

西安朋邦工贸有限公司  
工业X射线探伤核技术利用建设项目  
环境影响报告表

建设单位：西安朋邦工贸有限公司

评价单位：核工业二〇三研究所

编制日期：二〇二三年八月

核技术利用建设项目

西安朋邦工贸有限公司

工业 X 射线探伤核技术利用建设项目

# 环境影响报告表

西安朋邦工贸有限公司（盖章）

生态环境部监制



# 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	10
表 3	非密封放射性物质 .....	11
表 4	射线装置 .....	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	13
表 6	评价依据 .....	14
表 7	保护目标与评价标准 .....	16
表 8	环境质量和辐射现状 .....	23
表 9	项目工程分析与源项 .....	26
表 10	辐射安全与防护 .....	33
表 11	环境影响分析 .....	39
表 12	辐射安全管理 .....	60
表 13	结论与建议 .....	68
表 14	审批 .....	71

## 附件:

附件 1：委托书

附件 2：关于建设项目环境影响评价文件中删除不宜公开信息的说明

附件 3：市场主体环境信用承诺书

附件 4：环境质量和辐射现状监测报告

附件 5：报告公示截图

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤核技术利用建设项目			
建设单位		西安朋邦工贸有限公司			
法人代表	王鹏飞	联系人		联系电话	
注册地址		陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号			
项目建设地点		陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		320	项目环保投资 (万元)	14	投资比例 (环保投资/总投资) 4.38%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> ) 72
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p><b>1.项目概述</b></p> <p><b>1.1 公司概况</b></p> <p>西安朋邦工贸有限公司成立于 2008 年，位于陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号。注册资金 1579 万元，主要从事军用航空发动机零部件加工和服务、军用航空发动机叶片的加工和服务、民用航空发动机叶片、盘环件的研发加工服务、热电厂风机叶片的制造及维修。</p> <p><b>1.2 核技术应用的的目的</b></p> <p>为保证产品质量，西安朋邦工贸有限公司拟在陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号公司厂房内，建设两座铅室，配套建设相关设施，并在铅室 1 内放置 1 台型号为 MGi320/4.5 的定向工业 X 射线机，铅室 2 内放置 1 台型号为 MGi160/2.25 的周向工业 X 射线机，用于对公司生产的产品工件进行无损检测。本项</p>				

目主要利用工业 X 射线探伤机产生的 X 射线对需要进行检测的工件焊缝和航空铸件进行拍片，通过对得到的影像资料进行分析，判断工件质量是否满足相关要求。2022 年 3 月西安朋邦工贸有限公司委托陕西嘉艺环境技术有限公司进行厂区环境影响评价工作，编制了《西安朋邦工贸有限公司航空发动机零部件精密制造项目环境影响报告表》，已于 2022 年 3 月 21 日取得批复。

### 1.3 项目由来

根据《射线装置分类》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号公告）相关要求，西安朋邦工贸有限公司拟配备的 2 台工业 X 射线探伤机属于 II 类射线装置。

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

2023 年 5 月 9 日，西安朋邦工贸有限公司委托核工业二〇三研究所对工业 X 射线探伤项目进行环境影响评价工作。接受委托后，核工业二〇三研究所组织专业技术人员对项目场地及周围环境进行实地调查，收集相关基础资料，根据国家、省市的有关环保法规和《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），编制了该项目环境影响报告表。

### 1.4 编制目的

（1）通过对西安朋邦工贸有限公司进行资料收集、调查分析，并对厂区项目拟建地周边辐射环境进行监测，查明是否存在辐射环境问题。

（2）通过对本项目工业 X 射线机运行过程中辐射环境影响进行理论估算，确定其对周边环境的影响范围、影响程度，分析公司拟采取辐射防护措施的有效性，并提出合理的意见与建议。

（3）满足国家和地方生态环境保护部门对建设项目环境管理规定要求，为生态环境主管部门和公司的辐射环境管理提供科学依据。

### 1.5 项目概述

#### 1.5.1 项目概况

项目名称：西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤核技术利用建设项目

建设单位：西安朋邦工贸有限公司

建设地点：陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号公司厂房内

建设内容：建设铅室 2 座，在铅室 1 内放置 1 台 MG320/4.5 型工业 X 射线机（定向）、在铅室 2 内放置 1 台 MG160/2.25 型工业 X 射线机（周向）

建设性质：新建

### 1.5.2 交通地理位置

项目拟建地位于陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号公司厂房内。项目所在地地理位置优越，路网发达，厂区西侧为天茂大道；东侧为广德路。南侧为昭容北街；北侧为北杜南街，西安朋邦工贸有限公司地理图见图 1-1。



图 1-1 西安朋邦工贸有限公司地理位置图

### 1.5.3 项目建设内容和规模

(1) 本项目射线装置应用情况

西安朋邦工贸有限公司拟在陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号

公司厂房内建设 2 座铅室，配套建设相关设施，并在铅室 1 内放置 1 台型号为 MG320/4.5 的定向工业 X 射线机，铅室 2 内放置 1 台型号为 MG160/2.25 的周向工业 X 射线机，用于对公司生产的产品工件进行无损检测。探伤机在铅室内进行探伤，不进行现场探伤作业。

本项目使用的 MG320/4.5 型工业 X 射线探伤机最大管电压为 320kV、最大管电流为 5.6mA，属于 II 类射线装置，MG160/2.25 型工业 X 射线探伤机最大管电压为 160kV、最大管电流为 6.25mA，属于 II 类射线装置，本次环评新增的射线装置相关技术参数见表 1-1。

表 1-1 西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目射线装置技术参数

序号	名称	型号	技术指标		类别	数量 (台)	照射方向	安装位置
			最大管电压	最大管电流				
1	工业 X 射线机	MG320/4.5	320kV	5.6mA	II	1	定向	探伤室内
2	工业 X 射线机	MG160/2.25	160kV	6.25mA	II	1	周向	探伤室内

#### (2) 公司四邻关系

西安朋邦工贸有限公司四邻关系为：厂区北厂界为空地；厂区东厂界为广德路；厂区南厂界为昭容北街；厂区西厂界为建筑工地。西安朋邦工贸有限公司四邻关系图见图 1-2。

#### (3) 西安朋邦工贸有限公司公司厂区平面布局图见图 1-3。

#### (4) 铅室四邻关系

本次在公司厂房内新建 2 座铅室，铅室位于厂区东北侧，铅室西侧为卧车加工区 1，南侧为暗室、评片室，东侧为空气炉，铅室顶棚无工作场所，人员无法到达，底部为地基无地下室。

西安朋邦工贸有限公司铅室四邻关系图见图 1-4。

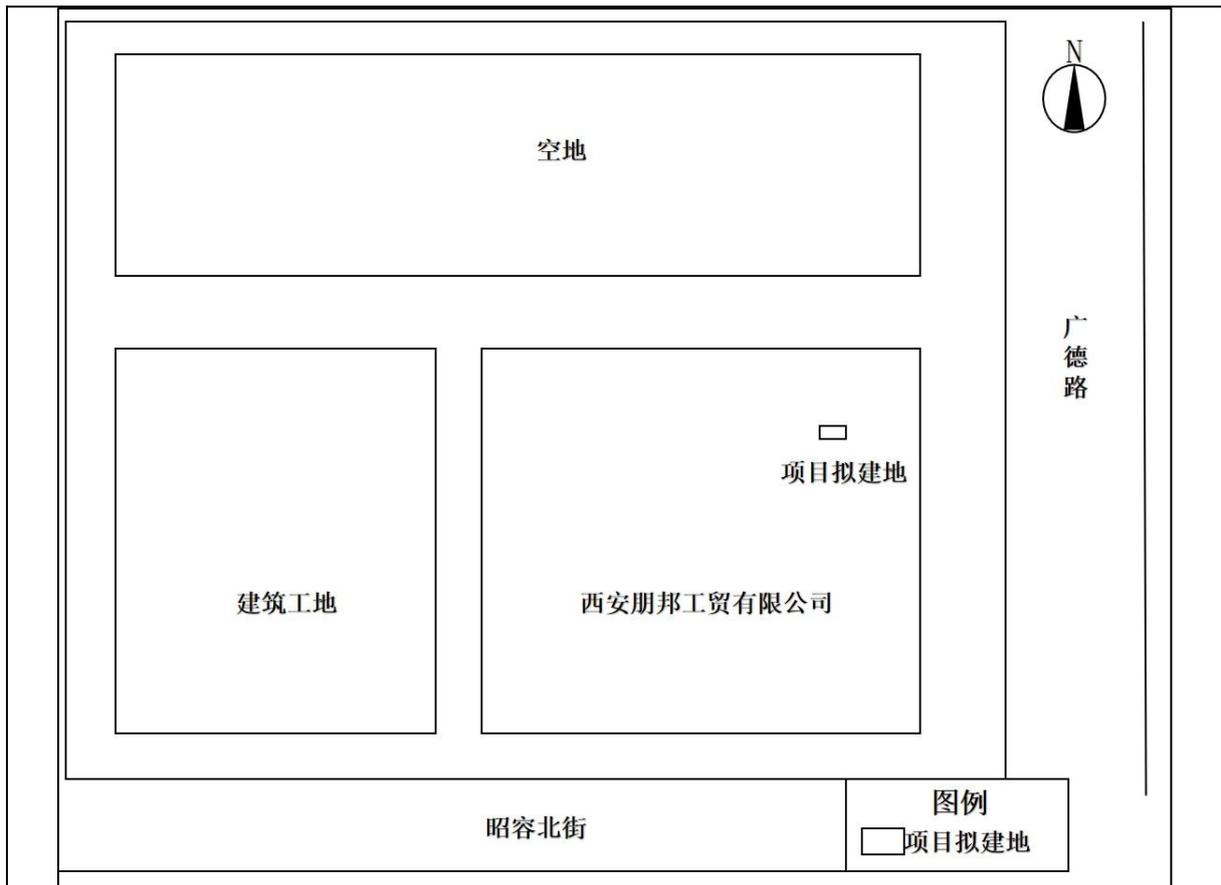


图 1-2 西安朋邦工贸有限公司四邻关系图

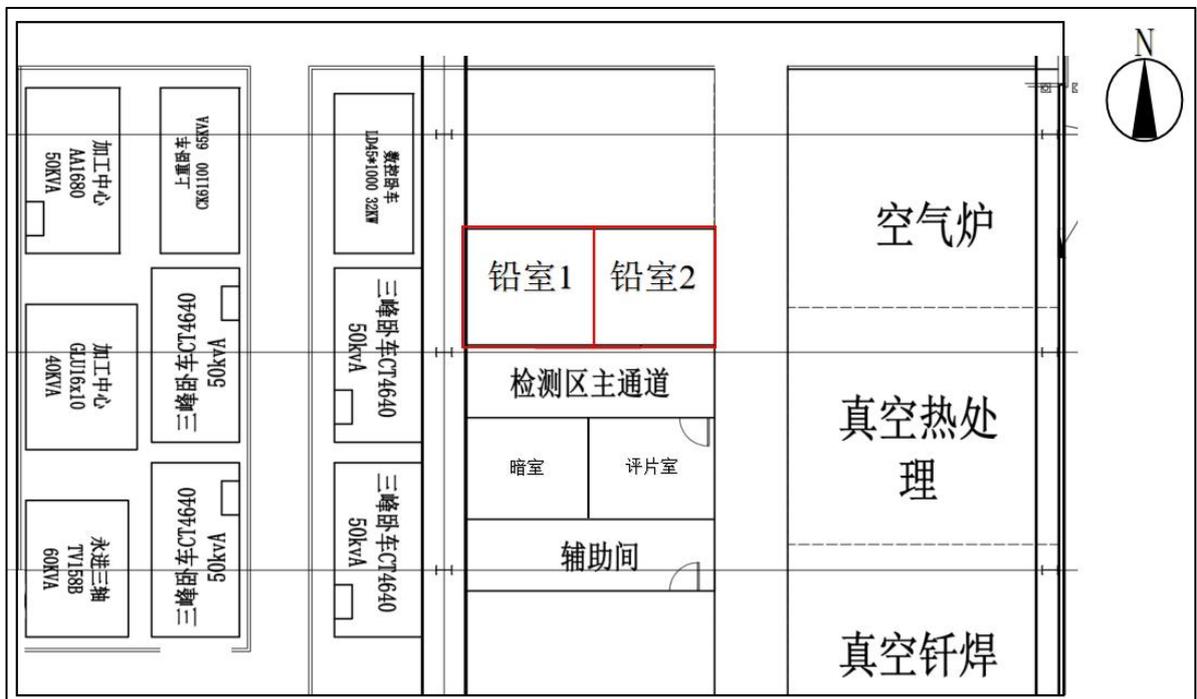


图 1-4 西安朋邦工贸有限公司探伤室四邻关系图

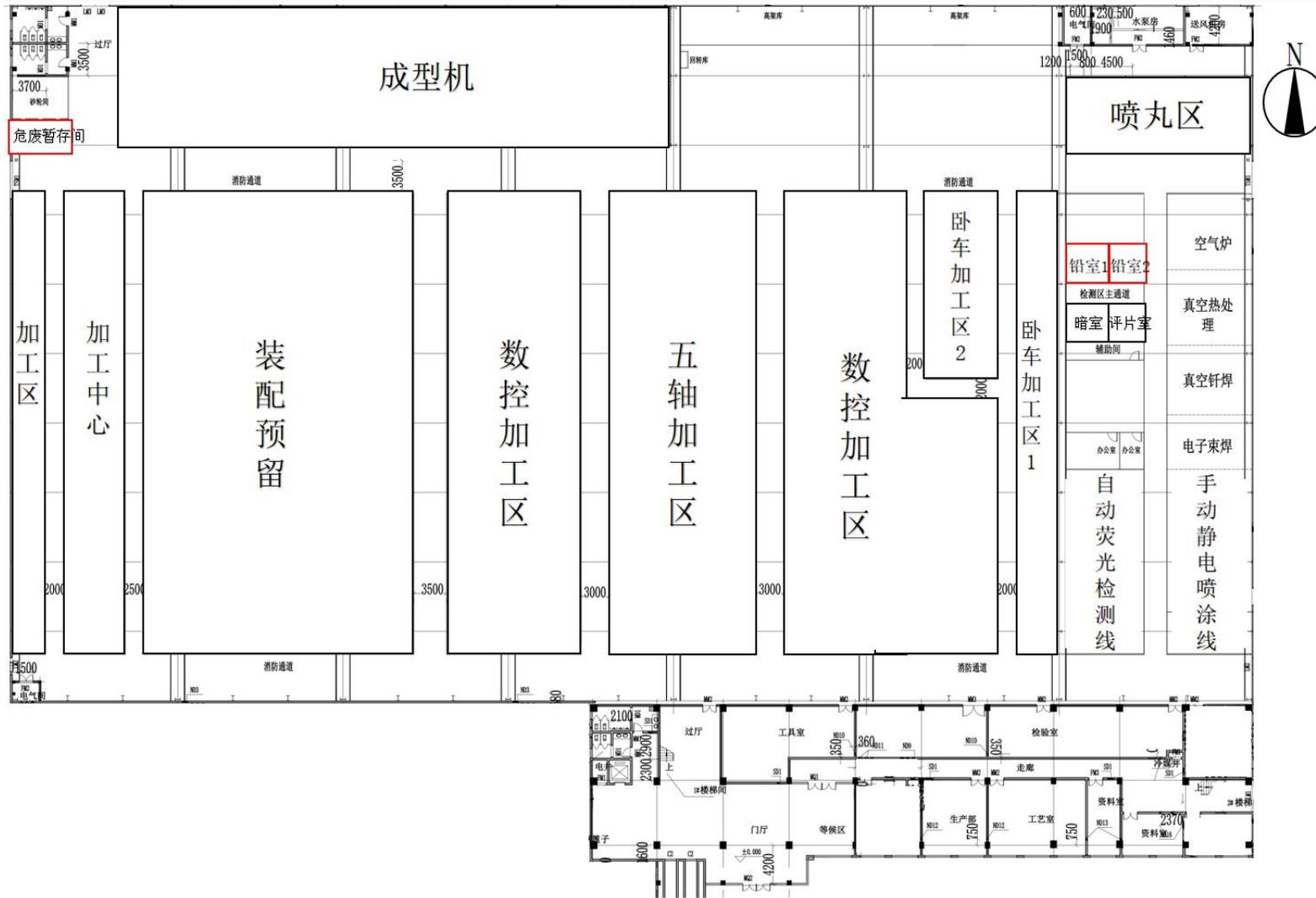


图 1-3 西安朋邦工贸有限公司公司厂区平面布局图

#### (4) 项目平面布局

西安朋邦工贸有限公司两座铅室位于空气炉西侧，暗室和评片室位于两座铅室南侧，方便工作人员进行洗片、评片操作。本项目探伤时，将工业 X 射线机置于铅室内，进行定向照射，辐射工作人员隔室操作，对工件实施无损检测。MGi320/4.5 型工业射线机，为数字化实成像，不进行拍片，不会产生洗片废液和废胶片。MGi160/2.5 型工业 X 射线机每次无损探伤后，由辐射工作人员将影片资料送至暗室，洗片废液经统一收集后，交具有相关资质的单位进行处置。

本项目铅室平面布置图见图 1-5，剖面图见图 1-6。

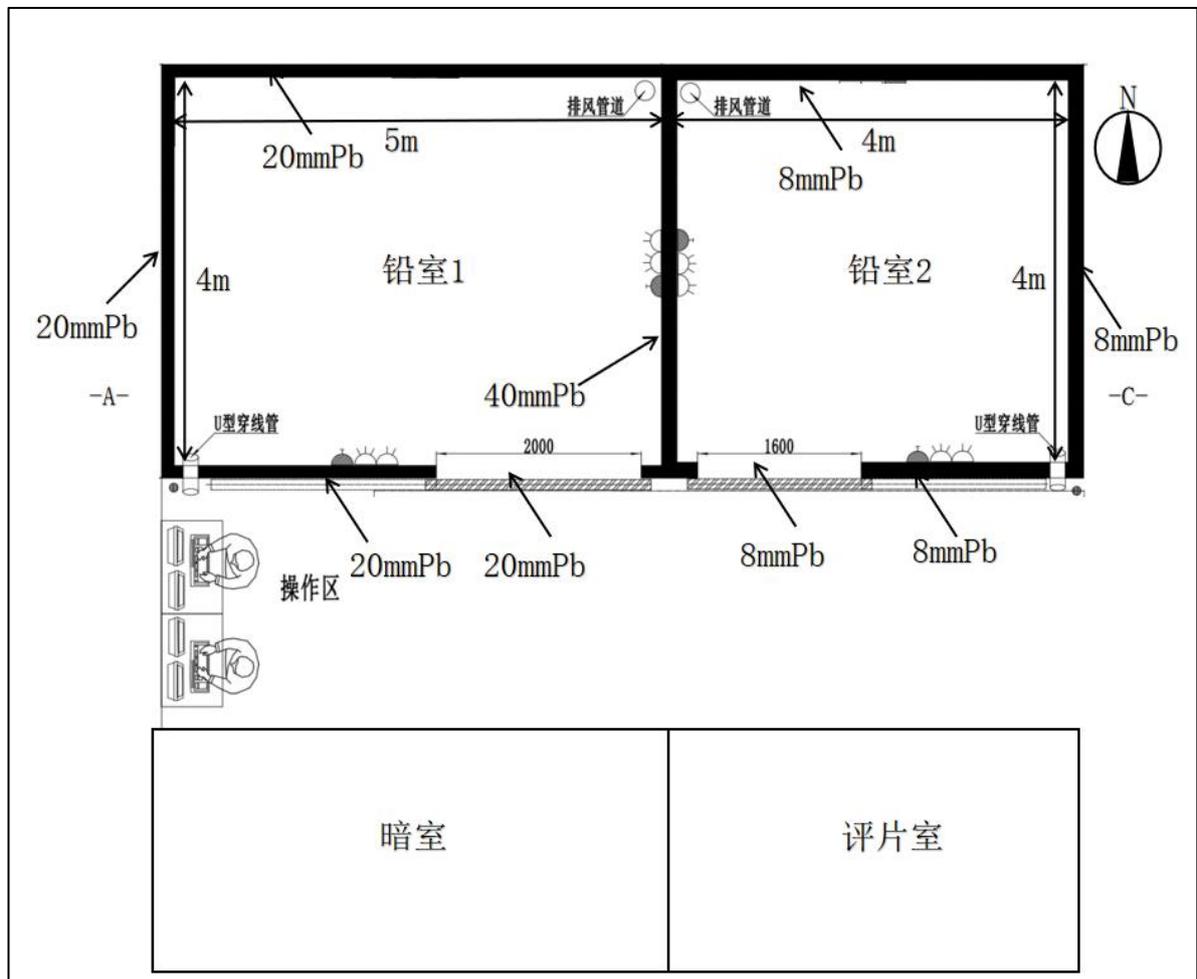


图 1-5 西安朋邦工贸有限公司探伤室平面布置图

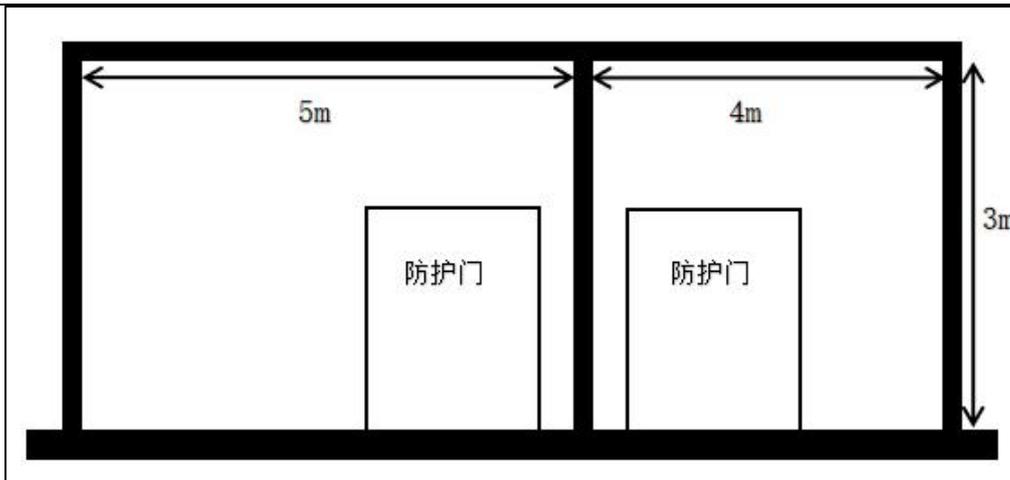


图 1-6 西安朋邦工贸有限公司探伤室剖面图(A-C)

(5) 人员编制及工作制度

西安朋邦工贸有限公司拟为铅室配备 2 名辐射工作人员。MGi 320/4.5 型工业 X 射线机为数字检测系统，不使用胶片，每天检测 20 个工件，每个工件最多检测 3min，一周检测 5 天，一年 50 周，年曝光时间约为 250h，MGi 160/2.25 型工业 X 射线机为胶片拍片法，每年拍片量约为 1200 张，每张胶片最长曝光时间约为 5min，年曝光时间约为 100h。每次评片后将一定数量的胶片存档，其余为废胶片，每年产生废胶片约为 200 张。

1.6 项目组成及产生的环境问题

西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目主体工程主要由铅室组成，本项目之前建设单位未开展核技术利用建设项目。项目组成以及产生的环境问题见表 1-2，主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-2 项目组成以及产生的环境问题

名称	建设内容与规模		产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	铅室 1	铅室西、北、南侧屏蔽墙体为 20mm 铅板+120mm 槽钢，东侧屏蔽墙体为 40mm 铅板+120mm 槽钢，顶面为 16mm 铅板+120mm 槽钢，底面为 10mm 铅板，长 5m、宽 4m、高 3m，建筑面积 20m <sup>2</sup> ，防护门为 120 槽钢+20mm 铅推拉防护门，宽 1800mm×高 2500mm。在铅室内安装机械排风系统，排风量为 213m <sup>3</sup> /h。	噪声、 废气、 废水、 固体废物	X 射线 臭氧和氮 氧化物
	铅室 2	铅室西侧屏蔽墙体与铅室 1 共墙，为 40mm 铅板+120mm 槽钢，北侧墙体为 8mm 铅板+140mm 槽钢、东侧、南侧、顶部为 8mm 铅板+120mm 槽钢，底面为 4mm 铅板，长 4m、宽 4m、高 3m，建筑面积为 16m <sup>2</sup> 防护门为 120mm 槽钢+8mm 铅推拉防护门，宽 1800mm×高 2500mm。在铅室内安装机械排风系统，排风量为 213m <sup>3</sup> /h。		

辅助工程	在铅室周围配套建设暗室、评片室。		废胶片、废显影液、废定影液、冲洗废水
公用工程	使用水源来源于自来水，供水由市政供水管网供水；生活污水经化粪池后直接排入园区污水管网；		
环保工程	探伤机在工作时会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物；辐射工作人员产生生活垃圾，统一送至环卫部门指定地点；辐射工作人员产生的生活污水排放至市政管网。		X 射线、臭氧、氮氧化物、生活垃圾、生活污水

表 1-3 项目原辅材料消耗表

类别	名称	年消耗量	来源	主要成分
主（辅）料	显影液	100kg	外购	N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠、碳酸钠等
	定影液	100kg	外购	溴化银、硫代硫酸钠、醋酸、对苯二酚、无水碳酸钠、溴化钾等
	胶片	1200 张	外购	溴化银和涤纶等
能源	电	依托市政电网		/





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	工业 X 射线机	II类	1	MGi320/4.5	320	5.6	无损检测	公司厂房铅室 1 内	定向
2	工业 X 射线机	II类	1	MGi160/2.25	160	6.25	无损检测	公司厂房铅室 2 内	周向

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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



表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日；</li> <li>2、《中华人民共和国环境影响评价法》（修订），2018年12月29日；</li> <li>3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（修订），2003年10月1日；</li> <li>4、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（修订），2020年9月1日；</li> <li>5、《建设项目环境保护管理条例》（修订），国务院第682号令，2017年10月1日；</li> <li>6、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订），国务院第709号令，2019年3月2日；</li> <li>7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部第18号令，2011年5月1日；</li> <li>8、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护总局令第20号，2021年1月4日；</li> <li>9、《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会总局2017年第66号公告，2017年12月5日；</li> <li>10、《建设项目环境影响评价分类管理名录2021年版》，2021年1月1日；</li> <li>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》，环发〔2006〕145号，2006年9月26日；</li> <li>12、《陕西省放射性污染防治条例》（2019年修正），2019年7月31日；</li> <li>13、《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》，陕环办发〔2018〕29号，2018年6月7日；</li> <li>14、《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，2019年12月23日。</li> </ol>
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</li> <li>2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</li> <li>3、《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；</li> <li>4、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单；</li> </ol>

	<p>5、《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>6、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p> <p>8、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）</p>
其他	<p>西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目环境影响评价委托书及企业提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目涉及射线装置的内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响报告文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，确定评价范围为铅室屏蔽体外 50m 的区域。

本项目评价范围见图 7-1。

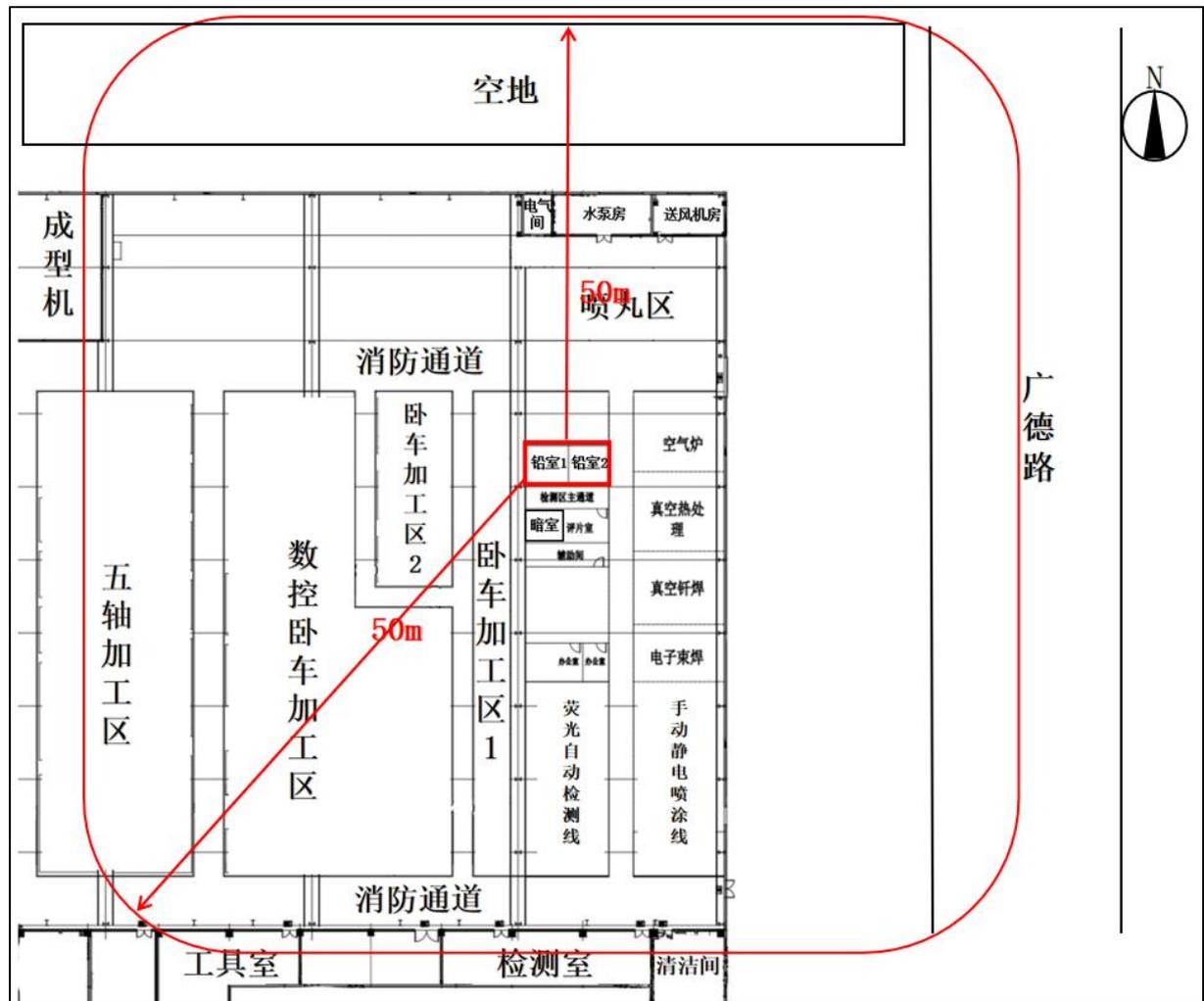


图 7-1 项目评价范围图

7.2 环境保护目标

7.2.1 保护目标

根据西安朋邦工贸有限公司为本项目工业 X 射线装置配套建设的铅室位置以及周围建筑物、人群分布情况，结合工业 X 射线探伤原理，考虑根据能量流的传播与距离

相关的特性，确定本项目环境保护目标为射线装置操作人员以及附近停留的其他人员，使其所接受的剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和评价提出的剂量约束值。

西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目主要环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目主要环境保护目标

序号	人员类型	保护目标	规模	相对位置关系			年有效剂量控制水平
				方位	铅室 1 最近距离(m)	铅室 2 最近距离(m)	
1	辐射工作人员	射线装置操作人员	2 人	S	0.3	约 5	≤5mSv
2	公众人员	卧车加工区 1 工作人员	约 7 人	W	约 1.2	约 6.2	≤0.1mSv
3		卧车加工区 2 工作人员	约 6 人	W	约 7.2	约 12.2	
4		数控卧车加工区工作人员	约 17 人	W	约 12.3	约 15.8	
5		五轴加工区工作人员	约 11 人	W	约 32	约 37	
6		喷丸区工作人员	约 3 人	N	约 11	约 11.7	
7		成型机工作人员	约 4 人	W	约 49.5	约 53.8	
8		空气炉工作人员	约 2 人	E	约 7	约 3	
9		真空热处理工作人员	约 2 人	E	约 7.9	约 4.8	
10		真空钎焊工作人员	约 2 人	E	约 13.3	约 11.6	
11		电子束焊工作人员	约 2 人	E	约 16.8	约 15.5	
12		自动荧光检测线工作人员	约 2 人	S	约 20	约 20.4	
13		手动静电喷涂线工作人员	约 2 人	S	约 23.6	约 22.6	
14		办公室工作人员	约 3 人	S	约 16	约 16.5	
15		检测室工作人员	约 2 人	S	约 48	约 48.2	
16		探伤室 50m 评价范围内周边短时间滞留的其它人员					

备注：表中“距离”均以探伤室屏蔽墙体作为起点进行计算，人员最近停留位置从屏蔽墙体外表面 30cm 处算起。

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关内容

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

标准附录 B 剂量限值 and 表面污染控制水平：

B1.1.1.1 条规定：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：

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；

B1.2.1 条规定：实践使公众中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：年有效剂量 1mSv。

根据本报告表 11-6 和表 11-7 项目所致职业人员和公众的个人剂量估算结果，结合标准相关规定，从个人剂量限值约束角度，取 5mSv/a 作为职业人员剂量约束值；取 0.1mSv/a 作为公众剂量约束值。具体见表 7-2。

表 7-2 受照人员年剂量约束值

序号	受照射人员类别	年剂量限值	本项目年剂量约束值
1	职业人员	20mSv/a	5mSv/a
2	公众	1mSv/a	0.1mSv/a

### 7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求

该标准规定了工业 X 射线和 $\gamma$ 射线探伤的放射防护要求。适用于 600kV 及以下 X 射线探伤机和 $\gamma$ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

第 5 条：工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

5.1.1 X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 7-3 的要求。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

管电压 kV	漏射线空气比释动能率（mGy/h）
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；

- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

#### 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

### 第 6 条：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/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 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 GB18871 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。

## 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 $\mu$ Sv/h 的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）

计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\dot{H}$  ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu$ Sv/h）；

100 ——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100 $\mu$ Sv/周；

$\tau$  ——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

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。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 环境质量和辐射现状

为掌握项目拟安装场所辐射环境质量现状，2023年5月11日，西安朋邦工贸有限公司委托核工业二〇三研究所分析测试中心对工业 X 射线探伤项目拟建地及周边环境进行了 $\gamma$ 辐射剂量率监测，监测内容如下：

(1) 监测项目：

$\gamma$ 辐射剂量率；

(2) 监测仪器：

本次监测使用的监测仪器为便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，该仪器测量参数以及检定情况见表 8-1。

表 8-1  $\gamma$ 辐射剂量率监测仪器、测量范围、监测方法及检定情况

项目	监测方法	仪器名称及型号，设备编号	测量范围	检定单位	检定证书编号	检定证书有效期
$\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪 (FH40G-10 主机 +FHZ672E-10 探头)；主机编号：FHP003-2018，探头编号：FHP004-2018	1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h	中国计量科学研究院	DLhd2022-01973	2022.6.27 ~ 2023.6.26

(3) 质量保证措施

监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)等监测方法，实施全过程质量控制。

- 1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；
- 2) 监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- 3) 所用监测仪器全部经过计量部门检定并在有效期内；
- 4) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- 5) 监测数据严格实行审核制度。

(4) 监测布点图

工业 X 射线探伤机拟安装场所及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位示意图见图 8-1。

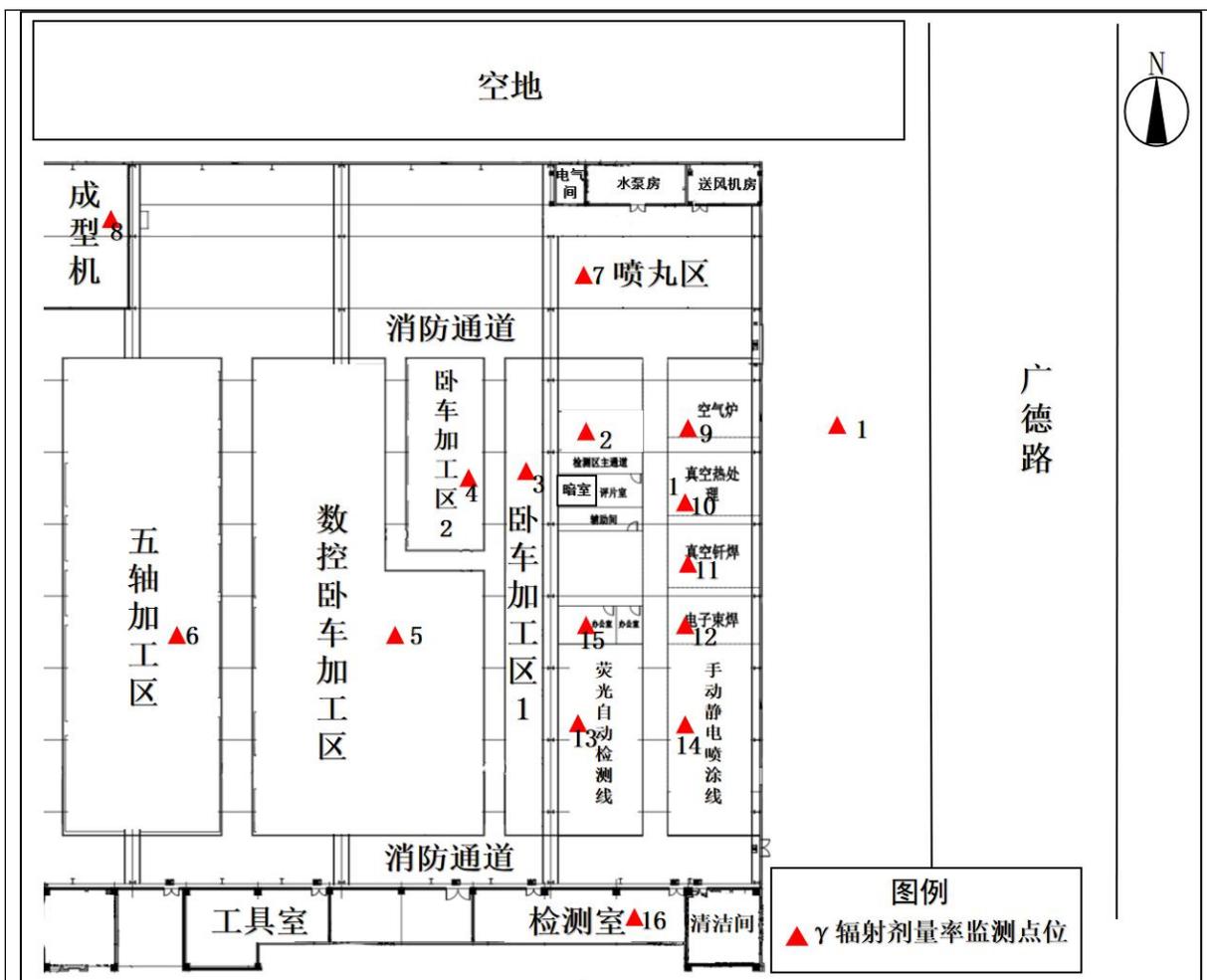


图 8-1 工业 X 射线探伤机拟安装场所及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位示意图

西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目拟安装场所及周边环境辐射剂量率监测结果见表 8-3

表 8-3 西安朋邦工贸有限公司 X 射线机拟安装场所以及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)		备注
		均值	标准偏差	
1	厂区道路	93.6	1.0	
2	探伤室拟建地地面	91.0	0.6	
3	卧车加工区 1 地面	91.0	1.5	
4	卧车加工区 2 地面	90.2	1.3	
5	数控卧车加工区地面	91.8	1.0	
6	五轴加工区地面	86.5	1.6	
7	喷丸区地面	89.2	2.4	
8	成型机地面	92.8	1.0	

续表 8-3 西安朋邦工贸有限公司 X 射线机拟安装场所以及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	$\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)		备注
		均值	标准偏差	
9	空气炉地面	91.0	1.1	
10	真空热处理地面	90.2	1.2	
11	真空钎焊地面	92.8	1.1	
12	电子束焊地面	89.2	1.3	
13	自动荧光检测线地面	89.2	1.4	
14	手动静电喷涂线地面	90.2	1.2	
15	办公室地面	91.0	1.3	
16	检测室地面	91.8	0.9	

说明：1.表中结果已扣除宇宙射线响应值；

2.按照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 $^{137}\text{Cs}$ 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为1.20Sv/Gy；

3.本报告仅对本次监测点位及结果负责。

由表 8-3 监测结果表明，本项目探伤室拟建地及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值为 86.5~93.6nGy/h。监测结果表明，西安朋邦工贸有限公司 X 射线探伤机房拟建地及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值与咸阳市 $\gamma$ 辐射剂量率（《中国环境天然放射性水平》，中国原子能出版社，2015 年）处于同一水平涨落范围内。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工业 X 射线探伤机工作原理

工业X射线探伤机是利用X射线进行透射拍片的检测装置。其工作原理为：利用工业X射线探伤机 X 射线管产生的 X 射线对不同厚度材料或工件进行照射，通过不同材料、厚度对 X 射线吸收程度的差异，进行 X 射线透视摄片，获得照射后的胶片，将胶片进行冲洗后，可直接从胶片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。依据胶片上影像资料缺陷的形状、大小和部位来评定材料或工件的质量。

工业X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体进行射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面，被靶所阻挡从而产生X射线。典型 X 射线管结构见图 9-1。

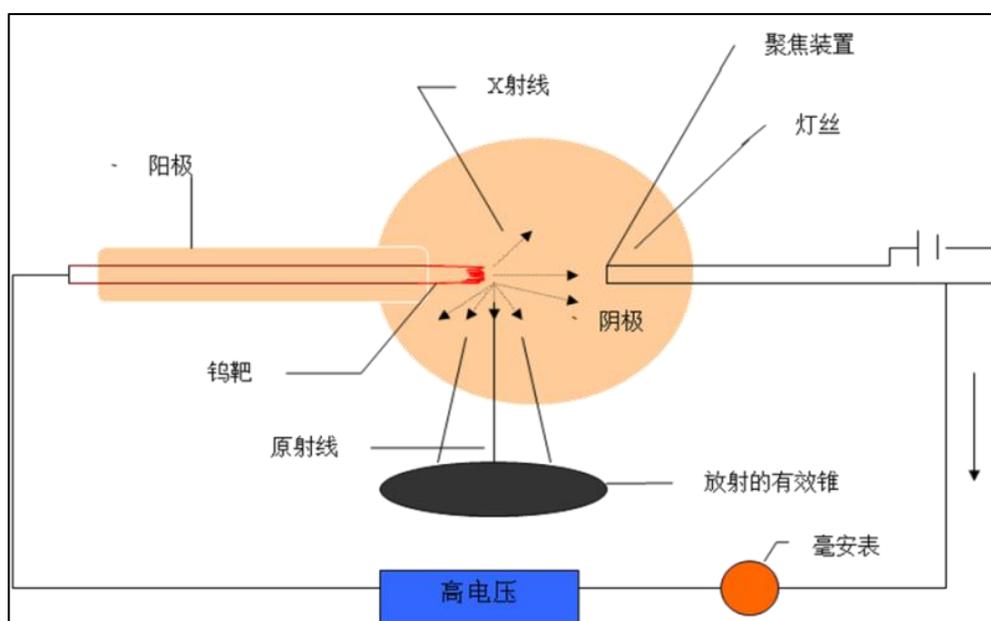


图 9-1 典型 X 射线管结构图

### 9.2 X射线探伤操作流程

西安朋邦工贸有限公司 MG320/4.5 型工业 X 射线机作业流程为：检查辐射防护安全设施能否正常运行，将待检测的工件送入探伤室内，放置在适当位置，摆放好探伤工件和工业 X 射线机；人员撤离，关闭防护门，根据探伤工件材质厚度、待检

部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误后进行曝光检测，并实时成像，达到预设照射时间后，关闭电源，开启防护门，工作人员将工件从铅室取出，出具探伤检测报告，完成一次探伤作业。MGi160/2.25 型工业 X 射线机作业流程为：检查辐射防护安全设施能否正常运行，在工件需要检测的部位布设胶片并加以编号；检查无误，探伤人员撤离铅室，工作人员关闭防护门；然后，接通工业 X 射线机电源，根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误后进行曝光检测；达到预设照射时间后，关闭电源，开启防护门，工作人员从探伤工件上取下已经曝光的胶片，带至暗室用自动洗片机处理后进行评片，评定合格后，出具产品探伤检测合格报告，完成一次探伤作业。

西安朋邦工贸有限公司 MGi320/4.5 型工业 X 射线机探伤操作流程及产污见图 9-2, MGi160/2.25 型工业 X 射线机探伤操作流程及产污见图 9-3，自动洗片机工艺流程图见图 9-4。

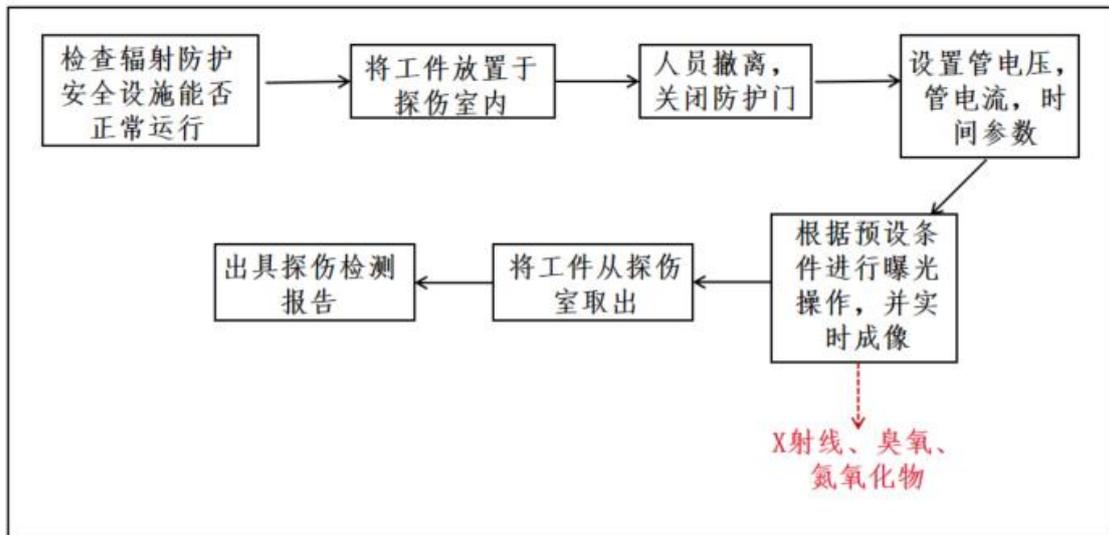


图 9-2 西安朋邦工贸有限公司 MGi320/4.5 型工业 X 射线机探伤工作流程及产污图

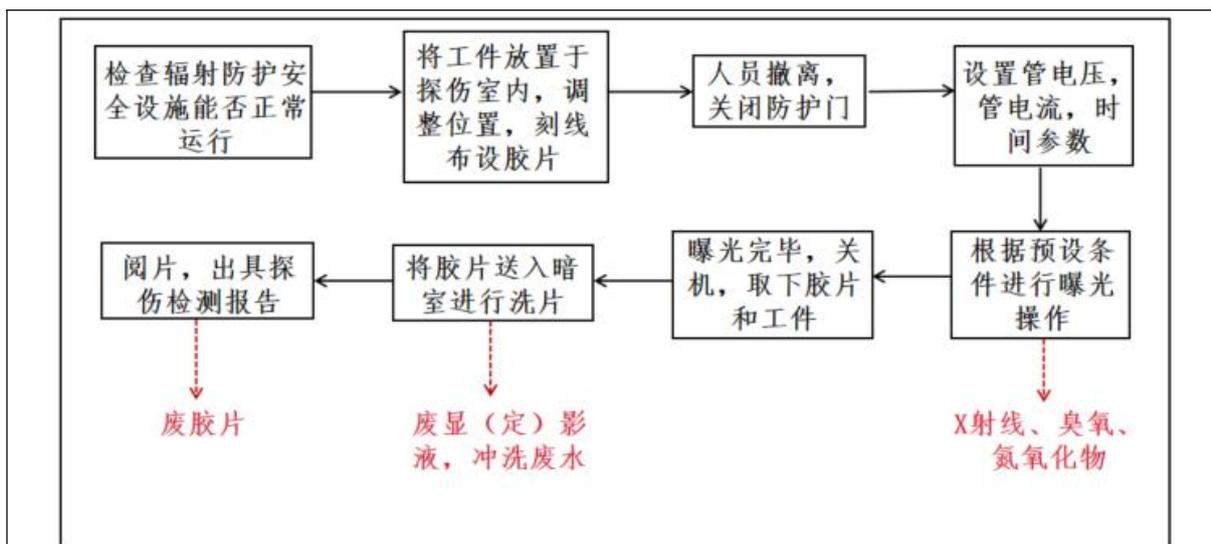


图 9-3 西安朋邦工贸有限公司 MG160/2.25 型工业 X 射线机探伤工作流程及产污图

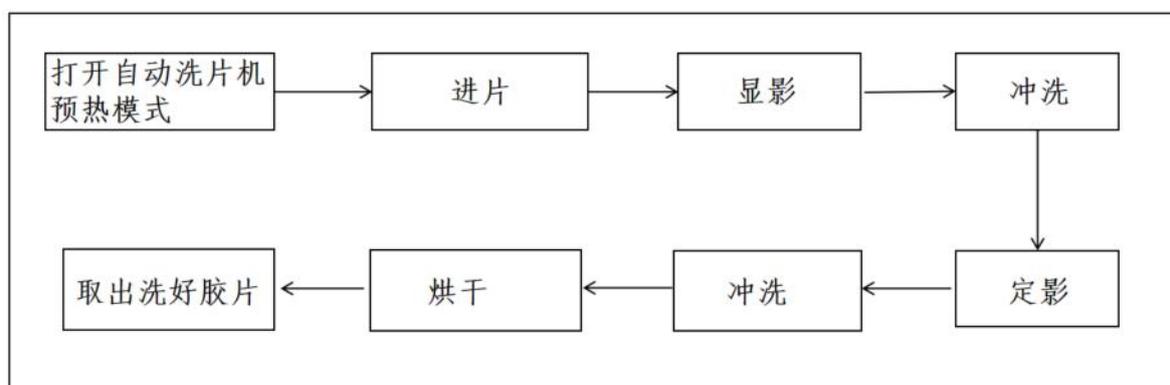


图 9-4 西安朋邦工贸有限公司自动洗片机工艺流程图

### 9.3 源项分析与污染途径

#### 9.3.1 源项分析

根据工艺流程可知，项目运行期产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、废显影液、废定影液、洗片时产生的废水及废胶片。

##### (1) 电离辐射

由 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机状态，并且其 X 射线探伤机组件处于出束状态时才会发出 X 射线，因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤片有关。辐射场中的 X 射线包括有用线

束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。其射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

### （2）臭氧和氮氧化物

本项目使用的 MG1320/4.5 型工业 X 射线机工作时的最大电压为 320kV，MG160/2.25 型工业 X 射线机工作时的最大电压为 160kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此其运行时产生的 X 射线会使探伤室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。但是产生量较少，可以通过机械排风排入外环境中。

本项目在两座铅房内设置机械通风装置，风机额定通风量均为 213m<sup>3</sup>/h，均满足工业探伤射线防护标准中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。铅房 1 排风口位于铅房 1 的东北角，铅房 2 排风口位于铅房 2 西北角。室内产生的臭氧、氮氧化物等少量有害气体经排风口铺设的通风管道接至铅房顶排出至厂房外。

### （3）危险废物

本项目拍片完成后，在洗片室洗片过程中会产生废显影液、废定影液、冲洗废水，在评片过程中将产生废弃胶片。废显影液含有 N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠、碳酸钠等强氧化剂等化学物质；废定影液主要为溴化银、硫代硫酸钠、醋酸、对苯二酚、无水碳酸钠、溴化钾等化学物质；冲洗废水主要含 N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠、醋酸钠、溴化银、硫代硫酸钠等化学物质；冲洗废水产生量约为每张胶片产生 0.3L 废水，年产生量约为 360L/a；废胶片主要成分为溴化银和涤纶年产生量约为 200 张。

## 9.3.2 污染途径

本项目铅房位于西安朋邦工贸有限公司厂房内，铅房的屏蔽墙体采用铅板进行防护，防护门采用铅防护门。曝光时，辐射工作人员隔室进行操作。探伤作业前，

探伤工作人员根据待测工件实际情况，设置相应探伤机管电压、管电流、曝光时间，严格按照规程操作，完成室内探伤作业；本项目铅室内探伤时，其污染物主要为射线装置工作时所产生的 X 射线，污染途径主要为由于铅房的屏蔽墙和防护门的屏蔽缺陷而导致 X 射线外泄，从而对周边人群、环境产生辐射影响。对于 X 射线室内探伤产生的少量臭氧和氮氧化物，通过在铅室内设置机械通风装置，将臭氧和氮氧化物抽出至外环境，经空气稀释、自然分解后，基本上不会周边环境产生较大的影响。

本项目在洗片、阅片过程中所产生的废显（定）影液、冲洗废水及废胶片属于国家危险废物名录中光材料废物（HW16 废物编号：900-019-16），但无放射性。西安朋邦工贸有限公司拟对探伤过程中产生的废显（定）影液、冲洗废水和废胶片进行集中收集，暂存在公司危废贮存库内，定期交有资质单位进行处置。

根据建设单位提供材料，公司拟在厂房西北侧建设危废贮存库。环评要求：危废贮存库选址应满足危险废物贮存污染控制标准（GB 18597-2023）中 5 贮存设施选址要求的相关规定。贮存设施应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。贮存设施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，防渗层为至少 1 m 厚黏土层（渗透系数不大于  $10^{-7}\text{cm/s}$ ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于  $10^{-10}\text{cm/s}$ ），或其他防渗性能等效的材料。危险废物贮存过程中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。贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ1276 要求设置危废贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。应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。贮存设施运行期间，应按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存。贮存设施所有者或运营者应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。

本项目拟购置两个容量为 800 升的耐酸耐碱的塑料桶。用来存放本项目产生的

废显影液、废定影液、冲洗废水。项目产生的废胶片拟用密封袋包装，暂存在危废贮存库。废胶片可采用密封袋袋进行包装后，装袋完毕、封口严实，贴上标签，暂存在废胶片暂存柜内。本项目产生的危险废物暂存期最长不超过1年，应定期交由具有危险废物处置资质的单位进行处置，并填写危险废物转移联单。建立台账管理。危废贮存库容量应满足本项目和现有危废储存需求。

根据西安朋邦工贸有限公司提供的探伤室危险废物产生情况以及暂存场所基本情况分别见表9-1、表9-2。

表9-1 危险废物汇总表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	年产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	危险特性	污染防治措施
1	废显影液	感光材料危险废物	HW16(900-019-16)	100kg	洗片室洗片工序	液态	硫酸甲基对氨基苯酚、对苯二酚等	T(毒性)	暂存废液桶，放置在危废贮存库，定期交由有资质的单位处置
2	废定影液	感光材料危险废物		100kg	洗片室洗片工序	液态	硫代硫酸钠、钾矾、铬矾等	T(毒性)	暂存废液桶，放置在危废贮存库，定期交由有资质的单位处置
3	冲洗废水	感光材料危险废物		360kg	洗片室洗片工序	液态	硫酸甲基对氨基苯酚、对苯二酚、硫代硫酸钠、钾矾、铬矾等	T(毒性)	暂存废液桶，放置在危废贮存库，定期交由有资质的单位处置
4	废胶片	感光材料危险废物		200张	评片工序	固态	溴化银等	T(毒性)	暂存废胶片暂存柜，放置在危废贮存库定期交由有资质的单位处置

表 9-2 危险废物储存场所基本情况表

序号	危险废物名称	存放位置	储存方式	最长暂存周期
1	废显影液	危废贮存库内	置于废液桶中	1 年
2	废定影液	危废贮存库内	置于废液桶中	1 年
3	冲洗废水	危废贮存库内	置于废液桶中	1 年
4	废胶片	危废贮存库内	置于密封袋袋内	1 年

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射防护屏蔽设施

本项目使用的工业 X 射线探伤机产生的射线为 X 射线，针对射线设置所使用的最大工作状态（最大管电压、最大管电流），西安朋邦工贸有限公司已对探伤室中的探伤室进行辐射防护屏蔽设计，相关设计参数如下：

本项目设计的铅房 1 净尺寸长 5m、宽 4m、高 3m，建筑面积 20m<sup>2</sup>；铅室 1 西、北、南侧屏蔽墙体为 20mm 铅板，铅室西、北、南侧屏蔽墙体为 20mm 铅板+120mm 槽钢，东侧屏蔽墙体为 40mm 铅板+120mm 槽钢，顶面为 16mm 铅板+120mm 槽钢，底面为 10mm 铅板。防护门为 120 槽钢+20mm 铅推拉防护门。

铅室 2 净尺寸长 4m、宽 4m、高 3m，建筑面积 16m<sup>2</sup>；铅室 2 西侧屏蔽墙体与铅室 1 共墙，为 40mm 铅板+120mm 槽钢，北侧墙体为 8mm 铅板+140mm 槽钢，东侧、南侧、顶部墙体为 8mm 铅板+120mm 槽钢，底面为 4mm 铅板，防护门为 120mm 槽钢+8mm 铅推拉防护门。铅室为一层建筑顶部无法到达，铅室下方为实土层，故不考虑地板设计屏蔽情况。铅室屏蔽防护设计汇总如表 10-1 所示。铅室所示设计图见图 10-1。

表 10-1 工业 X 射线机铅室屏蔽设计汇总表

项目	设计屏蔽措施	
	铅室 1	铅室 2
长×宽×高	5m×4m×3m，面积为 20m <sup>2</sup>	4m×4m×3m，面积为 16m <sup>2</sup>
四周屏蔽体厚度	西、北、南侧屏蔽墙体为 20mm 铅板，东侧屏蔽墙体为 40mm 铅板	西侧屏蔽墙体为 28mm 铅板，北侧、东侧、南侧、8mm 铅板。
顶棚屏蔽体厚度	16mm 铅板	8mm 铅板
底面铅厚度	10mm 铅板	4mm 铅板
防护门	20mm 铅板推拉防护门	8mm 铅板推拉防护门

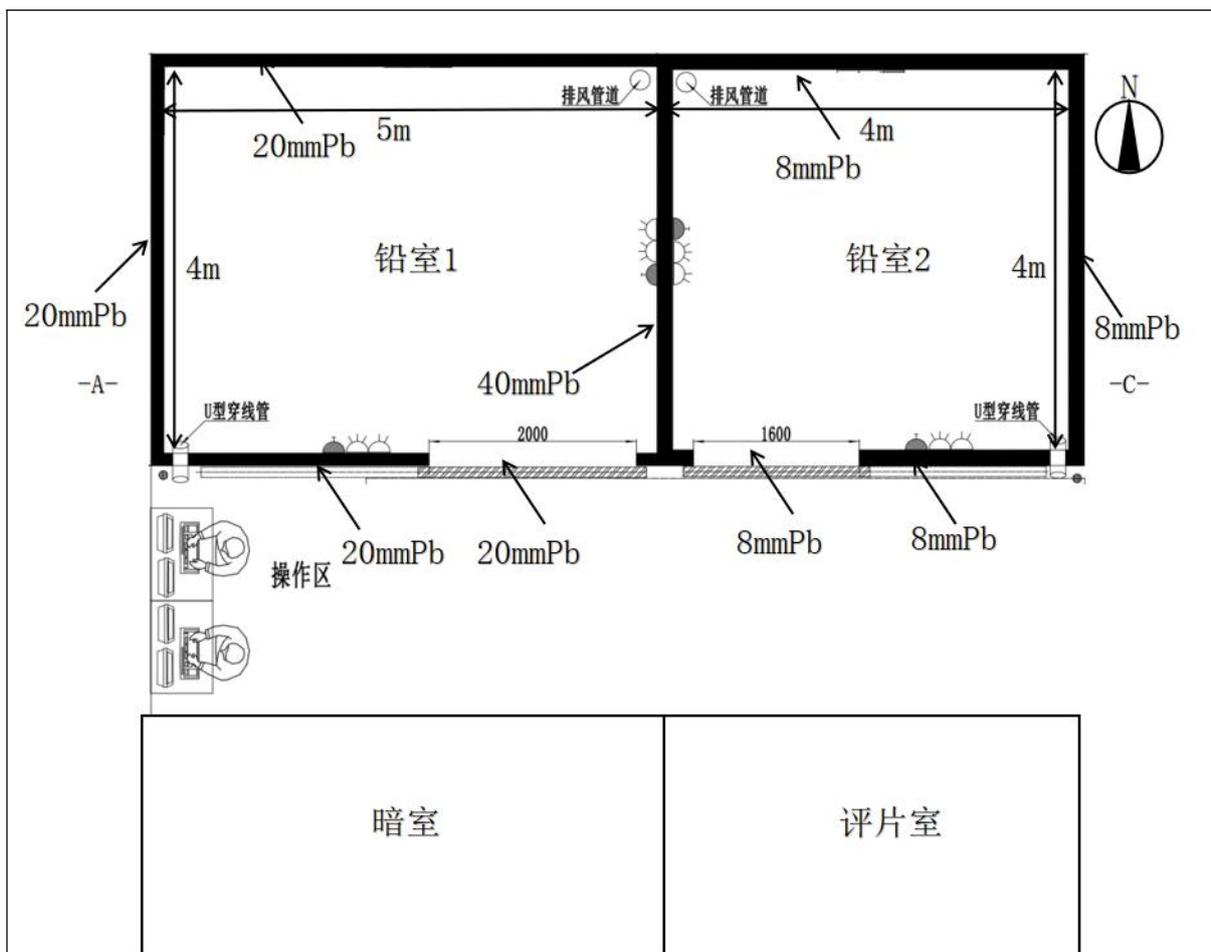


图 10-1 探伤室平面图

## 10.2 工作场所分区管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 条：“应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制”的要求，划定相应分区：控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区，通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 条：“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求”。因此本项目将铅室四周 1m 范围内划分为监督区，无损探伤作业时，除探伤工作人员外，其他人员应尽量减少在此区域停留时间。辐射工作场所分区如图 10-2 所示：

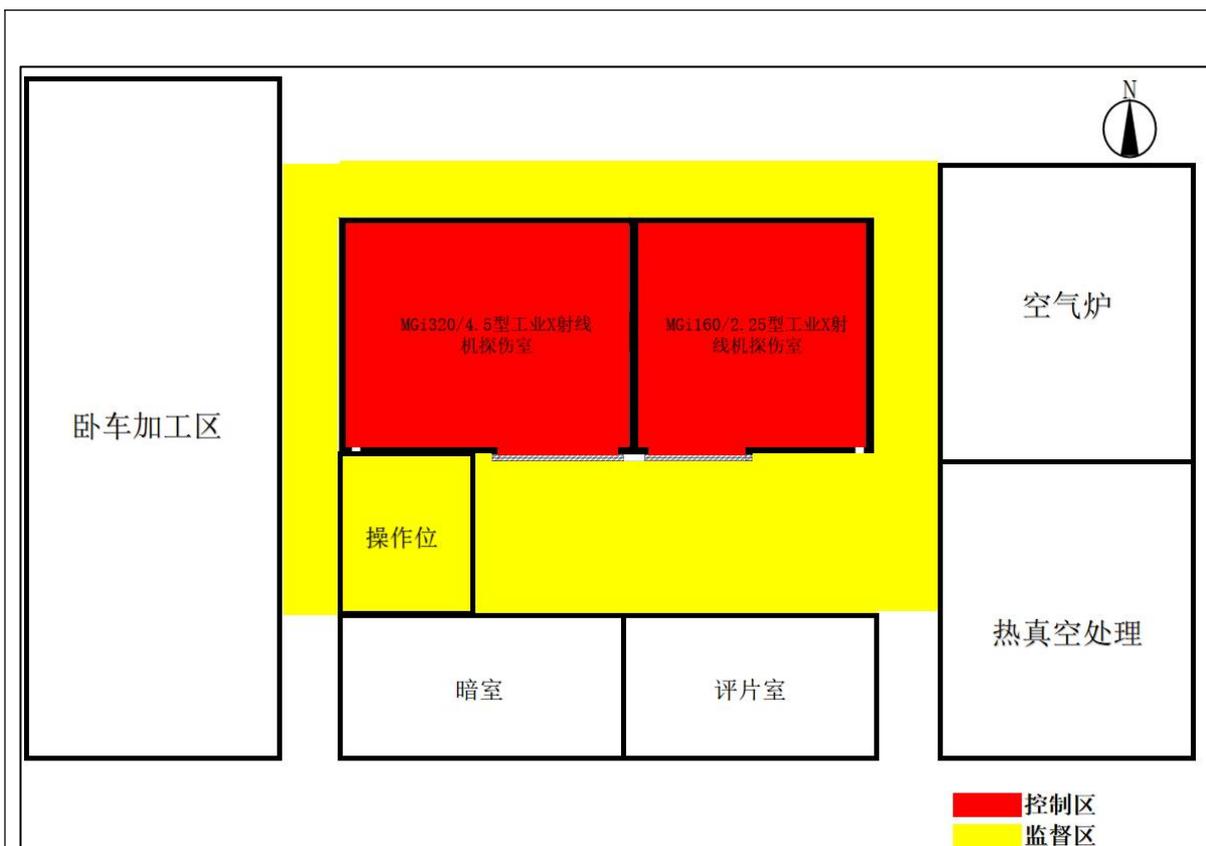


图 10-2 辐射工作场所分区图

根据上述分区，建设单位须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：铅室内部，以防护门和铅室屏蔽墙为界。针对控制区，建设单位拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门-机联锁装置、工作状态指示灯及电离辐射警示标志等设施，严格限制人员随意进入控制区。

②监督区：铅室东侧、北侧、西侧 1m 范围内、南侧过道划分为监督区。为工作人员操作探伤机时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。在铅室屏蔽门设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检查其辐射剂量率。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

### 10.3 辐射安全与防护措施

根据建设单位提供的资料，本项目铅室拟安装门-机联锁装置、声光报警装置、安全报警系统、监控系统、紧急停机按钮。在铅室内采用轴流排风机通过连接外界的排风管道进行通风，排风量为 213m<sup>3</sup>/h，每小时通风换气次数为 3 次，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中探伤室通风装置每小时有效通风换气次数应不小于 3 次的要求。探伤室排风口附近为厂房顶部，无人员活动，不属于人员活动

密集区。铅室的通风路径图如图 10-3 所示。排风管穿墙处设置有铅防护罩外包。

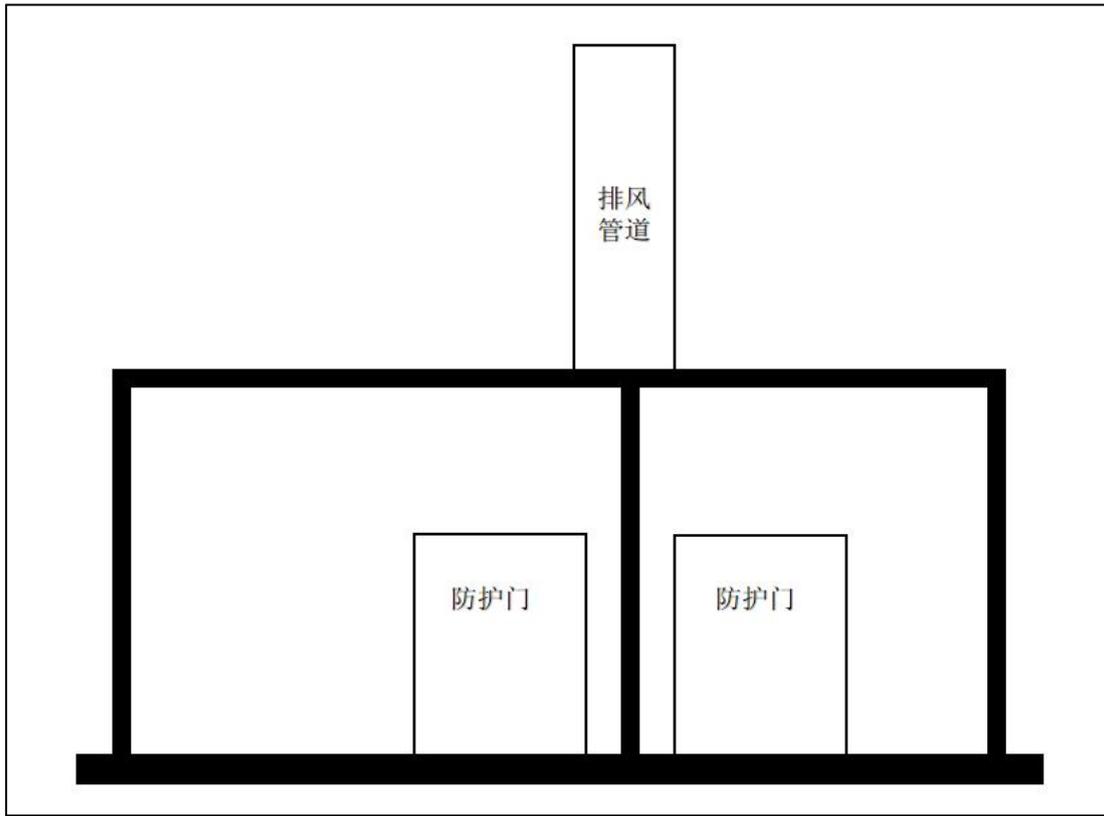


图 10-3 探伤机房排风路径图

为了保障工作场所以及周边环境的辐射安全，减轻探伤过程中对周边环境的影响程度，预防辐射事故发生，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），建设单位拟采取的安全及防护措施满足如下要求：

（1）控制台应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

（2）控制台应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

（3）控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室进出门联锁的接口，当探伤室门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在铅防护门开启时能立即切断。

（4）控制台应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，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。钥匙由专人保管。操作人员离开操作间时，拔出专用钥匙，妥当保管，以防他人误操作而发出射线。

（5）控制台应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

（6）探伤室设置多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。门-机

连锁：采用电动防护门，与探伤机启动电路实行门-机连锁方式，即防护门未关闭之前，探伤机无法启动，在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时探伤机立即停止出束，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(7) 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。“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。照射状态指示装置应与 X 射线机连锁。

(8) 探伤室内、外醒目位置应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(9) 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(10) 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时禁止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。个人剂量计定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。

(11) 控制台和探伤室内分别设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。探伤室在迷道入口设置紧急停机按钮。在紧急情况下，便于探伤室和操作室内的人员及时终止照射，按钮的安装，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。按钮应当带有标签，标明使用方法。本项目探伤室内的辐射安全设施布局图见图 10-4。

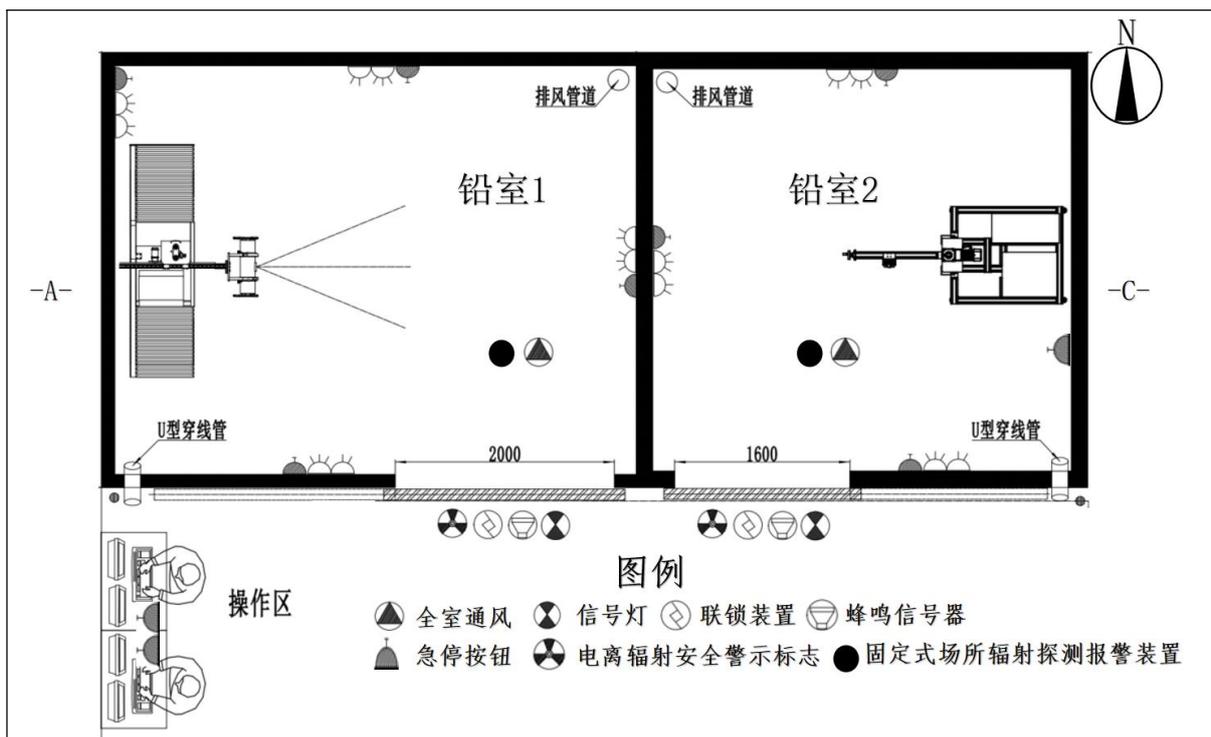


图 10-4 辐射安全设施布局图

对于安全操作要求，操作人员应做到：

(1) 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

(2) 辐射工作人员在工作时，必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪。工作期间认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

(3) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视控制台仪表及探伤机状况，发现异常及时处理。

(4) 只有通过专用钥匙才能使探伤机出束，钥匙由专人保管。操作人员离开操作室时，拔出专用钥匙，妥善保管，以防他人误操作而发出射线。

表 11 辐射环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期的环境影响主要是探伤室的建设产生的噪声、废水、固体废物等环境影响。项目所在厂区已建成，施工人员、施工设备、环保设施等均可依托。

#### (1) 废水环境影响分析

本项目施工期污水、废水主要为施工人员生活污水、施工场地废水等，废水依托市政管网排入污水处理厂。

#### (2) 废气环境影响分析

本项目施工期废气主要为施工扬尘等。本项目主要是铅室结构建设和室内施工，工程量小时间短，对周围环境影响较小。

#### (3) 噪声环境影响分析

根据工程分析可知，施工期噪声源主要为动力设备、施工机械及运输车辆，本项目在厂区内施工，且施工期较短，对厂区内外影响较小。

#### (4) 固体废弃物环境影响分析

本项目施工期的固体废弃物主要为生活垃圾，运往环卫部门指定地点处置。

综上，本项目工程量较小，施工期短，施工人员少，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤项目运行期间主要产生的放射性污染物为 X 射线。根据建设单位提供，MGi 320/4.5 型工业 X 射线机，照射方向为东，因此，东侧考虑主射线影响，其余三面、屋顶考虑散射辐射、泄露辐射影响。MGi 160/2.25 型工业 X 射线机，照射方向为周向，探伤工作人员在操作台进行隔室操作。因此铅房屋顶、四面墙体考虑主射线的影响。本次主要通过理论估算说明其运行期辐射环境影响。

#### 11.2.1 辐射环境影响分析

##### 一、理论计算模式

计算模式依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，该标准适

用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能计算。

## 探伤室屏蔽能力理论预测

### 1、探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

(1) 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ $H_c$ ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c-d}$ ）：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

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

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c-d}$  ( $\mu\text{Sv}$ ) 按式 (1) 计算：

$$\dot{H}_{c-d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中：

$\dot{H}_c$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )；

$U$ ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

$t$ ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 ( $\text{h}/\text{周}$ )。

$t$  按式 (2) 计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

式中：

$W$ ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累计“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值）， $\text{mA} \cdot \text{min}/\text{周}$ ；

60——小时与分钟的换算系数；

$I$ ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 ( $\text{mA}$ )；

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c-\text{max}}$ ：

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

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  :

$\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $\dot{H}_{c-d}$  和 b) 中的  $\dot{H}_{c-max}$  二者的较小值。

(2) 防护探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

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, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 (1)。

b) 除 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和, 应按 (1) 的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本次防护探伤室顶为人员不可到达区域, 因此探伤室顶部的剂量率参考控制水平取  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

## 2、探伤室辐射屏蔽估算公式

(1) 有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算, 然后 X 由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (3)$$

式中:

$\dot{H}_c$  ——按 (1) 式确定的剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA);

$H_0$  ——距辐射源点 (靶点) 1m 处输送量,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ , 以  $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/$

(mA·min) 为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ , 见附录表 B.1。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按 (4) 计算:

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

式中:

I —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (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  $6 \times 10^4$ , 见附录表 B.1;

B ——屏蔽透射因子;

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (5) 计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (5)$$

式中:

X ——屏蔽物质的厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度, 见附录 B 表 B.2。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B, 所需的屏蔽物质厚度 X 按式 (6) 计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad (6)$$

式中:

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度, 见附录 B 表 B.2;

B ——达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时所需的屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算, 然后按式 (6) 计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_2 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad (7)$$

式中：

$\dot{H}$  ——按（1）式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$  ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（5）计算，然后按式（8）计算泄漏辐射在关注点的剂量率  $\dot{H}$  单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (8)$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$  ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

#### （4）散射辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考水平  $\dot{H}_c$  时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式（9）计算。按表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式（6）计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_3 = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (9)$$

式中：

$\dot{H}$  ——按（1）式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$R_s$  —— 散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

$R_0$  —— 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m），取 1.0m；

$I$  —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（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  $6\times 10^4$ ，见附录表 B.1；

$F$  ——  $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；

$\alpha$  —— 散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 $\alpha$  与散射物质有关，在未获得相应物质的  $a$  值时，以水散射体的  $a$  值保守估计，见附录 B 表 B.4，本项目  $\alpha$  取 0.0475。

b) 在给定屏蔽物质厚度  $X$  时，相应的屏蔽透射因子  $B$ ，按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定  $90^\circ$  散射辐射的 TVL，然后按式（5）计算。关注点的散射辐射剂量率  $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（10）计算：

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (10)$$

式中：

$I$  —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（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  $6\times 10^4$ ；

$B$  —— 屏蔽透射因子；

$F$  ——  $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；

$\alpha$  —— 散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的人射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $a$  值时，可以水的  $a$  值保守估计。

$R_0$  —— 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$R_s$  —— 散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

### 3、辐射剂量估算公式

X 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式 (11) 计算:

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad (11)$$

式中:

$H_{Er}$  ——X 射线外照射人均年有效剂量当量, 单位为毫希 (mSv);

$H_{(10)}$  ——X 射线周围剂量当量率, 单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

$T$  ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

$t$  ——X 射线照射时间, 单位为小时 (h)。

## 二、辐射防护屏蔽理论估算

### 1、探伤机主要技术参数及工作负荷

工业 X 射线机主要技术参数及工作负荷见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤装置技术参数及工作负荷

设备型号	最大管电压 kV	最大管电流 mA	单次曝光时间	周最大照射时间
MGi 320/4.5	320	5.6	3min/次	5h/周
MGi 160/2.25	160	6.25	5min/次	2h/周

### 2、核算距离、方向

根据建设单位提供的资料, 本项目新增的 1 台 MGi 320/4.5 型工业 X 射线机最大管电压为 320kV, 最大管电流为 5.6mA。MGi 160/2.25 型工业 X 射线机最大管电压为 160kV, 最大管电流为 2.25mA。MGi 320/4.5 型工业 X 射线机, 照射方向为东, 因此, 东侧考虑主射线影响, 其余三面、屋顶考虑散射辐射、漏射辐射影响。工业 X 射线机距离铅房最近距离 1.5m, MGi 160/2.25 型工业 X 射线机, 照射方向为周向, 探伤工作人员在操作台进行隔室操作。因此铅房屋顶、四面墙体考虑主射线的影响。且建筑下方为土层, 没有地下建筑。故对四周及向上等五个方向进行预测。因此本项目对铅房预测位置如图 11-1 所示。

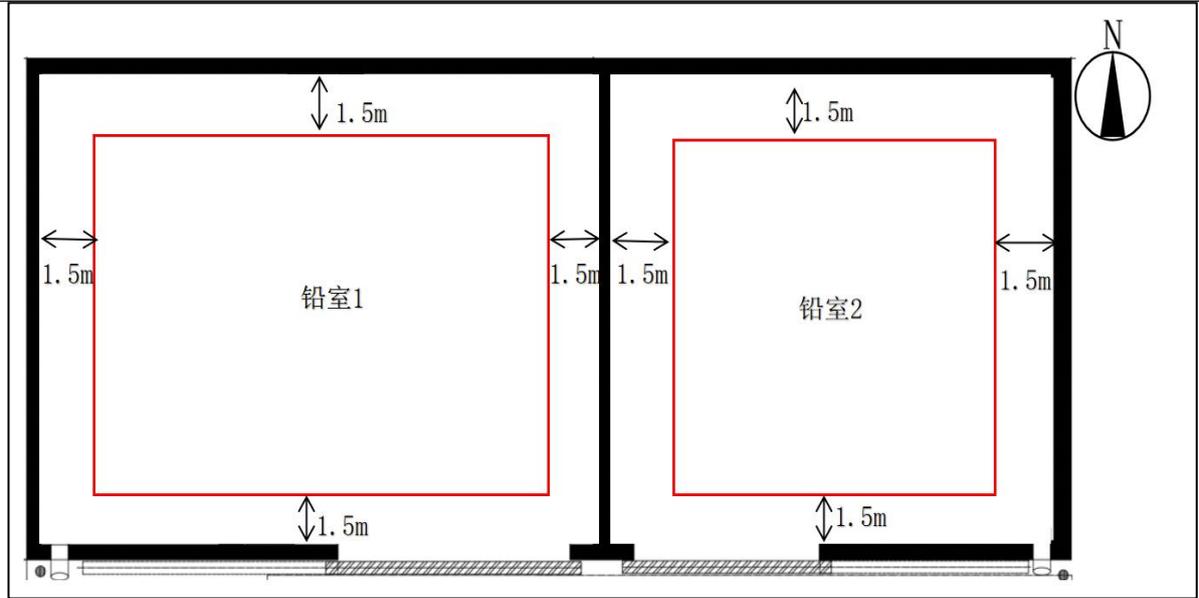


图 11-1 工业 X 射线机预测位置

(1) 探伤机曝光时，屏蔽核算时各方向距离见表 11-2，11-3。

表 11-2 MG<sub>i</sub> 320/4.5 型工业 X 射线机出束时各方向距离一览表

计算点			距离 m
东侧	铅室 1 东侧墙体外 30cm 处	有用线束	1.96
西侧	铅室 1 西侧墙体外 30cm 处	散射、漏射	1.94
北侧	铅室 1 北侧墙体外 30cm 处	散射、漏射	1.94
南侧	铅室 1 南侧防护门外 30cm 处	散射、漏射	1.94
	铅室 1 南侧墙体外 30cm 处	散射、漏射	1.94
顶部	顶部墙体外 30cm 处	散射、漏射	3.44

表 11-3 MG<sub>i</sub> 160/2.25 型工业 X 射线机出束时各方向距离一览表

计算点			距离 m
东侧	铅室 2 东侧墙体外 30cm 处	有用线束	1.93
西侧	铅室 2 西侧墙体外 30cm 处	有用线束	1.96
北侧	铅室 2 北侧墙体外 30cm 处	有用线束	1.95
南侧	铅室 2 南侧防护门外 30cm 处	有用线束	1.93
	铅室 2 南侧墙体外 30cm 处	有用线束	1.93
顶部	顶部墙体外 30cm 处	有用线束	3.43

### 3、剂量率参考控制水平的确定

表 11-4 MG1 320/4.5 型工业 X 射线机剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	周剂量参考控制水平 Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ( $\frac{\mu Sv}{h}$ )	剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)
铅室 1 东侧墙体 外 30cm 处	1	1	100	12.0	2.5	2.5
铅室 1 西侧墙体 外 30cm 处	1	1	5	1	2.5	1
铅室 1 南侧墙体 外 30cm 处	1	1	100	12.0	2.5	2.5
铅室 1 南侧防护 门外 30cm 处	1	1	100	12.0	2.5	2.5
铅室 1 北侧墙体 外 30cm 处	1	1/5	5	3.0	2.5	2.5
顶部 (不可到达)	—	—	100	—	100	100

表 11-5 MG1 160/2.25 型工业 X 射线机剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	周剂量参考控制水平 Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ( $\frac{\mu Sv}{h}$ )	剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)
铅室 2 东侧墙体 外 30cm 处	1	1	5	2.5	2.5	2.5
铅室 2 西侧墙体 外 30cm 处	1	1/5	100	250.0	2.5	2.5
铅室 2 南侧墙体 外 30cm 处	1	1	100	50.0	2.5	2.5
铅室 2 南侧防护 门外 30cm 处	1	1	100	50.0	2.5	2.5
铅室 2 北侧墙体 外 30cm 处	1	1/5	5	12.5	2.5	2.5
顶部 (不可到达)	—	—	100	—	100	100

根据表 11-4、11-5 可知，铅室 1 东侧墙体外 30cm 处、铅室 1 南侧墙体外 30cm 处、铅室 1 南侧防护门外 30cm 处、铅室 1 北侧墙体外 30cm 处剂量率参考控制水平为 2.5μSv/h；铅室 1 西侧墙体外 30cm 处剂量率参考控制水平为 1μSv/h；对不需要人员到达的铅室 1 顶，铅室 1 顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h。铅

室 2 东侧墙体外 30cm 处、铅室 2 西侧墙体外 30cm 处、铅室 2 南侧墙体外 30cm 处、铅室 2 南侧防护门外 30cm 处、铅室 2 北侧墙体外 30cm 处剂量率参考控制水平为 2.5 $\mu$ Sv/h；对不需要人员到达的铅室 2 顶，铅室 2 顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100 $\mu$ Sv/h。

#### 4、铅室屏蔽防护效能核实原则

墙体厚度确定原则：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、散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽厚度，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）。

#### 5、铅室防护核算结果

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B，对于管电压为 160kV 时产生的有用线束，过滤条件为 2mm 铝时，距靶 1m 处辐射输出量为 20.38mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min）。此管电压下产生的 X 射线对应的层铅什值层 TVL=1.05mm、HVL=0.136mm；对于管电压 320kV 时产生的有用线束，过滤条件为 3mm 铜时，距靶 1m 处辐射输出量为 13.74mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min）。此管电压下产生的 X 射线对应的层铅什值层 TVL=6.2mm、HVL=1.86mm。

##### （1）铅室 1 屏蔽厚度估算结果

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目复合估算结果见表 11-6、11-7。

表 11-6 MG<sub>i</sub> 320/4.5 型工业 X 射线机有用线束辐射屏蔽厚度复合估算结果

位置	剂量率参考控制水平 ( $\mu$ Sv/h)	辐射源点 (靶点)至 关注点的距	屏蔽透 射因子	计算厚度	设计厚度	符合性
铅室 1 东侧墙 体外 30cm 处	2.5	1.96	2.08E-06	35.2mmPb	40mmPb	符合

表 11-7 MG1 320/4.5 型工业 X 射线机非主照面屏蔽厚度估算结果

位置	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	辐射类型	屏蔽透射因子	计算厚度	理论计算厚度	设计厚度	符合性
铅室 1 东侧墙体外 30cm 处	2.5	泄漏	1.92E-03	16.87mmPb	16.87mmPb	40mmPb	符合
		散射	1.90E-04	10.81mmPb			
铅室 1 西侧墙体外 30cm 处		泄漏	7.53E-04	19.36mmPb	19.36mmPb	20mmPb	符合
		散射	4.42E-05	11.98mmPb			
铅室 1 南侧墙体外 30cm 处		泄漏	1.88E-03	16.90mmPb	16.90mmPb	20mmPb	符合
		散射	1.84E-04	10.83mmPb			
铅室 1 南侧防护门外 30cm 处		泄漏	1.88E-03	16.90mmPb	16.90mmPb	20mmPb	符合
		散射	1.84E-04	10.83mmPb			
铅室 1 北侧墙体外 30cm 处		泄漏	1.88E-03	16.90mmPb	16.90mmPb	20mmPb	符合
		散射	1.84E-04	10.83mmPb			
顶部 (不可到达)	100	泄漏	2.37E-01	3.88mmPb	6.15mmPb	16mmPb	符合
		散射	3.31E-02	4.29mmPb			

(2) 铅室 2 屏蔽厚度估算结果

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，非主照面屏蔽厚度估算结果见表 11-8。

表 11-8 MG1 160/2.25 型工业 X 射线机有用线束辐射屏蔽厚度复合估算结果

位置	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	辐射源点 (靶点) 至关注点	屏蔽透射因子	计算厚度	设计厚度	符合性
铅室 2 东侧墙体外 30cm 处	2.5	1.93	1.22E-06	6.20mmPb	8mmPb	符合
铅室 2 西侧墙体外 30cm 处		1.96	1.26E-06	6.19mmPb	40mmPb	符合
铅室 2 南侧墙体外 30cm 处		1.93	1.22E-06	6.20mmPb	8mmPb	符合
铅室 2 南侧防护门外 30cm		1.93	1.22E-06	6.20mmPb	8mmPb	符合
铅室 2 北侧墙体外 30cm 处		1.95	1.24E-06	6.19mmPb	8mmPb	符合
顶部 (不可到达)	100	3.43	1.54E-04	4.00mmPb	8mmPb	符合

根据表 11-6、11-7、11-8 计算结果可知，探伤机工作时，铅室 1 和铅室 2 的四周

屏蔽墙体、顶棚以及防护门的辐射防护屏蔽效果相对较好，设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的相关要求。

### 11.2.2 辐射剂量率估算

本项目定向 X 射线探伤装置配置到位后，按探伤室四周屏蔽体外最近距离的瞬时剂量进行估算，根据建设单位提供，MGi 320/4.5 型工业 X 射线机照射方向为东。MGi 160/2.25 型工业 X 射线机为周向机，照射方向不固定。本项目以最保守方式计算即按照每个方向以年最大曝光时间进行估算。本项目工业 X 射线探伤机工作时各关注点辐射照射剂量率计算见表 11-9。

表 11-9 MGi 320/4.5 型工业 X 射线机出束时各关注点辐射剂量率估算表

关注点	距离 (m)	辐射类型	预测点瞬时剂量( $\mu\text{Sv/h}$ )
铅室 1 东侧墙体外 30cm 处	1.96	有用线束	4.25E-01
铅室 1 西侧墙体外 30cm 处	1.94	漏射、散射	7.92E-01
铅室 1 南侧墙体外 30cm 处	1.94	漏射、散射	7.92E-01
铅室 1 南侧防护门外 30cm 处	1.94	漏射、散射	7.92E-01
铅室 1 北侧墙体外 30cm 处	1.94	漏射、散射	7.92E-01
顶部（不可到达）	3.44	漏射、散射	1.12E+00
卧车加工区 1	2.8	漏射、散射	3.80E-01
卧车加工区 2	8.8	漏射、散射	3.84E-02
数控卧车加工区	13.9	漏射、散射	1.54E-02
五轴加工区	33.6	漏射、散射	2.64E-03
喷丸区	12.6	漏射、散射	1.87E-02
成型机	51.1	漏射、散射	1.14E-03
空气炉	8.6	有用线束	2.21E-02
真空热处理	9.5	有用线束	1.81E-02
真空钎焊	14.9	漏射、散射	1.34E-02
电子束焊	18.4	漏射、散射	8.79E-03
自动荧光检测线	21.6	漏射、散射	6.38E-03
手动静电喷涂线	25.2	漏射、散射	4.69E-03
办公室	17.6	漏射、散射	9.61E-03
检测室	49.6	漏射、散射	1.21E-03

表 11-10 MG1 160/2.25 型工业 X 射线机出束时各关注点辐射剂量率估算表

关注点	距离 (m)	辐射类型	预测点瞬时剂量( $\mu\text{Sv/h}$ )
铅室 2 东侧墙体外 30cm 处	1.93	有用线束	4.77E-02
铅室 2 西侧墙体外 30cm 处	1.96	有用线束	1.35E-32
铅室 2 南侧墙体外 30cm 处	1.93	有用线束	4.77E-02
铅室 2 南侧防护门外 30cm 处	1.93	有用线束	4.77E-02
铅室 2 北侧墙体外 30cm 处	1.95	有用线束	4.67E-02
铅室南侧人员操作位	6.25	有用线束	4.55E-03
顶部 (不可到达)	3.43	有用线束	1.51E-02
卧车加工区 1	7.8	有用线束	8.53E-34
卧车加工区 2	13.8	有用线束	2.73E-34
数控卧车加工区	17.4	有用线束	5.87E-04
五轴加工区	38.6	有用线束	3.48E-35
喷丸区	13.3	有用线束	1.00E-03
成型机	55.4	有用线束	1.69E-35
空气炉	4.6	有用线束	8.40E-03
真空热处理	6.4	有用线束	4.34E-03
真空钎焊	13.2	有用线束	1.02E-03
电子束焊	17.1	有用线束	6.08E-04
自动荧光检测线	22	有用线束	3.67E-04
手动静电喷涂线	24.2	有用线束	3.03E-04
办公室	18.1	有用线束	5.42E-04
检测室	49.8	有用线束	7.16E-05

### 一、职业人员及公众剂量分析

#### (1) 辐射工作人员

表 11-11 MG1 160/2.25 型工业 X 射线机所致辐射工作人员年附加有效剂量计算结果

关注人员	探伤机出束时预测点瞬时剂量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年最大曝光时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
铅室南侧操作位	4.55E-03	100	1	4.55E-04

表 11-12 MG<sub>i</sub> 320/4.5 型工业 X 射线机所致辐射工作人员年附加有效剂量计算结果

关注人员	探伤机出束时预测点瞬时剂量 (μSv/h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
铅室南侧操作位	2.94E-04	250	1	7.35E-05

由表 11-11、11-12 可得辐射工作人员所受的最大年有效剂量为  $4.55 \times 10^{-4}$  mSv, 远低于本次评价剂量约束值 5mSv/a。

(2) 公众人员

工业X射线装置探伤期间,对公众的辐射影响对象主要考虑 50 米评价范围内包含卧车加工区 1 工作人员、卧车加工区 2 工作人员、数控卧车加工区工作人员、五轴加工区工作人员、喷丸区工作人员、成型机工作人员、空气炉工作人员、真空热处理工作人员、真空钎焊工作人员、电子束焊工作人员、自动荧光检测线工作人员、手动静电喷涂线工作人员、办公室工作人员、检测室工作人员以及探伤室 50m 评价范围内周边短时间滞留的其它人员。

表 11-13 MG<sub>i</sub> 160/2.25 型工业 X 射线机所致公众年附加有效剂量计算结果

关注人员	探伤机出束时预测点瞬时剂量(μSv/h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	使用因子	年有效剂量 (mSv/a)
卧车加工区 1 工作人员	8.53E-34	100	1	1	8.53E-35
卧车加工区 2 工作人员	2.73E-34		1	1	2.73E-35
数控卧车加工区工作人员	5.87E-04		1	1	5.87E-05
五轴加工区工作人员	3.48E-35		1	1	3.48E-36
喷丸区工作人员	1.00E-03		1	1	1.00E-04
成型机工作人员	1.69E-35		1	1	1.69E-36
空气炉工作人员	8.40E-03		1	1	8.40E-04
真空热处理工作人员	4.34E-03		1	1	4.34E-04
真空钎焊工作人员	1.02E-03		1	1	1.02E-04
电子束焊工作人员	6.08E-04		1	1	6.08E-05
自动荧光检测线工作人员	3.67E-04		1	1	3.67E-05
手动静电喷涂线工作人员	3.03E-04		1	1	3.03E-05
办公室工作人员	5.42E-04		1	1	5.42E-05
检测室工作人员	7.16E-05		1	1	7.16E-06

表 11-14 MG<sub>i</sub> 320/4.5 型工业 X 射线机所致公众年附加有效剂量计算结果

关注人员	探伤机出束时预测点 瞬时剂量(μSv/h)	年最大曝光 时间 (h)	居留因子	使用因子	年有效剂量 (mSv/a)
卧车加工区 1 工作人员	3.80E-01	250	1	1	9.50E-02
卧车加工区 2 工作人员	3.84E-02		1	1	9.60E-03
数控卧车加工区工作人员	1.54E-02		1	1	3.85E-03
五轴加工区工作人员	2.64E-03		1	1	6.60E-04
喷丸区工作人员	1.87E-02		1	1	4.68E-03
成型机工作人员	1.14E-03		1	1	2.85E-04
空气炉工作人员	2.21E-02		1	1	5.53E-03
真空热处理工作人员	1.81E-02		1	1	4.53E-03
真空钎焊工作人员	1.34E-02		1	1	3.35E-03
电子束焊工作人员	8.79E-03		1	1	2.20E-03
自动荧光检测线工作人员	6.38E-03		1	1	1.60E-03
手动静电喷涂线工作人员	4.69E-03		1	1	1.17E-03
办公室工作人员	9.61E-03		1	1	2.40E-03
检测室工作人员	1.21E-03		1	1	3.03E-04

表 11-14 工业 X 射线机所致公众年附加有效剂量计算结果

关注人员	MG <sub>i</sub> 160/2.25 型工业 X 射线机所致公众年 附加有效剂量	MG <sub>i</sub> 320/4.5 型工业 X 射线机所致公众年 附加有效剂量	年有效剂量 (mSv/a)
卧车加工区 1 工作人员	8.53E-35	9.50E-02	9.50E-02
卧车加工区 2 工作人员	2.73E-35	9.60E-03	9.60E-03
数控卧车加工区工作人员	5.87E-05	3.85E-03	3.91E-03
五轴加工区工作人员	3.48E-36	6.60E-04	6.60E-04
喷丸区工作人员	1.00E-04	4.68E-03	4.78E-03
成型机工作人员	1.69E-36	2.85E-04	2.85E-04
空气炉工作人员	8.40E-04	5.53E-03	6.36E-03
真空热处理工作人员	4.34E-04	4.53E-03	4.96E-03
真空钎焊工作人员	1.02E-04	3.35E-03	3.45E-03
电子束焊工作人员	6.08E-05	2.20E-03	2.26E-03

续表 11-14 工业 X 射线机所致公众年附加有效剂量计算结果

关注人员	MGi 160/2.25 型工业 X 射线机所致公众年附加有效剂量	MGi 320/4.5 型工业 X 射线机所致公众年附加有效剂量	年有效剂量 (mSv/a)
自动荧光检测线工作人员	3.67E-05	1.60E-03	1.63E-03
手动静电喷涂线工作人员	3.03E-05	1.17E-03	1.20E-03
办公室工作人员	5.42E-05	2.40E-03	2.46E-03
检测室工作人员	7.16E-06	3.03E-04	3.10E-04

由表 11-14 可得，公众人员附加年有效剂量范围值在  $2.85 \times 10^{-4} \sim 9.50 \times 10^{-2} \text{mSv}$  之间，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定年有效剂量 1mSv/a 基本限值和本本次评价公众剂量 0.1mSv/a 约束值。

### 11.2.3 废气对环境影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（主要为 NO<sub>2</sub>）。

铅室 1 排风口位于铅室 1 东北侧，安装一台轴流风机，每小时通排风换气次数为 3 次。铅室 2 排风口位于铅室 2 西北侧，安装一台轴流风机，每小时通排风换气次数为 4 次。废气通过通风管道经铅室顶部排放。排风口为厂房顶棚，无人员活动。为了保证辐射屏蔽防护效果，铅房室排风管外包铅防护罩。

### 11.2.4 废水对环境影响分析

辐射工作人员产生的生活污水排入市政管网。

### 11.2.5 固废对环境影响分析

#### ①一般固废

辐射工作人员生活垃圾依托公司现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

#### ②危险废物

洗片废液分为废定影液、废显影液、冲洗废水。洗片废液单独收集后暂存在厂房危废贮存库，建设单位已与有资质的危废处置单位签订协议，定期交由有相应资质的单位外运处理。协议到期后应与有资质的危废处置单位续签协议，保证危废得到妥善处理。

本项目废液单独收集和暂存，不混合暂存。废液收集桶材质不得与废液相溶。

贮存设施应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。贮存设施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，防渗层为至少 1 m 厚黏土层（渗透系数不大于  $10^{-7}\text{cm/s}$ ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于  $10^{-10}\text{cm/s}$ ），或其他防渗性能等效的材料。危险废物贮存过程中产生的液态废物和固体废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ1276 要求设置危废贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。应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。贮存设施运行期间，应按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存。贮存设施所有者或运营者应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。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

#### 11.2.7 项目选址、布局合理及实践正当性分析

##### （1）选址合理性分析

本项目工业 X 射线设备射线装置评价范围内无常住居民点及环境制约因素，射线装置运行期间基本不会对厂界环境保护目标产生影响，排风口下方为探伤室顶部，人员不可到达。项目采取有效的辐射防护屏蔽措施后，对周围环境影响较小，项目选址基本合理。

##### （2）平面布置合理性分析

本项目 X 射线装置在专用的铅室内进行探伤，铅室所在位置其选址有效避免人员聚集区域，厂房其他区域工作人员在探伤室周边常驻人数较少，经采取有效的辐射防护屏蔽措施后，对周围环境的辐射影响较小，其平面布置基本合理。

##### （3）实践正当性分析

西安朋邦工贸有限公司使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保

工件使用安全，该项目建设有利于发展社会经济，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价。因此，该公司工业 X 射线探伤项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求，故本环评认为该项目是正当可行的。

### 11.3 事故影响分析

#### 11.3.1 事故风险类型识别

本项目使用的 X 射线探伤装置属于 II 类射线装置，根据其无损检测过程中的实际情况分析，其事故类别主要为检测时或射线装置出束时的意外事故，主要归纳为以下几个方面：

①探伤工件搬运人员或探伤机检修人员进入铅室后未完全撤离铅室，操作人员在开启设备前未对铅室内部情况进行查看，从而对铅室内停留人员造成大剂量照射；

②由于门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭或探伤机工作时门被开启，探伤机仍能开机出束，造成大量射线外泄，对防护门外活动的工作人员及公众成员产生较大剂量照射；

③设备因故障短路或其他原因处于失控状态，从而对周围人员造成大剂量照射。

#### 11.3.2 事故风险分析

当射线装置处于工作状态时，门-机联锁失效并且人员滞留探伤室内情况下，当人员与射线装置处于不同距离时，可根据以下公式进行计算：

$$X = \frac{I \times X_0}{R^2} \quad (12)$$

式中： $X_0$ —X 射线装置 1m 米处的输出量， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

$R$ —计算点距 X 射线装置辐射源的距离， $\text{m}$ ；

$I$ —X 射线装置最大管电流， $\text{mA}$ ；

考虑工业 X 射线装置产生 X 射线能量与管电压的关系，从保守角度，本次主要估算在无屏蔽设施情况下 MG1 320/4.5 型工业 X 射线机在管电压为 320kV，管电流为 5.6mA 时，MG1 160/2.25 型 X 射线机在管电压为 160kV，管电流为 6.25mA 时不同距离、不同接触时间下有用线束的有效剂量。其中，MG1 320/4.5 型工业 X 射线机管电压为 320kV 时的 X 射线机距靶 1m 处输出量为  $13.74\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，MG1

160/2.25 型 X 射线机在管电压为 160kV 时的 X 射线机距靶 1m 处输出量为 20.38mGy·m<sup>2</sup>/ (mA·min) 代入公式 (12) 进行估算, 估算结果见表 11-15。

表 11-15 MG1 320/4.5 型工业 X 射线机下不同距离、不同接触时间有用线束的有效剂量 (mSv)

距离(m) 时间(min)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
0.5	38.47	17.10	9.62	6.16	4.27	3.14	2.40
1	76.94	34.20	19.24	12.31	8.55	6.28	4.81
2	153.89	68.39	38.47	24.62	17.10	12.56	9.62
3	230.83	102.59	57.71	36.93	25.65	18.84	14.43
4	307.78	136.79	76.94	49.24	34.20	25.12	19.24

表 11-16 MG1 160/2.25 型 X 射线机下不同距离、不同接触时间有用线束的有效剂量 (mSv)

距离(m) 时间(min)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
0.5	63.69	28.31	15.92	10.19	7.08	5.20	3.98
1	127.38	56.61	31.84	20.38	14.15	10.40	7.96
2	254.75	113.22	63.69	40.76	28.31	20.80	15.92
3	382.13	169.83	95.53	61.14	42.46	31.19	23.88
4	509.50	226.44	127.38	81.52	56.61	41.59	31.84

由表 11-15、表 11-16 所接受的剂量估算结果可以看出, 当工业 X 射线装置处于工作状态, 门-机联锁失效并且人员滞留铅室内情况下时, 铅室周边人员将会接受大剂量辐射照射, 可能产生辐射损伤情形。故在射线装置在工作期间, 应加强射线装置的安全维护, 保证门-机联锁处于良好的工作状态, 防止人员误入以减小对人员产生的辐射影响。探伤室内外均设置急停按钮, 误入探伤室的人员及控制室内工作人员发现误照射后, 可通过急停按钮紧急停机。

### 11.3.3 辐射事故防范措施

(1) 检修、调试应由专业技术人员进行。工作人员按要求佩戴个人剂量报警仪, 不得擅自改变、削弱、或破坏 X 射线铅室的屏蔽体和铅防护门。

(2) 撤离铅室时应清点人数, 辐射工作人员应确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时, 如遇 X 射线出束情况下人员滞留铅室内, 操作人员、铅室滞留人员

应立即按下急停按钮，停止照射。

(3) 定期检查探伤室的门-机联锁、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

(4) 配置便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪，定期巡查(每周)铅室屏蔽体的屏蔽效能，发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

(5) 定期认真对本单位 X 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，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故发生。

(6) 本项目使用的定向 X 射线探伤机只能在探伤室内使用并且不从事室外探伤作业。

另外，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行探伤工作。

#### 11.3.4 辐射应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则为：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。

(4) 在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

(5) 事故处理后应累计资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；对任何可能受到照射的人员所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(6) 对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并上报生态环境等相关行政部门，接受监督部门的处理。

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

#### (1) 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2019年8月22日生态环境部令第7号修改，第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有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。西安朋邦工贸有限公司未开展过核技术利用项目，尚未配置辐射防护与安全管理人员。本项目应按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人从事辐射环境管理工作。管理机构的主要职责位：

①认真贯彻落实国家法律法规的有关规定；

②对公司使用的射线装置的安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任；

③组织制定并落实辐射防护相关管理制度；

④按照国家有关规定，定期组织对射线装置工作场所和设备进行辐射防护监测和年度评估，发现安全隐患的及时进行整改，确保设备正常使用、安全有效；

⑤组织对放射性操作人员进行辐射与安全防护培训，进行个人剂量检查、职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；

⑥制定辐射事故应急预案并定期组织演练。

#### (2) 辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。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》（公告2019年第57号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识。西安朋邦工贸有限公司拟为本项目配置2名辐射工作人员。

环评要求：西安朋邦工贸有限公司从事放射性的辐射工作人员和负责辐射安全防护的相关管理人员必须取得辐射安全和防护专业知识及相关法律法规考核的成绩合格单，建设单位应积极组织人员参加各项辐射安全培训，不断提高核安全文化素养。未取得合格证的人员，不得进行放射性操作。

西安朋邦工贸有限公司应结合陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，对单位机构建设、人员管理（决策层、管理层、辐射工作人员）的工作职责进行明确、细化，具体要求见表 12-1。

**表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容具体要求**

管理内容		管理要求
*机构建设		设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人。
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。
	辐射防护负责人	取得辐射安全与防护及相关法律法规考核的合格单，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。
		建立辐射安全管理档案。
	直接从事放射工作的作业人员	对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。
		岗前进行职业健康体检，结果无异常。
		取得辐射安全与防护及相关法律法规考核的合格单，持证上岗。
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺。
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理。

注：表中标注“\*”内容为关键项，为强制性规范要求。

环评要求：西安朋邦工贸有限公司应根据本项目射线装置实际应用情况，结合陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，成立辐射安全与环境保护领导机构，明确成员相关职责，并不断细化、完善公司决策层、辐射防护负责人、直接从事放射工作的作业人员管理相关要求。辐射工作人员和负责辐射安全防护的管理人员必须取得辐射安全和防护专业知识以及相关法律法规的培训合格单，方可上岗操作。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

### （1）辐射安全管理规章制度

由于西安朋邦工贸有限公司未开展过核技术利用项目，尚未制定辐射安全管理规章制度。因此，公司应按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号，2018年6月7日）制定相应的管理制度，包括：操作规程、辐射安全和环境保护管理领导机构及工作职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、辐射工作场所及外环境监测制度、人员健康及个人剂量管理制度、危险废物台账制度、辐射事故应急预案等。

## （2）档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。建设单位应建立辐射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查。符合放射工作人员健康标准的方可上岗。辐射工作单位应当组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，并建立职业健康监护档案。

## （3）年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 常规监测及检查

（1）委托有资质的监测单位对公司射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测，每年监测一次。

（2）放射性操作人员必须佩戴个人剂量计，并定期由有资质单位检测，每季度检测一次，建立个人剂量档案。

（3）公司应配备辐射剂量率的监测仪器，定期对各射线装置工作场所以及周边环境进行监测，做好辐射的日常监测工作，并将监测数据记录存档保存。

（4）对射线装置的安全和防护状况每年进行一次安全评估，安全评估报告对存

在的安全隐患及时提出整改方案，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

### 12.3.2 特殊监测

(1) 变更监测：当射线装置设备的结构、屏蔽设施、位置发生变更时，及时委托有资质的监测单位进行监测和重新评价。进行监测合格和重新评价后，方可继续使用。

(2) 异常监测：当个人剂量超过年剂量限值、辐射工作场所出现异常情况时，应进行监测，查明原因。发生意外事故，应按辐射事故管理规定，及时监测和处理。

### 12.3.2 现场监测

项目运行前，委托有资质的监测单位对辐射工作场所和防护设施进行全面的验收监测，监测合格后方可投入使用。监测计划见表 12-2。

表 12-2 辐射监测计划一览表（建议）

监测项目	监测地点	监测周期
辐射剂量率	射线装置辐射工作人员操作位置	自主监测每季度至少进行一次；委托有资质单位每年监测一次
	射线装置铅室屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门及缝隙表面 30cm 处，管线口位置处	
	探伤室周边人群停留位置	
	射线装置周围环境	
个人剂量计	辐射工作人员佩戴的剂量计	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次
职业健康检查	所有涉及放射性的工作人员	岗前进行一次；岗中至少每两年一次

环评要求：公司应配备辐射剂量率监测仪器，定期进行检定，确保仪器处于有效的范围之内。对铅室屏蔽墙体及防护门表面、操作位置及周边环境进行日常监测，将监测结果与参考控制水平进行比较，做好日常监测记录，存档备查。当测量值高于参考控制水平时，终止工作并向辐射防护负责人报告。

### 12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订，国务院第 709 号令）第四十一条的规定：“使用射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，

制定本单位的应急方案，做好应急准备”。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订，国务院第 709 号令）第四十条规定以及陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）相关规定，公司应结合实际情况和本报告表的事故工况分析，建立辐射事故应急预案，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理，事故应急预案应包括以下内容：

- （1）可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- （2）应急组织指挥体系和职责分工；
- （3）应急人员培训和应急物质准备；
- （4）辐射事故应急响应措施；
- （5）辐射事故报告和处理程序。

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向相关主管部门报告。

环评要求：该公司应制定辐射事故应急预案，为了确保在发生事故时，能及时启动应急预案，故公司应不定期组织相关部门开展辐射事故应急演练，总结演练中存在的问题，及时修订事故应急预案，确保应急预案能及时、有效得到应用。

#### 12.4.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院令第 709 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目使用 II 类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值，事故等级为一般辐射事故。

#### 12.4.2 事故应急方案与措施

##### （1）事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速向环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故

初始报告表》，向区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

### （2）辐射事故应急处置措施

事故发生后，应进行以下几项工作：

①立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。

②确定现场的辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

③根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

④现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计。

⑤应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

### （3）辐射事故后处理

启动并组织实施应急预案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

## 12.5 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

### 12.5.1 环保投资

西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤核技术利用建设项目总投资 320 万元，核技术项目环保投资额为 14 万元，占核技术项目投资的 4.38%，核技术项目环保投资比例适宜。环保投资主要为辐射防护设施以及辐射工作人员个人剂量计购买费用、辐射工作场所周边环境监测费用以及危险废物处置费用等。环保投资估算表见表 12-3

表 12-3 环保投资估算表

序号	环境保护设施或措施	数量	费用（万元）
1	紧急停机按钮、声光报警装置		4.0
	工作状态指示灯		
	电离辐射警示标志		
2	门-机联锁装置、门-灯联锁装置	2套	3.0
3	机械通风系统	2套	2.0
4	购置 X-γ辐射剂量率仪（含检定费用）	1台	1.0
5	购置个人报警仪	2台	0.3
6	职业健康检查费用	2人	0.4
7	个人剂量计配备以及检查费用	2个	0.3
8	危险废物处置费用		1.0
9	固定式场所辐射探测报警装置		2.0
合计			14

#### 12.5.2 项目竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设单位应根据“陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知”（陕环办发〔2018〕29 号），对本项目进行竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单见表 12-4。

表 12-4 项目竣工环境保护验收清单

验收项目	验收内容		验收指标
电离辐射	剂量管理限值	辐射工作人员 5mSv/a; 公众人员 0.1mSv/a。	各监测点位处辐射剂量率满足 GBZ117-2022 标准限值要求
	探伤室外环境剂量率	探伤室屏蔽体外 30cm、防护门表面及缝隙、工作人员操作位置处及探伤室周边人群容易到达位置处周围剂量当量率不大于 2.5 μSv/h，探伤室顶棚外表面 30cm 处周围剂量当量率不大于 100μSv/h。	
环保手续	项目建设的环评评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等齐全。		环保手续齐全
环保管理规章及制度	辐射安全与环境保护领导机构及职责、辐射安全与防护制度、操作规程、辐射设备维护与维修制度、辐射工作人员职业健康体检制度、培训制度等管理制度是否完备。		各项辐射环境管理制度依据项目实际情况进行制定，可操作性强、能够较好地贯彻落实。
探伤室防护措施	室内安装紧急停机按钮，防护门安装门-机联锁装置，防护门上方和探伤室内安装工作状态灯和声音报警装置正常运行，防护门表面张贴电离辐射警示标志，探伤室内安装机械排风系统，探伤室内和操作台上均设置急停按钮，安装固定式场所辐射探测报警装置。		各安全设施能够正常有效运行，且具备 GBZ117-2022 标准要求的功能
个人防护用品	个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式辐射剂量率监测仪		个人剂量计根据操作人员数进行配备、个人剂量报警仪大于等于 2 台，辐射监测仪大于等于 1 台
人员培训	辐射工作人员、直接辐射管理人员		取得辐射防护和安全考核成绩合格单，持证上岗
辐射安全与环境保护机构	机构是否完整、职责是否明确		机构完整、人员配备到位、职责分明
废胶片、废显(定)影液、冲洗废水	废胶片存放在密封袋内，废显影液、废定影液、冲洗废水由单独的废液收集桶收集后在危废贮存库暂存，定期交由资质单位处理，并与之签订收集处理协议。废液不混合暂存，废液收集桶应有明显的标示，标示内容应符合要求；建立废液的台账管理制度；废液的处理按照相关要求要求进行联单管理，联单存档。		查阅危险废物转移联单、台账，确保所有危险废物得到合理有效的处置
监测计划	监测项目、频次、监测点位依据表 12-2 中进行制定		监测仪器在有效期范围内，按照监测计划对工作场所及周边环境进行监测
分区管理	控制区、监督区划分范围		按照 GBZ117-2022 标准进行划分控制区、监督区
应急预案	制定辐射事故应急预案，明确应急领导机构和人员职责，明确人员组织与培训、物资准备、应急响应程序、辐射事故报告和处理程序等内容。		应急预案符合项目实际情况，应急预案切实可行，具备可操作性

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

西安朋邦工贸有限公司主要从事军用航空发动机零部件加工和服务、军用航空发动机叶片的加工和服务、民用航空发动机叶片、盘环件的研发加工服务、热电厂风机叶片的制造及维修。基于公司产品的质量提升和未来发展需求，为保证产品质量，西安朋邦工贸有限公司拟在陕西省西咸新区空港新城北杜社区昭容北街 259 号公司厂房内，建设两座探伤室，配套建设相关设施，并在探伤室内放置 1 台型号为 MG320/4.5 的定向工业 X 射线机和 1 台型号为 MG160/2.25 的周向工业 X 射线机，用于对公司生产的产品工件进行无损检测。

#### 13.1.2 产业政策符合性

项目主要是配置 X 射线探伤机用于对工件无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

#### 13.1.3 实践正当性

西安朋邦工贸有限公司使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全，该项目建设有利于发展社会经济，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价。因此，该公司工业 X 射线探伤项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 13.1.4 辐射环境质量现状

2022 年 11 月 10 日，西安朋邦工贸有限公司委托核工业二〇三研究所分析测试中心对工业 X 射线探伤项目拟建地及周边环境进行了 $\gamma$ 辐射剂量率监测。监测结果表明，本项目探伤室拟建地地面 $\gamma$ 辐射剂量率监测值为 86.5~93.6nGy/h，与咸阳市 $\gamma$ 辐射剂量率处于同一水平，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

#### 13.1.5 选址可行性及布局合理性

本次在公司厂房内新建 2 座铅室，铅室位于厂区东北侧，铅室西侧为卧车加工区 1，南侧为暗室、评片室，东侧为空气炉，铅室顶棚无工作场所，人员无法到达，

底部为地基无地下室。这些区域内员工活动较少，无长期滞留人员；铅室与操作台分开设置，人员隔室操作，房间布置紧凑，方便探伤工作操作及后续洗片、评片工作进行。项目

选址、平面布局合理可行。

### 13.1.6 辐射防护与安全措施

西安朋邦工贸有限公司拟对探伤室进行分区管理，将探伤室探伤室东侧、北侧、西侧 1m 范围内，南侧过道等区域划分为监督区。

西安朋邦工贸有限公司拟建铅房 1 净尺寸长 5m、宽 4m、高 3m，建筑面积 20m<sup>2</sup>；铅室 1 西、北、南侧屏蔽墙体为 20mm 铅板，铅室西、北、南侧屏蔽墙体为 20mm 铅板+120mm 槽钢，东侧屏蔽墙体为 40mm 铅板+120mm 槽钢，顶面为 16mm 铅板+120mm 槽钢，底面为 10mm 铅板。防护门为 120 槽钢+20mm 铅推拉防护门。

铅室 2 净尺寸长 4m、宽 4m、高 3m，建筑面积 16m<sup>2</sup>；铅室 2 西侧屏蔽墙体与铅室 1 共墙，为 40mm 铅板+120mm 槽钢，北侧墙体为 8mm 铅板+140mm 槽钢，东侧、南侧、顶部墙体为 8mm 铅板+120mm 槽钢，底面为 4mm 铅板，防护门为 120mm 槽钢+8mm 铅推拉防护门。铅房为一层建筑顶部无法到达，铅房下方为实土层，根据理论估算表明，公司新增的 2 台工业 X 射线机在其配套的探伤室内进行无损检测，其开机曝光状态下，建设的铅房能够有效屏蔽 X 射线，铅房屏蔽墙体表面以及周边环境辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中屏蔽防护的相关要求。

本项目铅房内安装紧急停机按钮，设置门-机联锁装置、声光警示装置、固定式场所辐射探测报警装置，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，探伤室设计有机械排风系统，具有良好的通风。

### 13.1.7 环境影响分析结论

根据对各关注点辐射年辐射剂量率计算，本项目工业 X 射线装置所致职业人员产生的最大个人年附加有效剂量为  $4.55 \times 10^{-4}$  mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的年有效剂量基本限值 20mSv 和本次项目评价 5mSv 剂量约束值要求。本项目工业 X 射线装置运行所致公众附加年有效剂量为  $2.85 \times 10^{-4} \sim 9.50 \times 10^{-2}$  mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定年有效剂量 1mSv 基本限值和本次评价公众 0.1mSv 剂量约束值要求。

本项目中 2 台探伤机不从事室外探伤作业。在洗片、阅片过程中所产生的废显（定）影液、冲洗废水及废胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物，进行集中收集，暂存在危废贮存库内，定期交有资质单位进行处置。

综上所述，西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤核技术利用建设项目，利用 X 射线进行无损检测，以提高产品质量，项目开展具有积极的意义，符合辐射防护实践正当性原则；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，西安朋邦工贸有限公司工业 X 射线探伤核技术应用项目对环境的影响是可以接受的。

### 13.2 建议

（1）按照国家相关要求进行标准化建设，该 X 射线探伤装置安装到位投入运行前，应委托有资质的监测单位对探伤室的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格并办理辐射安全许可证后方可开展探伤工作。

（2）定期对探伤室及其周围辐射水平进行监测；辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，并进行岗前职业健康检查工作。

（3）辐射工作人员必须取得辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训合格证或成绩合格单后才能上岗，严禁无证上岗。辐射工作人员，应定期进行再教育。

（4）培养并提高辐射工作人员的辐射防护安全意识，严格按照 X 射线无损检测操作规程操作，每次无损检测作业前，应仔细检查门-机联锁装置、急停开关、声光报警装置的性能，确保其处于正常的工作状态。

（5）不断完善各项辐射安全管理规章制度和对事故的预防、处理等措施，定期开展辐射事故应急演练，并总结演练过程中出现的问题，不断细化和完善辐射事故应急预案，确保其具有较好的适用性和可操作性。

（6）每年对射线装置以及探伤室的安全性和防护状况编制相应的评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境主管部门报送辐射环境年度评估报告。

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