

核技术利用建设项目

四川华航科技有限公司
新建 X 射线野外（室外）探伤项目

环境影响报告表

（公示本）

四川华航科技有限公司

2020 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

四川华航科技有限公司

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：四川华航科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省成都市郫都区德源镇（菁蓉镇）胜利南街127号二
层22号

邮政编码：611730

联系人：付贵

电子邮箱：lantsai@163.com

联系电话：13438988689

目 录

表 1：项目基本情况.....	2
表 2：放射源.....	10
表 3：非密封放射性物质.....	10
表 4：射线装置.....	11
表 6：评价依据.....	13
表 7：保护目标与评价标准.....	15
表 8：环境质量和辐射现状.....	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.....	40
表 12：辐射安全管理.....	57
表 13：结论与建议.....	67
表 14：审批.....	74

表 1：项目基本情况

建设项目名称	新建 X 射线野外（室外）探伤项目				
建设单位	四川华航科技有限公司				
法人代表	陈*	联系人	付*	联系电话	134*****8689
通讯地址	四川省成都市郫都区德源镇（菁蓉镇）胜利南街 127 号二层 22 号				
项目建设地点	探伤地点遍布全国各地变电站及架空高压输电线路现场，不固定，探伤机无探伤任务时存放于四川华航科技有限公司专门的存储仓库内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	180	项目环保投资 (万元)	20.5	投资比例 (环保投资/总投资)	11.4%
项目性质	☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积 (m ²)	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他				
项目概述					

一、概况

1.1 建设单位简介

四川华航科技有限公司成立于 2019 年 1 月 15 日（统一社会信用代码 91510124MA6AEYA85Y），主要从事检测技术开发、技术咨询、技术转让；电子设备、机械设备、计算机软硬件的研发、技术咨询、技术服务；研发、销售检测设备并提供技术开发、技术转让和技术咨询；检测服务，质检技术服务（不含进出口商品、民用核安全设备）、特种设备检验（以上范围不含国家法律、行政法规、国务院决定限制或禁止的项目，依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。公司目前未曾申请过《辐射安全许可证》。

1.2 项目由来

近年来电力行业对 X 射线无损检测的需求日益增长，为满足客户要求，四川华航科技有限公司准备开展 X 射线野外（室外）探伤这项业务，业主主要包括：（1）对国内 110kV 及以上电压等级的变电站 GIS 设备进行磨损检测，以便及时更换设备和零件；（2）对高压架空输电线路接续金具进行探测，及时发现接续金具内部缺陷，有效避免因压接质量不合格导致的断线、掉线等事故。本项目拟新增使用 2 台 X 射线探伤机，分别为：1 台型号为 XRS-3 型便携式 X 射线定向探伤机（额定管电压 270kV、额定管电流 3mA，对高压架空输电线路接续金具进行探测），1 台型号为 XXG-3005 定向 X 射线探伤机（额定管电压 300kV、额定管电流 5mA，对变电站 GIS 设备进行磨

损检测），均属于Ⅱ类射线装置。

为了加强 X 射线探伤机在应用中的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设方须对六台Ⅱ类射线装置进行环境影响评价。

本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，根据环境保护部第 44 号令《建设项目环境影响评价分类管理目录》和中华人民共和国生态环境部第 1 号令《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》，本项目应编制环境影响报告表，同时需向四川省生态环境厅申请辐射安全许可证。为此，四川华航科技有限公司委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对该项目开展环境影响评价工作（见附件 1）。我院接受委托后，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《四川华航科技有限公司新建 X 射线野外（室外）探伤项目》。

二、项目概况

2.1 项目名称、性质、建设地点

项目名称：新建 X 射线野外（室外）探伤项目

建设单位：四川华航科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点遍布全国各地变电站及架空高压输电线路现场，不固定，探伤机无探伤任务时存放于四川华航科技有限公司专门的存储仓库内。

2.2 建设规模

四川华航科技有限公司拟使用 2 台 X 射线探伤机进行野外探伤，包括：1 台型号为 XXG-3005 定向 X 射线探伤机（额定管电压 300kV、额定管电流 5mA，对变电站 GIS 设备进行磨损检测）；1 台型号为 XRS-3 型便携式 X 射线定向探伤机（额定管电压 270kV、额定管电流 3mA，对高压架空输电线路接续金具进行探测），均属于 II 类射线装置。在实施探伤过程中，不存在两台及两台以上探伤机同时在同一地点探伤的情况，单台年野外探伤时间最多为 60h，2 台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多为 120 小时。本项目野外探伤设备的检修由设备厂家负责，公司只负责探伤机的使用。

本项目的建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容表（X 射线装置）

射线装置名称	使用的射线装置类别	使用的射线装置数量（台）	活动种类	投射类型	工作方式	备注
XXG-3005 型定向 X 射线探伤机	II类	1	使用	定向	野外探伤	新增
XRS-3 型定向 X 射线探伤机	II类	1	使用	定向	野外探伤	

2.3 项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	拟使用 2 台 X 射线探伤机进行野外探伤，6 台 X 射线探伤机包括：1 台型号为 XRS-3 型便携式 X 射线定向探伤机（额定管电压 270kV、额定管电流 3mA，对高压架空输电线路接续金具进行探测），1 台型号为 XXG-3005 定向 X 射线探伤机（额定管电压 300kV、额定管电流 5mA，对变电站 GIS 设备进行磨损检测），均属于 II 类射线装置；2 台探伤机年最大出束时间约为 120h。（不存在两台设备及多台设备在同一场所同时使用的情况）	/	X射线、臭氧
辅助工程	废水处理依托工程区污水处理系统。		/
公用工程	配电、供电和通讯系统等		/
办公及生活设施	室外探伤依托工程施工区办公及生活设施		/
仓储及其它	/		/

2.4 主要原辅材料

本项目主要的原辅材料及能耗见表 1-3。

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名 称	年最大消耗量	来源	用途	备注
能源	电	150kW·h/a	——	探伤用电	
水	生活用水	250m ³ /a	——	生活用水	

2.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目主要的设备配置见表 1-4。

表 1-4-1 X 射线探伤机的主要技术参数表

设备名称	数量	设备主要技术参数		单次最长照射时	年最大出束时间 (h)	射线管		最大穿透厚 A3 钢	过滤片	发射率常数 mGy·m ² mA ⁻¹ min ⁻¹	靶材料	投射类型
		最高管电压 (kV)	最高管电流 (mA)			焦点尺寸	辐射角					

				间								
XXG-3005 型定向 X 射线探伤机	1	300	5	5min	60	25×2.5mm	40°	50mm	3mm 铜	11.3	钨反射靶	定向

表1-4-2 X射线探伤机的主要技术参数表

设备名称	数量	设备主要技术参数		单次最长照射时间	年最大出束时间(h)	射线管		最大穿透厚 A3 钢	4 分钟最大脉冲数	单次脉冲最大辐射剂量	靶材料	投射类型
		最高管电压 (kV)	最高管电流 (mA)			焦点尺寸	辐射角					
XRS-3 型定向 X 射线探伤机	1	270	3	4min	60	25×2.5mm	40°	25mm	200 脉冲	0.04mSv	钨反射靶	定向

2.6 工作人员及工作制度

工作人员：公司拟配备辐射工作人员 4 名，包括 1 名大学本科以上学历专职负责辐射安全的管理人员，辐射工作人员一次操作一台射线装置，每次探伤安排 2 名操作人员和 1 名警戒人员同时在场。野外（室外）探伤参照《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）文件，工作人员应负责控制区和监督区的划定、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，并承担探伤机的领取、归还。

工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每天工作 8 小时，实行单班制。

2.7 产业政策符合性

项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据国家发展和改革委员会2019年第29号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》相关规定，属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务”中第1条“检验检测服务”，符合国家当前的产业政策。

三、项目选址合理性、布局可行性及实践正当性分析

3.1 项目布局合理性可行性分析

本项目野外探伤主要是对变电站GIS设备以及高压架空输电线路接续金具进行无损检测，探伤现场位于全国各变电站及高压架空输电线路所在场地，本项目X射线探伤机在野外（室外）工作时，采取有效屏蔽，按照划定的监督区和控制区严格管理，禁止人员出入；在人流较多的现场探伤时，调整时间，尽量选取下班时间或者夜间人流量较少的时段，按照划定的监督区和控制区严格管理，并且充分利用探伤场所周围的建筑墙体进行屏蔽。采取以上控制措施后，本项目的野外探伤布局是合理的。

本项目探伤机无探伤任务时存放于公司专门的仓库内，该仓库将安装摄像头，能实时看到仓库内情况，并做好射线装置的台账工作，并且不会在此处进行开机作业，该仓库只用作仓储，项目在此暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境也对该仓库无制约因素，

因此

探伤机无探伤任务时存放于该仓库是合理的。

3.2 实践正当性

射线检验作为五大常规无损检测方法之一，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，将核技术应用到本项目中，可达到一般非放射性检验方法所不能及的检验效果，是其它检验项目无法替代的，由于射线检验的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在检验过程中射线装置的应用可能会造成如下放射性环境问题：

（1）给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；

（2）射线装置的使用及管理的失误会造成一定的辐射安全事故；

建设单位在开展射线检验过程中，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，因此该核技术应用的实践具有正当性。

四、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

本项目为新建，四川华航科技有限公司不存在与本项目有关的原有辐射污染源的问题。

表 2：放射源

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

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

表 3：非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4：射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业检验、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1	XXG-3005	300kV	5mA	对变电站 GIS 设备进行 射线探伤	各变电站检测 施工场地内	新增
2	X 射线探伤机	II	1	XRS-3	270kV	3mA	对高压架空输电线路接 续金具进行射线探伤	输电线路检测 施工场地	新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类 别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素 名称	活度	月排 放量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——

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

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

表 6：评价依据

法 规 文 件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日实施)； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 修正)(2018 年 12 月 29 日实施)； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施)； (4) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过)； (5) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院 682 号令)； (6) 《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)； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》(环境保护部令第 44 号)； (8) 《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》(生态环境部第 1 号令)； (9) 《射线装置分类》(环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号)； (10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》(部令第 47 号)对其进行了修改)； (11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(国
------------	--

	家环保部 18 号令)； (12) 《国家危险废物名录 (2016) 》
技 术 标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)； (2) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》 (GB22448-2008)； (3) 《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)； (4) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)； (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016)； (6) 《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)
其他	(1) 《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版)； (2) 《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)

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

本项目为新增使用 II 类射线装置，为野外（室外）探伤项目，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》（HJ/T10.1-2016）的有关规定，并根据本类项目特点，结合本项目实际，本项目评价范围重点关注以射线探伤机为中心周围 200m 的区域内。

保护目标

野外探伤：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）：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，未经许可人员不得入内。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。

本项目的探伤地点为全国各变电站及高压架空输电线路检测施工区范围内，周围人口密度小，在本项目影响分析一章中划定的控制区和监督区内无固定建筑、流动车辆等，控制区外监督区内的探伤机操作人员、安全员、监督区外的公众均应划定为保护目标；当探伤工作在工程区周围有敏感目标的场所进行并且主射方向无法避开敏感

目标，建设单位则需在保护目标和探伤机间增设辐射防护屏障，减小控制区和监督区的范围，确保两区内无公众的情况下方可进行探伤工作，监督区边界处放置“当心电离辐射”的警示牌。

表 7-1 主要环境保护目标

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	3	5
公众	不定	监督区外，评价范围内	流动人群	0.1

评价标准

本项目应执行的环境保护标准如下：

1、环境质量标准

（1）地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ类标准；

（2）环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；

（3）噪声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 类标准。

2、污染物排放标准

（1）废水排放排入设置有二级污水处理厂的城镇排水系统污水，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准，直接排入地表水体的执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准。

（2）废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297—1996）中的相关标准要求；

(3) 施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 相关标准;运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中的 3 级标准要求。

(4) 电离辐射

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。本项目要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4 执行, 即职业人员全身剂量约束值为 5mSv/a。

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。本项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 执行, 即职业人员全身剂量约束值为 0.1mSv/a。

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，主要影响为对周围的电离辐射影响。因本项目工程区域不确定，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、 施工期工艺分析

本项目存放野外 X 射线探伤机的库房已建成，尚未安装实时监控系統，对周围环境影响非常小。野外探伤不存在土建工程，不存在施工期环境影响。

二、 营运期工艺分析

本项目拟使用 2 台 X 射线探伤机实施野外探伤作业。在运营过程中，主要环境影响因素为探伤机探伤时产生的 X 射线、臭氧，本项目探伤机采用先进的计算机实时成像技术，不使用显影液，定影液和胶片。不存在 2 台探伤机同一时间同一地点探伤的情况。

1、工作原理

XXG-3005 型X射线探伤机通电时通过高压发生器、X光管产生电子束，电子束撞击靶，产生X射线。

XRS-3 型X射线探伤机通电时通过高压脉冲发生器、X光管产生电子束，电子束撞击靶，产生X射线。它是一种轻型脉冲 X 射线机，能在很短时间内产生高强度 X 射线能量，具有外形小巧便携，同时具备显著穿透能力，比传统的恒电位 X 射线机进行现场操作具有更为先天的优势。

X 射线探伤机是利用不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数不相同。当 X 射线照射工件时，将成像板放在工件的另一面，由于有缺陷的材料与没缺陷的材料吸收射线不同，所以工件的缺陷显

影在成像板上，借助于缺陷的图像可以判断工件缺陷的性质、大小、形状和部位。本项目主要是利用X射线对变电站的 GIS 设备和高压架空输电线路接续金具等进行探照，检测内部元件的损耗情况以确定是否需要更换。



图 9-1 本项目拟使用探伤机外观图

- 2、工艺流程
- (1) 接受现场探伤任务后，制定现场探伤作业方案，该作业方案应包括工况、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等。

(2) 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，主要包括以下几个方面：

①应根据现场情况划定作业场所工作区域，并在相应边界设置警示标识。工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，参照后文计算出的监督区与控制区进行划定并设置警示标志。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。

②需对探伤作业的具体情况进行公示，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、单位法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。其中，安全信息公示牌面积应不小于 2m^2 ，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。夜间进行探伤作业时，必须在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，必要时设专人警戒。

③根据探伤规范要求，预测曝光时间、焦距、确定焦点位置，根据现场情况及监督区和控制区的划分情况。屏蔽遮挡物应该为可拆卸的屏蔽材料（移动式铅帘）等。

④在现场探伤作业前必须进行清场，设置警戒线（离地 0.8m - 1.0m 左右）、“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警示标识。

⑤安排 2 名专职人员负责辐射安全管理工作。安排专人巡查，确保探伤作业期间无人员误入作业区。每台探伤装置须配备 2 名操作人员同时在场，每名操作人员配备 1 枚个人剂量计与 1 台个人剂量报警仪。

（3）确保探伤作业前的各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行探伤作业。探伤作业流程如下：工作人员穿戴防护用品，设置和固定探伤机、贴置成像板、划出控制区与监督区，设置警示标志、操作人员设置电压和曝光时间、调整焦距、启动延时曝光按钮、人员撤离至警戒线外、曝光、曝光结束后，关闭 X 射线探伤机。进行实

时成像分析。在进行检测时，探伤机位于被检物的一侧，成像板位于与探伤机相对方向被检物的另一侧，对被检物进行无损检测，详见图 9-1、9-3。探伤结束后，做好相关记录（影像、照片和现场记录资料等），与工作方案一并存档备查。



图 9-1 探伤实时成像照片

3、产污环节及污染因子

X 射线探伤机曝光时，出束方向固定。同时射线装置均采用先进的实时成像技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。探伤机探伤流程及产污环节如图 9-2 所示：

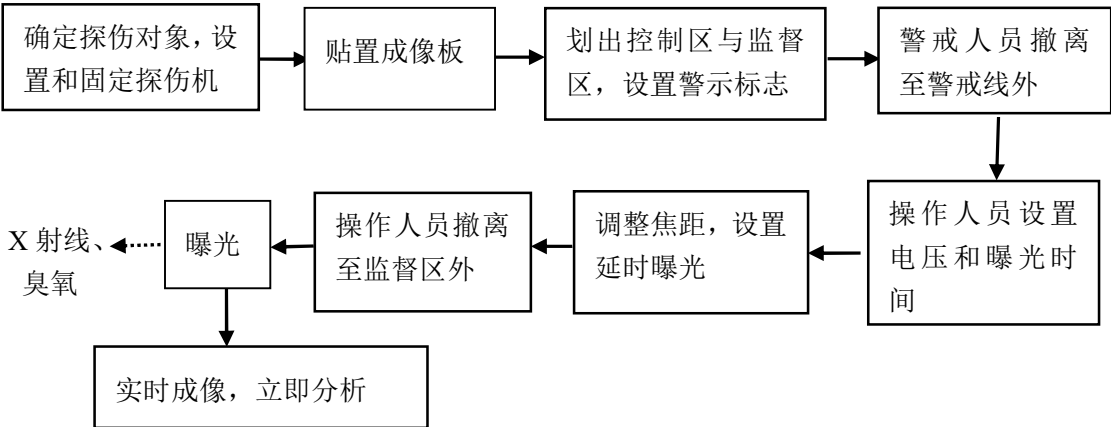


图 9-2 探伤机操作流程及产污环节示意图

4、射线装置的探伤对象及探伤工况

四川华航科技有限公司野外探伤地点遍布全国各地，探伤对象主要为 110kV 以上电压等级的室内布置或室外布置变电站的 GIS 设备和高压架空输电线路，探伤作业一般在变电站和输电线路检修期间进行。预计 2 台装置野外探伤年累计曝光时间最多为 120 小时。正常探伤工况下，X 射线探伤机运行时的管电压和管电流一般低于最高管电压和管电流。被探伤的变电站 GIS 设备包覆在管道内，管道直径不超过 1m，厚度范围为 25mm~50mmA3 钢；高压架空输电线路接续金具长约 0.06-0.1m，直径范围为 5mm-20mm 钢芯。

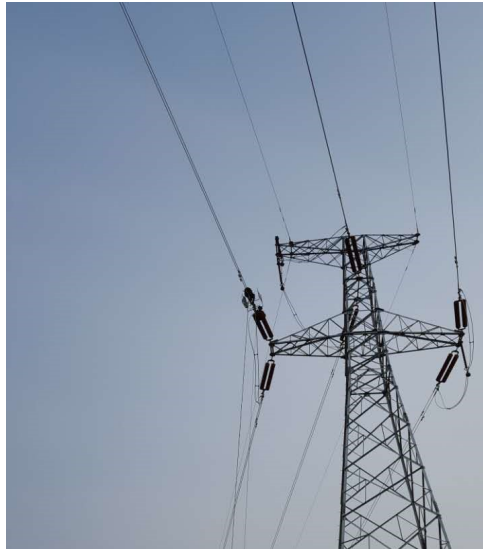


图 9-3 与本项目类似探伤设备的现场照片

污染源项描述

一、电离辐射

X射线探伤机开机工作时，通过高压发生器（高压脉冲发生器）和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线，本项目产生的X射线能量最大分别为300 kV、270kV。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，臭氧是强氧化物，能加速材料老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸。

三、废水

本项目不产生生产废水，工作人员产生的生活污水依托工程区已有的环保设施进行处理。

四、固体废物

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，集中回收并交由环卫部门统一处理。

根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作区域管理

为加强辐射源所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定辐射控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”

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。对于一些特殊场所，如探伤作业点在地面一定高度时，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

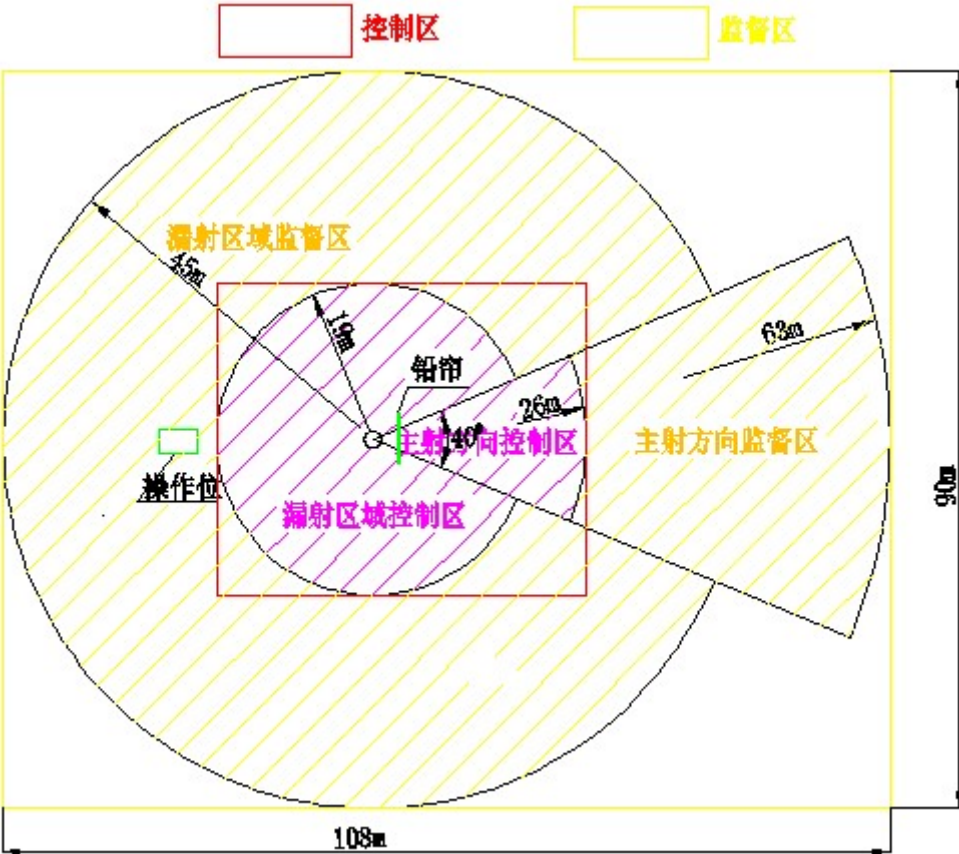
“两区”管理制度。

本项目控制区和监督区划分见表 10-1。实际探伤过程中，因探伤区域围墙、设备等的防护作用，控制区和监督区的范围可相应缩小；在室内进行探伤作业时，要求将监督区边界控制在被探伤设备所在建筑的围墙处，如围墙外剂量率大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，建设单位必须增加屏蔽防护措施使边界处达标。

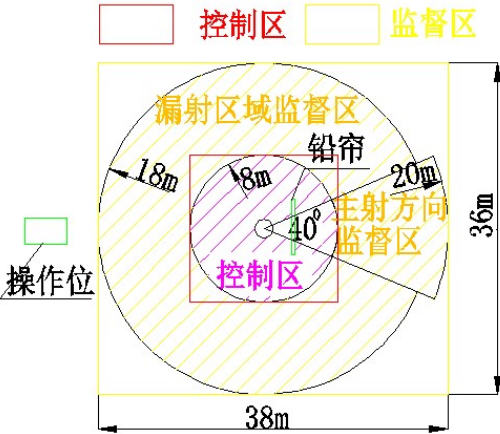
表 10-1 野外探伤“两区”划分与管理

野外探伤	控制区	监督区
XXG-3005 型 X 射线探伤机“两区”划分范围(有铅帘防护)	剂量率在 $15\mu\text{Gy/h}$ 以上的范围：探伤机正前方 26m，正后方 19m，左右各 19m 的矩形区域（主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下）。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：控制区外，探伤机正前方 26m-63m，正后方 19m-45m，左右各 19m-45m 的矩形区域（主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下）。根据野外探伤的地形、建筑物实际情况确定。
XRS-3 型 X 射线探伤机“两区”划分范围(有铅帘防护)	剂量率在 $15\mu\text{Gy/h}$ 以上的范围：探伤机正前方 8m，正后方 8m，左右各 8m 的矩形区域（主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下）。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：控制区外，探伤机正前方 8m-20m，正后方 8m-20m，左右各 8m-20m 的矩形区域（主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下）。根据野外探伤的地形、建筑物实际情况确定。
XRS-3 型 X 射线机高空作业时在地面的两区划分如下(主射方向无铅帘防护)	剂量率在 $15\mu\text{Gy/h}$ 以上的范围：探伤机正前方 8m，正后方 8m，左右各 8m 的矩形区域。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：控制区外，探伤机正前方 8m-18m，正后方 8m-18m，左右各 8m-18m 的矩形区域。根据野外探伤的地形、建筑物实际情况确定。
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

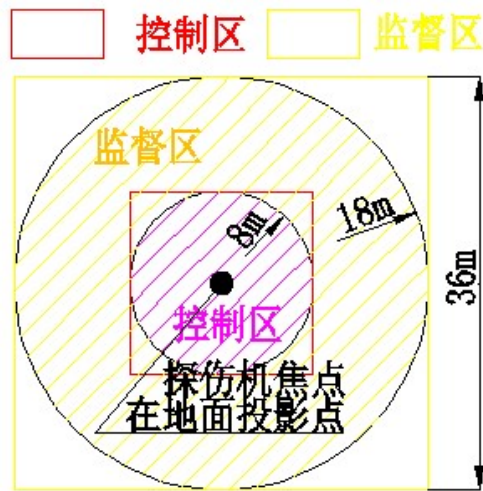
牌，设置专人巡视。



10-1-1 本项目 XXG-3005 型探伤机正常工作时监督区和控制区划分示意图
(主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下)



10-1-2 本项目 XRS-3 型探伤机在地面工作时监督区和控制区划分示意图
(主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下)



10-1-3 本项目 XRS-3 型探伤机高空作业时地面监督区和控制区划分示意图

二、辐射安全及防护措施

2.1 设备固有安全性

X射线探伤机只有在开机状态下才会产生X射线，关机状态下不会产生 X 射线。在开机状态下的固有安全性如下：

（1）XXG-3005 型 X 射线探伤机

①射线机开启时，首先进行诊断测试，操作面板上“2 位 LED 显示器”各段轮换点亮，若某段不能点亮，说明其可能损坏。在系统诊断测试时下列状态为正常：准备指示灯显示黄色，高压指示灯、毫安指示灯均熄灭，高压开、关键不起作用。若 LED 显示故障代码，蜂鸣器持续响，则说明设备异常。

②若诊断测试正常，大约 30s 后准备指示灯变绿，蜂鸣器持续地响一声或两声。

③曝光操作前需要进行训机，训机过程中准备指示灯变为红色，训机完成后准备灯变为绿色。

④射线机延时启动，有安全操作、保护人员人身安全的作用；在

射线机延时启动期间，操作人员应再次确认曝光室内及曝光室周围无人逗留。如果有人，必须立刻关闭射线机。

⑤如果在曝光阶段按了“高压关”键，系统将中止当前操作，自动切断 X 射线发生器的高压进入休息状态。

⑥休息过程是强制性的，在休息阶段将不理睬任何按键，准备灯显示黄色，其余指示灯熄灭。

⑦当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线时，系统将始终实时监测 X 射线发生器的电压、电流、温度等参数，发生异常时，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，同时在“2 位 LED”显示出故障代码，蜂鸣器持续响。

⑧保险管烧坏时射线机将自动停止高压运行并自行断电。

⑨控制箱内线路灰尘较多时造成短路，射线机将自动断电。

（2）XRS-3 型 X 射线探伤机

①当电池连接到控制器上时电源指示灯亮（绿色 LED）；

②按下延迟（Delay）或远程线缆按钮手，红色 X 射线警示灯闪烁，表示 XRS-3 等待发射脉冲，当 XRS-3 在工作时，红色 X 射线警示灯持续亮着；

③液晶显示屏(LCD)的背景灯光使黑暗的环境也能看清数据；

④当高压开关关闭时，高压在 50ns 内瞬变 150000volts，使 X 射线管产生 X 射线，关闭高压开关会发出啪的声音，如果没有啪的声音，XRS-3 无法产生射线，这个声音提醒 XRS-3 正在运行；

⑤X 射线脉冲数达到预设的数值时自动停止发射；

⑥最大的工作周期是每 4 分钟 200 脉冲值（每小时 3000 脉冲），一组脉冲群有 99 个脉冲，两个脉冲群之间需要休息至少 4 分钟，用以冷却，不能连续发生脉冲。

⑦仪器自带软件程序可以根据每冲间隔时间来确定电池的充电状态。电池电量不足时，XRS-3 的脉冲间隔时间会更长，如果脉冲间隔超过 0.33s 会出现以下情况：a.XRS-3 的连续脉冲群“00”、b.在 XRS-3 停止射脉冲后，LCD 将返回最初的脉冲设置，但是左右两个数字会交替闪烁，此种情况表示电量低、c.XRS-3 射线机的 UNITS 按键将失灵，直到重新断开并开启锁键或更换电池；

如果两个连续脉冲间隔时间超过 1s 时，会出现以下情况：XRS-3 射线机立即停止发射，LCD 显示“00”。这个功能保证在检测失败的情况下防止 XRS-3 继续发射脉冲，这种情况表示电量低、电子噪的或检测电路失败，需要更换电池、断开并开启锁键开关，或者将 XRS-3 送去维修。

⑧如果高压脉冲发生器管头被损坏或者玻璃破裂，则管的输出会立刻停止。

本项目使用的 X 射线探伤机对产生的 X 射线用屏蔽套屏蔽，使其泄漏量不超过相应的标准，并使 X 射线探伤机发射的线束宽度尽量减小，以减少不必要线束的照射。

2.2 辐射防护措施

X射线基本防护原则是远离X射线并加以必要的屏蔽。对外照射的防护方法有源项控制法、距离防护法和屏蔽防护法。其中野外探伤

主要采用距离防护。

（1）屏蔽防护

当使用定向 X 射线探伤机时，本项目将按照需求设置屏蔽铅屏风，具体设置如下：

①XXG-3005 型 X 射线探伤机

当使用 XXG-3005 型 X 射线探伤机探伤时，本项目拟配备主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽，长、宽均为 1.2m 的移动铅帘 1 个。

②XRS-2505 型 X 射线探伤机

当使用 XRS-2505 型 X 射线探伤机探伤时，本项目拟配备主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽，长、宽均为 1.2m 的移动铅帘共 1 个。

（2）源项控制

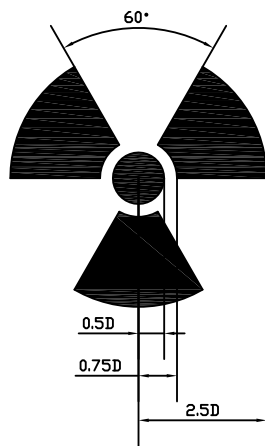
本项目的X射线探伤机对产生的X射线用屏蔽套屏蔽，射线装置泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。且每台X射线装置均装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

同时针对不同厚度的材料探伤工件，建设单位将设置不同的曝光工况和曝光时间，以减小不必要的照射。

（3）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 10-5 所示。



a.电离辐射的标志



b.电离辐射警告标志

图 10-5 电离辐射标志和电离辐射警告标志

(4) 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。

(5) 其它

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》（川环函[2016]1400 号），环评针对本项目开展对建设单位提出如下要求：

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，并委托有资质的辐射监测单位对作业场所周围环境至少进行 1 次监测。若发现异常情况，应当立即采取措施，同时向当地环境保护行政主管部门报告。

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。本项目野外探伤共配置操作人员 2 名和 2 名警戒人员，包括 1 名大学本科以上学历专职负责辐射安全的管理人员。以保证每次探伤有 2 名操作人员和 2 名警戒人员同时在场。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，并承担探伤机的领取、

归还。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。

f.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（室外）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）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。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（包括项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。

注：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。

g.在活动结束后 10 个工作日内，应当向转入地市（州）环境保护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。

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 生态环境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，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

本项目野外探伤作业 4 人一组，包括 1 名辐射管理人员，环评要求项目单位的小组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、1 个相应铅当量的移动铅屏风、2 个大功率喊话器和若干警示标志、警戒绳。同时，还要为每名操作人员配备一台个人剂量计和一台声光个人剂量报警仪，个人剂量计与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。

注：如后期根据业务需求实际需要增加辐射工作人员，则应该严格按照相关规范要求，新增加的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，且佩戴个人剂量计，配置个人剂量报警仪，按照规范配备辐射监测仪、喊话器、警戒绳等，并每组至少配备三名工作人员，严格按照相关规范要求进行管理。

⑤探伤机在野外探伤完毕后，探伤机送回仓库内，该仓库具备防盗和安全等功能，周围有摄像头 24 小时监控。

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，确认无人后，开启警报器；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。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全措施满足《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

四川省环境保护厅，川环办发[2016]149 号）、《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）以及《核电厂核岛机械设备 无损检验规范》（EJ/T 1039-1996）中的相关要求，是可靠并且合理可行的。

三废的治理

一、废气处理措施

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 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、废水处理措施

本项目 X 射线探伤机在运行时无废水产生。工作人员产生的生活污水依托工程区已有的环保设施进行处理。对周围水环境的影响较小。

三、固体废物

工作人员产生的生活垃圾依托工程作业区的环保设施，集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。环评要求：本项目使用的 2 台探伤机在进行报废处理时应严格按照规定进行报废处理。

四、工作场所安防措施

为确保本项目射线装置储存安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-2。

表 10-2 X 射线探伤机工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
X 射线探伤机场所	防盗和防破坏	①本项目 X 射线探伤机储存仓库纳入公司日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②X 射线探伤机储存仓库根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，立即向公安机关报案； ④仓库和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	本项目所使用的 X 射线探伤机购置于正规厂家，出厂时探伤机的杂散辐射和泄漏辐射不会超过规定的限值。

五、环保投资估算

本项目总投资 180 万元，环保投资 20.5 万元，占总投资的 11.4%。

项目环保投资估算见表 10-3。

表 10-3 辐射安全防护和环保设施(措施)投资一览表

类 别		环保设施	投资金额 (万元)	备 注
野外探伤	防护设备	防护铅帘 2 个（2.5mm 铅当量 2 个）、辐射防护铅服 4 套、大功率喊话器 2 个、安全警示线 2 盘、设备暂存仓库的摄像装置等	10.0	需配置
	监测仪器	个人剂量计 4 个（剂量片 8 个），声光个人剂量报警仪 4 台，便携式辐射监测仪 1 台	3.0	需配置
	安全装置	声光报警装置 2 套、控制区和监督区警示标志、现场告示若干	1.0	需配置
其他	设备维护	每个月对探伤装置的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件。	2.5	应预留
	人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训	1.0	应预留
	应急预案	应急和救助的资金、物资准备	3.0	应预留
合 计			20.5	/

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目探伤机存放仓库已建成，尚未安装实时监控系統，施工期对周围环境无影响。
运行阶段对环境的影响 一、运行期正常工况环境影响分析 1.1 辐射环境影响分析 1.1.1 X 射线探伤机两区划分 1.1.1.1 漏射线(除主射方向以外)控制区和监督区的划定 在实际探伤过程中，射线能量根据被检工件的厚度进行调节，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，根据四川省环境保护厅《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）》“两区”划分管理及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），控制区边界外 X 射线空气吸收剂量率应不大于 15μGy/h，该区域需设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守；监督区位于控制区外，其边界剂量率应不大于 2.5μGy/h，该区域边界处应有“当心，电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。 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，由此可以估算出 XXG-3005 不同距离漏射线的剂量率；根据《XRS-3 探伤机操作手册》：在设备侧面，离 X 射线机中心距离 3 英寸，每 100 脉冲最大 25mR（0.25mSv）；在设备后面

2 英寸距离，每 100 脉冲 22mR（0.25mSv），根据设备特性，每 4 分钟最大发射 200 脉冲，则该设备漏射线 1m 处的比释动能率保守以 0.75mSv/h 计，由此可估算出 XRS-3 不同距离漏射线的剂量率。见表 11-1。

表 11-1 无屏蔽状态下不同距离漏射线的 X 射线剂量率（μGy/h）

距离(m)	1	5	8	10	15	18	19	20	25
XXG-3005	5000	200	78.1	50.0	22.2	15.4	13.9	12.5	2.5
XRS-3	750	30	11.7	7.5	3.3	2.3	2.1	1.9	0.4

根据理论计算结果可知，本项目 XXG-3005 型 X 射线探伤机在现场探伤工作时，对于漏射线，划定的控制区为 X 射线探伤机为圆心，半径 19m 的圆形区域，监督区是控制区外以探伤机为圆心，半径 45m 的环形区域；XRS-3 型 X 射线探伤机在现场探伤工作时，对于漏射线，划定的控制区为 X 射线探伤机为圆心，半径 8m 的圆形区域，监督区是控制区外以探伤机为圆心，半径 18m 的环形区域。

1.1.1.2 主射方向的控制区和监督区划定

本项目探伤区域为现场周边人员较少的野外区域，根据建设单位提供资料及参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）可知，探伤机参数见表 11-2。

表 11-2-1 XXG-3005 型 X 射线探伤机的主要技术参数表

设备名称	数量	设备主要技术参数		单次最长照射时间	年最大出束时间（h）	最大穿透厚 A3 钢	过滤片	发射率常数 mGy.m ² m A ⁻¹ min ⁻¹
		最高管电压 (kV)	最高管电流 (mA)					
XXG-3005 型定向 X 射线探伤机	1	300	5	5min	60	50mm	3mm 铜	11.3

表11-2-2 XRS-3型X射线探伤机的主要技术参数表

设备名称	数量	设备主要技术参数		单次最长照射时间	年最大出束时间(h)	最大穿透厚 A3 钢	4 分钟最大脉冲数	单次脉冲最大辐射剂量
		最高管电压(kV)	最高管电流(mA)					
XRS-3 型定向 X 射线探伤机	1	270	3	4min	60	25mm	200 脉冲	0.04mSv

根据上述探伤条件，X 射线经工件屏蔽后的辐射剂量可近似按下面公式计算：

$$D_1 = I \delta_X / r^2 \dots\dots\dots (\text{式 11-1})$$

$$D_2 = D_1 / 10^{(d_1/d_2)} \dots\dots\dots (\text{式 11-2})$$

公式中：

D_1 —未经工件屏蔽前空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；（XRS-3 型 X 射线探伤机取 $2\text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$ ，由“（ $0.04\text{mSv}/\text{单次脉冲}$ ） $\times$ （ $200 \text{ 脉冲}/4 \text{ 分钟}$ ）/4 分钟”计算可得）

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；（XXG-3005 取 5mA）

δ_X —发射率常数， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；（XXG-3005 取 11.3）

r —参考点距 X 射线管焦斑的距离，m；

d_1 —被检工件厚度，mm；（被探伤的变电站 GIS 设备厚度范围为 25mm~50mmA3 钢；高压架空输电线路接续金具直径范围为 5mm-20mm 钢芯。XXG-3005 型 X 射线探伤机用于变电站 GIS 设备的检测，被检工件厚度保守取 25mm；XRS-3 型 X 射线探伤机用于高压架空输电线路接续金具的检测，被检工件厚度保守取 5mm。）

d_2 —钢的十分之一值层厚度，mm；300kV 取 21mm、270kV 取 18mm。（根据《辐射防护导论》（方杰主编）P103 页，图 3.23 查得）

不同距离处年有效剂量用下式计算：

$$E = W_T \times W_R \times D_2 \dots\dots\dots \text{（式 11-3）}$$

E—关注点的年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

W_T —工作负荷；h/a；（本项目 2 台射线装置，总的年出束时间最大为 120h，1 台探伤机每年最大出束时间为 60h，共 1 组工作人员，每年工作负荷取 120h）；

（1）XXG-3005 型 X 射线探伤机

根据式 11-1~11-3 计算，XXG-3005 型探伤机 X 射线在不同距离处空气吸收剂量率和年有效剂量见表 11-3。

表 11-3 无铅帘屏蔽情况下 XXG-3005 型探伤机 X 射线在不同距离处的剂量表

距射线靶距离(m)	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
5	8748.39	524.90
10	2187.10	131.23
15	972.04	58.32
20	546.77	32.81
30	243.01	14.58
40	136.69	8.20
50	87.48	5.25
100	21.87	1.31
121（控制区边界）	14.94	0.90
150	9.72	0.58
200	5.47	0.33

298（监督区边界）	2.46	0.15
350	1.79	0.11
400	1.37	0.08
500	0.87	0.05
600	0.61	0.04
700	0.45	0.03

由表 11-3 可以看出：本项目 XXG-3005 型 X 射线探伤机实施野外探伤时将距离探伤机 121m 的距离（小于等于 15 μ Gy/h 区域，无铅帘情况）划为控制区，该区域需设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守；将距离探伤机 298m 距离（小于等于 2.5 μ Gy/h 区域）划为监督区，该区域边界处应有“当心，电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。

根据以上分析，在无铅帘屏蔽情况下，主射方向控制区和监督区划分的距离较大，不方便管理。在实际工作中，为方便监督管理，环评提出：XXG-3005 型 X 射线探伤机在探伤时，在主射束方向工件背后紧挨工件采用面积为 1.2m²（形状为方形）^①、厚度为 2.5mmPb 当量（经上述公式试算而得）的可升降的铅帘遮挡以减少 X 射线对环境的影响。探伤人员在避开射线主射方向，距焦点 20m 处（电缆长 20m）进行控制操作。屏蔽防护示意图见图 11-1。

备注①：根据业主提供的资料，本项目探伤机野外探伤时，工件宽度不会超过 1.2m，且本项目探伤机的主射方向辐射角为 40°+5°（在 1.2m 处的主射方向范围：直径为 1.0m 的圆形区域），因此，保守考虑，本项目探伤时选取边长为 1.2m 的方形铅帘作为屏蔽措施。

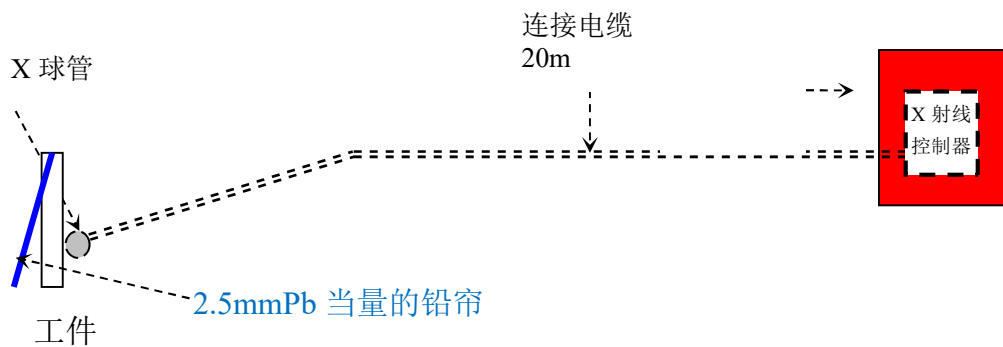


图 11-1 XXG-3005 型 X 射线探伤机屏蔽防护示意图

根据以上要求，XXG-3005 型 X 射线探伤机探伤时采用 2.5mm 铅当量的铅帘对主射线束进行屏蔽，查《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）图 10.5h，2.5mmPb 对 300kV X 射线的减弱因子 $f=0.045$ ，因此可求得探伤时 X 射线在采用铅帘防护后不同距离处的剂量，计算结果见表 11-4：

表 11-4 有铅帘屏蔽情况下 XXG-3005 型 X 射线在不同距离处的剂量表

距射线靶距离(m)	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
5	393.68	23.62
10	98.42	5.91
15	43.74	2.62
20	24.60	1.48
26（控制区边界）	14.56	0.87
40	6.15	0.37
50	3.94	0.24
63（监督区边界）	2.48	0.15
70	2.01	0.12
80	1.54	0.09
100	0.98	0.06

本项目实施野外探伤时将距离 XXG-3005 型 X 射线探伤机 26m 以

内的主射区域（大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 区域）划为控制区，该区域需设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守；将距离探伤机 26m 以外 63m 以内的主射区域（大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 区域）划为监督区，该区域边界处应有“当心，电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。在实际探伤过程中，为方便管理，按照图 10-2 的方法设置监督区和控制区。

控制区(铅帘遮挡情况下):XXG-3005 型 X 射线探伤机正前方 26m，正后方 19m，左右各 19m 的矩形区域；**监督区：**控制区外，探伤机正前方 63m，正后方 45m，左右各 45m 的矩形区域。

（2）XRS-3 型 X 射线探伤机

根据式 11-1~11-3 计算，XRS-3 型探伤机 X 射线在不同距离处空气吸收剂量率和年有效剂量见表 11-5。

表 11-5 无铅帘屏蔽情况下 XXG-2505 型探伤机 X 射线在不同距离处的剂量表

距射线靶距离(m)	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
5	2526.32	151.58
10	631.58	37.89
15	280.70	16.84
20	157.89	9.47
26	93.43	5.61
40	39.47	2.37
50	25.26	1.52
65(控制区边界)	14.95	0.90
70	12.89	0.77
80	9.87	0.59
100	6.32	0.38

150	2.81	0.17
160（监督区边界）	2.47	0.15
200	1.58	0.09
300	0.70	0.04

由表 11-5 可以看出：本项目 XRS-3 型 X 射线探伤机实施野外探伤时将距离探伤机 65m 的距离（小于等于 15 μ Gy/h 区域，无铅帘情况）划为控制区，该区域需设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守；将距离探伤机 160m 距离（小于等于 2.5 μ Gy/h 区域）划为监督区，该区域边界处应有“当心，电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。

在实际工作中，该设备探伤高压输电线路金具时，设备固定于已架设好的输电线路，主射方向朝向天空，职业人员和公众均位于地面，此种情况下，职业人员及公众均不可能进入主射方向，位于漏射线方向。

若该设备在地面上进行探伤时，根据以上分析，在无铅帘屏蔽情况下，则主射方向控制区和监督区划分的距离较大，不方便管理。为方便监督管理，环评提出：XRS-3 型 X 射线探伤机在地面探伤时，在主射束方向工件背后紧挨工件采用面积为 1.2m²（形状为方形）^①、厚度为 2.5mmPb 当量的可升降的铅帘遮挡以减少 X 射线对环境的影响。探伤人员在避开射线主射方向，距焦点 20m 处（电缆长约 20m）进行控制操作。屏蔽防护示意图见图 11-2。

备注①：根据业主提供的资料，本项目探伤机野外地面探伤时，工件宽度不会超过 1.2m，且本项目探伤机的主射方向辐射角为 40°（在 1.2m 处的主射方向范围：直径为 1.0m 的圆形区域），因此，保守考虑，本项目探伤时选取边长为 1.2m 的方形铅帘作为屏蔽措施。

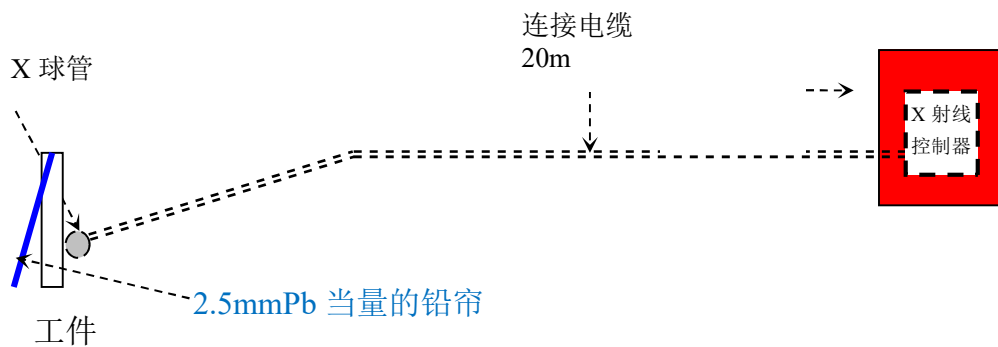


图 11-2 XRS-3 型 X 射线探伤机屏蔽防护示意图

根据以上要求，XRS-3 型 X 射线探伤机探伤时采用 2.5mm 铅当量的铅帘对主射线束进行屏蔽，查《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）图 10.5f，2.5mmPb 对 270kV X 射线的减弱因子 $f=0.015$ ，因此可求得探伤时 X 射线在采用铅帘防护后不同距离处的剂量，计算结果见表 11-6：

表 11-6 有铅帘屏蔽情况下 XRS-3 型 X 射线在不同距离处的剂量表

距射线靶距离(m)	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
5	37.89	2.27
8(控制区边界)	14.80	0.89
10	9.47	0.57
20 (监督区边界)	2.37	0.14
30	1.05	0.06
40	0.59	0.04
50	0.38	0.02

本项目实施野外探伤时将距离 XRS-3 型 X 射线探伤机 8m 以内的主射区域（大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 区域）划为控制区，该区域需设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守；将距离探伤机 8m 以外 20m 以内的主射区域（大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 区域）划为监督区，该区域边界处应有“当心，

电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。在实际探伤过程中，为方便管理，按照图 10-2 的方法设置监督区和控制区。

XRS-3 型 X 射线机在地面工作时两区划分如下（铅帘遮挡情况下）：**控制区：**XRS-3 型 X 射线探伤机正前方 8m，正后方 8m，左右各 8m 的矩形区域；**监督区：**控制区外，探伤机正前方 20m，正后方 20m，左右各 20m 的矩形区域。

XRS-3 型 X 射线机高空作业时在地面的两区划分如下（主射方向无铅帘防护）：**控制区：**XRS-3 型 X 射线探伤机正前方 8m，正后方 8m，左右各 8m 的矩形区域；**监督区：**控制区外，探伤机正前方 18m，正后方 18m，左右各 18m 的矩形区域。

实际探伤过程中，因探伤区域围墙、设备等的防护作用，控制区和监督区的范围可相应缩小；在室内进行探伤作业时，要求将监督区边界控制在被探伤设备所在建筑的围墙处，如围墙外剂量率大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，建设单位必须增加屏蔽防护措施使边界处达标。

此外，X 射线探伤机工作时，其周围的 X 射线剂量率还有散射线的贡献，散射线的 X 射线剂量率与 X 射线探伤机本身、周围的物体、地形等诸多因素有关，用纯理论难以准确估算，一般需要仪器直接测量，并且具体探伤时，漏射线及散射线均大部分被工件所屏蔽，因此实际划定的控制区及监督区均应比理论计算值要小。本次环评要求：野外（室外）探伤时，职业人员需配置声光个人剂量报警仪，且需将报警限值设置为 $15\mu\text{Gy/h}$ ，以避免职业人员误入控制区。

1.1.2 操作人员剂量计算

本项目 X 射线探伤机移动探伤时，操作人员位于探伤机后方，处于漏射方向。根据表 11-1，漏射方向 20m 处（工作人员年有效剂量最大值为处于漏射方向无铅帘防护措施时 20m 处）空气吸收剂量率最大为：0.0125 mSv/h（探伤机型号为 XXG-3005）、0.0018mSv/h（探伤机型号为 XRS-3）。

按照每台射线装置每年出束最长时间 60h 计,居留因子取 1 计算，按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 计算公式，得出操作人员受照射的年有效剂量为 0.86mSv/a，低于本次评价确定的剂量管理限值 5mSv/a。

1.1.3 警戒线工作人员

①**控制区边界：**本项目探伤时，控制区警戒线处有效剂量率不同工作环境下最大值为 0.015mSv/h，本项目保守按每台射线装置年出束 60h(2 台射线装置每年最大出束时间为 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有效剂量为 1.8mSv/a。低于本次评价确定的剂量管理限值 5mSv/a。

②**监督区边界：**本项目探伤时，监督区警戒线处有效剂量率不同工作环境下最大值为 0.0025mSv/h。本项目保守按每台射线装置年出束 60h(2 台射线装置每年最大出束时间为 120h)，居留因子取 1 计算，得出监督区边界警戒人员受照射的年有效剂量为 0.30mSv，低于本次评价确定的剂量管理限值 5mSv/a。

1.1.4 职业人员年附加剂量预测结果

综上所述，本项目探伤时，操作人员受照射的年有效剂量最大值

为 0.86mSv/a，控制区边界警戒人员受照射的年有效剂量最大值为 1.8mSv/a，监督区边界警戒人员受照射的年有效剂量最大值为 0.30mSv/a，均低于本次评价确定的剂量管理值 5mSv/a。

1.1.5 敏感目标环境影响分析

本项目移动探伤敏感目标主要是监督区外周边的公众。

本项目移动探伤时，监督区警戒线处有效剂量率最大为 0.0025mSv/h，本项目按照每台探伤机每年工作 60h 保守计算（2 台探伤机共 120h），公众居留因子取 1/16，得出监督区边界公众受照射的年有效剂量为 0.019mSv/a，低于本次评价确定的剂量管理值 0.1mSv/a。

1.2 废气环境影响分析

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 O₃ 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

1.3 固体废物的环境影响分析

本项目不产生危废及放射性废物，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，集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

根据《四川省辐射污染防治条例》，X 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。

1.4 废水环境影响分析

本项目不产生放射性废水，工作人员产生的生活污水依托工程区已有的环保设施进行处理。

1.5 声环境影响分析

野外探伤时会开启警报器进行报警，因此会产生一定的噪声，但由于时间较短，且经距离衰减后，对周围声环境的影响较小。

事故影响分析

一、事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-7。

表 11-7 辐射事故等级划分表

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，见表 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、辐射事故识别

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，一旦切断电源便不会再有射线产生。

本次评价 X 射线探伤机事故状态分四种情况：

- (1) 探伤时用较大工况探伤较薄的工件；
- (2) 正常探伤时无工件遮挡；
- (3) 正常探伤时无铅帘及移动铅室防护的情况；
- (4) 探伤时有探伤人员或公众误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射。

本次评价事故分析考虑可能发生的最大辐射事故，即探伤机最大工况（300kV）运行时，无工件遮挡且无防护，此时探伤人员和公众误入或滞留于控制区，造成有关人员被误照射。

三、辐射事故影响分析

(1) X 射线装置事故后果计算

当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过操作台紧急止动开关中断电源，整个处理时间保守估计约 1min，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式 11-1、11-2 计算，人员受到的有效剂量可用式 11-3 进行计算。本项目探伤机作业时发生事故时对受照人员的有效剂量计算结果见表 11-9。

表 11-9 事故情况下周围人员受到的剂量估算结果

距射线靶距离(m)	有效剂量 (mSv/min)
1	56.50
2	14.13
5	2.26
10	0.57
15	0.25
20	0.14
30	0.06
40	0.04
50	0.02
100	0.01

(2) X 射线装置事故情况下对环境影响评价

由表 11-9 可以看出，事故情况下，X射线直接照射到人员身上，误入人员在距离射线头 1m 处停留 1min，其所受有效剂量为 56.5mSv/次，超出了标准规定的限值；在距离射线头 5m 处停留 1min，所受有效剂量最高为 2.26mSv/次。一旦发生辐射事故，应立即停止射线装置（切断电源），严禁公众在警戒区内停留。

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。在 X 射线直接照射情况下，应立即启动事故应急预案。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，避免受到意外照射。因此，建设方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。

(3) 事故定级

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-10。

表 11-10 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
X 射线野外探伤机—II 类射线装置	X射线	超剂量照射	事故状况下单次受到的辐射剂量为 56.5mSv，导致人员受到超过年剂量限值的照射。	一般辐射事故

根据分析，X射线探伤机事故情况下，X射线直接照射到人员身上，误入人员在靠近射线头1m处停留1min，其所受有效剂量最高达56.5mSv/次，远超过GB18871-2002中公众年有效剂量限值（1mSv），根据表11-10，辐射剂量为0.7Gy的情况下，急性放射病发生率为1%，本项目事故情况下，人员所受有效剂量最高达56.5mSv/次，远低于急性放射病1%的发生率，所受危害构成一般辐射事故。本项目X射线探伤机可能发生的事故为一般辐射事故。

四、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，要求建设方严格执行以下风险预防措施：

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

②在野外探伤作业前，按项目应制定工作方案，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。

③野外探伤作业前需要进行公告，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、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、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。要求在探伤现场提前两天公告，且安全信息公示牌面积不小于 2m²。

④凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，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，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，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

⑤必须制定探伤机操作安全防护措施，探伤机曝光前待人员全部撤离后才进行，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射。

⑥每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。

⑦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。

⑧在任何情况下，建设单位不得在探伤机存储区域通电并启动探伤机。

表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据国家环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定要求：建设单位需设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 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。

（1）建设单位目前已成立了“辐射安全防护领导小组”，其职责包括：

①组织制定并落实辐射安全防护管理制度，负责对各项制度及规范进行具体实施和监督，负责统筹协调辐射安全防护的日常管理。

②制定辐射事件应急预案并组织演练，负责在辐射应急事件中进行统一指挥和应急决策。

③记录本机构发生的辐射事件并及时报告公安部门、生态环境部门。

④定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护检测、监测和检查。

⑤组织辐射工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训和健康检查。

⑥领导小组组长须由公司法人或总经理担任。

领导小组人员设置如下：

表 12-1 放射防护管理领导小组人员设置表

职务	人员
组长	陈锐
副组长	付贵
成员	周小丽、付小丽、吴鹏、邓浩南、张灵锋、张恒

辐射安全管理制度

1、辐射安全综合管理要求及落实情况

本项目建设单位涉及使用Ⅱ类 X 射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局第 31 号令，2017 年 12 月 12 日第二次修正）“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-2。

表 12-2 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	拟办理辐射安全许可证	拟落实
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目涉及辐射工作人员共 4 人，拟学习相关知识并通过网络平台的辐射安全与防护的考核	拟落实
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	建设单位已成立“辐射防护领导小组”，专人负责辐射安全管理工作。	已落实
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	建设单位须按照表 10-3 进行辐射防护用品的配备，并严格执行监测计划。	拟落实
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风	须制定《辐射事故应急预案》	拟落实

	险，制定相应辐射事故应急预案,特别应做好 X 射线探伤机的实体保卫及防护措施。		
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	须制定《X 射线探伤机操作规程》、《射线装置安全管理制度》、《辐射安全管理制度》、《射线装置使用、保管保养及检测维修制度》、《监测方案》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射人员职业健康管理制度》、《辐射人员培训/再培训管理制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射人员个人剂量管理制度》。	拟落实
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案。	拟落实	/
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	在进行移动式探伤时，必须在划定的探伤区设置明显的警戒线和辐射警示标志。	拟落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告。	拟落实	/
10	现场探伤工作方案	在确定要进行现场探伤作业前，按项目应制定工作方案，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。	拟落实
11	设定监督区和控制区	进行野外探伤时，应设定控制区和监督区。控制区边界外 X 射线空气吸收剂量率应不大于 $15\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守。监督区位于控制区外，允许有关人员在此活动。其边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。边界处应有“当心，电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。	拟落实
12	张贴探伤作业公告	在探伤作业现场应张贴公告。公告中应包括作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、	拟落实

		辐射事故报警电话等内容。	
13	档案记录	必须建立探伤运行、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度，并存档备查。	拟落实
14	建设单位在作业期间做好公众沟通工作，妥善处理群众投诉，维护当地社会稳定；在活动结束后应向转入地市（州）环境保护主管部门提交辐射安全评估报告。	/	拟落实
15	野外作业的一事一档，包括跨区备案资料，环保部门现场检查记录、辐射监测报告及现场作业辐射安全措施的影像资料等。	/	拟落实

2、辐射安全管理规章制度要求及落实情况

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》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）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-3。

表 12-3 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况
1	综合	辐射安全管理制度	需制定
2		X 射线探伤机操作规程	需制定
3		安全防护设备维护管理制度(包括机构人员、维护维修内容与频度)	需制定
4		保管管理制度	需制定
5		X 射线探伤机管理制度（转让、使用、报废）	需制定
6		野外探伤工作方案（须存档）	拟落实
7		野外作业的一事一档，包括跨区备案资料，生态环境部门现场检查记录、辐射监测报告及现场作业辐射安全措施的影像资料等。	拟落实
8		已完成和正在完成野外作业项目清单	拟落实
9		射线装置台账	拟落实
10	监测	监测方案	需制定

11		监测仪表使用与校验管理制度	需制定
12	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	需制定
13		辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
14	应急	辐射事故/事件应急预案	需制定

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。

（1）档案分类和归档

本项目辐射安全档案资料可分以下大类：“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。

其中“野外探伤一事一档”档案资料是针对每一个项目野外（室外）作业活动建立完整的辐射安全与防护档案，做到一事一档。需要归档的材料应包括以下内容：

①作业活动开始前的报备方案，每个作业活动使用计划和作业方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

②生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况；

③作业活动期间相关记录和日志，包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及财务复核记录，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，以及需要记录的其它有关情

况。

（2）需上墙的规章制度

①《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。

②上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm，设置于控制区边缘醒目处。

3、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）环境保护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。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、控制缆等存在安全隐患或故障的探伤装置。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）建立射线装置台账，每天检查核实，做到账物相符。

（5）安全信息公示牌面积不应小于 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。

（6）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。

（7）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。

辐射监测

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，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目监测和检查内容包括：个人剂量监测、工作场所监测和工作场所检查。

1、个人剂量监测

本项目配置 4 名辐射工作人员，共需个人剂量计 4 个（个人剂量片 8 个）。建设单位须定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检定，并按照“四川省环境保护厅四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲”（川环函[2016]1400 号）做好个人剂量的管理工作。

环评要求：①项目建成投运后，保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计。加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，做到专人专戴，做到定期送检；②建立个人剂量档案，个人剂量档案要终

生保存；③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；当单年个人剂量超过 50mSv 时，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理。其检测报告及有关调查报告应存档备查。

2、辐射环境及工作场所监测

（1）监测项目：X- γ 空气吸收剂量率；

（2）监测频度：①委托有监测资质单位对工作场所至少每年监测 1 次，监测报告附录到年度自查评估报告中；②建设单位在射线装置大修后监测一次，监测数据应存档备查；③每次进行野外探伤作业时建设单位须进行活动场所的监测（操作前和操作后）。

（3）监测范围：控制区边界、监督区边界以及探伤操作人员位置及其他人员经常活动的位置。

（4）监测设备：X- γ 辐射监测仪，建设单位应保证仪器的准确性和可靠性。

（5）监测质量保证

制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用有资质监测单位的监测数据与公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；制定辐射环境监测管理制度。

3、工作场所检查

对工作场所的警示标志、警戒线、声光报警装置、紧急停机按钮、

射线源开关钥匙在野外探伤工作前进行一次检查，避免故障发生。

辐射事故应急

为了加强对辐射装置安全管理，确保仪器设备的安全应用，保障公众健康，保护环境，建设方需按环评要求制定较为完善的辐射安全事故应急救援预案，该预案包括：应急组织机构、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、应急演练计划等。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组逐级上报到生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。建设单位在开展探伤工作之前 5 日内，需向探伤作业所在地的生态环境行政主管部门备案，并了解清楚当地生态环境部门、公安部门和卫生部门的相关要求和联系方式。一旦发生辐射事故，防止公众进入警戒区，及时将事故情况上报项目所在地生态环境主管部门，并及时组织专业技术人员排除事故。建设方应补充应急事故须准备的仪器和设备、应急物资的准备条件及应急终止后的行动等。按照上述原则制定应急预案后，采取了上述应急处理措施能尽可能缩短工作人员和公众受辐射的时间，使事故危害降到最低。建设单位编制的预案须具备对射线装置辐射事故的应急处理能力，具有可操作性。

辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组

织演练。

建设单位做好与从事活动相匹配的辐射事故应急物资（装备）的准备，如灭火器材等。

表 13：结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：四川华航科技有限公司新建 X 射线野外（室外）探伤项目

建设单位：四川华航科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点遍布全国各地，不固定，探伤机无探伤任务时存放于四川华航科技有限公司专门的存储仓库内。

本次评价内容及规模为：四川华航科技有限公司拟使用 2 台 X 射线探伤机包括：1 台型号为 XXG-3005 定向 X 射线探伤机（额定管电压 300kV、额定管电流 5mA，对变电站 GIS 设备进行磨损检测）；1 台型号为 XRS-3 型便携式 X 射线定向探伤机（额定管电压 270kV、额定管电流 3mA，对高压架空输电线路接续金具进行探测），均属于 II 类射线装置。在实施探伤过程中，不存在两台及两台以上探伤机同时在同一地点探伤的情况，单台年野外探伤时间最多为 60h，2 台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多为 120 小时。本项目野外探伤设备的检修由设备厂家负责，公司只负责探伤机的使用。

2、本项目产业政策符合性分析

项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》相关规定，属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条

“检验检测服务”，符合国家当前的产业政策。

3、本项目选址布局合理性分析

本项目野外探伤主要是对变电站GIS设备以及高压架空输电线路接续金具进行无损检测，探伤现场位于全国各变电站及高压架空输电线路所在场地，本项目X射线探伤机在野外（室外）工作时，采取有效屏蔽，按照划定的监督区和控制区严格管理，禁止人员出入；在人流较多的现场探伤时，调整时间，尽量选取下班时间或者夜间人流量较少的时段，按照划定的监督区和控制区严格管理，并且充分利用探伤场所周围的建筑墙体进行屏蔽。采取以上控制措施后，本项目的野外探伤布局是合理的。

本项目探伤机无探伤任务时存放于公司专门的仓库内，该仓库将安装摄像头，能实时看到仓库内情况，并做好射线装置的台账工作，并且不会在此处进行开机作业，该仓库只用作仓储，项目在此暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境也对该仓库无制约因素，因此探伤机无探伤任务时存放于该仓库是合理的。

4、环境影响评价结论

（1）施工期

本项目不涉及施工期。

（2）营运期

①辐射环境影响分析

A 两区划分

a.XXG-3005 型 X 射线探伤机（主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏

蔽状态下)

控制区：XXG-3005 型 X 射线探伤机正前方 26m，正后方 19m，左右各 19m 的矩形区域；监督区：控制区外，探伤机正前方 63m，正后方 45m，左右各 45m 的矩形区域。

b.XRS-3 型 X 射线探伤机（主射方向 2.5mm 铅当量铅屏风屏蔽状态下)

控制区：XRS-3 型 X 射线探伤机正前方 8m，正后方 8m，左右各 8m 的矩形区域；监督区：控制区外，探伤机正前方 20m，正后方 18m，左右各 18m 的矩形区域。

c.XRS-3 型 X 射线机高空作业时在地面的两区划分（主射方向无铅帘防护）：

XRS-3 型 X 射线机高空作业时在地面的两区划分如下（主射方向无铅帘防护）：控制区：XRS-3 型 X 射线探伤机正前方 8m，正后方 8m，左右各 8m 的矩形区域；监督区：控制区外，探伤机正前方 18m，正后方 18m，左右各 18m 的矩形区域。

实际探伤过程中，因施工区域围墙等的防护作用，控制区和监督区的范围可相应缩小；在施工区域室内进行探伤作业时，要求将监督区边界控制在被探伤设备所在建筑的围墙处，如围墙外剂量率大于 2.5 μ Gy/h，建设单位必须增加屏蔽防护措施使边界处达标。

本次环评要求：野外探伤时，职业人员需配置个人剂量报警仪，且需将报警限值设置为 15 μ Gy/h，以避免职业人员误入控制区。

B 人员剂量

经模式预测，在正常工况下，野外探伤对工作人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv 的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv 的公众人员年剂量约束值。

②大气的环境影响分析

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 O₃ 气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

③固体废物的环境影响分析

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，集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排。

根据《四川省辐射污染防治条例》，X 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。

采取上述措施后对周围环境影响较小。

④废水环境影响分析

工作人员产生的生活污水依托工程区已有的环保设施进行处理，对周围水环境的影响较小。

⑤噪声

本项目所产生的噪声较小，时间短，经距离衰减后对周围声环境影响较小。

5、事故风险与防范

建设单位须按要求制定内容较全面、措施可行的辐射事故应急预案，并拟制定的完善的安全规章制度，并认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

6、环保设施与保护目标

公司拟配置的环保设施较全，拟采取的环保措施可行，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。

7、辐射安全管理综合能力

建设单位安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，目前未参加考核待辐射安全与防护知识考核合格后上岗；有辐射事故应急预案；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。

8、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

建议和承诺

（1）认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

（2）项目在运营过程中须定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报省生态环境厅，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动

及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其他有关法律、法规规定的落实情况。

（3）一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位（项目所在地生态环境局与生态环境厅）。同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）建设单位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。在申领、延续、更换辐射安全许可证，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。

（5）应在探伤作业活动实施前 5 个工作日内持有效的辐射安全许可证复印件向使用地市（州）生态环境局备案并提交书面报告。报告内容应包括野外探伤作业的时间和地点，使用射线装置的类别、数量，辐射安全负责人和联系电话等。活动结束后 20 个工作日内，还应到使用地的市（州）生态环境局办理备案注销手续,并提交野外探伤作业辐射安全与防护总结报告及活动场所的辐射环境监测报告。

（6）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，采用文字或影像资料真实记录探伤作业现场采取的辐射防护设施和辐管理措施、环境部门现场检查情况、辐射环境监测记录、安保等，使每次野外探伤的辐射安全与防护状况具有可追溯性。

(7) 建设项目正式投产运行前，建设单位应及时组织竣工环保验收。

本工程竣工环境保护验收一览表见下表。

表 13-1 环境保护设施验收一览表

类 别	环保设施
场所设施（移动式）	控制台有钥匙控制，专人管理钥匙，控制台紧急停机按钮、设备暂存仓库的摄像监控系统。
个人剂量监测仪器及警示标志	个人剂量计 4 个（或 8 个个人剂量片），便携式辐射监测仪 2 台、声光个人剂量报警仪 4 台、声光报警装置 2 套、固定的警示 2 套，大功率喊话器 2 个、安全警示线 4 盘。
其他个人防护用品	铅帘 2 个（2.5mm 铅当量 2 个），考虑到本项目部分被探伤工件可能较大，铅帘不能满足现场遮挡要求的情况，环评建议建设单位在后期根据实际情况适当增加铅帘个数）、辐射防护铅服 4 套。
管理制度	各项规章制度包括：辐射安全管理规定、操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、剂量管理制度、监测方案、野外探伤工作方案、野外作业一事一档、射线装置台账、监测仪表使用与校验管理制度等

表 14： 审批

下一级环保部门预审意见：	
	公 章
经办人	年 月 日

审批意见：	
	公 章
经办人	年 月 日