

核技术利用建设项目

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司
改建 1 座固定式 X 射线探伤房项目
环境影响报告表

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司（盖章）

2026 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司 改建 1 座固定式 X 射线探伤房项目 环境影响报告表

建设单位名称：柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：江苏省常州市新北区薛家镇正强路 25 号

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目录

表 1 项目基本概况	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	11
表 8 环境质量和辐射现状	14
表 9 项目工程分析与源项	18
表 10 辐射安全与防护	23
表 11 环境影响分析	29
表 12 辐射安全管理	41
表 13 结论与建议	45
表 14 审批	51

表 1 项目基本概况

建设项目名称		柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司改建 1 座固定式 X 射线探伤房项目			
建设单位		柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司			
法人代表姓名		邱铭杰	联系人		联系电话
注册地址		常州市新北区薛家镇正强路 25 号			
项目建设地点		常州市新北区薛家镇正强路 25 号公司厂房西北角			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		600	项目环保总投资（万元）	300	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

1 项目概述

1.1 建设单位基本情况

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司成立于 2020 年 3 月 10 日，注册地址位于常州市新北区薛家镇正强路 25 号。公司租赁常州市群益机电制造有限公司在常州市新北区薛家镇正强路 25 号的厂房和东面办公楼开展生产、办公活动，租赁合同复印件见附件 6。公司经营范围包括：特种设备制造；特种设备安装改造修理；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；仪器仪表批发；五金产品批发；通用设备制造（不含特种设备制造）；机械设备批发等。

1.2 项目规模及任务由来

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司厂房西北角处已许可有 1 座固定式 X 射线探伤铅房，探伤铅房内配备 1 台 2505 型 X 射线探伤机和 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机。因公司近年生产产品的长度和直径逐步增大，长度最大到 10m，直径最大到 3m，原有固定式 X 射线探伤铅房尺寸（5.0m 长×4.4m 宽×2.5m 高）无法满足公司现有产品的检测需求，因此，公司计划拆除原有 X 射线探伤铅房，拟建设 1 座满足现有工件检测要求的 X 射线探伤房。目前，公司已将原有 X 射线探伤铅房拆除，原有 2 台 X 射线探伤机不再使用。

本项目固定式 X 射线探伤房拟建在原有 X 射线探伤铅房位置（厂房西北角），拟在固定式 X 射线探伤房内配备 3 台 X 射线探伤机（1 台 XXH-2505Z 型周向 X 射线探伤机、1 台 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机和 1 台 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机）。本项目固定式 X 射线探伤房用于开展对贮罐容器的无损检测工作，检测工件为圆筒状，材质为钢，工件最大长度约为 10m，最大直径约为 3m，最大壁厚约为 40mm。

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司现有 3 名辐射工作人员，本项目沿用现有 3 名辐射工作人员。本项目 X 射线探伤房周开机曝光时间约为 15 小时，年开机曝光时间约为 750 小时（含训机时间）。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	备注
1	XXH-2505Z 型 X 射线探伤机	1	250	5	II	X 射线探伤房	拟购	周向机
2	XXG-3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	II	X 射线探伤房	拟购	定向机
3	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	II	X 射线探伤房	拟购	定向机

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》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用 II 类射线装置，应当编制环境影响报告表。受柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评工作。我司通过资料调研、现场监测和评价分析，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

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司位于常州市新北区薛集镇正强路 25 号，公司地理位置图见附图 1-1。公司东侧为常州伊沃特医疗器械有限公司，南侧为江苏省低温绝热设备产品质量监督检验中心，西侧为常州市天盛重工股份有限公司，北侧为常州市群益机电制造有限公司、正强路，公司平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目固定式 X 射线探伤房拟建址位于公司厂房西北角，厂房为一层建筑。X 射线探伤房拟建址东侧为碳钢外容器制作及非标产品组装区、通道、碳钢外容器制作、焊接区，南侧为 VT 产品缠绕投套组装区、产品焊接区、产品压力试验及清洗区、产品组装及焊接区，西侧为厂内道路及常州市天盛重工股份有限公司，北侧为厂内道路、产品堆场及常州市群益机电制造有限公司，上方无建筑，下方无建筑。公司厂房平面布局图见附图 3。

本项目 X 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。

3 单位原有核技术应用情况

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司已申领由常州市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[D0559]”，发证日期为 2022 年 4 月 21 日，有效期至 2027 年 4 月 20 日，许可种类和范围为“使用 II 类射线装置”。柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司辐射安全许可证正副本复印件见附件 7，公司现有核技术利用项目环评批复及验收意见复印件见附件 8。

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司现有核技术利用项目详见表 1-2。

表 1-2 柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司现有核技术利用项目清单

射线装置							
序号	名称	型号	类别	数量	场所	环评审批时间	环保许可验收情况
1	X 射线探伤机	2505 型	II 类	1	探伤铅房	常环核审〔2021〕8 号 2021.2.4	已许可 已验收 2023 年 6 月 9 日
2	X 射线探伤机	XXG-2505 型	II 类	1			

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加 X 射线探伤房拟建址周围的辐

射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	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)	年最大用量 (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类	1	XXH-2505Z 型	250	5	工业探伤	X 射线探伤房	周向机
2	X 射线探伤机	II类	1	XXG-3005 型	300	5	工业探伤	X 射线探伤房	定向机
3	X 射线探伤机	II类	1	XXG-3505 型	350	5	工业探伤	X 射线探伤房	定向机

(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 (μA)	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	/	无暂存	通过通风管道排出探伤室，由探伤室外通风管引至车间顶部排入外环境，臭氧常温下50min左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
显影、定影废液	液态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	集中收集后暂存于公司危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
一次、二次冲洗废水		/	/	约 50kg	约 600kg	/	集中收集后暂存于公司危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
三次冲洗废水		/	/	/	/	/	无暂存	排入城市污水管网
废胶片	固态	/	/	约 1kg	约 12kg	/	收集后暂存于危废库内	定期交由有资质单位处理处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

<p>法规 文件</p>	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订版),国家主席令第9号公布,2015年1月1日施行</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修正版),2018年12月29日中华人民共和国主席令第24号修正</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》,国家主席令第6号公布,2003年10月1日起施行</p> <p>(4)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020年修订版),中华人民共和国2020年主席令第43号,2020年4月29日修订,2020年9月1日施行</p> <p>(5)《中华人民共和国突发事件应对法》,国家主席令第25号公布,2024年11月1日起施行</p> <p>(6)《建设项目环境保护管理条例》(2017年修订版),国务院令第682号,2017年10月1日发布施行</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修订版),国务院令第709号第二次修订,2019年3月2日发布</p> <p>(8)《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</p> <p>(9)《国家危险废物名录(2025年版)》,生态环境部令第36号公布,自2025年1月1日起施行</p> <p>(10)《关于发布射线装置分类的公告》,环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号,2017年12月5日</p> <p>(11)《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</p> <p>(12)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修正版),2021年1月4日中华人民共和国生态环境部令第20号修正</p> <p>(13)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,环境保护部令第18号,2011年5月1日起施行</p> <p>(14)《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</p>
------------------	---

的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日

(15)《国家环保局办公厅关于印发〈国家环保总局核事故应急预案〉和〈国家环保总局辐射事故应急预案〉的通知》，环办〔2007〕17号，2007年1月30日发布

(16)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行

(17)《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23日

(18)《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21日

(19)《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

(20)《江苏省辐射污染防治条例》(2018年修正版)，2018年3月28日江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议修正

(21)《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日

(22)《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日

(23)《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》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日

(24)《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》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日

(25)《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

(26)《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

(27)《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

(28)《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

	<p>行动方案的通知》（苏环办〔2019〕149号），2019年4月29日印发</p> <p>（29）《江苏省自然资源厅关于常州市新北区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕440号），2024年5月15日</p>
技术标准	<p>（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>（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）</p> <p>（3）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）</p> <p>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>（5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>（6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>（7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>（8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单</p> <p>（9）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）</p> <p>（10）《无损检测仪器 固定式和移动式工业 X 射线探伤机》（GB/T 26837-2011）</p>
其它	<p>与本项目相关附件：</p> <p>（1）项目委托书（附件 1）</p> <p>（2）射线装置使用承诺书（附件 2）</p> <p>（3）辐射防护屏蔽设计说明（附件 3）</p> <p>（4）危险废物处理合同（附件 4）</p> <p>（5）辐射环境现状检测报告复印件（附件 5）</p> <p>（6）厂房租赁合同复印件（附件 6）</p> <p>（7）辐射安全许可证复印件（附件 7）</p> <p>（8）环评批复及竣工环保验收意见复印件（附件 8）</p> <p>（9）辐射安全与防护培训证书复印件（附件 9）</p> <p>（10）个人剂量监测报告复印件（附件 10）</p> <p>（11）年度检测报告复印件（附件 11）</p> <p>（12）X 射线探伤机生产厂家关于探伤机参数的说明（附件 12）</p>

表 7 保护目标与评价标准

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》(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 X 射线探伤室墙体边界外 50m 区域。

保护目标

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版),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。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》(苏政发〔2018〕74 号)、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》(苏政发〔2020〕1 号)及《江苏省自然资源厅关于常州市新北区生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2024〕440 号),本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域及常州市新北区生态空间管控区域。本项目与江苏省国家级生态保护红线和生态空间管控区域位置关系图见附图 1-2。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022),本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目利用 X 射线进行无损检测,占用资源少,不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量,符合“三线一单”相关要求。本项目 X 射线探伤房周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标,本项目保护目标主要为辐射工作人员、X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。本项目 X 射线探伤房周围保护目标一览表见表 7-1。

表 7-1 本项目 X 射线探伤房拟建址评价范围内敏感保护目标情况一览表

保护目标名称	保护目标位置	方位	最近距离	规模	环境保护要求
辐射工作人员	操作室、暗室、评片室	北侧	紧邻	3 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	碳钢外容器制作及非标产品组装区	东侧	紧邻	约 3 人	公众人员年剂量约束值

	通道		约 40m	流动人员	0.1mSv/a
	碳钢外容器制作、焊接区		约 43m	约 4 人	
	VT 产品缠绕投套组装区、产品焊接区	南侧	约 1.5m	约 4 人	
	产品压力试验及清洗区		约 26m	约 4 人	
	产品组装及焊接区		约 34m	约 3 人	
	厂内道路	西侧	紧邻	流动人员	
	常州市天盛重工股份有限公司		约 21m	约 20 人	
	厂内道路	北侧	约 6m	流动人员	
	产品堆场		约 48m	流动人员	
	常州市群益机电制造有限公司		约 7m	约 40 人	

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	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，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中 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~0.3 mSv) 的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

(1) 辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业人员年剂量限值的 1/4，即职业人员年剂量约束值不大于 **5mSv/a**；

(2) 公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

中公众照射剂量限值的 10%，即公众年剂量约束值不大于 **0.1mSv/a**。

3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

(1) 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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

(2) X射线探伤室墙和入口门外30cm处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 本项目X射线探伤室顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ （本项目探伤室顶部人员不可达）。

4 辐射环境质量现状监测评价参考值

参考《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。

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

/	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： [1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时,参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司位于常州市新北区薛家镇正强路 25 号，公司地理位置图见附图 1-1。公司东侧为常州伊沃特医疗器械有限公司，南侧为江苏省低温绝热设备产品质量监督检验中心，西侧为常州市天盛重工股份有限公司，北侧为常州市群益机电制造有限公司、正强路，公司平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目固定式 X 射线探伤房拟建址位于公司厂房西北角，厂房为一层建筑。X 射线探伤房拟建址东侧为碳钢外容器制作及非标产品组装区、通道、碳钢外容器制作、焊接区，南侧为 VT 产品缠绕投套组装区、产品焊接区、产品压力试验及清洗区、产品组装及焊接区，西侧为厂内道路及常州市天盛重工股份有限公司，北侧为厂内道路、产品堆场及常州市群益机电制造有限公司，上方无建筑，下方无建筑。公司厂房平面布局图见附图 3。

本项目 X 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。

本项目 X 射线探伤房拟建址周围环境现状见图 8-1。



X 射线探伤房拟建址东侧（碳钢外容器制作及非标产品组装区）



X 射线探伤房拟建址南侧（VT 产品缠绕投套组装区）



X 射线探伤房拟建址西侧（厂内道路）



X 射线探伤房拟建址北侧（厂内道路）



X 射线探伤房拟建址处（原探伤铅房已拆除）

图 8-1 本项目固定式 X 射线探伤房拟建址周围环境现状

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：X 射线探伤房拟建址及周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在 X 射线探伤房拟建址及周围布置监测点位，共计 7 个监测点位

3 检测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型多功能辐射测量仪（探头型号 FHZ672E-10）（设备编号：J0317，检定有效期：2025.07.03~2026.07.02，检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h，能量响应：48keV~4.4MeV）

环境条件：天气：晴 温度：7 $^{\circ}$ C 湿度：60.2 %RH

检测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在 X 射线探伤房拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2025 年 12 月 22 日

检测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 HJ 1157-2021 中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

3.2 质量保证措施

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有检测上岗证，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核。

3.3 检测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价，检测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目 X 射线探伤房拟建址周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	X 射线探伤房拟建址处	49.8	平房
2	X 射线探伤房拟建址东侧	49.6	平房
3	X 射线探伤房拟建址南侧	48.9	平房
4	X 射线探伤房拟建址西侧	50.2	道路
5	X 射线探伤房拟建址北侧	48.8	道路
6	X 射线探伤房拟建址西侧（常州市天盛重工股份有限公司东侧厂界外）	49.3	道路
7	X 射线探伤房拟建址北侧（常州市群益机电制造有限公司南侧厂界外）	47.8	道路

注：测量数据已扣除仪器宇宙射线响应值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子，平房取 0.9，道路取 1。

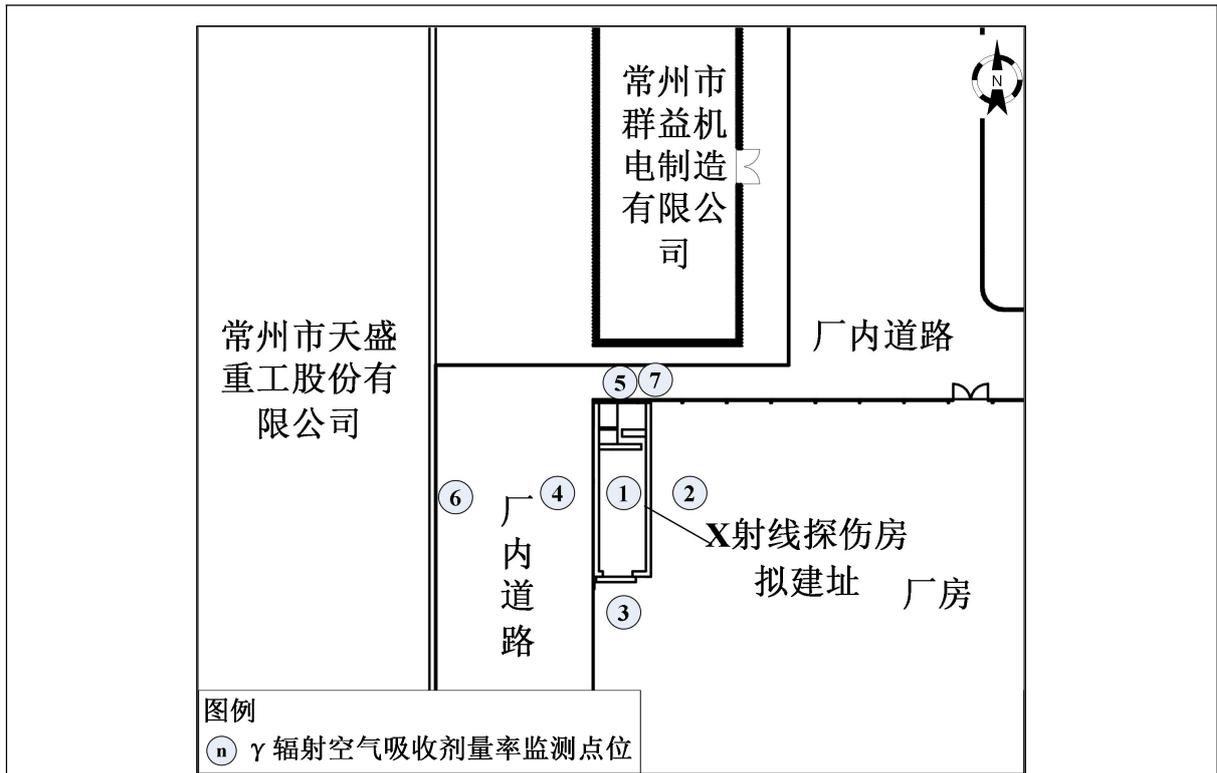


图 8-2 本项目 X 射线探伤房拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知,本项目 X 射线探伤房拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为(48.9~49.8)nGy/h,室外道路 γ 辐射水平为(47.8~50.2)nGy/h,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),江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内天然 γ 辐射水平为(50.7~129.4)nGy/h,室外道路 γ 辐射水平为(18.1~102.3)nGy/h。本项目 X 射线探伤室所在厂房四周墙体、顶棚、地坪以及周边工件多为钢制材料,其所含天然放射性物质较少,因此室内监测点位的环境 γ 辐射水平略低于江苏省室内天然 γ 辐射水平范围;室外道路 γ 辐射水平处于江苏省室外环境天然 γ 辐射水平测值范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

公司拟在厂房西北角建设 1 座固定式 X 射线探伤房，并拟在固定式 X 射线探伤房内配备 3 台 X 射线探伤机（1 台 XXH-2505Z 型周向 X 射线探伤机、1 台 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机和 1 台 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机）。本项目固定式 X 射线探伤房用于开展对贮罐容器的无损检测工作，检测工件为圆筒状，材质为钢，工件最大长度约为 10m，最大直径约为 3m，最大壁厚约为 40mm。X 射线探伤房射线装置配备情况见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线探伤房射线装置配备情况一览表

场所	射线装置名称型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	主射线方向
X 射线探伤室	XXH-2505Z 型 X 射线探伤机	1	250	5	周向机，主射线朝东墙、西墙、顶部、底部照射
	XXG-3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	定向机，主射线可能朝东墙、西墙、顶部照射
	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	定向机，主射线可能朝东墙、西墙、顶部照射

本项目 X 射线探伤房包含探伤室、操作室、暗室和评片室，操作室、暗室和评片室均位于探伤室北侧。本项目 X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和低压连接电缆等构成，常见 X 射线探伤机外观图见图 9-1。



图 9-1 常见 X 射线探伤机外观图

2 工作原理

2.1 X 射线产生原理

本项目 X 射线探伤机核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中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。常见典型

的 X 射线管结构图见图 9-2。

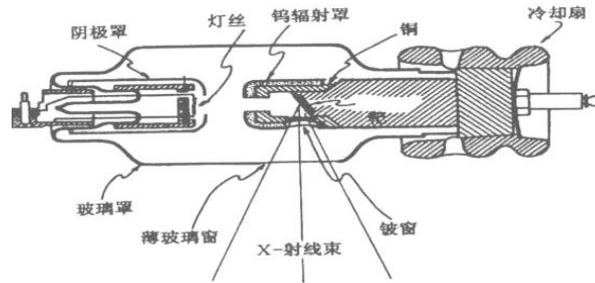


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

2.2 X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤，即无损 X 射线检测技术，是利用不同材料对 X 射线吸收的差异性，使胶片感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。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的细微结构等。

3 固定式 X 射线探伤工艺流程及产污环节

固定式 X 射线探伤时被探伤工件通过工件门由平板小车运至探伤室内，辐射工作人员在操作室内进行隔室操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前对探伤室进行检查，重点检查安全连锁、报警设备和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作；

(2) 长期不用的 X 射线探伤机使用前将在探伤室内进行训机，以提高 X 射线管真空度，保证仪器工作稳定；辐射工作人员将 X 射线探伤机放置在合适位置，清场，确认无人后，关闭工件门，辐射工作人员从迷道离开 X 射线探伤室并关闭人员门；辐射工作人员在操作台开启 X 射线探伤机进行训机，在训机过程中会产生 X 射线及少量 O_3 和 NO_x ；

(3) 关闭 X 射线探伤机，打开工件门，将被探伤工件通过工件门由平板小车运至探伤室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

(4) 将 X 射线探伤机放置在合适的位置，清场，确认无人后，关闭工件门，辐

射工作人员从迷道离开 X 射线探伤室并关闭人员门；

(5) 辐射工作人员在操作室开启 X 射线探伤机进行无损检测，曝光过程中会产生 X 射线及少量 O_3 和 NO_x ；

(6) 达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，曝光结束；

(7) 辐射工作人员从人员门佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪进入探伤室，取下胶片，打开工件门，将被探伤工件运出探伤室；

(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；并出具检测报告。在此过程中会产生显影、定影废液、冲洗废水、废胶片。本项目固定式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图见图 9-3。

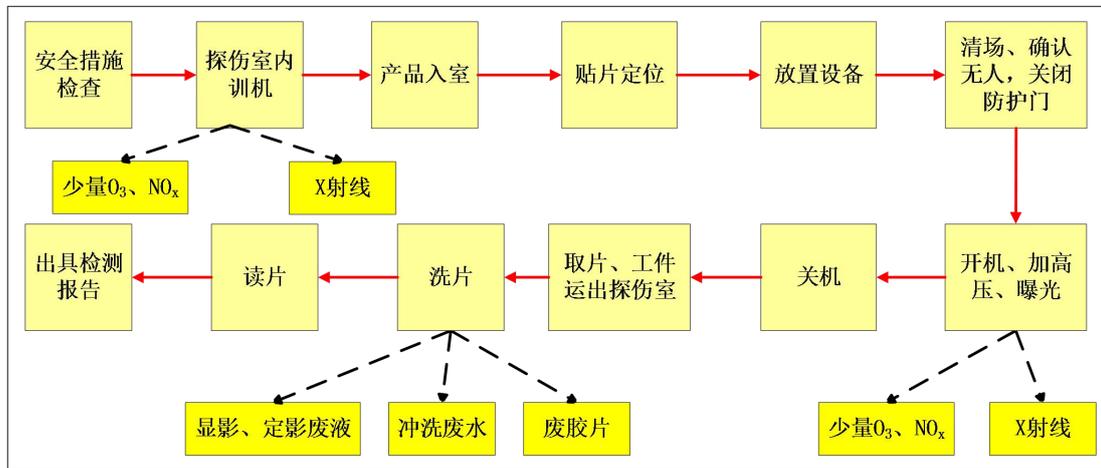


图 9-3 X 射线探伤机探伤工作流程及产污环节分析示意图

4 原有工艺不足和改进情况分析

公司原有 X 射线探伤铅房运行良好，不存在工艺不足和改进情况。因原有 X 射线探伤铅房不能满足工件检测需求，本项目对 X 射线探伤房进行改建，改建后的固定式 X 射线探伤房工艺流程与原有 X 射线探伤铅房一致。

5 工作人员配置及工作机制

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司现有 3 名辐射工作人员，本项目沿用现有 3 名辐射工作人员，本项目拟采用一班制工作制。本项目 X 射线探伤房周开机曝光时间约为 15 小时，年开机曝光时间约为 750 小时（含训机时间）。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。

本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，250kV、300kV 和 350kV 的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，250kV、300kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV，350kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 250kV。本项目 X 射线探伤机详细参数见表 9-2。

表 9-2 本项目 X 射线探伤机参数一览表

设备型号	XXH-2505Z 型 X 射线探伤机	XXG-3005 型 X 射线探伤机	XXG-3505 型 X 射线探伤机
最大管电压（kV）			
最大管电流（mA）			
出束角度			
滤过条件			
X 射线机的发射率常数（ $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ）			
泄漏辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）			
90° 散射后能量相应的 kV 值（kV）			

2 非放射性污染源分析

X 射线探伤机在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

本项目使用 X 射线探伤机探伤过程中需进行洗片、评片作业，在进行洗片作业时会产生显影、定影废液、冲洗废水及废胶片，显影、定影废液及废胶片属于《国家危险废物名录》中的 HW16 号危险废物，一次、二次冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，三次及以上冲洗废水拟排入城市污水管网。本项目每月预计产生显影、定影

废液 10kg，每年预计产生 120kg；每月预计产生一次、二次冲洗废水 50kg，每年预计产生 600kg；每月预计产生废胶片 1kg，每年预计产生 12kg。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司改建 1 座固定式 X 射线探伤房包含探伤室、操作室、暗室和评片室，操作室、暗室和评片室均位于探伤室北侧。本项目 XXH-2505Z 型周向 X 射线探伤机工作时主射线朝东墙、西墙、顶部和底部照射，XXG-3005 型定向 X 射线探伤机和 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机主射线可能朝东墙、西墙和顶部照射，操作室避开了主射线方向。本项目 X 射线探伤房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室避开主射线方向、操作室应与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

图 10-1 本项目 X 射线探伤房布局及分区图

本项目拟将 X 射线探伤室作为辐射防护控制区（图 10-1 中红色阴影范围），在探伤室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人员不得进入；将操作室、暗室、评片室作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影范围），出入口处设置明显的电离辐射警示标志、警告标语及标明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《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。

2 辐射屏蔽设计

本项目 X 射线探伤房屏蔽防护设计见表 10-1，屏蔽设计图见附图 4。

表 10-1 本项目 X 射线探伤室屏蔽设计参数一览表

/	X 射线探伤室
规格尺寸（内净）	
四周墙体	
迷道	
顶部	
工件门	
人员门	
通风管道	
电缆管道	
防护门门洞	

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障 X 射线探伤机安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设计相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 探伤室辐射安全防护措施

（1）探伤室工件门、人员门均拟设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与工件门、人员门联锁，只有当工件门、人员门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中，工件门、人员门被意外打开时，X 射线探伤机应能立刻停止出束。探伤室工件门、人员门内侧墙体均拟设置紧急开门开关以方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

(2) 探伤室外工件门、人员门上方及探伤室内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，X 射线探伤机工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近探伤室或在探伤室外做不必要的逗留。“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。

(3) 探伤室拟设置照射状态指示装置与 X 射线探伤机进行联锁。

(4) 探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

(5) 探伤室工件门、人员门外及操作室出入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(6) 探伤室内南墙、北墙各拟设置 1 个紧急停机按钮，东墙、西墙各拟设置 2 个紧急停机按钮，迷道内、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。急停按钮的安装，能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。紧急停机按钮拟设置标签，标明使用方法。

(7) 操作台处拟设置钥匙开关，在运行过程中，该钥匙唯一且只能由运行组长使用，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(8) 探伤室内北侧墙体拟设置 1 个固定式辐射探测报警装置，在操作台处拟设置专用的显示屏，可了解探伤室内探伤设备是否开机运行。

(9) 探伤室内东南角、西北角各拟设置 1 个视频监控，迷道内、工件门外各拟设置 1 个视频监控，在操作台处拟设置专用的监视器，可监视探伤室内外人员的活动和探伤设备的运行情况。

本项目固定式 X 射线探伤房辐射安全与防护措施分布见图 10-2，逻辑联锁图见图 10-3。

图 10-2 本项目固定式 X 射线探伤房辐射防护措施布置图

图 10-3 本项目固定式 X 射线探伤房逻辑联锁图

3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中 5.1.2 要求对探伤室进行检查,重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员正常使用探伤室时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯

等防护安全措施。

(3) 辐射工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟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，辐射工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人员进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员拟定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

(5) 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，拟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。

(6) 在每一次照射前，辐射工作人员拟确认探伤室内没有人员驻留并关闭防护门。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，才能开始检测工作。

3.3 探伤设备退役措施

当 X 射线探伤机不再使用时，拟实施退役程序。

(1) X 射线探伤机的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。公司原有 2 台 X 射线探伤机已转移给其他有资质单位。

(2) 探伤场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废治理

本项目 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过通风管道排出探伤室，通风管道沿探伤室西侧墙体上引至厂房顶部，通风管道出风口高于厂房顶部，臭氧及氮氧化物最终通过通风口排出。本项目探伤室体积为 420m³，本项目探伤室内通风装置的通风量拟设置为 3000m³/h，每小时有效通风换气次数约为 7 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

公司拟在探伤室北侧的暗室、评片室内进行洗片、评片，本项目运行后产生的显影、定影废液及废胶片属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，一次、

二次冲洗废水拟按危险废物进行管理处置，不得随意排放。公司已与江苏省环境资源有限公司签订危险废物处置意向协议（详见附件 4），探伤过程中产生的显影、定影废液、一次、二次冲洗废水、废胶片在收集后临时贮存于现有危废库内（厂房东侧，详见附图 2），定期交由江苏省环境资源有限公司处理处置。

公司已按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）要求建设危废库，已建危废库为独立围闭场所，且危废库门外已设置危险废物警告标志及危险废物信息公开栏，危废库按照“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”要求建设，危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类，按照规定设置危险废物识别标志并进行分区管理。危废库由专人管理，危废单独收集和贮存。

辐射工作人员生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，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

本项目固定式 X 射线探伤房包括探伤室、操作室、暗室及评片室，施工时对环境会产生如下影响：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：**a.**及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；**b.**车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；**c.**施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2) 噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025) 的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。施工人员在施工过程中将产生生活垃圾，拟收集后交由城市环卫部门处理。

(4) 废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制。施工人员在施工过程中将产生生活污水，拟排入城市污水管网。

该单位在施工及设备安装阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目固定式 X 射线探伤房内拟配备 1 台 XXH-2505Z 型周向 X 射线探伤机（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA）、1 台 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）和 1 台 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机（最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA）。本项目固定式 X 射线探伤房用于对贮罐容器进行无损检测，检测工件为圆筒状，材质为钢，工件最大长度约为 10m，最大直径约为 3m，最大壁厚约为 40mm，工件在 X 射线探伤室内两端呈南北向放置。每次探伤时仅开启 1 台 X 射线探伤机。定向机主射线可能朝东墙、西墙及顶部照射，周向机

主射线朝东墙、西墙、顶部及底部照射。

本项目 XXH-2505Z 周向 X 射线探伤机可在南北方向移动 10m，距东侧墙体距离为 3.6m，距西侧墙体距离为 2.4m，距南侧墙体和北侧墙体最近距离均为 2m，平板小车高 0.5m，X 射线探伤机离地最大距离为 2m，距顶部最近距离为 3m。

本项目 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机和 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机可在水平方向移动，在东西方向移动距离为 2m，在南北方向移动距离为 10m，距东侧墙体最近距离为 2.5m，距西侧墙体最近距离为 1.5m，距南侧墙体和北侧墙体最近距离均为 2m，平板小车高 0.5m，X 射线探伤机离地最大距离为 2m，距顶部最近距离为 3m，X 射线探伤机移动范围详见附图 4。

由于 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机管电压、管电流、额定功率及 1m 处输出量均大于或等于 XXH-2505Z 周向 X 射线探伤机和 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机，若 XXG-3505 型 X 射线探伤机预测结果能满足要求，则可推断出 XXH-2505Z 型 X 射线探伤机和 XXG-3005 型 X 射线探伤机也能满足要求。探伤房下方为混凝土，故不对底部进行预测。

本次评价选取 XXG-3505 型 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测。本次评价拟将 X 射线探伤室东墙、西墙、顶部均按照有用射束照射进行估算，将南墙（工件门）、北墙（人员门）均按照非有用射束照射进行估算。XXG-3505 型 X 射线探伤机主射线朝东墙照射时，X 射线探伤机放置在轨道西侧或中间，X 射线探伤机主射线朝西墙照射时，X 射线探伤机放置在轨道东侧或中间，预测距离保守取 X 射线探伤机距东侧墙体为 3.6m，距西侧墙体为 2.4m，距南侧墙体和北侧墙体均为 2m；平板小车高 0.5m，X 射线探伤机离地最大距离为 2m，距顶部最近距离为 3m。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 理论预测公式

1.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-1)$$

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, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

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) 中的表 B.2, 然后按公式 (11-2) 计算得出:

$$B=10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-2)$$

式中: X : 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL: 屏蔽材料的半值层厚度。

1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

① 泄漏辐射

$$\dot{H}=\frac{H_L\cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (11-3)$$

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

H_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 1;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

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) 中的表 B.2, 然后按公式 (11-2) 计算得出。

② 散射辐射

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R_s^2}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (11-4)$$

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 : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量, 然后按公式 (11-2) 计算得出;

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。

1.3 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中： H_c ：参考点的年剂量水平，mSv/a；

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

t ：探伤装置年照射时间，h/a；

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。

2. 屏蔽计算结果

2.1 理论计算结果

表 11-1 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	东墙	西墙	顶部
X 设计厚度			
I (mA)			
$H_0^{\text{①}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$			
$B^{\text{②}}$			
$R^{\text{③}}$ (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
评价	满足	满足	满足

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	南墙	北墙	工件门（南侧）	人员门（北侧）
X 设计厚度				

泄漏辐射	TVL (mm)				
	B				
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$				
	$R^{\text{①}}$ (m)				
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$				
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值				
	TVL (mm)				
	$B^{\text{②}}$				
	I (mA)				
	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{m}\cdot\text{A}\cdot\text{h}))$				
	$F(\text{m}^2)$				
	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	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	

从表 11-1、表 11-2 中计算结果可以看出，当 X 射线探伤室内 XXG-3505 型 X 射线探伤机在满功率运行时，探伤室四周墙体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.058\mu\text{Sv/h}$ ，顶部外 30cm 处的最大辐射剂量率为 $4.612\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求及“无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

2.2 天空反散射分析

本项目探伤室顶部人员不可到达，但 X 射线穿透探伤室顶后因大气散射返回地面，可能会造成探伤室周围出现较高的辐射水平，因此探伤室顶的屏蔽主要考虑穿透

X射线的天空反散射影响，天空反散射示意图见图 11-1。

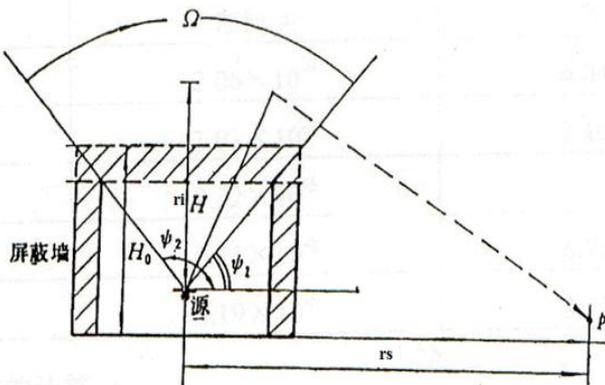


图 11-1 天空反散射示意图

天空反散射辐射水平预测模式根据《辐射防护导论》P181 公式 (6.1) 推导得出，具体计算公式如下：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / (0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2) \quad \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：0.67：单位换算系数；

$H_{L,h}$ ：参考点处相应的剂量当量率，Sv/h；

$\eta_{r,s}$ ：透射比；

r_i ：辐射源到屋顶上方 2m 处的距离 m；

r_s ：室外参考点到源的水平距离，本项目探伤房周围 50m 内没有敏感点， r_s 通过公式 $r_s = b \cdot r_i / (r_i - c)$ 计算得到；

D_{10} ：离源上方 1m 处的吸收剂量指数率， $Gy \cdot m^2 / min$ ，本项目 D_{10} 取 $***mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min) \times 5mA = ***Gy \cdot m^2 / min$ 。

Ω ：辐射源对屋顶张的立体角，单位为球面度，sr。 $\Omega = 4tg^{-1}(ab/cd)$ ，其中 a 是屋顶长度之半，b 是屋顶宽度之半（根据《辐射防护导论》第 182 页），c 是辐射源到屋顶表面中心的最小距离（此处 a、b 的值按照探伤室顶部内表面长、宽的一半取值，c 取探伤机出束口离顶部最近时，出束口到屋顶外表面的距离，即加上屋顶墙体厚度）；d 是源到屋顶边缘的距离， $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ ；本项目 $a = ***m$ ， $b = ***m$ ， $c = ***m$ ，计算得 $d = ***m$ ， $\Omega = ***sr$ 。

表 11-3 天空反散射影响预测表

参数	探伤室参数取值或计算结果
$D_{10}(Gy \cdot m^2 \cdot min^{-1})$	
$\Omega(sr)$	

$\eta_{r,s}$	
$r_i(m)$	
$r_s(m)$	
瞬时剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	

从表 11-3 中预测结果可以看出,探伤室内 XXG-3505 型 X 射线探伤机满功率运行时,天空反散射剂量率为 $0.003\mu\text{Sv/h}$,对探伤室四周辐射剂量率的叠加影响可忽略不计。

2.3 迷宫散射辐射影响分析

本项目 X 射线探伤房设有“Z”型迷宫,利用散射降低人员门口处的辐射水平,避免 X 射线直接照射迷宫入口,迷宫及射线进入迷宫后散射示意图见图 11-2,由图可知 X 射线经 3 次散射到达人员门(含工件散射,X 射线探伤机出束口距工件取 0.5m),人员门采用***防护。散射公式见(11-7)(美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告)。

$$H_j = \frac{H_0}{d_s^2} \cdot \left(\frac{\alpha_1 A_1}{d_{r1}^2} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_2 A_2}{d_{r2}^2} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_j A_j}{d_{rj}^2} \right) \quad (11-7)$$

式中: H_j —经 j 次散射后迷宫口处的辐射剂量率, ($\mu\text{Sv/h}$);

H_0 —距靶点 1m 的辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$);

α_1 —X 射线第一个散射体的散射系数;

α_2, α_3 —随后从屏蔽层材料表面散射出来的 X 射线的散射系数(假设对以后所有散射过程是相同的);

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积, m^2 , 取迷宫的截面积;

A_2, A_3 —迷宫的截面积, m^2 ;

d_s —X 射线辐射源到第一散射体的距离, m ;

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$ ---迷宫内各处中心线的散射距离(近似取每段迷宫的长度), m ;

j —指第 j 个散射过程。

迷宫散射的计算参数及结果如下:

表 11-4 本项目 X 射线探伤室迷宫散射计算

/	探伤室
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	
α_1	
α_2	
α_3	
A_1 (m^2)	
A_2 (m^2)	

A_3 (m ²)	
d_s (m)	
d_{r1} (m)	
d_{r2} (m)	
d_{r3} (m)	
H_j (μSv/h)	
2 次散射后能量对应的 kV 值	
X 设计厚度 (人员门)	
B	
H (μSv/h)	

经过以上计算可知，本项目 X 射线经 3 次散射在人员门处的辐射剂量率为 9.975μSv/h，经人员门屏蔽后在门外的辐射剂量率小于 0.001μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

图 11-2 X 射线探伤房迷道散射示意图

2.4 通风管道、电缆管道、工件门缝隙处辐射防护评价

本项目 X 射线探伤室西北角拟设置“U”型通风管道，直径为***mm，管道埋地深约***mm；探伤室北侧拟设置“U”型电缆管道，直径为***mm，管道埋地深约***mm，通风管道和电缆管道的设置均未破坏探伤室的屏蔽墙体。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”。本项目 X 射线经过 U 型埋地管道时至少会经过 3 次散射到达管道口处，可推断通风管道口、电缆管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求，通风管道、电缆管道散射示意图见图 11-3。

本项目 X 射线探伤室的工件门门洞尺寸为***m 宽×***m 高，工件门尺寸为***m 宽×***m 高，工件门左右各搭接***mm，上下各搭接***mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度小于***mm。人员门门洞为***m 宽×***m 高，人员门为***m 宽×***m 高；人员门左右各搭接***mm，上下各搭接***mm，人员门与墙体缝隙宽度小于***mm。本项目 X 射线探伤室工件门、人员门与墙体重叠部分均大于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断探伤室工件门、人员门缝隙处的辐射剂量率均能够满足标准要求。

图 11-3 通风管道、电缆管道散射示意图

3 年有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为固定式 X 射线探伤房周围 50m 范围内其他人员。本项目操作室位于探伤室北侧。将表 11-1 与表 11-2 估算结果

代入公式 (11-5)，保守选取 X 射线探伤室内 X 射线探伤机满功率运行时各参考点处最大辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算，计算结果见表 11-5 及表 11-6。

表 11-5 本项目 X 射线探伤室周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	周工作时间 (h)	周剂量估算值(μSv/周)	剂量约束值 (μSv/周)	评价
1	北墙外						100 (职业人员)	满足
2	北墙外							满足
3	东墙外						5 (公众)	满足
4	南墙外							满足
5	西墙外							满足
6	操作室 北侧*							满足

*操作室北侧关注点处剂量率保守取探伤室北墙外 30cm 处的剂量率值进行计算。

从表 11-5 中预测结果可知，本项目 X 射线探伤室周围辐射工作人员周有效剂量小于 $0.001\mu\text{Sv}$ ，周围公众成员周有效剂量最大值为 $0.465\mu\text{Sv}$ ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，公众周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ 。

表 11-6 本项目 X 射线探伤室周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	年工作时间 (h)	年剂量估算值(mSv/a)	剂量约束值(mSv/a)	评价
1	北墙外						5 (职业人员)	满足
2	北墙外							满足
3	东墙外						0.1 (公众)	满足
4	南墙外							满足
5	西墙外							满足
6	操作室 北侧*							满足

*操作室北侧关注点处剂量率保守取探伤室北墙外 30cm 处的剂量率值进行计算。

从表 11-6 可知，本项目 X 射线探伤室周围辐射工作人员年有效剂量小于 0.001mSv，周围公众成员年有效剂量最大值为 0.023mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：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。

4 三废治理评价

本项目 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过通风管道排出探伤室，由探伤室外通风管引至车间顶部排放到外环境。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目运行后产生的显影、定影废液、一次、二次冲洗废水、废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由江苏省环境资源有限公司处理处置。

辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目 X 射线探伤机只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线探伤事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，导致防护门未关闭时开机工作，人员误入或误留受到误照射。由于门机联锁装置失灵，探伤机正常出束时意外打开防护门，会造成对误入人员的误照射。

（2）机器调试、检修时误照射。X 射线探伤机在调试、检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

2 辐射事故预防措施

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强对工作人员

的辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

(1) 企业内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在开启 X 射线探伤机前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障情况下开机检测。

(3) 辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

(4) 辐射工作人员在进入探伤室时，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。

(5) 辐射工作人员严格按照操作规程操作，确认 X 射线探伤室内无人员停留后方可开机检测。

3 辐射事故处置方法

根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员或操作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，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和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为 X 射线探伤机，X 射线探伤机属于 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 类射线装置的单位，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司现有 3 名辐射工作人员，均已通过生态环境部门组织的“X 射线探伤”类辐射安全与防护知识考核（证书复印件见附件 9），本项目沿用现有 3 名辐射工作人员，并拟派其中 1 名辐射工作人员参加生态环境部门组织的“辐射安全管理”类辐射安全与防护知识考核，该辐射工作人员兼职作为辐射防护负责人。公司现有辐射工作人员的考核合格证明将在 2026 年 3 月、2026 年 7 月到期，到期前公司应尽快安排辐射工作人员再次通过生态环境部门组织的相应类别的辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司已根据《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》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度和事故应急预案等。公司还应针对本项目，对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

探伤操作规程：公司已有操作规程明确了现有 X 射线探伤辐射工作人员的资质条件要求、X 射线探伤机操作流程、操作过程中应采取的具体防护措施，公司应针对本项目进行完善，重点是明确操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确了现有辐射工作人员、维修人员的岗位责任，还应针对本项目补充管理人员的岗位责任，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。

辐射防护和安全保卫制度：公司已制定辐射防护和安全保卫制度，公司还应针对本项目的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤房的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：公司已制定 X 射线探伤机的维护检修制度，明确 X 射线探伤机、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 X 射线探伤机、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划：公司已制定人员培训计划，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：已制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。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部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，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部门报告。

台账管理制度：公司已制定台账管理制度，已对 X 射线探伤机使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对 X 射线探伤机使用进行严格管理。当 X 射线探伤机不再使用时，应实施退役程序。X 射线探伤机应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构，并及时在台账中进行更新。

事故应急预案：已成立辐射事故应急指挥小组，针对现有核技术利用项目明确了小组成员的职责与分工，公司还应针对本项目使用过程中可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案或应急措施，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

辐射监测

公司拟使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配置至少 1 台环境辐射剂量巡测仪，以满足 X 射线探伤机日常运行时对探伤房周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司现有 1 台环境辐射剂量巡测仪及 4 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

公司原有核技术利用项目已委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司开展年度环保检测（年度环保检测报告见附件 11）。由检测结果可知，公司原有 X 射线探伤铅房项目在检测工况下运行时，工作场所周围剂量当量率能够满足标准的要求。

公司原有核技术利用项目的辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每 3 个月送江苏玖清玖蓝环保科技有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2024 年 9 月~2025 年 9 月 4 个季度的辐射工作人员个人剂量监测报告可知（附件 10），辐射工作人员个人剂量监测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

本项目运行后，公司拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行探伤作业时，公司拟定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每次一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。本项目辐射监测方案见表 12-1。

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
X 射线探伤房	周围剂量当量率	竣工验收监测，委托有资质的单位进行	1 次	①四周墙外 30cm 离地高度 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； ②工件门、人员门外 30cm 处离地高度 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各一个点； ③操作位处； ④电缆管道、通风管道处； ⑤周围环境保护目标处。
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	
		定期自行开展辐射监测	1 次/3 个月	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	1 次/3 个月	/

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司已针对X射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织和培训，应急装备、资金、物资的准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司已依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，针对已有核技术利用项目制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司还应针对本项目进行补充和完善，明确本项目可能发生的辐射事故以及应急响应措施，定期组织应急人员对应急处理措施进行培训，对本项目可能发生的事故进行应急演练。公司应不断对辐射事故应急预案进行补充和完善，使其具有针对性和可行性。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。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。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司位于常州市新北区薛家镇正强路 25 号。公司东侧为常州伊沃特医疗器械有限公司，南侧为江苏省低温绝热设备产品质量监督检验中心，西侧为常州市天盛重工股份有限公司，北侧为常州市群益机电制造有限公司、正强路。

本项目固定式 X 射线探伤房拟建址位于公司厂房西北角，厂房为一层建筑。X 射线探伤房拟建址东侧为碳钢外容器制作及非标产品组装区、通道、碳钢外容器制作、焊接区，南侧为 VT 产品缠绕投套组装区、产品焊接区、产品压力试验及清洗区、产品组装及焊接区，西侧为厂内道路及常州市天盛重工股份有限公司，北侧为厂内道路、产品堆场及常州市群益机电制造有限公司，上方无建筑，下方无建筑。

本项目 X 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。

1.2 项目分区及布局

本项目拟将 X 射线探伤室作为辐射防护控制区，在探伤室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人员不得进入；将操作室、暗室、评片室作为辐射防护监督区，出入口处设置明显的电离辐射警示标志、警告标语及标明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《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。

1.3 辐射安全措施

本项目探伤室工件门、人员门均拟设置门机联锁装置；探伤室工件门、人员门内侧墙体均拟设置紧急开门开关；探伤室外工件门、人员门上方及探伤室内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤机进行联锁；探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；探伤室工件门、人员门外及操作室出入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；探伤室内南墙、北墙各拟设置 1 个紧急停机按钮，东墙、西墙

各拟设置 2 个紧急停机按钮，迷道内、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关；探伤室内北侧拟设置 1 个固定式辐射探测报警装置；探伤室内东南角、西北角各拟设置 1 个视频监控，迷道内、工件门外各拟设置 1 个视频监控。

辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用探伤室时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪；辐射工作人员拟定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处；交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认对应探伤室内没有人员驻留并关闭防护门。

当 X 射线探伤机不再使用时，拟实施退役程序。X 射线探伤机的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；探伤场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.4 辐射安全管理

柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。本项目沿用现有 3 名辐射工作人员，并拟派其中 1 名辐射工作人员参加生态环境部门组织的“辐射安全管理”类辐射安全与防护知识考核，该辐射工作人员兼职作为辐射防护负责人。公司已对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司现有 1 台环境辐射剂量巡测仪及 4 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目固定式 X 射线探伤室内净尺寸为***m（长）×***m（宽）×***m（高），

探伤室四周墙体均拟采用***mm 混凝土，顶部墙体拟采用***mm 混凝土，工件门拟采用***，人员门拟采用***。

根据理论预测结果，本项目 X 射线探伤房运行后探伤室周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众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有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 100 μ Sv，公众周有效剂量不超过 5 μ Sv；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。

2.3 三废处理处置

本项目 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过通风管道排出探伤室，由探伤室外通风管引至车间顶部排放到外环境。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目运行后产生的显影、定影废液、一次、二次冲洗废水及废胶片在收集后拟临时贮存于危废库内，定期交由江苏省环境资源有限公司处理处置。

辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，柯瑞捷（常州）深冷工程有限公司改建 1 座固定式 X 射线探伤房项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该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，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1) 本项目运行后，运营单位应严格执行操作规程和辐射防护程序，并实施系统性的工作人员培训与考核制度。通过落实这些风险管控措施，切实预防意外事故的发生；

并确保一旦发生辐射事故，能有效减轻其对职业人员和公众的辐射后果。同时，在正常运行期间，应持续优化管理，将项目对环境的辐射影响控制在可合理达到的尽量低水平。

2)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，以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。

3)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。

4)公司应按照《建设项目环境保护管理条例》规定及时进行竣工环保验收。

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	投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全防护措施	<p>本项目固定式 X 射线探伤室内净尺寸为***m（长）×***m（宽）×***m（高），探伤室四周墙体均拟采用***mm 混凝土，顶部墙体拟采用***mm 混凝土，工件门拟采用***，人员门拟采用***。</p> <p>本项目探伤室工件门、人员门均拟设置门机联锁装置；探伤室工件门、人员门内侧墙体均拟设置紧急开门开关；探伤室外工件门、人员门上方及探伤室内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤机进行联锁；探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；探伤室工件门、人员门外及操作室出入口处拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；探伤室内南墙、北墙各拟设置 1 个紧急停机按钮，东墙、西墙各拟设置 2 个紧急停机按钮，迷道内、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关；探伤室内北侧拟设置 1 个固定式辐射探测报警装置；探伤室内东南角、西北角各拟设置 1 个视频监控，迷道内、工件门外各拟设置 1 个视频监控。</p> <p>辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用探伤室时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护措施；辐射工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪；辐射工作人员拟定期测量探伤室外周围区域的剂</p>	<p>探伤室表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。</p> <p>满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。</p>	300

	<p>量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处；交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认对应探伤室内没有人员驻留并关闭工件门。</p> <p>当 X 射线探伤机不再使用时，拟实施退役程序。X 射线探伤机的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；探伤场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。</p>		
人员配备	<p>本项目沿用现有 3 名辐射工作人员，拟派其中 1 名辐射工作人员参加生态环境部门组织的“辐射安全管理”类辐射安全与防护知识考核，该辐射工作人员兼职作为辐射防护负责人。</p> <p>公司已委托有资质的单位对 3 名辐射工作人员开展个人剂量监测（最长不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。</p> <p>公司已定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 3 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案。</p>	<p>满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。</p>	定期投入
监测仪器和防护用品	<p>已配置 1 台环境辐射剂量巡测仪</p> <p>已配置 4 台个人剂量报警仪</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求。</p>	/
辐射安全管理制度	<p>公司已根据《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》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度和事故应急预案等。公司还应针对本项目，对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。</p>	<p>满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。</p>	/

以上措施必须在项目运行前落实。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	公章 年 月 日
审批意见	
经办人	公章 年 月 日