

核技术利用建设项目
使用 X 射线探伤机开展移动探伤项目
环境影响报告表

威海鑫润技术服务有限公司

2023 年 11 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
使用 X 射线探伤机开展移动探伤项目
环境影响报告表

建设单位名称：威海鑫润技术服务有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇

双岛路—369—7 号 6 楼西

邮政编码：264209

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	使用 X 射线探伤机开展移动探伤项目				
建设单位	威海鑫润技术服务有限公司				
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址	山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西				
项目建设地点	山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西，设备库坐标为（N 37.423803° ， E 121.985813° ）				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	10	项目环保投资（万元）	3	投资比例（环保投资/总投资）	30.00%
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	约 17m 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	/				
<h2>1 项目概述</h2> <h3>1.1 公司简介</h3> <p>威海鑫润技术服务有限公司成立于 2020 年 5 月，注册资金 100 万元，注册地址为山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西，公司现租赁位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西处的办公室作为办公地点（房屋租赁合同见附件 3），公司经营范围为检测服务；其他专业咨询服务。</p> <p>公司所在地理位置示意图见附图 1，周边影像关系见附图 2。</p>					

1.2 本项目建设规模

根据发展规划，公司拟承接风电、道路交通等行业的无损检测工作。为满足工作需求，公司购置 2 台 X 射线探伤机，包括 1 台 XXG2505D 型定向 X 射线探伤机、1 台 XXG3005D 型定向 X 射线探伤机，开展现场（移动）X 射线无损检测工作。

公司拟将其租用的位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西的一间房间用作 X 射线探伤机设备库，用于暂存 X 射线探伤机；拟将设备库东侧的房间用作洗片室，用于冲洗胶片，将洗片室东侧房间（与洗片室以走廊相隔）用作评片室和存放胶片的档案室，并将位于设备库所在建筑（即 7 号楼）楼顶平台的一处房间用作危废暂存间，用于暂存本项目产生的危险废物（包括废显（定）影液和废胶片）。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部与国家卫生和计划生育委员会公告，2017.12），本项目 X 射线探伤机属 II 类射线装置。本项目设备明细见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置一览表

序号	名称	类别	数量	拟购型号	最大管电压 (kV)	最大管电 流 (mA)	生产厂家	用途	备注
1	X 射线 探伤机	II 类 射线 装置	1 台	XXG2505D	250	5	无锡市丹杰 电器设备有 限公司	现场（移 动）探伤	定向
2	X 射线 探伤机		1 台	XXG3005D	300	5			定向

本项目 X 射线探伤机用于现场（移动）探伤作业，核技术利用类型为使用 II 类射线装置。

1.3 选址合理性分析

经现场勘查，本项目 X 射线探伤机设备库所在建筑物为六层建筑，X 射线探伤机设备库紧邻公司办公场所，方便工作人员进行探伤机领取和归还，X 射线探伤机贮存状态不产生辐射影响，项目选址合理。暗室、档案室及评片室距设备间较近，集中分布，便于日常工作的开展，且危废间所在区域地质条件稳定，综上所述，本项目选址合理。

1.4 产业政策符合性分析

本项目为使用 X 射线探伤机开展移动探伤项目，经查《产业结构调整指导目录（2019 年

本，2021年修订版)》，本项目属“鼓励类，十四、机械”中的“工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于国家鼓励建设的项目，符合产业政策。

1.5 实践正当性分析

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，评片人员根据黑度变化判断缺陷情况，评价焊接焊缝的质量。在施工现场或野外，需使用X射线探伤机进行现场探伤，判断探件是否有缺陷，以及缺陷类型，为委托单位出具探伤报告，从而保证委托单位的施工质量或产品质量。

本项目X射线探伤机用于无损检测，有利于保障产品质量，具有显著的经济效益和社会效益，且经下文分析，在落实辐射安全防护措施的前提下，本项目产生的辐射影响满足国家相关标准要求。因此，本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的辐射防护“实践正当性”的原则。

1.6 目的和任务的由来

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《建设项目环境影响评价分类管理名录》，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，威海鑫润技术服务有限公司委托我单位对其使用X射线探伤机开展移动探伤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、收集资料、预测等基础上，我单位于2023年11月编制完成了《威海鑫润技术服务有限公司使用X射线探伤机开展移动探伤项目环境影响报告表》。

表 2 射线装置

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 台	XXG2505D	250	5	无损检测 (工业探伤)	探伤现场	定向
2	X 射线探伤机	II 类	1 台	XXG3005D	300	5			定向

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
废显 (定) 影液 (危废编号 HW16 900-019-16)	液态	/	/	/	100.4kg	/	贮存于本项目危废暂存间内 (无法及时返回时于探伤委托企业提供的危废暂存间内暂存)	交由有相应资质的危废处理单位处置
废胶片 (危废编号 HW16 900-019-16)	固态	/	/	/	50.2kg	/		
非放射性废气	气态	/	/	/	/	/	/	排入探伤现场外环境

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

<p>法规 文件</p>	<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，2015.1.1 施行； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第 77 号，2003.9.1 施行，2018.12.29 修订后施行； 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，2003.10.1 施行； 4. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，中华人民共和国主席令第 43 号公布，2020.4.29 修订，2020.9.1 施行； 5. 《建设项目环境保护管理条例（2017 修订）》，国务院令第 682 号，2017.10.1 施行； 6. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005.12.1 施行，2014.7.29 第一次修订，2019.3.2 第二次修订； 7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2006.3 施行，2008.11.21 第二次修订，2019.8.22 第三次修订，2021.1.4 第四次修订； 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011.5.1 施行； 9. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 16 号，2021.1.1 施行； 10. 《关于发布<射线装置分类>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，2017.12.5 施行； 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》，国家环境保护总局，环发〔2006〕145 号，2006.9.26 施行； 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，2022.1.1 施行）； 13. 《国家危险废物名录》，生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运
------------------	---

	<p>输部、国家卫生健康委员会部发布，部令第 15 号，2021. 1. 1 施行；</p> <p>14. 《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. 1 施行；</p> <p>15. 《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. 11. 30 修订，2019. 1. 1 施行。</p>
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2. 1-2016）； 2. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10. 1-2016）； 3. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； 5. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）； 6. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 7. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 8. 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）； 9. 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）； 10. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
<p>其他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 威海鑫润技术服务有限公司使用 X 射线探伤机开展移动探伤项目环境影响评价委托书； 2. 《辐射源室屏蔽设计与评价》（王时进，北京市放射卫生防护所，2009 年 9 月）； 3. 《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）”。

本项目为使用射线装置在现场进行探伤，无实体屏蔽，且探伤现场不固定，本项目评价范围为理论计算的监督区边界范围内（监督区范围计算结果均大于 100m）。

5.2 保护目标

本项目保护目标包括职业人员和公众成员。其中，职业人员为在探伤场所进行操作和警戒的辐射工作人员，公司拟配备 4 名辐射工作人员。公众成员为探伤场所监督区周围活动或经过的公众。

表 5-1 本项目主要保护目标情况

保护目标	人数	方位、距离
职业人员	4 人	探伤场所进行操作和警戒的辐射工作人员，位于控制区以外，具体方位结合移动探伤现场情况而定，职业人员距探伤机的距离大于控制区的范围
公众成员	—	监督区周围活动或经过的公众，位于监督区以外，方位不固定，距探伤机的距离大于监督区的范围

5.3 评价标准

1. 职业照射和公众照射

职业照射和公众照射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

标准中附录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。

剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）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。

《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中规定职业照射受照剂量大于调查水平 5mSv/a 时，应作进一步调查。

参考以上标准，本次评价取照射剂量限值的 25%（即 5mSv）作为职业人员的年管理剂量约束值，取照射剂量限值的 10%（即 0.1mSv）作为公众成员的年管理剂量约束值。

2. 剂量率控制目标

剂量率目标控制限值执行《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）。

第 7 款 移动式探伤的放射防护要求

第 7.2 款 分区设置

第 7.2.2 款 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区。

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

$$H=100/\tau$$

式中：

H：控制区边界周围剂量当量率，单位 μ Sv/h；

100：5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100 μ Sv/周；

τ ：每周实际开机时间，单位为 h。

第 7.2.8 款 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率低于 2.5 μ 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。

本项目周曝光时间最大为 4.50h（计算过程详见 7.2.3 章节），低于 7h，为保守考虑，本次按照 15 μ Sv/h 划分控制区。

综上所述，本次以 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。

3. 环境天然辐射水平

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，烟台市（含威海市）环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 5-2。

表 5-2 烟台市（含威海市）环境天然辐射水平（ $\times 10^{-8}$ 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：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。

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理及场所位置

公司现位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西，其中设备库位于 7 号楼 6 层西侧中间位置偏南侧，暗室与设备库相邻，位于设备库东侧；评片室及档案室位于暗室东侧，与暗室以走廊相隔，危废间位于 7 号楼楼顶，其中 7 号楼 6 层西侧平面布置示意图见附图 3，楼顶平台平面布置示意图见附图 4。本项目 X 射线探伤机设备库周围环境见表 6-1，周围环境现状照片见图 6-1。

表 6-1 X 射线探伤机设备库周围环境一览表

名称	方向	场所名称
X 射线探伤机设备库	北面	威海云山智暖科技有限公司车间、室外环境
	东面	暗室、走廊、评片室及档案室、开放办公区、会议室及展示室
	南面	走廊、会议室及室外环境
	西面	电梯及楼梯、室外环境
	楼上	楼顶平台
	楼下	黄郑半导体（山东）有限公司办公场所



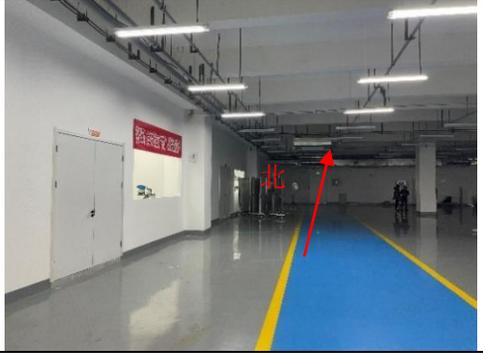
	
<p>设备库西侧电梯及楼梯、室外环境</p>	<p>设备库北侧威海云山智暖科技有限公司车间</p>
	
<p>设备库楼上楼顶平台</p>	<p>危废暂存间</p>
	<p>/</p>
<p>评片室和档案室</p>	<p>/</p>

图 6-1 设备库周围现状照片

6.2 环境质量和辐射现状

为了解 X 射线探伤机设备库建设位置的辐射环境现状，本次给出 X 射线探伤机设备库所在位置及周围环境辐射水平。

6.2.1 检测方案

1. 环境现状评价对象

X 射线探伤机设备库所在位置及周围辐射环境现状。

2. 检测因子

γ 辐射空气吸收剂量率。

3. 检测点位

本次按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）测点布设原则，于本项目设备库内及周围布设 7 个检测点，检测点位见附图 3。

6.2.2 质量保证措施

1. 检测单位

本次委托具备辐射检测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展检测，该公司已取得生态环境监测认证。

2. 检测仪器

检测仪器为 BG9512P/BG7030 型便携式多功能射线检测仪，仪器编号为 A-2203-01，测量范围为 10nGy/h~200 μ Gy/h，能量范围为 25keV~3MeV。检定单位为华东国家计量测试中心，检定证书编号为 2022H21-20-3869747001，检定有效期至 2023 年 3 月 24 日，检测时在检定有效期内。

3. 检测方法

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）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，仪器自动读取数据，计算平均值和标准偏差。

4. 其他保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的的数据量，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。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

6.2.3 检测时间与条件

2022 年 12 月 12 日，天气：阴，气温：4.5℃，相对湿度：31.7%。

6.2.4 检测结果

本项目 X 射线探伤机设备库及其周围 γ 辐射空气吸收剂量率检测结果见表 6-2。

表 6-2 本项目 X 射线探伤机设备库周围剂量率检测结果 单位：nGy/h

点位号	点位描述	检测结果	
		平均值	标准偏差
1#	X 射线探伤机设备库内部	87.1	1.2
2#	X 射线探伤机设备库北侧 (威海云山智暖科技有限公司车间)	84.6	1.3
3#	X 射线探伤机设备库东侧 (暗室)	87.4	0.9
4#	X 射线探伤机设备库南侧 (走廊)	85.9	0.9
5#	X 射线探伤机设备库西侧 (电梯)	84.7	1.2
6#	X 射线探伤机设备库楼上 (楼顶平台)	80.9	1.0
7#	X 射线探伤机设备库楼下 (黄郑半导体 (山东) 有限公司办公场所)	88.8	1.7

注：表中检测结果已扣除宇宙射线响应值 11.6nGy/h。

6.2.5 环境现状调查结果评价

由表 6-2 的检测数据可知，本项目 X 射线探伤机设备库内部及周围的 γ 辐射空气吸收剂量率为 80.9nGy/h~88.8nGy/h[即 $(8.09\sim 8.88) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$]，处于烟台市 (含威海市) 环境天然放射性水平范围内[道路 $(1.94\sim 20.14) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 、室内 $(4.56\sim 20.53) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$]。

根据《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》第 5.1.2 款规定：“充分收集和利用评价范围内各例行监测点、断面或站位的近三年环境监测资料或背景值调查资料，当现有资料不能满足要求时，应进行现场调查和测试，现状监测和观测网点应根据各环境要素环境影响评价技术导则要求布设，兼顾均布性和代表性原则。符合相关规划环境影响评价结论及审查意见的建设项目，可直接引用符合时效的相关规划环境影响评价的环境调查资料及有关结论”。

本项目检测时间为 2022 年 12 月 12 日，未超过三年，且检测后设备库周围未新增辐射项目，因此检测数据可代表设备库周围的辐射现状水平。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期工程分析与源项

本项目相关场所利用现有房间，无土建施工，设备库已安装有防盗门和监控探头，暗室及危废间地面已进行防渗处理，因此施工期不会对周围环境产生影响，本次不再对施工期影响进行分析。

7.2 营运期工程分析与源项

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。

2. X 射线产生原理

X 射线的产生是利用 X 射线管中高速电子去撞击阳极靶，从而产生 X 射线。X 射线管是用来产生 X 射线的一种真空二极管。其阴极(灯丝)用来产生热电子。在阳极与阴极间加高电压，电子由于阳极高电位的吸引，即以高速向阳极靶撞击。X 射线管两极的高电压是由高压发生器(主要由高压变压器等组成)供给的。

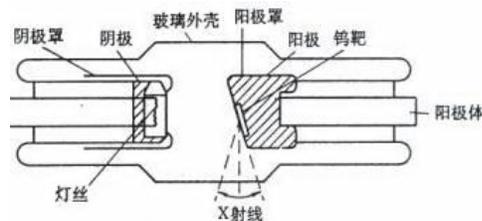


图 7-1 X 射线管示意图

3. X 射线探伤机探伤原理

X 射线探伤机在工作过程中，通过 X 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生较强的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机据此实现探伤的目的。

4. X 射线探伤机技术参数

本项目共涉及 2 种型号的 X 射线探伤机，其主要技术参数见表 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 (kV)	输出电流 (mA)	焦点尺寸	辐射角度	最大穿透钢	备注
XXG2505D	100~250	5	2.0×2.0	40° +5°	40mm	定向
XXG3005D	150~300	5	2.5×2.5	40° +5°	50mm	定向

7.2.2 X 射线探伤工作流程

工作人员在进行 X 射线现场探伤前，首先从设备库领取 X 射线探伤机，并做好设备出库记录。在探伤场所开展移动探伤前，先进行清场，确认场所周围没有无关人员停留，操作人员根据探件尺寸和厚度，设定合适的曝光参数。根据本次环评计算得出的控制区和监督区范围及开机状态下便携式 X-γ 剂量率仪的巡测结果，划定控制区和监督区范围，在划定监督区和控制区范围的过程中，安排辐射工作人员在场所四周进行巡检，避免无关人员靠近，然后在监督区和控制区边界设立警告标志、警戒绳和警示灯，现场设有安全员，做好警戒等辐射安全防护工作。之后在被探伤物件的焊缝贴上胶片，再次确定场内无相关人员后，操作人员在操作位确认开机条件、设定开机时间，开机曝光，操作人员远离。达到预定的照射时间曝光结束后，使用便携式 X-γ 剂量率仪进行检测，确认 X 射线探伤机已关机。收回探伤机，完成一次探伤。在威海市开展的项目在探伤完成后将胶片送回至本项目暗室、评片室内进行底片冲洗及评定，若探伤业务场所距本项目建设地点较远，则在委托探伤企业提供的暗室及评片室内进行底片冲洗及评定，并出具探伤报告。探伤工作结束后，及时将探伤机归还，并做好设备入库记录。

本项目主要工作流程示意图见图 7-2。

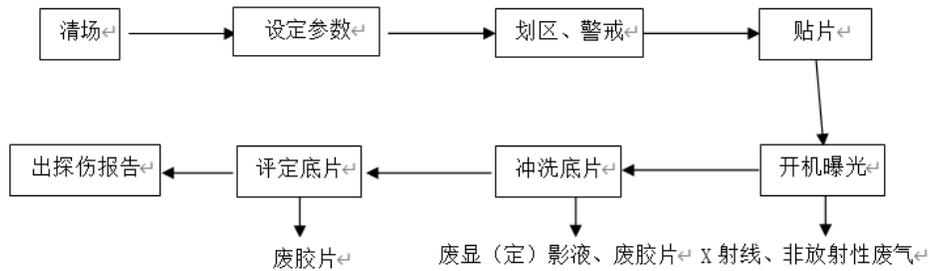


图 7-2 X 射线探伤机现场探伤工作流程示意图

若探伤机长时间不用或初次使用需要先进行训机以提高射线管真空度，训机过程也产生 X 射线和非放射性有害气体。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（通常一年校验一次），新购或大修后的设备应重新制作曝光曲线，曝光曲线制作过程中，也产生 X 射线和非放射性有害气体。训机和曝光曲线均在探伤现场进行，工作流程与正常现场探伤流程相近。

7.2.3 工作负荷

根据建设单位提供的资料，公司每周最多拍片 100 张片子，曝光一次平均 2min，一次曝光拍片数不少于 1 张，则周最大曝光时间为 $100 \times 2 \div 60 \approx 3.33\text{h}$ ，每年按照 50 周计，则拍片过程中年最大曝光时间为 $3.33 \times 50 = 166.5\text{h}$ 。经核实，公司每次划分监督区和控制区的过程需 10min，保守按每天划分 1 次考虑，每周按照开展 7 天保守考虑，则每周划区巡测所需时间为 $10 \times 7 \div 60 \approx 1.17\text{h}$ 。综上所述，职业人员每周受照时间为 $3.33 + 1.17 = 4.50\text{h}$ ，每年受照总时间为 $166.5 + 1.17 \times 50 = 225\text{h}$ 。

7.3 污染源项描述

本项目不产生放射性废水、放射性废气和放射性固体废物。

（1）X 射线

X 射线探伤机开机后产生 X 射线，分为有用束、泄漏辐射和散射辐射，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

（2）非放射性有害气体

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，且本项目属室外现场探伤，少量废气经自然通风，对周围环境影响较小。

（3）固体废物

探伤完成后的洗片过程会产生废显（定）影液和未正常显影的废胶片，废显（定）影液和废胶片属危险废物，危废编号 HW16 900-019-16，危险特性为毒性，应交由有资质的单位处置，在处置前分区存放于危废间内。正常显影的胶片存放在公司档案室内存放，胶片存储期满后作为废胶片处理，处置前存放于危废间内；若开展的探伤业务场所距本项目建设地点较远，移动探伤的片子主要在委托探伤企业提供的暗室及评片室内进行底片冲洗及评定，此

种情况下产生的危险废物，在委托探伤企业进行分类收集后，废显（定）影液及未正常显影的胶片暂存于委托单位提供的危废间，交由有资质的单位运输和处置，正常显影的胶片运回至公司，存放在档案室内保存，存储期满后作为危险废物处置。

经核实，公司最多产生废片（未正常显影的胶片）不超过 20 张，公司每年拍片最多约 5000 张，每张片子平均约 10g，则储存期满后每年废胶片产生量 $(5000+20) \times 10 \div 1000=50.2\text{kg}$ ，每洗 1000 张片子约产生废显影液和废定影液共 20kg，则本项目每年产生废显影液和废定影液共 $(5000+20) \div 1000 \times 20=100.4\text{kg}$ 。

综合上述分析，本项目营运期环境影响评价的评价因子主要为 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 现场探伤项目安全措施

8.1.1 X 射线探伤机设备库设计与安全设施

本项目 X 射线探伤机设备库仅用于贮存本项目 X 射线探伤机，不在设备库进行训机工作。设备库内部尺寸为：南北长约 4.2m，东西宽约 1.0m，高约 2.8m，西墙、北墙及南墙为 24cm 砖混结构，东墙为 10cm 钢架+石膏板结构，室顶和地面均为 12cm 混凝土结构。设备库东墙北侧设置防盗门，防盗门加锁，设专人管理。位置见附图 2。

X 射线探伤机设备库内西北侧靠近室顶处安装 1 处视频监控探头，与公司辐射管理人员手机网络连通，能够实现 24 小时监控。本项目防盗措施可保证 X 射线探伤机的安全。

8.1.2 危废暂存间设计与安全设施

危废暂存间南北长约 3.5m，东西宽 2.5m，高约 2.8m，危废暂存间四周墙体为 24cm 砖混结构，室顶和地面为 12cm 混凝土结构，建设单位拟按照以下措施对危废进行管理：

危废暂存间加锁，钥匙由专人管理，按照《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）要求张贴危废贮存设施标志，根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18579-2023），危险废物贮存设施应采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施：贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙角、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等采用坚固的材料建造，表面无裂缝；危险废物贮存设施地面与裙角采取表面防渗措施；表面防渗材料与所接触的物料或污染物相容，采用抗渗混凝土的防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层(渗透系数不大于 10^{-7} cm/s)，或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料(渗透系数不大于 10^{-1} c/s)，或其他防渗性能等效的材料；防渗、防腐材料覆盖所有可能与废物及其渗滤液、渗漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺分别建设贮存分区，并张贴危废标签及危险废物贮存分区标志等。

8.1.3 X 射线探伤机运输和临时储存防护措施

运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需离开车辆，X 射线探伤机存放于车内，应至少保留 1 名工作人员负责 X 射线探伤机的看管。无法当天返回设备库时，X 射线探伤机存放于临时房间内，由工作人员负责看管，并由专人值班。

8.1.4 X 射线现场探伤安全措施

根据企业提供资料，公司在开展移动探伤中采取的现场安全措施如下：

(1) 作业前准备措施

①对现场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。考虑移动式探伤对工作场所内其他辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

②开展移动探伤工作时，每台探伤机至少 2 名专职辐射工作人员。

③探伤地点如果在客户（即委托单位）的工作场地，公司与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场通告、警告标识、报警信号灯，避免造成混淆。协商充足的探伤时间，确保探伤工作安全开展和所需的安全措施的实施。

(2) 分区设置措施

①探伤作业时，对工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场探伤工作在划定的控制区的区域内进行。

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。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。视情况采取局部屏蔽措施。

⑥每个探伤工地配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，开展移动探伤的辐射工作人员每人配置 1 部个人剂量报警仪。根据 GBZ117-2022 中 7.2.6，拟定期对便携式 X- γ 剂量率仪定期开展检定工作。

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或射线束的方向发生改变时，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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员进入之内”警告牌，必要时设专人警戒。

⑨在多楼层的工厂或工地作业时，在工作区上层或下层的人员通道处设置警戒绳或人员警戒，防止人员通过楼梯进入控制区。

⑩X 射线探伤机的控制器尽量设置在监督区内，利用 X 射线探伤机延时开机装置，尽可能降低操作人员受照剂量。

（3）安全警示措施

①建设单位商定委托单位配合做好探伤作业的辐射防护工作，提前发布探伤作业信息，通知到所有相关人员，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监督区边界和建筑物进出口的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 X 移动探伤之前，检查便携式 X- γ 剂量率仪，确认能正常工作。移动探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪一直保持开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

⑤移动探伤期间，辐射工作人员除进行常规个人剂量监测外（即 3 个月监测一次），另外佩戴个人剂量报警仪，便携式 X- γ 剂量率仪和个人剂量报警仪两者同时使用。

（5）安全操作措施

①使用定向机开展 X 射线移动探伤时，使用准直器（仅开定向照射口），并考虑控制器

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（铅皮）；警告提示和信号；安全信息公告牌、铅衣等。

③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

开展移动探伤的现场，1 台探伤机至少配置 2 名辐射工作人员，1 名负责操作，1 名兼职或专职现场安全员，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。

以上安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中第 7.1 款、第 7.2 款、第 7.3 款、第 7.4 款、第 7.5 款等有关要求。

8.1.5 探伤机检查、维护

1. 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；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。

2. 定期对探伤机设备进行维护，每年至少维护一次，设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。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，当设备有故障或损坏需要更换零部件时，保证所更换的零部件为合格产品，并做好设备维护记录。

在做好以上工作后，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中第 5.1.2 款、第 5.1.3 款等有关要求。

8.2 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》（国家环境保护总局令第 31 号，2021.1.4）中第十六条第五款要求，企业配备的防护用品和监测仪器需满足探伤工作的要求。对从事与放射性和射线装置有关的职业人员要求随身佩戴个人剂量计，以监督个人剂量的变化情况，控制接受剂量，保证职业人员的健康水平。

公司拟配备 4 名职业人员，拟配备有个人剂量计（每人一支）。此外，公司配备 2 台便

携式 X- γ 剂量率仪、4 部个人剂量报警仪。

2. 公司拟配备警戒绳、警戒灯、电离辐射警告标志、警告牌、铅防护服等辐射防护用品，配备的辐射监测仪器和辐射防护用品详见表 8-1。

表 8-1 公司拟配备的辐射监测仪器和辐射防护用品一览表

名称	型号/规格	配备数量
便携式 X- γ 剂量率仪	——	2 台
个人剂量报警仪	——	4 部
个人剂量计	常规	4 支（每人一支）
警戒绳	常规	4500m
警戒灯（工作信号灯）	常规	4 个
电离辐射警告标志	常规	8 个
“禁止进入射线工作区”警告牌	常规	8 个
“无关人员禁止入内”警告牌	常规	8 个
个人防护用品	0.5mmPb	4 套

根据公司提供资料，本项目 2 台 X 射线探伤机符合《特种设备无损检测机构核准规则》（TSG Z7005-2015）等行业规定，根据公司预计业务量，最多同时开展 1 处探伤场所作业，上表 8-1 中公司拟配备的辐射监测仪器和辐射防护用品能够满足日常工作需求。

3. 公司拟定期为工作人员进行个人剂量检测，拟建立个人剂量档案，每人一档，拟定期为工作人员进行健康查体，建立工作人员健康档案，个人剂量档案和健康档案由专人负责保管和管理，档案终生保存。

8.3 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）产生量较小，经自然通风，对周围环境和人员影响较小。

拍片和洗片过程产生废显（定）影液和废胶片，属危险废物，危废编号为 HW16 900-019-16，本次评价要求公司按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）、《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）等要求进行暂存，并设置危废间贮存设施标志、危废标签及危险废物贮存分区标志等，对危险废物实行联单管理和台账管理，并及时由有资质单位回收处置。

若开展的探伤业务场所距本项目建设地点较远，公司提前与委托探伤企业商定由委托探伤企业提供可洗片的场所（包括洗片槽、显影液及定影液等）和危废暂存间，显影液和定影液根据冲洗底片的数量不同，可持续使用的时间也不同。当使用到无法继续冲洗底片时，显影液和定影液成为废显影液和废定影液，即成为危险废物，将其放置在废液桶中转移到委托探伤企业提供的危废暂存间内暂存，未正常显影的胶片作为废胶片也存放在委托探伤企业提供的危废间内，委托有资质的危废处置单位于当地直接收集进行规范处置。正常显影的胶片胶片运回公司，存放于档案室内，待达到储存期后按照危险废物处置。本次评价要求建设单位在开展探伤作业前，根据探伤现场实际情况，提前要求委托探伤企业提供可洗片的场所（包括胶片洗片槽、显影液及定影液等）和危废暂存间，并确认可满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求后，方可前往现场开展探伤工作。

公司在威海市内开展探伤工作时，拟将片子带回本项目暗室内进行洗片和评片，产生的废显（定）影液收集于无反应防渗漏的容器内，可使用加盖密封的加厚塑料桶，塑料桶外侧设有液体泄漏堵截设施，用于收集泄漏事故下收集泄漏的废显（定）影液，液体泄漏堵截设施收集容积不小于对应贮存区域最大液态废物容器容积。且危废间地面、墙面等采取渗透系数小于 $\leq 10^{-10}$ cm/s 的防渗措施，不会对周围空气、地表水、地下水、土壤等造成影响。容器内须留足够空间，暂存于本项目危废暂存间中，定期委托有资质单位运走并进行规范处置，公司定期对容器（废液桶）及危废暂存间进行检查，发现破损，及时采取措施清理更换。正常显影的胶片存放于档案室内，待到达保存期限或不再使用变为废胶片后转移至本项目危废暂存间内暂存。

综上所述，在严格执行上述危废处置措施的前提下，本项目产生的危险废物将得到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

本项目相关场所均利用现有房间，无土建施工，设备库已安装有防盗门和监控探头，暗室及危废间地面已进行防渗处理，因此施工期不会对周围环境产生影响，本次不再对施工期影响进行分析。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 辐射环境影响分析

1. 估算公式

本项目涉及 XXG2505D 型（定向）、XXG3005D 型（定向）2 种型号的 X 射线探伤机。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）：

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 射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA；
H ₀ :	距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m ² /(mA·h)，以 mSv·m ² /(mA·min) 为单位的值乘以 6×10 ⁴ 。本次取 GBZ/T250-2014 附表 B.1 中各管电压对应的输出量最大值，300kV 3mm 铝过滤条件下输出量为 20.9mSv·m ² /(mA·min)，250kV 0.5mm 铜过滤条件下输出量为 16.5mSv·m ² /(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：

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

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/T250-2014 表 B.2，250kV 条件下，TVL _铅 =2.9mm，300kV 条件下 TVL _铅 =5.7mm。

对于漏射辐射屏蔽采用以下公式计算关注点处的辐射剂量率：

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

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 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为 $\mu\text{Sv/h}$, 根据 GBZ/T250-2014 表 1, 取 $5000 \mu\text{Sv/h}$ 。

关注点的散射辐射剂量率:

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

式中:

I	X 射线探伤装置在最高管电压下的最大常用管电流, 单位为 mA;
H_0	同式 9-1;
B	屏蔽透射因子, 250kV、300kV 的 X 射线散射辐射的能量为 200kV, 查 GBZ/T250-2014 中附录 B, 表 B.2, 200kV 对应铅的 TVL 为 1.4mm;
F	R_0 处的辐射野面积, m^2 , 辐射源点距工件的距离约为 0.5m, 则辐射野面积为 $\pi \times (\tan 22.5^\circ \times 0.5\text{m})^2 \approx 0.135\text{m}^2$;
α	散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比, 根据 GBZ/T250-2014 中第 B.4.1 条, $\alpha = \alpha_w \times 10^4 / 400 = 1.9 \times 10^{-3} \times 10^4 / 400 = 0.0475$;
R_0	辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, 0.5m;
R_s	散射体至关注点的距离, m, 近似取辐射源点至探伤工件的距离。

2. 有用束方向剂量率

根据(式 9-1)计算主射束方向, 为保守计, 按照无屏蔽状态进行计算, 则距探伤机不同距离处剂量率如下表所示:

表 9-1 无屏蔽状态下有用束方向剂量率 单位: $\mu\text{Sv/h}$

距离 (m)	250kV/5mA	300kV/5mA
100	495.00	627.00
300	55.00	69.67
400	30.94	39.19
500	19.80	25.08
575	14.97	—

647	—	14.98
800	7.73	9.80
1000	4.95	6.27
1200	3.44	4.35
1408	2.50	—
1500	2.20	2.79
1584	—	2.50
2000	1.24	1.57
2500	0.79	1.00

由表 9-1 可知，无屏蔽状态有用束方向，对于 250kV X 射线探伤机，距探伤机 575m 处剂量率为 14.97 μ Sv/h，约为 15 μ Sv/h，为控制区边界；距探伤机 1408m 处剂量率为 2.50 μ Sv/h，为监督区边界；对于 300kV X 射线探伤机，距探伤机 647m 处剂量率为 14.98 μ Sv/h，约为 15 μ Sv/h，为控制区边界；距探伤机 1584m 处剂量率为 2.50 μ Sv/h，为监督区边界。

综上所述，无屏蔽条件下有用束方向，控制区和监督区边界划分如下：

表 9-2 无屏蔽条件下有用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 (μ Sv/h)	15	2.5	—
边界距离探伤机距离 (m)	L _{控制} =575	L _{监督} =1408	管电压 250kV，管电流 5mA，无屏蔽主射束方向
	L _{控制} =647	L _{监督} =1584	管电压 300kV，管电流 5mA，无屏蔽主射束方向

3. 非有用束方向剂量率

非主射束方向主要考虑漏射线和主射的散射线，根据式 9-3、式 9-4，计算无屏蔽状态下非主射束方向距探伤机不同距离处的漏射线剂量率和散射线剂量率，如下表所示：

表 9-3 非有用束方向剂量率 (XXG2505D 型) 单位： μ Sv/h

距离 (m)	50	94	100	200	230	300
漏射线剂量率贡献值	2.00	0.57	0.50	0.125	0.095	0.06
散射线剂量率贡献值	50.79	14.37	12.70	3.17	2.40	1.41
剂量率	52.79	14.94	13.20	3.295	2.495	1.47

由上表可知，对于本项目 XXG2505D 型 X 射线探伤机，距探伤机 94m 处剂量率为 14.94 μ Sv/h，约为 15 μ Gy/h，为控制区边界。距探伤机 230m 处剂量率为 2.495 μ Sv/h，为监

督区边界。

表 9-4 非有用束方向剂量率 (XXG3005D 型) 单位: $\mu\text{Sv/h}$

距离 (m)	50	106	150	200	258	300
漏射线剂量率贡献值	2.00	0.44	0.22	0.125	0.075	0.06
散射线剂量率贡献值	50.16	14.31	7.15	4.02	2.42	1.79
剂量率	52.16	14.75	7.37	4.145	2.495	1.85

由上表可知,对于本项目 XXG3005D 型 X 射线探伤机,距探伤机 106m 处剂量率为 $14.75\mu\text{Sv/h}$,约为 $15\mu\text{Gy/h}$,为控制区边界。距探伤机 258m 处剂量率为 $2.495\mu\text{Sv/h}$,约为 $2.5\mu\text{Sv/h}$,为监督区边界。

根据表 9-3~表 9-4 计算结果,非有用束方向控制区和监督区边界划分如下:

表 9-5 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	—
边界到探伤机距离 (m)	$L_{1\text{控制}}=94$	$L_{1\text{监督}}=230$	管电压 250kV,管电流 5mA,非主射束方向
边界到探伤机距离 (m)	$L_{1\text{控制}}=106$	$L_{1\text{监督}}=258$	管电压 300kV,管电流 5mA,非主射束方向

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的情况下,250kV/5mA 工况下,无屏蔽条件下有用束方向控制区范围为 575m,监督区范围为 1408m;非有用束方向,控制区范围为 94m,监督区范围为 230m。

300kV/5mA 工况下,无屏蔽条件下有用束方向控制区范围为 647m,监督区范围为 1584m;非有用束方向,控制区范围为 106m,监督区范围为 258m。

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。在 X 射线探伤机处于照射状态下,用便携式 X- γ 剂量率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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界,到 $15\mu\text{Sv/h}$ 为控制区边界。探伤过程中,使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监督监测。

3. 典型屏蔽状态下有用射束方向的控制区、监督区范围

经核实,公司在进行现场探伤时,被探工件厚度最薄为 2~3mm 钢,最厚为 55mm 钢,绝大部分工件厚度为 20mm~30mm,X 射线探伤机产生的 X 射线在有用射束方向上可受到工件的屏蔽作用。为便于指导实际现场探伤作业,本次环评以较为典型的 20~30mm 厚的钢工件屏

蔽条件下进行剂量率计算。探伤机辐射源点至探伤工件的距离约为 0.5m。根据《辐射源室屏蔽设计与评价》（王时进，北京市放射卫生防护所，2009 年 9 月），250kV~350kV 条件下 20mm~30mm 钢约相当于 2mmPb。

根据式 9-1，计算主射束方向在有 2mmPb 屏蔽条件下，距探伤机不同距离处剂量率如下表所示：

表 9-6 2mmPb 屏蔽条件下有用束方向剂量率 单位：μSv/h

距离 (m)	250kV/5mA	300kV/5mA
50	404.59	1118.02
100	101.15	279.51
150	44.95	124.22
200	25.28	69.88
260	14.96	—
400	6.32	17.47
432	—	14.98
500	4.05	11.18
600	2.81	7.76
637	2.49	—
800	1.58	4.37
1000	1.01	2.80
1058	—	2.50
1500	0.45	1.24
2000	0.21	0.70
3000	0.09	0.31

由上表可知，有用束方向 2mmPb 屏蔽条件下，对于 250kV X 射线探伤机，距探伤机 260m 处剂量率为 14.96μSv/h，约为 15μSv/h，为控制区边界，距探伤机 637m 处剂量率为 2.49μSv/h，约为 2.5μSv/h，为监督区边界；对于 300kV X 射线探伤机，距探伤机 432m 处剂量率为 14.98μSv/h，约为 15μSv/h，为控制区边界，距探伤机 1058m 处剂量率为 2.50μSv/h，为监督区边界。

根据上表计算结果，在 2mmPb 屏蔽条件下，有用束方向控制区和监督区边界划分如下：

表 9-7 2mmPb 屏蔽条件下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 (μSv/h)	15	2.5	—
边界距探伤机距离 (m)	L _{控制} =260	L _{监督} =637	管电压 250kV, 管电流 5mA, 主射束方向 2mmPb 屏蔽条件
边界距探伤机距离 (m)	L _{控制} =432	L _{监督} =1058	管电压 300kV, 管电流 5mA, 主射束方向 2mmPb 屏蔽条件

根据上表计算结果可知, 在受到一定屏蔽作用的情况下, 有用射束方向的控制区和监督范围将大大缩小, 建设单位进行现场探伤过程中, 应充分利用周边厂房等建筑物墙体的屏蔽作用, 进一步缩小控制区和监督区范围。

9.2.2 人员年有效剂量

1. 年有效剂量估算公式

$$E=H \times T \times t \quad (9-5)$$

式中:

E	年有效剂量, Sv/a;
T	年受照时间, h;
t	居留因子;
D _r	剂量率, Sv/h。

2. 居留因子

表 9-8 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
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

注: 表中数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)。

3. 年有效剂量估算

(1) 职业工作人员年有效剂量

根据报告 7.2.3 部分, 本项目年累计曝光时间不超过 225h。

操作人员位于控制区以外, 且避开有用射束; 警戒人员正常情况距离设备将会更远, 因此通常操作人员的受照剂量率大于警戒人员。由于 X 射线机为定时曝光、自动关机, 设备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到更远的区域等候, 设备自动

关机后再回到操作位置，继续下一步工作。因此，操作人员在控制区边界滞留的时间远小于 225 小时，本次保守按 225 小时计，剂量率取控制区边界剂量率限值 $15\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1，保守按照职业人员参与全部探伤工作考虑，则职业人员所受剂量为 $15 \times 225 \times 1 \div 1000 \approx 3.38\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定职业人员的剂量限值 20mSv ，也低于本次提出的 5.0mSv 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，未考虑职业人员佩戴的铅衣等个人防护用品的防护能力，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，正常情况下接受的剂量将小于上述估算结果。在实际工作中要求对工作人员进行剂量监督，佩戴个人剂量计，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 的年管理剂量约束值，则应限制其参加现场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现场探伤的时间和次数进行记录。

（2）X 射线现场探伤所致公众成员年有效剂量

现场探伤过程中，公众成员不得进入划定的监督区，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），监督区边界外剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。一处现场探伤时长一般不超过 3h，通常情况下一年内在同一地点的现场探伤次数最多 3 次，且移动探伤作业地点不固定，一般位于野外或户外，属偶然居留，居留因子保守取 $1/8$ ，则公众成员年有效剂量为 $2.5 \times 3 \times 3 \times 1/8 \div 1000 \approx 2.81 \times 10^{-3}\text{mSv}$ ，该年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv 年剂量限值，也低于本次提出的 0.1mSv 的年管理剂量约束值。

9.2.3 固体废物对环境的影响

（1）危险废物内部运输过程

公司暗室与危废间距离较近，废显（定）影液采用塑料桶进行收集，塑料桶加盖密封后，通过人工搬运至危废间，危废收集容器和运输容器一致。所采用的塑料桶为加厚设计，拧紧盖子，桶设计有把手，运输路线短，运输过程发生泄漏的可能性较小。

（2）危险废物委托有资质的单位处置

现场洗片产生的废显（定）影液和未正常显影的胶片（废胶片）暂存于客户提供的危废暂存间，交由当地有资质的单位处置。正常显影的胶片运回公司，存放在档案室内，达到储存期后按照废胶片处置；在威海市内开展探伤业务时，在本项目暗室内进行洗片，将废显（定）影液和未正常显影的胶片（废胶片）暂存于危废暂存间内，正常显影的胶片存放于档

案室内，达到储存期后按照废胶片处置。公司应加强现场洗片时危险废物的收集、贮存、处置管理工作。及时与现场洗片所在地有资质单位签订危废处置协议。

综上所述，在严格执行环评提出的危废处置措施的前提下，本项目产生的危险废物将得到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

废显（定）影液和废胶片属于危险废物，拟交由相应危废处理资质的单位处置，并建立危险废物管理台账。

9.3 事故影响分析

9.3.1 可能的风险事故

（1）探伤工作过程中，X 射线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；

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

（3）X 射线探伤机被盗，导致 X 射线探伤机使用不当，造成周围人员的照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

9.3.2 风险事故（件）防范措施

（1）定期对 X 射线探伤机进行维护，发现故障时及时停用并进行维修；

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

（3）X 射线设备库安装有防盗门，防盗门加锁，并设专人管理，设备库内部安装视频监控探头，并实现 24h 监控。开展探伤工作时，运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需离开车辆，至少保留 1 名工作人员看管。无法当天返回设备库时，X 射线探伤机由工作人员负责看管，并由专人值班。在加强对 X 射线探伤机在贮存、使用现场管理的情况下，可防止发生射线机被盗、丢失事件。

发生上述照射事故（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 管理机构

威海鑫润技术服务有限公司拟按照国家有关射线装置管理的法律法规，设立辐射安全与环境保护管理机构，明确机构人员组成及各自职责，签订辐射安全工作责任书，明确辐射安全工作第一责任人和直接负责人，并安排专职技术人员负责公司辐射安全管理工作，落实岗位职责。

10.1.2 职业工作人员

公司拟配备 4 名探伤工作人员，拟安排其中 1 名辐射工作人员兼职辐射环境管理人员，公司拟尽快安排辐射工作人员于全国核技术利用辐射安全与防护平台上进行自主学习，经考核合格后方可上岗。

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，威海鑫润技术服务有限公司拟建立健全如下辐射管理规章制度：

《辐射防护和安全保卫制度》、《岗位职责》、《射线装置检修维护制度》、《辐射工作人员培训、健康管理制度》、《射线装置安全操作规程》、《自行检查及年度评估制度》、《射线装置使用登记与台账管理制度》、《危险废物处置制度》、《辐射监测方案》及《辐射事故应急预案》。

规章制度中对操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、辐射设备运输及使用、废物处置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。公司应切实落实各项辐射管理规章制度，建立辐射安全管理档案。

辐射管理人员和辐射安全与环境保护管理机构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

10.3.1 辐射监测方案

威海鑫润技术服务有限公司拟制定《辐射监测方案》，拟购置便携式 X- γ 剂量率仪 2 台，并根据监测方案对工作场所和周围环境进行监测；拟为职业人员每人配备 1 支个人剂量计，并对职业人员个人剂量进行定期检测。拟制定的辐射监测方案应包括以下主要内

容：

1. 辐射环境监测方案及内容

(1) 监测因子

环境 X(γ) 剂量率。

(2) 监测内容

在 X 射线探伤机处于照射状态时，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置周围由远及近监测剂量率，到 2.5 μ Sv/h 为监督区边界，到 15 μ Sv/h 为控制区边界；探伤作业期间对控制区边界和监督区边界上的代表点进行剂量率检测；停止工作时，监测 X 探伤机操作位剂量率，以确认 X 探伤机已停止工作。

(3) 监测频率

1) 自行监测

①每次移动探伤作业时均需要监测或巡测，进行监督区与控制区划分。当 X 射线探伤机、场所、被检物体、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，重新进行巡测，确定新的划区界线，并在工作状态下检测操作位置，确定操作位置处的辐射水平是可以接受的。每次开展移动探伤前均监测一次。

②X 射线探伤机曝光结束后，对操作位置处辐射水平进行监测，确保已停止曝光。每次探伤结束后均监测一次。

2) 委托检测

当属于下列情况之一时，由有资质的技术服务机构进行监测：

a) 每年委托有资质的单位对开展移动探伤的现场周围进行监测，判断公司划定的监督区和控制区是否合理；每年对 X 射线探伤机防护性能进行监测；

b) 在居民区进行的移动探伤（注：公司开展移动探伤场所为野外或户外，场所一般远离居民区，特殊情况下如需在居民区开展移动探伤时，委托有资质单位开展检测）。

(4) 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，并记录监测结果和监测人员，监测记录存档；委托检测由检测单位派两名检测人员进行现场检测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录，最终出具检测报告。

2. 个人剂量的监督与检测

进行相关辐射工作时，辐射工作人员应佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪等，委托有资质的单位每三个月检测一次，并定期进行健康查体。建立个人健康档案和个人剂量档

案，每人一档，检测结果归入档案，由专人负责管理，并将个人剂量档案终生保存。

10.4 异地使用管理

如本项目 X 射线探伤机跨设区的市使用，应根据《山东省辐射污染防治条例》第二十三条，应当在转移活动实施前五日内报使用地设区的市人民政府生态环境主管部门备案，使用活动结束后五日内办理备案注销手续。如本项目 X 射线探伤机涉及跨省使用，则应按照国家相应省份的环保管理规定办理相关手续，并接受作业地生态环境主管部门的监督管理。

10.5 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，威海鑫润技术服务有限公司拟制定《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》应包括以下主要内容：

一、成立辐射事故应急领导小组及小组职责

公司应成立辐射事故应急领导小组，规定成员组成及职责，同时明确公司紧急联系电话。

二、辐射事故应急处理程序

发生事故后，立即启动辐射事故应急方案。发生一般事故后，立即封锁现场，迅速查明事故原因，凡能通过切断事故源等处理措施而消除事故的，则以自救为主；发生严重事故后，立即封锁现场，迅速安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治；组织有关人员携带仪器设备赶赴现场进行检测，核实事故情况，估算受照剂量、污染范围和程度，判定事故类型级别，提出控制措施和方案。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的应急预案，采取必要的应急措施，防止污染扩散，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门、公安部门和卫生主管部门报告。视事故具体情况，向上级相关管理部门报告。

在事故处理过程中，处理事故的应急人员应佩戴个人剂量计。为制止事故的扩大或进行抢救、抢修处理事故的应急人员接受超过正常剂量当量限值的应急照射，按照 GB 18871-2002 的规定，除抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量限值的两倍以下，对于抢救生命的行动，一次应急事件全身照射的剂量不应超过职业人员最大单一年份剂量限值的 10 倍。

三、辐射事故分级

公司仅涉及射线装置，与射线装置相关的辐射事故分级具体如下：

(1) 特别重大辐射事故是指射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

(2) 重大辐射事故是指射线装置失控导致 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) 较大辐射事故是指射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

(4) 一般辐射事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

四、辐射事故应急处理的责任划分

1. 公司辐射事故应急领导小组组长负责辐射事故应急处理的组织及指挥工作。

2. 公司辐射事故应急领导小组组长负责辐射事故应急处理中人员的调动工作，小组下设的后勤保障部负责物资的调配工作，小组组长向生态环境部门及卫生行政部门、公安部门快速上报，最迟不得超过 2 小时。《辐射事故初始报告表》在 2 小时内报告。

3. 负责人应全力协助安全第一责任人。在抓好辐射事故应急处理工作的同时，协助做好受伤害人员的家属的安抚工作。

4. 要认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门调查事故、搜集证据，整理资料并做好记录。

5. 参加事故应急救援人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复工作创造条件。

6. 加强对发生事故现场的治安保卫工作，相关部门安全责任人要密切配合、协助党政领导及上级主管部门做好事故现场的保卫工作，防止现场物资及财产被盗或丢失。

五、辐射事故应急救援应遵循的原则

(1) 以人为本、预防为主；

(2) 统一领导、分类管理；

(3) 分级响应、充分利用现有资源。

六、应急终止

1. 应急终止的条件

符合下列条件之一的，即满足应急终止条件：

(1) 事故现场得到控制，事件条件已经消除；

(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；

(4) 采取了必要的防护措施以保护公众免受再次危害，并使事故可能引起的中长期

影响趋于合理且尽量低的水平。

2. 应急终止的程序

- (1) 由当地生态环境部门确认终止时机；
- (2) 辐射事故应急领导小组向所属各专业应急处置机构下达应急终止命令；
- (3) 应急状态终止后，继续进行环境监测和评价工作，直至其他补救措施无需继续进行为止。

3. 应急终止后的行动

(1) 辐射事故应急领导小组指导有关部门及辐射事故单位查找事件原因，防止类似问题的重复出现。

(2) 有关类别辐射事故专业主管部门负责编制特别重大、重大辐射事故总结报告，于应急终止后上报。

(3) 根据实践经验，有关类别辐射事故专业主管部门负责组织对应急预案进行评估，并及时修订应急预案。

(4) 参加应急行动的部门负责组织、指导应急队伍维护、保养应急仪器设备，使之始终保持良好的技术状态。

4. 善后处置

事故调查工作结束后，根据调查结论，以文件形式上报有关部门。公司内部将从严对责任单位和责任人进行处理。组织相关人员召开全公司事故教育大会，坚持“四不放过”原则，杜绝类似事故的再次发生。

七、应急保障

1. 资金保障

辐射事故应急准备和救援工作所需资金，由辐射事故应急领导小组提出预算，财务部门审核，报公司批准后执行。

2. 装备保障

各部门发挥职能作用，根据工作需要和职责要求，配备相应的仪器设备和装备物资。进一步加强检验、鉴定和监测设备建设，增加应急处置、快速机动和自身防护装备、物资的储备，不断提高应急监测，动态监控的能力。

3. 人力资源保障

建立辐射事故专业应急处置队伍；加强辐射事故应急队伍的建设，提高其应对突发事件的素质和能力。

4. 技术保障

建立环境安全预警系统，组建专家组，确保在启动预警前、事件发生后相关专家能迅速到位，为指挥决策提供服务。建立辐射事故应急数据库，建立健全各专业应急队伍。

八、应急演练

按照应急预案定期组织不同类型的应急实战演练，提高防范和处置辐射事故的技能，增强实战能力，至少每年演练1次。

九、应急能力评价

为保障辐射事故应急体系始终处于良好的战备状态，并实现持续改进，对各级辐射事故应急机构的设置情况、制度和 work 程序的建立与执行情况、队伍的建设 and 人员培训与考核情况、应急装备和经费管理与使用情况等，在辐射事故应急能力评价体系中，实行自上而下的监督、检查和考核工作机制。

同时公司制定的辐射事故应急预案应明确当地生态环境部门、公安部门及卫生行政部门的紧急联系方式。并定期开展辐射事故应急演练，做好演练记录。

表 11 结论与建议

11.1 结论

1. 威海鑫润技术服务有限公司现位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西，公司购置 2 台 X 射线探伤机，包括 1 台 XXG2505D 型定向 X 射线探伤机、1 台 XXG3005D 型定向 X 射线探伤机，开展现场（移动）X 射线无损检测工作。核技术利用类型属使用 II 类射线装置。

2. 本项目建成后，公司设备库、暗室、评片室及档案室均位于山东省威海市火炬高技术产业开发区初村镇双岛路—369—7 号 6 楼西，危废间位于 7 号楼楼顶。X 射线探伤机设备库紧邻公司办公场所，方便工作人员进行探伤机领取和归还，X 射线探伤机贮存状态不产生辐射影响，项目选址合理。

3. 公司使用 X 射线探伤机在施工现场或野外进行现场探伤，判断探件是否有缺陷，以及缺陷类型，为委托单位出具探伤报告，从而保证委托单位的施工质量或产品质量。本项目的开展有利于经济发展，符合实践的正当性原则。经查《产业结构调整指导目录（2019 年本，2021 年修订版）》，属“鼓励类，十四、机械”中的“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于国家鼓励建设的项目，符合产业政策。

4. 根据现状检测结果，本项目设备库内部及周围的 γ 辐射空气吸收剂量率为 $(8.09 \sim 8.88) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，处于烟台市（含威海市）环境天然放射性水平范围内。

5. X 射线探伤机设备库南北长约 4.2m，东西宽约 1.0m，高约 2.8m，西墙、北墙及南墙为 24cm 砖混结构，东墙为 10cm 钢架+石膏板结构，室顶和地面均为 12cm 混凝土结构。设备库东墙北侧设有防盗门，防盗门加锁，设置专人管理，内部安装有 1 处视频监控探头，可实现 24h 监控。本项目防盗措施可保证 X 射线探伤机的安全。

6. 现场探伤时，公司拟于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；在监督区边界设置警戒绳，并悬挂清晰可见的“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，可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对现场探伤的要求。

7. 公司拟配备 4 名辐射工作人员专职从事本项目辐射工作，拟参加辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗。拟为职业人员配备有个人剂量计（每人 1 支），定期进行健康查体和个人剂量检测，建立个人剂量档案和健康档案，每人一档，由专人负责保管和管理，并将档案终生保存。

8. 公司拟购置 4 部个人剂量报警仪、2 台便携式 X- γ 剂量率仪、4500m 警戒绳、4 个

警戒灯、8 个电离辐射警告标志、8 个“禁止进入射线工作区”警告牌、8 个“无关人员禁止入内”警告牌、4 套铅防护服等辐射防护用品。根据公司实际业务量，仅会派出 1 组现场探伤人员，因此，公司配备的辐射检测设备可满足本项目探伤工作要求。如后期需要新增同时开展的现场探伤场所数，则每增加 1 处场所，应增加 1 组职业人员和 1 台便携式 X- γ 剂量率仪及相应数量的个人剂量报警仪、警戒绳、警戒灯等检测设备和辐射防护用品。

9. 进行 X 射线现场探伤时，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 $15 \mu\text{Sv/h}$ ，监督区外辐射水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。操作位避开主射束方向。

使用 X 射线探伤机进行现场探伤时，在控制区边界剂量率为 $15 \mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，且不考虑屏蔽的情况下：250kV/5mA 工况下，有用束方向控制区范围为 575m，监督区范围为 1408m；非有用束方向控制区范围为 94m，监督区范围为 230m。300kV/5mA 工况下，有用束方向控制区范围为 647m，监督区范围为 1584m；非有用束方向控制区范围为 106m，监督区范围为 258m。

有用射束方向考虑 2mmPb 典型屏蔽条件的情况下，250kV/5mA 工况下，有用束方向控制区范围为 260m，监督区范围为 637m。300kV/5mA 工况下，有用束方向控制区范围为 432m，监督区范围为 1058m。

实际工作中，应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。在 X 射线探伤机处于照射状态下，用便携式 X- γ 剂量率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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界，到 $15 \mu\text{Sv/h}$ 为控制区边界。探伤过程中，使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监督监测。

10. 在保守的假设条件下进行计算，本项目职业人员年有效剂量为 3.38mSv 。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定职业人员的剂量限值 20mSv ，也低于本次提出的 5.0mSv 的年管理剂量约束值。实际工作中，辐射工作人员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 ，则应限制其参加现场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现场探伤的时间和次数进行记录。

本项目公众成员年有效剂量为 $2.81 \times 10^{-3}\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv 年剂量限值，也低于本次提出的 0.1mSv 的管理剂量约束值。

11. 公司拟严格按照《危险废物贮存污染控制标准》和《危险废物转移管理办法》，将废显（定）影液和废胶片分类收集，暂存在本项目危废暂存间内（无法及时返回时于探

伤委托企业提供的危废暂存间内暂存），并将废显（定）影液和废胶片分别交由有相应危险废物处置资质的单位处理。

12. 公司拟成立辐射安全与环境保护管理机构，制定有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（事件）。

13. 本项目设施较为简单，环境风险因素单一，在落实环评中提出的各项风险防范措施的前提下，环境风险是可控的。

总之，在严格落实相关法律法规和本次评价所提出的安全防护措施后，本项目对周围环境产生的辐射影响以及对辐射工作人员和公众成员的影响均满足评价标准要求，因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

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，严格落实各项辐射安全管理规章制度；

2. 在选取探伤场所时，避让居民区、医院、学校等人员密集区；

3. 若以后运行过程中，随着业务量的增加，需增加探伤工地数，则需要另行购置满足需要的辐射防护设备；

4. 按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）设置危废间警示标识和危废标签等；

5. 建立工作人员个人剂量档案和健康档案。每人一档，由专人管理，终生保存。

11.2.2 建议

1. 加强对辐射工作人员的教育培训及辐射安全防护复训，辐射操作人员须熟知防护知识，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”，同时避免辐射事故（件）的发生；

2. 对辐射工作人员参与现场探伤的时间和次数进行记录。

下一级环保部门意见

公章

经办人签字

年 月 日