

# 核技术利用建设项目

## 中国电建教育培训基地 新建 X 射线探伤室项目 环境影响报告表

(公示本)

中国水利水电第五工程局有限公司

二〇二四年二月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 中国电建教育培训基地 新建 X 射线探伤室项目 环境影响报告表

建设单位名称：中国水利水电第五工程局有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都市双流区西航港街道锦华路三段13号

邮政编码：610225

联系人：陈

电子邮箱：

联系电话：



# 目 录

表 1：项目概况 .....	1
表 2：放射源 .....	12
表 3：非密封放射性物质 .....	12
表 4：射线装置 .....	13
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物） .....	14
表 6：评价依据 .....	15
表 7：保护目标与评价标准 .....	17
表 8：环境质量和辐射现状 .....	19
表 9：项目工程分析与源项 .....	22
表 10：辐射安全与防护 .....	30
表 11：环境影响分析 .....	42
表 12：辐射安全管理 .....	59
表 13：结论与建议 .....	66
<b>附图：</b>	
附图 1：项目地理位置图	
附图 2：项目外环境关系图	
附图 3：中国电建教育培训基地总平面布置图	
附图 4：四号楼-试验实训检测楼各楼层平面布置图	
附图 5：探伤室 50m 范围内平面布置图	
<b>附件：</b>	
附件 1：授权委托书；	
附件 2：电教基地项目资产投资项目备案表；	
附件 3：成都市双流生态环境局《关于中国水利水电第五工程局有限公司中国电 建教育培训基地环境影响报告表的批复》（成双环评审[2023]21 号）；	
附件 4：射线装置承诺书；	
附件 5：项目周围环境现状监测报告；	
附件 6：项目辐射安全管理机构成立文件。	

**表 1：项目概况**

建设项目名称		中国电建教育培训基地新建 X 射线探伤室项目			
建设单位		中国水利水电第五工程局有限公司			
法人代表	贺鹏程	联系人	陈	联系电话	
注册地址		四川省成都市双流区西航港街道锦华路三段 13 号			
项目建设地点		成都市双流区怡心街道长顺社区四、七组中国电建教育培训基地内			
立项审批部门		成都市双流区发展和改革局	批准文号	川投资备【2104-510122-04-01-582742】FGQB-0158 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		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		建筑面积 (m <sup>2</sup> )	30.4
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
<p><b>项目概述</b></p> <p><b>一、建设单位简介及项目由来</b></p> <p>中国水利水电第五工程局有限公司（以下简称：水电五局）是国务院国资委直接监管的中国电力建设集团（股份）有限公司的优势骨干成员企业，是具有对外承包经营权的大型综合性中央企业、国家高新技术企业，连续 15 年获评“四川省百强企业”。公司拥有水利水电施工总承包特级、水利行业设计甲级，市政公用工程、建筑工程、机电工程总承包一级等 40 余项资质。公司于 1954 年由水利二师整编组成，是新中国历史上成立最早、规模最大的部属水利水电施工劲旅之一，足迹遍布祖国各地和亚非欧 20 余个国家。</p>					

中国水电五局科技研发中心下属中心试验室正式成立于 1999 年，其前身为宝珠寺水电站工地试验室，现已发展成为集工程检测、工程测量、安全监测及环境监测等业务为一体的综合性工程技术服务机构。但中心试验室一直无固定工作场所，所属中心试验室目前与中国水电五局其他二级单位（中国水电五局职教中心）共同租用位于成都市双流区西航港街道机场路土桥段 15 号的园区作为经营场所（原为四川锦弘集团紫荆花酒店），试验室面积仅 1000m<sup>2</sup>左右，且全部为临时性活动板房结构，外部自然环境变化极易对试验结果的准确性造成影响，且金属结构、机械电气试验室分离，不便于试验工作的正常开展，已不能满足中国水电五局科技研发工作需要及国家高新技术企业评审要求。四川锦弘集团已多次致函中国水电五局，要求包括所属中心试验室在内的相关单位尽快搬离该园区，其将对该园区进行综合开发。目前，中心试验室面临搬迁和提高发展水平的迫切需要。

四川水利水电技师学院隶属于中国电建集团旗下的中国水利水电第五工程局有限公司（简称“中国水电五局职教中心”），学院始建于 1973 年，是国家首批中职示范学校、国家级重点技工学校，设有 18 个专业，主要培养高端技术技能型人才（专科高级工、本科技师），下设国家职业技能鉴定所（川-059）、四川省第一水电建设国家技能鉴定站（51003093），开办有成都培训中心（分校）、汽车驾驶员学校（国家一级）、汽车维修中心（一类）及国家开放大学学习中心等，现已发展成为集职业教育、学历教育、职业培训与技能鉴定、科技研发与创新为一体的综合性国家级示范职业院校。职教中心现有教职工 328 人，在校学生 2000 余人，先后为集团公司及所属成员企业承办职业培训班 150 余个，累计为集团公司及所属成员企业培训各类管理和高端技术技能人才 2 万余人（次），为企业、行业和社会培养管理及高端技术技能人才 5 万余人，为地方经济社会发展做出来巨大贡献。目前，中国水电五局职教中心缺乏现代化的实训基地，职教中心现有实训场所及设备已不能满足在校学生实训的需要。

中国电建教育培训基地项目定位为国内一流的现代化产教融合发展基地，其职能以提升中国电建职业教育水平、增强中国电建高质量发展能力为主，以服务社会教育和社会培训、提高社会发展水平为辅。根据项目职能定位，中国电建教育培训基地主要以职业技能培训和检验检测为核心功能，主要承担集团公司内部工程项目的检验检测服务和集团公司内部职工的职业技能培训，并承担水电五局“职教中心”毕业生实

习阶段的实训任务（为期半个学期，每年约三个月），一方面可以弥补中国水电五局科技研发中心下属中心试验室在试验检测等基础设施方面的不足，为中国水电五局加快打造兼具院士工作站、国家级实验室、四川省级重点实验室等功能的现代化产教融合发展基地奠定基础；另一方面可以弥补中国水电五局职教中心（又称“四川水利水电技师学院”）在毕业生实训等基础设施方面的不足，为集团公司加快建设具有企业大学性质的中国电建党校、中国电建管理学院创造条件。

本项目为中国电建教育培训基地项目的配套建设内容，拟将建设单位广元市利州区水电五局水工厂厂区现有 1 台 XXQ-2505 型便携式定向 X 射线无损探伤机搬迁至中国电建教育培训基地项目新建 4 号楼-实验实训检测楼内探伤室，拟用于焊缝试板（16mm×300mm×250mm）、焊缝试管（直径 59mm、厚 8mm）的焊缝质量室内无损检测教学，探伤机固定放置在曝光室内投照架上，探伤时主射束投向地面。

本项目所在 4 号楼—实验实训检测楼已进行环境影响评价，并于 2022 年 9 月 21 日取得成都市双流生态环境局批复，批复号为：成双环评函〔2022〕21 号。

本项目涉及使用 1 台 XXQ-2505 型便携式定向 X 射线无损探伤机，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），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。本项目应报四川省生态环境厅审批。因此，建设单位委托四川众望安全环保技术咨询有限公司对该项目开展环境影响评价工作。编制单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《中国电建教育培训基地 X 射线探伤室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工业探伤领域，属高新技术；本项目已在成都市双流区发展与改革局进行备案，备案号为：川投资备【2104-510122-04-01-582742】FGQB-0158 号。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号）、《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号，2021 年 12 月 30 日实施）的相关规定，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“质

量认证和检验检测服务”，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：**中国电建教育培训基地 X 射线探伤室项目

**建设单位：**中国水利水电第五工程局有限公司

**建设性质：**新建

**建设地点：**成都市双流区怡心街道长顺社区四、七组中国电建教育培训基地内

**使用场所：**本项目利用建设单位既有 1 台便携式定向 X 射线无损探伤机，拟在建设单位中国电建教育培训基地新建 4 号楼（实验实训检测楼、未建）一层探伤室内使用。

**探伤室设计单位：**中国建筑西南设计研究院有限公司

#### （二）建设内容与规模

中国水利水电第五工程局有限公司拟在成都市双流区怡心街道长顺社区四、七组中国水利水电第五工程局有限公司中国电建教育培训基地新建 4 号楼（实验实训检测楼、未建）一层新建 1 间 X 射线探伤室，建筑面积 30.4m<sup>2</sup>。

本项目探伤室拟布置在实验实训检测楼一层，净空尺寸为长 3.8m×宽 8m×高 3.3m，由操作间、曝光室组成，操作室拟布置在曝光室北侧，曝光室拟靠外墙设置，探伤室下方无房间，探伤室上方及左右两侧均为普通教学用室。探伤室外墙、屋顶和室内迷道墙均拟采用 500mm 厚混凝土墙的方式进行建设，曝光室迷道入口拟设置电动防护铅门（设置方式为 80mm 不锈钢内夹 3mm 铅板）；探伤室配套洗片间（暗室）拟布置在 4 号楼三层独立房间内，用于洗片、评片和储存底片，内设自动洗片机、水槽和显影液、定影液存放区，主要用于存放显影液、定影液和洗片，以及暂存本项目产生的危险废物。

本项目新建探伤室内拟放置 1 台 XXQ-2505 型便携式定向 X 射线无损探伤机（最大管电压为 250kV、最大管电流为 5mA），属于 II 类射线装置，仅用于不锈钢焊缝试板、试管的焊缝质量无损检测教学。探伤机固定放置在曝光室内投照架上，确保探伤机主射束仅投向地面，预计每年进行 10 次无损检测教学，每次出束时间约 1~2h，预计年总最大曝光时间约为 20h。项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题			
			施工期	运营期		
主体工程	建筑面积	探伤室建筑面积为 30.4m <sup>2</sup> 。		扬尘、废水、 固体废物、 噪声	探伤机工作时产生的 X 射线、臭氧， 换气风机产生的噪声。	
	探伤室结构	主体结构	混凝土框架结构			
		四周墙体	500mm 厚混凝土			
		顶部	500mm 厚混凝土			
		迷道墙体	500mm 厚混凝土			
		防护铅门	80mm 不锈钢内夹 3mm 铅板			
	探伤室大门	普通防盗门（10mm 不锈钢）				
	探伤机情况	拟搬迁 1 台便携式定向 X 射线无损探伤机。		—		
探伤地点	中国电建教育培训基地 4 号楼一层新建探伤室内。		—			
曝光时间	年总最大曝光时间为 20h。		—			
辅助工程	洗片间，拟布置于中国电建教育培训基地 4 号楼 3 层。		扬尘、废水、 固体废物、 噪声			
环保工程	<p><b>废水：</b>洗片废水（除去第一遍和第二遍）及生活污水经管道进入中和池（1 个，容积为 2.0m<sup>3</sup>）处理后排入预处理池处理，预处理后再进入到市政污水管网，最终由公兴（中电子）再生水厂处理达标后排入青栏沟，后汇入锦江。</p> <p><b>固废：</b>生活垃圾依托厂区既有垃圾收集设施收集；危险废物暂存于贴有危废标识的专用容器里，放置于洗片间内危废暂存区，定期交有资质单位处理。</p> <p><b>废气：</b>探伤室通排风采用机械排风的方式，探伤室内东南角设置排风竖井，排风竖井直通新建 4 号楼顶部，排气口设置在楼顶女儿墙内。</p>		废水、固体 废物	废显、定影液、 废胶片 及洗片废水		
公用工程	本项目供配电、供水利用 4 号楼供配电系统和供水管网。		生活污水、 生活垃圾			
办公及生活设施	利用 4 号楼一层办公及生活设施。					
仓储或其它	本项目显影液、定影液拟存放在洗片间，危险废物拟存放在 4 号楼一层危废暂存间内。					

（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源消耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量	来源	主要化学成分
主（辅）料	胶片	60 张	外购	卤化银
	显影液	10kg	外购	米吐尔（N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐）、菲



					尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠 (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )、 碳酸钠 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )
		定影液	6kg	外购	硫代硫酸钠 (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 等
能源	煤 (T)	—	—	—	—
	电 (度)	探伤用电	60kWh	市政供电	—
	气 (Nm <sup>3</sup> )	—	—	—	—
水	地表水	自来水	10m <sup>3</sup>	市政供水	—
	地下水	—	—	—	—

#### (四) 本项目涉及射线装置

本项目使用射线装置的主要技术参数见表1-3。

表 1-3 本项目拟使用的射线装置主要技术参数表

型号	数量	相关参数	曝光时间 (min/次)	管理 类别	投射 类型	辐射 角度	使用 场所	备注
XXQ-2505 型	1 台	250kVp 5mA	5	II	定向 向地	40+5°	探伤室	现有 搬迁

#### (五) 项目外环境关系、选址合理性及实践正当性分析

##### 1、外环境关系

##### (1) 厂区外环境

本项目选址于双流区怡心街道长顺社区四、七组，地块北侧紧邻城市主干路长顺大道二段；西侧紧邻规划道路及规划一类工业用地，现状为待开发空地；南侧为规划一类工业用地，现状为待开发空地；东侧紧邻规划道路及规划的中小学用地和二类住宅用地，其现状为成都建工集团成都轨道交通 19 号线二期工程车辆段、停车场工区，东南侧与地铁 19 号线温家山站（在建）施工区相接。根据现场调查，项目所在地块及周边区域无在建及已建成的居民聚集区、学校、医院等环境保护目标。项目所在地块市政管网和配套的污水处理厂（公兴（中电子）再生水厂）目前已建成投运，项目周边交通便利，区内规划有满足生产需求的能源供应及污水管网。本项目厂区外环境关系详见附图 1。

##### (2) 本项目外环境

本项目室内探伤作业在新建探伤室内进行，本项目探伤室设置在建设单位新建中国电建教育培训基地 4 号楼-试验实训检测楼东侧一层，试验实训检测楼主要功能为教学的教室及实验室，呈 U 型布置。教室区域设置在北侧，实验室设置在西侧及南侧，

教室与实验室各层连接，保证教学实验共享使用。试验实训检测楼共 4 层，共设置 2 个出入口，1F 主要布置有桥梁结构室、力学室、养护室、高压电气室、样品间、探伤室、办公区等；2F 主要布置土工室、沥青混合料室、无机结合料室、压浆料室、掺合料检测室、耐久室、办公区等；3F 主要布置防水材料室、土工合成材料室、隧道材料室、高分子材料室、地基基础检测室、留样室等；4F 主要布置化学室、试剂室、电气设备室等。4 号楼-试验实训检测楼平面布置图详见附图 2。

本项目探伤室北侧 50m 范围内为试验实训检测楼北楼和楼外绿化带，东侧 50m 范围内为试验实训检测楼东楼、楼外绿化带以及场内道路，北侧 50m 范围内为非机动车停车位、场内道路和体育场，西侧 50m 范围内为绿化带以及停车场。本项目外环境关系详见图 1-1。

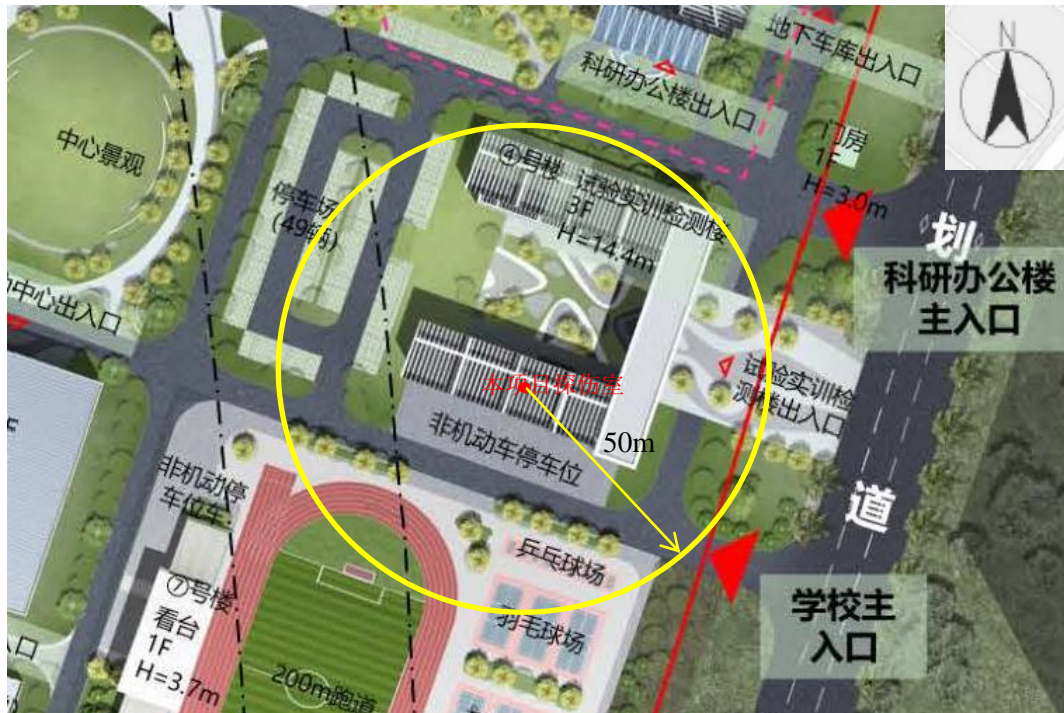


图 1-1 本项目外环境关系图

本项目探伤室 50m 范围以内建构筑物设置情况见表 1-4。

表 1-4 本项目 50m 范围内建构筑物设置情况一览表

建筑物名称	相对探伤室方位	距离	备注
试验实训检测楼北楼	东北侧	34.75~50m	三层、混凝土框架结构
非机动车停车场	南侧	6~18m	单层构筑物
体育场		27~50m	构筑物
停车场	西北侧	32~50m	构筑物

## 2、选址合理性分析

本项目所在4号楼-试验实训检测楼于2022年9月21日取得成都市双流生态环境局关于中国电建教育基地环境影响报告表批复（详见附件3），批复文号为：成双环评函〔2022〕21号，该项目目前正在建设中。该基地选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地。且本项目拟建设的探伤室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

本项目拟建探伤室区域评价范围（50m范围）内无医院、学校、集中居民区、饮用水源保护区等环境敏感区，同时也无自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。

## 3、实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加探伤室周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的教学需求，创造更大的经济益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

### （六）劳动定员及工作制度

本项目配备放射工作人员5人，其中1名管理人员管理本项目辐射操作人员，4名操作人员，均为公司现有放射工作人员。放射工作人员一天工作8h，年工作时间为250天。5名作业人员均于2019年参加了由原四川省环保厅组织的辐射安全培训，并取得了培训合格证书。建设单位已于2023年9月、12月安排2名放射工作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，并通过了相应考核。建设单位计划于2024年3月前安排剩余3名放射工作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，考核通过后上岗。

## 四、原有核技术利用情况

本项目拟建设地点为建设单位新建教育基地，该区域内无核技术利用情况，不存在原有辐射环境遗留问题。

本项目拟使用的1台探伤机为中国水利水电第五工程局有限公司中心实验室目前

正在使用的无损探伤教学设备，放置于建设单位广元市利州区现有 X 射线探伤室内。中国水利水电第五工程局有限公司中心试验室共计 7 台 X 射线探伤机，均已进行了辐照环境影响评价工作，取得了环评批复，并取得了四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（许可证编号为：川环辐证（00486），有效期至 2025 年 12 月 28 日，许可种类和范围为：使用 II 类射线装置），并完成了验收。原有项目射线装置基本情况一览表，见表 1-5。

表 1-5 原有项目射线装置基本情况一览表

序号	装置名称	型号	数量	参数	投照类型	类别	使用场所	备注
1	X 射线探伤机	XXQ-2505	1 台	250kVp 5mA	向地	II	探伤室	原有
2	X 射线探伤机	DRF-300M2F	1 台	300kVp 5mA	向地	II	野外	原有
3	X 射线探伤机	XXG-3505	1 台	350kVp 5mA	向地	II	野外	闲置 (封存)
4	X 射线探伤机	XXH-2505	1 台	250kVp 5mA	向地	II	野外	闲置 (封存)
5	X 射线探伤机	XXG-3005	1 台	300kVp 5mA	向地	II	野外	闲置 (封存)
6	X 射线探伤机	XXQ-3005	1 台	300kVp 5mA	向地	II	野外	闲置 (封存)
7	X 射线探伤机	XXQ-3005	1 台	300kVp 5mA	向地	II	野外	闲置 (封存)

2、中国水利水电第五工程局有限公司中心试验室既有 X 射线探伤项目产生的废显影液、废定影液和废胶片暂存于危废暂存间，已委托四川省中明环境治理有限公司运输和处置，得到妥善处理。洗片废水和生活污水经实验室预处理池处理后排入城市污水管网，生活垃圾经厂区垃圾收集桶收集后，由市政环卫部门统一清运。

3、中国水利水电第五工程局有限公司中心试验室既有辐射工作人员 5 名，本项目拟利旧该 5 名辐射工作人员。建设单位已为既有辐射工作人员配备个人剂量计，保证所有辐射工作人员在进行辐射工作时专人佩戴，且每季度送有资质单位检测个人剂量，建立了个人剂量健康档案。建设单位既有辐射工作人员 2022 年个人剂量统计见表 1-6。

表 1-6 既有辐射工作人员个人剂量统计一览表

序号	姓名	性别	个人剂量监测结果 (mSv)					备注
			一季度	二季度	三季度	四季度	全年	
1	陈雪峰	男	<MDL	<MDL	<MDL	0.10	0.01	正常

2	付小波	男	<MDL	0.02	0.02	0.08	0.12	正常
3	田锦州	男	<MDL	<MDL	<MDL	0.07	0.07	正常
4	马永保	男	0.02	<MDL	0.03	<MDL	0.05	正常
5	文丕川	男	<MDL	0.04	0.06	0.11	0.21	正常

4、中国水利水电第五工程局有限公司中心试验室既有辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训，并取得了培训合格证书，既有辐射工作人员培训情况见表 1-7。

表 1-7 既有辐射工作人员个人剂量统计一览表

序号	姓名	工作岗位	培训时间	培训类别	培训组织机构	证书编号
1	陈雪峰	工业探伤	2023 年 9 月	辐射安全 与防护	国家核技术利用 辐射安全与防护 培训平台	FS23XJ1200296
2	付小波	工业探伤	2023 年 12 月			FS23GZ1200191
3	田锦州	工业探伤	2019.3.27~29	辐射安全 培训	原四川省环保厅	CHO38125
4	马永保	工业探伤	2019.3.27~29			CHO38134
5	文丕川	工业探伤	2019.8.12~24			CHO41394

中国水利水电第五工程局有限公司中心试验室已于 2023 年组织 2 名既有放射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行了再培训，且考核结果均为：成绩合格。建设单位拟于 2024 年 3 月前组织剩余 3 名既有放射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行了再培训，并在考核合格后安排其上岗。

5、中国水利水电第五工程局有限公司中心试验室与 2023 年 1 月编制了《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（2022 年度）》，包括基本信息、辐射安全许可证符合性检查及变更情况、射线装置使用台帐及变更情况、辐射防护设施设备及废物处置、辐射安全与防护制度的修订和落实情况、辐射工作人员和个人剂量情况、辐射工作人员培训情况、场所辐射环境监测及监测数据、辐射事故及应急响应、辐射安全隐患及整改。

6、原有辐射安全管理制度落实情况：建设单位已建立了完善的辐射安全管理制度和相应的操作规程，制度按规定上墙，满足设备运行辐射安全管理的需要，合理可行，并执行较好。从公司辐射安全许可证持证情况，射线装置、放射源的使用情况，辐射工作人员的个人剂量监测管理，和辐射安全管理制度落实情况分析，公司原有核技术利用项目能正常工作，辐射工作人员按操作规程进行作业，辐射工作人员的剂量监测按规定开展执行，辐射安全管理执行到位，建设单位自开展工业探伤项目以来，未发生过辐射安全事件或者事故。

## 五、本项目环保设施依托情况

本项目利用公司 4 号楼-试验实训检测楼 3 层新建洗片室的暗室自行洗片，产生的废胶片、废显影液、废定影液由建设单位集中收集暂存于公司中国电建教育培训基地项目设置的危废暂存间（4 号楼 1F 化学试验室内），并拟在本项目建成后与有资质的单位签订危废处置合同，定期交由危废处置单位进行处置；洗片废水及生活污水经管道进入建设单位中国电建教育培训基地项目设置的污水预处理池内进行预处理，预处理后再进入到市政污水管网；工作人员生活垃圾依托公司既有垃圾收集设施收集。

## 六、原有项目依托情况

本项目依托的主要环保设施有：

（1）运营期产生的洗片废水和生活污水进入公司中国电建教育培训基地项目设置的污水预处理设施，经预处理后的废水进入市政污水管网。

（2）本项目产生的生活垃圾收集后由市政环卫部门统一清运。

**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》(GB 18871-2002)。

## 表 4：射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

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

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	定向 X 射线无损探伤机	II类	1	XXQ-2505	250	5	无损检测教学	中国电建教育培训基地 X 射线探伤室	现有搬迁
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器：包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



**表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废胶片	固态	—	—	—	60 张	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
废显影液	液态	—	—	—	10 kg	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
废定影液	液态	—	—	—	6 kg	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
洗片废水	液态	—	—	—	100 L	—	—	经公司预处理池处理达标后，经市政污水管网排入公兴（中电子）再生水厂处理达标后排入青栏沟，后汇入锦江。
臭氧	气态	—	—	—	—	少量	—	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/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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》（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》（国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日实施，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）对其进行了修改）；</p> <p>(6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订本），2020 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《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>(8) 《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>(9) 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>(10) 《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>(11) 《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>(12) 《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>(13) 《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>(14) 《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>(15) 《国家危险废物名录(2021年版)》(2021年1月1日实施);</p> <p>(16) 《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>(17) 《四川省野外(室外)使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》(原四川省环境保护厅,川环办发〔2016〕149号)。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ21-2016);</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(4) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(6) 《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》(GB22448-2008);</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X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022);</p> <p>(9) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002), 2003年4月1日实施;</p> <p>(10) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函〔2016〕1400号。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 本项目环评委托书;</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) 《辐射防护导论》,方杰主编;</p> <p>(4) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(环保部,2012年3月);</p> <p>(5) 《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>(6) 《关于印发&lt;四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)&gt;的通知》(川环函〔2016〕1400号);</p> <p>(7) 中国水利水电第五工程局有限公司提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>

## 表 7：保护目标与评价标准

### 评价范围

本项目所用射线装置作为教学用具，其使用地点仅包含探伤室内。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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”相关规定，并参照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）对辐射监测技术要求，结合本项目的实际特点，确定本项目室内探伤评价范围为本项目探伤室周围 50m 的区域以内。

### 保护目标

本项目评价范围内的主要环境保护目标有：本项目辐射工作人员和探伤室边界 50m 以内的公众，探伤作业教学时具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目室内探伤环境保护目标

保护目标	相对设备方位	距辐射源最近距离 (m)	人数 (人/天)	照射类型	年剂量约束值 (mSv)
探伤机操作人员	东北侧	3.0	4	职业照射	5.0
受训学员 (操作台)	东北侧	3.0	不定	公众照射	0.1
高压电气室作业人员	西侧	2.2	不定	公众照射	0.1
集料室作业人员	东侧	2.2	不定	公众照射	0.1
非机动车停车区	南侧	4.1	不定	公众照射	0.1
探伤室外走廊	北侧	4.5	不定	公众照射	0.1
4 号楼北楼作业人员	北侧	38	不定	公众照射	0.1
教育基地内操场	南侧	31	不定	公众照射	0.1
教育基地外人行道	东侧	42	不定	公众照射	0.1
机动车停车场	西北侧	40	不定	公众照射	0.1
4 号楼波纹管室	二层	3.3	不定	公众照射	0.1
4 号楼土工合成材料室	三层	5	不定	公众照射	0.1

## 评价标准

### 1、环境质量标准

- (1) 大气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准。
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准。
- (3) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类区标准。

### 2、污染物排放标准

- (1) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工厂界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）排放限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中3类标准。

(4) 电离辐射：执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求。

### 三、剂量约束

#### （一）个人剂量约束值

电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的标准限值。

(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。本次评价按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作为的约束值。

(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。本次评价按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的1/10，即0.1mSv/a作为约束值。

#### （二）辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关规定，在距离探伤室外表面30cm外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于2.5μGy/h。

## 表 8：环境质量和辐射现状

### 环境质量和辐射现状

#### 一、本项目所在地 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量现状监测

中国水利水电第五工程局有限公司委托四川众望安全环保技术咨询有限公司于2023年8月13日对中国水利水电第五工程局有限公司工业X射线探伤项目进行了环评监测，其监测项目、分析方法及来源见表8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源	探测限	备注
$\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021	0.01 $\mu$ Gy/h	监测 1 天，一个监测位置连续监测 10 次，10 次读数的算术平均值作为监测结果。
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021		

本项目监测使用仪器及环境条件见表8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及号	技术指标	检定情况	
环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率	环境监测用 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪 RAD-G 编号：FS-W12	①能量响应： 45keV~3MeV ②测量范围： 1nSv/h~1500 $\mu$ Sv/h	检定结果：合格 检定单位：中国测试技术研究院 证书编号：校准字第 202307005037 号 有效期：2023.07.21~2024.07.20	符合仪器使用条

#### 二、质量保证

本项目环境现状监测单位四川众望安全环保技术咨询有限公司，通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

四川众望安全环保技术咨询有限公司的质量管理体系如下：

(1) 计量认证：从事监测的四川众望安全环保技术咨询有限公司通过了四川省质量技术监督局的计量认证（计量认证号：152312050183）。

(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。

### 三、环境现状监测与评价

本项目为使用II类射线装置，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，且本项目尚未建设运行，运行期对周围声环境的影响也较小，故本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水、声环境质量进行监测评价，重点对评价区域的辐射环境现状进行了检测评价。根据本项目辐射工作场所布置情况，本次选择在本项目拟建地及周围布设检测点位以反映区域辐射环境质量本底状况。主要监测因子为X- $\gamma$ 空气吸收剂量率，本次共布设5个监测点位，能较好反映项目周围辐射环境现状，其检测点位布设合理。

#### 1、监测布点方案

本次监测点位选取本项目拟建址周围作业人员经常停留或经过的地方、以及本项目关注点，其具体监测布点位置如下所述：



图 8-1 本项目探伤室拟建址周围辐射环境检测点位示意图

## 2、监测结果

本项目辐射环境现状具体监测结果如下。

表 8-3 本项目拟建场所本底值监测结果

点位号	监测位置	监测位置测量结果 (nGy/h)	备注
1	探伤室拟建址	80	室外 本底检测
2	电教基地拟建址东侧边界处	100	
3	电教基地拟建址南侧边界处	90	
4	电教基地拟建址西侧边界处	110	
5	电教基地拟建址北侧边界处	100	

根据现场监测报告，本项目拟建探伤室项目所在区域环境的  $\gamma$  辐射剂量率为 80nGy/h~110nGy/h，与生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境  $\gamma$  辐射剂量率年均值范围（61.9nGy/h~151.8nGy/h）处在同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。



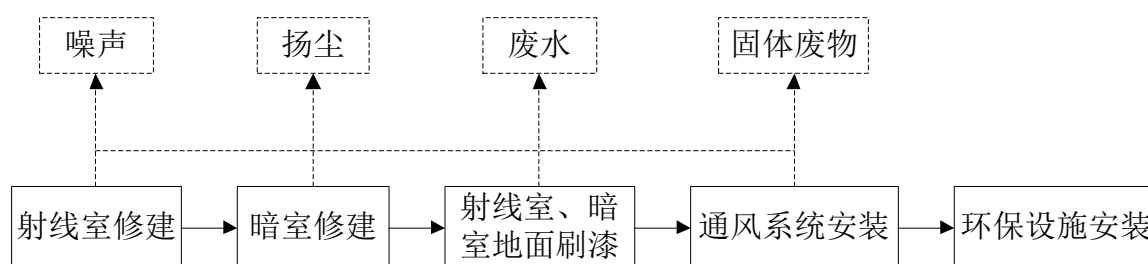
**表 9：项目工程分析与源项**

### 工程设备和工艺分析

#### 一、施工期

本项目新建探伤室墙体、屋顶、室内迷道均拟采用500mm厚混凝土墙体的修建方式，探伤室内迷道入口大门拟采用80mm厚钢板内夹3mm厚铅板的电动防护门。

本项目的主体工程为探伤室的修建，探伤室在修建完成后无需进行油漆喷涂，施工过程中会产生扬尘、噪声、废水、固废；本项目暗室内地面拟刷深色地坪漆并配置排气扇，施工过程中会产生扬尘、噪声、废水、废气、固废。本项目施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下：



**图9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图**

为保证探伤室满足辐射防护要求，探伤室四周墙体和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇筑，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝。探伤室内迷道入口大门设计为钢铅结构，在门洞前的地沟内安装一条平车轨道，大门门体底部左右两侧安装主动轮箱和从动轮箱，门体上部设有导轮组，在墙体上部设有上部支撑架和上导轨，门体运行的两个终点均设置有软、硬限位及缓冲机构。门体采用摆线针轮减速机作为驱动机构，通过主动轮箱内齿轮间的啮合来实现门体的左右移动，门体上导轨防止门体的左右倾斜，使门体平稳移动，软、硬限位和缓冲机构保证门体精确的行程，以达到门体安全精确的开启和关闭。

#### （一）施工期扬尘

施工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洒水等措施来进行控制

#### （二）施工期噪声

施工期噪声包括探伤室施工过程、防护设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小

### （三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水，依托厂区内现有污水管网收集处理

### （四）施工固废

施工期固废主要是装修过程中产生的固体废物和施工人员的生活垃圾，装修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园区现有垃圾收集设施收集。

### （五）设备安装调试期间的工艺分析

本项目拟搬迁便携式定向X射线探伤机为建设单位已有设备，无需进行安装调试。

## 二、运营期工艺分析

### （一）工艺设备和工艺分析

#### 1、探伤设备配置情况

本项目拟新建1间探伤室，共配置1台便携式定向X射线探伤机，该设备最高管电压为250kV，拟用于室内探伤教学；探伤机出束方向均为向地，具体应用情况见表9-1。

表9-1 探伤设备配置情况表

序号	探伤设备名称	数量	类别	额定参数	工作场所	备注
1	XXQ-2505型X射线探伤机	1台	II类	最大管电压：250kV 最大管电流：5mA	探伤室	室内无损检测教学

#### 2、运行工况与人员配置计划

本项目X射线探伤机拟用于不锈钢试板、试管焊缝质量无损检测的教学，具体使用时间根据任务而定，预计室内无损检测教学每年约10次，每次曝光时间约2小时，本项目室内年曝光时间总计最长约20h，年拍片约60张。

本项目探伤工件主要为不锈钢试板、试管，不锈钢焊缝试板尺寸为16mm×300mm×250mm，焊缝试管的尺寸为直径59mm、厚度8mm。

#### 3、X射线探伤机工作原理和探伤工作流程

##### （1）X射线探伤机工作原理

X射线探伤机主要由射线管和高压电源组成，X射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸

发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致X射线和低于入射电子能量的特征X射线其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从系统管头组装体窗口发出的X射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的X射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。通常散射辐射的能量小于泄漏辐射，其在建筑物中的衰减远大于初级X射线，X射线产生原理见图9-2。

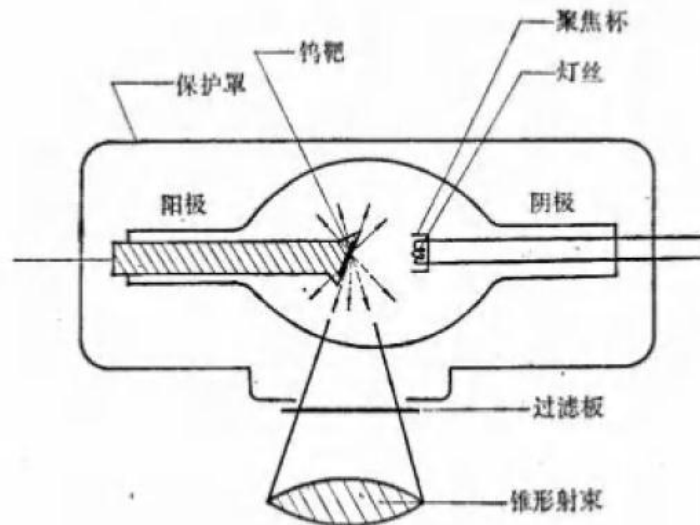


图 9-2 X 射线探伤机工作原理示意图

根据不同材料及厚度对X射线吸收程度的差异，通过X射线透视摄片，从胶片上显示出焊缝的内部缺陷。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定焊缝的质量，从而防止由于焊缝内部缺陷引起的事故。

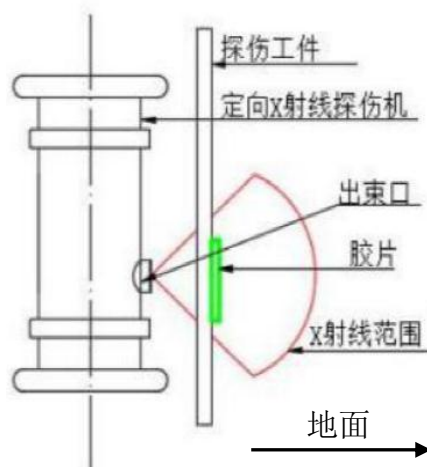


图 9-3 X 射线探伤机检测示意图

## (2) 室内探伤工作流程及产污环节

本项目X射线探伤机室内探伤的工艺流程主要有：放置固定好探伤工件、待检工件准备、人员撤离并关闭工件进出门、设置电压和曝光时间、调整焦距、贴置胶片、人员撤离、关闭铅门、曝光拍片、胶片显影、定影、清洗和评片归档等，X射线探伤工艺流程及污染物产生环节见图9-4。

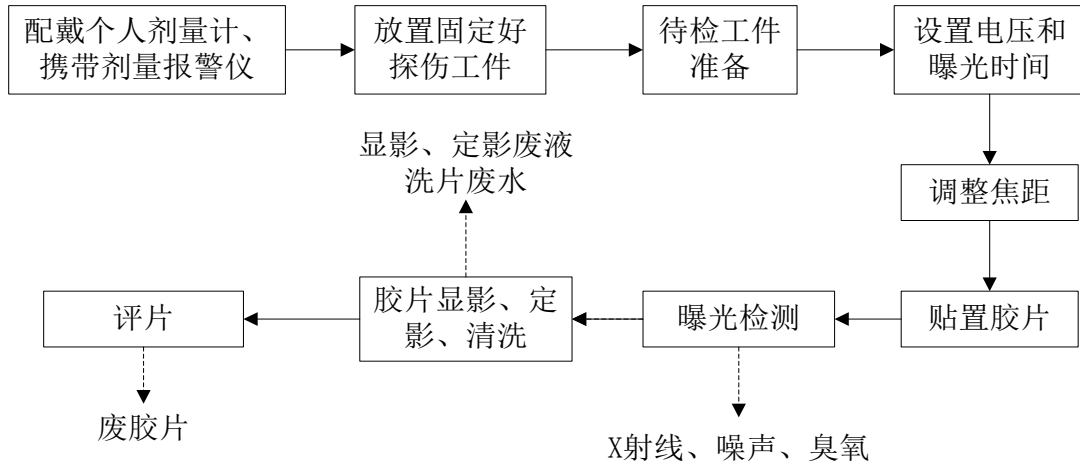


图 9-4 X 探伤室内探伤工艺流程及产污环节图

由图9-4可知，本项目营运中产生的主要污染物为探伤机出束曝光过程中产生的X射线和臭氧。在洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片及洗片废水；通风设备风机运行产生的噪声。探伤过程中操作人员和探伤工件通道情况如下图所示。

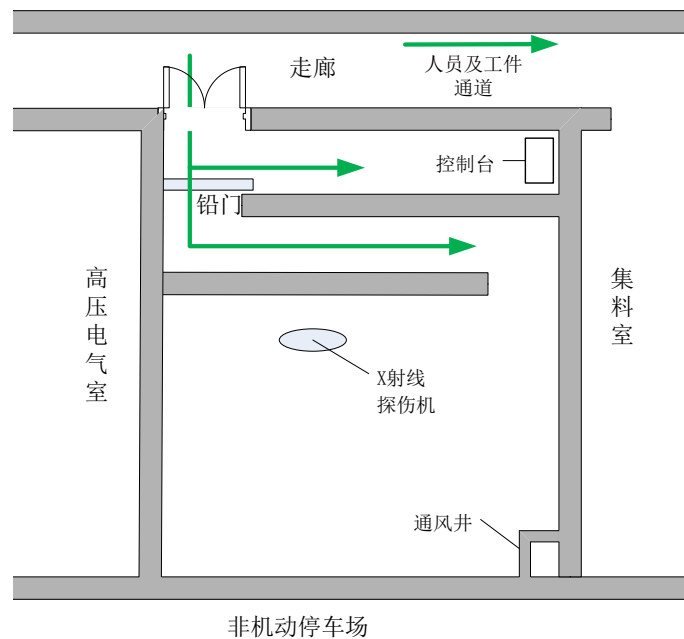


图 9-5 本项目工件及人员通道图

建设单位作业人员放置焊缝试板、试管方式见下图。



图 9-6 建设单位作业人员放置焊缝试板、试管方式示意图

### （三）工况分析

本项目拟利用1台XXQ-2505型X射线探伤机，出束方向为向地，探伤机拟放置在新建探伤室内进行室内探伤教学使用。

本项目拟检查的工件为不锈钢焊缝试板、焊缝试管，焊缝试板尺寸为16mm（长）×300mm（宽）×250mm（厚），焊缝试管的尺寸为直径59mm、厚度8mm。探伤机射线窗口离地面距离为标准的600mm，焊缝试板、焊缝试管由作业人员人工放置在地面检测位上。

本项目探伤时，工件均采用外照法，曝光时间与探伤物件厚度成正比，单次曝光时间最长约5min。定向X射线探伤机照射时，主射束投向地面，不投向工件进出大门及其水平方向。

### 污染源项描述：

#### 一、施工期污染源

##### 1、废水

施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。

##### 2、噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声。

### 3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾及施工阶段的建筑垃圾。

### 4、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是施工阶段扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

## 二、营运期污染源

### 1、电离辐射

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

由 X 射线探伤机工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对探伤现场工作人员和公众产生一定外照射，因此探伤机在开机曝光期间，X 射线是本项目主要污染物。

### 2、废气

本项目营运期产生的废气为：X 射线探伤机在工作状态时，会使空气电离产生少量臭氧。建设单位拟在探伤室内东南角设置机械排风口和排风井，拟通过排风竖井将曝光过程中产生的废气送到 4 号楼楼顶外排入大气环境，4 号楼总共 4 层，首层 6m，其他层高为标准层高，总高度约 18m，本项目排放口拟设置在距地面 15m 以上的位置，排放的臭氧经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012 二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

### 3、废水

#### （1）生活废水

本项目工作人员产生的生活污水，工作人员生活污水产生量约  $0.18\text{m}^3/\text{d}$ ，该部分生活污水量已在中国水利水电第五工程局有限公司中国电建教育培训基地项目环境影响评价报告中进行了计算。

#### （2）洗片废水

清洗胶片时产生洗片废水约  $100\text{L}/\text{a}$ ，排入建设单位新建污水预处理池（ $200\text{m}^3$ ），

该污水预处理池已在中国水利水电第五工程局有限公司中国电建教育培训基地项目环境影响评价报告中进行评价，洗片废水经预处理后进入到市政污水管网送污水处理厂。

#### 4、噪声

本项目产生的噪声主要来自 X 射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备（噪声源强低于 65dB（A）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。

#### 5、固体废物

##### （1）一般废物

本项目营运期产生的一般废物为：工作人员产生的生活垃圾约 1.0kg/d，依托建设单位既有垃圾收集设施收集，该部分生活垃圾量已在中国水利水电第五工程局有限公司中国电建教育培训基地项目环境影响评价报告中进行了计算。

##### （2）危险废物

本项目探伤室拍片完成后，在 4 号楼 3 层的洗片间内进行洗片及评片工作，在洗片过程中将产生废显影液，废显影液中含有硫酸甲基对氨基苯酚（又名米吐尔）和对苯二酚（海多吉浓）等强氧化剂；废定影液主要含有硫代硫酸钠和钾矾或铬矾等化学物质。根据我国《国家危险废物名录》中的危险废物划分类别，该废显影液、废定影液属于危险废物，其危废编号为 HW16（900-019-16），在危废储存桶外需贴上标识。本项目探伤室探伤工作每年产生的废定影液约 6kg，废显影液约 10kg。

危废暂存间及暗室需严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中规定的要求，采取“防渗、防腐、防雨、防倾倒”等措施。具体防渗要求有：危废暂存间及暗室为可密闭房间，具有防雨措施，采用防渗混凝土+HDPE 膜防渗，暂存间设置围堰，防止危废因倾倒而流失。

本项目探伤工作产生的成像胶片及洗片过程中产生的废胶片约 60 张/年，在洗片过程中及评片后将产生一定量的废胶片属于“国家危险废物名录”中规定的危险废物，其危废编号为 HW16。产生的危险废物暂存于贴有危废标识的专用防腐、防倾倒的塑料容器内，塑料容器放置于危废暂存间。公司将与有相应危废处理资质的单位签订危废回收合同，不外排。

## 6、射线装置的报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定，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；X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。



## 表 10：辐射安全与防护

### 项目安全设施

#### 一、平面布局合理性分析

本项目位于成都市双流区怡心街道长顺社区中国电建教育培训基地 4 号楼-实验实训检测楼新建探伤室，洗片间拟布置在 4 号楼 3 层独立房间内。探伤室北侧 50m 范围内为试验实训检测楼北楼和楼外绿化带，东侧 50m 范围内为试验实训检测楼东楼、楼外绿化带以及场内道路，北侧 50m 范围内为非机动车停车位、场内道路和体育场，西侧 50m 范围内为绿化带以及停车场。

综上所述，本项目探伤室布置相对独立，曝光过程中产生的 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。总体来看，探伤室的平面布置既能满足被无损检测教学的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，从辐射安全防护的角度分析，其总平布置是合理的。

#### 二、两区管理

##### （一）分区依据和原则

为了便于加强管理，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）要求在辐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处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。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（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，辐射工作区和非辐射工作区隔开。

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。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，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。

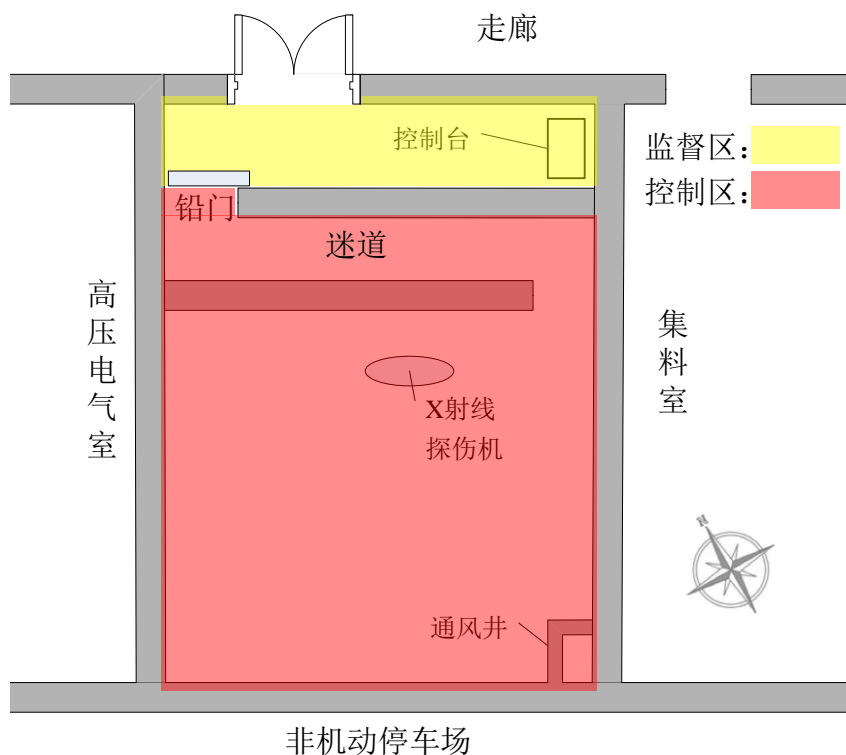
##### （二）本项目控制区和监督区的划分

###### 1、室内探伤两区划分

将本项目探伤室内迷道区域及曝光室区域作为控制区，将操作室区域划分为本项目监督区。本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1，两区划分示意情况见图 10-1。

**表 10-1 本项目探伤室控制区和监督区划分与管理**

项目	控 区	监督区
“两区”划分范围	探伤室内曝光室域（含迷道）	探伤室内操作室
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，探伤机在曝光过程中严禁任何人进入。控制区应有明确的标记，并设置红色的“禁止进入 X 射线区”字样的警告标志。	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并设置橙色“无关人员禁入 X 射线区”字样。



**图10-1 本项目辐射工作场所“两区”划分示意图**

## 2、控制区的防护手段与安全措施

- ①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，如图10-2。
- 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制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- 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、安全措施或该区的边界。



a.电离辐射的标志



b.电离辐射警告标志

图10-2 当心电离辐射警告标志

#### 4、监督区防护手段与安全措施

- ①以黄线警示监督区的边界；
- 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。

### 三、辐射安全及防护措施

#### (一) 工作场所实体辐射防护措施

本项目探伤室屏蔽设计参数见表10-3。

表 10-3 本项目屏蔽设计参数一览表

场所	屏蔽防护部件	屏蔽设计
探伤室	四周墙体	500mm 混凝土
	屋顶	500mm 混凝土
	迷道墙	500mm 混凝土
	人员进出门（迷道门）	电动防护铅门，80mm 不锈钢+3mm 铅板
	排风竖井	混凝土主体，直通4号楼楼顶高空排放，在二楼穿孔处设长1m、厚10mm铅板。探伤室每小时换气次数不低于3次，建设单位拟选用通风量大于300m <sup>3</sup> /h的轴流风机。

#### (二) 设备固有安全性分析

##### 1、X 射线探伤机存放安全防护措施

无探伤作业时，本项目X射线探伤机存放在曝光室内，曝光室内设置有视频监控系统，探伤室防盗门钥匙由专门的工作人员进行保管。

##### 2、设备固有安全性

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

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

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

(4) 设备停止工作一定时数以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免X射线发生器损坏。

(5) 过流电流保护：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。

(6) 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。

### （三）辐射安全设施

#### （1）门机联锁

在本项目中，铅门的关门位置设置有关门安全联锁行程开关，开关信号提供给射线机主机，只有当防护铅门完全关闭时，才具备出束的条件；当正在出束过程中，铅门意外打开，则射线机的出束立即中断。

#### （2）门灯联锁

探伤室的人员进出门顶部拟设置工作状态警示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时，工作状态警示灯亮，以警示人员注意安全，工作状态警示灯显示正在进行探伤作业时，防护门不能被打开，以防止探伤作业期间人员误入发生辐射事故；当防护门打开时，警示灯熄灭。

#### （3）工作状态指示灯

探伤室外和曝光室域内均各拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

#### （4）紧急止动装置

本项目探伤室曝光室拟设置紧急停止开关并张贴中文标识，在 X 射线探伤机出束过程中，一旦发现紧急情况，按下急停开关可停止 X 射线系统出束。

#### （5）监视系统

探伤室的曝光室、迷道、控制台拟安装高清摄像头，并在控制台配备监视器，操作者可以在屏幕上看到探伤室内的全部情况。

#### （6）固定式场所辐射探测报警装置

探伤室操作室墙上拟设置固定式场所辐射探测报警装置（带剂量显示功能），探头安装在探伤室曝光室迷道内墙上（靠近防护出入口），只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

#### （7）警告标识

拟在探伤室的曝光室四周墙外、防护门外及控制室门外的醒目位置设置“当心电离辐射”警告标志。

### (8) 排风系统

为防止臭氧在探伤室内不断累积导致室内臭氧浓度超标，拟在探伤室东南角设置通风竖井，并配置 1 套机械排风装置，本项目产生的臭氧由该通排风装置引至室外高空进行排放。

### (9) 辐射监测设备

利用建设单位现有 1 台 FD-3013H 型便携式 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率仪，用于探伤室辐射工作场所的剂量水平监测。



图 10-3 建设单位现有辐射空气吸收剂量率仪实物图

### (10) 个人剂量监测

建设单位拟为辐射工作人员配备个人剂量计，工作期间正常佩戴；公司拟为辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。

### (11) 安全设施检查

建设单位按照现有管理制度，每月对安全联锁装置、紧急止动装置、警示灯、监视系统等辐射安全设施设备进行检查，发现问题应及时维护、更换。

本项目探伤室拟设置多重设备安全联锁，如门机联锁、门灯联锁、急停装置，紧急开门装置等，并在满足标准要求的基础上，增加了机房内实时监控系统，以确保探伤作业的运行安全，本项目的设备安全联锁关系示意图如图 10-4 所示，辐射安全装置布置示意图如图 10-5 所示。

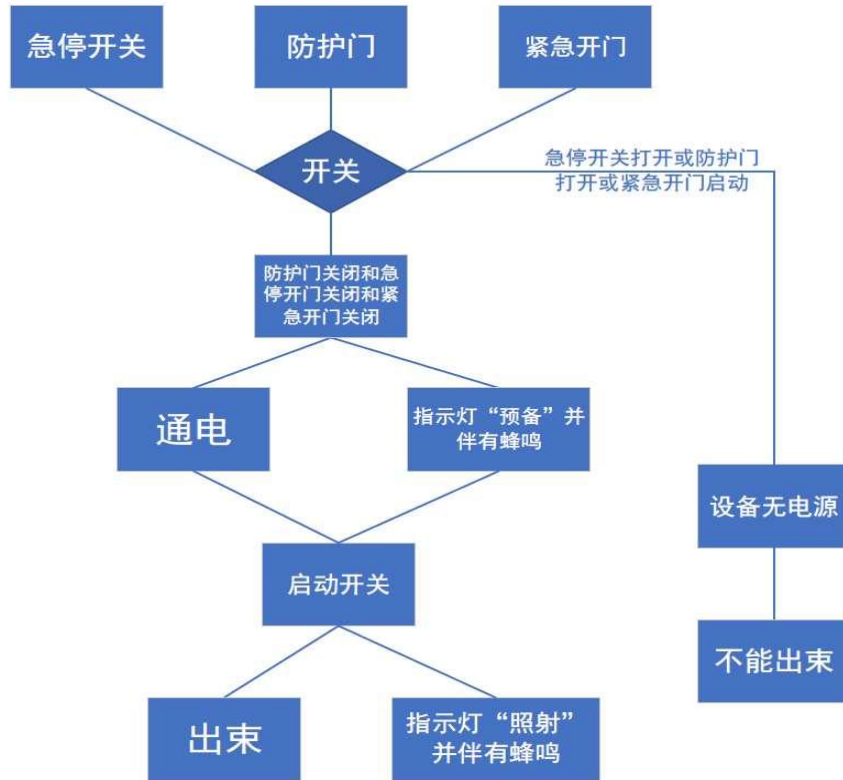


图 10-4 探伤机安全联锁关系示意图

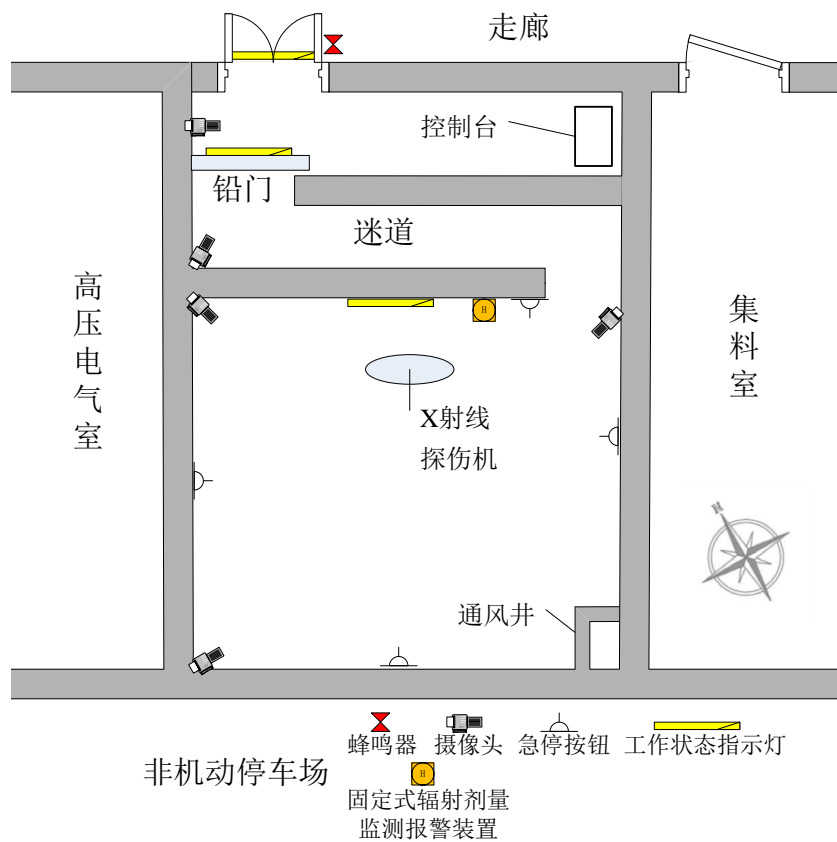


图 10-5 本项目探伤室辐射安全装置布置示意图

#### **(四) 人员防护措施**

人员主要指本项目辐射工作人员及本次评价范围内其他人员。

##### **(1) 辐射工作人员的防护**

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，本项目拟采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

①屏蔽防护：将辐射源安置在屏蔽探伤室内，通过探伤室的有效实体屏蔽辐射源产生的有害辐射。

②时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少探伤时间，使照射时间最小化。

③距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

##### **(2) 其他人员防护**

①屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚等实体进行屏蔽防护。

②时间防护：在探伤区设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

③距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增大人员与辐射场所之间的防护距离。

#### **四、辐射安全防护设施对照分析**

根据环保部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号）、《环保部监测安全与防护监督检查技术程序》，四川省环保厅《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）相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-4。



表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	具体要求	本项目实际情况
建筑屏蔽	探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、迷道）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射效应。	本项目探伤室拟使用混凝土、铅板及防护铅门进行屏蔽。
门机联锁	探伤室工件进出大门应与探伤机联锁。	拟为探伤室防护铅门设置门机联锁。
门灯联锁	探伤室防护门外侧及控制台上拟设置工作状态警示灯，并与门联锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业时，防护门不能被打开。	拟在防护铅门上方、迷道内墙和控制台上设置工作状态警示灯，并与探伤机、铅门实现安全联锁。
紧急止动装置	在探伤室内墙、控制室操作台上及迷道内易于接触的地方应设置紧急停机开关并有中文标识，各个紧急停机开关相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，防护门可从内侧打开。	拟在探伤室内安装急停开关，并与射线装置实现安全联锁。
视频监控 系统	探伤室内安装 1 套实时视频监控系统和对讲装置，并连接到操作室。视频探头安装于探伤室内，能拍到探伤室内探伤机的工作情况，并能看到迷道门和工件大门处的情况，保证探伤室内各个地方都能拍摄到，不留死角；视频监控屏幕位置位于操作室内，工作人员能在操作室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急停机装置。	拟在探伤室内设置一套高清摄像头，实现全方位监控，视频监控屏幕拟设置在操作台旁。
钥匙控制	探伤机的电源启动钥匙与人员通道门的钥匙以及控制台上的钥匙应牢固连接。该串钥匙应与便携式 X 辐射剂量仪连在一起，随操作员进出探伤室。	本项目电源启动钥匙拟指定专人进行管理。
警告标志	探伤室工作人员入口门外和探伤工件出入大门外应设置固定的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的警告标志。	拟在探伤室防护铅门外设置电离辐射警告标志。
通风系统	根据探伤室空间大小、X 射线机的管电压和管电流、以及探伤作业时间，探伤室内应设置相应排风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求。	拟在探伤室曝光室东南角设置直通楼顶的通风井，内设机械送排风装置，排风口距离地面 15m 以上。
入口处工作状态显示	灯箱应醒目显示“正在工作”。	拟在迷道铅门上方安装 LED 语音报警显示屏。
危废暂存设施	废显、定影液暂存设施需防渗、防水、防倾倒、防腐等工作，并在四周修筑围堰。	设计中具备
监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	设计中具备
	个人剂量计	设计中具备
	个人剂量报警仪	设计中具备
应急物资	灭火器材	设计中具备

每次工作前探伤作业人员对应每台探伤机，检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。探伤室内部及周围不能放置易燃易爆等危险品。

建设单位按照表 10-4 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

## 五、环保投资

为了保证扫描检测工作安全持续开展，根据国家环保部（环发〔2007〕8号）和《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，建设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 10-5。

表 10-5 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
X 射线探伤室项目辐射安全设施	X 射线防护屏蔽体	1 套	■
	防护门	1 套	■
	入口处机器工作状态指示灯	1 套	■
	入口处电离辐射警示标志	1 套	■
	联锁装置（门机、门灯联锁）	各 1 套	■
	室内紧急制动按钮	4 个	■
	摄像监控系统	5 个	■
环保设施	通排风系统	1 套	■
	废显、定影液及废胶片处理费用	—	■
	危废暂存间	1 套	■
其他	便携式辐射监测仪	1 台	■
	固 式辐射监测报警装置	1 台	■
	个人剂量计	4 套	■
	个人剂量报警仪	2 个	■
	灭火器材	1 套	■
	辐射安全培训费	—	■
合计		—	■

本项目总投资 152 万元，环保投资 130.82 万元，占总投资的 86.1%。今后公司在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

## 三废的治理

### 一、废气

本项目 X 射线探伤机运行时产生的臭氧量很少，在正常情况下，本项目工作人员

不会进入曝光室内。建设单位拟在探伤室东南角设置一个直通4号楼顶部的竖式通风井，拟设置轴流风机通过不锈钢管道将探伤室内的臭氧引至4号楼屋顶排放。厂区外，空间宽敞、通风条件较好，产生的臭氧经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成影响。废气排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

## 二、废水

本项目运行期产生的废水包括洗片废水和生活污水，经公司预处理池处理达标后，经市政污水管网排入公兴（中电子）再生水厂处理达标后排入青栏沟，后汇入锦江。

## 三、噪音

本项目产生的噪声主要来自X射线探伤机和通风设备，均处于室内，建设单位拟选用低噪声设备（噪声源强低于 $65\text{dB}(\text{A})$ ），通过建筑墙体隔声及距离衰减后，其噪声值低于 $55\text{dB}(\text{A})$ ，噪声较小。运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准要求。

## 四、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $1.0\text{kg}/\text{d}$ ，依托厂区垃圾桶统一收集后由环卫部门统一清运。

## 五、危险废物

本项目产生的废定影液约 $6\text{kg}/\text{a}$ ，废显影液约 $10\text{kg}/\text{a}$ ，废胶片约 $60\text{张}/\text{a}$ ，属于危险废物，其危废编号为HW16。建设单位拟与有危废处置资质的单位签订处置协议，将探伤过程中产生的所有危险废物交由有资质的单位处理，不外排。

危险废物暂存间依托建设单位中国电建教育培训基地设置在4号楼1F化学实验室内的危废暂存间，该暂存间拟设置防渗漏、防雨水和防倾倒等“三防”措施，存放容器上拟张贴危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位等相关信息。

危险废物暂存间应严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）及生态环境部（原环保部）公告〔2013〕第36号中相关要求设置与管理：

（1）应建立危险废物产生、外运、处置及最终去向的详细台账，并按照《危险废物转移联单管理办法》的要求做好危险废物转移联单填报登记工作。

（2）危废暂存间按《固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）的规定设置

警示标志（参照生态环境部印发《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022），并与国家市场监管总局联合印发《环境保护图形标志—固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）修改单，均自2023年7月1日起实施）。

（3）危废间暂存点地面、接缝处、裙角应重点防渗，本项目将废显影液及废定影液等分类收集后用塑料桶密封盛装，暂存在带有边沿的钢板槽上，防止废显影液及废定影液渗漏。

（4）建设单位应与具有相应危险废物资质的单位签订处理协议，并报于生态环境部门备案，将本项目产生的各类危险废物交具有相应资质的危险处理单位处置，严禁将产生的危险废物与一般工业固体废物混合处置，严禁将危险废物交由不具备相关危险废物处置单位处置。

在采取上述措施后，本项目的危险废物收集（由专人收集并及时暂存于危险废物暂存间内）、储存（暂存于规范设置危险废物暂存间）、转运及处理（交由有资质运输及处理单位）措施合理。

## 六、射线装置报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定，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；X射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

**表 11：环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响：**

**一、施工阶段**

本项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水等产生。

本项目主要的施工将在公司车间厂房内完成，该项目施工工艺相对简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托厂区现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

**1、大气污染防治措施**

- ①及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- ②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；
- ③车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- ④加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

**2、噪声防治措施**

整个建筑施工阶段，如混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，如需连续施工，在夜间施工而产生环境噪声污染时，按《中华人民共和国环境噪声污染防治法》的规定，需取得当地人民政府或有关主管部门的证明，并公告附近居民。

**3、固废防治措施**

项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

**4、水污染防治措施**

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依托建设单位已有的污水处理设施处理。

## 运行阶段对环境的影响

本项目拟利用建设单位既有1台定向X射线探伤机，为II类射线装置，主射束投向地面。探伤机（250kV、5mA）拟放置在探伤室内使用，用于焊缝试板、试管的焊缝质量无损检测教学。

本项目新建探伤室长4m，宽3.8m，高3.3m，教学用焊缝试板、试管放置于探伤室内，使用时取出。无损检测时，工件均使用外照法，曝光时间与探伤物件厚度成正比。X射线探伤机照射时主射束投向地面。本项目运营期的环境影响因素为：X射线探伤机工作时产生的X射线、臭氧，洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片、洗片废水，风机产生的噪声。

本项目通过理论计算的评价方法来预测运行期间X射线探伤机投入使用后的辐射环境影响。

### 一、X射线的环境影响分析

本项目探伤室通过四周铅屏蔽墙、屋顶和铅防护门对X射线进行防护，探伤时主射束投向地面。本项目以该设备所配置最大管电压、最大管电流的情况（管电压为250kV，管电流为5mA）同时满功率运行进行理论预测。本项目探伤室平均年曝光时间为20h。预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

#### 1、探伤室屏蔽厚度合理性分析

本项目探伤室内拟使用1台XXQ-2505型X射线探伤机，探伤机独立使用，本项目主射束投向地面，无其它射线装置干扰。在讨论探伤室屏蔽体厚度的时候，将按该探伤机的最大工况，对四周墙壁、屋顶和大门按泄漏辐射、散射辐射进行屏蔽体厚度是否满足要求进行分析；由于本项目探伤机探伤时主射束投向地面，且该探伤室下方没有楼层，所以地面防护不予考虑。曝光时间按20h计算。

##### 1.1 关注点剂量控制水平

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）第3.1.1条，各侧墙体外关注点导出控制剂量按下式进行计算：

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

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

$\dot{H}_c$ —一年剂量参考水平，职业人员取5000 $\mu$ Sv/a，公众取100 $\mu$ 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；

t—探伤装置年工作时间，20h。

本项目探伤室各墙体及屋顶厚度估算参数见表11-1，计算结果见表11-2。

表 11-1 关注点控制剂量水平参数选取一览表

关注点	使用因子	受照类型	年剂量参考水平	居留因子	年探伤时间
操作室迷道外 30cm	1	职业	5000 $\mu$ Sv/a	1	20h
探伤室北墙外 30cm	1	公众	100 $\mu$ Sv/a	1/4	
迷道铅门外 30cm	1	公众		1	
探伤室东墙外 30cm	1	公众		1	
探伤室南墙外 30cm	1	公众		1	
探伤室西墙外 30cm	1	公众		1	
探伤室屋顶 30cm	1	公众		1	

表 11-2 关注点控制剂量水平计算结果表

关注点	居留因子	受照类型	导出剂量率参考控制水平	关注点最高剂量率参考控制水平	本项目剂量参考控制水平
操作台	1	职业	250 $\mu$ Sv/h	2.5 $\mu$ Sv/h	2.5 $\mu$ Sv/h
探伤室北墙外 30cm	1/4	公众	20 $\mu$ Sv/h		
迷道铅门外 30cm	1	公众	5 $\mu$ Sv/h		
探伤室东墙外 30cm	1	公众			
探伤室南墙外 30cm	1	公众			
探伤室西墙外 30cm	1	公众			
探伤室楼上 30cm	1	公众			

注：①关注点的最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）为2.5 $\mu$ Sv/h，本次评价参考较小水平进行评价。

②本项目探伤室上方为实验室，人员可达到，故探伤室上方最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）取2.5 $\mu$ Sv/h。

## 1.2 探伤室墙体及工件进出门屏蔽厚度核算

### (1) 探伤室屏蔽材料

本项目探伤室的屏蔽材料为混凝土内夹铅板，各墙体混凝土及铅板厚度见表11-3。

表 11-3 各屏蔽体屏蔽厚度计算表

屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度
探伤室东、南、西、北墙	500mm 混凝土
探伤室屋顶	500mm 混凝土
迷道铅门	80mm 不锈钢+3mmPb
探伤室内迷道墙体	500mm 混凝土

(2) 屏蔽厚度核算

根据前述分析，本项目X射线探伤机主射束投向地面，因此本项目仅对非有用线束屏蔽进行估算。

① 泄漏辐射

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

$$X = -TVL \cdot \lg B \dots\dots\dots (式3)$$

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

R—辐射源至关注点的距离，m；

$\dot{H}_L$ —距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

X—屏蔽体厚度，mm；

TVL—什值层厚度，在铅中取值2.9mm，在混凝土中取值90mm；

B—屏蔽透射因子。

② 散射辐射

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_o} \cdot \frac{R_o^2}{F \cdot \alpha} \dots\dots\dots (式4)$$

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

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_o$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I—X射线探伤装置最大管电流，mA；

$H_o$ —距离靶点1m处输出量，本项目探伤机管电压为250kV，保守估算，输出量取250kV管电压下0.5mmCu的过滤板下的输出量，取值为 $16.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $9.9 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F— $R_o$ 处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 $\alpha$ 与散射物质有关，在未获得相应物质的 $\alpha$ 值时，以水散射体的 $\alpha$ 值保守估计。

本项目探伤室四周墙面屏蔽计算参数选取见表11-4，计算结果见表11-5。



表 11-4 各屏蔽体屏蔽厚度计算参数选取一览表

关注点	剂量参考水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点距辐射源 的距离	$\dot{H}_L$	最大 管电流	$H_0$	$\frac{R_c^2}{F \cdot \alpha}$
操作台	2.5	3.0	5000 $\mu\text{Sv/h}$	5mA	$9.9 \times 10^5$ $\mu\text{Gy/m}^2(\text{mA} \cdot \text{h})$	50
探伤室北墙外 30cm 处		4.5				
迷道铅门外 30cm 处		1.8				
探伤室东墙外 30cm 处		2.2				
探伤室南墙外 30cm 处		4.1				
探伤室西墙外 30cm 处		2.2				
探伤室楼上 30cm 处		3.3				

表 11-5 各屏蔽体泄漏辐射屏蔽厚度计算表

关注点	剂量参考水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点距辐射源 的距离 (m)	屏蔽透射因子	理论计算屏蔽厚度
操作台	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	3.0	$4.50 \times 10^{-3}$	211.2 mm 混凝土
探伤室北墙外 30cm 处		4.5	$1.01 \times 10^{-2}$	179.5 mm 混凝土
迷道铅门外 30cm 处		1.8	$1.62 \times 10^{-3}$	251.1 mm 混凝土
探伤室东墙外 30cm 处		2.2	$2.42 \times 10^{-3}$	235.5 mm 混凝土
探伤室南墙外 30cm 处		4.1	$8.41 \times 10^{-3}$	186.8 mm 混凝土
探伤室西墙外 30cm 处		2.2	$2.42 \times 10^{-3}$	235.5 mm 混凝土
探伤室楼上 30cm 处		3.3	$5.45 \times 10^{-3}$	203.8 mm 混凝土

表 11-6 各屏蔽体散射辐射屏蔽厚度计算表

关注点	剂量参考水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点距辐射源 的距离 (m)	屏蔽透射因子	理论计算屏蔽厚度
操作台	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	3.0	$2.27 \times 10^{-4}$	313.3 mm 混凝土
探伤室北墙外 30cm 处		4.5	$5.11 \times 10^{-4}$	283.0 mm 混凝土
迷道铅门外 30cm 处		1.8	$8.18 \times 10^{-5}$	351.5 mm 混凝土
探伤室东墙外 30cm 处		2.2	$1.22 \times 10^{-4}$	336.5 mm 混凝土
探伤室南墙外 30cm 处		4.1	$4.24 \times 10^{-4}$	290.0 mm 混凝土
探伤室西墙外 30cm 处		2.2	$1.22 \times 10^{-4}$	336.5 mm 混凝土
探伤室楼上 30cm 处		3.3	$2.75 \times 10^{-4}$	306.2 mm 混凝土

### 1.3 屏蔽复合分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），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。本项目在混凝土中取TVL=90mm、HVL=28mm。本项目探伤室屏蔽体厚度汇总见表11-7。

表 11-7 本项目探伤室屏蔽厚度计算与实际设计厚度汇总表

关注点	漏射辐射屏蔽厚度	散射辐射屏蔽厚度	理论计算屏蔽厚度	实际设计厚度	备注
操作台	211.2 mm 混凝土	313.3 mm 混凝土	313.3 mm 混凝土	1000mm 混凝土（2 道迷道墙）	满足屏蔽要求
探伤室北墙外 30cm 处	179.5 mm 混凝土	283.0 mm 混凝土	283.0 mm 混凝土	500mm 混凝土	
迷道铅门外 30cm 处	251.1 mm 混凝土	351.5 mm 混凝土	351.5 mm 混凝土	500mm 混凝土(1 道迷道墙)+80mm 不锈钢+3mm 铅	
探伤室东墙外 30cm 处	235.5 mm 混凝土	336.5 mm 混凝土	336.5 mm 混凝土	500mm 混凝土	
探伤室南墙外 30cm 处	186.8 mm 混凝土	290.0 mm 混凝土	290.0 mm 混凝土	500mm 混凝土	
探伤室西墙外 30cm 处	235.5 mm 混凝土	336.5 mm 混凝土	336.5 mm 混凝土	500mm 混凝土	
探伤室楼上 30cm 处	203.8 mm 混凝土	306.2 mm 混凝土	306.2 mm 混凝土	500mm 混凝土	

综上所述，本项目探伤室屏蔽设计厚度均满足屏蔽要求。

### 2、受照射剂量影响分析

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，放射性环境影响主要是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。

#### 2.1 正常运行辐射环境影响

本项目拟利用建设单位既有1台XXQ-2505型定向X射线探伤机（250kV、5mA）进行钢板焊缝质量无损检测教学，预计最大年曝光时间为20h。探伤机由射线作业人员进行操作，探伤机主射束投向地面。预测时，放射作业人员的居留因子取1，公众的居留因子取1/4。

### 2.1.1 探伤室周围环境各房间的功能及用途

本项目室内探伤作业在新建探伤室内进行，本项目探伤室设置在建设单位新建中国电建教育培训基地4号楼-试验实训检测楼东侧一层，试验实训检测楼主要功能为教学的教室及实验室，呈U型布置。教室区域设置在北侧，实验室设置在西侧及南侧，教室与实验室各层连接，保证教学实验共享使用。试验实训检测楼共4层，共设置2个出入口，1F主要布置有桥梁结构室、力学室、养护室、高压电气室、样品间、探伤室、办公区等；2F主要布置土工室、沥青混合料室、无机结合料室、压浆料室、掺合料检测室、耐久室、办公区等；3F主要布置防水材料室、土工合成材料室、隧道材料室、高分子材料室、地基基础检测室、留样室等；4F主要布置化学室、试剂室、电气设备室等。

本项目探伤室北侧50m范围内为试验实训检测楼北楼和楼外绿化带，东侧50m范围内为试验实训检测楼东楼、楼外绿化带以及场内道路，北侧50m范围内为非机动车停车位、场内道路和体育场，西侧50m范围内为绿化带以及停车场。探伤室下层无地下室、无停车场。

### 2.1.2 预测点选取

本项目探伤室四周墙体、迷道、屋顶均采用混凝土墙体进行屏蔽，本项目探伤机主射束均投向地面，在室内探伤作业时，对探伤室四周墙体外及顶部上方环境考虑泄漏、散射辐射影响。

### 2.1.3 室内探伤期间预测模式

对于给定的屏蔽物质厚度X，相应的辐射屏蔽透射因子B按式（5）计算

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \dots\dots\dots \text{（式5）}$$

式中：X—屏蔽物质厚度，与TVL取相同的单位；

TVL—在铅中保守取值5.7mm，在混凝土中保守取100mm；

按式（6）计算泄漏辐射在关注点的剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{（式6）}$$

式中：B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$\dot{H}_L$ —距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，取值 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

关注点的散射辐射剂量率按式（7）计算，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots \text{（式7）}$$

式中：B—屏蔽透射因子；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I—X射线探伤装置最大管电流，5mA；

$H_0$ —距离靶点1m处输出量；

F— $R_0$ 处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 $\alpha$ 与散射物质有关，在未获得相应物质的 $\alpha$ 值时，以水散射体的 $\alpha$ 值保守估计。

关注点的附加有效剂量按式（8）计算，单位为 $\text{mSv/a}$ 。

$$H = \dot{H} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad \dots\dots\dots \text{（式8）}$$

式中：H—参考点的附加有效剂量， $\text{mSv/a}$ ；

$\dot{H}$ —关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t—一年工作时间，h；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

本项目探伤机室内探伤年最大曝光时间取20h，辐射剂量率计算参数见表11-8，漏射辐射预测结果见表11-9，散射辐射预测结果见表11-10。

本项目探伤室结构为混凝土结构，本项目室内探伤所用X射线机管电压为250kV，根据《 $\gamma$ 射线屏蔽参数手册》（工程力学所-原子能出版-1977）中表7-1，保守考虑取混凝土材料在300kV情况下对应的铅当量厚度，查表计算89mm混凝土相当于2mm铅。

表 11-8 本项目室内无损检测辐射剂量计算参数选取一览表

预测位置	距辐射源直线距离(m)	屏蔽体混凝土厚度(mm)	受照类型	最大管电流	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$
探伤机操作人员	3.0	1000	职业	5mA	50
受训学员（操作台）	3.0	1000	公众		
高压电气室作业人员	2.2	500	公众		
集料室作业人员	2.2	500	公众		

续表 11-8 本项目室内无损检测辐射剂量计算参数选取一览表

预测位置	距辐射源直线距离(m)	屏蔽体混凝土厚度(mm)	受照类型	最大管电流	$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$
非机动车停车区	4.1	500	公众		
探伤室外走廊	4.5	1500	公众		
4号楼北楼作业人员	38	1500	公众		
教育基地内操场	31	500	公众		
教育基地外人行道	42	500	公众		
机动车停车场	40	500	公众		
4号楼二层波纹管室	3.3	500	公众		
4号楼三层土工合成材料室	6.5	500	公众		

表 11-9 本项目室内无损检测漏射辐射剂量预测结果表

预测位置	受照类型	透射因子	关注点辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量( $\text{mSv/a}$ )
探伤机操作人员	职业	$7.74 \times 10^{-12}$	$4.30 \times 10^{-9}$	$8.60 \times 10^{-11}$
受训学员(操作台)	公众			$8.60 \times 10^{-11}$
高压电气室作业人员	公众	$2.78 \times 10^{-6}$	$2.87 \times 10^{-3}$	$5.75 \times 10^{-5}$
集料室作业人员	公众			$5.75 \times 10^{-5}$
非机动车停车区	公众			$1.66 \times 10^{-5}$
探伤室外走廊	公众	$2.15 \times 10^{-17}$	$5.32 \times 10^{-15}$	$1.06 \times 10^{-17}$
4号楼北楼作业人员	公众			$1.49 \times 10^{-18}$
教育基地内操场	公众	$2.78 \times 10^{-6}$	$1.45 \times 10^{-5}$	$2.90 \times 10^{-7}$
教育基地外人行道	公众			$1.58 \times 10^{-7}$
机动车停车场	公众			$1.74 \times 10^{-7}$
4号楼二层波纹管室	公众			$2.56 \times 10^{-5}$
4号楼三层土工合成材料室	公众			$6.59 \times 10^{-6}$
				$3.29 \times 10^{-4}$

表 11-10 本项目室内探伤散射辐射剂量预测结果表

预测位置	受照类型	透射因子	关注点辐射剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量( $\text{mSv/a}$ )
探伤机操作人员	职业	$2.36 \times 10^{-12}$	$2.59 \times 10^{-8}$	$5.18 \times 10^{-10}$
受训学员(操作台)	公众			$5.18 \times 10^{-10}$
高压电气室作业人员	公众	$1.53 \times 10^{-6}$	$3.14 \times 10^{-2}$	$6.28 \times 10^{-4}$
集料室作业人员	公众			$6.28 \times 10^{-4}$
非机动车停车区	公众			$1.81 \times 10^{-4}$
探伤室外走廊	公众	$3.62 \times 10^{-18}$	$1.77 \times 10^{-14}$	$3.53 \times 10^{-16}$
4号楼北楼作业人员	公众			$4.96 \times 10^{-18}$
教育基地内操场	公众	$1.53 \times 10^{-6}$	$1.58 \times 10^{-4}$	$3.16 \times 10^{-6}$
教育基地外人行道	公众			$1.72 \times 10^{-6}$
机动车停车场	公众			$1.90 \times 10^{-6}$
				$9.50 \times 10^{-5}$

续表 11-10 本项目室内探伤散射辐射剂量预测结果表

预测位置	受照类型	透射因子	关注点辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
4 号楼二层波纹管室	公众	$1.53 \times 10^{-6}$	$1.40 \times 10^{-2}$	$2.79 \times 10^{-4}$
4 号楼三层土工合成材料室	公众		$3.60 \times 10^{-3}$	$7.19 \times 10^{-5}$

### 2.1.4 对关注点及保护目标的综合分析

结合项目外环境关系，项目投运后，按设计工作负荷计，本项目室内探伤关注点年有效剂量的预测结果分别见表11-11。

表 11-11 各关注点年照射剂量计算结果表

关注点	相对设备方位	受照类型	年受漏射照射剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	年受散射照射剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
探伤机操作人员	东北侧	职业	$8.60 \times 10^{-11}$	$5.18 \times 10^{-10}$	$6.04 \times 10^{-10}$
受训学员（操作台）	东北侧	公众	$8.60 \times 10^{-11}$	$5.18 \times 10^{-10}$	$6.04 \times 10^{-10}$
高压电气室作业人员	西侧	公众	$5.75 \times 10^{-5}$	$6.28 \times 10^{-4}$	$6.85 \times 10^{-4}$
集料室作业人员	东侧	公众	$5.75 \times 10^{-5}$	$6.28 \times 10^{-4}$	$6.85 \times 10^{-4}$
非机动车停车区	南侧	公众	$1.66 \times 10^{-5}$	$1.81 \times 10^{-4}$	$1.97 \times 10^{-4}$
探伤室外走廊	北侧	公众	$1.06 \times 10^{-17}$	$3.53 \times 10^{-16}$	$4.60 \times 10^{-16}$
4 号楼北楼作业人员	北侧	公众	$1.49 \times 10^{-18}$	$4.96 \times 10^{-18}$	$6.45 \times 10^{-18}$
教育基地内操场	南侧	公众	$2.90 \times 10^{-7}$	$3.16 \times 10^{-6}$	$3.45 \times 10^{-6}$
教育基地外人行道	东侧	公众	$1.58 \times 10^{-7}$	$1.72 \times 10^{-6}$	$1.88 \times 10^{-6}$
机动车停车场	西北侧	公众	$1.74 \times 10^{-7}$	$1.90 \times 10^{-6}$	$2.07 \times 10^{-6}$
4 号楼二层波纹管室	二层	公众	$2.56 \times 10^{-5}$	$2.79 \times 10^{-4}$	$3.05 \times 10^{-4}$
4 号楼三层土工合成材料室	三层	公众	$6.59 \times 10^{-6}$	$7.19 \times 10^{-5}$	$7.85 \times 10^{-5}$

从预测结果可以看出，本项目建成后，在室内探伤期间探伤机在正常运行工况下，所致职业人员最大年有效剂量值为 $6.04 \times 10^{-10} \text{mSv}$ ，远低于职业照射剂量约束值 $5.0 \text{mSv/a}$ ；所致公众最大年有效剂量值最大为 $6.85 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，远低于公众照射剂量约束值 $0.1 \text{mSv/a}$ 。

## 二、臭氧

X射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化合物，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。

室内探伤时，臭氧产额的计算公式如下：

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G S_0 R g \quad \dots\dots\dots (\text{式}9)$$

式中：Q<sub>o</sub>：臭氧产额，mg/h；

G：离辐射源1m处的辐射剂量率，Gy/h；

S<sub>o</sub>：射束在离源点1m处的照射面积，m<sup>2</sup>，本项目中取值为1；

R：射束径迹长度，m，本项目中取值为1；

g：空气每吸收100eV辐射能量产生的O<sub>3</sub>的分子数，本项目中取值为10。

本项目采用专用排风轴流风机，最大通风量为500m<sup>3</sup>/h，本项目新建探伤室容积按照80m<sup>3</sup>进行计算，则探伤室内每次换气时间为0.12h，每小时换气约6次，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。

如照射时间足够长，浓度均匀，则可根据以下公式计算探伤室内臭氧的浓度：

$$C=QT/V \quad \dots\dots\dots \text{（式10）}$$

$$T= (t_v \times t_d) / (t_v+t_d) \quad \dots\dots\dots \text{（式11）}$$

式中：C：室内臭氧平衡浓度，mg/m<sup>3</sup>；

Q：臭氧产额，mg/h；

T：臭氧有效清除时间，h；

V：室内体积，m<sup>3</sup>，本项目中取值为80m<sup>3</sup>；

t<sub>v</sub>：平均每次换气时间，0.120h；

t<sub>d</sub>：臭氧分解时间，0.83h。

根据以上公式可计算出使用探伤机工作时，臭氧产额为0.32mg/h，探伤室室内O<sub>3</sub>的平衡浓度为5.4×10<sup>-4</sup>mg/m<sup>3</sup>，远低于《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）中室内臭氧符合最高容许浓度0.3mg/m<sup>3</sup>的要求。

本项目探伤室拟采用机械通风，拟在探伤室内东南角设置一个直通4号楼屋顶的通风井，排风口设置在距屋顶5m处，臭氧通过探伤室排风机排出4号楼（总高度18.4m）外，经大气自然扩散后，对周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准（0.20mg/m<sup>3</sup>）的要求，对大气环境影响较小。

### 三、危险废物的环境影响分析

本项目探伤室探伤工作每年产生的废定影液约6kg、废显影液约10kg、废胶片约60张。根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录（2021年本）》（生

态环境部令第39号，2021年1月1日起实施）中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为HW16 的危险废物。

**建议：**废显影液、废定影液不得外排，废胶片不得作为一般固体废物处理。探伤产生的废显影液、废定影液、废胶片分类收集、暂存于危废暂存间专用容器中，定期委托具有危废处理资质的单位回收处置。具体措施为：废显影液、定影液采用未破损的密封桶包装，包装桶的材质为能够完全防渗漏的钢、铁和高密度塑料，选用的包装容器不能与所装的废显、定影液发生化学反应，所装废显、定影液的液面须距桶盖10cm，桶重量不能超过50kg；废胶片可用中度强度以上的不破损的塑料编制袋进行包装，装袋完毕，封口严实，每袋重量不超过50kg。应在废显、定影液和废胶片的包装物上粘贴包括“危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位”等相关信息标签，并醒目显示收集废液的名称。废液收集桶及废胶片暂存柜放置地点应做好“防渗、防水、防倾倒、防腐”等工作，防止泄漏后造成二次污染，严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）中要求执行。

建设单位应与有危废处理资质的单位签订回收处理协议，并加强废显影液、废定影液、废胶片的产生、贮存、转运、处置等环节的管理，由专人负责管理，建立完整的台帐，对产生的数量和去向进行严格登记，填报危废转移联单。

#### 四、噪声

本项目探伤室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）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。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。

#### 五、废水

本项目清洗胶片时产生洗片废水约100L/a，辐射工作人员产生的生活污水约0.18m<sup>3</sup>/d。本项目产生废水经建设单位新建污水预处理池，预处理后进入到市政污水管网送污水处理厂。

#### 六、生活垃圾

辐射工作人员产生的生活垃圾约1.0kg/d，依托建设单位既有垃圾收集设施收集。



## 事故影响分析

### 一、事故分级

本项目所用探伤机属Ⅱ类射线装置，其风险因子为X射线，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修订版）第四十条，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故，详见表11-12。

表 11-12 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	上报程序
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《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表11-13）。

表 11-13 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

### 二、辐射事故分析

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。X射线探伤机只有在开机状态下才会产生X射线，一旦切断电源，探伤机便不再产生射线。

## 1 室内探伤时最大可能性事故分析

根据本项目探伤机的工作原理分析，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

- (1) 装置在运行时，人员误入或滞留在曝光室内而造成误照射；
- (2) 辐射工作人员或公众还未全部撤离曝光室，操作人员启动设备，造成滞留人员的误照射；
- (3) 安全联锁装置发生故障，探伤机工作时无关人员打开防护门并误入，造成有关人员被误照射；
- (4) 在产品检测时门机联锁失灵，人员在检测装置工作时在设备门打开情况下逗留在装置附近，造成有关人员被误照射；
- (5) 装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- (6) 辐射工作人员由于缺乏操作经验和防护知识，安全观念淡薄等，违反操作规程和有关规定，造成有关人员误照射，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据上述事故情况分析，本次评价事故分析考虑最大可信事故，即X射线探伤机以最大工况运行时，人员误入或滞留在曝光室内而在非主射方向上被误照射。

## 三、辐射事故影响分析

### 1 事故假设

- (1) 探伤装置在运行时，人员误入或滞留在曝光室内而造成误照射；
- (2) 当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过控制台上紧急止动开关或者曝光室内四周墙上的紧急止动开关中断电源，该名人员未穿戴个人防护用品。

### 2 剂量估算

假定在事故情况下，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用以下公式计算：

$$D=I \delta_x/r^2 \quad \dots\dots\dots (式12)$$

式中：D：空气吸收剂量率，mGy min<sup>-2</sup>；

I：管电流，mA；本项目取5mA；

$\delta_x$ ：距离靶点1m处输出量，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录B中表B.1查表可得；

r: 参考点距X射线管焦斑的距离, m。

人员受到的有效剂量可用公式 (13) 计算:

$$E=D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \quad \dots\dots\dots (式13)$$

式中: E: 人员受到的有效剂量率, mSv/min;

W<sub>T</sub>: 组织权重因数, 全身为1;

W<sub>R</sub>: 辐射权因数, X射线为1。

室内探伤时, 仅使用XXQ-2505型X射线探伤机 (250kV、5mA), 且辐射事故只会局限在探伤室内。该探伤室曝光室长宽尺寸为3.9m×3.8m, 当发生辐射事故时候, 相关人员可以立即通过曝光室或操作台上紧急止动开关中断电源, 整个处理时间约1min, 单次辐射事故受照射剂量计算结果见表11-14。

表 11-14 室内无损检测事故情况下周围人员受到的剂量估算结果

探伤机型号	与探伤机距离 (m)	受照剂量 (mSv/次)			
		15s	30s	45s	60s
XXQ-2505 型	1	20.63	41.25	61.88	82.50
	1.5	9.17	18.33	27.50	36.67
	2	5.16	10.31	15.47	20.63
	2.5	3.30	6.60	9.90	13.20
	3	2.29	4.58	6.88	9.17
	3.5	1.68	3.37	5.05	6.73
	4	1.29	2.58	3.87	5.16

根据表11-14, 在辐射事故状态下, 本项目X探伤室内探伤在非主射束方向上最大可能受照剂量为 82.5mSv/次, 高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定的职业人员20mSv/a的剂量限值和公众1mSv/a的剂量限值, 结合表11-13可知急性放射病发生率低于1%, 会构成一般辐射事故。

根据上述情况及其危害结果, 根据分析, 若本项目发生辐射事故, 最大可能为一般辐射事故。本项目射线装置一旦发生辐射事故, 应立即切断电源, 停止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度, 强化安全管理, 杜绝此类事故发生。

#### 四、事故防范措施

为杜绝上述辐射事故的发生, 建设单位需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、放射源的安全和防护措施、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) 凡涉及对探伤机进行操作，必须有明确的操作规程，探伤作业时，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；建立完善的《X探伤室内探伤操作规程》、《射线装置使用登记制度》、《放射源使用登记制度》等制度，加强对放射源监管和维护。

(3) 定期检查探伤室设置的门机连锁装置和门灯连锁装置，确保在门关闭后，探伤机才能进行照射；必须制定探伤机操作安全防护措施，探伤机曝光前待人员全部撤离后才进行，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射。

(4) 定期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) 建设单位所有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/>）。

(6) 加强辐射安全管理，建设单位已成立了辐射防护领导小组（见附件8），负责全单位辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全单位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，并对放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。

## 五、事故应急措施

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) X射线探伤室事故发生时，设备操作人员应立即切断X射线机的工作电源。

(2) 一旦发生辐射事故，公司应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后，应立即向公司领导及上级主管部门汇报，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报至当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，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。

(3) 事故发生后，应立即安排受辐照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

(4) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(5) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

**表 12：辐射安全管理**

### **辐射安全与环境保护管理**

#### **一、辐射安全与环境保护管理机构**

为了贯彻执行国家放射性污染防治的法律法规，落实国家生态环境部颁布的有关辐射安全管理文件精神，加强公司辐射安全管理工作，强化责任意识、安全意识，建设单位于2023年3月成立了辐射安全管理小组（附件8），明确辐射安全与环境保护管理工作领导小组的人员及职责，机构设置如下：

组 长： [REDACTED]

副组长： [REDACTED]

成 员： [REDACTED]

领导小组下设辐射安全环保部，人员设置如下：

主 任： [REDACTED]

副主任： [REDACTED]

成 员： [REDACTED]

为进一步加强公司管理，提出以下建议：

①认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；

②负责公司辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；

③检查公司的环保设施，对公司使用X射线探伤机的安全防护情况进行年度评估；

④实施辐射工作人员的个人剂量监测并做好个人剂量的档案管理工作；

⑤定期向生态环境主管部门报告辐射安全相关工作，接受监督检查和指导。

#### **二、辐射工作人员配置**

本项目利用建设单位原有5名辐射工作人员，岗位制度为：一天工作时间8小时，年工作时间为250 天。

（1）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) 单位应当确保探伤操作时有2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备个人剂量计、个人辐射剂量报警仪。

(3) 个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。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，查明原因并解决发现的问题。

(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，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

## 辐射安全管理规章制度

### 一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下包括以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外（室外）探伤一事一档”和“废物处置记录”。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

### 二、规章制度建立情况

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3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，建设单位制度清单分析及执行情况见表12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	项目	规定的制度	落实情况
1	制度文件	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2		辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定
3		辐射工作设备操作规程	已制定
4		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定
5		辐射工作人员岗位职责	已制定
6		射线装置台账管理制度	已制定
7		辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定
8		辐射工作人员培训制度	已制定

续表 12-1 项目单位辐射安全管理制度及执行情况

序号	项目	规定的制度	落实情况
9	台账	射线装置使用登记记录	需制定
10	检测检查	辐射工作场所和环境辐射水平监测记录	需制定
11		监测仪器比对记录或刻度档案	需制定
12		辐射安全和防护设施维护、检修记录（包括检查时间、检查人员、检查项目、检查方法、检查结果、处理情况）	需制定
13	个人剂量	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
14		剂量检测数值异常或超标的情况调查	需制定
15		辐射工作人员个人剂量片发放、回收记录	需制定
16	培训	辐射工作人员培训制度	已制定
17	应急	X 射线探伤辐射应急预案	已制定
18		辐射事故应急响应流程	已制定
19		辐射应急演练记录	需制定

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。

在制定规章制度时，需注意以下几个问题：

（1）《辐射防护设施设备维护维修制度》中应包含：公司需明确安全与防护设施维护维修的内容及检查频次，检查中如果发现辐射安全防护设施出现故障，须立即采取断电、等现场应急处理措施，并及时上报，待设备故障排除，方可开展辐射工作。同时做好相关维护、维修记录，完善辐射防护设施维护、维修档案。

（2）《辐射工作人员岗位职责》中应包含：辐射工作人员应参加辐射安全与防护的网上学习与考核，考核成绩合格，方可从事辐射相关工作。工作前应作好个人防护，正确佩戴个人剂量计，使用监测仪器。对进入辐射工作场所公众的辐射安全负责，采取必要的人防和技防措施，确保辐射环境安全可控，人员不被误照。

（3）《射线装置台帐管理制度》中应包含：射线装置名称、型号、管电压、管电流、购买时间，报废时间，使用场所；射线装置使用或保管部门、责任人员、目前的状况（使用、检修、闲置、暂存、收贮或销售）；射线装置转让单位名称及《辐射安全许可证》持证情况、有效日期等信息。

（4）《辐射监测方案》中应包含：公司应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；公司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。

(5) 《监测仪表使用与核验管理制度》中应包含：监测仪器校验方式，如果校验不合格，应对本单位监测仪器送修或是重新购置符合要求的监测仪器设备。

(6) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过1.25mSv的，公司应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值5.0mSv的，公司应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

(7) 《辐射工作人员培训制度》中应包括：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，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（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。

(8) 《辐射事故应急预案》中应包括：“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。

建设单位应按照《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，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际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，包括工作场所监测和个人剂量监测。

### 一、工作场所监测

1、自主验收监测：建设单位在取得《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。

2、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。

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），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

(1) 公司自我监测

公司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。公司可以购买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12-2）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 12-2 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
室内探伤工作场所	X-γ 空气吸收剂量率	竣工环保验收监测 1 次； 场所年度监测委托有资质的单位监测， 周期为 1 次/年。	探伤室四周墙壁外 30cm 处
			工件进出门门缝 30cm 处
			探伤室楼上地面 30cm 处
			操作台
			探伤室四周保护目标处

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、个人剂量监测

个人剂量监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) 个人剂量监测报告（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、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案保存终身。

建设单位辐射工作人员应佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令18号）要求建立个人剂量档案。

## 三、年度监测报告情况

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）个人剂量监测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。公司应按照《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》。公司必须在“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

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》，向当地生态环境部门及市、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戴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，可减少或避免辐射事故的发生率，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。

公司应当根据以上要求，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，结合公司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

**项目名称：**中国电建教育培训基地新建 X 射线探伤室项目

**建设单位：**中国水利水电第五工程局有限公司

**建设性质：**新建

**建设地点：**成都市双流区怡心街道长顺社区四、七组中国电建教育培训基地内

**建设内容与规模：**中国水利水电第五工程局有限公司拟在其中国电建教育培训基地新建 4 号楼（实验实训检测楼、未建）一层南侧建设 1 间探伤室，净空尺寸为长 3.8m × 宽 8m × 高 3.3m，由操作室、曝光室组成，操作室拟布置在曝光室北侧，探伤室下方无房间，上方及左右两侧均为一般教学用室。探伤室墙体、屋顶和室内迷道均拟采用 500mm 厚混凝土墙，迷道入口拟设置电动防护铅门（80mm 不锈钢内夹 3mm 铅板）；洗片间（暗室）拟布置在 4 号楼三层独立房间内，用于洗片、评片和储存底片，内设自动洗片机、水槽和显影液、定影液存放区，主要用于存放显影液、定影液和洗片，本项目产生的危险废物拟存放于 4 号楼一层危废暂存间内。

本项目拟利用建设单位现有 1 台 XXQ-2505 型便携式定向 X 射线无损探伤机（最大管电压为 250kV、最大管电流为 5mA），该设备属于 II 类射线装置，仅用于室内探伤教学，探伤时主射束投向地面；建设单位预计每年进行 10 次无损检测教学，每次曝光时间约 1~2h，预计年总最大曝光时间约为 20h。

### 二、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在无损探伤检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录》（2021 年修改）相关规定，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行产业发展政策。

### 三、本项目选址合理性分析

本项目所在 4 号楼（试验实训检测楼、未建）于 2022 年 9 月 21 日取得成都市双流生态环境局关于中国电建教育基地环境影响报告表批复（详见附件 3），批复文号为：成双环评函〔2022〕21 号，该项目目前正在建设中。该基地选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地。且本项目拟建设的探

伤室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

#### 四、项目所在地环境质量现状

由监测报告得知，本项目探伤室拟建址场所及周围 $\gamma$ 辐射剂量率背景值 $80\text{nGy/h}\sim 110\text{nGy/h}$ ，与生态环境部《2022年全国辐射环境质量报告》中四川省环境 $\gamma$ 辐射剂量率年均值范围（ $61.9\text{nGy/h}\sim 151.8\text{nGy/h}$ ）处在同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平。

#### 五、环境影响分析结论

##### 1、施工期环境影响分析

本项目在施工活动中，会产生施工噪声、施工废渣、施工废水，对环境存在一定影响。经过采取合理的防护措施后，对周围环境的影响较小。

##### 2、营运期环境影响分析

###### （1）电离环境影响

经理论预测结果可知，本项目探伤室表面外 $30\text{cm}$ 处辐射剂量率能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的剂量率限值要求。

本项目所致职业人员的年剂量低于本次评价中所确定的职业人员 $5.0\text{mSv}$ 的年剂量约束值；所致公众的年剂量低于本次评价中所确定的公众 $0.1\text{mSv}$ 年剂量约束值；评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

###### （2）大气环境影响

采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，也符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中臭氧小时平均浓度二级标准（ $0.20\text{mg/m}^3$ ）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

###### （3）水环境影响

洗片废水采用专用容器收集，容器满负荷后将废水集中运至有污水处理资质的公司进行处理。定期及时处理，不会溢出；工作人员生活污水依托教育基地内现有污水管网收集处理。

#### (4) 固体废物

工作人员生活垃圾依托教育基地原有垃圾收集设施收集。

#### (5) 噪声

本项目噪声源主要有工业X射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备（噪声源强低于65dB（A）），对厂界噪声的贡献较小，对项目所在区域声环境影响较小。

#### (6) 危险废物

本项目探伤拍片完成后，均在暗室内进行洗片及评片工作，在洗片过程中将产生废显影液、废定影液、废胶片，均属于危险废物，其危废编号为HW16。本项目X射线探伤机每年产生的废显影液、废定影液统一用专用容器收集并暂存于危废暂存间内设置的专用收集桶内，建设单位拟委托有危险废物处置资质单位对其进行回收、处置；废胶片将统一收集并暂存于4号楼一层新建危险废物暂存间内设置的暂存箱和储存设施中，建设单位拟委托有危险废物处置资质单位对其进行回收、处置。

### 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

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，建设单位按相关规定和本环评要求对已制定的《辐射事故应急预案》进行补充完善后，能够有效控制并消除事故影响。

### 八、射线装置使用与安全管理的综合能力

中国水利水电第五工程局有限公司拥有专业的探伤辐射工作人员和安全管理机构，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；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在制定《辐射防护和安全管理制

度》及《X射线探伤机安全操作规程》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X射线探伤机（II类射线装置）的使用和管理能力。

## 九、项目环保可行性结论

综上所述，中国水利水电第五工程局有限公司新建探伤室项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

## 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》（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。根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4号）规定。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4号）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（[kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other](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防治设施必须经原审批环境影响保护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。

建设单位公开上述信息的同时，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	备注
探伤室	辐射屏蔽措施	X 射线防护屏蔽体	新增
		电动防护门 1 扇	新增
	通排风系统	通排风系统 1 套	新增
	安全装置	工作状态指示灯 1 套（工件进出大门外侧）	新增
		紧急停机按钮 4 个	新增
		监控系统 1 套	新增
		门机联锁装置 1 套	新增
		门灯联锁装置 1 套	新增
		钥匙控制 1 套	新增
		个人剂量计每人 1 套	新增
		个人剂量报警仪 3 套	搬迁
	警示标识	电离辐射警示标识 2 套	新增
		工作状态指示灯箱 2 套	新增
	监测设备	便携式 X 辐射剂量仪 1 台	搬迁
	其他	灭火器材 1 套	新增

### 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、公司应于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《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

人剂量监测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并上传。

4、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。

5、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

6、根据《四川省辐射污染防治条例》、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的有关规定，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；X射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

7、公司今后在更换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，对相关信息进行修改。

8、本次环评射线装置工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

9、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。

10、本项目建成后，公司应严格按照原国家环境保护部（现国家生态环境部）“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评〔2017〕4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。