

核技术利用建设项目
重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司
二郎分公司 X 射线现场探伤项目
环境影响报告表

建设单位：重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司
二郎分公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2026年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司 二郎分公司 X 射线现场探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：李科

通讯地址：重庆高新区西永永盛路2号

邮政编码：401332

联系人：陈杰

电子邮箱：916711375@qq.com

联系电话：195*****6

打印编号: 1776828230000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	95cj23		
建设项目名称	重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司X射线现场探伤项目		
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）	重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司		
统一社会信用代码	91500107MA5YWNE62J		
法定代表人（签章）	李科		
主要负责人（签字）	李科		
直接负责的主管人员（签字）	陈杰		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
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
刘媛	2014035550350000003511550046	BH001056	刘媛
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘露丹	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、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、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、结论及建议	BH002262	刘露丹

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司 X 射线现场探伤项目			
建设单位		重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司			
法人代表	李科	联系人	陈杰	联系电话	195*****6
注册地址		重庆市九龙坡区二郎科技新城火炬大道 92 号			
项目建设地点		公司位于重庆高新区西永永盛路 2 号集控大楼，探伤机存放在公司 1F 备用间，探伤地点在全国范围内。			
立项审批部门		重庆市九龙坡区发展和改革委员会	批准文号	2603-500107-04-05-841449	
建设项目总投资（万元）		120	项目环保投资（万元）	13	投资比例（环保投资/总投资） 10.83%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<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	/				
1.1 建设单位概况					
<p>重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司（以下简称“公司”）成立于 2018 年，经营范围包括：建设工程勘察，建设工程设计，建设工程施工，发电业务、输电业务、供（配）电业务，输电、供电、受电电力设施的安装、维修和试验等。公司注册地址为重庆市九龙坡区二郎科技新城火炬大道 92 号，公司现租</p>					

续表 1 项目基本情况

赁位于重庆高新区西永永盛路 2 号的集控大楼作为公司办公场所，相关营业执照及租赁合同见附件 4。

1.2 项目由来

为拓宽检测业务，增加检测手段，重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司拟新增 1 台便携式定向 X 射线探伤机用于对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等开展 X 射线无损检测，X 射线探伤机用于在全国范围内开展现场探伤工作。根据关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布施行）的相关规定，拟购的 1 台便携式定向 X 射线探伤机属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 682 号），本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）中第五十五项：核与辐射中第 172 条：使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响评价报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司 X 射线现场探伤项目”进行环境影响评价。评价单位在现场踏勘、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，按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的的环境影响报告表。

1.3 本项目建设规模

(1) 项目概况

重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司拟购置 1 台 ERESO 65 MF4 型定向 X 射线探伤机（最大管电压 300kV，最大管电流 6mA）用于在全国范围内开展 X 射线无损检测活动。探伤机存放在公司 1F 备用间，本项目采用数字实时成像技术，不进行洗片。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	设备	拟配置 1 台便携式 ERESO 65 MF4 型定向 X 射线探伤机（最大管电压为 300kV，最大管电流为 6mA），设备	拟购

续表 1 项目基本情况

工程		日常存放在公司备用间内。	
	设备存放	位于公司 1F 备用间，用于专门存放本项目探伤机及相关控制台等，探伤机仅在此房间内存放，不在公司进行开机使用。建筑面积约 20m ² 。拟设置摄像头。	依托
辅助工程	办公室	位于公司现有办公室。	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公司所在楼旁已有生化池（处理能力 20m ³ /d）进行处理后排入市政污水管网，本项目不新增工作人员。探伤现场工作人员产生的生活污水依托现场或周边已有污水处理设施处理。	依托
	供电	由区域供电线网供电，不另设备用电源。	依托
环保工程	废气治理	现场探伤过程中产生少量废气通过自然扩散排放。	/
	废水处理	工作人员生活污水依托所在场所现有设施处理。	依托
	固废处理	报废探伤机按照相关要求去功能化后，根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。 废铅板由公司收集妥善暂存，并做好相应记录，交由有危废资质单位处理。 工作人员生活垃圾依托办公室或探伤场地现有设施收集后，交市政环卫部门处理。	依托
	安全措施	拟配置个人剂量计、个人剂量报警仪、X-γ辐射剂量率仪、声光报警灯、警告牌、警戒绳等。	新购
辐射安全管理	公司拟建立辐射防护管理机构，制定相应的管理制度和应急预案。		新建

(2) 设备概况

本项目拟购设备清单见表 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	使用场所	备注
1	便携式工业 X 射线探伤装置	1	ERESCO 65 MF4	X 射线无损检测	全国范围内	定向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 6mA
2	个人剂量计	2	/	个人剂量监测	探伤现场	每名辐射工作人员配置 1 个
3	个人剂量报警仪	2	/	辐射剂量监测报警	探伤现场	
4	便携式 X-γ剂量率仪	1	/	辐射剂量监测	探伤现场	/
5	铅板（2mmPb）	3	/	减小控制区、监督区范围	探伤现场	1000mm×1000mm

探伤机配套设备

序号	配套设备	数量	型号	备注
1	控制台	1	Seifert ERESCO MF4 Control	/
2	电源及控制电缆	1	/	电源线长 30m、控制电缆 50m
3	数字成像设备	1	/	/
4	数字成像板电源电缆及	1	/	/

续表 1 项目基本情况

	通讯网线			
5	专用电脑	1	/	用于影像分析处理

(3) 探伤工件情况

本项目探伤对象主要为电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等，工件材质为铁、铝、铜等，工件厚度约 4~40mm，常用探伤工作条件见表 1-3。

表 1-3 探伤常用条件及工件参数一览表

工件名称	材质	尺寸	厚度范围 (mm)	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	曝光时间 (min)
变电站内隔离开关等	铁/钢	/	20~25	150	4.5	0.5~5
			26~30	200	4.5	0.5~5
			31~35	250	3	0.5~5
			36~40	300	3	0.5~5
变电站内 SF6 罐体等	铝	/	6~9	80	1	0.5~5
			10~12	100	1	0.5~5
电缆	铜	φ4~15mm	4~7	80	1	0.5~5
			8~12	100	1	0.5~5
			13~15	150	1	0.5~5

备注：根据探伤需求，选定上述电压和电流后，通过控制时间长短来达到曝光效果，单次曝光最大时间不会超过 5min。

(4) 探伤工作地点

项目在全国范围内开展电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等的 X 射线现场工业探伤，探伤地点主要在变电站和电缆线路现场，探伤场所周围环境不定。

(5) 计划工作量

探伤工作量根据公司签订检测业务情况确定，设备预计全年曝光次数约 1200 次，每次曝光时间不超过 5 分钟，年总计曝光时间 100 小时（包含训机时间）。项目探伤机工作负荷见表 1-4。

表 1-4 探伤机工作负荷一览表

装置型号及名称	数量 (台)	主要技术参数	工作量	年工作时间	周工作时间
ERESCO 65 MF4	1	常用电压 80kV~300kV, 常用电流 1-4.5mA	年曝光量 1200 次 每次曝光时间不超过 5 min	6000min (100h)	120min (2h)

(6) 工作人员

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，每个现场探伤工作场所需要不少于 2 名辐射工作人员作为操作人员。探伤机的探伤现场至少 4 人，其中 2 名探伤机操作人

续表 1 项目基本情况

员为辐射工作人员，同时根据现场情况由委托探伤单位至少安排 2~3 名警戒、巡视人员，警戒、巡视人员作为非辐射工作人员。

2 名辐射工作人员为固定人员，拟从公司现有人员中培养；非辐射工作人员不固定，根据每次探伤现场情况由委托探伤单位自行调配，警戒、巡视人员进行辐射防护与安全基础知识培训。

1.4 外环境概况

公司现租赁位于重庆高新区西永永盛路 2 号的集控大楼作为公司办公场所，公司所在楼共 5F，1F 主要为大厅，2-5F 主要为办公场所。

公司所在楼四周紧邻内部道路和绿化等，东侧约 15m 为西园二路、绿化等，南侧约 7m 为内部停车位、绿化等，西侧约 23m 为渝电智慧监控中心，北侧约 12m 为食堂。

本项目对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等开展 X 射线无损检测，根据建设单位资料，探伤现场主要在变电站和电缆线路现场，周边主要为荒地、农田、道路、民房等，具体的探伤场地周围环境情况，根据公司业务确定场地后确定。

1.5 环境保护目标

本项目拟配置的 X 射线探伤机为 II 类射线装置，污染因子为 X 射线，影响范围为现场探伤时，探伤现场周边工作人员及公众成员。因此，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人员、巡视人员和评价范围内的公众成员。

1.6 选址可行性

本项目便携式 X 射线探伤机存放于公司 1F 备用间内，房间上锁，内外拟设置摄像装置，便携式 X 射线探伤机不在公司内开机，不会对周围环境产生不良影响，因此，便携式 X 射线探伤机存放在备用间是可行的。

本项目为 X 射线移动式工业探伤项目，探伤作业点分布在全国范围内，对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等开展 X 射线无损检测，根据建设单位资料，探伤现场主要在变电站和电缆线路现场。公司开展 X 射线移动式工业探伤前，根据探伤现场的具体情况，对探伤现场的环境进行全面评估，根据评估结

续表 1 项目基本情况

果制定探伤作业方案，确保现场探伤的选址合理可行。如果探伤现场与评估情况不一致，应及时对探伤现场进行考察、评估，并根据新的评估判断、修正现场探伤作业方案，合理设置探伤作业点、主射线方向及采取的屏蔽措施，按照相关要求划定控制区、监督区范围，进行清场，确定其范围内无其他人员滞留后，再实施现场探伤作业。

位于农村区域的变电站和电缆线路现场周围活动的人员一般很少，便携式 X 射线探伤机的主射方向尽可能朝向地面，并使用铅板进行防护，减少对周围环境的影响。位于城市区域的变电站和电缆线路现场周围活动的人员较多，现场探伤应避开人员密集时段进行，主射方向尽可能朝向变电站内已有构筑物或地面，尽量不朝向居民方向，并使用铅板进行防护，减少对周围环境的影响；其中电缆从检查井进入，有专门的检修通道，照射一般朝向地面。

根据上述分析，建设单位按照上述原则和要求选址，确定探伤方案后，本项目的现场探伤选址是可行的。

1.7 与项目有关的环境保护问题

重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司检测业务范围目前尚未涉及应用 X 射线进行无损检测，该单位为首次涉及核技术利用领域，不存在与本项目有关的原有核技术应用等污染问题。

备用间现有房间现为空置状态，无与本项目有关的原有污染及环境问题，也无环保遗留问题和环保投诉。

1.8 项目依托可行性分析

本项目拟依托 1F 现有备用间存放设备，依托可行性分析详见表 1-6。

表 1-6 拟建项目依托关系表

依托工程	依托情况	可行性分析
主体工程	建筑主体	本项目探伤设备等依托 1F 备用间存放，仅用于存放本项目设施设备，依托可行。
辅助工程	办公用房	公司布置有办公室、会议室等办公用房，本项目不新增工作人员，故办公用房能满足项目需求。
公用工程	给水供电	公司有完善的供电电网、供水管网等。因此，本项目依托可行。
	排水	公司大楼旁配套有生化池（处理能力 20m ³ /d），生活污水依托该生化池处理。本项目不新增工作人员，因此依托可行。
环保工程	废水处理	辐射工作人员生活污水依托公司、探伤作业点周边现有污水处

续表 1 项目基本情况

		理设施处理。
	固废处置	工作人员产生的生活垃圾依托公司、探伤作业点现有设施收集后，交由环卫部门统一处理，依托可行。

根据上表分析可知,拟建项目主要依托公司主体结构、给排水及供配电工程、生化池设施等可行。

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	便携式定向 X 射线探伤机	II类	1	ERESCO 65 MF4	300	6	X 射线无损检测	全国范围野外探伤现场	拟购
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
探伤废气（臭氧、氮氧化物）	气态	/	/	/	极少量	/	/	自然扩散排入环境中
生活污水	液态	/	/	/	少量	/	/	依托所在场所现有设施处理
生活垃圾	固态	/	/	/	少量	/	生活垃圾收集点	交环卫部门统一处理
报废探伤机	固态	/	/	/	/	/	公司	按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档
废铅板	固态	/	/	/	0.01t（报废时）	/	公司	交由有危废资质单位处理

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行修订版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《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；</p> <p>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》；</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》（公告 2019 年第 57 号）；</p> <p>(13) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日施行修订版；</p> <p>(14) 《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。</p>
------	--

续表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》及第 1 号修改单(GBZ/T250-2014)；</p> <p>(6) 《无损检测仪器 500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2025)；</p> <p>(7) 《无损检测仪器固定式和移动式工业 X 射线探伤机》(GB/T 26837-2011)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(9) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(10) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(11) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(12)《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>
<p>其他</p>	<p>(1) 项目备案证，支撑性材料附件 1；</p> <p>(2) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 2；</p> <p>(3) 类比监测报告，支撑性材料附件 3；</p> <p>(4) 《辐射防护导论》，作者：方杰，原子能出版社 1991 年出版；</p> <p>(5) 建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为现场探伤项目，探伤工作场所不固定。根据本项目射线装置的内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，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报告文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，确定本项目评价范围为重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司野外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 820m。

7.2 环境保护目标

7.2.1 探伤现场

本项目主要是对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等进行无损检测。

（1）电缆线路疑似故障点的 X 射线无损检测：电缆线路多位于城市市政道路两侧区域及进出变电站围墙外。主要在例行检修时进行，一般在打开电缆沟盖板，将探伤机安装在电缆上方，下方为探伤机接收器，主射方向多朝向地面，不会向上（地面）照射，周围可能会有一定流动人员及固定建筑物。

（2）变电站内 X 射线无损检测：变电站内检测对象主要为隔离开关等运行前检测或例行检修，变电站内人员主要为值守人员，无其他公众成员，站内有建筑物及设备可用于操作人员躲避。变电站占地面积较大，工作场所相对简单，站内清场工作容易实现，设置有围墙可以封闭管理。主要环境保护目标为变电站外公众成员。

由于探伤地点不固定，因此 X 射线探伤机在工作条件下的环境目标是不定的。本项目探伤现场环境敏感目标见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目探伤现场环境保护目标一览表				
保护目标		与便携式 X 射线探伤机的位置关系		备注
		相对方位	距离 (m)	
辐射工作人员		非主射方向 (定向) 不定 (周向)	控制区外	每个探伤作业场所不少于 2 人
公众成员	警戒、巡视辅助人员 (委托探伤单位指派)	不定	监督区外	2~3 人 (按需配置)
	场地其他工作人员	不定	监督区外	少数
	其他公众成员	不定	监督区外	少数

7.2.2 设备存放场所

本项目设备存放、人员办公均在公司内。

公司所在楼四周紧邻内部道路和绿化等，东侧约 15m 为西园二路、绿化等，南侧约 7m 为内部停车位、绿化等，西侧约 23m 为渝电智慧监控中心，北侧约 12m 为食堂。与周围环境关系见附图 2。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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

第 B1.1.1.1 款 应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

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 作为职业照射剂量限值。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

第 B1.2 款 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》(GBZ117-2022)

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

第 5 条 探伤机的放射防护要求

续表 7 保护目标与评价标准

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 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（本报告表 7-2）的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。

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控制值, mSv/h
>200	<5

第 7 条 移动式探伤的放射防护要求

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。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/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（1）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（μSv/h）；

τ —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 100μSv/周。

本项目探伤机每周实际开机总时间约为 1.67h，同时小于 7h。因此，项目探伤作业点的控制区范围取值 15μSv/h。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，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）

1 范围

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

续表 7 保护目标与评价标准

本标准适用于500kV以下工业X射线探伤装置的探伤室。

项目为X射线移动式工业探伤，不在探伤室内使用，故参照执行。

4.2.3 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下：

a) 90°散射辐射的TVL 散射辐射的最高能量（X射线90°）低于入射X射线的最高能量，使用该散射X射线最高能量相应的X射线（见表2）（本报告表7-3）的什值层（见附录B表B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 7-3 散射辐射最高能量（X 射线 90°）相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
150≤kV≤200	150
200<kV≤300	200
300<kV≤400	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

(4) 标准汇总

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）要求，放射工作人员年有效剂量不超过20mSv，公众成员年有效剂量不超过1mSv；根据建设单位提供的资料，公司辐射工作人员年剂量管理目标限值：5mSv，公众成员年剂量管理目标限值：0.1mSv。综上所述，确定本项目的评价标准见表7-4所示。

表 7-4 本项目剂量限值汇总表

序号	项目	剂量管理目标值		采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员年剂量：≤5mSv/a 公众成员年剂量：≤0.1mSv/a		GB18871—2002 及 建设单位要求
2	周剂量限值	职业工作人员：≤100μSv/周 公众成员：≤5μSv/周		GBZ117—2022
3	现场探伤要求	控制区边界	15μSv/h	GBZ117—2022
		监督区边界	2.5μSv/h	

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置和场所位置

重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司位于重庆高新区西永永盛路 2 号集控大楼，本项目探伤机及现场探伤相关辐射安全防护设施存放于公司 1F 备用间内，在此位置仅进行存放，不进行探伤作业。公司地理位置见附图 1，公司周围环境见附图 2。

项目 X 射线移动式工业探伤现场位于输变电项目现场，根据公司承接的订单确定具体地点。

8.2 环境质量和辐射现状

本项目配置的便携式 X 射线探伤机不在公司内开机曝光出束，探伤现场位于全国范围内，根据公司承接的订单确定具体地点。本环评以《2024 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）中监测数据进行辐射环境质量现状评价。根据该报告，全国 31 个省份各自动站环境 γ 辐射剂量率连续监测年均值范围为 48.5~262.6nGy/h，环境 γ 辐射剂量率累积监测结果均处于当地天然本底涨落的正常范围内。

X 射线随 X 射线装置的开、关而产生或消失，对使用场所的辐射环境质量影响有限。设备关闭后，对拟使用场址的辐射环境影响立即停止。

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

本项目探伤机存放在现有备用间，仅进行简单布置，不涉及施工设施设备。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备基本情况

(一) 设备组成

本项目拟购便携式 X 射线探伤机为定向机，由控制器、X 射线发生器、控制电缆、电源电缆、数字成像设备、专用电脑等组成。

(1) 控制器

拟购便携式工业 X 射线探伤机控制器为手提箱式结构，所有操作均通过面板上的轻触开关进行。电缆插座、电源开关及接地端子设置在右侧接线盒内。控制器的主要作用是将交流电变换成管头所需的脉冲电压，按照设定参数调节 X 射线管的工作电压和工作电流，保证产生稳定的射线，并自动控制曝光时间。控制器内部主要包含控制板、电容板、供电电源板、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块、冷却风机等部件。

(2) 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。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀等部件构成。

(3) 数字成像设备

数字成像设备为非晶硅面阵列平板数字探测器，当 X 射线穿透物体并照射到探测器上时，探测器将 X 射线光子直接或间接转换为电荷信号，并立即进行数字化，然后通过线缆传输至计算机上。

(4) 专用电脑

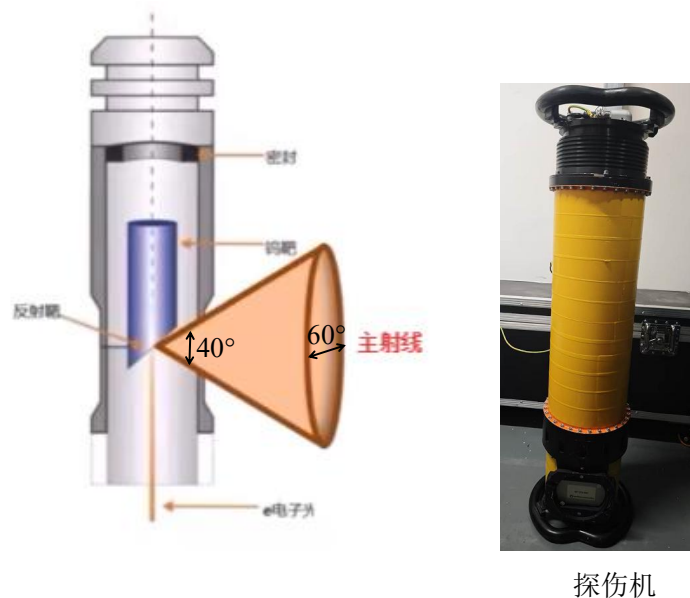
接收探测器信号，通过安装在计算机上的专用图像处理软件控制图像采集过程，并对获取的原始数字图像进行显示、增强、分析、测量、存储与管理。

(5) 电源电缆等附件

续表 9 项目工程分析与源项

拟购设备控制器与 X 射线管头的控制电缆线长不低于 50m。

本项目探伤机主要性能参数见表 9-1，典型探伤机照片见图 9-1。



探伤机



控制台



数字成像设备

图 9-1 典型便携式 X 射线探伤机照片（第一张图为射线示意图）

表 9-1 主要性能参数

设备型号	ERESCO 65 MF4
数量	1台
最大管电压	300kV
最大管电流	6mA
电压可调节范围	5~300kV
电流可调节范围	0.5~6mA
最大电压对应最大电流	3mA
X 射线束辐射角	40°×60°
射线管焦点尺寸	3mm
最大穿透 (Fe)	65mm
成像方式	拍片成像

续表 9 项目工程分析与源项

过滤板厚度	0.8±0.1mmBe（固有）+3mm Al
冷却方式	风冷

（二）工作方式

根据探伤需求，使用探伤机在全国范围内输变电项目现场开展探伤。

本项目便携式 X 射线探伤机工作时，将其出束窗口对向待测金具等探伤工件，探伤工件的另一端放置数字成像设备，主射线出束方向朝向探伤工件，其 X 射线的主射线方向包括垂直朝向地面、斜向朝向地面、朝向天空等多种情况；公司开展 X 射线移动式工业探伤作业前，必须根据探伤作业区的实际情况划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围无其他人员滞留，并严控移动式探伤作业区周边人员通过进入控制区；根据实际情况优化主射线出束方向，尽可能朝向已有构筑物或山体，避开周边环境保护目标。

便携式 X 射线探伤机位于探伤作业区的控制区范围内，利用连接线缆将其与控制台连接。控制台布置在便携式 X 射线探伤机的非主射方向上，并尽可能远离便携式 X 射线探伤机主射范围的位置。辐射工作人员放置好探伤机及数字成像设备后离开，使用控制台控制便携式 X 射线探伤机曝光出束进行无损检测，同时辐射工作人员利用便携式 X 射线探伤机的延时功能，在其曝光出束前撤离至控制区外。警戒、巡视人员及少数公众成员均位于监督区外。

9.2.2 工作原理及产污环节

（一）工作原理

（1）便携式 X 射线探伤机产生 X 射线的原理

探伤机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，就会产生韧致 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 9-2。

续表 9 项目工程分析与源项

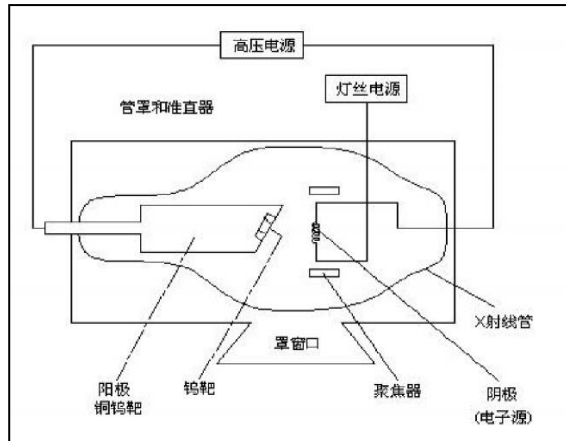


图 9-2 X 射线管原理示意图

(2) 成像原理

X 射线通过物质时，其强度是逐渐减弱的，射线透照被检工件，衰减后的射线光子被数字探测器接收，经过一系列的转换变成数字信号，数字信号经放大和 A/D 转换，通过计算机处理，以数字图像的形式输出在显示器上。

在检测过程中，X 射线探伤机放置在探伤工件的一侧，非晶硅面阵列平板数字探测器放在探伤工件及 X 射线检测装置的另一侧，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，工件的密度越大，射线强度被减弱的程度越大，当射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，反映到非晶硅面阵列平板数字探测器上。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时。即可透过的射线强度较大、探测器感光量较大，从而可以从探测器曝光强度的差异判断被检样品的缺陷，X 射线探伤机在非曝光时不产生 X 射线。

(二) 工艺流程

项目拟购 1 台定向机开展 X 射线现场探伤，具体工艺如下：

(1) 接受委托、制定方案

接受现场探伤任务后，进行现场踏勘和调查后制定现场探伤作业方案，该作业方案包括探伤工况、时间、地点、控制区和监督区范围（根据理论影响距离和实际经验确定）、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工等。

(2) 设备出库

根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过

续表 9 项目工程分析与源项

备用间管理人员确认后，领取设备，并对设备进行初步检查（外观、电源等是否正常）。

（3）设备运输

采用车辆运输设备至检查地点，确保运输过程中设备的安全。

（4）探伤前准备工作

设备到达现场后，在现场探伤曝光开始前，做好探伤作业前的各项准备工作，主要包括以下几方面：

①对探伤作业的具体情况提前 24 小时进行公示，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、资质证书和生态环境监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。

②根据探伤规范要求，确定探伤电流及电压、曝光时间、焦距、确定焦点位置，选择合适的屏蔽遮挡物，屏蔽遮挡物包括现场实体建构筑物等。

③在现场探伤作业前进行清场，根据探伤作业方案，设置警戒线，划分控制区、监督区，在监督区边界外悬挂“无关人员禁止入内”警告牌、电离辐射警告标志，在控制区边界外悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌、电离辐射警告标志等。夜间进行探伤作业时在控制区边界设立声光报警灯和相应的警告牌，必要时设专人警戒。

④安排专人巡查警戒，确保探伤作业期间无公众误入作业区。配备 2 名操作人员，操作时同时在场。操作人员做好自身防护工作，探伤期间每名操作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），便携式 X- γ 剂量率仪保持开启状态。同一个探伤作业场所中，操作人员不兼任警戒人员。

⑤X 射线探伤机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，安全连锁是否正常工作，报警设备是否正常运行，螺栓等连接件是否连接良好等项目后，操作人员连接设备，探伤机通过电源线与控制箱相连，控制器与外部电源连接，控制箱接地。

⑥在现场条件及检测目的允许的情况下，合理选择主射方向及工作人员操作位。对电缆线路检测现场，主射方向一般朝向地面，电缆线路一般位于城市区域，

续表 9 项目工程分析与源项

可适当采用防护铅板以缩小控制区和监督区的范围。对变电站检测现场，变电站内除值守人员外无其他无关人员，现场容易清场，主射方向尽可能朝向变电站内已有构筑物或地面，尽量不朝向居民方向，并使用铅板进行防护，减少对周围环境的影响。

现场仪器设备连接示意图见图 9-3。

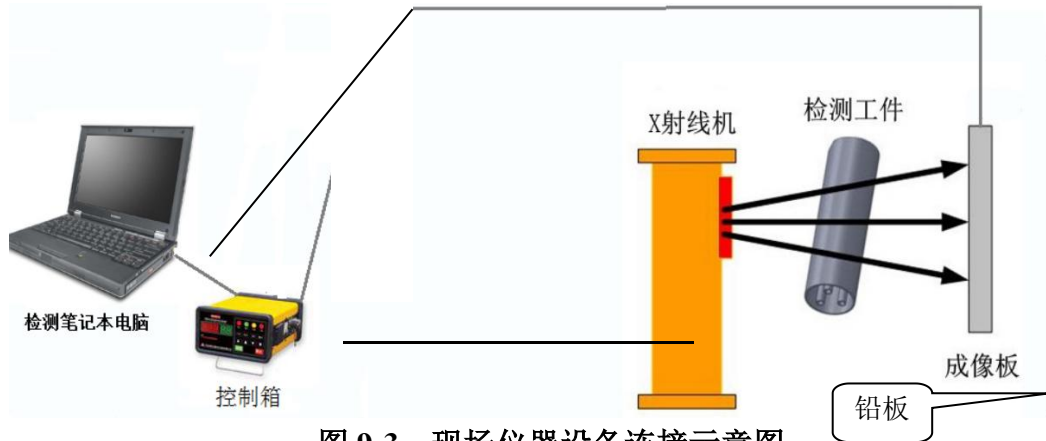


图 9-3 现场仪器设备连接示意图

⑦X 射线探伤机关机 8 小时或工作电压达到 250kV 以上，再次使用前需进行训机，训机完成后才可以正常使用。

⑧首次曝光时，使用便携式 X-γ剂量率仪进一步划定由远及近控制区和监督区边界。

(5) 现场探伤

确保探伤作业前的各项准备工作完成后，正确放置便携式 X 射线探伤机，设置曝光参数（电流、电压、时间等）。开启设备电源，进行巡测划定控制区和监督区的范围，然后进行探伤曝光作业。曝光结束后做好相关记录（参数、影像、照片和现场记录资料等），与方案一并存档备查。单次曝光结束时，关闭 X 射线探伤机，继续进行下一轮探伤直至全部探伤工作完成后，关闭 X 射线探伤机，确认探伤机已经停止工作后拆除警戒，清理现场。

(7) 设备归库

探伤设备由车辆运输至公司备用间，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备归还。

探伤设备维护和维修均返回原厂家进行，不自行维护和维修。

现场探伤工艺流程图见图 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

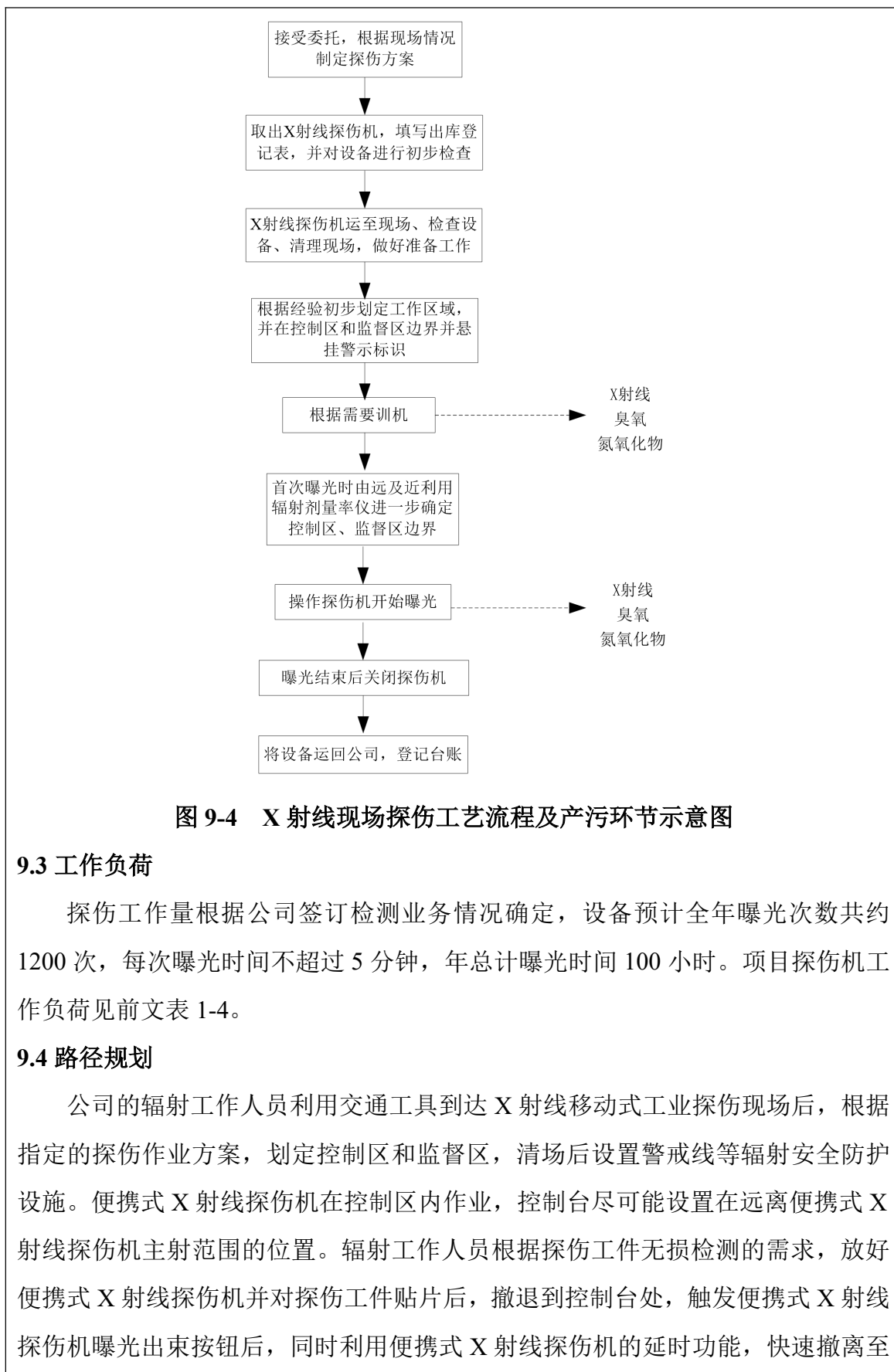


图 9-4 X 射线现场探伤工艺流程及产污环节示意图

9.3 工作负荷

探伤工作量根据公司签订检测业务情况确定，设备预计全年曝光次数共约 1200 次，每次曝光时间不超过 5 分钟，年总计曝光时间 100 小时。项目探伤机工作负荷见前文表 1-4。

9.4 路径规划

公司的辐射工作人员利用交通工具到达 X 射线移动式工业探伤现场后，根据指定的探伤作业方案，划定控制区和监督区，清场后设置警戒线等辐射安全防护设施。便携式 X 射线探伤机在控制区内作业，控制台尽可能设置在远离便携式 X 射线探伤机主射范围的位置。辐射工作人员根据探伤工件无损检测的需求，放好便携式 X 射线探伤机并对探伤工件贴片后，撤退到控制台处，触发便携式 X 射线探伤机曝光出束按钮后，同时利用便携式 X 射线探伤机的延时功能，快速撤离至

续表 9 项目工程分析与源项

控制区外。警戒、巡视人员在监督区边界巡视。公众成员在监督区外活动。

项目为 X 射线移动式工业探伤项目，便携式 X 射线探伤机在控制区内作业，由辐射工作人员根据探伤工件需要探伤的位置进行位置调整，便携式 X 射线探伤机路径规划见下图。

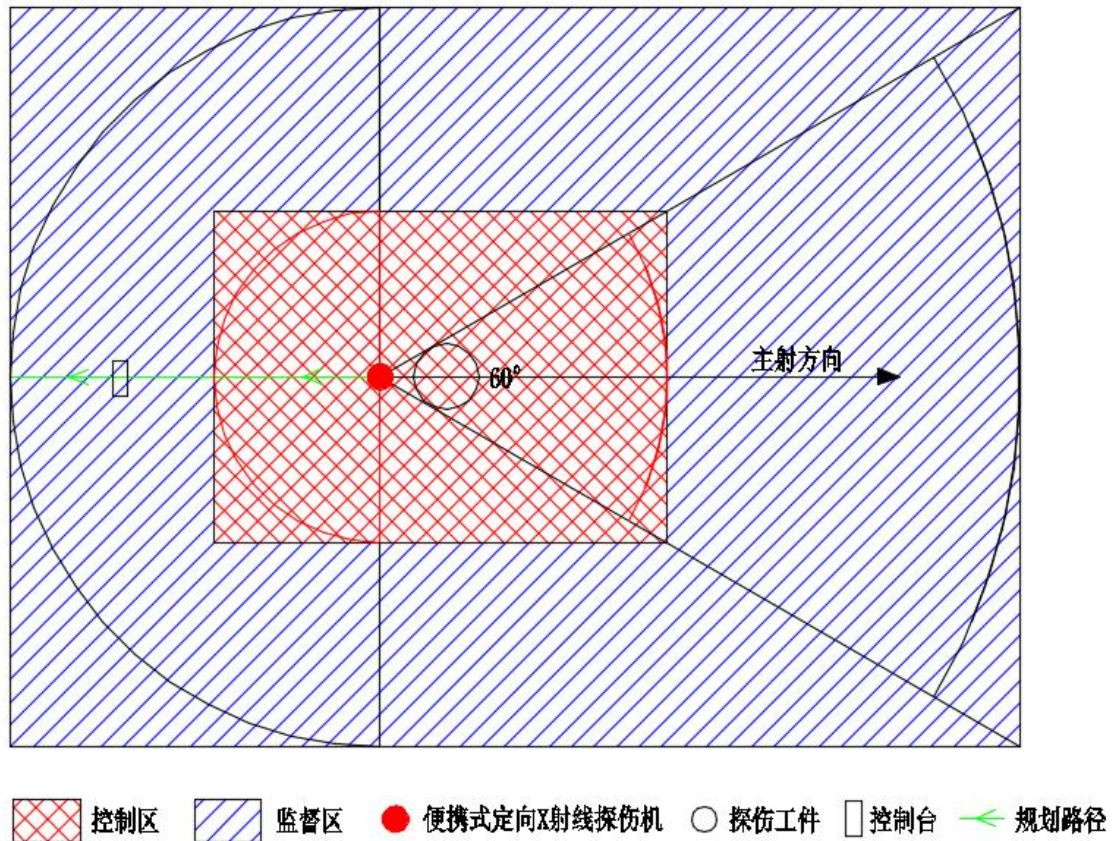


图 9-5 便携式定向 X 射线探伤机路径规划示意图

9.5 污染源项分析

根据工艺流程可知，便携式 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 (O_3) 和氮氧化物（主要为 NO_2 ）。辐射工作人员将产生的少量生活垃圾、生活污水。此外，本项目还将产生报废的便携式 X 射线探伤机、铅板。

9.5.1 电离辐射

根据便携式 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随探伤机的开、关而产生和消失，本项目使用的便携式 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，在探伤机开机曝光期间，X 射线成为污染环境的

续表 9 项目工程分析与源项

主要污染因子。

根据便携式 X 射线探伤机工作流程，便携式 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 射线球管出束照射工件期间，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 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。项目拟配置的便携式 X 射线探伤机的能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在 X 射线管的管电流越高，光子束流越强。项目拟配置便携式 X 射线探伤机的滤过板保守只考虑为 3mmAl，常用运行管电压为 80kV~300kV。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）附录 B 中表 B.1 及 ICRP33 报告（第 55 页图 2），确定项目便携式 X 射线探伤机不同工作电压条件下，X 射线输出量见表 9-2。

表 9-2 便携式 X 射线探伤机的 X 射线输出量表

设备	过滤板	工作电压 (kV)	X 射线输出量 (mGy·m ² /mA·min)	来源
便携式 X 射线探伤机	3mmAl	80	4.0	ICRP33 报告中附图
		150	5.2	GBZ/T250—2014 附录 B 中表 B.1
		200	8.9	
		300	20.9	

(2) 漏射线

漏射线是由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）表 1，大于 200kV 的探伤机距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h。

(3) 散射线

散射线是由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、地面、周边建构筑物等）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。便携式 X 射线探伤机的 X 射线 90° 散射辐射能量最高，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）表 2 可知，本项目探伤工作电压大于等于 150kV、小于等于 200kV 时，X

续表 9 项目工程分析与源项

射线 90° 散射辐射能量为 150kV，本项目探伤工作电压大于 200kV、小于等于 300kV 时，X 射线 90° 散射辐射能量为 200kV。对于探伤工作电压 < 150kV 的情况，X 射线 90° 散射辐射对应的 kV 值保守取初始射束相同电压值。

9.5.2“三废”排放情况

本项目主要是在便携式 X 射线探伤机无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

(1) 废气

在便携式 X 射线探伤机开展无损检测作业时，X 射线使空气电离产生极少量臭氧 (O₃) 和氮氧化物 (主要为 NO₂)，在探伤工作场所自然扩散。

(2) 废水

本项目无生产废水产生。

本项目不新增工作人员，故公司无新增生活污水产生，原有生活污水依托现有生化池进行处理后排入市政污水管网。X 射线移动式工业探伤现场的辐射工作人员产生的生活污水依托现场或周边已有污水处理设施处理。

(3) 噪声

本项目运行无高噪声设备。

(4) 固体废物

①生活垃圾

本项目不新增工作人员，故公司不新增生活垃圾产生量，原有生活垃圾依托原有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。X 射线移动式工业探伤现场的辐射工作人员产生的生活垃圾依托现场或周边已有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

②报废便携式 X 射线探伤机

便携式 X 射线探伤机的使用寿命约 10 年。当便携式 X 射线探伤机不能正常工作时，报废成为固体废物。便携式 X 射线探伤机报废后按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

③废铅板

项目拟配置的铅板，在使用一定年限后由于变形或破损会导致屏蔽能力减弱，

续表 9 项目工程分析与源项

不再使用的铅板（约 0.01t），由公司收集妥善暂存，并做好相应记录，交由有危废资质单位处理。

(5) 产污因子汇总

项目产排污总体情况见表 9-4 所示。

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	处理方式
电离辐射	X 射线	电压不大于 300kV，距靶 1m 处主射束的发射率不大于 20.9mGy·m ² /(mA·min)。	/
		距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h。	
		150kV≤工作电压≤200kV 时，X 射线 90°散射辐射能量为 150kV，200kV<工作电压≤300kV 时，X 射线 90°散射辐射能量为 200kV。对于探伤工作电压<150kV 的情况，X 射线 90°散射辐射对应的 kV 值保守取初始射束相同电压值。	
废气	O ₃ 、NO _x	少量	自然扩散
废水	生活污水	不新增	依托现有设施处理后排入市政污水管网
固废	生活垃圾	不新增	交环卫部门处理
	报废探伤机	约 10 年报废一次	按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档
	废铅板	0.01t	由公司收集妥善暂存，并做好相应记录，交由有危废资质单位处理

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射工作场所分区

10.1.1 工作场所布局

无探伤作业任务时，项目便携式 X 射线探伤机存放在公司 1F 备用间内，该房间大门上锁，门内外拟配置视频监控等安全设施。

本项目为 X 射线移动式工业探伤项目，探伤作业点分布在全国范围内，主要为变电站和电缆线路现场。公司开展 X 射线移动式工业探伤前，根据探伤现场的具体情况，制定探伤作业方案，按照相关要求划定控制区、监督区范围，并进行清场，确定其范围内无其他人员滞留；并按相关要求采取相应辐射安全防护措施以确保安全。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，通过设备控制电缆远距离操作探伤设备，同时利用便携式 X 射线探伤机的延时功能，在其曝光出束前撤离至控制区外。利用探伤作业现场的现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（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

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，控制区：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或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：未被定为控制区，通常不需要专门的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”。

本项目探伤作业点的控制区范围取值 $15\mu\text{Sv/h}$ 。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

续表 10 辐射安全与防护

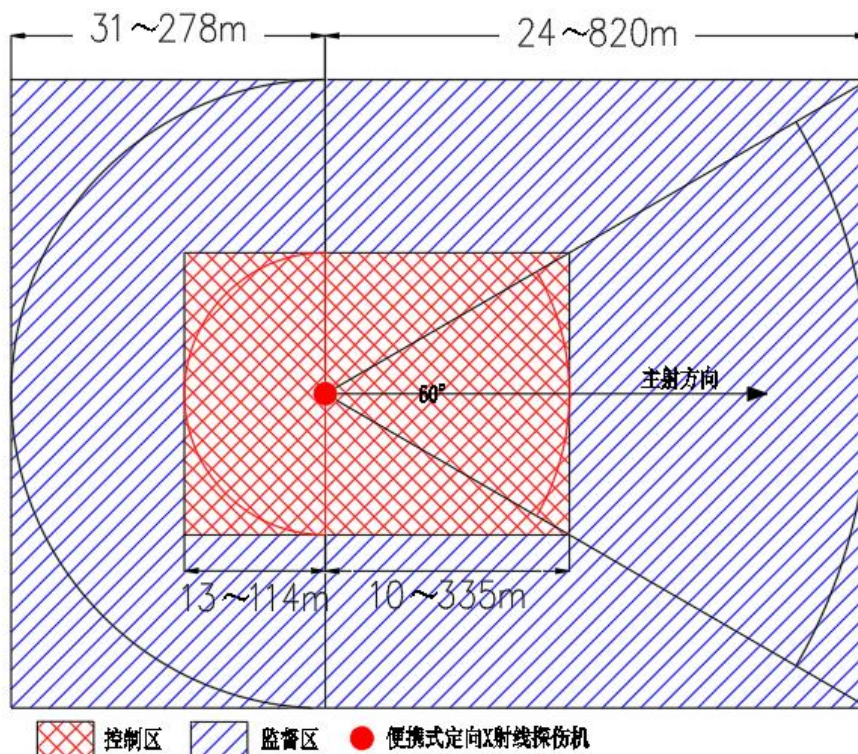
场屏蔽等条件，视情况采用局部屏蔽措施。

项目探伤工作场所的控制区、监督区的划设依据见下表 10-1。

表 10-1 现场探伤两区管理

分区	划分依据
控制区	将作业时被检工件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，并根据探伤现场实际情况优化控制区。
监督区	在控制区外将作业时被检工件周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围（ $2.5\text{-}15\mu\text{Sv/h}$ ）划为监督区，并根据现场探伤的地形，构筑物实际情况优化监督区。

以本项目便携式定向 X 射线探伤机探伤主射线水平朝向一侧照射（水平方向主射线辐射角度为 60° ，工件屏蔽）为例，控制区和监督区划分示意图如下，为了便于现场实际划区操作，将计算出的主射线方向和非主射方向控制区距离形成的最大矩形区域划为控制区，主射线方向和非主射方向监督区距离形成的最大矩形区域划为监督区，后同。



备注：距离首先根据理论计算距离划分，再结合现场监测情况调整。

图 10-1 便携式定向 X 射线探伤机探伤现场地面控制区和监督区示意图

本项目探伤工作场所的控制区、监督区管理要求如下：

(1) 控制区边界上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，否则应采取专

续表 10 辐射安全与防护

门的防护措施。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 监督区边界设警戒线，张贴电离辐射警告标志，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。

10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 设备固有安全措施

拟购便携式 X 射线探伤机的固有安全措施包括以下几个方面：

(1) 便携式 X 射线探伤机的控制台设置有 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。便携式 X 射线探伤机设置有高压接通时的外部报警或指示装置。便携式 X 射线探伤机设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。钥匙由专人管理，控制台上设置有紧急停机按钮，发生辐射事故时按下按钮，探伤机停止出束。

(2) 便携式 X 射线探伤机的管头组装体能固定在屏蔽组件上并加以锁紧。

(3) 便携式 X 射线探伤机的 X 射线管头设有限束装置。

(4) 便携式 X 射线探伤机的 X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用线束射出所需尺寸。

(5) 便携式 X 射线探伤机开机后，控制器首先进行系统诊断测试准备。若诊断测试正常，蜂鸣器响，准备灯亮，示意操作者可以进行曝光或训机操作，系统自动解除键盘封锁；当便携式 X 射线探伤机进行系统诊断测试准备时，发生红灯闪烁蜂鸣器提示报警音，证明便携式 X 射线探伤机发生故障，用户及时关闭电源，与厂家联系并维修。

(6) 便携式 X 射线探伤机的停放时间超过 8h，要进行训机操作（训机前设置铅板局部屏蔽）。在系统准备工作后，未进行任何设置时进行训机，按 ON 按键维持约 6s 进入自动训机状态。如果不进行训机，容易造成便携式 X 射线探伤机的无法正常使用。

续表 10 辐射安全与防护

(7) 系统准备工作后, 未开高压、未训机前, 按 OFF 按键约 4 秒后, 可进行延时设置, 一般延时 1 分钟, 方便操作人员在控制区外操作。在便携式 X 射线探伤机的延时启动期间, 会听到“嘀---嘀”警报声, 警戒人员应再次确认控制区及周围无人逗留, 如有公众成员停留应立刻关闭 X 射线探伤机。

(8) 当便携式 X 射线探伤机通高压产生 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便携式 X 射线探伤机的高压, 蜂鸣器会持续响, 提醒操作人员发生故障。

(9) 当便携式 X 射线探伤机的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。

(10) 便携式 X 射线探伤机具有无毫安保护、过毫安保护、低电压保护、过电压保护、过温保护、主回路过电流保护, 当便携式 X 射线探伤机发生以上保护时, 会一直处于自锁状态, 蜂鸣器会一直提示。

10.2.2 拟采取的作业现场辐射防护与安全措施

(1) 优化布局及作业时间

本项目为 X 射线移动式工业探伤项目, 在全国范围内开展 X 射线移动式工业探伤, 场所主要为野外, 具体根据承接的业务所在现场位置确定。

公司开展 X 射线移动式工业探伤前, 必须根据探伤作业区的实际情况划定控制区、监督区范围, 并进行清场, 确定其范围内无其他人员滞留, 并严控移动式探伤作业区周边的人员进入控制区; 根据实际情况优化主射线出束方向, 尽可能朝向地面、山体或已有构筑物, 避开周边环境保护目标。

(2) 警示标识和警示通告

拟配置若干套警示标识和警示通告, 每个现场探伤工作场所, 拟于监督区边界外悬挂“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“禁止进入射线工作区”警告牌; 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现场探伤时间内不要进入该区域。

续表 10 辐射安全与防护



备注：其背景为黄色，正三角形边框及电离辐射标志图形均为黑色，“当心电离辐射”用黑色粗等线体字。正三角形外边 $a_1=0.034L$ ，内边 $a_2=0.700a_1$ ， L 为观察距离。

图 10-2 电离辐射警告标志图

(3) 警示设备（声光报警灯，扩音器等）

①拟配备声光报警灯，安放在探伤作业点监督区边界。便携式 X 射线探伤机进行曝光时，声光报警灯长亮并发出警报声音。X 射线探伤的警示信号指示装置与探伤机联锁。拟设置不同颜色的指示灯提示“预备”和“照射”状态，同时拟设置声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号（声光报警灯等）有明显区别。夜晚作业时控制区边界设置警示灯。

②拟配备扩音器，X 射线移动式工业探伤前使用扩音器进行清场，使无关人员远离探伤作业点。

③若 X 射线移动式工业探伤现场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）

拟配备警戒线（警戒绳），开展 X 射线移动式工业探伤前，使用警戒线将控制区、监督区围合起来，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

续表 10 辐射安全与防护

有直读功能），并配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪。

(6) 紧急停机按钮

便携式 X 射线探伤机的控制台（操作箱）上设置紧急停机按钮，任何异常情况时触发紧急停机按钮，便携式 X 射线探伤机均能停止出束。

(7) 控制台相关措施

控制台（操作箱）设置在便携式 X 射线探伤机的非主射方向，并尽可能远离便携式 X 射线探伤机主射范围的位置。项目拟购便携式 X 射线探伤机与其控制台（操作箱）的连接电缆不低于 50m，同时利用其延时功能，辐射工作人员能在便携式 X 射线探伤机曝光出束前撤离至控制区外。此外，辐射工作人员还可以利用山体或已有构筑物屏蔽，确保便携式 X 射线探伤机曝光出束时，辐射工作人员位于控制区外。

(8) 拟采取的屏蔽防护措施

本项目拟配备 2mmPb 当量的铅板 3 张（长约 1000mm×宽约 1000mm），在进行 X 射线现场探伤时遮盖在探伤机侧面、后侧或成像装置后侧，用来减轻对主射和非主射方向的影响，以缩小主射和非主射方向控制区、监督区距离。

10.2.3 本项目现场探伤作业准备及其辐射防护与安全措施

(1) 探伤作业方案的制定

①公司根据探伤情况，制定 X 射线工业探伤作业大纲，结合探伤工件的类型、尺寸厚度选择合适电压及曝光时间等。

②公司开展 X 射线移动式工业探伤前，进行探伤作业点的现场考察，并对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。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、是否高空作业、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。

③充分与探伤作业点所在的单位负责人沟通，建立安全合作及协调巡视制度，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、安全信息公示牌、警告标识和警戒线等，避免造成混淆。确保探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

④在探伤作业点考察及评估的基础上，根据实际情况对 X 射线工业探伤作

续表 10 辐射安全与防护

业大纲进行修订完善,制定出有针对性的探伤作业方案。探伤作业方案主要包括:探伤工况、时间、便携式 X 射线探伤机安装位置、控制区域范围、监测方案等,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) 探伤作业点的现场布置

①X 射线移动式工业探伤前进行公告,通知无关人员撤离到监督区警戒线以外,做好周围公众成员的清场。根据检测要求和探伤对象的材质、厚度等性质,合理选择探伤设备及参数、主射方向。

根据探伤作业方案划分控制区、监督区,控制区及监督区边界尽可能利用实体屏障,包括利用临时屏障或拉起警戒线(绳)等,在监督区边界外悬挂“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,在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌,现场配备便携式 X- γ 剂量率仪随时监测工作区域的辐射剂量。设置声光报警灯,拉好警戒线并设置电离辐射警告标志,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。

②针对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,拟在监督区边界设置声光报警灯,同时根据现场需要,增设警戒、巡视辅助人员。

③当便携式 X 射线探伤机、探伤作业点、探伤工件以及照射方向等条件发生变化时,重新使用便携式 X- γ 剂量率仪进行巡测,重新划设控制区和监督区。

项目辐射安全联锁逻辑图见图 10-3。

续表 10 辐射安全与防护

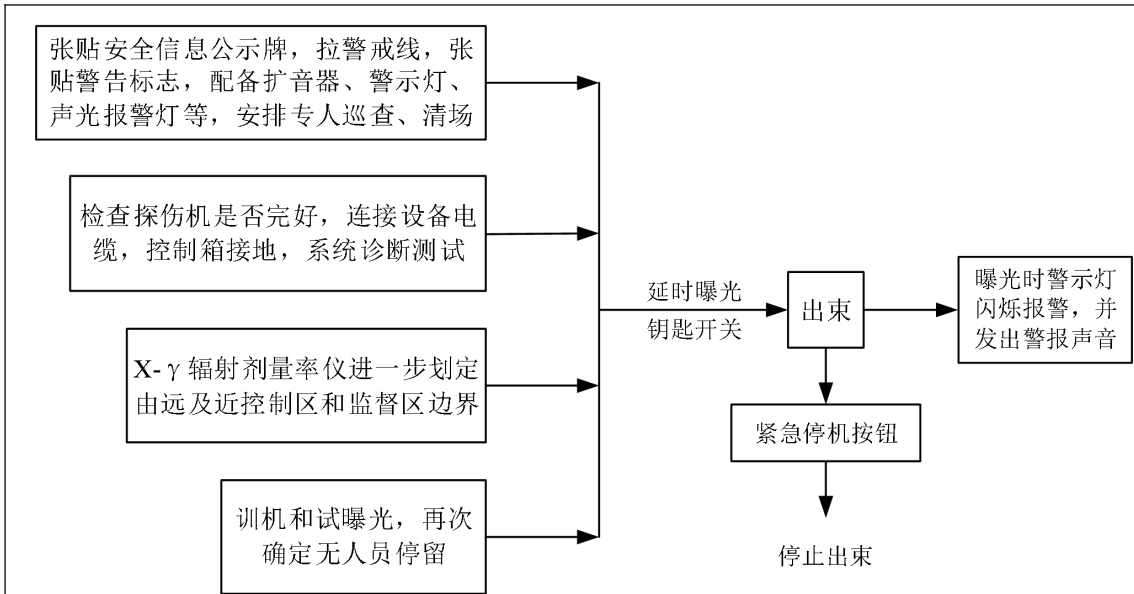


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

(3) 射线探伤装置的管理

本项目探伤装置在无探伤任务时存放于公司 1F 备用间内，探伤工作结束后及时将设备返回至备用间内存放，做好进出台账。探伤设备不能及时返回，需要在探伤作业现场存放时，必须做好探伤设备的存放安全管理，落实责任人。

10.4 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	2mmPb 的铅板 (1000mm×1000mm)	张	3	拟购
	个人剂量计	个	2	拟购
	个人剂量报警仪	个	2	拟购
	便携式 X-γ 剂量率仪	台	1	拟购
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置	个	4	拟购
	声光报警灯	个	4	拟购
	电离辐射警告标志	块	8	拟购
	警告牌 (“无关人员禁止入内”警告牌)	块	4	拟购
	警告牌 (“禁止进入射线工作区”警告牌)	块	4	拟购
	警戒线 (警戒绳)	套	2	拟购

续表 10 辐射安全与防护

	对讲机	套	2	拟购
	扩音器	套	2	拟购

10.5 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。

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》（GBZ117—2022）的要求。

10.6 三废的治理

本项目不产生放射性三废。

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》 (GBZ117—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。	重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司作为探伤设备的使用主体，是放射防护安全主体责任单位，承诺对辐射安全负主体责任。
		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。	拟在运营前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。	拟为从事探伤工作的人员配备个人剂量计，按 GBZ128、GBZ98 的要求进行个人剂量监测、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。	探伤工作人员拟取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格后方可上岗。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪，并为每名辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	拟制定辐射事故应急预案。
	5 探伤机的放射防护要求	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，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。	拟制定操作规程，规程中包含以上内容，作业前严格按照规程进行相关检查。
		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。	拟制定 X 射线探伤机维护制度，每年至少交原厂家进行一次维护，并做好设备维护记录。

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）。	拟制定现场探伤操作规程，规程中包含对工作现场的评估，在实施移动式探伤工作之前，按操作规程对工作场所环境进行全面评估，制定有针对性的作业方案。并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。
	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。	本项目拟配置 1 台探伤机开展移动式探伤工作，至少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。	移动式探伤工作在委托单位的工作场地实施准备和规划时，本项目将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。确保委托单位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为控制区的区域内进行。	项目拟根据要求设置控制区和监督区，拉警戒线（绳），设置警告牌、警示标识等，实行分区管理，现场探伤工作在指定的控制区内进行，辐射操作人员在控制区外作业，非辐射工作人员和其他公众在监督区外活动。
	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。	拟在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员拟在控制区边界外操作，否则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。	控制区的边界拟尽可能利用工作场所内现有地形或构筑物作为实体屏障，无可利用的地方拉警戒线。
	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。	本项目移动式探伤作业工作过程中，控制区内不同时进行其他工作。本项目使用定向探伤机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。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	本项目拟配置一个探伤作业班组,拟配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪,开始探伤工作前,将对剂量率仪进行检查,确认能正常工作,并定期对其开展检定/校准工作。探伤现场每名辐射工作人员配置一台个人剂量报警仪,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。	在划定好控制区后,探伤作业期间对控制区边界进行巡测,一旦发生辐射水平异常、分区不合理的情况,将立即停止射线束,并调整控制区边界。
		7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/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。	拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区,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。	在现场探伤作业前对探伤作业现场进行清场,确保控制区内均无人员进入。
		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。	探伤机控制台拟设置在控制区外合适位置并采用延时曝光,出束时操作人员位于控制区外。
	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。	委托单位(业主单位)拟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,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。	拟设置声光报警灯,其“预备”信号和“照射”信号拟用不同颜色区别,并且与拟探伤工作现场使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时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指示装置应与探伤机联锁。	项目警示信号指示装置拟与探伤机联锁。
		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。	项目拟在作业现场控制区边界位置设置声光报警灯,确保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。
		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。	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“无关人员禁止入内”警告牌等提示信息。
	7.4 边界	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。	项目探伤作业前,拟对探伤现场工作场所进行清场,确保控制区内无任何其他人员。

续表 10 辐射安全与防护

巡查与检测	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。	拟在控制区边界拉警戒线（绳），确保控制区的范围清晰可见，工作期间拟设置良好的照明，确保探伤作业时任何人员均不进入控制区。并根据现场情况安排 2~3 名警戒人员在监督区边界警戒、巡视。
	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。	在试运行（或第一次曝光）期间，拟使用便携式 X-γ 剂量率仪测量控制区边界的剂量率。必要时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。	开始移动式探伤工作之前，拟对便携式 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。	移动式探伤期间，每名辐射操作人员佩戴 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并携带便携式 X-γ 剂量率仪。
7.5 移动式探伤操作要求	7.5.1 X 射线移动式探伤 7.5.1.2 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。	本项目控制电缆不低于 50m，拟考虑照射方向、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。
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

续表 10 辐射安全与防护

8.2 探伤机检测	<p>8.2.1 防护性能检测</p> <p>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。</p> <p>8.2.1.2 检测周期：使用单位应每年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。</p> <p>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。γ射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.2.1.1 条的要求。</p>	<p>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。</p>
8.4 移动式探伤放射防护检测	<p>8.4.1 检测要求</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>进行移动式探伤时，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，并同时做好监测记录。</p>
	<p>8.4.2 检测方法</p> <p>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 μSv/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。</p>	<p>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，确定控制区边界和监督区边界。</p>
	<p>8.4.3 检测周期</p> <p>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。</p>	<p>每次移动式探伤作业时，拟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监测。</p>
	<p>8.4.4 结果评价</p> <p>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。</p>	<p>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。</p>

续表 10 辐射安全与防护

	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。
GBZ128— 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，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	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。

表 11 环境影响分析

11.1 施工期对环境的影响

本项目探伤机存放在现有备用间，仅进行简单布置，不涉及施工设施设备，因此施工期对环境产生的影响很小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 现场探伤辐射环境影响分析

11.2.1.1 探伤设备存放地点环境影响

本项目探伤设备存放地点仅进行探伤设备存放，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；建设单位的备用间设置专人管理，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。

11.2.1.2 现场探伤理论计算

本环评控制区和监督区边界按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）的要求，综合考虑现场探伤拍片量、现场探伤时间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：

本次计算公式根据参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250—2014）中对探伤项目的计算公式。

①有用线束

a) 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，然后按 X 射线在铅和混凝土中的透射曲线图查到所需的厚度。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (1)$$

续表 11 环境影响分析

式中：

\dot{H}_c ——剂量控制值（本项目控制区为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），单位 $\mu\text{Sv/h}$ ；

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（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；

则主射方向控制区、监督区距离计算公式为：

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

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，然后按式（6）计算所需的屏蔽物质厚度 X 。

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

式中：

\dot{H}_c ——按 3.1 确定的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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

则漏射方向控制区、监督区距离计算公式为：

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

续表 11 环境影响分析

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。

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

式中：

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) 至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

F—— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m²)；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积 (1m²) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——本项目 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°

和 30°，根据 GBZ/T250-2014 附录 B.4，20°时该值为 50，30°时根据相关参数计算后该值为 20.1，因此本项目保守取 20.1。

则散射方向控制区、监督区距离计算公式为：

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

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：

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

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表；

(2) 计算参数

本项目探伤工件厚度在 4~40mm，探伤机每次曝光时间不超过 5min，工件材料主要为钢/铁、铝、铜等，设备常用电压 80kV~300kV，常用电流为 1-4.5mA，根据公司提供的资料，公司拟通过操作制度管理确保探伤严格按照表 1-3 中的条件进

续表 11 环境影响分析

行探伤，按照设备常用最小和最大电压下对应的最小厚度的工件、同时考虑最大电流时的最大电压及对应的最小工件厚度进行核算。最小电压为 80kV 时，最小厚度的工件是电缆，由于工件尺寸很小，因此后文计算不考虑该种情况下的工件屏蔽。主要核算参数见表 11-1。

表 11-1 主要核算参数一览表

管电压 (kV)	TVL (铅)	TVL (钢或铁)	发射率 (mGy·m ² / (mA·min))	工作电流
80 (常用最小管电压、散射电压)	0.9mm	0.8cm	4.0	1mA
150 (散射电压)	0.96mm	1.3cm	5.2	4.5mA
200 (常用最大电流时的最大电压)	1.4mm	1.43cm	8.9	4.5mA
200 (散射电压)	1.4mm	1.43cm	8.9	3mA
300 (常用最大管电压)	5.7mm	2.3cm	20.9	3mA

注：铅的密度 11.3t/m³，TVL 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014) 表 B.2 获取，未给出的根据《辐射防护导论》(方杰主编，P103，附图 3.24) 获取。钢的密度 7.85t/m³，根据《辐射防护导论》(方杰主编，P103，附图 3.23) 得出各电压的 X 射线在钢板中的近似 TVL。

(3) 计算结果

①被检探伤工件较小，不能完全阻挡便携式 X 射线探伤机的有用线束，在成像装置后方(便携式 X 射线探伤机主射线方向)放置 2mmPb 铅板进行屏蔽(本项目配备了多块铅板，因此能够确保铅板能够完全阻挡多余 X 射线，主射方向不存在无工件且无铅板的情况)，以缩短主射方向上的控制区、监督区范围。探伤作业点便携式 X 射线探伤机主射方向上的控制区、监督区的距离如下表 11-2。

表 11-2 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果(无工件、有铅板屏蔽)

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	铅板厚度 (mm)	边界距离 (m)	
				控制区	监督区
ERESCO 65 MF4	80	1	2	10	24
	200	4.5	2	78	190
	300	3	2	335	820

备注：预测距离结果取整数(进一位)。

②被检探伤工件尺寸较大，能完全阻挡便携式 X 射线探伤机的有用线束，探伤作业点周围环境简单，无环境保护目标，主射方向上无需额外设置铅板以缩短控制区、监督区的范围，则探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-3。

续表 11 环境影响分析

表 11-3 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果（有工件、无铅板屏蔽）

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	探伤工件材质	工件最小厚度 (mm)	边界距离 (m)	
					控制区	监督区
ERESCO 65 MF4	200	4.5	钢	26	50	121
	300	3	钢	36	83	203

备注：预测距离结果取整数（进一位）。

③被检探伤工件能完全阻挡便携式 X 射线探伤机的有用线束，探伤作业点周围环境复杂，主射方向同时需额外设置铅板以缩短控制区、监督区的范围，则探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-4。

表 11-4 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果（有工件、有铅板屏蔽）

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	铅板厚度 (mm)	探伤工件材质	工件最小厚度 (mm)	边界距离 (m)	
						控制区	监督区
ERESCO 65 MF4	200	4.5	2	钢	26	10	24
	300	3	2	钢	36	56	136

备注：预测距离结果取整数（进一位）。

④探伤作业点周围环境复杂，非主射方向有环境保护目标，便携式 X 射线探伤机非主射方向需设置铅板以缩短控制区、监督区的范围，则便携式 X 射线探伤机非主射方向探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-5。

表 11-5 非主射方向控制区、监督区边界距离核算结果（无工件、有铅板屏蔽）

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	边界距离 (m)			
			非主射方向-控制区		非主射方向-监督区	
			散射	漏射	散射	漏射
ERESCO 65 MF4	80	1	3	13	6	30
			13		31	
	200	4.5	9	13	20	30
			15		36	
	300	3	22	13	53	30
			25		61	

注：①漏射线所致周围剂量当量率限值按照表 7-1 规定的限值。②预测距离结果取整（进一位）。

当便携式 X 射线探伤机周围环境简单，无环境保护目标，不需设置铅板时，便携式 X 射线探伤机非主射方向探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-6。

表 11-6 非主射方向控制区、监督区边界距离核算结果（无工件、无铅板屏蔽）

便携式 X 射线探伤机的设备型号	工作电压	工作电流 (mA)	边界距离 (m)	
			非主射方向-控制区	非主射方向-监督区

续表 11 环境影响分析

	(kV)		散射	漏射	散射	漏射
ERESCO 65 MF4	80	1	29	19	70	45
			34		83	
	200	4.5	90	19	219	45
			92		224	
	300	3	112	19	274	45
			114		278	

注：①漏射线所致周围剂量当量率限值按照表 7-1 规定的限值。②预测距离结果取整（进一位）。

根据表 11-2~表 11-6 计算可知，便携式 X 射线探伤机在常用最小和最大电压下对应的最小厚度探伤工件、同时考虑最大电流时的最大电压及对应的最小工件厚度以及是否安放铅板屏蔽进行 X 射线移动式工业探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，在便携式 X 射线探伤机的主射方向上控制区边界的距离为 10~335m，监督区边界距离为 24~820m；非主射方向控制区边界距离为 13~114m，监督区边界距离为 31~278m。

结合上述理论计算结果，便携式定向 X 射线探伤机的水平方向最大辐射角度为 60°，各方向上最大控制区、监督区划分示意图见图 11-1。

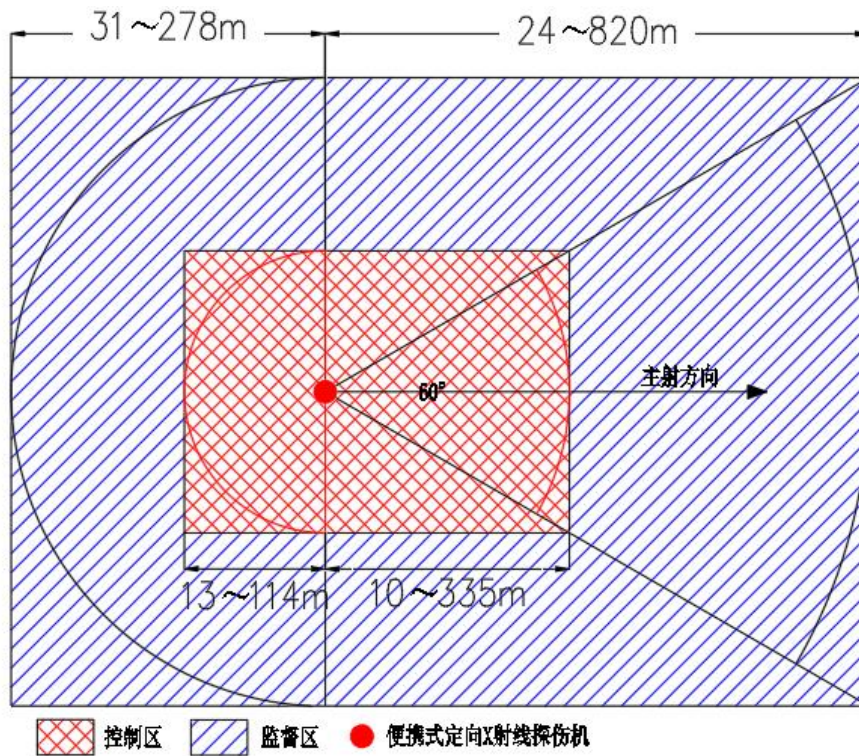


图 11-1 便携式定向 X 射线探伤机控制区、监督区划分示意图

续表 11 环境影响分析

11.2.1.2 类比监测

(1) 类比条件分析

为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。本环评选取重庆奥林特机电技术有限公司 1 台在用的定向 X 射线探伤机作为类比对象。重庆泓天环境监测有限公司于 2023 年 11 月 30 日对该台设备开展 X 射线现场探伤进行了模拟监测，监测报告见附件 3（渝泓环（监）（2023）1026 号）。可类比性分析见表 11-7。

表 11-7 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	类比的重庆奥林特机电技术有限公司探伤机	类比分析
探伤机机型	ERESCO 65 MF4 型	XXG-3005TD 型	相似、均为定向机
过滤材料及厚度	0.8mm±0.1mm Be+3mmAl	3mmAl	相似
主要技术参数	300kV, 6mA	300kV, 5mA	相似
工作场所	野外探伤现场	野外探伤现场	一致
工件类型	委托检测的电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等	委托检测的压力钢板	相似
材质	钢/铁、铝、铜	钢	相似

根据上表可知，类比探伤机型号、探伤工件类型、设备参数等均与本项目相似，有很好的类比性。

(2) 类比监测结果

①现场情况：重庆华川油建装备制造有限公司厂房内，探伤工件40mm钢板，监测时未使用铅防护板。

②探伤条件：280kV、5mA

③监测结果见下表11-8。

表11-8 有工件模拟探伤监测结果统计

设备型号	测量方位	与探伤机之间的距离（米）	
		修正后15μSv/h处	修正后2.5μSv/h处
XXG-3005TD型	前面（主射方向）	36	68
	后面	19	43

续表 11 环境影响分析

	左侧	30	56
	右侧	26	48

④监测结果类比分析

根据前文计算公式，根据监测条件进行计算，XXG-3005TD探伤机在40mm钢板照射情况下控制区、监督区的距离见表11-9。

表 11-9 便携式 X 射线探伤机模拟探伤监测结果、理论预测结果对比一览表

设备型号	方位	与探伤机之间的距离（米）			
		15μSv/h处		2.5μSv/h处	
		监测结果	预测结果	监测结果	预测结果
XXG-3005TD	前面（主射方向）	36	60	68	147
	后面	19	87	43	213
	左侧	30	87	56	213
	右侧	26	87	48	213

与理论预测结果相比，类比监测结果中的主射方向以及其他方位的控制区、监督区边界距离与理论预测结果有一定差距，理论预测结果比监测结果更大，主要是因为理论预测结果未考虑到现场探伤所在地场地周围地形条件和周围遮挡物等影响，造成预测结果更大。

本项目拟配备便携式X射线探伤机电缆长度不低于50m，在实际移动式探伤过程中，拟采用便携式X射线探伤机的延时曝光功能（0~5min），并根据探伤工作方案对不同探伤工作场所采取针对性的辐射防护与安全措施，以实际测量数据来划分监督区和控制区，利用现场的山体、构筑物等遮挡，或者使用铅板遮挡保证操作人员在监督区范围内操作。当X射线探伤现场、被检物体、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行监测，确定新的控制区、监督区边界。

11.2.1.3 剂量估算

(1) 估算公式

工作人员和公众用下式估算：

$$H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (8)$$

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， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ； 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；

续表 11 环境影响分析

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曝光约 1200 次, 每次曝光时间不超过 5min, 每年曝光时间不超过 100h; 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。

(3) 剂量估算

①现场探伤操作人员(辐射工作人员)

根据建设单位提供的资料, 本项目拟配置 1 台便携式 X 射线探伤机, 由 1 组操作人员完成全年现场探伤工作, 操作人员位于控制区边界, 则操作人员受到的剂量率为 $15\mu\text{Sv/h}$, 则一组辐射工作人员的年有效剂量为 1.5mSv/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, 在监督区边界所受到的最大剂量率控制在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以内。

警戒、巡视人员在探伤作业点的监督区边界进行警戒、巡视, 随着公司业务不断变换, 周边人员不同, 居留因子取 $1/4$, 其受照剂量约为 0.06mSv/a 。

本项目主要在野外探伤, 公众成员的居留因子取 $1/40$, 其受照剂量 $<0.01\text{mSv/a}$ 。

探伤现场监督区外的公众成员均低于公众成员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。

11.2.3 废气环境影响分析

本项目探伤机产生的 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, 且本项目探伤现场主要位于野外, 空间开阔, 废气很快能够扩散, 对周围活动的操作人员、公众成员产生的影响很小。

11.2.4 废水环境影响分析

续表 11 环境影响分析

本项目不产生废水，工作人员生活污水依托公司旁已有生化池进行处理后排入市政污水管网；现场探伤工作人员生活污水依托周边现有设施处理。

11.2.5 固废环境影响分析

(1) 生活垃圾

项目工作人员产生的生活垃圾依托公司现有生活垃圾收集系统收集后，交由环卫部门统一处理。

(2) 报废的探伤机

本项目探伤机使用一定年限后（一般约 10 年）可能不能正常工作，报废成为固体废物，按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

(3) 废铅板

废铅板由公司收集妥善暂存，并做好相应记录，交由有危废资质单位处理。

综上所述，建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，项目固废对周围环境的影响可以接受。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险类型

本项目拟配置 1 台便携式 X 射线探伤机，最大管电压 300kV。X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，便携式 X 射线探伤机断电状态下较为安全。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：

事故情景 1：便携式 X 射线探伤机在最大工况运行时或者训机时，无工件遮挡且无防护的情况，操作人员和公众成员误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射。

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，导致公众成员误入工作区域受到误照射。

事故情景 3：现场探伤工作结束后，便携式 X 射线探伤机未存放指定的地方，随意存放，导致公众成员启动便携式 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了便携式 X 射线探伤机遗忘或被盗的可能性。

续表 11 环境影响分析

11.3.2 事故风险剂量估算

根据前文描述的情景，本项目现场探伤可能发生的风险事故主要为误照射。本评价考虑便携式 X 射线探伤机按照最大工况（管电压 300kV、管电流 3mA）运行，无工件遮挡且无屏蔽防护，主射方向上不同距离处人员所受照射剂量估算结果见表 11-10。

表 11-10 误照射无工件主射方向不同距离剂量率估算

发射率 (mGy·m ² / (mA·min))	与焦点距离 (m)	不同距离下剂量率 (μGy/h)	单次照射受照剂 量 (mGy)
20.9	0.5	1.50×10 ⁷	1254.00
	1	3.76×10 ⁶	313.50
	5	1.50×10 ⁵	12.54
	10 (最小主射方向控制区)	3.76×10 ⁴	3.14
	15	1.67×10 ⁴	1.39
	20	9.41×10 ³	0.78
	24 (最小主射方向监督区)	6.53×10 ³	0.54
	30	4.18×10 ³	0.35
	40	2.35×10 ³	0.20
	50	1.50×10 ³	0.13
	100	3.76×10 ²	3.14×10 ⁻²
	200	9.41×10 ²	7.84×10 ⁻²
	335 (最大主射方向控制区)	3.35×10 ¹	2.79×10 ⁻³
	500	1.50×10 ¹	1.25×10 ⁻⁴
820 (最大主射方向监督区)	5.59	4.66×10 ⁻⁴	

备注：单次照射时间不超过 5min

(1) 事故情景 1

便携式 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下，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，直至便携式 X 射线探伤机开机曝光 5min 后，自动停止曝光。误入监督区的公众成员（考虑位于最小控制区边界警戒绳）受到的瞬时剂量率为 3.76×10⁴μGy/h，则单次误入监督区的公众成员受到有效剂量最高为 3.14mGy；误入控制区（取距焦点 1m 处）的人员受到的瞬时剂量率为 3.76×10⁶μGy/h，则单次误入控制区的人员受到有效剂量最高为 313.5mGy；极端情况下距焦点 0.5m 处人员受到的瞬时剂量率为 1.50×10⁷μGy/h，则单次误入控制区的

续表 11 环境影响分析

人员受到有效剂量最高为 1254mGy。本项目为现场探伤，探伤工作场所不固定，人员误入位置具有不确定性，距离越近，受到的单次照射剂量越高，同一人员多次误入探伤工作场所的可能性很低。

(2) 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) 事故情景 3

现场探伤工作结束后，便携式 X 射线探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致公众成员启动便携式 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成误照射。便携式 X 射线探伤机单次曝光时间不超过 5min，则当 300kV 电压下，则距离便携式 X 射线探伤机主射方向 1m 处公众成员受到有效剂量最高为 313.5mGy；极端情况下距离便携式 X 射线探伤机主射方向 0.5m 处公众成员受到有效剂量最高为 1254mGy。

11.3.3 事故状态可能引起的辐射危害后果分析

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，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。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和确定性效应（组织反应）。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率（而非其严重程度）与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在剂量阈值。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体体细胞受损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递

续表 11 环境影响分析

下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。随机性效应需重点关注，因其无法防护，可通过减少人员的受照剂量以减少随机性效应的发生概率。

组织反应以存在阈值剂量并且反应严重程度随剂量增加而加重为特征的细胞群体的损伤。早期组织反应（照射后几个小时到几周）可能具有炎症性质，其发生是细胞渗透性改变和炎症介质释放的结果。随后的组织反应通常是细胞丢失（例如表皮组织黏膜炎和脱皮）的结果，尽管组织的非细胞毒性效应也会在该早期反应中起一定作用。晚期组织反应（照射后几个月到几年）如果是由于靶组织直接损伤（例如分割照射后血管阻塞导致的深层组织坏死）引起的就称为“一般性的”，如果是由严重早期反应（例如作为大面积表皮剥蚀或慢性感染的真皮坏死和严重黏膜溃疡导致的小肠狭窄的结果）引起的就称为“结果性的”。这两种情况并不相互排斥，常常是同时存在。

11.3.4 事故分级

结合前面事故情景的剂量估算，一般情况单次误入控制区的人员受照剂量最高为 313.5mGy，对操作人员及公众成员发生单次误照射不会导致较严重的辐射损伤，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，本项目可能发生事故等级为一般辐射事故，可能增加发生随机性效应的概率，不会导致较严重的辐射损伤。极端情况近距离单次误入控制区的人员受照剂量最高为 1254mGy，对操作人员及公众成员发生单次误照射会导致较严重的辐射损伤，造成较大辐射事故。

11.3.5 风险防范措施

（一）针对人员误入探伤工作场所的事故情况

（1）定期认真对便携式 X 射线探伤机的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，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，按项目制定工作方案，该工作方案主要包括探伤工况、时间、地点、控制区、监督区范围、监测方案、清场方式等，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

续表 11 环境影响分析

目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。

(3) 凡涉及对便携式 X 射线探伤机的操作，必须有明确的操作规程；单个探伤作业点的现场探伤作业时至少有 4 名工作人员同时在场，包括 2 名操作人员（辐射工作人员）及至少 2 名警戒、巡视人员（公众成员）。操作人员严格按照操作规程进行操作，开机参数需两名操作人员确认无误后方可进行；并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可见到的明显位置。

(4) 严格管理辐射工作人员，加强人员辐射防护与安全培训，定期进行操作训练、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。

(二) 针对警告标志未发挥作用、清场工作不全面造成人员误入工作区域的事故情况

移动式探伤作业前，根据探伤工件情况及使用的探伤参数，初步划定控制区、监督区，再使用便携式 X- γ 剂量率仪进一步由远及近确定控制区和监督区边界。控制区、监督区范围确定之后进行清场，设置警戒线。控制区和监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌，拟在监督区边界悬挂“无关人员禁止入内”警告牌。探伤作业前安排 2—3 人进行巡查、警戒，确保探伤作业期间无公众误入作业区。夜间进行探伤作业时，在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，并设专人警戒。

(三) 针对探伤机未按要求存放，设备误出束的事故情况

做好设备进出台账记录，避免探伤工作结束后设备随意存放，造成不必要的人员误照射。定期对使用便携式 X 射线探伤机的安全装置进行维护、保养，对可能引起的操作失灵的关键零配件定期进行更换，加强对防护警示标志的检查，避免失效。射线装置报废后，报废的便携式 X 射线探伤机按照相关要求拆解和去功能化，而后交由物资公司回收处置，保留回收手续并做好相关记录存档。探伤设备库房设专人看管，柜钥专人保管，一般人员不接触。

(四) 针对操作人员误操作机器，导致出现辐射安全事故的情况

续表 11 环境影响分析

(1) 工作人员探伤现场前检查便携式 X 射线探伤机、电源线等是否完好，控制器各项指示灯是否正常显示；探伤作业前做好现场清场工作，首次曝光时，使用便携式 X- γ 辐射剂量仪划分控制区与监督区，并按要求设置警戒线、警示标志、声光报警装置等。加强操作人员的岗位培训，现场探伤操作过程严格按照操作流程执行，两名操作人员同时在场，确保便携式 X 射线探伤机与工件的位置以及便携式 X 射线探伤机各项参数调试正确后方可出束。

(2) 操作人员确保现场探伤时个人剂量仪与个人剂量报警仪正常使用并正确佩戴，同时，关注控制器情况，如在现场探伤过程中个人剂量报警仪持续报警，或控制器出现异常警报，立即通过控制器的紧急停机按钮关闭便携式 X 射线探伤机，停止作业，待查清事故原因后方可继续进行现场探伤。

(3) 加强工作人员的辐射防护与安全培训，定期进行操作训练、应急演练，管理人员严格按照规章制度对工作人员进行管理，加强工作人员的职业道德修养，必须把操作人员、公众的健康与安全放在首位。

11.4 实践正当性分析

项目 X 射线探伤机的应用，对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等设备质量的无损探伤检测有其他技术无法替代的特点，项目建设为公司的检验检测服务提供无损探伤检测手段；项目拟使用 X 射线探伤机对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等开展 X 射线无损检测，以确保产品质量与安全，具有明显的社会效益；随着 X 射线无损探伤检验检测服务的开展，也将为公司创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，其对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害等代价，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“实践正当性”的原则与要求。

11.5 产业政策分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，“第一类 鼓励类”中“三十一”检验检测服务，项目 X 射线探伤机用于公司对电力行业电缆线路和变电站内隔离开关等的无损探伤检测服务，属于产业结构的鼓励类。项目建设符合国家相

续表 11 环境影响分析

关法律法规和政策规定，符合国家的产业政策。

11.6 环保投资估算

本项目环保投资约 13 万元，环保投资估算表见表 11-11。

表 11-11 环保投资估算

内容	措施	投资(万元)
管理制度、应急预案、警告标志	制度上墙，张贴规范	0.5
辐射防护与安全措施	提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置、声光报警灯、电离辐射警告标志、警告牌（“无关人员禁止入内”警告牌）、警告牌（“禁止进入射线工作区”警告牌）、警戒线（警戒绳）、扩音器、铅板等	3
防护监测设备	个人剂量计、个人辐射报警仪、便携式 X-γ剂量率仪	2.5
环保手续办理	/	6
合计		13

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及辐射工作人员

(一) 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》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。

公司未开展过核技术利用项目，尚未设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，也未配置技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。因此，本项目拟按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理机构，或者指定至少 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。辐射安全与环境保护管理主要涉及以下几个方面：

(1) 全面负责辐射安全防护管理工作，制定辐射防护安全管理制度。

(2) 负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、人员培训、个人剂量送检、职业健康体检等，并做好个人剂量计监测档案、健康体检档案、培训档案的管理。

(3) 负责日常防护设备维护，制定辐射事故应急预案，编制企业辐射安全年度评估报告。

(二) 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》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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当定期接受一次再培训。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），有辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织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。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，五年有效。

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，待辐射工作人员通过辐射防护与安全培训并

续表 12 辐射安全管理

考核合格，取得对应类别的辐射安全培训合格证书后方可上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

（一）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》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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

公司拟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程、辐射工作人员教育培训制度、射线装置台账管理制度、监测方案等。以上制度应按照国家内部管理架构、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、建立依据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。

（二）个人剂量管理

公司拟为辐射工作人员建立个人剂量档案，个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。辐射工作人员个人剂量档案应当终生保存。

另外，辐射工作人员在岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

（三）职业健康体检

公司拟在上岗前组织辐射工作人员进行职业健康检查，从事辐射工作期间，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。对不适宜继续从事辐射工作的，拟按照规定脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。对于新进辐射工作人员，在项目辐射工作人员上岗前，公司拟按规定进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

（四）射线装置台账管理

公司拟制定射线装置使用登记制度，建立台账记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确

续表 12 辐射安全管理

定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

（五）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。

公司拟在制度上规定年度评估要求，在项目运行后，拟严格落实制度要求，对发生的问题、安全隐患及时整改，消除安全隐患，按时提交年度评估报告。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。

（六）档案管理

公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康检查档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量检测结果、职业健康检查结果等材料，并根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

其他辐射环境管理档案还包括以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”。

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。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作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放射防护与安全知识。

公司拟建立安全管理体系，将辐射安全纳入公司生产安全体系，明确各层次人员的职责、不断识别内部核安全文化的不足并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保辐射安全。

续表 12 辐射安全管理

具体操作参考如下：

(1) 组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

(2) 建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.4 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》第十六条的相关规定，公司从事的辐射活动能力评价见表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实情况
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。	拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组
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	辐射工作人员拟依制度培训合格后方可上岗
射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	拟制定操作规程，按照操作规程在首次作业的工作场所先划定控制区、监督区，拟配备便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警告牌、警戒线、铅板、扩音器、警示灯、声光报警灯、安全信息公示牌等，X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	尚未建立健全的规章制度。待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成，并将相应制度张贴上墙
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	辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人辐射报警仪（具备直读功能）、便携式 X-γ剂量率仪等
有完善的辐射事故应急措施	尚未制定，待本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成

公司承诺落实辐射环境管理体系、辐射安全与防护管理机构、健全的规章制度和应急预案等。公司全部落实上述各项要求和承诺后，方具备从事项目辐射活动的的能力，在竣工验收后方可投入正式运行。

12.5 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条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。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计等进行监测，做好监测记录，存档备查。

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。

12.5.1 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：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，划定新的分区界线。

12.5.2 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，定期送检，并将个人剂量检测结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月；如发现异常可加密监测频率；涉及涉源应急处理时，拟进行应急监测。

12.6 工作前安全检查及设备维护

(1) 工作前检查项目应包括：

- a) 便携式 X 射线探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 安全连锁是否正常工作；
- d) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- e) 螺栓等连接件是否连接良好；

续表 12 辐射安全管理

(2) 便携式 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对便携式 X 射线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) 设备维护包括便携式 X 射线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。

12.7 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《重庆市辐射污染防治办法》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。

按照上述要求，建设单位拟制定辐射事故应急预案并定期开展应急演练等，预案内容包括需要考虑制定的应急机构组织、应急准备与响应程序、应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等。

12.7.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条：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。

本项目使用 II 类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值，事故等级为一般辐射事故；极端情况下，近距离单次误入控制区的公众成员和操作人员及公众成员会导致较严重的辐射损伤，造成较大辐射事故。

建设单位拟按照要求制定辐射事故应急措施，包括应急机构组织、应急准备与响应程序、应急处置保障措施、应急报告相关电话、应急能力的培训、演习和应急响应能力的保持等。

12.7.2 事故应急程序与措施

(1) 事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、生态环境主管部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，

续表 12 辐射安全管理

造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生行政部门报告，设备丢失被盗时应向公安部门报告。

(2) 辐射事故应急处置措施

本项目发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者按下控制台急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。启动并组织实施方案，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。对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当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害病人的医院，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。

(3) 辐射事故后处理

配合相关部门做好事故调查处理并做好事故的善后工作，查找事故原因，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，据此进一步修订完善辐射事故应急方案或应急措施。

12.8 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。公司应按规定组织自主验收，根据《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）的要求，编制验收报告。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 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 台便携式定向 X 射线探伤机，最大电压 ≤ 300kV，最大电流 ≤ 6mA。	不发生重大变动
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	有辐射环境管理机构，制度上墙。制度包含操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。	制度建立健全，档案管理规范
4	防护监测设备	个人剂量计（2 枚）、个人剂量报警仪（2 台，具有直读功能）、便携式 X-γ 剂量率仪（1 台）	个人剂量计按规定定期进行剂量检定
5	防护用品	现场警戒绳 2 套、警告牌（“无关人员禁止入内”警告牌）4 块、警告牌（“禁止进入射线工作区”警告牌）4 块、声光报警灯 4 个、电离辐射警告标志 8 块、铅板 3 块、扩音器 2 套等	配备齐全

续表 12 辐射安全管理

6	人员要求	辐射工作人员需经有关部门组织的辐射安全防护培训并考核合格后方可上岗，并组织复训	《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	年有效剂量管理目标值	辐射工作人员： $\leq 5\text{mSv}$ ，公众成员： $\leq 0.1\text{mSv}$	GB18871—2002 及建设单位制定
8	X 射线现场探伤要求	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	GBZ117—2022

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司位于重庆市九龙坡区二郎科技新城火炬大道 92 号，公司拟购置 1 台 ERESKO 65 MF4 型定向 X 射线探伤机（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA）用于在全国范围内开展 X 射线无损检测活动。探伤机存放在公司 1F 现有备用间，本项目采用数字实时成像技术，不进行洗片。

项目总投资 120 万元，其中环保投资 13 万元。

13.1.2 实践正当性结论

本项目拟配置便携式定向 X 射线探伤机用于开展现场无损检测活动，其为企业和社会带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，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“实践正当性”的原则与要求。

13.1.3 产业政策符合性结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中“鼓励类”，符合国家产业政策。

13.1.4 环境现状

根据《2024 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 个省份各自动站环境 γ 辐射剂量率连续监测年均值范围为 48.5~262.6nGy/h，环境 γ 辐射剂量率累积监测结果均处于正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目为 X 射线移动式工业探伤项目，探伤作业点分布在全国范围内，主要涉及变电站和电缆线路现场，周边主要为荒地、农田、道路、民房等。其中位于农村区域的变电站和电缆线路现场周围活动的人员一般很少，便携式 X 射线探伤机的主射方向尽可能朝向地面，并使用铅板进行防护，减少对周围环境的影响。位于城市区域的变电站和电缆线路现场周围活动的人员较多，现场探伤应避开人员密集时段进行，主射方向尽可能朝向变电站内已有构筑物或地面，尽量不朝向居民方向，并使用铅板进行防护，减少对周围环境的影响；其中电缆从检查井进入，有专门的检

续表 13 结论及建议

修通道，照射一般朝向地面。因此，从辐射安全和环境保护角度，本项目的现场探伤选址是可行的。

本项目便携式 X 射线探伤机布置在控制区内，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，同时利用便携式 X 射线探伤机的延时功能，在其曝光出束前撤离至控制区外。利用探伤作业现场的现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（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。

13.1.6 辐射安全与防护分析结论

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。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，建设单位拟采取探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，使用 X- γ 辐射剂量率仪划分控制区及监督区距离，探伤过程中采取铅板等安全措施。同时建设单位为每名辐射工作人员配置 1 枚个人剂量计，1 台具有直读功能的个人剂量报警仪，工作场所控制区、监督区边界拉警戒绳、设置警告牌等。

综上所述，在落实各项措施后，本项目拟采取的辐射安全与防护措施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）的要求。本项目辐射安全与防护设施是合理可行的。

13.1.7 环境影响分析结论

（1）控制区与监督区的划分

本环评结合重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分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，将探伤作业点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。便携式 X 射线探伤机在常用最小和最大电压下对应的最小厚度探伤工件以及是否安放铅板屏蔽进行 X 射线移动式工业探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，在便携式 X 射线探伤机的主射方向上控制区边界的距离为 $10\sim 335\text{m}$ ，监督区边界距离为 $24\sim 820\text{m}$ ；非主射方向控制区边界距离为 $13\sim 114\text{m}$ ，监督区边

续表 13 结论及建议

界距离为 31~278m。实际工作中根据监测结果划设控制区、监督区。

(2) 剂量估算结果

根据估算，本项目现场探伤作业由 1 组操作人员负责，辐射工作人员年有效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。

本项目警戒、巡视人员及监督区外公众成员年有效剂量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。

(3) 废气环境影响

本项目探伤机产生的 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，且本项目探伤现场主要位于野外，空间开阔，废气很快能够扩散，对周围活动的操作人员、公众成员产生的影响很小。

(4) 废水环境影响

本项目不产生废水，工作人员生活污水依托公司所在楼旁已有生化池进行处理后排入市政污水管网；现场探伤工作人员生活污水依托周边现有设施处理。

(5) 固废环境影响

项目工作人员产生的生活垃圾依托公司现有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。报废探伤机按照相关要求去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。废铅板由公司收集妥善暂存，并做好相应记录，交由有危废资质单位处理。

(6) 事故风险

项目运行产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射，X 射线探伤机属于 II 类射线装置，事故工况时可能使人员受到较大辐射剂量的照射。一般情况下单次误入控制区，对操作人员及公众成员发生单次误照射不会导致较严重的辐射损伤，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，本项目可能发生事故等级为一般辐射事故，可能增加发生随机性效应的概率。极端情况下，近距离单次误入控制区的公众成员和操作人员及公众成员会导致较严重的辐射损伤，造成较大辐射事故。公司通过采取对便携式 X 射线探伤机的辐射安全和防护措施、设施的安全防

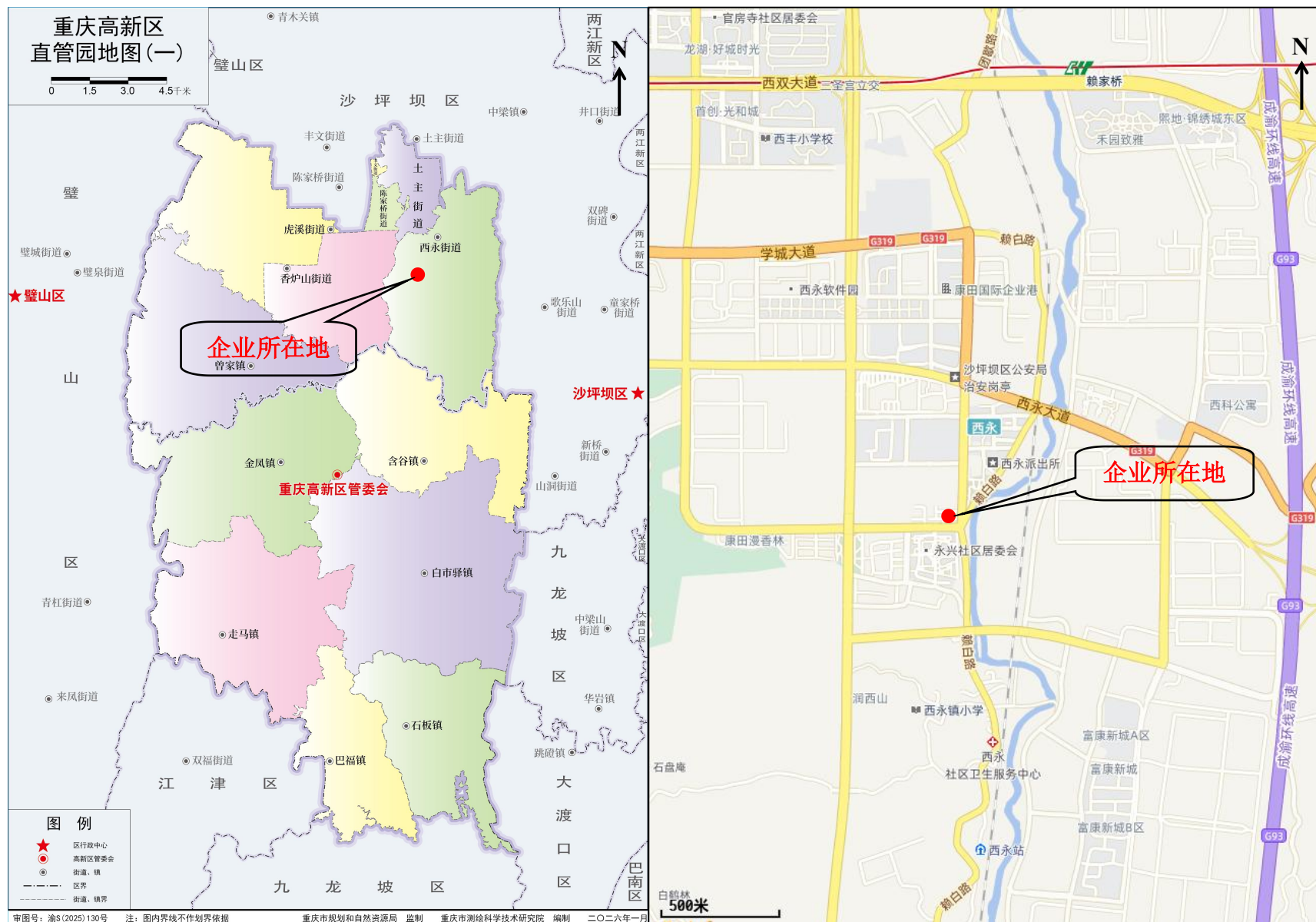
续表 13 结论及建议

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，正确操作设备，正确佩戴个人剂量仪与个人剂量报警仪等措施后，本项目风险可控。

13.1.8 辐射环境管理结论

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，并组织复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量监测档案、辐射环境监测档案等，及时办理《辐射安全许可证》，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆展帆电力工程勘察设计咨询有限公司二郎分公司只要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，本项目对辐射工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内。从辐射环境保护角度讲，本项目的建设可行。



附图1 企业所在地理位置图