

# 核技术利用建设项目

## 福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目 环境影响报告表

(公示稿)

仅用于公众参与公示

福州航成海事工程有限公司

二〇二四年六月

# 核技术利用建设项目

## 福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目 环境影响报告表

(公示稿)

仅用于公众参与公示

建设单位名称：福州航成海事工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：陈干章

通讯地址：福州市仓山区齐安路 756 号福湾财贸城 14-3 一层

邮政编码：

联系人：王\*\*

电子邮箱：\*\* @163.com

联系电话：13\*\*

# 目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	4
表 3 非密封放射性物质.....	4
表 4 射线装置.....	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	6
表 6 评价依据.....	7
表 7 保护目标与评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	13
表 9 项目工程分析与源项.....	16
表 10 辐射安全与防护.....	21
表 11 环境影响分析.....	30
表 12 辐射安全管理.....	41
表 13 结论与建议.....	47

## 附件

- 附件 1 委托书（已删除）
- 附件 2 检测报告（已删除）
- 附件 3 检定证书（已删除）
- 附件 4 管理制度（已删除）
- 附件 5 类比监测报告（已删除）

**表1 项目基本情况**

项目名称		福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目			
建设单位		福州航成海事工程有限公司			
法人代表	陈干章	联系人	王**	联系电话	136****
注册地址	福建省福州市仓山区盖山镇齐安路 756 号(福湾工业区 10 号地块)GJ-14 成衣车间一层(11)~(15)轴*B~D 区域厂房				
项目建设地点	现场探伤建设地点:福建省范围内进行现场探伤,无固定地点。 配套用房建设地点:福建省福州市仓山区齐安路 756 号福湾财贸城 14-3 一层福州航成海事工程有限公司(建设探伤机专用存放间、暗室及危废暂存间等)				
立项审批部门	/			批准文号	/
建设项目总投资(万元)	50	项目环保投资(万元)	11	投资比例	22%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积(m <sup>2</sup> )	60
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<b>1.建设单位情况</b>					
福州航成海事工程有限公司(以下简称“航成海事”)位于福州市仓山区齐安路 756 号,于 2006 年 3 月成立,经营范围包括:船舶修理;消防技术服务;消防器材销售;水上运输设备零配件销售;水上运输设备销售;采购代理服务;安全技术防范系统设计施工服务;技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广。					
<b>2.目的和任务由来</b>					
航成海事因需要提高自身技术能力以满足客户需求,拟为船舶建造及修理等的企业(船厂)提供 X 射线无损检测业务,拟建设 3 台工业 X 射线探伤机项目,使用 3 台工业 X 射线探伤机,在全国范围内开展 X 射线现场探伤作业(3 台 X 射线探伤机探伤方式均为移动式探伤),主要为对船体、船舶配件等的钢结构进行无损检测。					

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》以及《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令）等法律法规，福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目应进行环境影响评价。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部·国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日发布），本项目使用的射线装置属于 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），“使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。

因此，福州航成海事工程有限公司于 2023 年 3 月特委托湖北君邦环境技术有限责任公司（以下简称“我公司”）对其 3 台工业 X 射线探伤机项目进行环境影响评价工作。我公司接受委托后，组织技术人员于分别于 2023 年 9 月、2024 年 3 月及 2024 年 5 月对福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目工作场所防护情况和辐射工作人员的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求编制完成了《福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目环境影响报告表》。

### 3. 项目建设规模

航成海事拟使用 3 台工业 X 射线探伤机，均为 XXG-2505L 型；根据全国范围内业务（任务）委托方需要，在委托方厂区内开展 X 射线现场探伤作业，拟将公司现有仓库改建为探伤机专用存放间、暗室及危废暂存间等配套用房；工业 X 射线探伤机主要为对船体、船舶配件等的钢结构进行无损检测，工业 X 射线探伤机用于探伤厚度在 8~25mm 厚的船体钢板的探伤工作（常用探伤厚度为 15mm）；本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置。

本项目工业 X 射线探伤机详细情况见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置使用情况

序号	射线装置	型号	数量 (台)	最大管 电流 (mA)	最大管 电压 (kV)	类别	使用场所	测试对象	备注
1	工业 X 射线探伤机 (定向)	XXG-2505L	3	5	250	II 类	现场探伤任 务地点，（任 务委托方厂 区内）	船体、船舶 配件等的钢 结构无损检 测业务	拟购

### 4. 项目选址及周边保护目标

本项目现场探伤场所主要在船舶建造、修理的企业厂区内，船舶建造、修理的企业

厂区均分布在河岸、江岸、海岸等，探伤工作一般安排在晚上或其他工作人员休息时间进行（非其他工作人员工作时间，一般在晚上 10 点至凌晨 5 点开展）。只要严格按照现场探伤操作规程，确保监督区周围无相关人员，严格按照“将 X 射线现场探伤工作场所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”的要求执行，同时在该单位各项辐射安全防护措施有效的条件下，对外环境造成的辐射影响较小（在可接受范围内），故项目可行。

福州航成海事工程有限公司拟将现有仓库改建为评片室、暗室及危废暂存间等配套用房；拟将现有仓库改建为探伤机专用存放间（辐射防护物品储存室），存放探伤机及配套使用防护设备、物品等；评片室、暗室及危废暂存室所在楼东侧为齐安路，南侧为福湾财贸城其他单位（批发商店等商用房），西侧为福湾财贸城内部道路绿化等，北侧为福湾财贸城其他单位（批发商店等商用房）等。废显（定）影液和废胶片储存于专用桶内，暂存放于危废暂存间内。现状图详见图 1-1。

本项目的周边保护目标主要是操作射线装置的辐射工作人员及周边公众（包括一般工作人员）等。



图 1-1 本项目评片室、暗室等现状实景

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	工业 X 射线探伤机 (定向)	II 类	3	XXG-2505L	250	5	船体、船舶配件等的钢结构无损检测	现场探伤场所	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 ( $\mu\text{A}$ )	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废显（定）影液	液态	/	/	约 10 升	约 120 升	/	暂存于单位专用桶内，存放于危废暂存间	拟交由有危险废物回收处置资质的单位回收处置
废胶片	固态	/	/	约 25 张	约 300 张（废片率取 5%）	/	暂存于单位专用桶内，存放于危废暂存间	拟交由有危险废物回收处置资质的单位回收处置
臭氧	气态	/	/	/	微量	/	/	排入大气
氮氧化物	气态	/	/	/	微量	/	/	排入大气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年4月修订),中华人民共和国主席令第九号,2015年1月1日起施行;</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过,根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改&lt;中华人民共和国劳动法&gt;等七部法律的决定》修正);</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》,中华人民共和国主席令第六号,2003年10月1日起施行;</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》,中华人民共和国国务院令第253号,2017年10月1日起施行(根据2017年7月16日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订);</p> <p>(5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修改),中华人民共和国国务院令第709号,2019年3月1日起施行;</p> <p>(6)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》,中华人民共和国生态环境部令第16号,2021年1月1日起施行;</p> <p>(7)《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》,环境保护部·国家卫生和计划生育委员会公告2017年第6号,2017年12月6日发布;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年1月修订),原国家环境保护总局令第31号,2006年3月1日起施行;</p> <p>(9)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》,中华人民共和国环境保护部令 第18号,2011年5月1日起施行;</p> <p>(10)《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》,环发[2012]98号文;</p> <p>(11)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》,环发[2012]77号文;</p> <p>(12)《关于印发&lt;建设项目环境影响评价政府信息公开指南(试行)&gt;的通知》,环办[2013]103号。</p>
------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(3) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022);</p> <p>(6) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001);</p> <p>(7) 《福建省环保厅关于印发&lt;核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲&gt;(试行)的通知》(闽环保辐射〔2013〕10号), 2013年3月15日发布;</p> <p>(8) 《福建省辐射事故应急预案》(闽环函〔2020〕22号), 2020年9月23日发布。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 本项目委托书;</p> <p>(2) 福州航通海事工程有限公司提供的本项目相关资料。</p>

## 表7 保护目标与评价标准

### 评价范围

参考《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》(HJ 10.1-2016)中环境影响报告书相关要求,即“放射源和射线装置应用项目的评价范围,通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于 100m 的范围)”,本项目属无实体边界项目评价范围应取不低于 100m 的范围,本项目工业 X 射线探伤机均为移动式 X 射线探伤,因此,本项目的的评价范围取现场探伤时探伤装置外 100m 的区域,若 100m 处仍在监督区范围内,则评价范围扩大至监督区边界。

### 保护目标

根据对本项目现场探伤工作场所周围环境的调查,结合现场探伤辐射工作场所的特点,本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	点位描述	环境保护对象	方位及距离	人数(人)	剂量约束值(mSv)
1	操作位	辐射工作人员	四周:控制区外	2~6	5
2	探伤地点其他非辐射工作人员允许可到达位置	公众成员	四周:监督区外	流动人群	0.25

### 评价标准

#### (1) 辐射剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的要求,本项目相关限值采用标准见表 7-2。

表 7-2 本项目相关标准限值

内容	项目	剂量限值	标准名称
连续五年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	公众成员	1 mSv	
剂量约束值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为剂量约束值
	公众成员	0.25mSv/a	公众成员取年有效剂量限值的 1/4 作为剂量约束值

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 相关要求

① 剂量当量率控制水平

依据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中的要求, 本项目相关剂量当量率控制水平见表 7-3。

表 7-3 本项目相关剂量当量率控制水平

内容	项目	控制水平	标准名称
辐射空气吸收剂量率	现场探伤工作场所控制区	$> 15\mu\text{Sv/h}$ <sup>注 b</sup>	《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)
	现场探伤工作场所监督区	$> 2.5\mu\text{Sv/h}$ 且 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$	

注: a 本表为摘录内容, 详细内容见表 7-4。

b 由于本项目探伤机总的年最大开机时间为 267h, 年工作 50 周, 周开机时间为 5.34h, 采用保守防护原则, 现场探伤工作场所控制区辐射空气吸收剂量率控制水平仍按照标准中 5.1.2 的规定进行取值。

② 辐射安全防护措施要求

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 对工作场所辐射防护要求、安全装置和警示标志要求做了明确规定:

表 7-4 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 相关内容

相关条款	具体内容(节选X射线探伤部分)
4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。 4.2 应建立放射防护管理组织, 明确放射防护管理人员及其职责, 建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ128的要求进行个人剂量监测, 按GBZ98的要求进行职业健康监护。 4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合GB/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。 4.6 应制定辐射事故应急预案。
5 探伤机的放射防护要求	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。 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求: a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责, 每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行; b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测; c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时, 应保证所更换的零部件为合格产品; d) 应做好设备维护记录。

7 移动式探伤的放射防护要求（X射线探伤部分）

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）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定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公式（1）计算：

$$H = 100/t \dots\dots\dots(1)$$

式中：

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

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

t ——每周实际开机时间,单位为小时。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应该设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（带）等。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式X- $\gamma$ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X射线发生器控制面板）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式X-γ剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式X-γ剂量率仪，两者均应使用。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X射线移动式探伤

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

7.5.1.2 应考虑控制器与X射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

仅用于公众场所

**表8 环境质量和辐射现状**

**1.项目的地理和场所位置**

福州航成海事工程有限公司位于福建省福州市仓山区齐安路 756 号。本项目现场探伤地点由被检物体所处的场所决定，航成海事现场探伤地点为船舶建造、修理的企业厂区内，一般在河岸、江岸、海岸等较为空旷地段，且探伤工作安排在晚上进行。

因航成海事没有固定的现场探伤场所，现场探伤辐射工作场所在业务（任务）委托方厂区内，本次环境现状评价选取办公场所周边作为对象进行分析。

**2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位**

**(1) 环境现状评价的对象**

因航成海事没有固定的现场探伤场所，现场探伤辐射工作场所在业务（任务）委托方厂区内，本次环境现状评价选取选取办公场所周边作为对象进行分析，对其场所及周边环境进行分析。

**(2) 监测因子**

$\gamma$  射线： $\gamma$  辐射空气吸收剂量率

**(3) 监测点位**

按《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关布点原则和方法，并结合本项目的实际情况，周围环境辐射水平背景值监测点位见表 8-3。

**3.监测方案、质量保证措施和监测结果**

**(1) 监测方案**

**①监测单位**

湖北君邦检测技术有限公司

**②监测时间及环境条件**

监测时间：2023 年 9 月 22 日

天气情况：阴

温 度：27.5℃

相对湿度：70.1%

本次监测方法依据《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），节选有关内容见表 8-1。

**表 8-1 《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》相关内容**

仪器指标	通用要求
量程	量程下限应不高于： $1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择，应急测量情况下，应确保量程上限符合要求，一般不低于： $1 \times 10^{-2} \text{Gy/h}$
相对固有误差	$< \pm 15\%$
能量响应	50KeV~3MeV，相对响应之差 $< \pm 30\%$ （相对 $^{137}\text{Cs}$ 参考 $\gamma$ 辐射源）
角响应	$0^\circ \sim 180^\circ$ 角响应平均值（ $\bar{R}$ ）与刻度方向上的响应值（ $R$ ）的比值应大于等于0.8（对 $^{137}\text{Cs}$ 辐射源）
使用温度	$-10 \sim 40^\circ\text{C}$ （即时测）， $-25 \sim 50^\circ\text{C}$ （连续测量）
使用相对湿度	$< 95\%$ （ $35^\circ\text{C}$ ）

#### ④监测仪器

本次监测仪器的参数见表 8-2。

表 8-2 X- $\gamma$  辐射仪参数一览表

仪器名称	环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	PN98 (PN-1)
生产厂家	上海何亦仪器仪表有限公司
能量响应	主机能量范围：45KeV-3MeV； 外置探测器能量范围：20KeV-7MeV
量程	主机测量范围：0.1 $\mu\text{Sv/h}$ -10mSv/h 外置探测器测量范围：10nGy/h-100 $\mu\text{Gy/h}$ ,
相对固有误差	不超过 $\pm 15\%$
检定证书编号	2023H21-20-4774697001
仪器校准有效期限	2023年8月15日-2024年8月14日
校准单位	上海市计量测试技术研究院·华东国家计量测试中心

#### (2) 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；
- ②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；
- ③监测仪器已经计量部门检定，检定合格，并在检定有效期内；
- ④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

#### (3) 监测结果

本次选取的场所周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值监测平均值见表 8-3，检测报告见附件 2。

表 8-3 长兴海洋装备厂区场所及周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景测量值一览表

序号	测点名称	测量值 (nGy/h)	检测工况
1	办公场所所在楼东侧 (室外)	***	背景检测
2	办公场所所在楼南侧 (室外)	***	

3	办公场所所在楼西侧（室外）	***	
4	办公场所所在楼北侧（室外）	***	

注：本次监测结果已扣除宇宙射线响应值。

#### 4.环境现状调查结果评价

由表 8-3 可知，本次选取场所的周边  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景测量值在\*\*\*nGy/h 之间（本次监测结果已扣除宇宙射线响应值），处于《中国环境天然放射性水平》中福建省道路环境辐射水平正常范围内道路（39.4~399.1）nGy/h），因此，本次辐射水平背景监测结果在当地天然本底水平涨落范围内。

仅用于公众参与公示

**表9 项目工程分析与源项**

**工程设备和工艺分析**

**1.工作原理**

(1) 设备参数

本项目使用 X 射线探伤机型号为 XXG-2505L，探伤机最大管电压分别为 250kV、200kV，最大管电流均为 5mA。

(2) 设备组成

X 射线探伤机通常由操纵台、高压发生器、射线管头、冷却装置、高压电缆和低压电缆等组成，与高压发生器的连接电缆长度为 25m，备用电缆线长度为 30m，满足要求。

(3) 工作原理

X 射线探伤机可检测出检测对象的表面及内部缺陷，以评定其质量。

X 射线探伤机的工作原理是 X 射线探伤机通电时通过高压发生器、X 光管产生电子束，电子束撞击靶，产生 X 射线。利用不同物质和不同的物体结构对 X 射线衰减系数不相同。当 X 射线照射工件时，胶片放在工件的底面，由于有缺陷的材料与没缺陷的材料吸收射线不同，所以工件的缺陷显影在底片上，借助于缺陷的图像可以判断工件缺陷的性质、大小、形状和部位。

本项目建设单位使用 3 台 X 射线探伤机。所使用的 X 射线探伤机，工作通常是间断进行的，每次平均曝光时间 2min，单次最大曝光时间为 5min。根据建设单位提供信息，3 台探伤机总的拍片最大量为 3200 次/年，探伤机总（所有探伤机）的最大年照射时间约为 267h。

**2.工艺流程及产污环节**

本项目是利用 X 射线对工件进行无损探伤，检测工件的焊缝。其具体的检测流程为：

(1) 接受 X 射线探伤任务，对工作环境进行全面评估，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。

(2) 对探伤地点和探伤时间进行确定，同时委托方进行通告（发布探伤通知）。

(3) 开始准备工作，待准备工作完毕后，组织进行拍片；

(4) 放线、摆位，初步划分控制区及监督区边界，工作人员根据不同类型的探伤

机对应的控制区和监督区建议防护距离划定控制区及监督区，悬挂警示标识警示标识和标语指示牌等；

(5) 工作人员进行广播清场；

(6) 延时试曝光，工作人员采用巡测方式再次确定本次现场探伤任务场所控制区和监督区划定距离，记录巡查结果，根据实际划定的控制区及监督区边界情况重新设置安全警戒措施，并放置安全信息公示牌、悬挂警示标识和标语指示牌等；

(7) 贴片，使用延时曝光功能，辐射工作人员在延时期期间退至安全地点（一般为建议在监督区外，在采取防护措施后可调整为控制区外）；

(8) 曝光、检测，曝光检测过程中产生 X 射线，同时产生极少量的臭氧及氮氧化物；

(9) 关机，取片，结束探伤工作，填报使用记录等，做好移交手续。

(10) 洗片及评片，洗片过程中产生废显（定）影液，评片过程中产生废胶片。

X 射线探伤机工艺流程及产污环节详见图 9-1。

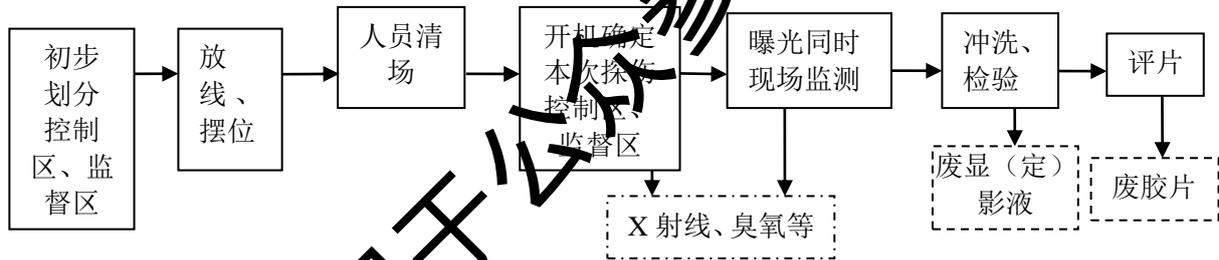


图 9-1 X 射线探伤机工艺流程及产污环节示意图

## 污染源项描述

### 1.建设阶段的污染源项

本项目现场探伤场所均为船舶建造、船舶修理等企业厂区内，不需建设机房或其他屏蔽体，仅需要将现有库房改建（装修）成探伤机专用存放间、暗室、评片室及危废暂存间等配套用房，在建设阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是改建（装修）施工时产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。本项目工程量较小，没有大型机械设备进入施工场地，施工场地安排有序，施工人员较少，有抑尘措施，施工人员产生的生活垃圾等依托航成海事现有的环保措施处理，本项目对周围环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也

随即结束。

#### (1) 环境空气

本项目的环境空气影响主要是扬尘，由水泥和建筑材料运输等施工活动将产生。本项目的工程量小，产生的扬尘量很小。

#### (2) 噪声

本项目产生噪声影响的主要是施工机械、运输、及现场处理等。噪声值一般在65~80dB(A)之间，施工场地的噪声对周围环境有一定的影响，但随着施工的结束而结束。

#### (3) 地表水

施工期污水主要来自两个方面：一是施工废水，二是施工人员的生活污水。

#### (4) 固体废弃物

本项目量小，产生的生活垃圾、建筑垃圾。

同时根据 X 射线探伤机的工作原理可知，本项目 X 射线探伤机在进行放线、摆位等流程后，开机即可曝光，不需进行安装。因此，项目在建设阶段对环境影响较小。

### 2.运行阶段污染源项

#### (1) 正常工况下

##### ① 电离辐射

根据 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在 X 射线探伤机开机曝光期间，对工件进行无损探伤时，X 射线对辐射工作人员及监督区周边的其他人员造成影响。

##### ② 废气

本项目使用的 X 射线探伤机最大管电压为 250kV，本项目运行时将产生极少量的臭氧和氮氧化物。

##### ③ 废水

本项目在洗片过程将产生废显（定）影液，根据国家危险废物名录中的危险废物划分类别，本项目所产生的废显（定）影液属于感光材料废物，其废物代码为 900-019-16。

根据建设单位提供的资料，本项目每年平均拍片预计约 6000 张，按洗 1000 张片用 5 加仑（约 20L）显影定影液，本项目运行时现场探伤场所每年产生的废显（定）影液约 120L。

#### ④固体废物

本项目在洗片及评片过程中产生废胶片，根据建设单位提供的资料，每年平均拍片约 6000 张，每年产生废胶片约 300 张（废片率 5%估算）。废胶片属于“国家危险废物名录”中规定的危险废物，其废物代码为 900-019-16。

本项目运行过程中不产生放射性废物。

#### （2）事故工况下

本项目辐射工作场所可能发生以下辐射事故：

①在现场探伤开始前未按规定进行提前公示，人员未事先离开同时清场工作有遗漏或清场工作结束后清场期间不在场的人员返回探伤区域，造成人员未全部撤离，启动设备后导致公众误照射；

②在进行现场探伤时，现场探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区区和控制区，给上述工作人员及公众成员造成误照射；

③工作人员还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照；

④现场探伤时在未照射完毕的情况下，现场探伤工作人员误入控制区给造成误照射；

⑤在警示灯、警戒线和警示标识未发生作用的情况下，人员误入正在运行的射线装置工作场所；

⑥废显（定）影液及废胶片未暂存在指定的地方，随意倾倒或丢弃，对周围环境造成不必要的影响；

⑦探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

根据 X 射线探伤机的工作原理以上可能发生的辐射事故情况可知，本项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。因此，无论在正常或者事故工况下，在开机曝光期间，只有 X 射线是该项目的主要污染因子，对工件进行无损探伤时，X 射线对辐射

工作人员及监督区周边的其他人员造成影响。

仅用于公众参与公示

**表10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**1.工作场所布局和分区**

(1) 工作场所布局

本项目现场探伤地点由被检物体所处的场所决定，航成海事现场探伤地点为船舶建造、修理的企业厂区内，一般在河岸、江岸、海岸等较为空旷地段。

在开展现场探伤时，充分利用地形、建筑物等对 X 射线的阻挡或屏蔽，尽可能减少 X 射线影响范围；在摆位时出束方向尽可能避开人员活动的区域；工作人员的操作位尽可能设置在可阻挡或屏蔽 X 射线的物体后，利用物体减少 X 射线剂量。

(2) 工作场所分区为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中“6.4 辐射工作场所的分区：应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。”、“6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区。”和“6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。”

结合本项目辐射防护以及环境情况的特点，将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；将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的区域分为监督区。本项目具体的辐射防护分区划分情况见表 10-1。

**表 10-1 本项目辐射工作场所分区**

序号	辐射工作场所	控制区	监督区
1	X 射线现场探伤工作场所	周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内划为控制区	应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围划为监督区

本项目所涉及的辐射工作场所，根据本项目周边的实际情况以及巡测的结果进行分区，优于《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中的分区要求，该单位现场探伤工作时在按照本评价提出的分区进行划分时，对监督区外环境人员造成影响较小。

**2.工作场所辐射安全和防护**

为确保辐射工作场所内的辐射工作人员工作环境和外部环境安全，以及避免辐射事故的发生，该单位对辐射工作场所设置多重安全防护措施，具体如下：

① 警示标识和警示通告

现场探伤时拟在监督区边界外悬挂电离辐射警示标识并附“当心电离辐射”中文警示说明，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，同时现场探伤工作前，提前对现场探伤场所周围发出通告，告知周围工作人员在现场探伤时间内不要进入该区域内。

#### ②控制台

I 设置有 X 射线管电压及高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。

II 设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

III 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。

IV 设置紧急停机开关。

VI 设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

#### ③连接电缆

控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆长度为 25m，备用电缆线长度为 30m。

#### ④警示设备

拟为 X 射线现场探伤工作场所配备红色警示灯，安放于控制区边界外，进行现场探伤工作时红色警示灯闪烁并发出警报声音，拟配备至少 12 个磁吸式闪烁声光警示装置；拟配备有提示“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”信号有明显的区别且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别），警示信号指示装置与探伤机联锁。

#### ⑤警戒线

拟为现场探伤工作场所配备警戒线（每台探伤机配备长度大于 500m），进行现场探伤工作时，使用警戒线将监督区围起来，阻止其他无关人员进入。

#### ⑥监测设备及其他防护用品

该单位拟为 6 名辐射工作人员配备 6 枚个人剂量计，拟配备 6 台个人剂量报警仪（具备实时测量剂量率和累计剂量功能），以便提示剂量超出设定安全阈值；拟配备 3 台 X-γ 辐射检测仪以用于现场探伤时巡测划定防护区域及日常检测，拟配铅服、备扩音器、对讲机、直准器及大于 2mm 的铅板等。本项目拟配备防护设备、用品数量详见表 10-2 拟配备设备仪器及防护用品。

⑦探伤机存放及使用（管理）要求

每次探伤作业完毕后，必须将探伤机及时回库归库，确保射线机处于安全状态，拟设置双人双锁，钥匙有专人保管，已制定探伤机使用台账制度，对探伤机去向、状态均进行记录。

⑧废显（定）影液及废胶片管理要求

拟设置防渗漏、防腐蚀、耐酸的专用桶分开收集废显（定）影液与废胶片，已制定危废台账，对废显（定）影液及废胶片去向、状态均进行记录，拟建设通风良好且满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）要求危险废物暂存间。

表 10-2 拟配备设备仪器及防护用品一览表

序号	名称	数量	备注
1	铅服	≥3 套	应急使用，包含铅衣、铅裤、铅手套、铅围裙、铅围脖。
2	磁吸式闪烁声光警示装置	≥12 个	/
3	红色声光报警灯	≥12 个	/
4	有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置	≥12 个	与探伤机联锁
5	电离辐射警示标识	≥6 个	/
6	警戒绳	≥500m	/
7	对讲机	≥6 台	/
8	扩音器	≥3 个	/
9	展板	≥6 个	/
10	个人剂量报警仪	≥6 台	/
11	X-γ 辐射监测仪	≥3 台	/
12	个人剂量计	6 枚	/
13	直准器及大于 2mm 的铅板	/	/
14	备用电话线	约 30m	/

(3) 其他放射防护要求

①X 射线现场探伤作业准备要求

I 在实施现场探伤工作前，运营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。

II 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名操作工作人员，1 名巡视安全员。

III 应考虑现场探伤工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如固定式报警仪等）。

IV 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，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。委托方应给予探伤工人充足的时间，确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

V 探伤工作工作前还应对探伤机检查和维护，建立设备管理台账，建立探伤机交接制度，对探伤机进库和出库严格控制，防止探伤机丢失或被盗。

### ②X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

I 开始现场探伤之前，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。

II 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，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。

III 在试运行（或第一次曝光）期间，根据使用探伤机的型号及最大管电压选择适当的工作场所防护范围（不同类型的探伤机对应的控制区和监督区建议防护距离见表 10-3），并确保防护范围内无公众成员，用单位配备的 X- $\gamma$  辐射检测仪来巡测设置控制区边界（15 $\mu$ Gy/h）和监督区边界（2.5 $\mu$ Gy/h），并在现场探伤场所四周设置警戒线、警示灯和警示标识；

表 10-3 本项目对应的控制区和监督区建议防护距离

射线方向	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	控制区边界距探伤机最 近距离 (m)	监督区边界距探伤机 最近距离 (m)
定向	250	5	37	102

本表为结合本项目设备情况根据估算及类比结果的得参数。

IV 现场探伤的每台探伤机应至少配备 1 台 X- $\gamma$  辐射检测仪。开始探伤工作前，应对 X- $\gamma$  辐射检测仪进行检查，确认 X- $\gamma$  辐射检测仪能正常工作。现场探伤工作期间，X- $\gamma$  辐射检测仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

V 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量报警仪需要设定安全阈值（不大于 2.5 $\mu$ Gy/h）。个人剂量报警仪不能替代 X- $\gamma$  辐射检测仪，两者均应使用。

### ③X 射线探伤机照射参数选择及方向选定要求

I 根据检测任务要求，在满足检测要求或质量要求条件下，选定最小适用电压开展检测作业，禁止采用不适合的高压作业。

II 根据现场探伤地点周边地形、人员驻留情况及建筑物等内容结合检测任务要求，选定照射方向，照射方向以避开居民区或人员驻留区域为原则，照射方向以向水

岸边为宜，配备直准器及采用 2mm 铅板进行屏蔽。

### 3. 辐射安全和防护分析

为进一步分析辐射安全和防护措施符合性，将本项目的辐射安全和防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关内容进行了对照，详见表 10-4。

**表 10-4 辐射安全和防护措施符合性对照表**

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关内容（节选X射线探伤部分）	本项目辐射安全和防护措施情况	符合情况
4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	/	/
4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。	成立了辐射防护领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作；同时制定了相关管理制度	符合
4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ128的要求进行个人剂量监测，按GBZ98的要求进行职业健康监护。	该单位拟为6名辐射工作人员配备6枚个人剂量计，拟开展职业健康体检	项目建成后实施
4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合GB/T9445要求的无损探伤人员资格。	6名辐射工作人员均取得符合GB/T9445要求的无损探伤人员资格	符合
4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	该单位拟配备6台个人剂量报警仪，以便提示剂量率并设定安全阈值，拟配备6台直读式剂量计；拟配备3台X-γ辐射检测仪	符合
4.6 应制定辐射事故应急预案。	已制定辐射事故应急预案	符合
5.1.2 工作前检查项目、5.1.3 X射线探伤机的维护	建立了台账制度、检修维护制度等	符合
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）。	在实施现场探伤工作前，建设单位会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	符合
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	本项目为每次现场探伤工作配备三名工作人员以上，其中指定1名为安全员；本项目拟配备6名人员	符合
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。	周围剂量当量率大于15μSv/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2.5μSv/h的范围划为监督区；并在相应的边界设置警示线、警示标识和警示灯	符合
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。	周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区	符合
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	拟在控制区边界外悬挂“禁止进入X射线区”警示牌，同时现场探伤工作前，提前对现场探伤场所周围发出通告，告知周围工作	符合

应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。	人员在现场探伤时间内不要进入该区域内的	
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。	拟为现场探伤工作场所配备警戒线，进行现场探伤工作时，使用警戒线将监督区围起来，阻止其他无关人员进入	符合
7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式X-γ剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。	本项目拟配备3台X-γ辐射监测仪、6台个人剂量报警器	符合
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。	X射线现场探伤作业的边界巡查与监测提出来巡测确定控制区、监督区边界的要求。	符合
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。	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；现场探伤时在监督区边界外悬挂电离辐射警示标识并附“当心电离辐射”中文警示说明，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌	符合
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。	现场探伤地点为船舶建造/修理的企业厂区内，一般在河岸、江岸、海岸等较为空旷地段，无上层或下层的人员通过楼梯等场所	符合
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。	拟配备磁吸式闪烁声光警示装置和红色声光报警灯；拟配备“预备”信号和“照射”信号有明显的区别且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警示信号指示装置与探伤机联锁	符合
7.3.3 X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。		符合
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		符合
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	现场探伤时拟在监督区边界外悬挂电离辐射警示标识并附“当心电离辐射”中文警示说明，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，同时现场探伤工作前，提前对现场探伤场所周围发出通告，告知周围工作人员在现场探伤时间内不要进入该区域内	符合
7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区	本项目拟配备安全员，开始现场探伤之前，探伤工作人员（安全员）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	符合
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。	控制区的范围清晰可见，工作期间有良好的照明，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时，安排足够的人员进行巡查	符合
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	在试运行（或第一次曝光）期间，根据使用探伤机的型号及最大管电压选择适当的工作场所防护范围，并确保防护范围内无公众	符合

边界。	成员,用单位配备的 X-γ 辐射检测仪来巡测设置控制区边界 (15μGy/h) 和监督区边界 (2.5μGy/h), 并在现场探伤场所四周设置警戒线、警示灯和警示标识	
7.4.4 开始移动式探伤工作之前,应对便携式X-γ剂量率仪进行检查,确认能正常工作。在移动式探伤工作期间,便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态,防止射线曝光异常或不能正常终止。	本项目拟配备 3 台辐射巡测仪,开始探伤工作之前,对剂量仪进行检查,确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间,便携式测量仪应一直处于开机状态,防止 X 射线曝光异常或不能正常终止	符合
7.4.5 移动式探伤期间,工作人员除进行常规个人监测外,还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式X-γ剂量率仪,两者均应使用。	本项目拟配备 6 台个人剂量报警器、6 枚直读式剂量计	符合
7.5.1.1 周向式探伤机(本项目不涉及)用于移动式探伤时,应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器(仅开定向照射口)。	本项目拟开展现场探伤作业工作前均进行清场,并划定分区管理,本项目为定向 X 射线探伤机,拟备有准直器,同时采用铅板进行局部屏蔽	符合
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。	本项目探伤机操作位拟设置在非主射方向,同时探伤机具备延时曝光和远程控制曝光功能,辐射工作人员退至安全区并在安全区使用远程控制器控制曝光	符合

#### 4.本项目环保投资预算

表 10-5 环保投资一览表

序号	类别	环保措施	投资金额(万元)
1	辐射场所清场、告示措施	扩音器、白板等	0.2
2	警示标识、警戒绳	辐射工作场所悬挂电离辐射警示标识,警戒绳等	0.5
3	声光报警装置	声光报警提示警示设备	0.5
4	对讲装置	辐射工作人员现场及时通讯设备	0.5
5	人员安全与防护	为辐射工作人员配备个人剂量计;并配备了铅服等辐射防护用品	1.5
6	检测、报警设备	配备个人剂量报警仪、X-γ 辐射监测仪	4
7	人员培训	安排辐射工作人员参加辐射安全防护专业知识及法律法规的考核	0.5
8	辐射防护安全制度	制定一套完善的辐射管理规章制度文件,并严格实施,并将部分文件张贴上墙	0.8
9	危废处置	设置危废暂存间、委托有资质单位对废显(定)影液及废胶片进行回收处置	2.5
合计			11

#### 5.项目安全设施可行性

本项目现场探伤工作场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性

同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关文件的要求。

综上所述，本项目辐射工作场所采用的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施设计是合理可行的。

### 三废的治理

#### 1. 电离辐射

根据 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。因此，在开机曝光期间，X 射线是该项目的主要污染因子。

在 X 射线探伤机开机曝光期间，对工件进行无损检测时，X 射线对辐射工作人员及监督区周边的其他人员造成影响。

#### 2. 废气

本项目现场探伤场所在厂区内进行，本项目运行时产生的极少量的臭氧和氮氧化物直接排入到空气中，对周围辐射工作人员及其他人员的影响较小。

#### 3. 废水

本项目在现场探伤过程中所拍胶片，全部带回单位洗片室处理，在洗片过程将产生废显（定）影液，废显（定）影液使用专用桶（具备防腐防渗功能）收集后暂存于危废暂存间，暂存到一定量时，最终统一交由有资质单位回收处置（根据实际产生量选择半年或一年一次）。

#### 4. 固体废物

本项目在现场探伤过程中所拍胶片，全部带回单位洗片室处理，洗片过程中产生的废胶片暂存于危废暂存间，暂存到一定量时，最终统一交由有资质单位回收处置（根据实际产生量选择半年或一年一次），拟签订危废回收处置协议。

#### 5. 危废间

拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）要求危险废物暂存间，要求如下：a 地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造，建筑材料必须与危险废物相容；b 必须有泄漏液体收集装置、气体导出口及气体净化装置；c 设施内要有安全照明设施和观察窗口；d 用以存放装载液体、半固体危险废物容器的地方，必须有耐腐蚀

的硬化地面，且表面无裂隙；e 应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量或总储量的 1/5；f 不相容的危险废物必须分开存放，并设有隔离间隔断。

仅用于公众参与公示

**表11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目工程量小，施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对周围环境有影响。建设单位应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，减小因本项目建设对其他工作的影响。由于本项目对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

**(1) 噪声影响分析及污染防治措施**

本项目施工期间，各种机械产生较大的噪声，而施工场地紧邻周围建筑物，会造成周围一定范围内的噪声影响。施工期间产生的噪声具有阶段性、临时性和声源不固定性，因此，只要施工单位采取有效的噪声污染防治措施，本项目施工期间对周围声环境产生的影响可减小到最低程度。

为减小施工期间对周围环境的噪声影响，施工单位应做到以下几点：场外运输作业尽量安排在白天进行；尽可能选取噪声低、振动小、能耗小的先进设备；保持设备处于正常工况，减小噪声的排放；加强施工区内动力设备管理，将可固定地点的机械设置在临时建筑房内作业，使较强声源尽可能远离周围建筑物。

**(2) 废气影响分析及污染防治措施**

本项目施工期间因建筑材料运输等施工活动会产生二次扬尘。但本项目工程量小，施工期短，对周围敏感点的影响有限，在可接受范围内。本项目建设阶段不会产生化学有毒物如油漆中有毒物（苯及苯系物）电焊产生的有毒物（氮氧化物、烟尘）。

**(3) 废水影响分析及污染防治措施**

本项目施工期间产生的废水主要为施工人员产生的少量生活污水。施工人员生活污水依托现有的排水系统和污水处理设施，处理达标后进入市政污水管网。采取以上措施后，在施工中可大量减少地表水污染，对环境的影响是可以接受的。

**(4) 固体废弃物影响分析及污染防治措施**

施工期产生的固体废弃物主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废弃物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。生活垃圾经均依托现有的设施处理。施工单位认真落实上述措施后，对环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**1. 辐射环境影响分析**

### (1) 辐射工作场所辐射影响分析

为了全面了解福州航成海事工程有限公司工业 X 射线探伤机开展现场探伤工作对周围环境及人员影响的范围和程度，本评价采用理论计算和类比监测进行辐射环境影响分析。

#### ①主射方向的控制区和监督区划定

依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的计算公式对 X 射线探伤机运行时的影响进行分析，本项目现场探伤使用的 X 射线探伤机最大管电压分别为 250kV 和 200kV，探伤机的控制区和监督区估算如下：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-1)$$

在式中：

$\dot{H}$ —关注点剂量率，控制区为  $15 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，监督区为  $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据建设单位提供的资料，本项目使用的 X 射线探伤机 X 射线过滤条件均为 3mm 铝，依据 GBZ/T250-2014 中附录表 B.1 可知管电压为 250kV 时  $H_0=13.9 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，管电压 200kV 时  $H_0=8.9 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

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)， $I=5\text{mA}$ ；

B—屏蔽透射因子， $B=10^{-(X/\text{TVL})}$ ，X 为屏蔽材料厚度，TVL 为什值层；考虑工件屏蔽作用，根据《辐射防护与安全管理》P78 表 5-1，电压为 200kV 时 5.5mm 铁板等效于 0.5mm 铅板，电压为 270kV 时 12mm 铁板等效于 1mm 铅板，因此对于 200kV 探伤机取  $B=10^{-(0.5/1.4)}=0.4394$ ，对于 250kV 探伤机取  $B=10^{-(1/2.9)}=0.4520$ ；

R—辐射源点（靶点）至关注点处的距离，m。

表 11-1 主射方向控制区及监督区边界估算结果一览表

最大管电压	场所	输出量 $H_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ )	关注点剂量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )	最大管电流 I (mA)	屏蔽透射因子 B	距离 R (m)	
250kV	控制区	834000	15	5	0.4520	354.49	
	监督区	834000	2.5	5	0.4520	868.33	
2mm 铅板 屏蔽	250kV	834000	控制区	15	5	0.0924	160.24
	监督区		2.5	5	0.0924	392.52	

通过表 11-1 得，在主射方向上，未采用 2mm 铅板进行屏蔽的情况下，使用 250kV 探伤机工作时控制区的距离为 354.49m，监督区的距离为 868.33m；在采用 2mm 铅板进

行屏蔽的情况下，使用 250kV 探伤机工作时控制区的距离为 160.24m，监督区的距离为 392.52m。

为了使控制区的范围尽量小，建议建设单位在进行现场探伤时采用 2mm 铅板进行屏蔽。

## ②非主射方向（非操作位方向）控制区和监督区的划定

### I 漏射线影响的控制区和监督区的划定（与主射线反方向）

在实际探伤过程中，定向探伤机的主束射方向所检查的工件，射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束大部分被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格利用辐射监测仪将 X 射线现场探伤工作场所周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；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，严禁公众成员进入该区域。

本项目 X 射线现场探伤设备的最大管电压分别为 250kV，根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中 3.1.1.5 中规定的：当 X 射线探伤机的管电压大于 200kV 时，要求距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h，根据《放射防护实用手册》(主编赵兰才、张丹枫) 6.1.2 相关内容“距离平方反比定律”可按公式 11-1 可以估算出不同距离漏射线的空气比释动能率，详见见表 11-2。

$$H = H_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 \quad (11-2)$$

式中：H—关注点距 X 射线管固定距离 r 米处的空气比释动能率，mGy/h；

H<sub>0</sub>—距 X 射线管固定距离 r<sub>0</sub>=1 米处的空气比释动能率，5mGy/h；

表 11-2 探伤机管电压大于 150kV 且小于等于 200kV 和距离 r (m)	1	5	13	18.3	32	44.8
管电压大于 200kV 时，漏射线的空气比释动能率 H (μGy/h)	<5000	<200	29.59	14.93	4.88	2.49

根据估算结果可知，在使用电压为 250kV 的探伤机开展现场探伤工作时，非主射方向须划定控制区为离 X 射线探伤机 18.3m 的区域，监督区为离 X 射线探伤机 44.8m 的区域。

### II 散射线影响的控制区和监督区的划定

$$\text{屏蔽透射因子: } B = \frac{H_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (11-3)$$

式中：

B—屏蔽透射因子，对于散射线无工件屏蔽，B=1。

$\dot{H}_c$ —关注点剂量率参考控制水平，单位是  $\mu\text{Sv/h}$ 。

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位是 m。

$R_0$ —辐射源点（靶点）至检测工件距离，单位是 m，此处取 1m。

F— $R_0$  处辐射野面积，单位是  $\text{m}^2$ 。

$\alpha$ —散射因子，由于本项目探伤机圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为  $40^\circ$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的 B.4.2，可将公式（11-3）中  $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$  的值取为 50（200kV）。

表 11-3 散射线控制区及监督区边界估算结果一览表

最大管电压	场所	输出量 $H_0$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ )	关注点剂量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )	最大管电流 I (mA)	屏蔽透射因子 B	距离 R (m)
250kV	控制区	834000	15	5	1	74.57
	监督区	834000	2.5	5	1	182.65

通过表 11-3 得，在散射线向上（非主射线中心轴方向），使用 250kV 探伤机工作时控制区的距离为 74.57m，监督区的距离为 182.65m。

根据探伤机工作条件可知，本项目定向探伤机监督区和控制区应按照主射方向和非主射方向进行划定。

### ③非主射方向（操作位方向）控制区和监督区的划定

由于本项目采用的工业 X 射线探伤机均为定向机，因此，主射方向的反方向是理想的操作位设置区域，而该区域存在泄漏和散射两种射线，需要进一步分析在操作位方向上的控制区和监督区的距离划定。

为保护辐射工作人员安全建议在操作位处设置大于 2mmPb 的材料进行防护，在采用屏蔽体防护时控制区及监督区划分见表 11-4。

表 11-4 非主射方向（操作位方向）的控制区及监督区边界估算结果一览表

射线类型	最大管电压	场所	关注点剂量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ )	最大管电流 I (mA)	屏蔽透射因子 B	距离 R (m)
泄漏	250kV	控制区	15	5	0.2043	8.25
		监督区	2.5	5	0.2043	20.21
散射	250kV	控制区	15	5	0.2043	33.71
		监督区	2.5	5	0.2043	82.56

根据表 11-4 可知，在泄漏射线区域（主射辐射的同轴反方向上）设置操作位较合适，

在采取屏蔽措施的条件下，控制区边界建议划在 8.25m 处，监督区边界建议划在 20.21m 处。

#### ④类比监测结果及评价

为了更加全面了解福州航成海事工程有限公司工业 X 射线探伤机开展现场探伤工作对周围环境及人员影响的范围和程度，采用类比分析的方法对 X 射线探伤机运行时现场探伤周边的环境辐射空气吸收剂量率进行预测。

采用 2014 年 11 月 24 日湖北君邦环境技术有限责任公司环境检测实验室对与本项目探伤工作场所相似，所用探伤机电压等级、电流等级相同的中国葛洲坝集团机械船舶有限公司现场探伤工作场所在探伤机运行时的辐射水平监测报告进行类比分析。类比检测报告见附件 5。

表 11-5 福州航成海事工程有限公司与中国葛洲坝集团机械船舶有限公司现场探伤工作场所对比表

项目名称	福州航成海事工程有限公司拟建现场探伤场所	中国葛洲坝集团机械船舶有限公司现场探伤工作场所	对比
所用探伤机	XXG-2505 型 X 射线探伤机（定向）	XXQ-2505 型 X 射线探伤机（定向）	能量相同
辐射安全防护措施	①拟配备 3 台 X-γ 辐射检测仪；②现场探伤时将大于 15μSv/h 的区域划分为控制区，将大于 2.5μSv/h 的区域划分为监督区；③拟配备警戒线、警示灯、警示标牌等警示设备，拟配备扩音器等声音提示装置；④拟配备 6 台个人剂量报警仪。	①拟购买 1 台 X 辐射监测仪用于日常监督；②现场探伤时将大于 15μSv/h 的区域划分为控制区，将大于 2.5μSv/h 的区域划分为监督区；③在探伤现场设置了警戒线、警示灯等并派专人巡逻；④配备了 3 台个人报警仪。	相似
四周状况	现场探伤点四周为工业用地	探伤点四周为工业用地	相似

由表 11-5 可知，福州航成海事工程有限公司与中国葛洲坝集团机械船舶有限公司现场探伤工作场所相似，中国葛洲坝集团机械船舶有限公司已取得辐射安全许可证，证书编号为：鄂环辐证 E[0252]。

在中国葛洲坝集团机械船舶有限公司现场探伤点（使用 XXQ-2505）监督区等处设置了 42 个监测点位监测探伤机运行时 X 射线现场探伤场所周围的 X 辐射空气吸收剂量率。监测结果见表 11-6。

表 11-6 中国葛洲坝集团机械船舶有限公司 X 射线现场探伤场所周边辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测地点	监测平均值 (μGy/h)	监测工况
1	操作位（约 35m）	3.9	名称：X 射线探伤机 型号 XXQ-2505 最大管电压：250kV 最大管电流：5mA 工作电压：220kV
2	西侧控制区边界（约 15m）	14.1	
3	西南侧控制区边界（约 14m）	13.1	
4	南侧控制区边界（约 10m）	13.5	
5	东南侧控制区边界（约 23m）	13.1	

6	东侧控制区边界厂区道路旁（约 22m）	14.5	工作电流：5mA 射线方向：东北
7	东北侧控制区边界厂区道路旁	14.6	
8	东北侧控制区边界（约 37m）	14.8	
9	北侧控制区边界（约 30m）	14.4	
10	西北侧控制区边界仓库旁（约 33m）	13.6	
11	西北侧控制区边界	13.3	
12	西侧监督区边界（约 35m）	2.3	
13	辐射工作人员躲避处（约 40m）	0.56	
14	西南侧监督区边界	2.3	
15	南侧监督区边界（约 52m）	2.4	
16	东南侧监督区边界（约 55m）	2.3	
17	东南侧监督区边界厂区道路旁（约 70m）	2.2	
18	东侧监督区边界厂区道路旁（约 50m）	2.4	
19	东北侧监督区边界厂区道路旁	2.3	
20	东北侧监督区边界（约 102m）	2.2	
21	北侧监督区边界（约 90m）	2.1	
22	西北侧监督区边界仓库旁（约 80m）	2.2	
23	西北侧监督区边界	2.1	
24	西南侧监督区外空地	0.20	
25	东北侧控制区外监督区内约 80m 处	0.51	
26	东北侧监督区外警戒线处	0.67	
27	北侧监督区外警戒线处	0.45	
28	西北侧监督区外警戒线处	0.50	
29	西北侧监督区外办公楼前	0.55	
30	西北侧监督区外库房前	0.31	
31	西北侧监督区外警戒线处	0.60	
32	西北侧监督区外厂区道路	0.32	
33	西侧监督区外厂区道路	0.40	
34	西南侧围墙旁（约 78m）	0.25	
35	南侧监督区外围墙旁	0.45	
36	东南侧监督区外厂区道路	0.47	
37	东南侧监督区外配电房前	0.45	
38	东南侧围墙旁	0.57	
39	东南侧库房前	0.30	
40	东侧约 107m 处成品区	0.30	
41	东侧厂区道路	0.16	
42	东北侧监督区外约 100m 处	0.20	

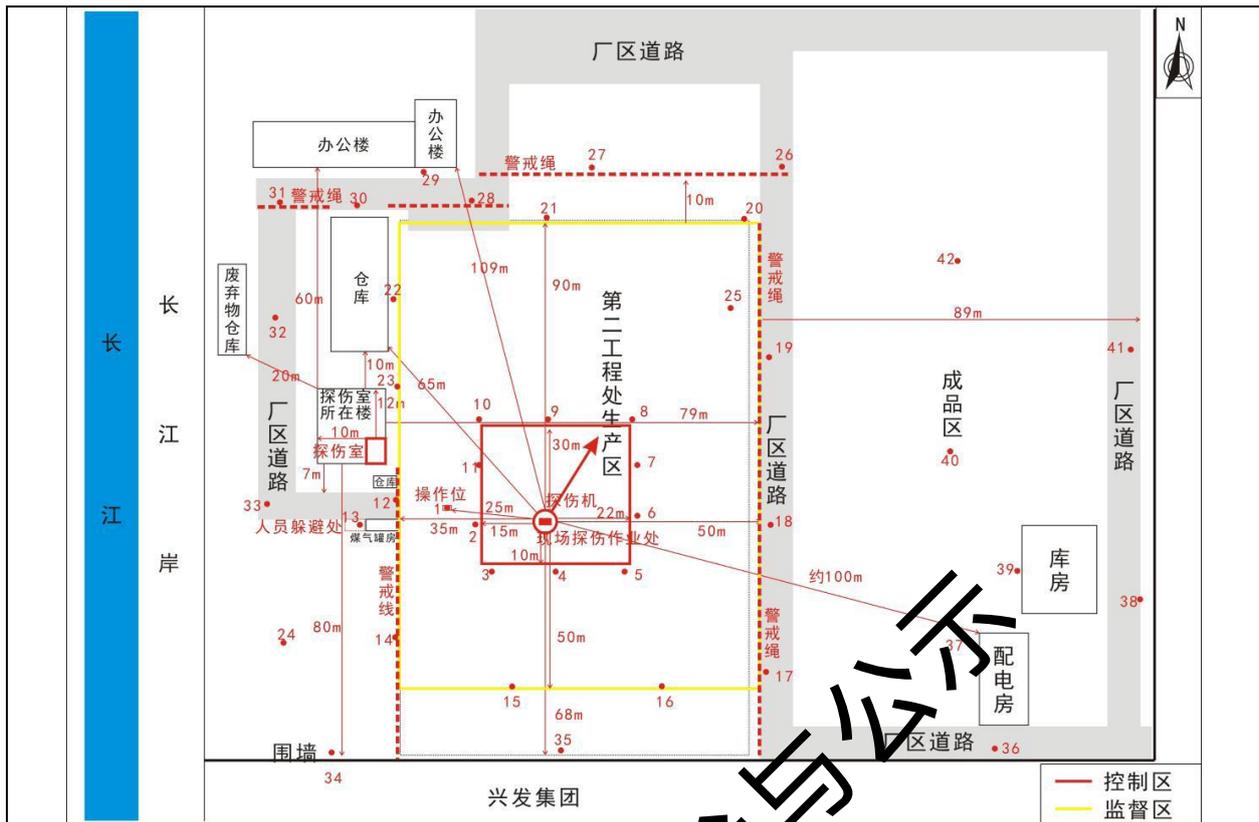


图 11-1 中国葛洲坝集团机械船舶有限公司类比监测点位图

由表 11-6 的监测结果可知，中国葛洲坝集团机械船舶有限公司在使用 XXQ-2505 型探伤机开展现场探伤时现场探伤工作场所控制区周边辐射空气吸收剂量率监测平均值在 13.1~14.8 $\mu$ Gy/h 之间，监督区周边辐射空气吸收剂量率监测平均值在 0.16~2.4 $\mu$ Gy/h 之间，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于控制区及监督区的划分要求。

由表 11-6 及图 11-1 得，中国葛洲坝集团机械船舶有限公司在使用 XXQ-2505 型探伤机开展现场探伤时现场探伤工作场所控制区及监督区边界距离见表 11-7。

表 11-7 中国葛洲坝集团机械船舶有限公司现场探伤的控制区和监督区划定距离

射线方向	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	有用线束方向		非有用线束方向	
			控制区边界距探伤机最近距离 (m)	监督区边界距探伤机最近距离 (m)	控制区边界距探伤机最近距离 (m)	监督区边界距探伤机最近距离 (m)
定向	250	5	37	102	10	35

根据表 11-1~表 11-4 及表 11-7 得，可取估算中监督区边界距探伤机的最近距离作为本项目控制区最小距离，取类比项目中监督区边界距探伤机的最近距离作为本项目监督区距离，本项目探伤机对应的控制区和监督区划定参考距离见表 11-8。

**表 11-8 本项目对应的控制区和监督区划定参考距离**

射线方向	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	控制区边界距探伤机最 近距离 (m)	监督区边界距探伤机最 近距离 (m)
定向	250	5	37	102

**小结：**结合理论计算和类比监测结果分析，在 X 射线探伤机工作时，其周围的 X-γ 辐射剂量率还有散射线的贡献，散射线的 X 射线剂量率与 X 射线探伤机本身、周围的物体、地形等诸多因素有关，同时实际使用电压级别低于理论计算用值，对应的检测工件厚度也会比理论计算采用的厚度大，用纯理论难以准确估算，一般需要仪器直接测量，并且具体探伤时，射线大部分被工件屏蔽，因此实际划定的控制区及监督区均应比理论计算值要小。因此，各项防护措施严格落实到位后，巡视安全员可根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用辐射监测仪对控制区和监督区边界进行巡测并修正，周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入；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，禁止非辐射工作人员进入。在初步划定并标志出控制区和监督区边界时，可参考表 11-8 进行初步划定，操作位应设置在泄漏射线区域（主射辐射的同轴反方向上），同时，主射方向以避开居民区或人员驻留区域为原则，主射方向以下或者向水岸边为宜，采用直准器进行控制射线照射方向，采用 2mm 铅板进行屏蔽；按照以上要求进行控制区监督区划分，本项目可满足《工业操作放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求的将 X 射线现场探伤工作场所周围剂量当量率大于 15μSv/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 2.5μSv/h 的范围划为监督区。

**(2) 年有效剂量估算**

本评价按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年附加剂量采用下式进行计算：

本评价采用以下进行估算：

$$D=TH/1000 \quad (11-4)$$

式中：

D——年受外照的剂量，mSv；

H——照射剂量率，μSv/h；

T——受照射时间，h/a·人， $T=t \times U$ ，t 为射线装置出束时间，U 为居留因子，辐射工作人员的居留因子取 1，公众成员的居留因子取 1/8。

受照射时间以航成海事提供的目前探伤机最大照射时间进行估算。本项目建设单位使用 3 台 X 射线探伤机。所使用的 X 射线探伤机工作通常是间断进行的，每次平均曝光时间 2min，单次最大曝光时间为 5min。根据计算，本项目 X 射线探伤机年工作量最多为 3200 次（全年探伤次数，为使用所有型号探伤机开展探伤的总次数），则最大年照射时间（年所有探伤机曝光总时间）约为 267h，即辐射工作人员受照射时间为 267h。

结合该单位实际情况做保守估算：该单位开展现场探伤作业时，至少配备 2 名操作人员，X 射线探伤机有延时开机功能（1~2 分钟），操作人员在开机后马上退至控制区外（该处辐射剂量率低于 15 $\mu$ Sv/h，采用类比项目中东北侧控制区边界（约 37m）处监测值 14.8 $\mu$ Sv/h 进行估算），根据公式 11-4 估算出该辐射工作人员的年有效剂量约为 1.98mSv。该单位现场探伤作业一般安排在晚上，现场其他非辐射工作人员下班后进行，因此，只要根据本报告提出的辐射防护要求严格进行控制区和监督区的划分管理，切实落实警戒线、警戒灯的放置工作及巡检工作，现场探伤时监督区内不会有其他的公众成员，保守按照偶然居留对居留因子进行取值，居留因子可取 1/8。因此，公众成员年有效剂量估算可取监督区边界值（小于 2.5 $\mu$ Sv/h，保守按 2.5 $\mu$ Sv/h 估算）进行估算，公众成员受照时间根据人员居留情况进行取值，可取辐射工作人员受照射时间 1/8 进行计算。

表 11-9 辐射剂量计算结果

保护目标		剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	照射时间 t (h)	居留因子 U	受照射时间 (h/a)	年剂量 (mSv)
现场探伤	辐射工作人员	14.8	267	1	267	3.952
	公众成员	2.5	267	1/8	34	0.085

根据剂量估算结果，福州航成海事工程有限公司辐射工作人员年有效剂量最大值为 3.952mSv，周围公众成员年有效剂量最大值为 0.085mSv。因此本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众成员的年有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众成员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的剂量约束值 5mSv/a 和公众成员剂量约束值 0.25mSv/a 的要求。

## 2.三废治理措施后的环境影响分析

### （1）电离辐射

根据 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。本项目在采取对探伤工作场所分区、

配备警示设施及个人剂量计等相关辐射安全防护措施后，对周围环境的影响较小。

### (2) 废气

本项目运行时产生极少量的臭氧和氮氧化物，本项目现场探伤场所均选择在空旷的野外或厂区内进行，本项目运行时产生的极少量的臭氧和氮氧化物直接排入到空气中，对周围环境的影响较小。

### (3) 废水

本项目在现场探伤过程中所拍胶片，全部带回单位洗片室处理，在洗片过程将产生废显（定）影液，该单位在采取“洗片过程中产生的废显（定）影液使用专用桶（具有防酸，防腐功能）收集后暂存于危废暂存间，最终统一交由有资质单位回收处置”的措施后，对周围环境的影响较小。

### (4) 固体废物

本项目在现场探伤过程中所拍胶片，全部带回单位洗片室处理，在洗片及评片过程中产生废胶片，该单位在采取“洗片过程中产生的废胶片暂存于危废暂存间，最终统一交由有资质单位回收处置”等措施后，对周围环境的影响较小。

## 事故影响分析

本项目辐射工作场所可能发生的辐射事故为：

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

(2) 工作人员还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照；

(3) 现场探伤时还未照射完毕的情况下，现场探伤工作人员误入控制区给造成误照射；

(4) 在警示灯、警戒线和警示标识未发生作用的情况下，人员误入正在运行的射线装置工作场所；

(5) 废显（定）影液及废胶片未暂存在指定的地方，随意倾倒或丢弃，对周围环境造成不必要的影响；

(6) 探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度》（原国家环境保护总局 环发<2006>145 号

文件)等相关规定,发生辐射事故时,生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案,采取应急措施,并立即向当地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。针对现场探伤工作场所可能发生的辐射事故,本项目采取的预防措施如表 11-10。

表 11-10 本项目采取预防措施

序号	辐射工作场所	可能产生的辐射事故	采取的预防措施
1	现场探伤工作场所	在进行现场探伤时,现场探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区和控制区,给上述工作人员及公众成员造成误照射	<ul style="list-style-type: none"> <li>①本项目设置有巡视安全员进行巡逻清场</li> <li>②现场探伤时拟在监督区边界外悬挂电离辐射警示标识并附“当心电离辐射”中文警示说明,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,同时现场探伤工作前,提前对现场探伤场所周围发出通告,告知周围工作人员在现场探伤时间内不要进入该区域内</li> <li>③拟为现场探伤工作场所配备警戒线,进行现场探伤工作时,使用警戒线将监督区围起来,阻止其他无关人员进入</li> <li>④拟配备“预备”信号和“照射”信号有明显的区别且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别的有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,警示信号指示装置与探伤机联锁</li> </ul>
2		工作人员或公众还未全部撤离控制区,工作人员启动设备,造成有关人员被误照	<ul style="list-style-type: none"> <li>①本项目设置有巡视安全员进行巡逻清场</li> <li>②制定了详细的现场探伤操作规程(流程)</li> <li>③控制台设有紧急停机装置能及时停止出束或切断电源</li> <li>④拟配备“预备”信号和“照射”信号有明显的区别且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别的有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,警示信号指示装置与探伤机联锁</li> </ul>
3		现场探伤时,在未照射完毕的情况下,现场探伤工作人员误入控制区给工作人员造成误照射	<ul style="list-style-type: none"> <li>①制定了详细的现场探伤操作规程(流程)</li> <li>②当发现人员误入时可立即切断电源</li> <li>④拟配备“预备”信号和“照射”信号有明显的区别且与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别的有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,警示信号指示装置与探伤机联锁</li> </ul>
4		在警示灯、警戒线和警示标识未发生作用的情况下,人员误入正在运行的射线装置工作场所	<ul style="list-style-type: none"> <li>①本项目设置有巡视安全员进行巡逻清场</li> <li>②当发现人员误入时可立即切断电源</li> </ul>

		所	
5		废显（定）影液及废胶片未暂存在指定的地方，随意倾倒或丢弃，对周围环境造成不必要的影	<p>①拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001) 要求危险废物暂存间，要求如下：a 地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造，建筑材料必须与危险废物相容；b 必须有泄漏液体收集装置、气体导出口及气体净化装置；c 设施内要有安全照明设施和观察窗口；d 用以存放装载液体、半固体危险废物容器的地方，必须有耐腐蚀的硬化地面，且表面无裂隙；e 应设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量或总储量的 1/5；f 不相容的危险废物必须分开存放，并设有隔离间隔断。</p> <p>②单位规定探伤工作人员需将废显（定）影液、废胶片暂存在危险废物暂存间指定的容器中，严禁将废显（定）影液直接外排，废胶片严禁与生活垃圾或其他垃圾混装，并应定期检查暂存容器是否完好，建立登记台账制度，每次现场探伤均应严格填写该台账，并安排专人负责管理，以确保该污染物不会丢失或泄露，当污染物储存到一定量时，交由有资质单位回收处置；</p> <p>③拟与有资质单位签订废显（定）影液及废胶片处置协议</p>
6		探伤工作结束后，探伤机未存放指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性	制定了《射线装置使用登记制度》，规定了设备的使用登记情况，加强了对射线装置监管和维护。

表12 辐射安全管理

## 辐射安全与环境保护管理机构的设置

### 1.辐射安全与环境保护管理机构

福州航成海事工程有限公司成立了辐射防护领导小组负责辐射安全与环境保护管理工作，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）中规定的：“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。”

领导小组职责：

- (1) 辐射安全许可证的申请、颁发、续发、换发、变更内容。
- (2) 与射线装置设备的引入和场地的新建、改建、扩建均先上报各行政主管部门，取得相应级别行政许可后，方可购入或施工。
- (3) 组织辐射工作人员参加辐射防护相关培训及考核。
- (4) 组织辐射工作人员开展个人剂量检测和职业健康检查，建立人员职业健康档案。
- (5) 定期组织对辐射工作场所进行日常监测，同时按要求每年委托有资质单位对辐射工作场所开展年度监测，并取得相应的监测报告。
- (6) 领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障，并向当地生态环境、卫生健康、公安等主管部门报告。
- (7) 负责单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理，每年12月31日前对单位辐射工作场所进行年度评估，并编制年度评估报告，上交管理部门备案。

### 2.辐射工作人员配置

本项目拟配备5名辐射工作人员，正在招聘中。辐射工作人员待招聘到位后安排参加考核。

因此，本项目辐射工作人员均通过核技术利用辐射防护与安全考核（成绩合格）且取得符合GB/T9445要求的无损探伤人员资格后，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

## 辐射安全管理规章制度

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第17号）及《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）相关规定，福州航成海事工程有限公司制定了《辐射事故应

急预案》、《岗位职责》、《辐射防护和安全管理制度》、《辐射工作人员培训制度》、《职业健康管理规定》等辐射安全管理制度，相关制度见表 12-1。

**表 12-1 福州航成海事工程有限公司已建立的管理制度**

序号	3、17、18 号令要求建立的管理制度	单位对应建立的管理制度
1	辐射防护和安全管理制度	单位制定了《辐射防护和安全管理制度》对单位辐射工作人员职责、探伤工作程序和个人防护做出要求
2	应急预案	单位制定了《辐射事件应急处理预案》，规定了发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。
3	岗位职责	单位制定的《工作人员职责》和《岗位职责》明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任
4	监测计划	单位制定的《辐射环境监测计划》中规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留
5	培训计划	单位制定的《辐射工作人员培训计划》中规定了辐射工作人员必须参加环保部门组织的辐射安全与防护培训，持证上岗，并对内部培训做了要求
6	操作规程	单位制定的《X 射线装置管理制度》、《操作规程》中规定了辐射工作人员操作探伤机的详细流程，能减少辐射事故的发生。
7	设备检修维护制度	单位制定的《设备检修维护制度》中提出了对安全防护设备和探伤机的定期检修和维护要求，能防止因设备损坏造成辐射事故
8	台账制度	单位制定的《废显（定）影液及废胶片登记台账制度》、《设备管理台账制度》中提出了对显（定）影液及胶片使用情况进行记录，探伤机使用情况进行登记
9	职业健康监护制度	单位制定的《个人剂量监测计划、职业健康体检及管理规定》中提出对辐射工作人员个人剂量检测和体检的要求，且档案终身保存
10	辐射工作人员个人剂量档案制度	

单位应严格执行辐射安全管理规章制度，并根据单位的发展，及时对辐射安全管理规章制度进行补充完善，在此基础上单位的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

## 辐射监测

### (1) 环境监测

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 中的相关规定，项目正常运行后，建设单位应该对辐射工作场所周围的环境进行背景监测，不具备自行监测能力的，可以委托具有检测机构资质认证的环境监测机构进行监测。

具体监测方案如下：

- ①监测内容：对该建设单位辐射工作场所四周环境进行辐射水平背景监测。
- ②监测频度：项目正常运行后进行监测，每次开展现场探伤时开展巡测划分区域，

以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对辐射工作场所周围的环境进行监测，重点对辐射工作场所控制区、监督区及周围的人员流动较多的地方进行监测。

④监测项目：X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

#### (2) 场所辐射防护监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第3号)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第18号)中的相关要求，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托具有相应资质的环境监测机构进行监测。并将监测记录资料统计结果及时上报主管部门，以便了解和监护防护设施的运行情况，为主管部门下一步辐射防护决策提供科学技术依据。

#### 具体监测方案如下：

①对该单位射线装置工作场所四周环境进行常规监测。监测数据每年年底向审批部门上报备案。

②监测频度：项目正常运行后进行监测，每次开展现场探伤时开展巡测划分区域，以后每年委托有资质单位进行一次年度监测。

③监测范围：主要对辐射工作场所控制区、监督区及周围进行监测，重点对人员流动较多的地方、操作位等处进行监测。

④监测项目：X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

#### (2) 个人剂量监测

单位严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，拟为6名辐射工作人员配备个人剂量计，单位应进行个人剂量监测(3个月1次)和职业健康体检(1年1次)，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为辐射工作人员长期保存职业照射记录。单位应根据每年的工作人员的变化增加或减少个人剂量计。

表 12-2 本项目辐射监测计划

监测对象	监测点位	监测方案	监测项目	日常监测频率	年度监测频率
现场探伤场所	控制区、监督区及周围人员流动较多的地方、操作位等	实测	X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	每次探伤作业1次	每年1次
辐射工作人员	个人剂量计	实测	累积剂量	每季度1次	每年4次

## 辐射事故应急

### 1、辐射事件应急处理机构与职责

(1) 该单位成立了辐射事件应急处理领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作，领导小组组成如下：

组长：\*\*\*

副组长：\*\*\*

成员：\*\*\*

应急电话： \*\*            应急手机： \*\*\*

(2) 应急处理领导小组职责：

①定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至中心领导层并落实整改措施；

②事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

③负责向单位及时报告事故情况；

④负责辐射性事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

⑤辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

⑥负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

### 2、辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划

(1) 该单位制定的辐射事故应急预案如下：

①发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；应当立即撤离有关工作人员，封锁现场，切断一切可能扩大污染范围的环节。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告；

②依据应急预案，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护监测人员的允许不得进入事故区；

④各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。并编写事故发生的基本情况，原因分析及

处理结果的书面报告报环保部门，凡严重或重大的事故，应向上级主管部门报告。

## (2) 应急人员的培训演习计划

### ① 应急培训

(I) 单位辐射工作人员上岗前应进行辐射安全与防护知识的培训。

(II) 单位将积极开展辐射安全防护知识的内部学习，提高辐射工作人员的防护意识，避免辐射事故的发生。同时将定期邀请环境主管部门的专家讲课，主要包括辐射安全的基础知识、核技术应用项目的防护安全、辐射事故与事故应急等内容。

### ② 应急演练

(I) 辐射安全防护领导小组根据需要，每年至少组织一次辐射事故应急演练，辐射事故演练分为专业性演练和综合性演练，专业性演练由辐射事故应急小组的成员参加，综合性演练除了辐射事故应急小组外，单位其他部门的相关成员也应参加。

(II) 演练过程中应注重人员救助、物资援助的演练。同时应急演练前建设单位应制定相应的方案和程序，演练完成后对演练情况作出总结，发现问题及时整改。

仅用于公众参与工作

**表13 结论与建议**

**结论**

**1.项目工程概况结论**

福州航成海事工程有限公司位于福州市仓山区齐安路 756 号，拟使用 3 台 XXG-2505L 型工业 X 射线探伤机（最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA），在全国范围内开展 X 射线现场探伤作业（3 台 X 射线探伤机探伤方式均为移动式探伤），主要为对船体、船舶配件等的钢结构进行无损检测；根据业务（任务）委托方需要，在委托方工地或厂区内开展 X 射线现场探伤作业，拟将公司现有仓库改建为探伤机专用存放间等配套用房，工业 X 射线探伤机用于探伤厚度在 8~25mm 厚的船体钢板的探伤工作（常用探伤厚度为 15mm）；本项目辐射工作的种类和范围为使用 II 类射线装置

**2.选址合理性分析结论**

本项目现场探伤场所主要在船舶建造、修理的企业厂区内，船舶建造、修理的企业厂区均分布在河岸、江岸、海岸等，探伤工作一般安排在晚上或其他工作人员休息时间进行（非其他工作人员工作时间，一般在晚上 10 点至凌晨 5 点开展）。只要严格按照现场探伤操作规程，确保监督区周围无相关人员，并严格按照“将 X 射线现场探伤工作场所周围剂量当量率大于 15 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h 的范围划为监督区”的要求执行，同时在该单位各项辐射安全防护措施有效的条件下，对外环境造成的辐射影响较小（在可接受范围内），故项目选址合理性可行。

**3.辐射安全与防护分析结论**

**（1）项目安全设施**

本项目所涉及的辐射工作场所，设有相应的辐射安全和防护措施，辐射工作场所设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目各辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

**（2）三废的治理**

**①电离辐射**

根据 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。

本次项目所使用的 X 射线探伤机只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水及放射性固体废物。本项目在采取对探伤工作场所分区、配备警示设施及个人剂量计等相关辐射安全防护措施后，对周围环境的影响较小。

#### ②废气

本项目运行时产生极少量的臭氧和氮氧化物，本项目现场探伤场所均选择在空旷的野外或厂区内进行，本项目运行时产生的极少量的臭氧和氮氧化物直接排入到空气中，对周围环境的影响较小。

#### ③废水

本项目在现场探伤过程中所拍胶片，全部带回单位洗片室处理，在洗片过程将产生废显（定）影液，该单位在采取“单位将洗片过程中产生的废显（定）影液使用专用桶收集后暂存于危废暂存间，最终统一交由有资质单位回收处置”的措施后，对周围环境的影响较小。

#### ④固体废物

本项目在现场探伤过程中所拍胶片，全部带回单位洗片室处理，在洗片及评片过程中产生废胶片，该单位在采取“单位将洗片过程中产生的废胶片暂存于危废暂存间，最终统一交由有资质单位回收处置”等措施后，对周围环境的影响较小。

### 4.环境影响分析结论

#### （1）建设阶段对环境的影响

本项目工程量小，施工产生的污染特别是扬尘和噪声可对周围环境有影响。建设单位应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，减小因本项目建设对其他工作的影响。由于本项目对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

#### （2）运行阶段对环境的影响

##### ①控制区和监督区的划定

结合理论计算和类比监测结果分析，在 X 射线探伤机工作时，其周围的 X- $\gamma$  辐射剂量率还有散射线的贡献，散射线的 X 射线剂量率与 X 射线探伤机本身、周围的物体、地形等诸多因素有关，用纯理论难以准确估算，一般需要仪器直接测量。并且具体探伤时，漏射线及散射线大部分被工件屏蔽，因此实际划定的控制区及监督区均应比理论计算值要小。因此实际划定的控制区及监督区均应比理论计算值要小。因此，各项防护措

施严格落实到位后，巡视安全员可根据理论估算值和经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用辐射监测仪对控制区和监督区边界进行巡测并修正，周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入；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，禁止非辐射工作人员进入。在初步划定并标志出控制区和监督区边界时，可参考表 11-8 进行初步划定，操作位应设置在泄漏射线区域（主射辐射的同轴反方向上），同时，主射方向以避开居民区或人员驻留区域为原则，主射方向以下或者向东（水岸边）为宜，采用直准器进行控制射线照射方向，采用 2mm 铅板进行屏蔽；按照以上要求进行控制区监督区划分，本项目才可以满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求的将 X 射线现场探伤工作场所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。

### ②年有效剂量估算

根据剂量估算结果，福州航成海事工程有限公司辐射工作人员年有效剂量最大值为  $3.952\text{mSv}$ ，周围公众成员年有效剂量最大值为  $0.025\text{mSv}$ 。因此本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众成员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值  $20\text{mSv}$  和公众成员年有效剂量限值  $1\text{mSv}$  的要求，同时满足辐射工作人员的剂量约束值  $5\text{mSv/a}$  和公众成员剂量约束值  $0.25\text{mSv/a}$  的要求。

## 5.可行性分析结论

（1）项目投入使用主要用于船体或配件钢结构等的质量检查，保证产品合格，符合辐射防护“实践的正当性”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第十四类“机械”中的第 1 条“1. 科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各

工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，因此本项目符合国家产业政策。

## (2) 代价利益分析

福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目实施后，经过无损检测检查可发现产品缺陷，能起到提前预防安全事故发生，在保证安全使用的同时，也创造了更大的经济效益和社会效益。

## 6. 总结论

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，福州航成海事工程有限公司 3 台工业 X 射线探伤机项目是可行的。

## 建议

(1) 单位在实际操作过程中，X 射线探伤机现场探伤工作场所的控制区及监督区均应严格执行《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中要求的将 X 射线现场探伤工作场所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。

(2) 单位应每年对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 日前向发证的机关提交上一年的年度评估报告。

(3) 建设单位应设置满足《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001)要求的危险废物间，应严格按照《危险废物转移联单管理办法》要求办理废显(定)影液及废胶片转移手续。

(4) 建设单位每年应安排 1~2 次应急预案模拟演练，强化避险救治常识，以培训、演练相结合，提高合作、协同的应急能力。相关防护知识培训能够消除误解，起到警醒和训练的作用。

(5) 开展现场探伤时，根据现场探伤地点周边地形、人员驻留情况及建筑物等内容结合检测任务要求，选定照射方向，照射方向以避开居民区或人员驻留区域为原则，照射方向以向水岸边为宜，采用直准器进行控制射线照射方向，采用 2mm 铅板进行屏蔽。

(6) 待本项目投入运行后，单位应及时组织验收，并编制验收报告表，向全社会公示，单位组织验收时，竣工验收情况见表 13-1、表 13-2。

表 13-1 竣工验收检查一览表

序号	依据	安全防护及管理要求	竣工验收需检查内容
----	----	-----------	-----------

1	《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（中华人民共和国环境保护部令 第3号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令 第18号）	使用 II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构；或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	检查辐射安全与环境保护管理机构是否正常运行，并应明确小组成员职责分工
2		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	验收时辐射工作人员应已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
3		放射性同位素与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 射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施，放射性同位素的包装容器、含放射性同位素的设备和射线装置，应当设置明显的放射性标识和中文警示说明	验收时应检查项目：是否建设了符合国家环保要求的辐射工作场所；各项环保措施是否正常运行
4		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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器	验收时应检查个人剂量计、个人剂量报警仪、辐射巡测仪配备情况及是否正常
5		有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护安全保卫制度、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、监测制度等	验收时应检查管理制度是否完善，并严格执行
6		有完善的辐射事故应急措施	验收时应检查应急预案是否完善，并应做演练
7		生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测	项目需进行环保验收监测。验收时检查是否建立日常监测记录档案，并每年请有资质单位对工作场所进行监测
8		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	验收时检查年度的评估报告编制情况和是否按时递交发证机关
9		生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测	验收时检查个人剂量检测结果报告
10		生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终身保存	验收时检查个人剂量档案建立情况

续表 13-1 竣工验收一览表

序号	类别	验收内容	验收依据
----	----	------	------

1	辐射安全设施	控制台、电缆线	①有符合标准要求的控制台 I 设置有 X 射线管电压及高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 II 设置有高压接通时的外部报警或指示装置 III 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 IV 设置紧急停机开关 VI 设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识 ②电缆线 长度大于 20m (验收时应有 25 米电缆线, 30 米备用线)	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
2		安全联锁装置	警示信号指示装置与探伤机联锁	
3		防护用品	①铅服(铅衣、铅裤、铅手套、铅围裙、铅围脖) 3 套 ②对讲机 6 台 ③扩音器 3 个 ④展板 6 个 ⑤直准器及 2mm 铅板 ⑥警戒线(大于 150m)	
4		电离辐射警告标志、报警装置	磁吸式声光警示装置 12 个、红色声光报警灯 12 个、电离辐射警示标识 12 个	
5	危废处置措施	危废仓库、回收处置协议	已设置防护要求的危废暂存间,已与有资质单位签订废显(定)影液及废胶片回收处置协议	
6	监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪、辐射检测仪	为辐射工作人员(6人)配备个人剂量计 6 枚), 配备 6 台个人剂量报警仪, 配备 3 台 X-γ 辐射监测仪	