

核技术利用建设项目

成都纵横大鹏无人机科技有限公司移动 X 射线探伤应用项目 环境影响报告表

(公式本)

成都纵横大鹏无人机科技有限公司

二〇二六年三月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都纵横大鹏无人机科技有限公司移动 X 射线探伤应用项目 环境影响报告表

建设单位：成都纵横大鹏无人机科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都市高新区天府五街青蓉国际广场 6A-7F

邮政编码：610041

联系人：段爱琴

电子邮件：/

联系电话：15608219902

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 10 -
表 3 非密封放射性物质	- 10 -
表 4 射线装置	- 10 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 12 -
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	- 20 -
表 10 辐射安全与防护	- 31 -
表 11 环境影响分析	- 47 -
表 12 辐射安全管理	- 60 -
表 13 结论与建议	- 71 -
表 14 审批	- 76 -

附图：

附图 1 本项目企业地理位置图；

附图 2 本项目设备间及外环境关系图；

附图 3 设备间楼层平面布置图；

附件：

附件 1 环评委托书；

附件 2 营业执照；

附件 3 不动产权证（土地证）；

附件 4 高登系列 X 光源产品说明书；

附件 5 射线装置使用承诺书；

附件 6 关于成立辐射安全与防护领导小组的决定；

附件 7 危废处理合同。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		成都纵横大鹏无人机科技有限公司移动 X 射线探伤应用项目			
建设单位		成都纵横大鹏无人机科技有限公司			
法人代表		任斌	联系人	段爱琴	联系电话 15608219902
注册地址		成都市高新区天府五街青蓉国际广场 6A-7F			
项目建设地点		探伤地点为全国各地，不固定；X 射线探伤机无任务时储存位置：四川省成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼 3 楼东楼房间			
立项审批部门		—		批准文号	—
建设项目总投资（万元）		40	项目环保投资（万元）	23	投资比例 57.5%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 m ²	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
<p>项目概述</p> <p>一、公司概况</p> <p>成都纵横大鹏无人机科技有限公司是注册于成都市高新区的高新技术企业，公司成立于2015年11月，注册资金5000万元，是国内规模领先、掌握自主核心技术的工业级无人机企业，研制的飞控导航产品、地面指控系统产品、发动机设备、无人机飞行器平台等均实现了全国产化，销售的产品自主可控程度高。公司专注于工业/军用战术无人机相关产品的研发、生产、销售及服务，在国内率先发布并量产垂直起降固定翼无人机。</p>					

二、项目由来

输电线路耐张线夹是指用于固定导线，以承受导线张力，并将导线挂至耐张串组或杆塔上的金具，耐张线夹一般分为螺栓型耐张线夹、压缩性耐张线夹、楔型耐张线夹。输电线路耐张线夹在使用过程中内部有可能存在裂纹、压接管弯曲、凹槽压接不到位等缺陷，通过 X 射线检测能及时发现耐张线夹的内部缺陷，采取相应的消缺措施，避免掉线事故的发生。

为发展业务需求以及弥补其他检测方法的不足，更好地服务于广大客户，为提升电力设施检测能力与市场竞争力，企业购置1台270kV 轻型脉冲式 X 射线探伤机专项用于输电线路的无损检测。本项目计划采用1台大疆 FC100旋翼无人机作为空中作业平台，辅助执行野外探伤作业。现场作业时由建设单位在地面控制区外通过专用支架将高频恒压 X 射线机与平板探测器组装固定，稳固搭载于无人机下方，由无人机将支架、射线机、探测器整体运载至指定作业点空域。无人机在作业点空域稳定悬停后，搭载的射线机悬停于空中直接对耐张线夹进行曝光检测，并将成像数据实时回传至地面控制区外操作位的计算机系统，整个探伤作业过程由工作人员在地面控制区外远程操控完成。

为加强射线装置的辐射环境管理，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。依据《关于发布《射线装置分类》办法的公告》（原环境保护部公告、国家卫生计生委2017年第66号），本项目使用的轻型脉冲式 X 射线探伤机属于II类射线装置。按照《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》（国务院令449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。因此，成都纵横大鹏无人机科技有限公司委托四川鸿环环保科技有限公司编制本项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。

建设单位在此之前从未从事过核技术利用项目。

三、项目概况

3.1 项目名称、性质、建设地点

项目名称：成都纵横大鹏无人机科技有限公司移动 X 射线探伤应用项目

建设单位：成都纵横大鹏无人机科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：具体现场探伤地点不固定。探伤机不使用后存放于四川省成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼（共 4 层）3 楼设备间内。2 号楼已经建设完成，且投入使用。

3.2 建设内容及规模

成都纵横大鹏无人机科技有限公司新增一台 X 射线探伤机开展野外探伤业务，其采用无人机大疆 FC100 搭载探伤机进行空中探伤，增加人员探伤工作效率及安全性。本项目 X 射线探伤机（XRS-3），最大管电压为 270kV、最大管电流为 0.25mA，有用线束照射方向：朝向天空，出束角度 40°。设备成像方式为 DR 数字成像，无洗片工序，不使用显（定）影剂及 胶片，不产生废显（定）影剂和废旧胶片等相关危险废物。

本项目利用四川省成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼 3 楼东楼房间作为配套的探伤设备间用于存放探伤机，探伤机不在设备间内使用，设备间设置防盗门，钥匙由辐射安全管理人员保管；设备间布置视频监控系统，实施 24 小时监控，实现对射线机库房内部状态的全天候实时监控。具体位置见附图。

工作负荷：每周工作 5 天，年工作 250 天。每天检测约 200 个耐张线夹（年检测 50000 个，耐张线夹为铸铁和钢材质，厚度根据线缆大小确定，本项目以钢 1/2"(13 mm) 进行计算）。每个耐张线夹检测 1 个点，每个点检测 2 次，参考企业提供参数及说明书，探伤机单次探伤出束的脉冲数量取 50 个（脉冲率：21 脉冲/秒），故单次出束时间为 2.38s，日出束时间为 0.2644h，年出束时间 66.1h。

建设单位承诺不在探伤现场以外的地方进行调试、训机和使用（不在探伤机贮存场所进行调试、训机）。根据企业说明，调试训机产生射线时间极短，可忽略不计。

本项目建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容表

射线装置名称	射线装置类别	数量	活动种类	投射类型	工作方式	备注
脉冲式定向探伤机 XRS-3	II类	1	使用	定向	室外探伤	新建

3.3 劳动定员及工作分配

人员配置及工作负荷：配置 3 人（1 名辐射工作人员为专职管理人员，1 人操作设备，1 人划定监督区、控制区并进行巡测，对监督区、控制区进行修订，安全员负责在正式开始探伤前进行清场、布置防护措施，安全员可以为操作人员中的 1 名）。辐射工作人员将在取得辐射安全与防护考核合格证明后方可上岗。

3.4 项目组成及主要环境影响

本项目采用数字化成像技术，不使用显（定）影剂及胶片，不产生废显（定）影剂和废旧胶片等相关危险废物。项目组成及主要环境影响见表 1-2

表 1-2 建设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	运营期
主体工程	使用 1 台型号为 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机（最大管电压为 270kV、最大管电流为 0.25mA），以大疆无人机 FC100 为搭载平台对高压线路上的耐张线夹进行探伤检测。平时未进行野外探伤作业时，探伤机均存放在公司设置的设备间内（成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼 3 楼设备间内）。		噪声、施工人员产生的生活垃圾、生活废水	X 射线、臭氧
辅助工程	设备间	约 50m ² ，并配备防盗门与视频监控，存放探伤机、无人机、探伤机配套的计算机系统和相关防护用品	噪声、施工人员产生的生活垃圾、生活废水、施工粉尘	/
	无人机	购买一台大疆无人机 FC100 为搭载平台		噪声
公用工程	依托市政水网、市政电网、配电系统			/
环保工程	废水处理设施	工程作业及设备间办公产生的生活污水均依托区域内污水收集设施收集处理。	废水、固体废物、施工粉尘	废水、固体废物
	固废处理设施	工程作业及设备间办公产生的生活垃圾均依托区域内垃圾桶进行收集转运。产生的废电池由设备厂家进行回收更换。产生的射线管依托企业现有危废暂存间。		
	废气处理设施	本项目进行室外探伤，产生少量臭氧进行室外自行扩散		臭氧

3.5 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量	来源	用途	备注
能源	电（kW·h）	200 度	市政电网	无人机、探伤机蓄电	/
水	生活用水	50m ³	市政水网	生活用水	/

3.6 本项目主要设备配置及技术参数

本项目设备技术参数见表 1-4。

表 1-4 本项目射线装置情况清单表

设备名称	脉冲式定向探伤机
型号	XRS-3
生产厂家/最大管电压	Golden Engineering/270kV
最大管电流出束类型	0.25mA
脉宽	25ns
辐射角	40
随机电池	20VDeWalte 锂离子电池
输出照射量	器正前方 30cm 处, 2mR~4mR/脉冲
每秒脉冲数量	21 个
单次探伤照射时间	2.38 秒
最大工作周期	每 4 分钟 200 次脉冲
最大穿透 A3 钢厚度	25mm

四、本项目选址、外环境关系及总平面布局合理性分析

4.1 项目工作场所

本项目野外探伤地点为全国各地，探伤地点不固定，集中在输变电工程区范围内。输变电工程区周围人流量较少。根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545-2010，“110kV 经过非居民区时，导线对地面的最小距离不小于 6m；750kV 经过非居民区时，导线对地面的最小距离不小于 13.7m（非农业耕作区）和 15m（农业耕作区）”，220kV 及以上等级的线路，在横向和纵向的控制更为严格。因此，其检测位置与地面的垂直距离高于 6m 以上；探伤时，射线主射方向向上。

在探伤作业开展前，建设单位将采用对周围公众进行告知、张贴公告、拉警戒线、调整探伤时间等安全管理措施，对地面划定的控制区和监督区内情况进行严格管理，严禁无关人员进出。本项目仅采用 1 台无人机将组装完成的射线机、探测器一体设备运载至输电线路上探伤工件位置进行悬停探伤作业，本项目仅在非禁飞区域开展野外探伤作业，不承接涉密单位等禁飞区域的输电线路耐张线夹探伤工作；若非禁飞区域内的探伤现场两区范围涉及居民区、科教文卫区等敏感区域，采取有效方式告知涉及人群，经充分论证并采取切实有效措施（如疏散人员或调整设备参数等），确保控制区和监督区不涉及敏感区。否则，不得探伤。若无法避开人员稠密的城市区域或“两区”范围内存在建筑物且无法完成清场时，不得使用 X 射线检测方式，应采用其他检测方式替代。

因此，采取以上措施后，对周围环境的辐射影响是较小的，本项目的野外探伤布

局是合理的。

4.2 设备存放场所

本项目探伤机无探伤任务时存放于公司设置的设备间内（成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园2号楼3楼设备间内），公司严禁在设备间内使用、调试X射线机。根据建设单位提供的房屋产权证书（附件3），其规划用途为工业用地，其产权权利人为成都纵横鹏飞科技有限公司。

本项目设备间位于鹏飞科技园2号楼3楼，外环境关系见附图2；设备间50米范围整体位于鹏飞科技园区内。公司大楼有一楼大门和负一楼大门用于进出，一楼大门处设置有24小时监控室且有门卫两班倒值班，负一楼大门设置人脸识别进出。探伤机设备间位于公司2号楼3楼设备间，为砖混结构，目前闲置，项目拟设两扇防盗门用于进出，钥匙将由管理人员保管，人流较少，无关人员靠近的可能性较小。该设备间采取一系列的防盗防破坏措施以保证设备安全，包括：

①拟在设备间内安装监控摄像头，实施24小时监控，能够实时看到设备间内部情况，监控室位于1楼门卫处；

②设备间安装防盗门，将设备间纳入公司重点巡视范围；

③公司安排专人维护管理和维护，并做好射线装置台账工作；

④本项目X射线探伤机不会在设备间进行调试、训机和使用；设备间门口应设置电离辐射警告标志；

⑤XRS-3脉冲定向探伤机的配套电池存放于带锁储存箱中，其中探伤机储存箱放置于设备间，钥匙均由专人管理，并与探伤机分开存放，开关钥匙不得存放在设备间内；项目设备间内配备防火，防潮设备，保证X射线装置的存放安全。该设备间只用作设备存放，X射线探伤机暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境对该设备间无制约因素，因此探伤机无探伤任务时存放于该设备间是合理的。

4.3 与周边环境的兼容性分析

本项目运行后，项目采用数字化成像技术，不使用显（定）影剂及胶片，不产生废显（定）影剂和废旧胶片等相关危险废物。项目进行室外高压线路耐张线夹探伤作业，不会产生放射性废水、固废。项目工作人员在园区产生的生活污水依托园区管网排放，生活垃圾交由市政环卫部门统一清运；在室外工作期间产生的废水、生活垃圾由项目作业地处理，在加强员工环境保护教育及管理后，本项目的建设对项目周边环境

境不会产生影响。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

五、本项目依托条件及可行性分析

本项目工作人员办公室依托公司既有办公室，不涉及新建。

本项目工作人员产生的生活污水分别依托作业场地周围已有的环保措施进行处理及办公场所内已有的污水预处理系统处理后排入市政污水管网进行处理。

本项目工作人员产生的生活垃圾分别依托作业场地周围已有的环保措施进行处理以及办公场所所在市政环卫部门进行处理。产生的废锂电池依托办公场所所在市政环卫部门进行处理。

依托无人机可行性：本项目计划采用 1 台无人机技术辅助野外探伤作业，该系列的无人机具备应急脱困模式、称重功能、智能减速保护、手动波轮收放、消摆功能（保证机身、运载物品整体稳定性）等功能，保证运载过程中的安全性；该系列无人机为行业级专业运载机，最大运载重量满足本项目运载需求的同时提供了充足的载荷余量，确保了动力冗余和飞行稳定性；无人机续航航程充足、锂电池冗余、快充等设计，实现不间断作业，满足野外探伤过程中的使用时长需求；无人机通过专用系统与刚性固定支架实现探测设备的稳固挂载，搭载智能感知系统可全向感知和观察周围环境，智能检测障碍物，保证飞行过程中的安全性。本项目将为无人机制定《无人机操作规程》，要求每次作业前必须进行功能验证，从而将技术上的固有安全性转化为可执行、可验证的管理规范。即该系列无人机满足本项目野外探伤需求。本项目射线机最大管电压和最大管电流为 270kV/0.25mA，有用线束方向为竖直向上照射，直射无人机时已经过探伤工件及平板探测器的屏蔽和一定距离的距离衰减，因此无人机受到 X 射线照射影响较小。

六、产业政策相符性

本项目为使用便携式数字 X 射线成像（DR）系统对野外架空输电线路耐张线夹进行 X 射线无损检测，根据射线检测结果判断输电线路耐张线夹是否存在缺陷，根据自 2024 年 2 月 1 日起施行的中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

七、实践的正当性分析

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各种类型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起到了十分重要的作用。因此，采用 X 射线无损探伤检测的方式可以对耐张线夹内部故障实现精确、无损的定位，对居民生活、工业生产、社会稳定有着重要的意义，可以降低检修成本、提高检修效率，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的检测效果，是其他探伤项目无法替代的，因此，本项目的实践是必要的。

但是，由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。建设单位在开展 X 射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。本项目为室外高压线路耐张线夹探伤，结合表 7 可知，项目探伤两区范围内不涉及敏感点等。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。本项目给社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

八、原有核技术利用情况

本项目为新建，公司此前从未开展过任何核技术利用项目，本项目配套用房依托主体工程建设，为预留空置房间，此前未涉及相关辐射活动，不存在与本项目有关的原有辐射污染问题。

九、环境影响评价信息公开

四川鸿环环保科技有限公司接受本项目编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地周围环境和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议。

在本项目环境影响报告表编制完成后，建设单位在成都纵横大鹏无人机科技有限

公司微信公众号对报告表进行了全文公示。公示网址为：

公示网站截图如下：

公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	脉冲式定向 X 射线探伤机	II类	1 台	XRS-3	270	0.25	无损检测	野外	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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
臭氧	气态	—	—	少量	少量	—	不暂存	室外作业直接排向大气环境，常温常压的空气中臭氧分解时间为 20-30 分钟，可自动分解为氧气。
生活垃圾	固态	—	—	少量	少量	—	不暂存	由当地环卫部门统一清运。
生活废水	液态	—	—	少量	少量	—	不暂存	由当地生活污水收集处理
废电池	固态	—	—	少量	少量	—	不暂存	由厂家回收
玻璃射线管	固态	—	—	少量	少量	—	暂存	定期交由具资质单位处理。

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，年排放总量为 kg。

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年9月1日实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日起实施；</p> <p>(8) 《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，2019 年 3 月 2 日实施；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修订；</p> <p>(11) 《关于发布《射线装置分类》办法的公告》，原环境保护部公告、国家卫生计生委 2017 年第 66 号；</p> <p>(12) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发〔2015〕162 号，2015 年 12 月 10 日实施；</p> <p>(13) 《关于进一步深化环境影响评价改革的通知》，环环评〔2024〕65 号，2024 年 9 月 13 日；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告，公告 2019 年第 57 号；</p> <p>(15) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）。</p> <p>(16) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号），自 2024 年 2 月 1 日起施行。</p> <p>(17) 《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要</p>
------------------	---

	<p>求（试行）》（原四川省环境保护厅，川环办发（2016）149号）；</p> <p>（18）《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（四川省生态环境厅（2025年11月））。</p>
技术标准	<p>（1）《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>（2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>（6）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单；</p> <p>（7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>（8）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ1326-2023）。</p>
其他	<p>参考资料：</p> <p>（1）《核技术利用监督检查技术程序》生态环境部（国家核安全局）（2020年发布版）；</p> <p>（2）《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引》（2025年版）；</p> <p>（3）环评委托书；</p> <p>（4）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）；</p> <p>（5）《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB50545-2010）。</p> <p>（6）《国家危险废物名录》（2025年版），中华人民共和国生态环境部2024年令第36号，自2025年1月1日起施行；</p> <p>（7）《一般固体废物分类与代码》（GB/T39198-2020）；</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。本项目采用无人机搭载探伤机，主射方向朝向天空，故本项目划定非主射方向评价范围。根据表 10-1 两区划分表。本项目野外线路探伤评价范围如下表：

表 7-1 本项目野外线路探伤评价范围

探伤机型号	射线方向	最大控制区半径距离 (m)	最大监督区半径距离 (m)	评价范围半径距离 (m)
XRS-3	主射方向垂直地面向天空	非主射方向 0~21m	非主射方向 21~51m	100

结合本项目的实际特点，确定本项目野外探伤评价范围为以 X 射线探伤机作业点为中心的 100m 范围区域。

保护目标

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

本项目野外探伤 100m 评价范围内环境保护目标见表 7-2 所示。

表 7-2 本项目环境保护目标一览表

项目位置	保护目标	相对探伤机方位	与探伤机的距离 (m)	人流量/天	照射类型	剂量约束值 (mSv/年)
野外	职业人员	非主射	控制区边界 21m, 监督区边界 51m	3	职业照射	5.0
	公众	不定	监督区边界 51m, 评价范围边界 100m	不定	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2026）过渡期的二级标准。
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。

(3) 声环境：根据检测地点所处的声功能区执行相应标准中相关标准要求。

二、污染物排放标准

(1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相应标准；

(2) 废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中相应标准；

(3) 噪声：根据检测地点所处声功能区执行相应标准；

(4) 固体废物：一般固废参考执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。

三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

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

表 7-3 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类型	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

本项目职业人员和公众的剂量约束值：**职业照射的年剂量约束值不超过 5mSv/a；公众照射的年剂量约束值不超过 0.1mSv/a。**

四、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

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）文件；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。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 μ 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。公众不得进入该区域。

小结

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）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于两区划分的要求。

本项目探伤现场周围剂量当量率参考控制水平，

探伤现场控制区边界周围剂量当量率： $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ；

探伤现场监督区边界周围剂量当量率： $< 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目设备间位于四川省成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼 3 楼，无探伤作业时，探伤机存放于该房间，电池与机体分离，设备间不进行训机及调试工作。

本项目为 X 射线探伤机野外探伤项目。使用 II 类射线装置，在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小，主要影响为对周围的电离辐射影响。因本项目野外探伤地点遍布全国各地，探伤地点不固定，因此本次环评未进行环境现状监测。2024 年全国各省份的环境 γ 辐射剂量率见图 8-1，2024 年四川省的环境 γ 辐射剂量率见图 8-2。



图 8-1 2024 年全国 31 个省份辐射环境自动监测站环境 γ 辐射剂量率年均值

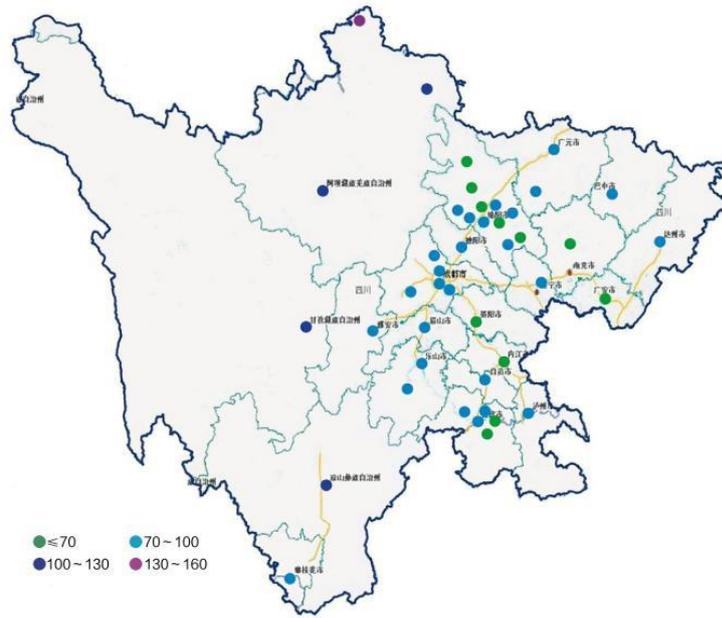


图 8-2 2024 年四川省辐射环境自动站环境 γ 辐射剂量率年均值分布示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期污染源项分析

1、施工期间的环境影响分析

本项目无野外探伤作业时，探伤机存放在公司设置的设备间内，本项目野外探伤作业不存在施工期。

二、运营期污染源项分析

本项目设置一台 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机，一台大疆 FC100 型无人机。采用无人机搭载 X 射线探伤机进行高空高压线路耐张线夹探伤检测。

1、设备组成及工作原理

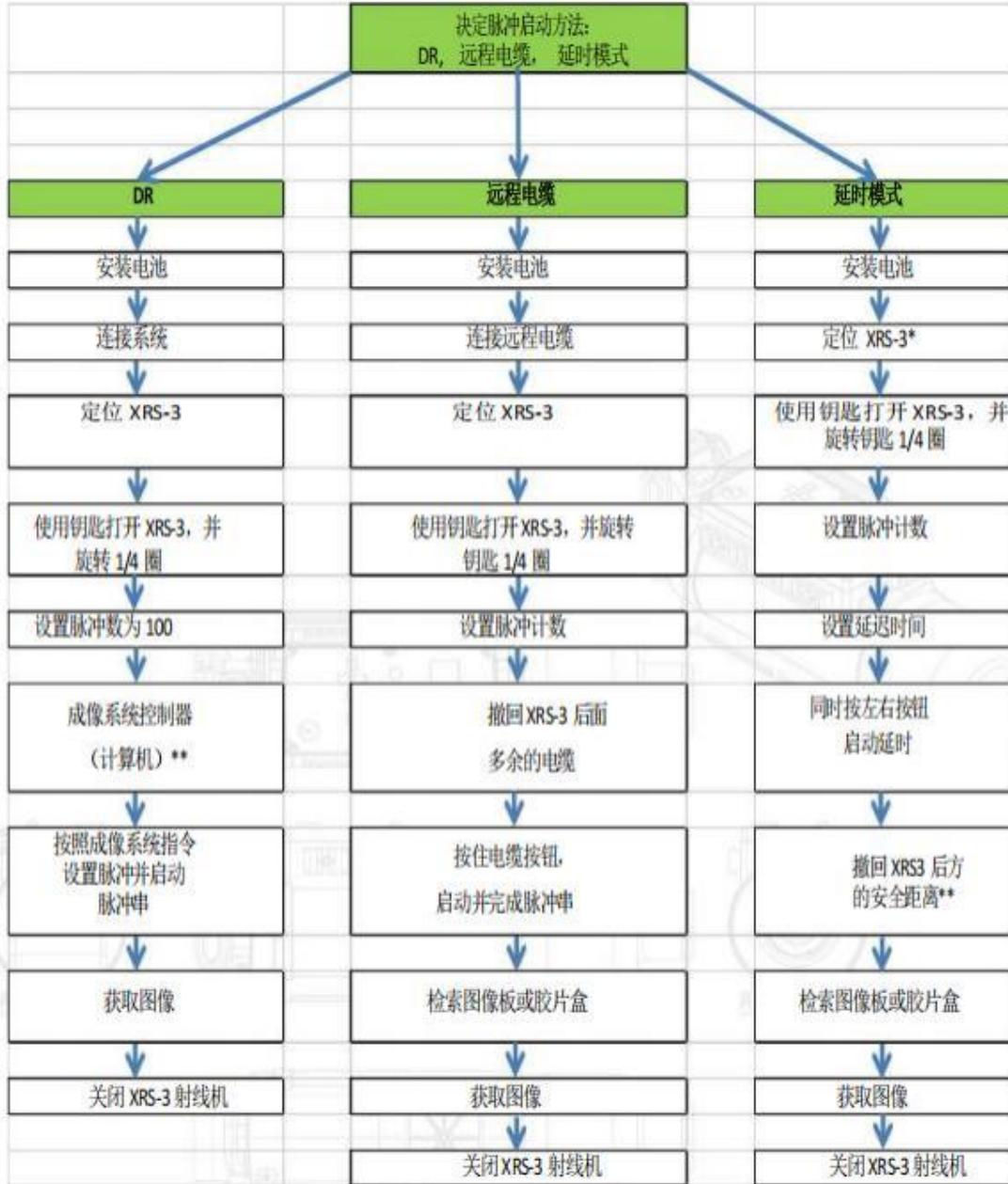
XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机：

其主要由 X 射线管、高压射线电容器、变压器、电池、控制器、脉冲检测器、数字化图像处理系统和火花隙等组成。位于探伤机头部前部的标准准直器将 X 射线出束角限制在 40 度。该 X 射线探伤机的电池是可拆卸，可充电的锂离子电池，该电池在保存和使用时应注意：①电池充电时，要注意充电器周围的散热，周围不要放置太多杂物。用户应该设置一个电池专用放置点，并保持电池的清洁。为了避免电量流失等问题发生，保持电池两端的接触点和电池盖子的内部干净，必要时使用柔软、清洁的干布轻擦。XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机组成如图 9-1 所示。



图 9-1 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机组成单元

XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机操作方式如图 9-2 所示，本次项目选择 DR 操作方式即电脑无线操作。



7

图 9-2 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机操作方式

工作原理：

脉冲式定向 X 射线探伤机是利用高压毫微秒脉冲，加到冷阴极 X 光管上产生 X 射线。冷阴极 X 光管由阴极、阳极、绝缘体三个部分组成；在阴、阳极间加上脉冲高压，引起阴极等离子体发射，产生大量电子，在电场作用下打到阳极上产生 X 射线；

在毫微秒脉冲高压下，绝缘体和真空的电场强度有很大提高，从而使 X 光管可做得很小；阳极采用钨针，阴极是一片带孔的钢片。该 X 射线探伤装置在检测过程中，X 射线探伤机放在探伤工件的一侧，平板探测器放在探伤工件的另一侧，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，当射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，反映到平板探测器上。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，即可透过的射线强度较大、探测器感光量较大，从而可以从探测器曝光强度的差异判断被检样品的缺陷，达到无损检测的目的，其工作原理示意图如图 9-3。

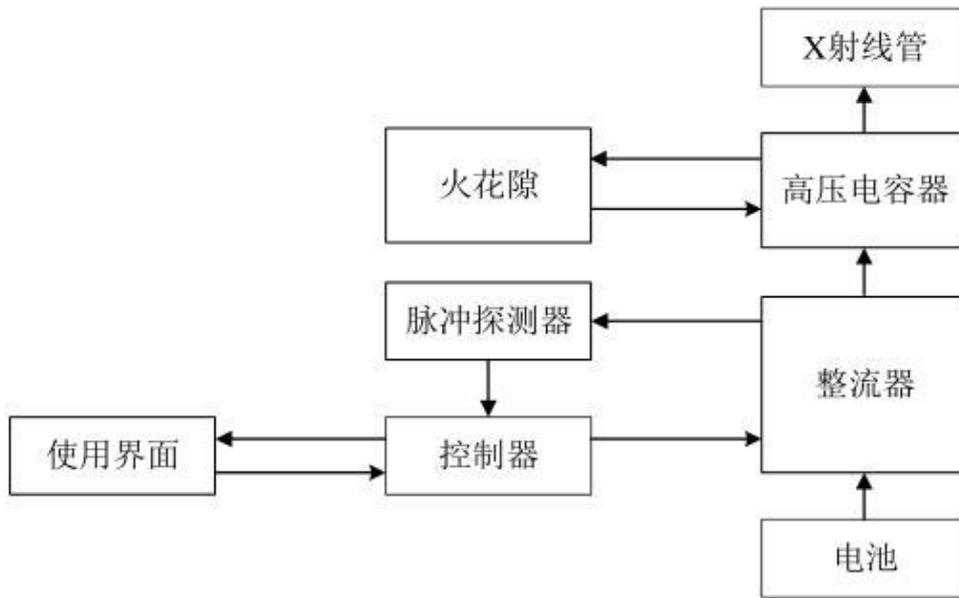


图 9-3 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机工作原理示意图

FC100 大疆无人机：

FC100 大疆无人机主要由以下 5 大核心部分构成：飞行平台、负载系统、智能感知系统、控制与通信系统、能源系统。

飞行平台：主要由螺旋桨、机身、电机等构成，提供飞行动力与基础运载框架。气动设计和强大电机确保其能在承载最大运载重量时保证稳定飞行，适应高原、山地等复杂环境。

负载系统：实现货物的安全吊运与精准释放。这是其作为运载平台的核心功能，支持自动收放缆、挂钩实时称重、近地减速等。

智能感知系统：构成“全向感知能力”，相当于无人机的“眼睛”。用于全天候（白天/黑夜）探测飞行路径上及货物周围的障碍物，为智能避障、地形跟随和安全起降提

供数据。

控制与通信系统：实现超远距离控制与高清图像传输。通过遥控器或“大疆司运”软件平台进行飞行控制、任务规划与状态监控，以多种通信方式保障复杂环境下的信号稳定。

能源系统：主要由双电池系统、快充技术、降落伞安全系统等构成，保障持续作业与终极安全。双电池热替换实现不间断飞行；快充提升效率；降落伞系统在紧急情况下自动开伞，最大限度地保护人员、无人机和货物安全。

由表 9-1 中 FC100 大疆无人机相关参数分析可知，该系列无人机满足本项目辅助野外探伤需求。

表 9-1 中 FC100 大疆无人机相关参数

装置名称	FC100 大疆无人机
工作环境温度	-20°C至 40°C
最大飞行海拔高度	6000 米
最大飞行高度	1500 米
最大运载重量	80kg
最大上升/下降速度	5m/s
最大水平飞行速度	20m/s
最大飞行距离	最大起飞重量下：双电 12 千米、单电 6 千米
最大悬停时间	最大起飞重量下：双电 12 分钟、单电 6 分钟
最大飞行时间	最大起飞重量下：双电 14 分钟、单电 7 分钟
整机防护等级	IP55
最大可承受风速	12m/s
悬停精度	启用 RTK：±10 厘米（水平），±10 厘米(垂直) 未启用 RTK：±60 厘米（水平），±30 厘米(垂直)

2、探伤情形

XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机探伤情景：

无损检测对象为架空输电线路耐张线夹，检测位置与地面的垂直距离高于 6m 以上。X 射线主射方向竖直向上（即朝向天空）。



图 9-4 本项目探伤工作示意图

3、工艺流程及产污环节

拟使用 1 台 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机用于在野外对架空输电线路耐张线夹开展探伤检测活动。探伤耐张线夹时探伤机主射方向竖直向上（即朝向天空）。探伤作业时，工作人员位于控制区以外的区域远程操作设备。线路探伤作业工艺流程图及产污环节如图 9-5 所示：

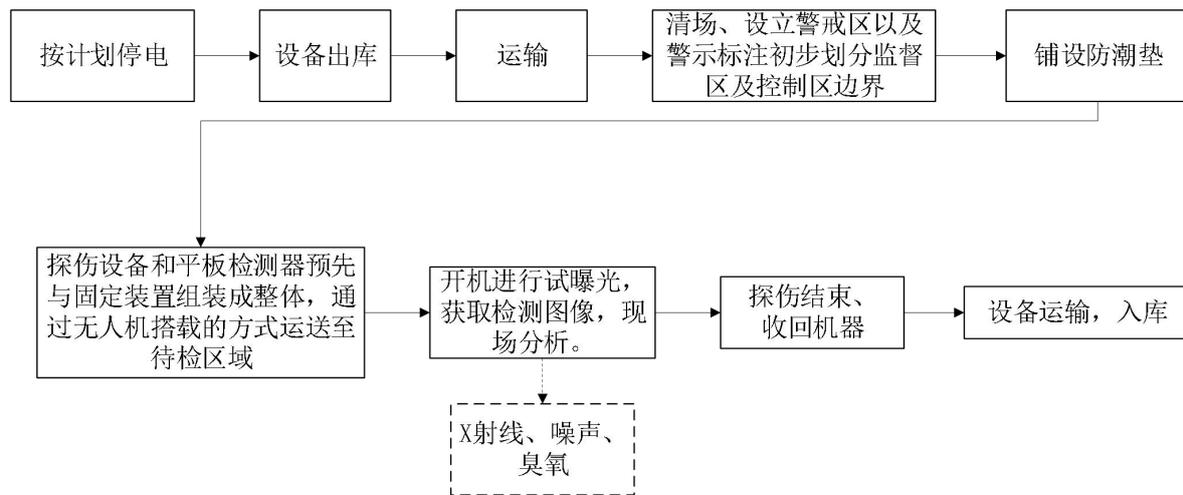


图 9-5 XRS-3 探伤作业工艺流程及产污环节示意图

本项目为现场探伤，在无专门屏蔽设施的条件下进行 X 射线无损探伤作业，作业时以探伤机为中心设置控制区和监督区，探伤作业人员在控制区边界外操作，无关人员不得进入监督区，其操作步骤主要如下：

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

该作业方案包括：

- ①工况、时间、地点、控制区范围、监督区范围、监测方案、清场方式等；

- ②明确探伤操作人员、安全员、辐射安全管理人员的职责和分工；
- ③对探伤人员的要求，包括：检测作业人员、检测防护培训要求；
- ④检测准备，包括：技术、工艺、检测设备和材料等；
- ⑤检测实施，包括：工作要点、安全防护、工艺参数设置、操作流程；
- ⑥图像评定，包括：评定条件及要求；
- ⑦检测记录及报告要求；
- ⑧质量检查的要求、方法等；
- ⑨职业健康安全和环境管理等内容。

(2) 跨市州备案：根据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求（试行）》，跨市（州）使用II类以上射线装置的单位，应当于射线装置转移前5个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市（州）环境保护主管部门提交使用计划和作业方案，完成相应备案手续。报备方案内容包括：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。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。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。单位制定的辐射安全与防护相关规章、制度。作业活动操作规程、人员岗位职责、辐射应急预案（包括项目所在地环保部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。

(3) 确定开展探伤具体事宜：移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位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。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

(4) 发布任务单：发布 X 射线探伤通知，库房管理人员（辐射安全管理人员）依据辐射工作人员提供的任务单进行设备使用台账登记，领取设备。

(5) 预先公示：在现场探伤作业前建设单位采用预先公示告知周围公众现场将进行探伤工作，安排专人在现场进行广播通知。

(6) 设备出库及运输：根据设备出入台账管理制度，设备管理人员（辐射安全

管理人员)依据辐射工作人员提供任务单进行设备使用台账登记,由操作人员领取设备。由公司车辆将设备运送至探伤作业场所,至少1名操作人员随车押运。

(7)初步划定两区边界、设置安全防护措施:根据环评理论计算的两区范围初步划定地面控制区和监督区边界,设置警戒线(离地0.8m~1.0m左右),在控制区边界设置电离辐射警告标志和“禁止进入射线工作区”警告牌,监督区外摆放安全信息公示牌,监督区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志,同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌,以及设置其他安全警戒措施。

(8)清场:在现场探伤作业前必须进行清场,确信场内无其他人员且各种辐射安全措施到位。

(9)固定射线机:清场完成后,辐射工作人员在操作位置将射线机和平板探测器同时固定在固定支架上,并确认所有锁紧装置(如挂钩)已锁死,检查便携式数字X射线成像(DR)系统各部件之间是否通过无线连接成功的,展开无人机机臂,检查机臂是否锁紧到位,安装满电动力电池,绝缘绳捆绑到预定位置,并检查各连接点的牢固性,防止在运输过程中松脱,操作无人机将整套设备运至耐张线夹的拍片位置。

(10)训机:若在便携式数字X射线成像(DR)系统首次使用或超过24h未使用的情况下,需在开展正式探伤工作前,于架空输电线路作业空域执行训机操作,不在地面进行训机操作。具体流程为:辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪,完成辐射防护准备工作后,位于地面控制区外操控搭载X射线机与平板探测器的无人机飞抵指定空域,待无人机稳定悬停后,通过计算机(笔记本电脑)上XimageDR数字图像采集与处理软件启动设备,进入训机状态。

产污环节:此过程产生X射线以及X射线电离空气产生的臭氧。

(11)试曝光、修正两区边界及安全防护措施:辐射工作人员在地面控制区外操作位置操作采集计算机(笔记本电脑)进行试曝光,辐射工作人员携带便携式X-γ剂量率仪、个人剂量计及个人剂量报警仪对控制区、监督区边界进行修订,重新确定控制区、监督区边界。

产污环节:此过程产生X射线以及X射线电离空气产生臭氧。

(12)正式开机检测:安全人员确认两区内无无关人员停留后开始曝光检测,辐射工作人员位于地面控制区外。

产污环节:此过程产生X射线以及X射线电离空气产生的臭氧;

(13) 探伤结束、评片：达到预定照射时间和曝光量后，操作人员远程操作关闭射线机。辐射工作人员在笔记本电脑上通过 XimageDR 数字图像采集与处理软件实现实时成像效果，实时观察探伤检测成像结果，操作无人机连同固定支架一起收回射线机及平板探测器，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场。

(14) 仪器设备运输及入库：采用公司车辆将设备运送回储存场所进行存放，至少 1 名操作人员随车押运。设备管理人员进行台账登记后，由两名操作人员进行设备入库。

(15) 出具报告：辐射工作人员出具检测报告。

(16) 一事一档资料：探伤工作结束后，作业活动开始前的报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；环保部门现场检查记录及整改要求落实情况；作业活动期间的相关记录和日志：包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录及账务复核记录，每次作业的时间、地点、操作人员，每次作业清场、两区划分记录（采取影像资料和文字形式），对工作场所和周围环境监测记录；作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其他有关情况等一系列档案材料应做好归档，做到有迹可循。

4、探伤对象及工况分析

使用 1 台 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机（最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA）进行野外探伤作业，本项目野外探伤地点为全国各地，探伤地点不固定，主要集中在输变电工程区范围内。探伤对象为架空输电线路的耐张线夹（材质有碳素钢、低合金钢、不锈钢、铝及铝合金、碳复合材料，以钢材质为例厚度约为 2mm~25mm），其最大管电压为 270kV，最大管电流为 0.25mA，本项目每天检测约 200 个耐张线夹（年检测 50000 个）。每个耐张线夹检测 1 个点，每个点检测 2 次，根据设备说明书，探伤机单次探伤出束的脉冲数量取 50 个（脉冲率：21 脉冲/秒），故单次出束时间为 2.38s，日出束时间为 0.2644h，年出束时间 66.1h。训机时间忽略不计。进行耐张线夹探伤作业时，探伤机位于高空（6~15m 左右），设备出束方向竖直向上。

综上所述，本项目年总曝光时间约 66.1h/a。

5、探伤典型工况布置示意图

使用 1 台 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机用于在野外对架空输电线路耐张线夹开展探伤检测活动，在无专门屏蔽设施的条件下，设备安装工作人员采用无人机运载方式运送至待检区域，曝光时，工作人员均需退至控制区以外，本项目使用的 X 射

线探伤机类型为定向机，探伤机在探伤过程中，出束方向主要朝向天空。探伤机布置方式为利用固定架将其牢固安装于耐张线夹表面，设备采用绝缘绳索与固定装置进行固定，一般靶点距离耐张线夹 0.5 米，具体布置方式如图 9-6 所示。



图 9-6 探伤机工作作业示意图

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由射线机工作原理可知，只有在便携式数字 X 射线成像（DR）系统开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故在便携式数字 X 射线成像（DR）系统开机出束期间，X 射线是本项目的主要污染物，不开机的状态下不产生辐射影响。

污染源强：根据建设单位反馈的信息以及生产厂家提供的数据，由于探伤机的几何尺寸小，将参考点距设备的距离近似于距射线靶点的距离。在主射束方向距靶点处 12 英寸（约 0.3m），单个脉冲输出照射量为 2mR~4mR 即有效剂量为 17.52 μ Sv~35.04 μ Sv（转换系数为 8.76），探伤机每秒最多产生 21 个脉冲。

则探伤机理论值为每小时 75600 个脉冲，即探伤时每小时距靶点处 12 英寸（约 0.3m）剂量当量率最大为 2649024 μ Sv/h。

泄漏辐射：

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》GBZ/T 250-2014 中表 1 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率：

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

根据 X 探伤机参数数据，管电压为 270kV，即项目距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

2.非辐射污染源分析

(1) 废气：便携式数字 X 射线成像（DR）系统在曝光过程中会产生有害气体臭氧。

(2) 废水：工作人员生活用水按每人每天 50L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 31.9t/a。工程作业及设备间办公产生的生活污水均依托区域内污水收集设施收集处理，对周围环境产生的影响小。

(4) 固体废物：

一般固废：

本项目的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，按每人每天 0.5kg 计，则固体废物的产生量为 0.375t/a，工程作业及设备间办公产生的生活垃圾均依托区域内垃圾桶进行收集转运，对周围环境产生的影响小。本项目 XRS-3 探伤机使用可充电锂离子电池，产生的废电池属于《一般固体废物分类与代码》（GB/T39198-2020）中表 1（废弃资源废电池类别代码 13），不属于危险废物，当电池不满足设备使用要求后，由设备厂家进行回收更换。

危险固废：

本项目产生危险废物：废射线管。依托企业现有危废间暂存，后期由有资质单位处理，对环境影响较小。企业现有危废间见下图：



图 9-7 企业现有危废间

(5) 噪声：本项目便携式数字 X 射线成像 (DR) 系统及无人机在运行时会产生一定的噪声，同时探伤现场布置的防护措施（声音提示装置、喊话器等）会产生一定的噪声。由于项目在室外作业，并且会对现场进行一定的清场作业，项目产生的噪声对环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局及分区

1.1 工作场所布置

无野外探伤作业时，X 射线探伤机存放在公司设置的设备间内，该设备间由专人进行管理。

本项目野外探伤平面布置主要根据工程区域外环境进行布置，主要选择在非人员长期居留区域，尽量远离居民区、学校等人群密集和人员居留时间长的场所，集中在输变电工程区范围内，当监督区范围内有居民住宅时，作业前必须先进行清场，确保监督区范围内无敏感区。若无法避开人员稠密的城市区域或“两区”范围内存在建筑物且无法完成清场时，则取消本次探伤作业计划。现场进行探伤时将划定控制区和监督区，其中控制区仅放置探伤机和被探伤对象，无任何人员居留，探伤工作人员在监督区居留，整个监督区将进行清场，无任何非辐射工作人员居留。野外探伤场地通过采取距离控制及其他管控措施后对周围辐射环境影响较小，其平面布置不与工程区域布局相冲突，平面布置是合理的。

1.2 工作场所分区

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，建设单位应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。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。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，控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”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。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。

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理出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。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，因地制宜地划定控制区和监督区，并设

置警戒线，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。

本项目使用 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机时，野外探伤控制区和监督区划分如表 10-1（计算过程及两区范围示意图均见表 11 环境影响分析）。

表 10-1 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机探伤时野外探伤“两区”划分与管理

野外探伤	控制区		监督区
“两区”划分范围	周操作人员位于控制区外远程操作设备。		周围剂量当量率在 2.5 μ Sv/h~15 μ Sv/h 之间的范围，可根据野外探伤的实际情况设置监督区。
主射方向垂直地面向上（高空）	主射方向 0~126m		主射方向 126~310m
非主射方向	探伤机与职业/公众人员头顶的最近距离 H-1.7	/	/
	4.3	0~21	21~51
	5	0~20	20~51
	6	0~20	20~51
	7	0~20	20~51
	8	0~19	19~50
	9	0~19	19~50
	10	0~18	18~50
	14	0~16	16~49
15	0~15	15~49	
辐射防护措施	在探伤时任何人不能进入控制区，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 1 名安全员巡视。

二、辐射安全与防护措施

（一）X 射线探伤机存放安全防护措施

①使用单位应设立专用的探伤机的设备间，配备防盗门双人双锁和 24 小时监控视频录像；X 射线探伤机存放地点位于公司设置的设备间内（成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼 3 楼）（只存不用），XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机拆卸充电电池与主机分别存放；

②探伤机应在专用的设备间贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用储存箱等。临时贮存完毕，确保存储安全。本项目使用的 X 射线探伤机采用有锁的箱子存放，不使用时存储在设备间内，设备间及专用储存箱均配置有锁，设备间和储存箱的锁由两人分开保管；

③应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；项目设备间内配备防火，防潮设备，保证 X 射线装置的存放安全；

④设备间的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

⑤定期检查物品清单，确认探伤机的存放地点；

⑥使用单位应制定放射装置领用及交还制度，建立领用台账，明确探伤机的流向，并有专人负责，领用和交还都应有详细的登记；

⑦设备间内仅存放平板探测器、探伤机及相关防护用品。设备间设置专人进出，设备由专人进出取还。

（二）设备固有安全性分析

1、XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机

①射线机内置电池供电，为设备进行供电，使用前进行安装，工作结束后取出电池，无供电电池时射线装置无法工作。

②当电池连接到控制器上时，绿色电源指示灯亮；

③X 射线装置配置有无线控制系统，可以实现远距离无线控制，按下延迟或远程控制按钮后，红色 X 射线警示灯闪烁，表示设备等待发射脉冲，当设备在工作时，红色 X 射线警示灯持续常亮；

④X 射线探伤机控制器开机后具有 15~60 秒的延迟时间，以便人员在开机检测前有足够的时间离开现场；

⑤液晶显示屏在灯光黑暗的环境也能看清楚数据；

⑥X 射线脉冲数达到预设的数值时自动停止发射；

⑦如果高压脉冲发生器管头被损坏或者玻璃管破裂，则 X 射线管的输出会立即停

止；

⑧本项目探伤机设置钥匙开关，遥控设备设置紧急停机开关，当出现紧急情况时，可立即停止照射；

⑩探伤作业过程中，若因遥控器失灵导致探伤装置无法停止出束，装置将在 4 分钟后根据预设程序自动终止出束作业。

⑪过流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑫过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

⑬曝光时系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，管的输出会立即停止。（例如：高低温保护，工作温度-20~70 摄氏度，超出相应温度也是有自动截断措施）。

（三）现场探伤前安全防护措施

①在实施现场检测前，工作人员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接触人员与附近的公众、天气条件、探伤时间、高空作业高度等。

②每次现场检测工作，每台 X 射线探伤机启用期间，至少应配备两名操作人员，一名现场安全员可有操作人员兼任。

③现场检测工作人员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。在此基础上优化完善检测方案，选择合理可行且尽量低的照射参数以及尽可能短的曝光时间，以减少辐射工作人员和相关公众的受照时间。

④当监督区范围内有居民住宅时，须先行对探伤方案及清场条件进行评估，经充分论证并采取切实有效措施（如疏散人员或调整设备参数等），确保控制区和监督区不涉及敏感区。否则，不得探伤。若无法避开人员稠密的城市区域或“两区”范围内存在建筑物且无法完成清场时，不得使用 X 射线检测方式，应采用其他检测方式替代。

⑤当使用非辐射工作人员时，其均为建设单位员工，主要为相关设备搬运工作及清场工作，探伤时需在施工区外，建设单位定期对其进行 X 射线探伤机辐射安全、野外探伤现场安全注意事项、发生辐射事故时紧急躲避等进行辐射安全知识的普及教育。

（四）现场探伤时安全防护措施

①声光报警装置：拟为本项目配置声光报警装置，在控制区的所有边界都应能清楚

地听见或看见信号，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

②警戒线：拟设置警戒线圈出控制区与监督区，警戒线需离地 0.8m~1.0m 左右。

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

④安全信息公告牌：拟在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公告牌。

⑤公告牌中应包括辐射安全许可证，公司法人代表，辐射安全负责人，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m²，公告信息应采取喷绘（印刷）的方式制作，应具备防水、防风等抵御外界影响的能力，确保信息的清晰辨识。公告信息如发生变化应重新制作，禁止对安全信息公告牌进行涂改、污损。

⑥个人剂量报警仪及个人剂量计：拟为本项目所有辐射工作人员配备相应数量的个人剂量计、个人剂量报警仪（带直读剂量功能）。

⑦便携式辐射剂量监测仪：拟为本项目配备便携式辐射剂量监测仪。开始探伤工作之前，应对仪器进行检查，确认能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式辐射剂量监测仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

⑧喊话器：拟为本项目巡逻辐射工作人员配备喊话器，若无关人员进入或在两区边界外徘徊，应使用喊话器喊话，提醒其此处正在进行 X 射线探伤，立即远离。

⑨对讲机：拟为本项目所有辐射工作人员配备对应数量的对讲机，保证辐射工作人员之间的沟通及时，如遇紧急情况，巡逻辐射工作人员可通过对讲机告知操作人员立即停止探伤工作。

⑩应急物资：拟为本项目配备应急物资，如灭火器材，急救箱等，能够及时应对现场的突发状况。

⑪当探伤位置监督区及控制区范围内有建筑且对人员不能进行清场时，不进行探伤作业。

（五）野外探伤安全防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《四川省野外（室外）使用放

射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求（试行）》（原四川省环境保护厅，川环办发〔2016〕149号）、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（四川省生态环境厅（2025年11月），进行野外探伤时主要采取以下措施进行辐射安全防护：

1、制定野外探伤工作方案

在实施移动探伤作业之前，应提前向作业地的市（州）生态环境局报备，提交作业计划和作业方案，该工作方案主要包括探伤工况、时间、地点、控制区及监督区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工。工作期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

①明确探伤工况：使用的探伤设备、探伤对象、时间安排（开始和结束时间节点）、探伤场所位置。本项目拟使用1台XRS-3型脉冲式定向X射线探伤机，作业时间集中在白天，夜间不进行探伤作业。

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

③确定监测方案：根据每次探伤的具体工况明确监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及探伤操作人员位置等，应在第一次曝光时测一次，操作期间测一次。

④明确清场方式：如预先公告、开始前广播、安排专人检查等，确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，控制区内不应有任何人员。本项目拟通过事前告知、高音喇叭广播、人员巡查等方式进行现场清场。

⑤明确职责和分工：明确工作人员的分工计划，如探伤操作人员名单及其职责等。本项目拟配置3名辐射工作人员，在进行探伤作业时，安排2人负责X射线探伤机设备操作，其中1人负责现场监护及巡视即现场安全员。现场安全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。

⑥野外（室外）跨市（州）使用II类以上射线装置的活动，应到使用地市（州）生态环境局办理备案手续。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，操作人员名单及辐射安全与防护培训合格证书复印件。IV.单位制定的辐射安全与防护相关规章、制度。作业活动操作规程、人员岗位职责、辐射应急预案（包括项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生健康委员会联系方式）等。

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

2、探伤作业前进行公示

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。安全信息公示牌面积应不小于 2m²，公示信息应采取喷绘(印刷)的方式进行制作。

3、设施维保

每次移动作业前按照辐射安全管理制度开展辐射安全防护设施设备的日常检查和维护，检查射线装置贮存设施、实体保卫措施、声光警示装置、安全联锁及相关设施设备的完好性，测试装置功能确保正常，并做好记录发现辐射防护设施设备存在隐患或问题，应及时维修待功能恢复正常后再开展辐射工作。

4、监测仪器

按照本次评价要求配置 1 台 X-γ辐射监测仪，并每年对监测仪器开展校准或比对，确保仪器正常使用。

5、自行监测

（1）按照标准规范和本次评价要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境辐射水平监测，并做好记录存档：

1) 监测频率和方式。对每次开展 X 射线移动探伤作业开展辐射环境自行监测，并做好记录。

2) 监测点位。含作业现场控制区和监督区四周边界处、工作人员操作位置以及邻近监督区有人群聚集或人员活动较多的区域等。

3) 监测因子。X- γ 辐射空气吸收剂量率

(2) 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。必要时应调整控制区的范围和边界。

(3) 凡属下列情况之一时,应由有相应资质的监测机构进行监测:

- 1) 新开展现场射线探伤的单位;
 - 2) 每年抽检一次;
 - 3) 在居民区进行的移动式探伤;
 - 4) 发现个人季度剂量(3个月)可能超过 1.25mSv。
- 6、移动作业“一事一档”

开展 X 射线移动探伤的单位应建立移动作业“一事一档”,主要包括:提交当地生态环境主管部门的证明材料(使用计划和作业方案、辐射安全评估报告)、跨区备案资料、辐射环境监测记录、现场公示公告的影像资料辐射防护措施和安全保障措施的影像资料、生态环境主管部门现场检查记录及作业活动结束后的辐射安全总结评估报告等。

7、年度监测

每年至少委托有资质的监测机构进行 1 次年度监测,并将监测结果随年度评估报告报发证机关。

8、防护用品

(1) 按照行业和本次评价要求,探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品,并使其处于正常状态:

①便携式 X- γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪在现场环境条件下可听见、看见或产生振动信号);

②控制电缆和控制器;

③现场屏蔽物(铅屏风);

④警告提示和信号;

⑤应急箱;

⑥其他辅助设备,例如:夹钳和定位辅助设施

(2) 开始移动式探伤工作之前,应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查,确认能正常工作。在移动式探伤工作期间便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态,防止射线曝光异常或不能正常终止,

(3) 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人剂量监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

9、管理机构与制度建设

核技术利用单位应在项目建成运营之前，以正式文件建立辐射安全管理机构，并建立健全辐射安全管理规章制度。

(1) 建立机构。首次申领辐射安全许可证的单位，应以正式文件形式成立辐射安全管理领导小组，明确辐射安全管理职责；设专职辐射安全管理人员的，应当符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》关于学历和专业的要求；已取得辐射安全许可证的单位，应根据项目变化和人员变动等实际情况，针对性修订和完善辐射安全管理领导小组成员及职责，确保与项目运营管理相适应。

(2) 制度建设。首次申领辐射安全许可证的单位，应结合项目实际制订辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，核技术利用单位需制定的基本规章制度主要包括：

- 1) 辐射安全与环境保护管理机构文件；
- 2) 辐射安全管理规定；
- 3) 辐射工作设备操作规程（内容应包括涉及的全部辐射活动种类与范围）；
- 4) 辐射工作人员岗位职责；
- 5) 辐射安全与防护设施维护维修制度；
- 6) 射线装置台账管理制度（包括现有实物台账、购买台账、射线装置去向台账等）；
- 7) 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案；
- 8) 监测仪表使用与校验管理制度；
- 9) 辐射工作人员培训制度(或培训计划)；
- 10) 辐射工作人员个人剂量管理制度；
- 11) 辐射事故应急预案；

核技术利用单位可根据自身项目特点，在上述制度基础上，建立适用于本单位辐射安全管理其他制度。

(3) 制度上墙。核技术利用单位应根据《辐射事故应急预案》编制《辐射事故应急响应程序》，并将《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所醒目位置，制度

的内容应字体醒目，简单清楚，体现可操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

10、辐射工作人员配置

核技术利用单位应配置满足项目运行管理要求的辐射工作人员，并组织全员参加辐射安全与防护培训。

(1) 配置人员。核技术利用单位应结合项目类型和生产管理实际配置工作人员。

1) 使用II类射线装置的单位，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作。

2) 开展移动式探伤工作的，每台探伤机至少应配备2名专职工作人员。

(2) 全员培训。核技术利用单位应组织所有辐射工作人员和辐射安全管理人员参与岗位类别相适应的辐射安全与防护培训。辐射安全管理人员应参加辐射安全管理培训，其他辐射工作人员参加相应岗位专业的培训。考核合格成绩单有效期5年，所有辐射工作人员均应在考核合格成绩单有效期满前参加复训。辐射工作人员可在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn>)微信扫描首页二维码进行考核报名或成绩查询。

11、探伤时辐射防护工作

探伤准备：X射线探伤机固定位置完毕后，再一次对探伤区和防护区进行清场；除探伤机操作人员外，其他工作人员与安全人员一道分别在监督区边界指定位置放置警示牌，严禁无关人员进入该区域。探伤操作：进行探伤时，操作人员在该段时间内位于监督区内控制区外。在野外探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。

四、辐射安全防护设施对照分析

本项目辐射安全防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《关于印发〈四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）〉的通知》（川环函〔2025〕616号）对照分析情如下：见表10-2。

表 10-2 本项目辐射安全防护设施对照分析表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）		本项目措施	是否满足要求
作业前准备	在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证安全操作。评估内容至少应包括工作地点选择、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。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警等）。	探伤工作前对工作环境进行全面评估，项目探伤地点位于野外，人员较少，探伤前进行附近人员清理。野外探伤工作，同时确保作业地点满足高空作业要求，委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施，建设单位在探伤前还应评估天气条件，不能选择在下雨、雷电、冰雹、大雾、沙尘暴等恶劣天气进行探伤作业。	满足
	使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	本项目探伤工作人员（3人），每个小组包括2名操作人员（其中1人兼职安全员）、1名专职安全员，每个探伤小组作业时只操作一台探伤机。	满足
	移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位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。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	探伤工作开展前与业务委托单位协商确定适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。	满足
分区设置	探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。	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。	满足
	一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划分为控制区。	根据要求，将周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划分为控制区。	满足
	控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。	在现场探伤作业前必须进行清场，在控制区边界悬挂清晰的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置警戒线（离地 0.8~1.0m 左右）、工作状态指示灯、声音提示装置和电离辐射警告标志，安排专人进行全程巡视，确保控制区内无任何人员后，探伤作业人员在控制区边界外开机操作探伤设	满足

		备。	
	控制区的边界尽可能设置实体屏障，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。	本项目探伤作业时，有用线束方向指向天空，临时拉起警戒线。	满足
	移动式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，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被探物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。	探伤工作前，将采取预先公告、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。每次探伤制定工作方案，使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被探物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件，使控制区范围尽量小，本项目拟采取临时拉起警戒线。	满足
	每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	本项目探伤小组均分别配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪，建设单位拟定期对便携式 X-γ剂量率仪开展检定或校准工作，建设单位拟为每名现场探伤的辐射工作人员配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	满足
	探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。	探伤作业时，现场安全员采用便携式 X-γ剂量率仪对控制区及监督区进行检测，适时调整控制区的边界。	满足
	应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5uSv/h 的范围划为监督区，并在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。	在现场探伤作业前必须进行清场，在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警告标志，安排专人进行巡视，确保场内无其他人员。	满足
	移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。	建设单位将按要求执行。	满足
	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。	本项目探伤机采用无人机搭载方式进行远距离遥控探伤，工作人员位于控制区外，探伤机具备延时开机装置。	满足
安全 警示	委托单位(业主单位)应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过在合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。	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	满足

		制范围, 当地生态环境部门监督举报电话等内容。	
	应有提示“预备”和“照射”状态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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。	本项目将配置工作状态指示灯、声音提示装置和夜间探伤照明装置等。	满足
	X-γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。	本项目配置的信号指示装置将与探伤机联锁。	满足
	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。	本项目配置信号指示装置可实现。	满足
	应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	在现场探伤作业前必须进行清场, 设置警戒线(离地 0.8~1.0m 左右)、警报灯, 在控制区悬挂“禁止进入射线探伤区”标识, 在监督区悬挂“无关人员禁止入内”警示牌以及在警戒线边界设置“当心电离辐射”等警示标识, 并安排专人进行巡视。	满足
边界 巡查 与检 测	开始移动探伤之前, 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。	在现场探伤作业前必须进行清场。	满足
	控制区的范围应清晰可见, 工作期间应有良好的照明, 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。	本项目将配置工作状态指示灯、声音提示装置和夜间探伤照明装置等, 并安排专人进行巡视, 确保没有人员进入控制区。遇有下雨、雷电、冰雹、大雾、沙尘暴等恶劣天气, 不进行探伤作业。	满足
	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。	本项目在试运行(或第一次曝光)期间, 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。	满足
	开始移动式探伤工作之前, 应对便携式 X-γ剂量率仪进行检查, 确认能正常工作。在移动式探伤工作期间, 便携式 X-γ剂量率仪应一直处于开机状态, 防止射线曝光异常或不能正常终止。	本项目探伤工作前, 对便携式 X-γ剂量率仪进行检查, 确认能正常工作, 探伤时便携式 X-γ剂量率仪应一直处于开机状态, 防止出束异常发生误照情况。	满足
	移动式探伤期间, 工作人员除进行常规个人监测外, 还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携	本项目现场探伤的辐射工作人员均配置个人剂量计和个人剂量报警仪。现场探伤时, 个人剂量报警仪与便携式 X-γ剂量率仪同时使用。	满足

	式 X-γ剂量率仪，两者均应使用。		
	《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025 年版)》	本项目措施	是否满足要求
1	探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态:便携式 X-γ剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪(在现场环境条件下可听见、看见或产生振动信号)、现场屏蔽物(铅帘或铅屏风等)、警告提示和信号。	本项目拟配备便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量计和个人剂量报警仪，本项目野外探伤拟采取设置警戒线的方式，本项目将配置工作状态指示灯、声音提示装置和夜间探伤照明装置等，并使其处于正常状态。	满足
2	开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。	本项目对便携式 X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作，并在移动式探伤工作期间，使便携式 X-γ剂量率仪一直处于开机状态。	满足
3	移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人剂量监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ剂量率仪，两者均应使用。	本项目拟配备便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量计和个人剂量报警仪，并在移动式探伤期间，均使用以上设备。	满足

建设单位按照表 10-2 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，公司需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-3。

表 10-3 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	投资金额（万元）
警告标识	作业公告牌 2 个、安全信息公示牌 2 个、安全警示线若干、现场警示标志若干	0.2
通讯设施	大功率喊话器 1 个，对讲机 3 个	0.3
个人防护用品	个人剂量计 3 套	0.5
	个人剂量报警仪 3 个	
监测仪器	便携式 X-γ射剂量监测仪 1 台	0.5
安全装置	声光报警装置 1 套	0.2
辐射安全	辐射安全培训	21
	防盗门	
	储存柜	
	设备间监控 1 套	
	无人机一台	
急停按钮（设备自带）		
应急物资	灭火器 1 套，急救箱 1 套	0.2
设备维护	定期对设备进行检修、维护（每次作业前），及时更换零部件	0.1
合计		23

本项目总投资 40 万元，环保投资 23 万元，占总投资的 57.5%。今后公司在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

一、废气

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

二、固体废物

本项目的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，按每人每天 0.5kg 计，则固体废物的产生量为 0.375t/a，工程作业及设备间办公产生的生活垃圾均依托

区域内垃圾桶进行收集转运，对周围环境产生的影响小。本项目 XRS-3 型脉冲式定向探伤机、平板探测器均使用可充电锂离子电池，产生的废电池属于《一般固体废物分类与代码》（GB/T39198-2020）中表 1（废弃资源废电池类别代码 13），不属于危险废物，当电池不满足设备使用要求后，由设备厂家进行回收更换。产生少量废射线管属于危险废物（HW49，900-044-49），依托企业现有危废暂存间进行暂存，交由有资质单位处理。

三、废水

工作人员生活用水按每人每天 50L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 31.9t/a，工程作业及设备间办公产生的生活污水均依托区域内污水收集设施收集处理，对周围环境产生的影响小。

四、噪声

本项目 X 射线探伤机使用时基本不产生噪声，声音提示装置、喊话器、无人机的搭载会产生一定噪声，噪声产生时间较短，探伤时间较短且探伤作业时会现场环境进行清场，故对周围环境影响较小，可以接受。

五、射线装置报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》有关规定：“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）有关规定：“X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构”。

项目项目涉及的射线装置报废时，必须进行去功能化处理，使射线管不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。按照国务院449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第33条要求，报废的射线装置应实施退役。

在射线装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤地点为全国各地野外探伤，不固定；探伤机不进行野外探伤作业时存放在公司的设备间内（成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园2号楼3楼），本项目野外探伤作业主体不存在施工期。

设备间利用公司现有空房间进行装修。

一、施工期的环境影响分析

（1）施工期大气环境影响分析

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的废气，但影响仅局限在施工现场附近区域。通过及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度可以减少大气对环境的影响。

（2）施工期废水环境影响分析

施工期间，有一定量的建筑装修废水产生，待施工期结束后，建筑废水对环境的影响会随着施工期结束而随之消除；项目施工期施工人员生活污水产生量较小，拟进入鹏飞科技园污水处理系统处理后进入城市污水管网。

（3）施工期间噪声环境影响分析

施工期间的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，因此，项目将加强管理，采用低噪声设备进行施工。且在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2025）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

（4）施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。建设单位拟在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。装修和设备安装期间的垃圾经过分类收集，能回收部分由施工单位回收，不能回收部分作为建筑垃圾，由施工单位集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的建筑垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目拟使用 1 台型号为 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机进行野外探伤作业，其野外探伤最大曝光时间为 66.1h/a。

XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机进行探伤作业时，辐射操作人员位于地面远程操作，操作大疆 FC100 无人机搭载射线机至耐张线夹位置。具体操作见附图 9-4。

1、野外探伤控制区和监督区的理论划分

在实际探伤过程中，探伤机的有用线束射向天空。射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用线束被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），利用辐射剂量率监测仪将作业场所周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。

2、理论计算

XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机

①照射场景分析

本项目作业场所主要为全国各地的输变电工程，对耐张线夹进行探伤时，作业为空中作业，根据操作要求，设备的主射方向朝向天空，不朝向地面的公众和建筑物。在出束时，工作人员位于地面远程操作、公众人员位于地面，因此本项目工作人员和公众人员处于 X 射线探伤机的非主射方向。

②有用线束（主射方向）

由于本项目属于野外探伤作业，探伤耐张线夹时探伤机的作业范围在离地面大于等于 6m 的高空，主射方向竖直向上；探伤机在高空需要探伤的位置固定后，无法在周围安装其他屏蔽设施（如防护铅帘等）对产生 X 射线进行屏蔽，仅可通过距离防护进行辐射防护。

根据建设单位反馈的信息以及生产厂家提供的数据，由于探伤机的几何尺寸小，将参考点距设备的距离近似于距射线靶点的距离。在主射束方向距靶点处 12 英寸（约 0.3m），单个脉冲输出照射量为 $2\text{mR}\sim 4\text{mR}$ 即有效剂量为 $17.52\mu\text{Sv}\sim 35.04\mu\text{Sv}$ （转换系数为 8.76），探伤机每秒最多产生 21 个脉冲。

根据探伤机的最大工作周期为每小时 75600 个脉冲，即探伤时 0.3m 处剂量当

量率最大为 2649024 μ Sv/h。

结合周围剂量当量与距离成平方反比规律，可根据下列公式进行估算：

$$(R_2)^2 / (R_1)^2 = (E_1) / (E_2) \quad (\text{式 11-2})$$

E_1 ：距离 X 射线机 r_1 处的周围剂量当量率，mSv/h；

E_2 ：距离 X 射线机 r_2 处的周围剂量当量率，mSv/h；

R_1 ：参考点距离 X 射线机靶点的距离，m。主射方向参考点为 0.3m；

R_2 ：距离 X 射线机靶点的距离，m。

根据上述，计算结果见下表：

表 11-1 保守估算后不同距离主射方向周围剂量当量率计算表

距射线靶的距离 (m)	主射方向周围剂量当量率 (μ Sv/h)
0.3	2.65E+06
1	2.38E+05
5	9.54E+03
10	2.38E+03
50	9.54E+01
80	3.73E+01
100	2.38E+01
120	1.66E+01
125	1.53E+01
126	1.50E+01 (控制区)
127	1.48E+01
150	1.06E+01
200	5.96E+00
300	2.65E+00
305	2.56E+00
308	2.51E+00
309	2.50E+00
310	2.48E+00 (监督区)

根据表 11-1，主射方向朝向天空，距离探伤机靶点 126m 处周围剂量当量率为 15.0 μ Sv/h，为控制区边界；距离探伤机靶点 310m 处周围剂量当量率为 2.48 μ Sv/h，为监督区边界。

③非主射方向

(1) 泄漏辐射

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015，X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率，管电压>200kV 时，漏射线空气比释动能率<5mSv/h；本项目

探伤机为 270kV，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为不超过 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 散射辐射

本项目保护目标位于非主射方向上，受到的散射辐射保守按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）进行预测，非主射方向上的散射辐射剂量率按如下公式计算：

$$\dot{H}_{\text{散}} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_3}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA，本项目脉冲式 X 射线与 0.25mA 恒定探伤机的剂量率相当，按 $I=0.25\text{mA}$ 计算；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $238000 \mu\text{Sv/h}$ ；

B_3 ：屏蔽透射因子，本项目无屏蔽措施， $B=1$ ；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 所示，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时，上式的 $R_0^2/F \cdot \alpha$ 因子的值为： 60 （ 150kV ）和 50 （ $200\text{kV} \sim 400\text{kV}$ ）。本项目为夹角为 20° ，管电压 270kV ，故取 50 。

(3) 天空反散射

有用线束垂直向上方照射时，射线会因受大气的反散射作用而造成周围地面附近辐射场增强，故还需要考虑天空反散射对地面影响，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的关于天空反散射的计算公式（11-4）：

$$\dot{H}_3 = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2}$$

H_3 ——在距离 X 射线源 d_s 处地面，天空反散射的周围剂量当量率 $\mu\text{Sv/h}$ ；

B_{XS} ——屏蔽透射因子，本项目无屏蔽，取 1；

Ω ——由 X 射线源与射线张角形成的立体角， $\Omega=2 \times \pi (1 - \cos(40^\circ/2)) = 0.307$

d_i ——在工件上方 2m 处离靶的垂直距离，本项目取 2.5m；

d_s ——辐射点至关注点的距离，单位为米 m；

D10——距辐射源点 1m 处输出量，238000 μ Sv/h。

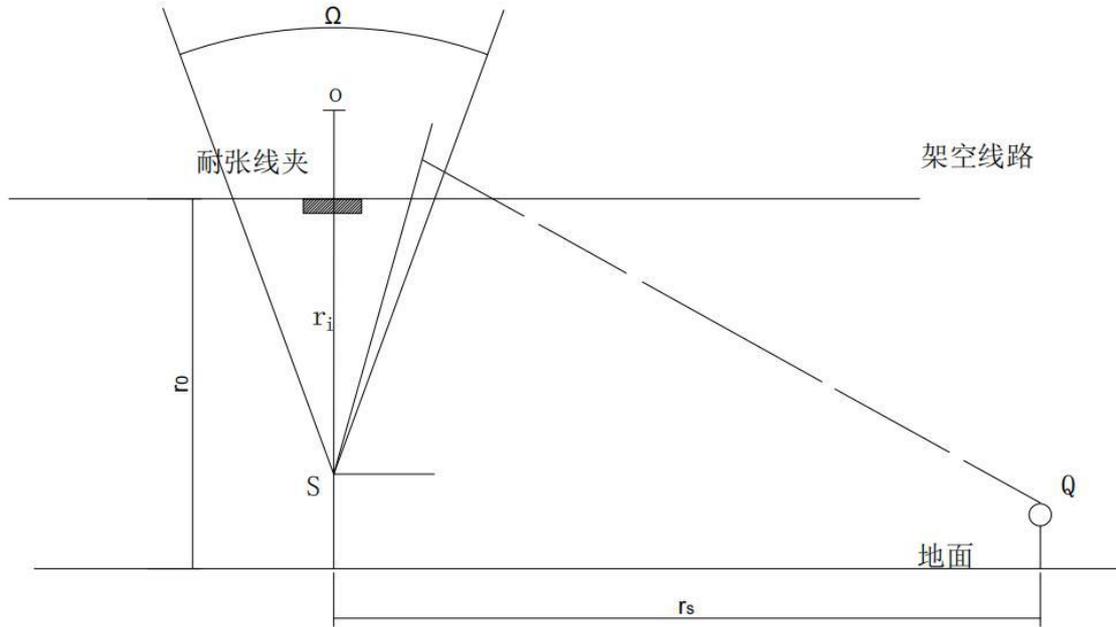


图 11-1 天空反散射计算示意图

理论计算结果

计算结果见下表。

表 11-2 保守估算后不同距离非主射方向的周围剂量当量率计算表

距射线靶的 距离 (m)	非主射方向周围剂量当量率 (μ Sv/h)			
	漏射辐射	散射辐射	天空反散射	合计
1	5.00E+03	2.38E+05	2.38E+05	4.81E+05
5	2.00E+02	4.76E+01	8.20E+00	2.56E+02
10	5.00E+01	1.19E+01	2.05E+00	6.40E+01
15	2.22E+01	5.29E+00	9.11E-01	2.84E+01
16	1.95E+01	4.65E+00	8.01E-01	2.50E+01
18	1.54E+01	3.67E+00	6.33E-01	1.97E+01
19	1.39E+01	3.30E+00	5.68E-01	1.77E+01
20	1.25E+01	2.98E+00	5.13E-01	1.60E+01
21	1.13E+01	2.70E+00	4.65E-01	1.45E+01 (控制区)
30	5.56E+00	1.32E+00	2.28E-01	7.11E+00
40	3.13E+00	7.44E-01	1.28E-01	4.00E+00
50	2.00E+00	4.76E-01	8.20E-02	2.56E+00
51	1.92E+00	4.58E-01	7.88E-02	2.46E+00 (监督区)
52	1.85E+00	4.40E-01	7.58E-02	2.37E+00

53	1.78E+00	4.24E-01	7.30E-02	2.28E+00
----	----------	----------	----------	----------

根据表 11-2，非主射方向距离探伤机 21m 处剂量率为 14.5 μ Sv/h，为控制区边界；距离探伤机 51m 处剂量率为 2.46 μ Sv/h，为监督区边界。

④小结

野外探伤作业时，根据以上计算预测，控制区和监督区的边界范围划分如图 11-2。

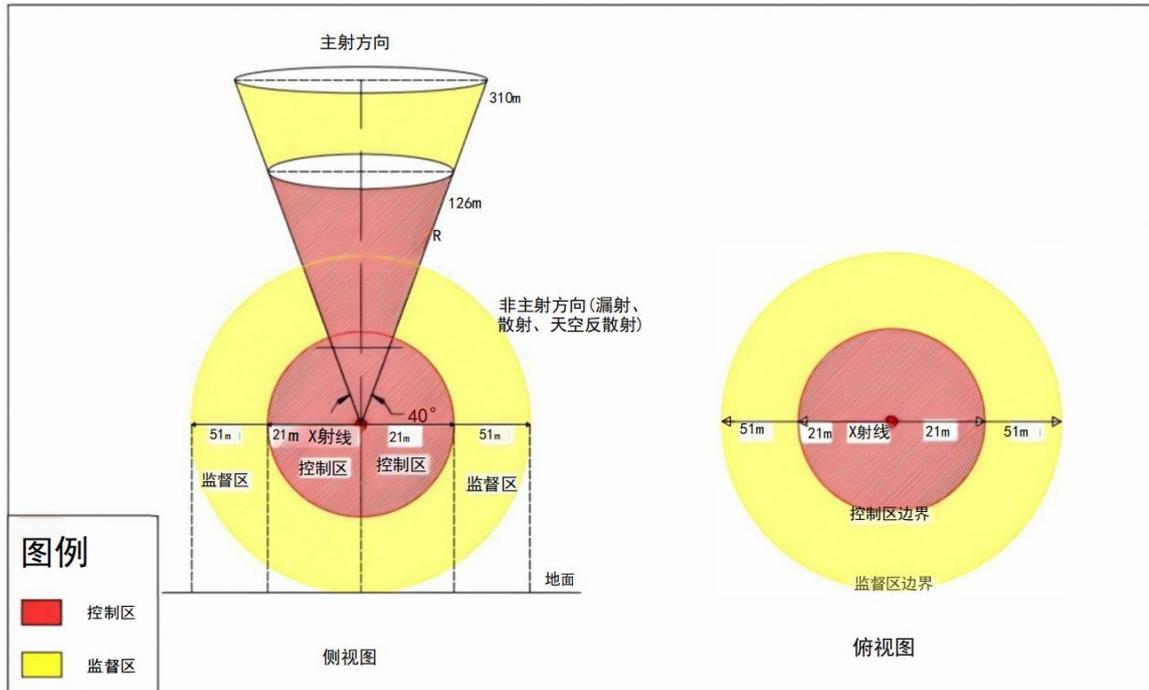


图 11-2 X 射线探伤机探伤时控制区和监督区范围示意图

根据现场情况分析如下：

探伤机在高空作业，X 射线探伤主射方向竖直向上，主射方向的控制区、监督区以探伤机为辐射源点，垂直地面向上，处于高空，人员处于地面，故仅需考虑非主射方向的控制区、监督区的划分。

辐射工作人员：本项目拟采用大疆无人机 FC100 搭载 1 台型号为 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机进行野外探伤作业。远程设备工作人员立于地面远距离操作，无人机搭载设备至耐张线夹位置。根据表 11-2，控制区距离为 21m，监督区距离为 51m，因此工作人员需撤离至距离探伤机侧面 21m 开展探伤作业，安全人员则应位于距探伤机侧面 51m 外开展巡视。

根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》：“110kV 经过非居民区时，导

线对地面的最小距离不小于 6m，750kV 经过非居民区时，导线对地面的最小距离不小于 13.7m（非农业耕作区）和 15m（农业耕作区）”，进行耐张线夹探伤作业时，探伤机位于高空（6 米以上），设备出束方向竖直向上，则本项目探伤机距离地面最近距离为 6m，同时需考虑职业/公众人员的身高（按 1.7m 计），则初始计算高度按 4.3m 计算。

当人员位于地面，探伤机不同作业高度下，地面控制区、监督区划分范围根据下列公式计算：

$$L = \sqrt{(R^2 - (H - 1.7)^2)}$$

L：控制区、监督区边界水平方向范围，m；

R：射线机侧方向上控制区、监督区控制范围，由表 11-2 可知，控制区 R 取 21m，监督区取 51m；

H：探伤机位于高空相对地面距离，m；

根据上述公式计算，本项目野外探伤控制区与监督区边界范围结果见图 11-3 和表 11-3。

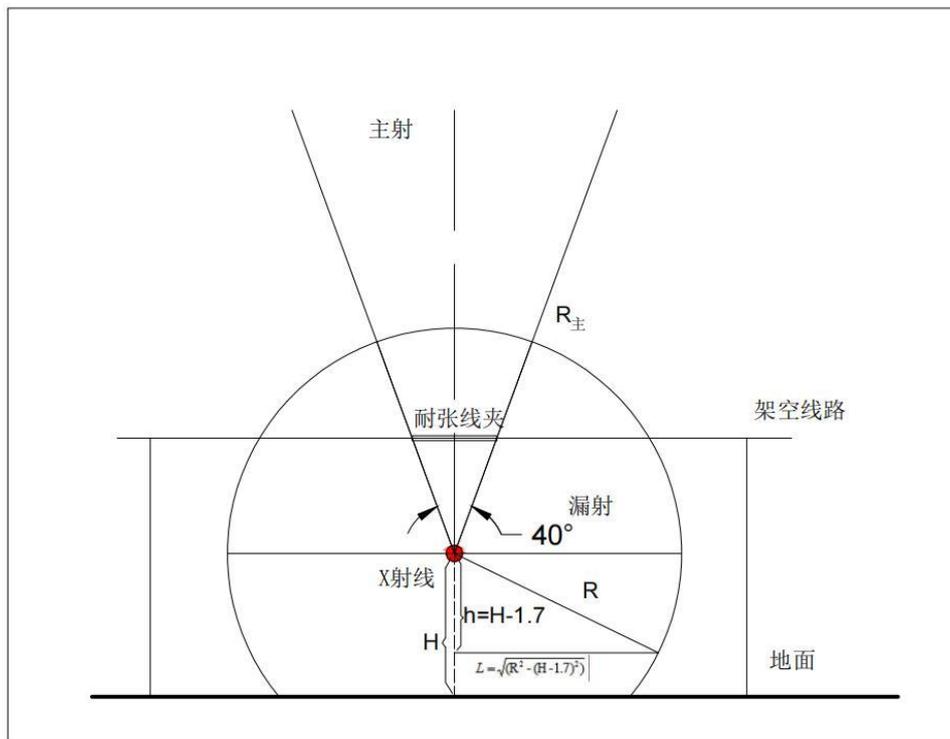


图 11-3 空中作业射线照射示意图（人员处于地面位于设备后侧方）

表 11-3 X 射线探伤机探伤时控制区与监督区边界范围估算结果表 (m)

射线类型 (漏射, 非主射方向)	探伤机与职业/公众人员头顶的最近距离 H-1.7 (m)	地面控制区范围 L (m)	地面监督区范围 L (m)
设备侧方	4.3	0~21	21~51
设备侧方	5	0~20	20~51
设备侧方	6	0~20	20~51
设备侧方	7	0~20	20~51
设备侧方	8	0~19	19~50
设备侧方	9	0~19	19~50
设备侧方	10	0~18	18~50
设备侧方	14	0~16	16~49
设备侧方	15	0~15	15~49

由表 11-3, 结合本项目特点, 当探伤机与人员头顶之间的高度随耐张线夹的高度变化时, 非主射方向的控制区和监督区边界随着探伤机高度的升高而变小。根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》: “110kV 经过非居民区时, 导线对地面的最小距离不小于 6m, 750kV 经过非居民区时, 导线对地面的最小距离不小于 13.7m (非农业耕作区) 和 15m (农业耕作区)”。此时, 控制区、监督区划分如图 11-4。

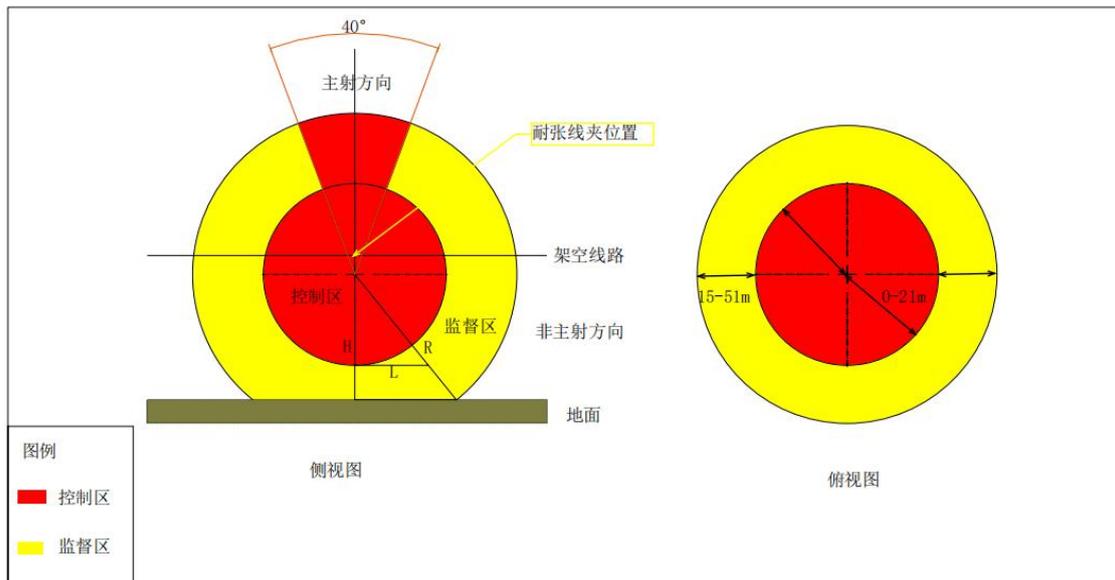


图 11-4 探伤机与人员头顶之间的高度小于 15m 时的控制区、监督区范围示意图

当探伤机的安装高度随着高度上升, 控制区监督区边界减小。计算时, 采用设备的最大输出参数, 因此, 本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守。在实际探伤作业时, 可结合理论计算结果并根据现场实际情况进行巡

测后重新划定控制区及监督区。

一、保护目标受照射剂量影响分析

探伤工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \times t \times U \times T \times 10^{-3}$$

式中：

H—年有效剂量当量，mSv/a；

\dot{H} —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，控制区边界周围剂量当量率不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，辐射工作人员位于控制区外，周围剂量当量率选取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，公众人员位于监督区外，周围剂量当量率选取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

U—使用因子， $U=1$ ；

T—居留因子，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 A.1，辐射工作人员选取 1，移动式探伤一般处于人烟稀少的地方，探伤作业时工作人员警示无关人员远离作业区域，公众成员一般位于监督区边界外，偶然居留，综合考虑公司拟开展探伤工作场所周围公众情况公众人员居留因子选取 1/8。

t—年受照时间，h/a。年出束时间 66.1h。

根据上述公式，可估算出 X 射线探伤机移动式探伤作业时对周围的公众和辐射工作人员辐射剂量影响，具体计算结果见表 11-4。

表 11-4 移动式探伤操作人员及公众的年附加有效剂量

人员	剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作时间(h)	年剂量(mSv/a)
辐射工作人员	15	1	66.1	9.92E-01
公众	2.5	1/8	66.1	2.07E-02

表 11-3 显示，本项目评价范围内辐射工作人员年最大有效剂量为 $9.92\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，公众年有效最大有效剂量为 $2.07\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a 、公众不超过 0.1mSv/a ”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

二、噪声环境影响分析

本项目 X 射线探伤机使用时基本不产生噪声，对周围环境基本无影响。

三、废水影响分析

工作人员生活用水按每人每天 50L 计，排污系数取 0.85，则生活污水产生量为 31.9t/a。工程作业及设备间办公产生的生活污水均依托区域内污水收集设施收集处理，对周围环境产生的影响小。

四、固体废物影响分析

本项目的固体废物主要为工作人员产生的生活垃圾，按每人每天 0.5kg 计，则固体废物的产生量为 0.375t/a，工程作业及设备间办公产生的生活垃圾均依托区域内垃圾桶进行收集转运，对周围环境产生的影响小。本项目 XRS-3 探伤机使用可充电锂离子电池，产生的废电池属于《一般固体废物分类与代码》（GB/T39198-2020）中表 1（废弃资源废电池类别代码 13），不属于危险废物，当电池不满足设备使用要求后，由设备厂家进行回收更换。产生的废 X 射线管属于危险废物，依托企业现有危废暂存间暂存，后期交由有资质单位处理。故对环境的影响较小。

五、射线装置报废处理

项目项目涉及的射线装置报废时，必须进行去功能化处理，使射线管不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。按照国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 33 条要求，报废的射线装置应实施退役。

在射线装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

事故影响分析

（一）事故风险识别

本项目所用 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线。按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-5 中。

表 11-5 项目的环境风险物质、因子、潜在危害及事故等级表

项目	环境风险因子	事故等级	潜在危害
XRS-3 探伤机	X 射线	特别重大事故	指射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
		重大辐射事故	指射线装置失控导致 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	指射线装置失控导致 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	指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表（表 11-6）：

表 11-6 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

急性放射病	分度	初期临床反应	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	乏力、不适、食欲减退	1.0Gy~2.0Gy
	中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降	2.0Gy~4.0Gy
	重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	受照射后 1h 内出现严重恶心、呕吐；1d~3d 内出现腹泻稀便、血水便；经 3d~6d，假煎期后上述症状加重为极期开始，可伴有水样便或血水便，发热。	10.0Gy~20.0Gy
	重度	受照射后 1d 内出现频繁呕吐，难以忍受的腹痛，严重血水便脱水，全身衰竭，低体温。继之剧烈呕吐胆汁样或咖啡样物，严重者于第二周在血水便或便中混有脱落的肠黏膜组织，大便失禁，高热。	20.0Gy~50.0Gy
脑型急性放射病	/	受照射后出现站立不稳、步态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼球震颤，强直抽搐，角弓反张等征象。如受照剂量>100Gy，则受照射后意识丧失，瞳孔散大，大小便失禁，休克，昏迷，很快死亡，病程经过仅数小时。	50Gy~100Gy
	死亡	/	100Gy

（二）源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，X 射线探伤机只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

①在进行现场清场工作时，未清场干净，造成公众滞留在辐射工作场所或未设置警戒线人员误入，进行开机作业时，造成公众误被非主射方向 X 射线照射；

②当辐射工作人员正在地面进行探伤机设备安装时，同时清场没有彻底的时候，X 射线探伤机误开机，或者射线装置固定不牢固，跌落后任处于出束状态对辐射工作人员及周围公众造成主射方向 X 射线照射；

③XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机发生机械故障，无法停止射线输出，清场没有彻底的时候，造成公众误被非主射方向 X 射线照射。

（三）辐射事故影响分析

根据上述事故情况分析，本次评价事故分析考虑最大可信事故即事故②（主射方向造成人员被误照射且未有屏蔽防护措施）。本次评价以 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机来进行计算分析，其估算结果见表 11-7：

表 11-7 事故情景下辐射剂量估算

与 X 射线探伤机的距离 (m)	受照剂量 (mSv)			
	1min	2min	3min	4min
1	3.97E+00	7.95E+00	1.19E+01	1.59E+01
5	6.32E-01	1.26E+00	1.89E+00	2.53E+00

根据上述事故情况分析，本次评价事故分析进行保守考虑，即主射线束造成人员被误照射。

根据计算可知，本项目野外探伤在主射方向上最大可能受照剂量为 1.59E+01mSv/次，对于职业人员，其值小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业人员 20mSv/a 的剂量限值，结合表 11-5 可知，不会构成一般辐射事故；对于公众，其值高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定公众 1mSv/a 的剂量限值，结合表 11-5 可知，构成一般辐射事故。

（四）事故防范措施

为杜绝上述辐射事故的发生，建设单位需严格执行以下风险预防措施：

1、定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，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、探伤操作人员、安全员均需佩戴对讲设备，安全人员负责检查。且工作人员和安全员均须佩戴个人剂量仪，穿戴个人防护服、安全帽、绝缘鞋等，确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，再开展探伤作业。

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

4、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。

5、建设单位所有辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

6、鉴于探伤机具有流动性，加强对 X 射线探伤机的安全管理，防止丢失事件的发生，导致 X 射线探伤机使用不当，造成不必要的照射。建设单位需要设置防盗双人双锁、独立的 X 射线探伤设备间，建议在设备上悬挂塑封标签，印制内容包括：设备名称、放射性危害、联系电话以及开机的后果等，以便在设备不慎丢失时，便于捡拾者联系和归还。

7、加强辐射安全管理，建设单位已成立了辐射安全与防护领导小组（见附件 2），负责全单位辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全单位辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对放射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

成都纵横大鹏无人机科技有限公司已经成立辐射安全管理领导小组，根据文件可知，辐射（放射）安全与防护管理委员会由负责人担任组长。

（1）小组组成成员

组 长：陈砚耕

副组长：唐开旭

成 员：何宇航、何延安、叶涛、曾玉祺、韩胜龙。

领导小组下设办公室。负责日常辐射安全与防护工作。

（2）各级职责

①辐射防护领导小组负责公司辐射防护日常管理与监督。对辐射事故处理的统一指挥、调度，协调各部门应急响应工作，指挥应急响应行动；

②辐射防护领导小组对其他下设机构的工作进行指导和监督，以确保应急工作能够随时迅速展开，保证应急工作的顺利进行；

③应急响应体系在辐射防护领导小组的统一指挥下，各部门及有关单位按职责分工各尽其职，平时做好准备，应急时快速响应；

④组长职责：全面负责公司 X 射线与射线装置放射防护的领导工作；

⑤副组长职责：协助组长负责公司 X 射线与射线装置放射防护的管理工作，负责协调组织检测过程辐射防护相关工作。

（3）需要完善的相关内容

根据公司辐射（放射）安全与防护管理委员会机构文件，还需在以下几个方面对文件进行完善：

①补充明确发生辐射安全事故后，应按照程序及时向生态环境主管部门、当地派出所和卫生行政主管部门报告；

②定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性；

③组织本单位辐射（放射）工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训；

④定期维护检查辐射工作场所安全设施设备，确保实时有效；

⑤负责组织本单位辐射（放射）人员开展一年一次的体检。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

1、辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

本项目配备辐射工作人员 3 人（1 名专职管理人员，2 名操作人员），均为新增辐射工作人员。每天工作时间 8 小时，年工作时间为 250 天。

（1）单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

（2）单位应当确保探伤操作时至少有 2 名操作人员（其中 1 名操作人员可兼任安全人员）同时在场，每名人员配备个人剂量计。

（3）个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

（4）辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任探伤实践，而且对安全防护与相关法规知识也需做相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

（一）档案管理分类

建设单位应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容：

- （1）生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。
- （2）射线装置使用期间异常情况说明以及其他需要记录的有关情况。

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

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

（二）辐射安全管理规章制度

建立、健全和严格执行辐射安全管理的规章制度是防止潜在照射发生的重要措施。为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，公司应制定相关辐射安全管理规章制度，并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；公司需制定辐射安全管理相关制度，明确相关辐射管理要求，评价要求相关制度至少包括但不限于《X射线探伤机操作规程》《辐射安全管理规定》《辐射安全管理制度》《X射线探伤机使用、保管保养及检测维修制度》《辐射工作场所监测方案》《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》等制度，在执行各项制度时，要明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（2）明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

（3）加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立

即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(4) 为确保放射防护可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，建设单位应培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。

(5) 建设单位应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

(三) 辐射安全综合管理要求

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（四川省生态环境厅（2025年11月））相关要求中的相关规定，建设单位须具备的辐射安全管理要求见表12-1。

表 12-1 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	备注
1	在实施移动探伤作业之前，应提前向作业地的市(州)生态环境局报备，提交作业计划和作业方案	建设单位在实施移动探伤作业之前，将提前向作业地的市(州)生态环境局报备，提交作业计划和作业方案	拟落实
2	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。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	拟在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌。	拟落实
3	(1) 每次移动作业前按照辐射安全管理制度开展辐射安全防护设施设备的日常检查和维护，检查放射源或射线装置贮存设施、实体保卫措施、声光警示装置、安全联锁及相关设施设备的完好性，测试装置功能确保正常，并做好记录发现辐射防护设施设备存在隐患或问题，应及时维修，待功能恢复正常后再开展辐射工作。(2) 移动使用放射源的单位需要存放放射源一年以上的，应当建设放射源暂存库，并落实源库辐射安全和实体保卫措施。	1、建设单位在每次作业前将按照辐射安全管理制度开展辐射安全防护设施设备的日常检查和维护。2、本项目不涉及放射源。	拟落实
4	按照环评文件要求配置 X-γ辐射监测仪，并每年对监测仪器开展校准或比对，确保仪器正常使用。	建设单位需按环评文件配置 1 台 X-γ辐射监测仪，	拟落

		并每年对监测仪器开展校准或比对, 确保仪器正常使用。	实
5	按照标准规范和环评文件要求制定监测方案, 开展辐射工作场所和环境辐射水平监测, 并做好记录存档。 1) 监测频率和方式。对每次开展 X 射线、γ射线移动探伤作业开展辐射环境自行监测, 并做好记录。2) 监测点位。含放射源探伤机表面、作业现场控制区和监督区四周边界处、工作人员操作位置以及邻近监督区有人群聚集或人员活动较多的区域等。3) 监测因子。X-γ辐射空气吸收剂量率, (2) 使用γ射线探伤机作业前, 应监测探伤机表面辐射水平, 确认放射源处于探伤机中; 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。(3) 探伤工作完成后, 操作人员应使用便携式 X-γ剂量率仪进行监测, 以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中, 并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。(4) 凡属下列情况之一时, 应由有相应资质的监测机构进行监测: 1) 新开展现场射线探伤的单位; 2) 每年抽检一次; 3) 在居民区进行的移动式探伤; 4) 发现个人季度剂量 (3 个月) 可能超过 1.25mSv。	1、建设单位需按照标准规范和本次评价要求制定监测方案, 开展辐射工作场所和环境辐射水平监测, 并做好记录存档。2、本项目不涉及γ射线探伤机。3、本项目不涉及γ放射源。4、当属于下列情况之一时, 建设单位需委托有相应资质的监测机构进行监测: 1) 新开展现场射线探伤的单位; 2) 每年抽检一次; 3) 在居民区进行的移动式探伤; 4) 发现个人季度剂量 (3 个月) 可能超过 1.25mSv。	拟落实
6	开展 X 射线、γ射线移动探伤的单位应建立移动作业“一事一档”, 主要包括: 提交当地生态环境主管部门的证明材料(使用计划和作业方案、辐射安全评估报告)、跨区备案资料、辐射环境监测记录、现场公示公告的影像资料辐射防护措施和安全保障措施的影像资料、生态环境主管部门现场检查记录及作业活动结束后辐射安全总结评估报告等	公司需建立“一事一档”, 并存档备查	拟落实
7	每年至少委托有资质的监测机构进行 1 次年度监测, 并将监测结果随年度评估报告报发证机关。	辐射工作单位应提交委托有资质的监测机构进行的年度辐射环境监测报告, 该监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。	拟落实
8	移动使用 I 类放射源的, 应当建立放射源在线监控系统, 将监控系统接入四川省核与辐射安全监管决策分析平台, 做好用户端运行维护, 确保监控系统运行正常。	本项目不涉及 I 类放射源。	/
9	(1) 按照行业和环评要求, 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品, 并使其处于正常状态: ①便携式 X-γ剂量仪和个人剂量计、个人剂量报警仪在现场环境条件下可听见、看见或产生振动信号; ②导向管、	1、探伤作业开始前建设单位需配备表 10-4 中的所有防护用品。2、开始移动式探伤工作之前, 工	拟落实

	控制缆和遥控；③准直器和局部屏蔽；④现场屏蔽物（铅帘或铅屏风等）；⑤警告提示和信号；⑥应急箱，包括放射源的远距离处理工具；⑦其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施，（2）开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。（3）移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人剂量监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。	作人员应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态 3、探伤工作期间。工作人员除进行常规个人剂量监测外，还应佩戴个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量仪一起使用。
--	---	--

（四）辐射安全许可证发放条件对照分析

结合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号，2021 年修订），将本项目采取的辐射安全防护措施列于表 12-2。

表 12-2 《辐射安全许可证》发放条件与本项目评价结果

序号	要求	项目实际情况
1	使用 I 类、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作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	待落实
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	待落实
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。文件中需明确辐射安全与环境保护管理机构及辐射安全专职管理人员及其职责，组成人员应至少包含负责人、核辐射防护负责人、辐射安全管理人员等，申请单位正式公文，并加盖单位公章。	待落实

（五）其他辐射安全和防护管理要求

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

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

（3）每次探伤作业前，操作人员应严格检查探伤装置的安全性能，并复核。

至少每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

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

(5) 开展自我监测，绘制监测布点图，做好相应监测数据记录并存档。发现异常情况的，应当立即采取措施，必要时向当地环境保护行政主管部门报告。为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

(1) 现场作业时对工作场所的监测：建设单位每次探伤作业活动时均需要对工作场所和周围环境进行巡查与监测，巡查结果与监测结果需记录完整并进行存档。

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

- 1) 新开展现场射线探伤的单位；
- 2) 每年抽检一次；
- 3) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

(3) 监测内容和要求

- 1) 监测内容：X- γ 辐射剂量率。
- 2) 监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

3) 监测要求：

①野外（室外）作业活动的单位应配备辐射剂量率监测仪器，且仪器型号和数量要与辐射作业活动规模相符，并定期对辐射监测仪表进行校验或刻度比对。

②野外（室外）作业活动的单位应制定与作业活动相适应的自我监测方案并认真实施，确定警戒边界，并做好监测记录。自我监测记录应包括以下内容：

A.作业活动控制区、监督区边界巡测监测记录。

B.作业活动期间工作位监测记录。

③从事野外（室外）作业活动的单位应每年（不足1年的按1年算）委托有资质的单位根据作业活动特点对作业场所及周围环境至少进行1次辐射监测。该辐射环境监测报告将作为单位年度辐射安全评估报告的重要组成部分。

表 12-3 工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测周期	监测点位
野外探伤场所	X-γ辐射剂量率	年度监测：委托有资质的单位监测，频率为1次/年；竣工环保验收监测1次；自行监测：每次野外探伤作业需自行开展监测	野外探伤控制区、监督区边界以及探伤操作人员位，同时对于邻近监督区边界外经常有人员活动区域

3) 监测范围：控制区和监督区及周围环境。

4) 监测质量保证。

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

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

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位每次野外探伤作业需自行开展监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

二、个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员

进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量监测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案保存终身。

三、年度监测报告情况

公司应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量监测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。公司应按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（四川省生态环境厅（2025 年 11 月））规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。公司必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://fushe.mee.gov.cn>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

建设单位尚未制定《辐射事故应急预案》，应按《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》、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（四川省生态环境厅（2025 年 11 月））等要求制定《辐射事故应急预案》并报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。根据《辐射事故应急预案》购置必要的应急救援物资，定期开展应急演练。一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。

《辐射事故应急预案》应包含以下内容：

成立应急机构，给出人员组成和联系方式。明确应急机构职责：组织营救受害人员，组织撤离或者采取其他措施保护危害区域的其他人员；迅速控制事态，并对事故造成的危害进行监测，确定事故的危害区域、危害性质及危害程度；消除危害后果，做好现场恢复；查清事故原因，评估危害程度。

（一）事故报告程序

①事故发生后，责任单位、责任人或其他任何人员在第一时间报告辐射安全与环境保护管理领导小组；

②辐射安全与防护领导小组立即报告事故应急领导小组组长和副组长，启动公司应急响应预案；

③事故发生地生态环境局；

（二）辐射事故应急措施

（1）发生事故后，立即启动辐射事故应急方案。发生一般事故后，立即封锁现场，迅速查明原因，凡能通过切断事故源等处理措施而消除事故的，则以自救为主；发生严重事故后，立即封锁现场，迅速安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治；组织有关人员携带设备现场检测，核实事故情况，估算受照剂量、污染范围和程度，判定事故类型和级别，提出控制措施和方案。

（2）一旦发生辐射事故，放射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，立即向当地生态环境部门、公安部门、卫生主管部门报告。

（3）在事故处理过程中，处理事故的应急人员应佩戴个人剂量计、铅衣、铅手套等防护用品。为制止事故的扩大或进行抢救、抢修处理事故的应急人员接受超过正常剂量当量限值的应急照射，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，一次应急事件全身照射剂量不应超过职业人员最大单一年份剂量限值的10倍。

（4）应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

（5）事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中

吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

（6）定期进行事故应急演练，对演练效果作出评价，提交演练报告，详细说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，进行整改。

以上各种事故的防范与对策措施，可以减少或避免辐射事故的发生，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。公司应当根据以上要求，同时结合本项目来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布的相关法规内容，结合公司实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：成都纵横大鹏无人机科技有限公司移动 X 射线探伤应用项目

建设单位：成都纵横大鹏无人机科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机不进行野外探伤作业时存放在公司的设备间内（四川省成都市双流区天工南二路与精工东一路交叉口鹏飞科技园 2 号楼 3 楼）

建设内容：本项目拟使用 1 台型号为 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机进行野外探伤作业，属于 II 类射线装置，年总曝光时间为 66.1h。

XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机用于在野外对架空输电线路耐张线夹开展无损检测活动。探伤耐张线夹时探伤机主射方向竖直向上（即朝向天空）。其最大管电压为 270kV，最大管电流为 0.25mA，每天检测约 200 个耐张线夹（年检测 50000 个）。每个耐张线夹检测 1 个点，每个点检测 2 次，根据设备说明书，探伤机单次探伤出束的脉冲数量取 50 个（脉冲率：21 脉冲/秒），故单次出束时间为 2.38s，日出束时间为 0.2644h，年出束时间 66.1h。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令，2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属于第一类“鼓励类”—第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目野外探伤地点为全国各地，探伤地点不固定，集中在输变电工程区范围内。

本项目拟使用 1 台 XRS-3 型脉冲式定向 X 射线探伤机进行野外探伤作业。在进行探伤作业时，工作人员均位于控制区外，公众处于监督区范围外。建设单位将通过

清场、张贴公告、拉警戒线、调整探伤作业时间等安全管理措施，按照划定的控制区和监督区严格管理，禁止无关人员出入。采取以上措施后，对周围环境的辐射影响是可以接受的，本项目的野外探伤布局是合理的。

四、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目野外探伤不存在施工期。

（二）营运期环境影响分析

（1）电离环境影响

根据理论计算可知，本项目进行野外探伤时，对工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 $9.92E-01\text{mSv/a}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，同样低于年有效剂量管理约束值 5mSv/a 。对公众人员照射的最大年有效剂量值为 $2.07E-02\text{mSv/a}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，同样低于年有效剂量管理约束值 0.1mSv/a 。

（2）大气环境影响

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

（3）水环境影响

工程作业及设备间办公产生的生活污水均依托区域内污水收集设施收集处理，对周围环境产生的影响小。

（4）固体废物影响

工程作业及设备间办公产生的生活垃圾均依托区域内垃圾桶进行收集转运，对周围环境产生的影响小。设备使用产生的废电池由厂家回收处理。废射线管依托企业现有危废间暂存，交由有资质单位处理。

（5）噪声影响

本项目 X 射线探伤机使用时基本不产生噪声，仅无人机飞行产生一定噪声对周围环境基本无影响。

五、安全培训及健康管理

（1）对所有从事辐射工作的人员进行安全与防护知识教育培训，培训考核合格

方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(2) 所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每年进行一次健康体检。对于体检中发现不宜从事探伤工作的人员，及时安排其调岗；另外，若有人员离开探伤岗位，安排其在离岗前进行一次体检。职业人员的健康体检报告应长期妥善保存。

(3) 建设单位在现场开展野外探伤作业前，由公司辐射工作人员组织现场非辐射工作人员针对 X 射线探伤机辐射安全以及野外探伤现场安全注意事项、发生辐射事故时紧急躲避等进行简单的辐射安全知识的普及教育。

六、环保设施与保护目标

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

七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

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

九、项目环保可行性结论

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

十、项目环保竣工验收检查内容

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

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

(2) 建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项

目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

(3) 除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

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

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

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

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

(4) 本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经生态环境行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或使用。

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

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

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

	项目	环保设施
成都纵横大鹏无人机科技有限公司移动 X 射线探伤应用项目	警告标识	作业公告牌 2 个、安全信息公示牌 2 个、安全警示线若干、现场警示标志若干
	通讯设施	大功率喊话器 1 个，对讲机 3 个
	个人防护	个人剂量计 3 套
		个人剂量报警仪 3 个
	监测仪器	便携式 X-γ 射剂量监测仪 1 台
	安全装置	声光报警装置 1 套
	辐射安全	辐射安全培训
		防盗门
		储存柜
设备间监控 1 套		
		无人机一台

		急停按钮（设备自带）
	应急物资	灭火器 1 套，急救箱 1 套
	设备维护	定期对设备进行检修、维护（每次作业前），及时更换零部件
	辐射安全机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构
	规章制度	见表 12-1

建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的学习与考核。公司应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员，需进行再考核，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。

3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（四川省生态环境厅（2025 年 11 月））固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志、电离辐射警告标志及声光报警装置，若出现损坏，应及时修复或更换。

6、建设单位必须重视控制区和监督区的管理。

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

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日