

核技术利用建设项目

贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬迁两 台X射线探伤机项目环境影响报告表

贵州电网有限责任公司电力科学研究院

二〇二五年十二月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬 迁两台X射线探伤机项目环境影响报告表



建设单位名称：贵州电网有限责任公司电力科学研究院

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：贵州省贵阳市南明区解放路32号

邮政编码：550000

联系人：罗国强

电子邮箱：78588934@qq.com

联系电话：13511901167

打印编号：1765261869000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	858eqm		
建设项目名称	贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬迁两台X射线探伤机项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	贵州电网有限责任公司电力科学研究院		
统一社会信用代码	91520100914400684L		
法定代表人（签章）	邓松		
主要负责人（签字）	于东		
直接负责的主管人员（签字）	罗国强		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	核工业二四〇研究所		
统一社会信用代码	121000004630045772		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
付文君	2016035210352016211514000150	BH011052	付文君
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
付文君	现场调查、报告编制	BH011052	付文君

中华人民共和国
事业单位法人证书
(副本)

统一社会信用代码 121000004630045772



有效期 自2024年07月24日至2029年07月23日

名 称 核工业二四〇研究所
宗 旨 和
业 务 范 围
开展核地质调查，促进国家建设。 地质学研究 矿产地质研究
水文地质工程地质研究 物化探研究 固体矿产勘查 区域地质调
查 地球物理勘查 地质钻探 地质实验测试(岩矿鉴定、岩矿测
试) 地质灾害危险性评估 地质灾害治理工程勘查 建设项目环
境影响评价 矿产资源开发利用 遥感应用开发服务 相关技术开
发、仪器研制与会议接待服务 相关检验检测 核与辐射建设项目竣
工环境保护验收

住 所 辽宁省沈阳市沈北新区孝信街12号

法定代表人 康世虎

经费来源 财政补助、事业、经营收入

开办资金 ￥9000万元

举办单位 中国核工业集团有限公司

登记管理机关



国家事业单位登记管理局监制

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



approved & authorized
by
Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00018448
No.



持证人签名:

Signature of the Bearer

管理号2016035210352016211514000150

File No.

姓名:
Full Name 付文君
性别:
Sex _____
出生年月:
Date of Birth 1988-12
专业类别:
Professional Type _____
批准日期:
Approval Date 201605

签发单位盖章:
Issued by
签发日期:
Issued on 2016年10月20日
专业技术员 专业技术人员
资格证书专用章





养老保险缴费证明

核工业二四〇研究所（中核（沈阳）科技有限公司）付文君（），居民身份证号码：
参加机关事业单位养老保险。

缴费期限：2014年10月至2025年11月。



养老保险缴费信息

年度	本年缴费月数	缴费基数和	个人缴费部分本金
2014	3	10482	838.6
2015	12	41928	3354.2
2016	12	46752	3740.2
2017	12	48720	3897.6
2018	12	51420	4113.6
2019	12	53856	4308.5
2020	12	78528	6282.2
2021	12	95040	7603.2
2022	12	102276	8182.1
2023	12	120252	9620.2
2024	12	145164	11613.1
2025	11	144463	11557.0
合计	134	938881	75110.5

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位 核工业二四〇研究所 （统一社会信用代码
121000004630045772）郑重承诺：本单位符合《建设项
目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规
定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第
二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位
主持编制的 贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬迁两
台X射线探伤机项目 项目环境影响报告书（表）基本情况
信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响
报告书（表）的编制主持人为 付文君（环境影响评价工
程师职业资格证书管理号2016035210352016211514000150，信
用编号 BH011052），主要编制人员包括 付文君（信
用编号 BH011052）（依次全部列出）等 1 人，上述
人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入
《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的
限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。



编 制 人 员 承 誓 书

本人付文君（身份证件号码）320106198801121234郑重承诺：本人在核工业二四〇研究所单位（统一社会信用代码121000004630045772）全职工工作，本次在环境影响评价信用平台提交的下列第1项相关情况信息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 从业单位变更的
3. 调离从业单位的
4. 建立诚信档案后取得环境影响评价工程师职业资格证书的
5. 被注销后从业单位变更的
6. 被注销后调回原从业单位的
7. 编制单位终止的
8. 补正基本情况信息

承诺人(签字): 付文君

2025年12月9日

编 制 单 位 承 诺 书

本单位核工业二四〇研究所（统一社会信用代码
121000004630045772）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影
响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条
第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单
位；本次在环境影响评价信用平台提交的下列第2项相关情况信
息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 单位名称、住所或者法定代表人（负责人）变更的
3. 出资人、举办单位、业务主管部门或者挂靠单位等变更的
4. 未发生第3项所列情形、与《建设项目环境影响报告书（表）编
制监督管理办法》第九条规定的符合性发生变更的
5. 编制人员从业单位已变更或者已调离从业单位的
6. 编制人员未发生第5项所列情形，全职情况发生变更、不再属于
本单位全职人员的
7. 补正基本情况信息

承诺单位（公章）：



2025年12月9日

核工业二四〇研究所

承诺函

贵州省生态环境厅：

我所受贵州电网有限责任公司电力科学研究院委托编制的《贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬迁两台 X 射线探伤机建设项目环境影响报告书》已经按照国家有关法律法规和技术导则、规划要求编制完成，现按照程序将报告表报贵厅审批。我所承诺对所申请报批的报告表内容、数据及提供材料的真实性等负责。该报告书不涉及国家机密、商业秘密、个人隐私以及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，可对外进行公开（公示）。

特此承诺。

单位（盖章）：核工业二四〇研究所

日期：2025年12月9日



目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源（本项目不涉及）	10
表 3 非密封放射性物质（本项目不涉及）	10
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	14
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	28
表 11 环境影响分析	46
表 12 辐射安全管理	56
表 13 结论与建议	67
表 14 审批	64

表 1 项目基本情况

建设项目名称		贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬迁两台 X 射线探伤机项目				
建设单位		贵州电网有限责任公司电力科学研究院				
法人代表			联系人		联系电话	1
注册地址		贵州省贵阳市南明区解放路 32 号				
项目建设地点		X 射线探伤机贮存场所：贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房 1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		25.5	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资）	78
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	9
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"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他	—					

项目概述

1.1 项目基本情况

1.1.1 建设单位情况

贵州电网有限责任公司电力科学研究院（以下简称“建设单位”）成立于 1958 年，是中国南方电网贵州电网有限责任公司下属的电力科研单位，是贵州电网技术监督中心、技术服务中心、技术开发中心、科技信息中心，为贵州电网安全、可靠、经济运行提供技术保障和支撑，为贵州电力行业提供多专业、全方位的技术支持。目前内设 7 个

职能部门和 12 个业务部门。作为贵州电网公司的技术支持中心、科技创新主体和高级技术人才培养基地，技术监督、科技创新、成果转化、技术人才培养四项工作是电科院的主营业务。

建设单位已于 2022 年 6 月 29 日取得贵州省生态环境厅颁发的辐射安全许可证。

1.1.2 项目由来

GIS（GAS insulated SWITCHGEAR）是气体绝缘全封闭组合电器的英文简称。GIS 由断路器、隔离开关、接地开关、互感器、避雷器、母线、连接件和出线终端等组成，这些设备或部件全部封闭在金属接地的外壳中，在其内部充有一定压力的 SF₆ 绝缘气体，故也称 SF₆ 全封闭组合电器。

贵州电网有限责任公司电力科学研究院已配备了 2 台移动式探伤机，进行变电站现场 GIS 设备结构探伤，从而判断 GIS 设备内部存在的异物、裂纹、绝缘体划痕、地刀分合闸不到位和绝缘体内部气隙等缺陷问题，以便及时更换设备和零件。建设单位现有 2 台探伤机已委托编制了《贵州电网有限责任公司电力科学研究院移动式 X 射线探伤机建设项目环境影响报告表》，于 2022 年 1 月 11 日取得贵州省生态环境厅批复，文号：黔环辐表〔2022〕6 号；《贵州电网有限责任公司电力科学研究院移动式 X 射线探伤机扩建项目》，于 2022 年 1 月 11 日取得贵州省生态环境厅批复，文号：黔环辐表〔2022〕41 号。

根据建设单位提供资料，本项目探伤地点主要为贵州省内各变电站，不进行高空作业，被检工件为直径 700mm 的 GIS 筒体。

贵州电网有限责任公司电力科学研究院（以下简称“建设单位”）原有的 2 台便携式探伤机原来贮存在贵州电网有限责任公司电力科学研究院新西辅楼一楼材料中心铅房内。

建设单位在贵阳市花溪区小孟街道陈亮村新建贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房 1（电科院科研楼及实验楼），用于科学研究等，建设单位拟将 2 台探伤机搬迁至新场所，因此对搬迁项目开展辐射环境影响评价。

1.1.3 评价类别

本项目建设内容为：搬迁 2 台定向便携式探伤机，设备型号均为 MAPT-250，最大管电流 250kV，最大管电压 5mA。对照《射线装置分类》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目 2 台便携式探伤机属于工业用 X 射线

探伤装置，为II类射线装置。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。

贵州电网有限责任公司电力科学研究院委托核工业二四〇研究所开展“贵州电网有限责任公司电力科学研究院搬迁两台X射线探伤机项目”的环境影响评价工作（委托书见附件1）。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，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）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.4 评价目的

- (1) 掌握辐射活动场所的辐射环境现状水平；
- (2) 分析项目运行过程中产生的辐射影响，预测辐射工作人员和公众所受的年有效剂量；
- (3) 分析本项目是否满足国家和地方生态环境主管部门对核技术利用建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

1.1.5 项目建设内容

贵州电网有限责任公司电力科学研究院位于贵阳市南明区解放路32号，现场探伤地点位于贵州省内各变电站，随任务地点不同而不同。无探伤任务时X射线探伤机存放于贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内。本项目搬迁的便携式探伤机不在同一变电站同时使用。

射线装置主要技术参数信息见表1-1。

表1-1 本项目射线装置一览表

设备名称	型号	类别	数量	最大运行工况	常用运行工况*	射束	固定编号
移动式X射线探伤机	MAPT-250	II类	1	250kV,5mA	160kV,3mA	定向	435
移动式X射线探伤机	MAPT-250	II类	1	250kV,5mA	160kV,3mA	定向	560

注：*常用工况为建设单位提供的设备正常工作时的工况。

1.1.6 劳动定员及工作制度

本项目不新增辐射工作人员，均为原有的4名辐射工作人员开展相应的辐射操作

工作，4名辐射工作人员分别为白洁、李波、何锦航、王凌旭，此前还配备的3名（樊磊、郭正威、孙博）工作人员已调离辐射工作岗位，此后不在参与辐射相关工作。

每台探伤机工作时有2名辐射工作人员参与，1名辐射工作人员负责X射线探伤机的操作，另1名辐射工作人员作为安全员，负责辐射工作场所控制区与监督区的划分及管理，以及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。

根据生态环境部《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》（2019年，第57号）精神，建设单位要求以后新增辐射工作人员或者辐射工作人员合格证到期后到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单后才能持证上岗。

1.1.7 工作负荷

本项目探伤机主要用于贵州省各变电站GIS探伤，当GIS设备由于故障无法运行时，需要通过探伤机检查部件损坏情况，因此本项目探伤机使用频率较低。

根据建设单位提供资料，本项目每台X射线探伤机单次检测变电站最多检测15个工件，每个工件曝光时间最长为5min，变电站探伤次数最大为24次/年。因此本项目探伤机年曝光时间最大为30h，周曝光时间约为0.6h。

1.2 地理位置及周边环境关系

1.2.1 建设单位地理位置及周边环境关系

贵州电网有限责任公司电力科学研究院位于贵阳市解放路32号。本次搬迁的2台探伤机新地址为贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内，东侧为规划预留场地（规划建设13#号楼），南侧为规划预留场地（规划建设10#号楼）；西侧为开发大道；北侧为已建道路。地理位置见附图1，周边环境关系详见附图2。

1.2.2 X射线探伤机贮存位置

本项目移动式X射线探伤机无作业任务时，贮存于贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内，面积约9m²。电科院科研楼及实验楼为建设单位新建的实验功能楼，东侧为规划预留场地（规划建设13#号楼），南侧为规划预留场地（规划建设10#号楼）；西侧为开

发大道；北侧为已建道路，楼上为实验室，无地下层。负一楼平面布置见附图 5。

根据设备说明，本项目 X 射线探伤机可进行自动训机。贮存铅房只作存放用途，不进行设备调试及训机。贮存铅房拟实行双人双锁管理，并设置视频监控，由专职工作人员负责管理，并采用防盗门窗，门上设置电离辐射警告标志。

1.2.3 X 射线探伤机作业位置

本项目移动式 X 射线探伤机作业地点为贵州省内各变电站，根据任务需要，在现场进行作业。具体操作地点选择按任务实际场地情况结合建设单位管理制度进行。

1.3 产业政策符合性与实践正当性分析

1.3.1 产业政策符合性分析

本项目移动式 X 射线探伤机主要用于变电站 GIS 设备的无损探伤，为设备故障的准确性及定位提供方便，同时也为 GIS 设备的状态检测提供技术支持，对保障系统的安全和稳定运行具有重要意义。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修订）“鼓励类”中第三十一项“科技服务业”中第 1 款“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业科技服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，符合国家产业政策。

1.3.2 实践正当性分析

建设单位实施本项目的目的是为了实现对变电站 GIS 设备结构的无损检测，实现 GIS 筒体“可视化”。因变电站 GIS 筒体无法实现探伤室内探伤，需在野外开展 X 射线室外现场探伤。建设单位在开展 X 射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。且本项目的建设可以保障周边居民的用电，产生的经济效益足以弥补其可能引起的辐射危害。因此该项目符合《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。

1.4 原有核技术利用项目情况

1.4.1 原有核技术利用项目情况

贵州电网有限责任公司电力科学研究院现持有贵州省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：黔环辐证[00693]，有效日期至 2027 年 10 月 23 日。许可的种类和范围：使用 II 类射线装置。

本项目 2 台设备均已完成环保验收，见附件 3。

1.4.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

建设单位原有射线装置情况表见表 1-2。

序号	名称	规格型号	设备 编号	类别	数量	技术指标	工作场 所	批复文号	备注
1	移动式 X 射线探伤机	MAPT-250	560	II	1	250kV,5mA	变电站	黔环辐表〔2022〕6号	本次搬迁
2	移动式 X 射线探伤机	MAPT-250	435	II	1	250kV,5mA	变电站	黔环辐表〔2022〕41号	本次搬迁

1.5 原有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射防护管理机构

根据相关法律、法规、规范的要求，建设单位已成立了辐射安全与防护管理领导小组，并明确各部门职责。

(2) 辐射工作制度

建设单位制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射事故应急预案》、《辐射防护管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《现场检测安全管理制度》、《射线装置使用登记制度》、《检测现场监督区、控制区人员清场管理制度》等制度，并已将操作规程、辐射事故应急响应程序等制作标牌悬挂于贮存铅房外。建设单位已有管理制度内容较为全面，符合相关要求，原有规章制度基本满足建设单位从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

(3) 辐射安全与防护培训情况

目前建设单位为搬迁的 2 台探伤机配备了共有 4 名辐射工作人员，均已参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单，且报告单均在有效期内，成绩报告单见附件 5。

(4) 个人剂量监测及职业健康体检情况

建设单位现有辐射工作人员 4 人，建设单位已委托浙江建安检测研究院有限公司进行了个人剂量监测，个人剂量检测报告见附件 6。

建设单位均已为 4 名辐射工作人员进行了上岗前职业健康检查，由贵阳市公共卫生救治中心承担，体检结果表明现有辐射工作人员可从事辐射工作，职业健康体检报告见附件 7。

表 1-3 本项目 4 名辐射工作人员培训合格及个人剂量监测结果

序号	姓名	培训合格成绩单编号	检测结果 Hp(10)(mSv)
----	----	-----------	------------------

1	白洁	FS22GZ1200145	0.02)
2	何锦航	FS22GZ1200004	MDL (小于 0.024)
3	王凌旭	FS22GZ1200148	0.02
4	李波	FS22GZ1200022	MDL (小于 0.024)

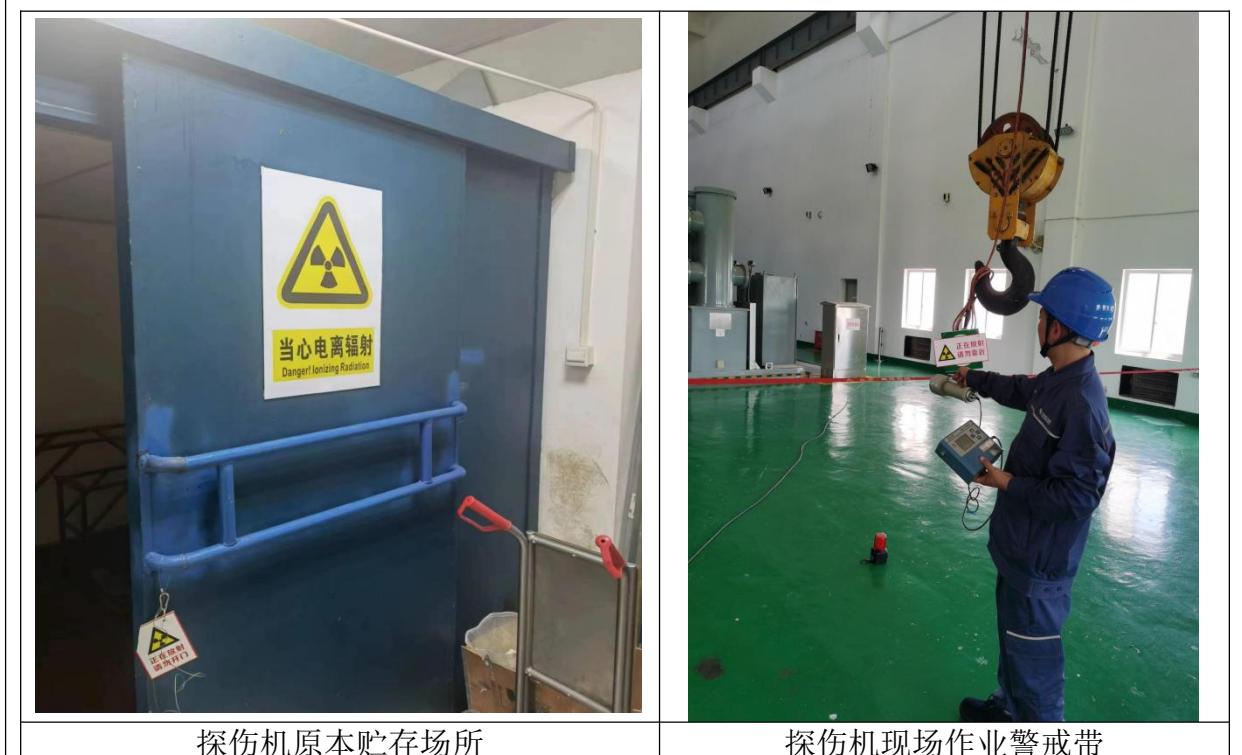
(5) 辐射工作场所管理

建设单位原有 2 台移动式 X 射线探伤机的辐射工作场为贵州省内各变电站，现场探伤设置有警示绳、警示标识、工作指示灯和急停装置等防护措施。并配备有 5mm 铅板 2 块。且在实际操作过程中，根据不同探伤任务实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

原有移动式 X 射线探伤机在运行过程中，产生 X 射线、臭氧及氮氧化物。X 射线随机器的开、关而产生和消失，X 射线与空气作用产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境影响是可接受的。原有移动式 X 射线探伤机采用数字成像检测方式，不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。

建设单位应每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，建设单位开展核技术利用项目活动过程中暂未发生相关辐射事故，每年年度监测和评估暂未发现异常结果。

建设单位现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。



	
探伤机	探伤机
	
便携式巡检仪设备、	个人剂量报警仪
	
个人剂量计	个人防护用品

	
个人防护用品	原贮存场所上墙制度
 已检	
原贮存场所上墙制度	原贮存场所上墙制度
<p>在历年运行过程中，建设单位严格遵守了《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》（2017年修订）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号，2021年修订）等相关放射性法律、法规，配合各级环保部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，定期组织开展辐射安全相关知识学习培训（培训制度附件13），开展辐射事故应急演练工作（详见附件19），已编制安全与防护年度评估报告（详见附件21），在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。</p>	
<p>综上，建设单位使用探伤机严格设置监督区、控制区以及警告信息，已成立辐射安全与辐射防护领导小组机构，并建立辐射事故应急预案》、《辐射防护管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《现场检测安全管理制度》、《射线装置使用登记制度》、《检测现场监督区、控制区人员清场管理制度》等制度等规章制度（详见附件9~附件18），辐射设备使用情况符合管理要求，并且未发生辐射事故。</p>	

表 2 放射源（本项目不涉及）

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（本项目不涉及）

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
该项目不涉及										

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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等各种用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	最大电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
该项目不涉及										

(二) X射线机:

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电 压 (kV)	最大管电 流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	移动式X射线 探伤机	II	1	MAPT-250	250	5	X射线移动探 伤	贵州省内变电站	本次搬迁 编号: 435
2	移动式X射线 探伤机	II	1	MAPT-250	250	5	X射线移动探 伤	贵州省内变电站	本次搬迁 编号: 560

(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 (μ A)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
该项目不涉及													

表 5 废弃物 (重点是放射性废弃物)

序号	名称	状态	核素 名称	活度	月排 放量	年排 放量	排放 浓度	暂存 情况	最终去向
1	臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	排入大气环境

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2014年修订，2015年1月1日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第四十八号，2018年修改，2018年12月29日起施行）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《中华人民共和国职业病防治法》（中华人民共和国主席令第24号，2018年12月29日修订）</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第682号，2017年修改，2017年10月1日起施行）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第449号令，2019年3月2日修订版）；</p> <p>(7) 《放射工作人员职业健康管理方法》，中华人民共和国卫生部令第55号，2007年11月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正版），生态环境部令第20号，自2021年1月4日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第18号，2011年，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(10) 《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>(11) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，公告2017年第66号，2017年12月6日起实施）；</p> <p>(12) 《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2019年第57号公告）；</p> <p>(13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部2021年第9号公告）；</p> <p>(14) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）；</p>
------	---

	<p>(15) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，2023年12月27日国家发展改革委令第7号，2024年2月1日起施行；</p> <p>(16) 《贵州省省级生态环境部门审批环境影响评价文件的建设项目目录（2024年本）》（黔环综合〔2024〕56号）；</p> <p>(18) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（环境保护部令第36号，2019年11月1日施行）；</p> <p>(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；</p> <p>(20) 《核技术利用监督检查技术程序-2020发布版》。</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《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），环境保护部；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(6) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(8) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(9) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及2017年第1号修改清单；</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》（李德平、潘自强主编，1991.01）</p> <p>(3) 《中国环境天然放射性水平》（1995年）；</p> <p>(4) 其他提供技术资料。</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）中规定的“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）”。本项目为使用移动式 X 射线探伤机进行现场探伤，使用期间无实体屏蔽。本项目评价范围为探伤现场监督区范围外一定距离区域，不低于 100m。

7.2 保护目标

保护目标是本项目评价范围内活动的职业人员和周围公众人员。本项目探伤地点为贵州省各变电站，变电站周边可能存在学校、医院、居民区等敏感保护目标。

建设单位应将辐射工作场所内的辐射工作人员及公众均划定为保护目标。当辐射工作场所内存在敏感保护目标时，建设单位应在敏感保护目标和 X 射线探伤机之间增设辐射防护屏障或利用变电站现有实体墙，以减小控制区和监督区的范围，或调整有用线束方向，避免辐射工作场所内存在敏感保护目标。

本项目的环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境敏感目标一览表

保护目标		方位	与探伤机的距离	人数	年有效剂量约束值
X 射线探伤机 (编号 435、编号 560)	辐射工作人员	非主射方向	控制区外，监督区内	2 人	职业： 5.0mSv
	其他工作人员或公众	非主射方向	监督区外（不低于 100m 范围）	不定	公众：
	公众	四周		流动	0.1mSv

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）（节选）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全性。

（1）基本标准剂量

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用

于获准实践中的医疗照射。

B1.1 职业照射

B1.1.1，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），
20mSv；

②任何一年中的有效剂量， 50mSv；

B1.2 公众照射

B1.2.1 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超过下述限值：有效剂量， 1mSv；

（2）年有效剂量管理约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B1 剂量限值的 B1.1.1.1 和 B1.1.1.2，结合企业使用的射线装置的实际情况及本项目所在地审管部门的要求，确定项目操作人员年有效剂量约束值取职业照射基本标准限值的四分之一，即 5mSv/a，公众剂量约束值按 GB18871-2002 公众照射剂量限值的十分之一执行，即 0.1mSv/a。

（3）工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.4 规定应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

（1）注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。

（2）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

（3）制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序。

（4）运用行政管理程序和实体屏蔽限制进出控制区。

（5）按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的储存柜。

（6）定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全

措施或该区的边界。

6.4.2 监督区

(1) 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定位控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对照职业照射条件进行监督和评价。

(2) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

(3) 定期审查该区的条件，以确定是否有需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）（节选）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5

>200	<5
------	----

5.1.2 工作前检查项目应包括:

- a) 探伤机外观是否完好;
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损;
- c) 液体制冷设备是否有渗漏;
- d) 安全联锁是否正常工作;
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- f) 螺栓等连接件是否连接良好;
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求:

- a) 使用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；
- b) 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；
- c) 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为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

7.1.1 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。应考虑移动式探伤对工作场所内其他辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 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。

7.1.3 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。

7.2 分区设置

7.2.1 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控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的区域划为控制区。a) 对于 X 射线探伤, 如果每周实际开机时间高于 7 h, 控制区边界周围剂量当量率应按公式

式中：

H——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）；

t——每周实际开机时间, 单位为小时(h);

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv}/\text{h}/\text{周}$ 。

7.2.3 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可见的“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。

7.2.4 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。

7.2.5 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检物体的距离、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。

7.2.6 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。

7.2.7 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。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 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。

7.2.9 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。

7.2.10 探伤机控制台（X射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）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。

7.3 安全警示

7.3.1 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。

7.3.2 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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 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。

7.3.5 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。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，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。

7.4.2 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。

7.4.3 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。必要时应调整控制区的范围和边界。

7.4.4 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。

7.4.5 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式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X 射线移动式探伤

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

7.5.1.2 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。

探伤机入库之前专人记录探伤机入库台账。记录入库探伤机型号、入库时间。

8.4 移动式探伤放射防护检测

8.4.1 检测要求

8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

8.4.1.2 当 X 射线探伤机或 γ 放射源、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

8.4.1.4 探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

8.4.2 检测方法在探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界，以 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置或 X 射线探伤机停止照射后，确定控制区边界和监督区边界。

8.4.3 检测周期每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

- a) 新开展现场射线探伤的单位；
- b) 每年抽检一次；
- c) 在居民区进行的移动式探伤；
- d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv 。

8.4.4 结果评价控制区边界不应超过本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本次搬迁的 2 台探伤机新地址为贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房 1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内，东侧为规划预留场地（规划建设 13#号楼），南侧为规划预留场地（规划建设 10#号楼）；西侧为开发大道；北侧为已建道路。

(1) X 射线探伤机贮存场所：贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房 1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内，面积约 9m²。电科院科研楼及实验楼为建设单位新建的实验功能楼，东侧为规划预留场地（规划建设 13#号楼），南侧为规划预留场地（规划建设 10#号楼）；西侧为开发大道；北侧为已建道路，楼上为实验室，无地下层。

贮存铅房只作存放用途，不进行设备调试及训机。铅房已设置双人双锁，并由专职工作人员负责，并采用防盗门窗，门上设电离辐射警告标志，其入口处安装视频监控系统。

(2) 现场探伤位置：本项目射线探伤机作业地点为贵州省内各变电站，根据任务需要，在现场进行作业。具体操作地点选择按任务场地情况结合建设单位管理制度进行。

8.2 环境质量和辐射现状

本项目为射线装置现场探伤项目，主要污染因子为电离辐射，对环境空气的影响很小，不会对水环境、声环境造成影响。由于本项目不涉及固定探伤室的建设，且作业位置不固定，故本次环评未开展辐射环境现状监测。

建设单位在贵州省各地进行探伤作业时，各探伤现场的辐射环境本底剂量率参照《贵州省环境陆地γ辐射剂量水平调查》（1986 年 12 月）。

表 8-1 贵州省陆地γ辐射空气吸收剂量率 单位（×10⁻⁸Gy/h）

地区	原野陆地γ剂量率 10 ⁻⁸ Gyh ⁻¹		道路陆地γ剂量率 10 ⁻⁸ Gyh ⁻¹		建筑物内陆地γ剂量率 10 ⁻⁸ Gyh ⁻¹	
	范围	均值±标准差	范围	均值±标准差	范围	均值±标准差
贵阳市	2.01-14.58	6.52±2.08	1.83-9.95	3.88±1.74	3.49-15.19	8.13±2.54
六盘水市	2.53-14.40	6.26±2.16	1.05-8.37	3.80±1.47	1.22-15.54	6.68±3.16
遵义市	2.27-11.35	6.85±1.34	2.10-11.5	4.94±1.43	3.49-17.28	9.89±2.88
铜仁市	3.14-10.30	5.78±1.82	2.71-10.21	5.22±2.12	4.63-13.79	8.59±1.73

黔西南州	3.06-12.31	7.11±1.82	2.36-11.26	5.81±1.50	3.40-13.71	8.61±2.22
毕节市	2.44-9.95	5.67±1.50	1.13-7.24	3.75±1.47	1.13-15.63	8.01±2.60
安顺市	2.18-14.22	7.47±2.28	1.40-3.10	4.44±1.99	2.71-19.29	9.11±3.01
黔东南州	2.71-11.35	7.04±1.44	2.18-8.73	5.73±0.95	3.06-13.27	7.71±1.56
黔南州	1.31-10.56	5.37±2.12	1.40-11.00	4.47±1.64	3.67-16.24	7.72±2.30

注：贵州省陆地 γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除了监测设备的宇宙射线响应值。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目为 X 射线探伤机探伤应用于现场探伤，作业地点为贵州省内各变电站，具体操作地点选择按任务场地情况结合建设单位管理制度进行。X 射线探伤机为建设单位已有设备，无需安装与调试。

本项目移动式 X 射线探伤机无作业任务时，贮存于贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房 1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内，贮存铅房只作存放用途，不进行设备调试及训机。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 X 射线探伤机结构

本项目 X 射线探伤机由 X 射线发生器、控制台、连接电缆及附件组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点。本项目使用成像板（IP）作为记录介质，用 CR 成像板扫描仪进行读取。成像板由面保护层、辉尽性荧光物质层、基板和背面保护层构成，以成像板（IP）显像的方式代替胶片，且可以重复使用。本项目 X 射线探伤机外观示意图见图 9-1，成像板和扫描仪示意图见图 9-2。



图 9-1 本项目 X 射线探伤机外观示意图

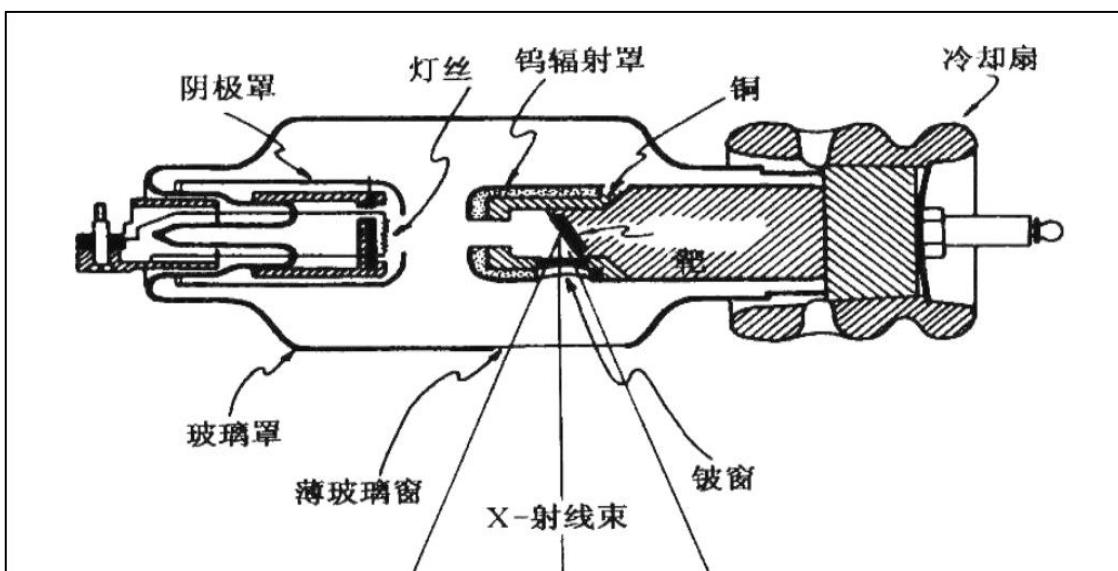


图 9-2 成像板 (IP) 和 CR 成像板扫描仪示意图

9.2.2 工作原理

X 射线探伤，即无损 X 射线检测技术，是利用不同材料对 X 射线吸收的差异性，使 IP 板感光形成射线强度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。

X 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管基本结构如图 9-3。



本项目 X 射线探伤机采用成像板进行成像。曝光过程中，射线穿透被检测工件时，由于被检工件对射线的吸收和散射等，是射线强度发生衰变。衰减程度与其所经过的工件各部位的厚度、结构及缺陷（即密度变化）等因素有关。从而形成了一幅与被检工件相关的射线强度分布度——即射线影像信息图。将该射线影像信息记录在由

辉尽性荧光物质制成的成像板（IP）上。IP 板感光后在荧光物质中形成潜影，然后将具有潜影的 IP 板置入成像板扫描仪中，用扫描仪中激光束对已曝光的 IP 板进行精细扫描读取，再由电子计算机图像处理系统处理得到数字化图像。经数字模拟转换器转换，在监视荧光屏上显示出图像。完成图像读取过程后，IP 板的影像信息可通过施加强光照射来消除，使得 IP 成像板可重复使用。

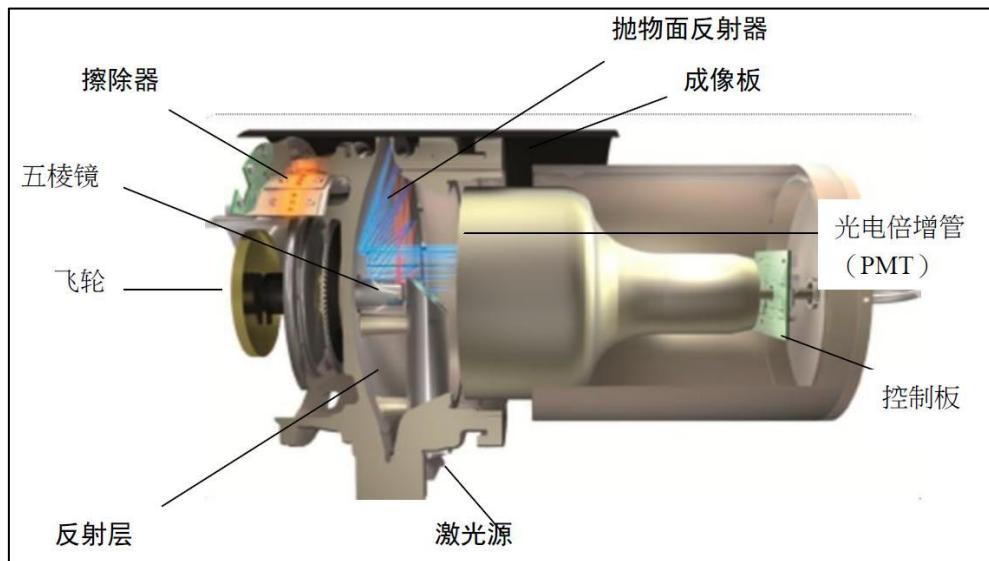


图 9-4 成像板扫描仪示意图

9.2.3 X 射线探伤机技术参数

本项目 X 射线探伤机主要技术参数见表 9-1。

表9-1 本项目X 射线探伤机主要技术参数

厂家型号	MAPT-250	
技术参数	管电压 250kV/管电流 5mA	
照射方式	定向照射	
最大穿透能力	36mm	
辐射角度	40°	
电缆线长	30m	
过滤条件	2mmBe	
最大运行工况	250kV,5mA	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 $9.9 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ^①
常用运行工况	160kV,3mA	距靶点 1m 处的空气比释动能率为 $3.0 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ^②

注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1，X 射线在 250kV 电压下无 2mmBe 对应的值，因此发射率常数取 250kV 电压下的最保守条件，及输出量的最大值 $16.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ （过滤材料为 0.5mmCu）；
 ②根据《辐射防护导论》附图 3，在 160kV 电压下，发射率常数最大为 $5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ （过滤材料为 0.5mmCu）；

本项目 X 射线探伤机探伤工件为贵州省内各变电站 GIS 筒体。探伤时，通过建设

单位定制的机架，将 X 射线探伤机固定，对准 GIS 筒体需探伤点位上进行出束。

本项目 X 射线探伤机为定向探伤机，出束方向不定（主束方向避开敏感保护目标）。本项目设有遥控开关连接操作台，辐射工作人员通过遥控开关控制 X 射线出束。建设单位定制的机架见图 9-5。



图 9-5 本项目探伤机固定方式

9.2.4 工作流程及产污分析

本项目移动式 X 射线探伤机在有作业任务时，工作流程如下：

(1) 制订初步工作方案

首先根据现场检测任务，确定待检测变电站电压等级、站内布置方式、站址所在区域及周边环境敏感目标情况，根据工作经验以及理论计算结果确定是否采用 X 射线探伤，制订初步工作方案。变电站周边存在环境敏感目标，理论控制区和监督区内无法实现无关人员逗留要求时，不进行现场探伤，采用停电检测方式进行维护。

(2) 射线装置领取

本项目 X 射线探伤装置无作业任务时，存放于建设单位电科院科研楼及实验楼负一楼铅房内，由专人管理。现场探伤前，由辐射工作人员到材料中心铅房领取探伤机主机，领用须填写《射线装置领用登记表》。探伤工作结束后，X 射线装置返回铅房内，填写《射线装置领用登记表》，详细记录任务名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

(3) X 射线探伤机运输

建设单位配备有专用运输工具，将 X 射线探伤机运至探伤地点，确保运输过程中的设备安全。

(4) X 射线现场探伤

①准备屏蔽用具（铅板），调整主束方向，用线束避让敏感保护目标。确定控制

区和监督区的边界距离，并以张贴公告的方式，把探伤作业地点、时间告知探伤场所附近公众。

②对探伤现场进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外，并在边界拉上警戒绳，在控制区边界上悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线工作区”，监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止进入”警告牌，并设置声光提示装置。

③确保探伤现场控制区及监督区内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，辐射工作人员开始连接电缆、电源、操作台连接遥控开关（连接电源前要确认 X 射线探伤机的启动按钮未按下），X 射线探伤机就位；辐射工作人员佩戴好个人剂量计，且携带个人剂量报警仪。

④辐射工作人员退出控制区，将 X 射线探伤机出束方向朝着地面，通过开关开启 X 射线探伤机，可自动开始训机。

⑤辐射工作人员通过控制遥控开关，进行 X 射线探伤机试曝光；辐射工作人员通过便携式剂量仪对控制区、监督区边界进行修定，确保控制区边界剂量率小于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，监督区边界小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

⑥修定控制区和监督区边界后，开始正式探伤。在检测对象需要检测部位固定好 IP 成像板，将 X 射线机的照射头的射线口对准检测对象需要检测部位。

⑦辐射工作人员离开控制区，通过遥控开关开启出束，并开始计时，出束时，警示灯亮起；到预定曝光时间后，探伤结束，关闭机器，取下 IP 成像板。清理完现场后解除警戒、辐射工作人员离开现场。

⑧IP 成像板可通过激光激发潜影，传送至电脑读取影像，填写检测报告和设备运行记录后，完成一次探伤任务。

本项目 X 射线现场探伤工作流程及产污环节见图 9-6，探伤工件示意图见图 9-7。

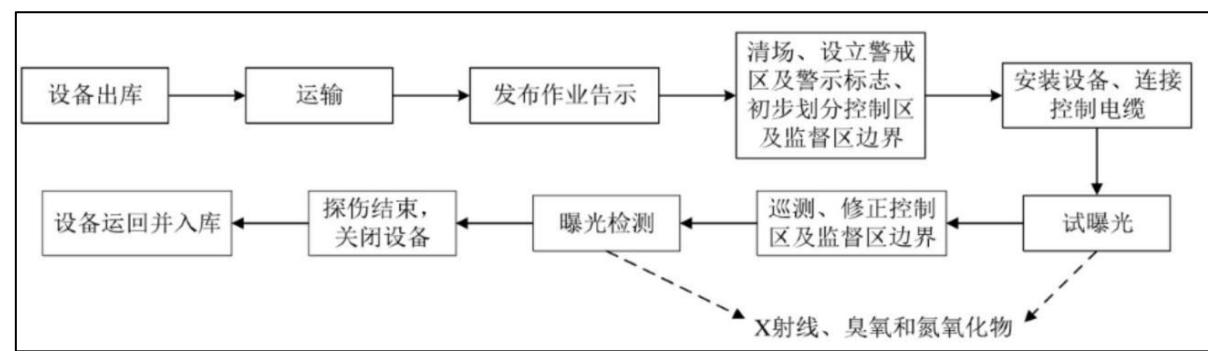


图 9-6 工作流程及产污环节分析图



图 9-7 探伤工件示意图（GIS 简体）

由图 9-6 可知，本项目 X 射线探伤机运营中产生的主要污染物为探伤作业过程中产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物。本项目 X 射线探伤机采用数字成像检测方式，不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。

9.2.5 工作负荷

本项目探伤机使用情况跟任务需求有关，当 GIS 设备由于故障无法运行时，需要通过探伤机进行探伤，检查部件坏损情况，所以本项目探伤机使用频率较低。本项目每台 X 射线探伤机单次检测变电站最多检测 15 个工件，每个工件曝光时间最长为 5min，变电站探伤次数最大为 24 次/年。因此本项目每台探伤机年曝光时间最大为 30h，周曝光时间约为 0.6h。

9.3 污染源项描述

本项目主要的放射性污染是 X 射线。开机出束时产生，出束停止即消失。照射装置 X 射线主束呈现一定的角分布，由束流窗口发出；也有少量的 X 射线沿非主束方向发出，称为泄漏辐射。照射到探伤工件或屏蔽体发生散射，称为散射辐射。

9.3.1 正常工况下污染源项描述

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出束状态（曝光状态）时才会发出 X 射线。因此，正常工况时，在开机曝光时间，放射性污染物为初始 X 射线以及散射射线、漏射

射线。本项目工作期间 X 射线成为污染环境的主要因子。

(2) 非放射性有害气体

X 射线探伤机在开机运行时，产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x) 。

(3) 废显(定)影液及胶片

本项目 X 射线探伤机采用数字成像检测方式，不使用胶片，不会产生废显(定)影液及胶片。

9.3.2 非正常工况污染源项描述

根据建设单位 X 射线探伤机的使用特点，在以下几种异常情况下辐射工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

(1) 在进行现场探伤时，现场探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区和控制区，给上述工作人员及公众成员造成误照射；

(2) 工作人员或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照；

(3) 探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员操作失误或设备失灵，误照，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目为移动式探伤，探伤场所不固定，无作业任务时，暂存于贵阳市花溪区小孟街道陈亮村贵州电网公司电力科研技术产业用房生产用房 1（电科院科研楼及实验楼）负一楼铅房内，该房间只作设备存放用途，不进行设备调试及训机。建设单位设计对设备间配置防盗门及防盗窗，并通过设置双人双锁，完善管理、使用、登记制度等做好对设备的管理。此外还设置视频监控系统。

本项目探伤地点主要为室外空旷处，大部分为周围人口稀少的地方。当辐射工作场所内存在敏感保护目标时，建设单位应在敏感保护目标和 X 射线探伤机之间增设辐射防护屏障或利用变电站现有实体墙，以减小控制区和监督区的范围，或调整有用线束方向，确保辐射工作场所内不存在敏感保护目标。

10.1.2 辐射防护设备

建设单位搬迁的 2 台移动式 X 射线探伤机，配套的防护设备（X 剂量率仪 4 个、个人剂量报警仪 4 个、便携式巡检仪设备 2 台、辐射防护服 4 套、铅板 2 块，相关安全警示设施，如警戒绳、警示灯、警示牌等，每台探伤机配备 2 名专职辐射工作人员，满足《工业探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）的要求。

10.1.3 辐射设备运输和临时暂存安全与防护措施

本项目采用移动式 X 射线探伤机进行 GIS 设备探伤作业，评价要求对辐射设备运输和临时储存安全与防护设施措施如下：

- ①本项目辐射设备的运输工作由建设单位经过培训的专职辐射工作人员负责。
- ②运输全程由辐射工作人员负责，如人员需要离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责辐射设备的看管。
- ③外出检测后，无法当天返回辐射设备暂存点时，辐射设备临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求，辐射设备由工作人员负责看管，并派人 24h 值班。
- ④建设单位应制定辐射设备运输和临时暂存管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输和暂存管理。

10.1.4 省内跨市（州）异地检测作业管理

本项目 X 射线探伤机作业地点根据测任务的需要，在贵州省内各变电站现场进行作业。在省内跨市（州）异地开展现场检测作业前，建设单位应当按照贵州省放射源异地使用的辐射安全管理相关要求执行，按管理部门要求做好相关备案及现场安全管理，确保检测现场环境的辐射安全和公众健康。

10.1.5 野外检测现场安全防护措施

1、工作区域管理

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

探伤作业前应将无关人员清离出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外，监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌，公众不得进入该区域。工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，开机状态以探伤机射线管为圆心从 100m 外由远到近用剂量率仪巡测划定。应在确保安全的原则下，因地制宜地将现场工作区域划定为控制区和监督区，并设置警戒线，切实做好清场工作。

建设单位应对每个现场探伤辐射工作场所划分控制区和监督区，并实行“两区”管理制度。本项目控制区和监督区划分如下。

表 10-1 现场探伤辐射工作场所两区划分

现场探伤 辐射工作场所	控制区	监督区
“两区”划分范围	作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围，可根据现场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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围，可根据现场实际情况确定监督区

辐射防护措施	人员不能在该区域停留，边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌	尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构、临时屏障或临时拉起警戒线等，边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒
--------	-------------------------------------	--

由于实际现场探伤过程中，有用线束方向设有铅板进行局部屏蔽，且根据表 11 环境影响分析计算可知，有用线束方向未设置铅板屏蔽时，控制区和监督区的范围过大，难以监管，不利于现场探伤工作的进行。因此建设单位在有用线束方向设置一块 5mmPb 铅板进行局部屏蔽。

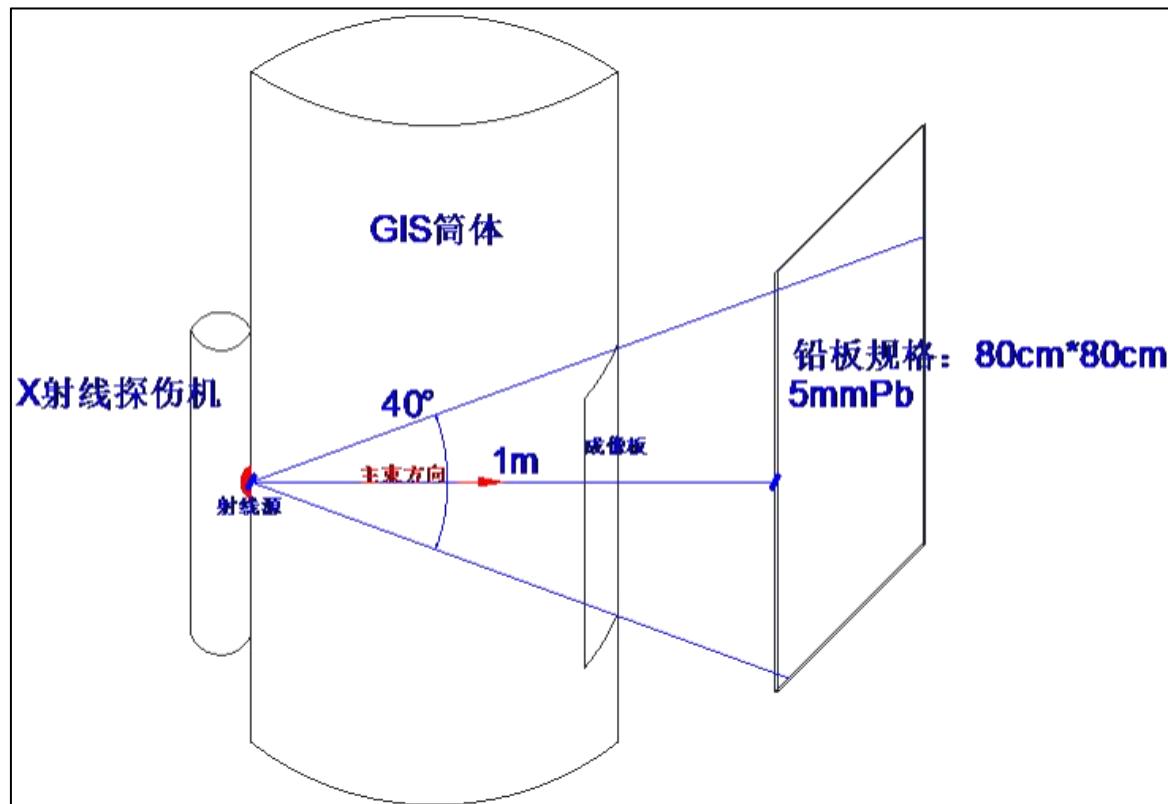


图 10-1 铅板布置图

(1) 最大工况下 (250kV, 5mA)，控制区与监督区范围

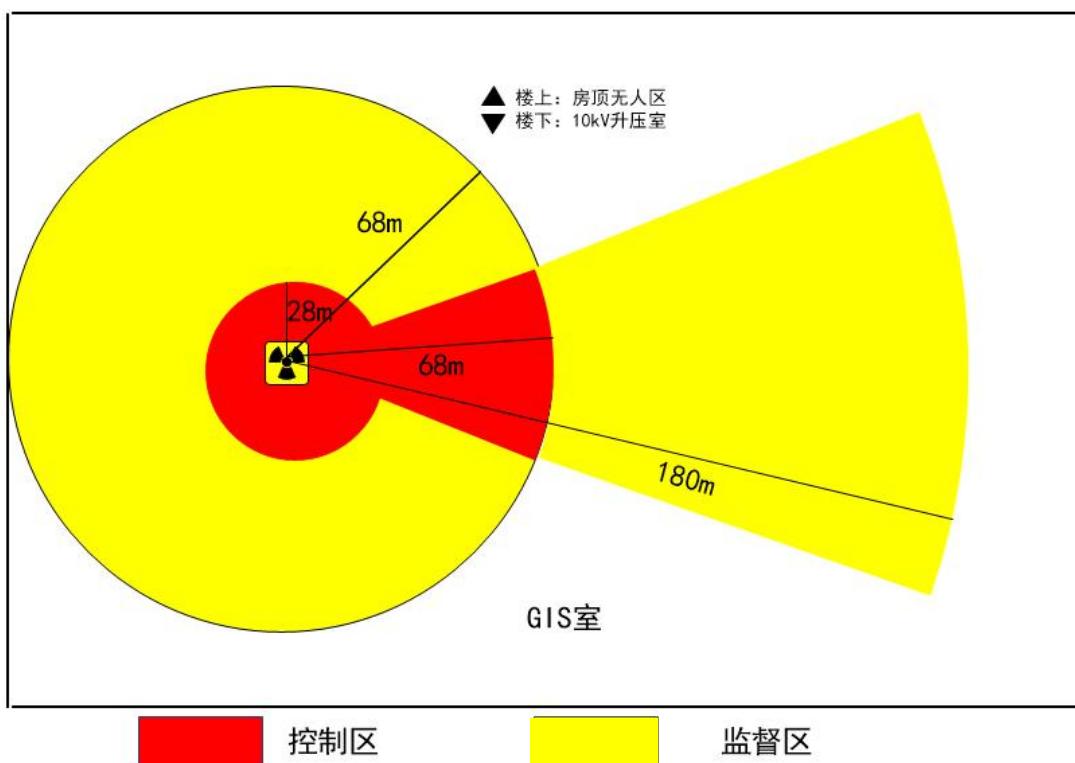


图 10-2 移动式 X 射线探伤机辐射分区图 (最大工况条件下)

(2) 常用工况下 (160kV, 3mA) 控制区与监督区范围

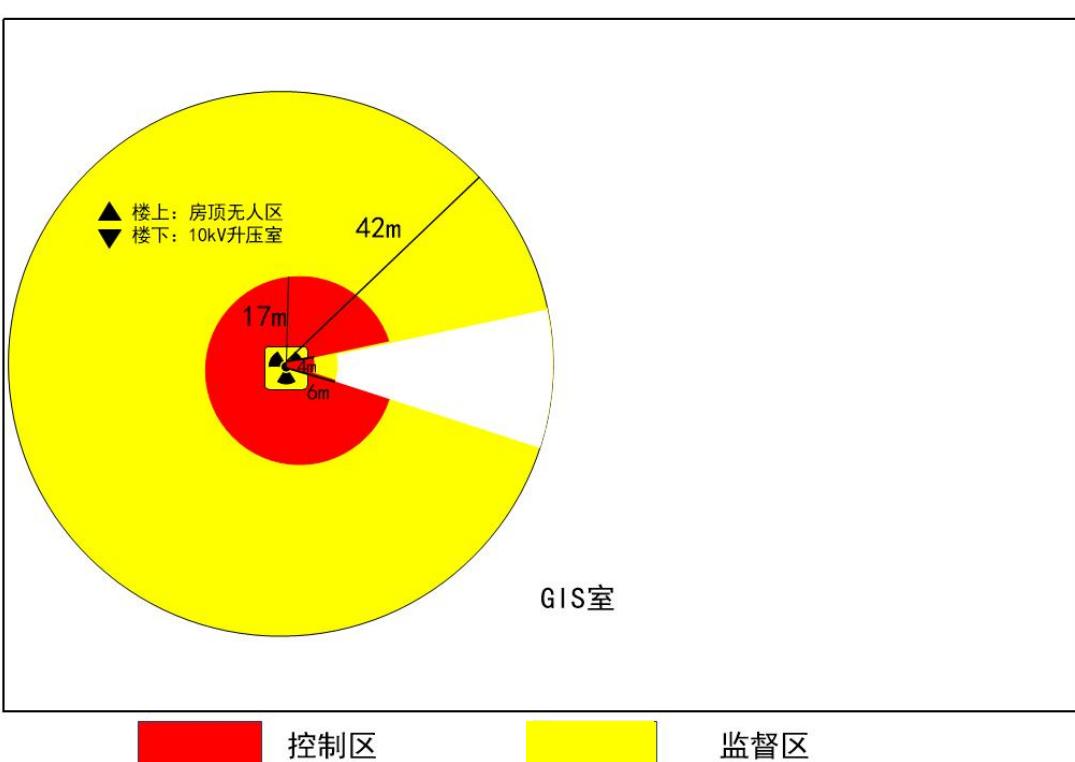


图 10-3 移动式 X 射线探伤机辐射分区图 (最常用工况条件下)

根据建设单位提供资料，本项目为贵州省内变电站 GIS 设备探伤。若作业现场处在城区中，变电站附近可能存在学校、医院、居民区等环境敏感目标时，建设单位应通过调节电压、改变主束方向、设置局部屏蔽、利用现有结构（墙体）等方式，确保辐射工作场所内没有敏感保护目标。

如果现场情况能够实现探伤机垂直向上或向下进行探伤检测，应优先选用此种检测方式。使用探伤机垂直向上或向下进行探伤检测，这样可避免或减少有用线束对四周环境的影响；探伤机在垂直向上进行探伤检测时，提醒周围人员尽量远离探伤现场。而对于无法实现在用线束朝向地面或天空的情况，则应根据现场环境状况，尽可能合理选择有用线束的朝向。保证控制区内无任何人员，监督区内无无关人员存在，主射线方向尽可能避开可能有人员经过或停留的区域。

2、辐射安全及防护措施

（1）辐射安全措施

为确保射线装置安全，避免在进行移动式 X 射线探伤期间人员误留或误入控制区或监督区而发生误照射事故，公司在开展移动式 X 射线探伤工作时拟设置如下辐射安全和防护措施：

1) 移动探伤在人员活动比较频繁的探伤场所，工作在夜间十点之后、第二天的凌晨五点之前开展，移动探伤过程中严格执行探伤操作规程及流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

2) 移动探伤过程中严格按照要求划定控制区和监督区，利用实体屏障、警戒绳等围住控制区和监督区边界，并在控制区边界设置明显的警戒线，并设置清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌、提示“预备”和“照射”状态的指示灯以及声音提示装置，警示信号指示装置拟与 X 射线探伤机进行联锁；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识，必要时设专人警戒。当在野外进行探伤时，对野外探伤现场进行人员清场；在清理完现场确保场内无其他人员后，方可开机探伤。

3) 控制区的范围清晰可见，在夜晚工作期间设置良好的照明，确保没有人员进入控制区，如控制区太大或某些地方不能看到，要充分使用配备的铅板，缩小控制区、监督区的范围，或是安排足够的人员进行巡查。

4) 在第一次曝光时，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。

5) 探伤作业时，确保开展现场探伤工作的探伤装置至少配备 2 名辐射工作人员和 1 台环境辐射巡测仪，探伤作业时拟配备现场安全员（可以为现场的两名操作人员之一）。每名辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并保证个人剂量报警仪和环境辐射巡测仪一直处于开机状态。

6) 当探伤装置、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，重新进行巡测，并记录巡测结果，确定新的划区界线。

(2) 辐射防护措施

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

1) 屏蔽防护

当使用定向 X 射线探伤机时，根据需要在主射方向设置屏蔽铅板本项目已配备铅板 2 块。

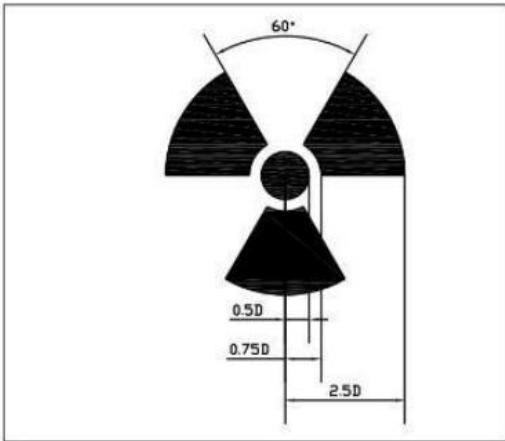
2) 源项控制

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

3) 距离防护

根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 6.4 条要求，辐射工作场所应分为控制区和监督区，本项目的探伤机控制电缆长度约为 28m，根据理论计算，大于控制区的划定距离，但为确保工作人员便于躲在合适的位置减少射线照射，应增加探伤机控制电缆长度，可便于辐射防护管理和职业照射控制；监督区可根据理论计算进行划定，并可根据现场情况适时调整，确保周边公众受到不必要的辐射照射。

电离辐射警告标志如图 10-6 所示。



a.电离辐射标志



b.电离辐射警告标志

10-4 电离辐射警告标志示意图

4) 时间防护

在确保产品质量的前提下，在每次使用探伤机进行探伤之前，根据工件满足的实际质量要求制定最优化的探伤方案，并根据工作人员的工作经验以及熟练度选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间。如果工程区域周围有人群等敏感目标，作业时间尽量避开公众活动的高峰时段。

5) 其他

环评针对本项目开展对建设单位提出如下要求：

(1) X 射线探伤机贮存间的污染防治措施

本项目 X 射线探伤机无探伤任务时贮存于建设单位电科院科研楼及实验楼负一楼铅房内，铅房内不进行设备调试及训机。铅房拟设置的污染防治措施如下：

①X 射线探伤机无现场探伤作业时，存放于实验楼的铅房内。该处仅存放设备，不得进行设备调试、检修及训机等活动。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位不承担检修工作。

②X 射线探伤机贮存铅房实行双人双锁，由专职工作人员负责。应采用防盗门窗，门上应设有电离辐射警告标志，其入口处应安装视频监控系统。

③X 射线探伤机贮存铅房满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。

④建设单位已制定射线装置及控制台钥匙的领取、归还和登记制度，并建立台账管理。

(2) X 射线探伤机运输和临时储存的污染防治措施

①本项目 X 射线探伤机的运输工作由建设单位内部负责。

②运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需要离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责 X 射线探伤机的看管。

③无法当天返回贮存铅房，X 射线探伤机由工作人员负责看管，并派人 24h 值班。

④X 射线探伤机设备临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”内部管理要求。

⑤建设单位已制定 X 射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。

（3）X 射线探伤机现场作业前防护准备

①制定室外探伤工作方案

在确保探伤质量的前提下，建设单位每次使用探伤机进行探伤之前，应该制定最优化的探伤方案，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。本项目开展现场探伤时，如果辐射工作场所内有人群等敏感目标，作业时间应避开公众活动的高峰时段，工作时间应选择在夜间十点之后、第二天凌晨五点之前展开，且探伤过程中严格执行探伤操作规程及流程，坚持先示警再开机的操作规程，以防止误照射事故发生。

在现场探伤前，建设单位应对现场探伤环境进行全面评估，并按项目制定现场探伤方案。探伤期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

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

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

c. 确定监测计划：根据每次探伤的具体工况明确监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及探伤操作人员位置等。应在探伤操作前测一次，以修正控制区与监督区的范围设置；探伤期间测一次，以确保防止 X 射线曝光异常或不能正常终止；并委托有资质的辐射监测单位对作业场所周围环境至少进行 1 次监测。若发现异常情况，应当立即采

取措施，同时向当地生态环境行政主管部门报告。

d.清场方式：采用预先公告、开始前广播或安排专人检查等方式，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。如探伤场所无法满足监督区外人员清场要求，建设单位会在满足检测要求的情况下，降低检测的电压、改变有用线束方向，或是选择超声检测、渗透检测、漏磁检测等非辐射的检测方法进行检测。

②探伤作业备案

实施异地现场探伤作业备案制度，在贵州省内跨市（州）异地开展现场探伤时，建设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、副本复印件，向转入地市（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案（以下简称报备方案）。报备方案内容包括：

- a.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；
- b.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；
- c.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、考核合格证书复印件；
- d.单位定制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、辐射事故应急预案（包括项目所在地生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式）等；

在活动结束后 10 个工作日内，应当向转入地市（州）生态环境主管部门办理备案注销手续并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。

③探伤作业前进行公示

在探伤作业前，应在作业现场边界外公众可到达地点放置安全信息公告牌。公告牌中应包括辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地环保监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)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，禁止对公告信息牌进行涂改、污损。

④内部管理机构和规章制度

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

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

⑤辐射工作人员职责分工和防护用具和设施的配置

a.建设单位拟为本项目每台 X 射线探伤机配备 2 名辐射工作人员。1 名负责 X 射线探伤机的操作，另 1 名作为安全员，负责辐射工作场所控制区与监督区的划分及管理，以及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。

b.现场探伤辐射工作人员应通过生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加相应类别的辐射安全与防护培训，并取得相应类别的核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单后方可上岗。

c.辐射工作人员在现场探伤过程中需严格按照操作规程进行现场探伤作业。

d.建设单位配备 2 台便携式剂量仪、若干警示标志、警戒绳、声光报警装置、5mm 铅板等防护设施。

e.建设单位为每名辐射工作人员配备 1 台个人剂量计、个人剂量报警仪和直读剂量计，个人剂量计应编号并定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。

(4) X 射线探伤机现场作业分区设置

- ①探伤作业前，应对辐射工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标

识。

②开始现场探伤之前，辐射工作人员应确保在控制区内没有任何人员，并在控制区边界设置“禁止进入 X 射线区”警告牌，防止有人进入控制区；监督区边界设置警示绳，并设置“无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警示标识，防止无关人员进入监督区，必要时设专人警戒并巡查。

③现场探伤作业工作过程中，控制区内不同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，X 射线探伤机应用准直器，采用局部屏蔽措施（如铅板）。

④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。

⑤现场探伤工作在多楼层的场地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

(5) X 射线探伤机现场作业安全警告信息

①X 射线探伤机作业时，控制区边界设置提示“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，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

②警示信号指示装置与探伤机联锁。

③在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

④监督区边界和探伤现场所在建筑物进出口醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

(6) X 射线探伤机现场作业安全操作要求

①应考虑控制台与 X 射线管和被检物体的距离，并结合周边环境关系，选择 X 射线照射方向、出束时间和屏蔽条件等因素。选择最佳的布置，采取适当的防护措施，避免辐射工作场所内存在敏感保护目标。

②本项目 X 射线探伤机设有遥控开关连接控制台，辐射工作人员可在退出控制区后通过遥控开关开启 X 射线探伤机，尽可能降低辐射工作人员的受照剂量。

(7) X 射线探伤机现场作业的边界巡查与监测

①开始现场探伤之前，探伤工作人员在有用线束方向布置铅板，以缩小控制区的范围，确保在控制区内没有任何人员，并在控制区边界设置声光报警装置和“禁止进入 X 射线区”警告牌，防止有人进入控制区。

②监督区边界设置警示绳，并设置“无关人员禁止入内”警告牌和电离辐射警示标识，确保没有无关人员进入监督区。如果监督区太大难以监管，可通过利用变电站现有实体屏蔽以减小监督区范围。

③在试运行期间，使用便携式剂量仪测量控制区和监督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和监督区的范围和边界。

④建设单位拟为本项目 X 射线探伤机配备 1 台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对便携式剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式剂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。

10.1.4 X 射线探伤机的检查和维护

(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：

- ①X 射线探伤机外观是否存在可见的损坏；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③报警设备和警示灯是否正常运行；
- ④螺栓等连接件是否连接良好。

(2) 运营单位的定期检查：定期检查的项目应包括：

- ①所有的紧急停机开关的检查；
- ②制造商推荐的其他常规检测项目。

(3) 设备维护

①运营单位应对本项目的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由设备制造商进行；

②设备维护包括 X 探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；

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；

④应做好设备维护记录。

3、防护设施列表对比分析

本项目拟配备的防护设施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求对照分析表见表 10-2。

表 10-2 本项目配备的防护设施与 GBZ 117-2022 标准对照分析表

序号	GBZ117-2022 标准要求	拟采取的安全防护措施和设施	符合情况
1	使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探	本项目搬迁2台，企业已配备4名辐	符合

	伤机至少应配备两名专职工作人员。	射专职工作人员。	
2	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。	建设单位拟在进行探伤前，根据现场情况，制定详细的探伤方案，并在探伤现场进行通告的粘贴，悬挂警告标识和报警信号等，避免人员进入探伤现场。	符合
3	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。	建设单位拟在进行探伤作业前，先进行控制区与监督区的划分，并在两区的边界设置警示标识；探伤工作在控制区内进行。	符合
4	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可见的“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；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。	建设单位拟在控制区边界合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“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；建设单位拟配置警戒线。	符合
5	移动式探伤作业工作中，控制区内不同时进行其他工作。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检物体的距离、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。	建设单位在进行探伤作业工作中，控制区内不同时进行其他工作；建设单位已配备有2块防护铅板，能够缩短控制区的范围。	符合
6	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。	建设单位已配备2个便携式X剂量率仪，并定期进行检定校准；并配备4个个人剂量报警仪。	符合
7	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。应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 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。	本项目在进行探伤作业时，工作人员会适时进行控制区边界代表点的剂量率检测，当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。将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 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。	符合
8	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。	建设单位在进行探伤作业前，会根据场地的情况制定探伤方案，在多楼层的工厂或工地实施时，拉警戒线，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。	符合
9	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。	探伤机控制台应设置在控制区边界外。	符合
10	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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁；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。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；	建设单位拟配备提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；夜晚作业时控制区边界设置警示灯。警示信号指示装置与探伤机联锁。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；	符合

	贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。		
11	开始移动式探伤之前，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。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。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。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。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式X-γ剂量率仪，两者均应使用。	在进行探伤作业前，要先进行清场，并拉警戒线，确保控制区以及监督区范围内没有任何其他人员。企业已配备4名辐射专职工作人员，在进行探伤时，确保至少2名辐射工作人员在场，确保没有人员进入控制区以及监督区。开始移动式探伤工作之前，对便携式X剂量率仪以及个人剂量报警仪进行检查，确认能正常工作，在移动式探伤工作期间，便携式X剂量率仪以及个人剂量报警仪一直处于开机状态；并根据理论计算值划定控制区，并对现场实际检测值进行调整。	符合
12	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。	建设单位根据控制器与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。	符合

10.2 三废的治理

根据 X 射线的工作原理，X 射线探伤机作业时产生 X 射线，造成周围环境空气电离，产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目探伤地点主要为室外空旷处，通风条件较好，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境影响是可接受的。

10.3 辐射安全设计符合性分析

本项目为移动式 X 射线现场探伤项目，根据《核技术利用监督检查技术程序-2020 发布版》中“II类非医用 X 线射线装置”的相关要求，将其与建设单位安全防护设施列于表 10-3 中进行对照分析。

表 10-3 II类非医用 X 线射线装置监督检查对照表

序号	检查项目		落实情况	备注
1	场所设施（移动式）	控制台有钥匙控制钥匙由专人管理	已设置 /	本项目为搬迁项目开展，已根据建设单位制定的《射线装置使用登记制度》设置专人管理钥匙；
2				
3		控制台上紧急停机按钮	已设置	系统自带；
4		声光报警	/	本项目为搬迁项目开展，已设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；

5		警戒线及警示标志	/	本项目为搬迁项目开展，已设置警示绳及若干警示标识；
6	监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	/	本项目为搬迁项目开展，已配备 2 台便携式剂量仪；
7		个人剂量计	/	本项目为搬迁项目开展，已为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计，并定期送检；
8		个人剂量报警仪	/	本项目为搬迁项目开展，已为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量报警仪；
9	应急物资	灭火器材	/	本项目为搬迁项目开展，已在运输车辆设置灭火器。

10.4 本项目环保投资一览表

本项目的环境保护投资估算见表 10-3。

表 10-3 本项目环保投资一览表

项目	环保及安全防护措施名称	内容	投资金额
辐射安全管理机构	设立辐射安全管理机构	已成立辐射安全与防护管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作	/
辐射安全防护措施和环保治理措施	屏蔽措施	已配置了 80cm×80cm, 5mm 铅板 2 块	/
	安全措施	已配置了警戒绳、警示标志、工作指示灯、急停装置、声光报警装置等	/
	防护用品	/	/
	放射性废物处理	不涉及放射性废水	/
		不涉及放射性固废	/
		废气直接排放进入大气环境	/
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员均应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，并在通过考核后方可从事相关工作	/
	个人剂量监测和职业健康监护	辐射工作人员应定期进行职业健康检查，定期进行个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案	1
监测		已为辐射工作人员每人配备 1 枚个人剂量计，4 台直读剂量计和 4 台个人剂量报警仪；建设单位配置 2 台便携式辐射剂量巡检仪	/
		已制定监测制度，辐射工作场所定期委托监测	4
辐射安全管理制度		结合项目实际情况，制定和完善设备操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急措施及应急物资、台账管理制度等	/
事故应急预案		成立有专门的应急小组，并配套做好应急和救助的装备、资金、物资准备。	/
贮存场所安全保卫措施		更新运输车辆灭火器等	0.5
贮存场所		铅房主体建设、双人双锁管理，并设置监控系统、配	20

	置防盗门及防盗窗，门上设置电离辐射警告标志、各 类制度上墙等	
合计		25.5

本项目核技术应用总投资 25.5 万元，其中辐射环保投资 25.5 万元，占总投资的 10%。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线探伤机作业地点根据测任务的需要，在贵州省内各变电站现场进行作业。X 射线探伤机无作业任务时贮存于新建的电科院科研楼及实验楼负一楼铅房内，本项目无施工内容，设备无需安装与调试。

11.2 运行阶段对环境的影响分析

11.2.1 工作场所周围环境辐射影响分析

本项目通过理论计算评价方法来预测 X 射线探伤机现场探伤过程中的辐射环境影响。

本项目使用的 X 射线探伤机型号为 MAPT-250，最大工况为 250kV，5mA；常用工况为 160kV，3mA。本项目探伤机分别在各个变电站开展现场探伤作业，两台探伤机不在同一变电站开展作业。

(1) 作业现场控制区和监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 7.2.2 条要求：一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的区域划为控制区。对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（11-1）计算。

$$H=100/t \quad \text{式 (11-1)}$$

式中：

H——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)；

t——每周实际开机时间，单位为小时 (h)；

100—— 5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

根据建设单位提供资料，本项目每台便携式探伤机探伤频率根据任务决定，每台便携式探伤机年最大曝光时间为 30h，平均每周曝光时间为 0.6h，与《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中每周实际开机时小于 7h。因此，**本项目控制区周围剂量当量率应控制在 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。**

在实际探伤过程中，本项目每台探伤机的有用线束射向所检查的工件，有用线束被工件所屏蔽，屏蔽后的泄漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格遵守《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022），利用辐射剂量仪将作业现场周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}$ 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控

制区外边界、作业时周围剂量率大于 $2.5\mu\text{Sv}$ 的范围划为监督区，严禁任何公众人员进入该区域。

(2) 有用线束方向的控制区和监督区估算公式

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，有用线束在关注点的剂量率可按以下公式进行估算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式11-2})$$

式中：

H：关注点的剂量率，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制边界 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，监督边界 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

I：X射线探伤机在最高管电压下的常用最高管电流，单位为mA，本项目为5mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。根据(GBZ/T250-2014)附表B.1“在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏(kV)下输出量的较大值保守估计。”由于本项目探伤机滤过条件均为2mmBe，同时未获得厂家给出的输出量，因此本次估算距辐射源点（靶点）1m处输出量参考(GBZ/T250-2014)附表B.1中各千伏(kV)下输出量的较大值保守估计，250kV管电压下取0.5mm-Cu滤过条件下的输出量 $16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

B：屏蔽透射因子，参考(GBZ/T250-2014)附录B.1曲线，250kV，0.5mmCu在5.0mm铅屏蔽下透射因子约为0.0005；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2) 漏射辐射屏蔽

对于漏射辐射屏蔽采用以下公式计算考察点处的辐射剂量率

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式11-3})$$

式中：

H：关注点的剂量率，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

B：屏蔽透射因子；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H_L ：距靶点1m处X射线管组装体的泄露辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，根据(GBZ/T250-2014)表1， $>200\text{kV}$ 的取 $5000\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

R: 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (\text{式11-4})$$

式中：

X: 屏蔽物质厚度，与TVL取相同的单位；

TVL: X射线在屏蔽物质中的什值层厚度，查（GBZ/T 250-2014）附表B.2，250kV管电压的铅什值层厚度为2.9mm。

3) 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度时，关注点的散射辐射剂量率按《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中给出的公式进行计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式11-5})$$

式中：

H: 关注点的剂量率，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

I: X射线探伤机在最高管电压下的常用最高管电流，单位mA，本项目均为5mA；

H_0 : 距辐射源点（靶点）1m处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。查（GBZ/T 250-2014）附表B.1，250kV管电压保守取值 $16.5\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

B: 屏蔽透射因子；查（GBZ/T 250-2014）表2， $200 < \text{kV} \leq 300$ 散射辐射能量为200kV；查（GBZ/T 250-2014）中附录B表B.2，200kV对应铅的什值层厚度为1.4mm；按（3）式计算得200kV在5mm铅屏蔽下对应屏蔽透射因子B约为0.0019；

F: R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

a: 入射辐射剂量率的比；根据（GBZ/T 250-2014）中B.4.2，本项目 $R_0^2/F \cdot a$ 因子的值可以取50（200kV~400kV）；

R_0 : 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

R_s : 散射体至关注点的距离，m。本次评价为保守计，取辐射源点至关注点的距离。

（4）估算结果

假设本项目探伤机满功率运行，选取最不利探伤工况下，移动式X射线探伤机主射

方向设置 5mm 铅板屏蔽，主射方向控制区和监督区边界距离结果见表 11-1，非有用线束结果分别见表 11-2、表 11-3。

表11-1 有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果

装置	屏蔽状态	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
MAPT250	5mmPb屏蔽状态下	4.1	9.9

表11-2 泄漏辐射控制区与监督区边界范围估算结果

装置	屏蔽状态	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
MAPT250	5mmPb屏蔽状态下	2.5	6.1

表11-3 散射辐射控制区与监督区边界范围估算结果

装置	屏蔽状态	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
MAPT250	5mmPb屏蔽状态下	1.1	2.7

从理论计算结果表 11-1 和 11-3 可知，本项目 MAPT250 型 X 射线探伤机在最大工况 (250kV, 5mA)，在设有屏蔽措施 (5mmPb) 的情况下，主射束方向控制区范围距离约为 4.1m，监督区距离约为 9.9m；非有用射束方向控制区最大距离约为 2.5m，监督区最大距离约为 6.1m。

根据建设单位原项目竣工环境保护验收监测报告（详见附件 22，检测时主束方向有铅板挡着）可知，搬迁的 2 台移动式 X 射线探伤机的控制区和监督区的划定如下：

(1) 最大工况条件下：控制区以探伤机为圆心 68m 为半径的圆内区域，监督区以探伤机为圆心 180m 为半径的圆内区域。

(2) 常用工况条件下：控制区以探伤机为圆心 17m 为半径的圆内区域，监督区以探伤机为圆心 42m 为半径的圆内区域。

综上所述，本项目搬迁的 2 台探伤机的控制区和监督区的划定为：

(1) 最大工况条件下：控制区以探伤机为圆心 68m 为半径的圆内区域，监督区以探伤机为圆心 180m 为半径的圆内区域。

(2) 常用工况条件下：控制区以探伤机为圆心 17m 为半径的圆内区域，监督区以探伤机为圆心 42m 为半径的圆内区域。

在实际探伤过程中安全负责人在确认现场无关人员均已撤离后，开始负责布置现场警戒，监督区域警戒范围初始一般设置较大，设定好位置后在监督区边界放置清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。现场探伤工作期间，根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 的要求使用便携式剂量仪（控制区边界

$15\mu\text{Sv}/\text{h}$, 监督区边界 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$), 并根据测量达标位置重新调整监督区和控制区。

项目控制区与监督区范围示意图见图11-1、图11-2。

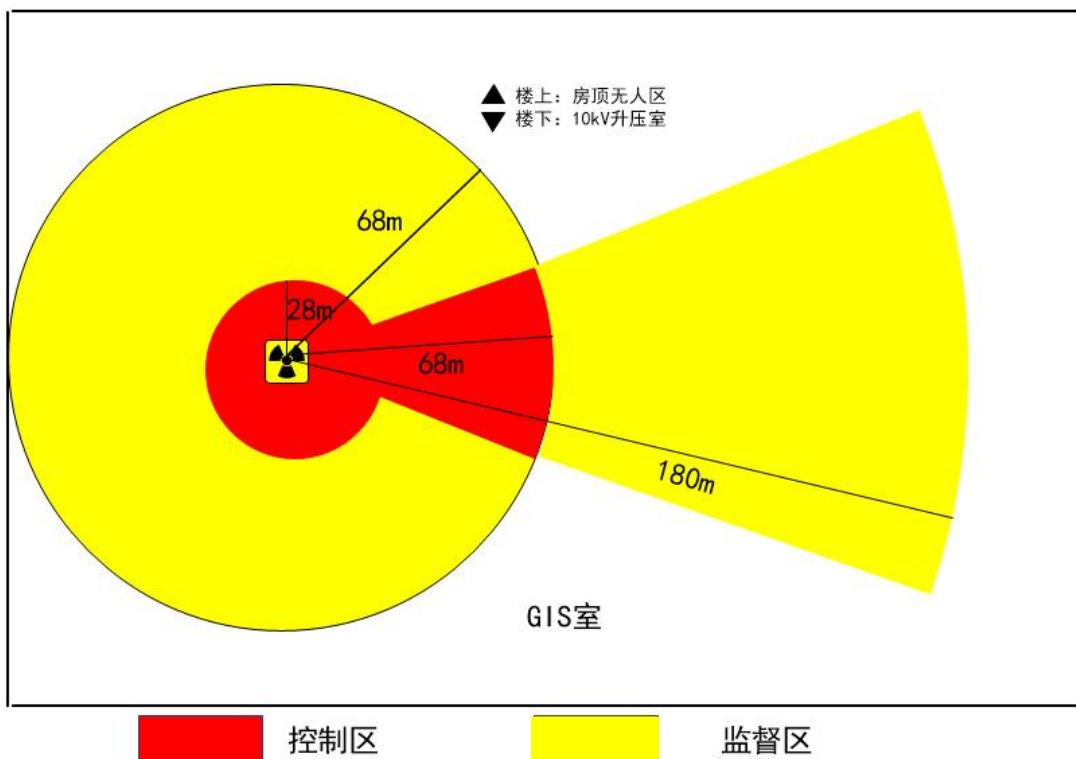


图 11-1 移动式 X 射线探伤机辐射分区图（最大工况条件下）

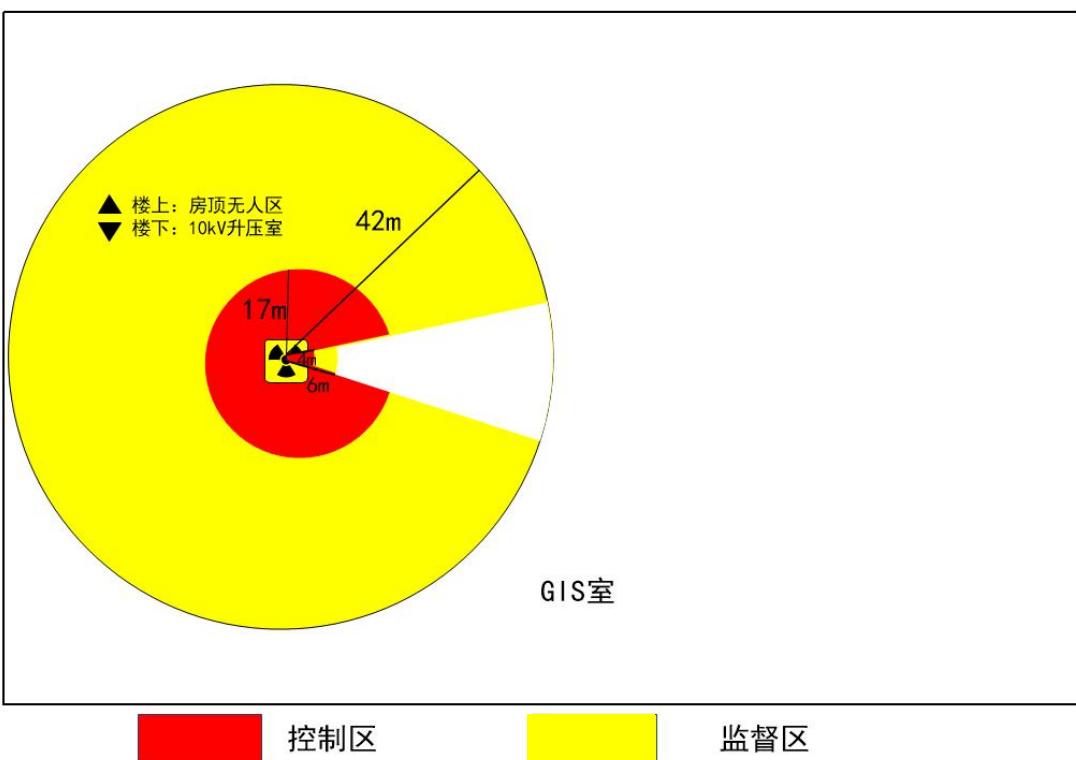


图 11-1 移动式 X 射线探伤机辐射分区图（最常用工况条件下）

11.2.2 人员年有效剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000年报告附录A，X射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H \times t \times U \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

H_{Er} ——X射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

H ——关注点的剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ——X射线照射时间， h/a ；

U ——使用因子；本项目取1；

T ——居留因子。

鉴于X现场探伤工作场所各不相同，因此本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。

(1) 辐射工作人员剂量估算

根据建设单位提供资料，本项目是2台移动探伤机，每台探伤机配备固定的辐射工作人员，每台探伤机配备2名，一共配置了4名辐射工作人员，由于每台探伤机不会在同一变电站开展探伤工作，且每台探伤机的辐射工作人员是固定的，不会参与另一台探伤设备作业，因此每名辐射工作人员受到的辐射照射剂量基本是一致的。

本项目每台探伤机单次检测变电站最多检测15个工件，每个工件曝光时间最长为5min，每台探伤机的变电站探伤次数约为24次/年。因此本项目每台探伤机年曝光时间约为30h。

本项目X射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处，该处X- γ 辐射剂量率低于 $15\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，保守以 $15\mu\text{Gy}/\text{h}$ 计算。在上述偏保守的条件下，使用因子取 $U=1$ ，居留因子取 $T=1$ 。

根据式(11-6)计算可知，单个辐射工作人员的年有效剂量最大约为0.45mSv。

(2) 公众剂量估算

根据操作规范，在每次现场探伤作业前，建设单位都须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。建设单位应在进行探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区域，监督区的边界剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

保守假设：每年在同一地点探伤24次，年出束时间30h；使用因子取U=1，居留因子取T=1。

根据式（11-6）计算，公众人员的年附加有效剂量最大约为0.075mSv。

因此，本项目X射线现场探伤所致辐射工作人员与公众成员的年附加有效剂量满足本报告提出的剂量约束值要求（工作人员5mSv/a，公众0.1mSv/a），同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”要求。

11.2.3 其它污染物对环境的影响分析

本项目X射线探伤机作业时，产生的X射线使空气电离产生的少量的臭氧和氮氧化。由于本项目为现场探伤，且探伤地点为较空旷场所，扩散条件较好，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境影响是可接受的。

本项目X射线探伤机采用数字成像检测方式，不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。

本项目辐射工作人员产生的少量生活垃圾依托作业场地现有环保设施进行处理。

11.3 辐射事故影响分析

11.3.1 环境风险评价的目的

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（环发〔2006〕145号）的规定，发生辐射事故时，使用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。

11.3.2 事故情形

本项目为使用移动式X射线探伤机进行现场无损检测工作，当设备关机时不会产生X射线，不存在影响辐射环境质量的事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。其X射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射，本项目可能存在以下事故情形：

（1）现场探伤时，探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使辐射工作人员或公众误入控制区和监督区，使其受到超剂量的外照射。

（2）现场探伤时，现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成超剂量的照射，或探伤人员违反操作

规程强行探伤，对辐射工作人员和公众造成的照射。

(3) X射线机被盗，使X射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射。

(4) 现场探伤时在未照射完毕的情况下，现场探伤工作人员误入控制区给工作人员造成误照射。

(5) 检修工作时意外出事，维修人员及周围公众受到不必要的照射。

11.3.3 源项分析及事故等级分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表11-5。

表11-5 辐射事故等级分级一览表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系。

表11-6 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

11.3.4 事故所致人员受照剂量分析

上述情况可以用以下公式来计算事故所致辐射工作人员和公众受照剂量：

照射剂量计算公式：

$$D=D_0 \cdot t \cdot h / (3600 \cdot r^2) \times 10^{-3} \quad (\text{式11-7})$$

式中：

D ——受照剂量， μSv ；

D_0 ——射线束中心轴上距靶1m处的空气比释动能率， $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。本次以X射线探伤机满载功率（移动式X射线探伤机管电压为250kV，管电流为5.0mA），且无任何屏蔽条件下（参考（GBZ/T250-2014）附录B.1曲线，屏蔽透射因子取1）分析，根据（11-7）式计算得距靶点1m处和0.5m处的最大剂量率为 $6.27 \times 10^6 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 和 $2.508 \times 10^7 \mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

①辐射工作人员误入控制区：从发现到按下急停按钮的反应时间取5s，人员距靶点距离取1m，则 $D=9.9 \times 10^5 \times 5 / [3600 \times (1\text{m})^2] \times 10^{-3}=1.375\text{mSv}$ ；

公众误入控制区：从发现到按下急停按钮的反应时间取10s，人员距靶点距离取1m，则 $D=9.9 \times 10^5 \times 10 / [3600 \times (1\text{m})^2] \times 10^{-3}=2.75\text{mSv}$ ；

②辐射工作人员/公众未撤离控制区：从发现到按下急停按钮的反应时间取5s，人员距靶点距离取0.5m， $D=9.9 \times 10^5 \times 5 / [3600 \times (0.5\text{m})^2] \times 10^{-3}=5.5\text{mSv}$ ；

③探伤机被遗忘/被盗，非辐射工作人员误通电：从发现到按下急停按钮的反应时间取30s，人员距靶点距离取0.5m， $D=9.9 \times 10^5 \times 30 / [3600 \times (0.5\text{m})^2] \times 10^{-3}=33\text{mSv}$ ；

综上所述，本项目X射线探伤机误照射最大剂量为33mSv，根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），受照射剂量范围在1.0~2.0Gy属于轻度，本项目最不利情况受照射剂量为33mSv，远小于《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）轻度范围，但远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求职业人员（5mSv/年）及公众人员（0.1mSv/年）的年有效剂量限值。

建设单位应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。一旦发生辐射事故，应立即停止射线装置（切断电源），严禁公众在警戒区内停留。

11.3.5 辐射事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

(1) 定期对本单位探伤机进行维护，现场探伤时，先对现场进行勘察，确认周边环境、人流量，再进行清场。控制区边界悬挂“禁止进入X射线区”警告牌，设置“预备”和“照射”状态指示灯；监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。避免无关人员误入/滞留控制区、监督区内。

(2) 对本项目辐射工作人员进行专业培训，并加强管理。禁止未取得核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩单的人员操作X射线探伤机。

(3) 现场探伤前，辐射工作人员应正确佩戴个人剂量计、直读剂量计、个人剂量报警仪，并使用便携式剂量仪对工作场所进行实时监测，及时发现使用过程中的射线泄露；

(4) 现场探伤作业前，应制定探伤方案，该探伤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，明确各人员的职责和分工。作业期间做好相关记录，与方案一同存档备查；

(5) 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；

(6) 加强对X射线探伤机的贮存、使用现场的管理，防止X射线探伤机被盗、丢失。

(7) 发生误照情况时，应首先切断电源，确保探伤机停止出束。保护好现场，控制现场区域，防止无关人员进入，并立即向防护小组汇报情况。对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

建设单位应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行现场探伤作业，并在实际过程中不断对现有的辐射安全管理进行完善，加强辐射工作人员辐射防护知识的培训，定期检查X射线探伤机以及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

一旦发生辐射事故，建设单位将立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还将向使用地卫生行政部门报告。建设单位每年至少组织一次应急演练。

发生探伤机丢失或被盗事故，应保护好现场，积极组织展开查找工作。密切配合公安部门迅速查找、侦破，尽快追回丢失的射线装置。

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

12.1.1 机构设置

根据建设单位提供的资料，贵州电网有限责任公司电力科学研究院已按照《放射性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》等有关法律法规，成立了辐射安全与防护管理领导小组，并明确了小组相关职责。

成员名单如下：

组长：牧灏

副组长：代发明、李波

成员：何锦航、樊磊、杨再贵、王凌旭

职责：1.管理领导小组职责：负责本单位辐射安全与防护的日常管理工作；2.辐射安全与防护项目的评价报告审核、竣工验收的相关工作；3.辐射安全法律法规与防护知识培训和个人剂量检测组织工作；4.各类辐射与安全防护管理制度的建立健全工作；5.辐射防护设施与个人防护用品的配备、使用与维护管理工作；6.辐射安全危害告知工作；7.X射线探伤机设备性能检测与工作场所的防护检测工作；8.辐射安全与防护突发事件的报告工作；9.加强对本院员工的自我防范教育意识，防止意外伤害；10.加强X射线探伤机的检查管理，确保X射线机保持在安全状态；11.定期对X射线探伤机进行检查；12.发现射线损坏或丢失，要立即向院领导报告，对知情不报造成严重后果者将追究法律责任。

评价认为项目单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足本项目环保管理工作的需求。若辐射安全与环境保护管理机构成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

12.1.2 辐射人员管理

(1) 个人剂量监测

本项目配置辐射工作人员4人。建设单位为辐射工作人员配置个人剂量计。个人剂量计常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

(2) 辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置

安全和管理办法》要求，所有辐射工作人员，尤其是新进的、转岗的人员，必须到生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单后方可上岗。

建设单位4名辐射工作人员已参加了生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台辐射安全与防护培训，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单。

（3）辐射工作人员职业健康体检

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

建设单位4名辐射工作人员已建立了个人健康档案。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

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》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、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；有完善的辐射事故应急措施。

为了保障X射线探伤机的安全使用，建设单位已制订《辐射事故应急预案》、《辐射防护管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员职业健康管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《现场检测安全管理制度》、《射线装置使用登记制度》、《检测现场监督区、控制区人员清场管理制度》等辐射防护制度。

根据《核技术利用监督检查技术程序-2020发布版》中“II类非医”中进行对照分析。

表12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目	落实情况	备注
----	------	------	----

1	A综合	辐射安全管理规定	已制订	/
2		操作规程	已制订	/
3		非固定场所使用的管理规定	已制订	/
4		辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	/	需制定
5	B监测	监测方案	/	需制定
6		监测仪表使用与校验管理制度	/	需制定
7	C人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制订	
8		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制订	
9	D应急	辐射事故应急预案	已制订	/

由表12-1可得，建设单位现有辐射安全管理制度能够基本满足本项目运行期的管理要求，还需定制《辐射安全防护设施的维护与维修制度》、《监测方案》和《监测仪表使用与校验管理制度》，并完善《操作规程》、《辐射工作人员培训制度》及《辐射工作人员个人剂量管理办法》等制度。

建设单位所有相关制度应以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于射线装置贮存场所。建设单位对各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

12.3 辐射监测

12.3.1 辐射工作人员个人剂量监测

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）要求，建设单位为拟增的辐射工作人员配置个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计每三个月送检，并建立个人剂量档案。

12.3.2 辐射工作场所监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经有资质的监测机构进行监测。

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）要求，建设单位拟配备一台

便携式剂量仪，每次开始探伤工作之前，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，便携式剂量仪一直处于开机状态，防止X射线曝光异常或不能正常终止。

根据辐射管理要求，建设单位针对本项目制定如下监测方案：

(1) 正式使用前监测：委托有相关资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

(2) 常规检测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。

(3) 建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对核技术应用场所进行辐射环境监测，建立监测技术档案，年度监测报告应作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

监测数据每年年底向贵州省生态环境厅和当地生态环境局上报备案。

建设单位制定了辐射监测计划，并将每次监测结果记录存档备案。

表12-2 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	现场探伤	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	移动X射线探伤机探伤现场：由远及近测量，划分控制区、监督区；X射线探伤机贮存铅房及周围。	委托监测
验收监测	现场探伤	周围剂量当量率	项目完成3个月内	按照国家规定进行	移动X射线探伤机探伤现场：由远及近测量，划分控制区、监督区；X射线探伤机贮存铅房及周围。	委托监测
日常监测	现场探伤	周围剂量当量率	每次探伤前	按照国家规定进行	移动X射线探伤机探伤现场：由远及近测量，划分控制区、监督区。	自行监测

12.3.3 环保竣工验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号），建设单位是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说

明的事项等三项内容。

建设单位应如实查验、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。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，建设单位可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过3个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过12个月。

12.4 辐射事故应急

根据国务院第449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故的调查、报告和处理程序。

根据建设单位提供的资料可知，建设单位已经制定了《辐射事故应急预案》，应急预案包括了应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对放射性事故和突发性事件时基本可行，将本项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

在项目投产运营后，建设单位应根据项目实际运营情况，按照国家有关法规和管理规定修订不断完善《辐射事故应急预案》，力求内容较全、措施具体，针对性强、便于操作，在应对辐射性事故和突发性事件时基本可行。此外建设单位制定计划定期安排应急物资储备、辐射应急培训和辐射应急演练。发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射

的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12-3。

表 12-3 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(一) 使用II类放射源，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作。	已设置辐射安全与防护管理领导小组，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；
(二) 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。	建设单位配备的4名辐射工作人员已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单；
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素；
(四) 放射性同位素与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要求的安全措施。	建设单位已制定相应的操作规程，按要求张贴电离辐射警告标志；
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位配备的4名辐射工作人员已配置个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪，配置2台便携式剂量仪；
(六) 有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已制定操作规程，辐射防护和安全保卫制度、人员培训、监测等制度；
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定《辐射事故应急预案》；
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性废气、废液和固体废物。

综上所述，贵州电网有限责任公司电力科学研究院在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

贵州电网有限责任公司电力科学研究院拟搬迁的2台定向移动式X射线探伤机，用于贵州省内地变电站现场GIS设备探伤。本项目X射线探伤机设备型号均为MAPT-250，最大管电流均为250kV，最大管电压均为5mA，为II类射线装置。

(2) 辐射安全防护措施结论

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中要求，探伤作业时，建设单位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。且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；在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

建设单位配置2台便携式剂量仪，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，必要时应调整控制区的范围和边界。每名辐射工作人员佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。

本项目X射线探伤机无作业任务时，贮存于贵州电网有限责任公司电力科学研究院电科院科研楼及实验楼负一楼铅房内，铅房已实行双人双锁，由专职工作人员负责。采用防盗门窗，门上已设有电离辐射警告标志，其入口处应安装视频监控系统。并落实射线装置的领取、归还和登记制度，落实设备台账管理。

在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施符合辐射防护要求。

(3) 辐射安全管理结论

管理机构：建设单位已成立了辐射安全与防护管理领导小组，明确了小组相关职责，并将加强监督管理；建设单位已制定包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。建设单位应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格执行；建设单位拟按要求安排辐射工作人员在生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全与防护培训，取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格

报告单后方可上岗。

13.1.2 环境影响分析结论

(1) X射线现场探伤控制区和监督区划分

本项目X射线探伤机进行现场探伤时，因探伤工况的差异，控制区范围最大约68m，监督区范围最大约180m。实际探伤过程中X射线探伤机射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平产生变化，从而改变控制区和监督区的范围。

(2) 人员受照剂量

根据剂量估算结果，建设单位在进行X射线现场探伤时，辐射工作人员的年有效剂量最大约为0.45mSv，公众人员的年附加有效剂量最大约为0.075mSv。因此，本项目所致工作人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”要求，也低于本次评价提出的5.0mSv年剂量管理约束值；项目所致公众人员年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求，也低于本次评价提出的0.1mSv年剂量管理约束值。

(3) 其它污染物对环境的影响分析

现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地较为开放，臭氧在一段时间内自动分解为氧气，其产生的臭氧及氮氧化物对环境影响是可接受的。

13.1.3 项目可行性分析结论

(1) 产业政策符合性

本项目为X射线探伤检测项目，对照《产业结构调整指导目录（2024年本）》(2023年修订)“鼓励类”中第三十一项“科技服务业”中第1款“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业科技服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，符合国家产业政策。

(2) 实践正当性符合性

本项目的目的是开展GIS设备无损检测，用于判断GIS设备内部存在的缺陷问题，以便及时更换设备和零件。项目实践过程中采取了可靠的辐射防护措施，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，其所获利益远大于可能因辐射实践所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

(3) 项目可行性分析

综上所述，贵州电网有限责任公司电力科学研究院移动式X射线探伤机搬迁项目在落实本评价报告所提出的各项污染防治和辐射环境管理措施后，项目各项辐射安全措施基本满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）的要求，辐射工作人员和公众最大年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求，运营期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围，因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

- (1) 应结合工作实际情况对辐射安全管理制度进行不断修改和完善；
- (2) 应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

- (1) 建设单位在本项目取得批复后，及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证。
- (2) 项目严格按照本次报批的设备类型、数量建设，项目竣工后正式运行前，根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，在规定的验收期限内（一般不超过3个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。
- (3) 建设单位应定期或不定期针对X射线装置的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保装置的完好和有效。
- (4) 建设单位应及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。
- (5) 承诺严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对警示灯等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。
- (6) 根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规范进行项目竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表13-1。

表13-1 项目环保竣工验收检查一览表

类别	环保设施（措施）
建设内容	建设单位搬迁的2台移动式X射线探伤机，设备型号均为MAPT-250，最大管电流250kV，最大管电压5mA，为II类射线装置。探伤地点主要为贵州省内各变电站，被检工件为GIS筒体。无探伤任务时X射线探伤机存放于建设单位电科院科研楼及实验楼负一楼铅房内。
环评手续履行情况	项目环评批复、辐射安全许可证
废气处理	直接排放进入大气环境
废水处理	不产生废水
放射性固废	不产生放射性固废
安全装置	作业现场设置警示绳、电离辐射警示标志和声光报警装置等
辐射屏蔽措施	80cm×80cm的5mm铅板2块
个人防护用品	个人剂量计、个人剂量报警仪、直读剂量计
台账	落实射线装置及控制台钥匙的领取、归还和登记制度，落实台账管理
监测	2台X-γ便携式剂量仪
综合管理	具有完善的操作规程、应急预案、辐射安全管理制度等
	辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并持证上岗
	辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康体检档案

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

贵州电网有限责任公司电力科学研究院移 动式 X 射线探伤机搬迁项目 环境影响评价委托函

核工业二四〇研究所：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管
理条例》等法律法规的要求，经我单位研究决定，由贵所承担我单位
“贵州电网有限责任公司电力科学研究院移动式 X 射线探伤机搬迁
项目”的环境影响评价工作，编制环境影响报告表。该报告应结合本
工程实际情况，严格执行国家有关建设项目环境保护管理的规定，符
合环境评价导则及标准。

特此委托！

单位（盖章）：贵州电网有限责任公司电力科学研究院

日 期：2025 年 11 月 1