

核技术利用建设项目

高分辨三维 X 射线显微成像系统

（工业 CT）应用项目

生态环境影响报告表

山东威高普瑞医药包装有限公司

2026 年 9 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

高分辨三维 X 射线显微成像系统

（工业 CT）应用项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：山东威高普瑞医药包装有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省威海市火炬高技术产业开发区威高路 10 号

邮政编码：264210

联系人

电子邮箱：

表 1 项目基本情况

建设项目名称		高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT）应用项目				
建设单位		山东威高普瑞医药包装有限公司				
法人代表		龙经	联系人	██████	联系电话	██████
注册地址		山东省威海市火炬高技术产业开发区威高路 10 号 (经纬度:37.399868° N, 121.954389° E)				
项目建设地点		山东省威海市火炬高技术产业开发区威高路 10 号，3 号门办公楼 1 层 109 实验室内				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		294	项目环保投 资(万元)	15	投资比例(环保 投资/总投资)	5.10%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m²)	约 10（109 实 验室西南角）
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

山东威高普瑞医药包装有限公司隶属威高集团，位于山东省威海市火炬高技术产业开发区威高路 10 号，租赁山东威高集团医用高分子制品股份有限公司（威高集团有限公司子公司）3 号门办公楼 1～4 楼部分房间和 2 座车间开展生产和办公，注册资本 10,630.3082 万元人民币，2025 年资产总计约 34.25 亿元（评估值为 85.11 亿元），员工约 1400 人，核心产品为预灌封注射器、卡式瓶、西林瓶、自动注射笔、一次性多剂量笔

式注射器、安全装置等，2024 年产值约 20 亿元，年产量约 7.14 亿支，国内预灌封市场占比超 50%，行业排名第一；国际市场销量排名前五。

公司现有项目手续完备，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	环评批复时间及批文号	竣工环保验收时间
1	预灌封注射器产业化项目	2020 年 6 月 4 日，威环高 [2020]32 号	2021 年 9 月 11 日通 过自主验收
2	一次性注射笔技术改造与产 业化项目	2021 年 8 月 27 日，威环高 [2021]31 号	2023 年 7 月 12 日通 过自主验收
3	预灌封注射器智能化技术升 级改造项目	2026 年 2 月 3 日，威环高 [2026]06 号	2026 年 4 月 23 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

为提高和保证产品质量，公司拟于 3 号门办公楼 1 层 109 实验室内西南角安装 1 套 X4 POSEIDON 型高分辨三维 X 射线显微成像系统，用于对公司生产的自动注射笔问题样品进行无损检测。根据设备厂商提供的设备说明书，该系统通过计算机断层扫描实现完整的三维容积重建，因此，根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，本项目 X4 POSEIDON 型高分辨三维 X 射线显微成像系统属于工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，即工业 CT。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

装置名称	系统型号	生产厂家	最大管电压	最大管电流	数量	安装位置	射束方向	备注
高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT）	X4 POSEIDON	BRUKER	100kV	0.2mA	1 套	3 号门办公楼 1 层 109 实验 室	定向 向西	拟购

1.3 选址合理性

山东威高普瑞医药包装有限公司租赁山东威高集团医用高分子制品股份有限公司 3 号门办公楼 1~4 楼部分房间和 2 座车间开展生产和办公，本项目工业 CT 拟安装于 3 号门办公楼 1 层 109 实验室内西南侧，为在公司现有建筑内组织实施，服务于主体项目，不涉及新增占地问题。根据山东威高集团医用高分子制品股份有限公司提供的不动产权证书“鲁

（2025）威海市不动产权第 0025622 号”，项目所在位置土地用途为工业用地/办公楼，符合当地规划要求。

本项目 109 实验室内部尺寸为南北 7.6m、东西 7.6m、高 4.0m，空间较大。109 实验室内西南侧规划为本项目工业 CT 区域，北侧为现有影像检测仪工作区域（设备移动后需要重新校准），工业 CT 和影像检测仪均为同一部门负责，109 实验室入口门带锁，非本部门人员无法随意进入。本次选址利用 109 实验室边角区域布置工业 CT，影像检测仪靠近现有入口门，影像检测仪工作人员进出无需经过工业 CT，且从下文分析，工作 CT 运行过程中，其周围辐射水平可满足国家相关要求，对周围环境辐射影响很小，因此，工业 CT 对现有的影像检测仪工作区域影响很小。

经现场勘查，本项目工业 CT 装置周围 50m 范围内不存在居民区、学校、医院等人员聚集区，评价范围内仅存在 1 处环境保护目标，为其所在 3 号门办公楼。且从下文分析，工业 CT 运行过程中对周围环境的辐射影响较小。

综上所述，从用地性质、空间利用、建设单位实际可用场所及周围环境综合分析，项目选址基本合理。

1.4 产业政策符合性

本项目工业 CT 用于对公司生产的自动注射笔问题样品进行无损检测，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目属于“第一类 鼓励类”中“十四、机械 1. 科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合产业政策要求。

1.5 实践正当性

自动注射笔生产改良之后需要在公司实验室内开展系统性测试，测试通过后投产，测试过程中可能出现自动注射笔问题样品，需要使用工业 CT 对自动注射笔问题样品进行无损检测（无损检测非自动注射笔成品的必检步骤），反馈生产线，该过程有利于提高公司的生产技术和产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。同时根据下文分析，本项目工

业 CT 自带屏蔽体和各项辐射防护设施，能保证工业 CT 屏蔽体外辐射剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，工业 CT 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

公司生产研发过程中需使用工业 CT 对自动注射笔问题样品进行无损检测。该工业 CT 属高分辨三维 X 射线显微成像系统，采用独特的 X 光光学显微成像技术，利用不同角度的 X 射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况，由此评价自动注射笔问题样品的质量问题所在，通过信息反馈，及时调整方法和工艺参数，从而保证产品的质量。

工业 CT 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，山东威高普瑞医药包装有限公司委托我单位对其高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT）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《山东威高普瑞医药包装有限公司高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT）应用项目生态环境影响报告表》。

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	高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT）	II 类	1 套	X4 POSEIDON	100kV	0.2mA	无损检测	3 号门办公楼 1 层 109 实验室	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
非放射性废气	气态	/	/	少量	少量	/	/	工业 CT 西屏蔽体下方设有点状通风孔，内置有排风扇，废气排至 109 实验室内，经 109 实验室南墙上端排风扇排至外环境中

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。
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/T 250-2014）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）。
其他	1. 山东威高普瑞医药包装有限公司高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT）应用项目环境影响评价委托书； 2. 山东威高普瑞医药包装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，工业 CT 自带屏蔽体，X 射线管安装在屏蔽体内，属在屏蔽体内使用 II 类射线装置。因此，评价范围为工业 CT 屏蔽体外 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工业 CT 的辐射工作人员，公众成员为环境保护目标处工作人员及 50m 评价范围内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

分类	具体的保护目标	方位及距离	环境特征	人数
职业人员	工作站（电脑+显示器）处辐射工作人员	工业 CT 东屏蔽体外，距离屏蔽体约 0.5m	/	2 人
公众成员	环境保护目标 3 号门办公楼内工作人员	工业 CT 所在建筑	3 号门办公楼为地上主体六层、局部七层建筑，总高度 23.95m	约 100 人
	偶然经过的其他公众人员	工业 CT 四周 1~50m	/	流动人员

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执行《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）

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：

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：

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

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 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

本项目工业 CT 屏蔽体置于距地 0.8m 高的工作桌上，考虑到工业 CT 屏蔽体外观高度仅为 578mm，本次评价以上述标准中规定的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为工业 CT 四周屏蔽体、工件屏蔽门、顶部和底部外 30cm 处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

山东威高普瑞医药包装有限公司位于山东省威海市火炬高技术产业开发区威高路 10 号，公司拟于 3 号门办公楼 1 层 109 实验室内安装 1 套工业 CT。

3 号门办公楼为地上主体六层、局部七层建筑，109 实验室位于一层东侧。工业 CT 拟安装于 109 实验室内西南角，距离 109 实验室南墙及西墙各约 1.0m，工作站（电脑+显示器）拟设置于工业 CT 屏蔽体东侧约 0.5m 处。

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

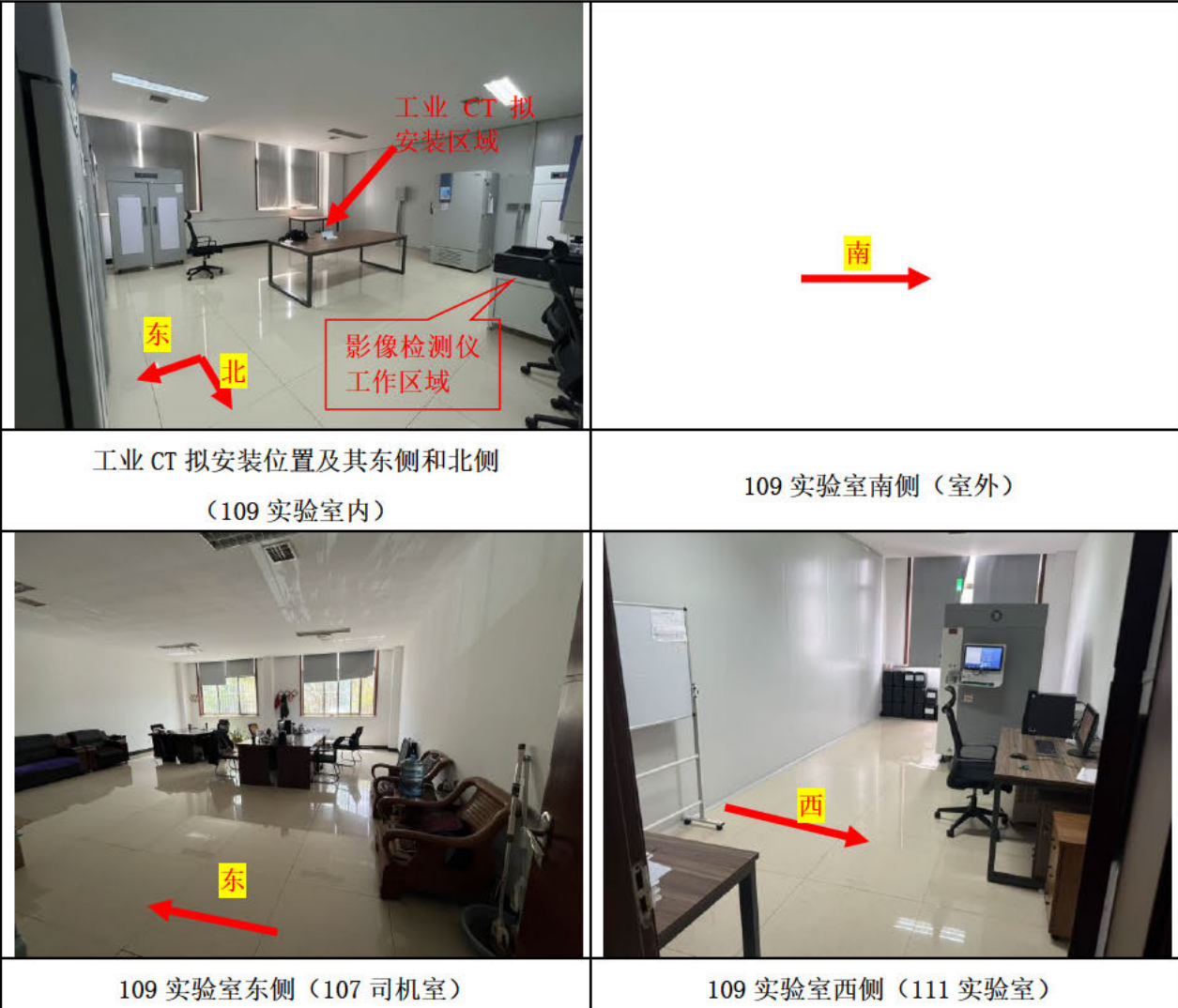


图 6-1 现场勘查照片（拍摄于 2026 年 7 月 24 日）



109 实验室北侧（走廊）

109 实验室上方（20A 质量部）

图 6-1（续） 现场勘查照片（拍摄于 2026 年 7 月 24 日）

表 6-1 项目周围 50m 范围内环境一览表

名称	方向	场所名称
工业 CT 屏蔽体	东 侧	工作站（电脑+显示器）、109 实验室内部不利用区域、107 司机室、3 号门办公楼一层其他办公区域、威高集团厂区绿化/道路
	南 侧	109 实验室内部（约 1m 宽）、威高集团厂区绿化/道路/停车区
	西 侧	109 实验室内部（约 1m 宽）、111 实验室、3 号门办公楼一层其他办公区域
	北 侧	109 实验室内部不利用区域、109 实验室内部影像检测仪工作区域、走廊、110 稳定性考察实验室、威高集团厂区绿化/道路/停车区
	正上方	20A 质量部
	正下方	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. 1989 年，威海市隶属烟台地区。

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检测方案，本项目工业 CT 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

工业 CT 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

在工业 CT 拟安装位置及周围环境共布设 8 个检测点位，环境 γ 辐射剂量率检测布点见图 6-2。

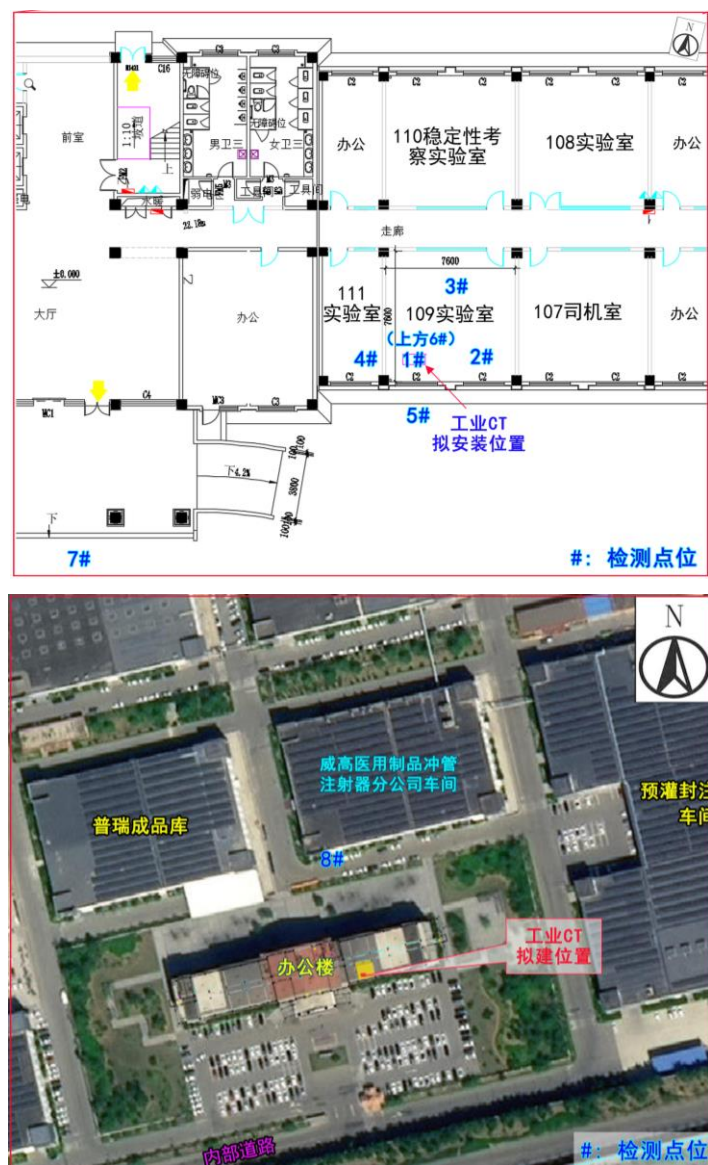


图 6-2 检测布点示意图

6.3.2 质量保证措施

1. 检测单位

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. 检测仪器

检测仪器为 HD-3023 型 X- γ 剂量率仪，设备编号：P260019；测量范围为（ $10\sim5\times 10^5$ ）nGy/h，能量响应范围：25keV $\sim$ 3.0MeV；经中国计量科学研究院检定合格，证书编号：DLj12026-06658，检定有效期至 2027 年 5 月 26 日，在有效期内。

3. 检测方法

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. 检测人员及其他质量保证措施

本次由两名检测人员共同进行现场检测，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据量，以保证检测结果的统计学精度。建立完整的文件资料、仪器校准（测试）证书、检测布点图、测量原始数据、统计处理记录等全部保留，以备复查。检测报告严格实行多级审核制度，经过校对、审核，最后由授权签字人审定。

6.3.3 检测时间与条件

2026 年 8 月 17 日，天气：多云；温度：29.1℃；相对湿度：66.9%。

6.3.4 检测结果

环境 γ 辐射剂量率现状值检测结果见表 6-3。

表 6-3 环境 γ 辐射剂量率检测结果

测点编号	点位描述	检测结果（nGy/h）	
		检测值	标准差
1#	工业 CT 拟安装位置中部	82	4
2#	工业 CT 拟安装位置东侧	70	4
3#	工业 CT 拟安装位置东北侧	77	2
4#	工业 CT 拟安装位置西侧	84	6
5#	工业 CT 拟安装位置南侧（室外点位）	77	7
6#	工业 CT 拟安装位置上方（109 实验室楼上）	77	4
7#	办公楼南侧入口处（室外点位）	85	4
8#	威高医用制品冲管注射器分公司外西南侧（室外点位）	77	6

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#~4#、6#位于室内，5#、7#~8#位于室外，室内为瓷砖地面，室外为一般水泥地面。

6.3.5 环境现状调查结果评价

表 6-3 检测数据表明，本项目工业 CT 拟安装位置及周围环境室内环境（1#~4#、6#） γ 辐射剂量率为（70~84）nGy/h，即（7.0~8.4） $\times 10^{-8}$ Gy/h；室外环境（5#、7#~8#） γ 辐射剂量率为（77~85）nGy/h，即（7.7~8.5） $\times 10^{-8}$ Gy/h，均处于威海市环境天然辐射水平范围内[室内（4.56~20.53） $\times 10^{-8}$ Gy/h、道路（1.94~20.14） $\times 10^{-8}$ Gy/h]。

表 7 项目工程分析与源项

7.1 施工期分析

本项目施工期内容主要为清空 109 实验室内现有冰箱（保留北侧影像检测仪工作区域），安装外购的工业 CT 及配套设施，改造通风系统，不涉及用电改造。其中通风改造依托 109 实验室现有的南窗，南侧现有常规下推拉+上部固定玻璃的普通窗户，将上部一扇固定玻璃拆除，安装一扇装有管道式排风扇的专用通风窗，在不破坏原有窗体基础结构的前提下，实现强制排风功能。施工期不涉及土建施工，建设内容较少，施工期可能的污染因素主要为施工过程产生的噪声及包装废弃物等常规环境要素，不产生辐射影响。

7.2 营运期分析

7.2.1 工业 CT 简介

1、工业 CT 结构

本项目工业 CT 外观主要由屏蔽体及配套工作站（电脑+显示器）构成。屏蔽体外部尺寸为南北 460mm、东西 1043mm、高 578mm。屏蔽体内主要有透射式光源（X 射线管）、滤光片转换器、探测器支架、探测器定位、旋转样品台、Flat-Panel 平板探测器等。

本项目工业 CT 外观示意图见图 7-1，内部示意图见图 7-2。

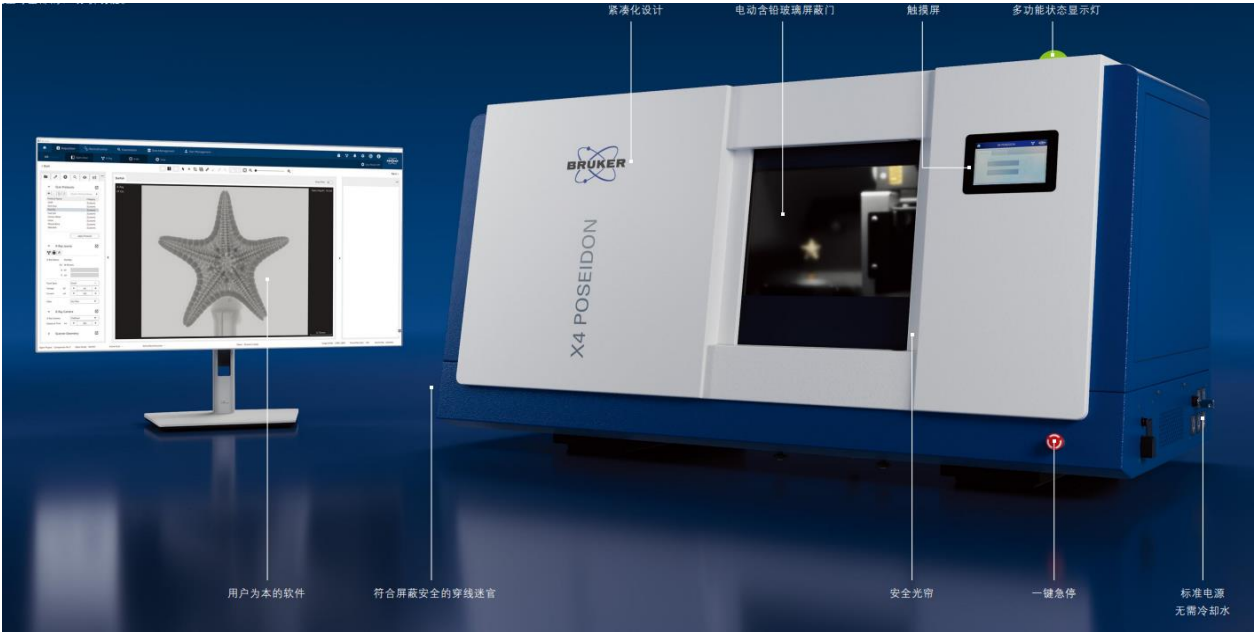
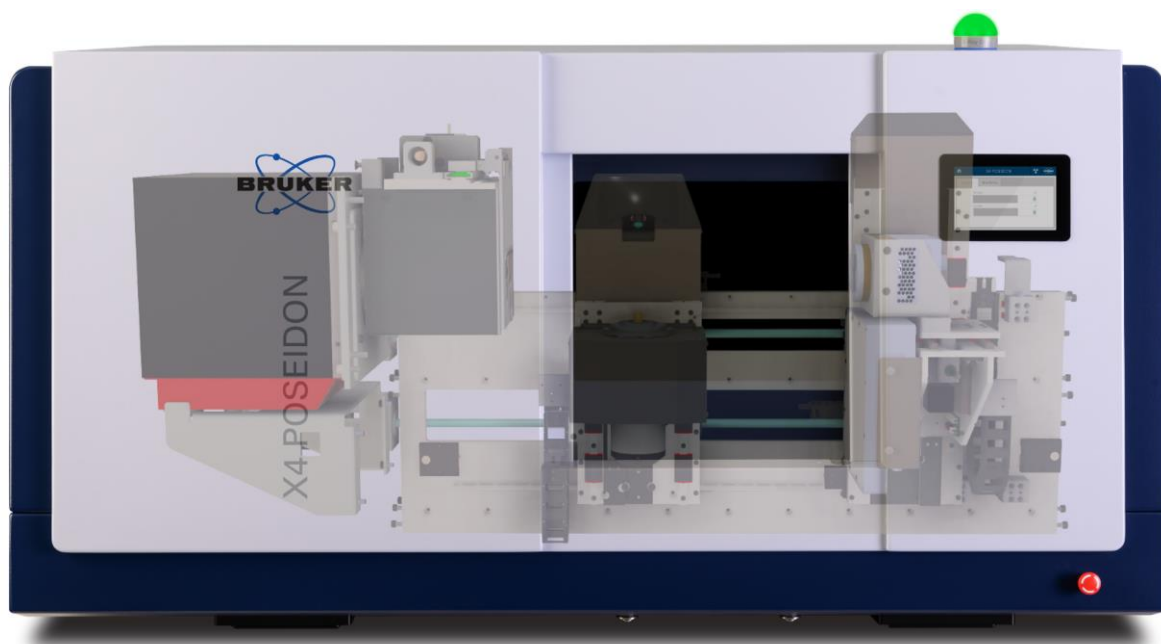
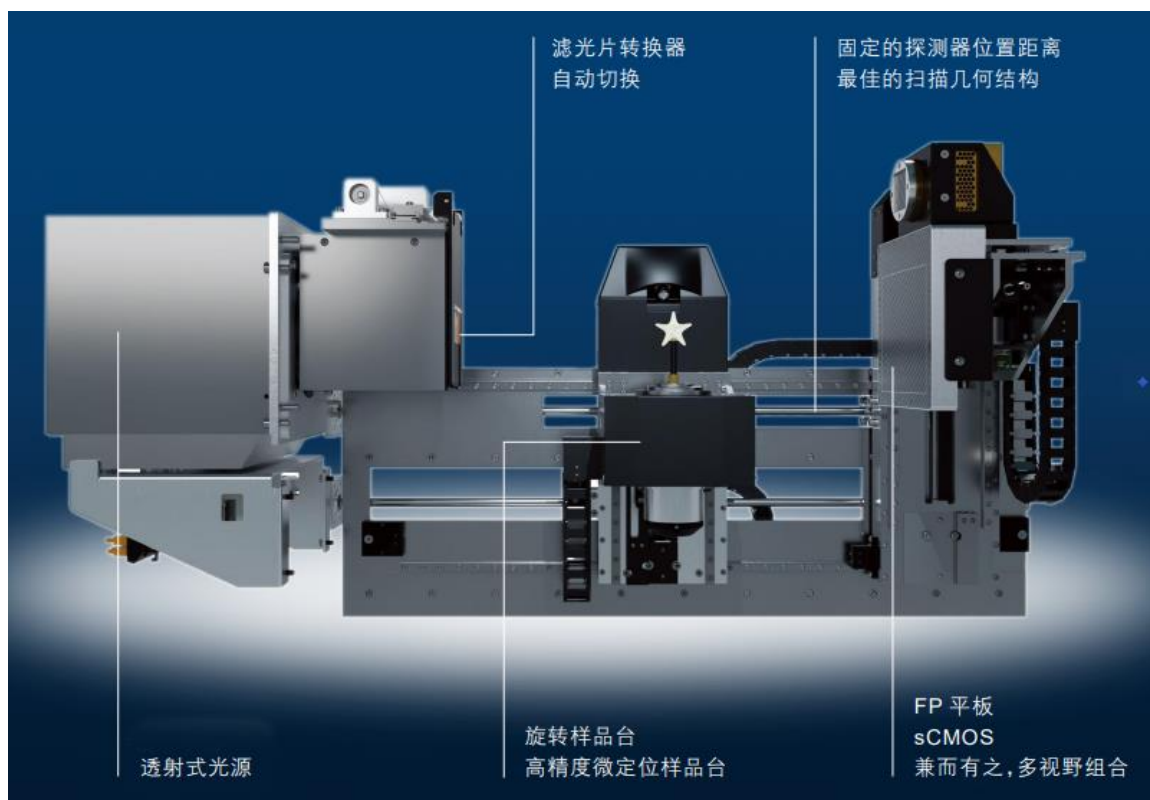


图 7-1 工业 CT 外观示意图



(1) 内部透视图



(2) 内部结构图

图 7-2 工业 CT 内部示意图

本项目工业 CT 的 X 射线管出束角度为 42° ，X 射线管不可移动，采用旋转样品台移动或者旋转，可实现对工件全方位检测。根据本项目工业 CT 的安装布局，X 射线管在东

端，平板探测器在西端。

样品台总共由 3 个运动轴组成，样品台沿 X 轴（左右）运动、沿 Y 轴（前后）运动、沿 Z 轴（上下）运动及旋转。

①样品台沿 X 轴运动：样品台沿 X 轴运动行程约 356mm，可以实时调整放大比，使图像效果达到最清晰；

②样品台沿 Y 轴运动：样品台沿 Y 轴运动行程约 16mm，方便用户检测工件宽度方向上检测；

③样品台沿 Z 轴运动及旋转：样品台沿 Z 轴运动行程约 109mm，同时样品台绕 Z 轴可实现 360° 旋转，当检测工件需要调整透照角度时，样品台带动检测工件旋转，实现 360 度成像。

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 7-3 所示。

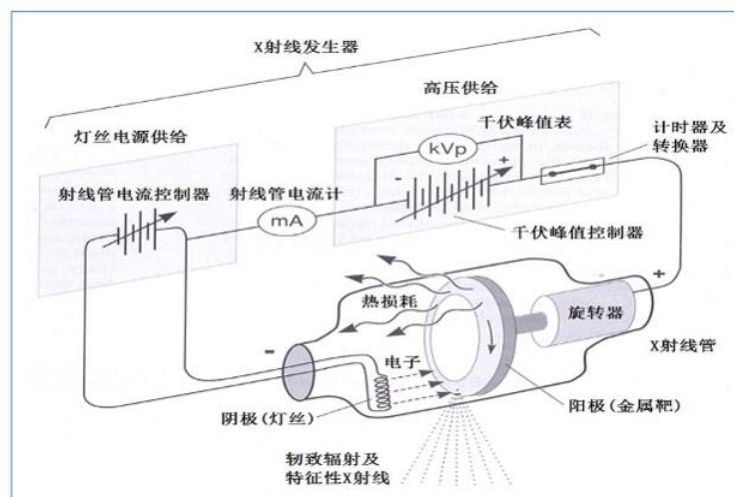


图 7-3 X 射线发生器结构示意图

3、工业 CT 原理

工业 CT 是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的技术。X 射线束穿过被检物时，根据各个透射方向上各体积元的衰减系数不同，探测器接收到的透射

强度也不同，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面-薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，通过测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

工业 CT 原理见图 7-4 所示。

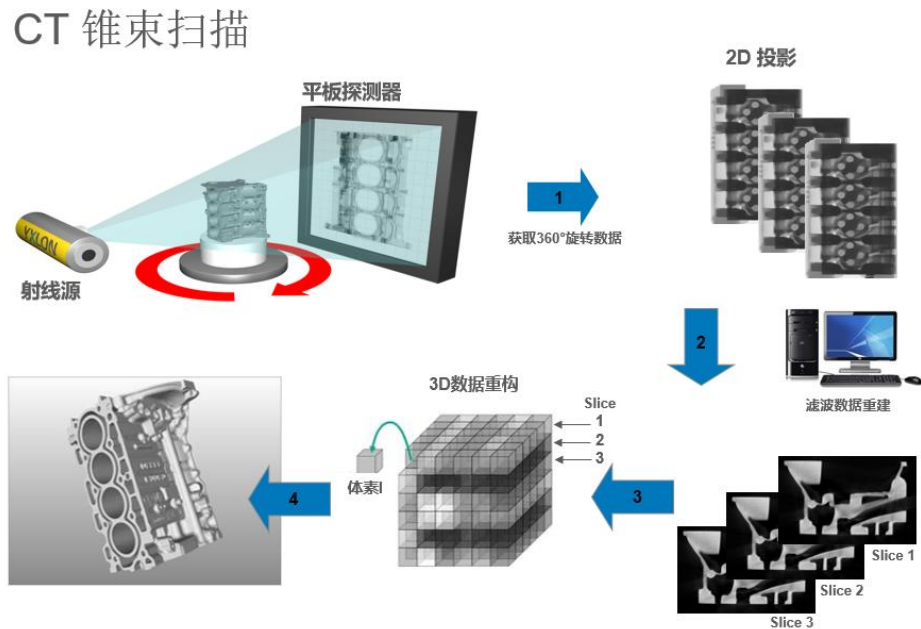


图 7-4 工业 CT 原理示意图

4、工业 CT 技术参数

本项目工业 CT 主要技术参数见表 7-1。

表 7-1 本项目工业 CT 主要技术参数

型号	数量	最大管电压	最大管电流	焦点尺寸	辐射角度	射束方向
X4 POSEIDON	1 套	100kV	0. 2mA	0. 03mm	42°	定向向西

本项目工业 CT 正面朝北安装，X 射线管照射方向为定向向西，射线管辐射角度为 42°，为保证射线全部被平板探测器接收，采用铅块束光器束光。

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，关闭光闸，做好准备工作；
2. 操作工件屏蔽门开关，打开工件屏蔽门，人工将待检测自动注射笔问题样品放置于样品台上；
3. 关闭工件屏蔽门，观察工作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，对放置在样品台上的自动注射笔问题样品进行检测。检测时，自动注射笔问题样品在样品台上可东西南北上下移动或进行

360 度旋转运动，以进行全方位检测。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，打开工件屏蔽门；
- 5. 人工操作移出自动注射笔问题样品、更换待检自动注射笔问题样品，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 7-5。

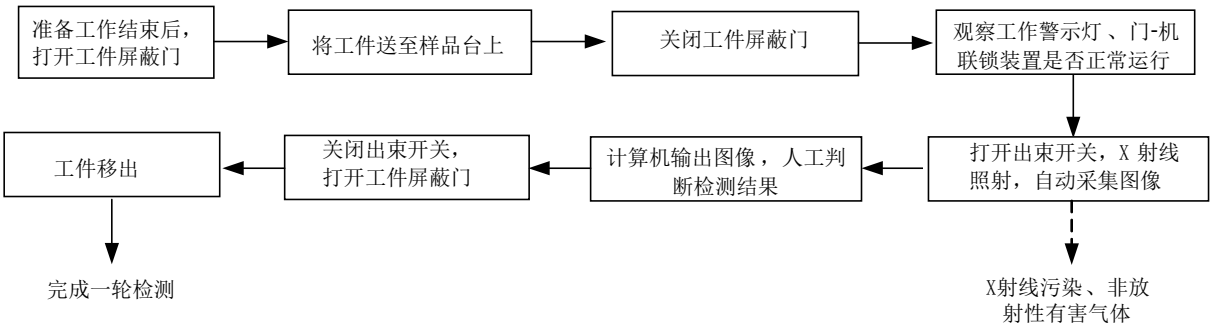


图 7-5 工业 CT 工作流程及产污环节示意图

7.2.3 工作负荷及人员配置

根据公司提供的资料，无损检测非自动注射笔成品的必检步骤，只是自动注射笔生产改良之后需要在实验室内开展系统性测试，测试过程中可能出现自动注射笔问题样品，需要使用工业 CT 对自动注射笔问题样品进行无损检测查找原因，每年最多检测自动注射笔问题样品 1000 支，每支产品曝光时间最长约 6min，则本项目工业 CT 年曝光时间最大约为 100h。另外，经核实，本项目工业 CT 只在出厂前和维修后训机，正常使用不需要训机，工业 CT 故障率较低，本次按全年训机时间最多不超过 5h，则本项目工业 CT 年累积曝光时间最大为 105h。

公司拟为本项目工业 CT 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

本项目施工期无需土建施工，建设内容较少，产生的主要污染是噪声和包装废弃物。因此，施工期主要环境影响评价因子为：噪声、包装废弃物。

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

工业 CT 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

工业 CT 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。

本项目使用工业 CT 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。

综上分析，本项目营运期环境影响评价的评价因子主要为 X 射线及非放射性废气。

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

本项目工业 CT 外观主要由屏蔽体及配套工作站（电脑+显示器）构成。工业 CT 屏蔽体拟置于 109 实验室内西南角距地 0.8m 高的工作桌上，正面（工件屏蔽门面）朝北安装，屏蔽体距离 109 实验室南墙及西墙各约 1.0m，工作站拟设置于工业 CT 屏蔽体东侧约 0.5m 处单独的工作桌上。工业 CT 主射束在屏蔽体内定向向西照射，根据 X 射线管移动区域和照射角度分析，工件屏蔽门及工作站均避开了有用线束照射方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.1 款要求。

本项目 109 实验室平面布置示意图见附图 5。

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，建设单位拟将工业 CT 屏蔽体的内部划分为控制区，工业 CT 屏蔽体所在 109 实验室其他区域划分为监督区，并在控制区边界工件屏蔽门处设置电离辐射警告标志，在适当位置设置控制区和监督区的文字和划线标识。

本项目控制区及监督区的划分情况见附图 5。

8.1.3 项目屏蔽设计和安全措施

本项目所在 3 号门办公楼为地上主体六层、局部七层建筑，109 实验室位于一层东侧，内部尺寸为南北 7.6m、东西 7.6m、高 4.0m，其南墙为砖墙+玻璃结构，西墙和东墙为轻质隔墙结构，北墙为玻璃结构，现有平开门位于东北侧。

根据建设单位提供资料，本项目工业 CT 屏蔽设计参数如下表所示。

表 8-1 工业 CT 屏蔽设计参数一览表

型号	X4 POSEIDON
射束方向	定向向西照射
屏蔽体尺寸	外部尺寸：南北 460mm、东西 1043mm、高 578mm； 内部尺寸：南北 430mm、东西 1028mm、高 558mm；容积约 0.247m ³
防护结构 (铅钢材质)	西屏蔽体为 3mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板结构（防护能力 6.9mmPb）；东、南、北、顶部、底部屏蔽体均为 3mm 钢板+4mm 铅板+2mm 钢板（防护能力 4.9mmPb）
工件屏蔽门	工业 CT 北侧设有工件屏蔽门，用于工件进出，工件屏蔽门为电动平移式，采

	用 11mm 铅玻璃结构（防护能力 11mmPb），工件屏蔽门尺寸为 469mm×443（宽×高），门洞尺寸为 303mm×333mm（宽×高），左、右与屏蔽体搭接量均为 83mm，上、下与屏蔽体搭接量均为 55mm，工件屏蔽门与屏蔽体之间缝隙均小于 5mm，搭接宽度与缝隙比例均在 10:1 之上，满足防护要求
维修屏蔽门	工业 CT 东侧设有维修屏蔽门（内部锁扣固定，日常使用中无法开启，仅在进行内部探测器等核心部件的校准或检修时，由专业工程师拆卸操作，否则影响设备的成像精度）用于设备检修，其防护能力与同侧墙体相同，采用 3mm 钢板+4mm 铅板+2mm 钢板（防护能力 4.9mmPb），维修屏蔽门尺寸为 350mm×370mm（宽×高），门洞尺寸为 320mm×330mm（宽×高），左、右与屏蔽体搭接量均为 15mm，左、右、上、下与屏蔽体搭接量均为 20mm，维修屏蔽门与屏蔽体之间缝隙均小于 1mm，搭接宽度与缝隙比例均在 10:1 之上，满足防护要求
工作站 （电脑+显示器）	工作站位于东屏蔽体外约 0.5m，避开主射束照射方向
通风孔	工业 CT 西屏蔽体下方中部设有点状通风孔，通风孔内部设有防护罩，防护罩屏蔽不低于同侧屏蔽体防护，排风扇集成在设备屏蔽体内部，设计通风量为 90m ³ /h。工业 CT 装置采取工件屏蔽门自然进风，通过设备内部通风孔处设置的排风扇进行排风，废气排至 109 实验室内，109 实验室南窗上端拟安装管道式排风扇，废气经 109 实验室独立的排风系统排至外环境中
管线口	工业 CT 西屏蔽体下方设有电源及数据通讯接口，管线口均集成在设备外壳内部，采用不低于同侧屏蔽体防护
门机联锁装置	工件屏蔽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，X 射线机与工件屏蔽门联锁；
工作状态指示灯	工业 CT 顶部设置有工作状态指示灯，并与 X 射线机联锁
电离辐射警告标志	工业 CT 北屏蔽体外张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明
紧急停机按钮	工业 CT 北屏蔽体西侧下端设置有一处紧急停机按钮
监控装置	工业 CT 内部设有视频监控摄像头，在工作站处可查看工业 CT 内设备的运行情况；工作站位于屏蔽体东侧，可随时查看工件屏蔽门周围环境情况

需要说明的是，本项目工业 CT 自带屏蔽体，尺寸较小，不同于土建探伤室，部分安全防护措施参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求，结合屏蔽体自身结构及应用实际情况，对于 GBZ 117-2022 中要求的探伤室内部工作状态的指示灯和声音提示装置、内部紧急停机按钮、固定式场所辐射探测报警装置、内部开门装置等均不再予以要求。

本项目工业 CT 维修屏蔽门为内部锁扣固定，实际在设备的日常使用中，辐射工作人

员无法打开维修屏蔽门，仅在进行内部探测器等核心部件的校准或检修时，由专业工程师拆卸操作，不属于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.5 款要求设置门机联锁装置的范畴。因此，本项目工业 CT 维修屏蔽门可无需设置门机联锁装置。

由上表可知，本项目工业 CT 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

除工业 CT 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（每人一支，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，其中辐射操作人员参加“X 射线探伤”类别考核、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、定期检查工业 CT 工件屏蔽门的门机联锁装置、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、定期测量工业CT屏蔽体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。

7、在每一次照射前，辐射工作人员须确认关闭工件屏蔽门。只有在工件屏蔽门关闭、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

本项目为工业 CT 应用，在开机过程中不产生放射性固体废物、废水、废气。

工业 CT 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)。本项目工业 CT 最大管电压为 100kV，射线能量水平偏低，设备内部容积较小（约 $0.247m^3$ ），年曝光时间较短（最大为 105h），其运行过程产生少量的臭氧和氮氧化物。工业 CT 西屏蔽体下方中部设有点状通风孔，内置有排风扇，通风量为 $90m^3/h$ ，通风次数大于 300 次/h。109 实验室南墙上端拟设置安装管道式排风扇，废气通过通风孔排至 109 实验室内，然后经 109 实验室排风扇排至南窗外环境中，109 实验室南窗外为绿化和道路，非人员活动密集区，基本满足《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，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

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为施工过程中产生的突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声，不使用高噪声设备且施工期较短，此外本项目施工过程均在 109 实验室小范围内进行，经隔声和距离衰减后，对周边环境的影响较小。

2、固体废物影响分析

施工期产生的包装废弃物，经收集后进行分类。回收可再生利用的，外卖至废品回收站；不可利用的固体废物送至厂内固体废物收集点，一并进行外运处理。经采取以上措施，固体废物对周围环境影响较小。

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

本项目 X4 POSEIDON 型工业 CT 暂未购置，因此本次评价采用理论计算的方法评估工业 CT 运行时对周围辐射水平的影响。

9.2.1 辐射剂量率理论计算

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），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 0.2mA；

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。由《辐射防护手册》第一分册《辐射源与屏蔽》（李德平主编，原子能出版社，1990）可知，理论上输出量与管电压的二次方成正比。查 GBZ/T250-2014 附表 B.1，本项目 X 射线机最大管电压为 100kV，采用输出量与管电压的平方关系外推，按滤过条件 2mm 铝，则计算 100kV 管电压对应的输出量为 10.9mSv·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, 根据 ICRP 第 33 号出版物 P78, 100kV X 射线铅什值层厚度为 0.84mm。

(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, 100kV 的取 $1000 \mu\text{Sv/h}$ 。

(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:

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

式中:

I: 同式 9-1;

H_0 : 同式 9-1;

B: 屏蔽透射因子; 根据康普顿散射物理规律, 100kV X 射线 90° 散射辐射对应的等效最高能量为 83.6kV, 保守按 100kV X 射线铅什值层厚度 0.84mm;

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, 本项目工业 CT 的 X 射线管为定向管, 定向向西照射, X 射线管不可移动, X 射线管安装在东端, 平板探测器安装在西端。样品台可沿 X 轴 (左右) 运动行程约 356mm、沿 Y 轴 (前后) 运动行程约 16mm、沿 Z 轴 (上下) 运动行程约

109mm。

本项目 X 射线管出束点距西屏蔽体外侧的距离为 693mm，距东屏蔽体（含检修屏蔽门）外侧的距离为 350mm，距南屏蔽体外侧的距离为 290mm，距北屏蔽体（含工件屏蔽门）外侧距离均为 170mm，距顶部屏蔽体外侧的距离为 248mm，距底部屏蔽体外侧距离为 330mm。

X 射线管定向向西照射，辐射角度最大为 42° ，有用束半张角为 21° ， $\tan 21^\circ \times 693\text{mm}$ （出束点距西屏蔽体外侧的距离） $\approx 266\text{mm}$ ，大于出束点距北屏蔽体（含工件屏蔽门）及顶部屏蔽体外侧的最近距离，小于出束点距南屏蔽体及底部屏蔽体外侧的最近距离，因此，本项目工业 CT 西屏蔽体会受到有用射束的照射，北屏蔽体（含工件屏蔽门）及顶部屏蔽体的西侧局部会受到有用射束的照射，北屏蔽体（含工件屏蔽门）及顶部屏蔽体的东侧受漏射线和散射线的影响，东屏蔽体（含检修防护门）、南屏蔽体及底部屏蔽体仅受漏射线和散射线的影响。

综上所述，本项目重点关注：西屏蔽体、北屏蔽体（含工件屏蔽门）及顶部屏蔽体对有用线束照射的屏蔽能力；东屏蔽体（含检修防护门）、南屏蔽体及底部屏蔽体对泄露辐射和散射辐射的屏蔽能力。

具体计算参考点示意图见图 9-1。

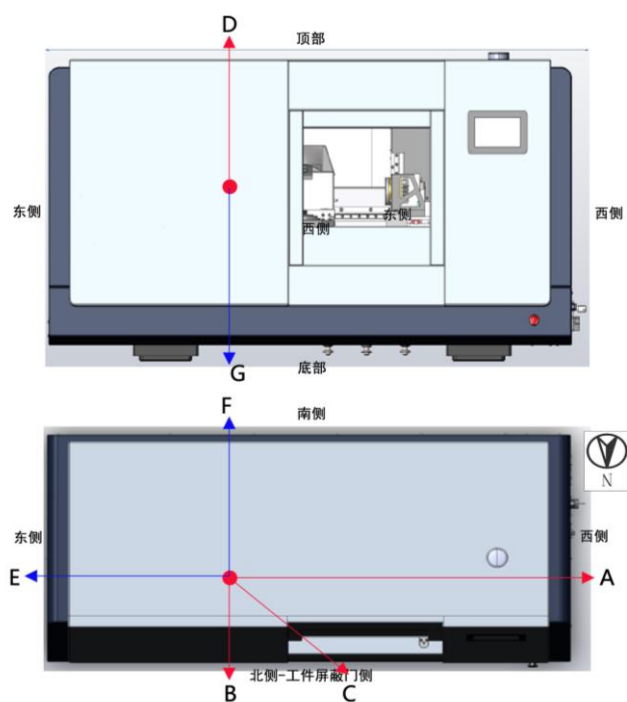


图 9-1 计算参考点示意图

根据（式 9-1）～（式 9-4）计算得屏蔽体外参考点及 109 实验室周围环境剂量率如下表所示。

表 9-1 屏蔽体外参考点及 109 实验室周围环境剂量率

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 μ Sv/h	
A 西屏蔽体外 30cm 处	主射	西屏蔽体	6.9mmPb	0.693+0.3 =0.993	$10^{-6.9/0.84}$	8.10×10^{-4}	
B 北屏蔽体外 30cm 处（西端）	主射	北屏蔽体	4.9mmPb	0.17+0.3 =0.47	$10^{-4.9/0.84}$	0.87	
C 工件屏蔽门外 30cm 处（西端）	主射	工件屏蔽门	11mmPb	0.17+0.3 =0.47	$10^{-11/0.84}$	4.76×10^{-8}	
D 顶部屏蔽体外 30cm 处（西端）	主射	顶部屏蔽体	4.9mmPb	0.248+0.3 =0.548	$10^{-4.9/0.84}$	0.64	
E 东屏蔽体（含 检修屏蔽门）外 30cm 处	漏射	东屏蔽体	4.9mmPb	0.35+0.3 =0.65	$10^{-4.9/0.84}$	3.47×10^{-3}	0.01
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	1.00×10^{-2}	
F 南屏蔽体外 30cm 处	漏射	南屏蔽体	4.9mmPb	0.29+0.3 =0.69	$10^{-4.9/0.84}$	3.08×10^{-3}	0.01
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	8.88×10^{-3}	
G 底部屏蔽体外 30cm 处	漏射	底部屏蔽体	4.9mmPb	0.33+0.3 =0.63	$10^{-4.9/0.84}$	3.70×10^{-3}	0.01
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	1.07×10^{-2}	
H 影像检测仪工 作区域	漏射	北屏蔽体 /工件屏蔽门	4.9mmPb	0.17+4 =4.17	$10^{-4.9/0.84}$	8.44×10^{-5}	3.27×10^{-4}
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	2.43×10^{-4}	
109 实验室东墙 外	漏射	东屏蔽体	4.9mmPb	0.35+5.5 +0.3=5.85	$10^{-4.9/0.84}$	4.29×10^{-5}	1.67×10^{-4}
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	1.24×10^{-4}	
109 实验室南墙 外	漏射	南屏蔽体	4.9mmPb	0.29+1 +0.3=1.59	$10^{-4.9/0.84}$	5.81×10^{-4}	2.25×10^{-3}
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	1.67×10^{-3}	
109 实验室西墙 外	主射	西屏蔽体	6.9mmPb	0.693+1 +0.3=1.993	$10^{-6.9/0.84}$	2.01×10^{-4}	
109 实验室北墙 外	漏射	北屏蔽体	4.9mmPb	0.17+6.1 +0.3=6.57	$10^{-4.9/0.84}$	3.40×10^{-5}	1.32×10^{-4}
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	9.80×10^{-5}	
109 实验室室顶 上方	漏射	顶部屏蔽体	4.9mmPb	0.248+2.6 +0.3=3.148	$10^{-4.9/0.84}$	1.48×10^{-4}	5.75×10^{-4}
	散射				$10^{-4.9/0.84}$	4.27×10^{-4}	

注：1、根据 ICRP 第 33 号出版物 P81，对于 100kV X 射线能量下，5mm 钢等效 0.9mm 铅，各面防护保守考虑 0.9mm 铅板防护能力；

2、工业 CT 顶部和北屏蔽体的偏西侧局部区域被主射束照射，不考虑射线斜射的有效屏蔽厚度，距离保守取靶点距离相应屏蔽体的垂直距离，不另外估算实际屏蔽距离；

3、不考虑 109 实验室四周墙体及楼板的防护和厚度；

4、109 实验室内部尺寸为南北 7.6m、东西 7.6m、高 4.0m，工业 CT 屏蔽体外部尺寸为南北 460mm、东西 1043mm、高 578mm，工作桌距地 0.8m。为方便计算，屏蔽体距离 109 实验室东、南、西、北墙及室顶的距离分别保守取 5.5m、1.0m、1.0m、6.1m、2.6m。工业 CT 屏蔽体距离影像检测仪工作区域保守按 4m 考虑。

根据表 9-1 计算结果，本项目工业 CT 四周屏蔽体（含维修屏蔽门）、工件屏蔽门、顶部和底部屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.87 \mu\text{Sv/h}$ ，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。109 实验室四周墙体和室顶外 30cm 处辐射剂量率最大为 $2.25 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，工业 CT 对 109 实验室外周围环境影响较小。

通风孔、管线口处辐射剂量：本项目工业 CT 设置机械排风装置，通风孔内部设有防护罩，防护罩屏蔽不低于同侧屏蔽体防护。工业 CT 西屏蔽体下方设有电源及数据通讯接口，管线口均集成在设备外壳内部，采用不低于同侧屏蔽体防护。通风孔、管线口处主要受漏射线和散射线的影响，根据表 9-1 中各考察点处的辐射剂量率，可知通风孔、管线口处的辐射剂量率满足《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。因此，工业 CT 屏蔽体通风孔、管线口处辐射剂量率能满足辐射防护的要求。

综上所述，本项目工业 CT 运行时，四周屏蔽体、工件屏蔽门、顶部和底部屏蔽体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

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

式中：

H： 年有效剂量，Sv/a；

D_r ： 辐射剂量率，Sv/h；

T： 居留因子；

t： 年受照时间，h/a。

2、照射时间确定

根据建设单位提供的资料，每年最多检测自动注射笔问题样品 1000 支，每件产品曝光时间最长约 6min，则本项目工业 CT 年曝光时间最大约为 100h。另外，全年训机时间最多不超过 5h，则本项目工业 CT 年累积曝光时间最大为 105h。

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	本项目居留因子
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区	1: 工作站（电脑+显示器）、影像检测仪工作区域、111实验室、107司机室、20A质量部
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间	1/4: 走廊
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道	1/20: 厂区绿化、道路和停车区

4、职业人员的年有效剂量

公司拟配置 2 名专职辐射工作人员，分工操作。工业 CT 工作状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在工作站（电脑+显示器）处，工作站（电脑+显示器）位于工业 CT 屏蔽体东侧约 0.5m 处，根据表 9-1 理论计算结果，辐射工作人员活动区域辐射剂量率保守取北屏蔽体外 30cm 处（西端）的 $0.87 \mu\text{Sv/h}$ ，居留因子取 1，按两人轮岗考虑，由式（9-5）估算出该区域活动的辐射工作人员的年有效剂量为：

$$H=0.87 \times 105 \times 1 \div 1000 \div 2 \approx 0.05 \text{mSv/a}$$

由以上估算结果可知，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 5mSv/a 的管理剂量约束值。

5、公众成员的年有效剂量

工业 CT 工作状态下，本项目涉及的公众成员主要为 109 实验室内及周围活动的工作人员。根据各区域辐射剂量率估算数据，由公式 9-5 估算公众成员年有效剂量见表 9-3。

表 9-3 公众成员年有效剂量

公众成员区域	辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	居留因子	时间 h/a	年有效剂量 mSv/a
109 实验室内影像检测仪工作区域	3.27×10^{-4}	1（全居留）	105	3.43×10^{-5}
109 实验室东墙外 107 司机室	1.67×10^{-4}	1（全居留）	105	1.75×10^{-5}
109 实验室西墙外 111 实验室	2.01×10^{-4}	1（全居留）	105	2.11×10^{-5}
109 实验室南墙外厂区绿化、道路和停车区	2.25×10^{-3}	1/20（偶然居留）	105	1.18×10^{-6}
109 实验室北墙外走廊	1.32×10^{-4}	1/4（部分居留）	105	3.47×10^{-6}
109 实验室室顶外 20A 质量部	5.75×10^{-4}	1（全居留）	105	6.04×10^{-5}

由以上估算结果可以看出，本项目工业 CT 周围公众成员的年有效剂量最大为 $6.04 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，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。

9.2.3 运行分析与评价

由上述运行期间的分析可以看出，山东威高普瑞医药包装有限公司按照现有设计条件安装使用工业 CT 时，正常运行期间：

根据理论计算结果，本项目工业 CT 四周屏蔽体、工件屏蔽门、顶部和底部屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.87 \mu\text{Sv/h}$ ，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。

在工业 CT 曝光时间不超过 105h/a 的条件下，职业人员年有效剂量最大为 0.05mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》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。公众成员年有效剂量最大为 $6.04 \times 10^{-5}\text{mSv/a}$ ，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，在现有设计条件下，山东威高普瑞医药包装有限公司工业 CT 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。

9.2.4 三废对环境的影响

工业 CT 运行时产生的 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 射线机管电压最大为 100kV，射线能量水平偏低，产生的臭氧和氮氧化物均较少。工业 CT 内置有排风扇，通风次数不小于 300 次/h；109 实验室南墙上端拟设置安装管道式排风扇，废气通过通风孔排至 109 实验室内，然后经 109 实验室排风扇排至外环境中，109 实验室南窗外为绿化和道路，非人员活动密集区，基本满足《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，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

9.3 X 射线探伤装置的退役

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中第 6.3 款，当 X 射线探伤装置不再使用，公司应实施退役程序。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) 检测工作过程中，门机联锁装置、工作状态指示灯等装置失效使职业人员误打开工件屏蔽门，使职业人员或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) 职业人员违规操作，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) 本项目工业 CT 工件屏蔽门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) 职业人员进行专业培训，加强管理，禁止未通过培训考核的职业人员操作射线装置；

(3) 加强对工业 CT 使用现场的管理，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，山东威高普瑞医药包装有限公司拟按照国家有关射线装置管理的法律法规，签订辐射工作安全责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，成立辐射安全管理机构，并指定专人负责公司辐射安全与环境保护管理工作。公司拟安排 1 名辐射安全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“辐射安全管理”类别培训考核，考核合格后上岗。

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。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，专职从事本项目无损检测作业，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；公司拟安排该 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“X 射线探伤”类别培训考核，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制度：《射线装置安全操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护制度》《辐射工作人员培训管理制度》《辐射监测方案》《台账登记制度》及《自行检查和年度评估制度》等，以确保职业人员和公众的安全。规章制度从对操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、辐射设备的使用等方面分别做出明确的要求和规定，以保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，保护环境。

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，对环境辐射事故处理进行指导，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《辐射监测方案》，拟购置一台便携式 X- γ 剂量率仪，定期或不定

期地对工作场所和周围环境进行监测。如发现异常情况或怀疑有异常情况，将及时对工作场所和周围环境进行监测。《辐射监测方案》如下：

1、辐射环境监测方案

（1）检测因子

环境 X- 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。

使用时检测：每次射线装置使用结束后，检测工作场所入口，以确保射线装置已停止工作。

（3）检测范围

工业 CT 为中心，各屏蔽体外 30cm 及周围部分关注点。

（4）检测仪器

选用合适的检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

（5）检测条件

①应在额定工作条件下、出束点置于与测试点可能的最近位置；②主射束方向的检测在没有检测工件时进行，非主射束方向的检测在有检测工件时进行。

（6）辐射水平巡测

用便携式 X- γ 剂量率仪巡测工作场所外 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。

（7）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工件屏蔽门外 30cm，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；
- ③工业 CT 各屏蔽体外 30cm，每个屏蔽体至少测 1 个点；
- ④工业 CT 顶部、底部外 30cm 处，各至少测 1 个点；
- ⑤人员经常活动的位置，主要为工作站的位置；
- ⑥管线口位置；
- ⑦每次检测结束后，检测工业 CT 的工件屏蔽门外，以确保 X 射线机已经停止工作。

（8）剂量率控制水平

以 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 作为工业 CT 屏蔽体外剂量率控制水平，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）辐射工作人员受照剂量超过年管理剂量约束值时，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。该预案主要应包括以下内容：

1、总则

主要包括编制目的、编制依据、适用范围及应急原则。

2、组织机构与职责

（1）成立应急机构：

成立辐射事故应急领导小组，组织开展辐射事件的应急处理工作，给出领导小组成员联系方式及各行政主管部门应急联系电话。

（2）明确应急机构职责：

- a. 定期组织对无损检测现场、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生健康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。

3、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。

4、应急响应

（1）迅速报告

发生辐射事故时，当事人立即对设备进行断电，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，辐射事故应急领导小组必须立即将事故发生时间、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、卫生健康以及公安部门。

（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、铅衣铅帽及警戒绳等应急物资设备。

5、应急能力维持

（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。

表 11 结论与建议

11.1 结论

11.1.1 项目概况

山东威高普瑞医药包装有限公司位于山东省威海市火炬高技术产业开发区威高路 10 号，为提高和保证产品质量，公司拟于 3 号门办公楼 1 层 109 实验室内安装 1 套 X4 POSEIDON 型高分辨三维 X 射线显微成像系统（工业 CT），对公司生产的自动注射笔问题样品进行无损检测。本项目 X4 POSEIDON 型高分辨三维 X 射线显微成像系统属于工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，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。

本项目工业 CT 用于对公司生产的自动注射笔问题样品进行无损检测，经查《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目属于“第一类 鼓励类”，符合产业政策要求。本项目工业 CT 的应用具有良好的社会效益和经济效益，同时根据分析，项目采取辐射防护措施，能保证屏蔽体外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，工业 CT 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。

11.1.2 选址合理性

山东威高普瑞医药包装有限公司租赁山东威高集团医用高分子制品股份有限公司 3 号门办公楼 1~4 楼部分房间和 2 座车间开展生产和办公，本项目工业 CT 拟安装于 3 号门办公楼 1 层 109 实验室内西南侧，为在公司现有建筑内组织实施。根据山东威高集团医用高分子制品股份有限公司提供的不动产权证书“鲁（2025）威海市不动产权第 0025622 号”，项目所在位置土地用途为工业用地/办公楼，符合当地规划要求。本项目 109 实验室空间较大，西南侧规划为本项目工业 CT 区域，北侧为现有影像检测仪工作区域（设备移动后需要重新校准），工业 CT 和影像检测仪均为同一部门负责，109 实验室入口门带锁，非本部门人员无法随意进入。本次选址利用 109 实验室边角区域布置工业 CT，影像检测仪工作人员进出无需经过工业 CT，工作 CT 运行过程中对周围环境辐射影响很小，因此，工业 CT 对现有的影像检测仪工作区域影响很小。经现场勘查，本项目工业 CT 装置周围 50m 范围内不存在居民区、学校、医院等人员聚集区，因此从用地性质、空间利用、建设单位实际可用场所及周围环境综合分析，项目选址基本合理。

11.1.3 现状检测

现状检测结果表明，本项目工业 CT 拟安装位置及周围环境室内环境 γ 辐射剂量率为 $(7.0\sim 8.4)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外环境 γ 辐射剂量率为 $(7.7\sim 8.5)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ，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

本项目工业 CT 自带的屏蔽体外部尺寸：南北 460mm、东西 1043mm、高 578mm。西屏蔽体为 3mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板结构（防护能力 6.9mmPb）；东、南、北、顶部、底部屏蔽体均为 3mm 钢板+4mm 铅板+2mm 钢板（防护能力 4.9mmPb）；维修屏蔽门防护与同侧墙体相同；工件屏蔽门采用 11mm 铅玻璃结构（防护能力 11mmPb）。工件屏蔽门设置门机联锁装置；工业 CT 顶部设置工作状态指示灯，并与 X 射线机联锁；工业 CT 北屏蔽体外张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明；工业 CT 北屏蔽体西侧下端设置有紧急停机按钮；工业 CT 内部设有视频监控摄像头，在工作站处可查看工业 CT 内设备的运行情况；工作站位于屏蔽体东侧，可随时查看工件屏蔽门周围环境情况；以上设计基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中放射防护相关要求。

本项目臭氧和氮氧化物产生量均较小，工业 CT 内置有排风扇，工业 CT 西屏蔽体下方中部设有点状通风孔，内置有排风扇，109 实验室南墙上端拟设置安装管道式排风扇，废气通过通风孔排至 109 实验室内，然后经 109 实验室排风扇排至南窗外环境中，109 实验室南窗外为绿化和道路，非人员活动密集区。本项目所产生的臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

11.1.5 环境影响评价分析结论

本项目工业 CT 正常运行时，根据理论计算结果，工业 CT 四周屏蔽体、工件屏蔽门、顶部和底部屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.87\mu\text{Sv/h}$ ，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。

在工业 CT 曝光时间不超过 105h/a 的条件下，职业人员年有效剂量最大为 0.05mSv/a ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》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。公众成员年有效剂量最大为 $6.04\times 10^{-5}\text{mSv/a}$ ，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

公司拟设立辐射安全管理机构，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，可以确保职业人员、公众成员的安全，并有效应对可能的突发事故。

公司拟为本项目配备 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，其中辐射操作人员参加“X 射线探伤”类别考核、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。

建设单位拟为本项目 2 名辐射工作人员配置个人剂量计 2 支（每人一支，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，并定期委托有资质单位对个人剂量及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、按照国家有关规定，及时重新申领辐射安全许可证并自行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