

核技术利用建设项目

X 射线实时成像检测系统应用项目

生态环境影响报告表

山东天润精密工业有限公司

2026 年 10 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

X 射线实时成像检测系统应用项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：山东天润精密工业有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海市南海新区方圆路 1 号

邮政编码：264400

电子邮箱：15720600302@163.com

联系人：王鹏基

联系电话：



表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线实时成像检测系统应用项目				
建设单位		山东天润精密工业有限公司				
法人代表		夏丽君	联系人	王鹏基	联系电话	██████████
注册地址		山东省威海市南海新区方圆路 1 号				
项目建设地点		山东省威海市南海新区方圆路 1 号，公司 C 厂房辅房一层南侧检测室内				
立项审批部门		——		批准文号	——	
建设项目总投资 (万元)		196	项目环保投 资(万元)	10	投资比例(环保 投资/总投资)	5.1%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积(m²)	107.8 (检测室)
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					
山东天润精密工业有限公司成立于 2021 年 6 月 29 日，总投资（注册资本）1.8 亿元，为天润工业技术股份有限公司的 100%持股全资子公司。山东天润精密工业有限公司注册及生产办公地址均位于山东省威海市南海新区方圆路 1 号，公司占地面积 72.75 亩，建筑面积 52018.53 平方米，现有员工 84 人，拥有德国 KW 静压造型线、瑞士 PUMA25 全自动浇注机、德国 ABP 电炉、德国科特纳旧砂冷却装置、德国爱立许强力混砂机、丹麦迪砂（DISA）抛丸机等高端设备，主要从事汽车领域曲轴、连杆、轮毂、端盖、刹车盘、刹车毂、壳体、缸盖、飞轮、飞轮壳、行星轮架、转向机壳体、凸轮轴、联轴器产品的生产研发，取得材质 QT900—5 发明专利 1 项，是绿色铸造示范企业、2017 年中国铸造行业单项冠军企业，获评国家科技进步二等奖、卡特彼勒 2023 年度“卓越供应商”等称号。						

公司年产曲轴、连杆、轮毂、端盖、刹车盘、刹车毂、壳体、缸盖、飞轮、飞轮壳、行星轮架、转向机壳体、凸轮轴等 15 种型号的产品 10 万吨，其中，曲轴产品技术水平领先，通过 IATF16949 认证，具有高韧性、高强度等特点，远销德国、英国等地。预计到 2028 年，企业铸件产品产量将突破 13 万吨，产值达到 6 亿。

天润工业技术股份有限公司（原天润曲轴股份有限公司，2020 年 4 月 28 日完成更名，注册地址：山东省威海市文登区天润路 2-13 号）为山东天润精密工业有限公司（注册地址：山东省威海市南海新区方圆路 1 号）的 100%持股全资母公司。从公司后续发展及管理角度考虑，2025 年起，山东省威海市南海新区方圆路 1 号厂区各项环保法定手续均以山东天润精密工业有限公司名义办理。

公司所在厂区现有项目环保手续完备，现有项目情况详见下表 1-1。

表 1-1 现有项目详情表

序号	项目名称	环评批文号	竣工环保验收批文号/时间
1	天润曲轴股份有限公司全自动静压生产线项目	文环审(2014)4-2	文环验表[2014]28 号
2	天润曲轴股份有限公司大型船用曲轴关键技术及产业化项目	文环审表(2014)8-1	南海环验表[2018]4 号（噪声、固废）/2018 年 1 月通过自主验收（废气、废水）
3	天润曲轴股份有限公司智能环保型船用中低速柴油机曲轴项目	文环审表(2014)12-14	2018 年 6 月 27 日通过自主验收
4	天润曲轴股份有限公司球墨铸铁替代锻钢内燃机曲轴升级改造	文环审表(2014)6-5 号	2018 年 6 月 27 日通过自主验收
5	天润曲轴股份有限公司铸件喷涂生产线项目	威环南海审[2019]1 号	2021 年 3 月 27 日通过自主验收

公司地理位置示意图见附图 1，公司周边环境关系影像图见附图 2。

1.2 本项目建设规模

因生产需要，公司拟购置 1 套 UNC450 型 X 射线实时成像检测系统，拟将厂区 C 厂房辅房一层南侧现有一间独立房间（目前闲置）改造为检测室，安装成像系统涉及的屏蔽铅房及其他辅助设施。

C 厂房辅房位于厂区 C 厂房西邻，C 厂房辅房东墙与 C 厂房西墙共墙，由 C 厂房出入口进出 C 厂房辅房。C 厂房辅房为两层结构，整体外部尺寸为南北长 63.5m、东西宽 8.0m、高 8.1m。检测室位于 C 厂房辅房一层南侧，检测室内部尺寸为南北长 14.0m、东西

宽 7.7m、高 4.3m，四周墙体和室顶均为混凝土结构，西墙设有三扇窗户，东墙设有两处出入口门。

本项目 X 射线实时成像检测系统主要由 X 射线系统、图像显示及处理系统、操作控制台、机械运动系统、射线防护系统（简称“屏蔽铅房”）及电气控制单元等构成，用于对公司生产的成品铸件进行无损检测。根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，本项目 X 射线实时成像检测系统属于“工业用 X 射线探伤装置”，属 II 类射线装置。

工业用 X 射线探伤装置分为自屏蔽式 X 射线探伤装置和其他工业用 X 射线探伤装置，其中对自屏蔽式 X 射线探伤装置的使用活动按 III 类射线装置管理。根据中华人民共和国生态环境部部长信箱对《射线装置分类》中自屏蔽式 X 射线探伤装置的界定问题回复，其中第二条：“自屏蔽式 X 射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内”，本项目 X 射线实时成像检测系统自带屏蔽铅房，并设置有防护门，具备人员可进入屏蔽铅房的条件，不符合自屏蔽式 X 射线探伤装置的认定要求，因此，本项目 X 射线实时成像检测系统界定为“其他工业 X 射线探伤装置”，使用按照 II 类射线装置管理。

本项目使用 UNC450 型 X 射线实时成像检测系统对公司生产的成品铸件进行无损检测，属使用 II 类射线装置，为公司首次开展核技术利用建设项目。

经现场勘查，本项目 X 射线实时成像检测系统尚未购置安装。本次评价的射线装置情况详见表 1-2。

表 1-2 本次评价的射线装置情况

名称	类别	数量 (套)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	生产厂家	备注
X 射线实时成像检测系统	II 类	1	UNC450	450	10	重庆日联科技有限公司	主射束定向向西

1.3 选址合理性

本次 X 射线实时成像检测系统为服务于厂区主体“全自动静压生产线项目”，该项目已通过原威海市文登区环境保护局审批（文环审(2014)4-2），并取得了环保验收意见（文环验表[2014]28 号）且正常运行。

本项目 X 射线实时成像检测系统用于对公司生产的成品铸件进行无损检测，为主体项

目配套项目，不涉及新增占地问题；拟安装位置位于 C 厂房辅房一层南侧检测室内，该位置靠近 C 厂房（后处理厂房，即生产工序最后阶段），有利于生产工序相互衔接，X 射线机主射束定向向西照射，操作控制台拟设置于屏蔽铅房东侧，避开了主射束照射方向。

经现场勘查，屏蔽铅房拟安装位置四周 50m 范围内均为厂区内建筑，不存在居民区、学校、医院等环境敏感区域，本项目评价范围内存在 3 处环境保护目标，即屏蔽铅房所在 C 厂房辅房（2F）、东侧约 3m 处的 C 厂房（1F）和东侧约 40m 处办公用房（2F）。经下文分析，屏蔽铅房周围及环境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环境保护目标处的辐射影响较小，项目选址合理。

1.4 产业政策符合性

本项目用于对公司产品进行质量控制，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于国家允许建设的项目，符合产业政策要求。

1.5 实践正当性

本项目 X 射线实时成像检测系统的应用具有良好的社会效益和经济效益，同时根据下文分析，本项目采取辐射防护措施，能保证屏蔽铅房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。

1.6 目的和任务的由来

公司生产的成品铸件需使用 X 射线实时成像检测系统进行无损检验，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，通过 X 射线机与成像系统的组合，使检测人员能够实时观察被测成品铸件的 X 射线影像，从而判断成品铸件是否存在内部缺陷及缺陷类型，通过及时检测和信息反馈，通知成品铸件生产线，从而保证成品铸件生产质量。

X 射线实时成像检测系统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》（2021 年版），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”，应编制生态环境影响报告表。为保护环境和公众利益，根据《中华人民共和国生态环境法典》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的规定，山东天润精密工业有限公司

委托我单位对其 X 射线实时成像检测系统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、收集和分析有关资料、实地辐射环境检测等基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），我单位编制完成了《山东天润精密工业有限公司 X 射线实时成像检测系统应用项目生态环境影响报告表》。

1.7 与威海市生态环境分区管控要求的符合性分析

（1）生态保护红线

根据《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《山东省生态环境厅关于印发山东省生态环境分区管控动态更新成果的通知》（鲁环字〔2026〕36 号），本项目位于山东省威海市南海新区方圆路 1 号，不在生态保护红线及一般生态空间范围内，符合生态保护红线规划要求。

（2）环境质量底线

X 射线实时成像检测系统开机后产生 X 射线，自带屏蔽铅房可以满足辐射防护要求；运营过程中产生少量臭氧和氮氧化物废气，经机械排风后引至外环境排放，对环境空气影响较小；危险废物暂存于危废库，并及时委托有资质的危废处置单位进行处置，不会触及项目周围环境质量底线，符合环境质量底线要求。

（3）资源利用上线

项目运营过程中仅消耗少量水电资源，资源消耗量相对区域资源利用总量较少，项目在现有厂房进行建设，所在位置不在生态保护红线内，且不属于受重度污染的农用地，符合资源利用上线要求。

（4）生态环境准入清单

根据《威海市市级生态环境准入清单（2023 版）》、《威海市陆域管控单元生态环境准入清单（2023 年版）》要求，本项目符合威海市生态环境准入清单要求。

综上所述，本项目的建设符合威海市生态环境分区管控相关要求。

1.8 项目与国土空间总体规划的符合性分析

根据《山东省人民政府关于威海市国土空间总体规划（2021-2035 年）的批复》（鲁政字〔2023〕196 号），对照威海市“市域国土空间控制线规划图”，本项目区域不占用永久基本农田、不涉及生态保护红线，属于城镇开发边界内，符合规划要求。

表 2 射线装置

(一) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	X 射线实时成像检测系统	II 类	1 套	UNC450	450kV	10mA	无损检测	C 厂房辅房一层南侧检测室	定向向西

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
废冷却油	液态	/	/	/	7kg/a	/	危废库	委托具有危废处置资质的单位处理
非放射性废气	气态	/	/	少量	少量	/	/	屏蔽铅房顶部设置有排风口，排风口末端连接引风管道，废气通过引风管道排至检测室西墙外环境

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. 《中华人民共和国生态环境法典》，第十四届全国人民代表大会第四次会议，2026.8.15 施行； 2. 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 253 号，1998.11 施行；国务院令第 682 号，2017.10.1 施行； 3. 《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 施行； 4. 《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，2006.3.1 施行；生态环境部令第 20 号第四次修订，2021.1.4 施行； 5. 《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； 6. 《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，2006.9.26 施行； 7. 《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 号公布，2021.1.1 施行； 8. 《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； 9. 《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； 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令第 36 号公布，2025.1.1 施行； 11. 《山东省生态环境厅关于印发山东省生态环境分区管控动态更新成果的通知》（鲁环字〔2026〕36 号）； 12. 《威海市国土空间总体规划（2021-2035 年）》。
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）（参照）； 4. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单（参

	照)； 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. 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)； 9. 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ 1276-2022)； 10. 《环境保护图形标志 固体废物贮存(处置)场》(GB 15562.2-1995)及其修改单。
其他	1. 山东天润精密工业有限公司 X 射线实时成像检测系统应用项目环境影响评价委托书； 2. 山东天润精密工业有限公司提供的相关技术资料； 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”。

根据本项目特点，X 射线实时成像检测系统自带屏蔽铅房，X 射线机安装在屏蔽铅房内，属在屏蔽铅房内使用 II 类射线装置。因此，本项目评价范围为屏蔽铅房防护面外 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。其中职业人员为操作本项目 X 射线实时成像检测系统的辐射工作人员，公众成员为屏蔽铅房周围 50m 范围内 3 处环境保护目标处公众人员及偶然经过的其他公众人员。

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	具体的保护目标	环境特征	方位及距离	人数
职业人员	操作控制台处辐射工作人员	/	屏蔽铅房东侧约 0.5m	2 人
公众成员	环境保护目标①C 厂房辅房内公众人员	混凝土结构平顶房，2F，高度 8.1m	屏蔽铅房四周 0~50m	流动人员，<100 人
	环境保护目标②C 厂房内公众人员	单层彩钢板结构平顶房，高度约 11m	屏蔽铅房东侧 3m~50m	<100 人
	环境保护目标③办公用房内公众人员	混凝土结构平顶房，2F，高度约 8m	屏蔽铅房东侧 40~50m	<30 人
	除 3 处环境保护目标人员外，偶然经过的其他公众人员	/	屏蔽铅房四周 1~50m	<100 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。

根据 GB18871-2002 规定，参照近几年颁布的相关环境标准及 X 射线探伤工作实践，本次评价以 GB18871-2002 中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（5mSv）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 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）（参照）

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 5-2 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 5-2 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.1.2 工作前检查项目应包括：

a) 探伤机外观是否完好；

b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；

- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

6.1 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。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

- a) 关注点的周剂量当量率参考控制水平，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：

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；
- 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 $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

本项目屏蔽铅房总高度为 2.528m，屏蔽铅房拟安装于 C 厂房辅房一层检测室（高 4.3m）内，其上方为 C 厂房辅房二层更衣室，考虑屏蔽铅房上方二层更衣室人员可达，本次评价采用 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为 X 射线实时成像检测系统屏蔽铅房四周防护面、防护门及顶部外 30cm 等各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

山东天润精密工业有限公司位于山东省威海市南海新区方圆路 1 号，本项目 X 射线实时成像检测系统拟安装于厂区 C 厂房辅房一层南侧检测室内，C 厂房辅房一层和二层剖视图见附图 3。

本项目现场勘查情况见图 6-1，项目拟建位置周围 50m 范围内环境情况见表 6-1。



图 6-1 现场勘查照片（拍摄于 2026 年 8 月）



图 6-1（续） 现场勘查照片（拍摄于 2026 年 8 月）

表 6-1 项目周围 50m 范围内环境一览表

名称	方向	场所名称
屏蔽铅房	东 侧	依次为操作控制台、C 厂房内过道和生产区域（东侧及东北侧）/C 厂房外办公用房（2F）
	南 侧	依次为室外绿化、厂区道路、厂区空地
	西 侧	依次为室外绿化、厂区道路、厂区空地
	北 侧	依次为检测室内其他区域（规划为待检区、不合格区和合格区）、楼梯间、维修设备库、扫描室、楼梯间、休息间、卫生间
	上 方	更衣室、室外空间
	下 方	土层

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，威海市环境天然辐射水平见表 6-2。

表 6-2 威海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：1. 数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989 年； 2. 报告中无威海市数据，使用原隶属烟台地区数据。			

6.3 环境质量和辐射现状

6.3.1 检测方案

本次评价根据项目实际情况制定辐射环境检测计划，本项目 X 射线实时成像检测系统暂未安装，本次评价只进行项目场址现状值检测。检测方案如下所示：

1、环境现状评价对象

X 射线实时成像检测系统拟安装位置及周围辐射环境。

2、检测因子

环境 γ 辐射剂量率。

3、检测点位

在 X 射线实时成像检测系统拟安装位置、周围环境及环境保护目标处共布设 8 个检测点，检测布点见图 6-2。

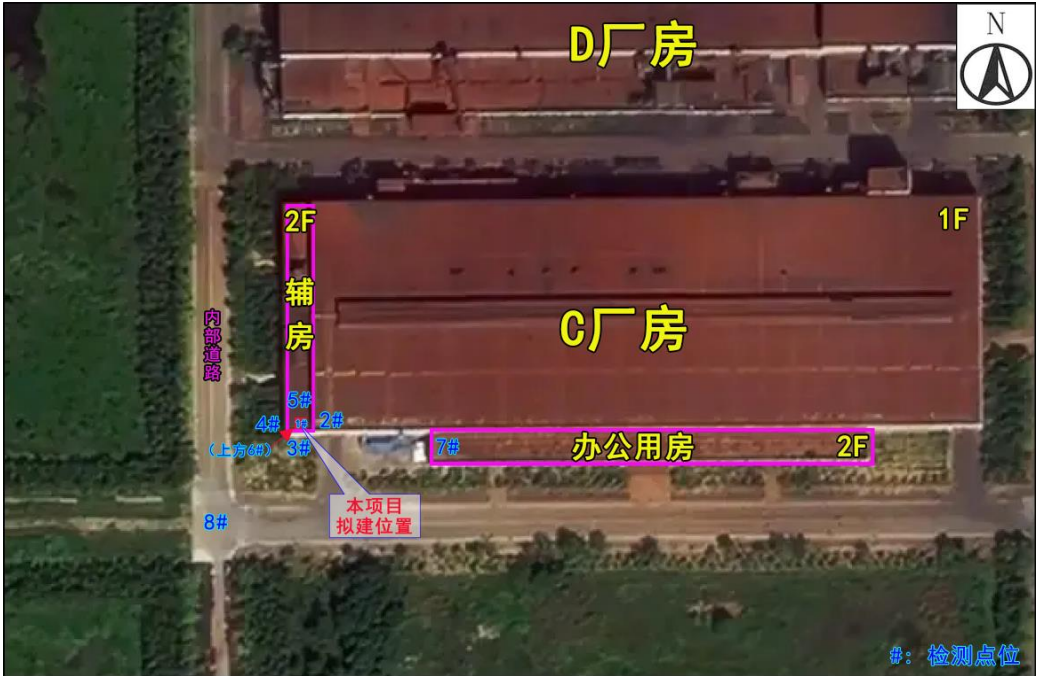


图 6-2 检测布点示意图

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检测，具备检测本项目检测因子的能力，检验检测机构资质认定证书编号为 231512117166。

2、监测仪器

检测仪器为 HD-3023 型 X-γ 剂量率仪，编号：P260019；测量范围为（10~5×10⁵）nGy/h，能量响应范围：25keV~3.0MeV；经中国计量科学研究院检定合格，证书编号：DLj12026-06658，检定有效日期：2026 年 5 月 27 日~2027 年 5 月 26 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

本次由两名检测人员共同进行现场检测，两名检测人员均已参加自主培训及考核，具备相关专业知识和实际操作能力，持证上岗。检测人员按操作规程操作仪器，并做好记录。检测时获取足够的数量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

6.3.3 检测时间与条件

检测日期：2026 年 8 月 26 日，天气：多云；温度：29.4℃；相对湿度：70.6%。

6.3.4 检测结果

环境 γ 辐射剂量率检测结果见表 6-3。

表 6-3 环境 γ 辐射剂量率检测结果

序号	点位描述	检测结果（nGy/h）	
		检测值	标准差
1#	X 射线实时成像检测系统拟安装位置中部	91	4
2#	X 射线实时成像检测系统拟安装位置东侧（C 厂房内）	69	6
3#	X 射线实时成像检测系统拟安装位置南侧（室外）	48	6
4#	X 射线实时成像检测系统拟安装位置西侧（室外）	39	4
5#	X 射线实时成像检测系统拟安装位置北侧	93	6
6#	X 射线实时成像检测系统拟安装位置上方	91	4
7#	办公用房一层西侧（室内）	56	5
8#	厂区内部道路交叉口处	43	4

注：1、以上检测结果已扣除仪器对宇宙射线响应值 27nGy/h；

2、宇宙射线响应值的屏蔽修正因子：原野及道路取 1.0，平房取 0.9，多层建筑物取 0.8；

3、1#、2#、5#~7#点位位于室内，3#、4#、8#点位位于室外；

4、1#、2#、5#、7#点位为室内水泥地面，6#点位为室内瓷砖地面，3#、4#点位为室外绿化种植土面，8#点位为室外水泥地面。

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 X 射线实时成像检测系统拟安装位置及周围室内环境（1#、2#、5#~7#） γ 辐射剂量率为（56~93）nGy/h，即 $(5.6\sim9.3)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外环境（3#、4#、8#） γ 辐射剂量率为（39~48）nGy/h，即 $(3.9\sim4.8)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ ，均处于威海市环境天然辐射水平范围内[室内 $(4.56\sim20.53)\times10^{-8}\text{Gy/h}$ 、道路 $(1.94\sim20.14)\times10^{-8}\text{Gy/h}$]。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期分析

本项目施工期内容为对厂区 C 厂房辅房一层南侧现有一间闲置房间进行简单改造，并安装 1 套 X 射线实时成像检测系统，主要的改造内容：保留东墙两处出入口门，整修西侧窗户，改造西墙现有通风口、设置引风管道，场所内部用电改造等。

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、废水、固体废物等。施工期工艺流程及产污环节见图 7-1。

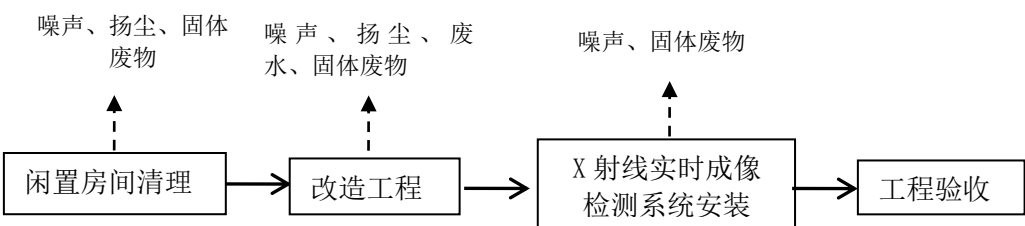


图 7-1 施工期工艺流程及产污环节

7.2 营运期分析

7.2.1 X 射线实时成像检测系统简介

1、X 射线实时成像检测系统结构

本项目 X 射线实时成像检测系统主要由 X 射线系统、图像显示及处理系统、操作控制台、机械运动系统、射线防护系统及电气控制单元等构成。其中图像显示及处理系统主要由图像增强器、光学镜头、摄像机、计算机、图像处理器、图像显示器和图像储存单元等设备组成。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。

本项目 X 射线实时成像检测系统外观整体包括屏蔽铅房、操作控制台、高压发生器和冷却器。高压发生器和冷却器设置于非辐射控制区域，仅通过专用高压线缆穿墙连接控制区内的 X 射线管与成像检测单元，可避免高压发生器长期处于射线辐照环境下出现元器件老化加速的问题，有效延长设备整体使用寿命，降低故障率。

本项目 X 射线实时成像检测系统结构图见图 7-2，屏蔽铅房及操作控制台外观图见图 7-3。

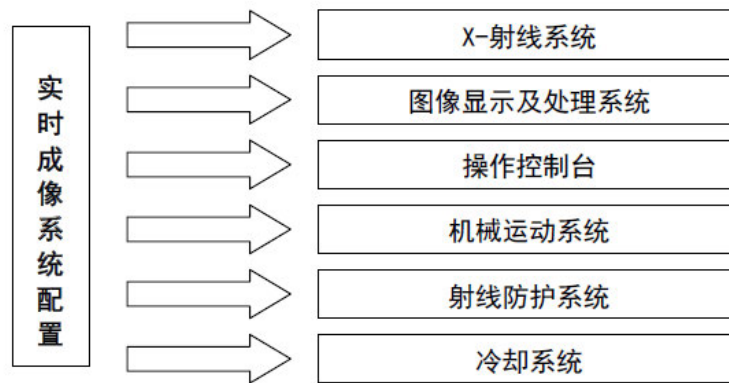


图 7-2 X 射线实时成像检测系统结构图



图 7-3 X 射线实时成像检测系统屏蔽铅房及操作控制台外观图

其中机械运动系统主要由 C 型臂检测机构、旋转载物台等两部分构成。平板探测器安装在 C 型臂一端，射线管安装在 C 型臂另一端。机械运动系统结构示意图详见图 7-4。

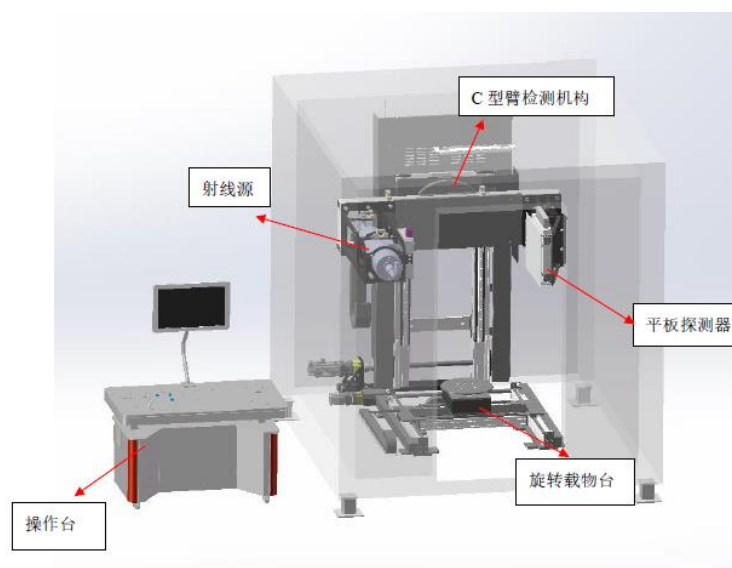


图 7-4 机械运动系统结构示意图

C 型臂检测机构总共由 2 个运动轴组成，C 型臂沿 Z 轴升降、绕 Y 轴旋转，C 型臂检测机构示意图详见图 7-5。

◆C 型臂沿 Z 轴升降：方便检测工件高度方向上的检测，升降范围为 900mm；

◆C 型臂绕 Y 轴旋转：C 型臂可绕 Y 轴旋转 $\pm 15^\circ$ ，当遇到异形检测工件时，检测面前面有遮挡，会对检测面成像造成干扰，C 型臂绕 Y 轴旋转会避开干扰面，使成像效果最佳。

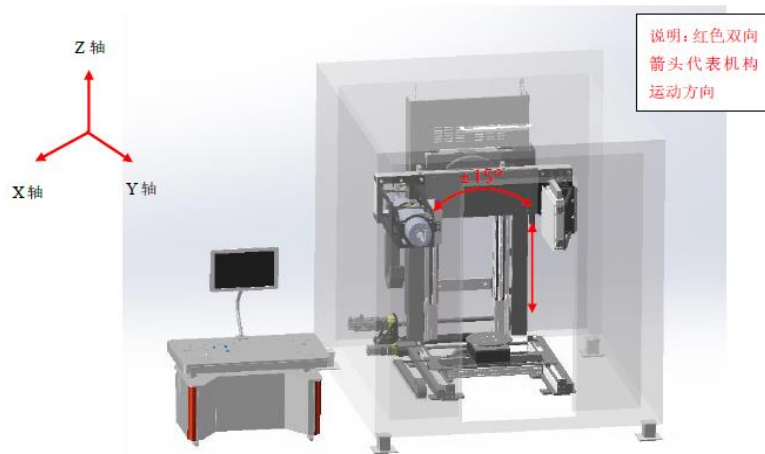


图 7-5 C 型臂检测机构示意图

旋转载物台总共由 3 个运动轴组成，载物台旋转、载物台沿 X 轴运动、载物台沿 Y 轴运动；载物台上安装有夹具工装，异形工件可用夹具工装固定，方便调整照射角度，实现最佳成像效果，旋转载物台示意图详见图 7-6。

◆载物台旋转：载物台绕 Z 轴可实现 $n \times \pm 360^\circ$ 旋转，当检测工件需要调整透照角度时，载物台带动检测工件旋转，实现 360 度成像；

◆载物台沿 X 轴运动：可以实时调整放大比，使图像效果达到最清晰；

◆载物台沿 Y 轴运动：方便用户检测工件宽度方向上检测。

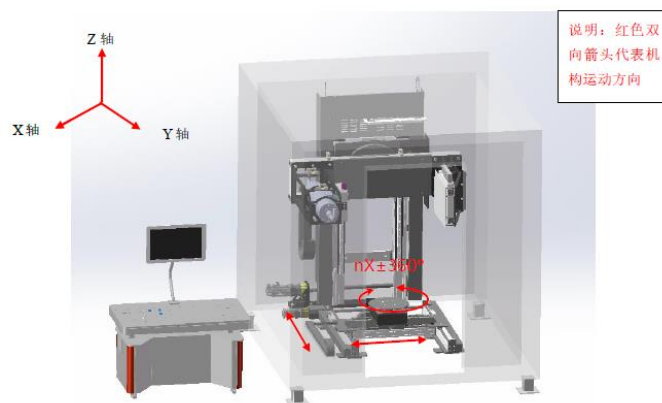


图 7-6 旋转载物台示意图

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。X 射线发生器结构见图 7-7。

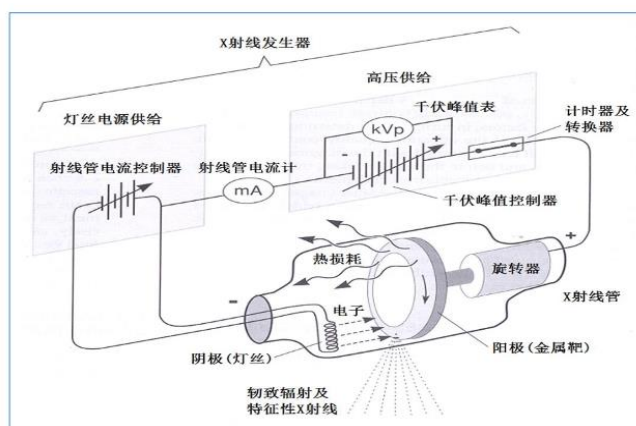


图 7-7 X 射线发生器结构示意图

3、探伤原理

X 射线实时成像检测系统在工作过程中，X 射线管产生的不可见 X 光，透过被检物体（成品铸件），照射在数字平板探测器上，将 X 光转变为可见的视频信号传给电脑进行处理，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的图像重建，被检物体（成品铸件）焊缝如有质量问题，在实时成像显示器上产生较强的图像显示焊缝缺陷所在的位置，据此实现探伤目的。探伤原理详见图 7-8。

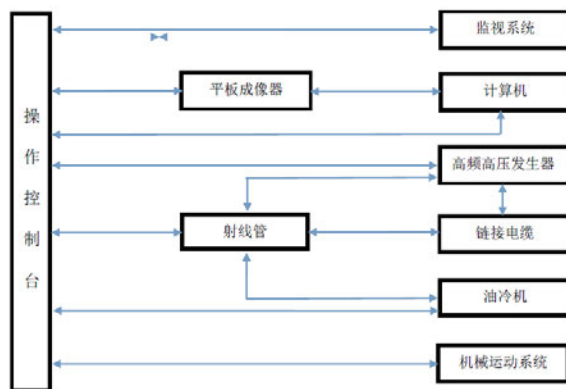


图 7-8 X 射线实时成像检测系统探伤原理

4、X 射线实时成像检测系统技术参数

本项目 X 射线实时成像检测系统的关键部分为 450kV X 射线系统，主要技术参数见表 7-1。

表 7-1 本项目 X 射线实时成像检测系统主要技术参数

型号	最大管电压	最大管电流	最大功率	焦点尺寸	辐射角度	射束方向
UNC450	450kV	10mA	1.5kW	小焦点 0.4mm/ 大焦点 1.0mm	30° ×15° (束光后)	定向向西

本项目 X 射线实时成像检测系统正面朝北安装，射线管照射方向为定向向西，为保证射线全部被平板探测器接收，采用铅块束光器束光，束光后该射线束在三维空间中形成以焦点为锥顶、光轴为中心轴的圆锥状辐射立体角，主射线束在垂直于光轴的二维平面内，张角为 30°。

7.2.2 工作流程

- 1. 打开电源开关，启动工控机，打开图像处理软件，做好探伤准备工作；
 - 2. 操作防护门开关，打开防护门，人工将待检工件放置于载物台上；
 - 3. 关闭防护门，观察工作状态指示灯和门机联锁等是否正常运行。打开光闸，打开出束开关，自动采集图像。该过程中 X 射线管发射 X 射线，对放置在载物台上的工件进行检测，平板探测器接收透过物体的 X 射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像，人工判断检测结果；
 - 4. 检测完成后关闭出束开关，关闭光闸，打开防护门；
 - 5. 人工操作移出工件、更换待检工件，完成一轮检测；
- 全部检验完成后，关闭图像处理软件，关闭工控机，关闭电源开关。

工作流程及产污环节示意图见图 7-9。

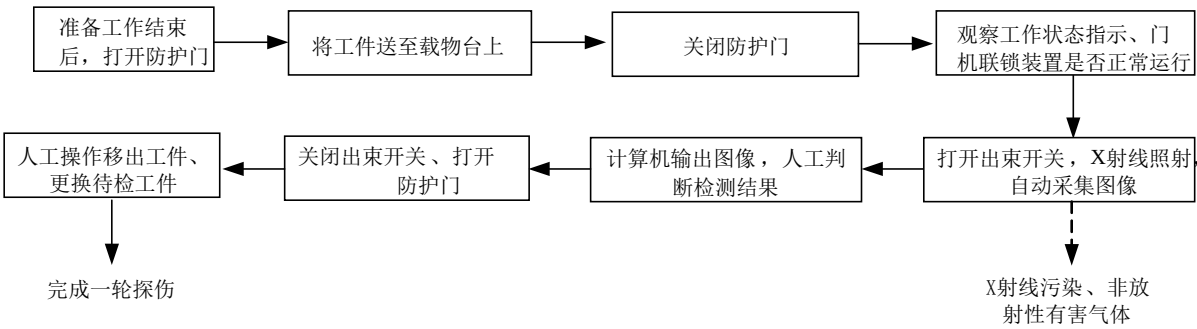


图 7-9 X 射线实时成像检测系统工作流程及产污环节示意图

7.2.3 工作负荷及人员配置

根据建设单位提供的资料，公司检验产品为抽检，每年预计抽检最多 6 万件，每件成

品铸件开机曝光时间不超过 2min，则全年曝光时间最大为 $60000 \text{ 件/a} \times 2\text{min/件} \div 60\text{min/h} = 2000\text{h/a}$ 。另外，设备长时间停用或维修后需训机，全年训机时间不超过 20h，则本项目 X 射线实时成像检测系统年累积曝光时间最大为 2020h。

建设单位拟配置 2 名专职辐射工作人员，另外指定 1 名辐射管理人员，拟尽快安排该 3 名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，并报名参加相应的考核，考核合格后上岗。

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

施工期噪声主要来自 X 射线实时成像检测系统安装过程及所在场所的简单改造等，主要为一些突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

2、扬尘

施工期需进行场地清理及改造，各种施工作业将产生地面扬尘。

3、废水

施工期废水主要来自施工人员的生活污水，本项目施工期最多约 2 人施工，总施工期 5 天，用水按每人每天 50L 计算，日用水 $0.1\text{m}^3/\text{d}$ 。废水产生量以 80%计，每天产生生活污水 $0.08\text{m}^3/\text{d}$ 。

4、固体废物

固体废物主要是设备安装过程和场所简单改造过程产生的建筑垃圾和施工人员的生活垃圾两类，生活垃圾以每人每天 0.25kg 计，产生量 0.5kg/d 。

综上所述，施工期主要环境影响评价因子为：噪声、扬尘、生活污水、建筑垃圾和生活垃圾。

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 射线实时成像检测系统开机后产生 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 射线实时成像检测系统产生的 X 射线会使空气电离。空气电离产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，在 NO_x 中以 NO₂ 为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。

(2) 危险废物

本项目使用 X 射线实时成像检测系统进行无损检测，为实时扫描成像，无需贴片、洗片，不会产生废胶片和废显(定)影液。

本项目 X 射线实时成像检测系统冷却方式为油冷，经与设备厂家确认，设备使用 2~3 年需更换油冷却器内冷却油，更换过程将产生废冷却油，废冷却油属于《国家危险废物名录》（2025 年）规定的危险废物，废物类别为“HW08 废矿物油与含矿物油废物”，废物代码为“900-249-08”，为其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及沾染矿物油的废弃包装物。经核实，每次更换过程产生的废冷却油不大于 7kg，2~3 年更换一次，则废冷却油产生量不大于 7kg/a。危险废物汇总情况见表 7-2。

表 7-2 危险废物汇总表

名称	类别	代码	产生量	产生工序	主要成分	有害成分	物理性状	贮存方式	危险特性
废冷却油	HW08	900-249-08	7kg/a	更换冷却油过程	烃类、含锌磷的有机化合物等	多环芳烃、重金属类、苯系物	液态	密封	T, I

综上所述，本项目营运期环境影响评价的评价因子为 X 射线、非放射性有害气体及废冷却油。

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

本项目屏蔽铅房拟安装于检测室内靠西南侧，操作控制台拟安装于屏蔽铅房东侧，距离约 0.5m，高压发生器、冷却器等拟安装于屏蔽铅房东南侧。X 射线实时成像检测系统主射束使用方向为在屏蔽铅房内定向向西照射，操作控制台及防护门均避开了有用线束照射的方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.1 款要求。另外，拟在高压发生器周围划定 1 米范围内为非运维人员禁入区域，地上粘贴相应的警戒线。因此，本项目平面布局合理。

本项目检测室平面布置示意图见附图 4。

8.1.2 项目分区

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。”根据本项目现场情况，建设单位拟将屏蔽铅房内部划分为控制区，屏蔽铅房所在检测室内其他区域划分为监督区，并在控制区边界防护门处设置电离辐射警告标志。本项目控制区及监督区的划分情况见附图 4。

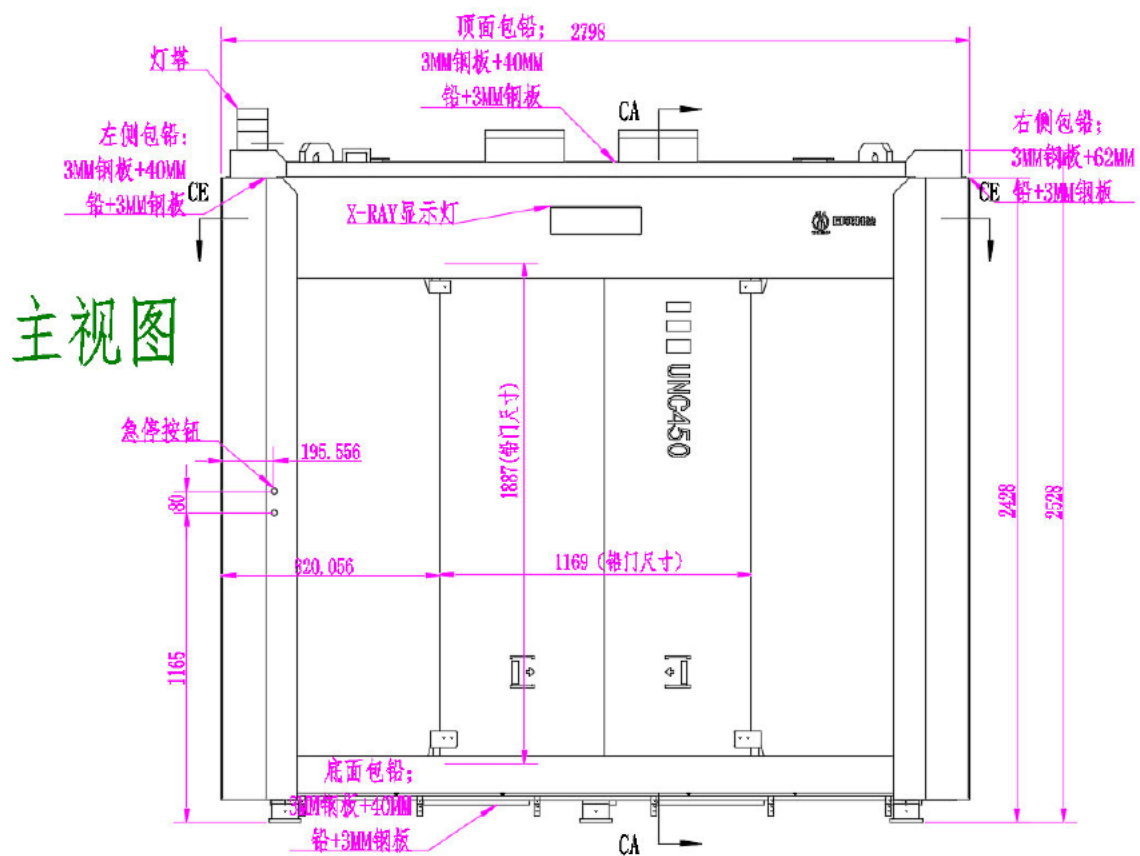
8.1.3 项目屏蔽设计和安全措施

本项目 UNC450 型 X 射线实时成像检测系统屏蔽设计参数详见下表 8-1，屏蔽铅房主视图、俯视图及对应剖视图详见下图 8-1（a）～（e）。

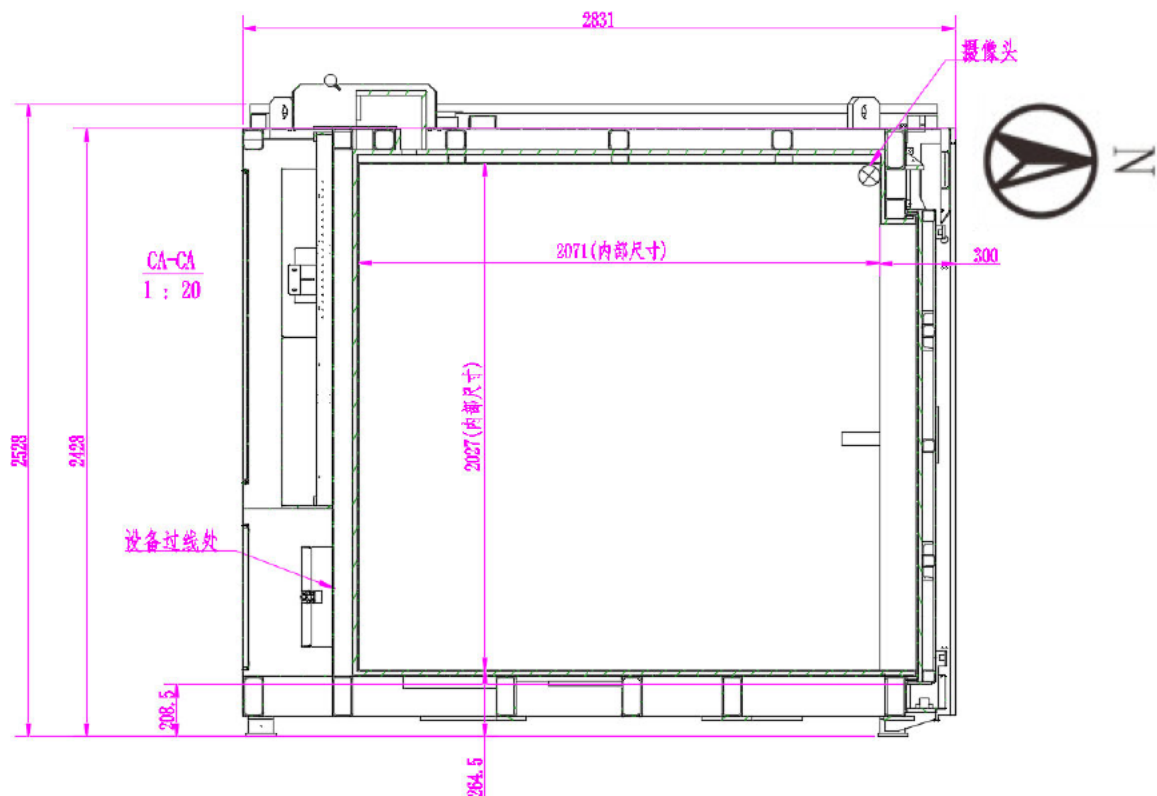
表 8-1 X 射线实时成像检测系统屏蔽设计参数一览表

型号	UNC450
射束方向	定向向西
屏蔽铅房尺寸	外部尺寸：东西 2698mm、南北 2831mm、高 2528mm； 内部尺寸：东西 2071mm、南北 2197mm、高 2027mm，容积约 9.22m ³ ； 屏蔽铅房南防护面外配置有配电柜，配电柜南侧为普通门，与屏蔽铅房为一体结构
四周防护	屏蔽铅房整体采用钢板+铅板+方通骨架+钢板的形式搭建组焊而成； 屏蔽铅房西防护面和顶部防护面西端（东西长度约 695.5mm）、底部防护面西端（东西长度约 735mm）为主射面，屏蔽材质为 3mm 钢板+62mm 铅板+3mm 钢板； 屏蔽铅房其他防护面屏蔽材质为 3mm 钢板+40mm 铅板+3mm 钢板
防护门	屏蔽铅房北侧设有防护门，用于工件进出和设备检修；防护门为电动平移双向对开，屏蔽材质与同侧铅房主体相同，即 3mm 钢板+40mm 铅板+2mm 钢板；两扇防护门中部为倒“L”形搭接，“L”形搭接区域宽度为 65mm；两扇防护门上下、两侧与门框铅板为倒“L”型扣边，防护门总体尺寸为 1169mm×1887mm（宽×高），门洞尺寸为 1050mm

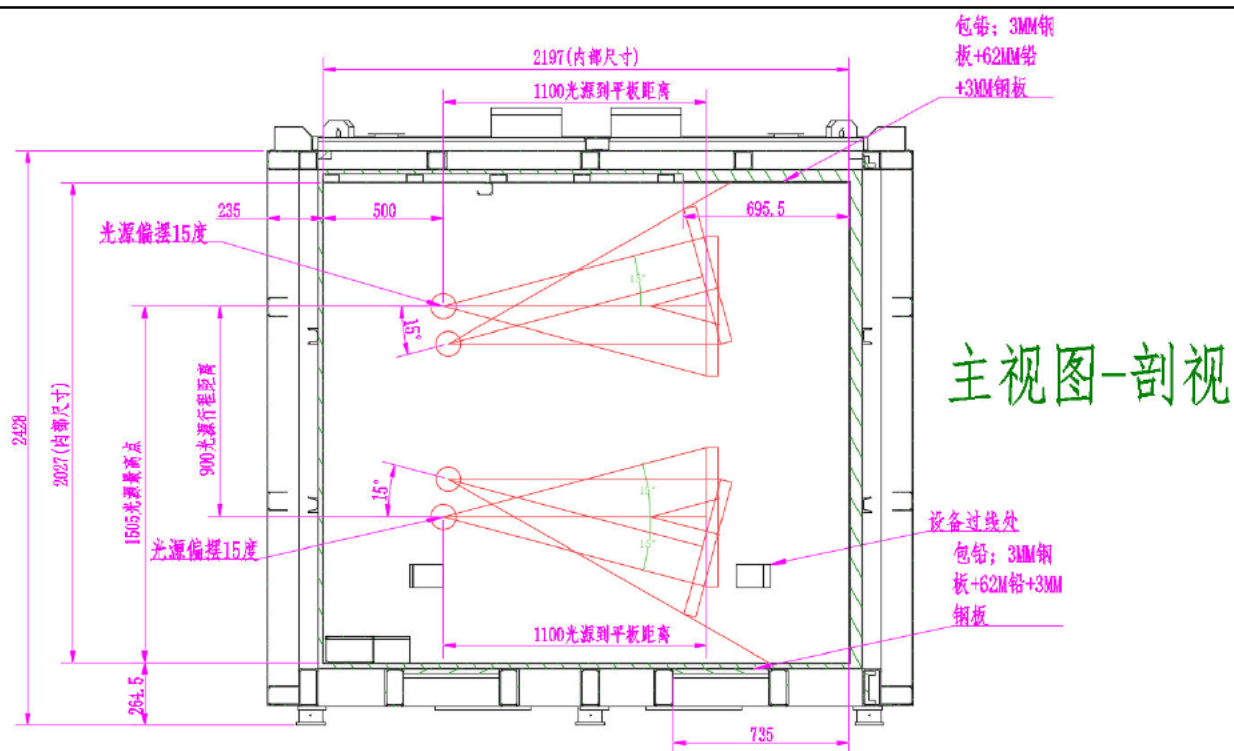
	×1784.5mm（宽×高），左、右、上、下与周围墙壁搭接量分别约为 59.5mm、59.5mm、51mm、51mm，防护门与门框之间的缝隙不大于 5mm，搭接量与缝隙比例大于 10:1，可满足防护要求。门扣边示意图详见下图 8-1（f）
操作位	位于屏蔽铅房东侧，距屏蔽铅房约 0.5m，避开主射束照射
通风口	屏蔽铅房顶部南端偏东和偏西各设置一个 $\Phi 155\text{mm}$ 圆形排风口；两个排风口处均安装有轴流风机，轴流风机外安装有两个倒“L”型铅钢防护罩，铅钢防护罩屏蔽材质为内 2mm 钢板+62mm 铅板+外 2mm 钢板。单个风机的通风量为 $330\text{m}^3/\text{h}$。排风口位置详见下图 8-1（d），通风口剖面图详见下图 8-1（g）
管线口	屏蔽铅房南防护面（背面）下方设有 1 处管线口，管线口外设有“L”型铅钢防护罩，屏蔽材质为 3mm 钢板+62mm 铅板+3mm 钢板。管线口剖面图详见下图 8-1（h）
门机联锁装置	防护门设置有门机联锁装置，并保证关闭门后 X 射线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 射线机与防护门联锁
工作状态指示灯和声音提示装置	屏蔽铅房外防护门上方设置有工作状态指示灯（红色代表照射，有蜂鸣器报警声；绿色代表待机）；屏蔽铅房内部升降机构上设置 2 色灯（红色照射，黄色待机）；屏蔽铅房外顶部上方东北侧设置有 3 色设备状态灯（黄灯待机、绿灯正常、红灯故障），各设施均与 X 射线机联锁
电离辐射警告标志	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
紧急停机按钮	屏蔽铅房内、外东侧各设置有一处紧急停机按钮，操作控制台自带一处紧急停机按钮
视频监控装置	屏蔽铅房内部门框上侧自带一处视频监控设备，在操作位处设置专用的监视器，可监视设备的运行情况和人员活动，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.1.7 款要求
固定式场所辐射探测报警装置	屏蔽铅房设有固定式场所辐射探测报警装置探头，具有异常情况下报警功能，显示器设置在操作台



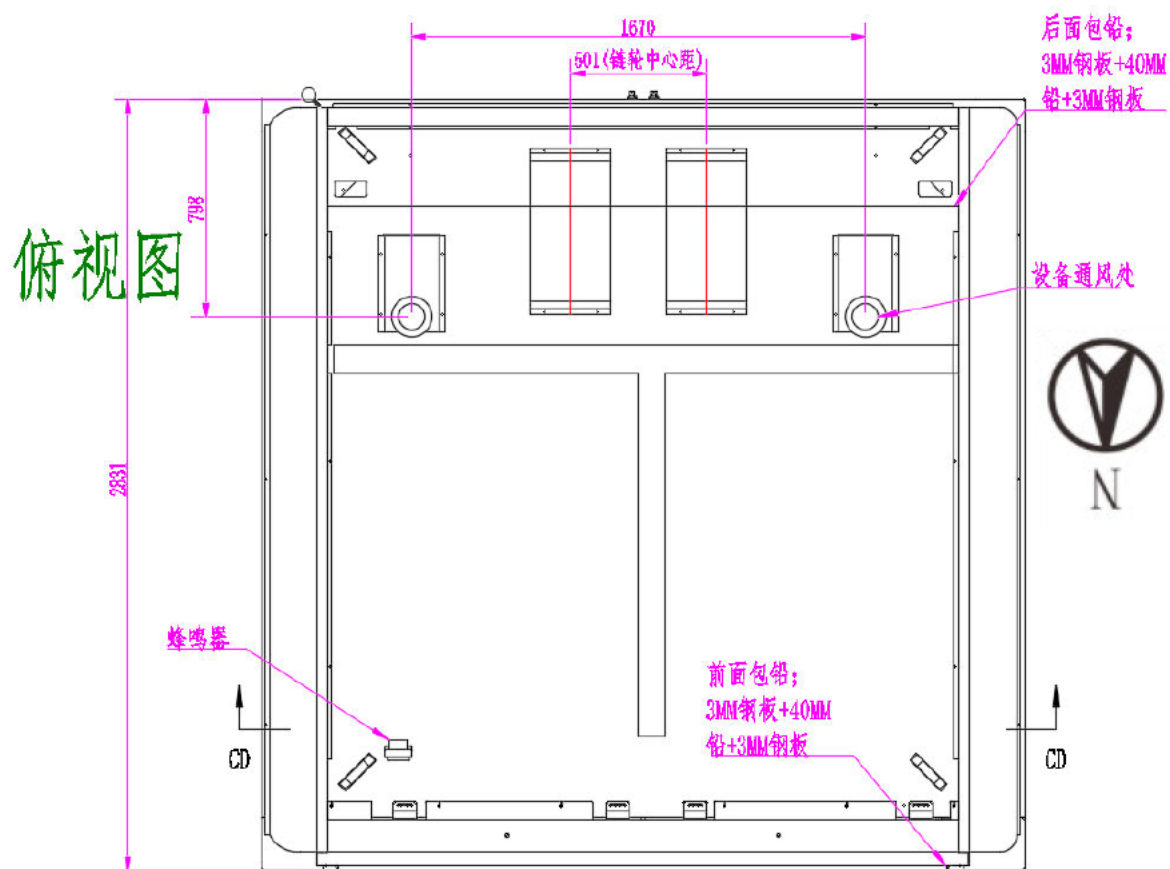
(a) 主视图 (前视)



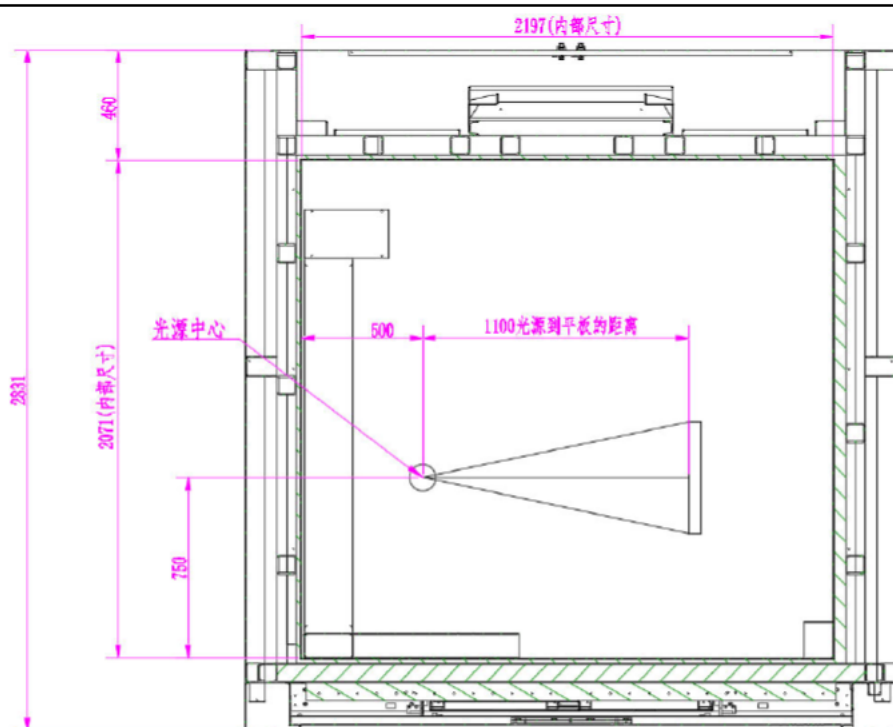
(b) 主视图剖视图 (CA-CA)



(c) 主视图剖视图 (CE-CE)

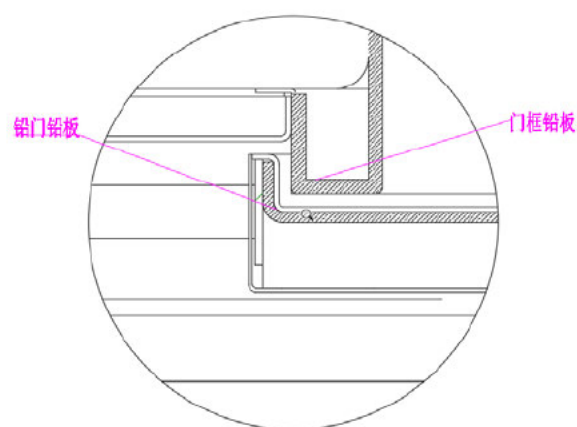


(d) 俯视图

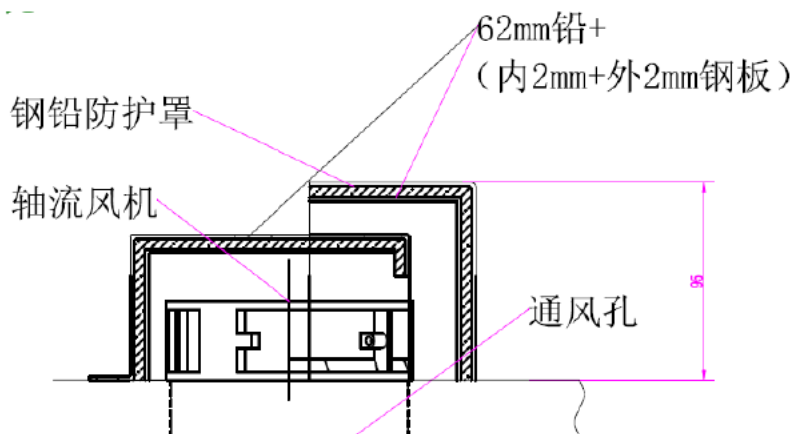


俯视图-剖视

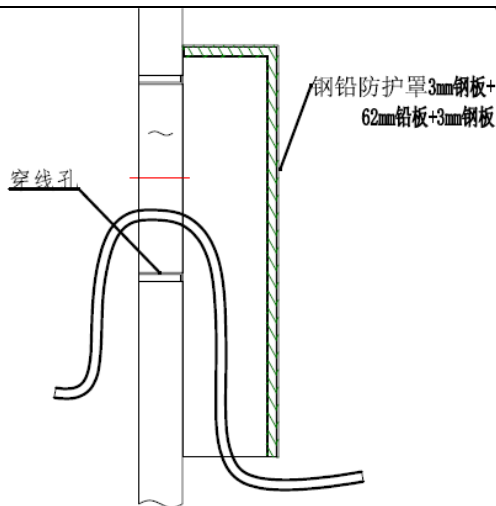
(e) 俯视图剖视图 (CD-CD)



(f) 门扣边示意图



(g) 排风口剖面图



(h) 管线口剖面图

图 8-1 X 射线实时成像检测系统屏蔽铅房设计图

由上表 8-1 可知，本项目屏蔽铅房设计基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射防护相关要求。

8.1.4 其他安全环保措施

除屏蔽铅房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 1 部及便携式 X-γ 剂量率仪 1 台，待配备相应的仪器设备后可满足无损检测工作要求。

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，另外单独指定 1 名辐射管理人员。建设单位拟安排该 3 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，其中辐射工作人员参加“X 射线探伤”类别考核、辐射管理人员参加“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、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、定期检查屏蔽铅房防护门门机联锁装置、紧急停机按钮等防护安全措施，定期组织设备维修维护，做好设备维护记录，落实辐射安全防护各项措施。

6、辐射工作人员在检修进入屏蔽铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还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，辐射工作人员立即退出屏蔽铅房，同时防止其他人进入屏蔽铅房，并立即向辐射防护负责人报告。

7、定期测量屏蔽铅房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。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，终止辐射工作并向辐射防护负责人报告。

8、在每一次照射前，辐射工作人员都确认在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始辐射工作。

8.2 三废的治理

本项目为 X 射线实时成像检测系统应用，在开机过程中不产生放射性固体废物、废水、废气。

1、非放射性废气

X 射线实时成像检测系统产生的 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 X 射线实时成像检测系统室顶 2 处排风口处均设置有机机械排风装置，设计通风量为 $330m^3/h \times 2$ ，屏蔽铅房容积约 $9.22m^3$ ，换气次数可达 70 次/h 以上。排风口末端连接引风管道，废气通过引风管道可直接排至检测室西墙外环境，西墙外为厂区绿化，非人员活动密集区，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的“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，可有效降低有害气体浓度，对周围环境影响较小。

2、废冷却油（危险废物）

（1）本项目废冷却油产生情况

本项目 X 射线实时成像检测系统冷却方式为油冷，设备使用 2~3 年需更换油冷却器内冷却油，更换过程将产生废冷却油，废冷却油属于《国家危险废物名录》（2025 年）规定的危险废物，废物类别为“HW08 废矿物油与含矿物油废物”，废物代码为“900-249-08”，为其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及沾染矿物油的废弃包装物。

公司需按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）和《危险废物转移管

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工过程对周围环境有一定的影响。施工期间不使用高噪声设备，施工期较短，且施工过程均在 C 厂房辅房一层现有房间内进行，经隔声和距离衰减后，对周边环境影响较小；通过加强施工场所通风等措施控制扬尘污染；施工人员的生活污水通过厂区现有化粪池收集后接市政污水管网；尽量回收尚可利用的建筑材料，生活垃圾和无利用价值的建材垃圾由环卫部门清运。

建设单位在本项目施工过程中加强管理，并采取多种可行的方法落实各项环保措施，防止噪声、扬尘、废水、固废等污染周围环境。通过各项措施，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

本项目 X 射线实时成像检测系统尚未购买安装，因此本次评价采用理论计算的方法评估 X 射线实时成像检测系统开机过程对周围环境的影响。

9.2.1 辐射环境影响评价

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），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；在设备满功率运行时，剂量率与管电压呈线性正相关，管电压越高，剂量率越大，本项目设备最大功率为 1.5kW，在最大 450kV 管电压下，对应管电流为 3.333mA；
- H₀： 距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6×10⁴。本项目 X 射线机最大管电压为 450kV，根据设备厂家提供的设备参数资料，输出量为 29.6mSv·m²/（mA·min）。
- B： 屏蔽透射因子；
- R： 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

其中屏蔽透射因子采用以下公式计算：

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

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, 本项目 X 射线机最大电压为 450kV, 什值层厚度保守取 ICRP33 中 P78 表 3 中 500kV 管电压对应铅的什值层厚度 10.3mm。

(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, $>200\text{kV}$ 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:

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

式中:

I: X 射线探伤装置在最高管电压下的最大常用管电流, 单位为 mA, 同式 9-1;

H_0 : 同式 9-1;

B: 屏蔽透射因子; 根据康普顿散射公式计算, 450kV 的 X 射线经 90° 散射后最高散射能量约为 239kV, 本次保守取 250kV, 根据 GBZ/T250-2014 中附录 B, 表 B.2, 散射能量 250kV 对应铅的 TVL 为 2.9mm;

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_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

根据建设单位提供的资料, 本项目 X 射线实时成像检测系统的 X 射线管为定向管, 定向向西照射, 束光后最大辐射角度为 30° 。X 射线管可沿 Z 轴 (上下) 900mm 升降、绕 Y

轴（东西） $\pm 15^\circ$ 旋转，X 轴（南北）方向不动，X 射线管移动到某个极限位置，选取移动到 Z 轴最上端时，靶点可绕 Y 轴（东西） $+15^\circ$ 旋转，旋转过程中靶点距离东、西防护面外侧的最近距离分别为 0.735m、1.940m，距离顶部外表面的距离为 0.718m~0.877m，距离南、北防护面外侧的距离保持不变，分别为 1.030m、1.781m。同理，X 射线管移动到 Z 轴最下端时，靶点可绕 Y 轴（东西） -15° 旋转，旋转过程中靶点距离东、西、南、北防护面外侧的最近距离同上，距离底部外表面的距离为 0.814m~0.973m。

根据厂家提供的光源焦点极限位置示意图，详见图 9-1，铅房西防护面会受到有用射束的照射，顶部和底部防护面的西侧局部会受到有用射束的照射，顶部和底部防护面的东段受漏射线和散射线的影响，东防护面、南防护面、北防护面及防护门仅受漏射线和散射线的影响。在屏蔽铅房各防护面外 30cm 处和检测室四周墙外及室顶外 30cm 处设置参考点，屏蔽铅房底部防护面下方为土层，不再设参考点。具体计算参考点示意图见图 9-1。

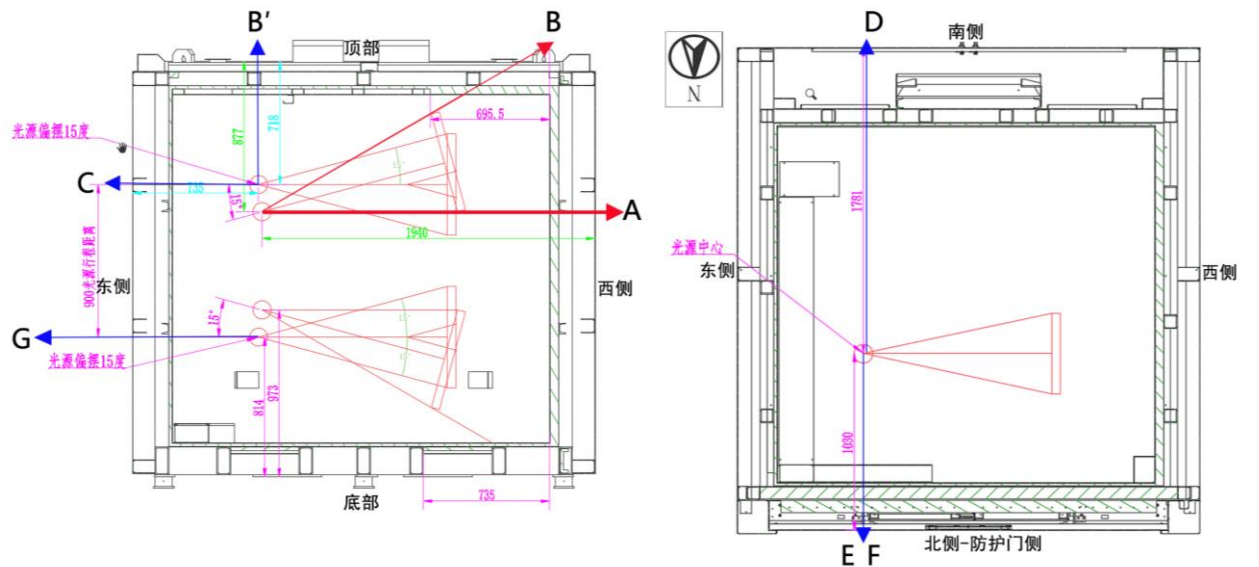


图 9-1 参考点示意图（含靶点位置及距离示意）

根据（式 9-1）～（式 9-4）计算得各参考点剂量率如下表所示：

表 9-1 各参考点剂量率

参考点	辐射类型	屏蔽体	屏蔽厚度	计算距离 m	屏蔽透射因子 B	剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	
A 西防护面外 30cm 处	主射	西防护面	62mmPb	2.24	$10^{-62/10.3}$	1.13	
B 顶部西端防护面外 30cm 处	主射	顶部防护面	62mmPb	2.054	$10^{-62/10.3}$	1.34	
B' 顶部防护面	漏射	顶部防护	40mmPb	1.018	$10^{-40/10.3}$	0.63	0.63

口处均安装有两个倒“L”型铅钢防护罩，铅钢防护罩屏蔽材质为 2mm 钢板+62mm 铅板+2mm 钢板，有效防护能力为 62mm 铅板，与顶部屏蔽相同。排风口处主要受漏射线和散射线的影响，根据表 9-1 中顶部外参考点处的辐射剂量率估算结果可知，排风口处的辐射剂量率可以满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 2.5 μSv/h 的限值要求。

管线口外剂量率分析：屏蔽铅房南防护面（背面）下方设有 1 处管线口，管线口外设有“L”型铅钢防护罩，屏蔽材质为 3mm 钢板+62mm 铅板+3mm 钢板，高于南防护面的屏蔽，此处主要受漏射线和散射线的影响，根据表 9-1 中南防护面外参考点处的辐射剂量率可知，管线口处的辐射剂量率可以满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 2.5 μSv/h 的限值要求。

综上所述，本项目 X 射线实时成像检测系统运行时，屏蔽铅房四周防护面（含管线口）、防护门及顶部防护面（含排风口）的防护设计均可以满足辐射防护要求。

9.2.2 年有效剂量

1、年有效剂量估算公式

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

式中：H——年有效剂量，Sv/a；

D_r ——辐射剂量率，Sv/h；

T ——居留因子，无量纲；

t ——年受照时间，h。

2、照射时间确定

根据建设单位提供资料，公司检验产品为抽检，每年预计抽检最多 6 万件，每件成品铸件开机曝光时间不超过 2min，则全年曝光时间最大为 2000h。另外，设备长时间停用或维修后需训机，全年训机时间不超过 20h，则本项目 X 射线实时成像检测系统年累积曝光时间最大为 2020h。

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、暗室、办公室、临近建筑物中	职业人员，取1

		的驻留区	
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	更衣室、C厂房内过道，取1/4
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	室外绿化和楼梯间，取1/20

4、职业人员的年有效剂量

X 射线实时成像检测系统工作状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在操作区域，操作控制台位于屏蔽铅房东侧。根据理论计算，辐射工作人员活动区域辐射剂量率最大为 $0.61 \mu\text{Sv/h}$ （屏蔽铅房东防护面），居留因子取 1，按两人轮岗考虑，由式 9-5 估算出辐射工作人员的年有效剂量最大为： $H=0.61 \div 1000 \times 2020 \times 1 \div 2 \approx 0.62\text{mSv/a}$ 。

由以上估算结果可知，辐射工作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 5mSv/a 的管理剂量约束值。

5、公众成员的年有效剂量

经与建设单位核实，无关人员禁止进入检测室，X 射线实时成像检测系统工作状态下，对公众成员影响的区域主要为屏蔽铅房所在检测室四周和楼上，屏蔽铅房所在的 C 厂房辅房（2F）其他区域、东侧约 3m 处的 C 厂房（1F）和东侧约 40m 处的办公用房（2F）内公众人员。

根据（式 9-1）~（式 9-4）理论计算各区域的剂量率，再由式 9-5 估算公众成员年有效剂量，结果见表 9-3。

表 9-3 公众成员年有效剂量

场所描述	剂量率 H_m ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	时间 h	年有效剂量 mSv/a
检测室西墙外（室外绿化）	0.54	1/20（偶然居留）	2020	0.05
检测室屋顶外（更衣室）	0.09	1/4（部分居留）	2020	0.05
检测室东墙外（C 厂房内过道）	0.03	1/4（部分居留）	2020	0.02
检测室南墙外（室外绿化）	0.04	1/20（偶然居留）	2020	4.04×10^{-3}
检测室北墙外（楼梯间）	6.01×10^{-3}	1/20（偶然居留）	2020	6.07×10^{-4}

由以上估算结果可以看出，检测室四周和室顶外公众成员的年有效剂量最大为 0.05mSv/a 。对于屏蔽铅房所在的 C 厂房辅房（2F）其他区域、东侧约 3m 处的 C 厂房（1F）和东侧约 40m 处的办公用房（2F）内公众人员，考虑距离和墙体衰减后，受照剂量将低于 0.05mSv/a ，因此，检测室周围及 3 处环境保护目标处公众成员的年有效剂量均低

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以看出，山东天润精密工业有限公司按照现有条件使用 X 射线实时成像检测系统时，正常运行期间：

根据理论计算结果，X 射线实时成像检测系统屏蔽铅房周围辐射剂量率最大为 1.34 μ Sv/h，低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 2.5 μ Sv/h 的限值要求。检测室周围辐射剂量率最大为 0.54 μ Sv/h（检测室西墙外 30cm 处），X 射线实时成像检测系统对检测室外环境影响较小。

在 X 射线实时成像检测系统曝光时间不超过 2020h/a 的条件下，职业人员的年有效剂量最大为 0.62mSv/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 5mSv/a 的管理剂量约束值。公众成员的年有效剂量最大为 0.05mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值，也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

总之，在现有条件下，山东天润精密工业有限公司 X 射线实时成像检测系统周围的辐射水平、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标准，满足国家有关要求。

9.3 X 射线实时成像检测系统的退役

X 射线实时成像检测系统不再使用时，应实施退役程序。对于有使用价值的射线装置，可在获得相关审批部门许可后转移到另外一个已获使用许可的机构；对于不再具有使用价值的装置，应将 X 射线发生器处置至无法正常通电使用，防止二次通电使用，造成误照射；清除有关的电离辐射警告标志和安全告知等。

9.4 事故影响分析

1、可能发生的辐射事故/事件情形

（1）使用过程中，门机联锁装置、工作状态指示灯等装置失效使辐射工作人员误打开屏蔽铅房，使其本人或周围公众造成不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

（2）辐射工作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

(3) 无关人员任意操作造成误照射。

2、可能发生辐射事故/事件的防范措施

(1) 本项目屏蔽铅房设计有门机联锁装置，拟经常性的检查、维护门机联锁装置正常运行，且定期对工作状态指示灯等进行检查、维护，防止其失效；

(2) 辐射工作人员进行专业培训，加强管理，禁止未通过培训考核的人员操作 X 射线实时成像检测系统；

(3) 加强对 X 射线实时成像检测系统使用的管理，严禁无关人员操作。

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

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，建设单位拟按照国家有关射线装置管理的法律法规，成立辐射安全管理机构，或指定至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，本项目职业人员均应进行辐射安全与防护培训。

建设单位拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，专职从事本项目检测作业，另外指定 1 名辐射管理人员，3 人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；建设单位拟安排该 3 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，其中辐射工作人员参加“X 射线探伤”类别考核、辐射管理人员参加“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。

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等要求，建设单位拟制定各类辐射安全管理规章制度：《射线装置操作规程》《岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《射线装置检修维护制度》《射线装置使用登记制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射监测计划》《自行检查和年度评估制度》《辐射事故应急预案》等，以满足日常辐射安全管理要求。建设单位拟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。

规章制度中拟对操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、射线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。X 射线实时成像检测系统投入使用时，拟切实落实各项辐射管理规章制度。

建设单位拟由辐射安全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，对无损检测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 台便携式 X- γ 剂量率仪，并根据检测计划对工作场所和周围环境进行检测。制定的辐射环境检测计划包括以下内容：

1、辐射环境监测方案

(1) 检测因子

环境 γ 辐射剂量率。

(2) 检测频率

定期检测：正常情况下，自行检测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，对工作场所和环境进行应急检测。

年度检测：每年 1 次，委托有资质的单位进行检测。

验收检测：项目建成后进行验收检测。

(3) 检测范围

屏蔽铅房为中心，屏蔽铅房各防护面外 30cm、周围 50m 范围内。

(4) 检测条件

X 射线机在额定工作条件下、置于与测试点可能的最近位置。

(5) 辐射水平巡测

用便携式 X- γ 剂量率仪巡测屏蔽铅房外 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：巡测范围根据屏蔽铅房设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响。

(6) 辐射水平定点检测

一般情况下检测以下各点：

- ①通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；
- ②屏蔽铅房门外 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屏蔽铅房各防护面外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个防护面至少测 1 个点；
- ④屏蔽铅房顶部外 30cm 处，至少测 1 个点；

⑤人员经常活动的位置，主要为控制台的位置；

⑥屏蔽铅房通风口位置；

⑥每次探伤结束后，检测屏蔽铅房的工件进出口，以确保 X 射线机已经停止工作。

（7）剂量率控制水平

以 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为屏蔽铅房外剂量率控制水平，如发现超过标准的情况，则进行调查，查找原因，改善屏蔽铅房防护条件。

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《中华人民共和国生态环境法典》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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》主要包括以下内容：

1、辐射事故应急处理机构与职责

（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。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。

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】。

3、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。

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、地点等报告给应急机构组长，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

应急机构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，应急机构将事故发生时间、地点、造成事故射线装置、危害程度和范围等主要情况报告生态环境部门、卫生健康部门以及公安部门。

（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。

（7）应急物资、设备保障

配备便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及警示条等应急物资设备。

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，提高单位应急能力。

5、辐射事故培训演习计划

（1）制定应急培训计划，每年对辐射工作人员、应急机构成员定期开展辐射事故应急知识的教育和宣传。向辐射工作人员和应急机构成员解读、培训本预案，使单位人员熟悉应急职责、响应程序和处置措施，切实提高应急联动处置能力。

（2）每年定期进行辐射事故应急演练，模拟辐射事故现场。演练计划、演练方案、演练脚本、演练评估和演练音像资料要及时归档备查。

其他详细内容拟按照《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》（环境保护部令第 17 号）等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

山东天润精密工业有限公司位于山东省威海市南海新区方圆路 1 号。公司拟购置 1 套 UNC450 型 X 射线实时成像检测系统，安装于厂区 C 厂房辅房一层南侧检测室内，用于对公司生产的成品铸件进行无损检测。本项目为公司首次开展核技术利用建设项目，属使用 II 类射线装置。

本项目用于对公司产品进行质量控制，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于鼓励类、限制类和淘汰类，属于国家允许建设的项目，符合产业政策要求。本项目 X 射线实时成像检测系统的应用具有良好的社会效益和经济效益，且采取辐射防护措施后，能保证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，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。本项目的建设符合威海市生态环境分区管控及威海市国土空间总体规划要求。

11.1.2 选址合理性

本项目 X 射线实时成像检测系统拟安装于 C 厂房辅房一层南侧检测室内，服务于主体“全自动静压生产线项目”，不涉及新增占地问题，其拟安装位置靠近 C 厂房，有利于生产工序相互衔接；操作位避开了主射束照射方向。项目四周 50m 范围内均为厂区内建筑，不存在居民区、学校、医院等环境敏感区域，存在 3 处环境保护目标。经分析，屏蔽铅房周围及环境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环境保护目标处的影响较小，项目选址合理。

11.1.3 现状检测

现状检测结果表明，本项目 X 射线实时成像检测系统拟安装位置及周围室内环境 γ 辐射剂量率为 $(5.6 \sim 9.3) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ；室外环境 γ 辐射剂量率为 $(3.9 \sim 4.8) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，均处于威海市环境天然辐射水平范围内[室内 $(4.56 \sim 20.53) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 、道路 $(1.94 \sim 20.14) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$]。

11.1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目屏蔽铅房外部尺寸：东西 2698mm、南北 2831mm、高 2528mm；屏蔽铅房整体采用钢板+铅板+方通骨架+钢板的形式搭建组焊而成；屏蔽铅房西防护面和顶部西端（东西

长度约 695.5mm)、底部西端(东西长度约 735mm)为主射面,屏蔽材质为 3mm 钢板+62mm 铅板+3mm 钢板;屏蔽铅房其他防护面屏蔽材质为 3mm 钢板+40mm 铅板+3mm 钢板。防护门设置有门机联锁装置;屏蔽铅房外防护门上方设置有工作状态指示灯(红色代表照射,有蜂鸣器报警声;绿色代表待机),屏蔽铅房内部升降机构上设置 2 色灯(红色照射,黄色待机),屏蔽铅房外顶部上方东北侧设置有 3 色设备状态灯(黄灯待机、绿灯正常、红灯故障),各设施均与 X 射线机联锁;屏蔽铅房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;屏蔽铅房内、外东侧各设置有一处紧急停机按钮,操作控制台自带一处紧急停机按钮;屏蔽铅房内部门框上侧自带一处视频监控设备,在操作位处设置专用的监视器,可监视设备的运行情况和人员活动;屏蔽铅房设有固定式场所辐射探测报警装置探头,具有异常情况下报警功能,显示器设置在操作台,以上设计可以满足安全防护要求。

屏蔽铅房顶部 2 处排风口均设置有机机械排风装置,排风口末端连接引风管道,废气通过引风管道排至检测室西墙外环境,西墙外为厂区绿化,非人员活动密集区,满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)要求,项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

本项目产生的废冷却油属于危险废物,依托厂区现有东危废库暂存,危险废物临时贮存可满足要求,且将得到妥善处置,不会对周围环境造成影响。

11.1.5 环境影响评价分析结论

本项目 X 射线实时成像检测系统正常运行时,根据理论计算结果,X 射线实时成像检测系统屏蔽铅房周围辐射水平最大为 $1.34 \mu\text{Sv/h}$,低于《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)规定的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

在 X 射线实时成像检测系统曝光时间不超过 2020h/a 的条件下,职业人员的年有效剂量最大为 0.62mSv/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 5mSv/a 的管理剂量约束值。公众成员的年有效剂量最大为 0.05mSv/a ,低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》规定的 1mSv/a 的剂量限值,也低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

11.1.6 辐射安全管理结论

建设单位拟设立辐射安全管理机构,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，另外单独指定 1 名辐射管理人员。拟安排该 3 名人员在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，其中辐射工作人员参加“X 射线探伤”类别考核、辐射管理人员参加“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。建设单位拟配置个人剂量计 2 支、个人剂量报警仪 1 部及便携式 X- γ 剂量率仪 1 台，并定期委托有资质单位对个人剂量及其辐射工作场所进行监测。

本项目的设施较为简单，环境风险因素单一，在已有的风险防范措施和相应的事故应急预案条件下，通过进一步完善安全措施，其环境风险是可控的。

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、成立辐射安全管理机构，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；

2、配置个人剂量计 2 支、个人剂量报警仪 1 部及便携式 X- γ 剂量率仪 1 台；

3、安排 2 名辐射工作人员和 1 名辐射管理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相应的考核，考核合格后方可上岗；

4、按规定操作 X 射线实时成像检测系统，确保屏蔽铅房内无人员滞留；

5、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。

11.2.2 建议

辐射工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”。

下一级环保部门意见

公 章

经办人签字

年 月 日

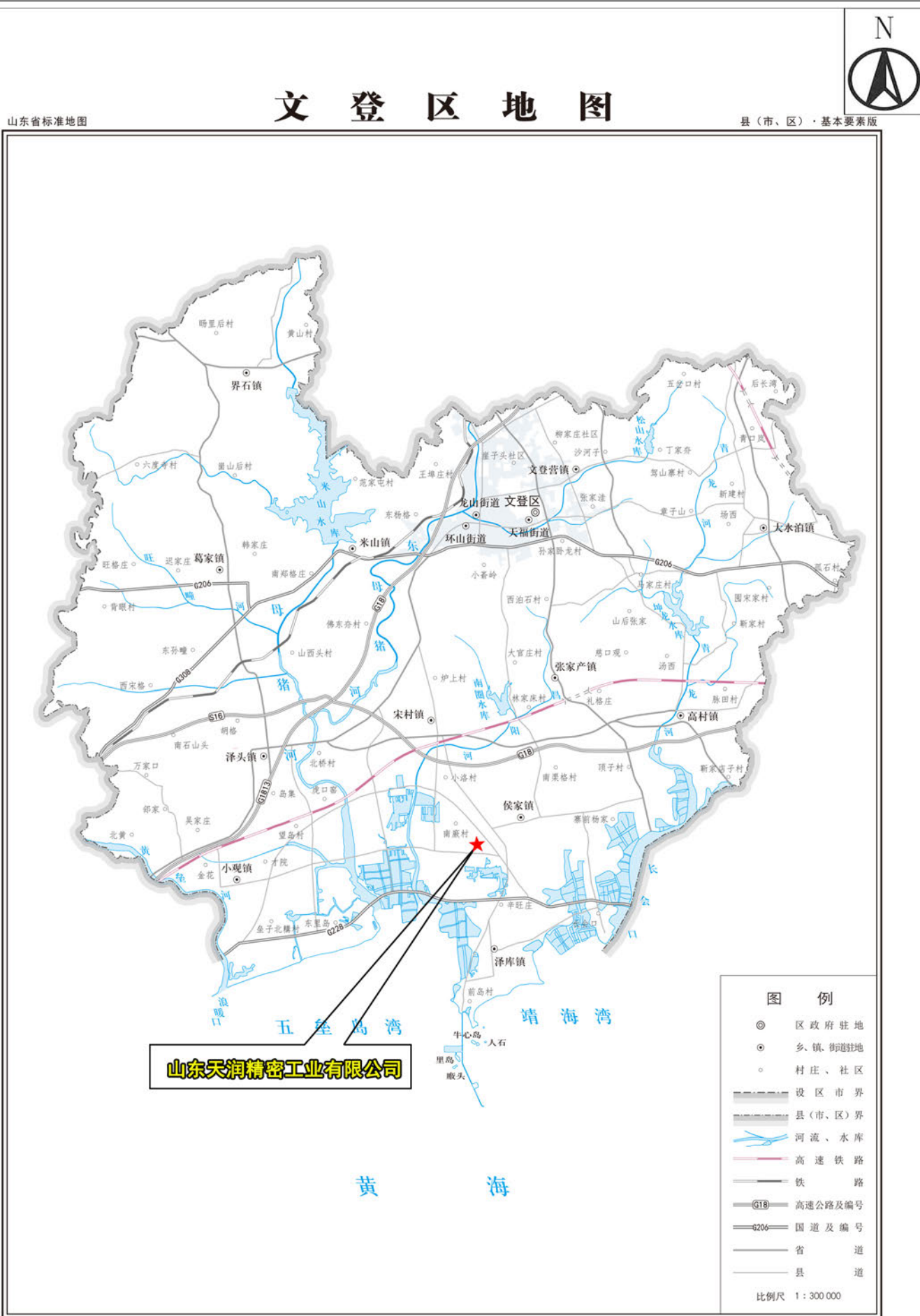
审批意见

公 章

经办人签字

年 月 日

附图1 公司地理位置示意图 比例尺1:300 000



附图2 公司周边环境关系影像图 比例尺1: 6250



附图3 C厂房辅房一层和二层剖视图



东北至西南拍摄

63.5m

二层

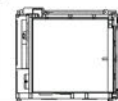
一层

高8.1m

高4.3m

长14m

检测室



东北至西南拍摄

更衣室

楼梯间

更衣室

男浴室

楼梯间

女浴室

楼梯间

维修设备库

扫描室

楼梯间

休息间

卫生间

附图4 检测室平面布置示意图 比例尺1: 70

