

技术利用建设项目
招商路检 X 射线现场探伤项目
环境影响报告表

建设单位：招商局重庆公路工程检测中心有限公司

编制单位：招商局生态环保科技有限公司

2025 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
招商路检 X 射线现场探伤项目
环境影响报告表



建设单位名称：招商局重庆公路工程检测中心有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

郝增恒

通讯地址：重庆市南岸区学府大道 33 号

邮政编码：400000

联系人：汪波

电子邮箱：3*****4@qq.com

联系电话：18*****75

打印编号: 1756718351000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8q8k0e		
建设项目名称	招商路检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）	招商局重庆公路工程检测中心有限公司		
统一社会信用代码	91500108MA600W208L		
法定代表人（签章）	郝增恒		
主要负责人（签字）	汪波		
直接负责的主管人员（签字）	汪波		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	招商局生态环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91500108MA5U74CU45		
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
陈馨	201905035550000003	BH013843	陈馨
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈馨	建设项目基本情况、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、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、结论及建议等	BH013843	陈馨

关于“招商路检 X 射线现场探伤项目”的公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托招商局生态环保科技有限公司编制的《招商路检 X 射线现场探伤项目环境影响报告表》目前属于上报审批阶段。我单位承诺，环评报告文本中内容不涉及国家机密、商业秘密、个人隐私以及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环评报告全本公开，并愿意承担相关法律责任。

招商局重庆公路工程检测中心有限公司



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	20
表 10 辐射安全与防护	35
表 11 环境影响分析	50
表 12 辐射安全管理	67
表 13 结论及建议	75

表 1 项目基本情况

建设项目名称		招商路检 X 射线现场探伤项目			
建设单位		招商局重庆公路工程检测中心有限公司			
法人代表	郝增恒	联系人	汪波	联系电话	18*****75
注册地址		重庆市南岸区学府大道 33 号			
项目建设地点		探伤设备存放处：位于招商局重庆公路工程检测中心有限公司行政楼 1 楼设备房单独储物柜内 胶片档案室、洗片室、危险废物贮存点：招商局重庆公路工程检测中心有限公司高模楼附属楼 1 楼。 探伤地点：全国范围			
立项审批部门		重庆市南岸区发展和改革委员会		批准文号	2507-500108-04-05-684867
建设项目总投资（万元）		30	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资） 33.3%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
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	/			

1.1 建设单位概况

招商局重庆公路工程检测中心有限公司（以下简称“招商路检”）前身为重庆公路工程检测中心，是全国公路交通行业最早成立的两家检测机构之一，目前公司在职员工 345 人，公司承接业务范围包括桥梁，隧道，道路，房屋鉴定等鉴定与检测。招商路检共有 2 栋建筑，分别为行政楼和高模楼（含附属楼）。目前，招商路检设立无损检测部，从事相关领域的无损检测工作。

1.2 项目由来

为拓宽检测业务，增加无损检测手段，招商局重庆公路工程检测中心有限公司拟购

续表 1 项目基本情况

买 3 台便携式定向 X 射线探伤机，并组建 2 个探伤作业班组在全国范围内开展桥梁板、腹板等对接焊缝的 X 射线移动式工业探伤无损检测服务。

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，招商路检拟购的 3 台便携式定向 X 射线探伤机均属于 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》（国务院令第 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》，招商局重庆公路工程检测中心有限公司委托招商局环保科技有限公司对“招商路检 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，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目建设规模

（1）项目概况

招商局重庆公路工程检测中心有限公司拟购 3 台便携式定向 X 射线探伤机（II 类射线装置），组建 2 个探伤作业班组在全国范围内开展桥梁板、腹板的 X 射线移动式工业探伤无损检测服务；拟在招商路检行政楼 1 楼设备库房内设置储物柜（配置锁匙），用于便携式定向 X 射线探伤机（包括便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警示语、警戒绳、铅板等辐射安全防护设施）存放；拟在招商路检高模楼附属楼 1 楼配套设置胶片档案室、洗片室、危险废物贮存点，用于洗片、胶片存放以及危险废物暂存。项目总投资约 30 万，其中环保投资约 10 万。项目建筑面积约 50m²，施工期约 1 个月。

项目组成一览表见表 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	射线装置	拟配置 1 台 XXG-2505 型（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA）便携式定向 X 射线探伤机，1 台 XXG-3005 型（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）便携式定向	拟购

续表 1 项目基本情况

		X 射线探伤机, 1 台 MIG-3505DX 型 (最大管电压为 350kV, 最大管电流为 5mA) 便携式定向 X 射线探伤机, 日常存放在设备库房内单独储物柜内 (配置锁匙)。	
	工作内容	在全国范围内开展桥梁板和腹板等 X 射线移动式工业探伤无损检测服务。	/
辅助工程	胶片档案室	拟布置在招商路检高模楼附属楼 1 楼, 用于胶片存放, 建筑面积约 3m ² 。	利用 现有 房间装修
	探伤设备存放处	拟布置在招商路检行政楼 1 楼设备房东侧单独储物柜内 (配置锁匙), 用于便携式定向 X 射线探伤机以及便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警示语、铅板等辐射安全防护设施的存放, 建筑面积约 5m ² 。	依 托 公 司 现有 设备 房
	洗片室	拟布置在招商路检高模楼附属楼 1 楼, 设置洗片机用于洗片, 设置胶片干燥箱, 建筑面积约 6m ² 。	利用 现有 房间装修
	办公用房	依托招商路检行政楼现有办公室、会议室等办公用房。	依 托 公 司 现有 办 公 用房
公用工程	供电	依托招商路检或探伤作业点所在现场现有供电, 不另设备用电源。	依托
	供水	来自市政供水管网或探伤作业点所在现场的现有供水。	依托
	排水	项目不新增工作人员, 生活污水进入招商路检行政楼现有污水处理设施处理后, 达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准后排入市政污水管网, 然后排入鸡冠石污水处理厂深度处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准, 最终排入长江。	依托
	供电	由市政电网供电, 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	招商路检工作人员现有生活污水依托招商路检行政楼现有污水处理设施处理后, 排入市政污水管网, 然后进入鸡冠石污水处理厂处理达标后排入长江。	依托
		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。	
	固废	现场探伤胶片原则上送回招商路检洗片室进行洗片, 产生的洗片废液、清洗废水收集后由废液桶盛装, 下方均设置托盘, 暂存在危险废物贮存点 (建筑面积约 4m ²) 内, 定期交由有资质单位处理。报废胶片、合格胶片均存档在胶片档案室内, 报废胶片、存档到期的胶片定期交由有资质单位处理。	利用现有 房间装修
		现场探伤工作地点不定, 不能送回招商路检洗片室的胶片则现场洗片。现场探伤作业前与当地有相应危废处理资质的企业签订危废处置协议, 设置临时洗片室进行洗片, 危险废液、废水收集后由废液桶盛装, 下方均设置托盘, 暂存在临时洗片室内, 定期交由有资质单位处理。报废胶片暂存在临时洗片室, 而后与洗片废液、洗片废水一起交由有资质的单位处置。 合格胶片暂存在临时洗片室, 而后运回招商路检的胶片存档室进行存档, 存档到期的胶片定期交由有资质的单位处	依托

续表 1 项目基本情况

		置。	
		报废的便携式定向 X 射线探伤机按照相关要求进行去功能化，而后交由物资回收公司处置，保留回收手续并做好相关记录存档。	/
		报废的铅板交有危废资质单位处理。	/
		工作人员产生的生活垃圾依托招商路检行政楼、探伤作业点现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。	依托
	辐射安全防护设施	拟配置个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪、声光报警灯、警告标志及警告牌、警戒绳等，均存放在设备库房内单独储物柜内（配置锁匙），按需领取使用，并及时归还。	拟购
辐射安全管理		拟成立辐射防护管理机构，制定相应管理制度和应急预案。	新建

（2）设备概况

项目拟采购设备清单见表 1-2。

表1-2 项目拟采购设备清单表

序号	名称	数量	规格型号	用途	使用场所	备注
1	便携式定向 X 射线探伤机	1 台	XXG-2505	X 射线无损检测	全国范围内 X 射线移动式工业探伤现场	最大管电压 250kV 最大管电流 5mA
		1 台	XXG-3005			最大管电压 300kV 最大管电流 5mA
		1 台	MIG-3505DX			最大管电压 350kV 最大管电流 5mA
2	洗片机	1 台	/	洗片	洗片室	定影槽、显影槽有效容积均为 25L
3	恒温胶片干燥箱	1 个	MC-HJ90	干燥胶片	洗片室	/
4	评片灯	1 个	/	评片	洗片室	/
5	废液桶	按需购买	/	盛装废定影液、废显影液、洗片废水	危险废物贮存点、临时洗片室	/
6	托盘	按需购买	/	放置在废液桶下方		/
7	个人剂量计	4 个	/	个人剂量监测	探伤现场	每名辐射工作人员配置 1 个
8	个人剂量报警仪	4 个	/	辐射剂量监测报警	探伤现场	
9	便携式 X-γ 剂量率仪	2 台	/	辐射剂量监测	探伤现场	每个探伤作业组配 1 台
10	铅板（2mmPb）	4 块	/	减小控制区、监督区范围	探伤现场	每个探伤作业组配 2 块

（3）探伤工件情况

项目探伤对象主要为桥梁板、腹板的对接焊缝，其厚度约 7~60mm，常用探伤工作条件见表 1-3。

续表 1 项目基本情况

表 1-3 便携式定向 X 射线探伤机常用条件及工件参数一览表							
工件名称	材质	焊缝类型	工件厚度范围 (mm)	便携式定向 X 射线探伤机常用条件			
				适应机型	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	曝光时间 (min)
桥梁板、腹板	钢	钢板对接焊缝等	7-18	XXG2505	150~220	5	0.5~5
			10-40	XXG3005	180~280	5	
			18-60	MIG-3505DX	260~320	5	
备注：①正常情况下，探伤机工作时，XXG-2505 型便携式定向 X 射线探伤机最大电压不会超过 220kV，XXG-3005 型便携式定向 X 射线探伤机最大电压不会超过 280kV，MIG-3505DX 型便携式定向 X 射线探伤机最大电压不会超过 320kV；②极端情况下，每台探伤设备最大电压会达到最大管电压。							
(4) 探伤工作地点							
项目在全国范围内开展桥梁板和腹板的 X 射线现场工业探伤，故工业探伤场所周围环境不定。根据招商路检的计划安排，设置 2 个探伤作业班组，探伤作业班组配备多台便携式定向 X 射线探伤机，不会同时曝光出束。							
(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，3 台便携式定向 X 射线探伤机预计全年共曝光次数共约 5000 次，每次曝光时间在 0.5min~5min，每次曝光时间按 5min 计，年总计曝光时间约 416.67 小时。便携式定向 X 射线探伤机的工作负荷见表 1-4。							
表 1-4 便携式定向 X 射线探伤机工作负荷一览表							
设备型号	数量 (台)	主要技术参数		工作量	年工作时间 (h/a)	周工作时间 (h/W)	
XXG2505	1	电压：150~220kV 电流：5mA		年最大曝光量 1500 次 单次曝光时间：5min/次	125	2.60	
XXG3005	1	电压：180~280kV 电流：5mA		年最大曝光量 1500 次 单次曝光时间：5min/次	125	2.60	
MIG-3505 DX	1	电压：260~320kV 电流：5mA		年最大曝光量 2000 次 单次曝光时间：5min/次	166.67	3.47	
合计					416.67	8.67	
根据招商路检的计划安排，设置 2 个探伤作业班组，则每个探伤作业班组的便携式 X 射线探伤机平均每周曝光时间不超过 4.34h。单个探伤作业班组的便携式定向 X 射线探伤机曝光时间每周不超过 4.34h，全年不超过 208.34h。此外，X 射线移动式工业探伤现场的警戒、巡视等安全工作由委托的探伤检测单位负责。							
(6) 工作人员							
每个探伤作业组至少配置 4 名工作人员，包括 2 名便携式定向 X 射线探伤机的操作							

续表 1 项目基本情况

人员，2~3 名警戒、巡视人员。便携式定向 X 射线探伤机的操作人员属于辐射工作人员，由探伤操作单位配置；警戒、巡视人员属于非辐射工作人员，由委托探伤单位配置。

招商路检拟组建 2 个探伤作业班组，拟配置 4 名辐射工作人员操作便携式定向 X 射线探伤机。

招商路检的辐射工作人员均内部调配培养，无新增招商路检劳动定员。招商路检现拟配置 4 名辐射工作人员，拟在探伤工作开展前通过核技术利用辐射防护与安全考核。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。

(7) 主要原辅材料

项目原辅材料情况见表 1-5。

表 1-5 原辅材料一览表

序号	名称	使用量	规格	来源	主要化学成分	备注
1	胶片	5000 张/a	305mm ×80mm	外购	卤化银和涤纶	/
2	水	0.363t/a	/	市政供水管网	水	洗片
3	工业 X 射线胶片粉剂套药显影液	6 桶/a	2.5L/桶	外购	去离子水 66%、EDTA 二钠 2%、亚硫酸钠 11%、菲尼酮 1%、氢氧化钾 1%、对苯二酚 4%、碳酸钠 9%、溴化钾 6%	洗片
4	工业 X 射线胶片粉剂套药定影液	6 桶/a	2.5L/桶	外购	去离子水 34%、硫化硫酸铵 51%、硫酸铝钾 3%、冰乙酸 3%、硼酸 4%、亚硫酸钠 5%	洗片

备注：显影、定影按照 2.5L：22.5L 水进行配比。

1.4 外环境概况

招商局重庆公路工程检测中心有限公司位于重庆市南岸区学府大道 33 号，拟配置探伤设备存放处位于招商路检行政楼 1 楼设备房东侧储物柜，胶片档案室、洗片室、危险废物贮存点位于招商路检高模楼附属楼 1 楼。招商路检行政楼东侧为其他公司办公楼及地面停车场、西侧其他公司办公楼及地面停车场、南侧为其他公司办公楼、北侧为学海路支路。

本项目主要服务对象是桥梁基建施工单位，故 X 射线移动式工业探伤现场一般在桥梁板、腹板生产车间或焊接桥梁施工现场。X 射线移动式工业探伤现场不固定，其周围环境各不相同。焊接桥梁施工现场一般位于野外，周围主要为荒地、农田、水面等。桥

续表 1 项目基本情况

梁板、腹板生产车间一般位于厂区内，周围主要为生产车间、道路等。

1.5 环境保护目标

本项目拟配置的便携式定向 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，探伤作业点周边活动的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便携式定向 X 射线探伤机的辐射工作人员、探伤作业点辅助的警戒人员、巡视人员以及评价范围内的公众成员。

1.6 选址可行性

本项目便携式定向 X 射线探伤机存放于招商路检行政楼 1 楼的设备库房单独储物柜内（配置锁匙），紧邻功能房间均为招商路检办公用房等。便携式定向 X 射线探伤机不在招商路检行政楼设备用房内开机，不会对周围环境产生不良影响。因此，便携式定向 X 射线探伤机存放在设备库房单独储物柜内（配置锁匙）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，主要涉及桥梁板、腹板生产及桥位施工现场。招商路检开展 X 射线移动式工业探伤前，根据探伤现场的具体情况，对探伤现场的工作环境进行全面评估，根据评估结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，并进行清场，确定其范围内无其他人员滞留，再实施现场探伤作业。

生产期间的 X 射线探伤作业：通常在生产厂区内实施，需避开人员密集时段或选择非工作时段开展；同时严格管控探伤作业控制区，禁止无关人员进入，并尽可能将便携式 X 射线探伤机的主射方向朝向已有构筑物或地面，降低对厂区周边环境的辐射影响。

桥位施工的 X 射线探伤作业：一般在野外（如桥梁建设施工现场）开展。因桥位施工现场多位于野外、周边活动人员较少，需避开人员密集时段，并将便携式 X 射线探伤机的主射方向优先朝向地面或水面，进一步减少对周边环境的辐射风险。

根据上述分析，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。

1.7 与项目有关的环境保护问题

本项目为招商路检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及污染问题。此外，探伤设备储物柜依托招商路检行政楼现有设备房，洗片室、危险

续表 1 项目基本情况

废物贮存点以及胶片档案室均由招商路检现有空置房间改造，无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

本项目探伤设备储物柜依托招商路检行政楼现有设备房，洗片室、危险废物贮存点以及胶片档案室均由招商路检现有空置房间改造。本项目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	项目探伤设备储物柜依托招商路检行政楼现有设备房，洗片室、危险废物贮存点以及胶片档案室均由招商路检现有空置房间改造装修而成。洗片室、危险废物贮存点均拟进行防渗，同时保证洗片室内有给水点，无排水点。因此，本项目主体建筑依托可行。
辅助工程	办公用房	依托招商路检行政楼现有有办公室、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	招商路检有完善的供电电网、供水管网等。因此，本项目依托可行。
	排水	招商路检工作人员现有生活污水依托招商路检行政楼现有污水处理设施处理后，排入市政污水管网，然后进入鸡冠石污水处理厂处理达标后排入长江。 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。
环保工程	废水处理	辐射工作人员生活污水依托招商路检行政楼、探伤作业点周边现有污水处理设施处理。
	固废处置	工作人员产生的生活垃圾依托招商路检行政楼、探伤作业点现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

根据上表分析可知，拟建项目主要依托招商路检行政楼、高模楼附属楼主体结构、给排水及供配电工程、污水处理站以及固废处置设施等可行。

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
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
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
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 台	XXG-2505	250	5	X 射线无损检测	全国范围 现场探伤	新购
2	便携式定向 X 射线探伤机	Ⅱ类	1 台	XXG-3005	300	5	X 射线无损检测		新购
3	便携式定向 X 射线探伤机	Ⅱ类	1 台	MIG-3505DX	350	5	X 射线无损检测		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	
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
报废胶片（含存档到期的合格胶片）	固态	/	/	/	0.05t	/	暂存于胶片档案室	交由具有相应危废处置资质的单位处置
废显影液	液态	/	/	/	0.15t	/	危险废物贮存点、临时洗片室设置废液桶，下设防渗托盘。废定影液、废显影液、洗片废水分类储存在相应的废液桶	
废定影液	液态	/	/	/	0.15t	/		
洗片废水	液态	/	/	/	0.21t	/		
生活垃圾	固态	/	/	/	不新增	/	生活垃圾收集点	交环卫部门统一处理
生活污水	固态	/	/	/	不新增	/	/	市政管网
臭氧	废气	/	/	/	极少量	/	/	探伤作业现场
氮氧化物	废气	/	/	/	极少量	/	/	探伤作业现场

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 日施行修正版； (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) 《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； (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； (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； (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； (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； (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； (10) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号公布，2025 年 1 月 1 日起施行； (11) 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； (12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》； (13) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 11 月 1 日施行修正版； (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。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》（HJ2.1—2016）； (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）；

续表 6 评价依据

技术标准	(3) 《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》(HJ 1259—2022)； (4) 《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)； (5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)； (6) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)； (7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》及第 1 号修改单(GBZ/T250—2014)； (8) 《500kV 及以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)； (9) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)； (10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (11) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)； (12) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (13) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)； (14) 《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)。
其他	(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料附件 1； (2) 项目备案证，支撑性材料附件 2； (3) 类比监测报告，支撑性材料附件 3； (4) 辐射防护导论，作者：方杰，原子能出版社 1991 年出版； (5) 建设单位提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

项目为 X 射线移动式工业探伤，故探伤作业区不固定。根据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招商局重庆公路工程检测中心有限公司探伤作业点监督区范围内，按照后文理论计算监督区距离便携式定向 X 射线探伤机最大距离约 475m，则本项目最大评价范围以便携式定向 X 射线探伤机为起点周围 475m 范围内。

7.2 环境保护目标

7.2.1 探伤现场

本项目主要服务对象是桥梁施工单位，主要对桥梁板、腹板生产以及桥位安装阶段的对接焊缝开展 X 射线移动式工业探伤，使用现场主要位于野外，属于非城市建成区，周围活动的人员较少。桥梁板、腹板生产车间主要位于厂区内，桥梁板、腹板生产厂区内的 X 射线移动式工业探伤则安排在非工作时段或避开人员密集时段进行，周围活动的人员较少。

桥梁板、腹板生产车间内探伤作业使用现场主要集中在生产车间，便携式 X 射线探伤机的主射线朝向工件，其主射线方向可能垂直朝向地面或天空/厂房顶、水平朝向前方、斜向朝向地面以及天空/厂房顶等多种情况。施工现场桥梁板、腹板对接主要集中在施工区域，便携式定向 X 射线探伤机的主射线朝向工件，其主射线方向可能垂直朝向地面/水面或天空、水平朝向前方、斜向朝向地面/水面以及天空等多种情况。因此，招商路检开展 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，确定其范围内无其他人员滞留，并严控移动式探伤作业区人员进入控制区；若不易清场时，应采用铅板对便携式定向 X 射线探伤机运行产生的 X 射线进行屏蔽，以缩小控制区、监督区的范围，并根据实际情况优化主射线出束方向，尽可能朝向地面/水面、山体或已有构筑物，避开周边环境保护目标。因此，招商路检开展 X 射线移动式工业探伤期间，周边环境保护目标主要有辐射工作人员以及周围活动的公众成员（包括警戒、巡视人员）。

续表 7 保护目标与评价标准

招商路检根据客户订单开展 X 射线移动式工业探伤的无损检测服务，故 X 射线移动式工业探伤现场地点不固定，其周围环境因招商路检承接的订单变化而变化，对周围辐射环境的影响随着订单完成而结束。因此，项目 X 射线移动式工业探伤现场周边环境不固定，周围具体的环境保护目标亦是不定的。根据项目特性，项目 X 射线移动式工业探伤现场周围一般环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 项目探伤现场环境保护敏感目标一览表

保护目标		与便携式定向 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	控制区外	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)
	施工场地其他工作人员	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 设备存放及洗片场所

本项目的探伤设备存放处、洗片室、危险废物贮存点以及胶片档案室均布置在招商路检内。招商局重庆公路工程检测中心有限公司位于重庆市南岸区学府大道 33 号，共包括 2 栋建筑，分别为行政楼及高模楼（含附属楼）。探伤设备存放处所在的招商路检行政楼 1 楼设备房目前已配置其他设备存放区，本项目设备存放位于设备房东侧单独储物柜内（配置锁匙，专人保管）；胶片档案室所在的招商路检高模楼附属楼 1 楼全部为本项目用房。便携式定向 X 射线探伤机仅在设备库房内（单独储物柜）存放，不开机曝光出束，故不会对周围环境产生不良影响。现场探伤胶片原则上送回招商路检高模楼附属楼 1 楼的洗片室进行洗片，不能送回的胶片进行现场洗片。现场探伤作业前与当地有相应危废处理资质的企业签订危废处置协议，设置临时洗片室进行洗片，暂存合格胶片、报废胶片以及洗片废液、洗片废水。危险废物能得到合理的处置，对周围环境影响小。

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。

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

续表 7 保护目标与评价标准

于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 应对工作人员的照射水平进行控制，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）

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 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。

第 5 条 探伤机的放射防护要求

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 100cm 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 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 7 h，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）；

项目每个探伤作业点的便携式定向 X 射线探伤机每周曝光时间不超过 4.34h，小于 7h。因此，项目探伤作业点的控制区范围取值 15 $\mu\text{Sv/h}$ 。

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

1 范围

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 50kV 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 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 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；根据招商路检提供的

续表 7 保护目标与评价标准

资料，辐射工作人员年剂量管理目标值：5mSv，公众成员年剂量管理目标值：0.1mSv。

综上所述，确定项目的评价标准见表 7-4 所示。

表 7-4 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	年有效剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv/a 公众成员：0.1mSv/a	GB18871-2002 建设单位确定
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 监督区边界：2.5μSv/h	GBZ117-2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置和场所位置

本项目的探伤设备储物柜、洗片室、危险废物贮存点以及胶片档案室等均布置在招商路检内。设备库房储物柜仅用于便携式 X 射线探伤机以及便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警告牌、铅板等辐射安全防护设施的存放，便携式 X 射线探伤机不在招商路检内开机曝光出束。洗片室仅用于曝光胶片洗片，危险废物贮存点仅用于危险废物暂存，胶片档案室仅用于合格胶片、存档到期的胶片以及报废胶片的暂存。地理位置见附图 1。

项目 X 射线移动式工业探伤现场位于全国范围内桥梁桥位施工现场或桥梁板、腹板生产车间，根据招商路检承接的订单确定。

8.2 环境质量和辐射现状

本项目配置的便携式 X 射线探伤机不在探伤设备储物柜、洗片室、危险废物贮存点以及胶片档案室所在的招商路检内开机曝光出束，仅在招商路检内承接订单的桥梁桥位施工现场或桥梁板、腹板生产车间内开机曝光出束。

项目探伤现场为全国范围内使用现场的野外、厂区等区域。本环评以《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）作辐射环境质量现状评价。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 辐射剂量率累积监测结果在 47.8~246nGy/h 之间，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。

一般情况下探伤现场无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或需要，开展辐射环境质量现场调查。

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

项目探伤设备储物柜依托招商路检行政楼 1 楼现有设备房，洗片室、危险废物贮存点以及胶片档案室依托招商路检高模楼附属楼 1 楼功能用房现有建筑主体进行装修改造，不涉及大型施工设施设备。施工期产生的污染物主要有少量的废气、废水、固废以及噪声。

项目现场探伤也无土建工程，无施工期环境影响。

(1) 废气

施工期的大气污染源主要有燃油废气和施工扬尘两类。施工期间，燃油动力机械进行运输等作业时产生的少量燃油废气，主要含 CO、NO_x。建筑材料（白灰、水泥、沙子等）的现场运输及堆放等施工活动产生扬尘。

(2) 废水

施工期废水主要为工人生活污水，项目产生的污水依托招商路检行政楼或高模楼现有污水处理设施处理。

(3) 噪声

施工过程中的噪声主要是各种施工机械、设备在施工过程中产生的噪声。

(4) 固体废物

固体废物主要为材料外包装、生活垃圾等，均统一收集后由当地环卫部门集中处置。

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

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。

(1) 控制器

拟购便携式定向 X 射线探伤机的控制器为立式结构，所有操作均由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

续表 9 项目工程分析与源项

X 射线发生器为组合式。X 射线管、高压变压器一起封装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。警示灯亮表示探伤机系统进入准备工作状态，将有 X 射线产生（在产生 X 射线期间，警示灯仍一直亮）。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 射线管冷却风扇以及充、放气阀部件构成。

(3) 电源电缆等附件

拟购便携式定向 X 射线探伤机的控制器与 X 射线管头的电源电缆线长为 25m。
典型便携式定向 X 射线探伤机的照片见下图。



图 9-1 典型便携式定向 X 射线探伤机照片

本项目拟购的便携式定向 X 射线探伤机主要性能参数见表 9-1。

表 9-1 便携式定向 X 射线探伤机主要性能参数

设备型号	XXG-2505	XXG-3005	MIG-3505DX
数量	1台	1台	1台
来源	黄石华达电子有限公司	黄石华达电子有限公司	丹东市红星仪器厂
最大管电压	250kV	300kV	350kV
最大管电流	5mA	5mA	5mA
X 射线束辐射角	40°	40°	40°
射线管焦点尺寸	2.0×2.0mm	2.5×2.5mm	3.0×3.0mm
常用电压范围	150~220kV	180~280kV	260~320
最大穿透（Fe）	35mm	50mm	60mm

续表 9 项目工程分析与源项

成像方式	拍片成像	拍片成像	拍片成像
过滤板厚度	3mmAl	3mmAl	3mmCu
(二) 工作方式 招商路检在全国范围内在桥梁板、腹板施工现场或桥梁板、腹板生产车间内开展 X 射线移动式工业探伤。 项目配置的便携式定向 X 射线探伤机工作时,将其出束窗口对向待测桥梁板、腹板,另一侧放置胶片,主射线出束方向朝向桥梁板、腹板,其 X 射线的主射线方向包括垂直朝向地面/水面、垂直朝向天空/厂房顶、平行地面斜向朝向天空/厂房顶或斜向朝向地面等多种情况。招商路检开展 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,确定其范围内无其他人员滞留,并严控移动式探伤作业区人员进入控制区;若不易清场时,应采用铅板对便携式定向 X 射线探伤机运行产生的 X 射线进行屏蔽,以缩小控制区、监督区的范围,并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。 便携式定向 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(操作箱)连接。控制台(操作箱)布置在便携式定向 X 射线探伤机的非主射方向上,并尽可能远离便携式定向 X 射线探伤机主射范围的位置。辐射工作人员贴好桥梁板、腹板的胶片后离开,使用控制台(操作箱)控制便携式定向 X 射线探伤机曝光出束进行桥梁板、腹板的无损检测,同时辐射工作人员利用便携式定向 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。 (1) 无损检测时间 桥梁板、腹板生产车间:桥梁板或腹板成品完成后,无损检测应在各个板之间焊接接头制造完工后进行,至少应在焊接完成 24h 后进行。 桥梁板、腹板对接施工现场:桥梁板、腹板对接安装时,其无损检测应在焊接接头制造完工后进行,对有延迟裂纹倾向的材料,至少应在焊接完成 24h 后进行。 (2) 无损检测位置 对接焊缝主要检测焊缝表面、焊缝根部、焊缝边缘与母材融合区域。			
9.2.2 工作原理及产污环节 (一) 工作原理			

续表 9 项目工程分析与源项

(1) 便携式定向 X 射线探伤机产生 X 射线的原理

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 9-2。

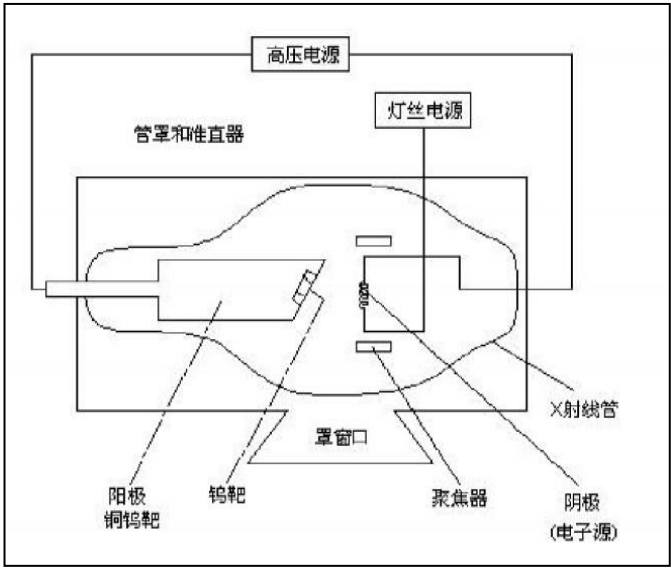


图 9-2 X 射线管原理示意图

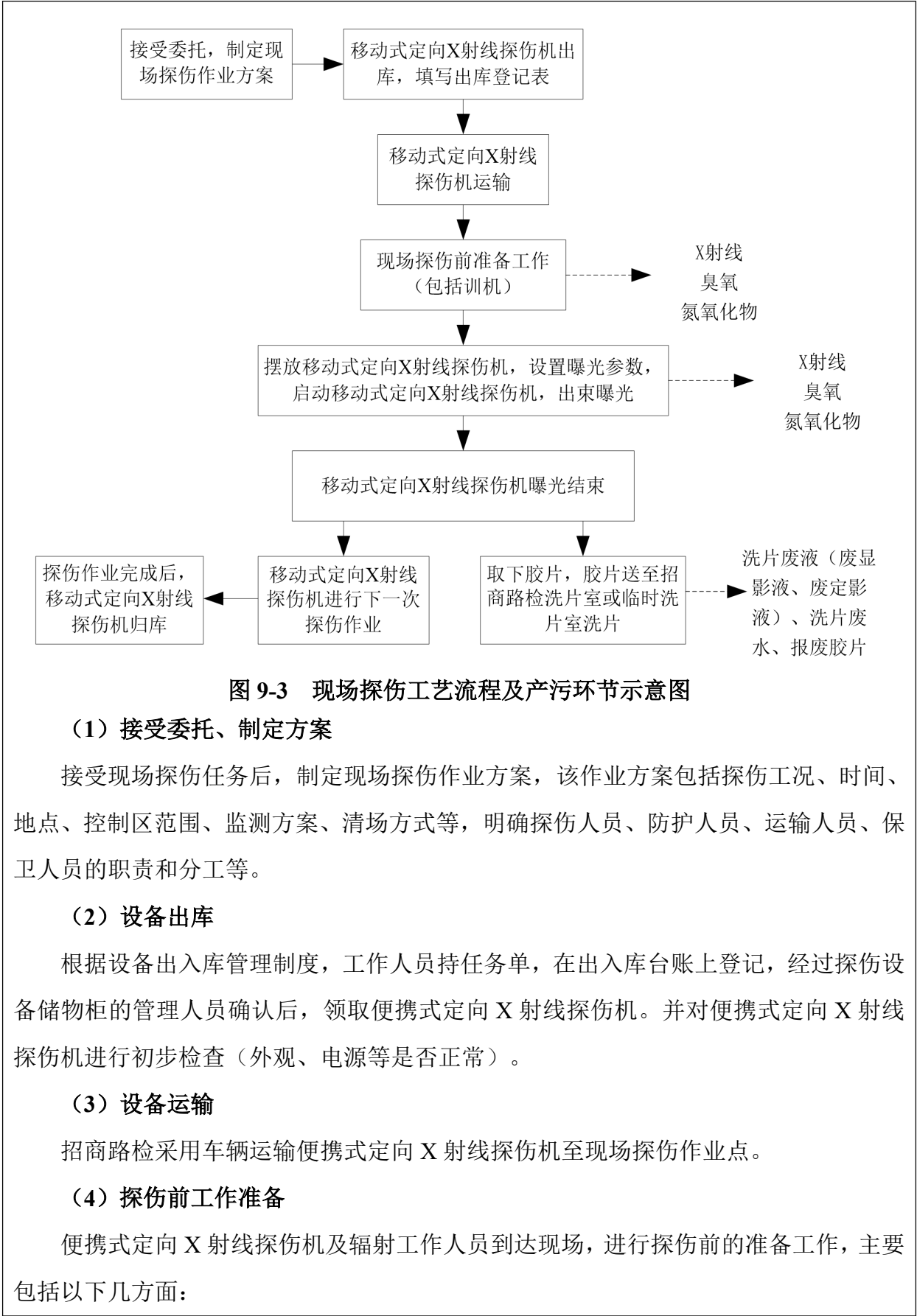
(2) 胶片成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有一个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫作射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗室中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到无损检测的目的。

(二) 工艺流程

本项目拟购 3 台便携式定向 X 射线探伤机开展 X 射线现场探伤。现场探伤工艺流程图见图 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

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。夜间进行探伤作业时在监督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。

②根据探伤规范要求，工件上贴胶片，确定曝光时间、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，设置警戒线，在控制区边界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”等警示标识，在监督区边界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”警告牌等提示信息

④安排专人巡查警戒，确保探伤作业期间无公众人员误入作业区。每次探伤只使用 1 台便携式定向 X 射线探伤机进行探伤检测，配备 2 名操作人员，操作时同时在探伤现场。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。

⑤便携式定向 X 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，液体制冷设备是否有渗漏，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。项目现场探伤主要是针对桥梁板、腹板焊缝的 X 射线无损检测，操作人员开启延时曝光功能，在曝光时尽可能利用现场已有建构筑物屏蔽躲避。

⑦便携式定向 X 射线探伤机关机 8 小时以上，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。

（4）现场探伤

确保探伤作业前的各项准备工作完成后，正确放置便携式定向 X 射线探伤机，设置

续表 9 项目工程分析与源项

曝光参数。开启设备电源，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。

（5）洗片

曝光后的胶片送回招商路检洗片室或设置临时洗片室进行洗片。项目采用人工手动洗片，工艺流程如下：

①显影：将曝光后的胶片完全浸入显影液中，持续时间约 5~8min，实现显影；

②停影：将显影后的胶片从显影槽中取出，在显影槽上方停留 2~3s 使滞留的药液流离洗片夹，放入装有清水的停影槽内将其上面残留的显影液清洗干净至停显。

③定影：将停影后的胶片浸入定影液中，实现定影；

④清洗：将定影后的胶片从定影槽中取出，放入装有自来水的漂洗槽中漂洗，清洗水可反复使用。

⑤烘干：将漂洗后的胶片烘干至一定程度，再自然晾干。

⑥对晾干后的胶片进行评片和审片。

无法送回招商路检高模楼附属楼 1 楼洗片室进行洗片的胶片委托当地具有洗片能力并签订有相应危废处置协议的单位进行洗片，产生的危险废物按照危废处置协议的要求进行处置。

（6）设备归库

便携式定向 X 射线探伤机由车辆运输至探伤设备储物柜，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备归还。此外，便携式定向 X 射线探伤机的维护和维修均返回原厂家进行，不自行维护和维修。

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，3 台便携式定向 X 射线探伤机预计全年共曝光次数共约 5000 次，每次曝光时间在 0.5min~5min，每次曝光时间按 5min 计，年总计曝光时间约 416.67 小时。便携式定向 X 射线探伤机的工作负荷见表 9-2。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-2 便携式定向 X 射线探伤机工作负荷一览表					
设备型号	数量 (台)	主要技术参数	工作量	年工作 时间 (h/a)	周工作 时间 (h/W)
XXG2505	1	电压: 150~ 220kV 电流: 5mA	年最大曝光量 1500 次 单次曝光时间: 5min/次	125	2.60
XXG3005	1	电压: 180~ 280kV 电流: 5mA	年最大曝光量 1500 次 单次曝光时间: 5min/次	125	2.60
MIG-3505DX	1	电压: 260~ 320kV 电流: 5mA	年最大曝光量 2000 次 单次曝光时间: 5min/次	166.67	3.47

根据招商路检的计划安排, 组建 2 个探伤作业班组, 则每个探伤作业班组的便携式 X 射线探伤机平均每周曝光时间不超过 4.34h。单个探伤作业班组的便携式定向 X 射线探伤机曝光时间每周不超过 4.34h, 全年不超过 208.34h。此外, X 射线移动式工业探伤现场的警戒、巡视等安全工作由委托的探伤检测单位负责。

9.4 路径规划

招商路检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。便携式定向 X 射线探伤机在控制区内作业, 控制台 (操作箱) 设置尽可能设置在远离便携式定向 X 射线探伤机主射范围的位置。辐射工作人员根据无损检测的需求, 安放好便携式定向 X 射线探伤机并对桥梁板、腹板的对接焊缝进行贴片后, 撤退到控制台 (操作箱) 处, 触发便携式定向 X 射线探伤机曝光出束按钮后, 同时利用便携式定向 X 射线探伤机的延时功能, 快速撤离至控制区外。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, 便携式定向 X 射线探伤机在控制区内作业, 由辐射工作人员根据桥梁板、腹板的焊缝位置进行位置调整, 故不对便携式定向 X 射线探伤机进行路径规划。项目以便携式定向 X 射线探伤机水平照射为例, X 射线移动式工业探伤现场的辐射工作人员 (设备操作) 路径见图 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

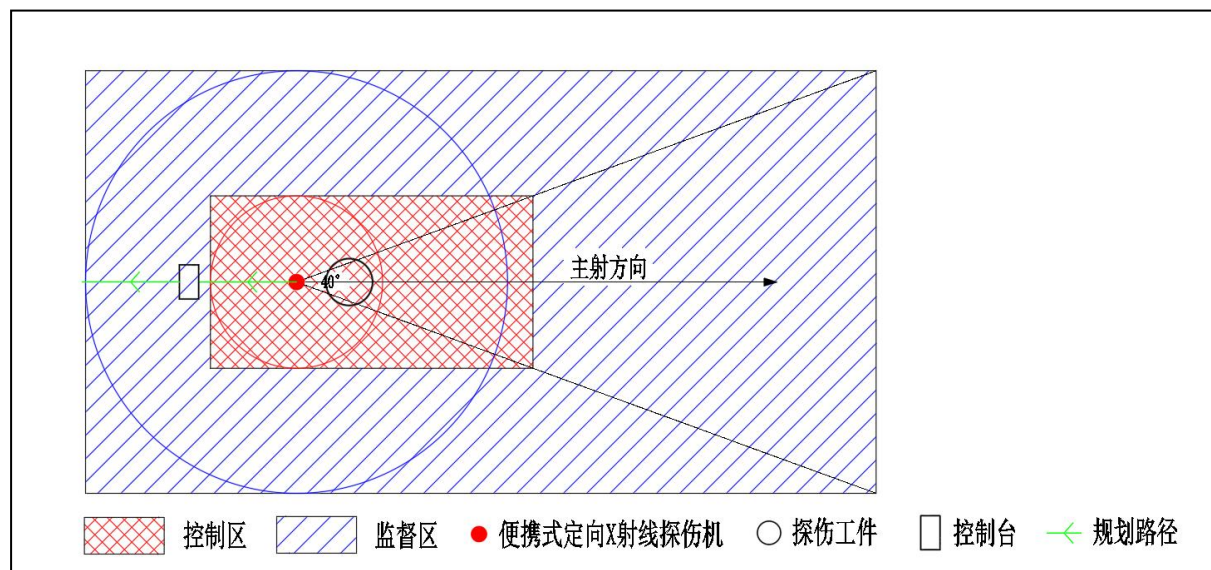


图 9-4 探伤现场设备操作人员路径示意图

9.5 污染源项分析

根据工艺流程可知，便携式定向 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）；曝光后的胶片需要进行洗片、评片，会产生少量废液（废显影液、废定影液）、洗片废水及报废胶片等；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便携式定向 X 射线探伤机。

9.5.1 电离辐射

根据便携式定向 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随便携式定向 X 射线探伤机的开、关而产生和消失。本项目使用的便携式定向 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，在便携式定向 X 射线探伤机开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据便携式定向 X 射线探伤机工作流程，便携式定向 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，

续表 9 项目工程分析与源项

形成工件无损检测的射线。项目配置的便携式定向 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。XXG-2505 型、XXG-3005 型便携式定向 X 射线探伤机滤过板均为 3mm 铝，MIG-3505DX 型便携式定向 X 射线探伤机滤过板为 3mm 铜；其 XXG-2505 型便携式定向 X 射线探伤机的最大管电压为 250kV，常用运行管电压为 150kV~220kV；XXG-3005 型便携式定向 X 射线探伤机的最大管电压为 300kV，常用运行管电压为 180kV~280kV；MIG-3505DX 型便携式定向 X 射线探伤机的最大管电压为 350kV，常用运行管电压为 260kV~320kV。

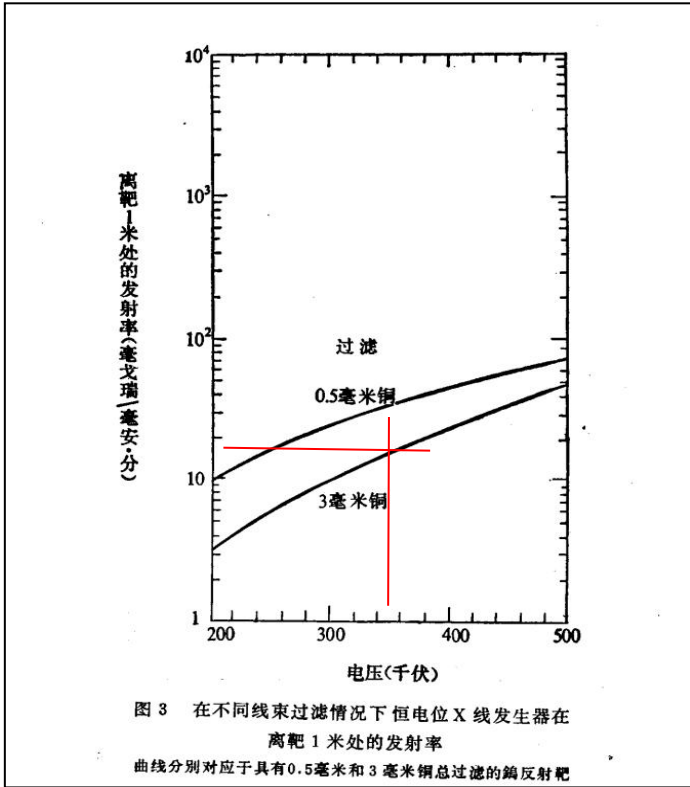


图 9-5 不同线束过滤情况下的发射率

项目便携式定向 X 射线探伤机不同工作电压条件下，X 射线输出量见表 9-3。

表 9-3 便携式定向 X 射线探伤的 X 射线输出量表

设备类型	便携式定向 X 射线探伤机								
设备型号	XXG-2505			XXG-3005			MIG-3505DX		
工作电压（kV）	250	220	150	300	280	180	350	320	260
过滤板厚度	3mmAl			3mmAl			3mmCu		
X 射线输出量（mGy·m ² /（mA·min））	13.9	11.7	5.2	20.9	18	7.5	17.4	13.7	7.0

备注：①XXG-2505 型、XXG-3005 型的 X 射线输出量来自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

续表 9 项目工程分析与源项

（GBZ/T250-2014）附录 B 中表 B.1，表中未给出的 X 射线输出量由已有数据进行拟合获取的公式进行计算，拟合公式为 $y=0.1042x-11.22$ $R^2=0.9802$ ；

②MIG-3505DX 型的 X 射线输出量来源于 ICRP33 中 P56 图 3。

（1）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，项目便携式定向 X 射线探伤机不同工作电压条件下，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值见表 9-4。

表 9-4 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
便携式定向 X 射线探伤机	XXG-2505 型	250	< 5
	XXG-3005 型	300	< 5
	MIG-3505DX 型	350	< 5

（2）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。便携式定向 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，便携式定向 X 射线探伤机在不同工作电压条件下，X 射线 90° 散射辐射能量见表 9-5。

表 9-5 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线（kV）			散射辐射（kV）
便携式定向 X 射线探伤机	XXG-2505 型	150	150
		220	200
		250	200
	XXG-3005 型	180	150
		280	200
		300	200
	MIG-3505DX 型	260	200
		320	250
		350	250

9.5.2 “三废”排放情况

项目主要是在便携式定向 X 射线探伤机的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

续表 9 项目工程分析与源项

在便携式定向 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

项目无生产废水产生。

项目不新增工作人员，故招商路检行政楼无新增生活污水产生，原有生活污水进入招商路检行政楼现有污水处理设施预处理后排入市政污水管网，然后进入鸡冠石污水处理厂处理达标后排入长江。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

项目运行中无高噪声设备。

（4）固体废物

①生活垃圾

项目不新增工作人员，故招商路检行政楼无新增生活污水产生，原有生活垃圾收集后交环卫部门统一处理。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报废便携式定向 X 射线探伤机

便携式定向 X 射线探伤机的使用寿命约 10 年。当便携式定向 X 射线探伤机不能正常工作时，报废成为固体废物。报废的便携式定向 X 射线探伤机按照相关要求去功能化，而后交由物资回收公司处置，保留回收手续并做好相关记录存档。

③报废铅板

便携式定向 X 射线探伤机探伤过程中采用铅板进行屏蔽防护，当铅板不能正常工作时，报废成为固体废物。报废的铅板交有危废资质单位处理。

④报废胶片

本项目现场探伤预计每年曝光片子 5000 张（含报废胶片），储存在胶片存档室内。本项目胶片存档时间为 7 年，存档到期的胶片作为报废胶片处置。报废胶片属于危险废物，每张胶片重约 10g，废胶片预计年产生量约 0.05t/a。报废胶片属于《国家危险废物名录》（2025 年版）中感光材料废物 HW16，废物代码为 900-019-16，定期交由有资质的单位处置。

续表 9 项目工程分析与源项

⑤洗片废液、洗片废水 本项目曝光胶片的洗片将产生洗片废液、洗片废水，其中洗片废液包括废定影液、废显影液。 废定影液、废显影液：根据《国家危险废物名录》（2025 年版），废定影液、废显影液属于 HW16，废物代码为 900-019-16（其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸）。根据招商路检提供资料，显影粉、定影粉与水按比例配制；洗片操作流程：显影槽浸泡 5~8min→清洗槽浸泡（停影）→定影槽浸泡 8min→清洗槽浸泡 6min，以上流程均为常温。显影槽、定影槽的有效容积均为 25L，平均 2 个月更换 1 次，则废显影液年产生量约 0.15t/a，废定影液年产生量约 0.15t/a。 洗片废水：洗片过程中进行两次自来水清洗（停影、漂洗），清洗水循环、流动使用，直到不能满足清洗要求后再行更换。洗片废水中含有显影剂及氧化物。由于洗片废水可生化性较差，且产生量小，单独处理效率低且投资成本高。招商路检拟将其作为危险废物管理，不外排。根据项目洗片量，一般洗片废水 2 个月更换 1 次，1 次产生洗片废水约 35L，年产生量约 0.21t/a。 上述废显影液、废定影液、洗片废水中的主要成分为对苯二酚、亚硫酸钠，并含有重金属银，属于《国家危险废物名录》（2025 年版）中感光材料废物 HW16，无放射性。项目危险废物贮存点或临时洗片室分别配置 3 个废液桶分类收集储存，并在各废液桶下设防渗托盘，定期交由具有相应危废处置资质的单位处置。 项目危险废物产生及排放情况见表 9-6。 表 9-6 危废产生量及处理处置措施 <table><tr><th>危废名称</th><th>危废类别</th><th>危废代码</th><th>产生量（t/a）</th><th>形态</th><th>主要成分</th><th>有害成分</th><th>产废周期</th><th>暂存时间</th><th>危险特性</th><th>处置措施</th></tr><tr><td>报废胶片（含存档到期的合格胶片）</td><td>HW16</td><td>900-019-16</td><td>0.05</td><td>固态</td><td>明胶卤化银</td><td>重金属银</td><td>1 年</td><td>1 年</td><td>T</td><td>暂存在胶片存档室，定期交有资质单位处置</td></tr><tr><td>废显影液</td><td>HW16</td><td>900-019-16</td><td>0.15</td><td>液态</td><td rowspan="3">银的络合物</td><td>重金属银</td><td>20d</td><td>3 个月</td><td>T</td><td rowspan="3">分类收集后暂存于危险废物贮存点，定期交有资质单位处置</td></tr><tr><td>废定影液</td><td>HW16</td><td>900-019-16</td><td>0.15</td><td>液态</td><td>重金属银</td><td>20d</td><td>3 个月</td><td>T</td></tr><tr><td>洗片废水</td><td>HW16</td><td>900-019-16</td><td>0.21</td><td>液态</td><td>重金属银</td><td>10d</td><td>3 个月</td><td>T</td></tr></table> (5) 产污因子汇总											危废名称	危废类别	危废代码	产生量（t/a）	形态	主要成分	有害成分	产废周期	暂存时间	危险特性	处置措施	报废胶片（含存档到期的合格胶片）	HW16	900-019-16	0.05	固态	明胶卤化银	重金属银	1 年	1 年	T	暂存在胶片存档室，定期交有资质单位处置	废显影液	HW16	900-019-16	0.15	液态	银的络合物	重金属银	20d	3 个月	T	分类收集后暂存于危险废物贮存点，定期交有资质单位处置	废定影液	HW16	900-019-16	0.15	液态	重金属银	20d	3 个月	T	洗片废水	HW16	900-019-16	0.21	液态	重金属银	10d	3 个月	T
危废名称	危废类别	危废代码	产生量（t/a）	形态	主要成分	有害成分	产废周期	暂存时间	危险特性	处置措施																																																			
报废胶片（含存档到期的合格胶片）	HW16	900-019-16	0.05	固态	明胶卤化银	重金属银	1 年	1 年	T	暂存在胶片存档室，定期交有资质单位处置																																																			
废显影液	HW16	900-019-16	0.15	液态	银的络合物	重金属银	20d	3 个月	T	分类收集后暂存于危险废物贮存点，定期交有资质单位处置																																																			
废定影液	HW16	900-019-16	0.15	液态		重金属银	20d	3 个月	T																																																				
洗片废水	HW16	900-019-16	0.21	液态		重金属银	10d	3 个月	T																																																				

续表 9 项目工程分析与源项

项目产污因子汇总见表 9-7。		
表 9-7 项目污染因子一览表		
污染物	污染因子	备注
电离辐射	X 射线	①XXG2505 型便携式定向 X 射线探伤机: 工作电压为 150kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $5.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 工作电压为 220kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $11.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 工作电压为 250kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $13.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。
		②XXG3005 型便携式定向 X 射线探伤机: 工作电压为 180kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $7.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 工作电压为 280kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $18\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 工作电压为 300kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。
		③MIG-3505DX 型便携式定向 X 射线探伤机: 工作电压为 260kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $7.0\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 工作电压为 320kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $13.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$; 工作电压为 350kV, 距靶 1m 处主射束的发射率不大于 $17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。
		XXG2505 型便携式定向 X 射线探伤机: 最大电压为 250kV, 漏射线所致周围剂量当量率为 5.0mSv/h 。 XXG3005 型便携式定向 X 射线探伤机: 最大电压为 300kV, 漏射线所致周围剂量当量率为 5.0mSv/h 。 MIG-3505DX 型便携式定向 X 射线探伤机: 最大电压为 350kV, 漏射线所致周围剂量当量率为 5.0mSv/h 。
废气	O ₃ 、NO _x	少量 O ₃ 、NO _x , 自然扩散
废水	生活污水	少量, COD、SS、NH ₃ -N, 现场探伤工作人员生活污水依托招商路径行政楼、探伤现场周边现有污水处理设施处理。
固废	生活垃圾	少量, 依托招商路检行政楼、探伤作业点现有设施收集后, 交由环卫部门统一处理。
	便携式定向 X 射线探伤机	3 台, 按照相关要求要求进行去功能化, 而后交由物资回收公司处置, 保留回收手续并做好相关记录存档。
	报废铅板	报废的铅板交有危废资质单位处理。
	废显影液 (HW16)	0.15t/a, 暂存在危险废物贮存点或临时洗片室, 定期交有资质单位处置

	废定影液（HW16）	0.15t/a，暂存在危险废物贮存点或临时洗片室，定期交有资质单位处置
	洗片废水（HW16）	0.21/a，暂存在危险废物贮存点或临时洗片室，定期交有资质单位处置
	报废胶片（HW16）	0.05t/a，暂存在胶片档案室或临时洗片室，定期交由有资质单位处置

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局

无探伤作业任务时，项目所涉及 3 台便携式定向 X 射线探伤机均存放在招商路检行政楼 1 楼设备库房内，该设备房按“防盗、防火、防潮、防爆”等要求建设，设专人管理，并配置有视频监控、防盗门等安全设施。

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，主要涉及桥梁桥位施工现场。招商路检开展 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，控制器安防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、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”。

项目探伤作业点的便携式定向 X 射线探伤机每周实际开机时间不超过 4.34 h，小

续表 10 辐射安全与防护

于 7h。因此，项目探伤作业点的控制区范围取值 15 μ 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、监督区的划分依据见下表 10-1。

表 10-1 现场探伤两区管理

分区	划设情况
控制区	将作业时被检工件周围的周围剂量当量率大于 15 μ 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 μ Sv/h 的范围划为监督区，并根据现场探伤的地形，构筑物实际情况优化监督区。

以 MIG-3505DX 型便携式定向 X 射线探伤机为例，主射线水平向东侧照射（水平方向主射线辐射角度为 40°，工件屏蔽）为例，其地面控制区、监督图理论计算距离见图 10-1。

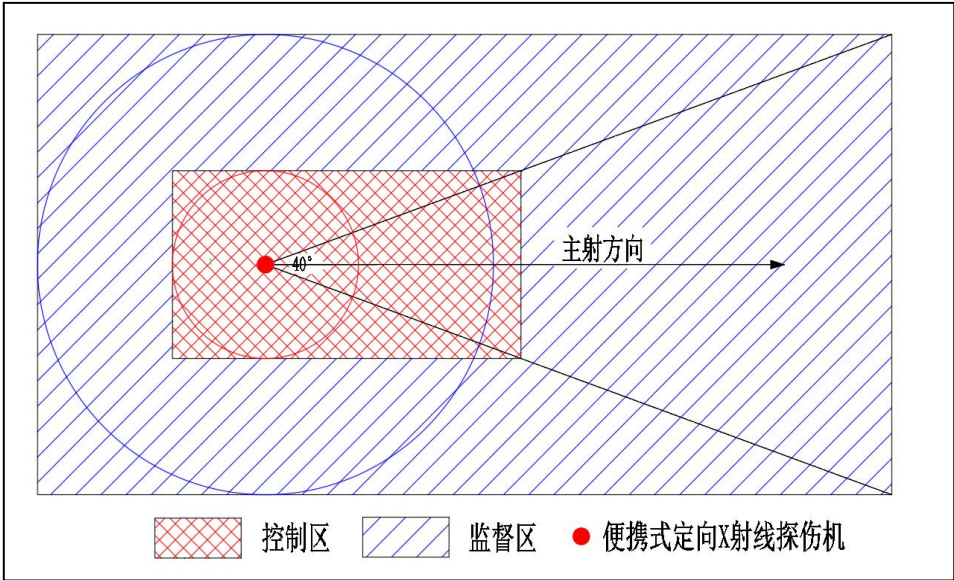


图 10-1 探伤现场地面控制区和监督区理论计算边界距离示意图

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，否则采取专门的防护措施。
 - (2) 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构、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。
- 监督区边界警戒线，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”

续表 10 辐射安全与防护

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

拟购便携式定向 X 射线探伤机的固有安全措施包括以下几个方面：

(1) 便携式定向 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。便携式定向 X 射线探伤机的设置有高压接通时的外部报警或指示装置以及紧急停机按钮。便携式定向 X 射线探伤机的设有钥匙开关，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) 便携式定向 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) 便携式定向 X 射线探伤机的 X 射线管头设有限束装置。

(4) 便携式定向 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) 便携式定向 X 射线探伤机的开机后，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；当便携式定向 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断续提示报警音，证明便携式定向 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) 便携式定向 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，容易造成便携式定向 X 射线探伤机的无法正常使用。

(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。在便携式定向 X 射线探伤机的延时启动期间，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。

(8) 当便携式定向 X 射线探伤机的通高压产生 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

续表 10 辐射安全与防护

曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断便携式定向 X 射线探伤机的高压，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

（9）当便携式定向 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）便携式定向 X 射线探伤机的具有无毫安保护、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，当便携式定向 X 射线探伤机的发生以上保护时，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，在全国范围内对桥梁板、腹板等开展 X 射线移动式工业探伤。具体根据承接的业务所在现场位置确定。

招商路检开展 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人员进入控制区；若不易清场时，应采用铅板对便携式定向 X 射线探伤机运行产生的 X 射线进行屏蔽，以缩小控制区、监督区的范围，并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

招商路检拟配置若干套警示标识和警示通告。拟在探伤作业点的监督区边界外悬挂“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 X 射线区”警示牌。X 射线移动式工业探伤前，提前对探伤作业点周围发出通告，告知在 X 射线移动式工业探伤期间不要进入该区域内。

电离辐射警示标志见图 10-2。

续表 10 辐射安全与防护



图 10-2 电离辐射警示标志图

(3) 警示设备（声光报警灯，扩音器等）

①招商路检拟配备声光报警灯，安放在探伤作业点监督区边界。便携式定向 X 射线探伤机进行曝光时，声光报警灯长明并发出警报声音。X 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。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。

②招商路检拟配备扩音器，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）

招商路检拟配备警戒线（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) 紧急停机按钮

便携式定向 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，便携式定向 X 射线探伤机均能停止出束。

(6) 监测设备

招商路检拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计、1 个个人剂量报警仪（具有直读功能），且每个探伤作业小组配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪。

(7) 控制台相关措施

续表 10 辐射安全与防护

控制台（操作箱）设置在便携式定向 X 射线探伤机的非主射方向，并尽可能远离便携式定向 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）的连接电缆约 25m，同时利用其延时功能，辐射工作人员能在便携式定向 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，确保便携式定向 X 射线探伤机曝光出束时，辐射工作人员位于控制区外。

（8）局部屏蔽措施

①当便携式定向 X 射线探伤机（探伤、训机）的主射线方向一定距离外（监督区边界以内）有环境保护目标且不易清场时，将足够屏蔽厚度的铅板放置在被检桥梁板、腹板后方（便携式定向 X 射线探伤机主射线方向），以缩小主射线方向控制区及监督区距离，减轻对主射线方向的影响；

②控制台（操作箱）设置在便携式定向 X 射线探伤机的非主射方向上，当其非主射线方向的控制区和监督区范围较大，周边无可利用的现有山体或构筑物予以躲避，且便携式定向 X 射线探伤机延时曝光不足以满足让辐射工作人员撤离至控制区外时，应在便携式定向 X 射线探伤机面向控制台（操作箱）一侧的方向上放置足够屏蔽厚度的铅板，确保屏蔽后方控制台（操作箱）所在位置周围剂量当量率小于 15μSv/h；

③当便携式定向 X 射线探伤机的非主射方向一定距离外（监督区边界以内）有环境保护目标且不易清场时，应在靠近便携式定向 X 射线探伤机及散射体（被检桥梁板、腹板）一侧的就近位置放置屏蔽厚度为 2mmPb 铅板，确保环境保护目标所在位置的周围剂量当量率小 2.5μSv/h。

10.2.3 其辐射防护与安全措施

（1）探伤作业方案的制定

- ①招商路检根据桥梁板、腹板桥位施工现场，制定 X 射线工业探伤作业大纲。
- ②招商路检开展 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、是否有高空作业、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、现场的通告、警告标识

续表 10 辐射安全与防护

和报警信号等，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 射线工业探伤作业大纲进行修订完善，制定出有针对性的制定探伤作业方案。探伤作业方案主要包括：探伤工况、时间、便携式定向 X 射线探伤机及接收安装位置、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警戒线以外，做好周围公众成员的清场。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”警示牌，现场配备便携式 X-γ 辐射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。

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当便携式定向 X 射线探伤机、探伤作业点、被检桥梁板、腹板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。

(3) 射线探伤装置的管理

本项目探伤装置在无探伤检测工程时存放于招商路检行政楼 1F 设备库房单独储物柜内，探伤工作结束后及时将设备返回至设备库房单独储物柜内存放，做好进出台账。探伤设备不能及时返回库房内存放，需要在探伤作业现场存放时须做好探伤设备的存放安全管理，落实责任人。

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

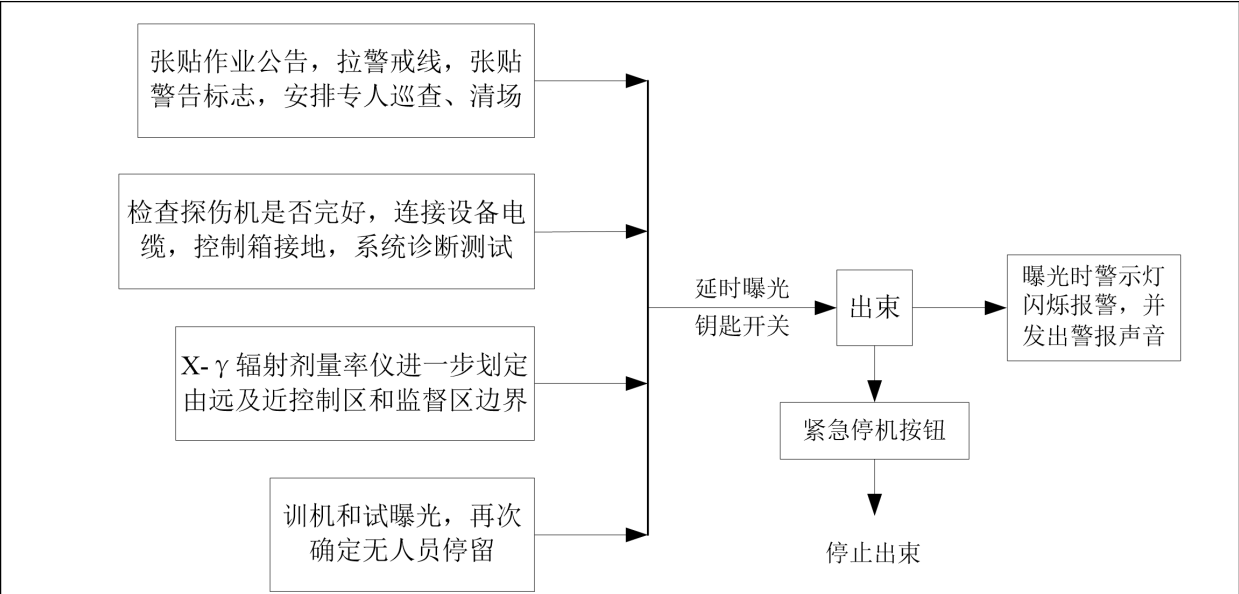


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

10.4 防护用品

招商路检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 招商路检拟配置防护用品及防护措施清单一览表

防护用品名称	单位	数量	备注
个人剂量计	个	4	拟购，每名辐射工作人员 1 名
个人剂量报警仪	个	4	拟购，每名辐射工作人员 1 名
便携式 X-γ 剂量率仪	台	2	拟购，每个探伤作业班组 1 台
声光报警灯	个	8	拟购，每个探伤作业班组 4 个
电离辐射警告标志	块	8	拟购，每个探伤作业班组 4 块
警告牌（“无关人员禁止入内”警告牌）	块	8	拟购，每个探伤作业班组 4 块
警告牌（“禁止进入射线工作区”警告牌）	块	8	拟购，每个探伤作业班组 4 块
警戒线（警戒绳）	套	4	拟购，每个探伤作业班组 2 套
扩音器	套	4	拟购，每个探伤作业班组 2 套
对讲机	套	2	拟购，每个探伤作业班组 1 套
铅板（2mmPb）	块	4	拟购，每个探伤作业班组 2 块

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。

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
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。	招商路检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。	探伤工作人员正式工作前拟按要求取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	每个探伤作业班组拟配备 1 台辐射剂量率仪，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 X 射线探伤机	/
		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。	项目拟购买符合相应要求的 X 射线探伤机。
		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。	项目为现场探伤，无固定机房，工作前拟按照要求检查相关项目。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求		项目情况
GBZ117-2022	5 探伤机的放射防护要求	5.1 X 射线探伤机	/
		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，每年交原厂家至少进行一次维护，并做好设备维护记录。
	7 探伤机的放射防护要求	7.1 作业前准备	/
		7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否有高空作业、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 etc）。	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。	项目开展移动式探伤工作的每台探伤机拟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，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 15μSv/h 的区域划为控制区。	项目拟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。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求		项目情况
GBZ117-2022	7 探伤机的放射防护要求	7.2 分区设置	/
		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。	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可见的“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建筑作为实体屏障，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。	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。项目使用定向探伤机，充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。
		7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X-γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	项目拟配置 2 个探伤作业班组，配备 2 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。	项目拟在划定好控制区后，进行试曝光，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，将立即停止射线出束，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开机，出束时操作人员位于控制区外。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求		项目情况
GBZ117-2022	7 探伤机的放射防护要求	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在控制区边界联锁。
		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构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。	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。
		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 名辅助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。	项目拟在探伤工作现场第一次曝光时使用便携式 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。	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。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求		项目情况
GBZ117-2022	7 探伤机的放射防护要求	7.4 边界巡查与检测	/
		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。	项目拟为探伤现场每名辐射操作人员配置 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。同时，本项目拟配置 2 台便携式 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。	项目拟考虑电缆长度、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 辐射防护检测	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。	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。	项目拟配置 2 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 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。 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。	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。

续表 10 辐射安全与防护

标准名称	标准要求		项目情况
GBZ117-2022	8 辐射防护检测	8.4 移动式探伤放射防护检测	/
		8.4.1 检测要求 8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。 8.4.1.2 当 X 射线探伤机或 γ 放射源、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。 8.4.1.4 探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。	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。
		8.4.2 检测方法 在探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界，以 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置或 X 射线探伤机停止照射后，确定控制区边界和监督区边界。	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。
		8.4.3 检测周期 每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：a) 新开展现场射线探伤的单位；b) 每年抽检一次；c) 在居民区进行的移动式探伤；d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv。	每次移动式探伤作业时，招商路检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 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。	拟将周围剂量当量率大于 15 $\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，周围剂量当量率 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ~15 $\mu\text{Sv/h}$ 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。	项目射线探伤作业人员拟按照 GBZ128 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。

续表 10 辐射安全与防护

根据表 10-3 可知，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）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。

10.6 三废的治理

项目不产生放射性三废。

表 11 环境影响分析

施工期对环境的影响

本项目为使用便携式定向 X 射线探伤机对桥梁板、腹板等开展无损检测，不建设专用探伤室，故不存在建设和设备安装过程，便携式定向 X 射线探伤机暂存在设备库房单独储物柜内。本项目探伤设备储物柜依托现有设备房，危险废物贮存点和洗片室、胶片档案室依托现有的房间简单装修。施工期不涉及大型施工设备，施工范围均控制在室内，故项目在施工阶段对环境的影响较小。

运行阶段对环境的影响

11.1 现场探伤辐射环境影响分析

11.1.1 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。

11.1.2 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 15μSv/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 2.5μSv/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。

（一）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。

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

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；

主射方向控制区、监督区距离计算公式如下：

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

（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 。

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

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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

根据上述公式推导漏射方向控制区、监督区距离计算公式为：

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

（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。

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

续表 11 环境影响分析

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。

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——根据 GBZ/T250-2014 附录，B.4.2 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°时，该值为 60（150kV）、50（200kV~400kV）。

则散射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R_S = \sqrt{\frac{B \cdot H_0 \cdot I \cdot F \cdot \alpha}{\dot{H}_c \cdot R_0^2}} \tag{6}$$

（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：

$$B = 10^{-X/TVL} \tag{7}$$

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表。

（二）计算参数

项目主要核算参数表见表 11-1。

表 11-1 主要核算参数一览表

型号	管电压（kV）	TVL		发射率 （mGy·m ² / （mA·min））	最大工 作电流
		铅	钢或铁		
XXG-2505	150（常用最小管电压）	0.96mm	1.3cm	5.2	5mA
	220（常用最大管电压）	2.0mm	1.6cm	11.7	5mA
	250（最大管电压）	2.9mm	1.9cm	13.9	5mA
XXG-3005	180（常用最小管电压）	1.2mm	1.4cm	7.5	5mA
	280（常用最大管电压）	4.6mm	2.0cm	18	5mA
	300（最大管电压）	5.7mm	2.1cm	20.9	5mA
MIG-3505DX	260（常用最小管电压）	3.5mm	1.86cm	7.0	5mA
	320（常用最大管电压）	6.7mm	2.38cm	13.7	5mA

续表 11 环境影响分析

	350（最大管电压）	7.0mm	2.5cm	17.4	5mA	
注：铅的密度 11.3t/m ³ ，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 TVL 通过内插法获取。查表得出各电压的 X 射线在钢板中的近似 TVL。钢的密度 7.85t/m ³ ，根据《辐射防护导论》（方杰主编，P103，附图 3.23）查表得出各电压的 X 射线在钢板中的近似 TVL。						
（三）计算结果						
本项目便携式定向 X 射线探伤机的工作电压在 150kV~320kV 之间，探伤的桥梁板、腹板厚度在 7~60mm 之间。此外，便携式定向 X 射线探伤机在实际工作过程中，极端情况下可能存在采用最大管电压工作的情况。桥梁板、腹板的材料主要为钢板，按照便携式定向 X 射线探伤机不同电压下对应的不同厚度的桥梁板、腹板进行核算。						
（1）本项目工件为桥梁板、腹板，材料主要为钢板，一般尺寸较大，工件均能阻挡有用线束，不存在射线不经过钢板直接射出的情况。被检桥梁板、腹板能阻挡便携式定向 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 11-2。						
表 11-2 主射线方向控制区、监督区边界距离核算结果（无铅板、有工件屏蔽）						
便携式定向 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	工件厚度（mm）	边界距离（m）	
					控制区	监督区
XXG2505	150	5	钢	7	174	425
	220	5	钢	13	190	465
	250	5	钢	17	189	462
XXG3005	180	5	钢	10	171	417
	280	5	钢	20	190	465
	300	5	钢	22	194	475
MIG-3505DX	260	5	钢	18	123	301
	320	5	钢	27	142	348
	350	5	钢	30	149	363
备注：①主射考虑工件厚度为单层壁厚。②便携式定向 X 射线探伤机不同电压对应的工件最小厚度取自《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》（NB/T 47013.2-2015）表 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压；③预测距离结果取整（进一位）。						
（2）被检桥梁板、腹板能阻挡便携式定向 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 11-3。						

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（有铅板、有工件屏蔽）							
便携式定向 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	工件厚度（mm）	边界距离（m）	
						控制区	监督区
XXG2505	150	5	2	钢	7	16	39
	220	5	2	钢	13	61	148
	250	5	2	钢	17	86	209
XXG3005	180	5	2	钢	10	25	62
	280	5	2	钢	20	116	282
	300	5	2	钢	22	130	317
MIG-3505DX	260	5	2	钢	18	64	156
	320	5	2	钢	27	101	247
	350	5	2	钢	30	107	262

备注：①主射考虑工件厚度为单层壁厚。②便携式定向 X 射线探伤机不同电压对应的工件最小厚度取自《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》（NB/T 47013.2-2015）表 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压；③预测距离结果取整（进一位）。

（3）探伤作业点周围环境复杂，有环境保护目标，便携式定向 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，则便携式定向 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 11-4。							
--	--	--	--	--	--	--	--

表 11-4 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）							
便携式定向 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	
XXG2505	150	5	5	9	11	21	
			10		23		
	220	5	14	9	33	21	
			16		39		
	250	5	15	9	36	21	
17			41				
XXG3005	180	5	5	13	13	30	
			14		33		
	280	5	17	13	41	30	
			21		50		
	300	5	18	13	44	30	
22			53				
MIG-3505DX	260	5	11	14	26	33	
			11		25		
	320	5	34	14	82	33	
			34		82		
	350	5	38	14	93	33	

续表 11 环境影响分析

			38	93		
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电压为 180kV 条件下， $\frac{R_0^2}{F \bullet \alpha}$ 保守取值 50；③根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 可知，200kV 的 X 射线在铅的 TVL 为 1.4mm；④预测距离结果取整（进一位）。						
（4）当便携式 X 射线探伤机非主射方向未设置铅板时，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 11-5。						
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、无铅板屏蔽）						
便携式定向 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
XXG2505	150	5	46	19	112	45
			46		112	
	220	5	69	19	168	45
			71		174	
	250	5	75	19	183	45
			77		188	
XXG3005	180	5	55	19	135	45
			58		142	
	280	5	85	19	208	45
			87		213	
	300	5	92	19	224	45
			94		229	
MIG-3505DX	260	5	53	19	130	45
			53		130	
	320	5	75	19	182	45
			75		182	
	350	5	84	19	205	45
			84		205	
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电压为 180kV 条件下， $\frac{R_0^2}{F \bullet \alpha}$ 保守取值 50；③根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 可知，200kV 的 X 射线在铅的 TVL 为 1.4mm；④预测距离结果取整（进一位）。						
根据表 11-2~表 11-5 计算可知，便携式定向 X 射线探伤机按照不同工况、不同厚度桥梁板、腹板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，在便携式定向 X 射线探伤机的主射方向上控制区边界的距离为 16~194m，						

续表 11 环境影响分析

监督区边界距离为 39~475m；非主射方向控制区边界距离取 10~94m，监督区边界距离取 23~229m。

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辐射角度为 40°，各方向上最大控制区、监督区划分示意图见图 11-1。

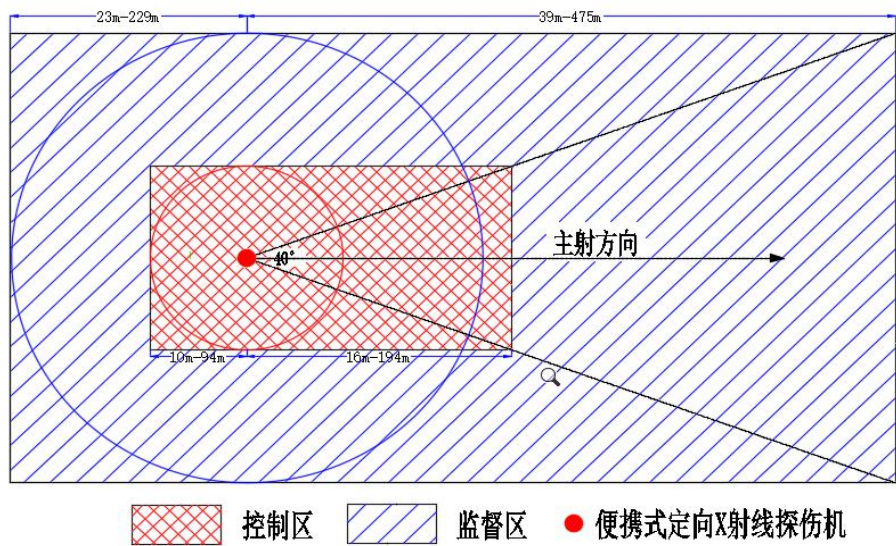


图 11-1 控制区、监督图划分示意图

11.2.2 类比监测

（一）类比条件分析

为了解同类型的便携式定向 X 射线探伤机在实际运行时对周围环境的影响情况，本评价采用类比方法进行分析。本次环评采用 X 射线输出量最大且预测结果最不利的 XXG3005 型的类比对象进行类比分析。选取重庆奥林特机电技术有限公司探伤机的便携式定向 X 射线探伤机作为项目类比对象。XXG3005 型便携式定向 X 射线探伤机类比可行性见表 11-6。

表 11-6 XXG3005 型型便携式定向 X 射线探伤机可类比性分析一览表

类比项目	招商路检	重庆奥林特机电技术有限公司	类比分析
设备型号	XXG3005 型	XXG-3005TD 型	一致
主要技术参数	300kV，5mA	300kV，5mA	一致
工作场所	野外探伤现场	野外探伤现场	一致
工件类型	委托检测的桥梁板等	委托检测的压力管道	基本一致
材质	钢	钢	一致

根据表 11-6 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同，

续表 11 环境影响分析

有很好的类比性。

（二）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

XXG-3005TD 型：280kV、5mA。

（4）监测结果

XXG-3005TD 型便携式定向 X 射线探伤机的模拟探伤监测结果见下表。

表 11-7 XXG-3005TD 型便携式定向 X 射线探伤机模拟探伤监测结果一览表

设备型号	测量方位	与探伤机之间的距离（米）	
		修正后15 μ Sv/h处	修正后2.5 μ Sv/h处
XXG-3005TD型	前面（主射方向）	36	68
	后面	19	43
	左侧	30	56
	右侧	26	48

（5）监测结果类比分析

便携式定向 X 射线探伤机的模拟探伤监测、理论预测结果对比结果见下表。

表 11-8 便携式定向 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）			
		15 μ Sv/h处		2.5 μ Sv/h处	
		监测结果	预测结果	监测结果	预测结果
XXG-3005型	前面（主射方向）	36	96	68	233
	后面	19	93	43	226
	左侧	30	93	56	226
	右侧	26	93	48	226

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，主要是因为考虑到现场探伤所在地场地周围地形条件和周围遮挡物不同等影响，造成预测结果更大。本项目拟配备便携式定向 X 射线探伤机电缆长度为 25m，在实际移动式探伤过程中，拟采

续表 11 环境影响分析

用便携式定向 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，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。

11.3 有效剂量估算

（一）估算公式

辐射工作人员和公众成员所受照射的年有效剂量用下式估算：

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

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；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；

（二）工作负荷

根据招商路检提供的资料，本项目预计每年现场探伤曝光约 5000 次，曝光时间约 416.67h；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。

（三）剂量估算

（1）现场探伤操作人员（辐射工作人员）

根据招商路检提供的资料，便携式定向 X 射线探伤机的操作人员位于控制区边界之外，本次评价保守取控制区与监督区边界辐射剂量率（ $15\mu\text{Sv/h}$ ）作为操作人员受到的剂量率。操作人员年有效剂量估算结果见表 11-9。

表 11-9 操作人员年有效剂量估算表

周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	居留因子	年最大出束时间（h/a）	年有效剂量（mSv/a）
15	1	416.67	6.25

根据招商路检提供的资料，本项目现场探伤作业由 4 名操作人员负责，合理分配工

续表 11 环境影响分析

作量。根据前文表 1 可知，本项目设置 2 个探伤作业班组，单个探伤作业班组年工作时间不超过 208.34h，则单名操作人员年有效剂量不超过 3.13mSv/a，低于招商路检确定的辐射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a，也满足《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。

招商路检在实际操作过程中，应根据操作人员个人剂量监测结果合理分配工作量。

（2）探伤现场监督区外的公众成员

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。本次评价保守取监督区边界辐射剂量率（2.5μSv/h）作为公众成员受照剂量率。本评价主要在野外探伤或厂区内探伤，且厂区内探伤均在夜间进行，厂区夜间不开展生产活动，故公众成员的居留因子取 1/40，其年有效剂量估算结果见表 11-10。

表 11-10 公众成员年有效剂量估算表

周围剂量当量率（μSv/h）	居留因子	年最大出束时间（h/a）	年有效剂量（mSv/a）
2.5	1/40	416.67	0.03

根据上表计算结果可知，公众成员的年有效剂量最大约 0.03mSv，低于招商路检制定的公众成员年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a，也满足《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。

此外，警戒、巡视人员在探伤作业点的监督区边界进行警戒、巡视，故居留因子取 1/4。警戒、巡视人员属于公众成员，为了控制其受照剂量不超过年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a 的要求，警戒、巡视人员在探伤作业点的监督区边界工作时间必须控制在 160 h/a 内。委托探伤单位应根据 X 射线移动式工业探伤的情况，及时更换警戒、巡视人员。

11.4 废气环境影响分析

本项目便携式定向 X 射线探伤机运行产生的 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。此外，本项目探伤现场位于室外，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。

11.5 废水环境影响分析

本项目无生产废水产生，招商路检探伤操作的工作人员生活污水依托已有生化池进行预处理，而后排入市政污水管网，然后进入鸡冠石污水处理厂处理达标后排入长江。

续表 11 环境影响分析

现场探伤工作人员生活污水依托周边现有污水处理设施处理。

11.6 固废环境影响分析

（一）生活垃圾

工作人员产生的生活垃圾依托招商路检、探伤现场周边现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

（二）报废便携式定向 X 射线探伤机

报废的便携式定向 X 射线探伤机按照相关要求要求进行去功能化，而后交由物资回收公司处置，保留回收手续并做好相关记录存档。

（三）报废铅板

报废的铅板交有危废资质单位处理。

（四）报废胶片

本项目报废胶片、合格胶片均储存在招商路检高模楼附属楼 1 楼的胶片存档室内，报废胶片与存档到期的胶片定期交由有资质的单位处置。

（五）洗片废液、洗片废水

招商路检高模楼附属楼 1 楼洗片室产生的洗片废液（废定影液、废显影液）、洗片废水分类暂存在危险废物贮存点的废液桶内，定期交由有资质的单位处理。临时洗片室产生的洗片废液（废定影液、废显影液）、清洗废水分类暂存在临时洗片室的废液桶内。招商路检拟加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止发生泄漏污染地下水。

洗片室、危险废物贮存点以及临时洗片室拟进行防渗处理，地面采用防渗材料建设，按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023），采取“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”等措施，地面采用防渗材料建设，满足 GB18597-2023 中“6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料”。此外，危险废物贮存点和临时洗片室拟按照《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）的规定设置警示标志，包括危险废物标签、危险废物贮存分区标志、危险废物贮存设施标志等。废液收集塑料桶拟设置明显的标识，包括危险废物类型、危险类型、危险情况以及安全措施等；塑料桶下方拟设置防漏托盘，避免桶渗漏后废液漫流，

续表 11 环境影响分析

托盘容积不小于废液桶容积。 招商路检拟按照《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》（HJ 1259-2022）中要求建立危险废物管理台账，转移危险废物按照《危险废物转移管理办法》（生态环境部 公安部 交通运输部 部令第 23 号）要求执行。 综上所述，招商路检按照以上措施对固体废物进行处理后，固废均能得到妥善处理，对环境影响可接受。 11.7 事故影响分析 11.7.1 事故风险类型 本项目拟配置 3 台便携式定向 X 射线探伤机，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，便携式定向 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：便携式定向 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。 事故情景 3：现场探伤工作结束后，便携式定向 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定向 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了便携式定向 X 射线探伤机遗忘或被盗的可能性。 11.7.2 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。 本项目 XXG3005 型最大管电压 300kV 时，X 射线输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$，MIG-3505DX 型最大管电压 350kV 时，X 射线输出量为 $17.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$，XXG3005 型最大管电压时 X 射线输出量更大；另外根据预测结果表 11-2、11-3 可知，XXG3005 型预测结果相对于 MIG-3505DX 型，XXG3005 型预测结果更不利。 因此，本次评价风险计算按照 XXG3005 型便携式定向 X 射线探伤机最大工况（管电压 300kV、管电流 5mA）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剂量估算结果见表 11-11。

续表 11 环境影响分析

表 11-11 误照射无工件主射方向不同距离剂量率估算			
发射率 ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$)	与焦点距离 (m)	不同距离下剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	单次照射受照剂量 (mGy)
20.9	0.5	2.51×10^7	2090.00
	1	6.27×10^6	522.50
	5	2.51×10^5	20.90
	10	6.27×10^4	5.23
	15	5.57×10^4	2.32
	16 (最小主射方向控制区)	2.45×10^4	2.04
	20	1.57×10^4	1.31
	30	1.00×10^4	0.84
	39 (最小主射方向监督区)	4.12×10^3	3.44×10^{-1}
	40	7.84×10^3	3.27×10^{-1}
	50	2.51×10^3	2.09×10^{-1}
	100	6.27×10^2	5.23×10^{-2}
	194 (最大主射方向控制区)	3.33×10^2	1.39×10^{-2}
	200	1.57×10^2	1.31×10^{-2}
	475 (最大主射方向监督区)	2.78×10^1	2.32×10^{-3}
	500	2.51×10^1	2.09×10^{-3}
	1000	6.27×10^0	5.23×10^{-4}
备注：单次照射时间不超过 5min			
(1) 事故情景 1			
便携式定向 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，直至便携式定向 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 $2.45\times 10^4\mu\text{Gy/h}$，则单次误入监督区的公众成员受到有效剂量最高为 2.04mGy；误入控制区（取距焦点 1m 处）公众受到的瞬时剂量率为 $6.27\times 10^6\mu\text{Gy/h}$，则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 522.50mGy。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，受到的单次照射剂量越高，同一公众成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。			

续表 11 环境影响分析

(3) 事故情景 3

现场探伤工作结束后，便携式定向 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定向 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射。便携式定向 X 射线探伤机单次曝光时间不超过 5min，则当 300kV 电压下，则距离便携式定向 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 522.5mGy，极端情况下距离便携式定向 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 2090 mGy。

11.7.2 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。随机性效应须重点关注，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

续表 11 环境影响分析

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。

11.7.3 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公众成员受到有效剂量最高为 522.50mGy,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(2019 修订)》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公众成员受到有效剂量最高为 2090mGy,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。

11.7.3 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) 定期认真对便携式定向 X 射线探伤机的安全和防护措施、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,按项目制定工作方案,该工作方案的主要包括探伤工况、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) 凡涉及对便携式定向 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 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,

续表 11 环境影响分析

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”警示牌，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。定期对使用便携式定向 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，报废的便携式定向 X 射线探伤机按照相关要求要求进行去功能化，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。设备库房储物柜设专人看管，设备柜钥匙专人保管，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

（1）工作人员探伤现场前检查便携式定向 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，确保便携式定向 X 射线探伤机与工件的位置以及便携式定向 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定向 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。

续表 11 环境影响分析

(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。

11.8 实践正当性分析

项目 X 射线探伤机的应用，对桥梁板、腹板等对接焊缝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 射线探伤机开展对桥梁板、腹板等对接焊缝的无损探伤检测，以确保产品质量与安全。对桥梁板、腹板质量与安全可起到十分重要的作用，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。

11.9 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桥梁板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关法律法规和政策规定，符合国家的产业政策。

11.10 环保投资估算

本项目环保投资约 10 万元，占总投资 33.3%，具体情况见表 11-13。

表 11-13 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	警戒绳、对讲机、声光报警灯等	1
2	个人剂量报警仪、辐射监测仪等	3
3	环评、验收、辐射安全许可证办理等	6
合计		10

•

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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

招商路检尚未开展核技术利用项目，故尚未配置辐射防护与安全管理人員。项目拟按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理领导小组，其主要工作内容如下：

（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）负责日常防护设备的维护，制定辐射事故应急预案，编制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，应当每五年接受一次再培训。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），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。

招商路检拟配置 4 名辐射工作人员开展现场 X 射线探伤工作，能满足项目运行的需求。招商路检根据业务开展的需要，后续配置的辐射工作人员均拟按照上述要求，辐射防护与安全培训考核合格后方可上岗。

续表 12 辐射安全管理

12.2 辐射安全管理规章制度

(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》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。

招商路检承诺在项目建成运营前，拟按照相关规定制定相应的管理制度，包括：移动式 X 射线探伤现场辐射监测制度、探伤设施设备安全检查制度、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、设备出入库管理制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、职业健康及个人剂量管理制度、安全检查制度、监测方案、年度评估等管理制度和辐射事故应急预案，并将年度评估、洗片废液暂存处置等纳入管理制度中。

(2) 个人剂量管理

招商路检拟为辐射工作人员建立个人剂量档案，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。发现个人剂量监测结果异常的，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终生保存。此外，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传借，不允许将个人剂量计带离工作场所。

(3) 职业健康体检

从事辐射工作期间，招商路检拟在上岗前组织辐射工作人员进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。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。此外，辐射工作人员上岗前，招商路检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。

(4) 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。

续表 12 辐射安全管理

招商路检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。

(5) 档案管理

招商路检拟按照《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、剂量监测结果、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”。

(6) 射线装置台账管理

招商路检 3 台射线装置在出库、入库、使用时均应进行台账管理。工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过设备库房储物柜的管理人员确认后，根据需求领取便携式定向 X 射线探伤机，并对便携式 X 射线探伤机进行初步检查（外观、电源等是否正常）。

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。

招商路检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。

具体操作参考如下：

- ①拟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；

续表 12 辐射安全管理

②拟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	招商路检拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，明确小组各成员职责及任务。
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	招商路检要求辐射工作人员通过辐射防护与安全考核后方可上岗
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	招商路检拟制定操作规程，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、对讲机、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	招商路检尚未建立健全的规章制度。待项目建成运营前，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	招商路检拟为每名辐射工作人员各配置 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪；每个探伤作业现场拟配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪
有完善的辐射事故应急措施	招商路检尚未制定辐射事故应急措施，待项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成制定辐射事故应急预案及风险防范措施

招商路检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。招商路检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能力，在验收后方可投入正式运行。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规和标准，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

续表 12 辐射安全管理

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。

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。

12.5.1 现场探伤监测

(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。

12.5.2 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，并将个人剂量监测结果存入档案。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。

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；

续表 12 辐射安全管理

b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损; c) 安全联锁是否正常工作; d) 报警设备和警示灯是否正常运行; e) 螺栓等连接件是否连接良好; (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》(环保部令第 18 号)《重庆市辐射污染防治办法》等要求, 使用 II 类以上(含 II 类)射线装置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, 招商路检拟制定辐射事故应急预案及具体项目的事故应急预案, 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 事故报告程序 一旦发生辐射事故, 辐射工作人员立即关机断掉电源, 根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后向主管生态环境部门和探伤现场所在地生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的, 还应同时向探伤现场所在地卫生行政部门报告。 报告联系电话如下: 全国统一报警电话: 110 全国统一急救电话: 120 重庆市生态环境局 24 小时值班电话: 023-89112369 重庆市卫生健康委员会电话: 023-67706707 重庆市南岸区生态环境局电话: 023-62801113

续表 12 辐射安全管理

重庆市南岸区卫生健康委员会电话：023-62988117			
重庆市南岸区公安局报警电话：023-62833933			
12.7.2 辐射事故应急处理措施			
现场探伤工作场所发生辐射事故时，应迅速切断电源，将事故受照人员撤离现场，对可能受到超剂量照射的人员应采取临床检查并根据需要实施医学救治及处理措施，保护事故现场，2 小时内将事故经过报告主管部门。			
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。			
12.8 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。招商路检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。			
本项目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	配置 1 台 XXG-2505 型（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA）便携式定向 X 射线探伤机，1 台 XXG-3005 型（最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）便携式定向 X 射线探伤机，1 台 MIG-3505DX 型（最大管电压为 350kV，最大管电流为 5mA）。 配置手动恒温洗片机、胶片干燥箱、评片灯等。	不发生重大变动
2	环保资料档案	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。	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	制度建立齐全，档案管

续表 12 辐射安全管理

		程、放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。	理规范
4	防护监测设备	个人剂量计（4 枚）、个人剂量报警仪（4 台，具有直读功能）、便携式 X- γ 剂量率仪（2 台）	个人剂量计按规定定期进行剂量检定
5	防护用品	警戒绳、扩音器各 4 套，对讲机 2 套，声光报警灯 8 个，“无关人员禁止入内”警告牌、“禁止进入射线工作区”警告牌各 8 块等	配备齐全
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 招商路检制定
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
9	危险废物	洗片废液（废显影液、废定影液）、洗片废水分类收集在相应的废液桶内，暂存在危险废物贮存点或临时洗片室，废液桶下方均设置托盘。洗片废液（废显影液、废定影液）、洗片废水定期交有资质单位处置；报废胶片以及存档到期的合格胶片存放在胶片档案室内，定期交由有资质的单位处置。报废的铅板交有危废资质单位处理。 洗片室、危险废物贮存点、临时洗片室地面进行防渗处理；废液桶下方设置防漏托盘。 签订危废处置协议，执行危废联单管理及台账制度。	《危险废物转移环境管理办法》《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）

表 13 结论及建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

招商局重庆公路工程检测中心有限公司拟购 3 台便携式定向 X 射线探伤机(Ⅱ类射线装置), 组建 2 个探伤作业班组在全国范围内开展桥梁板、腹板的 X 射线移动式工业探伤无损检测服务; 拟在招商路检行政楼 1 楼设备库房内设置储物柜(配置锁匙), 用于便携式定向 X 射线探伤机(包括便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警示语、警戒绳、铅板等辐射安全防护设施) 存放; 拟在招商路检高模楼附属楼 1 楼配套设置胶片档案室、洗片室、危险废物贮存点, 用于洗片、胶片存放以及危险废物暂存。项目总投资约 30 万, 其中环保投资约 10 万。项目建筑面积约 50m², 施工期约 1 个月。

13.1.2 实践正当性结论

项目拟配置便携式定向 X 射线探伤机开展现场 X 射线无损检测业务, 是用于对桥梁板、腹板等焊接质量的检验, 确保产品使用安全。项目的建设为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价, 符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此, 本评价认为本项目使用便携式定向 X 射线探伤机开展无损检测业务是正当可行的。

13.1.3 产业政策符合性结论

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桥梁板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关法律法规和政策规定, 符合国家的产业政策。

13.1.4 环境现状

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 辐射剂量率累积监测结果在 47.8~246nGy/h 之间, 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, 主要涉及桥梁板、腹板施工现场或桥梁板、腹板生产车间内开展 X 射线移动式工业探伤。招商路检开展 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

续表 13 结论及建议

要求采取相应辐射安全防护措施以确保安全。桥梁板、腹板桥位施工现场一般位于野外，周围活动的人员较少，探伤作业避开人员密集时段，便携式 X 射线探伤机的主射方向尽可能朝向地面或水面。桥梁板、腹板生产过程中 X 射线移动式工业探伤一般在生产厂区内进行，一般安排在非工作时段或避开人员密集时段进行，并严控移动式探伤作业区人员进入控制区；同时，便携式 X 射线探伤机的主射方向尽可能朝向已有构筑物或地面，减少对周围环境的影响。

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。

本项目为 X 射线移动式工业探伤项目，便携式定向 X 射线探伤机布置在控制区内，其主射方向垂直朝向地面/水面、垂直朝向天空/厂房顶、平行地面斜向朝向天空/厂房顶或斜向朝向地面等多种情况，尽可能朝向地面、山体以及已有构筑物。便携式定向 X 射线探伤机利用连接线缆将其与控制台（操作箱）连接，控制台（操作箱）设置尽可能设置在远离便携式定向 X 射线探伤机主射范围的位置。辐射工作人员贴好桥梁板、腹板的胶片后离开，使用控制台（操作箱）控制便携式定向 X 射线探伤机曝光出束进行桥梁板、腹板对接焊缝的无损检测，同时辐射工作人员利用便携式定向 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。因此，便携式定向 X 射线探伤机曝光时，探伤作业点的控制区内无人员滞留，项目工作场所布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

招商路检在进行 X 射线移动式工业探伤时将探伤作业点划设为控制区、监督区，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。本项便携式定向 X 射线探伤机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，招商路检拟采取探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，使用便携式 X- γ 剂量率仪划分控制区及监督区范围，并进行清场。同时，招商路检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；若操作人员不能避开主射方向时，应采用铅板对便携式 X 射线探伤机运行产生的 X 射线进行屏蔽，夜间开展控制区 X 射线移动式工业探伤时，控制区边界设置声光报警灯。

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，合理可行的。

续表 13 结论及建议

13.1.7 环境影响分析结论

(1) 控制区与监督区的划分

本环评结合招商路检的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。便携式定向 X 射线探伤机按照不同工况、不同厚度桥梁板、腹板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，在便携式定向 X 射线探伤机的主射方向上控制区边界的距离为 16~194m，监督区边界距离为 39~475m；非主射方向控制区边界距离取 10~94m，监督区边界距离取 23~229m。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

本项目现场探伤作业由 2 组操作人员负责，合理分配工作量后，操作人员的年有效剂量能低于招商路检制定的辐射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a ，并满足《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

本项目便携式定向 X 射线探伤机运行产生的 X 射线使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，现场探伤周围一般为空旷地带，曝光过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响甚微。

(4) 废水环境影响

本项目无生产废水产生，辐射工作人员生活污水依托招商路检行政楼、探伤作业点周边现有污水处理设施处理。

(5) 固废环境影响

工作人员产生的生活垃圾依托招商路检行政楼、探伤作业点现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

报废的便携式定向 X 射线探伤机按照相关要求去功能化，而后交由物资回收公司处置，保留回收手续并做好相关记录存档。

续表 13 结论及建议

报废胶片、合格胶片均储存在招商路检高模楼附属楼 1 楼的胶片存档室内，报废胶片与存档到期的胶片定期交由有资质的单位处置，报废的铅板交有危废资质单位处理。

洗片废液（废定影液、废显影液）、清洗废水分类暂存在高模楼附属楼 1 楼的危险废物贮存点的废液桶内，定期交由有资质的单位处理。临时洗片室产生的洗片废液（废定影液、废显影液）、清洗废水分类暂存在临时洗片室的废液桶内，定期交由有资质的单位处理。招商路检拟加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止发生泄漏污染地下水。

招商路检按照以上措施对固体废物进行处理可行，固废均能得到妥善处理，对环境的影响可接受。

（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。经环评估算，单次受误照射人员的最大辐射剂量为 522.50mGy，事故产生的辐射照射可能导致发生超剂量照射的一般辐射事故；极端情况近距离单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 2090mGy，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。

事故工况下人员受到误照射，可能导致机能变化及血液学变化，一般不会造成严重的辐射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。招商路检通过对便携式定向 X 射线探伤机的辐射安全和防护措施、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，正确操作设备，正确佩戴个人剂量仪与个人剂量报警仪，辐射工作人员定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可控。

13.1.6 辐射环境管理结论

招商路检拟按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，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。

续表 13 结论及建议

综上所述，招商局重庆公路工程检测中心有限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，切实有效落实辐射环境安全管理体系，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 录

附图

附图 1 探伤设备储物柜、洗片室、危险废物贮存点、胶片档案室所在地理位置图

附图 2 拟建项目周围环境关系图

附图 3 拟建项目用房所在楼层平面布置示意图

附图 4 现场照片

附件

附件 1 项目备案证

附件 2 环境影响评价委托书

附件 3 类比监测报告

附件 4 计算过程文件