

核技术利用建设项目

江苏龙赛金属材料有限公司新建固定  
式 X、 $\gamma$ 射线及移动式 X 射线探伤项目  
环境影响报告表

江苏龙赛金属材料有限公司（公章）

2024 年 10 月

生态环境部监制

## 核技术利用建设项目

# 江苏龙赛金属材料有限公司新建固定 式 X、 $\gamma$ 射线及移动式 X 射线探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称： 江苏龙赛金属材料有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）： \_\_\_\_\_

通讯地址： 靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号

邮政编码： 214511 联系人： \_\_\_\_\_

电子邮箱： wqiang@longshanpiping.com 联系电话： 1 \_\_\_\_\_

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	6
表 3 非密封放射性物质 .....	6
表 4 射线装置 .....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	8
表 6 评价依据 .....	9
表 7 保护目标与评价标准 .....	13
表 8 环境质量和辐射现状 .....	22
表 9 项目工程分析与源项 .....	27
表 10 辐射安全与防护 .....	40
表 11 环境影响分析 .....	51
表 12 辐射安全管理 .....	72
表 13 结论与建议 .....	82
表 14 审批 .....	87
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 .....	88

**附图：**

附图 1 江苏龙赛金属材料有限公司地理位置图

附图 2 江苏龙赛金属材料有限公司平面布置图及周围环境示意图

附图 3 江苏龙赛金属材料有限公司平面布局图

附图 4 本项目 1 号探伤房平面及剖面布置图

附图 5 本项目 2 号探伤房平面及剖面布置图

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 本项目编制主持人现场踏勘照片

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 废源退役承诺书

附件 4 一二次洗片废水、废胶片安全处置承诺书

附件 5 厂房租赁合同及土地证

附件 6 原有探伤房环评批复

附件 7 X 射线探伤机参数

附件 8 本项目拟建址本底检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建固定式 X、γ射线及移动式 X 射线探伤项目			
建设单位		江苏龙赛金属材料有限公司			
法人代表	胡少卿	联系人	王强	联系电话	
注册地址		靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号			
项目建设地点		泰州市靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	300	项目环保投资 (万元)	250	投资比例(环保 投资/总投资)	83.3%
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> )	约 486
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input checked="" 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</b>					
江苏龙赛金属材料有限公司成立于 2017 年 12 月 4 日,注册地位于靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号。经营范围包括许可项目:金属材料、机械设备、纺织品及原料、针织品及原料、五金销售;金属管件、机械配件制造、加工、销售;自营和代理各类商品及技术的进出口业务。					

江苏龙赛金属材料有限公司租赁位于靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号中科苏派能源科技靖江有限公司厂房用于公司开展生产经营。租赁合同及土地证见附件 5。租赁合同中江苏龙山管件有限公司为江苏龙赛金属材料有限公司母公司，整个租赁厂区全部无偿为江苏龙赛金属材料有限公司使用。

江苏龙赛金属材料有限公司租赁厂区内现已有 1 座固定式探伤房，原属于中科苏派能源科技靖江有限公司，该探伤房于 2020 年 1 月 15 日取得关于《中科苏派能源科技靖江有限公司新建固定式 X、 $\gamma$ 射线探伤项目》环境影响报告表的批复，批文号为苏环辐(表)审[2020]5 号，探伤房建成后未使用，未办理辐射安全许可证。原环评批复见附件 6。

江苏龙赛金属材料有限公司因业务无损检测需要，拟启用现有固定式探伤房（1 号探伤房），配备 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机、1 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机和 4 台 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA）。拟为 1 号探伤房配备 2 名辐射工作人员，项目运行后每周开机曝光时间不超过 10h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 500h。

拟在公司 2 号车间东北角新建 1 座固定式探伤房（2 号探伤房），并配备 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机、1 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机和 4 台 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA）。拟为 2 号探伤房配备 2 名辐射工作人员，项目运行后每周开机曝光时间不超过 10h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 500h。本项目源库位于 1 号探伤房内，本项目 4 台  $\gamma$  探伤机存储于源库内。

本项目 2 座探伤房用于检测的本公司生产的工件，主要为各种管件，形状不定，长度范围约为 1~5m，宽度范围约为 1~4m。部分工件过大，无法在 2 座探伤房内进行探伤，因此拟在 2 号车间开展移动式 X 射线探伤项目。

本项目移动式 X 射线探伤项目拟使用 2 号探伤房内 4 台 X 射线探伤机（最大管电压 350kV，最大管电流 5mA）。公司拟为移动式 X 射线探伤项目配备 2 名辐射工作人员，项目运行后年曝光总时间不超过 50h。

本项目 2 座探伤房及移动 X 射线探伤项目探伤胶片洗片均在 1 号探伤房暗室内，公司在厂区东侧中部拟新建 1 座危废库用于存储本项目产生的废显（定）影剂、冲洗废水及废胶片，危废库将按照相关要求建设，满足本项目危废存储。

在此之前，江苏龙赛金属材料有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为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 江苏龙赛金属材料有限公司本项目核技术利用情况一览表

放射源									
序号	放射源名称	数量	单枚出厂活度 (Bq)		类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	备注
1	$^{192}\text{Ir}$ $\gamma$ 射线探伤机	1	$3.7 \times 10^{12}$		II	1 号探伤房	使用	本次环评	/
2	$^{75}\text{Se}$ $\gamma$ 射线探伤机	1	$3.7 \times 10^{12}$		II	1 号探伤房	使用	本次环评	/
3	$^{192}\text{Ir}$ $\gamma$ 射线探伤机	1	$3.7 \times 10^{12}$		II	2 号探伤房	使用	本次环评	/
4	$^{75}\text{Se}$ $\gamma$ 射线探伤机	1	$3.7 \times 10^{12}$		II	2 号探伤房	使用	本次环评	/
射线装置									
序号	装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工用场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	备注
1	XXG3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	II	1 号探伤房	使用	本次环评	定向机
2	XXH3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	II	1 号探伤房	使用	本次环评	周向机
3	XXG3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	II	1 号探伤房	使用	本次环评	定向机
4	XXH3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	II	1 号探伤房	使用	本次环评	周向机
5	XXG3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	II	2 号探伤房	使用	本次环评	定向机
						2 号车间移动探伤区			
6	XXH3505 型 X 射线探伤机	1	350	5	II	2 号探伤房	使用	本次环评	周向机
						2 号车间移动探伤区			
7	XXG3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	II	2 号探伤房	使用	本次环评	定向机
						2 号车间移动探伤区			
8	XXH3005 型 X 射线探伤机	1	300	5	II	2 号探伤房	使用	本次环评	周向机
						2 号车间移动探伤区			

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、 $\gamma$ 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、使用 II 类放射源的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏龙赛金属材料有限公司委托，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

江苏龙赛金属材料有限公司位于靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号。公司东侧为江苏凯飞航空产业园；南侧为金秋竹集团；西侧为货站路；北侧为江苏科诚节能科技有限公司。公司地理位置示意图见附图 1，公司平面布置图及周围环境示意图见附图 2。

本项目 1 号探伤房位于公司 4 号车间东侧外。1 号探伤房东侧为通道及 5 号车间；南侧为厂区道路及围墙；西侧为 4 号车间；北侧为通道。探伤房设置有曝光室、暗室、评片室和操作室，相关辅房均位于曝光室西侧，曝光室内东南角设置 1 间源库。本项目探伤房为一层建筑，无上方建筑，下方为土层。

本项目 1 号探伤房曝光室 50m 范围内涉及①东侧、北侧车间通道，②西侧 2、3、4 号车间，③东侧 5 号车间，④南侧金秋竹集团。本项目周围环境保护目标主要为从事探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目 2 号探伤房拟建设于公司 2 号车间东北角。本项目探伤房东侧为通道及 5 号车间；南侧为 2、3、4 号车间；西侧为 2 号车间，北侧为通道及 1 号车间。本项目探伤房设置有曝光室和操作室，操作室位于曝光室北侧。本项目探伤房为一层建筑，上方 2 号车间顶棚，人员无法到达，下方为土层。

本项目 2 号探伤房曝光室 50m 范围内涉及①东侧、北侧车间通道；②东侧 5 号车间；③南侧 2、3、4 号车间；④西侧 2 号车间；⑤北侧 1 号车间。本项目周围环境保护目标主要为从事探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

公司拟开展移动 X 射线探伤，探伤现场位于 2 号车间，2 号车间东侧为车间通道及 5 号车间，南侧为 3、4 号车间，西侧为厂区道路，北侧为车间通道及 1 号车间。本项目周围环境保护目标主要为移动探伤辐射工作人员以及探伤区域周围公众。

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）、《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）和《江苏省自然资源厅关于靖江市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕41号）可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。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）》第三条中环境敏感区。本项目的建设符合江苏省及泰州市“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。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图6。

### 3. 实践正当性

江苏龙赛金属材料有限公司因工件无损检测需要，开展固定 X、 $\gamma$ 射线探伤及移动 X 射线探伤对工件进行探伤，确保其产品质量。本项目的建设能确保产品质量，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。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) $\times$ 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	$^{192}\text{Ir}$	$3.7 \times 10^{12} \times 1$ 枚	II	使用	无损检测	1 号探伤房	1 号探伤房源库	本次新建
2	$^{75}\text{Se}$	$3.7 \times 10^{12} \times 1$ 枚	II	使用	无损检测	1 号探伤房	1 号探伤房源库	本次新建
3	$^{192}\text{Ir}$	$3.7 \times 10^{12} \times 1$ 枚	II	使用	无损检测	2 号探伤房	1 号探伤房源库	本次新建
4	$^{75}\text{Se}$	$3.7 \times 10^{12} \times 1$ 枚	II	使用	无损检测	2 号探伤房	1 号探伤房源库	本次新建
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 (Bq)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	XXG3505	350	5	无损检测	1 号探伤房	定向机
2	X 射线探伤机	II	1	XXH3505	350	5	无损检测	1 号探伤房	周向机
3	X 射线探伤机	II	1	XXG3005	300	5	无损检测	1 号探伤房	定向机
4	X 射线探伤机	II	1	XXH3005	300	5	无损检测	1 号探伤房	周向机
5	X 射线探伤机	II	1	XXG3505	350	5	无损检测	2 号探伤房、2 号车间移动探伤区	定向机
6	X 射线探伤机	II	1	XXH3505	350	5	无损检测	2 号探伤房、2 号车间移动探伤区	周向机
7	X 射线探伤机	II	1	XXG3005	300	5	无损检测	2 号探伤房、2 号车间移动探伤区	定向机
8	X 射线探伤机	II	1	XXH3005	300	5	无损检测	2 号探伤房、2 号车间移动探伤区	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
退役 $^{192}\text{Ir}$ 放射源	固体	$^{192}\text{Ir}$	约 $3.7 \times 10^{11}$ (约 10Ci)	/	4 枚 (约半年更换一次)	/	处置前随探伤机一起贮存在拟建的源库内。	建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。
退役 $^{75}\text{Se}$ 放射源	固体	$^{75}\text{Se}$	约 $3.7 \times 10^{11}$ (约 10Ci)	/	2 枚 (约一年更换一次)	/	处置前随探伤机一起贮存在拟建的源库内。	建设单位与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。
废显（定）影剂	液态	/	/	约 100kg	约 1200kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
一次、二次冲洗废水	液态	/	/	约 300kg	约 3600kg	/	集中收集后暂存危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
三次及以上冲洗废水	液态	/	/	/	/	/	/	排入城市污水管网
废胶片	固态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	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。
$\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置	固体	贫铀	/	/	每十年退役更换	/	处置前贮存在拟建的源库内。	建设单位与 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

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》1989年12月26日中华人民共和国主席令第22号公布施行；2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，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) 《建设项目环境保护管理条例》1998年11月29日中华人民共和国国务院令第253号发布；根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订），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>5) 《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>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005年9月14日中华人民共和国国务院令第449号，根据2014年7月29日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第一次修订，根据2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；</li> <li>7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2005年12月30日国家环境保护总局令第31号，根据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>8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，2020年11月30日生态环境部令第16号公布，自2021年1月1日起施行；</li> <li>9) 《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>10) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日印发</li> <li>11) 《国家环境保护总局关于<math>\gamma</math>射线探伤装置的辐射安全要求》环发[2007]8号，2007年1月15日印发</li> </ol>
----------	--

- 12) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本，中华人民共和国主席令（第四十三号），2020年4月29日发布，自2020年9月1日起施行）；
- 13) 《国家危险废物名录》(2021版)，2020年11月25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15号公布，自2021年1月1日起施行；
- 14) 《危险废物转移管理办法》，2021年11月30日生态环境部、公安部、交通运输部令第23号公布，自2022年1月1日起施行；
- 15) 《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；
- 16) 《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；
- 17) 《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；
- 18) 《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。
- 19) 《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；
- 20) 《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；
- 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》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；
- 22) 《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；
- 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》，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；
- 24) 《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

	<p>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；</p> <p>25) 《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；</p> <p>26) 《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）；</p> <p>27) 《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；</p> <p>28) 《江苏省自然资源厅关于靖江市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕41号），2022年1月10日印发。</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<math>\gamma</math>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》（GBZ 117-2022）</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) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）</li> <li>9) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）</li> <li>10) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）修改单（2023版）</li> <li>11) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）</li> <li>12) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）</li> </ol>
<p><b>其他</b></p>	<p><b>附图：</b></p> <p>附图 1 江苏龙赛金属材料有限公司地理位置图</p> <p>附图 2 江苏龙赛金属材料有限公司平面布置图及周围环境示意图</p> <p>附图 3 江苏龙赛金属材料有限公司平面布局图</p> <p>附图 4 本项目 1 号探伤房平面及剖面布置图</p>

附图 5 本项目 2 号探伤房平面及剖面布置图

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 本项目编制主持人现场踏勘照片

**附件：**

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 废源退役承诺书

附件 4 一二次洗片废水、废胶片安全处置承诺书

附件 5 厂房租赁合同及土地证

附件 6 原有探伤房环评批复

附件 7 X 射线探伤机参数

附件 8 本项目拟建址本底检测报告



表 7 保护目标与评价标准

## 评价范围

本项目使用 X、 $\gamma$ 射线探伤机进行固定探伤，使用 X 射线探伤机进行移动探伤，为使用 II 类放射源及 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》（HJ10.1-2016）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 50 m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”相关规定结合本项目具体情况，确定：

①本项目 2 座探伤房曝光室边界外 50m 区域，评价范围见附图 2。

③本项目移动探伤现场评价范围为移动探伤现场监督区外 100m 范围内；根据表 11 理论计算典型工况下（有屏蔽）的结果评价范围如下表 7-1。

表 7-1 移动探伤现场典型工况下评价范围

项目	监督区距离（m）	评价范围（m）
XXG3005 型 X 射线探伤机（有屏蔽）	28	128
XXH3005 型 X 射线探伤机（有屏蔽）	29	129
XXG3505 型 X 射线探伤机（有屏蔽）	58	158
XXH3505 型 X 射线探伤机（有屏蔽）	60	160

## 保护目标

本项目建设地点位于靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号江苏龙赛金属材料有限公司内。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）和《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）可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。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）》第三条中环境敏感区。本项目的建设符合江苏省及泰州市“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。本项目与生态空间管控区域相对位置关系见附图 6。

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 2 座探伤房辐射工作人员；
- 2、本项目 2 座探伤房周围公众；
- 3、本项目移动探伤辐射工作人员

## 4、本项目移动探伤现场周围公众。

表7-2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	人员数量	环境保护要求
1	移动探伤现场	辐射工作人员	/	控制区边界外	2人	职业人员剂量约束值 5mSv/年
2		周围公众	/	监督区边界外	不定	公众剂量约束值 0.1mSv/年
3	1号探伤房	暗室、评片室和 操作室	西侧	相邻	2人	职业人员剂量约束值 5mSv/年
4		车间通道	东侧、北侧	相邻	约10人	公众剂量约束值 0.1mSv/年
5		2号车间	西侧	30m	约10人	
6		3号车间	西侧	相邻	约10人	
7		4号车间	西侧	相邻	约10人	
8		5号车间	东侧	12m	约10人	
9		金秋竹集团	南侧	5m	约10人	
10		2号探伤房	操作室	北侧	相邻	2人
11	车间通道		东侧、北侧	相邻	约10人	公众剂量约束值 0.1mSv/年
12	1号车间		北侧	26m	约20人	
13	2号车间		西侧、南侧	相邻	约10人	
14	3号车间		南侧	16m	约10人	
15	4号车间		南侧	42m	约10人	
16	5号车间		东侧	23m	约10人	

## 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 7-3 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。

11.4.3.2 剂量约束值通常在公众照射剂量限值10%~30% (即0.1mSv/a~0.3mSv/a)

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（见4.3.4）。

## 2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

### 5 探伤机的放射防护要求

#### 5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

a) 严格控制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5  $\mu\text{Sv/h}$  或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

#### 5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于储存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。

#### 5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

### 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  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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：

- a) 有使用价值的 $\gamma$ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。
- b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 $\gamma$ 射线源一样对待。
- 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。
- d) 包含低活度 $\gamma$ 射线源的管道爬行器，应按照相关要求执行。
- 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。
- g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

## 7 移动式探伤的放射防护要求

### 7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

### 7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 $\gamma$ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

### 7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和 $\gamma$ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

#### 7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前,探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员,并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见,工作期间应有良好的照明,确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到,应安排足够的人员进行巡查。

7.4.3 在试运行(或第一次曝光)期间,应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

7.4.4 开始移动式探伤工作之前,应对便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪进行检查,确认能正常工作。在移动式探伤工作期间,便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪应一直处于开机状态,防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间,工作人员除进行常规个人监测外,还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪,两者均应使用。

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

#### 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半值层厚度(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 $\gamma$ 辐射水平调查结果 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) 方杰，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

#### 项目管理目标

(1) 根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）评价标准，确定本项目周围剂量当量率及职业人员和公众每周的周围剂量当量管理目标：

①本项目2座探伤房屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平：

2座探伤房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**；

2座探伤房曝光室顶部表面外30cm处剂量率不超过**100 $\mu$ Sv/h**（不需要人员到达）。

源库四周墙、顶部及门表面外30cm处剂量率不超过2.5 $\mu$ Sv/h。

②本项目移动探伤现场周围剂量当量率参考控制水平：

移动探伤现场控制区边界周围剂量当量率： $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ；

移动探伤现场监督区边界周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

③本项目2座探伤房职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

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 $\mu$ Sv/周；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于5 $\mu$ Sv/周。

(2) 职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量限值1/4取值，公众按照其年剂量限值的1/10取值，确定剂量约束值管理目标：

职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a；

公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

表 8 环境质量和辐射现状

## 1. 项目地理和场所位置

江苏龙赛金属材料有限公司位于靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号。公司东侧为江苏凯飞航空产业园；南侧为金秋竹集团；西侧为货站路；北侧为江苏科诚节能科技有限公司。

本项目 1 号探伤房位于公司 4 号车间东侧外。1 号探伤房东侧为通道及 5 号车间；南侧为厂区道路及围墙；西侧为 4 号车间；北侧为通道。探伤房设置有曝光室、暗室、评片室和操作室，相关辅房均位于曝光室西侧，曝光室内东南角设置 1 间源库。本项目探伤房为一层建筑，无上方建筑，下方为土层。

本项目 2 号探伤房拟建设于公司 2 号车间东北角。本项目探伤房东侧为通道及 5 号车间；南侧为 2、3、4 号车间；西侧为 2 号车间，北侧为通道及 1 号车间。本项目探伤房设置有曝光室和操作室，操作室位于曝光室北侧。本项目探伤房为一层建筑，上方 2 号车间顶棚，人员无法到达，下方为土层。

公司拟开展移动 X 射线探伤，探伤现场位于 2 号车间，2 号车间东侧为车间通道及 5 号车间，南侧为 3、4 号车间，西侧为厂区道路，北侧为车间通道及 1 号车间。



1 号探伤房



1 号探伤房内部及源库



2 号探伤房拟建址



2 号车间



图 8-1 本项目探伤房及移动探伤现场周围环境现状照片

## 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 2 座探伤房及移动探伤现场周围辐射环境。

**监测因子：**本项目 2 座探伤房及移动探伤现场周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

**监测点位：**2 座探伤房及移动探伤现场周围布设 21 个监测点位，分别位于 2 座探伤房及移动探伤现场四周及保护目标处。

### 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 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在 2 座探伤房及移动探伤现场周围布设监测点位，对 2 座探伤房及移动探伤现场周围环境 $\gamma$ 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：BG9512P 型 X- $\gamma$ 辐射监测仪（仪器编号：RY-J018）

测量范围：10nGy/h~200 $\mu$ Gy/h

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

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

监测日期：2024 年 7 月 19 日

环境条件：天气：阴；温度：34 $^{\circ}$ C；相对湿度：45%；

评价方法：参考表 7-4 江苏省全省环境天然 $\gamma$ 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 2 座探伤房及移动探伤现场周围现状环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 8），监测点位示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目 2 座探伤房及移动探伤现场周围环境 $\gamma$ 辐射水平

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	备注
1	1 号探伤房中部	55	室内（平房）
2	1 号探伤房东侧	54	室内（平房）
3	1 号探伤房南侧	53	室内（平房）
4	1 号探伤房西侧	60	室内（平房）

5	1 号探伤房北侧	57	室内（平房）
6	2 号探伤房拟建址中部	55	室内（平房）
7	2 号探伤房拟建址东侧	54	室内（平房）
8	2 号探伤房拟建址南侧	52	室内（平房）
9	2 号探伤房拟建址西侧	51	室内（平房）
10	2 号探伤房拟建址北侧	51	室内（平房）
11	通道	60	室内（平房）
12	5 号车间	64	室内（平房）
13	1 号车间	58	室内（平房）
14	通道	56	室内（平房）
15	2 号车间	51	室内（平房）
16	3 号车间	61	室内（平房）
17	4 号车间	57	室内（平房）
18	办公楼前	51	道路
19	江苏科诚节能科技有限公司西侧	52	道路
20	货站路	53	道路
21	金秋竹集团西侧	49	道路

注：\*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，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1。

\*1-5 号车间以及通道均有车间顶棚，因此屏蔽修正按照室内修正。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目 2 座探伤房及移动探伤现场周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率在（49~64）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（51~64）nGy/h 范围内，处于江苏省室内天然 $\gamma$ 辐射剂量率水平测值范围；道路环境辐射剂量率为（49~53）nGy/h，处于江苏省道路天然 $\gamma$ 辐射剂量率水平测值范围。

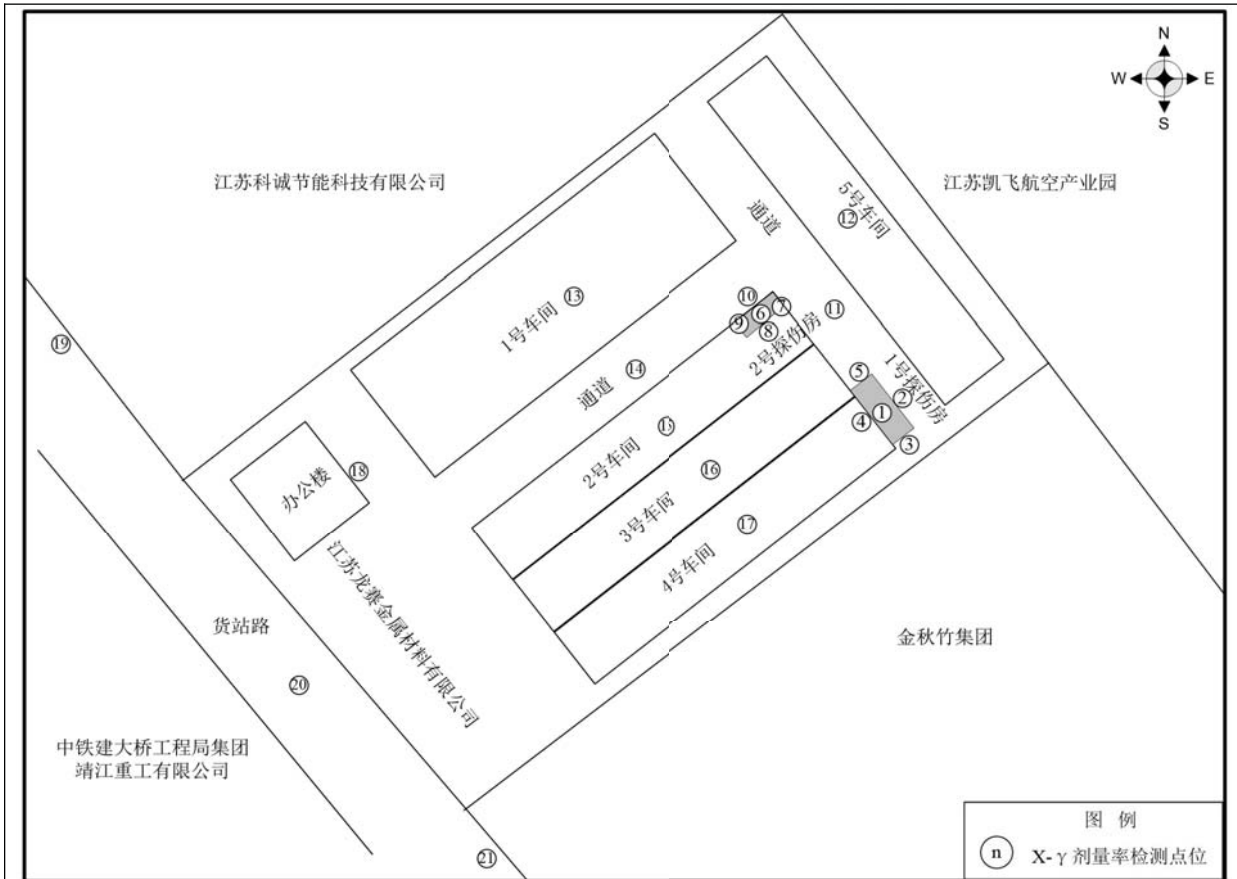


图 8-2 X- $\gamma$ 辐射剂量率检测点位示意图

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

江苏龙赛金属材料有限公司因业务无损检测需要，使用2座固定式探伤房（包括曝光室及辅房），同时开展移动X射线探伤项目，使用 $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机、 $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机和X射线探伤机（最大管电压350kV，最大管电流5mA）。

1) X射线探伤机：本项目共使用4种X射线探伤机，相关参数如下表所示。

表9-1 本项目探伤机主要设备参数

序号	射线装置	类别	管电压	管电流	主射线辐射角	滤过条件	最大工件厚度
1	XXG3505 型 X 射线探伤机	定向机	350kV	5mA	40°	3mm 铝	59mm 钢
2	XXH3505 型 X 射线探伤机	周向机	350kV	5mA	360°×30°	3mm 铝	56mm 钢
3	XXG3005 型 X 射线探伤机	定向机	300kV	5mA	40°	3mm 铝	52mm 钢
4	XXH3005 型 X 射线探伤机	周向机	300kV	5mA	360°×30°	3mm 铝	50mm 钢

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。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。

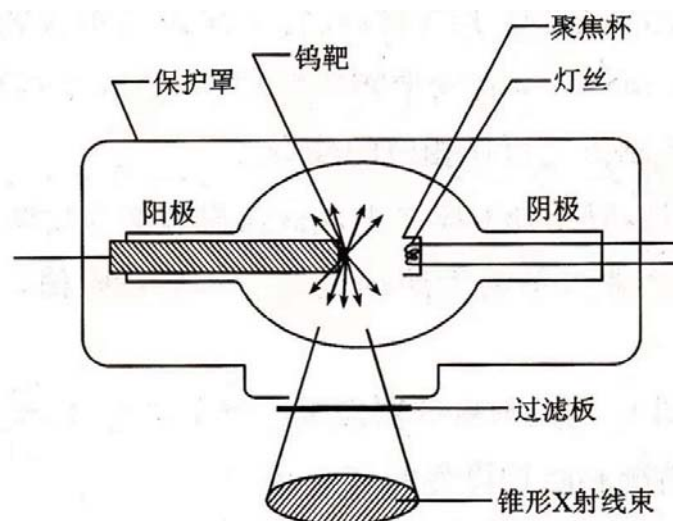


图 9-1 典型的 X 射线管结构图



图9-2 常见X射线探伤装置控制箱



图 9-3 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

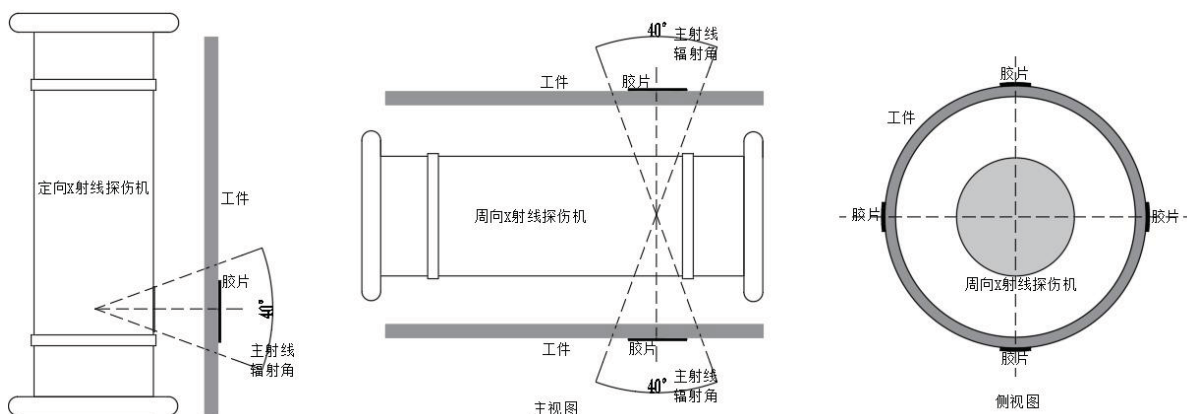


图 9-4 常见 X 射线探伤机照射工件示意图



**2)  $\gamma$ 射线探伤机：**本项目使用 $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机和 $^{75}\text{Se}$   $\gamma$ 射线探伤机。每台探伤机中有一枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ （100Ci）。 $\gamma$ 射线探伤机属于高风险移动放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。 $\gamma$ 射线探伤机配备安全锁、联锁装置等功能。探伤机上设置标志和标识，内容包括：电离辐射警告标志、生产厂家名称、产品名称、出厂编号、出厂日期、辐射源核素名称、最大装源活度。

$\gamma$ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置、和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器。其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光照相检测。 $\gamma$ 射线探伤机外观图见图9-5， $\gamma$ 射线探伤机结构见图9-6、图9-7、图9-8。



图 9-5 常见 $\gamma$ 射线探伤机外观图

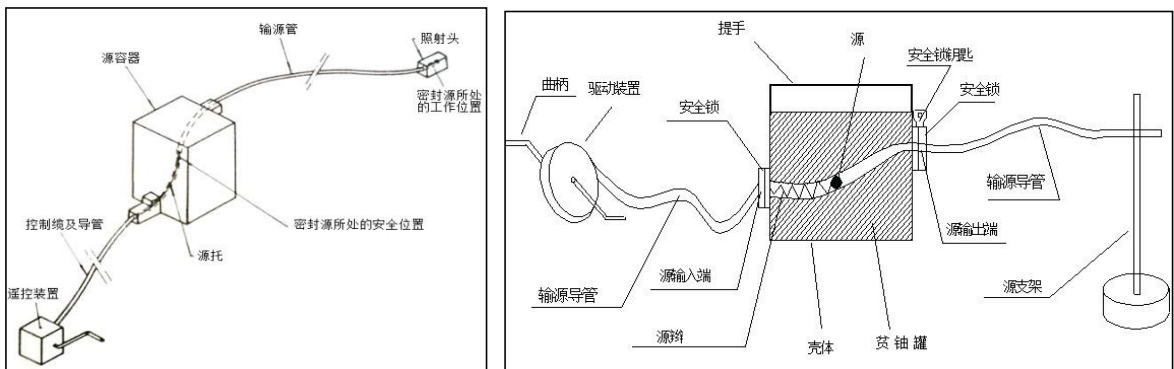


图 9-6  $\gamma$ 射线探伤机外部结构示意图

图 9-7  $\gamma$ 射线探伤机内部构造示意

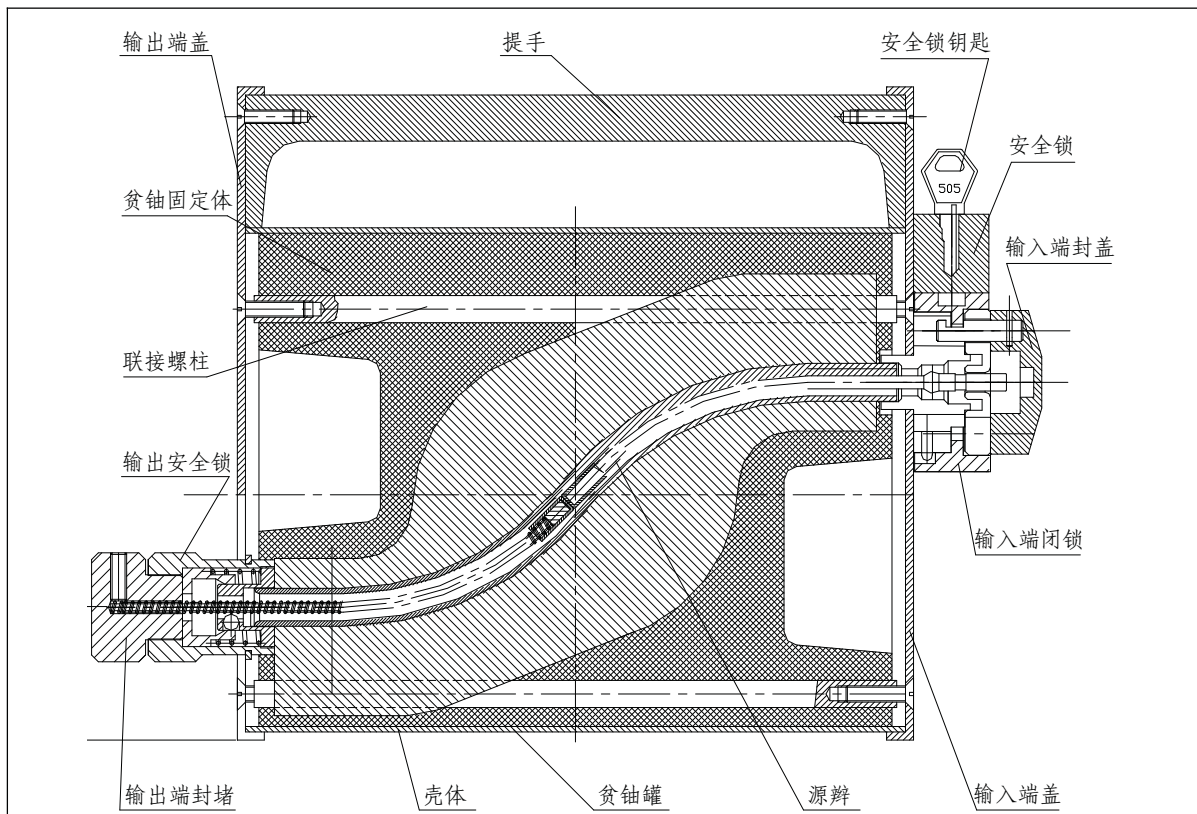
图 9-8  $\gamma$ 射线探伤机机体内部结构图

表 9-2 放射源核素特性

核素	能量 (keV)	周围剂量当量率常数 ( $\Gamma$ ) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$	半衰期	产生主要废物	常用探伤钢件厚度 (mm)
$^{75}\text{Se}$	97—401	0.072	120d	$^{75}\text{Se}$ 废源	8-30
$^{192}\text{Ir}$	206-612	0.17	74d	$^{192}\text{Ir}$ 废源	12-70

注：数据取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.1。

## 2、工作原理

### (1) 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。

### (2) $\gamma$ 射线探伤机工作原理

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 0.5m-1m 的位置处，把胶片紧贴在被检工件焊缝背后，用 $\gamma$ 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。

$\gamma$ 射线探伤机在工作过程中通过 $\gamma$ 放射源产生的 $\gamma$ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置， $\gamma$ 射线探伤机据此实现探伤目的。

### 3、工作流程及产污环节分析

#### (1) 固定式X射线探伤工作流程及产污环节

X射线探伤时辐射工作人员通过轨道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- $\gamma$ 剂量率仪。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。

2) 通过轨道将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3) 将X射线探伤机固定到在合适的位置；

4) 检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后探伤工作人员关闭工件门，通过人员门回到操作室后关闭人员门；

5) 探伤工作人员开启X射线探伤机进行无损检测；

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，通过轨道将工件运出曝光室；

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。

固定式X射线探伤工作流程及产污环节见下图9-9。

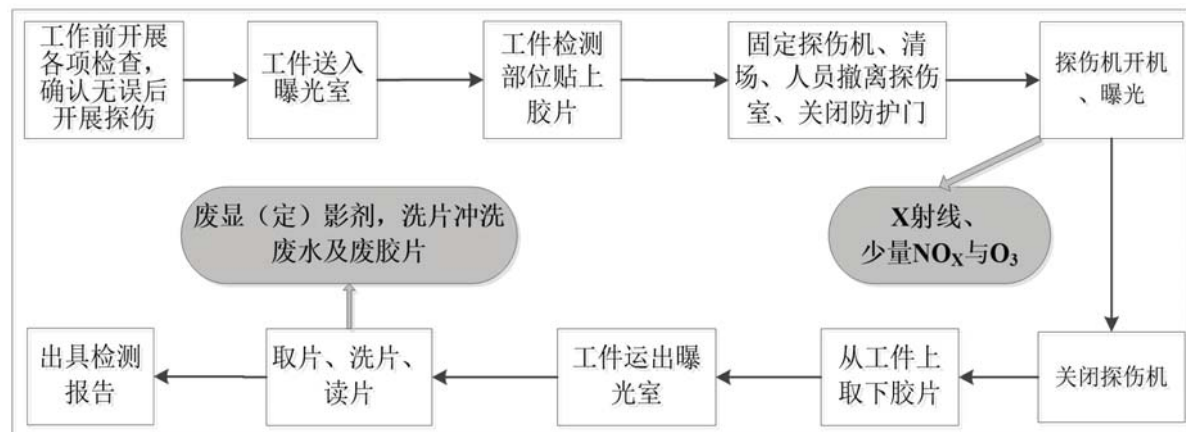


图 9-9 本项目探伤工作流程及产污环节

由图 9-9 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、显影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；
- (4) 胶片冲洗过程产生洗片冲洗废水；
- (5) 探伤工作中可能产生废胶片；

## (2) 固定式 $\gamma$ 射线探伤机工作流程及产污环节

固定式 $\gamma$ 射线探伤时被探伤工件通过轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，探伤工作人员在操作室内进行远距离操作，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-机连锁装置、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- $\gamma$ 剂量率仪。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。同时每次 $\gamma$ 射线探伤作业之前对 $\gamma$ 射线探伤机进行检测，确认无误后才能开始探伤作业。

2) 通过轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3) 关闭曝光室工件门，从源库中将 $\gamma$ 探伤机取出，放置在合适位置；

4) 把控制部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置；

- 5) 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，通过人员门回到操作室后关闭人员门；
- 6) 通过操作控制装置将放射源送至曝光位（容器内腔），开始曝光；
- 7) 曝光时间结束后，操作控制装置再将放射源收回探伤机至贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；
- 8) 通过操作台观察固定式剂量率显示屏，曝光室内是否存在高剂量辐射，如辐射剂量率较低，确认放射源回到贮源位后，辐射工作人员手持辐射巡测仪及佩戴个人剂量报警仪进入曝光室，将 $\gamma$ 探伤机控制部件与输源管拆卸后由辐射工作人员手提放进放射源库，关门并由专人保管钥匙；
- 9) 完成所有检测工作后，辐射工作人员从工件上取下胶片。通过轨道运输将工件运出曝光室；
- 10) 辐射工作人员对胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

固定式 $\gamma$ 射线探伤工作流程及产污环节见下图9-10。

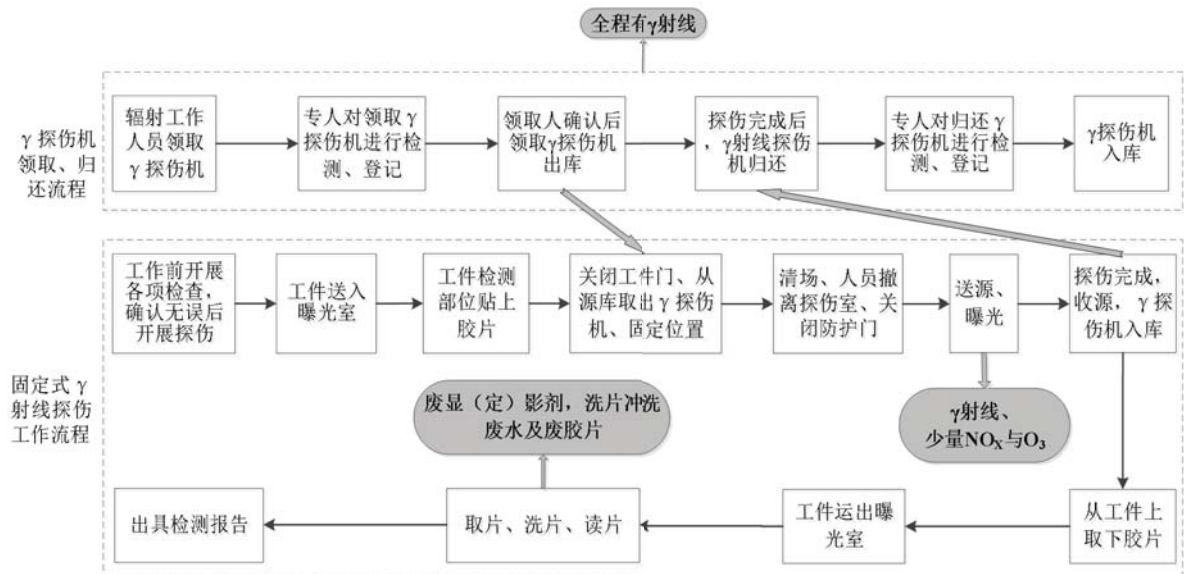


图9-10  $\gamma$ 探伤机探伤作业工作流程及产污环节示意图

由图 9-10 可知，本项目 $\gamma$ 射线探伤营运中产生的主要污染物如下

- (1) 拿取 $\gamma$ 探伤机时产生的 $\gamma$ 射线， $\gamma$ 探伤机出束过程中产生的 $\gamma$ 射线；
- (2)  $\gamma$ 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；
- (3) 当定影、显影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；
- (4) 胶片冲洗过程产生洗片冲洗废水；
- (5) 探伤工作中可能产生废胶片；

(6) 放射源退役产生废源， $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限退役。

### (3) 移动式 X 射线探伤项目工作流程及产污环节

本项目移动式 X 射线探伤工作流程如下：

1) 发布 X 射线探伤通知，根据探伤工件选择合适探伤机，辐射工作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，摆放好探伤机；

2) 根据经验初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；

3) 对探伤现场进行清场，确信场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好 X 射线探伤机控制部件；

4) 辐射工作人员在操作台操作 X 射线探伤机进行试曝光，辐射工作人员携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修定，重新确定控制区、监督区边界。部分 X 射线探伤机长时间未使用，需进行训机，训机过程也会产生 X 射线，使用辐射巡测仪检测划定控制区、监督区，防止人员误入；

5) 工作人员在工件上粘贴胶片，再次确认无人员停留后开始曝光检测，辐射工作人员远离探伤区域；此过程产生 X 射线以及 X 射线电离空气产生臭氧及氮氧化物；

6) 达到预定照射时间和曝光量后，探伤机关机，探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回 X 射线机，取下胶片，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场；

7) 探伤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。

本项目移动式 X 射线探伤工作流程图如图 9-11 所示。

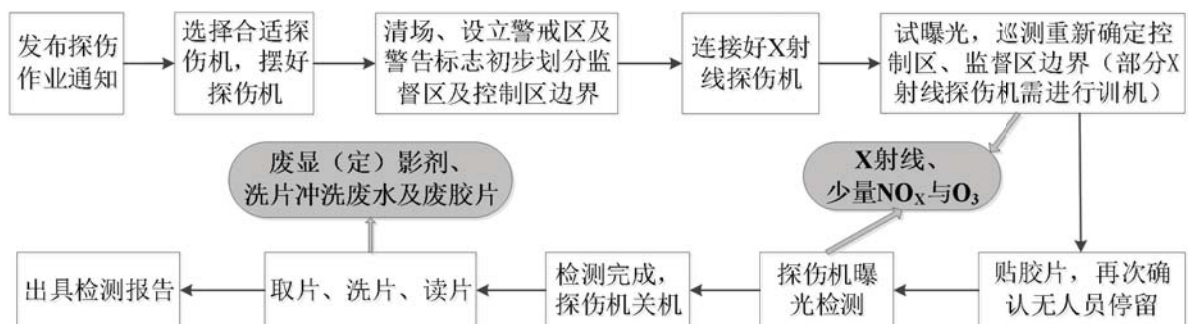


图9-11移动式X射线探伤工作流程及产污环节

## 4、工件信息

本项目 2 座探伤房主要用于检测的本公司生产的工件，主要为各种管件，形状不定，长度范围约为 1~5m，宽度范围约为 1~4m。部分工件过大，无法在探伤房内进行探伤，因此使用移动 X 射线探伤。本项目主要工件见下图 9-12。



图 9-12 本项目主要探伤工件示意图

### 5. 人员配置及工作制度

**工作制度：**本项目 2 座探伤房辐射工作人员实行白班单班制，项目运行后每周开机曝光时间不超过 10h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 500h。其中 X 射线探伤机与 $\gamma$ 射线探伤机年曝光时间各占 250h。本项目探伤房每次探伤只使用 1 台探伤机，不存在在曝光室内同时使用多台探伤机的情况。

本项目移动探伤项目每年开展 X 射线探伤时间最大为 50 h。每次现场探伤时仅开启 1 台探伤机进行现场探伤。根据表 11 理论计算，本项目移动探伤的控制区、监督区范围已基本覆盖了整个厂区，若需要清场，需要对整个厂区清场，建设单位对移动探伤应限定在晚上或者厂区不生产时间开展。

**人员配置：**建设单位拟为本项目 1 号探伤房配备 2 名辐射工作人员，2 号探伤房配备 2 名辐射工作人员，移动探伤项目配备 2 名辐射工作人员，源库配备 2 名专职辐射工作人员，共计 8 名辐射工作人员。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

**放射源转移路线：**本项目 1 号探伤房使用放射源，由源库搬运至曝光室内使用，使用完成后运回源库内储存。

本项目 2 号探伤房使用放射源，由源库搬运经 1 号探伤房及北侧通道运至 2 号探伤房曝光室内使用，使用完成后原路运回源库内储存。

**人流：**本项目 1 号探伤房辐射工作人员经过评片室进入操作室，从人员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。

本项目 2 号探伤房辐射工作人员由操作室门进入操作室，从人员门进入曝光室进行工件摆放、贴胶片等准备工作，准备工作完成后返回至操作室，确认曝光室内无人员停留后关闭东西两侧工件门及人员门，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送入 1 号探伤房暗室进行洗片工作。

**物流：**本项目 1 号探伤房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 2 号探伤房工件由辐射工作人员经东西两侧工件门运至曝光室内进行探伤检测工作，检测完成后，工件由东西两侧工件门运出曝光室。

每日产生危废由 1 号探伤房暗室经过操作室、评片室送至公司危废库进行暂存。

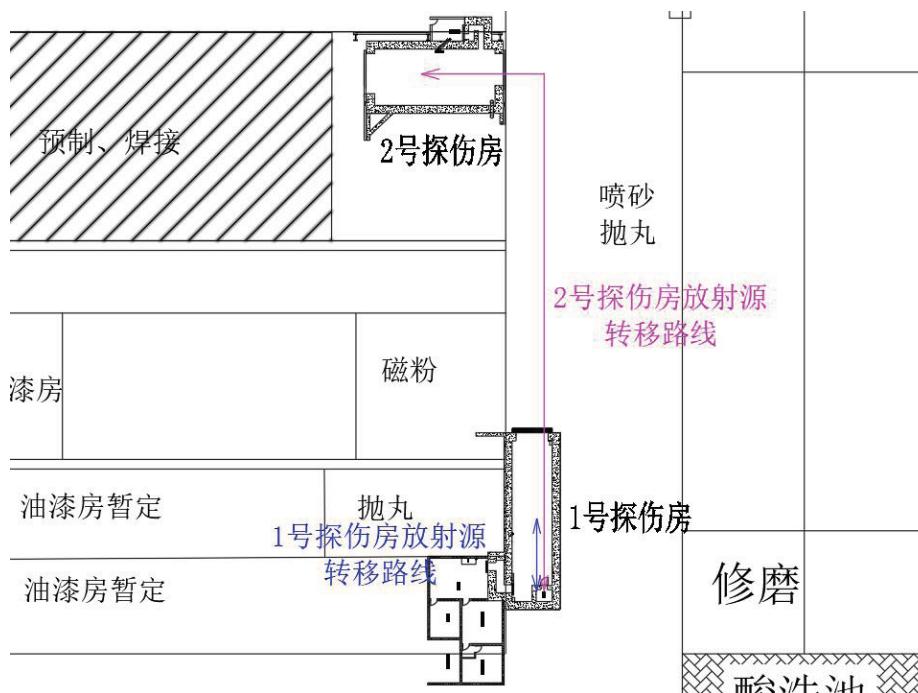


图 9-13 本项目 1、2 号探伤房放射源在厂区内运输的路径



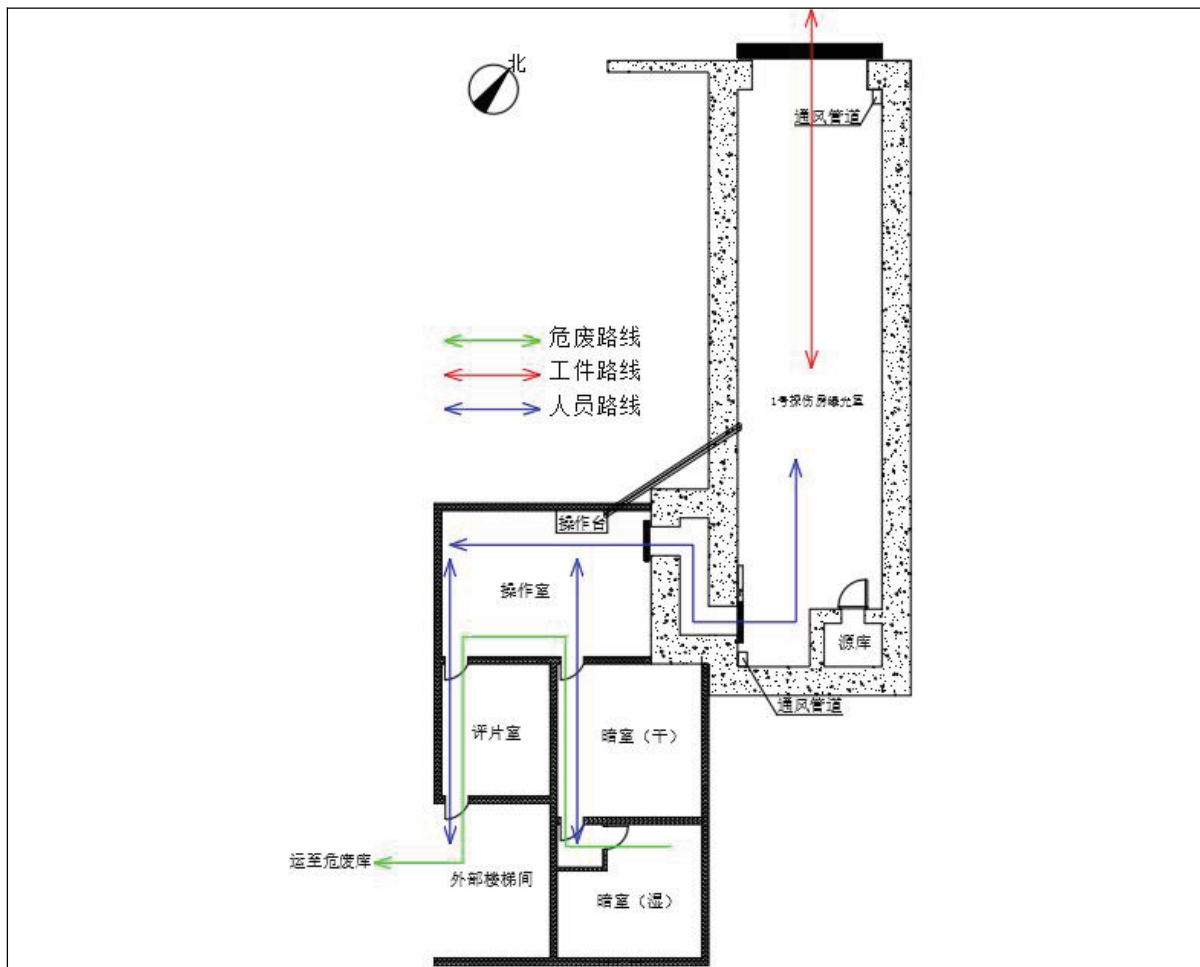


图 9-14 本项目 1 号探伤房辐射工作场所人流及物流路径

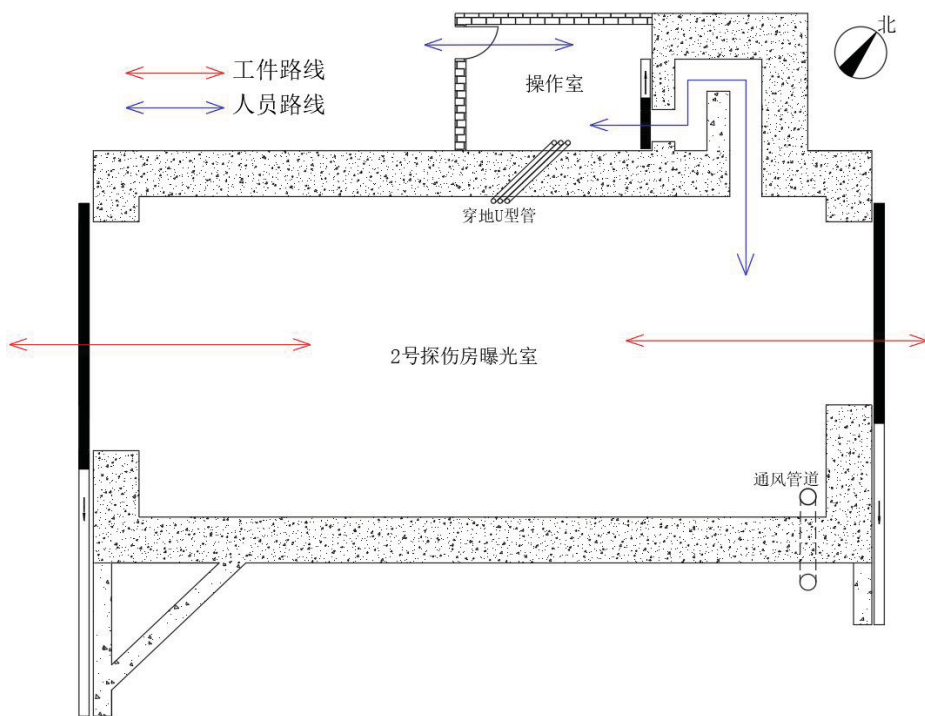


图 9-15 本项目 2 号探伤房辐射工作场所人流及物流路径

## 污染源项描述

## 1. 辐射污染源分析

①X 射线探伤机污染源强：本项目 4 种 X 射线探伤机。X 射线探伤机有用线束输出量根据 X 射线管滤过条件、管电压从《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1 查取。X 射线探伤机泄漏辐射剂量率参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1 中数值。

表9-3本项目X射线探伤机输出量参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射输出量 mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	距靶点 1m 处的泄漏 辐射剂量率 (μSv/h)	散射能量 (kV)
1	X 射线探伤机	XXG3505	27.9 250kV 与 300kV 中 3mm 铝输出量外推法求得	5×10 <sup>3</sup>	250
2	X 射线探伤机	XXH3505		5×10 <sup>3</sup>	250
3	X 射线探伤机	XXG3005	20.9	5×10 <sup>3</sup>	200
4	X 射线探伤机	XXH3005		5×10 <sup>3</sup>	200

注：建设单位本次拟购买 X 射线探伤机厂家为丹东东方射线仪器有限公司，根据厂家提供 X 射线探伤机滤过条件为 3mm 铝（见附件 7），本项目有用线束辐射输出量参考 GBZ/T 250-2014 表 B.1 中数值。

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 $\gamma$ 射线探伤机污染源强：本项目配备<sup>192</sup>Ir  $\gamma$ 射线探伤机和<sup>75</sup>Se  $\gamma$ 射线探伤机。探伤机中均有 1 枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过  $3.7 \times 10^{12}$  Bq（100Ci）。属于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 P 类探伤机。

表9-4本项目 $\gamma$ 射线探伤机源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机	类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率 (μSv/h)	
			离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
<sup>192</sup> Ir $\gamma$ 射线探伤机	便携式	P	500	20
<sup>75</sup> Se $\gamma$ 射线探伤机	便携式	P	500	20

本项目放射源活度随时间衰变，因活度显著下降不能满足探伤要求，按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。每年退役约 4 枚<sup>192</sup>Ir 放射源和 2 枚<sup>75</sup>Se 放射

源。 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限（10年）需报废退役，按照协议规定返回生产单位或原出口方。

由 $\gamma$ 射线探伤机工作原理可知，放射源会一直发出 $\gamma$ 射线，对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射，本项目的辐射源项主要包括：（1）放射源处于 $\gamma$ 射线探伤机内时对周围产生的 $\gamma$ 射线外照射；（2） $\gamma$ 射线探伤机工作时放射源产生的 $\gamma$ 射线对四周进行外照射。

## 2.非辐射污染源分析

### （1）固废

本项目运营时会产生废显（定）影剂、一次、二次冲洗废水和废胶片，均属于《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。公司每月预计产生废显（定）影剂 100kg，每年预计产生废显影液、定影液 1200kg；每月预计产生一次、二次冲洗废水 300kg，每年预计产生一次、二次冲洗废水 3600kg；每月预计产生废胶片 10kg，每年预计产生废胶片 120kg。

### （2）废水

本项目洗片时会产生一定量三次及以上冲洗废水。

### （3）废气

X、 $\gamma$ 射线探伤机在工作状态时，会使周围的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

## 1.1 探伤房工作场所布局及分区

本项目1号探伤房设置曝光室、源库、操作室、暗室、评片室；辅房上方为空平台，人员不可达，曝光室外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。本项目2号探伤房设置曝光室和操作室，曝光室外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。本项目2座探伤房使用 $\gamma$ 射线探伤机，放射源出束时，照射方向为四周，操作室无法避开有用线束照射；使用X射线探伤机，X射线能量小于 $\gamma$ 射线，根据表11理论计算，辐射影响远小于 $\gamma$ 射线探伤机，X射线探伤机照射方向为四周，对操作室影响很小。本项目2座探伤房工作场所布局设计合理。

本项目1号探伤房将曝光室及源库作为控制区，将操作室、暗室及评片室作为监督区。本项目2号探伤房将曝光室作为控制区，将操作室作为监督区。在监督区入口门张贴警示说明（“监督区”标牌）。在工件门及人员门外均设置当心电离辐射警告标志及中文警示说明。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。

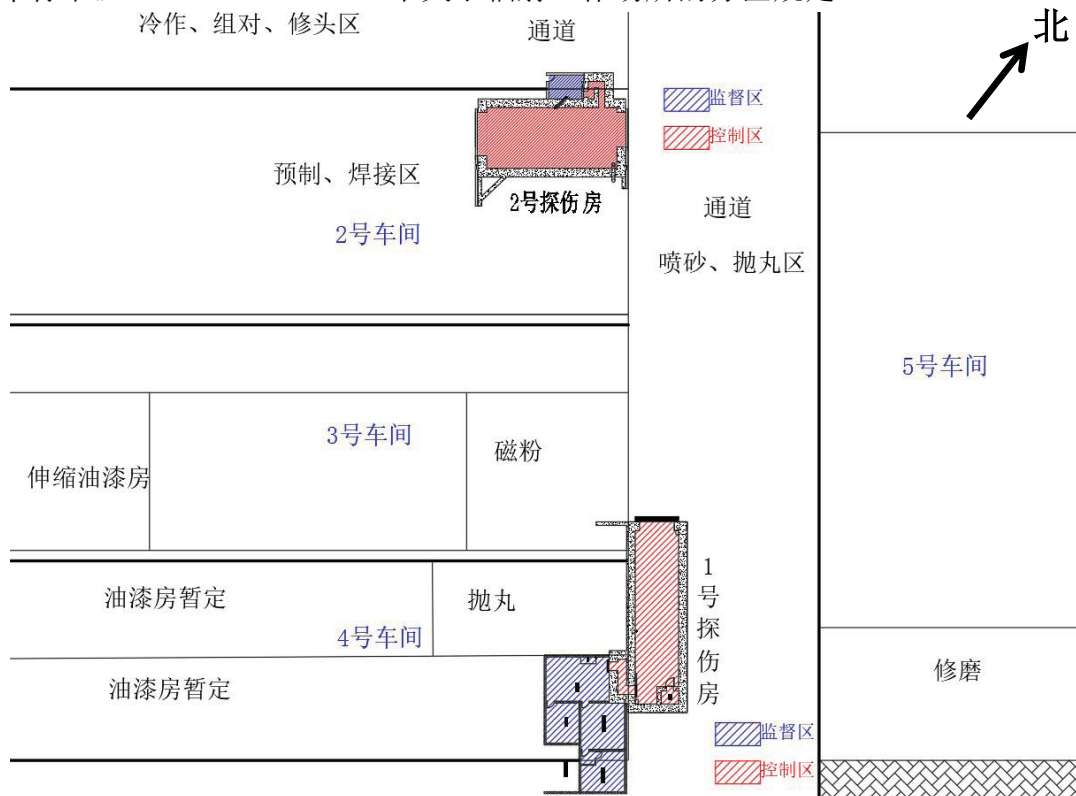


图 10-1 本项目 1 号、2 号探伤房两区划分示意图

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	1 号探伤房曝光室及源库； 2 号探伤房曝光室。	1 号探伤房操作室、暗室、评片室； 2 号探伤房操作室。
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，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	曝光室工件门及人员门表面粘贴电离辐射警告标志。 源库门张贴电离辐射警告标志。	操作室及评片室入口处粘贴监督区标牌。

## 1.2 移动式 X 射线探伤项目工作场所布局及分区

江苏龙赛金属材料有限公司移动式 X 射线探伤项目根据现场具体情况，探伤作业人员根据理论计算结果并结合实践经验划定控制区与监督区，并利用辐射巡测仪进行检测修正。

开展 X 射线移动探伤时将周围当量剂量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的区域划定为控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，将周围当量剂量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒。该布局满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中关于辐射工作场所的分区要求。

## 2.探伤房辐射屏蔽设计

本项目 1 号探伤房曝光室内部长宽高为  $20\text{m}\times 5\text{m}\times 5.2\text{m}$ ，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于  $2.35\text{t/m}^3$ 。曝光室四周墙为  $1000\text{mm}$  混凝土，屋顶为  $800\text{mm}$  混凝土，迷道墙为  $1000\text{mm}$  混凝土，工件门内嵌  $80\text{mmPb}$ ，2 道人员门均内嵌  $25\text{mmPb}$ 。

本项目 1 号探伤房曝光室东南角设置 1 个放射源库用于储存本项目 4 台  $\gamma$ 射线探

伤机。源库内部长宽高为 2m×1.5m×2.2m，源库东墙和南墙为 1000mm 混凝土，西墙和北墙为 500mm 混凝土，防护门内嵌 10mm 铅板。

本项目 2 号探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 15.2m×7.2m×6m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m<sup>3</sup>。曝光室四周墙为 900mm 混凝土，屋顶为 650mm 混凝土，迷道墙为 900mm 混凝土，工件门内嵌 60mmPb，人员门内嵌 20mmPb。

本项目 1 号探伤房曝光室在西南侧及东北侧设排风管道接至顶部，排风管道在探伤室内的进风口离地高度约为 0.3m，通风管道在顶部穿墙，风管外侧均采用 60cm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。安装 2 台轴流风机排风量约为 2000m<sup>3</sup>/h，探伤作业时全程开启风机。

本项目 2 号探伤房曝光室北墙接操作室设置 3 个直径 100mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 300mm 以下。本项目 2 号探伤房曝光室东南角下方设置 1 个直径 350mm 通风管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下。拟安装轴流风机排风量约为 2000m<sup>3</sup>/h，探伤作业时全程开启风机。本项目 2 座探伤房工件门、人员门与墙体间距 10mm，搭接 200mm，搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。

表 10-2 本项目工作场所屏蔽设计情况一览表

	1号探伤房	源库	2号探伤房
东墙	1000mm混凝土	1000mm混凝土	900mm混凝土
西墙	1000mm混凝土	500mm混凝土	900mm混凝土
南墙	1000mm混凝土	1000mm混凝土	900mm混凝土
北墙	1000mm混凝土	500mm混凝土	900mm混凝土
屋顶	800mm混凝土	500mm混凝土	650mm混凝土
工件门	80mmPb	10mmPb	东西两侧工件门 60mmPb
人员门	人员门内外2道门各 25mmPb	/	20mmPb
迷道墙	1000mm混凝土	/	900mm混凝土

### 3.辐射安全与防护设施和措施

#### 3.1 $\gamma$ 射线探伤机和 X 射线探伤机的操作要求

1) 每个月对 $\gamma$ 射线探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。每次工作前，

探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。只有确认探伤房曝光室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。

2) 每次 $\gamma$ 射线探伤作业之前, 应对 $\gamma$ 射线探伤机做如下的检查:

a) 检查源容器和源传输管的照射末端是否损伤、磨损或者有污物;

b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤;

c) 确认放射源锁紧装置工作正常;

d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏(磨损标准由厂家提供), 与控制导管是否有效连接;

e) 检查源容器和源导管是否连接牢固;

f) 检查输源导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结;

g) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰;

h) 测量紧靠源容器表面的空气比释动能率是否符合本标准要求, 并确认放射源处于屏蔽状态。如发现以上情况与正常状态不一致, 应在更换或维修设备后投入使用。

3)  $\gamma$ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年, 禁止使用超过 10 年的 $\gamma$ 射线探伤装置。

4)  $\gamma$ 射线探伤时, 辐射工作人员进出探伤房曝光室时应佩戴个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。每次作业前, 辐射工作人员使用辐射巡测仪进行监测, 确认放射源在 $\gamma$ 射线探伤机内, 作业结束后, 辐射工作人员必须再次用辐射巡测仪进行监测, 确定放射源收回到 $\gamma$ 射线探伤机源容器内, 将 $\gamma$ 射线探伤机放回源库。

5) 探伤房每次探伤作业均只能使用 1 台探伤设备, 不同时使用 2 台及 2 台以上探伤设备。

### 3.2 固定探伤房的辐射安全与防护设施和措施

1) **控制台:** 本项目 2 座探伤房 X 射线探伤机控制台拟设计“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。

2) **门机联锁:** 本项目 2 座探伤房曝光室工件门及人员门均拟安装门机联锁装置, 即 X、 $\gamma$  射线探伤机连接电路均与防护门联锁, 应在工件门及人员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, X 射线探伤机能立刻停止出束,  $\gamma$ 射线探伤机能立刻回源。

本项目 2 座探伤房内各使用 4 台 X 射线探伤机和 2 台  $\gamma$  射线探伤机，不同探伤设备使用时各项辐射措施应能联锁切换。

3) **指示灯和声音提示装置：**本项目 2 座探伤房工件门、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和声音提示装置，照射状态指示装置应与 X、 $\gamma$ 射线探伤装置联锁；探伤房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。工件门、人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；

4) **急停按钮及紧急开门按钮：**本项目操作台（1 个）及曝光室内部四周墙壁上均拟设置紧急停机按钮，1 号探伤房东西墙南部、中部及北部以及南墙中部各设置 1 个停机按钮，共计 7 个，2 号探伤房东南西北墙中部各设置 1 个停机按钮，共计 4 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。曝光室内工件门及人员门附近拟设置紧急开门按钮，在设备失控时，室内人员可通过按下紧急停机按钮逃离曝光室。

5) **通风：**本项目 2 座探伤房曝光室内拟配置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/小时。

6) **视频监控及固定式剂量率仪：**本项目 2 座探伤房曝光室内和曝光室出入口拟安装监视装置，在操作台设有专用的监视器，可监视曝光室内人员的活动和探伤设备的运行情况。同时曝光室内拟配置固定式场所辐射探测报警装置，固定式剂量率仪探头设置迷道内，当固定式剂量率仪检测到辐射剂量率时，各防护门无法由外部打开。

7) **安全检查：**定期对本项目 2 座探伤房曝光室防护门-机联锁装置、紧急停止按钮、出束信号指示灯等安全措施进行检查。

8) **门缝搭接：**本项目工件门、人员门与墙体间距 10mm，搭接 200mm，搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。

9) **台账：**公司拟建立放射源使用登记台账，对放射源的使用进行严格登记，强化放射源安全管理。

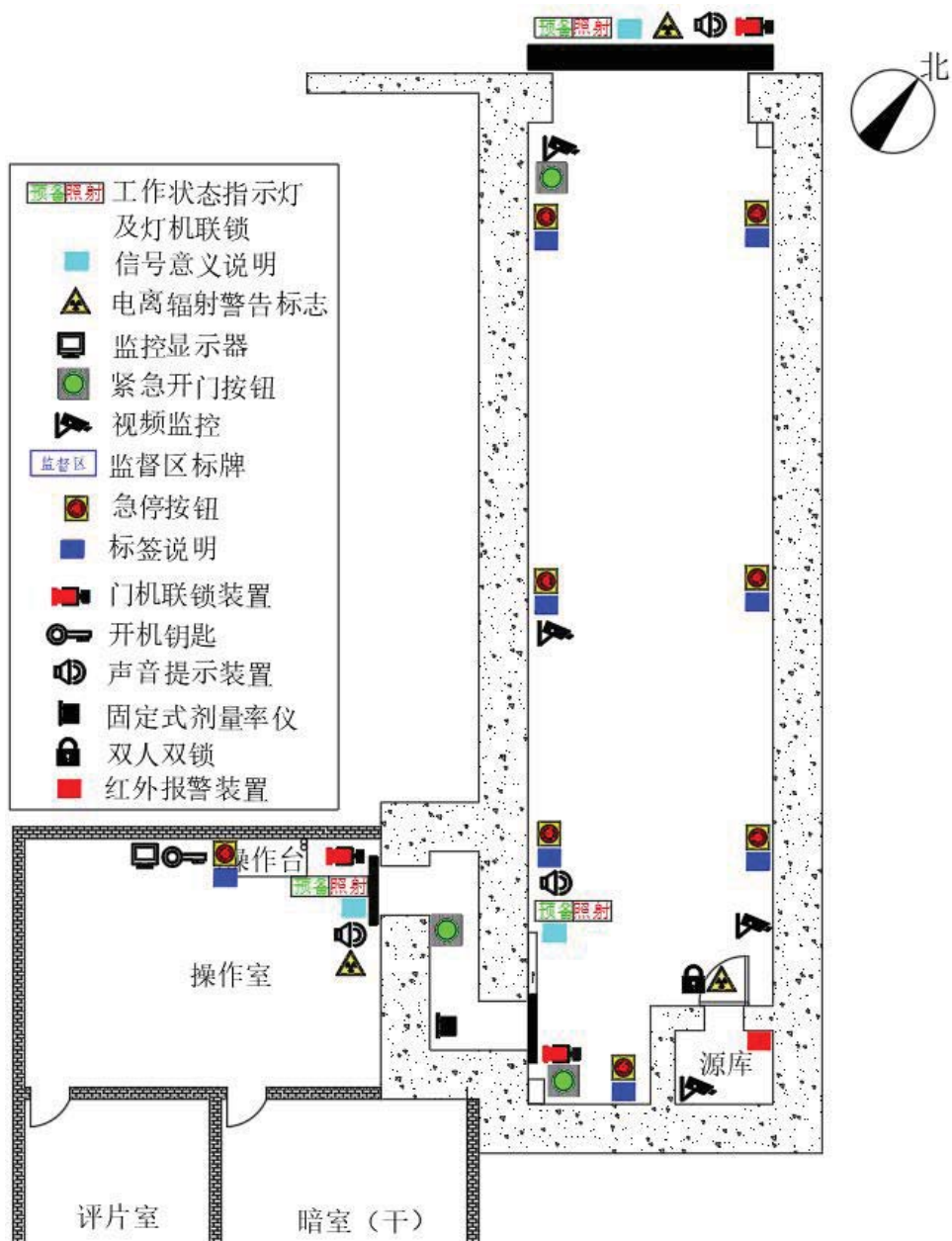
10) **监测仪器：**探伤作业时，每座探伤房 2 名辐射工作人员必须同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。本项目每座探伤房配备 1 台辐射巡测仪及 2 台



个人剂量报警仪。个人剂量报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

11) **移动定位:** 本项目 $\gamma$ 射线探伤机属于高风险放射源, 应配置移动定位器, 确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。

12) **源库:** 本项目 1 号探伤房设置 1 个专用源库, 用于储存本项目 4 台 $\gamma$ 射线探伤机。明确安排 2 名辐射工作人员专职负责放射源库的保管工作。源库门拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明; 同时安装红外报警及监控探头, 对放射源库实时监控; 源库拟设置双人双锁, 并由专人负责,  $\gamma$ 射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。



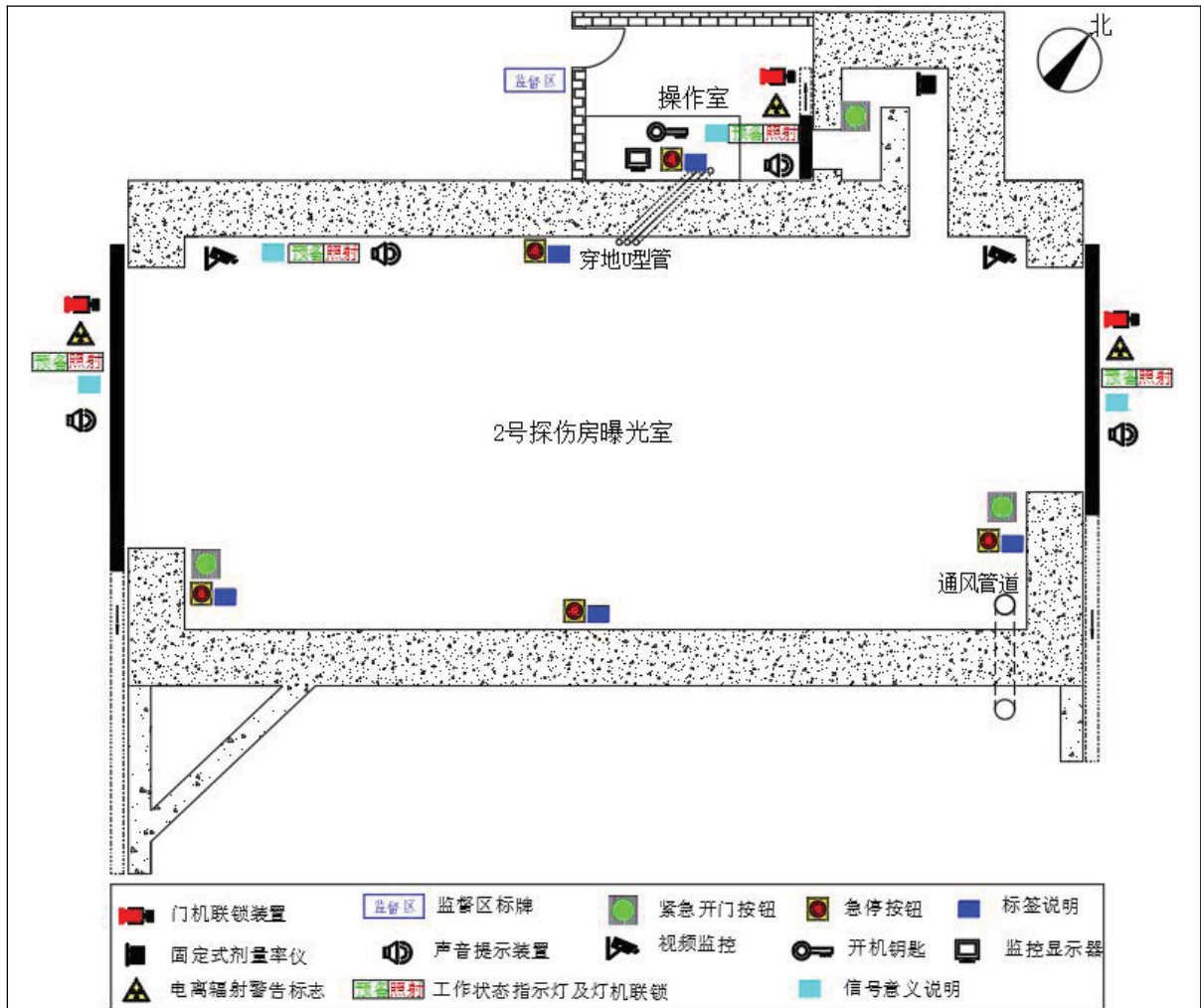


图 10-3 本项目 2 号探伤房辐射安全与防护措施分布图

### 3.3 移动 X 射线探伤项目辐射安全与防护设施和措施

#### 1) X 射线探伤机存放安全防护措施

本项目移动 X 射线探伤使用 2 号探伤房内 X 射线探伤机，无探伤任务时 X 射线探伤机放置于 2 号探伤房曝光室内。2 号探伤房曝光室内设置视频监控，探伤机的使用由专人登记保管。

#### (2) X 射线探伤机固有安全防护措施

本项目 X 射线探伤机设置有控制箱，控制箱设置有如下安全防护措施：

- ① 设置有显示器，能够显示管电压、管电流、照射时间及设定值。
- ② 设置有开机钥匙，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。
- ③ 设置有急停开关，当发生紧急情况时，可通过快速按下此按钮来关闭 X 射线探伤机。

### (3) 现场探伤时安全防护措施

①现场探伤工作之前，探伤现场负责人对工作环境进行评估，确定适当的探伤位置和探伤时间。

②在探伤现场张贴探伤通知、对公司各部门发布探伤通知，通知内容包括：探伤对象、探伤时间、探伤实际地点、探伤安全范围、探伤拟采取的安全防护措施等，同时强调进入辐射区域的危害；确保移动探伤现场的安全。

③移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。加强探伤现场辐射安全管理，工作人员对控制区及监督区内的人员进行清场，辐射工作人员至少巡查一遍，确保控制区及监督区内无人员滞留。同时建筑出入口由专人负责看守，防止人员误入。清场时划定监督区内人员全部清场，不得有人员停留，探伤完成后人员才可进入。

④移动探伤过程中按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 要求划定控制区和监督区，要求控制区边界周围剂量当量率不超过  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的指示灯、声音提示装置及电离辐射警告标志；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌、电离辐射警告标识及警示语，设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤。

⑤在试曝光期间，将测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时将调整控制区的范围和边界，同时记录巡检结果。

⑥公司将采取警示信号指示装置，且通过剂量连锁装置与探伤机联锁，确保正确反映探伤现场工作情况。

⑦现场探伤配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式剂量仪一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

⑧开展探伤作业时，现场探伤工作配备 2 名辐射工作人员，每名辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，且一直处于开机状态。

⑨探伤作业人员每次对工作现场情况进行记录。

⑩公司拟建立射线装置使用台账，使用 X 射线探伤机进行台帐登记。

拟采取辐射安全防护和环保设施一览表见表 10-2。

表 10-2 辐射安全防护和环保设施一览表

项目	环保设施	应用位置
警告标识	“禁止进入射线工作区”警告牌 4 个， “无关人员禁止入内”警告牌 4 个。	控制区边界及监督区边界
	安全警示线 1000 米	控制区边界及监督区边界
	电离辐射警告标志 9 个	控制区边界及监督区边界、建筑物进出口和醒目位置
个人防护用品	个人剂量计 2 个	辐射工作人员佩戴
	个人剂量报警仪 2 个（可看见数值）	辐射工作人员携带
监测仪器	便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台	辐射工作人员携带
安全装置	工作状态指示灯 4 个，采用剂量连锁方式，剂量连锁逻辑见图 10-5。	控制区边界
	声音提示装置 4 个	控制区边界
铅屏风	2 个 16mm 铅屏风，2 个 4mm 铅屏风。（铅屏风尺寸 1000*2000mm）	探伤机周围
夜间照明装置	移动照明灯 4 个，手电筒 2 个	移动照明灯放置监督区边界，手电筒辐射工作人员携带。

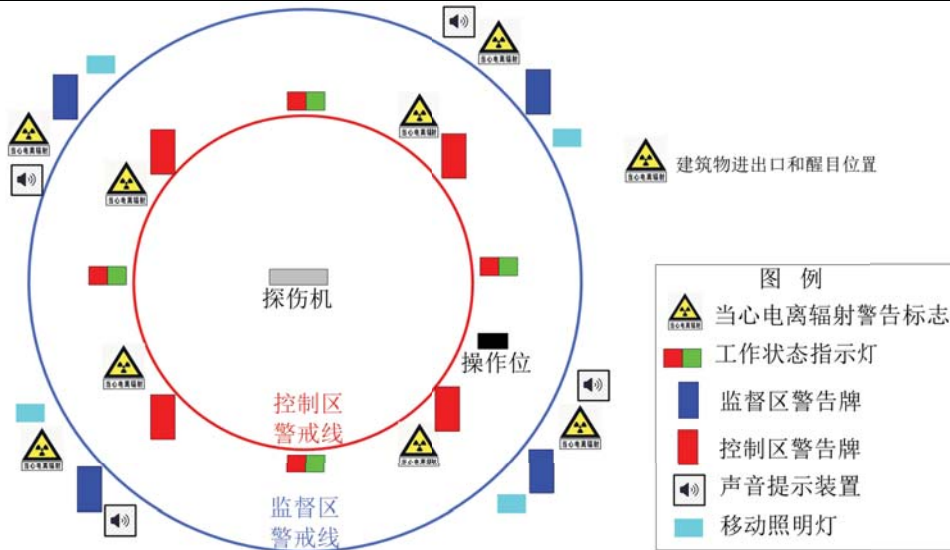
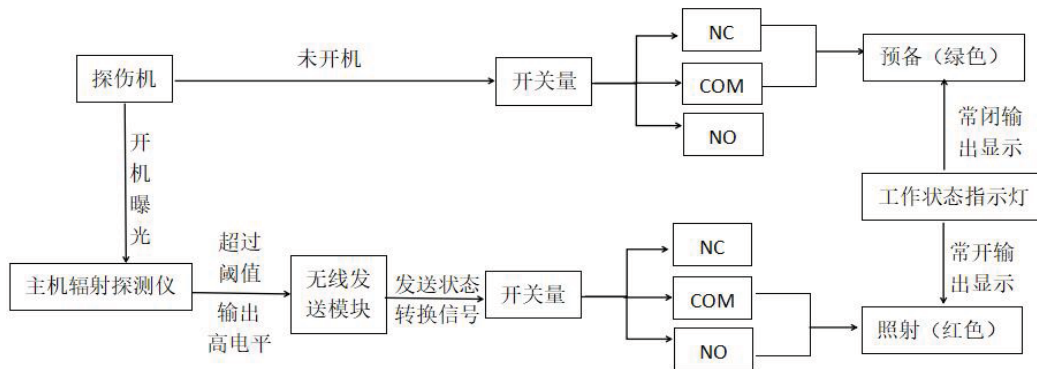


图10-4 本项目移动探伤现场辐射安全设施布置示意图



注：NC：常闭；COM：公共端；NO：常开。

图10-5 本项目移动探伤项目工作状态指示灯剂量连锁逻辑图

## 三废的治理

### 1. 固废

本项目评片和洗片过程可能会产生废显（定）影剂、一二次洗片冲洗废水和废胶片。在产生废显（定）影剂和一二次洗片冲洗废水后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后运至危废库中废显（定）影剂和一二次洗片冲洗废水存放区域；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；废显（定）影剂、一二次洗片冲洗废水和废胶片入库时在危险废物管理台账中如实记录。收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。

本项目危废库位置见附图 2、3。危废库拟按照《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。拟设置消防设施，防止出现火灾。建设单位拟参照《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隔板形式。

存放装载废显（定）影剂及一二次洗片冲洗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拟采用坚固的材料建造，表面无裂缝。贮存设施地面与裙脚拟采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，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）影剂及胶片洗片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；拟设计渗滤液收集设施，收集设施容积满足渗滤液的收集要求。

建设单位应将本项目危废分类存储并做好标记标志，不可混入其他杂物。危废库门上拟张贴环保标识牌，明确危险废物种类。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。建设单位应严格执行《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。

建设单位应按照《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。

本项目每年产生约 2 枚  $^{75}\text{Se}$  及 4 枚  $^{192}\text{Ir}$  退役放射源。建设单位与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将由该单位回收。

$\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10 年）进行退役，建设单位与 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议，当 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时，将按照协议规定将 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

## 2. 废水

本项目洗片时会产生一定量三次及以上冲洗废水，该部分废水排入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。

## 3. 废气

本项目 X、 $\gamma$ 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。本项目 1 号探伤房曝光室在西南侧及东北侧设排风管道接至顶部，排风管道在探伤室内的进风口离地高度约为 0.3m，通风管道在穿顶部穿墙，风管外侧均采用 60cm 的混凝土包裹进行防护，以使通风管道设计不破坏墙体的屏蔽效果。本项目 1 号探伤房曝光室内部体积约为  $520\text{m}^3$ ，安装 2 台轴流风机排风量约为  $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，探伤作业时全程开启风机。安装的风机能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求。

2 号探伤房曝光室东北角均设置 1 个直径 160mm 通风管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下，接至 2 号探伤房北墙外表面贴墙设置管道至曝光室顶部，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。本项目 2 号探伤房曝光室内部体积约为  $657\text{m}^3$ ，拟安装轴流风机排风量约为  $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，探伤作业时全程开启风机。拟安装的风机能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求。

本项目移动 X 射线探伤时，会使周围的空气产生电离产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物直接进入大气中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气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

本项目的主体工程为在新建固定式探伤房。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：

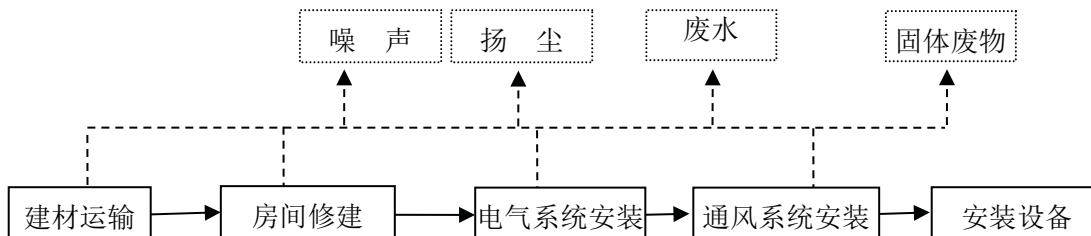


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

## (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，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。该单位在施工期间认真搞好组织工作，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

### 一、1 号探伤房辐射环境影响分析

本项目 1 号探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶和铅防护门对射线进行防护，探伤房内配备 2 台 γ 射线探伤机及 4 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台探伤机进行探伤作业。本报告分别以 X、γ 射线探伤机周围辐射影响进行理论预测分析。

#### 1、γ 射线探伤机辐射影响分析

本项目探伤房内配备 1 台  $^{192}\text{Ir}$  γ 射线探伤机（100Ci）和 1 台  $^{75}\text{Se}$  γ 射线探伤机（100Ci）。两个放射源活度相同， $^{192}\text{Ir}$  射线能量高于  $^{75}\text{Se}$  射线， $^{192}\text{Ir}$  γ 射线探伤机辐射影响大于  $^{75}\text{Se}$  γ 射线探伤机。因此探伤房以  $^{192}\text{Ir}$  γ 射线探伤机（100Ci）进行周围辐射影响理论预测分析。

#### 1) γ 射线探伤机放射源屏蔽状态下辐射影响分析

当放射源处于源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P 类探伤机源容器表面 1m 处周围当量剂量率  $\dot{H}_0 \leq 0.02\text{mSv/h}$ 。周围当量剂量率与距离平方成反比，根据公式（1）计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{H}_1 = \dot{H}_0 R_0^2 / R_1^2 \quad \dots\dots \text{（公式 1）}$$

式中  $\dot{H}_1$ ：距放射源 R 处的周围当量剂量率， $\mu\text{Sv/h}$

$\dot{H}_0$ ：距离放射源 1.07m 处的周围当量剂量率， $20\mu\text{Sv/h}$

$R_0$ ：距离放射源距离，1.07m，源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm。

$R_1$ ：参考点距放射源的距离。

表 11-1 列出了距源容器不同距离处的周围当量剂量率的估算结果。

表 11-1 距探伤机放射源不同距离处的辐射水平估算结果

距离放射源 $R_1$ (m)	0.37	0.57	<b>1.07</b>	2.07	3.07
周围当量剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	167	70.5	<b>20</b>	5.3	2.4

注：源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm。

通过表 11-1 中计算数据可以看出，γ 射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对曝光室外环境影响较小，但工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中工作人员应注意控制与探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。



2) 源库辐射影响分析

本项目 1 号探伤房内设置 1 个源库，源库用于储存本项目 2 台 <sup>192</sup>Ir γ射线探伤机（100Ci）和 2 台 <sup>75</sup>Se γ射线探伤机（100Ci）。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），P 类探伤机源容器外 5cm 处周围当量剂量率  $\dot{H}_0 \leq 0.5\text{mSv/h}$ ，表面 1m 处周围当量剂量率  $\dot{H}_0 \leq 0.02\text{mSv/h}$ 。

$$\dot{H} = \dot{H}_1 \cdot B / R^2 \quad \dots\dots \text{（公式 2）}$$

式中  $\dot{H}$ ：距放射源 R 处的周围当量剂量率， $\mu\text{Sv/h}$

$\dot{H}_0$ ：距离放射源 1.07m 处的周围当量剂量率， $20\mu\text{Sv/h}$  源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm

$\dot{H}_1$ ：距离放射源 1m 处的周围当量剂量率，根据距离放射源 1.07m 处的周围当量剂量率为  $20\mu\text{Sv/h}$ ，求得 1m 处的周围当量剂量率= $20 \cdot 1.07^2 = 22.9\mu\text{Sv/h}$ 。

R：参考点距放射源的距离。

B：屏蔽透射因子， $B = 1/2^n$ （n 为半值层数）。

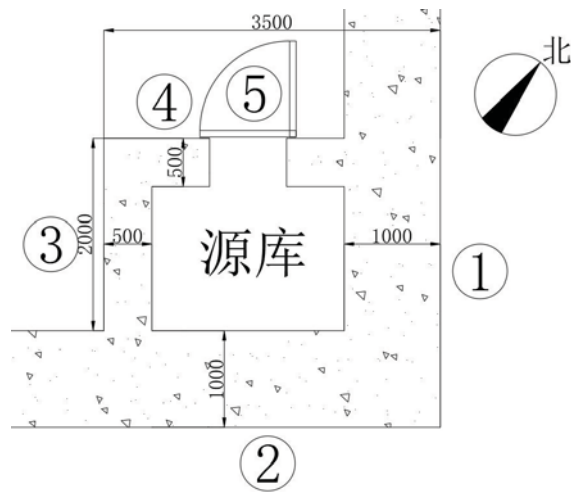


图 11-2 本项目源库计算点位示意图

表 11-2 2 台 <sup>192</sup>Ir 探伤机对源库表面外 30cm 处辐射水平估算结果

参考点位置	2 台 <sup>192</sup> Ir γ射线探伤机放射源库墙壁外表面 30cm					
	①东墙	②南墙	③西墙	④北墙	顶部	⑤防护门
1m 处剂量率	22.9 $\mu\text{Sv/h} \times 2$					
屏蔽措施						
B						
距离 (m)						
周围当量剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )						

注：①根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 中  $^{192}\text{Ir}$  对铅的半值层  $\text{HVL} = 3\text{mm}$ ，对混凝土的半值层  $\text{HVL} = 50\text{mm}$ 。

②探伤机最近距离西、北墙 1m，最近紧贴东、南墙，放置地面，关注点为墙外 30cm 处。

表 11-3 2 台  $^{75}\text{Se}$  探伤机对源库表面外 30cm 处辐射水平估算结果

参考点位置	2 台 $^{75}\text{Se}$ γ射线探伤机放射源库墙壁外表面 30cm					
	①东墙	②南墙	③西墙	④北墙	顶部	⑤防护门
1m 处剂量率	22.9 $\mu\text{Sv/h} \times 2$					
屏蔽措施						
$B$						
距离 (m)						
周围当量剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )						

注：①根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 A.2 中  $^{75}\text{Se}$  对铅的半值层  $\text{HVL} = 1\text{mm}$ ；对混凝土的半值层  $\text{HVL} = 30\text{mm}$ 。

②探伤机最近距离西、北墙 1m，最近紧贴东、南墙，放置地面，关注点为墙外 30cm 处。

从表 11-2、11-3 中估算结果可以看出，当该公司 4 枚 γ射线探伤机（2 台  $^{192}\text{Ir}$  γ射线探伤机+2 台  $^{75}\text{Se}$  γ射线探伤机）全部在源库内贮存时，源库外表面 30cm 处最大辐射水平合计为 1.41 $\mu\text{Sv/h}$ （防护门外），能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射源贮存库外周围当量剂量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$  的要求，该源库防护设计方案能够满足 γ射线探伤机贮存要求。

### 3) γ射线探伤机正常开机时辐射影响分析

#### (1) 周围当量剂量率计算公式

$$\dot{H}_0 = A \cdot \Gamma_k \cdot B / R^2 \quad \dots\dots \text{（公式 3）}$$

公式中： $\dot{H}_0$ ：在距离放射源 R 处的周围当量剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A：放射源活度， $^{192}\text{Ir}$  额定装源活度为 3.7E+12Bq=3.7E+06MBq

$\Gamma_k$ ：周围剂量当量率常数， $\Gamma_k (^{192}\text{Ir}) = 0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$

R：参考点离放射源的距离，m

B：屏蔽透射因子， $B = 1/2^n$ （n 为半值层数）

γ射线放射源工作时射线方向为四周屏蔽墙、屋顶、地面，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（3）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-4。

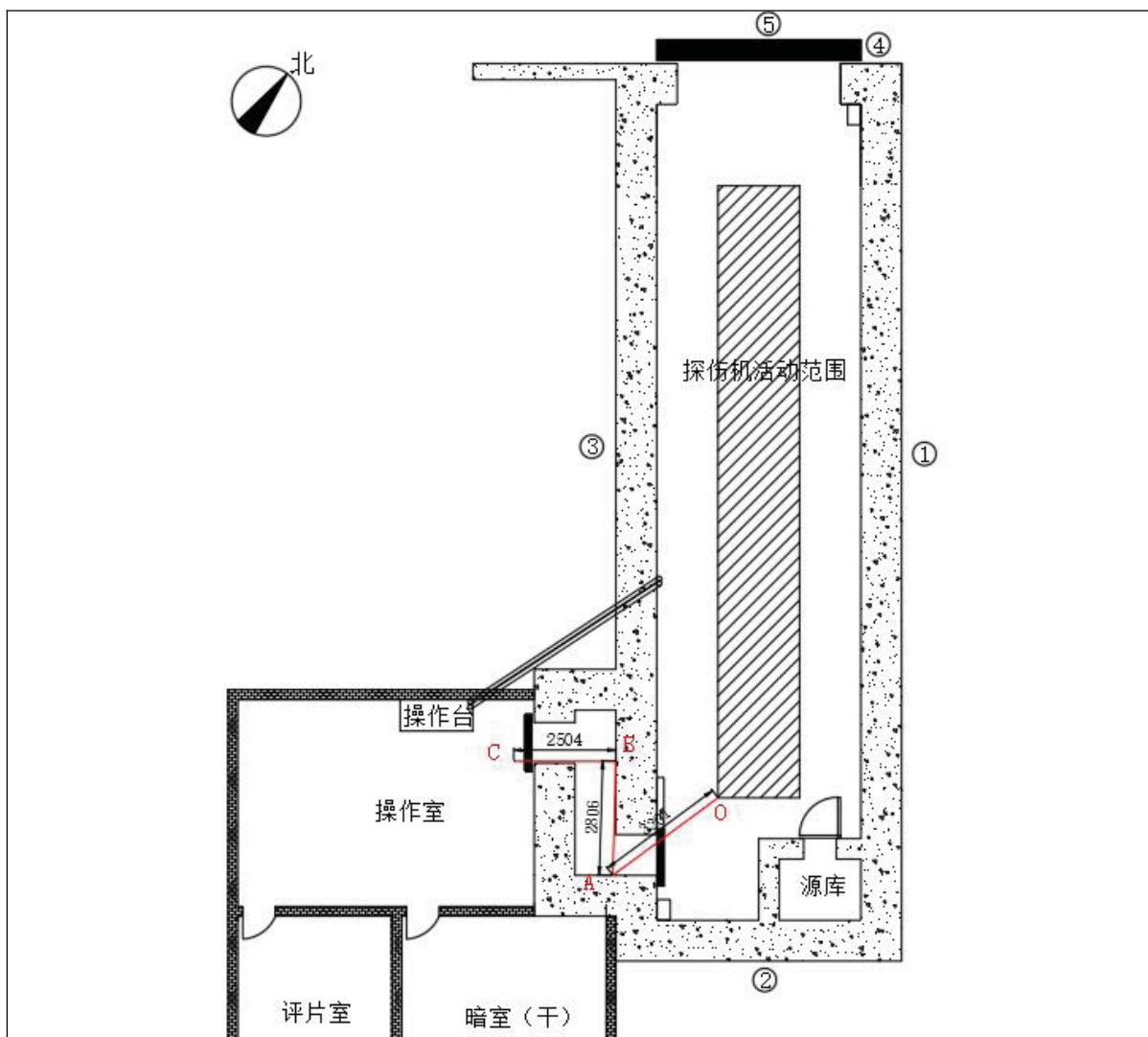


图 11-3 本项目 1 号探伤房计算点位示意图

表 11-4 探伤房曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

参数	设计厚度	$A \cdot \Gamma$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ )	B	R (m)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考控制 水平( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	评价
东墙①	1000mm 混凝土					2.5	满足
南墙②	1000mm 混凝土					2.5	满足
西墙③	1000mm 混凝土					2.5	满足
北墙④	1000mm 混凝土					2.5	满足
工件门⑤	80mmPb					2.5	满足
屋顶⑥	800mm 混凝土					100	满足

注：①放射源距曝光室东西墙最近为 1.5m，距北墙最近为 2m，距南墙最近为 3m，离地面最高 3m，取墙外 30cm 为关注点。

②根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)表 A.2 中  $^{192}\text{Ir}$  对铅的半值层  $\text{HVL} = 3\text{mm}$ ,

对混凝土的半值层  $HVL = 50\text{mm}$ 。

根据表 11-4 理论预测结果，当探伤房以配备的  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$ 射线探伤机最大活度（100Ci）运行时，曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中辐射剂量率参考控制水平要求。

### （2）天空反散射辐射影响分析

根据表 11-4， $\gamma$ 射线探伤机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为  $8.81\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于  $8.81\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

### （3）电缆管道、通风管道辐射影响分析

本项目探伤房通风管道和电缆管道利用散射降低管道口的辐射水平，避免射线直接照射通风口、电缆口，进入通风管道后散射示意图如图 11-4，射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-5。射线进入通风管道、电缆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》P189“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。这时，迷道口也只需采用普通门”，本项目探伤房通风管道、电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

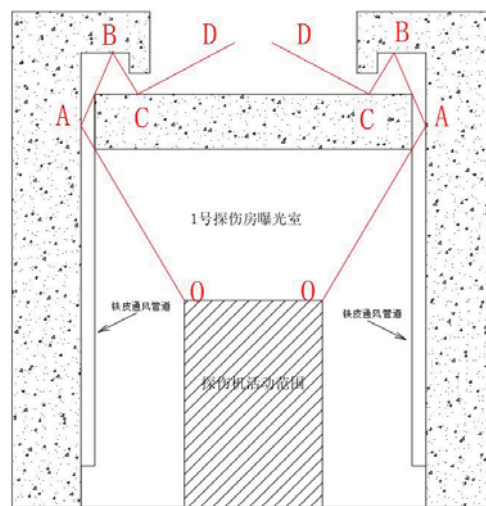


图 11-4 本项目通风管道散射示意图

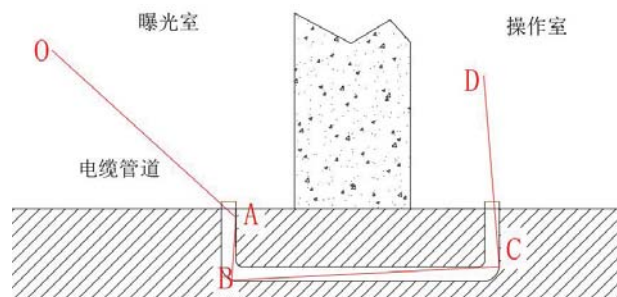


图 11-5 本项目电缆管道散射示意图

**(4)  $\gamma$ 射线探伤时人员有效剂量估算****①搬运 $\gamma$ 射线探伤机时辐射工作人员年有效剂量估算**

从表 11-1 中的计算结果可以看出， $\gamma$ 射线探伤机表面处辐射水平较高，辐射工作人员手提搬运 $\gamma$ 探伤机，平均距离 $\gamma$ 探伤机距离约 0.5m，此时受到 $\gamma$ 射线外照射的空气比释动能率为 70.5 $\mu$ Gy/h，探伤机搬运时间按 2min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 23.5 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为 1.18mSv。

**②贴片、工件摆位、取片时辐射工作人员年有效剂量估算**

辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时，平均距离探伤机距离约 3m。根据表 11-1，受到 $\gamma$ 射线外照射的空气比释动能率为 2.43 $\mu$ Gy/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为 4.1 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为 0.20mSv。

**③ $\gamma$ 射线探伤机正常曝光时人员有效剂量估算**

表 11-6 保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外30cm处 辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	距离 (m)	关注点辐射 剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	周剂量估 算值 ( $\mu$ Sv/周)	目标管理值 ( $\mu$ Sv/周)	年剂量估算 值(mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)
操作室						100		5 (工作人员)
车间通道								0.1 (公众)
2号车间								
3号车间								
4号车间								
5号车间								
金秋竹集团								

注：本项目 1 号探伤房 $\gamma$ 射线探伤机周曝光时间最长约为 5h，年曝光时间最长为 250h。

综上，根据①~③的理论计算结果，本项目 $\gamma$ 射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为28 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为1.4mSv；周围公众周有效剂量最大为0.383 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为1.91E-02mSv。

**2、X 射线探伤机辐射影响分析**

本项目 1 号探伤房内配备 4 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台探伤机进

行探伤作业。X 射线探伤机可能朝四周墙、顶部、地面出束照射。本次评价拟将曝光室四周墙壁及屋顶按照有用射束照射进行估算。本项目 XXH3505 型 X 射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时对探伤房四周墙壁、顶部、工件门及人员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) 有用线束辐射影响分析

四周墙壁、屋顶及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，曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-7。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 (4)}$$

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 9-3；

$B$ ：屏蔽透射因子。

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

表 11-7 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)	什值层 TVL	$H_0$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	B	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参 考控制水 平( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
东墙①	1000mm 混凝土	5						2.5	满足
南墙②	1000mm 混凝土	5						2.5	满足
西墙③	1000mm 混凝土	5						2.5	满足
北墙④	1000mm 混凝土	5						2.5	满足
工件门⑤	80mmPb	5						2.5	满足
屋顶⑥	800mm 混凝土	5						100	满足

注：①放射源距曝光室东西墙最近为 1.5m，距北墙最近为 2m，距南墙最近为 3m，离地面最高 3m，取墙外 30cm 为关注点。

②B 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2，取得 350kV 下混凝土什值层厚度为 100mm，铅什值层厚度为 6.95mm（由 300kV 与 400kV 什值层内插求得），再根据  $B=10^{-X/\text{TVL}}$  计算求得。

从表11-7预测结果可以看出，当本项目探伤房以拟XXH3505型X射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外30cm处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

## 2) 天空反散射辐射影响分析

根据表 11-7，本项目 X 射线探伤机满功率开机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为  $7.69E-03\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于  $7.69E-03\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

## 3) 电缆管道、通风管道辐射影响分析

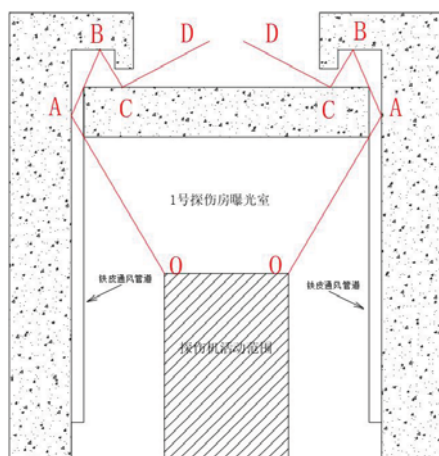


图 11-6 本项目通风管道散射示意图

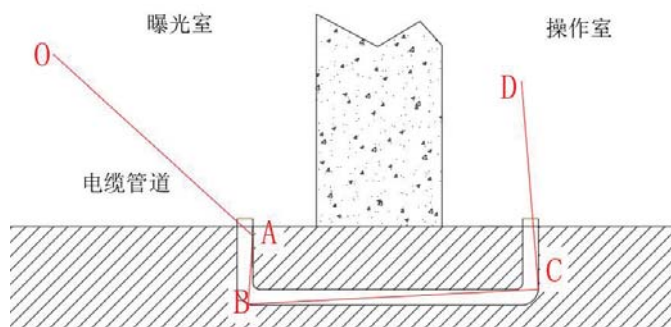


图 11-7 本项目电缆管道散射示意图

本项目探伤房通风管道和电缆管道利用散射降低管道口的辐射水平，避免射线直接照射通风口、电缆口，进入通风管道后散射示意图如图 11-6，射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-7。射线进入通风管道、电缆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》P189“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。这时，迷道口也只需采用普通门”，本项目探伤房通风管道、电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

## 5) X 射线探伤时人员有效剂量估算

表 11-8 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外30cm处 辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	距离 (m)	关注点辐射 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						100		5 (工作人员)
车间通道								0.1 (公众)
2号车间								
3号车间								
4号车间								
5号车间								
金秋竹集团								

注：①本项目 X 射线探伤机周曝光时间最长约为 50h，年工作 50 周，年曝光时间最长为 250h；

②使用因子保守取 1。

根据表11-8理论计算结果，本项目1号探伤房X射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为 $5.35\text{E}-04\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $2.68\text{E}-05\text{mSv}$ ；周围公众周有效剂量最大为 $5.35\text{E}-04\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $2.68\text{E}-05\text{mSv}$ 。

## 6) 本项目人员有效剂量汇总

本项目1号探伤房X射线探伤与γ射线探伤均由1号辐射工作人员操作完成，周围公众均受X、γ射线探伤影响，人员有效剂量进行叠加分析，根据以上计算结果进行汇总。

表 11-9 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	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)	评价
辐射工作人员		100		5 (工作人员)	满足
车间通道				0.1 (公众)	满足
2号车间					满足
3号车间					满足
4号车间					满足
5号车间					满足
金秋竹集团					满足

综上，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量及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》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。



## 二、2 号探伤房辐射环境影响分析

本项目 2 号探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶和铅防护门对射线进行防护，探伤房内配备 2 台  $\gamma$  射线探伤机及 4 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台探伤机进行探伤作业。本报告分别以 X、 $\gamma$  射线探伤机周围辐射影响进行理论预测分析。

### 1、 $\gamma$ 射线探伤机辐射影响分析

本项目探伤房内配备 1 台  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$  射线探伤机（100Ci）和 1 台  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$  射线探伤机（100Ci）。两个放射源活度相同， $^{192}\text{Ir}$  射线能量高于  $^{75}\text{Se}$  射线， $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$  射线探伤机辐射影响大于  $^{75}\text{Se}$   $\gamma$  射线探伤机。因此探伤房以  $^{192}\text{Ir}$   $\gamma$  射线探伤机（100Ci）进行周围辐射影响理论预测分析。

$\gamma$  射线放射源工作时射线方向为四周屏蔽墙、屋顶、地面，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（3）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-10。

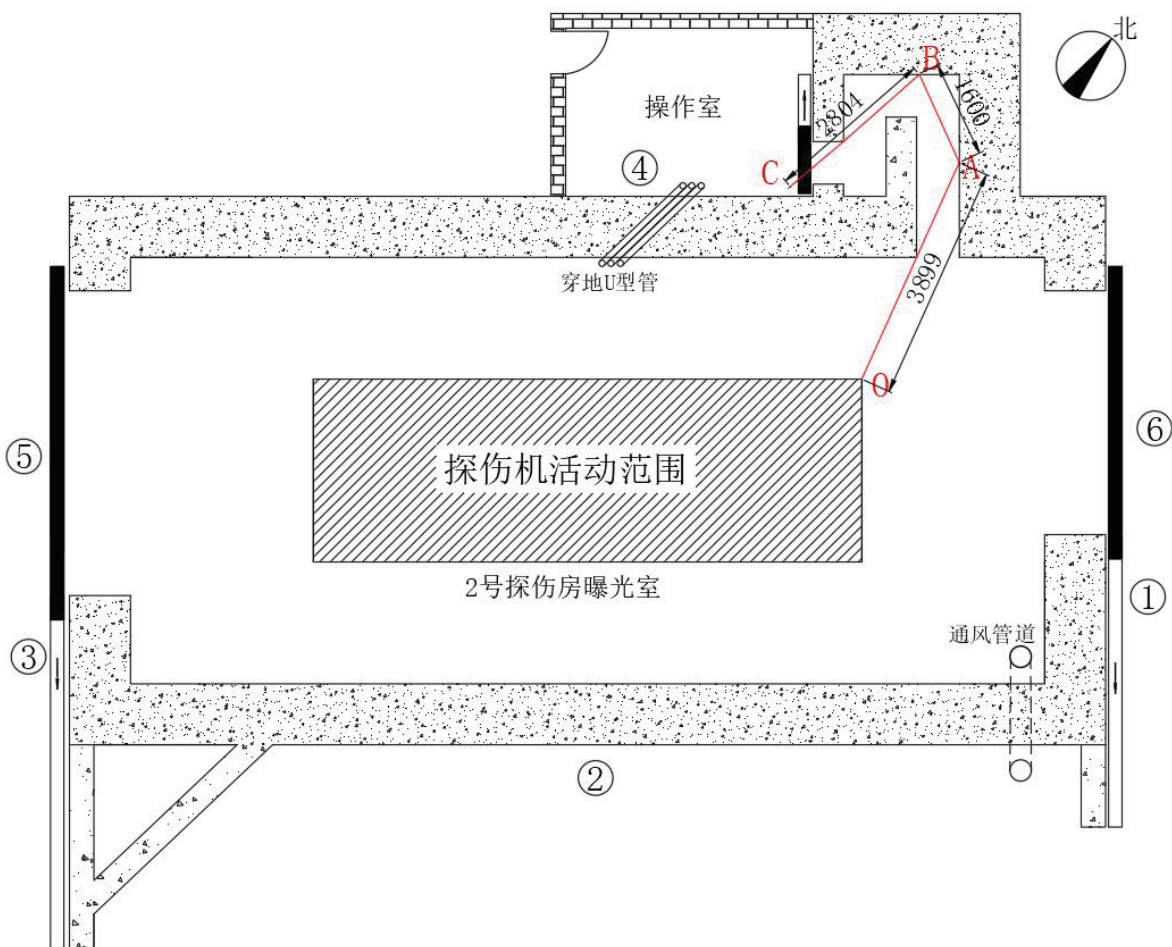


图 11-8 本项目 2 号探伤房计算点位示意图

表 11-10 探伤房曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

参数	设计厚度	A·Γ (μSv·m <sup>2</sup> /h)	B	R (m)	H <sub>0</sub> (μSv/h)	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
东墙①	900mm 混凝土					2.5	满足
南墙②	900mm 混凝土					2.5	满足
西墙③	900mm 混凝土					2.5	满足
北墙④	900mm 混凝土					2.5	满足
西工件门⑤	60mmPb					2.5	满足
东工件门⑥	60mmPb					2.5	满足
屋顶	650mm 混凝土					100	满足

注：①放射源距曝光室南北墙最近为 2m，东西墙最近为 3m，离地面最高 3m，取墙外 30cm 为关注点。

②根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)表 A.2 中 <sup>192</sup>Ir 对铅的半值层 HVL = 3mm，对混凝土的半值层 HVL = 50mm。

根据表 11-10 理论预测结果，当探伤房以配备的 <sup>192</sup>Ir γ射线探伤机最大活度(100Ci)运行时，曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中辐射剂量率参考控制水平要求。

## (2) 迷道口处辐射影响分析

本项目 2 号探伤房曝光室采用迷道设计，保守以射线直接照射迷道内口，射线进入迷道后散射示意图见图 11-8。有用线束经迷道内 2 次散射到达人员门，散射路径为 O→A→B→C，迷道口外人员门采用厚度为 20mm 的铅板防护。散射公式见(5) (美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告)。

$$H_s = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot A_1 \cdot A_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 (5)}$$

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>=6.29E+05μSv/h (1m 处)；

α为散射系数，根据《辐射防护导论》P186 图 6.4 光子在普通混凝土上的反射查的 (0.206~0.612) MeV 光子 90° 方向散射系数最大为 0.024。

r为入射距离，3.9m，散射距离分别为 1.6m、2.8m；

A为散射面积，m<sup>2</sup>；散射面积 A<sub>1</sub>为迷道内口横截面积：0.7×2.5=1.75m<sup>2</sup>

A<sub>2</sub>为人员门洞横截面积：0.7×2.5=1.75m<sup>2</sup>。

表 11-11 迷道主射线 2 次散射辐射剂量率

$D_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	$\alpha$	$A_1$ ( $\text{m}^2$ )	$A_2$ ( $\text{m}^2$ )	$r_{OA}$ (m)	$r_{AB}$ (m)	$r_{BC}$ (m)

注：不考虑  $^{192}\text{Ir}$  射线散射后能量衰减，铅半值层厚度为 3mm。

根据表 11-11 主射线穿北墙外辐射剂量率为  $2.34\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，保守叠加主射线 2 次散射至人员门外辐射剂量率后为  $2.70\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，人员门外 30cm 处剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

**(3) 天空反散射辐射影响分析**

参考 NCRP-151 号报告，根据公式 5.1 可以演变得得到。

$$H = 2.5 \cdot 10^{-2} (B_{XS} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3}) / (d_i^2 d_s^2) \dots\dots\dots \text{公式 (6)}$$

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$B_{XS}$ ：屋顶的屏蔽透射比；

$\Omega$ ：由辐射源于屏蔽墙对向的立体角，Sr（球面度）， $\Omega = 4\text{tg}^{-1}(\text{ab}/\text{cd})$ （a 是屋顶受照最长范围之半）；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；

$d_s$ ：辐射源至天空反散射关注点，m。

表 11-12 天空反散射对于地面关注点处剂量率

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 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

注： $d_s$ ：以屋顶中央上方 2m 与屋顶边缘连线延长至离地面 2m 处关注点至射线机的距离。

在天空反散射地面关注点处剂量率叠加考虑天空反散射对于地面关注点处剂量率及东墙在天空反散射地面关注点处剂量率之和，根据表 11-10 参数求得南北墙距离探伤机 12.7m 处辐射剂量率为  $1.49\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，叠加剂量率见表 11-13。

表 11-13 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
					满足

墙外距离探伤机 12.7m 处关注点主射线和天空反散射的复合剂量率最大为  $1.63\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ , 满足周围剂量当量率参考控制水平。该数值低于南北墙外 30cm 关注点周围剂量当量率, 因此为获取保护目标有效剂量最大值, 以东墙外 30cm 处作为人员最大剂量率参考点。

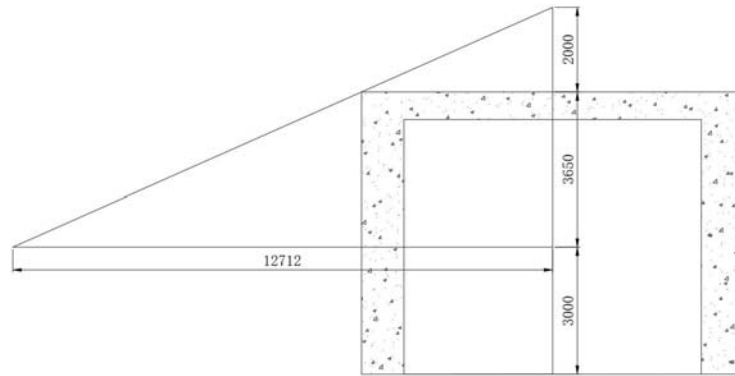


图 11-9 天空反散射示意图 (单位: mm)

#### (4) 电缆管道、通风管道辐射影响分析

本项目 2 号探伤房通风管道和电缆管道利用散射降低管道口的辐射水平, 避免射线直接照射通风口、电缆口, 进入通风管道后散射示意图如图 11-8, 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-9。射线进入通风管道、电缆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》P189“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。这时, 迷道口也只需采用普通门”, 本项目探伤房通风管道、电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

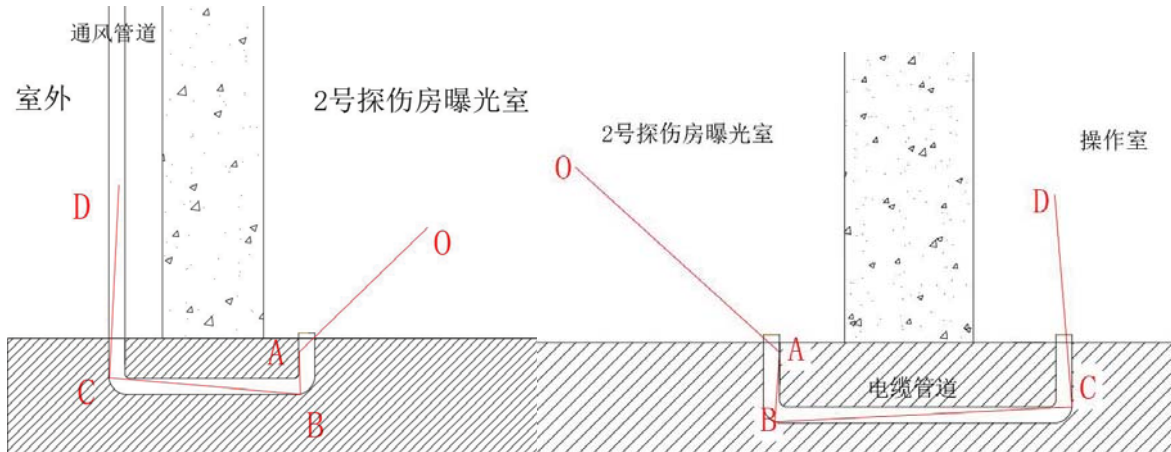


图 11-10 通风管道散射示意图

图 11-11 电缆管道散射示意图

**(5)  $\gamma$ 射线探伤时人员有效剂量估算****①搬运 $\gamma$ 射线探伤机时辐射工作人员年有效剂量估算**

从表 11-1 中的计算结果可以看出， $\gamma$ 射线探伤机表面处辐射水平较高，辐射工作人员手提搬运 $\gamma$ 探伤机，平均距离 $\gamma$ 探伤机距离约 0.5m，此时受到 $\gamma$ 射线外照射的空气比释动能率为 70.5 $\mu$ Gy/h，探伤机搬运时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，此工作由 2 名辐射工作人员承担，则每名辐射工作人员周有效剂量最大为 58.75 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为 2.94mSv。

**②贴片、工件摆位、取片时辐射工作人员年有效剂量估算**

辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时，平均距离探伤机距离约 3m。根据表 11-1，受到 $\gamma$ 射线外照射的空气比释动能率为 2.43 $\mu$ Gy/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时时间按 5min/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为 4.1 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为 0.20mSv。

**③ $\gamma$ 射线探伤机正常曝光时人员有效剂量估算**

表 11-14 保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外 30cm 处 辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	距离 (m)	关注点辐射 剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	周剂量估 算值 ( $\mu$ Sv/周)	目标管理值 ( $\mu$ Sv/周)	年剂量估算 值(mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)
操作室								5 (工作人员)
车间通道								0.1 (公众)
1 号车间								
2 号车间								
3 号车间								
4 号车间								
5 号车间								

注：本项目 2 号探伤房 $\gamma$ 射线探伤机周曝光时间最长约为 5h，年曝光时间最长为 250h。

综上，根据①~③的理论计算结果，本项目 $\gamma$ 射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为64.2 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为3.2mSv；周围公众周有效剂量最大为1.17 $\mu$ Sv，年有效剂量最大为5.85E-02mSv。

**2、X 射线探伤机辐射影响分析**

本项目 2 号探伤房内配备 4 台 X 射线探伤机，探伤时只开启其中 1 台探伤机进

行探伤作业。X 射线探伤机可能朝四周墙、顶部、地面出束照射。本次评价拟将曝光室四周墙壁及屋顶按照有用射束照射进行估算。本项目 XXH3505 型 X 射线探伤机以满功率（350kV/5mA）运行时对探伤房四周墙壁、顶部、工件门及人员门辐射环境影响进行预测。

表 11-15 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)	什值层 TVL	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
东墙①	900mm 混凝土	5						2.5	满足
南墙②	900mm 混凝土	5						2.5	满足
西墙③	900mm 混凝土	5						2.5	满足
北墙④	900mm 混凝土	5						2.5	满足
西工件门 ⑤	60mmPb	5						2.5	满足
东工件门 ⑥	60mmPb	5						2.5	满足
屋顶	650mm 混凝土	5						100	满足

注：①探伤机距曝光室南北墙最近为 2m，东西墙最近为 3m，离地面最高 3m，取墙外 30cm 为关注点。

②B 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B 表 B.2，取得 350kV 下混凝土什值层厚度为 100mm，铅什值层厚度为 6.95mm（由 300kV 与 400kV 什值层内插求得），再根据  $B=10^{-X/\text{TVL}}$  计算求得。

从表 11-15 预测结果，当本项目探伤房以 XXH3505 型 X 射线探伤机满功率运行时（350kV/5mA），探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中辐射剂量率参考控制水平要求。

## 2) 迷道口处辐射影响分析

本项目 2 号探伤房曝光室采用迷道设计，保守以射线直接照射迷道内口，射线进入迷道后散射示意图见图 11-8。有用线束经迷道内 2 次散射到达人员门，散射路径为  $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ ，迷道口外人员门采用厚度为 20mm 的铅板防护。散射公式见 (7)（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_s = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot A_1 \cdot A_2}{r_1^2 \cdot r_2^2 \cdot r_3^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 (7)}$$

其中： $H_s$  为散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$D_0$ : 入射源强,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;  $D_0=1.674\text{E}+06\times 5=8.37\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ;

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

$$\alpha = \alpha_w \times 10000/400 = 1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 0.0475;$$

$r$  为入射距离, 3.9m, 散射距离分别为 1.6m、2.8m;

$A$  为散射面积,  $\text{m}^2$ ; 散射面积  $A_1$  为迷道内口横截面积:  $0.7 \times 2 = 1.75\text{m}^2$

$A_2$  为人员门洞横截面积:  $0.7 \times 2 = 1.75\text{m}^2$ 。

表 11-16 本项目探伤房迷道主射线 2 次散射辐射剂量率

$D_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	$\alpha$	$A_1$ ( $\text{m}^2$ )	$A_2$ ( $\text{m}^2$ )	$r_{OA}$ (m)	$r_{AB}$ (m)	$r_{BC}$ (m)

注: 根据 GBZ/T250-2014 表 2, 350kV 射线经 2 次散射后能量为 200kV, 铅十值层厚度为 1.4mm。

根据表 11-15 主射线穿北墙外辐射剂量率为  $8.17\text{E}-04\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 保守叠加 2 次散射至人员门外辐射剂量率后为  $8.17\text{E}-04\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中辐射剂量率参考控制水平要求。

### 3) 天空反散射辐射影响分析

根据表 11-16, 本项目 X 射线探伤机满功率开机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为  $0.17\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于  $0.17\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的要求。

### 4) 电缆管道、通风管道辐射影响分析

本项目探伤房通风管道和电缆管道利用散射降低管道口的辐射水平, 避免射线直接照射通风口、电缆口, 进入通风管道后散射示意图如图 11-8, 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-9。射线进入通风管道、电缆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》P189“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。这时, 迷道口也只需采用普通门”, 本项目探伤房通风管道、电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

## 5) X 射线探伤时人员有效剂量估算

表 11-17 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	墙外30cm处 辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	距离 (m)	关注点辐射 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						100		5 (工作人员)
车间通道								0.1 (公众)
1号车间								
2号车间								
3号车间								
4号车间								
5号车间								

注：①本项目 X 射线探伤机周曝光时间最长约为 50h，年工作 50 周，年曝光时间最长为 250h；  
②使用因子保守取 1。

根据表11-17理论计算结果，本项目2号探伤房X射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为 $4.09\text{E}-03\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $2.04\text{E}-04\text{mSv}$ ；周围公众周有效剂量最大为 $4.09\text{E}-03\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $2.04\text{E}-04\text{mSv}$ 。

## 6) 本项目人员有效剂量汇总

本项目2号探伤房X射线探伤与 $\gamma$ 射线探伤均由2号辐射工作人员操作完成，周围公众均受X、 $\gamma$ 射线探伤影响，人员有效剂量进行叠加分析，根据以上计算结果进行汇总。

表 11-18 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	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)	评价
辐射工作人员		100		5	满足
车间通道					满足
1号车间					满足
2号车间					满足
3号车间					满足
4号车间					满足
5号车间					满足

综上，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量及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》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。



### 三、移动 X 射线探伤项目辐射环境影响分析

#### 1、X 射线探伤机主射束方向的控制区、监督区距离理论估算

该公司移动式 X 射线探伤项目探伤现场位于公司 2 号车间，检测对象主要为本公司生产的压力容器、压力管道等。主射线方向为有工件屏蔽，散射线、漏射线无工件屏蔽。采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）4.1 有用线束的公式（5）导出控制区、监督区的距离计算公式（9）。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{（公式 8）}$$

$$\text{导出： } R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{\dot{H}}} \quad \dots\dots\dots \text{（公式 9）}$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；控制区取  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区取  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值参考表 9-3；

$B$ ：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）表 B.2 铅值层求得， $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

移动 X 射线探伤假设探伤机满功率运转，将不同探伤机相关参数代入公式（9），可以估算出探伤过程中不同 X 射线探伤机主射线经工件及铅屏风屏蔽后的控制区和监督区范围见表 11-19。

表 11-19 主射线方向控制区和监督区距离估算

探伤机类别	XXG3005 型 定向探伤机	XXH3005 型 周向探伤机	XXG3505 型 定向探伤机	XXH3505 型 周向探伤机
TVL				
工件厚度/ 等效铅厚度				
$H_0$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$				
$I$ (mA)				
补偿屏蔽配备铅屏风				
屏蔽透射因子 B				
控制区距离 (m)				
监督区距离 (m)				

\*根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)表 4 中不同厚度铁在不同管电压下等效铅当量，300kV 管电压下 26mm 钢板约为 2mmPb；350kV 管电压下 24mm 钢板约为 2mmPb。

\*\*屏蔽透射因子参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 B.2 中 300kV 管电压铅值层为 5.7mmPb，350kV 管电压铅值层为 6.95mmPb 求得， $B=10^{-X/TVL}$ 。

## 2、非有用射束方向控制区、监督区距离理论估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)漏射线及散射线计算公式 (10) 及公式 (11)：

$$\text{漏射线: } \dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B_2}{R^2} \quad \dots\dots \text{ (公式 10)}$$

$$\text{散射线: } \dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_1}{R^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots \text{ (公式 11)}$$

考虑漏射线、散射线叠加剂量影响，根据公式 (10)、公式 (11) 导出控制区、监督区的距离计算公式 (12)

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B_1 \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} + \dot{H}_L \cdot B_2}{\dot{H}}} \quad \dots\dots \text{ (公式 12)}$$

式中： $R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

$\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；控制区取  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区取  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

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

$B_1$ ：散射线屏蔽透射因子；

$I$ ：X 射线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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值参考表 9-3；

$B_2$ ：漏射线屏蔽透射因子；

$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$ ：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)B.4.2 取 0.02。

表 11-20 漏射线及散射线辐射控制区与监督区估算结果

探伤机类别	XXG3005 型 定向探伤机	XXH3005 型 周向探伤机	XXG3505 型 定向探伤机	XXH3505 型 周向探伤机
散射能量 (kV)				
$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
I (mA)				
$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$				
$\dot{H}_L$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
补偿屏蔽配备铅屏风				
屏蔽透射因子 B1				
屏蔽透射因子 B2				
控制区距离 (m) (有铅屏风)				
监督区距离 (m) (有铅屏风)				

\*屏蔽透射因子参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 B.2 中 200kV 管电压铅值层为 1.4mmPb, 250kV 管电压值层为 2.9mmPb, 300kV 管电压铅值层为 5.7mmPb, 350kV 管电压铅值层为 6.95mmPb 求得,  $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 。

上述理论计算结果仅为本项目 X 射线探伤控制区和监督区划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机管电压的降低、照射角度改变以及探伤现场遮蔽物都会使辐射剂量水平下降, 从而缩小控制区和监督区范围。因此在实际探伤过程中辐射工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的要求, 通过辐射巡测仪实测, 将辐射剂量率在  $15\mu\text{Sv/h}$  以上的范围划为控制区, 将辐射剂量率在  $2.5\mu\text{Sv/h}$  以上的范围划为监督区。公司进行移动探伤时应确保将监督区边界控制在本公司厂区内, 若厂区边界仍不能满足监督区划分要求时, 现场应采取适当屏蔽措施或其他防护措施, 如在探伤机周围放置厚钢板或铅屏风等, 确保监督区边界控制在本公司厂区内。

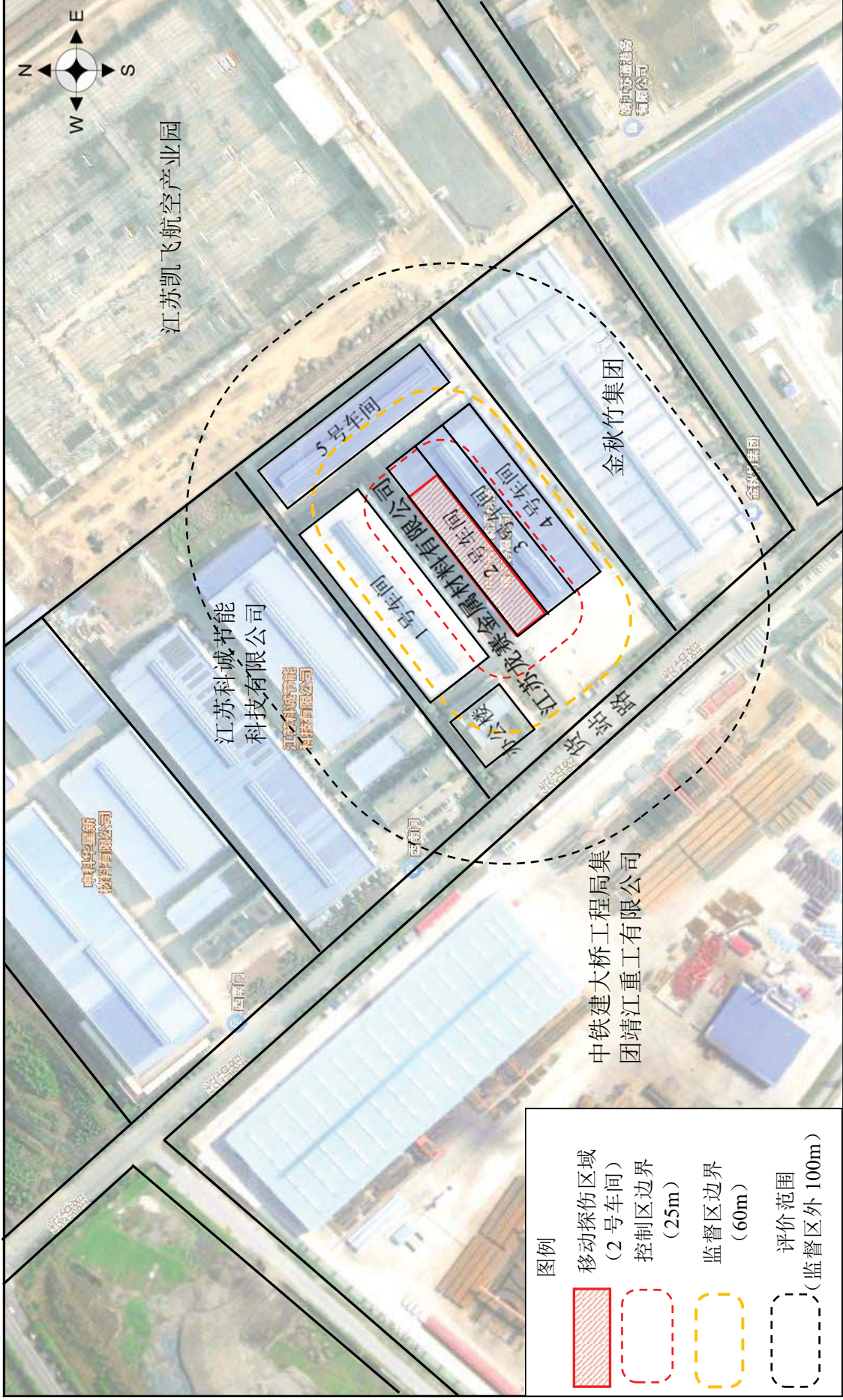


图 11-12 本项目移动探伤两区划分及评价范围示意图

### 3、保护目标剂量评价

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中 3.1.1，参考点的年剂量参考控制水平估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots \text{（公式 13）}$$

式中：  $H_c$ ：参考点的年剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$t$ ：装置年照射时间， $\text{h}/\text{年}$ ；

$U$ ：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。

本项目移动探伤预计每年每名移动探伤工作人员开展 X 射线探伤时间最大为 50h，X 射线探伤机使用因子保守取 1，探伤人员在控制区边界外进行作业，周围剂量当量率不超过  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，居留因子取 1，则其年有效剂量最大为  $0.75\text{mSv}$ ；公众按照 X 射线移动探伤监督区边界  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  周围剂量当量率估算，居留因子取 1/4，则公众年有效剂量最大为  $0.031\text{mSv}$ 。本项目运行后工作人员和公众年累积受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对工作人员和公众剂量约束值要求。

公司拟对辐射工作人员开展个人剂量监测，公司应根据每季度个人剂量监测报告，合理安排辐射工作人员岗位，确保工作人员剂量满足剂量约束值要求。如有剂量超标，应及时查找原因，及时调整工作人员岗位，并上报生态环境主管部门备案。

### 四.探伤设施的退役

本项目工业探伤设施不再使用，本项目探伤房及 X、 $\gamma$ 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，具体包括以下部分。

（1）有使用价值的 $\gamma$ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

（2）掺入贫铀的探伤机屏蔽装置应与 $\gamma$ 射线源一样，按照协议规定返回生产单位或原出口方。

（3）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。

（4）当所有辐射源从源库移走后，建设单位按监管机构要求办理相关手续。

(5) 对探伤房、源库工作场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

(6) 退役完成后清除工作场所所有电离辐射警告标志和安全告知。

### 事故影响分析

本项目 X 射线探伤机为II类射线装置， $\gamma$ 射线探伤机为II类放射源。在 X、 $\gamma$ 射线探伤机探伤过程中，若不采取适当的屏蔽措施，可能对操作的辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，可能会造成意外照射。

#### 1.固定 X 射线探伤项目事故类型

##### 1.1 本项目运行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。

##### 1.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

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，切断 X 射线探伤机电源，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，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。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) 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。

7) 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，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行。

## 2. 固定 $\gamma$ 射线探伤项目事故类型

### 2.1 本项目运行可能发生的辐射事故：

- 1)  $\gamma$ 射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。
- 2)  $\gamma$ 射线探伤机探伤机源容器出口安全锁损坏，导致探伤机移动过程中放射源移出源容器。
- 3)  $\gamma$ 射线探伤机探伤机输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致放射源不能在导管内运动，造成卡源事故。
- 4) 在探伤房探伤时放射源源辫脱落，无法收源，对周围人员造成照射。
- 5) 在探伤房探伤结束后未将放射源收回探伤机源容器即收工离开探伤房，对周围人员造成照射。
- 6)  $\gamma$ 射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量照射。
- 7)  $\gamma$ 射线探伤过程中因门-机联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入曝光室使其受到大剂量照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，射线泄漏到曝光室外，给周围活动的人员造成不必要的照射。

### 2.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

- 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，回收放射源，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,  $\gamma$ 射线探伤机才能启动出源; 每月应对 $\gamma$ 射线探伤机进行检查、维护, 每 3 个月应对其性能进行全面检查、维护, 发现问题应及时维修。

3)  $\gamma$ 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将放射源回收至探伤机内, 并检查排除异常, 并做好记录。

4) 源在送出过程中受阻, 此时应停止送源, 把源收回到机体内, 检查输源管连接是否正确、是否损坏, 弯曲半径是否过小等; 防止卡死现象。源在回收过程中受阻, 出现卡死现象, 可手动回源; 若出现源脱落, 无法手动回源, 应维护好现场, 安排专人看护, 禁止人员进入探伤房, 及时向领导汇报, 并通知生产厂家协助处理。

5) 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。

6) 辐射工作人员进出探伤房曝光室时必须佩戴个人剂量计, 同时携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。

7) 建设单位需制定《探伤机操作规程》。凡涉及对 $\gamma$ 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。

8) 加强源库管理, 落实双人双锁制度, 由 2 名工作人员专职负责源库的保管工作, 加强源容器出入库登记记录。

9) 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。

10)  $\gamma$ 射线探伤装置的安全使用期限为 10 年, 禁止使用超过 10 年的 $\gamma$ 射线探伤装置。

11) 公司在日常工作中应加强辐射安全管理, 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, 定期检测探伤室的周围辐射水平, 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。

### 3.移动 X 射线探伤项目事故类型



### 3.1 本项目运行可能发生的辐射事故:

1) X 射线探伤前清场不完全或在探伤过程中,警戒工作未到位,致使公众误入探伤区域,使其受到超剂量的外照射;

2) 探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理,检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测,对工作人员和现场周围公众造成照射;

3) 探伤人员违反操作规程强行探伤,对工作人员和现场周围公众造成照射。

4) 探伤机停止工作时,未按 GBZ 117-2022 中 8.4.1.4 的要求检测操作者所在位置的辐射水平就认为探伤机已停止工作而实际未停止工作,造成对人员的误照射。

### 3.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施:

1) 发现人员勿入或未完全清场时应立即停止探伤机曝光,核算人员误照射剂量,并及时到专业医院就诊检查治疗。

2) 建设单位制定各项管理制度并严格按照要求执行,加强人员培训,对发现的安全隐患立即进行整改,避免事故的发生。

3) 移动 X 射线探伤前应确保完全清场下进行探伤作业,辐射工作人员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) 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。

6) 在移动式探伤工作期间,便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪应一直处于开机状态,防止射线曝光异常或不能正常终止。

7) 公司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,每次探伤前对探伤机进行检查,确保各项安全措施有效运行;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。

江苏龙赛金属材料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 8 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，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。本项目辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”及“伽马射线探伤”。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，报考类别为“辐射安全管理”。

**辐射安全管理规章制度**

本项目江苏龙赛金属材料有限公司首次开展核技术利用项目。公司应严格按照《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，并严格执行，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；本报告对项目辐射安全管理制度提出如下建议：

**岗位职责：**制定管理人员、辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，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、X、 $\gamma$ 射线探伤机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。X、 $\gamma$ 射线探伤作业时至少 2 名探伤工作人员同时在场，辐射工作人员必须佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。 $\gamma$ 探伤工作前，辐射工作人员应检查 $\gamma$ 探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能，性能完好方能使用。明确 $\gamma$ 射线探伤装置每次领用、使用结束、归还和每次发生任何交接时均需对放射源是否在探伤机容器内使用 $\gamma$ 辐射测量仪检测进行确认和记录，避免事故发生。探伤作业后 $\gamma$ 放射源已完全退回源容器中并放回到源库内，源库采用双人

双锁，安装红外报警和监控装置进行 24h 监控。

**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 X、 $\gamma$ 射线探伤机运行和维修时辐射安全管理。

**设备维修制度：**制定设备检修维护制度，明确本项目 X、 $\gamma$ 射线探伤机、监测仪器、警示灯、联锁装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。每个月对 $\gamma$ 射线探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。每次工作前，探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。确保辐射巡测仪、个人剂量报警仪等监测仪器必须保持良好工作状态。

**使用登记、台账管理制度：**制定 X 射线探伤装置的领取、归还和登记制度，制定放射源使用登记、台账管理制度，定期进行清点检查。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时 2 人在场，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。在领用 $\gamma$ 探伤机时，使用 $\gamma$ 辐射剂量仪进行监测，确认放射源在探伤机中；归还 $\gamma$ 探伤机时，使用 $\gamma$ 辐射剂量仪进行监测，确认放射源在其中，每次领用及归还均进行记录。

**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。

**事故应急预案：**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、应急演练计划；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。

**放射源更换：**放射源活度不能达到使用要求更换放射源时，按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。同时建设单位向省级生态环境主管部门提交《放射

性同位素转让审批表》，并在转入放射源后 20 日内将 1 份上述审批表报送省级生态环境主管部门备案，落实定期监测计划，并进行记录。

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探伤房曝光室及源库周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1~2 次；

2) 根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 8.4.3 要求，本项目移动 X 射线探伤现场凡属下列情况之一时，建设单位应委托相应有资质的技术服务机构对移动探伤作业现场进行监测：a) 新开展现场射线探伤的单位；b) 每年抽检一次；c) 在居民区进行的移动式探伤；d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv”。

3) 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；发现个人剂量异常的，应对有关人员采取措施，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、卫生部门调查处理。

4) 曝光室内进行探伤作业时公司辐射安全管理人员对探伤房曝光室及源库周围的辐射水平进行监测，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。

5) 领用、交还 $\gamma$ 射线探伤机时，进行辐射水平测量，确保放射源在探伤机内。

表 12-1 监测计划一览表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频度	监测设备	监测范围
2 座探伤房、源库及移动 X 射线探伤现场	年度监测	X- $\gamma$ 辐射剂量率	1 次/年	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪	1) 探伤房防护门外、门缝、电缆线/通风管穿墙孔、四侧墙外、操作位等。 2) 源库防护门外及四侧墙外。 3) 移动探伤现场控制区、监督区边界。
	自主监测		不定期		
	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 类射线装置及 II 类放射源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3台辐射巡测仪和6台个人剂量报警仪。项目运行后公司应定期对探伤房及移动探伤现场周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

公司拟为本项目配备8名辐射工作人员，拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并计划定期组织职业健康体检，拟为辐射工作人员建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

### 辐射事故应急

江苏龙赛金属材料有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，具体应急预案内容包括：

- (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。

江苏龙赛金属材料有限公司应依据《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，本项目一旦发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，应立即启动企业内部事故应急方案，采取必要防范措施，并在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》。事故发生后公司积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强辐射安全管理，严格执行相关规章制度，并在实际工作中不断完善 X、 $\gamma$ 射线探伤相关的操作规程和辐射安全管理制度，同时应加强 $\gamma$ 射线探伤的安全管理，每月应对 $\gamma$ 射线探伤机进行检查、维护，每3个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修；并针对 $\gamma$ 射线探伤机可能出现的事故完善切实可行的辐射事故应急预案，平时工作中还应加强辐射工作人员辐射防护知识的培训，树立辐射安全意识，尽可能避免辐射事故的发生。公司应经常监测探伤房曝光室和源库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**

江苏龙赛金属材料有限公司因工件无损检测需要，开展固定 X、 $\gamma$ 射线探伤及移动 X 射线探伤对工件进行探伤，确保其产品质量。本项目的建设能确保产品质量，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**

江苏龙赛金属材料有限公司位于靖江经济开发区罗家港桥货站南路 2 号。公司东侧为江苏凯飞航空产业园；南侧为金秋竹集团；西侧为货站路；北侧为江苏科诚节能科技有限公司。

本项目 1 号探伤房位于公司 4 号车间东侧外。1 号探伤房东侧为通道及 5 号车间；南侧为厂区道路及围墙；西侧为 4 号车间；北侧为通道。探伤房设置有曝光室、暗室、评片室和操作室，相关辅房均位于曝光室西侧，曝光室内东南角设置 1 间源库。本项目探伤房为一层建筑，无上方建筑，下方为土层。

本项目 2 号探伤房拟建设于公司 2 号车间东北角。本项目探伤房东侧为通道及 5 号车间；南侧为 2、3、4 号车间；西侧为 2 号车间，北侧为通道及 1 号车间。本项目探伤房设置有曝光室和操作室，操作室位于曝光室北侧。本项目探伤房为一层建筑，上方 2 号车间顶棚，人员无法到达，下方为土层。

公司拟开展移动 X 射线探伤，探伤现场位于 2 号车间，2 号车间东侧为车间通道及 5 号车间，南侧为 3、4 号车间，西侧为厂区道路，北侧为车间通道及 1 号车间。本项目周围环境保护目标主要为移动探伤辐射工作人员以及探伤区域周围公众。本项目选址合理。

本项目 1 号探伤房设置曝光室、源库、操作室、暗室、评片室；辅房上方为空平台，人员可到达，曝光室外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。曝光室设置有人员门、工件门。本项目 1 号探伤房工作场所布局设计合理。

本项目 2 号探伤房设置曝光室和操作室，曝光室外墙无可攀爬的设施，顶部人员不可到达。曝光室设置有人员门、工件门。本项目 2 号探伤房工作场所布局设计合理。

## 2) 辐射防护措施

本项目 1 号探伤房曝光室内部长宽高为 20m×5m×5.2m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m<sup>3</sup>。曝光室四周墙为 1000mm 混凝土，屋顶为 800mm 混凝土，迷道墙为 1000mm 混凝土，工件门内嵌 80mmPb，2 道人员门均内嵌 25mmPb。

本项目 1 号探伤房曝光室东南角设置 1 个放射源库用于储存本项目 4 台 $\gamma$ 射线探伤机。源库内部长宽高为 2m×1.5m×2.2m，源库东墙和南墙为 1000mm 混凝土，西墙和北墙为 500mm 混凝土，防护门内嵌 10mm 铅板。

本项目 2 号探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 15.2m×7.2m×6m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m<sup>3</sup>。曝光室四周墙为 900mm 混凝土，屋顶为 650mm 混凝土，迷道墙为 900mm 混凝土，工件门内嵌 60mmPb，人员门内嵌 20mmPb。

## 3) 辐射安全措施

本项目 2 座探伤房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；拟在 2 座探伤房曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，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，照射状态指示装置与探伤装置联锁，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；2 座探伤房曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮且按钮将带有标签，标明使用方法，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。2 座探伤房曝光室均拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。同时探伤房曝光室内配备监视监控装置。

拟为本项目 2 座探伤房配置 2 台辐射剂量巡测仪和 4 台个人剂量报警仪, 用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及周围环境辐射水平监测。

本项目 1 号探伤房设置 1 个专用源库, 用于储存本项目 4 台 $\gamma$ 射线探伤机。明确安排 2 名辐射工作人员专职负责放射源库的保管工作。源库门拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明; 同时安装红外报警及监控探头, 对放射源库实时监控; 源库拟设置双人双锁, 并由专人负责,  $\gamma$ 射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。

移动探伤项目拟制定 X 射线探伤操作规程及 X 射线移动探伤流程, 探伤过程中应严格执行相应的规章制度, 坚持先示警再开机的操作程序, 以防发生误照射事故; X 射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行, 根据现场条件来划定防护距离, 运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。现场探伤时, 工作前设置控制区和监督区, 区界设警戒线、当心电离辐射警告标志、配备“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。开机后根据实测值按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 划定控制区和监督区边界。拟为移动探伤项目配置 1 台辐射剂量巡测仪和 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。

### 3. 三废处理处置

本项目 $\gamma$ 移动探伤预计每年会产生 4 枚  $^{192}\text{Ir}$  和 2 枚  $^{75}\text{Se}$  退役放射源, 建设单位承诺与放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议, 当放射源达到使用年限需报废时, 将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。

$\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限(10 年)进行退役, 建设单位承诺与 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置生产销售单位签订废返回协议, 当 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限需报废时, 将按照协议规定将 $\gamma$ 射线探伤机含贫铀屏蔽装置返回生产单位或原出口方。

本项目探伤时产生的 X、 $\gamma$ 射线可使空气电离从而产生的少量臭氧和氮氧化物, 臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气, 对周围环境空气质量影响较小。

公司承诺与有资质的单位签订废显(定)影剂、洗片废液、废胶片处置协议, 产生的危废交由该单位处理。

### 4. 辐射环境影响分析结论

本项目 2 座探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶和铅防护门对 X、 $\gamma$ 射线进行



防护。经理论预测结果，X、 $\gamma$ 射线探伤机正常运行时，曝光室表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求。

本项目移动 X 射线探伤现场控制区、监督区的划定满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求；放射源库能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h 或者审管部门批准的水平”的要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及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）的剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

## 5.辐射环境管理

1) 委托有资质单位每年对本项目 2 座探伤房工作场所及移动 X 射线探伤现场周围环境辐射水平进行检测。

2) 拟为本项目配备 3 台辐射剂量巡测仪和 6 台个人剂量报警仪。定期对本项目 2 座探伤房工作场所及移动 X 射线探伤现场辐射水平进行检测。

3) 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，必须通过考核后方能正式进行上岗。

4) 在本项目运行前，委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，所有人员均配备个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

5) 在本项目运行前对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。

6) 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并严格执行。

综上所述，江苏龙赛金属材料有限公司新建固定式 X、 $\gamma$ 射线及移动式 X 射线探伤项目符合实践正当化原则，已（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。

7) 公司应定期或不定期针对探伤装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查。

## 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。		/
	8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30天，最长不应超过90天。个人剂量档案长期保存）。	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《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本）第四十一条，个人剂量档案应长期保存。	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	<p>1号探伤房曝光室内部长宽高为20m×5m×5.2m。曝光室四周墙为1000mm混凝土，屋顶为800mm混凝土，迷道墙为1000mm混凝土，工件门内嵌80mmPb，2道人员门均内嵌25mmPb。</p> <p>1号探伤房曝光室东南角设置1个放射源库用于储存本项目4台γ射线探伤机。源库内部长宽高为2m×1.5m×2.2m，源库东墙和南墙为1000mm混凝土，西墙和北墙为500mm混凝土，防护门内嵌10mm铅板。</p> <p>2号探伤房曝光室内部长宽高尺寸为15.2m×7.2m×6m。曝光室四周墙为900mm混凝土，屋顶为650mm混凝土，迷道墙为900mm混凝土，工件门内嵌60mmPb，人员门内嵌20mmPb。</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）辐射剂量率限值要求。</p> <p>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）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（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；职业人员周有效剂量不超过100μSv；公众周有效剂量不超过5μSv。）。</p>	245
污染防治措施	<p>固废：（1）本项目<sup>75</sup>Se及<sup>192</sup>Ir放射源强度低于使用要求时，放射源退役。γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置到达使用年限（10年）进行退役。</p> <p>（2）γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置达到使用年限（10年）需报废退役。</p> <p>（3）本项目产生的废显（定）影剂，第一、第二次冲洗废水及废胶片集中暂存危废库后，交给有资质单位处理。</p> <p>（4）第三次及以上冲洗废水排入城市污水管网。</p>	<p>（1）建设单位与γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置、放射源生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置、放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。</p> <p>（2）建设单位与生产销售单位签订返回协议，按照协议规定返回生产单位或原出口方。</p> <p>（3）交由有资质单位处理。</p> <p>（4）第三次及以上冲洗废水排入城市污水管网。</p>	每年投入
	<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</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</p>	/

	过风机将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室，能确保每小时有限通风换气次数不小于3次。	响较小。	
辐射安全措施	<p>本项目2座探伤房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；拟在探伤房曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“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；探伤房曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志；拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮。工件门及人员门拟设置紧急开门按钮。探伤房曝光室均拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。同时探伤房曝光室内配备监视监控装置。</p> <p>本项目1号探伤房设置1个专用源库，用于储存本项目4台γ射线探伤机。源库防护门上拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；同时安装红外报警及监控探头，对源库实时监控；源库拟设置双人双锁，并由专人负责，γ射线探伤机出入库时应进行监测并有详细记录。</p> <p>移动探伤项目配备警戒绳1000m、电离辐射警告标志9个，“预备”“照射”状态的指示灯4个，声音提示装置1个，“禁止进入射线工作区”控制区警告牌4个，“无关人员禁止入内”监督区警告牌4个，16mm铅屏风2个，4mm铅屏风2个。</p>	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求。	2
	拟配备3台辐射巡测仪及6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。	3

以上措施必须在项目运行前落实。