

核技术利用建设项目
江苏昱锦工程装备有限公司
固定式 X 射线探伤项目
环境影响报告表
(公示本)

江苏昱锦工程装备有限公司 (公章)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏昱锦工程装备有限公司

固定式 X 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称： 江苏昱锦工程装备有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）： 杨煜

通讯地址： 南京市六合区龙池街道浦周路 17 号

邮政编码： 210044 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	1s3j33		
建设项目名称	江苏昱锦工程装备有限公司固定式X射线探伤项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏昱锦工程装备有限公司		
统一社会信用代码	91320116MA21WRD88M		
法定代表人 (签章)	杨煜		
主要负责人 (签字)	沈军陆		
直接负责的主管人员 (签字)	孙远才		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵凌宇	201905035320000015	BH020792	赵凌宇
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵凌宇	表1项目基本情况 表2放射源 表3非密封放射性物质 表4射线装置 表5废弃物 (重点是放射性废弃物) 表6评价依据 表7保护目标与评价标准 表8环境质量和辐射现状	BH020792	赵凌宇
吕孝敏	表9项目工程分析与源项 表10辐射安全与防护 表11环境影响分析 表12辐射安全管理 表13结论与建议	BH024851	吕孝敏

编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书

环境影响评价工程师
Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。

姓名：_____
证件号码：_____
性别：_____
出生年月：_____
批准日期：2019年05月19日
管理号：201905035320000015

人力资源和社会保障部
人事考试中心
提供查询结果

中华人民共和国人力资源和社会保障部
中华人民共和国生态环境部

编制主持人和主要编制人员社会保险缴纳证明

江苏省社会保险权益记录单
(参保单位)

参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司
统一社会信用代码：91320106MA20BXME57

现参保地：鼓楼区
查询时间：202510-202601

共1页，第1页

单位参保险种		养老保险		工伤保险		失业保险	
缴费总人数		29		29		29	
序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）		缴费起止年月		缴费月数	
1	赵凌宇			202510 - 202512		3	
2	吕孝敏			202510 - 202512		3	

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内(6个月)，如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证(可多次验证)。



目录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 5

表 3 非密封放射性物质 5

表 4 射线装置 6

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 7

表 6 评价依据 8

表 7 保护目标与评价标准 12

表 8 环境质量和辐射现状 16

表 9 项目工程分析与源项 20

表 10 辐射安全与防护 29

表 11 环境影响分析 38

表 12 辐射安全管理 53

表 13 结论与建议 57

表 14 审批 61

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 62

附图：

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目厂区平面及周围环境示意图

附图 3-1 本项目所在厂房 2 平面布置示意图（改造前）

附图 3-2 本项目所在厂房 2 平面布置示意图（改造后）

附图 4 本项目探伤房平面及剖面布置图

附图 5 本项目探伤房辐射安全与防护措施分布示意图

附图 6-1 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 6-2 本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系图

附图 7 本项目与六合区国土空间控制线规划相对位置关系图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 洗片废液、废胶片处置承诺书

附件 4 营业执照

附件 5 不动产权证书

附件 6 本底检测报告及资质证书

附件 7 探伤机技术参数说明书

附件 8 江苏省投资项目备案证

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江苏昱锦工程装备有限公司固定式 X 射线探伤项目			
建设单位		江苏昱锦工程装备有限公司			
法人代表	杨煜	联系人		联系电话	
注册地址		南京市六合区龙池街道浦周路 17 号			
项目建设地点		南京市六合区龙池街道浦周路 17 号厂房 2			
立项审批部门		南京市六合区发展和改革委员会	批准文号	六发改备（2025）2240 号	
建设项目总投资（万元）			项目环保投资（万元）		投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m²）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	项目概述：				
1. 建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来					
江苏昱锦工程装备有限公司成立于 2020 年 7 月 6 日，注册地位于南京市六合区龙池街道浦周路 17 号，法定代表人为杨煜。经营范围包括许可项目：建设工程施工，特种设备制造；一般项目：炼油、化工生产专用设备制造；炼油、化工生产专用设备销售；钢压延加工；通用设备制造（不含特种设备制造）；海洋工程装备制造；海洋工程平台装备制造；五金产品制造；海洋工程装备销售；金属材料销售；技术服务、技术开发、					

技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；深海石油钻探设备制造；劳务服务（不含劳务派遣）；通用设备修理；专用设备修理；电气设备修理；通用零部件制造；机械零件、零部件加工；石油钻采专用设备制造等。

江苏昱锦工程装备有限公司已取得不动产权证书，土地性质为工业用地（不动产权证书见附件 5）。因公司生产的压力容器检测需求，公司拟将厂房内现有 1 座库房改造为探伤房（包括曝光室及辅房），配备 3 台 X 射线探伤机（1 台 XXG2505T 型定向机，最大管电压 250kV，最大管电流 5mA；1 台 XXG2505C 型周向机，最大管电压 250kV，最大管电流 5mA；1 台 XXG3505C 型周向机，最大管电压 350kV，最大管电流 5mA）。本项目探伤房辅房包括操作室、洗片室、暗室及备用房间（拟建设），均位于曝光室西北侧。本项目洗片过程中会产生废显（定）影剂、胶片清洗废水和废胶片，拟依托厂区危废库暂存。厂区危废库紧邻厂区西南侧围墙（见附图 2）。公司生产的压力容器为圆筒状，工件长度最大为 8m，直径最大为 3m，厚度范围为 6mm~45mm 的钢。该项目已取得江苏省投资项目备案证（见附件 8），备案证号为六发改备（2025）2240 号，项目代码为 2509-320116-04-05-141187。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员（其中 1 人兼职辐射防护负责人），每年工作 50 周，每周最大曝光时间不超过 10h，预计探伤房曝光室内年曝光时间最大为 500h（含训机时间），每次探伤仅开启 1 台 X 射线探伤机。

本项目核技术利用情况详见下表 1-1。

表 1-1 江苏昱锦工程装备有限公司核技术利用项目一览表

射线装置											
序号	射线装置名称及型号	数量台	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况	备注
1	XXG2505T 型 X 射线探伤机	1	250	5	II	厂房 2 探伤房曝光室	使用	本次环评	未许可	未验收	定向机
2	XXG2505C 型 X 射线探伤机	1	250	5	II		使用	本次环评	未许可	未验收	周向机
3	XXG3505C 型 X 射线探伤机	1	350	5	II		使用	本次环评	未许可	未验收	周向机

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），

本项目为使用 X 射线探伤机进行无损检测,属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”,本项目应编制环境影响报告表。受江苏昱锦工程装备有限公司委托,江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析,编制该项目环境影响报告表。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏昱锦工程装备有限公司位于南京市六合区龙池街道浦周路 17 号,公司东南侧、西南侧为丰树六合物流产业园,西北侧为空地,东北侧为浦周路。本项目探伤房位于厂房 2 西南部,厂房 2 东南侧隔厂区道路为丰树六合物流产业园,西南侧隔厂区道路为配电房、厂区危废库及厂房 3,西北侧隔厂区道路为空地,东北侧隔厂区道路为厂房 1。公司地理位置示意图见附图 1,厂区平面及周围环境示意图见附图 2。

本项目探伤房位于厂房 2 西南部,探伤房东南侧隔厂房过道为空压机组和管路区,西南侧隔厂房过道为焊料区,西北侧隔厂房过道为零部件组装区,东北侧隔厂房过道为设备摆放组对焊接区域。本项目探伤房辅房设置有操作室、洗片室、暗室及备用房间,均位于曝光室西北侧。本项目探伤房为一层建筑,上方为厂房屋顶,下方为土层。本项目所在厂房 2 平面布置示意图(改造前)见附图 3-1,本项目所在厂房 2 平面布置示意图(改造后)见附图 3-2,本项目探伤房平面及剖面布置图见附图 4。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》《江苏省自然资源厅关于南京市六合区 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2023〕1175 号),本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域及六合区生态空间管控区域;本项目位置属于重点管控单元(南京市六合经济开发区)。对照《南京市六合区国土空间总体规划(2021—2035 年)》,本项目位于城镇开发边界。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图 6-1,本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区域相对位置关系见附图 6-2,本项目与国土空间控制线规划相对位置关系见附图 7。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省及南京市“三线一单”(生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单)要求。

本项目探伤房曝光室周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及江苏昱锦工程装备有限公司及丰树六合物流产业园。本项目周围环境保护目标主要为从事 X 射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 实践正当性

江苏昱锦工程装备有限公司因压力容器无损检测需求，拟将厂房内现有 1 座库房改造为探伤房（包括曝光室及辅房），配备 3 台 X 射线探伤机对生产的压力容器进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业对产品质量的需求，创造更好的经济效益。从社会角度而言，能够使公众使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以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》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4. 原有核技术利用项目许可情况

在此之前，江苏昱锦工程装备有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为江苏昱锦工程装备有限公司首次开展核技术利用项目。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1 台	XXG2505T 型	250	5	无损检测	厂房 2 探伤房曝光室	定向机
2	X 射线探伤机	II	1 台	XXG2505C 型	250	5	无损检测	厂房 2 探伤房曝光室	周向机
3	X 射线探伤机	II	1 台	XXG3505C 型	350	5	无损检测	厂房 2 探伤房曝光室	周向机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
废显（定）影剂	液态	/	/	约 20kg	约 240kg	/	集中收集后暂存于厂区危废库	收集贮存厂区危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
胶片清洗废水	液态	/	/	约 100kg	约 1200kg	/	集中收集后暂存于厂区危废库	收集贮存厂区危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
废胶片	固态	/	/	约 2kg	约 24kg	/	集中收集后暂存于厂区危废库	收集贮存厂区危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
生活垃圾	固态	/	/	30kg	360kg	/	暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m ³	28.8m ³	/	不暂存	进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/l 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规 文件	1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令2011年第18号公布，自2011年5月1日起施行； 7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国2021年生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，2020年11月30日生态环境部令2020年第16号公布，自2021年1月1日起施行； 10) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 11) 《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； 12) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部令第23号，自2022年1月1日起施行； 13) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物贮存规范化管理专项整治行动方案的通知》（苏环办〔2019〕149号），2019年4月29日印发； 14) 《省生态环境厅关于进一步加强危险废物污染防治工作的实施意见》（苏环
----------	--

	办〔2019〕327号），2019年9月24日印发； 15) 《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》（苏环办〔2020〕401号），2020年12月31日印发； 16) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）的通知》（苏环办〔2021〕290号），2021年10月14日印发； 17) 《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》国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日印发； 18) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行； 19) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行； 20) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行； 21) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行； 22) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；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，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 23) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，江苏省生态环境厅苏环办〔2021〕187号，2021年5月31日印发； 24) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告第39号，2019年10月25日印发）； 25) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行； 26) 《关于印发南京市“三线一单”生态环境分区管控实施方案的通知》（宁政发〔2021〕42号）； 27) 《南京市六合区国土空间总体规划（2021—2035年）》，2025年4月21日发
--	--

	布； 28) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规（2025）1号，2025年9月21日起施行。
技术标准	1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） 2) 《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） 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） 7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其1号修改单 8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019） 9) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020） 10) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023） 11) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012） 12) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）（2023版） 13) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）
其他	附图： 附图 1 本项目地理位置图 附图 2 本项目厂区平面及周围环境示意图 附图 3-1 本项目所在厂房 2 平面布置示意图（改造前） 附图 3-2 本项目所在厂房 2 平面布置示意图（改造后） 附图 4 本项目探伤房平面及剖面布置图 附图 5 本项目探伤房辐射安全与防护措施分布示意图 附图 6-1 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图 附图 6-2 本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系图 附图 7 本项目与六合区国土空间控制线规划相对位置关系图 附件：

	附件 1 委托书 附件 2 承诺书 附件 3 洗片废液、废胶片处置承诺书 附件 4 营业执照 附件 5 不动产权证书 附件 6 本底检测报告及资质证书 附件 7 探伤机技术参数说明书 附件 8 江苏省投资项目备案证
--	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用 X 射线探伤机进行无损探伤，X 射线探伤机属于Ⅱ类射线装置。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》（HJ 10.1-2016）中“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物边界外 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目探伤房曝光室边界外 50m 区域。本项目 50m 评价范围见附图 2。

保护目标

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》《江苏省自然资源厅关于南京市六合区2023年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕1175号），本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域及六合区生态空间管控区域；项目位置属于重点管控单元（南京市六合经济开发区）。对照《南京市六合区国土空间总体规划（2021—2035年）》，本项目位于城镇开发边界。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省及南京市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、本项目探伤房辐射工作人员。

2、本项目探伤房曝光室周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称		方位	距曝光室最近距离	人员规模	剂量约束值	
1	辐射工作人员	探伤房操作室、洗片室、暗室、备用房间	西北侧	紧邻	2 人	5mSv/a	
2	周围公众	江苏昱锦工程装备有限公司厂房 2	厂房过道	东南侧、西南侧、西北侧、东北侧	紧邻	流动人员	0.1mSv/a
			空压机组和管路区、喷砂房	东南侧	约 6m	约 5 人	
			焊料区	西南侧	约 3m	约 2 人	
			零部件组装区	西北侧	约 6m	约 2 人	

		材料检、铆焊检、 库管员办公室	西北侧	约 27m	约 10 人
		焊材库、工具库、 杂品库、气库	西北侧	约 38m	流动人员
		半成品库、管材 库、中转区、 刨边机	西北侧	约 27m	流动人员
		纵缝焊接区域	西北侧	约 6m	约 5 人
		设备摆放组对 焊接区域	东北侧	约 2m	约 20 人
		洁净厂房	东北侧	约 36m	约 10 人
		机加工附件 摆放区	西北侧	约 45m	流动人员
3	厂区道路		东南侧	约 25m	流动人员
			西南侧	约 7m	
			西北侧	约 48m	
4	厂房 3		西南侧	约 22m	约 20 人
5	配电房		西南侧	约 42m	流动人员
6	厂区危废库		西南侧	约 46m	流动人员
7	丰树六合物流产业园		东南侧	约 35m	约 10 人
			西南侧	约 45m	流动人员

评价标准

1) 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值,如下表:

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 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。

2) 剂量约束值:

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%(即0.1mSv~0.3mSv)的范围之内。”的要求,职业人员按年剂量限值1/4取值,公众按照其年剂量限值的1/10取值,确定本项目剂量约束值如下:

A) 职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a;

B) 公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3) 固定探伤时职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平:

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足: a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平,对放射工作场所,其值应不大于100 μ Sv/周,对公众场所,其值应不大于5 μ Sv/周”的要求,确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下:

A) 职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平,其值应不大于 100 μ Sv/周,

B) 公众每周的周围剂量当量参考控制水平,其值应不大于 5 μ Sv/周。

4) 固定探伤时曝光室外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平:

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足: b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 μ Sv/h。”以及“6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足: a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时,探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3; b) 对没有人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100 μ Sv/h。”的要求确定本项目关曝光室外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下:

A) 曝光室四周屏蔽体表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h;

B) 曝光室顶部表面外30cm处的周围剂量当量率参考控制水平应不大于100 μ Sv/h (顶部无人员到达)。

5) 辐射环境质量现状检测评价参考值

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护 第13卷第2期,1993年3月,江苏省环境监测站)确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如

下：

表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：现状评价时，参考测值范围数值进行评价：即原野为（33.1~72.6）nGy/h；道路为（18.1~102.3）nGy/h；室内为（50.7~129.4）nGy/h。表格中数据已扣除宇宙响应值。

6) 参考资料

方杰，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

江苏昱锦工程装备有限公司位于南京市六合区龙池街道浦周路 17 号，公司东南侧、西南侧为丰树六合物流产业园，西北侧为空地，东北侧为浦周路。本项目探伤房位于厂房 2 西南部，厂房 2 东南侧隔厂区道路为丰树六合物流产业园，西南侧隔厂区道路为配电房、厂区危废库及厂房 3，西北侧隔厂区道路为空地，东北侧隔厂区道路为厂房 1。

本项目探伤房位于厂房 2 西南部，探伤房东南侧隔厂房过道为空压机组和管路区，西南侧隔厂房过道为焊料区，西北侧隔厂房过道为零部件组装区，东北侧隔厂房过道为设备摆放组对焊接区域。本项目探伤房辅房设置有操作室、洗片室、暗室及备用房间，均位于曝光室西北侧。本项目探伤房为一层建筑，上方为厂房屋顶，下方为土层。

本项目探伤房曝光室周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及江苏昱锦工程装备有限公司及丰树六合物流产业园。本项目周围环境保护目标主要为从事 X 射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目探伤房拟建址及周围环境现状见图 8-1。

图 8-1 本项目探伤房拟建址及周围环境现状照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目探伤房曝光室拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目探伤房曝光室拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：本项目探伤房曝光室拟建址及周围布设 12 个监测点位，分别位于探伤房曝光室拟建址四周及保护目标处。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在探伤房曝光室拟建址周围布设监测点位，对探伤房曝光室拟建址周围环境 γ 辐射剂量率进行检测。

质量保证措施：江苏睿源环境科技有限公司已通过检验检测机构资质认定，合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量

控制。检测人员均经过考核并持有合格证书，检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核制度，检测时仪器使用前后检查是否正常。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：BG9512+BG7030 型 X-γ辐射监测仪（仪器编号：RY-J001）

测量范围：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

校准有效日期：2025.3.11-2026.3.10

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2025H21-20-5786074001

监测日期：2025 年 8 月 15 日

环境条件：天气：晴；温度：34℃；相对湿度：64%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目探伤房曝光室拟建址周围环境辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 6），监测点位示意图见图 8-2。

数据记录及处理：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中公式进行修正并扣除宇宙射线响应值，同时处理出标准偏差。

表 8-1 本项目探伤房拟建址周围环境γ辐射水平

序号	检测点位	检测结果(nGy/h)	标准偏差	备注
1	探伤房曝光室拟建址中部	35	1	室内（平房）
2	探伤房曝光室拟建址东侧	37	2	室内（平房）
3	探伤房曝光室拟建址南侧	36	2	室内（平房）
4	探伤房曝光室拟建址西侧	37	1	室内（平房）
5	探伤房曝光室拟建址北侧	36	1	室内（平房）
6	厂房 2 东南部	41	1	室内（平房）
7	厂房 2 西南部	40	2	室内（平房）
8	厂房 2 中部	37	2	室内（平房）

9	厂房 2 南侧厂区道路	41	1	道路
10	配电房东北侧	46	1	道路
11	厂房 3 北侧	44	2	道路
12	丰树六合物流产业园西侧	51	2	道路

注：X-γ辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1，上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。检测点位中将本项目厂区视作正南正北方向进行相关描述，以东北方向为正北方向，东南方向为正东方向，西南方向为正南方向，西北方向为正西方向。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目探伤房曝光室周围环境γ辐射剂量率在（35~51）nGy/h 范围内，其中道路环境γ辐射剂量率在（41~51）nGy/h 范围内，处于江苏省道路天然γ辐射剂量率测值范围内；室内环境γ辐射剂量率为（35~41）nGy/h，低于江苏省室内天然γ辐射剂量率测值范围内（原因：本项目所在车间墙体、顶部多为钢制材料，车间堆放大量钢制材料及工件，导致车间内本底水平较低）。



图 8-2 X-γ辐射剂量率检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

江苏昱锦工程装备有限公司因产品质量检测需求,拟将厂房内现有 1 座库房改造为探伤房(包括曝光室及辅房),配备 3 台 X 射线探伤机(1 台 XXG2505T 型定向机,最大管电压 250kV,最大管电流 5mA;1 台 XXG2505C 型周向机,最大管电压 250kV,最大管电流 5mA;1 台 XXG3505C 型周向机,最大管电压 350kV,最大管电流 5mA);用于开展固定式 X 射线探伤作业。3 台探伤机拟采购于丹东新科电器有限公司,探伤机使用说明书见附件 7,取得下述主要参数,包括最大管电压、最大管电流、主射线辐射角、工件最大厚度(钢)、滤过材料及工作方式。

表9-1本项目探伤机主要设备参数

参数	XXG2505T 型 X 射线探伤机	XXG2505C 型 X 射线探伤机	XXG3505C 型 X 射线探伤机
最大管电压	250kV	250kV	350kV
最大管电流	5mA	5mA	5mA
主射线辐射角	40°+5°	360°×30°	360°×30°
工件最大厚度 (钢)	40mm	34mm	50mm
滤过材料	3mmAl	3mmAl	3mmAl
工作方式	间歇式工作 1:1, 工作 5 分钟休息 5 分钟。		

X射线探伤机主要由控制箱、X射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机开关、管电压、曝光时间设置。连接电缆用于连接控制器与X射线发生器。X射线发生器用于在控制器设置条件下进行曝光探伤。常见X射线探伤装置控制箱见图9-1, 常见X射线探伤机外观图及连接电缆见图9-2。

X射线发生器的核心部件是X射线管。X射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成。X射线管一端是作为电子源的阴极,另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时,阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差,电子向阳极运动,形成静电式加速,获取能量。具有一定动能的高速运动电子,撞击靶材料,产生X射线。典型的X射线管结构图见图9-3。

X射线探伤机按照X射线发射的方向和窗口范围可分为定向式和周向式,本项目配备的定向机固定朝向一侧照射,周向机朝四周照射,常见定向、周向X射线探伤机

照射工件示意图见图9-4。

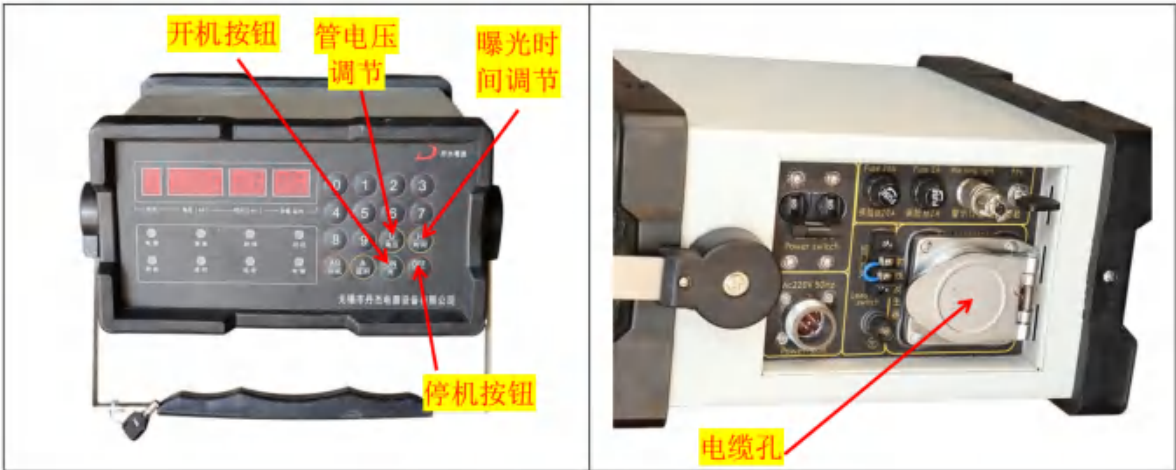


图9-1 常见X射线探伤装置控制箱



图 9-2 设备厂家 X 射线探伤机外观图及连接电缆

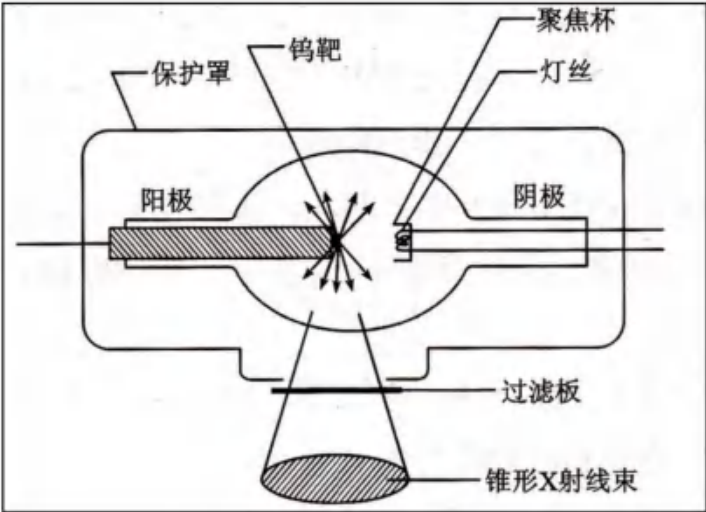


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

图 9-4 常见定向、周向 X 射线探伤机照射工件示意图

2、X 射线探伤机工作原理

X射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对X射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部细微结构等。

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射的特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。把被检物体放在离射线装置 0.25m~0.5m 的位置处，把胶片紧贴在被检工件焊缝背后，用 X 射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的真实情况就反映到胶片的乳胶上，对感光后的胶片在暗室中进行显影、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

3、工件信息及工作方式

本项目探伤房主要用于对本公司生产的压力容器焊接部分进行无损检测，压力容器为圆筒状，工件长度最大 8m，直径最大 3m，厚度为 6~45mm 钢。

图 9-5 本项目探伤房探伤工件示意图

本项目探伤房曝光室内部净尺寸长 10m×宽 6m×高 5m，工件门洞尺寸为 4.0m（宽）×5.0m（高），探伤房曝光室内及门宽尺寸与工件能够匹配。建设单位只开展曝光室内的探伤，不涉及野外（室外）探伤项目，本项目探伤房曝光室内每次曝光只使用 1 台 X 射线探伤机，不存在曝光室内同时使用多台 X 射线探伤机的情况。

根据本项目工件及探伤房具体情况确定本项目定向机使用外照法，周向机使用内照法，曝光时间与探伤物件厚度成正比。本项目 X 射线探伤机出束时，周向探伤机有用线束方向为东南墙、西北墙、屋顶及地面；定向探伤机主射线方向为东南墙。本项目所在探伤房地下为土质层，上方为厂房屋顶。

4、工作流程及产污环节分析

X 射线探伤时辐射工作人员将工件从工件门运至曝光室内，在操作台进行远距离操作，对工件焊缝等需要检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1) 辐射工作人员工作前需要开展各项检查，重点检查曝光室防护门（工件门、人员门）-机联锁装置、照射信号指示灯、固定式场所辐射探测报警装置等防护安全措施。进入曝光室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

2) 将工件从工件门运至曝光室内，清场，无关人员撤离曝光室，工作人员在曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3) 将 X 射线探伤机固定在合适的位置；

4) 检查曝光室内人员滞留情况，再次确定无人后探伤工作人员从人员门离开曝光室，并关闭工件门及人员门；

5) 探伤工作人员开启X射线探伤机进行无损检测；在此过程中产生X射线及少量臭氧、氮氧化物；

6) 达到预定照射时间和曝光量后关闭X射线探伤机，工作人员打开人员门，进入曝光室取下胶片；

7) 完成所有检测工作后，将工件由工件门运出曝光室；

8) 辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等；此过程中产生废显（定）影剂、废胶片及胶片清洗废水。

固定式X射线探伤工作流程及产污环节见下图9-6。

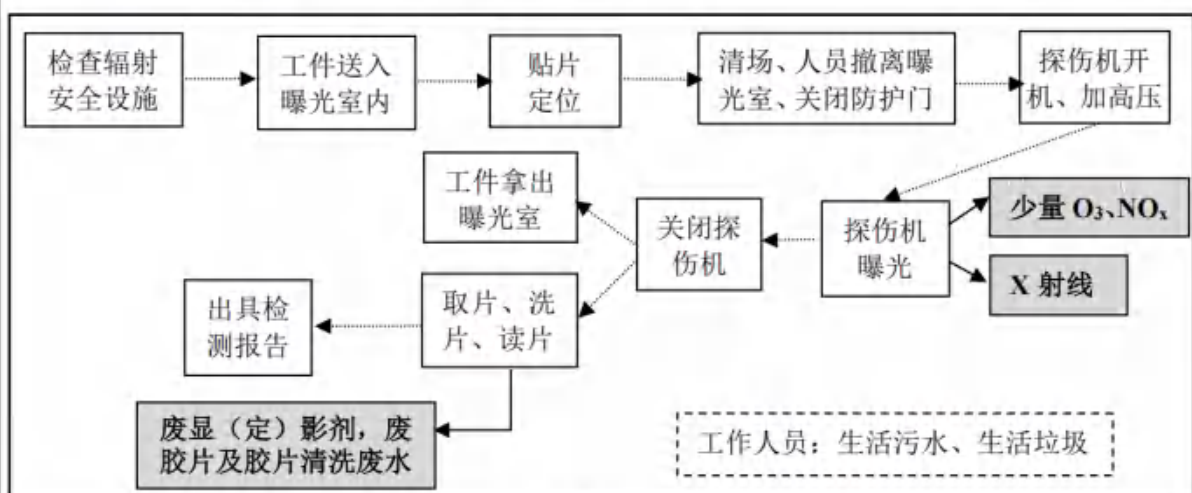


图 9-6 本项目探伤工作流程及产污环节

由图 9-6 可知，本项目营运中产生的主要污染物如下

- (1) 探伤机出束过程中产生的 X 射线；
- (2) X 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；
- (3) 当定影、显影液在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；
- (4) 洗片过程中产生的胶片清洗废水；
- (5) 探伤工作中可能产生废胶片；
- (6) 探伤工作人员会产生少量生活污水及生活垃圾。

此外，在探伤机首次到厂或超过1周末使用等情况下，在开始探伤工作前，需要对探伤机进行训机，训机工作流程及产污环节为：

(1) 清场、关门：检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员离开曝光室并关闭防护门，启动‘预备’信号；

(2) 训机：辐射工作人员在操作室内操作控制箱，按下训机键，进入训机状态，

语音提示“训机开始”，从低千伏值一点一点地往高训。按下训机键后，X射线探伤机将产生X射线污染，同时X射线将使曝光室内的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

（3）训机结束：当训到最高千伏值后，X射线探伤机自动关闭，同时在训机过程中，也可以通过“高压关”键来随时终止。

5.人员配置及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员实行白班单班制，每年工作 50 周，探伤房曝光室每周最大曝光不超过 10h，年曝光时间不超过 500h（以上时间包含训机）。

人员配置：建设单位拟为本项目配备 2 名辐射工作人员共同操作探伤机及管理本项目探伤房。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

6. 辐射工作场所人流及物流路径

人流：本项目辐射工作人员从工件门进入曝光室进行工件摆放、贴胶片等准备工作，准备工作完成后通过人员门返回至操作室，确认曝光室内无人员停留后关闭工件门及人员门，开始探伤工作。探伤任务结束后，辐射工作人员在曝光室取下胶片进入暗室进行洗片工作。在评片室进行评片。一天的工作结束后，辐射工作人员从操作室门离开探伤房。

物流：本项目工件由辐射工作人员经工件门运至曝光室内进行探伤检测工作，检测完成后，工件由工件门运出曝光室。

本项目每日产生危废由暗室送至厂区危废库内进行暂存。

图 9-7 本项目探伤房辐射工作场所人流及物流路径

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

江苏昱锦工程装备有限公司因产品质量检测需求,拟将厂房内现有 1 座库房改造为探伤房(包括曝光室及辅房),配备 3 台 X 射线探伤机(1 台 XXG2505T 型定向机,最大管电压 250kV,最大管电流 5mA;1 台 XXG2505C 型周向机,最大管电压 250kV,最大管电流 5mA;1 台 XXG3505C 型周向机,最大管电压 350kV,最大管电流 5mA);用于开展固定式 X 射线探伤作业。

污染源强:根据厂家探伤机使用说明书中产品主要技术参数一览表(附件 7),已知本项目探伤机滤过均为 3mmAl,本项目探伤机输出量根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1 取值,为有用线束源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1 中取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率,即泄漏射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 2 取得散射辐射最高能量。

表9-2 本项目探伤机源项参数

序号	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	滤过	辐射角	有用线束辐射输出量 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	有用线束辐射输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射能量 (kV)
1	XXG2505T 型 X 射线探伤机	250	5	3mmAl	40°+5°	13.9	8.34E+05	5000	200kV
2	XXG2505C 型 X 射线探伤机	250	5	3mmAl	360°×30°	13.9	8.34E+05	5000	200kV
3	XXG3505C 型 X 射线探伤机	350	5	3mmAl	360°×30°	27.9	1.674E+06	5000	250kV

注:350kV 探伤机输出量通过 3mmAl 铝滤过条件下 250kV 与 300kV 下的输出量外插取得。

由 X 射线探伤机工作原理可知,探伤机只有在开机并处于出束状态时(曝光状态)才会发出 X 射线,对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射,因此探伤机在开机曝光期间,本项目的辐射源项主要包括 X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射(如以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射、天空反散射、曝光室内各类射线的散射辐射等)。

2.非辐射污染源分析

(1) 固废

本项目不产生放射性固体废物。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。

本项目运营时会产生废显（定）影剂、胶片清洗废水和废胶片。废显（定）影剂和废胶片属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16，废物代码为 900-019-16。由于胶片清洗废水含有重金属离子，将参照废显（定）影剂按照危险废物管理。

本项目每月预计产生废显（定）影剂 20kg，每年预计产生废显（定）影剂 240kg；每月预计产生胶片清洗废水 100kg，每年预计产生胶片清洗废水 1200kg；每月预计产生废胶片 2kg，每年预计产生废胶片 24kg。

(2) 废水

本项目不产生放射性废水。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m³，年排放量为 28.8m³。

(3) 废气

本项目不产生放射性废气。

X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施**1.工作场所布局及分区**

本项目探伤房设有曝光室及操作室、洗片室、暗室及备用房间，操作室、洗片室、暗室及备用房间位于探伤房曝光室西北侧，曝光室外墙无可攀爬的设施，曝光室顶部人员不可到达，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与曝光室分开的设计要求。

本项目结合探伤工件（图 9-5）及厂区实际工作情况，使用周向探伤机为平躺在工件内作业，因此周向机主射线方向为东南墙、西北墙、顶部及底部，操作室位于曝光室西北侧，拟将操作台设置在操作室东北角，尽量避开探伤机的摆放位置，从而尽量避免辐射工作人员处于有用线束照射方向，拟在辐射安全与防护制度及人员培训制度中强调出束过程中应尽量避免在附近停留；同时经理论预测，操作室的辐射剂量率为 $4.07\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足标准限值要求。使用定向探伤机规定主射线方向为东南墙，操作室位于曝光室西北墙外，可避开操作室，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 6.1.1 关于“操作室应避开有用线束照射的方向”的要求。综上所述，本项目工作场所布局设计合理。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，公司将按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

本项目以探伤房曝光室（含迷道）作为本项目的控制区，将操作室、洗片室、暗室及备用房间作为本项目的监督区，在探伤房工件门、人员门上均拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，在监督区入口张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。两区划分示意情况见图 10-1。

图 10-1 本项目探伤房两区划分示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	探伤房曝光室（含迷道）	操作室、洗片室、暗室及备用房间
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的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”。 6.4.2.2 a)“采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，曝光室内在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	工件门、人员门外粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	探伤房操作室入口门外粘贴监督区标牌。

2.工作场所辐射屏蔽设计

本项目拟将厂房 2 内现有 1 座库房改造为探伤房（包括曝光室及辅房），探伤房曝光室及辅房整体占地面积约 120m²。探伤房曝光室内部净尺寸长宽高分别为 10m×6m×5m，主要通过混凝土墙体、混凝土屋顶及铅防护门对 X 射线进行防护。

库房原设计情况：四周墙体为 750mm 混凝土，顶部为 450mm 混凝土，迷道外墙为 750mm 混凝土，大门门洞尺寸 4000mm×5000mm，小门门洞尺寸 800mm×2000mm，暂未安装门体；西墙南部下方设置 2 根直径φ110mm 电气管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下。

库房改造为探伤房后设计：本次改造不涉及库房原有墙体，四周墙体仍为 750mm 混凝土，顶部仍为 450mm 混凝土，迷道外墙仍为 750mm 混凝土；本次改造增加铅防护门，工件门（大门）尺寸为 4700mm×5300mm，左右各覆盖 350mm，上下各覆盖 150mm，内含 35mm 铅板；人员门（小门）尺寸为 1200mm×2300mm，左右各覆盖 200mm，上下各覆盖 150mm，内含 10mm 铅板。工件门、人员门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，工件门、人员门与墙体重叠部分不小于工件门、人员门与墙体缝隙宽度的 10 倍。曝光室西侧增加辅房，包括操作室、洗片室、暗室及备用房间。

曝光室电缆管道利用现有电气管道，位于西墙南部下方，为 2 根直径φ110mm 管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下。

原库房未设计通风口，本项目拟在曝光室顶部东南角设置 1 个直径 400mm×400mm 通风口，在通风口处设置管道引至曝光室底部，通风口外拟设置 35mm 铅当量铅防护罩，防护罩内设置铅迷宫，通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物；安装的单个轴流风机排风量约为 1000m³/h，探伤作业时全程开启风机，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物，能确保每小时有效通风换气次数不小于 3 次，且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。

本项目通风口施工工艺如下：

1) 通风口开凿

①**定位放线：**根据图纸，在曝光室顶部东南角精确标定出 400mm×400mm 的方形通风口位置。

②**开孔作业：**采用水钻钻孔与静力切割相结合的方式，沿标定线进行开孔。作业过程中需做好下方设备的防护，防止混凝土碎块坠落。

③孔口处理：对开凿后的孔洞边缘进行修整、打磨，确保平整无毛刺。

2) 铅防护罩与迷宫安装

①安装基座：在通风口外侧墙体上安装由角钢焊接的固定支架，确保其牢固、水平。

②安装防护罩：将预制好的 35mm 铅当量铅防护罩吊装至支架上，用螺栓紧密固定。

③铅迷宫就位：将内置的铅迷宫结构精准安装于防护罩内部，确保所有接缝处搭接严密，无直通缝隙。所有接缝均需用铅板进行覆盖密封，保证其整体防护性能不低于 35mm 铅当量。

3) 通风管道安装

①管道连接：将镀锌钢板风管一端与顶部的铅防护罩出口可靠连接，另一端延伸至曝光室底部指定位置。

②管道固定：采用吊杆与抱箍将风管系统牢固地固定在顶板与侧壁上，确保运行时不晃动。

③密封处理：所有风管连接处均使用耐老化密封胶进行密封，防止漏风并保证排风效率。

4) 轴流风机安装

①风机就位：将轴流风机安装在通风管道系统的合适位置（通常位于室外或管道末端），风机风向与排气方向一致。

②固定与接线：使用螺栓将风机牢固地固定在混凝土基础或钢结构支架上。由专业电工按规范完成电源线与控制线的接入，确保风机可正常启停。

5) 系统调试与验收

①检查：全面检查所有连接点的密封性、支架的牢固性及防护结构的完整性。

②试运行：启动轴流风机，运行至少 30 分钟，检查有无异常振动。

③性能测试：使用风速仪在通风口处测量风量，核算总排风量，确保其 $\geq 1000\text{m}^3/\text{h}$ ，并能实现曝光室内每小时有效通风换气不少于 3 次的设计要求。

④验收：各项指标合格后，报请业主单位进行验收。

表 10-2 本项目工作场所屏蔽设计情况一览表

工作场所名称	屏蔽防护体	材质及厚度设计	
		改造前	改造后
曝光室	四周墙体	750mm 混凝土	750mm混凝土
	顶部	450mm混凝土	450mm混凝土
	迷道外墙	750mm混凝土	750mm混凝土
	工件门	/	35mm铅板
	人员门	/	10mm铅板
	电缆沟	采用U型过墙方式埋于地坪400mm以下	采用U型过墙方式埋于地坪400mm以下
	排风管	/	曝光室顶部东南角设置通风口，并在通风口外设置35mm铅板补偿

3. 辐射安全与防护设施和措施

(1) 曝光室辐射安全防护措（设）施：

建设单位参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表 10-3 辐射安全与防护设施和措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	门机 连锁	6.1.5 探伤室应设置门-机连锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机连锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门连锁。	本项目曝光室工件门、人员门均拟安装门机连锁装置，只有在工件门、人员门完全关闭时才能出束照射，当工件门、人员门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射等。曝光室工件门、人员门拟设置紧急开门按钮，发生事故时，按下开门按钮人员能够逃离事故现场。曝光室内使用 3 台探伤机，本项目仅设置 1 个连锁开关，每次仅使用 1 台探伤机，确保每台探伤机使用时均与防护门连锁。	是
2	指示 灯和 声音 提示 装置	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机连锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目工件门、人员门外上方及曝光室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯（3 个）和声音提示装置（3 个），工作状态指示灯与探伤机连锁；工作状态指示灯通过电路与探伤机连接，探伤机通电时工作状态指示灯显示“预备”状态，探伤机加高压出束时工作状态指示灯显示“照射”状态，曝光结束探伤机停止出束时工作状态指示灯自动显示“预备”状态。工作状态指示灯与曝光室内使用的其他报警信号有明显区别。同时曝光室内外醒目位置拟设置清晰地对“预备”和“照射”信号意义的说明（3 个）。	是

3	视频监控	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目曝光室内、工件门、人员门进出口处均拟设置视频监控（4 个）。监控显示器（1 个）位于操作室内操作台处。	是
4	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目工件门、人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明（2 个）。	是
5	急停按钮	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目操作台及曝光室内部四周墙壁上均拟设置紧急停机按钮（5 个），确保出现紧急事故时，能立即停止照射，曝光室内的急停按钮安装能够使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，紧急停机按钮设置标签及标明使用方法。	是
6	通风	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目探伤房曝光室体积约为 300m ³ ，拟在曝光室顶部设置 1 个直径φ400mm 通风口，外罩 35mm 铅防护罩，防护罩内设置铅迷宫，通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物；安装的单个轴流风机排风量约为 1000m ³ /h，探伤作业时全程开启风机，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物，能确保每小时有效通风换气次数不小于 3 次，且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。	是
7	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目探伤房曝光室内拟配备固定式场所辐射探测报警装置，报警装置探头（1 个）位于迷道内，报警装置显示单元（1 个）位于操作室内。	是
8	其他	/	①门缝搭接：本项目探伤房曝光室工件门门洞尺寸：4000mm×5000mm，门体尺寸：4700mm×5300mm，左右各覆盖 350mm，上下各覆盖 150mm；人员门门洞尺寸：800mm×2000mm，门体尺寸：1200mm×2300mm，左右各覆盖 200mm，上下各覆盖 150mm。工件门、人员门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，工件门、人员门与墙体重叠部分不小于工件门、人员门与墙体缝隙宽度的 10 倍。 ②电缆孔防护：探伤房曝光室西墙南侧设置 2 根直径φ110mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下；利用散射降低通风管道及线缆管道口的辐射水平。	是

本项目探伤房辐射安全与防护措施分布见附图 5。

(2) 探伤操作防护措施:

①辐射工作人员工作前需要开展各项检查,重点检查曝光室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯、固定式场所辐射探测报警装置等防护安全措施。

②辐射工作人员在进入曝光室时,除佩戴常规个人剂量计外,还将携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时,工作人员立即退出曝光室,同时防止其他人进入曝光室,并立即向辐射防护负责人报告。

③本项目将定期测量曝光室外周围区域的剂量率水平,包括操作位和周围毗邻区域人员居留处。测量值将与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时,会终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

④当班使用便携式X- γ 剂量率仪前,本项目辐射工作人员将检查是否能正常工作。如发现便携式X- γ 剂量率仪不能正常工作,则不开始探伤工作。

⑤本项目工作人员将正确使用配备的辐射防护装置。

⑥在每一次照射前,本项目工作人员将核实确认曝光室内部没有人员驻留时关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始探伤工作。

(3) 探伤设施退役措施:

本项目工业探伤设施不再使用时,探伤房及X射线探伤机应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.3要求实施退役:

①X射线发生器将处置至无法使用,或经监管机构批准后,转移给其他已获许可机构;

②当所有X射线辐射源从现场移走后,使用单位按监管机构要求办理相关手续;

③清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

三废的治理**1. 固体废物**

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾,预计月排放量为 30kg,年排放量为 360kg。本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后,交给环卫部门清运。

本项目评片和洗片过程可能会产生废胶片、胶片清洗废水及废显(定)影剂。在产生胶片清洗废水及废显(定)影剂后立即用废液桶收集,并在探伤工作结束后运至

建设单位厂区危废库中胶片清洗废水及废显（定）影剂存放区域；每日探伤产生废胶片在工作结束后收集运至厂区危废库中废胶片存放区域；废胶片、胶片清洗废水及废显（定）影剂入库时在危险废物管理台账中如实记录。定期按照危险废物电子或者纸质转移联单由有资质单位转运。

本项目依托厂区危废库（面积约 8m²），厂区危废库位置见附图 2。本项目厂区危废库已按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求建设，“防雨淋、防渗漏、防流失”，地面为防渗水泥。厂区危废库内已设消防设施，防止出现火灾。建设单位已参照《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）（2023 版）《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）和《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）规定设置危险废物识别标志并在不同贮存分区之间采取隔离措施。隔离措施根据危险废物特性采用隔板形式。建设单位拟使用耐腐蚀容器暂存废显（定）影剂、胶片清洗废水。

存放装载废显（定）影剂及胶片洗片废水的容器的贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等采用坚固的材料建造，表面无裂缝。贮存设施地面与裙脚采取表面防渗措施；表面防渗材料采用抗渗混凝土。上述容器置于架子上，不直接接触地面。存放装载废显（定）影剂、清洗废水的容器的贮存分区具有液体泄漏堵截设施，堵截设施最小容积不低于对应贮存区域最大液态废物容器容积；设渗滤液收集设施，收集设施容积预计满足渗滤液的收集要求。

建设单位日常将危废分类存储并做好标记标志，不可混入其他杂物。厂区危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类。厂区危废库由专人管理，按照要求根据危险废物情况进行记录，并注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期、使用量等登记工作。建设单位严格执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

8.2 贮存设施运行环境管理要求。

建设单位拟委托有资质单位处置探伤相应危废，在本项目建设完成后将与有资质单位签订废显（定）影剂、废胶片及胶片清洗废水处置协议。探伤过程中产生的废显（定）影剂、废胶片及胶片清洗废水集中贮存于厂区危废库，后交由有资质单位进行处理。厂区危废库内拟划定废胶片、胶片清洗废水及废显（定）影剂存放区域确保满足本项目的存放需求。建设单位应定期按照危险废物电子或者纸质转移联单由有资质单位转运。

建设单位将按照《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》等管理规定，制定危险废物管理计划、建立危险废物管理台账，在江苏省固体废物管理信息系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。

2. 废水

本项目不产生放射性废水。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m^3 ，年排放量为 28.8m^3 ；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理。

3. 废气

本项目运行后不会产生放射性废气。

X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。曝光室拟设置通风设施，可通过通风管道将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室。本项目探伤房曝光室不设置进风口，通过工件门进气，排风口设置在曝光室顶部，无人员聚集。曝光室内体积约为 300m^3 ，如需达到每小时有效换气次数 3 次以上，需要达到的排风量为 $900\text{m}^3/\text{h}$ ，本项目拟设置的轴流风机排风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效换气次数可达 3.3 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求，且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。同时本项目探伤房所在厂房 2 空间较大且有较多门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至厂房外，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目主体工程为将厂房内现有 1 座库房改造为探伤房（包括曝光室及辅房），并在其曝光室内配备 3 台 X 射线探伤装置（不开机）。施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述： <pre>graph LR; A[建材运输] --> B[房间改建]; B --> C[电气系统安装]; C --> D[通风系统安装]; D --> E[安装设备]; A -.-> A1[扬尘]; B -.-> B1[噪声]; B -.-> B2[扬尘]; C -.-> C1[噪声]; D -.-> D1[废水]; E -.-> E1[固体废物];</pre> 图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图
--

施工期间的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、铅防护门对 X 射线进行防护。X 射线探伤装置出束工作时，定向探伤机主射线方向为东南墙，周向探伤机主射线方向为东南墙、西北墙、屋顶及地面。因此，本次评价拟将曝光室东南墙、西北墙、屋顶及地面按照有用射束照射进行估算，西南墙、东北墙为非主射束照射方向，地面为土层，不进行预测计算。建设单位开展探伤作业时，每次仅开启 1 台探伤机，不同时使用 2 台及以上探伤机。本项目 X 射线探伤机选取 350kV 周向机保守以最大管电压，最大管电流满功率运行时对探伤房四周墙壁、顶部、工件门、人员门辐射环境影响进行预测。

1、四周墙壁、屋顶、工件门屏蔽效果预测

四周墙壁、屋顶、工件门预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

1) 有用线束屏蔽估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值见表 9-2；

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下混凝土的什值层后，再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 B 值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2) 非有用线束的屏蔽：

① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{-----} (2)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，见表 9-2；

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下混凝土和铅的什值层后，再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到 B 值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{-----}(3)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；5mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，见表 9-2；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得散射辐射能量；再根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下混凝土和铅的什值层后，再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到 B 值；

F ： R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

本项目 X 射线探伤机在曝光室内进行探伤作业时，移动范围见图 11-2，距东南、西北墙最近距离 1.5m，距西南、东北墙最近距离 1.5m，考虑到工件推车高度约 0.5m，工件最大直径 3m，则探伤机距地高度最高约为 $3/2+0.5=2\text{m}$ ，距顶部高度最近为 $5-2=3\text{m}$ 。

图 11-2 本项目探伤房计算点位示意图（单位：mm）

表 11-1 本项目探伤房关注点及其需要防护的射线

序号	点位描述	主射线	漏射线	散射线
①	东南墙外30cm	√		
②	西南墙外30cm		√	√
③	西北墙外30cm	√		
④	东北墙外30cm		√	√
⑤	工件门外30cm		√	√
⑥	人员门外30cm	√		
⑦	顶部外30cm	√		

表 11-2 本项目探伤房曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位			
		东南墙①	西北墙③	顶部⑦	人员门⑥
屏蔽体					
有用线束辐射	I (mA)				
	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
	B				
	R (m)				
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$				
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	100	2.5
评价		满足	满足	满足	满足

注：1）R 值：探伤机距曝光室东南墙、西北墙均为 1.5m， $R_{\text{东南}}=R_{\text{西北}}=1.5+0.75+0.3=2.55\text{m}$ ；距地面 2m，距顶部 3m， $R_{\text{顶}}=3+0.45+0.3=3.75\text{m}$ ；距人员门距离根据图 11-1 取值为 3.68m， $R_{\text{人员门}}=3.68\text{m}$ 。

2）B 值：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，内插得到 350kV 下混凝土什值层为 100mm。

表 11-3 本项目探伤房曝光室非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位		
		西南墙②	东北墙④	工件门⑤
屏蔽体				
探伤机类型				
泄漏辐射	TVL_1 (mm)			
	B_1			
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$			
	R (m)			
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$			
散射辐射	散射后能量			
	TVL_2 (mm)			
	B_2			
	I (mA)			
	$H_0\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$			
	$F(\text{m}^2)$			
	α			
	R_0 (m)			
	R_s (m)			
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$			
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)				
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足

注：1) R: 探伤机距曝光室西南墙 1.5m、东北墙 1.5m, $R_{\text{西南}}=R_{\text{东北}}=1.5+0.75+0.3=2.55\text{m}$; 工件门的门厚为 0.1m, $R_{\text{工件门}}=1.5+0.75+0.3+0.1=2.65\text{m}$ 。

2) B_1 值: 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录 B 中的表 B.2, 内插取得 350kV 下混凝土值层为 100mm, 铅值层为 6.95mm; B_2 值: 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录 B 中的表 B.2, 250kV 下混凝土值层为 90mm, 铅值层为 2.9mm。

2、迷道入口处散射辐射影响分析

本项目探伤房曝光室采用“L”形外迷道设计, 利用散射降低人员门口处的辐射水平, 避免 X 射线直接照射迷道入口, 迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-3。

X 射线探伤时有用线束在工件散射后到达迷道口, 散射后进入迷道, 经过至少 1 次散射到达人员门, 迷道出口采用厚度为 10mm 的铅板防护。散射公式见 (4) (美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告)。

$$H_s = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot K_1 \cdot K_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \quad \text{-----公式 (4)}$$

其中: H_s 为散射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

D_0 : 入射源强, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$; $D_0=H_0 \times I=1.674\text{E}+06\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$

$\times 5\text{mA}=8.37\text{E}+06\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$;

α 为散射系数, 参考 GBZ/T250-2014 取自附录 B 表 B.3;

$\alpha = \alpha_w \times 10000/400=1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400=4.75\text{E}-02$;

r 为入射距离, m; 散射距离分别为 0.5m、4.44m、1.85m;

K 为散射面积, m^2 ; 散射面积分别为 2.5m^2 、 3.2m^2 。

根据图11-3, 探伤机距离人员门最近时, 主射线打到工件上, 产生散射线进入迷道, 在迷道散1次后穿出人员门, 路径为O→A→B→C。

图11-3 人员门口射线路径示意图（单位：mm）

表 11-4 迷道入口辐射剂量率

主射线在迷道内散射 1 次后穿过人员防护门							
D_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	α_1	α_2	K_1 (m^2)	K_2 (m^2)	r_{OA} (m)	r_{AB} (m)	r_{BC} (m)
E_0 (kV)	E_1 (kV)	E_2 (kV)	H (散射线的迷道散射, 无屏蔽, $\mu\text{Sv}/\text{h}$)	B_1 10mm Pb	H (散射线的迷道散射, 有屏蔽, $\mu\text{Sv}/\text{h}$)		

注： $K_1=\pi\times3\times0.5\times\tan15^\circ\times2=2.5\text{m}^2$ （一次散射在工件上的照射面积，以周向机照射最大工件考虑）， $K_2=0.8\text{m}\times4\text{m}=3.2\text{m}^2$ （二次散射出迷道门的照射面积）； B 为透射因子； E_1 、 E_2 分别为散射后能量。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，200kV 下铅的半值层为 1.4mm，再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 B_1 值。

表 11-5 人员门外剂量率叠加值

主射线穿墙后人员门外 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	迷道散射辐射剂量 率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	合计 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考控制 水平($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价
			2.5	满足

3、天空反散射影响分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中3.1.2 b) 1)穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按3.1.1c)的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 加以控制。

周向探伤机顶部照射影响范围大于定向探伤机，因此选取周向探伤机进行预测计算。

参考 NCRP-151 号报告，根据公式 5.1 可以演变得到。

$$H = 2.5 \cdot 10^{-2} (B_{XS} \cdot D_{I0} \Omega^{1.3}) / (d_i^2 d_s^2) \text{ ----- (5)}$$

式中：

H：在距离X射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的X射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

D_{I0} ：距离X射线辐射源1m处的标准参考点的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$$D_{I0} = H_0 \times I = 1.674\text{E}+06 \times 5 = 8.37\text{E}+06 \mu\text{Sv/h}。$$

B_{XS} ：X射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω ：由X射线源于屏蔽墙对向的立体角， Sr （球面度）， $\Omega = 4\text{tg}^{-1}(ab/cd)$ （a是屋顶受照最长范围之半（周向机）或屋顶主射线范围之半（定向机）；b是屋顶主射线范围之半；c是辐射源到屋顶外表面中心的最小距离；d是源到屋顶边缘的距离， $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ ）；

d_i ：在屋顶上方2m处距离靶的垂直距离，m；

d_s ：X射线源至天空反散射关注点，m。

图 11-4 天空反散射示意图

表11-6 天空反散射对于地面关注点处剂量率

关注点	a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	B_{XS}	D_{10} $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	d_i (m)	d_s (m)	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
主束										
非主束										

注： d_s ：以探伤机出束点屋顶上方2m与屋顶边缘连线延长至离地面1m处关注点至探伤机的距离（由CAD测量得出）。

表 11-7 主射线在天空反散射地面关注点处剂量率

关注点	设计厚度 (mm)	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ (mA·h)	B	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
东南墙/ 西北墙						

表 11-8 泄漏、散射线在天空反散射地面关注点处剂量率

参数		关注点位	
		东北侧工件门（影响最大处）	
屏蔽体			
探伤机类型			
泄 漏 辐 射	TVL_1 (mm)		
	B_1		
	$\dot{H}_L$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
	R (m)		
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)		
散 射 辐 射	散射后能量		
	TVL_2 (mm)		
	B_2		

	$I \text{ (mA)}$	
	$H_0 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	
	$F \text{ (m}^2\text{)}$	
	α	
	$R_0 \text{ (m)}$	
	$R_s \text{ (m)}$	
	$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)		

表 11-9 天空反散射地面关注点处剂量率汇总

关注点	H (天空反散射, $\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ 叠加 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
东南墙/ 西北墙				2.5	满足
工件门外				2.5	满足

墙外距离探伤机 7.256m 处关注点主射线和天空反散射的复合剂量率最大为 **8.03E-03 $\mu\text{Sv/h}$** ，非主射线和天空反散射的复合剂量率最大为 **3.89E-03 $\mu\text{Sv/h}$** ，均能满足周围剂量当量率参考控制水平。

4、电缆管道、通风管道辐射影响分析

4.1 电缆管道辐射影响分析

本项目探伤房电缆管道采用 U 型管设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-5。X 射线进入电缆管道需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目探伤房电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

图 11-5 本项目探伤房曝光室电缆管道散射示意图（单位：mm）

4.2 通风管道影响分析

①主射线一次散射外穿铅防护罩

本项目探伤房曝光室顶部东南角拟设置 1 个直径 $\phi 400\text{mm}$ 通风管道，在东南角表面贴墙设置管道，管道口设置在曝光室顶部，管道口外罩 35mm 铅防护罩，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。X 射线探伤时有用线束在工件散射 1 次后到达通风口，直穿铅防护罩。通风口散射示意图见图 11-6。

散射公式见公式（4）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

其中：Hs 为散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

D_0 ：入射源强， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ； $D_0=H_0\times I=1.674\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$

$\times 5\text{mA}=8.37\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

α 为 散 射 系 数 ， 参 考 GBZ/T250-2014 取 自 附 录 B 表 B.3 ；

$\alpha=\alpha_w\times 10000/400=1.9\times 10^{-3}\times 10000/400=4.75\text{E}-02$ ；

r 为入射距离，m；散射距离分别为 0.5m、4.61m；

K 为散射面积， m^2 ；散射面积分别为 2.5m^2 。

根据图11-6，主射线散射路径为 $O\rightarrow A\rightarrow B'$ （铅防护罩外）及 $O\rightarrow A\rightarrow B\rightarrow C\rightarrow D\rightarrow E$ （通风口外）。

图 11-6 本项目曝光室通风管道散射示意图（单位：mm）

表 11-10 铅防护罩外辐射剂量率（B'点）

主射线在工件上散射 1 次后穿过铅防护罩						
D_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	α_1	K_1 (m^2)		r_{OA} (m)		$r_{AB'}$ (m)
E_0 (kV)	E_1 (kV)	H (无屏蔽, $\mu\text{Sv}/\text{h}$)	B_1 35mmPb	H (有屏蔽, $\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考 控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价
					100	满足

注： $K_1=\pi\times3\times0.5\times\tan15^\circ\times2=2.5\text{m}^2$ （一次散射在工件上的照射面积，以周向机照射最大工件考虑）；B 为透射因子； E_1 、 E_2 分别为散射后能量。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.2，250kV 下铅的半值层为 2.9mm，再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 B_1 值。

②通风口

本项目探伤房通风口采用铅罩设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射通风口，X 射线进入通风孔后散射示意图如图 11-6。X 射线进入通风孔需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193 “一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目探伤房通风管道设计能够满足辐射防护要求。

综上所述，本项目探伤房通风管道设计能够满足辐射防护要求。

4、保护目标有效剂量评估

参考点的周剂量及年有效剂量水平估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{-----公式 (6)}$$

式中： H_c ：参考点的周剂量水平/年剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ：探伤装置周/年照射时间， $\text{h}/\text{周}$ ， $\text{h}/\text{年}$ ；

U ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

采用公式（6）计算本项目保护目标周、年有效剂量，计算结果见表11-11。

表 11-11 本项目探伤房曝光室辐射影响理论估算结果汇总表

位置	居留因子	使用因子	方位及距离	距探伤机距离 (m)	射线照射类型	关注点处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	剂量约束值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年剂量估算值 (mSv/年)	剂量约束值 (mSv/年)
探伤房操作室、洗片室、暗室、备用房间	1	1	西北侧紧邻	/	主射线			100 (工作人员)		5 (工作人员)

江苏昱锦工程装备有限公司厂房2	厂房过道	1/8	1	东南侧紧邻	/	非主射线	5 (公众)	0.1 (公众)
	空压机组和管路区、喷砂房	1	1	东南侧约 6m	8.25			
	焊料区	1/4	1	西南侧约 3m	5.25			
	零部件组装区	1	1	西北侧约 6m	8.25	主射线		
	材料检、铆焊检、库管员办公室	1	1	西北侧约 27m	29.25			
	焊材库、工具库、杂品库、气库	1/4	1	西北侧约 38m	40.25			
	半成品库、管材库、中转区、刨边机	1/4	1	西北侧约 27m	29.25			
	纵缝焊接区域	1	1	西北侧约 6m	8.25			
	设备摆放组对焊接区域	1	1	东北侧约 2m	4.25	非主射线		
	洁净厂房	1	1	东北侧约 36m	38.25			
	机加工附件摆放区	1/4	1	西北侧约 45m	47.25			
	厂区道路	1/8	1	东南侧约 25m	27.25	主射线		

	1/8	1	西南侧 约 7m	9.25	非主 射线					
厂房 3	1	1	西南侧 约 22m	24.25						
配电房	1/8	1	西南侧 约 42m	44.25	主射 线					
厂区 危废库	1/8	1	西南侧 约 46m	48.25	非主 射线					
丰树六合 物流产 业园	1	1	东南侧 约 35m	37.25	主射 线					

注：①本项目 X 射线探伤机周曝光时间最大约为 10h，年工作 50 周，年曝光时间最大为 500h；

②本项目为探伤机使用因子保守取 1；

③探伤房操作室、洗片室、暗室及备用房间关注点处辐射剂量率取自表 11-2；除焊料区、设备摆放组对焊接区域（最近处不受天空反散射影响）分别采取非主射线计算公式（2）和公式（3）及主射线公式（1）计算得出剂量率继而进行预测计算，其余保护目标根据距离衰减计算得出辐射剂量率保守叠加天空反散射剂量率最大值 $3.01\text{E-}03\mu\text{Svh}$ 。

根据理论计算结果，辐射工作人员周有效剂量最大为 $4.07\text{E-}01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $2.04\text{E-}02\text{mSv}$ ，周围公众周有效剂量最大为 $6.90\text{E-}02\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $3.45\text{E-}03\text{mSv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对职业工作人员和公众剂量约束值要求。由于辐射剂量率随距离增大而衰减，更远处的关注点辐射剂量率不会高于已列关注点，相应有效剂量也不会高于该位置。

事故影响分析

本项目 X 射线探伤机为 II 类射线装置。在 X 射线探伤机探伤过程中，若不采取适当的屏蔽措施，可能对操作 X 射线探伤机的辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，X 射线探伤机在开机曝光期间，会产生 X 射线，可能会造成意外照射。

本项目可能发生的辐射事故：

1) X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室；

2) 曝光室门机联锁失效，防护门未完全关闭，X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下对曝光室周围人员造成意外照射；

3) 探伤操作人员未发现曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射；

4) 探伤机进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射;

5) 曝光室防护门屏蔽受损漏射线对周围人员造成意外照射。

本项目针对上述可能发生的辐射事故提出预防措施:

1) 探伤工作人员在进入曝光室时,除佩戴常规个人剂量计外,还应携带个人剂量报警仪,并保持开机状态,避免事故的发生。

2) 辐射工作人员应经常检查门机联锁装置,确保完好。确保在所有防护门关闭后,X 射线探伤机才能进行照射;定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查,制定各项管理制度并严格按照要求执行,对发现的安全隐患立即进行整改,避免事故的发生。

3) X 射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检(2 名辐射工作人员之一),发现异常情况应立即停止出束,并检查排除异常,并做好记录。

4) 对辐射工作人员造成意外照射,应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计,剂量超标的人员应及时调岗,并及时到专业医院就诊检查治疗。

5) 建设单位需制定《探伤机操作规程》。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作,必须按操作规程执行,探伤作业时,至少有 2 名操作人员同时在场,操作人员按照操作规程进行操作,并做好个人的防护,并将操作规程张贴在操作人员可以看到的显眼位置。

6) 定期对探伤机进行维护、保养,对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

7) 辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业,同时定期进行辐射安全与防护培训,提升安全与防护意识。

8) 公司在日常工作中应加强辐射安全管理,定期对探伤机进行检查、维护,发现问题及时维修;严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作,每次探伤前检查曝光室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性,定期检测曝光室的周围辐射水平,确保安全措施有效运行;同时针对可能发生的辐射安全事故,完善切实可行的辐射事故应急预案,以能够有序应对事故。此外,公司应制定应急计划演练,配备应急物品,通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度,提高制度的可操作性。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

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》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置及放射源的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员及管理人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核，管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

江苏昱锦工程装备有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，考核类型为“X 射线探伤”，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的 1 名辐射工作人员仍需通过相关考核，考核类型为“辐射安全管理”。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定相关辐射安全管理制度，包括操作规程、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、事故应急制度等。本报告对各项管理制度要点提出如下建议：

岗位职责：制定管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

操作规程：明确本项目辐射人员的资质条件要求、探伤装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施，并补充限制线和使用要求。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是探伤装置的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：明确探伤装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保探伤装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

射线装置使用登记、台账管理制度：根据射线装置使用具体情况制定制度，重点是射线装置使用状况、出入库等的记录。

人员培训计划：制定人员培训计划，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。

监测方案：制定本项目监测方案，方案中应明确监测仪器定期送有资质单位检定或校准，写明检定周期，或定期进行内部仪器比对；明确监测频次和监测项目（内容）、监测范围、监测布点等，做好相应监测记录，监测应该关注重点部位，监测结果存档，并定期上报生态环境行政主管部门。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

事故应急方案：依据《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 号文）的要求建立事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话。

职业健康体检：公司应组织工作人员上岗前进行职业健康体检，在岗期间定期复检，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查，辐射工作人员无论何种原因脱离辐射工作时，公司应及时安排其进行离岗时的职业健康检查，以评价其离岗时的健康状况；如果最后一次在岗期间职业健康检查在离岗前三个月内，可视为离岗时检查，但应按离岗时检查项目补充未检查项目；公司应建立辐射工作人员职业健康监护档案。

公司应制定相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1. 监测方案

1) 委托有资质单位定期对本项目探伤房曝光室周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；

2) 本项目探伤房曝光室内进行探伤作业时，公司辐射安全管理人员对曝光室周

围的辐射水平进行监测（1 次/季度），并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

3) 公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测及职业健康体检，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案及职业健康监护档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

4) 本项目探伤房曝光室内配置固定式场所辐射探测报警装置，实时提醒人员曝光室内射线照射情况，防止人员误入。

表 12-1 监测计划一览表

辐射场所	监测类别	监测项目	监测频度	监测设备	检测条件	监测范围
本项目探伤房	年度监测	X-γ辐射剂量率	1 次/年	便携式 X-γ辐射监测仪	X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，周向探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。	a)通过巡测发现的辐射水平异常高的位置； b)曝光室外 30 cm 离地面高度为 1m，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； c)曝光室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m，每个墙面至少测 3 个点； e)人员经常活动的位置； f)每次探伤结束后，检测曝光室的入口，以确保探伤机已经停止工作。
	自主监测		1 次/季度			
	验收监测		竣工验收			
	个人剂量检测	个人剂量当量	1 次/季度	个人剂量计	/	所有辐射工作人员

2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；公司拟为本项目配备1台辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，定期拟对辐射剂量巡测仪开展检定/校准工作。项目运行后公司应定期对探伤房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

辐射事故应急

江苏昱锦工程装备有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

江苏昱锦工程装备有限公司应依据《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号文）《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）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强管理，严格执行安全操作规程。公司应经常监测探伤房曝光室周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全设施有效运转。

表 13 结论与建议

结论**1. 实践正当性**

江苏昱锦工程装备有限公司因压力容器无损检测需求，拟将厂房内现有 1 座库房改造为探伤房（包括曝光室及辅房），配备 3 台 X 射线探伤机对生产的压力容器进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以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》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2. 辐射安全与防护分析结论**1) 选址、布局合理性**

江苏昱锦工程装备有限公司位于南京市六合区龙池街道浦周路 17 号，公司东南侧、西南侧为丰树六合物流产业园，西北侧为空地，东北侧为浦周路。本项目探伤房位于厂房 2 西南部，厂房 2 东南侧隔厂区道路为丰树六合物流产业园，西南侧隔厂区道路为配电房、厂区危废库及厂房 3，西北侧隔厂区道路为空地，东北侧隔厂区道路为厂房 1。

本项目探伤房位于厂房 2 西南部，探伤房东南侧隔厂房过道为空压机组和管路区，西南侧隔厂房过道为焊料区，西北侧隔厂房过道为零部件组装区，东北侧隔厂房过道为设备摆放组对焊接区域。本项目探伤房辅房设置有操作室、洗片室、暗室及备用房间，均位于曝光室西北侧。本项目探伤房为一层建筑，上方为厂房屋顶，下方为土层。

本项目探伤房曝光室周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及江苏昱锦工程装备有限公司及丰树六合物流产业园。本项目周围环境保护目标主要为从事 X 射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

2) 辐射防护措施

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为10m×6m×5m，曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶和铅防护门对 X 射线进行防护。探伤房曝光室四周墙体为 750mm 混凝土、顶部为 450mm 混凝土、工件门内嵌 35mm 铅板，人员门内嵌 10mm 铅板。

本项目以探伤房曝光室（含迷道）作为本项目的控制区，将操作室、洗片室、暗室及备用房间作为本项目的监督区，在探伤房工件门、人员门上均拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，在监督区张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。

3) 辐射安全措施

曝光室工件门、人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置，防止人员误入；曝光室工件门、人员门的门口及内部均拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，照射状态指示装置与 X 射线探伤装置联锁，以提醒工作人员和其他人员在照射时不要靠近和逗留；门-机联锁装置、声音提示装置及工作指示灯应定期检查，确保有效；曝光室工件门、人员门外均拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；曝光室内部四周及操作室均拟设置急停按钮及中文标识，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工件门、人员门拟设置紧急开门按钮，确保发生事故时，人员能够逃离事故现场。曝光室内拟设置固定式场所辐射探测报警装置，报警装置探头位于迷道内，报警装置显示单元位于操作室内。曝光室内及工件门外、操作室内均拟设置视频监控，在操作室拟设专用的监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。公司拟配备 1 台辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪；用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及探伤房周围环境辐射水平监测。以上措施落实后能够满足辐射安全管理的要求。

4) 通风

X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。曝光室拟设置通风设施，可通过通风管道将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室。本项目探伤房曝光室不设置进风口，通过工件门进气，排风口设置在曝光室顶部，无人员聚集。曝光室内体积约为 300m³，如需达到每小时有效换气次数 3 次以上，需要达到的排风量为 900m³/h，本项目拟设置的轴流风机排风量为 1000m³/h，每小时有效换气次数可达 3.3 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求，且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。同时本项目探伤房所在厂房空间较大且有较多门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至厂房外，臭氧

在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

5) 危废处置

本项目探伤房产生的胶片清洗废水、废胶片及废显（定）影剂及集中收集暂存于厂区危废库。建设单位拟与有资质的单位签订危废处置协议，将产生的危废交由该单位处理。

3. 辐射环境影响分析结论

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、铅防护门对 X 射线进行防护。经理论预测结果可知，本项目探伤房拟配备的探伤机以最大功率运行时探伤房曝光室四周屏蔽墙外、顶部外、工件门外及人员门外 30cm 处的剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的周围剂量当量率参考控制水平。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员所受周有效剂量和年有效剂量、项目周围公众周有效剂量和年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量限值要求和本项目的剂量约束值要求。

4. 辐射环境管理

1) 委托有资质单位每年对本项目探伤房工作场所周围环境辐射水平进行检测。

2) 拟配置辐射剂量率仪，定期对本项目探伤房工作场所辐射水平进行检测。

3) 在本项目运行前，公司委托有资质单位对本项目辐射工作人员开展个人剂量检测，所有辐射工作人员配备个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

4) 对所有辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案。

5) 公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时，在项目运行前完善相关辐射安全管理制度；本项目辐射工作人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识考核。

综上所述，江苏昱锦工程装备有限公司固定式 X 射线探伤项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”及剂量约束值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与

其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 建设单位在获得本项目环评批复后且探伤房建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资 (万元)
辐射安全管理	公司拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》成立安全管理机构。	/
	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、事故应急制度等。		/
	辐射工作人员通过辐射安全与防护知识考核。	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》，辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入 (每5年)
	委托有资质单位对所有辐射工作人员开展个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均应佩戴个人剂量计。（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月。个人剂量档案长期保存或保存至辐射工作人员年满七十五周岁或者停止辐射工作三十年）。	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量检测，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。	每年投入
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。（两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射工作人员职业健康管理办法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	每年投入
辐射防护措施	本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为10m×6m×5m，曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶和铅防护门对X射线进行防护。探伤房曝光室四周墙体为750mm混凝土、顶部为450mm混凝土、工件门内嵌35mm铅板，人员门内嵌10mm铅板。 本项目以探伤房曝光室（含迷道）作为本项目的控制区，将操作室、洗片室、暗室及备用房间作为本项目的监督区，在探伤房工件门、人员门上均拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，在监督区张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。	曝光室表面外30cm处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）周围剂量当量率限值要求。 辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目剂量约束值的要求。（职业人员周有效剂量不超过100μSv；公众周有效剂量不超过5μSv。职业人员年有效剂量约束值5mSv，公众年有效剂量约束值0.1mSv）。	
污染防治措施	一般固废：本项目产生的生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运。	本项目产生的生活污水及生活垃圾能够妥善处理，对周围环境影响较小。	/
	危险废弃物：本项目产生的废显（定）影剂、胶片清洗废水及废胶片集中暂存厂区危废库后，交给有资质单位处理。		

	废气：臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。曝光室内拟设置通风设施，可通过风机将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室，能确保每小时有效通风换气次数不小于3次。且每次更换工件都将打开工件门，也可实现通风。本项目采取开门和通风设施两种通风方式排出废气，臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对环境的影响较小。	
辐射安全措施	曝光室工件门、人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置，防止人员误入；公司在曝光室工件门、人员门的门口及内部均拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁，以提醒工作人员和其他人员在照射时不要靠近和逗留；门-机联锁装置、声音提示装置及工作指示灯应定期检查，确保有效；曝光室工件门、人员门外均拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；曝光室内部四周及操作室均拟设置急停按钮及中文标识，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工件门、人员门拟设置紧急开门按钮，确保发生事故时，人员能够逃离事故现场。曝光室内拟设置固定式场所辐射探测报警装置，报警装置探头位于迷道内，报警装置显示单元位于操作室内。曝光室内及工件门外、操作室内均拟设置视频监控，在操作室拟设专用的监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求。	
	拟配备1台辐射巡测仪及2台个人剂量报警仪。	根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。	

以上措施必须在项目运行前落实。