

核技术利用建设项目

兰州理工大学

工业用 X 射线探伤装置项目环境影响报告表
(报批稿)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

兰州理工大学

工业用 X 射线探伤装置项目环境影响报告表

(报批稿)



建设单位名称：兰州理工大学

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：兰州市七里河区兰工坪路 287 号

邮政编码：730050

联系人：张鹏林

电子邮箱： /

联系电话：13919112896

打印编号: 1660556113000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	o3e10y		
建设项目名称	兰州理工大学工业用X射线探伤装置项目		
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)	兰州理工大学		
统一社会信用代码	12620000438002561J		
法定代表人(签章)	芮执元		
主要负责人(签字)	张鹏林 		
直接负责的主管人员(签字)	张鹏林 		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	甘肃核创环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91620100MA719D89XE		
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
董保林	2015035110350000003509110094	BH022704	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
姜爱庆	全文本编制	BH027478	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		兰州理工大学工业用 X 射线探伤装置项目环境影响报告表				
建设单位		兰州理工大学				
法人代表	芮执元	联系人	张鹏林	联系电话	13919112896	
注册地址		兰州市七里河区兰工坪路 287 号				
项目建设地点		兰州理工大学（兰工坪校区）石化仓库焊接实验室东南角				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		21.0	环保投资 (万元)	2.24	投资比例 10.7%	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<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	/				

1、建设单位简介

兰州理工大学坐落于甘肃省省会兰州市，是甘肃省人民政府、教育部、国家国防科技工业局共建高校，甘肃省首批高水平大学建设高校。中西部高校基础能力建设工程、国家大学生创新型实验计划、教育部卓越工程师计划入选高校，国家国防教育特色学校。是我国首批学士、硕士学位授权高校，是甘肃省第一所具有工学博士学位授予权、第一所设置工学博士后科研流动站的高校。现有 9 个学科门类，涵盖工学、理学、管理学、经济学、文学、法学、教育学、医学、艺术学，工程学、材料科学、化学 3 个学科进入 ESI 排名全球前 1%，土木工程、材料科学与工程、机械工程、控制科学与工程 4 个学科在第四轮学科评估中进入 B 类。有 20 个省级重点学科、4 个国防特色学科方向。有 5 个博士后科研流动站、6 个一级学科博士点、23 个一级学科硕士点，14 个硕士专业学

位类别。

2、核技术应用项目的任务和由来

建设单位设有焊接技术与工程专业，为满足教学需求，2009年5月购入2台XXQ-2005型定向工业用X射线探伤装置，在兰工坪校区原焊接实验室内开展探伤室探伤教学实验。

根据建设单位整体规划，需将原焊接实验室搬至石化仓库焊接实验室（单层建筑），包括用于教学实验的2台工业用X射线探伤装置及其主体工程（铅房）、辅助工程（暗室等）。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号第四次修订，2021年1月4日发布）的规定，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目涉及“第172-核技术利用建设项目——使用II类射线装置”，环评文件形式应为编制环境影响报告表。

为此，建设单位于2022年4月委托甘肃核创环保科技有限公司对其“工业用X射线探伤装置项目”开展环境影响评价工作，见附件1。评价单位通过对本项目进行现场调查，同时委托有资质的第三方社会机构对本项目所处区域开展X/γ辐射剂量率现状监测，在查阅设计资料的基础上，从辐射防护的角度评价项目的可行性，并结合本项目的辐射危害特征，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》（HJ 10.1-2016）的要求，编制了本环境影响报告表。

3、建设项目概述

（1）现有的2台工业用X射线探伤装置环保手续履行情况

①建设项目环境影响评价

建设单位于2014年5月委托原甘肃省核与辐射安全局对现有的2台工业用X射线探伤装置开展了环境影响评价工作，同年12月23号取得了项目环评批复文件（甘环核表〔2014〕57号，见附件2）。

②建设项目辐射安全许可

建设单位在落实项目环评及批复文件提出的辐射安全防护措施、设施等要求后，于2019年6月28日重新取得了甘肃省生态环境厅核发的辐射安全许可证（甘环辐证[A1922]，见附件3）。

③建设项目竣工环保验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）和项目环境影响评价报告表及其批复意见，建设单位于 2015 年 4 月进行了项目竣工环境保护验收，验收组同意项目通过竣工环境保护验收。

（2）本期建设内容

本期利用原有的 2 台工业用 X 射线探伤装置在石化仓库焊接实验室开展探伤室探伤教学。新购入 1 座铅房，固定在石化仓库焊接实验室东南角。

①工业用 X 射线探伤装置

本项目共使用 2 台工业用 X 射线探伤装置，拟固定在铅房内开展探伤教学，连接探伤装置与控制箱的电缆线长度为 25m，探伤装置有延时曝光、训机等固有安全性能。2 台探伤装置由不同的操作系统控制，采取技术措施（给 2 台探伤装置的供电控制柜各增加一个常闭继电器，这两个常闭继电器都由另外一台设备的供电控制柜控制，当一个控制柜处于加电状态，另一台设备的供电控制柜上的常闭继电器即处于开路状态，则该供电控制柜不能给设备通电，反之亦然。）不可同时使用。

本项目探伤装置主要参数见表 1-1。

表 1-1 本项目探伤装置主要参数一览表

装置名称		工业用 X 射线探伤装置
型号		XXG2005
类别		II类
数量		2
输出	X 射线额定管电压	200kV
	X 射线额定管电流	5mA
射线管	焦点尺寸	0.4mm/1.0mm
	材质	玻璃管
辐射角		30°
1m 处的漏射线空气比释动能率 (mGy/h)		≤2.5

使用时出束方向	水平向左
工件距离源点的距离	700mm
工作方式	连续工作
靶头过滤片的厚度及材料	3mm Al
生产厂家	丹东新力探伤机厂
使用场所	石化仓库焊接实验室铅房内

②铅房

2021年4月7日，学院对探伤场所进行了搬迁，搬迁过程中，铅房变形受损，导致无法保证防护效果，因此需重新购入1座铅房。

根据《射线装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》（环保部2018年2月12日）：自屏蔽式X射线探伤装置应同时具备以下特征：①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；②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；③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。由于本项目不满足③，故本项目不属于自屏蔽式X射线探伤装置的范围，应界定为“其他工业用X射线探伤装置”，按照II类射线装置管理。

拟新购的铅房由无锡市赛盾辐射防护科技有限公司生产制造，铅房设计如下：

铅房采用钢-铅-钢夹层结构，用槽钢焊接成铅房型钢框架，各面铅板内外均覆2mm冷轧板后用沉头螺钉紧固在型钢框架内部，各面铅板相互搭接，四周墙角拼接缝及地脚处均采用8mm厚折角铅板做防护，紧固螺钉尾部用铅帽覆盖。铅房内尺寸长2.5m×宽2.0m×高2.2m。铅房各面铅板厚度为：主射面（左面）12mm，右面、顶面、前面、后面均为8mm，底面为10mm。铅门设计手动推拉门，长1.8m×宽0.8m，设计防护厚度为8mmPb+4mm钢板，采用凹凸台迷宫结构保证防护要求。出线口位于铅房右面，通风口位于铅房顶部，出线口和通风口处均采用8mmPb+4mm钢板“L”型防护罩，铅房设计见图1-1所示。

③辅助工程

本项目控制台拟放置在铅房正前方（距离根据电缆线长度调整，以尽可能远离铅房

为宜），无需单独设置控制室。

本项目辅助工程（暗室、洗片室等）拟建设在铅房北侧相邻位置处。

通风口位于铅房顶部，采用轴流风机（设计通风量 150m³/h，换气次数不小于 10 次/h）。建设单位拟在铅房通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出石化仓库焊接实验室屋顶 1m 排放。本项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表 1-2 本项目组成及主要环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	新购 1 座铅房，铅房内尺寸长 2.5m×宽 2.0m×高 2.2m，采用钢-铅-钢夹层结构。铅房各面铅板厚度为：主射面（左面）12mm，右面、顶面、前面、后面均为 8mm，底面为 10mm。铅门设计手动推拉门，长 1.8m×宽 0.8m，设计防护厚度为 8mmPb+4mm 钢板，采用凹凸台迷宫结构保证防护要求。出线口位于铅房右面，通风口位于铅房顶部。铅房内安装使用 2 台型号均为 XXQ-2005 的定向工业用 X 射线探伤装置，额定管电压均为 200kV，额定管电流均为 5mA，出束方向为水平向左，属于 II 类射线装置。	铅房为成套产品，无土建或装修施工影响；X 射线探伤装置调试期间会产生 X 射线和少量臭氧及氮氧化物。	X 射线、臭氧及氮氧化物
辅助工程	控制台（设备自带）；暗室、洗片室等（拟建设在铅房北侧相邻位置处）；通风设施（通风口位于铅房顶部，采用轴流风机（设计通风量 150m ³ /h，换气次数不小于 10 次/h）。出线口和通风口处均采用 8mmPb+4mm 钢板“L”型防护罩。建设单位拟在铅房通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出实验室屋顶 1m 排放）。	暗室、洗片室、通风管道建设期间会产生施工噪声、扬尘、固体废弃物等。	/
公用工程	配电、供电等，两名工作人员生活废水依托建设单位现有污水处理系统，生活垃圾经现有设施收集后，由环卫部门统一清运。		/
办公及生活设施	办公用房（原有）		生活废水，生活垃圾

4、项目区域环境

本项目位于兰州市七里河区兰工坪南街 287 号，区域环境功能主要为科研院校、居民住宅区及社会公共服务场所，项目区域环境见图 1-2。

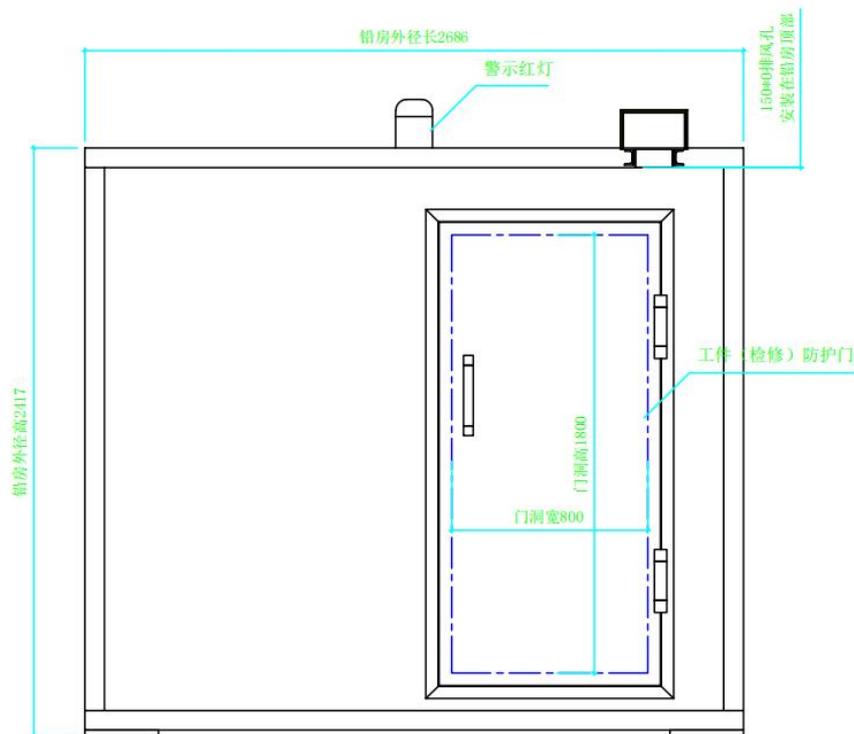
4.1 项目选址合理性

本项目拟建于建设单位兰工坪校区石化仓库焊接实验室，实验室东侧由西向东依次

为机械实验、院区内道路；西侧由东向西依次为院区内道路、兰州理工大学表面工程技术中心；南侧由北向南依次为机械实验室、院区内道路，北侧由南向北依次为院区内道路、原焊接实验室。经现场勘查，评价范围内无固定人员居留场所，本项目通过采取有效的屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的，其四周环境见图 1-3。

4.2 项目平面布局合理性

本项目拟建于建设单位兰工坪校区石化仓库焊接实验室东南角，其东侧 50m 内依次分布有机械实验室、院区内道路；西侧 50m 内依次分布有焊接实验室内部区域（含教室）、院区内道路、兰州理工大学表面工程技术中心；南侧 50m 内依次分布有埋弧焊接工艺室、机械实验室、院区内道路、设计艺术实验室；北侧 50m 内依次分布有焊接实验室内部区域、院区内道路、原焊接实验室；正上方为实验室空间，正下方为土层。综上分析，本项目各功能分区明确，平面布局满足工作要求，有利于辐射防护和环境保护。评价认为本项目平面布局合理。其工作场所平面布局、50m 内环境示意图分别见图 1-4、1-5。



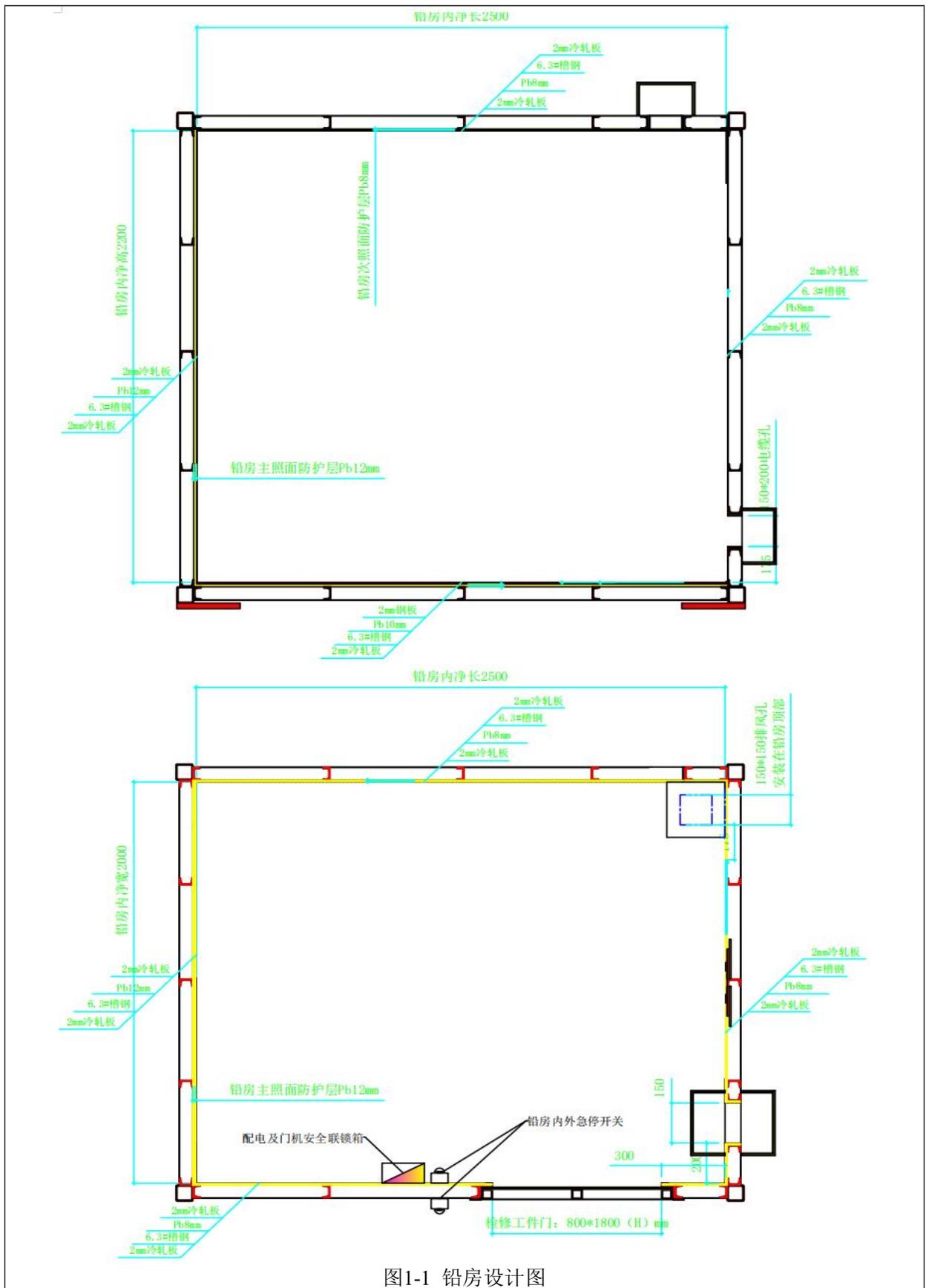


图1-1 铅房设计图



图 1-2 本项目区域环境图



图 1-3 本项目四周环境图

5、与周边环境的相容性分析

本项目拟配置的工作人员产生的生活废水依托建设单位现有污水处理设施，生活垃圾经现有设施收集，由环卫部门统一清运。且本项目建设不占用建设单位消防通道和内部公共设施，与建设单位内部原有布置及周围环境相容。

6、产业政策符合性分析

本项目使用工业用 X 射线探伤装置，属于国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2021 年本）》中鼓励类第十四项“机械”中第 6 条“无损检测设备”，符合国家当前的产业政策。

7、实践正当性分析

X 射线探伤检测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，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果。本项目的开展，是建设单位焊接技术与工程专业不可或缺的教学内容，对培养该领域人才有非常重要的意义，因此，该项目的实践是必要的，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。。

8、评价目的

- （1）对本项目周围区域辐射环境现状进行监测，掌握区域辐射环境本底水平。
- （2）预测项目在运行过程中对工作人员、公众以及周围环境造成的辐射影响。
- （3）评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为环境保护行政主管部门管理提供依据。
- （4）对不利影响和存在的问题提出防治和整改措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。
- （5）通过项目环境影响评价，为建设单位环境和人身保护及辐射环境管理给予技术支持。

9、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

本项目建设性质为改、扩建，是将原探伤项目搬迁，并重新购置铅房。经现场调查及查阅相关资料，原探伤项目运行过程中辐射安全防护设施到位，辐射安全管理落实有

效，项目运行期间区域辐射环境安全，三废去向明确（废显（定）影液、废胶片交由甘肃省危险废物处置中心收储），且无遗留废弃物，未收到相关管理部门整改意见及周边群众投诉事件。

10、建设单位已有核技术利用项目回顾

（1）已有核技术利用项目许可情况

建设单位于 2019 年 6 月 28 日重新取得了甘肃省生态环境厅核发的辐射安全许可证，证书编号为：甘环辐证[A1922]，许可种类和范围为：使用II、III射线装置，有效期至 2024 年 6 月 27 日（见附件 3）。建设单位目前在用射线装置 3 台，射线装置具体情况见表 1-3。

表 1-3 建设单位现有射线装置情况一览表

序号	装置名称	仪器型号	类别	装置数量	活动类别	场所
1	X 射线衍射仪	D8ADVANCE	III	1	使用	石化仓库焊接实验室、重点实验室 X 射线衍射仪实验室
2	X 射线荧光仪	XRF-1800	III	1	使用	石化仓库焊接实验室、重点实验室 X 射线荧光仪实验室
3	X 射线演示仪	FZ692	III	1	使用	石化仓库焊接实验室、西校区 A 馆 210

（2）已有核技术利用项目运行情况

建设单位开展核技术利用项目以来，严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规的要求，积极配合各级环保部门的监督和指导，各项辐射防护设施运行、维护良好，辐射安全与防护相关管理制度健全，并有效落实。

①建设单位成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，并根据现有装置类型制定了相应健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等及辐射事故应急预案；

②建设单位现有的从事辐射工作的人员均通过了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗；

③建设单位开展核技术利用项目以来，严格落实辐射监测方案内容，定期委托有资质的单位进行工作场所防护监测（1 次/年）和个人剂量监测（4 次/年），并建立个人剂量档案，确保了运行期辐射监测工作的要求。经查阅检测报告，已有核技术利用项目运行期间辐射工作场所辐射剂量率及辐射工作人员受到的附加年有效剂量均满足国家相

关标准要求；

④建设单位定期向相关环保部门提交辐射安全与防护状况年度评估报告，环保手续履行良好，辐射安全管理制度相对较完善。经建设单位证实，自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故；

⑤建设单位配备了与辐射类型相适应的便携式 X/γ辐射监测仪、个人剂量报警仪等，确保了辐射工作人员及区域环境安全。

⑥原探伤项目产生的废显（定）影液由建设单位集中收集储存在危废暂存间内，定期交由甘肃省危险废物处置中心回收处置。

11、环保投资一览表

本项目总投资为 21 万元，环保投资 2.24 万，环保投资占总投资比例为 10.7%。

表 1-4 环保投资一览表

名称		设施与器材	投资金额 (万元)
X 射线探伤装置	屏蔽措施	铅房 1 座（新增）	16.8
	安全装置	门机连锁装置 1 套 （铅房自带）	/
		门灯连锁装置 1 套 （铅房自带）	/
		紧急止动装置 2 个 （铅房内、外自带）	/
		视频监控系统 1 套 （铅房自带）	/
		电离辐射警示标志 （铅房自带）	/
		工作状态指示灯声光报警 装置 1 套（铅房自带）	/
	废气处理	通风系统（设备自带，需在 通风口衔接管道并延伸至 室外）	1.41
	检测设备	便携式辐射监测仪 1 台 （利旧）	0
		个人剂量报警仪 2 台 （利旧）	0
		个人剂量计 3 个（含 1 个对照 点）	0.09
	场所检测	工作场所辐射环境检测（每 年）	0.5

	设备维护	对探伤装置的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件（定期，应预留）	1.0
	废显（定）影液、废胶片处理	交由甘肃省危险废物处置中心回收处置	1.2
	环保投资合计		2.24
	本项目总投资		21.0
	环保投资占总投资比例		10.7%

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等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	额定电流 (mA) /剂 量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业用 X 射线探伤 装置	II类	2	XXQ-2005	200	5	探伤教学	石化仓库焊 接实验室	已许可
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方 式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 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
废气	气态	臭氧及氮氧化物	/	/	/	/	/	环境大气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015年1月1日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日重新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》，2021年版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年8月1日修订（国务院第682号令），2017年10月1日起实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（国务院第449号令，国务院第709号令修改）；</p> <p>(7) 《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号原国家环保总局、公安部、卫生部文件2006年9月26日）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号第四次修订，2021年1月4日发布）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，（原环境保护部第18号令）；</p> <p>(10) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》，（原环境保护部发[2008]13号）；</p> <p>(11) 《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，公告2017年第66号，2017年12月6日起实施）；</p> <p>(12) 《甘肃省辐射污染防治条例》，2021年1月1日起施行；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年9月20日公布，2019年11月1日起实施；</p> <p>(14) 《生态环境部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》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月17日起实施；</p> <p>(15) 《甘肃省生态环境厅关于委托开展核与辐射类行政许可工作的通知》（甘环核发〔2019〕8号）；</p> <p>(16) 《甘肃省生态环境厅环境影响评价审批目录（2021本）》（甘环环评发〔2021〕12号）。</p>
------	--

	<p>(17) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年4月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订，自2020年9月1日起施行。</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽设计规范》（GBZ250-2014）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；</p> <p>(11) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001，2013年修订）。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价工作委托书；</p> <p>(2) 其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为II类射线装置使用项目，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》（HJ 10.1-2016）中第 1.5 条“评价范围和保护目标，通常取装置所在场所实体屏蔽物质边界外 50m 的范围”。

根据本项目的辐射特点，确定本次评价范围为铅房屏蔽体外 50m 内的区域，评价范围见图 1-4。

7.2 保护目标

本项目的环境保护目标主要为操作 X 射线探伤装置的职业人员，以及周围其他非辐射工作人员和公众。

表 7-1 环境保护目标一览表

装置	距离 (m)	保护目标	方位	人数	照射类型	剂量约束值 (mSv/a)
工业用 X 射线探伤装置	距离根据电缆线长度 (25m) 调整，以尽可能远离铅房为宜	操作人员	铅房西侧	2 人	职业照射	5
	相邻	机械实验室	铅房东侧	25 人	公众照射	0.25
	相邻	石化仓库焊接实验室内部区域 (学生)	铅房西侧	30 人		
	40m	兰州理工大学表面工程技术中心	铅房西侧	20 人		
	相邻	机械实验室	铅房南侧	25 人		
	35m	设计艺术实验室	铅房南侧	28 人		
	20m	原焊接实验室	铅房北侧	20 人		
	相邻	仓库	铅房东南侧	5 人		
	37m	表面中心	铅房西北侧	16 人		
	45m	动能实验室	铅房西南侧	25 人		
铅房周围 50m 内其他非辐射工作人员和公众						

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

剂量限值

B1.1 职业照射

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理限值。

B1.2 公众照射

a) 年有效剂量，1mSv；本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为管理限值。

2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

4. 工业X射线探伤室探伤的放射防护要求

4.1.3 X射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应满足：

关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h。

4.1.11 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设计规范》（GBZ250-2014）

5.1 探伤室外表面30cm处的剂量率控制值为2.5uSv/h。

4、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

4.3.2 任务相关检测和特殊检测应根据辐射检测实践的需要进行。

5.2.6 在预期外照射剂量有可能超过剂量限值的情况下（例如从事有可能发生临界事故的操作或应急操作时），工作人员除应佩戴常规检测个人剂量计外，还应佩戴报警式个人剂量计或事故剂量计。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

本项目拟建于兰州市七里河区兰工坪南街 287 号，兰州理工大学（兰工坪校区）内，地理位置坐标为 N36.058533，E103.78508”，项目地理位置见图 8-1。



图 8-1 本项目地理位置图

8.2 项目场所位置

本项目拟建于建设单位兰工坪校区石化仓库焊接实验室内，该实验室分布在校区内东侧，四周为建设单位其他学科用房，其场所位置见图 1-2。

8.3 环境质量和辐射现状

本项目评价单位甘肃核创环保科技有限公司于 2022 年 5 月委托甘肃秦洲核与辐射安全技术有限公司对本项目拟建场址及周围进行了辐射环境现状监测。

1、现状监测因子及监测对象

监测因子： γ 辐射剂量率。

监测对象：工业用 X 射线探伤装置拟建场址及相邻区域。

2、监测时间与条件

监测时间：2022 年 5 月 6 日。

环境条件：天气：晴；温度：13~28℃，湿度：39%。

3、监测布点原则及监测点位

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）相关要求，本次检测点位布设遵循覆盖评价范围的原则。结合场所区域环境特征、场所功能布局，在各关注点处进行布点，监测点位见图 8-2。

4、监测使用仪器及测量方法

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源
γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	（HJ 1157-2021）

表 8-2 监测仪器设备一览表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	仪器参数	仪器校准因子	检定单位/证书编号	有效起止日期
1	便携式 X/γ辐射检测仪	AT1120	QZHA-YQ-053	测量范围： 10nSv/h ~ 100mSv/h	0.97	中国计量科学研究院/检定证书编号： DLjl2022-01576

4、监测质量保证

- (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) 监测仪器经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用标准源对仪器进行校验。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，最终由报告签发人签发。

5、环境质量现状监测结果

本项目辐射环境现状检测数据分别见表 8-3。

表 8-3 γ辐射剂量率监测结果 单位 nGy/h

序号	点位描述	测值范围	检测结果
1	石化仓库焊接实验室内（本项目拟建场址区域）	105~111	108±2
2	机械实验室内（本项目拟建场址东侧相邻区域）	104~111	108±2

3	仓库内（本项目拟建场址东南侧相邻区域）	107~112	109±2
4	机械实验室内（本项目拟建场址南侧相邻区域）	105~112	108±2
5	设计艺术实验室入口处 （本项目拟建场址南侧 35m 处）	93.1~96.6	95.2±1.1
6	动能实验室（本项目拟建场址西南侧 45m 处）	104~113	108±3
7	兰州理工大学表面工程技术中心院内 （本项目拟建场址西侧 40m 处）	93.1~100	97.0±2.3
8	表面中心院内（本项目拟建场址西北侧 37m 处）	94.3~96.6	95.4±0.8
9	原焊接实验室内（本项目拟建场址北侧 20m 处）	105~108	107±1
10	院区内道路（本项目拟建场址四周，评价范围内）	93.1~96.6	94.4±1.3

注：检测结果未扣除宇宙射线响应值。

6、监测结果分析

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中“5.5 计算结果”相关要求，经数据处理，得到各测点处的 γ 辐射空气吸收剂量率，由表 8-3 结果可知，本项目拟建场所室内 γ 辐射剂量率检测范围为(104~113)nGy/h，室外为(93.1~100)nGy/h，与《2020 年全国辐射环境质量报告》公布的甘肃省空气吸收剂量率自动监测站点年均值范围（92.6~98.2）nGy/h 相比，无显著差异。同时对比《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》中的甘肃地区的背景资料，相比较（建筑室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围值约（33.5~167）nGy/h，建筑室外 γ 辐射空气吸收剂量率范围值约为（20.1~130）nGy/h，无显著差异。

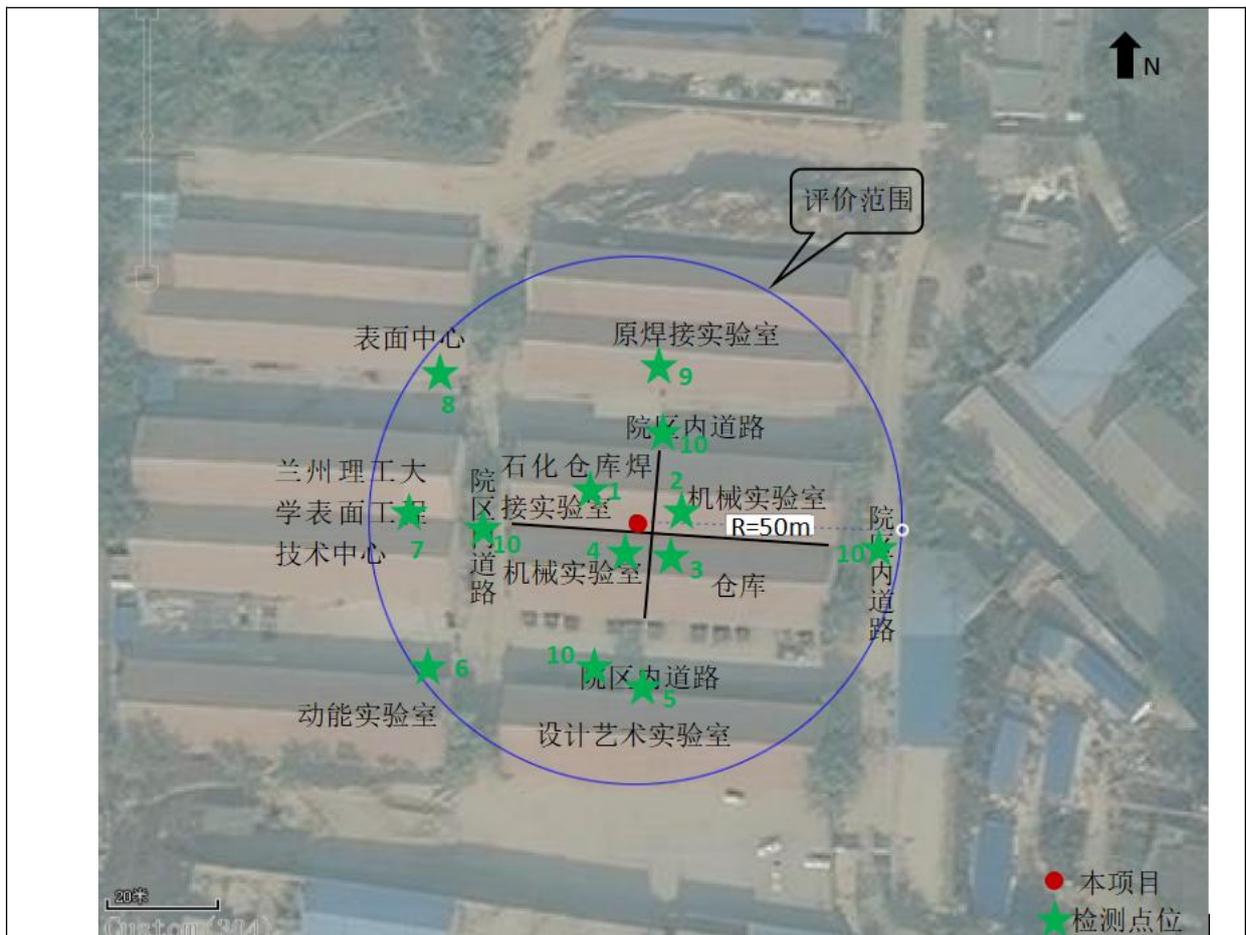


图8-2 现场检测点位示意图

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

(1) 工作原理

X射线探伤机是利用X射线对物件的强穿透力进行透射的无损检测装置，它利用射线透过物体时会发生吸收和散射这一特性，通过测量材料中因裂缝存在影响射线的吸收来探测裂缝存在。X射线管产生的X射线对受检工件焊缝处所贴的X射线感光片进行照射，射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，显影后的胶片将产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X射线探伤机就据此实现探伤目的。根据胶片上有裂缝部位与无裂缝部位黑度图像的差异对比可判别出裂缝的种类、数量和大小。

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

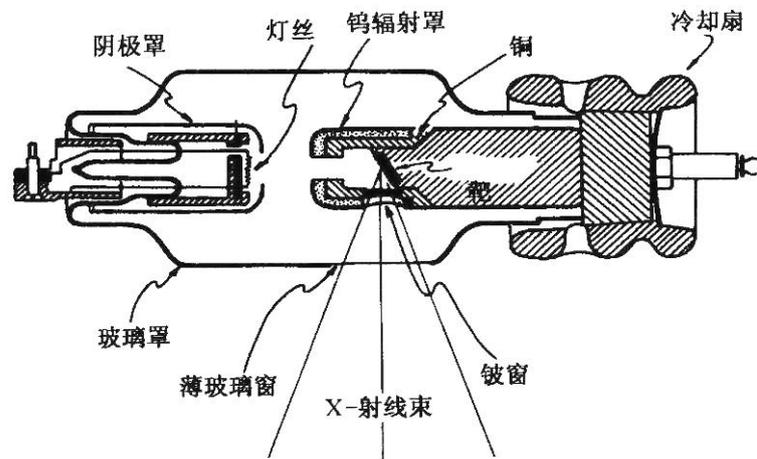


图9-1 典型的X射线管结构图

(2) X射线探伤机结构组成

X射线探伤机主要由控制器、X射线发生器、电源电缆及附件等组成。

控制器采用了先进的微机控制系统，可快速调压，可逆变控制及稳压、稳流，工作稳定性好，运行可靠。控制器为手提箱式结构，控制面板设置操作按钮和显示窗口，并

配备电缆插座、源开关及接地端子的插座盒。

X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器与绝缘体一起封装在桶装套内组合组成。X 射线发生器一端装有风扇和散热器，并配备表征探伤机系统处于工作状态的警示灯。X 射线管、屏蔽套及附件总称管头组装体。

(3) 工作流程

①训机

训机场所与探伤场所一致，周期为每次探伤作业前，探伤机长期不用时，每月至少 1 次，训机期间应落实探伤作业时的相关辐射安全与防护措施。

- a) 接通电源；
- b) 指示灯提示训机程序；
- c) 调节训机目标管电压；
- d) 自动训机（30min/次）；
- e) 训机结束。

②探伤教学

经咨询，学院为更加逼真的模拟探伤作业，采取的探伤操作流程与真实的探伤作业无显著差异，具体如下：

- a) 进行探伤作业前的准备工作。根据探伤规范要求，算出曝光时间、焦距、确定焦点位置。
- b) 当电源电压正常时，调节千伏选择按钮，调整到需要的数值；调节时间按钮，选择需要的曝光时间，准备进行下一步骤。
- c) 将工件运至探伤室，摆放在作业平台上。将探伤室的无关人员进行清场、检查，确认探伤室内无人后，关闭防护门，启动曝光操作。X射线发生器开始工作，向外辐射 X 射线。
- e) 曝光结束，仪器自动切断高压，停止出束。开启防护门，进行取片等工作。X 射线探伤的工艺流程及产污环节图见图9-2。

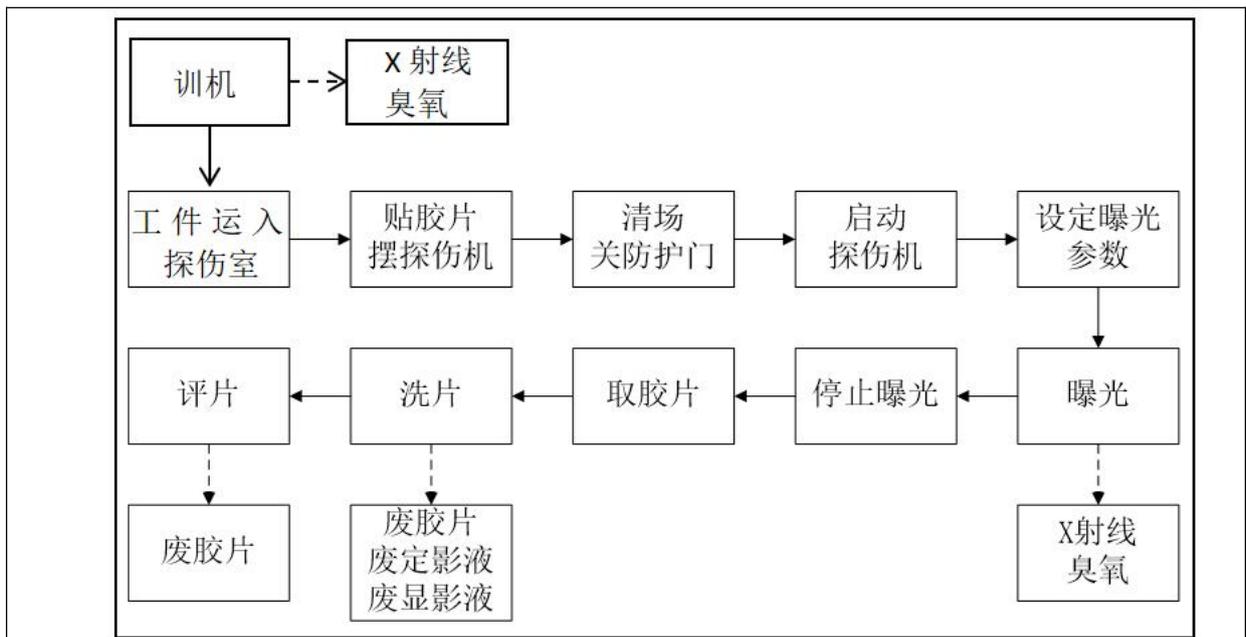


图 9-2 操作流程及产污环节图

9.2 污染源项描述

1、建设施工期

①铅房及配套设备安装施工

本项目施工期主要为整体式铅房及附属设备的安装铺设、衔接通风管道并延伸至房顶工作，施工较为简单。上述工作均由铅房生产厂家完成。在施工过程中会产生施工噪声、施工固废、施工废水等，其工艺流程及产污环节如图 9-3 所示。

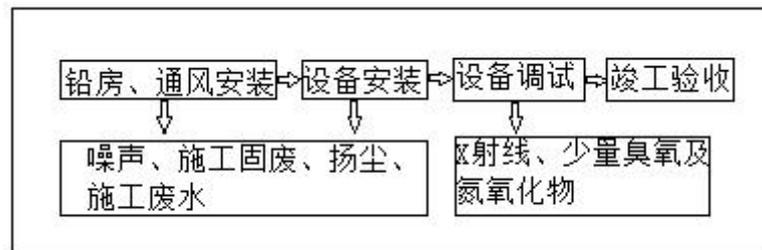


图 9-3 项目施工期工艺流程及产污环节图

②射线装置安装、调试

本项目 X 射线探伤装置安装和调试均由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，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，在铅房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近，人员离开时铅房需上锁。

2、X 射线探伤装置

由本项目工作原理、工艺流程可知，本项目 X 射线探伤装置在运行阶段的环境污染问题为：

①正常工况

a) X 射线

X 射线探伤装置开机工作时，通过高压发生器和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线，本项目产生的 X 射线能 量最大为 200kV。不开机状态不产生辐射。

b) 臭氧和氮氧化物

X 射线探伤装置在开机出束状态下发出的 X 射线会使铅房内空气电离产生臭氧和氮氧化物。

c) X射线机拍片后需要评片、洗片，由于使用胶片感光显影，除了电离辐射，还会产生废显影液、废定影液和废胶片等感光材料废物，这些废物被列入国家危险废物名录编号为HW16感光材料废物。感光材料废物中主要含有硫酸对甲氨基苯酚（米吐尔）、溴化物、亚铁氰化钾、醋酸铅、重铬酸钾等有害成份。如果利用处置不当，或随意排放将会对土壤、水体和人类健康造成较大污染危害。当感光材料废物中的危险废液进入下水道，很快使其中的氧和阳光发生互相作用，使污水变黑，甚至发生化学反应，产生二次污染物，加重对环境的污染。

2 名工作人员为建设单位已有职工，不新增生活废水和生活垃圾。

②事故工况

a) 门机联锁装置发生故障或失效，铅门未关闭开机出束导致射线泄露，造成铅门外人员受到意外照射。

b) 意外开机事故：调整工件位置时，由于信号误传，导致探伤装置启动并出束，产生X射线，使铅门处的操作人员受到意外照射。

c) 维修期间，设备意外出束，造成维修人员受到意外照射。

d) 产生的感光材料废物处置不当或随意排放，对土壤、水体和人类健康造成污染危害。

9.3 人员配备、操作时间

(1) 人员配备

本项目共配备2名工作人员，其中1人为原探伤工作人员，另外1人拟新增。

(2) 操作时间

探伤机年最大曝光次数 50 次，单次训机时间 0.5h，单次最大曝光时间 3min，每个工件探伤不超过 3 次，则年曝光时间最大为 32.5h。

表9-2 本项操作方式、人员配备等一览表

对象	操作工序	人员配备	操作方式	操作时间
工业用 X 射线探伤装置	探伤室探伤	共配置 2 名工作人员同时操作	远程控制	年最大探伤 50 次，单次最大曝光时间 3min，年曝光时间最大为 32.5h

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局

(1) 工业用 X 射线探伤装置工作场所布局

该设备建设在配备的铅房内，铅房安装在石化仓库焊接实验室内，铅房东侧、南侧均为机械实验室；西侧、北侧为石化仓库焊接实验室内部区域；正上方无建筑物，地下为土层，工作场所平面布局见图 1-4。

10.1.2 分区原则和区域划分情况

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求：建设单位应把辐射工作场所分为控制区和监督区，并实行两区管理制度。监督区在工作期间禁止无关人员入内，并设置明显的电离辐射警示标志，以便于辐射安全管理和职业照射控制。

控制区：该区域内需要或可能需要专门防护手段或安全措施，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。控制区的进出口及其他适当位置应设置醒目的电离辐射警告标志。

监督区：该区域通常不需要专门防护手段或安全措施，但需经常对职业照射条件进行监督和评价。

表 10-1 本项目区域划分情况一览表

对象	控制区	监督区
X 射线探伤装置	铅房内	铅房相邻位置

本项目辐射工作场所“两区”划分示意图见图 10-1。



图 10-1 本项目辐射工作场所“两区”划分示意图

10.1.3 辐射安全及防护措施

(1) 实体屏蔽措施

表 10-2 铅房实体屏蔽设计表

项目		设计厚度、材质
铅房	左面	12mmPb
	右面、顶面、前面、后面	8mmPb
	底面	10mmPb
	铅门	8mmPb
	通风口、出线口	8mmPb+4mm 钢板“L”型防护罩

(铅密度： 11.3kg/m^3)。

(2) 设备固有安全性

本项目使用的 X 射线探伤装置购置于正规生产厂家，其固有的安全性见表 10-3。

表 10-3 本项目 X 射线探伤装置固有安全性能一览表

对象		技术要求
X射线探伤装置	远程控制	控制器与X射线管头或高压发生器的连接电缆长25m。
	控制台	设有钥匙开关，探伤装置自带钥匙开关，只有在打开控制

	台钥匙开关后，X射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。
	设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告标识。
	设置有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。
	设置有高压接通时的外部报警或指示装置。
	控制箱自带有紧急停机开关，如果误开机，能够及时的按下停机开关。

(3) 拟采取的辐射安全及防护措施

① 警示标志

铅房外明显处设置符合 GB18871-2002 附录 F 要求的电离辐射警示标志。

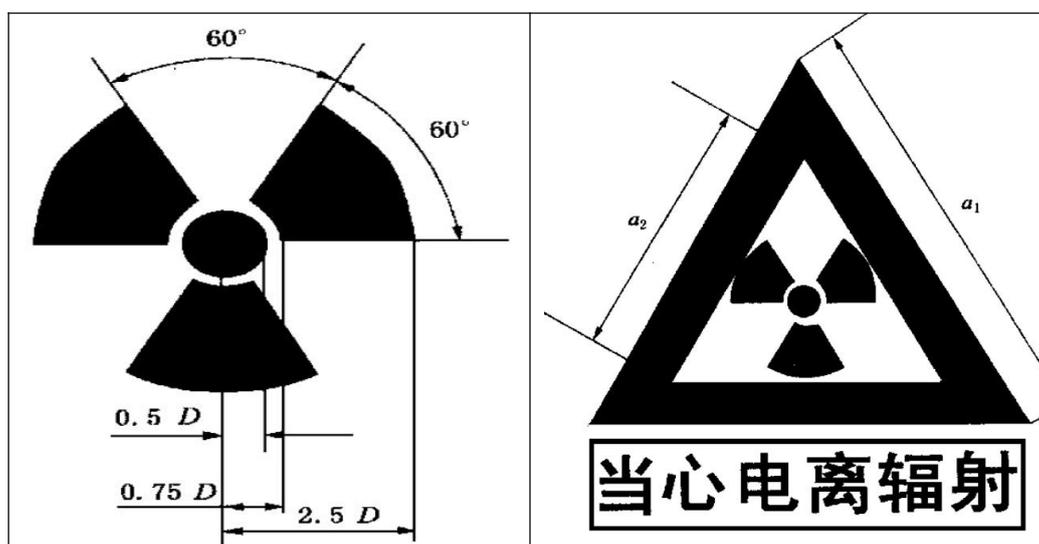


图10-3 电离辐射警示标志示意图

② 状态指示灯和声光报警装置

铅房正上方设计显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。铅房外醒目位置处设计清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。在射线装置准备出束时，铅房外警示灯处于闪烁状态，且启动声音报警装置，提醒周围人员注意防护。

③ 视频监控装置

铅房内安装视频监控装置，显示屏悬挂在电弧焊接实验室墙体上，监控探头位于铅房内墙角上，保证铅房内无死角观察，工作人员通过显示屏查看铅房内的全部情况。

④ 通、排风设施

铅房正上方设计安装通、排风设施，开机出束时铅房内产生的臭氧及氮氧化物经通、排风设施排放至环境空气，确保臭氧及氮氧化物的扩散。铅房通、排风口位置具有与同侧屏蔽体相同的屏蔽能力。

⑤安全联锁装置

门机联锁：铅房屏蔽铅门与高压控制器联锁；当屏蔽铅门关紧后，系统才能启动探伤，否则处于断电状态不能启动。系统的高压电源未关闭，屏蔽门不能被打开。

灯机联锁：在铅房外安装有显示工作状态的警示灯，并与探伤装置联锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业，提醒正在进行探伤作业。

⑥紧急止动装置

控制台自带紧急止动装置，铅房内、外各设计安装 1 个紧急制动装置，在发生意外时，按下紧急止动装置可立即切断高压电源，X 射线探伤装置停止出束。

⑦钥匙控制

探伤装置自带钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

⑧辐射剂量监测装置

辐射工作人员探伤作业期间佩带个人剂量计，同时佩戴个人剂量报警仪。

已配备 1 台具有报警功能的便携式 X- γ 辐射剂量率仪，以便掌握探伤作业进行时铅房周边的辐射剂量率。

⑨电缆、管道进出口

铅房出线口和通风口处采用“L”型防护罩，设计厚度及材质为 8mm 厚铅板+4mm 厚钢板。

⑩两区划分管理：将铅房墙壁围成的内部区域划为控制区，可在该区域入口处粘贴醒目的“控制区”红色字样；与墙壁外部相邻区域划为监督区，可采用黄色线条对该区域进行围框，并标识清晰可见的“监督区”黄色字样，必要时探伤作业期间派员值守。

⑪为学生配备直读式个人剂量计；

⑫建设单位配备的技术操作人员经过专业知识培训，经考核合格后上岗。操作人员应严格按照操作规程等相关规章制度作业。

综上所述，本项目通过设备自身的辐射防护屏蔽设计、设备固有安全性及工作场所合理布局、区域划分、安全联锁装置、紧急止动开关、视频监控装置、安全警示标志等辐射防护措施进行辐射安全防护，能够满足辐射防护要求。

(4) 人员辐射安全措施

①辐射工作人员

辐射工作人员主要为 X 射线探伤装置的操作人员。主要从以下几方面采取防护措施：

a) 个人剂量监测：探伤作业期间操作人员应配个人剂量报警仪和个人剂量计。

佩戴要求：个人剂量计应在胸前佩戴，个人剂量报警仪应保持开机状态。

当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量报警仪会发生声光报警，提醒工作人员注意安全。个人剂量计用于记录受照剂量，建设单位应定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

b) 人员培训：辐射工作人员应在上岗前参加辐射安全与防护培训，并考核合格持证上岗。在辐射工作人员上岗前，建设单位应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

②铅房周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽体等屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在铅门外张贴明显可见的电离辐射警告标志，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

10.1.4 辐射安全防护设施对照分析

本项目采取的辐射安全防护设施、措施进行对照分析，见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	具体要求	本项目实际情况
铅房屏蔽设计	铅房（包括辐射防护墙、门等）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射效应。铅房的设计应有有资质的单位承担	铅房的生产厂家为无锡市赛盾辐射防护科技有限公司，该设计满足 X 射线屏蔽要求
门机连锁	铅房屏蔽铅门与高压控制器应连锁	铅房自带
照射状态指示装置与 X 射线探伤装置连锁	应在铅房外安装显示工作状态的警示灯，并与探伤装置连锁	铅房自带
紧急止动装置	操作台上、铅房内易于接触的地方应设置紧急停止开关并有中文标识	操作台、铅房自带
视频监控系统	铅房内安装 1 套实时视频监控系统，视频探头安装在铅房内，能拍到铅房内探伤装置的工作情况，保证铅房内各个地方都能拍摄到，不留死角	铅房自带

钥匙控制	应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。	设备自带钥匙控制装置
电离辐射警示标志	铅房外明显处设置电离辐射警示标志	铅房自带
通风系统	根据铅房空间大小、X射线机的管电压和管电流、以及探伤作业时间，铅房内应设置相应排风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求	通风系统铅房自带，需在铅房通风口衔接管道并延伸至高出实验室顶部 1m 排放
入口处状态指示灯和声光报警装置	铅房门口设计显示预备和照射状态的指示灯和声音提示装置。且铅房外醒目位置处设计清晰的对预备和照射信号意义的说明。在射线装置准备出束时，铅房外警示灯处于闪烁状态，且启动声音报警装置，提醒周围人员注意防护。	铅房自带
监测设备	配备 1 台便携式辐射监测仪，配备与辐射工作人员数量匹配的个人剂量计和个人剂量报警仪	已有
应急物资	灭火器材等	已有

建设单位按照表 10-4 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

10.2 三废的治理

建设单位拟在暗室内划定危废暂存区域。为加强防护废液泄露等造成区域环境污染，将划定的危废暂存区域根据《危险废物贮存污染控制标准》G（B18597-2001，2013 年修订）相关规定进行防渗处理（渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-10} \text{cm/s}$ ）。收集后的危险废物定期委托甘肃省危险废物处置中心定期回收处置。

（1）废水

根据建设单位提供的资料，本项目X射线机探伤活动每年产生废显影液、废定影液合约8L。根据国家危险废物名录中的危险废物划分类别，废显影液、废定影液属于感光材料废物，其危废编号为HW16。清洗胶片时产生的清洗废水中含有AgBr和显影剂及氧化物，其浓度极低。

目前，建设单位将清洗胶片时产生的清洗废水依托院区污水处理设施处理达标后排入污水管网，最终经当地污水处理厂进行达标处理排放。将废显（定）影液集中暂存，委托甘肃省危险废物处置中心定期回收（见附件4），不外排。

经评价，建设单位采取的废水处理措施符合管理要求，具体如下：①废显（定）影

液分别收集，塑料桶密封，塑料桶具有防渗、防水和防腐的效果，与危险废物不产生化学反应；②塑料桶设固定地点存放，便于管理。存放塑料桶的位置地面进行了防渗处理，地面耐腐蚀、表面无裂痕，地面和裙角要用坚固、防渗的材料建造；③存放容器的位置远离洗片室的冲洗池，避免胶片冲洗水流入；④在塑料桶表面张贴危险废物标志，并建立危废台账。

（2）固废

根据建设单位提供的资料，本项目X射线机探伤活动每年产生废胶片2kg左右。X射线探伤机拍片后需要评片、洗片，会产生废胶片等感光材料废物，这些废物被列入国家危险废物名录编号为HW16感光材料废物。

目前，建设单位将产生的废胶片集中暂存，委托甘肃省危险废物处置中心定期回收，不乱丢弃。

经评价，建设单位采取的固废处理措施符合管理要求，具体如下：①收集废胶片的容器外表面标有危险废物警告标志；②建立危废台账；③固体废物不随意丢弃。

（3）废气

X射线能造成空气电离从而产生少量臭氧及氮氧化物，由于臭氧产生量小、容易分解为氧气，且铅房内安装通风系统，产生的废气不会累积，且能达标排放。

本项目铅房顶部设有通风口，采用轴流式风机通风（设计通风量 150 m³/h，换气次数不小于 10 次/h），通风口采用 8mmPb+4mm 钢板“L”型防护罩进行屏蔽防护，建设单位拟在铅房通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出石化仓库焊接实验室屋顶 1m 排放。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目铅房为成品，还需建设暗室、连接通风管道至室外等工作，剩余工作施工较为简单。上述工作均由铅房生产厂家完成。在施工过程中会产生施工噪声、施工固废、施工废水等，施工单位应合理安排好施工时间，确保施工场界噪声规定要求；施工所产生的少量生活废水和施工废水经已有处理系统排入城市污水处理管网；所产生的少量建筑废渣等由施工单位带走。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 运行前对环境的影响程度的理论估算

本项目 2 台 X 射线探伤装置最大管电压均为 200kV、管电流均为 5mA，探伤装置使用时均摆放在铅房右侧离墙 0.1m 处。本次采用理论计算的方法验证铅房的屏蔽能力。X 射线探伤装置平面布置见图 11-1。

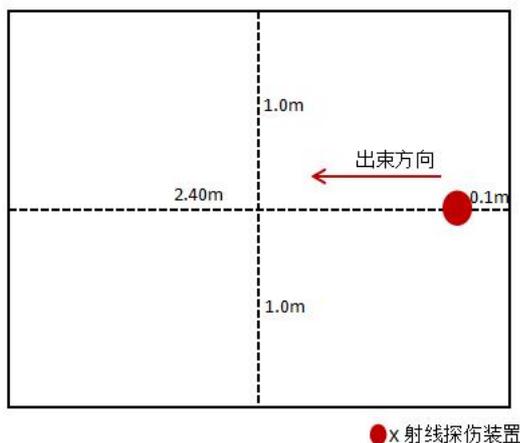


图 11-1 探伤装置平面布置图

《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）中第 3.2.1 条要求“相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射”，本项目 X 射线探伤装置在铅房内工作时主照射方向为水平定向朝左，故在屏蔽估算时，被主照射方向照射的墙体主要考虑主射线的影响，其他方向铅墙体主要考虑散射线及漏射线的影响。由于铅房底面安装在地槽中，铅房正下方为土层，故本次不对铅房底面进行剂量估算。

本项目 2 台 X 射线探伤装置在铅房内使用时安装在铅房右侧离墙 0.1m 处，距离铅房左侧墙体的距离 2.4m，距离铅房右侧墙体的距离 0.1m，距离铅房前面、后面的距离

均为 1m，距离顶面的距离 2.2m。铅门位于铅房前面，设计铅厚度与铅房前面墙体相同，经计算如果铅房前面墙体厚度满足要求，则铅门设计厚度也满足要求。按其额定管电压、管电流 200kV/5mA 的工作状态保守估算，输出量取 200kV 管电压下 3mmAl 的过滤板下的输出量，取值 $8.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $5.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；TVL 查附表 B.2 得到（200kV 时，铅的 TVL 为 1.4mm）。

(1) 屏蔽体外剂量估算

对于给定屏蔽物质厚度，相应的辐射屏蔽透射因子按下式计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (\text{公式11.1})$$

式中：

X—给定屏蔽物质厚度，mm；

TVL—半值层厚度。

①有用线束关注点处剂量率按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{公式11.2})$$

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，取值5mA；

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 ；

R—辐射源至关注点的距离。

②泄露辐射关注点处剂量率按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{公式11.3})$$

式中：

\dot{H}_L —距靶1m处X射线管组装体的泄露辐射剂量率， $2.5 \times 10^3 \text{uSv/h}$ ，见 GBZ/T250-2014表1。

③散射辐射关注点处剂量率按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{公式11.4})$$

式中：

F—R₀处的辐射野面积，0.13m²；

α—散射因子，取值0.0019，见GBZ/T250-2014附录B表B.3；

R₀—辐射野距探伤工件的距离，0.7m；

R_s—散射体至关注点的距离，m。

由公式 11.1、11.2 对铅房有用线束墙体（左侧墙体）外的剂量进行估算，估算结果见表 11-1。

表 11-1 铅房屏蔽体外辐射剂量估算参数及估算结果

墙体	距离 (m)	透射因子	设计厚度 (铅板 mm)	剂量率 (μ Sv/h)
铅房左面 墙体外 30cm 处	2.716	2.68E-09	12	9.71E-04

由公式 11.3、11.4 对铅房次屏蔽墙体外的泄露辐射和散射辐射剂量进行估算，估算结果见表 11-2。

表 11-2 铅房次屏蔽墙体外泄露辐射和散射辐射剂量估算参数及估算结果

墙体		距离 (m)	透射因子	设计厚度 (铅板 mm)	剂量率 (μ Sv/h)	总剂量 (μ Sv/h)
铅房右 面墙体 外 30cm 处	泄露 辐射	0.412	1.93E-06	8	2.84E-02	4.37E-02
	散射 辐射				1.53E-02	
铅房前 面（含铅 门）、后 面墙体 外 30cm 处	泄露 辐射	1.312	1.93E-06	8	2.80E-03	4.31E-03
	散射 辐射				1.51E-03	

铅房顶部外 30cm 处	泄露 辐射	2.212	1.93E-06	8	9.86E-04	1.52E-03
	散射 辐射				5.31E-04	

由表 11-1、11-2 可知，铅房屏蔽墙体外表面 30cm 处的剂量率均低于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）规定（距屏蔽体外表面 30cm 处剂量率当量率参考控制水平： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ）的要求。

11.3 职业人员和公众年有效剂量估算结果

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{E,r} = D_r \times t \times 1 \times 10^{-6} \text{ mSv} \quad (\text{式 11.3})$$

式中： $H_{E,r}$ ——X 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

D_r ——X 射线空气吸收剂量率，nGy/h；

t——年照射时间，小时；

1——剂量换算系数，Sv/Gy。取 1.0

本项目共配备 2 名工作人员同时操作。项目建成运行后年最大曝光次数 50 次，单次训机时间 0.5h，单次最大曝光时间 3min，每个工件探伤不超过 3 次，则年曝光时间最大为 32.5h。本项目操作台位于铅房正前方，假设操作台与铅房相邻，铅房周围公众活动密集，工作人员和公众所接受的附加年有效剂量按照最不利的情况考虑，取铅房外表面 30cm 处的最大剂量率进行估算。

表 11-3 本项目工作人员及公众受到的附加年有效剂量估算结果一览表

关注人群	点位	辐射剂量率 (nSv/h)	时间 (h/a)	居留因子	年剂量 (mSv/a)	管理限值 (mSv/a)
职业人员	铅房正前方 操作位	4.31	32.5	1	1.40E-04	5
非辐射工作人员、公众	铅房四周	43.7	32.5	1/4	3.55E-04	0.25

由表11-3可知，本项目建成运行后对工作人员及公众造成的附加年有效剂量分别为 $1.40 \times 10^{-4} \text{ mSv}$ 、 $3.55 \times 10^{-4} \text{ mSv}$ ，满足职业人员年有效剂量不超过5mSv和公众人员年有效剂量不超过0.25mSv的剂量约束值要求。

本项目拟配备2名辐射工作人员，其中1人为原探伤工作人员，探伤机运行期间1个完整年的个人剂量检测结果见表11-4。

表 11-4 本项目拟配备工作人员近一年个人剂量检测结果一览表

姓名	佩戴周期				年有效剂量 (mSv)
	2020.1.26~ 2020.4.26	2020.4.27 ~2020.6.2	2020.6.3~2020.8 .27	2020.9.4~ 2020.12.4	
张鹏 林	0.015	0.035	0.035	0.04	0.125

由表11-4检测数据可知，探伤机运行期间，原有探伤工作人员1个完整年受到的附加年有效剂量为0.125mSv，可继续从事本工作。由前文可知，本项目2名工作人员同时操作，根据原探伤工作人员个人剂量检测结果可推断，在正常情况下，拟新增的工作人员受到的附加年有效剂量也满足不超过5mSv的剂量约束值要求。

本项目用于实验教学，因此探伤期间该场所内除射线装置操作人员外，还有学生，以最不利情况考虑，假设学生参与探伤操作，其距离射线源的距离与本项目工作人员完全一样，由表11-3可知，学生受到的附加年有效剂量最大为 1.40×10^{-4} mSv，满足不超过0.25mSv的剂量约束值要求。

11.4 非辐射环境影响分析

(1) 臭氧、氮氧化物

由于空气在射线电离作用下会产生臭氧和氮氧化物等有毒有害气体，其中以臭氧的危害最大。臭氧是强氧化剂，很不稳定，在常温下不断地转变成氧，或与其它材料和空气中的杂质产生化学反应，其有效分解时间与房间大小、室内材料、温度、空气中的杂质及臭氧浓度有关；强辐射照射过程中，氮氧化物产生份额相对较小，对周边环境影响较小。

①通风设施

本项目铅房顶部设有通风口，采用轴流式风机通风（设计通风量 150 m³/h，换气次数不小于 10 次/h），通风口采用 8mmPb+4mm 钢板“L”型铅防护罩进行屏蔽防护，建设单位拟在铅房通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出实验室屋顶 1m 排放。铅房体积为 11m³，风量设计为 150m³/h，能够满足“通风换气次数应达到不小于 3 次/h 的要求”。臭氧及氮氧化物通过排风系统进入大气环境，经稀释分解后，其浓度低于 0.20mg/m³ 的环境空气二级标准的臭氧浓度限值，不会对环境造成危害。

②通风效果分析

a) 铅房内通风效果分析

在开机出束时,会产生少量的有害气体,主要是臭氧和氮氧化物;其中臭氧的毒性最大,产额最高;氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3,且危害较臭氧小,因此,本次评价仅对臭氧进行预测评价。只要臭氧能够达到标准,氮氧化物(限值高)也能达标。

辐射所致有害气体以 O₃ 为主,在考虑通风情况下,空气中 O₃ 的平衡浓度由下式估算:

$$C = Q_0 \times T_V / V \quad (\text{公式 11.10})$$

式中: C—室内臭氧浓度 mg/m³;

Q₀—臭氧产额 mg/h;

T_V—臭气有效清除时间 h;

V—铅房空间体积 m³;

铅房内的 O₀ 产额由下式估算:

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} D_0 SRG \quad (\text{公式 11.11})$$

$$T_V = \frac{t_v \times t_a}{t_v + t_a} \quad (\text{公式 11.12})$$

式中: Q₀—臭氧产率 mg/h;

D₀—射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m²/h;

S—射束在距离源点 1m 处的照射面积,m²;

R—靶距屏蔽室壁的距离,(距主屏蔽墙的距离);

G—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数,本项目取 10;

t_v—每次换气时间 h;

t_a—臭氧分解时间,取值为 0.83h。

根据以上关系式,结合本项目铅房的几何尺寸,估算结果为:铅房内臭氧产率为 0.015mg/h,需保持室内通风在 3 次/小时;若每次换气时间为 5 分钟,则铅房内的臭氧浓度为 0.0011mg/m³,符合室内臭氧平衡浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值化

学有害因素》（GBZ 2.1-2019）控制 MAC（最高容许浓度）限值 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 。臭氧通过排风系统进入大气环境，经稀释分解后，其浓度低于 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 的环境空气二级标准的臭氧浓度限值，不会对环境造成危害。同时也符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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”的相关要求。

11.5 事故影响分析

（1）环境风险识别

根据本项目探伤装置的工作原理可知，只有探伤装置运行时才会产生 X 射线，其运行期间最大可能发生的事故有：

①探伤装置在运行时，由于门机连锁、门灯连锁等安全连锁装置失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到屏蔽体外，给周围活动人员造成不必要的照射。

②探伤装置在检修、维护等过程中，检修维护人员在设备未断电的情况下进行检修，或者因为检修维护人员误操作打开 X 射线发生器，使其出束照射，同时由于维修时铅门开启，导致维修人员及周围活动人员造成不必要的照射。

（2）事故工况辐射影响分析

①安全连锁装置失效，致使周围活动人员意外受到照射

a、事故情形

假设 X 射线探伤装置以工况（200kV、1mA）运行，则主射束方向上距靶 1m 处的 X 射线剂量率为 $8.9\text{mGy}/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

b、假设门机连锁、门灯连锁等安全连锁装置失效，铅门未关闭，铅门外的人员未采取任何其他屏蔽措施，此时人员距靶 1.312m；

c、鉴于设备控制台上“急停开关”，只要人员按下此开关就可以停机，假定误照射事故持续照射时间为 1min。

d、剂量估算结果

在上述事故情景假设条件下，根据公式 11.9 计算得单次照射下受照剂量最大为 4.31mSv 。

②探伤过程中声光报警装置失效，致使周围活动人员意外受到照射

a、事故情形

假设 X 射线探伤装置以工况（200kV、5.0mA）运行，由表 11-1 可知铅房屏蔽体外周围剂量当量率最大为 $4.37 \times 10^{-2} \text{uSv/h}$ ；

b、假设探伤过程中声光报警装置失效，公众人员滞留在监督区，此时人员距靶最近为 0.412m，单次探伤曝光时间最长为 3min；

c、剂量估算结果

在上述事故情景假设条件下，根据公式 11.9 计算得单次照射下受照剂量最大为 $2.19 \times 10^{-6} \text{mSv}$ ，远小于 GB18871-2002 中特殊情况下公众 5 个连续年的年平均剂量限值（1mSv）。

依据《甘肃省人民政府办公厅关于印发甘肃省辐射事故应急预案的通知》（甘政办发〔2022〕13 号）事故分级要求，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，见表 11-4。

表 11-4 辐射事故分级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I、II类放射源丢失、被盗、失控并造成大范围严重辐射污染后果；放射性同位素和射线装置失控导致 3 人及以上急性死亡；放射性物质泄漏,造成大范围辐射污染后果。
重大辐射事故	I、II类放射源丢失、被盗、失控；放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾；放射性物质泄漏,造成较大范围辐射污染后果。
较大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 10 人以下急性重度放射病、局部器官残疾；放射性物质泄漏，造成小范围辐射污染后果。
一般辐射事故	IV、V类放射源丢失、被盗、失控；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；放射性物质泄漏,造成局部辐射污染后果。

由表 11-4 可知，本项目射线装置可能发生的事为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，属于一般辐射事故。

（3）事故防范措施

a) 安全联锁装置失效

应对措施:①建设单位制定了 X 射线探伤装置操作规程，操作人员应严格遵守装置操作规程。②定期检查 X 射线探伤装置的门机、门灯等安全联锁装置的有效性，发现故障及时清除，确保安全联锁装置正常运行。③对本项目涉及的安全控制措施的电控系统，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。④为 X 射

线探伤装置操作人员配备了剂量报警仪，当安全联锁装置失效或故障情况下，可以进行剂量报警，提醒操作人员及时进行防护和处理。

b) 维修时误操作

应对措施:①定期进行 X 射线探伤装置维护，并做好记录。②设备维护时，建设单位安排专业人员进行检修和维护，检修人员在检修维护期间佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。③检修时，必须关闭设备所有电源，并安排专人现场监督，禁止无关人员靠近铅房。

c) 人员误入铅房

应对措施: ①制定清场制度，探伤作业期间不允许无关人员靠近铅房，以防无关人员误打开铅门。②通过两区划分管理、声光报警提示，提醒无关人员勿靠近铅房。

(4) 辐射事故应急

(1) 辐射事故应急预案要求

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》的要求，建设单位结合自身实际已经制定了辐射事故应急预案，成立了应急处置机构，明确了工作职责、工作程序、事故分级、联络接口等内容。

建设单位应根据实际经验及以下条件，不断完善辐射安全与防护相关制度，定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案：

①参考《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，辐射事故应急响应预案当包括应急机构和职责分工，应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故的调查、报告和处理程序。

②建立辐射事故应急机构，并对机构人员进行职责分工；定期组织相关会议，对应急工作人员进行培训；总结辐射工作经验，深化事故分析，提高辐射事故处理能力。

③定期组织演练，对演练中暴露的问题正确认识，提高应对辐射事故的软实力。

④根据国家有关法律法规要求，及时更新辐射事故应急预案。

⑤配备必要的应急和救助的装备、资金、物资。

(2) 事故报告程序

发生辐射事故时，建设单位应当立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地

生态环境主管部门、公安部门报告。

(3) 事故应急

一旦发生辐射事故，建设单位应立即采取措施防止事故继续发生和蔓延而扩大危害范围，并在第一时间向辐射安全与环境保护管理机构报告，启动应急响应，具体程序如下。

①启动与报告

发生事故时，立即启动应急响应，立即将发生事故的性质、时间、地点、联系人、电话等报告给辐射事故应急机构。辐射事故应急机构立即向当地生态环境主管部门。

②协调与联络

事故应急指挥部负责事故应急状态下的协调与联络工作，保证联络渠道明确畅通，尽职尽责。

③现场控制

现场处置人员接到事故发生报告，立即赶赴现场，采取措施保护工作人员和公众的生命安全，最大限度控制事态发展；负责现场警戒，确定现场事故影响范围，划定紧急隔离区，禁止无关人员进入，保护好现场；迅速、准确判断事件性质。

若是发生射线装置失控导致大剂量射线误照，应立即采取断电措施，进行现场救助，组织人力将受照人员送往医院救治。

④事故调查和处理程序

配合上级有关部门对现场进行调查、环保安全技术处理以及检测等工作，查找事故发生的原因。事故调查遵循实事求是的原则，对事故发生的时间、地点、起因、过程和人员伤害情况及财产损失情况进行细致的调查分析，并认真做好调查记录，记录妥善保管。

此外，还应协助生态环境主管部门进行事故调查与处理等相关事宜。

⑤应急终止条件

符合下列条件之一的，即满足应急终止条件：辐射污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内；事故所造成的危害已经被彻底消除，无继发可能；事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

⑥总结报告

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为做好辐射安全与防护管理工作，防止辐射污染环境，保障辐射工作人员及公众的健康，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相应的规定，遵照《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，建设单位已制定相应的辐射安全管理制度。

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规的要求，为加强射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全应用，正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产，建设单位成立了辐射安全与防护领导小组，由小组全面负责辐射工作的管理和，统一领导、统一指挥。辐射安全与防护领导小组明确了人员配备及主要职责，其主要职责为：

- (1) 贯彻执行国家辐射安全与环境保护各项法规相关文件精神；
- (2) 负责本单位辐射安全与环境保护管理；
- (3) 组织制定本单位辐射安全与环境保护管理办法，做好管理工作；
- (4) 组织人员参加辐射安全与环境保护培训及应急演练。

(5) 安排从事射线装置工作的辐射工作人员按时参加关于辐射安全和防护的培训和考核。

(6) 检查辐射安全设施，开展辐射安全环保监测，对射线装置的安全与防护情况进行年度评估；

(7) 实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；

(8) 定期向环保和主管部门报告安全工作，接受检查指导。

12.2 人员配备与职能

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款要求：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；《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条要求：生产、销售、使用放射性同位

素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

建设单位拟为本项目配置 2 名工作人员，其中 1 人为原探伤工作人员，另外 1 人拟新增。建设单位应安排新增辐射工作人员在上岗前参加辐射安全与防护知识培训，通过考核后持证上岗。原探伤工作人员相关信息见表 12-1。

表 12-1 本项目射线装置配备工作人员相关信息一览表

姓名	性别	辐射安全与防护培训合格证编号	培训时间	有效期
张鹏林	男	FS21GS1200044	2021.4	2021.4.13~2026.4.13

12.3 辐射防护设施、设备及防护用品和监测仪器

建设单位为本项目配备了与辐射类型相适应的检测设备（便携式辐射剂量监测仪），购置了与辐射工作人员数量一致的个人剂量报警仪，并定期委托有资质的检测机构对本项目工作人员进行个人剂量检测。在具体的工作中建设单位应继续做到：

（1）定期对辐射工作场所及周围区域采取自主和委托有资质单位的方式进行周围剂量当量率监测，一旦发现数值偏高，应及时查找原因，并完善辐射防护措施；

（2）辐射工作人员上班时必须佩带个人剂量计和个人剂量报警仪；

（3）定期委托有资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量监测；

（4）从事辐射工作的人员须按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求佩戴个人剂量计。

12.4 辐射安全管理规章制度

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第六款要求：从事放射性工作的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等；第七款要求：有完善的辐射事故应急措施。目前，建设单位已成立《辐射安全与防护领导小组》，制定了《辐射工作人员岗位职责》、《X 射线探伤装置安全操作规程》、《设备维护保养制度》、《辐射工作场所和个人剂量监测制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射事故应急预案》等，以上制度具有可操作性，但均需按照相关法律法规及实际工作经验进行细化完善，并在新的场所做到制度上墙。在重新取得《辐射安全许可证》，且通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式投入使用。

表 12-2 辐射安全规章制度一览表

序号	制度名称	内容概要	制定情况	完善措施或建议
1	《辐射安全与防护领导小组》	明确了小组成员、专职人员及职责，专职人员满足学历要求	已制定	日常工作中各成员要加强管理，切实履行自己的职责
2	《辐射事故应急预案》	明确了应急指挥部成员、职责及处理流程	需完善	应急预案内容应包括：总则、应急组织与职责、信息报告、辐射事故应急程序、应急终止和恢复正常秩序、信息通报与发布、应急响应总结报告、应急准备等详细内容，并定期开展应急演练，结合实际不断完善
3	《辐射工作人员岗位职责》	从基本要求、工作要求两方规定了人员岗位职责	已制定	工作中操作人员应严格遵守岗位职责
4	《辐射工作人员个人剂量监测制度》	规定了检测结果超标的处理措施	需完善	明确监测周期、个人剂量计佩戴标准
5	《辐射工作场所监测制度》	规定了检测方式（自主、委托）及检测设备校准要求	需完善	增加检测范围、项目、频次、点位等内容，并按制度进行，做好监测记录，存档备查
6	《辐射工作人员培训管理制度》	坚持组织学习，针对实际操作过程中发生的问题及时整改，切实提高操作人员使用、检查仪器设备的水平，杜绝事故的发生；及时安排辐射工作人员参加环保部门举办的辐射安全与防护培训等。	已制定	严格落实培训制度，做到持证上岗
7	《辐射防护与安全保卫管理制度》	正确使用射线装置，做到专人专管专用；工作时，每一名工作人员必须佩带个人剂量计和个人剂量报警仪；从事射线装置岗位人员，要严格按照操作规程和规章制度，杜绝非法操作；发生放射事故，立即报告上级领导和有关部门，采取有效措施，不得拖延或者隐瞒不报；使用射线装置工作人员必须经过岗前体检，并经过辐射安全防护培训，持证上岗等。	已制定	在实际工作中监督落实到位

8	《X射线探伤装置安全操作规程》	对操作前、操作中、操作后各环节注意事项进行了规定	需完善	增加设备的操作流程
9	《个人剂量档案和职业健康监护档案管理制度》	明确责任部门和职责、档案内容、保存时间、保护档案不受损坏的措施。	已制定	在实际工作中严格落实
10	《射线装置台账管理制度》	明确了台账管理人员的要求、台账更新及管理要求	需完善	增加台账应包含的内容（名称、技术参数、类别、使用部门等）、明确退役或者报废设备的处理方案，不作为一般废物处理
11	《设备维护保养制度》	规定了X射线装置的使用环境，明确了控制器及X射线发生器的维护保养注意事项	需完善	明确维护保养周期及保养记录等内容

12.5 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其设备性能、工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

1、个人剂量监测

建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求定期对辐射工作人员进行个人剂量监测，建立职业照射个人监测档案并终生保存。

2、辐射环境监测

(1) 建设单位自检

利用自备的辐射剂量监测仪对工作场所及周围环境进行定期定制度监测，做好记录并建立档案备查。

(2) 委托监测

委托有资质的单位定期（每年一次）对辐射工作场所及周围进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向当地环保部门上报备案。

(3) 监测要求

监测范围：射线装置工作场所及周围环境。

监测项目：周围剂量当量率。

监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

表 12-3 本项目检测计划建议表

场所	监测内容	监测点位	监测周期	
			建设单位 自检	委托检 测
铅房	周围剂量当量率	铅房屏蔽墙体、铅门外表面 30cm 处、电缆线管口处、辐射工作人员操作位处及周围环境	1 次/月	1 次/年
	个人剂量计	委托有资质的检测单位每 3 个月检测一次。		

12.6 年度评估报告

每年 1 月 31 日之前，在“全国核技术利用辐射安全申报系统”提交上一年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）的个人剂量监测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要内容。建设单位还需在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施申报登记。

12.7 辐射安全许可

本项目取得环评批复后，建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号 第四次修订，2021 年 1 月 4 日发布）第十六条要求，准备相关资料，向上级生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。

12.8 环保竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律法规要求在本项目竣工后，及时开展竣工环保验收（试运行 3 个月内）。验收合格后方可投入使用，本项目环保验收清单建议见表 12-4。

表 12-4 环保竣工验收一览表

对象	验收项目	验收指标
铅房	屏蔽墙体、铅门外表面 0.3m 处辐射剂量率	各监测点位 X 射线辐射剂量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中不大于 2.5uSv/h 的要求
	联锁装置、警示标志、工作指示灯、报警装置	门灯联锁、门机联锁、警示标志、报警装置、工作指示灯正常、有效

	监视装置	运行良好，切实有效
	通风换气设施	通风次数 ≥ 3 次/h，通风量不小于150m ³ /h
	紧急停机开关	控制台自带的急停开关有效
人员配备	辐射安全与防护培训考核	本项目工作人员接受辐射安全防护教育和培训，持证上岗
	个人剂量检测	本项目工作人员按要求进行个人剂量监测并建立个人剂量档案管理制度
	个人职业健康体检	本项目工作人员按要求进行职业健康体检并建立职业健康监护档案
管理措施	本项目辐射安全与防护管理制度	根据本报告表要求，修改完善相关规章制度，满足《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等中的相应防护标准的要求
防护用品、监测仪器	个人剂量计	配备与辐射工作人员数量匹配的个人剂量计
	辐射环境监测仪、个人剂量报警仪	配备与本项目辐射类型和辐射水平相适应的监测设备
两区管理	辐射工作场所划分为监督区和控制区	严格执行区域划分
环境监测计划	放射性工作场所辐射监测计划	按照报告表中制定
应急措施	完善应急预案	制定可行的辐射事故应急预案，并张贴上墙

12.9 辐射事故应急

为有效防护、及时控制辐射事故所致的伤害，加强射线装置工作场所安全监测和控制等管理工作，保障辐射相关工作人员以及辐射工作场所周围人员的健康安全，避免环境辐射污染，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）、其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，建设单位结合自身实际，已制定《辐射事故应急预案》。建设单位应结合本项目射线装置使用情况，依据国家相关法律法规、标准，不断对应急预案进行补充修改、完善，使应急预案更具有有效性、可行性。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

对突发放射性事故，建设单位需坚持以预防为主，常备不懈的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控制。建设单位同时应具备应急反应机制和应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。建设单位应从

经费、物资、人员和技术人员方面做好准备工作，定期进行培训，演练以应急时之需。辐射事故应急救援预案应对本报告表对事故分析情况，进行有针对性的补充完善。今后在预案的实施中，应根据国家发布的新的相关法律法规内容，结合检查工作的实际情况对预案做补充修改，使之更能符合辐射实际需要。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

- (1) 项目名称：兰州理工大学工业用 X 射线探伤装置项目
- (2) 建设地点：兰州理工大学（兰工坪校区）石化仓库焊接实验室东南角
- (3) 建设性质：改、扩建

2、产业政策符合性分析

本项目使用工业用 X 射线探伤装置，属于国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2021 年本）》中鼓励类第十四项“机械”中第 6 条“无损检测设备”，符合国家当前的产业政策。

3、选址合理性

本项目周围 50m 范围内无固定人员居留场所，周围没有项目建设的制约因素，本项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

4、工程所在地区环境质量现状

监测数据表明，本项目拟建场所室内 γ 辐射剂量率检测范围为（104~113）nGy/h，室外为（93.1~100）nGy/h，与《2020 年全国辐射环境质量报告》公布的甘肃省空气吸收剂量率自动监测站点年均值范围（92.6~98.2）nGy/h 相比，无显著差异。

5、屏蔽能力分析

本项目铅房设计时已考虑了拟配备设备的性能和辐射水平，在满足施工质量前提下，铅房各屏蔽墙体、铅门外表面 30cm 处辐射空气吸收剂量率不大于 2.5 μ Sv/h，能够满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中辐射剂量率限值要求。

6、本项目所致职业人员个人年附加有效剂量

经理论估算，本项目正常运行后所致职业人员受到的附加年有效剂量为 1.40×10^{-4} mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的年有效剂量基本限值 20mSv 和本次项目评价 5mSv 剂量约束值要求。

7、本项目所致公众个人最大年附加有效剂量

经理论估算，本项目正常运行后所致公众受到的附加年有效剂量为 3.55×10^{-4} mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定年有效剂量 1mSv

基本限值和本次评价公众 0.25mSv 剂量约束值要求。

8、辐射环境管理结论

建设单位已成立《辐射安全与防护领导小组》，制定了《辐射工作人员岗位职责》、《X 射线探伤装置安全操作规程》、《设备维护保养制度》、《辐射工作场所和个人剂量监测制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射事故应急预案》，以上制度具有实际操作性，但均需按照相关法律法规及实际工作经验进行细化完善。

9、环境影响评价综合性结论

本项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理的水平，且满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响在国家允许的标准范围内。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目可行。

13.2 建议与承诺

1、建议

①项目在运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求；

② 定期进行射线装置台账核查，做到物账相符；

③定期检查项目辐射安全与防护设施、措施，确保其正常有效；

④根据实际经验，不断完善辐射安全与防护相关制度，定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。；

⑤本项目取得环评批复后，建设单位应尽快办理辐射安全许可证及竣工环保验收；

2、承诺

①每年 1 月 31 日前通过“全国核技术利用辐射安全申报系统”上报辐射安全和防护状况年度评估报告，并接受生态环境主管部门监督检查；

②及时安排本项目已配备工作人员、新增、转岗及培训合格证到期的辐射工作人员（包括专职人员）通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识并参加报名考核，持证上岗。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章

年 月 日