2026-F-062

核技术利用建设项目

江苏苏洋船舶工程有限公司
新建移动式 X 射线探伤项目
生态环境影响报告表

江苏苏洋船舶工程有限公司（盖章）

2026 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏苏洋船舶工程有限公司
新建移动式 X 射线探伤项目
生态环境影响报告表

建设单位名称：江苏苏洋船舶工程有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：江苏省扬中市西来桥镇沿江西 6 号（扬中二桥西侧）

邮政编码：212221　　联 系 人：/

电子邮箱：/　　联系电话：/

表 1　项目基本概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">江苏苏洋船舶工程有限公司新建移动式 X 射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">江苏苏洋船舶工程有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表姓名</td><td colspan="2">章军</td><td>联系人</td><td>章军</td><td>联系电话</td><td colspan="2">18805289999</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">江苏省扬中市西来桥镇沿江西 6 号（扬中二桥西侧）</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">江苏苏洋船舶工程有限公司厂区内移动探伤区域</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>150</td><td colspan="2">项目环保总投资（万元）</td><td>10</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>6.7%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☑ 新建 ☐ 改建 ☐扩建 ☐ 其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来

1.1 建设单位基本情况

江苏苏洋船舶工程有限公司（简称“苏洋船舶”）成立于 2006 年，是始建于 1956 年的江苏省无锡船厂有限公司的全资子公司，公司生产基地位于镇江扬中市西来桥镇，占地约 10 万平方米，拥有 400 米长江岸线及 3 座大型船台。企业专注于高附加值的特种船舶制造，核心产品包括全回转拖轮、破冰拖轮、守护拖轮及客滚船等，获 ABS、BV、CCS 等国际船级社认证。企业同时推进数字化建造与绿色环保涂装工艺，具备较强的自主设计与总装建造能力。

1.2 项目规模及任务由来

为满足江苏苏洋船舶工程有限公司船舶总装工序中厚板对接焊缝的质量控制要

求，需对船体总装阶段的船板焊缝进行无损检测，鉴于待检船板尺寸较大（最大约3600mm×1500mm，厚度35~40mm）且结构复杂，固定式探伤室无法满足该类大型工件的检测需求，故决定采用移动式X射线探伤作业。为此，公司拟在厂区内划定1块专用移动探伤区域，配备1台XXQ-2505A型定向探伤机，并成立1个移动探伤小组（共2名辐射工作人员）负责本项目的探伤工作，本项目移动探伤作业严格限定于夜间进行。本项目辐射工作人员操作探伤机周开机曝光时间（含训机）约为3小时，年开机曝光时间（含训机）约为150小时。

本项目的X射线探伤机不使用时暂存于公司厂区南部生产设备间西部的探伤设备储存间内，储存室拟设置防盗门、防盗窗，采用双人双锁进行管理。本项目洗片及评片等工作均拟在公司厂区南部生产设备间南部的洗片评片室进行，探伤设备储存间及洗片评片室位置见报告附图3，生产设备间平面布局图详见附图4。

公司拟配置的X射线探伤机基本情况见表1-1：

表1-1 本项目核技术应用情况一览表

序号	射线装置型号	数量	最大管电压kV	最大管电流mA	类别	工作场所名称	许可种类	环评情况	许可情况	备注
1	XXQ-2505A型X射线探伤机	1	250	5	II	移动探伤区域	使用	本次环评	未许可	定向

根据《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用II类射线装置，应当编制环境影响报告表。受江苏苏洋船舶工程有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料收集、调研、评价分析及现场检测，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏苏洋船舶工程有限公司位于江苏省扬中市西来桥镇沿江西6号（扬中二桥西侧），公司地理位置图见附图1。公司厂区东侧为空地，南侧为023乡道及厂外空地，西侧为夹江及水利部门管辖防护林带，北侧为夹江，本项目厂区平面布局及周围环境示意图见附图3。

公司拟在厂区内划定1块移动探伤区域，该区域位于3号船台。本项目拟划定的移动X射线探伤区域南北长约70m，东西宽约20m，距离东侧厂界的最小距离约为220m，距南侧厂界的最小距离约为110m，距西侧厂界的最小距离约为55m，距北侧

厂界的最小距离约为 120m。

本项目移动探伤区域东侧为厂内道路、2 号船台、1 号船台、船体车间、变电所、门卫、管钳车间及趸船码头，南侧为厂内道路、3#船台、厕所、生产设备间、危废库、023 乡道及厂外空地，西侧为厂内道路、喷砂房、4#船台、水利部门管辖防护林带、夹江及对岸防护林带，北侧为厂内道路及夹江。整体移动探伤区域图详见附图 3。

本项目的 X 射线探伤机不使用时暂存于公司厂区南部生产设备间西部的探伤设备储存间内，储存室拟设置防盗门、防盗窗，采用双人双锁进行管理。本项目洗片及评片等工作均拟在公司厂区南部生产设备间南部的洗片评片室进行。本项目移动 X 射线探伤区域及储存室周围环境见附图 3。

本项目厂内移动探伤区域拟建址周围评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员、公司各场所评价范围内其他工作人员、厂区外评价范围内的公众等。

3 原有核技术利用项目许可情况

本项目为公司首次开展核技术利用项目。

4 实践正当性分析

本次移动探伤作业针对船舶总装完工阶段的船体总装船板已安装对接焊缝，被检测的总装船板材质为钢，船板最大尺寸约为3600mm×1500mm，厚度约为35~40mm，属于船舶建造完工后的焊缝质量最终无损检测验收环节。该部分焊缝在分段预制阶段尚不存在，须待各分段船板、船体结构成型安装完成后才形成，因此探伤作业无法在固定探伤室内提前完成，必须在船体成型状态下于厂区内就近实施。因此公司为保障船舶安全，该项目的实施是必要的。

由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射环境影响。建设单位在开展X射线探伤过程中，对射线装置的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。

因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其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）“实践的正当性”的原则。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度（Bq)/ 活度（Bq)×枚数	类别	活度种类	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	X 射线探伤机	II类	1	XXQ-2505A 型	250	5	工业探伤	移动探伤区域	定向
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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（μA）	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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	无暂存	自然弥散在环境中，臭氧常温下50min左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
显影、定影废液	液态	/	/	约20kg	约240kg	/	集中收集后存于公司厂区南部危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
胶片清洗废水	液态	/	/	约20kg	约240kg	/	集中收集后存于公司厂区南部危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
废胶片	固态	/	/	约10kg	约120kg	/	收集后暂存于公司厂区南部危废库内	定期交由有资质单位处理处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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^3；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/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自 2026 年 8 月 15 日起施行 （2）《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行 （3）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 449 号，修订版于 2019 年 3 月 2 日起施行 （4）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行 （5）《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，自 2025 年 1 月 1 日起施行 （6）《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行 （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行 （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 （9）《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》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行 （10）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （11）《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》，生态环境部公告 2019 年 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （12）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 11 月 1 日起施行 （13）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行

	（14）《江苏省辐射污染防治条例》（2026 年修正） （15）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日 （16）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日 （17）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日 （18）《省生态环境厅关于进一步加强危险废物污染防治工作的实施意见》，苏环办〔2019〕327 号，2019 年 9 月 24 日印发
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016） （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）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022） （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） （7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） （8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单 （9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）
其他	（1）项目委托书（附件 1） （2）射线装置使用承诺书（附件 2） （3）项目情况说明（附件 3） （4）备案证复印件（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告复印件（附件 5） （6）X 射线探伤机射线管参数说明复印件（附件 6） （7）厂区不动产证书及河道堤防工程占用补偿费收缴协议复印件（附件 7）

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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）”相关规定，确定以本项目移动探伤区域监督区边界外 100m 作为评价范围。（具体监督区边界参考表 11 辐射环境影响分析）。根据表 11 辐射环境影响分析，本项目典型工况下移动探伤区域开展移动探伤时最大评价范围约为移动探伤区域外 196m。

保护目标

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省自然资源厅关于镇江市生态空间管控区域评估优化成果的复函》（苏自然资函〔2026〕393 号）及《江苏省自然资源厅关于扬中市 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕1107 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。

根据《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》及江苏省生态环境分区管控综合服务在线查询（附图 2），本项目位于西来桥镇，属于一般管控单元。本项目属于核技术利用项目，项目建设符合该一般管控单元生态环境准入清单中空间布局约束、污染物排放管控、环境风险防控、资源开发效率要求，符合生态环境准入清单要求。

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合生态环境分区管控管理要求。本项目移动探伤区域评价范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员、移动探伤区域拟建址周围评价范围内公众。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

项目	环境保护目标名称		方位	最近距离①	规模	环境保护要求
移动探伤区域	职业人员	辐射工作人员	控制区外	约 40m	2 人	职业人员年剂量约束值为 5mSv/a
	公众	厂内道路行人	监督区外东侧	约 96m	流动人群	公众年剂量约束值为 0.1mSv/a
		门卫工作人员		约 165m	2 人	
		厂内道路行人	监督区外南侧	约 96m	流动人群	
		厕所		约 96m	流动人群	
		厂外道路行人		约 110m	流动人群	
		水利部门管辖防护林带②	监督区外西侧	约 96m	/	
		夹江②		约 96m	/	
		对岸防护林带		约 170m	流动人群	
		厂内道路行人	监督区外北侧	约 96m	流动人群	
		夹江		约 120m	流动人群	

注：①公众最近距离为评价范围内公众所在场所至本项目监督区的最近距离；

②厂区西侧为水利部门管辖的防护林带及夹江水域，沿江岸线设有围挡实施封闭管理，无公共通道，公众不可达，该侧评价范围内无公众居留场所。

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%～30%（即 0.1mSv～0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

2 剂量约束值

1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%～30%（即 0.1mSv～0.3 mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量限值的 1/4，即职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a；

（2）公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的 10%，即公众年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。

（3）职业人员周有效剂量不超过 100μSv，公众周有效剂量不超过 5μSv。

3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

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。

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。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

（1）本项目移动探伤区域控制区边界的周围剂量当量率为 15μSv/h，监督区边界的周围剂量当量率为 2.5μSv/h。

4 环境天然γ辐射水平参考值

参考《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然γ辐射水平（单位：nGy/h）

/	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，参考测值范围进行评价。

表 8　环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

江苏苏洋船舶工程有限公司位于江苏省扬中市西来桥镇沿江西 6 号（扬中二桥西侧），公司地理位置图见附图 1。公司厂区东侧为空地，南侧为 023 乡道及厂外空地，西侧为夹江及水利部门管辖防护林带，北侧为夹江，本项目厂区平面布局及周围环境示意图见附图 3。

公司拟在厂区内划定 1 块移动探伤区域，该区域位于 3 号船台。本项目拟划定的移动 X 射线探伤区域南北长约 70m，东西宽约 20m，距离东侧厂界的最小距离约为 220m，距南侧厂界的最小距离约为 110m，距西侧厂界的最小距离约为 55m，距北侧厂界的最小距离约为 120m。整体移动探伤区域图详见附图 3。

本项目移动探伤区域东侧为厂内道路、2 号船台、1 号船台、船体车间、变电所、门卫、管钳车间及趸船码头，南侧为厂内道路、3#船台、厕所、生产设备间、危废库、023 乡道及厂外空地，西侧为厂内道路、喷砂房、4#船台、水利部门管辖防护林带、夹江及对岸防护林带，北侧为厂内道路及夹江。本项目的 X 射线探伤机不使用时暂存于公司厂区南部生产设备间西部的探伤设备储存间内，平时不使用时 X 射线探伤机放置在该储存室中，储存室拟设置防盗门、防盗窗，采用双人双锁进行管理。本项目洗片及评片等工作均拟在公司厂区南部生产设备间南部的洗片评片室进行。本项目移动 X 射线探伤区域及储存室周围环境见附图 3，生产设备间平面布局图详见附图 4。

本项目厂内移动探伤区域拟建址周围评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员、公司各场所评价范围内其他工作人员、厂区外评价范围内的公众等。

本项目移动 X 射线探伤区域拟建址及周围环境现状见图 8-1。

移动 X 射线探伤区域拟建址东侧 2#船台	移动 X 射线探伤区域拟建址南侧厂内道路

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>移动 X 射线探伤区域拟建址西侧喷砂房</td><td>移动 X 射线探伤区域拟建址北侧厂内道路</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>移动 X 射线探伤区域拟建址处（3#船台）</td><td>公司门卫</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>洗片评片室现状</td><td>探伤设备储存间现状</td></tr>
</table>

图 8-1 本项目移动 X 射线探伤区域拟建址及周围环境现状

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目移动 X 射线探伤区域拟建址及周围辐射环境

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率

监测点位：在移动 X 射线探伤区域拟建址及周围布置监测点位，共计 6 个点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目：γ辐射空气吸收剂量率

监测布点：在移动 X 射线探伤区域拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

监测时间：2026 年 4 月 2 日

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

监测仪器：X、γ辐射空气比释动能率仪（型号：BG9512PG03 型，设备编号：J2825，检定有效期：2025.8.13~2026.8.12，设备检定证书编号：2025H21-20-6055630001）

检测范围：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

天气：晴

温度 19℃

湿度 50.2%RH

监测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过资质认定

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检定，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：对照江苏省天然γ辐射水平调查结果进行分析评价，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目移动 X 射线探伤区域拟建址周围γ辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	标准差	测量结果(nGy/h)	备注
1	公司厂区移动式 X 射线探伤区域拟建址处	2	30	道路
2	公司厂区移动式 X 射线探伤区域拟建址东侧	3	27	道路
3	公司厂区移动式 X 射线探伤区域拟建址南侧	2	29	道路
4	公司厂区移动式 X 射线探伤区域拟建址西侧	2	29	道路
5	公司厂区移动式 X 射线探伤区域拟建址北侧	2	32	道路
6	公司门卫北侧	2	26	道路

注：测量结果已扣除仪器宇宙响应值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子道路取 1。

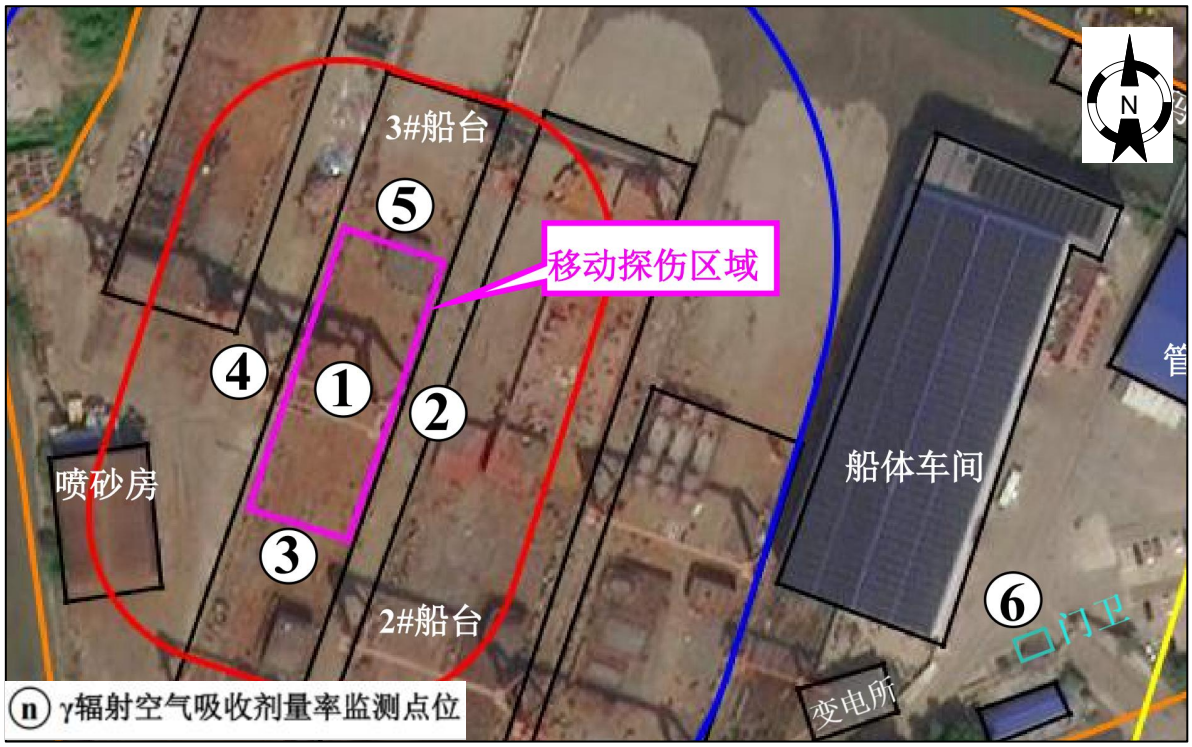

图 8-2 本项目移动 X 射线探伤区域拟建址及周围环境γ辐射水平监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

由表 8-1 的监测结果可知，本项目移动探伤区域拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路γ辐射水平为（26~32）nGy/h。根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路γ辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h。本项目移动探伤区域拟建址周围室外监测点位γ辐射水平均处于江苏省环境天然γ辐射水平测值范围内，属于正常辐射水平。

表 9　项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

本项目所使用的 X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和低压连接电缆（25m）三部分组成。公司拟为本项目配备 1 台 XXQ-2505A 型定向探伤机，本项目移动探伤主要对船板及船用管道等进行无损检测，探伤的地点主要为公司厂区划定区域内。本项目移动探伤作业仅在夜间进行。

本项目拟配备 1 台 XXQ-2505A 型定向探伤机，X 射线探伤机滤过条件为 3mmCu，输出量为 6.0mGy·m^2/（mA·min），最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA。本项目拟配备的 X 射线探伤机外观图见图 9-1。

图 9-1　X 射线探伤机外观图

2 X 射线探伤机工作原理

X 射线探伤机核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见 X 射线探伤机见图 9-2。

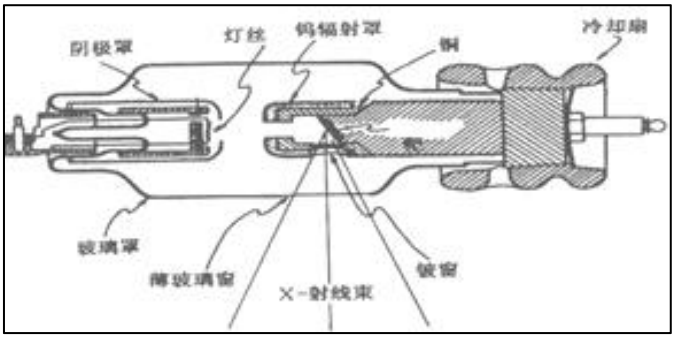

图9-2　X射线管结构示意图

X 射线探伤，即无损 X 射线检测技术，是利用不同材料对 X 射线吸收的差异性，使胶片感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。

X射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

3 工作流程

移动 X 射线探伤工作流程如下：

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随探伤机的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X 射线装置发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，本项目距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5\times10^{3}\mu Sv/h$。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面的散射辐射，本项目 X 射线 90°散射辐射能量为 200kV。

2 非放射性污染源分析

（1）固体废物

本项目在运行时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，每月预计产生废胶片 30kg，每年预计产生废胶片 360kg。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾。

（2）废水

本项目在运行过程中需进行洗片、评片作业，在进行洗片作业时会产生显影、定影废液、胶片清洗废水，显影、定影废液及废胶片属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物。本项目每月预计产生显影、定影废液 20kg，胶片清洗废水 20kg；每年预计产生显影、定影废液 240kg，胶片清洗废水 240kg。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水。

（3）废气

本项目X射线探伤机在运行过程中，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10　辐射安全与防护

项目安全措施

1 工作场所布局与分区

公司拟在厂区内划定1块移动探伤区域，该区域位于3号船台。本项目移动探伤仅在夜间进行，现场探伤时在划定的移动X射线探伤区域开启X射线装置进行探伤。

开展移动X射线现场探伤作业时，根据现场具体情况，利用辐射巡测仪巡测，拟将厂区内移动X射线探伤区域周围剂量当量率大于15μSv/h的范围划为控制区，并拟在其边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，拟将控制区边界外、探伤作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，并拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时拟设专人警戒。本项目移动探伤的两区划分图见图10-1，两区划分管理见下表10-1。公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。

表 10-1 本项目现场探伤两区划分与管理

现场探伤	控制区	监督区
两区划分范围	作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划定为控制区	控制区边界外，作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划定为监督区
辐射防护措施	禁止人员进入控制区，控制区边界拟根据厂区情况优先利用现场墙体、工件等进行划区，没有墙体、工件等实体防护时，拟在边界处设置显眼的警戒绳；东、南、西、北边界处均拟悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌；东、南、西、北边界拟设与探伤机进行联锁的提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置	禁止无关人员进入监督区，监督区边界拟设置显眼的警戒线，在东、南、西、北界处均拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并拟设置明显的电离辐射警示标志和警告标语；根据需要设置人员进行警戒。

2 辐射安全和防护措施分析

江苏苏洋船舶工程有限公司开展现场探伤时拟根据相关标准要求配备辐射安全防护措施，其与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准中相关要求对照如下：

表 10-2 本项目拟采取的辐射安全措施及其与标准对照

序号	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中要求	本项目拟采取的辐射安全措施	是否满足
1	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；	辐射工作人员在开展检测工作前对本项目 X 射线探伤机及厂区内配备的辐射防护设施进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯是否运行正常。	满足

	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。		
2	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。	本项目的移动探伤作业仅在公司厂区划定的移动探伤区域内进行，对探伤工作之前，公司拟事先确定好探伤时间，并对现场探伤条件进行评估，在满足探伤条件的前提下，辐射工作人员开具探伤作业票，发布探伤通知，对安全标志、工具、设施和各种设备加以检查并确认其完好。	满足
3	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。	公司拟为本项目移动探伤作业配备 1 个移动探伤小组，共 2 名辐射工作人员，使用 1 台 X 射线探伤装置。	满足
4	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。 7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 7.2.4 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。 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。 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 和γ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。	公司在开展移动式 X 射线探伤时，拟将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的区域划为控制区；控制区边界拟根据厂区情况优先利用车间墙体、工件等进行划区，拟在边界处设置显眼的警戒线；东、南、西、北边界处均拟设置清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌；东、南、西、北边界拟设与探伤机进行联锁的“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。探伤作业人员拟在控制区边界外操作，每次探伤均拟对工作现场情况进行记录。 监督区范围内涉及的厕所、生产设备间、1#及 4#船台等区域，在夜间探伤作业时段内均无生产作业安排，亦无人员滞留或值守。但探伤作业前须对该区域进行全面清场，确认人员全部撤离，对进出通道设置警戒绳和警示标识。 江苏苏洋船舶工程有限公司拟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。 夜间探伤时拟采用良好的灯光照明，确保控制区边界及警示标志等均清晰可见。若存在控制区或监督区太大或某些地方视线不能看到的情况，将安排人员进行巡查，对于视线不清的情况，拟设置声音和灯光警示装置。	满足

	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。		
5	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。 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。	公司在开展移动式 X 射线探伤时，拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，在监督区边界拟设置显眼的警戒线，在东、南、西、北界四处均拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，监督区入口拟悬挂表明监督区的标牌，并拟设置明显的电离辐射警示标志和警告标语；根据需要设置人员进行警戒。	满足
6	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。 7.5.1.2 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。	本项目在移动探伤区域进行现场探伤时，拟根据实际情况采取降低 X 射线装置的管电压及管电流大小、调整射线照射角度以及利用移动探伤区域周围的建筑、墙体、工件、铅毯等实体防护措施来限制射线束中的无用射线，减少散射量，屏蔽漏射线，以降低探伤作业现场周围的辐射水平，从而缩小控制区和监督区的范围。	满足
7	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。	每次探伤前，均拟对控制区及监督区内范围进行清场，确保区域内无人员停留，并进行出入口管控。	满足
8	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。必要时应调整控制区的范围和边界。	本项目拟在每次探伤前均进行试曝光，期间拟使用辐射巡测仪测量控制区及监督区边界的剂量率，根据测量的周围剂量当量率调整控制区及监督区的范围和边界。在移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。 当被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，辐射工作人员应重新进行巡测，确定新的划区界线。	满足
9	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。 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	公司拟为本项目移动探伤配备 1 台巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，每名辐射工作人员拟配备 1 台个人剂量报警仪和个人剂量计，探伤期间辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，负责巡测的人员手持辐射巡测	满足

	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。	仪进行剂量率检测，曝光结束后，确认出束状态终止后，辐射工作人员手持辐射巡测仪进入控制区，辐射工作人员在每次开始探伤工作之前，均应对辐射监测仪器进行检查，确认监测仪器能正常工作，且确保所有监测仪器在探伤期间处于开机状态。	
10	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。	公司应对使用的 X 射线探伤机维护负责，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，并做好设备维护记录。	满足
11	/	本项目 X 射线探伤机的控制器拟设 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，拟设管电压、管电流和照射时间选取及设定值的显示装置；同时拟设高压接通时的指示装置；在控制器上拟设钥匙开关和急停开关。	/
12	/	本项目探伤机在不使用时拟放置在厂区南部生产设备间的西部的探伤设备储存间中，并设置设备取用台账，拟安排专人负责 X 射线探伤机的保管。	/
13	6.3 当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容： c）X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。	当本项目 X 射线探伤机不再使用时，江苏苏洋船舶工程有限公司拟将 X 射线发生器处置至无法使用或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。	

公司计划为移动探伤项目配备辐射巡测仪、个人剂量报警仪、警告牌，警示线等现场探伤辐射防护用品，本项目辐射防护用品一览表见下表 10-3。

三废治理

（1）废气

本项目 X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生臭氧（O_3）和氮氧化物（NO_x），移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧 50 分钟内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

（2）固体废物

本项目在运行时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物。探伤过程时产生的废胶片在收集后拟临时贮存于公司厂区南部危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

（3）废水

本项目在运行过程中需进行洗片评片作业，洗片过程会产生显影、定影废液及胶片清洗废水，显影、定影废液属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物，胶片清洗废水拟按危险废物进行管理处置，不得随意排放。探伤过程时产生的显影、定影废液及胶片清洗废水在收集后临时贮存于公司厂区南部危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，产生的生活污水进入公司污水管网，最终进入生活污水处理厂处理。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ 2025-2012）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，公司针对危险废物的贮存、处置等环节采取如下环境管理措施：

（1）危废库建设要求

本项目危废库位于公司厂区南部，为独立封闭场所，具体位置见附图 3。该场所建设拟满足“防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐”的要求，地面硬化处理，门上拟设规范的危废标识。

（2）危废贮存管理要求

①盛装液态危险废弃物容器的下方应设置收集泄漏液的围堰应急措施，围堰容积约为 100L；②危废库内应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区；③危废库、容器、包装物应设置危险废物贮存场所标

志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志；④危险废物存入危废库前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入；⑤应定期检查危险废物的贮存状况，及时清理危废库地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好；⑥危废库运行期间，应按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存。

（3）危废的委托处置

公司拟与有资质单位签订危险废物处置意向协议，探伤过程中产生的显影、定影废液、胶片清洗废水及废胶片拟集中收集后暂存于公司危废库，定期交由有危险废物经营资质单位处理处置，洗片废液及废胶片安全处置承诺书见附件 4。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工内容为探伤机储存室和评片洗片室的室内功能性改造，不涉及建筑物主体结构变动，不新增用地，不涉及大型土建作业。施工期主要环境影响及防治措施如下：

废气：施工废气主要为室内钻孔、开槽产生的粉尘及密封胶、涂料挥发的少量有机废气（以非甲烷总烃计）。施工量小且均在室内进行，粉尘经自然沉降、有机废气经通风扩散后对室外环境影响轻微。

废水：施工人员生活污水依托厂区现有化粪池收集后排入市政管网；给排水管路试压废水产生量极少，为清净下水，可就近排入污水管网。施工期无生产废水外排。

噪声：施工噪声主要来自钻孔、开槽及安装作业，源强约 70~90dB（A），仅限于昼间进行，夜间不施工。施工区域位于室内，经厂房隔声及距离衰减后，厂界噪声可满足《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）限值要求。

固废：建筑垃圾（废弃管线、包装材料、碎屑等）分类收集，可回收部分外售物资回收单位，不可回收部分委托有资质单位清运至指定消纳场所；生活垃圾由环卫部门统一清运，零排放。

施工期各类污染物均能得到有效处置，对周边环境影响较小，且随施工结束而消失。施工完成后，经环保及辐射安全验收合格后方可投入使用，不改变区域环境质量现状。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。

江苏苏洋船舶工程有限公司按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，将周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，现根据该公司配备的 X 射线探伤机的参数及对应探伤工件的厚度，给出控制区及监督区的参考划分范围。

1 估算模式

本项目主要用于开展对船体总装船板焊缝等部分的移动探伤作业，被检测的总装

船板材质为钢，船板最大尺寸为3600mm×1500mm，厚度约为35~40mm。本次评价选取XXQ-2505A型定向探伤机满功率运行时（管电压为250kV，管电流为5mA）进行预测。

本次评价估算采用《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中公式（4）、公式（8）及公式（10）的推导公式：

（1）有用线束

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中公式（4）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{I\bullet\dot{H}_0\bullet B}{\dot{H}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}1）$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m^2/（mA·h）；

B：屏蔽透射因,按公式（11-2）计算得出；

$$B=10^{-X/TVL} \quad （11\text{-}2）$$

式中：X：屏蔽物质厚度，与TVL取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度，；

（2）非有用线束

①漏射线

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中X射线装置在额定工作条件下，当X射线机管电压>200kV时，X射线管焦点1m处的漏射线空气比释动能率<5×10^{3}μGy/h。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中公式（8）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{\dot{H}_L\cdot B}{\dot{H}}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}3）$$

式中，$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取自《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表1；

B：屏蔽透射因子；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

②散射线

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中公式（10）推导得出：

$$R_S=\sqrt{\frac{I\cdot\dot{H}_0\cdot B_S}{\dot{H}}}\bullet\sqrt{\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}4）$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$\dot{H}_0$：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)；

B_s：屏蔽透射因子，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表 2 确定 90°散射辐射的射线能量，再按公式（11-2）计算得出；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

F：R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率之比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的附录 B 表 B.3；计算公式中的 R_0^2/F·α 因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值；

R_s：散射体至关注点的距离，m。

（3）泄漏射线和散射线复合

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中公式（8）和公式（10）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{\dot{H}_L\cdot B}{H}+\frac{I\cdot\dot{H}_0\cdot B_S}{H}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots（11\text{-}5）$$

2 估算结果

将相关参数代入公式（11-1）、（11-5），可分别估算出使用最大管电压为 250kV 的 X 射线探伤机对船板及船用管道开展探伤工作时，控制区和监督区的边界范围。估算结果分别见表 11-1~表 11-8。

表 11-1 有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果（无铅屏蔽）

装置型号	关注点	$\dot{H}$（μSv/h）	I（mA）	$\dot{H}_0$ μSv·m²/(mA·h)	B	R（m）
XXQ-2505A 型 X 射线探伤机	控制区边界	15	5	/	/	/
	监督区边界	2.5	5	/	/	/

表 11-2 有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果（采用铅屏蔽）

装置型号	关注点	$\dot{H}$（μSv/h）	I（mA）	$\dot{H}_0$ μSv·m²/(mA·h)	B	R（m）
XXQ-2505A 型 X 射线探伤机	控制区边界	15	5	/	/	/
	监督区边界	2.5	5	/	/	/

表 11-3 泄漏辐射与散射辐射复合估算结果（无铅屏蔽）

探伤机型号	关注点	$\dot{H}$（μSv/h）	$\dot{H}_L$（μSv/h）	B	I（mA）	$\dot{H}_0$ μSv·m²/（mA·h）	散射后能量（kV）	B_s	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	R（m）
XXQ-2505A 型 X 射线探伤机	控制区边界	15	5×10^3	1	5	/	/	/	/	/
	监督区边界	2.5	5×10^3	1	5	/	/	/	/	/

表 11-4 泄漏辐射与散射辐射复合估算结果（采用铅屏蔽）

探伤机型号	关注点	$\dot{H}$（μSv/h）	$\dot{H}_L$（μSv/h）	B	I（mA）	$\dot{H}_0$ μSv·m²/（mA·h）	散射后能量（kV）	B_s	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	R（m）
XXQ-2505A 型 X 射线探伤机	控制区边界	15	5×10^3	4.52×10^{-1}	5	/	/	/	/	/
	监督区边界	2.5	5×10^3	4.52×10^{-1}	5	/	/	/	/	/

根据表11-1~表11-4理论计算结果可知：

上述布局确保了探伤作业时，监督区边界与厂界之间（及厂界外侧区域）均留有足够的安全距离。评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，满足移动X射线探伤作业对辐射安全防护距离的要求。

上述理论计算结果保守选取X射线探伤机满功率运行时进行预测，仅为本项目X射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际运行过程中X射线探伤机的管电压及管电流的大小、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的改变以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量率发生改变。在实际开展现场探伤过程中，公司应采取铅毯等对散射线方向进行遮挡，根据实际探伤工件的厚度来调节管电压及管电流，加强对控制区和监督区的管理和控制，并利用移动X射线探伤区域周围工件、墙体等实体防护措施来限制射线束中的无用射线，减少散射量，屏蔽漏射线，以降低探伤作业现场周围的辐射水平，从而缩小控制区和监督区的范围。

在实际探伤过程中辐射工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，在探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；在试曝光期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将剂量当量率在15μSv/h以上的范围

内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在2.5μSv/h以上的范围内划为监督区。

3 辐射工作人员、公众受照有效剂量估算

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \text{……（11-6）}$$

式中：H_c：参考点的年剂量水平，mSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$：参考点处剂量率，μSv/h；

t：探伤装置年照射时间，h/a；

U：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

江苏苏洋船舶工程有限公司拟为本项目配备 1 个移动探伤小组，共 2 名辐射工作人员，其中 1 名兼职辐射防护负责。本项目辐射工作人员操作探伤机周开机曝光时间（含训机）约为 3 小时，年开机曝光时间（含训机）约为 150 小时。

本项目移动探伤开机曝光过程中，辐射工作人员拟采用延时曝光，并根据现场实际情况优先利用移动 X 射线探伤区域周围的建筑、墙体、工件、铅毯等进行屏蔽；根据现场环境的变化辐射工作人员曝光时的操作位置也会不同，但均位于控制区边界外，因此保守取控制区边界的辐射剂量率 15μSv/h 进行预测。

本项目辐射工作人员操作探伤机周开机曝光时间（含训机）约为 3 小时，年开机曝光时间（含训机）约为 150 小时。辐射工作人员及评价范围内公众时受照有效剂量评价结果见表 11-5。

表 11-5 本项目辐射工作人员与监督区外公众受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值（μSv/h）	年曝光时间（h）	年剂量估算	剂量约束值(mSv/a)	评价
1	控制区外	1	/	/	/	/	5（辐射人员）	满足
2	监督区外	1	/	/	/	/	0.1（公众）	满足
3	门卫	1	/	/	/	/		

由表 11-5 估算结果可知，公司在采取铅毯等安全防护措施情况下，辐射工作人员年有效剂量最大为 2.250mSv，公众年有效剂量最大约为 0.023mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂

量限值和本项目剂量约束值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目使用 X 射线探伤机进行现场移动探伤，可能引起以下事故工况：

（1）现场探伤时，探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使辐射工作人员或公众误入控制区和监督区，使其受到超剂量的外照射。

（2）现场探伤时，现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成超剂量的照射，或探伤人员违反操作规程强行探伤，对辐射工作人员和公众造成的照射。

（3）未在控制区边界设置“禁止进入 X 射线区”警告牌、提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置，导致无关人员进入造成误照射。

（4）未在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识，且无专人警戒，致使人员受到误照射。

（5）X 射线机被盗，使 X 射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射。

（6）检修工作时意外出束，维修人员及周围公众受到不必要的照射。

（7）现场探伤时在未照射完毕的情况下，现场辐射工作人员误入控制区给辐射工作人员造成误照射。

（8）探伤机停止工作时，未按 GBZ 117-2022 中 8.4.1.4 的要求对操作者所在位置的辐射水平进行检测即误认为探伤机已停止工作，而实际上未停止工作，对工作人员造成误照射。

2 辐射事故预防措施

江苏苏洋船舶工程有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）公司内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次开展移动探伤时，

在探伤机开机前，初步划分控制区与监督区，设置安全警戒措施，对现场进行清场，确保没有无关人员，通过试曝光修正控制区与监督区范围，并相应调整安全警戒措施，检查确认警戒线、警告牌、警告标志、指示灯以及声音提示装置等各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机检测。

（3）辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。必要时可远程控制停止出束。在现场探伤工作期间，便携式辐射剂量巡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。

（4）开机作业需由2人或以上共同操作，开机状态下人员不得脱岗。

（5）移动X射线探伤机不使用时放置在X射线探伤机储存室内，储存室设置防盗门窗、双人双锁，以实现防盗功能。

3 辐射事故处置方法

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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的X射线探伤机属于II类射线装置，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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

（1）辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目拟开展工业 X 射线探伤使用的设备为 X 射线探伤机，属II类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。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。

江苏苏洋船舶工程有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟配备 1 个移动探伤小组，共 2 名辐射工作人员，其中 1 名人员兼职辐射防护负责人。辐射工作人员均应参加并通过生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核，兼任辐射防护负责人的辐射工作人员还应通过“辐射安全管理”类的线上考核，考核合格后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，江苏苏洋船舶工程有限公司拟制定一系列完善的辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度、事故应急预案等，才能满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

探伤操作规程：明确 X 射线探伤机的操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，明确移动探伤作业时至少有 2 名辐射工作人员同时在场，每名辐射工作人员应配备 1 台个人剂量报警仪和个人剂量计。明确 X 射线探伤机移动探伤前的清场、控制区及监督区的划分、开机探伤时的试曝光、检测过程中必须采取的辐射安全措施，以及曝光结束后携带开机状态的个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区收回 X 射线探伤机。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤机在移动 X 射线探伤区域保管、运行和维修时的辐射安全管理。

设备维修制度：明确 X 射线探伤机和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日

常使用过程中维护保养措施以及发生故障时采取的措施，确保 X 射线探伤机和剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

人员培训计划和健康管理制度：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。辐射工作人员应在上岗前进行健康检查，开展辐射安全知识培训。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》（生态环境部公告，2019 年第 57 号），新从事辐射活动的人员须通过生态环境部组织的考核后方可上岗。还应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证地生态环境、卫生健康部门进行调查处理。在每次开展移动探伤作业时，对移动 X 射线探伤现场周围的辐射水平进行监测，并做好监测相关记录，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：对 X 射线探伤机进出进行严格管理，实行领用归还登记制度。对 X 射线探伤机使用情况进行登记，记录开关机时间、地点，标明探伤机名称、型号、电压、电流等。

事故应急预案：针对 X 射线探伤机移动探伤作业可能产生的辐射事故制定辐射事故应急预案或应急措施，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生健康部门。

辐射监测

公司使用的 X 射线探伤机属于II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对移动探伤区域控制区及监督区周围 X 射线进行巡测。

公司拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪，用于对本项目移动探伤运行时周围的辐射水平进行监测。公司同时拟为本项目辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪，

所配报警仪须具备剂量率报警及累积剂量报警双重功能，报警阈值可结合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及本项目剂量约束值预先设定（剂量率报警阈值参考控制区边界 2.5μSv/h 设定，累积剂量报警阈值根据年剂量约束值与年作业频次换算确定），作业期间工作人员须全程佩戴并确保设备处于开启状态，定期对报警仪进行性能检查与维护（含电池电量确认、报警功能测试、阈值核查等），确保设备在探伤作业期间始终处于有效可用状态。公司仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；建设单位作为新申请单位，在首次开展现场移动探伤时，须委托有资质单位对辐射工作场所及周边环境进行辐射水平监测。公司拟定期（不少于 1 次/月）对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员及辐射防护负责人均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。辐射工作人员职业健康监护档案应有专人负责管理，并终身保存职业健康监护档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

<table>
<tr><th>检测对象</th><th colspan="2">监测项目</th><th colspan="2">监测周期</th><th>监测点位</th></tr>
<tr><td rowspan="6">移动式 X 射线探伤</td><td rowspan="6">X-γ周围剂量当量率</td><td>验收监测</td><td colspan="2">1 次</td><td rowspan="6">①控制区及监督区边界外；
②人员操作位处；
③保护目标处。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">委托有资质的单位进行</td><td colspan="2">首次开展现场移动探伤时</td></tr>
<tr><td colspan="2">辐射工作人员个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv 时</td></tr>
<tr><td>移动探伤现场抽检</td><td>1 次/年</td></tr>
<tr><td>工作场所放射防护年度检测</td><td>1 次/年</td></tr>
<tr><td>定期自行开展辐射监测</td><td colspan="2">每次现场探伤</td></tr>
<tr><td>辐射工作人员</td><td>个人剂量当量</td><td>委托有资质的单位进行</td><td colspan="2">每 3 个月/次</td><td>/</td></tr>
</table>

落实以上措施后，公司辐射监测措施能够满足辐射监测管理的要求。

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》中关于应急报告与处理的相关要求，江苏苏洋船舶工程有限公司拟针对射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；

（4）辐射事故调查、报告和处理程序；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

江苏苏洋船舶工程有限公司拟依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，制定辐射事故应急方案，建立应急机构，明确人员职责分工，加强应急人员的组织、培训，完善辐射事故分类与应急响应措施，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置及保护目标

江苏苏洋船舶工程有限公司位于江苏省扬中市西来桥镇沿江西 6 号（扬中二桥西侧），公司厂区东侧为空地，南侧为 023 乡道及厂外空地，西侧为夹江及水利部门管辖防护林带，北侧为夹江。

公司拟在厂区内划定 1 块移动探伤区域，该区域位于 3 号船台。本项目拟划定的移动 X 射线探伤区域南北长约 70m，东西宽约 20m。距离东侧厂界的最小距离约为 220m，距南侧厂界的最小距离约为 110m，距西侧厂界的最小距离约为 55m，距北侧厂界的最小距离约为 120m。

本项目移动探伤区域东侧为厂内道路、2 号船台、1 号船台、船体车间、变电所、门卫、管钳车间及趸船码头，南侧为厂内道路、3#船台、厕所、生产设备间、危废库、023 乡道及厂外空地，西侧为厂内道路、喷砂房、4#船台、水利部门管辖防护林带、夹江及对岸防护林带，北侧为厂内道路及夹江。本项目的 X 射线探伤机不使用时暂存于公司厂区南部生产设备间西部的探伤设备储存间内，储存室拟设置防盗门、防盗窗，采用双人双锁进行管理。本项目洗片及评片等工作均拟在公司厂区南部生产设备间南部的洗片评片室进行。

本项目厂内移动探伤区域拟建址周围评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员、公司各场所评价范围内其他工作人员、厂区外评价范围内的公众等。

1.2 实践正当性分析

本项目的实施具有多重收益：一是保障产品质量与航行安全，通过无损检测有效检出焊缝内部缺陷，确保船舶结构强度与密封性满足设计及规范要求，降低因焊接质量缺陷导致的安全事故风险；二是具有工艺必然性，船板对接焊缝在分段预制阶段尚不存在，须待船体成型、管道安装完成后才形成，无法移至固定探伤室提前完成，必须在厂区内就近实施；三是具有经济与社会效益，可为委托企业产品质量把控提供高效技术手段，同时提升船舶产品的安全系数。在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标

准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.3 项目分区及布局

本项目开展移动 X 射线现场探伤作业时，根据现场具体情况，利用辐射巡测仪巡测，拟将厂区内移动探伤区域周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区，将控制区边界外、探伤作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区。公司拟采取的布局与分区措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的要求。

1.4 辐射安全措施

公司在移动探伤区域开展移动 X 射线探伤作业前，拟对 X 射线探伤机及场所内配备的辐射防护设施进行检查，对现场探伤条件进行全面评估，事先开具探伤作业票，并发布探伤通知；拟根据实际情况采取降低 X 射线探伤机的管电压及管电流大小、调整射线照射角度以及利用移动探伤区域周围的建筑、墙体、工件、铅毯等实体防护措施来缩小控制区和监督区的范围；利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌、与探伤机进行联锁的提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置；夜间探伤时拟采用良好的灯光照明，确保控制区边界及警示标志等均清晰可见；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，在监督区边界处设置显眼的警示线，并悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警示标识，并设专人警戒；探伤现场配备辐射巡测仪，辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪；移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，每次探伤前需用铅毯、铅防护罩对主射线、散射线及漏射线方向进行屏蔽；每次开机前进行清场，确保控制区和监督区内无其他人员滞留，以防发生误照射事故；不使用时拟放置在厂区南部生产设备间西部的探伤设备储存间内，并设置设备取用台账，拟安排专人负责 X 射线探伤机的保管。

1.5 辐射安全管理

江苏苏洋船舶工程有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，以文件的形式明确辐射防护负责人及各成员管理职责，并在项目运行前完善辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼职辐射防护负责人。2 名辐

射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗；公司拟对 2 名辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，公司的仪器配备能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 移动式 X 射线探伤辐射防护影响预测

在实际探伤过程中辐射工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，在探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区及监督区边界；在试曝光期间，借助环境辐射巡测仪进行检测修正，将剂量当量率在 15μSv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在 2.5μSv/h 以上的范围内划为监督区。

2.2 保护目标剂量

根据理论估算结果可知，在严格按照标准要求划分控制区及监督区，并落实辐射安全措施后，本项目投入运行后辐射工作人员和公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目剂量约束值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）的剂量限值要求。

2.3 三废处理处置

本项目在运行时会产生废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16（900-019-16）的危险废物。探伤过程时产生的废胶片在收集后拟临时贮存于公司厂区南部危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

本项目移动探伤产生的显影、定影废液、胶片冲洗废水及废胶片在收集后拟临时贮存于公司厂区南部危废库内，定期交由有资质单位处理处置。

本项目 X 射线探伤机在移动探伤区域工作时产生的少量臭氧和氮氧化物通，移动

探伤现场通风良好，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧 50 分钟内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，江苏苏洋船舶工程有限公司新建移动式 X 射线探伤项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

1）该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2）各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3）建设单位在该工程竣工后，应根据《建设项目环境保护管理条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定由建设单位在环境保护设施竣工之日起 3 个月内进行自主验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资（万元）
辐射安全管理机构	公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
移动探伤辐射安全防护措施	公司在开展移动 X 射线探伤作业前，拟对 X 射线机及配备的辐射防护设施进行检查，对现场探伤条件进行全面评估，事先开具探伤作业票，并发布探伤通知；拟根据实际情况采取降低 X 射线探伤机的管电压及管电流大小、调整射线照射角度以及利用移动探伤区域周围的建筑、墙体、工件、铅毯等实体防护措施来缩小控制区和监督区的范围；利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌、与探伤机进行联锁的提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置；夜间探伤时拟采用良好的灯光照明，确保控制区边界及警示标志等均清晰可见；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，在监督区边界处设置显眼的警示线，并悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警示标识，并设专人警戒；探伤现场配备辐射巡测仪，辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪；移动探伤过程中严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，每次探伤前需用铅毯、铅防护罩对主射线、散射线及漏射线方向进行屏蔽；每次开机前进行清场，确保控制区和监督区内无其他人员滞留，以防发生误照射事故；不使用时拟放置在厂区南部生产设备间西部的探伤设备储存间内，并设置设备取用台账，拟安排专人负责 X 射线探伤机的保管。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于移动 X 射线探伤防护措施的相关要求。	9.0
人员配备	公司拟配备 1 个移动探伤小组，共 2 名辐射工作人员专职移动探伤工作。辐射工作人员均应在上岗前参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核，通过考核后方可上岗。 拟委托有资质的单位辐射工作人员开展个	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	定期投入

	人剂量检测，送检周期 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。 拟定期组织单位辐射工作人员（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案。		
监测仪器和防护用品	公司拟为本项目配备 1 台辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求。	1.0
辐射安全管理制度	公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括探伤操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度和事故应急预案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	/

表 14　审批

下一级环保部门预审意见：   公 章 经办人　　年　月　日
审批意见   公 章 经办人　　年　月　日