

核技术利用建设项目

成都理工大学

新增 2 台 X 射线三维成像 CT 检测项目

环境影响报告表

(公示本)



成都理工大学

二〇二五年四月

生态环境部监制

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	14
表 3 非密封放射性物质	14
表 4 射线装置	15
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	16
表 6 评价依据	17
表 7 保护目标与评价标准	19
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	24
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	42
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	69

表 1 项目概况

建设项目名称		新增 2 台 X 射线三维成像 CT 检测项目			
建设单位		成都理工大学			
法人代表		**	联系人	**	联系电话 ****
注册地址		成都市成华区二仙桥东三路 1 号			
项目建设地点		成都市成华区二仙桥东三路 1 号成都理工大学地灾实验室和油气实验室一层 CT 室内			
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)	**	投资比例 (环保投资/总投资) **%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²) /
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其它	/			
	项目概述 一、建设单位简介及项目由来 (一) 建设单位简介 成都理工大学 (统一社会信用代码: 12510000450722107H, 后文简称: 成都理工) 注册地位于成都市二仙桥东三路 1 号, 经营范围包括培养高等学历理工人才, 促进科技发展, 是国家首批“双一流”建设高校, 其前身是创办于 1956 年的成都地质勘探学院, 是共和国建国初期的三所地质院校之一, 2001 年更名为成都理工大学。学校先后由地质部、地质矿产部、国土资源部直属, 2000 年划转地方, 实行中央与地方共建、以四				

四川省人民政府管理为主的办学体制。学校设有 20 个教学学院、1 个沉积地质研究院、1 个地质调查研究院、1 个产业发展研究院、1 个行星科学国际研究中心。

学校现有 2 个全因重点实验室:地质灾害防治与地质环境保护全因重点实验室和油气藏地质及开发工程全因重点实验室(后文分别简称:地灾实验室和油气实验室)实验室内各个试验室集中了主要仪器设备,为固定和客座研究人员提供试验研究条件和保障服务。地灾实验室科学研究领域涉及地质环境保护与地质灾害防治、水利水电开发、公路、铁路、民用航空机场建设、城市地铁及高层建筑开发等多个领域,是我国地质灾害防治领域唯一的全国重点实验室。油气实验室是我国油气工业上游领域第一个全国重点实验室,也是我国油气勘探开发学科方向设置最为完整的研究实体,由成都理工大学和西南石油大学于 1988 年联合申请,是我国油气藏地质及开发工程的科学研究基地之一。

(二) 项目由来

高精度 X 射线扫描与三维重建,能够在不破坏岩石内部结构的情况下,进行岩石样品跨尺度的无损透视高分辨率成像,对岩石内部孔喉、裂缝、矿物等微观尺度组构进行成像表征。成都理工地灾和油气两大全国实验室为了更好的进行科研工作,分别拟在地灾实验室一层中部和油气实验室一层南部新建 1 间 CT 室(为便于区分,后文分别统称:地灾 CT 室和油气 CT 室),并分别新增使用 1 台工业 CT 高分辨三维成像系统(简称:工业 CT),用于岩石、矿物、金属、陶瓷、高分子等材质内部质量检测、缺陷分析等无损检测。

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《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,成都理工大学委托四川省中栎环保科技有限公司对本项目开展环境影响评价工作。四川省中栎环保科技有限公司接受委托后,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2台X射线三维成像CT检测项目环境影响报告表》。

二、产业政策符合性

本项目系核与辐射技术用于工业探伤检测领域，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，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 10 条“科技创新平台建设”，符合国家现行产业发展政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：新增 2 台 X 射线三维成像 CT 检测项目

建设单位：成都理工大学

建设性质：新建

建设地点：成都市成华区二仙桥东三路 1 号成都理工大学地灾实验室和油气实验室一层 CT 室内

（二）建设内容与规模

1、建设地点

成都理工拟在地灾实验室（F1~3，高约 16m）一层中部建设 1 间地灾 CT 室，拟在油气实验室一层南部（由北部主楼（1~5F）和南部附楼（1~2F）构成综合体建筑，高约 10~25m）附楼建设 1 间油气 CT 室，并分别拟在地灾 CT 室内使用 1 台***型工业 CT，在油气 CT 室内使用 1 台***型工业 CT，2 台设备均属于 II 类射线装置，最大管电压均为 300kV，最大管电流均为 3mA，出束类型均为定向（以工件进出门为主视方向，主束方向均朝向铅房右侧），主要用于岩石、土壤、矿物、金属、陶瓷、高分子等材质内部质量检测、缺陷分析等无损检测。本项目只开屏蔽体铅房内 X 射线检测作业，不涉及野外（室外）探伤，采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片。

2、工业 CT 检测设备：

本项目工业 CT 是一套集屏蔽、检测、成像为一体的工业 CT 高分辨三维成像系统，屏蔽防护系统采用一体式全封闭铅房设计，以设备工件进出门为主视方向，铅房正面均设置有一扇工件进出门，采用电动单扇推拉式结构，在工件进出门上设有一面铅玻璃观察窗；***型工业 CT 背面、***型工业 CT 左侧面均设置一扇检修门，采用

手动平开，日常上锁常闭。铅房内机械运动系统采用高精度运动平台设计，由射线机支撑机构、探测器支撑机构和工件载台运动机构组成，主要负责被检测工件的旋转、平移和 X 射线源-探测器平移等扫描运动轴的立式扫描运动，采用伺服电机驱动，运动支撑机构均设置有限位器，便于自动扫描时的控制和精准定位。本项目工业 CT 检测设备外观示意图如图 1-1 所示。

*

图1-1 工业CT检测设备外观示意图（天津三英精密仪器股份有限公司）

3、屏蔽结构设计：

工业 CT 防护系统铅房采用钢-铅-钢夹层结构，内壁为方管焊接而成的框架，根据设备厂家提供的设计相关资料，工业 CT 设备防护系统设计见下表 1-1。

表1-1 工业CT检测设备防护系统铅房设计一览表

名称		防护设施
***型工业CT		
尺寸	整体占地	2802mm×1600mm×2690mm（长×宽×高）
	内部净空	2650mm×1230mm×1922mm（长×宽×高）
铅房屏蔽体	东侧（主射束方向）	2mm内钢板+35mm铅板+2mm外钢板
	其余方向	2mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板
工件进出门（南侧）		采用电动单扇推拉式结构，**，防护结构采用2mm内钢板+25mm铅板+2.5mm外钢板
铅玻璃观察窗（工件进出门上）		**，防护结构为：25mm厚铅玻璃
维修门（北侧）		维修门只有在设备检修情况下方可用钥匙手动打开，**，防护结构采用2mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板
通排风孔（铅房西侧靠上）		采用轴流风机通风换气，设置有两个排风孔，**，防护结构采用2mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板
电缆穿孔（铅房西侧面靠下）		**防护结构采用2mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板
***型工业CT		
尺寸	整体占地	3627mm×1906mm×2640mm（长×宽×高）
	内部净空	3400mm×1450mm×1800~2227mm（长×宽×高）
铅房屏蔽体	北侧（主射束方向）	2mm内钢板+35mm铅板+2.5mm外钢板
	东侧、西侧、顶部	2mm内钢板+35mm铅板+2.5mm外钢板
	南侧	2mm内钢板+25mm铅板+2.5mm外钢板
	底部	5mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板
工件进出门（东侧）		采用电动单扇推拉式结构，**，防护结构采用2mm内钢板+35mm铅板+2.5mm外钢板

铅玻璃观察窗 (工件进出门上)	**, 防护结构为: 35mm厚铅玻璃
维修门 (南侧)	维修门只有在设备检修情况下方可用钥匙手动打开, **, 防护结构采用 2mm内钢板+25mm铅板+2.5mm外钢板
通排风孔 (铅房西侧靠上)	采用轴流风机通风换气, 设置有两个排风孔, **, 防护结构采用2mm 内钢板+35mm铅板+2.5mm外钢板
电缆穿孔 (铅房南侧靠下)	电缆孔洞为 $\Phi 100\text{mm}$, **, 防护结构采用2mm内钢板+25mm铅板 +2.5mm外钢板

注: 上述方位介绍以不同型号设备在其使用场所的摆放方位为例进行相关方位描述。

4、探伤工件及曝光时间:

(1) 检测工件: 本项目待检工件主要为岩石样品, 包括砂岩、碳酸盐岩、泥页岩、火山岩和变质岩, 还可能涉及到部分材料样品, 包括金属、陶瓷、土壤等, 通过高精度 X 射线扫描与三维重建, 在不破坏岩石等样品内部结构的情况下, 进行样品跨尺度的无损透视高分辨率成像, 对样品内部孔喉、裂缝、矿物等微观尺度组构进行成像表征。地灾 CT 室工业 CT 检测工件尺寸范围: 直径 5~600mm, 高度 5~550mm, 油气 CT 室工业 CT 检测工件尺寸范围: 直径 5~600mm, 高度 5~1000mm, 根据学校实验室科研安排预估, 单台设备年最大检测工件均约 1000 件。

(2) 曝光时间: 工业 CT 检测方式采用工件平移一旋转立式扫描, 工件装载为铅房外手动装卸, 单个工件总扫描时间最长约**min, 每台设备年约检测工件 1000 件, 则单台设备年总扫描出束时间为 500h。此外, 根据设备特性结合实验室日常使用频率, 设备每次开机使用时需先进行训机, 单次训机时间约 10min, 年训机次数约 100 次, 则单台设备年训机时间约 16.67h。综述, 本项目单台工业 CT 检测设备总出束时间约 516.67h/年。

项目组成及主要环境问题见表 1-2。

表 1-2 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	营运期

主体工程	成都理工拟在地灾实验室一层中部建设 1 间地灾 CT 室，拟在油气实验室一层南部附楼建设 1 间油气 CT 室，并分别拟在地灾 CT 室内使用 1 台***型工业 CT,在油气 CT 室内使用 1 台***型工业 CT，2 台设备均属于II类射线装置，最大管电压均为 300kV，最大管电流均为 3mA，出束类型均为定向，主要用于岩石、土壤、矿物、金属、陶瓷、高分子等材质内部质量检测、缺陷分析等无损检测。本项目只开屏蔽体铅房内 X 射线检测作业，不涉及野外（室外）探伤，采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片。		噪声、扬尘、生活污水、设备包装固废、射线装置安装调试阶段产生 X 射线等	X 射线、臭氧、换气风机产生的噪声
	型工业 CT 检测工件尺寸范围：直径 5~600mm，高度 5~550mm，型工业 CT 检测工件尺寸范围：直径 5~600mm，高度 5~1000mm，单台设备最大检测工件数量均为 1000 件，单台设备总出束时间均 516.67h/年（检测 500h+训机 16.67h）。			
	防护系统	***型设备：铅房东侧（主射束方向）采用 2mm 内钢板+35mm 铅板+2mm 外钢板；其余方向均采用 2mm 内钢板+25mm 铅板+2mm 外钢板。防护门和铅玻璃观察窗、穿墙防护罩采用的铅防护厚度均与相对应铅房墙体防护层厚度结构一致。		
		***型设备：铅房北侧（主射束方向）、东侧、西侧、顶部均采用 2mm 内钢板+35mm 铅板+2.5mm 外钢板；南侧采用 2mm 内钢板+25mm 铅板+2.5mm 外钢板；底部采用 5mm 内钢板+25mm 铅板+2mm 外钢板，防护门和铅玻璃观察窗、穿墙防护罩采用的铅防护厚度均与相对应铅房墙体防护层厚度结构一致。		
环保工程	本设备采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片。生活污水均依托学校污水预处理系统处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入市政污水管网；生活垃圾经收集后，由环卫部门统一清运。		噪声、扬尘、固体废物	生活污水、生活垃圾
	设备铅房内部均配置有轴流风机机械排风，在排风孔四周均采用铅防护罩屏蔽，并拟在铅房外排风口处设置集气罩，采用密封胶硬接，运营期臭氧由设备自带的机械排风系统经铅房排风口集气罩收集后通过单独风管连接引至室外一层排放。			
辅助工程	油气 CT 室（50.4m ² ）、地灾 CT 室（46.8m ² ）			
公用工程	实验室通风系统、配电、供电和通讯系统等。			
办公及生活设施	依托实验室其他办公室及生活设施			

（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 1-3。

表 1-3 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
主(辅)料	—	—	—	—

能源	煤(T)	—	—	—	—
	电(度)	探伤检测用电	1200 度/a	—	—
	气(Nm ³)	—	—	—	—
	水(H ₂ O)	生活用水	390m ³	—	—

(四) 本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-4。

表 1-4 本项目使用的射线装置的相关情况

设备名称	设备厂家	设备型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	活动种类	使用场所	辐射角度	单个工件最大扫描时间 (min/
工业 CT	**	***型	300	3	定向	科研应用	地灾 CT 室	**	**
		***型	300	3	定向	科研应用	油气 CT 室	**	**

(五) 劳动定员及工作制度

本项目拟新增 6 名辐射工作人员，每台工业 CT 配备 3 人（2 名操作人员，1 名管理人员），辐射工作人员均定岗定责，不兼岗其他辐射类工作，不存在剂量叠加；实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天，年工作时间为 250 天。

建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行辐射安全与防护专业知识的学习和考核，根据辐射工作人员不同岗位职责，其中操作人员需选取“X射线探伤”辐射安全与防护考核，管理人员选取“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，并均考核通过后方可上岗。

(六) 项目依托环保设施情况

1、生活污水：本项目工业 CT 检测设备采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片，检测作业期间仅产生生活污水，依托学校内已建的生活污水预处理池处理后排入市政污水管网。

2、生活垃圾：本项目产生的生活垃圾依托实验室现有垃圾桶统一收集后由市政

环卫部门统一清运。

（七）实践正当性分析

传统上，确定物体内的缺陷、空隙和裂缝需要进行破坏性测试，而工业 CT 扫描可以检测内部特征和缺陷，并以 3D 形式显示此信息，而不会损坏检测样品工件；因此成都理工大学拟在油气实验室和地灾实验室分别新增使用 1 台工业 CT，通过高精度 X 射线扫描与三维重建，在不破坏岩石内部结构的情况下，进行岩石样品跨尺度的无损透视高分辨率成像，对岩石内部孔喉、裂缝、矿物等微观尺度组构进行成像表征。本项目核技术应用项目的开展，可达到其余无损检测方法所不能及的效果，是其他检测方法无法替代的，因此，该项目的实践是必要的。

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

（八）项目外环境及选址的合理性分析

1、项目外环境关系

（1）学校外环境关系

成都理工选址于成都市成华区二仙桥东三路1号，学校西北侧紧邻成华大道十里店路，西南侧紧邻二仙桥东三路，北侧紧邻民兴路，东侧紧邻民兴南一路，东南侧紧邻长林社区。在学校内，本项目工业CT拟建场所油气实验室和地灾实验室均位于校内中部位置，工业CT分别拟安装于油气实验室和地灾实验室一层的CT室内，两台工业CT距离约285m。本项目所在成都理工大学平面布局及外环境示意图见附图2。

（2）油气实验室外环境关系

本项目***型工业 CT 设备拟安装于油气实验室一层南部附楼 CT 室内，根据现场勘察，外环境关系如下：以***型工业 CT 检测设备屏蔽铅房实体边界为中心，**北侧**约 0~49m 位于油气实验室，49~50m 为室外空地；**南侧**约 0~2m 位于油气实验室，2~18m 为校内南苑路，18~50m 为职工家属小区；**西侧**约 0~18m 位于油气实验室，18~50m 为校内绿化用地；**东侧**约 0~37m 位于油气实验室，37~50m 为校内绿化用地；CT 室正上方为 07-F02-14 和 07-F02-12 试验室。本项目***型工业 CT 所在油气实验室外环

境关系图见附图 3-1。

(3) 地灾实验室外环境关系

本项目***型工业 CT 设备拟安装于地灾实验室一层中部 CT 室内,根据现场勘察,外环境关系如下:以***型工业 CT 检测设备屏蔽铅房实体边界为中心,北侧约 0~37m 位于地灾实验室,37~48m 为校内道路,48~50m 为泥石流实验室;南侧约 0~40m 位于地灾实验室,40~50m 为校内道路;西侧约 0~12m 位于地灾实验室,12~50m 为校内道路及绿化用地;东侧约 0~1.5m 位于地灾实验室,1.5~50m 为羽毛球场和空地;东北侧约 0~44m 位于地灾实验室,44~50m 为实验室连廊;CT 室正上方为 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室。本项目***型工业 CT 所在地灾实验室外环境关系图见附图 3-2。

2、项目选址合理性

成都理工大学位于成都市成华区二仙桥东三路 1 号,本项目 2 台工业 CT 分别拟建于学校地灾实验室和油气实验室一层 CT 室内,根据两个场所区域用地土地产权证(见附件 4-1 和 4-2)可知,本项目选址规划用地性质均为科教用地。本项目建设地均位于学校实验室内,不新增用地,且拟使用的 2 台工业 CT 出厂均设计有防护系统,其作业场所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,满足报告表确定的剂量约束值的要求,从辐射安全防护的角度分析,本项目选址是合理的。

四、原有核技术利用情况

(一) 原有核技术利用项目环保手续履行情况

学校现持有成都市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》(许可证号:川环辐证【25699】),许可的种类和范围:使用Ⅲ类射线装置;使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源;发证日期:2025 年 03 月 27 日,有效期至 2028 年 03 月 15 日。具体情况见下表 1-5、1-6。

表 1-5 学校已获许可使用的放射源

序号	核素名称	出厂活度(贝可)	数量(枚)	类别	用途	工作场所	备注
1	**	**	**	V类	科研应用	成都理工	已上

2	**	**	**	V类	大学核工 楼地下室	证
3	**	**	**	V类		
4	**	**	**	V类		
5	**	**	**	V类		
6	**	**	**	V类		
7	**	**	**	V类		
8	**	**	**	V类		
9	**	**	**	V类		
10	**	**	**	V类		
11	**	**	**	V类		
12	**	**	**	V类		
13	**	**	**	V类		
14	**	**	**	IV类		
15	**	**	**	V类		
16	**	**	**	V类		
17	**	**	**	V类		

表 1-6 学校已获许可使用的射线装置

序号	名称	规格型号	产品序 列号	类别	数量/ 台(套)	活动种类	工作场所	备注
1	**	**	**	III 类	1	使用	材料与化学 化工学院测 试楼 108 室	已上 证
2	**	**	**	III 类	5	生产、销 售、使用	成都理工大 学校核工楼	
3	**	**	**	III 类	1	使用	放射科 1 室	
4	**	**	**	III 类	1	使用	放射科 2 室	

根据上述统计，截至目前为止许可种类和范围：允许使用放射源 263 枚(其中 V 类 262 枚，IV 类 1 枚)，生产、销售、使用 III 类射线装置教学科研型 X 射线荧光仪年最大生产 5 台，使用 III 类射线装置 3 台。据调查，以上经允许使用的放射源及 III 类射线装置均正常使用，与建设单位取得的《辐射安全许可证》中台账一致。

(二) 人员培训及职业健康体检情况

学校严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度，目前共有辐射工作人员 6 人，其中 III 类射线装置辐射工作人员均由学校自行组织考核，并考核通过，从

事放射性同位素的辐射工作人员均参加了国家核技术利用辐射安全与防护学习平台的考试，并取得成绩合格单，辐射工作人员均持证上岗。建设单位对于所有入职、在职、离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理；建设单位为每名辐射工作人员配备有个人剂量计并且编号定人佩戴，定期交由有资质的检测部门进行检测，建立有个人剂量档案；目前在岗辐射工作人员的职业健康体检及个人剂量检测结果均合格。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年 9 号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，从事Ⅱ类射线装置活动以及放射性同位素工作人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（三）辐射监测开展情况

1、个人剂量检测

学校有专人负责个人剂量档案管理工作，为每一名辐射工作操作人员配备了个人剂量计，并委托了四川省辐射环境管理监测中心站和四川蓝瑞鑫卫生检测技术服务有限公司分别进行个人剂量检测工作，提供了 2024 年度辐射工作人员个人剂量检测报告，经统计计算，辐射工作人员单季度个人剂量最大值为 0.107mSv，年剂量值最大为 0.131mSv，均未超过单季度个人剂量 1.25mSv 和年剂量 5mSv 的剂量管理值。

2、场所年度监测

学校委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对 2024 年度贮源库和Ⅲ类射线装置辐射工作场所进行了辐射环境现状监测，根据 2024 年度监测报告（辐测院监字(2025E)第 8 号）监测结果数据表明：Ⅲ类射线装置辐射工作场所屏蔽体外 30cm 处最大辐射剂量率为 0.404uSv/h，贮源库周围 X-γ辐射剂量率最大为 0.885uSv/h，均无超过 2.5uSv/h 的情况发生，辐射场所周围检测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量约束值，机器符合仪器相关质控评价标准。建设单位原核技术利用项目配备有便携式辐射监测仪。

（四）年度评估报告

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告”。建设单位已编制《2024年度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》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

现学校辐射安全管理情况如下：

（1）本年度我单位均按要就办理许可证法人变更手续，办理了许可证合并等手续，重新申领了许可证，并及时更新了台账；

（2）辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；

（3）本年度我单位委托有资质单位开展了辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量，结果表明均满足国家标准要求；

（4）本年度我单位辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。

（五）辐射管理规章制度管理情况

根据相关文件的规定，结合原有实际情况，学校将放射性同位素安全防护领导小组更名为放射性同位素与射线装置安全防护领导小组并调整了成员（附件3），制定了相关管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实辐射事故应急预案与安全规章制度后，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。建设单位应根据本次项目建设内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合学校实际情况及时对各项规章制度补充修改。

（六）辐射事故及应急相应情况

建设单位已制定有《辐射事故应急预案》并开展应急演练，经建设单位核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

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 射线源，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CT	II类	1	**	**	**	科研应用	地灾 CT 室	—
2	工业CT	II类	1	**	**	**	科研应用	油气 CT 室	—

(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、氮氧化物	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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日实施)； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日实施)； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施)； (4) 《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)； (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)； (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)； (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； (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； (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)； (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)； (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)； (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)； (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)； (14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号)。
------	--

技 术 标 准	(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)； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008)； (7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)； (8) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)； (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)。
其 他	(1) 环评委托书； (2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)； (3) 《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)； (4) 建设单位提供的项目有关设计资料及相关技术参数。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点并参照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和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”。本次评价范围选取工业 CT 屏蔽铅房实体边界外 50m 以内范围。

保护目标

本项目环境保护目标为X射线试验的辐射工作人员，以及距射线装置铅房实体屏蔽物为边界向外延伸50m范围内的公众。主要考虑射线装置运行过程中对辐射工作人员和在工业CT设备周围公众的影响，使其受照剂量低于本报告提出的剂量约束值，确保射线装置运行时工作人员和公众的安全。本项目2台工业CT周围环境保护目标情况详见表7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

保 护 目 标	与设备相对位置	距辐射源最近距离(m)	人流量/人/d	照射类型
***型工业CT（油气实验室）				
油气 CT 室操作台辐射工作人员	/	**	**	职业照射
油气实验室内走廊及各个试验室的工作人员	北侧	**	**	公众照射
校内南苑路的公众	南侧	**	**	公众照射
职工家属小区的公众		**	**	公众照射
油气实验室内各个试验室的工作人员	西侧	**	**	公众照射
校内绿化区域的公众		**	**	公众照射
油气实验室内各个试验室的工作人员	东侧	**	**	公众照射
校内绿化区域的公众		**	**	公众照射
07-F02-14 和 07-F02-12 试验室	正上方	**	**	公众照射
***型工业CT（地灾实验室）				
地灾 CT 室操作台辐射工作人员	/	**	**	职业照射
地灾实验室内各个试验室的工作人员	北侧	**	**	公众照射
校内道路及泥石流实验室的公众		**	**	公众照射

地灾实验室内各个试验室的工作人员	南侧	**	**	公众照射
校内道路的公众		**	**	公众照射
地灾实验室内各个试验室的工作人员	西侧	**	**	公众照射
校内道路及绿化区域的公众		**	**	公众照射
羽毛球场的公众	东侧	**	**	公众照射
实验室连廊的公众	东北侧	**	**	公众照射
58-F02-30 和 58-F02-28 办公室的公众	正上方	**	**	公众照射

评价标准

一、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）1 类标准。

二、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：《社会生活环境噪声排放标准》（GB22337-2008）1 类标准。

三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

（一）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。

（二）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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 2.5μSv/h。

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

成都理工位于成都市成华区二仙桥东三路 1 号，学校西北侧紧邻成华大道十里店路，西南侧紧邻二仙桥东三路，北侧紧邻民兴路，东侧紧邻民兴南一路，东南侧紧邻长林社区。在学校内本项目工业 CT 拟建场所油气实验室（由北部主楼（1~5F）和南部附楼（1~2F）构成综合体建筑，高约 10~25m）和地灾实验室（F1~3，高约 16m）均位于校内中部位置，本项目 2 台工业 CT 对应的场所位置分别如下所示：

（1）***型工业 CT 设备拟安装于油气实验室一层南部 CT 室内，根据现场勘察，北侧 50m 范围内为室外空地；南侧 50m 范围内依次为校内南苑路和职工家属小区；西侧和东侧 50m 范围内均为校内绿化用地；CT 室正上方为 07-F02-14 和 07-F02-12 试验室。

（2）***型工业 CT 设备拟安装于地灾实验室一层中部 CT 室内，根据现场勘察，北侧 50m 范围内依次为校内道路、泥石流实验室；南侧 50m 范围内为校内道路；西侧 50m 范围内依次为校内道路及绿化用地；东侧 50m 范围内依次为羽毛球场和空地；东北侧 50m 范围内为地灾实验室连廊；CT 室正上方为 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室。

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

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

受成都理工大学的委托，四川省永坤环境监测有限公司于 2025 年 4 月 10 日对本项目拟建场所周围进行了现状监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。监测报告见附件 5。

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
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	

环境 X-γ 辐射剂量率	RJ32-3602 型 分体式多功能 辐射剂量率仪 编号： YKJC/YQ-40	1nGy/h~1.2mG y/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 证书编号：202412102810 检定/校准有效期： 2024.12.13~2025.12.12 校准因子：0.96（校准源： ¹³⁷ Cs）	天气：阴 温度： 27.6℃~29.5 ℃ 湿度： 54.1%~58.3 %
--------------	--	-------------------------------------	--	--

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。

四川省永坤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永坤环境监测有限公司通过了四川省市场监督管理局的计量认证（计量认证号：242312051074），有效期至 2030 年 03 月 12 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

本项目在正常运行时，对环境影响的污染因子主要为工业 CT 曝光时高压射线管发出的 X 射线，由此确定本项目现状监测因子为 X-γ 辐射剂量率。根据现场实际情况结合建设单位提供的设计图纸，X-γ 辐射剂量率监测点位主要包括本项

目 2 台工业 CT 拟安装位置及场所周围评价范围内的环境敏感点，根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学的反映该射线装置工作场所周围的辐射水平及公众人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求。本项目监测布点示意图见下图 8-2~8-3。

**

图 8-2 ***型工业 CT 拟建址油气 CT 室周围辐射环境监测点位图

**

图 8-3 ***型工业 CT 拟建址地灾 CT 室周围辐射环境监测点位图

五、监测结果

本项目 2 台工业 CT 拟建址周围 X-γ辐射剂量率监测结果见表 8-2，工业 CT 拟建址周围辐射环境监测点位图见图 8-2~8-3。

表8-2 拟新增工业CT检测设备周围X-γ辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境γ辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
***型工业 CT（油气实验室）				
1	***型工业 CT 拟建位置	**	**	室内
2	北侧油气实验室走廊	**	**	
3	东侧 07-F01-10 试验室	**	**	
4	西侧 07-F01-06 试验室	**	**	
5	正上方固定人员试验室（07-F02-14）	**	**	
6	南侧职工家属小区	**	**	室外
***型工业 CT（地灾实验室）				
1	***型工业 CT 拟建位置	**	**	室内
2	北侧 58-F01-10 试验室	**	**	
3	南侧 58-F01-06 试验室	**	**	
4	西侧地灾实验室走廊	**	**	
5	东侧中庭羽毛球场	**	**	室外
6	正上方 58-F02-30 办公室	**	**	室内

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由监测报告得知，项目场所周围 X-γ辐射剂量率背景值为 74nGy/h~116nGy/h，该值与成都市生态环境局《2023 成都生态环境质量公报》全市环境 γ 辐射剂量率连续自动监测年均值范围（67.0~119nGy/h）基本一致，属于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、工程设备 本项目拟新增的 2 台工业 CT 是集屏蔽、检测、成像为一体的高分辨三维成像系统，设备屏蔽防护铅房均采用一体式全封闭箱体设计，以设备工件进出门为主视方向，在铅房正面均设置有一扇工件进出门，采用电动单扇推拉式结构，在工件进出门中部均设有一面铅玻璃观察窗，***型工业 CT 背面、***型工业 CT 左侧面均设置一扇维修门，采用手动平开，日常上锁常闭。工业 CT 屏蔽体内 X 射线源最大管电压均为 300kV，最大管电流均为 3mA，均属于Ⅱ类射线装置，出束类型均为定向（以工件进出门为主视方向，主束方向均朝向铅房右侧）。***型设备辐射角为**，射线源可沿移动行程 Z 轴在**mm 范围内上下升降；***型设备辐射角为**，射线源可沿移动行程 Z 轴在**mm 范围内上下升降。 工业 CT 工件装载采用铅房外手动装卸，检测方式为平移—旋转立式扫描，在锥形束扫描中，工业 CT 使用单源小角度扇形射线束，射线扇束角小不能全包容被检断层，其扫描运动除被检物作旋转平移运动外，其射线扇束与探测器列架会一起相对于被检物作平移运动，以获得不同方位的 X 射线二维断层投影数据，由探测器收集后利用 CT 重建软件将二维图像叠加重建出三维立体图像。 ** 图 9-1 ***型工业 CT 设备屏蔽铅房示意图（设备厂家提供） ** 图 9-2 ***型工业 CT 设备屏蔽铅房示意图（设备厂家提供） 二、施工期污染源项分析 本项目拟新增使用的工业CT出厂前已由设备厂家完成了设计制造，是一体式成品设备，自带有屏蔽防护单元（铅房），学校只需购买后由设备厂家运输至现场进行安装调试，不涉及设备的组装；拟建设的2间CT室均依托实验室内已有建筑房间，仅需进行简单的房间装修，因此本项目施工期主要为CT室装修及设备安装、调试过程中产生的环境影响，施工期工艺流程及产污环节见下图 9-3。
--

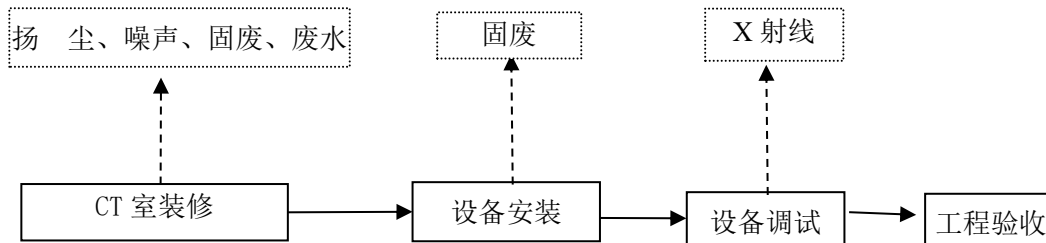


图 9-3 项目施工期工艺流程及产污环节图

1、施工期扬尘

CT室装修过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，主要是通过施工管理和采取局部洒水等措施来进行控制。

2、施工期噪声

施工期噪声包括CT室装修以及设备安装过程中机械产生的噪声，由于本项目位于实验室大楼内部，施工期较短，施工噪声经过建筑隔声后对周围环境的影响较小。

3、施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水，依托学校预处理池处理后排入市政污水管网。

4、施工期固废

施工期固废主要为CT室装修、设备安装过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾，施工固体废物为一般固废，部分回收利用，部分与生活垃圾一同依托学校垃圾桶统一收集后由市政环卫部门统一清运。

5、射线装置安装、调试

本项目工业CT为建设单位购买的一体式自带又屏蔽防护单元的成品设备，自带有产品型号，出厂前已由设备厂家完成了设计制造，设备整体均由设备厂家进行生产、运输，组装，建设单位仅需购买后由设备厂家运输安装在CT室内即可，首次调试工作由厂家专业人员进行操作，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屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

三、运营期污染源项分析

1、工业 CT 检测设备

(1) 设备特征及管理类别介绍

根据《射线装置分类》（原环境保护部公告 2017 年第 66 号），本项目使用的工业 CT 属于Ⅱ类射线装置工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，使用活动按照Ⅱ类射线装置进行管理、使用。

(2) 系统组成

nanoVoxel 系列工业 CT 是具有超高分辨率的无损伤三维全息显微成像设备，采用独特的 X 光光学显微成像技术，利用不同角度的 X 射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行亚微米尺度上的数字化三维表征，以及对构成样品的物质属性进行分析；该系统主要由 X 射线源、平板探测器、计算机图像工作站、机械运动系统、电气控制系统、防护系统、安全防护警示系统组成。

**

图 9-4 工业 CT 系统组成

1) X 射线源

X 射线机采用开管设计，该管可提供高品质高分辨率 X 射线，低噪声，射线稳定，满足各类复杂应用的要求。该射线机采用封闭式自循环水冷却系统，结合涡轮真空泵确保出束的真空环境，配备有独立的发生器及高压电缆，系统整体稳定可靠，保证射线机工作时焦点的稳定性，射线机暂载率不低于 100%。配置有独立可操作的软件，带预热及训机功能，同时带有温度超高报警停机，开射线联锁保护，关闭射线等功能。

2) 平板探测器

配备高对比度实时平板探测器（平板探测器像素数量/像素分辨率(nm)为 $3072 \times 3072 \times 500$ ），具有自动校准功能，该探测器有效面积 427mm （长） $\times 427\text{mm}$ （宽），探测器具有有效防护，配置有高效冷却控温系统，当测试图像质量降低时，软件会自动提示。

3) 计算机图像工作站

主要由计算机硬件和图像处理软件两部分组成。计算机硬件包含计算机系统 1 套（含计算机主机及显示器）；图像软件采用全菜单操作模式，其软件功能主要包括：图像采集及处理、图像分析及处理、实时成像显示及记录（成像

显示和测量及标记)、数据保存备份。

4) 机械运动系统

机械扫描运动系统实际是一个位置数据采集系统,采用高精度运动平台设计,由射线机支撑机构、探测器支撑机构和工件载台运动机构组成,主要负责被检测工件的旋转、平移和 X 射线源-探测器平移等扫描运动轴的扫描运动,作业模式采用立式扫描结构,伺服电机驱动,2 台射线装置运动行程范围除射线源其余均一致: X 射线源 Z 轴移动行程***型设备 $\leq 700\text{mm}$ 、***型 $\leq 600\text{mm}$;平板探测器 Z 轴移动行程均 $\leq 600\text{mm}$ 、X 轴移动行程均 $\leq 1000\text{mm}$ 、Y 轴移动行程均 $\leq 450\text{mm}$;载物台 X 轴移动行程均 $\leq 1000\text{mm}$,Y 轴移动行程均 $\leq 250\text{mm}$,Z 轴均旋转 360° ;在工业 CT 扫描过程中,机械扫描运动控制器实时采集各个运动轴的位置信息,实现精确的运动控制及图像采集。

**

图 9-5 机械运动系统运动模式示意图(以***型设备为参考)

5) 电气控制系统

电器控制单位主要由:①计算机处理系统,PLC 和计算机系统组成通讯网络,数据相互通讯调用,可在软件界面实现对各运动轴的控制,完成全自动检测;②安全联锁单元,维修或紧急情况下,切断安全联锁单元,可断开射线源,各运动轴停止运动,为设备及人生安全提供保障措施;③安全报警单元,铅房内安装有声光报警器,当射线开启时,声光提醒工作人员注意辐射安全;④高压使能单元:通过硬件钥匙开关,切断高压系统输出,使设备更加安全可靠。

6) 防护系统(铅房)

本项目设备铅房屏蔽体外侧为钢-铅-钢夹层结构;内壁为方管焊接而成的框架;在铅门入口设有红外线安全光幕(开机时亮黄灯),防止铅门闭合时夹伤上料的工作人员;铅房顶部设有明显可见的工作状态指示灯,内部设有照明及摄像机和紧急停止按钮,按下该停止按钮设备停止运行,保证维修时安全。

7) 安全防护警示系统

由铅门联锁装置、安全警示灯和监控系统组成。配有高清晰度监控系统,能监视到 CT 室内的影像,确保设备运行时的安全性。铅门联锁装置用于工件进出门和维修门与 X 射线源进行联锁控制,铅门未关闭到位,X 射线源不能启动工作;在 X 射线源工作时,如果铅门被误操作打开,X 射线源将立即切断高

压，保护人身安全。

(3) 工作原理

工业 CT 设备工作原理是依据由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大，X 射线穿透被检工件后被数字平板探测器所接收，数字平板探测器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面一薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，当测得足够多的二维断层图像就可以利用 CT 重建软件将二维图像重建出三维图像，最终利用分析软件对测得的三维模型进行处理解析，从而获取全面的产品内外质量数据，有效地反映出内部结构，缺陷形状、尺寸及分布位置情况等信息，达到无损检测的目的。

**

图9-6 工业CT扫描系统工作原理示意图

2、工艺流程及产污环节

①在进行 X 射线探伤检测工作时，首先接通电源，打开前端机工作站，打开扫描软件进入软件操作界面，弹出仪器自检对话框，点击“一键自检”按钮，仪器开始自检功能（训机）；

②本项目检测工件为岩石、泥土等样品，由工作人员采用平板车转运至 CT 室内，操作人员将工件固定在选择好的样品夹持器上，打开工件进出门，工作人员此时位于工件进出门外，将工件夹持器置于样品台上，确保工件夹持器放置牢固，工件安装摆放完成；

③工件摆放完成后，工作人员关闭工件进出门，打开设备开启 X 射线，此时机械运动系统按照设定路径自动快速校准 X 射线源探测器以及载物台的相对几何位置关系，射线出束扫描产品各个角度并自动成像；

④停止出束，此时计算机图像工作站将工件每个面扫描到的 N 个二维投影数据使用相应的重建算法生成三维图像，工作人员根据三维图像判断样品的结构表征及预制裂隙分析等；

⑤检测结束，关闭 X 射线出束的钥匙开关，开启工件进出门，取出该检测样品归类放置，并更换新的被检样品工件。

**

图 9-7 工业 CT 检测设备工艺流程及产污位置图

由图 9-7 可知，本项目营运中产生的主要污染物为 X 射线源出束检测过程中产生的 X 射线、噪声、臭氧，设备采用数字成像技术，不使用定、显影液和胶片。

3、本项目人流、物流路径

本项目2台工业CT检测设备分别固定安装在地灾实验室一层中部CT室内和油气实验室一层南部CT室内，工件装载均为职业人员铅房外手动装卸，结合两个实验室一层布局及工艺流程和设备特点，人流、物流路径规划具体如下：

（1）工作人员路径：工作人员经实验室走廊进入CT室内，上料完成后在铅房一侧的操作台位置处完成检测作业。

（2）待检工件样品路径：待检样品由平板小车或其他辅助设施经实验室走廊转运至CT室内，工作人员在铅房外手动装卸待检样品，完成检测后将样品取出归类放置。

**

图9-8 本项目2台工业CT人流、物流路径示意图

4、工况分析及探伤对象

（1）工况分析

本项目工业 CT 检测设备是集屏蔽、检测、成像为一体的工业 CT 高分辨三维成像系统，根据设备厂家天津三英精密仪器股份有限公司提供的设备技术方案资料，本项目射线装置主要技术指标见表 9-1。

表 9-1 本项目工业 CT 检测设备主要技术指标一览表

设备型号	**
设备名称	**
用途	**
功率	**
X 射线管	**
微焦点模式最大分辨率	**
照射类型	**
射线出束方向	**
运动行程范围（mm）	**
最大工件重量(kg)	**
X 射线辐射角度	**
可检测样品尺寸	**
探测器有效面积	**
靶材	**

(2) 探伤工件及工况分析

1) 探伤工件：

本项目待检工件主要为岩石样品，包括砂岩、碳酸盐岩、泥页岩、火山岩和变质岩，还可能涉及到部分材料样品，包括金属、陶瓷、土壤等，通过高精度 X 射线扫描与三维重建，在不破坏岩石等样品内部结构的情况下，进行样品跨尺度的无损透视高分辨率成像，对样品内部孔喉、裂缝、矿物等微观尺度组构进行成像表征。地灾 CT 室内***型工业 CT 检测工件尺寸范围：直径 5~600mm，高度 5~550mm，油气 CT 室内***型工业 CT 检测工件尺寸范围：直径 5~600mm，高度 5~1000mm，对照表 9-1 分析可知本项目待检测工件均满足工业 CT 适应扫描检测范围。

2) 工况分析：

根据学校实验室科研安排预估，两台设备年最大检测工件数量均为 1000 件。工业 CT 检测方式采用工件平移一旋转立式扫描，工件装载为铅房外手动装卸，单个工件总扫描时间最长约**min，每个实验室年约检测工件 1000 件，则单台设备年总扫描出束时间为 500h。此外，根据设备特性结合实验室日常使用频率，设备每次开机使用时需先进行训机，单次训机时间约 10min，年训机次数约 100 次，则单台设备年训机时间约 16.67h。综述，本项目单台工业 CT 检测设备总出束时间约 516.67h/年（检测 500h+训机 16.67h）。

污染源项描述

一、电离辐射

由工业 CT 设备工作原理可知设备只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故 X 射线实时成像装置在开机期间，X 射线是本项目主要污染物。本项目工业 CT 射线装置所产生的 X 射线最高管电压为 300kV，不开机时不产生辐射。

二、废气

本项目工业CT设备铅房内空气在强辐射照射下，会使氧分子重新组合产生臭氧。本项目X射线能量不高，产生的臭氧量很小。

三、废水

本项目运营期废水主要为工作人员的生活污水，依托学校内已建的生活污

水预处理池处理达标后排入市政污水管网处理。

四、固体废物

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。

本项目固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，依托学校现有垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。

五、噪声

本项目噪声源主要有工业 CT 和通风设备，建设单位拟采用低噪音风机，源强低于 55dB(A)，且所有设备均处于实验室大楼内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对实验室外界噪声的贡献很小，项目对所在区域声环境影响很小。

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

本项目分别位于成都市成华区二仙桥东三路 1 号成都理工大学油气实验室（由北部主楼（1~5F）和南部附楼（1~2F）构成综合体建筑，高约 10~25m）一层南部和地灾实验室（F1~3，高约 16m）一层中部的 CT 室内，两台工业 CT 距离约 285m。根据现场勘察，本项目工业 CT 所在对应实验室平面布局分析如下：

（1）油气实验室

本项目***型工业 CT 设备拟安装于油气实验室一层南部油气 CT 室内，根据现场勘察，外环境关系如下：以***型工业 CT 检测设备屏蔽铅房实体边界为中心，北侧约 0~49m 位于油气实验室，49~50m 为室外空地；南侧约 0~2m 位于油气实验室，2~18m 为校内南苑路，18~50m 为职工家属小区；西侧约 0~18m 位于油气实验室，18~50m 为校内绿化用地；东侧约 0~37m 位于油气实验室，37~50m 为校内绿化用地；CT 室正上方为 07-F02-14 和 07-F02-12 试验室。

（2）地灾实验室

本项目***型工业 CT 设备拟安装于地灾实验室一层中部地灾 CT 室内，根据现场勘察，外环境关系如下：以***型工业 CT 检测设备屏蔽铅房实体边界为中心，北侧约 0~37m 位于地灾实验室，37~48m 为校内道路，48~50m 为泥石流实验室；南侧约 0~40m 位于地灾实验室，40~50m 为校内道路；西侧约 0~12m 位于地灾实验室，12~50m 为校内道路及绿化用地；东侧约 0~1.5m 位于地灾实验室，1.5~50m 为羽毛球场和空地；东北侧约 0~44m 位于地灾实验室，44~50m 为实验室连廊；CT 室正上方为 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室。

合理性分析：本项目工业 CT 检测设备均安装于独立的专用房间内，日常该场所上锁管控，位置相对独立，检测过程中产生的 X 射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响是可以接受的。以工件进出门为主视方向，工业 CT 作业时主射线均朝向设备铅房右侧，操作台均摆放在铅房左侧，避开了 X 射线主射线方向，设备布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于

操作位应避开有用线束照射方向的要求，CT 室布局设计合理。综上所述，设备铅房的平面布置既能满足工件检测的需要，又便于进行分区和辐射防护管理，从辐射安全防护的角度分析，其总平布置是合理的。

2、辐射工作场所两区划分

(1) 分区原则

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

(2) 控制区和监督区的划分

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。拟将设备屏蔽铅房实体区域划为控制区，将 CT 室内除铅房实体以外的区域划为监督区。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
两区划分范围	工业 CT 检测设备屏蔽铅房实体区域为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入	CT 室内除铅房实体以外的区域划为监督区
分区管理措施	对控制区进行严格控制，工业 CT 在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作设备时的工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b）在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。
辐射防护措施	设备工件进出门外粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	CT 室门设置安全锁，由辐射工作人员保管，在 CT 室门外粘贴电离辐射警示标志。

两区划分示意图见下图：

**

图10-1 本项目工业CT两区划分示意图

3、控制区防护手段及安全措施

- ①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；
- 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在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警告标志；
- ②人员离开时，设备电控柜上的 X 射线钥匙开关上锁，钥匙由专人保管，防止其他人员误操作；
- ③定期检查该区域的条件，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。

二、辐射安全及防护措施

1、工业 CT 检测设备辐射防护屏蔽设计分析

本项目工业CT自带铅钢结构全封闭铅房一座，该防护铅房的制作选用标准型号的8#槽钢和8#角钢并配加强钢板焊接而成，以保证防护铅房牢固度，整体铅房骨架焊接完成经平面处理后，在铅房骨架的内侧墙面铺设辐射防护铅板，再用铆钉把钢板固定在防护铅板表面，形成钢板+铅板+钢板的屏蔽结构。钉眼处用相同厚度的铅条或铅块进行二次补铅防护，铅板与铅板之间的接缝采用铅特种焊接技术进行焊接，铅房四周和顶部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。本项目设备屏蔽体实体防护设施已在前文表1建设内容中进行了详细介绍，具体情况见上表1-1；工业CT穿铅房屏蔽体防护补偿及防护门缝、搭接宽度结构示意图见下图10-2、10-3所示。

**

图10-2 本项目工业CT电缆及排风孔穿墙防护结构大样图

**

图10-3 本项目工业CT防护门体门缝及搭接宽度结构大样图

2、设备系统固有安全性分析

本项目设备购置与正规厂家，满足质检要求，机头泄漏辐射满足国家《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）。设备自带安全性如下：

①钥匙控制：钥匙控制开关：铅房正面控制面板上自带有 X 射线辐射钥匙开关及运行方式选择钥匙开关，当 X 射线辐射钥匙挡位在“ON”时射线才被允许打开，该串钥匙由设备操作人员携带保管，换班、检修时检查钥匙交接情况，防止非工作人员误操作设备。

②开机系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，该检测设备会示意操作者可以进行曝光或训机操作。若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

③延时启动功能：按下高压按钮启动曝光后，在产生X射线之前，在延时阶段，会听到“嘀---嘀”警报声，这时用户也可以按下停高压按钮来停止探伤机的启动。

④工件进出门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串连在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。

⑥该工业CT检测设备采用双门锁开关，只有防护门完全关闭后，射线才被允许打开。

⑦铅房内部、铅房外控制面板及操作台各设置有紧急停机按钮，紧急情况下可随时切断射线。

⑧本项目铅房出厂时均自带有工作状态指示灯、声光报警装置、门机联锁、门灯联锁和紧急止动装置，能有效保护检测人员，降低辐射风险。

⑧过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑨过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

⑩本项目工业CT检测设备拟安装位置均位于实验室大楼一层，下方无建筑，地面经过混凝土硬化，具有一定的承重强度，不会造成地面塌陷。

2、设备辐射安全装置

本项目工业CT检测设备出厂时已设置有辐射安全装置，其中设备X射线源

与铅防护门实现门机联锁、与工作状态指示灯实现门灯联锁，在设备屏蔽铅房表面粘贴有中文标识的电离辐射警告标志，并在铅房内安装有紧急止动装置、紧急开门按钮和监控装置等，避免工作人员和公众受到误照射。

①门机联锁：设备工件进出门(移门直线轨道处)及维修门均安装有门机联锁装置，两者任意1个开启时系统将自动终止X射线出束，如关门不到位，则高压电源也不能正常启动。

②工作状态指示灯（门灯联锁）：设备铅房顶部设置有三色工作状态指示灯，并与工件进出门及X射线源联锁，当设备工件进出门关闭，预备阶段时，指示灯带亮黄光，可安全开启射线机；当射线出束检测时，指示灯带亮红光，此时工件进出门不能被打开，防止检测作业期间人员误入发生辐射事故；当停止出束结束作业时，指示灯带亮绿光；当指示灯故障时，X射线将无法出束。

③声光报警器：在设备铅房内部安装有声光报警装置，在设备开机出束时，声光报警装置启动，发出警示声光，提醒人员勿靠近。

④带中文标识的紧急停机装置：在铅房内工件进出门侧、铅房外控制面板、电控柜及操作台上均安装有急停按钮，如发生事故按下按钮，X射线源高压电源立即被切断，X射线停止出束，此时工件进出门可手动打开。

⑤紧急开门按钮：在铅房内工件进出门侧安装有1个紧急开门按钮，防止人员误入铅房受到辐射照射时可迅速逃离铅房。

⑥观察窗：铅房工件进出门上设有一面观察窗，检测作业时可透过观察窗观察铅房内的探伤情况。

⑦视频监控系统：铅房内安装有1套视频监控装置，包含2个红外高清摄像头，分别安装在铅房内顶部对角位置，保证了视频探头对铅房内进行全覆盖，视频图像连接到操作台电脑屏幕上方，以便于工作人员检测作业时对铅房内部工件检测情况实时监控。

⑧固定式辐射报警仪：在铅房外正面靠近左上角位置安装有1台固定式辐射检测仪，只要铅房屏蔽体外30cm处的剂量超过预设的剂量阈值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，就会报警。

⑨红外防撞、防夹机构：在工件进出门左右两侧均配置有红外防夹防撞机构，采用橙色安全光幕，具备红外防夹防撞功能。

⑩**警告标志：**在控制区铅房防护门外及左右两侧醒目位置及监督区人员进出门上均张贴有“当心电离辐射”警告标志，电离辐射警告标志如图10-4所示。



图10-4 电离辐射警告标志

学校应每月对设备安全联锁装置、急停装置、工作状态显示、声光报警装置、监控系统等辐射安全设施设备进行检查，发现问题及时处理，确保系统有效运行。本项目工业 CT 辐射安全措施布置示意图分别见附图 13-1、13-2，安全联锁关系示意图见下图 10-5 所示。

**

图 10-5 设备安全联锁关系示意图

3、人员的防护与安全措施

这里主要指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（主要是设备操作人员）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

本项目工业 CT 出厂时设计有一体式铅钢结构全封闭铅房，X 射线泄漏率不会超过相应国家标准规定的限值，且 X 射线装置装有限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射；检测时通过有效实体防护对射线进行屏蔽，使现场操作人员受照剂量最小。

②时间防护

在确保产品质量的前提下，每次使用工业CT进行样品检测之前，根据样品工件满足的实际质量要求制定最优化的检测程序，选择合理可行尽量低的射线照射参数及扫描模式，以及尽量短的曝光时间，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。监督区X试验室为工作人员操作设备的工作场所,非相关人员禁止进入,避免误开机导致设备射线出束。

三、辐射安全防护设施对照分析

为分析本项目工业CT辐射防护性能,将本项目设备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 工业CT检测设备辐射安全防护设施对照分析表

《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	工业CT设计方案	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。	本项目工业CT为一体式成套设备,出厂时均自带有屏蔽防护单位铅房,设备安装于专用房间内,操作位与设备屏蔽防护铅房分开设置。工业CT作业时有用线束均朝向铅房右侧(以工件进出门为主视方向),操作台均摆放在铅房左侧,避开了X射线主射线方向。	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。	拟将设备铅房实体内划为控制区,将CT室内除铅房实体以外的区域划为监督区。	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/h/周,对公众场所,其值应不大于 5 μ Sv/h/周; b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。	经环评预测,本项目工业CT屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平均小于2.5 μ Sv/h。	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。	设备铅防护门均设置联锁装置,用于将工件进出和维修门与X射线源进行联锁控制,铅门未关闭到位,X射线源不能启动工作;在工业CT出束扫描时,如果铅门被误操作打开,X射线源将立即切断高压。	符合
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。	设备顶部设置有三色工作状态指示灯,与防护门及射线机联锁;预备阶段时,指示灯带亮黄光、射线出束检测时,指示灯带亮红光、停止出束结束作业时,指示灯带亮绿光;当指示灯故障时,X	符合

	射线将无法出束。	
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。	在设备铅房内顶部对角位置设置有2个高清摄像机,图像连接到操作台电脑屏幕上,操作人员可实时监控观看。	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。	设备铅房外醒目位置处均粘贴有电离辐射警示标志。	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。	在铅房内工件进出门侧、铅房外控制面板上、电控柜及操作台上均安装有急停按钮,紧急情况下可随时切断射线。	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。	铅房内配置有轴流风机机械排风,单个排风量为95m ³ /h,每小时有效通风换气次数远大于3次。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	在铅房外正面靠近左上角位置安装有1台固定式辐射检测仪,只要铅房屏蔽体外30cm处的剂量超过预设的剂量阈值2.5μSv/h,就会报警。	配置后符合

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
工业 CT 检测设备 辐射安全 设施	X 射线防护系统(自带铅房 1 座/台)	/	设备自带
	轴流风机排风装置 1 套/台		
	设备自带警告标识 1 套/台		
	紧急停机按钮(***型设置有5个、***型设置有4个)		
	紧急开门按钮 1 个/台		
	工作状态指示灯 1 个/台(门灯联锁)		
	X 射线管钥匙开关 1 个/台		
	门机联锁装置 1 套/台		
	红外防撞、防夹机构 1 套/台		
	视频监控系统 1 套/台		
	声光报警装置 1 套/台		
	固定式辐射报警仪 1 个/台		
监测仪器	便携式辐射监测仪 2 台	**	新增
	个人剂量报警仪 4 个	**	新增

防护用品	个人剂量计 6 套	**	新增
其他	CT 室排风系统 2 套（集气罩）	**	新增
	辐射工作人员培训及考核	**	新增
	应急及救助的资金、物资准备	**	新增
	灭火器材 2 套	**	新增
合计		10.1	**

本项目总投资**万元，环保投资**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、三废的治理

一、 废气

本项目工业 CT 检测设备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，铅房内均设置两个Φ140mm 的换气通风孔，配置有轴流风机机械排风，其中单个风机排风量为 95m³/h，每小时有效通风换气次数远大于 3 次，通风孔均设置有与相对应铅房墙体防护结构一致的铅防护罩，拟在铅房外排风口处设置集气罩（不锈钢材质，吸气式局部密封罩），采用密封胶硬接，运营期臭氧由工业 CT 自带的机械排风系统经铅房排风口集气罩收集后通过单独风管连接引至室外一层排放，经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成影响。

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，依托学校现有垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。

三、废水

本项目运营期废水主要为工作人员的生活污水，依托学校污水预处理系统处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入市政污水管网。

四、噪声

本项目噪声源主要有工业 CT 及通风设备，建设单位拟采用低噪音风机，源强低于 55dB(A)，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对学校实验室大楼外界噪声的贡献很小，项目对所在区域声环境影响很小。

五、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。

六、射线装置报废处理

按照国务院 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“报废的射线装置应去功能化处理”和《四川省辐射污染防治条例》要求“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管进行拆解和去功能化”。

本项目使用的工业 CT 在进行报废处理时，应将设备的 X 射线管进行拆解并破碎处理，同时将设备电源线绞断，使 X 射线管不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。在射线装置报废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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工期的环境影响分析

本项目施工期主要工序是CT室的装修和设备安装调试。本项目施工简单，施工期短，施工产生的生活污水、扬尘、噪声、固体废物等污染物对周围环境影响较小。

①扬尘：CT室施工装修期间将会产生少量扬尘、固体废物、噪声及生活污水，本项目工程量小，施工期间产生的扬尘通过封闭施工管理可对其进行控制；

②废水：施工人员产生的生活污水直接通过现有管网进入学校预处理池处理达标后排入市政污水管网；

③噪声：CT室装修噪声通过墙体隔声、距离衰减对环境的影响较小；

④固废：CT室装修产生的固体废物可回收处理部分由建设单位回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目工业CT检测设备出厂前已由设备厂家完成了设计制造，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屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。由于工业CT调试在屏蔽体铅房内进行，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，建设方需及时回收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、X射线管运动照射范围

1、***型工业 CT

地灾CT室内拟安装使用1台***型工业CT，最大管电压为300kV，最大管电流为3mA，出束类型为定向（固定朝向铅房东侧照射）。设备防护系统铅房采用一体式全封闭设计，主射束方向采用2mm内钢板+35mm铅板+2mm外钢板，其余非主射方向均采用2mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板，防护门和铅玻璃观察

窗、穿屏蔽体防护罩采用的铅防护厚度均与相对应铅房墙体防护层厚度结构一致。

铅房内X射线源固定在行程Z轴上，行程轴设置有限位器，使得X射线源沿Z行程轴上下**mm范围内平移，根据下图11-1可知，铅房内X射线源沿行程轴上下移动时保证X射线主射束辐射范围均投向铅房东侧屏蔽体，因此，铅房东侧按照主射方向其余方位均按照非主射方向进行预测分析。铅房内X射线源焦点距离各面屏蔽体距离及有用线束照射范围示意图如下图所示。

**

图 11-1 ***型工业 CTX 射线源焦点运动范围及有用线束照射范围示意图

2、***型工业 CT

油气CT室内拟安装使用1台***型工业CT，最大管电压为300kV，最大管电流为3mA，出束类型为定向（固定朝向铅房北侧照射）。设备防护系统铅房采用一体式全封闭设计，铅房北侧、东侧、西侧和顶部均采用2mm内钢板+35mm铅板+2.5mm外钢板；南侧采用2mm内钢板+25mm铅板+2.5mm外钢板，底部采用5mm内钢板+25mm铅板+2mm外钢板，防护门和铅玻璃观察窗、穿墙防护罩采用的铅防护厚度均与相对应铅房墙体防护层厚度结构一致。

铅房内X射线源固定在行程Z轴上，行程轴设置有限位器，使得X射线源沿Z行程轴上下**mm范围内平移，根据下图11-2可知，铅房内X射线源沿行程轴上下移动时X射线主射束范围涵盖了铅房北侧、东侧、顶部、底部四个屏蔽面，预测分析时均保守按照主射方向进行预测，其余方位均按照非主射方向进行预测分析。铅房内X射线源焦点距离各面屏蔽体距离及有用线束照射范围示意图如下图所示。

**

图 11-2 ***型工业 CTX 射线源焦点运动范围及有用线束照射范围示意图

二、运行阶段辐射环境影响分析

1、辐射影响分析

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。

本项目工业CT设备屏蔽防护单元为一体式全封闭箱体设计，采用钢+铅+钢

夹层防护结构屏蔽，设备运行阶段X射线主射束均固定朝向一侧照射，对周围辐射影响主要考虑主射辐射、泄漏辐射及散射辐射的综合影响。本项目2台工业CT拟安装的位置下方均无地下室，铅房架空底部约60~100mm，底部人员不可到达，因此不考虑地面辐射影响。参照上图11-1和11-2可知本项目X射线源靶点距离铅房各面屏蔽体最近距离情况详见表11-1（下文设备屏蔽体方位进行描述时，以工业CT在各自试验室内摆放方位为例）。

表 11-1 X 射线靶点距离铅房各面屏蔽体最近距离参数表

设备	相对位置	最小距离（m）	需屏蔽的辐射源
***型	铅房北侧墙体外30cm	**	泄漏辐射和散射辐射
	铅房南侧工件进出门外30cm	**	泄漏辐射和散射辐射
	铅房东侧墙体外30cm	**	主射束
	铅房西侧墙体外30cm	**	泄漏辐射和散射辐射
	铅房顶部外30cm	**	泄漏辐射和散射辐射
***型	铅房北侧墙体外30cm	**	主射束
	铅房南侧墙体外30cm	**	泄漏辐射和散射辐射
	铅房东侧工件进出门外30cm	**	主射束
		**	泄漏辐射和散射辐射
	铅房西侧墙体外30cm	**	泄漏辐射和散射辐射
	铅房顶部外30cm	**	主射束
		**	泄漏辐射和散射辐射

注：①***型设备顶部最小距离保守取至铅房顶部外凸的最低点屏蔽体；

②表中最小距离均以图11-1和11-2图纸中标注最短距离+关注点屏蔽体外0.3m；

③由于***型设备主射束范围涵盖有顶部及东侧屏蔽体，因此在屏蔽体外剂量率核算时，详细分为主射束和泄漏、散射辐射两种辐射影响进行计算。

2、铅房外剂量率预测分析

（1）预测点选取

本项目工业CT检测设备分别拟安装于理工大学油气实验室和地灾实验室一层CT室内。根据本项目设备平面布置及外环境关系，本项目2台工业CT预测点位选取分别如下图所示：

①***型工业CT

**

图 11-3 本项目***型设备铅房周围预测点位示意图

关注点位：1#铅房南侧工件进出门外30cm处；2#铅房东侧屏蔽体外30cm处；3#铅房北侧屏蔽体外30cm处；4#铅房西侧屏蔽体外30cm处；5#铅房顶部屏蔽体外30cm处；6#铅房西侧操作台处工作人员；7#东侧羽毛球场的公众；8#

南侧地灾实验室内各个试验室及校内道路的公众；9#西侧地灾实验室走廊及各个试验室、校内道路和绿化区域的公众；10#北侧地灾实验室内各个试验室及校内道路、泥石流实验室的公众；11#上方 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室的公众。

②***型工业CT

**

图 11-4 本项目***型设备铅房周围预测点位示意图

关注点位：1#铅房北侧屏蔽体外 30cm 处；2#铅房西侧屏蔽体外 30cm 处；3#铅房南侧屏蔽体外 30cm 处；4#铅房东侧工件进出门外 30cm 处；5#铅房顶部屏蔽体外 30cm 处；6#铅房南侧操作台处工作人员；7#西侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众；8#北侧油气实验室走廊及各个试验室的公众；9#东侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众；10#南侧校内南苑路及职工家属小区的公众；11#上方 07-F02-14 和 07-F02-12 试验室的公众。

(2) 剂量率参考水平

本项目工业 CT 屏蔽铅房外周围剂量率控制水平参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准要求：6.1.3 b）屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/。

(3) 铅房外关注点剂量率估算

①有用线束（主射）屏蔽体外剂量估算

本项目 2 台工业 CT 最大管电压均为 300kV，由于在《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 图 B.1 X 射线穿过铅的透射曲线图中查不到对应 300kV 在给定铅屏蔽厚度所对应的透射因子取值，因此采用 GBZ/T250-2014 标准中 11-2 公式计算得出有用线束屏蔽透射因子，由公式 11-1 计算有用线束辐射影响。

$$\dot{H}_{有} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_1}{R^2} \dots\dots\dots (式 11-1)$$

$$B_1 = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots (式 11-2)$$

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，

300kV 铅的什值层厚度为**mm;

I—最大管电流, 3mA;

H₀—距辐射源点(靶点)1m处输送量, 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)附录表B.1, 保守取**进行估算, 即**μGy·m²/(mA·h);

R—参考点离靶点的距离。

关注点有用线束辐射年照射剂量率计算结果见表11-2。

表 11-2 有用线束照射剂量计算参数及结果表

序号	关注点预测结果	距靶点1m处 输出量 μGy·m ² /(mA·h)	屏蔽物的什值 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)
***型工业CT						
2#	铅房东侧屏蔽体外30cm处	**	**	2.181	7.24E-07	5.72E-01
7#	东侧羽毛球场的公众			2.8	7.24E-07	3.47E-01
***型工业 CT						
1#	铅房北侧屏蔽体外30cm处	**	**	2.677	7.24E-07	3.80E-01
4#	铅房东侧工件进出门外 30cm处			2.3	7.24E-07	5.15E-01
5#	铅房顶部30cm处			2.3	7.24E-07	5.15E-01
8#	北侧油气实验室走廊及各 个试验室的公众			5.6	7.24E-07	8.68E-02
9#	东侧油气实验室内各个试 验室及校内道路的公众			5.5	7.24E-07	9.00E-02
11#	上方07-F02-14和07-F02-12 试验室公众			6.0	7.24E-07	7.56E-02

②非主射方向屏蔽体外泄漏剂量估算

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11-2)进行计算, 由式11-3计算泄漏辐射对周围环境的影响。

$$\dot{H}_{\text{漏}} = \frac{\dot{H}_L \cdot B_2}{R^2} \dots\dots\dots(\text{式11-3})$$

式中:

B₂—漏射屏蔽透射因子, 泄漏屏蔽透射因子可根据(式 11-2)进行计算;

$\dot{H}_{\text{漏}}$ —预测点剂量率(μSv/h);

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

射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表1可知，当管电压 $>200\text{kV}$ 时距靶点1m处X射线探伤机组装体的漏射辐射剂量率取值为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；

R—参考点离靶点的距离，m。

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11-3。

表 11-3 泄漏照射剂量计算参数及预测结果表

序号	关注点位	距离靶点1m处 泄漏辐射剂量 率(μSv/h)	靶点至预测 点的距离 (m)	屏蔽透射因 子	预测点 剂量率 (μSv/h)
***型工业 CT					
1#	铅房南侧工件进出门外 30cm 处	5.0E+03	1.079	4.11E-05	1.77E-01
3#	铅房北侧屏蔽体外 30cm 处		1.121	4.11E-05	1.64E-01
4#	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处		1.221	4.11E-05	1.38E-01
5#	铅房顶部屏蔽体外 30cm 处		0.885	4.11E-05	2.62E-01
6#	铅房西侧操作台处工作人员		2.0	4.11E-05	5.14E-02
8#	南侧地灾实验室内各个试验 室及校内道路的公众		6.0	4.11E-05	5.71E-03
9#	西侧地灾实验室走廊及各个 试验室、校内道路和绿化区 域的公众		4.0	4.11E-05	1.28E-02
10#	北侧地灾实验室内各个试验 室及校内道路、泥石流实验 室的公众		2.5	4.11E-05	3.29E-02
11#	上方 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室的公众		3.5	4.11E-05	1.68E-02
***型工业 CT					
2#	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处	5.0E+03	1.215	7.24E-07	2.45E-03
3#	铅房南侧屏蔽体外 30cm 处		1.550	4.11E-05	8.55E-02
4#	铅房东侧工件进出门外 30cm处		1.291	7.24E-07	2.17E-03
5#	铅房顶部30cm处		0.976	7.24E-07	3.80E-03
6#	铅房南侧操作台处工作人员		2.3	4.11E-05	3.88E-02
7#	西侧油气实验室内各个试验 室及校内道路的公众		2.5	7.24E-07	5.79E-04
10#	南侧校内南苑路及职工家属 小区的公众		4.0	4.11E-05	1.28E-02

③非主射方向屏蔽体外散射剂量估算

参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），由式11-4计算散射辐射影响。

$$\dot{H}_{散} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots(式11-4)$$

式中：

B₃—散射屏蔽透射因子， 散射屏蔽透射因子可根据（式11-2）进行计算；

TVL—什值层厚度，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，300kVX射线90° 散射辐射对应的X射线散射辐射为200kV，查附录 B.2，当X射线管电压为200kV时，铅的近似1/10什值层厚度为**mm；

$\dot{H}_{散}$ —预测点剂量率（μSv/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0.5m；

I—最大管电流，3mA；

H₀—距辐射源点（靶点）1m处输送量，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014）附录表B.1，保守取**进行估算，即**；

F—R₀处的辐射野面积，均取0.2m²；

α—散射因子，GBZ/T250-2014查表B.3，散射因子可保守取aw.10000/400，即a取4.75×10⁻²。

各参数取值及各个关注点散射辐射年照射剂量率计算结果见表11-4。

表 11-4 散射照射剂量计算参数及预测结果表

序号	关注点位	散射因子 a	距靶点1m 处输出量 (μGy·m²/(mA·h)	靶点至预 测点的距 离（m）	屏蔽 透射因 子	预测点剂 量率 (μSv/h)
***型工业 CT						
1#	铅房南侧工件进出门外 30cm 处	**	**	1.079	1.39E-18	1.71E-13
3#	铅房北侧屏蔽体外 30cm 处			1.121	1.39E-18	1.58E-13
4#	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处			1.221	1.39E-18	1.33E-13
5#	铅房顶部屏蔽体外 30cm 处			0.885	1.39E-18	2.54E-13
6#	铅房西侧操作台处工作人员			2.0	1.39E-18	4.97E-14
8#	南侧地灾实验室内各个试验室 及校内道路的公众			6.0	1.39E-18	5.52E-15
9#	西侧地灾实验室走廊及各个试 验室、校内道路和绿化区域的公 众			4.0	1.39E-18	1.24E-14

10#	北侧地灾实验室内各个试验室及校内道路、泥石流实验室的公众			2.5	1.39E-18	3.18E-14
11#	上方 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室的公众			3.5	1.39E-18	1.62E-14
***型工业 CT						
2#	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处	**	**	1.215	1.00E-25	9.68E-21
3#	铅房南侧屏蔽体外 30cm 处			1.550	1.39E-18	8.27E-14
4#	铅房东侧工件进出门外30cm处			1.291	1.00E-25	8.58E-21
5#	铅房顶部30cm处			0.976	1.00E-25	1.50E-20
6#	铅房南侧操作台处工作人员			2.3	1.39E-18	3.76E-14
7#	西侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众			2.5	1.00E-25	2.29E-21
10#	南侧校内南苑路及职工家属小区的公众			4.0	1.39E-18	1.24E-14

④汇总

综上所述，本项目工业 CT 铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量率控制水平理论预测结果汇总见表下 11-5。

表 11-5 本项目工业 CT 铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量率控制水平综合汇总表

序号	关注点位	有用线束辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	综合辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射剂量率限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
***型工业CT						
1#	铅房南侧工件进出门外 30cm 处	/	1.77E-01	1.71E-13	1.77E-01	2.5
2#	铅房东侧屏蔽体外 30cm处	5.72E-01	/	/	5.72E-01	2.5
3#	铅房北侧屏蔽体外 30cm 处	/	1.64E-01	1.58E-13	1.64E-01	2.5
4#	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处	/	1.38E-01	1.33E-13	1.38E-01	2.5
5#	铅房顶部屏蔽体外 30cm 处	/	2.62E-01	2.54E-13	2.62E-01	2.5
***型工业CT						
1#	铅房北侧屏蔽体外 30cm处	3.80E-01	/	/	3.80E-01	2.5
2#	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处	/	2.45E-03	9.68E-21	2.45E-03	2.5
3#	铅房南侧屏蔽体外 30cm 处	/	8.55E-02	8.27E-14	8.55E-02	2.5
4#	铅房东侧工件进出	5.15E-01	/	/	5.15E-01	2.5

	门外30cm处	/	2.17E-03	8.58E-21	2.17E-03	
5#	铅房顶部30cm处	5.15E-01	/	/	5.15E-01	2.5
		/	3.80E-03	1.50E-20	3.80E-03	

根据表11-5可知，本项目***型工业CT铅房四周屏蔽体外辐射剂量率最大为5.72E-01μSv/h，***型工业CT铅房四周屏蔽体外辐射剂量率最大为5.15E-01μSv/h，均低于《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中规定的“距离曝光室屏蔽体外表面30cm处，周围辐射剂量率不大于2.5μSv/h”的要求。

本项目工业CT铅房四周敏感点辐射剂量率理论估算结果汇总见下表11-6。

表 11-6 本项目工业CT铅房屏蔽体外敏感点辐射剂量率综合汇总表

序号	关注点位	有用线束辐射剂量率 (μSv/h)	泄漏辐射剂量率 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv/h)	综合辐射剂量率 (μSv/h)
***型工业CT					
6#	铅房西侧操作台处工作人员	/	5.14E-02	4.97E-14	5.14E-02
7#	东侧羽毛球场的公众	3.47E-01	/	/	3.47E-01
8#	南侧地灾实验室内各个试验室及校内道路的公众	/	5.71E-03	5.52E-15	5.71E-03
9#	西侧地灾实验室走廊及各个试验室、校内道路和绿化区域的公众	/	1.28E-02	1.24E-14	1.28E-02
10#	北侧地灾实验室内各个试验室及校内道路、泥石流实验室的公众	/	3.29E-02	3.18E-14	3.29E-02
11#	上方58-F02-30和58-F02-28办公室的公众	/	1.68E-02	1.62E-14	1.68E-02
***型工业CT					
6#	铅房南侧操作台处工作人员	/	3.88E-02	3.75E-14	3.88E-02
7#	西侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众	/	5.79E-04	2.29E-21	5.79E-04
8#	北侧油气实验室走廊及各个试验室的公众	8.68E-02	/	/	8.68E-02
9#	东侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众	9.00E-02	/	/	9.00E-02
10#	南侧校内南苑路及职工家属小区的公众	/	1.28E-02	1.24E-14	1.28E-02
11#	上方07-F02-14和07-F02-12试验室公众	7.56E-02	/	/	7.56E-02

3、保护目标所受年有效剂量分析

本项目拟新增的2台工业CT分别位于油气实验室一层南部和地灾实验室一层中部CT室内，两台工业CT安装位置距离约285m，单台工业CT铅房50m评价范围内无其他电离辐射源，因此不存在场所剂量叠加。本项目每台设备拟配备3名辐射工作人员，定岗定责，不兼岗其他辐射类工作，不存在人员剂量叠加。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离铅房最近的关注点可以代表铅房周围最大可能辐射有效剂量。

本项目工业CT单台设备总出束时间约516.67h/年（检测500h+训机16.67h）。工业CT铅房屏蔽体外敏感点年有效剂量由式11-5进行估算，计算结果见表11-7。

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots(式11-5)$$

式中：

$\dot{H}$ —预测点综合剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t—年受照射时间，516.67h/台；

T—居留因子。

表 11-7 工业 CT 铅房屏蔽体外敏感点理论预测最大年受照剂量统计表

序号	关注点位	剂量率 估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子 (T)	年受照 时间 (h)	人员年有效 剂量 (mSv/a)	照射类 型
***型工业CT						
1#	铅房南侧工件进出门外工作人员	1.77E-01	**	**	2.29E-02	职业
6#	铅房西侧操作台处工作人员	5.14E-02	**	**	2.66E-02	职业
7#	东侧羽毛球场的公众	3.47E-01	**	**	1.12E-02	公众
8#	南侧地灾实验室内各个试验室及校内道路的公众	5.71E-03	**	**	2.95E-03	公众
9#	西侧地灾实验室走廊及各个试验室、校内道路和绿化区域的公众	1.28E-02	**	**	6.61E-03	公众
10#	北侧地灾实验室内各个试验室及校内道路、泥石流实验室的公众	3.29E-02	**	**	1.70E-02	公众
11#	上方 58-F02-30 和 58-F02-28 办公室的公众	1.68E-02	**	**	8.68E-03	公众
***型工业CT						
4#	铅房东侧工件进出门外工作人员	5.15E-01	**	**	6.65E-02	职业
6#	铅房南侧操作台处工作人员	3.88E-02	**	**	2.00E-02	职业

7#	西侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众	5.79E-04	**	**	2.99E-04	公众
8#	北侧油气实验室走廊及各个试验室的公众	8.68E-02	**	**	4.48E-02	公众
9#	东侧油气实验室内各个试验室及校内道路的公众	9.00E-02	**	**	4.65E-02	公众
10#	南侧校内南苑路及职工家属小区的公众	1.28E-02	**	**	6.61E-03	公众
11#	上方07-F02-14和07-F02-12试验室公众	7.56E-02	**	**	3.91E-02	公众

根据表11-7可知，本项目建成投用后，***型工业CT所致地灾实验室职业人员受年附加有效剂量最大为 $2.66E-02\text{mSv/a}$ ，所致公众受年附加有效剂量最大为 $1.70E-02\text{mSv/a}$ ；***型工业CT所致油气实验室职业人员受年附加有效剂量最大为 $6.65E-02\text{mSv/a}$ ，所致公众受年附加有效剂量最大为 $4.65E-02\text{mSv/a}$ ；均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。

本项目投入运行后，实际管电压、管电流均低于预测工况，工业CT产生的X射线经墙体屏蔽、距离衰减后，本项目周围环境保护目标受照剂量远低于预测剂量，对铅房周围公众影响更小。

4、臭氧的环境影响分析

本项目工业CT检测设备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，铅房内均设置两个 $\Phi 140\text{mm}$ 的换气通风孔，配置有轴流风机机械排风，其中单个风机排风量为 $95\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数远大于3次，通风孔均设置有与相对应铅房墙体防护结构一致的铅防护罩，拟在铅房外排风口处设置集气罩（不锈钢材质，吸气式局部密封罩），采用密封胶硬接，运营期臭氧由工业CT自带的机械排风系统经铅房排风口集气罩收集后通过单独风管连接引至室外一层排放，经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成影响。

4、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。

5、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”。本项目涉及的工业CT报废时，必须进行去功能化处理，使X射线源不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

6、声环境影响分析

设备工业 CT 及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）），通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对学校实验室大楼外界噪声的贡献很小。

7、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 6 人，产生量以 0.5kg/人·天计，则每天产生生活垃圾 3.0kg/d，依托学校现有垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。

8、废水

本项目工业 CT 使用数字成像系统，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 6 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 0.576m³/d，依托学校污水预处理系统处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入市政污水管网。

辐射事故影响分析

一、事故风险识别

本项目工业CT属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11-8中。

表 11-8 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	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	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	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	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 11-9。

表 11-9 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

二、源项分析及最大可能性事故分析

本项目工业CT检测设备只有在通电的情况下才有X射线发出，断电后无射线。因此只有在设备联锁装置或工业CT检测设备发生故障的情况下，才可能导致工作人员和周围公众接受意外的X射线外照射。本项目可能发生的辐射事故为：

（1）检修人员在设备未断电的情况下进行检修，射线装置因误操作或其他原因开机开束，导致检修人员受到误照射；此时工业CT以额定参数运行；检修人员位于X射线主射方向，距靶0.5m的地方，无任何屏蔽措施。

（2）设备门机联锁装置失效，在铅房防护门未关闭的情况下X射线源失控自动开机，对铅房四周的人员进行误照射，此时工业CT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射线泄漏辐射照射和散射辐射照射影响。

本项目工业CT在最高电压300kV、最大电流3mA下，单次曝光扫描运行时间最长为**min；铅房内部及铅房外控制面板和操作台、电控柜上方均安装有急停按钮，如发生事故按下按钮，X射线高压电源立即被切断，设备停止出束，此时工件进出门可手动打开，人员受照最长时间保守估计取工件最长扫描出束时间**min。

三、检修人员主射方向误照射事故影响分析

（1）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。

$$D = I\delta x/r^2 \dots\dots\dots \text{(式11-6)}$$

式中：

D—空气吸收剂量率，mGy • min⁻¹；

I—管电流，mA，本项目取3mA；

δ x—发射率常数，保守取**进行估算；

r—参考点距X射线源焦点的距离，m。

$$E = D \bullet \sum W_T \bullet \sum W_R \dots\dots\dots \text{(式11-7)}$$

式中：

E—人员受到的有效剂量，mSv • 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。

表 11-10 事故情况下人员受到的累计剂量估算结果

事故人员持续受照时间 (min)	距射线靶点距离 (m)	有效剂量 (mSv)
1	0.5	250.80
	1.0	62.70
	1.5	27.87
	2.0	15.68
5	0.5	1254.00
	1.0	313.50
	1.5	139.33
	2.0	78.38
10	0.5	2508.00
	1.0	627.00
	1.5	278.67
	2.0	156.75
20	0.5	5016.00
	1.0	1254.00
	1.5	557.33
	2.0	313.50
30	0.5	7524.00

	1.0	1881.00
	1.5	836.00
	2.0	470.25

(2) 事故后果

在上述事故情景假设条件下,受误照人员在辐射防护间内 1.5m 处受照 1min,其所受剂量约为 27.87mSv,已超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值(职业照射: 20mSv, 公众照射: 1mSv),为一般辐射事故。同时,极端情况下,随着误照时间的持续增加,在距离辐射源 0.5m 处受到误照射 30 分钟的剂量高达 7.524Sv,结合表 11-8、表 11-9,会引起人员骨髓型急性放射病,因此造成较大辐射事故。

四、门机连锁装置失效导致周围公众误照射事故影响分析

(1) 剂量估算

假定该工业CT门机连锁装置失效,铅房屏蔽体外四周人员受到泄漏辐射和散射照射,铅房及操作台、电控柜上均设置有“紧急停止”按钮,只要按下按钮就可以停机,铅房周围位置处人员所受辐射剂量率按式11-3和11-4 计算,屏蔽透射因子取1(无屏蔽),计算结果见下表11-11。

表 11-11 事故情况下铅房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 (min)	散射所致剂量 (mSv/次)	漏射所致剂量 (mSv/次)	总剂量 (mSv/次)
2.0	5	2.97E+00	1.04E-01	3.07E+00
	10	5.94E+00	2.08E-01	6.15E+00
	20	1.19E+01	4.17E-01	1.23E+01
	30	1.78E+01	6.25E-01	1.84E+01
3.0	5	1.32E+00	4.63E-02	1.37E+00
	10	2.64E+00	9.26E-02	2.73E+00
	20	5.28E+00	1.85E-01	5.46E+00
	30	7.92E+00	2.78E-01	8.19E+00
4.0	5	7.42E-01	2.60E-02	7.68E-01
	10	1.48E+00	5.21E-02	1.54E+00
	20	2.97E+00	1.04E-01	3.07E+00
	30	4.45E+00	1.56E-01	4.61E+00

(2) 事故后果

根据表 11-11,本项目工业 CT 铅房周围人员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 1.84E+01mSv/次,高于《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，构成**一般辐射事故**。

综上所述，本项目发生人员受到误照射时，很可能出现超剂量照射发生辐射事故。因此，必须加强辐射安全管理，认真做好运行前人员清场检查，严禁非本项目工作人员在 CT 室内停留。在运营过程中严格执行辐射安全相关规章制度和工作管理制度，严格杜绝辐射事故发生，一旦发现人员受到误照射，工作人员或误照人员应立即就近按下急停开关停止射线装置出束（切断电源），并启动辐射事故应急预案。

五、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建设单位成立了放射性同位素与射线装置安全防护领导小组，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、分析全校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.cn>）学习并考核合格后上岗。

本项目在运行过程中，有可能出现的事故情况及处理措施：

A、工业CT工作时，安全联锁发生故障及误操作，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。

要求定期检查设备门机联锁装置是否能正常工作，充分保证工作状态指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、由于其他原因引起X射线意外事故。

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。要求工业CT检测设备操作人员遵守相关操作规程，严格细致的开展工作，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凡涉及对工业CT检测设备进行操作，必须按操作规程执行，X射线检测作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应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。

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

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

建设单位目前已成立了“放射性同位素与射线装置安全防护领导小组”（见附件 3）。

（1）文件已包含内容：

1、放射性同位素与射线装置安全防护领导小组成员名单

组长： **

副组长： **

成员： **

2、领导小组下设办公室，办公室设在国资与实验室管理处，办公室主任由国资与实验室管理处主要负责人兼任。

（2）需要完善的相关内容

根据学校“放射性同位素与射线装置安全防护领导小组”通知文件，学校还需在以下几个方面对文件进行完善：

①补充放射性同位素与射线装置安全防护领导小组的具体职责和小组成员的职能分工；

②补充领导小组的日常办公地点、相关联系人电话；

③发生放射事故事件和和个人剂量异常事件后，积极组织开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告；

④定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效。

二、辐射工作人员配置

本项目拟新增 6 名辐射工作人员，其中每台工业 CT 配备 3 人（2 名操作人员，1 名管理人员），辐射工作人员均定岗定责，不兼岗其他辐射类工作，不存

在剂量叠加；实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天，年工作时间为 250 天。

(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。根据辐射工作人员不同的岗位职责，其中操作人员需选取“X 射线探伤”辐射安全与防护考核，管理人员选取“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，并均考核通过后方可上岗。

(2)建设单位应当确保检测作业时至少有 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制度

一、档案管理分类

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”。

二、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的单位,应持有有效的辐射安全许可证	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	拟组织新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台根据不同岗位职责选取相应内容进行学习考核,并取得成绩合格单,做到持证上岗	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“放射性同位素与射线装置安全防护领导小组”,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,特别应做好工业 CT 检测设备的实体保卫和防护措施,并即使给予修订。	建设单位参照环评报告表 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	项目建成投运后,建设单位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	个人计量监测、职业健康检查及档案管理	项目投入运营后,建设单位应做好辐射工作人员个人剂量检测和职业健康检查,建立健全的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	设备出厂时,屏蔽体铅房外醒目位置均粘贴有电离辐射警告标志	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	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

		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	
10	年度评估	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》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

三、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”、《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））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，建设单位需制定的规章制度见表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》		落实情况	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	/
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，并将工业 CT 部分管理规定单独悬挂于工作场所墙上
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	增加工业 CT 设备操作流程，并单独悬挂于工作场所墙上
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	增加本项目拟新增的工业 CT
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	需完善	辐射工作人员应包含本次拟新增人员，并将对应职责需悬挂于工作场所墙上

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	增加本项目拟新增的工业 CT
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	需完善	增加本项目拟新增的工业 CT
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	已制定	/
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	需完善	根据最新辐射工作人员培训要求进行完善
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。学校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	需完善	辐射工作人员应包含本次拟新增人员
11	辐射安全与防护年度评估制度	/	需完善	将本次拟新增设备纳入其中
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	将本次拟新增设备纳入其中，并将工业 CT “辐射安全事故应急响应程序”单独悬挂于工作场所墙上

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。

学校应按照《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,结合学校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。

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:学校在取得《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:建设单位应结合项目实际开展情况,制定辐射工作场所自行监测制度和监测方案,定期开展自行监测(也可委托有资质的单位进行自行监测),监测周期为1次/月,监测记录数据应存档备案。

(1) 建设单位自我监测

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。学校可通过采购X-γ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
CT 室（油气和地灾）	x-γ空气吸收剂量率	年度监测：委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年； 自行监测：可自行开展监测或委托有资质单位开展，频率不低于 1 次/季度	铅房实体屏蔽四周及工件进出口和维修门缝隙处，排风口、电缆穿口位置处，CT 室内操作台及周边经常有人员活动的位置等，上方试验室和办公室等

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。学校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

学校应于每年 1 月 31 日前通过“全国核技术利用辐射安全申报系统”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。学校应按照《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》。学校必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)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

建设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。

建设单位应当根据以上要求，同时结合本项目实际情况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 2 台 X 射线三维成像 CT 检测项目
建设单位：成都理工大学
建设性质：新建
建设地点：成都市成华区二仙桥东三路 1 号成都理工大学地灾实验室和油气实验室内

2、建设内容与规模

成都理工拟在地灾实验室（F1~3，高约 16m）一层中部建设 1 间地灾 CT 室，拟在油气实验室一层南部（由北部主楼（1~5F）和南部附楼（1~2F）构成综合体建筑，高约 10~25m）附楼建设 1 间油气 CT 室，并分别拟在地灾 CT 室内使用 1 台***型工业 CT，在油气 CT 室内使用 1 台***型工业 CT。2 台设备均属于 II 类射线装置，最大管电压均为 300kV，最大管电流均为 3mA，出束类型均为定向（以工件进出门为主视方向，主束方向均朝向铅房右侧），主要由 X 射线源、平板探测器、计算机图像工作站（操作台）、机械运动系统、电气控制系统、防护系统、安全防护警示系统组成，是一套集屏蔽、检测、成像为一体的工业 X 射线 CT 扫描检测系统。

本项目工业 CT 主要用于岩石、土壤、矿物、金属、陶瓷、高分子等材质内部质量检测、缺陷分析等无损检测，CT 检测方式为平移一旋转立式扫描，工件装载为铅房外手动装卸，单台设备年最大检测工件数量均约 1000 件，单台设备总出束时间约 516.67h/年（检测 500h+训机 16.67h）。本项目只开屏蔽体铅房内 X 射线检测作业，不涉及野外（室外）探伤，采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核与辐射技术用于工业探伤检测领域，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，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 10 条“科技创新平台建设”，符合国家现行产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

成都理工大学位于成都市成华区二仙桥东三路 1 号，本项目 2 台工业 CT 分别拟建于学校地灾实验室和油气实验室一层的 CT 室内，根据两个场所区域用地土地产权证可知，本项目选址规划用地性质均为科教用地。本项目建设地均位于学校实验室内，不新增用地，且拟使用的 2 台工业 CT 出厂均设计有防护系统，其作业场所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，满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目施工期主要工序是CT室的施工装修、设备安装调试。本项目施工简单，施工期短，施工产生的生活污水、扬尘、噪声、固体废物等污染物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

本项目建成后，在正常运行情况下，***型工业CT所致地灾实验室职业人员受年附加有效剂量最大为 $2.66E-02\text{mSv/a}$ ，所致公众受年附加有效剂量最大为 $1.70E-02\text{mSv/a}$ ；***型工业CT所致油气实验室职业人员受年附加有效剂量最大为 $6.65E-02\text{mSv/a}$ ，所致公众受年附加有效剂量最大为 $4.65E-02\text{mSv/a}$ ；均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

本项目工业 CT 检测设备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，铅房内配置有轴流风机机械排风，运营

期臭氧由工业CT自带的机械排风系统经铅房外集气罩收集后通过单独风管连接引至室外一层排放，经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成影响。

（3）水环境影响

本项目工业CT使用数字成像系统，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，产生量为0.576m³/d，依托学校污水预处理系统处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后，排入市政污水管网。

（4）固体废物

本项目产生固体废弃物主要为生活垃圾，产生量为3.0kg/d，依托学校现有垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。

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完善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

学校拟配备专业的辐射工作人员，成立有放射性同位素与射线装置安全防护领导小组，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；拟修订完善辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在制定《辐射防护和安全管理制度》、《设备安全操作规程》等相关管理制度并时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对本项目工业CT检测设备(II类射线装置)的使用和管理能力。

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，本项目在成都市成华区二仙桥东三路1号成都理工大学地灾实验室和油气实验室一层CT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）建设单位可登陆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/hjbhzbz/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，应当在全国建设项目竣工环境保护验收信息系统（<https://cepc.lem.org.cn/#/login>）中进行

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

项目	环保设施
工业 CT 检测设备辐射安全设施	X 射线防护系统（自带铅房 1 座/台）
	轴流风机排风装置 1 套/台
	设备自带警告标识 1 套/台
	紧急停机按钮（***型设置有 5 个、***型设置有 4 个）
	紧急开门按钮 1 个/台
	工作状态指示灯 1 个/台（门灯连锁）
	X 射线管钥匙开关 1 个/台
	门机连锁装置 1 套/台
	红外防撞、防夹机构 1 套/台
	视频监控系统 1 套/台
	声光报警装置 1 套/台
	固定式辐射报警仪 1 个/台
监测仪器	便携式辐射监测仪 2 台
	个人剂量报警仪 4 个
防护用品	个人剂量计 6 套
其他	CT 室排风系统 2 套（集气罩）
	辐射工作人员培训及考核
	应急及救助的资金、物资准备
	灭火器材 2 套

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。学校应加强管理，组织其在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行辐射安全与防护专业知识的学习和考核，根据辐射工作人员不同的岗位职责，其中操作人员需选取“X 射线探伤”辐射安全与防护考核，管理人员选取“辐射安全管理”辐射安全与防护考核，并均考核通过后方可上岗。

3、根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告 2021 年 9 号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，从事Ⅱ类射线装置活动以及放射性同位素工作人员，应当通过国家核技

术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考试。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

4、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。

5、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>）。

6、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。

7、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

8、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。