

核技术利用建设项目

X 射线探伤机移动探伤项目

环境影响报告表

威海莞船船舶制造有限公司

2025 年 1 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

X 射线探伤机移动探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：威海芜船船舶制造有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海市经济技术开发区崮山镇皂埠路南、东海船舶东

邮政编码：264211

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

表1 项目基本情况

建设项目名称	X 射线探伤机移动探伤项目				
建设单位	威海芜船船舶制造有限公司				
法人代表	张钊	联系人	孙	联系电话	
注册地址	山东省威海市经济技术开发区崮山镇皂埠路南、东海船舶东				
项目建设地点	X 射线探伤机贮存库位于威海市经济技术开发区崮山镇皂埠路南、东海船舶东，公司闲置仓库内 1 层东侧第一间房间；探伤现场位于公司厂区 1#船台及 2#船台固定区域				
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)	40	投资比例(环保投资/总投资)	80%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 m ²	贮存库 15m ² /探伤区域约 20400m ²
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				

1.1 建设单位简介

威海芜船船舶制造有限公司成立于 2024 年 01 月 02 日，注册资本为 10000 万元人民币，项目总投资约 20 亿元，厂区位于威海市经济技术开发区崮山镇皂埠路南、东海船舶东，总占地约 680 亩，所属行业为铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业，主要生产制造汽车滚装船和 LNG 及甲醇双料推进型油船，经营范围包含：许可项目、船舶制造、船舶设计。公司所在地理位置示意图附图 1。

1.2 项目建设规模

因业务发展需要，建设单位拟自行开展船舶及相关工件的检测，于公司厂区西侧闲置仓库（地上 2 层建筑）内 1 层东南侧第一间闲置房间改造为 X 射线探伤机贮存库，并将其北侧闲置房间改造为暗室，评片室拟设置于公司办公楼（位于厂区北侧，共 7 层）内 2 层东侧。拟购置 3 台定向 X 射线探伤机（XXG-2505D 型、XXG-3005D 型、

XXG-3505D 型各 1 台), 均属 II 类射线装置, X 射线探伤机用于 X 射线探伤机用于公司厂区 1#船台及 2#船台固定区域探伤作业 (每个船台南北长约 340m、宽约 30m 的区域, 共计约 20400m²), 船台均无实体屏蔽, 照射方向为定向向下或定向向东, 两处船台不同时开展移动探伤, 且每次探伤时仅使用 1 台 X 射线探伤机。并拟设置一处可移动铅房, 探伤时放置于 1#船台及 2#船台中间最北侧位置。项目拟建位置及周边关系影像见附图 2。

根据《关于发布<射线装置分类>办法的公告》(环境保护部与国家卫生和计划生育委员会公告, 2017 年第 66 号, 2017.12), X 射线探伤机属 II 类射线装置, 本项目为建设单位首次开展核技术利用项目, 本次评价涉及的射线装置明细见表 1-1。

表 1-1 本次评价涉及的射线装置明细表

序号	名称	型号	生产厂家	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	数量 (台)	类别	备注
1	X 射线探伤机	XXG-2505D	丹东佰汇达检测设备有限公司	250	5	1	II 类	定向
2	X 射线探伤机	XXG-3005D		300	5	1		定向
3	X 射线探伤机	XXG-3505D		350	5	1		定向

1.3 产业政策符合性

本项目 X 射线探伤机用于移动探伤 (探伤现场位于公司厂区 1#船台及 2#船台固定区域), 属于服务于公司主体的项目, 经查《产业结构调整指导目录 (2024 年本)》, 本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类, 属于国家允许建设的项目, 符合产业政策。

1.4 选址及规划合理性

建设单位租赁威海泰盛海洋工程有限公司厂区及生产设备, 从事汽车运输船、游轮的生产。该项目《威海泰盛海洋工程有限公司威海绿色环保高技术船舶园区升级改造项目环境影响报告书》已于 2024 年 1 月 25 日取得了威海市生态环境局经分局的批复 (威环经管发[2024]1 号), 环评批复见附件 3, 建设单位与威海泰盛海洋工程有限公司合作协议见附件 4。

本项目为建设单位主体工程的配套项目, 拟建 X 射线探伤机贮存库、暗室、评片室及现场探伤场所均位于厂区内, 无新增占地。本项目仅用于对公司内产品的探伤服务, 移动探伤现场位于厂区公司厂区 1#船台及 2#船台固定区域, 不用于其他移动探伤作业, 无新增占地, 符合相关规划要求。

根据下文“9.2.1 辐射环境影响分析”计算, 本项目评价范围基本位于厂区内 (南侧监督区部分区域位于海上), X 射线探伤机向东照射时舾装车间、综合仓库位于

控制区内，向东或向下照射时评价范围内无其他建筑物。则保护目标为评价范围内偶然经过的公司员工及其他公众人员。根据现场调查及建设单位提供资料可知，开展探伤作业之前，先公告，明确探伤时间，探伤实施前全面清场，探伤时间选择在 20 点后进行，控制区内无人员逗留且评价范围内除本项目辐射工作人员外无其他人员逗留，保证探伤过程中的辐射安全，X 射线探伤机运行时对周围环境的辐射影响可接受。

综上所述，项目选址基本合理。

1.5 实践正当性

建设单位在船舶及相关工件生产过程中需使用 X 射线探伤机对产品进行无损检验，拟在厂区内固定位置开展移动探伤工作（探伤现场位于公司厂区 1#船台及 2#船台固定区域）。本项目的运行在确保产品质量合格中起到了重要作用，具有良好的社会效益和经济效益。根据下文分析，在辐射防护屏蔽和严格落实辐射安全管理的条件下，可保证评价范围内与本项目无关人员较少，且人员受照剂量及产生的辐射影响满足相关标准要求。因此，从代价利益方面分析，本项目获得的利益远大于对环境的影响，项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护“实践的正当性”的原则。

1.6 目的和任务的由来

由于 X 射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部位和完好部位的透射强度不同，底片上相应部位会呈现黑度差，评片人员则根据黑度变化判断缺陷情况并评价焊接焊缝的质量。通过及时检测和信息反馈，使焊接人员及时调整焊接方法和工艺参数，从而保证焊接质量。

X 射线探伤机在工作过程中可能对环境产生一定的辐射影响，根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，本项目 X 射线探伤机属 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）》，项目属于“五十五、核与辐射，172、核技术利用建设项目，使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。为保护环境和公众利益，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，威海芜船船舶制造有限公司委托我单位对其 X 射线探伤机及探伤室应用项目进行辐射环境影响评价。接受委托后，在进行现场调查与核实、环境检测、收集和分析有关资料、预测估算等基础上，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）编制了该项目的环境影响报告表。

表2 射线装置

序号	名称	类别	数量 (台)	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	XXG-2505D	250	5	无损检测 (工业探伤)	厂区 1#船台及 2#船台固定区 域	定向, 拟购置
2	X 射线探伤机	II类	1	XXG-3005D	300	5	无损检测 (工业探伤)		定向, 拟购置
3	X 射线探伤机	II类	1	XXG-3505D	350	5	无损检测 (工业探伤)		定向, 拟购置

表3 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
非放射性废气 (O ₃ 和 NO _x)	气态	/	/	/	少量	/	/	排入探伤现场外环境
废显 (定) 影液 (HW16 900-019-16)	液态	/	/	/	40kg	/	危废暂存间	委托具有危废处置资质的单位处理
废胶片 (HW16 900-019-16)	固态	/	/	/	80kg	/	危废暂存间	委托具有危废处置资质的单位处理

注: 1、常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为 mg/L, 固体为 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4 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none">1、《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1 实施；2、《中华人民共和国环境影响评价法》，根据中华人民共和国主席令第 24 号修订，2018.12 实施；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 6 号；2003.10 实施；4、《建设项目环境保护管理条例（2017 修订）》，国务院令第 253 号，1998.11 实施；国务院令第 682 号，2017.7 修订，2017.10 实施；5、《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，2005.12 实施；国务院令第 709 号修订，2019.3 实施；6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号公布，2006.3 实施；生态环境部令第 20 号修订，2021.1 实施；7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011.5 实施；8、《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，2021.1 实施；9、《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，2017.12 实施；10、《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部令第 15 号，2021.1 实施；11、《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，2006.9 实施；12、《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，2022.1 实施；13、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014.5 实施；14、《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人大常委会第七次会议，2018 年 11 月 30 日修订，2019.1 实施；15、《山东省固体废物污染环境防治条例》，2022 年 9 月 21 日山东省第十三届人民代表大会常务委员会第三十八次会议，2023.1 实施。
------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《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); 2、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002); 3、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022); 4、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021); 5、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); 6、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019); 7、《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023); 8、《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022); 9、《环境保护图形标志 固体废物贮存(处置)场》(GB 15562.2-1995) 及其修改单。
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、威海莞船船舶制造有限公司 X 射线探伤机移动探伤项目环境影响评价委托书及提供的其他技术资料; 2、《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站, 1989年)。

表5 保护目标与评价标准

5.1 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》(HJ 10.1-2016) 规定要求：“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）”。

本项目探伤作业时无实体屏蔽边界，因此按探伤作业场所边界外 100m 且不小于 2.5 μ Sv/h 的区域作为评价范围。评价范围见附图 5-1、附图 5-2。

5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员和公众成员。根据下文“9.2.1 辐射环境影响分析”，X 射线探伤机向东照射时舾装车间、综合仓库位于控制区内，向东或向下照射时评价范围内无其他建筑物。则辐射工作人员为在铅房内的工作人员，公众成员为偶然经过的公司员工及其他公众人员。移动探伤保护目标详细情况见表 5-1。

表 5-1 主要保护目标情况

保护目标		人数	方位及距离	位置
职业人员		3 人	探伤现场北侧铅房内，距离探伤区域最近距离约 70m	控制区外
公众成员	舾装车间、综合仓库（向东照射时无人员）	<100 人	均位于厂区东侧，均为地上单层钢结构建筑。均距探伤区域约 107m	向东照射时位于控制区内；向下照射时位于评价范围外
	偶然经过的公司员工及其他公众人员	<100 人	探伤现场周围	监督区内

5.3 评价标准

5.3.1 职业照射和公众照射

职业照射和公众照射参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中附录 B 规定：

B1 剂量限值：

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 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。

5.3.2 剂量率目标控制限值及管理要求

1、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)

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 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合下表要去，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/T26837 的要求。

表 5-2 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

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

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。

6.3 探伤设施的退役

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。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、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

7.2.2 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式计算：

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

式中：

H——控制区边界周围剂量当量率，单位 $\mu\text{Sv/h}$ ；

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 h/周。

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。

7.2.5 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- 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。

7.2.7 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。

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

8 放射防护检测

8.4 移动式探伤放射防护检测

8.4.1 检测要求

8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

8.4.1.2 当 X 射线探伤机或 γ 放射源、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

8.4.1.4 探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

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。

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 1.25mSv。

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 μ Sv/h。

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。

综上所述并参照同类项目考虑，本次评价以 5.0mSv 作为职业人员的年管理剂量约束值；以 0.1mSv 作为公众成员的年管理剂量约束值。

以 2.5 μ Sv/h、15 μ Sv/h 分别作为探伤现场监督区边界和控制区边界剂量率控制目标。

5.3.3 环境天然放射性水平调查

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，烟台（威海）市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 5-3。

表 5-3 烟台（威海）市环境天然辐射水平（单位： $\times 10^{-8}$ Gy/h）

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	2.14~12.05	5.84	1.66
道路	1.94~20.14	6.49	2.39
室内	4.56~20.53	10.11	2.71

注：1. 表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989年；

2. 原威海隶属于烟台市，使用原隶属烟台地区数据。

表6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理位置

威海芜船船舶制造有限公司位于威海市经济技术开发区崮山镇皂埠路南、东海船舶东，本项目拟改造 X 射线探伤机贮存库位于公司闲置仓库内 1 层东侧第一间房间，探伤现场位于公司厂区 1#船台及 2#船台固定区域。X 射线探伤机贮存库及探伤现场周围情况见表 6-1，公司厂区平面布置见附图 3。

	
<p>闲置仓库</p>	<p>拟改造 X 射线探伤机贮存库内现状</p>
	
<p>移动探伤现场（1#船台、2#船台）</p>	<p>厂区北侧办公楼</p>
	
<p>厂区东侧舾装车间、综合仓库</p>	<p>依托现有危废暂存间</p>

图 6-1 X 射线探伤机贮存库及探伤现场周围照片（拍摄于 2024 年 11 月）

6.2 环境质量和辐射现状

6.2.1 检测方案

本次对移动探伤现场及周围的环境 γ 空气吸收剂量率进行检测。检测方案如下所示：

1、环境现状评价对象

移动探伤现场及周围辐射环境现状。

2、检测因子

环境 γ 空气吸收剂量率。

3、检测点位

本次评价按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 和《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 检测布点原则，于移动探伤现场及周围布设 10 个检测点，检测布点见图 6-2。

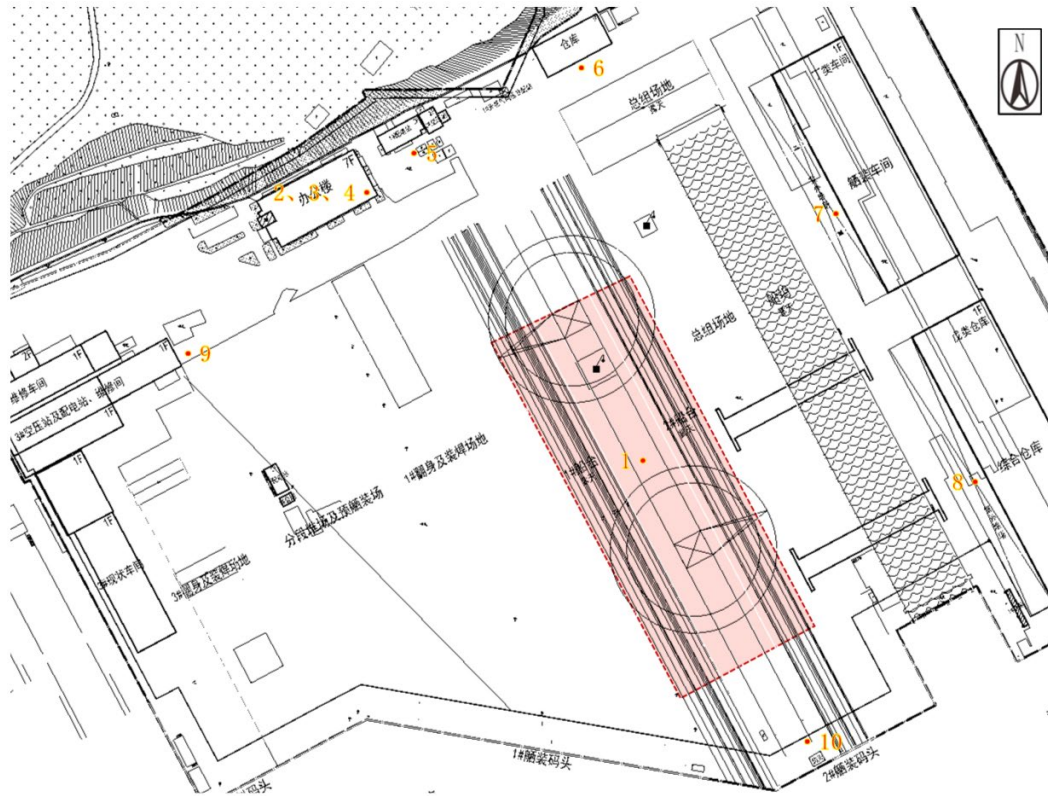


图 6-2 检测布点示意图

6.2.2 质量保证措施

1、检测单位

本次评价委托具备辐射检测资质的潍坊正沅环境检测有限公司开展检测。

2、检测仪器

检测仪器主要技术参数见表 6-2。

表 6-2 检测仪器参数一览表

设备名称	便携式 X- γ 剂量率仪
设备型号	HD-2005
设备编号	F12032
技术指标	测量范围：(1~100000) $\times 10^{-8}$ Gy/h； 能量响应：25keV~3MeV, 极限偏差 $\pm 15\%$ ； 对宇宙射线的能量响应：极限偏差 $\pm 15\%$ ； 剂量率指示的固有误差： $\leq \pm 10\%$ ； 角响应：极限偏差 $\pm 15\%$, (^{137}Cs , $0^\circ \sim 150^\circ$ 相对于最大响应数值)； 长期稳定性： $\leq \pm 5\%$ (连续工作 8 小时)； 使用环境：湿度 $\leq 90\%$ ($-10^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$)。
检定单位	中国计量科学研究院
检定/校准证书编号	DLj12024-07809
检定有效期	2024 年 06 月 25 日~2025 年 06 月 24 日

3、检测方法

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上, 仪器探头离地 1m, 设置好测量程序, 仪器自动读取 10 个数据, 计算均值和标准偏差。

4、检测人员及其他质量保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测, 检测人员均经过理论及现场操作培训合格后, 持证上岗, 能够满足检测分析需求。检测人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。检测时获取足够的数量, 以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料。仪器校准(测试)证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留, 以备复查。检测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、审核, 最后由技术负责人审定。

6.2.3 检测时间与条件

检测日期: 2024 年 11 月 23 日; 天气: 晴; 温度: 8°C ; 相对湿度: 46%。

6.2.4 检测结果

环境 γ 空气吸收剂量率现状值检测结果见表 6-3。

表 6-3 环境 γ 空气吸收剂量率检测结果 (单位: $\times 10^{-8}$ Gy/h)

点位	点位描述	平均值	标准偏差
1	本项目移动探伤现场 (1#船台、2#船台中间区域)	8.0	0.3
2	办公楼内 1 层	12.9	0.4
3	办公楼内 3 层	11.7	0.1
4	办公楼内 5 层	13.7	0.4
5	移动探伤区域北侧 (1#配电站外南侧空地)	8.1	0.2

6	移动探伤区域北侧（仓库外南侧空地）	8.2	0.2
7	移动探伤区域东侧（舾装车间外西侧空地）	8.0	0.2
8	移动探伤区域东侧（综合仓库外西侧空地）	8.0	0.3
9	移动探伤区域西侧（3#空压站及配电站、维修间外东侧空地）	8.3	0.4
10	2#舾装码头北侧道路	7.8	0.2
注： 1. 检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值（室外 $1.57 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ）； 2. 宇宙射线响应值的屏蔽修正因子：原野及道路取 1.0、平房取 0.9、多层建筑物取 0.8； 3. 点位 2~4 为室内点位，其他点位为室外点位； 4. 2~4 号点位地面均为瓷砖地面。其他点位地面均为水泥地面。			

6.2.5 环境现状调查结果评价

根据表 6-3 的检测数据表明，移动探伤现场及周围的环境 γ 空气吸收剂量率现状值为室内 $(11.7 \sim 13.7) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 、室外 $(7.8 \sim 8.3) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，均处于烟台（威海）市环境天然放射性水平范围内[室内 $(4.56 \sim 20.53) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，道路 $(1.94 \sim 20.14) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]。

表7 项目工程分析与源项

7.1 施工期工艺流程简述

本项目 X 射线贮存库、暗室为现有闲置房屋改造，施工期主要于 X 射线贮存库内外安装安防设施（高清红外摄像头、防盗门）、暗室等。铅房为定制，评片室依托公司现有办公室，均无施工期污染。施工期主要产生噪声、生活污水、生活垃圾、废包装、施工扬尘等，本项目施工期较短，规模较小，随着施工期结束，影响也随之停止。施工期无辐射环境影响。

7.2 营运期工艺流程简述

7.2.1 X 射线探伤机简介

1、X 射线探伤机结构

X 射线探伤机主要由 X 射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成。控制器采用了先进的微机控制系统，可控硅规模快速调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。

X 射线探伤机整机外形、内部结构见图 7-1。



图 7-1 典型 X 射线探伤机外型及内部结构

其中，X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压变压器与绝缘体一起封装在桶装套内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器，并配备探伤机系统表征工作状态的警示灯。X 射线管、屏蔽套及附件总称管头组装体。

控制器为手提箱式结构，控制面板设置操作按钮和显示窗口，并配备电缆插座、源开关及接地端子的插座盒。

2、X 射线产生原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是

装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面作用的韧致辐射即为 X 射线。典型的 X 射线管结构见图 7-2。

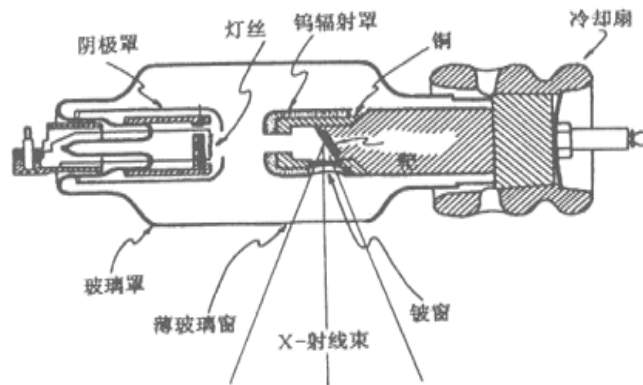


图 7-2 典型的 X 射线管结构图

3、探伤原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的检测装置。X 射线管产生的 X 射线穿透被检测工件的焊缝，当射线在穿过焊缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个黑度差显示焊缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。

4、X 射线探伤机主要技术参数

本项目 X 射线探伤机主要技术参数见表 7-1。

表 7-1 本项目 X 射线探伤机主要技术参数表

型号	输出电压	输出电流	焦点尺寸	最大穿透	射线管辐射角	备注
XXG-2505D	250kV	5mA	2.5mm×2.5mm	38mm (A3 钢)	40°+5°	定向
XXG-3005D	300kV	5mA	2.5mm×2.5mm	50mm (A3 钢)	40°+5°	定向
XXG-3505D	350kV	5mA	2.5mm×2.5mm	60mm (A3 钢)	40°+5°	定向

7.2.2 工作流程

(1) 根据工作安排，辐射工作人员领取 X 射线探伤机，做好领取时间的记录。由运输车将探伤机运输至移动探伤现场（公司厂区 1#船台或 2#船台固定区域）。

(2) 辐射工作人员在进行 X 射线移动探伤前，先在被探伤物件的焊缝贴上胶片，将探伤机放在指定的拍片位置，根据选定的探伤机和开机条件，根据探伤工件厚度初步划

定控制区和监督区边界，设置警告标志、警戒绳和警示灯等安全警戒措施。

(3) 对探伤现场进行清场，现场设有安全员。进行试曝光用便携式 X-γ 剂量率仪修正初步划定的控制区和监督区边界范围，或根据探伤工件及使用的探伤机型号初步确定控制区和监督区可能的最大边界范围。在控制区边界设置警戒绳，并悬挂清晰可见的红色“禁止进入射线工作区”的警告牌；在监督区边界悬挂清晰可见的橙色“无关人员禁止入内”的警告牌。在监督区边界设专人警戒。保证禁止人员进入控制区，防止无关人员进入监督区，防止公众人员在监督区边界停留后，准备探伤。

(4) 辐射工作人员在操作位设定延时曝光条件：置延迟开机时间、定时曝光和自动关机后，离开操作位进入铅房，该铅房设置于 1#船台及 2#船台中间最北侧位置（铅房可通过船台塔吊移动位置），距离探伤区域最近距离约 70m。达到预定的照射时间曝光结束后，使用便携式 X-γ 剂量率仪进行监测，确认 X 射线探伤机已关机。收回探伤机，完成一次探伤。

(5) 当天探伤工作结束后，辐射工作人员将 X 射线探伤机运回 X 射线探伤机贮存库，并做好入库登记。

(6) 辐射工作人员将探伤胶片送至暗室，由相关人员负责冲洗照片、观察照片、出具探伤报告。

主要工作流程示意图见图 7-3。

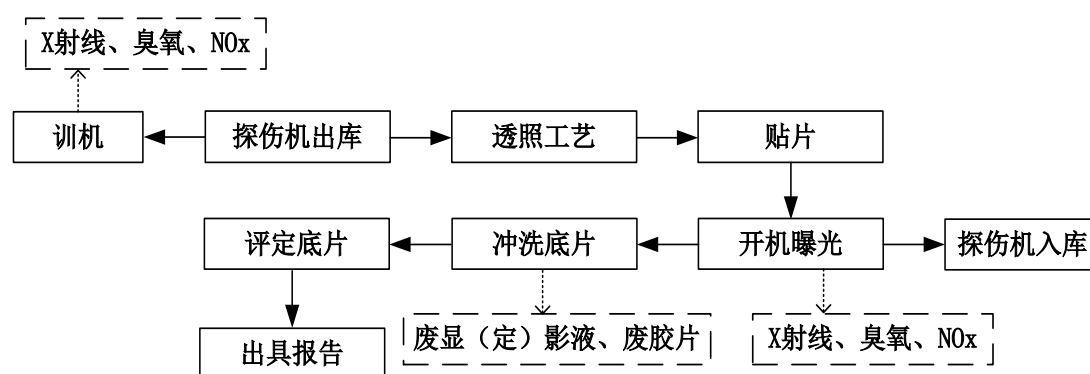


图 7-3 X 射线探伤工作流程示意图

若 X 射线探伤机初次使用或长时间不用时需先进行训机，训机过程也产生 X 射线。每台 X 射线探伤机使用之前应制作相应的曝光曲线，并定期对曝光曲线进行校验，新购或大修后的设备应重新制作曝光曲线，工作流程与正常探伤工作流程相近，训机和曝光曲线制作过程中，也会产生 X 射线和少量的 O₃ 和 NO_x 废气。

训机和曝光曲线均在厂区内 1#船台及 2#船台固定区域进行，训机前应做好清场工作

及防护措施，以减少训机对环境的影响及防止射线等有害物质外泄。

7.2.3 工作负荷及人员配置

1、工作负荷

根据建设单位提供资料，本项目仅同时开展 1 处移动探伤现场作业，同一时间只开机使用 1 台 X 射线探伤机。建设单位主要探伤工件为船体及其内部工件焊缝，被探伤工件厚度为 25mm~60mm 钢。每艘船总计探伤时间约 25h（包含船体及船体内工件），建设单位年产 12 艘船，则本项目 X 射线探伤机累计曝光时间不超过 300h/a。

2、人员配置

建设单位拟配备 3 名辐射工作人员（其中 1 人兼职辐射安全管理人员），每次探伤时至少 2 名辐射工作人员组成一队开展作业。安排该 3 名辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加 X 射线探伤培训考核，考核合格后上岗。并指定其中 1 名工作人员（本科及以上）在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加辐射安全管理，考核合格后作为建设单位辐射防护负责人。

7.3 污染源项描述

7.3.1 施工期污染因素分析与评价因子

1、噪声

本项目施工期主要建设内容为 X 射线探伤机贮存库、暗室安装安防设施（高清红外摄像头、防盗门）等。主要噪声源为各种建筑施工机械运转时的噪声，另外还有突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

2、扬尘

建设施工期机械和设备安装时会排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

3、废水

施工期废水主要来自施工人员的生活污水。本项目建设内容较为简单，施工期最多时期有约 2 人施工，总施工期约 5 天，用水按每人每天 50L 计算，日用水 $0.1\text{m}^3/\text{d}$ 。废水产生量以 80% 计，每天产生生活污水 $0.08\text{m}^3/\text{d}$ 。

4、固体废物

固体废物主要是施工人员的生活垃圾及包装物垃圾，生活垃圾以 $0.25\text{kg}/\text{d}\cdot\text{人}$ 计，产生量为 $0.5\text{kg}/\text{d}$ 。废包装主要为包装纸箱、塑料袋等，混入生活垃圾一同处理。

综上，施工期主要环境影响评价因子为：施工噪声、生活污水、生活垃圾、废包

装、施工扬尘。

7.3.2 营运期污染因素分析与评价因子

1、放射性废物

本项目不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

2、X 射线

X 射线探伤机开机工作时，通过高压发生器和 X 光管产生高速电子束，电子束撞击靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的 X 射线。X 射线机开机后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

3、非放射性污染因素分析

(1) 废气

X 射线探伤机产生的 X 射线会使空气电离。空气电离产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)，在 NO_x 中以 NO_2 为主。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目中，臭氧和氮氧化物的产生量均较小。

(2) 危险废物

洗片、拍片过程中产生的废胶片和废显（定）影液属危险废物，废物类别为“HW16 感光材料废物，900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片及废像纸”，本次评价要求建设单位按照《危险废物贮存污染控制标准》和《危险废物转移管理办法》等要求进行暂存及转移，并委托有相应危废处理资质的单位处置，并执行危险废物转移联单制度并建立危险废物管理台账。

综上所述，本项目营运期环境影响评价的评价因子为 X 射线、非放射性有害气体、废胶片和废显（定）影液。

表8 辐射安全与防护

8.1 X射线探伤机移动探伤项目安全措施

8.1.1 X射线探伤机贮存库设计与安全设施

X射线探伤机贮存库用于贮存本项目X射线探伤机，该贮存库位于建设单位厂区西侧闲置仓库内1层东南侧第一间房间。X射线探伤机贮存库尺寸为：东西长3.5m×南北宽3.0m×高3.0m。X射线探伤机贮存库四周墙体均为24cm厚砖结构，室顶为18cm厚混凝土结构，窗户设置有防盗网，并于北墙安装一道防盗门，于门上张贴电离辐射警告标识，并实行双人双锁管理，可满足防破墙及盗窃能力要求。X射线探伤机贮存库平面布置见附图4。

X射线探伤机贮存库内南墙西侧、库外走廊处拟设置两处红外高清视频监控，该2处监控可实现X射线探伤机贮存库全面覆盖；于X射线探伤机贮存库出入口设置一处入侵报警装置，厂区内、移动探伤现场设置多处监控摄像装置。监控位于公司传达室内，监控同时与值班人员、辐射安全管理人员手机网络连通，可实现24h监控。以上措施可保证X射线探伤机的安全。

8.1.2 工作布局与分区

本项目探伤机移动区域为厂区1#船台及2#船台固定区域，根据下文“9.2.2 分区管控”计算结果，项目控制区内无实体建筑，监督区基本位于厂区内（南侧监督区部分区域位于海上），情况详见表8-1，分区分管图见附图5-1~附图5-2。

表8-1 探伤区域及周边情况

项目	情况描述
探伤区域	位于1#船台、2#船台固定区域，探伤区域北端与塔吊北侧持平、南侧至舾装码头北侧道路，1#船台与2#船台相距约40m。 探伤区域为1#船台、2#船台各自探伤区域均以船台中心为中线，南北长约340m×东西宽约30m×探伤时探伤机距地面最高距离约5m的范围内，探伤区域共计约20400m ² 。 X射线探伤机向东照射时，控制区范围内建筑为舾装车间、综合仓库，评价范围内无其他建筑；X射线探伤机向下照射时，控制区范围内无建筑，评价范围内无建筑。
探伤区域周边情况	探伤区域西侧为2个船体施工及组装区域，东侧为一个船体组装机施工区域，东侧、西侧工件（船体）高度约2m~10m；南侧为码头及海域。 公司办公楼等办公建筑位于厂区北侧，均位于评价范围外，厂区围墙外为山体。
铅房	铅房整体为铅钢结构，可通过船台塔吊移动位置。整体防护能力为2mmPb，尺寸约长1.2m×宽1.2m×高2.0m。每次探伤前，使用塔吊将铅房吊至非主射束照射区域（具体位置见附图5-1、附图5-2所示）。本次评价要求铅房放置位置应根据探伤工件（船体）情况，通过工件自身屏蔽并尽量远离探伤位置（放置位置应至少距探伤位置50m以上）。X射线探伤机自带25m连接电缆，辐射工作人员在控制台处按下延时曝光按钮后，立即退至铅房内。

分区分管控 1 (X 射线探伤机 向东照射时)	根据下文“9.2.1 辐射环境影响分析”计算可知, 350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向东照射时, 有用射束方向 6mmPb 屏蔽、非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件, 有用射束方向控制区范围为 245m、监督区范围为 598m, 非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。X 射线探伤机向东照射时分区分管控见附图 5-1。
分区分管控 2 (X 射线探伤机 向下照射时)	根据下文“9.2.1 辐射环境影响分析”计算可知, 350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向下照射时, 非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件, 非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。X 射线探伤机向下照射时分区分管控见附图 5-2。
探伤工作时间	经与建设单位核实沟通, 本项目探伤时间均在晚上 20:00 至次日 6:00 之间, 厂区实行 8 小时工作制, 正常情况下无夜班人员, 探伤前先公告, 并进行清场。
X 射线探伤机照 射方向	本项目涉及的 3 台 X 射线探伤机均为定向型, 探伤时主射束仅向下或向东照射, 每次仅使用 1 台 X 射线探伤机开展探伤工作。

8.1.3 X 射线探伤机移动探伤安全措施

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 以及建设单位提供资料, 拟采取的现场安全措施如下:

(1) 作业前准备措施

①对移动探伤周围环境进行全面评估, 以保证安全操作。评估内容包括照射区域及照射方向的选择、公司其他与本项目无关工作人员、天气条件、探伤时间, 并确保本项目开机时间为公司员工下班离厂后期间。

②本项目每次探伤仅使用 1 台 X 射线探伤机, 探伤时至少 2 名专职辐射工作人员。

③探伤时于探伤现场周边设置警告标识、报警信号灯、公告及广播通知等方式, 避免造成混淆。探伤工作开展前应预留充足的探伤时间, 确保探伤工作安全开展和所需的安全措施的实施。

④厂区内设置多处监控摄像装置、扩音喇叭等, 每次探伤工作开展前应进行广播并开展清场工作, 确保控制区内无人员, 除本项目人员外其他无关人员全部撤出监督区后, 方可开展本项目探伤工作。

(2) 分区分管控措施

①根据照射方向, 对工作场所进行初步分区分管, 划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。移动探伤工作在划定的控制区的区域内进行。X 射线探伤机向东照射时分区分管控参考附图 5-1, X 射线探伤机向下照射时分区分管控参考附图 5-2。

②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。

③在控制区边界上合适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。

④控制区边界尽可能利用现场实体屏蔽, 包括现有结构(如墙体)、临时屏障(如船体)或临时拉起警戒绳等。

⑤作业过程中，控制区内不同时进行其他工作。充分考虑 X 射线探伤机和被检工件的距离、照射时间、现场屏蔽条件等，视情况采取局部屏蔽措施。

⑥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。并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对控制区边界上代表点剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向发生改变时，适时调整控制区边界。

⑧将控制区边界外、探伤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，在监督区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。

⑨船体内部探伤作业时，在船体出入口设置警戒绳，防止人员进入控制区。

⑩设备自带 25m 连接电缆，同时可根据使用需要自由增加电缆长度，控制台位于船体外并避开主射束照射方向，同时配备延时曝光装置，设置延迟开机时间、定时曝光和自动关机，辐射工作人员退至铅房内后开机照射，保证人员在 X 射线探伤机开机后和关机前均能最大程度的利用现场铅房及实体屏蔽物（如船体）进行自我防护。

（3）安全警示措施

①应提前确定探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，并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。并提前发布探伤作业信息，包括但不限于广播、公告等形式，通知到公司所有员工，防止误照射。

②现场设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯声音提示装置。“预备”和“照射”信号有明显区别，并与该场所其他报警信号有明显区别。夜晚探伤作业时，控制区边界设置警示灯。

③X 射线探伤的警示信号灯与探伤机联锁。

④控制区所有边界都设置清晰可见或可听见的“预备”信号和“照射”信号。

⑤监督区边界和厂区内出入口醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示标语等提示信息。

（4）边界巡查与检测措施

①开始 X 移动探伤前，辐射工作人员先清场，确保控制区内无任何其他人员，并防止有人进入控制区。

②确保控制区的范围清晰可见，工作期间设置良好的照明，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，则设置人员巡查。

③试运行期间，测量控制区边界剂量率以核实边界设置正确。必要时调整控制区范围

和边界。

④开始移动式探伤工作之前，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。

(5) 安全操作措施

①X 移动探伤时，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。

②控制台位于船体外并避开主射束照射方向，应充分利用现场工件（船体）、建筑物或构筑物等对线束进行阻隔，并设置延时曝光。

③探伤作业前备齐下列物品，并使其处于正常状态：便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪；控制器、发生器、连接电缆；现场屏蔽物；警告提示和信号；安全信息公告牌、铅衣等。

④探伤工作完成后，操作人员使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监测，确保 X 射线探伤机已停止曝光。

(6) 其他

①现场 1 台 X 射线探伤机配置 2 名辐射工作人员负责操作，并配备安全员，负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射水平检测等安全工作，并承担探伤装置的领取、登记、归还等。

②工作前检查探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲及破损；制冷设备是否有渗漏；安全连锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好等。

公司拟采取的以上安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GB Z117-2022）中 5.1.2、7.1、7.2、7.3、7.4、7.5 等条款有关要求。

8.1.4 辐射监测仪器和防护用品

本项目拟配备 2 名职业人员组成一队，拟配备的防护用品和检测仪器见表 8-2。

表 8-2 拟配备安全防护用品和检测仪器一览表

名称	型号/规格	计划配备数量
便携式 X- γ 剂量率仪	待定	1 台
个人剂量报警仪	待定	2 部
个人剂量计	常规	3 支
警戒绳	常规	约 1000m

提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置	常规	6个
警示灯	常规	6个
电离辐射警告标志	常规	6个
“禁止进入射线工作区”警告牌	常规	10个
“无关人员禁止入内”警告牌	常规	10个
铅衣、铅帽、铅眼镜等	—	2套
铅板	3mmPb	若干

注：便携式 X-γ 剂量率仪应按规定定期检定/校准，取得相应证书。

综上所述，拟配备的检测仪器满足公司探伤业务工作规模。

8.1.5 X 射线探伤机检查、维护

1、每次工作前均对 X 射线探伤机外观、电缆、制冷设备、安全联锁、报警设备和警示灯、螺栓等连接件等进行检查，确认正常、无故障。

2、每年至少对 X 射线探伤机维护一次，拟委托厂家或其他经过专业培训的工作人员进行；维护时，对 X 射线探伤机彻底检查，包括所有零部件的详细检测；当设备故障或损坏需更换零部件时，所更换的零部件为合格产品；做好设备维护记录。

8.1.6 其他防护措施

1、根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第五款要求，建设单位配备的防护用品和监测仪器需满足探伤工作的要求。本项目拟配置 3 名辐射工作人员，拟为每位辐射工作人员配置 1 支个人剂量计（由个人剂量检测单位配发），拟配置个人剂量报警仪 2 部、便携式 X-γ 剂量率仪 1 台，配备仪器设备后可满足探伤工作要求。

2、辐射工作人员上岗前进行职业健康体检。定期为辐射工作人员健康查体和 personal 剂量检测，建立辐射工作人员个人剂量档案和健康档案，每人一册，由专人负责保管和管理，档案终生保存，以符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《职业性外照射个人监测规范》要求。

8.2 三废的治理

本项目无放射性废水、放射性废气和放射性固体废物产生。非放射性气体（臭氧和氮氧化物）经开阔的现场自然通风，对周围环境和人员影响较小。

探伤完成后的洗片、评片过程会产生废显（定）影液和废胶片，属于《国家危险废物名录（2021 年）》规定的危险废物，废物类别为“HW16 感光材料废物”，废物代码为“900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片及废像纸”。根据建设单位提供资料并结合本项目的工作负荷，每年拍片约 4000 张，每张片子平均约 10g，考虑部分片子随产

品交于客户方，胶片产生量不大于 40kg/a。一般每洗 1000 张片子约产生废显（定）影液约 20kg，则废显（定）影液预计产生量不大于 80kg/a。本项目产生的危险废物暂存于公司主体项目现有危废暂存间内，危险废物汇总情况见表 8-3。

表 8-3 危险废物汇总表

名称	类别	代码	产生量 t/a	产生 工序	主要成分	有害成分	物理 性状	贮存 方式	危险 特性
废胶片	HW16	900-019-16	0.04	洗片及评片	PC/PP/PET/PVC、卤化银	卤化银	固体	密封	T
废显（定）影液	HW16	900-019-16	0.08	洗片	对甲氨基酚硫酸盐、亚硫酸钠、对苯二酚、碳酸钠、溴化钾、卤化银等	对甲氨基酚硫酸盐、亚硫酸钠、对苯二酚、碳酸钠、溴化钾、卤化银等	液体	桶装密封	T

表9 环境影响分析

9.1 施工期对环境的影响

施工期主要产生施工噪声、生活污水、生活垃圾、废包装、施工扬尘。

(1) 噪声：监控设备、防盗门安装等将产生不同程度的噪声。对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(2) 扬尘：施工现场附近路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(3) 废水：本项目施工期较短且施工量小，施工期废水主要为施工人员的生活污水。施工人员生活污水经厂区内化粪池收集后由环卫部门清运，不直接外排环境。对水环境影响较小。

(4) 固体废物：固体废物主要为施工期间人员日常生活产生的生活垃圾和废包装，生活垃圾统一放至厂内生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。废包装主要为包装纸箱、塑料袋等，混入生活垃圾一同处理。采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在局部区域，对周围环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

本项目涉及 3 台定向型 X 射线探伤机，均为定向型。本次评价以管电压最大的 XXG-3505D 型 X 射线探伤机时周围辐射水平进行预测估算，划分监督区和控制区，评估其对周围环境的影响和对相关人员的照射剂量。根据建设单位提供的资料，厂区内每次仅有 1 台 X 射线探伤机开展探伤工作。开展探伤工作时，X 射线探伤机主射束方向向下或向东。

9.2.1 辐射环境影响分析

1、估算公式及相关参数取值

(1) 有用线束屏蔽

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，有用线束在关注点处的剂量率可按以下公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 9-1})$$

式中：

I：X 射线探伤机在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA，本项目为 5mA；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴。查 (GBZ/T 250-2014) 附表 B.1，350kV 管电压使用内插法计算得输出量 22.1mSv·m²/(mA·min)。

B: 屏蔽透射因子;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算:

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (\text{式 9-2})$$

式中:

X: 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL: X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度, 查(GBZ/T 250-2014)附表 B.2, 350kV 使用内插法计算得什值层厚度为 6.9mm。

(2) 漏射辐射屏蔽

对于漏射辐射屏蔽采用以下公式计算考察点处的辐射剂量率

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 9-3})$$

式中:

B: 屏蔽透射因子;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv/h}$, 根据(GBZ/T 250-2014)表 1, >200kV 的取 $5000\mu\text{Sv/h}$ 。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算:

(3) 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度时, 关注点的散射辐射剂量率按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中给出的公式进行计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式 9-4})$$

式中:

I: X 射线探伤机在最高管电压下的常用最高管电流, 单位 mA, 本项目均为 5mA;
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 。查(GBZ/T 250-2014)附表 B.1, 350kV 管电压使用内插法计算得输出量 $22.1\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

B: 屏蔽透射因子; 查(GBZ/T 250-2014)表 2, 350kV 散射辐射的能量为 250kV; 查 GBZ/T 250-2014 中附录 B 表 B.2, 250kV 对应铅的什值层厚度为 2.9mm;

F: R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

α : 入射辐射剂量率的比; 根据(GBZ/T 250-2014)中 B.4.2, 本项目 $R_0^2/F \cdot a$ 因子的值可以取 50 (200kV~400kV);

R_0 : 辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, m;

R_s : 散射体至关注点的距离, m。本次评价为保守计, 取辐射源点至关注点的距离。

2、照射条件

经与建设单位核实，本项目被探工件厚度为 25mm~60mm 钢，根据 ICRP33，250kV~400kV 条件下，25mm 钢约为 3mmPb，XXG-3505D 型 X 射线探伤机开机时，在散射方向放置 3mm 铅板屏蔽；主射束方向照射船体时，根据 X 射线探伤机位置及主射束东侧是否存在船体及其他工件的屏蔽，相应增加铅板防护（应总体不低于 50mm 钢或 6mmPb），以减小控制区和监督区的范围。

3、有用束方向剂量率

根据（式 9-1）、（式 9-2）计算主射束方向，6mmPb 屏蔽状态下距探伤装置不同距离处剂量率见表 9-1。

表 9-1 6mmPb 屏蔽状态下有用束方向剂量率

序号	距离 (m)	350kV、5mA 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	50	357.75
2	100	89.44
3	150	39.75
4	200	22.36
5	245	14.90
6	250	14.31
7	300	9.94
8	350	7.30
9	400	5.59
10	450	4.42
11	500	3.58
12	550	2.96
13	598	2.50
14	600	2.48
15	650	2.12
16	700	1.83
17	750	1.59
18	800	1.40
19	850	1.24
20	900	1.10

6mmPb 屏蔽状态下，有用束方向对于 350kV X 射线探伤机，距探伤机 245m 处剂量率为 14.90 $\mu\text{Sv/h}$ ，约为 15 $\mu\text{Sv/h}$ ，为控制区边界；距探伤机 598m 处剂量率为 2.50 $\mu\text{Sv/h}$ ，为监督区边界。

综上所述，有用束方向控制区和监督区边界划分见表 9-2。

表 9-2 有用射束方向控制区和监督区边界

项目	控制区	监督区	备注
边界标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5	有用射束方向
距离 (m)	$L_{1\text{控制}}=245$	$L_{1\text{监督}}=598$	管电压 350kV, 管电流 5mA, 6mmPb 屏蔽

4、非有用束方向剂量率

根据 (式 9-3)、(式 9-4), 计算非主射束方向距各探伤机不同距离处的漏射线剂量率和散射线剂量率见表 9-3。

表 9-3 3mmPb 非有用束方向剂量率 (350kV、5mA)

距离 (m)	31	50	76	100	150	200	250	300
漏射线剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.93	0.74	0.32	0.19	0.08	0.05	0.03	0.02
散射线剂量率贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	12.88	4.95	2.14	1.24	0.55	0.31	0.20	0.14
剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	14.81	5.69	2.46	1.43	0.30	0.36	0.23	0.16

3mmPb 屏蔽状态下, 非有用束方向对于 350kV X 射线探伤机, 距探伤机 31m 处剂量率为 $14.81\mu\text{Sv/h}$, 约为 $15\mu\text{Sv/h}$, 为控制区边界; 距探伤机 76m 处剂量率为 $2.46\mu\text{Sv/h}$, 约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 为监督区边界。

综上所述, 非有用束方向控制区和监督区边界划分见表 9-4。

表 9-4 非有用射束方向控制区和监督区边界

项目	控制区	监督区	备注
边界标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)	15	2.5	非有用射束方向
距离 (m)	$L_{1\text{控制}}=31$	$L_{1\text{监督}}=76$	管电压 350kV, 管电流 5mA, 3mmPb 屏蔽

9.2.2 分区管控

根据建设单位提供的资料, 厂区内每次仅有 1 台 X 射线探伤机开展探伤工作。开展探伤工作时, X 射线探伤机主射束方向向下或向东。综上所述, 在控制区边界和监督区边界剂量率控制目标分别为 $15\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的条件下:

350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向东照射时, 有用射束方向 6mmPb 屏蔽、非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件, 有用射束方向控制区范围为 245m、监督区范围为 598m, 非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。X 射线探伤机向东照射时分区管控见附图 5-1。

350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向下照射时, 非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件, 非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。X 射线探伤机向下照射时分区管控见附图 5-2。

上述理论计算结果仅为本项目在厂区内 1#船台、2#船台探伤作业时, 为控制区和监督区

的划分提供参考。实际探伤过程中，由于 X 射线探伤机管电压的降低、探伤机的摆放位置变化、被检测物体的厚度变化以及探伤区域四周工件的遮挡等，都会使探伤现场的辐射剂量水平发生变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此，在实际探伤过程中根据上述理论估算和实际经验初步划定并标志出控制区和监督区边界；并借助环境辐射便携式 X-γ 剂量率仪进行检测或修正。根据积累的工作经验并辅以计算，尽可能缩短测试时间，减少不必要的照射。

实际工作中，监督区和控制区的划分主要采用以下方法：根据本环评提出的控制区和监督区范围，初步划定控制区和监督区范围。由于探伤作业环境条件限制，进行短距离操作时，不能满足防护距离时，必须在对应方向上使用现场探伤的防护装置，如防护铅板，缩小其边界距离，保证监督区和控制区的边界剂量率满足标准要求。在 X 射线探伤机处于照射状态下，用便携式辐射巡测仪从探伤位置四周由远及近巡测辐射剂量率，对控制区和监督区进行核定和调整，到 2.5μSv/h 为监督区边界，到 15μSv/h 为控制区边界。探伤过程中，使用便携式辐射巡测仪进行监督监测。探伤时人员应尽量在监督区边界外进行作业。落实后，能够满足本项目探伤的辐射防护要求。

9.2.3 有效剂量

1、年有效剂量估算公式

$$H = D_r \times T \times t \quad (\text{式 9-5})$$

式中：

- H: 年有效剂量, Sv/a;
- D_r : X-γ 剂量率, Sv/h;
- t: 年受照时间, h。

2、照射时间确定

根据建设单位提供资料及上文“7.2.3 工作负荷及人员配置”分析，1#船台和 2#船台同一时间只开机使用 1 台 X 射线探伤机，每艘船总计探伤时间约 25h（包含船体及船体内工件），建设单位年产 12 艘船，则本项目 X 射线探伤机累计曝光时间不超过 300h/a。

3、居留因子确定

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，不同环境条件下的居留因子见表 9-5。

表 9-5 居留因子的选取

场所	居留因子 T	示例	本项目涉及
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区	控制室 (1)
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	/
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	人行道 (1/16)

4、职业人员所受剂量

探伤时操作人员位于铅房内，且避开有用射束；警戒人员正常情况在监督区外。由于 X 射线探伤机为定时曝光、自动关机，操作人员受到的照射主要是在开机初期，开机后可以离开操作位退到铅房内，设备自动关机后再回到操作位置，继续下一步工作；警戒人员受到的照射主要是在划区核定和调整期间，之后退回监督区。

因此，在控制区边界滞留的时间远小于 300 小时，每次探伤时至少 2 名辐射工作人员同时开展，本次保守按照 300h/人·a 计；因本项目铅房为可移动式，本次保守按照铅房距探伤位置 50m、屏蔽能力保守为散射方向放置 3mm 铅板及铅房 2mm 铅板防护；居留因子取 1。则 350kV/5mA 工况下辐射工作人员最大年有效剂量见表 9-6。

表 9-6 350kV/5mA 工况下辐射工作人员最大年有效剂量

位置	距探伤位置	屏蔽能力	漏射线剂量率	散射线剂量率	剂量率合计	居留因子	时间	年有效剂量
铅房内	50m	5mmPb	0.38 μ Sv/h	1.01 μ Sv/h	1.39 μ Sv/h	1	300h/a	0.42mSv/a

由以上估算结果可以看出，辐射工作人员的年有效剂量最大为 0.42mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 5.0mSv/a 的年管理剂量约束值。

5、公众成员年有效剂量

移动探伤前辐射工作人员先进行清场，确保控制区内无人员，监督区范围内除本项目辐射工作人员外无其他人员。移动探伤时公众人员不得进入划定的监督区，监督区外边界剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。监督区外公众人员停留较少，居留因子参照人行道取 1/16，则本项目所致公众成员年有效剂量为 $2.5 \times 300 \times (1/16) / 1000 \approx 0.05\text{mSv/a}$ 。

综上所述，公众成员的年有效剂量不大于 0.05mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

9.2.4 运行期分析与评价

由上述运行期间的分析可以看出，威海莞船船舶制造有限公司 X 射线探伤机移动探伤项

目正常运行期间：

使用 X 射线探伤机进行移动探伤时，在控制区边界剂量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 条件下：

350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向东照射时，有用射束方向 6mmPb 屏蔽、非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件，有用射束方向控制区范围为 245m、监督区范围为 598m，非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m；350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向下照射时，非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件，非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。

在本项目 X 射线探伤机曝光时间 300h/a 条件下，职业人员所受年有效剂量最大为 0.42mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a ，也低于本报告提出的 5.0mSv/a 的年管理剂量约束值。

应当说明的是，上述剂量估算结果是在保守的假设条件下的计算，实际探伤工作中所接受的剂量与探伤人员的熟练程度、防护意识、其他防护措施等诸多因素有关，接受的剂量可能小于上述估算结果。在实际工作中要求对工作人员进行剂量监督，携带个人剂量计，工作人员受到的剂量以剂量监督为准。个人剂量如接近 5.0mSv/a 管理约束值，则应限制其参加移动探伤的时间或改善防护条件。在日常管理中，应对辐射工作人员参与移动探伤的时间和次数进行记录。

在本项目 X 射线探伤机曝光时间 300h/a 条件下，公众成员年有效剂量最大值为 0.05mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的 1mSv/a 剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

在现有条件下，威海芜船船舶制造有限公司 X 射线探伤机移动探伤项目在规范操作，合理划分控制区和监督区条件下，辐射工作人员和公众成员所受年有效剂量均不大于本报告提出的评价标准，满足国家有关要求。

9.2.5 三废影响分析

1、非放射性气体环境影响分析

X 射线探伤机运行过程中的 X 射线会电离空气产生少量 O_3 和 NO_x ，由于本项目移动探伤时主要在室外，X 射线探伤机运行时产生的少量非放射性废气直接排入外环境， O_3 产生量较少且在常温下不断转化为氧气，因此不会对作业场所周边环境空气质量产生不利影响。

2、固体废物环境影响分析

本项目废胶片产生总量 40kg/a ，废显（定）影液产生总量 80kg/a 。产生的危险废物依托于主体项目现有危废暂存间，该危废暂存间位于公司厂区东北角，并设置专门的区域存放本

项目产生的危险废物，依托危废暂存间位置见附图 2。

为保证暂存的危险废物不对环境产生污染，建设单位已依据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）及相关法律法规，对危险废物暂存场地进行如下安全措施：

①已为每种危险废物单独设置贮存区域，且贮存容器耐腐蚀、耐压、密封。容器内禁止混放不相容固体废物，禁止危险废物混入非危险废物中储存。

②危废暂存间已采取防风、防雨、防晒和防止危险物流失、扬散等措施，并针对危险废物设置环境保护图形标志和警示标志。

③危废暂存间内地面已做表面硬化和基础防渗处理，且表面无裂隙，同时建筑材料与危险废物兼容。

④贮存危险废物时按照危险废物的种类和特性进行分区贮存，每个贮存区域之间设置间隔，并设置防雨、防火、防雷、防扬尘装置。

⑤已配备照明设施和消防设施等。

⑥已建立危险废物贮存台账制度，做好危险废物出入库交接记录。

⑦危险废物转移过程应按《危险废物转移联单管理办法》执行。

⑧设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）及《环境保护图形标志固体废物贮存（处置）场》（GB 15562.2-1995）及其修改单规定的警示标志。

本次评价要求建设单位将废显（定）影液暂存在防渗漏且无反应的容器内，将本项目产生的危险废物单独分区存放，并做好危废记录，注明危废名称、来源、数量、入库日期、出库日期及接收单位名称等，及时委托有相应危废处置资质的单位转移处置。转移严格按照《危险废物转移管理办法》相关要求执行。

暗室内危废暂存处应同样设置防渗漏且无反应的容器，并在暗室地面采取表面防渗措施，于废显（定）影液产生后当天转移至危废暂存间内，并做好转移登记记录。

危险废物暂存间建设情况见表 9-7。

表 9-7 危险废物暂存间建设情况一览表

贮存场所	危险废物名称	类别	代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
危废暂存间 (依托现有)	废胶片及废显 (定)影液	HW16	900-019- 16	厂区东北 角	20m ²	专用容 器	10t/a	1 年

9.3 探伤设施的退役

当 X 射线探伤机退役时，拟采取以下措施：

(1) 当 X 射线探伤机不再使用时，公司依法委托有资质单位将 X 射线发生器处置至无法

使用，或经相关部门批准后，转移给其他已获许可的机构。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

9.4 事故影响分析

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》(国家环保总局环发[2006]145号)，辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目3台X射线探伤机，均属II类射线装置，有可能发生特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故。

9.4.1 可能的辐射事故(件)

(1) 探伤工作过程中，公众成员误入探伤区域，造成不必要照射情况；

(2) 探伤工作过程中，探伤机延时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成额外照射；

(3) 操作人员不遵守操作规程，违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

(4) 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，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

9.4.2 可能的辐射事故(件)防范措施

(1) 移动探伤时，先进行清场，控制区边界悬挂“禁止进入射线工作区”警告牌，监督区边界设置“无关人员禁止入内”警告牌、设置专人警戒巡逻，并在控制区边界设置“预备”和“照射”状态的工作信号灯和声音提示装置；

(2) 定期对探伤机进行维护，加强设备日常维护保养，发现异常后及时返厂维修，同时确保探伤区域人员撤离后再开机，开机后及时撤离操作位；

(3) 本项目操作人员均进行专业培训考核，并加强管理，禁止未经过培训考核的操作人员操作X射线机；

(4) 加强对X射线机在贮存、使用现场的管理，做好X射线机领用、归还记录，防止发生X射线机的被盗、丢失。X射线机贮存在贮存库内，由专人管理，贮存库外设置有监控。一旦发生被盗或丢失事件时应及时报告当地生态环境部门、公安部门以及卫健委。

发生上述不必要照射事故(件)时，对环境只是造成暂时性的辐射污染，停机后污染随之消失。发生照射事故时应及时切断电源，必要时启动应急预案，对受照人员进行剂量评估，同时要进行治疗必要的医学处理。

表10 辐射安全管理

10.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

10.1.1 辐射安全管理

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中对使用射线装置单位的要求，建设单位拟签订辐射工作安全责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，公司拟该设立辐射安全与环境保护管理机构，由该机构负责公司辐射安全与管理，并给出辐射安全与环境保护管理机构人员组成和具体职责。

10.1.2 人员培训

本项目拟配备 3 名专职职业人员，每次开展探伤工作至少 2 名职业人员组成一队，建设单位拟组织对应职业人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行安全防护培训并进行考核，考核合格后上岗。并指定其中 1 名工作人员（本科及以上）在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行学习并报名参加辐射安全管理，考核合格后兼职为建设单位辐射防护负责人。建设单位拟加强辐射工作人员管理，严禁未参加培训及考核未通过的人员从事辐射工作。

10.2 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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等要求，建设单位拟建立健全如下辐射管理规章制度：《X 射线探伤作业辐射安全防护操作规程》《X 射线探伤作业区划分制度》《射线装置使用登记与台账管理制度》《X 射线探伤机储存管理办法》《设备定期检修、保养、维护制度》《辐射防护与安全保卫制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作人员培训制度》《自行检查和年度评估制度》《辐射监测方案》《辐射事故应急预案》等。

规章制度中拟对操作人员操作、岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、辐射设备运输、使用、储存等方面分别做出明确的要求和规定，保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，保护环境。本项目投入使用时，切实落实各项辐射管理规章制度，建立辐射安全管档案。

建设单位应定期对辐射工作人员进行培训，落实各项安全措施，并定期对制度进行修订，切实有效的落实本环评中“8.1 X 射线探伤机移动探伤项目安全措施”提出的各项措施，并进行专项演练，总结演练过程中存在的问题，确保工作人员、公众的安全。

辐射安全管理人员负责宣传贯彻辐射安全的相关政策及法规，制定合理的规章制度及防护措施，对探伤工作提出合理建议并进行监督管理，对环境风险事故进行处理，对辐射

工作人员的工作过程进行管理。

10.3 辐射监测

建设单位拟制定《辐射监测方案》，拟配置便携式 X- γ 剂量率仪 1 台，拟为职业人员每人配备个人剂量计，并根据监测方案对工作场所和周围环境进行监测，对工作人员个人剂量进行定期检测。建议按照以下内容制定监测方案：

10.3.1 辐射环境监测方案

(1) 监测因子

X- γ 辐射剂量率。

(2) 探伤区域及照射方向

本项目探伤区域为位于 1#船台、2#船台固定区域，探伤区域北端与塔吊北侧持平、南侧至舾装码头北侧道路，1#船台与 2#船台相距 40m。探伤时主射束仅向下或向东照射，每次仅使用 1 台 X 射线探伤机。严禁在其他区域、其他照射方向开展移动探伤工作。

(3) 监测区域

探伤现场监测：在 X 探伤机处于照射状态时，使用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置周围由远及近测量剂量率，到 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界，到 $15\mu\text{Sv/h}$ 为控制区边界；探伤作业期间还应对控制区和监督区边界上代表点的剂量率进行监测；工作状态下还应检测操作位置；停止工作时，检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机已停止工作。

(4) 监测频率

①自行监测：

X 射线探伤机曝光结束后，对工作场所进行监测，确保已停止曝光。

②凡属下列情况之一应由有资质的单位进行此项监测：

- a. 每年委托有资质的单位对 X 探伤现场进行一次监测；
- b. 发现个人季度剂量可能超过 1.25mSv 。

(5) 监测结果评价

控制区和监督区边界剂量率限值分别为 $15\mu\text{Sv/h}$ 、 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(6) 监测人员和监测记录

现场监测。由现场辐射工作人员进行监督区/控制区划分监测、监督监测，并对记录监测结果和监测人员，监测记录存档。

每年委托有资质的单位进行监测，检测结果存档并上报生态环境部门。

10.3.2 个人剂量的监督与检测

(1) 进行相关辐射工作时，辐射工作人员均应规范佩戴个人剂量计。

(2) 个人剂量计委托有资质的单位进行检测。

(3) 个人剂量计常规监测周期为 3 个月。

(4) 建立个人剂量档案，每人一档，检测结果录入档案，并经当事人签字确认。个人剂量档案由专人负责管理，个人剂量档案终生保存。

(5) 个人剂量管理约束值（调查水平）为 5mSv/a。如发现超过调查水平，公司应严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）附录 C 的 C.4 所示内容进行调查，并采取改进措施。

(6) 个人剂量检测和个人剂量档案管理应遵循《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）相关要求。

10.4 辐射事故应急

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》《山东省辐射事故应急预案》等法律法规，建设单位拟制定《辐射事故应急预案》，一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。《辐射事故应急预案》包括以下内容：

(1) 辐射事故分级

本项目可能发生的辐射事故：

①特别重大辐射事故：射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

②重大辐射事故：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；

③较大辐射事故：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；

④一般辐射事故：射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

(2) 成立应急机构，明确机构职责

成立辐射事故应急领导机构，给出人员组成和联系方式。明确应急机构职责：贯彻执行本辐射事故应急预案和国家辐射事故应急有关规定，决定本公司辐射事故的应急响应预警、启动和终止。组织营救受害人员，组织撤离或者采取其他措施保护危害区域的其他人员；迅速控制事态，并对事故造成的危害进行监测，确定事故的危害区域、危害性质及危

害程度；消除危害后果，做好现场恢复；查清事故原因，评估危害程度。

（3）辐射事故应急响应

①辐射事故报告

发生辐射事故时，立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并立即向当地生态环境主管部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告；并在 2 小时内填写辐射事故初始报告表上报当地政府及有关部门。给出各部门（生态环境主管部门、卫健委、公安部门）联系方式。

②应急响应启动

公司辐射事故应急机构发布应急响应命令后，机构各成员按照辐射事故应急预案要求和辐射事故严重程度，立即派人赶赴现场，根据各自职责，配合有关部门进行现场调查、监测和保卫等工作，采取有效措施，控制并消除事故影响，防止辐射影响蔓延。

（4）应急响应的终止

符合下列条件之一的，即满足应急终止条件：

- ①辐射污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内；
- ②事故所造成的危害已经被彻底消除，无继发可能；
- ③事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

对具备应急响应终止条件的，由辐射事故应急领导机构根据有关规定宣布辐射事故应急响应终止。

应急响应终止后，辐射事故应急领导机构配合有关部门查出事故原因，防止重复发生类似事故；做好善后工作，编制辐射事故应急响应总结报告。根据实践经验，及时对辐射事故应急预案及有关实施程序进行修订

（5）培训和演练

公司辐射事故应急机构根据自身特点，制定辐射事故应急培训计划和方案，每年对辐射事故应急响应有关人员至少进行一次培训。

辐射事故应急机构中涉及的公司各部门应当根据本预案中规定的职责和任务，明确辐射事故应急预案演练的组织机构和责任人。各部门主要负责人是辐射事故应急预案演练的第一责任人，分管负责人是辐射事故应急预案演练的直接责任人。公司根据实际情况，每年演练一次。演练结束后，应及时总结评估辐射事故应急预案的可行性，必要时，对应急预案做出修改和完善。

(6) 应急保障

配备应急物品：便携式 X- γ 剂量率、个人剂量报警仪、个人剂量计、铅手套、铅眼镜、铅衣、警戒绳等。

表11 结论与建议

11.1 结论

11.1.1 项目概况

威海莞船船舶制造有限公司位于威海市经济技术开发区崮山镇皂埠路南、东海船舶东。因业务发展需要，建设单位拟自行开展船舶及相关工件的检测，于公司厂区西侧闲置仓库（地上2层建筑）内1层东南侧第一间闲置房间改造为X射线探伤机贮存库，并将其北侧闲置房间改造为暗室，评片室拟设置于公司办公楼（位于厂区北侧，共7层）内2层东侧。拟购置3台定向X射线探伤机（XXG-2505D型、XXG-3005D型、XXG-3505D型各1台），均属II类射线装置，X射线探伤机用于X射线探伤机用于公司厂区1#船台及2#船台固定区域探伤作业（每个船台南北长约340m、宽约30m的区域，共计约20400m²），船台均无实体屏蔽，照射方向为定向向下或定向向东，两处船台不同时开展移动探伤，且每次探伤时仅使用1台X射线探伤机。并拟设置一处可移动铅房，探伤时放置于1#船台及2#船台中间最北侧位置。

本项目X射线探伤机用于移动探伤（探伤现场位于公司厂区1#船台及2#船台固定区域），属于服务于公司主体的项目，经查《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于国家允许建设的项目，符合产业政策。

本项目为建设单位主体工程的配套项目，拟建X射线探伤机贮存库、暗室、评片室及现场探伤场所均位于厂区内，无新增占地。本项目仅用于对公司内产品的探伤服务，不在公司厂区外开展探伤作业，移动探伤现场位于厂区公司厂区1#船台及2#船台固定区域，不用于其他移动探伤作业，无新增占地，符合相关规划要求。

本项目评价范围基本位于厂区内（南侧监督区部分区域位于海上），X射线探伤机向东照射时舾装车间、综合仓库位于控制区内，向东或向下照射时评价范围内无其他建筑物。则保护目标为评价范围内偶然经过的公司员工及其他公众人员。

根据现场调查及建设单位提供资料可知，开展探伤作业之前，先公告，明确探伤时间，探伤实施前全面清场，探伤时间选择在20点后进行，控制区内无人员逗留、评价范围内除本项目辐射工作人员外无其他人员逗留，保证探伤过程中的辐射安全，X射线探伤机运行时对周围环境的辐射影响可接受。

11.1.3 X射线探伤机贮存库安全设施

X射线探伤机贮存库用于贮存本项目X射线探伤机，该贮存库位于建设单位厂区西侧闲置仓库内1层东南侧第一间房间。X射线探伤机贮存库尺寸为：东西长3.5m×南北宽

3.0m×高 3.0m。X 射线探伤机贮存库四周墙体均为 24cm 厚砖结构，室顶为 18cm 厚混凝土结构，窗户设置有防盗网，并于南墙安装一道防盗门，并实行双人双锁管理，可满足防破墙及盗窃能力要求。

X 射线探伤机贮存库内南墙西侧、库外走廊处拟设置两处红外高清视频监控，该 2 处监控可实现 X 射线探伤机贮存库全面覆盖；于 X 射线探伤机贮存库出入口设置一处入侵报警装置，厂区内、移动探伤现场设置多处监控摄像装置。监控位于公司传达室内，监控同时与值班人员、辐射安全管理人员手机网络连通，可实现 24h 监控。以上措施可保证 X 射线探伤机的安全。

11.1.4 现状监测

移动探伤现场及周围的环境 γ 空气吸收剂量率现状值为室内 $(11.7\sim 13.7) \times 10^{-8}$ Gy/h、室外 $(7.8\sim 8.3) \times 10^{-8}$ Gy/h，均处于烟台（威海）市环境天然放射性水平范围内。

11.1.5 环境影响评价分析结论

进行 X 射线移动式探伤时，先初步将工作区划分为控制区和监督区。控制区外辐射水平不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区外边界外辐射水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。边界设置电离辐射警告标志、标牌、工作信号灯，控制区内严禁人员进入，公众不得进入监督区，设置人员警戒。操作位避开主射束方向。

350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向东照射时，有用射束方向 6mmPb 屏蔽、非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件，有用射束方向控制区范围为 245m、监督区范围为 598m，非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。

350kV/5mA 工况、X 射线探伤机向下照射时，非有用射束方向 3mmPb 屏蔽条件，非有用束方向控制区范围为 31m、监督区范围为 76m。

在控制区边界设置警戒绳，并悬挂清晰的红色“禁止进入射线工作区”的警告牌；在监督区边界悬挂清晰的橙色“无关人员禁止入内”的警告牌。在监督区边界设专人警戒。保证禁止人员进入控制区，防止无关人员进入监督区，防止公众人员在监督区边界停留。可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对移动探伤的要求。

11.1.6 人员年有效剂量

在本项目 X 射线探伤机曝光时间 300h/a 条件下，辐射工作人员所受年有效剂量最大为 0.42mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a ，也低于本报告提出的 5.0mSv/a 的年管理剂量约束值。实际

工作中，辐射工作人员每人均应佩戴个人剂量计，每三个月检测一次，监督人员所受剂量，如个人剂量接近 5mSv/a，则应限制其参加移动探伤的时间或改善防护条件。在日常管理中，建议对辐射工作人员参与移动探伤的时间和次数进行记录。

公众成员年有效剂量最大为 0.05mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的公众成员剂量限值 1mSv/a，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的剂量约束值。

拟配备的防护用品和检测仪器有：1 台便携式 X-γ 剂量率仪、2 部个人剂量报警仪、3 支个人剂量计、约 1000m 警戒绳、4 个提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置、4 个警示灯、5 个电离辐射警告标志、5 个“禁止进入射线工作区”警告牌、5 个“无关人员禁止入内”警告牌、2 套铅衣铅帽铅眼镜、若干 3mmPb 铅板等。

11.1.7 辐射安全管理

公司拟成立辐射安全与环境保护管理机构，制定各项辐射安全管理规章制度。在运行过程中将各项安全防护措施落实到位，在此条件下，可以确保工作人员、公众的安全，并有效应对可能的突发事件（件）。

本项目拟配备 3 名专职职业人员，每次开展探伤工作至少 2 名职业人员组成一队，建设单位拟组织对应职业人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行安全防护培训并进行考核，考核合格后上岗。建设单位拟加强辐射工作人员管理，严禁未参加培训及考核未通过的人员从事辐射工作。

11.1.8 三废的治理

废显（定）影液和废胶片分类收集，暂存于公司危废暂存间内（本项目专用），建设单位承诺将废胶片和废显（定）影液交由有相应危险废物处置资质的单位处理。如无法及时返回公司时，签订处置协议并将产生的危险废物均交由有资质的单位运输和处置。

本项目设施较为简单，环境风险因素单一，在根据本次评价要求进一步完善各项风险防范措施的前提下，环境风险是可控的。总之，本项目在落实相关法律法规和本次评价所提出的安全防护措施后，该项目的运行是安全的。

11.2 承诺和建议

11.2.1 承诺

1、按照环境影响评价文件及审批文件、生态环境主管部门提出的要求，落实各项环保措施和辐射环境管理措施。

2、按照表 8-2，配备所需防护用品和检测仪器，同时根据项目规模增配相应的防护用品和检测仪器。

3、定期按规定对便携式 X- γ 剂量率仪进行检定/校准，并取得相应证书。

4、落实厂区内开展固定区域探伤作业时的辐射安全管理措施，规范操作，加强管理。

5、按照相关要求申领辐射安全许可证，及时组织竣工环保验收。

11.2.2 建议

1、加强对工作人员的教育培训以及再培训，避免辐射事故（件）的发生。

2、完善并落实操作规程、各项管理制度以及应急响应方案，定期演练。

3、对辐射工作人员要求熟知防护知识进行定期培训，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众成员和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

4、配备一定屏蔽厚度的便携式防护器材，如铅、钢板防护屏等，放置在探伤机主射束方向，若有公众成员误入监督区时，可及时采取有效的防护措施。

5、合理安排探伤作业时间，建议选择夜间或其他工作人员休息时间进行曝光照射。

6、对辐射工作人员参与移动探伤的时间和次数进行记录。

下一级生态环境部门意见

公 章

经办人签字

年 月 日

审批意见

公 章

经办人签字

年 月 日