

核技术利用建设项目
新建户外移动 X 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位：重庆力道云智能科技有限公司

编制单位：重庆雅城环保科技有限公司

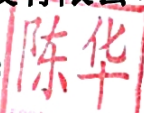
二〇二五年六月

生态环境部监制

新建户外移动 X 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：重庆力道云智能科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市两江新区金山街道栖霞路 18 号 13 幢 1 单元 12-9

邮政编码：401122

联系人：张 **

电子邮箱：57 ***** @qq.com

联系电话：158**** 8691



重庆力道云智能科技有限公司关于同意《新建户外移动 X 射线探伤项目》的公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆雅城环保科技有限公司编制的《新建户外移动 X 射线探伤项目环境影响报告表》（公示版），我单位已对报告表（公示版）内容进行了审阅，报告表除附图、附件、联系人电话外，不含涉及国家机密、商业机密、个人隐私的内容，我单位同意对报告表（公示版）全文进行公示，并对公开的环评文件全文负责。

重庆力道云智能科技有限公司（盖章）

2025年6月23日



编制单位和编制人员情况表

项目编号	bpu32n		
建设项目名称	新建户外移动X射线探伤项目		
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)	重庆力道云智能科技有限公司		
统一社会信用代码	91500112MABU177X3W		
法定代表人 (签章)	陈华		
主要负责人 (签字)	李力航		
直接负责的主管人员 (签字)	李力航		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆雅城环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91500112MA60BN9K1W		
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
夏飞	2015035550350000003512550225	BH007065	夏飞
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
夏飞	放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物 (重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH007065	夏飞
田渺	项目基本情况、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH043012	田渺

目录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 7

表 3 非密封放射性物质 7

表 4 射线装置 8

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 9

表 6 评价依据 10

表 7 保护目标与评价标准 12

表 8 环境质量和辐射现状 15

表 9 项目工程分析与源项 16

表 10 辐射安全与防护 25

表 11 环境影响分析..... 37

表 12 辐射安全管理 53

表 13 结论及建议 59

附 录 62

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建户外移动 X 射线探伤项目					
建设单位		重庆力道云智能科技有限公司 (统一社会信用代码: 91500112MABU177X3W)					
法人代表		陈华	联系人	张**	联系电话	158****8691	
注册地址		重庆市两江新区金山街道栖霞路 18 号 13 幢 1 单元 12-9					
项目建设地点		设备存放地点: 重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司厂区库房内 作业场所: 全国范围内变电站 GIS 设备的安装使用场所					
立项审批部门		重庆市长寿区发展和改革委员会		批准文号	2503-500115-04-05-665029		
建设项目总投资 (万元)		60	项目环保投资 (万元)	21	投资比例 (环保 投资/总投资)	35%	
项目性质		新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他 ☐			占地面积 (m ²)	60	
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类				
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类				
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物				
		☐ 销售	/				
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙				
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类				
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类				
		使用	☒ II 类 ☐ III 类				
	其他	/					
	项目概述 1.1 建设单位概况 重庆力道云智能科技有限公司 (以下简称“力道公司”) 成立于 2022 年 7 月 11 日,						

续表 1 项目基本情况

是一家专业从事输电、供电、受电电力设施的检验检测及相关技术服务的科技型企业。公司注册及办公地址均位于重庆市两江新区金山街道栖霞路 18 号 13 幢 1 单元 12-9。办公地点地理位置详见附图 1。

力道公司是一家专业的电力服务商,致力于为客户提供高效、优质的电力解决方案。目前,力道公司可进行局部定位、红外热成像、超声波、机械振动、金属技术监督、地网检测、避雷器检测等技术检测检验服务。重庆力道云智能科技有限公司目前仅涉及常规电力检测业务,X 射线无损检测业务为公司首次开展。

1.2 项目由来

GIS 设备,全称气体绝缘开关设备,也称六氟化硫封闭式组合电器,是电力系统重要设备之一,其运行状态对电网安全、稳定、可靠运行起到至关重要的作用。GIS 设备由断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、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六氟化硫绝缘气体。

为更好的服务于电力行业,力道公司拟购买 1 套便携式 X 射线探伤数字成像检测系统(以下简称“检测系统”),并组建 1 个探伤作业班组,在全国范围内开展变电站 GIS 设备的 X 射线无损检测活动。

根据关于发布《射线装置分类》的公告(环境保护部及国家卫生计生委公告,公告 2017 年第 66 号,2017 年 12 月 5 日施行)的相关规定,工业用 X 射线探伤装置属于 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)中第五十五项:核与辐射中第 172 条、核技术利用建设项目中的“生产、使用 II 类射线装置的”应编制环境影响报告表。

为此,力道公司委托重庆雅城环保科技有限公司对“新建户外移动 X 射线探伤项目”(以下简称“本项目”)开展环境影响评价工作。重庆雅城环保科技有限公司接受委托后,在现场踏勘、收集有关资料的基础上,结合项目特点、性质、规模和环境状况,按照核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求,编制了《重庆力道云智能科技有限公司新建户外移动 X 射线探伤项目环境影响报告表》。

1.3 项目建设规模

(1) 项目概况

续表 1 项目基本情况

力道公司租用重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司的闲置库房改造为仪器存放间。并购置 1 套便携式 X 射线探伤数字成像检测系统（Ⅱ类射线装置），组建 1 个探伤作业班组，在全国范围内开展变电站 GIS 设备 X 射线无损探伤检测活动。项目总投资约 60 万元，其中环保投资约 21 万元。项目仪器存放间建筑面积约 60m²，施工期约 1 个月。

项目的建设内容一览表见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	检测系统	拟配置 1 套便携式 X 射线探伤数字化成像检测系统，主要由 XXG-2505 型便携式定向 X 射线探伤机（1 台，最大管电压 250kV，固定管电流 5mA）、平板探测器、图像处理软件、笔记本电脑组成，日常存放在仪器存放间内。	拟购
	工作内容	在全国范围内变电站 GIS 设备的安装使用场所开展 X 射线无损检测活动，采用数字实时成像技术，不进行洗片。	/
辅助工程	办公区	辐射工作人员不进行探伤作业时，依托力道公司现有办公场所；设备存放地点的管理人员办公依托重庆泰华纺织有限公司办公场所。	依托
	仪器存放间	拟布置在重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司厂区办公楼旁，用于便携式 X 射线探伤数字成像检测系统以及便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警示语、铅防护橡胶等辐射安全防护设施的存放，建筑面积约 60m ² 。 建设单位拟在重庆泰华纺织有限公司设置 1 名管理人员，专门负责管理仪器存放间，设备进出建立档案。	依托
公用工程	供水	来自市政供水管网。	依托
	排水	工作人员生活污水依托所在办公场所（包括探伤设备存放处）的生化池处理后排入市政污水管网；开展现场探伤的工作人员产生的生活污水依托周边已有的废水处理设施处理。	依托
	供电	办公场所由区域供电电网供电；探伤现场依托变电站及设备自带电池。	依托
环保工程	辐射防护	配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪、声光报警灯、警示灯、警告标志及警示牌、警戒绳、铅防护橡胶等，探伤工作场所分区管理，采取距离控制工作场所外辐射水平。	/
	废水处理	工作人员在办公场所（包括探伤设备存放处）产生的生活污水依托办公场所生化池处理；开展现场探伤的工作人员产生的生活污水依托周边已有的废水处理设施处理。	依托
	废气处理	现场探伤过程中产生少量废气，通过自然扩散排放。	/
	固废处理措施	工作人员在办公场所产生的生活垃圾依托办公场所（包括探伤设备存放处）的垃圾桶收集后交环卫部门处理；探伤现场产生的生活垃圾依托周边已有的固废收集措施。	依托
		射线装置在报废后，对 X 射线管去功能化，再交由物资回收单位处理，保留回收手续并做好相关记录存档。报废的铅防护橡胶交有资质单位处理。	/

续表 1 项目基本情况

(2) 设备概况

本项目设备清单见表 1-2。

表1-2 本项目设备清单表

序号	名称	数量	规格型号	用途	来源	使用场所	备注
1	便携式 X 射线探伤机	1 台	XXG-2505 型	X 射线 无损检 测	新购	全国范围内变 电站 GIS 设备 的安装使用场 所	定向机
2	平板探测器	1 台	/		新购		/
3	笔记本电脑	1 台	/		新购		/
4	支架等配件	1 套	/	连接、支 撑设备	新购		/

(3) 探伤地点及探伤对象情况

本项目探伤地点位于全国范围内变电站 GIS 设备的安装使用场所。探伤对象为变电站的 GIS 设备（多数为铝合金材质，少部分为钢材质），不同类型的变电站 GIS 设备安装位置不同。本项目探伤对象以室外变电站 GIS 设备居多，少数情况也涉及室内变电站 GIS 设备。主要利用 X 射线数字成像技术对 GIS 设备进行可视化无损检测，检查 GIS 设备外壳、开关和刀闸内部情况，在不解体设备的情况下实现直观、可靠、准确的评价。

GIS 设备示例见图 1-1。



图 1-1 GIS 设备示例图

本项目 X 射线装置主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 探伤常用条件及探伤对象参数一览表

探伤对象名称	材质	直径 (mm)	厚度 (mm)	使用机型	最大运行工况	常用运行工况
GIS 设备	外壳为铝合金或钢	Φ300-Φ1000	外壳壁厚 10mm, 探伤厚度 ≥10mm	XXG-2505	250kV, 5mA	230kV, 5mA

注：探伤对象为 GIS 设备，圆柱状，外壳厚度约 10mm，内部有断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器等组件，被六氟化硫气体封闭在 GIS 设备中，因此探伤对象厚度≥10mm。

续表 1 项目基本情况

(4) 计划工作量

探伤工作量根据公司签订检测业务情况来定, 预计全年检测系统曝光次数 1500 次。项目检测系统工作负荷见表 1-4。

表 1-4 检测系统工作负荷一览表

探伤机型号	数量	探伤机主要技术参数	年最大曝光次数	单次最长曝光时间	年最大曝光时间	周最大曝光时间
XXG-2505	1	最大管电压 250kV 固定管电流 5mA	1500 次	1~5min	125h (7500min)	2.5h (150min)

(5) 工作人员

本项目配置 1 套检测系统, 设置 1 个探伤工作小组, 拟配备 2 名辐射工作人员。2 名辐射工作人员为固定人员, 目前已由公司内部培养, 辐射工作人员配置情况见表 1-5。

表 1-5 辐射工作人员配置情况

序号	姓名	性别	岗位	辐射防护与安全培训	有效期
1	张正义	男	无损检测	FS25CQ1200105	2025.4.16~2030.4.16
2	周扬	男	无损检测	FG25CQ1200108	2025.4.16~2030.4.16

警戒、巡视人员不固定, 拟在探伤工作开展前对探伤作业点配置的警戒、巡视人员进行辐射防护与安全知识培训。

1.4 外环境概况

项目租用位于重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司厂区的闲置库房作为仪器存放间。根据现场踏勘, 项目仪器存放间位于重庆泰华纺织有限公司厂区西南侧, 东侧与重庆泰华纺织有限公司办公楼相邻, 南侧和西侧与重庆泰华纺织有限公司仓库及库房相邻, 北侧为重庆泰华纺织有限公司厂内道路和厂房。

重庆泰华纺织有限公司西侧、南侧和北侧靠近山坡地, 生长有低矮灌木; 东侧约 5m 为轻化路; 东南侧约 30m 为重庆龙瑞化工有限公司。

项目仪器存放间位置及周边位置关系见附图 2。

1.5 项目周边环境保护目标及场址选址

本项目探伤地点位于全国范围内变电站 GIS 设备的安装使用场所。在探伤前, 力道公司将对探伤现场的工作环境进行全面的评估, 评估内容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、作业空间等。根据评估内容制定现场探伤作业方案; 同时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。以确保探伤过程中的辐射安全, 确保进行现场探伤的选址合理可行。若探伤现场与评估内容不

续表 1 项目基本情况

一致，应及时对探伤现场判定，修正现场探伤作业方案，再实施现场探伤工作。

项目在进行现场探伤时，影响范围为探伤现场周边工作人员及公众成员。故本项目的主要环境保护目标为操作射线装置的辐射工作人员、探伤现场辅助的警戒、巡视人员和监督区外的其他公众成员。

1.6 与本项目有关的原有核技术利用项目许可情况

重庆力道云智能科技有限公司检测业务范围目前尚未涉及到应用 X 射线进行无损检测，该单位为首次涉及核技术利用领域。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及放射源								

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
本项目不涉及非密封放射性物质										

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（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	检测系统的便携式定向 X 射线探伤机	II类	1	XXG-2505 型	250	5	X 射线无损检测	全国范围内变电站 GIS 设备的安装使用场所	新购
以下空白									

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（mA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
本项目不涉及中子发生器													

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
本项目不涉及放射性废物								

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行（修订版）； (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； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行（修订版）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2021 年 1 月 4 日修订实施； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部 部 令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行； (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行； (9) 《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； (10) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部、国家卫生计生委公告，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行（修订版）； (11) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 9 月 28 日第三次修正； (12) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行。
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	(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)； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (3)《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)； (4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)； (5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第 1 号修改单； (6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB 22448-2008)； (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (8) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (9) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ 104-2017)。
其他	(1) 环境影响评价委托书； (2) 投资项目备案证； (3) 租房合同； (4) 承诺书； (5) 《辐射防护导论》，方杰，原子能出版社 1991 年出版； (6) 《辐射安全手册》，潘自强主编； (7) 《高压配电装置设计规范》(DL/T 5352-2018)； (8) 类比监测报告； (9) 建设单位提供的设备资料。

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“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：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（无实体边界项目视情况而定，应不低于 100m 范围）”，结合项目射线装置类型、能量、能量流污染特征与距离相关关系，确定本项目评价范围为探伤现场监督区范围内区域，按照后文理论计算监督区最大范围为 294m。

7.2 保护目标

本项目设备存放地点在重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司厂区办公楼旁，存放期间不涉及设备运行、调试、维护等，设备不通电，不出射线，因此不会对周边产生辐射影响，在设备存放地点不考虑环境保护目标。项目探伤地点位于全国范围内变电站 GIS 设备的安装使用场所，周围主要是变电站的工作人员及周边居住的少量散户居民。根据 GIS 设备的探伤位置不同，主射方向可能朝向地面（竖直向下）、水平方向。

典型作业场所周边环境示例见图 7-1。



图 7-1 典型作业场所周边环境示例图

本项目探伤现场不涉及公众密集活动场所，主要环境保护目标是探伤现场辐射工作人员、警戒、巡视人员等其他公众成员。由于探伤地点位于变电站 GIS 设备的安装使用场所，具体探伤现场的环境不确定，探伤设备在工作条件下的环境保护目标人数是不定的。

本项目探伤现场环境保护目标见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 主要环境保护目标			
保护目标	保护目标方位	与探伤机距离	人数
辐射工作人员	非主射方向	控制区外，监督区内	2 人
非辐射工作人员、公众成员	/	监督区外	人数不定，巡视、警戒人员及其他公众成员
注：距离不定，根据具体探伤现场环境情况确定。			

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

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。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

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：

a) 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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述控制值：年有效剂量 1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求，标准适用于使用 600kV 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。

5.1X 射线探伤机

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

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（kV）	漏射线所致周围剂量当量率（mSv/h）
>200	<5

7.2 分区设置

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。

a) 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

续表 7 保护目标与评价标准

应按下列公式计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau}$$

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

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

τ —每周实际开机时间，单位为小时（h）。

本项目每周实际开机时间约 2.5h<7h。因此，控制区范围取值 15 $\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

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

（3）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单

3.1.1 a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；

公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

（4）标准汇总

建设单位根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员及公众成员的剂量限值要求，制定了力道公司的辐射剂量管理目标，确定本项目剂量管理目标值分别为：辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。

根据前述标准，确定本项目的评价标准要求，见表7-3。

表 7-3 本项目评价标准一览表

序号	项目	相关要求	采用的标准
1	辐射剂量控制目标	辐射工作人员年剂量： $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员年剂量： $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 周剂量：对职业工作人员低于100 $\mu\text{Sv/周}$ ，公众低于5 $\mu\text{Sv/周}$	GB 18871-2002、GBZ/T 250-2014 及建设单位的管理要求
2	现场探伤要求	将作业场所中周围剂量当量率大于 15 $\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区； 将控制区边界外、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。	GBZ 117-2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1项目地理和场所位置

本项目设备存放在重庆市长寿区凤城街道边滩村12号1号重庆泰华纺织有限公司厂区的仪器存放间，在此位置仅进行存放，不涉及设备运行、调试、维护等。

探伤现场位于全国范围内变电站GIS设备的安装使用场所。

8.2环境质量和辐射现状

本项目在营运期对环境空气、水环境和声环境影响较小，主要是对探伤现场周围的电离辐射影响，评价因子为环境 γ 辐射剂量率。

X射线随便携式定向X射线探伤机的开、关而产生或消失，对使用场址的辐射环境质量影响有限。设备关闭后，对使用场址的辐射环境影响立即停止。

根据《2023年全国辐射环境质量报告》（生态环境部辐射环境监测技术中心），全国31个省份环境 γ 辐射剂量率连续自动监测结果在48.9~264.7nGy/h之间，环境 γ 辐射剂量率累积监测结果在47.8~246nGy/h之间。项目探伤现场为全国范围内变电站GIS设备的安装使用场所，一般情况下无其他核技术利用项目，环境电离辐射水平处于当地本底涨落范围内；若探伤现场存在其他核技术利用项目，建设单位应根据探伤现场的具体情况开展辐射环境质量现状调查。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目设备存放于重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司厂区库房内，库房内现存杂物清理由重庆泰华纺织有限公司负责，与本次评价无关。本项目仪器存放间仅进行存放架和档案柜的简单布置。施工期不涉及大型施工设施，无土建工程，施工期对周围环境几乎无影响。

项目现场探伤也无土建工程，无施工期环境影响。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 设备组成及工作方式

(1) 设备组成

本项目检测系统由 XXG-2505 型便携式定向 X 射线探伤机、平板探测器、图像处理软件和笔记本电脑组成。

①XXG-2505 型便携式定向 X 射线探伤机

由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆等组成。管电压 100~250kV 可调，固定管电流 5mA，可设置曝光时间，单次最长曝光时间为 5min。

a. 控制器

控制器的主要作用是自动控制 X 射线发生器工作在设定的电压，保证产生稳定的 X 射线，并自动控制曝光时间。控制器为手提箱式结构，所有操作按钮及旋钮均设置面板上，电缆插座、电源开关及接地端均设置在侧面的插座盒内，可以方便地进行操作。

控制器面板上显示有时间及电压显示装置，训机、延时曝光、工作状态指示灯、开高压、停高压的按钮。控制器面板具有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线才能出束。停机或待机时钥匙才能拔出。按下停高压，探伤机停止出束。另外面板上给出了操作注意事项及参考曝光曲线图，延时曝光可设置在 0~9.9min 后曝光。

b. X 射线发生器

X 射线发生器为组合式结构，高电压变压器（包括 X 射线管灯丝绕组）和 X 射线管安装在同一管桶内，管桶用铝加工而成，而且是密封的，内部充有六氟化硫气体，它对于高电压有良好的电绝缘性能。X 射线发生器一端装有风扇和散热器，作为冷却之用。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气

续表 9 项目工程分析与源项

体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。

c. 电源电缆等附件

拟购设备控制器与 X 射线管头的电源电缆线长 30m。

便携式定向 X 射线探伤机技术参数见表 9-1。

表 9-1 便携式定向 X 射线探伤机主要技术参数一览表

设备型号	XXG-2505
生产厂家	溧阳市鸿安检测仪器有限公司
分类	II 类射线装置
管电压、管电流	管电压 100~250kV、固定管电流 5mA
焦点尺寸	2.0×2.0mm
穿透能力	钢：≤40mm
辐射角度	40°
成像方式	数字化实时成像
过滤板材质及厚度	3mmAl
出射线束	定向照射

② 平板探测器

平板探测器技术参数见表 9-2。

表 9-2 平板探测器主要技术参数一览表

探测器类型	非晶硅
探测器有效成像范围	35×43cm
像素间距	140μm
空间分辨率	3.6LP/mm
A/D 转换	16 位
出图时间	有线 1s，无线 2.5s

③ 图像处理软件及笔记本电脑

笔记本电脑配置要求：支持 32 位/64 位 WIN7 系统以上；I5 处理器（4 代以上）；独立显卡（2G 显存）；千兆网卡；8G 内存；1T 容量硬盘。

图像处理软件具有参数设置、长度标定参数、图像处理、自定义检测报告等功能。

设备组成及现场仪器设备连接示意图见图 9-1~9-3。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-1 XXG-2505 型探伤机组组成图



图 9-2 检测系统组成图

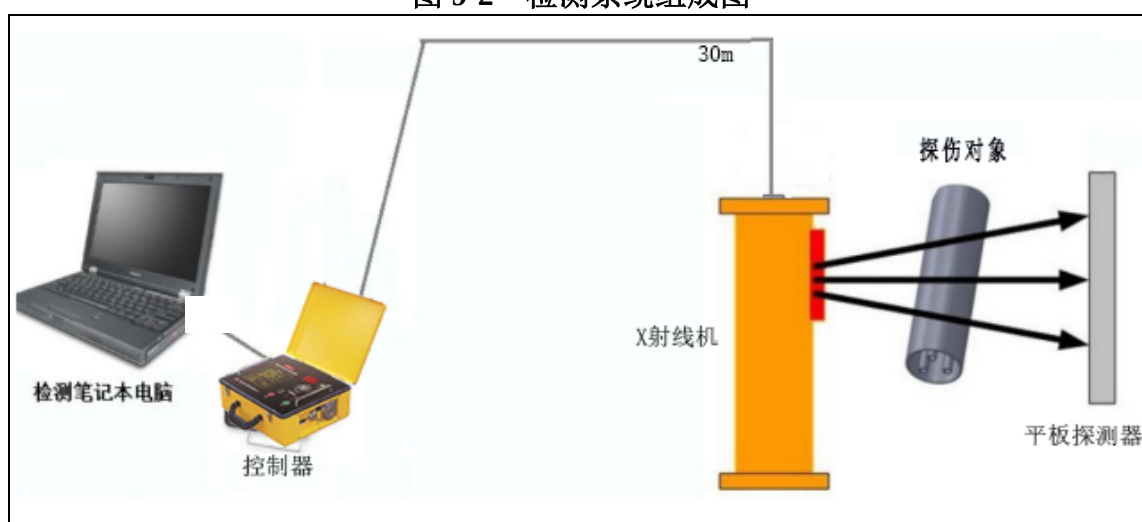


图 9-3 现场仪器设备连接示意图

(2) 工作方式

检测系统主要用于变电站 GIS 设备的安装使用场所，检查 GIS 设备开关和刀闸内

续表 9 项目工程分析与源项

部情况等。为 X 射线移动探伤，定向照射，其主射方向可能朝向地面（竖直向下）、水平方向，探伤设备和平板探测器固定在 GIS 设备外壳上，探伤设备通过电缆线与控制器连接，操作人员在控制区外通过控制器启动探伤设备进行探伤工作，探伤设备产生 X 射线照射 GIS 设备，X 射线透过 GIS 设备将结果反应在平板探测器上，经过无线传输，最终将检测结果显示在笔记本电脑上。

9.2.2 工作原理及工艺流程

（1）工作原理

①X 射线产生原理

X 射线发生器主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生轫致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见图 9-4。

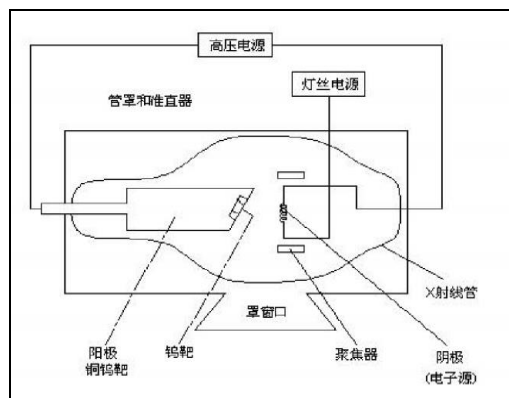


图9-4 X射线管原理示意图

②数字化成像

在检测过程中，探伤机放在探伤对象的一侧，将数字平板探测器面对探伤机，放置在探伤对象另一侧，由于被检对象内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度衰减越大，当射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，反应到平板探测器上。当GIS外壳及内部部件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，即可透过的射线强度越大、平板探测器感光亮越大，从而可以从平板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。

（2）工艺流程

续表 9 项目工程分析与源项

项目开展X射线现场探伤时，其工艺流程及产污环节见图9-5。

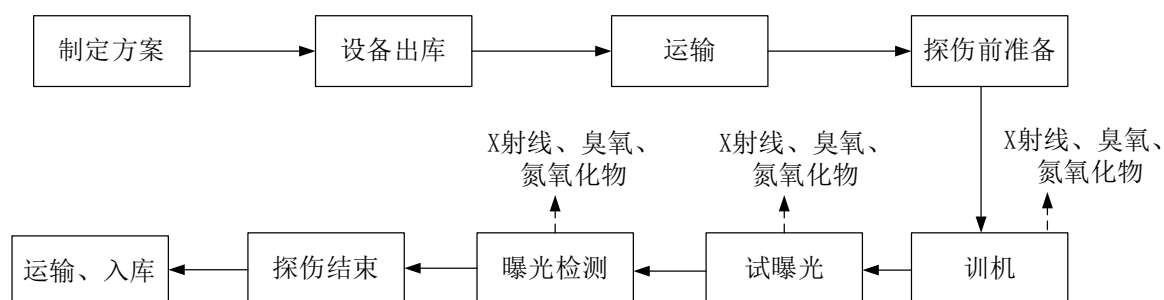


图9-5 现场探伤工艺流程及产污环节图

工艺流程简述：

(1) 制定方案：接受现场探伤任务后，制定现场探伤作业方案，该作业方案应包括工况、时间、地点、控制区及监督区范围、监测方案及清场方式等内容，应明确探伤人员、警戒巡视人员的职责和分工等。

(2) 设备出库：工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过仪器存放间管理员确认后，打开仪器存放间，领取设备。

(3) 运输：采用车辆运输设备至探伤地点，确保运输过程中设备的安全。

(4) 探伤前准备：到达现场后，在现场探伤曝光开始前应做好探伤作业前的各项准备工作，主要包括以下几个方面：

①向客户申请工作许可单，客户负责通知该设施涉及的所有人员。对探伤作业的具体情况提前进行公示，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》、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、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。

②设备操作人员检查探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；安全联锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好等。

③对探伤现场进行清场，同时对工作场所进行分区管理，在控制区边界设置警戒线、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，在监督区边界设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌；必要时设专人警戒。夜间探伤作业时在控制区边界设置警示灯。

分区完成后，由辐射工作人员负责现场巡视及监督检查，对控制区和监督区范围内的非探伤工作人员清场，确保探伤作业时无关人员等公众成员撤离监督区范围。

⑤安排专人在监督区外警戒、巡视，确保探伤作业期间无人员误入作业区。探伤设

续表 9 项目工程分析与源项

备进行探伤作业时需配备2名操作人员同时在场，每名操作人员均佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪。

(5) **训机：**若探伤设备关机48小时以上，进行试曝光前需要进行训机，训机完成后才可以正常使用。

(6) **试曝光：**在确保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，设置和固定探伤机、平板探测器、操作人员设置电压和曝光时间、调整焦距、延时曝光控制出束，操作人员在该段时间撤离至控制区警戒线外。

进行试曝光，辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪、并携带便携式X-γ剂量率仪对控制区及监督区边界进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，存在辐射安全隐患，应立即停止射线出束，调整控制区及监督区边界，并调整安全警戒措施设置位置。

(7) **曝光检测：**开机进行曝光，达到预定曝光时间后，探伤检测结束，平板探测器通过无线与笔记本电脑连接，探伤结果直接反映在平板探测器，连接存入电脑，启动图像处理软件，工作人员对检测系统储存的数字图像和有效信息进行分析，检查GIS设备外壳及内部情况等。

(8) **探伤结束：**单次曝光结束时，关闭X射线探伤机；若要继续进行下一轮探伤工作，探伤对象位置发生变化的，需要进行重新试曝光确认分区的边界，再进行曝光检测。辐射工作人员携带个人剂量报警仪和便携式X-γ剂量率仪进入控制区，确认探伤机已经停止工作后，收回探伤机，做好相关记录（影像、照片和现场记录资料等），与现场探伤作业方案一并存档备查。

然后清理完现场后，解除警戒，工作人员离场。

(9) **运输、入库：**探伤完毕后，妥善保管探伤设备并及时送回设备存放地点，在出入库台账上登记，设备入库。在探伤现场的探伤任务期间，未进行探伤时，设备由专人进行保管。

9.2.3 人流物流路径规划

探伤现场位于变电站 GIS 设备的安装使用场所，辐射工作人员按照现场探伤作业方案做好现场探伤准备工作，在控制器处设置参数和延时曝光等，然后避开主射束方向离开该区域到达控制区外，待曝光完成后再回到控制器操作。巡视人员在监督区设置好清场后一直在监督区边界巡视。

续表 9 项目工程分析与源项

若探伤现场与报告中描述场景不一致，人流路径再根据现场具体情况合理规划；辐射工作人员在监督区非主射束外操作，公众成员在监督区边界外活动。典型人流路径见图 9-11。

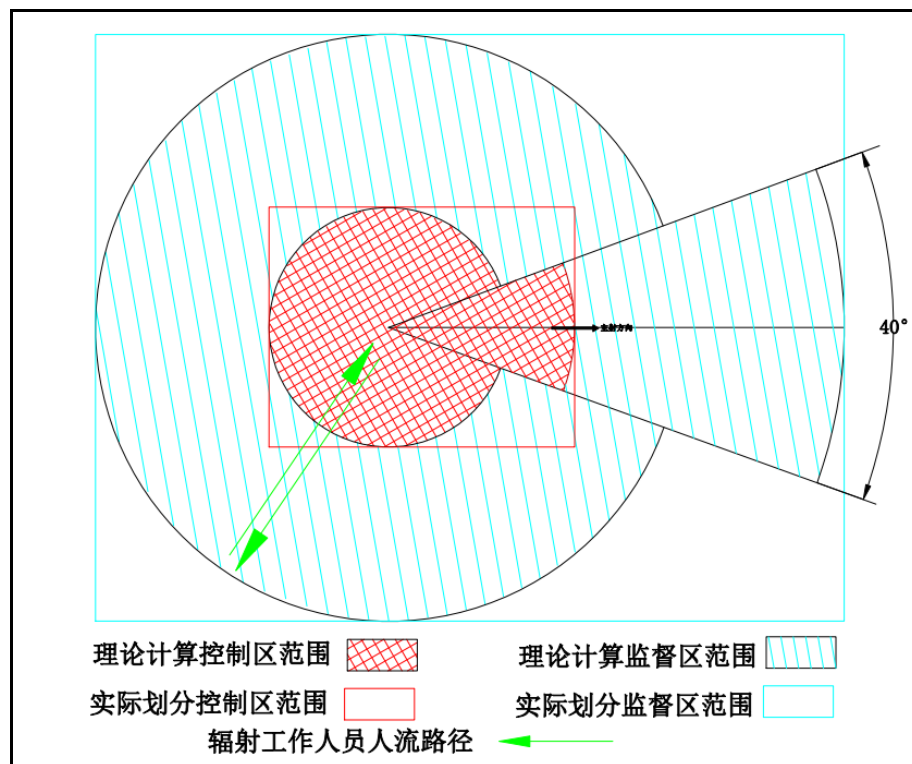


图 9-11 探伤现场典型人流路径示意图

9.3 污染源项描述

根据工艺流程可知，X 射线探伤机在运行时，X 射线成为污染环境的主要因子，其次是少量臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂）。本项目采用数字化成像，不涉及洗片，不产生废液和废片。

9.3.1 电离辐射

由 X 射线产生原理可知，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线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射 GIS 设备期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口过滤材质有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的高速电子通过与靶物质发生碰撞，产生韧致 X

续表 9 项目工程分析与源项

射线和低于入射电子能量的特征 X 射线，通过辐射窗口用来照射探伤对象，形成无损检测的射线。探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。管电流越高，光子束流越强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.1，本项目探伤机 X 射线输出量见下表。

表 9-3 X 射线输出量一览表

型号	类型	最大工作电压	过滤板厚度	X 射线输出量/mGy m ² / (mA min)
XXG-2505	定向	250kV	3mm 铝	13.9

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，本项目型号为 XXG-2505（最大工作电压 250kV）的射线探伤机距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率取 5mGy/h。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测对象、地面、周边建构物等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

考虑最不利情况，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，本项目 250kV 工作电压下 X 射线机 90° 散射辐射的能量最高，其值为 200kV。

9.3.2“三废”排放情况

本项目主要是在 X 射线机无损检测作业过程中产生 X 射线，不产生放射性三废。

（1）废气

在现场探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂），在探伤工作场所内自然扩散。

（2）废水

本项目无生产废水。工作人员在办公场所（包括探伤设备存放处）产生的生活污水依托办公场所生化池处理；探伤现场产生的生活污水依托周边已有的废水处理设施处理。

（3）噪声

本项目运行无高噪声设备。

（4）固体废物

本项目采用实时成像探伤检测技术，结果直接反映到数字平板探测器，传输存入电脑，实时进行分析，不需洗片，不会产生洗片废液与废胶片；项目运行产生少量生活垃圾等一般固废。

续表 9 项目工程分析与源项

本项目一般固废主要为工作人员产生的生活垃圾，生活垃圾产生量约 0.1t/a，在办公场所(包括探伤设备存放处)产生的生活垃圾通过垃圾桶收集后交环卫部门统一处理，探伤现场产生的生活垃圾依托周边已有的固废收集措施。射线装置在报废后，对 X 射线管去功能化，再交由物资回收单位处理，保留回收手续并做好相关记录存档。配置的铅防护橡胶在使用一定年限后屏蔽能力减弱，不能达到原有使用功能后妥善保存，交有资质单位处理，并做好相应记录。

9.3.3 项目产排污统计

本项目污染物产生排放情况见表 9-4。

表 9-4 项目污染物产排情况统计表

污染物	污染因子		产生量
电离辐射	X 射线		①工作电压 250kV，X 射线距靶点 1m 处的输出量为 13.9mGy m ² / (mA min)。 ②距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 5mGy/h。 ③250kV 工作电压下 X 射线机 90°散射辐射的能量最高，其为 200kV。
废气	O ₃ 、NO _x		少量
废水	生活污水 (COD、SS、NH ₃ -N)		少量
固废	一般固废	报废的 X 射线机	1 台 (约 10 年报废一次)，去功能化后交物资回收单位处理。
		报废的铅橡胶	1 块 (约 5 年报废一次)，交有资质单位处理。
		生活垃圾	0.1t/a

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射工作场所分区

10.1.1 布局合理性

重庆力道云智能科技有限公司新建户外移动 X 射线探伤项目的现场探伤作业点主要为国内各变电站 GIS 设备的安装使用场所，探伤检测在指定的控制区内进行；现场探伤检测作业时，拟将探伤设备与其控制器分开设置布局，探伤设备布置在控制区内，根据现场具体情况合理设置探伤检测主射束投照方向，控制器安放位置避开主射束照射方向，通过设备电源电缆远距离操作探伤设备，并利用探伤作业现场的现有结构（如墙体）、临时屏障、铅防护橡胶或临时拉起警戒线（绳）等进行工作场所的分区划设。

项目的平面布局符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，从辐射防护、安全操作等方面，其布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

（1）分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 条要求，应把辐射工作场所分为控制区和监督区。控制区：在辐射工作场所划分的一区域，在该区域内应需要和可能需要采取专门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或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的“移动式探伤的放射防护要求”中指出“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”。

（2）项目分区划设

从辐射安全角度考虑出发，在现场探伤作业前，根据探伤工况、探伤对象和探伤方案预估控制区和监督区的范围，探伤时再根据探伤现场条件，利用地形、构筑物等合理划定控制区和监督区范围。为使控制区的范围尽量小，应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。

在探伤工作前，使用配备的便携式 X-γ 剂量率仪对设备运行条件下的周围剂量率进行现场监测，划分控制区和监督区。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，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。

续表 10 辐射安全与防护

(3) 分区管理措施

①控制区边界拉警戒线，设置电离辐射警告标志及清晰可见的“禁止进入射线工作区”警示牌，设置声光报警灯及联锁装置。

②监督区边界警戒线，设置电离辐射警告标志及清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。

③控制区及监督区巡测，必要时设专人警戒。

两区划分依据及防护措施见下表 10-1。分区示意图见图 10-1。

表 10-1 项目探伤现场两区管理

分区	划分依据	实体分区防护措施
控制区	将作业时被检对象周围的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，可根据当地实际情况设置。	控制区边界拉警戒线，设置电离辐射警告标志及警告牌，设置声光报警灯及联锁装置，夜间设置警示灯。
监督区	将作业时被检对象周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 小于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，可根据探伤现场的地形，建筑物实际情况确定。	监督区边界警戒线，设置电离辐射警告标志及警告牌，必要时设专人警戒。

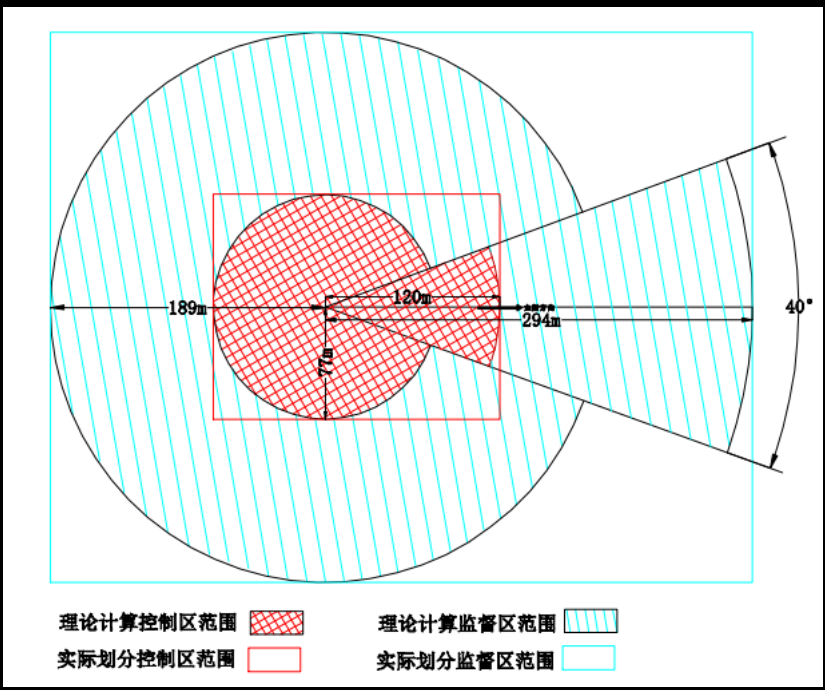


图 10-1 现场探伤工作场所分区划设示意图

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 设备固有安全措施

(1) 固定装置

移动式 X 射线装置管头组装体能固定在铅屏蔽组件上并加以锁紧。

续表 10 辐射安全与防护

(2) X 射线管头设有限束装置。

(3) X 射线管头窗口孔径不大于额定最大有用线束射出所需尺寸。

(4) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，大约需要 30 秒后会出现如下提示：准备指示灯点亮；蜂鸣器持续地响一声或两声，示意操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(5) 延时曝光功能

当控制器“启动准备”常亮时，长按“时间”旋钮，时间显示闪烁，此时可通过旋转“时间”旋钮调节延时时间，调节完毕，再次按一下“时间”旋钮或“OFF”按键即可退出调节。延时曝光可设置在 0~9.9min，启动延时曝光，可给操作人员足够的撤离探伤工作场所控制区。

(6) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

(7) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，在休息阶段将任何按键不可用，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

(8) 设备停止工作规定时间再使用时，要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

(9) 过电流、失电流、过电压保护

设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

(10) 控制器及钥匙控制

控制器设置有 X 射线管电压及高电压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

设有钥匙开关，只有在打开控制器钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停

续表 10 辐射安全与防护

机或待机状态时才能拔出。钥匙由专人管理。

(11) 紧急停机按钮

在 X 射线探伤机控制器设置有紧急停机按钮，按下按钮，探伤机停止出束。

10.2.2 拟采取的辐射防护与安全措施

(1) 拟采取的屏蔽防护措施

除了 X 射线探伤机固有的辐射安全防护措施，当室外变电站 GIS 设备探伤时，你配置 3mmPb 的铅防护橡胶 1 张在进行 X 射线探伤时遮挡在平板探测器后面，用来缩小主射方向的控制区和监督区距离。

(2) 警示标识和警示通告

拟配置警告标志、警示牌和警示通告，拟在现场探伤工作场所监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌；拟在控制区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“禁止进入射线工作区”警示牌，同时现场探伤工作前，提前对现场探伤工作场所周围发出通告，告知周围工作人员在安装现场探伤时间内不要进入该区域内。

(3) 警示设备（声光报警灯，扩音器等）

①拟配备声光报警灯，并与探伤机联锁，具有“预备”和“照射”信号和声音提示功能，安放于控制区边界。预备曝光时黄色警示灯闪烁并发出警报声音，进行曝光时红色警示灯闪烁并发出警报声音；报警信号与委托单位提前沟通，避免与工作场所内其他报警信号发生冲突。夜间工作时，在控制区边界设置警示灯。

②拟配备扩音器等声音提示装置，现场探伤工作前使用扩音器进行清场，使无关人员远离辐射工作场所。

③若现场探伤区域存在服务企业其他工作人员，应提前告知并做好清场工作。

(4) 警戒线（警戒绳）

为现场探伤工作场所拟配备警戒线。警戒线长度足够，进行现场探伤工作时，保证警戒线能将控制区、监督区围起来，阻止其他无关人员进入。

(5) 监测设备

公司拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），并配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪。

续表 10 辐射安全与防护

(6) 视频照片记录

对探伤现场，使用摄像机或手机，记录整个探伤工作过程，并存影留底。

(7) 控制器相关措施

探伤现场布置时，控制器尽可能设置在远处，避开有用线束范围，并使用延时曝光的功能，或利用现有构建筑物躲避。

10.2.3 本项目不同现场探伤作业准备及其辐射防护与安全措施

(1) 探伤现场考察

在实施现场探伤工作之前，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。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、作业空间等，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。

充分与安装现场探伤工作场所所在的其他单位负责人沟通，做好工作场地实施的准备和规划，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。确保探伤工作人员有充足的时间准备，以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

(2) 探伤前警戒工作

探伤作业前进行公告，划分控制区、监督区。在控制区边界拉警戒线，设置电离辐射警示标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”标牌，探伤前通知无关人员撤离到警戒线以外。现场配备辐射剂量监测仪器，随时监测工作区域的辐射剂量。

针对本项目特点及可能涉及的工作场所类型，如出现夜间或者照明条件不佳的情况应在控制区边界设置警示灯，安排警戒、巡视人员，做好周围公众成员的清场。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，必要时设专人警戒。

(3) 探伤作业中拟采取的措施

①在探伤现场考察的基础上，做好探伤前的警戒、清场工作基础上，工作人员每次在开展现场探伤工作前需要针对不同探伤场所制定详细的探伤作业方案，探伤作业方案主要包括：工况、时间、地点、控制区及监督区范围、监测方案及清场方式等，并明确相关探伤操作人员和警戒疏散人员的职责和分工。

②根据工作要求和探伤对象的材质、厚度等性质，合理选择探伤参数，合理选择主

续表 10 辐射安全与防护

射方向。

③当 X 射线探伤机、工作场所、被检对象（材质、部位等）、照射方向等条件发生变化时，均应重新使用便携式 X- γ 剂量率仪进行工作场所周围剂量当量率的巡测，重新划分控制区和监督区。

④本项目拟购便携式 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机的控制器与探伤机之间的连接电缆为 30m，且具有延时曝光功能。能够保证 X 射线探伤机曝光时工作人员位于控制区外进行操作，或利用现有建构筑物屏蔽。

⑤控制区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。

⑥本项目对室外变电站 GIS 设备探伤时，为减小主射方向控制区和监督区划分距离，评价要求配置 3mmPb 的铅防护橡胶 1 张（边长 1m $\times$ 1m）作为屏蔽措施，在进行现场探伤时，遮盖在平板探测器背后。

⑦本项目现场探伤时，一般对人员进行疏散后开展探伤工作，周围基本无工作人员。探伤时设置声光报警灯，拉好警戒线并设置警示标语，监督区边界巡视人员做好巡视工作及人员管控，禁止公众成员进入探伤工作场所。操作人员无躲避条件可使用延时曝光的功能，利用现有构建筑物躲避。

⑧电离辐射警示标志和中文警示说明

探伤作业现场拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明。电离辐射警示标志见图 10-1。



图10-1 电离辐射警警示标志图

（4）射线探伤装置管理

本项目探伤设备在无损探伤检测任务时存放于租用的仪器存放间，设置专人管理，设备进出建立档案。

续表 10 辐射安全与防护

探伤设备在探伤现场任务期间，未进行探伤时，设备由专人进行保管。

10.2.4辐射安全联锁逻辑分析

本项目只有在X射线机自检正常和紧急停机按钮复位同时满足的情况下，设备才能启动，设备出束时，配备的声光报警灯的红色警示灯闪烁并发出警报声音。当X射线机运行时，如果按下紧急停机按钮，设备会立即停止运行，配备的声光报警灯停止闪烁和报警。项目辐射安全联锁逻辑见图10-2。

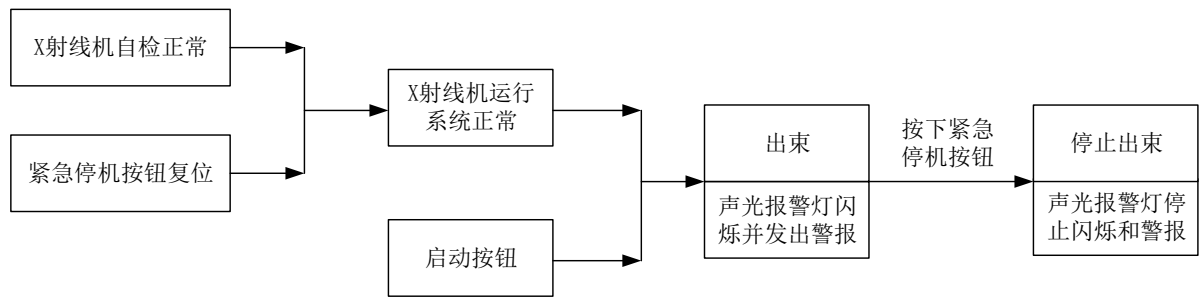


图10-2 项目辐射安全联锁逻辑图

10.3 防护用品

根据建设单位提供的资料可知，公司拟配置相关辐射防护用品及辐射防护措施，详见表 10-2。

表 10-2 公司拟配置防护用品及防护措施清单一览表

说明	防护用品名称	单位	数量	备注
拟配置防护用品	个人剂量计	个	2	辐射工作人员每人 1 个
	个人剂量报警仪	台	2	具有直读功能，辐射工作人员每人 1 台
	便携式 X-γ 剂量率仪	台	1	/
	3mmPb 的铅防护橡胶（边长 1m×1m）	张	1	室外变电站 GIS 设备探伤时，探伤机主射方向遮挡
	声光报警灯	个	4	2 用 2 备
	电离辐射警告标志	块	4	2 用 2 备
	警告牌（“无关人员禁止入内”警告牌）	块	4	2 用 2 备
	警告牌（“禁止进入射线工作区”警告牌）	块	4	2 用 2 备
	警戒绳	套	2	1 用 1 备
	扩音器	套	2	1 用 1 备

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准符合性对比情况见下表 10-3。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求符合性对比一览表			
标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ 117—2022)	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。	本项目建设单位为放射防护安全主体责任单位。
		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。	建设单位承诺在运营前成立辐射防护领导小组,并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照 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。	本项目辐射工作人员将按照 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测,按照 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。	本项目辐射工作人员将按照 GB/T 9445 要求,在正式工作前取得无损探伤人员资格。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目拟配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	建设单位承诺制定辐射事故应急预案。
	5 探伤机的放射防护要求	5.1.1X 射线探伤机在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合以下要求: 管电压<150kV,漏射线所致周围剂量当量率<1mSv/h; 管电压 150~200kV,漏射线所致周围剂量当量率<2.5mSv/h; 管电压>200kV,漏射线所致周围剂量当量率<5mSv/h。 在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。	本项目拟购买符合相应要求的设备。
		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)安全连锁是否正常工作;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工作。	本项目现场探伤工作前按照要求检查相关项目。
		5.1.3X 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要更换零部件时,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。	本项目拟制定射线装置检修维护制度,每年交原厂家进行维护至少一次,并做好设备维护记录,不自行维护。

续表 10 辐射安全与防护

	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的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。	本项目在实施移动式探伤工作前，将对工作环境进行评估，评估内容至少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、作业空间等。然后根据评估内容制定现场探伤作业方案；同时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。
		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。	建设单位共配置 1 台探伤机，配备 2 名辐射工作人员。
		7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场所实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通知、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。	项目探伤前准备时，提前与委托单位沟通协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通知、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的
	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为控制区的区域内进行。	本项目根据要求拟设置控制区和监督区，实行分区管理并设置警示标识，现场探伤工作在指定的控制区内进行。
		7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。	本项目拟将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。
		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。	本项目拟在控制区边界合适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。
		7.2.4 控制区的边界尽可能设立实体屏障，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。	本项目拟在探伤现场控制区边界拉警戒线或利用工作场所内现有建筑或墙体作为实体屏障。
		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。	本项目在探伤前，会对控制区和监督区进行清场，保证控制区内无其他工作进行。项目拟配置 3mmPb 的铅防护橡胶 1 张（边长 1m $\times$ 1m），当对室外变电站 GIS 设备探伤时，遮盖在平板探测器后面，用于减轻主射方向的影响，以缩小主射方向控制区、监督区距离。
		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下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	本项目拟配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪用于现场探伤工作。开始探伤工作前，将对剂量率仪进行检查，确认能正常工作。每名辐射工作人员均配置 1 台个人剂量报警仪，探伤现场进行佩戴，可听见、看见报警信号。
		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	本项目在探伤作业期间，将对控制区边界进行巡测；在探

续表 10 辐射安全与防护

		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。	伤位置在此方向或射线束的方向发生改变时，也会对控制区边界进行检测，适时调整控制区边界。
		7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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。	本项目拟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，必要时设置专人警戒。
		7.2.9 移动式探伤工作在多层楼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。	当现场探伤工作在多层楼的工厂或工地实施时，在探伤现场工作区上层或下层的人员通过楼梯处拉警戒线并设置警示标牌。
		7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 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。	本项目探伤机的控制器与 X 射线管头有 30m 长的电缆连接，同时控制器具有延时曝光功能，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。	本项目在探伤工作前，跟委托单位申请工作许可单，委托单位负责通知该设施涉及的所有人员。对探伤作业的具体情况提前进行公示。
		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。	本项目拟在探伤现场控制区边界声光报警灯，并于探伤机联锁，具有“预备”和“照射”信号和声音提示功能。预备曝光时黄色警示灯闪烁并发出警报声音，进行曝光时红色警示灯闪烁并发出警报声音；报警信号与委托单位提前沟通，避免与工作场所内其他报警信号发生冲突。夜晚作业时，拟在控制区边界设置警示灯。
		7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号装置应与探伤机联锁。	声光报警灯与探伤机联锁。
		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	本项目拟在控制区边界配置声光报警灯，显示“预备”、“照射”两种状态和声音提示装置，保证控制区的所有边界都能清楚听见或看见。
		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。	本项目拟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。	本项目探伤作业前，将对探伤现场控制区进行清场，确保控制区内无任何其他人员，并拉警戒绳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见，应安排足够的人员进行巡查。	本项目控制区边界拉警戒绳，并设置声光报警灯和警示标语；针对照明不佳区域，设置警示灯。控制区边界由辐射工作人员巡视，监督区边界巡视人员做好巡视工作及人员

续表 10 辐射安全与防护

			管控。
		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。必要时调整控制区的范围和边界。	本项目拟配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪用于试运行（或第一次曝光）期间，测量控制区边界的剂量率以保证边界设置正确，必要时将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。	本项目拟配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪用于现场探伤工作。开始探伤工作前，将对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪将一直处于开机状态，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。	本项目每个辐射工作人员均配置个人剂量计和个人剂量报警仪（具有直读功能）。同时，探伤现场配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪。
	8.1 检测的一般要求	8.1.1 检测计划：使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。	本项目拟制定放射防护检测计划。在检测计划中拟对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时拟采取的行动措施。
		8.1.2 检测仪器：应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。	本项目拟配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，对 X- γ 剂量率仪进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。
	8.2 探伤机检测	8.2.1 防护性能检测	本项目拟委托有资质单位，按照要求进行探伤机的防护性能检测并给出结果评价。
		8.2.1.1 检测方法：X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。	
		8.2.1.2 检测周期：使用单位应对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。	
	8.4 移动式探伤放射防护检测	8.2.1.3 结果评价：X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。	进行移动探伤作业时，拟通过巡测确定控制区和监督区。当 X 射线探伤机、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，拟重新进行巡测确定新的划区界线。在工作状态下拟检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。探伤机停止工作时，拟检
		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、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。	

续表 10 辐射安全与防护

		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。	测操作者所在位置的辐射水平，以确保探伤机确已停止工作，并同时做好监测记录。
		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，以确保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 2.5μSv/h 为监督区边界。	在探伤机处于照射状态，拟按照要求使用便携式 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，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) 发现个人剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。	每次移动式探伤作业时，建设单位均按照要求进行相关检测，并每年委托有资质单位按照相关要求进行检测。
		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 2.5μSv/h。	拟将周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区，周围剂量当量率 2.5μSv/h~15μSv/h 的区域划为监督区。
	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。	本项目射线探伤作业人员拟按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。
《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	5.3 剂量计的佩戴	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	拟为每名辐射工作人员在左胸前或锁骨对应的领口位置配备 1 枚个人剂量计。
根据表 10-3 可知，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。			
10.5 三废的治理			
本项目不产生放射性三废。			

表 11 环境影响分析

11.1 施工期对环境的影响

本项目施工期仅涉及存放架和档案柜的简单布置，不涉及大型施工设施，无土建工程，施工期对周围环境几乎无影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 设备存放地点环境影响

本项目设备存放地点仅进行设备存放，存放期间，设备不通电，不出射线；存放地点不涉及设备的运行、调试、维护等；建设单位的仪器存放间设置专人管理，设备进出库均需要在出入库台账上登记，经过仪器存放间管理员确认后，才可以领取和归还设备。因此，设备存放期间不会对周边产生辐射影响。

11.2.2 现场探伤理论计算

本次评价控制区和监督区边界按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，综合考虑现场探伤情况以及本项目的实际可操作性确定：确定将作业时被检物体周围的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，在控制区边界外将作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划定为监督区。本项目现场探伤的场所不固定，本评价通过理论计算确定控制区与监督区的划分范围。

（1）计算公式

本次计算参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中对探伤项目的计算公式：

①有用线束

关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式（1）计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot \dot{H}_0} \quad \text{式（1）}$$

式中： $\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）（本项目控制区为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安

续表 11 环境影响分析

(mA) ;

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 , Gy 和 Sv 的转换系数取 1;

根据公式推导, 主射方向控制区、监督区距离计算公式为:

$$R = \sqrt{\frac{H_0 \bullet B \bullet I}{\dot{H}_c}} \quad \text{式 (2)}$$

②泄漏辐射屏蔽

关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子 B 按式 (3) 计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \bullet R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式 (3)}$$

式中: $\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

R——辐射源点(靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。

根据公式推导, 漏射方向控制区、监督区距离计算公式为:

$$R = \sqrt{\frac{B \bullet \dot{H}_L}{\dot{H}_c}} \quad \text{式 (4)}$$

③散射辐射屏蔽

关注点达到剂量率参考水平 $\dot{H}_c$ 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (5) 计算。

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

式中: $\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

R_s ——散射体至关注点的距离, 单位为米 (m);

R_0 ——辐射源点(靶点) 至探伤对象的距离, 单位为米 (m);

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA);

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 , 见附录表 B.1;

F— R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α ——散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射

续表 11 环境影响分析

辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

当 X 射线探伤机装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_0^2/F \cdot \alpha$ 值为：50（200kV~400kV）。

根据公式推导，散射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R_s = \sqrt{\frac{B \cdot I \cdot H_0 \cdot F \cdot \alpha}{\dot{H}_c \cdot R_0^2}} \quad \text{式 (6)}$$

④屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（7）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 (7)}$$

式中：B—达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子；

X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—查表。

（2）主要核算参数

表 11-1 主要核算参数一览表

参数	数值			来源
设备基础参数	额定电压 250kV，电流 5mA			建设单位提供
G （mGy m ² /mA.min）	13.9（250kV 最大工作电压）			GBZ/T 250-2014 附录 B 中表 B.1
转换系数	6×10 ⁴			GBZ/T 250-2014 4.1 a)
H ₀ （μSv·m ² /（mA h））	8.34×10 ⁵			
$\frac{R_0^2}{F \times \alpha}$	50			GBZ/T 250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 HL （μSv/h）	5×10 ³			GBZ/T 250-2014 表 1
X 射线 90° 散射辐射能量 最高相应的 kV 值	200			GBZ/T 250-2014 表 2
什值层（TVL）	电压	250kV	200kV	/
	混凝土	90mm	86mm	GBZ/T 250-2014 表 B.2 查表和通过 换算得到
	铅	2.9mm	1.4mm	
	钢	18mm	13mm	《辐射防护导论》(P103,附图 3.23)
	铝	79mm	55mm	根据《辐射安全手册》（潘自强主 编）P146 图 6.4 估算得到

续表 11 环境影响分析

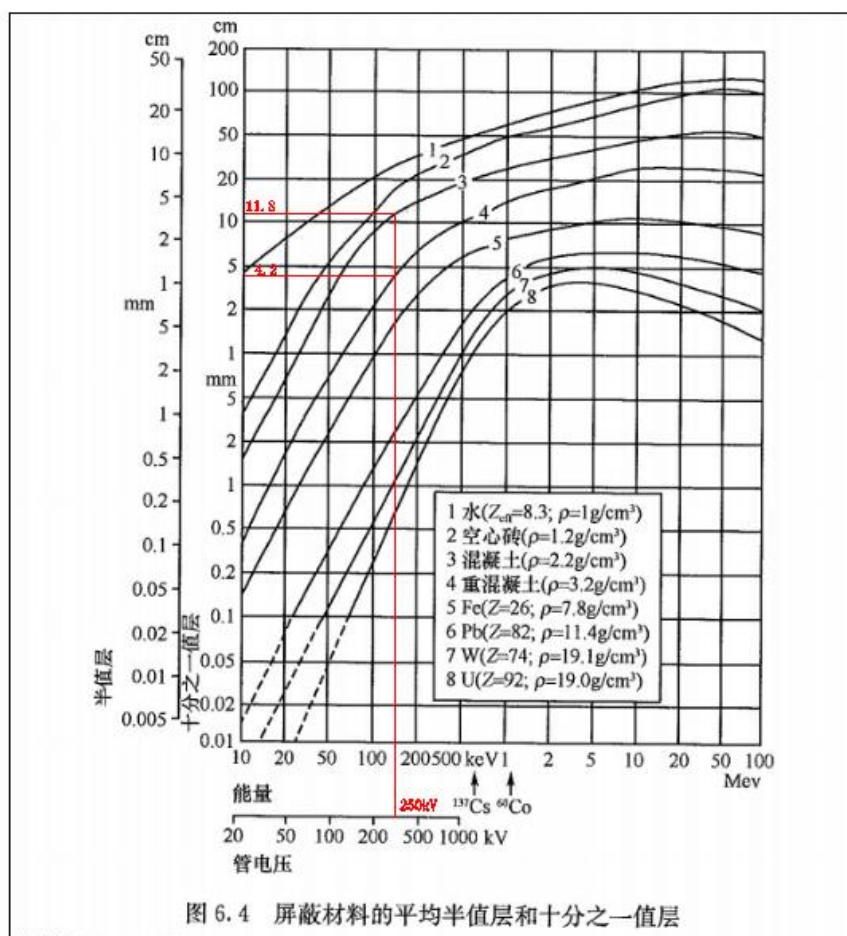


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

图 11-1 不同屏蔽材料的平均半值层和什值层图

由于未查询到不同电压下相对应的 X 射线在铝中的什值层厚度，根据《辐射安全手册》（潘自强主编）P146 图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层图，在相同电压下，什值层厚度与屏蔽材料密度相关，屏蔽材料的密度越大，什值层厚度越小。从图中可知，200kV 电压下，混凝土（密度 2.2g/cm³）和重混凝土（密度 3.2g/cm³）的什值层厚度分别为 23mm、87mm；250kV 电压下，混凝土（密度 2.2g/cm³）和重混凝土（密度 3.2g/cm³）的什值层厚度分别为 42mm、118mm。铝合金（密度取 2.7g/cm³）的什值层厚度采用内插法估算得到，200kV 和 250kV 电压下，什值层厚度分别为 55mm、79mm。

（3）计算结果

本项目探伤 GIS 设备外壳壁厚约 10mm、直径在 300~1000mm 之间，内部设有组件，因此探伤对象对 X 射线屏蔽厚度取双层壁厚 20mm；曝光时间为 1~5min，GIS 设备材料为铝合金或钢。根据向建设单位了解，本项目检测系统探伤时，X 射线探伤机与 GIS 设备距离不超过 0.2m，X 射线探伤机辐射角为 40°，按照现场探伤情况及探伤对象的尺寸，不存在 GIS 设备尺寸小于射束宽度的情况。

续表 11 环境影响分析

①探伤场所为室外变电站

探伤对象为室外变电站 GIS 设备时, 周边可能无墙体等屏蔽, 根据探伤机工作参数、被探对象情况及公式理论计算得到控制区、监督区边界距离见表 11-2。

表 11-2 室外变电站理论计算控制区、监督区边界距离 (无外加屏蔽)

探伤机	最大工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	探伤对象材质及厚度	边界距离 (m)					
				主射控制区	主射监督区	非主射控制区		非主射监督区	
						散射	漏射	散射	漏射
XXG-2505	250	5	20mm 钢	147	360	75	19	183	45
						77		189	
			20mm 铝合金	394	965	75	19	183	45
						77		189	

由上表计算结果可知, 在主射方向无外加屏蔽时, 按照最不利影响考虑, 本项目探伤机在实际探伤过程中, 探伤对象为钢材质时, 主射方向控制区边界距离为 147m, 监督区边界距离为 360m; 探伤对象为铝合金材质时, 主射方向控制区边界距离为 394m, 监督区边界距离为~965m; 非主射方向控制区边界为 77m, 监督区边界为 189m。

根据以上分析, 在无外加屏蔽措施情况下, 主射方向控制区和监督区划分的距离较大, 不方便管理, 也难以实现。在实际工作中, 为方便监督管理和实施, 本次评价要求: X 射线探伤机在现场探伤时, 在主射方向平板探测器背后采用边长 1m、面积为 1m² (形状为正方形)、3mmPb 的铅防护橡胶作为屏蔽措施, 用于屏蔽主射方向的辐射影响。

根据向建设单位了解, 本项目检测系统探伤时, X 射线机距平板探测器距离不超过 1.2m, 铅防护橡胶紧贴平板探测器背后; 本项目 X 射线探伤机辐射角为 40°, 其在 1m 处的照射范围为直径 0.864m 的圆形区域, 故本项目采用的铅防护橡胶大小可满足屏蔽使用要求。在增加 3mmPb 的铅防护橡胶屏蔽后, 现场探伤主射方向控制区、监督区的距离见表 11-3。

表 11-3 室外变电站主射方向控制区、监督区边界距离 (主射方向考虑铅屏蔽)

探伤机	最大工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	探伤对象材质及厚度	防护设施铅当量 (mmPb)	主射方向边界距离 (m)	
					主射控制区	主射监督区
XXG-2505	250	5	20mm 钢	3	45	110
			20mm 铝合金	3	120	294

由上表计算结果可知, 在主射方向外加铅屏蔽后, 探伤对象为钢材质时, 控制区边界范围为 45m, 监督区边界范围为 110m; 探伤对象为铝合金材质时, 控制区边界范围

续表 11 环境影响分析

为 120m，监督区边界范围为 294m。

综上所述，从不利环境影响考虑，在主射方向，建设单位应外加铅防护橡胶进行屏蔽。探伤对象为钢材质时，控制区边界距离为 45m，监督区边界距离为 110m；探伤对象为铝合金材质时，控制区边界距离为 120m，监督区边界距离为 294m；非主射方向控制区边界为 77m，监督区边界为 189m。在实际探伤作业中，控制区和监督区范围可初步参照上述计算距离设置，再通过便携式 X- γ 剂量率仪对边界进行检测和修正。

结合上述理论计算结果，考虑主射方向铅屏蔽后，按最不利情况，主射方向和非主射方向监督区和控制区范围以工作电压为 250kV 时探伤 20mm 铝合金材质计算结果为例，辐射角度为 40° ，其控制区、监督区划分示意图见图 11-2 和图 11-3。

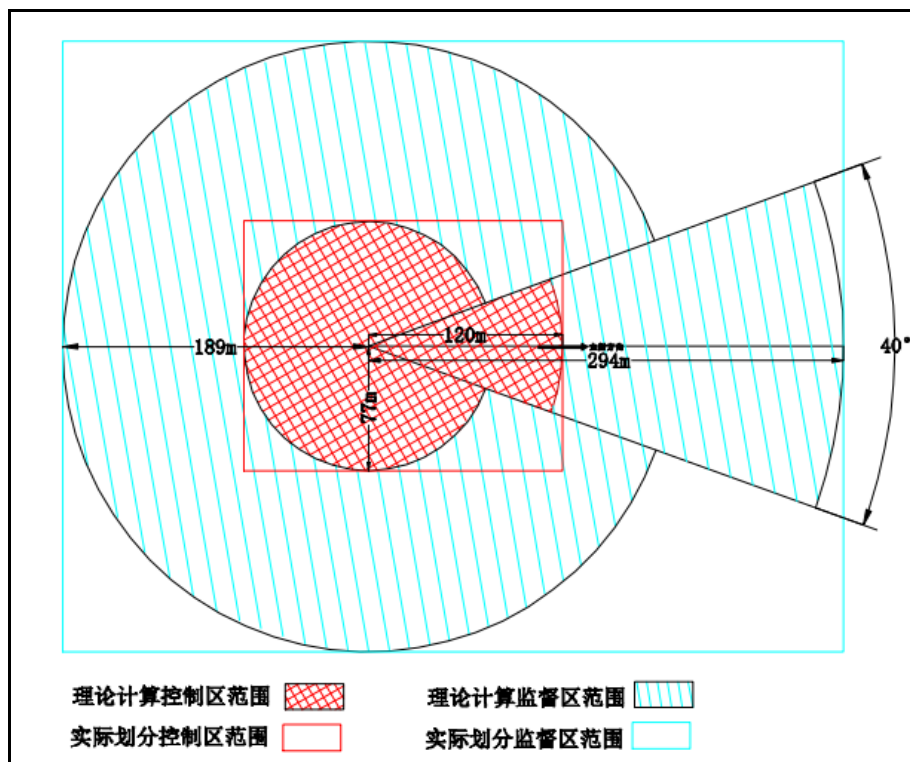


图 11-2 室外变电站现场探伤工作场所分区示意图（照射方向为水平方向）
（注：为便于分区实际操作，控制区和监督区分别以理论计算控制区和监督区的外切矩形来划分，后文分区同理）

续表 11 环境影响分析

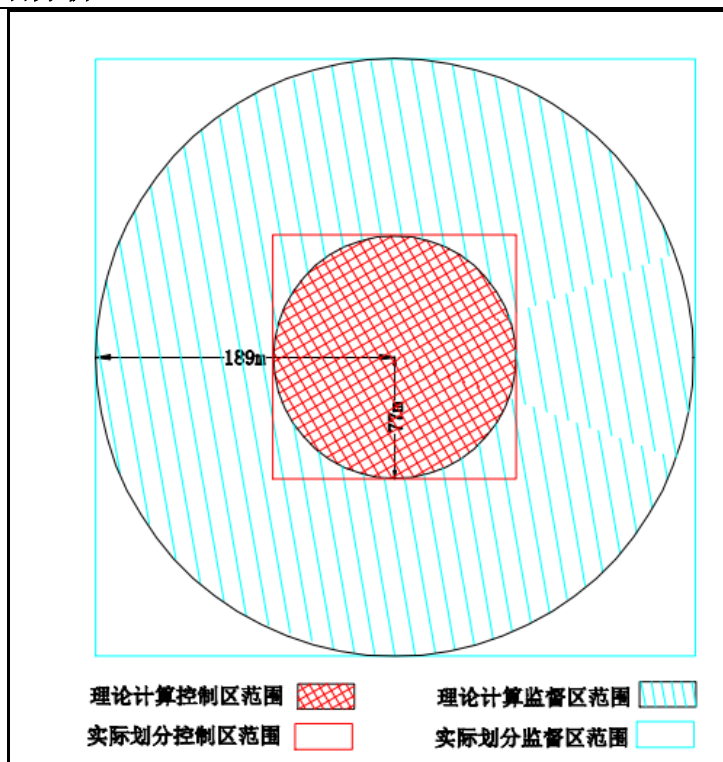


图 11-3 室外变电站现场探伤工作场所分区示意图（照射方向为竖直向下）
②探伤现场为室内变电站

GIS 设备位于变电站主楼内，变电站主楼的墙体一般是 200mm 的混凝土结构，对射线起到一定的屏蔽作用。参照《高压配电装置设计规范》（DL/T 5352-2018）P29，“屋内 GIS 配电装置室两侧应设置安装检修和巡视的通道，主通道宜靠近断路器侧，宽度宜为 2000mm~3500mm；巡视通道不应小于 1000mm”，评价假设 GIS 设备距离主楼墙体一侧最近距离 $\geq 1\text{m}$ ，距离另一侧最近距离 $\geq 2\text{m}$ 。根据探伤机工作参数、被探对象情况及公式理论计算得到控制区、监督区边界距离见表 11-4。

表 11-4 室内变电站理论计算控制区、监督区边界距离

探伤机	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	探伤对象材质及厚度	混凝土墙体屏蔽厚度	边界距离（单位：m）					
					主射控制区	主射监督区	非主射控制区		非主射监督区	
							散射	漏射	散射	漏射
XXG-250 5	250	5	20m m 钢	200m m	12	28	6	2	13	4
							6		13	
			20m m 铝合金	200m m	31	75	5	2	13	4
							6		13	
							5		13	

由上表计算结果可知，对室内变电站 GIS 设备探伤时，在考虑变电站主楼墙体屏蔽的情况。当探伤对象为钢材质时，主射方向控制区边界距离为 12m，监督区边界距离为 28m；探伤对象为铝合金材质时，主射方向控制区边界距离为 31m，监督区边界距离

续表 11 环境影响分析

为 75m；非主射方向控制区边界为 6m，监督区边界距离为 13m。

在实际探伤作业中，探伤现场情形（主楼墙体厚度、GIS 设备与墙体位置关系、有门和窗存在等）与本次评价设想情形可能存在差异，控制区和监督区范围可初步参照上述计算距离设置，然后通过便携式 X- γ 剂量率仪对边界进行检测和修正。当设置的控制区、监督区边界距离小于 GIS 设备到主楼墙体距离时，应将变电站主楼内部区域划为控制区，将变电站主楼外一定区域划为监督区。

结合上述理论结合上述理论计算结果，考虑 X 射线主射方向控制区计算距离在室外，非主射方向控制区计算距离在室内的情形。经变电站主楼墙体屏蔽后，按最不利情况，主射方向和非主射方向监督区和控制区范围以最大工作电压为 250kV 时探伤 20mm 铝合金材质计算结果为例，辐射角度为 40°，其控制区、监督区划分示意图见图 11-4 和图 11-5。

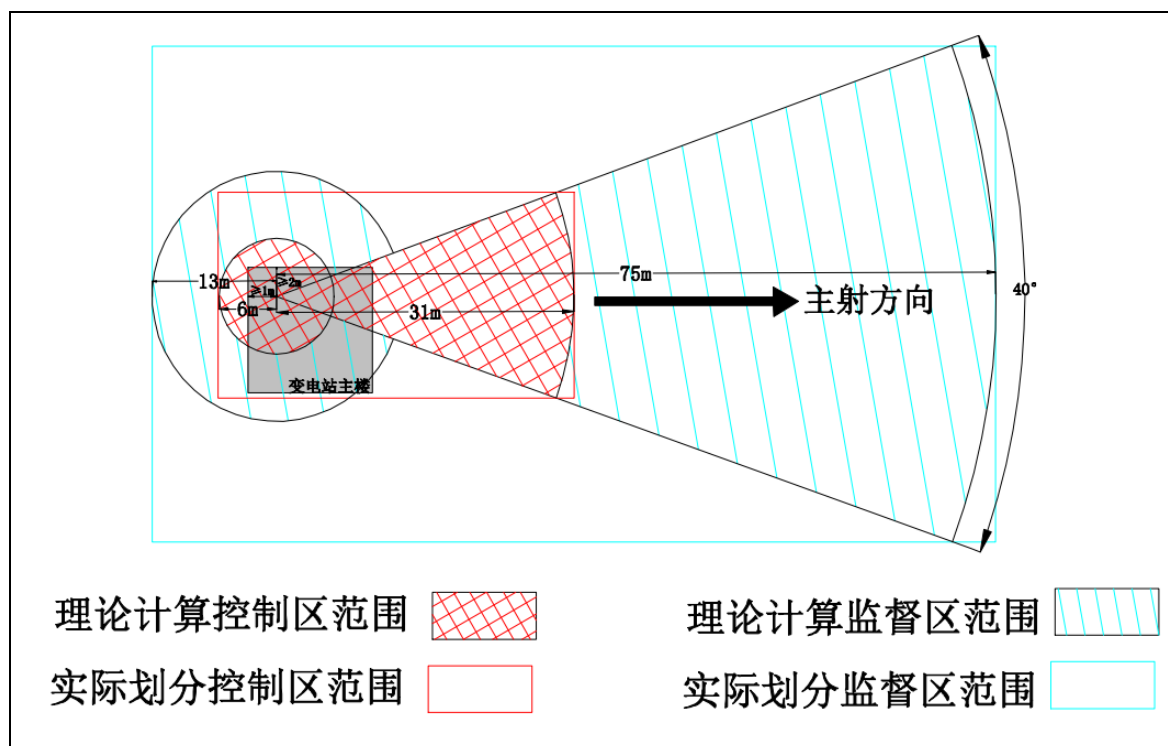


图 11-4 室内变电站现场探伤工作场所分区示意图（照射方向水平方向）

续表 11 环境影响分析

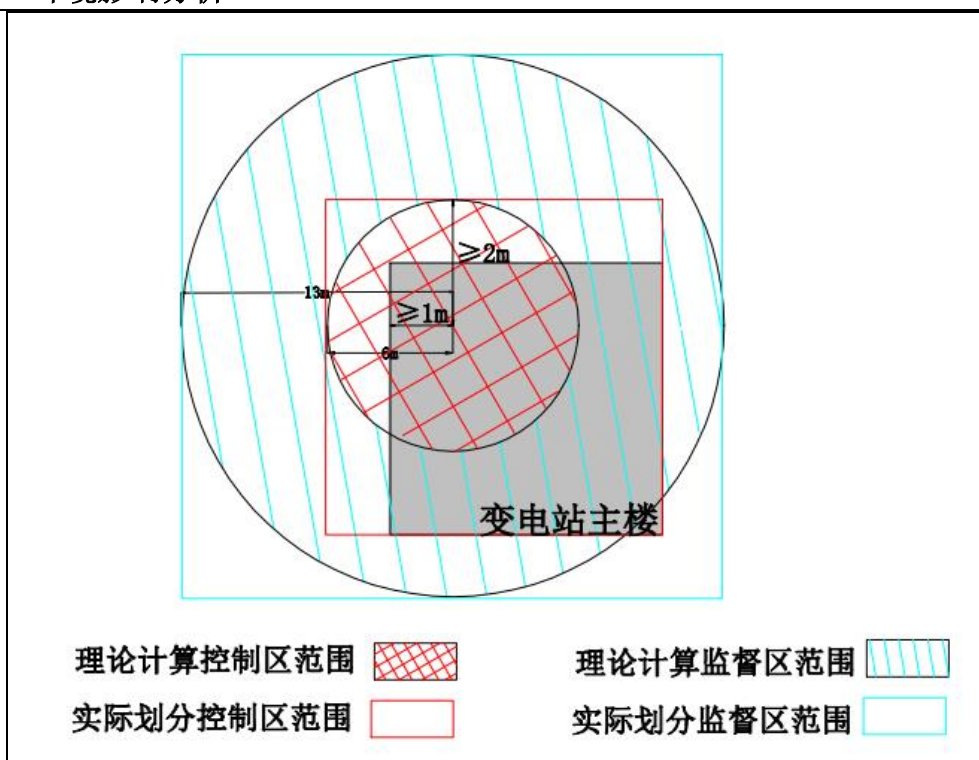


图 11-5 室内变电站现场探伤工作场所分区示意图 (照射方向竖直向下)

11.2.3 类比监测

(1) 类比条件分析

为了了解同类型的探伤机在实际运行下对周围环境的影响情况,本评价采用类比方法进行分析。本次评价选取郑州市市政公用工程检测有限公司 1 台在用定向 X 射线探伤机作为类比对象。河南博睿诚城检测服务有限公司于 2023 年 12 月 3 日对设备开展 X 射线现场探伤进行了模拟监测,监测报告见附件 6 (报告编号 BRCC2312FS003)。可类比性分析见表 11-5。

表 11-5 X 射线探伤机可类比性分析一览表

类比项目	本项目探伤机	类比的郑州市市政公用工程检测有限公司	类比分析
探伤机机型	XXG-2505 型	XXG-2505 型	一致
主要技术参数	250kV, 5mA	250kV, 5mA	一致
工作场所	野外现场探伤	野外现场探伤	一致
探伤对象类型	GIS 设备	管网、桥梁结构	相似，都涉及圆柱形结构
材质	铝合金、钢材质	钢板、钢管焊缝	相似，材质都涉及钢材质
过滤板	3mmAl	3mmAl	一致

根据表 11-5 可知, 类比探伤机型号、设备参数与本项目相同, 探伤对象与本项目相似, 有很好的类比性。

(2) 类比监测结果

①现场情况: XXG-2505 型, 模拟探伤地点位于郑州市管城区文兴路紫东钢铁园 D

续表 11 环境影响分析

区内，探伤工件为 20mm 钢构工件，监测时未使用铅防护板。			
②探伤条件：XXG-2505 型，250kV、5mA。			
③监测结果见下表。			
表 11-6 模拟探伤监测结果统计			
编号	监测点位描述	X-γ 辐射剂量率(μSv/h)	备注
1	探伤机西侧控制区边界处（距探伤机 55m）	11.83	主束方向
2	探伤机北侧控制区边界处（距探伤机 40m）	9.48	非主束方向
3	探伤机东侧控制区边界处（距探伤机 35m）	8.55	非主束方向
4	探伤机南侧控制区边界处（距探伤机 40m）	10.39	非主束方向
5	探伤机西侧监督区边界处（距探伤机 120m）	1.53	主束方向
6	探伤机北侧监督区边界处（距探伤机 90m）	1.38	非主束方向
7	探伤机东侧监督区边界处（距探伤机 70m）	1.09	非主束方向
8	探伤机南侧监督区边界处（距探伤机 90m）	1.27	非主束方向
9	关机时现场本底水平	0.106	/
根据以上类比监测数据可知，XXG-2505 型在 20mm 钢构工件照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机 11.83m，监督区边界为距探伤机 120m。			
通过类比分析，理论预测结果比类比监测距离更大，理论预测结果更保守，主要是因为现场探伤所在场地周围地形条件、周围构筑物等遮挡影响，造成理论预测结果更大。			
本项目拟配备的定向 X 射线探伤设备的电缆长度为 30m，在实际探伤作业中，拟采用 X 射线探伤设备的延时曝光功能，根据探伤工作方案对不同现场探伤作业场所采取针对性的辐射防护与安全措施，以现场实际测量数据来划分监督区和控制区，并利用现场屏蔽等条件，保证辐射工作人员在监督区范围内操作。当 X 射线探伤场所、被检对象、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区边界。			
11.3 剂量估算			
(1) 估算公式			
辐射工作人员和公众所受到照射的年有效剂量用下式估算：			
$H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 (8)}$			
式中：H _{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；			
H [*] ₍₁₀₎ ：X 或 γ 射线周围剂量当量率，μSv/h；空间某点的 H [*] ₍₁₀₎ 值可作为位于该处的人体所受有效剂量的近似值；			
t：X 或 γ 射线照射时间，小时。			
(2) 工作负荷			
根据建设单位提供的资料，本项目每年现场探伤最大曝光次数 1500 次，单次曝光			

续表 11 环境影响分析

时间不超过 5min，每年曝光时间不超过 125h，在同一地方开展探伤最大曝光次数按 10 次计。此外，每次探伤工作开始前需打开探伤机进行巡测，划定实际的控制区、监督区范围。当 X 射线探伤装置、场所、被检对象（材料、部位等）、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。

（3）剂量估算

①现场探伤操作人员（辐射工作人员）

根据建设单位提供资料，本项目操作人员位于控制区边界之外，且考虑人员居留情况，居留因子取 1（居留因子根据 GBZ/T 250 取值），则操作人员受到的剂量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，估算辐射工作人员年有效剂量约 1.875mSv/a （ $15\mu\text{Sv/h} \times 125\text{h/a} \div 1000 \times 1 = 1.875\text{mSv/a}$ ），辐射工作人员受到的剂量低于年有效剂量管理目标值 5mSv/a ，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。

②探伤现场的监督区外的公众成员

主要包括监督区外探伤现场的警戒、巡视人员和其他公众成员，在进行探伤时监督区拉警戒线，公众成员位于监督区外，不得进入监督区内，评价保守取监督区边界剂量率（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）作为公众成员受到的剂量率。由于现场探伤地点不固定，单个作业点按曝光 10 次计，每次最大曝光时间 5min（共约 0.83h/a ），考虑人员居留情况，居留因子取 1，则公众成员年有效剂量为 0.002mSv/a （ $2.5\mu\text{Sv/a} \times 0.83\text{h/a} \div 1000 \times 1 \approx 0.002\text{mSv/a}$ ），远低于年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a ，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。

11.4 三废环境影响分析

（1）废气

本项目检测系统产生的 X 射线能量较低，探伤过程中可产生微量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温下很快转化成氧气，废气很快能够扩散，对环境影响甚微。

（2）废水

本项目运行本身不产生废水，探伤工作人员办公时生活污水依托办公场所（包括探伤设备存放处）已有的生化池处理；探伤现场工作人员生活污水依托周边已有的废水处理设施处理。

（3）固废

本项目采用数字化实时成像技术，不进行洗片，因此没有洗片废液、废片等危险废

续表 11 环境影响分析

物。

本项目工作人员在公司（包括探伤设备存放处）产生的生活垃圾通过办公场所垃圾桶收集后交环卫部门统一处理，探伤现场产生的生活垃圾依托周边已有的固废收集措施。射线装置在报废后，对 X 射线管去功能化，交由物资回收单位处理，保留回收手续并做好相关记录存档。报废的铅橡胶交有资质单位处理。

11.5 事故影响分析

11.5.1 探伤机探伤事故风险类型、后果分析

本项目拟配置检测系统 1 套，其探伤机最大管电压 250kV，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出，因此断电状态下较为安全。只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。在意外情况下，最大可能出现的辐射风险事故（事件）为误照射，主要是以下情景：

（1）X 射线探伤机在最大工况运行时，无工件遮挡且无防护的情况，此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射；

（2）在进行现场探伤时，警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用，清场工作不全面，导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域。

（3）现场探伤工作结束后，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误通电，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。

（4）由于建设单位或辐射工作人员保管不善，可能发生探伤机丢失和被盗事件。

通过前面描述的情形，本项目现场探伤可能发生的辐射风险事故（事件）主要为误照射，本次评价对探伤机事故情况下主射方向周围人员受照剂量做以下进行估算，见表 11-7。

表 11-7 误照射无工件主射方向不同距离剂量率估算

发射率	与焦点距离（m）	电流（mA）	不同距离下剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	单次照射受到的有效剂量（mSv）
XXG-2505型 250kV 13.9mGy $\text{m}^2/$ (mA min)	0.5	5	1.67×10^7	1390
	12（最小主射方向控制区距离）	5	2.90×10^4	2.41
	20	5	1.04×10^3	0.87
	28（最小主射方向监督区距离）	5	5.32×10^3	0.44
	40	5	2.61×10^3	0.22
	50	5	1.67×10^3	0.14
	60	5	1.16×10^3	0.10
	70	5	8.51×10^2	0.07
	80	5	6.52×10^2	0.05

续表 11 环境影响分析

	394 (最大主射方向控制区距离)	5	2.69×10	0.0022
	965 (最大主射方向控制区距离)	5	4.48	0.0004

①对于事故情景 1: X 射线探伤机在最大工况运行时, 无工件遮挡且无防护的情况, 此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留于监督区 (靠近控制区边界) 或控制区内, 造成有关人员误照射; 考虑滞留人员一直未被发现, 直至探伤机开机曝光 5min 后, 自动停止曝光, 在 250kV 电压下, 误入监督区的公众 (考虑位于最小控制区边界警戒绳) 受到的瞬时剂量率为 $2.90 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$, 则单次误入监督区的公众成员受到有效剂量最高为 2.41mSv; 误入控制区 (取距焦点 0.5m 处) 公众受到的瞬时剂量率为 $1.67 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$, 则单次误入控制区的公众成员受到吸收剂量最高为 1390mGy。本项目为现场探伤, 探伤工作场所不固定, 公众误入位置具有不确定性, 距离越近, 受到的有效剂量越高, 同一公众成员多次误入探伤工作场所的可能性低。

②对于事故情景 2: 在进行现场探伤时, 警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用, 清场工作不全面, 导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域, 非辐射工作人员或公众成员受到照射情况同上。

③对于事故情景 3: 现场探伤工作结束后, 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误通电, 产生 X 射线污染, 对公众造成不必要的照射。探伤机连续开机时间不超过 5min, 则当 250kV 电压下, 则距离探伤机主射方向 0.5m 处公众受到吸收剂量最高为 1390mGy。

④对事故时情景 4: 由于保管不善, 导致发生探伤机丢失或被盗事故, 非辐射工作人员误通电, 产生 X 射线污染, 对公众造成一次甚至多次照射。探伤机单次受照情况, 距离探伤机主射方向 0.5m 处公众成员受到吸收剂量最高为 1390mGy。

11.5.2 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚, 但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化, 由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤, 继而出现相应的生化代谢紊乱, 并由此产生一系列临床症状。这类效应分为确定性效应和随机性效应, 在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应 (组织反应); 随机性效应则不存在阈值, 包括辐射致癌、遗传效应。不同照射剂量对人体损伤的估计见表 11-8。

表11-8 不同照射剂量对人体损伤的估计

受照剂量范围	类型	初期表现或损伤程度
--------	----	-----------

续表 11 环境影响分析

参考值(Gy)		
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/	
1.0~2.0	骨髓型急性放射病	轻度
2.0~4.0		中度
4.0~6.0		重度
6.0~10.0		极重度
10~20	肠型急性放射病	轻度
20~50		重度
>50	脑型急性放射病	

注：<1Gy剂量的相关内容参照《辐射防护导论》（方杰主编）P33；1Gy及以上剂量的相关内容参照《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）。

本项目 X 射线探伤设备属于II类射线装置，其事故工况造成误照射时可使受照射人员产生较严重的放射损伤。

根据表 11-5 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上述后果分析可知，探伤机单次误照射下受照剂量最大为 1.39Gy，其效应为轻度骨髓型急性放射病，对人体造成损伤。如果发生设备丢失事故，误照射事故次数则不可控，误照射次数引起的受照剂量见表 11-9。

表 11-9 误照射次数引起的受照剂量

误照射次数	受照射时间	受照射剂量（Gy）
1	5min	1.39
2	10 min	2.78
3	15 min	4.17
5	25min	6.95

11.5.3 事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员及公众成员的年有效剂量管理目标值。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版）规定，本项目可能发生事故等级为一般辐射事故，其辐射照射可能增加随机性效应的发生概率；若发生人员受到多次误照射等极端事故时，人员受到误照射的辐射剂量大于 4.17Gy，将导致较严重的放射损伤，甚至死亡的重大辐射事故。

续表 11 环境影响分析

11.5.4 风险防范措施

(1) 针对人员误入探伤工作场所的事故情况

①定期认真对本公司 X 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，要求工作人员在探伤现场按照规范设置安全防护设施。

②在现场探伤工作前，项目应制定现场探伤作业方案，该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、清场方式等内容，明确设备操作人员、巡视、警戒人员的职责和分工，工作期间做好相关记录。在现场探伤作业工作场所应张贴公告，包括作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。探伤前清理现场人员；探伤现场控制区边界处设置明显的警戒线和“禁止进入 X 射线区”的辐射警示标识，探伤时严禁任何人员在此区域活动；监督区边界处设置明显的警戒线和“无关人员禁止入内”的警告牌，设置警示设备（声光报警灯，扩音器等），必要时设专人警戒，防止公众成员进入；工作人员配置个人剂量计、个人剂量报警仪（具备直读功能），配备便携式 X- γ 剂量率仪。

③凡涉及对 X 射线探伤机操作，必须有明确的操作规程；现场探伤作业时至少有 2 名辐射工作人员同时在场，操作人员严格按照操作规程进行操作，开机参数需 2 名辐射工作人员确认无误后方可进行；并做好个人的防护。

④严格管理辐射工作人员及巡视、警戒人员，加强人员辐射防护与安全培训，操作训练、应急演练。加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行探伤工作。现场探伤开机前仔细检查人员是否撤离完全，确保开机前辐射工作人员位于控制区外，公众成员位于监督区外。

(2) 针对探伤机未按要求存放，设备误出束的事故情况

仪器存放间设置专人管理，做好设备进出台账记录，加强设备的监督管理；在外出执行探伤任务期间，设备由专人进行保管；探伤完毕后，设备妥善保管并及时送回公司仪器存放间。

11.5.5 辐射环境风险结论

项目在意外情况下，可能导致受误照射人员单次受到剂量超过辐射工作人员及公众成员的年有效剂量限值，导致一般辐射事故。建设单位严格落实本次评价提出的风险防范措施后，辐射环境风险可防可控。

续表 11 环境影响分析

11.6 实践正当性分析

本项目通过 X 射线探伤的检测手段，实现了 GIS 设备内部结构的“可视化”，满足设备内部存在异物、裂痕、绝缘件划痕、地刀分合闸不到位和绝缘件内部气隙等缺陷的检测，为设备故障的准确性及定位提供方便，同时也为设备的状态检修提供技术支持，对保障系统的安全和稳定运行具有重要意义。本项目核技术利用项目的开展，可达到一般非放射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，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。本项目的建设为企业、社会带来利益远大于辐射危害等代价，有利于发展社会经济，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”原则与要求。因此，本次评价认为该项目使用 X 射线探伤开展无损检测业务是正当可行的。

11.7 产业政策分析

重庆力道云智能科技有限公司拟配置的检测系统主要用于变电站 GIS 设备（气体绝缘开关设备）的无损探伤检测技术服务，是对金属内部结构无损探伤的运用，为确保变电站产品安装使用安全提供技术支撑。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于目录中的鼓励类。

同时，本项目已进行了备案，重庆市长寿区发展和改革委员会于 2025 年 3 月以《重庆市企业投资项目备案证》（项目代码：2503-500115-04-05-665029）对本项目进行了投资备案登记。

综上所述，本项目使用 X 射线进行无损探伤检测符合国家的产业政策。

11.8 环保投资估算

本项目环保投资估算共约 21 万元，占总投资 35%，具体情况见表 11-10。

表 11-10 项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施名称	投资（万元）
1	铅防护橡胶、警戒绳、扩音器、声光报警灯等	5
2	个人剂量报警仪、辐射监测仪等	6
3	人员学习、监测、环评、验收等	10
合计		21

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构及辐射工作人员

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订版）第十六条要求：使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，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。

建设单位为首次开展核技术利用项目，建设单位承诺在运营前成立辐射防护领导小组，设置专职负责辐射安全与环境保护管理工作的技术人员。领导小组职责主要涉及公司各项辐射环境管理工作、辐射防护设施检查、防护设备维护，制定辐射事故应急预案，编制企业辐射安全年度评估报告等。

12.1.2 辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订版）第十六条的规定：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。根据《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》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过我部开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。

本项目已配置 2 名辐射工作人员，能满足项目的开展需求。2 名辐射工作人员已集中学习国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上的视频课程和课件，并取得辐射安全与防护考试合格成绩单。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 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》（2021 年修订版）第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

建设单位承诺按照相关要求制定年度评估制度、辐射事故应急预案、射线装置安全操作规程、岗位职责、射线装置检修维护制度、现场探伤辐射安全管理规

续表 12 辐射安全管理

程、辐射工作人员教育培训制度、射线装置台帐管理制度、监测方案等。以上制度应按照公司内部管理构架、现场探伤工作特点制定。待项目运营前，应组织进行集体的培训学习、建立依制度执行的安全考核机制，在实际工作中不断完善、修订制度。

12.2.2 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的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。

建设单位承诺制定年度评估制度，年度评估制度应明确负责人，按规定开展年度评估工作，对评估检查中发现的问题和布局及时调整，消除安全隐患，并按要求编制年度评估报告上报。年度报告内容主要包括：射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

12.2.3 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等资料。个人剂量档案应终身保存。其他档案资料还包括辐射安全管理、规章制度文件、环评资料、许可证资料、射线装置台账、监测和检查记录、培训档案、辐射应急资料、年度评估等。

建设单位承诺安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。并对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准方可上岗；对上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年。建设单位将根据辐射项目开展的实际情况将所有档案资料进行整理存档。

12.3 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在核技术利用单位的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的辐射防护与安全知

续表 12 辐射安全管理

识。建设单位应建立辐射安全管理体系，将辐射安全纳入公司安全体系。明确各层次人员的职责、不断识别内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在公司内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

12.4 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》（2021 年修订版）第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评估如表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	建设单位拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	建设单位承诺按要求成立机构。
从事放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。	建设单位已配置 2 名辐射工作人员，并按照规定参加培训且考核合格。
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。	建设单位承诺在运行前，制定操作规程、现场探伤辐射安全管理规定（划区、标志、清场、巡检等），配备警戒线、警告牌、声光报警灯等，防止误照射事故发生。
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，包括个人剂量计。	专职辐射工作人员拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位承诺在运行前，建立健全的规章制度。并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位承诺在运行前，制定完善的辐射事故应急预案。

从表 12-1 可知，建设单位为首次开展核技术利用项目，建设单位承诺在项目运行前，建立辐射安全管理体系与辐射安全责任制，成立辐射安全与环境保护管理机构，职责落实到人。建设单位按照上述各项要求落实后，从事辐射活动的能力能够满足要求，严格执行规定的辐射安全和管理制度后，项目的运行安全有保障。

12.4 辐射监测

续表 12 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关法规和标准，建设单位必须配备相应的监测仪器，每次探伤工作开始前对探伤现场周围环境进行监测。此外，还需要定期对探伤设备、辐射工作人员个人剂量等进行监测，做好监测记录，存档备查。

建设单位承诺制定现场探伤辐射监测方案，本项目辐射监测主要包括现场探伤的分区监测和辐射工作人员的个人剂量检测。

12.4.1 现场探伤的分区及监测

(1) 监测因子：周围剂量当量率。

(2) 监测内容：

验收监测：项目验收时监测一次。

日常监测：①使用便携式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，通过巡测由远及近模拟监测划出控制区和监督区。每次现场探伤作业时，当 X 射线探伤装置、场所、被检对象（材料、部位）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，划定新的分区界线。

②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以接受的。在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家标准和建设单位制定的管控水平。

③探伤设备停止工作时，辐射工作人员携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪进入控制区，以确认探伤设备确已停止工作。

12.4.2 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪。个人剂量计应妥善保管，并按规定的检测周期送有资质单位进行测量，并建立个人剂量档案。

12.5 辐射污染防治办法

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

12.5.1 事故应急预案内容

重庆力道云智能科技有限公司承诺制定辐射事故应急预案，预案内容应包括应急机构和职责分工；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；辐射

续表 12 辐射安全管理

事故分级与应急响应措施；辐射事故的调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案等。并应定期组织开展相关内容培训、事故演练。

12.5.2 事故应急方案与措施

（1）事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局、市生态环境局、探伤地点所属生态环境部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向探伤地点所属生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

辐射事故报告联系电话如下：

政务便民服务热线：12345

重庆市生态环境局 24 小时值班电话：023-89112369

重庆市长寿区生态环境局电话：023-40460110

探伤地点所属生态环境部门的电话根据具体探伤现场地点确定

重庆力道云智能科技有限公司应急值班电话、应急联系人及电话待组织机构成立后确定。

（2）辐射事故应急处置措施

发生辐射事故时，应紧急停机，迅速控制事故发展，消除事故源。

（3）辐射事故应急处理

①启动并组织实施应急预案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场。

②对人员受到的误照射，立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。

③查找事故原因，分清责任，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

12.6 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。建设项目正式投产运行前，建设单

续表 12 辐射安全管理

位应按规定申办辐射安全许可证、组织自主竣工环保验收,按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)等规范要求,开展自主验收、编制验收报告等。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	设备	1套便携式X射线探伤数字成像检测系统,主要由XXG-2505型便携式定向X射线探伤机(1台,最大管电压250kV、固定管电流5mA)、平板探测器、图像处理软件、笔记本电脑组成。	设备参数不发生重大变更
2	环保资料和档案	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。	齐全
3	环境管理	设辐射环境管理机构,设专人负责,制度上墙。制度包含年度评估制度、辐射事故应急预案、射线装置安全操作规程、岗位职责、射线装置检修维护制度、现场探伤辐射安全管理规程、辐射工作人员教育培训制度、射线装置台帐管理制度、监测方案等。	制度建立齐全,档案管理规范
4	防护监测设备	个人剂量计(2个)、个人剂量报警仪(2台)、便携式 X-γ 剂量率仪(1台)	便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪定期开展检定/校准工作
5	防护用品	现场警戒绳 2 套,警告标志 4 块、警示牌 4 块、声光报警灯 4 个、扩音器 2 套、铅防护橡胶 1 张(3mmPb、边长 1m×1m)。	配备齐全,警戒绳长度足够,满足现场划线需求
6	人员要求	辐射工作人员需经辐射安全防护培训并取得考试合格成绩单以及取得无损探伤人员资格后上岗,并定期复训。	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
7	辐射剂量控制目标	辐射工作人员: ≤5mSv/a 公众成员: ≤0.1mSv/a 周剂量: 对职业工作人员低于 100μSv/周, 公众低于 5μSv/周	GB18871-2002、GBZ/T 250-2014 及建设单位的管理要求
8	X 射线现场探伤分区管理要求	将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区。	GBZ 117-2022
9		将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区。	

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆力道云智能科技有限公司拟购置 1 套便携式 X 射线探伤数字成像检测系统，并组建 1 个探伤作业班组，在全国范围内开展变电站 GIS 设备的 X 射线无损检测活动。本项目检测系统日常存放在重庆市长寿区凤城街道边滩村 12 号 1 号重庆泰华纺织有限公司厂区仪器存放间内。本项目采用数字实时成像技术，不进行洗片。

项目总投资 60 万元，其中环保投资约 21 万元，占总投资的 35%。

13.1.2 实践正当性结论

本项目拟配置便携式 X 射线探伤数字成像检测系统用于开展现场无损检测业务，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”原则与要求。该项目为企业、社会带来利益远大于辐射危害等代价，有利于发展社会经济，项目是正当可行的。

13.1.3 产业政策符合性结论

项目检测系统的使用是开展 GIS 设备无损质量检验检测技术服务，是对金属内部结构无损探伤的运用，为确保变电站产品安装使用安全提供技术支撑。属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于目录中的鼓励类。

因此，项目符合国家相关产业政策。

13.1.4 辐射防护安全措施

（1）建设单位在进行现场探伤时将辐射工作场所划分为控制区、监督区，并实行分区管理，设置警戒线和相应的警示标识，有专人负责警戒、巡视和疏散工作。

（2）本项目 X 射线探伤机设备自身具有一定的辐射安全与防护措施，保障人员的安全。除此之外，建设单位还采取探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，利用现场探伤的条件，可采取一定的屏蔽措施。

（3）现场探伤警戒线、警告标志、警告牌、监测设备等。

（4）辐射工作人员拟配备个人剂量计、定期送检，定期进行职业健康体检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

综上所述，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）的相关要求。

续表 13 结论及建议

13.1.7 环境影响分析结论

(1) 设备存放地点环境影响

项目设备存放地点仅进行设备存放，存放期间，设备不通电，不出射线；存放地点不涉及设备的运行、调试、维护等，设备存放期间不会对周边产生辐射影响。

(2) 控制区和监督区的划分

结合重庆力道云智能科技有限公司实际探伤情况对控制区与监督区范围进行了理论计算，按照最大工况对应 GIS 设备不同材质探伤时，在不考虑空气衰减的情况下。

①探伤现场为室外变电站：考虑在主射方向加铅防护橡胶作为屏蔽措施，当探伤对象为钢材质时，主射方向控制区边界距离为 45m，监督区边界距离为 110m；探伤对象为铝合金材质时，控制区边界距离为 120m，监督区边界距离为 294m；非主射方向控制区边界为 77m，监督区边界为 189m。

②探伤现场为室内变电站：当探伤对象为钢材质时，主射方向控制区边界距离为 12m，监督区边界距离为 28m；当探伤对象为铝合金材质时，主射方向控制区边界距离为 31m，监督区边界距离为 75m；非主射方向控制区边界为 6m，监督区边界距离为 13m。

环评的理论计算距离与实际控制区及监督区的距离可能存在一定差距，探伤现场情形也与评价设想情形可能存在差异。环评要求实际工作中工作人员可初步参照理论计算距离设置控制区和监督区，然后通过便携式 X- γ 剂量率仪对边界进行检测和修正。

(3) 职业照射和公众照射

根据估算，辐射工作人员年有效剂量最大约 1.875mSv/a，低于年有效剂量管理目标值 5mSv/a，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。估算警戒、巡视人员及监督区外公众成员年有效剂量为 0.002mSv/a，低于年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a，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。

(4) 三废环境影响结论

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生微量臭氧和氮氧化物，废气很快能够扩散，对大气环境影响甚微。

工作人员办公时生活污水依托办公场所（包括探伤设备存放处）生化池处理，探伤现场生活污水依托周边已有的废水处理设施处理，对水环境影响较小。

工作人员生活垃圾依托办公场所（包括探伤设备存放处）垃圾桶收集后交环卫部门

续表 13 结论及建议

统一处理，探伤现场生活垃圾依托周边已有的固废收集措施。项目采用数字化实时成像技术，不进行洗片，不产生洗片废液、废片等危险废物。射线装置报废后，对 X 射线管区功能化，再交由物资回收单位处理，并保留回收手续做好记录存档。报废的铅防护橡胶交有资质单位处理。项目固体废物均得到妥善处置，不会对环境造成不利影响。

(5) 事故风险

本项目可能发生事故等级为一般辐射事故。通过落实探伤作业前进行公告、严格划分控制区与监督区，监督区悬挂警告标识、监督区和控制区悬挂警戒牌、配备声光报警灯等警示设备、安排专人巡逻、辐射工作人员加强专业知识学习、加强防护知识培训、加强职业道德修养、严格遵守操作规程和规章制度、加强设备维护、使设备始终保持最佳状态下工作、巡测仪、巡检、强化辐射工作人员安全意识、做好设备进出台账记录等，落实防护安全制度和措施后，辐射环境风险可防可控，保证项目安全运行。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位承诺在运行前成立辐射防护领导小组，并明确组成与职责；制定年度评估制度、辐射事故应急预案、射线装置安全操作规程、岗位职责、射线装置检修维护制度、现场探伤辐射安全管理规程、辐射工作人员教育培训制度、射线装置台帐管理制度、监测方案等。建设单位完善上述制度以后，满足辐射安全管理要求。

13.1.9 综合结论

综上所述，重庆力道云智能科技有限公司新建户外移动 X 射线探伤项目符合国家产业政策，符合“实践正当性”的原则与要求。建设单位切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议，严格按照国家有关辐射防护规定执行，切实有效落实辐射环境安全管理制度与措施后，项目的辐射环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物达标排放。从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议

- (1) 建立和落实辐射安全管理体系，加强现场探伤安全管理。
- (2) 根据项目开展情况，完善并落实项目现场探伤辐射安全措施。

附 录

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目仪器存放间位置及周边位置关系图

附图 3 现状照片

附件

附件 1 环境影响评价委托书

附件 2 投资项目备案证

附件 3 租房合同

附件 4 辐射工作人员成绩报告单

附件 5 承诺书

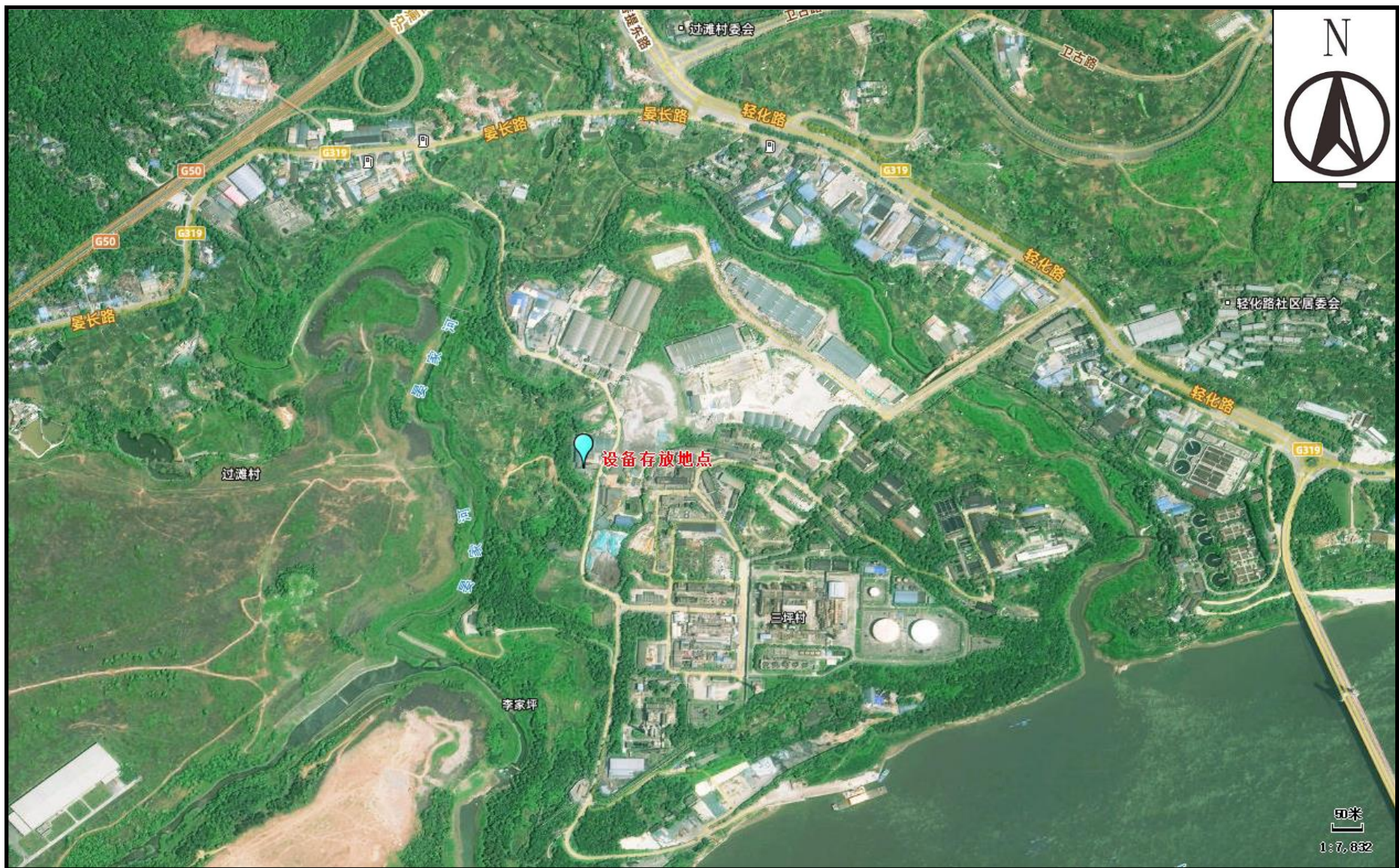
附件 6 类比监测报告

附件 7 高压配电装置设计规范摘录

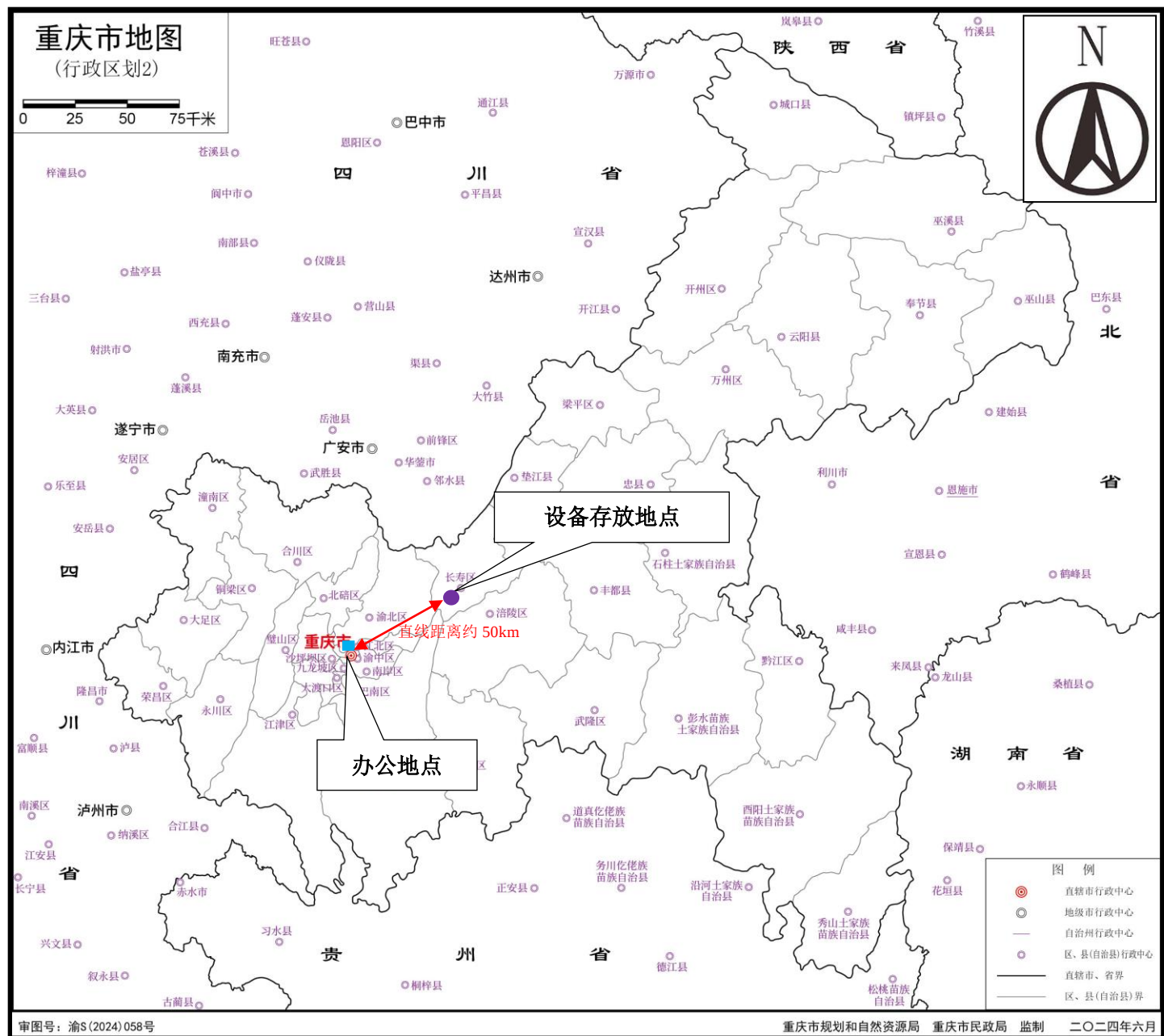
附件 8 计算过程资料



附图 1-1 设备存放地点地理位置图



附图 1-2 设备存放地点详细地理位置图



附图 1-3 公司办公地点与设备存放地点位置关系图