

核技术利用建设项目

西安西电电工材料有限责任公司

新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目

环境影响报告表

西安西电电工材料有限责任公司

2023 年 12 月

环境保护部监制

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	16
表 3	非密封放射性物质	17
表 4	射线装置	18
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	19
表 6	评价依据	20
表 7	保护目标与评价标准	22
表 8	环境质量和辐射现状	34
表 9	项目工程分析与源项	37
表 10	辐射安全与防护	46
表 11	环境影响分析	58
表 12	辐射安全管理	80
表 13	结论与建议	91
表 14	审批	95

附件

- 附件 1 环境影响评价委托书
- 附件 2 辐射安全许可证
- 附件 3 辐射工作人员培训合格证书
- 附件 4 辐射工作人员职业健康体检报告
- 附件 5 2022 年 10 月 1 日-2023 年 9 月 30 日辐射工作人员年个人剂量检测报告
- 附件 6 2022 年辐射工作场所环境监测报告
- 附件 7 辐射安全与环境管理领导小组文件
- 附件 8 项目环境辐射本底监测报告
- 附件 9 辐射环境检测设备检定报告
- 附件 10 本项目所在厂房污染类项目的环评批复及验收手续
- 附件 11 原有核技术利用项目环评批复及验收手续
- 附件 12 本项目所在厂房用地手续的情况说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目			
建设单位		西安西电电工材料有限责任公司			
法人代表	张养库	联系人	李渊	联系电话	██████████
注册地址		西安市桃园路北口 11 号			
项目建设地点		陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		176	项目环保投资 (万元)	17.1	投资比例 (环保投资/总投资)
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	76.14
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>1.1 公司概况</p> <p>西安西电电工材料有限责任公司（原西安绝缘材料厂），是“一五”期间由苏联援建的国家 156 项重点工程之一，始建于 1958 年，位于西安市莲湖区桃园路北口 11 号。2001 年 9 月以“债转股”的方式改制为西安西电电工材料有限责任公司，隶属于中国西电集团，属国内电工绝缘材料生产大型骨干企业。目前涉及真空浸胶、层压制品、主绝缘树脂、云母复合四大产业，主要产品性能居国内领先水平。公司产品主要应用于大型发电、输变电、军工、航天等领域。</p> <p>西安西电电工材料有限责任公司环氧浇注事业部车间位于陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号西安西电开关电气有限公司厂区内，该厂房的土地产权属于西安西电开关电气有限公司，西安西电开关电气有限公司原为西安西开高压电气股份有限公司，于 2006 年 9 月 28 日取得原陕西省环境保护局关于《西安西开高压电气股份有限公司</p>					

超高压、特高压开关设备产业化项目环境影响报告表的批复》（陕环批复〔2006〕274号），并于2014年7月9日取得原陕西省环境保护厅关于《西安西电开关电气有限公司超高压、特高压开关设备产业化项目竣工环境保护验收的批复》（陕环批复〔2014〕376号），见附件10。

1.2 核技术应用的目的和项目由来

为了满足生产工件质量检验的需要，西安西电电工材料有限责任公司拟在陕西省西安市莲湖区大庆路509号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角安装一台MAR-320HP/11型智能化X射线探伤检测设备（自带铅房），开展专用无损检测工作。

本项目使用的MAR-320HP/11型智能化X射线探伤检测设备为一体化设计（自带铅房），铅房设计有1个进工件铅门、1个出工件铅门、1个维修铅门，人员可通过维修铅门进入铅房内。根据原环境保护部部长信箱中《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（2018年2月12日）的第二条规定“自屏蔽式X射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体与X射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的X射线减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在X射线探伤装置屏蔽体内”可知，本项目不符合第三条特征规定，不能作为自屏蔽式X射线探伤装置，因此，本项目的使用活动按II类射线装置管理。

根据《射线装置分类》（2017年12月6日），本项目使用的智能化X射线探伤检测设备属于II类射线装置。根据《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类射线装置的”，故应编制环境影响报告表。

西安西电电工材料有限责任公司于2023年9月27日委托我单位对其新增智能化X射线探伤检测设备核技术利用项目进行环境影响评价工作。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘和现场监测，同时收集相关基础资料，并依据《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）的相关要求，编制了本项目的的环境影响报告表。

1.3 建设规模及工程内容

1.3.1 项目概况

西安西电电工材料有限责任公司拟在陕西省西安市莲湖区大庆路509号环氧浇注

事业部车间机械加工区西北角安装一台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备（自带铅房），开展专用无损检测工作。

本项目拟购置的智能化 X 射线探伤检测设备工作方式固定式室内探伤，不开展现场探伤工作。本项目采用数字实时成像技术，不进行洗片。

项目的建设内容组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注	
主体工程	探伤区域	本次拟在环氧浇注事业部车间机械加工区西北角划定长 9.4m × 宽 8.1m 的区域作为探伤区，西侧为厂房隔墙，东、北、南侧拟设置铁栅栏围挡，形成一个相对独立的区域。	新建	
	其中	探伤室（即设备自带的铅房） 防护措施（铅房屏蔽体设计采用方管钢架并铺贴相应的铅板）		本项目拟购置的探伤检测设备为一体化设计，该设备自带铅房，拟安装于环氧浇注事业部车间机械加工区西北角划定的探伤区内，铅房外部尺寸：长 3.23m × 宽 4.04m × 高 2.78m，内净尺寸：长 2.7m × 宽 3.6m × 高 2.35m
				北侧屏蔽措施：20mmPb
				西侧屏蔽措施：20mmPb
				东侧屏蔽措施：20mmPb
				南侧（主照面）屏蔽措施：35mmPb
				顶棚屏蔽措施：20mmPb
				底部（主照面）屏蔽措施：30mmPb
				防护门：进工件铅门（位于南侧，宽 1450mm × 高 850mm，35mmPb）、出工件铅门（位于北侧，宽 1450mm × 高 850mm，20mmPb）、维修铅门（位于东侧，宽 1115mm × 高 2185mm、20mmPb）
				通风口屏蔽措施：20mmPb
电缆口屏蔽措施：20mmPb				
设备	1 台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备，最大管电压为 320kV，最大管电流为 5.6mA。	拟购		
辅助工程	操作台	位于铅房的北侧，本项目仅设置操作台，没有操作间，铅房的北侧、西侧、南侧均设置有一圈物料转运平台，操作台位于北侧物料运输平台的北侧。	新建	
	工件转运系统	铅房的北侧、西侧、南侧均设置有一圈工件转运平台，工作人员将工件放置于托盘上，托盘通过转运平台进入进工件铅门，到达固定位置后，智能化 X 射线探伤检测设备进行探伤工作，探伤结束后，托盘通过转运平台从铅房北侧的出工件铅门送出。	新建	
公用工程	供配电系统	依托厂区供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托	
环保工程	辐射	X 射线：采用足够厚度的铅进行屏蔽防护。	新建	
	废气	铅房通风：铅房顶部设计有 2 个 φ155 通风口，配有 2 台轴流风机，设计排风量为 330m ³ /h，每小时有效通风换气次数为	新建	

		14次。	
	废水	辐射工作人员生活污水依托厂区化粪池处理后直接排入市政管网。	依托
	噪声	选用低噪声设备，采取消声、减振措施。	新建
	一般固废	辐射工作人员生活垃圾采用垃圾桶分类收集后，交由当地环卫部门统一处理。	依托
	危险废物	本项目不涉及洗片工作，不产生危险废物。	/

1.3.2 设备概况

根据建设单位提供的资料，本次评价智能化 X 射线探伤检测设备的相关参数见表 1-2。

表 1-2 智能化 X 射线探伤检测设备的主要性能参数

名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	周向/定向	射线束出束角度	离靶 1m 处最大发射率
智能化 X 射线探伤检测设备	II 类	1 台	MAR-320HP/11	320kV	5.6mA	定向	19°	13.74mGy·m ² /mA·min

1.3.3 探伤工件情况

表 1-3 主要探伤工件外形尺寸一览表

工件名称	形状	材质	厚度（范围）
盆式绝缘子	圆盘形	环氧树脂固化物/铝(嵌件)	直径：φ 290~1080mm； 高度：70~400mm
绝缘筒	圆柱形	环氧树脂固化物/铝(嵌件)	直径：φ 45~450mm； 长度：160~560mm
绝缘三支柱	星型	环氧树脂固化物/铝(嵌件)	长度：180~1050 mm； 高度：47~282mm

1.3.4 计划工作量

根据生产计划安排，预计年探伤工件最大量为 28800 件，每个工件最多曝光 4 次（仅水平曝光，或仅垂直曝光，或水平和垂直曝光），年曝光次数不大于 115200 次，每次曝光时间根据工件的厚度、大小确定，每次曝光时长约为 1s~3s，本次保守估算按每次曝光 3s 计，年曝光时间最大为 96h，平均年工作 42 周，每周曝光 2.29h。

项目计划工作量见下表 1-4。

表 1-4 项目计划工作量

工作场所	探伤设备型号	最大管电压	最大管电流	工作量	年工作时间(最大)	周工作时间(最大)
铅房	MAR-320HP/11	320kV	5.6mA	年曝光次数不大于 115200 次； 每次曝光时间最大为 3s	96h	2.29h

1.3.5 主要原辅材料

本项目不涉及洗片工作，不使用其他原辅料。

1.3.6 辐射工作人员

本项目拟配备辐射工作人员 2 名（均从原辐射工作人员中调配，同时继续从事原有射线装置的无损检测工作），从事本次 X 射线无损检测工作。辐射工作人员基本情况见表 1-5，辐射工作人员辐射安全培训合格证书见附件 3。

表 1-5 辐射工作人员基本情况

姓名	性别	培训证书编号	培训证书有效期
雒莎莎	女	FS21SN1200647	2021 年 12 月 14 日-2026 年 12 月 14 日
刘更强	男	FS20SN1200226	2020 年 12 月 01 日-2025 年 12 月 01 日

1.4 项目地理位置及周边环境概况

1.4.1 项目所在区域周围环境概况

本项目位于陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角，项目地理位置图见图 1-1。



图 1-1 项目地理位置图

1.4.2 本项目所在厂区周边环境关系

本项目位于陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角。西安西电电工材料有限责任公司环氧浇注事业部车间东侧隔厂区道路为西安西电开关电气有限公司检修间；南侧 8 米处为西安西电开关电气有限公司高压产品制造三部；西侧隔厂区道路为西安西电开关电气有限公司包装广场；北侧隔厂区道路为西安西电开关电气有限公司母线装配车间。本项目所在厂区四邻关系图见图 1-2。

1.4.3 拟建铅房周围环境状况

根据建设单位提供的资料，本项目拟在陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角安装一台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备（自带铅房），铅房东侧隔 1.7m 为车间内部走廊，隔车间内部走廊自南向北为数控加工区和库房；南侧隔 2.17m 为机械加工区；西侧隔 2.33m 为车间隔断墙体，隔断墙体西侧为后固化区；北侧隔 1.7m 为操作台，操作台北侧隔车间内部走廊 5.2m 处为模具库。项目铅房外部总高度为 2.78m，顶部不需要人员到达。铅房所在厂房建筑结构为 1F，厂房无地下层，铅房下方为实土层。

本项目铅房四邻关系图见图 1-3，铅房平面布置示意图见图 1-4。

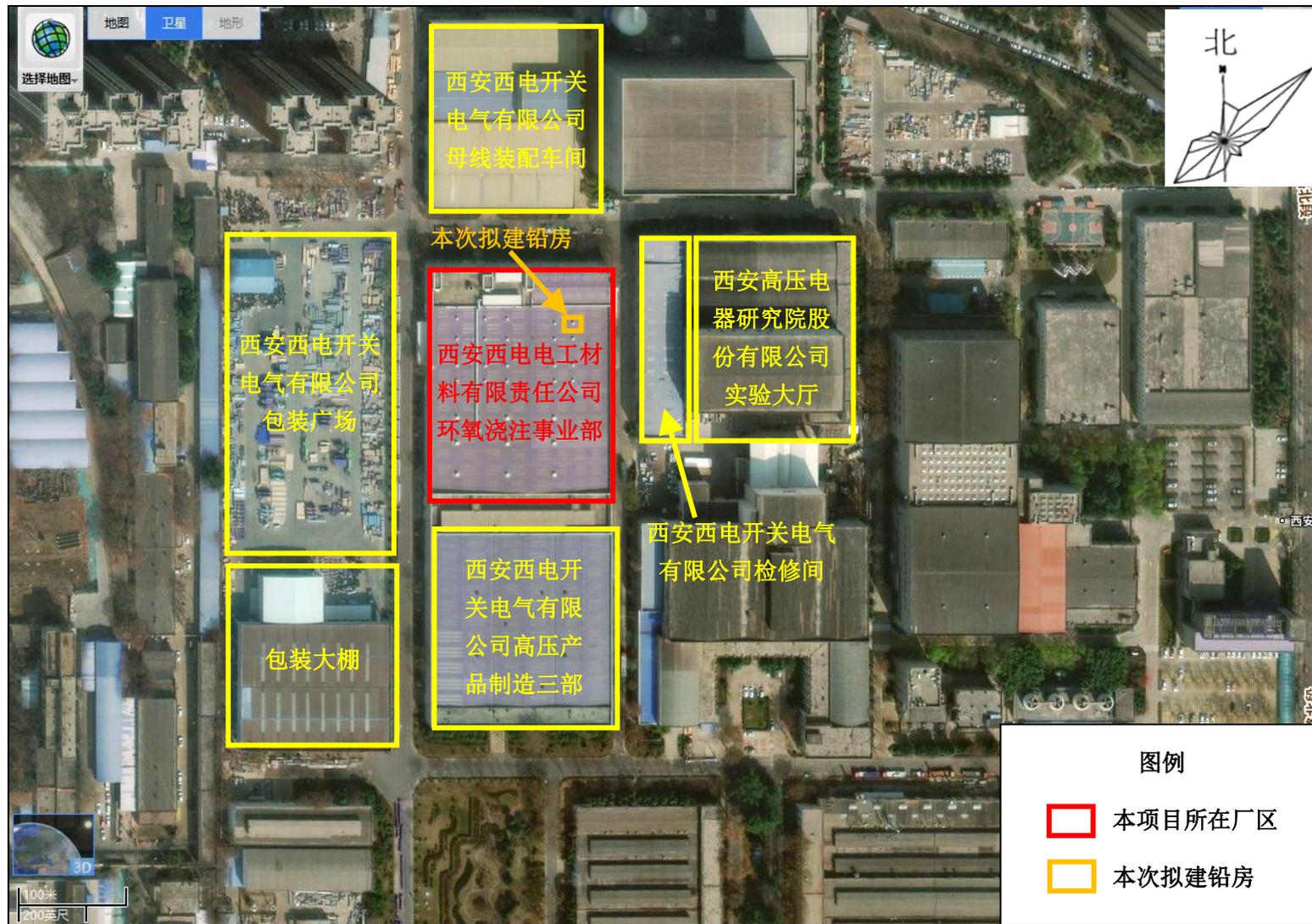


图 1-2 本项目所在厂区四邻关系图



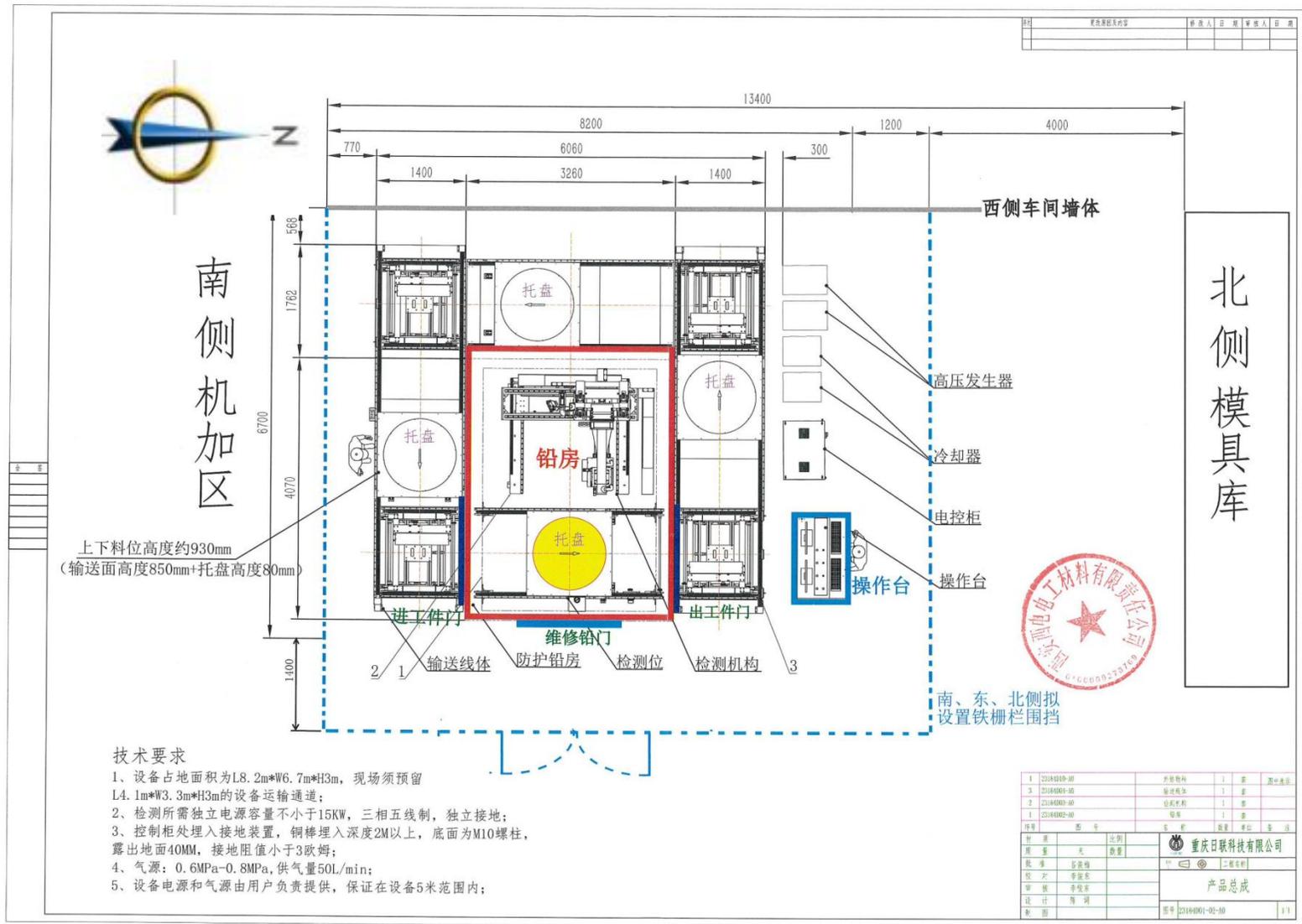


图 1-4 铅房平面布置示意图

1.5 项目选址合理性

西安西电电工材料有限责任公司拟在陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角安装一台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备（自带铅房）。

从生产角度考虑，环氧浇注事业部车间机械加工区西北角区域目前为工件拆除区，且该区域人员流动较少。根据现场勘查和调查，本次拟建铅房东侧隔 1.7m 为车间内部走廊，隔车间内部走廊自南向北为数控加工区和库房；南侧隔 2.17m 为机械加工区，西侧隔 2.33m 为车间隔断墙体，隔断墙体西侧为后固化区；北侧隔 1.7m 为操作台，操作台北侧隔车间内部走廊 5.2m 处为模具库。拟建铅房所在厂房建筑结构为 1F，厂房无地下层，铅房下方为实土层。

本项目周围 50m 范围内不涉及居民住宅区，涉及人员主要为厂区的工作人员。铅房拟建区域人员主要为辐射工作人员和工件转运人员。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），操作室应避开有用线束照射的方向并应与铅房分开。本项目操作台位于铅房的北侧，探伤机有用线束朝南侧和地面照射，避开操作台方向，可有效减小对周围人员的影响；操作台拟设置视频监控系统，便于辐射工作人员观察工件和探伤机状态及防护门开闭情况。铅房屏蔽设计满足相关要求，从辐射安全与防护的角度分析，在射线装置运行时，可有效减少公众人员的附加照射剂量，且本项目监督区和控制区划分明确，因此项目选址合理可行。

1.6 原有核技术应用项目情况

1.6.1 辐射安全许可证情况

西安西电电工材料有限责任公司于 2022 年 03 月 09 日取得最新的《辐射安全许可证》（陕环辐证[A2206]），有效期至 2027 年 03 月 08 日，见附件 2。西安西电电工材料有限责任公司现有 1 枚放射源和 2 台 X 射线实时成像检测系统，均在该许可证许可使用范围内，不存在超范围使用射线装置的情形。

1.6.2 现有核技术利用项目的环保手续履行情况

西安西电电工材料有限责任公司现有核技术利用项目环保手续履行情况具体见

表 1-6。

表 1-6 现有核技术利用项目的环保手续履行情况一览表

序号	名称	环评批复情况		建设内容	竣工环保验收情况	
		批复文号	审批单位及时间		验收编号	验收单位及时间
1	西安西开高压电气股份有限公司西开电气环氧浇注线射线密度计建设项目	建设项目环境影响登记表	原陕西省环境保护局， 2005年6月23日	1台LB444射线密度计，内含一枚100mCi（3.70×10 ⁹ Bq）的 ²⁴¹ Am放射源	陕环批复（2012）331号	原陕西省环境保护厅， 2012年2月21日
2	西安西开高压电气股份有限公司X射线工业探伤项目	陕环批复（2007）488号	原陕西省环境保护局， 2007年7月25日	1台Y.MU2000型X射线实时成像检测系统		
3	西安西电开关电气有限公司HS-XYD-320工业X射线实时成像检测系统核技术应用项目	陕环批复（2013）573号	原陕西省环境保护厅， 2013年11月7日	1台HS-XYD-320型X射线实时成像检测系统	陕环批复（2015）614号	原陕西省环境保护厅， 2015年11月9日

1.6.3 建设单位现有放射源和射线装置情况介绍

建设单位《辐射安全许可证》许可使用的放射源和射线装置下表 1-7 和表 1-8。

表 1-7 现有放射源情况一览表

序号	核素	枚数	出厂活度	类别	编码	用途	备注
1	²⁴¹ Am	1	3.70×10 ⁹ Bq	IV类	0400AM307094	密度计	放射源已停用，正在办理报废手续

表 1-8 现有射线装置情况一览表

序号	装置名称	数量	型号	生产厂家	类别	最大管电压	最大管电流	用途
1	X射线实时成像检测系统	1	Y.MU2000	德国 YXLON	II类	225kV	7.1mA	无损检测
2	X射线实时成像检测系统	1	HS-XYD-320	丹东华日理学电气有限公司	II类	320kV	3mA	无损检测

1.6.4 公司辐射安全与管理现状

1、辐射安全管理机构及辐射制度

西安西电电工材料有限责任公司已根据国家法律法规要求，结合原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）相关要求，成立了辐射安全与防护管理领导机构（见附件7），安排专人负责辐射安全管理工作，明确了相关管理人员、辐射工作人员职责，指导公司辐射安全管理工作；公司已制定了较为完善的规章制度，主要有：《安全操作规程》《辐射工作安全责任书》《辐射工作场所监测及年度评估制度》《辐射工作人员岗位职责》《放射性人员培训制度》《仪器维护保养制度》《辐射事故应急预案》《辐射防护和安全保卫制度》等规章制度，用于公司辐射安全管理；建立了辐射安全管理标准化档案，主要包括：职业健康档案、个人剂量档案、个人培训档案、监测档案等；针对现有射线装置、可能发生辐射事故类型，公司已制定了相应的辐射事故应急预案并进行定期演练；依据《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）文件相关内容，公司已对现有 X 射线装置、仪表安全性能以及工作场所进行标准化管理，并采取相应的辐射安全与防护措施；西安西电电工材料有限责任公司已配备 1 台 X-γ剂量率仪基本上能够满足公司原有核技术利用项目日常监测需要。

2、辐射工作场所监测结果

2022 年西安西电电工材料有限责任公司委托西安志诚辐射环境检测有限公司对公司现有 X 射线装置及放射源工作场所环境进行了辐射监测，同时出具了监测报告（报告编号：XAZC-JC-2022-0715，见附件6）。监测结果表明，西安西电电工材料有限责任公司现有 2 台 X 射线装置辐射工作场所周围剂量当量率分别为 0.094~0.100μSv/h 和 0.086~0.090μSv/h 之间，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求；放射源辐射工作场所周围剂量当量率测量值范围为 0.097~0.105μSv/h，符合《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ 125-2009）中相关要求。

3、辐射工作人员个人剂量检测结果

西安西电电工材料有限责任公司已给厂区内辐射工作人员配备了个人剂量计，每

个季度送检，并建立个人剂量档案。根据公司 2022 年 10 月 1 日~2023 年 9 月 30 日辐射工作人员职业性外照射个人剂量检测报告（检测单位为西安志诚辐射环境检测有限公司，报告编号：XAZC-GJ-2023-054、XAZC-GJ-2023-204、XAZC-GJ-2023-289、XAZC-GJ-2023-406，见附件 5），检测结果表明辐射工作人员个人年有效剂量为 0.04~0.26mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年有效剂量限值 20mSv 要求。

表 1-9 现有辐射工作人员个人剂量检测结果一览表（单位：mSv）

姓名	日期	2022.10.1~ 2022.12.31	2023.1.1~ 2023.3.31	2023.4.1~ 2023.6.30	2023.7.1~ 2023.9.30	连续一年的 累积剂量
	检测 结果					
曹龙		0.06	0.06	0.09	0.02	0.23
刘更强		0.01	0.07	0.03	0.03	0.14
姜骏祥		0.01	0.01	0.01	0.03	0.06
雒莎莎		0.05	0.04	0.05	0.05	0.19
马海雄		0.02	0.05	0.06	0.06	0.19
张云		/	/	/	1.10	1.10

注：经调查了解，辐射工作人员张云于 2023 年 1 月 16 日取得辐射安全与防护培训合格证书，于 2023 年 7 月 1 日首次参加辐射放射工作，2023 年 1 月 16 日-2023 年 6 月 30 日期间一直未从事辐射放射工作，因此未进行个人剂量检测。

4、辐射工作人员健康体检结果

公司已安排现有辐射工作人员到兵器工业五二一医院进行年度职业健康检查（见附件 4），并建立了职业健康监护档案，根据建设单位提供的 2023 年度辐射工作人员体检结果，公司辐射工作人员 6 人均可继续原放射性工作。

环评要求：建设单位应做好岗中、离岗人员的放射性职业健康检查，完善放射性职业健康监护档案。

5、辐射工作人员培训

公司现有 6 名辐射工作人员均已参加了辐射安全与防护培训，并取得培训考核合格证书。辐射工作人员取证情况见下表 1-10。

表 1-10 现有辐射工作人员取证情况一览表

序号	姓名	性别	培训证书编号	培训证书有效期
1	曹龙	男	FS20SN1200273	2020 年 12 月 29 日-2025 年 12 月 29 日
2	刘更强	男	FS20SN1200226	2020 年 12 月 01 日-2025 年 12 月 01 日

3	姜骏祥	男	FS20SN1000139	2020年12月29日-2025年12月29日
4	雒莎莎	女	FS21SN1200647	2021年12月14日-2026年12月14日
5	马海雄	男	FS22SN1200019	2022年03月07日-2027年03月07日
6	张云	女	FS23SN1200048	2023年01月16日-2028年01月16日

6、存在问题及整改要求

西安西电电工材料有限责任公司现有1枚放射源（²⁴¹Am），根据现场调查，目前放射源已停用，企业正在办理报废手续。

要求与建议：

现有放射源报废手续办理完成后，企业应重新申请辐射安全许可证。

1.7 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

西安西电电工材料有限责任公司新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目使用 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备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，为企业和社会带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害。因此，该公司新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目符合《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。

1.8 产业政策符合性分析

西安西电电工材料有限责任公司新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目主要用于对工件进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》中“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”，项目符合国家产业政策。

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
	以下空白							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	以下空白									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	以下空白									

(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	智能化 X 射线探伤检测设备	II	1	MAR-320HP/11	320kV	5.6mA	工件无损检测	铅房内	拟购

(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	
	以下空白												

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
	以下空白							

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	<ol style="list-style-type: none">1、《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；2、《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 19 日）；3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；4、国务院《修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》，国务院第 682 号令，2017 年 7 月 16 日；5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号、国务院令第 709 号）；6、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日）；7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），2021 年 1 月 4 日；8、《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日）；9、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）；10、《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 日实施）；11、《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》；12、《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）；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）；14、《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》（2019 年 11 月 6 日）；15、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 第 9 号，2021 年 3 月 15 日起实施）。
------	--

<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； 2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其第 1 号修改单； 4、《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）； 5、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 6、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）。
<p>其他</p>	<p>西安西电电工材料有限责任公司新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用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评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，确定评价范围为铅房外 50m 的区域。

7.2 保护目标

根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护目标为该拟建铅房周围活动的人员。本项目铅房外环境关系一览表见表 7-1，本项目评价范围图见图 7-1，铅房周围环境保护目标统计见表 7-2。

表 7-1 本项目铅房外环境一览表

序号	外环境名称	方向	与铅房屏蔽体的距离（m）
1	操作台	北	1.7
2	北侧车间内部走廊	北	3.97
3	模具库	北	7.97
4	切浇口区	东北	8.2
5	新风系统	西北	31.4
6	真空泵区	西北	47.8
7	厂区北侧内部道路	北	38.2
8	西安西电开关电气有限公司母线装配车间	北	41.4
9	后固化区	西	2.3
10	前固化区	西	32.4
11	电性能装配区	西南	31.6
12	装脱模区	西南	34.1
13	机械加工区	南	2.17
14	包装转运区	东南	17.4
15	测量平台	南	42.3
16	东侧车间内部走廊	东	1.7
17	数控加工区	东	3.5
18	库房	东北	4.9
19	厂区东侧内部道路	东	12.6
20	西安西电开关电气有限公司检修间	东	26.3

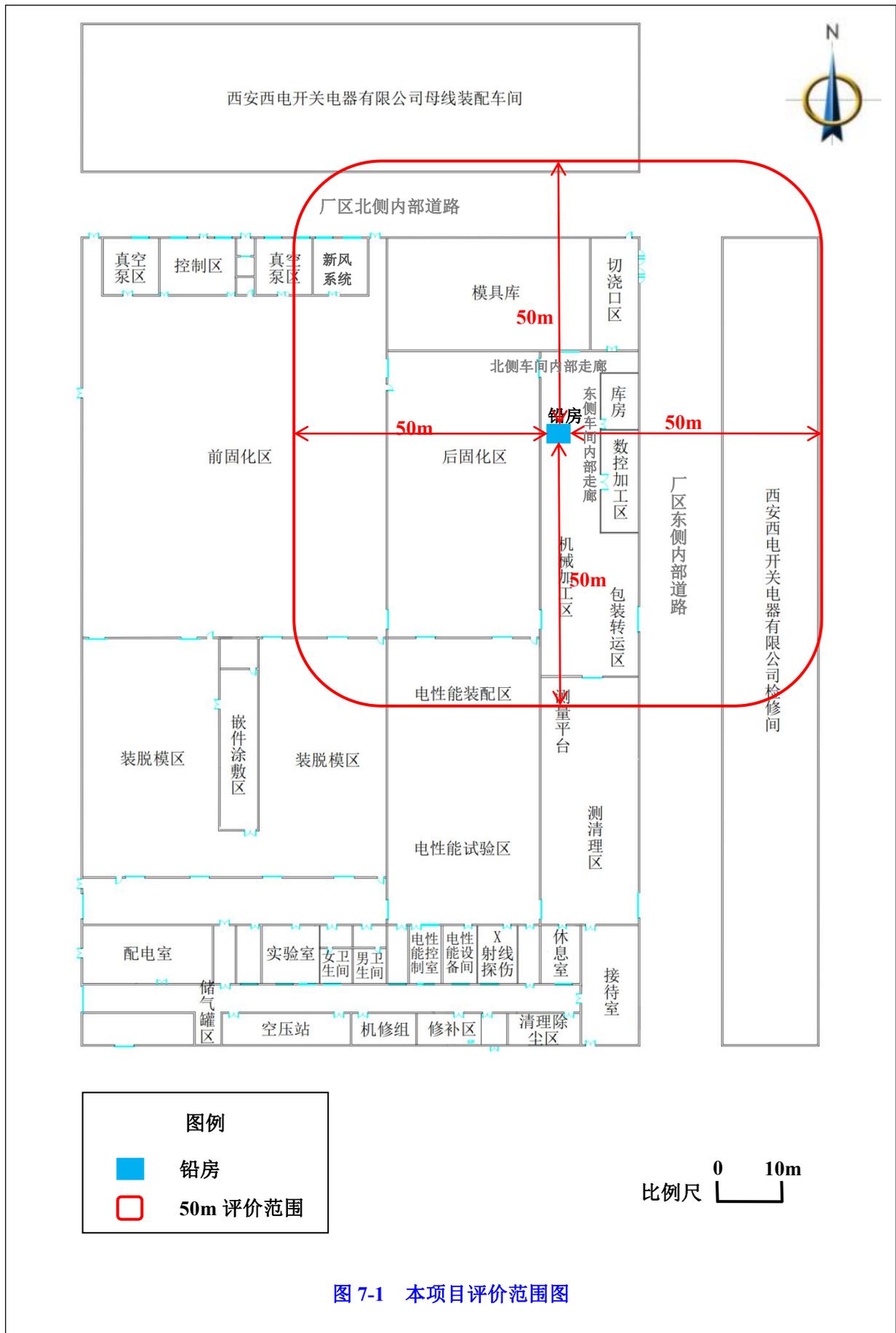


图 7-1 本项目评价范围图

表 7-2 环境保护目标情况一览表

序号	敏感区域	与铅房的相对方位	距铅房屏蔽体外表面的最近距离	基本情况	影响因素	敏感人群	年有效剂量约束值
1	操作台	北侧	1.7m	本项目辐射工作人员 2 人	X 射线	本公司辐射工作人员	年受照剂量不大于 5mSv/a
2	北侧车间内部走廊	北侧	3.97m	本公司，流动人员		本公司流动工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
3	模具库	北侧	7.97m	本公司，流动人员		本公司流动工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
4	切浇口区	东北侧	8.2m	本公司，约 3 人		本公司切浇口区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
5	新风系统	西北侧	31.4m	周边流动人员		本公司流动工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
6	真空泵区	西北侧	47.8m	本公司，约 1 人		本公司真空泵区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
7	厂区北侧内部道路	北侧	38.2m	周边流动人员		公众人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
8	西安西电开关电气有限公司母线装配车间	北侧	41.4m	周边流动人员		公众人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
9	后固化区	西侧	2.3m	本公司，约 2 人		本公司后固化区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
10	前固化区	西侧	32.4m	本公司，约 2 人		本公司前固化区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
11	电性能装配区	西南侧	31.6m	本公司，约 4 人		本公司电性能装配区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
12	装脱模区	西南侧	34.1m	本公司，约 2 人		本公司装脱模区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a

13	机械加工区	南侧	2.17m	本公司, 约 2 人	本公司机械加工区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
14	包装转运区	东南侧	17.4m	本公司, 约 3 人	本公司包装转运区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
15	测量平台	南侧	42.3m	本公司, 流动人员	本公司流动工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
16	东侧车间内部走廊	东侧	1.7m	本公司, 流动人员	本公司流动工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
17	数控加工区	东侧	3.5m	本公司, 约 2 人	本公司数控加工区的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
18	库房	东北侧	4.9m	本公司, 约 1 人	本公司库房的固定工作人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
19	厂区东侧内部道路	东侧	12.6m	周边流动人员	公众人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
20	西安西电开关电气有限公司检修间	东侧	26.3m	周边流动人员	公众人员	年受照剂量不大于 0.1mSv/a

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 剂量限值和表面污染控制水平：

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；”

本项目取其四分之一，即 5mSv 作为职业工作人员的年有效剂量约束值。

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。”

本项目取 0.1mSv 作为公众人员的年有效剂量约束值。

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求

第4条 使用单位放射防护要求

“4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。”

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

“4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。”

“4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。”

“4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。”

“4.6 应制定辐射事故应急预案。”

第5条 探伤机放射防护要求

“5.1 X 射线探伤机”

“5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。”

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

“5.1.2 工作前检查项目应包括：

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

“5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

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

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

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，操作室应避免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 $100 \mu\text{Sv/周}$ ，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 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。”

“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，在控制室的操作间应有专用的

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- γ 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- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。”

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

“6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。”

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

“6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

- a) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。
- b) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。
- c) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。
- d) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。”

第 8 条 放射防护检测

“8.1 检测的一般要求”

“8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。”

“8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。”

“8.2 探伤机检测”

“8.2.1 防护性能检测”

“8.2.1.1 检测方法

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T26837 的要求进行；”

“8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。”

“8.2.1.3 结果评价

X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。”

“8.3 探伤室放射防护检测”

“8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

- a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如

使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。”

“8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；”

“8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

- a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；
- b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；
- c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；
- d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；
- e) 人员经常活动的位置；
- f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。”

“8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。”

“8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。”

“8.5 放射工作人员个人监测

“8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。”

“8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。”

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

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

第 3 条 探伤室屏蔽要求

“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”

“3.1.1 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 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式（1）计算：

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

式中：

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（h/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 射线探伤照射的累积“mA·min”值），
mA·min/周；

60——小时与分钟的换算关系；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流，单位为毫安（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

3.1.2 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) 在该立体角区域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 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 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的透射辐射在相应关注点的剂量率总和应按 3.1.1c) 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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。”

“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, 不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。”

“3.2.2 散射辐射考虑以 0° 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, 当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度 (TVL) 或更大时, 采用其中较厚的屏蔽, 当相差不足一个 TVL 时, 则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。”

“3.3 其他要求”

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

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

“3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。”

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

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

综上所述，本次环评结合上述标准以及项目实际情况，本项目取 5mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，取 0.1mSv/a 作为公众人员的年剂量约束限值。同时根据项目实际情况，确定本项目年有效剂量管理目标及污染物排放指标如表 7-3 所示。

表 7-3 本项目管理目标值及辐射评价标准汇总表

项目	控制值	执行标准
年剂量约束限值	辐射工作人员: 5mSv/a; 公众人员: 0.1mSv/a	《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)
X 射线探伤机要求	管电压>200kV 时, 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率: <5mSv/h。	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
X 射线专用探伤室	X 射线探伤室外表面 30cm 处周围剂量率≤2.5μSv/h (上方不需人到达处≤100μSv/h)	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014) 和《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握拟建项目所在地辐射环境质量现状，2023 年 11 月 1 日，西安西电电工材料有限责任公司委托西安桐梓环保科技有限公司对新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目拟建地及周边环境进行了空气吸收剂量率监测，监测内容如下：

- 1、监测项目： γ 辐射剂量率；
- 2、监测仪器型号：见表 8-1；

表 8-1 检测设备一览表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	检定证书编号	有效日期
X、 γ 射线检测仪	BG9512P	XATZ-YQ-002	0.01 μ Gy/h~ 30mGy/h	2023H21-20-4582307001	2023 年 05 月 18 日~2024 年 05 月 17 日

注：对本次项目拟建地及周边环境进行空气吸收剂量率监测期间，西安西电电工材料有限责任公司现有 2 台 X 射线实时成像检测系统均处于停机状态。

3、质量保证措施：

监测按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）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、监测结果

西安西电电工材料有限责任公司拟建铅房区域及周边环境空气吸收剂量率监测结果见表 8-2，监测点位示意图见图 8-1。

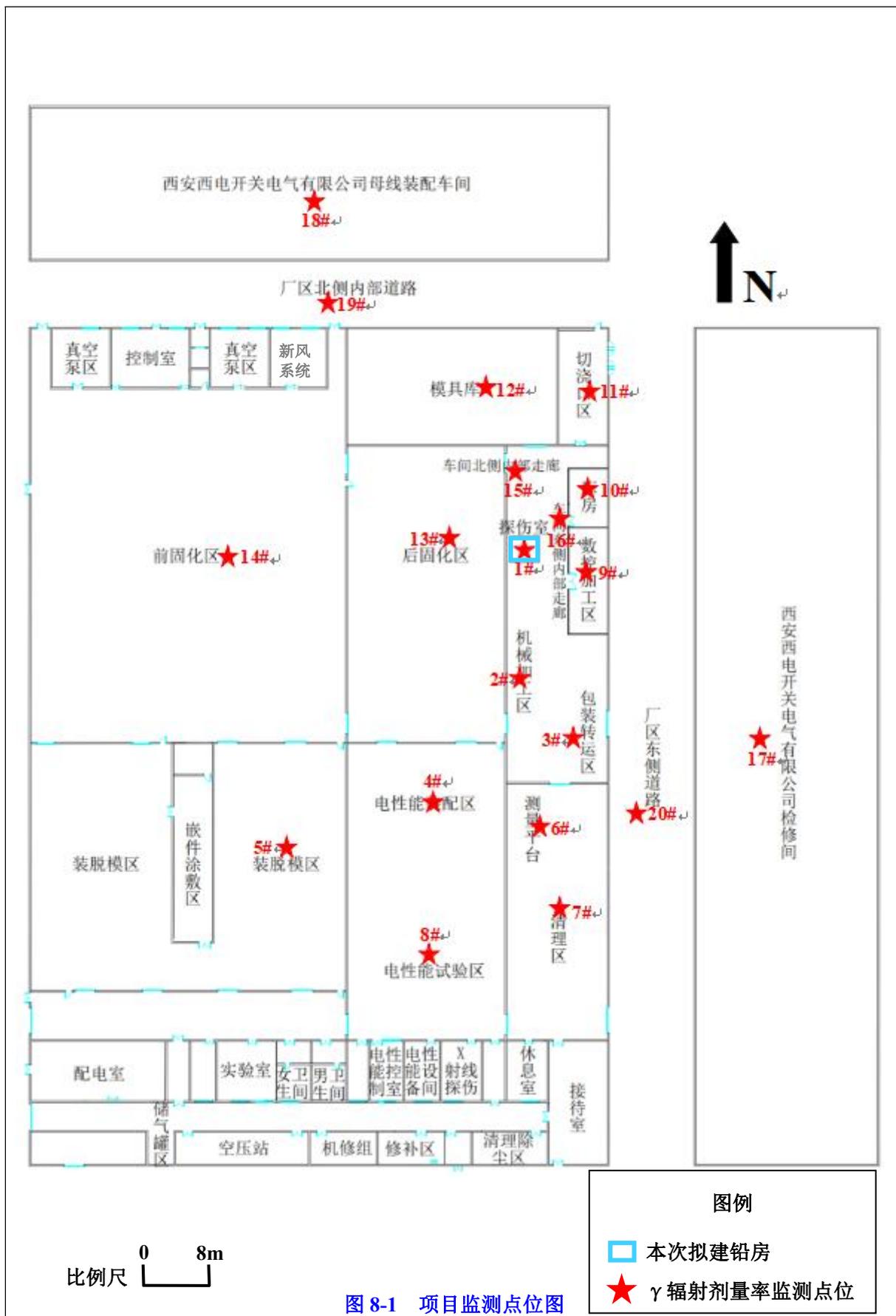


图 8-1 项目监测点位图

表 8-2 拟建铅房及周边空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	γ辐射剂量率 (μGy/h)	备注
		环境本底	
1	1#拟建铅房区域	0.116	室内
2	2#拟建铅房区域南侧机械加工区	0.109	
3	3#拟建铅房区域东南侧包装转运区	0.107	
4	4#拟建铅房区域西南侧电性能装配区	0.101	
5	5#拟建铅房区域西南侧装脱模区	0.104	
6	6#拟建铅房区域南侧测量平台	0.101	
7	7#拟建铅房区域南侧清理区	0.103	
8	8#拟建铅房区域西南侧电性能试验区	0.105	
9	9#拟建铅房区域东侧数控加工区	0.101	
10	10#拟建铅房区域东北侧库房	0.100	
11	11#拟建铅房区域东北侧切浇口区	0.105	
12	12#拟建铅房区域北侧模具库	0.110	
13	13#拟建铅房区域西侧后固化区	0.113	
14	14#拟建铅房区域西侧前固化区	0.101	
15	15#拟建铅房区域北侧车间内部走廊	0.107	
16	16#拟建铅房区域东侧车间内部走廊	0.113	
17	17#西安西电开关电气有限公司检修间	0.109	
18	18#西安西电开关电气有限公司母线装配车间	0.117	
19	19#拟建铅房区域北侧厂区内部道路	0.101	室外
20	20#拟建铅房区域东侧厂区内部道路	0.097	

由表 8-1 监测结果表明，项目所在区域室内γ辐射剂量率为 0.100~0.117μGy/h（已扣除宇宙射线），室外γ辐射剂量率为 0.097~0.101μGy/h（已扣除宇宙射线）。

根据《中国环境天然放射性水平》（2015 版，中国原子能出版社）“西安市室内为 79~130nGy/h，道路为 52~121nGy/h”，经对比，项目拟建地周边环境地表γ辐射剂量率与西安市天然环境γ剂量率处于同一水平，处于辐射环境本底涨落范围内，可见项目所在区域辐射环境现状质量良好。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期

本项目施工期主要为铅房主体安装、设备线缆、风机安装，设备安装和调试等。无土建施工工程，安装工期较短。施工位置位于项目所在厂区环氧浇注事业部车间机械加工区西北角，因此施工活动对外环境影响较小，且其影响随着施工结束而消失。

9.1.1 施工废气

本项目不涉及土建工程，不产生施工废气和建筑扬尘。

9.1.2 施工废水

施工期废水主要为施工人员生活污水，产生量较少，依托厂区现有化粪池处理后排至市政污水管网。

9.1.3 施工固废

本项目施工期的固体废物主要来源于施工人员生活垃圾。

本项目施工期产生的生活垃圾按每天施工人员 2 人计，每人每天产生的生活垃圾按 0.5kg 计，则每天产生 1.0kg，生活垃圾分类收集，可回收利用的统一收集交由物资回收公司，不可回收利用的采取垃圾桶分类收集后，交当地环卫部门统一处理。

9.1.4 施工噪声

施工噪声主要体现在铅房、设备线缆、风机安装和调试噪声，通过选用低噪声施工设备、设置施工围挡、合理安排施工时间，可降低施工噪声的影响。

综上，本项目工程量较小，施工期短，合理安排施工秩序，基本不会对周围环境产生不良影响，并且随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 探伤设备

本项目拟安装一台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备（自带铅房），智能化 X 射线探伤检测设备由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆组成。

本项目使用的 X 射线数字成像检测系统技术参数见表 9-1，铅房外观示意图如图 9-1 所示，铅房内部工件检测示意图如图 9-2、图 9-3 所示。

表 9-1 X 射线数字成像检测系统的主要性能参数表

射线管类型	智能化 X 射线探伤检测设备
生产厂家	日联科技
X 射线管型号	MAR-320HP/11 (定向)
最大管电压	320kV
最大管电流	5.6mA

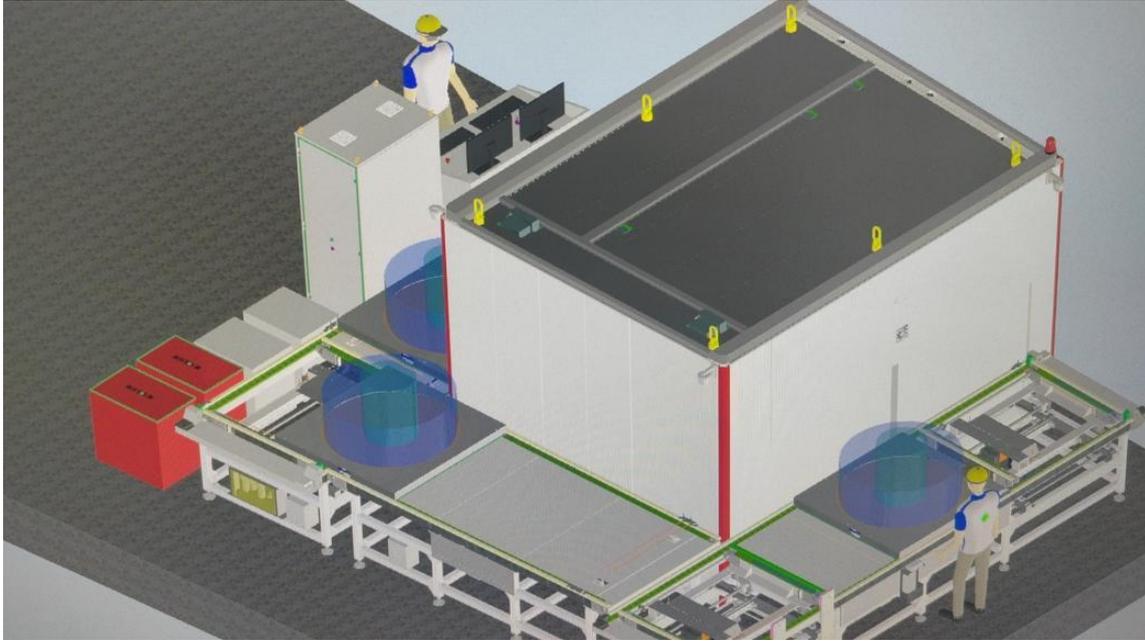
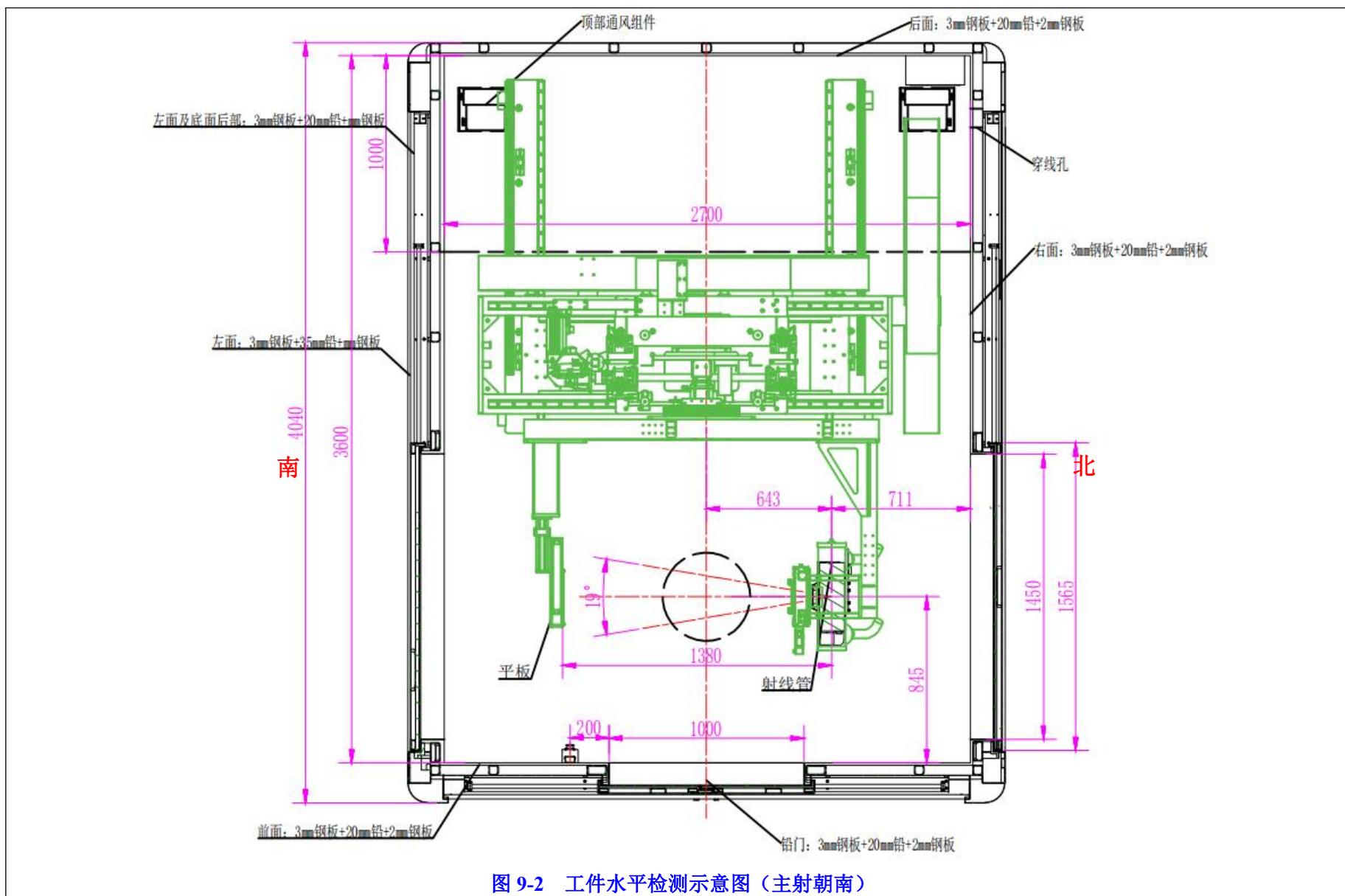


图 9-1 本项目拟购置的铅房外观示意图



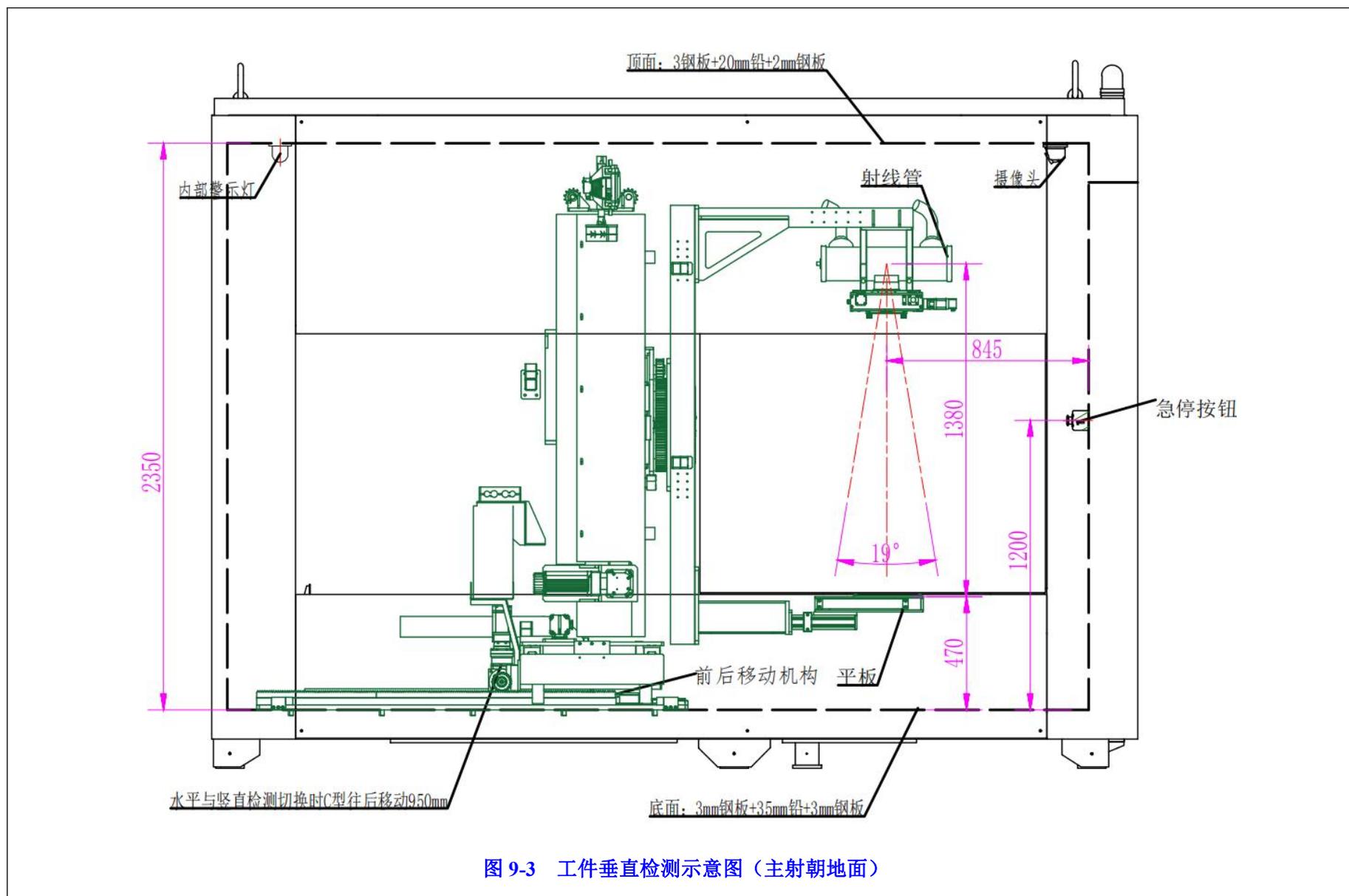


图 9-3 工件垂直检测示意图（主射朝地面）

9.2.2 X 射线数字成像检测系统

1、X 射线产生原理

X 射线数字成像检测系统主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨制灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同材料制成各种形状，靶体一般用高原子序数难熔金属（如钨、铂等）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，直接射向嵌在金属阳极中靶体，高电压加在 X 射线管两极之间，使电子射到靶体之前被加速到很高速度，这些高速电子轰击靶物质，与其作用产生韧致辐射，释放出 X 射线，X 射线探伤所利用的就是其释放出的 X 射线。

X 射线管结构及原理示意图见图 9-4。

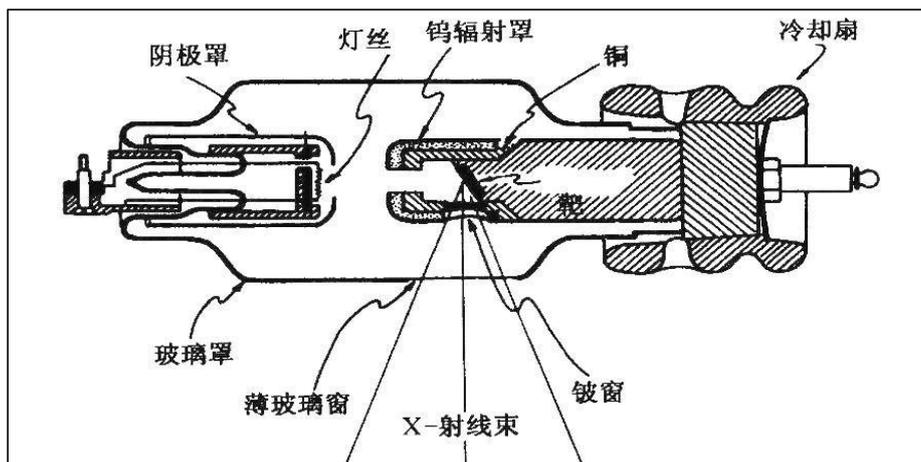


图 9-4 典型 X 射线管结构图

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 线束（主射方向为地面和南侧）对物体的某一部分按一定厚度的层面进行扫描，当 X 线射向物体组件时，部分射线被组件吸收，部分射线穿过物件被检测器接收，产生信号。因为物体各种组件的疏密程度不同，X 射线的穿透能力不同，所以检测器接收到的射线就有了差异。将所接收的这种有差异的射线信号，转变为数字信息后由计算机进行处理，输出到显示的荧光屏上显示出图像，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到 X 射线无损检测的目的。

根据探伤机射线出束方位角度的不同，探伤机分为定向、周向两种类型，本项目使用的探伤机定向探伤机。定向型探伤机辐射是固定的，射线束辐射圆锥角一般在 $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围，典型定向 X 射线探伤机见图 9-5。

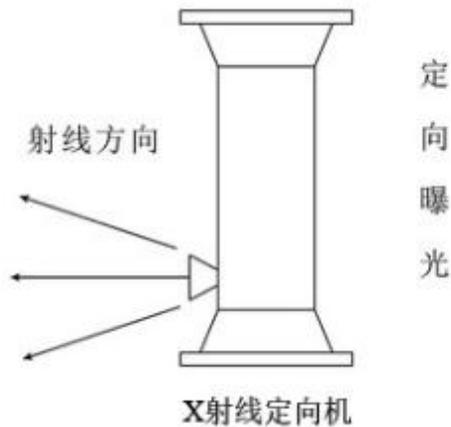


图 9-5 典型定向 X 射线探伤机

2、工艺流程

本项目拟购置的 X 射线数字成像检测系统在铅房内，工作流程见图 9-6。

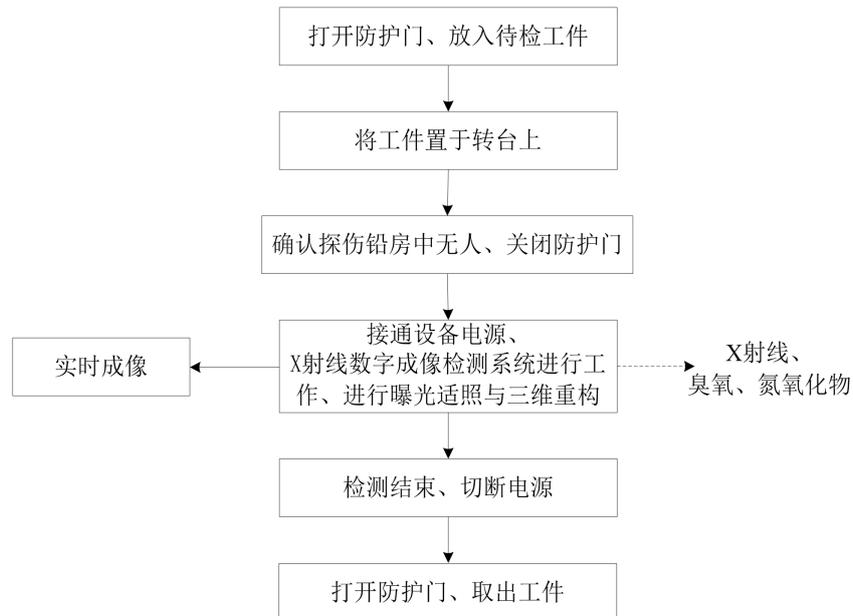


图 9-6 X 射线数字成像检测系统检测工艺流程及产污环节示意图

X 射线数字成像检测系统操作流程简述：

在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，算出曝光时间、焦距、确定焦点位置，非工作人员不得进入铅房区域，以免发生误照事故。

(1) 检测前将系统电源打开，打开计算机图像显示器，环境监视器等。确保检测前平台无其他物品影响检测。

(2) 打开射线机控制软件和图像采集处理软件。

(3) 工作人员将工件放置在进工件铅门外工件转运平台的托盘上，工件转运平台

通过输送带将托盘运送到铅房内部，所有铅门关闭开始检测。整个过程工作人员不需要进入设备自带铅房进行工件摆放。检测完成后，出工件铅门打开，工件转运平台通过输送带将完成检测工件运送到铅房外。

(4) 全部工件检测完成，关闭高压电源，分析检测结果，出具分析报告。再关闭软件和计算机。最后关闭总电源。

9.3 污染源项描述

9.3.1 主要污染物

根据工艺流程可知，项目运营期产生的污染物主要有 X 射线数字成像检测系统曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、生活污水、噪声、固体废物（生活垃圾）。

1、电离辐射

由 X 射线数字成像检测系统工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线数字成像检测系统只有在开机状态，并且其 X 射线数字成像检测系统组件处于出线状态时（曝光状态）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 射线数字成像检测系统工作流程，X 射线数字成像检测系统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 射线能量在零和曝光管电压之间，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过有关。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 X 射线数字成像检测系统工作时的最大电压为 320kV，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 射线会使铅房内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，产生量少。本项目铅房设置换气通风系统，设计换气次数为 14 次/h，能保证室内空气的流通，使少量的 O₃、NO₂ 得以扩散。

3、废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的生活污水，项目配备 2 名工作人员，依托原有辐射工作人员，不新增人员，故不新增生活污水。

4、噪声

本项目铅房顶部设置轴流风机，风机工作时将产生一定的噪声，建设单位拟采用低噪声设备，噪声值约 65dB（A）。

5、固体废物

本项目固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾，项目配备 2 名辐射工作人员，依托原有辐射工作人员，不新增人员，故不新增生活垃圾。

本项目设备为实时成像装置，不涉及洗片工作，无胶片产生，故不产生废显影液、洗片废液、废旧胶片等危险废物。

综上，本项目产生的污染因子情况如表 9-2 所示。

表 9-2 项目污染因子一览表

污染物	污染因子	治理措施
辐射	X 射线	X 射线通过四周屏蔽体、顶棚及铅门等屏蔽。
废气	O ₃ 、NO _x	铅房设计机械通风装置，安装轴流风机，保证探伤室内的空气流通，使产生的少量的 O ₃ 、NO _x 得以扩散。
废水	COD、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N	项目配备 2 名工作人员，依托原有辐射工作人员，不新增人员，故不新增生活污水。
噪声	设备噪声	本项目铅房顶部设置轴流风机，经过厂房隔声、选用低噪声设备等措施，降低风机噪声对周边环境的影响。
一般固废	生活垃圾	项目配备 2 名辐射工作人员，依托原有辐射工作人员，不新增人员，故不新增生活垃圾。

9.3.2 X 射线辐射污染途径

1、正常工况

X 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。

2、事故工况

事故工况可分为人为原因导致和不可预见的客观原因导致两类。

(1) 人为原因

①探伤工作结束后，X 射线单元未关闭（或屏蔽铅门未关闭），而操作人员未能及时发现 X 射线管还在继续放射工作。

②人为解除探伤室门机联锁装置，导致 X 射线探伤时人员误入探伤室，使其受到不必要的照射。

③人为解除探伤室门机联锁装置，导致 X 射线数字成像检测系统工作时防护门未关闭，致使 X 射线泄漏，使周围活动的人员受到不必要的照射。

(2) 不可预见的客观原因

由于设备突然失灵、损坏或安全系统失效、外界条件突然变化等，以及探伤室结构不完整、铅门铅沉降等原因，引起的意外照射或辐射事故。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区及布局合理性

1、平面布局

西安西电电工材料有限责任公司拟在陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角安装一台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备（自带铅房），铅房东侧立面设计有 1 个电动防护门（维修铅门），南侧立面设计有 1 个进工件铅门，北侧立面设计有 1 个出工件铅门。铅房主照方向为南侧和地面，根据设计的铅房平面布局，考虑到辐射工作人员安全问题，将操作台布置于铅房北侧。综上所述，本项目设计布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 4.1.1 中“探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射方向”的要求。

2、布局合理性分析

整体铅房位于陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角。

（1）根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。本项目操作台位于铅房的北侧，探伤机有用线束朝南侧和地面照射，避开操作台方向，可有效减小对周围人员的影响。

（2）根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射方向。本项目铅房东侧设置维修铅门，该维修铅门只在设备停止照射维修时才会打开，使用频次较低，不属于操作人员进出门，且周围亦无固定工位。进工件铅门、出工件铅门和维修铅门在缝隙衔接处搭接 100mm，可满足其搭接长度不小于缝隙的 10 倍的要求，采用内嵌迷宫设计，进工件铅门设计厚度为 35mmPb，出工件铅门和维修铅门设计厚度为 20mmPb，可以确保其安全性。

综上所述，本项目布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

1、分区原则

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：

（1）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；

（2）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措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

2、辐射工作场所分区

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 4.1.2 条：“应对探伤工作场所实行分区管理，一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区”的要求。

本项目依据整体铅房外辐射工作人员的工作活动范围对探伤区域北侧、南侧、东侧拟设置铁栅栏与周围区域分隔开，形成一个相对独立的区域。本项目辐射工作场所分区具体划分见表 10-1，铅房控制区、监督区分区图见图 10-1。

表 10-1 本项目控制区、监督区分区依据一览表

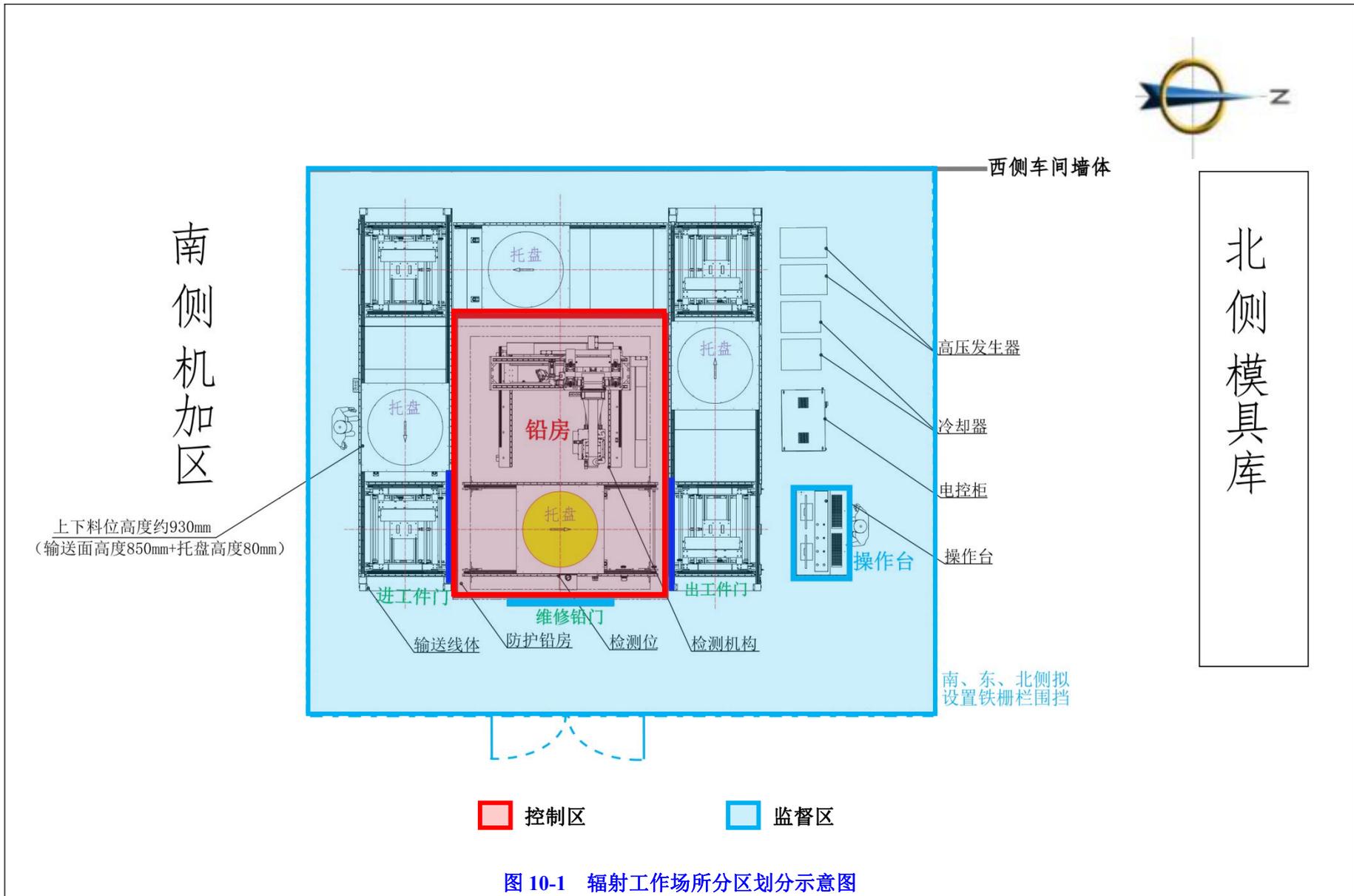
分区类型	划分区域
控制区范围	本次新建智能化 X 射线探伤检测设备（整体铅房）
监督区范围	本次探伤区域的西侧为厂房隔墙，北侧、南侧、东侧均拟设置铁栅栏与周围区域分隔开，形成一个相对独立的区域，故本次评价将该探伤区域内除铅房以外的其他范围划为监督区

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：铅房内部，以防护门和探伤室屏蔽墙为界。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、机-灯连锁装置、工作状态指示灯及辐射警示标志等设施，严格限制人员随意进入控制区，射线装置在运行过程中，对控制区进行严格控制，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。

（2）监督区：操作台为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。将探伤区域内除铅房以外的其他区域划为监督区，并在北侧、西侧、南侧铁栅栏上悬挂监督区标牌，并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。



10.1.3 辐射防护屏蔽设施

根据设计资料，本项目设备自带铅房设计外部尺寸：长 3.23m×宽 4.04m×高 2.78m，内部净尺寸：长 2.7m×宽 3.6m×高 2.35m，铅房屏蔽体设计采用方管钢架加设内封板并铺贴相应的铅板，其中东侧屏蔽体拟铺贴 20mmPb 铅板，南侧屏蔽体拟铺贴 35mmPb 铅板，西侧屏蔽体拟铺贴 20mmPb 铅板，北侧屏蔽体拟铺贴 20mmPb 铅板，顶部屏蔽体拟铺贴 20mmPb 铅板，底部屏蔽体拟铺贴 30mmPb 铅板；进工件铅门拟采用 35mmPb 电动门，出工件铅门拟采用 20mmPb 电动门，维修铅门拟采用 20mmPb 电动门。铅房下方为实土层，顶部无人到达。

铅房屏蔽防护设计汇总如表 10-2 所示。

表 10-2 铅房屏蔽设计汇总一览表

项目	设计屏蔽措施
铅房尺寸（长×宽×高）	外部尺寸：3230mm×4040mm×2780mm 内净尺寸：2700mm×3600mm×2350mm
铅房四周屏蔽厚度	东侧：20mmPb 南侧：35mmPb 西侧：20mmPb 北侧：20mmPb
顶棚屏蔽厚度	20mmPb
底部屏蔽厚度	30mmPb
电动铅防护门防护厚度	进工件铅门：35mmPb 出工件铅门：20mmPb 维修铅门：20mmPb

10.1.4 辐射安全措施

1、设备安全分析

根据 X 射线机工作原理可知，设备在未通电开机运行时，设备不会产生 X 射线，不会对环境产生辐射影响。因此，设备自身安全性较好。

2、铅房拟采取的辐射安全防护措施

本项目拟采取的辐射安全措施如下：

（1）铅房拟设置多重联锁装置，以保护人员和设备安全，防止意外事故。门机联锁：采用电动、手动一体化防护门，与 X 射线数字成像检测系统启动电路实行门-机联锁方式，即防护门（包括进工件铅门、出工件铅门、维修铅门）未关闭之前，X

射线数字成像检测系统无法启动，在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时 X 射线数字成像检测系统立即停止出束，关上门不能自动开始 X 射线照射。灯机联锁：为减少工作人员及公众人员受到不必要的剂量，防护门安装灯机联锁系统，在设备出束时灯亮警示，以预防和控制潜在的照射。

(2) 铅房门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与铅房内使用的其他报警信号有明显区别。

(3) 铅房外醒目位置拟张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(4) 铅房防护门上拟张贴电离辐射警告标识和中文警示说明。

(5) 操作台设置 1 个紧急停机开关，铅房维修铅门内部南侧墙体立面设置 1 个紧急停机开关，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。紧急停机开关的安装，可以使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机开关带有标签，标明使用方法。

(6) 铅房内设置机械通风装置。通风口位于铅房顶部西南、西北角开口，罩有铅防护罩，采用迷宫式防护，产生的废气经排气管道向顶部穿越铅房后引至车间内新风系统通风管道，最终排放至厂房外。铅房机械通风设置设计每小时有效通风换气次数为 14 次。

(7) 操作台拟设置 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。

(8) 操作台拟设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

(9) 操作台或 X 射线管头组装体上拟设置与铅房进出门联锁的接口，当铅房防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管的管电压；已接通的 X 射线管的管电压在铅门开启时能立即切断。

(10) 操作台拟设有钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，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。

(11) 操作台拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(12) 铅房和操作台之间安装监控设备，能完全观察铅房内部。

(13) 铅房的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作台应与铅房分开并尽量避免有用线束照射的方向。

(14) 对铅房实行分区管理，将铅房屏蔽体墙壁围成的内部区域划为控制区，与屏蔽体外部相邻区域划为监督区。

(15) 辐射工作人员进入辐射工作区域时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪（拟购）、便携式 X- γ 剂量率仪（依托原有），并检查联锁装置是否正常。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员立即离开辐射工作区域，同时禁止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射防护负责人报告。若联锁装置异常，禁止进入铅房，并按照程序进行报告、检修。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。

(16) 防护门生产、安装由有生产资质的厂家承担，其搭接长度不小于缝隙的 10 倍。防护门上设置永久性辐射警示标志，采用电动防护门（应急时可手动），铅房入口处上方应安装醒目的电离辐射警示标志及照射状态指示灯。

(17) 本项目电缆线走线口设于铅房北侧立面偏西部，内外均设置铅防护罩，迷宫式防护，不影响铅房的屏蔽能力。铅房走线口屏蔽措施示意图见图 10-2。

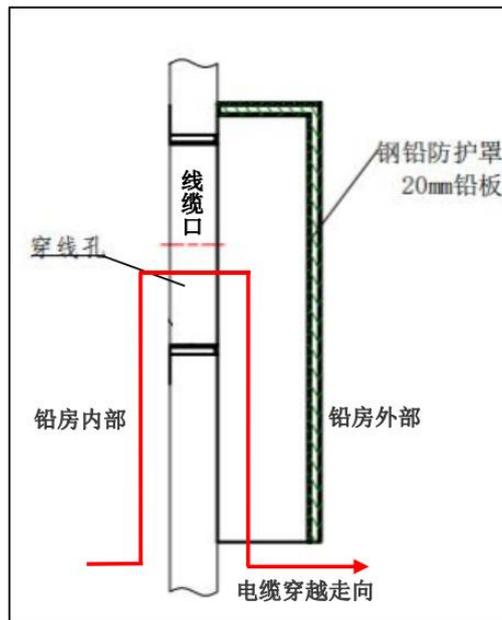


图 10-2 铅房走线口屏蔽措施示意图

(18) 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

(19) 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(20) 在每一次照射前，操作人员都应该确认铅房区域内没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

(21) 铅房内部靠近防护门侧配置固定式场所辐射探测报警装置。

3、安全操作要求

(1) 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查铅房防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，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。

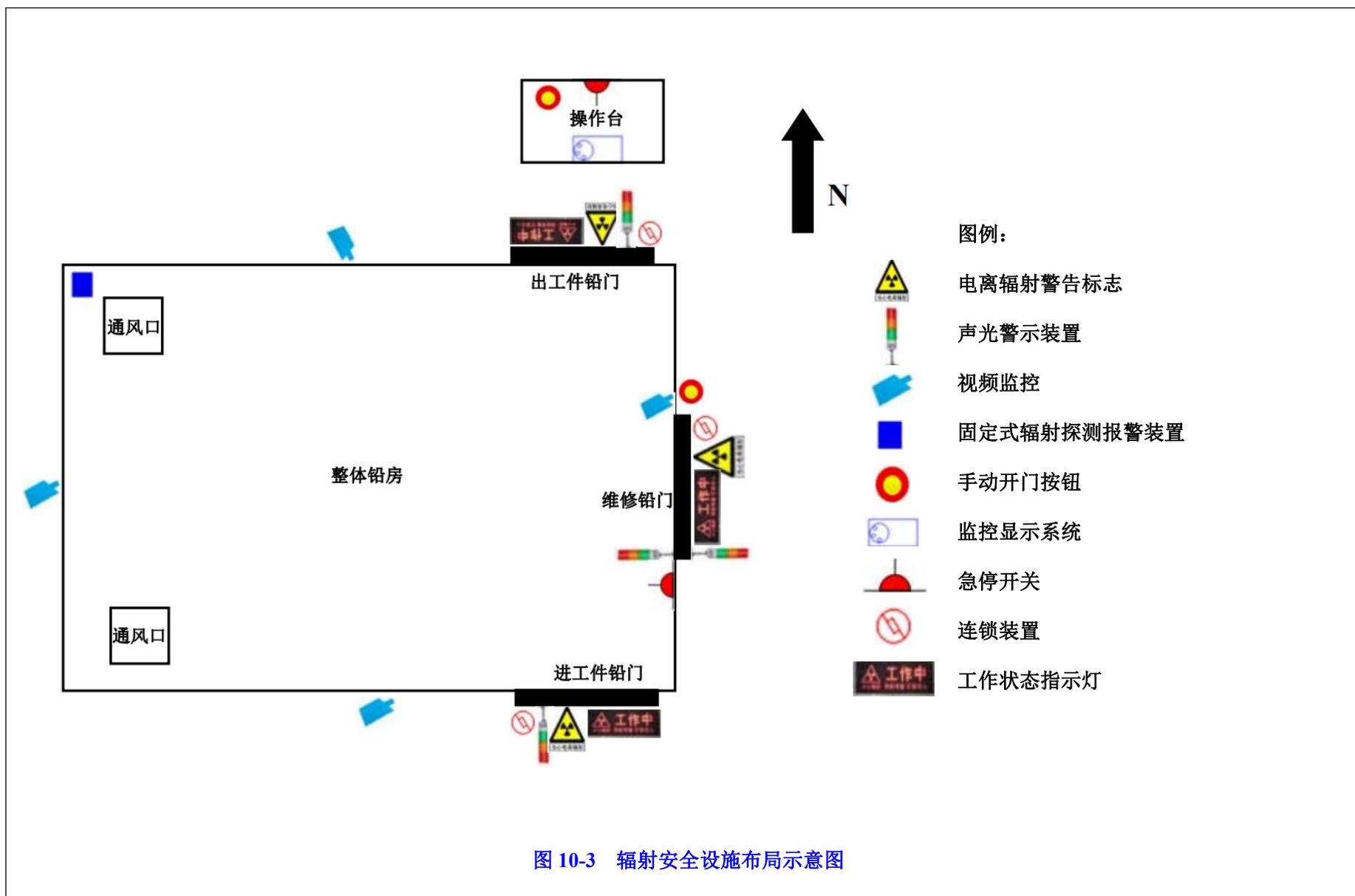
(2) 辐射工作人员在工作时，必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪、便携式 X- γ 剂量率仪。工作期间认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

(3) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视操作台仪表及 X 射线数字成像检测系统状况，发现异常及时处理。

(4) 工作期间，除设备操作人员外，操作台区域不得有其他人员。

(5) 只有通过专用钥匙才能使 X 射线数字成像检测系统出束，钥匙由专人保管。操作人员离开操作台时，拔出专用钥匙，妥善保管，以防他人误操作而发出射线。

辐射安全布局示意图见图 10-3。



10.1.5 辐射防护设施

本项目辐射安全与防护措施见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全与防护措施一览表

序号	名称	数量	位置	备注
1	固定式场所辐射探测报警装置	1 套	铅房内西北角墙体立面	/
2	警示灯及灯光报警仪	4 套	维修门内、外各 1 套, 进工件门和出工件门外各 1 套	/
3	摄像头	4 个	铅房外北侧、南侧、西侧墙体上方各 1 个	监视器设在操作台
			铅房内维修铅门上方 1 个	
4	门机联锁系统	3 套	铅房进出工件铅门及维修铅门处	/
5	门灯联锁系统	3 套	铅房进出工件铅门及维修铅门处	/
6	紧急停机开关	2 个	操作台 1 个, 铅房维修铅门内部南侧墙体立面 1 个	/
7	电离辐射警告标志	3 个	铅房进出工件铅门及维修铅门处	/
8	机械排风装置	1 套	铅房顶部西南、西北角开口	2 个 ϕ 155 的换气通风口
9	X- γ 剂量率仪	1 台	/	依托原有
10	个人剂量报警仪	1 台	/	拟购
11	个人剂量计	2 个	/	利用原有

10.1.6 机房通风

当 X 射线探伤装置运行时, X 射线与空气相互作用, 可使机房内空气电离, 产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x) 等有害气体。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 第 6.1.10 条的要求: “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”。

根据设计资料, 本项目探伤室通风系统设计情况如下表 10-4 所示。

表 10-4 铅房通风系统设计

机房容积 (m^3)	设计通风口位置	设计机械通风装置	设计排风量 (m^3/h)	设计排风次数 (次/h)	通风管道截面积 (m^2)
长 2.7m \times 宽 3.6m \times 高 2.35m=22.842 m^3	铅房顶部西南、西北角开口	2 台轴流风机	330	14	0.02

本项目铅房内设置机械通风装置。通风口位于铅房顶部西南、西北角开口, 罩有铅防护罩, 采用迷宫式防护, 铅防护罩铅当量不低于 20mmPb。项目运行过程中产生

的废气经排气管道向顶部穿越铅房后引至车间内新风系统通风管道，最终排放至厂外。铅房通风口屏蔽措施示意图见图 10-4。

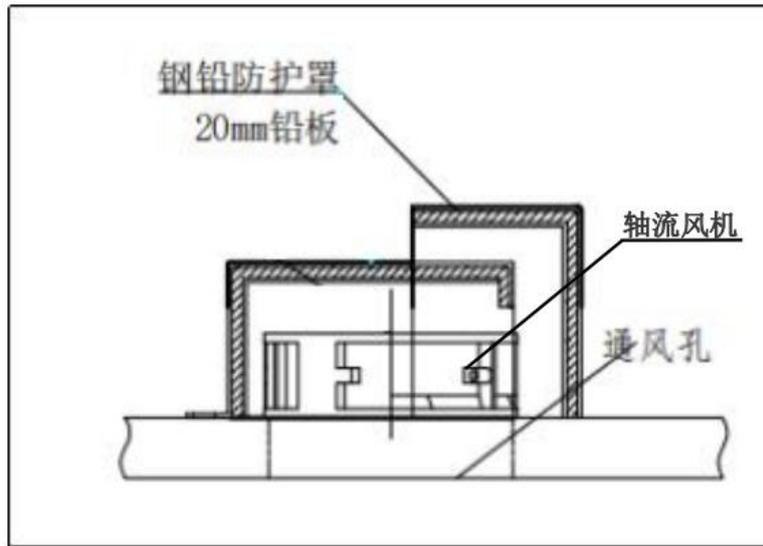


图 10-4 铅房通风口屏蔽措施示意图

10.2 三废的治理

根据对该 X 射线无损检测系统正常检测时的污染源项分析，本系统主要产生 X 射线及少量的臭氧和氮氧化物。本项目不涉及洗片，不产生废显（定）影液、废胶片等危险废物。

10.2.1 废气

本项目 X 射线无损检测系统使用过程中会产生微量臭氧和氮氧化物，**铅房顶部西南、西北角开口拟设计 2 个 $\varnothing 155$ 的换气通风孔，配有 2 台轴流风机**，设计通风量为 $330\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时可通风换气 14 次。项目运行期间进行连续通风，通风系统可将绝大部分的臭氧和氮氧化物排出，铅房内的臭氧和氮氧化物浓度基本处于本底水平，出束时，铅房无人员停留，不会对工作人员产生影响。排出的臭氧和氮氧化物经大气稀释和扩散作用，浓度进一步降低，对周围大气环境几乎无影响。

10.2.2 废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的生活污水，项目配备 2 名工作人员，**依托原有辐射工作人员，不新增人员，故不新增生活污水。**

10.2.3 噪声

本项目通过厂房隔声、选用低噪声设备等措施，降低风机噪声对周围环境的影响。

10.2.4 固体废物

本项目固体废物主要为辐射工作人员产生的生活垃圾，项目配备 2 名辐射工作人员，依托原有辐射工作人员，不新增人员，故不新增生活垃圾。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目所在的厂房已建成，施工期的环境影响主要是探伤室（整体铅房）的建设及设备安装产生的噪声等环境影响。

本项目施工期主要是在室内建设探伤室及其配套的辅助工作场所，探伤室为整体铅房，由供应商负责运输、安装、调试等相关事项，其建设及安装过程不涉及土建工程。故项目建设期间除安装噪声外，对周围环境影响较小，项目施工期间，不会对周围环境产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

1、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。

本项目拟安装1台MAR-320HP/11（320kV，5.6mA）智能化X射线探伤检测设备。

(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 $\dot{H}_{c,d}$ （ μSv ）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（h/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“mA min”值），mA min/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（mA）；

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

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

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

②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 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 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 6×10^4 , 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 3.1 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 ($\mu\text{Sv/h}$)。

表 11-1 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 \dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

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) 90° 散射辐射的 TVL X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线（见表 11-2）的什值层（见 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
$150 \leq kV \leq 200$	150
$200 < kV \leq 300$	200
$300 < kV \leq 400$	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

b) 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。

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

式中：

\dot{H} ——按 3.1 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 ——散射点至关注点的距离，单位为米（m）；

R_0 ——辐射原点（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 6×10^4 ，见附录表 B.1；

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的

α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3。

c) 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° 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 6×10^4 ，见附录表 B.1；

B——屏蔽透射因子；

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3。

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- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式 (13) 计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad (13)$$

式中：

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

$H_{(10)}$ ——X 或 γ 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 或 γ 射线照射时间，单位为小时 (h)。

2、防护能力核算

(1) 主射线照射范围

根据建设单位提供的资料，本项目 X 射线数字成像检测系统 X 射线束圆锥角为 19° ，因此圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 9.5° 。

①水平照射

水平照射时（主射朝南）X 射线管距离南侧墙体最近距离为 1.989m，主射线照射方向形成半径为 0.333m ($1.989 \times \tan 9.5^\circ$) 的圆，而本项目 X 射线管头距离顶部最近距离为 0.5m，距离底部最近距离为 0.5m，距东墙内表面最近距离为 0.845m，距西墙内表面最近距离为 2.755m，故当 X 射线装置主射朝南水平照射时，主射线不会照到与南侧墙体相邻的其他非主射面上。

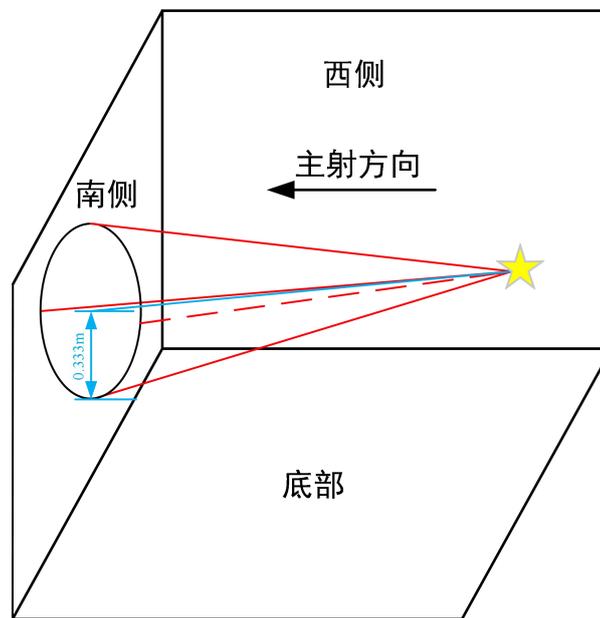


图 11-1 主射照射范围示意图（主射朝南）

②垂直照射

垂直照射时（主射朝地面）X 射线管距离底部屏蔽体内表面最远距离为 1.85m，主射线照射方向形成半径为 0.310m ($1.850 \times \tan 9.5^\circ$) 的圆，而本项目 X 射线管头距北墙内表面最近距离为 0.85m，距东墙内表面最近距离为 0.845m，距西墙内表面最近距离为 2.755m，距南墙内表面最近距离为 1.85m，故当 X 射线装置主射朝地面垂直照射时，主射线不会照到与底部相邻的其他非主射面上。

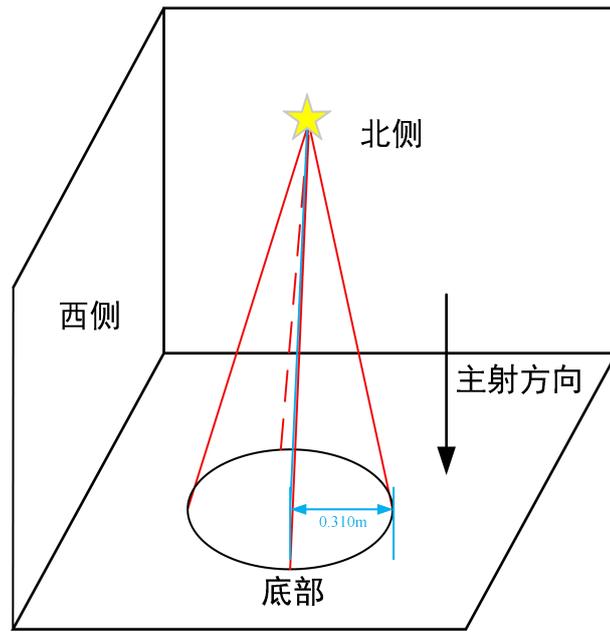


图 11-2 主射照射范围示意图（主射朝地面）

(2) 主要技术参数及工作负荷

智能化 X 射线探伤检测设备主要技术参数及工作负荷见表 11-3。

表 11-3 X 射线数字成像检测系统技术参数及工作负荷

设备型号	管电压 kV	管电流 mA	周最大照射时间	平均年工作	年曝光时间
MAR-320HP/11	320	5.6	2.29	42 周	96h

(3) 核算距离、方向

本项目拟将 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备采取支架安装于铅房西侧中部，X 射线管通过支架可以南北方向、东西方向、上下移动。

根据设计单位提供的资料，探伤机主射方向为南侧（水平照射）和地面（垂直照射）。当水平照射时，将 X 射线管移至工件托盘中轴线的北侧，并根据工件大小调节管头离地高度（一般在 0.5m-1.85m 范围内），通过转动工件托盘实现对工件不同部位的水平照射，水平照射时 X 射线管头距北墙内表面最近距离为 0.711m，距东墙内表面最近距离为 0.845m，距西墙内表面最近距离为 2.755m，距南墙内表面最近距离为 1.989m。当垂直照射时，将 X 射线管移至工件托盘中轴线的正上方，并根据工件大小调节管头离地高度（一般在 0.47m-1.85m 范围内），通过转动工件托盘实现对工件不同部位的垂直照射，垂直照射时 X 射线管头距北墙内表面最近距离为 0.85m，距东墙内表面最近距离为 0.845m，距西墙内表面最近距离为 2.755m，距南墙内表面最近距

离为 1.85m。

本项目拟建铅房地下为实土层，故不考虑地面设计屏蔽情况，东、西、北侧屏蔽体、顶棚、出工件防护门和维修铅门均按泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）进行估算，南侧、进工件防护门均按照主射辐射（有用线束）进行估算。本次计算关注点位置示意图见图 11-3、图 11-4、图 11-5 和图 11-6。

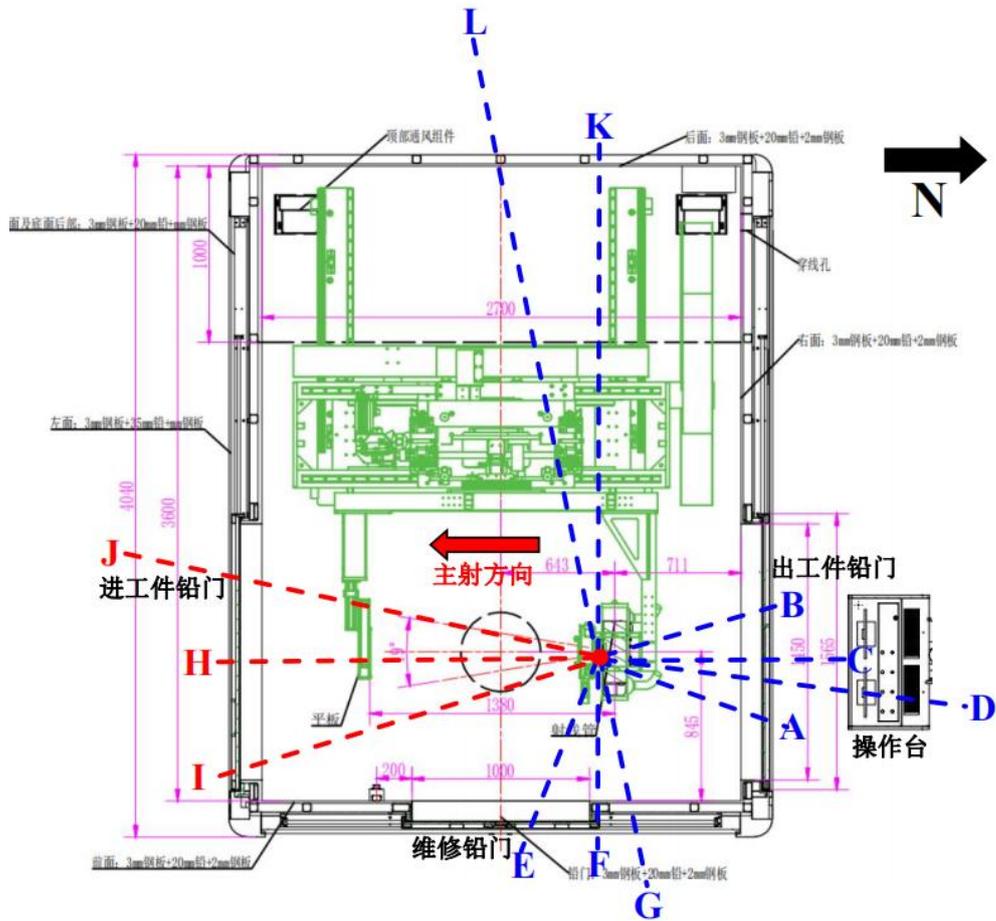


图 11-3 X 射线数字成像检测系统四周关注点位置示意图（主射朝南）

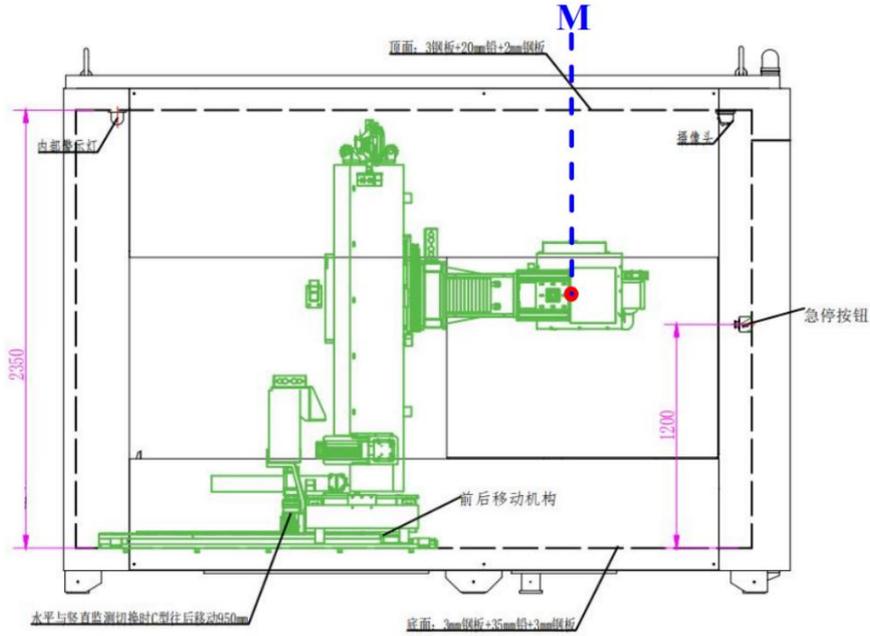


图 11-4 X 射线数字成像检测系统顶部关注点位置示意图（主射朝南）

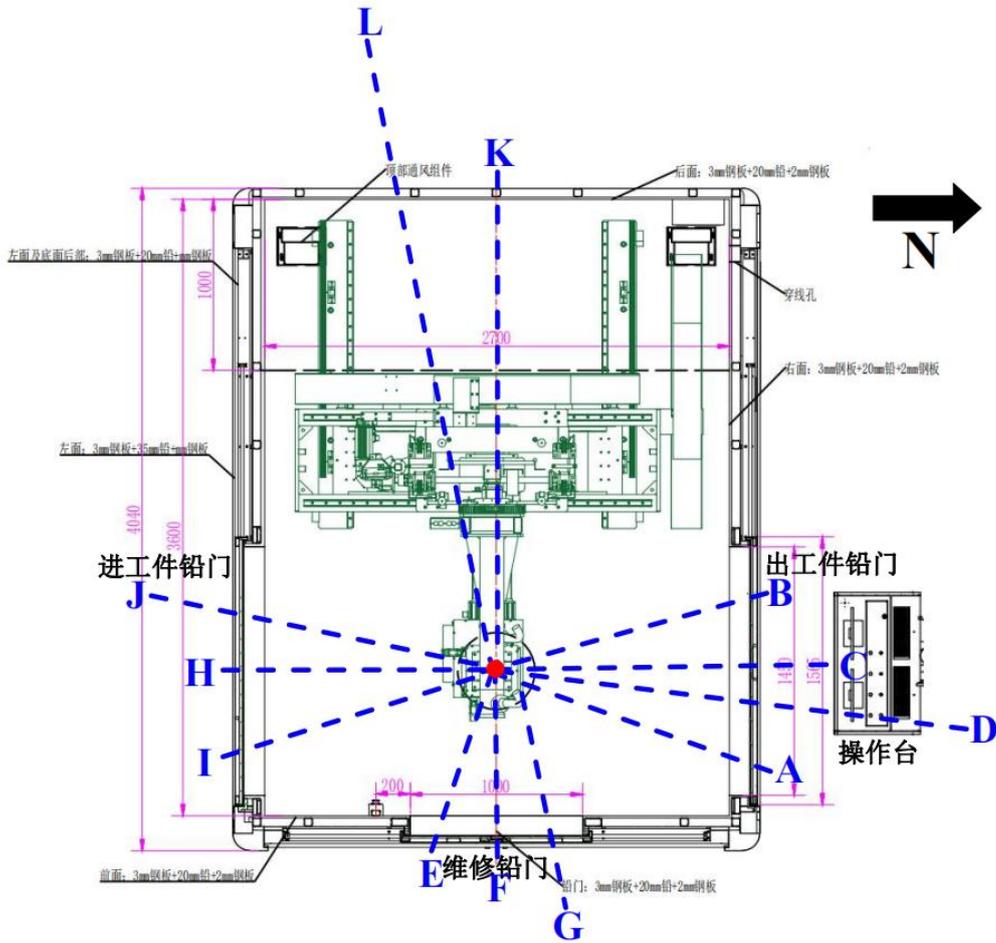


图 11-5 X 射线数字成像检测系统四周关注点位置示意图（主射朝地面）

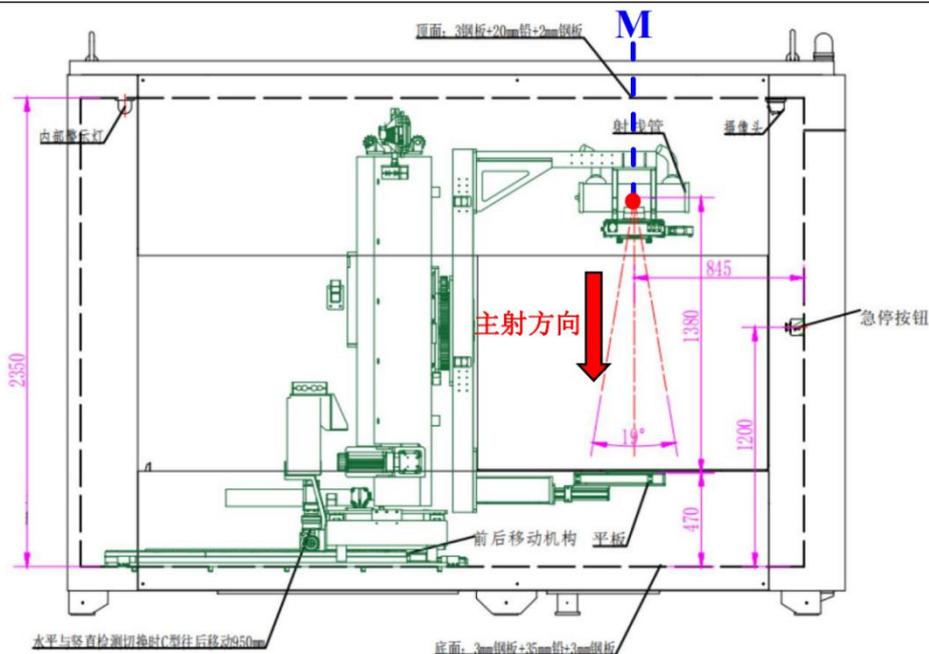


图 11-6 X 射线数字成像检测系统顶部关注点位置示意图（主射朝地面）

主射朝南和朝地面照射时，屏蔽核算时各方向核算情况分别见表 11-4、表 11-5。

表 11-4 X 射线数字成像检测系统主射朝南时各屏蔽体核算距离一览表

考察点		照射类型	核算距离 (m) X 射线管头距墙内表面最近距离+屏蔽体厚度+屏蔽体外距关注点最近距离	
方位	关注点			
北侧	A: 出工件铅门外 30cm	出工件铅门外	散射、漏射	$0.711 + (\text{墙厚 } 0.255 + \text{门厚 } 0.02) + 0.3 \approx 1.29$
	B: 屏蔽体外 30cm	铅房北侧屏蔽体外	散射、漏射	$0.711 + 0.255 + 0.3 \approx 1.27$
	C: 操作台	铅房北侧操作台	散射、漏射	$0.711 + 0.255 + 2.5 \approx 3.47$
	D: 监督区北侧边界	监督区边界外	散射、漏射	$0.711 + 0.255 + 3.97 \approx 4.94$
东侧	E: 维修铅门外 30cm	维修铅门外	散射、漏射	$0.845 + (\text{墙厚 } 0.22 + \text{门厚 } 0.02) + 0.3 \approx 1.39$
	F: 屏蔽体外 30cm	走廊	散射、漏射	$0.845 + 0.22 + 0.3 \approx 1.37$
	G: 监督区东侧边界	监督区边界外	散射、漏射	$0.845 + 0.22 + 1.7 \approx 2.77$
南侧	H: 进工件铅门外 30cm	进工件铅门外	主射	$1.989 + (\text{墙厚 } 0.275 + \text{门厚 } 0.035) + 0.3 \approx 2.6$
	I: 屏蔽体外 30cm	工件摆放区域		$1.989 + 0.275 + 0.3 \approx 2.56$
	J: 监督区南侧边界	监督区边界外		$1.989 + 0.275 + 2.17 \approx 4.43$
西侧	K: 屏蔽体外 30cm	铅房西侧屏蔽体外	散射、漏射	$2.755 + 0.22 + 0.3 \approx 3.28$
	L: 监督区西侧边界	车间隔断墙	散射、漏射	$2.755 + 0.22 + 2.33 \approx 5.31$
顶部	M: 顶棚外 30cm	顶棚外	散射、漏射	$2.35 - 1.85 + 0.22 + 0.3 \approx 1.0$

表 11-5 X 射线数字成像检测系统主射朝地面时各屏蔽体核算距离一览表

考察点		照射类型	核算距离 (m) X 射线管头距墙内表面最近距离+屏蔽体设计厚度+屏蔽体外 30cm
方位	关注点		
北侧	A: 出工件铅门外 30cm	出工件铅门外	0.85+ (墙厚 0.255+门厚 0.02) +0.3≈1.43
	B: 屏蔽体外 30cm	铅房北侧屏蔽体外	0.85+0.255+0.3≈1.41
	C: 操作台	铅房北侧操作台	0.85+0.255+2.5≈3.61
	D: 监督区北侧边界	监督区边界外	0.85+0.255+3.97≈5.08
东侧	E: 维修铅门外 30cm	维修铅门外	0.845+ (墙厚 0.22+门厚 0.02) +0.3≈1.39
	F: 屏蔽体外 30cm	走廊	0.845+0.22+0.3≈1.37
	G: 监督区东侧边界	监督区边界外	0.845+0.22+1.7≈2.77
南侧	H: 进工件铅门外 30cm	进工件铅门外	1.85+ (墙厚 0.275+门厚 0.035) +0.3≈2.46
	I: 屏蔽体外 30cm	工件摆放区域	1.85+0.275+0.3≈2.43
	J: 监督区南侧边界	监督区边界外	1.85+0.275+2.17≈4.30
西侧	K: 屏蔽体外 30cm	铅房西侧屏蔽体外	2.755+0.22+0.3≈3.28
	L: 监督区西侧边界	车间隔断墙	2.755+0.22+2.33≈5.31
顶部	M: 顶棚外 30cm	顶棚外	2.35-1.85+0.22+0.3≈1.0

(4) 剂量率参考控制水平的确定

剂量率参考控制水平核算见表 11-6、表 11-7。

表 11-6 水平照射时 (主射朝南) 剂量率参考控制水平核算表

关注点	使用因子 U	居留因子 T	Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$	最终剂量率参考控制水平 \dot{H}_c (μSv/h)	需屏蔽的辐射源	
北侧	A: 出工件铅门外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	B: 屏蔽体外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	C: 操作台	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	D: 监督区北侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
东侧	E: 维修铅门外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	F: 屏蔽体外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射

	G: 监督区东侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
南侧	H: 进工件铅门外 30cm	0.5	1	100	87.34	2.5	2.5	有用线束
	I: 屏蔽体外 30cm	0.5	1	100	87.34	2.5	2.5	有用线束
	J: 监督区南侧边界	0.5	1/5	5	21.83	2.5	2.5	有用线束
西侧	K: 屏蔽体外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	L: 监督区西侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
顶部	M: 顶棚外 30cm	1	/	/	/	100	100	散射、漏射
<p>注: ①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 A, 北面为操作台, 居留因子取 1; 铁栅栏内监督区仅为辐射工作人员活动区域, 本次保守估算, 辐射工作人员活动区域的居留因子均取 1; 监督区外为公众成员活动区域, 为部分居留, 居留因子取 1/5。</p> <p>② \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。</p>								

表 11-7 垂直照射时(主射朝地面)剂量率参考控制水平核算表

关注点	使用因子 U	居留因子 T	Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$	最终剂量率参考控制水平 \dot{H}_c (μSv/h)	需屏蔽的辐射源	
北侧	A: 出工件铅门外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	B: 屏蔽体外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	C: 操作台	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	D: 监督区北侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
东侧	E: 维修铅门外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	F: 屏蔽体外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	G: 监督区东侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
南侧	H: 进工件铅门外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	I: 屏蔽体外 30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射

	J: 监督区南侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
西侧	K: 屏蔽体外30cm	1	1	100	43.67	2.5	2.5	散射、漏射
	L: 监督区西侧边界	1	1/5	5	10.92	2.5	2.5	散射、漏射
顶部	M: 顶棚外30cm	1	/	/	/	100	100	散射、漏射

注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 A，北面为操作台，居留因子取 1；铁栅栏内监督区仅为辐射工作人员活动区域，本次保守估算，辐射工作人员活动区域的居留因子均取 1；监督区外为公众成员活动区域，为部分居留，居留因子取 1/5。

② \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

根据表 11-6、表 11-7 可知，铅房东、南、西、北面墙体外及铅门外 30cm 的剂量率参考控制水平均为 2.5 μ Sv/h。顶棚上方一般无人到达，顶棚外剂量率参考控制水平为 100 μ Sv/h。

(5) 其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-8 所示。

表 11-8 屏蔽体核算相关参数

参数	数值		
	MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备		
电压 (kV)	320		
电流 (mA)	5.6		
G (mGy·m ² /mA·min)	13.74 (320kV, 3mm 铜滤过条件下)		
90°散射辐射最高能量相应的电压 (kV)	250		
$R_0^2/F \cdot \alpha$	239.3		
泄漏辐射剂量率 H_L (μ Sv/h)	5×10^3		
什值层 (TVL) 和半值层 (HVL)	铅		
	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	250 (散射)	2.9	0.86
	320	6.2	1.86

注：

①根据设备厂家提供资料，当电压为 320kV 时，3mm 铜滤过条件下，离靶 1 米处的发射率为 13.74mGy·m²/mA·min；

②根据建设单位提供的资料，本项目 X 射线数字成像检测系统 X 射线束圆锥角为 19°，因此圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 9.5°。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，当 X 射线探伤装置圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 9.5° 时，经计算得 $R_0^2/F \cdot \alpha = 1^2 / (\pi \times (1 \times \tan 9.5) ^2 \times (1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400)) \approx 239.3$ 。

③参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，本项目 320kV 的初始 X

射线的 90° 散射辐射最高能量相应的电压取 250kV。

④根据 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P78 表 3，当电压 320kV 时，什值层、半值层采用内插法所得。

（6）复合分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

（7）铅房防护核算结果

根据公式 1~10，计算使用 X 射线数字成像检测系统时铅房各屏蔽体的屏蔽效果。

①屏蔽厚度核算

铅房屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-9、表 11-10。

表 11-9 水平照射时铅房屏蔽效能复核结果一览表（主射朝南）

关注点		剂量率 参考控 制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射源 点（靶 点）至 关注点 的距离 (m)	屏蔽透射因 子	计算厚度 (mm/铅)		设计厚度 (mm 混 凝土/铅)	复核 结果
A: 出工件铅 门外 30cm	漏射	2.5	1.29	8.32×10^{-4}	19.10	19.10	20mmPb	符合
	散射			2.16×10^{-4}	10.63			
B: 北侧屏蔽 体外 30cm	漏射	2.5	1.27	8.06×10^{-4}	19.18	19.18	20mmPb	符合
	散射			2.09×10^{-4}	10.67			
C: 操作台	漏射	2.5	3.47	6.02×10^{-3}	13.77	15.63	20mmPb	符合
	散射			1.56×10^{-3}	8.14			
D: 监督区北 侧边界	漏射	2.5	4.94	1.22×10^{-2}	11.86	13.72	20mmPb	符合
	散射			3.16×10^{-3}	7.25			
E: 维修铅门 外 30cm	漏射	2.5	1.39	9.66×10^{-4}	18.69	18.69	20mmPb	符合
	散射			2.50×10^{-4}	10.44			
F: 东侧屏蔽 体外 30cm	漏射	2.5	1.37	9.38×10^{-4}	18.77	18.77	20mmPb	符合
	散射			2.43×10^{-4}	10.48			
G: 监督区东 侧边界	漏射	2.5	2.77	3.84×10^{-3}	14.98	14.98	20mmPb	符合
	散射			9.94×10^{-4}	8.71			
H: 进工件铅 门外 30cm	主射	2.5	2.6	3.66×10^{-6}	33.71	33.71	35mmPb	符合
I: 南侧屏蔽	主射	2.5	2.56	3.55×10^{-6}	33.79	33.79	35mmPb	符合

体外 30cm								
J: 监督区南侧边界	主射	2.5	4.43	1.06×10^{-5}	30.84	30.84	35mmPb	符合
K: 西侧屏蔽体外 30cm	漏射	2.5	3.28	5.38×10^{-3}	14.07	15.93	20mmPb	符合
	散射			1.39×10^{-3}	8.28			
L: 监督区西侧边界	漏射	2.5	5.31	1.41×10^{-2}	11.48	13.34	20mmPb	符合
	散射			3.65×10^{-3}	7.07			
M: 顶棚外 30cm	漏射	100	1.0	2.00×10^{-2}	10.53	12.39	20mmPb	符合
	散射			5.18×10^{-3}	6.63			

表 11-10 垂直照射时铅房屏蔽效能复核结果一览表（主射朝地面）

关注点		剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射源点(靶点)至关注点的距离 (m)	屏蔽透射因子	计算厚度 (mm/铅)		设计厚度 (mm 混凝土/铅)	复核结果
A: 出工件铅门外 30cm	漏射	2.5	1.43	1.02×10^{-3}	18.54	18.54	20mmPb	符合
	散射			2.65×10^{-4}	10.37			
B: 北侧屏蔽体外 30cm	漏射	2.5	1.41	9.94×10^{-4}	18.62	18.62	20mmPb	符合
	散射			2.58×10^{-4}	10.41			
C: 操作台	漏射	2.5	3.61	6.52×10^{-3}	13.55	15.41	20mmPb	符合
	散射			1.69×10^{-3}	8.04			
D: 监督区北侧边界	漏射	2.5	5.08	1.29×10^{-2}	11.71	13.57	20mmPb	符合
	散射			3.34×10^{-3}	7.18			
E: 维修铅门外 30cm	漏射	2.5	1.39	9.66×10^{-4}	18.69	18.69	20mmPb	符合
	散射			2.50×10^{-4}	10.44			
F: 东侧屏蔽体外 30cm	漏射	2.5	1.37	9.38×10^{-4}	18.77	18.77	20mmPb	符合
	散射			2.43×10^{-4}	10.48			
G: 监督区东侧边界	漏射	2.5	2.77	3.84×10^{-3}	14.98	14.98	20mmPb	符合
	散射			9.94×10^{-4}	8.71			
H: 进工件铅门外 30cm	漏射	2.5	2.46	3.03×10^{-3}	15.62	15.62	35mmPb	符合
	散射			7.84×10^{-4}	9.01			
I: 南侧屏蔽体外 30cm	漏射	2.5	2.43	2.95×10^{-3}	15.68	15.68	35mmPb	符合
	散射			7.65×10^{-4}	9.04			
J: 监督区南侧边界	漏射	2.5	4.30	9.25×10^{-3}	12.61	14.47	35mmPb	符合
	散射			2.40×10^{-3}	7.60			
K: 西侧屏蔽体外 30cm	漏射	2.5	3.28	5.38×10^{-3}	14.07	15.93	20mmPb	符合
	散射			1.39×10^{-3}	8.28			
L: 监督区西侧边界	漏射	2.5	5.31	1.41×10^{-2}	11.48	13.34	20mmPb	符合
	散射			3.65×10^{-3}	7.07			

M: 顶棚外 30cm	漏射	100	1.0	2.00×10^{-2}	10.53	12.39	20mmPb	符合
	散射			5.18×10^{-3}	6.63			

根据表 11-9 和 11-10 计算结果可知, X 射线数字成像检测系统工作时, 铅房的四周屏蔽体、防护门和顶棚的设计厚度均能满足《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) 屏蔽防护的要求。

②辐射剂量分析

按照设计的屏蔽厚度计算各关注点辐射剂量, 使用 X 射线数字成像检测系统工作时关注点辐射年照射剂量率计算结果见表 11-11 和表 11-12。

表 11-11 X 射线数字成像检测系统水平照射时关注点辐射剂量率估算表 (主射朝南)

关注点		敏感人群类别	需屏蔽的辐射源	预测点周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		年最大曝光时间 (h)	居留因子	年附加剂量估算 (mSv/a)
北侧	A: 出工件铅门外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.79	1.79	96	1	1.72×10^{-1}
			散射	1.47×10^{-3}				
	B: 北侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.84	1.84	96	1	1.77×10^{-1}
			散射	1.52×10^{-3}				
	C: 操作台	辐射工作人员	漏射	2.47×10^{-1}	2.47×10^{-1}	96	1	2.37×10^{-2}
			散射	2.03×10^{-4}				
D: 监督区北侧边界	公众成员	漏射	1.22×10^{-1}	1.22×10^{-1}	96	1/5	2.34×10^{-3}	
		散射	1.00×10^{-4}					
东侧	E: 维修铅门外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.54	1.54	96	1	1.48×10^{-1}
			散射	1.27×10^{-3}				
	F: 东侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.58	1.59	96	1	1.52×10^{-1}
			散射	1.30×10^{-3}				
	G: 监督区东侧边界	公众成员	漏射	3.87×10^{-1}	3.88×10^{-1}	96	1/5	7.44×10^{-3}
			散射	3.19×10^{-4}				
南侧	H: 进工件铅门外 30cm	辐射工作人员	主射	1.55	1.55	96	1	1.48×10^{-1}
	I: 南侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	主射	1.59	1.59	96	1	1.53×10^{-1}

	J: 监督区南侧边界	公众成员	主射	0.53	0.53	96	1/5	1.02×10^{-2}
西侧	K: 西侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	漏射	2.76×10^{-1}	2.77×10^{-1}	96	1	2.65×10^{-2}
			散射	2.28×10^{-4}				
	L: 监督区西侧边界	公众成员	漏射	1.05×10^{-1}	1.06×10^{-1}	96	1/5	2.03×10^{-3}
			散射	8.68×10^{-5}				
顶部	M: 顶棚外 30cm	/	漏射	2.97	2.98	/	/	/
			散射	2.45×10^{-3}				
注: ①本次对屏蔽效果核算, 保守估算考虑屏蔽体的防护效果, 距离按距各墙面的最小距离取值。								

表 11-12 X 射线数字成像检测系统垂直照射时关注点辐射剂量率估算表 (主射朝地面)

关注点		敏感人群类别	需屏蔽的辐射源	预测点周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		年最大曝光时间 (h)	居留因子	年附加剂量估算 (mSv/a)
北侧	A: 出工件铅门外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.45	1.45	96	1	1.40×10^{-1}
			散射	1.20×10^{-3}				
	B: 北侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.50	1.50	96	1	1.44×10^{-1}
			散射	1.23×10^{-3}				
	C: 操作台	辐射工作人员	漏射	2.28×10^{-1}	2.28×10^{-1}	96	1	2.19×10^{-2}
			散射	1.88×10^{-4}				
	D: 监督区北侧边界	公众成员	漏射	1.15×10^{-1}	1.15×10^{-1}	96	1/5	2.21×10^{-3}
			散射	9.49×10^{-5}				
东侧	E: 维修铅门外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.54	1.54	96	1	1.48×10^{-1}
			散射	1.27×10^{-3}				
	F: 东侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.58	1.59	96	1	1.52×10^{-1}
			散射	1.30×10^{-3}				
	G: 监督区东侧边界	公众成员	漏射	3.87×10^{-1}	3.88×10^{-1}	96	1/5	7.44×10^{-3}
			散射	3.19×10^{-4}				
南侧	H: 进工件铅门外 30cm	辐射工作人员	漏射	1.87×10^{-3}	1.87×10^{-3}	96	1	1.80×10^{-4}
			散射	2.72×10^{-9}				
	I: 南侧屏蔽体外 30cm	辐射工作	漏射	1.92×10^{-3}	1.92×10^{-3}	96	1	1.84×10^{-4}
			散射	2.79×10^{-9}				

		人员						
	J: 监督区南侧边界	公众成员	漏射	6.12×10^{-4}	6.12×10^{-4}	96	1/5	1.18×10^{-5}
			散射	8.90×10^{-10}				
西侧	K: 西侧屏蔽体外 30cm	辐射工作人员	漏射	2.76×10^{-1}	2.77×10^{-1}	96	1	2.65×10^{-2}
			散射	2.28×10^{-4}				
顶部	M: 顶棚外 30cm	/	漏射	2.97	2.98	/	/	/
			散射	2.45×10^{-3}				
注: ①本次对屏蔽效果核算, 保守估算考虑屏蔽体的防护效果, 距离按距各墙面的最小距离取值。								

a. 辐射工作人员

本项目拟配备 2 名辐射工作人员（均从原辐射工作人员中调配），但每名辐射工作人员探伤工作时间不均分，且主射方向朝南或朝地面照射的时间不均等，因此按保守情况估计，每年 X 射线探伤机工作全部由同一个人完成，主射朝南时辐射工作人员所受的年累积剂量最大。根据上表中的核算结果，本项目辐射工作人员所受的最大年有效剂量为 $1.77 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，本项目配备的 2 名辐射工作人员均从原辐射工作人员中调配，因此叠加现有辐射工作人员的个人剂量（ 0.19mSv/a ）后辐射工作人员所受的最大年有效剂量为 $3.67 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，现有辐射远低于本评价管理目标值 5mSv/a ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

b. 公众人员

根据表 11-11 和表 11-12 可知，本项目 X 射线探伤机工作时，在铅房周围活动的公众成员所受的最大有效剂量为 $1.02 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，低于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a ，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

11.2.2 废气对环境的影响分析

智能化 X 射线探伤检测设备工作时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（主要为 NO_2 ）。本项目铅房设置换气通风系统，设计换气次数为 14 次/h，能保证室内空气的流通，使少量的 O_3 、 NO_2 得以扩散。本项目铅房的通风口位于铅房顶

部西南、西北角开口，罩有铅防护罩，采用迷宫式防护，产生的废气经排气管道向顶部穿越铅房后引至车间内新风系统通风管道，最终排放至厂房外。废气不在厂房内聚集，曝光时产生的废气不会对周围人员造成影响。本项目所在区域常年主导风向为东北风，项目下风向主要分布工业企业，无大气环境敏感点，因此，不会对外环境造成影响。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险类型识别

X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。由于本项目电缆线穿墙敷设，被盗的可能性较小，仅有探伤机和控制器丢失或被盗时，无法开机工作，设备丢失、被盗产生的影响较小。

因此，本项目在铅房内辐射事故主要体现在以下几个方面：

1、丧失屏蔽

X 射线探伤机是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将探伤机的屏蔽块等移走，或随意加大照射，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽墙外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

2、人员滞留在铅房内

工作人员进入铅房后未全部撤离，仍有人滞留在铅房内某个不易觉察的地方，在开机前，未完全充分搜寻，从而意外地留在铅房内，因此受到大剂量照射。

3、联锁装置失效

由于门-机联锁装置失效，防护门未关闭或探伤机工作时门被开启，射线仍能发射，造成射线外泄，可能对工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

11.3.2 事故风险评价

本项目使用智能化 X 射线探伤检测设备进行无损检测作业时，被检测工件置于探伤室内，X 射线无损检测系统产生 X 射线经探伤室防护后，一般不会对操作人员、附近公众产生较大的辐射影响。因此，本次工业 X 射线辐射事故主要考虑安全装置失效情况下，对周边人员以及环境产生的辐射影响。

根据《射线装置分类》的有关规定，本项目使用的智能化 X 射线探伤检测设备属

II类射线装置，为中危险射线装置，装置失控情况下可能使受照人员产生严重的放射损伤或大剂量照射，达到一般辐射事故，对受照人员或人群产生较大危害。本项目发生最大概率风险事故为 X 射线机出束照射中，人员进入探伤室，造成大剂量照射。

X 射线机的电压越大产生 X 射线的穿透性越强，风险评价按照其 X 射线无损检测系统的管电压，管电流进行计算。根据公式（4），人员进入铅房或铅房门未关闭，此时无防护措施，因此辐射屏蔽透射因子取 1 进行估算。人员在主束方向、距射线管头不同距离、不同接触时间所接受的最大剂量估算结果见表 11-13 所示。

表 11-13 该系统在管电压 320kV、管电流 5.6mA 工作条件下人员位于主束方向、距射线管头不同距离、不同接触时间所接受的有效剂量（单位：mSv）

距离 时间	1m	2m	3m	4m	5m
1min	76.944	19.236	8.549	4.809	3.078
2min	153.888	38.472	17.099	9.618	6.156
3min	230.832	57.708	25.648	14.427	9.233
4min	307.776	76.944	34.197	19.236	12.311
5min	384.72	96.18	42.747	24.045	15.389

表 11-14 在 X 射线无损检测系统出束口不同距离受到 20mSv、50mSv 剂量当量的时间

距离	1m	2m	3m	4m	5m
20mSv 所需时 (min)	0.260	1.040	2.339	4.159	6.498
50mSv 所需时 (min)	0.650	2.599	5.848	10.397	16.246

从表 11-14 可看出，该系统在管电压 320kV、管电流 5.6mA 工作条件下，在出束方向 1m 处停留 0.260min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv，停留 0.650min 就能达到 50mSv。因此应加强放射工作人员的管理，严格按照相关规程操作，防止辐射事故的发生。

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计，配置便携式 X-γ辐射剂量率仪和个人剂量报警仪、固定式场所辐射探测报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线铅房的屏蔽体和铅防护门，如开孔洞、挖沟等。

2、撤离铅房时应清点人数，辐射工作人员用视频监控系统对铅房内进行扫视，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房

内，操作台人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

3、定期检查铅房的门机联锁、灯机联锁装置、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及电控系统，制定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- γ 辐射剂量率仪，定期巡测（每周）铅房屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测铅板接缝处、穿墙管线洞口位置，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

5、安排专人负责探伤机的维护保养以及保管，建立严格的设备台账制度，在丢失后应及时报告相关部门，并积极配合调查取证。

此外，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，保证按照相关标准要求进行探伤工作。

11.3.4 辐射应急措施

如发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取以下应急措施：

1、第一时间切断设备电源，确保 X 射线机停止出束，现场负责人设置警戒线，组织人员远离，防止无关人员进入，同时将事故情况上报应急领导小组；

2、应急领导小组初步评估受照剂量，组织人力将受照人员送往医院，并联系市疾控中心进行检测；

3、现场负责人填写辐射事故现场调查表，随时反馈信息；应急领导小组在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》并上报给所在地生态环境主管部门，必要时向所在地公安部门报告，可能造成人员超剂量照射时应同时向所在地卫生行政部门报告。

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

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：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，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当具有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

西安西电电工材料有限责任公司已开展过核技术利用项目，已配置辐射安全与环境保护领导小组，统筹日常辐射安全监管和协调工作，并设置有专项管理办公室和专（兼）职辐射安全管理人员具体负责相关辐射安全工作，主要涉及以下几个方面：

领导小组职责：

主要工作是贯彻执行国家和上级及地方人民政府有关辐射环境保护的方针、政策、法律法规，制定和完善辐射安全与防护管理制度，负责公司放射安全和防护工作的日常检查与安全隐患问题的整改落实。

成员职责：

1、组长主要职责：负责单位的辐射安全与防护的全面工作，组织人员制定辐射安全与防护的各项管理规章制度、辐射事故应急措施的编写和落实工作，以及辐射环保手续的办理；负责辐射事故案件的处理工作。

2、副组长主要职责：受组长领导，协助组长工作。主要负责制定辐射安全与防护的各项管理规章制度，辐射事故应急措施的编写和落实，以及辐射环保手续的办理，建立射线装置管理台账；负责辐射安全生产和管理的协调工作和辐射事故案件的处理工作。

3、成员主要职责：受组长和副组长领导，主要负责本单位辐射安全防护和相关管理的协调工作，执行辐射安全与防护的各项管理规章制度，辐射环境监测工作与防护设施日常检查维护，辐射事故应急措施的编写和落实，以及辐射环保手续的办理；上级交办的其他有关辐射工作。

根据调查，西安西电电工材料有限责任公司辐射安全与环境保护领导小组委员会具体负责成员的学历能满足上述要求。因此，西安西电电工材料有限责任公司的辐射

安全与环境保护管理机构满足相关要求。

核对原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，西安西电电工材料有限责任公司的落实情况见表 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	落实情况	
*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。	企业已下发成立辐射安全与环境保护领导小组红头文件（见附件 7）。	
*人员管理	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。	企业已成立有决策层级的辐射安全与环境保护领导小组。	
	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。	企业决策层应将辐射环境安全管理工作纳入初工作安排和年终工作总结。	
	明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	已设置辐射安全管理部门，并制定有岗位辐射安全职责。安全管理部门负责为企业提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	
	提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	企业提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	
	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，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。	辐射防护负责人已参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	
	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。	已落实。	
	辐射防护负责人	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。	已建立《辐射工作安全管理领导小组职责》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全应急预案》《辐射设备维护、维修制度》《人员培训制度》《辐射工作场所监测制度》《辐射人员岗位制度》《辐射人员岗位职责》等辐射安全管理制度。
		建立辐射安全管理档案。	已落实。
		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。	辐射防护负责人应定期对辐射工作场所进行巡查，发现安全隐患及时整改，并建立巡查及整改记录。
	直接从事放射工作的作	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	辐射工作人员均已进行职业健康体检，要求按照结果进行复检或调岗。
	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	配备 2 名人员已参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证。	
	了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职	已落实。	

业人 员	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 后，能有效处理。	企业定期组织放射事故应急预案演练， 培养工作人员发生异常情况后的处理能 力。

注：表中标注“*”内容为关键项，为强制性规范要求。

环评要求：西安西电电工材料有限责任公司应根据本项目射线装置实际应用情况，结合原陕西省环境保护厅《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，按照已成立的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。后期变更辐射工作人员和负责辐射安全防护的管理人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训，经考核通过后，方可上岗操作。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 辐射安全管理规章制度

西安西电电工材料有限责任公司使用 II 类射线装置，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号、国务院令第 709 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订）等相关法律、法规要求，结合所使用的 X 射线装置情况，应制定辐射安全管理制度、岗位职责和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度，加强对辐射工作，人员的培训，确保射线装置的安全使用。

依据国家相关法规的要求，建设单位制定的辐射安全管理制度有：《辐射工作安全管理领导小组职责》《辐射工作设备操作规程》《辐射事故应急预案》《辐射设备维护、维修制度》《人员培训制度》《辐射工作场所监测制度》《辐射人员岗位职责》《射线装置台账管理制度》《放射性同位素与射线装置年度评估制度》等一系列规章制度，用于公司射线装置的辐射安全管理。

表 12-2 规章管理制度建立与执行具体要求

管理内容	管理要求
制度建立 与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维 护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。
	建立射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立 射线装置台账。

建立射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。
建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。
建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。
建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。
建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等），并建立维护与维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）。
建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。
建立辐射监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。

目前，西安西电电工材料有限责任公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，已制定《辐射工作安全管理领导小组职责》《辐射工作设备操作规程》《辐射事故应急预案》《辐射设备维护、维修制度》《人员培训制度》《辐射工作场所监测制度》《辐射人员岗位职责》《射线装置台账管理制度》等制度，已具备从事本项目辐射活动的的能力。

12.2.2 档案管理

建设单位按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案已进行分类归档。公司辐射类档案主要分为：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”和“辐射应急资料”等。另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

12.2.3 射线装置台账管理

项目建设单位已制定射线装置台账管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

12.2.4 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，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。

西安西电电工材料有限责任公司已建立“年度评估”制度，按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。根据现场调查，建设单位已在规定时间内完成 2022 年的《年度评估》文件的编制和上报工作。

12.3 辐射工作人员

本项目配备辐射工作人员 2 名（由原辐射工作人员担任，无新增人员），均已取得辐射安全培训考核合格证书，职业健康体检结果为均可从事放射工作。

12.4 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-3。

表 12-3 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	本项目辐射安全与环境保护管理机构依托公司已有的辐射安全与环境保护管理领导小组。
从事放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。	本项目辐射操作人员均为原有辐射操作人员，不新增定员。原有辐射操作人员已取得辐射安全培训考核合格证书。
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备在自带铅房内工作，设备自带铅房有足够厚的铅板以及铅门进行屏蔽；设备拟设置门机联锁装置、设置电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮（操作台设置 1 个紧急停机开关，铅房维修铅门内部南侧墙体立面设置 1 个紧急停机开关）。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪；场所配备固定式场所辐射探测报警、装置便携式 X- γ 辐射剂量率仪（原有）。

有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	公司制度满足现有工作运行要求，本项目依托公司已有辐射安全管理规章制度，待本项目建成投运后，将按照相关规定和要求，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	公司已针对项目情况制定了辐射事故应急措施，满足本项目的辐射工作运行要求。

从表 12-3 可知，建设单位已开展过核技术利用项目，本项目的辐射安全管理依托现有的管理体系，已具备了一定的能力，但还应在本项目建设完成运营前，针对本项目的管理需求完善相应管理制度后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方可投入正式运行。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号、国务院令 第 709 号）等相关法规和标准，必须对射线装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位应配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对探伤室周围环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所外环境的监测。

12.5.1 常规监测及检查

1、委托有资质的监测单位对公司放射性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；公司应利用配备的辐射剂量率监测仪器，对铅房以及周边环境进行日常监测，每个季度至少监测一次，并将监测数据记录存档保存。

2、辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，并对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测，将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

3、公司已配备 X-γ剂量率仪，定期对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。

5、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。

6、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。

12.5.2 监测计划

建设单位应在项目完成后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验收监测，履行该项目及其辐射防护设施的竣工环保验收，并办理辐射安全许可证后，方可投入使用。此外建设单位应对探伤室外周围剂量当量率进行日常监测，发现问题及时整改，监测计划见表 12-4。

表 12-4 辐射监测计划一览表（建议）

监测项目	监测地点	监测周期
X-γ辐射剂量率	操作人员所处的操作台	①竣工验收监测： 正式投入使用前监测 1 次；
	探伤室四周墙体表面 30cm 处、防护门表面 30cm 处	②常规监测： 每年委托有资质单位监测 1 次；
	屏蔽体穿墙管线、防护门门缝等搭接薄弱位置	③自主监测： 建设单位每季度至少监测 1 次；
	探伤室周边人群停留位置	④其他监测： 涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测
	探伤室周围环境	
	探伤室顶部（竣工环保验收时监测）	
个人剂量计	放射性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

12.6 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》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》第四十条规定以及原陕西省环境保护厅《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，公司已结合实际情况和可能发生的辐射事故情况，建立了辐射事故应急预案，一旦发生：

- 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资准备；

- 4、辐射事故应急响应措施；
- 5、辐射事故报告和处理程序；
- 6、辐射事故处理设计公司内部及外部相关部门的联系方式。

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。

该公司已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。

12.6.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》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。

12.6.2 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，应迅速电话向内部管理机构、区环境分局、市生态环境局报告，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，防止外照射的发生。

(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) 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方案，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，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。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，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。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。

12.7 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

12.7.1 项目环保投资

本次新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目，环境保护投资约 17.1 万元，主要用于辐射防护安全措施、辐射环境监测仪器和个人防护用品购置等，其投资估算如表 12-5 所示。

表 12-5 辐射安全与管理环保投资估算

内容	措施	投资（万元）
防护监测设备	1 台个人剂量报警仪	0.08
	2 套个人剂量计、1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪	利用原有
	1 台固定式场所辐射探测报警装置	1.5
辐射安全措施	视频监控系统（铅房外北侧、南侧、西侧墙体上方各安装 1 个摄像头，铅房内维修铅门上方安装 1 个摄像头，监视器设在操作台）	3.5
	3 套门机联锁系统、3 套门灯联锁系统	
	2 个紧急停机按钮	
	3 个工作状态指示灯	
	4 套声光警示装置	

	2 个手动开门按钮	
	制作图框、制度上墙、警示标牌	
警示标志	电离辐射警告标志；监督区和控制区边界标识线及监督区边界警示标志	0.02
人员培训、监测	人员培训、职业健康体检、个剂监测、工作场所防护监测费等	2.0
环保咨询费用	环境影响评价及竣工验收环保咨询费用	10.0
合计		17.1

12.7.2 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），对本项目进行标准化建设和竣工环保验收。

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 12-6。

表 12-6 环保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收方法	效果和环境预期目标
1	设备	智能化 X 射线探伤检测设备一套，额定电压 $\leq 320\text{kV}$ ，电流 $\leq 5.6\text{mA}$ 。	与环评一致。
2	环保手续	项目建设的环境影响评价文件、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。
3	铅房	屏蔽墙体表面、操作位置	防护门及缝隙、管线孔、屏蔽墙体四周表面 30cm 处周围剂量当量率以及操作位置周围剂量当量率满足 GBZ117-2022 标准要求。
		防护门及缝隙表面	
		铅房的电缆线四周均覆以防护板。	
		①铅房外北侧、南侧、西侧墙体上方安装摄像头（3 个），铅房内维修铅门上方安装摄像头（1 个），监视器设在操作台； ②门机联锁系统 3 套、门灯联锁系统 3 套； ③声光报警装置 4 套； ④操作台设置 1 个紧急停机开关，铅房维修铅门内部南侧墙体立面设置 1 个紧急停机开关； ⑤铅房进出工件铅门及维修铅门处张贴电离	正常有效，运行良好。

		辐射警告标志（3个）。		
		警示标志及操作规程。		工作场所醒目处张贴。
		铅房顶部风扇式机械通风。		通风换气次数为14次/h。
4	人员要求	2名辐射工作人员，参加辐射安全和防护知识培训，经过培训考核，取得考核成绩单后方可上岗。辐射工作人员定期复训。		2名辐射工作人员，已取得考核成绩单，定期复训。
5	个人剂量档案	为每个放射性工作人员配备个人剂量计，探伤作业时按要求佩戴，每3个月送有资质检测机构检测1次，同时建立并保存辐射工作人员个人剂量监测档案。		确保辐射工作人员安全。
6	职业健康体检档案	所有涉及放射线的工作人员开展职业健康检查，至少2年一次，同时建立并保存辐射工作人员职业健康体检档案。		
7	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备1枚个人剂量计（依托原有），场所配备1台个人剂量报警仪（拟购）、1台便携式X-γ辐射剂量率仪（依托原有）、1台固定式场所辐射探测报警装置，防护监测设备定期检定。		个人剂量计按规定定期进行剂量检测，防护监测设备定期检定。
8	管理机构	设立以公司领导为组长、相关负责人为成员的辐射安全与环境管理领导小组，落实相关管理职责。		负责整个项目辐射安全与环境管理工作。
9	建立健全规章制度	制定：①辐射工作设备操作规程；②辐射设备维护、维修制度；③辐射安全防护和保卫管理制度；④辐射人员安全培训教育管理制度；⑤辐射人员安全环保岗位责任制度；⑥辐射工作场所检测安全管理规定；⑦辐射事故应急预案等规章制度。		保障项目污染防治设施及射线装置正常运行。
10	电离辐射控制要求	剂量管理限值	辐射工作人员 5mSv/a； 公众人员 0.1mSv/a。	GB18871-2002、 GBZ117-2022、 GBZ/T250-2014
		屏蔽体外剂量限值	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h”的要求和表11-4中估算的剂量率参考控制水平。 （探伤室顶部上方不需人到达处≤100μSv/h）	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

西安西电电工材料有限责任公司拟在陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角安装一台 MAR-320HP/11 型智能化 X 射线探伤检测设备（自带铅房），开展专用无损检测工作。

本项目总投资 176 万元，其中环保投资 17.1 万元。

13.1.2 产业政策符合性

本项目主要配置智能化 X 射线探伤检测设备用于对工件进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及其 2021 年 12 月 30 日《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》中“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”，项目符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

本项目使用 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，为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

13.1.4 选址合理性

西安西电电工材料有限责任公司拟建铅房位于陕西省西安市莲湖区大庆路 509 号环氧浇注事业部车间机械加工区西北角，该区域人员活动较少，且远离周围环境敏感目标。

待拟建铅房建成后，铅房东侧隔 1.7m 为车间内部走廊，隔车间内部走廊自南向北为数控加工区和库房；南侧隔 2.17m 为机械加工区；西侧隔 2.33m 为车间隔断墙体，隔断墙体西侧为后固化区；北侧隔 1.7m 为操作台，操作台北侧隔车间内部走廊 5.2m 处为模具库。项目铅房外部总高度为 2.78m，顶部不需要人员到达。铅房所在厂房建筑结构为 1F，厂房无地下层，铅房下方为实土层。以上区域活动人员较少，且无长期滞留人员。因此，铅房所在位置有利于减少 X 射线对公众成员的影响。

综上所述，本项目选址基本可行。

13.1.5 辐射环境质量现状

本项目拟建地室内及周围室外 γ 辐射剂量率为 0.097~0.117 μ Gy/h，处于辐射环境本底涨落范围内，与《中国环境天然放射性水平》（2015 版，中国原子能出版社）处于同一水平，属天然辐射本底波动水平，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位拟对铅房进行分区管理，划分为控制区和监督区；控制区范围：本次新建智能化 X 射线探伤检测设备（整体铅房）内部，监督区范围：本次探伤区域的西侧为厂房隔墙，北侧、南侧、东侧均拟设置铁栅栏与周围区域分隔开，形成一个相对独立的区域，故本次评价将该探伤区域内除铅房以外的其他范围划为监督区。

拟建智能化 X 射线探伤检测设备为整体铅房，东侧、西侧、北侧立面墙体铅当量为 20mmPb，南侧立面墙体铅当量为 35mmPb，顶部铅当量为 20mmPb，底部铅当量为 30mmPb，进工件铅门防护厚度为 35mmPb，出工件铅门以及维修铅门防护厚度为 20mmPb；铅房顶部不需要人员到达，所在厂房无地下层，铅房下方为实土层。

在满足以上屏蔽厚度下，根据探伤室的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，X 射线数字成像检测系统工作时，铅房四周屏蔽体、防护门的厚度可满足《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）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。防护门与铅房屏蔽体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）均采取防护措施，不削弱探伤室的屏蔽能力。操作台安装紧急停机按钮，铅房设置门机联锁、灯机联锁装置、声光警示装置，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。铅房设计有机械排风系统，具有良好的通风。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

根据效能核算，在采取设计和环评建议的屏蔽体厚度下，智能化 X 射线探伤检测设备工作时，铅房四周屏蔽体、防护门的厚度可满足《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）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

根据核算，本项目辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散，不会对周围环境产生不利影响。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，并组织复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量监测档案、辐射环境监测档案等，及时办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射活动。在运行过程中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.9 总结论

综上所述，西安西电电工材料有限责任公司新增智能化 X 射线探伤检测设备核技术利用项目符合国家产业政策，选址合理，符合实践的正当性原则。项目应切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议，严格按照国家有关辐射防护规定执行，在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境、辐射工作人员和公众产生的影响满足环境保护的要求。因此从辐射安全和环境保护角度论证，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下对环境的影响是可以接受的，从辐射环境保护角度分析，本项目建设可行。

13.2 建议

1、按照国家相关要求进行标准化建设，该智能化 X 射线探伤检测设备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、加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。

3、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。

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