

核技术利用建设项目

新建 X 射线野外探伤项目

环境影响报告表

(公示本)

四川省科源工程技术测试中心

二〇二二年六月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新建 X 射线野外探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称：四川省科源工程技术测试中心

建设单位法人代表（签名或签章）：***

通讯地址：成都市青羊区敬业路 229 号 5 栋 1 单元

邮政编码：610000

联系人：***

电子邮箱：***@qq.com

联系电话：***

目 录

表 1	项目概况	1
表 2	放射源	7
表 3	非密封放射性物质	8
表 4	射线装置	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6	评价依据	11
表 7	保护目标与评价标准	13
表 8	环境质量和辐射现状	15
表 10	辐射安全与防护	19
表 11	环境影响分析	29
表 12	辐射安全管理	41
表 13	结论与建议	49

表 1 项目概况

建设项目名称		新建 X 射线野外探伤项目			
建设单位		四川省科源工程技术测试中心			
法人代表		***	联系人	***	联系电话 ***
注册地址		成都市青羊区敬业路 229 号 5 栋 1 单元			
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温江区四川省煤田地质局页岩气创新中心科研大楼4层设备储存间内。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		***	项目环保投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资） ***
项目性质		<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、建设单位简介及项目由来</p> <p>四川省科源工程技术测试中心（统一社会信用代码：91510000742277922N，下文简称：“中心”）成立于 2002 年，是四川省煤田地质局地勘院下属国有企业，注册资金 1000 万元。主要从事石油天然气、煤炭、煤层气（瓦斯）、环境、土壤、农产品、肥料、地质矿产、工程、矿用安全品、职业卫生等多个类别的检验检测、评价和科研工作，取得相应领域的 9 项资质和国家实验室认可，通过资质认证参数近 3000 项。</p>					

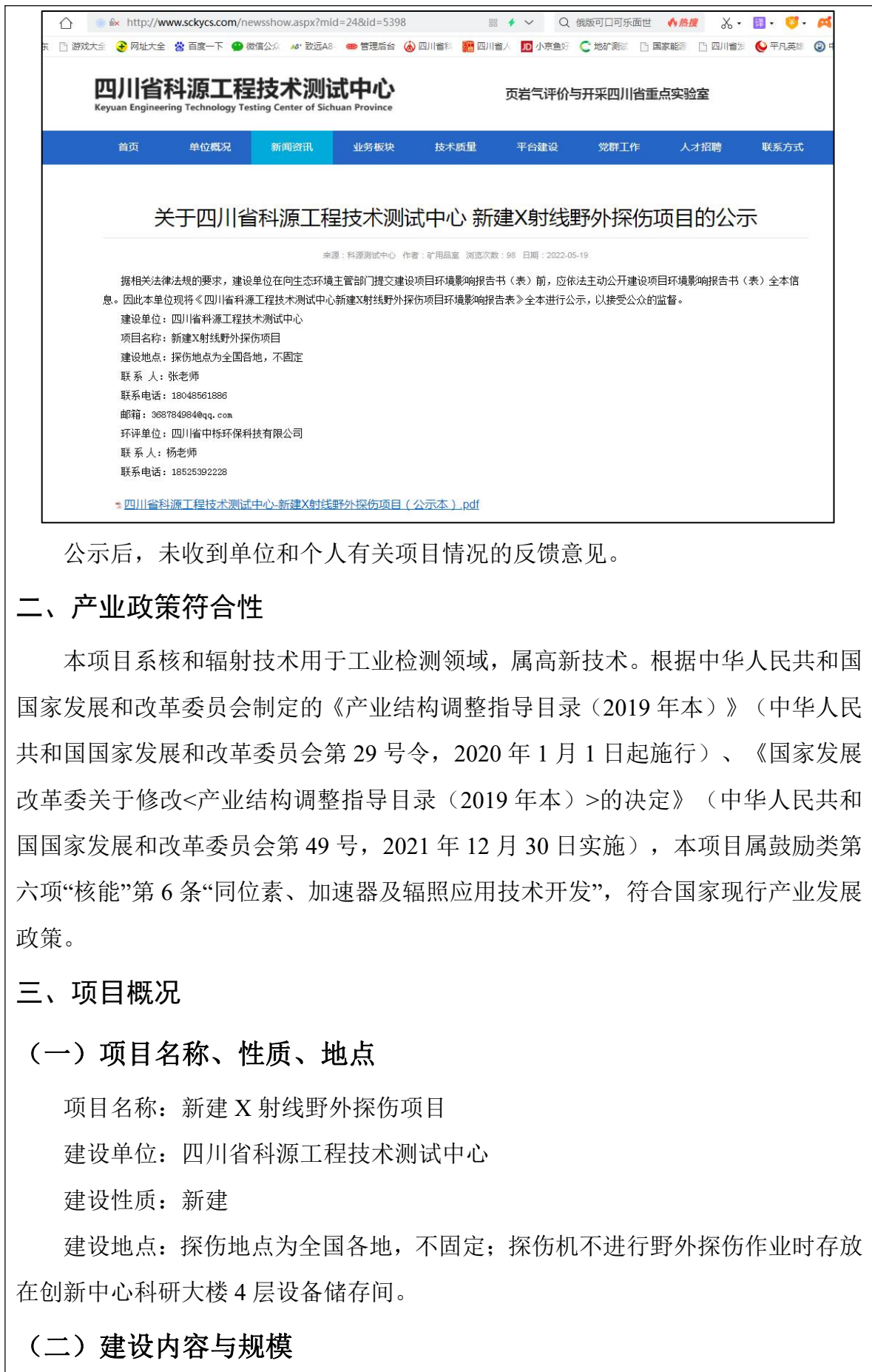
中心位于成都青羊工业园总部基地内，现有实验用房近 5000 平米，正在建设的四川省煤田地质局页岩气创新中心（简称“创新中心”）位于成都市温江区天乡路，面积约 15000 平米。

目前，随着机械制造业对X射线无损检测需求的日益增长，加之业务发展和客户需求的提升，在油气田建设工程区施工现场进行设备安装及后续维护过程中，会出现设备管件需要进行现场拆卸焊接的情况，为对管件、容器焊缝进行检测，中心拟新增业务范畴，**开展X射线野外探伤作业**，中心拟新购1台RX3505G型定向探伤机、1台RX3005GP型周向探伤机、6台RX2505G型定向探伤机（均属于II类射线装置）用于野外探伤作业使用，探伤对象主要为油气田建设施工现场配套管件、容器的焊缝等，探伤对象的材质主要为钢材，直径范围为 $\phi 30\text{mm}\sim\phi 1219\text{mm}$ ，厚度为20mm-60mm，8台X射线探伤机仅进行野外探伤作业使用，不涉及室内及室外探伤，未进行野外探伤作业时拟存放在创新中心科研大楼4层设备储存间内。

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，四川省科源工程技术测试中心委托四川省中栎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，建设单位在中心官方网站上对该项目进行了全文公示。公示网址为：<http://www.sckycs.com/newsshow.aspx?mid=24&id=5398>，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制定的《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第29号令，2020年1月1日起施行）、《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），本项目属鼓励类第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，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 射线野外探伤项目

建设单位：四川省科源工程技术测试中心

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行野外探伤作业时存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间。

（二）建设内容与规模

中心拟使用1台RX3505G型（最大管电压为350kV、最大管电流为5mA）定向探伤机、1台RX3005GP型（最大管电压为300kV、最大管电流为5mA）周向探伤机、6台RX2505G型（最大管电压为250kV、最大管电流为5mA）定向探伤机进行野外探伤作业，本项目拟设置2个工作小组，每个小组年工作时间约120h。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台及以上探伤机同时探伤的情况，8台X射线探伤机仅进行野外探伤作业使用，不涉及室内及室外探伤，未进行野外探伤作业时拟存放在创新中心科研大楼4层设备储存间内。探伤对象主要为油气田建设施工现场配套管件、容器的焊缝等。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	运营期
主体工程	探伤机情况	使用1台RX3505G型（最大管电压为350kV、最大管电流为5mA）定向探伤机、1台RX3005GP型（最大管电压为300kV、最大管电流为5mA）周向探伤机、6台RX2505G型（最大管电压为250kV、最大管电流为5mA）定向探伤机进行野外探伤作业，平时未进行野外探伤作业时，8台X射线探伤机存放在创新中心科研大楼4层设备储存间内。	/	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个工作小组合计曝光时间约240h/a		
环保工程	创新中心科研大楼新建的危废暂存间、已建的污水收集处理设施等			/
辅助工程	创新中心科研大楼4层新建的暗室、评片室			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	10000张/a	外购	卤化银
	显影液	75kg/a	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
	定影液	50kg/a	外购	硫代硫酸钠(Na ₂ S ₂ O ₃)、无水亚硫酸钠
能	煤(T)	—	—	—

源	电(度)	探伤用电	5000kWh	—	—
	气(Nm ³)	—	—	—	—
水量	地表水	自来水	288m 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	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	使用场所	辐射角度	最大穿透钢板厚度 (mm)	曝光时间 (min/次)	设备来源
RX3505G	1	350	5	定向	野外探伤	40+5°	60	1~5	拟购
RX3005GP	1	300	5	周向		360*25°	47	1~5	拟购
RX2505G	6	250	5	定向		40+5°	40	1~5	拟购

(五) 项目选址、外环境关系及实践正当性分析

1、外环境关系及选址合理性分析

本项目野外探伤地点为全国各地，探伤地点不固定，集中在油气田建设工程区范围内，探伤地点为各地区城区范围外及野外，不在城市周边、人口密集区等环境敏感点开展探伤工作。在评价范围内主要为工程区施工人员，并且经过采取相应的屏蔽措施和管理措施后，对周围环境的辐射影响是可以接受的。所以野外探伤选址和布局是合理的。

2、实践正当性分析

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用。本项目拟在油气田建设工程区施工现场，对设备安装、维护过程中的拆卸管件的焊缝进行无损检测，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，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）劳动定员及工作制度

本项目配备辐射工作人员共 10 人，2 名管理人员管理中心的辐射操作人员，8 名操作人员，均为新增辐射工作人员，一天工作时间 8 小时，年工作时间为 300 天。

表1-4 本项目辐射工作人员配置情况

场所	配备人员人数		备注
野外	2 名管理人员	8 名操作人员	均为新增辐射工作人员

进行野外探伤作业时，由4名人员组成一个探伤作业小组，每个小组2名人员负责操作，2名人员负责警戒及巡查；目前中心拟设置2个野外探伤作业小组。本项目辐射工作人员均为新增辐射工作人员，四川省科源工程技术测试中心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编制。

中心的辐射工作人员需通过辐射安全与防护培训班学习，并取得培训合格证书。中心应该严格执行辐射工作人员培训制度，培训合格证书到期后，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。

四、原有核技术利用情况

本项目为新建，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

本项目探伤机存放在创新中心科研大楼4层设备储存间内，若探伤区域离成都市较近，则由建设单位利用创新中心科研大楼4层新建的暗室自行洗片，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后交有危废处理资质的单位处理；洗片废水经创新中心新建的一体化污水处理设施采用“隔油+调节+生化处理+絮凝沉淀+终沉”工艺处理后，汇同经隔油池处理后的食堂废水、员工生活污水一并排入新建的污水处理池处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准限值要求后，通过市政污水管网进入温江城市污水处理厂处理；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。

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	RX350G	350	5	无损检测	野外	本次拟购
2	X 射线探伤机	II类	1	RX300GP	300	5	无损检测	野外	本次拟购
3	X 射线探伤机	II类	6	RX250G	250	5	无损检测	野外	本次拟购

(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	—	—	—	500 张/a	—	暂存	交由有资质的单位回收处理
废显影液	液态	—	—	—	75kg/a	—	暂存	
废定影液	液态	—	—	—	50kg/a	—	暂存	
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/m³，年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年10月1日实施）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（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》(GB21848-2008);</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014);</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015);</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) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版);</p> <p>(4) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环办发[2016]1400号)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

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，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，确定本项目野外探伤评价范围为以 X 射线探伤机作业点为中心的 150m 范围区域。

保护目标

本项目野外探伤地点不固定，野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	10	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）一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及 2013 年修改单以及关于进一步推进危险废物环境管理信息化有关工作的通知（环办固体函〔2022〕230 号）。

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

本项目为工业 X 射线探伤机野外探伤项目，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

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目无野外探伤作业时，探伤机存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间内，本项目野外探伤作业不存在施工期。

二、运营期

(一) 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 9-1。

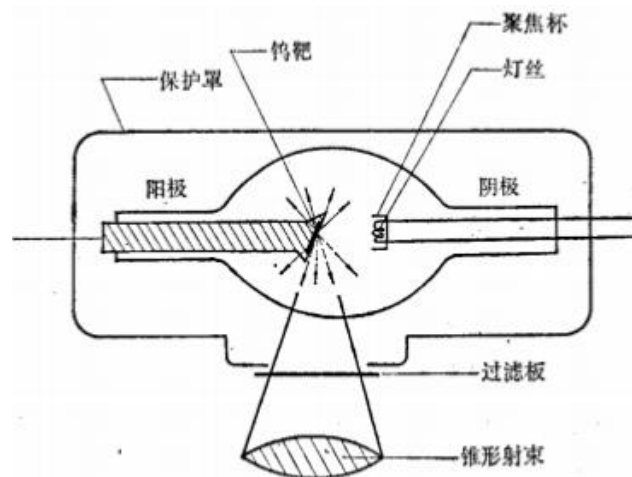


图9-1 X射线探伤机工作原理示意图

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。

(二) 项目流程及产污染环节

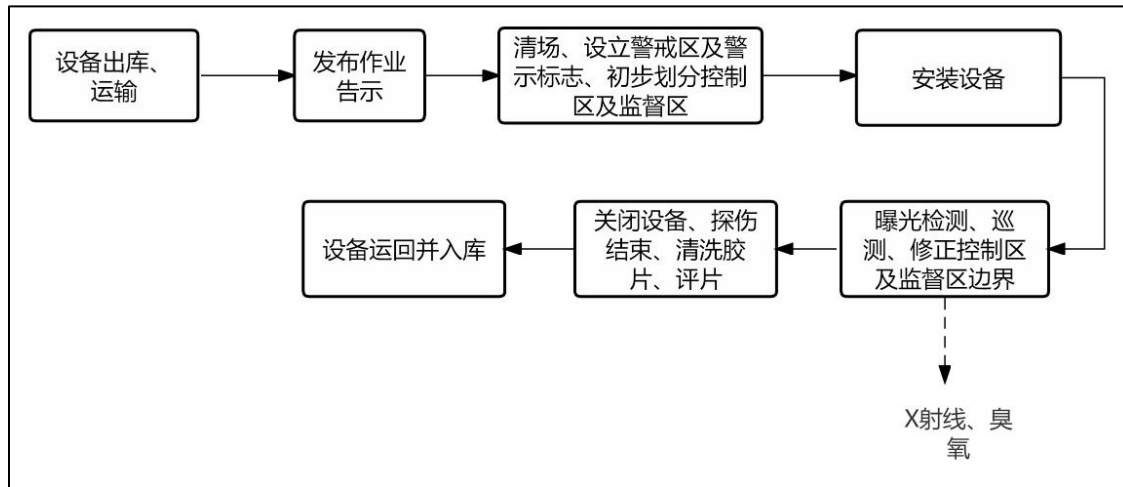


图9-2 X射线探伤机野外探伤工艺流程及产污环节示意图

(1) 设备出库。根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，打开库房，在出入库台账上登记，经过库房管理员确认后，领取设备。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 设备操作人员检查设备，确认无误后，携设备登塔，采用固定夹将设备固定在需要探伤工件的区域，探伤机主射方向竖直向上或平行地面。

(5) 曝光检测。开机进行曝光，项目现场作业时，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警报仪，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试曝光，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。

(6) 探伤结束，关闭机器，清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

(7) 胶片清洗、评片等工作的开展。

(8) 设备运输回并入库，专用车辆运输设备至仓库，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

(三) 工况分析

本项目使用 1 台 RX3505G 型（最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA）定向探伤机、1 台 RX3005GP 型（最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机、6 台 RX2505G 型（最大管电压为 250kV、最大管电流为 5mA）定向探伤机进行野外探伤作业，每个工作小组年野外探伤累计曝光时间最多 120h，2 个工作小组年野外探伤累计曝光时间最多为 240h。

污染源项描述

一、电离辐射

X射线探伤机开机工作时产生X射线，不开机状态不产生辐射。

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 $2.5\text{m}^3/\text{a}$ ，工作人员生活污水产生量约 $0.24\text{m}^3/\text{d}$ 。

四、固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 $5\text{kg}/\text{d}$ 。

五、危险废物

本项目拍片完成后，在洗片过程中将产生废显影液、废定影液约 $125\text{kg}/\text{a}$ ，在评片过程中将产生废弃胶片约 500 张/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，在危废储存桶外需贴上标识。建设单位已与有相应处理资质的单位签订回收合同（附件 4），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

无野外探伤作业时，8 台 X 射线探伤机存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间内，设备储存间内设置有视频监控系统，钥匙由专门的辐射工作人员进行保管。

本项目野外探伤平面布置主要根据施工工地外环境进行布置，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场地布局相冲突，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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。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)》（原四川省环境保护厅，川环办发[2016]149 号）：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《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全与防护要求》的规定，将现场工作区域划定为控制区和监督区。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如表 10-1，两区划分示意图见图

10-1~图 10-4。

表10-1 野外探伤“两区”划分与管理

野外探伤	控制区	监督区
“两区”划分范围	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。
RX3505G 型定向探伤机	主射方向50m，有5mm铅屏风防护 非主射方向32m，有3mm铅屏风防护	主射方向121m，有5mm铅屏风防护 非主射方向79m，有3mm铅屏风防护
RX3005GP 型周向探伤机	主射方向43m，有5mm铅屏风防护 非主射方向21m，有2mm铅屏风防护	主射方向105m，有5mm铅屏风防护 非主射方向51m，有2mm铅屏风防护
RX2505G 型定向探伤机	主射方向11m，有5mm铅屏风防护 非主射方向15m，有2mm铅屏风防护	主射方向27m，有5mm铅屏风防护 非主射方向37m，有2mm铅屏风防护
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。

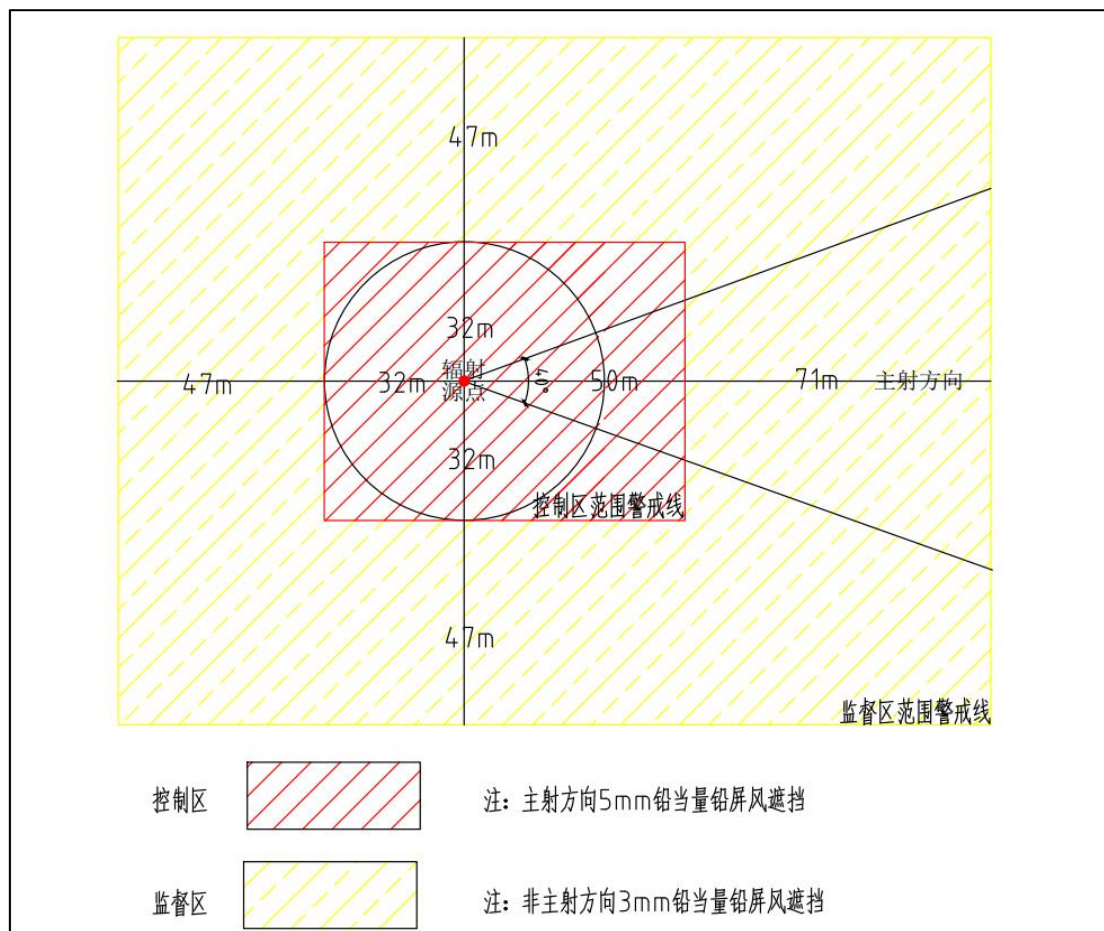


图10-1 野外探伤两区划分示意图 (RX3505G型探伤机)

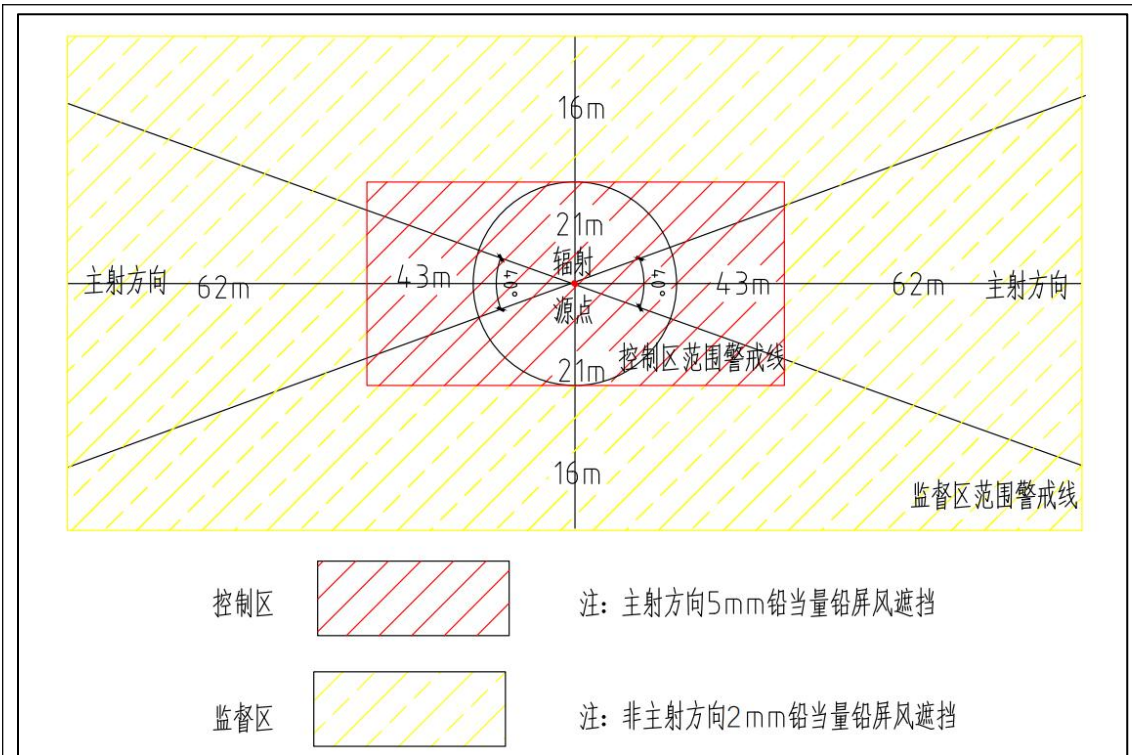


图10-2 野外探伤两区划分示意图（RX3005GP型周向探伤机，工件平行于地面）

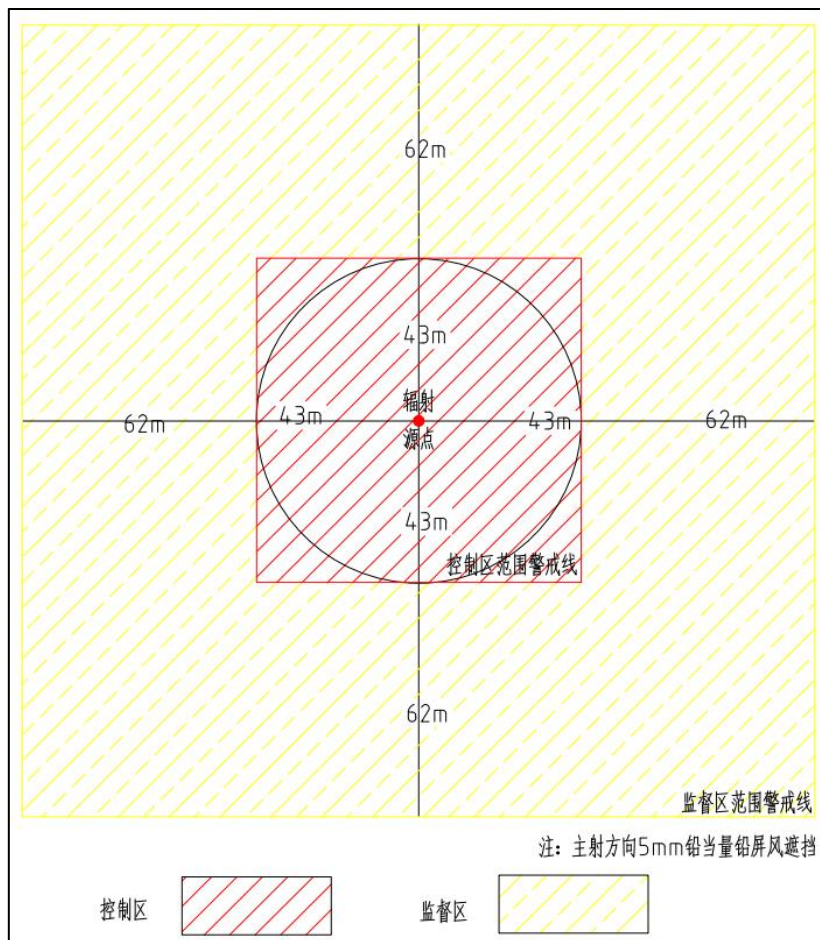


图10-3 野外探伤两区划分示意图（RX3005GP型周向探伤机，工件垂直于地面）

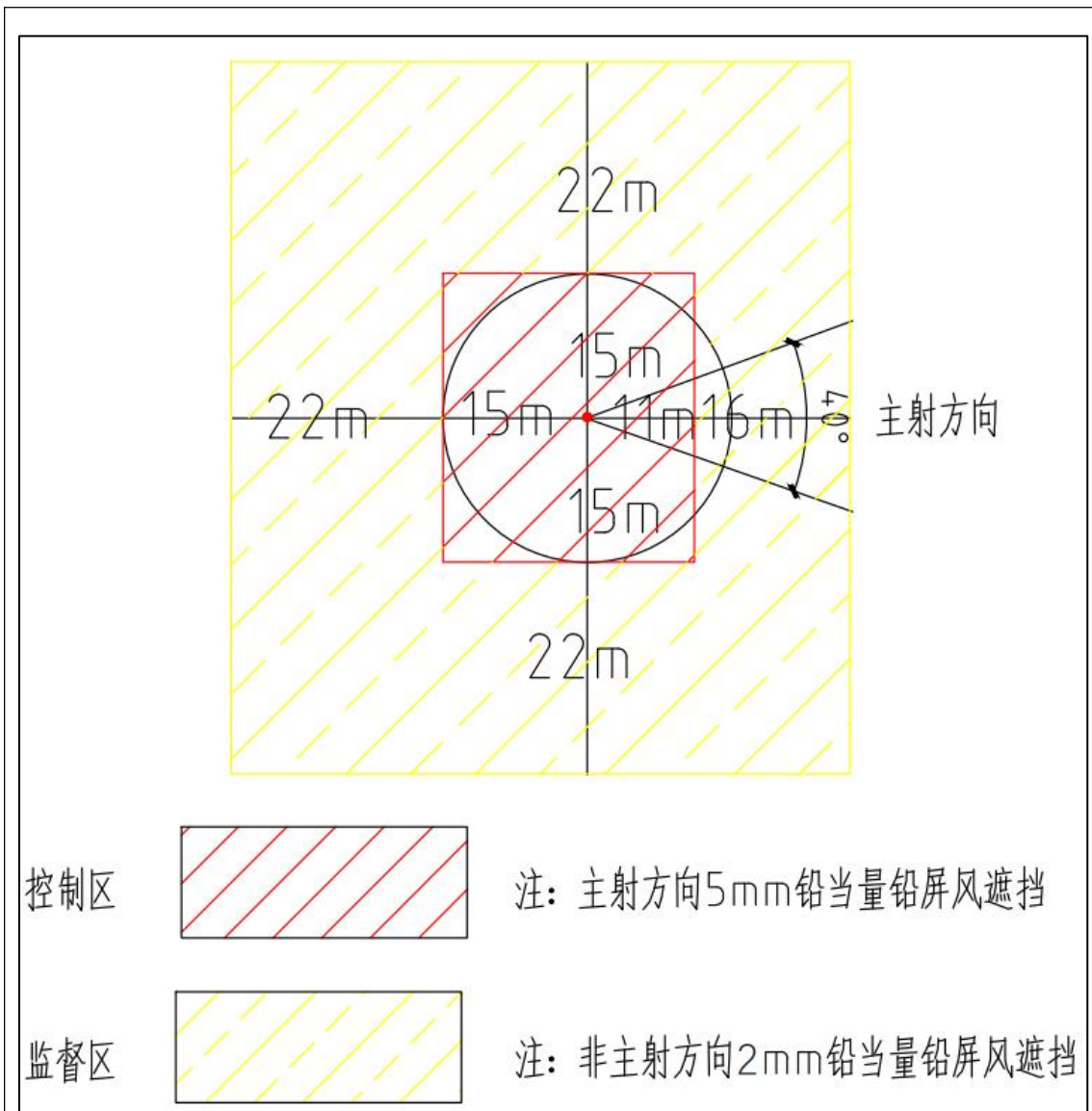


图10-4 野外探伤两区划分示意图（RX2505G型探伤机）

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

无野外探伤作业时，本项目 X 射线探伤机存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间内。设备储存间内设置有视频监控系统，钥匙由专门的辐射工作人员进行保管。

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

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。

（3）野外探伤安全防护措施

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)》（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》，进行野外探伤时主要采取以下措施进行辐射安全防护：

①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：

a.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。

b.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。

c.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，应在探伤操作前测一次，操作期间测一次。

d.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。

e.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。警戒人员主要负责控制区和监督区的划定与控制，场所限制区域的人员管理，场所辐射剂量水平监测以及警戒等安全相关工作。

f.实施异地野外探伤作业备案制度，跨省、市（州）异地开展工业 X 射线野外（室外）探伤时，项目单位应当于放射性同位素与射线装置转移前 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）环境保护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。放射源与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、辐射应急方案（包括项目所在地环保部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。

g.在活动结束后 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；生态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。

②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，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m²，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。

③内部管理机构和规章制度

本野外探伤作业辐射环境安全内部管理机构和规章制度，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。

④探伤分组及个人防护

建设单位的在探伤作业前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。至少保证每个野外探伤作业组开展作业时有 1 台便携式 X 辐射剂量监测仪、若干警示标志、警戒绳。同时，还要为每名操作人员配备一台个人剂量计，个人剂量计应编号并定人佩戴，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。

⑤探伤机从存放库房出库进行野外作业、野外探伤完毕送回仓库时都需进行登记，严格做好记录管理工作，探伤机出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库开展探伤作业，探伤机在野外探伤完毕后，探伤机需及时送回创新中心科研大楼 4 层设备储存间内进行保管。

⑥探伤时辐射防护工作

探伤准备：探伤机架设安装完毕后，再一次对探伤区和防护区进行清场；除探伤机操作人员外，其余工作人员与安全检查员一道分别在监督区边界指定位置放置警示牌，严禁无关人员进入该区域。

探伤操作：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。

在野外探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。

四、辐射安全防护设施对照分析

根据《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）、《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（生态环境部，2020 年 2 月），《关于 X 射线探伤装置的辐射安全要求》（川环发[2007]42 号）和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》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
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，中心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

新建	环保设施	数量	投资金额（万元）
X 射	便携式 X 射线辐射剂量仪	2 台	***

线野外探伤项目	个人剂量计	10 套	***
	个人剂量报警仪	8 套	***
	废显、定影液及废胶片处理费用	---	***
	铅屏风	8 块	***
	铅防护服	4 套	***
	每个探伤现场要求：现场警示标志若干、现场告示牌 1 个、安全警示线若干，大功率喊话器 1 个，对讲机 2 个、声光报警装置 1 套	---	***
	辐射安全培训费用	---	***
合计			***

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

三废的治理

一、 废气

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。

二、 固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 5.0kg/d，依托工程作业区域环保设施进行处理。

三、 废水

本项目工作人员产生的生活污水为 0.24m³/d，清洗胶片产生的废水为 2.5m³/a，依托已有废水处理设施进行处理，对周围环境产生的影响小。

四、 危险废物

本项目产生的废显影液约 75kg/a、定影液约 50kg/a，废胶片约 500 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。中心已与有处理资质的单位签订回收处理协议，在探伤过程中产生的所有危险废物收集后暂存于创新中心科研大楼 4 层设置的危废暂存间内，定期交由有资

质的单位处理，不外排（见附件4）。

表 11 环境影响分析

施工期环境影响分析

本项目无野外探伤作业时，探伤机存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间内。本项目野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

本项目使用 1 台 RX3505G 型定向探伤机、1 台 RX3005GP 型周向探伤机、6 台 RX2505G 型定向探伤机进行野外探伤作业，每台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多 60h，8 台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多为 480h。

1、野外探伤控制区和监督区的理论划分

在实际探伤过程中，定向探伤机的主束射向所检查的工件。射线能量根据被检工件的厚度进行调节，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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），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。野外探伤在进行作业时，首先将需要探伤的管件拆卸后在地面进行焊接，然后在工程区域内选择空旷的区域进行探伤，本项目拟设置 4 块移动式铅屏风进行主射线、漏射线和散射线的遮挡，主射方向采用 1 块 5mm 铅当量，非主射方向 RX3505G 型定向探伤机采用 3 块 3mm 铅当量的移动式铅屏风对 X 射线进行防护；其余探伤机非主射方向采用 3 块 2mm 铅当量的移动式铅屏风对 X 射线进行防护。

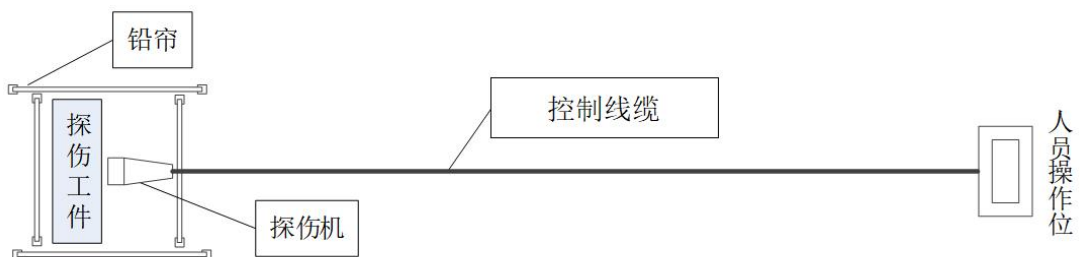


图 11-1 野外探伤现场布置示意图

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：

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

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

公式中：

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

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

I —管电流，mA，本项目 8 台野外探伤机的管电流最大均为 5mA；

δ_X —发射率常数， $mGy \cdot m^2 mA^{-1} min^{-1}$ ，根据厂家提供资料，本项目 RX3505G 型定向探伤机为 24.9，RX3005GP 型周向探伤机为 18.9，RX2005G 型定探伤机为 13.9；

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，探伤管件厚度在 20mm~60mm，根据《辐射防护手册》（第三分册，P63 页可查取对应的等效铅当量）；

根据上述，计算结果见下表：

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

距射线靶 的距离(m)	RX3505G 型定向探伤 机		RX3005GP 型周向探伤 机		RX2505G 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)	无铅屏风 遮挡	有铅屏风 遮挡 (5mm)
5	10883.89	1444.08	8261.27	1096.11	3689.98	69.64
10	2720.97	361.02	2065.32	274.03	922.49	17.41
11	2248.74	298.36	1706.87	226.47	762.39	14.39（控 制区）
20	680.24	90.25	516.33	68.51	230.62	4.35
27	373.25	49.52	283.31	37.59	126.54	2.39（监 督区）
30	302.33	40.11	229.48	30.45	102.50	1.93
40	170.06	22.56	129.08	17.13	57.66	1.09
43	147.16	19.53	111.70	14.82（控 制区）	49.89	0.94
50	108.84	14.44（控	82.61	10.96	36.90	0.70

		制区)				
60	75.58	10.03	57.37	7.61	25.62	0.48
70	55.53	7.37	42.15	5.59	18.83	0.36
79	43.60	5.78	33.09	4.39	14.78 (控制区)	0.28
80	42.52	5.64	32.27	4.28	14.41	0.27
86	36.79	4.88	27.92	3.71	12.47	0.24
90	33.59	4.46	25.50	3.38	11.39	0.21
100	27.21	3.61	20.65	2.74	9.22	0.17
105	24.68	3.27	18.73	2.49 (监督区)	8.37	0.16
118	19.54	2.59	14.83 (控制区)	1.97	6.63	0.13
121	18.58	2.47 (监督区)	14.11	1.87	6.30	0.12
135	14.93 (控制区)	1.98	11.33	1.50	5.06	0.10
150	12.09	1.60	9.18	1.22	4.10	0.08
192	7.38	0.98	5.60	0.74	2.50 (监督区)	0.05
200	6.80	0.90	5.16	0.69	2.31	0.04
288	3.28	0.44	2.49 (监督区)	0.33	1.11	0.02
300	3.02	0.40	2.29	0.30	1.02	0.02
330	2.50 (监督区)	0.33	1.90	0.25	0.85	0.02
400	1.70	0.23	1.29	0.17	0.58	0.01

(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

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (式 3)$$

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。

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

式中:

B—屏蔽透射因子;

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

R_s —散射体至关注点的距离, m;

R_0 —靶点至探伤工件的距离, 均取0.5m;

I—额定管电流, 本项目 8 台野外探伤机的管电流最大均为 5mA;

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 根据厂家提供的资料, 根据厂家提供资料, 本项目 RX3505G 型定向探伤机为 $24.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$, 即 $1.494 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$; RX3005GP 型周向探伤机为 $18.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$, 即 $1.134 \times 10^6 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$; RX2005G 型定探伤机为 $13.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$, 即 $8.34 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$;

F— R_0 处的辐射野面积;

α —散射因子, 可保守取值为 $\alpha_w \cdot 10000/400$, α_w 保守取 1.9×10^{-3} , 见 GBZ/T250-2014附录B中表B.3, $R_0^2/(F \cdot \alpha)$ —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, 取值为 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<kV≤300	200
300<kV≤400	250

根据 (2)、(3) 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) (μSv/h)

距射线 靶的距 离 (m)	RX3505G 型定向探伤机			RX3005GP 型周向探伤机			RX2505G 型定向探伤机		
	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计
5	200.00	5976.0	6176.0	200.00	4536.0	4736.0	200.00	3336.0	3536.0
10	50.00	1494.0	1544.0	50.00	1134.0	1184.0	50.00	834.00	884.00
15	22.22	664.00	686.22	22.22	504.00	526.22	22.22	370.67	392.89
20	12.50	373.50	386.00	12.50	283.50	296.00	12.50	208.50	221.00
30	5.56	166.00	171.56	5.56	126.00	131.56	5.56	92.67	98.22
40	3.13	93.38	96.50	3.13	70.88	74.00	3.13	52.13	55.25
50	2.00	59.76	61.76	2.00	45.36	47.36	2.00	33.36	35.36
60	1.39	41.50	42.89	1.39	31.50	32.89	1.39	23.17	24.56
70	1.02	30.49	31.51	1.02	23.14	24.16	1.02	17.02	18.04
77	0.84	25.20	26.04	0.84	19.13	19.97	0.84	14.07	14.91 (控制区)
80	0.78	23.34	24.13	0.78	17.72	18.50	0.78	13.03	13.81
89	0.63	18.86	19.49	0.63	14.32	14.95 (控制区)	0.63	10.53	11.16
90	0.62	18.44	19.06	0.62	14.00	14.62	0.62	10.30	10.91
100	0.50	14.94	15.44	0.50	11.34	11.84	0.50	8.34	8.84
102	0.48	14.36	14.84 (控制区)	0.48	10.90	11.38	0.48	8.02	8.50
150	0.22	6.64	6.86	0.22	5.04	5.26	0.22	3.71	3.93
189	0.14	4.18	4.32	0.14	3.17	3.31	0.14	2.33	2.47 (监督区)
200	0.13	3.74	3.86	0.13	2.84	2.96 (监督区)	0.13	2.09	2.21
204	0.12	3.59	3.71	0.12	2.72	2.85	0.12	2.00	2.12
218	0.11	3.14	3.25	0.11	2.39	2.49	0.11	1.75	1.86
250	0.08	2.39	2.47 (监督区)	0.08	1.81	1.89	0.08	1.33	1.41

300	0.06	1.66	1.72	0.06	1.26	1.32	0.06	0.93	0.98
表11-5 不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（有铅屏风）（ $\mu\text{Sv/h}$ ）									
距射线 靶的距 离(m)	RX3505G 型定向探伤机 （有 3mm 铅屏风）			RX3005GP 型周向探伤机 （有 2mm 铅屏风）			RX2505G 型定向探伤机 （有 2mm 铅屏风）		
	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计	漏射	散射	合计
5	59.53	551.99	611.51	89.16	169.08	258.24	7.46	124.35	131.81
10	14.88	138.00	152.88	22.29	42.27	64.56	1.86	31.09	32.95
15	6.61	61.33	67.95	9.91	18.79	28.69	0.83	13.82	14.65 （控 制区）
20	3.72	34.50	38.22	5.57	10.57	16.14	0.47	7.77	8.24
21	3.37	31.29	34.67	5.05	9.59	14.64 （控 制区）	0.42	7.05	7.47
30	1.65	15.33	16.99	2.48	4.70	7.17	0.21	3.45	3.66
32	1.45	13.48	14.93 （控 制区）	2.18	4.13	6.30	0.18	3.04	3.22
37	1.09	10.08	11.17	1.63	3.09	4.72	0.14	2.27	2.41 （监 督区）
40	0.93	8.62	9.55	1.39	2.64	4.04	0.12	1.94	2.06
50	0.60	5.52	6.12	0.89	1.69	2.58	0.07	1.24	1.32
51	0.57	5.31	5.88	0.86	1.63	2.48 （监 督区）	0.07	1.20	1.27
60	0.41	3.83	4.25	0.62	1.17	1.79	0.05	0.86	0.92
70	0.30	2.82	3.12	0.45	0.86	1.32	0.04	0.63	0.67
79	0.24	2.21	2.45 （监 督区）	0.36	0.68	1.03	0.03	0.50	0.53
80	0.23	2.16	2.39	0.35	0.66	1.01	0.03	0.49	0.51
90	0.18	1.70	1.89	0.28	0.52	0.80	0.02	0.38	0.41
100	0.15	1.38	1.53	0.22	0.42	0.65	0.02	0.31	0.33
150	0.07	0.61	0.68	0.10	0.19	0.29	0.008	0.14	0.15
200	0.04	0.34	0.38	0.06	0.11	0.16	0.005	0.08	0.08
250	0.02	0.22	0.24	0.04	0.07	0.10	0.003	0.05	0.05
300	0.02	0.15	0.17	0.02	0.05	0.07	0.002	0.03	0.04

（4）理论计算结果

中心野外探伤是根据探伤对象材料及厚度选用相应的探伤机，且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）～

(4)，可估算出不同管电压条件下探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围，具体见表 11-6。

表11-6 本项目野外探伤控制区与监督区边界范围估算结果表 (m)

探伤机型号	射线类型	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
RX3505G	主射方向 (5mm 铅当量铅屏风屏蔽)	50	121
	非主射方向 (3mm 铅当量铅屏风屏蔽)	32	79
RX3005GP	主射方向 (5mm 铅当量铅屏风屏蔽)	43	105
	非主射方向 (2mm 铅当量铅屏风屏蔽)	21	51
RX2505G	主射方向 (5mm 铅当量铅屏风屏蔽)	11	27
	非主射方向 (2mm 铅当量铅屏风屏蔽)	15	37

为方便管理，控制区、监督区一般呈矩形划定。

本项目使用三种型号的探伤机，根据不同的任务需求，探伤作业时会使用到不同的设备，因此，本项目控制区、监督区的划分根据不同设备分别进行划定探伤作业实施时，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进行控制区及监督区的划定。

3、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，本项目按每一组工作人员每年探伤工作时间 120h，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 1.8mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值 5mSv/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 0.0025mSv/h，本项目按照探伤机每年工作 120h 保守计算，公众居留因子取 1/16，得出监督区边界公众受照射的年附加有效剂量为 1.88×10^{-2} mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

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

中心每年野外探伤作业预计产生废显影液、定影液共 125kg/a，废胶片 500 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，中心产生的废显影液、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创新中心科研大楼 4 层设置的危废暂存间内，并与有处理资质的单位签订回收处理协议，定期交由有资质的单位处理，不外排（见附件 4）。

射线装置报废处理：按照中华人民共和国国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 33 条要求“报废的射线装置应去功能化处理”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、评片依托创新中心科研大楼4层暗室、评片室进行，清洗胶片时产生洗片废水约2.5m³/a，工作人员生活污水产生量为0.24m³/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5kg/d，依托探伤工程区域环保设施进行处理。

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，按照中华人民共和国国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因

子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-7 中。

表11-7 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 11-8）：

表11-8 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，造成公众滞留在辐射工作场所，进行开机作业时，造成公众被误照射。

②在现场探伤作业时，铅屏风未架设稳定而滑落或者出现偏移，辐射工作人员误入或滞留于主射方向的控制区内，周围公众意外进入主射方向的监督区内。

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于主射方向的控制区内，周围公众意外进入主射方向的监督区内（有铅屏风）。

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，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：

$$D = I\delta_x / r^2 \quad \dots\dots\dots \text{（式 8）}$$

式中：

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

I ：管电流， mA ；本项目取 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：

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \quad \dots\dots\dots \text{（式 9）}$$

式中：

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

W_T ：组织权重因数，全身为 1；

W_R ：辐射权因数，X 射线为 1。

野外探伤时，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过切断探伤机电源，按最不利情况曝光 3min 来计算，辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-9、11-10。

表11-9 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	2min	3min
RX3505G	1	控制区	62.25	124.50	249.00	373.50
	5		2.49	4.98	9.96	14.94
	10		6.23E-01	1.25	2.49	3.74
	30		6.92E-02	1.38E-01	2.77E-01	4.15E-01
	50	监督区	2.49E-02	4.98E-02	9.96E-02	1.49E-01
	70		1.27E-02	2.54E-02	5.08E-02	7.62E-02
	90		7.69E-03	1.54E-02	3.07E-02	4.61E-02
	110		5.14E-03	1.03E-02	2.06E-02	3.09E-02
	121		4.25E-03	8.50E-03	1.70E-02	2.55E-02
RX3005GP	1	控制区	47.25	94.50	189.00	283.50
	5		1.89	3.78	7.56	11.34
	10		4.73E-01	9.45E-01	1.89	2.84
	30		5.25E-02	1.05E-01	2.10E-01	3.15E-01
	43	监督区	2.56E-02	5.11E-02	1.02E-01	1.53E-01
	50		1.89E-02	3.78E-02	7.56E-02	1.13E-01
	70		9.64E-03	1.93E-02	3.86E-02	5.79E-02
	90		5.83E-03	1.17E-02	2.33E-02	3.50E-02
	100		4.73E-03	9.45E-03	1.89E-02	2.84E-02
	105		4.29E-03	8.57E-03	1.71E-02	2.57E-02
RX2505G	1	控制区	7.69E-01	1.54	3.07	4.61
	2		1.92E-01	3.84E-01	7.69E-01	1.15
	5		3.07E-02	6.15E-02	1.23E-01	1.84E-01
	10		7.69E-03	1.54E-02	3.07E-02	4.61E-02
	11	监督区	6.35E-03	1.27E-02	2.54E-02	3.81E-02
	15		3.42E-03	6.83E-03	1.37E-02	2.05E-02
	20		1.92E-03	3.84E-03	7.69E-03	1.15E-02
	25		1.23E-03	2.46E-03	4.92E-03	7.38E-03
27	1.05E-03	2.11E-03	4.22E-03	6.33E-03		

根据表 11-9,本项目野外探伤在主射方向上最大可能受照剂量为 373.50mSv/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, 亦超过公众 1mSv/a 的剂量限值, 结合表 11-7、11-8 可知, 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、要求定期对中心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和检查，完善各项管理制度，并严格执行。

2、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。

3、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/>）

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

5、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3），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，加强中心辐射安全管理工作，强化责任意识、安全意识，建设单位于 2022 年 4 月成立辐射安全与防护工作小组（附件 3），明确辐射安全与环境管理领导小组的人员及职责，机构设置如下：

组 长：戚明辉

副组长：肖光莉、张烨毓

组 员：张祥龙、李少航、李宗立、马丽、夏珊、潘志鑫、曾文华

工作小组职责：

- （1）全面负责辐射防护工作，认真贯彻执行国家辐射卫生法律法规和标准；
- （2）制定并实施辐射防护安全管理制度、安全操作规程；
- （3）制定并实施辐射安全质量控制制度、辐射安全质量保证方案；
- （4）制定并落实辐射事故预防措施与应急预案；
- （5）建立辐射工作管理档案；
- （6）组织工作人员接受辐射安全防护培训；
- （7）定期对工作人员进行职业健康检查；
- （8）定期委托有资质的卫生技术服务机构对辐射防护场所和个人剂量进行检测。

为进一步加强中心管理，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）负责中心辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- （3）检查中心的环保设施，对中心使用 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检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

本项目配备辐射工作人员 10 人，2 名管理人员负责管理中心的辐射操作人员，8 名操作人员负责探伤工作。一天工作时间 8 小时，年工作时间为 300 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) 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，定期送交有资质的检测单位进行测量，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”、《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〉的通知》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	本次需完善
1	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）	需制定
3	辐射工作设备操作规程	需制定
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
6	射线装置台账管理制度	需制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需制定
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
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
11	辐射事故应急预案	需制定
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

中心应认真组织学习《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：中心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；中心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。

（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，中心应组织调查，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，中心应组织调查，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。

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，设置了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

结合《辐射安全许可证》发放条件、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017 年修订，环保部第 31 号令），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-2。

表12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	环保部第 3 号令要求	项目实际情况	评价结果
----	-------------	--------	------

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	中心需设立专门的辐射安全与环境保护管理机构,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	按照要求设立后满足要求
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	中心需尽快组织辐射工作人员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	人员通过考核后,满足要求
3	射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	中心需配置电离辐射警告标志和工作状态指示灯等	配置后满足要求
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。	中心需配备便携式X-γ辐射监测仪、个人剂量报警仪、铅衣、铅帽和铅眼镜等等	配备后满足要求
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案	中心需按照要求制定各项规章制度	制定后满足要求
6	有完善的辐射事故应急措施	有完善的辐射事故应急措施	完善后满足要求
7	产生放射性废气、废液、固体废物的,还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案	/	/
8	使用射线装置开展诊断和治疗的单位,还应当配备质量控制检测设备,制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划,至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作	/	/

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：每次野外探伤作业时自行开展辐射监测，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：中心在取得《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。中心应当将个人剂量档案保存终身。

三、中心自我监测

中心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。中心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； 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

中心应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。中心应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。中心必须在“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。

中心应当根据以上要求, 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, 结合中心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 射线野外探伤项目

建设单位：四川省科源工程技术测试中心

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行野外探伤作业时存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间内。

建设内容：中心拟使用 1 台 RX3505G 型（最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA）定向探伤机、1 台 RX3005GP 型（最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机、6 台 RX2505G 型（最大管电压为 250kV、最大管电流为 5mA）定向探伤机进行野外探伤作业，每台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多 60h，8 台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多为 480h。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台及以上探伤机同时探伤或同一时间不同地点两台及以上探伤机同时探伤的情况，8 台 X 射线探伤机仅进行野外探伤作业使用，不涉及室内及室外探伤，未进行野外探伤作业时存放在创新中心科研大楼 4 层设备储存间内。

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制定的《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第 29 号令，2020 年 1 月 1 日起施行）、《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）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目野外探伤作业在集中在油气田建设工程区范围内，探伤地点为各地区城区范围外及野外，不在城市周边、人口密集区等环境敏感点开展探伤工作。在

评价范围内主要为工程区施工人员，并且经过采取相应的屏蔽措施和管理措施后，对周围环境的辐射影响是可以接受的。所以从辐射安全防护的角度分析，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、施工期环境影响分析

本项目野外探伤不存在施工期。

2、营运期环境影响分析

(1) 电离环境影响

本项目投运后，该探伤机在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为 1.8mSv，满足 5.0mSv/a 的剂量约束限值；所致公众最大年有效剂量值为 1.88×10^{-2} mSv，满足 0.1mSv/a 的剂量约束限值。

(2) 大气环境影响

臭氧产生量极少，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。

(3) 水环境影响

工作人员产生的生活污水为 $0.24\text{m}^3/\text{d}$ ，清洗胶片产生的废水为 $2.5\text{m}^3/\text{a}$ ，依托已有废水处理设施进行处理，对周围环境产生的影响小。

(4) 固体废物

工作人员产生的生活垃圾依托工程区域环保设施统一清运。本项目预计产生废显影液、定影液共 125kg/a，废胶片 500 张/a，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创新中心科研大楼 4 层设置的危废暂存间内，并与有处理资质的单位签订回收处理协议，定期交由有资质的单位处理，不外排。

六、环保设施与保护目标

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

七、事故风险与防范

建设单位按照要求制订或修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。

八、辐射安全管理的综合能力

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

九、项目环保可行性结论

坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，从环境保护和辐射防护角度看，本项目建设是可行的。

十、项目环保竣工验收检查内容

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

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

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

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

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

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

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

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

（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>的通知》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 外探伤 项目	安全装置	钥匙控制 2 套	本次新增
		个人剂量计 10 套	本次新增
		个人剂量报警仪 8 个	本次新增
		铅屏风 8 个	本次新增
		铅防护服 4 套	本次新增
	警示标识	每个探伤现场要求：现场警示标志若干、现场告示牌 1 个、安全警示线若干，大功率喊话器 1 个，对讲机 2 个，声光报警装置 1 套	本次新增
	监测设备	便携式 X 辐射剂量仪 2 台	本次新增
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的学习与考核。中心应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

7、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。