

目 录

表 1 项目基本情况 - 1 -

表 2 放射源 - 24 -

表 3 非密封放射性物质 - 24 -

表 4 射线装置 - 24 -

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） - 24 -

表 6 评价依据 - 24 -

表 7 保护目标与评价标准 - 24 -

表 8 环境质量和辐射现状 - 26 -

表 9 项目工程分析与源项 - 28 -

表 10 辐射安全与防护 - 35 -

表 11 环境影响分析 - 45 -

表 12 辐射安全管理 - 57 -

表 13 结论与建议 - 69 -

表 14 审批 - 75 -

附件：

附件 1 委托书

附件 2 备案证

附件 3 营业执照

附件 4 租赁合同

附件 5 移动式 X 射线探伤项目环境影响报告表的批复（昆生环复【2019】8 号）

附件 6 关于成立辐射安全与防护领导小组的通知（云电试研【2021】22 号）

附件 7 辐射安全许可证

附件 8 承诺函

附件 9 小型 X 射线仪用户手册

附件 10 项目内部审核单

附件 11 项目技术咨询合同

附件 12 项目进度表

附件 13 个人剂量检测报告

附件 14 便携式高频 X 射线机辐射监测报告

附件 15 现有移动式 X 射线探伤项目验收意见

附件 16 2024 年度辐射安全与防护年度评估报告

附图：

附图 1 项目存放地位置图

附图 2 项目存放地周围环境关系图

附图 3 项目存放地在新兴产业孵化区中的位置

附图 4 X 射线仪存放楼层位置（新兴产业孵化区 D 幢 2 层）

表 1 项目基本情况

建设项目名称		云南电力试验研究院（集团）有限公司新建核技术利用项目			
建设单位		云南电力试验研究院（集团）有限公司			
法人代表		姜洪东	联系人	文自富	联系电话 18887156777
注册地址		云南省昆明市经济技术开发区			
项目建设地点		使用场所：云南省内 220kV、500kV 或±800kV 输电线路及耐张线夹内部搭接处（场所不固定）。 贮存场所：昆明市云大西路 39 号昆明市经济技术开发区新兴孵化区 D 栋 2 楼 202 室。			
立项审批部门		昆明经开区经济发展部		批准文号	2507-530131-04-03-144320
建设项目总投资（万元）		60	项目环保投资（万元）	0	投资比例（环保投资/总投资） 0
项目性质		☒ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ） 3m ² （租用的仓库的其中一部分）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV ☐ V		
		☐ 使用	☐ I（医疗使用） ☐ II ☐ III ☐ IV ☐ V		
	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 ☐ III		
		☐ 销售	☐ II ☐ III		
		☒ 使用	☒ II ☐ III		
	其他	/			

1、项目概述

（1）建设单位简介

云南电力试验研究院（集团）有限公司（简称“建设单位”）位于云南省昆明市经济技术开发区云大西路 105 号云电科技园内，公司成立于 2004 年，经营范围主要有电力高科技及相关 IT 产业产品的研发及相关服务；对外投资、管理、咨询和服务；电、气、热、水、动力设备安装调试、检验检测；煤、水、油、气及金属材料的检验检测；电力技术咨询、开发、科研培训服务。云南电力试验研究院（集团）有限公司是云南电网有限责任公司的控股子公司，作为云南电源技术监督、电力技术开发与产品转化的实施主体，承担云南电源技术监督、技术服务、

试验研究、科研开发、基建调试和促进技术产品运用的任务。

（2）项目由来

为满足高压输电线路供电安全，建设单位拟新置 2 套无线小型 X 射线仪成像检测设备，每套无线小型 X 射线仪成像检测设备均由 1 台 X 射线源和 1 个数字平板探测器组成，主要用于建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或±800kV 输电线路杆塔上导线与耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，探伤场所为电网系统以获得批复的高压输电线路，不涉及低压配电设备所在居民区等场所。均为室外（野外）探伤，无固定的探伤场所，不修建探伤室。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，其他工业用 X 射线探伤装置，包括固定式 X 射线探伤系统、便携式 X 射线探伤机、移动式 X 射线探伤装置和 X 射线照相仪等利用 X 射线进行无损探伤检测的装置，属于Ⅱ类射线装置。

注：耐张线夹，用于固定导线，以承受导线张力，并将导线挂至耐张串组或杆塔上的金具。既要承受导线或地线的全部张力，同时又是通流导体，此类金具一旦安装后，不再拆卸。通过 X 射线探伤的检测手段，实现了输变电路及耐张线夹等设备内部结构的“可视化”，将能够满足设备内部搭接牢固程度，存在的异物、裂纹、绝缘件划痕不到位和绝缘件内部气隙等缺陷的检测，将大大提高设备检测的科技实力和技术水平，为设备故障的准确性及定位提供方便，同时也为设备的状态检修提供技术支持，对保障系统稳定运行，防止非计划停运有着重要意义。

本次拟新置的 2 台无线小型 X 射线仪（型号分别为：XR150 型、XRS3 型）属于Ⅱ类射线装置，为加强 X 射线探伤机在应用中的辐射环境管理，防止放射性污染，确保探伤机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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规要求，使用射线装置的单位应当在申请辐射安全许可证前编制环境影响评价文件。

根据中华人民共和国生态环境部第 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)，本项目属于“五十五、核与辐射”中“第 172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置的，应编制环境影响报告表”。

我公司接受云南电力试验研究院（集团）有限公司的委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照《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）的要求，编制完成《云南电力试验研究院（集团）有限公

司新建核技术利用项目环境影响报告表》，供建设单位上报审批。

2、建设项目概况

云南电力试验研究院（集团）有限公司拟新置 2 套无线小型 X 射线仪成像检测设备，其中 1 套无线小型 X 射线仪成像检测设备由 1 台 X 射线源（型号 XR150、最大管电压 150kV、最大管电流 0.5mA、照射时间 1.5S，1 个数字平板探测器组成；另 1 套无线小型 X 射线仪成像检测设备由 1 台 X 射线源（型号 XRS3、最大管电压 150kV、最大管电流 0.25mA、照射时间 1.5S，1 个数字平板探测器组成，主要用于建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或±800kV 输电线路杆塔上导线与及耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，保证供电安全。探伤场所为电网系统以获得批复的高压输电线路处，不涉及低压配电设备所在居民区等场所。均为野外探伤，无固定的探伤场所，不修建探伤室。使用锂电池驱动 X 射线源及探测器，可在无交流电源环境中进行检测。X 射线源与探测器的控制由平板电脑专用应用软件实现。再建项目总投资 60 万元，无新增环保设施投资，均依托现有工程设施。

设备贮存地点为昆明市云大西路 39 号经济技术开发区新兴产业孵化区 D 栋 2 楼 202 号房间（租用）。

新建项目射线装置概况，见下表。

表 1-1 新建射线装置概况

射线装置名称	射线装置类别	射线装置数量（台）	活动种类	投射类型	工作方式	备注
无线小型 X 射线仪	II 类	2	使用	定向	野外探伤	拟购

无线小型 X 射线仪照片，见下图。



图 1-1 无线小型 X 射线仪（正面）

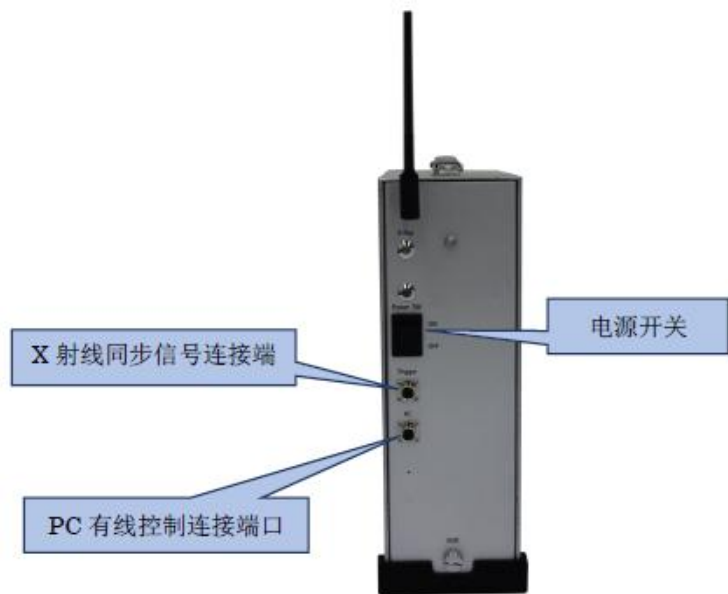


图 1-2 无线小型 X 射线仪（侧面）

射线仪由锂电池供电，无需预热和冷却，可连续工作，性能稳定；曝光量低，辐射剂量小，使用安全，只需简单培训即可操作；1000 万个脉冲，单次曝光单个脉冲、X 射线管使用寿命更长；冷阴极 X 射线管技术能耗低，续航时间长，日常工作压力小；体积小，质量轻、远程控制、应用场景广泛。

3、建设项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题，见下表。

表 1-2 再建项目组成及主要的环境问题一览表

名称		建设内容	主要环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	贮存场所	租用昆明市云大西路39号昆明市经济技术开发区新兴孵化区D栋2楼202室，仓库面积100m ² ，项目占地3m ² 。 新增2套无线小型X射线仪成像检测设备：其中1套无线小型X射线仪成像检测设备由1台X射线源（型号XR150、一体机，内含X射线管、高压电缆、高压发生器、控制器、摄像头、无线路由器、锂电池，配套充电器、电脑控制线）、1个数字平板探测器（用于数字成像）、1个平板电脑（用于远程控制）三部分组成；另1套无线小型X射线仪成像检测设备由1台X射线源（型号XRS3、一体机，内含X射线管、高压电缆、高压发生器、控制器、摄像头、无线路由器、锂电池，配套充电器、电脑控制线）、1个数字平板探测器（用于数字成像）、1个平板电脑（用于远程控制）三部分组成，两套设备均配备专用运输箱。	/	废锂电池

	使用场所	220kV、500kV或±800kV输电线路杆塔上导线与耐张线夹搭接处（场所不固定）。	/	X 射线、臭氧
辅助工程	仓库监控系统	利用租用的仓库监控系统，位于 1 楼。	/	/
依托工程	生活设施	依托野外工作区域租用的生活设施。	/	生活污水、生活垃圾、噪声
	使用场所辐射安全防护设施	依托现有辐射防护设施（铅帘、铅衣、护目镜、手套、围脖）、设施设备（个人剂量仪、个人剂量报警仪等）、安全管理制度。	/	/

4、项目主要设备及主要技术参数

项目主要设备配置见下表。

表 1-3 项目购置设备统计表

类型	设备名称	型号	单位	数量	产地	备注
X 射线源	无线小型 X 射线机	XR150 型、XRS3 型	台	1	江苏康众数字医疗科技股份有限公司	II 类射线装置
探测器	数字平板探测器	Care View 750Cw	台	1		数字成像设备
附属品	平板电脑	JPC08	台	1		
	摄像头	Aobo HD 1080P	个	1		
	无线路由器	BUFFALO DWR-PG	个	1		
	锂电池	RRC2020 11.25V 8.85Ah 99.6Wh	只	2		
	充电器	RRC-SMB-UBC	个	1		
	电脑控制线	/	m	1.5		
	连接电缆线	/	m	30		
	用户手册	/	本	1		
	专用运输箱		个	1		

项目主要技术参数见下表。

表 1-4 无线小型 X 射线机主要技术参数表

型号	XR150 型、XRS3 型	
输入	电源	锂电池 RRC2020 11.25V 99.6Wh
	电源容量	8.85Ah
输出	X 射线管电压（峰值 kV）	150kV
	X 射线管电流（峰值）	2.5mA
	照射时间	1.5s
X 射线管	焦点尺寸	1mm

	焦距	10-70cm
	X 射线辐射角	40° (±20°)
	靶材料	钨 (Wu)
过滤片	材质和厚度	3.4mmCu
高压发生器	直流发生器高压电源	输出功率 150w
脉冲	脉冲宽度	100-500ms
冷却系统	电子制冷系统	电子制冷, 无需用水
最大穿透厚度	钢板 A3 (mm)	40
射线泄漏率	<0.5mGy/h	
外观	尺寸	H297mm× W230mm×D100mm (不含手柄、摄像头及锂电池)
	重量	8.2kg (不含电池)
控制	平面电脑程序控制	
Wi-Fi (无线) 控制	设定为固定连接	
串行通讯 (有线) 控制	设定为固定连接	
工作环境	温度	10-35℃ (无结露状态)
	相对湿度	50%以下适宜
	周围环境	无振动、无腐蚀性介质及无较强电磁场干扰

5、建项目射线仪拟使用情况

(1) 使用场所和照射工件

本次新置的 2 套无线小型 X 射线仪使用场所为建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或±800kV 输电线路杆塔上导线和耐张线夹处。探伤工作地点大部分位于野外空旷处, 远离城镇居住点, 使用地点位置不固定。

照射工件为导线和耐张线夹, 探伤工件最大厚度不超过 40mm, 多数在 20mm~30mm 厚范围内, 材质为铝和钢的复合物。

(2) 使用方法

新置 2 套无线小型 X 射线仪为无线使用, 自带 Wifi, 操作人员可远离射线源操作 (最大范围 100m), 大大保护了操作人员的辐射安全。

(3) 照射时间、电流、电压

新置 XR150 型无线小型 X 射线仪 (最大管电压 150kV、最大管电流 0.5mA、额定功率 150W、照射时间 1.5s); 新置 XRS3 型无线小型 X 射线仪 (最大管电压 150kV、最大管电流 0.25mA、额定功率 150W、照射时间 1.5s)。

（4）使用频次

根据建设单位介绍，新置小型 X 射线仪仅在有合同任务时，才使用，使用频率低。项目射线仪使用情况见下表。

表 1-5 射线仪使用情况

射线仪型号	数量	年总拍片数	单次最长曝光时间
XR150	1	2000 张	1.5s
XRS3	1	2000 张	1.5s

6、建设项目依托设备

项目安全防护设备，全部依托现有设备。

表 1-6 建设项目依托设备一览表

类型	设备名称	单位	数量	备注
安全防护设备	辐射防护铅衣、护目镜、手套、围脖	套	8	已有
	个人剂量仪	个	8	
	个人剂量报警仪	个	8	
	便携式辐射监测仪	台	2	
	大功率喊话器	个	3	
	安全警示带	盘	10	
	安全警示牌	个	18	
	4mmPb 铅帘（铅堵头）	幅	1	
	报警灯	个	20	
	仓库监控系统	套	1	

7、建设项目劳动定员及工作制度

（1）劳动定员

项目劳动定员依托现有核技术项目人员，不再增加。

建设单位现有 5 名辐射工作人员，包括 1 名现场组长（辐射专职管理员）和 4 名探伤工作人员。负责现场设备操作、数据采集、现场监护及巡视等工作。辐射工作人员需要完成公司内所有探伤任务，包含已许可的探伤任务（年拍片约 100 张）、本次新增的探伤任务（年拍片约 4000 张）。不存在同一探伤场所同时使用 2 台射线机进行探伤的情况。

5 名辐射工作人员已参加并通过了辐射安全与防护的培训及考核。

（2）工作制度

根据合同签订情况，有探伤任务时再工作，本项目辐射工作人员预计每年工作 40 天，每

次工作约 6 小时。

8、射线仪贮存地-租用仓库及周围情况

（1）租用仓库

建设单位于 2020 年 7 月租用昆明经济技术开发区新兴产业孵化区 D 幢 1、2 楼全部（101-104 号、201-204 号）作为电力试验研究院的物品存放地，总租用面积为 2898.55m²。本次拟购的 1 台无线小型 X 射线仪和原有的 2 台 X 射线机均贮存在 D 幢 2 楼 202 号房间内，库房内粘贴有辐射安全管理制度，202 号房间门口钥匙进行双人双锁管理，由辐射安全人员、仓管员 2 人管理。射线仪装置钥匙由辐射安全人员管理，1 楼仓库入口钥匙由仓管员管理。整个仓库内有视频监控系统，监控室位于仓库 1 楼，仓库管理人员 24h 值守。

（2）租用仓库周围环境

租用仓库位于昆明经济技术开发区新兴产业孵化区 D 幢，北面为新兴产业孵化区 E 幢，南面为新兴产业孵化区 C 幢，东面为杂货仓库，西面为飞燕物流。见附图 2 所示。

项目贮存地周边环境关系见下表，布置图见附图 2 所示。

表 1-7 项目贮存地周边环境关系一览表

序号	名称及楼层	方位	与项目贮存地厂界距离（m）	属性
一	新兴产业孵化区 C 幢			
其中	昆明酷特利生物科技有限公司 103-104 室	南侧	15	生物制品研发
	云南昆莫经贸有限公司 201 室			经贸
	云南兆富科技有限公司 202 室			IT 服务
	昆明福思特快递服务有限公司 203 室			快递服务
	昆明龙誉恒光电辅料有限责任公司 204 室			光电辅料销售
	云南旭众机械设备有限公司 301 室			机械、机电设备的销售
	云南绿宸中检联环境食品检测服务有限公司 303-304 室			环境检测
	昆明富尔诺林科技发展有限公司 401-402 室			汽车配件、机械设备销售
	云南麦丰食品有限公司 403-404 室			包子馅料生产、销售
	昆明榕桦环境科技有限公司 501-502 室			环境检测
	云南圣草峰生物科技有限公司 503-504 室			生物技术研发
二	新兴产业孵化区 D 幢（本项目所在地）			
其中	云南电力试验研究院（集团）有限公司仓库 1 楼	楼下	0.5	仓库

	云南电力试验研究院（集团）有限公司仓库 2 楼	本项目贮存地	本项目贮存地	2 楼 202 号房间贮存射线仪
	云南中科检测技术有限公司	楼上	3.7	环境检测
	云南华测检测认证有限公司实验室项目 4 楼	楼上	7.4	环境检测
	中铁上海工程局集团昆明市轨道交通项目 4 号线经理部 5 楼	楼上	11.1	工程经理部
三	新兴产业孵化区 E 幢			
其中	通标标准技术服务有限公司云南分公司 102 室	北侧	31	检测、技术咨询服务
	陕西瑞特检测科技有限公司 2F 全部、101 室			材料检测公司
	云南天博环境检测有限公司 302 室			环境检测
	云南蜀云科技有限公司 4F、5F 全部			生物分子止血吸附栓，医药企业
四	杂货仓库	东侧	48	杂货仓库
五	飞燕物流	西侧	53	物流

9、项目公辅设施配套及利用情况

项目辐射人员不在租用仓库处办公和住宿，依托电力试验研究院和个人住处。租用仓库处 1 名仓库管理人员住在仓库 1 楼，仓库管理人员在外部用餐，上厕产生的生活污水通过 1 楼厕所，排入新兴产业孵化区内部污水管网，通过化粪池处理后，排入昆明市第六水质净化厂处理，仓库周围市政管网配套完善。

野外探伤工作时，租用当地生活设施，不再单独建设生活设施。

项目辐射管理方式，依托现有制度和人员。

10、现有项目概况

（1）概况

建设单位于 2019 年 6 月 18 日购置了 1 台德国 GE 公司的 ERESO 65 MF4 型便携式高频 X 射线机，采用实时成像检测技术用于云南省内 500kV 变电站、500kV 或 800kV 换流站内的 GIS、GIL、罐式断路器等设备内部探伤；2021 年 9 月 29 日购置了 1 台日本つくばテクノロジー株式会社の TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪成像检测设备，采用实时成像检测技术用于云南省内 220kV、500kV 或 ±800kV 输电线路杆塔上导线与耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测。上述 2 台设备为野外移动探伤，不开展室内探伤。已建的 2 台探伤设备总投资 230 万元，其中环保投资 11 万元。原环评阶段设备不使用时贮存于云大西路 39 号经济技术开发区新兴产业孵化区 D 幢 2 楼的 202 号房间内（租用）。

建设单位 1 台 GE 公司的 ERESO 65 MF4 型便携式高频 X 射线机于 2019 年 6 月 18 日取

得了昆明市生态环境局《关于云南电力试验研究院（集团）有限公司新建移动式 X 射线探伤项目环境影响报告表的批复》（附件 4：昆生环复〔2019〕8 号）；1 台日本つくばテクノロジー株式会社の TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪成像检测设备于 2021 年 9 月 17 日取得了昆明市生态环境局《关于云南电力试验研究院（集团）有限公司再建核技术利用项目（新置无线小型 X 射线仪）环境影响报告表的批复》（附件 5：昆生环复〔2021〕28 号）。于 2019 年 8 月 20 日取得辐射安全许可证（附件 7：云环辐证[A0189]），2 台设备均为 II 类射线装置。

2023 年~2024 年期间使用频次约为 15 次。2021 年 1 月 23 日建设单位对已有的 1 台便携式高频 X 射线机完成了竣工环境保护验收（附件 15）。

现有项目主要工程内容一览表，见下表。

表 1-8 现有项目工程内容一览表

序号	射线装置	型号	类别	技术参数	用途	工作场所	设备状态
1	便携式高频 X 射线机	GE ERESO 65MF4 型	II	最大管电压：300kV、最大管电流：6mA	工业用 X 射线探伤装置	云南省内 500kV 变电站、500kV 或 800kV 换流站	完好
2	无线小型 X 射线机	TXR-C1R150 P-07W		最大管电压：150kV、最大管电流：2.5mA		云南省内 220kV、500kV 或±800kV 输电线路杆塔上导线与及耐张线夹	完好

现有项目射线装置安全防护设备，见“表 1-6 建设项目依托设备一览表”所示。

（2）现有项目辐射安全许可履行情况

①环评、验收、辐射许可

针对“GE 公司的 ERESO 65 MF4 型便携式高频 X 射线机”，建设单位于 2019 年 6 月 18 日取得了昆明市生态环境局《关于云南电力试验研究院（集团）有限公司新建移动式 X 射线探伤项目环境影响报告表的批复》。建设单位于 2021 年 1 月 23 日对该设备完成了竣工环境保护验收。

针对“日本つくばテクノロジー株式会社の TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线机”，建设单位于 2021 年 9 月 17 日取得了昆明市生态环境局《关于云南电力试验研究院（集团）有限公司再建核技术利用项目（新置无线小型 X 射线仪）环境影响报告表的批复》。建设单位于 2021 年 1 月 23 日对该设备完成了竣工环境保护验收。

现有项目于 2019 年 8 月 20 日取得辐射安全许可证，许可为 2 台射线装置，建设单位承诺

待本项目新增射线仪取得环评批复后，及时办理跟新辐射安全许可证。

②管理机构和制度

根据建设单位《关于成立公司辐射安全和防护领导小组的通知》(附件 6: 云电试研(2021) 22 号)，公司已成立辐射安全和环境保护管理小组，组织机构由 8 人组成，组长 1 人，副组长 2 人，成员 5 人（其中 1 人为辐射专职管理员）。建立了射线检测工作管理制度，取得了辐射安全许可证。

实际操作时为 5 名辐射工作人员，包括 1 名现场组长（辐射专职管理员）和 4 名探伤工作人员。负责现场设备操作、数据采集、现场监护及巡视等工作。

5 名辐射工作人员已参加并通过了辐射安全与防护的培训及考核，培训证书见附件 8。

③现有项目辐射监测的开展情况

现有核技术利用项目，有 1 台 ERESO 65MF4 型便携式高频 X 射线机，年使用频次约为 15 次。

A.个人剂量监测

经询问建设单位，2024 年各送检过 3 次个人剂量计，其它时间没有进行探伤，没有定期送检个人剂量计检测，不能满足每 3 个月送检 1 次个人剂量计的要求。

建设单位最近一次（2024 年 8 月）个人剂量监测情况如下，监测报告见附件 13。

表 1-9 个人剂量检测结果表

编号	姓名	性别	职业类别	剂量计佩戴 起始时期	佩戴天数 (天)	个人剂量当量 Hp(10)(mSv)
DLSY-02	金锐	男	工业探伤（3B）	2023.20.25	269	0.08
DLSY-04	王兴文	男	工业探伤（3B）	2023.20.25	269	0.09
DLSY-05	郭绍旭	男	工业探伤（3B）	2023.20.25	269	0.12

根据业主反馈，2024 年 8 月之后，没有进行过探伤工作，个人剂量当量满足职业人员年有效剂量 5mSv/a 限值的要求。

建设单位建立了个人剂量健康档案，无全年个人剂量超标情况发生。

B.辐射工作场所监测

每次野外探伤作业时建设单位对活动场所进行了监测（操作前和操作后），有监测记录。

C.环保验收监测

a、ERESCO 65MF4 型便携式高频 X 射线机验收监测

2020 年 11 月 22 日，环保验收时已对 ERESO 65MF4 型便携式高频 X 射线机使用工作场

所进行了 1 次辐射监测。

监测点位为：控制区、监督区、监督区外、人员操作位置（附件 14）。

监测频次：射线装置监测时每个点位开机条件和关机条件各测量一次。

监测项目：X- γ 辐射剂量率。

探伤对象：550kV 太安变电站管件

监测单位：四川省核工业辐射测试防护院

监测结果如下。

表 1-10 X 射线机辐射剂量监测结果一览表

编号	监测点	X- γ 辐射剂量率		单位
1	射线装置东侧 200m	未曝光	99	nSv/h
		曝光	1.53	μ Sv/h
2	射线装置东侧 190m	未曝光	98	nSv/h
		曝光	1.74	μ Sv/h
3	射线装置东侧 180m	未曝光	102	nSv/h
		曝光	2.09	μ Sv/h
4	射线装置东侧 170m	未曝光	93	nSv/h
		曝光	2.43	μ Sv/h
5	射线装置东侧 168m (监督区边界)	未曝光	96	nSv/h
		曝光	2.52	μ Sv/h
6	射线装置东侧 160m	未曝光	95	nSv/h
		曝光	2.8	μ Sv/h
7	射线装置东侧 150m	未曝光	97	nSv/h
		曝光	3.6	μ Sv/h
8	射线装置东侧 140m	未曝光	99	nSv/h
		曝光	4.0	μ Sv/h
9	射线装置东侧 130m	未曝光	101	nSv/h
		曝光	4.9	μ Sv/h
10	射线装置东侧 120m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	6.3	μ Sv/h
11	射线装置东侧 110m	未曝光	97	nSv/h
		曝光	7.7	μ Sv/h
12	射线装置东侧 100m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	10.3	μ Sv/h
13	射线装置东侧 90m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	14.0	μ Sv/h

14	射线装置东侧 88m (控制区边界)	未曝光	99	nSv/h
		曝光	15.1	μSv/h
15	射线装置北侧 120m	未曝光	97	nSv/h
		曝光	1.13	μSv/h
16	射线装置北侧 110m	未曝光	99	nSv/h
		曝光	1.39	μSv/h
17	射线装置北侧 100m	未曝光	94	nSv/h
		曝光	2.06	μSv/h
18	射线装置北侧 92m (监督区边界)	未曝光	98	nSv/h
		曝光	2.51	μSv/h
19	射线装置北侧 90m	未曝光	99	nSv/h
		曝光	2.66	μSv/h
20	射线装置北侧 80m	未曝光	97	nSv/h
		曝光	3.2	μSv/h
21	射线装置北侧 70m	未曝光	99	nSv/h
		曝光	4.6	μSv/h
22	射线装置北侧 60m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	6.0	μSv/h
23	射线装置北侧 50m	未曝光	101	nSv/h
		曝光	8.9	μSv/h
24	射线装置北侧 40m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	13.5	μSv/h
25	射线装置北侧 38m (控制区边界)	未曝光	97	nSv/h
		曝光	15.3	μSv/h
26	射线装置西侧 100m	未曝光	98	nSv/h
		曝光	0.97	μSv/h
27	射线装置西侧 90m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	1.04	μSv/h
28	射线装置西侧 80m	未曝光	96	nSv/h
		曝光	1.27	μSv/h
29	射线装置西侧 70m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	1.47	μSv/h
30	射线装置西侧 60m	未曝光	98	nSv/h
		曝光	1.78	μSv/h
31	射线装置西侧 50m	未曝光	97	nSv/h
		曝光	1.93	μSv/h
32	射线装置西侧 45m	未曝光	98	nSv/h

		曝光	2.26	$\mu\text{Sv/h}$
33	射线装置西侧 43m (监督区边界)	未曝光	98	nSv/h
		曝光	2.54	$\mu\text{Sv/h}$
34	射线装置西侧 40m	未曝光	101	nSv/h
		曝光	3.2	$\mu\text{Sv/h}$
35	射线装置西侧 35m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	4.7	$\mu\text{Sv/h}$
36	射线装置西侧 30m	未曝光	101	nSv/h
		曝光	7.4	$\mu\text{Sv/h}$
37	射线装置西侧 26m	未曝光	100	nSv/h
		曝光	11.8	$\mu\text{Sv/h}$
38	射线装置西侧 24m (控制区边界)	未曝光	97	nSv/h
		曝光	15.2	$\mu\text{Sv/h}$
39	射线装置西南侧 50m 人员操作位置	未曝光	99	nSv/h
		曝光	2.02	$\mu\text{Sv/h}$

注：主射方向为东侧；漏射方向为西侧。

根据监测结果，已有的 1 台 ERESO 65MF4 型便携式高频 X 射线机未曝光时 X- γ 辐射剂量率范围为 $93\text{nSv/h}\sim 102\text{nSv/h}$ ；曝光时 X- γ 辐射剂量率范围为 $0.97\mu\text{Sv/h}\sim 15.3\mu\text{Sv/h}$ 。

主射方向（东侧）：控制区边界为 88m，监督区边界为 168m。漏射方向（西侧）：控制区边界为 24m，监督区边界为 43m。

b、TXR-C1R150P-07W 无线小型 X 射线仪

2021 年 9 月 29 日，环保验收时已对 TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪使用工作场所进行了 1 次辐射监测。

监测点位为：控制区、监督区、监督区外、人员操作位置（附件 14）。

监测频次：射线装置监测时每个点位开机条件和关机条件各测量一次。

监测项目：X- γ 辐射剂量率。

探伤对象：云南新泽兴人造板有限公司旁空地

监测单位：云南健禾科技有限公司

监测结果如下。

表 1-10 X 射线机辐射剂量监测结果一览表

编号	监测点	X- γ 辐射剂量率		单位
1	主射正东方向 232m	未曝光	0.142 ± 0.002	nSv/h
		曝光	2.18 ± 0.15	$\mu\text{Sv/h}$

2	主射正东方向 225m	未曝光	0.140±0.002	nSv/h
		曝光	2.56±0.09	μSv/h
3	主射正东方向 150m	未曝光	0.141±0.001	nSv/h
		曝光	9.00±0.30	μSv/h
4	主射正东方向 95m	未曝光	0.141±0.002	nSv/h
		曝光	16.18±0.32	μSv/h
5	主射正东方向 50m	未曝光	0.138±0.001	nSv/h
		曝光	137.84±3.77	μSv/h
6	漏射正北方向 40m	未曝光	0.139±0.001	nSv/h
		曝光	1.74±0.09	μSv/h
7	漏射正北方向 35m	未曝光	0.142±0.001	nSv/h
		曝光	2.44±0.12	μSv/h
8	漏射正北方向 20m	未曝光	0.142±0.002	nSv/h
		曝光	7.42±0.17	μSv/h
9	漏射正北方向 13m	未曝光	0.139±0.001	nSv/h
		曝光	16.16±0.32	μSv/h
10	漏射正北方向 10m	未曝光	0.139±0.001	nSv/h
		曝光	26.92±1.21	μSv/h
11	漏射正西方向 35m	未曝光	0.141±0.001	nSv/h
		曝光	1.97±0.12	μSv/h
12	漏射正西方向 30m	未曝光	0.141±0.001	nSv/h
		曝光	2.67±0.07	μSv/h
13	漏射正西方向 25m	未曝光	0.139±0.001	nSv/h
		曝光	7.39±0.39	μSv/h
14	漏射正西方向 15m	未曝光	0.139±0.002	nSv/h
		曝光	15.48±0.68	μSv/h
15	漏射正西方向 10m	未曝光	0.139±0.001	nSv/h
		曝光	22.23±1.04	μSv/h
16	操作人员位置 40m	未曝光	0.139±0.001	nSv/h
		曝光	2.35±0.12	μSv/h
17	主射正东方向 230m	未曝光	0.141±0.003	nSv/h
		曝光	2.46±0.027	μSv/h
18	主射正东方向 100m	未曝光	0.140±0.002	nSv/h
		曝光	14.74±0.147	μSv/h
19	漏射正北方向 18m	未曝光	0.140±0.002	nSv/h
		曝光	14.97±0.114	μSv/h
20	漏射正西方向 31m	未曝光	0.142±0.002	nSv/h

		曝光	2.46±0.026	μSv/h
21	漏射正西方向 16m	未曝光	0.139±0.002	nSv/h
		曝光	2.44±0.036	μSv/h
参考环境值			0.139~0.142	

注：主射方向为东侧；漏射方向为西侧。

根据监测结果，已有的 1 台 ERESCO 65MF4 型便携式高频 X 射线机未曝光时 X-γ 辐射剂量率范围为 0.138μSv/h~0.142μSv/h；曝光时 X-γ 辐射剂量率范围为 1.74μSv/h~137.84μSv/h。

主射方向（东侧）：控制区边界为 100m，监督区边界为 230m。漏射方向（西侧）：控制区边界为 16m，监督区边界为 31m。漏射方向（北侧）：控制区边界为 18m，监督区边界为 35m。

11.产业政策符合性

本项目项目属于核技术在无损检测领域内的应用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第六项核能中第 4 款：“核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

12.项目选址合理性

项目探伤主要针对云南省范围内，项目的探伤地点为高压输电线路处，在进行探伤作业时，监督区内不得有任何公众停留，控制区内不得有任何人员（包括工作人员和公众）停留。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接受的。

建设单位本次拟购的 2 台无线小型 X 射线仪贮存在新兴产业孵化区 D 幢 2 楼的 202 号房间内，D 幢 1、2 层仓库内有视频监控系统，监控室位于仓库 1 楼，仓库管理人员 24h 值守。该房间只用作探伤机的贮存地点，不使用时，无辐射产生。贮存地为辐射人员严格管理的设备间，其它人员不能进入，不会对周围环境产生不良影响。D 幢三层为云南中科检测技术有限公司、四层为云南华测检测认证有限公司实验室项目、五层为中铁上海工程局集团昆明市轨道交通项目 4 号线经理部，东面 48m 为杂货仓库，西面 53m 为飞燕物流，无居民区，周围环境也对射线仪贮存地无制约因素，因此射线仪无探伤任务时贮存于该设备间内是合理的。

综上所述，本项目探伤选址和贮存地设置是合理的。

13.实践正当性

建设单位根据工作需要，新置 2 套无线小型 X 射线仪成像检测设备，主要用于建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或±800kV 输电线路杆塔上导线与耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，探伤场所为电网系统以获得批复的高压输电线路，不涉及低压配电设备所在居

民区等场所。通过 X 射线探伤的检测手段，实现了输电线路内部结构的“可视化”。项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。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、公众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测过程中，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建立相应的规章制度。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。

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
	本项目不涉及							

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）	年最大量 （Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	本项目不涉及								

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	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
	本项目不涉及									

(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	无线小型 X 射线仪	II	1	XR150	150kV	0.5mA	工业用 X 射 线探伤装置	云南省内承 接的 220kV、 500kV 或 ±800kV 输电 线路杆塔上 导线和耐张 线夹处	新增
2	无线小型 X 射线仪	II	1	XRS3	150kV	0.25mA	工业用 X 射 线探伤装置	云南省内承 接的 220kV、 500kV 或 ±800kV 输电 线路杆塔上 导线和耐张 线夹处	新增
	以下空白								

(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	
		本项目不涉及											

(四) 其他

序号	名称	型号	数量 (台)	主要技术指标	用途	工作场所	备注
	本项目不涉及						

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
	本项目不涉及							

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

2、含有放射性的废物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、m³）和活度（Bq）。

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日修改实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院第 682 号令，自 2017 年 10 月 1 日起施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日修正，自 2019 年 3 月 2 日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年，国家环境保护总局令第 31 号，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部令第 18 号，自 2011 年 5 月 1 日起施行； (8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），自 2017 年 12 月 6 日起施行； (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行； (10) 《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）； (11) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》（环境保护部环发[2008]13 号）； (12) 《云南省环保局关于《在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示》的复函》云南省环境保护局，云环函〔2006〕727 号（2006.12）； (13) 云南省生态环境厅关于印发《云南省突发环境事件应急预案管理办法》的通知，云环规[2024]3 号（2024.12.27）； (14) 《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（2024 年版）； (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》，中华人民共和国生态环境部，2019 年第 57 号； (16) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部，2021
------	--

	年第 9 号； （17）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日施行； （18）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日； （19）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 25 日； （20）《生态环境部（国家核安全局）核技术利用监督检查技术程序》（2020 发布版）； （21）《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号； （22）《云南省生态环境厅核技术利用监督检查技术程序》（2021 年版） （23）云南省生态环境厅关于委托开展辐射安全许可的通知，云环发〔2019〕6 号，2019 年 04 月 25 日； （24）《云南省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2024 年本）》，2024 年 11 月 13 日。
技术标准	（1）《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （3）《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）； （4）《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）； （5）《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB22448-2008）； （6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （10）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （10）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （7）《核技术利用单位辐射事故应急预案的格式和内容》（T/B SRS 052-2021）。
其他	（1）《关于<在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示>的复函》（原云南省环境保护局，云环函[2006]727 号，2006 年 12 月）； （2）《电离辐射剂量学》，李士骏编（原子能出版社，1986，第二版）； （3）联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告；

- | | |
|--|---|
| | <p>(4) 《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）；</p> <p>(5) 《辐射防护手册》（第三分册，原子能出版社，李德平，潘自强）；</p> <p>(6) 《放射防护使用手册》（赵兰才、张丹峰主编）</p> <p>(7) 建设单位提供资料；</p> <p>①《委托书》</p> <p>②建设单位提供的其他资料。</p> |
|--|---|

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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）“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）”。

本项目为新置 II 类射线装置项目，为野外探伤项目，本项目评价范围为以 X 射线检测装置为中心，半径为 100m 的区域。

7.2 保护目标

本项目探伤地点主要为野外输电线路（无固定场所），在探伤作业时，监督区以内不得有任何公众停留，控制区内不得有任何人员停留。辐射工作人员和公众均应划定为保护目标；当探伤地点在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，建设单位需要做好清场工作，确保两区内无公众的情况下方可进行探伤工作。

表 7-1 主要环境保护目标

	保护对象	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)
野外探伤	辐射工作人员	非主射方向	控制区外	辐射安全与防护领导小组的 8 名人员	5.0
	公众	不定	监督区外，评价范围内	不定	0.25

7.3 评价标准

7.3.1 辐射环境管理限值

（1）现场探伤作业分区管理要求

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的规定：

现场探伤将作业时被检物体周围的空气比释动能率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，在控制区边界外将作业时空气比释动能率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

（2）剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 B1.1.1.1 条的规定，任何工作人员的年职业照射不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20mSv ，且任何一年中的年有效剂量不超出 50mSv ；第 B1.2 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 。

根据《云南省环保局关于<在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示>的复函》（云环函[2006]727号）中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的 1/4，即：

◇职业照射个人受照剂量约束值取 5mSv/a；

◇公众照射个人受照剂量约束值取 0.25mSv/a。

7.3.2 其他环境执行标准

（1）质量标准

本项目工作地点不固定，工程区域水、气、声环境分别执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）、《环境空气质量标准》（GB3095-2012）、《声环境质量标准》（GB3096-2008）。当地政府已划定环境功能区的，按照划定的功能区类别执行环境质量标准，未划定环境功能区的区域按照功能特点和环境质量要求确定执行类别。

（2）排放标准

废水：项目无洗片废水产生；由于工作地点不固定，工作人员进行辐射工作时，依托探伤地周围的污水处理设施处理或采取收集回用处理，不设废水排放标准。

噪声：由于工作地点不固定，根据当地的声环境功能（1类、2类、3类、4类），噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）（1类、2类、3类、4类）相应标准值。

表 8 环境质量和辐射现状

本项目为工业 X 射线野外探伤项目，在营运期对环境空气、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。因本项目探伤地点不固定，因此本次环评未进行探伤场所环境现状监测，仅对云南省内的环境现状进行了简单的分析，根据《2024 年云南省生态环境状况公报》，2023 年全省环境质量如下：

（1）辐射环境

2024 年，全省共布设辐射环境质量监测点位 325 个，辐射环境质量保持良好，均处于历年监测结果正常涨落范围内。

（2）地表水环境

2024 年，全省地表水环境质量总体稳定向好，全省 508 个国考、省考断面/点位中，水质优良（达到或优于Ⅲ类）的断面/点位 466 个，占 91.7%，水质重度污染（劣于Ⅴ类）的断面/点位 8 个，占比 1.6%。河流总体水质优，6 大水系水质均为优。开展监测的 219 条主要河流（河段）的 389 个国控、省控断面中，369 个断面水质优良，占比 94.9%，其中 278 个达到Ⅰ—Ⅲ类标准，水质优；无断面水质劣于Ⅴ类标准。开展监测的 41 条出境、跨界河流的 49 个监测断面均符合Ⅰ—Ⅱ类标准，水质优。全省主要湖库水质总体良好，开展水质监测的 90 个主要湖库中，水质优良的 76 个，占 84.4%；水质重度污染劣于Ⅴ类标准的 4 个，占 4.4%。46 个州市级饮用水水源地 43 个水质达标，达标率为 93.5%。192 个县级城镇集中式饮用水水源地 189 个水质达标，达标率为 98.4%。

（3）大气环境

2024 年，全省环境空气质量持续保持稳中向好，16 个州(市)政府所在地城市环境空气质量总体保持良好，环境空气质量综合指数平均为 2.47；细颗粒物（PM_{2.5}）年平均浓度为 20.5 微克/立方米，臭氧（O₃）90 百分位数浓度为 128 微克/立方米，优良天数比率为 99.1%。16 个城市 6 项污染物年均值及相应百分位数平均值均达到或优于《环境空气质量标准》（GB3095—2012）二级标准要求，其中，二氧化硫、二氧化氮和一氧化碳达到一级标准，臭氧、可吸入颗粒物和细颗粒物达到二级标准。

（4）声环境

2024 年，全省 16 个州（市）共设置 623 个道路交通噪声监测点，昼间等效声级值为 64.4 分贝，声环境质量好。共设置 2270 个区域声环境质量监测点，昼间区域声环境质量等效声级值为 51.2 分贝。共设置 125 个功能区声环境质量监测点，昼间达标率为 98.8%，夜间达标率为

94.9%

（5）自然生态

2024 年度全省自然生态环境与 2023 年度相比，保持稳定。全省共划定生态保护红线面积 11.35 万平方公里。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 再建项目设备组成、工作原理和工作方式

（1）设备组成

本次核技术利用项目为新置 2 套无线小型 X 射线仪成像检测设备，其中 1 套无线小型 X 射线仪成像检测设备由 1 台 X 射线源（型号 XR150、最大管电压 150kV、最大管电流 0.5mA、照射时间 1.5S、1 个数字平板探测器组成；另 1 套无线小型 X 射线仪成像检测设备由 1 台 X 射线源（型号 XRS3、最大管电压 150kV、最大管电流 0.25mA、照射时间 1.5S、1 个数字平板探测器组成。

（2）工作原理

项目 X 射线检测系统主要由 X 射线机和高压发生器组成，其中 X 射线机的核心部件是 X 射线管，X 射线管是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生大量 X 射线。通过 X 射线对受检设施进行照射，当射线穿透材料时，由于材料的厚薄不等，缺陷对 X 射线吸收衰减不同而形成 X 射线强度分布的潜像，再由图像采集器转换为实时图像，如果工件存在裂缝，在成像中显示裂缝所在的位置，从而实现无损探伤的目的。

项目采用的是实时成像技术，其原理为：X 射线穿透被检测工件后被图像采集器所接收，图像采集器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像，此过程称为“光电转换”；图像采集器将采集到的实时信号转换为实时图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

X 射线产生于射线管，控制系统为平板电脑，成像设备为数字平板探测器。

（3）工作方式

①探伤工件

本项目探伤工件为导线和耐张线夹（输电线路金具），耐张线夹为 7 字形，铝管结构（局部有钢锚），铝管内部夹有导线（钢芯铝绞线），其材质及厚度情况见表 9-1。工件组装示意图，见图 9-1~图 9-3。

表 9-1 项目探伤工件情况表

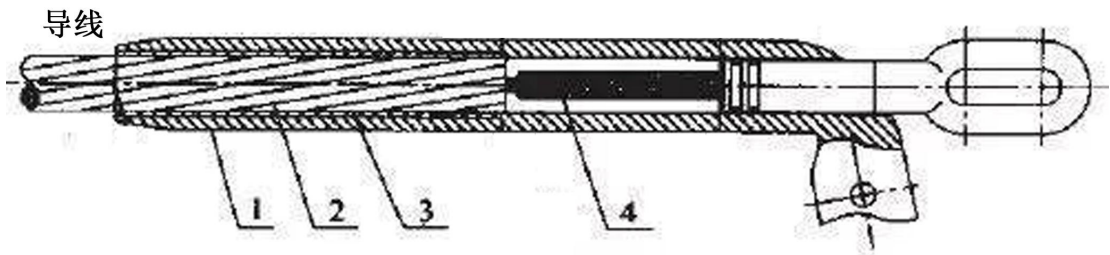
工件材质	铝+钢的复合体
工件最薄厚度	20mm
工件最厚厚度	40mm
工件最大宽度	80cm
探伤所需时间	5-10s
工件分布高度	15m-50m（输电线路，使用高空耐张线夹机械工装套件）



图 9-1 工件压接管实物



图 9-2 工件 X 探伤下的透视图



1-耐张线夹铝管 2-导线 3-铝衬管 4-钢锚

图 9-3 工件组装示意图

正常探伤工况下，XR150 型 X 射线机运行时最大管电压 150kV、最大管电流 0.5mA、照射时间 1.5S；XRS3 型 X 射线机运行时最大管电压 150kV、最大管电流 0.25mA、照射时间 1.5S。X 射线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。根据被照工件尺寸大小，设置曝光参数。被探伤工件最大厚度不超过 40mm，多数在 20mm~30mm 厚范围内。

②设备操作方式和工况条件

探伤用于建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或±800kV 输电线路杆塔上导线与耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，保证供电安全。具体探伤地点不固定，为野外作业，带有高空操作。设备操作时，在高压输电线路断电下进行。

由于输电线路和耐张线夹已安装在杆塔上，工件位置已经固定在输电线路路上，位于高空

（15m-50m），靠近杆塔一侧，探伤时，采用 X 射线仪进行高空探伤，将射线仪通过定制支架安放在工件下方，平板探测器通过定制支架安装在工件上方，射线仪由下向天空对工件进行照射，射线仪主束方向射向天空，垂直于地面。

设备安装完成，安全检查合格后，操作人员位于地面，通过无线平板电脑遥控射线仪进行照射工件。依次打开 wifi 路由器、摄像头、平板电脑、X 射线仪，工作人员离开射线仪，退至监督区范围以外，尽可能远离射线仪（射线仪无线最大通讯距离为 100m），从而减少不必要的照射。远程控制打开 X 射线仪，1 分钟后可进行 X 射线拍照（图像采集），拍照过程约为 5-10s。图像采集器将采集到的实时信号转换为实时图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，探伤结束。

人员配置：作业时岗位人员至少设置 4 人，包括 1 名现场组长，2 名工作人员，1 名具有高空作业资质的人员。

组长负责指挥，1 名人员负责操作平板电脑，1 名人员负责现场监护及巡视等工作。1 名高空作业人员爬上杆塔安装好射线仪和平板探测器，并将设备通电后爬下杆塔，上述人员均退出监督区，远离射线仪操作。

人员防护装备：工作人员全部佩戴个人剂量报警仪、个人剂量仪，穿戴防护铅衣、护目镜、手套、围脖，根据需要设置铅帘、障碍物进行屏蔽。

探伤工作 X 射线照射示意，见下图。

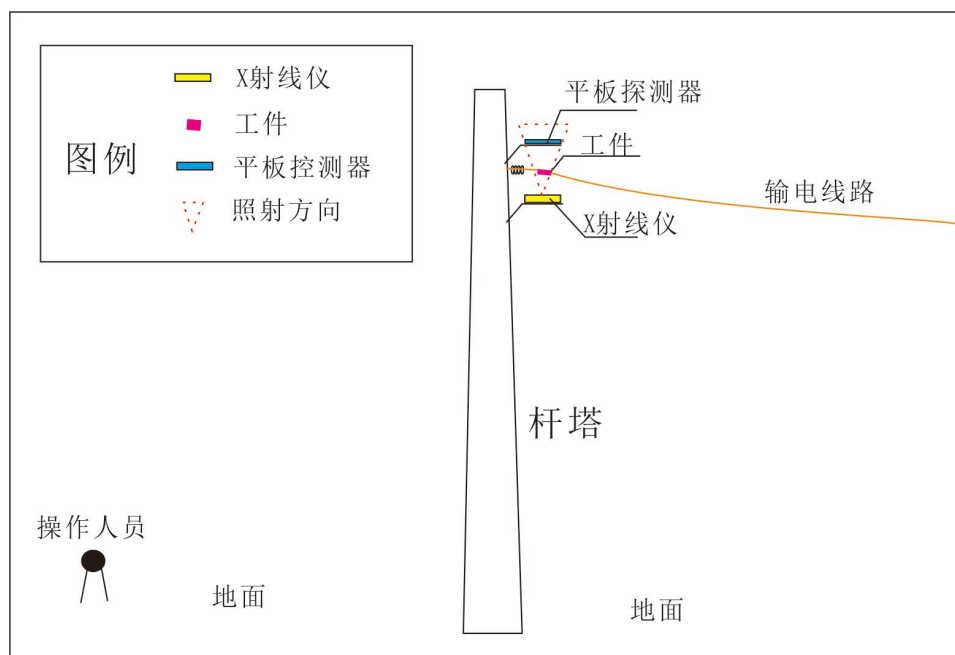


图 9-4 探伤照射示意图

设备安装和照射工艺流程，如下图：

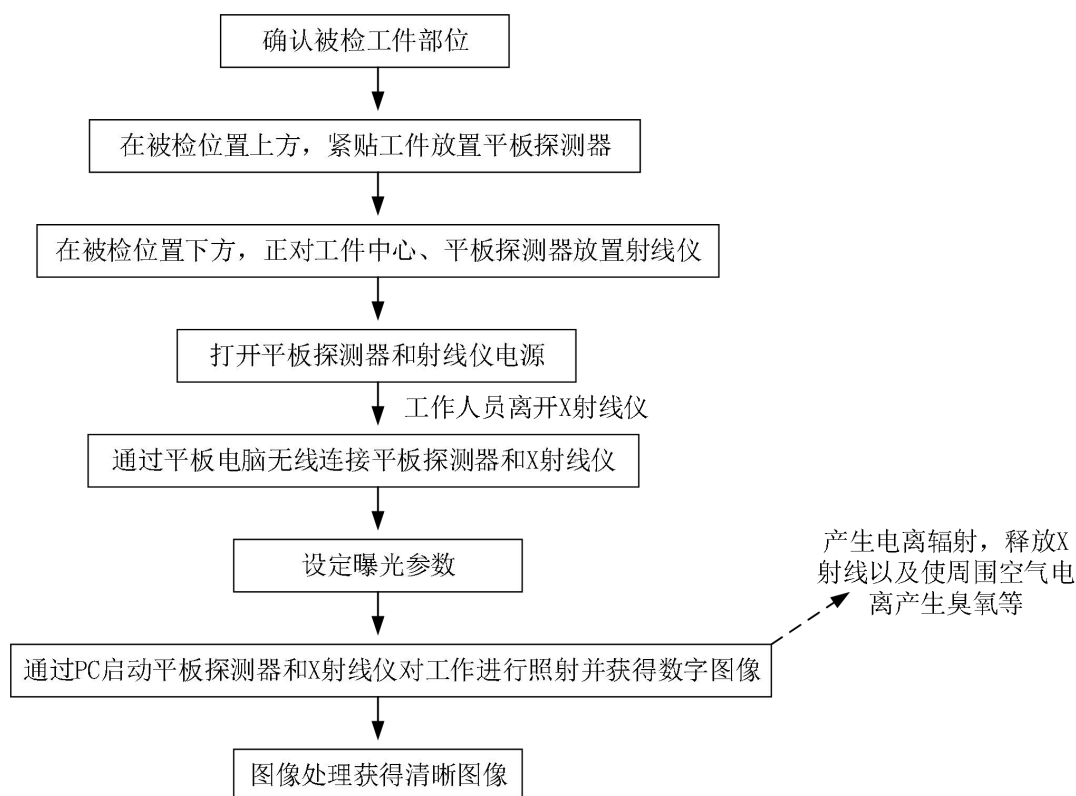


图 9-5 无线射线仪安装和照射工艺流程及产污节点示意图

本项目探伤机单台使用，不使用已有的 1 台便携式高频 X 射线机进行输电线路及耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，不存在 2 台探伤机同一探伤场所同时开启的情况。

9.1.2 工作流程

（1）制作探伤工作方案

每次探伤工作前，首先需针对探伤工作地的环境条件来制作工作方案，各项工作必须遵循工作方案进行实施，避免辐射事件发生。探伤工作方案流程如下。

- ①首先接受探伤任务。
 - ②成立工作组，研究工作任务、操作地环境条件，为探伤工作方案的制定更具有针对性。
 - ③编制探伤工作方案：包括工作时间、工作地点、工作人员、工作设备、要求的辐射安全与防护措施、操作方法、配备监测仪器和防护用品、制定监测方案、编制事故情况下的应急措施、工作记录、事故报告要求等内容。
 - ④形成初步的探伤工作方案草稿，进行内部审核、修改完善。
 - ⑤最终形成正式的探伤工作方案。
- 探伤工作方案编制流程如下。

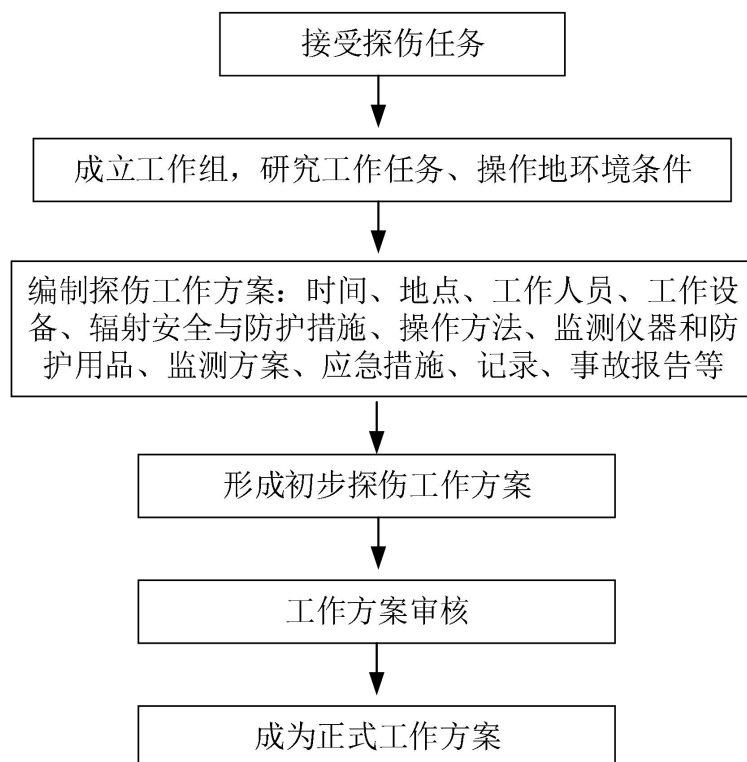


图 9-6 探伤工作方案编制流程

（2）设备出库

根据设备台账管理制度，工作人员持任务单，打开库房，在台账上登记，经过管理员确认后，领取设备。

（3）运输

采用专用车辆运输设备至检测地点，确保运输过程中设备的安全。

（4）发布 X 射线探伤通知，工作人员将探伤设备放到指定的拍片位置。

（5）作业准备

设备情况检查：清点作业所需各设备是否备齐，报警器、警示灯等辐射防护器具电量是否充足。

在整个监督区域边缘以及可能有人经过的步道、通道、车道等位置拉警戒线，放置并打开警示灯，并在显著位置悬挂“当心电离辐射”的警示牌。同时让其它工作人员远离至监督区范围外。监护人员应根据 X 射线机技术参数、被检物体的厚度、照射方向、时间、屏蔽条件、高空作业等因素，并根据环评报告中的估算距离以及工作中的经验，初步划定控制区和监督区的范围；根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）要求，将作业现场中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告

牌；控制区外将作业现场中周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区，在监督区边界拉起警戒绳并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。

（6）曝光检测

确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作人员开机曝光，通过远程平板电脑控制 X 射线仪，探伤结果直接反映到数字平板探测器，连接存入电脑，数据采集人员启动图片处理程序，填写检测报告以及设备运行记录。现场监护人员在曝光检测时在监督区边界外警戒，若有其他人员进入监督区及时通知设备操作人员终止探伤工作，关闭 X 射线机。

监护人员使用 X- γ 辐射剂量监测仪对原划定的控制区和监督区进行修正，以确定控制区及监督区的边界，原则上不爬上杆塔上作业。

（7）探伤结束

达到预定曝光时间和曝光量后，探伤检测结束，关闭射线机、探测器、平板电脑电源。探伤工作人员携带个人剂量报警仪和 X- γ 辐射剂量监测仪进入控制区，收回探伤设备，清理完现场后解除警戒并离场。

（8）设备运输，送回仓库。用专用车辆运输设备至公司仓库。

（9）设备入库

根据设备台账管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

无线 X 射线仪探伤工作流程，见下图所示。

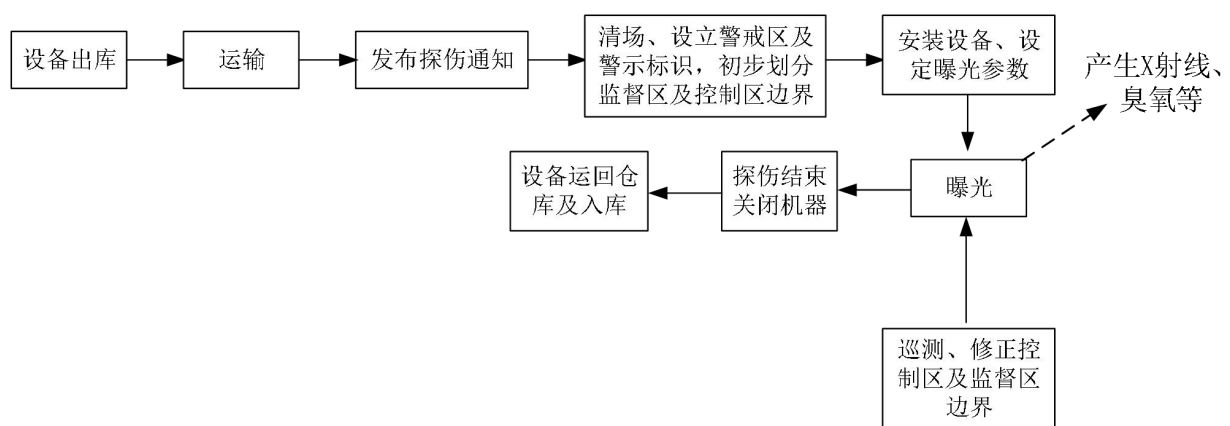


图 9-7 无线 X 射线仪探伤工作流程及产污环节

9.2 污染源项描述

（1）施工期污染源分析

本项目为现场移动探伤，X 射线仪不工作时贮存在租用的新兴产业孵化区 D 幢 2 楼的 202 号房间内，无建设工程，无施工期环境影响。

（2）运营期正常工况污染源分析

①电离辐射

X 射线仪开机工作时，通过高压发生器和 X 光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的 X 射线，会对本项目的辐射工作人员和周围公众产生一定外照射，因此 X 射线仪在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。不开机状态不产生辐射。

②废气

X 射线装置在工作状态时，会使周围空气电离产生少量臭氧，直接进入大气中，臭氧在空气中可自动分解为氧气，因此，工作状态产生的少量臭氧对周围环境影响较小。

③废水

X 射线装置在工作状态时无其他废气、废水和固体废物产生，本项目在探伤时 X 射线仪通过无线与平板电脑连接，探伤结果直接反映到平板数字探测器，连接存入电脑，启动图片处理程序分析探伤结果。整个探伤不需要洗片，不会产生显影、定影洗片废液。

本项目辐射工作人员共计 5 人，根据《云南省地方标准用水定额》（DB53/T168-2019），本项目工作人员用水量按 110L/d 计，辐射工作人员野外年工作时间为 40d，则全年生活用水量为 22m³/a，产污系数按 0.8 计，则生活污水产生量约 17.6m³/a，辐射工作人员工作时租用当地宾馆设施，产生的生活污水依托当地污水处理设施进行处理，或根据当地条件采取收集回用处理。

④固体废物

本项目工作人员野外作业时，生活垃圾产生量按 0.5kg/人·d 计算，则全年生活垃圾产生量为 0.1t/a，依托作业区域垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理，不外排。

项目约每 1 年需要报废一次锂电池，每次产生废锂电池量为 0.05kg，经查阅《国家危险废物名录（2021 年版）》，废锂电池由于对环境影响小，未列入名录，属于一般工业固体废物，交专门的回收公司处理。

表 10 辐射安全与防护**10.1 项目安全设施****10.1.1 再建项目辐射安全及防护措施**

X 射线的基本防护原则是远离 X 射线源并加以必要的屏蔽。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。

本项目 X 射线产生于射线管，控制系统为平板电脑，成像设备为数字平板探测器。主要防护设备或设施为个人剂量报警仪、个人剂量仪、防护铅衣、护目镜、手套、围脖、铅帘，以及射线机外壳自带 4mm 铅壳。

本项目采取的辐射安全与防护措施，见如下所述。

（1）设备固有的安全措施（源项控制）

X 射线仪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射线机开启时，控制箱上将有黄灯亮起，此时应首先对射线机进行训机，这是射线机自有的功能。如不进行训机，射线机将不能开启高压；若射线机无法启动高压，首先应确认控制箱内的保险管是否烧坏；其次检测 SF6 气体是否达标，以及射线机头过滤片和屏蔽罩是否损坏；

②射线机外壳自带 4mm 铅屏蔽防护，减少漏射对工作人员的伤害。

③射线机有 60s 延时启动功能，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探伤工作场所周围无人逗留。如果有人，必须立刻关闭射线机；

④保险管烧坏时射线机将自动停止高压运行并自行断电；

⑤接头接触不良时，射线机将显示故障功能，且不能开启高压运行；

⑥控制箱内线路灰尘较多时造成短路，射线机将自动断电；

⑦通过平板电脑远程控制射线源，大大保护了操作人员的安全；

⑧平板电脑设置有 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装置；

⑨平板电脑设置有高压接通时的外部报警或指示装置；

⑩平板电脑设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，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；

⑪ 平板电脑设置紧急停机开关；

⑫ 平板电脑设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

（2）距离防护

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）相应的规定及要求，辐射工作场所划分为控制区、监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

表 10-1 现场探伤两区管理

野外探伤	控制区	监督区
划分依据及“两区”划分	剂量率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围，可根据当地实际情况设置控制区	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，根据野外探伤的地形、建筑物实际情况确定
辐射防护措施	任何人员不得在此区域停留，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线区”警示标识	该区设置电离辐射警告标志，经常进行剂量监督，公众不得在此区域停留，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

采用 X 射线仪进行高空探伤，将射线仪通过定制支架安放在工件下方，平板探测器通过定制支架安装在工件上方，射线仪由下向天空对工件进行照射，射线仪主束方向射向天空。工作人员在地面上用无线平板电脑遥控射线仪照射工件（最大通信距离可以有 100m），所有工作人员必须退出监督区边界（约离工件 20m 距离），在地面上漏射方向尽可能远离监督区进行遥控操作，减少辐射量。

（3）屏蔽防护

使用 X 射线仪时，工作人员全部佩戴个人剂量报警仪、个人剂量仪，穿戴防护铅衣、护目镜、手套、围脖，根据需要设置铅帘、障碍物进行屏蔽。建设单位仓库处已配备铅当量为 0.5mmpb 的铅防护服（含护眼镜、手套、围脖）共 7 套，穿戴铅防护服后可以对人员进行保护。

（4）时间防护

在确保产品质量的前提下，在每次使用射线仪进行探伤之前，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，作业时间必须避开公众活动的高峰时段，同时做好工程区域内的人员清场工作。

（5）其他

在进行探伤前，建设单位需要开展很多前期准备工作，包括探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，探伤前屏蔽措施等，此外，在进行现场探伤时，为了降低探伤作业对公众产生不良影响，还需要进行警戒、监测等工作。设备检查、维护、校验、报废还需执行相关规范。探伤操作时应在高压输电线路断电下进行。

①探伤现场考察

为了尽可能减少工作人员和公众所受剂量，建设单位辐射工作人员要考察探伤现场的天气条件、地点、地貌、地势、探伤时间等，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。

②探伤作业方案

在探伤现场考察的基础上，工作人员每次在开展现场探伤工作前需要制定详细的探伤作业方案，探伤作业方案主要包括：探伤工况、时间、地点、控制区域范围、监测方案、清场方式等，并明确相关探伤、防护、警戒人员的职责和分工。

③探伤前辐射防护工作、安全警告信息

每次工作开始前应进行检查的项目包括：a) 探伤机外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；c)安全联锁是否正常工作；d) 报警设备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好。

探伤作业前进行公告，划分控制区、监督区，放置警示标志，辐射剂量监测仪器的配置和个人辐射防护用品的穿戴，现场设置安全标志（如拉警戒线或警戒旗等），进行喇叭通知无关人员撤离到警戒线以外。

射线仪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，并与射线仪联锁；在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”和“照射”信号。

此外，探伤作业前应委托单位进行沟通，还需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制警戒线的范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。要求在探伤现场提前两天公告。

④劳动组织

作业时岗位人员至少设置4人，包括1名现场组长，2名工作人员，1名具有高空作业资质的人员。

组长负责指挥，1名人员负责操作平板电脑，1名人员负责现场监护及巡视等工作。1

名高空作业人员爬上杆塔安装好射线仪和平板探测器，并将设备通电后爬下杆塔，上述人员均退出监督区，远离射线仪操作。

⑤探伤作业边界巡查与监测工作

工件准备完毕后，再一次对控制区和监督区进行清场，确认无人后，开启警报器；开始现场探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区；在照射期间，应测量控制区、监督区边界的剂量率以证实边界设置正确，原则上不爬上杆塔上作业。必要时调整控制区、监督区的范围和边界；现场配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量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；个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

⑥定期检查

定期检查的项目应包括：

- a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查。
- b) 所有的联锁和紧急停机开关的检查。
- c) 制造商推荐的其他常规检测项目。

⑦设备维护、校验

a)应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。设备维护时穿戴防护设施，选择周围无人的空间进行操作，按控制区、监督区的划分，设置相应警示标志和警戒线，制定维护方案，达到正常使用时的安全控制要求，避免误开机，误照射。

平时设备调试也按探伤机正常使用标准进行管理，确保辐射安全。

- b)当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商。
- C)应做好设备维护记录。
- e)设备校验委托专业机构进行。

⑧设备报废处理

a)应封存于射线仪仓库内，做好安全防范工作，防止射线源丢失。

b)设备报废时应与昆明市生态环境局经开分局人员共同见证报废过程，签署报废文件，让环保人员带走射线仪球管，并拍照存档。同时公司内按固定资产报废流程处理。

10.1.2 再建项目采取的辐射安全及防护措施有效性评价

(1) 与《工业 X 射线探伤放射防护要求》的有效性评价

本项目无线小型射线仪采取的安全及防护措施与《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相关规定，对比分析如下。

表 10-2 再建项目采取的安全及防护措施评价

标准号	《工业 X 射线探伤放射防护要求》 标准要求	落实情况	符合性
3.1	设备技术要求		
3.1.1	X 射线管头组装体		
3.1.1.1	移动式 X 射线装置管头组装体应能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。	项目射线装置管头固定在射线仪中部，并锁紧。	符合
3.1.1.2	X 射线管头应设有限束装置。	项目设有准直器，可以限定电子辐射范围。	符合
3.1.1.5	X 射线装置在<150kV 工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应<1mGy/h。	项目漏射线 1m 处的比释动能率是 0.5mGy/h。	符合
3.1.2	控制台		
3.1.2.1	应设置有 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装置。	项目平板电脑上可以实现。	符合
3.1.2.2	应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。	项目高压接通时，电脑上会发出报警声。	符合
3.1.2.4	应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，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。	平板电脑设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，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。	符合
3.1.2.5	应设置紧急停机开关。	平板电脑设置紧急停机开关。	符合
3.1.2.6	应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。	平板电脑上有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识	符合
3.1.3	连接电缆		
	对于移动式 X 射线装置，控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。	1、项目平板电脑采用无线通讯与射线管连接，控制范围在 100m 内。 2、本项目平板电脑与射线仪连接电缆线长 30m，但不使用有线进行操作。	符合
3.2	X 射线探伤装置的检查和维护		
3.2.1	运营单位的日检		
	每次工作开始前应进行检查的项目包括： a) 探伤机外观是否存在可见的损坏； b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损； c) 安全联锁是否正常工作；	项目每次工作前，检查射线仪表面是否损坏、电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损、安全联锁是否正常工作、报警设备和警示灯是否正	符合

	d) 报警设备和警示灯是否正常运行; e) 螺栓等连接件是否连接良好。	常运行、螺栓等连接件是否连接良好。不合格, 不开机。	
3.2.2	运营单位的定期检查		
	定期检查的项目应包括: a) 电气安全, 包括接地和电缆绝缘检查; b) 所有的联锁和紧急停机开关的检查; c) 制造商推荐的其他常规检测项目。	建设单位定期检查: 电气安全, 包括接地和电缆绝缘检查; 所有的联锁和紧急停机开关的检查; 制造商推荐的其他常规检测项目。	符合
3.2.3	设备维护		
3.2.3.1	运营单位应对探伤机的设备维护负责, 每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。	建设单位每年维护一次射线仪。设备维护由设备制造商进行。	符合
3.2.3.2	设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。	建设单位每年维护一次射线仪, 按彻底检查和所有零部件的详细检测。	符合
3.2.3.3	当设备有故障或损坏, 需更换零部件时, 应保证所更换的零部件都来自设备制造商。	设备损坏时, 建设单位及时更换零件或报废处理。	符合
3.2.3.4	应做好设备维护记录。	建设单位每次维修, 均作好维修记录。	符合
5	工业 X 射线现场探伤的放射防护要求		
5.1	X 射线现场探伤作业分区设置要求		
5.1.1	探伤作业时, 应对工作场所实行分区管理, 并在相应的边界设置警示标识。	项目探伤作业时, 实行分区管理。控制区边界上设置“禁止进入射线区”警示标识, 监督区边界上设置“无关人员禁止入内”警告牌。	符合
5.1.2	一般应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。	将剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。	符合
5.1.3	控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌, 探伤作业人员在控制区边界外操作, 否则应采取专门的防护措施。	控制区边界上设置“禁止进入射线区”警示标识, 探伤作业人员在监督区边界外操作。	符合
5.1.4	现场探伤作业工作过程中, 控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小, X 射线探伤机应用准直器, 视情况采用局部屏蔽措施(如铅板)。	操作人员不在控制区内进行其它工作。项目射线仪朝高空照射, 不采铅帘防护。	符合
5.1.5	控制区的边界尽可能设定实体屏障, 包括利用现有结构(如墙体)、临时屏障或临时拉起警戒线(绳)等。	项目射线仪朝高空照射, 对人员辐射影响小, 不方便操作, 不采铅帘防护。	符合
5.1.6	应将控制区边界外、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, 并在其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。	将剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区, 并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌, 并设专人警戒。	符合
5.1.8	探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置, 以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	项目平板电脑有延时开机装置, 放置在监督区外。	符合
5.2	X 射线现场探伤作业的准备		

5.2.1	在实施现场探伤工作之前，运营单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。	在实施现场探伤工作之前，建设单位辐射工作人员考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，同时也需考察探伤现场的地理、地貌、地势和探伤工况等，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。	符合
5.2.2	运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。	探伤作业时岗位人员至少设置 4 人，包括 1 名现场组长，2 名工作人员，1 名具有高空作业资质的人员。	符合
5.2.3	应考虑现场探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响(如烟雾报警器等)。	项目不涉及。	符合
5.2.4	现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商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。委托方应给予探伤工人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。	探伤作业前与委托单位进行沟通，还进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制警戒线的范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。在探伤现场提前两天公告。	符合
5.3	X 射线现场探伤作业安全警告信息		
5.3.1	应有提示“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，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。	项目射线仪、平板电脑上有“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，有明显的区别。	符合
5.3.2	警示信号指示装置应与探伤机联锁。	警示信号指示装置与射线仪联锁。	符合
5.3.3	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。	能听见“预备”信号和“照射”信号。	符合
5.4	X 射线现场探伤作业安全操作要求		
5.4.2	应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。	探伤工作时，考虑最佳设备布置，穿戴个人辐射防护用品。	符合
5.5	X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测		
5.5.1	开始现场探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。	项目控制区基本位于空中，地面设有警示标志，不会有人进入，按要求执行。	符合
5.5.2	控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。	项目控制区基本位于空中，地面设有警示标志，不会有人进入，按要求执行。	符合
5.5.3	在试运行(或第一次曝光)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。	项目控制区基本位于空中，实际操作时根据环评预测和以往经验进行判断控制区边界。按要求执行。	符合

5.5.4	现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量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。	项目射线仪工作时，配备一台便携式剂量仪。工作时，一直开机，防止异常情况发生。	符合
5.5.5	现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。	现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。	符合

经上表对照点检，项目采取的辐射安全与防护措施，可以达到《工业 X 射线探伤放射防护要求》的规定。

（2）与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的辐射事故应急处理要求的评述

本项目采取的辐射事故应急措施与《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求对比如下。

表 10-3 项目采取的辐射事故应急措施评价

条款	《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求	落实情况	符合性
第四十二条	发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	本单位事故应急预案中，有射线装置发生事故时，将采取应急措施和上报环境主管部门、公安部门和卫生部门的规定。	符合
第四十五条	发生辐射事故的单位应当立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。	本单位事故应急预案中，有射线装置发生事故时，将辐射损伤人员送往当地卫生主管部门指定的医院进行救治的规定。	符合

经上表对照点检，本项目采取的辐射事故应急措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关要求。

10.1.3 现有项目辐射安全与防护措施适用性评价

本次新置的小型射线仪为II类射线装置，与现有建设单位的射线装置类别相同，管电压和管电流要小于已有的 1 台 ERESO 65MF4 型便携式高频 X 射线机，工作原理和使用方法，基本相似。由于 2 台射线机不同时使用，因此，建设单位现有项目的工作人员、安全防护设备、管理制度等基本可以满足再建项目的安全和防护要求。本次建设单位增加了《电力设备 X 射线数字成像技术在线检测作业指导书》，以满足新增设备的作业需要。

10.2 三废的治理

10.2.1 废气处理措施

本项目探伤场所不固定，探伤地点周围为较开放的场所，产生的少量臭氧气体会迅速扩散，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响，不需要采取治理措施。

10.2.2 废水处理措施

辐射工作人员产生的生活污水依托当地污水处理设施进行处理或根据当地条件采取收集回用处理，对周围环境产生的影响很小，不需要采取另外的治理措施。

10.2.3 固体废物处理措施

本项目工作人员产生的生活垃圾依托工程作业区域垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理，不外排。

项目产生废锂电池，属于一般工业固体废物，为可再生利用的资源，交专门的回收公司处理。

10.2.4 噪声防治措施

在距离敏感目标较近作业时，提前与周围居民进行协调，提前告之有少量报警声音，以得到周围居民的理解。

10.3 贮存场所安防措施

为确保本项目射线装置贮存安全，本项目采取的安全保卫措施，见下表。

表 10-4 X 射线仪贮存场所安防措施

贮存场所	措施类别	对应措施
经济技术开发区新兴产业孵化区 D 幢 2 楼 202 号 房间	防盗和防破坏	①本项目 X 射线仪贮存位置纳入公司仓管员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 射线仪贮存位置已设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排专人进行管理和维护，并进行台账登记，一旦发生盗窃事件，立即向公安机关报案； ④仓库和临近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防误开机	①202 号房间门口钥匙进行双人双锁管理，由辐射安全人员、仓管员 2 人管理； ②射线仪装置钥匙由辐射安全人员管理； ③1 楼仓库入口钥匙由仓管员管理。

经点检，本项目 X 射线仪贮存场所安全保卫措施，能够满足安全要求。

10.4 环保投资估算

本次再建项目安全防护设备，全部依托现有项目设备，详见“表 1-6”、“表 10-4”所示。

现有项目安全防护设备，已能满足再建项目需求，本次不再增加环保投入。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目为购置 2 台设备，不存在施工期环境影响。

11.2 运行阶段对环境的影响**11.2.1 辐射环境影响分析**

本项目辐射作业场所不固定，为了能更真实的反映探伤时射线机周围辐射环境状况，本次评价采用理论计算的方法进行。射线仪使用地点为输电线路杆塔上导线与耐张线夹搭接处，由于输电线路和耐张线夹已安装在杆塔上，工件位置已经固定，位于高空（15m-50m），靠近杆塔一侧，探伤时，采用 X 射线仪进行高空探伤，将射线仪通过定制支架安放在工件下方，平板探测器通过定制支架安装在工件上方，射线仪由下向天空对工件进行照射，射线仪主束方向射向天空，操作人员位于地面，通过无线控制射线仪进行照射。

由于再建项目使用的无线小型 X 射线仪为新型射线仪，管电压为 150kV，照射时间为 1.5s，管电压较小，照射时间非常短，市面上同类射线仪非常少，难以找到同类型的射线仪进行类比，因此，本次不再进行辐射类比分析。

（1）X 射线辐射理论计算公式

依据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）防护规定，本项目在现场进行探伤作业时空气比释动能率大于 15μSv/h 的区域划为控制区，将空气比释动能率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区，根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1），在距靶 r（m）处由 X 射线检测设备产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率 K_a 可以近似下式计算：

$$K_a = I \cdot \delta_x \cdot (r_0/r)^2 \dots\dots\dots (1)$$

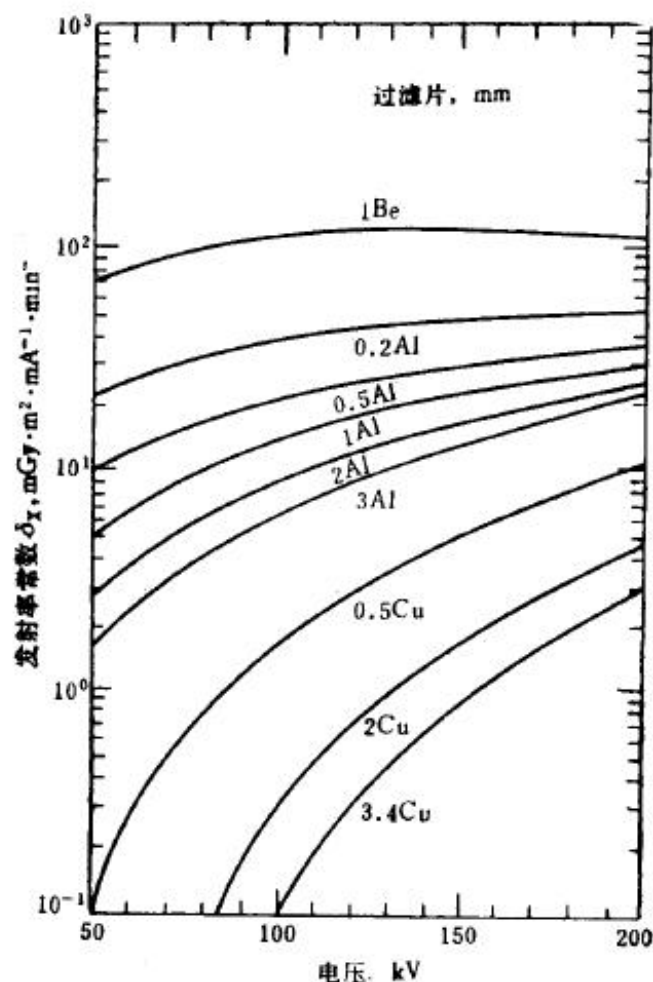
式中 K_a —空气比释动能，mGy·min⁻¹；

I—X 射线机管电流，mA；

δ_x —X 射线机的发射率常数，mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹，可依据《辐射防护导论》（方杰主编，P342，附图 3）查得本项目 X 射线束峰值电压为 150kV、100kV、50kV，查表保守可得 $\delta_x=0.7、0.1、0.1\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ （过滤片 3.4mmCu）。

r_0 —X 射线机管钨靶离焦点距离，m，本项目取 1m；

r—X 射线机至计算点的距离，m；



附图3 恒定电压为50~200kV时X射线机的发射率常数 δ_x

$$H_0 = uK_a \dots \dots \dots (2)$$

式中 H_0 —无屏蔽时参考点 r 处 X 射线有效剂量率, mSv/min;

u —转换系数, 保守考虑取值为 1。

因工件面积太小, 保守考虑, 不考虑工件的屏蔽作用, 只考虑遮光罩过滤片。

(2) 理论计算

①非主射方向（除主射方向以外或者辐射角 40° 以外的区域）控制区、监督区的划定

非主射方向即除主束方向以外的区域, 根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），X 射线装置在额定工作条件下, 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合如下要求:

表 11-1 漏射线空气比释动能率

管电压, kV	漏射线空气比释动能率, mGy·h ⁻¹
<150	<1
150-200	<2.5
>200	<5

当 X 射线机的管电压等于 150kV 时（现实情况达不到 150kV，只能接近 150kV），要求漏射线 1m 处的比释动能率小于 1mGy·h⁻¹。根据厂商提供的资料，射线机外壳自带 4mm 铅屏蔽防护（侧面、背面、前面）。根据 TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪出厂检测报告，在额定工作条件下，漏射线 1m 处的比释动能率是 0.5mGy/h，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）。由于设备还未购置，未进行过漏射线检测，而该设备在国内较少，无相同设备漏射线真实数据。

可根据下列公式估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围。

$$r_2 = r_1 \sqrt{K_1 / K_2}$$

式中， K_2 ---距 X 射线仪表面 r_2 处的空气比释动能率，mGy/h；

K_1 ---距离 X 射线仪表面 1m 处的空气比释动能率，本项目比释动能率是 0.5mGy/h；

r_2 ---参考点距 X 射线机表面的距离，m；

r_1 ---X 射线机表面外 1m。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），将作业现场空气比释动能率大于 15μSv/h 的区域划为控制区，在控制区外将作业现场空气比释动能率大于 2.5μSv/h 的区域划为监督区。由此可以估算出本次评价无线小型 X 射线仪在不同距离漏射线的剂量率，见下表。

表 11-2 无屏蔽状态下非主射方向上不同距离漏射线的 X 射线剂量率（μGy/h）

距离(m)	1	5	6（控制区边界）	15（监督区边界）
150kV	<1000	<20	<15	<2.5

根据理论计算结果可知，本项目 TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪在室外探伤工作时，对于漏射线，划定的控制区为 X 射线仪为圆心，半径 6m 的圆形区域，监督区是控制区外以射线仪为圆心，半径 15m 的环形区域。

射线仪主束线照射到工件上，以及天空散射，会存在一定的散射线，由于项目使用电流小，为低能射线，因此，本次理论预测非主射方向和主射方向控制区和监督区范围不考虑散射线的影

②主射方向上控制区和监督区的划定

表 11-3 无线小型 X 射线仪探伤工件及对应工况一览表

电压 (kV)	电流 (mA)	工件厚度 (mm)
		铝+钢
150	2.5	20~40
100	2.5	
50	2.5	

根据公式（1）、（2）估算无线小型 X 射线仪在使用对应工况的监督区及控制区的分区，见下表。

表 11-4 无线小型 X 射线仪无附加屏蔽措施分区表

运行工况		铝+钢	
电压 (kV)	电流 (mA)	控制区距离 (m)	监督区距离 (m)
150	2.5	83	205
100	2.5	26	63
50	2.5	18	44

由表 11-4 理论计算结果可得，按照最不利影响考虑，本项目 TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪在实际探伤过程中，探伤工件为铝+钢时，控制区最大范围为 83m，监督区最大范围为 205m。由于探伤位置处于输电线路杆塔上高空处，主束方向射向高空，对人员影响小，且不方便于在主束方向上设置铅帘，因此，本次不再考虑屏蔽措施。

③控制区和监督区划分结果

A.无线操作

从理论计算结果可知，TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪，在杆塔上进行高空照射，射线仪由下向天空对工件进行照射，射线仪主束方向射向天空，满功率开机的情况下，主射束方向控制区范围最大为 83m、监督区范围最大为 205m，非主射束方向控制区范围最大为 6m，监督区范围最大为 15m。在实际探伤过程中，参考上述理论计算值，再通过 X-γ 辐射剂量监测仪对边界进行检测和修正，操作人员不需要上杆塔进行检测。为方便管理，TXR-C1R150P-07W 型无线小型 X 射线仪现场探伤区域按照下图方法设置监督区和控制区。

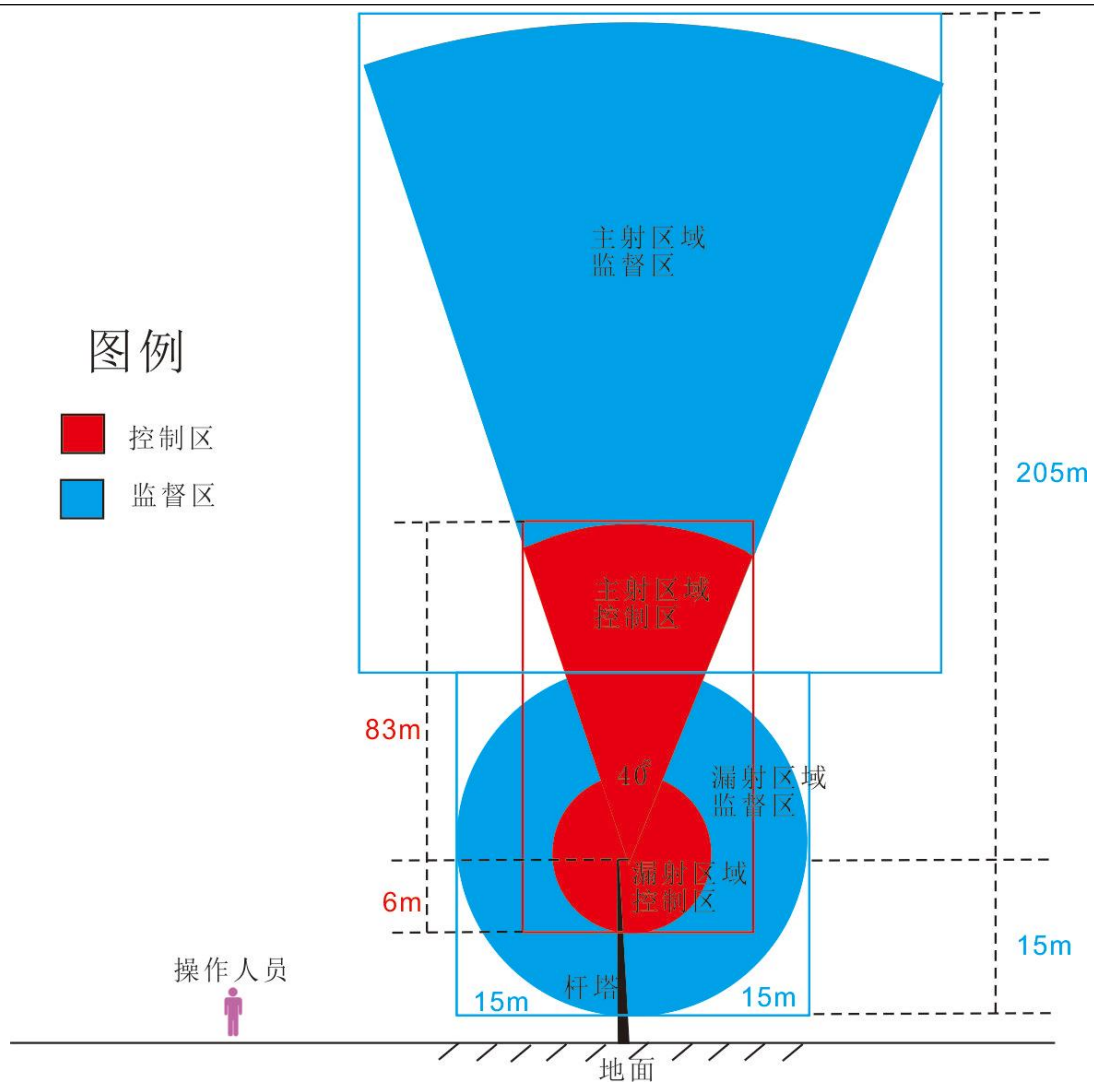


图11-1 无线小型X射线仪（TXR-C1R150P-07W）正常工作时监督区和控制区划分示意图

B.有线操作

新置 X 射线仪为无线装置，操作员利用无线 wifi 可远离监督区作业，大大保护了操作人员的安全，不使用有线方式操作本台射线仪。

（3）辐射工作人员和公众人员受照剂量估算

①辐射工作人员

本项目辐射工作人员主要分为设备操作人员、组长及现场监护人员。

由于射线仪主射方向向天空照射，主射方向和漏射方向控制区基本位于高空方向，主射方向监督区也位于高空方向，仅漏射方向监督区可能位于地面，对操作人员产生辐射影响。同时，操作人员用无线平板电脑控制射线仪（最大通信距离可以有 100m），因而实际使用时，上述人员均可以远离监督区在地面操作。

本项目采用理论计算职业照射剂量。根据《辐射防护手册第三分册 辐射安全》（李德平

编，P80），X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量计算公式：

$$H = D_r \times T \times t \times K \cdots \cdots (4)$$

式中：H——年有效剂量当量，Sv/a；

D_r ——X 剂量率，Gy/h；

T——年曝光时间，h/a；

t——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy，0.7；

K——人员居留因子；居留因子 T 按三种情况取值：全居留因子 T=1，部分居留 T=1/4，偶然居留 T=1/16。

根据资料，新置射线仪每次曝光时间一般为 1.5s，X 射线装置曝光时间最大不超过每天 1h，年受照时间最大为 100h，居留因子按 1 计算，项目是低能射线，不考虑天空散射影响。保守按照操作 X 射线机辐射工作人员位于 X 射线机下方 20m（监督区边界）工作，本次评价按照监督区边界处的剂量当量率 0.0025mSv/h 计算其最大的受照剂量。由公式（4）可以估算出在探伤时，新置射线仪辐射工作人员每周受照剂量约为 0.012mSv/a，年受照剂量约为 0.175mSv/a。

由于建设单位辐射工作人员，年内同时还要使用另 1 台 ERESO 65MF4 型便携式高频 X 射线机，同时也将受到辐射影响。根据 2020 年 8 月建设单位提供的个人剂量检测报告（附件 13），剂量计佩戴天数 91 天，个人剂量当量 $H_p(10)$ 最大为 0.62mSv，折算为全年个人剂量当量为 2.48mSv，每周为 0.048mSv。因此本次新置射线仪后，再叠加已有的 1 台射线仪的辐射影响，辐射工作人员周最大受照射剂量为 60μSv，小于《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中职业人员 100μSv/周限值的要求。全年辐射工作人员最大受照剂量为 2.655mSv/a，小于职业人员年有效剂量 5mSv/a 限值的要求。

②公众人群

高压输电线路位于野外山区，除现场辐射工作人员外，基本没有公众在工作场所周围，敏感程度低。

偶尔的过往公众人员：项目 X 射线仪现场为电网系统的高压输电线路，不涉及低压配电设备所在居民区等场所，探伤工作地点大部分位于野外空旷处，远离城镇居住点，周围少有人出现且只是偶尔过往，不滞留。项目在 X 射线仪清场并禁止无关人员入内，公众照射的居留因子保守取 1/16，年受照射最大时间 1h 计，周受照射最大时间 0.1h 计；输电线路附近偶尔的过往公众人员位于监督区边界外，本项目的监督区边界处的剂量率为 0.0025mSv/h，由公式（4）

可得出输电线路附近偶尔的过往公众人员年最大受照剂量为 0.0001mSv/a ，小于公众人群年有效剂量不超出 0.25mSv/a 的限值要求。公众人员周最大受照剂量为 $0.01\mu\text{Sv/周}$ ，小于《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中公众 $5\mu\text{Sv/周}$ 限值的要求。

表 11-5 辐射工作人员和公众受照剂量估算结果表

受照人员	辐射工作人员		附近偶尔的过往公众人员	
	每年	每周	每年	每周
剂量当量率	0.0025mSv/h		0.0025mSv/h	
居留因子	1		1/16	
最大年受照射时间	100h	7h	1h	0.1h
新置小型射线仪受照剂量	0.175mSv/a	$12\mu\text{Sv/周}$	0.0001mSv/a	$0.01\mu\text{Sv/周}$
已有项目射线仪受照剂量	2.48mSv/a	$48\mu\text{Sv/周}$	/	/
总受照剂量	2.655mSv/a	$60\mu\text{Sv/周}$	/	$0.01\mu\text{Sv/周}$
标准限值	5mSv/a	$100\mu\text{Sv/周}$	0.25mSv/a	$5\mu\text{Sv/周}$
是否达标	达标	达标	达标	达标

本项目运行后辐射工作人员和公众人群年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）剂量限值要求。

11.2.2 废气对周围环境的影响分析

探伤使空气中产生少量臭氧，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸。空气在强辐射照射下，会使氧分子重新组合而产生臭氧。因此，X 射线仪在曝光的时候会产生少量的有害气体臭氧。但本项目探伤场所不固定，探伤地点周围为较开放的场所，大气扩散条件好，产生的臭氧量极少，气体会迅速扩散，在空气中短时间可自动分解为氧气，达不到污染空气的影响。运行过程中产生的少量臭氧经自然分解和稀释后，对周围环境空气影响较小。

11.2.3 废水对周围环境的影响分析

本项目 X 射线检测装置探伤结果直接反映到数字探测器，连接存入电脑，启动图片处理程序分析探伤结果，整个探伤不进行洗片，不会产生显影、定影洗片废液，即设备运行不产生生产废水。

辐射工作人员在工作期间中产生的生活污水根据当地条件采取收集回用处理或依托当地污水处理设施进行处理，对周围环境影响轻微。

11.2.4 固体废物的环境影响分析

本项目采用平板数字探测器，探伤结果反映到探测器，直接由成像平板完成光电转换，数

据经无线传输进入平板电脑，实时进行分析，自身不进行洗片，不会产生废胶片。

辐射工作人员在工作过程中产生的生活垃圾，依托作业区域垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理，不外排，对周围环境影响轻微。

新置射线仪约每 1 年需要报废一次锂电池，每次产生废锂电池量为 0.05kg，经查阅《国家危险废物名录（2021 年版）》，废锂电池由于对环境影响小，未列入名录，属于一般工业固体废物，交专门的回收公司处理，对周围环境影响轻微。

11.2.5 噪声环境影响分析

移动探伤时会开启警报器进行报警，因此会产生一定的噪声，声级较低，加上野外探伤地点一般远离居民区，因此噪声经距离衰减后，不会对周围居民产生明显影响。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故分级标准

根据《放射源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，详见下表。

表 11-6 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，见下表。

表 11-7 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

11.3.2 辐射事故识别

（1）事故状态

对于 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在辐射事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素，最大可能发生的事故是人员受超剂量照射。本次评价事故状态分 2 种情况：在杆塔上探伤工作时，用较大工况探伤较薄的工件无防护措施的情况被照射；在地面未进行探伤工作时，随意开机，无工件遮挡且无防护的情况被照射。

本项目所用的无线 X 射线仪，其管电压为 150kV，管电流为 2.5mA。根据国家相关规定，本项目所用 X 射线仪属 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故时可能使受照人员产生超年剂量限值的照射。

因此，建设方运营过程中必须严格执行相关规章制度、工作管理制度，严格杜绝此类事故的发生。

（2）最大辐射事故

本次评价事故分析考虑可能发生的最大辐射事故，即射线仪在地面未进行探伤工作时，射线仪被操作人员误触开启并在最大工况（150kV）运行时，在无工件遮挡且无防护的情况下，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。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条的规定，结合本项目的具体情况，经公式估算，将项目最大辐射事故的环境风险因子、潜在危害和事故等级列于下表中。

表 11-8 项目辐射潜在危害与事故分级

装置名称	危害对象	位置	风险因子	潜在危害	事故分级
无线小型 X 射线仪—II 类射线装置	职业人员、误入公众	地面误开机照射，距离主射方向 0.5m 处	X 射线	事故状况下单次受到的辐射剂量为 40mSv/min，导致人员受到超过年剂量限值的照射。	一般辐射事故

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（云环通[2018] 208 号）中“一般辐射事故”规定：射线装置操作时，发生辐射事故判定因子为：射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。本项目事故多为开机误照射导致人员受到超过年剂量限值，根据《云南省生态

环境厅辐射事故应急响应预案》（云环通[2018] 208 号）中的规定，本项目可能发生的事事故通常情况下属于一般辐射事故。

11.3.3 辐射事故影响分析

（1）X 射线装置事故后果计算

本次评价事故分析考虑可能发生的最大辐射事故，即射线仪在地面未进行探伤工作时，射线仪被操作人员误触开启并在最大工况（150kV）运行时，无工件遮挡且无防护的情况下，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。

人员受到的有效剂量与射线仪产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中射线仪产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用公式（5）计算：

$$D=I \cdot \delta / r^2 \cdots \cdots \cdots (5)$$

式中：D—空气吸收剂量率，mGy/min

I—管电流，mA，本项目取 2.5mA

δ —发射率常数，mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹。本项目为 4mGy·m²·mA⁻¹·min⁻¹（最不利因素工况 150kV 时）

r—参考点距 X 射线管焦斑的距离，m；

人员受到的有效剂量可用公式（6）进行计算：

$$E=D \cdot \sum W_r \cdot \sum W_R \cdots \cdots \cdots (6)$$

式中：E—人员受到的有效剂量，mSv/min

W_r—组织权重因素，求和为 1

W_R—辐射权重因素，求和为 1

由式（5）、（6）计算的人员可能受到的有效剂量见下表。

表 11-9 X 射线仪事故情况下主射方向上周围人员受到有效剂量估算结果

风险因子	与焦点距离（m）	有效剂量（mGy/min）
X 射线	0.5	40.000
	1	10.000
	2	2.500
	5	0.400
	10	0.100
	15	0.044
	20	0.025
	30	0.011
	40	0.006

50

0.004

（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 3min（最大停留可能性），其所受有效剂量最高达 30mSv/次，超过 5mSv(职业人员)/0.25mSv（公众）的管理限值。

综上所述，本项目一旦发生辐射事故，周围人员很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，及时报警。由于本项目为野外探伤项目，因此在探伤工作开始之前，必须在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，在监督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，严格杜绝此类事故的发生。

11.3.4 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，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、控制区和监督区范围、监测方案、清场方式等，明确辐射工作人员职责和分工。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，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、辐射事故报警电话等内容；

（4）探伤作业时，至少有 4 名工作人员同时在场，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；

（5）必须制定射线仪操作安全防护措施，X 射线仪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）每年至少一次对使用射线仪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均须参加环境部门组织的辐射安全与防护培训，并取得合格证书，所有辐射工作人员均须持证上岗；

（8）在任何情况下，建设单位不得在射线仪贮存地通电并启动射线仪，不得在贮存地进行设备维护和检修，避免对周围人员造成辐射伤害。

（9）贮存场所安防措施达到“表 10-4 X 射线仪贮存场所安防措施”的要求。

事故防范措施根据项目特点，考虑到了管理措施、硬件要求、作业方式、防护要求、设备维护保养、贮存场所安全等因素，只要建设单位认真落实，能够满足预防事故的发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

建设单位于 2021 年 3 月 5 日发布了《关于成立公司辐射安全与防护领导小组的通知》，成立了“辐射安全与防护工作机构”，公司副总经理郑易谷担任组长，设置 2 名副组长，小组成员 5 名，共 8 人。

（1）领导小组基本职责

①认真宣传、贯彻国家辐射安全相关法律法规，严格执行各项安全生产、环境保护规定。

②负责公司 X 射线探伤过程中的辐射安全和环境管理工作，定期召开安全例会，全面落实安全生产、环境保护责任制，确保辐射安全。

③负责各项辐射安全和防护规章制度的审核和批准，负责规范公司辐射环境安全管理，加强辐射安全与防护知识的宣传和教育，确保各规章制度得到有效的执行。

④制定辐射事故应急预案，并定期组织演练。

（2）辐射专职管理员基本职责

①宣传、贯彻、执行辐射安全相关法律法规管理要求。

②负责收集 X 射线探伤相关辐射安全法律法规及环境部门要求。负责公司辐射安全规章制度的制定、修改、完善，并报领导小组审批。

③负责 X 射线探伤业务日常辐射安全和环境管理工作，定期对探伤机进行维护和检修，确保探伤机处于良好的工作状态。

④负责建立 X 射线探伤机的台帐，定期进行核查，并将核查结果报领导小组。

⑤负责公司放射工作人员档案管理工作。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修改）（原环境保护部令第 3 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订）的相关管理要求，使用射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、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、监测方案等。

建设单位现已有的辐射安全管理制度如下。

表 12-1 已有的辐射安全管理制度的目录

序号	名称	编号
1	辐射防护与安全保卫制度	YEPRI-2019-01-FS001
2	岗位职责	YEPRI-2019-01-FS002
3	X 射线探伤机操作规程	YEPRI-2019-01-FS003

4	监测方案	YEPRI-2019-01-FS004
5	监测仪表使用与检验管理制度	YEPRI-2019-01-FS005
6	射线装置使用登记及台账管理制度	YEPRI-2019-01-FS006
7	辐射工作人员健康管理制度	YEPRI-2019-01-FS007
8	辐射工作人员个人剂量监测管理制度	YEPRI-2019-01-FS008
9	辐射工作人员培训计划	YEPRI-2019-01-FS009
10	设备检修维护制度	YEPRI-2019-01-FS010
11	辐射事故应急预案	YEPRI-2019-01-FS011
12	电力设备 X 射线数字成像技术在线检测作业指导书	Q/YEPRI-ZY-JS-001-2021

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，将其与建设单位管理制度现状列于表 12-2 中进行对照分析。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况
1	A 综合	辐射安全管理规定	已有
2	B 场所设施	操作规程	已有
3		辐射安全和防护设施维护维修制度 (包括机构人员、维护维修内容与频度)	已有
4	C 监测	监测方案	已有
5		监测仪表使用与校验管理制度	已有
6	D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已有
7		辐射工作人员个人剂量管理制度	已有
8	E 应急	辐射事故应急预案	已有

根据上表可知，建设单位辐射安全管理规章制度对照情况如下：

(1) 制定了 X 射线装置安全操作规程、辐射工作人员岗位职责等，保证工作人员正常使用仪器，以防止辐射事故的发生；

(2) 制定了辐射安全防护和管理制度、辐射安全防护自行检查和评估制度，加强辐射安全防护工作的管理，防止出现辐射事故；

(3) 制定了放射性仪器设备检修维护管理规定，机器的维修委托专业设备厂家进行，加强设备日常维护保养，使之处于良好运行状态，防止出现安全事故；

(4) 制定了放射工作人员培训计划，5 名辐射工作人员取得了初级辐射安全与防护培训证书，持证上岗；

(5) 制定了放射工作人员职业健康管理制度和放射工作人员个人剂量监测管理规定，要求辐射工作人员正确佩戴个人剂量计并参加职业健康体检；

（6）制度了辐射监测方案和监测仪表使用与校验管理制度，保证了辐射仪器的安全使用；

（7）制定了辐射事故应急预案及辐射事故应急措施，通过完善组织、落实经费、准备物资、加强演练等措施以应对可能发生的辐射事故；

（8）已将辐射操作规程、岗位职责和辐射事故应急预案响应程序等制度张贴于仓库墙面醒目处。

综上，建设单位制定的各种安全管理制度较为完善，具有可行性，建设单位较为重视辐射管理工作，从已运行来看，未发生过辐射安全事故。

12.3 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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）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、环境监测。

12.3.1 个人剂量监测

（1）保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计。建设单位应加强个人剂量检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，个人剂量计做到专人专戴、定期送检，常规监测周期一般为1个月（30天），最长不超过3个月（90天），送检单位须委托有资质的单位进行个人剂量计检测。对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，计剂量应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置，当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

（2）建立个人剂量档案。个人剂量档案要终身保存，记录正常工作期间个人剂量记录，以及异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，调查登记记录。

（3）异常结果调查。对单周期的调查水平进行异常结果分析，若测量结果有异常或超过个人剂量管理限值（单周期的调查水平为5mSv/年监测周期数）时，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，同时建设单位要对该辐射工作人员进行干预，调整工作岗位或工作时间，保证辐射工作人员年个人剂量不超过5mSv。

12.3.2 辐射工作场所监测

（1）监测项目：X- γ 辐射剂量率。

(2) 监测频次、位置：由于本项目是对运行中的输电线路耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，X 射线装置在输电线路杆塔高处运行，主射方向朝上（天空），根据“图 11-1 无线小型 X 射线仪（TXR-C1R150P-07W）正常工作时监督区和控制区划分示意图”可知，控制区位于天空，无法对控制区进行巡测。根据设备射线的漏射率情况，监督区为非主射方向 15m 范围，须结合杆塔高度，检测点具体情况，根据每次探伤任务制定的探伤方案进行巡测。

(3) 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。

(4) 监测质量保证：严格执行监测仪表使用、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，保存监测仪器比对档案。

对于常规日常监测，公司应用自配备的便携式 X- γ 辐射剂量监测仪进行自主监测。

12.3.3 辐射环境监测

(1) 监测项目：X- γ 辐射剂量率。

(2) 监测频次、位置：结合检测点周边敏感点分布具体情况，根据每次探伤任务制定的探伤方案进行监测。

(3) 监测设备：X- γ 辐射监测仪。

(4) 监测质量保证：严格执行监测仪表使用、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，保存监测仪器比对档案。

12.3.4 其它辐射监测

对于项目竣工环保验收，辐射安全许可证的延续、变更，进行辐射防护年度评估报告时，则必须请有资质单位对本项目进行监测，并出具监测报告。

本项目监测计划见下表。

表 12-3 本项目辐射监测计划表

项目		监测因子	监测频次	监测点位	监测设备
自主监测	工作场所	X-γ辐射剂量率	根据每次探伤任务制定的探伤方案进行巡测。	须结合杆塔高度，监督区边界或以外	按照国家规定进行计量检定
	辐射环境		结合检测点周边敏感点分布具体情况，根据每次探伤任务制定的探伤方案进行监测。	关心点	
委托监测		X-γ辐射剂量率	竣工验收监测 1 次	控制区和监督区边界、射线仪近距离处的漏射率	
			每年的辐射防护年度评估报告(不少于 1 次/年)		
			辐射安全许可证的延续、变更(1 次)		

	职业性外照射个人剂量	定期送有资质部门进行监测(不超过每1次/每3个月)	工作人员个人剂量计	
--	------------	---------------------------	-----------	--

12.4 辐射事故应急

建设单位已经建立了辐射事故应急预案，具体内容如下。

12.4.1 事故特征

事故类型：作业现场人员被 X 射线超剂量辐射或射线源掉落或丢失事件或射线机故障或平板电脑无电。

危害程度：作业人员或公众可能遭受辐射，造成人员超过年剂量限值的照射。

12.4.2 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条和《放射线装置分类方法》规定，建设单位使用射线装置为Ⅱ类装置，发生事故时，定性为一般辐射事故，即：指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

12.4.3 应急组织结构及联系方式

（1）辐射事故应急处理领导小组

组长：郑易谷

副组长：李贻博、孙伟忠

成员：杨鹏、艾川、孙晋明、王兴文、李明东

（2）应急处理领导小组职责

①组织制定公司辐射事故应急处理预案。

②负责组织协调辐射事故应急处理工作。

③组织辐射事故应急人员的培训。

④负责与上级主管部门和当地环境部门的联络、报告应急处理工作，配合做好事故调查和审定。

⑤负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作。

（3）小组职责分工

组长：全面负责小组工作，现场指挥工作。

副组长：具体负责小组工作，收集有关工作信息，各部门之间的协调，管理公司辐射工作人员的健康工作，辐射事故应急处理期间的后勤保障工作。

成员：负责事发现场安全保卫工作，负责对操作人员和维修人员的日常管理，人员培训等工作。

（4）应急联络方式

本单位辐射事故应急领导小组：	0871-68520458
辐射安全第一责任人：郑易谷	13700602192
辐射专职管理员：杨鹏	13759572026
环境部门	12369
卫生部门	120
公安局	110

12.4.4 应急响应措施

（1）启动

发生辐射事故时，应立即启动应急方案，并按照应急组织机构进行事故处理和汇报。

（2）汇报

发生辐射事故时，事故现场工作人员应第一时间电话汇报辐射专职管理员杨鹏（电话：13559572026），辐射专职管理员接到报告后应第一时间电话汇报辐射安全第一责任人郑易谷，并在事故发生 1 小时之内上报环境主管部门、公安部门和卫生部门。

（3）现场应急措施

①如发生射线装置失控而造成对人员的超剂量照射，应立即停止作业，射线装置应立即关闭电源，立即拨打 120 将辐射损伤人员送往当地卫生主管部门指定的医院进行救治，封锁现场，防止无关人员进入，采用铅衣、铅帘等设备进行屏蔽，通知厂家检修人员到现场维修，尽量采用远距离、短时间操作，公司辐射专职管理员、辐射安全第一责任人应在第一时间赶赴现场并配合环境、公安部门、卫生部门进行处理工作。

②射线源掉落及丢失事故发生时，立即撤离事故现场全部人员，设专人（穿防护服）守护，对现场进行隔离，并报告领导和相关部门。寻找人员要穿好防护服、戴上防护眼镜并携带射线报警器进行寻找。

③发生射线机故障时，通知厂家检修人员到现场维修，尽量采用远距离、短时间操作。平板电脑无电时及时更换电池，关闭射线源。

④应急救护人员进入事故现场必须佩戴专业安全防护用品，听从指挥，不得冒险蛮干，在确保自身安全的情况下，开展施救工作。

⑤及时疏散现场人员、及时对现场进行隔离。

⑥处置过程均应建立严格的记录。

（4）后续措施

- ①应对辐射事故应急救援的所有工作人员进行剂量的跟踪监测和健康体检。
- ②应对辐射损伤人员进行积极的救治、看望、安慰和科学的宣传，以防造成不良影响。
- ③应提供必要的物资和财力，以保证应急措施和救援的顺利开展。
- ④应积极配合环境部门、公安部门、卫生部门对事故进行处理，开展环境去污工作。

12.4.5 书面报告和总结

应在辐射事故发生 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》向上级环境主管部门、公安部门和卫生部门进行书面报告。

应查清事故原因，总结经验和教训，采取纠正和预防措施，防止类似事故再次发生。

12.4.6 应急培训、演练

建设单位制定应急预案演练计划，每年按计划组织辐射培训和应急演练，总结演练经验，修订辐射管理制度。

辐射事故应急人员培训、演练计划如下：

表 12-4 应急人员培训、演练计划

类别	培训时间	培训次数	培训人员	培训、演练内容	讲师或组织人员	保障要求
课堂培训	每年 1 月，2h	1 次	辐射安全与防护领导小组的 8 名人员	培训：事故应急预案、工业 X 射线探伤放射防护要求、放射性同位素与射线装置安全和防护条例等	外聘或辐射专职管理员	有经费和办公室等
	每年 7 月，2h	1 次	辐射安全与防护领导小组的 8 名人员	事故应急预案、工业 X 射线探伤放射防护要求、放射性同位素与射线装置安全和防护条例等	外聘或辐射专职管理员	有经费和办公室等
事故演练	每年 10 月，2h	1 次	辐射安全与防护领导小组的 8 名人员、公司其它人员	桌面推演、现场模拟演练选择一种：制定计划、开展演练、总结经验等	外聘或辐射专职管理员	有经费、操练场所、防护设施、外邀单位等

12.4.7 现有项目应急预案的执行情况

建设单位第一次办理辐射安全许可时，制定了辐射事故应急预案，设置了应急响应机构、人员、报告和总结要求、应急措施、善后处理、培训和演练等内容，2021 年 7 月 12 日，由云南省生态环境厅、昆明市生态环境局经开分局组成的检查组对建设单位进行了辐射安全和防护监督检查，发现建设单位未设置现场应急程序，建设单位针对提出的问题已按照检查要

求新增现场应急程序展板立牌 1 块。并对现有的应急预案制度进行了完善，主要是增加了射线源掉落或丢失事件或射线机故障或平板电脑无电的事故类型，并相应完善了应急措施。同时环评单位反馈建设单位后，2021 年 7 月 25 日建设单位组织过一次辐射事故应急桌面推演，以后将每年进行一次演练。

经过对现有应急预案完善后，现有应急预案内容和执行情况满足应急需要。建设单位自取得辐射许可证后，未发生过辐射事故。

建设单位制作的一块可携带的展板立牌（作业现场射线伤害应急程序），见下图。



图 12-1 作业现场射线伤害应急程序展板牌

12.5 从事辐射活动能力评价

对照《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令第 31 号，生态环境部令 第 20 号修改）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，国务院令第 709 号修正）使用射线装置的单位应具备的条件，对建设单位使用 1 台 ERESO 65 MF4 型便携式高频 X 射线机、1 台无线小型 X 射线仪进行野外探伤的能力进行分析并提出完善措施，见下表所示。

表 12-5 使用Ⅱ类射线装置能力分析

序号	应具备条件	规定要求	落实情况	能力评价
1	管理人员要求	使用Ⅱ类射线装置的，应当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	建设单位成立了辐射安全机构，有 1 名专职人员（本科及以上）负责辐射安全管理工作，满足要求。	满足要求

		作。		
2	操作人员要求	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。	建设单位有 5 名辐射工作人员，全部参加了云南大学组织的培训，取得初级辐射安全与防护培训证书。	满足要求
3	个人剂量管理	每名放射性仪器设备的操作人员应配备 1 个人剂量计。个人剂量计应编号并定人配戴，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。	建设单位辐射工作人员均配备个人剂量计，并编号。个人剂量计每年只送检 1 次给有资质的单位外检。建立了个人剂量档案。	不能满足要求，个人剂量计需不超过 3 个月送检一次。
4	辐射防护安全管理制度	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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位制定了辐射安全管理规定、X 射线探伤机操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、监测方案等。	满足要求
5	辐射事故应急预案	有完善的辐射事故应急措施。	建设单位制定了较为完善的辐射事故应急预案，该应急预案包括：应急响应的组织体系和职责、事故分级响应、事故条件保障、应急和救助的装备、资金、物资准备、辐射事故应急处理、报告、善后处理、应急演练等。	满足要求
6	辐射安全许可证	必须取得省级环境保护行政主管部门颁发的辐射安全许可证。	已取得 2 台 II 类射线装置的许可证。	满足要求，但有一台 XRS-3 型便携式脉冲 X 射线机已经损坏，待报废，没有变更辐射安全许可证上的装置数量。
7	安全警示装置	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。	在监督区边界设置场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、派专人警戒，在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警示标识提示信息。	满足要求
8	现场探伤工作方案	在确定要进行现场探伤作业前，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	建设单位已按此执行，在探伤前制定工作方案，并形成了文件，按要求执行。	满足要求

		记录，与方案一同存档备查。		
9	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 $15\mu\text{Gyh}^{-1}$ ，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 $2.5\mu\text{Gyh}^{-1}$ 。边界处应有“当心，电离辐射”警示标识，公众不得进入该区域。	已按要求设置了控制区和监督区，X 射线检测探伤在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，在监督区边界设置场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、派专人警戒，在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警示标识提示信息。	满足要求
10	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、辐射事故报警电话等内容。	在探伤作业现场制作了标牌。公告中包括了作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。	满足要求
11	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。	已建立探伤运行、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。	满足要求
12	废物处理方案	应具有确保项目产生固体废物、废水、废气达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	作业时产生的固体废物、废水、废气，排放达到标准要求。	满足要求
13	安全要求	放射性同位素与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。	建设单位建立有管理制度，现场探伤作业按照要求清理现场、并划定控制区和监督区和安全警示标志。	满足要求
14	辐射事故应急和报告	发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	当发生事故时，立即启动制定的应急预案，并采取措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，并已经形成了文件制度。	满足要求

根据上表所述，建设单位现有项目已经具备了《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用射线装置的单位申领许可证应具备的条件，取得了辐射安全许可证。但由于管理不当，辐射管理中仍存在一定的问題：

个人剂量计没有按照不超过 3 个月送检一次的要求执行，需要整改。有一台 XRS-3 型便携式脉冲 X 射线机已经损坏，待报废，没有向昆明市生态环境局变更辐射安全许可证内容。需要完善射线机报废手续，及时与昆明市生态环境局经开分局人员一同报废该台设备。已反馈建设单位整改，建设单位承诺待本项目新增射线仪取得环评批复后，连同原有辐射安全许可证一起办理增减工作，在承诺的规定时间内完成上述问题整改。

通过上述分析，本次新增一台射线仪，建设单位只要整改上述存在的问题，将具备从事辐射活动的能力。

12.6 现有项目环评批复落实情况

建设单位于 2019 年 6 月 18 日取得了昆明市生态环境局《关于云南电力试验研究院（集团）有限公司新建移动式 X 射线探伤项目环境影响报告表的批复》（附件 4：昆生环复〔2019〕8 号），批复要求内容落实情况，见下表。

表 12-6 现有项目环评批复落实情况

序号	批复要求	落实情况	差异
1	认真组织学习《放射线同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关法规和标准，并在项目运行过程中贯彻落实。	建设单位组织辐射人员学习了国家要求的辐射管理知识，5 名辐射工作人员取得了初级辐射安全与防护培训证书，贯彻落实了标准和要求。	无
2	严格执行《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《报告表》提出的电离辐射安全管理限值，职业照射连续 5 年的年均有效剂量应控制在 5mSv 以内，公众照射年有效剂量应控制在 0.25mSv 以内。	建设单位建立了辐射人员个人剂量档案，严格按标准执行。	无
3	配备相应的辐射防护用品、个人剂量报警仪和辐射监测仪，定期检查和维修，确保其能够正常使用。探伤工作时应佩戴辐射防护用品、个人剂量报警仪及个人剂量计，安排专人采用辐射监测仪对项目周围边辐射环境水平进行检测，及时处置异常情况，按时送检个人剂量计，确保职业人员健康和辐射环境安全。	建设单位，在探伤工作时，佩戴辐射防护用品、个人剂量报警仪及个人剂量计，安排专人采用辐射监测仪对项目周围边辐射环境水平进行检测，及时处置异常情况。但每年只送检 1 次个人剂量计。	不能满足要求，个人剂量计需不超过 3 个月送检一次。
4	严格落实《报告表》提出的辐射防护措施，探伤工作场所应设立电离辐射警示标志和工作警示灯，并定期对设施进行检查，确保其正常运行。辐射工作区域应按照《报告表》要求实行监督区和控制区管理，设置警示牌防止人员误照射。	已按要求执行。	无
5	完善和落实各项辐射防护和安全管理规定，制定完善辐射事故应急预案。辐射安全管理人员及工作人员应定期参加辐射安全培训。	建设单位制定了辐射安全管理规定、X 射线探伤机操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、	无

		辐射工作人员个人剂量管理制度、监测方案、应急预案等。5名辐射工作人员取得了初级辐射安全与防护培训证书。	
6	合理分配辐射工作人员操作探伤设备工作量，个人剂量监测数值超过标准限值的，应停止辐射工作岗位工作。	在辐射工作时，轮流安排人员进行操作，建立个人剂量档案，确保个人剂量监测数值不超过标准值。	无
7	按照《放射线同位素与射线装置安全和防护条例》等法规要求，你单位应在投入使用前依法向我局申领辐射安全许可证，并开展辐射安全和防护年度评估工作，年度的评估报告请按时上报我局。	原有2台射线装置，已经取得辐射安全许可证。2021年3月4日建设单位已向全国核技术利用辐射安全申报系统申报了2020年度辐射安全和防护年度评估报告。	年度评估报告应于每年1月30日前提交。
8	项目建成并依法取得辐射安全许可证后，按规定自主开展竣工环保验收，环保设施经验收合格后，方可投入运行。	2021年1月23日建设单位已对新建移动式X射线探伤项目的1台射线机完成了竣工环境保护验收（附件15）。	无
9	项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，应当重新报批建设项目的环境影响评价文件。	本次新增1台射线仪，建设单位重新报批了环评文件。	无

经点检建设单位对环评批复的落实，有下列问题：

（1）建设单位每年只送检1次个人剂量计，不能满足个人剂量计需不超过3个月送检一次的要求，已反馈建设单位整改，建设单位承诺2021年度按规定频次送检。

（2）2021年3月4日建设单位已向全国核技术利用辐射安全申报系统申报了2020年度辐射安全和防护年度评估报告（附件17）。但提交年度评估报告时间延迟，未按规定于每年1月30日前提交年度评估报告，已反馈建设单位整改，建设单位承诺2021年度评估报告按规定时间提交。

其余满足环评批复的要求。

表 13 结论与建议**13.1 结论****13.1.1 再建项目概况**

项目名称：云南电力试验研究院（集团）有限公司新建核技术利用项目；

建设单位：云南电力试验研究院（集团）有限公司；

建设性质：新建；

使用场所：220kV、500kV 或 ± 800 kV 输电线路杆塔上导线与耐张线夹搭接处（场所不固定）

贮存场所：云大西路 39 号经济技术开发区新兴产业孵化区 D 幢 2 楼 202 号房间（租用）。

本次建设内容及规模：拟新置 2 套无线小型 X 射线仪成像检测设备，其中 1 套无线小型 X 射线仪成像检测设备由 1 台 X 射线源（型号 XR150、最大管电压 150kV、最大管电流 0.5mA、照射时间 1.5S、1 个数字平板探测器组成；另 1 套无线小型 X 射线仪成像检测设备由 1 台 X 射线源（型号 XRS3、最大管电压 150kV、最大管电流 0.25mA、照射时间 1.5S、1 个数字平板探测器组成，主要用于建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或 ± 800 kV 输电线路杆塔上导线与及耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，保证供电安全。新增的 2 台射线仪均属于 II 类射线装置，射线装置单次照射时间 1.5s。项目总投资 60 万元，无新增环保设施投资，均依托现有工程设施。

13.1.2 产业政策符合性

本项目项目属于核技术在无损检测领域内的应用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第六项核能中第 4 款：“核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

建设单位根据工作需要，新置 2 套无线小型 X 射线仪成像检测设备，主要用于建设单位在云南省内承接的 220kV、500kV 或 ± 800 kV 输电线路杆塔上导线与耐张线夹内部搭接牢固的无损探伤检测，探伤场所为电网系统以获得批复的高压输电线路，不涉及低压配电设备所在居民区等场所。通过 X 射线探伤的检测手段，实现了输电线路内部结构的“可视化”。项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。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、公众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测过程中，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建立相应的规章制度。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。

13.1.4 选址合理性

项目探伤主要针对云南省范围内，项目的探伤地点为高压输电线路处，在进行探伤作业时，监督区内不得有任何公众停留，控制区内不得有任何人员（包括工作人员和公众）停留。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接受的。

建设单位本次拟购的 2 台无线小型 X 射线仪贮存在新兴产业孵化区 D 幢 2 楼的 202 号房间内，D 幢 1、2 层仓库内有视频监控系统，监控室位于仓库 1 楼，仓库管理人员 24h 值守。该房间只用作探伤机的贮存地点，不使用时，无辐射产生。贮存地为辐射人员严格管理的设备间，其它人员不能进入，不会对周围环境产生不良影响。D 幢三层为云南中科检测技术有限公司、四层为云南华测检测认证有限公司实验室项目、五层为中铁上海工程局集团昆明市轨道交通项目 4 号线经理部，东面 48m 为杂货仓库，西面 53m 为飞燕物流，无居民区，周围环境也对射线仪贮存地无制约因素，因此射线仪无探伤任务时贮存于该设备间内是合理的。

综上所述，本项目探伤选址和贮存地设置是合理的。

13.1.5 辐射安全与防护分析结论

（1）保护目标剂量

根据计算，新增 2 台射线仪后辐射工作人员年受照最大剂量均为 2.655mSv/a，满足职业人员年有效剂量 5mSv 的管理限值要求；公众人群受照射的年有效剂量为 0.0001mSv/a，低于公众人群年有效剂量不超出 0.25mSv 的限值要求。辐射工作人员和周围公众人员年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。

（2）辐射防护措施

辐射人员进行现场探伤时，工作前先编制探伤方案，根据现场特点设置控制区和监督区，区界设警戒线、警示灯和警示标志，探伤过程安排人员管理。采取距离防护措施，操作人员用无线平板电脑遥控射线仪（最大通信距离可达 100m），在地面上尽可能远离监督区进行遥控操作。现场探伤工作人员均佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪和整套防护铅服，其移动探伤现场防护措施能够满足要求。

（3）辐射安全措施

建设单位在进行 X 射线现场探伤时严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》

（GBZ117-2015）的要求划定控制区和监督区。X 射线检测探伤在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，在监督区边界设置场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、派专人警戒，在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警示标识提示信息。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”和“照射”信号。探伤期间通过辐射剂量巡测对边界进行检测或修正，确信场内无其他人员后开始探伤。建设单位定期对工作人员进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立有工作人员剂量档案和职业健康监护档案。

建设单位在现场探伤过程中落实以上措施后，将满足辐射安全的要求。

（4）监测仪器

建设单位已经配置了 7 个人剂量报警仪和 7 个人剂量仪以及 2 台辐射剂量巡测仪，为配备的 5 名辐射工作人员使用，公司所配备的监测仪器能够满足相关管理要求。

（5）辐射环境管理

建设单位已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。已经制定了相关辐射安全管理制度，现有 2 台探伤机（1 台损坏）已经取得了辐射安全许可证。5 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护知识的培训，经考核合格后持证上岗。建设单位已对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。建设单位已经建立了辐射事故应急预案，明确了相关人员的职责和应急处理要求。探伤机在仓储过程，已经建立了视频监控系统和安全制度，进行了严格安全管理，严防射线装置私自挪用和被盗等安全事故发生。

环评对已有项目存在的问题，已反馈建设单位整改，建设单位承诺立即整改。

13.1.6 其它环境影响分析结论

（1）施工期

本项目为现场移动探伤，X 射线仪不工作时贮存在租用的新兴产业孵化区 D 幢 2 楼的 202 号房间内，无建设工程，无施工期环境影响。

（2）运行期

①废气

本项目 X 射线检测装置主要用于野外移动探伤，探伤地点周围为开放的场所，产生的臭

氧在常温常压下稳定性较差，在空气中短时间可自动分解为氧气。运行过程中产生的少量臭氧经自然分解和稀释后，对周围环境空气影响较小。

②废水

本项目 X 射线检测装置探伤结果直接反映到数字探测器，连接存入电脑，启动图片处理程序分析探伤结果，整个探伤不进行洗片，不会产生显影、定影洗片废液，即设备运行不产生生产废水。

辐射工作人员在工作期间中产生的生活污水根据当地条件采取收集回用处理或依托当地污水处理设施进行处理，对周围环境影响轻微。

③固体废物

本项目采用平板数字探测器，探伤结果反映到探测器，直接由成像平板完成光电转换，数据经无线传输进入平板电脑，实时进行分析，自身不进行洗片，不会产生废胶片。

辐射工作人员在工作过程中产生的生活垃圾，依托作业区域垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理，不外排，对周围环境影响轻微。

项目报废的锂电池，属于一般工业固体废物，交专门的回收公司处理，对周围环境影响轻微。

④噪声

移动探伤时会开启警报器进行报警，因此会产生一定的噪声，声级较低，加上野外探伤地点一般远离居民区，因此噪声经距离衰减后，不会对周围居民产生明显影响。

13.1.7 项目环保可行性结论

综上所述，建设单位现有核技术项目已经具备了辐射安全管理能力，项目新置 2 台无线小型射线仪，其环境影响小于已建的 2 台射线仪，在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

13.2 建议和承诺

（1）建议

①建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。

②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）承诺

①按环评报告提出存在的问题及整改期限，按期完成个人剂量计每3个月一次检测、一台XRS-3型便携式脉冲X射线机报废工作、辐射安全许可证及时变更。

②根据环评要求，按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度以及辐射事故应急预案。

③项目运行过程中严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的辐射影响，使对环境的影响降低到最低。

④各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

13.3 环境保护竣工验收内容

再建项目辐射安全和防护设施设备、管理制度、仓库监控系统依托已有工程，针对本项目竣工环境保护验收一览表内容，见下表。

表 13-1 再建项目环境保护设施竣工验收一览表

类别	项目	环保设施或要求	验收要求
贮存场所	设备	2套无线小型X射线仪成像检测设备：其中1套无线小型X射线仪成像检测设备由1台X射线源（型号XR150、一体机，内含X射线管、高压电缆、高压发生器、控制器、摄像头、无线路由器、锂电池，配套充电器、电脑控制线）、1个数字平板探测器（用于数字成像）、1个平板电脑（用于远程控制）三部分组成；另1套无线小型X射线仪成像检测设备由1台X射线源（型号XRS3、一体机，内含X射线管、高压电缆、高压发生器、控制器、摄像头、无线路由器、锂电池，配套充电器、电脑控制线）、1个数字平板探测器（用于数字成像）、1个平板电脑（用于远程控制）三部分组成，两套设备均配备专用运输箱。	设备完好
	辐射安全管理制度	制定新置无线小型X射线仪检测作业指导书1份，其它制度依托已有的管理制度。	有健全管理制度

	辐射安全与防护措施	依托租用的云大西路39号经济技术开发区新兴产业孵化区D幢2楼202号房间，仓库面积100m²，项目占地3m²。有防盗和防破坏、防误开机措施，具体： ①本项目 X 射线仪贮存位置纳入公司仓管员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； ②安排专人进行管理和维护，并进行台账登记，一旦发生盗窃事件，立即向公安机关报案； ③仓库和临近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品； ④202 号房间门口钥匙进行双人双锁管理，由辐射安全人员、仓管员 2 人管理； ⑤射线仪装置钥匙由辐射安全人员管理； ⑥1楼仓库入口钥匙由仓管员管理。	贮存地安全
	人员配备	设置一名仓管员管理仓库。	有管理人员
	监测仪器和防护用品	X射线仪贮存位置设置监控摄像头实行24h实时监控。	有监控设施
使用场所	辐射安全管理制度	辐射安全管理制度主要依托已有的制度，在野外探伤作业前，项目应制定每次作业的工作方案。	有健全管理制度
	辐射安全与防护措施	①辐射人员进行现场探伤时，工作前先编制探伤方案（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，明确辐射工作人员职责和分工。工作期间做好相关记录，与方案一同存档）。 ②根据现场特点设置控制区和监督区，在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，在监督区边界设置场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、派专人警戒，在监督区边界醒目位置张贴电离辐射警示标识提示信息。采取距离防护措施，操作人员用无线平板电脑遥控射线仪，在地面上尽可能远离监督区进行遥控操作。 ③探伤前，确信场内无其他人员后开始探伤。	满足标准
	人员配备	依托已有的 5 名辐射工作人员。	/
	监测仪器和防护用品	①正确使用已有便携式辐射监测仪。 ②正确使用已有的防护用品：个人剂量报警仪、个人剂量仪、防护铅衣、护目镜、手套、围脖、铅帘等。	规范使用
竣工验收监测	监测	验收时进行一次辐射监测，测量射线仪实际的监督区和控制区边界、辐射衰减规律，以及射线仪近距离的漏射率等，供日后建设单位使用参考。	进行一次监测

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