

核技术利用建设项目

新增 X 射线显微镜项目

环境影响报告表

(公示本)

四川大学

二〇二四年十二月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增 X 射线显微镜项目

环境影响报告表

(公示本)

建设单位名称：四川大学

建设单位法人代表（签名或签章）：*****

通讯地址：四川省成都市武侯区一环路南一段24号

邮政编码：610065

联系人：*****

电子邮箱：*****

联系电话：*****

目 录

表 1	项目概况	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	17
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	39
表 12	辐射安全管理	60
表 13	结论与建议	70

附图：

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周边情况概况图

附图 3 X 射线显微镜实验室所在楼层平面布局图

附图 4 X 射线显微镜实验室楼上平面布局图

附图 5 X 射线显微镜实验室平面布置图

附图 6 本项目人流物流示意图

附图 7 本项目监督区控制区示意图

附图 8 本项目辐射安全措施布置平面示意图

附图 9 设备屏蔽结构尺寸示意图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 原辐射安全许可证（正副本）

附件 3 《关于调整四川大学辐射安全与防护工作组的通知》（川大实〔2023〕11 号）

附件 4 关于印发《四川大学辐射安全与防护管理办法（2023 年修订）》的通知（川大实〔2023〕12 号）

附件 5 关于印发《四川大学辐射事故应急预案（2023 年修订）》的通知（川大实〔2023〕13 号）。

附件 6 四川大学辐射安全相关管理文件

附件 7 本项目现状监测报告

表 1 项目概况

建设项目名称		新增 X 射线显微镜项目				
建设单位		四川大学				
法人代表		*****	联系人	*****	联系电话 *****	
注册地址		四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号				
项目建设地点		四川大学高分子材料工程国家重点实验室				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		*****	项目环保投资 (万元)	13	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)	20
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			
其它	/					

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

1.1 建设单位简介

四川大学 (Sichuan University, 简称川大), 位于四川省成都市, 是中国教育部直属、中央直管副部级建制的全国重点大学, 是国家布局在中国西部的重点建设的高水平研究型综合大学, 位列国家“211 工程”“985 工程”“双一流”A 类建设高校。该校入选“珠峰计划”“2011 计划”“111 计划”“卓越工程师教育培养计划”。四川大学前身是 1896 年创建的四川中西学堂。1981 年 11 月 26 日, 经国务院批准, 该

高校和成都科学技术大学、华西医科大学均成为全国首批博士、硕士学位授予单位。1994年，原四川大学和原成都科学技术大学合并为四川联合大学。1998年，恢复“四川大学”校名。2000年，与原华西医科大学合并组建为新的四川大学，有望江、华西和江安三个校区，占地面积7050亩。

四川大学科研实力雄厚，标志性成果不断涌现。学校现有国家重大科技基础设施1个，全国重点实验室5个（含共建2个），国家重点实验室1个，国家工程技术研究中心2个，国家应用数学中心1个，国家临床医学研究中心2个，国家工程实验室1个，国家地方联合工程实验室3个，国家地方联合工程研究中心1个，国家产业创新中心1个，国家协同创新中心1个，国家国际科技合作基地5个，教育部集成攻关大平台2个，教育部前沿科学中心1个，教育部重点实验室12个、工程研究中心8个，教育部医药基础研究创新中心1个，省部共建协同创新中心2个，国家卫生健康委员会重点实验室2个，国家药品监督管理局重点实验室4个、监管科学研究基地1个，国家应急管理部重点实验室1个，中央网信办国家智能社会治理实验室基地1个，省级科研基地等76个；国家高端智库培育单位1个，铸牢中华民族共同体意识研究基地1个，教育部人文社会科学重点研究基地4个、区域与国别研究基地4个。近4年，学校共牵头获得国家科技三大奖10项。2022年，学校科研经费达35.2亿元。

1.2 项目由来

为了提升应用工程制造和先进材料研究水平，建设单位拟开展设备制造和材料性能研究实验项目，原有设备无法满足实验要求，故建设单位拟在四川大学高分子材料工程国家重点实验室1楼实验室安装使用1台卡尔蔡司 Xradia 515 Versa 型工业 C，用于新材料、新型能源等领域材料的微观结构及内部缺陷无损检测。

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》《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，需对该项目进行环境影响评价。

根据《射线装置分类》（原环境保护部公告2017年第66号），本项目使用的X射线显微镜属于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）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行）的相关规定，本项目属于“第五十五—172条核技术利用建设项目中使用II类射线装置”的规定，本项目应编制环境影响报告表，并向四川省生态环境厅申请审批，因此，四川大学委托四川省辐射环境评价

治理有限责任公司对本项目开展环境影响评价工作。四川省辐射环境评价治理有限责任公司接受委托后，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《新增X射线显微镜项目环境影响报告表》。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日起施行）相关规定，本项目属于第一类“鼓励类”—第三十一项“科技服务业”中第1条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：新增X射线显微镜项目

建设单位：四川大学

建设性质：扩建

建设地点：成都市一环路南一段四川大学高分子材料工程国家重点实验室1楼实验室

（二）建设内容与规模

建设单位拟在成都市一环路南一段四川大学高分子材料工程国家重点实验室（已建，地上五层，高约17m）1楼106实验室（目前空置）内安装使用1台卡尔蔡司 Xradia 515 Versa 型X射线显微镜，该设备自带一座铅房，是集屏蔽、检测、成像为一体的工业X射线检测系统。其中，铅房主要用于屏蔽CT机曝光时产生的X射线；X射线CT机主要用于新材料的微观结构及内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断部件的性能是否满足要求，其额定管电压为160kV，额定管电流为0.09mA，属于II类射线装置。本项目工件传送方式采用手动传送本项目每天工作6小时，每周5天，年工作200天，每天最多5个样品，单个样品（尺寸：直径30cm以内，形态：颗粒状、长方形、圆柱形、不规则形状均可），预计每个检测部件扫描最长时间约60min，年检量约1000件，年最大曝光扫描时间约1000h。

该系统配置有专用的操作台，紧邻铅房北侧；本项目不涉及室外（野外）探伤，

不使用定影液、显影液和胶片。

X 射线显微镜实验室：东西南北部墙体均为混凝土结构，净空尺寸为 4m×5m×3m（长×宽×高），为混凝土结构，墙体厚度为 20cm。显微镜实验室内仅安装使用一台 X 射线显微镜。

X 射线显微镜铅房：占地面积约 2.58m²，铅房整体外部尺寸为 2.17m 长×1.19m 宽×1.14m 高（长×宽×高），内腔尺寸为 2.144m×1.167m×1.112m（长×宽×高），主射线方向（右侧）：钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 4mm 钢板+9mm 铅板+1.2mm 钢板；顶部：钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板；底部：钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 6mm 钢板+6mm 铅板+6mm 钢板；左侧、前侧门、后侧门：钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板；指示灯线槽：铅屏蔽，厚度 8mm；进风口：铅屏蔽，厚度 10mm；高压线缆：铅屏蔽，厚度 5mm；样品台线槽：铅屏蔽，厚度 11mm；探测器线槽：铅屏蔽，厚度 8mm 出风口铅屏蔽，厚度 7mm。设备左侧设置进风口，顶部设置出风口。

装载门（对开门），1.99m 长×0.895m 宽，设在 X 射线显微镜装置正面，送检工件此门进入；检修门（对开门），1.99m 长×0.895m 宽，设在 X 射线显微镜装置背面，检修设备此门进入，设备前后门开合半径 1.2m，门缝采用搭接设计。防护门与铅房主体重叠区域搭接左侧为 75mm，右侧为 75mm，顶部为 75mm，底部为 60mm，对开门中间为 80mm，门缝宽度 3mm，重叠宽度符合大于缝隙十倍的要求。可移动 X 射线源（行程 190mm）及可移动接收器（行程 290mm）分别设置在铅房内左右两侧位置，中间设置可旋转样品台：Z 轴行程 50mm（左右），X 轴行程 50mm（前后），Y 轴行程 100mm（上下），采用“钢+铅+钢”夹层防护结构。

本项目射线装置明细表见下表。

表 1-1 本项目射线装置明细表

装置名称	型号	类别	管电压 (kV)	管电流 (mA)	最大功率 (W)	焦点尺寸 (um)	数量	使用地点	用途	出束
X 射线显微	Xradia 515 Versa	II 类	160	0.09	10	1.5	1 台	显微镜实验室	无损检测	由左向右定向向南出束

镜										
<p>注：以 X 射线显微镜防护门为正面，人员面向工件防护门，确定 CT 装置出束方向为由左向右定向向南出束。</p> <p>项目组成及主要环境问题见表 1-1。</p> <p style="text-align: center;">表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表</p>										
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	高分子材料工程国家重点实验室 1 楼 106 实验室设置 1 间 X 射线显微镜实验室（4m×5m×3m），面积约 20m ² ，在显微镜实验室内安装使用 1 台卡尔蔡司 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜，用于新材料的微观结构及内部缺陷无损检测。 额定管电压为 160kV，额定管电流为 0.09mA，属于 II 类射线装置		设备包装固废	X 射线、臭氧、换气风机产生的噪声						
	铅房尺寸	外部 2.17m 长×1.19m 宽×2.09m 高 内腔尺寸为 2.144m×1.167m×1.112m								
	屏蔽体铅房结构	主射线方向（右侧）： 钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 4mm 钢板+9mm 铅板+1.2mm 钢板 顶部： 钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板 底部： 钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 6mm 钢板+6mm 铅板+6mm 钢板 左侧、前侧门、后侧门： 钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板 指示灯线槽：铅屏蔽，厚度 8mm 进风口：铅屏蔽，厚度 10mm 高压线缆：铅屏蔽，厚度 5mm 样品台线槽：铅屏蔽，厚度 11mm 探测器线槽：铅屏蔽，厚度 8mm 出风口铅屏蔽，厚度 7mm								
	检测地点	X 射线机安装固定在辐射屏蔽柜内，不涉及室外(野外探伤)。								
	曝光时间	本项目工件传送方式采用手动传送，预计每个检测部件扫描最长时时间约 60min，年检量约 1000 件，年最大曝光扫描时间约 1000h								
	通风	铅房内采取左侧进风，顶部风扇式机械排风，典型工况下风扇排风量为 234.6m ³ /h								
	公用工程	依托供电和通讯系统等。			/					
办公及生活设施	依托已建其他办公及生活设施		生活污水、生活垃圾							

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别		名称	年耗量 (单位)	来源	主要化学成分
能源	电	设备电	2000kw·h	校内电网	—
水量	水	水	0.24m ³	校内自来水管网	—

(四) 项目外环境、总平面布局及选址的合理性分析

1、本项目外环境关系

(1) 高分子材料工程国家重点实验室楼外环境关系

本项目位于成都市武侯区一环路南一段 24 号四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼，高分子材料工程国家重点实验室为地上 5 层建筑，无地下室，高分子材料工程国家重点实验室位于校园西侧，高分子材料工程国家重点实验室北侧 21.5m 为皮革楼，东北侧 72m 为在建的先进材料科研大楼，东侧 27m 为纺工楼，南侧临近校园内部道路进贤路，南侧 72m 为水电学院大楼，西侧 15m 为科技服务楼。

(2) 高分子材料工程国家重点实验室 1 楼内外环境关系

本项目位于高分子材料工程国家重点实验室 1 楼，本项目新增 X 射线显微镜实验室位于高分子材料工程国家重点实验室 1 楼东南角空置房间，正上方 212 区域为办公室，西侧依次为 0~40m 分别为 106A、106B、104、102、101、103、105、107 均为实验室，北侧为走廊通道及洗手间，北侧 20~30m 为 108、110、111 为办公室，西北侧 30~38m 其余 F01、F10、113、112、115 房间均为实验室。

2、选址合理性分析

项目建设位于四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼东南角空置房间(已建)，无地下室。本项目不新增用地，X 射线显微镜设备自带一座铅房，为专用辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值要求，满足剂量约束值的要求，综上所述，本项目 X 射线显微镜设备所在的实验室位置选址合理。

(六) 劳动定员及工作制度

本项目拟配备辐射工作人员 2 人，实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天，年工

作时间为 200 天。

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》(环办辐射函(2019)853 号), 辐射工作人员应当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://fushemee.gov.cn>)学习相关知识, 并参加考核。生态环境部门将通过培训平台定期发布考核计划, 参加考核的人员可以扫描培训平台首页二维码, 通过微信小程序进行报名。考核通过后方能上岗。

四、原有核技术利用情况

(一) 原有核技术利用项目情况

四川大学现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》(川环辐证[00188]) (见附件 3), 许可的种类和范围为: 使用 IV 类、V 类放射源; 使用 II 类、III 类射线装置; 使用非密封放射性物质, 乙级、丙级非密封放射性物质工作场所; 发证日期: 2024 年 05 月 8 日, 有效期至 2026 年 01 月 24 日。。

具体情况见表 1-4、表 1-5、表 1-6。

表 1-4 现有放射源明细表

表 1-5 现有非密封放射性物质细表

表 1-6 现有射线装置明细表

(二) 辐射安全与环境保护管理领导小组设置情况

建设单位已成立辐射安全与防护工作组, 明确了管理职责, 制定了辐射安全管理规章制度, 制度中包含了辐射安全管理机构及职责、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、安全操作规程、工作人员培训制度、辐射监测方案、辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理要求、射线装置维修维护制度、辐射事故应急预案。在实际工作中严格执行各项规章制度。

(三) 辐射工作人员培训情况

学校现有辐射工作人员均按要求进行了辐射安全防护专业知识培训, 培训合格,

持证上岗，证书均在有效期内。

（四）辐射工作人员个人剂量情况

建设单位已指定专人负责个人剂量计收发、监测、统计等管理工作，委托有资质单位每三个月监测一次，所有辐射工作人员个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。

（五）工作场所监测执行情况

建设单位已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年委托有资质的单位对核技术利用建设项目辐射工作场所和周围环境进行1次辐射水平监测，监测报告存档。

（六）辐射安全自查情况

建设单位自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故。已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。

五、本项目依托情况

（1）项目产生的生活污水依托四川大学高分子材料工程国家重点实验室已建污水管道排入校园内已建生活污水处理设施预处理达《污水综合排放标准》（GB8078-1996）三级标准后，经市政污水管网进入成都市第九污水处理厂处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）城镇污水处理厂排放标准后进入锦江。

（2）项目产生的生活垃圾依托校内现有垃圾桶统一收集后由市政环卫统一清运。

（3）为加强对辐射工作的管理，有效预防辐射事故，针对本次扩建项目，建设单位进一步增加和完善了X射线装置的操作规程、辐射监测计划、人员培训计划、辐射事故应急处理预案等的相关内容。

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 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线显微镜	II类	1	蔡司Xradia 515 Versa	160	0.09	无损检测	显微镜实验室	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子机，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 (mA)	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
臭氧	气态	—	—	—	—	少量	不暂存	大气环境
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（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日实施）；</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) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院第682号令，2017年10月1日实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第449号令，2005年12月1日实施，2019 年3月2日部分修改）；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），2017 年 11 月 22 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第 31 号令（2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施）；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（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 日实施）；</p> <p>(12)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号，原环保部文件，2012 年 7 月 3 日）；</p> <p>(13) 《射线装置分类》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 66 号）；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）。</p>
------	--

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008)；</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)；</p> <p>(8) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽, 原子能出版社, 1987)；</p> <p>(3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》 生态环境部(国家核安全局)；</p> <p>(4) 《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)〉的通知》(川环办发(2016)1400号)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

一、评价范围

本项目使用的II类射线装置带有固定的实体铅房，参考《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)对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定：射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围，因此本项目将 X 射线显微镜铅房边界外 50m 的范围内选为评价范围。

二、保护目标

结合本项目的评价范围，将评价范围内的辐射工作人员和公众列为保护目标，具体保护目标分布情况见表7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

保护目标	相对方位	距铅房距离(m)	影响人数	照射类型	年剂量约束值(mSv)
X 射线显微实验室工作人员	/	/	2 人	职业照射	5.0
X 射线显微实验室楼上工作人员 212	正上方	相邻	2 人	公众照射	0.1
106A 实验室	西侧	0~14m	约 10 人	公众照射	0.1
106B 实验室	西侧	14~22m	约 8 人	公众照射	0.1
104 实验室	西侧	22~30m	约 3 人	公众照射	0.1
102 实验室	西侧	30~40m	约 3 人	公众照射	0.1
101、103、105、107 实验室	西侧	5~20m	约 5 人	公众照射	0.1
108、110、111 办公室	北侧	20~30m	约 6 人	公众照射	0.1
F01、F10、113、112、115	西北侧	30~38m	约 10 人	公众照射	0.1
X 射线显微实验室楼内通道	北侧	0~8m	约 10 人	公众照射	0.1
X 射线显微实验室楼外道路	南侧	0~20m	约 10 人	公众照射	0.1
X 射线显微实验室楼外道路	东侧	0~15m	约 10 人	公众照射	0.1
评价范围内的其他工作人员	周围	15~50	约 20 人	公众照射	0.1

三、评价标准

1、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

2、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准限值；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准；
- (4) 固废：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

3、电离辐射剂量限值和剂量约束值

1) 剂量限值

(1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（即 5mSv/a）作为职业人员的年剂量约束值。

(2) 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。本项目环评取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的 1/10（即 0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

2) 辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关规定，在距离曝光室屏蔽体外表面 30cm 处，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 2.5 μ Gy/h。

四、臭氧浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）室内臭氧最高允许浓度 0.30mg/m³；根据《环境空气质量标准》（GB3095-2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准(0.20mg/m³)的要求。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

(1) 高分子材料工程国家重点实验室楼外环境关系

本项目位于成都市武侯区一环路南一段 24 号四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼，高分子材料工程国家重点实验室为地上 5 层建筑，无地下室，高分子材料工程国家重点实验室位于校园西侧，高分子材料工程国家重点实验室北侧 21.5m 为皮革楼，东北侧 72m 为在建的先进材料科研大楼，东侧 27m 为纺工楼，南侧临近校园内部道路进贤路，南侧 72m 为水电学院大楼，西侧 15m 为科技服务楼。

(3) 高分子材料工程国家重点实验室 1 楼内外环境关系

本项目位于高分子材料工程国家重点实验室 1 楼，本项目新增 X 射线显微镜实验室位于高分子材料工程国家重点实验室 1 楼东南角空置房间，西侧依次为 0~40m 分别为 106A、106B、104、102、101、103、105、107 均为实验室，北侧为走廊通道及洗手间，北侧 20~30m 为 108、110、111 为办公室，西北侧 30~38m 其余房间均为实验室。

在接受本项目环境影响评价委托后，我公司对项目拟建场所进行了踏勘，拟建场所现状见图8-1。





拟建位置走廊处现状

高分子材料工程国家重点实验室现状

图8-1 拟建区域现状图

二、本项目所在地 X- γ 辐射空气吸收剂量现状监测

受四川省辐射环境评价治理有限责任公司的委托，四川省辐安环境监测有限公司于 2024 年 11 月 29 日按照委托单位要求对本项目进行了辐射现状监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表8-1 监测项目、方法及方法来源

监测项目	监测设备			使用环境	备注
	名称及编号	技术指标	检定/校准情况		
环境 γ 辐射剂量率	闪烁体探头 γ 辐射剂量率仪 6150AD-b/H 编号： 150207/15204	能量响应： 20keV~7MeV 测量范围： 50nSv/h~99.99 μ Sv/h	校准单位： 中国测试技术研究院 校准日期： 2024.11.21	符合仪器使用要求	无

辐射监测仪已经由计量部门年检，且在有效期内，测量方法按国家相关标准实施，测量不确定度符合统计学要求，布点合理、人员合格、结果可信，可以作为评价电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三

级审核。

四川省辐安环境监测有限公司质量管理体系：

(1) 资质认证

从事监测的单位四川省辐安环境监测有限公司于 2024 年 11 月通过了四川省市场监督管理局，证书编号为：242312051416，有效期至 2030 年 11 月 14 日。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

四、监测布点

为了解本项目附近辐射水平，本项目监测布点如下根据 X 射线显微镜实验室平面布置，本项目在拟建区域内部及四周设监测点位。本项目监测点位能反映项目周围的辐射环境现状，监测点位布设合理。监测布点示意图见下图。

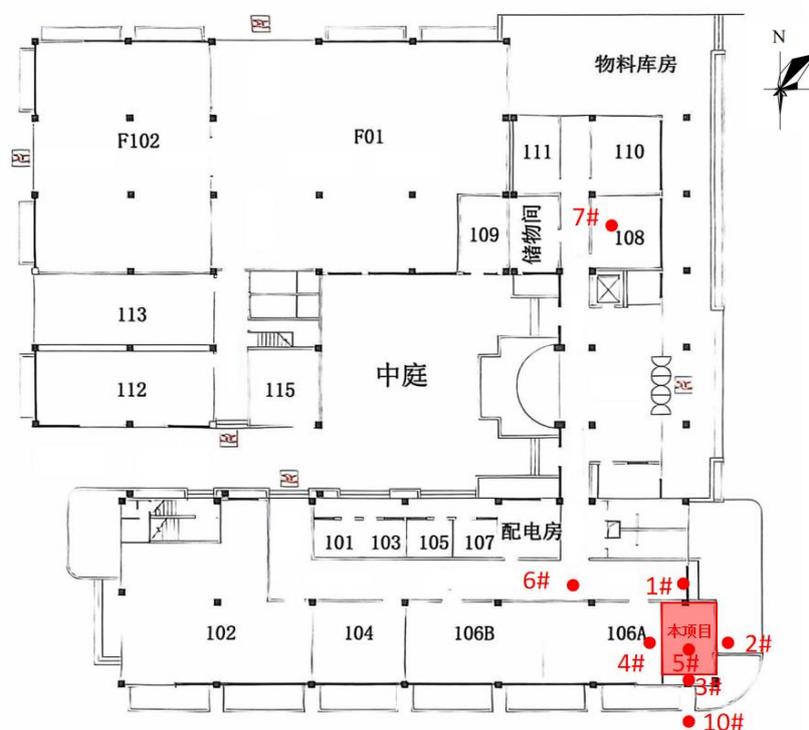


图 8-1 X 射线显微镜实验室所在一层监测布点图

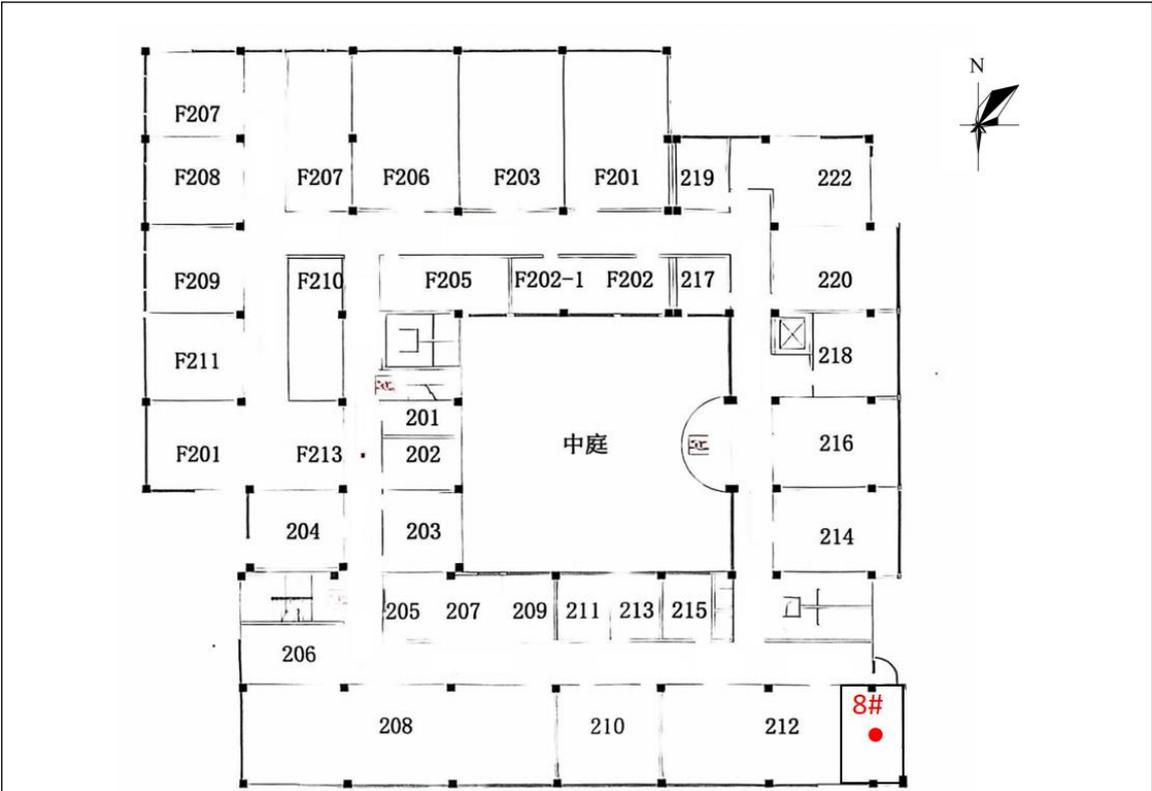


图 8-2 X 射线显微镜实验室楼上监测布点图



图 8-3 X 射线显微镜实验室东侧教学楼外监测布点图

五、监测结果

表8-2 新增X射线显微镜周围环境 γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由监测结果得知，本项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率为*****，与成都市生态环境局发布的《2023 年成都市生态环境质量公报》中成都市空气吸收剂量率自动监测结果（67nGy/h~119nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

本项目位于四川大学高分子材料工程国家重点实验室1楼，本次拟使用的X射线显微镜实验室为已建空置房间，不存在土建施工的影响。X射线显微镜设备安装调试阶段，会产生X射线，造成一定的辐射影响。施工期的工艺流程及产物环节见下图9-1。

施工期工艺流程及产物环节见下图9-1。

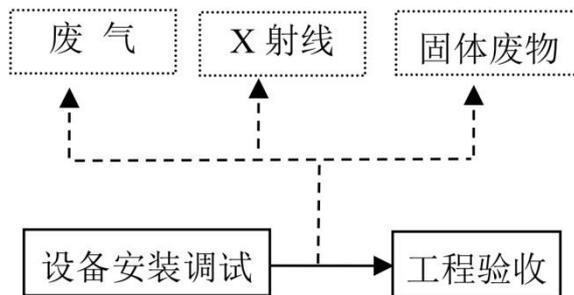


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

本项目X射线显微镜的安装和调试均由生产厂家专业进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在铅房防护门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时铅房上锁并派人看守。

二、运营期污染源项分析

1、X 射线显微镜工作原理

(1) 射线装置原理

射线装置通过 X 射线管产生射线，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管示意图如图 9-2 所示。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。

从 X 射线装置阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线装置两极上的高压即为管电压。X 射线装置产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以 X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线机保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉，准直性较高。

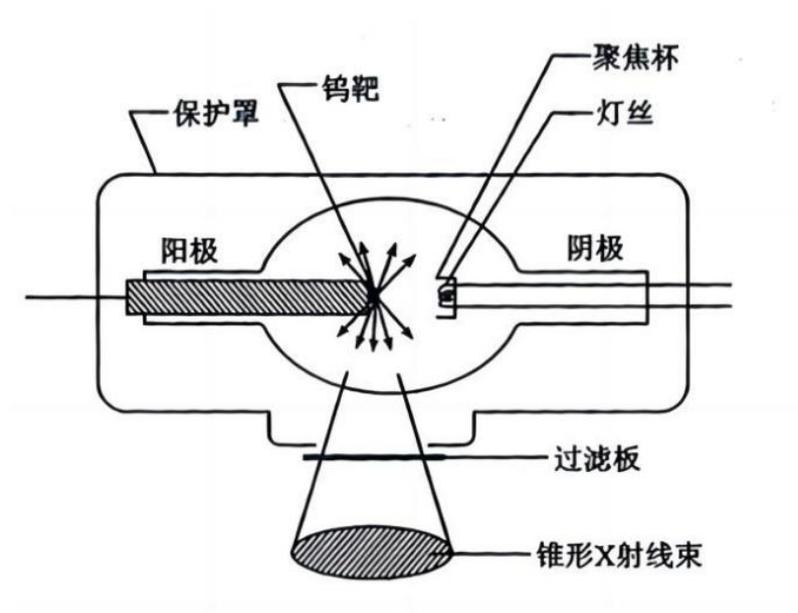


图 9-2 X 射线管示意图

(2) CT 装置工作原理

电子计算机断层摄影 (Computed tomography, 简称 CT) 是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面 (被检测对象的薄层，或称为切片) 的投影数据，用来重建该剖面的影像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度 (灰度) 数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部密度的微小变化。

CT 装置一般由射线管、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成。射线管提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据射线在试

件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图像重建。机械扫描系统实现 CT 扫描时工件的旋转、水平移动或垂直移动，以及载物台、样品、图像探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过样品的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

(3) 蔡司 Xradia 515 Versa 设备简介

本项目拟使用的蔡司 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜，由硬件部分和软件部分组成，硬件部分包括主防护箱体、X 射线管、探测器、载物台等，软件部分包括控制系统、定位系统和成像系统。设备外观结构图和内部结构图分别见图 9-3 和图 9-4，各部件名称一览表见表 9-1。

图 9-3 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜外观示意图

图 9-4 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜内部结构图

表 9-1 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜各部件一览表

蔡司 Xradia 515 Versa 主要由三部分组成：1、带铅板防护的铅房；2、系统控制柜；3、数据处理工作站。

蔡司 Xradia 515 Versa 采用两级放大技术，使得在大的工作距离下仍可以对不同类型和不同尺寸的样品进行亚微米分辨率成像，投影的信号映射在闪烁体上，闪烁体将 X 射线转换为可见光。随后，光学镜会在图像到达探测器前对其进行再次放大。

(4) X射线显微镜工作方式：

①X 射线显微镜自带铅房，内含 1 根射线管，X 射线管可前后移动，移动范围：190mm，有用线束固定朝设备正面右侧照射，射线张角为 34.7° 。探测器可左右移动，移动范围：290mm；载物台可向 4 个维度移动：①前后方向，移动范围：50mm；②上下，移动范围：100mm；③左右，移动范围：50mm；④旋转角度： 360° 。

②X 射线显微镜属于自屏蔽式射线装置，铅房内部空间狭小，人员无法进入

到铅房内部。X 射线出束期间，操作人员位于操作台对设备进行操作，操作台位于设备铅房外左侧，出束期间无需人员干预。

③装载门设在 X 射线显微镜装置正面，工作人员通过装载门手动将待检工件放入载物台进行检测，装载门安装 2 个安全互锁传感器为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通，设备指示灯中的黄灯亮起。当任意一个传感器未感应到装载门和检修门关闭到位时，设备指示灯中的黄灯不亮，系统操作页面的出束按钮将无法点击，射线管无法出束。

④采用数字成像方式，待检工件放至载物平台上后，X 射线透过待检工件后在探测器上成像，以得到可视化的内部结构等信息。在扫过程中对样本进行 180 以上的不同角度成像，通过计算机软件，将每个角度的图像进行重构，得到在电脑中可分析的 3D 图像。

2、工艺流程及产污环节

①开机：打开电源开关，启动控制系统。

②装载：打开装载门，操作人员位于装载门处将工件放置在载物台上，关闭装载门。通过操作台的控制面板选择图像的工作模式使图像在显示屏窗口显示。

③调节：通过控制系统设置样品台位置，同时探测器会自动调节与样品台之间的距离，使样品每个面可在显示屏窗口显示。调节管电压、管电流、功率、出束时间、摄影数量等参数。

④检测和分析：开启 X 射线，装置将自动采集扫描状态，期间 X 射线持续出束，样品自动完成检测，无需人员干预，检测完毕后 X 射线自动停止出束。

⑤结束：打开装载门，取出检测样品，拷贝数据，进行数据处理和样品分析。

本项目整个无损探伤检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在操作间的操作台上进行监控。本项目工艺流程如图 9-5。



图 9-5 X 射线显微镜工艺流程及产污位置图

由图 9-5 可知，本项目营运中产生的主要污染物为 X 射线管出束检测过程中产生的 X 射线、噪声、臭氧，X 射线显微镜采用数字成像技术，不存在使用定、显影液和胶片的情况，所以不产生危险废物。

3、本项目人流、物流路径

本项目检测样品进出方式采用人工放置，通过设置操作台设置参数，用户设置好参数，点了开始按钮以后设备开始检测无需人员干预，检测完毕后X射线自动停止出束。根据本项目实际情况，划定了人流、物流路径，见图9-6。

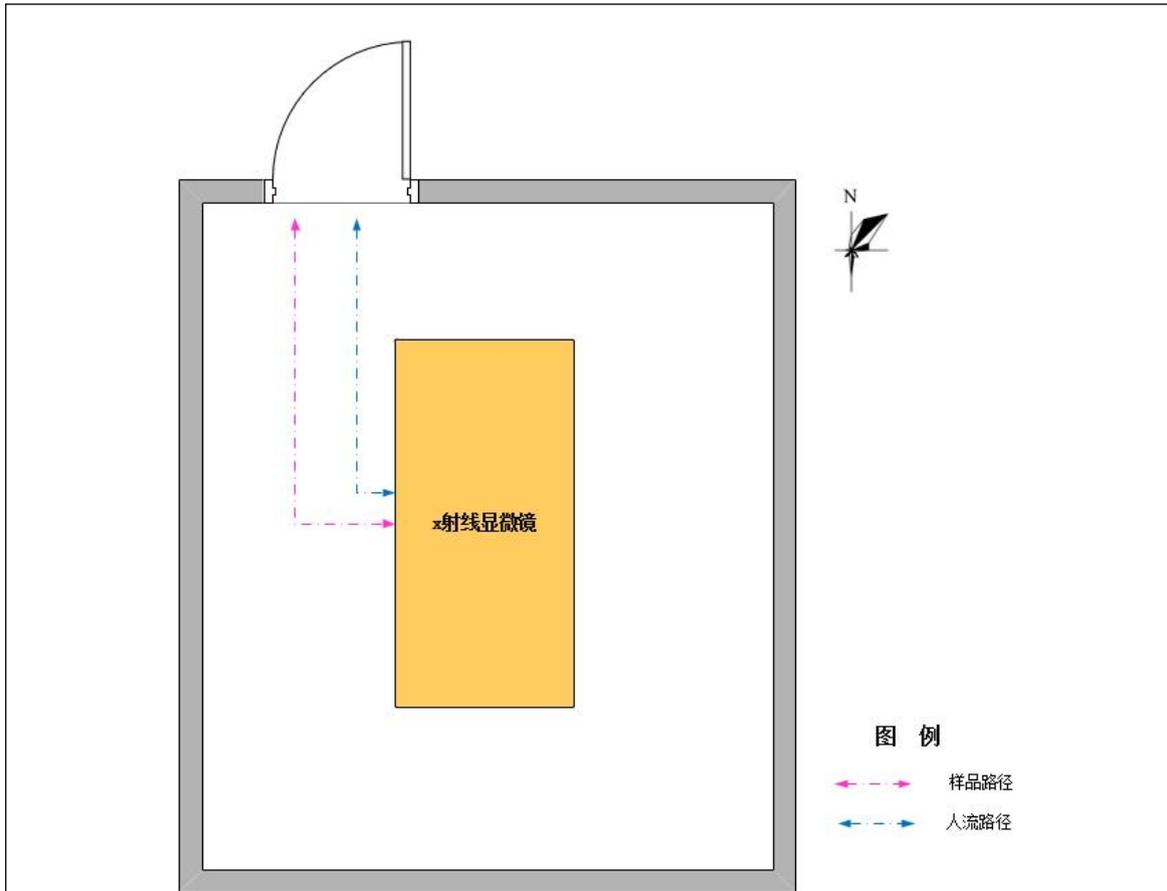


图9-6 人流、物流路径示意图

4、工况分析

本项目的主要污染因子是 X 射线，随 X 射线管的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到铅房的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

本项目 X 射线显微镜设备技术参数见下表 9-2：

表 9-2 本项目射线装置运行工况一览表

设备型号	蔡司 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜
生产厂家	德国卡尔蔡司公司
用途	无损检测
设备尺寸	2.17m 长×1.19m 宽×2.09m 高
装载门尺寸	1.99m 长×0.895m 宽
最大管电压和最大管电流	160kV,0.09mA
成像方式	数字实时成像
运动行程范围 (mm)	X=50、Y=100、Z=50
有用线束角度	60°
滤过条件	2mm 铝片
主束方向	由左向右定向向南出束

1m 处最大出束率 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$)	1.9×10^6
曝光时间 (min/件)	60

注：表格中设备参数均由设备厂家提供。

污染源项描述

一、电离辐射

X 射线显微镜开机工作时，通过高压机和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 160kV。不开机状态不产生 X 射线。

二、废气

空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧。

三、废水

本项目在检测过程中无生产废水产生。本项目工作人员会产生少量的生活废水，工作人员2人，用水量按120L/人·天计，废水排放系数为0.8，则每天产生生活污水0.192m³/d。

四、固体废物

本项目在检测过程中无定影液、显影液及清洗废水产生，工作人员会产生少量的生活垃圾，约为 1.0kg/d。

五、噪声

本项目噪声源主要为通风设备，用轴流式风机抽风，选用低噪声设备，源强小于 60dB(A)，且设备处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对厂房外界噪声的贡献很小，项目对周边声环境影响很小。

六、危险废物

本项目采用数字成像技术，利用X射线穿过被检测工件投射到平板探测器上成像，不使用定、显影液和胶片，不产生危险废物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、平面布局及辐射工作场所两区划分

1、项目平面布局合理性分析

本项目位于成都市武侯区一环路南一段 24 号四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼，本项目位于高分子材料工程国家重点实验室 1 楼东南角空置房间，X 射线显微镜周围均为其他实验设备，正上方 212 区域为办公室，正上方 212 区域为办公室，西侧依次为 0~40m 分别为 106A、106B、104、102、101、103、105、107 均为实验室，北侧为走廊通道及洗手间，北侧 20~30m 为 108、110、111 为办公室，西北侧 30~38m 其余 F01、F10、113、112、115 房间均为实验室，南侧、东侧临近校园内部道路。

本项目 X 射线显微镜设备自带铅房。X 射线显微镜实验室北侧设置人员进出，X 射线显微镜设备西侧设置工件进出装载门，操作台位 X 射线显微镜设备铅房北侧，主射方向向南。本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大活动区；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，满足国家和地方相关法律法规的要求。

综上所述，本项目辐射屏蔽柜平面布局满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 等相关标准要求，布局合理。

2、辐射工作场所两区划分

(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) 要求，将本项目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。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，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的范围。

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

(2) 控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。拟将射线装置实体自屏蔽内部区域划为控制区内，将铅房外整个显微镜实验室划为监督区。本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1、两区划分示意图见下图 10-1。

表10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目	控制区	监督区
新增 X 射线显微镜项目	射线装置实体自屏蔽内部区域为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入	X 射线显微镜实验室内设备自屏蔽铅室以外的区域
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入。参考《500kV 以下 X 射线探伤机防护规则》GB22448-2008 规定，控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入”字样的警告标志	监督区为工作人员操作本检测系统的工作场所，禁止非职业人员进入，避免受到不必要的照射，设置黄色“非职业人员禁入”字样的警告标志

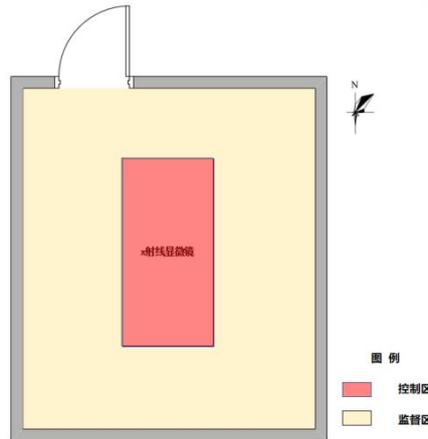


图10-1 本项目两区划分示意图

3、控制区防护手段及安全措施

①控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志；



图 10-2 电离辐射警告标志

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开；

④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

4、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

建设单位应严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，结合建设单位实际情况，加强控制区和监督区的监管。

二、设备安全性分析

1、辐射防护屏蔽设计分析

本项目使用蔡司 Xradia 515 Versa型X射线显微镜自带钢铅钢结构的铅房。设备铅房实体防护设施见表10-2，铅房外壳防护材质及厚度示意图见图10-3，铅房内线缆穿孔处防护情况见图10-4。

表10-2 设备屏蔽铅房实体防护设施表

项目	位置	屏蔽厚度
屏蔽体铅房结构	主射线方向（右侧）	钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 4mm 钢板+9mm 铅板+1.2mm 钢板
	顶部	钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板
	底部	钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 6mm 钢板+6mm 铅板+6mm 钢板
	前侧门、左侧、后侧门	钢+铅+钢防护结构，防护材质及厚度均为 4mm 钢板+6mm 铅板+1.2mm 钢板
指示灯线槽		铅屏蔽，厚度 8mm
进风口		铅屏蔽，厚度 10mm
高压线缆		铅屏蔽，厚度 5mm
样品台线槽		铅屏蔽，厚度 11mm
探测器线槽		铅屏蔽，厚度 8mm

图 10-3 设备铅房各个方向防护材质及厚度

图 10-4 设备铅房内线缆穿孔处防护

图 10-5 高压线缆通过 5mm 厚弯曲铅屏蔽罩穿过铅房

图 10-6 探测器线缆通过 8mm 厚铅屏蔽罩穿过铅房

图 10-7 指示灯线缆通过 8mm 厚铅屏蔽罩穿过铅房

图 10-8 进风、出风口屏蔽

2、固有辐射安全防护措施分析

①安全联锁系统：本项目的射线装置设有安全联锁系统，安全联锁设计要求主电源开关正常、急停按钮复位、装载门和检修门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动。本项目的射线装置电源开关直接与射线管联锁，作为出束授权，X射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X射线立即切断出束，复位后X射线不会自动出束。

②门锁联锁装置：本项目射线装置装载门和检修门各安装了2个安全互锁传感器作为门机联锁装置。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会中断高压发生器的主供电，X射线立即停止出束在装载门和检修门关闭好的情况下，设备指示灯中的黄灯亮起。当任意一个传感器未感应到装载门和检修门关闭到位时，设备指示灯中的黄灯不亮，系统操作页面的出束按钮将无法点击，射线管无法出束。

图 10-5 安全联锁

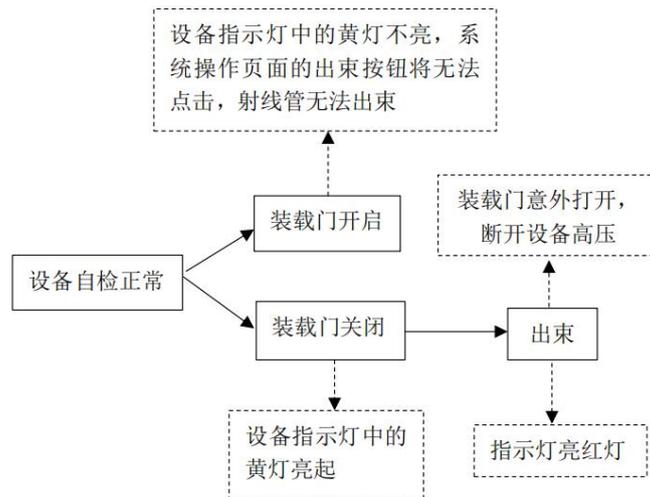


图 10-6 门机联锁逻辑图

③工作状态指示灯（门灯联锁）：本项目的射线装置均设有工作状态指示灯，顶部设有工作状态指示灯，指示灯具有3种工作状态指示：绿灯亮（装置已通电，安全联锁正常），黄灯亮（装载门或检修门已关闭，可开启射线源），红灯亮（射线正在出束）。

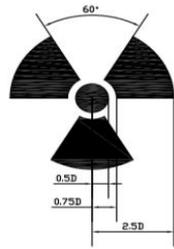
图10-7 工作状态指示灯

④紧急制动装置：本项目X射线设备均安装有急停开关，正前方门的下方机柜门1处、正后方门下方的机柜门1处，发生紧急状况时，按下急停开关，立即终止X射线出束。急停开关使用后，需复位后方可进行下一次检测工作。

图 10-8 设备自带紧急停机按钮

⑤视频监控系统：X射线显微镜实验室内设置1个高清摄像机，摄像机直接对准本项目射线装置，工作人员能在摄像机视图屏幕上实时监控检测过程，如果出现异常能迅速启动紧急止动装置。

⑥警告装置：铅房防护门外应在醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯箱，探伤作业时，应有声光警示，控制区边界应设置明显可见的警告标志。电离辐射警告标志如图 10-9 所示。



a.电离辐射的标志



b.电离辐射警告标志

图 10-9 电离辐射警告标志

⑥铅房固有安全性：排风口和线缆空洞均应有铅罩进行屏蔽，铅房四周均应有铅层进行搭接；铅房四周和顶部边框应具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。

3、人员的防护与安全措施

这里主要指对本项目辐射工作人员和周围相邻区域（评价范围内）的其他人员（公众）的防护。

现场检测作业时，为控制辐射对人体（主要是操作人员）的照射，综合采取源项控制、时间防护和距离防护措施。

①屏蔽防护

本项目设备自带铅钢结构的屏蔽，主射方向（右侧）采用4mm钢板+9mm铅板+1.2mm钢板作为防护层，左侧、前侧门，后侧门采用4mm钢板+6mm铅板+1.2mm钢板，顶部2mm钢板+6mm铅板+2mm钢板，底部采用6mm钢板+6mm铅板+6mm钢板。检测作业通过有效实体对射线进行屏蔽，使现场操作人员受照剂量最小。

②时间防护

本项目工作人员在检测时设置好参数后，即可离开，样品自动完成检测，无需人员干预，检测完毕后X射线自动停止出束，减少工作人员和相关公众的受照射时间。

③距离防护

检测作业区域严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，对控制区进行严格控制，禁止非相关人员的进入，职业工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区边界内停留，以减少不必要的照射。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的工作场所，非相关人员也禁止进入，避免受到不必要的照射。

三、辐射安全防护设施对照分析

为分析本项目设备辐射防护性能，根据设备厂家提供的设备说明资料，将本项目射线装置的主要技术参数列表分析，并与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的技术要求进行对照，具体情况见表10-3。

表10-3 本项目辐射防护措施符合性分析表

《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	本项目	符合情况
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。	本项目使用的射线装置自带铅房，放在独立的房间内使用，充分考虑了临近场所的辐射安全。蔡司 Xradia 515 Versa型X射线显微镜操作台设在射线装置正面左侧，有用线束朝右侧（南侧）照射，避开了有用射线方向	符合
6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	拟将射线装置实体屏蔽内部区域划为控制区，将铅房外整个辐射工作场所划为监督区，满足 GB 18871 的要求。	符合
6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 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。	本项目射线装置自带铅钢结构的全封闭防护铅房，可满足《辐射防护条例》第21节的要求，设计符合全防护设备特性要求	符合
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处立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3;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为 100 μ Sv/h。	本项目铅房顶部的存在已建建筑物，辐射屏蔽要求同上，铅房顶部的辐射屏蔽同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。	符合
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。	本项目射线装置装载门和检修门各安装了2个安全互锁传感器作为门机联锁装置。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会中断高压发生器的主供电，又射线立即停止出束。设备在装载门和检修门关闭好的情况下，设备指示灯中的黄灯亮起。当	符合

	任意一个传感器未感应到装载门和检修门关闭到位时，设备指示灯中的黄灯不亮，系统操作页面的出束按钮将无法点击，射线管无法出束	
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。	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，设备内部空间狭小，人员无法进入到屏蔽体内部，因此装置内部设指示灯和声音提示装置的要求不适用于本项目。 本项目的射线装置顶部设有工作状态指示灯，指示灯具有3种工作状态指示：绿灯亮（装置已通电，安全联锁正常），黄灯亮（装载门或检修门已关闭，可开启射线源），红灯亮（X射线正在出束）。	符合
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。	本项目拟使用射线装置小型自屏蔽式射线装置人员无法进入到铅房内部。因此在装置内部安装监视装置的要求不适用于本项目。 本项目在X射线显微镜实验室内安监视装置装	符合
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。	在装置正面张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，将在监督区边界张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。	符合
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。	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，人员无需进入铅房内部，因此装置内部安装紧急停机按钮装置的要求不适用于本项目。 本项目射线装置正面和背面各设有1个急停按钮。操作人员不需要穿过主射线束就能够使用，发生紧急事故时可以迅速切断设备的多项部件的电源，立即停止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。	符合
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。	在X显微镜实验室，设置机械排风装置，每小时有效通风换气次数应不小于3次	符合

根据上表可知，本项目蔡司 Xradia 515 Versa型X射线显微镜的防护设计均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的技术要求。

四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 环保设施及投资估算一览表

环保设施		投资金额(万元)	备注
固有辐射安全设施	防护外壳及 X 射线舱均采用铅钢防护结构（即自带铅房 1 座）	/	设备自带
	安全联锁系统 1 套		
	门锁联锁装置 1 套		
	工作状态指示灯（门灯联锁）1 套		
	紧急止动装置 2 个		
	X 射线显微镜实验室内设置 1 个高清摄像机		
防护用品	个人剂量计 2 套	2	新增
监测仪器	个人剂量报警仪 2 个	2	新增
	便携式辐射监测仪 1 台	2	新增
废气处理	X 射线显微镜实验室排风系统	2	新增
警示标识	入口机器工作状态显示 1 套	0.5	新增
	入口电离辐射警示标志 1 套	0.5	新增
	灭火器材 1 套	1	新增
	视频监控系统	3	新增
合计		13	/

本项目总投资*****万元，环保投资 13 万元，占总投资的*****。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、 废气

本项目射线装置在曝光过程中会产生有害气体臭氧，为防止臭氧在铅房内不断累积导致室内臭氧浓度超标，在进风（防护厚度均为10mm铅板）和出风口均有铅板防护（防护厚度均为7mm铅板），气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露，典型工况下风扇排风量为234.6m³/h，产生的臭氧经设备自带的排风系统抽排进入X射线显微镜实验室内，该实验室内设置有通排风系统，通过换气装置将臭氧经通排风管道最终引至房间外排入大气环境，经自然分解和稀释，满足《环境空气质量标准》（GB3095—2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（0.20mg/m³）的要求。

二、 固体废物

本项目营运期不使用胶片，因此无废胶片产生；固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，本项目工作人员产生的生活垃圾约 1.0kg/d，经垃圾桶统一收集后，交由市政环卫部门统一清运。

三、废水

本项目工作人员生活污水的产生量为0.192m³/d，本项目生活污水由污水管道排入校园内已建生活污水处理设施预处理达《污水综合排放标准》(GB8078-1996)三级标准后，经市政污水管网进入成都市第九污水处理厂处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/ 2311-2016)城镇污水处理厂排放标准后进入锦江。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

1、施工期的环境影响分析

本项目利用现有空置实验室已建成，不存在土建施工影响。射线装置安装调试会产生X射线，但时间很短，辐射影响很小。

2、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备购买的一体式检测设备，出厂前已由生产厂家完成了设计制造，建设单位仅需购买后搬运固定在拟安置位置即可，建设单位不进行设备的安装及调试；在设备厂家安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各铅房屏蔽到位，醒目位置设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。由于X射线机调试在自带铅房内进行，经过铅房墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备搬运安装后，包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。安装结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

一、铅房厚度校核

1、设备参数介绍

本项目每天工作6小时，每周5天，年工作200天，每天最多5个样品，单个样品（尺寸：直径30cm以内，形态：颗粒状、长方形、圆柱形、不规则形状均可）最长时间约为1h，年最大曝光时间约1000h。

X射线显微镜检测系统用于新材料的微观结构及内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况检测，仅开展铅房内的检测，X射线显微镜仅在铅房内使用，不涉及野外（室外）项目，作业时X线束均固定投向铅房南边，不投向其他方向。

本项目运营期的环境影响因素为：X射线显微镜工作时产生的X射线机、臭氧、风机产生的噪声。

本项目射线装置基本工作参数见表11-1。

表 11-1 射线装置工作参数

设备型号	蔡司 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜
生产厂家	德国卡尔蔡司公司
用途	无损检测
设备尺寸	2.17m 长×1.19m 宽×2.09m 高
装载门尺寸	1.99m 长×0.895m 宽

最大管电压和最大管电流	160kV,0.09mA
运动行程范围 (mm)	X=50、Y=100、Z=50
有用线束角度	60°
滤过条件	2mm 铝片
主束方向	由左向右定向向南出束

2、屏蔽厚度合理性分析

本项目一体式设备自带钢铅钢结构的铅房，主射方向（右侧）采用4mm钢板+9mm铅板+1.2mm钢板作为防护层，左侧、前侧门，后侧门采用4mm钢板+6mm铅板+1.2mm钢板作为防护层，顶部采用2mm钢板+6mm铅板+2mm钢板作为防护层，底部采用6mm钢板+6mm铅板+6mm钢板作为防护层，铅房内指示灯线槽、进风口、高压线缆、样品台线槽、探测器线槽、出风口均配备铅板防护。

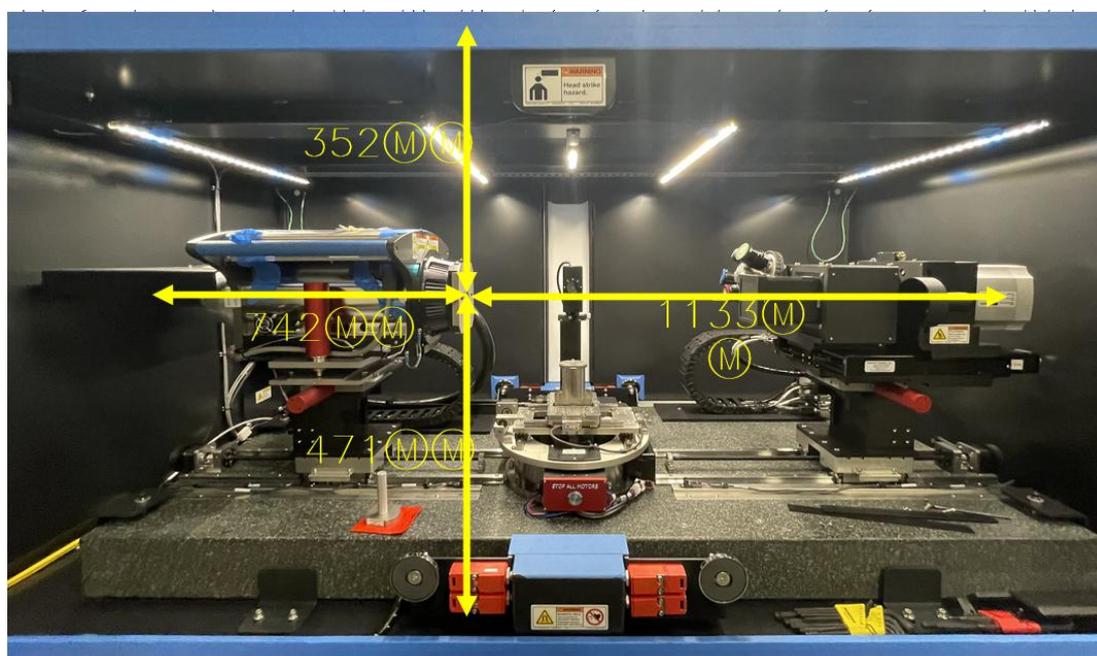


图 11-1 铅房铅房内射线源距离各面距离示意图（操作面）

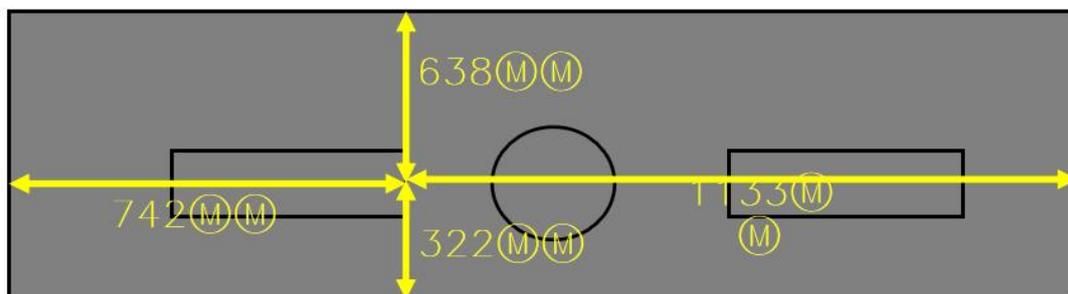


图 11-2 屏蔽体铅房内射线源距离各面距离示意图（俯视）图

从机器的正前方（操作面）来看，射线逸出口距离防护铅房各个方向的距离为：在负限位时，距离右侧防护铅板（探测器侧）为 1133mm；距离左侧防护铅板为

742mm；在正限位时，距离右侧防护铅板（探测器侧）为 943mm；距离左侧防护铅板为 932mm；距离底部防护铅板为 471mm；距离顶部防护铅板为 352mm；距离后方防护铅板为 638mm；距离前方防护铅板为 322mm。本项目靶点距离铅房各面最近距离情况详见表 11-2。

表 11-2 X 射线靶点距离屏蔽体铅房各面墙体最近距离参数表

相对位置	最小距离（m）	需屏蔽的辐射源
铅房南侧屏蔽体外30cm（主射方向）负限位时	1.433(1.133+0.3)	主射辐射
铅房南侧屏蔽体外30cm（主射方向）正限位时	1.243(0.943+0.3)	主射辐射
铅房北侧屏蔽体外30cm（非主射方向）负限位时	1.043(0.742+0.3)	泄漏辐射和散射辐射
铅房北侧屏蔽体外30cm（非主射方向）正限位时	1.232(0.932+0.3)	泄漏辐射和散射辐射
铅房西侧屏蔽体外30cm（非主射方向）前方防护	0.622(0.322+0.3)	泄漏辐射和散射辐射
铅房东侧屏蔽体外30cm（非主射方向）后方防护	0.938(0.638+0.3)	泄漏辐射和散射辐射
铅房顶部屏蔽体外30cm（非主射方向）	0.652(0.352+0.3)	泄漏辐射和散射辐射
铅房底部屏蔽体外30cm（非主射方向）	0.771(0.471+0.3)	泄漏辐射和散射辐射

根据表11-2可知，本项目铅房蔽厚度合理性分析需要考虑主射辐射、泄漏辐射和散射辐射对周围环境的影响。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），关注点剂量率参考控制水平 H_c 为关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 和导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 中的较小值。

(1) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h}$;

(2) 导出剂量率参考控制水平 \dot{H} 按下式进行计算

$$\dot{H} = \dot{H}_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中：

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

\dot{H}_c ——年剂量参考控制水平，职业人员取 5000 μ Sv/a，公众取 100 μ Sv/a；

U —— 探伤装置向关注点照射的使用因子，此处取 1；

T —— 人员在相应关注点驻留的居留因子；经常有人员停留的地方取 1，部分时间有人员驻留的地方取 1/4；

t —— 出束检测作业年曝光时间，取 1000h。

根据式 11-1，铅房周围关注点控制剂量水平计算结果见下表 11-3。

表 11-3 关注点控制剂量水平参数选取及计算结果表

关注点	受照类型	使用因子	居留因子	\dot{H} (μ Sv/h)	关注点的最高剂量率参考控制水平 (μ Sv/h)	本项目剂量率参考控制水平 (μ Sv/h)
铅房南侧屏蔽体外30cm (主射方向)	职业	1	1	5	2.5	2.5
铅房北侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	职业	1	1	5	2.5	2.5
铅房西侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	职业	1	1	5	2.5	2.5
铅房东侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	职业	1	1	5	2.5	2.5
铅房顶部屏蔽体外30cm (非主射方向)	职业	1	1	5	2.5	2.5
铅房底部屏蔽体外30cm (非主射方向)	职业	1	1	5	2.5	2.5

注：本项目铅房四周为本项目CT检测间，因此居留因子取1。

本项目顶部及底部人员不可到达，但为保守估计，顶部与底部剂量率控制水平均考虑 2.5 μ Sv/h 进行核算。

3、铅房墙体屏蔽厚度核算

(1) 主射方向屏蔽厚度核算

有用线束屏蔽透射因子 B_1 参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)由式(11-1)、(11-2)计算。

$$B_1 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{I \cdot H_0} \dots\dots\dots \text{(式11-2)}$$

式中：

B_1 ——有用线束屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）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,最大管电流为0.09mA;
 H₀—距辐射源点(靶点)1m处输送量;

对于估算出的屏蔽透射因子B,查《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中图B.1的数据,得出本项目理论计算厚度。

表 11-4 本项目主射线方向屏蔽厚度计算参数及计算比对应一览表

屏蔽方位	南侧(主射线负限时)	南侧(主射线正限时)
参考控制水平(μSv/h)	2.5	2.5
与参考点最近距离(m)	1.433	1.243
距辐射源点(靶点)1m处输出量 (μGy·m ² /(mA·h))	1.9×10 ⁶	1.9×10 ⁶
透射因子	3.0×10 ⁻⁵	2.26×10 ⁻⁵
理论计算屏蔽厚度(mm)	3.5mm 铅板	4mm 铅板
实际设计厚度	9mm 铅板	
是否满足屏蔽要求	满足	满足

(2) 泄漏辐射屏蔽厚度核算

泄漏辐射屏蔽射线因子根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)由式(11-3)计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \dots\dots\dots \text{(式11-3)}$$

式中:

\dot{H}_c —剂量率参考控制水平, μSv/h;

\dot{H}_L —距离靶点1m处X射线管组装的漏射辐射剂量率, μSv/h;

R—参考点离靶点的距离, m;

B—屏蔽透射因子;

厚度核算公式:

对于估算出的屏蔽透射因子B₂,所需的屏蔽物质厚度X按式(11-4)计算。

$$X = -TVL \cdot \lg B_2 \dots\dots\dots \text{(式11-4)}$$

式中:

TVL—依据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录B.2,利用内插法可推算出160kV时铅的近似1/10值层厚度为1.048mm。

铅房非主射方向北侧、西侧、东侧墙体、铅房顶部、铅房底部泄漏辐射屏蔽参数选取及计算结果见表11-5。

表 11-5 泄漏辐射屏蔽厚度(铅当量)计算参数表

屏蔽方位	铅房北侧屏蔽体外30cm(非主射方向)	铅房西侧屏蔽体外30cm(非主射方向)	铅房东侧屏蔽体外30cm(非主射方向)	铅房顶部屏蔽体外30cm(非主射方向)	铅房底部屏蔽体外30cm(非主射方向)
参考控制水平(μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
与参考点最近距离(m)	1.043	0.622	0.938	0.652	0.771
X射线泄漏辐射剂量率(μSv·m ² /(mA·h))	2.5×10 ³				
透射因子	1.52E-03	3.87E-04	8.80E-04	4.25E-04	5.94E-04
TVL(mm)	1.048	1.048	1.048	1.048	1.048
理论计算屏蔽厚度(mm)	3.11	3.58	3.20	3.53	3.38
实际设计厚度(mm)	6	6	6	6	6
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足

(3) 散射辐射屏蔽厚度核算

散射辐射屏蔽射线因子根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)由式(11-1)、(11-5)计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots\dots\dots \text{(式11-5)}$$

式中:

\dot{H} —剂量率参考控制水平, μSv/h; 参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 与2.5μSv/h相比较取小值;

R_s —散射点至关注点的距离, m;

R_0 —靶点至检测工件的距离, 均取0.4m;

I —最大管电流, 本项目最大管电流取0.09mA;

H_0 —距辐射源点(靶点)1m处输送量, $H_0=1.9 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

F — R_0 处的辐射野面积, 均取0.1m²;

α —GBZ/T250-2014查表B.3, 内插法计算取 1.66×10^{-3} ;

对于估算出的屏蔽投射因子 B_3 , 所需的屏蔽物质厚度 X 按式11-6计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B_3 \dots\dots\dots \text{(式11-6)}$$

式中:

TVL —屏蔽物的1/10值层; 依据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》

(GBZ/T250-2014)表2, 散射辐射考虑以0° 入射探伤工件的90° 散射, 160kVX射线90° 散射辐射对应的X射线散射辐射为150kV, 根据附录 B.2, 150kV时铅的近似1/10什值层厚度为0.96mm;

B₃—达到剂量率参考控制水平时所需的屏蔽投射因子。

表 11-6 散射辐射屏蔽厚度 (铅当量) 计算参数表

屏蔽方位	铅房北侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	铅房西侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	铅房东侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	铅房顶部屏蔽体外30cm (非主射方向)	铅房底部屏蔽体外30cm (非主射方向)
参考控制水平 (μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
与参考点最近距离 (m)	1.043	0.622	0.938	0.652	0.771
透射因子	1.53E-02	5.45E-03	1.24E-02	5.99E-03	8.38E-03
TVL(mm)	0.96				
理论计算屏蔽厚度 (mm)	1.74	2.17	1.83	2.13	1.99
实际设计厚度 (mm)	6	6	6	6	6
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足

本项目铅房主要采用铅板进行屏蔽, 为保守估计, 本项目忽略钢板的屏蔽效果。

(4) 综合分析

参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 漏射辐射的屏蔽厚度与散射辐射的屏蔽厚度相差一个什值层 (TVL) 厚度或更大时, 采用其中较厚的屏蔽; 相差不足一个什值层 (TVL) 厚度时, 在较厚的屏蔽上增加一个半值层 (HVL) 厚度。由表11-7可知, 本项目铅房墙体散射辐射的屏蔽厚度与泄漏辐射的屏蔽厚度相差均小于一个什值层 (TVL) 厚度 (1.048mm), 因此本项目屏蔽体在考虑散射辐射及漏射辐射屏蔽厚度计算时采用其中较厚的屏蔽。

表 11-7 本项目铅房屏蔽厚度计算与实际设计厚度 (铅当量) 汇总表

关注点预测结果	有用线束需屏蔽厚度 (mm)	泄漏辐射需屏蔽厚度 (mm)	散射辐射需屏蔽厚度 (mm)	泄漏辐射需屏蔽厚度与散射辐射需屏蔽厚度差值 (mm)	理论计算屏蔽厚度 (mm)	实际设计厚度 (mm) 铅板	是否满足屏蔽要求
铅房南侧屏蔽体外30cm (主射方向)	4	/	/	/	4	9	满足要求
铅房北侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	/	3.11	0.94	2.17	3.11	6	
铅房西侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	/	3.58	1.8	1.78	3.58		

主射方向)							
铅房东侧屏蔽体外30cm (非主射方向)	/	3.20	1.12	2.08	3.20		
铅房顶部屏蔽体外30cm (非主射方向)	/	3.53	1.73	1.8	3.53		
铅房底部屏蔽体外30cm (非主射方向)	/	3.38	1.45	1.93	3.38		

根据表11-7，铅房四周设计屏蔽厚度均能满足屏蔽要求。

(二) 运营期正常工况环境影响分析

本项目正常运行期间，对环境的影响主要分为放射性影响和非放射性影响两个方面。其中放射性环境影响是主要的，主要为射线装置在作业过程中产生的 X 射线对辐射工作人员、公众和环境造成的辐射影响；对其产生的非放射性污染物的环境影响只进行简单的分析。

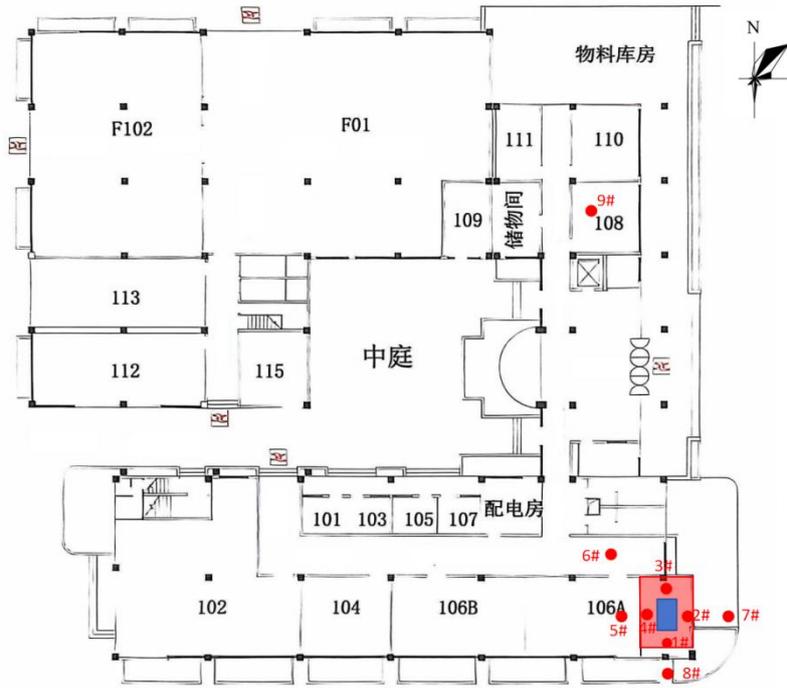
1、正常运行辐射环境影响分析

(1) 预测点选取

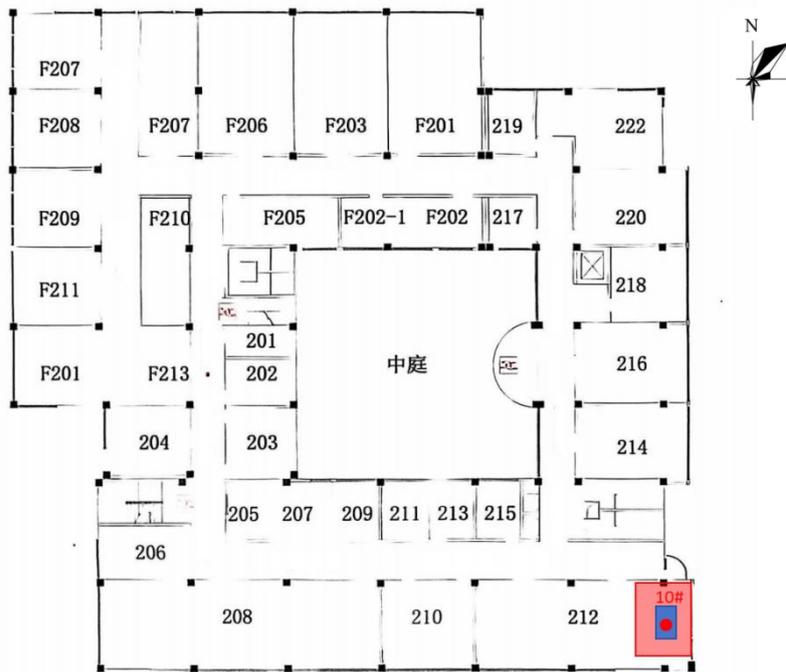
根据本项目平面布置及外环境关系，选取预测点如下：

- ①：设备南侧屏蔽体外侧的工作人员；
- ②：设备东侧屏蔽体外侧的工作人员；
- ③：设备北侧屏蔽体外侧的工作人员；
- ④：设备西侧屏蔽体外侧的工作人员；
- ⑤：西侧 106 实验室的公众；
- ⑥：北侧通道的公众；
- ⑦：东侧道路的公众；
- ⑧：南侧道路的公众；
- ⑨：北侧财务室的办公人员；
- ⑩：设备楼上办公室的公众

本项目辐射预测点位示意图见下图 11-3。



一层预测点图



二层预测点图

(2) 有用线束（主射）辐射影响

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由式 11-7~11-9 计算有用线束辐射影响。

$$\dot{H}_{有} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_1}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

$$B_1 = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

$$H = \dot{H}_{有} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

式中：

B₁ —有用线束屏蔽透射因子；

X—屏蔽物质厚度；

TVL —依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.2，利用内插法可推算出 160kV 时铅的近似 1/10 什值层厚度 1.048mm；

I—最大管电流，0.09mA；

H₀ —距辐射源点（靶点）1m处输送量，H₀=1.9×10⁶μGy·m²/(mA·h)；

R —参考点离靶点的距离；

t—一年工作时间，1000h；

关注点有用线束辐射年照射剂量率计算结果见表11-8。

表 11-8 有用线束照射剂量计算参数及结果表

关注点预测结果	射线装置年工作时间 (h)	距靶点 1m处输出量 μGy·m ² /(mA·h)	屏蔽物的 1/10 值层 (mm)	靶点至预测点的距离 (m)	屏蔽透射因子	预测点剂量 (μSv/h)	居留因子	年受照射剂量 (mSv/a)	受照者类型
设备南侧屏蔽体外侧的工作人员 (1#)	1000	1.9×10 ⁶	1.048	1.243	2.58×10 ⁻⁹	2.86×10 ⁻⁴	1	7.15×10 ⁻⁵	职业照射

(3) 泄漏辐射影响

参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），已知屏蔽体厚度，泄漏辐射屏蔽因子可根据（式11-8）进行计算，由（式11-10）和（式11-11）计算泄漏辐射对周围环境的影响。

$$\dot{H}_{漏} = \frac{\dot{H}_L \cdot B_2}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式11-10)}$$

$$H = \dot{H}_{漏} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式11-11)}$$

式中：

B_2 —漏射屏蔽透射因子;

$\dot{H}_{\text{漏}}$ —预测点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$);

\dot{H}_L —距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

R—参考点离靶点的距离, m;

H—年受照射剂量, mSv/a;

t—年受照射时间, 1000h;

T—居留因子。

各参数取值及各个关注点泄漏辐射年照射剂量率计算结果见表11-9。

表 11-9 泄漏照射剂量计算参数及预测结果表

关注点参数及结果	距离靶点 1m处泄漏 辐射剂量 率($\mu\text{Sv/h}$)	靶点至 预测点 的距离 (m)	屏蔽透射 因子	预测点 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	年受照射 剂量 (mSv/a)	受照者类 型
设备东侧屏蔽体外侧 的工作人员 (2#)	2.5×10^3	0.938	1.88E-06	5.35E-03	1	5.35E-03	职业照射
设备北侧屏蔽体外侧 的工作人员 (3#)		1.043	1.88E-06	4.33E-03	1	4.33E-03	职业照射
设备西侧屏蔽体外侧 的工作人员 (4#)		0.622	1.88E-06	1.22E-02	1	1.22E-02	职业照射
西侧 106 实验室的公 众 (5#)		2.3	1.88E-06	8.90E-04	1/4	2.22E-04	公众照射
北侧通道的公众 (6#)		3.8	1.88E-06	3.26E-04	1/16	2.04E-05	公众照射
东侧道路的公众 (7#)		3.0	1.88E-06	5.23E-04	1/16	3.27E-05	公众照射
南侧道路的公众 (8#)		3.0	1.88E-06	5.23E-04	1/16	3.27E-05	公众照射
北侧财务室的办公人 员 (9#)		23	1.88E-06	8.90E-06	1/4	5.56E-07	公众照射
设备楼上办公室的公 众 (10#)		1.7	1.88E-06	1.63E-03	1/4	4.07E-04	公众照射

(4) 散射辐射影响

参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由（式11-12）和（式11-13）计算散射辐射影响。

$$\dot{H}_{散} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{(式11-12)}$$

$$H = \dot{H}_{散} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式11-13)}$$

式中：

B₃—散射屏蔽透射因子，散射屏蔽透射因子可根据（式11-9）进行计算；

$\dot{H}_{散}$ —预测点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R_s—散射体至关注点的距离，m；

R₀—靶点至检测工件的距离，均取0.4m；

I—最大管电流，0.09mA；

H₀—距辐射源点（靶点）1m处输送量，H₀=1.9×10⁶ $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F—R₀处的辐射野面积，均取0.1m²；

α —散射因子，GBZ/T250-2014查表B.3，取1.66×10⁻³；

t—年受照射时间，1000h；

T—居留因子。

各参数取值见表11-10。

表 11-10 散射照射剂量计算参数及预测结果表

关注点参数及结果	散射因子 a	距靶点1m处 输出量 ($\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	靶点至 预测点 的距离 (m)	屏蔽 透射因 子	预测点剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	年受照 射剂量 (mSv/a)	受照 类型
设备东侧屏蔽体外侧的工作人员(2#)	1.66×10 ⁻³	1.9×10 ⁶	0.938	1.88E-06	3.80E-04	1	3.80E-04	职业照射
设备北侧屏蔽体外侧的工作人员(3#)			1.043	1.88E-06	3.07E-04	1	3.07E-04	职业照射
设备西侧屏蔽体外侧的工作人员(4#)			0.622	1.88E-06	8.63E-04	1	8.63E-04	职业照射
西侧106实验室的公众(5#)			2.3	1.88E-06	6.31E-05	1/4	1.58E-05	公众照射

北侧通道的公众 (6#)			3.8	1.88E-06	2.31E-05	1/16	1.45E-06	公众照射
东侧道路的公众 (7#)			3.0	1.88E-06	3.71E-05	1/16	2.32E-06	公众照射
南侧道路的公众 (8#)			3.0	1.88E-06	3.71E-05	1/16	2.32E-06	公众照射
北侧财务室的办公人员 (9#)			23	1.88E-06	6.31E-07	1/16	3.95E-08	公众照射
设备楼上办公室的公众 (10#)			1.7	1.88E-06	1.16E-04	1/4	2.89E-05	公众照射

(5) 对关注点的综合分析

对处于有用线束照射范围内的关注点，年照射剂量需考虑有用线束、散射照射产生的辐射量，对处于泄漏照射及散射照射范围内关注点年照射剂量考虑此两种照射剂量的叠加值。

表 11-11 本项目铅房外关注点处年照射剂量计算结果表

关注点参数及结果	年受有用线束照射剂量 (mSv/a)	年受泄漏照射剂量 (mSv/a)	年受散射照射剂量 (mSv/a)	年受照射剂量 (mSv/a)	受照者类型
设备南侧屏蔽体外侧的工作人员 (1#)	7.15×10 ⁻⁵	/	/	7.15E-05	职业照射
设备东侧屏蔽体外侧的工作人员 (2#)	/	5.35E-03	3.80E-04	5.73E-03	职业照射
设备北侧屏蔽体外侧的工作人员 (3#)	/	4.33E-03	3.07E-04	4.64E-03	职业照射
设备西侧屏蔽体外侧的工作人员 (4#)	/	1.22E-02	8.63E-04	1.31E-02	职业照射
西侧 106 实验室的公众 (5#)	/	2.22E-04	1.58E-05	2.38E-04	公众照射
北侧通道的公众 (6#)	/	2.04E-05	1.45E-06	2.19E-05	公众照射
东侧道路的公众 (7#)	/	3.27E-05	2.32E-06	3.50E-05	公众照射
南侧道路的公众 (8#)	/	3.27E-05	2.32E-06	3.50E-05	公众照射
北侧财务室的办公人员 (9#)	/	5.56E-07	3.95E-08	5.96E-07	公众照射
设备楼上办公室的公众 (10#)		4.07E-04	2.89E-05	4.36E-04	公众照射

综上，本项目建成投用后，所致职业人员受年附加有效剂量最大为 1.31E-02mSv/a，所致公众受年附加有效剂量最大为 4.36E-04mSv/a，分别远低于职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值，也低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值。

2、臭氧的环境影响分析

X射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，且臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此本报告表主要对臭氧的产生及排放进行分析。

臭氧产额的计算公式：

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

式中：

Q_0 ——臭氧产额，mg/h；

G ——离辐射源1m处的辐射剂量率，本项目取值为1.9Gy/h；

S_0 ——射束在离源点 1m 处的照射面积，本项目中取值为 0.1m²；

R ——射束径迹长度，m，本项目中取值为1.133m；

g ——空气每吸收100eV辐射能量产生的O₃的分子数，本项目中取值为10。

铅房内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

式中：

C ——室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_0 ——臭氧产额 mg/h；

T_v ——臭气有效清除时间，h；

V ——铅房空间体积，取 2.5m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots \dots \dots \text{（式 11-16）}$$

t_v ——每次换气时间，0.01h（铅房空间体积，取 2.5m³，排风量为 234.6m³/h）；

t_a ——臭氧分解时间，取值为 0.83h。

据以上公式可计算X射线显微镜工作时，臭氧产额为0.014mg/h，铅房内O₃的平衡浓度为5.53×10⁻⁵mg/m³。上述臭氧平衡浓度均低于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素（GBZ2.1-2019）室内臭氧最高允许浓度 0.30mg/m³，《环境空气质量标准》（GB3095-2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（0.20mg/m³）的要求。

本项目 X 射线显微镜工作在曝光过程中会产生有害气体臭氧，为防止臭氧在

铅房内不断累积导致室内臭氧浓度超标，铅房内采取左侧进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，在进风（防护厚度均为 10mm 铅板）和出风口均有铅板防护（防护厚度均为 7mm 铅板），气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露，典型工况下风扇排风量为 234.6m³/h，铅房排风口位置无人员停留，产生的臭氧经设备自带的排风系统抽排进入设备间内，最终排入大气环境，经自然分解和稀释，对环境空气影响较小。

3、危险废物环境影响分析

由于本项目使用数字成像系统，不产生危险废物，故不予评价。

4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线机进行拆解和去功能化”。本项目装置报废时，必须进行去功能化处理，使X射线机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。按照中华人民共和国国务院449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第33条要求，报废的射线装置应实施退役。在射线装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

5、声环境影响分析

本项目风机工作时将产生一定噪声，本项目拟采用低噪声设备（噪声源强低于 65dB（A）），经过距离衰减和墙体隔声后，使厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准限值要求。

6、一般固废

本项目产生固体废弃物主要为生活垃圾，本项目共涉及工作人员2人，产生量以0.5kg/人·天计，则每天产生生活垃圾1.0kg/d，依托垃圾桶统一收集后，交由市政环卫部门统一清运。

7、废水

本项目不进行洗片，因此本项目废水主要为工作人员产生的生活污水，本项目共涉及工作人员1人，用水量按120L/人·天计，废水排放系数为0.8，则每天产生生活污水0.192m³/d，生活污水由污水管道排入校园内已建生活污水处理设施预处理达《污水综合排放标准》(GB8078-1996)三级标准后，经市政污水管网进入成都市

第九污水处理厂处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）城镇污水处理厂排放标准后进入锦江。

辐射事故影响分析

1、事故风险识别

本项目所用射线装置II类射线装置，其风险因子主要为X射线，按照中华人民共和国国务院449号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-12中。

表 11-12 环境风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II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2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III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9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或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。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)，急性放射病发生参考剂量见表11-13。

表 11-13 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50.0Gy~100.0Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

2、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为X射线，危害因素为X射线超剂量照

射，工业X射线CT机只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源，X射线CT机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①X射线装置在对工件进行X射线检测时，门-机联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X射线泄露使工作人员受到不必要的照射。

②由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

③设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启X射线发生器，使检修人员受到意外照射。

3、辐射事故影响分析（公众）

（1）事故情景假设

①设备运行时门机联锁装置失效，防护门不能正常关闭或非正常情况下打开，此时X射线在正常出束，设备周围的活动人员受到误照射，假设此时公众人员位于屏蔽体铅房外附近，距靶点约1m处，无任何屏蔽措施；

②事故状态下设备以最大参数运行，公众位于X射线非主射线方向，无任何屏蔽措施，受到X射线机的泄漏辐射照射和散射辐射照射影响；

（2）剂量估算

假定设备门机联锁装置失效，铅房周围的公众人员受到泄漏辐射和散射照射，设备前后均设置有“紧急停机”按钮，只要按下按钮就可以停机，铅房周围位置处公众所受辐射剂量率按式11-10和11-12 计算，屏蔽透射因子取1（无屏蔽），计算结果见下表11-14。

表 11-14 事故情况①下周围人员受到的剂量估算结果

关注点与射线装置的距离（m）	时间（s）	散射所致剂量（mSv/次）	漏射所致剂量（mSv/次）	总剂量（mSv/次）
1	30	1.48E-03	2.08E-02	2.23E-02
	60	2.96E-03	4.17E-02	4.47E-02
	120	5.91E-03	8.33E-02	8.92E-02
	300	1.48E-02	2.08E-01	2.23E-01
2	30	3.70E-04	5.21E-03	5.58E-03
	60	7.39E-04	1.04E-02	1.11E-02
	120	1.48E-03	2.08E-02	2.23E-02
	300	3.70E-03	5.21E-02	5.58E-02
3	30	1.64E-04	2.31E-03	2.47E-03
	60	3.29E-04	4.63E-03	4.96E-03
	120	6.57E-04	9.26E-03	9.92E-03

	300	1.64E-03	2.31E-02	2.47E-02
--	-----	----------	----------	----------

(3) 事故后果

根据表 11-14, 在辐射事故状态下, 本项目铅房周围公众在不同位置随着时间的推移, 在非主射方向持续受照射, 最大可能受照剂量为 $2.23 \times 10^{-1} \text{mSv/次}$, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的公众 1mSv/a 的剂量限值, 不构成辐射事故; 之后随着事故受照时间的持续增加, 还可能会造成一般辐射事故。

4、检修人员误照射事故影响分析

(1) 事故情景假设

①设备维修/维护人员在对设备铅房内的X射线管进行维修/维护时, 突然发现设备正处于开机出束状态, 便立即离开并切断电源关机;

②假设设备处于额定运行工况的出束状态;

③保守考虑维修/检修人员处于主射束方向, 距靶点最近为 $0.3 \sim 1.0 \text{m}$, 受到主射束照射且无任何屏蔽措施, 此时屏蔽透射因子均保守取 1 (无屏蔽)。

(2) 剂量估算

假定在以上最大可能事故情况下, 检修人员位于或滞留在铅房内, X射线直接照射到该名人员, 人员受到的有效剂量与X射线机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关。因此偏安全分析, 事故情况下, 本项目铅房内检测作业时, X射线机按其最大参数运行, 人员在距射线机主射方向不同距离上X射线剂量率按下式估算。

$$D = I\delta_x/r^2 \dots\dots\dots \text{(式11-18)}$$

式中:

D—空气吸收剂量率, $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$;

I—管电流, mA, 本项目取 0.09mA ;

δ_x —发射率常数, 本项目为 $3.16 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$;

r—参考点距X射线管焦斑的距离, m。

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots\dots\dots \text{(式11-19)}$$

式中:

E—人员受到的有效剂量, $\text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$;

W_T —组织权重因数，求和为1；

W_R —辐射权重因数，求和为1。

根据式11-18及11-19，管电流越大，受照人员的所受的辐射有效剂量越大。由于本项目均在屏蔽体铅房内实施检测作业，因此事故情况下，只会局限在设备铅房内。铅房内部及控制面板上均设置有“紧急停机”按钮，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过紧急停机按钮中断电源，通过紧急开门按钮逃出铅房。单次辐射事故受照射剂量计算结果见表11-15。

表 11-15 事故情况②下周围人员受到的剂量估算结果

受照时间 (s)	与 CT 机靶正面距离 (m)	0.3	0.5	0.8	1.0
	受照剂量 (mSv/次)				
30		15.85	5.71	2.23	1.43
60		31.7	11.4	4.46	2.85

(3) 事故后果

根据表 11-15，在辐射事故状态下，本项目职业人员在不同位置随着时间的推移，在主射方向持续受照射，最大可能受照剂量为 31.7mSv/次，可造成职业人员最大受照射剂量远超过连续 5 年的年平均有效剂量 20mSv，参照表 11-13，根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017) 表 1 所述：“骨髓型急性轻度放射病的受照剂量范围参考值范围为 1.0~2.0Gy”，因此，本项目不会导致人员发生急性重度放射病、局部器官残疾，为一般辐射事故。

综上所述，为避免发生意外照射，在探伤工作开始之前，必须将监督区和控制区范围内的其他工作人员需进行全面的清场，严禁无关人员进入。因此，建设单位在运营过程中必须严格执行相关规章制度和工作管理制度，严格杜绝此类事故的发生。本项目一旦发生辐射事故，周围人员较容易受到超剂量照射，应立即停止射线装置（切断电源），严禁公众在辐射屏蔽柜附近停留。在射线直接照射情况下，应立即启动事故应急预案。

4、事故预防措施

建设单位采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

(1) 辐射安全管理

①建设单位成立辐射防护领导小组，负责全校辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导；

②建设单位需制定辐射事故预防措施及应急处理预案。根据中华人民共和国原环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”；

应急方案的内容应包括：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；辐射事故调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案。”项目建设单位应按上述要求制定辐射事故预防措施及应急处理预案；

③项目建设单位应制定辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等；

④建设单位辐射工作人员需通过国家生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.vn>）学习并考核合格后上岗。

(2) 设备固有安全设施

A.要求定期检查铅房安全联锁装置是否能正常工作，充分保证工作警告信号（显示灯）和安全联锁装置等均正常工作，严格按照要求操作。如一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应救护措施，其次对仪器设备、设施进行检测，确定其影响状态。

B.每次开机前必须确认铅房内无人员逗留。

C.当发生X射线意外事故，应立即关机断电，启动应急预案，同时估计事故剂量，据此判断是否实施医学监护，对可能受辐射损伤的人员立即采取救护措施。设备检测时，必须先切断电源，然后按规定程序对设备进行检测。格细致的开展工作，杜绝事故的发生。

一旦发生事故导致人员受到异常照射的事故单位，必须立即按下紧急停机按

钮，切断电源，立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，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。根据辐射事故分级上报相应级别的生态环境部门和卫生行政部门。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故再次发生。

为了杜绝上述辐射事故的发生，本项目要求建设方严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

②操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

③严格管理，在使用过程中要经常定期检查和维护联锁系统、剂量报警装置及安全保障系统，仪器操作人员应严格按照操作规程进行运行操作并佩戴个人剂量片，每次开机前必须要确认联锁系统工作正常，才能进行开机运行；

④每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

⑤辐射工作人员应加强辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习，并通过相关考试，持证上岗。（学习网站为<http://fushe.mee.gov.cn>）。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

四川大学已成立了四川大学辐射安全与防护工作组：

1、辐射安全与防护工作组：

组长：分管实验室及设备管理工作的校领导

副组长：实验室及设备管理处处长

成员单位：党政办、宣传部、学生工作部、保卫处、人事处、教务处、社科处、科研院、研究生院、研究生工作部、实验室及设备管理处、资产管理处、基建处、后勤保障部。

四川大学辐射安全与防护工作组下设办公室，办公室挂靠实验室及设备管理处，具体负责学校辐射安全与防护的日常工作，实验室及设备管理处分管负责人任办公室主任。

2、辐射安全与防护工作组职责：

- (1) 负责学校辐射安全与防护建设方案的总体规划和审核。
- (2) 负责学校辐射安全与防护管理相关制度和应急预案的审定。
- (3) 负责指导并监督四川大学辐射事故应急处置工作组的相关工作。

3、辐射安全与防护办公室职责：

(1) 在辐射安全与防护工作组的领导下，组织修订和完善学校辐射安全与防护长效机制建设方案、辐射安全与防护管理相关制度。

(2) 负责学校辐射安全许可证的日常管理，如许可证申领、变更、延续、部分终止及注销等事项。

(3) 负责学校辐射工作人员的日常管理，组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训及考核、职业健康体检及个人剂量监测。

(4) 负责学校辐射源台账的日常管理，指导、督促各学院、研究所及校医院依法办理密封放射源、非密封放射性物质、射线装置的转入备案，妥善处置废旧放射源、放射性废物及报废射线装置，并及时完成核技术利用申报系统的台账更新。

(5) 负责组织学校射线装置及相关辐射工作场所辐射水平年度监测，填报学校辐射安全和防护状况年度评估报告，并向发证机关提交上一年度的评估报告。

(6) 负责配合政府相关职能部门开展学校辐射安全与防护监督检查，并督促相关单位完成隐患整改工作。

(7) 协调学校各职能部（处）、学院（所、中心）及校医院开展辐射事故应急处置。

(8) 协同相关单位做好辐射事故对外信息发布与舆情应对工作。

3、成员单位职责

(1) 党政办负责向上级主管部门报送辐射事故信息，并协调各职能部门落实相关职责。

(2) 宣传部负责指导辐射事故消息的对外信息发布，协助辐射安全与防护办公室做好舆情管理工作监测与应对。

(3) 学生工作部、研究生工作部负责监督提醒各相关单位加强学生辐射安全防护教育培训及新生实验室安全准入的落实。协助相关单位做好辐射事故学生及其家属的事故处置与心理抚慰工作。

(4) 保卫处负责辐射事故现场外围道路交通的疏导维护，采取管控措施禁止无关人员或车辆进入相关区域，负责为相关处置车辆及时开辟绿色通道，并参与辐射事故调查。

(5) 人事处负责参与对辐射事故责任老师的调查处理。统筹相关单位做好辐射事故教职工及家属思想政治工作。

(6) 教务处、研究生院协助加强学生实验实习、实践课程、毕业论文（设计）和学科竞赛等涉辐实验活动的辐射安全风险分析制度建设、支持辐射安全相关课程与教育培训。

(7) 科研院、社科处负责加强辐射相关科研项目的安全风险分析制度建设，并督促执行。

(8) 资产管理处负责按学科特点统筹计划公房分配。负责参与新建辐射工作场所的规划论证、安全环保论证与验收工作。

(9) 基建处负责涉及辐射工作场所新建楼宇规划建设的选址论证、工程设

计与建设、建设项目环境影响评价及验收，统筹考虑辐射安全与环境保护。

(10) 后勤保障部负责组织辐射事故医疗救援及相应物资准备，协助 120 急救中心展开救援行动。负责校医院辐射工作场所维修维护，及时消除安全隐患。

二、辐射工作人员配置

本项目拟配备辐射工作人员 2 人。一天工作时间 8 小时，年工作时间为 200 天。X 射线显微镜周围不涉及其它辐射工作场所，不存在剂量叠加的问题。

(1) 建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，及时组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

(2) 建设单位应当确保检测作业时有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备 1 套个人剂量计，管理人员也应配备 1 套个人剂量计。

(3) 个人剂量计应正确配戴，定期送交有资质的检测单位进行检测。建设单位应为每一名辐射工作人员建立个人剂量档案，完善个人剂量管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，调查原因并由当事人签字确认。

(4) 辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、辐射安全综合管理要求及落实情况

本项目建设单位涉及使用 II 类射线装置，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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号）等，建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全与防护管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	备注
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置	拟办理辐射安全许可证增项	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办

	的单位, 应持有有效的辐射安全许可证		法》等相关规定要求
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目辐射工作人员拟参加辐射安全与防护相关学习和考核, 确保持证上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专(兼)职管理人员	建设单位已成立“辐射安全管理领导小组”, 有专人负责辐射安全管理工作	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
4	需配备必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测, 监测记录应存档备案	建设单位按照表 10-4 进行辐射防护设施的配备, 制定《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》等制度并严格执行监测计划	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险, 制定相应辐射事故应急预案, 特别应做好 X 射线设备的实体保卫和防护措施, 并及时给予修订。	建设单位参照表 11 中事故分析, 需制定较完整全面的《辐射事故应急预案》	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
6	核技术利用单位应建立健全的辐射安全和防护管理规章制度及辐射工作单位基础档案	本项目建成投运后, 需按照要求制定完善辐射安全和防护管理规章制度	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定要求
7	个人剂量监测、职业健康检查及档案管理	实际投入运营后, 建设单位应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查, 建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	拟在 X 射线显微镜实验室醒目位置张贴电离辐射警告标志	满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》等相关规定要求
9	监测	建设单位须制定监测方案, 开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测, 辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告, 该监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分, 一并提交给发证机关	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求

10	年度评估	建设单位于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
----	------	---	----------------------------------

二、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第20号）“第十六条”《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》及《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发〔2016〕1400号）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明，具体见表12-2：

表 12-2 辐射安全管理规章制度汇总对照表

序号	《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》		制定情况	备注
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作	已制定	将本次新增设备纳入其中
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理	需完善	将本次新增设备纳入其中
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施	需完善	增加本项目新增的射线装置
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中应采取的具体防护措施，确保射线装置保持良好的工作状态	需完善	增加本项目新增的射线装置
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责	已制定	/
6	射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账，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	需完善	增加本项目新增的射线装置
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方	/	需完善	增加本项目新增的射线装置辐射

	案			工作场所
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	需完善	/
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员需通过考核后方可上岗	已制定	/
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时，操作人员须佩戴个人剂量计。公司定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案	已制定	/
11	辐射安全与防护年度评估制度	/	需完善	将本次新增设备纳入其中
12	辐射事故应急预案	针对射线装置应用可能产生的辐射事故，应制定较为完善的事故应急预案或应急措施，包括：“应急物资的准备和应急责任人员、生态环境主管部门应急电话及发生事故时的辐射事故处理措施”的内容	需完善	将本次新增设备纳入其中
13	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	需完善	将本次新增设备纳入其中

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）的要求，将《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且根据国家发布的新的相关法律法规内容，结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

三、档案管理

建设单位应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容：

- （1）生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。
- （2）射线装置使用期间异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，档案资料应按以下八大类分类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”、监测和检查纪录”“个人剂量档案”“培训档案”“辐射应急资料”。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括辐射工作场所监测和个人剂量检测。

一、辐射工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、自主验收监测：在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展1次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

3、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定定期监测制度，监测数据应存档备案。

（1）日常自我监测

建设单位定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备案。可通过采购便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。

（2）监测内容和要求

1) 监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-3 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
辐射工作场所	x-γ空气吸收剂量率	自主验收监测1次、委托有资质的单位监测，周期为1次/年；自行开展	辐射屏蔽柜四周柜体外、防护门外及缝隙处、

		辐射监测	穿线孔洞、操作位以及周围经常有人员活动区域
--	--	------	-----------------------

3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

4) 监测质量保证。

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

二、个人剂量检测

个人检测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、职业健康体检、个人剂量检测结果等材料。建设单位应将辐射工作人员的个人剂量档案终身保存。

三、年度监测报告

建设单位应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《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）个人剂量检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》的重要组成部分一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，放射工作人员立即断电停机，根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、省生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健行政部门报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。

④ 应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤ 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。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

单位应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

1、项目名称、性质、地点

项目名称：新增 X 射线显微镜项目

建设单位：四川大学

建设性质：扩建

建设地点：成都市一环路南一段四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼实验室

2、建设内容与规模

建设单位拟在成都市一环路南一段四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼 106 实验室设置 1 间 X 射线显微镜实验室，面积约 20m²，在显微镜实验室内安装使用 1 台卡尔蔡司 Xradia 515 Versa 型 X 射线显微镜（最大管电压 160kV，最大管电流 0.09mA），用于新材料的微观结构及内部缺陷无损检测。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属于第一类“鼓励类”—第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、本项目选址合理性分析

项目建设位于四川大学高分子材料工程国家重点实验室 1 楼东南角空置房间（已建），无地下室。本项目不新增用地，X 射线显微镜设备自带一座铅房，为专用辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足剂量约束值的要求，综上所述，本项目 X 射线显微镜设备所在的实验室位置选址合理。

四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目所在区域的 X- γ 辐射空气吸收剂量率为*****与成都市生态环境局发布的《2023 年成都市生态环境质量公报》中成都市空气吸收剂量率自动监测结果（67nGy/h~119nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目施工期较短，通过采取相应的防治措施，对周围环境影响较小。

2、营运期环境影响分析

（1）电离环境影响

本项目职业人员受年附加有效剂量最大为1.31E-02mSv/a，公众受年附加有效剂量最大为4.36E-04mSv/a，分别远低于职业人员20mSv/a和公众1mSv/a的剂量限值，也低于职业人员5.0mSv/a和公众0.1mSv/a的剂量约束值。

（2）大气环境影响

X射线显微镜工作时，臭氧产额为0.014mg/h，铅房内O₃的平衡浓度为5.53×10⁻⁵mg/m³。上述臭氧平衡浓度均低于《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素（GBZ2.1-2019）室内臭氧最高允许浓度 0.30mg/m³，《环境空气质量标准》（GB3095-2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（0.20mg/m³）的要求。本项目X射线显微镜工作在曝光过程中会产生有害气体臭氧，为防止臭氧在铅房内不断累积导致室内臭氧浓度超标，铅房内采取左侧进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，在进风（防护厚度均为10mm铅板）和出风口均有铅板防护（防护厚度均为7mm铅板），气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露，典型工况下风扇排风量为234.6m³/h，铅房排风口位置无人员停留，产生的臭氧经设备自带的排风系统抽排进入设备间内，最终排入大气环境，经自然分解和稀释，对环境空气影响较小。

（3）水环境影响

本项目工作人员每天产生生活污水 0.192m³/d，生活污水由污水管道排入校园内已建生活污水处理设施预处理达《污水综合排放标准》（GB8078-1996）三级

标准后，经市政污水管网进入成都市第九污水处理厂处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）城镇污水处理厂排放标准后进入锦江。

（4）固体废物

本项目产生固体废弃物主要为生活垃圾，本项目共涉及工作人员2人，产生量以0.5kg/人·天计，则每天产生生活垃圾1.0kg/d，依托垃圾桶统一收集后，交由市政环卫部门统一清运。

六、环保设施与保护目标

按照要求落实后，建设单位环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施后，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理综合分析

按照要求落实后，对本项目辐射设备和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

坚持“三同时”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，本项目在成都市一环路南一段四川大学高分子材料工程国家重点实验室1楼实验室内建设，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第682号，2017年10月1日实施）文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

(2) 建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

(3) 除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据生态环境部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

(1) 建设单位可登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other>）。

(2) 项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

(4) 本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

(5) 除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

根据《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发〔2016〕1400号）文件，建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

环保设施	
固有辐射安全 设施	防护外壳及 X 射线舱均采用铅钢防护结构（即自带铅房 1 座）
	安全联锁系统 1 套
	门锁联锁装置 1 套
	工作状态指示灯（门灯联锁）1 套
	紧急止动装置 2 个

	X 射线显微镜实验室内设置 1 个高清摄像机
防护用品	个人剂量计 2 套
监测仪器	个人剂量报警仪 2 个
	便携式辐射监测仪 1 台
废气处理	X 射线显微镜实验室排风系统
警示标识	入口机器工作状态显示 1 套
	入口电离辐射警示标志 1 套
	灭火器材 1 套
	视频监控系统

建议和承诺

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，安排辐射工作人员在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>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见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>）。
- 3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。
- 5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 7、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。