

核技术利用建设项目
X 射线探伤机及探伤室应用项目
环境影响报告表

泰安市华伟重工有限责任公司

2023 年 1 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
X 射线探伤机及探伤室应用项目
环境影响报告表

建设单位名称：泰安市华伟重工有限责任公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：岱岳区满庄镇大汶口工业园

邮政编码：271024

联系人：冯振刚

电子邮箱：13853896328@163.com

联系电话：17753816288

表 1 项目基本情况

建设项目名称	X射线探伤机及探伤室应用项目				
建设单位	泰安市华伟重工有限责任公司				
法人代表	王传武	联系人	冯振刚	联系电话	17753816288
注册地址	泰安市岱岳区满庄镇大汶口工业园				
项目建设地点	泰安市岱岳区满庄镇大汶口工业园， 公司3#车间内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	80	项目环保投资 (万元)	30	投资比例 (环保投资/总投资)	37.5%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	约276 (曝光室)
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 项目概述

1.1 公司简介

泰安市华伟重工有限责任公司成立于2010年11月，位于驰名中外的巍巍泰山脚下，山东省泰安市岱岳区大汶口石膏工业园区内。紧邻京沪高速、京沪高铁及104国道，毗邻省会济南，交通四通八达十分便捷，地理位置优越。

公司隶属于泰安华伟集团，注册资金1.5亿元，总投资逾6亿元。占地面积460亩，现有职工400余人，各工种专业技术人员配备齐全。其中高、中级工程师15名，助理工程师8名。无损检测人员4名，理化检验人员3名，各工种专业技术工人60余名。配套建造机械加工、锻造、铆焊及调质热处理共8个车间，6万平方米厂房面积。

本项目服务于公司现有“年产2.8万吨核电换热器部件智能制造项目”，建设地点位于公司厂区内。

1.2 拟建项目概况

为满足生产需求，保证生产产品的质量，公司拟厂区3#车间内西南角新建一座探伤室，包括曝光室、操作室/评片室、暗室、晾片室等，拟购置2台 X 射线探伤机（1台XYD-4510型定向X射线探伤机和1台XXH-3505型周向X射线探伤机），用于固定(室内)场所无损检测。

本次属首次开展核技术利用建设项目。本次评价涉及的射线装置参数见表 1-1。

表 1-1 本次评价涉及的 X 射线探伤机情况一览表

序号	型号	生产厂家	数量	最大管电压	最大管电流	类别	工作场所	备注
1	XYD-4510	待定	1 台	450kV	10mA	II	曝光室	无损检测定向
2	XXH-3505	待定	1 台	350kV	5mA	II	曝光室	无损检测周向

本项目 X 射线探伤机用于固定探伤作业，核技术利用类型属使用 II 类射线装置。

1.3 目的和任务的由来

为满足生产需求，保证生产产品质量，公司建设X射线探伤机及探伤室应用项目；通过X射线探伤机通电产生的X射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部分和完好部分的透射强度不同，底片上相应部分会呈现黑度差，评片人员根据黑度变化判断探件是否存在缺陷以及缺陷类型等，通过及时将检测结果进行反馈，使工作人员调整生产工艺参数等，从而确保公司生产产品的质量。

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。为保护环境和公众利益，根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目中使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。

受泰安市华伟重工有限责任公司的委托，我公司对 X 射线探伤机及探伤室应用项目进行环境影响评价。接受委托后，在进行现场勘察、充分收集和分析有关资料、实地辐射环境监测以及预测估算等基础上，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》（HJ10.1-2016），编制了本项目的环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及选址情况

2.1 周边情况及保护目标

泰安市华伟重工有限责任公司位于岱岳区满庄镇大汶口工业园，西侧为G104国道，东侧为泰安市嘉诚机械制造有限公司，北侧为南留大街，南侧为漕浊河。本项目所在地理位置见图 1-1，周边影像关系图见图1-2，总平面布置情况见图 1-3，3#车间平面布置图见图 1-4。

本项目曝光室位于3#车间内西南角，其(实体屏蔽边界外50m的区域)北侧为3#车间内部区域，西侧为操作室、暗室、危废暂存间、杂物间，南侧为3#车间内部区域、院内道路、院外空地、漕浊河，东侧为3#车间内部区域，曝光室实体屏蔽边界外50m范围有没有企业、也没有居民区、学校等环境敏感目标。

2.2 场址选址合理性分析

本项目建设于厂区内部，不新增用地，经现场勘察，探伤室建设区域相对独立，周围无关人员较少，评价范围内无居民区、学校等人员密集区，邻接无不利因素，因而项目的选址是合理的。

本项目为在3#车间内西南角新建探伤室，本项目为公司主体建设项目“年产2.8万吨核电换热器部件智能制造项目”的质保辅助项目。依据工件的生产流程，位于3#车间内西南角，便于进行探伤检测，且四周50m范围内无办公楼、厂区宿舍楼等敏感目标，因而选址合理。

3 产业政策符合性分析

本项目为 X 射线探伤机固定探伤项目，该项目不属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》中限制类和淘汰类，符合国家产业政策。

4 实践正当性分析

本项目使用 X 射线探伤机对公司生产品进行无损检测，项目投入使用后，可以更好地满足公司高质量的探伤检测要求，提高公司的探伤检测能力；且经计算分析，其运行过程对周围环境产生的辐射影响可满足国家相关标准规定，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”的要求。

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	XYD-4510	450	10	无损检测	曝光室内	定向
2	X 射线探伤机	II 类	1 台	XXH-3505	350	5	无损检测	曝光室内	周向

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	液态	/	/	/	20kg	/	暂存在危废暂存间	交由有相应资质的危废处置单位处置
废胶片	固态	/	/	/	15kg	/		
非放射性气体	气态	/	/	/	少量	/	/	通风排入外环境

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 24 号, 2018. 12. 29 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. 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017. 10. 1 施行) 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. 1 施行; 国务院令第 709 号第二次修订, 2019. 3. 2) 6. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部令第 31 号, 2006. 3. 1 施行; 生态环境部令第 20 号修订, 2021. 1. 4) 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. 1 施行) 8. 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(生态环境部令第 16 号公布, 2021. 1. 1 施行) 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. 5 施行) 10. 《国家危险废物名录》(生态环境部令第 15 号, 2021. 1. 1 施行) 11. 《建设项目危险废物环境影响评价指南》(环境保护部公告 2017 年第 43 号, 2017. 10. 1 施行) 12. 《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》(原国家环境保护总局、公安部、卫生部, 环发〔2006〕145 号, 2006. 9. 26 施行) 13. 《山东省环境保护条例》(山东省人大常委会公告第 41 号修订, 2019. 1. 1 施行) 14. 《山东省辐射污染防治条例》(山东省人大常委会公告第 37 号, 2014. 5. 1 施行)
<p>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项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10. 1-2016) 2. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 3. 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)

	<ol style="list-style-type: none"> 4. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 5. 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 6. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及其修改单 7. 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及其修改公告
<p>其 他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 项目环境影响评价委托书 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) 3. 建设单位提供的有关技术资料

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”。

本项目探伤室评价范围为曝光室四周屏蔽体外 50m 的范围。

5.2 保护目标

本项目保护目标为辐射工作人员，以及评价范围内的公众人员及非辐射工作人员，使其接受的辐射水平低于国家规定的标准限值及本项目的管理剂量约束值。

本项目评价范围内保护目标详见表5-1。

表5-1 本项目评价范围内保护目标一览表

保护目标		人数	方位	距离(距曝光室)
辐射工作人员	职业人员	4 人	曝光室西侧	相邻
公众成员	档案室、更衣室、办公室内人员	约 10 人	曝光室西侧	0m~13m
	3#车间内、外经过的人员	—	曝光室周围	0~50m

5.3 评价标准

5.3.1 职业照射和公众照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B中对“剂量限值”要求如下：

一、职业照射剂量限值

1. 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv；
2. 任何一年中的有效剂量，50mSv。

二、公众照射剂量限值

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。

本次评价取GB18871-2002中规定的年剂量限值的1/10作为年剂量约束值,即:以2.0mSv作为职业工作人员年剂量约束值,以0.1mSv作为公众人员年剂量约束值。

5.3.2 剂量率参考控制水平

根据《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中第4.1.3款要求“X射线探伤室墙和入口门外关注点最高周围当量剂量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”,第4.1.4款要求“对不需要人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ ”。

综合考虑,本次评价以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为曝光室四周墙体及防护门外30cm处各关注点的剂量率参考控制水平;同时曝光室室顶人员无法到达,取 $100\mu\text{Sv/h}$ 作为曝光室室顶外关注点的剂量率参考控制水平。

5.3.3 泰安市环境天然辐射水平

《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)提供的泰安市环境天然辐射水平见表5-2。

表5-2 泰安市环境天然辐射水平($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)

监测内容	范围	平均值	标准差
原野	2.99~14.23	6.55	1.93
道路	1.84~16.74	5.30	2.67
室内	4.63~21.84	10.36	2.62

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理和场所位置

泰安市华伟重工有限责任公司位于泰安市岱岳区满庄镇大汶口工业园，本项目探伤室位于公司3#车间内西南角，距离3#车间北侧边界约133m，距离3#车间东侧边界约100m，距离3#车间南侧边界约2m，距离3#车间西侧边界约1.5m。

本项目踏勘现场时，探伤室区域及周围现状见图 6-1。

表 6-1 本项目探伤室拟建区域周围环境一览表

名称	方向	场所名称
探伤室	南侧	3#车间、院内道路
	西侧	3#车间、院内道路
	北侧	3#车间内
	东侧	3#车间内



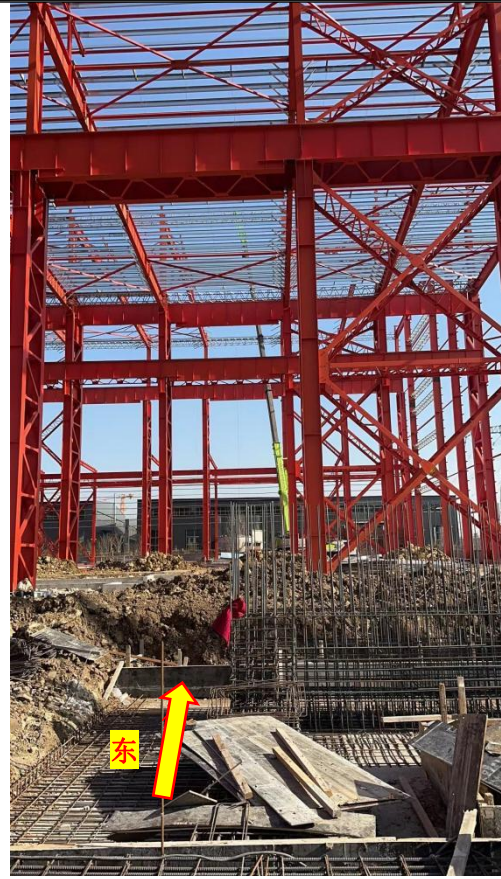
拟建探伤室内现状



拟建探伤室北侧区域现状



拟建探伤室西侧区域现状



拟建探伤室东侧区域现状



拟建探伤室南侧区域现状

图 6-1 探伤室区域及周围现状图（拍摄于 2022 年 12 月）

6.2 辐射环境现状调查

为了解本项目建设区域的辐射环境现状，山东丹波尔环境科技有限公司对本项目建设区域及周围保护目标的辐射环境现状进行检测。

1. 检测因子：环境 γ 空气吸收剂量率
2. 检测点位

按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）测点布设原则，本次于探伤室拟建设区域及周围布设 6 个检测点，检测点位布置见图 6-2。

3. 质量保证措施：

(1) 检测单位

山东丹波尔环境科技有限公司，已通过生态环境认证，证书编号 221512052438。

(2) 检测设备

检测仪器名称：便携式 X- γ 剂量率仪，仪器型号：FH40G+FHZ672E-10，系统主机测量范围：10nGy/h~1Gy/h，天然本底扣除探测器测量范围：1nGy/h~100 μ Gy/h，能量范围：33keV~3MeV，相对响应之差： $< \pm 15\%$ （相对于 ^{137}Cs 参考 γ 辐射源）。经中国计量科学研究院检定，检定证书编号：DLj12021-21341，检定有效期至 2022 年 12 月 20 日。

(3) 检测人员

本次由两名检测人员共同进行现场检测，两人均为持证上岗。

(4) 检测依据

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

(5) 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。检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

4. 检测时间与条件：2022 年 12 月 14 日，天气：晴，温度：2.1° C，相对湿度：17.5%。

5. 检测结果

检测结果见表 6-1。

表 6-1 探伤室拟建区域及其周围环境 γ 辐射剂量率检测结果 (nGy/h)

序号	点位描述	剂量率	标准偏差
1#	拟建探伤室东侧	52.0	1.22
2#	拟建探伤室南侧	41.6	0.50
3#	拟建探伤室西侧	46.2	0.68
4#	拟建探伤室北侧	41.0	0.45
5#	探伤室中心位置	41.0	0.47
6#	厂区内道路	44.7	0.55

注: 表中检测数据已扣除宇宙射线响应值 11.4nGy/h, 宇宙射线响应值的屏蔽修正因子, 原野及道路取 1。

根据表 6-1 中检测数据, 本项目拟建设区域 γ 辐射剂量率现状值为 (41.0~52.0) nGy/h [(4.10~5.20) $\times 10^{-8}$ Gy/h], 处于表 5-2 泰安市环境天然放射性水平范围内 [道路 (1.84~16.74) $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

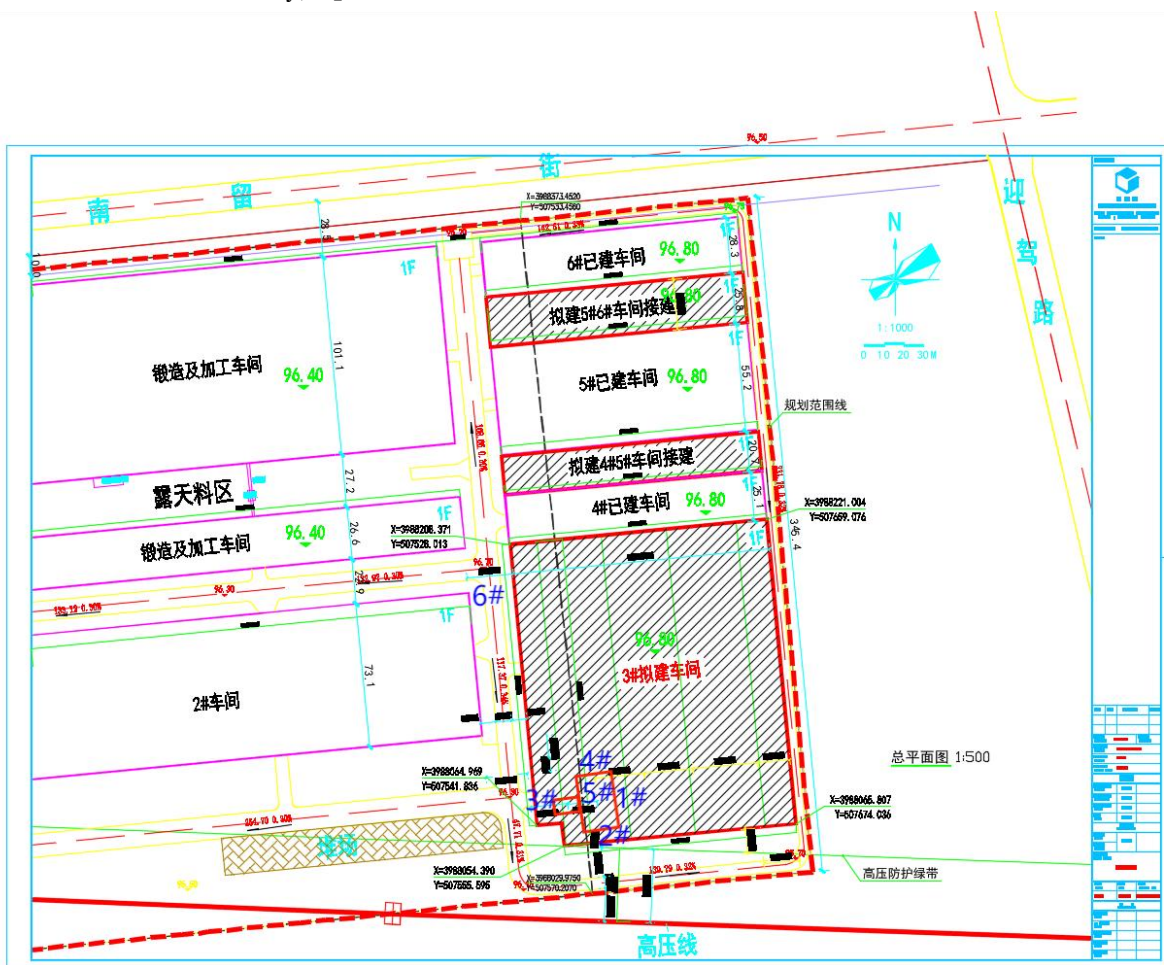


图 6-2 检测布点示意图

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期工程分析

本项目探伤室需要开工建设，探伤室包括曝光室、操作室/评片室、暗室、晾片室及危废暂存间等。建设内容较少，施工期工艺流程及产污环节见图7-1。施工期可能的污染因素主要为常规环境要素，主要为噪声、扬尘、施工废水、生活污水及固体废物。施工期无辐射环境影响。

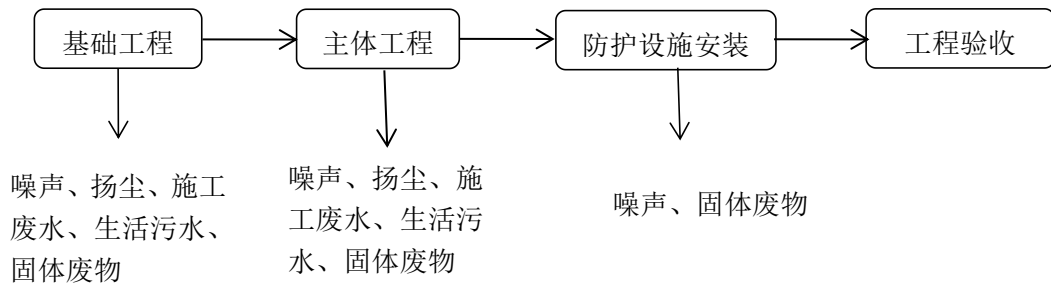


图7-1 施工期工艺流程及产污环节图

7.2 工程分析

本项目X射线探伤机主要用于检测最大直径为10m、最大壁厚为120mm的工件；X射线探伤机于曝光室内进行探伤检测，不进行探伤检测时，贮存于曝光室内。

7.2.1 X射线探伤机简介

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。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。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。

典型X射线探伤机内部及外型示意图见图7-2。



图7-2 典型X射线探伤机内部及外型示意图

7.2.2 工艺分析

一、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射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来。聚焦杯的作用是使这些电子聚焦成束，直接向阳极中的靶体射去。高压加在X射线管两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属，如钨或铂等制成。当电子到达靶原子核附近时，在原子核库仑场的作用下，运动突然受阻，其能量以电磁波(X射线)的形式释放。为减少无用的低能光子的照射，常用适当厚度的过滤片把低能光子滤掉。X射线管示意图见图7-3。

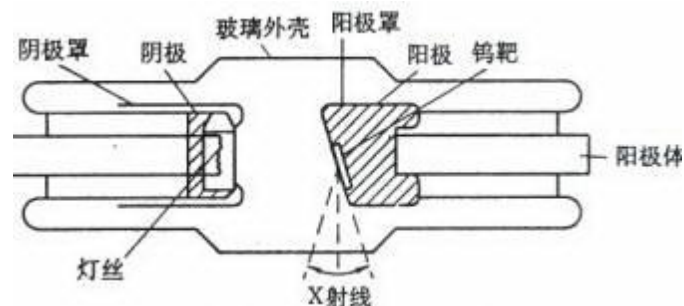


图7-3 X射线管示意图

二、X射线探伤原理

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。如有焊接质量等问题，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。

三、X射线探伤机技术参数

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

序号	型 号	生产厂家	最大管电压	最大管电流	射线管辐射角	射束
1	XYD-4510	待定	450kV	10mA	40°	定向
2	XXH-3505	待定	350kV	5mA	360° × 30°	周向

四、X射线探伤机工作流程

1. 辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，打开曝光室通风换气系统；
2. 必要时对探伤机进行训机(长时间不用或初次使用的探伤机需先进行训机，其目的是提高X射线管真空度，如果真空度不良，会使阳极烧毁或者击穿射线管，导致故障，甚至报废；初次使用探伤机之前需制作相应的曝光曲线，每年至少对曝光曲线进行校验一次，大修后的设备应重新制作曝光曲线)；
3. 将待检测工件通过轨道运至曝光室内，摆放在适当位置固定好，在待检测部位贴胶片并做标记；
4. 根据探伤要求，摆放探伤机位置，调整焦距、设置曝光管电压和曝光时间等；
5. 曝光室内人员撤离、清场，关闭曝光室防护门等；
6. 在操作室内，辐射工作人员打开探伤机，对探件实施曝光；曝光结束后，关闭探伤机；
7. 辐射工作人员进入曝光室整理现场、关闭通风换气系统后离开；
8. 将取下的胶片送暗室进行冲洗，冲洗后的胶片用清水清洗，然后进行评片，出具探伤报告等。

X射线探伤机主要工作流程如图7-4所示。

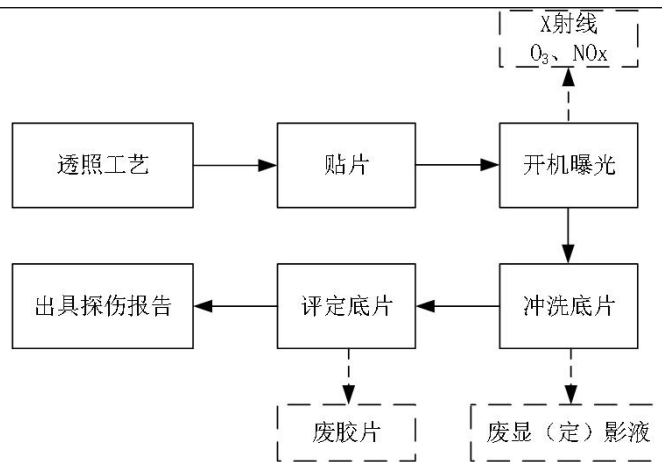


图7-4 X射线探伤机工作流程示意图

五、X射线探伤机进行室内探伤作业时有用射束方向及探伤作业范围

曝光室内地面拟设2条平车轨道，间距为2.0m，并配有拖车，用于导引工件。

根据公司提供资料及探伤机使用特性等，本项目涉及的XYD-4510定向型X射线探伤机在曝光室内进行探伤作业时，探伤机探伤作业范围为矩形，探伤机距曝光室地面最高垂直距离为2.0m，距北墙最近水平距离为3.5m，距大防护门最近距离为4.4m，距西墙最近水平距离为1.5m，距小防护门最近水平距离为4.1m，距南墙最近水平距离为4.5m，距东墙最近水平距离为4.5m，距室顶最近距离为5.5m。XXH-3505周向型X射线探伤机在曝光室内进行探伤作业时，探伤机探伤作业范围为一条线段，探伤机距曝光室地面最高垂直距离为1.5m，距北墙最近水平距离为3.5m，距大防护门最近距离为4.4m，距西墙最近水平距离为6.5m，距小防护门最近水平距离为9.1m，距南墙最近水平距离为4.5m，距东墙最近水平距离为5.5m，距室顶最近距离为6.0m。本项目拟购置探伤机探伤作业范围详见图7-5。

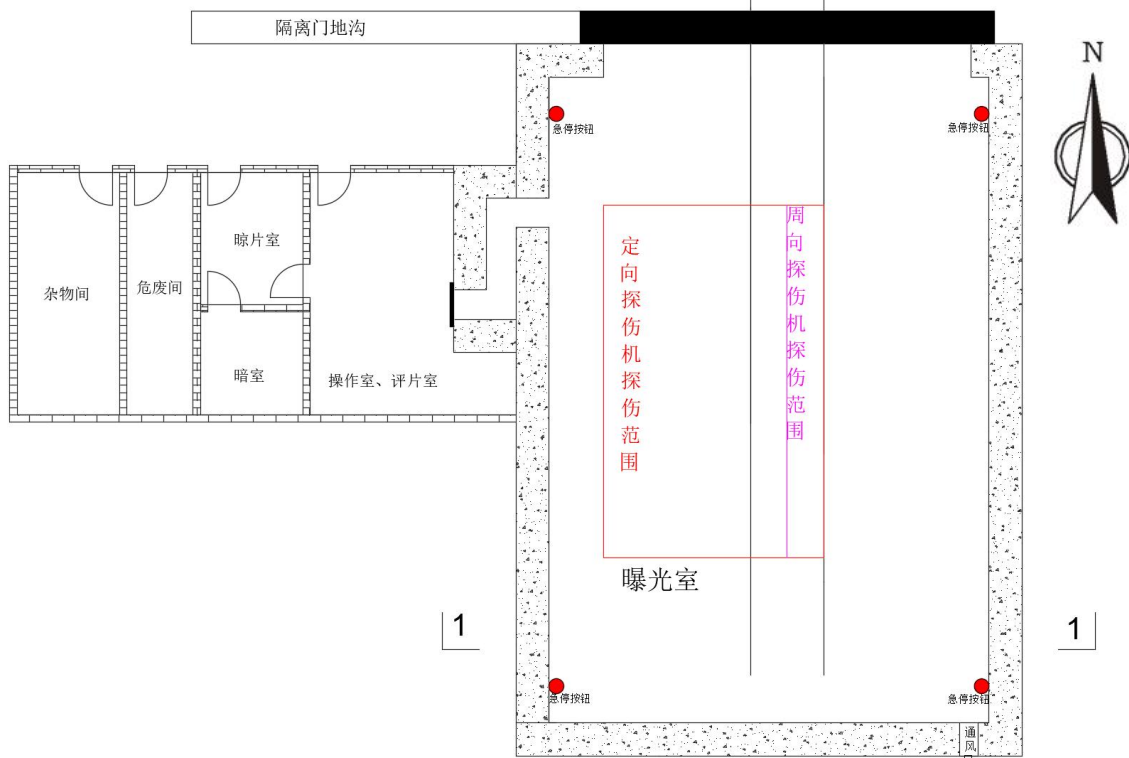


图7-5 (a) X射线探伤机在曝光室内探伤作业范围示意图（平面图）

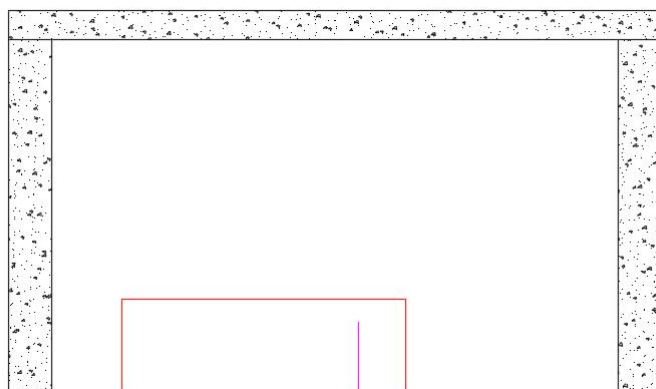


图7-5 (b) X射线探伤机在曝光室内探伤作业范围示意图(1-1剖面)

六、工作负荷及辐射工作人员配备

根据公司提供资料，2台探伤机每年曝光时间不超过300h。

计划配备4名辐射工作人员，其中1名辐射安全管理人员，3名辐射操作人员，专职从事室内探伤检测。

7.3 污染源项描述

一、建设阶段的污染源项

本项目建设阶段的污染源项主要是探伤室建设过程中产生的施工扬尘、施工噪声、废

水、固体废物等。

1. 施工扬尘

本项目在建设阶段需进行挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

2. 施工噪声

施工噪声主要来自开挖地基、场地平整等几个阶段，主要噪声源为施工机械运转时的噪声以及建筑材料运输过程中的交通噪声，另外还有突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

3. 废水

废水主要是施工废水和施工人员产生的生活废水。

4. 固体废物

固体废物主要是建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

综上所述，本项目建设阶段环境影响评价的评价因子主要为施工扬尘、施工噪声、施工废水和生活污水、生活垃圾和建筑垃圾。

二、运行阶段的污染源项

本项目运行阶段不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，运行阶段的污染源项主要是X射线、非放射性有害气体、危险废物。

1. X射线

X射线探伤机在进行室内探伤作业或训机过程中，会产生X射线，对周围环境及人员将产生辐射影响。X射线随着探伤机的开、关而产生和消失。

2. 非放射性废物

在X射线探伤机运行中产生的X射线照射下，空气吸收辐射能量并通过电离作用可产生少量非放射性有害气体，主要为臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)。

拍片、洗片过程中会产生废胶片、废显(定)影液等，属于危险废物，废物类别为HW16感光材料废物，废物代码为900-019-16，危险特性为毒性。

根据建设单位提供资料，结合本项目的工作负荷，每年拍片最多约4000张，片子在档

案室存放8年后即可作为废胶片处理。存档期间，由于存档及甲方留存，废胶片产生量很少；存档期满以后，每年废胶片产生量约15kg。每年产生废显影液和废定影液共约20kg。

综上所述，本项目运行阶段环境影响评价的评价因子主要为X射线，同时考虑非放射有害气体和危险废物。

表 8 辐射安全与防护

8.1 项目安全设施

8.1.1 探伤室布局及分区情况

一、探伤室分布情况

探伤室位于3#车间内西南角，由曝光室、操作室/评片室、暗室、晾片室等组成，操作室/评片室、暗室为二层建筑，二层房间布局从西到东依次为办公室、更衣室、档案室。其平面及剖面布置见图8-1。

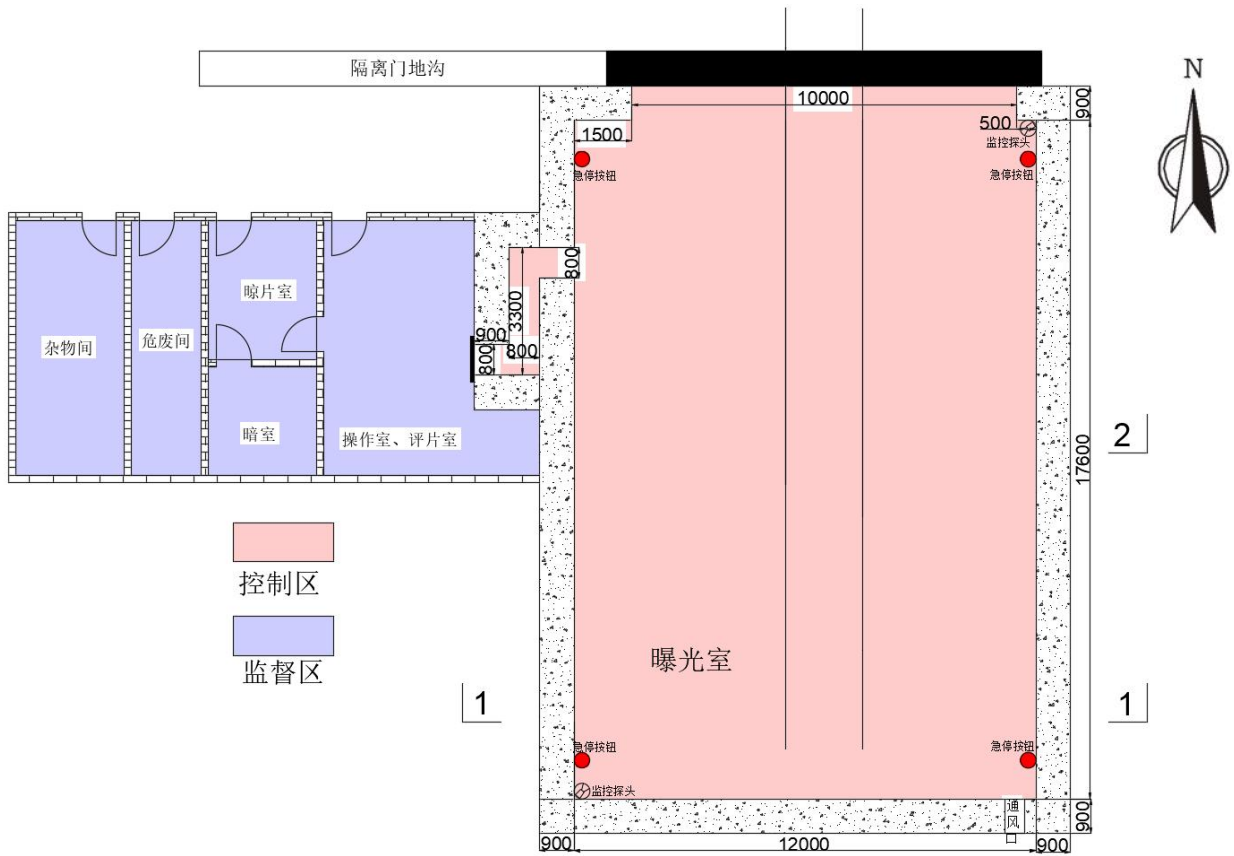


图8-1 (a) 探伤室平面布置示意图 (单位: mm)

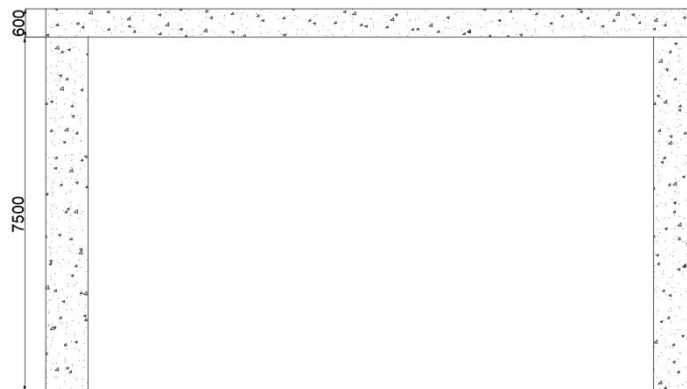


图8-1 (b) 探伤室1-1剖面示意图 (单位: mm)

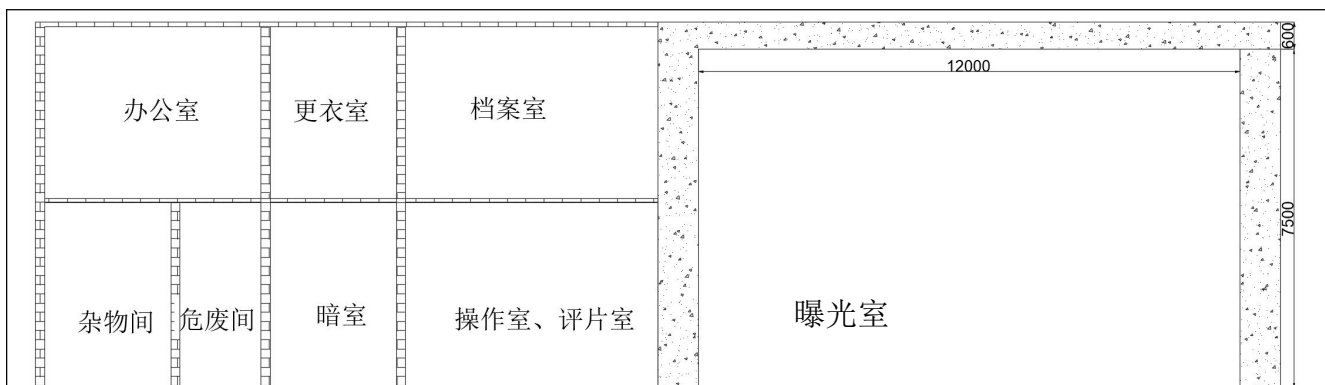


图8-1 (c) 探伤室2-2剖面示意图 (单位: mm)

二、探伤室分区情况

建设单位拟对探伤室进行分区管理,划分为控制区和监督区;其中曝光室划分为控制区,曝光室周围区域划分为监督区;各区严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求进行管理,分区划分示意图见图8-1(a)。

8.1.2 探伤室辐射防护屏蔽设计情况

曝光室及其迷路设计尺寸、容积及屏蔽参数详见表8-1。

表8-1 曝光室设计尺寸、容积及屏蔽参数一览表

名称	设计参数
尺寸(长×宽×高)	曝光室(内径): 17.6m(南北)×12m(东西)×7.5m
面积	211.2m ²
容积	1584m ³
四周墙体屏蔽材质及厚度	900mm 混凝土
室顶屏蔽材质及厚度	600mm 混凝土
门洞尺寸(宽×高)	大防护门门洞: 10m×7m; 小防护门门洞: 0.8m×2m;
防护门	大防护门尺寸(宽×高)为 11.3m×7.6m; 900mm 混凝土; 小防护门尺寸:(宽×高)为 1.2m×2.4m; 铅钢混合结构,防护能力 15mmPb;
控制台	控制台位于曝光室西侧操作室内

注: 混凝土的密度为 2.35t/m³。

探伤室的大防护门为下沉式电动推拉防护门,防护门与洞口搭接处间隙<20mm,其上、下、左、右与四周墙壁的搭接量分别为300mm、300mm、650mm、650mm,搭接宽度与缝隙比例均不小于10:1。小防护门为下沉式手动推拉防护门,防护门与洞口搭接处间隙<15mm,其上、下、左、右与四周墙壁的搭接量分别为200mm、200mm、200mm、200mm,搭接宽度与缝隙比例

均不小于10:1。

8.1.3 辐射安全防护措施

1. 控制台设计有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置，并设计有高压接通时的外部报警或指示装置、紧急停机开关及张贴电离辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识；设计有与防护门联锁的接口，可确保防护门未关闭时不能接通 X 射线管管电压，已接通的 X 射线管管电压在防护门开启时能立即切断；并设计有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）3.1.2.1 款~3.1.2.6 款管理要求。

2. 大、小防护门设计有门-机联锁装置，大、小防护门打开时 X 射线照射立即停止，关上门不能自动开始 X 射线照射，防护门内侧设有紧急开门装置，可方便探伤室内人员在紧急情况下开门离开。满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.5 款的管理要求。

3. 曝光室大、小防护门口和内部设计有能够显示“预备”和“照射”状态的工作状态指示灯和声音提示装置，且“预备”信号持续时间能够确保探伤室内人员安全离开，两种信号有明显的区别，并与场所周围使用的其他报警信号有明显区别，工作状态指示灯能够与 X 射线机有效连锁；公司拟于探伤室内外醒目位置张贴对两种信号意义的说明。满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.6~4.1.8 款的管理要求。

4. 大、小防护门外设计有电离辐射警告标识和中文警示说明。满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.9 款的管理要求。

5. 曝光室内东墙南北段、西墙南北段各设计有 1 处急停开关，确保出现事故时能立即停止照射，急停开关的位置可使其探伤室内任何位置的人员都不需要穿过主射线束就能使用，且急停开关设计有明显标志，标明使用方法。满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.10 款的管理要求。

6. 曝光室南墙东侧设计有一处排风口，排风口距东墙 0.3m，排风口底部距地面 3.0m；排风口尺寸约 0.5m×0.5m。拟在排风口内安装排风机，在排风口外安装 30mmPb 的铅防护罩，使探伤室内的废气通过排风口外排风管道排至探伤室所在 3# 车间南侧外环境。探伤室机械排风装置有效通风换气量约 5000m³/h，探伤室净容积 1584m³，通风换气次数大于 3 次/h，3# 车间南侧外日常无人居留，且周围非人员密集区，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.11 款的管理要求。

7. 管线口拟设置在曝光室西侧，地下 U 型穿墙，可避免 X 射线照射。

8. 曝光室内设计有 2 个高清摄像头，分别位于曝光室东北角和西南角，监控显示屏位于操作室，便于操作人员能够及时观察到曝光室内部情况，避免无关人员逗留曝光室内。

9. 公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员、1 台辐射巡检仪，并分别为辐射操作人员配备个人剂量报警仪和个人剂量计，待配备后可满足探伤工作要求。

10. 公司拟委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量每三个月检测一次，拟建立工作人员个人剂量档案，个人剂量档案每人一档，由专人负责保管和管理，个人剂量档案终生保存。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

11. 公司拟定期为工作人员职业健康查体，建立工作人员健康档案。

8.1.4 危废暂存间

洗片、评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”，危险性为毒性，应按照《危险废物贮存污染控制标准》及修改单和《危险废物转移联单管理办法》等要求进行暂存，委托有相应危废处理资质的单位处置，对危险废物实行联单管理和台账管理。

企业拟将危废暂存间设置于暗室西侧，危废暂存间位置见图 8-1，并配备专门的危废暂存容器，对危险废物进行储存，为保证暂存的危险废物不对环境产生污染，危废暂存间的建设需满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及 2013 年修改单、《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）、《建设项目危险废物环境影响评价指南》及相关法律法规的要求，对危险废物暂存场地提出如下安全措施：

①应设置单独的危险废物暂存地点，该地点地面及裙角应做耐腐蚀硬化、防渗漏处理，且表面无裂隙，所使用的材料要与危险废物相容；

②危险废物应储存于密闭容器中，并在容器外表设置环境保护图形标志和警示标志；

③不相容危险废物要分别存放或存放在不渗透间隔分开的区域内，每个部分都应由防漏裙角或储漏盘，防漏裙角或储漏盘的材料要与危险废物相容；

④危险废物应选择防腐、防漏、防磕碰、密封严密的容器进行贮存和运输，储存于阴凉、通风良好的库房，远离火种、热源，与酸类化学品分开存放，库房应有专门人员看管。贮存库看管人员和危险废物运输人员在工作中应佩带防护用具，并配备医疗急救用品；

⑤建立档案制度，对暂存的废物种类、数量、特性、包装容器类别、存放库位、存入日期、

运出日期等详细记录在案并长期保存。建立定期巡查、维护制度；

⑥危险废物置场室内地面硬化和防渗漏处理。一旦出现盛装液态固体废物的容器发生破裂或渗漏情况，马上修复或更换破损容器，地面残留液体用布擦拭干净。出现泄漏事故及时向有关部门通报。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单和危险废物的类别、性质，建设单位应对不同种类的危险废物分别存放，从而满足贮存容器符合性和相容性的要求，具体详见表 8-2。

表 8-2 危险废物贮存、处置场图形符号说明

图例	说明
	<p>1、危险废物警告标志规格颜色 形状：等边三角形，边长 40cm 颜色：背景为黄色，图形为黑色</p> <p>2、警告标志外檐 2.5cm</p> <p>3、使用于：危险废物贮存设施为房屋的，建有围墙或防护栅栏，且高度高于 100CM 时；部分危险废物利用、处置场所</p>
	<p>1、危险废物标签尺寸颜色 尺寸：20×20cm 底色：醒目的橘黄色 字体：黑体字 体颜色：黑色</p> <p>2、危险类别：按危险废物种类选择</p> <p>3、材料为不干胶印刷品</p>

本项目危险废物产生较少，企业根据废（定）显影液和废胶片的产生情况以及《危险废物转移联单管理办法》等生态环境要求进行危废转移，对危险废物实行联单管理和台账管理。企业应委托具备危废运输资质的单位进行运输。企业在项目运行后应尽快与危废处置单位签订危废处置协议。

综上所述，危险废物将得到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

8.2 三废的治理

1. X射线探伤机运行时产生的非放射性有害气体主要靠通风换气来控制，曝光室拟设置通风换气系统，设计通风量为5000m³/h，每小时通风换气次数约为3.1次，排风口尺寸为500mm×500mm，位于曝光室南墙东侧，避开了人员活动密集区。排风口外侧连接通风管道，非放射性有害气体经排风口及通风管道排入3#车间南侧外环境，人员很少驻留，能够满足《工业X射

线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。

2. 本项目产生的废显(定)影液和废胶片,属于危险废物,危废编号为HW16 900-019-16。公司拟将危险废物暂存于危废暂存间内专用贮存容器中。危废暂存间具备防风、防雨、防晒、防渗等功能,其外设有规范的警示标志。公司对危险废物实行联单管理和台账管理,定期委托具备危废运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置。总之,危险废物可以得到妥善处置,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

本项目建设阶段主要包括曝光室、操作室/评片室、暗室、晾片室等房间的建造等。

一、扬尘影响分析

施工期的扬尘主要来自于曝光室、操作室/评片室、暗室、晾片室等房间开挖土方、打桩以及材料运输、装卸等过程。在施工期间应对施工场地定期增湿、可有效减少扬尘量，对周围环境的影响很小。

二、噪声影响分析

施工期的噪声主要为施工过程中各类机械作业产生的机械噪声，应选用低噪声的机械设备，合理安排施工时间和工序，并注意维护保养情况下，可有效降低机械噪声。

由于施工噪声影响持续时间较短，施工结束噪声即消失，且施工均在现有厂区内。只要施工单位做到文明施工，合理安排施工时间和工序，高噪声施工机械避免夜间施工，工程施工噪声对周边环境的影响较小。

三、废水排放分析

施工期污水主要为施工废水和施工人员产生的生活污水。在施工区内设置一定容量的沉淀池，把施工废水汇集入沉淀池充分沉淀后，上清水回用，沉积物回填于开挖基础处。施工人员产生的生活污水依托厂区现有污水处理设施进行处理。施工废水和施工人员产生的生活污水可得到妥善处理，对周围环境的影响较小。

四、固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。将建筑垃圾进行分类收集，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到环卫部门指定地点。施工人员产生的生活垃圾依托厂区现有垃圾收集设施，由环卫部门定期清运。

施工期产生固体废物可得到妥善处置和综合利用，对周围环境的影响较小。

综上所述，本项目施工期对周围环境的影响是小范围和短暂的。随着施工期的结束，对环境的影响也逐步消失。

9.2 运行阶段对环境的影响

本项目 X 射线探伤机尚未购置，本次评价采用理论计算的方法评估 X 射线探伤机开机

时对周围环境的影响。

9.2.1 XYD-4510 探伤机辐射环境影响评价

根据建设单位提供的资料，本项目 XYD-4510 探伤机在探伤室内最大移动范围为南北长 9.6m，东西宽 6m，高 0.5-2.0m 的区域。探伤机最大移动范围距大防护门、西墙、小防护门、南墙、东墙及室顶的最近距离分别为 4.4m、1.5m、4.1m、4.5m、4.5m、5.5m；探伤机最大管电压 450kV，最大管电流 10mA，辐射角为 40° ，定向向东照射，故探伤室东墙受有用线束照射；探伤机活动位置距探伤室东墙的最远距离为 $4.5+6.0=10.5\text{m}$ ， $10.5 \times \tan 20^\circ = 3.82\text{m}$ ，该距离小于探伤机距探伤室南墙、大防护门、室顶的最近距离，故探伤室南墙、大防护门、室顶均受散射、漏射线照射。探伤室地下为土层，不再考虑其辐射影响。综上，XYD-4510 型定向探伤机在探伤室内开机照射时，东墙受有用线束照射，西墙、小防护门、南墙、大防护门、室顶均受散射、漏射线照射。

计算参考点示意图见图 9-1。

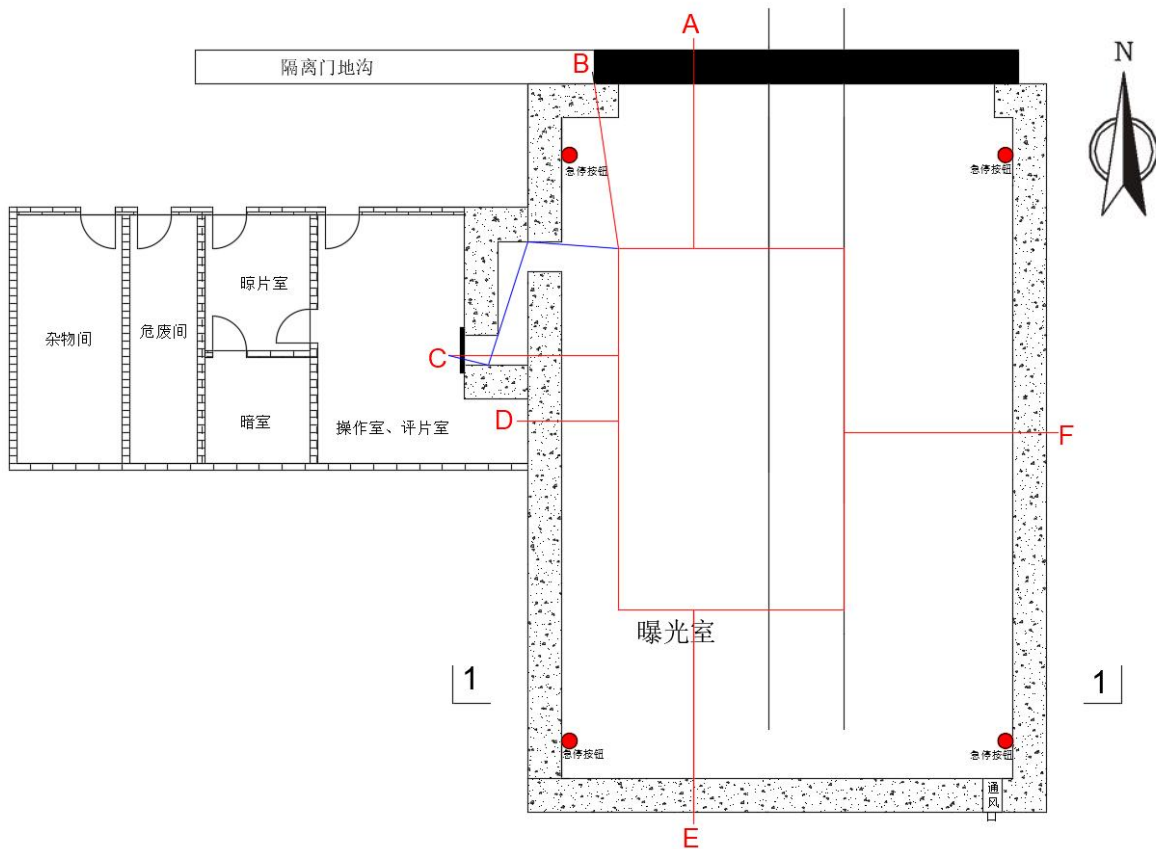


图9-1 (a) 曝光室平面预测点示意图

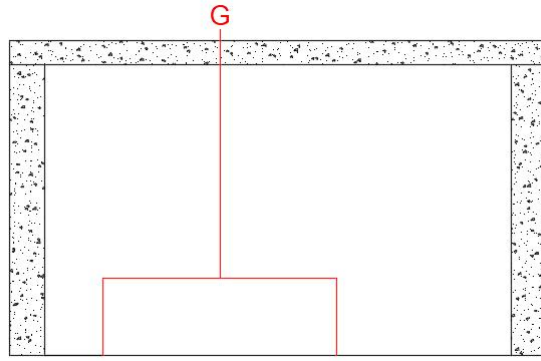


图9-1 (b) 曝光室1-1剖面预测点示意图

1、有用线束屏蔽

本项目 X 射线机最大管电压为 450kV，由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中未给出 450kV 管电压对应的各项参数，本次评价参考《辐射防护手册》第一分册《辐射源与屏蔽》(李德平主编)及《辐射防护基础》(李星洪主编)等教材中给出的计算模式估算主射束对防护面外的辐射影响。计算公式如下：

$$P = \frac{W}{d^2} \times 10^{-X/TVL} \quad (9-1)$$

式中：

P：主屏蔽墙外的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

W：距靶点 1m 处的剂量率，根据《辐射防护手册》第一分册《辐射源与屏蔽》图 4.4d, 450kV 射线机(保守按 0.5mmCu 过滤板)距靶 m 处的照射量率约 $7R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，照射量率和剂量率的转化因子参考《辐射防护基础》(李星洪主编) P97 的相关内容，取 $9.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/R}$ ，则距靶点 1m 处的剂量率为 $7R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 10\text{mA} \times 60\text{min/h} \times 9.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/R} = 3.99 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ ；

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，依据《辐射源室屏蔽设计与评价》表 2.3, 400kV 射线机相应铅的什值层为 8.2mm，500kV 射线机相应铅的什值层为 10.2mm。本项目最大管电压为 450kV，经内插法计算 450kV 射线机相应铅的什值层为 9.2mm。400kV 射线机相应混凝土的什值层为 100mm，500kV 射线机相应铅的什值层为 119mm。本项目最大管电压为 450kV，经内插法计算 450kV 射线机相应铅的什值层为 109.5mm。

本项目 X 射线机靶点距东墙最近距离 4.5m，取东墙外 0.3m 为参考点，则东墙外 30cm

处 F 点的剂量率计算结果约 $7.414 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

2、计算公式

(1) 漏射辐射屏蔽

屏蔽透射因子采用以下公式计算：

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

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。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），漏射辐射屏蔽采用以下公式计算考察点处的辐射剂量率

$$\dot{H} = (\dot{H}_1 \cdot B) / R^2 \quad (9-3)$$

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}_1 ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 。本项目 \dot{H}_1 为

$3.99 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 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/T250-2014）中给出的公式进行计算：

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

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 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，根据前文，距靶点 1m 处的剂量率为 $7R \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

$\times 10\text{mA} \times 60\text{min/h} \times 9.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/R} = 3.99 \times 10^7 \mu\text{Sv/h}$ ；

B—屏蔽透射因子；在给定屏蔽物质厚度时，相应的屏蔽透射因子，按 GBZ/T250-2014 中表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值；

GBZ/T250-2014 中表 2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
150≤kV≤200	150
200<kV≤300	200
300<kV≤400	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减

$F - R_0$ 处的辐射野面积，单位为平方米；

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；

R_0 - 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离，单位为米；

标准中 B.4.2 中给出“当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_0^2/F \cdot \alpha$ 因子的值为 50 (200kV~400kV)，本项目 X 射线机辐射角度最大为 40° (最大夹角为 20°)，取 20° 时的近似值。

R_s - 散射体至关注点的距离，单位为米，本次评价为保守计算，取探伤工件至关注点 (墙外 30cm 处) 的最短距离。

3、计算结果

本项目大防护门、北墙、西墙、南墙、室顶的辐射影响主要为泄漏辐射影响及散射影响。在曝光室外设置剂量率参考点 A、B、D、E、G，根据式 (9-3)、式 (9-4)，考察点处辐射剂量率计算结果见表 9-1。

表 9-1 其余屏蔽体外考察点处辐射剂量率计算结果

考察点	射线类型	屏蔽层	有效屏蔽厚度 (mm)	考察点到出束点距离 (m)	考察点处剂量率计算值 ($\mu\text{Sv/h}$)		标准要求 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	漏射线	大防护门	900mm 混凝土	5.6 ^①	7.681×10^{-6}	3.313×10^{-5}	2.5
	散射线				2.545×10^{-5}		
B	漏射线	北墙	900mm 混凝土	4.7 ^②	1.090×10^{-5}	5.084×10^{-5}	2.5
	散射线				3.994×10^{-5}		
D	漏射线	西墙	900mm 混凝土	2.7 ^③	3.304×10^{-5}	1.425×10^{-4}	2.5
	散射线				1.095×10^{-4}		
E	漏射线	南墙	900mm 混凝土	5.7 ^④	7.414×10^{-6}	3.198×10^{-5}	2.5
	散射线				2.456×10^{-5}		
G	漏射线	室顶	600mm 混凝土	6.4 ^⑤	3.230×10^{-3}	0.045	100
	散射线				0.042		

GBZ/T250-2014 表 2 中无 450kV 对应的散射辐射 kV 值，本次 450kV 取散射辐射 250kV，根据

GBZ/T250-2014 表 B. 2, 其对应铅的 TVL 值为 2.9mm, 混凝土的 TVL 值为 90mm。

注: ①5.6m (出束点离大防护门最近距离 4.4m, 大防护门厚度 0.9m, 取大防护门外 0.3m 为参考点);
②4.4m (出束点离北墙最近距离 3.5m, 北墙厚度 0.9m, 取北墙外 0.3m 为参考点);
③2.7m (出束点离西墙最近距离 1.5m, 西墙厚度 0.9m, 取西墙外 0.3m 为参考点);
④5.7m (出束点离南墙最近距离 4.5m, 南墙厚度 0.9m, 取南墙外 0.3m 为参考点);
⑤6.4m (出束点离室顶最近距离 5.5m, 室顶厚度 0.6m, 取室顶上方 0.3m 为参考点)。

根据上述计算结果, 曝光室大防护门、北墙、西墙、南墙外考察点处辐射水平最大为 $1.425 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 4.1.3 款“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求; 室顶外考察点处辐射水平最大为 $0.045 \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 4.1.3 款“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

4、小防护门外剂量率

(1) 泄漏辐射

X 射线探伤机在曝光室内进行探伤作业时, 探伤机距小防护门外 30cm 处最近距离为 4.4m (未考虑小防护门厚度)。

根据式 9-2 和式 9-3, 计算得到小防护门外预测点 C 处的泄漏辐射剂量率为 $3.99 \times 10^{-(900/109.5+20/9.2)} \div 4.4^{2(\text{未考虑小防护门厚度})} = 2.888 \times 10^{-9} \mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 散射辐射

有用线束经工件一次散射后, 到达西墙处的散射辐射剂量率为 $10 \times 3.99 \times 10^7 \times 1 \div 50 \div 1.5^2 = 3.547 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$; 由于有用线束经工件一次散射后, 在迷道内至少经过两次散射才能到达小防护门处, 每散射一次, 剂量率降低 1-2 个数量级, 本次评价保守考虑经两次散射后剂量率共降低 2 个数量级, 则有用线束到达小防护门处剂量率约为 $3.547 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$; 同时拟设置的小防护门防护能力为 15mmPb, 屏蔽透射因子 $= 10^{-(15/2.9)} = 6.723 \times 10^{-6}$, 则小防护门外散射辐射剂量率约为 $3.547 \times 10^4 \times 6.723 \times 10^{-6} = 0.238 \mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 总剂量率

预测点处的总剂量率为泄漏辐射和散射辐射在该点处剂量率叠加为 $0.238 \mu\text{Sv/h}$ 。

5、排风口外剂量率

本项目拟在曝光室南墙东侧设置一个排风口, 大小为 $500\text{mm} \times 500\text{mm}$, 外设 30mmPb 防护。排风口处主要受漏射线及散射线影响, 保守估算, 排风口处辐射影响按一次散射进行计算。路径距离按 5.91m 考虑, 根据式 (9-3)、式 (9-4) 计算排风口处辐射剂量率为 $0.627 \mu\text{Sv/h}$ 。

满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.3 款“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

综上所述，本项目探伤机运行时，曝光室四周墙体、大、小防护门、室顶、排风口的防护设计均可以满足辐射防护要求。

6、天空反散射辐射影响

由表9-1可知，XYD-4510定向型X射线探伤机在最大管电压450kV、最大管电流10mA进行探伤作业时，曝光室室顶外30cm处的最大剂量率为 $0.045 \mu\text{Sv/h}$ ，小于室顶外30cm处辐射剂量率目标控制值 $100 \mu\text{Sv/h}$ ，因此，不再考虑天空反散射的辐射影响。

9.2.2 XXH-3505 探伤机辐射环境影响评价

XXH-3505 周向探伤机在探伤室内移动范围为一条线段，南北长 9.6m，高 0.5-1.5m。探伤机最大移动范围距大防护门、西墙、小防护门、南墙、东墙及室顶的最近距离分别为 4.4m、9.1m、9.1m、4.5m、5.5m、6.0m；探伤机最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，辐射角为 $360^\circ \times 30^\circ$ ，东西周向照射，故探伤机移动范围区域对应的探伤室东墙、室顶、西墙、小防护门受有用线束照射；探伤机活动位置距探伤室西墙的最远距离为 7.0m， $7.0 \times \tan 15^\circ = 1.88\text{m}$ ，该距离小于探伤机距探伤室南墙、大防护门的最近距离，故探伤室南墙、大防护门均受散射、漏射线照射。探伤室地下为土层，不再考虑其辐射影响。综上，XXH-3005 型周向探伤机在探伤室内开机照射时，东墙、西墙、小防护门、室顶受有用线束照射，南墙、大防护门均受散射、漏射线照射。

计算参考点示意图见图 9-2。

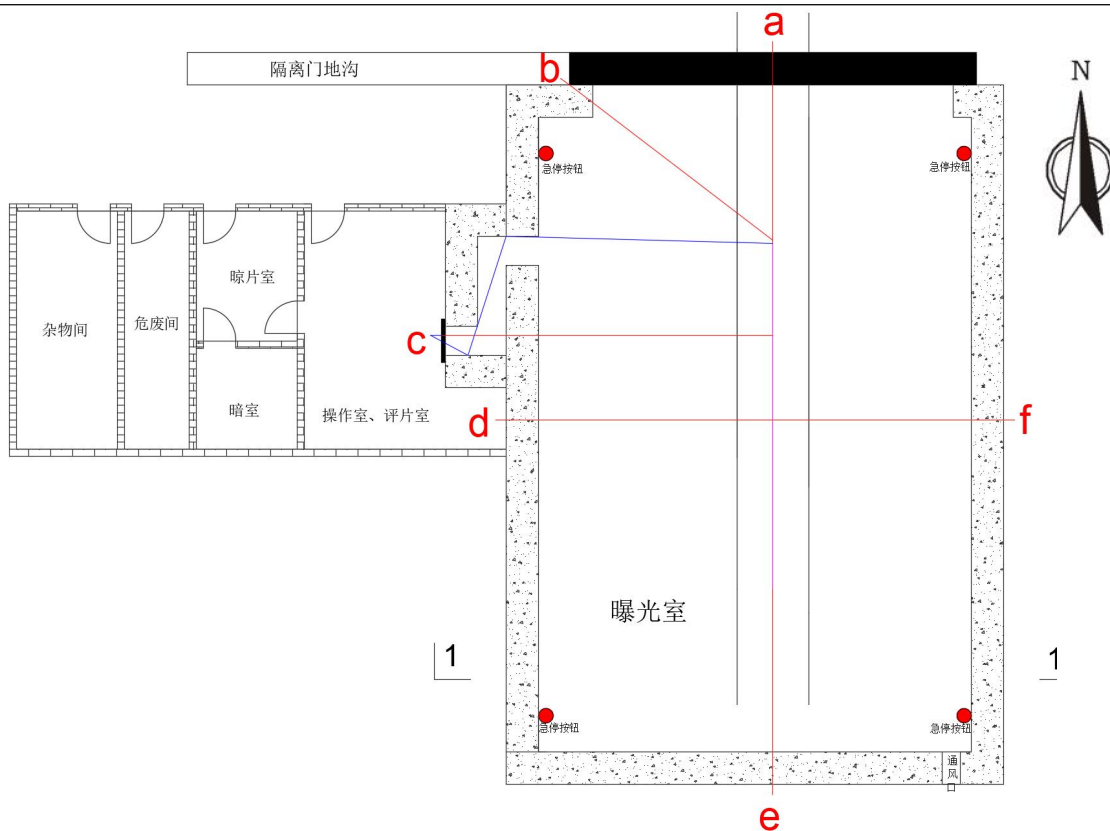


图9-2 (a) 曝光室平面预测点示意图



图9-2 (b) 曝光室1-1剖面预测点示意图

一、计算公式选取

本次评价公式参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单，详见公式9-1~公式9-4。

1. 有用线束在关注点处的剂量率计算公式：

$$H=I \times H_0 \times B \div R^2 \quad (\text{式 } 9-5)$$

式中：

H	有用线束在关注点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$
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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4

B	屏蔽透射因子
R	辐射源点（靶点）至关注点的距离，m

2. 屏蔽透射因子计算公式：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (\text{式 9-6})$$

式中：

B	屏蔽透射因子
X	屏蔽物质厚度
TVL	X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度

3. 泄漏辐射在关注点处的剂量率计算公式

$$H_l=H_0 \times B \div R^2 \quad (\text{式 9-7})$$

式中：

H_l	泄漏辐射在关注点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$
H_0	距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点（靶点）至关注点的距离，m

4. 关注点的散射辐射剂量率计算公式

$$H_2=I \times H_0 \times B \times F \times \alpha \div (R_s^2 \times R_0^2) \quad (\text{式 9-8})$$

式中：

H_2	关注点的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$
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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子
F	R_0 处的辐射野面积， 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
R_s	散射体至关注点的距离，m
R_0	辐射源点（靶点）至关注点的距离，m

二、主要预测参数选取

参照标准GBZ/T 250-2014，未给出X射线管电压为350kV时，X射线输出量；本次评价保守选取400kV管电压、3mm铜滤过条件下，X射线输出量为 $23.5\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

未给出X射线管电压为350kV时，X射线在铅或混凝土中什值层厚度；根据内插法，350kV管电压时，X射线在铅、混凝土中什值层厚度分别取6.95mm和100mm；铅的密度为 11.3t/m^3 ，混凝土的密度为 2.35t/m^3 。

X射线管电压为350kV时，距靶点1m处的泄漏辐射剂量率取 $5000\mu\text{Sv/h}$ 。

原始X射线能量为350kV时，X射线90° 散射辐射最高能量为250kV，其在铅、混凝土中什值层厚度分别为2.9mm和90mm。

根据 X 射线探伤机圆锥束中心轴和射束边界夹角及最大管电压, $R_0^2/(F \cdot \alpha)$ 的值取 50。

三、预测结果

1、有用线束在预测点处的剂量率

根据公式9-5和公式9-6，计算得有用线束在预测点的辐射剂量率，详见表9-2。

表9-2 有用射束在曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点1m处输出量	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离 (m)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
c (小防护门外 30cm 处)	5mA	23.5mSv·m ² /(mA·min)	900mm 混凝土+15mmPb	$10^{-\frac{900}{100-15/6.95}}$	9.4 ^①	5.542×10^{-7}
d (曝光室西墙外 30cm 处)			900mm 混凝土	$10^{-\frac{900}{100}}$	7.7 ^②	1.189×10^{-4}
f (曝光室东墙外 30cm 处)			900mm 混凝土	$10^{-\frac{900}{100}}$	6.7 ^③	1.571×10^{-4}
g (曝光室室顶外 30cm 处)			600mm 混凝土	$10^{-\frac{600}{100}}$	6.9 ^④	0.148

注：①9.4m (出束点离小防护门最近距离 9.1m，忽略小防护门厚度，取小防护门外 0.3m 为参考点)；
 ②7.7m (出束点离西墙外最近距离 6.5m，西墙厚度 0.9m，取西墙外 0.3m 为参考点)；
 ③6.7m (出束点离东墙最近距离 5.5m，东墙厚度 0.9m，取东墙外 0.3m 为参考点)；
 ④6.9m (出束点离室顶最近距离 6.0m，室顶厚度 0.6m，取适当外 0.3m 为参考点)。

根据上表可知，本项目XXH-3505探伤机开机状态下，曝光室东西墙、小防护门外预测点处的辐射剂量率最大为 $1.571 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平；室顶外预测点处的辐射剂量率为 $0.148 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $100 \mu\text{Sv/h}$ 的剂量率参考控制水平。

2、泄漏辐射和散射辐射在预测点处的剂量率

(1) 泄漏辐射在预测点处的剂量率

根据公式9-6和公式9-7，计算得到泄漏辐射在预测点处的辐射剂量率，详见表9-3。

表9-3 泄漏辐射在曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
a 点 (大防护门外 30cm 处)	$5000 \mu\text{Sv/h}$	900mm 混凝土	$10^{-\frac{900}{100}}$	5.6 ^①	1.594×10^{-7}

b 点 (北墙外 30cm 处)		900mm 混凝土	$10^{- (900/100)}$	4.7 ^②	2.263×10^{-7}
e 点 (南墙外 30cm 处)		900mm 混凝土	$10^{- (900/100)}$	5.7 ^②	1.539×10^{-7}

注：①5.6m (出束点离大防护门最近距离 4.4m, 大防护门厚度 0.9m, 取大防护门外 0.3m 为参考点)；
②4.7m (出束点离北墙外最近距离 3.5m, 北墙厚度 0.9m, 取北墙外 0.3m 为参考点)；
③5.7m (出束点离南墙外最近距离 4.5m, 南墙厚度 0.9m, 取南墙外 0.3m 为参考点)。

(2) 散射辐射在预测点处的剂量率

根据公式9-6和公式9-8, 计算得到散射辐射在预测点处的辐射剂量率, 详见表9-4。

表9-4 散射辐射在曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点 1m 处输出量	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	散射体至预测点最近距离	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
a 点 (大防护门外 30cm 处)	5mA	23.5mSv·m ² /(mA·min)	900mm 混凝土	$10^{- (900/90)}$	5.6 ^①	4.496×10^{-7}
b 点 (北墙外 30cm 处)			900mm 混凝土	$10^{- (900/90)}$	4.7 ^②	6.383×10^{-6}
d 点 (南墙外 30cm 处)			900mm 混凝土	$10^{- (900/90)}$	5.7 ^③	4.340×10^{-7}

注：①5.6m (出束点离大防护门最近距离 4.4m, 大防护门厚度 0.9m, 取大防护门外 0.3m 为参考点)；
②4.7m (出束点离北墙最近距离 3.5m, 北墙厚度 0.9m, 取北墙外 0.3m 为参考点)；
③5.7m (出束点离南墙外最近距离 4.5m, 南墙厚度 0.9m, 取南墙外 0.3m 为参考点)；

(3) 预测点处的总剂量率

预测点处的总剂量率由泄漏辐射、散射辐射在该点处剂量率叠加, 详见表9-5。

表9-5 曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
a 点 (大防护门外 30cm 处)	1.594×10^{-7}	4.496×10^{-7}	6.091×10^{-7}
b 点 (北墙外 30cm 处)	2.263×10^{-7}	6.383×10^{-7}	8.646×10^{-7}
e 点 (南墙外 30cm 处)	1.539×10^{-7}	4.340×10^{-7}	5.879×10^{-7}

由上表可知, X射线探伤机进行探伤作业时, 曝光室北墙、南墙外、大防护门外30cm处辐射剂量率均小于相应目标控制值。

3、小防护门外剂量率

小防护门除受主射束照射外, 还受散射线影响, 有用线束经工件一次散射后, 到达西墙处的散射辐射剂量率为 $5 \times 23.5 \times 6 \times 10^4 \times 1 \div 50 \div 6.5^2 = 3337.3 \mu\text{Sv/h}$; 由于有用线束经工件一次散射后, 在迷道内至少经过两次散射才能到达小防护门外, 每散射一次, 剂量率

降低1-2个数量级，本次评价保守考虑经两次散射后剂量率共降低2个数量级，则有用线束到达小防护门外剂量率约为33.37 μSv/h；同时拟设置的小防护门防护能力为15mmPb，屏蔽透射因子= $10^{-(15/2.9)}=6.723 \times 10^{-6}$ ，则小防护门外散射辐射剂量率约为 $33.37 \times 6.723 \times 10^{-6}=2.244 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

叠加主射线和散射线的影响，小防护门外辐射剂量率为 $2.244 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 。

4、排风口外剂量率

本项目拟在曝光室南墙东侧设置一个排风口，大小为500mm×500mm，外设30mmPb防护。排风口处主要受漏射线及散射线影响，保守估算，排风口处辐射影响按一次散射进行计算。路径距离按6.68m考虑，根据式(9-7)、式(9-8)计算排风口处辐射剂量率为 $4.280 \times 10^{-7} \mu\text{Sv/h}$ 。满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)4.1.3款“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

综上所述，本项目探伤机运行时，曝光室四周墙体、大、小防护门、室顶、排风口的防护设计均可以满足辐射防护要求。

5、天空反散射辐射影响

由表9-2可知，XXH-3505周向型X射线探伤机在最大管电压350kV、最大管电流5mA进行探伤作业时，曝光室室顶外30cm处的最大剂量率为 $0.148 \mu\text{Sv/h}$ ，小于室顶外30cm处辐射剂量率目标控制值 $100 \mu\text{Sv/h}$ ，因此，不再考虑天空反散射的辐射影响。

9.2.3 人员所受辐射剂量估算与评价

一、计算公式

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

式中：

H	年有效剂量当量，Sv/a
T	年受照时间，h
D_r	X剂量率，Gy/h

二、居留因子

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，不同环境条件下的居留因子列于表9-6。

表 9-6 居留因子的选取

场所	居留因子 T	停留位置	本项目停留位置
----	--------	------	---------

全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区	操作室、办公室
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	3#车间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	--

三、估算结果及评价

根据公司提供资料，X射线探伤机室内探伤年累计曝光时间不超过300h。拟配备4名辐射工作人员专职从事X射线探伤机探伤，三名操作人员，每次两人一组进行操作，则每位辐射工作人员的年探伤时间不会超过300h。

选取预测点最大的受照剂量，估算曝光室周围驻留的辐射工作人员和公众成员年有效剂量。详见表9-7。

表9-7 探伤室外人员所受年有效剂量情况

停留人员	最大剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	时间(h/a)	年最大有效剂量 (mSv)
室内探伤辐射工作人员	0.238	1	300	0.071
曝光室周围驻留的公众成员	7.414×10^{-3}	1	300	2.224×10^{-3}

注：取曝光室周围辐射工作人员或公众成员能靠近驻留区域最大剂量率。

以上计算可知，本项目辐射工作人员的受照剂量为0.071mSv/a，公众成员所受年辐射剂量最大为 2.224×10^{-3} mSv/a，均满足本评价采用的辐射工作人员及公众成员年剂量约束值分别不超过2.0mSv/a和0.1mSv/a的管理要求。

9.2.4 非放射有害气体环境影响分析

X射线探伤机运行时产生的非放射性有害气体主要靠通风换气来控制，曝光室拟设置机械通风装置，每小时通风换气次数大于3次；排风口位于曝光室南墙东侧。排风口外侧连接通风管道，非放射性有害气体经排风口及通风管道排入3#车间南侧外环境，人员很少驻留，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)4.1.11款的管理要求，对周围环境和人员影响较小。

9.2.5 危险废物环境影响分析

本项目产生的废显(定)影液和废胶片，属于危险废物，危废编号为HW16 900-019-16。公司拟将危险废物暂存于危废暂存间内，危废暂存间具备防风、防雨、防晒、防渗等功能，危废暂存间内准备充足的专用贮存容器，危废暂存间外设置规范的警示标志、危废信息公开栏、危废污染防治责任制度，危废台帐挂于入口处墙上等。公司拟将危险废物暂存于危废暂

存间内专用贮存容器中，对危险废物实行联单管理和台账管理，将与有危废处理资质的单位签订危废处理合同。总之，危险废物可以得到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

9.3 事故影响分析

9.3.1 事故风险识别

1. 探伤工作过程中，由于门-机联锁、工作状态指示灯、急停开关等失效，辐射工作人员和公众误闯或误留，使其受到不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

2. 辐射工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 射线探伤机被盗或丢失，使探伤机使用不当，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 事故风险防范措施

1. 制定自检制度，定期对门-机联锁、工作指示灯等进行检查和维护，以防止其失效；同时人员误留曝光室时，操作位的工作人员使用紧急停机按钮，使之停止出射线。

2. 制定完善的操作规范，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，禁止未经过培训的操作人员操作 X 射线探伤机；辐射工作人员进行探伤作业时，个人剂量剂佩戴于左胸前，携带个人剂量报警仪。

3. 加强探伤机在贮存、使用的管理，防止探伤机被盗、丢失发生；一旦发生此类事件，公司应立即按规定启动本单位《辐射事故应急预案》，并及时报告当地生态环境部门。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全管理机构设置

10.1.1 机构的设置

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规要求，泰安市华伟重工有限责任公司拟成立辐射安全管理机构，拟签订辐射安全工作责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，由辐射安全管理机构全面主持辐射安全管理工作，统一指挥射线装置运行安全的工作，负责射线装置的工作及职业工作人员的管理，组织落实辐射工作的各项管理规章制度和操作规程，防止辐射安全事故的发生。

10.1.2 辐射工作人员配备

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》的规定：从事辐射工作的人员必须通过核技术利用辐射安全和防护考核。

公司4名工作人员均未通过辐射安全与防护考核，公司拟尽快安排相关辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，并取得考核合格成绩单，考核合格后上岗；本次评价要求辐射工作人员在核技术利用辐射安全与防护考核成绩到期之前，及时进行再培训和考核。

10.2 辐射安全管理规章制度

为认真贯彻执行国家、省和市有关规定，加强公司内部管理，泰安市华伟重工有限责任公司将制定一系列的辐射管理制度，包括：《X射线探伤机安全操作规程》、《设备检修维护制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作安全防护管理制度》、《射线装置使用登记制度》、《自行检查及年度评估制度》等，拟制定三废处置制度。

上述制度不仅考虑了辐射设备的使用和安全防护，而且考虑了辐射设备使用的实践合理性，具有一定的可操作性，适用于本项目。同时，公司还将在项目运行过程中，根据实际情况不断对上述辐射制度进行完善，以确保相关制度能够得到有效运行。

10.3 辐射监测

10.3.1 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求，泰安市华伟重工有

限责任公司将安排专人负责个人剂量监测管理，并规范建立辐射工作人员个人剂量档案，为本项目辐射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质的检测机构每三个月检测一次，检测数据填入个人剂量档案。个人剂量档案内包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案终生保存。当1季度个人剂量监测结果超过0.5mSv，应调查其原因。

10.3.2 工作场所辐射水平监测

按照HJ61-2021等有关标准的规定，泰安市华伟重工有限责任公司拟制定《辐射环境监测方案》，监测方案主要内容如下：

1. 监测因子：X- γ 辐射剂量率。

2. 监测点位：

(1) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

(2) 曝光室外 30m 离地面高度为 1m 处，门左、中、右 3 个点和门缝四周各 1 个点；

(3) 曝光室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

(4) 人员经常活动的位置；

(5) 每次探伤结束后，检测曝光室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

3. 监测频率：

定期监测：正常情况下，每年进行 1~2 次例行监测。

应急监测：工作场所如发现异常情况或怀疑有异常情况，应对工作场所和环境进行应急监测。

年度监测：每年委托有资质单位对探伤室周围的辐射剂量率进行检测，出具年度检测报告，并随年度评估报告上报生态环境部门。

10.4 辐射事故应急

10.4.1 环境风险事故应急预案

公司拟根据《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》等法律法规的要求，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。应急预案须包括以下主要内容：

1. 辐射事故应急处理机构与职责

(1) 公司成立辐射事故（事件）应急处理领导小组，组织开展风险事件的应急处理工作。

(2) 明确应急处理领导小组的主要职责，具体如下：

a. 定期组织对探伤室、设备和人员进行辐射防护情况自查和检测，发现事故隐患及时督促整改；

b. 发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

c. 事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；

d. 负责向生态环境及卫生行政部门及时报告事故情况；

e. 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

f. 人员受照时，要迅速估算受照人员的受照剂量；

g. 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

2. 辐射事故应急原则

a. 迅速报告原则；

b. 主动抢救原则；

c. 生命第一的原则；

d. 科学施救，防止事故扩大的原则；

e. 保护现场，收集证据的原则。

3. 辐射事故应急处理程序

a. 事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，及时上报辐射事故应急处理领导小组，并在 2 小时内填写《辐射事故初始事故表》，及时报告生态环境部门、公安部门和卫生部门；

b. 应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

c. 事故处理必须在应急处理领导小组的领导下，在有经验的工作人员和辐射防护人员的参与下进行；

d. 各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

总之，为减少事故发生，必须加强管理力度，提高职业人员的技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，并加强设备检查和维修，减少故障发生，提高单位应急能力。

10.4.2 辐射事故应急演练

公司应定期进行辐射事故应急演练，对演练效果作出评价，提交演练报告，详细说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，进行整改。

表 11 结论与建议

11.1 结论

1、泰安市华伟重工有限责任公司拟在3#车间内西南角新建一座探伤室，并拟购置2台X射线探伤机（属于Ⅱ类射线装置），用于固定(室内)场所无损检测。

2. 本项目符合“实践正当性”原则，不违背国家产业政策。

3. 由现状检测结果表明：本项目拟建区域周围环境 γ 辐射剂量率现状值处于泰安市环境天然放射性水平范围内。

4. 拟建探伤室由曝光室、操作室、暗室、晾片室等组成。拟对探伤室进行分区管理，划分为控制区和监督区。

曝光室四周墙体采用900mm混凝土，室顶采用600mm混凝土，大防护门为900mm混凝土，小防护门采用铅钢复合结构，防护能力为15mmPb。

探伤室拟设置门-机联锁装置；大、小防护门上拟设置工作状态指示灯和声音提示装置，其中工作状态指示灯与X射线探伤机联锁；探伤室大、小防护门上拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明。曝光室内拟设置4处紧急停机按钮，并标明使用方法。曝光室拟设置通风换气系统，设计通风量为5000m³/h；排风口拟设置不小于30mm铅防护。曝光室设备管线拟采用U型管道穿墙。

5. 公司拟购置个人剂量报警仪、辐射环境巡检仪等辐射防护用品。

6. 经估算，探伤机进行探伤作业时，曝光室四周墙体、防护门及排风口外30cm处辐射剂量率为(4.280×10⁻⁷~0.627) μ Sv/h，小于2.5 μ Sv/h的剂量率参考控制水平，室顶外30cm处的剂量率为0.148 μ Sv/h，小于100 μ Sv/h的剂量率参考控制水平。

辐射工作人员所受年辐射剂量最大为0.071mSv/a、公众成员所受年辐射剂量最大为2.224×10⁻³mSv/a，均满足本评价采用的辐射工作人员及公众成员年剂量约束值分别不超过2.0mSv/a和0.1mSv/a的管理要求。

7. 曝光室每小时通风换气次数约为3.1次，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“第4.1.11款 每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。非放射性有害气体经排风口及通风管道排入3#车间南侧外环境，人员很少驻留，同时非放射性有害气体产生量较少，在空气中的自身分解时间较短，其对周围环境和人员影响较小。

公司拟将探伤检测过程中产生的危险废物暂存于危废暂存间专用贮存容器中，危废暂

存间具备防风、防雨、防晒、防渗等功能，其外设有规范的警示标志。公司将危险废物实行联单管理和台账管理，定期委托具备危废运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置。总之，危险废物可以得到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

8. 公司拟成立辐射安全领导机构，拟制定各类辐射安全管理规章制度。在运行过程中，须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故（事件）。

公司拟配备4名辐射工作人员，专职进行室内探伤作业，拟近期参加辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗。

辐射环境风险评价表明，本项目在实际工作中存在一定的辐射环境风险，公司严格执行制定的风险防范措施和《辐射事故应急预案》，定期演练辐射事故应急方案，对发现的问题及时进行整改，可使项目环境风险影响降至最低。

综上所述，泰安市华伟重工有限责任公司X射线探伤机及探伤室应用项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，该项目对辐射工作人员和公众人员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

11.2 建议和承诺

一、承诺

1. 项目环境影响评价文件取得环评批复后，公司将及时向生态环境主管部门申请辐射安全许可证；

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同步进行主体工程和环保设施的建设，落实各项环保措施和辐射环境管理措施。

项目建成后，公司将按最新环保管理要求开展竣工环境保护验收。

2. 公司将按要求设置辐射安全与环境保护管理机构，建立相应的规章制度。

3. 公司将加强探伤机的安全管理工作，严格落实探伤机使用登记制度，建立使用台账；做好探伤机的安全保卫工作，防止丢失或被盗。

按照相关规定划定控制区和监督区，各区严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求进行管理。

4. 公司将安排辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护的考核。建立健全辐射防

护工作档案，对工作人员的辐射安全与防护考核、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分开保管并长期保存。

5. 公司将辐射工作人员参与探伤的时间和次数进行记录。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。

6. 加强对废显(定)影液和废胶片等危险废物的日常管理，暂存在耐腐蚀的专用容器内；建立管理台帐，严控环境风险。

7. 严格执行监测计划，发现问题及时处理。

8. 根据辐射建设项目实际情况，编制辐射事故应急预案；按照辐射事故应急方案和报告制度，根据各类可能出现辐射事故的情形编制应急演练脚本，定期开展应急演练，分析、总结存在的问题，并不断完善应急预案。

二、建议

1. 在项目运行过程中，进一步完善各项规章制度。

2. 进一步加强对辐射工作人员的辐射防护知识宣传教育，使其熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众人员和自身所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

表 12 审 批

下一级环保部门意见

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日