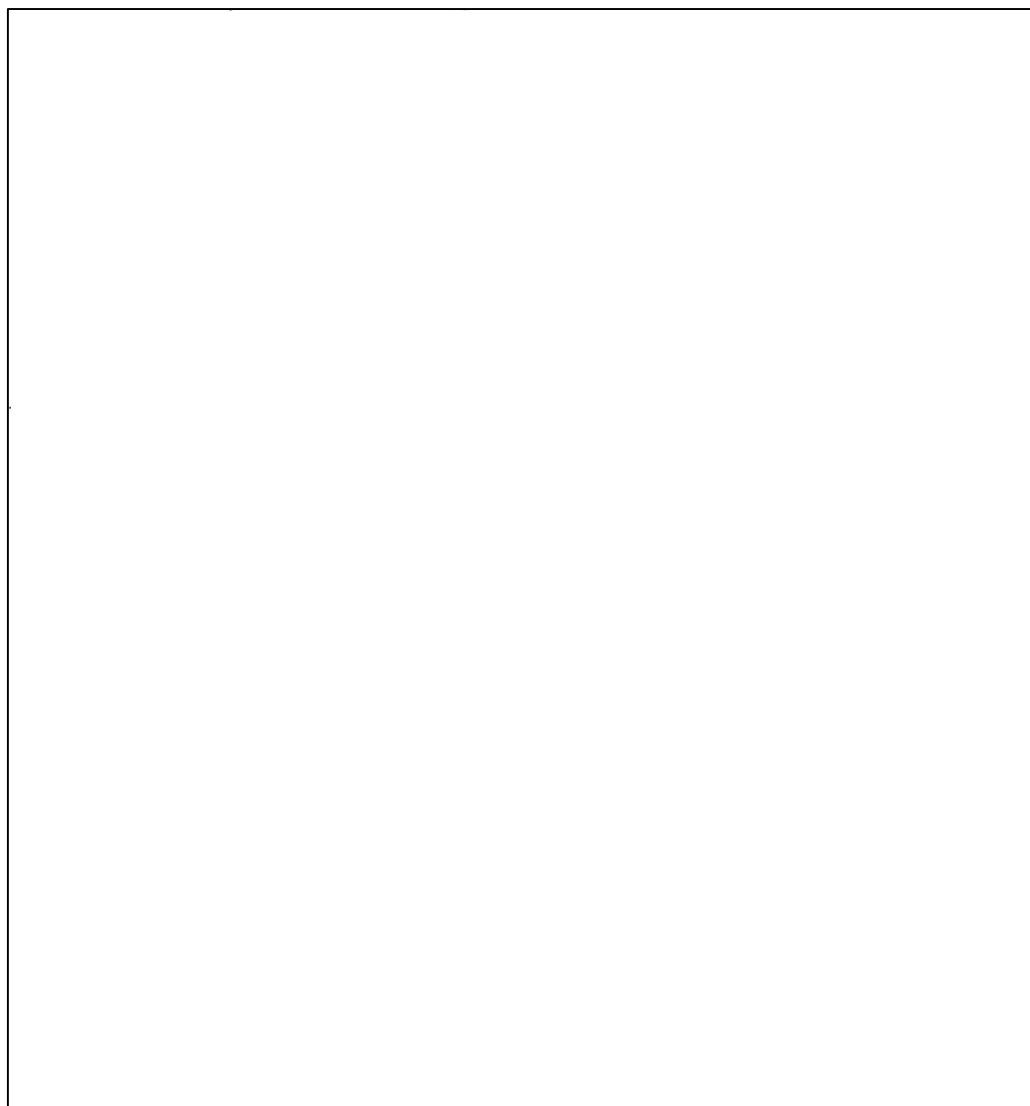


图 4.2-1 喷淋系统

15、UPS 电源

控制系统采用长延时在线式不间断电源供电，容量为 3kVA，在电网失电的情况下，可作为控制系统的应急电源，供电时间不低于 30 分钟，保障控制设备和安全锁设备复位。当放射源在工作位置时，如突然发生停电则源自动降至贮存位置：配备的 UPS 可给控制台短时供电，降源到位后在控制台上显示信号。

辐照室工作场所安全防护措施设置示意图见图 4.2-2。

图 4.2-2 辐照室工作场所安全防护措施设置示意图

4.2.3 贮源井及源架辐射安全与防护措施

1、贮源井水冷却系统

由于放射源发热，因而辐照装置设计了井水冷却系统，以避免源长期（超过48h）存放井底使贮源井水温度过高。冷却设备设置屋顶吊装台处，水冷却系统的制冷量为53.9kW，当放射源(>37PBq)降入井内贮存位置并长时间(超过48h)贮存时，需要运行井水冷却系统，保证水温不会明显升高。冷却用水和井水采用两套不同的管道进行热交换，避免两股水混合。

2、水位监测报警与补水系统

本项目设有低水位和高水位报警系统，并与源升降联锁。

当水位比正常值低100mm时，水位计会发出信号，通过控制台控制水处理系统实施自动补水，当补充到正常水位时停止。如果出现水位低于正常值300mm的情况，则水位计发出低水位报警信号，并自动降源。如果源井水位比正常水位高100mm，则水位计发出高水位报警信号，以提醒工作人员检查补水系统。

3、源架迫降系统

本项目设置源架迫降系统，以便在升降源发生某种故障时，使源架得以解脱。

4、板源架防撞措施

在源架两端的槽钢立柱上安装有防碰撞报警装置与传输系统和源架升降系统相联锁，一旦辐照箱开门、倾斜或货物从辐照箱内伸出时触发开关能报警停机，可有效避免碰撞源，充分保护源架安全。上下层轨道均装设了导向限位轴承及限位板，确保在运行过程中辐照箱不会发生倾斜。

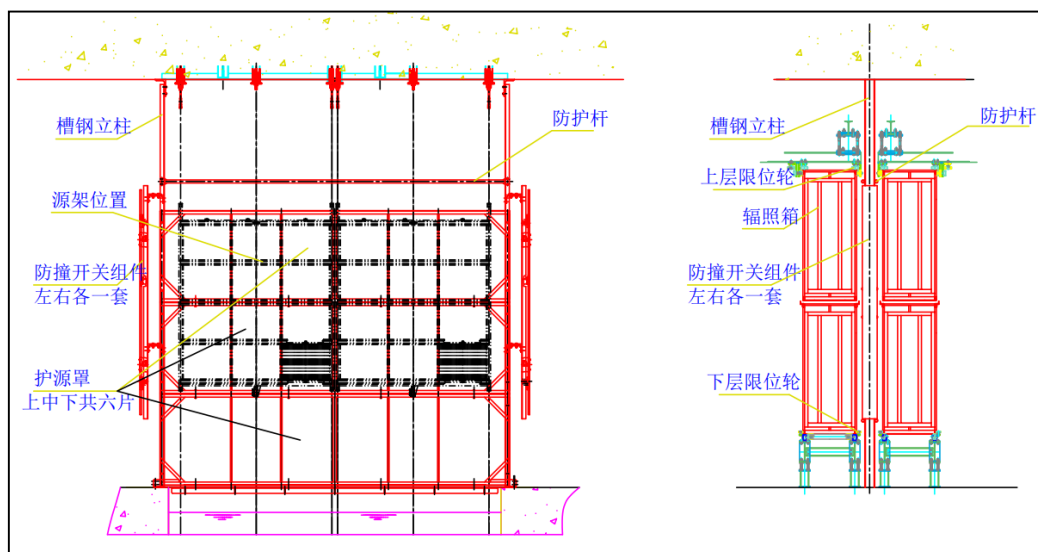


图 4.2-3 板源架防撞措施图

5、防卡源措施

为防止辐照箱倾倒接触源架，在板源架工作位置的两侧设有防撞杆。并在源架工作位置两端的槽钢立柱上设有防碰撞开关，一旦开关被触动，源架会自动降到井下贮存位置。同时本装置取消了静态堆码辐照方式，从而避免货物倾倒造成的卡源。

6、辐照箱货物超高检测

辐照箱为顶端开口方式，四周没有门，避免了因箱门意外开启而碰撞源架的危险。辐照箱框架采用不锈钢管焊接而成，侧面采用厚度 2mm 的铝合金板包覆，并连接有 3 条不锈钢加强筋板。另外，在辐照箱进入迷道入口前的输送段上，增设了用于检测产品高度是否超过限制的检测开关，可对超高产品提前预警并停机。

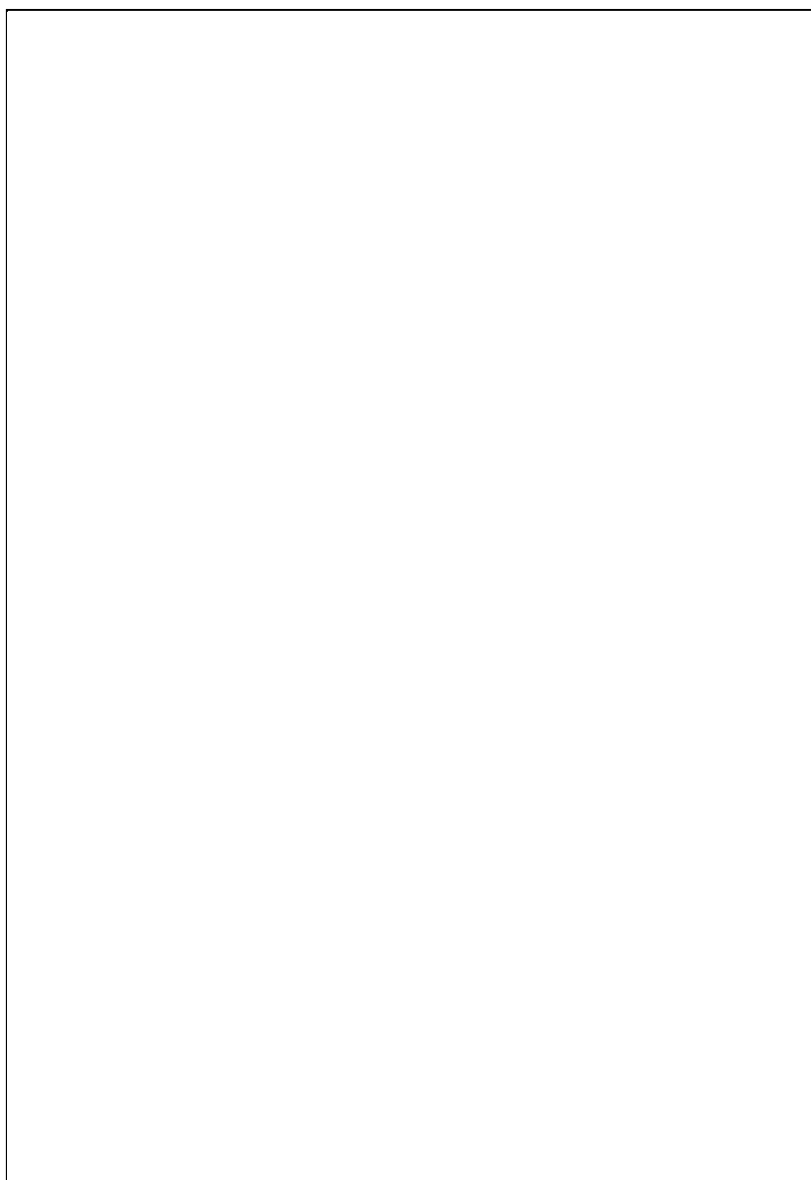


图 4.2-4 辐照箱货物超高检测图

4.2.4 辐射安全联锁措施及实现过程

4.2.4.1 辐射安全联锁系统概述

根据《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》辐照室安全设计原则为纵深防御、冗余性、多元性和独立性。纵深防御是指设置多道屏障和多重保护；冗余性是指针对同一个安全功能，配置多套相同通道；多元性是指使用多种不同属性的设备降低同时失效的可能；独立性是指辐射安全装置之间避免互相干扰，一套安全设备的失效不会导致另一套设备失效。

辐射安全联锁装置的逻辑图详见图 4.2-5。

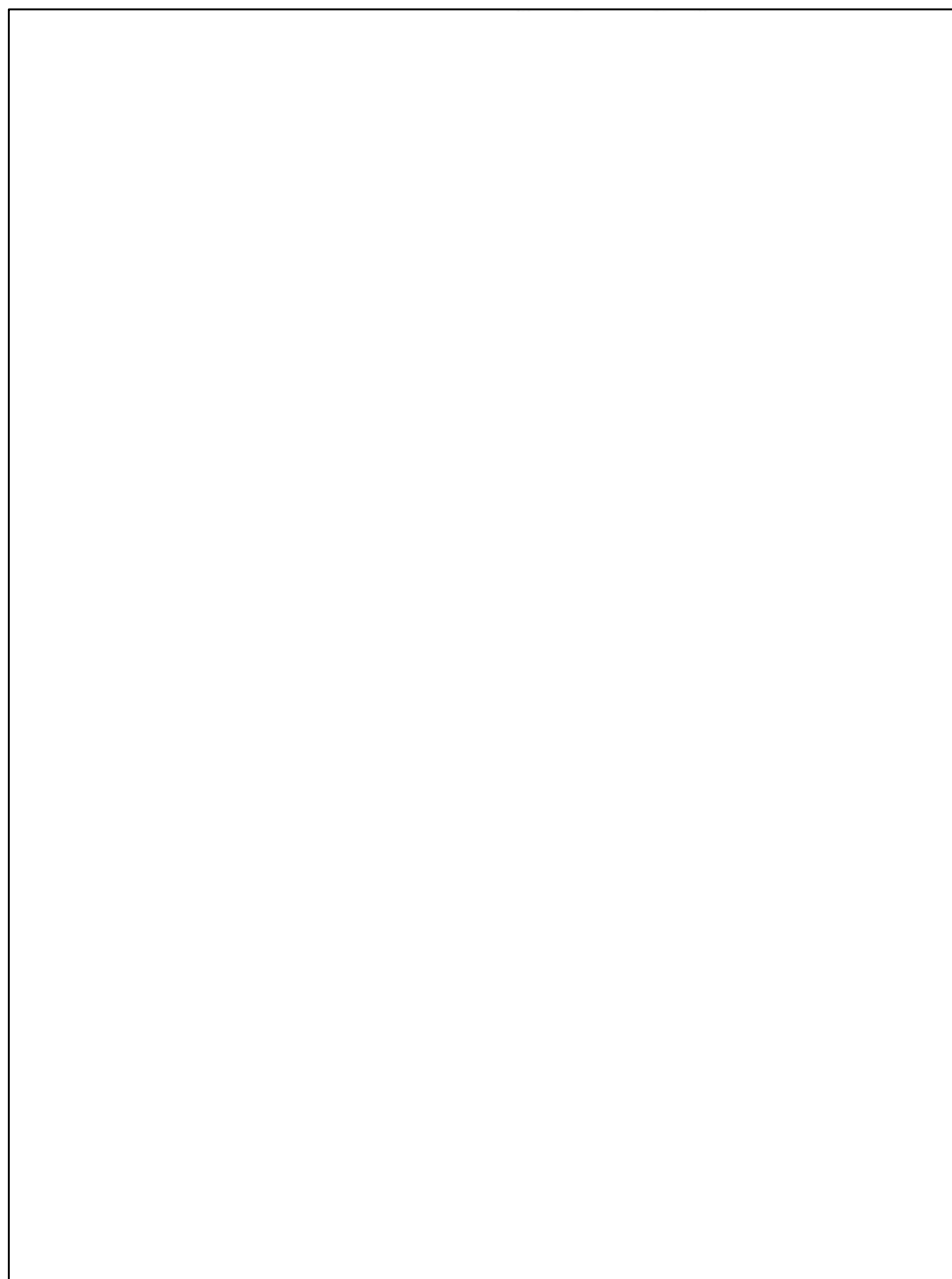


图 4.2-5 安全联锁装置

4.2.5 辐射安全管理措施

1、辐照装置的选址、设计、建造、运行和退役均应按照相关法规要求，向监管部门提出申请，经认可或批准后方可实施。

2、辐照装置设计最大装源量增加或涉及装置辐射安全的设施有变化时，业主应向监管部门提出申请，经对其辐射防护和安全认证后方可实施。

3、建设单位对辐照装置的辐射安全负有全部责任，应制定辐射防护与安全大纲，设置安全与防护管理机构，指定辐射防护负责人，配备能操作放射源和相关设备合格的辐射工作人员，聘用合格专家。

4、设备安装以设备安装文件、设备施工图及其他有关规定为依据。设备安装前应逐一检查厂房相关的预埋件和镶入件，以及与设备安装有关的其他条件，确认符合要求后，方可进行安装。设备安装后，由设计和制造单位按设计单位编制的调试大纲对各系统分别进行单独调试。单调合格后进行综合调试。

5、建设单位应事先制定装载放射源操作细则及应急预案，放射源装载后，应仔细检查源棒就位情况及源架状态。只有在确认源棒就位准确，且源架处在安全状态后方可进行升源操作。

4.2.6 辐射安全检测措施

1、常规日检查

- (1) 工作状态指示灯是否正常；
- (2) 辐照室安全联锁控制显示状况是否正常；
- (3) 升降源和输送系统状况是否正常；
- (4) 个人报警剂量仪和便携式剂量监测仪是否正常；
- (5) 贮源井水位是否正常；
- (6) 通风系统是否正常。

2、常规月检查

- (1) 辐照室内固定式辐射监测仪是否正常；
- (2) 紧急降源系统是否正常；
- (3) 升降源和导向钢丝绳、输送系统。如果绳缆出现使用过度现象，应进行更换。

(4) 补水时应检查补水量是否正常。如异常，应检查水井是否泄漏，并检查补水供给系统的运行状况。

3、常规半年检查

- (1) 配合年检修的检测；
- (2) 水质及污染检测；
- (3) 环境辐射水平；
- (4) 全部设备和自控系统。

4、辐照装置换源或加源时的检测

- (1) 贮源井井水的水质及放射性水平；
- (2) 放射源的数量；
- (3) 装源容器表面剂量率及污染状况；
- (4) 装卸源工具及吊装设备状况；
- (5) 辐射工作人员的个人剂量。

5、辐照装置装源后的检测

- (1) 装源 21h 后井水的放射性水平；
- (2) 源在工作位置时，对工作场所及周围环境的剂量监测；
- (3) 源在贮存位置时，对贮源井上方和辐照室的剂量监测。

建设单位应做好以上安全检测，采用规范化表格记录，并进行年度评估。记录应保存至辐照装置退役。

4.2.7 工作人员防护措施

1、辐射工作人员在工作时间内穿戴工作服和劳动保护用品，并佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

2、在工作场所不得进食、吸烟和存放食品，辐射工作人员饮食前必须洗手、漱口。

3、对放射性工作人员佩戴的个人剂量计定期送有资质单位进行检测，并记录工作人员的受照剂量，长期保存。一旦发现工作人员受到的剂量达到年剂量限值时，工作人员应立即停止与辐射相关的工作，并分析原因。

4、辐射工作人员上岗前应在生态环境部组织开发的“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”学习相关知识并参加考核，辐射安全防护考核类别为 γ 辐照，通过考核后持证上岗。工作过程中，要提高工作人员的防范意识，通过介质屏蔽、距离防护、缩短受照时间等，合理降低受照剂量。

4.2.8 标准符合性分析

1、根据 GB/T17568-2019 《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》对 γ 辐照装置的“设施安全”的要求，在表 4.2-1 中对本辐照装置设计的辐射安全防护措施与该标准的安全设施要求进行了逐条的比较，本辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统满足要求。

2、本项目辐射安全防护措施与“关于印发《辐照装置卡源故障专项整治技术要求（试行）》等两个文件的通知”（环办函[2010]662 号）对比符合性分析见表 4.2-2，本辐照装置设计的辐射安全保护措施满足环办函[2010]662 号的相关要求。

表 4.2-1 本项目 γ 辐照装置设计的辐射安全防护措施与 GB/T17568-2019 安全设施要求的比较分析

GB/T 17568-2019 对 γ 辐照装置的安全设施的要求	项目实施情况	符合性分析
源升降装置、辐照室人员通道门和货物通道门应由同一把独立钥匙或多个串在一起的钥匙进行控制，这一把或一串钥匙还应与一台有效的便携式辐射检测报警仪相连，如从控制台上取出钥匙，放射源则自动降到安全位置。只有获得资格且经运营单位授权运行人员才能使用该钥匙。	放射源的升降使用钥匙开关控制，且升源钥匙必须留在插孔内才能维持升源的状态，同时辐照室人员通道门开闭控制也采用这同一把钥匙。因此只要使用该钥匙去开启人员通道口门，就会保证放射源不被升起或导致自动降源。上述钥匙与有效的便携式 γ 报警仪牢固地连在一起。该钥匙只有值班人员才能使用。	符合
在辐照室所有门口醒目的地点设灯光音响信号装置，用于对辐照室外人员的警示	在通往辐照室的人员迷道门上和货物进、出口门上设置明显的电离辐射警告标示。门上方设置状态指示灯，放射源状态指示包括源在安全位、工作位和源在升降过程中。门上方设有灯光警示牌和警铃，升源时发出声光报警信号。	符合
在辐照室内应设置无人检查按钮，并与控制台联锁，升源前操作人员应进入辐照室内巡视检查，无人检查按钮设置位置应避免巡视检查盲区。	辐照大厅及迷道内设置巡视按钮，并与升降源联锁，以强迫操作人员升源前进行巡视。	符合
在辐照室内设紧急降源（一般为拉线开关）和开门按钮，紧急降源（一般为拉线开关）按钮应覆盖整个辐照室和迷道区域	在辐照大厅内和迷道沿墙壁设有拉线开关，万一升源时有人逗留在室内，听到准备升源的声响后可迅速拉动拉线开关，此时源不能再升起；如果源已经升起或正在升起，则源将自动降到安全位。人员通道口门内高有应急开门按钮，应急开门按钮与源升降系统联锁。如果按动应急开门按钮，则会降源或中止升源	符合
在控制台上应安装紧急停止按钮，可在任何时刻终止辐照装置的运行并将放射源降至安全位。	控制台上设有紧急降源按钮，按动按钮则自动降源。	符合
设置人员通道门与源升降系统联锁。如果门未关闭，不能升源；当源架在非安全位时，打不开人员通道门，如果强行打开人员通道门，则自动降源；当停电时，按正常操作程序打不开人员通道门。	人员通道门与源升降系统联锁；门未关闭，不能升源；当源架在非安全位时，打不开人员通道门，如果强行打开人员通道门，则自动降源；停电时，打不开人员通道门。	符合
设置固定式辐射水平监测仪，分别在辐照室的迷道、货物出口及水处理装置设置探头，并与控制系统联锁。分别设定剂量报警阈值。当辐照室迷道的探头探测到的辐射水平超过阈值时，人员通道门打不开；当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止货物输送系统，同时降源，并发出声光报警；当水处理的探头探测到的辐射水平超过阈值	分别在辐照室的人员迷道、货物出口及水处理间内均设置固定式辐射水平监测仪器探头，并各自设定相应阈值；当人员迷道内的辐射水平超过阈值时，人员通道门打不开；当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止货物输送系统，同时降源，并发出声光报警；当水处理的探头探测	符合

时，自动停止水处理系统，同时降源，并发出声光报警	到的辐射水平超过阈值时，自动停止水处理系统，同时降源，并发出声光报警。	
在货物出口处设置安全门（或者设置辐照容器堵门功能），与辐照容器输送配合开闭防止人员进入，并与控制系统联锁。当源架在非安全位及停电时，按照正常操作程序无法打开或无法移动辐照容器。	在货物迷道进口和出口都设置了安全门，只有辐照箱进出安全门才自动开启。	符合
在人员通道人口内及货物出入口内设置防人光电，并与控制系统联锁。当源架在非安全位时。如触发光电报警，则自动降源；当源架在安全位时，如光电开关未投入，则无法升源。	升源启动钥匙开关与人员迷道门钥匙开关共用一把钥匙；在辐照产品进出口，设防人光电并与降源联锁；人员迷道口门与固定式 γ 剂量率监测仪联锁，如果源在工作位时，人员迷道口门被强行打开，则引发降源	符合
在辐照室人员入口处必须设校验源，例如 0.37MBq 的铯-137 源，操作人员进入辐照室之前应用校验源检查剂量仪表是否正常。	在人员迷道门口处放置一个 ^{137}Cs 检测源，活度约为 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$ ($10\mu\text{Ci}$)，辐射工作人员每次进入辐照室前都必须将携带的便携式个人剂量报警仪放到此源前检验，以检查仪表是否工作正常。	符合
设置停电自动降源系统，避免因停电导致各监控仪表失灵而引发人员受照事故。	控制系统采用长延时在线式不间断电源供电，容量为 3kVA，在电网失电的情况下，可作为控制系统的应急电源，供电时间不低于 30 分钟，保障控制设备和安全锁设备复位。当放射源在工作位置时，如突然发生停电则源自动降至贮存位置；配备的 UPS 可给控制台短时供电。降源到位后在控制台上显示信号。	符合
设置源架迫降系统，以便在升降源发生某种故障时，使源架得以解脱	板源架在井上工作位置及井下安全位置均设有直接指示信号。一旦发生板源架运行受阻不能降至存放位置的故障，可以通过解脱钢丝绳的方法将板源架溜放到井底。为防止辐照箱倾倒接触板源架，在板源架工作位置的两侧设有防撞杆，并在板源架工作位置两端的槽钢上设有防碰撞开关，一旦开关被触动，板源架会自动降到井下贮存位置。	符合
设置贮源井水位监测报警与补水系统，避免因贮源井水位下降引起辐照室内辐射剂量水平上升。当出现超低水位报警时，按正常操作程序打不开人员通道门。	为保证贮源井水保持可靠的安全屏蔽水位，在水处理间设置水位计，通过地下埋管与储源井连通，以监测井水水位。另外还设有低水位和高水位报警信号并与源升降联锁。	符合
辐照室应设置通风系统，并与控制系统联锁。通风系统故障时，自动降源或者无法升源。	辐照室设有排风系统，配备 2 台排风机，在辐照完毕后辐射工作人员需进入前，2 台风机同时运行，加强通风。如果加强	符合

	排风时间不足 5min, 则人员迷道口门无法打开。当放射源位于井底时, 仍有 1 台风机运行, 以避免井水辐解产生的氢气累积。排风系统与源升降联锁, 通风系统故障时, 不能升源。	
辐照室应设置烟雾报警装置并与控制系统联锁, 遇有烟雾报警时, 自动停止通风系统, 自动降源, 货物传输系统停止运行。	在辐照室内设有烟雾报警器。如有火灾迹象即发出报警, 排风机立即自动关闭 (以免助燃), 源架同时由工作位置降到并底贮存位置。	符合
辐照室各可拆式屏蔽塞包括装源用屏蔽塞应与控制系统联锁, 以便在装、卸源过程中屏蔽塞被卸下的情况下, 自动降源或者无法升源	辐照室屋顶的进源通道屏蔽塞设有行程开关, 以检测屏蔽塞是否正确就位, 并与源升降实现联锁。如果屏蔽塞未正确就位, 则无法升源。	符合
源架应设有护罩或防撞杆, 并与辐照室构筑物牢固连接, 其强度和结构应能有效防止货物倒塌、货物冒出、货箱倾斜、吊具脱钩等意外情况致使护罩或防撞杆变形或倾斜而卡阻源架。对于动态辐照装置, 货物输送系统过源段应设有导向定位机构, 并在入口设置防碰撞报警装置, 该装置应与货物输送系统和源架的升降系统联锁。辐照箱门锁的结构应具有防止意外开启功能, 并设置开门检测装置。源升降滑轮系统应设有防止钢丝绳脱槽的设施。	源架设有护罩或防撞杆, 与辐照室构筑物牢固连接, 其强度和结构能有效防止货物倒塌、货物冒出等意外情况致使护罩或防撞杆变形或倾斜而卡阻源架。过源段是地面辊道结构, 有定位功能。并在入口设置防撞报警装置, 该装置与货物输送系统和源架的升降系统联锁。本项目的辐照箱四周不设门, 其上端开口用于装卸货物, 因而彻底杜绝了因辐照箱开门造成的卡源风险。在货物迷道入口前设置了货物超高检测装置, 一旦检测到货物比辐照箱高, 则该辐照箱自动停止, 并有报警信号输出。源升降滑轮系统设有防止钢丝绳脱槽的设施	符合
应设移动电视监控系统并自带照明功能, 保证辐射状态下能清楚监视辐照室内和源架情况, 并具有图像储存功能。	设有移动电视监控系统并自带照明功能, 并具有图像存储功能	符合
辐照室内应设喷洒装置。喷洒装置在屏蔽体内的管道应采用不锈钢材料; 在屏蔽体外采取双阀门人工控制方式; 应预留与消防车的接口。	本项目喷淋系统采用 304 型不锈钢管材, 采取双阀门人工控制方式, 设置了消防水泵接合器, 可保证喷淋系统管道与消防车管道快速对接。	符合

表 4.2-2 （环办函[2010]662 号）对比符合性分析

环办函[2010]662 号文件的要求	本装置设计的情况	结论
1.防止卡源，减少运行故障		
源架必须设有护罩或防撞杆，并与辐照室构筑物牢固连接。	本项目中板源架设有护罩及防撞杆，与辐照室构筑物牢固连接。	符合
护罩或防撞杆应当根据货物传输装置的类型与货物质量等因素进行强度和结构方面设计，具有足够的强度以有效防止诸如吊具脱钩、货箱倾斜、货物冒出和货物倒塌等意外情况致使防护栏或护源罩变形或倾斜而卡阻源架。	本项目配备的防撞杆分左右两组，均具有足够的强度。左边一组防撞杆可防止左边悬挂的辐照箱倾斜或脱轨；右边一组防撞杆可防止右边辊道上的辐照箱倾斜。辐照箱采用密集栏式结构实体覆盖，可防止货物冒出或倒塌。因而避免了防撞杆被撞变形卡阻板源架。	符合
对于悬挂链输送方式的辐照装置，为防止辐照箱倾斜撞击或挤压源架，过源段必须设有导向定位机构。	本项目不属悬挂链输送方式。	符合
对于动态辐照装置，必须在过源段入口设置防碰撞报警装置，该装置必须与货物输送系统和源架的升降系统联锁。	本项目在板源架两端均设有防碰撞报警装置，一旦该装置触发，输送系统自动停止，板源架自动降至井底贮存位置。	符合
辐照箱门锁的结构应具有可靠的防止开启功能，并设置开门检测装置。	本项目辐照箱顶端开口，不设箱门，并在货物进口前设辐照箱货物超高检测装置。	符合
源升降的滑轮系统应设有防止钢丝绳脱槽的设施。	本项目在提升钢丝绳的主滑轮安装脱槽挡板，以防止钢丝绳脱槽。	符合
2.电视监控系统		
电视监控系统应当根据辐照装置的内部结构特点、设计装源量下的辐射水平，以及潜在卡源故障的处理操作要求进行设计，确保辐射状态下能清楚监视辐照室内和源架情况，并具有图像储存功能。	本项目已设电视监控系统，已经过实用验证辐射状态下可清楚监视辐照室内和板源架情况，本系统具有图像储存功能。	符合
电视监控系统必须自带照明功能。	本项目的电视监控系统自带增强型 LED 照明灯。	符合
电视监控系统的线缆的布设应当能防止摄像系统移动时发生缠绕。	本项目摄像镜头、云台及照明灯随牵引小车一起运行，可防止线缆缠绕。	符合
3. 喷淋系统		
喷淋系统的设计应由有资质的土建工程设计单位水工种的核算或认可。	本项目喷淋系统由瑞邦（杭州）工程设计有限公司设计，该公司设计资质证书编号为 2022015（甲）。	符合
喷淋系统应采用不锈钢管材，采取双阀门人工控制方式，必须预留管道	本项目喷淋系统采用 304 型不锈钢管材，采取双阀门人工控制方	符合

与消防车上管道对接。	式，设置了消防水泵接合器，可保证喷淋系统管道与消防车管道快速对接。	
应当根据辐照物品种类和货物的排列等因素给出火灾危险等级、喷淋喷头的布局（位置、数量、覆盖范围）、喷淋系统管径、水流量与压力等参数及其设置依据。	本项目火灾危险等级按照中危险II级设计。并详细说明了布局（位置、数量、覆盖范围）、喷淋系统管径、水流量与压力等参数。	符合
对于不宜采用水喷淋灭火（降温）的辐照装置，应根据消防要求对采取其他灭火（降温）剂的可行性进行评估。	本项目辐照装置辐照的产品，均可采用水喷淋灭火，因此本项目不涉及采用其他灭火方式。	不涉及
注：本项目辐照装置工艺设计单位为中核比尼（北京）核技术有限公司，该公司资质证书编号为 11423Q410464R2S。		

4.3 服务期满后的环境保护措施

本项目设计可保障辐照装置的安全运行，满足《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）中规定：“辐照装置的使用寿命为40a”的要求。为保证退役的有效落实，杭州芯辐科技有限公司拟在项目运行初期阶段设置一定的保证金，并根据《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）进行辐照装置的退役工作。

1、杭州芯辐科技有限公司成立的辐射安全管理机构负责项目退役前、退役过程中以及退役后的辐射安全管理工作。

2、退役前，杭州芯辐科技有限公司将按照相关法律法规要求编制项目退役环境影响评价文件，送有审批权限的生态环境部门审批：

3、按照相应程序和要求办理退役手续，经监管部门批准后实施退役。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部18号令）的要求，I类放射源在闲置或废弃后三个月内，按照废旧放射源返回协议规定，将废旧放射源交回生产单位； ^{137}Cs 校准源为V类源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续，送城市放射性废物库暂存。

4、根据《核技术利用设施退役》（核安全导则HAD401/14-2021），杭州芯辐科技有限公司进行辐照装置的退役工作时，工作场所内的设备与用品，经去污后，其表面污染水平低于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ （即《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表B11中所列设备类控制水平 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的五十分之一），经有资质的机构测量并经生态环境部门许可后，可作为普通物件继续使用；对于无法满足污染控制水平要求的污染物送至浙江省城市放射性废物库。

5、辐照室内贮源井水应进行净化处理，处理完成后进行取样分析，若水中的 ^{60}Co 放射性活度浓度小于 $10\text{Bq}/\text{L}$ ，在浙江省生态环境部门监管下按照批准的排放方式进行排放；若无法满足 $10\text{Bq}/\text{L}$ 的要求，则需进行进一步净化处理。

6、在辐照装置退役实施过程中和无限限制开放后，参与退役放射性操作人员的剂量约束值为 5mSv ；辐照装置辐射环境评价范围内公众中关键人群组成员，累计在整个退役过程中所受附加剂量不超过 0.1mSv 。

4.4 三废的治理

4.4.1 废气治理措施

本项目辐照房内采用自然进风、机械排风，排风量大于进风量，从而使辐照室内形成负压，以防止由于 γ 射线致空气电离辐射产生的 O_3 及 NO_x 等有害气体扩散至其它房间。辐照房内产生的废气通过排气筒高空排放。

1、排气筒参数

排气筒几何高度为20m，满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)“新污染源排气筒一般不低于15m”的要求。

2、排风系统参数

风机房共设置2台排风机，单台排风机的排风量为 $20240m^3/h$ ；辐照过程中单台风机开启时，每小时换气次数约27次/h。降源后两台排风机同时开启时，每小时换气次数约54次/h。

当放射源降至井水下贮存位后，2台风机同时开启的条件下，5min内可使辐照室内 O_3 及 NO_x 的浓度满足《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009)的要求。

辐照房运行过程中产生的非放射性气体经排风系统收集处理后经建筑物屋顶排放，排气筒高度为20m， NO_x 排放浓度符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)相关标准。

4.4.2 噪声治理措施

项目噪声主要为排风机和制冷压缩机运行产生的噪声，主要噪声防治措施如下：

①设备减振、隔声

对各类风机的进、出口处安装阻性消声器，并在机组与地基之间安置减震器在风机与排气筒之间设置软连接，可降噪约10dB(A)左右，制冷压缩机的基础设置减震设计。

②加强建筑物隔声措施

除制冷压缩机外，排风机均安置在室内，有效利用了建筑隔声，并采取隔声、吸声材料制作门窗、墙体等，防止噪声的扩散和传播，采取隔声措施，降噪量约20dB(A)左右，由于制冷压缩机设置于室外，建议冷水机组周围构建隔音屏障，如使用隔音毡、隔音棉等隔音材料，设立隔音墙，阻隔噪音的传播。确保各类防

止措施有效运行，各设备均保持良好运行状态，防止突发噪声降低人为噪声。

③合理布局

在厂区总图布置中尽可能将高噪声布置在车间中央，以减轻对外界环境的影响。

综上所述，本项目建成投产后，采取隔声、距离衰减等噪声控制措施后，8#车间噪声贡献值能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

4.4.3 废水治理措施

项目正常运行过程中产生的生活污水经化粪池、冲洗测试废水、剂量室清洗废水和去离子浓水纳管排放至市政管网，最终送临江水处理厂处理。

4.4.4 固体废物治理措施

1、放射性固体废物

退役 ^{60}Co 放射源应遵照购买 ^{60}Co 放射源时签订的回收协议返回源供应方。

^{137}Cs 校准源为 V 类源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续，送城市放射性废物库暂存。

2、非放射性固体废物

（1）生活垃圾

生活垃圾委托环卫部门清运。

（2）一般固废

项目一般固废主要为废石英砂过滤器、活性炭过滤器、反渗透膜过滤器和废离子交换树脂，废石英砂过滤器、活性炭过滤器、反渗透膜过滤器和废离子交换树脂由生产厂家统一回收。

（3）危险废物

本项目 UPS 供电系统会产生废铅蓄电池，废铅蓄电池产生后立即委托有危险废物处置许可证的单位清运，不在厂区内堆放。

4.4.5 事故情况下的污染治理措施

（1）事故情况下废水治理措施

根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）可知，贮源井水中 ^{60}Co 的放射性活度浓度应控制在 10Bq/L 以下，贮源井水排放应满足下列要求：每月排放到下水道的 ^{60}Co 总活度不应超过 $1\times 10^6\text{Bq}$ ；每一次排放的 ^{60}Co 总

活度不应超过 $1 \times 10^5 \text{Bq}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。事故情况下，放射源破损导致贮源井水被污染，利用树脂的吸附能力对含放射性的废水进行处理，处理后水井中的 ^{60}Co 的放射性活度浓度可以控制在 10Bq/L 以下的情况下，贮源井水可以继续使用，反之，贮源井内的水作为放射性废水采取防护措施后达《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）排放标准后经监管部门批准后方可排放。首次装源、加源和倒装源过程中产生被污染的冲洗测试废水时，采用的处置工艺和措施与贮源井水基本保持一致。

（2）事故情况下固废治理措施

井水或者冲洗测试废水产生轻度污染的情况下采用树脂进行离子交换产生的废树脂具有放射性，对所产生的废树脂需经监测达标，满足《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）要求（ ^{60}Co 活度浓度 $< 0.1 \text{Bq/g}$ 、 β 表面沾污 $< 0.8 \text{Bq/cm}^2$ ）后装袋收集，集中堆放，最终交由放射性固体废物处理许可证的单位处理。

4.4.5 地下水和土壤污染防治措施

由于混凝土井壁也作了防渗漏处理，且贮源井内有 3mm 厚不锈钢作井壁覆面，因此贮源井具有两道屏障保证井水不渗漏，井覆面焊好后要经过严格的探伤检漏。装源前一个月，要将井内注满水，观察井水是否渗漏，只有确认井水不渗漏才能进行装源工作。由此可保证周围环境的地下水及土壤不会受到放射性污染。

5 环境影响

5.1 建设阶段的环境影响

5.1.1 废气

1、废气环境影响分析

施工期的大气污染主要是裸露场地的风力扬尘、车辆行驶的动力起尘以及建筑材料的现场搬运及堆放。

另外，本项目土建阶段现场施工机械虽较多，但主要以电力为能源，无废气的产生，只有运输车辆以汽、柴油为燃料，有机械尾气的排放，但它们的使用期短，尾气排放量也较少，再加上周围地形开阔，风速较大，不会引起大气环境污染，对区域大气环境影响较小。

根据萧山气象资料，项目厂址所在区域主导风向为西南偏西，大桥村（杨家弄）位于辐照房南侧区域，不属于主导风向下风向，在施工方扬尘防治措施到位的条件下，施工期的扬尘、起尘对环境的影响较小，且随施工结束而消失。

2、废气防治措施

（1）扬尘防治措施

项目施工期扬尘、废气控制措施应严格按照《浙江省城市建筑工地与道路扬尘管理办法》的有关规定进行。该文件规定了建设项目施工期针对扬尘污染应该采取的治理措施，主要有：工程施工单位应当建立扬尘污染防治责任制，采取遮盖、围挡、密闭、喷洒、冲洗、绿化等防尘措施，施工工地内车行道路应当采取硬化等降尘措施，裸露地面应当铺设礁渣、细石或者其他功能相当的材料，或者采取覆盖防尘布或者防尘网等措施，保持施工场所和周围环境的清洁。进行管线和道路施工除符合上述规定外，还应当对回填的沟槽，采取洒水、覆盖等措施，防止扬尘污染。禁止工程施工单位从高处向下倾倒或者抛洒各类散装物料和建筑垃圾。

根据《浙江省城市建筑工地与道路扬尘管理办法》的相关规定，结合本项目建设情况，对本项目施工期扬尘提出以下控制措施，减小扬尘对周围环境的影响：

a.制定严格的施工期扬尘防治管理制度，防治责任落实到人，实行责任人制度；

b.在施工场地的边界设置 2.5m 以上的围挡，尤其在下风向厂界处设置连续、

密闭的围挡；

c.施工场地每天定时洒水，防止浮尘产生，在大风日加大洒水量及次数；

d.容易产生扬尘的建筑材料，堆放在拟建厂址附近，最好采取密闭存储、设置围挡或堆砌围墙、采用防尘布苫盖或者其他防尘措施；

e.进出工地的物料、渣土、垃圾运输车辆，应当采用密闭车斗。确无密闭车斗的，装载高度最高点不得超过车辆槽帮上沿 40cm，两侧边缘应当低于槽帮上沿 10cm。车斗应用苫布覆盖，苫布边缘至少要遮住槽帮上沿以下 15cm；

f.运输车辆进入施工场地应低速行驶，或限速行驶，减少扬尘产生量；

g.对施工场地内的车行道采取硬化降尘措施并及时清扫、冲洗，减少物料运输过程中产生的道路扬尘。其它裸露地面铺设礁渣、细石或者其他功能相当的材料，减少扬尘；

h.土方堆放场地要合理选择，不宜设在施工人员居住区上风向，设置隔离围墙，水泥搅拌站搅拌时撒落的水泥、沙要经常清理，施工弃土及时清运，外运车辆加盖篷布，减少沿路遗洒。未能及时清运的，应当采取有效防尘措施，加盖篷布进行防尘；

i.开挖、运输和填筑土方等施工作业时，应当辅以洒水压尘等措施；遇到四级以上大风天气，应当停止土方施工作业，并在作业处覆盖防尘网；

j.从建筑上层清运易散性物料、渣土或者废弃物的，应当采取密闭方式，不得凌空抛掷、扬撒；

k.施工者应对工地门前道路环境实行保洁制度，一旦有弃土、建材洒落应及时清扫；

l.在厂区周边进行绿化，高矮搭配，以起到阻隔扬尘的效果；

m.对各类管线铺设过程回填的沟槽，采取洒水、覆盖等措施，防止扬尘污染；

n.对施工机械和车辆燃油造成的废气排放污染应引起重视，应要求其燃用符合国家标准的高热值清洁燃料，安装尾气净化器，尽量减少废气污染物的排放。

施工期在严格采取防治措施后，会大大降低扬尘的产生，有效减轻施工期扬尘对周围环境的影响。施工扬尘对大气环境质量的不利影响是偶然的、短暂的、局部的，也是施工中不可避免的，其将随施工的结束而消失。类比同类施工场地，本项目采取的施工扬尘防治措施合理可行。

(2) 车辆尾气防治措施

尾气污染产生的主要决定因素为燃料油种类、设备机械性能、作业方式和风力、风向等，根据类比分析，设备机械性能、作业方式的影响程度最大。

施工机械所排放的废气在空间上和时间上具有较集中的特点，在局部的范围内污染物的浓度较高。这些施工机械所排放的废气以无组织面源的形式排放，会对城区的大气环境造成不利影响。

因此，建设单位必须合理安排工期和施工时间，加强施工管理，按规定要求采取治理措施，当施工机械进入施工现场时，尽量确保正常运行时间，减少怠速、减速和加速时间，另外，所有施工机械尽量使用环保系施工机械，燃油机车和施工机械尽可能使用柴油。对排烟大的施工机械安装消烟装置，以减轻对大气环境的污染，将影响控制在较低程度。虽然施工期机动车尾气对附近环境会造成一定的影响，但随着施工结束，其影响也将消失，不会造成长期的影响。

5.1.2 废水

1、废水环境影响分析

施工期产生废水主要包括施工人员的生活污水和施工本身产生的废水，该类废水主要污染物为 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS 等。其中施工本身产生的废水主要包括土方阶段降水井排水、结构阶段混凝土养护排水以及各种车辆冲洗水。

由于本项目施工期较短，废水排放量少，水质简单，且形成不了地表水径流，对水环境不会产生明显的影响。

2、废水防治措施

项目采用的混凝土为商品混凝土，水洗沙和砾石也不在施工现场冲洗，故无此作业废水产生。混凝土养护等施工工序，会产生无机废水，除悬浮物含量较高外，一般不含有毒有害物质，这部分废水在施工现场因自然蒸发、渗透等原因可消耗 80% 左右，其余 20% 废水收集后经沉淀池沉淀后回用于施工现场洒水降尘，理论上对当地环境影响较小。但是施工废水的产生量与工地管理水平关系极大，如果管理不善，可能造成施工现场污水横流，对工地周围的环境会造成一定的影响。在施工期外排生活污水若不集中处理，会影响施工区环境卫生、有可能污染地下水、易造成土壤理化性质改变，土壤层缺氧及臭气污染等。针对以上施工期废水的特点，提出以下污染防治措施：

(1) 利用现有企业预处理池收集后，进入市政管网；

(2) 施工单位对施工场地用水应严格管理，贯彻“一水多用、重复利用、节

约用水”的原则，尽量减少废水的排放量，减轻废水排放对周围环境的影响。骨料清洗废水沉淀池处理后循环使用，多余部分可用作低标号砂浆搅和用水；

(3) 加强施工期工地用水管理，节约用水，尽可能避免施工用水过程中的“跑、冒、滴、漏”，减少施工废水外排量。只要加强管理，项目施工期产生的废水对周围居民及项目所在区域地下水环境影响很小。

5.1.3 固体废物

1、环境影响分析

施工期固体废物主要包括施工人员的生活垃圾、开挖时产生的渣土、碎石等；物料运送过程中损耗的砂石、混凝土等；铺路修整阶段损耗与遗弃石料、灰渣、建材等。工程对固体废弃物定点堆放、管理，均可得到妥善处理，可以做到“零”排放，不会对周围环境造成二次污染。

2、防治措施

(1) 车辆运土时避免土的洒落，车辆驶出工地前应将轮子的清理干净，防止沿程堆土影响环境整洁；

(2) 施工过程中产生的建筑垃圾要严格实行定点堆放，并及时清运处理；

(3) 生活垃圾分类回收，做到日产日清，严禁随地丢弃，由市政环卫部门负责生活垃圾的定期收运。

5.1.4 噪声

1、噪声环境影响分析

根据《环境噪声与振动控制工程技术导则》(HJ2034-2013)，常见施工设备噪声源强(声压级)见表 5.1-1。

表 5.1-1 主要施工机械设备噪声源不同距离声压级 单位: dB(A)

施工设备名称	距离声源 5m
吊车	80-85
挖掘机	80-90
运输卡车	82-90
卷扬机	80-90
切割机	80-90
振捣棒	80-88
抛光机	80-85
升降机	80-85
商砼搅拌车	85-90

按点声源衰减模式计算

$$L_p(r) = L_p(r_0) - 20\lg(r/r_0) \quad (4-1)$$

式中， L_p ——预测点处声压级，dB(A)；

$L_p(r_0)$ ——参考位置 r_0 处的声压级，dB(A)；

r ——预测点距声源的距离；

r_0 ——参考点距声源的距离。

将各施工机械噪声源强代入公式进行计算，各施工阶段单台机械设备噪声随距离扩散衰减情况详见表 5.1-2。

表 5.1-2 不同施工机械噪声几何衰减值情况表 单位：dB(A)

与设备的距离(m)	施工设备名称									
	吊车	挖掘机	运输卡车	卷扬机	切割机	振捣棒	抛光机	升降机	商砼搅拌车	叠加值
5	85.0	90.0	90.0	90.0	90.0	88.0	85.0	85.0	90.0	98.2
10	79.0	84.0	84.0	84.0	84.0	82.0	79.0	79.0	84.0	92.2
20	73.0	78.0	78.0	78.0	78.0	76.0	73.0	73.0	78.0	86.1
40	66.9	71.9	71.9	71.9	71.9	69.9	66.9	66.9	71.9	80.1
80	60.9	65.9	65.9	65.9	65.9	63.9	60.9	60.9	65.9	74.1
100	59.0	61.6	62.3	62.3	62.3	60.3	57.0	56.6	62.3	70.4
110	58.2	60.8	61.5	61.5	61.5	59.5	56.2	55.8	61.5	69.6
160	54.9	59.9	59.9	59.9	59.9	57.9	54.9	54.9	59.9	68.1
200	53.0	58.0	58.0	58.0	58.0	56.0	53.0	53.0	58.0	66.1
240	51.4	56.4	56.4	56.4	56.4	54.4	51.4	51.4	56.4	64.6
300	49.4	54.4	54.4	54.4	54.4	52.4	49.4	49.4	54.4	62.6

根据计算结果可知，施工机械噪声昼间对 110m 以外的贡献值基本能符合达标，项目夜间基本不施工，只有在水泥连续浇筑过程中会延长施工时间。综上，施工过程中，通过采取控制声源、控制噪声传播、合理安排施工时间等措施，施工噪声可满足《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)标准(昼间 70dB(A)，夜间 55dB(A))的要求。

2、噪声防治措施

(1) 合理安排施工计划，应尽可能避免大量的高噪声设备同时施工，避开周围环境对噪声的敏感时间，禁止在夜间施工并且避开午休时间。施工过程中，提高工作效率，尽量加快施工进度，缩短整个工期。

(2) 尽量选用低噪声施工机械；对动力机械设备进行定期的维护保养；闲置不用的设备应立即关闭；运输车辆进入现场应减速，并减少鸣笛。

(3) 根据当地生态环境部门制定的噪声防治条例的要求施工，以免影响周

围单位人员的正常工作。

(4) 对位置相对固定的机械设备, 尽量在棚内操作, 还可适当建立单面声屏障。

5.1.5 生态影响分析

项目施工期土石方开挖、弃土弃渣、施工材料和设备的临时堆放等施工活动将使评价区内的植被全部遭受破坏, 建筑物占地范围内的土壤在敷设地基后硬化, 导致项目区的原有植被覆被破坏, 原有生态系统不复存在; 建筑材料临时占地范围内由于材料的堆放导致原有植被遭受一定程度的破坏; 本项目建成后将对厂区以及临时占地进行植被恢复, 从对区域生态影响分析, 项目建设不会带来区域生态影响。

由于项目施工区位于河上新材料产业园区, 项目所在地区野生动物较少。施工过程对这些动物的影响主要是: 施工噪声会对动物造成干扰; 开挖经过地区将切断某些动物的移动通道, 进而影响物种的流动。但由于工程施工场地小, 野生动物的迁移能力较强, 对野生动物的影响不大。

本项目施工规模较小, 场地比较集中, 地势较为平坦。施工期间对地表结构破坏面积和破坏程度较小, 不管是对生态系统的破坏, 还是对生物的影响都是微小的。项目建设中的开挖、填筑、取弃土虽然会造成一定的水土流失, 但这种影响是暂时的。由于生态环境影响一般是可逆的, 只要在施工期注意规划, 施工后期及时复垦、绿化, 一般其不利影响是可以得到有效控制的。因此整体来看, 施工期对生态环境影响很小。

本项目施工范围内没有少数民族居住地, 无森林保护区, 无文物古迹, 无珍稀、濒危保护动植物, 无水源保护区, 无湿地、林场和草场, 施工期对其无影响。

5.1.6 小结

项目施工与装修过程周期较短, 项目施工建设对环境的影响是短期的, 且受一定人为因素影响。因此, 通过加强施工现场管理, 采取有效的防护措施, 可以有效地减少施工期对周围环境的影响。

5.2 运行阶段对环境的影响

人工放射性同位素 ^{60}Co 经 β -衰变至 ^{60}Ni 激发态, 当 ^{60}Ni 退激时, 将产生 γ 射线, 其平均能量为 1.25MeV。因此, 对 ^{60}Co 进行辐射防护主要是对 γ 射线的屏蔽。屏蔽体为辐照室四周的混凝土墙和顶部的混凝土屋顶。评价标准采用《 γ 卫康环保科技(浙江)有限公司

辐照装置设计建造和使用规范》(GB/T17568-2019)中对辐照室“在设计最大装源量的前提下,屏蔽体外剂量率不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$,各迷道口处的剂量率不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量率要求。人员剂量评价根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》(GB/T17568-2019)制定剂量约束值:辐射工作人员附加年有效剂量约束值为 5mSv/a ;公众附加年有效剂量约束值为 0.1mSv/a 。

本项目结合基于粒子物理蒙特卡洛程序为基础的 FLUKA 进行预测,预测结果详见以下分析,并采用点源模型进行估算详见 5.2.2。本报告采用《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009)附录 A 中推荐的辐照室屏蔽与防护设计计算方法,将放射源简化为点源估算工作人员及公众年附加有效剂量,并与本项目的剂量约束值进行比较评价。根据相关文献《某辐照装置屏蔽的剂量计算》中的研究结论,面源计算结果小于应用点源模型的计算结果,说明点源模型的计算是偏保守的,因此采用点源模型对软件预测模型进行验证。

5.2.1 场所辐射水平 (FLUKA)

5.2.1.1 项目情况

本项目租用 8#车间进行生产,于辐照装置机房内配备 1 套 BFT-V 型(辐照箱式) γ 辐照装置,设计总装源能力为 $1.48\times 10^{17}\text{Bq}$ (400 万居里)的 ^{60}Co 放射源(属于 I 类放射源)。考虑到 β 射线的能量远小于 γ 射线,因此预测过程中只考虑 γ 射线的影响,韧致辐射和 β 射线可不考虑。

另于辐照室人员迷道门口处放置 1 枚活度约为 $3.70\times 10^5\text{Bq}$ ($10\mu\text{Ci}$)的 ^{137}Cs 检测源,用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的便携式个人剂量报警仪是否工作正常,V 类放射源属于极低危险性的放射源,不会对周围环境和工作人员产生辐射影响。项目采用 FLUKA 进行屏蔽效果计算,本次蒙卡预测采用模拟粒子数 5×10^9 个,共 8×10^6 个网格数量,计算不确定度小于 10%;工作场所屏蔽材料主要为混凝土(主要材料水泥占比 25%~35%,砂占比 35%~45%,石子占比 30%~40%)。

在进行辐射剂量率计算时,为使模拟更贴合真实情况,对每根 ^{60}Co 源棒分别进行建模,源棒结构参考《高活度钴 60 密封放射源》(GB/T 7465-2015),同时为方便建模,将 ^{60}Co 源棒整体简化为圆柱,外侧为不锈钢外壳(标示为黄色),内部为钴源(标示为绿色),单根 ^{60}Co 源棒建模示意图(露出内部钴源)

见图 5.2-1。

图 5.2-1 建模示意图

BFT 型（辐照箱式）源架的布置情况详见下图。

图 5.2-2 γ 辐照装置源架

项目使用 CAD 对 γ 辐照装置机房进行建模，详见图 5.2-3。

图 5.2-3 γ 辐照装置机房建模示意图

本项目采用 FLUKA 程序对 γ 辐照装置升源状态下辐照装置机房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率以及贮源状态下和换源状态下贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率进行计算。

本项目 γ 辐照装置机房四周和顶部屏蔽体外的辐射剂量率关注点布设情况如图 5.2-5 和图 5.2-6。

5.2.1.2 升源状态下

升源状态下，BFT 型 γ 辐照装置源架位置示意图见图 5.2-4。过源架中心位置的三个方向的切面（水平方向和两个垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5.2-7 至图 5.2-9 所示，剂量率方差云图 5.2-10-11。

图中粉色包络线为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的辐射剂量率限值边界。从图中可知， $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的包络线均位于辐照装置机房的屏蔽体内，即辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率均不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

图 5.2-4 源架位置示意图 单位：mm

)

图 5.2-5 本项目 γ 辐照装置机房四周和顶部屏蔽体外的辐射剂量率关注点图



图 5.2-6 本项目 γ 辐照装置机房顶部屏蔽体外的辐射剂量率关注点图

图 5.2-7 辐照装置升源状态水平方向辐射剂量率分布图

图 5.2-8 辐照装置升源状态水平方向方差云图

图 5.2-9 辐照装置升源状态剖面辐射剂量率分布图

图 5.2-10 辐照装置升源状态剖面方差云图

图 5.2-11 辐照装置不同截面剂量率划分图

图 5.2-12 辐照装置截面 1 剂量率分布图

图 5.2-13 辐照装置截面 2 剂量率分布图

图 5.2-14 辐照装置截面 3 剂量率分布图

图 5.2-15 辐照装置截面 4 剂量率分布图

图 5.2-16 辐照装置截面 5 剂量率分布图

图 5.2-17 辐照装置截面 6 剂量率分布图

图 5.2-18 辐照装置截面 7 剂量率分布图

图 5.2-19 辐照装置截面 8 剂量率分布图

图 5.2-20 辐照装置截面 9 剂量率分布图

图 5.2-21 辐照装置截面 10 剂量率分布图

根据图 5.2-11~图 5.2-21 可知，辐照机房升源状态下屏蔽体外辐射剂量率详见表 5.2-1。

表 5.2-1 辐照机房升源状态下屏蔽体外辐射剂量率

序号	关注点位描述	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	辐照装置机房东墙南侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
2	辐照装置机房南墙东侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
3	辐照装置机房南墙废气排气筒东墙外 30cm 处	0.02
4	辐照装置机房南侧人员迷道东墙东侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
5	辐照装置机房南侧人员迷道东墙中侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
6	辐照装置机房南侧人员迷道东墙西侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
7	辐照装置机房南侧人员迷道西墙南侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
8	辐照装置机房西侧人员迷道西墙东侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
9	辐照装置机房西侧人员迷道实验线预留口南侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
10	辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
11	辐照装置机房货物迷道进口外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
12	辐照装置机房货物迷道西侧墙外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
13	辐照装置机房货物迷道出口外 30cm 处	0.5
14	辐照装置机房货物迷道出口北墙西侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
15	辐照装置机房货物迷道出口北墙中侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
16	辐照装置机房货物迷道北墙东侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
17	辐照装置机房货物迷道北墙东侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
18	辐照装置机房北墙西侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
19	辐照装置机房北墙中侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$
20	辐照装置机房北墙东侧外 30cm 处	$<1\times 10^{-2}$

21	辐照装置机房东墙北侧外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
22	辐照装置机房东墙中侧外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
23	辐照装置机房南侧人员迷道顶部屏蔽体外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
24	辐照装置机房顶部屏蔽体北侧外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
25	辐照装置机房顶部屏蔽体东侧外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
26	辐照装置机房顶部屏蔽体南侧外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
27	辐照装置机房排气筒外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
28	辐照装置机房顶部屏蔽体外贮源井上方 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
29	辐照装置机房顶部屏蔽体西侧外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
30	辐照装置机房货物迷道西侧顶部屏蔽体外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
31	辐照装置机房货物迷道出口顶部屏蔽体外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$
32	辐照装置机房西南测人员迷道出口顶部屏蔽体外 30cm 处	$<1 \times 10^{-2}$

由表 5.2-1 模拟计算结果可知，升源状态下，辐照室四周和顶部机房的辐射剂量率最大为 $0.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足在设计最大装源量的前提下，在距屏蔽体表面 30cm 处，由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

5.2.1.3 贮源状态下

贮源状态下，辐照装置贮源井建模示意图 5.2-22。过源架中心位置的两个方向的切面（水平方向和垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5.2-23 至图 5.2-24 所示，剂量率方差云图 5.2-25 和图 5.2-26。经模拟计算，贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率小于 $1 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）的“在设计最大装源量的前提下，在距屏蔽体表面 30cm 处，由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。”的要求。

图 5.2-22 辐照装置贮源状态下贮源井建模示意图

图 5.2-23 辐照装置贮源状态贮源井水平方向辐射剂量率分布图

图 5.2-24 辐照装置贮源状态贮源井垂直方向辐射剂量率分布图

图 5.2-25 辐照装置贮源状态贮源井水平方向剂量率方差云图

图 5.2-26 辐照装置贮源状态贮源井水平方向剂量率方差云图

5.2.1.4 换源状态下

贮源井内设装卸源平台，距地面 5.05m。装源时，最多可将 2 个铅罐内的盛源花篮以及 4 个源架模块放置该平台。同时，再将 1 个源架模块提起。此为

装源时井口最大剂量率状态。参数见表 5.2-2，装源模型示意图 5.2-27。

表 5.2-2 辐照装置装源模型

名称	最多容纳放射源活度 (万 Ci)	距地面距离 (m)	屏蔽水层厚度 (m)
盛源花篮 (两个)	40	5.05	4.75
源架模块 (四个, 放置在装源平台上)	200	5.05	4.75
源架模块 (一个, 提起的)	50	4.45	4.15
源架	110 (400 万 Ci 减去前三项 290 万 Ci)	5.05	4.75

图 5.2-27 装源模型示意图 单位: mm

过源架中心位置的两个方向的切面（水平方向和垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5.2-28 至图 5.2-29 所示，剂量率方差云图 5.2-30 和 5.2-31。经模拟计算，贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率小于 $1 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）的相关要求。

图 5.2-28 辐照装置换源状态贮源井水平方向辐射剂量率分布图

图 5.2-29 辐照装置换源状态贮源井垂直方向辐射剂量率分布图

图 5.2-30 辐照装置换源状态贮源井垂直方向剂量率方差云图

图 5.2-31 辐照装置换源状态贮源井垂直方向剂量率方差云图

5.2.1.5 计算结果及汇总及评价

γ 辐照装置工作状态辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率、非工作状态时贮源

井表面辐射剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中的相关规定。

5.2.2 理论计算

5.2.2.1 辐照室周围墙体核算分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的“辐射防护最优化”原则，对本项目中辐照室周围墙体厚度进行核算。

辐照室屏蔽墙（顶）外的剂量率能够满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）中对辐照室“在设计最大装源量的前提下，屏蔽体外剂量率不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求，对辐照室周围屏蔽墙体厚度进行核算。考虑以点源模式计算结果偏保守，仅作为对模型预测结果的核验。

本项目辐照装置最大装源量为 $1.48 \times 10^{17}\text{Bq}$ 的 ^{60}Co 板源， γ 射线平均能量为 1.25MeV ，求解点源产生的 γ 射线致距离点源 R 处的吸收剂量率。在放射源项达到百万居里时，当把整个板源作为距离受照物体最近一点的点源求解时吸收剂量率的估计值往往不够准确，因为板源上距离较远的辐照源实际的照射贡献剂量率会远小于估计值，因此计算出的总源项估计值会高于实际值，而在实际中这反而使得估算结果更保守，所以假如看做点源求解时剂量率可以接受，则实际板源也能符合要求。当点源与预测点之间不存在屏蔽介质的情况下，点源产生的 γ 射线致距离点源 R 处的吸收剂量率，计算公式如下：

$$H_0 = \frac{S_0}{4\pi R^2} \times \eta \quad (5-1)$$

式中：

H_0 ----在点源照射下，距源 R 处剂量率， mSv/h ；

S_0 ----点源能量强度， MeV/s ，本项目中 $S_0 = 3.7 \times 10^{17}\text{MeV/s}$ ；项目辐照装置最大装源量为 $1.48 \times 10^{17}\text{Bq}$ 的 ^{60}Co 放射源， γ 射线平均能量为 1.25MeV ，因此点源的能量强度为 $S_0 = 1.48 \times 10^{17}/\text{s} \times 2 \times 1.25\text{MeV} = 3.7 \times 10^{17}\text{MeV/s}$ 。

R----预测点与点源的距离， cm ；

η ---- γ 射线通量密度与空气吸收剂量率之间的转换系数，由 ICRP71 号出版物(1996) 查得 γ 光 F 对应能量为 1.25MeV 时的能通量密度与剂量率的转换系数为 $1.765 \times 10^{-5}\text{mSv/h}/[\text{MeV}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}]$ ；

根据设计单位给出的辐照室规格可知，该辐照室采用混凝土屏蔽，辐照室采

用比重为 2.35g/cm^3 的混凝土，屏蔽主屏蔽墙厚度为分别为东侧墙屏蔽厚度 215cm，源距离东侧墙外 943cm；西侧主要为迷道，迷道厚度分别为 1.3-1.9m，距最近的迷道距离为 771cm；北侧墙屏蔽厚度 225cm，源距离北侧墙外 624cm；南侧墙屏蔽厚度 220cm，源距离南侧墙外 1079cm；屋顶屏蔽厚度 195cm，源距屋顶外 377cm，具体如下表所示。其中，西侧为 8#车间内的操作大厅，北侧墙外为纬四路，东侧墙外为规划河益路，南侧为 8#车间内产品仓库。

表 5.2-3 辐照室主屏蔽墙及屋顶厚度

屏蔽措施名称		厚度 (mm)	屏蔽墙与源间距 (cm)
东侧	东侧外墙	2150	943
南侧	南侧东墙	2200	1079
北侧	北侧外墙	2250	624
上方	屋顶	1950	377
西侧	西侧外墙 (迷道)	1300~1900	771

参照《放射防护实用手册》(赵兰才, 张丹枫), 据此求解屏蔽室外的周围剂量当量率, 公式如下:

$$H = H_0 \times 10^{-(d/\Delta_{1/10})} \quad (5-2)$$

式中:

H----在点源照射下, 某点位添加屏蔽墙后的实际周围剂量当量率, mSv/h;

H_0 ----在点源照射下, 某点位未添加屏蔽墙的周围剂量当量率, mSv/h;

d----屏蔽墙的厚度, cm;

$\Delta_{1/10}$ ----屏蔽墙所用材质将 X 或 γ 光子数 (或剂量率、注量率等) 减弱到原来的十分之一所需的屏蔽层厚度, 即十倍减弱厚度, 具体到本项目, 根据 NCRP Report No.151 Appendix A, 混凝土对 $^{60}\text{Co-60}$ 的十分之一层为 20.6cm。

根据上述公式及数据可求得辐照室外周围剂量当量率如表 5.2-4 所示。

表 5.2-4 辐照室外周围剂量当量率

序号	对应图 5.2-4 和 5.2-5 点位	位置	距源距离 (cm)	无屏蔽时的周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有屏蔽时的周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	22	东侧	943	5.85×10^8	2.14×10^{-2}
2	2	南侧	1079	4.46×10^8	9.33×10^{-3}
3	19	北侧	624	1.34×10^9	1.60×10^{-2}
4	28	顶部	377	3.67×10^9	1.25

根据辐射防护最优化原则, 屏蔽体外最大辐射周围剂量当量率为顶部的 $1.25\mu\text{Sv/h}$, 通过计算得出本项目辐照室周围墙体的厚度均满足墙外剂量率水平

不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。根据以上理论计算可知，由放射源所产生的周围剂量当量率符合《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》(GB/T 17568-2019)中 A.1.1 不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

5.2.2.2 辐照室直射计算

由于辐照室周围墙体核算分析章节中已给出几面屏蔽墙外侧及屋顶外的辐照直射周围剂量当量率水平，此处仅分析附近可能有人员活动的区域的辐照直射周围剂量当量率水平，包括水处理间、配件间、剂量室、控制室、人员通道、北侧货物迷道口、南侧货物迷道口，人员迷道口，南侧迷道墙体外等。计算仍沿用 5.2.2.1 节的算法。计算结果见表 5.2-5，各预测点示意图见图 5.2-32 和图 5.2-33。

表 5.2-5 辐照室直接计算结果

序号	位置	途径	距源距离 (m)	屏蔽墙体 厚度 (m)	无屏蔽时的周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	有屏蔽时的周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	水处理间	8.6m 空气→2.2m 混凝土	11.1	2.20	4.22×10^7	8.82×10^{-1}
2	配件间	2.77m 空气→1.95m 混凝土→11.6m 空气→1m 混凝土	13.8	2.95	2.73×10^7	1.31×10^{-4}
3	剂量室	2.77m 空气→1.95m 混凝土→18.5m 空气→2m 混凝土	21.5	3.95	1.12×10^7	7.51×10^{-10}
4	控制室	2.77m 空气→1.95m 混凝土→18.5m 空气→2m 混凝土	21.5	3.95	1.12×10^7	7.51×10^{-10}
5	人员通道	2.77m 空气→1.95m 混凝土→18.5m 空气→1m 混凝土	20.5	3.95	1.24×10^7	5.90×10^{-10}
6	北侧货物迷 道口	7.1m 空气→1m 混凝土→1.95m 空气→1.9m 混凝土→ 2.15m 空气→1m 混凝土→4.75m 空气	21.2	3.90	1.12×10^7	1.31×10^{-12}
7	南侧货物迷 道口	7.1m 空气→1m 混凝土→1.95m 空气→1.9m 混凝土→ 2.15m 空气→1m 混凝土→4.75m 空气	21.2	3.90	1.12×10^7	1.31×10^{-12}
8	人员迷道口	5.26m 空气→1.9m 混凝土→7.7m 空气→1.3m 混凝土→ 7.75m 空气→0.6m 混凝土→3.8m 空气	23.9	3.80	9.06×10^6	3.24×10^{-12}
9	南侧迷道墙 体外	5.26m 空气→1.9m 混凝土→4.2m 空气→1.3m 混凝土	13.0	3.20	3.06×10^7	8.94×10^{-9}

图 5.2-32 辐照室直射关注点 单位：mm

图 5.2-33 辐照室直射关注点

计算可知，最大点为水处理间，剂量率为 $8.82 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中剂量率控制要求。

5.2.2.3 辐照室迷道散射

采用《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）附录 A 中（即《辐射防护手册第一分册放射源与屏蔽》中的计算方法）推荐的计算方法估算迷道口处的散射辐射剂量率。

为估算迷道口处的散射辐射剂量率，需要对迷道中的 γ 射线多次散射进行计算，由于 γ 射线散射率较小，因此，通常以最小散射次数的径迹来估算射线的多次散射，并按照该散射角初次散射的 γ 光子能量作为整个散射 γ 谱的近似代表，散射面上的源也可看成均匀的点源。

本项目迷道设计较为复杂，为多重“S”型，由图可以看出，在最极端无屏蔽的情况下，人员迷道射线至少经过八次散射才能到达迷道口，北侧货物迷道射线至少经过五次散射才能到达迷道口，南侧货物迷道射线至少经过五次散射才能到达迷道口。为简化计算，这里仅以近似点源模式估算物流迷道口以及人员迷道入口处的散射辐射剂量率。

射线在北侧货物迷道中至少要散射五次才能到达装货平台（1 蓝色虚线），射线在南侧货物迷道中至少要散射五次才能到达装货平台（2 紫色线），射线在人员迷道中至少要散射八次才能到达控制室门口（3 红色线）。

图 5.2-34 迷道散射示意图 单位：mm

根据 GB10252-2009 附录 A 推荐的辐照室迷道计算方法，散射辐射剂量率的计算公式见公式（5-3）：

$$\dot{D}_s = \frac{\dot{D}_0 \times \alpha_d \times \cos \theta_0 \times S}{r^2} \quad (5-3)$$

式中：

\dot{D}_s ----经一次散射后某测点位置处的反散射剂量率，Sv/h；

S----散射面积，m²；

r----散射点到计算点的距离，m；

\dot{D}_0 ----入射到面积元 S 处的剂量率，Sv/h；

α_d ----剂量微分反照率；

其中 α_d 计算公式如下：

$$\alpha_d = \frac{c \times k(\theta_s) \times 10^{26} + c'}{1 + \frac{\cos \theta_0}{\cos \theta}} \quad (5-4)$$

式中：

C、C'----与入射 γ 射线能量和散射介质有关的系数，C、C' 的计算采用《辐射防护手册辐射源与屏蔽》中 P355 中式（7.90）和式（7.10）；

θ_0 ----入射 γ 射线的入射角，（°）；

θ ----散射 γ 射线的反射角，（°）；

K (θ_s) ----公式换算中间量，见公式（5-5）；

其中 K (θ_s) 的计算公式如下：

$$k(\theta_s) = \frac{r_0^2}{2} p [1 + p^2 - p(1 - \cos^2 \theta_s)] \quad (5-5)$$

式中：

r_0 ----经典电子半径，取 2.818×10^{-13} cm；

p----公式换算中间量，见公式（5-6）；

θ_s ----散射方向与入射方向的夹角，计算公式见（5-7）；

γ 光子散射前后能量之比：

$$p = \frac{E}{E_0} = \frac{1}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos \theta_s)} \quad (5-6)$$

式中：

E_0 ----入射 γ 射线能量，MeV；

E ----一次散射后 γ 射线能量，MeV；

散射方向与入射方向的夹角 θ_s 由下式确定：

$$\cos \theta_s = \sin \theta_0 \sin \theta \cos \phi - \cos \theta_0 \cos \theta \quad (5-7)$$

式中：

ϕ ----入射面与散射面的夹角；

γ 射线反射简化示意图见图 5.2-35。

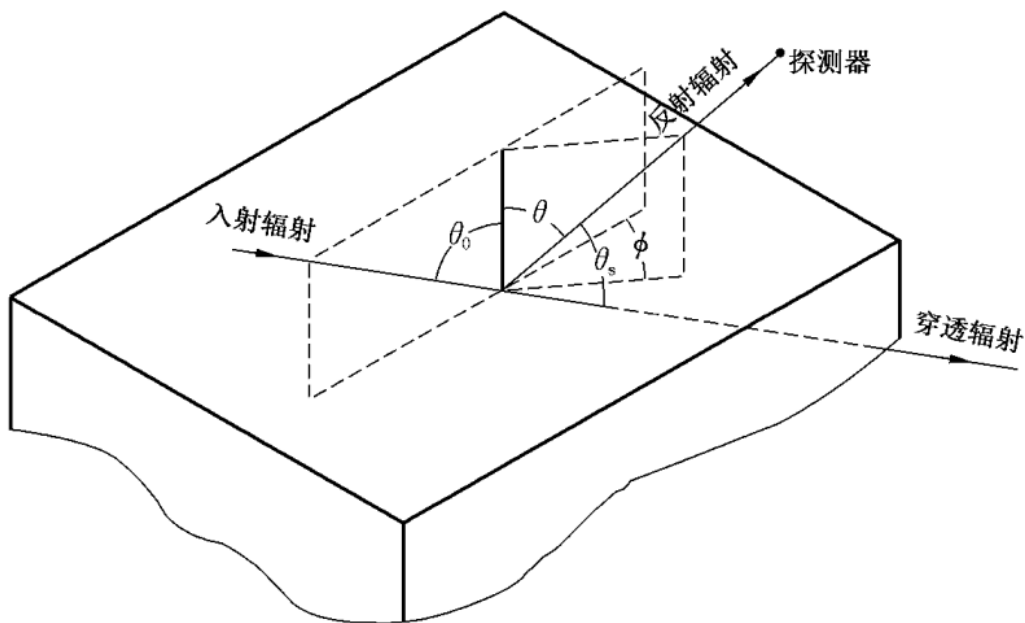


图 5.2-35 计算反散射的示意图

本项目保守考虑，认为入射面与散射面是在同一个平面上，即 ϕ （入射面与散射面的夹角）为 0° 。

迷道散射计算结果见表 5.2-6。

表 5.2-6 反散射计算所用参数及结果

散射线路	散射次数	入射角 θ_0 (rad)	反射角 θ (rad)	散射后能量 (MeV)	散射面积 (m ²)	距离 (m)	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
北侧货物迷道 (1 蓝色虚线)	第一次	0.28	0.27	0.23	6.02	1.71	/
	第二次	0.27	0.58	0.13	5.48	3.07	/
	第三次	0.99	0.65	0.11	5.29	5.97	/
	第四次	0.65	0.45	0.08	3.65	4.73	/
	第五次	0.45	1.25	0.07	5.02	4.38	7.66E-02
南侧货物迷道 (2 紫色线)	第一次	0.42	0.23	0.23	5.48	1.54	/
	第二次	0.23	0.55	0.13	5.48	3.05	/
	第三次	1.02	0.65	0.11	5.29	5.97	/
	第四次	0.65	0.79	0.09	3.65	5.60	/
	第五次	0.79	0.96	0.08	5.75	2.76	2.15E-01
人员迷道 (3 红色线)	第一次	0.58	0.79	0.32	9.35	4.95	/
	第二次	0.79	0.84	0.20	5.84	2.25	/
	第三次	0.84	0.79	0.15	5.48	4.95	/
	第四次	0.79	0.07	0.10	6.57	8.50	/
	第五次	1.50	0.79	0.09	9.49	5.87	/
	第六次	0.79	1.22	0.08	5.84	4.62	/
	第七次	1.22	0.79	0.08	10.40	4.16	/
	第八次	0.79	0.12	0.06	15.33	4.23	2.36E-08

由计算结果知，在将 400 万 Ci 板源当做近似点源的情况下，辐照室迷道口剂量率考虑透射和散射的累加结果。根据计算结果，货物和人流迷道口的 γ 辐射剂量率详见表 5.2-7。

表 5.2-7 直射和散射叠加值

序号	点位	散射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	直射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	北侧货物迷道	7.66E-02	1.31E-12	7.66E-02	2.5
2	南侧货物迷道	2.15E-01	1.31E-12	2.15E-01	2.5
3	人员迷道	2.36E-08	3.24E-12	2.36E-08	2.5

根据以上分析可知货物迷道口和人员迷道口辐射剂量率均满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》(GB/T17568-2019) 中对辐照室“在设计最大装源量的前提下，迷道口处的剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”。

5.2.2.4 屋顶天空反散射

本项目辐照房为两层结构，辐照室上方为进源间，且辐照室屋顶足够厚， γ 射线穿透辐照室和进源间后大气反散射作用下对地面参照点的剂量率贡献值远小于直射和迷道散射，因此本项目不考虑大气反散射的影响。

5.2.2.5 局部贯穿辐射分析

本项目贯穿辐照室的管线主要为排风管、钢丝绳预留管线、电机预埋管线和铁链预留管线。排风管、钢丝绳预留管线、电机预埋管线和铁链预留管线均多次弯折；铁链预留管线直接穿过辐照室屋顶，但管线通过混凝土填充，使缝隙在1mm~4mm范围内，且铁链预留管线长约2.2m；同样钢丝绳预留管线虽然直穿墙体，但是预埋管与钢丝绳的缝隙非常小。因此 γ 射线均需经过多次散射才能经电机预埋管线散射至辐照室外，管线外还设置10mm铅盒进一步屏蔽。排风管平面布置和剖面图见图5.2-36，钢丝绳预留管线穿墙见图5.2-37，铁链预留管线穿墙见图5.2-38。

辐照室屏蔽墙外根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189页的实例证明，本项目 γ 射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至辐照室屏蔽墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目导源管、电缆管与通风管等管道的布置方式不会破坏墙体的屏

(1) 风管走向平面布置图

(2) 风管剖面布置图

图 5.2-36 排风管平面布置和剖面图

图 5.2-37 钢丝绳预留管线穿墙示意图 单位: mm

图 5.2-38 铁链预留管线穿墙示意图 单位: mm

5.2.2.6 贮源井水辐射防护预测分析及结果

贮源井除了贮源外,倒源、装源等操作也均在井下进行。贮源井水层深度既要保证最大贮源量时井上工作人员的安全,又要保证进行水下各种操作时,有足够的水屏蔽层。

(1) 源在贮存位置

贮源井设计深度为 7.5m，实际水深度最大 7.2m，源的总活度为 1.48×10^{17} Bq（400 万 Ci），距离地面距离 5.05m，屏蔽水层厚度 4.75m，源在贮存位置时，源在水井中的几何位置如图 5.2-39 所示：

图 5.2-39 源和装源过程在水井中的几何位置 单位：mm

(2) 装源状态

井内设装卸源平台，距地面 5.05m。装源时，最多可将两个铅罐内的盛源花篮以及 4 个源架模块放置该平台。同时，再将一个源架模块提起。此为装源时井口最大剂量率状态。具体参数见表 5.2-22。

表 5.2-22 井口最大剂量率状态

名称	最多容纳放射源活度（万 Ci）	距地面距离（m）	屏蔽水层厚度（m）
盛源花篮（两个）	40	5.05	4.75
源架模块（四个，放置在装源平台上）	200	5.05	4.75
源架模块（一个，提起的）	50	4.45	4.15
源架	110（400 万 Ci 减去前三项 290 万 Ci）	5.05	4.75

参照如下公式进行计算，计算参数及结果见表 5.2-23。

计算按照辐射防护手册第一分册和《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）中推荐的计算方法，采用点源模式进行计算。在点源与计算点之间无介质的情况下，计算点的 γ 射线能通量密度的计算公式如下：

$$\phi = \frac{S_0}{4\pi R^2} \quad (5-11)$$

式中：

φ----γ 射线能通量密度，MeV/cm²·s；

S₀----点源能量强度，MeV/s；

R----点源与计算点之间的距离，cm；

并由下式即可计算出该计算点有屏蔽体时的剂量率大小：

$$D_m = \frac{D}{K} = \frac{\phi \times H_p}{K} \quad (5-12)$$

式中：

D_m----有屏蔽体情况下计算点的剂量率，μSv/h；

D----无屏蔽体情况下计算点的剂量率，μSv/h；

k----屏蔽体的有效减弱倍数；

以贮存状态为例，计算过程：

$$S_0 = A_0 \times 2.5 \quad (5-13)$$

A₀----⁶⁰Co 放射源活度；

γ 光子对应能量为 1.25MeV 时的能通量密度与剂量率的转换因子 H_p=1.765x10⁻⁵ (mSv/h) / [MeV/ (cm²·s)]，经剂量转换求得该计算点无屏蔽体时的剂量率 D。通过查辐射防护手册第一分册图 10.1b、GB10252-2009 表 A.1，以及外推可以得到其有效减弱倍数 k。

所有源均在贮存位，计算水层表面处的剂量率，按照《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）中推荐的计算方法，按公式（5-12）计算，据此求得贮存状态剂量率为 7.14E-05μSv/h。

装源状态四个类型的放射源求解方法同上，最终结果如下表所示，四个类型

放射源剂量率之和即为总剂量率，为 $6.94E-04\mu\text{Sv/h}$ 。

表 5.2-8 贮源水井屏蔽计算结果

放射源状态		放射源活度 (万 Ci)	S_0 (MeV/s)	距地面距离 (m)	屏蔽水层厚度 (m)	D_m ($\mu\text{Sv/h}$)
贮存状态	源架在井内	400	$3.70E+17$	5.05	4.75	$7.14E-05$
装源状态	盛源花篮 1	20	$1.85E+16$	5.05	4.75	$7.14E-06$
	平台源架	50	$4.63E+16$	5.05	4.75	$3.57E-05$
	提起的源架	50	$4.63E+16$	4.45	4.15	$2.40E-04$
	水下源架	110	$1.02E+17$	5.05	4.15	$4.11E-04$
合计						$6.94E-04$

源在贮存状态时，剂量率最大为 $7.14E-05\mu\text{Sv/h}$ ，而装源状态时，总剂量率最大为 $6.94E-04\mu\text{Sv/h}$ 。由以上计算结果可知，将 400 万 Ci 板源当做近似点源的情况，无论是装源状态，还是源架在井底时的贮源状态，经去离子水层屏蔽后，倒源井口处的剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，可满足辐照室内换源的要求。

5.2.3 人员受照剂量

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量按公式计算：

$$H = D \times t \times T \quad (5-14)$$

式中：H—人员年受照剂量，mSv/a；

D—人员所在场所辐射剂量率，mSv/h；

t—人员年受照时间，h/a；

T—居留因子，无量纲。

本项目拟为 1 套 γ 辐照装置分别配备 13 名辐射工作人员，实行每周 40 小时工作制，每年工作 50 周，每日生产实行三班。

由于 γ 射线剂量率与距离平方成反比关系，同方向人员受照剂量仅需考虑与源点距离最近且居留因子最大的保护目标。利用表 5.2-1、表 5.2-4、表 5.2-5 的相关数据取较大值，本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 5.2-9。

表 5.2-9 本项目辐射工作人员和周围公众年有效剂量

放射源状态	保护目标	受照类型	居留因子	与辐照室距离	保护目标处辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
升源状态	控制室	职业照射	1	紧邻	1×10^{-2}	2000	4.1×10^{-2}
	水处理间		1	紧邻	8.82×10^{-1}	25	
	剂量室		1	紧邻	1×10^{-2}	2000	

贮源状态	辐照室巡检人员		1	紧邻	1×10^{-2}	19.4	
/	8#车间辐照产品仓库	公众照射	1	6m	1.39×10^{-2}	2000	2.78×10^{-2}
	8#车间辐照产品进出		1	6m	1.39×10^{-2}	2000	2.78×10^{-2}
	配件间		1	紧邻	1×10^{-2}	25	2.50×10^{-4}
	2#产品检验验收用房		1	60m	1.39×10^{-4}	7000	9.75×10^{-4}
	9#立体仓库		1	50m	2.0×10^{-4}	7000	1.37×10^{-3}
	小镇客厅		1	86m	6.76×10^{-5}	7000	4.73×10^{-4}
	16#储罐区和泵房		1	150m	2.22×10^{-5}	7000	1.55×10^{-4}
	浙江大胜达包装有限公司		1	385m	3.37×10^{-6}	7000	2.36×10^{-5}
注：1、保护目标处辐射剂量率取值=关注点剂量率×关注点到源点的距离 ² /保护目标到源点的距离 ² 2、居留因子均保守取1，贮源状态和装源、换源状态对公众的影响可忽略不计。							

换源、装源委托有资质的单位处置，因此该过程中不涉及本项目辐射工作人员有效剂量的计算。根据计算结果可知，本项目 γ 辐照装置投入运行后，所致辐射工作人员受照年有效剂量为 $6.21 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ；所致其他人员最大受照年有效剂量为 $2.78 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员、公众的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.1mSv ）。

5.2.4 废气影响分析

5.2.4.1 废气达标性

根据计算可知，降源后两台风机开启 0.35min 后，辐照室内 O_3 浓度可降低至 0.3mg/m^3 。开启 5min 后，辐照室内 O_3 的浓度降至 0.065mg/m^3 ，满足《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）附录B的规定“辐照室内当放射源降至井水下贮存位 5min 后， O_3 浓度不超过 0.3mg/m^3 ”的要求。根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）附录B可知， NO_x 的产额约为臭氧的 $1/2$ 。因此，开启 5min 后，辐照室内 NO_x 的浓度为 0.033mg/m^3 ， NO_2 浓度小于 NO_x ，因此符合“辐照室内当放射源降至井水下贮存位 5min 后， NO_2 浓度不超过 5mg/m^3 ”的要求。

根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2018）的规定，采用估

算模式计算大气污染物对环境的影响。O₃ 排放考虑连续点源释放，风场空间假设是均匀恒定、湍流是平稳的。本项目排气筒高度为 20m，面积为 1.2m²，等效内径为 1.24m。

辐照装置在正常运行时辐照室内 O₃ 浓度保持一个平衡浓度，按单台风机开启，排风量 20240m³/h 计算，降源后两台风机开启，长期稳定的排放速率为 0.119kg/h。辐照室 O₃ 浓度和 NO_x 的排放量见表 5.2-10。

表 5.2-10 辐照室 O₃、NO_x 产生量、排放浓度和排放量

排放项目	产生量 (mg/h)	排放浓度 (mg/m ³)	排风量 (m ³ /h)	排放速率 (kg/h)
O ₃	1.38×10 ⁵	5.899	20240	0.119
NO _x	6.4×10 ⁴	2.955	20240	0.059

由上表可知，O₃ 的排放浓度为 5.899mg/m³，O₃ 排放速率为 0.119kg/h。根据《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009)，NO_x 的产额约为 O₃ 的 1/2，因此 NO_x 的排放浓度为 2.995mg/m³，排放速率为 0.059kg/h，满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 中，对本项目新增污染源 NO_x 最高允许排放浓度为 240mg/m³，排气口高度为 20m 时，二级排放速率最高为 1.3kg/h 的要求。

5.2.4.2 废气影响分析

根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)，本次预测采用 AERSCREEN 模型进行估算。点源参数调查清单见表 5.2-11。

表 5.2-11 点源参数调查清单

名称	排气筒	
排气筒底部坐标	东经 (°)	120.192878628
	北纬 (°)	29.985513564
排气筒底部海拔高度 (m)	6.385	
排气筒高度 (m)	20	
排气筒出口内径 (m)	1.24	
烟气流速 (m/s)	11.24	
烟气温度 (°C)	13.8	
年排放小时数 (h)	7000	
排放工况	正常排放	
污染物排放速率 (kg/h)	O ₃	0.119
	NO _x	0.059

5.2.4.3 估算模型参数

本项目估算模型参数详见表 5.2-12。

表 5.2-12 估算模型参数表

参数		取值
城市/农村选型	城市/农村	城市
	人口数（城市选项时）	130 万
最高环境温度/°C		40.7
最低环境温度/°C		-10.1
土地利用类型		城市
区域湿度条件		湿润区（潮湿气候）
是否考虑地形	考虑地形	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
	地形数据分辨率/m	90
是否考虑岸线熏烟	考虑岸线熏烟	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
	岸线距离/km	/
	岸线方向/°	/

本项目估算模型计算结果见表 5.2-13。

表 5.2-13 主要污染源估算模型计算结果表

序号	排气筒位置	污染源	污染物名称	环境空气质量标准 C _{0i} (mg/m ³)	最大落地浓度 (mg/m ³)	最大落地浓度占标率 P _i (%)	D _{10%} (m)
有组织							
DA001	辐照机房风机房	电离废气	NO _x	0.2	9.1×10 ⁻⁴	0.48	105
			O ₃	0.2	1.8×10 ⁻³	0.92	105

根据预测结果，正常工况下，项目有组织废气中 O₃ 最大落地浓度贡献值占标率最高为 0.92%。

经计算，O₃ 的最大落地浓度在拟建厂址下风向距排气筒 105m 处，为 1.8×10⁻³ mg/m³，浓度占标率为 0.92%。因此该厂址区域 O₃ 浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级浓度限值“O₃ 1 小时平均浓度限值 0.20mg/m³”的要求。同时满足《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）中“辐照室外的臭氧小时平均浓度不应超过 0.20mg/m³”的要求。

NO_x 最大落地浓度在拟建厂址下风向距排气筒 105m 处，为 9.1×10⁻⁴mg/m³，浓度占标率为 0.48%。因此该厂址区域 NO_x 浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2026）二级浓度限值“氮氧化物 1 小时平均浓度限值 0.25mg/m³”的要求。同时满足《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）中“辐照室外的二氧化氮小时平均浓度不应超过 0.24mg/m³”的要求。项目产生的废气对周边敏感点的影响不大。

5.2.5 噪声影响分析

1、项目噪声源强调查清单

本次评价采用环安噪声环境影响评价系统(NOISESYSTEM)3.3, HJ2.4-2021《环境影响评价技术导则 声环境》附录 B 中推荐的工业噪声预测计算模式对辐照室进行预测, 预测内容详见表 5.2-14。

表 5.2-14 项目主要噪声源调查清单

序号	建筑物名称	声源名称	型号	声源源强	声源控制措施	空间相对位置*			距室内边界距离(m)	室内边界声级/dB(A)	运行时段
				声压级/dB(A) (1m处)		X	Y	Z			
1	辐照房2层风机房	排风机1	HTFC-V-8	90	基础减震、建筑物降噪	83	49	5.19	4	81.45	连续运行
2	辐照房2层风机房	排风机2	HTFC-V-8	90	基础减震、建筑物降噪	86	49	5.19	7	81.32	连续运行
3	辐照房室外	制冷压缩机	LBGC-20AD	70	基础减震、	106	51	1.5	/	/	连续运行

2、噪声影响分析

根据以上模式及预测参数计算噪声源对各场界的噪声贡献情况, 具体结果详见表 5.2-15。

表 5.2-15 噪声预测结果表

预测点位	东场界		南场界		西场界		北场界	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
贡献值(dB)	48	48	37	37	40	40	44	44
标准值(dB)	60	50	60	50	60	50	60	50
超标(dB)	0	0	0	0	0	0	0	0

在该辐照房布置情况下, 生产噪声经过建筑物和围墙阻隔后, 8#车间厂界昼夜间噪声贡献值达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准要求。

5.2.6 废水影响分析

(1) 非放射性废水

辐照房在投入运行后，定员为 44 名工作人员。日常生活污水产生量约为 1.87m³/d，共计 654.5m³/a，生活污水的水质 COD_{Cr} 350mg/L，氨氮 35mg/L。冲洗测试废水的产生量为 0.01t/a，水质为 COD_{Cr} 50mg/L。剂量室清洗废水产生量约为 0.066t/d，产生量为 23.1t/a，废水水质为 COD_{Cr} 400mg/L，氨氮 35mg/L，SS150mg/L。去离子浓水产生量为 0.21t/次，年产生浓水量为 11.57t/a，浓水水质为 COD_{Cr} 50mg/L。根据以上分析可知，项目产生的废水水质简单，生活污水经化粪池预处理后，其余各股废水的水质基本符合纳管标准。项目废水的日产生量约为 2.148t/d，该股废水不会对临江水处理厂造成冲击。废水的水质和规模基本符合临江水处理厂要求，且项目属于临江水处理厂的纳污范围。

(2) 放射性废水

事故情况下，放射源破损导致贮源井水被污染，利用树脂的吸附能力对含放射性的废水进行处理，处理后水井中的 ⁶⁰Co 的放射性活度浓度可以控制在 10Bq/L 以下的情况下，贮源井水可以继续使用，反之，贮源井内的水作为放射性废水采取防护措施后达《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）排放标准后经监管部门批准后方可排放。次装源、加源和倒装源过程中产生被污染的冲洗测试废水时，采用的处置工艺和措施与贮源井水基本保持一致。

(3) 地下水环境影响

贮源井水不向环境排放，在正常运行情况下，贮源井水的放射性物质含量较小，但如果源的表面和运输容器表面污染的放射性物质超过规定的限值，井水中的放射性浓度将相应升高。为确保贮源水井的水质，辐照房采用一套水处理装置，确保贮源井水中所含放射性污染物的活度应控制在 10Bq/L 以下的排放限值作为平时监测管理的警戒值，将被污染的井水处理达标后方可循环使用。井壁内衬设置 3mm 厚不锈钢板，外围设置 60cm 厚混凝土层，因此对地下水环境的影响基本可控。

拟建厂区内的污水管网均采用密闭的混凝土管道，可有效防止污水对地下水的污染。

5.2.7 固废影响分析

(1) 非放射性固废影响

本项目工作人员产生的生活垃圾，产生量为 22kg/d，年排放量为 7.7t/a。生活垃圾设垃圾桶集中收集，交由环卫部门统一处理，不会对环境造成明显影响。

制备去离子水产生的废石英砂过滤器、活性炭过滤器和反渗透膜过滤器由厂家回收处置，废离子交换树脂由厂家回收处置，不会对周边环境造成影响。

本项目 UPS 供电系统会产生废铅蓄电池，根据《国家危险废物名录》（2025 版），废铅蓄电池属于危险废物（HW31，900-052-31），产生后立即由危险废物处置许可证的单位收集并安全处置。

项目产生的固废均有可行的处置出路，对周边环境的影响基本可控。

（2）放射性固废影响

退役 ^{60}Co 放射源应遵照购买 ^{60}Co 放射源时签订的回收协议返回源供应方。

^{137}Cs 校验源为 V 类放射源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续，送具有放射性固体废物处理许可证的单位收集处置。

（3）事故情况下放射性废物的影响

井水或者冲洗测试废水产生轻度污染的情况下采用树脂进行离子交换产生的废树脂具有放射性，对所产生的废树脂需经监测达标，满足《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）要求（ ^{60}Co 活度浓度 $<0.1\text{Bq/g}$ 、 β 表面沾污 $<0.8\text{Bq/cm}^2$ ）后装袋收集，集中堆放，最终交由放射性固体废物处理许可证的单位处理。

5.2.8 生态影响分析

项目位于 C13 厂区，用地范围内不涉及生态环境保护目标，不破坏现有生态环境，因此对周边生态环境的影响基本可控。

5.3 退役考虑

1、根据土建设计图纸，辐照室作为构筑物设计使用寿命为 40 年， ^{60}Co 放射源的使用寿命为 20 年。若达到寿期业主需要延期，那时业主会按规定向监管部门提交延期使用的安全评估报告和其支持性资料。

2、为保证退役彻底落实，业主单位将在项目初期阶段另拨专项资金于特定设立的账户，专项用于辐照装置突发异常情况的处理及退役，当项目建成正式投产后将根据运行效益再增加该用于退役的专项资金。

3、业主单位设置的辐射安全管理机构将负责项目退役前、退役过程中以及退役后的辐射安全管理工作。

4、正式退役时，业主单位将按照相关规定、程序和要求办理退役手续，经监管部门批准后实施退役，严禁“先拆后报”，退役实施前应按规定转让给有资质的单位。

5.4 事故影响分析

5.4.1 事故等级划分

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（I级）、重大辐射事故（II级）、较大辐射事故（III级）和一般辐射事故（IV级）等四级，本项目涉及使用I、V类放射源，事故等级划分情况见表 5.4-1。

表 5.4-1 辐射事故划分

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故（I级）	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故（II级）	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（III级）	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（IV级）	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据表 5.4-1，本项目可能发生的事故等级包括：特别重大辐射事故、重大辐射事故和一般辐射事故。

5.4.2 主要事故风险

本项目 1 套 γ 辐照装置使用的 ^{60}Co 放射源设计装源能力均为 $1.48 \times 10^{17}\text{Bq}$ （400 万 Ci），属于I类放射源，在“ ^{60}Co 放射源的运输、倒源、存储和使用过程中，如果不对其进行安全管理或可靠保护，就会对处理这类源或在短时间内接触这类源的人员造成伤害。放射源的运输过程中事故风险及其防范不包含在本次评价范围内。

可能发生的事故包括：

（1）“人源见面”事故：由于误操作，工作人员未撤离辐照室即提升 ^{60}Co 放射源，或工作人员误入正在辐照运行中的辐照室内而发生此类事故。

（2）装源时的事故：由于没有做好警戒，导致人员误入装源现场，受到照射；或放射源从运输容器倒入辐照室的贮源井源架时，由于操作不当、设备精度

误差或源棒变形，导致放射源卡在转移通道中，无法完全进入安全位置。

(3) 卡源事故：由于导向钢丝绳被拉毛、断股，或因辐照箱运行故障而导致源架受阻不能降回贮源井安全位置的事故。

(4) 钴源泄漏事故：由于钴源双包壳破损导致放射性核素泄漏。

(5) 放射源丢失或被盗事故。

(6) 被辐照货物及其包装燃烧引起的火灾事故或氢气爆炸事故。

5.4.3 事故处理的一般原则

(1) 事故发生后，立即降源，尽快查明其影响范围，并设立明显的标志。

(2) 及时处理。事故处理过程中，应尽快调集人力、物力，由负责处理事故的相关领导有组织、有计划地进行处理，恢复正常工作状态，消除再次发生类似事故的隐患。

(3) 迅速把受照超剂量的人员送往医院进行检查治疗与急救处置。

(4) 在事故处理过程中，应在可以合理做到的条件下尽可能减少照射。

5.4.4 事故预防措施及应急措施

辐照装置投产后，建立安全生产小组，对出现的紧急事故进行高效组织处理。

对于可能出现的事故，有针对性地采取不同的具体措施。

(1) 防止“人源见面”措施

①人员通道口门与固定式辐射水平监测仪器联锁，如果固定式辐射水平监测仪器的测量值大于安全水平，门不能被打开。

②人员通道口门与源升降联锁。源在工作位置时，门不能被打开。如果意外情况下门被打开，联锁装置将引发降源指令，放射源自动降入水井安全贮存位置。

③由专人控制升源权力，控制台的升源锁与人员进出口门锁共用一把钥匙，一旦从控制台锁孔内取出钥匙，则不能升源或联锁给出降源指令自动降源至安全位置。

④由专人控制升源权力，控制台的升源锁与人员进出口门锁共用一把钥匙，一旦从控制台锁孔内取出钥匙，则不能升源或联锁给出降源指令自动降源至安全位置。

⑤人员通道口内设安全链并与升源装置联锁。人员进入辐照室时，必须摘下安全链，升源气路由此被切断，保证放射源不会被提升，如果放射源在工作位置则会自动降回井底安全贮存位置。

⑥迷道口设“源状态”的灯光显示，当源处于工作位置时，迷道口上方红色警示灯亮。

⑦控制室内设“源状态”的灯光指示，迷道内的 γ 剂量率辐射水平通过二次仪表显示，人员可依此判断放射源是在工作位置还是贮存位置。

⑧人员进出辐照室迷道及辐照产品进出通道迷道均设有光电保护装置，如果源在工作位置，人员试图进入辐照室时，光电装置会给出指令自动降源并发出音响信号。

⑨辐照室内壁四周及迷道设有紧急拉线开关，可供误入或误留人员紧急降源自救。

⑩工作人员进入辐照室内必须携带便携式 X- γ 辐射测量仪和个人剂量报警仪。

⑪辐照室及迷道内设无人钥匙开关以强制工作人员在升源前进行巡视，确认所有人员全部撤出辐照室并依次旋转无人钥匙开关后方能进行升源操作。

⑫控制台升源前将有 30s 的灯光和音响报警。

(2) 防止装源、换源事故的措施

装源、换源过程由有资质单位完成，源架两侧必须设置防撞杆，防止撞击导致放射源变形。装源操作必须在视频监控系统下进行。如果视线受阻，应配备可移动的摄像系统或 S 形通道摄像头，确保操作人员能“看见”源的位置，避免盲操作。

为防止装源时人员误入，应在装源前做好清场。装源前需进行事故应急演练。

(3) 卡源事故的处理

对于因导向钢线绳被拉毛或断股所造成的卡源事故，可从进源间解脱导向钢丝绳，将源架缓缓放回井底。在旧的设计中，有使用重锤的迫降机构，由于其实际效果并不好，因而在新的设计中将其取消。

为防止辐照箱倾倒接触源架，在板源架工作位置的两侧设有防撞杆。并在源架工作位置两端的槽钢立柱上设有防碰撞开关，一旦开关被触动，源架会自动降到井下贮存位置。同时本装置取消了静态堆码辐照方式，从而避免货物倾倒造成的卡源。

(4) 泄漏事故的处理

通过剂量监测仪表，对贮源井水质定期监测，如发现井水被污染，水处理设备应马上停止运行。并立即通知放射源供应商及相关部门，由钴源供应商采用擦拭法找出泄漏钴源，将其装入铅罐内运走。由于装置运行中对井水有实时剂量监测和主管部门定期检测，因而，一旦发生此类事故便会及时发现和采取措施使井水污染程度不会进一步发展。对被污染的井水，采用离子交换或加絮凝剂等方法进行处理，直到井水符合国家标准《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》的规定。产生的废树脂等固体废物可送城市放射性废物库贮存。

在处理泄漏事故时，只要严格遵守事故处理程序，工作人员不会受到过量照射，即不会损害工作人员的健康。

由于贮源井内有 3mm 厚不锈钢井复面，且混凝土井壁也作了防渗漏处理，因此贮源井具有两道屏障保证井水不渗漏，井复面焊好后要经过严格的探伤检漏。装源前一个月，要将井内注满水，观察井是否渗漏，只有确认井水不渗漏才能进行装源工作。因为有两道屏障，因此即便发生钴源泄漏污染井水的事故，周围环境的地下水不会受到放射性污染。

(5) 放射源丢失或被盗

若发生放射源丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性源，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射。

(6) 防止氢气爆炸措施

正常生产运行中，辐照室不可能发生爆炸。但如果辐照物中含有易爆物质或者辐照室长时间不运行、不通风，钴源在井水中使水分解产生氢气。当氢气浓度积累到安全浓度以上，再次启动辐照装置时，由于静电效应、机械摩擦或其他原因产生的火花有可能引起爆炸。 ^{60}Co 放射源贮存于井下时，井水每吸收 100eV 辐射能量可产生 0.45 个分子，氢气在空气中的含量达到 12%（体积比）时即可爆炸，其控制值为 4.1%。 ^{60}Co 放射源产生 γ 射线平均能量为 1.25MeV，可以估算出装源 $1.48 \times 10^{17}\text{Bq}$ （400 万 Ci）时，氢气产生量为 223L，保守地假定氢气不溶于水而 100% 的逸出水面进入辐照室空气中，辐照装置机房辐照室体积为 749.595m^3 ，当停止排风后，其达到爆炸控制值所需时间为 5.74 天左右。本项目实际运行时，即使源长时间位于井底，每座辐照室仍有 1 台风机始终运行，因而

不会发生氢爆。

(7) 防火措施

辐照房属于一般性消防工程，是不存在易燃易爆等危险的建设项目。厂区、建筑物与给排水等，均按国家防火规范要求设计，其耐火等级不低于二级。辐照装置机房属密封型放射源工作场所，放射源棒中的⁶⁰Co 被封装在双层不锈钢包壳内。

考虑到钴源辐射对电器设备寿命的影响和防火需要，源升降装置等电气设备均设在辐照室外。辐照室内除照明、电源插座及信号开关外，不设任何电气设备，所以一般不存在引起火灾的火种。而且在辐照室内设有火灾探测器，万一有火险发生就会报警。

一旦辐照室内的火灾探测器报警，则立即自动降源，同时排风机自动关闭（以免助燃），判明火情后，应利用设在迷道口附近的消防栓和灭火器进行灭火。

在火险情况下，具有双层不锈钢包壳的钴源降回井底后，不会因火灾使其包壳破坏而造成放射性污染。辐照室混凝土墙也不会因火灾而引起明显破坏，仍将不失原有对射线的安全屏蔽作用。本项目防火措施能够满足《γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的要求。

(8) 抗震措施

根据《γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）和《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）的要求，在可能（50 年内可能性为 90%）发生严重破坏性地震（地面水平加速度>0.3g 的地震）的地区设计建造 γ 辐照装置应装备地震探测器。一旦探测器有反应动作，则放射源能立即自动降回井底安全贮存位置。

由于整个辐照室是整体连续浇灌的超厚钢筋混凝土结构，因而即使发生强烈地震，屏蔽体仍足以保持其完整性。贮源井内壁亦为钢筋混凝土结构，并且衬以不锈钢井复面，因此能够满足控制泄漏的要求。因而即使地震发生，也不会造成放射性的泄漏。

综上所述，运行过程中可能出现概率较大或后果较严重的事故见表 5.4-2。

表 5.4-2 项目环境风险因子潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
γ 辐照装置	γ 射线	(1) 升源时有人员尚未撤离辐照室，造成人员误照射，引发辐射事故。 (2) 安全联锁装置或报警系统发生故障，发生卡源事故引发辐射事件。

本项目设置有多重辐射安全措施、急停装置和监控装置等，一旦发生事故能够较快发现和响应处置，并且机房周围人员分布较少，发生放射源失控造成大范围严重辐射污染的可能性极低。

通过上述辐射事件或事故分析，一旦发生辐射事故，公司应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，公司方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立安全管理领导小组，组织管理公司的安全工作；②加强人员的辐射安全与防护专业知识的学习，考试（核）合格、持证上岗；③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施；④定期检查辐照室的辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免人员误入正在工作中的辐照室和可能发生的其它安全事故；⑤制定公司事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射安全事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

6 辐射安全管理

6.1 机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

加强环境管理是贯彻执行环境保护法规，实现建设项目的社会、经济和环境效益的协调统一，以及公司可持续发展的重要保证。

6.1.1.1 机构设置

为有序开展放射源的使用工作，加强辐射安全与环境保护管理，应对可能发生的意外情况，最大限度的减少或消除隐患，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及生态环境主管部门的要求，杭州芯辐科技有限公司应设成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

杭州芯辐科技有限公司新建辐照房项目属于新建，也是杭州芯辐科技有限公司首次开展核技术利用项目，公司承诺在项目建设时严格按照有关规定成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

本项目为使用I类、V类放射源项目，根据《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发（2015）40号），建设单位应设1个辐射安全关键岗位，为辐射防护负责人，最少在岗人数1名。建设单位拟配备1名注册核安全工程师为辐射安全防护负责人，同时作为辐射安全专职管理人员，进行全面安全管理。

6.1.1.2 辐射安全与环境保护管理机构主要职责

本项目拟设立的辐射安全与环境保护管理机构履行主要职责如下：

- （1）组织学习并贯彻国家和浙江省的环境保护法规、政策、法令、标准，进行环保知识教育，不断提高核安全文化素养和安全意识；
- （2）组织编制和修改本单位的辐射安全与环境保护管理制度，并监督执行；
- （3）负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，根据国家、浙江省和行业主管部门等规定的环境质量要求，及时制定并采取防护措施；
- （4）负责检查辐射安全与环境保护设施，开展辐射安全监测，对本项目安全与防护情况进行年度评估，记录环保管理台账，确保各污染物控制措施可靠、有效；

- (5) 负责建立公司放射源的使用台账，并实行动态管理；
- (6) 负责制定公司辐射安全培训计划，组织人员参加辐射安全与防护考核；
- (7) 负责组织辐射工作人员开展职业健康检查、个人剂量监测，并做好相应资料的档案管理工作；
- (8) 负责组织编制公司辐射事故应急预案，组织辐射事故时的应急响应参与放射源事故的调查处理；
- (9) 负责放射源在使用过程中的辐射安全、环境保护、职业安全与卫生及安全生产标准化监督管理；
- (10) 接受生态环境主管部门的业务指导和监督，积极配合生态环境主管部门的工作，按要求上报各项管理工作的执行情况及有关环境数据。

6.1.2 辐射工作人员配置情况

本项目建成后拟为 1 套 γ 辐照装置配备 11 名辐射工作人员。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）中“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定：

(1) 项目所有辐射工作人员在上岗前，公司应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；

(2) 所有辐射工作人员应在上岗前参加辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗，并且公司应当建立并保存辐射工作人员考核取证档案；

(3) 根据国家核安全局《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发（2015）40 号）的要求，结合本项目生产特点本项目应设置辐射安全关键岗位一个，为辐射防护负责人，最少在岗人数 1 名；关键

岗位配备注册核安全工程师。

6.2 辐射安全管理规章制度

为保障项目运行辐射安全，保护工作人员、公众和环境，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关管理要求，杭州芯辐科技有限公司拟制定相应的辐射安全管理制度，主要包括但不限于《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《放射源使用登记制度》《监测方案》《辐射事故应急响应预案》《辐射安全与防护管理大纲》《监测仪表使用与校验管理制度》及《辐射工作人员个人剂量管理制度》等，各项制度应满足辐射安全管理需求，主要管理制度要点总结如下：

(1) 辐射防护和安全保卫制度：定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪等保持良好工作状态；辐射工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康体检；做好辐射工作场所的安全保卫工作，并定期检查。

(2) 操作规程：明确 γ 辐照装置的操作规程；明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施、操作步骤以及工作过程中注意要点；明确工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪或检测仪器，避免辐射事故发生。

(3) 岗位职责：明确辐射安全管理人员、操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

(4) 设备检修维护制度：明确设备和各项联锁装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效运转；重点是辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

(5) 人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

(6) 放射源使用登记制度：明确放射源台账和使用登记记录，对购入的放射源的使用情况进行专人登记和跟踪记录，确保正确无误，帐物相符。

(7) 监测方案：明确监测方法、监测项目、监测点位和监测频次，监测结果记录存档，并定期上报生态环境行政主管部门。此外，根据《放射性同位素与

射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

(8) 个人剂量监测方案和职业健康体检制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

(9) 辐射事故应急响应预案：明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等，以有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证上报渠道通畅。

公司拟根据相关法律法规及实际情况定期对各管理制度进行理、补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。从操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、放射设备的使用等方面分别作出明确要求和规定，能够很好的保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全。

6.3 辐射监测

6.3.1 监测要求

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量计，同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人剂量监测、工作场所及周围环境监测要求如下。

6.3.2 个人剂量监测

本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量计监测为主、个人剂量报警仪为辅的方式进行。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，

个人剂量计应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，个人剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置。在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。

辐射工作人员进入辐射工作场所必须佩戴个人剂量计，个人剂量计须送有资质单位进行检测，检测周期不超过3个月，并建立个人剂量档案，信息包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等，建设单位应当将个人剂量档案终身保存。当出现个人剂量异常情况，应立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

6.3.3 辐射工作场所监测

辐射安全监测分为源提升辐射剂量监测、辐照室工作场所和附近公众环境辐射剂量的监测、工作人员的个人剂量监测、贮源井水放射性污染监测和钴源运输容器放射性沾污监测。

根据 IAEA 和国家标准《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）的要求，对 γ 辐照装置必须进行分区管理和监测，本装置除规定了必要的个人剂量计、便携式监测仪和报警仪外，还采用了固定式 γ 剂量监测仪。

6.3.4 环境监测

本项目涉及放射源工作场所，对于辐射工作场所监测计划，建设单位应开展自行监测和委托监测，监测数据记录存档，具体环境监测计划见表 6.3-1。

表 6.3-1 项目环境监测计划

监测对象	监测项目	监测点位	监测频次	监测方式
辐照装置 机房	γ 辐射剂量率	屏蔽墙外（水处理间、8#车间辐照产品进出、8#车间辐照产品仓库、剂量室、控制室、配件间）、人员通道门外、辐照产品进出通道外、邻近配套辅助房间和穿线孔洞外	不少于1次/月	自行监测
		迷道内、货物出口处、水处理间 BN3301H 型固定式 γ 剂量监测仪	1-2次/年	委托有资质单位监测
	贮源井水中 ^{60}Co 的放射性活度浓度	在贮源井不同深度（1m、3m、5m）分层取样	连续	自行监测
			正常运行期间：2次/年；每次贮源井水排放前、辐照装置更换放射源前后及贮源井清洗前后	委托取样

环境 介质 取样	废气	O ₃ 、NO _x	废气排放口	1次/年	委托取样
	土壤	⁶⁰ Co	辐照房外西南侧、辐照房东北侧	1次/年	委托取样
	噪声	等效连续A声级	8#车间厂界	1次/季	委托取样

6.3.5 事故监测

事故应急监测项目、监测点位、监测频次等，根据事故发生的性质、时间、可能污染范围等因素综合确定，及时进行有关项目追踪监测，取得事故现场监测数据和有关资料，并进行事故评价，将结果上报到生态环境主管部门的事故应急中心。

6.3.6 监测设备

本项目拟配备的主要监测设备包括：固定式辐射水平监测仪器、便携式 X-γ 辐射巡测仪、便携式个人剂量报警仪和个人剂量计。具体见表 6.3-2。

表 6.3-2 辐射监测设备清单

序号	仪器名称	数量
1	BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器	1 套 (3 探头)
2	便携式 X-γ 辐射巡测仪 (含 1 台高量程)	2 台
3	便携式个人剂量报警仪	2 台
4	个人剂量计	1 支/人

辐射工作人员拟佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案，该档案长期保存建设单位按计划配备相应的监测仪器后，能满足项目辐射防护和环境保护的要求，监测仪器应定期送有资质单位进行校准和检验，校准和检验合格后方可使用。

6.3.7 监测机构及设备配置

设辐射安全管理专职人员一名，受公司主管部门的领导，按辐射安全管理规负责监督检查日常辐照房的辐射安全。

同时下设辐射剂量安全监测人员，接受上述辐射安全管理人员的领导和地方生态环境主管部门的监督检查，负责日常剂量安全监测工作。

6.3.8 监测质量保证

(1) 质量保证的意义

建立测量分析质量保证体系，可以对监测分析全过程进行全面质量管理与控制，确保监测分析数据的质量，为生态环境主管部门的管理和项目正常运行提供有效的、可靠的基础数据资料。

(2) 质量保证的目的

确保监测结果的重现性和准确性，排除其它因素对测量的干扰。

(3) 监测质量保证措施

为了提高监测数据的准确性和可用性，采取了如下保证措施：

①每年定期将测量仪器、分析仪表送标准计量站进行检定，确保测量结果可靠性。建立仪器设备档案库，其资料长期保存。

②数据处理：采用统计检验方法进行数据统计处理，对异常数据谨慎处理并记录在案。

③测量分析、数据记录及处理由二人进行复校、审核；计算结果由专人负责记录、核查、保存，并建立数据档案库，以便以后核对备查。

6.4 职业人员健康管理

对辐射工作人员的健康管理，公司拟组织辐射工作人员就业前的身体健康检查、就业后的定期检查，并为所有辐射工作人员建立个人健康档案。

对准备参加放射性工作的人员，必须进行体格检查，有不适应症者，不得参加放射性工作。就业前检查作为辐射工作人员健康状况的基础资料。

定期检查：就业后辐射工作人员的健康检查频度为 2 年一次，因特殊情况，一次外照射超过年剂量约束值者，及时进行体检并做出必要处理。

综合办定期组织辐射工作人员到主管机构指定的医疗、卫生防护单位进行体检，将结果记录到个人健康档案。

根据体检结果，不适宜从事放射性工作的人员，可根据情况建议给予减少接触，短期脱离，疗养或调离等处理。

6.5 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）第十二条的规定，杭州芯辐科技有限公司应对其放射性同位素安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向生态环境部门提交上一年度的评估报告，评估报告至少包括如下内容：

1、辐射安全和防护设施的运行与维护

本部分应对主要的安全和防护设施的定期检查（包括年检、半年检、月检及日检查等）和试验情况进行描述（包括相关制度的建立和实际执行情况）。将本年度最后一次执行的定期检查和试验的记录作为本报告的附件提交。同时对安全和防护设施的故障情况、维修情况及相关设施的设计改进情况（特别是与原设计

或取得许可证时的状态不相符合的改动) 进行描述。最后对防卡源专用设备设施的日常维护和目前的运行情况进行描述、评价。

2、辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况

本部分应提供单位制定的所有最新版的辐射安全和防护制度目录(单位应根据最新的法律法规要求及工作需要及时更新辐射安全和防护制度), 并对单位各项制度的完善、落实情况进行描述、评价。

同时应对单位根据单位制定的辐射安全和防护制度建立的各种档案(包括许可证申请材料、辐射环境监测档案、个人剂量监测档案、放射源台账等)的管理情况进行描述、评价, 并对档案管理中存在的问题(如是否存在档案缺失、遗失等问题)及改进做出描述。

3、辐射工作人员及接受辐射安全培训情况

本部分应提供单位所有辐射工作人员的名单(所指“辐射工作人员”包括所有经常进入辐射控制区域的工作人员), 需要参加生态环境部和市局培训的人员名单, 按辐射工作人员清单要求详细填写。

同时提供单位所有辐射工作人员的变动包括新进人员, 离退休及辞职人员工作岗位调整的人员, 以及接受相关岗位相应级别的辐射安全和防护知识教育培训(包括内部培训和外部培训)的情况。

此外, 还应该提供单位目前注册核安全工程师的培养工作进展。

4、台账信息情况

本部分对单位现有的放射性同位素(包括密封性放射源、非密封放射性同位素)及射线装置的数量和强度进行准确描述, 并将台账清单作为本年度报告的一部分(数量较多时应采用附件形式, 并对附件加以说明)。本年度内如有放射性同位素的进出口、转让、退役及及送贮, 应将相应的批准手续材料作为本报告的附件一并提交。

5、场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据

①辐射环境监测

A.内部监测

本部分应提供由单位内部每个月自行进行外环境监测, 根据《辐射监测计划

及存档制度》监测数据记录存档。

B.外部监测

本部分必须提供由第三方有资质的辐射环境监测机构每年进行一次辐射环境监测并出具监测报告。

②水质监测报告（本部分适用于“辐照车间”）

A.内部监测

本部分应提供由单位内部自行进行的按批准的管理规程要求执行的水质监测及其评价，包括：水循环和净化系统的运行状况。

B.外部监测

本部分必须提供具有相关资质的单位出具的废气、土壤、噪声等环境质量监测报告。

③个人剂量监测及健康管理

A.个人剂量监测

本部分必须提供由具有相关资质的单位提供的合法的个人剂量监测结果及本单位管理部门对监测结果的评价意见。

对个人剂量监测中，发现有异常的监测数据，必须提供经职工本人签字认可的调查报告及相关文件。（“异常”是指：其某次监测结果超过批准的剂量限值；或者虽然没有超过剂量管理目标值，但是与其它月份相比或与其它类似岗位工作人员相比，有较明显的升高；或者超过年剂量管理目标值。）

B.个人职业健康评价

本部分提供符合国家规定的本单位辐射工作人员职业健康评价。如发现有不适合辐射工作的情况，必须描述相应的处理方案。

6、辐射事故及应急响应情况

（1）辐射事故应急

本部分对单位辐射事故应急管理做出评价，对本年度是否发生过辐射事故及其处理情况做出评价，对应吸取的经验教训做出描述。

（2）应急能力的维持（培训和演习）情况

本部分对单位辐射事故应急能力的维持情况（包括应急物资的配备、应急培训及演习等）进行描述及评价。

（3）辐射事故应急管理

本部分对单位辐射事故应急预案和程序的现状做出评价；对预案和程序的完善与改进做出评价（特别是应急处理和通知程序）；对本年度进行的辐射事故应急演练和培训做出描述及评价。

7、整改要求落实情况

（1）存在的安全隐患及其整改

本部分对本年度单位辐射安全和防护方面存在的安全隐患及其整改情况或整改计划（已发现安全隐患但在提交本评估报告时尚未进行整改的情况下需提交整改方案）进行描述。

（2）监督单位的整改要求落实情况

本部分对本年度国家、省、市、县各级生态环境部门进行的环保检查所提整改要求的落实情况进行描述（应将检查整改要求原文作为参照，逐条对照，进行描述）。

8、其他法律法规的落实情况

除上述内容外其他法律法规的落实情况。

6.6 辐射事故应急

为了使杭州芯辐科技有限公司在面对突发放射性事件时，能够快速反应、有效控制和妥善处理，保证应急工作科学有序，规范合理。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的有关规定，公司拟制定《放射性事故预防、处理和应急制度》、《安全生产事故综合应急预案》、《放射源泄漏事故专项应急预案》、《放射源运输核与辐射事故专项应急预案》、《辐照装置事故专项应急预案》、《特种设备事故应急专项预案》、《消防火灾事故专项应急预案》、《自然灾害事故专项应急预案》《反恐怖防范专项应急预案》、《其他突发事故应急预案》、《事件、事故及不符合管理作业指导书》等，用于指导公司范围内发生放射性事故的应急处理和救援。

6.6.1 辐射事故应急机构及职责

6.6.1.1 应急工作小组组织机构

该公司拟成立包括应急指挥领导小组、应急响应小组的应急组织机构，负责辐照安全事故应急工作。应急指挥领导小组由应急总指挥、应急副总指挥、应急卫康环保科技（浙江）有限公司

指挥小组成员组成。应急响应小组由四个小组组成，分别是疏散组、抢险组、救护组、后勤保障组。

6.6.1.2 应急组织机构职责分工

(1) 应急指挥领导小组

①总指挥：负责公司事故应急响应指挥领导工作，及时向杭州市公安等部门报告以及向杭州芯辐科技有限公司应急响应中心及相关领导汇报，协调和配合地方政府应急救援工作；负责组织领导应急事故的调查、善后处理工作及恢复工作。

②副总指挥：根据总指挥下达的指令或者现场事故发生的实际情况，下达应急预案启动和终止指令并及时向总指挥汇报；负责组织安排公司开展应急和应急救援演习工作，协调和配合地方政府应急救援工作；负责组织应急预案的修订及完善。

③应急指挥小组成员：总指挥或副总指挥未抵达现场时，现场应急处置由现场的最高职务者指挥；提供应急处置方案；协调配合具体应急救援工作；公司安全员：负责公司综合应急预案和专项应急预案、应急救援演习演练方案的策划并组织实施，负责应急预案的修订及备案工作；财务负责人负责对应急工作的常费用做出预算，负责保障应急救援所需费用。

(2) 应急响应小组

①各小组组长：负责指挥现场应急响应小组和整合、调配应急资源；及时向公司应急指挥领导小组汇报应急准备情况和资源需求情况；负责应急预案的制定及完善工作；安排应急响应小组成员负责起草上报材料、应急记录、应急处置情况总结、应急资料的归档。

②疏散组：负责将人员有秩序地疏散至安全区域，核实疏散人员，确保人员全部疏散；负责封锁现场，并清除各种障碍，疏通各种通道，为其他部门的人员、设备进入现场施救创造条件；负责现场保卫及周边警戒的工作。

③抢险组：负责被困人员、现场重要物资及环境的抢险救援工作；抢险组接到指令后，应立即赶赴现场，迅速进行设备抢修，控制事故以防事故扩大；根据救人第一的原则，当现场遇有人员被困或受到威胁时，首要任务是抢救人员及时向指挥部报告抢险进展情况；涉及放射源泄漏事故及辐照装置事故的，由辐射安全与防护专员和辐照装置管理人员提供技术支持或向专业抢险救援队伍寻求救援。

④救护组：负责分析现场事故救护情况，明确救援步骤、准备所需急救药品、设备、设施及人员，按照策划及分工，实施救援；需要救援车辆时，应立即通知后勤保障组安排专人接车，引领救援车辆迅速到达施救现场。

⑤后勤保障组：负责有关抢险救援物资的保障；负责被疏散人员的安抚和现场秩序维护；负责与杭州市公安局等有关部门的联系，确保通信畅通；负责公安等有关部门的接待以及相关工作，如接待有关人员协助事故调查等。

6.6.2 信息报告与处置

发生辐射事故后，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门。

6.6.3 事故与应急响应措施

应急组织机构指挥领导小组总指挥根据上级领导部门意见和事故实际情况，如果异常事件发展迅速，直接宣布进入“场区应急”应急启动。

应急组织机构指挥领导小组总指挥（副总指挥）通知应急响应小组组长，应急响应小组组长立即组织小组成员开展应急工作。首先疏散人群到公司的紧急集合点集合，树立显眼告示牌，隔离现场，然后根据不同的事故类型和各个应急响应小组的职责采取相应的应急措施。

公司的紧急集合点设在门卫处。应急响应如下图。

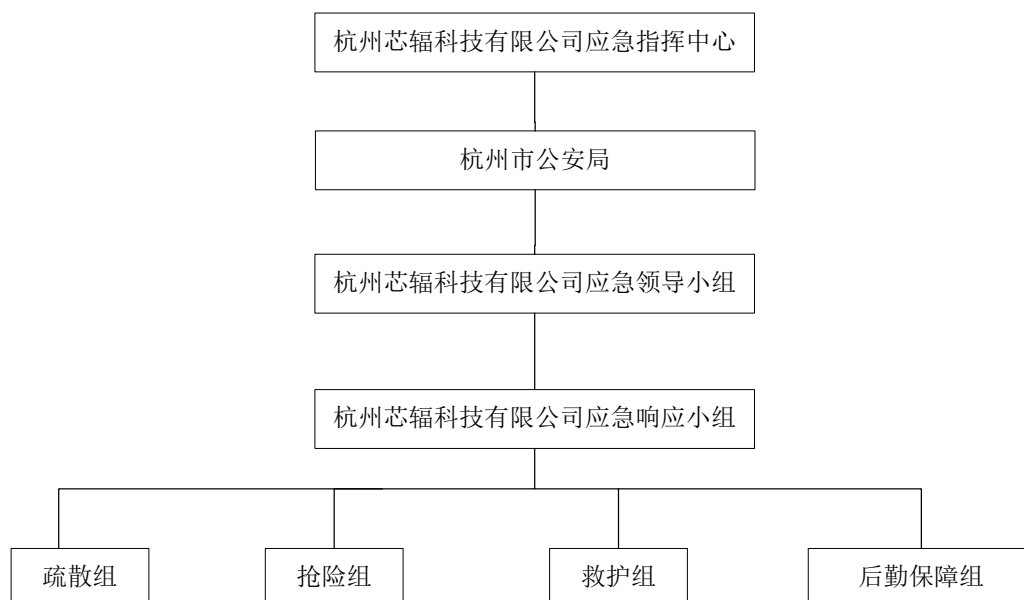


图 6.6-1 应急响应流程

6.6.4 应急报告

按照应急响应程序处理结束后 2 小时内，应急机构指挥领导小组总指挥（副

总指挥)利用电话和传真方式向杭州市生态环境、消防部门,杭州安监,萧山区区安监以及杭州芯辐科技有限公司辐照应急指挥中心发出应急报告。

报告的内容包括事故发生的时间、地点、发生事故前情况和事故后概况、人员伤亡、经济损失、已采取的应急措施等。应急报告分为初始报告、后续报告、恢复期报告和最终评价报告四类。

有专项应急预案的事故按相应的专项应急预案报告程序和要求报告。

6.6.5 信息发布

相关部门发布辐射事故信息。信息发布原则要遵守国家法律法规,实事求是,客观公正,及时准确。信息发布形式根据当时具体情况而定。

6.6.6 后期处置

应急响应结束后,积极配合各级上级主管等行政部门做好事故处理工作,对事故发生的原因进行分析,查找问题根源,追查有关责任人的责任,同时做好事故后果评估,做出直接和间接经济损失评价报告相关部门。

凡涉及事故应急响应的工作和内容都应作好原始记录,并加以保存。

总结辐射事故的教训,正视辐射行业工作的重要性和必要性,尽快恢复正常工作。根据应急响应过程中出现的不足,对辐射事故/事件应急预案进行修改完善。

6.6.7 保障措施

(1) 队伍保障

应急队伍主要由现场应急响应小组组成,应急救援队员要掌握基本消防知识及辐射防护知识,救援队伍的相关专业人员进行上岗前培训和业务培训。

(2) 物资保障

工作环境要配备足够的消防灭火器材和合理的消防通道以及辐射监测设施至少保有1辆机动车24小时在公司内应急备用。

(3) 通讯保障

为确保在应急工作中通讯畅通,各级之间通讯联络以固定电话和手机为主,应急小组成员手机保持24小时畅通;应急联系电话及外部联系电话,需24小时派人值守。

(4) 经费保障

公司切实保障应急管理费用支出要足额并落实到位,每年根据实际情况列

入预算费用。

6.6.8 培训与演练

(1) 应急知识培训：辐射防护和安全主管人员对新入职员工按照培训计划进行安全防护及应急知识培训；对其他人员每年按照年度培训计划进行安全防护知识培训。

(2) 应急演练：为检验应急预案的有效性、应急准备的完善性、应急能力的适应性和应急人员的协同性，在必要时进行的一种模拟应急响应的实践活动。杭州芯辐科技有限公司拟每年由应急副总指挥负责公司应急预案和专项应急预案、应急救援演习的策划并组织实施；办公室拟每年组织一次消防演习。

6.6.9 小结

杭州芯辐科技有限公司拟制定内容完善，切实可行的辐射事故（件）应急预案，明确提出应急领导小组及职责、应急演练、应急处理及相关应急响应程序，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）中对应急预案内容的要求。

6.7 辐射安全与环境管理计划

根据国家建设项目辐射安全与环境保护管理规定，认真落实各项手续。企业的辐射安全与环境管理计划主要包括：

- (1) 项目建设前，委托评价单位进行环境影响评价工作；
- (2) 严格施工监理，保证工程质量；
- (3) 履行“三同时”手续；
- (4) 辐照装置投产试运行后，进行环保设施竣工验收；
- (5) 定期检查维护设备，尤其是检查安全联锁装置是否正常；
- (6) 定期组织工作场所及环境监测，配合监测单位做好监测工作；
- (7) 建立环境管理和环境监测档案；
- (8) 操作人员的上岗培训。

6.8 三同时验收

环保“三同时”是指建设项目需配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。拟建项目实施后将进行“三同时”工程验收，具体见表 6.8-1。

表 6.8-1 建设项目污染防治“三同时”汇总表

类别	污染源	治理措施	排放标准
废气	臭氧、氮氧化物	γ 辐照装置的排风系统包括两台排风机，地下排风通道以及距地面20m排气筒排放	《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T17568-2019）附录B、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
废水	生活污水、冲洗测试废水、剂量室废水和去离子浓水管网	生活污水经化粪池、其他废水直接纳管 雨污分流	《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准；其中氨氮和总磷纳管执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》（DB33/887-2013）标准
	源泄漏事故废水、污染的测试冲洗废水	经离子交换树脂处理符合 ^{60}Co 的放射性活度浓度可以控制在10Bq/L以下排放，反之采取措施达标经监管部门批准后排放	
	排风机、制冷压缩机	设备基础减震、厂房隔声、加装消声装置等	《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准
固废	生活垃圾、废离子交换树脂、废石英砂过滤器、废活性炭过滤器和废反渗透膜过滤器、废树脂、废铅蓄电池	生活垃圾委托清运，一般固废厂家回收、危险固废委托有资质单位处置	《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《一般工业固体废物贮存和填埋污染物控制标准》（GB18599-2020）
	废树脂（事故水处理）	放射性固体废物处理许可证的单位进行收集处置	《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）
	废源	^{60}Co 放射废源由供源单位进行回收，校验源送放射性固体废物处理许可证的单位收集处置	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》

地下水、土壤	贮源井	分区防渗	/
环境风险	辐射源	编制环境风险应急预案并经主管部门备案	/
环境管理	辐射源	防氢爆设计、防火降温喷淋系统、感烟探测器等	/
γ辐照装置辐射管理	混凝土屏蔽及贮源井水深按设计单位要求建造，东侧墙屏蔽厚度220cm，北侧墙屏蔽厚度225cm，南侧主要为迷道，迷道墙厚130~190cm，屋顶屏蔽厚度195cm，贮源井深度7.5m，井水深度7.2m		
	迷道和辐照室内设有拉线开关；在人员通道门内侧设置带灯式紧急开门按钮，并与源升降系统连锁；控制台及辐照室设有紧急降源按钮；设有贮源井水位监测报警与补水系统；火灾报警与自动降源连锁；配置的不间断电源用来满足停电后其他设备运转；设有仪表检测源，检测所用仪表工作是否正常		
	辐照室屋顶的进源通道屏蔽塞处设有行程开关，并与源升降实现连锁；用于起吊屏蔽塞的电动葫芦与控制台连锁，在水处理间设置水位计，通过地下埋管与储源井连通，以监测井水水位；低水位和高水位报警信号并与源升降连锁。设计有气路压力报警与升源连锁。		
	在辐照室内源架工作位置两侧装有防撞杆；辐照箱设计为顶部开口，四周围进行实体覆盖；升降源装置钢丝绳滑轮组装有防脱槽构件；在源架两端的槽钢立柱上安装有防碰撞报警装置与传输系统和源架升降系统相连锁；上下层轨道装设导向限位轴承及限位板。 辐照室屋顶设有观察预留洞，用铅砂屏蔽，		
	贮源井内安装一个摄像头，连接到控制室内的电视监视器上，控制人员从监视器上可直接看到源架是否在井底贮存位置。		
	在人员通道口门旁边，装有一小检验源。		
	个人剂量计、便携式监测仪、γ报警仪、固定式γ剂量监测仪 BN3301H。		
	金属钴-60 被封装在双层不锈钢包壳内。		
	源升降装置等电气设备，均设在辐照室外，辐照室内除照明、电源插座及信号开关外，不设任何其他电气设备。		
喷淋系统干管由水处理间进入迷道，沿迷道顶棚进入辐照室，与6根喷淋支管连接，迷道及辐照室内的管道均为不锈钢，外部管道为镀锌钢管或其他符合消防要求的管材。			

7 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

杭州芯辐科技有限公司拟在公司 8#车间建设 1 座辐照房，辐照室内配备 1 套 BFT 型（辐照箱式） γ 辐照装置，设计装源能力为 $1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ （400 万居里）的 ^{60}Co 放射源，主要用于膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的灭菌辐照及材料改性等。该项目建成后的正面作用和积极意义如下：

辐照产业是新兴的高新技术产业，有“绿色加工产业”和朝阳产业之称，广泛应用于工业、农业、医疗卫生和环境保护等方面，有着巨大的经济效益和社会效益。辐照加工技术及其产业已被列入国家“十一五”、“十二五”、“十三五”“十四五”重点支持的高新技术领域，是对传统产业进行技术改造的有效手段。

γ 辐照装置是核技术利用产业中一项重要的高新技术，广泛应用于国民经济各个领域。本项目辐射源为 ^{60}Co 放射源产生的 γ 射线，具有诸多优点：一是属于“冷加工”技术，能很好地保持物质原有的内外在品质；二是可对包装好的产品进行加工，操作简便、快捷；三是没有化学药物残留，不污染环境；四是杀虫、杀菌彻底，卫生安全性高；五是处理成本低，能耗少，节省能源。原子能辐照技术作为一项低碳、绿色、安全、高效的多功能、多用途新兴加工技术，正广泛应用于农业、医学、发电、现代工业、运输、公共安全、环境保护等行业。近年来，随着辐照技术的发展，我国原子能技术产业进入快速发展阶段， γ 辐照装置和电子加速器等辐照技术装备正在向高度机械化、自动化、大型工业化发展，其在辐照食品、辐照消毒、辐射化工、新材料开发和辐射育种等方面的应用越来越广泛，为社会经济发展做出的贡献也越来越大。

人民生命健康是国家“十四五”规划中科技创新发展的“四大面向”之一是实现美好生活需要的基本要求和根本保障。然而，绿色生态是保证人们身体健康和提升生活品质，满足人民日益增长的美好生活需要的重要支撑。原子能技术代表了绿色生产方式的主流，辐照是原子能技术应用的重要领域之一，它除了高效、节能、不排出二氧化碳，是清洁、绿色的新型技术外，还对被加工物品起到保护作用，是一种安全、提质的加工方式。在食品、药品、化妆品和医疗器械等民用生活物资的辐照保鲜或消毒方面的优势更加突出，辐照既可以通过破坏病原体来降低食源性疾病的传播风险，减少负载微生物存活量降低食品腐败速度还

可以避免使用环氧乙烷等熏蒸剂或其他化学品或食品防腐剂，避免了化学残留引起的食品安全、医护人员身体健康及环境污染等不良问题的发生。加快原子能技术应用产业发展，进而推动绿色经济高质量发展，对解决人民群众日益增长的美好生活向往问题具有极其重要的时代意义。

社会治理和环境保护将成为未来原子能技术发展的强大推动力，在改善能源结构方面，原子能可控制温室气体和大气颗粒物的排放，实现生活物资绿色加工和“三废”绿色治理，以及 2060 年碳中和目标。聚焦数字化、绿色化、国际化转型，推动高质量发展、加强高水平治理、创造高品质生活，为打造新发展格局战略支点提供重要支撑。同时有利于为当地构建现代产业体系，优化产业空间布局，加快建设现代服务业，构建战略性新兴产业体系，提高竞争力和影响力。有利于坚持人与自然和谐共生，以碳达峰、碳中和目标为引领，筑牢绿色生态屏障，走出一条绿色低碳的发展路子。

我国辐照产业经过五十多年的发展，目前产业化进程进入快速发展阶段，并形成一定的技术能力和产业规模。近年来，我国食品安全事件经常发生，对广大人民群众的生命健康构成了一定的威胁。传统的消毒方法已经不能很好地满足需求而食品辐照消毒技术以独特的优势正逐渐应用于食品的消毒中。目前，国家正在稳步推进医改，以解决老百姓看病难的问题，辐照治疗作为一种新型的医疗技术，正逐渐被人们接受。我国已成为辐照技术服务发展最为迅速的国家之一，在工业农业、医疗保健、环保等国民经济领域均得到了一定程度的规模化应用，产业结构逐步优化，技术创新成果显著。

本项目选用的 1 套 γ 辐照装置是最新型辐照装置，达到国际先进水平。操作大厅及迷道输送部分采用辊道输送机，而在辐照室内采用多路多层的气动/电动过源机械形式。产品通过电动运输辊道自动送至辐照室内与气/电动传输系统的连接处，再由气缸推入气/电动过源机械系统。产品围绕放射源按照一定路线移位、换面和换层。特点：能实现多路多工位密集排列辐照；产品上下间距小，并能在辐照室内自动换层，一次出货。辐照均匀性好，射线能量利用率高，运行灵活方便，并且能同时辐照吸收剂量不同的产品，将带来巨大的社会效益和经济效益。

7.2 代价分析

7.2.1 社会代价

社会代价主要考虑资源和能源方面。

资源方面，本项目选址位于浙江省杭州市萧山区河上新材料产业园区，项目用地属于工业用地，无土地、农作物和其他经济作物征购问题，也不存在新建道路问题，项目运行依托公司厂区内拟建的基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略能源方面，项目单位运行期间需用水、电等能源，年耗量见下表。

表 7.2-1 运行期间能源消耗情况一览表

名称	年消耗量	来源
水	约 835.53t/a	市政给水管网
电	约 30 万 kwh	市政供电系统

7.2.2 经济代价

7.2.2.1 环保投资分析

根据《建设项目环境保护设计规定》中有关要求，建设项目环境保护设施主要由以下部分组成：凡属污染防治和环境保护所需的设施和装置，生产工艺需要为环境保护服务的设施，为保证生产有良好的环境所采取的防污染、绿化设施等本项目环境保护设施投资主要有辐射屏蔽、人员考核、监测仪器和防护用品、辐射防护设施工程、环评辐安证及竣工环保验收等各项费用，详见表 7.2-2。

表 7.2-2 环保投资明细表

序号	项目	环境保护（辐射防护）措施	投资额度（万元）
1	辐射安全管理	辐射安全管理机构：成立辐射安全防护领导小组	/
		辐射安全管理制度：制定操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急预案等	/
2	人员考核	辐射工作人员参加辐射安全与防护考核	2
3	监测仪器和防护用品	源架控制及监控系统、辐射监测系统及辅助系统、监测仪器仪表（如个人剂量计、便携式检测仪、 γ 报警仪、固定式 γ 剂量监测仪），声光电报警系统、感温感烟探测器、通风系统流量计	120
		工作服、手套等防护用品	
4		安全连锁、通风系统、三废治理设施、辐照室内喷淋系统、拉线开关、紧急开门按钮等辐射安全设施	78
5		环境影响评价、辐射安全许可证办理、竣工环保验收	100
6		辐射环境保护措施及环保投资合计	300

本项目总投资约为 2700 万元，其中环保投资约为 300 万元，占总投资的

11.1%。

7.2.2.2 环保效益投资分析

环保投资主要是对环保措施实施后污染物消减情况进行分析。本项目采用较为先进的生产工艺和切实可行的环保治理措施，对废水进行循环使用，从而使排入周围环境的污染物大大减少，具有明显的环境效益和社会效益。环保投资主要表现在以下几个方面：

1、采用水处理间实现贮源井水的循环使用，不外排，避免了直接向环境排放污染源。

2、固体废弃物在集中存放后，可减轻对环境危害，

3、厂区的绿化也可起到降低污染、美化环境的作用。

4、拟建钴源辐照装置在通过屏蔽措施后，职业工作人员受照最大个人年有效剂量均小于本项目工作人员的剂量目标值 5mSv/a；公众受照最大个人年有效剂量均小于本项目公众的剂量目标值 0.1mSv/a。

7.2.3 环境代价

本项目环境代价主要表现在：

(1) 项目建设施工阶段，将产生一定的噪声、废气、固废，如果不加强施工管理将对周围环境造成一定影响。

(2) 项目运行阶段，将产生一定的生活污水、废气、生活垃圾，以上三废均可委托有资质单位进行处置，对周围环境影响很小。

经预测，本项目对环境的影响满足国家标准要求，对环境的影响是可接受的。

7.3 正当性分析

本项目拟配备 1 套 BFT 型（辐照箱式） γ 辐照装置，主要用于膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的辐照灭菌及膜材料改性等。被辐照产品无放射性残留，无毒性，加工操作简便快捷、机械化自动化程度高，是环境友好型的高技术服务业。

本项目的运行，将会促进地方经济发展，并进一步完善地方产业结构还会拉动相关行业的发展，增加就业机会，而且对财政税收做出积极贡献，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

通过上述利益分析和代价分析表明，该项目在采取切实可行的环保措施后，不仅可以减少污染物排放量，而且还可以产生一定的经济效益。因此，该项目在环境经济上是可行的。项目建设时严格执行“三同时”，严格资金管理，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保该项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，本项目的实施具有可行性和正当性。

8 公众参与

8.1 公众参与方案

8.1.1 工作目标

鼓励公众参与建设项目环境影响评价工作，通过收集公众对本项目的意见、要求和看法，在环境影响评价中能够全面综合考虑公众的意见，吸取有益建议使得项目建设更趋完善和合理，采取的环保措施更符合环境保护和经济协调发展要求，从而达到可持续的目的，提高本项目的环境效益和经济效益。

本次公众参与严格按照国家和浙江省当地有关建设项目环境影响评价过程中开展的公众参与活动要求进行，遵循依法、有序、公开、便利的原则，符合公众参与的合法性、有效性、真实性和代表性的特点。

8.1.2 公参的方案内容和实施规划

1、方案内容

本项目于 2025 年 5 月 20 日在杭州芯辐科技有限公司官网上进行了首次环境影响评价信息公开。公示内容主要包括建设项目概况、建设单位及联系方式、评价单位及联系方式、公众意见表的网络链接、征求公众意见的主要事项和公众提出意见的方式。

本项目于 2025 年 11 月 10 日分别在网站，报纸和村委宣传栏进行了公示，具体公示内容包括：环境影响报告书征求意见稿全文的网络链接及查阅纸质报告书的方式和途径、征求意见的公众范围、公众意见表的网络链接、公众提出意见的方式和途径、公众提出意见的起止时间等。

2、实施规划

本项目公众参与的具体实施过程见表 8.1-1。

表 8.1-1 本项目公众参与实施过程

公参阶段	公开途径	公示时间	渠道
首次信息公开	网络	2025 年 5 月 20 日~2025 年 6 月 3 日	建设单位网站
征求意见稿公示	网络	2025 年 11 月 10 日~2025 年 11 月 21 日	建设单位网站
	报纸	2025 年 11 月 11 日	《萧山日报》
		2025 年 11 月 12 日	《萧山日报》
	张贴	2025 年 11 月 10 日~2025 年 11 月 21 日	大桥村村委宣传栏

8.1.3 公众参与人员的选择依据和原则

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部）第九条可知：建设单位应当在确定环境影响报告书编制单位后7个工作日内，通过其网站、建设项目所在地公共媒体网站或者建设项目所在地相关政府网站（以下统称网络平台），公开下列信息：（一）建设项目名称、选址选线、建设内容等基本情况，改建、扩建、迁建项目应当说明现有工程及其环境保护情况；（二）建设单位名称和联系方式；（三）环境影响报告书编制单位的名称；（四）公众意见表的网络链接；（五）提交公众意见表的方式和途径。本项目于2025年5月20日在杭州芯辐科技有限公司官网上进行了首次环境影响评价信息公开，因此符合《环境影响评价公众参与办法》要求。

根据《环境影响评价公众参与办法》（生态环境部）第十条：建设项目环境影响报告书征求意见稿形成后，建设单位应当公开下列信息，征求与该建设项目环境影响有关的意见：（一）环境影响报告书征求意见稿全文的网络链接及查阅纸质报告书的方式和途径；（二）征求意见的公众范围；（三）公众意见表的网络链接；（四）公众提出意见的方式和途径；（五）公众提出意见的起止时间。

第十一条依照本办法第十条规定应当公开的信息，建设单位应当通过下列三种方式同步公开：（一）通过网络平台公开，且持续公开期限不得少于10个工作日；（二）通过建设项目所在地公众易于接触的报纸公开，且在征求意见的10个工作日内公开信息不得少于2次；（三）通过在建设项目所在地公众易于知悉的场所张贴公告的方式公开，且持续公开期限不得少于10个工作日。

本项目于2025年11月10日在杭州芯辐科技有限公司官网、当地村委和萧山日报（两次公示）上进行了第二次环境影响评价信息公开，因此符合《环境影响评价公众参与办法》要求。

8.2 公众参与结果

项目公众参与的过程具体详见公参说明，本项目第一次在网站上进行项目情况公示，建设项目环境影响报告书征求意见稿形成后分别在杭州芯辐科技有限公司官网、当地村委和萧山日报进行了公示。在征求意见期间，建设单位未收到公众意见。

9 结论与建议

9.1 项目工程概况

9.1.1 项目规模

杭州芯辐科技有限公司拟在公司 8#车间建设 1 座辐照房，辐照室内配备 1 套 BFT 型(辐照箱式) γ 辐照装置，设计装源能力均为 $1.48 \times 10^{17} \text{Bq}$ (400 万 Ci) 的 ^{60}Co 放射源(属于 I 类放射源)，初次装源活度为 $1.85 \times 10^{16} \text{Bq}$ (50 万居里)，根据生产加工的需要分期分批增补辐射源。主要用于膜材料及滤芯、一次性袋子等组件的灭菌辐照及材料改性等。另于辐照室人员迷道门口处放置 1 枚活度约为 $3.70 \times 10^5 \text{Bq}$ ($10 \mu\text{Ci}$) 的 ^{137}Cs 检测源(属于 V 类放射源)，用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的剂量仪表是否工作正常。

9.1.2 工艺流程

整个辐照过程均由控制系统自动控制。待辐照产品运至操作大厅装货区装入输送辊道上的辐照箱内，经由迷道入口自动输入辐照室。辐照箱在过源时由移行机实现自动换面，并通过升降装置实现自动换层，使产品均匀受照。产品完成辐照后经由迷道出口输出辐照室，在操作大厅卸货区由人工卸出。辐照完毕的产品经质检合格后入库。

9.1.3 工程设备

本项目主要工艺设备包括：放射源、放射源升降系统、安全连锁系统、自动控制系统、剂量监测系统、产品输送系统、水处理系统、通风系统等。

9.1.4 污染源项

施工期主要环境污染因子包括 γ 辐射、废气、废水、噪声、固体废物等；正常运行时，对环境产生影响的主要污染源有 γ 辐射、 O_3 、 NO_x 、生活污水、剂量室清洗废水、去离子浓水、生活垃圾、废石英砂过滤器、活性炭过滤器和反渗透膜过滤器、废树脂和噪声等；源在井下泄漏状态下会产生放射性的废树脂；源退役过程中会产生废放射源。

9.2 辐射安全与防护

(1) 辐射工作场所分区：按照控制区和监督区对辐射工作场所进行划分采取安全控制措施严防人员进入控制区内。

(2) 本项目辐照装置机房均设计了安全、冗余的辐射安全连锁系统包括源

升降连锁系统、安全连锁系统、防火和灭火系统、源架控制及监控系统、移动电视监视系统、通风系统、水冷系统、剂量监测系统、电离辐射警告标志、屋顶屏蔽塞连锁等一系列安全防护措施，可有效防止工作人员和公众受到意外照射。

(3) 辐射屏蔽：本项目辐照装置机房四周墙体和顶部均采用混凝土作为主屏蔽体， γ 辐照装置中的 ^{60}Co 放射源不工作时贮存在贮源井内进一步屏蔽。经计算辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率均能满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》(GB/T 17568-2019)和《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009)的相关要求。

9.3 环境影响分析

9.3.1 施工期环境影响

施工期间的主要污染因素有扬尘、噪声、废水、建筑垃圾、生活垃圾，但因施工期短，施工范围小，通过采取污染防治措施，加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，施工期环境影响是短暂、可逆的，随着施工期结束而消失。

9.3.2 运行期环境影响

9.3.2.1 辐射环境影响

通过理论预测，本项目正常运行期间，在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目管理目标剂量约束值要求(职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv)。

9.3.2.2 废气影响分析

本项目辐照室内设有通风系统，配备有2台风机， γ 辐照装置运行停止后加强通风，在降源5min后再进入辐照室是安全的。

O_3 的排放浓度为 $5.899\text{mg}/\text{m}^3$ ， O_3 排放速率为 $0.119\text{kg}/\text{h}$ 。根据《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》(GB10252-2009)， NO_2 的产额约为 O_3 的1/3，因此 NO_2 的排放浓度为 $1.966\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率为 $0.040\text{kg}/\text{h}$ ，满足《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2中，对本项目新增污染源 NO_x (NO_2)最高允许排放浓度为 $240\text{mg}/\text{m}^3$ ，排气口高度为25m时，二级排放速率最高为 $1.3\text{kg}/\text{h}$ 的要求。

正常工况下，项目有组织废气中 O_3 最大落地浓度贡献值占标率最高为0.92%，

NO₂最大落地浓度贡献值占标率为0.31%。

根据预测分析可知，项目产生的废气对周边敏感点的影响不大。

9.3.2.3 废水影响分析

(1) 非放射性废水

项目产生的废水水质简单，生活污水经化粪池预处理后，其余各股废水的水质基本符合纳管标准。项目废水的日产生量约为2.31t/d，该股废水不会对临江水处理厂造成冲击。废水的水量与水质基本符合临江水处理厂要求，且项目属于临江水处理厂的纳污范围。

(2) 放射性废水

事故情况下，放射源破损导致贮源井水被污染，利用树脂的吸附能力对含放射性的废水进行处理，处理后水井中的⁶⁰Co的放射性活度浓度可以控制在10Bq/L以下的情况下，贮源井水可以继续使用，反之，贮源井内的水作为放射性废水采取防护措施后达《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）排放标准后经监管部门批准后方可排放。

(4) 地下水环境影响

贮源井水不向环境排放，在正常运行情况下，贮源井水的放射性物质含量较小，但如果源的表面和运输容器表面污染的放射性物质超过规定的限值，井水中的放射性浓度将相应升高。为确保贮源水井的水质，辐照房采用一套水处理装置，确保贮源井水中所含放射性污染物的活度应控制在10Bq/L以下的排放限值作为平时监测管理的警戒值，将被污染的井水处理达标后方可循环使用。井壁内衬设置3mm厚不锈钢板，外围设置60cm厚混凝土层，因此对地下水环境的影响基本可控。

拟建厂区内的污水管网均采用密闭的混凝土管道，可有效防止污水对地下水的污染。

9.3.2.4 固体废物影响分析

生活垃圾委托清运，废石英砂过滤器、活性炭过滤器和反渗透膜过滤器由厂家回收处置，废铅蓄电池产生后立即由危险废物处置许可证的单位收集并安全处置。各类固废均有可行的处置出路，对周边环境的影响基本可控。

建设单位购源时与供源方签订退役钴源返回供源方的协议，退役⁶⁰Co放射源及时返回生产厂家。

^{137}Cs 校验源为 V 类放射源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续，送具有放射性固体废物处理许可证的单位收集处置。

废离子交换树脂委托由放射性固体废物处理许可证的单位处置。

井水产生轻度污染的情况下采用树脂进行离子交换产生的废树脂具有放射性，对所产生的废树脂需经监测达标，满足《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）要求（ ^{60}Co 活度浓度 $<0.1\text{Bq/g}$ 、 β 表面沾污 $<0.8\text{Bq/cm}^2$ ）后装袋收集，集中堆放，最终交由放射性固体废物处理许可证的单位处理。

9.3.2.5 噪声影响

在该辐照房布置情况下，生产噪声经过建筑物和围墙阻隔后，8#车间昼夜间噪声贡献值达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类标准要求。

9.3.2.6 环境风险

本项目运营期可能发生辐射事故，通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施，辐射环境风险可控。

本评价认为在科学管理和完善的预防和应急处置机制保障下，本项目发生环境风险事故的可能性是比较低的。采取本评价提出的风险防范措施后，环境风险可防控。

9.3.3 事故影响分析

对几种潜在事故的分析表明：只要加强管理和监测，严格遵守各种规章制度和操作规程，采取有效的事故预防措施，制定事故应急方案等，可以防止事故的发生，减小和缓解事故的影响。

9.4 辐射安全管理

本项目为新建项目，杭州芯辐科技有限公司承诺在项目投运前成立辐射安全与环境保护管理机构，负责公司辐射安全与环境保护工作，并按照本环评提出的机构管理职责制定相关内容。公司承诺在项目投运前，按相关规定要求及本环评提出的辐射安全管理制度建立要求，制定相应的辐射安全管理制度，主要包括但不限于《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《放射源使用登记制度》《监测方案》《辐射事故应急响应预案》《辐射安全与防护管理大纲》《监测仪表使用与校验管理制度》及《辐

射工作人员个人剂量管理制度》等。

杭州芯辐科技有限公司承诺在项目投运前完成所有辐射工作人员的辐射安全与防护考核，确保辐射工作人员考核通过，持证上岗。

本项目拟制定《辐射事故应急预案》，其内容包括目的、使用范围、职责分工、事故处理程序、应急总结、事故预防措施、应急设备及保障、记录与报告、通讯等内容。经对拟定应急预案内容的分析，项目辐射事故应急预案是可行的。本项目辐照装置机房拟配备相应的辐射监测仪器，并制定有相应的环境监测制度。环境监测方案包含工作场所监测项目、监测频次、监测点位及监测方法，监测方案满足相关环境监测规范要求，能够满足本项目运行的要求。

9.5 公众参与

本项目参照《环境影响评价公众参与办法》的要求，主要通过网络公示、报纸媒体公示、现场粘贴的方式进行了公众参与，期间未收到社会公众、国家机关、社会团体、企事业单位以及其他组织的反馈意见。

9.6 建议和承诺

(1) 关于辐射安全管理的承诺

建设单位拟加强对辐射工作场所控制区、监督区的管控，不参与辐射工作的人员不能进入辐射工作场所。辐射工作人员除了佩带个人剂量计、个人剂量报警仪外，定期进行辐射安全培训，参与辐射应急演练。

关于建立和完善辐射安全管理机构和辐射规章制度的承诺

杭州芯辐科技有限公司拟设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确其管理职责。建设单位承诺在申请辐射安全许可证之前，完善辐射规章制度。

(3) 关于核安全关键岗位设置的承诺

建设单位承诺根据国家核安全法规的要求，项目投入运行前使本单位核安全关键岗位的人数达到相关规定要求，配备相应的注册核安全工程师。

(4) 关于投入使用前开展委托监测并取得相应许可的承诺

建设单位承诺取得相应的辐射安全许可后，委托有资质的单位开展辐射环境检测及设备性能检测，经检测满足相关国家标准、竣工环保验收合格后正式投入使用。

综上所述，杭州芯辐科技有限公司拟建设的“杭州芯辐科技有限公司新建辐照房项目”在严格按照环评中的要求进行建设后，项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理，区域辐射环境质量现状未见异常。辐射安全与防护措施总体可行，提出的各项环境保护及污染防治措施，项目正常运行时产生的辐射及其他污染物排放可以满足国家相关标准的要求，辐射工作人员和公众的受照剂量能满足建设单位管理目标值和国家规定的年有效剂量限值。从环境保护和辐射安全的角度看，项目建设可行。

建设项目声环境影响评价自查表

工作内容		自查项目					
评价等级与范围	评价等级	一级 <input type="checkbox"/>		二级 <input checked="" type="checkbox"/>		三级 <input type="checkbox"/>	
	评价范围	200m <input type="checkbox"/>		大于 200m <input type="checkbox"/>		小于 200m <input type="checkbox"/>	
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级 <input type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input type="checkbox"/>		计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>	
评价标准	评价标准	国家标准 <input type="checkbox"/>		地方标准 <input type="checkbox"/>		国外标准 <input type="checkbox"/>	
现状评价	环境功能区	0 类区 <input type="checkbox"/>	1 类区 <input type="checkbox"/>	2 类区 <input checked="" type="checkbox"/>	3 类区 <input type="checkbox"/>	4a 类区 <input type="checkbox"/>	4b 类区 <input type="checkbox"/>
	评价年度	初期 <input checked="" type="checkbox"/>		近期 <input type="checkbox"/>	中期 <input type="checkbox"/>		远期 <input type="checkbox"/>
	现状调查方法	现场实测法 <input type="checkbox"/>		现场实测加模型计算法 <input type="checkbox"/>		收集资料 <input type="checkbox"/>	
	现状评价	达标百分比		100%			
噪声源调查	噪声源调查方法	现场实测 <input type="checkbox"/>		已有资料 <input checked="" type="checkbox"/>		研究成果 <input type="checkbox"/>	
声环境影响预测与评价	预测模型	导则推荐模型 <input type="checkbox"/>				其他 <input type="checkbox"/>	
	预测范围	200m <input checked="" type="checkbox"/>		大于 200m <input type="checkbox"/>		小于 200m <input type="checkbox"/>	
	预测因子	等效连续 A 声级 <input type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input type="checkbox"/>		计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>	
	厂界噪声贡献值	达标 <input type="checkbox"/>				不达标 <input type="checkbox"/>	
	声环境保护目标处噪声值	达标 <input type="checkbox"/>				不达标 <input type="checkbox"/>	
环境监测计划	排放监测	厂界监测 <input type="checkbox"/>	固定位置监测 <input type="checkbox"/>	自动监测 <input type="checkbox"/>	手动监测 <input type="checkbox"/>	无监测 <input type="checkbox"/>	
	声环境保护目标处噪声监测	监测因子:()		监测点位数()		无监测 <input type="checkbox"/>	
评价结论	环境影响	可行 <input type="checkbox"/>				不可行 <input type="checkbox"/>	
注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可√；“()”为内容填写项。							

建设项目生态环境影响评价自查表

工作内容		自查项目
生态影响识别	生态保护目标	重要物种 <input type="checkbox"/> ；国家公园 <input type="checkbox"/> ；自然保护区 <input type="checkbox"/> ；自然公园 <input type="checkbox"/> ；世界自然遗产 <input type="checkbox"/> ；生态保护红线 <input type="checkbox"/> ；重要生境 <input type="checkbox"/> ；其他具有重要生态功能、对保护生物多样性具有重要意义的区域 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
	影响方式	工程占用 <input type="checkbox"/> ；施工活动干扰 <input type="checkbox"/> ；改变环境条件 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
	评价因子	物种 <input type="checkbox"/> （ ） 生境 <input type="checkbox"/> （ ） 生物群落 <input type="checkbox"/> （ ） 生态系统 <input type="checkbox"/> （ ） 生物多样性 <input type="checkbox"/> （ ） 生态敏感区 <input type="checkbox"/> （ ） 自然景观 <input type="checkbox"/> （ ） 自然遗迹 <input type="checkbox"/> （ ） 其他 <input type="checkbox"/> （ ）
评价等级		一级 <input type="checkbox"/> 二级 <input type="checkbox"/> 三级 <input type="checkbox"/> 生态影响简单分析 <input type="checkbox"/>
评价范围		陆域面积：（0.034）km ² ；水域面积（ ）km ²
生态现状调查与评价	调查方法	资料收集 <input type="checkbox"/> ；遥感调查 <input type="checkbox"/> ；调查样方、样线 <input type="checkbox"/> ；调查点位、断面 <input type="checkbox"/> ；专家和公众咨询法 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
	调查时间	春季 <input type="checkbox"/> ；夏季 <input type="checkbox"/> ；秋季 <input type="checkbox"/> ；冬季 <input type="checkbox"/> 丰水期 <input type="checkbox"/> ；枯水期 <input type="checkbox"/> ；平水期 <input type="checkbox"/>

	所在区域的生态问题	水土流失 <input type="checkbox"/> ；沙漠化 <input type="checkbox"/> ；石漠化 <input type="checkbox"/> ；盐渍化 <input type="checkbox"/> ；生物入侵 <input type="checkbox"/> ；污染危害 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
	评价内容	植被/植物群落 <input type="checkbox"/> ；土地利用 <input type="checkbox"/> ；生态系统 <input type="checkbox"/> ；生物多样性 <input type="checkbox"/> ；重要物种 <input type="checkbox"/> ；生态敏感区 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
生态影响预测与评价	评价方法	定性 <input type="checkbox"/> ；定性和定量 <input type="checkbox"/>
	评价内容	植被/植物群落 <input type="checkbox"/> ；土地利用 <input type="checkbox"/> ；生态系统 <input type="checkbox"/> ；生物多样性 <input type="checkbox"/> ；重要物种 <input type="checkbox"/> ；生态敏感区 <input type="checkbox"/> ；生物入侵风险 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
生态保护 对策措施	对策措施	避让 <input type="checkbox"/> ；减缓 <input type="checkbox"/> ；生态修复 <input type="checkbox"/> ；生态补偿 <input type="checkbox"/> ；科研 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
	生态监测计划	全生命周期 <input type="checkbox"/> ；长期跟踪 <input type="checkbox"/> ；常规 <input type="checkbox"/> ；无 <input type="checkbox"/>
	环境管理	环境监理 <input type="checkbox"/> ；环境影响后评价 <input type="checkbox"/> ；其他 <input type="checkbox"/>
评价结论	生态影响	可行 <input type="checkbox"/> ；不可行 <input type="checkbox"/>
注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可√；“（ ）”为内容填写项。		