

核技术利用建设项目

船舶 X 射线现场探伤项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位：中国船级社实业有限公司重庆分公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2026 年 6 月

生态环境部监制

关于《船舶 X 射线现场探伤项目环境影响报告表》的 公示说明

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆宏伟环保工程有限公司编制的《船舶 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。

中国船级社实业有限公司重庆分公司

2026年6月



打印编号: 1782283555000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	54ec0e		
建设项目名称	船舶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）	中国船级社实业有限公司重庆分公司		
统一社会信用代码	915001037398122183		
法定代表人（签章）	张定宇		
主要负责人（签字）	甘露		
直接负责的主管人员（签字）	甘露		
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
刘媛	项目基本情况、放射源、非密封放射性位置、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	BH001056	刘媛

目 录

表 1	项目基本情况	2
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	10
表 4	射线装置	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6	评价依据	13
表 7	保护目标与评价标准	15
表 8	环境质量和辐射现状	20
表 9	项目工程分析与源项	21
表 10	辐射安全与防护	34
表 11	环境影响分析	49
表 12	辐射安全管理	68

表 1 项目基本情况

建设项目名称		船舶 X 射线现场探伤项目			
建设单位		中国船级社实业有限公司重庆分公司			
法人代表	张定宇	联系人	甘**	联系电话	139****8632
注册地址		重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号			
项目建设地点		公司位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号,洗片室、评片室、危废贮存点均设置在公司大楼 1 楼闲置房间,合格底片存放在公司 1 楼夹层档案室,探伤机存放在公司 2 楼夹层设备室,探伤地点:全国范围内。			
立项审批部门		渝中区发展和改革委员会	批准文号	2605-500103-04-03-766085	
建设项目总投资(万元)		**	项目环保投资(万元)	**	投资比例(环保投资/总投资) 50.0%
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 中国船级社实业有限公司重庆分公司(以下简称“公司”)成立于 2002 年 5 月 29 日,该公司为中国船级社实业有限公司(成立于 1993 年)在重庆设立的分支机构。公司经营范围包括许可项目:检验检测服务(水利工程质量、建设工程质量、建设工程监理等);一般项目:企业管理技术咨询,信息咨询服务,机械电气设备销售,技术服务等。 1.2 项目由来 为拓宽检测业务范围,丰富无损检测技术手段,中国船级社实业有限公司重庆分公司拟购置 2 台便携式定向 X 射线探伤机,用于在全国范围内的船舶生产检修基地等开展移动式 X 射线无损探伤检测服务工作。				

续表 1 项目基本情况

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布施行）的相关规定，拟购买 2 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》，中国船级社实业有限公司重庆分公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“船舶 X 射线现场探伤项目”（以下简称“本项目”）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）项目用房现状调查

本项目拟布置的洗片室、评片室依托公司大楼 1 楼闲置房间。拟建的洗片室内目前还存在清洗水池、桌椅等设施，拟建的评片室目前仅存放了桌椅、板凳等杂物，拟建的危废贮存点原为闲置卫生间，目前存在卫生便池等配套设施，该房间长期空置，无人使用。此外，合格底片存放依托的档案室和探伤机存放依托的设备室，均设置在楼梯转角夹层处，其中档案室位于 1 楼夹层，设备室位于 2 楼夹层。

（2）项目改造情况

本项目洗片室依托公司 1 楼闲置房间，利用原有房间布设，场地无历史遗留污染。按照洗片室场所相关规范管控要求，本项目拟对房内清洗水池下水管道实施永久封堵，实现室内无排水点位，并对室内地面、墙体下部区域进行重点防渗处理。

危废贮存点依托公司 1 楼闲置卫生间装修改造，原房间内设卫生便池、配套下水管道等排水设施，场地无历史遗留污染。按照危险废物贮存场所相关规范管控要求，本项目拟对房间内全部排水管口实施永久封堵，实现室内无排水点位，并对室内地面、墙体下部区域进行重点防渗处理。

上述洗片室、危废贮存点改造及利用区域均无历史污染遗存，不存在原有污染问题。

续表 1 项目基本情况

(3) 项目概况

中国船级社实业有限公司重庆分公司位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号，拟购置 2 台便携式定向 X 射线探伤机（Ⅱ类射线装置，最大管电压分别为 200kV、250kV，最大管电流均为 5mA）并拟配备个人剂量报警仪、辐射剂量检测仪器、声光报警灯、警示灯、警告标志及警示牌、警戒线(绳)等，拟对船舶钢结构构件焊缝等工件开展 X 射线移动式探伤无损检测服务工作。公司拟将大楼 1 楼闲置房间进行适应性改造装修，作为洗片室、评片室、危废贮存点等项目辅助设施用房，并依托公司 1 楼夹层档案室存放合格底片、2 楼夹层设备室存放探伤机及其他设备。

项目总投资约 30 万元，其中环保投资约 15 万元。洗片室、评片室、危废贮存点建筑面积共约 25m²，施工期约 2 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	本项目拟配置 2 台便携式定向 X 射线探伤机，探伤机日常均存放在公司 2 楼夹层设备室内。拟在全国范围内开展移动式 X 射线无损探伤检测服务工作。 便携式 X 射线探伤机：1 台型号为 XXG-2005 型，定向型，最大管电压为 200kV，最大管电流为 5mA；另 1 台型号为 XXG-2505 型，定向型，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA。	拟购
辅助工程	洗片室	位于公司大楼 1 楼闲置房间进行适应性改造装修，作为洗片室，建筑面积约 10m ² ，洗片区设置砖结构的洗片池，并在内部配置 4 个容积 20L 不锈钢桶分别作为显影槽、清水槽（2 个）、定影槽，房间内无排水口。	利用 现有 房间 装修 改造
	评片室	位于公司大楼 1 楼闲置房间进行适应性装修，作为底片评定，建筑面积约 13m ² 。	
	危废贮存点	位于公司大楼 1 楼卫生间进行适应性改造装修，作为洗片废液、报废底片暂存场所，建筑面积约 2m ² ，采取专门管理，设置门锁，提高门槛，地面做防渗处理，无排水口。	
	设备室	位于公司 2 楼夹层，设备室建筑面积约 13m ² ，本项目涉及的设备、设施、用品等不使用时均存放在该设备室内。探伤机仅在此房间内存放，不在公司开机。 设备室加锁管控，钥匙专人保管，严禁无关人员进入，并建立出入库登记制度及摄像头监控。	依托
	档案室	位于公司 1 楼夹层，用于存放合格底片，建筑面积约 25m ² 。	依托
公用工程	办公室	依托公司 2—8 楼办公用房。	依托
	供电	公司依托市政电网供电系统供电；探伤现场依托船舶生产检修基地的电源供电。	依托

续表 1 项目基本情况

续表 1-1 项目组成一览表			
类别	项目名称	建设内容	备注
公用工程	供水	依托市政供水网。	依托
	排水	工作人员生活污水依托公司排水系统排入市政污水管网，而后经市政污水管网再排入鸡冠石污水处理厂处理，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
环保工程	废气治理	现场探伤过程中产生极少量废气通过自然扩散排放。	/
	废水处理	工作人员所产生的生活污水由公司排水系统排入市政污水管网，再排入鸡冠石污水处理厂深度处理，满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准后排入长江。 探伤现场的生活污水则依托现场或周边已有污水处理设施处理。	依托
	固废处理	洗片室和危废贮存点拟进行重点防渗处理，地面采用防渗材料建设。现场探伤底片原则上应统一送回公司洗片室进行洗片；洗片过程中产生的废液及废水须使用专用废液桶收集，桶底设置防渗漏托盘，交由有资质单位处理。 报废底片暂存在危废贮存点内，以及存档到期的合格底片定期交由具备相应资质的危废处置单位处理。	依托
		X 射线探伤机报废后按照相关要求去功能化后，根据公司相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。 废铅板由公司按照相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	
		工作人员产生的生活垃圾依托公司、现场周边或者探伤现场现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。	
辐射安全防护设施	拟配置便携式 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、扩音器、警示灯、声光报警灯、对讲机、安全信息公示牌等、铅板均存放在设备室内，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

（4）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						
序号	名称	数量	规格型号	用途	使用场所	备注
1	便携式 X 射线探伤机	1 台	XXG-2005（定向）	X 射线无损检测	全国范围内	最大管电压 200kV 最大管电流 5mA
		1 台	XXG-2505（定向）			最大管电压 250kV 最大管电流 5mA
2	烘干机	1 个	/	烘干底片	洗片室	/
3	评片灯	2 个	/	评片	评片室	/
4	不锈钢桶	4 个		盛装定影液、显影液、清洗液（2 份）	洗片室	洗片钢桶 20L/个

续表 1 项目基本情况

5	废液桶	3 个	/	盛装废定影液、废显影液、洗片废水	危废贮存点	两个 70L、一个 240L
6	托盘	7 个	/	放置在废液桶、不锈钢桶下方		/
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	/
10	铅板（2mm）	2 张	/	减小控制区、监督区范围	探伤现场	400mm×500mm

（5）探伤工件情况

本项目探伤对象主要为船舶钢结构构件焊缝，工件厚度约 4~25mm，根据工件的厚度选择不同的探伤机开展探伤工作。项目拟配置的 X 射线探伤机的探伤工作条件见表 1-3。

表 1-3 X 射线探伤设备的探伤条件及工件参数一览表

工件名称	材质	焊缝类型	厚度范围 (mm)	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	曝光时间 (min)
船体外板、船底、甲板等	钢	十字焊缝、丁字缝、一字缝等	4-11	150	5	0.5~5
			12-17	180	5	0.5~5
			18-25	220	5	0.5~5

（6）探伤工作地点

本项目的探伤工作地点主要为全国范围内的各船舶生产检修基地，探伤现场多位于通航河流岸边空旷处等，探伤现场周围环境情况根据公司业务确定场地后确定。

（7）计划工作量

探伤作业工作量根据公司承接的检测业务实际情况确定，预计单台 X 射线探伤机年均曝光次数约 600 次，2 台 X 射线探伤机总曝光次数约 1200 次。X 射线探伤机年单次曝光时长区间为 0.5min~5min，按照单次最大曝光时间 5min 核算，项目全年总曝光时间约 100 小时（包含训机时间）。项目探伤机工作负荷见表 1-4。

续表 1 项目基本情况

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
XXG-2005 (定向)	1	常用电压 150kV~200kV, 最大电流 5mA	年曝光量 600 次 每次曝光时间不 超过 5 min	3000min (约 50h)	60min (约 1h)
XXG-2505 (定向)	1	常用电压 180kV~250kV, 最大电流 5mA	年曝光量 600 次 每次曝光时间不 超过 5 min	3000min (约 50h)	60min (约 1h)

(8) 工作人员

本项目拟配置 4 名辐射工作人员，公司根据探伤工作方案，至多设置 2 个现场探伤班组，一个班组配备 2 名辐射工作人员且 2 台探伤机不会同时开机使用。

每个现场探伤工作场所至少 4 人，其中 2 名探伤机操作人员为辐射工作人员，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。

本项目辐射工作人员为固定人员，从公司现有人员中培养，目前已确定 4 名辐射工作人员，人员基本情况详见附件 4、5；非辐射工作人员不固定，由委托探伤检测的客户单位根据每次探伤现场情况至少安排 2~3 名负责人员，上岗前对警戒、巡视人员进行辐射防护与安全基础知识培训。

(9) 主要原辅材料

项目原辅材料情况见表 1-6。

表 1-6 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	工业 X 射线 胶片粉剂套 药显影液	30 袋/a	0.5kg/ 袋	外购	无水亚硫酸钠：5%；碳酸钠：0.5%； 碳酸钾：2.25%；对苯二酚：2.13%； 硼酸：0.7%；偏重亚硫酸钠 0.85%； 溴化钾：0.25% 菲尼酮：0.13%；戊二醛：0.15%；水： 88.04%	洗片
2	工业 X 射线 胶片粉剂套 药定影液	30 袋/a	0.5kg/ 袋	外购	硫代硫酸铵：27.5%；无水亚硫酸钠： 0.15%；硼酸：2%；酒石酸：0.35%； 硫酸铝：0.85%；乙二胺四乙酸： 0.05%；水：69.1%	洗片
3	胶片	1200 张/a	305mm ×80mm	外购	卤化银和涤纶	

备注：本项目为定向机，每次拍片贴 1 张胶片。显影、定影按照 0.5kg:4L 水进行配比。

1.4 外环境概况

续表 1 项目基本情况

本项目公司位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号，公司大楼共 8 楼。1 楼主要是闲置房间、实验室等，2-8 楼主要是办公室。其中洗片室、评片室、危废贮存点位于 1 楼，档案室位于 1 楼夹层，设备室位于 2 楼夹层。

公司大楼东侧约 2m 为 8 楼居民住宅，南侧紧邻院坝、约 7m 为 9 楼居民住宅、约 45m 为窗帘商城，西侧紧邻重庆朝天门海事处，北侧为停车坝，约 20m 之外为海韵大厦及烟草大厦。

本项目主要服务对象是船舶生产检修基地，探伤现场多位于通航河流岸边空旷处等，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，污染因子主要为 X 射线，影响范围为现场探伤工作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 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

本项目洗片室、评片室、危废贮存点等用房集中布置在公司大楼 1 楼，合格底片存放在公司 1 楼夹层档案室，便携式定向 X 射线探伤机存放在公司 2 楼夹层设备室，设备室楼上为公司办公室，楼下为档案室。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，本项目的辅助用房选址是可行的。

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，主要是在船舶生产检修基地开展移动式 X 射线无损探伤检测服务工作。公司开展移动式 X 射线探伤前踏勘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，应及时对调整后的探伤现场进行考察、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，确定控制区和监督区范围内无其他人员滞留，再实施现场探伤作业。

同时，便携式 X 射线探伤机的主射方向尽可能朝向地面、山体或已有构筑物等，并使用铅板进行防护，减少对周围环境的影响。

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。

续表 1 项目基本情况

1.7 与项目有关的环境保护问题

本项目为该公司第二次开展核技术利用活动，公司于 2011 年首次申请辐射安全许可证，于 2018 年原许可相关业务划转至下属子公司重庆市天眼工程质量检测有限公司，因此，该公司的辐射安全许可证已注销。

不存在与本项目有关的原有核技术应用等污染问题，也无环保遗留问题和环保投诉。

1.8 项目依托可行性分析

本项目拟利用公司大楼 1 楼闲置房间进行适应性改造装修，作为洗片室、评片室、危废贮存点，依托公司 1 楼夹层档案室存放合格底片、2 楼夹层设备室存放探伤设备，本项目依托可行性分析详见表 1-7。

表 1-7 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	本项目位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号，洗片室、评片室、危废贮存点均由公司大楼 1 楼闲置房间进行适应性装修，洗片室和危废贮存点均拟进行重点防渗，同时保证洗片室及危废贮存点无排水口。依托 1 楼夹层档案室存放合格底片、探伤设备等依托 2 楼夹层设备室存放。因此，拟建项目主体建筑依托可行。
公用工程	供电、给水、排水	公司所在地有完善的供电电网、供水管网、排水管网等，本项目不新增工作人员。因此，本项目依托可行。
环保工程	污水处理	工作人员生活污水依托公司、探伤作业点周边或者探伤所在船舶生产检修基地污水处理设施处理。
环保工程	固废处置	工作人员产生的生活垃圾依托所在地、探伤作业点或者探伤所在船舶生产检修基地现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

经上表分析，拟建项目依托公司现有主体结构、给排水及供配电工程、废水处理以及固废处置设施等环保工程，是可行的。探伤现场依托探伤作业点周边或者探伤所在船舶生产检修基地的废水处理及固废处置设施等是可行的。

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 X 射线探伤机	Ⅱ类	1 台	XXG-2005（定向）	200	5	X 射线无损检测	全国范围 内	新购
		Ⅱ类	1 台	XXG-2505（定向）	250	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
报废底片及到期合格底片	固态	/	/	/	12kg	/	暂存于评片室	交由有相应危废资质的单位处置
废显影液	液态	/	/	/	120kg/a	/	危废贮存点设置废液桶，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	/	/	/	120kg/a	/		
洗片废水	液态	/	/	/	480kg/a	/		
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	/	/	市政管网或依托所在场所现有设施处理
臭氧、氮氧化物	废气	/	/	/	极少量	/	/	自然扩散排入环境中
报废探伤机	固态	/	/	/	/	/	暂存设备室	按照相关要求去功能化后根据公司相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档
废铅板	固态				0.4kg（报废时）	/	暂存设备室	由公司按照相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档

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) 《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 8 月 15 日起施行； (6) 《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； (7) 《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 1 日施行，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行修订版； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施； (9) 《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； (10) 《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； (11) 《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； (12) 关于发布《射线装置分类》的公告，原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； (13) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》； (14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号）； (15) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日施行修正版； (16) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，2021 年 1 月 1 日施行。
------	--

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 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)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871—2002)； (4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)； (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)； (6) 《无损检测仪器固定式和便携式工业 X 射线探伤机》(GB/T 26837-2011)； (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (8) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)； (9) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (10) 《环境γ辐射剂量率监测技术规范》(HJ1157-2021)； (11) 《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)； (12) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)； (13) 《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》(HJ 1259—2022)。
其他	(1) 环境影响评价委托书，支撑性材料 1； (2) 项目备案证，支撑性材料 2； (3) 类比监测报告，支撑性材料 3； (4) 《辐射防护导论》，作者：方杰，原子能出版社 1991 年出版； (5) 《承压设备无损检测第 2 部分：射线检测》(NB/T 47013.2-2015)； (6) 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

本项目为现场探伤项目，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中国船级社实业有限公司重庆分公司探伤作业点监督区内，按照后文理论计算监督区内边界距离 X 射线探伤设备最大距离约 250m。因此，则本项目最大评价范围以 X 射线探伤设备为起点周围 250m 范围内。

7.2 环境保护目标

7.2.1 探伤现场

本项目主要是对船舶的钢结构构件焊缝进行无损检测，主要工作场所为船舶生产检修基地，探伤现场大多数位于通航河流近岸空旷处，探伤工件类型有船体外板、船底、甲板等。场地内主要是船厂工作人员，一般在夜间开展无损检测工作，容易清场。公司开展 X 射线现场探伤作业前，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，确定无其他人员滞留。主射方向尽可能朝向地面、山体或已有构筑物，待江面船只通过后进行工作。操作人员位于控制区之外，可利用船体构筑物躲避。

该项目探伤工作场所基本不涉及一般公众密集活动场所，主要环境保护目标是探伤控制区的辐射工作人员及公众成员（包括警戒、巡视人员）。

探伤地点在全国范围内船舶生产检修基地，X 射线探伤机在工作条件下的环境保护目标根据公司业务确定场地后确定。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敏感目标一览表				
保护目标		与 X 射线探伤设备的位置关系		备注
		相对方位	距离 (m)	
辐射工作人员		非主射方向	控制区外, 监督区内	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	根据公司业务确定场地后确定	监督区外	2~3 人 (按需配置)
	探伤作业场所其他工作人员	根据公司业务确定场地后确定	监督区外	少数
	其他公众成员	根据公司业务确定场地后确定	监督区外	少数

7.2.2 设备存放及洗片场所

本项目位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号, 项目的洗片室、评片室、废贮存点、档案室及设备室均布置于公司内部, X 射线探伤机仅在设备室内存放, 不开机曝光出束, 不会对周围环境产生不良影响; 现场探伤底片原则上送回公司洗片室洗片, 对于作业地点不固定、确实无法运回洗片的底片, 则委托项目区域周围现有洗片机构进行洗片, 现场探伤作业前与当地洗片机构签订协议, 产生的危险废物等由该机构交由有危废资质单位处理。因此本项目产生的危险废物均可得到合理处置, 对周围环境影响较小。

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。

续表 7 保护目标与评价标准

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）

1 范围

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（包括固定式探伤和便携式探伤），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。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

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，mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
> 200	< 5

第 7 条 便携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 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按下列公式计算：

续表 7 保护目标与评价标准

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

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 X 射线探伤设备每周曝光时间不超过 1h，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 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

项目为 X 射线便携式工业探伤，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）的什值楼（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

注：该表仅用于以什值楼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；根据公司提供的资料，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。

续表 7 保护目标与评价标准

综上所述，确定项目的评价标准见表 7-4。

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 及公 司要求
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 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

本项目公司位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号，洗片室、危废贮存点、评片室均位于公司大楼 1 楼闲置房间，合格底片存放在 1 楼夹层档案室，探伤设备存放在 2 楼夹层设备室。洗片室仅用于曝光胶片洗片，危废贮存点仅用于危险废物暂存，评片室仅用于评片，档案室仅用于合格底片存档，设备室仅用于存放 X 射线探伤机、便携式 X-γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、电离辐射警告标志、警告牌等辐射安全防护设施的存放，X 射线探伤机不在公司内开机曝光出束。公司地理位置见附图 1，探伤机存放处周围布局见附图 3，洗片室等布局见附图 4。

项目 X 射线移动式探伤现场位于全国范围内船舶生产检修基地，具体[工作场所](#)位置根据公司承接的 X 射线无损探伤检测服务订单后确定。

8.2 环境质量和辐射现状

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。

本项目配置的 X 射线探伤机不在公司内开机曝光出束，仅在公司承接船舶生产检修基地的现场开机曝光出束。

项目探伤现场为全国范围内船舶生产检修基地等区域。根据《2025 年中国生态环境状况公报》，2025 年全国电离辐射整体处于天然本底正常波动范围；同时参考《2024 中国生态环境状况公报》数据，全国 31 省份环境 γ 辐射连续监测年均值区间为 48.5~262.6nGy/h。本项目现场探伤周边如果无其他核技术利用等，则本项目探伤现场的环境 γ 辐射剂量率均处于当地天然本底涨落的正常范围内，项目 X 射线探伤作业现场的辐射环境质量现状良好；若探伤现场周围存在其他核技术利用等，公司应按相关要求开展辐射环境质量调查。

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

该项目用房依托现有建筑主体进行适应性改造装修，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。

项目探伤现场不涉及施工，无施工期环境影响。

(1) 废气

施工期的大气污染源主要为施工扬尘。施工期间建筑材料（白灰、水泥、沙子等）的现场携运及堆放等施工活动产生扬尘。

(2) 废水

施工期废水主要为施工人员生活污水，项目产生的污水依托公司现有污水管网，再排入鸡冠石污水处理厂。

(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，材料外包装交物资回收单位回收处置，其余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

(1) 便携式 X 射线探伤机

本项目拟购买的便携式 X 射线探伤机为定向机，由控制器、X 射线发生器、连接电缆及电源电缆组成。定向型 X 射线探伤机的示意图见图 9-1。



图 9-1 典型便携式定向 X 射线探伤机照片（左图为射线管示意图）

①控制器

拟购买的便携式 X 射线探伤机的控制器为手提箱式结构,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。

②X 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。

项目拟采购的便携式定向 X 射线探伤机主要性能参数见表 9-1。

表 9-1 便携式 X 射线探伤机主要性能参数

设备型号	XXG-2005 (定向)	XXG-2505 (定向)
数量	1 台	1 台
来源	丹东东方射线仪器有限公司	丹东荣华射线仪器仪表有限公司
额定电压	200kV	250kV
额定电流	5mA	5mA
X 射线束辐射角	40°×30°	40°×30°
射线管焦点尺寸	2.0×2.0mm	2.0×2.0mm
电压可调节范围	50~200kV	150~250kV
最大穿透 (Fe)	30mm	37mm
成像方式	拍片成像	拍片成像
滤过板厚度	3mmAl	3mmAl

续表 9 项目工程分析与源项

(二) 工作方式

公司在全国范围内开展移动式 X 射线无损探伤检测服务作业,探伤检测服务场景主要是船舶生产检修基地现场,针对不同工件结构选用适配 X 射线探伤机开展检测。X 射线探伤机置于作业控制区内,通过线缆与控制台连接。控制台设置于设备非主射方向,避开主射范围。工作人员贴附胶片在工件上,放好铅板,然后撤离,利用控制台延时曝光功能,在出束前撤至控制区外,警戒、巡视人员及公众均处于监督区以外。

9.2.2 工作原理及产污环节

(一) 工作原理

(1) X 射线探伤设备产生 X 射线的原理

X 射线探伤机的 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。

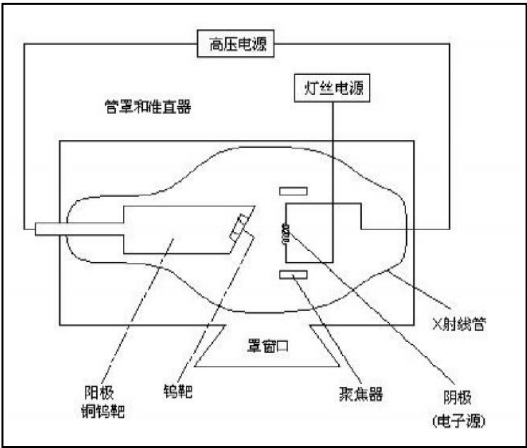


图 9-2 X 射线发生器原理示意图

(2) 胶片成像原理

X 射线通过物质时,其强度逐渐减弱,X 射线还有个重要性质,就是能使胶片感光,当 X 射线照射胶片时,能使胶片乳剂层中的卤化银感光形成潜影,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

续表 9 项目工程分析与源项

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片灯上观察，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

项目现场探伤工艺流程图见图 9-3。

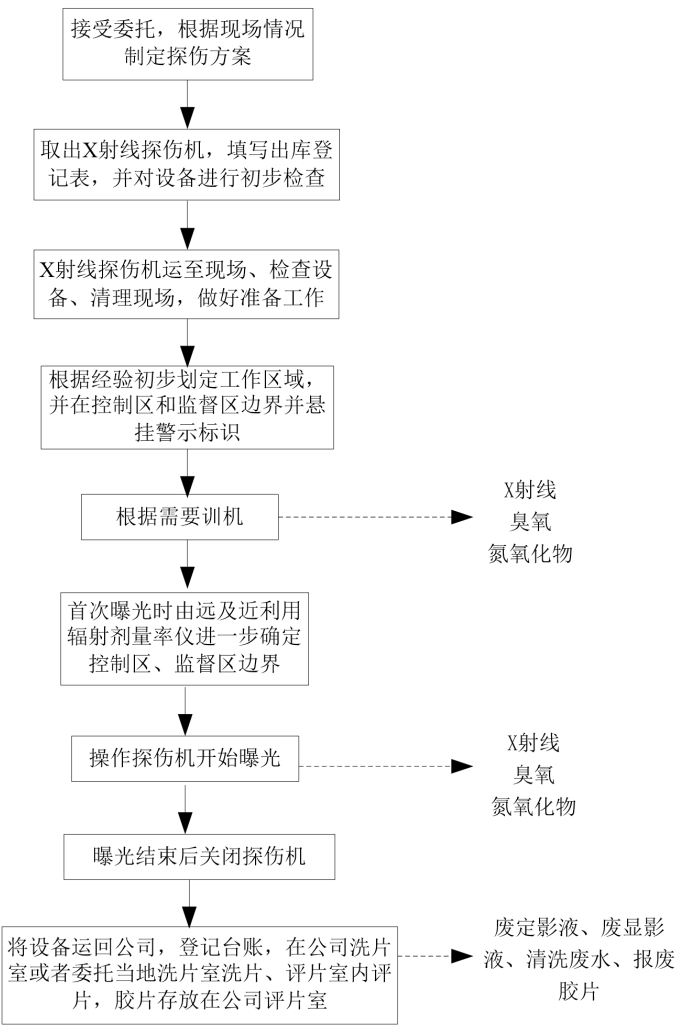


图 9-3 X 射线现场探伤工艺流程及产污环节示意图

(1) 接受委托、制定方案

接受现场探伤任务后进行实地考察，根据现场实际情况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、控制区和监督区的划定、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、警戒、巡视人员、运输人员的职责和分工等。

续表 9 项目工程分析与源项

(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，经过设备室的管理人员确认后，根据需求领取 X 射线探伤机，并对其进行初步检查（外观、电源等是否正常）。

(3) 设备运输

公司车辆运输 X 射线探伤机至探伤作业现场，运输过程中保管好探伤机。

(4) 探伤前工作准备

X 射线探伤机及辐射工作人员到达现场，进行探伤前的准备工作，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在现场探伤作业启动前，需先完成现场清场工作。根据探伤作业方案，设置警戒线，划分控制区、监督区。

④探伤作业全程，安排专人负责巡查警戒区域，实时确认无公众人员误入作业范围。每次探伤作业时，配备 2 名辐射工作人员，且两人需同时在探伤现场协同作业，严禁单人操作。探伤作业期间辐射工作人员各配备 1 枚个人剂量计、1 台具备直读功能的个人剂量报警仪，同时保持便携式 X- γ 剂量率仪处于开启状态，实时监测现场辐射水平。在同一探伤作业场所内，探伤机操作人员（辐射工作人员）不得兼任警戒人员，确保探伤机操作人员不少于 2 人。

⑤辐射人员核查 X 射线探伤机外观完好无破损，连接线缆无断裂、扭曲及外皮破损，安全联锁、报警装置、警示灯工作正常，各螺栓紧固件连接牢固，同步检查绝缘密封无渗漏、风道通畅、散热风机运转正常。X 射线探伤机检查合格后，将探伤机通过电源线外接控制台，控制台接入外部电源并可靠接地，通电测试确认管电流数值显示稳定、无异常跳动或过载报警。

⑥X 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

续表 9 项目工程分析与源项

使用。

⑦X 射线探伤机首次曝光时，使用便携式 X- γ 剂量率仪，采用由远及近的梯度布点方式，重新调整控制区和监督区边界。在控制区边界，规范设置电离辐射警告标志，并悬挂“禁止进入射线工作区”等警告牌；在监督区边界，设置电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”的警告牌，明确提示信息。若开展夜间探伤作业，需在控制区边界增设声光报警灯，搭配对应的夜间专用警告牌，确保警示效果不受光线影响。

(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 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。

(5) 洗片、评片

项目现场探伤一般在夜间进行，曝光后的胶片送回公司洗片室进行洗片。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，在显影池上方停留 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。

探伤胶片不能带回公司洗片的，则委托项目区域周围现有洗片机构进行洗片，现场探伤作业前与当地洗片机构签订协议，产生的危险废物等由该机构交由有危废资质单位处理。

续表 9 项目工程分析与源项

(6) 设备归库 探伤机由车辆运输至设备室，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备归还。不能及时送回公司设备室的，在探伤现场按要求设置临时暂存场所。 此外，探伤机的维护和维修均由原厂家负责，不自行维护和维修。 9.3 工作负荷 探伤作业工作量根据公司承接的检测业务实际情况确定，预计单台 X 射线探伤机年均曝光次数约 600 次，2 台 X 射线探伤机总曝光次数约 1200 次。X 射线探伤机年单次曝光时长区间为 0.5min~5min，按单次曝光按照最大曝光时间 5min 核算，项目全年总曝光时间约 100h（包含训机时间）。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，根据制定的探伤作业方案，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。X 射线探伤机在控制区内，控制台不设置在 X 射线探伤机主射束范围的位置。辐射工作人员根据钢结构构件的无损检测的需求，安放好 X 射线探伤机、铅板并对工件的焊缝进行贴片后，撤退到控制台处，触发 X 射线探伤机曝光出束按钮后，同时利用 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外巡视。公众成员在监督区外活动。 X 射线探伤机在控制区内作业，由辐射工作人员根据钢板的焊缝位置进行位置调整，X 射线探伤机路径规划见下图 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项

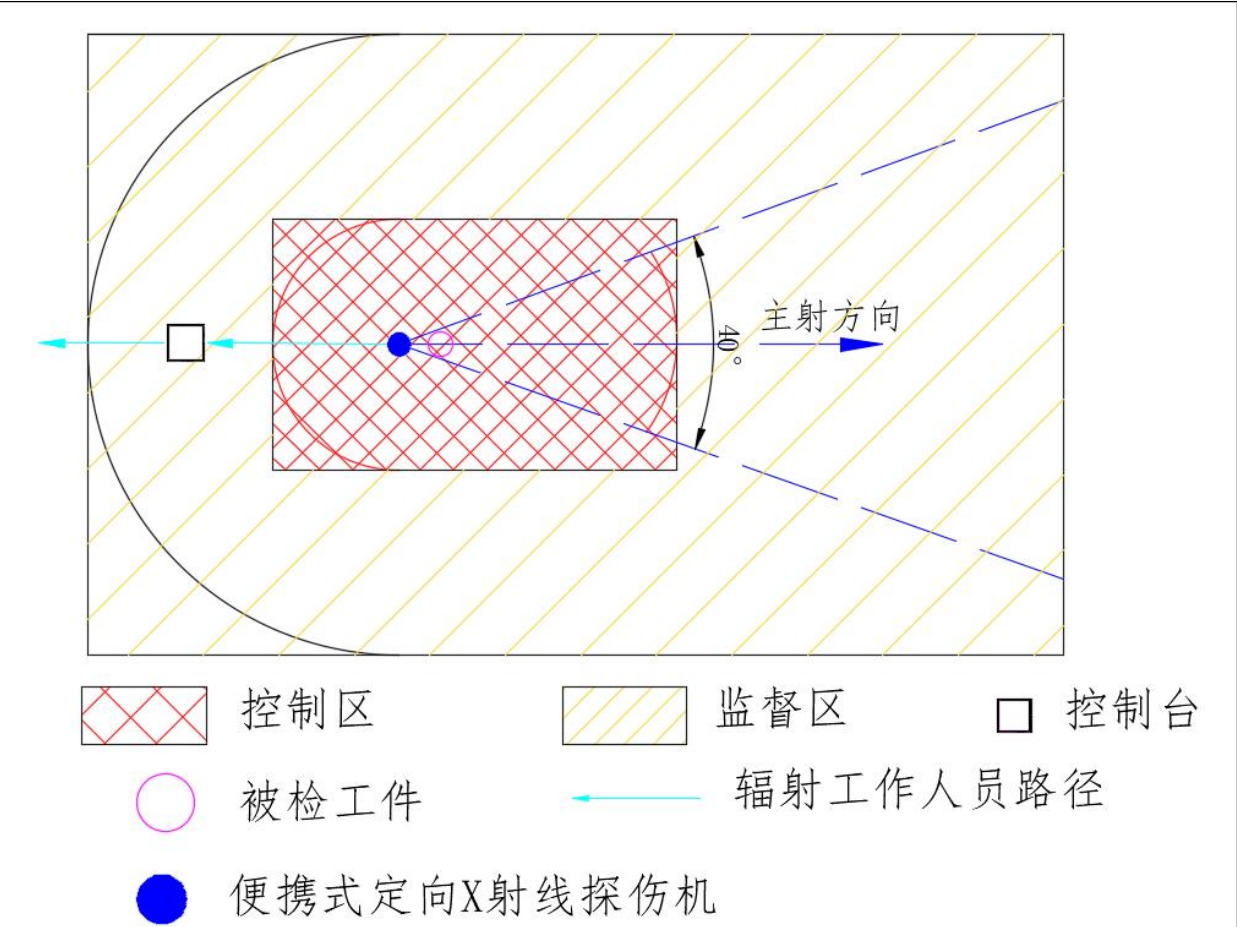


图 9-4 便携式定向 X 射线探伤机路径规划

9.5 污染源项分析

根据工艺流程可知，X 射线探伤机在运行时，X 射线成为污染环境的主要因子，其次是极少量臭氧（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、报废底片（含存档到期的合格底片）等；辐射工作人员将产生少量生活垃圾、生活污水。此外，本项目还将产生报废的探伤机及铅板。

9.5.1 电离辐射

根据 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随 X 射线探伤机的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在 X 射线探伤机开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

根据 X 射线探伤机工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为

续表 9 项目工程分析与源项

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

有用线束是指直接由 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 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 XXG-2005 型、XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机。XXG-2005 型便携式 X 射线探伤机的管电压调节范围为 50~200kV，常用运行管电压为 150~200kV；XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机的管电压调节范围为 150~250kV，常用运行管电压为 180~220kV。

项目便携式 X 射线探伤机在不同工作电压条件下，X 射线距辐射靶点 1m 输出量取值详见表 9-2。

表 9-2 便携式 X 射线探伤机的 X 射线距辐射靶点 1m 输出量表

设备型号	XXG2005 型			XXG2505 型		
工作电压（kV）	200	180	150	250	220	180
过滤板厚度	3mmAl			3mmAl		
X 射线距辐射靶点 1m 输出量 （mGy·m ² /（mA·min））	8.9	7.3	5.2	13.9	10.9	7.3

备注：①X 射线输出量优先取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 中表 B.1；②3mmAl 过滤条件下，未给出的 X 射线输出量根据[曲线拟合获取](#)。

(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，其 X 射线能量与主射线一致。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 1，XXG-2005 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 200kV，固定电流为 5mA 条件下，距焦点 1m 处漏射线周围剂量当量率不小于 2.5mSv/h；XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，固定电流为 5mA 条件下，距焦点 1m 处漏射线周围剂量当量率不小于 5.0mSv/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、

续表 9 项目工程分析与源项

散射体性质、散射角度、面积和距离有关。X 射线探伤设备的 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，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 9-3。

表 9-3 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

X 射线能量（kV）			散射辐射（kV）
X 射线探伤设备	XXG-2005 型	150~200	150
	XXG-2505 型	150~200	150
		200~250（不含 200）	200

9.5.2 “三废” 排放情况

项目主要是在 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

在 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，故公司不新增生活污水产生，生活污水依托现有市政管网再排入鸡冠石污水处理厂处理。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。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 X 射线探伤机

X 射线探伤机的使用寿命约 10 年，当 X 射线探伤机不能正常工作且报废时，对 X 射线探伤机按照相关要求去功能化根据公司相关要求处理，保留相关手续，并做好相关

续表 9 项目工程分析与源项

记录存档。 ③报废胶片 本项目现场探伤预计每年曝光片子 1200 张（含报废胶片），报废底片在公司的危废贮存点存放，合格底片存放在档案室，底片存档不低于 6 年，存档到期的底片统一交由有危废资质的单位处置。报废底片属于危险废物，每张胶片重约 10g，则报废底片年产生量约 0.012t/a。废底片属于《国家危险废物名录（2025 版）》中感光材料废物 HW16，废物代码为 900-019-16，定期交由有危废资质的单位处置。 ④洗片废液、洗片废水 项目曝光底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）。根据公司提供资料，显影液、定影液与水按比例配制（0.5kg 显影粉/定影粉:4L 水配置）；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、定影槽的有效容积为 20L，平均 2 个月更换 1 次，则公司废显影液、废定影液产生量均约为 22.5kg/月（0.14t/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 AgBr、显影剂、定影剂等。由于洗片废水可生化性较差，且产生量不大，单独处理效率低且投资成本高。公司拟将其作为危险废物管理，参照废显影液、废定影液处理，不外排。根据项目洗片量，一般清洗废水 2 个月更换 1 次，单个清洗槽有效容积约 20L，产生量约 40kg/月（0.24t/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、碳酸钾、硫代硫酸铵、硼酸，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。项目危废贮存点地面拟整体做防渗处理，并配置 3 个废液桶分类收集储存，在各废液桶下设防渗托盘，定期交由有相应危废资质的单位处置。拟在门口处设置门槛，满足危险废物暂存要求。洗片废液存放时必须密封存放，严格执行“三联单”制度登记台账，并交由有资质的单位处理。因洗片液为有毒有害物质，洗片及存放期间，需备好应急物资。日常工作中，需记录洗片量、洗片作业环境数据等信息。

续表 9 项目工程分析与源项

项目危险废物产生及排放情况见表 9-4。

表 9-4 危废产生量及处理处置措施

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
报废底片	HW16	900-019-16	0.012	固态	明胶卤化银	重金属银	1 年	1 年	T	暂存在危废贮存点,以及存档到期的合格底片定期交由有危废资质单位处置
废显影液	HW16	900-019-16	0.14	液态	银的络合物		1 个月	3 个月	T	分类收集后暂存于危废贮存点,定期由有危废资质单位处置
废定影液	HW16	900-019-16	0.14	液态			1 个月	3 个月	T	
清洗废水	HW16	900-019-16	0.24	液态			1 个月	3 个月	T	

备注: T 代表危险特性为毒性。

⑤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, 不再使用的铅板 (约 0.4kg), 由公司按照相关要求处理, 保留相关手续, 并做好相关记录存档。

(5) 产污因子汇总

项目产污因子汇总见表 9-5。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-5 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	主射线	XXG-2005 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 200kV，固定电流为 5mA 条件下，3mmAl 过滤，距靶 1m 处主射束的发射率为 $8.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ； XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，固定电流为 5mA 条件下，3mmAl 过滤，距靶 1m 处主射束的发射率为 $13.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；
		散射线	XXG-2005 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 200kV，X 射线 90° 散射辐射能量最大为 150kV。 XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，X 射线 90° 散射辐射能量最大为 200kV。
		漏射线	XXG-2005 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 200kV，固定电流为 5mA 条件下，距焦点 1m 处漏射线周围剂量当量率小于 2.5mSv/h XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，固定电流为 5mA 条件下，距焦点 1m 处漏射线周围剂量当量率小于 5.0mSv/h 。
废气	O_3 、 NO_x	极少量 O_3 、 NO_x ，自然扩散	
废水	生活污水	少量，工作人员所产生的生活污水由公司排水系统排入市政污水管网，再排入鸡冠石污水处理厂深度处理，探伤现场的生活污水则依托现场或周边已有污水处理设施处理	
固废	生活垃圾	少量，交环卫部门处理	
	X 射线探伤机	2 台，X 射线探伤机报废后按照相关要求去功能化，而后根据公司相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	
	报废底片（含存档到期的合格底片）（HW16）	12kg/a，报废底片暂存在公司危废贮存点，以及存档到期的合格底片定期交由有危废资质单位处置	
	废显影液（HW16）	140kg/a，暂存在公司危废贮存点，定期交由有危废资质单位处置	
	废定影液（HW16）	140kg/a，暂存在公司危废贮存点，定期交由有危废资质单位处置	
	洗片废水（HW16）	240kg/a，暂存在公司危废贮存点，定期交由有危废资质单位处置	
	废铅板	0.4kg，暂存在公司设备室，由公司按照相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档	

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,本项目配置的 2 台 X 射线探伤机均存放在公司 2 楼夹层设备室,该设备室大门上锁,设专人管理,并配置视频监控、防盗门等安全设施。合格底片存放在 1 楼夹层档案室,设专人管理,评片室、洗片室、危废贮存点等功能用房集中布置在公司大楼 1 楼。

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,主要涉及船舶生产检修基地现场。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 X 射线探伤机与控制器分开设置布局,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,通过便携式 X 射线探伤机的电源电缆远距离操作 X 射线探伤机,借助 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,同时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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等要求,从辐射防护、安全操作等方面,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“便携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边界取值 $15\mu\text{Sv/h}$ 。为了使控制区的范围尽量小,应使

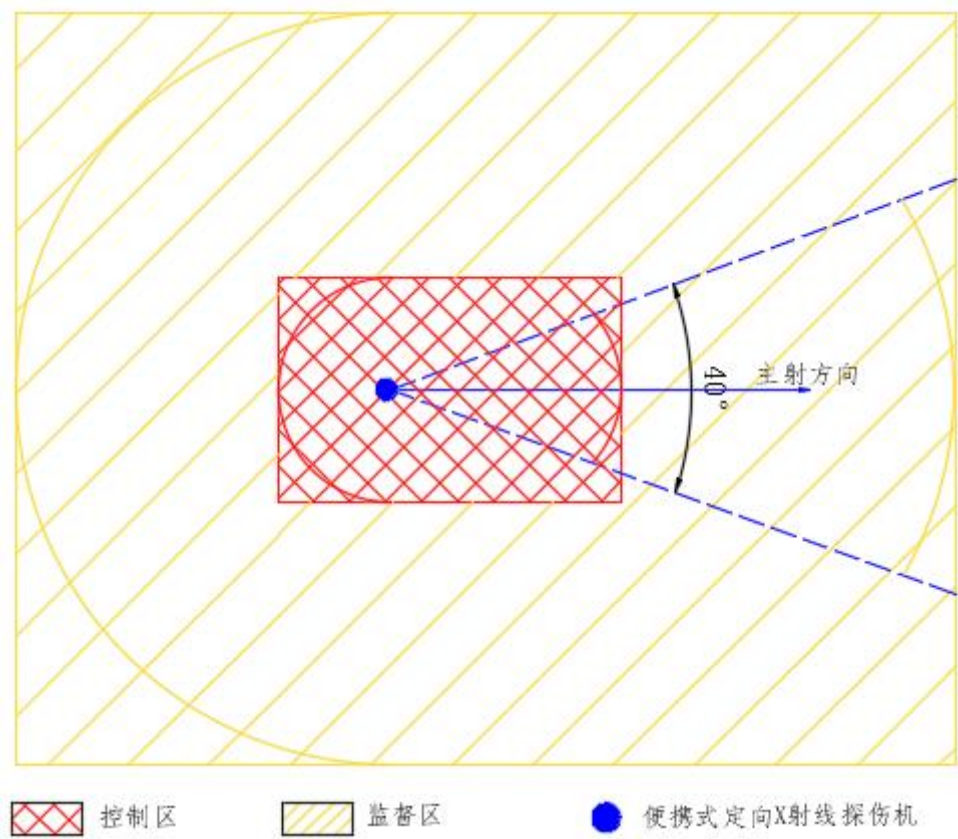
续表 10 辐射安全与防护

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、监督区的划设依据见下表。

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 15μSv/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 2.5μSv/h，小于 15μSv/h 的范围划为监督区，并根据现场探伤的地形，建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 40°，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，将后文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：距离首先根据后文理论计算距离划分，再结合现场监测情况调整。

本项目探伤工作场所的控制区、监督区管理要求如下：

续表 10 辐射安全与防护

(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，否则应采取专门的防护措施。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，夜晚作业时控制区边界设置声光报警灯。

(2) 监督区边界设置警戒线，设置电离辐射警告标志，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；

(3) 探伤作业过程中，应结合现场探伤区域的地形条件、建筑物分布及实际工况，采用便携式 X- γ 剂量率仪现场测量的方法对实际控制区、监督区进行监测、设定及优化调整。

(4) 探伤作业工作过程中，控制区内不能同时进行其他工作。

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。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。X 射线探伤机的控制台上设有钥匙开关，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。

(2) 控制台上设置有紧急停机按钮，紧急情况时按下按钮，探伤机停止出束。

(3) 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。

(4) 便携式 X 射线探伤机的 X 射线管头设有限束装置。

(5) 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。

(6) 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，发出红灯闪烁蜂鸣器持续提示报警音，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。

(7) 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

续表 10 辐射安全与防护

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 射线探伤机无法正常使用。

(8) 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 (0.5~5min)。在便携式 X 射线探伤机的延时启动期间, 警戒人员再次确认控制区及周围无人逗留, 如有公众成员停留, 立刻关闭 X 射线探伤机。

(9) 当便携式 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, 提醒操作人员发生了故障。

(10) 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。

(11) 便携式 X 射线探伤机具有零电流保护、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) 优化布局及合理选择作业时间

①优化布局

项目为 X 射线移动式工业探伤项目, 在全国范围内船舶生产检修基地现场开展 X 射线移动式工业探伤。船舶生产检修基地现场一般在临近通航河流近岸空旷处, 具体根据承接的探伤检测业务所在现场位置确定。

公司在开展探伤作业前, 须依据现场实际情况划定控制区与监督区, 并严格执行清场程序, 确保无任何无关人员滞留。主射线朝向地面、山体或已有构筑物, 避开周边环境保护目标, 最大限度降低辐射影响, 确保作业安全。

②优化作业时间

公司开展探伤作业时, 优化作业时间。船舶生产检修基地的 X 射线便携式工业探伤现场一般较为空旷, 周围活动人员较少, 探伤作业优先安排在夜间或避开人员活动密集时段。另外, 现场配置 2 台参数不同的探伤机时, 根据探伤工件的需求使用相应能量的探伤机, 为避免辐射叠加、信号干扰、交叉安全风险, 执行分时轮换使用, 作业全过程

续表 10 辐射安全与防护

仅允许单台设备开机运行；两台设备独立供电、独立警戒，作业前必须确认另一台完全断电停机，经现场操作人员确认后方可启动另一台设备探伤，严禁两台设备同时通电、同时开展检测作业。

（2）警示标志和警示通告

拟配置若干套警示标识和警示通告，在每个现场探伤工作场所，**拟在**监督区边界外悬挂“无关人员禁止入内”警告牌、“当心电离辐射”的电离辐射警告标志；拟在控制区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌；同时在现场探伤工作前，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；在建筑物进出口的醒目位置也拟设置电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

电离辐射警告标志见图 10-2。



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”用黑色字等线体字。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，声光报警灯与探伤机联锁。“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，在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见。

续表 10 辐射安全与防护

②拟配备声光报警灯，与探伤机联锁。夜晚作业时在控制区边界，便携式 X 射线探伤机进行曝光时，声光报警灯常亮并发出警报声音。

③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。

④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）

公司拟配备警戒线（警戒绳），在开展探伤前，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

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

（6）监测设备

公司拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），且探伤作业小组各配备 1 台 X- γ 辐射剂量率仪。

进行移动式探伤时，拟使用配备的便携式 X- γ 剂量率仪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。在探伤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。

（7）控制台相关措施

控制台设置在 X 射线探伤机的非主射方向，并尽可能远离 X 射线探伤机主射范围的位置。项目拟采购便携式 X 射线探伤机与其控制台的连接电缆约 25m，同时利用 X 射线探伤机的延时功能，辐射工作人员能在 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 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

本项目拟配备厚度 2mm 当量的铅板 2 张（长约 400mm×宽约 500mm），在进行 X

续表 10 辐射安全与防护

射线现场探伤时遮盖在探伤机侧面、后侧或探伤工件后侧，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 其他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，建立健全合作及协调巡视制度，做好工作场地实施的准备和规划，协商适当的方式和探伤时间，设置安全信息公示牌、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 射线探伤机安放位置、控制区范围、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。

续表 10 辐射安全与防护

②针对项目特点及可能涉及楼上楼下的工作场所类型，或出现夜间或者照明条件不佳的情况，拟在控制区边界设置声光报警灯，同时根据现场需要，在上下楼梯处设置警戒线、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。

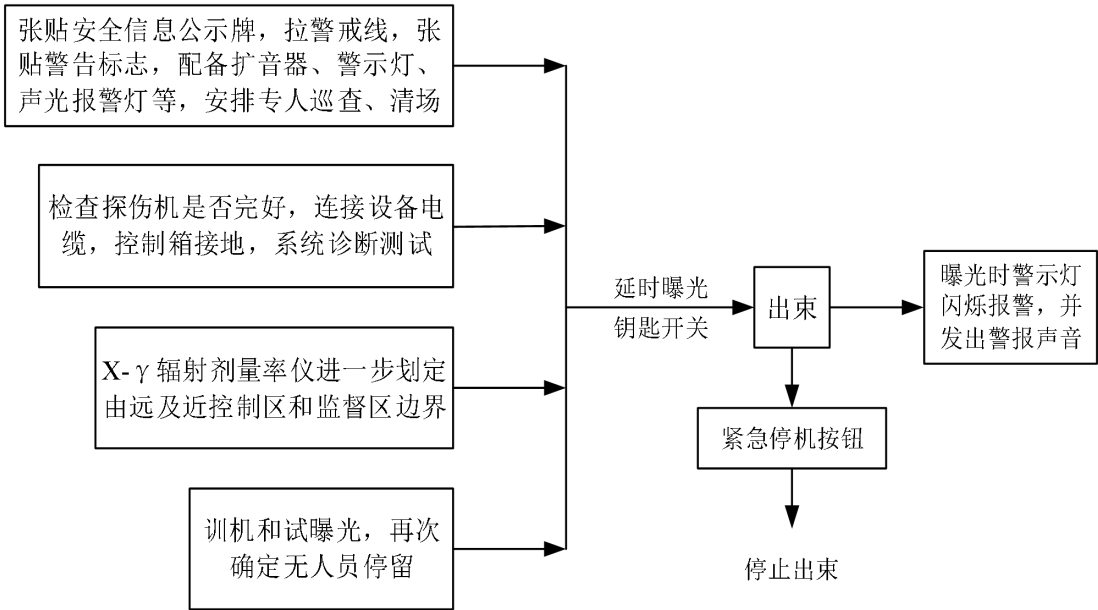


图 10-3 辐射安全联锁逻辑图

(3) 射线探伤装置的管理

本项目探伤机在无探伤任务时存放于公司 2 楼夹层设备室内，探伤工作结束后及时将探伤装置送回设备室内存放，做好进出台账。探伤机不能及时送回设备室内存放，需要在探伤作业现场存放时须做好探伤装置的存放安全管理，落实责任人。

10.4 防护用品、监测仪器及辐射防护设施

公司拟配置相关防护用品、监测仪器及辐射防护设施，详见表 10-2。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-2 公司拟配置防护用品、监测仪器及辐射防护设施清单一览表			
防护用品名称	单位	数量	备注
厚度 2mm 的铅板 (400mm×500mm)	张	2	拟购
监测仪器名称	/	/	/
个人剂量计	个	4	拟购，每名辐射工作人员 1 个
个人剂量报警仪	台	4	
便携式 X- γ 剂量率仪	台	2	拟购
辐射防护设施	/	/	/
声光报警灯	个	8	拟购
警示灯	个	8	拟购
电离辐射警告标志	块	16	拟购
灯箱警告牌（“无关人员禁止入内”）	块	16	拟购，白天不亮灯，夜间亮灯
灯箱警告牌（“禁止进入射线工作区”）	块	16	
安全信息公示牌	块	2	拟购
警戒线（警戒绳）	个	若干	
扩音器	个	2	
对讲机	个	4	

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
《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。	公司作为探伤机的使用主体，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。	探伤工作人员须取得符合 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 2 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 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。	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，每年交原厂家或者其他受过专业培训人员至少进行一次维护，并做好设备维护记录。
	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。

续表 10 辐射安全与防护

		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 2 台探伤机开展移动式探伤工作，至少配备 4 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。
		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。	本项目每个探伤作业班组，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。	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。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。
		7.2.9 移动式探伤工作在多楼的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上楼或下楼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，在上下楼梯设置警戒线、安排巡视人员防止移动式探伤工作区上楼或下楼的人员通过楼梯进入控制区。
		7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	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。
	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，应通知所有相关人员，防止误照射发生。	委托单位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 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。	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。

续表 10 辐射安全与防护

		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。	本项目电缆不低于 25m，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。在检测计划中拟规定各测量点位、检测频次、检测结果的保存要求，对每个点位设定辐射参考控制限值，并明确检测数值超标后的停机、排查整改、复测上报等处置措施，按计划落实监测与档案留存。
		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 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。	本项目拟委托有资质单位，按照要求进行探伤机的防护性能检测并给出结果评价。
		8.2.1.2 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。	

续表 10 辐射安全与防护

	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。在探伤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，拟按照要求进行相关检测。凡属下列情况之一时，拟由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：a) 新开展现场射线探伤的单位；b) 每年抽检一次；c) 在居民区进行的移动式探伤；d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv。
		8.4.4 结果评价 控制区边界不应超过本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 2.5$\mu\text{Sv/h}$。	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。	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。

续表 10 辐射安全与防护

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

本项目使用 X 射线探伤机对船舶钢结构构件开展无损检测，不建设专用探伤室，故不存在建设和设备安装过程，X 射线探伤机暂存在设备室内。本项目均依托现有的房间进行适应性改造装修为洗片室、评片室、危废贮存点。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。

本项目探伤作业现场无施工期影响。

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；建设单位的设备室设置专人管理，设备进出库均需要在出入库台账上登记，经过设备室管理员确认后，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：拟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。

$$B = \frac{\dot{H}_c \bullet R^2}{I \bullet H_0} \tag{1}$$

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：

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

（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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

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：

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

（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。

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

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）；

S —— 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。

$\frac{R_0^2}{F \bullet \alpha}$ ——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：

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

（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））	固定工作 电流（mA）
		铅	钢或铁		
XXG-2005 型	150（常用最小管电压）	0.96mm	1.3cm	5.2	5
	180（常用管电压）	1.2mm	1.6cm	7.3	
	200（常用最大管电压）	1.4mm	1.9cm	8.9	
XXG-2505 型	180（常用最小管电压）	1.2mm	1.6cm	7.3	5
	220（常用管电压）	2.0mm	2.1cm	10.9	
	250（常用最大管电压）	2.9mm	2.4cm	13.9	

注：①铅的 TVL 取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2，未给出的 TVL 通过内插法获取。②钢的密度 7.85t/m³，钢的 TVL 取自《辐射防护导论》（方杰主编）附图 3.23。

续表 11 环境影响分析

（三）计算结果

本项目探伤对象主要为船舶钢结构构件焊缝，工件一般较大，不存在工件没有覆盖主射线的情况。

①当工件位于主射方向，若探伤作业点周围环境简单，清场工作彻底，监督区范围无环境保护目标或者主射方向有其他构筑物等遮挡，则无需在主射方向设置铅板以缩短控制区、监督区的范围，则便携式 X 射线探伤机主射方向探伤作业点控制区、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（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
XXG-2005	150	5	钢	10	134	326
	180	5	钢	20	121	296
	200	5	钢	20*	126	308
	200	5	钢	25	93	228
XXG-2505	180	5	钢	20	121	296
	220	5	钢	26	113	275
	250	5	钢	30*	102	250
	250	5	钢	36	94	230

注：①便携式 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）图 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压。②*指类比材料中的厚度取值。

②若探伤作业点周围环境简单，清场工作彻底，非主射方向监督区范围无环境保护目标或者有其他构筑物等遮挡，则无需在非主射方向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 11-3

表 11-3 非主射方向控制区、监督区边界距离核算结果（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)	边界距离 (m)					
			非主射方向-控制区		非主射方向-监督区		综合取值	
			散射	漏射	散射	漏射	控制区	监督区
XXG-2005	150	5	46	13	112	32	48	117
	180	5	55	13	133	32	56	137
	200	5	60	13	147	32	62	150
	200	5	60	13	147	32	62	150
XXG-2505	180	5	55	19	133	45	58	140
	220	5	66	19	161	45	68	168
	250	5	75	19	183	45	77	189
	250	5	75	19	183	45	77	189

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。

通过以上计算可知，便携式 X 射线探伤机在常用电压下对应的最小厚度探伤工件以

续表 11 环境影响分析

及不设置铅板屏蔽进行 X 射线移动式工业探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，在主射方向上本项目有工件 X 射线探伤机控制区边界的距离为 93~134m，监督区边界距离为 228~326m；非主射方向控制区边界距离取 48~77m，监督区边界距离取 117~189m。

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。

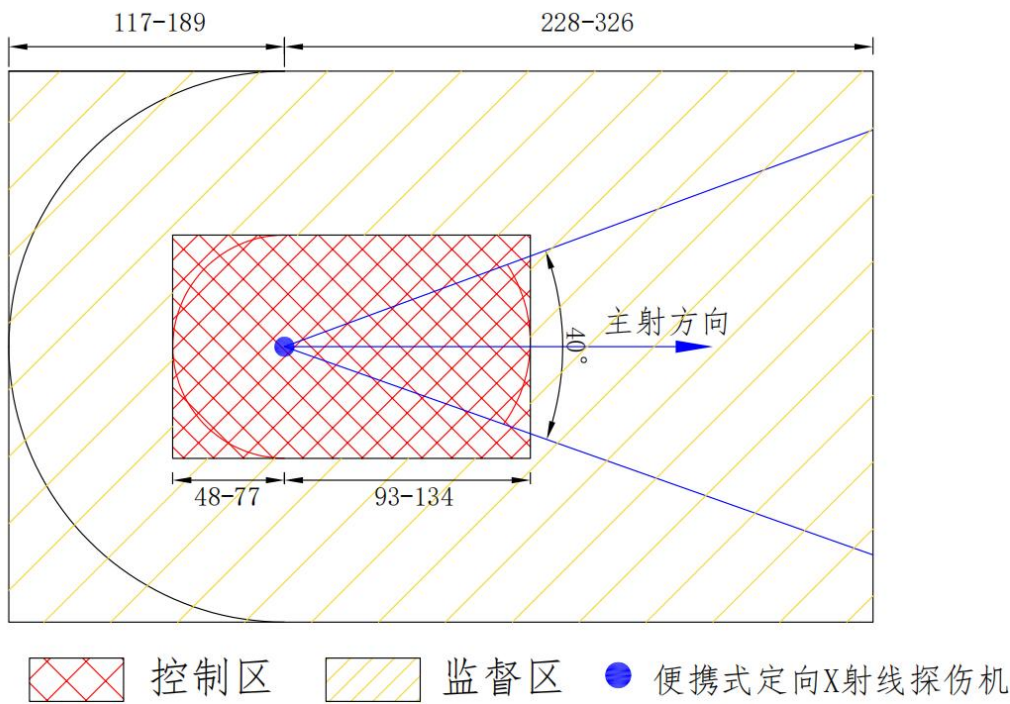


图 11-1 便携式定向 X 射线探伤机探伤控制区和监督区理论计算边界距离示意图(无铅板)

③当工件位于主射方向，探伤作业点周围无其他构筑物遮挡，清场工作不好开展，可能存在环境保护目标位于监督区以内时，则需要主射方向设置铅板以缩短控制区、监督区的范围，则便携式 X 射线探伤机主射方向探伤作业点控制区、监督区的距离如下表 11-4

续表 11 环境影响分析

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（Pb）	探伤工件材质	工件最小厚度（mm）	边界距离（m）	
						控制区	监督区
XXG-2005	150	5	1	钢	10	13	30
	180	5	1	钢	20	18	44
	200	5	1	钢	20*	25	60
	200	5	1	钢	25	18	44
XXG-2505	180	5	1	钢	20	18	44
	220	5	1	钢	26	36	87
	250	5	1	钢	30*	47	113
	250	5	1	钢	36	43	104

注：①便携式 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）图 1 不同透照厚度允许的 X 射线最高透照管电压。②*指类比材料中的厚度取值。

④若探伤作业点周围无其他构筑物遮挡，清场工作不好开展，非主射方向可能存在环境保护目标位于监督区以内时，则需要在非主射方向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（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		综合取值	
			散射	漏射	散射	漏射	控制区	监督区
XXG-2005	150	5	14	6	34	14	15	37
	180	5	17	6	40	14	18	43
	200	5	27	6	65	14	27	66
	200	5	27	6	65	14	27	66
XXG-2505	180	5	17	13	40	31	21	51
	220	5	29	13	71	31	32	77
	250	5	33	13	81	31	35	86
	250	5	33	13	81	31	35	86

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。

通过以上计算可知，便携式 X 射线探伤机在常用电压下对应的最小厚度探伤工件以及设置铅板屏蔽进行 X 射线移动式工业探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，在主射方向上本项目有工件 X 射线探伤机控制区边界的距离为 13~47m，监督区边界距离为 30~113m；非主射方向控制区边界距离取 15~35m，监督区边界距离取 37~86m。

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°，各方向最大控制区、监督区划分示意图见图 11-2。

续表 11 环境影响分析

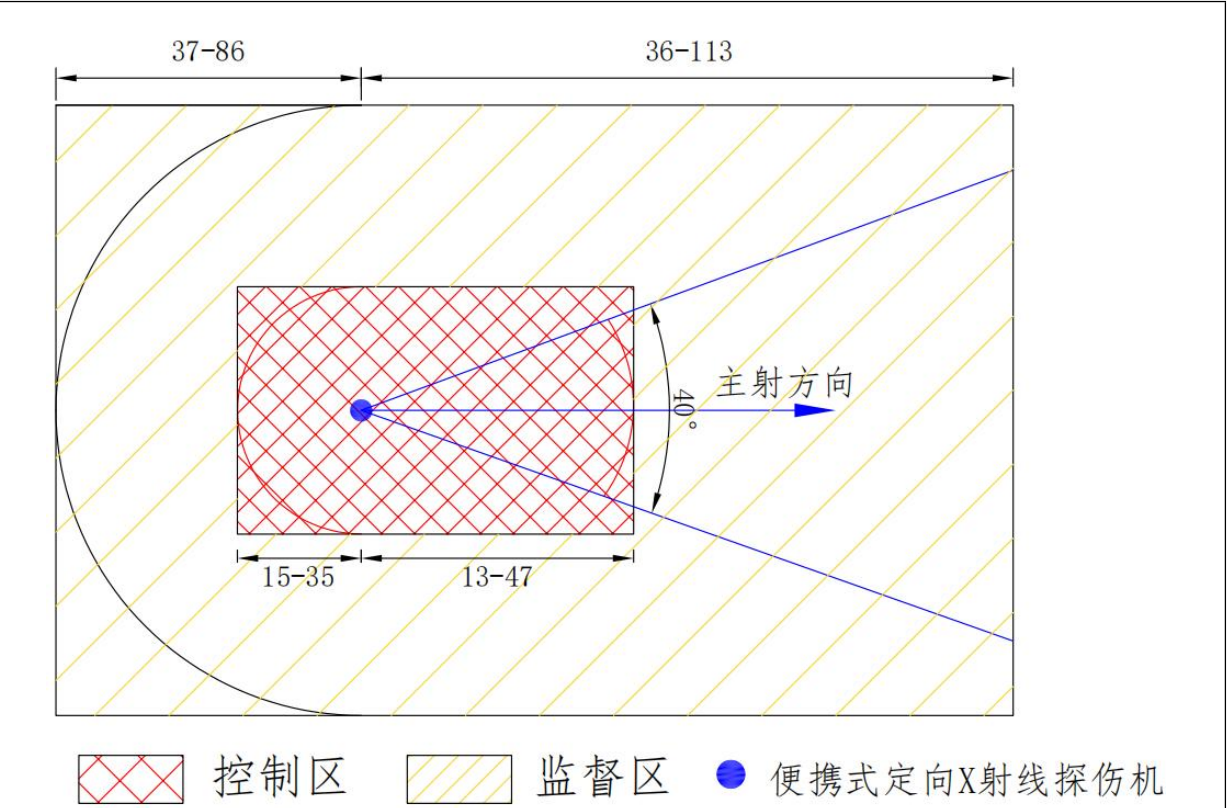


图 11-2 便携式定向 X 射线探伤机探伤控制区和监督区理论计算边界距离示意图(有铅板)

11.1.2 类比监测

(一) 类比条件分析

为了解同类型 X 射线探伤机实际运行对周边环境的影响，本次评价采用类比。本环评选取重庆市浩腾工程质量检测有限责任公司 1 台在用 XXG-2005 型便携式定向 X 射线探伤机、1 台 XXG-2505 型便携式定向 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 12 月 5 日对设备开展 X 射线现场探伤进行了模拟监测，监测报告见附件 4（渝泓环（监）[2023]1095 号）。可类比性分析见表 11-3。

表 11-3 便携式 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		类比重庆市浩腾工程质量检测有限责任公司		类比分析
设备型号	XXG-2005 型 (定向)	XXG-2505 型 (定向)	XXG-2005 型 (定向)	XXG-2505 型 (定向)	一致
主要技术参数	200kV, 5mA	250kV, 5mA	200kV, 5mA	250kV, 5mA	一致
过滤材料及厚度	3mmAl		3mmAl		一致
工作场所	船舶生产检修基地探伤现场		野外探伤现场		一致
工件类型	委托检测船舶业焊缝		委托检测的建筑工程、船舶业焊缝		基本一致

续表 11 环境影响分析

材质	船舶制造钢板	船舶制造钢板，建筑工程钢结构焊缝	一致
屏蔽条件	2mm 铅板	2mm 铅皮	一致
探伤工件厚度	20mm、30mm	20mm、30mm	一致

根据表 11-3 可知，类比探伤机过滤材料及厚度、工作场所、探伤工件类型、设备参数等均与本项目相同，具有很好的类比性。

(二) 类比监测结果

(1) 现场情况

XXG-2005型、XXG-2505型：模拟探伤地点位于重庆市江津区中铁大桥局西南装备基地厂房内，探伤工件分别是厚度为20mm、30mm钢板，监测时使用厚度2mm的铅皮防护

(2) 探伤条件

XXG-2005 型：200kV、5mA。

XXG-2505 型：250kV、5mA。

(4) 监测结果

XXG-2005 型、XXG-2505 型便携式定向 X 射线探伤机的模拟探伤监测结果见下表。

探伤工作条件：200kV，5mA			
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
前面（主射方向）		38	82
后面		7	17
左侧		9	21
右侧		10	24
测量位置	测量位置描述	周围剂量当量率（μSv/h）	
△1	工作人员操作位	0.46	

探伤工作条件：250kV，5mA			
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
前面（主射方向）		40	87
后面		8	20
左侧		12	27
右侧		13	28
测量位置	测量位置描述	周围剂量当量率（μSv/h）	
△1	工作人员操作位	0.55	

续表 11 环境影响分析

与理论预测结果相比（XXG-2005型在厚度20mm钢板、2mm铅板照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机25m，监督区边界为距探伤机60m；XXG-2505型在30mm钢板、2mm铅板照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机47m，监督区边界为距探伤机113m），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以及铅板厚度等影响，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为25m，在实际移动式探伤过程中，拟进一步采用便携式X射线探伤机的延时曝光功能（0.5~5min），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，或者使用更厚的铅板遮挡来减小控制区、监督区范围，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 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： $H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \tag{8}$ 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 根据公司提供的资料，本项目预计每年现场探伤曝光约 1200 次，每次曝光时间不超过 5min，年有效曝光时间约 100h；此外，每次探伤工作开始前需打开 X 射线探伤机进行巡测，划定实际的控制区、监督区范围。当 X 射线探伤机、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。
--

续表 11 环境影响分析

(三) 剂量估算

(1) 现场探伤操作人员（辐射工作人员）

根据公司提供的资料，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 11-6。

表 11-6 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	100	1.5

根据前文表 1 可知，公司配置 4 人（即 2 组）辐射工作人员完成 2 台设备工作，其单组年有效剂量为 0.75mSv/a 。若考虑最不利情况下，则一组辐射工作人员年有效剂量为 1.5mSv/a 低于辐射工作人员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。该公司在实际操作过程中，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

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 $1/2$ ，其年有效剂量估算结果见表 11-7。

表 11-7 警戒、巡视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）
2.5	$1/2$	100	1.25×10^{-2}

本项目主要在野外或厂区内探伤，且厂区内探伤均在非工作时段进行，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 11-8。

表 11-8 众成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）
2.5	$1/40$	100	6.25×10^{-3}

根据上表计算结果可知，警戒、巡视人员和其他公众成员均低于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。

续表 11 环境影响分析

11.3 废气环境影响分析

本项目 X 射线探伤机运行产生的 X 射线能量较低，探伤过程中可产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温下很快转化成氧气。此外，项目探伤现场位于野外、厂区，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。

11.4 废水环境影响分析

本项目无生产废水产生，工作人员生活污水依托公司排水系统排入市政污水管网，再排入鸡冠石污水处理厂深度处理，满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）一级 A 标准后排入长江。现场探伤工作人员生活污水依托周边现有设施处理。因此，本项目产生的生活污水对周围水环境影响小。

11.5 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公司、现场周边或者探伤现场现有设施收集后，交由环卫部门统一处理。

（二）报废 X 射线探伤设备

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，按照相关要求去功能化后根据公司相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

（三）报废胶片

本项目曝光时产生的废片暂存在危废贮存点以及存档到期的合格底片，定期交由有危废资质的单位处置。

（四）洗片废液、洗片废水

本项目洗片室产生的洗片废液（废定影液、废显影液、洗片废水）分类暂存在危废贮存点的废液桶内（拟设置 3 个），定期交由具备相应资质的危废处置单位处理。

本项目洗片室、危废贮存点拟由专人管理，拟进行重点防渗处理，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。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1 m 厚黏土楼

续表 11 环境影响分析

（渗透系数不大于 10^{-7} cm/s），或至少 2 mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10} cm/s），或其他防渗性能等效的材料。”此外，危废贮存点按照《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，托盘容积不小于废液桶容积。

公司拟按照《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。

探伤胶片不能带回公司洗片的，则委托项目区域周围现有洗片机构进行洗片，现场探伤作业前与当地洗片机构签订协议，产生的危险废物等由该机构交由有危废资质单位处理。

（五）废铅板

废铅板由公司按照相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

综上所述，公司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，对环境影响可接受。

11.6 事故影响分析

11.6.1 事故风险类型

本项目拟配置 2 台 X 射线探伤机，其产生的 X 射线受开机和关机控制，关机时无射线发出。因此，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：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，X 射线探伤机未存放到指定的地方，随意存放，加大了 X 射线探伤机遗忘或被盗的可能性。同时导致公众成员启动 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射。

续表 11 环境影响分析

11.6.2 事故风险剂量估算

因事故状态误照射情景的不确定性,本评价选取 XXG-2505 型 X 射线探伤设备按照最大工况(最大管电压 250kV、最大管电流 5mA)运行,无工件遮挡且无屏蔽防护进行风险计算,探伤作业点主射方向上控制区、监督区的距离如下表 11-9,则误照射无工件主射方向上不同距离处人员所受照剂量估算结果见表 11-10。

表 11-9 主射线方向控制区、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(kV)	工作电流(mA)	边界距离(m)	
			控制区	监督区
XXG-2505	180	5	383	936
	220	5	467	1144
	250	5	528	1292

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)
XXG-2505型 250 kV, 13.9 mGy·m ² / (mA·min)	0.5	1.67×10 ⁷	1390.00
	1	4.17×10 ⁶	347.50
	5	1.67×10 ⁵	13.90
	10	4.17×10 ⁴	3.48
	40	2.61×10 ³	0.22
	100	4.17×10 ²	3.48×10 ⁻²
	150	1.85×10 ²	1.54×10 ⁻²
	200	1.04×10 ²	8.69×10 ⁻³
	383 (最小主射方向控制区)	2.84×10 ¹	2.37×10 ⁻³
	528 (最大主射方向控制区)	1.50×10 ¹	1.25×10 ⁻³
	936 (最小非主射方向监督区)	4.76	3.97×10 ⁻⁴
	1292 (最大非主射方向监督区)	2.50	2.08×10 ⁻⁴

备注: 单次照射时间不超过 5min。

(1) 事故情景 1

X 射线探伤机在最大工况运行时,无工件遮挡且无防护的情况下,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 X 射线探伤机开机曝光 5min 后,自动停止曝光。在 250kV 电压下,误入监督区的公众成员(考虑位于最小控制区边界警戒绳)受到的瞬时剂量率为 2.84×10¹μGy/h,则单次误入监督区的公众成员受到的有效剂量最高为 2.37×10⁻³;误

续表 11 环境影响分析

入控制区（取距焦点 1m 处）公众受到的瞬时剂量率为 $4.17 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$ ，则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 347.5mGy；极端情况下距焦点 0.5m 处公众受到的瞬时剂量率为 $1.67 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ ，则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 1390mGy。本项目为现场探伤，探伤工作场所不固定，公众误入位置具有不确定性，距离越近，受到的单次照射剂量越高，同一公众成员多次误入探伤工作场所的可能性很低。

（1）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。

（2）事故情景 3

现场探伤工作结束后，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 X 射线探伤机，产生 X 射线污染，对公众造成误照射。X 射线探伤机单次曝光时间不超过 5min，则当 250kV 电压下，则距离 X 射线探伤设备主射方向 1m 处公众成员受到有效剂量最高为 347.5mGy；极端情况下距离 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 1390mGy。

11.6.3 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

续表 11 环境影响分析

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塞导致的深部组织坏死）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。成人不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-11。

表 11-11 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量(Gy)	类型		初期症状和损伤程度	依据
<0.25 0.25~0.5 0.5~1	/		不明显和不易察觉的病变 可恢复的机能变化，可能有血液学的变化 机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状	《辐射防护导论》P33
1.0~2.0 2.0~4.0 4.0~6.0 6.0~10.0	骨髓型 急性 放射病	轻度 中度 重度 极重度	乏力，不适，食欲减退 头昏，乏力，食欲减退，恶心，1h~2h 后呕吐，白细胞短暂上升后下降 1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降 1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降	《职业性外照射急性放射病诊断》 (GBZ104-2017)
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹痛，血红蛋白升高	《辐射防护导论》P33
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退	

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，辐射事故从重到轻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，见表 11-12。

续表 11 环境影响分析

表 11-12 辐射事故等级分级一览表	
事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

11.6.4 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 1390mGy，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人员受照剂量最高为 1390mGy，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。

11.6.5 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，

续表 11 环境影响分析

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

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 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 X 射线探伤机按照相关要求进行了拆解和去功能化，而后交由公司处置，保留处置手续并做好相关记录存档。设备室**钥匙**设专人看管和保管，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 X 射线探伤机（类别、型号是否正确）、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。加强操作人员的业务防护培训，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 X 射线探伤机与工件的位置以及 X 射线探伤机各项参数调试正确后方可出束。

续表 11 环境影响分析

(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 X 射线探伤设备，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。

11.7 实践正当性分析

项目 X 射线探伤机的应用，对船舶钢结构构件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 射线探伤机开展对船舶钢结构构件质量的无损探伤检测，以确保产品质量与安全。对钢板产品质量与安全使用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，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。

11.8 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船舶钢结构构件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。

11.9 环保投资估算

本项目环保投资约 15 万元，占总投资 50.0%，具体情况见表 11-11。

续表 11 环境影响分析

表 11-11 项目环保投资一览表		
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	声光报警灯、警示灯、电离辐射警告标志、灯箱警告牌（“无关人员禁止入内”）、灯箱警告牌（“禁止进入射线工作区”）、警戒线（警戒绳）、扩音器对讲机、铅板、安全信息公示牌等	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	3
危险废物处理	危废贮存点、洗片室按照重点防渗建设；废液桶、危废交由有危废处理资质的单位，签订收集处理协议	2.5
环保手续办理	/	6
合计		15

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。

本项目实施前拟设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，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、个人剂量计送检、职业健康体检等，并做好个人剂量监测档案、职业健康体检档案、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，编制射线装置的安全和防护状况年度评估报告。

（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://ushe.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 4 名辐射工作人员，其中已有 2 名工作人员通过辐射防护与安全培训并考核合格，另外 2 名辐射工作人员待取得 X 射线探伤类别的辐射安全培训合格证书后方可上岗。

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。

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体系、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。

(2) 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身保存。

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。

(3) 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。

(4) 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。

续表 12 辐射安全管理

(5) 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。 (6) 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 核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化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核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，增强并保持核安全意识。 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；

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	公司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	辐射工作人员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	公司拟制定操作规程，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、灯箱警告牌、警戒线、扩音器、警示灯、声光报警灯、铅板、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	公司拟制定现场探伤操作规程、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、监测方案等全套制度，拟按相关法规要求完成编制发布并落实执行。
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	公司拟为每名辐射工作人员各配 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪；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	公司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

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、健全规章制度和应急预案等。待全部落实上述各项要求后，方具备从事项目辐射活动的能力，在验收后方可

续表 12 辐射安全管理

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。公司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。

公司拟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

（一）监测因子

周围剂量当量率。

（二）监测内容

（1）验收监测

项目验收时监测一次。

（2）日常监测

①使用便携式 X 射线探伤机进行现场探伤时，通过巡测由远及近监测划出控制区和监督区。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。

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探伤机停止工作时，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，以确认场内辐射环境现状正常。

（2）例行监测

每一年监测一次，委托有资质单位进行监测；监测报告纳入年度评估。

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

续表 12 辐射安全管理

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检测资质的单位进行。

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；
- 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）和《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，公司拟制定辐射事故应急预案及具体探伤作业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，并在项目运行过程中，定期组织应急能力培训和演练，以提高公司和人员的应急响应能力。

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》在事故发生后及时向主管生态环境

续表 12 辐射安全管理

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：

探伤现场所在地相关部门电话

全国统一报警电话：110

全国统一急救电话：120

重庆市生态环境局电话：023-89112369

重庆市卫生健康委员会电话：023-67706707

重庆市渝中区生态环境局电话：023-63832682

重庆市渝中区卫生健康委员会电话：023-63765146

重庆市渝中区公安局报警电话：023-63940024

12.7.2 辐射事故应急处理措施

(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》，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。启动并组织实施应急方案，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

续表 12 辐射安全管理

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。重庆船级社实业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 2 台便携式定向 X 射线探伤机，其中 1 台 XXG-2005 型（最大管电压为 200kV，最大管电流为 5mA），1 台 XXG-2505 型（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA）	不发生重大变动
2	辅助用房	公司大楼 1 楼东侧的闲置房间进行适应性改造装修为洗片室、评片室、危废贮存点，依托公司 1 楼夹层档案室存放合格底片，2 楼夹层设备室存放探伤机。	依托
3	环保资料档案及管理	设立辐射环境管理机构，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、射线装置台账管理制度、监测方案等。	制度建立健全，档案管理规范
4	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	防护用品及辐射防护设施	铅板 2 张、警戒绳若干、扩音器 2 个，对讲机 4 个，警示灯 8 个，声光报警灯 8 个，电离辐射警告标志、“无关人员禁止入内”灯箱警告牌、“禁止进入射线工作区”灯箱警告牌各 16 块，安全信息公示牌 2 块。	配备齐全
6	安全措施	拟制定现场探伤安全规程：①接受探伤委托后，对工作环境进行全面评估并制定探伤方案；②探伤前，检查设备、进行清场、张贴现场的通告等；③根据理论计算初步划定工作区域，并在控制区和监督区边界并悬挂警示标识等，安排专人巡查警戒；④探伤工作中，正确佩戴和使用个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X-γ 剂量率仪。	制定相关制度并严格执行
7	人员要求	辐射工作人员须参加辐射安全防护培训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》
8	年有效剂量管理目标值	辐射工作人员：≤5mSv 公众成员：≤0.1mSv	GB18871-2002 及中国船级社实业有限公司重庆分公司制定

续表 12 辐射安全管理

续表 12-2 环境保护验收一览表			
序号	验收内容	验收要求	备注
9	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 μ Sv/h 的范围内划为控制区	GBZ117-2022
		将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的范围划为监督区	
10	危险废物	洗片室、危废贮存点地面做重点防渗处理，危废贮存点内设置废液收集桶，下方设置托盘，废液分类暂存，定期交由有相应危废处置资质的单位处置；签订危废处置协议，执行危废联单管理及台账制度。 探伤曝光产生的废片和存档到期后的底片成为危废，存放在危废贮存点，交由有相应危废处置资质的单位收集处置。	《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 项目概况

中国船级社实业有限公司重庆分公司位于重庆市渝中区朝天门街道陕西路 3 巷 6 号，拟购买 2 台便携式 X 射线探伤机（Ⅱ类射线装置）用于在全国范围内开展船舶生产检修基地等移动式 X 射线无损探伤检测服务工作，并拟将公司大楼 1 楼东侧的闲置房间进行适应性改造装修为洗片室、评片室、危废贮存点，依托公司 1 楼夹层档案室存放合格底片，2 楼夹层设备室存放探伤机。

项目总投资约 30 万元，其中环保投资约 15 万元。洗片室、评片室、危废贮存点建筑面积共约 25m²，施工期约 2 个月。

13.2 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船舶生产检修基地的现场无损探伤检测服务工作，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。

13.3 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船舶钢结构构件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。

13.4 环境现状

根据《2025 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），同时参考《2024 年全国辐射环境质量报告》数据，全国 31 个省份环境 γ 辐射剂量率累积监测结果在 48.5~262.6nGy/h。本项目现场探伤周边若无其他核技术利用等，则本项目探伤现场的环境 γ 辐射剂量率均处于当地天然本底涨落的正常范围内，项目 X 射线探伤作业现场的辐射环境质量现状良好；若探伤现场周围存在其他核技术利用等，公司应按相关要求开展辐射环境质量调查。

13.5 选址可行性及布局合理性

项目为 X 射线便移动式工业探伤项目，探伤作业点分布在全国范围内。主要涉及船舶生产检修基地，现场周围大多数位于通航河流近岸空旷处等，场地内主要是船厂工作

续表 13 结论及建议

人员，一般在夜间开展无损检测工作，容易清场。主射方向尽可能朝向地面、山体或已有构筑物等，并使用铅板进行屏蔽防护，减少对周围环境的影响。因此，从辐射安全和环境保护角度，项目的现场探伤选址是可行的。

现场探伤检测作业时，拟将 X 射线探伤机与其控制器分开设置布局，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，通过便携式 X 射线探伤机的电源电缆远距离操作 X 射线探伤机，借助 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，同时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。因此，X 射线探伤设备曝光时，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。

13.6 辐射防护与安全措施

公司在进行 X 射线便携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。项目 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，公司拟采取探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，模拟制定划分控制区及监督区范围，并进行清场。同时，公司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，在工作场所控制区、监督区边界拉警戒绳、设置警告牌等；夜间开展控制区 X 射线便携式工业探伤时，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，是合理可行的。

13.7 环境影响分析结论

（1）控制区与监督区的划分

本环评结合中国船级社实业有限公司重庆分公司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。X 射线探伤机按照不同工况、不同厚度钢板进行 X 射线便携式工业探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，本项目 X 射线探伤机主射方向上控制区边界的距离为 13~134m，监督区边界距离为 36~326m；非主射方向控制区边界距离取 15~77m，监督区边界距离取 37~

续表 13 结论及建议

189m。

(2) 剂量估算结果

根据工作负荷估算，本项目现场探伤作业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，且本项目探伤现场位于野外、厂区，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

项目无生产废水产生，工作人员生活污水依托现有市政管网排入污水处理厂。现场探伤工作人员生活污水依托周边或者探伤所在污水处理设施处理。采取上述措施后，废水对周围环境影响很小。

(5) 固废环境影响

生活垃圾依托公司或探伤现场现有设施收集后，由环卫部门统一处理；X 射线探伤机报废后需去功能化，并按公司要求处置，保留相关手续与记录；废铅板由公司按照相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

在危废贮存点设置 3 个废液桶收集，分类收集暂存，洗片过程产生的显影废液、定影废液、洗片废水等。废液桶下方设置防渗托盘，洗片室、危废贮存点均按照重点防渗区建设，由专人管理，危废定期交由有资质单位处置。报废底片及存档到期的底片属于危险废物，交由有危废处置资质的单位处置，严格执行危险废物管理制度。采取上述措施后，固废对周围环境的影响很小。

(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

续表 13 结论及建议

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，可能增加受照射人员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操作人员会导致较严重的辐射损伤，造成较大辐射事故。公司通过对便携式 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，本项目风险可防可控。

13.8 辐射环境管理结论

公司应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，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，该公司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。建设单位承诺完善上述要求后，符合辐射环境管理要求。

综上所述，中国船级社实业有限公司重庆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，项目风险可防可控。从辐射环境保护角度讲，本项目的建设可行。



附图 1 企业地理所在位置图