

打印编号: 1703727774000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	v90rq6		
建设项目名称	重庆弗迪锂电池及配套材料生产项目（探伤部分）		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆弗迪锂电池有限公司		
统一社会信用代码	91500227MA60E2DF5F		
法定代表人（签章）	何龙		
主要负责人（签字）	田维浩		
直接负责的主管人员（签字）	姚瑞刚		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	四川众望安全环保技术咨询有限公司		
统一社会信用代码	915101057566343298		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
张海波	2014035510350000003512510517	BH017375	张海波
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张海波	全部	BH017375	张海波
蒋贤栋	全部	BH027826	蒋贤栋

核技术利用建设项目

重庆弗迪锂电池及配套材料生产项目（探
伤部分）环境影响报告表

（公示本）

建设单位：重庆弗迪锂电池有限公司

编制单位：四川众望安全环保技术咨询有限公司

编制时间：2024 年 1 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆弗迪锂电池及配套材料生产项目
(探伤部分) 环境影响报告表

建设单位名称：重庆弗迪锂电池有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：重庆市璧山区青杠街道虎峰大道8号

邮政编码：404100 联系人：涂中洪

电子邮箱：tu***@byd.com 联系电话：18*****43

目 录

表 1: 项目基本情况	1
表 2: 放射源	9
表 3: 非密封放射性物质	10
表 4: 射线装置	11
表 5: 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6: 评价依据	13
表 7: 保护目标与评价标准	15
表 8: 环境质量和辐射现状	19
表 9: 项目工程分析与源项	22
表 10: 辐射安全与防护	29
表 11: 环境影响分析.....	37
表 12: 辐射安全管理	50
表 13: 结论与建议	56

表 1：项目基本情况

建设项目名称		重庆弗迪锂电池及配套材料生产项目（探伤部分）				
建设单位		重庆弗迪锂电池有限公司				
法人代表	何龙	联系人	涂中洪	联系电话	18*****43	
注册地址		重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号				
建设地点		重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号现有 4# 厂房一楼南侧 CT 室				
立项审批部门		重庆市璧山区发展和改革委员会		批准文号	2101-500120-04-01-755052	
建设项目总投资(万元)		400	项目环保投资(万元)	42	投资比例（环保投资/总投资）	10.5%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	30
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他					
	项目概述 一、概况 1、建设单位简介 重庆弗迪锂电池有限公司于 2019 年 06 月 12 日成立。法定代表人何龙，公司经营范围包括：一般项目：锂离子电池及材料的研发、生产和销售；小型储能系统及模组梯次利用的设计、制造；汽车关键零部件的研发、生产和销售；继电器、电容器、熔断器、电池保护箱、维修开关、注塑件、冲压件、压铸件、电池结构件、汽车液冷管的研发、生产和销售；电池的生产设备、夹具、模具的研发、生产和销售；电池管理系统的研发、生产和销售；电池包拆分的工艺设计、生产及拆分产物的销售；从事货物及技术进出口业务（国家禁止或涉及行政审批的货物和技术进出口除外）等。 2、项目由来					

建设单位为确保产品生产质量，提高产品合格率，拟将在已建的厂房内开展工业 X 射线探伤，并新建整体式探伤铅房 1 座，配套使用 1 台 HR225C 型固定式定向 X 射线实时成像系统（属于 II 类射线装置）。

根据关于发布《射线装置分类》的公告（原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）的相关规定，“工业用 X 射线装置分为自屏蔽式 X 射线装置和其他工业用 X 射线探伤装置”、“对自屏蔽式 X 射线探伤装置的生产、销售活动按 II 类射线装置管理；使用活动按 III 类射线装置管理”。《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（环保部，2018 年 2 月 12 日）对于自屏蔽 X 射线探伤装置的定义，应同时具备以下特征：“一是屏蔽体应与 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 射线剂量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。”

本项目拟配置的 X 射线系统带有专用屏蔽铅房，铅房与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，铅房为非统一制式，人员接近时无需额外屏蔽，铅房设置 2 个铅门，其中 1 个用于工件进出，1 个用于检修，人员可能存在滞留在屏蔽体内发生误照射的风险，不满足《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》中的一、三条要求，因此本项目拟配置的 X 射线系统不是自屏蔽式 X 射线探伤装置，其使用活动按 II 类射线装置管理。

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》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）的要求，本项目属于“172 核技术利用建设项目，生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。因此，重庆弗迪锂电池有限公司委托四川众望安全环保技术咨询有限公司开展环境影响评价工作。我单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成该项目的辐射环境影响报告表。

二、项目概况

1、建设规模

本项目 X 射线数字成像检测设备带有专用屏蔽铅房，铅房与 X 射线探伤装

置主体结构一体设计和制造，配置 1 套定向型 X 射线实时成像系统开展无损检测工作，型号为 HR225C 型（额定电压 225kV，额定电流 5mA），项目总占地面积约 30m²。本项目不涉及室外探伤操作。本项目的建设内容见下表。

表 1-1 项目建设内容表

装置名称	射线装置类别	数量（台）	工作场所名称	活动种类	备注
HR225C 型固定式定向探伤机	II 类	1 台	4#厂房一楼南侧 CT 室	使用	新增

2、项目组成及主要环境问题

具体项目组成及主要的环境问题见下表。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	设备	1 套定向型 X 射线实时成像系统，型号为 HR225C 型（额定电压 225kV，额定电流 5mA），固定安装于厂房内的铅房内，铅房净空尺寸：3400mm（长）×2300mm（宽）×2700mm（高），铅房各面屏蔽体为钢+铅+钢结构； 西侧主射面屏蔽体： 西侧防护面为 16mm 铅板+内外 2mm 钢板； 南侧、北侧、底部、防护门及顶部防护面为 14mm 铅板+内外 2mm 钢板，其中顶部靠近主射面的部分进行铅当量补强，补强长度 1128mm，铅板厚度为 16.9mm； 东侧防护面为 12mm 铅板+内外 2mm 钢板， 排风出口、管线口通过“U”字型铅罩穿出铅房，会经过 3 次散射； 门缝：铅防护门与墙体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙；	施工噪声、施工废水等	X 射线、臭氧、NO _x 、噪声
	电控柜及操作台	电控柜位于铅房的东侧，距离 0.3m，操作台位于铅房的西南侧，距离约 1m。		/
公用工程	供电系统	依托厂房供配电系统，厂房用电来源于市政供电。		/
	给水系统	依托厂区给水管网。		/
环保工程	废水处理	项目工作人员生活污水依托厂内污水处理装置处理后进入市政污水管网随后进入璧山高新区污水处理厂处理。		废水
	固废处理	项目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。		/
	噪声治理	产噪设备如水泵、风机等经过基础减振		噪声

	废气治理	X 射线实时成像系统工作时产生的废气，经各自铅房顶部排风扇排出铅房，设备的风量约 200m ³ /h，换气次数为 21 次/h。		废气
	辐射防护	X 射线实时成像系统带屏蔽铅房，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。		/

3、主要设备配置及主要技术参数

本项目主要的设备配置见下表。

表 1-3 主要设备配置及主要技术参数

型 号		HR225C
生产厂家		北京光影智测科技有限公司
输出	最大管电压 (kV)	225
	最大管电流 (mA)	5
	辐射角	锥束 40°
最大穿透	Al	40mm
过滤板厚度		0.5m 铜
射线管焦点尺寸		50μm
照射方式		定向探伤机
成像方式		实时成像

4、工作人员及工作制度

(1) 工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 312 天，每周工作 6 天，每周开展小时数为 30h，年累计出束时间为 1560h/年。

(2) 人员配置：本项目安排辐射从业人员 2 人，两班制，每班 10 小时。

5、探伤工件情况

本项目对建设单位工件进行 X 射线无损检测。检测工件的参数见表。

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	尺寸	厚度
刀片电池	铝合金	90mm*1020mm	15.7mm

6、计划工作量

根据建设单位提供数据，本项目对公司生产的产品进行 X 射线无损检测，X 射线实时成像系统预计全年曝光次数共计约 62400 次（1200 次/周），单次曝光时间最长为 1.5min。X 射线实时成像系统无固定的检测工况，电流电压将根据检测工件的形状、厚度的特性进行调整，其工作情况见下表。

表 1-5 X 射线实时成像系统工作负荷一览表

设备型号	最长单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
HR225C 型	1.5min	62400 次（1200 次/周）	1560h（30h/周）

三、项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1、工作场所选址合理性分析

本项目位于重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号重庆弗迪锂电池有限公司

现有的 4 号厂房内，周围均属于工业区。项目位于车间南侧，公司实行封闭式管理，非厂内工作人员未经允许不得入内，铅房远离公司办公人员活动区域和其他生产区域，因此，铅房周围活动人员较少，有利于减少无损检测对公众成员的影响。厂房内铅房西侧为现有测试室，隔现有测试室为卫生间、东侧为消防控制室、东北侧为便利店和会议室，西北侧为设备电脑房和计量和测试办公室，北侧为环境箱实验室、南侧为厂区道路，铅房距离本厂房二层底部距离约为 3m，二层对应区域主要为 C 区工位。

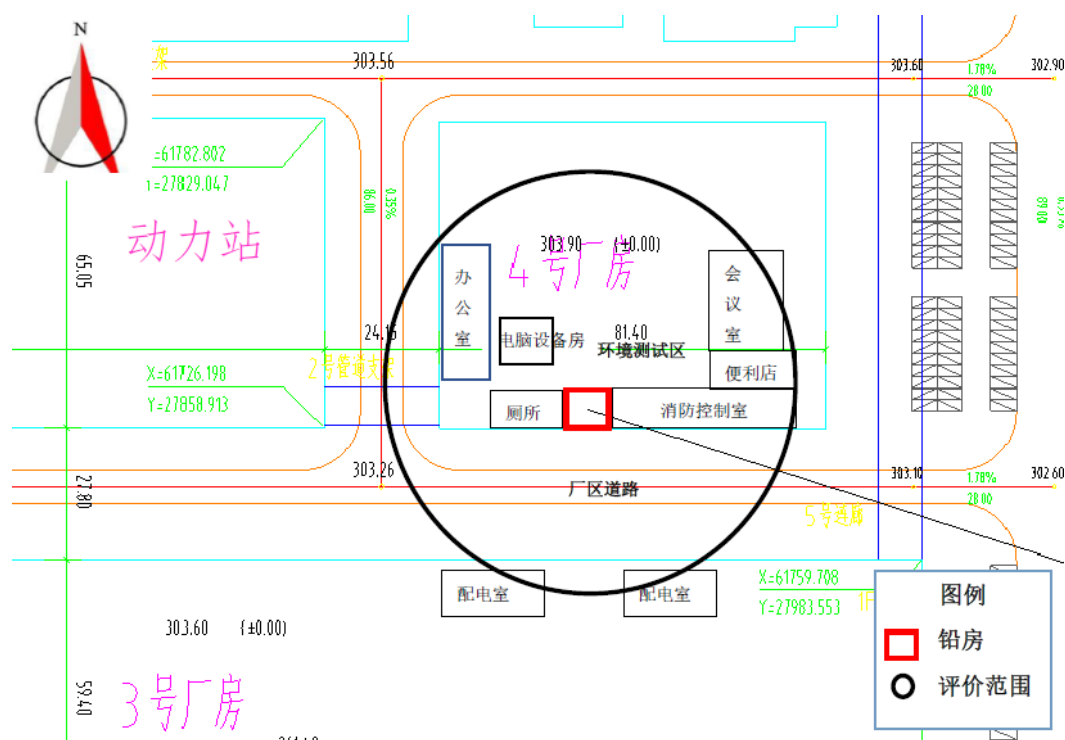
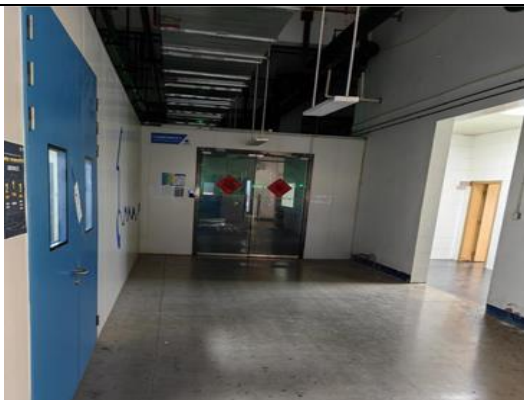


图 1-1 项目外环境关系图

根据现场踏勘，探伤铅房位于 4 号厂房一层，50m 评价范围内主要为公司其他的生产车间或办公室，其中东侧为消防控制室，东北侧为便利店和会议室，南侧为厂区道路，西侧为卫生间，西北侧为设备电脑房和办公室，北侧为环境箱测试区；南侧 3 号厂房部分建筑位于其评价范围内，主要为配电室；铅房上方的二至四层均为工位。



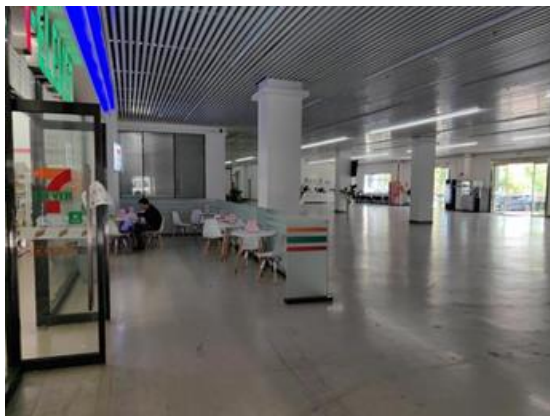
CT 室南侧厂区道路



CT 室北侧内部走廊



CT 室西侧办公区域



CT 室东北侧便利店及会议室

同时，本项目所在厂区厂房属于重庆弗迪锂电池及配套材料生产项目，并于 2021 年 9 月 7 日取得重庆市建设项目环境影响评价文件批准书（渝（璧山）环准〔2021〕090 号），2023 年 10 月 17 日建设单位进行了建设项目竣工环境保护自主验收，工程建成并通过验收，投入使用。建设单位所在厂房整体项目选址合理性已在《重庆弗迪锂电池及配套材料生产项目环境影响报告表》中进行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地，且拟建设的辐射工作场所已按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和安全防护措施，产生的电离辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2、布局合理性分析

本项目 X 射线实时成像铅房位于 4# 厂房内南侧，该探伤铅房外东侧消防控制室，东北侧为便利店和会议室，南侧为厂区道路，西侧为厂区内卫生间，西北侧为设备电脑室和办公室；铅房内射线照射方向为西侧，高压发生器、控制柜等均位于铅房外的东侧（紧邻），铅房工件门位于铅房南侧，便于与生产工艺

进行衔接，厂房内人员活动主要集中在西北侧和东北侧，车间布局图具体见图 4。

本项目 X 射线实时成像工作区主要由探伤铅房、操作台，其中探伤操作台布置于铅房东侧，布局较为紧凑。整个探伤铅房设置避开了公司内部人群较多的办公场所，且于该区域其它非辐射工作人员活动区避开一定距离，整个探伤铅房相对独立，X 射线实时成像系统工作过程产生的 X 射线经屏蔽墙和屏蔽门屏蔽后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。本项目 X 射线实时成像工作区的平面布置既便于探伤各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

3、与周边环境的相容性分析

项目利用厂房内现有完善的水资源供给系统，生活污水排入市政污水管网，不会对当地水质产生明显影响；本项目运行阶段产生的电离辐射经铅房有效屏蔽后对周围环境影响较小，同时本项目建设不占用公司消防通道和内部公共设施，与公司内部原有布置及周围环境相容。

4、实践正当性

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。

建设单位在开展 X 射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

四、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1、根据现场调查和咨询，本项目所在厂区厂房属于锂离子电池及配套材料生产项目，并于 2019 年 6 月 10 日取得重庆市建设项目环境影响评价文件批准书（渝（璧山）环准〔2019〕134 号），2023 年 10 月 17 日建设单位进行了建设项目竣工环境保护自主验收，工程建成并通过验收，投入使用。建设单位已开展有放射性活动，建设单位已取得《辐射安全许可证》（渝环辐证 24048 号，有效期至 2027 年 2 月 16 日），使用许可场所为璧山区青杠街道虎峰大道 8 号，在许可范围内使用的有 1 台 III 类射线装置和 48 枚 Kr-85 V 类（ $1.11\text{E}+10\text{Bq}$ ）放射源，上述辐射设备及放射源运行至今使用情况良好，工作场所现有辐射工作人员均建立了个人剂量档案和健康档案，并取得辐射防护与安全合格证。根据辐射工作人员个人剂量监测报告（见附件）可知，未发生辐射工作人员的年剂量当量超标情况。建设单位每年委托有资质单位对已运行的射线装置机房、密封放射源使用场所周围辐射环境进行了监测，各工作场所屏蔽能力满足要求（见附件）。自投入运营以来未发生辐射安全事故和投诉事件，无环保投诉和环保遗留问题。

本项目投入使用后现有的一台 III 类射线装置将停止使用，不与本次新增的 II 类射线装置同时使用，作为备用机。

2、本项目污水处理依托现有预处理池处理后，随园区污水管网进入璧山高新区污水处理厂。

3、本项目生活垃圾直接依托厂内已有垃圾桶进行收集处理。

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
本项目不涉及放射源。								

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
本项目不涉及非密封放射性物质										

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
本项目不涉及加速器。										

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	X 射线实时成像探伤机	II	1	HR225C 型	225kV	5mA	无损检测	4 号厂房铅房内	新增
/									

（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	
本项目不涉及中子发生器													

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
本项目不涉及。								

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	(1)《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日实施); (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日实施); (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施); (4)《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(国务院令 第 682 号); (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); 2005 年 12 月 21 日施行; 国务院令 第 653 号, 2014 年 7 月 29 日修订实施; 国务院令 第 709 号, 2019 年 3 月 2 日修订实施; (6)《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》; (7)《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>》(生态环境部令 第 16 号, 2021 年 1 月 1 日施行); (8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 第 18 号, 2011 年 5 月 1 日); (9)《关于发布<射线装置分类>的公告》(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 5 日施行); (10)《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, 生态环境部令 第 20 号, 2021 年 1 月 4 日修订实施); (11)《重庆市环境保护条例》(2022 年 11 月 1 日修订版); (12)《重庆市辐射污染防治办法》(重庆市人民政府令 第 338 号, 2021 年 1 月 1 日施行)。
技术标准	(1)《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016); (2)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021); (3)《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022); (4)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (5)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014 及 2017 年修改单);

	(6)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (7)《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017); (8)《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素(一)》(GBZ2.1 -2019)。 (9)《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)
其他	(1) 委托合同; (2) 项目辐射环境监测报告; (3) 项目设计等相关资料。

表 7：保护目标与评价标准

评价范围 本项目为使用 II 类射线装置，且项目所在场所有实体边界，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的有关规定，本项目评价范围确定为铅房屏蔽体边界外 50m 范围。						
保护目标 根据 X 射线实时成像铅房拟建地厂房周围的外环境关系、X 射线实时成像铅房的平面布局及外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为探伤铅房辐射工作人员以及探伤铅房附近的其他区域或厂房工作人员等。 铅房的东侧为消防控制室，东北侧为便利店和会议室，最近距离分别为 21m 和 23m；铅房南侧 10m 为厂区内部道路，南侧 36m 为 3 号厂房配电室；铅房西侧为现有 CT 测试工房，西北侧为设备电脑间和办公室，最近距离分别为 13m 和 25m；北侧为环境箱测试室。						
表 7-1 主要环境保护目标						
保护名单	人数	位置	高差	影响因素	与铅房水平最近距离	
职业	操作区工作人员	2 人	东南侧	0		约 1m
公众	消防控制室	2 人	东侧	0	X 射线	约 3m
	便利店	3 人 (流动人员 100 人/天)	东北侧	0		约 21m
	会议室	流动人员 30 人	东北侧	0		约 23m
	厂区内部道路	流动人员 (50 人/天)	南侧	0		约 10m
	3 号厂房配电室	2 人/天	南侧	0		约 36m
	现有 CT 测试室	1 人	西侧	0		紧邻
	卫生间	流动人员 (30 人/天)	西侧	0		约 10m
	设备电脑房	2 人	西北侧	0		约 13m
	办公室	20 人	西北侧	0		约 25m
	环境箱测试区	流动人员 (10 人/天)	北侧	0		约 4m
	2 层车间	80 人	上侧	+3		/
	3 层车间	40 人	上侧	+8.5		/
	4 层车间	30 人	上侧	+14		/

注：“+”表示保护目标在铅房的上方，与铅房顶部距离

评价标准

根据本项目所在位置及项目特点，应执行的环境保护标准如下。

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

第 4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限值，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

职业照射：第 B1.1.1.1 款应对任何工作人员的照射水平进行控制，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 作为职业照射剂量限值。

公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

该标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 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。X 射线探伤装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率应符合下表的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线周围剂量当量率

管电压, kV	漏射线周围剂量当量率, mSv/h
>200	<5

第 6.1 条探伤室放射防护要求

第 6.1.3 条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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ 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 μ Sv/h。

第 6.1.4 条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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

第 6.1.5 条探伤室应设置门-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。

第 6.1.6 条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。

第 6.1.7 条 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。

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

第 6.1.9 条 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。

第 6.1.10 条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。

（3）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

第 3.1.1 条探伤墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($H_c \cdot d$)：

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： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$

公众成员： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$

第 3.1.2 条探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

第 3.2 条需要屏蔽的辐射

第 3.2.1 条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。

第 3.2.2 条散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

(4) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）

室内：臭氧浓度的接触限值： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；氮氧化物的接触限值： $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(5) 评价标准及相关参数值

根据 GBZ117-2022、GBZ/T250-2014 推导出年剂量控制值为工作人员： $\leq 5\text{mSv}/\text{a}$ （ $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，50 周/a），公众成员： $\leq 0.25\text{mSv}/\text{a}$ （ $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，50 周/a）。

建设单位确定的管理目标值为：职业工作人员年剂量管理目标值 5mSv ，公众成员年剂量管理目标值 0.1mSv ，满足 GB18871-2002 要求。。

铅房周围剂量当量率以不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 进行控制。

综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见下表所示。

表 7-3 项目主要评价标准及相关参数汇总表

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标限值	辐射工作人员： 5mSv 公众成员： 0.1mSv	GB18871—2002及 公司管理要求
2	铅房外剂量要求	铅房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$	GBZ117—2022 GBZ/T250-2014
3	通风要求	有效通风换气次数应不小于3次/h	GBZ117—2022

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目为工业X射线实时成像项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，建设单位委托重庆泓天环境监测有限公司对项目拟建地辐射环境进行了监测，由于本项目X射线实时成像系统未投运，本次为辐射环境本底监测。

一、监测方法与标准

- (1)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；
- (2)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。

二、监测点位布设

根据现场踏勘，本项目各辐射工作场所布置情况，本次选择拟使用的铅房及铅房外布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，其监测点位布设合理。监测点位布设见下表 8-1，图 8-1。

表 8-1 监测点位布设表

序号	点位名称	监测因子
1	CT 室内	环境 γ 辐射剂量率
2	CT 室东侧消防控制室	环境 γ 辐射剂量率
3	CT 室东北侧便利店	环境 γ 辐射剂量率
4	CT 室南侧厂区内道路	环境 γ 辐射剂量率
5	CT 室西北侧办公室	环境 γ 辐射剂量率
6	CT 室北侧环境试验区	环境 γ 辐射剂量率
7	CT 室正上方 2 楼	环境 γ 辐射剂量率

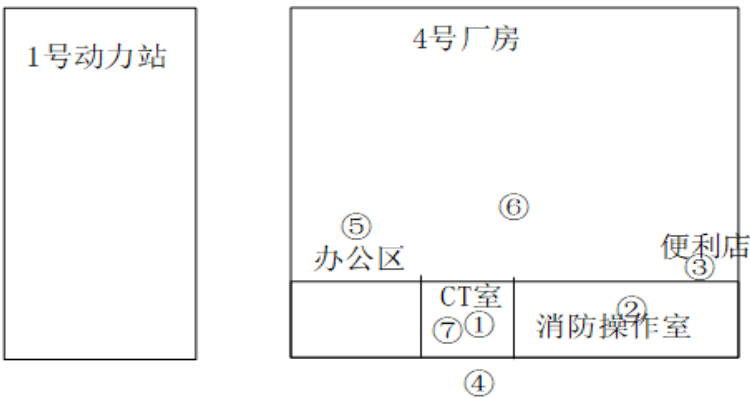


图 8-1 监测布点图

三、监测时间及现场环境状况

2023 年 12 月 7 日，监测人员对项目拟使用的铅房周围环境进行了现场监

测，监测时环境温度：16.5~16.7℃；环境湿度：50.2~50.5%（RH）；天气状况：晴。

四、监测仪器

本次监测使用仪器及相关参数见下表。

表 8-2 本项目使用仪器及参数表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	资产编号
环境级 χ 、 γ 辐射巡检仪	RGM5200	1222203004005	HT20221201
测量范围	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
1nSv/h-100 μ Sv/h	2023110704836	2024.11.26	1.06

五、质量保证

本次现状监测单位为重庆泓天环境监测有限公司，该公司具有重庆市市场监督管理局颁发的检验检测机构资质认定证书（证书号：232212050312），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

- （1）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- （2）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- （3）监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- （4）监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性；
- （5）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；
- （6）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- （7）监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

六、监测结果

本项目辐射工作场所辐射剂量率本底值监测结果见下表。

表 8-3 项目拟建地周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

测量点号	测量点位置	平均值（nGy/h）	结果（nGy/h）
1	CT 室内	65	69
2	CT 室东侧消防控制室	64	68
3	CT 室东北侧便利店	66	70
4	CT 室南侧厂区内道路	63	67
5	CT 室西北侧办公室	51	54
6	CT 室北侧环境试验区	52	55

7	CT室正上方2楼	54	57
---	----------	----	----

注：平均值乘检测设备的校准因子 1.06 进行修约（四舍六入五成双）。

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 γ 剂量率的监测值在 54nGy/h~70nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2022 年年重庆市辐射环境质量报告书》（重庆市生态环境局），重庆市的环境地表伽玛空气吸收剂量率平均值为 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，拟建项目所在地环境 γ 辐射剂量率低于重庆市环境地表伽玛空气吸收剂量率的平均值。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

本项目建设施工主要是设备安装调试，不涉及土建工程。

施工过程中主要有施工机械噪声、包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理装置处理，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾一起统一交由环卫部门处理。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束。

二、 营运期工艺分析

1、设备基本情况

本项目 X 射线实时成像系统主要由 X 射线机系统、数字成像系统、图像处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统、现场监视系统等组成。

表 9-1 X 射线实时成像系统设备配置清单

序号	名称	规格	产地	数量	
1	射线源				
1.1	X 射线管	iXRS-225(MXR-225MF)	瑞士	1	
1.2	高压电缆	10m (standard)	瑞士	1	
1.3	高频高压发生器	225kV MF /0.5kW	瑞士	1	/
1.4	水冷却器	XRC-523-WA	瑞士	1	/
1.5	水管	10m (standard)	瑞士	1	/
2	高分辨率实时成像单元				
2.1	平板探测器	NDT1717HS	中国	1	/
2.2	通讯接头	光纤	中国	1	/
2.3	平板防护装置	铝合金和碳纤维板	中国	1	/
3	计算机图像处理单元				
3.1	计算机	英特尔 i9CPU+ 英伟达 4090 图像采集服务器	中国	1	/
3.2	显示器	27 寸液晶显示器	中国	1	/
3.3	软件	BII-ONE 扫描重建软件	中国	1	/
3.4	扫码枪	海康威视 MV-IDH3013	中国	1	
3.5	现场监控	海康威视 DS-2CD3146FWD-I	中国	1	/
4	机械传动单元				
4.1	检测装置	光影智测 HR225C	中国	1	/
4.2	旋转载物台	FD40-222L01ENNS275-P	日本	1	/
5	电气控制单元				
5.1	电气控制柜	1.6 x 1 x 1.9 (m)	中国	1	定制/
5.2	运动控制器	PMAC 12 轴	中国	1	/
5.3	安全连锁单元	欧姆龙 D4NL-1AFG-B	日本	3	/
5.4	安全报警单元	正泰 NDT1-52G3CF2A11	中国	1	铅房外
5.5	动力单元	台达 A3 系列伺服电机	中国	9	

5.6	急停按钮	ZB2BS54C 施耐德	德国	6	铅房内外
6	X 射线防护单元				
6.1	铅防护房	3.4×2.3×2.7 (m)	中国		定制
7	排风系统				
7.1	排风扇及排风出口罩 风量为 200m³/h	KS12025HS2-T5B 康双	中国	2	/
8	电控柜				
8.1	X 光电源开关	/			/
8.2	电源开关钥匙插孔	/			/
8.3	铅门开关按钮	ZB2BW34C34C 施耐德	德国	2	
9	其他				
9.1	个人剂量计	FS2011+	中国	2 个	
9.2	铅房辐检测剂量仪	中辐 FJ1200	中国	1 个	

HR225C 系统为工业定向 X 射线实时成像系统主要组成部分，由 X 射线管、高压电缆、高频高压发生器、冷却器、低压连接电缆等组成。



X 射线管头



高频高压发生器

图 9-1 X 射线管头、高频高压发生器外观典型照片

①操作台

X 射线机系统控制器所有操作均有面板上的轻触开关进行。电缆插座、电源开关及接地端设置在接线盒内。控制器采用集中一分散型工业总线控制方式，将传感器、运动控制、联锁保护、网络、通讯等技术结合在一起，用方便灵活的硬件和软件模块组合设计，以适应 X 射线管体检测系统的控制工艺要求和管理工艺要求。操作台上配置 X 光电源开关、3 个设备状态显示灯、1 个急停按钮以及铅房内射线管、托盘的控制按钮。

②X 射线发生器

HR225C 型 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体一起封装在桶状铝壳内，X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管水冷却循环系统、充放气阀部件构成。

2、工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

①X 射线产生原理

X 射线管主要由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，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生轫致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见下图。

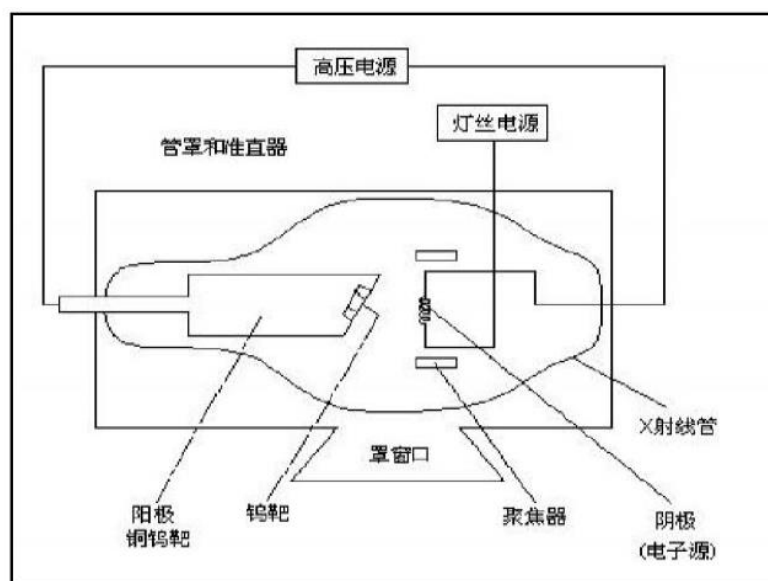


图 9-2 X 射线管原理示意图

②X 射线系统实时成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 线束朝探测器方向出束，设备将根据工件的摆放位置、厚度等，通过调节电流电压、角度来对工件进行扫描。当 X 线射向工件时，部分射线被工件吸收，部分射线穿过工件被探测器接收产生信号。因为物体各种组件的疏密程度不同，X 线的穿透能力不同，所以探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。

(2) 工艺流程

在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，调节好所需要的电流电压，准备检测后，非辐射工作人员不得进入检测室区域，以免发生误照事故。X 射线实时成像系统开展 X 射线无损检测工作如下：

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打开图像处理软件。将 X 射线管调至水平，铅门完全打开，打开电脑限位界面铅门开限位及 X 射线管中限位亮红色指示灯，按下操作台初始化按钮，系统进行初始化操作，初始化指示灯闪烁，当初始化指示灯常亮则表示初始化完成。

③受检工件由工作人员使用推车运至检测室内，待设备初始化完成后托盘移动到铅门口，工作人员自行将工件放置于托盘上，托盘带工件进入铅房内。检测过程为：确保无人员在铅门处逗留后关闭铅门并开射线检测工件，托盘可 360° 水平旋转（即将工件旋转），检测完毕托盘带工件退至铅门外，卸下工件，以此方式检测下一个工件。检测期间，工件固定在平台，根据检测需要，通过旋转托盘和前后移动托盘，来达到改变工件检测位置的目的，管头沿竖直可上下移动，管头不可前后左右移动，探测器沿水平滑轨可分别左右移动，前后移动，X 射线管工作时的立面移动情况示意图见下图。整个过程工作人员不需要进入铅房进行工件摆放。

X 射线机主射束由东侧朝西侧照射，距南侧防护面（含防护门）内表面为 850mm、距北侧防护面内表面为 850mm，距西侧防护面内表面为 1875mm，距东侧防护面内表面为 975mm，距顶部防护面内表面为（272~1572）mm，距底部防护面内表面为（638~1938）mm。射线管辐射角度最大约为 40° ，有用束半张角为 20° 。

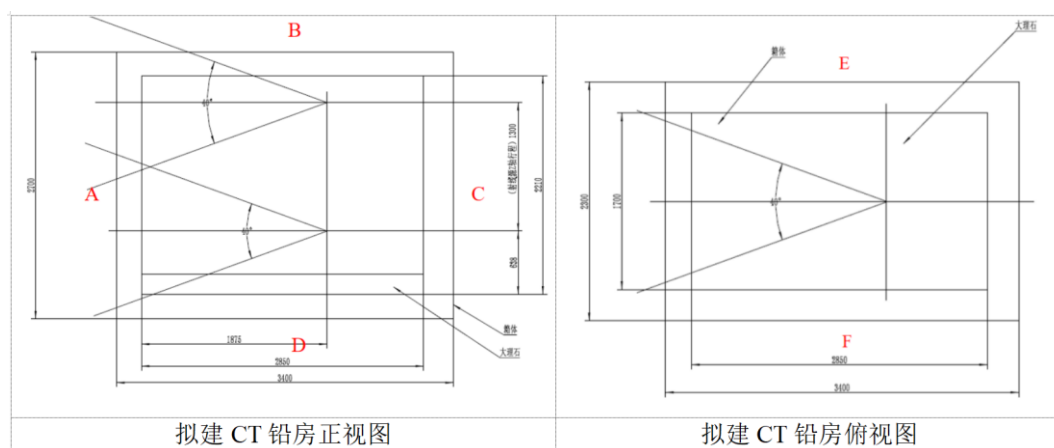


图 9-3 X 射线管工作时的平立面移动情况示意图

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

具体检测工艺流程图如下：

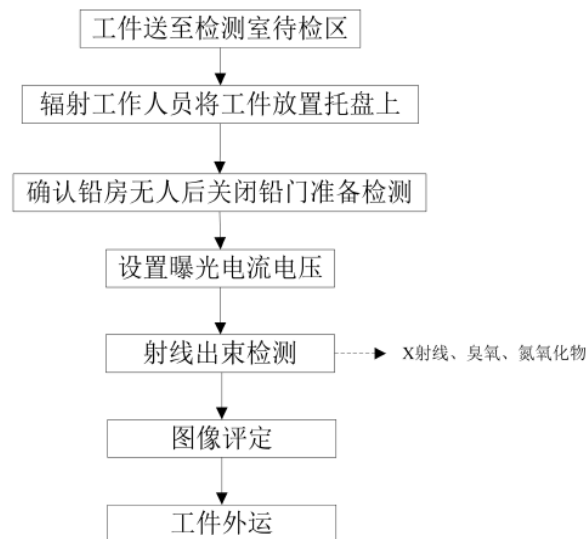


图 9-4 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

污染源项描述

本项目为X射线实时成像系统，不洗片，根据工艺流程可知，X射线无损检测工作产生的污染物主要有曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）等。

一、电离辐射

由 X 射线实时成像系统工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线实时成像系统只有在开机并处于出束状态时（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 射线实时成像工作流程，X 射线实时成像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。根据厂家提供资料，本项目管电压为 225kV，根据厂家提供的资料和 ICRP33 报告（第 56 页图 3）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录表 B.1 可知，确定 225kV 的 X 射线机距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量保守按照管电压 250kV 的 0.5mm 铜为过滤板，发射率为 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，X 射线实时成像系统射线能量、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。

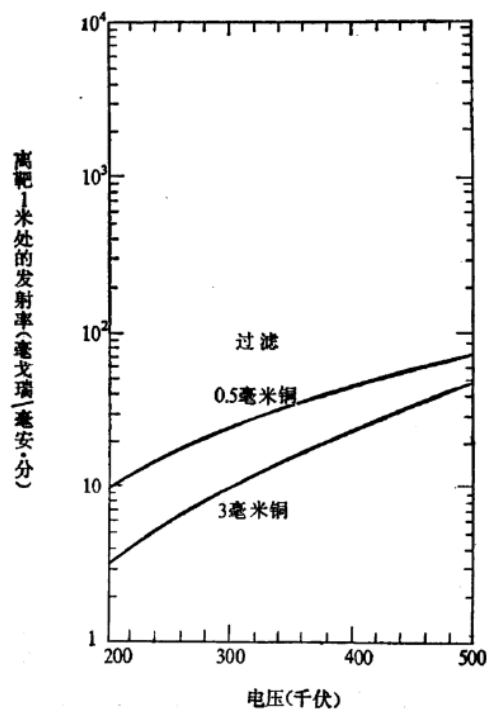


图 9-5 不同过滤材质在恒电位 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气周围剂量当量率小于 5mSv/h。

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。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，本项目 HR225 C 型 X 射线实时成像系统 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

二、“三废”产排情况

本项目主要是在 X 射线实时成像系统无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性“三废”。

（1）废气

在 X 射线无损检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），废气由排风扇引至室外排放。

（2）废水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。生活污水依托建设单位现有污水处理设施处理后进入园区市政污水管网随后进入璧山高新区污水

处理厂深度处理。本项目拟新增的辐射工作人员均来自公司现有工作人员，因此，项目不新增废水产生量。

本项目冷却水循环使用，不外排，无生产废水产生。

(3) 固体废物

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的 X 射线实时成像系统。生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。本项目的辐射工作人员均来自公司现有工作人员，故项目不新增生活垃圾产生量。

X 射线实时成像系统使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，报废成为固体废物，由建设单位委托生产厂家应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，连同 X 射线装置其他配件，由有资质厂家进行回收处置。

(4) 噪声

设备在运行过程中，主要的产噪设备为水泵、风机等，经过基础减振等措施，对周边环境影响较小。

三、项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见下表所示。

表 9-2 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子	产生量
电离辐射	HR225C 型 X 射线	能量 225kV，距靶 1m 处主射束的输出量不大于 16.5mGy·m ² /mA·min，漏射线空气周围剂量当量率小于 5mGy/h。
废气	O ₃ 、NO _x	少量
废水	生活污水	不新增
一般固废	生活垃圾	不新增
噪声	噪声	/

表 10：辐射安全与防护

项目布局与分区 本项目铅房位于 4#厂房南侧中部，为四层建筑， X 射线实时成像装置主射方向为西侧。X 射线实时成像装置固定使用，控制室及防护门均已避开有用线束照射的方向。 因此，本项目铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，合理可行。 项目安全设施 一、工作区域管理 为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定辐射控制区和监督区。其定义为“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 款规定，公司拟对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。 表 10-1 室内探伤“两区”划分与管理 <table><tr><th>室内探伤</th><th>控制区</th><th>监督区</th></tr><tr><td>“两区”划分范围</td><td>铅房内</td><td>铅房外四周一定区域内</td></tr><tr><td>辐射防护措施</td><td>对控制区进行严格控制，铅室在曝光室过程中严禁任何人员的进入。根据 GB22448-2008 规定，控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入 X 射线区”字样的警告标志</td><td>监督区为工作人员操作仪器时工作场所，非相关人员也限制进入，避免受到不必要的照射，并设置橙色“无关人员禁入 X 射线区”字样。</td></tr></table> 图 10-1 本项目 X 射线探伤铅房“两区”划分示意图			室内探伤	控制区	监督区	“两区”划分范围	铅房内	铅房外四周一定区域内	辐射防护措施	对控制区进行严格控制，铅室在曝光室过程中严禁任何人员的进入。根据 GB22448-2008 规定，控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入 X 射线区”字样的警告标志	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，非相关人员也限制进入，避免受到不必要的照射，并设置橙色“无关人员禁入 X 射线区”字样。
室内探伤	控制区	监督区									
“两区”划分范围	铅房内	铅房外四周一定区域内									
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，铅室在曝光室过程中严禁任何人员的进入。根据 GB22448-2008 规定，控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入 X 射线区”字样的警告标志	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，非相关人员也限制进入，避免受到不必要的照射，并设置橙色“无关人员禁入 X 射线区”字样。									

二、辐射安全及防护措施

本项目 X 射线实时成像系统曝光时产生 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

1、设备固有安全性

X 射线实时成像系统的固有安全性包括以下几个部分：

（1）开机系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，该 X 射线实时成像系统会示意 操作者可以进行曝光或训机操作。若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

（2）延时启动功能：按下开高压按钮启动曝光后，在产生 X 射线之前，系统将自己延时 1 分钟，在延时阶段，会听到“嘀---嘀” 警报声。这时用户也可以按下停高压按钮来停止 X 射线实时成像系统的启动。

（3）当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

（4）当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，在休息阶段将不理睬任何按键，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

（5）设备停止工作 48 小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

（6）设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

（7）设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

（8）设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

（9）冷却循环水流量继电器、温度继电器及射线屏蔽室门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

2、设计采取措施

（1）铅房屏蔽体设计

①公司购买探伤设备，配有的合格铅房，其具有足够的屏蔽能力；经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。

②铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置排风出口罩、电缆出口罩，其屏蔽等级与铅房主体屏蔽等级一致，排风通过“U”字型铅罩穿过顶面防护面，会经过 3 次散射，电缆管线通过“U”型线缆铅罩由铅房右侧和底部出线。本项目铅防护门与墙体重叠部分均不小于门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，能保证曝光室的整体屏蔽能力。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”。

（2）安全装置

①门机联锁：X 射线实时成像系统防护铅房设置门机联锁。铅门在打开或没关闭到位的情况下射线不能开启；铅门关闭后到位后，才能开启射线进行检测，在射线开启时，铅门无法打开，若强制（破坏性的）打开铅门，射线会立即停止照射。

②声光报警装置：X 射线实时成像系统防护铅房外部顶面（可视范围内）及铅房内部设有明显可见的“预备”和“照射”的射线警示装置（声光报警灯），设备在开启射线时声光报警灯会打开声光警示，提示设备的待机/工作状态；。

③工作状态指示灯（三色灯）：铅房安装有工作状态指示灯（三色灯），并标有中文标识，其绿色代表通电正常待机状态，黄色代表故障状态，红色代表射线开启状态。

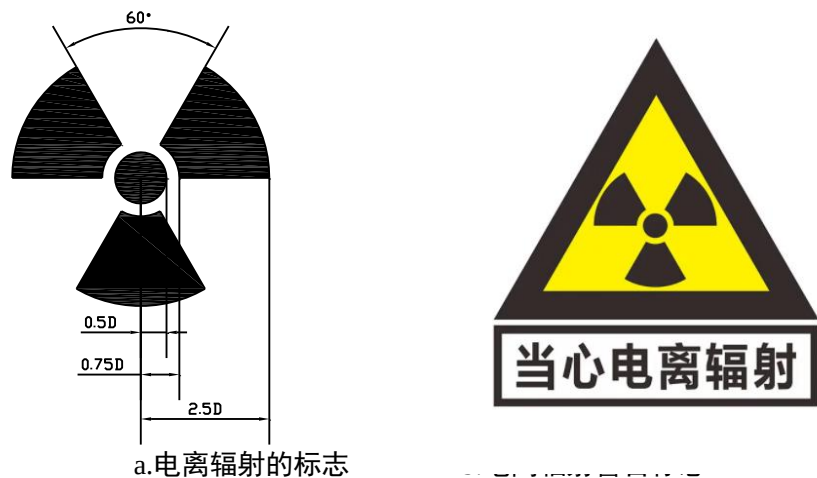
④电控柜锁定开关：设备操作台设置钥匙开关，共有三个档位，从左往右依次是断电档，准备档，高压档，射线开启前钥匙开关需要转至高压档才能正常开启，同时，操作台面板上有电源指示灯，电脑启动指示灯，高压开启指示灯。

⑤紧急停机：设备操作台及铅房门口处易于接触的地方设置 2 个急停按钮，铅房内设置 4 个急停按钮，分布在铅房的四个角落内。急停按钮相互串联，按下急停按钮，X 射线实时成像系统射线立即被切断。铅房内部急停在人员对设备进行维护保养时按下，铅门一直会处于常开状态，即射线无法开启，内部作业完成后，释放急停，设备正常工作；若人员不慎滞留铅房内部时只需按下铅房内部急停铅门即可打开，确保人员安全。急停按钮旁设置中文急停标识。

⑥视频监控系统：铅房内和铅房门外部各安装实时视频监控系统，并连接

到操作台显示器，工作人员在操作设备时可实时监控设备内部及外部情况，如有异常能迅速被看到然后停止设备工作。

⑦警告标志：铅房防护门右侧醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志。电离辐射警告标志如下图所示。



a. 电离辐射的标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

本项目探伤铅房安全装置情况如下图所示。

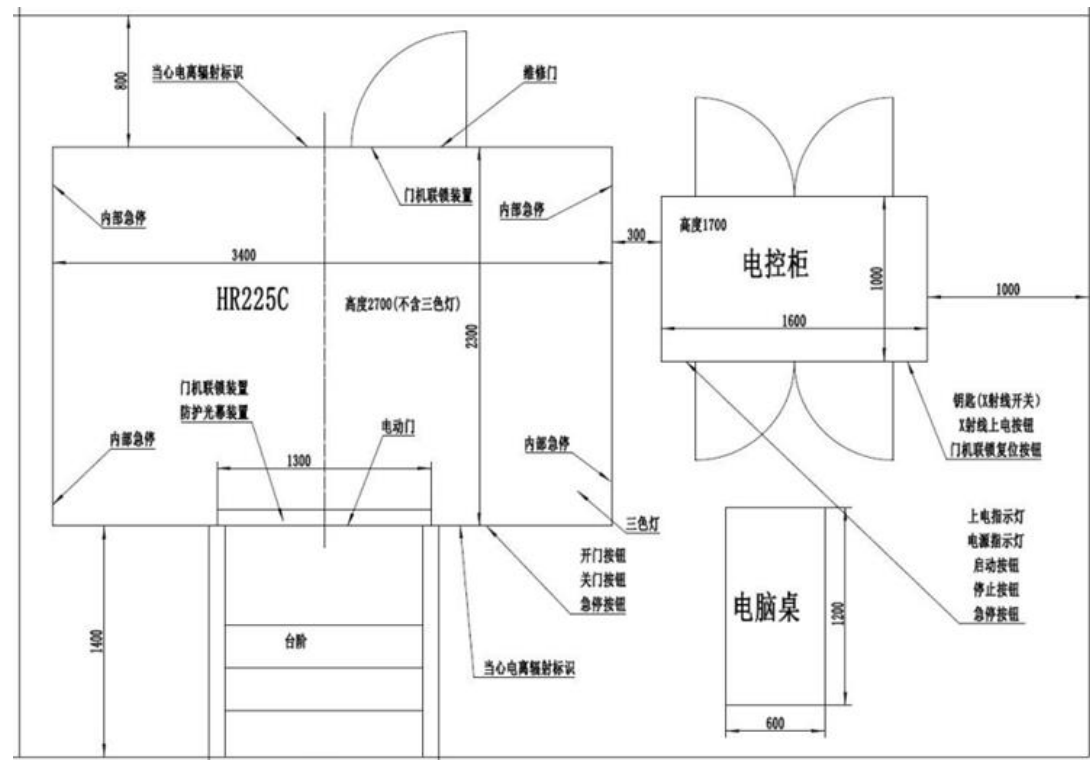


图 10-3 安全装置布置图（铅房俯视图）

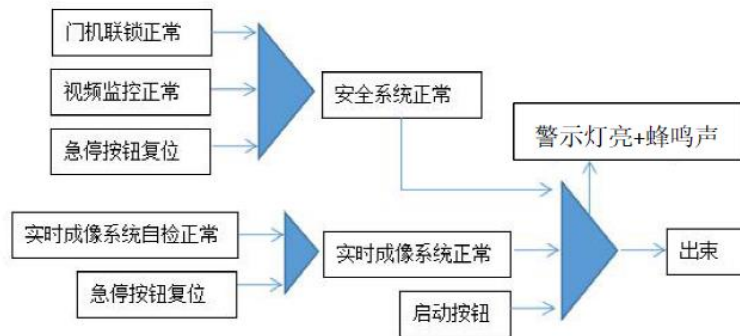


图 10-4 辐射安全联锁逻辑图

(4) 通风

X 射线实时成像系统工作时产生的废气，X 射线实时成像系统工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇排至室外，铅房的排风量为 200m³/h，通风次数为 21 次/h。

(5) 辐射防护安全设施配置要求综合对照

本次评价建设单位拟采取的辐射安全措施具体情况见下表。

表 10-2 探伤铅房辐射安全措施对照表

序号	项目	具体要求	落实情况
1	场所设施	射线屏蔽体	已设计
2		隔室操作	已设计
3		电离辐射警示标志	已设计
4		机器工作状态显示	已设计
5		控制台有防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
6		门机联锁系统	已设计
7		铅房内及入口监控设备	已设计
8		通风系统	已设计
9		铅房内紧急停机按钮	已设计
10		控制台上紧急停机按钮	已设计
11		准备出束声光提示	已设计
12	监测设备	便携式辐射监测仪表	拟配置
13		个人剂量计、个人剂量报警仪	拟配置
14		巡测仪	拟配置
15	应急物资	灭火器材	拟配置

3、项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟采取的辐射防护措施其与相关标准和规范的相关要求对比情况见下表所示。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)	6.1 探伤放射防护要求	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	本项目控制室已避开有用线束照射的方向。本项目采用定向探伤机，铅房的屏蔽墙厚度已考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，经计算四周屏蔽措施均符合要求。

	的防护性能。	
	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。	项目实行分区管理，控制区即为 X 射线系统铅房内部，监督区为铅房外部区域（包括铅房顶部），分区满足要求。
	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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ 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 μ Sv/h。	经后文核算，人员在关注点的周剂量参考控制水平不大于 100 μ Sv/周，公众不大于 5 μ Sv/周，项目使用的铅房各屏蔽体外的周围剂量当量率均不大于 2.5 μ Sv/h，且拟委托有资质单位对每年对铅房各关注点进行监测。
	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 μ Sv/h。	本项目上方有建筑物，经后文核算，铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率小于 2.5 μ 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。	铅房配置有门机联锁装置，铅门（工件进出的门和检修防护门）未关闭的情况下不能打开高压产生射线；门关闭后，在开高压产生射线的情况下，铅门不能打开；门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。
	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。	本项目铅房门口和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号持续时间约 1 分钟，以确保铅房周围人员安全离开。“预备”和“照射”信号拟分别采用有明显区别的黄色和红色指示，该工作场所内无其他报警信号。
	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。	铅房内以及出入口均配备有监视摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器，能全方位拍到铅房内的工作情况。视频监控屏幕位置设置在操作台上，操作人员能在操作台上实时监控检测过程铅房内情况。
	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	项目铅房防护门右侧设置电离辐射警告标识，并设置中文警示说明。
	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	铅房内设置 4 个急停按钮，位于铅房内 4 侧；人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，不在主射方向上，

		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。	且带有中文标识。
		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。	铅房自带排风口，用于废气排放，废气排放口远离人员活动的密集区；铅房排风风量约200m ³ /h，换气次数约21次/h，通风换气次数符合要求。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目拟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。	铅房配置有门机联锁装置，本项目铅房门口和内部拟同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。
		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。	工作人员均按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪等。建设单位在发生剂量报警的情况下将按应急处置流程上报相关负责人，且铅房除辐射工作人员外，其他人不得进入铅房。
		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。	建设单拟定期测量铅房外周围区域的剂量率水平，在发生剂量报警的情况下将按应急处置流程上报相关负责人，且铅房除辐射工作人员外，其他人不得进入铅房。
		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。	拟制定交接班制度，工作人员交接班时按照要求检查剂量仪是否正常工作，发现不能正常工作时将暂停检测工作。
		6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室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。	建设单位拟制定相应操作规程，在每一次照射前，辐射工作人员会检查铅房内是否会有人员驻留，且检查相关防护措施均能正常运行才开始检测工作。
		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。	本项目设备铅房大小满足现有公司生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并拟制定相关制度，不得开门探伤。
	《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）	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。	本项目铅房正常情况下不允许辐射工作人员进入，铅房设置1个工件门；铅房设置1个检修铅门，检修状态下，由检修工作人员进入检修。
		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射线束照射方向	项目操作台置于铅房外，其操作台位于铅房东南侧，防护门位于该铅房南侧，设备主射线朝向西；避开了操作台和防护门。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置排风出口罩、电缆出口罩，其屏蔽等级与铅房主体屏蔽等级一致。
		3.3.4 当探伤室使用多台X射线探伤装置时，按最高管电压和相应管电压下的常用最大管电流设计屏	本项目配置1台X射线实时成像系统。根据后文计算，主射方向和其它侧屏蔽体均能满足额定工

		蔽	况下的辐射防护要求。
根据上表可知，本项目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）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。			

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响 施工内容主要为设备安装。施工过程中主要有少量的施工机械噪声、施工粉尘、建筑垃圾产生。因本项目施工期短、工程量小，施工范围均位于标准厂房内，且随着施工期的结束而结束，因此施工对环境产生的影响小。 本项目在施工活动中，安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。
运行阶段对环境的影响 11.1 铅房屏蔽能力理论预测 11.1.1 铅房辐射屏蔽的剂量参考控制水平 公式使用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式。 （1）周剂量参考控制水平（Hc）和导出剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,d}$： 人员在关注点的周剂量参考控制水平Hc如下： 职业工作人员：Hc≤100μSv/周 公众：Hc≤5μSv/周 （2）相应 Hc 的导出剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）按式（1）计算： $\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \bullet U \bullet T) \quad \text{式（1）}$ 式中： Hc—周剂量参考控制水平，单位为微希每周（μSv/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： $t = \frac{W}{60 \bullet I} \quad \text{式（2）}$ 式中： W—X 射线探伤的周围工作负荷（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 $\dot{H}_{c.\max}$ ：

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

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

11.1.2 铅房辐射屏蔽估算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014) 中公式。

(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，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X_e 。

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

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—辐射源至关注点的距离，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 —距离靶点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{mA} \cdot \text{h})^{-1}$ ，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 的曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 $\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按 (4) 计算：

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

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 —距离靶点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{mA} \cdot \text{h})^{-1}$ ，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：

$$B=10^{-X/TVL} \quad \text{式（5）}$$

式中：

X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—查表。

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：

$$X=-TVL \cdot \lg B \quad \text{式（6）}$$

式中：

TVL—查表；

B—达到剂量参考控制水平 $\dot{H}_c$ 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时 $\dot{H}_c$ 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。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式（7）}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —按 3.1 确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（μSv/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 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（μSv/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（μSv/h）：

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

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。然后按式(6)计算出所需的屏蔽物质厚度 X 。

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

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 —距离靶点 1m 处输出量, $\mu\text{Sy} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{mA} \cdot \text{h})^{-1}$, 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;

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)。

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° 散射辐射的 TVL, 然后按照式(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:

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

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 —距离靶点 1m 处输出量, $\mu\text{Sy} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{mA} \cdot \text{h})^{-1}$, 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；

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)。

11.1.3 铅房防护核算原则及主要技术参数

(1) 主要技术参数

①核算距离、方向

本项目配置 HR225C 型定向 X 射线实时成像系统 1 套，X 射线实时成像系统电流随电压变化自动调节；项目铅房内布置载物轨道。根据项目探伤工件基本情况，X 射线实时成像系统工作时，HR225C 主射线方向朝向西侧，顶部部分区域考虑主射，其余方向（含防护门、检修门）和顶部部分区域考虑为散射和漏射。

考虑本项目实际情况，本项目 HR225C 型 X 射线管头固定在铅房内可移动装置上，位于铅房内东侧，管头可沿升降卡槽上下移动 1.3m，下降最低高度距铅房底面约 0.638m，上升最高高度距铅房顶面约 0.272m，管头不可以前后左右移动，管头距离西侧距离为 1.875m，距离东侧的距离为 0.975m，管头距离南侧和北侧的距离均为 0.85m，主射线方向拟定为西侧。本次效核铅房的屏蔽能力的考察点设置铅房四周，按 X 射线管头离屏蔽体最近的距离计算。

屏蔽核算时各方向距离核算情况见下表。

表 11-1 各方向核算距离一览表

考察点			核算距离 m
铅房西侧	屏蔽体外 30cm	主射	1.875+0.3=2.175
铅房顶棚	屏蔽体外 30cm	主射	0.795+0.3=1.095
		散射、漏射	0.272+0.3=0.572
铅房东侧	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.975+0.3=1.275
铅房南侧	屏蔽体外 30cm（含铅门）	散射、漏射	0.85+0.3=1.15
铅房北侧	屏蔽体外 30cm（含铅门）	散射、漏射	0.85+0.3=1.15

备注：散射时，考虑最不利情况，工件紧靠 X 射线管头，散射距离约等于漏射距离；因厂房为地上 1F，底部人员无法到达，因此本次不对底板屏蔽进行计算；预测距离均不考虑铅房自身厚度。

②剂量率参考控制水平的确定

X 射线实时成像系统周工作负荷见下表。

表 11-2 X 射线探伤装置工作负荷

设备型号	额定电压	额定电流	周最大曝光次数	单次最长曝光	周最大照射时间
HR225C	225kV	5mA	1200 次/周	1.5min /次	30h/周

备注：根据建设单位资料提供，本项目 X 射线实时成像系统运行过程中：HR225C225 型设备当电压为 225kV 时，最大电流为 5mA；

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 A，居留因子取值原则见下表。

表 11-3 不同工作场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

剂量率参考控制水平核算表见下表。

表 11-4 铅房剂量率参考控制水平核算表

参数 墙体	使用 因子	居留 因子	受照射 类型	关注点控制剂量水 平 $\mu\text{Sv/h}$	需屏蔽的 辐射源
西侧	1	1	公众	0.06	有用线束 泄漏辐射 散射辐射
东侧	1	1	职业	0.06	
南侧	1	1	公众	0.06	
北侧	1	1	公众	0.06	
屋顶	1	1	公众	0.06	有用线束、泄漏辐射、 散射辐射

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）关注点的最高剂量率参考控制水平（ $H_{e,max}$ ）为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本次评价参考较小水平进行评价。使用因子和居留因子考虑不利情况，均取 1。

③其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见下表所示。

表 11-5 屏蔽体核算相关参数

参数	数值			来源
设备型号	HR225C			生产厂家
设备基础参数	额定电压 225kV，电流 5mA			设备说明书
G（mGy·m ² /mA.min）	16.5（0.5mm 铜过滤条件下）			ICRP33 报告 56 页图 3
转换系数	6×10 ⁴			GBZ/T250-2014 4.1 a）
H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	9.9×10 ⁵ ①			
$\frac{R_0^2}{F \times d}$	50			GBZ/T250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L （μSv/h）	5×10 ³			GBZ/T250-2014 表 1
X 射线 90° 散射辐射最高 能量相应的 kV 值	200			GBZ/T250-2014 表 2
什值层（TVL） 半值层（HVL） ^②	铅			GBZ/T250-2014 表 B.2
	电压等 级	TVL	HVL	
	225kV	2.15mm	0.64mm	
	200kV	1.4mm	0.42mm	

备注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）及 2017 年修改单中表 B.1：在本标准中以等量值的 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 进行屏蔽计算，因此本次 Sv/Gy 转换系数取 1；②GBZ/T250-2014 表 B.2，当电压 225kV 时，什值层、半值层数值在 200kV 和 250kV 之间，采用内插法所得。

（2）铅房屏蔽防护效能核实原则

屏蔽体厚度确定原则：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半值层厚度（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）。

11.1.4 铅房防护核算结果

本项铅房的屏蔽体屏蔽能力核实结果见下表。

表 11-6 铅房屏蔽效能核实表

考察点		剂量率控制 Hc (μSv/h)	距离 (m)	计算厚度 mmPb		设计厚度	设计厚度下 瞬时剂量 (μSv/h)	是否 符合 要求
西	主射	0.06	2.175	15.6		内 2mm 钢+16mmPb+ 外 2mm 钢	3.8E-03	是
东	散射	0.06	1.275	8.4	最终厚度 10.74	内 2mm 钢+12mmPb+ 外 2mm 钢	8.227E-03	是
	漏射	0.06	1.275	10.1				
南	散射	0.06	1.15	8.5	最终厚度 10.94	内 2mm 钢+14mmPb+ 外 2mm 钢	1.171E-03	是
	漏射	0.06	1.15	10.3				
北	散射	0.06	1.15	8.5	最终厚度 10.94	内 2mm 钢+14mmPb+ 外 2mm 钢	1.171E-03	是
	漏射	0.06	1.15	10.3				
顶棚	主射	0.06	1.095	16.9	顶部位于主射辐射野的部分（涉及长度为 1128mm，顶部总长为 2850mm）铅板进行铅当量补强，厚度为 16.9mm；其余部分为，内 2mm 钢+14mmPb+外 2mm 钢	5.54E-04	是	
	散射	0.06	0.572	9.4				
	漏射	0.06	0.572	11.6				

备注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）及 2017 年修改单中表 B.1：在本标准中以等量值的 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 进行屏蔽计算，因此本次转换系数取 1；②根据建设单位资料提供，本项目 X 射线实时成像系统运行过程中：当 HR225C 型探伤设备电压为 225kV 时，最大电流为 5mA，本次屏蔽效能核算按照设备的最大工况进行核算。③根据屏蔽体厚度确定原则，本项目的半值层通过内插法求得，为 0.64mm。④经核算，主射方向上散射和漏射的剂量很小，因此表中不再列出。散射线均需经过多次反射才能穿出各管线孔，经多次反射剂量很低，能满足要求，此处不再核算。

根据上表计算结果可知，HR225C 型 X 射线实时成像系统工作时，铅房的四周屏蔽体、防护门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，四周屏蔽体及防护门外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于核算的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

11.1.5 年有效剂量估算

（1）估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

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

式中：

H_{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或 γ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

(2) 估算结果

铅房外剂量估算表见下表。

表 11-7 X 射线实时成像系统工作时剂量估算表

估算人员	外环境	方位	设计厚度下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	操作台	东侧	0.008227	1560	1	0.0128
公众成员	车间外	南侧	0.0012	1560	1	0.0018
公众成员	洗手间	西侧	0.0378	1560	1	0.059
公众成员	车间内	北侧	0.0012	1560	1	0.0018

根据上表可得出以下结论：

该公司共配备 2 名辐射工作人员共同承担探伤工作，但每名辐射工作人员探伤工作时间不均分。因此，按保守情况估计，每年探伤工作全部由一个人完成，且剂量率以铅房外最大剂量率计算，则辐射工作人员所受的年有效剂量不大于 0.0128mSv/a，公众成员所受的年有效剂量不大于 0.059mSv/a，低于本评价管理目标值辐射工作人员 5mSv/a 和公众成员 0.1mSv/a，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2 对周围环境保护目标的影响分析

本项目铅房周围主要环境保护目标预测结果见下表。

表 11-10 本项目铅房环境保护目标一览表

保护名单	位置	与铅房最近距离 m	居留因子	有效剂量 mSv/a
操作区工作人员	东南侧	1	1	2.06E-02
消防控制室	东侧	3	1	2.29E-03
便利店	东北侧	21	1	4.68E-05
会议室	东北侧	23	1	3.90E-05
厂区内道路	南侧	10	1	2.41E-05
3 号厂房配电室	南侧	36	1	1.86E-06
现有 CT 测试室	西侧	0.4	1	0.84（职业人员）
卫生间	西侧	10	1	1.34 E-03
设备电脑房	西北侧	13	1	7.93E-04
办公室	西北侧	25	1	2.14E-04
环境箱测试区	北侧	4	1	1.51E-02
2 层车间	上侧	3	1	2.41E-05

3 层车间	上侧	8.5	1	3.85E-06
4 层车间	上侧	14	1	3.85E-06

备注：根据最不利因素，本项目居留因子全部取 1。

根据上表预测结果可知，职业人员周围剂量当量率均远低于 5mSv/a，铅房邻近各环境保护目标周围剂量当量率均远低于 0.1mSv/a，在铅房周围活动的公众成员及辐射工作人员所受的最大年有效剂量均低于本评价管理目标值，因此，本项目建设对各环境保护目标不会带来不利影响，满足要求。

铅房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的平方快速减弱的特性可知，距离 X 射线铅房更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

11.3 其他影响

（1）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（O₃）和氮氧化物（NO_x）。X 射线实时成像系统工作时产生的废气，铅房顶安装有排风扇，经铅房顶部排风扇排出室外，铅房的风量为 200m³/h，换气次数为 21 次/h，能保证铅房内空气的流通，使少量的 O₃、NO_x 得以快速扩散。厂房周围地势开阔，利于 O₃、NO_x 废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

（2）废水环境影响

辐射工作人员产生的生活污水依托厂区现有污水处理设施处理后排入污水管网随后进入璧山高新区污水处理厂深度处理；冷却水循环利用不外排，对地表水环境影响较小。

（3）固废环境影响

生活垃圾依托建设单位现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

X 射线实时成像系统使用一定年限后，射线装置可能不能正常工作，报废成为固体废物，由建设单位委托生产厂家应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，连同 X 射线装置其他配件，由厂家进行回收处置

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，不会对环境造成不利影响。

11.4 本项目产业政策符合性分析

项目主要是配置 X 射线实时成像系统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 年第 49 号令修订）“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。

11.5 事故影响分析

(1) 风险事故类型

本项目探伤过程中，待检电池由人工放入托盘内，由托盘经过轨道送入铅房内，关闭铅门，开始进行无损探伤，人员不进入铅房。在检修或者调试时，检修人员会进入，因此 X 射线实时成像系统产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

①丧失屏蔽：X 射线实时成像系统机头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 X 射线实时成像系统的屏蔽块、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

②人员滞留在铅房内：人员通过铅门可进入铅房内，在开机前，工作人员未对铅房内部进行充分搜寻，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

③联锁装置失效：由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或 X 射线实时成像系统工作时门被开启，射线仍然能发射，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。

④屏蔽体出现膨胀变形：本项目铅房各方向屏蔽体、电缆出线口罩、风机排风口罩，使用多年以后，可能因铅门的自重等原因引起铅门之间的搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房外周围的人员受到误照射。

(2) 后果分析

①X 射线实时成像系统失去自身屏蔽能力：X 射线实时成像系统失去自身屏蔽能力后，可导致铅房四周屏蔽体均为主射墙，事故状态下按照管头与屏蔽体最近距离、单次 1.5min 照射考虑。

②人员滞留铅房内：人员在工作模式下滞留在铅房内而被误照射，由于铅房内安装摄像头，操作人员在操作台可以实时监控铅房内状态，发现有人时，立即断开出束，或者内部滞留人员通过内部紧急按钮断开出束，对其造成的伤害按最长照射时间 1.5min 计算，经与设备厂家和业主单位多次沟通，按照最不利因素考虑人员在距离辐射源点 0.8m 处受到误照射（主射线）。

③联锁失效：每次开展探伤工作前，辐射工作人员在铅房东南侧，不在铅房门口，故仅考虑单次照射对铅房门口停留人员的误照射造成的伤害，事故状态按照无屏蔽体考虑。

④屏蔽体出现膨胀变形且长时间未发现情况下：当铅屏蔽体出现膨胀变形后，考虑最不利情况的主射线影响。即主射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射。因该风险发生后，若建设单位辐射工作人员不佩戴射线辐射检测报警仪，则该事故不易被发现。则随着时间的推移，屏蔽体外人员受到的误照射而增加。项目辐射工作人员佩戴射线辐射检测报警仪，假定辐射工作人员漏戴射线辐射检测报警仪的时长为 1 天，在此期间内屏蔽体外的辐射剂量具体情况如下表。

表 11-11 项目铅屏蔽体膨胀变形事故受照剂量估算表

误照射次数 (次)	受照射时间	HR225C 型受照射剂量	
		剂量当量 (Sv)	吸收剂量 (Gy)
1	1.5min	0.1935	0.1935
2	3min	0.387	0.387
4	6min	0.774	0.774
10	15min	1.935	1.935

(3) 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见下表所示。

表 11-15 不同照射剂量对人体损伤的估计

类型	受照剂量参考值	初期症状和损伤程度
/	<0.25	不明显和不易察觉的病变

	0.25~0.5 0.5~1	可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
骨髓型急性放射病	1.0~2.0 Gy	轻度：乏力，不适，食欲减退
	2.0~3.5 Gy	中度：头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
	3.5~5.5 Gy	重度：1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞明显下降
	5.5~10.0 Gy	极重度：1h 内多次呕吐和腹泻，休克、腮腺肿大，白细胞明显下降
肠型放射病	10~50 Gy	肠上皮、隐窝损伤
脑型放射病	>50 Gy	小脑、大脑损伤

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）和《辐射防护导论》P33

本项目拟设置的 X 射线实时成像系统属于 II 类放射装置，在没有防护情况下，工作人员或患者受到这类射线装置照射，会对身体造成一定的影响。受照人员可能会出现机能变化、血液变化，但无明显临床症状；但是在铅屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现的情况下，会造成辐射危害。

（4）事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员的年剂量限值。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定“一般辐射事故：是指 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”。因此，假若本项目发生事故，事故等级应为一般辐射事故。

（5）辐射事故防范措施

①防止出现丧失屏蔽事故状态的防范措施：检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走 X 射线实时成像系统及机架上的屏蔽材料，不允许加大照射面积。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线铅房的铅屏蔽体和铅防护门，如开孔洞等。

②防止出现人员滞留铅房事故状态的防范措施：辐射工作人员用视频监控系統对铅房内进行扫视，按搜寻程序进行查找，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，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③防止出现联锁失效事故状态的防范措施：定期检查铅房的门机联锁、灯机联锁装置、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防止出现屏蔽体膨胀变形事故状态的防范措施：相关工作人员在开展工作时，应佩戴射线辐射个人剂量计、个人剂量报警仪，实时监测 X 射线照射剂量是否超标，定期使用便携式巡测仪对铅房周边 X 射线照射情况进行监测，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。

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。

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

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

建设单位已成立有“辐射安全与环境保护管理领导小组”，其职责包括：①负责铅房辐射防护管理工作；②负责对全公司辐射防护工作的监督与检查。并经常检查各种制度、防护措施落实情况；③组织实施放射防护法规培训学习；④组织辐射防护知识的宣传，并对有关人员进行防护知识的教育；⑤会同上级有关部门按照有关规定调整和处理辐射事故，并对相关人员提出处理；⑥负责对公司所有辐射防护设施进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。

12.2辐射安全管理规章制度

（1）辐射安全管理规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，公司应按照相关规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。

目前，建设单位已成立有辐射工作安全管理领导小组，并制定有《辐射防护与环境安全领导小组职责》、《辐射工作安全防护管理制度》、《辐射安全应急处理措施》、《X 射线探伤操作流程》、《射线装置安全防护管理制度》、《设备维修保养制度》、《监测方案》等制度，根据本项目新增 X 射线装置性质对现有《辐射工作安全管理制度》、《辐射防护与环境安全领导小组职责》、《辐射安全应急处理措施》、《X 射线探伤操作流程》进行修订并新增《个人剂量监测方案》、《人员培训计划》、《工作人员健康管理规定》、《探伤设备台帐管理制度》、《探伤安全岗位职责》。在项目运营前，拟根据本项目新增 X 射线装置运行管理和设备操作需求，制定操作规程、岗位职责、辐射事故应急措施等制度并粘贴在辐射工作场所。

（2）辐射工作人员

①配置数量合理可行性

厂内拟配置 1 台 X 射线实时成像系统，根据探伤装置的操作需求，年工作时间较长，因此，厂内配置的 2 名辐射工作人员是可行的。

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：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免费学习相关知识。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，建设单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。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监测档案。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量监测档案应当终生保存。另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

④职业健康检查

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

（3）射线装置台账管理

项目建设单位应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。

（4）档案管理

建设单位应按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。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。

（5）年度评估

根据环境保护部令第 18 号第十二条规定：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。

（6）核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在公司内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

12.3 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下表。

表 12-2 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	本项目设置有辐射安全与环境保护管理机构。
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。	项目配备的 2 名辐射工作人员均按照规定参加培训并考核合格。
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。	铅房有足够厚的铅板以及铅门进行屏蔽；设备安装到位后，配置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。

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，包括个人剂量计。	专职辐射工作人员均配备个人剂量计、射线辐射检测警报仪。
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。	建立《X 射线探伤操作流程》、《辐射工作安全防护管理制度》、《设备维修保养制度》、《监测方案》等制度。《探伤安全岗位职责》、《探伤设备台帐管理制度》、《人员培训计划》、《个人剂量监测方案》，待本项目建成运营后，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。	公司已制定有辐射事故应急措施，满足拟开展的辐射工作运行要求。

从上表可知，建设完成运营前，针对本项目的管理需求制定并完善相应管理规定，认真落实上述要求后，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。

12.4 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对辐射工作人员个人剂量进行监测、探伤工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对铅房周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

（1）个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并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。

监测频率：常规检测一般为 1 个月，最长不超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率。

（2）工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后应对铅房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：铅房屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处以及屏蔽体进出管线、门缝等搭接薄弱位置。

12.5辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

（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、区生态环境局、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。

报告联系电话如下：

市政府热线电话：12345（24 小时投诉电话）

重庆市辐射环境监督管理站：15998981300

重庆市卫生健康委员会电话：（023）67706707

璧山区卫生健康委员会：023- 41421231

璧山区生态环境局：023- 41423413

璧山区公安局：（023）110

（2）辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，应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。

（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。

12.6 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见下表。

表 12-3 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
----	----	--------

管理制度、应急措施	制作图框，制度上墙	0.5
电离辐射警示标志	张贴正确，有中文说明	
辐射防护与安全措施	门机联锁、铅房内外紧急停机按钮、铅房内外声光警示装置、监控系统等	6.5
防护监测设备	便携式辐射巡测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪	3
环保手续办理	环评、验收及例行监测等	32
合计		42

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目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。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表。

表 12-4 环保设施竣工验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求		备注
1	设备	HR225C 定向 X 射线实时成像系统 1 台，额定电压 $\leq 225\text{kV}$ ，电流 $\leq 5\text{mA}$ ；		不发生重大变更
2	环保资料	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
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、射防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。		齐全
4	铅房防护措施	①铅房内安装摄像头，监视器设在操作台； ②门机安全联锁正常； ③铅房内外设个警示灯，设灯机联锁。 ④铅房内、操作台上设急停按钮； ⑤铅房铅门处，外张贴电离辐射警告标志。 ⑥通风：X 射线实时成像系统工作时产生的废气，经铅房顶部排风扇抽出，铅房内每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。		符合相关要求
5	防护监测设备	每名辐射工作人员均配备个人剂量计、辐射剂量报警仪。公司配备便携式 X- γ 辐射剂量率仪和固定剂量监测报警。		个人剂量计按规定定期进行计量检定；巡测仪定期对铅房屏蔽体外（包括监督区）进行剂量监测。
6	人员要求	培训合格上岗，定期复训。		《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
7	电离辐射	剂量管理目标限值	辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$	GB18871-2002 GBZ117-2002 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量 GBZ/T250-2014 当量率控制	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	

表 13：结论与建议

结论

1、项目概况

重庆弗迪锂电池有限公司为确保产品生产质量，提高产品合格率，拟在重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号现有 4# 厂房一楼南侧 CT 室，配套使用 1 台 HR225C 型固定式定向 X 射线实时成像系统（额定电压 225kV，额定电流 5mA，属于 II 类射线装置）。

项目总投资 400 万元，其中环保投资约 42 万元。

2、本项目产业政策符合性分析

项目主要是配置 X 射线实时成像系统用于对工件无损检测，属于《产业结构调整指导目录》（2019 年本）“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。

3、本项目选址合理性分析

探伤铅房及公司外环境周围无医院、疗养院、集中居住区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点和生态敏感点等制约因素。因此本项目选址合理。

4、工程所在地区环境质量现状

本项目建设位置的地表 γ 剂量率的监测值在 54nGy/h~70nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《2022 年重庆市辐射环境质量报告书》（重庆市生态环境局），重庆市的环境地表伽玛空气吸收剂量率平均值为 94.5nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）之间。两者相比，拟建址场址及临近环境 γ 辐射剂量率低于重庆市环境地表伽玛空气吸收剂量率的平均值。

5、实践正当性

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。其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。

6、辐射防护与安全措施

建设单位拟进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为铅房内部，监督区为铅房四周外一定区域。

设备自带有多种固有安全性，如：设备铅房具有足够的屏蔽能力、带监控系统、设门机联锁、灯机联锁、急停按钮等，能很好的保证 X 射线实时成像系统自身的稳定性和安全性。

铅房的屏蔽体采用钢+铅+钢结构以及铅门（西侧防护面为 16mm 铅板+内外 2mm 钢板；南侧、北侧、底部、防护门及顶部防护面为 14mm 铅板+内外 2mm 钢板，其中顶部靠近主射面的部分进行铅当量补强，补强长度 1128mm，铅板厚度为 16.9mm；东侧防护面为 12mm 铅板+内外 2mm 钢板）。根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，X 射线实时成像系统工作时，铅房四周屏蔽体、顶棚、防护门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，铅房其他方向屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。铅房主体结构焊接密闭，开设铅防护门，设置排风出口罩、高压电缆出口罩，其屏蔽等级与铅房主体屏蔽等级一致。X 射线实时成像系统产生的废气经铅房顶部排风扇将废气引至车间外排放，通风次数为 21 次/h。

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。

7、环境影响评价结论

根据核算，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）要求，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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。

本项目运行时，在周围环境保护目标处的辐射影响很小，对其产生的影响有限，能为环境所接受。

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，定期复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，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。

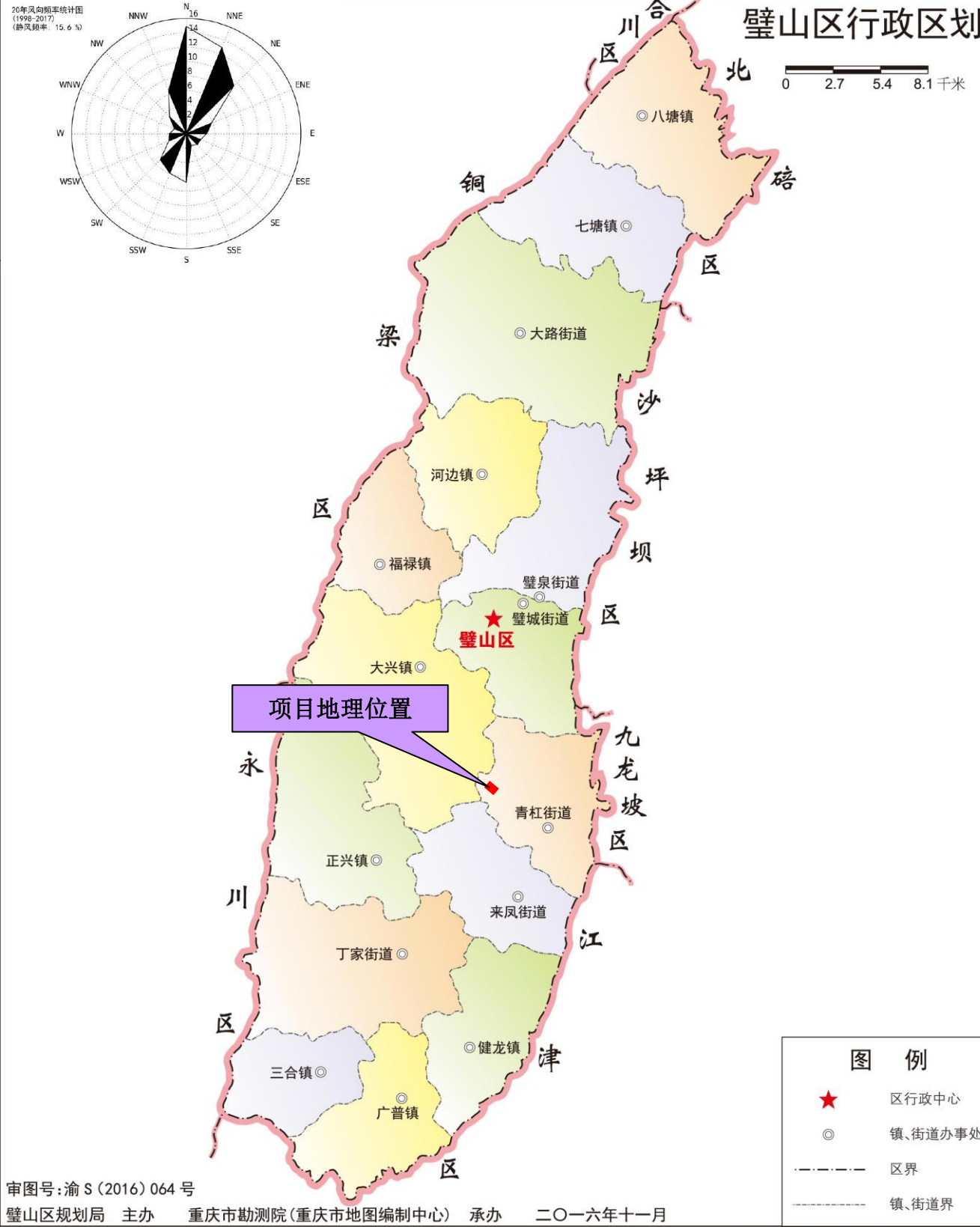
9、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求制订辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

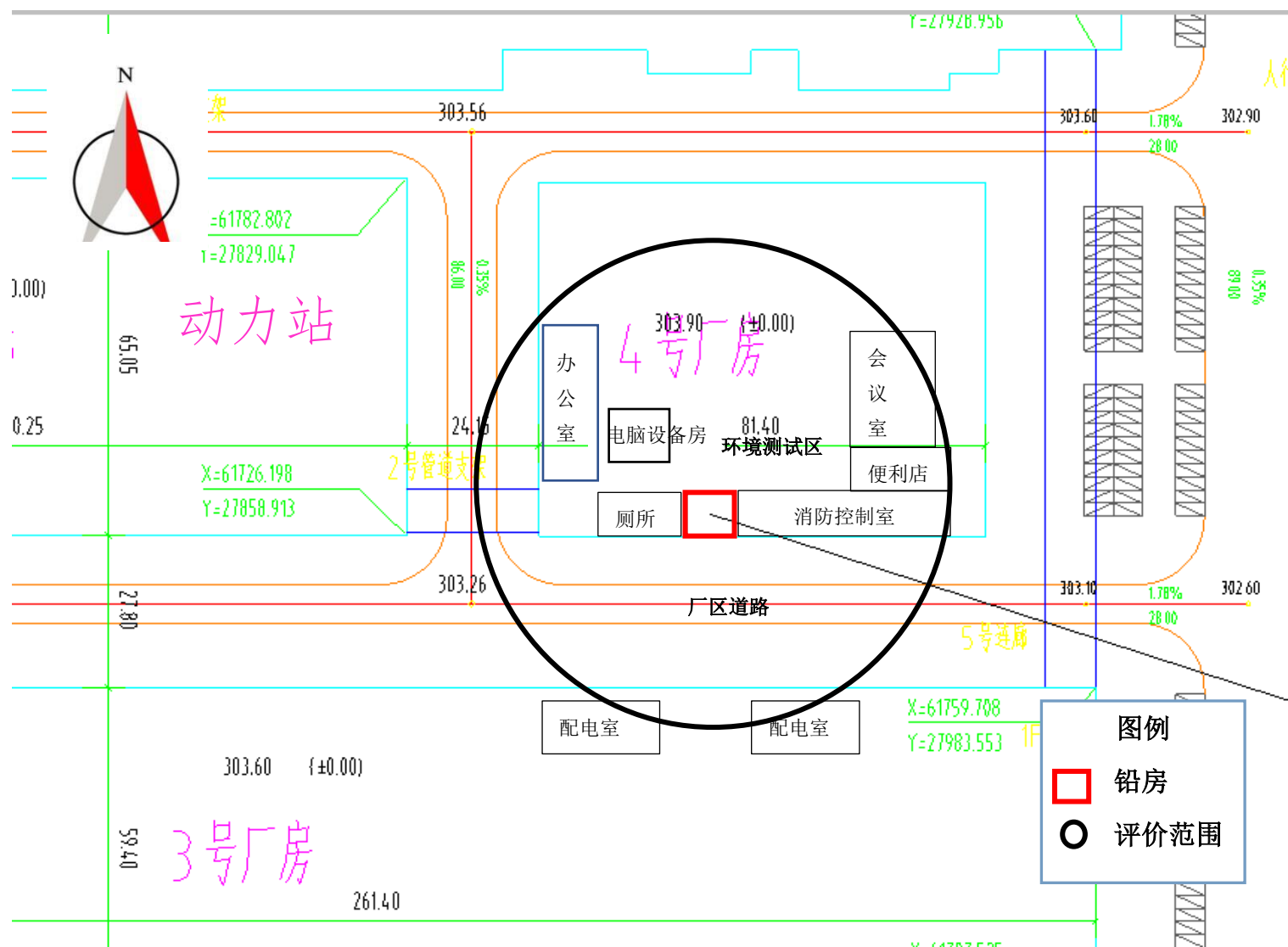
10、项目环保可行性结论

综上所述，重庆弗迪锂电池有限公司在重庆市璧山区青杠街道虎峰大道 8 号现有 4#厂房一楼南侧 CT 室拟实施的重庆弗迪锂电池有限公司电池检测项目，符合国家产业政策，选址和布局合理，在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

璧山区行政区划



附图 1 项目地理位置图



附图 3 项目外环境关系及评价范围图