

核技术利用建设项目

天津爱思达新材料科技有限公司

新建使用II类射线装置（工业CT）项目

环境影响报告表

（报批版）

天津爱思达新材料科技有限公司

2026年2月



核技术利用建设项目

天津爱思达新材料科技有限公司

新建使用II类射线装置（工业CT）项目

环境影响报告表

建设单位名称：天津爱思达新材料科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道10号

[Redacted]

[Redacted]

打印编号：1764745918000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	y808ox		
建设项目名称	天津爱思达新材料科技有限公司新建使用II类射线装置（工业CT）项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	天津爱思达新材料科技有限公司		
统一社会信用代码	91120110300659413H		
法定代表人（签章）	[Redacted]		
主要负责人（签字）	[Redacted]		
直接负责的主管人员（签字）	[Redacted]		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	山东海美依项目咨询有限公司		
统一社会信用代码	91370102776341365D		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
马晓龙	[Redacted]		
2 主要编制人员			
姓名	[Redacted]		
贾玲玉	[Redacted]		



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。



姓名：
证件号码：
性别：
出生年月：
批准日期：
管理号：



中华人民共和国
人力资源和社会保障部



中华人民共和国
生态环境部

验真码: INRS39ca148b827533bp

附: 参保单位全部(或部分)职工参保明细(2025年07 至 2026年01)

当前参保单位: 山东海美依项目咨询有限公司

序号	姓名	身份证号码	参保险种	参保起止日期(如有中断分段显示)	备注
1			企业养老	202507-202601	
2			失业保险	202507-202601	
3			工伤保险	202507-202601	
4			企业养老	202507-202601	
5			失业保险	202507-202601	
6			工伤保险	202507-202601	

打印流水号: 37019201260212Z5373056

系统自助: 8010708

备注: 1、本证明涉及单位及个人信息, 有单位经办人保管, 因保管不当或因向第三方泄露引发的一切后果由单位经办人承担。
2、上述信息为打印时的当前参保登记情况, 供参考。



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	25
表 10 辐射安全与防护.....	29
表 11 环境影响分析.....	40
表 12 辐射安全管理.....	53
表 13 结论与建议.....	63
表 14 审批.....	67
附图 1 公司所在地理位置图.....	68
附图 2 本项目周边关系影像图.....	69
附图 3 本项目评价范围示意图.....	70
附图 4 项目所在厂区平面布置示意图.....	71
附图 5 工业 CT 所在车间一平面布置图.....	72
附图 6 工业 CT 楼上对应位置示意图.....	73
附件 1 委托书.....	74
附件 2 公司营业执照.....	75
附件 3 项目所在厂区不动产权证及租赁协议.....	76
附件 4 项目所在厂区主体环评批复.....	82
附件 5 设备参数说明.....	86
附件 6 本项目环境监测报告.....	87
附件 7 技术评估会会议纪要及项目修改索引.....	89

表 1 项目基本情况

建设项目名称		天津爱思达新材料科技有限公司新建使用II类射线装置（工业 CT）项目		
建设单位		天津爱思达新材料科技有限公司		
法人代表		[REDACTED]		
注册地址		天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号		
项目建设地点		天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号，天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内车间 1 一层西南角检测室内西北侧（东经 117°21'39.578"，北纬 39°10'22.516"）		
立项审批部门		——	批准文号	——
建设项目总投资（万元）		[REDACTED]		
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他	占地面积(m ²)	10 (工业 CT)
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类	
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类	
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物	
		<input type="checkbox"/> 销售	/	
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙	
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类	
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类	
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类	
其他	/			

项目概述

1. 建设单位情况

天津爱思达新材料科技有限公司成立于 2014 年，落户天津市东丽区华明高新技术产业区，注册资本 1500 万元，总投资 3000 万元。天津爱思达新材料科技有限公司是天津爱思达航天科技股份有限公司的全资子公司，是一家新材料高端制造领域的高科技企业，致力于航空航天技术创新和推广应用，在航空航天、轨道交通、军工武器等轻质化结构研发设计、复合材料为代表的新材料研发及高端制造方面具有国内领先水平。

公司目前租赁了位于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号的天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内的车间 1、车间 2、生产楼（2 层-5 层）及办公楼（1 层-2 层），拟于车间 1 一层西南角现有的库房（以下称“检测室”）内安装 1 台工业 CT，对公司生产的复合材

料制品（锥形工件、耐热环、网格加筋结构件等）进行检测。

项目所在地理位置见附图 1。

2. 项目由来

天津爱思达新材料科技有限公司拟于租赁的天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内的车间 1 一层西南角检测室内安装 1 台 nanoVoxel 4300 型工业 CT（设备最大管电压 225kV，最大管电流 2.0mA），对单位研制的复合材料工件进行无损检测。本项目 nanoVoxel 4300 型工业 CT 检测系统是具有高分辨率的无损伤三维全息显微成像设备，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，可提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行数字化三维表征及对构成样品的物质属性进行分析，实现单位研制的复合材料工件的精细化检测。

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》，本项目所涉及的工业 CT 属于 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 年版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

受天津爱思达新材料科技有限公司委托，山东海美依项目咨询有限公司（以下简称“海美依”）承担本核技术利用项目的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。海美依技术人员在现场踏勘、资料调研、现状检测、预测分析的基础上编制完成了《天津爱思达新材料科技有限公司新建使用 II 类射线装置（工业 CT）项目环境影响报告表》。

3. 建设规模

本项目建设地点位于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号，公司租赁的车间一内一层西南角检测室内西北侧。本次拟于检测室内安装一台 nanoVoxel 4300 型工业 CT（设备自带一套屏蔽铅房），用于对复合材料工件内部结构的无损分析检测。

nanoVoxel 4300 型工业 CT 外部尺寸为南北长 4165mm（含南侧电器柜），东西宽 2432mm（含东侧、西侧防护门运行机构区域），高 3220mm。工业 CT 占地面积约为 10m²。

本项目射线装置情况详见表 1-1。

表 1-1 本项目工业 CT 装置情况表

名称	类别	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	数量	使用地点	用途	出束方向
工业 CT	II 类	nanoVoxel 4300	225	2.0	1 台	车间一西南角检测室	无损检测	定向向右（面向工业 CT 观察

窗)

注：设备拟南北放置，前侧防护面在东侧，后侧防护面在西侧，右侧防护面在北侧，左侧防护面在南侧。

4.项目选址及周边环境情况

项目所在天津爱思达航天科技股份有限公司位于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道10号，厂区南邻弘泰道，东侧为空地，北邻弘轩道，西邻华兴路。厂区内有车间一（项目工业 CT 所在车间）、车间二、生产楼及办公楼。

项目所在车间一南侧为厂区内道路，东侧为厂区内道路，北侧为厂区内道路，西侧为厂区内绿化及道路。车间一为地上单层（局部二层）钢混结构建筑，高约15m，无地下层。

本项目工业 CT 拟安装于车间 1 一层西南角检测室内西北侧，与检测室南墙最近距离约为 7.74m，与检测室东墙最近距离约为 5.57m，与检测室北墙最近距离为 0.5m，与检测室西墙最近距离为 1.0m。工业 CT 拟安装位置南侧为检测室内部、厂区内道路、生产楼、厂区内停车场；东侧为检测室内部、车间一内部区域（车间内通道、洁净间、缠绕生产区）；北侧为检测室内部、车间一内部区域（楼梯间、更衣室、库房）；西侧为检测室内部、厂区内绿化及道路、厂区外道路；楼上为车间一内二层会议室。工业 CT 拟安装位置中心坐标为东经 117°21'39.578"，北纬 39°10'22.516"。

项目周边关系图见附图2，项目所在厂区平面布置图见附图4。

本项目工业 CT 屏蔽体外 50m 评价范围内南侧依次为检测室内部区域、厂区内道路、生产楼，东侧依次为检测室内部区域、车间内通道、生产区，北侧依次为检测室内部区域、楼梯间、更衣室、库房，西侧依次为检测室内部区域、厂区内绿化及道路、厂区外道路，楼上为二层会议室。经现场勘查，评价范围内不涉及学校、医院、居民区等环境保护目标，且经下文剂量估算，本项目对周围区域的剂量影响可满足相关标准限值要求。

综上，本项目选址合理可行。

5. 劳动定员及工作量

天津爱思达新材料科技有限公司拟为本项目工业 CT 配备 3 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，2 名为工业 CT 设备操作人员。工作制度采取单班制，每天工作 8h，每周工作 5 天，年工作 50 周。出束时间明细见下表。

表 1-2 工业 CT 出束时间明细表

设备类型	工业 CT
型号	nanoVoxel 4300

检测样品	复合材料工件
拟检测样品的尺寸范围	直径 200mm~1500mm，高度最大为 200mm~1500mm
单件平均曝光时间	20min
样品检测量	8 件/天；40 件/周；2000 件/年
日最大出束时间	2.67h
周累计最长出束时间	13.34h
年累计最长出束时间	666.67h

由表 1-2 可知，本项目工业 CT 全年最长出束时间为 666.67h。按照 2 名工业 CT 设备操作人员同时在岗，每名辐射工作人员周累计最长受照时间为 13.34h，年累计最长受照时间为 666.67h。

6. 产业政策符合性

经对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号），本项目不属于限制类和淘汰类。同时，本项目不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止事项。本项目符合相关产业政策要求。

7. 用地符合性分析

项目所在厂区主体工程已于 2022 年 7 月 1 日取得环评批复（批复文号为津丽审批环(2022)26 号）。本项目工业 CT 拟安装于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号，天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内车间 1 一层西南角检测室内西北侧，根据不动产权登记证（见附件 3），其土地用途为工业用地，工业 CT 用于复合材料工件的无损检测，项目建成后不改变用地性质，本项目选址符合用地规划要求。

8. 实践正当性分析

天津爱思达新材料科技有限公司利用工业 CT 对复合材料工件进行无损检测，可对样品的物质属性进行分析，实现公司生产的复合材料工件的精细化检测，具有显著的经济和社会效益。公司将严格按照相关标准对工业 CT 和项目所在检测室采取辐射安全防护措施，并建立辐射安全管理体系及各项规章制度，能够降低工业 CT 对辐射工作人员和周围公众的辐射影响，经后续理论分析，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准“剂量限值”的要求，符合《电离辐射防护与辐射源基本标准》（GB 18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。

虽然在项目营运过程中，设备的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但天津爱思达新材料科技有限公司在按照国家、市相关辐射防护要求下正确使用和管理本项目射线装置的情况下，根据下文预测分析，工作场所外辐射水平及人员受照剂量

能满足相应标准要求。因此，从代价利益分析看，本项目同样是正当可行的。

9.原有核技术利用项目情况

公司无其他核技术利用设备应用，本次属首次开展核技术利用建设项目。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) /活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) 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 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II 类	1 台	nanoVoxel 4300	225	2.0	无损检测	车间一内一层检测室 内西北角	新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作 场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	较少	较少	/	不暂存	通过设备顶部排风口外接排风管道排至车间一西墙外环境
以下空白								

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 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日第二次修正并施行）；</p> <p>(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六号，2003 年 6 月 28 日通过，自 2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第四 449 号，2005 年 9 月 14 日发布，2019 年 3 月 2 日第二次修订并施行）；</p> <p>(5) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（中华人民共和国国务院令第六 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(6) 原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》（2017 年 12 月 5 日）；</p> <p>(7) 原环保总局令第三 31 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日发布，2021 年 1 月 4 日第四次修订并施行）；</p> <p>(8) 原环保部令第十八 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日）；</p> <p>(9) 原国家环保总局环发[2006]145 号《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》（2006 年 9 月 26 日）；</p> <p>(10) 《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 16 号，2020 年 11 月 30 日发布，2021 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第九 9 号，2019 年 8 月 19 日通过，自 2019 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(12) 《天津市生态环境保护条例》（2019 年 1 月 18 日通过，自 2019 年 3 月 1 日起施行）。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(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）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p>

	<p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及 1 号修改单；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。</p>
其他	<p>(1) 天津爱思达新材料科技有限公司新建使用II类射线装置（工业 CT）项目环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 天津市生态环境局.《2024 年天津市生态环境状况公报》，2025；</p> <p>(3) 《中国核与辐射安全管理体系（第三层级）《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）》》；</p> <p>(4) 唐旭兴，梁维华，田金池.《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护，第 13 卷第 3 期，1993；</p> <p>(5) 天津爱思达新材料科技有限公司提供的相关技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>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”。</p> <p>结合本项目工程特征及射线装置周围的具体情况，本次确定评价范围为工业 CT 设备屏蔽体外 50m 范围内的区域。</p>						
保护目标						
<p>本项目涉及主要环境敏感点包括评价范围内工业 CT 操作位及公司车间一内的楼梯间、更衣室、库房、洁净间、缠绕生产区、会议室和生产楼等周边固定工位。项目保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员和公众成员。辐射工作人员为本项目工业 CT 的操作人员及辐射安全管理人员，公众人员为车间一内的楼梯间、更衣室、库房、洁净间、缠绕生产区、会议室和生产楼等周边固定工位的公众人员以及评价范围内其他偶然经过的公众成员。</p>						
表 7-1 本项目环境保护目标分布情况表						
序号	环境保护目标	相对方位、距离	人数	性质	备注	
1	工业 CT 操作人员及辐射安全管理人员	东侧，0.2m	3 人	辐射工作人员	/	
2	车间一	楼梯间	北侧，0.5m	/	公众	车间一为单层钢混结构建筑（局部二层），高 14.67m。
		更衣室	北侧，3.5m	/	公众	
		库房	北侧，17m	4 人	公众	
		车间内通道	东侧，约 5.6m	/	公众	
		洁净间	东侧，约 11m	5 人	公众	
		缠绕生产区	东北侧，约 20m	15 人	公众	
		会议室	楼上，约 1.5m	/	公众	
3	生产楼内公众	工业 CT 南侧约 23m	100 人	公众	五层钢混结构建筑，高约 27.5m 一层目前为天津爱思达航天科技股份有限公司用，2-5 层为天津爱	

					思达新材料科技有限公司用
4	途径公众	评价范围内	/	公众	/
注：表中方位以工业 CT 为参照点，距离为屏蔽边界距环境敏感点的最近直线距离。					

评价标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

（1）职业照射的剂量限值

B1.1 职业照射

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；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

（2）公众照射的剂量限值

B1.2 公众照射

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；

2. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

（1）探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线装置在额定工作条件下，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 7-2 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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。

(2) 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。

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：

- 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连锁。

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，并与探伤机连锁。“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。

(3) 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

6.2.2 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。

6.2.3 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。

6.2.4 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。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 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。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循移动式探伤的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

a) 有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照本标准第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

b) 掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。

c) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

d) 包含低活度 γ 射线源的管道爬行器，应按照相关要求执行。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应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。

8.2 探伤机检测

8.2.1 防护性能检测

8.2.1.1 检测方法。

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。

8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。

8.2.1.3 结果评价

X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。

8.3 探伤室放射防护检测

8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 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，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；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。

b) γ 射线探伤验收检测时，应在额定装源活度、没有探伤工件、探伤机置于与测试点可能的最近位置进行；常规检测时，按照实际工作状态进行检测。

8.3.2 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：

a) 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，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

b) 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:

c) 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;

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层(方)外 30cm 处, 至少包括主射束到达范围的 5 个检测点;

e) 人员经常活动的位置;

f) 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。

8.3.4 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。当 γ 射线探伤放射源的活度增加时, 或者 X 射线探伤机额定电压增大时, 应重新测量上述辐射水平, 并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员(包括维修人员), 应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

3. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均需考虑有用线束屏蔽, 不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的防护门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室, 可以仅设置人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外, 控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室内使用多台 X 射线探伤装置时, 按最高管电压和相应管电压下常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间, 常用的材料为混凝土、铅和钢板

等。

4.剂量约束值

对于职业照射，剂量约束是一种与源相关的个人剂量值，用于限制最优化过程所考虑的选择范围。对于公众照射，剂量约束是公众成员从一个受控源的计划运行中接受的年剂量的上界。剂量约束所指的照射是任何关键人群组在受控源的预期运行过程中、经所有照射途径所接受的年剂量之和。对每个源的剂量约束应保证关键人群组所受的来自所有受控源的剂量之和保持在剂量限值以内。

4.1 辐射工作人员剂量约束值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），本项目以 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 作为辐射工作人员的周剂量参考控制水平；根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），辐射工作人员所受职业照射的剂量限值为连续 5 年内平均年有效剂量不超过 20mSv ，遵循防护最优化原则，为使各类受照剂量不仅低于规定的限制，而且控制到可合理达到的尽量低的水平，结合项目实际情况，本项目以以年平均有效剂量限值的 $1/10$ ，即 $2\text{mSv}/\text{a}$ 作为本项目辐射工作人员的年剂量约束值。

4.2 公众剂量约束值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），本项目以 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 作为公众人员的周剂量参考控制水平；根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），关键组公众成员的年有效剂量限值为 1mSv ，根据辐射防护最优化原则并结合本项目特点，取值通常应在公众照射剂量限值 $10\%\sim 30\%$ （即 $0.1\text{mSv}/\text{a}\sim 0.3\text{mSv}/\text{a}$ ）的范围之内，取 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ 作为公众的年剂量约束值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

项目所在天津爱思达航天科技股份有限公司厂区位于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道10号，厂区西邻华兴路、天津平高智能电气有限公司，北邻弘轩道，南邻弘泰道、京东亚洲一号天津智能物流园1号，东侧为空地。厂区内有车间一（工业 CT 所在车间）、车间二、生产楼及办公楼。

本项目工业 CT 拟安装位置南侧为检测室内部区域、厂区内道路、生产楼、厂区内停车场；东侧为检测室内部区域、车间内通道、洁净间及缠绕生产区；北侧为检测室内部区域、楼梯间、更衣室及库房；西侧为检测室内部区域、厂区内绿化及道路、厂区外道路；楼上为车间一内二层会议室。工业 CT 拟安装位置中心坐标为东经 117°21'39.578"，北纬 39°10'22.516"。

本项目工业 CT 拟安装位置现场勘查情况见图 8-1，四周环境详见表 8-1。





图 8-1 工业 CT 拟安装位置及周围现场勘查照片

表 8-1 工业 CT 周围环境一览表 (0-50m)

名称	方向	场所名称
工业 CT	北侧	检测室内其他区域、楼梯间、更衣室、库房
	东侧	检测室内其他区域、车间内通道、洁净间、缠绕生产区
	南侧	检测室内其他区域、厂区内道路、生产楼
	西侧	检测室内其他区域、厂区内绿化及道路、厂区外道路
	楼上	车间一内二层会议室

2. 自然环境简况

东丽区位于天津市中部偏东，总面积 477.34 平方公里。东与塘沽区相邻，西与河东区、河北区接壤，南与津南区隔海河相望，北与北辰区和宁河县相邻。

(1) 地形地貌

东丽区位于天津市中心市区和滨海新区之间，全境东西长 30 公里，南北宽 25 公里。东

东丽区境内地势平坦，西高东低，间有洼地和堤状带，平均海拔 1.9 米。东丽区地理位置优越，地处天津滨海开发带、海河重化工带、京津塘高速公路高新技术开发带，毗邻天津经济技术开发区、保税区、高新技术产业园区，接受“三带”、“三区”的辐射。水陆空交通便捷，境内有京山、北环等铁路枢纽东西横穿全境；津塘公路、京津塘高速、津滨高速、津北公路与外环线、杨北公路等十余条公路构成经纬；拥有 39 条国际、国内航线的天津滨海国际机场坐落在区内，现代化的空港物流中心正在兴建之中；紧靠中国北方最大的国际贸易港口天津港，海河、金钟河在南北两端蜿蜒流过，形成了公路、铁路、水路、航空多功能的立体交通网络。

(2) 气候

东丽区属温暖带半湿润大陆性季风气候，年均气温 13.5℃，年均降水量 643.8 毫米，无霜期 237 天。属暖温带半湿润大陆性季风气候，干湿季分明，寒暑交替明显，冬季受西伯利亚气团影响，寒冷、干燥；春季少雨、多风、干燥、气温变化明显；夏季受太平洋副热带高压和西南暖湿气流影响，闷热、降水集中；秋季受高压控制，天气晴爽。

(3) 水文

东丽区地处海河下游，接近海口，河流南北相通，水源充足，成为盛产水稻、鱼、蟹的鱼米之乡，素有“小江南”之称。地瓜甜米香，久负盛名。东丽区境内河网密集、洼塘湿地遍布，区内有东丽湖等大型水面。流经东丽一级河道 4 条(海河、金钟河、新开河、永定新河)，二级河道 6 条，此外还有北塘排水河、外环河和排碱河。全区建有中小型水库 13 座，总占地面积 23918.3 亩，蓄水面积 20420 亩，设计总库容 3287 万立方米。

3. 社会环境简况

东丽区全区总面积 477.34 平方千米，其中 225 平方千米纳入滨海新区。辖张贵庄、丰年村、无瑕、万新、新立、金钟、华明、军粮城、金桥、东丽湖和华新等 11 个街道，107 个社区党群服务中心（社区居委会），1 个城市公司。常住人口 83.58 万人。2025 年上半年地区生产总值 357.4 亿元、增长 6%，一般公共预算收入 33.8 亿元、增长 6.7%，固定资产投资 134.3 亿元、增长 8.4%，均高于人代会任务目标，居民人均可支配收入增长 4.4%，居民人均消费支出增长 5.7%。

4. 辐射环境现状调查

根据《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，天津市原野 γ 辐射剂量率范围为 36.0nGy/h~99.7nGy/h，天津市室内 γ 辐射剂量率范围为 48.0~140.4nGy/h。根据《2024 年天津

市生态环境状况公报》，全市环境电离辐射水平处于本底涨落范围内， γ 辐射实时连续空气吸收剂量率年均值范围为(59.3~74.2)nGy/h，与天津市环境天然辐射剂量调查结果（36.0~99.7）nGy/h 处于同一水平。

为进一步了解本项目工业 CT 拟建区域及工业 CT 所在检测室周围辐射环境现状，本次委托天津星通浩海科技有限公司对本项目周围 γ 辐射空气吸收剂量率进行检测。检测方案如下所示：

（1）监测方案

1) 环境现状评价对象

本项目拟建位置周围及环保目标处辐射环境现状。

2) 检测因子

环境 γ 辐射剂量率。

3) 检测点位

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求，在本项目周围布设 9 个检测点位，检测布点示意图见图 8-2（a）、8-2（b）。

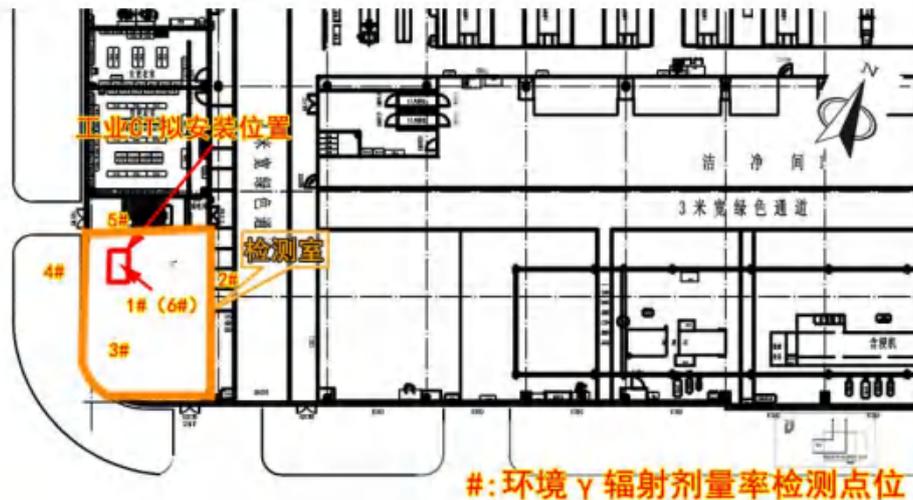


图 8-2（a） 检测点位示意图



图 8-2 (b) 检测点位示意图

(2) 质量保证措施

- 1) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。
- 2) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 3) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- 4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并对仪器进行校验。
- 5) 由 2 名专业检测人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- 6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，最后由技术负责人审定。

(3) 检测单位与时间

本次评价委托具备检测资质的天津星通浩海科技有限公司于 2025 年 11 月 21 日开展检测。

(4) 检测仪器

检测仪器：环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪、探头 BG9512P、BG7030；

设备出厂编号：IFC013A4；

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h；

能量范围：25keV~3MeV；

经中国计量科学研究院检定合格，检定有效期至 2026 年 10 月 16 日，检定证书编号 DLjl2025-13225。

(5) 检测方法

依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求和方法进行现场测量。将仪器接通电源预热 15min 以上，仪器探头离地 1m，设置好测量程序，仪器自动读取 10 个数据，计算均值。

(6) 检测结果

本项目拟建位置及周围环境 γ 辐射剂量率检测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟建位置及周围环境 γ 辐射剂量率

点位号	点位描述	检测结果 (nGy/h)
1#	工业 CT 拟安装位置 (检测室内)	58
2#	工业 CT 拟安装位置东侧 (检测室外东侧)	64
3#	工业 CT 拟安装位置南侧 (检测室内南侧)	71
4#	工业 CT 拟安装位置西侧 (检测室外西侧)	63
5#	工业 CT 拟安装位置北侧 (检测室外北侧)	54
6#	工业 CT 拟安装位置楼上 (检测室楼上)	71
7#	车间一南侧道路	48
8#	车间一西侧道路	49
9#	车间一南侧生产楼	54

注：表内检测数据均未扣除宇宙射线响应值。

(7) 环境现状调查结果评价

由表 8-2 检测数据可知，本项目工业 CT 拟安装位置、工业 CT 拟安装位置周围、楼上、生产楼等室内点位处环境 γ 辐射剂量率为 (54~71) nGy/h，与天津市室内 γ 辐射剂量率 (室内：48.0~140.4nGy/h) 处于同一水平；本项目所在车间一南侧、西侧道路处的环境 γ 辐射剂量率为 (48~49) nGy/h，与天津市原野 γ 辐射剂量率 (原野：36.0nGy/h~99.7nGy/h) 处于同一水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 设备组成

本项目 nanoVoxel 4300 型工业 CT 检测系统主要由 X 射线源、样品台、平板探测器、图像采集系统、图像分析与处理软件系统、三维图像重建和处理系统等组成。本项目拟用的 nanoVoxel 4300 型工业 CT 的射线源左右方向固定，可上下移动，移动距离最大为 1500mm，定向向右照射；样品台可上下、左右移动，且可在水平面上进行 360° 旋转；平板探测器可上下、左右移动。

nanoVoxel 4300 型工业 CT 检测装置自带 1 套屏蔽箱体，箱体左侧外接 1 个电器柜。屏蔽箱体前侧中间位置设置有防护门，用于待测产品的进出；屏蔽箱体左侧设计有 1 处检修防护门，用于射线源的检修维护；屏蔽箱体后侧设有一个检修防护门，用于设备的检修维护。屏蔽箱体顶部设置有 1 个排风口，排风口外安装有排风口铅防护罩；屏蔽箱体左侧防护面下方位置设置有管线口，用于设备电缆的进出。工业 CT 屏蔽体外观示意图见图 9-1，内部结构示意图见图 9-2。

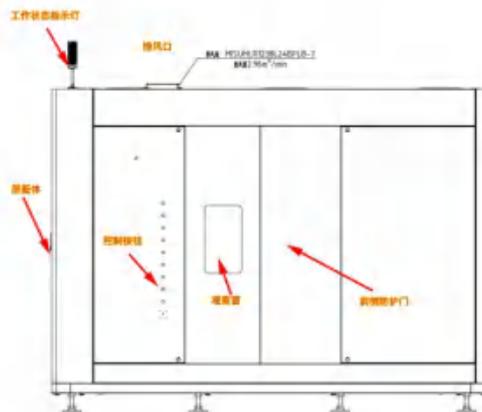


图 9-1 本项目工业 CT 外观示意图

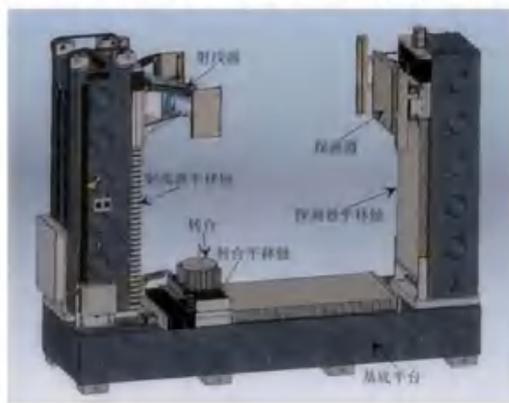


图 9-2 本项目工业 CT 内部结构示意图

本项目工业 CT 装置主要技术参数详见表 9-1。

表 9-1 工业 CT 主要技术参数表

项目	名称
设备型号	nanoVoxel 4300
最大管电压 (kV)	225
最大管电流 (mA)	2.0
额定输出功率 (W)	300
辐射角度	水平方向 40.2°, 垂直方向 9.84°
滤过条件	3mmAl
冷却方式	风冷
照射率	距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量为 500 μ Sv/s
距靶点 1m 处射线管的泄露辐射剂量率	<5.0mSv/h
主射束方向	定向向右照射 (面向工业 CT 观察窗)

2.工作原理

(1) X 射线产生原理

X 射线检测是利用 X 射线能够穿透金属材料，并由于材料对射线的吸收和散射作用的不同，从而使检测器感光不一样，于是在屏幕上形成黑度不同的影像，据此来判断材料内部缺陷情况的一种检验方法。当强度均匀的 X 射线束透照射物体时，如果物体局部区域存在缺陷或结构存在差异，它将改变物体对射线的衰减，使得不同部位透射射线强度不同，采用检测器检测透射射线强度，就可以判断物体内部的缺陷和物质分布等。

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 9-3。

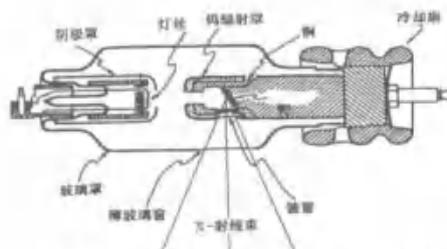


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

(2) 工业 CT 成像工作原理

X 射线射穿过被测样品后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线图像转换为可视图像，转换过程为“光电效应”；再经计算机处理将可视图像转换为数字图像，其方法是用高清晰度电视摄像机摄取可视图像，输入计算机，进行“模数转换”，转换为数字图像，再经计算机处理，以提高图像的灵敏度和清晰度，处理后的图像显示在显示器屏幕上，显示的图像能提供检测材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，在显示器屏幕上直接观察检测结果，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。

3. 工作流程

(1) 在进行无损检测工作前，辐射工作人员佩戴个人剂量报警仪，在确认工业 CT 未出束情况下，打开工业 CT 前侧防护门，将待检产品放置在样品台上，然后关闭防护门。

(2) 根据产品尺寸、所需的分辨率，设置电压、电流等参数。

(3) 启动工业 CT，利用 X 射线束对产品进行扫描，由平板探测器接收透过该层面的 X 射线，转变为可见光后，由光电转换为电信号，再经模拟/数字转换器，输入计算机显示图像。检测时样品在样品台，可随样品台移动或转动，射线源可上下移动；探测器可左右、上下移动。本项目工业 CT 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，可提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像、对产品内部的微观结构进行数字化三维表征并对构成样品的物质属性进行分析。工业 CT 出束过程中产生 X 射线、臭氧和氮氧化物。

(4) 检测结束后，辐射工作人员关闭工业 CT，取出已检产品，对检测结果进行分析。

(5) 继续进行下一次产品检测工作，重复上述步骤。

本项目工艺流程及产污环节示意图见图9-4。

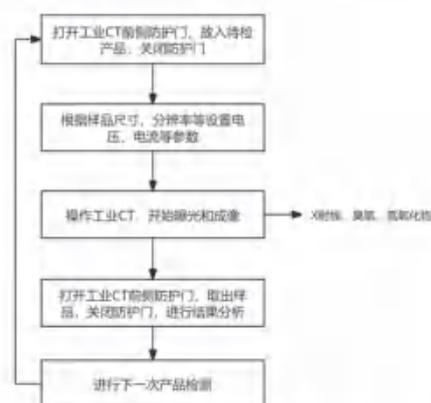


图 9-4 本项目工艺流程及产污环节示意图

污染源项描述

1. 污染源分析

本项目工业 CT 属于工业用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置, 可产生 X 射线, X 射线只有在开机状态下才会产生, 可随工业 CT 装置的关闭而消失。本项目工业 CT 使用电子成像, 不使用显影定影液冲洗胶卷等, 无固体废物产生。

工业 CT 装置运行过程中的 X 射线会电离空气产生少量 O_3 和 NO_x , 由工业 CT 装置排风口排出后沿排风管道排至车间一西墙外环境。

2. 正常工况污染途径

(1) X 射线

本项目射线装置发射的初级 X 射线会产生直射和漏射 X 射线, 且初级 X 射线照射在被照样品上会产生散射 X 射线, 这些 X 射线穿过屏蔽体后会对周围辐射工作人员和公众人员产生外照射危害。

(2) O_3 和 NO_x

空气在 X 射线强电离作用下, 会产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目工业 CT 屏蔽体设有机械通风设施, 通风量为 $177.6m^3/h$, 换气次数不少于 3 次/h, 工业 CT 屏蔽体内的臭氧和氮氧化物可经过工业 CT 屏蔽体顶部排风口排出后沿排风管道排至车间一西墙外环境。

3. 事故工况污染途径

本项目工业 CT 属于 II 类射线装置, 在投入使用后可能发生的事故为:

(1) 工业 CT 门-机联锁失效的情况下, 工业 CT 出束照射时, 防护门未完全关闭, 致使 X 射线泄漏到屏蔽体外面, 给辐射工作人员造成不必要照射。

(2) 工业 CT 屏蔽结构劳损, 导致防护屏蔽能力下降, 工业 CT 出束对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

(3) 工业 CT 检修维护时, 工业 CT 屏蔽体内人员未及时撤离或防护门未关闭情况下即进行出束测试, 导致射线装置周围人员受到不必要照射。

表 10 辐射安全与防护

工程设备和工艺分析

1. 工作场所布局与分区

1.1 工作场所布局

公司拟于租赁的天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号，天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内车间 1 一层西南角检测室内安装 1 台 nanoVoxel 4300 型工业 CT（工业 CT 装置与检测室东墙最近距离约为 5.57m，与检测室南墙最近距离约为 7.74m，与检测室北墙最近距离为 0.5m，与检测室西墙最近距离为 1.0m），用于复合材料工件的无损检测。工业 CT 控制台位于射线装置屏蔽体东侧，经下文分析，控制台不受有用线束照射，工作场所布局合理。

检测室平面布置及分区示意图见图 10-1。

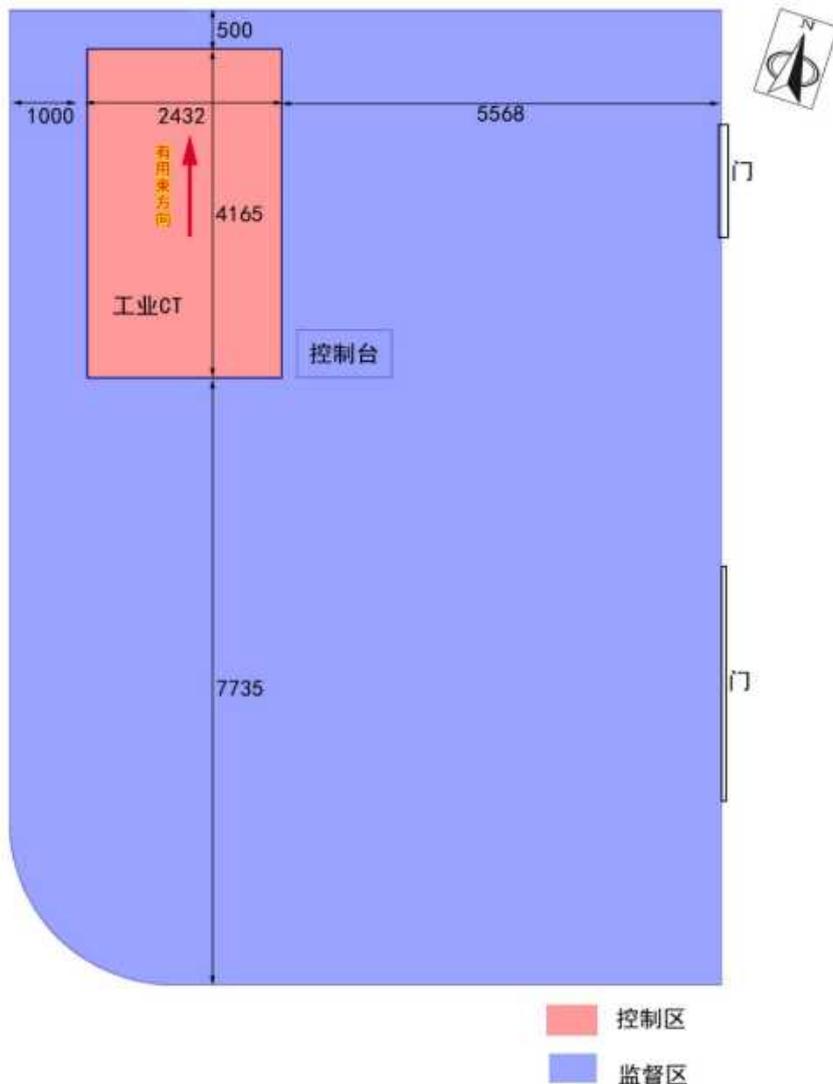


图 10-1 检测室平面布置及分区示意图

为加强辐射工作场所的管理，避免无关人员受到不必要的照射，应将项目场所划分为控制区和监督区，进行分区管理。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区和监督区的定义如下：控制区为在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区为未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。结合定义与现场实际，本项目拟将工业 CT 屏蔽体内部划为控制区，并于工业 CT 屏蔽体外张贴电离辐射警告标志；拟将检测室内、工业 CT 屏蔽体外的其他区域划为监督区，项目建成后在检测室门外设立表明监督区的标牌并悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，设备运行时非工作人员禁止进入监督区。

本项目辐射工作人员在工业 CT 东侧控制台处进行操作。

表 10-1 本项目控制区和监督区的划分

分区	控制区	监督区
场所	工业 CT 屏蔽体内部	检测室内、工业 CT 屏蔽体外其他区域
管理要求	控制区内禁止无关人员进入；检修维护人员在进行检修工作时应取下控制台开关钥匙，确保设备关机，避免不必要的照射；控制区的进出口及其他适当位置设置醒目的电离辐射警告标志	工业 CT 装置出束时，无关人员禁止进入此区域；于监督区边界设置警告标志，定期检测其辐射剂量

本项目工业 CT 所在场所分区布置示意图见图 10-1。

2. 辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 屏蔽装置的设计参数详见表 10-2。

表 10-2 工业 CT 屏蔽体设计参数一览表

名称	设计参数	等效铅当量	
左侧 右侧 放样 防护 箱体	内部尺寸	南北长 3605mm，东西宽 2060mm，高 2840mm	/
	外部尺寸 (含左侧电器柜，前、后侧含防护门运行装置区域)	南北长 4165mm，东西宽 2432mm，高 3220mm	/
	防护面	右侧、前侧、后侧防护面为铅钢复合结构（2mm 钢板+13mmPb 铅板+2.5mm 钢板）； 顶部防护面为铅钢复合结构（2mm 钢板+10mmPb 铅板+2.5mm 钢板）；	右侧、前侧、后侧防护面：13mmPb 顶部、底部防护面：10mmPb

	底部防护面为铅钢复合结构（2mm 钢板+10mmPb 铅板+5mm 钢板）； 左侧防护面为铅钢复合结构（2mm 钢板+8mmPb 铅板+2.5mm 钢板）。	左侧防护面：8mmPb
前侧防护门	门体尺寸：890mm×2410mm（H），防护门之间缝隙不大于6mm，两扇防护门搭接量为60mm；防护门与四周防护体的缝隙不大于8mm，搭接量不小于80mm。防护门之间、防护门与四周防护体搭接量与缝隙比例大于10：1，可满足防护要求。防护门为双扇电动平移式，铅钢复合结构（2mm 钢板+13mmPb 铅板+2.5mm 钢板），防护门中间偏左位置设置有铅玻璃观察窗，观察窗防护能力不小于13mmPb。	13mmPb
左侧射线源检修防护门	门体尺寸：400mm×600mm（H），防护门与四周防护体的缝隙均不大于5mm，搭接量与缝隙比例大于10：1，可满足防护要求。防护门为手动平开式，铅钢复合结构（2mm 钢板+8mmPb 铅板+2.5mm 钢板）。	8mmPb
后侧设备检修防护门	门体尺寸：860mm×1360mm（H），防护门与四周防护体的缝隙均不大于5mm，搭接量与缝隙比例大于10：1，可满足防护要求。防护门为手动平开式，铅钢复合结构（2mm 钢板+13mmPb 铅板+2.5mm 钢板）。	13mmPb
排风口	工业 CT 扫描箱体顶部防护面设置有 1 个排风口，排风口外设有排风口铅防护罩进行屏蔽补偿，铅防护罩防护能力与顶部防护面相同。废气可通过工业 CT 屏蔽体顶部排风口沿排风管道排至车间一西侧外环境。排风装置排风量为 177.6m ³ /h，工业 CT 屏蔽体内净容积约 21m ³ ，每小时有效通风换气次数大于 3 次。	10mmPb
管线口	屏蔽箱体左侧防护面下方偏西位置设置有管线口，管线口外安装有管线口防护罩，防护能力与左侧防护面相同。	8mmPb
射束方向	射线源定向向右照射（面向工业 CT 观察窗）	/
<p>注：1、铅密度为 11.3t/m³；</p> <p>2、电缆孔及排风孔处均配备铅钢结构防护罩，防护罩防护能力均不小于所在屏蔽面防护能力；</p> <p>3、本项目设置 1 个射线源检修操作位和 1 个屏蔽体内部检修操作位。检修射线源时，检修人员可打开电器柜左侧检修门，位于屏蔽箱体外，通过屏蔽箱体左侧射线源检修防护门对射线源进行检修；检修屏蔽箱体内部其他器件时，检修人员可通过屏蔽箱体后侧检修防护门，进入屏蔽箱体内部进行检修。</p> <p>本项目工业 CT 屏蔽体管线口平面、剖面图见图 10-2（a），管线口与左侧防护面位置关系示意图见图 10-2（b）、排风口平面、剖面图见图 10-2（c）。</p>		

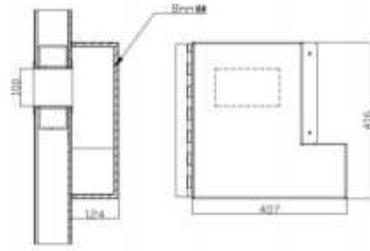


图 10-2 (a) 管线口平面、剖面图



图 10-2 (b) 管线口与左侧面位置关系示意图

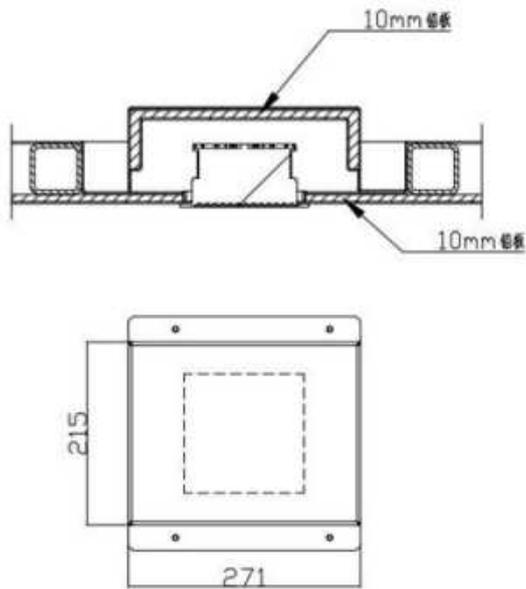


图 10-2 (c) 排风口平面、剖面图

本项目工业 CT 平面、剖面布置图见图 10-3。

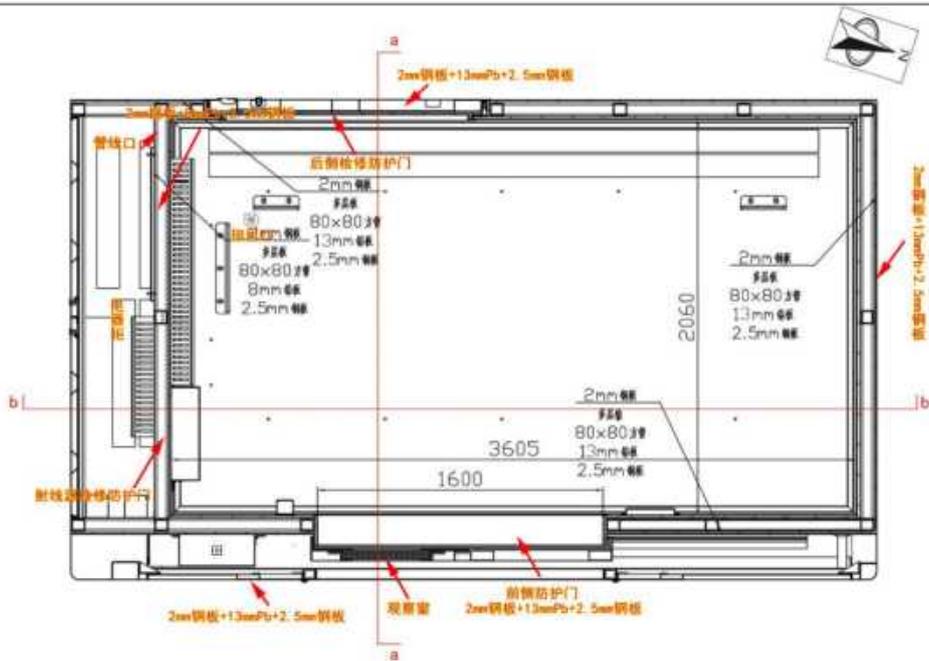


图 10-3 (b) 工业 CT 平面布置示意图

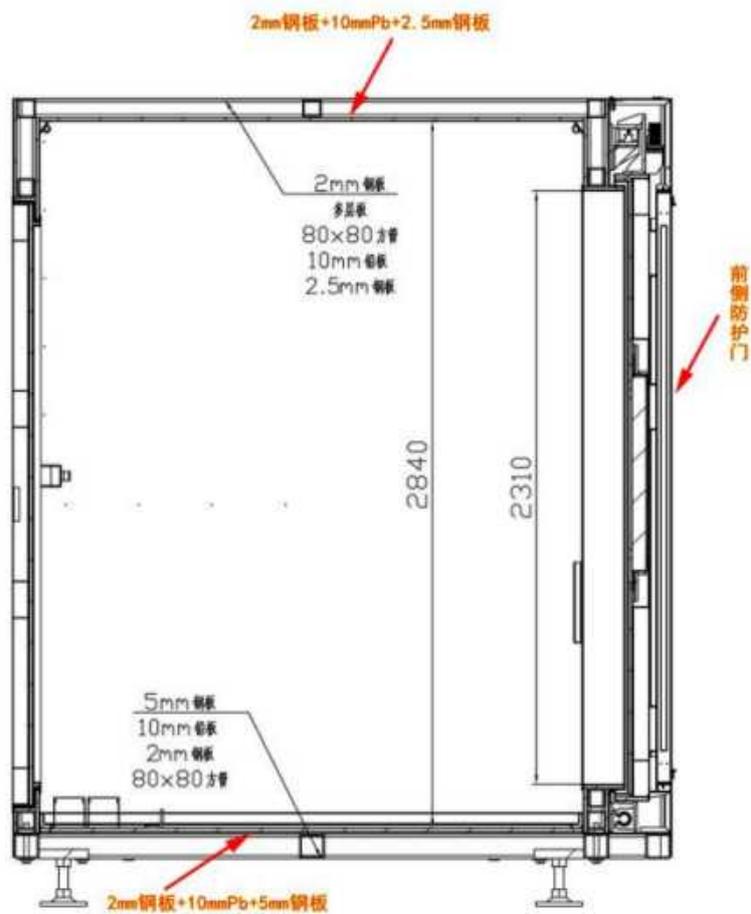


图 10-3 (b) 工业 CT 剖面图 (a-a 剖面)

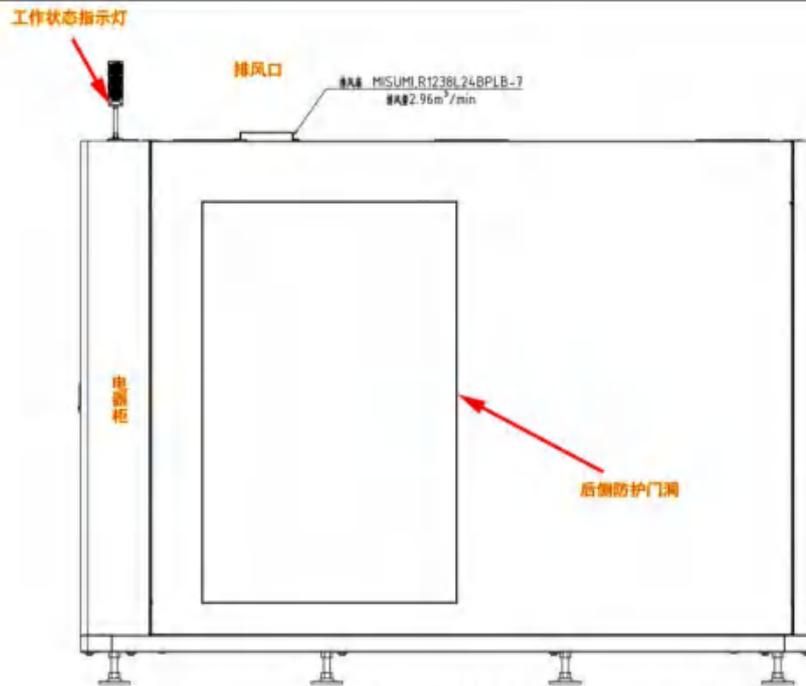


图 10-3 (c) 工业 CT 剖面图 (b-b 剖面)

3. 辐射安全与防护措施

本项目辐射安全环保措施见表 10-3，安全联锁布置示意图见图 10-4，安全联锁逻辑关系图见图 10-5。

表 10-3 本项目辐射安全环保措施一览表

《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 要求	内容	是否满足标准要求
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。	本项目控制台位于工业 CT 屏蔽体外东侧约 0.2m 处，射线源辐射角度为水平辐射角度为 40.2°，垂直方向辐射角度为 9.84°，射线源位定向向右（向北）照射。控制台能够避开有用线束照射方向。	是
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。	拟将工业 CT 屏蔽体内部作为本项目的辐射防护控制区，将检测室内、工业 CT 屏蔽体外其他区域划为监督区。	是
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	本项目工业 CT 共设置有 3 处门机联锁，为前侧防护门、后侧检修防护门及左侧射线源检修防护门，只有当防护门关闭到位后，高压电源才能接通，X 射线装置才能开启。前侧防护门及后侧检修防护门内侧设有紧急开门按钮，可	是

<p>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连锁。</p>	<p>方便射线装置内检修人员在紧急情况下开门离开。在检测过程中，各防护门被意外打开时，射线装置均会立即停止照射。各防护门均与射线源连锁，重新关上防护门后 X 射线机不会自动开启。</p>	
<p>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，并与探伤机连锁。“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。</p>	<p>工业 CT 屏蔽体外和内部均安装工作状态指示灯和声音提示装置，与工业 CT 内射线源连锁，并与场所内使用的其他报警信号有明显区别，工业 CT 屏蔽体外张贴有“照射”和“预备”信号意义的说明。</p> <p>工作状态指示灯可显示绿灯、黄灯、红灯。绿、黄、红灯都不亮：仪器处于关闭状态；绿灯亮：仪器处于上电状态；绿灯灭：仪器处于断电状态；黄灯亮：箱体防护门处于关闭状态，可安全开启射线源；黄灯灭：箱体防护门处于开启状态，不可开启射线源；红灯闪亮：射线源处于发射 X 射线状态；红灯灭：射线源处于未发射 X 射线状态。</p>	是
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 配备了视频监控系统，屏蔽体内设置 1 个监控摄像头，位于屏蔽体内顶部中间位置，并于屏蔽体外前侧顶部设置 1 个监控摄像头，可观察射线装置屏蔽体外情况，专用显示屏安装于控制台处，工作期间可以实时观察工业 CT 屏蔽体内机械装置的运动情况及屏蔽体外情况。</p>	是
<p>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。</p>	<p>工业 CT 前侧、后侧防护门及工业 CT 屏蔽体外张贴有电离辐射警告标志，并拟于检测室外张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”警示牌。</p>	是
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 屏蔽体内各防护面均设计 1 处急停开关，确保出现事故时能立即停止照射，急停开关的位置可使工业 CT 内任何位置的人员都不需要穿过主射线束就能使用，且急停开关设计有明显标志，标明使用方法。工业 CT 前侧防护门左侧位置及控制台上分别设计有一处急停开关，确保出现事故时能立即停止照射，急停开关设计有明显标志，标明使用方法。</p>	是

<p>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。</p>	<p>工业 CT 屏蔽体顶部防护面设置有 1 个排风口，排风口外设有排风口铅防护罩进行屏蔽补偿，铅防护罩防护能力与顶部防护面相同。废气可沿工业 CT 屏蔽体顶部排风口沿排风管道排至厂房西侧外环境。排风装置排风量约 177.6m³/h，工业 CT 净容积约 21m³，每小时有效通风换气次数大于 3 次。</p>	<p>是</p>
<p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	<p>本项目工业 CT 屏蔽箱体内左侧防护面配置 1 个固定式场所辐射探测报警装置。其显示与报警装置设置在控制台上，探头设置在箱体内，报警阈值设置为 2.5μSv/h(高于屏蔽体内辐射背景值，远低于本项目射线装置开机后该位置的辐射水平)。当探测到的辐射水平高于仪器设定的阈值时，报警信号自动启动并持续，通知辐射工作人员及其他人员工业 CT 处于辐射工作状态，禁止人员打开工业 CT 防护门，以确保辐射工作人员及其他人员的安全。出束结束后，辐射水平降至低于设定阈值时，报警信号停止，辐射工作人员方可开启防护门。</p>	<p>是</p>

根据表 10-3 可知，本项目工业 CT 安全防护设施能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关安全防护要求。

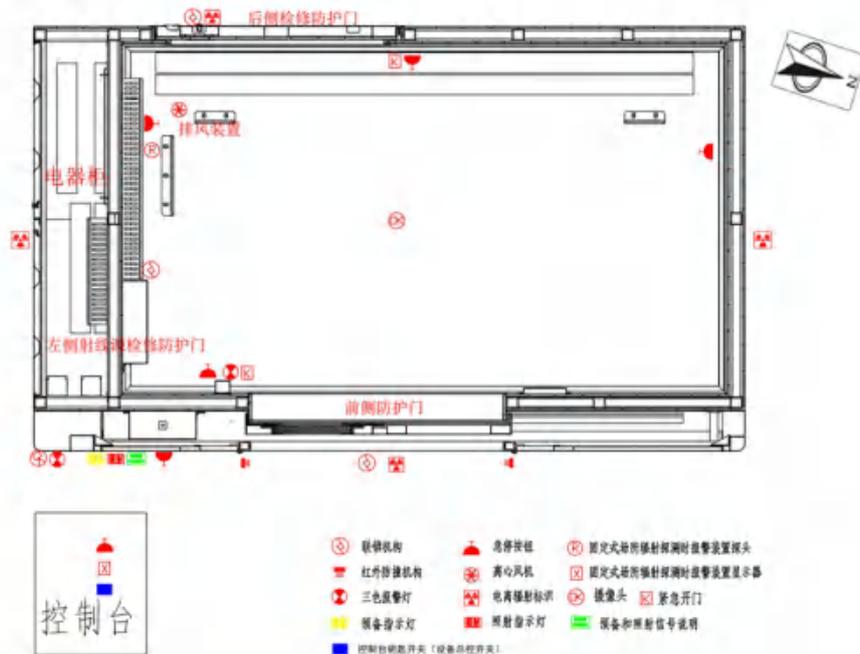


图 10-4 工业 CT 安全联锁布置图

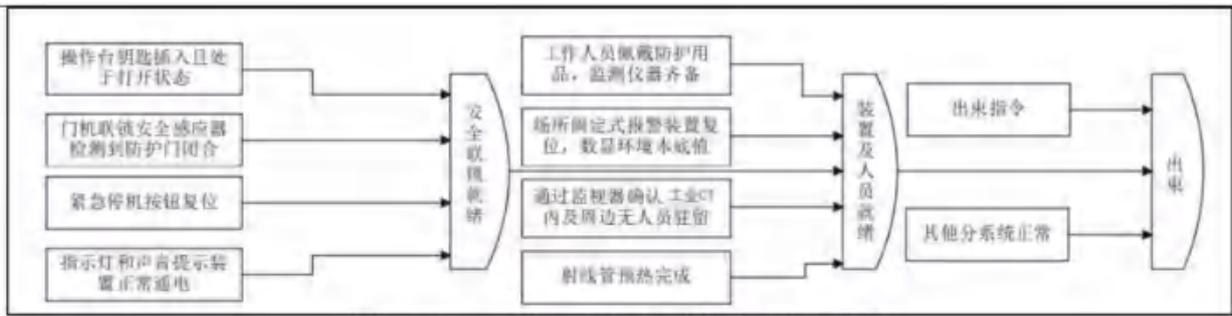


图 10-5 工业 CT 安全联锁逻辑关系图

其他辐射安全与防护措施：

(1) 本项目拟配置 3 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，2 名为工业 CT 设备操作人员，拟为辐射工作人员安排个人剂量检测并由检测单位配发个人剂量计；拟配备 1 台 X、 γ 辐射巡检仪、2 台个人剂量报警仪，配备后可满足项目使用需求。

(2) 公司拟为辐射工作人员建立有个人剂量档案，个人剂量档案每人一档，由专人负责保管和管理，个人剂量档案终生保存。若公司新增辐射工作人员，将为其新配个人剂量计。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。

(3) 公司拟定期为工作人员职业健康查体，建立工作人员健康档案，每人一册，由专人负责保管和管理，档案终生保存。

综上，公司的辐射安全与防护措施可以满足《工业探伤放射防护标准》（GB 117-2022）的相关要求。

4. 设备放射防护要求

(1) 本项目工业 CT 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小于 5.0mSv/h。

(2) 公司拟在每次开展工作前对设备进行检查，主要包括：①设备外观是否完好；②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；③冷却设备有无损坏；④安全联锁是否正常工作；⑤报警设备和警示灯是否正常运行；⑥螺栓等连接件是否连接良好；⑦工业 CT 内安装的固定辐射检测仪是否正常。

(3) 公司应对设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护由设备制造商维护维修工程师负责，本项目辐射工作人员不参与维护维修相关工作。维护内容包括工业 CT 的彻底检查和所有零部件的详细检测。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，保证所更换的零部件为合格产品，并做好设备维护记录。

5.探伤设施的退役

当公司射线装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

(1) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

6.操作的放射防护要求

(1) 在使用设备进行探伤作业前，先检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(2) 辐射工作人员开展工作时，除佩戴常规个人剂量计外，还要携带个人剂量报警仪和 X、 γ 辐射巡检仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员应立即离开工作现场，同时阻止其他人进入检测室，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 公司拟定期测量设备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，公司将终止辐射工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员在使用 X、 γ 辐射巡检仪前，要检查 X、 γ 辐射巡检仪是否能正常工作。如发现 X、 γ 辐射巡检仪不能正常工作，则不可开展检测工作。

(5) 辐射工作人员应按操作规程及相关制度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工业 CT 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。

7.其他

(1) 辐射工作人员上岗前应参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后方可持证上岗。公司拟制定各项规章制度，严格执行操作规程，落实各项辐射安全和防护措施；配备与辐射工作相适应的监测仪器，严格落实监测计划。

(2) 公司拟按照核与辐射安全管理体系（第三层级）《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）要求做好自查并记录。

8.辐射防护与环保投资

本项目辐射防护与环保投资主要包括：辐射防护屏蔽设施、安全联锁和警示标志、检测

仪器、个人剂量检测等费用，环保投资总计约 20 万元，约占本项目总投资 10%。详见表 10-4。

表 10-4 辐射防护与环保投资一览表

序号	项目	投资估算（万元）	备注
1	辐射屏蔽防护	12	设备屏蔽外壳（包含在设备投资内）
2	安全连锁装置	4.5	门机连锁、急停、监控系统等（包含在设备投资内）
3	辐射巡检仪、个人剂量报警仪等	3	——
4	警示装置、标志等	0.5	——
合计		20	——

三废的治理（三废治理的设施、方案、预期效果；有废旧放射源的给出处理方案）

本项目使用的工业 CT 对复合材料工件内部结构进行无损分析检测，采用实时成像，检测过程中无放射性废气、废水及固体废物的产生和排放。

本项目工业 CT 产生的 X 射线会使空气电离，从而产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)等非放射性废气，本项目工业 CT 屏蔽体顶部设计有 1 处排风口并安装排风机，通风换气次数大于 3 次/h，工业 CT 内废气经工业 CT 屏蔽体顶部排风口沿排风管道排至车间一西侧外环境，该处为厂区内部道路，属非人员密集区，非放射性废气对周围环境影响较小。

本项目主要放射性污染源项为 X 射线，通过设置一系列符合要求的辐射屏蔽措施及安全防护措施，X 射线对周围环境及人员的辐射影响均可低于剂量管理目标值的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目拟于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号，天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内车间 1 一层西南角检测室内西北角安装使用 1 台工业 CT，施工过程无辐射环境影响。

本项目建设阶段产生的污染物主要包括废水、固体废物及噪声。

施工期主要进行设备的安装，施工人员施工过程中产生的少量生活污水依托车间一内现有卫生间排入市政污水管网。施工期噪声来源于设备安装等，安装耗时较短，通过选用低噪声设备、合理控制施工时间以减少噪声污染。施工人员产生的少量生活垃圾集中收集，定期由环卫部门清运。

本项目建设阶段的环境影响是暂时性的，待设备安装结束后，受影响的环境因素可以恢复到现状水平。

运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 运行阶段主要环境影响为射线装置工作时发射的 X 射线在穿透屏蔽防护设施后对周围环境产生的外照射影响。

1. 核技术利用项目概况

本项目为使用 II 类射线装置项目。在天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号，天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内车间 1 一层西南角检测室内西北角安装一套工业 CT，用于对复合材料工件内部结构的无损分析检测。

2. 辐射环境影响分析

根据建设单位提供资料，本项目为使用 II 类射线装置项目，本次采用理论计算的方法评估其对周围环境的影响。

(1) 估算公式

1) 有用线束屏蔽

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），有用线束在关注点处的剂量率可按以下公式进行估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

I	X射线探伤装置在最高管电压下的常用最高管电流，单位为 mA；
H ₀	距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m ² /（mA·h），以 mSv·m ² /（mA·min）为单位的值乘以 6×10 ⁴ 。
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：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (\text{式 11-2})$$

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；

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

$$\dot{H} = (\dot{H}_1 \cdot B) / R^2 \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

B	屏蔽透射因子；
R	辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；
\dot{H}_1	距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 μSv/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/T 250-2014）中给出的公式进行计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

I	X 射线探伤装置在最高管电压下的最大常用管电流，单位为 mA；
H ₀	距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m ² /（mA·h），以 mSv·m ² /（mA·min）为单位的值乘以 6×10 ⁴ ；
B	屏蔽透射因子；在给定屏蔽物质厚度时，相应的屏蔽透射因子；
F	散射点处的辐射野面积；根据建设单位提供的信息，X 射线机与工件的距离为 0.2m，可得本项目 $F = \pi \times (\tan 20.1^\circ \times 0.2\text{m})^2 \approx 0.0168\text{m}^2$
α	散射因子，入射辐射被单位面积（1m ² ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比，与散射物质有关；本项目 α _w 取 1.9×10 ⁻³ ，α = α _w × 10000/400 = 0.048
R ₀	辐射源点（靶点）至待测产品的距离，单位为米；靶点至待测产品最近距离为 0.2m。

R_s 散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

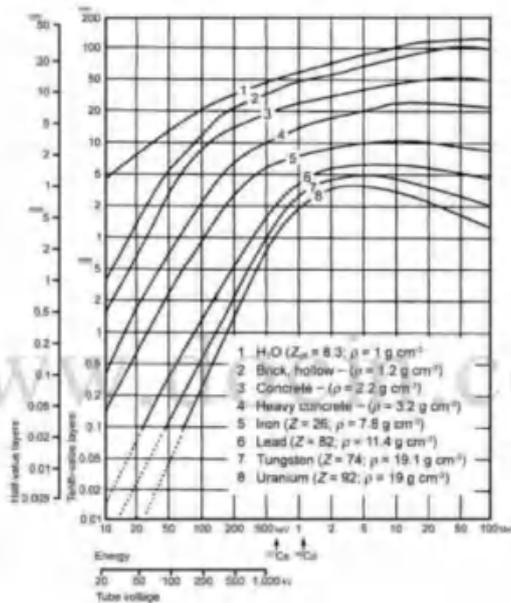
(2) 参数取值

本项目 nanoVoxel 4300 型工业 CT 射线装置各参数取值如下：

设备型号	nanoVoxel 4300 型工业 CT
最大管电压 (kV)	225
最大管电流 (mA)	2.0
H_0	根据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 滤过条件为 3mmAl，距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 500 μ Sv/s，即 1.80 \times 10 ⁶ μ Sv/h。
H_L	参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及 1 号修改单中表 1，本项目工业 CT 最大管电压为 225kV，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率取 5000 μ Sv/h。
X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值	参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及 1 号修改单中表 2，取 200kV。
$R_0^2/(F \cdot \alpha)$	参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及 1 号修改单 B.4.2，本项目 X 射线机射线源辐射角度为水平方向为 40.2°，垂直方向为 9.84°，最大半辐射角为 20.1°，经计算， $R_0^2/(F \cdot \alpha)$ 为 49.6。
$TVL_{\text{铅}}$	参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及 1 号修改单 B.2，本项目最大管电压为 225kV，根据内插法，对应铅的什值层为 2.15mm；X 射线管电压为 200kV 时，X 射线在铅中的什值层厚度为 1.4mm。

注：1、本次保守不考虑钢板的防护；

2、查 NCRP151 中 P158 页图可知，200kV-500kV 条件下，射线能量与对应的铅什值厚度成线性增长关系，故 225kV 对应铅的什值层厚度为 2.15mm。



(3) 计算结果

根据建设单位提供资料，本项目工业 CT 射线装置源可上下移动，左右方向固定，射线源距右侧防护面 3090mm，距左侧防护面 515mm，距前侧防护面 1030mm，距后侧防护面 1030mm，距顶部防护面最近距离为 351mm，距底部防护面最近距离为 989mm。

射线源定向向右照射，射线源辐射角度为水平方向为 40.2° ，垂直方向为 9.84° ， $\tan 20.1^\circ \times 3090\text{mm}$ （射线管距屏蔽体右侧防护面的距离）=1130.78mm，该距离大于射线源距装置前侧、后侧防护面的距离， $\tan 4.92^\circ \times 3090\text{mm}$ （射线管距屏蔽体右侧防护面的距离）=265.99mm，该距离小于射线源距装置顶部、底部防护面的距离。故本项目工业 CT 右侧、前侧、后侧防护面受有用射束照射，其余防护面均受散射、漏射束照射。屏蔽体底部防护面下方为土层，不再考虑射线影响。

综上，本项目工业 CT 右侧、前侧及后侧防护面受有用射束照射，左侧、顶部防护面受散射、漏射束照射。

剂量关注点示意图见图 11-1。

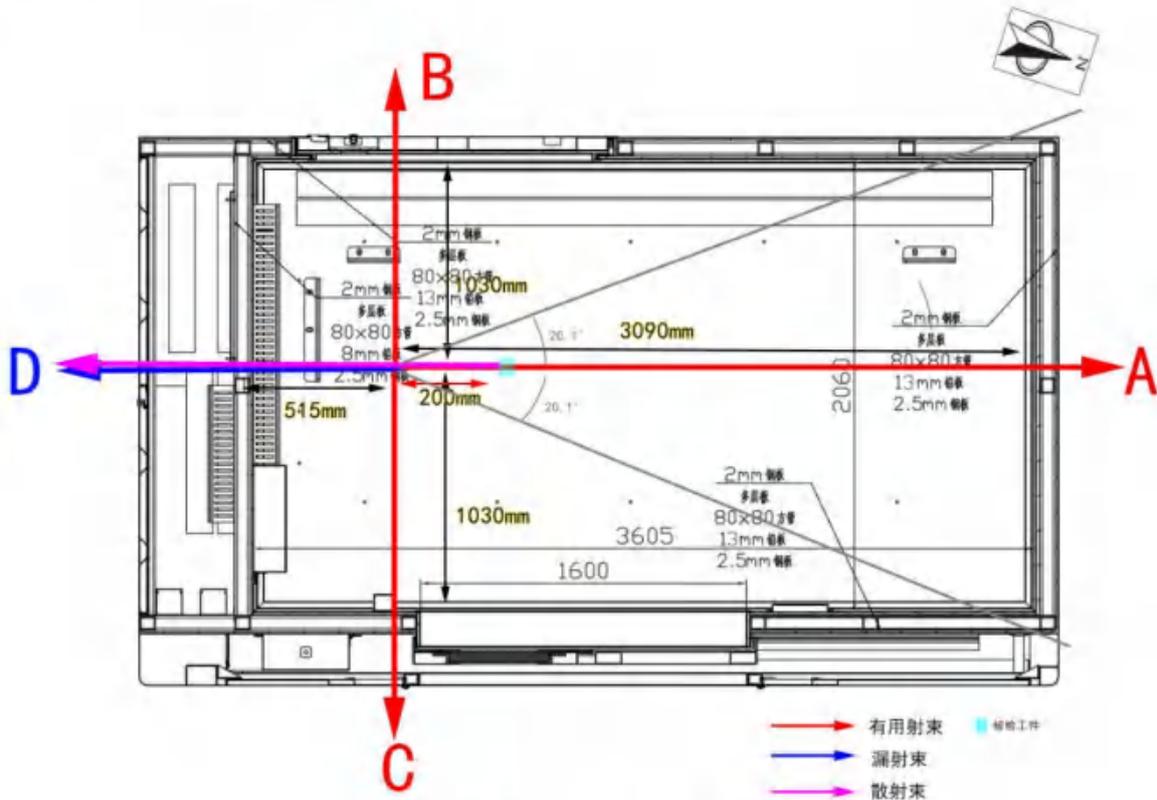


图 11-1 (a) 剂量关注点示意图

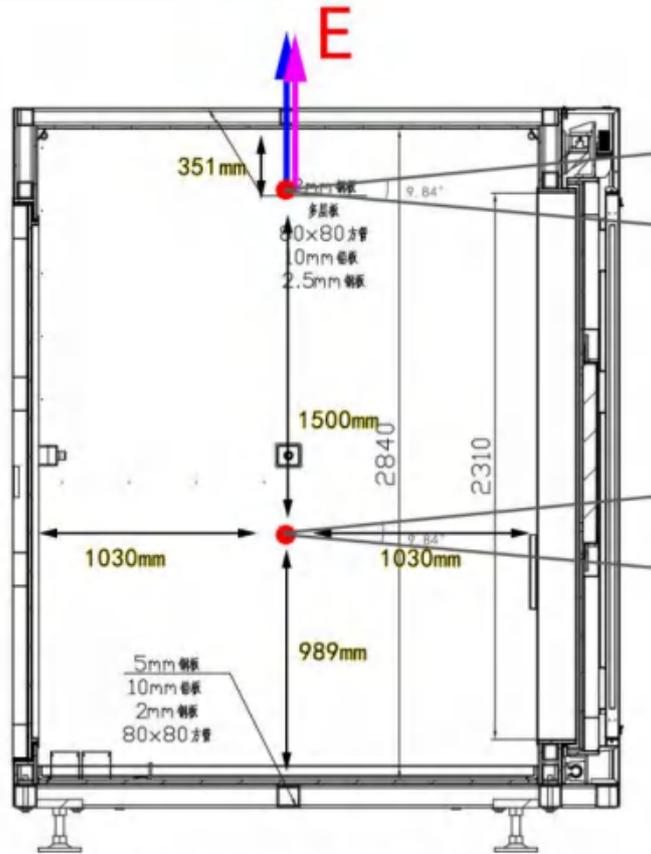


图 11-1 (b) 剂量关注点示意图

剂量关注点情况一览表见表 11-1。

表 11-1 剂量关注点情况一览表

关注点	位置特征	射束类型	距离 (m)	
			R	R _s
A	右侧防护面	有用线束	3.39 ^②	/
B	后侧防护面及前侧防护门	有用线束	1.33 ^③	/
C	前侧防护面及后侧检修防护门	有用线束	1.33 ^③	/
D	左侧防护面及左侧射线源检修防护门	散射、漏射	0.815 ^④	1.015
E	顶部防护面	散射、漏射	0.651 ^⑤	0.651
F	北侧楼梯间	有用线束	3.59	/
G	北侧更衣室	有用线束	6.59	/
H	北侧库房	有用线束	20.09	/
I	东侧车间内通道	有用线束	6.63	/
J	东侧洁净间	有用线束	12.03	/
K	东北侧缠绕生产区	有用线束	21.03	/
L	楼上会议室	散射、漏射	1.851	1.851
M	车间一西侧绿化及道路	有用线束	2.03	/
N	车间一南侧绿化及道路	散射、漏射	8.25	8.45

O	生产楼	散射、漏射	23.515	23.715
---	-----	-------	--------	--------

注：①车间一工业 CT 检测室外其他区域剂量保守取工业 CT 屏蔽体外剂量率，本次不再单独分析。
②3.39m：射线源距屏蔽体右侧防护面的距离+0.3m=3.09m+0.3m=3.39m（屏蔽体厚度忽略不计）；
③1.33m：射线源距屏蔽体前侧、后侧防护面的距离+0.3m=1.03m+0.3m=1.33m（屏蔽体厚度忽略不计）；
④0.815m：射线源距屏蔽体左侧防护面的距离+0.3m=0.515m+0.3m=0.815m（屏蔽体厚度忽略不计）；
⑤0.651m：射线源距屏蔽体顶部防护面的距离+0.3m=0.351m+0.3m=0.651m（屏蔽体厚度忽略不计）；
⑥对于各环保目标，靶点至关注点的距离为靶点至屏蔽体的距离+屏蔽体至环保目标处的距离。

1) 有用射束的屏蔽效果核算

受有用线束照射关注点处辐射剂量率计算结果见表 11-2。

表 11-2 有用射束剂量率计算结果

关注点	辐射类型	屏蔽层	有效屏蔽厚度	计算距离 (m)	屏蔽透射因子 B	剂量率计算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
A	有用射束	扫描箱体右侧防护面	13mmPb	3.39	$10^{-13/2.15}$	0.141	2.5
B		扫描箱体后侧防护面	13mmPb	1.33	$10^{-13/2.15}$	0.914	2.5
C		扫描箱体前侧防护面	13mmPb	1.33	$10^{-13/2.15}$	0.914	2.5

注：本次各防护面仅保守考虑铅屏蔽体的防护。

经计算，工业 CT 受有用线束照射的防护面外关注点处的辐射剂量率最大为 $0.914\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平。

2) 泄漏辐射及散射辐射的屏蔽效果

受散射、漏射束照射关注点处辐射剂量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 漏射及散射剂量率计算结果

关注点	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 $\mu\text{Sv/h}$	
D	漏射	左侧防护面	8mmPb	0.815	$10^{-8/2.15}$	1.431	1.50
	散射			1.015	$10^{-8/1.4}$	6.80×10^{-2}	

E	漏射	顶部防护面	10mmPb	0.651	$10^{-10/2.15}$	0.263	0.270
	散射			0.651	$10^{-10/1.4}$	6.16×10^{-3}	

注：本次各防护面仅保守考虑铅屏蔽体的防护。

根据上表计算结果可知，本项目工业 CT 受散射、漏射束照射的防护面外关注点处的辐射剂量率最大为 $1.50\mu\text{Sv/h}$ ，低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平。

3) 管线口、排风口屏蔽效果

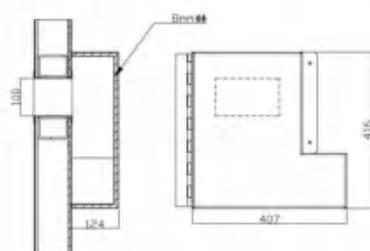


图 11-2 (a) 管线口平面、剖面图

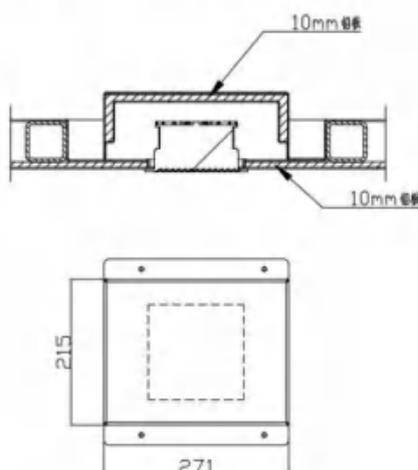


图 11-2 (b) 排风口平面、剖面图

本项目工业 CT 管线口、排风口均为“U”型设计，管线口、排风口外均设有防护罩，防护罩防护能力不小于同侧屏蔽体，射线经多次散射后，排风口、管线口外的剂量率水平将大幅降低，满足标准限值要求。

综上所述，本项目工业 CT 四周（含防护门）、顶部（含铅防护罩）外关注点处的辐射水平最大为 $1.50\mu\text{Sv/h}$ ，低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平。

4) 环保目标处剂量率分析

表 11-4 环保目标处剂量率一览表

环保目标	辐射类型	屏蔽体	屏蔽体防护能力	距离 (m)	屏蔽透射因子 B	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
北侧楼梯间	有用线束	右侧防护面	13mmPb	3.59	$10^{-13/2.15}$	0.125	
北侧更衣室	有用线束	右侧防护面	13mmPb	6.59	$10^{-13/2.15}$	3.72×10^{-2}	
北侧库房	有用线束	右侧防护面	13mmPb	20.09	$10^{-13/2.15}$	4.01×10^{-3}	
东侧车间内通道	有用线束	前侧防护面	13mmPb	6.63	$10^{-13/2.15}$	3.68×10^{-2}	
东侧洁净间	有用线束	前侧防护面	13mmPb	12.03	$10^{-13/2.15}$	1.12×10^{-2}	
东北侧缠绕生产区	有用线束	前侧防护面	13mmPb	21.03	$10^{-13/2.15}$	3.66×10^{-3}	
楼上会议室	漏射束	顶部防护面	10mmPb	1.851	$10^{-10/2.15}$	3.26×10^{-2}	3.33×10^{-2}
	散射束			1.851	$10^{-10/1.4}$	7.62×10^{-4}	
车间一西侧绿化及道路	有用线束	后侧防护面	13mmPb	2.03	$10^{-13/2.15}$	0.392	
车间一南侧绿化及道路	漏射束	左侧防护面	8mmPb	8.25	$10^{-8/2.15}$	1.40×10^{-2}	1.50×10^{-2}
	散射束			8.45	$10^{-8/1.4}$	9.81×10^{-4}	
生产楼	漏射束	左侧防护面	8mmPb	23.815	$10^{-8/2.15}$	1.68×10^{-3}	1.80×10^{-3}
	散射束			24.015	$10^{-8/1.4}$	1.21×10^{-4}	

经理论计算，本项目环保目标处的剂量率较小。

5)有效剂量

①有效剂量估算公式

$$H = K \times D_r \times T \quad (\text{式 11-5})$$

式中： H ——有效剂量当量，Sv/a（周）；

T ——受照时间, h;

D_r ——X 剂量率, Sv/h;

K ——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数, Sv/Gy, 保守取 1。

②照射时间确定

经上文分析, 本项目工业 CT 全年最长出束时间为 666.67h。本项目 2 名设备操作人员同时在岗, 每名辐射工作人员周累计最长受照时间为 13.34h, 年累计最长受照时间为 666.67h。

③居留因子确定

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 不同环境条件下的居留因子列于表 11-5。

表 11-5 居留因子的选取

场所	居留因子 T	停留位置
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

④辐射工作人员的有效剂量

本项目工业 CT 装置在工作状态下, 对工作人员影响的区域主要在工业 CT 控制台处。

由上述计算结果可知, 为保守估计, 取工业 CT 屏蔽体外最大剂量率进行计算, 居留因子取 1, 则本项目辐射工作人员周总受照剂量为 $H_{周}=1.50 \times 13.34=20.01 \mu\text{Sv}$, 远低于职业人员 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 的周剂量限值要求; 本项目年总受照剂量为 $H_{年}=1.50 \times 666.67 \div 1000=1.00 \text{mSv}$, 低于本次提出的 $2.0 \text{mSv}/\text{a}$ 的管理剂量约束值。

综上, 本项目辐射工作人员周有效剂量低于《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 规定的 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 的周剂量限值要求, 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 $20 \text{mSv}/\text{a}$ 的剂量限值, 也低于本报告提出的 $2.0 \text{mSv}/\text{a}$ 的管理剂量约束值。

⑤公众成员的有效剂量

各工作场所内公众成员受照剂量估算的具体计算参数及结果详见表 11-6。

表 11-6 关注点处公众成员受照剂量预测结果

序号	关注点位置	居留因子	屏蔽体外关注点处剂量率	周曝光时间 (h)	周有效剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年曝光时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
----	-------	------	-------------	-----------	-----------------------------------	-----------	---------------------------------

			($\mu\text{Sv/h}$)				
1	北侧楼梯间	1/8	0.125	13.34	0.21	666.67	1.04×10^{-2}
2	北侧更衣室	1/8	3.72×10^{-2}	13.34	6.20×10^{-2}	666.67	3.10×10^{-3}
3	北侧库房	1	4.01×10^{-3}	13.34	5.35×10^{-2}	666.67	2.67×10^{-3}
4	东侧车间内通道	1/8	3.68×10^{-2}	13.34	6.14×10^{-2}	666.67	3.07×10^{-3}
5	东侧洁净间	1	1.12×10^{-2}	13.34	0.15	666.67	7.47×10^{-3}
6	东北侧缠绕生产区	1	3.66×10^{-3}	13.34	4.88×10^{-2}	666.67	2.44×10^{-3}
7	楼上会议室	1/2	3.33×10^{-2}	13.34	0.22	666.67	1.11×10^{-2}
8	车间一西侧绿化及道路	1/8	0.392	13.34	0.65	666.67	3.27×10^{-2}
9	车间一南侧绿化及道路	1/8	1.50×10^{-2}	13.34	2.50×10^{-2}	666.67	1.25×10^{-3}
10	生产楼	1	1.80×10^{-3}	13.34	2.40×10^{-2}	666.67	1.20×10^{-3}

由以上估算结果可知，公众成员周有效剂量最大为 $0.65\mu\text{Sv/周}$ ，周有效剂量低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 $5\mu\text{Sv/周}$ 的周剂量限值要求；年有效剂量最大为 $3.27 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，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。

3. 其他三废环境影响分析

工业 CT 内产生的臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)在设计通风系统条件下，换气次数大于 3 次/h。排风口位于工业 CT 屏蔽体顶部，工业 CT 屏蔽体内的臭氧和氮氧化物可经过工业 CT 屏蔽体顶部排风口沿排风管道排至车间一西墙外环境。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，使臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

4. 运行分析与评价

由上述运行期间的分析可以看出，在按照现有设计条件使用工业 CT，正常运行期间：

工业 CT 各防护面及防护门外关注点处辐射水平最大为 $1.50\mu\text{Sv/h}$ ，满足标准规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平；辐射工作人员年有效剂量为 1.00mSv/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 的管理剂量约束值；公众成员年有效剂量不高于 $3.27 \times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，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。

综上，在现有设计条件下，本项目工业 CT 屏蔽体周围的剂量率、辐射工作人员及公众成员所接受的周有效剂量、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。

事故影响分析

1. 可能发生的辐射事故

本项目运行中，可能发生的事故工况主要为：

(1) 工业 CT 门-机联锁失效的情况下，工业 CT 出束照射时，防护门未完全关闭，致使 X 射线泄漏到屏蔽体外面，给辐射工作人员造成不必要照射。

(2) 工业 CT 屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，工业 CT 出束对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

(3) 工业 CT 检修维护时，工业 CT 屏蔽体内人员未及时撤离或防护门未关闭情况下即进行出束测试，导致射线装置周围人员受到不必要照射。

2. 辐射事故防范措施

为了杜绝事故发生，建设单位拟严格落实各项辐射防护措施，制定详细的安全管理制度和安全操作规程，并加强员工安全教育和培训，严格执行操作规程，确保安全。具体如下：

(1) 工业 CT 设有门机联锁装置，并保证在防护门关闭后才能进行无损检测。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

(2) 检测室内设置视频监控，可以监控功能区内情况。操作规程规定开机前要进行巡检，确认工业 CT 的防护门联锁情况完好，方可进行后续操作。

(3) 工业 CT 内安装监查探头、固定式场所辐射探测报警装置，可以监控设备内的启动状态和出束照射情况，防止在安全联锁装置或警示灯失效的情况下人员受到 X 射线照射。

(4) 工业 CT 控制面板设置有钥匙开关，当辐射工作人员通过钥匙开关开启设备后，其他操作才能正常开展；钥匙只有在设备停机状态时才能拔出。

(5) 工业 CT 在设备内部设置紧急停机按钮、控制面板设置紧急停机按钮。当出现紧急情况需要立即停止 X 射线工作时，辐射工作人员可通过紧急停机按钮停止 X 射线出束。

(6) 工业 CT 在设备前侧工件进出防护门及后侧检修防护门内部设置紧急开门按钮，当出现紧急情况时，辐射工作人员可通过紧急开门按钮打开防护门。

(7) 加强辐射工作人员定期培训，根据实际情况完善健全辐射安全管理机构、规章制度和操作规程，并对工作人员做好培训。

(8) 重视对个人剂量的监测和工作场所的监测，及时发现可能存在的泄漏和超剂量辐射事故，按照规定使用个人剂量报警仪。

(9) 定期检查设备、场所的安全联锁装置，确保其正常运行。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，才能开始检测工作。

(10) 完善辐射事故应急措施。不断增强应急处理能力，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

(11) 定期测量设备外围区域的辐射水平，包括辐射工作人员工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当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。

(12) 检修维护人员在进行检修工作时应取下控制面板的开关钥匙，确保设备关机，以避免不必要的照射。

(13) 若在巡测或者常规检测发现设备屏蔽壳有结构老化，防护能力下降的情况，及时终止辐射工作并向辐射防护负责人报告，联系设备制造商进行维修维护。

3. 应急处置措施

根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理和报告制度的通知》，该项目所使用的射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。本项目辐射事故应急措施主要包括以下几个方面：

(1) 按下紧急停机按钮，第一时间切断工业 CT 电源，紧急停止工作，现场人员应迅速撤至安全区域，保护现场，通知辐射防护人员和应急小组。

(2) 辐射安全与环境保护管理领导小组接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，立即启动本单位的《辐射事故应急预案》，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。应急小组应对受照情况作出初步判断，造成或可能造成人员超剂量照射的，立即采取暂时隔离和应急救援措施，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(3) 辐射事故发生后，建设单位应立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

(4) 发生辐射事故或者运行故障，应当按照应急预案的要求，制定事故或者故障处置实施方案，并在当地人民政府和辐射安全许可证发证机关的监督、指导下实施具体处置工作。

(5) 建设单位应积极配合生态环境主管部门及卫生行政部门调查事故原因，并做好后续工作。

(6) 事故未解决，现场未达到安全状态，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。出现故障的装置经专业技术人员维修，经有资质的检测机构对其进行检测，合格后方可启用，达不到要求不得投入使用。

(7) 建设单位应对辐射事故的起因、性质、影响、责任等问题进行调查评估，做出整改，总结经验教训。

表 12 辐射安全管理

<p>辐射安全与环境保护管理机构的设置</p> <p>1. 管理机构</p> <p>按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）中对使用射线装置单位的要求，公司拟成立辐射安全管理机构，拟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，由辐射安全管理机构全面主持辐射安全管理工作，统一指挥射线装置运行安全的工作，对本单位的无损检测工作及辐射工作人员进行统筹管理，组织落实辐射工作的各项管理规章制度和操作规程，防止辐射安全事故的发生。</p> <p>2. 辐射工作人员</p> <p>公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，专职负责公司辐射安全管理相关工作，另外两名为设备操作人员，专职进行工业 CT 相关操作，目前人员名单暂未确定，确定后将尽快安排辐射工作人员于全国核技术利用辐射安全与防护平台上进行自主学习，经考核合格后方可上岗。</p>
<p>辐射安全管理规章制度</p> <p>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，公司拟制定各类辐射安全管理制度，如《辐射岗位工作人员培训制度》、《射线装置辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置设备检修维护设备》、《辐射监测方案》、《自行检查及年度评估制度》、《射线装置使用登记及台账制度》等规章制度。以满足日常辐射安全管理要求。</p> <p>公司拟由辐射安全负责人负责宣传贯彻辐射安全的相关政策及法规，制定合理的规章制度及防护措施，对无损检测工作提出合理建议并进行监督管理，对环境风险事故进行处理，对职业人员的工作过程进行管理。</p>
<p>辐射监测</p> <p>1、辐射环境监测方案</p> <p>公司拟制定《辐射监测方案》，拟购置 1 台 X-γ辐射巡检仪，并根据监测计划对工作场所和周围环境进行监测。监测方案须包括以下内容：</p> <p>1) 辐射工作场所监测计划</p> <p>(1) 监测因子</p> <p>X(γ)辐射空气吸收剂量率。</p>

(2) 监测频率

定期监测：正常情况下，每季度进行一次自行监测。

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

年度监测：每年一次，委托有资质的单位进行监测。

使用中监测：每次射线装置使用结束后，检测工业 CT 各防护面及防护门外，以确保射线装置已停止工作。

定期监测和年度监测时，开机和关机状态下分别进行监测。

(3) 监测范围

工业 CT 屏蔽体为中心，屏蔽体周围 50m 范围内。

(4) 监测布点

监测点主要涵盖以下几处位置：

①通过巡测，发现的辐射水平异常高的区域；

②各防护门外 30cm 离地高度 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点。

③屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个防护面至少测 3 个点；

④屏蔽体室顶外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

⑤通风口、管线口位置；

⑥人员经常活动的位置，主要包括控制台、屏蔽体四周、上方以及其他人员能到达的位置，环境保护目标处；

⑦屏蔽体各防护门入口。

(5) 检测结果评价

以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为工业 CT 屏蔽体各防护面及防护门外剂量率控制水平，如发现超过控制水平的情况，应终止射线无损检测工作，并向辐射防护负责人报告，查找原因，改善防护条件。

(6) 监测人员及监测结果

由辐射安全防护管理机构安排人员负责自行监测，监测结果记入档案。

年度监测委托有资质的单位进行，监测报告与年度评估报告一起上报生态环境部门。

2) 设备防护性能检测

每年委托有资质的单位对射线装置防护性能进行检测，射线装置的防护性能应符合

《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.1 款要求。

3) 辐射工作人员年有效剂量监测与检测

(1) 严格遵守国家有关辐射环境管理法规；

(2) 个人剂量检测按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）有关要求执行；

(3) 所有辐射工作人员须接受个人剂量监测，工作期间须按要求正确佩戴个人剂量计；

(4) 建立个人剂量档案，个人剂量档案包括个人基本信息、工作单位、个人剂量计佩戴起止时间、剂量监测结果等信息，个人剂量档案终生保存。

(5) 个人剂量计的读取周期不超过 90 天 1 次；

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

辐射事故应急

1、环境风险事故应急预案

公司拟根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定《辐射事故应急预案》。一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。应急预案须包括以下主要内容：

1) 辐射事故应急处理机构与职责

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

(2) 明确应急处理领导小组的主要职责，具体如下：

a. 定期组织对检测探伤现场、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生行政部门及时报告事故情况；

e. 负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

f. 人员受照时，要迅速估算受照人员的受照剂量；

g. 负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

2) 辐射事故应急原则

- a.迅速报告原则；
- b.主动抢救原则；
- c.生命第一的原则；
- d.科学施救，防止事故扩大的原则；
- e.保护现场，收集证据的原则。

3) 辐射事故应急处理程序

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

b.应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

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

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

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

4) 辐射事故应急演练

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

2、环境风险事故培训演习计划

公司应结合本公司具体情况，根据辐射事故（事件）应急方案或计划定期组织不同规模的辐射事故应急演练，对演练中暴露的问题及时进行整改，并做好演练记录。

从事辐射活动能力评价

1. 与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2021年1月4日生态环境部令第20号修改）符合情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备相应条件。本项目建设单位从事辐射活动能力的评价详见表12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力评价

环境保护部令第 3 号要求具备条件	公司情况	是否符合
<p>(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 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。</p>	<p>公司拟成立辐射安全领导小组全面负责辐射安全与环境保护管理工作。</p>	<p>建设单位按承诺落实后符合</p>
<p>(二) 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。</p>	<p>公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，承诺所有辐射人员必须持有考核合格证书才可上岗</p>	
<p>(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。</p>	<p>本项目不涉及放射性同位素方面的内容。</p>	<p>不涉及</p>
<p>(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。</p>	<p>拟制定《射线装置操作规程》，工业 CT 各屏蔽体外拟设置电离辐射警告标志；拟安装有工作状态指示灯、门机联锁和急停按钮等。</p>	<p>建设单位按要求落实后符合</p>
<p>(五) 射线装置生产、调试场所满足防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的要求安全。</p>	<p>不涉及</p>	<p>不涉及</p>
<p>(六) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。</p>	<p>公司拟配备 1 台 X-γ 辐射巡检仪、个人剂量报警仪 2 部、个人剂量计 3 支。</p>	<p>建设单位按要求落实后符合</p>
<p>(六) 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。</p>	<p>公司拟制定《辐射岗位工作人员培训制度》、《射线装置辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置设备检修维护设备》、《辐射监测方案》、《自行检查及年度评估制度》、《射线装置使用登记及台账制度》等规章制度</p>	
<p>(七) 有完善的辐射事故应急措施。</p>	<p>公司拟制定《辐射事故应急预案》</p>	<p>不涉及</p>
<p>(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理</p>	<p>本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物。且不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗等业务。</p>	

人员负责质量保证与质量控制检测工作。

以上分析表明，在制定落实各项辐射安全管理制度和辐射防护措施后，将具备使用射线装置的单位重新申请领取许可证应当具备的条件。

2. 与原环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合情况

原环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照情况见表 12-2。

表 12-2 与“18 号令”安全和防护能力对照检查情况

原环境保护部令第 18 号要求具备条件	公司情况	是否符合
第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	工业 CT 各防护门和屏蔽体上设置醒目的电离辐射警告标志及配有“当心电离辐射”的中文警示说明。工业 CT 各防护门拟安装有门-机连锁安全装置及工作警示灯，在防护门关闭时，才能进行出束工作，工作时开启警示灯，告诫无关人员勿靠近机房或射线装置。	建设单位按承诺落实后符合
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	公司承诺每年委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射监测，并出具监测报告；拟配备便携式辐射监测仪器，定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，并妥善保存。	
第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	公司承诺对其射线装置的安全和防护进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前报发证机关。	
第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	公司拟配备 3 名辐射工作人员，承诺考核合格后上岗	
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环	公司拟按要求为从事辐射工作的人员建立个人健康档案，每季度	

境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	送检个人剂量计一次，每年对从事放射性操作的人员定期进行健康体检。	
---	----------------------------------	--

综上所述，单位承诺按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，在落实各项措施后可满足管理办法要求。

3. 与中国核与辐射安全管理体系（第三层级）《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）对照情况

本项目拟设置安全防护设施和辐射安全管理制度，与中国核与辐射安全管理体系（第三层级）《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）》对比结果见表 12-3。

表 12-3 与“II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序”对照检查情况

II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序检查内容		公司情况	是否符合	
辐射安全防护设施与运行	场所设施（固定式）	入口处电离辐射警示标志	拟设置	符合
		入口处机器工作状态显示	拟设置	
		隔室操作	隔室操作	
		迷道	工业 CT 屏蔽体已能够满足屏蔽要求，未设置迷道	不涉及
		防护门	工业 CT 设置有铅防护门	符合
		控制台上防止非工作人员操作的锁定开关	工业 CT 外控制台设有防止非工作人员操作的锁定开关	建设单位购置的工业 CT 符合要求
		门机联锁系统	工业 CT 各防护门设有门机联锁	
		照射室内监控设施	工业 CT 屏蔽体内设置监控设施	
		通风设施	工业 CT 屏蔽体顶部设有机械排风装置，每小时有效换气次数大于 3 次	
		照射室内紧急停机开关	工业 CT 内设置紧急停机按钮	
		控制台上紧急停机按钮	工业 CT 控制台上设置紧急停机按钮	

		出口处紧急开门按钮	工业 CT 前侧、后侧防护门防护门内侧设置有紧急开门按钮	符合
		准备出束声光提示	工业 CT 设置准备出束声光提示	
	监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	拟配备 1 台	
		个人剂量仪	拟配备	
		个人剂量报警仪	拟配备 2 部	
应急物资	灭火器材	拟配备		
管理制度	综合	辐射安全管理规定	拟制定	符合
		操作规程	拟制定	
		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	拟制定	
	监测	监测方案	拟制定	
		监测仪表使用与校验管理制度	拟制定	
	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定	
		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定	
	应急	辐射事故应急预案	拟制定	

综上所述，本项目工业 CT 设计能够满足要求，本项目拟采取的其他各项安全防护设施和辐射安全管理制度在落实后可符合中国核与辐射安全管理体系（第三层级）《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）》相关要求。

核技术应用项目环保手续履行

1.环保手续流程

根据国家相关法律法规及行政主管部门要求，核技术应用项目环保手续包括环境影响评价、辐射安全许可证办理及竣工环保验收三个部分，具体流程如图 12-1 所示，供核技术应用单位参考。

建设单位在履行本项目环评手续，申领《辐射安全许可证》后方可开展辐射工作。

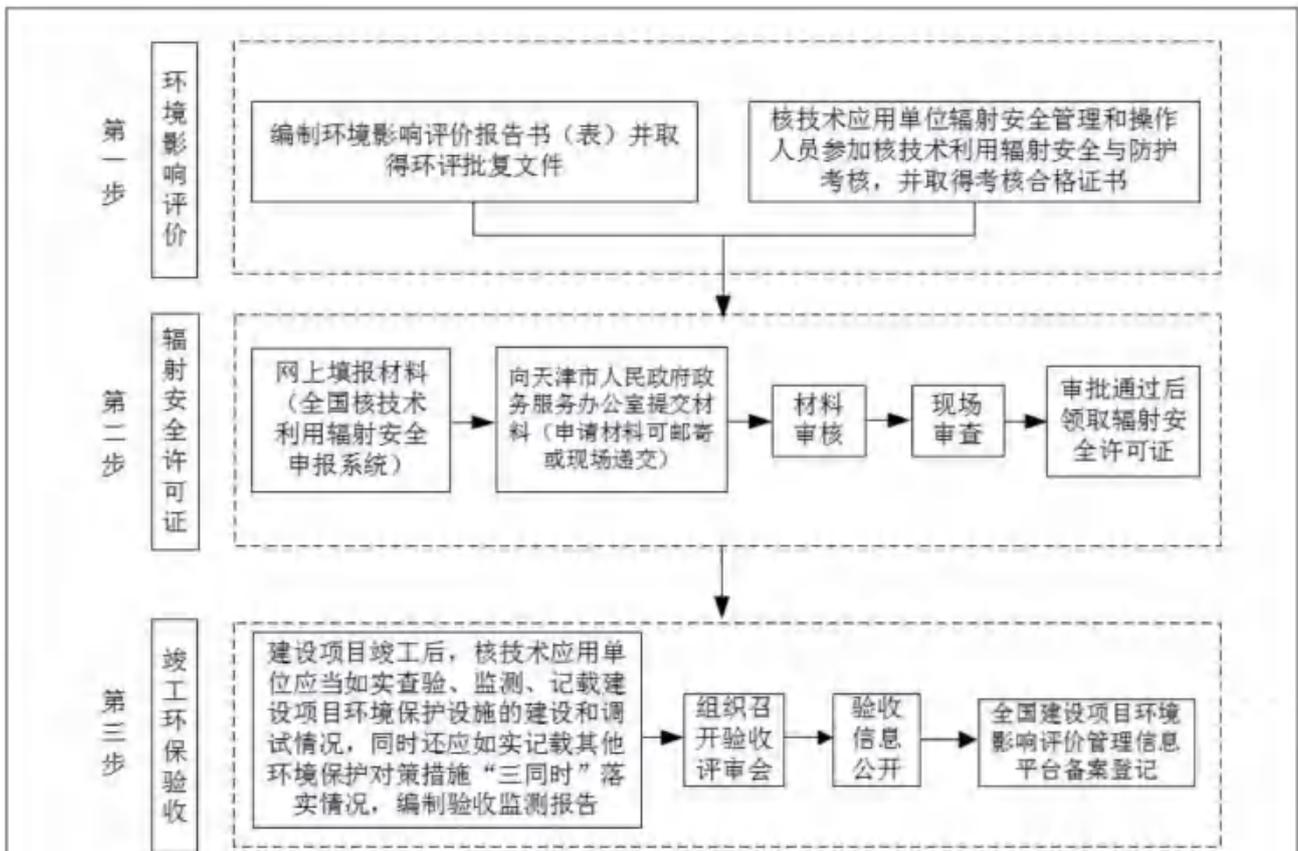


图 12-1 核技术应用项目环保手续办理流程

2. 竣工环境保护验收

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(中华人民共和国国务院令 第 682 号) 第十七条: 编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后, 建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序, 对配套建设的环境保护设施进行验收, 编制验收报告。

验收办法参照《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》(国环规环评[2017]4 号)、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》(HJ 1326-2023)。建设项目竣工后, 建设单位应根据环评文件及审批意见进行自主验收, 向社会公开并向环保部门备案。其中, 需要对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试的, 建设单位应当确保调试期间污染物排放符合国家和地方有关污染物排放标准和排污许可等相关管理规定。环境保护设施未与主体工程同时建成的, 或者应当取得排污许可证但未取得的, 建设单位不得对该建设项目环境保护设施进行调试。调试期间, 建设单位应当对环境保护设施运行情况和建设项目对环境的影响进行监测。验收监测应当在确保主体工程调试工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行, 并如实记录监测时的实际工况。建设项目竣工验收通过后, 方可正式投产运行。建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主

体。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。

表 13 结论与建议

结论

1. 项目概况

天津爱思达新材料科技有限公司目前租赁了位于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号的天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内的车间 1、车间 2、生产楼（2 层-5 层）及办公楼（1 层-2 层），拟于车间 1 一层西南角检测室内安装 1 台工业 CT，对公司生产的复合材料制品进行检测。核技术利用类型属于使用 II 类射线装置。

2. 实践的正当性

天津爱思达新材料科技有限公司利用工业 CT 对复合材料工件进行无损检测，可实现公司生产的复合材料工件的精细化检测，具有显著的经济和社会效益。单位将严格按照相关标准对工业 CT 和检测室采取辐射安全防护措施，并建立辐射安全管理体系及各项规章制度，能够降低工业 CT 对辐射工作人员和周围公众的辐射影响，经后续理论分析，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准“剂量限值”的要求，符合《电离辐射防护与辐射源基本标准》（GB 18871-2002）中的辐射防护“实践正当性”的要求。

虽然在项目营运过程中，设备的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但天津爱思达新材料科技有限公司在按照国家、市相关辐射防护要求下正确使用和管理本项目射线装置的情况下，根据预测分析，工作场所外辐射水平及人员受照剂量能满足相应标准要求。因此，从代价利益分析看，本项目同样是正当可行的。

3. 选址、布局的合理性

本项目射线装置拟安装于天津市东丽区华明高新技术产业区弘泰道 10 号的天津爱思达航天科技股份有限公司厂区内车间 1 一层西南角检测室内。工业 CT 拟安装位置中心坐标为东经 117°21'39.578"，北纬 39°10'22.516"。本项目工业 CT 屏蔽体外 50m 评价范围内不涉及学校、医院、居民区等环境保护目标，且经剂量估算，本项目对周围的剂量影响可满足相关标准限值要求。

4. 辐射安全与防护分析结论

本项目工业 CT 在自带屏蔽体内工作，根据剂量水平的估算结果可知，工业 CT 的屏蔽防护能够达到标准规范中的要求。本项目采取了一系列辐射安全与防护措施，如设置门-机连锁装置，在门关闭后工业 CT 装置才能进行作业；工作状态指示灯与工业 CT 连锁；控制台和防护门周围设置紧急停机按钮；将工业 CT 屏蔽体内划为控制区，屏蔽体外相邻的其它

区域划为监督区，工业 CT 屏蔽体张贴电离辐射警告标识和中文警示说明，工作人员在控制区边界外操作，监督区边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌等。建设单位拟为辐射工作人员配备个人剂量计、个人剂量报警仪和辐射巡检仪，建设单位拟制定各项辐射环境管理制度和辐射事故应急预案。

5. 环境影响分析结论

根据理论计算，本项目工业 CT 运行时铅房各防护面及防护门外关注点处辐射水平满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率控制水平。

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 2.0mSv/a 的管理剂量约束值。

公众成员年有效剂量低于《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 的管理剂量约束值。

工业 CT 顶部机械排风装置，设计通风量可使有效换气次数大于 3 次；工业 CT 内废气经排风口沿排风管道排至车间一西墙外环境。满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求。

6. 辐射安全管理

公司拟成立辐射环境安全领导小组，负责射线装置的安全和防护工作，拟制定《辐射岗位工作人员培训制度》、《射线装置辐射防护与安全保卫制度》、《射线装置操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置设备检修维护设备》、《辐射监测方案》、《自行检查及年度评估制度》、《射线装置使用登记及台账制度》等规章制度，以满足日常辐射安全管理要求。

公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，专职负责公司辐射安全管理相关工作，另外两名为设备操作人员，专职进行工业 CT 相关作业，目前人员暂未确定，确定后将尽快安排辐射工作人员于全国核技术利用辐射安全与防护平台上进行自主学习，经考核合格后方可上岗。

7. 结论

综上所述，天津爱思达新材料科技有限公司在充分落实本报告提出的各项辐射安全和防护措施，加强环境管理的情况下，本项目对周围环境和人员的辐射影响满足国家剂量限值和本报告提出的约束值要求，因此从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

建议和承诺

1. 承诺

(1) 承诺按方案进行本项目建设并配备相应监测设备，确认门-机连锁装置、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、紧急停机按钮等安全设施运行良好，定期检查。

(2) 严格按照已制定的各项环境保护和辐射防护措施执行，尽可能降低项目运行过程中对环境造成的影响。

(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，并委托有资质单位定期进行个人剂量检测。

(4) 及时申领《辐射安全许可证》，取得后方可开展本项目辐射工作。

(5) 建设单位将按照《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）要求，对配套建设的环境保护设施进行验收。

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) 对辐射工作人员进行防护知识培训，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众成员和工作人员所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

(3) 落实提出的各项辐射安全与防护措施，做到有效控制辐射安全的要求。

附图和附件

- 附图 1 公司所在地理位置图
- 附图 2 本项目周边关系影像图
- 附图 3 本项目评价范围示意图
- 附图 4 项目所在厂区平面布置示意图
- 附图 5 工业 CT 所在车间一平面布置图
- 附图 6 工业 CT 楼上对应位置示意图
- 附件 1 委托书
- 附件 2 公司营业执照
- 附件 3 项目所在厂区不动产权证及租赁协议
- 附件 4 项目所在厂区主体环评批复
- 附件 5 设备参数说明
- 附件 6 本项目环境监测报告
- 附件 7 技术评估会会议纪要及项目修改索引

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日



附图 1 公司所在地理位置图