

核技术利用建设项目  
新建固定式 X 射线探伤项目  
环境影响报告表

无锡华尔溢科技有限公司(公章)

2024 年 9 月

生态环境部监制



## 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.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	23
表 10 辐射安全与防护.....	32
表 11 环境影响分析.....	39
表 12 辐射安全管理.....	52
表 13 结论与建议.....	56
表 14 审批.....	60
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....	61

**附图：**

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目厂区平面布置及周围环境示意图

附图 3 本项目所在车间平面布置图

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图

附图 6 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 7 本项目工程师踏勘现场照片

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 危险废物委托处置合同及经营许可证

附件 4 营业执照

附件 5 厂房租赁合同

附件 6 检测报告及资质证书

附件 7 X 射线探伤机技术参数说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新建固定式 X 射线探伤项目				
建设单位	无锡华尔溢科技有限公司				
法人代表	龚梁	联系人		联系电话	
注册地址	宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号				
项目建设地点	宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号				
立项审批部门	/		批准文号	/	
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)	60%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	126
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	/			
<b>项目概述:</b>					
<b>1. 建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来及原有核技术利用项目许可情况</b>					
无锡华尔溢科技有限公司成立于 2003 年 07 月 01 日,注册地位于宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号,法定代表人为龚梁。经营范围包括许可项目:特种设备制造(依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动,具体经营项目以审批结果为					

准)；一般项目：技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；炼油、化工生产专用设备制造；炼油、化工生产专用设备销售；制药专用设备制造；制药专用设备销售；环境保护专用设备制造；环境保护专用设备销售；通用设备制造（不含特种设备制造）；金属切割及焊接设备制造；金属切割及焊接设备销售；机械设备销售；电线、电缆经营；化工产品销售（不含许可类化工产品）；五金产品批发；特种设备销售（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动，营业执照见附件 4）。

无锡华尔溢科技有限公司原厂区位于无锡市滨湖区雪浪街道壬港村，因企业发展生产需求，现已整体搬迁并租赁江苏德迩赛智能装备科技有限公司位于宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号厂房用于生产经营（租赁合同见附件 5），原厂不再投入使用。原厂区生产经营期间委托持有有效期内辐射安全许可证的检测公司进行移动探伤检测，因此无需自行办理辐射安全许可证，相应辐射影响分析已在受委托方环评文件中完成。搬迁后因生产检测需求，建设单位将在新厂区新建一座探伤房，拟自行开展探伤检测，不再委托检测公司进行移动探伤检测，新厂区并无建设项目环评。

因生产的压力容器检测需求，公司拟在宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号厂区 C 车间东部新建 1 座固定式 X 射线探伤房（包括曝光室及辅房）并配备 3 台 X 射线探伤机（1 台 XXG2505D 型定向机，最大管电压 250kV，最大管电流 5mA；2 台 XXH3005P 型周向机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA）；主要用于检测公司生产的压力容器焊接部分，探伤工件为圆筒状，长 500~5000mm，直径 200~2500mm，壁厚 6~45mm。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，每年工作 50 周，每周最大曝光不超过 8h，预计探伤房曝光室内年曝光时间最大为 400h（含训机时间）。

在此之前，无锡华尔溢科技有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为无锡华尔溢科技有限公司首次开展核技术利用项目。

本项目核技术利用项目详见下表 1-1。

表 1-1 无锡华尔溢科技有限公司核技术利用项目表

射线装置											
序号	射线装置名称及型号	数量	管电压 kV	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	X 射线探伤机 (XXG2505D 型定向机)	1	250	5	II	探伤房 曝光室	使用	本次环评	未许 可	未验 收	定向 机

2	X 射线探伤机 (XXH3005P 型周向机)	2	300	5	II	探伤房 曝光室	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（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。受无锡华尔溢科技有限公司委托，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

无锡华尔溢科技有限公司位于宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号，公司范围包括 C 车间、D 车间、食堂及办公楼，其中项目所在 C 车间东侧隔厂区道路依次为龙泉北路、宜兴市新立织造有限公司，车间南侧隔厂区道路为食堂、办公楼、江苏德迩赛智能装备科技有限公司的仓库及 A、B 车间，车间西侧隔厂区道路为宜兴市百泰绝热材料有限公司，车间北侧为无锡辰帆环保科技有限公司。

本项目新建的探伤房位于无锡华尔溢科技有限公司 C 车间东部，本项目新建的探伤房（包括曝光室及辅房）东侧为厂区道路；南侧隔 C 车间过道为 C 车间耐压试验场地；西侧隔 C 车间过道为 C 车间产品焊接组装场地；北侧隔 D 车间过道为 D 车间备用区。本项目探伤房辅房设置有操作室、评片室及暗室区，均位于探伤房曝光室北侧。本项目探伤房所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶，下方为土层。本项目地理位置图见附图 1，本项目厂区平面布置及周围环境示意图附图 2，本项目所在车间平面布置图见附图 3，本项目探伤房平面及剖面布置见附图 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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，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。

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；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省和无锡市“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 范围内涉及本公司的 C 车间、D 车间、食堂、办公楼、厂区道路, 江苏德迩赛智能装备科技有限公司的 B 车间及仓库, 无锡辰帆环保科技有限公司, 龙泉北路及宜兴市新立织造有限公司。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

无锡华尔溢科技有限公司因产品检测需要, 拟在 C 车间东部新建 1 座 X 射线探伤房并计划配备 3 台 X 射线探伤机对产品进行无损检测, 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本项目的情况下, 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、经济和其他有关因素之后, 其对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。



**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	XXG2505D 型定向机	250	5	无损检测	探伤房 曝光室	定向机
2	X 射线探伤机	II	2	XXH3005P 型周向机	300	5	无损检测	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 ( $\mu$ 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	直接排入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温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。
废胶片	固态	/	/	约 2kg	约 24kg	/	暂存在建设单位危废库	收集贮存在建设单位危废库，委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
废显（定）影剂	液态	/	/	约 20kg	约 240kg	/	暂存在建设单位危废库	收集贮存在建设单位危废库，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 60kg	约 720kg	/	暂存在建设单位危废库	收集贮存在建设单位危废库，委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
生活垃圾	固态	/	/	42kg	504kg	/	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 <sup>3</sup>	28.8m <sup>3</sup>	/	不暂存	进入公司污水管道，最终进入市政管网。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>，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/m<sup>3</sup>)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规 文件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</li> <li>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；</li> <li>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；</li> <li>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</li> <li>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；</li> <li>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第18号公布，自2011年5月1日起施行；</li> <li>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；</li> <li>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），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</li> <li>9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；</li> <li>10) 《国家危险废物名录》（2021年版），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15号，自2021年1月1日起施行；</li> <li>11) 《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；</li> <li>12) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</li> <li>13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；</li> </ol>
----------	---

- 14) 《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2019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；
- 15) 《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；
- 16) 《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；
- 17) 《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；
- 18) 《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；
- 19) 《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；
- 20) 《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31日印发；
- 21) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕20号，自2021年5月1日起施行；
- 22) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕3号，自2021年2月1日起施行；
- 23) 《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；
- 24) 《关于印发“十四五”江苏省危险废物规范化环境管理评估工作方案的通知》（苏环办〔2021〕304号），2021年11月2日印发；
- 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

	<p>工作的通知》（苏环办〔2020〕401号），2020年12月31日印发。</p> <p>27) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号），自2024年2月1日起施行。</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</li> <li>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）</li> <li>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</li> <li>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</li> <li>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</li> <li>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</li> <li>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单</li> <li>8) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）</li> <li>9) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）</li> <li>10) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）</li> <li>11) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）</li> <li>12) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB 15562.2-1995）修改单</li> <li>13) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</li> </ol>
<p><b>其他</b></p>	<p><b>附图：</b></p> <p>附图 1 本项目地理位置图</p> <p>附图 2 本项目厂区平面布置及周围环境示意图</p> <p>附图 3 本项目所在车间平面布置图</p> <p>附图 4 本项目探伤房平面及剖面布置图</p> <p>附图 5 本项目探伤房辐射安全与防护措施分布图</p> <p>附图 6 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图</p> <p>附图 7 本项目工程师踏勘现场照片</p>

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 危险废物委托处置合同及经营许可证

附件 4 营业执照

附件 5 厂房租赁合同

附件 6 检测报告及资质证书

附件 7 X射线探伤机技术参数说明

表 7 保护目标与评价标准

<p><b>评价范围</b></p> <p>本项目为新建固定式 X 射线探伤项目，使用的 X 射线探伤机为 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探伤房曝光室边界外 50m 区域。本项目 50m 评价范围见附图 2。</p>
<p><b>保护目标</b></p> <p>本项目新建的探伤房位于无锡华尔溢科技有限公司厂区内 C 车间东部，本项目新建的探伤房（包括曝光室及辅房）东侧为厂区道路；南侧隔 C 车间过道为 C 车间耐压试验场地；西侧隔 C 车间过道为 C 车间产品焊接组装场地；北侧隔 D 车间过道为 D 车间备用区。本项目探伤房辅房设置有操作室、评片室及暗室区，均位于探伤房曝光室北侧。本项目探伤房所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶，下方为土层。</p> <p>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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，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。</p> <p>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；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。</p> <p>本项目的建设符合江苏省和无锡市“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。</p> <p>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、从事探伤工作的辐射工作人员。</li> <li>2、曝光室周围公众。</li> </ol>



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	最近距离	规模		
1	辐射工作人员	操作室、评片室、暗室区		曝光室北侧	紧邻	2人	
2	周围公众	无锡华尔溢科技有限公司	C、D 车间	过道	曝光室南侧、西侧、北侧	紧邻	流动人员
				其余区域	曝光室南侧、西侧、北侧	北侧约 4m	约 20 人
			厂区道路		曝光室东侧、南侧	紧邻	流动人员
			办公楼		曝光室西南侧	约 33m	约 5 人
		食堂		曝光室南侧	约 20m	约 10 人	
		江苏德迩赛智能装备科技有限公司	B 车间		曝光室南侧	约 40m	约 20 人
			仓库		曝光室南侧	约 35m	约 2 人
		无锡辰帆环保科技有限公司			曝光室北侧	约 27m	约 10 人
		宜兴市新立织造有限公司			曝光室东侧	约 27m	约 20 人
		龙泉北路			曝光室东侧	约 9m	流动人员

**评价标准**

**1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）**

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《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：

	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。

**4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束**

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜

在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。

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。

## 2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

### 4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ 128的要求进行个人剂量监测，按GBZ98的要求进行职业健康监护。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

### 5 探伤机的放射防护要求

#### 5.1 X射线探伤机

5.1.1 X射线探伤机在额定工作条件下，距X射线管焦点100 cm处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表7-5的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合GB/T 26837的要求。

表7-3 X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

#### 5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求：

a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；

- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

### 6 固定式探伤的放射防护要求

#### 6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求。

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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于5 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/h。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，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-机联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联锁。

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，并与探伤机联锁。“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。

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。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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。

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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

## 6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤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- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应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。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部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，才能开始探伤工作。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第7.1条~第7.4条的要求。

### 6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

e) 当所有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。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

### 3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500 kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

#### 3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

#### 3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

#### 参考资料

1) 《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 7-4 江苏省全省环境天然 $\gamma$ 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

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

2) 《辐射防护导论》，方杰主编。

#### 项目管理目标

本项目辐射剂量率控制水平参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）评价标准。

##### 本项目探伤房辐射剂量率控制水平：

曝光室四周墙及防护门表面外30cm处剂量率不超过**2.5 $\mu$ Sv/h**；

曝光室顶部表面外30cm处剂量率不超过**100 $\mu$ Sv/h**。（根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中6.1.4b)，探伤室顶无人员到达，自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内无建筑。）

##### 本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

本项目辐射工作人员和公众年剂量约束值按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值1/4取值，公众年剂量约束值按照1/10取值；辐射工作人员和公众周有效剂量约束值按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中6.1.3 a)条取得。

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**。

职业人员周有效剂量不超过**100 $\mu$ Sv**；公众周有效剂量不超过**5 $\mu$ Sv**。

表 8 环境质量和辐射现状

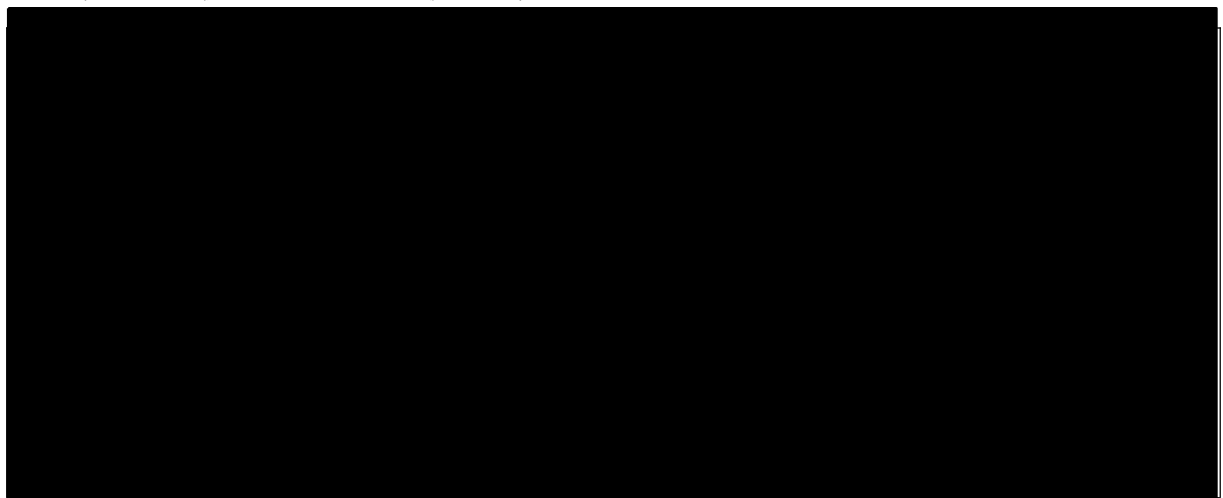
## 1.项目地理和场所位置

无锡华尔溢科技有限公司位于宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号，公司范围包括 C 车间、D 车间、食堂及办公楼，其中项目所在 C 车间东侧隔厂区道路依次为龙泉北路、宜兴市新立织造有限公司，车间南侧隔厂区道路为食堂、办公楼、江苏德迩赛智能装备科技有限公司的仓库及 A、B 车间，车间西侧隔厂区道路为宜兴市百泰绝热材料有限公司，车间北侧为无锡辰帆环保科技有限公司。

本项目新建的探伤房位于无锡华尔溢科技有限公司 C 车间东部，本项目新建的探伤房（包括曝光室及辅房）东侧为厂区道路；南侧隔 C 车间过道为 C 车间耐压试验场地；西侧隔 C 车间过道为 C 车间产品焊接组装场地；北侧隔 D 车间过道为 D 车间备用区。本项目探伤房辅房设置有操作室、评片室及暗室区，均位于探伤房曝光室北侧。本项目探伤房所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶，下方为土层。本项目地理位置图见附图 1，本项目厂区平面布置及周围环境示意图附图 2，本项目所在车间平面布置图见附图 3，本项目探伤房平面及剖面布置见附图 4。

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 范围内涉及本公司的 C 车间、D 车间、食堂、办公楼、厂区道路，江苏德迩赛智能装备科技有限公司的 B 车间及仓库，无锡辰帆环保科技有限公司，龙泉北路及宜兴市新立织造有限公司。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。

本项目探伤房周边环境现状照片见图 8-1。



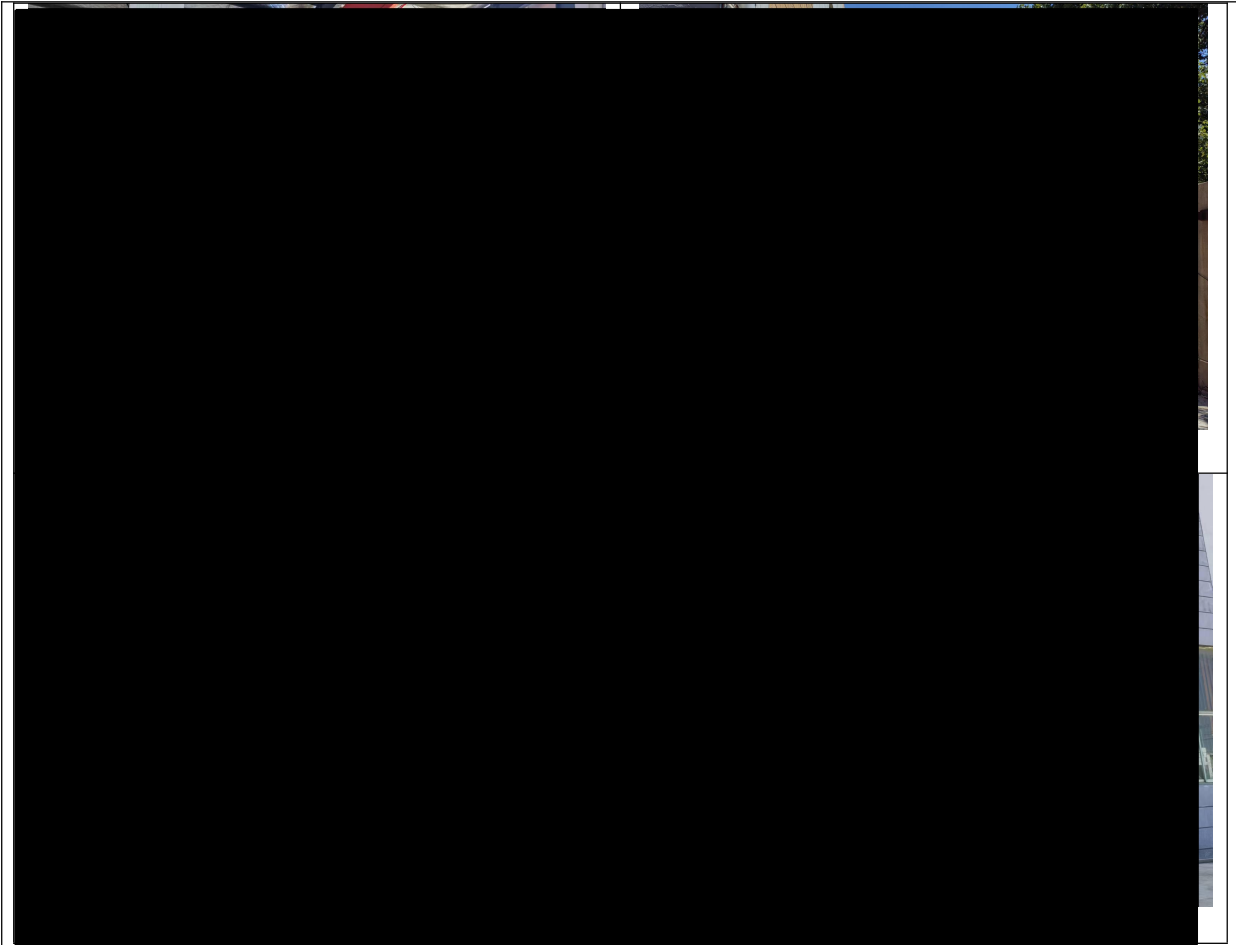


图 8-1 本项目探伤房拟建址周围环境现状照片

## 2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目探伤房拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目探伤房拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

监测点位：探伤房拟建址及周围布设 15 个监测点位，分别位于探伤房拟建址及保护目标处。

## 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 $\gamma$ 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，对探伤房曝光室周围环境 $\gamma$ 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经检查均运行正常。

#### 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

仪器设备：X-γ辐射监测仪

型号/规格：BG9512P

设备编号：RY-J018

检定有效日期：2024.2.23——2025.2.22

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：2024H21-20-5105948002

测量范围：主机：0.01μSv/h~30mSv/h；外置探头：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

监测日期：2024年7月4日

环境条件：晴；温度：39℃；相对湿度：45%

监测工况：本底检测

评价方法：参考表 7-4 江苏省全省环境天然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现状环境γ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。

表 8-1 本项目探伤房曝光室拟建址周围环境γ辐射剂量率

序号	检测点位		检测结果（nGy/h）	备注
1	探伤房曝光室 拟建址	北侧	52	室内，平房
2		东侧	61	道路
3		南侧	57	室内，平房
4		西侧	53	室内，平房
5		中部	57	室内，平房
6	无锡华尔溢科技有 限公司	耐压试验场地	58	室内，平房
7		C 车间中部	63	室内，平房
8		D 车间东部	69	室内，平房
9		C 车间南侧厂区道路	44	道路
10		办公楼东北部	53	室内，楼房
11		食堂东北部	55	室内，楼房
12		C 车间东侧厂区道路	41	道路
13	无锡辰帆环保科技有限公司南部		69	室内，平房
14	龙泉北路		41	道路

15	宜兴市新立织造有限公司西侧	45	道路
<p>*已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 12nGy/h）。建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。</p>			
<p>根据表 8-1 的监测结果可知，本项目探伤房曝光室拟建址周围环境<math>\gamma</math>辐射剂量率为（41~69）nGy/h，其中室内环境辐射剂量率在（52~69）nGy/h 范围内，道路环境辐射剂量率为（41~61）nGy/h，均处于江苏省天然<math>\gamma</math>辐射水平测值范围。</p>			

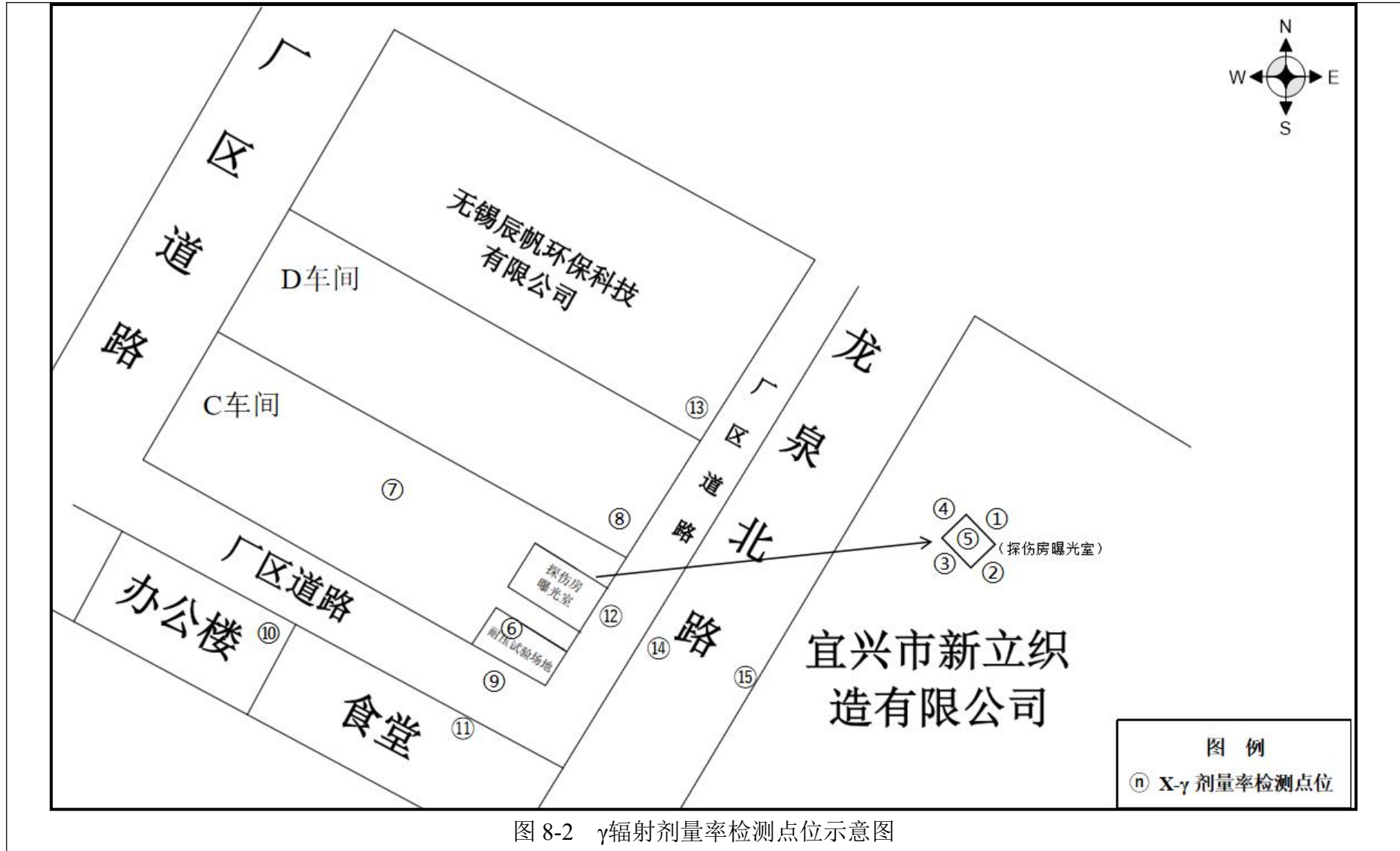


图 8-2  $\gamma$ 辐射剂量率检测点位示意图

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

无锡华尔溢科技有限公司因产品检测需要，拟在C车间东部新建1座X射线探伤房并计划配备3台X射线探伤机（1台XXG2505D型定向机，最大管电压250kV，最大管电流5mA；2台XXH3005P型周向机，最大管电压300kV，最大管电流5mA），用于开展固定式X射线探伤作业。

表9-1 本项目探伤机主要设备参数

参数	XXG2505D 型定向机	XXH3005P 型周向机
最大管电压（kV）	250	300
最大管电流（mA）	5	5
主射线辐射角	40°±5°	25°×360°
穿透最大厚度（钢）	40mm	47mm
探伤机工作方式	间歇式工作 1:1，工作 5 分钟休息 5 分钟	
辐射工作人员工作方式	实行白班单班制；每周最大曝光不超过 8h，每年最大曝光时间不超过 400h。	

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南照射，周向机朝南墙、北墙、屋顶和地面照射，常见定向、周向 X 射线探伤机照射工件示意图见图 9-4。



9-1 常见X射线探伤装置控制箱



图 9-2 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

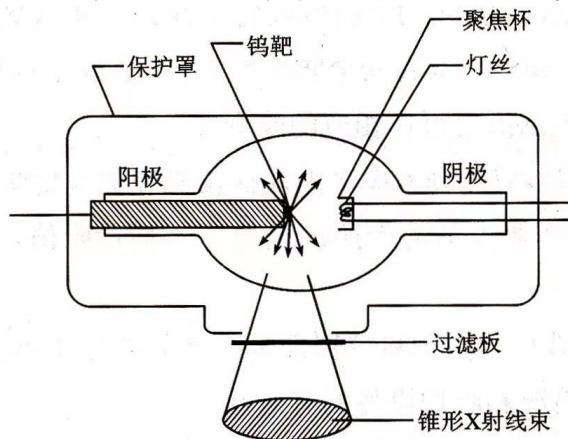


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

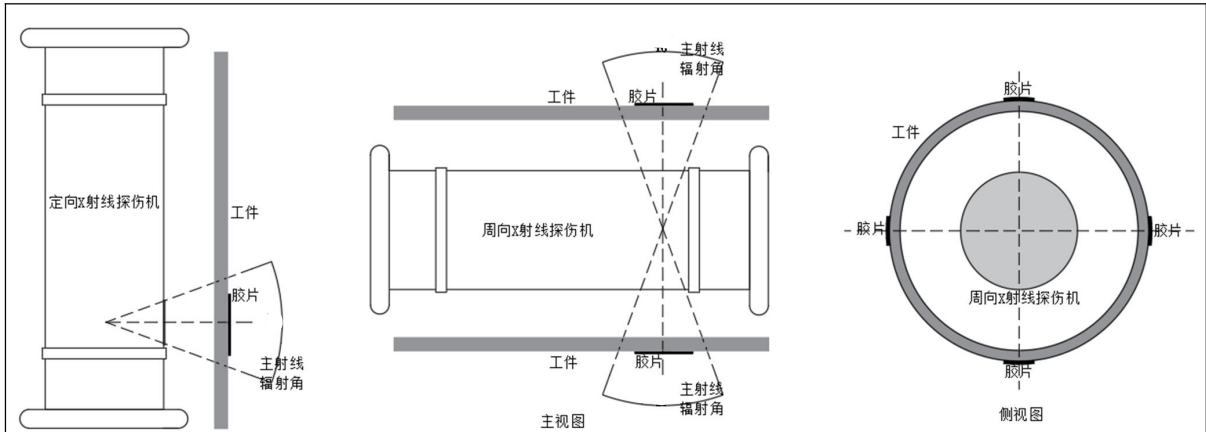


图 9-4 常见定向、周向 X 射线探伤机照射工件示意图

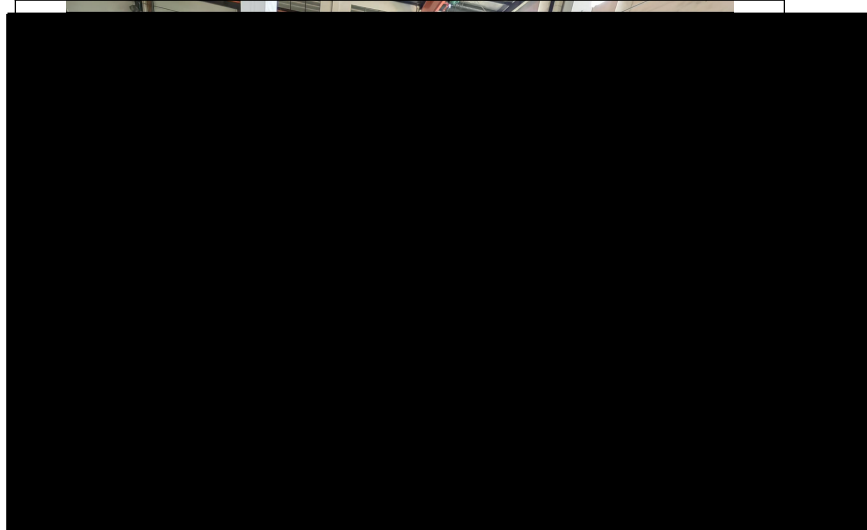
## 2.X 射线无损检测原理

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.工件信息及工作方式

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射这特性，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 500mm-1000mm 的位置处，把胶片紧贴在工件背后，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区中进行显影、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。

本项目 X 射线探伤机探伤对象主要为公司生产的圆筒状工件及其焊接部分，长 500~5000mm，直径为 200~2500mm，壁厚为 6~45mm。本项目部分探伤工件图如下：



探伤房净尺寸长 10.8m，宽 6m，高 5m，工件门洞为 3.5m×4.5m，工件门尺寸为 4.1m×4.8m，探伤房内及门宽尺寸与工件能够匹配。建设单位只开展探伤房内的探伤，不涉及野外（室外）探伤项目。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，探伤机不得用于移动探伤作业。

根据本项目工件及探伤房具体情况确定**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。X 射线探伤装置出束时，定向探伤机主射线方向为南墙；周向探伤机主射线方向为南墙、北墙、屋顶及地面。本项目所在探伤房地下为土质层，上方为车间屋顶。

#### 4.工作流程及产污环节分析

X 射线探伤时辐射工作人员通过推车将探伤工件从探伤房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-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) 辐射工作人员通过推车将探伤工件运至曝光室内，固定工件并在检测部位贴上感光胶片；
- 3) 将X射线探伤机固定到在合适的位置；
- 4) 检查曝光室内人员滞留情况，通过人员门回到操作台，通过监控确定无人后

关闭人员门；

- 5) 探伤工作人员开启X射线探伤机进行无损检测；此过程中产生X射线、少量臭氧及氮氧化物；
- 6) 达到预定照射时间和曝光量后关闭X射线探伤机，工作人员从人员门进入曝光室取下胶片；
- 7) 完成所有检测工作后，将工件运出曝光室；
- 8) 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。

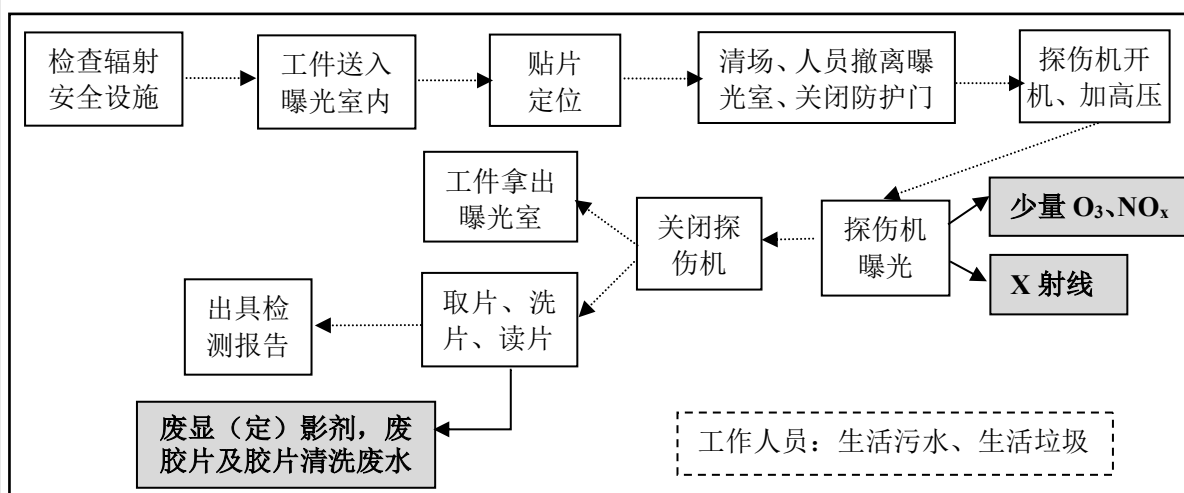


图 9-6 本项目探伤工作流程及产污环节

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 周未使用等情况下，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关闭工件门，并从人员门离开曝光室，关闭人员门，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射线将使探伤室内的空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）；

(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，每周最大曝光不超过 8h，预计探伤房内年曝光时间最大为 400h（含训机时间）。

**人员配置：**公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员共同操作探伤机及管理该探伤房。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：**本项目工件由工件门运输至曝光室内，辐射工作人员由人员门进入曝光室进行工件摆放、贴感光胶片等准备工作，准备工作完成后通过人员门返回至操作台，通过视频监控再次确认曝光室内无人员停留后关闭人员门，开始探伤工作。探伤机连接电缆通过曝光室北墙电缆通道与操作台相连。探伤任务结束后，辐射工作人员由人员门进入曝光室取下胶片至曝光室北侧暗室区进行洗片工作，在评片室进行评片工作，工件门开启，工件由工件门运出曝光室。

**物流：**本项目将工件由车间通过工件门运至曝光室内进行探伤检测工作，检测完成后原路返回。本项目每日产生危废由暗室区送至公司危废库进行暂存。

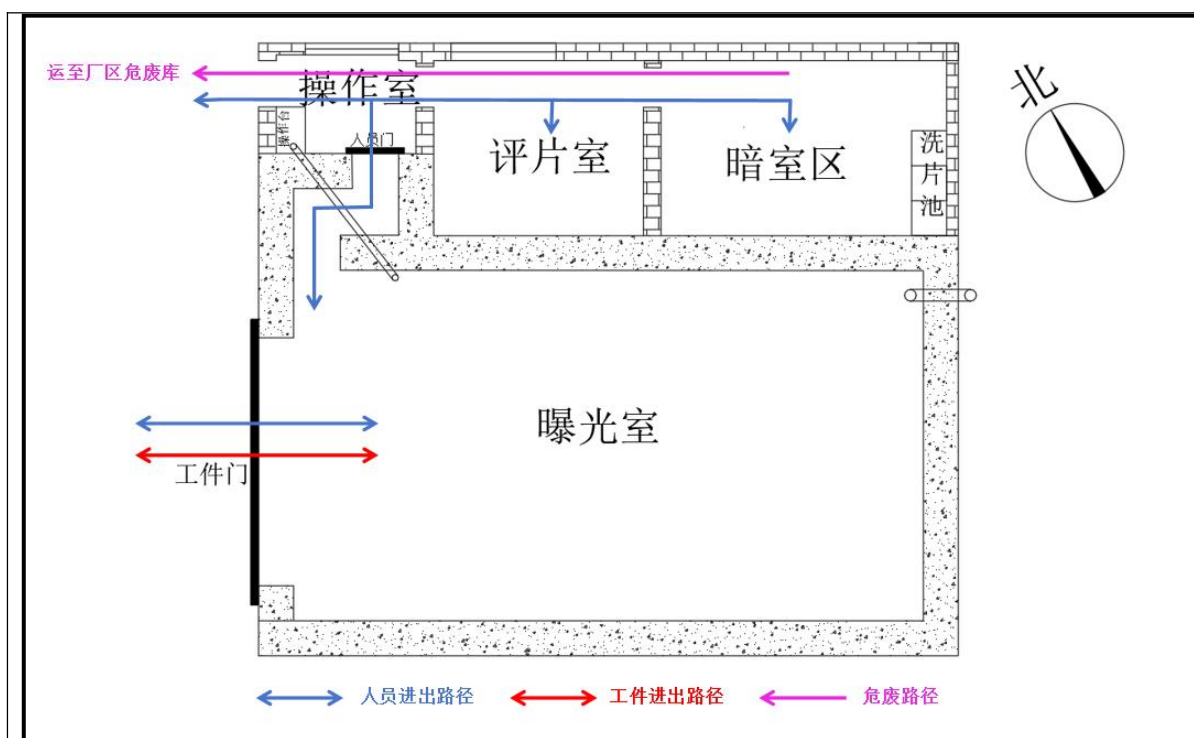


图 9-7 本项目辐射工作场所人流及物流路径

## 污染源项描述

### 1. 辐射污染源分析

本项目拟在 C 车间东部新建 1 座 X 射线探伤房并计划配备 3 台 X 射线探伤机（XXG2505D 型定向机，最大管电压 250kV，最大管电流 5mA；XXH3005P 型周向机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA），用于开展固定式 X 射线探伤作业。

污染源强：本项目使用探伤机最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA。根据厂家说明，已知滤过为 3mm 铝，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，为主射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 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 本项目探伤机源强一览表

序号	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	滤过	有用线束辐射输出量 $mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$	有用线束辐射输出量 $\mu Sv \cdot m^2 / (mA \cdot h)$	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ( $\mu Sv/h$ )	散射能量 (kV)
1	XXG2505D 型定向机	250	5	3mm 铝	13.9	8.34E+05	5000	200
2	XXH3005P 型周向机	300	5	3mm 铝	20.9	1.254E+06	5000	200

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，对探伤房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。

## 2. 非辐射污染源分析

### (1) 固体废物

本项目会产生废显（定）影剂及废胶片，废显（定）影剂及废胶片（含重金属）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。每月预计产生废显（定）影剂 20kg，废胶片 2kg；每年预计产生废显（定）影剂 240kg，废胶片 24kg。

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 42kg，年排放量为 504kg。

### (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<sup>3</sup>，年排放量为 28.8m<sup>3</sup>。

本项目会产生胶片清洗废水，每月预计产生胶片清洗废水 60kg，每年预计产生胶片清洗废水 720kg。

### (3) 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

本项目固定式 X 射线探伤房设有曝光室、操作室、评片室和暗室区，操作室、评片室及暗室区均位于 X 射线探伤房曝光室北侧，且设置有迷道；本项目布局满足《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设计的要求以及探伤室人员门宜采用迷路形式的要求。本项目操作室位于曝光室北墙外，曝光室中定向机固定朝南墙照射，周向机有用线束照射方向为北墙和南墙部分区域、屋顶及地面，根据周向探伤机出束角度，本项目操作室已避开有用线束照射方向且与曝光室分开，同时将在辐射安全与防护制度及人员培训制度中强调出束过程应尽量避免在附近停留。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，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边界作为本项目的控制区边界，将操作室、评片室及暗室区作为本项目的监督区，在探伤房工件门上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。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。

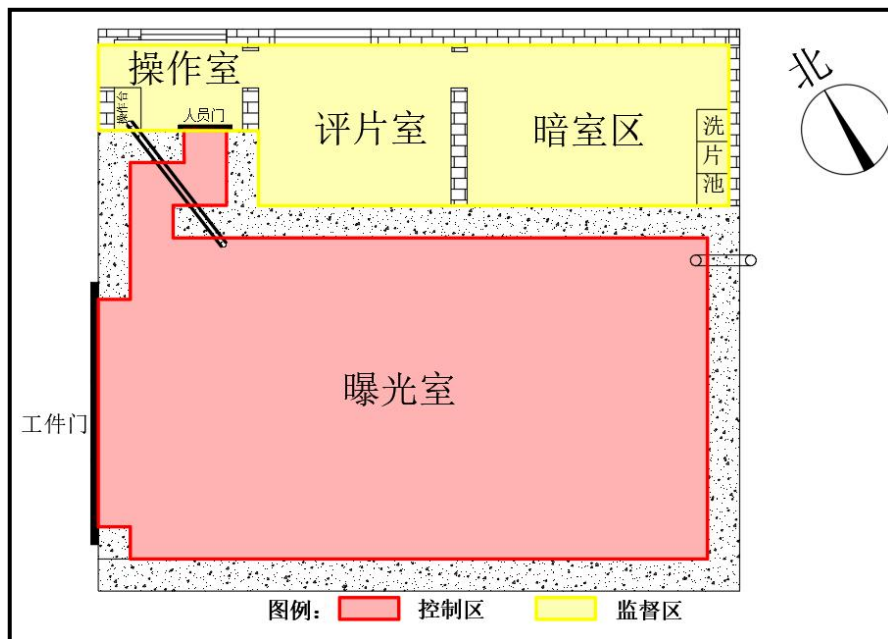


图 10-1 本项目探伤房两区划分示意图

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	曝光室	操作室、评片室、暗室区
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位监督区：这种区域未被定位控制区，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，X 射线探伤机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、人员门外拟粘贴电离辐射警告标识及中文警示说明。	操作室门外拟粘贴监督区标牌。

## 2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 10800mm×6000mm×5000mm，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，详情见下表 10-2。本项目探伤房平面及剖面布局见附图 4。

本项目探伤房曝光室在东墙设置 1 个通风管道，在东墙外表面贴墙设置管道，管道口设置在车间墙壁外，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。安装的轴流风机排风总量约为 1500m<sup>3</sup>/h，探伤作业时全程开启风机。

本项目探伤房曝光室在北墙下设置 1 个电缆管道，并利用散射降低通风管道及线缆管道口的辐射水平。

本项目工件门门洞尺寸：3500mm×4500mm，门体尺寸：4100mm×4800mm，左右各覆盖 300mm，上下各覆盖 150mm。工件门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。

本项目人员门门洞尺寸：800mm×2000mm，门体尺寸：1200mm×2300mm，左右各覆盖 200mm，上下各覆盖 150mm。人员门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，人员门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。

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
探伤房曝光室	四周墙体	600mm混凝土
	屋顶	450mm混凝土
	工件门	钢-22mm铅板-钢结构
	人员门	钢-10mm铅板-钢结构
	电缆管道	直径 $\phi$ 110mm, 采用U型过墙方式埋于地坪200mm以下
	排风管道	直径 $\phi$ 200mm, 采用U型过墙方式埋于地坪300mm以下

### 3. 辐射安全与防护设施和措施

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 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	曝光室与操作室分开	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并与探伤室分开。	本项目操作室位于曝光室北墙外，曝光室中定向机固定朝南墙照射，周向机有用线束照射方向为北墙和南墙部分区域、屋顶及地面，根据周向探伤机出束角度，本项目操作室已避开有用线束照射方向且与曝光室分开。周向机主射线照射范围示意图见图 10-2。	是
2	两区划分	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	本项目探伤房将曝光室作为本项目控制区，将操作室、评片室、暗室区作为本项目监督区，在监督区入口门张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。	是
3	门机联锁	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，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-机联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联锁。	本项目曝光室工件门及人员门均拟安装门机联锁装置，只有在工件门及人员门同时完全关闭时才能出束照射，当工件门或者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。	是
4	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，并与探伤机联锁。“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	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”状态工作指示灯和声音提示装置，工作状态指示灯应与 X 射线探伤装置联锁；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	是

		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。	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。同时曝光室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	
5	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、迷道内、工件门外拟设置视频监控；操作台设有监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	是
6	电离辐射警告标志及中文警示说明	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 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；在操作室入口处张贴监督区标志。	是
7	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墙壁上均拟设置紧急停机按钮，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
8	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。	本项目曝光室内均拟配置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/小时。	是
9	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。	本项目探伤房拟配备固定式场所辐射探测报警装置。	是
10	钥匙开关	/	本项目控制台将带有“钥匙开关”，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。	是
11	防护门搭接	/	本项目工件门与墙体缝隙为 10mm，搭接长度不少于 150mm。墙体搭接与门缝间隙不小于 10 倍。	是
12	规章制度	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。 4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司拟成立辐射防护管理机构，并拟制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，工作过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业。	是
13	危险废物	《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等相关危废法律法规	公司已与常州大维环境科技有限公司签订废显（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胶	是

			片，废显（定）影剂、胶片清洗废水集中贮存废库，后交由该单位进行处理。	
14	监测设备	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。 4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	公司将为本项目配备 1 台便携式辐射监测仪以及 2 台个人剂量报警仪，并委托有资质单位对 2 名辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检。	是
15	紧急开门按钮	/	本项目曝光室内工件门、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。	是

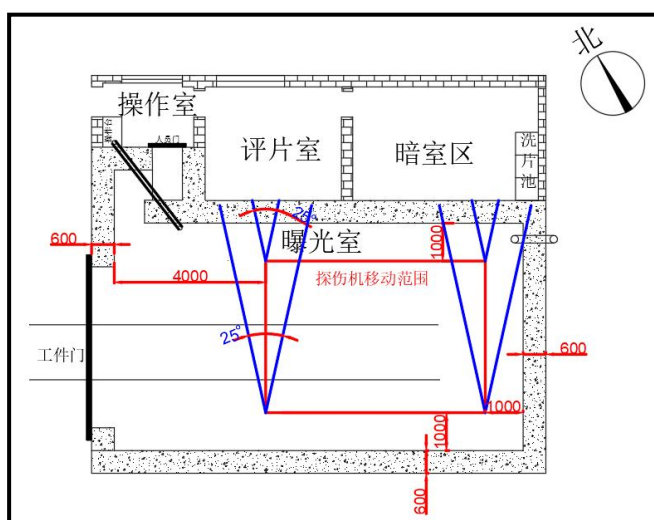


图 10-2 本项目周向机移动时对北墙照射范围示意图

本项目探伤房辐射安全与防护措施分布见附图 5。

### 三废的治理

#### 1. 固体废物（含危险废物）

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 42kg，年排放量为 504kg。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及废显影液、定影液，在产生废显影液、定影液后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后运至厂区危废库中废显影液、定影液存放区域；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；废胶片及废显影液、定影液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。

危废库将按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求建设，确保做到“防雨淋、防渗漏、防流失”，地面为防渗水泥。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，隔离措施已根据危险废物特性隔板形式。本项目危废库位置见附图 2。

本项目运行后预计每年产生 240kg 废显影液定影液、24kg 废胶片，属于危险废物，建设单位已与常州大维环境科技有限公司签订危废废物收集处置协议书。危废库内划定的废胶片、废显影液定影液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。

公司将按照《江苏省危险废物全生命周期监控系统》等管理规定，制定本项目危险废物管理计划、建立本项目危险废物管理台帐，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，实施对本项目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<sup>3</sup>，年排放量为 28.8m<sup>3</sup>；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入城镇污水处理站处理。

本项目运行后，评片和洗片过程可能会产生胶片清洗废水，预计每年产生 720kg 胶片清洗废水。由于胶片清洗废水含有重金属离子，胶片清洗废水将参照废显（定）影剂，产生后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后运至厂区危废库中胶片清洗废水存放区域，与废显（定）影剂及废胶片一并参照危险废物进行处置。

## 3. 废气

本项目运行后不会产生放射性气体废物。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东侧车间墙壁外，通风管道采用 U 型管道设计，排风口从车间墙壁穿出，排风口处为厂区过道，无人员聚集。曝光室内体积约为 324m<sup>3</sup>，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 972m<sup>3</sup>/h，本项目拟设置的轴流风机排风量为 1500m<sup>3</sup>/h，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。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。

#### 4. 探伤设施的退役

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，包括以下内容：

- 1) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。
- 2) 当所有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。

表 11 环境影响分析

## 建设阶段对环境的影响

本项目的主体工程为在厂房新建 1 座探伤房并在其曝光室内配备 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：

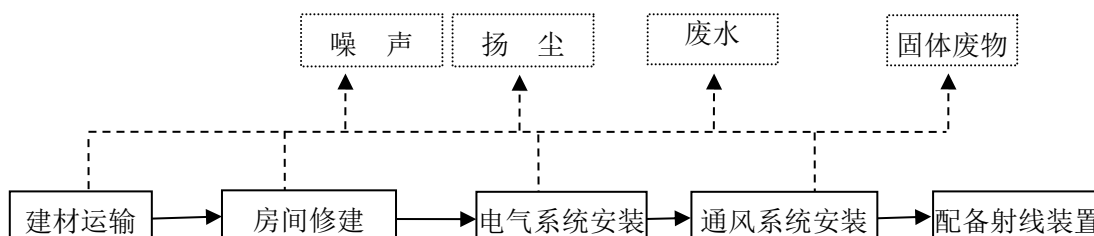


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

## （一）施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：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拟采取遮盖、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。

## （二）施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业及道路，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

## （三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水拟依托厂区内现有的污水处理设施处理后排放。

## （四）施工固废

施工期固废主要是装修过程中产生固体废物和施工人员的办公垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集。

施工单位在施工期间认真做好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期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，可能朝北墙（部分区域）、南墙（部分区域）、屋顶及地面出束照射。因此，本次评价拟将曝光室北墙、南墙、屋顶及地面按照有用射束照射进行估算，东墙及西墙按照非主射束方向进行估算。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 台探伤机，探伤机不得用于移动探伤作业。本项目 X 射线探伤机选取 300kV 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、工件门辐射环境影响进行预测。

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、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， $\text{mA}$ ；

$H_0$ ：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，保守参考《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 $\tau$ 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， $\text{m}$ 。

#### 2) 非有用线束的屏蔽：

##### ① 泄漏辐射

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

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，保守参考《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  $B=10^{-X/TVL}$  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或铅的什值层后，再根据  $B=10^{-X/TVL}$  计算得到  $B$  值；

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）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  $\alpha$  值时，可以用水的  $\alpha$  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，距东墙最近距离为 1m，距南墙最近距离 1m，距西墙最近距离 4m，距北墙最近距离 1m，考虑探伤机距地高度最高 1m，距顶部高度最近为 5-1=4m。北侧墙体均为 600mm，因此针对北侧墙外按有用线束考虑距离最近的位置的周围剂量当量率获得辐射影响最大数值，针对防护门外按照非有用线束考虑。

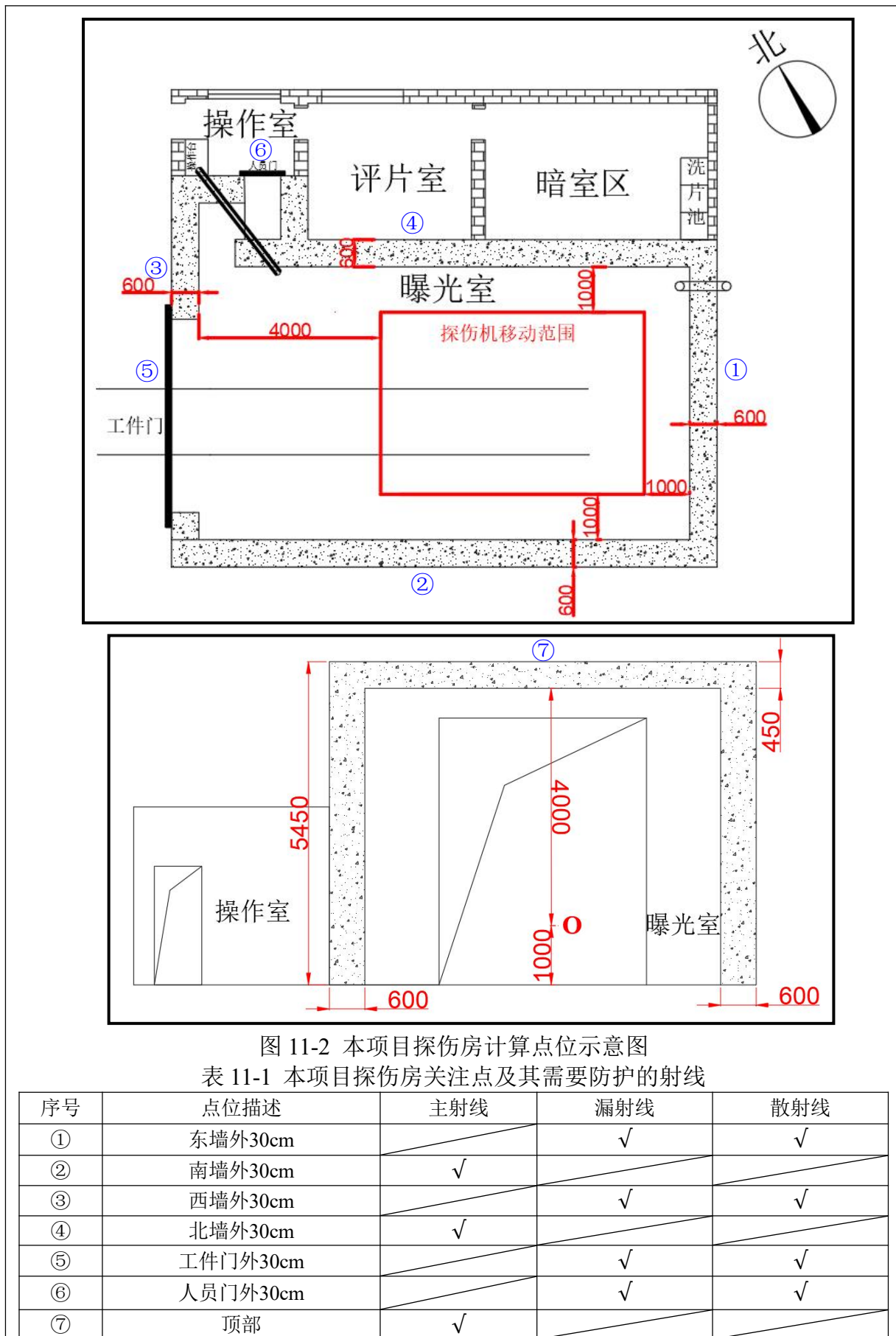


表 11-2 本项目探伤房曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	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( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
南墙②	600mm 混凝土					1.74	2.5	满足
北墙④	600mm 混凝土					1.74	2.5	满足
顶部⑦	450mm 混凝土					8.78	100	满足

注：  
 R=4  
 2) B  
 300k

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				
	东墙①	西墙③	工件门⑤	人员门⑥	
屏蔽体	600mm 混凝土	600mm 混凝土	22mm 铅	600mm 混凝土+10mm 铅	
泄漏辐射	TVL <sub>1</sub> (mm)				
	B <sub>1</sub>				2
	$\dot{H}_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	R (m)				
散射辐射	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	散射后能量				
	TVL <sub>2</sub> (mm)				
	B <sub>2</sub>			8	
	I (mA)				
	$H_0 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	1.			
	F (m <sup>2</sup> )				
	$\alpha$				
R <sub>0</sub> (m)	(			4)	
R <sub>s</sub> (m)					
$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	3.68E-03	5.54E-04	9.68E-13	8.28E-11	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用( $\mu\text{Sv/h}$ )	5.07E-03	7.62E-04	2.76E-02	7.61E-06	
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	

注：  
 =1+  
 =1+0

B.2

录 B 中的表

B.2

## 2、迷道口处散射辐射影响分析

本项目探伤房曝光室采用“Z”型外迷道设计，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经过北侧墙体散射后达到迷道口，散射后进入迷道，经过至少 2 次散射到达防护小门，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）。

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

其中：H<sub>s</sub> 为散射剂量率，μSv/h；

D<sub>0</sub>：入射源强，μSv·m<sup>2</sup>/h；D<sub>0</sub>=H<sub>0</sub>×I=1.254E+06μSv·m<sup>2</sup>/(mA·h)  
×5mA=6.27E+06μSv·m<sup>2</sup>/h；

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

α = α<sub>w</sub> × 10000/400 = 1.9 × 10<sup>-3</sup> × 10000/400 = 4.75E-02；

r 为入射距离，1m；散射距离分别为 3.7m、2.9m；

K 为散射面积，m<sup>2</sup>；散射面积分别为 0.15m<sup>2</sup>、2.4m<sup>2</sup>。

根据图11-3，探伤机距离人员门最近时，主射线穿透工件，产生散射线进入迷道，在迷道散2次后穿出人员门，路径为O→A→B→C。



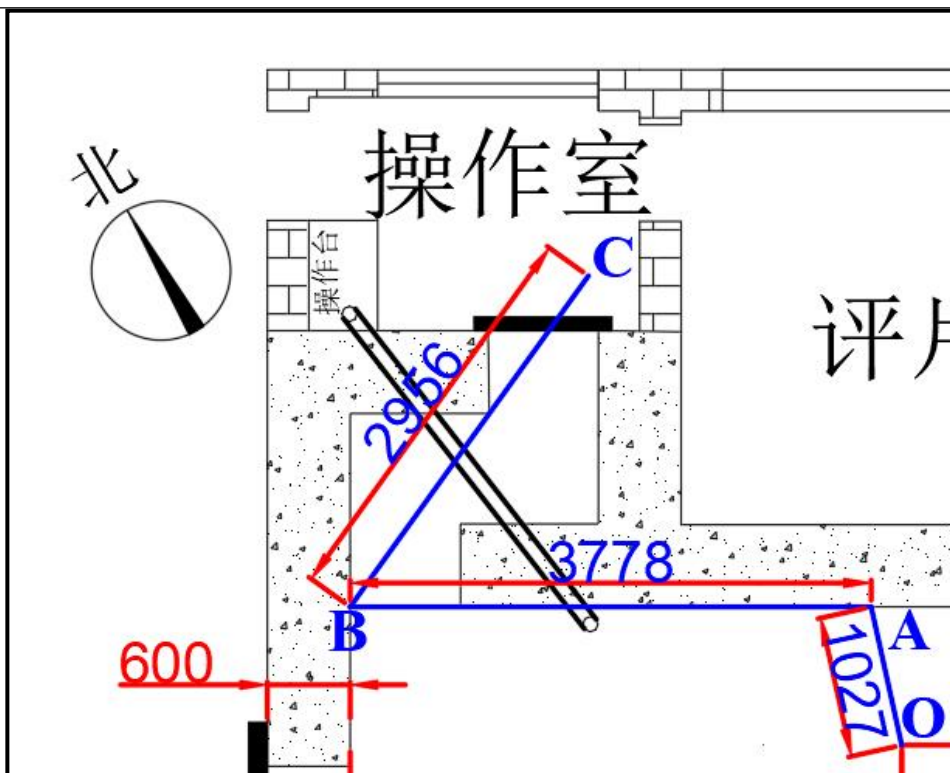


图11-3 探伤房曝光室人员门口射线路径示意图（单位：mm）

表 11-4 本项目探伤房迷道及防护门对散射线的屏蔽效果预测表

主射线在迷道内散射 2 次后穿过人员防护门							
$D_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$K_1$ ( $\text{m}^2$ )	$K_2$ ( $\text{m}^2$ )	$r_{0A}$ (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, $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	
300	200	150	44.23		3.83E-11	1.69E-09	

注  
B  
表

);  
中

表 11-5 人员门外剂量率叠加值

探伤机类型	泄漏、散射线穿墙、穿门辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	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
XXH3005P 型周向机	7.61E-06	1.69E-09	7.61E-06	2.5	满足

### 3、天空反散射影响分析

由于顶部关注点周围剂量当量率较高，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）关注天空反散射对周围的剂量影响。参考 NCRP-151 号报告，根据公式 5.1 可以演变得到。

$$H = 2.5 \cdot 10^{-2} (B_{xs} \cdot D_{10} \Omega^{1.3}) / (d_1^2 d_s^2) \text{ ----- (5)}$$

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$D_{10}$ : 距离X射线辐射源1m处的标准参考点的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$B_{XS}$ : X射线屋顶的屏蔽透射比；

$\Omega$ : 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）；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。

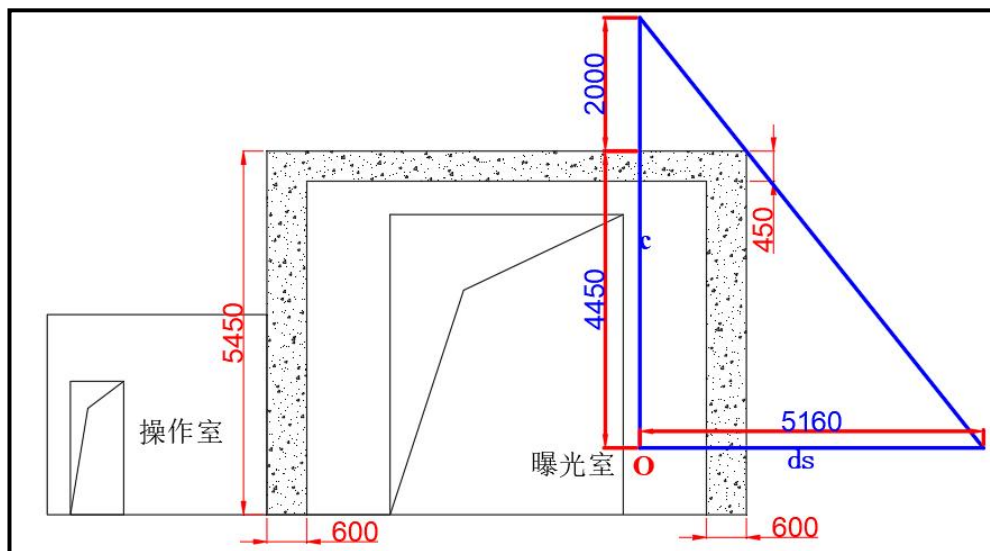


图 11-4 天空反散射示意图

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)	$\Omega$	$B_{XS}$	$D_{10}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	$d_i$ (m)	$d_s$ (m)	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )
南、北墙										2.06E-03

注：1  
2

表 11-7 探伤机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)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控 制水平( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
北墙/ 南墙						0.24	2.5	满足

表 11-8 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
北墙/南墙	2.06E-03	0.24	0.24	2.5	满足

墙外距离探伤机 5.16m 处关注点主射线和天空反散射的复合剂量率最大为  $0.24\mu\text{Sv/h}$ ，满足周围剂量当量率参考控制水平。天空反散射与有用线束相差较大数量级，因此评价有用线束方向的职业及公众年有效剂量率时候忽略天空反散射影响。根据公式可见天空反散射影响小于有用线束方向天空反散射，由于  $2.06\text{E}-03\mu\text{Sv/h}$  与非有用线束方向最大辐射影响为同一数量级，因此针对东西侧的保护目标保守叠加  $2.06\text{E}-03\mu\text{Sv/h}$ 。

#### 4、电缆沟、通风管道辐射影响分析

本项目探伤房电缆管道、通风管道采用 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、通风口，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-5，进入通风管道后散射示意图如图 11-6。X 射线进入电缆管道及通风管道均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  $\gamma$  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、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

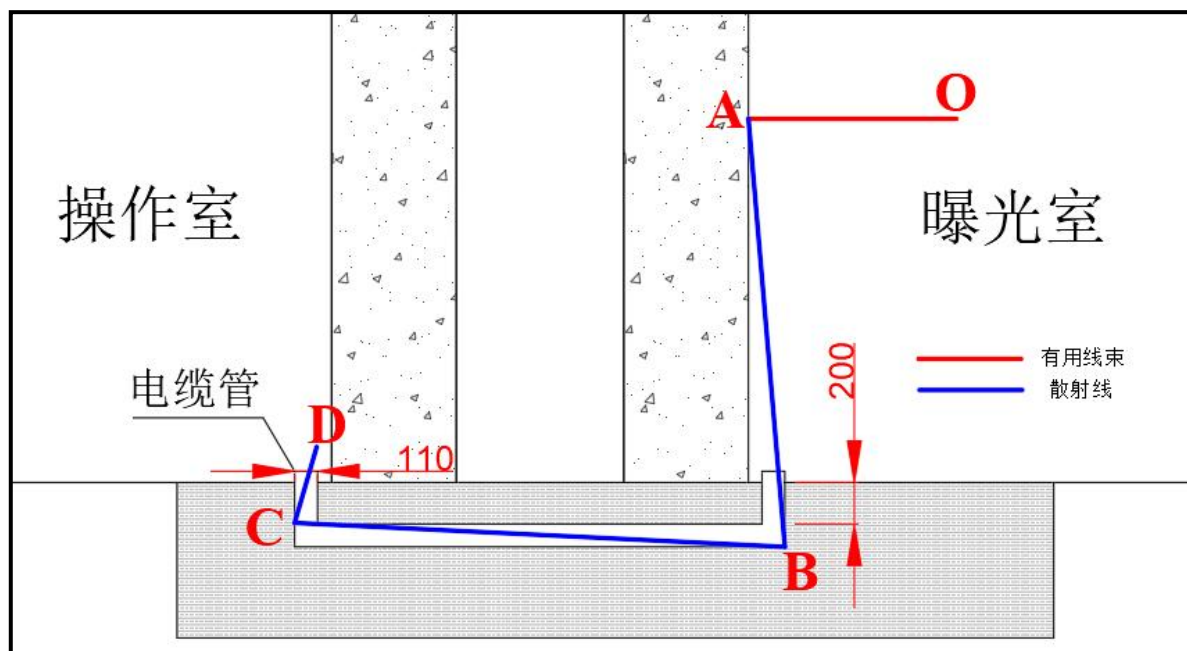


图 11-5 本项目探伤房曝光室电缆管道散射示意图

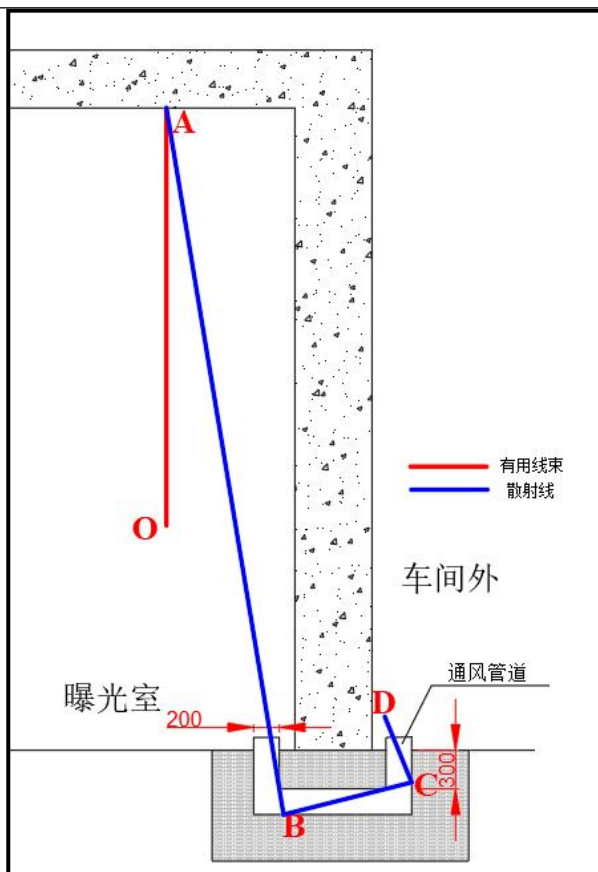


图 11-6 本项目曝光室通风管道散射示意图

#### 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（1）、（2）、（3）结合公式（4）计算本项目保护目标周、年有效剂量，计算结果见表11-9。

表 11-9 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	位置	距探伤机距离 (m)	关注点处辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周剂量估算值 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	目标管理值 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年剂量估算值 (mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)	
操作室、评片室、暗室区	1	1	曝光室北侧紧邻	/		13.92	100 (工作人员)	0.70	5 (工作人员)	
无锡华尔溢科技有限公司	C、D 车间	过道	1/16	1	曝光室南侧、西侧、北侧紧邻	/		0.87	4.35E-02	0.1 (公众)
		其他区域	1	1	曝光室南侧、西侧、北侧约 4m	5.6		1.60		
	厂区道路	1/16	1	曝光室东侧、南侧紧邻	/		0.87	4.35E-02		
	办公楼	1	1	曝光室西南侧约 33m	34.6		4.19E-02	2.10E-03		
	食堂	1	1	曝光室南侧约 20m	21.6		0.11	5.5E-03		
江苏德迩赛智能装备科技有限公司	B 车间	1	1	曝光室南侧约 40m	41.6		2.90E-02	1.45E-03		
	仓库	1	1	曝光室南侧约 35m	36.6		3.74E-02	1.87E-03		
无锡辰帆环保科技有限公司	1	1	曝光室北侧约 27m	28.6		6.14E-02		3.07E-03		
宜兴市新立织造有限公司	1	1	曝光室东侧约 27m	28.6		1.66E-02		8.30E-04		
龙泉北路	1/16	1	曝光室东侧约 9m	10.6		1.11E-03		5.55E-05		

注：①本项目 X 射线探伤机周曝光时间最大约为 8h，年工作 50 周，年曝光时间最大为 400h；  
 ②本项目为探伤机使用因子保守取 1；  
 ③宜兴市新立织造有限公司及龙泉北路关注点利用公式（2）、公式（3）进行预测计算；其余关注点利用公式（1）进行预测计算。  
 ④操作室、评片室、暗室区、过道及厂区道路关注点处辐射剂量率取自表 11-2，表格中预测计算均以保护目标最近距离进行保守估算；  
 ⑤有用线束方向的职业及公众年有效剂量率忽略天空反散射影响，东西侧的保护目标保守叠加  $2.06\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ 。

根据理论计算结果，辐射工作人员周有效剂量最大为**13.92 $\mu$ Sv**，年有效剂量最大为**0.70mSv**，周围公众周有效剂量最大为**1.60 $\mu$ Sv**，年有效剂量最大为**0.08mSv**，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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 射线探伤机均为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，工件门未完全关闭，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有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) 误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，停止探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

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，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，剂量超标则人员应及时调岗，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，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

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，每次探伤前检查探伤室门机联锁、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，公司应完善应急计划演练，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**

无锡华尔溢科技有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为无锡华尔溢科技有限公司首次开展核技术利用项目，公司拟配备 2 名辐射工作人员，其中一人为辐射防护负责人。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”。

无锡华尔溢科技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（其中 1 人为管理人员），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，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相关工作人员仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

**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。

**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。

**探伤设施退役制度：**当探伤设施不再使用，应实施退役程序。内容包括：X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；当所有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。清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

**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：**方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应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 日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。建设单位应按时编制完成《辐射安全和防护状况年度评估报告表（XX 年度）》，并按时在系统内提交年度评估报告。

## 辐射监测

### 1. 监测方案

1) 委托有资质单位定期对曝光室周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1~2 次；

2) 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（每月一次），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，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；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。个人剂量档案终生保存。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
探伤房 曝光室	验收监测	X-γ周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②曝光室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； ③曝光室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； ④人员经常活动的位置。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

### 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。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

无锡华尔溢科技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、培训以及应急和救助的装备、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。

无锡华尔溢科技有限公司应依据《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**

无锡华尔溢科技有限公司因产品检测需要，拟在 C 车间东部新建 1 座 X 射线探伤房并计划配备 3 台 X 射线探伤机对产品进行无损检测，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本项目的情况下，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、经济和其他有关因素之后，其对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. 与产业政策的相符性**

本项目使用 X 射线探伤机对公司生产的产品进行质量检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类。故本项目的建设符合国家现行产业政策。

**3. 辐射安全与防护分析结论****1) 选址、布局合理性**

无锡华尔溢科技有限公司位于宜兴市芳桥街道金兰村郁南路 2-2 号，公司范围包括 C 车间、D 车间、食堂及办公楼，其中项目所在 C 车间东侧隔厂区道路依次为龙泉北路、宜兴市新立织造有限公司，车间南侧隔厂区道路为食堂、办公楼、江苏德迩赛智能装备科技有限公司的仓库及 A、B 车间，车间西侧隔厂区道路为宜兴市百泰绝热材料有限公司，车间北侧为无锡辰帆环保科技有限公司。

本项目新建的探伤房位于无锡华尔溢科技有限公司厂区内 C 车间东部，本项目新建的探伤房（包括曝光室及辅房）东侧为厂区道路；南侧隔 C 车间过道为 C 车间耐压试验场地；西侧隔 C 车间过道为 C 车间产品焊接组装场地；北侧隔 D 车间过道为 D 车间备用区。本项目探伤房辅房设置有操作室、评片室及暗室区，均位于探伤房曝光室北侧。本项目探伤房所在车间为一层建筑，本项目探伤房为一层建筑，上方为车间屋顶，下方为土层。本项目地理位置图见附图 1，本项目厂区平面布置及周围

环境示意图附图 2，本项目所在车间平面布置图见附图 3。

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 范围内涉及本公司的 C 车间、D 车间、食堂、办公楼、厂区道路，江苏德迩赛智能装备科技有限公司的 B 车间及仓库，无锡辰帆环保科技有限公司，龙泉北路及宜兴市新立织造有限公司。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。本项目选址合理。

本项目探伤房设有曝光室、操作室、评片室和暗室区，操作室、评片室及暗室区均位于 X 射线探伤房曝光室北侧，且设置有迷道；本项目布局满足《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设计的要求以及探伤室人员门宜采用迷路形式的要求。本项目探伤房布局合理。

## 2) 辐射防护措施

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 10800mm×6000mm×5000mm，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。探伤房曝光室四周墙均为 600mm 混凝土，顶部为 450mm 混凝土，工件门内嵌 22mm 铅板，人员门内嵌 10mm 铅板。本项目探伤房平面及剖面布局见附图 4。

本项目探伤房曝光室东墙设置 1 个直径 $\phi$ 200mm 通风管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 300mm 以下，在东墙外表面贴墙设置管道，管道口设置在车间墙壁外，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。安装的轴流风机排风总量约为 1500m<sup>3</sup>/h，探伤作业时全程开启风机。

本项目探伤房曝光室北墙下设置 1 个直径 $\phi$ 110mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 200mm 以下；利用散射降低通风管道及线缆管道口的辐射水平。

本项目工件门门洞尺寸：3500mm×4500mm，门体尺寸：4100mm×4800mm，左右各覆盖 300mm，上下各覆盖 150mm。工件门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。

本项目人员门门洞尺寸：800mm×2000mm，门体尺寸：1200mm×2300mm，左右各覆盖 200mm，上下各覆盖 150mm。人员门与墙体之间的缝隙宽度为 10mm，人员门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍。

本项目以探伤房曝光室作为本项目的控制区，将操作室、评片室及暗室区作为本项目的监督区，在探伤房工件门及人员门上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。

### 3) 辐射安全措施

曝光室工件门及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；公司拟在曝光室工件门上方、内部及人员门上方设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯及声音提示装置，同时曝光室内外及操作室醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明；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它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、工作指示灯应定期检查，确保有效；曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；控制台处自带钥匙开关、急停按钮及文字说明，曝光室内部墙壁上拟设置紧急停机按钮及标签说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工件门及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、工件门外均拟设置视频监控，曝光室内拟设置固定式剂量监测仪。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. 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、顶部、工件门外 30cm 处的剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率限值要求。

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）的剂量限值要求周围剂量当量参考控制水平、剂量约束值和本项目的目标管理值要求。

### 5. 辐射环境管理

- 1) 拟委托有资质的单位每年对本项目工作场所周围环境辐射水平进行检测；
- 2) 公司拟配置辐射剂量监测仪器，定期对本项目工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，公司拟委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期按时送检。

4) 在项目运行前拟对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检, 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, 个人剂量档案终生保存。

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。同时在项目运行前制定相关辐射安全管理制度; 公司本项目拟配备的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, 公司计划对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。

综上所述, 无锡华尔溢科技有限公司新建固定式 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”及目标管理值的要求。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, 严格按照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及时进行竣工环保验收。

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》、《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。		/
	2名辐射工作人员上岗前应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)
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测(常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。个人剂量档案终生保存)。	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《放射工作人员职业健康管理规范》，个人剂量档案应终生保存。	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规范》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	<p>本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为10800mm×6000mm×5000mm，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。探伤房曝光室四周墙均为600mm混凝土，顶部为450mm混凝土，工件门内嵌22mm铅板，人员门内嵌10mm铅板。</p> <p>本项目以探伤房曝光室边界作为本项目的控制区边界，将操作室、评片室、暗室区作为本项目的监督区，在探伤房工件门上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。</p>	<p>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)剂量率限值要求。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，也符合本项目目标管理值的要求。(工作人员年有效剂量约束值5mSv，公众年有效剂量约束值0.1mSv)。</p> <p>两区划分满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)6.4.1中相关要求。</p>	
污染防治措施	<p>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，安装的轴流风机排风总量约为1500m<sup>3</sup>/h，能确保每小时有限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。</p>	<p>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环境影响较小。</p>	/
	<p>废水：本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入市政管网。</p>	<p>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</p>	/

	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。	小。	/
	危险废物：本项目探伤房产生的废显（定）影剂，胶片清洗废水及废胶片集中暂存后，交给有资质单位处理。	交由有资质单位处理。	每年投入
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；公司拟在曝光室工件门、人员门的门口、曝光室内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯及声音提示装置，同时曝光室内外及操作室醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明；照射状态指示装置与 X 射线探伤装置联锁；门-机联锁装置、声音提示装置、工作指示灯应定期检查，确保有效；曝光室工件门、人员门均拟设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明；公司拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部墙壁上均拟设置紧急停机按钮及标签说明。工件门、人员门均拟设置紧急开门按钮。曝光室内、工件门外均拟设置视频监控，曝光室内拟设置固定式剂量监测仪。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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。