

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

山东艾普特暖通技术有限公司

2025 年 07 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：山东艾普特暖通技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧

邮政编码: 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 射线探伤机及探伤室应用项目			
建设单位		山东艾普特暖通技术有限公司			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧			
项目建设地点		山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧，公司厂区 1#生产车间内西北侧			
立项审批部门		威海临港经济技术开发区行政审批服务局		批准文号	2506-371073-04-03-103276
建设项目总投资 (万元)		30	项目环保投资 (万元)	18	投资比例(环保投资/总投资) 60%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积(m ²)	约 50
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类(医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			

1.1 公司简介

山东艾普特暖通技术有限公司位于山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧，是一家经国家相关部门批准注册并取得相关质量认可的专业板式换热器、换热设备、水处理设备研发、制造、销售企业。企业严格遵照国际质量 ISO9001-2000 认证，环境管理体系 ISO14001-2004 认证，中国船级社认证等国际化标准生产，严格执行国家对换热设备生产的各项要求，并结合国际最先进的板式换热设备设计理念，力求生产出最适合用户的换热设备。致力于节能、环保、智能化换热设备的开发与应用，积累了丰富的实践经验和专业技术。

厂区地理位置示意图见附图 1，厂区总平面布置及周边环境关系影像图见附图 2。

1.2 项目建设规模

根据公司业务发展要求，公司开展的换热设备生产项目（年可生产换热器等产品 370 台/套，环评批复及验收手续见附件 6）需配套建设探伤室 1 座，使用 X 射线探伤机对公司生产的换热器和压力罐等产品进行无损检测，采用抽检及根据客户需要进行检测，年检测 200 台/套，以提高和保证产品质量。

公司拟在厂区 1#生产车间内西北侧利用现有闲置房间进行辐射防护改造，新建探伤室 1 座，包括曝光室、操作间、暗室、评片室，拟购置 1 台 XXGH-3005 型周向 X 射线探伤机和 1 台 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机，均属 II 类射线装置，用于室内探伤作业（固定场所探伤）。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

装置名称	型号	数量	类别	最大管电压	最大管电流	主射束方向	备注
X 射线探伤机	XXGH-3005	1 台	II 类	300kV	5mA	南北周向	拟购
X 射线探伤机	XXG-3005	1 台	II 类	300kV	5mA	定向（向北或 向下照射）	拟购

1.3 产业政策符合性

本次为公司首次开展核技术利用建设项目，X 射线探伤机用于室内探伤作业（固定场所探伤），核技术利用类型属使用 II 类射线装置。本项目进行无损检测，对公司生产的换热器和压力罐等产品进行质量控制，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，企业主业及本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类之列，属于国家允许建设的项目，符合产业政策。

1.4 选址合理性

山东艾普特暖通技术有限公司位于山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧，根据《威海市临港区草庙子镇国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目所在厂区用地为工业用地，用地性质符合区域国土空间用地规划，详见附图 6。本项目探伤室位于厂区 1#生产车间内西北侧的一端，使用 X 射线探伤机对公司生产的换热器和压力罐等产品进行无损检测，为质保设施，在已有车间内建设，厂区主体项目已办理环评手续（威环临港审〔2015〕8-2 号），环评批复及验收手续见附件 6，无新增占地，不涉及其他敏感区，选址无不当。厂区土地手续齐全，用地性质为工业用地，土地证见附件 7。

探伤室由曝光室、操作间、暗室、评片室组成。曝光室下方为土层，上方为会议室，曝光室周围 50m 范围内：北侧为 1#生产车间内废料区、室外、迪尚服装厂；东侧为车间内安全通道、车间内其他区域；南侧为暗室/评片室/操作间、库房区、办公区一层楼梯口、大厅、门卫室；西侧为车间外厂区内部道路、台北路。大防护门位于曝光室东侧，公司生产的换热器和压力罐等产品于生产车间内生产组装区域加工完成后，放置在平台车上由大防护门进入曝光室内，使用 X 射线探伤机进行探伤操作，探伤结束后返回生产车间，存放于成品区，整体生产工序布局合理，使用及作业方便。1#生产车间平面布置详见附图 3，公司办公区域二层、三层平面布置见附图 4。

经现场勘查，曝光室周围 50m 范围内存在 4 处保护目标，分别为曝光室拟建位置所在建筑的公司办公区域（3F）、西南侧约 48m 处环翠楼红参工厂门卫室、西侧约 37m 处台北路西侧板房、北侧约 15m 处迪尚服装厂，无居民区、学校、医院等人员密集区。经下文分析，曝光室周围及保护目标处辐射水平可满足国家相关要求，使用过程对周围环境及保护目标处的辐射影响较小，因此项目选址基本合理。

1.5 实践正当性

本项目使用 X 射线探伤机用于对公司生产的产品进行无损检测，有利于提高公司的生产技术和产品质量，具有良好的经济效益。同时根据下文分析，本项目采取的辐射防护措施能保证曝光室外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，射线装置运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB1 8871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.6 本项目与威海市“三线一单”符合性分析

根据《威海市人民政府关于印发威海市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（威政字〔2021〕24 号）及《关于发布 2023 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》（威环委办〔2024〕7 号），本项目位于草庙子镇优先保护单元（环境管控单元编码：ZH37100210001）。

本项目为 X 射线探伤机及探伤室应用项目，运行过程中曝光室周围的辐射水平均满足控制限值要求，产生的非放射性废气、废胶片及废显（定）影液能得到合理的处置，运行期不会对区域环境质量造成明显影响，符合环境质量底线要求。本项目主要对公司生产的换热器和压力罐等产品进行无损检测，运行期不涉及能源、土地资源的消耗，用水量较少，不会对区域水资源造成影响，符合资源利用上线要求。对照威海市草庙子镇生态环境总体准入清单，项目符合其生态环境准入要求。

综上，本项目的建设符合威海市“三线一单”的要求。

本项目与威海市草庙子镇生态环境管控单元位置关系见附图 7。

1.7 目的和任务的由来

公司在换热器和压力罐等产品生产过程中需使用 X 射线探伤机对产品焊缝进行无损检验。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》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号），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，山东艾普特暖通技术有限公司委托我公司对其 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，我单位依照《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	XXGH-3005	300	5	无损检测 (工业探伤)	公司厂区 1#生产车间内西北侧曝光室内	南北周向
2	X 射线探伤机	II 类	1	XXG-3005	300	5	无损检测 (工业探伤)	公司厂区 1#生产车间内西北侧曝光室内	定向 (向北或向下照射)

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
废胶片	固态	/	/	/	不大于 20kg	/	危废暂存间	委托具有危废处置资质的单位处理
废显 (定) 影液	液态	/	/	/	40kg	/	危废暂存间	委托具有危废处置资质的单位处理
非放射性有害气体	气态	/	/	/	少量	/	/	曝光室通风口设置机械排风装置, 将废气排至外环境

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

法规文件	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；2014.7 修订后实施；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；环境保护部令第 3 号修订，2008.12 实施；环境保护部令第 47 号修订，2017.12 实施；生态环境部令第 7 号修订，2019.8 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、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会，部令第 36 号，2025.1.1 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》，生态环境部令第 23 号，2022.1 实施； 13. 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》（国家发展和改革委员会第 7 号令，2024.2.1 日施行； 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 实施； 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 修订，2019.1 实施； 16. 《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通过，2023.1.1 实施。
技术标准	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. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）； 5. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 6. 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 7. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； 8. 《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）； 9. 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）； 10. 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）； 11. 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）及其修改单。
其他	1. 山东艾普特暖通技术有限公司 X 射线探伤机及探伤室应用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. 山东艾普特暖通技术有限公司提供的相关技术资料。

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”。

本项目为在曝光室内使用 II 类射线装置，本次评价范围为曝光室四周墙外 50m 的范围。

5.2 保护目标

本项目保护目标为评价范围内活动的职业人员和公众成员。职业人员为在曝光室周围操作间、暗室、评片室内进行探伤作业的辐射工作人员，公众成员为曝光室周围 50m 范围内公司厂区内工人、厂区外偶然经过的其他公众人员及保护目标处公众人员。本项目主要保护目标情况见表 5-1。

表 5-1 本项目主要保护目标情况

保护目标	名称		距离及方位	环境特征
职业人员	操作间、暗室、评片室		曝光室南侧紧邻	涉及辐射工作人员 2 人
公众成员	公司厂区 1#生产车间内工人		曝光室四周 50m 范围	涉及公众人员<20 人
	公司厂区 1#生产车间外偶然经过的其他公众人员			涉及流动人员
	保护目标处 公众人员	公司办公区域	曝光室拟建位置所在建筑	为整体一栋三层砖混结构建筑，高约 12.5m，分布有门卫室、大厅、会议室、销售部、技术部、财务部、休息室等；涉及公众人员<30 人
		环翠楼红参工厂门卫室	西南侧约 48m 处	单层砖混结构建筑，高约 3m； 涉及公众人员<3 人
		台北路西侧板房	西侧约 37m 处	单层钢结构板房，高约 5m； 涉及公众人员<3 人
		迪尚服装厂	北侧约 15m 处	单层钢结构厂房，高约 9m； 涉及公众人员<20 人

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。

本次评价以上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/10 (2.0mSv) 作为职业人员的年管理剂量约束值; 以公众照射年有效剂量限值的 1/10 (0.1mSv) 作为公众成员的年管理剂量约束值。

5.3.2 探伤室放射防护要求

《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 规定:

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全, 操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理, 分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中, 防护门被意外打开时, 应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置, 并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间, 以确保探伤室内人员安全

离开。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

5.3.3 剂量率目标控制限值

剂量率目标控制限值执行《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定：

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

综上，本次评价以 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为曝光室四周墙体、通风口及防护门外各关注点的剂量率参考控制水平；曝光室上方有建筑，为会议室，有人员到达，因此，以 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为曝光室室顶外关注点的剂量率参考控制水平。

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理位置

山东艾普特暖通技术有限公司厂区位于山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧，本项目探伤室位于公司厂区 1#生产车间内西北侧。

厂区总平面布置图见附图 2，本项目探伤室所在 1#生产车间总平面布置示意图见附图 3，公司办公区域二层、三层平面布置见附图 4。现场勘查情况见图 6-1，曝光室周围 50m 范围内环境情况详见表 6-1。

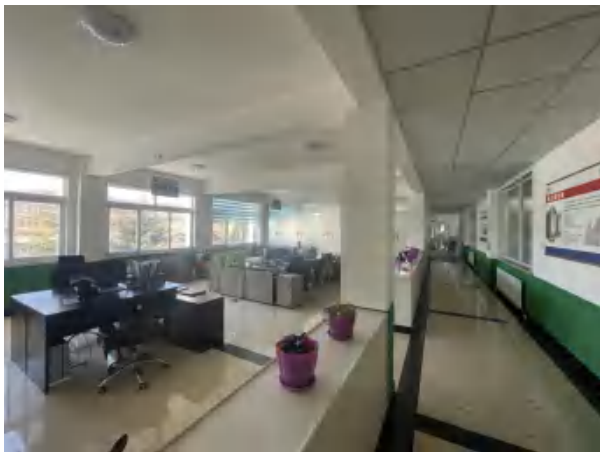
	
本项目探伤室拟建位置	探伤室拟建位置北侧
	
探伤室拟建位置东侧	探伤室拟建位置南侧



探伤室拟建位置西侧



公司办公区域



公司办公区域内部



探伤室拟建位置上方会议室



环翠楼红参工厂门卫室



台北路西侧板房



迪尚服装厂



危废暂存间

图 6-1 本项目探伤室拟建位置及周围现场照片

表 6-1 本项目曝光室周围 50m 范围内环境一览表

项目	方向	场所名称
曝光室	北侧	北侧为 1#生产车间内废料区、室外、迪尚服装厂
	东侧	东侧为车间内安全通道、车间内其他区域
	南侧	南侧为暗室/评片室/操作间、库房区、办公区一层楼梯口、大厅、门卫室
	西侧	西侧为车间外厂区内部道路、台北路
	上方	会议室

6.2 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，威海市（原威海地区属于烟台市）环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 6-2。

表 6-2 威海市（原威海地区属于烟台市）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	2.14~12.05	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。

6.3 环境质量和辐射现状

6.3.1 检测方案

经现场勘查，对本项目曝光室拟建位置周围及保护目标处辐射环境现状进行检测。检测方案如下所示：

1、环境现状评价对象

曝光室拟建位置周围及保护目标处辐射环境。

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》(HJ1157-2021) 和《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 测点布设原则, 在曝光室拟建位置周围及保护目标处共布设 12 个监测点位, 环境 γ 空气吸收剂量率检测布点见图 6-2。

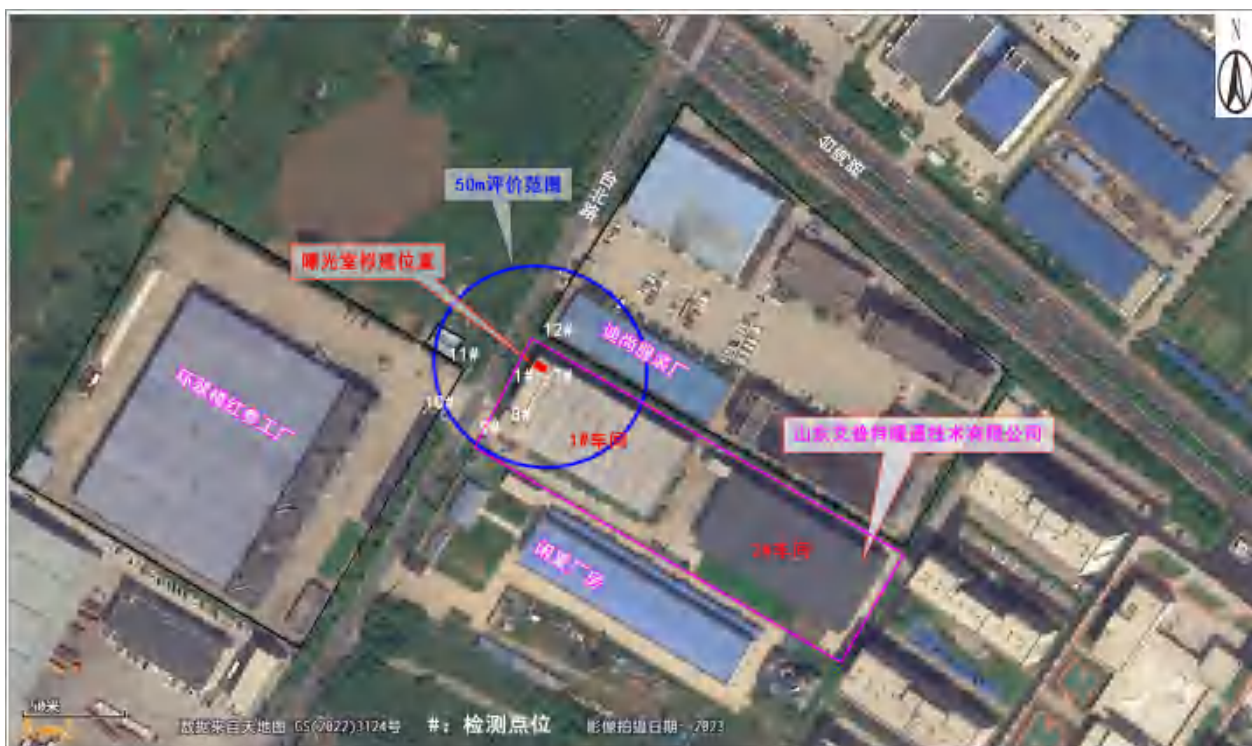


图 6-2 检测点位示意图

6.3.2 质量保证措施

1、监测单位

本次评价委托具备生态环境检测资质的潍坊正沅环境检测有限公司开展监测, 具备监测本项目监测因子的能力。

2、监测仪器

检测仪器为 HD-2005 型便携式 X- γ 剂量率仪, 设备编号: F12032; 测量范围为 $(1 \sim 100000) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$, 能量响应范围: 25keV $\sim$ 3MeV; 经中国计量科学研究院检定合格, 证书编号: DLj12024-07809, 检定有效期 2024 年 06 月 25 日-2025 年 06 月 24 日, 在有效期内。

3、监测方法

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）及《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）等技术规范进行现场测量。将仪器接通电源仪器探头离地 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、其他保证措施

本次由两名监测人员共同进行现场监测，由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。监测时获取足够的数据量，以保证监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、监测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。监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。

6.3.3 检测时间与条件

2025 年 2 月 10 日，天气：晴；温度：2℃；相对湿度：21%。

6.3.4 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（ $\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ）

测点 编号	点位描述	γ 空气吸收剂量率	
		平均值	标准差
1#	曝光室拟建位置	8.6	0.5
2#	曝光室拟建位置北侧（废料区）	8.3	0.5
3#	曝光室拟建位置东侧（1#车间安全通道）	8.8	0.3
4#	曝光室拟建位置南侧（垫片库）	8.9	0.5
5#	曝光室拟建位置西侧（厂区室外空地）	8.2	0.4
6#	曝光室拟建位置上方（二层会议室）	9.2	0.2
7#	曝光室拟建位置上方（三层会议室）	8.6	0.5
8#	办公区一层楼梯口	9.0	0.2
9#	山东艾普特暖通技术有限公司厂区门口	8.4	0.4
10#	环翠楼红参工厂门卫室	7.6	0.2
11#	台北路西侧板房	6.8	0.2
12#	迪尚服装厂	7.0	0.3

注：①检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值 $1.6 \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；

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；

③1#~4#、6#~8#监测点位位于室内，5#、9#~12#监测点位位于室外，均为混凝土地面。

6.3.5 环境现状调查结果评价

表 6-3 检测数据表明，本项目曝光室拟建位置周围室内（1#~4#、6#~8#）环境 γ 空气吸收剂量率为 $(8.3 \sim 9.2) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外（5#、9#~12#）环境 γ 空气吸收剂量率为 $(6.8 \sim 8.2) \times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均处于威海市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

本项目曝光室在现有闲置房间的基础上进行改造，施工期主要为增加墙体防护，设置通风口、安装机械通风装置、门机联锁装置、工作状态指示灯、声音提示装置、急停按钮及视频监控等辐射安全防护设施，施工量较少，施工期可能的污染因素均为常规环境要素，主要为噪声、废水、固体废物及扬尘，在建筑物内部进行，影响较小，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

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、钼等）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。

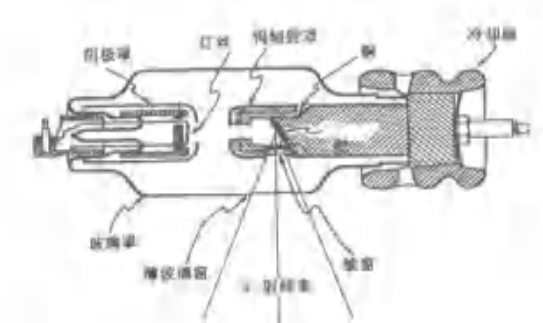


图 7-2 典型的 X 射线管结构图

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。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少或增大，胶片接受的辐射增大或减少，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，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

本项目拟购置的 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	最大管电压	最大管电流	焦点尺寸	射线管辐射角	最大穿透钢
XXGH-3005	300kV	5mA	1.0mm×3.4mm	陶瓷周向平靶： 360° ×25°	46mm
XXG-3005	300kV	5mA	2.5mm×2.5mm	陶瓷定向： 40+5°	50mm

7.2.2 工作流程

X 射线探伤机每隔一段时间后需进行训机，然后出曝光曲线。训机的目的是为了提高射线管真空度，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。

工作人员在进行 X 射线探伤前，先在被探伤工件的焊缝处贴上胶片，放置在推车上（高度约 0.5m）由大防护门进入曝光室内，操作人员根据工件尺寸将 X 射线探伤机通过

支架固定在适当的位置，确定曝光室内无人员，关闭大防护门，接通电源并开始计时；达到预定的照射时间后关机，完成一次探伤。然后，冲洗照片、观察照片、出具探伤报告。X 射线探伤机存放于曝光室内，不另行设置贮存场所。

其工作流程示意图见图 7-3。

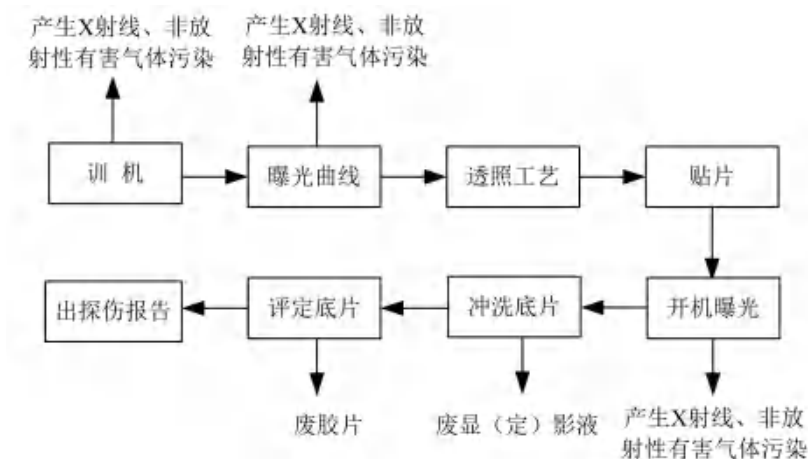


图 7-3 X 射线探伤机工作流程及产污环节示意图

7.2.3 工作负荷与人员配备

根据建设单位提供资料，本项目需探伤检测的工件为换热器和压力罐等产品。经与建设单位核实，项目不涉及工件过大进行开门探伤的工作开展。年检测 200 台/套产品，每台/套产品平均大约贴 10 张片子，则拍片量为 2000 张/年（本次评价按 2000 张/年计）。探伤室内 X 射线探伤机每年约曝光 2000 次，每次曝光时间不超过 5min（以 5min 计，已考虑不定期训机环节），则全年累积曝光时间约为 166.7h。本项目拟配备 2 名辐射工作人员负责探伤作业，并指定其中一人为辐射管理人员。

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

本项目施工期噪声主要来自切割、钻孔等阶段，主要噪声源为各种建筑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。

2、废水

施工期废水主要来自施工人员的生活废水，本项目建设内容较为简单，探伤室施工期最多时期有约 5 人施工，总施工期约 20 天，用水按每人每天 50L 计算，日用水 0.25m³/d。废水产生量以 80%计，每天产生生活污水 0.2m³/d。

3、固体废物

固体废物主要是建筑垃圾和施工人员的生活垃圾，生活垃圾以每人每天 0.25kg 计，产生量为 1.25kg/d。

4、扬尘

本项目在建设施工期需进行的切割、钻孔等作业，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。

综上，施工期主要环境影响评价因子为：施工噪声、施工废水和生活污水、生活垃圾和建筑垃圾、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）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。

（2）危险废物

本项目危险废物包括废显（定）影液和废胶片。

根据《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），结合探伤项目的探伤工艺及使用到的原辅材料，X 射线探伤机探伤完成后的洗片、评片过程会产生废显（定）影液和废胶片。其中废显（定）影液为液态，主要成分为银离子和显影剂，银离子是一种有毒有害的物质，对环境和人体健康都有一定的危害。显影剂它是一种化学试剂，用于将暗的银盐晶粒转化为明显的银像，显影剂的种类有很多，常见的有氢氧化钠、硫代硫酸钠、亚硫酸钠等。具有毒性、腐蚀性、反应性，对环境和人体健康都有一定的危害。除了银离子和显影剂，废显（定）影液中还含有一些其他的成分，如酸性物质、碱性物质、有机物等。废胶片为固态，主要成分为片基和卤化银构成，片基是用三醋

酸纤维或硝基纤维素制成的透明胶片，有害成分主要为卤化银。

以上固体废物属性判定：属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中规定的危险废物，废物类别为“HW16 感光材料废物”，废物代码为“900-019-16”，为其他行业产生的废显（定）影剂、胶片及废像纸，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，曝光室每年拍片约 2000 张，每张片子平均约 10g，考虑部分片子随产品交于客户，则厂内胶片总量不大于 20kg/a。胶片暂存在公司档案柜，根据《承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求》（NB/T47013.1~13-2015）中“第 7.3.3 无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年。7 年后，若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管；7.4.3 无损检测报告的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年要求。”要求，存档 7 年后作为危险废物处置。类比同类项目，一般每洗 2000 张片子约产生废显（定）影液约 40kg，则本项目废显（定）影液预计产生量共计约 40kg/a。

表 7-2 本项目危险废物汇总一览表

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量（吨/年）	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	0.04t/a	洗片过程	液态	银离子和显影剂	银离子	1 次/a	T	按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求进行暂存，并委托有相应危废处置资质的单位进行处置
2	废胶片	HW16	900-019-16	不大于 0.02t/a	评片过程	固态	片基和卤化银	卤化银	1 次/a	T	

综上分析，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 项目安全与防护

8.1.1 布局合理性

本项目曝光室为车间内建筑物一侧的底端，操作间位于曝光室南侧偏东位置，暗室、评片室均位于曝光室南侧，大防护门位于曝光室东侧。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.1 款规定“探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。”本项目 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机主射束使用方向为在曝光室内定向向北或向下照射，XXGH-3005 型周向 X 射线探伤机主射束使用方向为在曝光室内南北周向照射，根据探伤机使用区域范围，操作间位于南侧一角落，避开了有用线束的直接照射，满足以上要求，项目布局合理。探伤室总平面布置示意图见附图 5。

8.1.2 探伤室项目分区管理

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中规定，“探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在监督区和控制区相应的边界设置警示标识。”建设单位拟将曝光室内部设置为控制区，曝光室相邻的操作室、暗室、评片室区域划为监督区，避免非工作人员靠近，并在控制区边界大防护门处设置电离辐射警告标志。根据《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）中规定，建设单位拟设置监督区和控制区的文字和划线标识，分区图详见附图 5。

8.1.3 项目屏蔽设计及安全措施

根据建设单位提供的设计资料及现场勘查，曝光室防护设计情况见表 8-1 所示。

表 8-1 曝光室及辐射防护设计情况一览表

项目	内容			
内部尺寸	改造后曝光室东西净长 6.92m、南北净宽 3.51m、净高 3.33m，净容积约 80.88m ³			
墙体屏蔽 厚度	墙体名称	原有材质/厚度	加厚材质/厚度	改造后材质/厚度
	南墙、北墙	370mm 混凝土	230mm 混凝土+240mm 红砖	600mm 混凝土+240mm 红砖
	东墙、西墙	370mm 混凝土	230mm 混凝土+240mm 红砖	600mm 混凝土+240mm 红砖
	室顶	200mm 硫酸钡	200mm 硫酸钡	400mm 硫酸钡
大防护门	曝光室东侧设计 1 个大防护门，用于工件进出，门体为电动平移式。防护门采用铅钢复合结构，总体防护能力为 20mmPb，防护门尺寸为 1.98m×2.6m×0.15m（宽×高×厚度），门洞尺寸为 1.48m×2.4m（宽×高），左、右与周围墙壁搭接量均为 25cm，上、			

	下与周围墙壁搭接量均为 10cm，大防护门与墙壁之间的缝隙不大于 1cm，各搭接量与缝隙比例大于 10:1，可满足防护要求
机械排风装置	设方形通风口 1 个，位于曝光室西墙北侧上方，通风口距离北墙、室顶均约 20cm，距离地面约 3m，通风口大小 15cm×15cm。拟于通风口外侧设置 15mmPb 的铅防护罩，并设置机械排风装置，将废气排至曝光室西侧车间外部环境，设计有效通风换气量不低于 400m ³ /h，曝光室容积约 80.88m ³ ，有效通风换气次数约 4.9 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“6.1.10 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
操作位	位于曝光室东南侧的操作间内
紧急停机按钮	拟于曝光室内设置 6 处紧急停机按钮（曝光室内北墙东侧和西侧、南墙东侧和西侧、东墙南侧、西墙中部处各设置 1 处），X 射线探伤机控制台自带紧急停机按钮，按钮带有标签并标明使用方法，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.1.9 款要求
监控装置	拟于曝光室内西北角上方安装监控摄像头 1 个、曝光室防护门外安装监控摄像头 1 个，在操作间的操作台设置专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.1.7 款要求
其他	大防护门拟设置门机联锁装置，并保证关闭门后 X 射线探伤机才能进行探伤作业，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射，X 射线探伤机与防护门联锁；曝光室门口、内部设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置并与 X 射线探伤机联锁；于防护门外中间位置张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，并在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明；大防护门内设置开门装置；配置固定式场所辐射探测报警装置，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的 6.1.5 款、6.1.6 款、6.1.8 款、6.1.11 款要求

注：1、采用混凝土密度为 2.35g/cm³，硫酸钡密度为 3.6g/cm³，红砖密度为 1.65g/cm³。

2、拟探伤产品最大尺寸规格：最大外径 DN800mm，极限长度 4000mm。

8.1.4 其他安全环保措施

除曝光室硬件安全防范措施外，建设单位还将完善和加强以下几个方面的措施：

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，建设单位须配备相应的防护用品和检测仪器以满足探伤工作的要求。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，拟配置个人剂量计 2 支（委托个人剂量检测后由检测单位配发）、个人剂量报警仪 2 部及 X-γ 辐射巡检仪 1 台，待配备相应的仪器设备后可满足探伤工作要求。

2、根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，并指定其中一人为辐射管理人员。建设单位拟安排该 2 名人员

尽快参加辐射安全与防护培训，通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，并通过该平台报名参加考核，该 2 名辐射工作人员均参加“X 射线探伤”类别考核，其中担任辐射管理人员的还须参加“辐射安全管理”类别考核，考核合格者方可从事辐射相关工作。

3、建立辐射工作人员个人剂量档案。委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量每三个月进行检测，建立辐射工作人员个人剂量档案，每人一档，由专人负责保管和管理，个人剂量档案应当终生保存。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。

4、定期组织辐射工作人员专业健康体检，并建立工作人员职业健康档案。

5、落实射线装置使用登记、维护维修制度，定期进行门机联锁有效性验证。

6、本项目为固定场所室内 X 射线工业探伤，不得用于车间或厂区内其他地点的工业探伤。在曝光室内划定探伤区域，做好标识，工作人员严格按照标识区域和射束方向开展探伤工作，不得使用未许可的探伤机开展作业。将以上规定落实到操作流程中，从而保证严格遵守本环评提出的探伤区域和射束方向进行探伤工作。

8.1.5 探伤室探伤操作的辐射防护要求

1、对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

2、探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

3、应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4、交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

5、探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

6、在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

8.1.6 探伤设施的退役

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 6.3，当 X 射线装置不再使用，公司应实施退役程序。将 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

8.2 三废的治理

本项目为 X 射线探伤机应用，在探伤过程中不产生放射性固体废物、放射性废水及放射性废气。

1、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，从而产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。本项目曝光室设 1 个通风口，位于曝光室西墙北侧上方，将废气排至曝光室西侧车间外部环境，设计有效通风换气量不低于 $400m^3/h$ ，排风次数约 4.9 次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.1.10 款不小于 3 次/h 的要求。

2、危险废物

本项目危险废物包括废显（定）影液和废胶片。

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》（GB18597-2023）要求进行暂存，并委托有相应危废处置资质的单位进行处置，危险废物需到当地危废管理部门备案，纳入监管，对危险废物实行联单管理和台账管理。

根据前文分析，考虑部分片子随产品交于客户，本项目厂内胶片总量不大于 $20kg/a$ ，废显（定）影液产生总量 $40kg/a$ 。胶片暂存在公司评片室档案柜，根据《承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求》（NB/T47013.1~13-2015）中“第 7.3.3 无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年。7 年后，若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管；7.4.3 无损检测报告的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年要求。”要求，存档 7 年后作为危险废物处置。洗片过程在暗室完成，废显（定）影液由洗片桶转移至原包装桶内或其他无反应防渗漏的容器内，在暗室设置防渗漏托盘 1 个，用于临时放置收集了废显（定）影液的原包装桶或其他容器，开展完探伤作业的当天及时转移至公司厂区已有危废暂存间内，本项目依托原有危废暂存间。

公司厂区已有危废暂存间，位于 1#生产车间外东南侧（见附图 2），现贮存的危险废物

名称分别为废机油、废润滑油、废切削液，其中废机油、废润滑油危险特性为毒性、易燃性，废切削液危险特性为毒性。厂区内机油和润滑油可循环使用故产生量很少，废切削液采用原包装桶收集后暂存于危废暂存间内。现有危废暂存间配备了各自专门的危废暂存容器且空间充足，已严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）进行设置和管理，危废暂存间满足防渗、防晒、防雨、防风要求，实行双人双锁管理。根据现场情况，应设置符合《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）及《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）及其修改单规定的环境保护图形标志。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，将不同类别的危废分区存放，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。

综上所述，本项目产生的危险废物将得到妥善处置，依托公司厂区现有危废暂存间是可行的，不会对周围环境造成明显影响。

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

1、声环境影响分析

本项目施工期噪声主要来自切割、钻孔等几个阶段，本项目施工过程均在 1#生产车间内进行，施工期较短，仅在白天工作时间施工，经距离衰减及车间屏蔽后，对周边环境影响较小。

2、水环境影响分析

本项目施工期较短且施工量小，施工期废污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。

3、固体废物

本项目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施工垃圾，生活垃圾统一放至厂区内生活垃圾存放点，由环卫部门定期清运。施工垃圾对弃渣处置必须坚持“先挡后弃”。其次将建筑垃圾分类，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的建筑垃圾堆埋场。经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

4、大气环境影响分析

本项目在施工期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，且产生量小，施工过程基本位于 1#生产车间内，对周边大气环境影响较小。

综上所述，本项目施工期对周围环境影响较小。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 辐射环境影响评价

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。经与建设单位核实，本项目 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机主射束使用方向为曝光室内定向向北或向下照射，XXGH-3005 型周向 X 射线探伤机主射束使用方向为在曝光室内南北周向照射，两台 X 射线探伤机不同时使用。两台 X 射线探伤机最大管电压及管电流相同，本次以 XXGH-3005 型周向 X 射线探伤机为源项进行估算。

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/T250-2014）及其修改单，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，本项目为 5mA；
H₀： 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/T250-2014 附表 B.1，对于 300kV 保守计取 3mm 铝过滤条件下输出量 $20.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。
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 附表 B.2，铅对于 300kV X 射线什值层厚度为 5.7mm，混凝土为 100mm。

（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/T250-2014 表 1，>200kV 的取 $5000 \mu\text{Sv/h}$ 。

（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/T250-2014）中给出的公式进行计算：

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

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; 查 GBZ/T250-2014 表 2, 300kV 散射辐射的能量为 200kV, 查 GBZ/T250-2014 中附录 B, 表 B. 2, 200kV 对应混凝土的 TVL 为 86mm, 铅的 TVL 为 1.4mm;
- 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; 根据 GBZ/T250-2014 B. 4. 2, R_0^2/F_{90} 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、计算结果

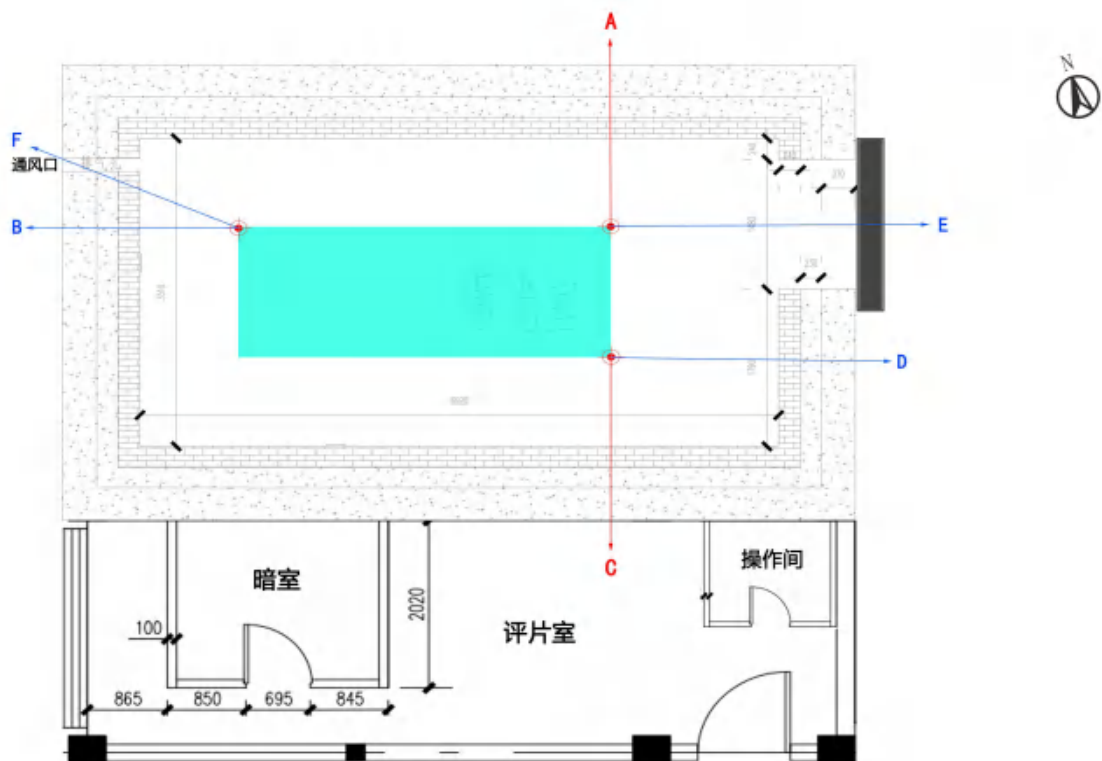
根据 X 射线探伤机主射束使用方向, 曝光室南墙、北墙、室顶、地面受主射束的照射。经核实, 探伤机实际工作时会根据工件尺寸 (拟探伤产品最大尺寸规格: 最大外径 DN800mm, 极限长度 4000mm) 调整探伤机位置, 探伤机使用区域为曝光室内东西长 4.0m, 南北宽 1.5m 的矩形区域, 探伤机距南墙、北墙及西墙的最近距离分别约 1.0m、1.0m、1.1m, 距东墙的最近距离约 1.82m, 距大防护门的最近距离约 2.66m, 距室顶距离为 2.33m~3.13m (探伤区域高度 0.2m~1.0m), 则距室顶的最近距离为 2.33m (探伤机高度为 1.0m)。

①XXG-3005 型 X 射线探伤机有用束半张角最大为 22.5° , 当 X 射线向下照射时, $\tan 22.5^\circ \times 1.0m$ (探伤机与地面的最远距离) $\approx 0.42m < 1.0m$ (探伤区域与四周墙体、大防护门的最近距离), 因此在 X 射线探伤机向下照射时, 只有地面受有用线束的直接照射, 地面下方为土层, 不设置参考点。当 X 射线向北照射时, $\tan 22.5^\circ \times 2.5m$ (探伤机与北墙的最远距离) $\approx 1.04m < 1.1m$ (探伤机与西墙、大防护门、室顶的最近距离), 因此在 X 射线探伤机向北照射时, 只有北墙受有用线束的直接照射。

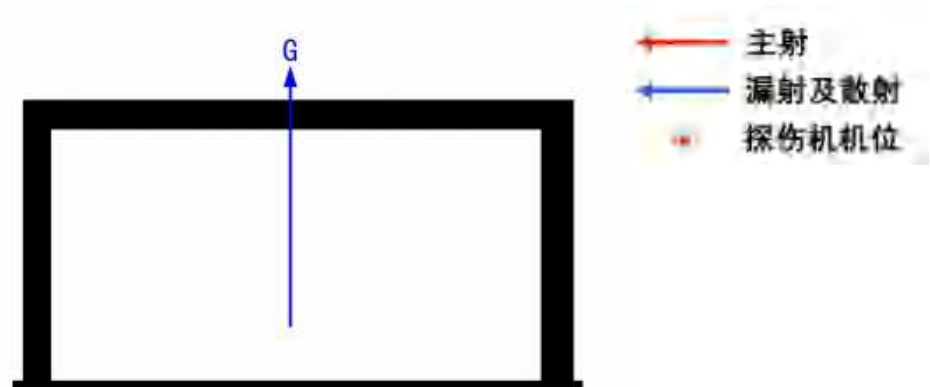
②XXGH-3005 型 X 射线探伤机有用束半张角最大为 12.5° , 南北周向照射, $\tan 12.5^\circ \times 3.13m$ (探伤机与南墙、北墙、室顶、地面的最远垂距) $\approx 0.7m < 1.1m$ (探伤机与西墙 (1.1m)、东墙 (1.82m)、大防护门 (2.66m) 的最近垂直距离), 因此周向 X 射线探伤机南北照射时, 西墙、东墙、大防护门不受有用线束的直接照射。通风口位于西墙上方, 因此周向 X 射线探伤机南北照射时, 通风口不受有用线束的直接照射。
 $\tan 12.5^\circ \times 3.5m$ (探伤机与操作间的南北最远垂距) $\approx 0.78m < 0.82m$ (探伤机与操作间

的东西最近垂距)，因此周向 X 射线探伤机南北照射时，操作间不受有用线束的直接照射。地面下方为土层，不设置参考点。

综上所述，主射束不照射西墙、东墙、大防护门、通风口。因此，曝光室西墙、东墙、大防护门、通风口外仅考虑漏射线和散射线影响。在曝光室外 30cm 处设置参考点，参考点和辐射路径示意图见图 9-1。曝光室屏蔽设计见表 8-1。



(a) X 射线探伤机辐射影响核算参考点示意图



(b) X 射线探伤机辐射影响核算参考点示意图

图 9-1 X 射线探伤机辐射影响核算参考点示意图

根据式 9-1、9-2、9-3、9-4 核算，计算结果见表 9-1。

表 9-1 参考点处的辐射剂量率计算结果

参 考 点	屏蔽体	屏蔽厚度	计算距离 m	辐射 类型	屏蔽透射因 子 B	剂量率 μ Sv/h	
A/C	北墙/南墙	600mm 混凝土 +240mm 红砖 ^⑦	2.14 ^①	主射	10 ^{-768/100}	0.029	
B	西墙	600mm 混凝土 +240mm 红砖	2.24 ^②	漏射	10 ^{-768/100}	2.08×10 ⁻⁵	5.02×10 ⁻⁵
				散射	10 ^{-768/86}	2.94×10 ⁻⁵	
D	东墙	600mm 混凝土 +240mm 红砖	2.96 ^③	漏射	10 ^{-768/100}	1.19×10 ⁻⁵	2.87×10 ⁻⁵
				散射	10 ^{-768/86}	1.68×10 ⁻⁵	
E	大防护门	20mmPb	3.11 ^④	漏射	10 ^{-20/5.7}	0.160	0.160
				散射	10 ^{-20/1.4}	6.72×10 ⁻¹¹	
F	通风口	15mmPb	3.25 ^⑤	漏射	10 ^{-15/5.7}	1.106	1.106
				散射	10 ^{-15/1.4}	2.29×10 ⁻⁷	
G	室顶	400mm 硫酸钡 ^⑧	3.03 ^⑥	主射	10 ^{-612/100}	0.518	

注：①A/C 点：探伤机距北墙/南墙距离+墙体厚度+0.3=1+0.84+0.3=2.14m；
 ②B 点：探伤机距西墙距离+墙体厚度+0.3=1.1+0.84+0.3=2.24m；
 ③D 点：探伤机距东墙距离+墙体厚度+0.3=1.82+0.84+0.3=2.96m；
 ④E 点：探伤机距大防护门距离+防护门厚度+0.3=2.66+0.15+0.3=3.11m；
 ⑤F 点：探伤机靶点距通风口处的最近计算距离约 3.25m；
 ⑥G 点：探伤机距室顶距离+室顶厚度+0.3=2.33+0.4+0.3=3.03m；
 ⑦600mm 混凝土+240mm 红砖：等效 768mm 混凝土屏蔽；
 ⑧400mm 硫酸钡：等效 612mm 混凝土屏蔽。

注：通风口处距离地面约 3m，此区域无人员居留。

保护目标处剂量率分析：

本项目评价范围内共存在 4 处保护目标，为曝光室拟建位置所在建筑的公司办公区域（3F）、西南侧约 48m 处环翠楼红参工厂门卫室、西侧约 37m 处台北路西侧板房、北侧约 15m 处迪尚服装厂，本次计算最近位置处剂量率，即与曝光室拟建位置相邻的公司办公区域，按照受主射束照射考虑，根据表 9-1，主射束剂量率最大为 $0.518 \mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平。其他保护目标距离曝光室较远且中间有其他墙体屏蔽，因此 X 射线探伤机运行时对曝光室周围其他保护目标的影响较小。

综上所述，在本项目曝光室内使用 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机、XXGH-3005 型周向 X 射线探伤机条件下，曝光室四周墙体、大防护门外辐射水平最大为 $0.160 \mu\text{Sv/h}$ ，低

于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平。曝光室室顶及通风口外辐射水平最大为 1.106 $\mu\text{Sv/h}$ ，也低于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平。因此，曝光室四周屏蔽墙体、大防护门、室顶、通风口的防护设计均可以满足辐射防护要求。经墙体屏蔽和距离衰减，本项目曝光室周围环境保护目标处辐射剂量率低于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平。

9.2.2 年有效剂量

1、年有效剂量估算公式

$$H = D_r \times T \times t \quad (\text{式 9-7})$$

式中：

H： 年有效剂量，Sv/a；

D_r ： 辐射剂量当量率，Sv/h；

T： 居留因子；

t： 年受照时间，h。

2、照射时间确定

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室内 X 射线探伤机每年约曝光 2000 次，每次曝光时间不超过 5min（以 5min 计，已考虑不定期训机环节），则全年累积曝光时间约为 166.7h。

3、停留因子确定

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9-2。

表9-2 居留因子的选取

场所	居留因子T	停留位置	本项目
全居留	1	控制室、洗片室、办公室、临近建筑物中的驻留区	操作间、暗室、评片室等区域； 保护目标
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	曝光室北墙、西墙、东墙、大防护门外
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	/

4、职业人员的年有效剂量

本项目拟配备 2 名辐射工作人员，2 名辐射工作人员同时上班，共同负责探伤作业及洗片、评片工作。X 射线探伤机工作状态下，对工作人员影响的区域主要在操作间、暗室、评片室等区域，根据理论预测结果，职业人员活动区域最大辐射剂量率为 0.029 $\mu\text{Sv/h}$

Sv/h，出现于暗室、评片室，居留因子取 1，由（式 9-7）估算职业人员的年有效剂量为：

$$H=0.029\ \mu\text{Sv/h}\div1000\times1\times166.7\text{h/a}\approx4.83\times10^{-3}\text{mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，职业人员的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 2mSv/a 的年管理剂量约束值。

5、公众成员的年有效剂量

X 射线探伤机工作状态下，对公众成员影响的区域主要在曝光室北墙、西墙、东墙、室顶及大防护门外（通风口位置距离地面约 3m，无人员到达故不考虑）。根据理论预测结果，公众成员活动区域最大辐射剂量率为 0.518 $\mu\text{Sv/h}$ ，出现于曝光室室顶外 30cm 处，保守按全居留考虑（此估算结果即为周围公众成员的最大年有效剂量），居留因子取 1。由（式 9-7）估算出公众成员的最大年有效剂量为：

$$H=0.518\ \mu\text{Sv/h}\div1000\times1\times166.7\text{h/a}\approx0.086\text{mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，公众成员的年有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/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。

6、保护目标处公众成员的年有效剂量

本项目曝光室评价范围内共存在 4 处保护目标，其中最近的保护目标为相邻的办公区域建筑，则保护目标处辐射剂量率最大按照 0.518 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1。由（式 9-7）估算出保护目标处的公众成员的最大年有效剂量为：

$$H=0.518\ \mu\text{Sv/h}\div1000\times1\times166.7\text{h/a}\approx0.086\text{mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，保护目标处公众成员的年有效剂量远远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》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。

9.2.3 运行分析与评价

由上述运行期间的分析可看出，山东艾普特暖通技术有限公司按照设计条件使用探伤室及拟购型号 X 射线探伤机时，正常运行期间：

曝光室屏蔽体外辐射剂量率最大为 1.106 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ

Sv/h”要求。经墙体屏蔽和距离衰减，本项目曝光室周围环境保护目标处辐射剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率参考控制水平。

在X射线探伤机工作负荷不超过 166.7h/a 的条件下，职业人员的年有效剂量不大于 $4.83\times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 2.0mSv/a 的年管理剂量约束值。公众成员的年有效剂量不大于 0.086mSv/a ，保护目标处公众成员的年有效剂量也不大于 0.086mSv/a ，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》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。

因此，在本环评的防护条件下，山东艾普特暖通技术有限公司曝光室周围的辐射剂量率、职业人员及公众成员所接受的年有效剂量均不大于本报告提出的评价指标，满足国家有关标准要求。

9.3 事故影响分析

1、可能的辐射事故（件）

（1）检测工作过程中，门机联锁装置失效使职业人员和公众误留或误入，对职业人员或公众造成额外照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（2）职业人员违规将探伤机转移到曝光室外部作业，造成周围人员的额外照射，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，使X射线探伤机使用不当，造成周围人员的额外照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。

2、辐射事故（件）防范措施

（1）防护门设计安装门机联锁装置，曝光室内和控制台上设置紧急停机按钮、配置固定式场所辐射探测报警装置等安全和应急设施。建设单位应经常性的检查、维护探伤室有关安全和应急设施正常运行，正常情况下可以避免误开防护门的情况发生。职业人员和公众误留或误入，探伤机开机时固定式场所辐射探测报警装置报警，人员在室内可按下紧急停机按钮，停止照射。此外，建设单位应建立更严格的探伤程序，以避免人员误留或误入；

（2）本项目职业人员上岗前需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考核，考核合格后方可上岗。并加强管理，禁止将探伤机移出曝光室使用，严禁未经考核合格的操作人员从事辐射工作；

(3) X 射线探伤机贮存在探伤室内，建立射线装置使用登记和台账管理制度，加强对 X 射线探伤机在贮存、使用现场的管理，探伤室安装监视装置，在操作间的操作台有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。监控装置由专人负责监控，防止发生 X 射线探伤机的被盗、丢失。一旦发生此类事件时将及时报告当地生态环境部门、公安部门以及卫健委部门。

建设单位拟制定《辐射事故应急预案》，并定期组织应急演练。发生照射事故（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》及生态环境主管部门的要求，山东艾普特暖通技术有限公司拟按照国家有关射线装置管理的法律法规，成立辐射安全与环境保护管理机构，签订辐射工作安全责任书，法人代表为辐射工作安全第一责任人，统一指挥射线装置运行安全的工作。

10.1.2 人员培训

建设单位拟配备 2 名辐射工作人员，专职进行探伤作业，并指定其中一人为辐射管理人员，具备生态环境行政主管部门规定的相应的文化及受教育要求，具备从事 X 射线探伤的技术能力；建设单位拟安排该 2 名人员尽快参加辐射安全与防护培训，通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，并通过该平台报名参加考核，该 2 名辐射工作人员均参加“X 射线探伤”类别考核，其中担任辐射管理人员的还须参加“辐射安全管理”类别考核，考核合格后上岗。

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，建设单位拟制定各类辐射安全管理规章制度：《辐射防护岗位职责制度》《射线装置使用登记制度》《辐射工作人员防护和安全保卫制度》《X 射线探伤机的保养与维护制度》《X 射线探伤机操作规程》《辐射工作人员培训计划》《辐射事故应急预案》《辐射监测计划》《自行检查和年度评估制度》《危险废物管理制度》等，以满足日常辐射安全管理要求。建设单位应严格落实各项辐射管理规章制度，并按规定定期向生态环境部门上报年度评估报告。

规章制度中应对操作人员岗位职责、辐射防护和安全保卫、X 射线探伤装置检查和维护要求及维护台账、辐射设备的使用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。探伤室投入使用时，应切实落实各项辐射管理规章制度。

建设单位拟由辐射安全与环境保护管理机构和辐射安全管理人员宣传、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，对环境风险事故处理进行指导，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《辐射监测计划》，拟购置 1 台 X- γ 辐射巡检仪，并根据检测计划对工作场所和周围环境进行检测。制定的辐射监测方案须包括以下内容：

10.3.1 辐射监测方案

(1) 检测因子

X (γ) 空气吸收剂量率。

(2) 检测频率

定期检测：正常情况下，自行监测应根据工作情况及设备使用情况等，每年至少进行 1~2 次自行检测。

应急检测：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检测。

年度检测：每年一次，委托有资质的单位进行检测；

验收检测：探伤室建成后应进行验收检测。

(3) 检测范围

曝光室为中心，曝光室屏蔽墙外 30cm、环境保护目标处及周围 50m 范围内。

(4) 检测条件

①X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置；

②主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

(5) 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定。

(6) 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

①通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

②探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

③探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

④探伤室屋顶外 30cm 处，至少 3 个检测点；

⑤人员经常活动的位置；

⑥每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

（7）检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。

（8）剂量率控制水平

以 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为曝光室周围剂量率控制水平，如发现超过标准的情况，则应进行调查，查找原因，改善探伤室防护条件。

10.3.2 个人剂量的监督与检测

（1）严格遵守国家辐射环境管理法规；

（2）所有辐射工作人员，必须接受个人剂量检测，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，出具个人剂量检测报告，个人剂量档案一人一档，由专人负责保管和管理，个人剂量档案终生保存；

（3）辐射工作人员工作期间须按要求佩戴个人剂量计；

（4）辐射工作人员的受照剂量超过年管理剂量约束值时，应查明原因，采取改进措施。

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》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》应包括以下内容：

1、辐射事故应急机构

（1）成立应急机构，明确机构职责：

成立应急机构，该应急机构为辐射事故处理主体。应给出人员组成和联系方式。明确应急机构职责：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。

（2）应急处理领导小组职责：

a. 定期组织对检测探伤现场、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导整改；

- 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健委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

- (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。

3、辐射事故分类与分级

国家根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，将辐射事故分为：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。

(1) 特别重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

(2) 重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 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 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 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 IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目探伤机工作状态下，出现人员误入或误留曝光室内，职业人员立即启动急停按钮，射线装置在短时间内关闭。本项目 X 射线探伤机剂量率最大值为 $20.9\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，曝光时间取 30s (0.5min)，误入人员距离出束点 1m 考虑，则误入人员受照剂量最大为 52.25mSv ($20.9 \times 6 \times 10^4 \times 10^{-6} \times 5 \times 0.5 \div 60 \div 1^2$)。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》，本项目可能发生的最大辐射事故为【一般辐射事故】。

4、辐射事故应急处理程序

- (1) 迅速报告

发生辐射事故时，当事人必须立即将发生事故的性质、时间、地点等报告给辐射事故应急领导小组组长，组长接到报告后立即通知小组成员并做好准备。

（2）现场控制

辐射事故应急领导小组组长接到事故发生报告后，立即集合人员赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，最大限度控制事态发展；用警示条划定紧急隔离区，禁止无关人员进入，保护好现场；迅速、正确判断事件性质。

（3）现场上报

根据现场情况，由本单位辐射事故应急领导小组将事故发生时间、地点、造成事故射线装置、危害程度和范围及射线装置名称等主要情况报告卫健委、生态环境部门以及公安部门。

（4）先期处置

待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。组织人力将受照人员送医，并同时请专业单位进行监测。

（5）查找事故原因

配合上级有关部门对现场进行勘察，以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故原因，进行调查处理。将事故处理结果及时上报。

（6）警报解除

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常辐射安全防护管理，杜绝类似事故发生。

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，严格按照规范操作，认真落实应急预案，并加强设备检查和维修，减少故障发生，并配备必要的应急物质、设备，提高单位应急能力。

5、辐射事故培训演习计划

定期进行事故应急演练，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。

其他详细内容应按照《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》《突发环境事件信息报告办法》《山东省辐射事故应急预案》中的有关要求进一步完善，同时按照《山东省辐射事故应急预案》要求上报处理辐射事故。

表 11 结论与建议

11.1 结论

11.1.1 项目概况

山东艾普特暖通技术有限公司位于山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧，根据公司业务发展要求，公司开展的换热设备生产项目需配套建设探伤室 1 座，使用 X 射线探伤机对公司生产的换热器和压力罐等产品进行无损检测，采用抽检及根据客户需要进行检测，年检测 200 台/套，以提高和保证产品质量。公司拟在厂区 1#生产车间内西北侧利用现有闲置房间进行辐射防护改造，新建探伤室 1 座，包括曝光室、操作间、暗室、评片室，拟购置 1 台 XXGH-3005 型周向 X 射线探伤机和 1 台 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机，均属 II 类射线装置，用于室内探伤作业（固定场所探伤）。

本项目核技术利用类型属使用 II 类射线装置，本项目采取的辐射防护措施能保证曝光室外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，射线装置运行过程中产生的辐射影响可以满足国家有关要求，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

本项目进行无损检测，对公司生产的换热器和压力罐等产品进行质量控制，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，企业主业及本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类之列，属于国家允许建设的项目，符合产业政策。

11.1.2 选址合理性

山东艾普特暖通技术有限公司位于山东省威海临港经济技术开发区台北路东侧台湾路南侧，根据《威海市临港区草庙子镇国土空间规划（2021-2035 年）》，本项目所在厂区用地为工业用地，用地性质符合区域国土空间用地规划，详见附图 6。本项目探伤室位于厂区 1#生产车间内西北侧的一端，使用 X 射线探伤机对公司生产的换热器和压力罐等产品进行无损检测，为质保设施，在已有车间内建设，厂区主体项目已办理环评手续（威环临港审〔2015〕8-2 号），无新增占地，不涉及其他敏感区，选址无不当。厂区土地手续齐全，用地性质为工业用地。

探伤室由曝光室、操作间、暗室、评片室组成。曝光室下方为土层，上方为会议室，曝光室周围 50m 范围内：北侧为 1#生产车间内废料区、室外、迪尚服装厂；东侧为车间内安全通道、车间内其他区域；南侧为暗室/评片室/操作间、库房区、办公区一层楼梯口、大厅、门卫室；西侧为车间外厂区内部道路、台北路。大防护门位于曝光室东侧，公

司生产的换热器和压力罐等产品于生产车间内生产组装区域加工完成后，放置在平台车上由大防护门进入曝光室内，使用 X 射线探伤机进行探伤操作，探伤结束后返回生产车间，存放于成品区，整体生产工序布局合理，使用及作业方便。1#生产车间平面布置详见附图 3，公司办公区域二层、三层平面布置见附图 4。

经现场勘查，曝光室周围 50m 范围内存在 4 处保护目标，分别为曝光室拟建位置所在建筑的公司办公区域（3F）、西南侧约 48m 处环翠楼红参工厂门卫室、西侧约 37m 处台北路西侧板房、北侧约 15m 处迪尚服装厂，无居民区、学校、医院等人员密集区。经下文分析，曝光室周围及保护目标处辐射水平可满足国家相关要求，使用过程对周围环境及保护目标处的辐射影响较小，因此项目选址基本合理。

11.1.3 现状检测

现状检测结果表明，本项目曝光室拟建位置周围室内（1#~4#、6#~8#）环境 γ 空气吸收剂量率为 $(8.3\sim9.2)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外（5#、9#~12#）环境 γ 空气吸收剂量率为 $(6.8\sim8.2)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均处于威海市天然放射性水平范围内[室内 $(4.56\sim20.53)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ 、道路 $(1.94\sim20.14)\times10^{-8}\text{Gy/h}$]。

11.1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目主体建筑为曝光室，辅助建筑为操作间、暗室、评片室。曝光室东西净长 6.92m、南北净宽 3.51m、净高 3.33m，净容积约 80.88m^3 ；四周墙体均采用 600mm 混凝土+240mm 红砖；曝光室室顶采用 400mm 硫酸钡；大防护门为 20mmPb。

拟于曝光室内西北角上方安装监控摄像头 1 个、曝光室防护门外安装监控摄像头 1 个，在操作间的操作台设置专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况；大防护门拟设置门机联锁装置，并保证关闭门后 X 射线探伤机才能进行探伤作业，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射，X 射线探伤机与防护门联锁；曝光室门口、内部设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置并与 X 射线探伤机联锁；于防护门外中间位置张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，并在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明；配置固定式场所辐射探测报警装置。操作位探伤机控制台自带紧急停机按钮，曝光室内拟设计 6 处紧急停机按钮，安全防护措施可满足要求。

11.1.5 环境影响评价分析结论

曝光室设方形通风口 1 个，位于曝光室西墙北侧上方，通风口距离北墙、室顶均约

20cm，距离地面约 3m，通风口大小 15cm×15cm。拟于通风口外侧设置 15mmPb 的铅防护罩，并设置机械排风装置，将废气排至曝光室西侧车间外部环境，设计有效通风换气量不低于 400m³/h，曝光室容积约 80.88m³，有效通风换气次数约 4.9 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.1.10 款不小于 3 次/h 的要求。

公司厂区已设置有一处危废暂存间，可用于暂存本项目产生的废胶片及废显（定）影液，并及时委托有资质的危废处置单位进行处置。

根据理论计算结果可知，X 射线探伤机开机状态下，曝光室屏蔽体外辐射剂量率最大为 1.106 μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μSv/h”要求。经墙体屏蔽和距离衰减，本项目曝光室周围环境保护目标处辐射剂量率低于 2.5 μSv/h 剂量率参考控制水平。

在 X 射线探伤机工作负荷不超过 166.7h/a 的条件下，职业人员的年有效剂量不大于 4.83×10⁻³mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 20mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 2.0mSv/a 的年管理剂量约束值。公众成员的年有效剂量不大于 0.086mSv/a，保护目标处公众成员的年有效剂量也不大于 0.086mSv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》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。对职业人员和公众成员是安全的。

11.1.6 辐射安全管理结论

建设单位拟设立辐射安全领导机构，并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，可以确保职业人员、公众成员的安全，并有效应对可能的突发事故。

本项目拟配备 2 名辐射工作人员，拟安排该 2 名人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，通过该平台报名参加考核，考核合格者方可从事辐射相关工作。建设单位拟配置个人剂量计 2 支、个人剂量报警仪 2 部及 X-γ 辐射巡检仪 1 台，并定期委托有资质单位对个人剂量及其探伤工作场所进行监测。

综上所述，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，该项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，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 承诺和建议

11.2.1 承诺

- 1、严格按照设计方案建设探伤室；
- 2、配置个人剂量计 2 支（委托个人剂量检测后由检测单位配发）、个人剂量报警仪 2 部及 X- γ 辐射巡检仪 1 台；
- 3、加强工作人员的个人剂量监督并建立工作人员个人剂量档案；
- 4、成立辐射安全领导机构，签订辐射工作安全责任书，建立健全各类辐射安全管理规章制度，定期进行辐射事故应急演练；
- 5、按照危废管理相关规定，严格管理废显（定）影液、废胶片，做到规范贮存，并实行联单管理和台账管理，将危废交由有资质单位规范处置；
- 6、安排 2 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考核，考核合格后方可上岗；
- 7、建立 X 射线探伤机使用记录，主要包括使用时间、操作人员、探伤内容、安全情况、安全负责人操作人签字等；
- 8、按规定操作 X 射线探伤机，确保曝光室内无人员滞留；
- 9、按照国家有关规定申领辐射安全许可证，及时组织建设项目竣工环境保护验收；
- 10、严格落实 GBZ117-2022 室内探伤的相关要求。

11.2.2 建议

- 1、加强对工作人员的教育和培训，避免辐射事故（件）的发生；
- 2、探伤操作人员，要求熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。