

核技术利用建设项目
雷茨智能装备(赣州)有限公司
X 射线探伤机及探伤室应用项目
环境影响报告表

雷茨智能装备(赣州)有限公司

2025 年 10 月

环境保护部监制

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	7
表 6 评价依据	8
表 7 保护目标与评价标准	10
表 8 环境质量和辐射现状	16
表 9 项目工程分析与源项	22
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	55
表 13 结论与建议	60
表 14 审批	64

表 1 项目基本情况

建设项目建设项目名称	雷茨智能装备(赣州)有限公司 X 射线探伤机及探伤室应用项目						
建设建设单位	雷茨智能装备(赣州)有限公司						
法人代表	/	联系人	/	联系电话	/		
注册地址	江西省赣州市赣州经济技术开发区华昌路 88 号						
项目建设地点	江西省赣州市赣州经济技术开发区华昌路 88 号， 公司 5#车间一层内东南侧位置						
立项审批部门	——		批准文号	——			
建设项目建设项目总投资 (万元)	35	项目环保投 资(万元)	7.5	投资比例(环保 投资/总投资)	21.4%		
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 ²)		
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类	<input type="checkbox"/> II 类	<input type="checkbox"/> III类	<input type="checkbox"/> IV类	<input type="checkbox"/> V类
	放射源	<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				
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 销售	/				
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙				
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类				
	射线装置	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类				
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类				
	其他	/					

1 项目概述

1.1 建设单位简介

雷茨智能装备(赣州)有限公司成立于 2022 年 10 月 26 日，注册地位于江西省赣州市赣州经济技术开发区华昌路 88 号，法定代表人为吴炎光。

经营范围包括许可项目：特种设备制造，特种设备设计，特种设备检验检测，特种设备安装改造修理；一般项目：风机、风扇制造，风机、风扇销售，气体压缩机械制造，气体压缩机械销售，制冷、空调设备制造，制冷、空调设备销售，泵及真空设备制造，泵及真空设备销售，通用设备制造（不含特种设备制造），电机及其控制系统研发，信息系统集成服务，合同能源管理，物联网技术研发，技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广，环保咨询服务，非居住房地产租赁，污泥处理装备制造，货物进出口，技术

进出口，电容器及其配套设备制造，电容器及其配套设备销售，特种设备销售。

目前雷茨智能装备(赣州)有限公司《赣州雷茨磁悬浮装备研发生产建设项目》于2024年3月27日取得赣州市生态环境局赣州经济技术开发区分局环评批复：赣经开环审(2024)13号，于2025年5月18日完成自主验收且已公示，雷茨智能装备(赣州)有限公司已进行固定污染源排污登记回执，有效期至2030年3月16日，登记编号：91360703MAC2QW7P92001Z。

本项目地理位置示意图见附图1，主体项目环评手续见附件二。

1.2 拟建项目概况

为满足公司生产需求，保证生产的压力容器质量，公司拟于5#车间一层内东南侧位置建设一处X射线探伤工作场所（中心坐标为东经114° 88' 99.10"，北纬25° 88' 81.21"），包括探伤室、操作室/评片室、暗室及危废暂存间，拟购置1台XXG-2505型X射线探伤机，用于固定(室内)场所无损检测。

本次评价涉及的X射线探伤机用于工业X射线探伤，属II类射线装置，属主体工程的配套项目。根据建设单位提供资料，本项目射线装置仅在探伤室内使用，属在固定场所进行探伤。

本项目拟新配备3名辐射工作人员，其中1名辐射管理人员，2名探伤操作人员，专职负责本项目工作。

本次评价的射线装置情况详见表1-1。

表1-1 本次评价涉及的射线装置一览表

装置名称	型号	数量	最大管电压	最大管电流	类别	使用场所	照射方向	备注
X射线探伤机	XXG-2505型	1台	250kV	5mA	II类	探伤室内	定向向西	拟购置

本项目探伤室暂未建设，不涉及未批先建。探伤室配套的操作室/评片室、暗室等房间将与探伤室同步建设，目前尚未建设。

1.3 项目目的及任务由来

通过X射线探伤机产生的X射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部分和完好部分的透射强度不同，底片上相应部分会呈现黑度差，评片人员根据黑度变化判断探件是否存在缺陷以及缺陷类型等，通过及时将检测结果进行反馈，使工作人员调整生产工艺参数等，从而确保公司生产产品的质量。

X射线探伤机在工作过程中可能对环境产生一定的辐射影响。为保护环境和公众利益，

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目中使用Ⅱ类射线装置，应编制环境影响报告表。

受雷茨智能装备(赣州)有限公司的委托，山东丹波尔环境科技有限公司对X射线探伤机及探伤室应用项目进行环境影响评价。接受委托后，在进行现场勘察、充分收集和分析有关资料、实地辐射环境监测以及预测估算等基础上，依照《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），编制了本项目的环境影响报告表。

1.4 项目周边保护目标及选址合理性

本项目拟建探伤室位于雷茨智能装备(赣州)有限公司车间内，雷茨智能装备(赣州)有限公司位于江西省赣州市赣州经济技术开发区华昌路88号。公司东侧为梨园路，南侧为华昌路，西侧为华昌路，北侧赣州万吉智慧供应链物流园。

根据不动产权证（赣[2023]赣州市不动产权第0041518号），公司厂房用地为工业用地，本项目位于公司5#车间内（属不动产权证7号厂房），不新增用地。探伤室拟建于5#车间一层内东南侧位置，其东侧为操作室/评片室、暗室、危废暂存间（拟建设）、配电房、电梯、货梯、卫生间、公司6#车间；西侧为打压测试房（拟建设）、焊接实验室（拟建设）、车间生产区域；南侧为园区道路、厂外道路；北侧为激光机工作区域、园区道路、公司2#车间、公司3#车间；上方为5#车间二层仓库。拟建区域周围50m范围内保护目标共有3处，分别为探伤室北侧37m处公司2#车间；东侧20m处公司6#车间；北侧42m处公司3#车间。

本项目周边环境关系影像图见附图2，公司总平面布置图见附图3，公司5#车间一层平面布置图见附图4，公司5#车间一层平面布置图见附图5。

本项目探伤室附近区域50m范围内无学校、医院、民居等环境保护敏感目标，探伤室四周人员较少停留，X射线探伤室在车间内独立设置，布局合理，屏蔽能力符合相关标准要求，选址充分考虑了周围场所人员防护与安全，避开人群稠密区域，故本项目工作场所选址合理。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

本项目属公司首次开展的核技术利用项目，不涉及原有核技术利用情况。

1.6 评价目的

- (1) 采用现场监测对建设项目所在地的辐射环境背景水平进行调查，掌握本项目的辐射环境背景水平；
- (2) 对项目建成投入运行后的辐射环境影响做出分析评价；
- (3) 对不利影响提出相应的环境保护措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低的水平”；
- (4) 给出明确的环评结论，满足国家、省、市生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为有关部门的辐射环境管理提供科学依据。

1.7 评价因子及评价重点

本项目属于新建工程项目，项目的污染因子为X射线探伤机产生的电离辐射。本次评价采用X- γ 辐射剂量率作为评价因子，重点评价电离辐射对环境敏感人群的影响。

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无

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	核素 种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器, 包括医用、工农业、科研、教学等各种类型加速器

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
无	无	无	无	无	无	无	无	无	无	无

(二) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1 台	XXG-2505 型	250	5	无损检测 (工业探伤)	探伤室内	定向向西 照射

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

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

表 5 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
废显(定)影液	液态	/	/	/	96kg	/	暂存在危废暂存间	交由有相应资质的危废处置单位处置
废胶片	固态	/	/	/	48kg	/		
非放射性气体	气态	/	/	少量	少量	/	/	通过通风口及通风管道排至 5#车间南侧外环境

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 709 号令，2019 年 03 月 02 日第二次修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令第 20 号(2)，2021 年 01 月 04 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 4 月 18 日起施行；</p> <p>(8) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，[2017]66 号公告，2017 年 12 月 6 日起施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 01 月 01 日起施行；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理规定》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环保总局，环发[2006]145 号；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年第 57 号公告）；</p> <p>(14) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，2017 年 11 月 22 日起施行；</p> <p>(16) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，部令第 36 号，2025 年 1 月 1 日起施行。</p>
------------------	--

技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(6) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及修改单；</p> <p>(7) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；</p> <p>(8) 《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ2025-2012)；</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)；</p> <p>(10) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(11) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)。</p>
其他	<p>(1) 雷茨智能装备(赣州)有限公司X射线探伤机及探伤室应用项目环境影响报告委托书；</p> <p>(2) 雷茨智能装备(赣州)有限公司提供的防护设计图纸及其他相关资料；</p> <p>(3) 《中国环境天然放射性水平》，原子能出版社，2015年7月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016) 规定要求：“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。

根据本项目特点，本项目辐射环境评价范围：探伤室实体屏蔽边界外 50m 的范围内区域，详见附图 2。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。其中职业人员为使用 X 射线探伤机进行探伤的职业工作人员，公众成员为探伤室周围环境保护目标处人员，以及探伤室周围偶然经过的其他公众。

表 7-1 评价范围内主要保护目标情况

本项目	环境保护目标	方位	场所	距离	人数	年剂量约束值
拟建探伤室	探伤操作人员	探伤室东侧	操作室/评片室、暗室	紧邻	2 人	5mSv
			配电房	3m~9m	流动人员	0.1mSv
			电梯、货梯及卫生间	9m~20m	流动人员	
			公司 6#车间（钣金加工）	20m~50m	20 人	
	公众成员	探伤室北侧	车间道路	2m~15m	流动人员	
			激光机工作区域	15m~25m	3 人	
			园区道路	25m~37m	流动人员	
			公司 2#车间（机加工）	37m~50m	20 人	
		探伤室南侧	公司 3#车间（整机组装/测试）	42m~50m	25 人	
		探伤室上方	园区道路及厂外道路	2m~50m	流动人员	
		探伤室周围	公司 5#车间二层仓库	4.35m~8.35m	流动人员	

7.3 评价标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

标准中附录B规定：

B1 剂量限值：

B1. 1 职业照射

B1. 1. 1 剂量限值

B1. 1. 1. 1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：a) 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；

本项目取其四分之一即 5mSv 作为职业工作人员的剂量约束值。

B1. 2 公众照射

B1. 2. 1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为公众成员的剂量约束值。

2. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

标准规定了X射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

标准适用于使用 600kV 及以下的X射线探伤和 γ 探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤机和移动式探伤机）。

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。

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

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

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 探伤室内应安装急停开关或拉绳, 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 探伤操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。

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。

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

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 500kV 以下工业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 散射辐射考虑已 0° 入射探伤工件的 90° 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，当他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。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

本项目拟建探伤室所配备使用的 X 射线探伤机电压等级为 250kV，低于 500kV，可依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单中相应的公式、图、表进行理论计算。具体计算内容及采用的相关公式、图、表详见本报告 11-2 小节。

4. 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

4 总体要求

4.1 产生、收集、贮存、利用、处置危险废物的单位应建造危险废物贮存设施或设置贮存场所，并根据需要选择贮存设施类型。

4.2 贮存危险废物应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和环境风险等因素，确定贮存设施或场所类型和规模。

4.3 贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触。

4.5 危险废物贮存过程产生的液态废物和固态废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。

4.7 HJ 1259 规定的危险废物环境重点监管单位，应采用电子地磅、电子标签、电子管理台账等技术手段对危险废物贮存过程进行信息化管理，确保数据完整、真实、准确；

采用视频监控的应确保监控画面清晰，视频记录保存时间至少为3个月。

4.8 贮存设施退役时，所有者或运营者应依法履行环境保护责任，退役前应妥善处置贮存设施内剩余的危险废物，并对贮存设施进行清理，消除污染；还应依据土壤污染防治相关法律法规履行场地环境风险防控责任。

4.10 危险废物贮存除应满足环境保护相关要求外，还应执行国家安全生产、职业健康、交通运输、消防等法律法规和标准的相关要求。

7 容器和包装物污染控制要求

7.1 容器和包装物材质、内衬应与盛装的危险废物相容。

7.3 硬质容器和包装物及其支护结构堆叠码放时不应有明显变形，无破损泄漏。

7.4 柔性容器和包装物堆叠码放时应封口严密，无破损泄漏。

7.5 使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部应留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形。

7.6 容器和包装物外表面应保持清洁。

5.《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）

6.1 危险废物贮存可分为产生单位内部贮存、中转贮存及集中性贮存。所对应的贮存设施分别为：产生危险废物的单位用于暂时贮存的设施；拥有危险废物收集经营许可证的单位用于临时贮存废矿物油、废镍镉电池的设施；以及危险废物经营单位所配置的贮存设施。

6.2 危险废物贮存设施的选址、设计、建设、运行管理应满足GB18597、GBZ1和GBZ2的有关要求。

6.3 危险废物贮存设施应配备通讯设备、照明设施和消防设施。

6.4 贮存危险废物时应按危险废物的种类和特性进行分区贮存，每个贮存区域之间宜设置挡墙间隔，并应设置防雨、防火、防雷、防扬尘装置。

6.6 废弃危险化学品贮存应满足GB15603、《危险化学品安全管理条例》、《废弃危险化学品污染环境防治办法》的要求。贮存废弃剧毒化学品还应充分考虑防盗要求，采用双钥匙封闭式管理，且有专人24小时看管。

6.8 危险废物贮存单位应建立危险废物贮存的台帐制度，危险废物出入库交接记录内容应参照本标准附录C执行。

表 7-2 本项目控制水平汇总表

序号	类别	标准要求
----	----	------

1	年有效剂量约束值	探伤操作人员	5mSv/a
		公众成员	0.1mSv/a
2	周剂量控制水平	探伤工作场所	100 μ Sv/周
		公众场所	5 μ Sv/周
3	周围剂量当量控制水平	探伤室墙体和防护门屏蔽体外 30cm 处	2.5 μ Sv/h
		探伤室室顶上方 30cm 处	
4	通风换气		有效通风换气次数 不小于 3 次/h

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理及场所位置

公司位于江西省赣州市赣州经济技术开发区华昌路 88 号，本项目所在 5#车间为四层砖混结构厂房，车间总高约 21.7m，车间一层高约 7.9m。探伤室拟建于公司 5#车间一层内东南侧位置，紧邻车间南墙。

其探伤室四周情况详见表 8-1，现场勘察情况见图 8-1，探伤室平面布置图见附图 5。

表 8-1 探伤室拟建区域周围 50m 范围内环境一览表

方向	场所名称	距离
东 面	操作室/评片室、暗室、危废暂存间（拟建设）	紧邻
	配电房	3m~9m
	电梯、货梯及卫生间	9m~20m
	公司 6#车间（钣金加工）	20m~50m
西 面	打压测试房（拟建设）	3m~8m
	焊接实验室（拟建设）	10m~18m
	车间生产区域	18m~50m
南 面	园区道路及厂外道路	2m~50m
北 面	车间道路	2m~15m
	激光机工作区域	15m~25m
	园区道路	25m~37m
	公司 2#车间（机加工）	37m~50m
	公司 3#车间（整机组装/测试）	42m~50m
上 方	公司 5#车间二层仓库	4.35m~8.85m





图 8-1 拟建区域周围环境现场勘察图（2025 年 9 月）

8.2 评价的对象、监测因子和监测点位

本次评价对项目拟建区域以及周围环境进行布点检测，以检测该区域周围的辐射环境现状。检测内容如下所示：

1、环境现状评价对象

本次检测主要了解项目拟建区域及周围辐射环境现状。

2、监测因子

γ 辐射剂量率。

3、监测点位

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，本次评价对项目拟建区域及周围布设 10 个监测点位，以检测拟建区域及周围环境的辐射环境现状。监测布点示意图见图 8-2。

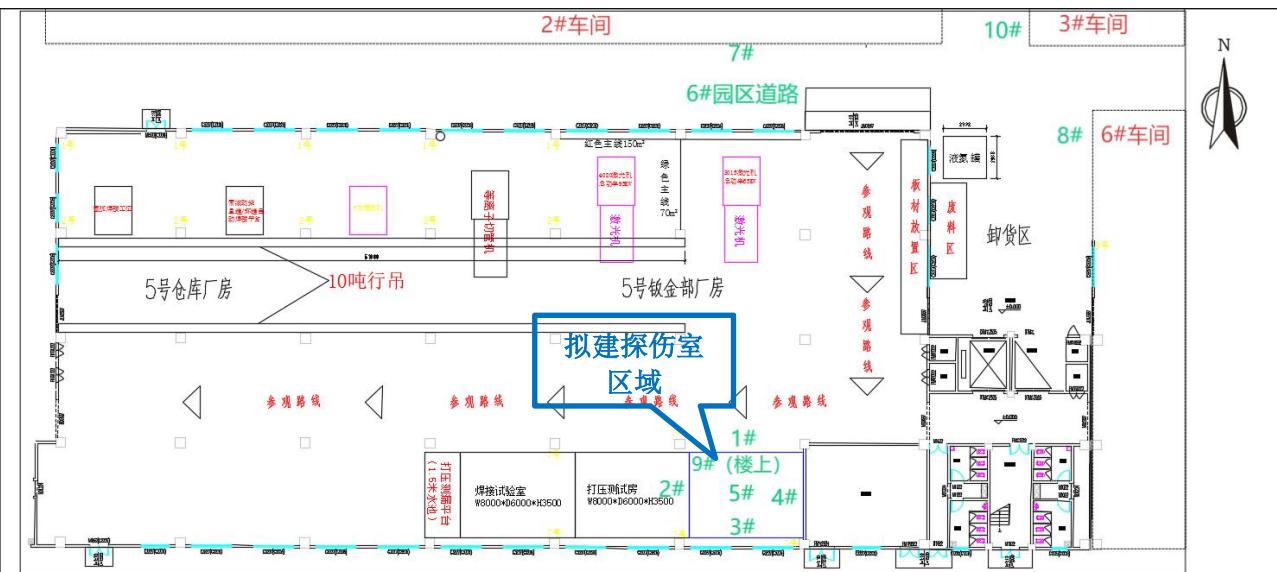


图 8-2 监测布点示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

1、监测目的

了解本项目拟建探伤室所在位置及周边区域的辐射环境现状。

2、监测方式

使用便携式 X- γ 剂量率仪进行现场监测。

3、监测地点

本项目拟建探伤室所在位置及周围保护目标。

4、监测内容

本项目拟建探伤室所在位置及周围保护目标的 γ 辐射剂量率。

5、结果记录及数据处理

本次监测结果填写在辐射剂量监测专用监测记录纸上，监测完成后对监测结果进行数据处理，扣除宇宙射线响应值的干扰。

6、监测仪器

环境监测仪器参数见表 8-2。

表 8-2 测量仪器主要技术参数一览表

序号	项目	参数
1	仪器名称	便携式 X- γ 剂量率仪
2	仪器型号	FH40G+FHZ672E-10

3	系统主机测量范围	10nGy/h~1Gy/h
4	探测器测量范围	1nGy/h~100 μ Gy/h
5	系统主机能量范围	36keV~1.3MeV
6	探测器能量范围	30keV~4.4MeV
7	能量范围	33keV~3MeV; 相对固有误差-7.9% (相对于 ^{137}Cs 参考 γ 辐射源)
8	检定单位	山东省计量科学研究院
9	检定证书编号	Y16-20247464
10	检定有效期至	2025年12月22日

8.3.2 质量保证措施

- 1、合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- 2、监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- 3、监测仪器每年定期经计量部门检定/校准，检定/校准合格后方可使用；
- 4、每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；
- 5、由专业人员按照操作规程操作监测仪器，并认真做好记录；
- 6、监测报告严格实行校对、校核、审定三级审核制度，专人负责质量保证及核查、检查工作。

8.3.3 监测结果

监测单位于2025年9月24日对本项目拟建探伤室及周围保护目标的 γ 辐射剂量率现状进行监测，根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)标准要求对监测结果进行处理，处理公式如下。

$$D_{\gamma} = K_1 \times K_2 \times R_{\gamma} - K_3 \times D_c \quad (\text{式 8-1})$$

D_{γ} ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

K_1 ——仪器检定/校准因子，监测仪器的检定因子为1.07；

K_2 ——仪器检验源效率因子，本项目取1；

R_{γ} ——仪器测量读数均值；

K_3 ——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；

D_c ——监测仪器宇宙射线响应值，宇宙射线的响应值于2024年12月27日在山东省莱芜雪野湖进行监测。本项目使用的监测仪器已根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)进行宇宙射线相应测量，宇宙射线响应值均值为13.4nGy/h；监测仪器宇宙射线响

应值监测点经纬度、海拔高度信息(东经:117° 30' 5.12", 北纬 36° 27' 38.59", 海拔高度:234m)与本项目监测点经纬度、海拔高度信息(东经 114° 88' 99.10" , 北纬 25° 88' 81.21" , 海拔高度 123m), 因此根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)附录 D D. 1 修正公式进行修正计算, 即本项目仪器在测点处宇宙射线响应值均值为 13. 5nGy/h。

相关监测报告见附件五。现状监测结果见表 8-3。

表 8-3 γ 辐射剂量率监测结果 单位: nGy/h

点位	点位描述	监测结果	标准差
1#	探伤室拟建区域北侧	173. 3	1. 1
2#	探伤室拟建区域西侧	163. 1	1. 0
3#	探伤室拟建区域南侧	166. 9	1. 1
4#	探伤室拟建区域东侧	162. 8	1. 2
5#	探伤室拟建区域中间位置	168. 1	1. 2
6#	园区道路	161. 3	1. 0
7#	探伤室北侧公司 2#车间南墙外 1m 处	159. 4	1. 3
8#	探伤室北侧公司 6#车间西墙外 1m 处	162. 3	1. 1
9#	探伤室上方二层仓库距地面高 1m 处	163. 4	1. 2
10#	探伤室北侧公司 3#车间西墙外 1m 处	160. 5	1. 4

注: 1. 点位 1#~5#、9#均位于室内, 检测时地面为地坪胶; 点位 6#~8#、10#均位于室外, 检测时地面为水泥;
2. 检测时, 仅检测探伤室拟建区域及探伤室与各保护目标之间的最近点位。

8.4 小结

由表 8-3 的监测结果可知: 本项目拟建探伤室所在位置及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率室内现状监测值在 (162. 8~173. 3) nGy/h 之间, 室外现状监测值在 (159. 4~162. 3) nGy/h 之间, 均处于赣州地区环境天然放射性本底范围内 (赣州地区室内本底值为 46. 3~327. 1nGy/h; 原野及道路本底值为 20. 7~287. 8nGy/h), 摘自《中国环境天然放射性水平》第 406 页表 6)。

综上所述, 本项目场址及周围辐射环境质量现状良好。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

本项目内容为建设探伤室1间及辅助房间操作室/评片室、暗室及危废暂存间，并在探伤室内配备1台XXG-2505型X射线探伤机。根据建设单位提供的资料，本项目使用的X射线探伤机的技术参数见表9-1。

表9-1 本项目X射线探伤机主要技术参数表

型号	最大管电压	最大管电流	最大穿透 A3钢厚度	焦点尺寸	射线管辐射角	射束
XXG-2505型	250kV	5mA	24mm	2.5*2.5	45°	定向

9.1.1 设备组成

X射线探伤机主要由X射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成。X射线发生器为组合式，X射线管、高压变压器与绝缘体一起封装在桶装套内；X射线发生器一端装有风扇和散热器，并配备探伤机系统表征工作状态的警示灯。控制器采用了先进的微机控制系统，可控硅规模快速调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。

X射线管结构示意图详见图9-1。

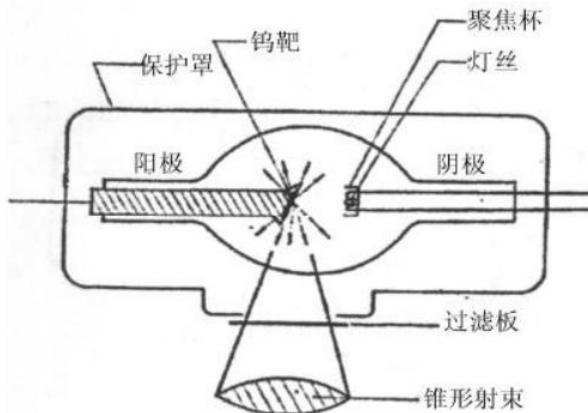


图9-1 X射线管结构示意图

9.1.2 工作原理

探伤机的工作原理是利用材料厚度不同对射线吸收程度的差异，通过射线透射摄片，从软片上显示出材料、零件及焊缝的内部缺陷。即X射线探伤机主要是利用X射线管产生的X射线透照被检测时，在被检物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度会不同。探伤机根据这一原理，用胶片记录被检物信息，经过暗室处理后得到底片，根据其影像黑度获得

被检物的有关信息，将被检物中的缺陷显现出来，以确定缺陷的位置、大小、形状和种类。

X射线探伤机工作原理示意图详见图9-2。

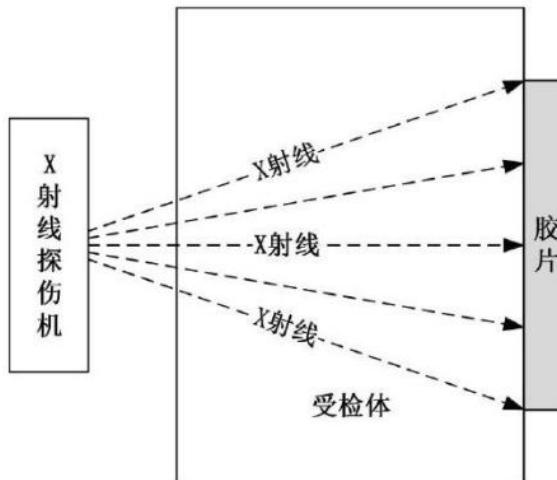


图9-2 X射线探伤机工作原理示意图

9.1.3 工作方式及工作流程

1、X射线探伤机训机流程

本项目使用X射线探伤机开展无损探伤前，需对设备进行训机工作，每次训机均在探伤室内进行。每台设备使用之前应制作相应的曝光曲线，并定期对曝光曲线进行校验。新购或大修后的设备应重新制作曝光曲线，曝光曲线制作过程也产生X射线。根据建设单位提供资料，一般情况下，设备首次购买后以及返厂维修后，均由厂家进行训机和制作曝光曲线。训机工作流程如下：

(1) 探伤操作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪，在确认探伤室内设备处于停机状态后，进入探伤室机房内清场，确认机房内无人员逗留，离开机房，关闭防护门，通过视频监控等再次确认机房内无人停留，无异常情况。

(2) 设备进入训机状态。辐射工作人员在操作台操作控制X射线探伤机，在关闭X射线束的情况下，让冷却器运行大约5分钟，以消除管内或冷却剂软管中的气泡，再使用高压系统的预热程序，以大焦点预热X射线管，从低千伏值一点一点地往高提升，在正常情况下，X射线管应能够轻松达到规定的最大电压，并在全功率下保持几分钟后结束，待训练指示灯熄灭后，训机结束。

(3) 训机工作完成，训机流程结束。

2. 本项目探伤机工作流程如下：

- (1) 探伤操作人员进入探伤室时，携带便携式X- γ 剂量率仪以及佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，打开探伤室通风换气系统；
- (2) 将所需检测的工件运至探伤室内，摆放在适当位置固定好，在检测部位贴胶片并做标记；
- (3) 辐射工作人员对探伤室内外进行巡查，清场，确保室内无人员滞留，关闭防护门。
- (4) 在操作台设置此次探伤所需设备参数，通过视频监控再次确定探伤室内无人员停留，辐射工作人员开启X射线探伤机，设备出束，开始探伤作业。
- (5) 探伤作业结束后，设备停止出束，关闭X射线探伤机。
- (6) 辐射工作人员进行图像处理，然后审片、评片，出具评定结果。探伤结束后，做好相关记录（影像、照片和现场记录资料等），与工作方案一并存档备用。

本项目无损检测工作均在探伤室内完成，X射线探伤机工艺流程图如下。

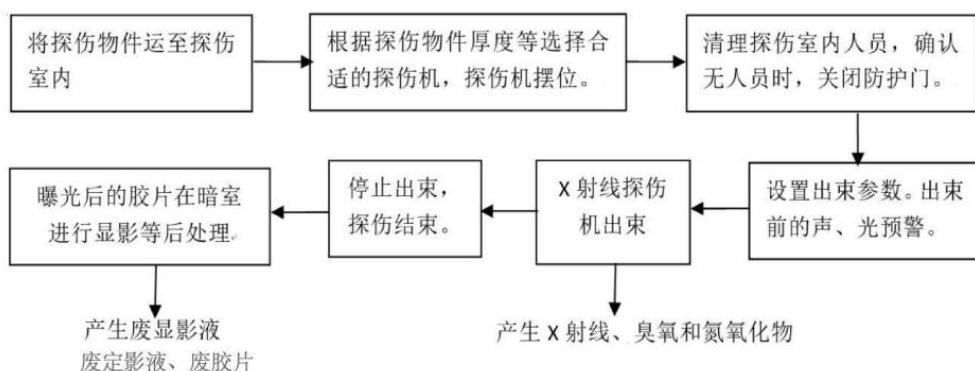


图 9-3 X 射线探伤机工作流程图

9.1.4 探伤作业范围

根据公司提供资料及探伤机使用特性等，X射线探伤机工作时，探伤机探伤作业时机位范围为矩形区域，有用线束方向为向西定向照射，探伤机距探伤室地面最高垂直距离为1.2m（该探伤机出束点距离地面范围0.5m~1.2m），探伤机出束点距南墙的最近水平距离为1.5m，距北墙的最近距离为2.07m，距东墙的最近水平距离为1.0m，距西墙的最近水平距离为1.5m，距大防护门的最近水平距离为2.55m，距小防护门的最近水平距离为2.9m，距室顶的最近距离为2.0m。本项目探伤机探伤作业范围详见图9-4。

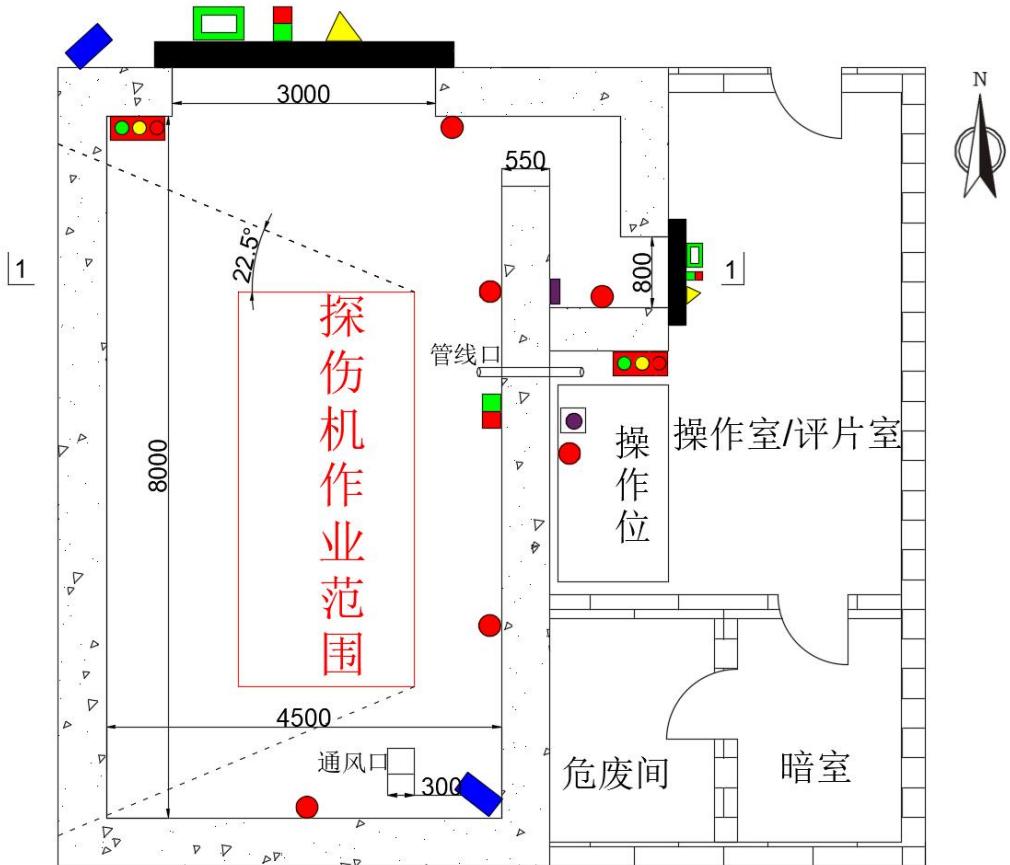


图 9-4 (a) 探伤机探伤作业范围平面图 (mm)

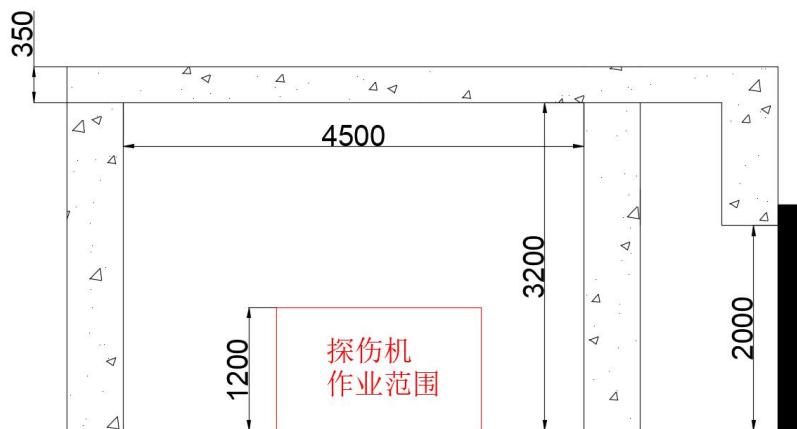


图 9-4 (b) 探伤机探伤作业范围 1-1 剖面图 (mm)

(1) 人员配备

公司拟配备3名辐射工作人员，其中1名专职辐射安全管理工作，2名专职探伤作业。公司拟安排辐射工作人员于国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行自主学习，并参加考核，经考核合格后方可上岗。

(2) 工作负荷

本项目正常运行阶段, 年总拍片量约 4800 张, 每天开机曝光时间约 2h (包括训机和正常探伤检测), 年开机曝光时间约 400h。辐射工作人员每周工作 5 天, 每年工作 40 周, 具体工作负荷见下表。

表 9-2 工作负荷一览表

设备	产污环节	日出束时间	周曝光时间	年曝光时间
XXG-2505型 X射线探伤机	训机	10min	0.83h	33.2h
	正常探伤	110min	9.17h	366.8h
	累计	2h	10h	400h

9.3 污染源项描述

(1) 辐射污染源分析

由X射线装置的工作原理可知, 高速电子与靶物发生碰撞, 就会产生轫致辐射X射线和低于入射电子能量的特征X射线, 当电子在靶核附近通过, 被靶核的库仑场减速时, 电子的部分动能转化为相等能量的X射线发射出来, 即轫致辐射X射线。因此, X射线装置在工作时会产生较高能量的X射线, 少量的X射线泄漏和散射射线, 对周围环境造成辐射污染影响。

X射线是中性光子流, 与物质相互作用方式相同。X射线发生器的管电压越高, 它所产生的X射线束的能量越大即穿透物质的能量越强。但随着电源的关闭, X射线也随之消失, 对周围环境和人体健康无影响。因此, 在开机运行状态下, X射线成为污染因子。

X射线在开机运行时产生, 关机时消失, 没有剩余辐射。

(2) 非辐射污染源分析

①废气

辐解废气: 本项目探伤设备工作时产生射线, 会造成探伤室内空气电离, 产生少量的臭氧和氮氧化物。少量臭氧和氮氧化物可通过机械排放方式排出探伤室外环境, 臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气, 这部分废气对周围大气环境影响较小。

②废水

本项目探伤设备工作时无废水产生, 对周边水环境无影响。

③危险废物

拍片、洗片过程中会产生废胶片、废显(定)影液等, 属于危险废物, 废物类别为HW16 感光材料废物, 废物代码为900-019-16, 危险特性为毒性。

结合本项目的工作负荷，每年拍片约4800张，片子在档案室存放7年后即可作为废胶片处理。存档期满以后，平均每张片子约10g，胶片产生量约48kg/a，一般每洗1000张片子约产生废显（定）影液20kg，则本项目废显（定）影液产生量共计约96kg/a。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表9-3。

表9-3 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废胶片	HW16	900-019-16	48kg/a	阅片、胶片存档	固态	聚乙烯、聚氯乙烯	聚乙烯、聚氯乙烯	每次探伤、存档期满	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位进行处置。
2	废显(定)影液	HW16	900-019-16	96kg/a	洗片	液态	AgBr、显(定)影剂及强氧化物	AgBr、显(定)影剂及强氧化物	每次探伤	T	

（3）事故工况

本项目探伤机仅在探伤室内进行探伤作业，探伤室设置有门-机联锁、声光报警等装置，设备必须在防护门全部关闭且各项辐射防护设施正常运行状态下才进行探伤作业，发生事故的概率很小。但是，由于不按照防辐射安全操作规程作业仍可能造成辐射安全事故。本项目潜在的事故工况包括：

- 1) 工作人员在防护门关闭前尚未撤离探伤室，探伤机运行出束导致人员误照射。
- 2) 在安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的探伤室内，导致人员误照。
- 3) X射线探伤装置出现X射线无法停束故障，导致人员误照射。
- 4) 探伤作业过程中，探伤设备未放置在规定区域内进行探伤作业，可能导致探伤室周边辐射剂量率超标。

因此，在使用过程中要定期检查和维护联锁系统及辐射安全保障系统，仪器操作人员应严格按照操作规程进行操作，探伤设备应放置于指定探伤区域内进行探伤作业，每次进行探伤作业前必须要确认探伤室内无人员逗留时，才能开机运行。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局及分区管理

本项目拟建探伤场所位于5#车间内一层东南侧位置，由探伤室、操作室/评片室、暗室及危废暂存间组成，探伤室布置在西侧，操作室/评片室、暗室及危废暂存间布置在探伤室东侧。探伤室北侧设置工件进出的大防护门，探伤室东北侧设置人员进出的小防护门，操作位布置在东侧操作室内，能够避开有用线束照射，布局基本合理。

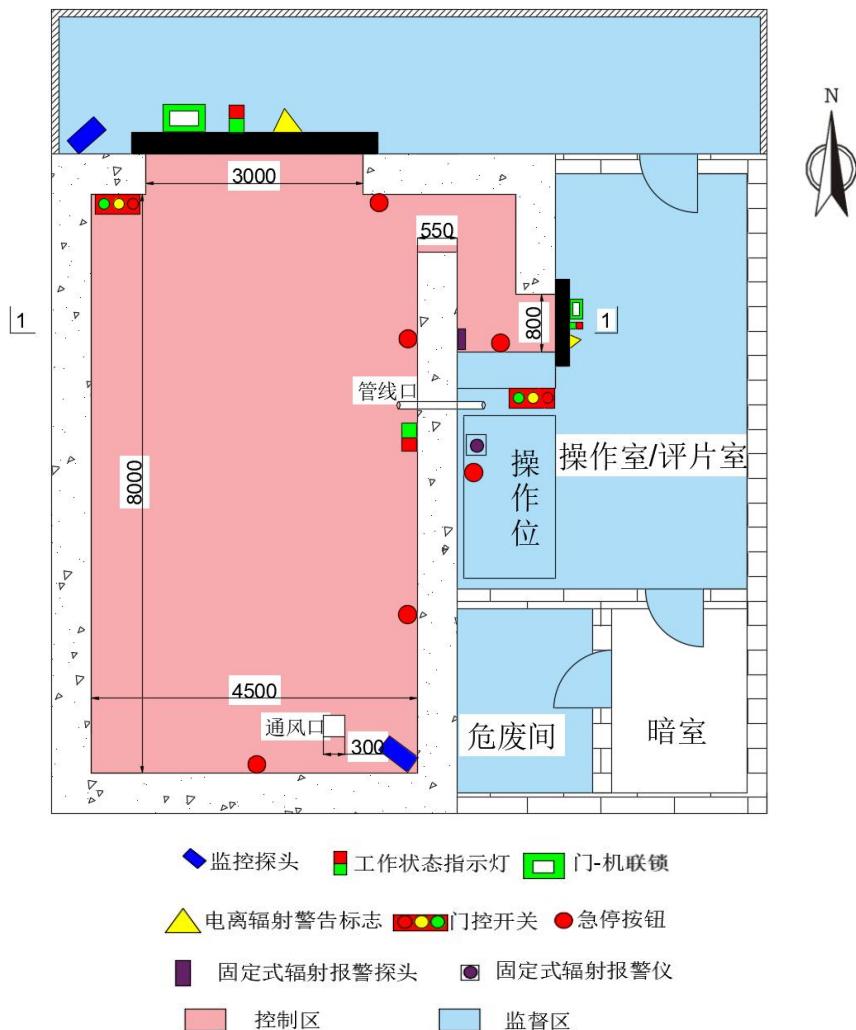


图 10-1 探伤室控制区及监督区划分图

根据《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)中关于辐射工作场所的分区规定，本项目拟将进行探伤作业的探伤室墙体、迷道和防护门围成的内部区域划为控制区；将操作室/评片室、危废暂存间及探伤室北侧工件进出的大防护门外区域(长为9.8m宽为2m的矩形区域；外侧拟设置隔

离带)划为监督区。探伤室控制区及监督区划分情况见图 10-1。

10.1.2 工作场所辐射屏蔽设计

本项目探伤室屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 探伤室屏蔽等主要参数一览表

名 称	设计参数
尺寸(长×宽×高)	探伤室(内径)：长 8m(南北)×宽 4.5m(东西)×高 3.2m 迷道(内径)：长 2.18m(南北)×宽 0.80m(东西)×高 3.2m
面 积	37.7m ²
容 积	120.8m ³
四周墙体屏蔽材质及厚度	550mm 混凝土
室顶屏蔽材质及厚度	350mm 混凝土
底部屏蔽材质及厚度	土层
大防护门 (工件进出门)	门洞尺寸(宽×高)：3.0m×2.5m; 防护门尺寸(宽×高)：3.5m×2.8m; 防护能力为 25mmPb 当量硫酸钡水泥防护砂浆，位于探伤室北侧。 整体为钢结构支架(主承重梁和辅梁焊接结构)，两侧用钢板固定成型，内部填充硫酸钡水泥防护砂浆，墙体之间采用铅板衔接，总厚度为 300mm。 大防护门为电动平移防护门，在导轨支架中移动；防护门与洞口搭接处设计间隙≤10mm，其上、下、左、右与四周墙壁的搭接量分别为 150mm、150mm、250mm 和 250mm，搭接宽度与缝隙比例大于 10:1。
小防护门 (人员进出门)	门洞尺寸(宽×高)：0.8m×2.0m; 防护门尺寸(宽×高)：1.2m×2.3m; 防护能力为 16mmPb 当量硫酸钡水泥防护砂浆，位于探伤室东北侧。 整体为钢结构支架(主承重梁和辅梁焊接结构)，两侧用钢板固定成型，内部填充硫酸钡水泥防护砂浆，墙体之间采用铅板衔接，总厚度为 200mm。 小防护门为手动平移防护门，在导轨支架中移动；防护门与洞口搭接处设计间隙≤10mm，其上、下、左、右与四周墙壁的搭接量分别为 150mm、150mm、200mm 和 200mm，搭接宽度与缝隙比例大于 10:1。
穿线孔	位于探伤室北侧底部，地下 U 型穿孔，穿线孔外设置有铅防护罩，防护能力为 10mmPb。
通风口	位于探伤室室顶东南角(距东墙约 1m、距南墙约 0.5m 处)，通风口尺寸为 300mm×300mm，通风口内侧拟安装轴风流机，外侧拟安装 16mmPb 铅防护罩，设计通风量为 500m ³ /h，探伤室容积为 120.8m ³ ，则每小时有效通风换气次数约 4 次，通风口外拟设置通风管道，将非放射性气体通过通风口及通风管道排至车间南侧外环境，车间南侧为园区道路，日常无人员驻留。满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 标准中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”及“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。”的要求。
注：混凝土密度为 2.35t/m ³ ，硫酸钡水泥防护砂浆密度为 3.5t/m ³ 。	

探伤室待检产品尺寸的最大直径约为 2.0m，最大长度约为 4.5m，使用叉车运输工件，探伤室有足够空间满足工件探伤要求。

10.1.3 辐射安全防护措施

（1）探伤室辐射安全防护措施

- 1) 本项目操作室拟设置在探伤室东侧，避开探伤设备有用线束照射的方向，且与探伤室分开。
- 2) 本项目拟对探伤工作场所实行分区管理。
- 3) 本项目探伤室拟设置门-机联锁装置，确保在大、小防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置可以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，如果大、小防护门被意外打开时，探伤设备能立刻停止出束。
- 4) 探伤室大、小防护门外和内部拟设置显示“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，指示灯和声音提示装置拟设置在防护门上方。“预备”信号可以持续足够长的时间，确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别（“预备”信号和“照射”信号显示的颜色不同，“预备”信号显示为绿色，“照射”信号显示为红色），并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，在探伤室墙上醒目的位置处拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明，指示灯和声音提示装置与防护门联锁。
- 5) 本项目探伤室内东南角和大防护门外拟安装 2 台监控装置，同时在操作室的操作台上拟设置专用的监视器，可观察探伤室内外人员的活动和探伤设备的运行情况。
- 6) 本项目探伤室防护门上拟按照 GB18871 标准要求，设置电离辐射警告标志和中文警示说明。
- 7) 本项目探伤室内部和操作台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。其中操作台拟设置 1 个紧急停机按钮，探伤室内部设置 5 个紧急停机按钮（北墙 1 个、东墙 2 个、南墙 1 个、迷道 1 个），以确保人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮附近拟设置标签，标明使用方法。
- 8) 本项目探伤室拟配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置，报警装置显示器布置在操作台，辐射检测探头安装在迷道内墙上。

（2）探伤室探伤操作的辐射防护措施

- 1) 进入探伤室工作之前，先检查探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及

破损；螺栓等连接件是否连接良好；固定辐射检测仪是否正常。

2) 对于正常使用的探伤室先检查探伤室防护门-机联锁装置是否正常工作、照射信号指示灯是否正常运行。

3) 探伤操作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪，同时要确保个人剂量报警仪能正常工作。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤操作人员立即退出探伤室，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。

4) 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。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

5) 当班使用便携式X- γ 剂量率仪前，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，则先不开始探伤工作。

6) 探伤操作人员正确使用配备的辐射防护装置。

7) 在每一次照射前，操作人员先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，才开始探伤工作。

(3) 其他防护措施

1) 加强X射线探伤装置的检查和维护—每次工作前拟进行日检，并定期检查。X射线探伤装置每年至少维护一次。设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

2) X射线探伤机使用过程中产生的废胶片和废显（定）影液需交由有资质单位回收处置。

3) 本项目探伤室拟配备1台射线装置，每次探伤作业前，辐射工作人员需自行检查探伤室内拟运行设备情况。

4) 本项目探伤室大、小防护门附近设置有紧急开门装置，当遇到突发事件时，可以通过紧急开门装置打开防护门。操作室控制台上设有钥匙开关，在打开控制台钥匙开关后，X射线探伤机才能出束。控制台设有警示标签，禁止非辐射工作人员使用。

综上所述，本项目X射线探伤机控制台的防护措施基本符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关要求。

表 10-2 本项目拟配备辐射防护用品清单一览表

序号	名称	数量
----	----	----

1	个人剂量计	2 支
2	个人剂量报警仪	2 部
3	便携式辐射巡检仪	1 台
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 台
5	铅衣	1 套

10.1.4 X 射线探伤室辐射防护措施符合性分析

雷茨智能装备(赣州)有限公司拟建探伤室辐射防护措施合理性分析采用《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)进行分析,辐射防护措施符合性分析见表10-3。

表 10-3 辐射防护措施符合性分析表

标准防护要求	本项目方案	符合性
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。	本项目探伤室与操作室分开, XXG-2505 型(定向) X 射线探伤机有用线束照射方向为探伤室西侧,操作室位于探伤室东侧,避开了有用线束照射的方向。根据预测,本项目拟建探伤室屏蔽材质及厚度满足防护要求。	符合
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。	本项目探伤工作场所拟划分为控制区和监督区,其中进行探伤作业的探伤室墙体、迷道和防护门围成的内部区域划分为控制区;将操作室/评片室、危废暂存间区域划分为监督区,在监督区边界设置警示线和电离辐射警示标志。	符合
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 $100 \mu\text{Sv/周}$,对公众场所,其值应不大于 $5 \mu\text{Sv/周}$; b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。	①本项目探伤设备对职业工作人员最大周剂量为 $0.10 \mu\text{Sv/周}$,对公众最大周剂量为 $1.73 \mu\text{Sv/周}$,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“6.1.3 a)关注点的周围剂量当量参考控制水平,对于放射工作场所,其值不大于 $100 \mu\text{Sv/周}$,对公众场所,其值应不大于 $5 \mu\text{Sv/周}$ ”的要求。 ②本项目探伤室外 30cm 处周围剂量当量率最大为 $1.63 \mu\text{Sv/h}$,满足“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。	符合
6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:	本项目探伤室顶上方为 5#车间二楼仓	符合

<p>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；</p> <p>b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。</p>	<p>库区域，根据表 11 章节的理论计算，探伤室顶外 30cm 处最大剂量率为 1.63 μ Sv/h，低于标准要求的 2.5 μ Sv/h。</p>	
<p>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。</p>	<p>本项目探伤室的大、小防护门均拟设置门-机联锁装置，当防护门意外开启时，设备停止出束。</p>	符合
<p>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。</p>	<p>本项目探伤室大、小防护门口及内部均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，指示灯和声音提示装置与防护门联锁。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与探伤室使用的其他报警信号有明显区别，在醒目的位置处拟设置有对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p>	符合
<p>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。</p>	<p>本项目探伤室内和大防护门外拟安装监视装置，操作台位置拟设置专用监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。</p>	符合
<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p>	<p>本项目探伤室防护门上拟按要求设置电离辐射警告标志和中文警示说明。</p>	符合
<p>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</p>	<p>本项目探伤室内部墙体拟设置紧急停机按钮，确保人员处于探伤室内任何位置时，都不需要穿过主射线束就能够使用，紧急停机按钮周边拟设置标签，标明使用方法。</p>	符合
<p>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</p>	<p>本项目探伤室内拟设置通风装置，排风管道外口远离人员活动密集区域，每小时</p>	符合

有效通风换气次数应不小于 3 次。	有效通风换气次数约 4 次。	
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目探伤室内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。	符合

由表 10-3 可知，本项目探伤室按相关标准要求进行了设计，探伤室的辐射防护措施符合相关规定要求。公司将委托有相应施工资质的单位进行施工建设，施工严格按照设计要求进行。

10.2 废物的治理

1. 辐解废气的治理

本项目探伤设备在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），臭氧在空气中50分钟后会自动分解为氧气。由于探伤机开机照射时间较短，因此，产生臭氧量很少。在多种氮氧化物（NO_x）中，探伤作业过程中产生的氮氧化物以NO₂为主，其产额约为O₃的三分之一。本项目探伤室内拟设置机械排风装置，每小时有效通风换气次数约4次，保证室内换气率满足 GBZ117-2022 中探伤室每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。

2. 危险废物

拍片、洗片过程中会产生废胶片、废显(定)影液等，属于危险废物，危废编号为HW16 900-019-16，危险特性为毒性，应按照《危险废物贮存污染控制标准》和《危险废物转移管理办法》等要求进行暂存，委托有相应资质的危废处置单位处置，对危险废物实行台账管理。

公司拟将危险废物暂存于危废暂存间内，拟建危废暂存间位于探伤室东南侧，设计尺寸为(长×宽×高)：2.5m×2m×2.5m。拟为本项目配备1个容积为100L的废液桶以及1个尺寸为80cm×40cm×60cm的废胶片箱。危废暂存间具备防风、防雨、防晒、防渗等功能，其外设有规范的警示标志。公司拟对危险废物实行台账管理，定期委托具备危废运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置。

为保证暂存的危险废物不对环境产生污染，危废暂存间的建设需满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）等相关法律法规和标准的要求：

①根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物；

②根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合；

③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应采用坚固的材料建造，表面无裂缝；

④地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗；

⑤采取技术和管理措施防止无关人员进入；

⑥对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志不一致的或类别、特性不明的不应存入；

⑦定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好；

⑧按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存；

⑨建立贮存设施环境管理制度、管理人员岗位职责制度、设施运行操作制度、人员岗位培训制度等。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求，建设单位应对不同种类的危险废物分别存放，从而满足贮存容器符合性和相容性的要求，具体详见表10-4。

表10-4 危险废物贮存、利用、处置设施标志及危险废物标签说明

图例	说明
	<p>①危险废物设施标志背景颜色为黄色，字体和边框颜色为黑色； ②危险废物设施标志字体应采用黑体字，其中危险废物设施类型的字样应加粗放大并居中显示； ③观察距离不大于4m时，标志牌整体外形最小尺寸为300mm×186mm；三角形警告性标志外边长140mm，内边长105mm，边框外角圆弧半径8.4mm；设施类型名称最低文字高度16mm，其他文字8mm； ④危险废物贮存、利用、处置设施标志可采用横版或竖版的形式。</p>

	
	<p>①危险废物标签背景色应采用醒目的橘黄色，标签边框和字体颜色为黑色； ②危险废物标签字体宜采用黑体字，其中“危险废物”字样应加粗放大； ③容器或包装物的容积不大于50L时，标签最小尺寸为100mm×100mm，最低文字高度3mm。</p>
<p>本项目危废进行暂存时，公司拟在存放废显（定）影液的废液桶及废胶片箱上粘贴符合《危险废物识别标志设置技术规范》规定的危险废物标识；废显（定）影液应暂存在防渗漏且无反应的容器内，容器内须留足够空间，并定期对容器（废液桶）、废胶片箱及危废暂存间进行检查，发现破损，应及时采取措施清理更换；将不同类别的危险废物分区存放；同时做好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期、废物出库日期及接受单位名称等；按照《危险废物转移管理办法》相关规定，将本项目产生的废胶片及废显（定）影液委托有资质单位及时转移处置。</p>	
<p>综上所述，危险废物将得到妥善处置，不会对周围环境造成明显影响。</p>	

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目需要建造独立的探伤室 1 间以及辅助房间操作室/评片室、暗室及危废暂存间，施工期主要环境影响因子是土建工程产生的噪声、固体废物、扬尘、废水。本项目在建设阶段不涉及射线装置的使用，故不会对周边产生辐射环境影响。

（1）噪声

本项目产生的噪声声源主要是土建工程，噪声值一般在 65~95dB(A) 之间，对周围环境有一定的影响，但随着施工期的结束，这种影响也会结束。

（2）固体废物

本项目固体废物主要为建筑垃圾和施工人员生活垃圾，建筑垃圾指定地点放置，集中收集，运至城市指定建筑垃圾收集处，不会对环境产生影响。生活垃圾收集后由环卫部门统一清运处理。

（3）扬尘

材料装卸、堆放及施工过程中由于地面干燥松散由风吹所引起的扬尘，及时对场地进行洒水，加强材料转运与使用管理，合理装卸，规范操作，对附近区域环境控制质量不会造成长期影响。

（4）废水

本工程在施工期产生的废水主要包括施工废水和员工生活污水，施工废水全部回用于地面抑尘，生活污水利用公司现有处理设备处理，不会对周边地表水水质造成污染影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测 X 射线探伤机投入使用时的辐射环境影响，计算所使用的公式、图、表均来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单内容。

11.2.1 工作频次和照射时间

本项目正常运行阶段，年总拍片量约 4800 张，每天开机曝光时间约 2h（包括训机和正常探伤检测），年开机曝光时间约 400h。公司拟配备 3 名辐射工作人员，其中 1 名专职辐射安全管理工作，2 名专职探伤作业。2 名辐射工作人员每周工作 5 天，每年工作 40 周，具体工作负荷见下表。

表 11-1 工作负荷一览表

设备	产污环节	日出束时间	周曝光时间	年曝光时间
XXG-2505型 X射线探伤机	训机	10min	0.83h	33.2h
	正常探伤	110min	9.17h	366.8h
	累计	2h	10h	400h

11.2.2 居留因子的选取

本项目根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及修改单附录A.1中表A.1对不同场所与环境条件下的预测点选取不同的居留因子。

表11-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子T	停留位置	本项目停留位置
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区	操作室/评片室、暗室、2#车间、3#车间、6#车间
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	1/4: 探伤室周围驻留公众成员
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	/

11.2.3 关注点剂量控制水平

本项目各关注点剂量参考控制水平理论计算由以下方法确定：

1、周剂量参考控制水平(H_e)和导出剂量率参考控制水平($\dot{H}_{e,d}$)

(1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_e 如下：

职业工作人员： $H_e \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

公众： $H_e \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

(2) 相应 H_e 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{e,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)按式(11-1)计算：

$$\dot{H}_{e,d} = H_e / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 (11-1)}$$

式中：

$\dot{H}_{e,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_e —周剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；探伤室东侧30cm处为辐射工作人员工作场所，周剂量参考控制水平取 $100 \mu\text{Sv/周}$ ；探伤室南侧、西侧、北侧外30cm处为公众活动场所，周剂量参考控制水平取 $5 \mu\text{Sv/周}$ ；顶棚不可达，下方为土壤层。

U—探伤装置向关注点照射的使用因子，本项目取1。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，参考表11-1保守取值。

t—探伤装置周工作时间，本项目X射线探伤机周工作时间为10h。

2、关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c, \max}$

$$\dot{H}_{c, \max} = 2.5 \mu \text{Sv/h}$$

3、关注点剂量率参考控制水平 H_c

H_c 取 $\dot{H}_{c, d}$ 与 $\dot{H}_{c, \max}$ 二者的较小值，本项目各关注点剂量率参考控制水平选取及计算情况见表 11-3。

表11-3 关注点控制剂量水平参数选取及计算结果表

关注点	H_c ($\mu \text{Sv/周}$)	t (h/周)	U	T	$\dot{H}_{c, d}$ ($\mu \text{Sv/h}$)	$\dot{H}_{c, \max}$ ($\mu \text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 H_c ($\mu \text{Sv/h}$)
A (西墙外30cm处)	5	10	1	1/4	2	2.5	2
B (大防护门外30cm处)	5	10	1	1/4	2	2.5	2
C (北墙外30cm处)	5	10	1	1/4	2	2.5	2
D (小防护门外30cm处)	100	10	1	1	10	2.5	2.5
E (东墙外30cm处、操作位)	100	10	1	1	10	2.5	2.5
F (南墙外30cm处)	5	10	1	1/4	2	2.5	2
G (通风口外30cm处)	5	10	1	1/10	5	2.5	2.5
H (室顶外30cm处)	5	10	1	1/10	5	2.5	2.5

11.2.4 辐射屏蔽理论计算公式

本次估算模式参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及修改单，详见式11-2～式11-5。

1. 有用线束在关注点处的剂量率计算公式：

$$H = I \times H_0 \times B \div R^2 \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

H	有用线束在关注点处的剂量率， $\mu \text{Sv/h}$
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， $\mu \text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点(靶点)至关注点的距离， m

2. 屏蔽透射因子计算公式:

$$B=10^{X/TVL} \quad (式 11-3)$$

式中:

B	屏蔽透射因子
X	屏蔽物质厚度
TVL	X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度

3. 泄漏辐射在关注点处的剂量率计算公式

$$H_t=H_l \times B \div R^2 \quad (式 11-4)$$

式中:

H_t	泄漏辐射在关注点处的剂量率, $\mu \text{Sv/h}$
H_l	距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m

4. 关注点的散射辐射剂量率计算公式

$$H_2=I \times H_0 \times B \times F \times \alpha \div (Rs^2 \times R_0^2) \quad (式 11-5)$$

式中:

H_2	关注点的散射辐射剂量率, $\mu \text{Sv/h}$
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, $\mu \text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子
F	R_0 处的辐射野面积, m^2
α	散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比
Rs	散射体至关注点的距离, m
R_0	辐射源点 (靶点) 至工件之间的距离, m

11.2.5 探伤室外关注点剂量率计算

一、主要预测参数选取

1. 已核实建设单位仅确定购买设备型号, 暂未确定购买厂家, 因此未确定具体的过滤条件, 本次保守按照 GBZ/T 250-2014 中 B.1 电压为 250kV 时, X 射线输出量较大的进行计算, 即 X 射线管电压为 250kV、0.5mm 铜过滤条件下输出量为 $16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

X 射线管电压为 250kV 时, X 射线在铅、混凝土中什值层厚度为 2.9mm、90mm (铅的密度为 11.3t/m^3 , 混凝土密度为 2.35t/m^3)。

根据 GBZ/T 250-2014 中 4.2.2, 当管电压 $> 200 \text{kV}$ 时, 取 X 射线装置距靶点 1m 处泄漏辐射

剂量率为 $5 \times 10^3 \mu \text{Sv/h}$ ，即本项目管电压为250kV，X射线装置距靶点1m处泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu \text{Sv/h}$ 。

原始X射线能量为250kV ($200 < \text{kV} \leq 300$) 时，原始X射线90° 散射辐射最高为200kV，200kV对应的铅的什值层厚度为1.4mm，混凝土的什值层厚度为86mm。

本项目定向探伤机辐射角度最大为45°， R_0 处的辐射野面积F为 $\pi \times (R_0 \times \tan 22.5^\circ)^2$ ，则 $R_0^2 / (F \cdot \alpha)$ 为 $R_0^2 \div \pi \div (R_0 \times \tan 22.5^\circ)^2 \div 0.0475 = 39.06$ 。

2. 根据公司提供资料及探伤机使用特性等，探伤机实际工作时会根据工件尺寸调整探伤位置，定向探伤作业范围为探伤室内一个矩形区域，探伤机距探伤室地面最高垂直距离为1.2m，探伤机出束点距南墙的最近水平距离为1.5m，距北墙的最近距离为2.07m，距东墙的最近水平距离为1.0m，距西墙的最近水平距离为1.5m，距大防护门的最近水平距离为2.55m，距小防护门的最近水平距离为2.9m，距室顶的最近距离为2.0m。详见图11-1。

本项目XXG-2505型X射线探伤机辐射角度最大为45°，则有用线束半张角最大为22.5°，当X射线向西照射时， $\tan 22.5^\circ \times 3.5\text{m}$ （探伤区域与西墙的最远距离）≈1.45m，该距离小于探伤机距北墙的最近距离2.0m、南墙的最近距离1.5m及大防护门的最近距离2.55m（详见图11-1(a)浅蓝色线段区域），因此探伤室北墙、南墙及大防护门不会受到有用线束的照射，仅受泄漏辐射和散射辐射的影响。

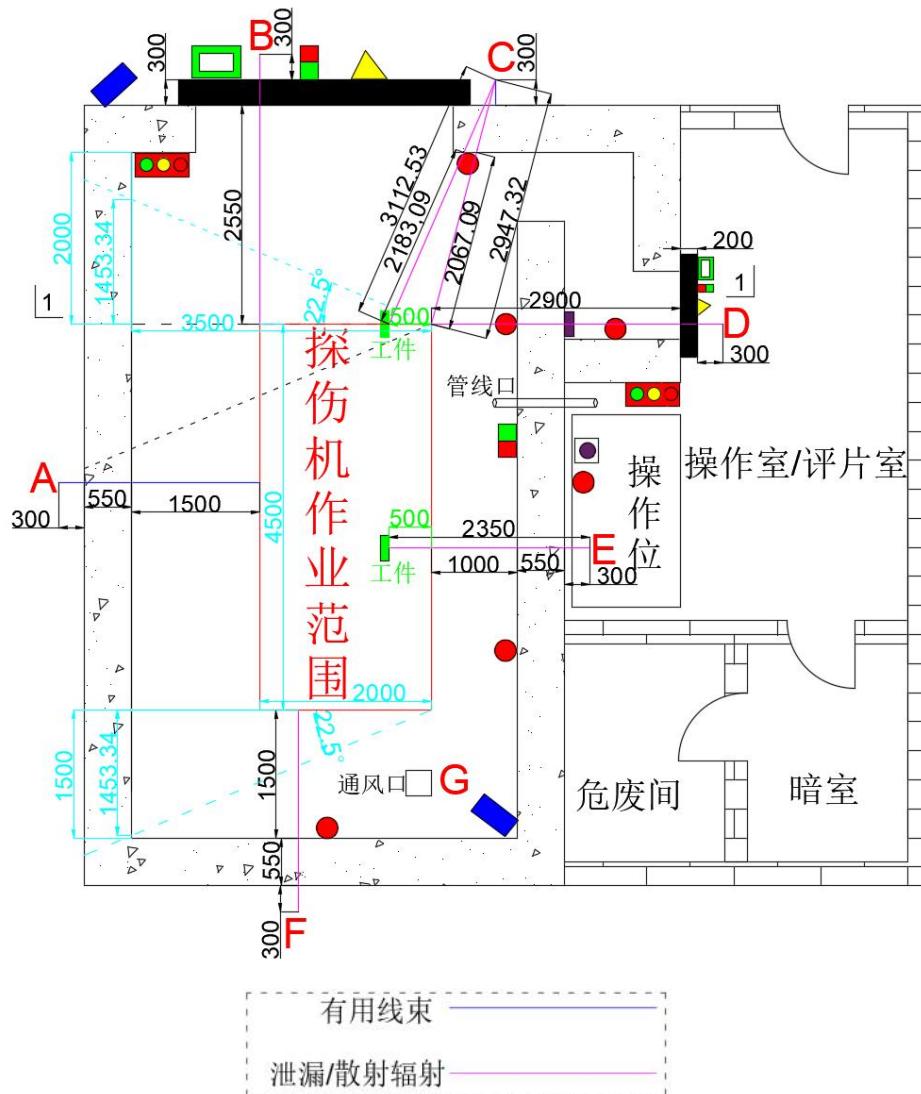


图 11-1 (a) 探伤室四周墙体及防护门预测点示意图 (mm)

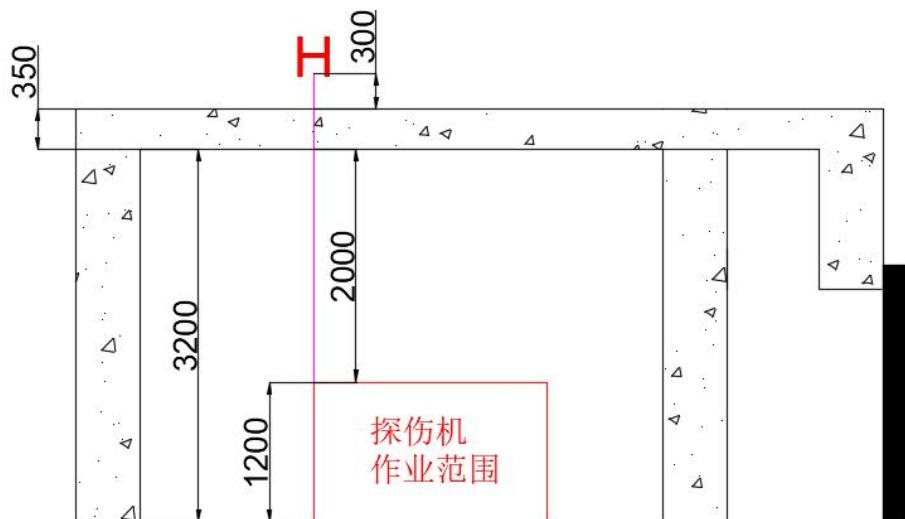


图 11-1 (b) 探伤室室顶预测点示意图 (mm)

二、预测结果

1. 有用线束在预测点处的剂量率

根据式11-2和式11-3, 计算得有用线束在预测点的辐射剂量率, 详见表11-4。

表11-4 有用线束在探伤室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点 1m 处输出量	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离	辐射剂量率 ($\mu \text{Sv}/\text{h}$)
A (西墙外 30cm 处)	5mA	$16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	550mm 混凝土	$10^{- (550/90)}$	2.35m	0.69

注: 2.35m: 距西墙外预测点的距离为靶点距西墙的最近距离+0.55+0.30=1.5+0.55+0.30=2.35m。

根据上表可知, 探伤室西墙外预测点处的最大辐射剂量率为 $0.69 \mu \text{Sv}/\text{h}$, 低于 $2.0 \mu \text{Sv}/\text{h}$ 的剂量率参考控制水平。

2. 泄漏辐射和散射辐射在预测点处的剂量率

(1) 泄漏辐射在预测点处的剂量率

根据式 11-3 和式 11-4, 计算得到泄漏辐射在预测点处的辐射剂量率, 详见表 11-5。

表11-5 泄漏辐射在探伤室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	距靶点 1m 处 X 射线管组裝体的泄漏辐射剂量率	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离 (m)	辐射剂量率 ($\mu \text{Sv}/\text{h}$)
B (大防护门外 30cm 处)	$5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$	25mmPb	$10^{- (25/2.9)}$	$3.15\text{m}^{\textcircled{1}}$	1.21×10^{-6}
C (北墙外 30cm 处)	$5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$	569mm 混凝土	$10^{- (569/90)}$	$2.95\text{m}^{\textcircled{2}}$	2.74×10^{-4}
D (小防护门外 30cm 处)	$5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$	16mmPb+550mm 混凝土	$10^{- (16/2.9+550/90)}$	$3.40\text{m}^{\textcircled{3}}$	1.02×10^{-9}
E (东墙外 30cm 处、操作位)	$5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$	550mm 混凝土	$10^{- (550/90)}$	$1.85\text{m}^{\textcircled{4}}$	1.13×10^{-3}
F (南墙外 30cm 处)	$5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$	550mm 混凝土	$10^{- (550/90)}$	$2.35\text{m}^{\textcircled{5}}$	7.01×10^{-4}
H (室顶外 30cm 处)	$5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$	350mm 混凝土	$10^{- (350/90)}$	$2.65\text{m}^{\textcircled{6}}$	9.20×10^{-2}

注: ① 3.15m : 距大防护门外预测点的距离为靶点距大防护门的最近距离+0.30+0.30=2.55+0.30+0.30=3.15m;

② 2.95m : 距北墙外预测点的距离为靶点距北墙外 30cm 处的最近距离 (通过量取图纸可得) 2.95m ;
(根据 GBZ201.2-2011 中 P6 式 (1) 计算可得, 当 X 射线束以 15° 角斜射入厚度为 550mm 混凝土时, 射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度为 569mm 混凝土);

③ 3.40m : 距小防护门外预测点的距离为靶点距小防护门的最近距离+0.20+0.30=2.90+0.20+0.30=3.40m;

④ 1.85m : 距东墙外预测点的距离为靶点距东墙的最近距离+0.55+0.30=1.0+0.55+0.30=1.85m;

⑤ 2.35m : 距南墙外预测点的距离为靶点距南墙的最近距离+0.55+0.30=1.5+0.55+0.30=2.35m;

⑥ 2.65m : 距室顶外预测点的距离为靶点距室顶的最近距离+0.35+0.30=2.0+0.35+0.30=2.65m。

(2) 散射辐射在预测点处的剂量率

根据式11-3和式11-5, 计算得到散射辐射在预测点处的辐射剂量率, 详见表11-6。

表11-6 散射辐射在探伤室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点1m处输出量	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	散射体至预测点最近距离	辐射剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
B (大防护门外30cm处)	5mA	$16.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	25mmPb	$10^{- (25/1.4)}$	$3.15\text{m}^{\textcircled{1}}$	1.77×10^{-14}
C (北墙外30cm处)	5mA	$16.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	601mm 混凝土	$10^{- (601/86)}$	$3.11\text{m}^{\textcircled{2}}$	1.35×10^{-3}
E (东墙外30cm处、操作位)	5mA	$16.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	550mm 混凝土	$10^{- (550/86)}$	$2.35\text{m}^{\textcircled{3}}$	9.23×10^{-3}
F (南墙外30cm处)	5mA	$16.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	550mm 混凝土	$10^{- (550/86)}$	$2.35\text{m}^{\textcircled{4}}$	9.23×10^{-3}
H (室顶外30cm处)	5mA	$16.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	350mm 混凝土	$10^{- (350/86)}$	$2.65\text{m}^{\textcircled{5}}$	1.54

注: ① 3.15m : 距大防护门外预测点的距离为散射体距大防护门的最近距离 $+0.30+0.30=2.55+0.30+0.30=3.15\text{m}$;

② 3.11m : 距北墙外预测点的距离为散射体距北墙外30cm处的最近距离(通过量取图纸可得) 3.11m ; (根据GBZ201.2-2011中P6式(1)计算可得, 当X射线束以 24° 角斜射入厚度为550mm混凝土时, 射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度为601mm混凝土);

③ 2.35m : 距东墙外预测点的距离为散射体距东墙的最近距离 $+0.55+0.30=1.5+0.55+0.30=2.35\text{m}$;

④ 2.35m : 距南墙外预测点的距离为散射体距南墙的最近距离 $+0.55+0.30=1.5+0.55+0.30=2.35\text{m}$;

⑤ 2.65m : 距室顶外预测点的距离为散射体距室顶的最近距离 $+0.35+0.30=2.0+0.35+0.30=2.65\text{m}$ 。

(3) 预测点处的总剂量率

预测点处的总剂量率由泄漏辐射在该点处剂量率叠加散射辐射在该点处剂量率, 详见表11-7。

表11-7 探伤室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	泄漏辐射($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	散射辐射($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	总剂量率($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
B (大防护门外30cm处)	1.21×10^{-6}	1.77×10^{-14}	1.21×10^{-6}
C (北墙外30cm处)	2.74×10^{-4}	1.35×10^{-3}	1.62×10^{-3}
E (东墙外30cm处、操作位)	1.13×10^{-3}	9.23×10^{-3}	1.04×10^{-2}
F (南墙外30cm处)	7.01×10^{-4}	9.23×10^{-3}	9.93×10^{-3}
H (室顶外30cm处)	9.20×10^{-2}	1.54	1.63

3. 通风口外辐射影响

探伤室室顶东南角(距东墙约1m、距南墙约0.5m处), 设置一处通风口, 尺寸为300mm×300mm, 通风口内侧拟安装轴风流机, 外侧拟安装16mmPb铅防护罩, 设计通风量为 $500\text{m}^3/\text{h}$, 通风口外拟设置通风管道, 将非放射性气体通过通风口及通风管道排至车间

南侧外环境，车间南侧为园区道路，日常无人员驻留。

X射线探伤机在探伤室内进行探伤作业时，水平方向上距通风口最近距离为0.70m、垂直方向上距通风口内侧最近距离为2.0m，则探伤机距通风口内侧最近距离为2.12m，距通风口外30cm处G点的距离为2.80m（探伤机位于Q位置，距离地面1.2m）。辐射路径剖面图详见图11-2。

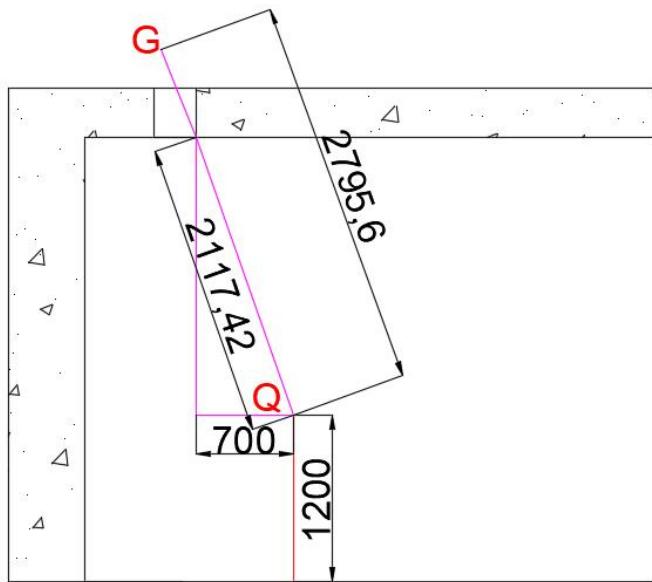


图11-2 探伤室通风口辐射路径示意图（斜剖图，单位：mm）

（1）泄漏辐射

根据式11-3和11-4，泄漏辐射剂量率为

$$5000 \times 10^{-(16/2.9)} \div 2.80^2 = 1.94 \times 10^{-3} \mu \text{Sv/h};$$

（2）散射辐射

由于有用线束经工件一次散射后，在通风管道内至少经过一到两次散射才能到达通风口外，散射一次，剂量率降低1-2个数量级；同时由通风口外侧拟设置16mm铅防护罩（屏蔽透射因子 $=10^{-(16/1.4)}=3.73 \times 10^{-12}$ ，剂量率降低约12个数量级），则散射辐射对通风口外辐射影响可忽略不计。

（3）总剂量率

预测点处的总剂量率为泄漏辐射和散射辐射在该点处剂量率叠加为 $1.94 \times 10^{-3} \mu \text{Sv/h}$ 。

4. 天空反散射辐射影响

X射线射穿过室顶，与室顶上方的空气作用发生散射，由于大气对辐射的反散射作

用, 导致探伤室外具有一定的辐射剂量, 称为天空反散射。天空反散射防护主要是防止探伤室室顶上方2m处的辐射经天空散射反射到探伤室周围环境的X射线。

本项目探伤室净高为3.2m, 周围区域会有少量车间工作人员途径, 因此需注意天空反散射辐射。天空反散射示意图见图11-3。

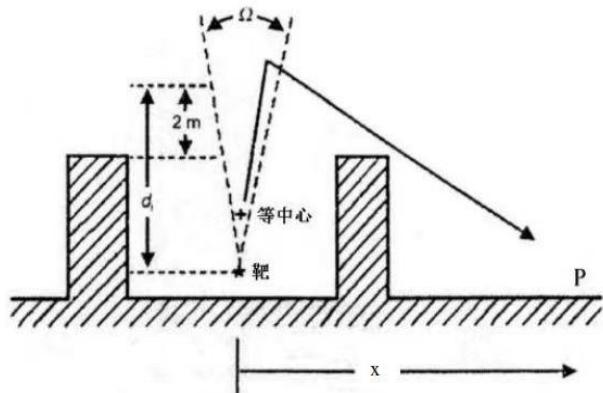


图 11-3 天空反散射示意图

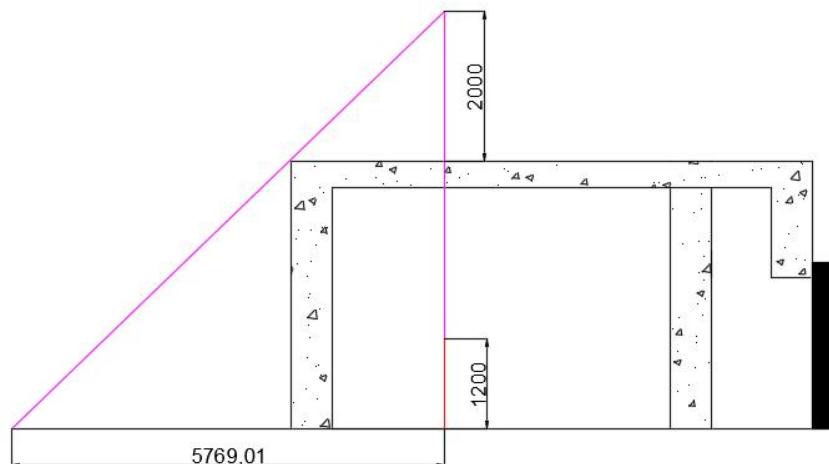


图 11-4 本项目 X 射线源至地面点的距离 (mm)

根据《辐射源室屏蔽设计与评价》(北京市放射卫生防护所, 王时进, 2002年9月) 中 P128 给出的天空反散射的辐射剂量率计算公式:

$$D = \frac{2.5 \times 10^{-2} D_0 \Omega^{1.3}}{x^2} \quad (\text{式 11-6})$$

式中:

D: 地面参考点的 X 射线天空反散射剂量率, Sv/h;

D_0 : 在屋顶外 2m 处 X 射线剂量当量率, Sv/h, 根据 11-3~11-5 计算得探伤室室顶上方 2m 处剂量率为:

①室顶外 2m 处的泄漏辐射剂量率: $5000 \times 10^{-(350/90)} \div (3.2 - 1.2 + 0.35 + 2)^2 = 3.41 \times$

$10^{-2} \mu \text{Sv/h}$;

②室顶外 2m 处的散射辐射剂量率: $5 \times 60000 \times 16.5 \times 10^{-(350/86)} \times 1/39.06 \div (3.2 - 1.2 + 0.35 + 2)^2 = 0.57 \mu \text{Sv/h}$;

③室顶外 2m 处的总剂量率即泄漏辐射和散射辐射在该点处剂量率叠加为 $0.60 \mu \text{Sv/h}$ 。

Ω : 靶点至室顶内表面所张的立体角, Sr; 经计算约为 4.73;

其中 $\Omega = 4 \arctan \frac{a \times b}{c \times d}$ (a 是屋顶长度之半; b 是屋顶宽度之半, c 是源到屋顶表面中心的距离; d 是源到屋顶边缘的距离, 且 $d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$, 即本项目 a=4m, b=2.25m, c=3.2-1.2=2m, d=5m, 根据公式求得 $\Omega = 4.73$ 。

x:X 射线源至地面点的距离, m; 根据图 11-4, 本项目取 5.78m, 进行计算;

根据式 11-6 计算得天空反散射到地面点的剂量率为 $3.41 \times 10^{-3} \mu \text{Sv/h}$, 因此, 对探伤室周围的附加影响较小, 不再考虑其叠加影响。

5. 穿线口外屏蔽分析

本项目穿线口位于探伤室北侧底部, 地下 U 型穿孔, 穿线孔外设置有铅防护罩, 防护能力为 10mmPb, 管道避开有用线束照射区域。穿线孔外铅防护罩能有效控制辐射泄漏, 因此不再另外计算泄漏和散射辐射影响。

6. 迷道外口小防护门屏蔽效果核算

为进一步考虑人员防护门处的辐射剂量率水平, 本次参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 A 中迷道散射计算方法进行估算。

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (\text{式 11-7})$$

α_1 、 α_2 —散射因子; 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。a 与散射物质有关, 在未获得相应物质的 a 值时, 以水散射体 a 的值保守估计, 本项目散射至工件/墙体上, 未给出工件及墙体的 a 值, 均取水散射体 a 的值。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及修改单附录 B 中的表 B.3 查得, α_w 取保守值 1.9×10^{-3} , $a = \alpha_w \times 10000/400$, 则散射因子 $\alpha_1=0.0475$ 、 $\alpha_2=0.0475$, $\alpha_3=0.0475$ 。

A_1 —X射线入射到第一散射物质的散射面积, m^2 ;

A_2/A_3 —迷道的截面积, m^2 ;

d_1 —X射线与第一散射物质的距离, m ;

$d_{r1}、d_{r2}…d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离, m ;

j —指第 j 个散射过程;

D_{10} —距辐射源点(靶点)1m处的辐射剂量率, Gy/h ;

$$D_{10}=60 \times Q \times I \times fe \quad (式 11-8)$$

Q —X射线发射率, $\text{Gy} \times \text{m}^2 / (\text{mA} \times \text{min})$;

I —电子束流强度, mA ;

fe —X射线发射率修正系数, 保守计算考虑, 本项目取1。

(1) 泄漏辐射至迷道口的散射辐射

已知探伤机距辐射源1m处泄漏射线剂量率为 $5000 \mu \text{Sv}/\text{h}$, 泄漏辐射至迷道的散射辐射路径示意图见图 11-5, 即 $A_1=1.35 \times 3.2=4.32 \text{m}^2$ (蓝色线段位置); $A_2=0.8 \times 3.2=2.56 \text{m}^2$ (蓝色线段位置), $d_1=1.95 \text{m}$, $dr_1=1.38 \text{m}$, $dr_2=0.95 \text{m}$ (虚线线段位置)。本次经过3次散射。根据式 11-7 计算得泄漏辐射至迷道的散射辐射为:

$$H_{g1} = \frac{5000 \times 10^{-6} \times (0.0475 \times 4.32) \times (0.0475 \times 2.56)}{(1.95 \times 1.38 \times 0.95)^2} = 1.91 \times 10^{-5} \text{Gy}/\text{h}$$

(2) 有用线束照射工件产生的散射线至迷道口的散射辐射

本项目探伤机距辐射源1m处的辐射剂量率取值 $16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 根据 11-8 计算得 $D_{10}=4.95 \text{Gy}/\text{h}$, 散射线至迷道的散射辐射路径示意图见图 11-6, 即 $A_1=\pi \times (0.5 \times \tan 22.5^\circ)^2=0.14 \text{m}^2$; $A_2=1.35 \times 3.2=4.32 \text{m}^2$; $A_3=0.8 \times 3.2=2.56 \text{m}^2$, $d_1=0.5 \text{m}$, $dr_1=2.45 \text{m}$, $dr_2=1.38 \text{m}$, $dr_3=0.95 \text{m}$ 。本次经过4次散射。根据式 11-7 计算得散射体至迷道的散射辐射为:

$$H_{g2} = \frac{4.95 \times (0.0475 \times 0.14) \times (0.0475 \times 4.32) \times (0.0475 \times 2.56)}{(0.5 \times 2.45 \times 1.38 \times 0.95)^2} = 3.18 \times 10^{-4} \text{Gy}/\text{h}$$

(3) 小防护门外关注点的辐射剂量率

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011) P9 式 13, 在给定防护门的屏蔽厚度 X (cm) 时, 小防护门外的辐射剂量率 H 按下式计算:

$$H = H_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + H_{og} \quad (式 11-9)$$

式中: H_{og} ——泄漏辐射剂量率; 查表 11-5, 本项目为 $1.02 \times 10^{-9} \mu \text{Sv/h}$ 。

X——16mmPb;

TVL——1.4mm;

H_g ——散射辐射剂量率; 本项目为泄漏辐射至迷道口的散射辐射 H_{g1} 和有用线束照射工件产生的散射线至迷道口的散射辐射 H_{g2} 叠加, 即 $1.91 \times 10^{-5} \text{Gy/h} + 3.18 \times 10^{-4} \text{Gy/h} = 3.38 \times 10^{-4} \text{Gy/h}$ 。

本项目小防护门防护能力为 16mmPb, 经计算, 小防护门外的辐射剂量率为 $1.02 \times 10^{-9} \mu \text{Sv/h}$, 满足标准中给出的 $2.5 \mu \text{Sv/h}$ 的控制要求。

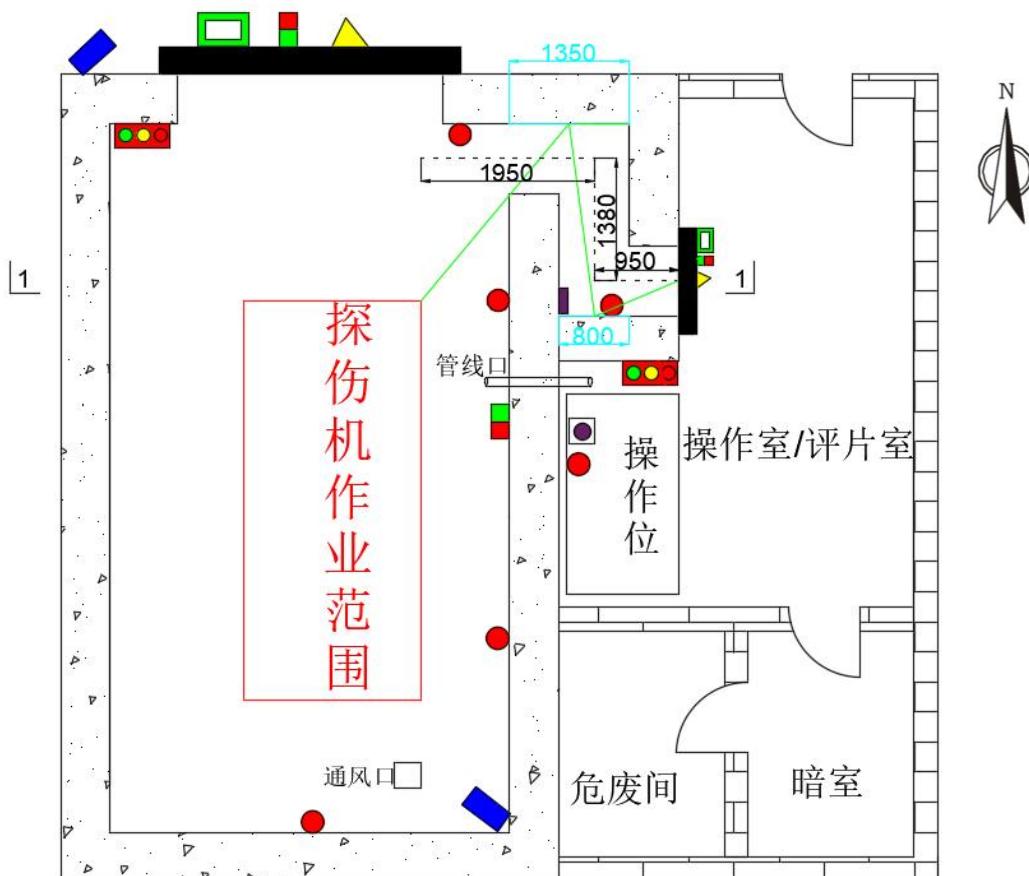


图 11-5 泄漏辐射至迷道口的散射辐射路径示意图 (mm)

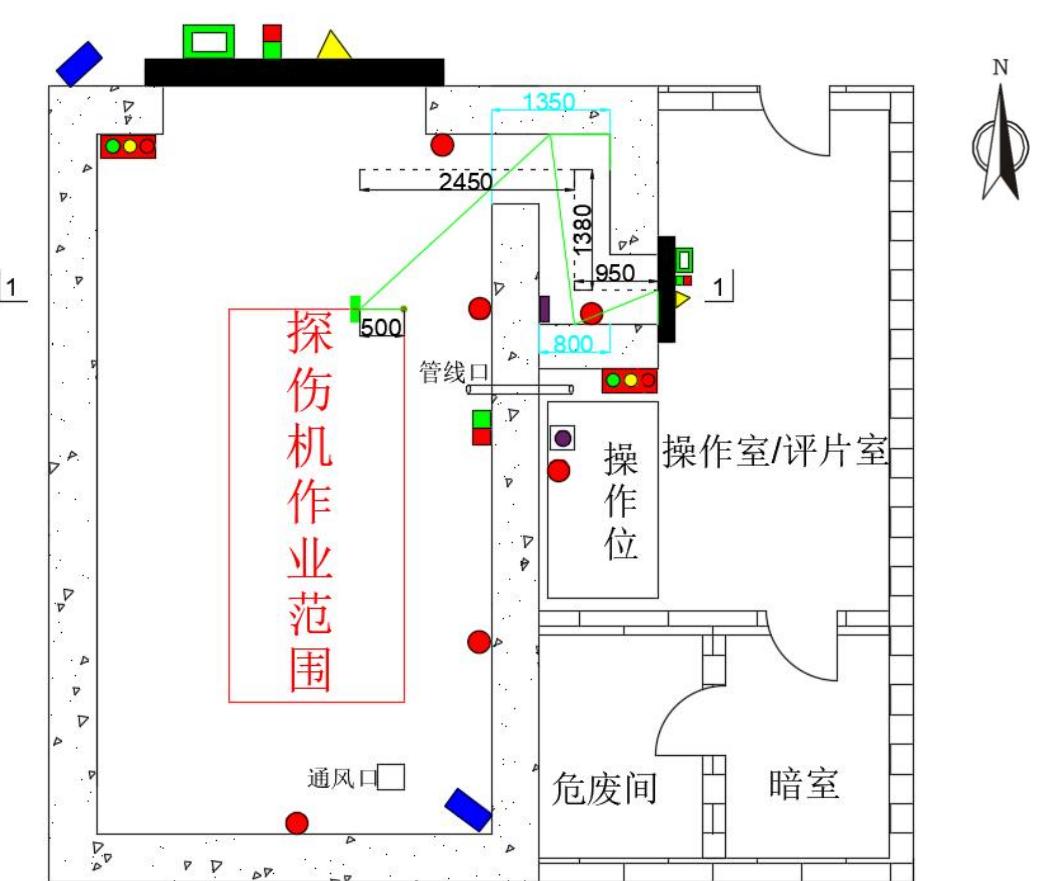


图 11-6 有用线束照射工件产生的散射线至迷道口的散射辐射路径示意图 (mm)

7. 探伤室四周墙体、室顶、通风口及防护门外预测点辐射剂量率评价

探伤室四周墙体、室顶、通风口及防护门外预测点辐射剂量率评价结果见表 11-8。

表 11-8 探伤室四周墙体、室顶、通风口及防护门外预测点辐射剂量率评价结果

预测点	辐射剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	目标值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	是否达标
A (西墙外 30cm 处)	0.69	2	是
B (大防护门外30cm处)	1.21×10^{-6}	2	是
C (北墙外30cm处)	1.62×10^{-3}	2	是
D (小防护门外30cm处)	1.02×10^{-9}	2.5	是
E (东墙外30cm处、操作位)	1.04×10^{-2}	2.5	是
F (南墙外30cm处)	9.93×10^{-3}	2	是
G (通风口外 30cm 处)	1.94×10^{-3}	2.5	是
H (室顶外 30cm 处)	1.63	2.5	是

由上表可知, X 射线探伤机进行探伤作业时, 探伤室四周墙体、室顶、通风口及防护门外 30cm 处辐射剂量率均小于相应目标控制值。

8. 保护目标处辐射剂量率评价

根据式 11-2~式 11-5, 计算得到保护目标处的辐射剂量率, 详见表 11-9。

表11-9 保护目标处受照辐射剂量率一览表

序号	保护目标	方位	射线类型	靶点/散射体至预测点最近距离	辐射剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	
1	2#车间	探伤室北侧	泄漏辐射	39.85m	2.44×10^{-6}	3.45×10^{-5}
			散射辐射		3.21×10^{-5}	
2	6#车间	探伤室东侧	泄漏辐射	21.55m	8.34×10^{-6}	1.13×10^{-4}
			散射辐射	22.05m	1.05×10^{-4}	
3	3#车间	探伤室北侧	泄漏辐射	42.7m	2.12×10^{-6}	2.98×10^{-5}
			散射辐射	42.9m	2.77×10^{-5}	

注: 关注点到靶点的距离本次保守按照探伤室距保护目标处的最近距离进行考虑。

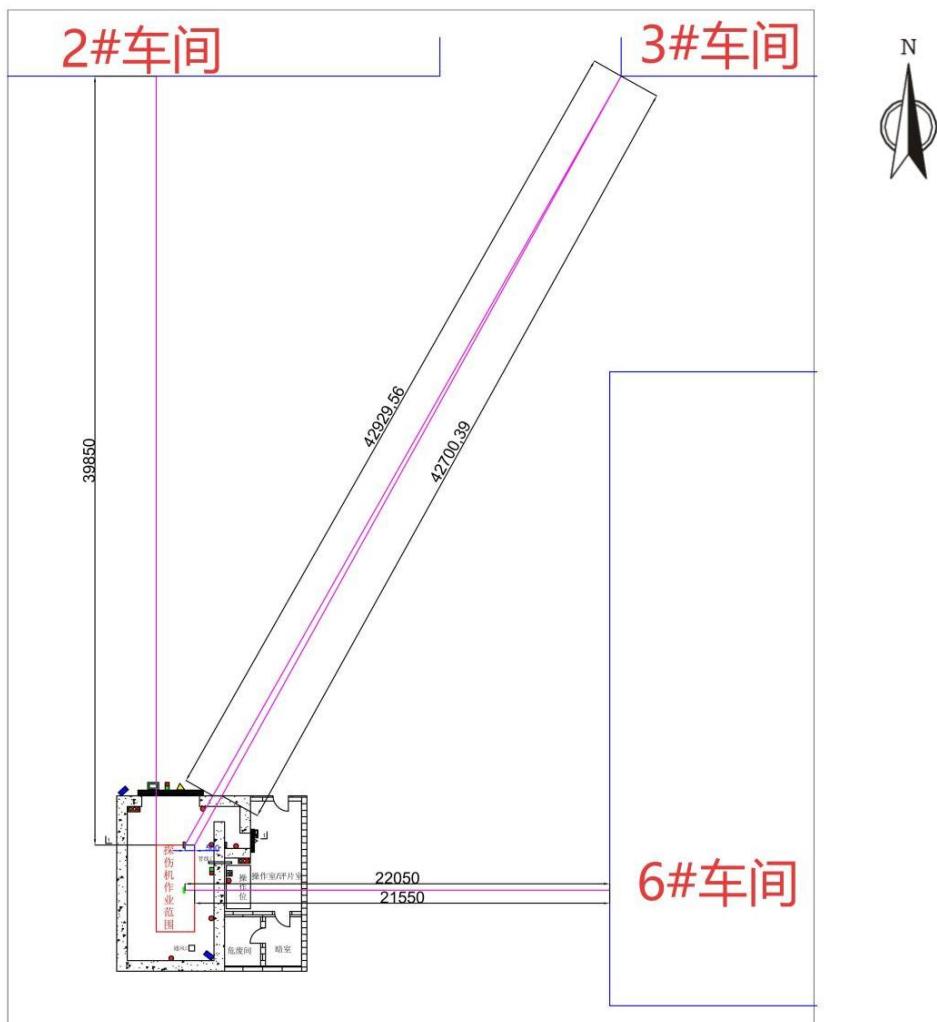


图 11-7 保护目标距离方位示意图 (mm)

11.2.6 人员受照辐射剂量估算与评价

一、计算公式

$$H = D_r \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-10})$$

式中：

H	年有效剂量, $\mu\text{Sv}/\text{周}$, mSv/a
t	年受照时间, h
D_r	X 剂量当量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$
T	居留因子。

探伤机开机状态下操作台的估算结果（有用线束、泄漏辐射、散射辐射等的叠加值），年工作时间为探伤机出束曝光时间。公众成员的辐射剂量率为探伤机开机状态下探伤室周围（人员可到达处）理论计算值中最大辐射剂量率（有用线束、泄漏辐射、散射辐射等的叠加值），时间为探伤机出束曝光时间。本项目探伤操作人员和公众成员的最大年有效剂量见下表。

表 11-10 探伤室外人员所受年有效剂量情况

停留人员	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	居留 因子	周曝光时 间 (h)	年曝光 时间 (h)	附加周有效 剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	附加年有效 剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{年}$)
探伤操作人员	1.04×10^{-2}	1	10	400	0.10	4.15
探伤室周围驻留 的公众成员	0.69	1/4	10	400	1.73	69.4
2#车间	3.45×10^{-5}	1	10	400	3.45×10^{-4}	1.38×10^{-2}
6#车间	1.13×10^{-4}	1	10	400	1.13×10^{-3}	4.53×10^{-2}
3#车间	2.98×10^{-5}	1	10	400	2.98×10^{-3}	1.19×10^{-2}

注：1. 探伤操作人员工作时位于操作室内，取探伤室东墙外的辐射剂量率计算操作人员受照剂量；
2. 探伤室周围南墙、北墙、西墙及大防护门外公众成员可到达（通风口及室顶日常无人到
达），取以上位置最大辐射剂量率（探伤室西墙外的辐射剂量率）计算公众成员受照剂量。

表11-10结果表明，本项目对职业工作人员职业照射最大年有效剂量值为 $4.15 \mu\text{Sv}$ ，即 $4.15 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于剂量约束值 5mSv 。对公众照射的最大年有效剂量值为 $69.4 \mu\text{Sv}$ ，即 $6.94 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，低于剂量约束值 0.1mSv 。同时，本项目探伤设备对职业工作人员最大周剂量为 $0.10 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众最大周剂量为 $1.73 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“6.1.3a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对于放射工作场所，其值不大于

100 μ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于5 μ Sv/周”的要求。

11.2.7 对项目周边环境敏感目标的影响分析

本项目 50m 评价范围内敏感目标包括本项目辐射工作人员、车间内其他工作人员。根据表 11-10 估算结果, 拟建探伤项目对工作人员及公众人员的最大年有效剂量及周剂量值均满足国家相应标准要求, 因此本项目建成后, 对项目周边的环境敏感目标辐射影响较小。

11.2.8 辐解废气环境影响分析

X 射线探伤设备在开机运行过程中因射线强辐射作用, 在空气中会产生少量臭氧(O_3) 和微量氮氧化物(NO_x) 等有害气体。本项目探伤室拟设置机械通风装置, 通风量为 500 m^3/h , 探伤室内部容积(含迷道)约为 120.8 m^3 , 则每小时换气次数约 4 次, 符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 标准要求。

11.2.9 探伤设备的检查和维护

(1) 运营单位的日检

每次工作开始前需进行检查的项目包括:

探伤机外观是否存在可见的损坏;

电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损;

安全联锁是否正常工作;

报警设备和警示灯是否正常运行;

螺栓等连接件是否连接良好。

(2) 运营单位的定期检查定期检查的项目包括:

a) 电气安全, 包括接地和电缆绝缘检查;

b) 探伤室内安装的固定辐射检测仪的检查;

c) 所有的联锁和紧急停机开关的检查;

d) 制造商推荐的其他常规检测项目

(3) 设备维护

a) 运营单位对探伤机的设备维护负责, 每年至少维护一次。设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行, 同时做好设备维护记录。

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, 保证所更换的零部件都来自设备制造

商。

11.2.10 探伤设备的退役

当本项目探伤设备不再进行探伤作业时，需实施退役程序。具体包括以下内容：

- 1) 当本项目 X 射线探伤机无法使用时，应去功能化；
- 2) 经监管机构批准后，可转移给其他已获许可机构；
- 3) 本项目 X 射线探伤机拟退役清理时，使用单位需按监管机构要求办理相关手续；
- 4) 本项目 X 射线探伤机退役需清除所有电离辐射警告标识和安全告知。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险识别

1. 探伤工作过程中，由于门-机联锁、工作状态指示灯、急停开关等失效，辐射工作人员和公众误闯或误留，使其受到不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；
2. 辐射工作人员不遵守操作规程，违规操作，造成人员的照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；
3. X 射线探伤机被盗或丢失，使探伤机使用不当，造成周围人员的照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

11.3.2 事故风险防范措施

1. 制定自检制度，定期对门-机联锁、工作指示灯等进行检查和维护，以防止其失效。
2. 制定完善的操作规范，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，禁止未经过培训的操作人员操作 X 射线探伤机；探伤操作人员进行探伤作业时，个人剂量计佩戴于左胸前，携带个人剂量报警仪。
3. X 射线探伤机贮存在探伤室内，建立射线装置使用登记制度，在探伤室内安装监控探头，加强对 X 射线探伤机在贮存、使用管理，防止发生射线机的被盗、丢失。一旦发生此类事件时将及时报告当地生态环境部门和公安部门。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为保证建设项目建设期和运营期的辐射防护措施的落实情况，公司成立了以吴炎光为组长，鲍杰为副组长，吴涛、苗阿隆为组员的辐射防护安全管理委员会（见附件三），建立健全各项规章制度和质量保证制度，定期对公司射线装置使用过程中的辐射安全与防护等工作进行总结讨论，为公司决策提供科学依据。

主要职责如下：

- ①评估辐射防护措施计划。
- ②审核辐射工作人员的操作能力及资格。
- ③射线装置的辐射安全管制。
- ④修订辐射防护措施计划。
- ⑤规划并办理辐射防护教育培训。
- ⑥定期（至少每半年一次）检查射线装置使用场所的辐射防护措施，如有违反规定者，应立即停止其作业，并限期整改。
- ⑦定期（至少每年一次）召开辐射安全与防护会议，检讨辐射安全作业。
- ⑧制定辐射防护训练计划，并督导实施。
- ⑨督导处理公司内所发生的各类辐射意外事件，并将发生原因，处理经过与所采取之改善措施等作成报告。

12.2 辐射安全管理规章制度

公司根据国家相关法律法规，并结合项目内容情况，制定了辐射安全管理和事故应急预案等相关规章制度。

表 12-1 公司辐射安全和防护制度目录

序号	类别	制度名称
1	辐射防护制度	《辐射防护与安全管理制度》
2	操作规程	《X 射线探伤机操作规程》 《设备检修维护制度》
3	岗位职责	《辐射管理机构和责任人工作职责》 《辐射工作人员岗位职责》
4	人员培训制度	《人员培训计划、监测方案》
5	事故应急预案	《X 射线探伤应急处理预案》
6	其他	《辐射工作人员健康管理规定》 《辐射工作人员管理规定》 《辐射剂量监测工作制度》

		《无损检测人员培训考核和持证上岗制度》 《辐射监测仪表使用与校验制度》 《辐射台账管理制度》 《辐射防护和安全保卫制度》
--	--	---

12.3 辐射监测

本项目探伤设备在利用X射线对工件进行无损检测探伤，对周围环境来说存在一定的辐射影响。为保护环境，保障公众健康，公司必须加强管理，做好该项目X射线的辐射防护和屏蔽工作，并定期对探伤机探伤室四周环境X射线泄漏情况进行监测，监测项目为X- γ 剂量率。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求其监测计划如下：

1、个人剂量的监督与检测

①为辐射工作人员配备必要的辐射防护用品和辅助防护设施。

②对探伤机操作人员的个人剂量进行长期跟踪监测，并建立个人剂量档案和健康管理档案。

③对探伤机操作人员进行意外事故的剂量监测，并做好详细记录。

2、工作场所监测

建设单位计划定期对辐射工作场所及周边环境的X- γ 辐射剂量率进行监测，对射线装置的安全和防护状况进行评估，一旦发现安全隐患，将立即进行整改。

工作场所监测分为自行监测和委托监测。自行监测每季度开展一次，包括探伤室四周墙外30cm、防护门门缝等处，以及探伤室周边50m范围内的X- γ 辐射剂量率监测。另外每次探伤作业前，操作人员检查防护门、探伤室安全装置及联锁装置。自行监测由各部门组织，并对监测数据的真实性、可靠性负责。

另外，公司还计划委托有资质单位定期监测，每年开展一次，包括探伤室外30cm、防护门门缝等处，以及半径50m以内的X- γ 辐射剂量率监测。

每次监测结果都进行记录，并建立档案长期保存。发生辐射事故时，立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地生态环境部门、公安部门和卫生主管部门报告。

表 12-2 辐射监测计划

监测对象	监测项目	监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
------	------	------	------	------	------

探伤室	探伤室周围巡测,发现辐射水平异常高的位置;探伤室墙体外30cm、防护门外30cm及门缝区域、管线孔、操作室操作位等处,监测高度为离地面1m处。	实测	X- γ 辐射剂量率	每年1次	委托有资质单位监测	
	辐射防护装置	实测并检查	安全	每季度1次	自行监测	
外环境	探伤室周边50m内环境敏感目标,监测高度距地1m处。	实测	X- γ 辐射剂量率	每年1次	委托有资质单位监测	
辐射工作人员	/	佩戴个人辐射剂量计	年累计剂量	每季度送检	委托有资质单位监测	
		/	健康体检	两年1次	委托有资质单位监测	

12.4 辐射事故应急

为有效处理辐射事故,强化辐射事故应急处理责任,最大限度地控制事故危害,将辐射意外可能造成的损害降到最低限度,以保护辐射工作人员、射线装置安全和减少财物损失,根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置和防护条例》及其他有关要求,制定本预案。

一、成立辐射事故应急领导小组及小组职责

(一) 公司成立辐射事故应急领导小组,组织开展辐射事故的应急救援工作以及辐射事故应急处理。

辐射事故应急领导小组成员如下:

组长: 吴炎光

副组长: 鲍杰

组员: 吴涛、苗阿隆

(二) 辐射事故应急领导小组的职责:

- 定期组织对检测探伤室、设备和人员进行辐射防护情况自查和检测,发现事故隐患及时督导整改;
- 发生人员受超剂量照射事故,应启动本预案;
- 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理;
- 负责向生态环境部门及卫健部门及时报告事故情况;
- 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作;
- 人员受照时,要迅速估算受照人员的受照剂量;

7. 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

二、可能的事故工况分析

X射线装置发生辐射事故的可能极小，但在极端条件下也有可能发生以下两个方面的事故：

1. X射线设备工作状态下对误闯入的人员产生的误照射；

2. X射线设备工作状态下，门机联锁失效，没有关闭防护门，对附近流动人员产生误照射。

对于X射线装置所发生的各类事故，主要从管理制度上加以预防。

三、发生事故时如何处理

(1) 探伤设备正常探伤时发生非工作人员误入控制区、工作人员未采取有效防护措施造成人员受超剂量照射的：

①操作人员立即关机并切断电源；

②检测现场人员受照射剂量情况，进行身体状况检查，如发现有身体不适者，立即送往医院检查；

③检查、记录现场辐射剂量。

(2) X射线探伤机发生失窃事故的

①保护现场；

②及时报警（报警电话：110）。

除上述工作外，现场检测人员还应进行以下几项工作：

①事故发生后，现场工作人员立即通知工作场所的相关人员离开，并及时上报给辐射事故应急处理领导小组组长及其成员；

②辐射事故应急处理领导小组组长事后应组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

③如果事故严重或重大，应向上级主管部门报告。

四、辐射事故应急处理的责任划分

1. 公司辐射事故应急领导小组组长负责辐射事故应急处理的组织及指挥工作。

2. 公司辐射事故应急领导小组组长负责辐射事故应急处理中人员、物资的调动调配工作，负责向公司应急救援领导小组及生态环境部门、卫健部门、公安部门立即上报情况，并填写《辐射事故初始报告表》。

3. 负责人应全力协助安全第一责任人。在抓好辐射事故应急处理工作的同时，协助做好受伤害人员的家属的安抚工作。

4. 辐射工作部门要认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录。

5. 参加事故应急救援人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复工作创造条件。

6. 加强对发生事故现场的治安保卫工作，辐射工作部门安全责任人要密切配合、协助党政领导及上级主管部门做好事故现场的保卫工作，防止现场物资及财产被盗或丢失。

五、辐射事故应急救援应遵循的原则

1. 迅速报告原则；
2. 主动抢救原则；
3. 生命第一的原则；
4. 科学施救，防止事故扩大的原则；
5. 保护现场，收集证据的原则。

六、辐射事故的调查

1. 本单位发生重大辐射事故后，应立即成立事故调查组、善后处理组和恢复工作组。
2. 调查组要遵循实事求是的原则对事故的发生时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录要妥善保管。
3. 配合公司应急救援领导小组编写、上报事故报告书方面的工作，同时，协助卫健部门、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

七、预案自发布之日起生效，实施过程中如有与国家、省、市应急救援预案相抵触之处，以国家、省、市应急救援预案的条款为准。

辐射事故应急领导小组负责公司辐射安全与防护管理全面工作。

公安部门电话：110

医院急救电话：120

江西省辐射站应急电话：0791-86866882

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

雷茨智能装备(赣州)有限公司位于江西省赣州市赣州经济技术开发区华昌路 88 号, X 射线探伤机及探伤室应用项目中心坐标为东经 $114^{\circ} 88' 99.10''$, 北纬 $25^{\circ} 88' 81.21''$, 车间四周为工业园区。公司厂房 5#车间一层内东南侧位置建设一处 X 射线探伤工作场所, 包括探伤室、操作室/评片室、暗室, 拟购置 1 台 XXG-2505 型 X 射线探伤机, 用于固定(室内)场所无损检测。本项目 X 射线探伤机用于室内探伤作业(固定场所探伤)。

本项目 X 射线探伤机用于室内探伤作业(固定场所探伤), 核技术利用类型属使用 II 类射线装置。本项目有利于提高产品质控, 具有良好的经济效益。经分析其产生的辐射影响较小, 满足相关标准规范, 符合 GB18871-2002 中的辐射防护“实践正当性”的要求。

2、选址合理性

根据不动产权证(赣[2023]赣州市不动产权第 0041518 号), 公司厂房用地为工业用地, 本项目位于公司 5#车间内(属不动产权证 7 号厂房), 不新增用地。探伤室拟建于 5#车间一层内东南侧位置, 其东侧为操作室/评片室、暗室、危废暂存间(拟建设)、配电房、电梯、货梯、卫生间、公司 6#车间; 西侧为打压测试房(拟建设)、焊接实验室(拟建设)、车间生产区域; 南侧为园区道路、厂外道路; 北侧为激光机工作区域、园区道路、公司 2#车间、公司 3#车间; 上方为 5#车间二层仓库。拟建区域周围 50m 范围内保护目标共有 3 处, 分别为探伤室北侧 37m 处公司 2#车间; 东侧 20m 处公司 6#车间; 北侧 42m 处公司 3#车间。

经现场勘查, 探伤室拟建区域周围 50m 范围内无居民区、学校等人员密集区。经下文分析, 探伤室屏蔽设计以及对周围环境保护目标的影响均满足相应标准要求, 因此, 本项目选址合理。

3、产业政策符合性

本项目为使用 X 射线探伤机进行室内无损探伤, 该项目不属于《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, 2024.2.1 施行)中限制类和淘汰类, 不违反国家产业政策。

4、辐射现状检测

本项目拟建探伤室所在位置及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率室内现状监测值在

(162.8~173.3) nGy/h 之间, 室外现状监测值在 (159.4~162.3) nGy/h 之间, 均处于赣州地区环境天然放射性本底范围内 (赣州地区室内本底值为 46.3~327.1nGy/h; 原野及道路本底值为 20.7~287.8nGy/h), 摘自《中国环境天然放射性水平》第 406 页表 6)。

5、辐射安全与防护分析结论

本项目探伤室为单层建筑。探伤室北侧设有 1 处大防护门, 用于工件进出, 探伤室东北侧设有 1 处小防护门, 用于人员进出, 防护门均为电动平移式, 拟安装门-机联锁装置; 拟安装能够显示“预备”和“照射”状态的工作状态指示灯和声音提示装置; 拟张贴电离辐射警告标志和中文警示说明; 且工作状态指示灯能够与 X 射线探伤机能够有效联锁。探伤室内设计 5 个急停开关, 操作位设置 1 个急停开关; 拟安装 2 个监控装置。探伤室内拟安装固定式辐射探测报警装置, 大、小防护门处设置门控开关。以上安全防护措施可满足要求。

6、辐射环境影响分析

探伤室四周墙体、室顶、通风口及大、小防护门外各关注点剂量率最大值为 $1.63 \mu \text{Sv/h}$, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)要求的探伤室屏蔽墙外 30cm 处关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于标准要求; 本项目探伤室设计厚度可以满足辐射防护要求。

经理论估算, 本项目对职业人员职业照射最大年有效剂量值为 $4.15 \times 10^{-3} \text{mSv}$, 对公众照射的最大年有效剂量值为 $6.94 \times 10^{-2} \text{mSv}$, 均满足本评价采用的探伤操作人员及公众成员年剂量约束值分别不超过 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的管理要求。

7、三废影响分析

X 射线探伤机开机产生的 X 射线会使空气电离, 从而产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。本项目通风口拟设置于探伤室室顶东南角 (距东墙约 1m、距南墙约 0.5m 处), 通风口尺寸为 300mm×300mm, 通风口内侧拟安装轴风流机, 外侧拟安装 16mmPb 铅防护罩, 设计通风量为 $500 \text{m}^3/\text{h}$, 每小时有效通风换气次数应约 4 次, 通风口外拟设置通风管道, 将非放射性气体通过通风口及通风管道排至车间南侧外环境, 车间南侧为园区道路, 日常无人员驻留。满足“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”。本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

公司拟将危险废物暂存于危废暂存间内, 拟建危废暂存间位于探伤室东南侧, 设计尺寸为(长×宽×高): $2.5 \text{m} \times 2 \text{m} \times 2.5 \text{m}$ 。拟为本项目配备 1 个容积为 100L 的废液桶以及 1 个

尺寸为80cm×40cm×60cm的废胶片箱。公司拟对危险废物实行台账管理，定期委托具备危险废物运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置。

8、辐射安全管理

公司设立辐射防护安全管理委员会，签订辐射工作安全责任书，在完善各类辐射安全管理规章制度，运行过程中各项安全防护措施落实到位条件下，可以确保工作人员、公众的安全，并有效应对可能的突发事故（事件）。

本项目拟配置3名辐射工作人员，其中1名专职辐射安全管理工作，2名专职探伤作业，待参加国家核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后上岗。

9、仪器配备

拟配置2部个人剂量报警仪、1台便携式辐射巡检仪和1台固定式场所辐射探测报警装置，使用便携式辐射巡检仪进行自行监测。拟为两位探伤操作人员配置个人剂量计，委托有资质的单位每90天检测一次。以上措施满足本项目辐射安全管理要求。

10、环境风险

项目的设施较为简单，环境风险因素单一，在落实环评提出的风险防范措施和相应的辐射事故应急预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

综上所述，在充分落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的条件下，该项目对职业工作人员和公众成员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

13.2 承诺和建议

13.2.1 承诺

1、按照环评要求以及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求设置各项辐射安全防护设施，并定期维护，保证有效性。

2、配置2部个人剂量报警仪和1台便携式辐射巡检仪；为探伤操作人员配置个人剂量计，按时进行检测。

3、职业工作人员及时参加国家核技术利用辐射安全防护培训，保证培训考核在有效期内。

4、项目建成后及时申领辐射安全许可证，按时组织竣工环境保护验收工作。

13.2.2 建议

1、加强对工作人员的教育和培训，避免辐射事故（件）的发生；

2、职业工作人员要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措

施，使公众和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

3、建设单位应定期按法律法规的规定更新相关规章制度。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日