

核技术利用建设项目

新建 X 射线野外（室外）探伤项目

环境影响报告表

（公示本）

四川长瑞土木工程检测有限公司

二〇二四年一月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

新建 X 射线野外（室外）探伤项目

环境影响报告表



建设单位名称：四川长瑞土木工程检测有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：邓亚

通讯地址：成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号

邮政编码：[REDACTED]

联系人：[REDACTED]

电子邮箱

[REDACTED]

联系电话：

[REDACTED]

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	11
表 4	射线装置	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6	评价依据	14
表 7	保护目标与评价标准	16
表 8	环境质量和辐射现状	18
表 9	项目工程分析与源项	19
表 10	辐射安全与防护	26
表 11	环境影响分析	39
表 12	辐射安全管理	52
表 13	结论与建议	61

表 1 项目概况

建设项目名称		新建 X 射线野外（室外）探伤项目			
建设单位		四川长瑞土木工程检测有限公司			
法人代表		██████	联系人	██████	联系电话
注册地址		成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号			
项目建设地点		探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行野外探伤作业时，存放在成都市温江区科兴西路618号华银工业港5区6号公司办公区2楼西北侧设备间内。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		30	项目环保投资（万元）	14.1	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其它	/				
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位基本情况简介及项目由来</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>四川长瑞土木工程检测有限公司（统一社会信用代码：91510114572266090K）成立于2011年04月06日，注册资金600万元，是一家从事公路工程咨询服务，建筑工程咨询服务、市政工程咨询服务等业务的公司。公司于2017年1月取得公路水运工程试验检测机构综合乙级等级证书，现位于成都市温江区成都海峡两岸科技产业开发园科兴西路618号华银工业港5区6号，经营办公面积共计2347平方米，其中专</p>					

门用于试验检测面积1263平方米(综合乙级使用面积808平方米);企业经营范围包括:公路工程、建筑工程、市政工程、铁路工程、桥梁工程、地基基础工程、建筑材料的技术、质量检验、检测及相关的技术、质量咨询服务;检测设备的租赁。

2、项目由来

钢箱梁又叫钢板箱形梁,是大跨径桥梁常用的结构形式,一般用在跨度较大的桥梁上,由顶板、底板、腹板、横隔板、纵隔板及加劲肋等通过全焊接的方式连接而成。一座桥梁由无数的钢箱梁组成,每块钢箱梁之间均需要现场焊缝,根据工程验收标准需要现场对焊缝进行无损检测。

X射线探伤可以探测各种金属内部可能产生的缺陷,如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等,且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状,对保障产品质量起了十分重要的作用,可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果。

因此,为满足建设单位业务发展和工作需要,本次拟购置1台XXG-2505型定向探伤机和1台XXG-3005型定向探伤机(均属于II类射线装置),对野外桥梁施工现场的钢箱梁开展焊缝无损检测,以确保钢箱梁施工的质量安全。钢箱梁结构示意图见1-1。

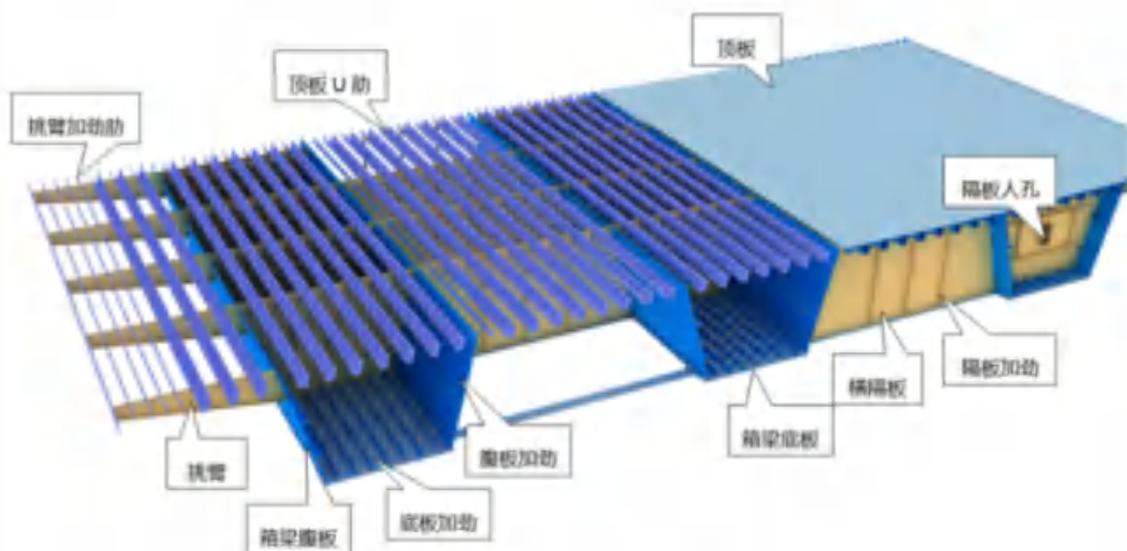
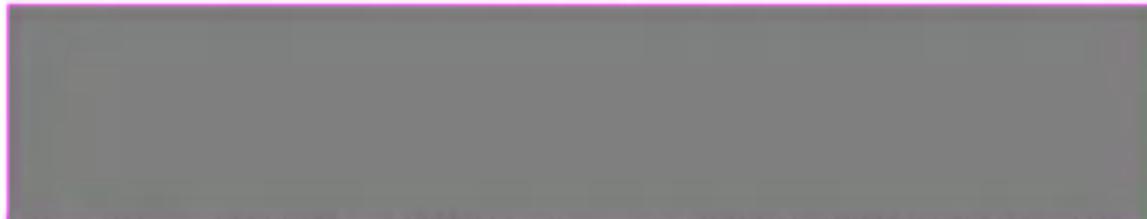


图 1-1 钢箱梁结构示意图

3、探伤场景

一座桥梁由无数的钢箱梁组成,每块钢箱梁之间均需要现场焊接,施工安装现

场钢箱梁对接焊缝无损检测一般为超声波及 X 射线探伤检测，X 射线探伤检测主要是对使用超声波检测过的焊缝进行抽检。根据建设单位反馈，本项目野外探伤场景



面或者其他方向。

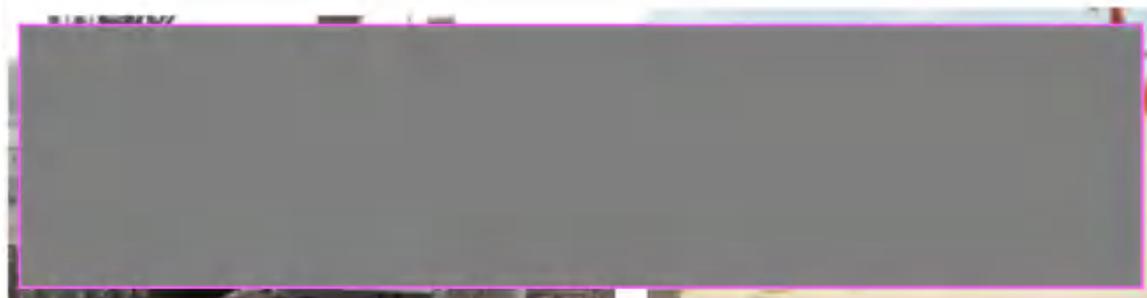


图1-2 桥梁上钢箱梁施工示意图

图1-3 地面上钢箱梁组装焊接示意图

本项目拟购的2台X射线探伤机仅进行野外探伤作业使用，不涉及室内探伤，未进行野外探伤作业时存放在公司（成都市温江区科兴西路618号华银工业港5区6号）2楼设备间内。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和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》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。

本项目涉及使用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申请审批。因此，建设单位委托四川省中柢环保科技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《新建X射线野外（室外）探伤项目环境影响报告表》。

本项目环境影响报告表编制完成后，建设单位于2024年01月03日在公司官网对该项目进行了全文本公示。公示网址为：<http://www.sccrtmgc.com/detail-1627.html>，

公示网站截图如下：



公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发与监测设备制造”，因此，项目的建设符合国家现行产业政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：新建 X 射线野外（室外）探伤项目

建设单位：四川长瑞土木工程检测有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行野外（室外）探伤作业时存放在公司（成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号）2 楼西北侧设备间内

（二）建设内容与规模

公司拟使用 1 台型号为 XXG-2505 的定向探伤机（最大管电压 250kV、最大管电

流5mA)和1台型号为XXG-3005的定向探伤机(最大管电压300kV、最大管电流5mA)开展野外(室外)探伤作业,探伤范围为全国各地,探伤对象为桥梁钢箱梁结构对接焊缝,钢板结构材质为Q420qD、Q355C、Q345qD等,厚度1mm~40mm,探伤作业时出束方向朝向天空、地面或者其他方向。

公司拟将办公区2楼紧邻危废暂存间的房间改建为暗室(约4m²),并在2楼西北侧利用原有房间新建1间设备间(约6m²),本项目产生的危险废物依托公司原有危废暂存间(约3m²)。在实施探伤过程中,该X射线探伤机仅进行野外(室外)探伤作业使用,不涉及室内探伤,不存在同一地点两台探伤机同时探伤的情况,未进行野外(室外)探伤作业时存放在公司设备间内。

根据建设单位业务规划,公司拟成立1个野外探伤小组(共4名辐射工作人员),小组预计每年外派野外探伤作业50个工作日,每个工作日探伤出束次数最大不超过60次,单台探伤机每次探伤出束时间不超过3min,则本项目野外探伤2台设备年总出束时间最大约150h。

项目组成及主要环境问题见表1-2。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

	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	探伤机情况	公司拟使用1台型号为XXG-2505的定向探伤机(最大管电压250kV、最大管电流5mA)和1台型号为XXG-3005的定向探伤机(最大管电压300kV、最大管电流5mA),均为II类射线装置,用于开展野外桥梁上钢箱梁结构对接焊缝的X射线探伤检测作业。		X射线、臭氧
	探伤地点	探伤地点为全国各地,不固定		
	曝光时间	2台设备年总曝光时间约150h/a		
	设备存放	未进行野外探伤作业时存放在公司(成都市温江区科兴西路618号华银工业港5区6号)2楼西北侧设备间		
环保工程	依托公司原有危废暂存间(约3m ²)、污水收集处理设施等。			
辅助工程	暗室(约4m ²)、设备间(约6m ²)等			洗片废水,废胶片,废显、定影液
公用工程	依托探伤工程区域公共设施			生活污水 生活垃圾

办公及生活设施	依托探伤工程区域办公及生活设施		
---------	-----------------	--	--

(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 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
主(辅)料	胶片	5000 张/a	外购	卤化银
	显影液	80kg/a	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
	定影液	65kg/a	外购	硫代硫酸钠(Na ₂ S ₂ O ₃)、无水亚硫酸钠
能源	煤(T)	—	—	—
	电(度)	探伤用电	600kW.h	—
	气(Nm ³)	—	—	—
水量	地表水	自来水	40m ³	—
	地下水	—	—	—

(四) 本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目拟使用的射线装置的相关情况

设备型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	使用场所	辐射角度	最大穿透钢板 (A3) 厚度 (mm)	单次曝光时间 (min)	设备来源
XXG-2505	250	5	定向	野外(室外)	40°+5°	40mm	0.5~3	拟购
XXG-3005	300	5	定向	野外(室外)	40°	50mm	0.5~3	拟购

(五) 项目外环境关系及实践正当性分析

1、外环境关系分析

本项目野外探伤地点为全国各地，探伤地点集中在桥梁工程区范围内。本项目主要对钢箱梁结构对接焊缝进行无损检测，桥梁修建的工程区域大部分位于室外空旷处，且人流量较少。在评价范围内主要为工程区施工人员，通过采取相应的屏蔽措施和管控措施后，经预测分析，本项目对周围环境的辐射影响是可以接受的，所以本项目野外探伤选址和布局是合理的。

本项目探伤机无探伤任务时存放于成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号公司办公区 2 楼西北侧设备间内。公司拟对设备间采取一系列的防盗防破坏措施以保证设备安全：①拟在设备间内安装监控摄像头，实行 24 小时监控，能够实时看到设备间内部情况；②设备间独立设置，已安装有防盗门，位于房间最内侧，

需经过两道防盗门方可进入、可实现双门双锁，公司将设备间纳入重点警戒范围，在设备间原有防盗门上再新增一条铁链锁；③公司安排专人维护管理和维护，并做好射线装置台账工作；④公司拟购买一组双锁铁柜摆放在设备间内，将两台探伤机主机、线缆分开存放，两台探伤机主机分别存放在保险铁柜中，不进行野外探伤作业时上锁，线缆单独存放，禁止 X 射线探伤机在设备间内进行调试、训机和使用。

公司设备间只用作设备存放，X 射线探伤机暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境对该储存间无制约因素，因此探伤机无探伤任务时存放于设备间内是合理的。

2、实践正当性分析

由于桥梁钢箱梁的组装无法在室内完成，只能在施工现场进行焊接组装，根据《公路钢结构桥梁制造和安装施工规范（JTG/T3651-2022）》7.3 焊接检验一节，表 7.3.6 钢箱梁焊缝无损检测之类等级及检测范围，对于“顶板、底板、腹板横向对接焊缝”、“顶板、底板、腹板纵向对接焊缝”、“梁段间对接焊缝”检测方法指出需要采用 X 射线，检测比例为 5%。因此为保障桥梁结构安全性，建设单位拟开展野外探伤，对施工现场桥梁的钢结构对接焊缝进行无损检测。

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，射线检测有其独特的优势，能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，因而易于判定缺陷的性质，且对薄壁工件无损检测的灵敏度较高，射线照相的底片还能作为检测的原始记录供多方研究并作长期保存，对保障桥梁质量起了十分重要的作用；因此，本项目核技术利用项目的开展是必要的。

由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。建设单位在开展 X 射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

（六）劳动定员

本项目拟配备 1 组辐射工作人员，其中 1 名辐射安全管理人员、2 名操作人员，1

名安全人员，均为公司新增辐射工作人员，一天工作时间8小时，年外派野外探伤作业时间约50天，公司可根据今后开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员。

进行野外探伤作业时，由4名辐射工作人员组成一个探伤作业小组。1名操作人员负责固定、调试及操作X射线探伤机；另外1名操作人员根据经验初步划定控制区和监督区边界，同时在探伤位置贴好胶片，探伤过程中不断用便携式辐射巡测仪对控制区、监督区进行修正；1名安全员负责清场，布置防护措施，在探伤过程中使用喊话器在现场巡逻，禁止无关人员靠近监督区；1名辐射安全管理人员统筹整个野外探伤工作，检查现场的辐射安全措施是否到位，对操作人员的操作是否规范进行监督以及定期组织相关人员进行辐射防护专业培训。本项目所有辐射工作人员在开展探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩戴。

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，本项目新增辐射工作人员需要在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn>) 对辐射安全与防护知识学习，并报名参加考核，取得考核通过成绩单，考核通过后方可上岗，辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年，到期前需再次通过考核。

四、原有核技术利用情况

本项目为新建，四川长瑞土木工程检测有限公司此前从未开展过任何辐射项目，不存在与本项目有关的原有辐射污染问题。

五、本项目环保设施依托情况

本项目探伤机拟存放在成都市温江区科兴西路618号华银工业港5区6号四川长瑞土木工程检测有限公司2楼设备间内，若探伤区域离成都市较近，则由建设单位利用公司新建的暗室自行洗片，产生的废胶片、废显影液、废定影液集中收集暂存后在公司已有的危险废物暂存间内暂存，定期交由有危废处理资质的单位处理；洗片废水经园区内污水预处理设施处理后达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网，通过市政污水管网进入温江区海峡两岸科技产业开发园污水处理厂（可处理工业废水）。若探伤区域离成都市较远，则由建设单位委托当地有资质及能力的探伤检测公司进行洗片。

本项目拍片完成后，在暗室洗片槽洗片过程中将产生废显影液、废定影液，在评片过程中将产生废弃胶片。废显影液中含有溴化钾、无水亚硫酸钠等强氧化剂；

废定影液主要含有硫代硫酸钠和无水亚硫酸钠等化学物质。根据《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，该废显影液、废定影液和废胶片属于感光材料危险废物，其危废编号为HW16，在危废储存桶外需贴上标识。

公司拟将危废暂存间旁的空房间改造为暗室，地面拟采用2mmHDPE膜+防渗混凝土进行防渗，保证等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0m$ ，渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-10} cm/s$ ，并在暗室门上张贴警示标识，满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求。

本项目依托的危废暂存间已建成，位于公司2楼，面积约 $3m^2$ ，用于暂存公司产生的少量危险废物。危废暂存间地面已进行了防渗处理，四周设置有5cm高的防渗围堰，废液收集桶下方设置防渗托盘（边缘高约10cm），确保事故状态下泄露液体可以得到有效的收集，满足“四防”（防风、防雨、防晒、防渗漏）要求。危废暂存间门上设置有警示标识、标牌，对不同类别的危险废物密封盛装，并分类编号；储存容器表面标示有储存日期、名称、成分、数量级特性指标。本次新增废定、显影液、废胶片收集桶各一个，用于暂存本项目产生的废显影液（0.08t/a）、废定影液（0.065t/a）、废胶片（5000张/a），各类危废产生量较小，及时交由有资质的单位收集处置，所以本项目依托已建危废暂存间是可行的。

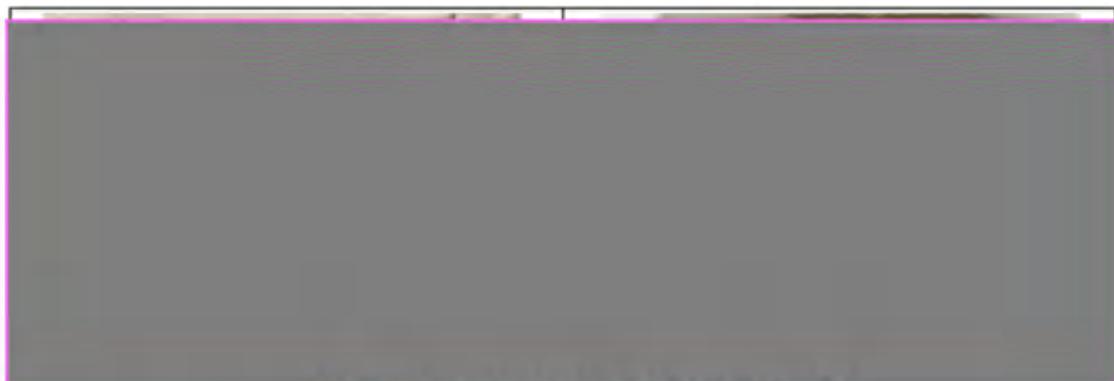


图1-4 本项目依托的危废暂存间内外部照片

建设单位承诺在工作开展前与具有相应危废处置资质的企业签订危废协议，保证本项目产生的危险废物能得到有效处置。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器。

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线探伤机	II类	1	XXG-2505	250	5	无损检测	野外(室外)	定向探伤机(拟购)
2	X射线探伤机	II类	1	XXG-3005	300	5	无损检测	野外(室外)	定向探伤机(拟购)
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(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 (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
废胶片	固态	—	—	—	5000 张/a	—	暂存	建设单位先收集贮存在危废暂存间，最后统一交由有资质的单位回收处置
废显影液	液态	—	—	—	80kg/a	—	暂存	
废定影液	液态	—	—	—	65kg/a	—	暂存	
臭氧、氮氧化物	气态	—	—	—	—	少量	不暂存	直接进入大气环境

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

<p>法 规 文 件</p>	<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)；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016年6月1日实施)；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021版)》生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评(2017)4号)，2017年11月22日起实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第31号令(2021年1月4日修订)；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部第18号令，2011年5月1日实施)；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发[2006]145号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006年9月26日实施)；</p> <p>(12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》(环发[2012]77号，原环保部文件，2012年7月3日)；</p> <p>(13) 《射线装置分类》(原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年66号)；</p> <p>(14) 《国家危险废物名录(2021年版)》(2021年1月1日实施)；</p> <p>(15) 《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>(16) 《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</p>
----------------------------	--

	要求(试行)》(原四川省环境保护厅,川环办发[2016]149号)。
技术标准	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)；</p> <p>(8) 《危险废物识别标注设置技术规范》(HJ1276-2022)；</p> <p>(9) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)；</p> <p>(10) 《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)。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽,原子能出版社,1987)；</p> <p>(3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》(生态环境部(国家核安全局))；</p> <p>(4) 《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)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

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）要求，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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。本项目分区管理需要满足 X 射线探伤现场控制区及监督区的要求，均严格执行控制区周围剂量当量率控制在 15 μ Sv/h 以下，监督区边界外周围剂量当量率控制在 2.5 μ Sv/h 以下的标准划分。本项目野外探伤评价范围是以 X 射线探伤机为中心周围 150m 以内的区域。

保护目标

本项目野外探伤地点不固定，野外（室外）探伤时根据本次评价要求划定控制区和监督区，控制区外监督区内的辐射工作人员，监督区外评价范围的公众均为环境保护目标。

表 7-1 野外探伤环境保护目标一览表

保护目标	相对探伤机方位	与探伤机的距离 (m)	人数 (人)	年剂量约束值 (mSv)
职业人员	非主射方向	控制区外, 监督区内	4	5
公众	不定	监督区外, 评价范围内	不定	0.1

评价标准

一、环境质量标准

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

二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相应标准；
- (2) 废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中相应标准；
- (3) 噪声：根据检测地点所处声功能区执行相应标准；
- (4) 危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

(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。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

本项目为野外探伤，探伤地点全国各地，不固定。建设单位注册地址为成都市温江区成都海峡两岸科技产业开发园科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号，公司办公场所为独栋建筑，建设单位拟将公司 2 楼西北侧原库房作为本项目 X 射线探伤机及其相关辐射安全防护设施的存放房间。其房间现状如下图所示。



图8-1 原库房（探伤机存放房间）

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

本项目为工业 X 射线探伤机野外（室外）探伤项目，使用 II 类射线装置，在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小，主主要影响为对周围的电离辐射影响。因本项目野外探伤地点遍布全国各地，探伤地点不固定，因此本次环评未进行环境现状监测。

表 9 项目工程分析与源项

一、工程设备

建设单位拟购置 2 台 X 射线探伤机，包括 1 台型号为 XXG-2505 的定向探伤机（最大管电压 250kV、最大管电流 5mA）和 1 台型号为 XXG-3005 的定向探伤机（最大管电压 300kV、最大管电流 5mA），用于开展野外（室外）探伤作业。

表9-1 X射线探伤机主要设备配置及主要技术参数

装置名称		工业用 X 射线探伤机
设备厂家		成都华光无损检测有限公司
型号		
类别		
数量		
输出	额定管电压	
	额定管电流	
射线管	焦点尺寸	
	材质	
辐射角		
工作方式		
最大穿透厚 A3 钢		
1m 处的漏射线空气比释动能率		
使用时出束方向		天空或者地面或者其他方向

X 射线探伤机主要由控制器、X 射线发生器、电源电缆及附件等组成。控制器控制器为手提箱式结构，采用了先进的微机控制系统，可快速调压，逆变控制及稳压、稳流，工作稳定性好，运行可靠。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器与绝缘体一起封装在桶装套内组合组成，用于在控制器设置条件进行曝光探伤。



图9-1 X射线探伤机外观图

二、工艺分析

(一) 施工期

本项目无野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号公司办公区 2 楼西北侧设备间内，本项目野外（室外）探伤作业不存在施工期。

(二) 运营期

1、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，就会发生韧致辐射，产生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，X 射线探伤机探伤示意图见下图 9-3。

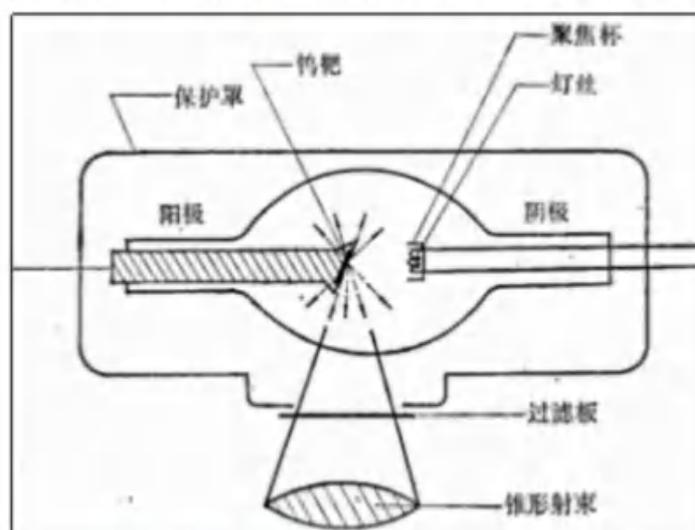


图 9-2 X 射线探伤机工作原理示意图

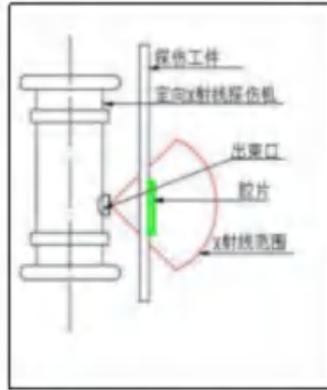


图 9-3 X 射线探伤机探伤示意图

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，从胶片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

2、操作流程及产污染环节

(1) 作业前准备

a)评估野外探伤现场：在实施野外探伤工作之前，建设单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作，根据现场情况，制定相应的探伤作业方案，该作业方案包括：

- ①工况、时间、地点、控制区范围、监督区范围、监测方案、清场方式等；
- ②明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工；
- ③对探伤人员的要求，包括：检测作业人员、检测防护培训要求；
- ④检测准备，包括：技术、工艺、检测设备和材料等；
- ⑤检测实施，包括：工作要点、安全防护、工艺参数设置、操作流程；
- ⑥图像评定，包括：评定条件及要求；
- ⑦检测记录及报告要求；
- ⑧质量检查的要求、方法等；
- ⑨职业健康安全和环境管理等内容。

b)跨市州备案：根据《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）》，跨市(州)使用 II 类以上射线装置的单位，应当于射线装置转移前 5 个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案，完成相应备案手续。

(2) 设备出库：根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过设备间管理员确认后，领取设备。

(3) 运输：采用专用车辆运输设备至探伤地点，确保运输过程中设备的安全。

(4) 到达现场后，在现场探伤曝光开始前应做好探伤作业前的各项准备工作。探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。同时对工作场所进行分区管理，在控制区边界拉起临时警戒线并设“禁止进入 X 射线区”，在监督区边界上设警戒线、“无关人员禁止入内”的警示牌，由辐射工作人员负责现场巡视及监督检查，清除控制区和监督区范围内的非探伤工作人员，确保探伤作业时公众成员撤离监督区范围。

(5) 设备操作人员检查电源盘、电源线有无破损、绝缘老化情况，检查电源搭接是否牢固，检查电源盘漏电保护器动作情况，确认无误后，将设备固定在需要探伤工件的区域，然后连接设备控制电缆至控制区外，探伤机工件检测区域四周设置移动式铅屏风。

(6) 曝光检测：工作人员将设备安装固定好之后撤离至控制区外的区域，设备操作人员则位于控制区外远程操作设备。现场作业人员均佩戴个人剂量计和剂量报警仪，监护人员确认场内及周边无其他人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作和数据采集人员开机进行曝光，现场监护人员使用便携式辐射监测仪进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的非主射方向的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的空气比释动能率小于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，公众位于空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的区域之外。

(7) 探伤结束：达到预定照射时间和曝光量后，关闭 X 射线探伤机，操作人员携带个人剂量报警仪和便携式 X 射线辐射剂量仪进入控制区，收回 X 射线探伤机，取下胶片曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场。

(8) 洗片、评片工作：建设单位根据探伤地点距离成都市的远近距离，选择带回公司自行洗片或委托当地有资质的第三方单位进行洗片。若委托当地洗片，则拟与探伤当地有资质的单位签订洗片合同，委托其进行洗片工作，洗片过程当中显（定）影剂在使用至无法起效时及胶片作废时，将产生废胶片，废显（定）

影剂。洗片完成后由本项目辐射工作人员进行读片，判断工件焊接质量、缺陷等，并将胶片带回公司存档。

(9) 出具报告：本项目辐射工作人员出具检测报告。

(10) 设备运输回并入库：由专用车辆运输设备至成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号公司办公区 2 楼设备间内，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

(11) 一事一档资料：探伤工作结束后，本次探伤作业时间、地点、清场记录、两区划分记录（影像资料及文字形式）、探伤期间相关记录和日志等一系列档案材料应做好归档，做到有迹可循。

建设单位移动探伤作业流程具体见图9-4。

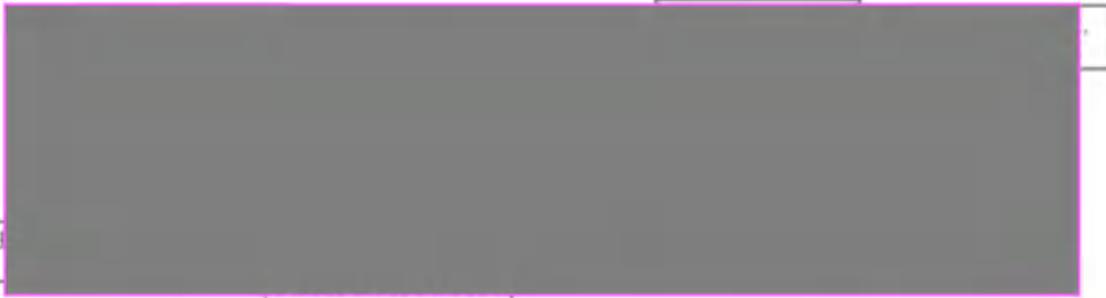


图 9-4 X 射线探伤机野外探伤工艺流程及产污环节示意图

3、工况分析

(1) 探伤作业场景及探伤时间

在正常探伤工况下，为了防止 X 射线管烧毁并延长其寿命，运行时的管电压和管电流通常会有较大余量，一般低于最高管电压和管电流。同时根据不同的工件厚度，操作人员会选择不同的 X 射线探伤机，同时设置相适应的管电压以及管电流。

本项目探伤机用于桥梁钢结构焊缝探伤，探伤地点主要位于桥梁工程区范围内。根据建设方案中桥梁工程探伤作业以及以下各种情况，在探伤作业开始前，预先进行探伤作业，探伤作业结束后，探伤作业人员撤离现场，探伤作业人员撤离后，才进行桥面其他施工。

在探伤过程中，不存在两台探伤机在同一场所同时开机探伤的情况。预计 X 射线探伤机每次探伤出束时间不超过 3min，每个工作日探伤出束次数最大不超过 60 次，小组每年外派野外探伤作业约 50 个工作日，则 2 台 X 射线探伤机累计年出束时间合计不超过 150h。

(2) 探伤作业方式

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射的特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。本项目仅在桥梁工程区域进行探伤，在探伤作业时，辐射工作人员可进入钢箱梁内部的检修空间进行贴片，探伤机采用支架固定，在距焊缝钢板约 0.5m 处，把胶片紧贴在被检工件背后，用 X 射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的真实情况就反映到胶片的乳胶上，对感光后的胶片在暗室中进行显影、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定该焊缝的质量，从而防止由于焊缝缺陷引起的相关事故。

(3) 探伤作业防护

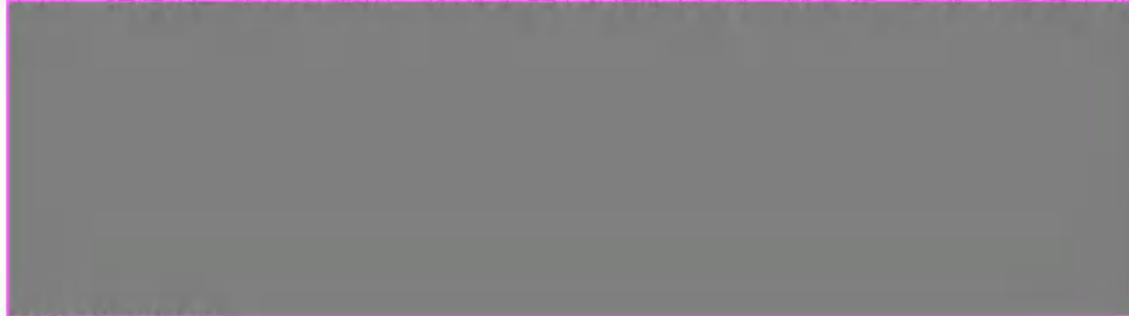
1) 工作人员配置及个人防护

建设单位拟为本项目配备 4 名辐射工作人员实施野外探伤工作，其中 1 名辐射安全管理人员、2 名操作人员，1 名安全人员。1 名操作人员负责固定、调试及操作 X 射线探伤机；另外 1 名操作人员根据经验初步划定控制区和监督区边界，同时在探伤位置贴好胶片，探伤过程中不断用便携式辐射巡测仪对控制区、监督区进行修正；安全员负责清场，布置防护措施，在探伤过程中使用喊话器在现场巡逻，禁止无关人员靠近监督区；辐射安全管理人员统筹整个野外探伤工作，检查现场的辐射安全措施是否到位，对操作人员的操作是否规范进行监督以及定期组织相关人员进行辐射防护专业培训。本项目所有辐射工作人员在开展探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩戴。

在开展探伤作业前，建设单位拟在操作位前布置好铅屏风，操作人员位于非主射方向上监督区内进行操作。本项目 X 射线探伤机均设有延时功能，最长延时时长为 3 分钟，辐射工作人员准备工作完成后，清场及防护措施到位后，按下延时开关，并迅速撤离至安全位置。

2) 探伤机固定方式及铅屏风布置

本项目探伤机在探伤过程中，出束方向主要朝向地面、朝向天空、其他方向三种情况。为安全考虑，①当主射方向朝向天空时，操作人员位于此



此图比例尺为1:1。

污染源项描述

一、电离辐射

由 X 射线探伤机工作原理可知，射线装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故 X 射线探伤机在开机期间，X 射线是本项目的主要污染物。本项目使用的 X 射线探伤机最高管电压为 300kV，不开机的状态下不产生辐射。

二、废气

空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧。

三、废水

清洗胶片时产生洗片废水约 $0.5\text{m}^3/\text{a}$ ，工作人员生活用水按每人每天 100L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 $0.34\text{m}^3/\text{d}$ ， $85\text{m}^3/\text{a}$ 。

四、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $4\text{kg}/\text{d}$ 。

五、危险废物

本项目拍片完成后，根据距离的远近，若距成都市较近则带回公司自行洗片；若距离成都市较远则委托当地有资质的第三方单位进行洗片，并将原胶片带回公司存档；公司在暗室洗片槽洗片过程中最多产生废显影液 $80\text{kg}/\text{a}$ 、废定影液约 $65\text{kg}/\text{a}$ ，在评片过程中将产生废弃胶片约 $5000\text{张}/\text{a}$ 。该废显影液、废定影液和废胶片属于感光材料危险废物，其危废编号为 HW16，建设单位应将其分类收集，暂存在危险废物暂存间内，并在危废储存桶外粘贴危险废物标识，与有相应处理资质的单位签订危险废物处置合同，不外排。

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

无野外（室外）探伤作业时，X 射线探伤机存放在公司设备间内，新建暗室、评片室作为辅助用房，项目产生的危险废物暂存依托试验中心已建危废暂存间。

本项目野外（室外）探伤平面布置主要根据安装施工场地外环境进行布置，主要选择在非人员长期居留区域，现场进行探伤时将划定控制区和监督区，其中控制区仅放置探伤机和被探伤对象，无任何人员居留，探伤工作人员在监督区探伤机漏射方向居留，整个监督区将进行清场，无任何非辐射工作人员居留。野外（室外）探伤场地通过采取距离控制、铅屏风屏蔽以及其他管控措施后对周围辐射环境影响较小，其平面布置不与施工现场布局相冲突，平面布置是合理的。

二、两区管理

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)及《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)要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022):探伤作业前应将无关人员清离出场,划分控制区和监督区,实施“两区”管理。控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}$,边界上设置明显的警戒线,应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守,探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外,监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$,边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌,公众不得进入该区域。依据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)的规定,将现场工作区域划分为控制区和监督区。应在确保安全的原则下,因地制宜的划定控制区和监督区,并设置警戒线,应切实做好清场工作。

建设方对每个野外探伤工作场所划分为控制区、监督区,并实行“两区”管理制度。本项目野外探伤控制区和监督区划分按工况分析中典型工况考虑,具体情况见表 10-1,两区划分示意图见图 10-1。

表 10-1 野外探伤“两区”划分与管理

主射方向		控制区	监督区
		剂量率在 $15\mu\text{Gy/h}$ 以上的范围, 可根据当地实际情况设置控制区。	剂量率在 $2.5\mu\text{Gy/h}\sim 15\mu\text{Gy/h}$ 之间的范围, 根据野外探伤的地形实际情况确定。
主射线 朝向天 空、地 面	XXG-3005	将探伤机四周非主射方向各22m的矩形区域划为控制区	将探伤机四周非主射方向各22~53m的矩形区域划为监督区
	XXG-2505	将探伤机四周非主射方向各18m的矩形区域划为控制区	将探伤机四周非主射方向各18~44m的矩形区域划为监督区
主射线 朝向架 空桥下 地面	XXG-3005	辐射源到地面的投影点0~86m的矩形区域划为控制区	辐射源到地面的投影点86~210m的矩形区域划为监督区
	XXG-2505	辐射源到地面的投影点0~61m的矩形区域划为控制区	辐射源到地面的投影点61~148m的矩形区域划为监督区
主射线 朝向除 天空、 地面其 他方向	XXG-3005	将探伤机正前方主射方86m, 正后方非主射方向22m, 左右非主射方向各29m的矩形区域划为控制区	将探伤机正前方主射方86~210m, 正后方非主射方向22~53m, 左右非主射方向各29~70m的矩形区域划为监督区
	XXG-2505	将探伤机正前方主射方24m, 正后方及左右两侧非主射方向各18m的矩形区域划为控制区	将探伤机正前方主射方24~59m, 正后方及左右两侧非主射方向各18~44m的矩形区域划为控制区
辐射防护措施		其它人员不能在这些区域停留, 设置明显的警戒线, 并设置明显的电离辐射标志, 边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线区”警示标识。	该区设置电离辐射标志, 经常进行剂量监督, 需要专门防护措施, 限制公众在该区域长期滞留, 边界处设置“当心, 电离辐射”警示标识, 边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌, 设置专人巡视。

①XXG-3005型探伤机野外探伤两区划分示意图:



图10-1 主射线束朝向天空、地面

图10-2 主射线束朝向架空桥下地面投影



图10-3 主射线束朝向除天空、地面的其他方向

②XG-2505型探伤机野外探伤两区划分示意图：



图10-4 主射线束朝向天空、地面

图10-5 主射线束朝向架空桥下地面投影



图10-6 主射线束朝向除天空、地面的其他方向

三、辐射防护情况及设备固有安全性分析

1、X 射线探伤机存放安全防护措施

建设单位拟将公司 2 楼西北侧原库房改造为设备间，作为本项目 X 射线探伤机及其相关辐射安全防护设施的存放房间，拟将 X 射线探伤机与电缆线及控制箱分开两个铁柜进行存放，铁柜均设置双人双锁，钥匙由专人保管。设备存放间拟设置防盗门、视频监控，日常无关人员禁止进入。存放场所内严禁使用、调试 X 射线探伤机，设备存放间能够满足防火、防水、防盗、防丢失防破坏的要求。本项目 X 射线探伤机在野外工作时应根据现场情况，将其存放在单独房间或铁柜内，房间或铁柜设置双人双锁，钥匙由专人保管，同时电缆线与 X 射线探伤机分开单独存放。

2、设备固有安全性分析

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

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。

⑦探伤机自带有辐射警告标志：提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生。

⑧本项目探伤机控制箱上设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示。控制箱上设置有钥匙开关，只有在打开控制箱钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。本项目开关钥匙为旋转式钥匙开关。控制箱上自带急停按钮，当探伤机异常出束时或遇到突发状况时，可按下该急停按钮停止探伤机出束。

⑨声光报警装置（联锁装置）：设备自带有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

⑩延时启动功能：本项目探伤机均设置有延时按钮，延时时长最长为 3min，能延时启动曝光系统。辐射工作人员有足够的时间可快速离开，以减轻 X 射线的吸收剂量，防止 X 射线损害身体健康，尽可能降低操作人员的受照剂量。

3、野外探伤辐射安全与防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《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）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），进行野外探伤时主要采取以下措施进行辐射安全防护：

(1) 探伤前对工作环境的全面评估

建设单位在野外探伤作业前，应对工作环境进行全面评估及与委托单位沟通协调工作，以保证实现安全操作。建设单位在探伤工作开展前与业务委托单位协商确定适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。应选择在周边人员较少，便于监督区内人员全部易疏散的地点开展野外探伤工作，同时确保作业地点满足探伤作业要求，委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施，建设单位在探伤前还应评估天气条件，不能选择在下雨、雷电、冰雹、大雾、沙尘暴等恶劣天气进行探伤作业。

(2) 制定野外探伤工作方案

接受现场探伤任务后，在野外探伤作业前，按项目应制定有针对性的现场探伤工作方案，该工作方案主要包括探伤工况、时间、地点、控制区和监督区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工。工作期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

①明确探伤工况：使用的探伤设备、探伤对象、时间安排（开始和结束时间节点）、探伤场所位置。

②根据探伤工况等划定安全防护区域（控制区和监督区）范围，明确对控制区、监督区采取的警戒、安全措施。并通过影像资料记录现场各类辐射安全措施的履行情况。

③确定监测方案：根据每次探伤的具体工况明确监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及探伤操作人员位置等。

④明确清场方式：如预先公告、开始前广播、安排专人检查等，确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，控制区内不应有任何人员。

⑤明确职责和分工：明确工作人员的分工计划，如探伤操作人员名单及其职责等。本项目野外探伤拟配备4名专职辐射工作人员作为一个探伤小组，其中2名操作人员、1名现场安全员、1名辐射安全管理人员；现场安全员负责清场，

布置防护措及探伤作业期间巡逻，确保本项目探伤时控制区内无任何人员、监督区内没有除本项目辐射工作人员的其他人停留；操作人员负责初步划定控制区和监督区边界及探伤作业时探伤机操作；辐射安全管理人员负责统筹整个野外探伤工作，检查现场的辐射安全措施是否到位，对操作人员的操作是否规范进行监督以及定期组织相关人员进行辐射防护专业培训。

⑥实施异地野外探伤作业备案制度在四川省内跨市（州）异地开展工业 X 射线野外探伤时，项目单位应当于射线装置转移前 5 个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案（以下简称报备方案）。报备方案内容包括：I.作业所涉项目名称，时间和详细地点，作业工期，作业活动内容。II.使用射线装置的名称、型号、类别、数量。射线装置暂存及安保和辐射防护措施。配备监测设备名称、型号数量等。III.辐射安全负责人姓名、联系电话和职务，操作人员名单及其辐射安全与防护培训合格证书复印件。IV.单位制定的辐射安全与防护相关规章制度。作业活动操作规程、人员岗位职责、辐射应急预案（包括项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。在四川省省外开展探伤工作时的报备方案及相关管理制度参照当地主管部门的要求执行。

⑦活动结束后 10 个工作日内，应当向转入地市（州）生态环境主管部门办理备案注销手续和提交辐射安全评估报告。辐射安全评估报告内容主要包括：作业活动执行情况；作业期间对各项辐射安全防护措施及管理要求的履行情况；报备方案（包括人员、射线装置数量等）是否变更及其说明；环境部门检查要求落实情况；异常情况说明；现场辐射环境监测情况；明确是否存在违规操作，是否造成环境污染。

（3）探伤作业前进行公示

在探伤作业前，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公告牌。公告牌中应包括辐射安全许可证，公司法人，辐射安全负责人，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m^2 ，公告信息应采取喷绘（印刷）的方式制作，应具备防水、防风等抵御外界影响的能力，确保信息的清晰辨识。公告信息如发生变化应重新制作，禁止对安全信息公告牌进

行涂改、污损。

(4) 探伤过程辐射屏蔽设施

①工作状态指示灯、声音提示装置：拟为本项目配置工作状态指示灯及声音提示装置，在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号，并且“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警示信号指示装置应与探伤机联锁。

②警戒线：拟设置警戒线圈出控制区与监督区，警戒线需高地 0.8m-1.0m 左右。

③电离辐射警告标志、警告牌：拟在控制区、监督区边界醒目位置张贴电离辐射警示标识，同时在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒；拟在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌。在清理完现场确保场内无其他人员后，才能开机进行探伤。

④个人剂量报警仪及个人剂量计：拟为本项目所有辐射工作人员配备相应数量的个人剂量计、个人剂量报警仪（带直读剂量功能）。

⑤便携式辐射剂量监测仪：拟为本项目配备便携式辐射剂量监测仪。开始探伤工作之前，应对仪器进行检查，确认能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式辐射剂量监测仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

⑥铅屏风、铅衣：拟为本项目辐射工作操作位置配备 4 扇 2mm 铅当量的移动式铅屏风、1 扇 5mm 铅当量的移动式铅屏风；拟为本项目辐射工作人员配备 1 套铅衣(0.50mm 铅当量)等防护用品，保障辐射工作人员在实施探伤工作中的辐射安全。

⑦喊话器：拟为本项目巡逻辐射工作人员配备喊话器，若无关人员进入或在两区边界外徘徊，应使用喊话器喊话，提醒其此处正在进行 X 射线探伤，立即远离。

⑧对讲机：拟为本项目所有辐射工作人员配备对应数量的对讲机，保证辐射工作人员之间的沟通及时，如遇紧急情况，巡逻辐射工作人员可通过对讲机告知操作人员立即停止探伤工作。

⑨应急物资：拟为本项目配备应急物资，如灭火器材等，能够及时应对现场的突发状况。

(5) 内部管理机构 and 规章制度

本野外探伤作业辐射环境安全内部管理机构 and 规章制度，逐级落实野外探伤作业的辐射安全责任制。要制定有针对性的辐射事故应急预案，并明确项目所在地生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式。每次野外探伤作业完成后，要按照“一事一档”的要求建立辐射安全与防护档案，需要归档的材料应包括以下内容：

- a 作业活动开始前报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；
- b 环保部门现场检查记录及整改要求落实情况；
- c 作业活动期间的相关记录和日志：包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及帐务复核记录，每次作业的时间、地点、操作人员、每次作业清场、两区划分记录（采取影像资料和文字形式），对工作场所和周围环境监测记录；
- d 作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其它有关情况。

(6) 探伤时辐射防护工作

建设单位在探伤作业前需开展制定探伤工作方案、张贴探伤作业公告、划定控制区和监督区、清场、个人防护等准备工作。至少保证开展作业时有 1 台便携式 X 辐射剂量监测仪、2 台对讲机、2 个大功率喊话器、若干警示标志、警戒绳等。同时，还要为每名操作人员配备一台个人剂量计和一台个人剂量报警仪，个人剂量计及个人剂量报警仪应编号并定人佩戴，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。进行探伤时，如果探伤机连接线长度不够，采取设定时间后自动开机曝光操作，一般最长可设定 3min 待定时间，操作人员可在该段时间内退至控制区距离外或屏蔽体内，位于控制区边界的辐射工作人员需穿戴铅防护服。

(7) 设备安全与管理

探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，以防发生误照射事故。探伤机在野外探伤完毕后，探伤机送回建设单位设备存储间内，做好出库入库、使用等台账，并由专人进行探伤机台账的管理以及探伤机领取归还登记，探伤设备与线缆分开存放，该设备间具备防盗和安全等功能，设备室上锁，钥匙由专人管理，设备室内拟设置摄像头 24 小时监控。

(8) 辐射事故应急救援预案

为加强对野外探伤工作的安全管理，建设单位需制定辐射事故应急救援预案。预案的内容包含应急组织体系及职责，应急准备、事件分级及应急响应，应急响应处置程序和应急联络电话。

(9) 其他

①源项控制

本项目的X射线探伤机对产生的X射线用屏蔽套屏蔽，射线装置泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值，且本项目X射线装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。同时针对不同厚度的探伤工件，建设单位将设置不同的曝光工况和曝光时间，以减少不必要的照射。

②距离防护

根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 6.4 条要求，辐射工作场所应分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

电离辐射警告标志如图 10-7 所示。



图 10-7 电离辐射标志和电离辐射警告标志

③时间防护

在确保产品质量的前提下，在每次使用探伤机进行探伤之前，根据工件满足的实际质量要求制定最优化的探伤方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，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。如果工程区域周围有人群等敏感目标，作业时间尽量避开公众活动的高峰时段。

④探伤机的现场储存

对于野外探伤，应依托施工现场工房设置专用房间进行探伤机的暂存，并由专人进行探伤机台账的管理以及探伤机领用归还登记，做到账物相同，同时探伤机暂存期间应设置必要的防盗措施（包括：设置防盗门及 24h 实时监控摄像头

等），探伤机暂存时，应将探伤机与控制线缆分开单独储存，防止工作人员误操作曝光。

四、辐射安全防护设施对照分析

根据《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局））、《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）等文件相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射安全防护设施对照分析表

具体要求	本项目实际情况
作业公告：作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施	拟实施
安全信息公示牌：面积不小于 2m ² ，公示内容：辐射安全许可证、公司法人姓名、环保监督举报电话、辐射安全负责人姓名及照片、操作人员姓名、照片及资质证书、现场安全员姓名、照片及资质证书	拟实施
控制台有钥匙控制、钥匙由专人管理、控制台上紧急停机按钮	拟实施
场所分区	拟实施
放射性警示标志和警戒线	拟实施
场所边界文字说明、声音、光电等警示（野外探伤）	拟实施
专人看守、巡查	拟实施
移动屏蔽措施（铅屏风等）	拟实施
便携式辐射剂量监测仪	拟实施
个人剂量报警仪	拟实施
个人剂量计	拟实施
个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等）	拟实施

建设单位按照表 10-2 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

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，公司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 10-3。

表 10-3 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）
新建 X射 线野 外 (室 外) 探伤	暗室、设备间	1间	2.0
	便携式 X 射线辐射剂量仪	1台	0.5
	个人剂量计	1台	0.1
	个人剂量报警仪	1台	0.1
	废定、显影液、废胶片收集桶	1个	0.1
	废显、定影液及废胶片处理费用		0.5
	2mmPb 铅屏风	1面	0.5

项目	5mmpb 铅屏风	1个	1.5
	个人防护用品（铅防护服，应急）		
	控制台急停装置		
	控制台钥匙控制		
	现场警示标志		
	声光报警装置		
	安全信息公告牌		
	大功率喊话器		
	对讲机		
	灭火器材		
	辐射安全培训费用		
	合计		

本项目总投资 30 万元，环保投资 14.1 万元，占总投资的 47%。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。

六、三废的治理

1、废气

X 射线探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧，项目探伤地点周围为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的 O₃ 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

2、废水

本项目工作人员产生的废水主要为生活污水和清洗胶片产生的废水。本项目产生生活污水依托公司所在园区的污水预处理设施处理后排入市政污水管网；洗片废水通过市政污水管网进入温江区海峡两岸科技产业开发园污水处理厂处理（可处理工业废水），经处理后的尾水达到排放标准要求后经管道排入杨柳河，对周围环境产生的影响小。

3、固体废物

（1）一般固废

工作人员产生的生活垃圾约 4.0kg/d，依托工程作业区域环保设施进行处理。

（2）危险废物

本项目产生的废显影液约 80kg/a、定影液约 65kg/a，废胶片约 5000 张/a，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 年版）》

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。进行野外（室外）探伤作业时，若探伤区域位于成都市境内，则由建设单位利用公司新建暗室自行洗片，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设置的危废暂存间内，定期交由资质的单位处置；若探伤区域位于成都市境外，则由建设单位委托当地有资质及能力的探伤检测公司进行洗片，产生的危废由被委托单位负责处置，原胶片由建设单位带回公司进行存档。

表 11 环境影响分析

施工期环境影响分析

本项目无野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号公司办公区 2 楼西北侧设备间内，本项目野外（室外）探伤作业无施工期，不存在施工期环境影响。

运行期环境影响分析

本项目拟使用 1 台 XXG-2505 型定向探伤机和 1 台 XXG-3005 型定向探伤机实施野外探伤作业，2 台设备年野外探伤曝光时间最大为 150h。在探伤机探伤作业过程中，主要环境影响为 X 射线、臭氧、危险废物、废水。

一、辐射环境影响分析

本项目探伤对象主要为桥梁上钢箱梁结构的对接焊缝，根据作业场景不同，本项目探伤机在探伤过程中，出束方向主要朝向地面、朝向天空、朝向其他方向

三种情况。①当主射方向朝向天空、地面时，操作人员在非主射方向，辐射剂量率较小。②当主射方向朝向其他方向时，辐射剂量率较小。③当主射方向朝向其他方向时，辐射剂量率较小。

1、野外（室外）探伤控制区和监督区的理论划分

本项目两区划分主要涉及桥面和地面。对于钢箱梁组装安装前地面、钢箱梁组装焊接完成后的桥面均存在主射线朝向地面、朝向天空、朝向其他方向的情况，非主射方向主要受到漏射线、散射射线和天空反散射的影响，主射方向主要为主射线的影响；当主射方向朝向桥下地面照射时，桥下地面主要影响为主射线束的投影照射，因此，桥下地面受主射束影响。其中主射方向主射线的影响最大，天空反散射的影响极小。因此，本次预测仅考虑主射线、散射线和漏射线的影响。

在实际探伤过程中，建设单位根据不同的工件厚度选择使用不同型号的探伤机，同时操作人员将根据工件厚度设置不同的工作管电压及管电流，工件厚度较小，选择的设备（或设置的探伤工况）管电压及管电流也随之较小。探伤机的主束射向所检查的工件，有用射束被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格《工业探伤放射防护标准》（GBZ

117-2022)，利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。

根据建设单位提供的资料，本项目探伤机控制电缆长度约 30~50mm，探伤机具备延时功能。根据计算结果，本项目控制区长度最大为 29m，操作人员位于探伤机非主射方向，电缆长度大于非主射方向控制区范围，因此，本项目电缆长度能够满足人员位于控制区边界外的要求。



图 11-1 野外探伤布置示意图

2、理论计算

(1) 有用线束

根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1），在距离靶 r (m) 处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$D_1 = I \delta_X / r^2 \dots\dots\dots \text{(式 1)}$$

$$D_2 = B \times D_1 \dots\dots\dots \text{(式 2)}$$

$$B = 10^{-\text{TVL}} \dots\dots\dots \text{(式 3)}$$

D_1 —未经工件屏蔽前空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

D_2 —经工件屏蔽后空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I —管电流，mA，本项目野外探伤机的管电流最大为 5mA；

δ_X —发射率常数， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表 B.1），在 X 射线管在管电压 250kV 和过滤条件为 0.5mm 铜的情况下，输出量为 $16.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，即 $9.9 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；当 X 射线管在管电压 300kV 和过滤条件为 3mm 铝的情况下，输出量为 $20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，即 $1.25 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

r —参考点距 X 射线管焦斑的距离 m；

B —透射因子, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014, 图 B.1), 取等效铅当量的对应值;

X —屏蔽体厚度;

TVL —铅的什值层厚度, 250kV 时, $TVL=2.9\text{mm}$; 300kV 时, $TVL=5.7\text{mm}$ 。

表11-1 不同距离主射方向空气吸收剂量率计算表 ($\mu\text{Sv/h}$)

距射线靶的 距离 h (m)	XXG-3005 定向型探伤机		XXG-2505 型定向探伤机	
	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡 (5mm)	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡 (5mm)
5	22170.12	4401.02	18288.68	245.18
10				
15				
20				
24				
30				
40				
50				
59				
86				
100				
140				
175				
188				
210				
236				
300				
350				
400				
428				
500				
515				
576	2.50	0.33	1.38	0.03

注: 本项目探伤工件厚度在 1~40mm 范围内, 建设单位根据不同的工件厚度选择使用不同型号的探伤机, 同时操作人员将根据工件厚度设置不同的工作管电压及管电流; 依据《辐射防护手册》(第三分册), 当使用 XXG-2505 型探伤机, 在最大工况下工件自身屏蔽厚度约折合 3mm 铅当量; 当使用 XXG-3005 型探伤机, 在最大工况下工件自身屏蔽厚度约折合 5mm 铅当量。

(2) 漏射线 (非主射方向外)

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 标准中规定: 当 X 射线探伤机的管电压大于 200kV 时, 要求漏射线 1m 处的比释动能率小于 5mGy/h, 根据:

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (式4)$$

式中:

B—屏蔽透射因子;

\dot{H} —预测点剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

R_0 —靶点至关注点的距离, m;

H_L —距靶点 1m 处泄露辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1, 对应的 X 射线能量见表 11-2。

表 11-2 X 射线探伤机的泄露辐射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距离靶点 1m 处的泄露辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

(3) 散射线 (非主射方向外)

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 非主射方向上的散射辐射剂量率可根据式下式计算。

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

式中:

B—屏蔽透射因子;

\dot{H}_s —预测点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$);

R_s —散射体至关注点的距离, m;

R_0 —靶点至探伤工件的距离, 取 0.5m;

I—额定管电流, 本项目野外探伤机的管电流最大为 5mA;

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014, 表 B.1), 在 X 射线管在管电压 250kV 和过滤条件为 0.5mm

铜的情况下，输出量为 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，即 $9.9\times 10^5\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；当X射线管在管电压300kV和过滤条件为3mm铝的情况下，输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，即 $1.25\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

F— R_0 处的辐射野面积；

α —散射因子，根据GBZ/T250-2014附录B中表B.3， α_w 保守取 1.9×10^{-3} ，根据B.4.2当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_0^2/(F\cdot\alpha)$ 因子的值为50（200kV~400kV）；

经过工件一次散射后，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表2，对应的X射线能量见表11-3。

表11-3 X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值

原始X射线(kV)	散射辐射(kV)
$200 < \text{kV} \leq 300$	200

根据式（4）、（5）所述，计算结果见下表：

表11-4 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（无铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线管的距离(m)	XXG-3005 定向型探伤机			XXG-2505 定向型探伤机		
	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计
5	200.00	5000.00	5200.00	200.00	2050.00	2250.00
10	50.00	1250.00	1300.00	50.00	512.50	562.50
20	12.50	312.50	325.00	12.50	128.12	140.62
30	6.67	166.67	173.34	6.67	67.78	74.45
40	4.17	104.17	108.34	4.17	42.36	46.53
50	2.78	67.78	70.56	2.78	28.24	31.02
60	1.92	48.48	50.40	1.92	19.57	21.49
70	1.43	35.71	37.14	1.43	14.67	16.10
80	1.10	27.78	28.88	1.10	11.25	12.35
84	1.00	25.00	26.00	1.00	10.20	11.20
94	0.90	22.22	23.12	0.90	9.27	10.17
100	0.83	20.83	21.66	0.83	8.44	9.27
108	0.77	19.35	20.12	0.77	7.78	8.55
200	0.31	7.69	8.00	0.31	3.12	3.43
208	0.29	7.14	7.43	0.29	2.90	3.19
230	0.26	6.35	6.61	0.26	2.62	2.88
265	0.07	1.78	1.85	0.07	0.71	0.78

表11-5 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（有2mm铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距射线管的距离(m)	XXG-3005 定向型探伤机			XXG-2505 定向型探伤机		
	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计
5	80.16	186.28	266.44	40.87	147.61	188.48
10	20.04	46.57	66.61	10.22	36.90	47.12

12	15.48	33.36	47.84	7.00	25.63	33.7330585
15						
18						
22						
25						
28						
34						
40						
44						
53						
60						
80						
100						

(4) 主射方向（桥下地面）计算结果

主射束朝向桥下地面照射时，主射方向无铅屏风屏蔽，射线束投影至桥下地面均受到主射束影响，桥面主要受到射线束漏射和散射影响，主射束至桥下地面投影范围根据三角函数及公式1进行计算，计算结果见表11-6，桥面探伤计算示意图见下图11-2。



图 11-2 桥面探伤计算示意图

表11-6 本项目探伤机主射方向在不同距离处的剂量率计算一览表（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

距离			主射方向（无铅屏风防护）	
距射线靶的垂直距离 h(m)	探伤机距地面高度距离 R1(m)	主射束对地面的水平投影距离 R3(m)	XXG-3005 型 X 射线探伤机剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	XXG-2505 型 X 射线探伤机剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
10	10.64	3.64	8202.52	4027.22
20	21.28	7.28		

40	42.57	14.56	
80	85.13	29.12	
100	106.42	36.40	
120	127.70	43.68	
140	148.98	50.96	
165	175.59	60.06	
210	223.48	76.43	
236	251.15	85.90	1
280	297.97	101.91	
315	335.22	114.65	
360	383.10	131.03	
405	430.99	147.41	
420	446.95	152.87	
500	532.09	181.99	
520	553.37	189.26	
576	612.97	209.65	2

(5) 理论计算结果

长瑞土木工程检测公司野外探伤每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作，将野外探伤作业设备的相关参数带入公式(1)~(5)，根据表 11-1、表 11-5、表 11-6 的计算结果，可估算出不同管电压条件下探伤机探伤时对桥下地面和桥面两区的管控范围，保守取最大距离，本项目控制区、监督区边界范围计算结果见表 11-7。

表 11-7 本项目野外探伤控制区与监督区边界范围估算结果表 (m)

设备型号	射线类型	主射线朝向地面/天空		主射线朝向架空桥下地面(辐射源到地面投影)		主射线朝向其他方向	
		控制区范围	监督区范围	控制区范围	监督区范围	控制区范围	监督区范围
主射方向	XXG-3005	/	/	0~86	86~210	0~86	86~210
	XXG-2505	/	/	0~61	61~148	0~24	24~59
非主射方向	XXG-3005	0~22	22~53	/	/	0~22	22~53
	XXG-2505	0~18	18~44	/	/	0~18	18~44

为方便管理，控制区、监督区采用矩形划定。

本项目使用的探伤机在探伤作业实施时，其实际使用时最大管电压低于设备设计参数，因此，本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守，实际作业时，可根据现场实际情况结合边界巡测结果进行控制区及监督区的划定。

3、保护目标受照射剂量影响分析

(1) 操作人员

本项目进行野外探伤作业时，操作人员位于探伤机侧面，处于非主射方向，位于控制区边界线，控制区警戒线处有效剂量率为 0.015mSv/h，本项目保守按辐射工作人员每年探伤工作时间 150h，居留因子取 1 计算，得出控制区边界警戒人员受照射的年附加有效剂量为 2.25mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值 5mSv/a 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的职业人员 20mSv/a 的要求。

(2) 公众

本项目探伤时，公众位于监督区警戒线外，警戒线处有效剂量率为 2.5uSv/h，本项目按照探伤机每年工作 150h 保守计算，公众居留因子取 1/8，得出监督区边界公众受照射的年附加有效剂量为 0.046mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值 0.1mSv/a 的要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的公众 1mSv/a 的剂量限值的规定。

二、臭氧

本项目探伤地点周围为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的臭氧气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

三、危险废物

建设单位每年野外探伤作业预计最大产生废显影液 80kg/a、废定影液 65kg/a，废胶片 5000 张/a。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，公司产生的废显影液、定影液及废胶片采用专用的、设置了危险识别标志的容器进行收集后暂存于公司设置的危废暂存间内，并与有处理资质的单位签订回收处置协议，定期交由有资质的单位处理，不外排，若探伤区域离成都市较远，则由建设单位委托当地有资质及能力的探伤检测公司进行洗片，危废处置由被委托单位负责，原胶片由建设单位带回公司进行存档。

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”。本项目涉及的需要报废的 X 射线探伤机，必须进行去功能化处理（如将探伤机高压射线管进行拆卸并破碎处理，同时将探伤机主机的电源线绞断），使探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

四、废水

距离成都市较近的野外探伤作业洗片、评片依托公司新建暗室进行，清洗胶片时产生洗片废水约 $0.5\text{m}^3/\text{a}$ ，工作人员生活污水产生量为 $0.34\text{m}^3/\text{d}$ ，依托已有环保设施进行处理。距离成都市较远的野外探伤作业洗片、评片依托当地探伤企业进行。

五、生活垃圾

工作人员产生的生活垃圾约 $4\text{kg}/\text{d}$ ，经过收集后，及时转运至附近的垃圾中转站集中处置。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用探伤机属 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照国务院 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 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

事故等级	事故情形
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 11-9）：

表11-9 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、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，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，探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①在进行现场清场工作时，未清场干净，造成人员滞留在野外探伤现场，进行开机作业时，造成人员受到误照射。

②在现场探伤作业时，铅屏风未架设稳定而滑落或者探伤机未进行固定而造成探伤机主射线束平行于地面，周围人员受到误照射。

③在现场探伤作业时，辐射工作人员在有铅屏蔽的情况下，辐射工作人员误入或滞留，造成人员受到误照射。

④探伤机丢失、被盗，对环境和社会产生危害。

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，即本项目 X 射线探伤机以最大工况运行（300kV，5mA）时，无屏蔽防护遮挡且无防护，主射方向上造成职业人员及公众被误照射。

三、辐射事故影响分析

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下式计算：

$$D = I\delta_x / r^2 \dots\dots\dots (式6)$$

式中：

D ：空气吸收剂量率， $mGy \cdot min^{-1}$ ；

I ：管电流， mA ；本项目取 $5mA$ ；

δ_x ：距辐射源点（靶点） $1m$ 处输出量；

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式下式计算：

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots\dots\dots (式7)$$

式中：

E ：人员受到的有效剂量率， $mSv \cdot min^{-1}$ ；

W_T ：组织权重因数，全身为 1；

W_R ：辐射权重因数，X 射线为 1。

野外探伤时，当发生辐射事故时候，相关人员可以通过立即通过切断探伤机电源，当探伤机主射方向朝向地面、天空、或者其他方向人员处于非主射方向辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-10。

表11-10 事故情况下受到的剂量估算结果（无防护）

探伤机 型号	与 X 射线探伤 机的距离 (m)	受照剂量 (mSv)					
		0.5min	1min	1.5min	2min	3min	
XXG-3005 定向型	1	控制区	52.08	104.17	156.25	208.33	312.50
	2		13.02	26.04	39.06	52.08	78.13
	5		2.08	4.17	6.25	8.33	12.50
	10		0.52	1.04	1.56	2.08	3.13
	15		0.23	0.46	0.69	0.93	1.39
	22	监督区	0.11	0.22	0.32	0.43	0.65
	30		0.06	0.12	0.17	0.23	0.35
	35		0.04	0.09	0.13	0.17	0.26
	40		0.03	0.07	0.10	0.13	0.20
	45		0.03	0.05	0.08	0.10	0.15
	53		0.02	0.04	0.06	0.07	0.11

事故后果：

根据表 11-8，本项目野外探伤在主射方向上人员最大可能受照剂量为

312.50mSv/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，结合表 11-8、11-9 可知，会构成一般辐射事故。

在上述事故情景假设条件下，受 X 射线源误照人员所受剂量可能超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求(职业照射：5mSv)，属于一般辐射事故，但是随着受误照人员受照时间的增加,其所受剂量可能将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。

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

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，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改避免事故的发生。

2、在本项目探伤作业开启前，建设单位需严格确认探伤机固定是否牢固以及本项目的辐射屏蔽措施是否到位（铅屏风安置是否妥当），清场是否彻底，警戒线、警告标志、工作状态指示灯以及声音提示装置等措施是否设置完整，确认所有的辐射安全与防护措施到位后，才可开启探伤作业。

3、野外探伤时需严格执行《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)》（川环办发[2016]149 号）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于事前公告、安全防护区设置、探伤工作区清场、巡视等要求。

4、建设单位拟制定《X 射线探机操作规程》。凡涉及对 X 射探伤机进行操

作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，同时还要有 1 名辐射安全管理人员，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪。

5、定期对在用探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，建立射线装置维护、维修台帐，确保相关防护设施完整并处于正常状态后，射线装置出束才能进行照射。

6、对建设单位本项目拟配的 4 名辐射工作人员及以后新招聘辐射工作人员，均应参加（网站为 <http://fushe.mee.gov.cn/>）国家核技术利用辐射安全与防护考核的考试，取得了合格证书，持证才能上岗。

7、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。要求探伤机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。

8、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 2），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。

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

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 12 月 25 日成立了辐射安全管理小组（附件 2），明确辐射安全管理小组的人员及职责，机构设置如下：

(1) 人员配备

负责人：李 [REDACTED]

辐射防护负责人： [REDACTED]

主要成员： [REDACTED]

(2) 管理职责

1、负责对本公司安全防护工作和辐射环境保护工作实施统一监督管理

2、负责环境影响评价报告的申报和协助有关部门进行验收；负责辐射工作许可证的申报以及协助相关部门进行审核；负责对辐射项目“三同时”制度执行情况进行检查。

3、监督辐射污染的防治工作；负责辐照设备的日常监督管理；负责辐射安全与环境管理的监察工作；负责辐射污染的治理整改以及辐射污染纠纷的处理

4、负责制定辐射环境污染事故应急预案；组织开展一般辐射事故的应急响应工作；配合有关部门对一般以上辐射事故的应急响应、调查处理和定级定性工作。

5、负责辐射安全和环境管理队伍的建设。

二、辐射工作人员配置

本项目拟配备 1 组辐射工作人员，包括 1 名管理人员、2 名操作人员，1 名警戒人员，均为公司新增辐射工作人员，一天工作时间 8 小时，年外派野外探伤作业时间约 50 天。

(1) 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上免费学习考核平台

(<http://fushe.mee.gov.cn>)上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核,考核通过后方可上岗。

(2) 建设单位应当确保探伤操作时至少有 2 名操作人员同时在场,每名操作人员应配备个人剂量计。

(3) 个人剂量计应编号定人佩戴,定期交由有资质的检测部门进行检测,并建立个人剂量档案,完善个人剂量检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。

三、设备管理

本项目建成投运后,辐射安全管控措施包括:定期对本项目设备安全装置的有效性进行检查,对辐射工作人员剂量进行归档管理,组织辐射工作人员辐射防护上岗培训,监督辐射工作人员执行相关操作规程等。

本项目 X 射线探伤装置在进行报废处理时,必须进行去功能化(如拆解或者拆卸球管,把球管电线插头或接头剪断),确保装置无法再次通电使用,并按相应要求执行报废程序,将设备处理去向记录备案。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

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、须建立的主要规章制度

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”、《生态环境部(国家核安全局)核技术利用辐射安全和防护督查检查

大纲》等文件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	需定制度名称	现有落实情况	备注
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	需制定	/
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	需制定	需将“辐射工作场所安全管理要求”上墙
3	辐射工作设备操作规程	需制定	需悬挂于墙上
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需制定	/
5	辐射工作人员岗位职责	需制定	应包含“辐射工作人员应参加辐射安全与防护专业知识的学习、持证上岗”，并悬挂于墙上
6	射线装置台账管理制度	需制定	应包含“新增射线装置和报废射线装置的台账模板”
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需制定	应包含“场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案等”
8	监测仪表使用与校验管理制度	需制定	/
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	需制定	应包含“学习、考核方式和考核合格成绩有效期”、“成绩单到期前需再次参加考核”
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定	应包含“个人剂量档案终生保存”，明确辐射工作人员个人剂量计佩戴位置
11	辐射事故应急预案	需制定	预案中应包含“应急物资的准备和应急责任人员、环保主管部门应急电话及射线装置发生事故时的辐射事故处理措施”，“辐射安全事故应急响应程序”需悬挂于墙上
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	需制定	/
13	安全装置定期维修、维护巡查制度	需制定	/

公司应认真组织学习《核安全文化宣贯推进专项行动教材——核安全文化培训手册》（国家核安全局二零一四年十一月），重视并加强核安全文化建设。

在制定规章制度时，需注意以下几个问题：

（1）《辐射监测方案》中应包含：委托有资质的单位对野外探伤现场监督区和控制区边界的辐射剂量率进行监测，监测周期为1次/年；建设单位应随时

掌握辐射两区剂量变化情况，每次探伤应自行对监督区和控制区边界进行自我监测，发现问题及时调整监督区和控制区边界。

(2) 《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。

(3) 《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。

需要上墙的规章制度：《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。

建设单位编制的规章制度应包含以下内容：①应在《辐射工作人员培训制度》中明确“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”；②应在《辐射工作人员个人剂量管理制度》中包含“如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限值时，暂停该辐射工作人员继续从事探伤作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，本人签字，并上报当地生态环境主管部门。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。建设单位应当将个人剂量档案要永久保存”；③《辐射事故应急预案》中应包含“辐射事故应急处置应急报告、应急措施和步骤、应急联络电话”等。

三、其它辐射安全和防护管理要求

(1) 跨市（州）使用Ⅱ类以上射线装置的单位应当于射线装置转移前 5 个

工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案。

(2) 探伤作业时应配备现场安全员，具备对现场辐射安全负责的权限，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还等工作，发现安全问题应立即停止探伤作业。

(3) 每次探伤作业前，操作人员应严格检查探伤装置的安全性能，并复核。至少每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

(4) 安全信息公示牌面积应小于2平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。

(5) 开展自我监测，绘制监测布点图，做好相应监测数据记录并存档。发现异常情况的，应当立即采取措施，必要时向当地环境保护行政主管部门报告。

为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，应设置相应的辐射剂量监测手段。

四、辐射安全许可证发放条件对照分析

根据《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））中第十六条使用射线装置的单位申领辐射安全许可证时，应当具备下列条件，具体要求见表12-2。

表12-2《辐射安全许可证》发放条件要求

序号	要求	备注
1	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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	须落实
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	须落实
3	射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	须落实
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射测量仪器等。	须落实

5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全管理制 度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案。	须落实
6	有完善的辐射事故应急措施。	须落实

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用Ⅱ类射线装置的许可条件。

建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

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检测。

一、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、日常自我监测：每次野外（室外）探伤作业时对控制区和监督区边界自行开展辐射剂量监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

3、验收监测：公司在取得《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。

二、个人剂量检测

个人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、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案保存终身。

三、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。

四、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
野外探伤作业场所	X- γ 空气吸收剂量率	竣工环保验收监测 1 次； 野外探伤现场年度监测委托有资质的单位监测，周期为 1 次/年； 每次野外探伤作业自行开展辐射监测	野外探伤控制区、监督区边界以及探伤操作人员位，同时对于邻近监督区边界外经常有人员活动区域

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

(4) 监测质量保证

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

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

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需在开展每次野外探伤作业时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。

五、年度监测报告情况

公司应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线

装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和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

1、事故应急预案

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：

（1）应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急相应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理；

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话；

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人及联系电话；

（6）发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地人民政府及其生态环境、公安和卫生健康等部门报告。

2、应急措施

（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》，向市、县生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委部门报告。

（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：新建 X 射线野外（室外）探伤项目

建设单位：四川长瑞土木工程检测有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行野外（室外）探伤作业时存放在公司（成都市温江区科兴西路 618 号华银工业港 5 区 6 号）2 楼西北侧设备间内

建设内容：公司拟使用 1 台型号为 XXG-2505 的定向探伤机（最大管电压 250kV、最大管电流 5mA）和 1 台型号为 XXG-3005 的定向探伤机（最大管电压 300kV、最大管电流 5mA）开展野外（室外）探伤作业，探伤范围为全国各地，探伤对象为桥梁上钢箱梁结构对接焊缝，钢板结构材质为 Q420qD、Q355C、Q345qD 等，厚度 1mm~40mm，探伤作业时出束方向为天空或者地面或者其他方向。

公司拟将办公区 2 楼紧邻危废暂存间的房间改建为暗室（约 4m²），并在 2 楼西北侧利用原有房间新建 1 间设备间（约 6m²），本项目产生的危险废物依托公司已建危废暂存间（约 3m²）。在实施探伤过程中，该 X 射线探伤机仅进行野外（室外）探伤作业使用，不涉及室内探伤，不存在同一地点两台探伤机同时探伤的情况，未进行野外（室外）探伤作业时存放在公司设备间内。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发与监测设备制造”，符合国家现行产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目野外探伤地点为全国各地，探伤地点集中在桥梁工程区范围内。本项

目主要对钢箱梁结构对接焊缝进行无损检测，桥梁修建的工程区域大部分位于室外空旷处，且人流量较少。在评价范围内主要为工程区施工人员，通过采取相应的屏蔽措施和管控措施后，经预测分析，本项目对周围环境的辐射影响是可以接受的，所以本项目野外探伤选址和布局是合理的。

四、环境影响评价分析结论

1、辐射环境影响分析结论

(1) 两区划分

本项目理论计算结果仅为本项目 X 射线野外探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物等都会使辐射场的辐射剂量水平改变，因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 等要求：在探伤开始前，根据上述理论估算值和工作经验划定并标出控制区和监督区边界，在第一次曝光期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时调整控制区的范围和边界，将周围剂量当量率在 $15\mu\text{Gy/h}$ 以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率在 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 以上的范围内划为监督区。当 X 射线探伤机、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

(2) 人员剂量

在严格落实国家相关法律法规的要求后，本项目所致职业人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求(职业照射 5.0mSv/a 、公众照射 0.1mSv/a)。

2、非放环境影响分析结论

本项目野外探伤地点周围为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的臭氧气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

本项目工作人员野外探伤作业时产生的生活污水依托工程区已有的环保设施进行处理，对环境的影响较小。

本项目所产生的噪声较小，时间短，经距离衰减后，对周围环境影响较小。

本项目工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾依托工程作业区的环保设施，分类集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排，对周围环境影响较小。

3、事故工况下环境影响

经分析，本项目可能发生的辐射事故的事故等级为一般辐射事故，但是随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量可能将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值，也可能造成更大的辐射事故。针对本项目可能发生的辐射事故，公司应按相关规定制定辐射事故应急预案和安全规章制度并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

五、辐射安全措施

建设单位在进行野外探伤时需要严格按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)及《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)要求划定控制区和监督区。拟在控制区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志，悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌；拟在监督区悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒。探伤现场拟配置有明显的区别提示“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，在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号；拟在周围公众可到达的区域放置安全信息公告牌。X射线探伤机控制箱上自带急停按钮、设置有钥匙开关、延时按钮等固有的辐射安全防护措施。

建设单位拟为本项目辐射工作人员建立剂量档案和职业健康监护档案，并定期对其进行个人剂量监测和职业健康体检。建设单位拟为本项目配置 1 台便携式 X 射线辐射剂量仪和 4 台个人剂量报警仪(带直读剂量功能)、4 套个人剂量计，符合移动探伤监测设备的配备要求。

六、辐射环境管理

1) 每次野外探伤作业时，建设单位凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构对野外探伤现场周围环境辐射剂量率进行检测；

- ①新开展现场射线探伤的单位；
- ②每年抽检一次；

③发现个人季度剂量(3个月)可能超过 1.25mSv;

2) 建设单位拟购买 1 台便携式辐射剂量监测仪, 在野外探伤时对工作场所辐射水平进行巡测, 划定监督区与控制区;

3) 建设单位拟委托有资质的公司开展个人剂量监测, 所有在职辐射工作人员均需要配备个人剂量计, 建设单位应及时跟监测单位核实数据, 及时发现、解决问题;

4) 建设单位拟为本项目 4 名辐射工作人员在上岗前安排职业健康体检并建立职业健康档案, 目前 4 名辐射工作人员均已安排其参加了辐射安全与防护考核, 部分已取得合格证书, 保证所有辐射工作人员均持证上岗。

5) 建设单位在施工现场开展野外探伤作业前, 由公司辐射工作人员组织现场相关劳动人员(例如普通民工、施工现场的工人)针对 X 射线探伤机辐射安全以及野外探伤现场安全注意事项、发生辐射事故时紧急躲避等进行简单的辐射安全知识普及教育。

6) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求, 建设单位拟制定辐射安全管理制度, 包括《辐射安全与环境保护管理机构文件》、《辐射安全管理制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射防护设施设备维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《监测仪表使用与核验管理制度》、《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》。环评要求运行本项目的建设单位在日后工作实践中, 应根据具体情况和实际问题, 按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时制定并完善相关制度。建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度, 并认真贯彻实施, 可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、辐射安全管理的综合能力

建设单位已成立辐射安全与环境保护管理领导小组, 有领导分管, 人员落实, 责任明确, 辐射工作人员配置合理, 根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部, 公告 2019 年第 57 号), 辐射防护负责人及辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习, 并参加考核, 考核合格后方可上岗; 拟

制定的管理制度、应急预案和拟采用的环保设施和措施合理可行，可满足防护实际需要，经一一落实后，建设单位可具备辐射安全管理的综合能力。

八、项目环保可行性结论

综上所述，四川长瑞土木工程检测有限公司新建 X 射线野外（室外）探伤项目符合国家产业政策，项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效，项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在坚持“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和管理措施后。评价认为，从环境保护和辐射安全防护角度分析，本项目建设是可行的。

九、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。

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，不得投入生产或者使用。

（4）本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部

门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

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

- ① 本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；
- ② 对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；
- ③ 验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

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

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施	备注
新建 X 射线野外（室外）探伤项目	暗室、设备间各 1 间	新增
	个人剂量计 4 套	新增
	个人剂量报警仪 4 台	新增
	废定、显影液、废胶片收集桶各 1 个	新增
	废显、定影液及废胶片处理费用	新增
	5mmPb 铅屏风 1 个，2mmPb 铅屏风 4 个	新增
	铅防护服 1 套	新增
	控制台急停装置 2 套	新增
	控制台钥匙控制 2 套	新增
	警戒线及警示标志若干	新增
	声光报警装置 1 套	新增
	安全信息公告牌 1 个	新增
	大功率喊话器 2 个	新增
	对讲机 4 个	新增
	应急物资	灭火器材 1 套
监测设备	便携式 X 辐射剂量仪 1 台	新增
规章制度	见表 12-1	

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考核。

3、每年对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，评估结果报送省生态环境厅和当地生态环境部门，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。

4、经常检查野外探伤辅助防护措施，例如，工作状态指示灯、声音提示装置等若出现松动、无响应或损坏，应及时修复或更换。

5.每次野外探伤作业活动建立完整的档案，做到一事一档，档案材料应包括以下4点：

(1)作业活动开始前的报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

(2)环保部门现场检查记录及整改要求落实情况；

(3)作业活动期间的相关记录和日志：包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及账务复核记录，每次作业的时间、地点、操作人员，每次作业清场、两区划分记录(采取影像资料和文字形式)，对工作场所和周围环境监测记录；

(4)作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其他有关情况。