

编号：XH25EA038

核技术利用建设项目
东南大学无锡校区
使用 1 台工业 CT 项目
环境影响报告表

报批版

东南大学无锡校区（盖章）

2025 年 07 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目
东南大学无锡校区
使用 1 台工业 CT 项目
环境 影 响 报 告 表

建设单位名称： 东南大学无锡校区（盖章）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址： 无锡市滨湖区状元路 5 号

邮政编码： 214125

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 评价标准与保护目标	17
表 8 环境质量和辐射现状	21
表 9 项目工程分析与源项	31
表 10 辐射安全与防护	43
表 11 环境影响分析	63
表 12 辐射安全管理	78
表 13 结论与建议	87
表 14 审 批	89
附件 1: 项目委托书	90
附件 2: CMA 资质及附表信息	91
附件 3: 环境 γ 辐射现状检测报告	97
附件 4: 工业 CT 相关参数说明	106
附件 5: 辐射安全管理规章制度	108

表 1 项目基本情况

建设项目名称		东南大学无锡校区使用 1 台工业 CT 项目			
建设单位		东南大学无锡校区			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		无锡市滨湖区状元路 5 号			
项目建设地点		无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)		850	项目环保投资(万元)	35	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m ² ）	70.5
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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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		
	其它	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其它	/				
<p>1.1 项目概况</p> <p>1.1.1 建设单位情况</p> <p>东南大学无锡校区（以下称建设单位）创建于 1988 年 4 月，前身为东南大学无锡分校，是原国家教委批准的首批重点大学分校之一，最先开启了我国卓越工程师人才培养模式的探索，为国家与地方累计培养电子信息类人才近 20000 名。学校建有实体化集成电路学院，智能科学与技术学院（筹），设有电子学科与技术、信息工程、集成电路设计与集成系统 3 个本科专业；集成电路科学与工程、电子信息（集成电路工程）、智能制造、智能控制、智能系统、智能安全、智能交通等多个硕士研究生专业以及集成电路工程、集成电路科学与工程 2 个博士研究生专业。依托东南大学学科优势和无锡地方产业优势，学校建有总投资 10 亿元的微纳系统国际创新中心，覆盖 Chiplet 集成工艺、MEMS 制造工艺、SiC 制造工艺、原子级制造与</p>					

表征等共性研发需求，旨在打造高端要素集聚的太湖湾重要人才中心和科产教融合创新高地。

1.1.2 项目来由和目的

工业 CT 与传统的 X 射线探伤相比，具有空间分辨率好、固有辐射安全性高等特点，在科研分析中具有其他方法无可取代的作用。基于工业 CT 的强大功能，为了满足国家科研项目要求，提升学校的科研水平，东南大学无锡校区拟在无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心一层设置 1 间无损检测室，在内安装使用 1 台天津三英公司 nanoVoxel 5000 型工业 CT，用于集成电路、MEMS、电池等的无损检测。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置的分类，工业 CT 属于 II 类射线装置，本项目属于使用 II 类射线装置项目。受建设单位委托（委托书见附件 1），广州星环科技有限公司对东南大学无锡校区使用 1 台工业 CT 项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令 第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射_172、核技术利用建设项目”类别中“使用 II 类射线装置的”项目，应编制环境影响报告表。

1.1.3 项目建设规模

东南大学无锡校区拟在无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心一层设置 1 间无损检测室，在内安装使用 1 台天津三英公司 nanoVoxel 5000 型工业 CT，用于集成电路、MEMS、电池等的无损检测。拟使用射线装置参数一览表见表 1-1。

表 1-1 拟使用射线装置参数一览表

名称	厂家	型号	最大管电压/ 最大管电流	数量	类别	射线发生器数量	使用场所
工业 CT	天津三英公司	nanoVoxel 5000	300kV/3mA 160kV/1mA	1 台	II 类	2 个	无损检测室

本项目的射线装置自带屏蔽体，屏蔽体与装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；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；人员可进入到装置内部进行维修维护。无损检测室为现有的房间，目前作为安保人员的休息室，以及一些备品备件的存放场所，未来用作辐射工作场所，摆放射线装置及其他辅助设施。

建设单位拟配置 3 名辐射工作人员负责该射线装置的操作和管理。辐射工作人员为东南大学无锡校区现有人员，未来经辐射安全和防护考核合格后成为辐射工作人员。辐射工作人员实行常白班，无固定轮岗排班方式。根据建设单位提供的资料，工业 CT 投入使用后，预计每天最多检测 6 个样品，检测每个样品的平均出束时间约为 60 分钟，每周工作 5 天，全年工作时间为 48 周，则装置日出束时间为 6 小时，周出束时间为 30 小时，年出束时间为 1440 小时。

1.2 项目选址和周边保护目标

1.2.1 选址和周围环境介绍

本项目位于无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心一层，微纳系统国际创新中心为四层建筑，无地下层。微纳系统国际创新中心四周主要分布有人行道、消防车道等。东南大学无锡校区东侧为状元路，南侧为棟城路，西侧为山水东路，北侧为震泽路。项目所在区域图见图 1-1，东南大学无锡校区平面布置图见图 1-2。

无损检测室位于微纳系统国际创新中心内西南侧，工业 CT 布置于无损检测室内西南侧。工业 CT 东侧为走道、预留区（一）等场所；南侧为楼梯间、消防控制室等场所；西侧为消防车道；北侧为 UPS 室、变配电室等场所；上方二层为空调机房、排烟井、风井、楼梯间等场所。无损检测室正上方为空调机房、排烟井、风井，排烟井、风井为人员不可到达场所。工业 CT 四周 50m 范围内场所分布一览表见表 1-3，项目周边 50m 关系图见图 1-3，微纳系统国际创新中心一层平面布置图见图 1-4，微纳系统国际创新中心二层平面布置图见图 1-5。

表 1-3 工业 CT 四周 50m 范围内场所分布一览表

方位	场所名称
本项目场所	无损检测室
东侧	走道、预留区（一）、热处理区、封装区（一）、走道 1、封装区（二）、预留区（二）、薄膜区、清洗区（一）、测量

	区、走道 2、更衣换鞋室、备用间、透射电镜区、综合会议室、光刻区（四）、清洗区（二）、消防车道
南侧	楼梯间、消防控制室、走道、前厅、人行道、楼梯/电梯间、消防车道
西侧	消防车道
北侧	UPS 室、变配电室、动力站/废水站、清扫储藏区、光刻区（一、二）、卫生间、等离子注入区、事故应急水池
二层	空调机房、楼梯间、走道、换热间、IT 机房、丝印工艺间、印刷间、休闲办公区、光电综合测试间、更衣换鞋间、清洗间、混合电子区、走道 2、楼梯/电梯间、楼梯区、卫生间、油墨处理间、打印间

滨湖区地图

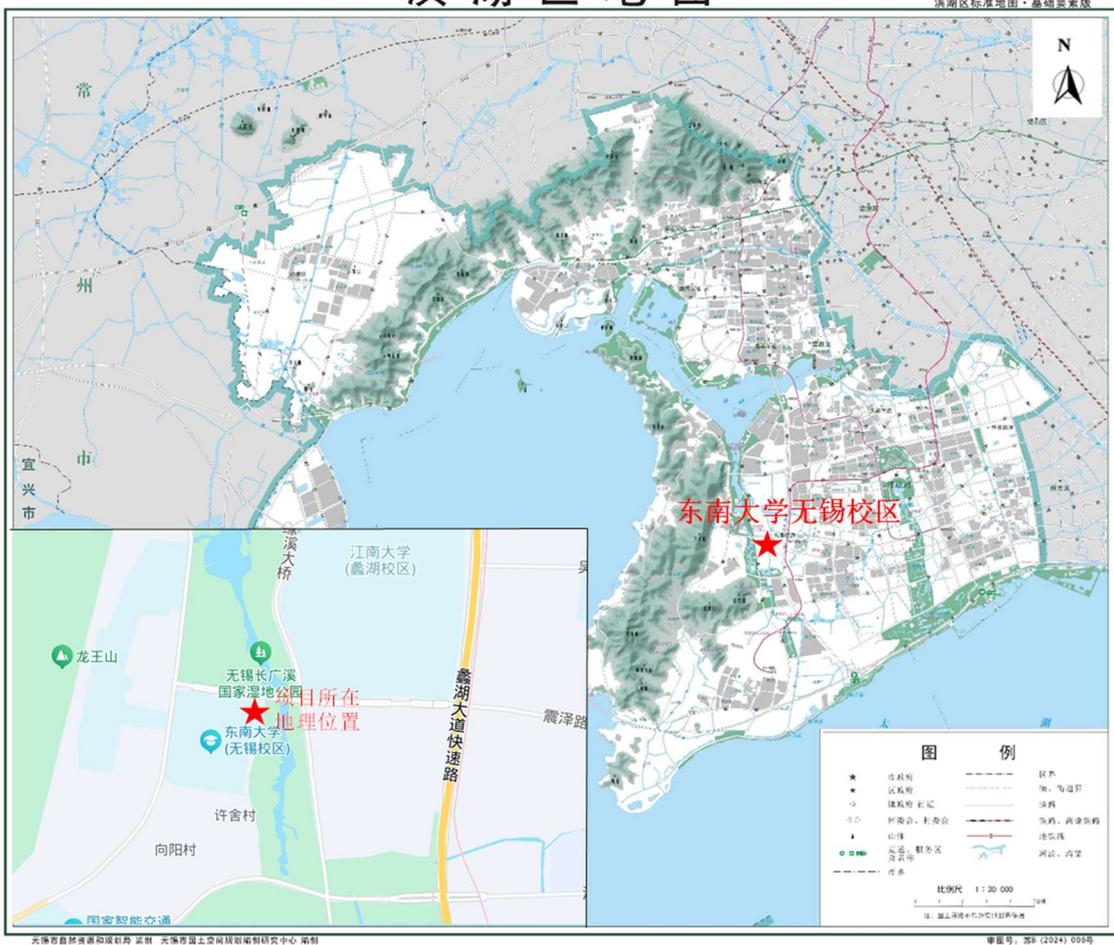


图 1-1 项目所在地区域图

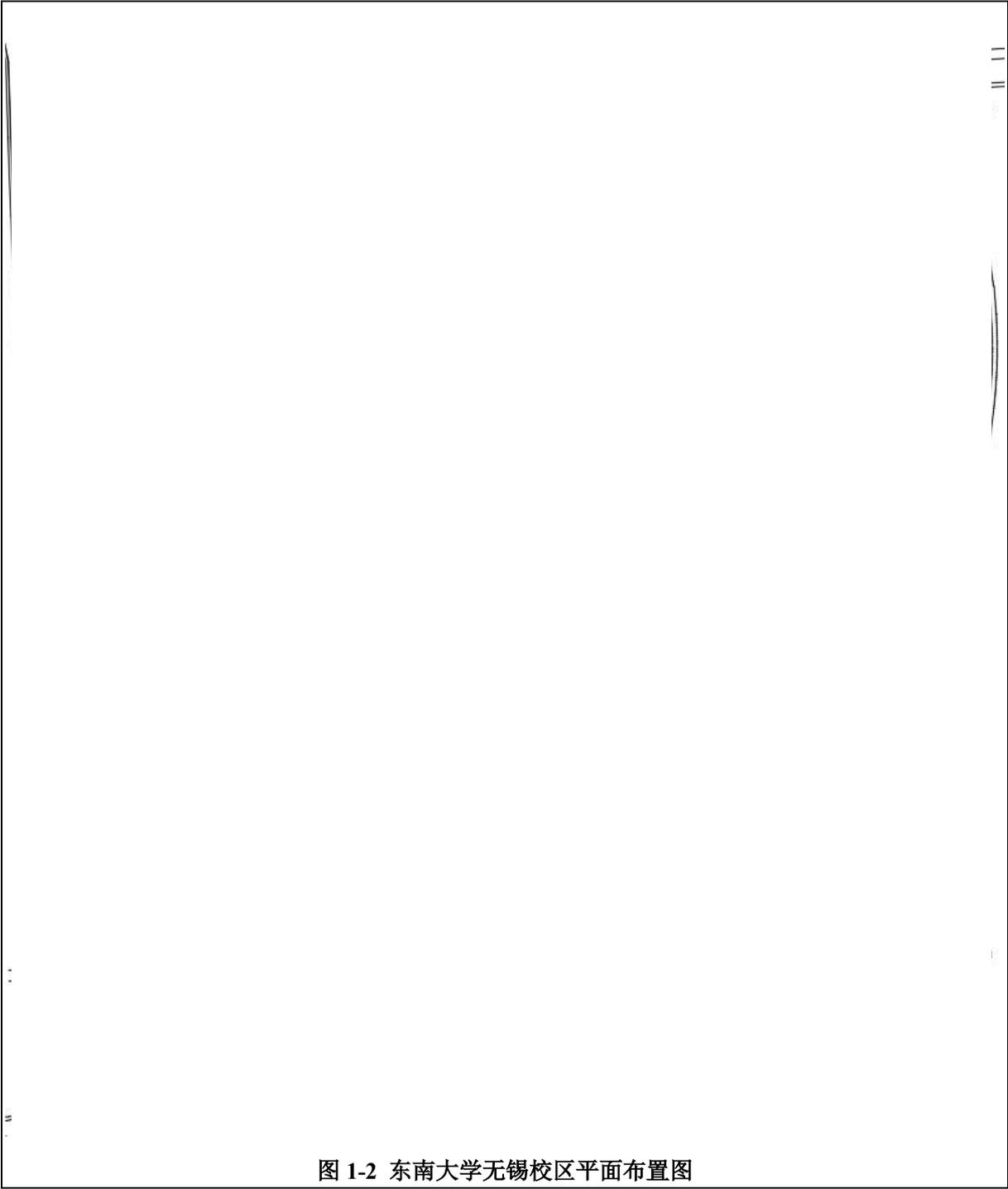


图 1-2 东南大学无锡校区平面布置图



图 1-3 项目周边 50m 关系图

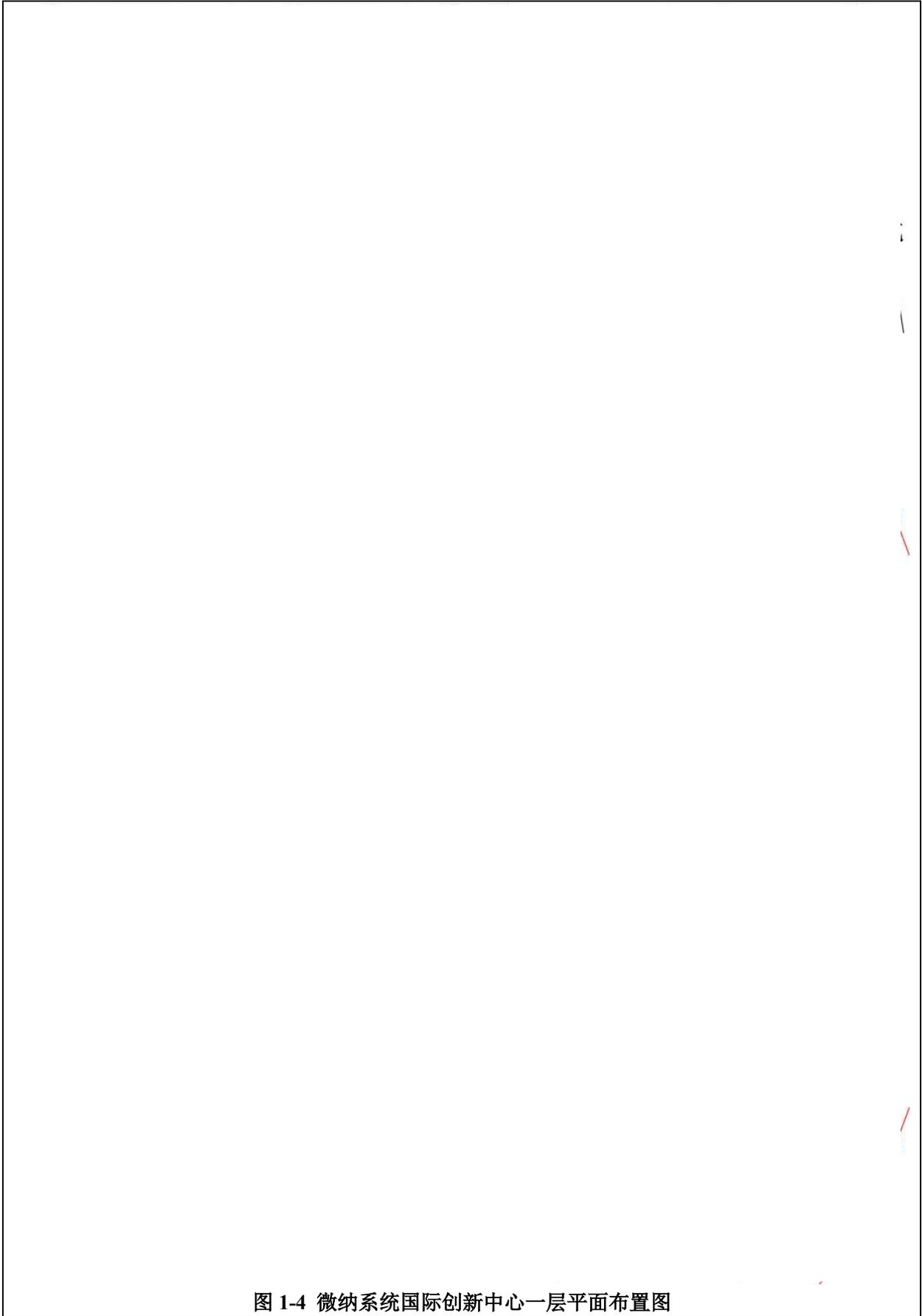


图 1-4 微纳系统国际创新中心一层平面布置图

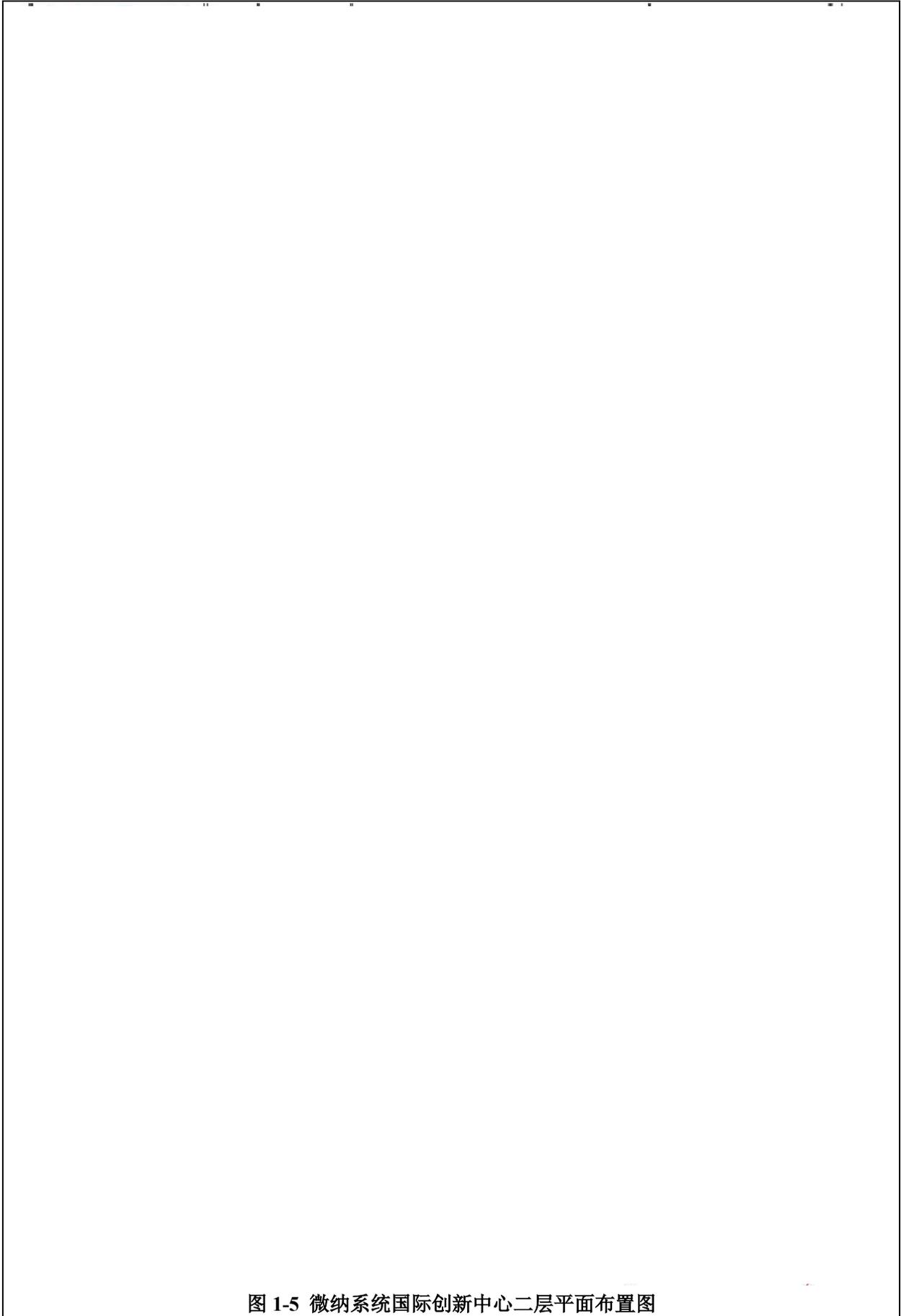


图 1-5 微纳系统国际创新中心二层平面布置图

1.2.2 选址合理性分析

本项目射线装置自带屏蔽体，放置在独立的区域使用，无损检测室设有门禁，四周相邻区域均是人员居留因子较小的场所，根据表 11 的理论计算，项目选址四周保护目标的受照剂量均小于公众的年有效受照剂量约束值，充分考虑了周围场所的人员防护和安全，有利于辐射工作场所的管理。项目选址 50m 范围内主要是微纳系统国际创新中心、消防车道、人行道、动力站/废水站等，均在东南大学无锡校区用地范围内，无中小学、幼儿园、居民楼、商业区等环境敏感点。东南大学无锡校区内有学生，根据学校安排，学生会不定期在微纳系统国际创新中心做实验，学生的住宿不在项目选址 50m 范围内。综上可判断本项目的选址合理。

1.2.3 其他

本项目位于无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心一层。对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（江苏省人民政府苏政发〔2018〕74 号）和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（江苏省人民政府苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围内（将工业 CT 屏蔽体外 50m 的范围内选为评价范围）不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域。本项目的建设符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图见图 1-6。

1.3 实践正当性分析

本项目工业 CT 在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但在使用过程中采取了必要的辐射安全与防护措施减少本项目的辐射影响，使本项目的辐射影响在相应的标准范围内。同时，本项目工业 CT 对样品的无损检测具有其他方法无可取代的特点，项目的建设也将能够较好地解决建设单位在集成电路、MEMS、电池研究不足的问题，对提升科研水平以及教学能力起到十分重要的作用，具有明显的社会效益，其给社会带来的利益远大于其可能引起的辐射影响。因此，本项目建设符合《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。

1.4 原有核技术利用项目情况

本项目为建设单位首次开展核技术利用项目。

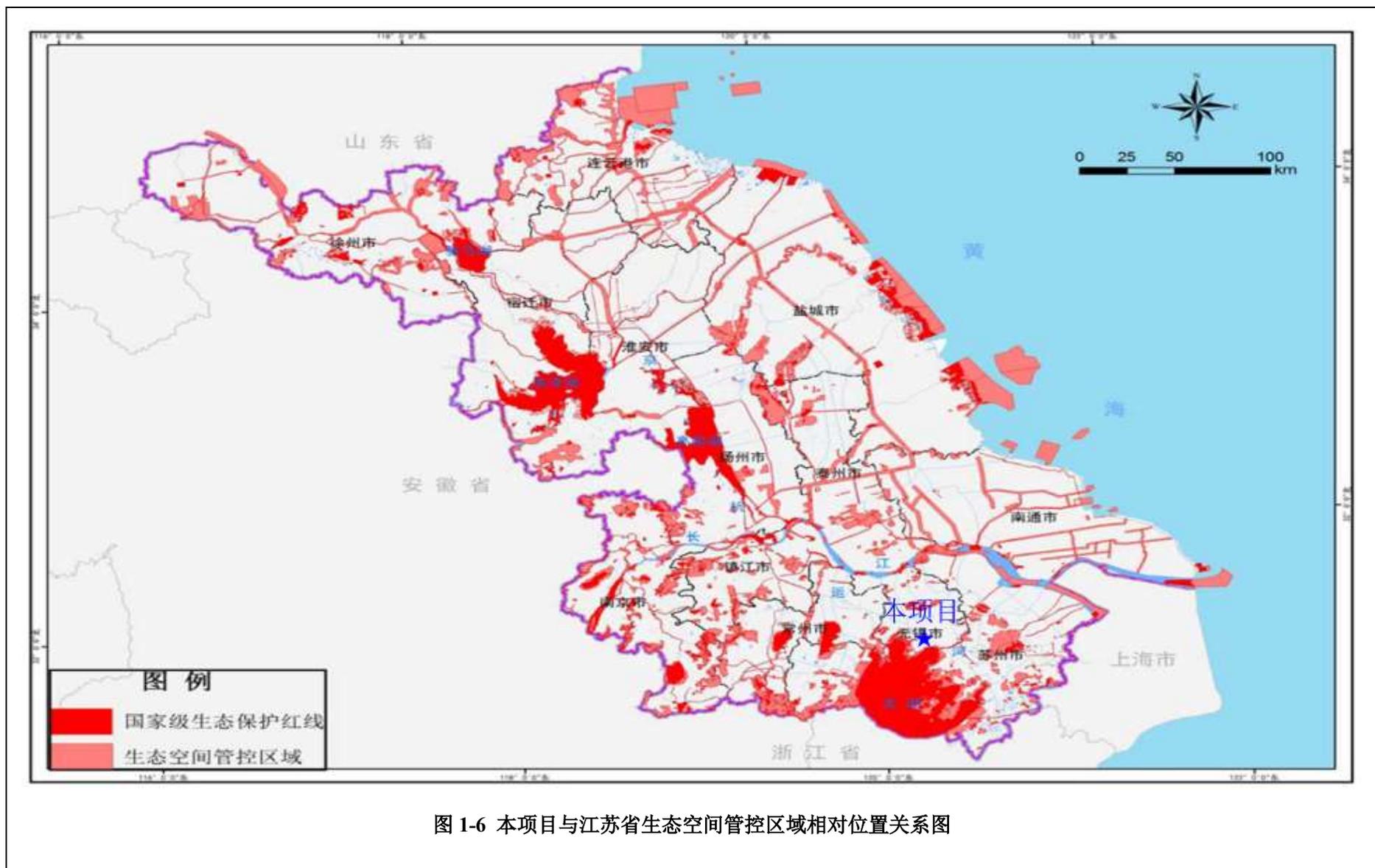


表 2 放射源

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
	无							

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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	无									

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)	额度电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	无									

(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	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II类	1 台	nanoVoxel 5000	300kV/160kV	3mA/1mA	用于集成电路、MEMS、电池等的无损检测	无损检测室	2 个射线发生器

(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 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	贮存方式	数量	
	无												

表 5 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
本项目不产生放射性废物。								
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	微量	/	直接排放	通过装置排风口排出，再利用无损检测室的排风机排出室外；臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对环境影响较小。
废射线发生器灯丝	固态	/	/	/	4 根	/	/	交由厂家回收处理

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.含有放射性的废弃物要注明,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》（主席令第九号，2015 年 1 月 1 日实施）</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改<中华人民共和国劳动法>等七部法律的决定》修正）</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（主席令第六号，2003 年 10 月 1 日实施）</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，2005 年 12 月 1 日施行，2019 年 3 月 2 日修订）</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》（国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部第 20 号令，2021 年 1 月 4 日修改）</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施）</p> <p>(8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告第 66 号，2017 年 12 月 6 日发布）</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）</p> <p>(10) 《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 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行）</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发）</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月修订，</p>
------------------	---

	<p>2024年2月1日实施)</p> <p>(13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号, 2017年11月20日起施行)</p> <p>(14) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018年修正本, 江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号, 自2018年5月1日起施行)</p> <p>(15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》(江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号, 自2018年6月9日起施行)</p> <p>(16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》(江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号, 自2020年1月8日起施行)</p> <p>(17) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》(江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号, 自2020年6月21日起施行)</p> <p>(18) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书(表)编制单位监管工作的通知》(苏环办〔2021〕187号, 2021年5月31日印发)</p> <p>(19) 《江苏省生态空间管控区域调整管理办法》(苏政办发〔2021〕3号, 2021年1月6日发布)</p> <p>(20) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》(苏自然资函〔2023〕880号, 2023年10月11日发布)</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及修改单</p>

	<p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p> <p>(7) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护导论》（方杰主编）</p> <p>(2) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月，江苏省环境监测站）</p> <p>(3) 建设单位提供的其他资料</p>

表 7 评价标准与保护目标

7.1 评价范围

本项目使用的II类射线装置设置有固定的实体屏蔽体，参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定：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，因此本项目将工业 CT 屏蔽体外 50m 的范围内选为评价范围。

7.2 保护目标

结合该项目的评价范围，将评价范围内的辐射工作人员和公众列为保护目标，具体保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内保护目标分布一览表

方位	场所	距离(m)	保护目标	影响人数 (人)	剂量约束值 (mSv/a)
本项目 场所	无损检测室	0.3	辐射工作 人员	3	5
东侧	走道	4	公众	流动人员	0.1
	预留区（一）	7	公众	流动人员	
	热处理区	7	公众	5	
	封装区（一）	17	公众	4	
	走道 1	18	公众	流动人员	
	封装区（二）	20	公众	4	
	预留区（二）	21	公众	流动人员	
	薄膜区	22	公众	5	
	清洗区（一）	26	公众	2	
	测量区	26	公众	4	
	走道 2	31	公众	流动人员	
	更衣换鞋室	32	公众	流动人员	
	备用间	37	公众	流动人员	
透射电镜区	38	公众	5		

	综合会议室	39	公众	流动人员	
	光刻区（四）	39	公众	4	
	清洗区（二）	42	公众	2	
	消防车道	47	公众	流动人员	
南侧	楼梯间	0.7	公众	流动人员	0.1
	消防控制室	4	公众	2	
	走道	11	公众	流动人员	
	前厅	13	公众	流动人员	
	人行道	26	公众	流动人员	
	楼梯/电梯间	31	公众	流动人员	
	消防车道	39	公众	流动人员	
西侧	消防车道	6	公众	流动人员	0.1
北侧	UPS 室	7	公众	2	0.1
	变配电室	20	公众	2	
	动力站/废水站	26	公众	3	
	清扫储藏区	34	公众	2	
	光刻区（一、二）	37	公众	5	
	卫生间	43	公众	流动人员	
	等离子注入区	44	公众	3	
	事故应急水池	45	公众	流动人员	
二层	空调机房	5	公众	1	0.1
	楼梯间	5	公众	流动人员	
	走道	6	公众	流动人员	
	换热间	6	公众	1	
	IT 机房	9	公众	2	
	丝印工艺间	9	公众	4	
	印刷间	11	公众	2	
	休闲办公区	12	公众	10	
	光电综合测试间	18	公众	2	
	更衣换鞋间	24	公众	流动人员	

	清洗间	24	公众	2
	混合电子区	26	公众	5
	走道 2	31	公众	流动人员
	楼梯/电梯间	32	公众	流动人员
	楼梯区	38	公众	流动人员
	卫生间	43	公众	流动人员
	油墨处理间	44	公众	3
	打印间	45	公众	3

注：表中距离是指保护目标场所边界到工业 CT 屏蔽体的距离。

7.3 评价标准

7.3.1 职业照射及公众照射年有效剂量控制要求

(1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定：

①工作人员的照射水平不应超过下述限值：

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。

②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) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。”的相关规定，来确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

①工作人员：

本项目取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目的职业照射剂量约束值，即本项目的辐射工作人员的年有效受照剂量应不超过 5mSv/a。

②公众：

取公众年平均有效剂量限值的十分之一作为本项目的公众照射剂量约束值，即本项目的公众的年有效受照剂量不超过 0.1mSv/a。

7.3.2 工作场所辐射剂量率控制要求

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定：

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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 μ 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 μ Sv/h。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

(1) 关注点周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值不大于 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周；

(2) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

7.3.3 环境天然 γ 辐射水平参考值

参考《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站）。

表 7-2 江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

/	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注：（1）测量值已扣除宇宙射线响应值。

（2）现状评价时，参考表 7-2 江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果的测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目选址位于无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心。微纳系统国际创新中心四周主要分布有人行道、消防车道等。东南大学无锡校区东侧为状元路，南侧为棟城路，西侧为山水东路，北侧为震泽路。项目地理位置见图 8-1，项目四周场所现状照片见图 8-2。

无损检测室位于微纳系统国际创新中心一层内西南侧，工业 CT 布置于无损检测室内西南侧。工业 CT 东侧为走道、预留区（一）等场所；南侧为楼梯间、消防控制室等场所；西侧为消防车道；北侧为 UPS 室、变配电室等场所；上方二层为空调机房、排烟井、风井、楼梯间等场所。无损检测室正上方为空调机房、排烟井、风井，排烟井、风井为人员不可到达场所。

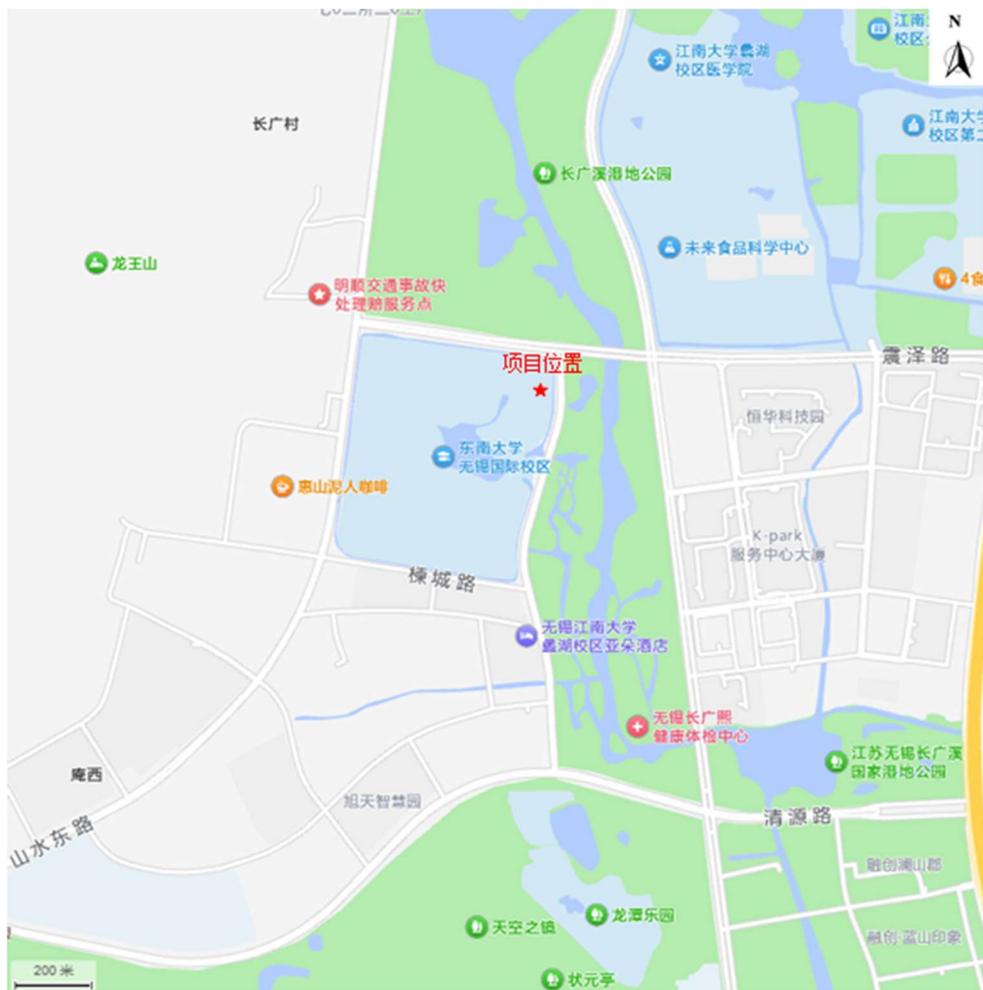
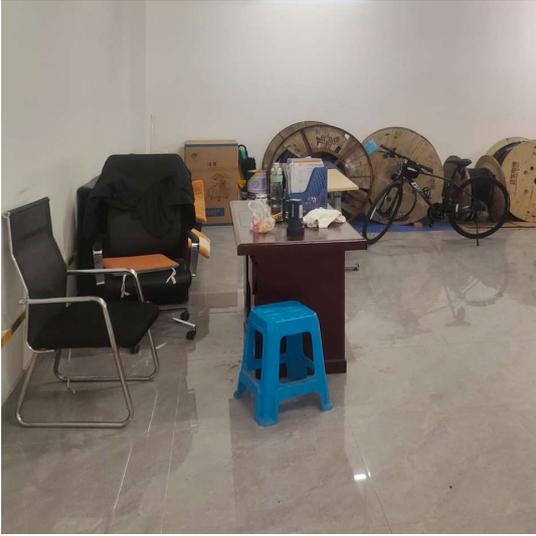
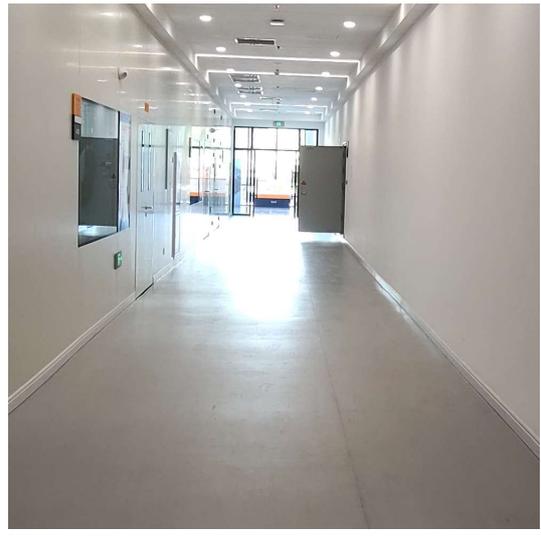


图 8-1 项目地理位置图



无损检测室现状



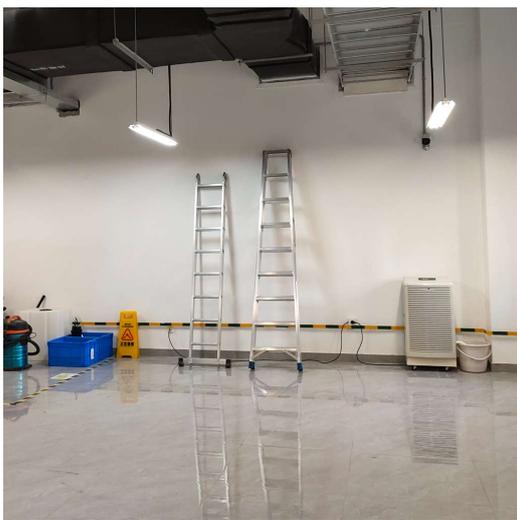
东侧走道



南侧楼梯间



西侧消防车道



北侧 UPS 室



正上方二层空调机房

图 8-2 项目场址现状照片

8.2 检测方案

8.2.1 检测方法、检测因子和检测仪器

为调查本项目所在区域及周围环境辐射水平现状，广州星环科技有限公司于2025年4月2日对项目场址周围进行环境 γ 辐射剂量率现状检测。检测时环境条件为：天气晴，气温18℃，湿度32%。检测方法和因子见表8-1，检测仪器信息见表8-2。

表 8-1 检测方法和因子

检测方法	检测因子
《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021)	环境 γ 辐射剂量率

表 8-2 检测仪器信息

仪器名称	X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪	仪器型号	BG9512P 型
生产厂家	中广核贝谷科技有限公司	仪器编号	1TRW88AA
校准日期	2024年09月25日	有效期	1年
测量范围	10nGy/h-200 μ Gy/h	能量响应	25keV-3MeV
校准单位	上海市计量测试技术研究院	证书编号	2024H21-20-5500542001

8.2.2 布点原则

按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)的辐射环境质量监测布点要求，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 5.3 核技术利用辐射环境监测的布点要求，以工作场所为中心，半径50m内布点，测量点覆盖周围环境敏感点。

本项目的测点布设进一步根据保护目标的分布及评价范围来选取，原则上项目评价范围内有保护目标分布场所的里面均至少布设一个点位，根据以上布点原则，本次共布设53个检测点位，检测布点见图8-3~图8-5。

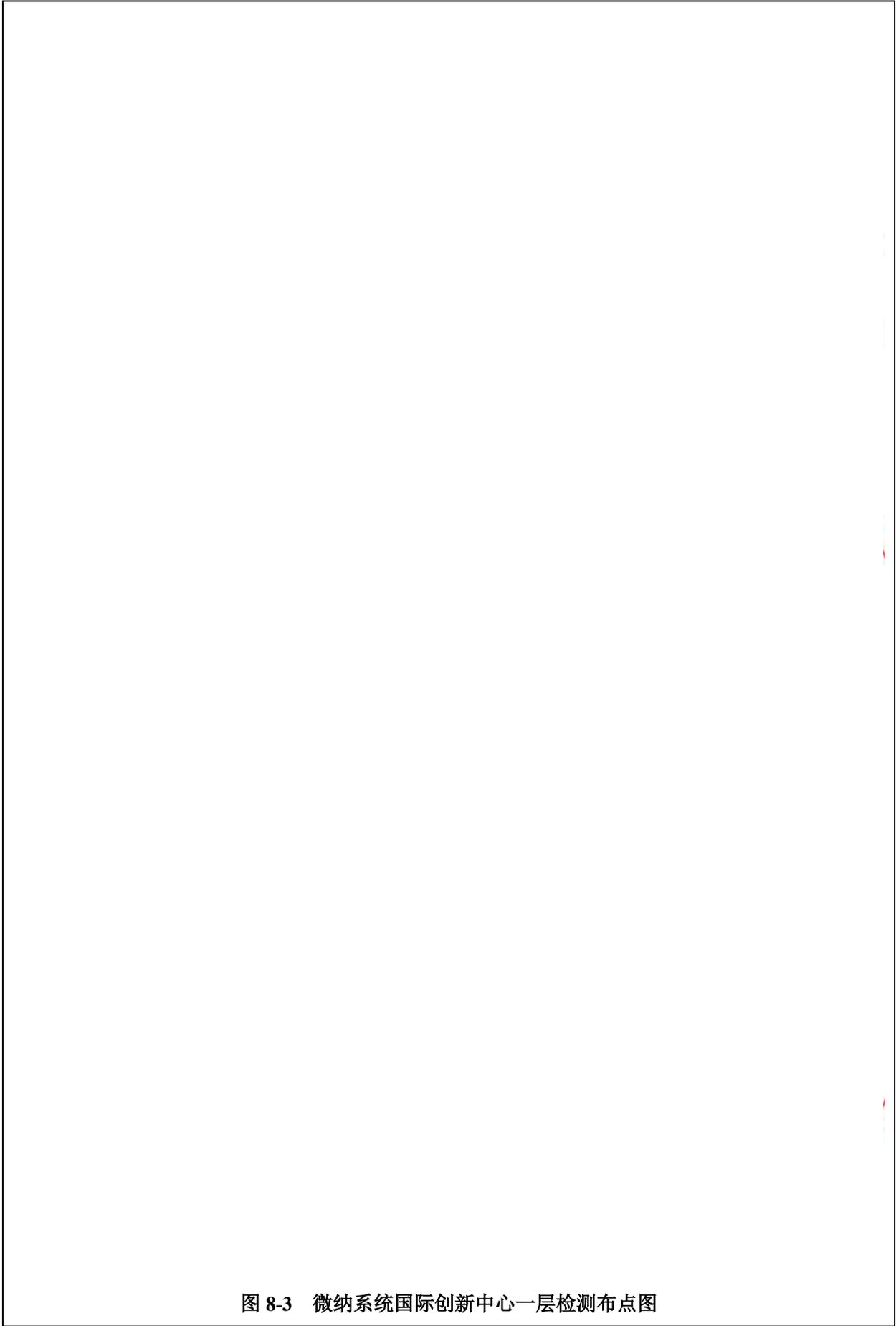


图 8-3 微纳系统国际创新中心一层检测布点图

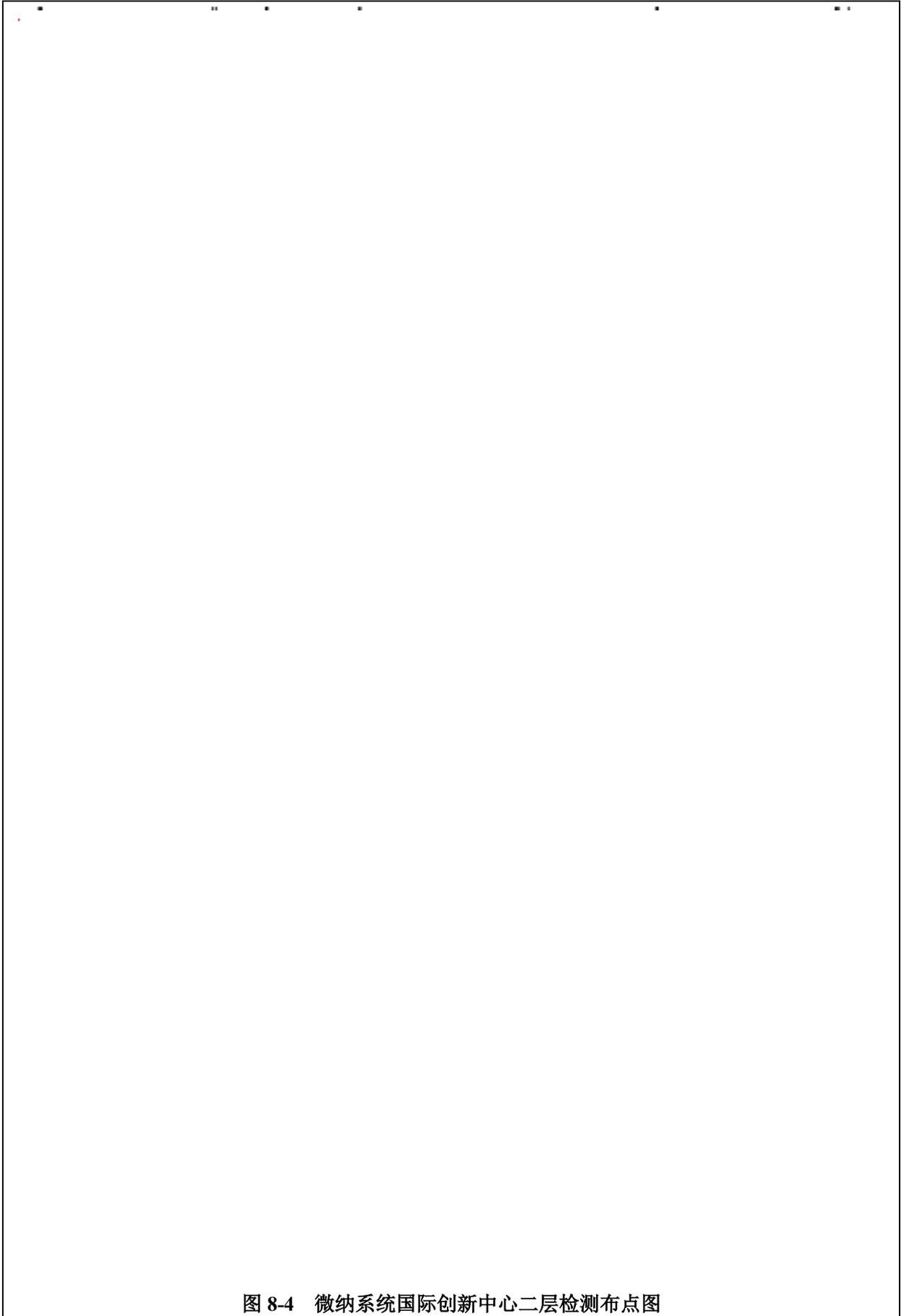


图 8-4 微纳系统国际创新中心二层检测布点图



图 8-5 50m 评价范围内检测布点图

8.3 质量保证措施

本项目的环境辐射现状检测，根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）做好如下的质量保证措施：

（1）承担本项目环境辐射现状检测的检测机构具备检验检测机构资质认定证书，检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，充分了解环境 γ 辐射的特点，掌握辐射检测技术和技术标准，具备对检测结果做出正确判断的能力，熟悉本单位检验检测质量管理程序。CMA 资质及附表信息见附件 2。

（2）实施检测前，确认使用的仪器的检测因子、测量范围和能量相应等参数均满足检测要求，核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少 1 分钟，并确认仪器的电量充足后，再进行检测。所有检测点位，待读数稳定后，约 10s 间隔读取 10 个值，并经校正后求出平均值和标准偏差。

（3）测量人员经环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格；环境 γ 辐射剂量率测量仪器定期校准，每年至少 1 次送到计量检定机构校准环境 γ 辐射剂量率测量仪器，在两次校准之间进行一次设备期间核查。

（4）更新仪器和方法时，在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量结果进行对照，以保持数据的前后一致性。

（5）环境 γ 辐射剂量率测量应选用相对固有误差小的仪器（ $< \pm 15\%$ ）。

（6）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

（7）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。质量保证活动按要求做好记录，并确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

（8）监测报告严格执行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人审定。

8.4 检测结果

检测结果参照（HJ61-2021）中“8.6 宇宙射线响应值的扣除”的方法处理得到：

$$\dot{D} = C_f(E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}'_c)$$

其中：

\dot{D} ：环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果；

C_f ：仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出，1.06；

E_f ：仪器检验源效率因子。本仪器无检验源，该值取 1；

\bar{X} ：读数值的平均值；

μ_c ：建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；

\dot{X}'_c ：宇宙射线响应值，34.4nGy/h（宇宙射线响应值原为 35nGy/h，测量地点位于广东省河源市万绿湖，其坐标为东经 114.57923°，北纬 23.79281°，海拔为 217m。宇宙射线响应值最终值根据（HJ61-2021）D.1 修正公式，并结合项目所在地的经纬度、海拔进行修正得到）。

检测数据见表 8-3，检测报告见附件 3。

表 8-3 建设项目场所环境 γ 辐射现状检测结果

点位编号	方位	场所	距离(m)	表面介质	检测结果(nGy/h)	环境性质
						房

表 9 项目工程分析与源项

9.1 设备组成和工作方式

9.1.1 设备组成

本项目拟使用的天津三英公司 nanoVoxel 5000 型工业 CT 由防护箱体、射线发生器、载物台、探测器等组成。工业 CT 外观结构图和工业 CT 内部结构图分别见图 9-1 和图 9-2。各部件名称一览表见表 9-1，设备尺寸参数见表 9-2。

图 9-1 工业 CT 外观结构图

图 9-2 工业 CT 内部结构图

表 9-1 设备各部件名称一览表

序号	名称	序号	名称
外部			
1			
			置
内部			

表 9-2 设备尺寸参数一览表

项目	设计情况
设备外尺寸	
设备内尺寸	
装载门尺寸	
观察窗尺寸	
检修门（左侧）尺寸	
检修门（背面）尺寸	

本项目工业 CT 自带屏蔽体，屏蔽体材料为铅板。工业 CT 射线发生器的有用线束固定朝人员正视工业 CT 装载门的右侧照射（以方位作为参照，有用线束朝西侧照射）。射线发生器距设备正面外表面最近距离为 934mm，距设备背面外表面最近距离为 921mm，距设备左侧外表面最近距离为 1471mm，距设备右侧外表面最近距离为 1858mm，距设备顶部外表面最近距离为 1151mm，距设备底部外表面最近距离为 1467mm。本项目工业 CT 计算示意图见图 9-3.1 和 9-3.2。

图 9-3.1 工业 CT 计算示意图（俯视图）

图 9-3.2 工业 CT 计算示意图（主视图）

9.1.2 工作方式

(1) 工业 CT 自带屏蔽体，其有用线束固定朝人员正视工业 CT 装载门的右侧照射。工业 CT 设有两个射线发生器，分别为 300kV 射线发生器和 160kV 射线发生器。这两个射线发生器不能同时出束，有用线束均为圆锥束，其角度均为 40° 。160kV 射线发生器具备高精度特点，用于满足小型样品的纳米级高精度测试需求；300kV 射线发生器具备高能量特点，用于检测大体积、高密度类样品。两个射线发生器均不可移动。以坐标轴原点（射线发生器出束口）为参照点，载物台可沿 X 轴移动 800mm，可沿 Y 轴移动 250mm，可沿 Z 轴移动 450mm，可绕 Z 轴旋转 360° ；探测器可沿 X 轴移动 850mm，可沿 Y 轴移动 350mm。坐标系情况说明见图 9-2。

(2) 工业 CT 正面设装载门用于手工放取样品，装载门采用电动平移门，操作人员通过装载门的控制按钮即可开启或关闭装载门。工业 CT 通过设备的控制按钮或操作系统开启 X 射线。操作人员位于操作台对工业 CT 进行操作，操作台位于工业

CT 正面左侧，出束期间无需人员干预，人员无需进入工业 CT 内部。

(3) 工业 CT 采用数字成像方式，X 射线透过待检样品后由探测器接收，然后再由图像分析软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。在扫描的过程中控制载物台，获取不同位置的 2D 图片后，对图像进行 3D 重构，得到样品的 3D 内部结构图。

(4) 工业 CT 检测样品为集成电路、MEMS、电池等，集成电路最大尺寸为 12 英寸，MEMS 最大尺寸为 12 英寸，电池最大尺寸为 50cm×50cm×5cm。

9.2 工作原理

9.2.1 X 射线产生原理

射线装置通过射线发生器产生 X 射线，射线发生器的主要构件是 X 射线管，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管示意图如图 9-4 所示。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轭致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。

从 X 射线管阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压。X 射线管产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以 X 射线管的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉，准直性较高。

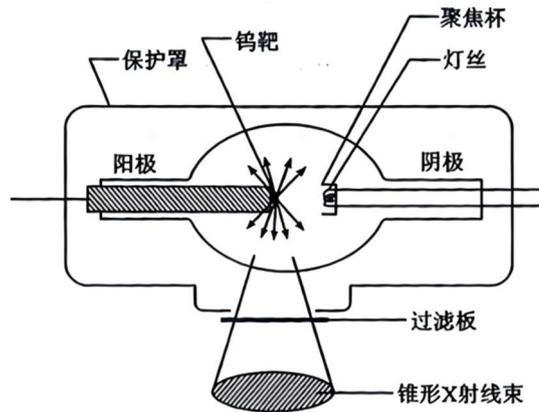
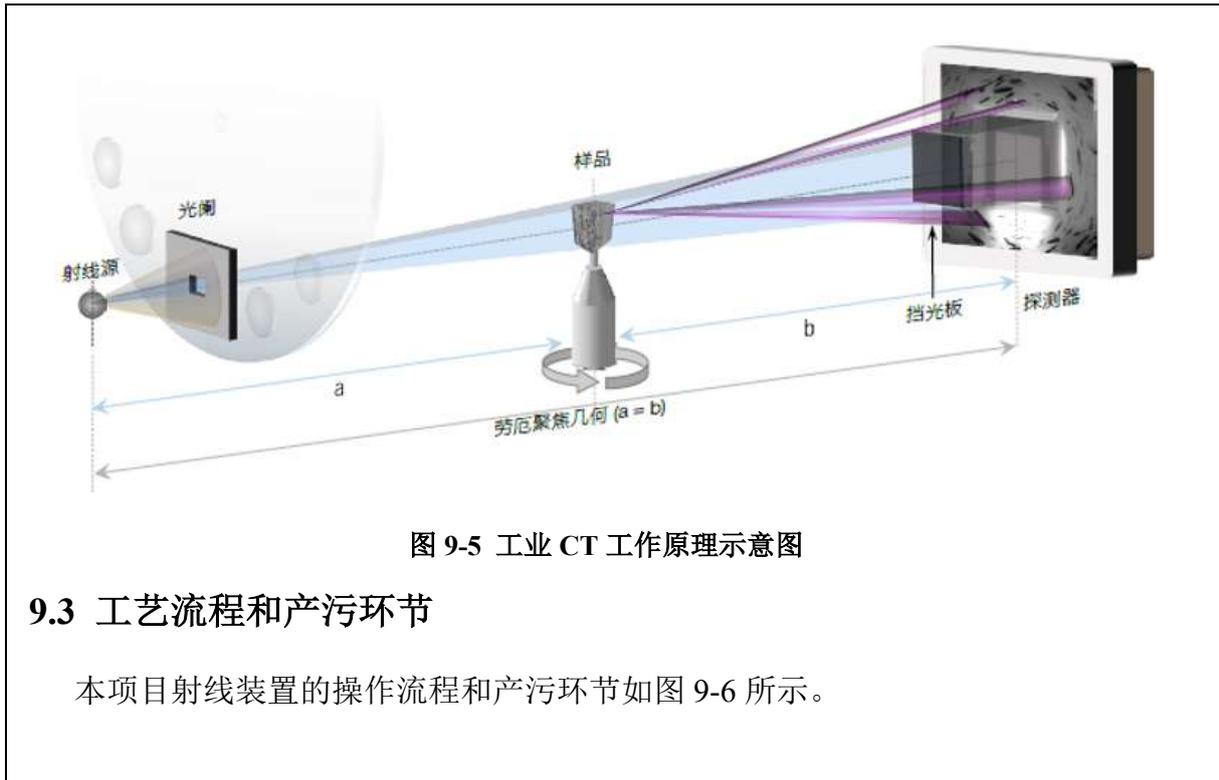


图 9-4 X 射线管示意图

9.2.2 工业 CT 原理

电子计算机断层摄影（Computed Tomography，简称 CT）是近几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无损检测技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度（灰度）数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部密度的微小变化。

工业 CT 机一般由射线源、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成，其工作原理示意图如图 9-5 所示。射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透工件，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 CT 图像重建。机械扫描系统实现 CT 扫描时工件的旋转或平移，以及载物台、工件、图像探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。



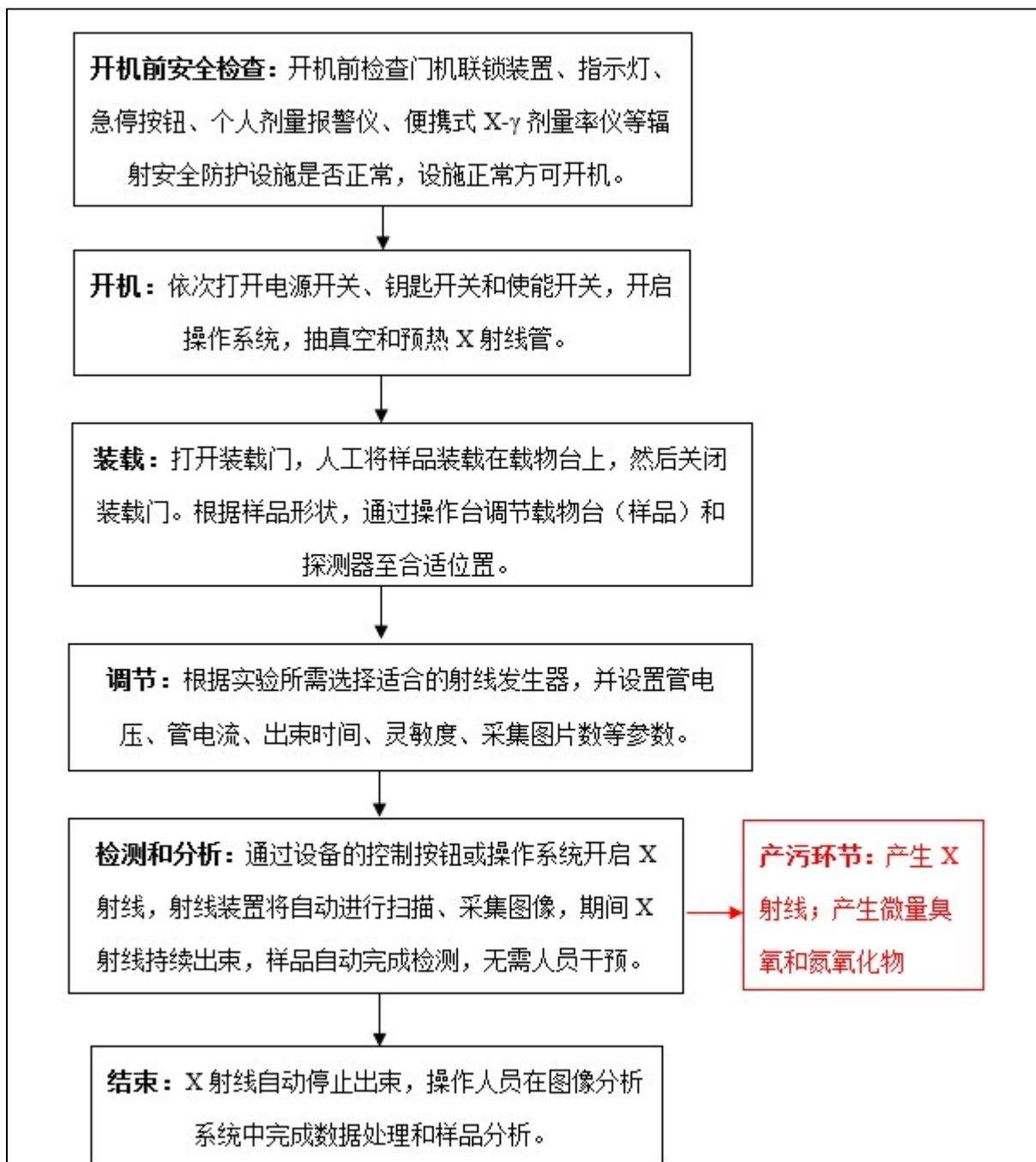


图 9-6 工艺流程和产污环节图

9.4 工作负荷和人员配置

根据建设单位提供的资料，工业 CT 投入使用后，预计每天最多检测 6 个样品，检测每个样品的平均出束时间约为 60 分钟，每周工作 5 天，全年工作时间为 48 周。则装置日出束时间为 6 小时，周出束时间为 30 小时，年出束时间为 1440 小时。

建设单位拟配置 3 名辐射工作人员负责该射线装置的操作和管理。辐射工作人

员为东南大学无锡校区现有人员，未来经辐射安全和防护考核合格后成为辐射工作人员。辐射工作人员实行常白班，无固定轮岗排班方式，保守以总的出束时间作为辐射工作人员的工作负荷。

本项目射线装置只允许经过辐射培训和考核的辐射工作人员操作，学校老师或学生检测样品时，需将样品委托给辐射工作人员，由辐射工作人员进行操作，不允许老师或学生自行使用。

9.5 人流物流路径

(1) 物流路径：待检样品由辐射工作人员运送至无损检测室内；样品由辐射工作人员手工装载到载物台上，检测完成后由辐射工作人员将已检样品运送至无损检测室外面的空场地。

(2) 人员路径：辐射工作人员经走道由无损检测室东门进入到室内，如需运送样品则西门进入到室内，工作结束原路返回；辐射工作人员仅在工业 CT 外周围及操作台附近活动，不进入工业 CT 屏蔽体内。

项目人流物流路径规划图见图 9-7。

图 9-7 项目人流物流路径规划图

9.6 源强分析和参数

本项目工业 CT 最大管电压、最大管电流、滤过条件和有用线束距辐射源点 1m 处剂量率由厂家给出。泄漏线束距辐射源点 1m 处剂量率根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）选取。本项目源强参数见表 9-3，工业 CT 参数证明文件见附件 4。

表 9-3 nanoVoxel 5000 型工业 CT 源强参数

技术参数	300kV 射线发生器	160kV 射线发生器
最大管电压	300kV	160kV
最大管电流	3mA	1mA
滤过条件	3mmBe+1mmAl	1mmCu+1mmAl

有用线束角度	40°	40°
有用线束距辐射源点 1m 处剂量率	1mGy/s	0.50mGy/s
泄漏线束距辐射源点 1m 处剂量率	$5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$	$2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$

9.7 污染源项描述

9.7.1 辐射源

① 正常工况

本项目的主要污染因子是 X 射线，随 X 射线源的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏线束和散射线束。

(1) 有用线束：直接由射线发生器产生的电子通过打靶获得的 X 射线，X 射线用于照射样品。X 射线的能量、强度与射线发生器靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数越高，加在射线发生器的管电压、管电流越高，光子束流越强。

(2) 泄漏线束：由射线发生器发射的透过 X 射线管组装体的射线。

(3) 散射线束：由有用线束及泄漏线束在各种散射体上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线装置的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

② 事故工况

本项目事故工况可能产生辐射影响的情形如下：

(1) 门机联锁装置发生故障，装载门未关的情况下射线出束，导致工作人员被意外照射。

(2) 装置维修维护时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启机器产生射线，使维修维护人员受到意外照射。

9.7.2 其他污染源

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水。

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及废射线发生器灯丝。本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量。射线发生器灯丝约3个月更换1根，则废射线发生器灯丝产生量约为4根/年。废射线发生器灯丝的废物种类为SW59 其他工业固体废物，废物代码为900-099-S59。

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射屏蔽设计

10.1.1 主屏蔽设计

本项目使用的工业 CT 自带钢铅结构的屏蔽体，设备三视图如图 10-1 至图 10-3 所示，设备屏蔽参数见表 10-1。

—

图 10-1 工业 CT 正视图



图 10-2 工业 CT 左视图

图 10-3 工业 CT 俯视图

表 10-1 工业 CT 屏蔽参数一览表

项目	设计情况	屏蔽铅当量
正面		
背面		
左侧		
右侧		
顶部		
底部		
装载门		
观察窗		
检修门（设备背面）		
检修门（设备左侧）		
排风口		
走线孔		

注：表 10-1 中屏蔽铅当量不考虑钢板的屏蔽。

10.1.2 管线屏蔽补偿设计

走线孔、排风口屏蔽补偿厚度与主体屏蔽厚度一致，X 射线经铅板防护罩衰减后，屏蔽体外走线孔处和排风口处的辐射泄漏可忽略不计。

图 10-4.1 管线穿屏蔽体示意图

图 10-4.2 管线穿屏蔽体示意图



图 10-4.3 管线穿屏蔽体示意图

图 10-5 排风口屏蔽示意图

10.1.3 装载门、检修门屏蔽补偿设计

图 10-6 装载门左右搭接示意图

图 10-7 装载门上下搭接示意图

图 10-8 左侧检修门左右搭接示意图（图中标注尺寸单位为 mm）

图 10-9 左侧检修门上下搭接示意图（图中标注尺寸单位为 mm）

面检修门上下搭接示意图见图 10-11。



图 10-10 背面检修门左右搭接示意图（图中标注尺寸单位为 mm）



图 10-11 背面检修门上下搭接示意图（图中标注尺寸单位为 mm）



10.2 辐射安全与防护措施

10.2.1 设备固有安全性

(1) 开机后工业 CT 首先进行系统自检。若系统自检正常，则工业 CT 会示意操作者可以进行相关出束操作；若自检出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

(2) 当射线发生器接通高压电源产生 X 射线后，系统将始终实时监测射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，自动切断射线发生器的高压电源。在出束阶段出现任何故障，系统都将立即切断射线发生器的高压电源，提醒操作人员发生了故障。当出束阶段正常结束后，系统将自动切断高压电源，进入待机阶段。

(3) 设备设有 1 个钥匙开关、1 个使能开关、1 个主电源开关。钥匙开关、使能开关和主电源开关位于设备正面。钥匙开关控制射线发生器关机、开机或待机状态，使能开关控制射线发生器的电源，主电源开关控制整个设备的电源，只有三个开关同时打开后设备才能启动，任何一道开关未打开 X 射线都将无法正常出束。射线装置的钥匙存放在指定地方由专人管理，只有授权人员才能使用钥匙，拿钥匙使用射线装置前还需要填写使用登记表。

(5) 设备须在钥匙开关闭合、使能开关闭合、主电源开关闭合、急停按钮复位、装载门和检修门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，否则不能出束。X 射线出束期间，触发任何一道安全设施或者发生故障，X 射线立即切断出束。安全设施实物图见图 10-12。

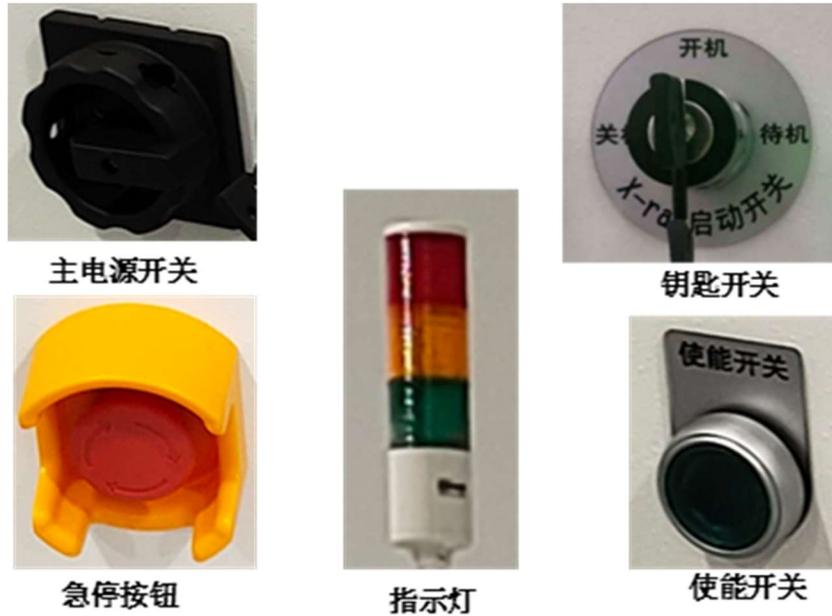


图 10-12 安全设施实物图

10.2.2 门机联锁装置

本项目工业 CT 装载门为电动平移门，左侧检修门为手动单开门，背面检修门为手动双开门。装载门和检修门各安装了 2 个继电器作为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通。装载门和检修门未关闭到位时射线发生器无法出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会立即中断高压发生器的主供电，射线发生器则立即停止出束。门机联锁逻辑图见图 10-13。

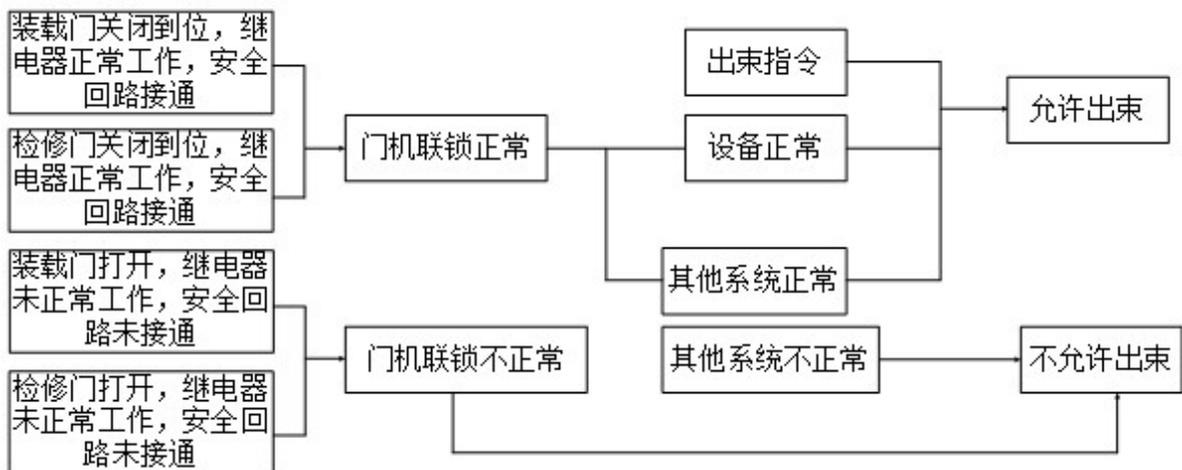


图 10-13 门机联锁逻辑图

10.2.3 警示设施和工作状态指示灯

建设单位拟在设备的正面张贴电离辐射警示标志，监督区边界将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。

本项目工业 CT 顶部设有指示灯，分别为绿灯、黄灯、红灯，绿灯亮指示设备处于通电状态；黄灯亮指示装载门、检修门处于关闭状态，可安全开启射线发生器；红灯闪烁指示设备处于出束状态。

建设单位将在无损检测室内醒目位置张贴射线装置指示灯信号指示意义的中文说明。

10.2.4 紧急停机

本项目工业 CT 设有 3 个急停按钮，分别位于设备正面和操作台台面，设备内部装载门左侧，操作人员不需要穿过主射线束就能够使用。在发生紧急事故时，相关人员可通过手工按压急停按钮，急停按钮可以迅速切断射线发生器的高压电源，射线发生器则立即停止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。

10.2.5 辐射监测设施

建设单位拟为每名辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人员进入无损检测室，并立即向辐射工作负责人报告。

建设单位拟配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，使用便携式 X- γ 剂量率仪定期（每个月 1 次）对设备周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

此外，本项目工业 CT 自带 1 台固定式辐射探测报警装置，监测探头位于屏蔽体内，主机自带显示屏位于工业 CT 正面。固定式辐射探测报警装置主要用于监测射线发生器是否处于出束状态，如处于出束状态，则报警，反之则不报警。

10.2.6 安全操作防护措施

(1) 辐射工作人员在启动设备出束前，将检查各项防护与安全装置是否正常运行，如检查射线装置门机联锁装置、指示灯、急停按钮等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。

(2) 建设单位拟为每位辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪。在工作期间，辐射工作人员将佩戴个人剂量报警仪，当辐射剂量率达到报警阈值报警时，辐射工作人员应立即关闭射线装置电源、停止工作，同时阻止其他人进入无损检测室，并立即向辐射工作负责人报告。

(3) 工作人员工作前先检查便携式 X- γ 剂量率仪是否正常工作，如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。当便携式 X- γ 剂量率仪测量值高于报警阈值时，需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对装置外的环境辐射水平进行年度检测。

(4) 本项目工业 CT 射线发生器自带准直器，能把潜在的辐射降到最低。

10.2.7 退役

当工业 CT 不再使用，拟实施退役程序。

(1) 工业 CT 的射线发生器拟处置至无法使用，或拟经监管机构批准后，转移给其他机构。

(2) 辐射源从现场移走后，拟按监管机构要求办理相关手续。

(3) 拟清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

10.3 辐射工作场所布局和分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

对于控制区：应采用实体边界划定控制区，在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合相关规定的警告标志；运用行政管理程序，如进入控制区的工作许可证制度和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。

对于监督区：采用适当的手段划出监督区的边界；在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.2 的规定：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。

布局：本项目设有独立的无损检测室作为辐射工作场所，无损检测室长宽高为 8.7m×8.1m×7.5m，四周墙体为实心砖，地面为瓷砖，楼顶为混凝土，其东侧、西侧设进出口，无观察窗。工业 CT 有用线束方向固定朝人员正视工业 CT 装载门的右侧照射，操作台设在工业 CT 正面左侧，避开了有用线束方向。辐射工作场所的设置和

布局充分考虑了周围的辐射安全。

分区：建设单位拟将工业 CT 屏蔽体内部区域划为控制区，控制区通过实体屏蔽、急停装置、门机联锁装置等进行控制；控制区除外，拟将整个无损检测室划为监督区，监督区通过门禁和警示说明等进行管理。无损检测室设有门禁，只有授权的工作人员才能通过门禁进入，非授权人员无法进入。辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-14 所示。

图 10-14 辐射工作场所布局和分区示意图

10.4 辐射安全与防护实施方案

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对本项目的辐射工作场所布局

和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表 10-2。

10-2 辐射安全与防护方案对照分析表

(GBZ117-2022) 要求	实施方案
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 自带钢铅结构的屏蔽体，放在独立的无损检测室内使用，充分考虑了邻近场所的辐射安全。工业 CT 有用线束方向固定朝人员正视工业 CT 装载门的右侧照射，操作台设在工业 CT 正面左侧，避开了有用线束方向。</p>
<p>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。</p>	<p>建设单位拟将工业 CT 屏蔽体内部区域划为控制区；控制区除外，拟将整个无损检测室划为监督区，满足 GB 18871 的要求。</p>
<p>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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/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 2.5μSv/h。</p>	<p>根据表 11 的理论计算，本项目工业 CT 屏蔽体和装载门的辐射屏蔽均同时满足人员在关注点的周剂量控制要求和关注点周围剂量当量率控制要求。</p>
<p>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</p>	<p>本项目工业 CT 上方为无损检测室内上空，按 6.1.4.a) 要求执行，即上方屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。根据表 11 的计算，工业 CT 顶部的辐射屏蔽满足要求。</p>

100μSv/h。	
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 装载门和检修门各安装了 2 个继电器作为门机联锁装置，只有在装载门和检修门关闭好的情况下安全回路才会接通。装载门和检修门未关闭到位时射线发生器无法出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会立即中断高压发生器的主供电，射线发生器则立即停止出束。</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“预备”和“照射”信号意义的说明。</p>	<p>本项目正常工作时人员无需进入屏蔽体内部，因此装置内部设指示灯和声音提示装置的要求不适用于本项目。</p> <p>本项目工业 CT 顶部设有指示灯，分别为绿灯、黄灯、红灯，绿灯亮指示设备处于通电状态；黄灯亮指示装载门、检修门处于关闭状态，可安全开启射线发生器；红灯闪烁指示设备处于出束状态。</p> <p>建设单位将在无损检测室内醒目位置张贴射线装置指示灯信号指示意义的中文说明。</p>
<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>本项目正常工作时人员无需进入屏蔽体内部，因此装置内部安装监视装置的要求不适用于本项目。但本项目工业 CT 设置观察窗，可随时观察设备内部的运行情况。</p>
<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标识和中文警示说明。</p>	<p>建设单位将在装置正面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，将在监督区边界张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。</p>
<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</p>	<p>本项目工业 CT 设有 3 个急停按钮，分别位于设备正面和操作台台面，设备内部装载门左侧，操作人员不需要穿过主射线束就能够使</p>

<p>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>用。在发生紧急事故时，相关人员可通过手工按压急停按钮，急停按钮可以迅速切断射线发生器的高压电源，射线发生器则立即停止出束。急停按钮将标明功能和使用方法。</p>
<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>本项目工业 CT 左侧设置 3 台排风扇，单台排风扇排风量约为 177.6m³/h，总排风量约为 532.8m³/h，设备内部体积约为 10.4m³，排风扇在工作期间保持开启，每小时有效通风换气次数约为 51.2 次。无损检测室设置排风量约为 4500m³/h 的排风机将有害气体排出室外，无损检测室体积约为 528.5m³，每小时有效通风换气次数约为 8.5 次。排风外口朝向无损检测室西侧绿化带，绿化带为人员居留较少的场所，避免了朝向人员活动密集区。</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>工业 CT 自带 1 台固定式辐射探测报警装置，监测探头位于屏蔽体内，主机自带显示屏位于工业 CT 正面。固定式辐射探测报警装置主要用于监测射线发生器是否处于出束状态，如处于出束状态，则报警，反之则不报警。</p>
<p>6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>	<p>工作人员作业前检查射线装置门-机联锁装置、指示灯、急停按钮等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。</p>
<p>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</p>	<p>建设单位拟为每位辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪。在工作期间，辐射工作人员将携带个人剂量报警仪，当辐射剂量率达到报警阈值报警时，辐射工作人员应立即关闭射线装置电源、停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作场所，并立即向辐射工作负责</p>

护负责人报告。	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。	建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪用于日常辐射监测，对射线装置周围剂量当量率进行巡测（每个月 1 次），做好巡测记录。当测量值高于报警阈值时，需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对装置外的环境辐射水平进行年度检测。
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。	工作人员工作前先检查便携式 X-γ 剂量率仪是否正常工作，如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。
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。	本项目工业 CT 自带屏蔽体，射线发生器自带准直器，能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。	本项目设备正常工作时，人员无需进入屏蔽体内部，因此该要求不适用于本项目。 辐射工作人员在启动设备出束前，将检查各项防护与安全装置是否正常运行。

小结：综上所述，建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

10.5 日常检查与维护

10.5.1 日常安全检查

日常工作时应检查射线装置装载门门-机联锁装置以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- (1) 射线装置外观是否完好；
- (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- (3) 装载门是否正常关闭；
- (4) 安全联锁是否正常工作；
- (5) 钥匙开关闭合、急停按钮复位是否正常；
- (6) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- (7) 螺栓等连接件是否连接良好。

10.5.2 设备维修维护

(1) 射线装置的维修维护由建设单位辐射安全与环境保护管理机构进行监督和管理，做好设备维修维护记录。设备维修维护应由具备资质的设备厂家专业人员负责，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并至少两人参与维修维护工作。

(2) 维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志，做好现场管控。

(3) 射线装置每年至少维护一次，设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(4) 当发现设备有故障或损坏需要维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与射线发生器相关的维修，需由射线发生器生产厂家负责。若屏蔽体损坏，在更换屏蔽体后应委托第三方有资质的检测机构进行整体检测，检测合格后才能继续使用。

(5) 维护后通电调试前，应确保安全联锁系统、急停按钮等已正常启动，确保屏蔽体已安装完整，严禁在辐射安全与防护设施未启动、辐射屏蔽体拆卸状态下开机进行调试。

(6) 建设单位应与维修维护单位签订维修维护合同，在合同中明确双方的安全责任。

10.6 三废的治理

本核技术利用项目不涉及放射性废气、废水、固废等产生排放。

(1) 废气

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会使辐射工作场所空气中的有害气体含量增加，浓度较高的臭氧会对人体造成危害。参照国家标准《工业探伤放射防护标准》GBZ117-2022)的规定：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。

本项目工业 CT 左侧设置3台排风扇，单台排风扇排风量约为 $177.6\text{m}^3/\text{h}$ ，总排风量约为 $532.8\text{m}^3/\text{h}$ ，设备内部体积约为 10.4m^3 ，排风扇在工作期间保持开启，每小时有效通风换气次数约为51.2次。无损检测室设置排风量约为 $4500\text{m}^3/\text{h}$ 的排风机将有害气体排出室外，无损检测室体积约为 528.5m^3 ，每小时有效通风换气次数约为8.5次。排风外口朝向无损检测室西侧绿化带，绿化带为人员居留较少的场所，避免了朝向人员活动密集区。

以上措施满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区，每小时有效通风换气次数应不小于3次。”的要求。

(2) 废水

本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，项目工作人员生活污水排入市政污水管网。

(3) 固废

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及废射线发生器灯丝。本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量。工作人员生活垃圾经东南大学无锡校区现有的生活垃圾收集系统收集后运至校区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理；射线发生器灯丝约3个月更换1根，则废射线发生器灯丝产生量约为4根/年，废射线发生器灯丝交由厂家回收处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段环境影响分析

本项目需对工作场所进行施工改造，会有一定的固废、噪声和扬尘等环境影响，该辐射工作场所使用的设备由生产厂家搬送至辐射工作场所安装，建设阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。

声环境影响：本项目施工建设阶段的噪声主要来自辐射工作场所建设时的施工噪音，但项目的建设期短暂，对周围环境影响随着施工结束而消除，因此，在合理安排施工时间的情况下，对周围环境的影响微弱。

空气环境影响：施工期中，扬尘来自辐射工作场所的建设。在施工过程中做好物料遮盖、洒水降尘等措施后，可有效减轻对环境空气的影响，并且影响因素随施工结束而消失。

固废环境影响：设备安装过程中将产生少量包装箱、防震泡沫、建筑材料等固体废物。对废纸箱等可回收利用的施工废物应予以回收利用，不可回收利用的收集后交由环卫部门清运处理。

运行阶段环境影响分析

11.1 辐射剂量率计算

11.1.1 关注点选取

为了分析射线装置运行时对周围环境的影响，参照《辐射防护导论》（方杰主编）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单的相关公式，估算 X 射线出束时，射线装置屏蔽体外的周围剂量当量率水平。

本项目工业 CT 的两个射线发生器均不可移动，其有用线束固定朝人员正视工业 CT 装载门的右侧照射（以方位作为参照，有用线束朝西侧照射）。本报告选取射线装置屏蔽体外 0.3m 处及操作台为辐射水平关注点。工业 CT 含有 2 个射线发生器，其最大管电压分别为 300kV 和 160kV，其有用线束角度均约为 40°。管电压大的射线发生器对应的 X 射线能量就越高，且在屏蔽体厚度、有用线束角度相同的条件下，其对应关注点的辐射剂量率就越大，如估算出的辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求，则管电压较低的也满

足要求，因此本项目选取 300kV 射线发生器进行估算。射线源分布示意图见图 11-1.1 及图 11-1.2，关注点分布示意图见图 11-2.1 及图 11-2.2。

图 11-1.1 射线源分布示意图（俯视图）

图 11-1.2 射线源分布示意图（主视图）



图 11-2.2 关注点分布示意图（立面）

11.1.2 计算公式和参数

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的相关公式，有用线束在关注点的剂量率按公式（11-1）计算：

$$\dot{H}_1 = \frac{H_0 \times B}{R^2} \quad (11-1)$$

漏射线在关注点的剂量率按公式（11-2）计算：

$$\dot{H}_2 = \frac{\dot{H}_L \times B}{R^2} \quad (11-2)$$

90°散射线在关注点的剂量率按公式（11-3）计算：

$$\dot{H}_3 = \frac{H_0 \times B}{R_s^2} \times \frac{F \times a}{R_0^2} \quad (11-3)$$

对于漏射线束和散射线束，给定屏蔽物质厚度 X 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 (11-4) 计算：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (11-4)$$

对于有用线束，参考《辐射防护导论》（方杰主编，第 102 页）公式 3.52 和公式 3.53，给定屏蔽物质厚度 X 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 (11-5) 计算：

$$B = 10^{-\frac{X + (TVL - TVL_1)}{TVL}} \quad (11-5)$$

式中 TVL_1 和 TVL 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。参考《辐射防护导论》图 3.24，管电压 300kV 时，铅对宽束 X 射线的平衡什值层均大于第一什值层，因此式中 $TVL - TVL_1 \geq 0$ ，为保守估算，本项目 $TVL - TVL_1$ 取值为 0。

式中：

H_0 距辐射源点 1m 处剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

B 屏蔽透射因子；

R 辐射源点至关注点的距离，单位为 m；

R_s 散射体至关注点的距离，单位为 m；

X 屏蔽物质厚度，单位为 mm；

TVL 屏蔽物质的平衡什值层，单位为 mm；

TVL_1 第一个什值层厚度，单位为 mm；

H_L 距辐射源点 1m 处射线发生器组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ；

F R_0 处的辐射野面积，单位为 m^2 ；

a 散射因子，入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体到其 1m 处的散射辐射剂量率的比；

R_0 辐射源点至散射体的距离，单位为 m，本项目为 0.1m；

$\frac{F \times a}{R_0^2}$ 本项目工业 CT 有用线束为圆锥束，角度为 40° ，即圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° ，根据 (GBZ/T250-2014) 附录 B B.4.2，该值可取 1/50。

本项目工业 CT 的最大管电压为 300kV，其有用线束固定朝人员正视工业 CT 装载门的右侧照射，而工业 CT 有用线束角度为 40° ，因此对关注点①考虑有用线束的辐射影响，其余关注点主要考虑泄漏线束和散射线束的辐射影响。计算有关

参数的选取列于表 11-1，透射因子有关参数的选取列于表 11-2，源项参数列于表 11-3。

表 11-1 计算参数一览表

方位	关注点	R(m)	R _s (m)	$\frac{F \times a}{R_0^2}$
西侧	①			
北侧	②			
东侧	③			
南侧	④			
顶部	⑤			
操作台	⑥			

方位	关注点
西侧	①（右侧
北侧	②（正面
东侧	③（左侧
南侧	④（背面
顶部	⑤（顶部
操作台	⑥（操作台）

表 11-3 源项参数一览表

射线类型	距辐射源点 1m 处剂量率
有用线束	

11.1.3 计算结果

各屏蔽面外关注点的辐射剂量率估算结果列于表 11-4。

表 11-4 关注点辐射剂量率水平估算结果（单位：μSv/h）

方位	关注点	控制值	\dot{H}_1	\dot{H}_2	\dot{H}_3	\dot{H}
西侧	①	2.5		/	/	
北侧	②	2.5	/			
东侧	③	2.5	/			
南侧	④	2.5	/			
顶部	⑤	2.5	/			
操作台	⑥	2.5	/			

注：1）次屏蔽方向的剂量率 \dot{H} 由 \dot{H}_2 和 \dot{H}_3 叠加得到。2）由于工业 CT 设置在微纳系统国际创新中心一层，而微纳系统国际创新中心无负一层，因此不对其底部进行辐射水平估算。

从表 11-4 可以看到，本项目工业 CT 屏蔽体外 0.3m 关注点及操作台处的辐射剂量率估算值最高约 5.6E-01μSv/h，不大于 2.5μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率控制要求。

11.1.4 天空反散射辐射影响分析

根据表 11-4，本项目工业 CT 顶部外 30cm 处辐射剂量率为 3.3E-01μSv/h，经天空反散射到达地面辐射周围剂量当量率远小于 3.3E-01μSv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的剂量率控制要求，对保护目标的辐射影响贡献较小。

11.1.5 走线孔、排风口及检修门缝隙辐射防护评价

本项目工业 CT 走线孔、排风口处均拟采用 22mm 铅板防护罩进行屏蔽防护，铅板防护罩采用迷宫式设计，X 射线至少经过 3 次散射才能到达屏蔽体外，根据《辐射防护导论》（方杰主编）第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断走线孔、排风口处的辐射剂量率能够满足标准要求。走线孔、排风口散射示意图见图 11-3。

图 11-3 走线孔、排风口散射示意图

左侧检修门为手动单开门。左侧检修门左侧、右侧与左侧检修门门洞边缘各搭接 100mm ，左侧检修门上部、下部与左侧检修门门洞边缘各搭接 100mm ，门缝宽度为 1mm 。

背面检修门为两扇手动对开门。背面检修门左侧、右侧与背面检修门门洞边缘搭接 100mm ，背面检修门中间搭接 100mm ，背面检修门上部、下部与背面检修门门洞边缘搭 100mm ，门缝宽度 1mm 。

由以上可知，左侧检修门、背面检修门与屏蔽体搭接长度大于门与屏蔽体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断其缝隙处辐射剂量率能够满足标准要求。

11.2 人员受照剂量分析

根据表 11-4 的关注点辐射剂量率估算结果，本报告以所有关注点中辐射剂量率最大的值作为辐射工作人员的受照剂量率（①号关注点辐射剂量率最大），按照“辐射水平与距离平方成反比”，估算评价范围内各方向上各保护目标的受照剂量率，按照公式（11-6）估算出各保护目标的有效受照剂量，估算结果见表 11-5。

$$E = \frac{\dot{H} \cdot r_g^2}{(r_b + r_g - 0.3)^2} \times t \times T \quad (11-6)$$

式中：

E——保护目标的受照剂量，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{周}$ 和 mSv/a ；

\dot{H} ——关注点的辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

r_g ——关注点至辐射源的距离，单位为 m ；

r_b ——保护目标分布场所边界至屏蔽体边界的距离， m ；

t——出束时间，单位为 h ；

T——保护目标的居留因子，选取参照（GBZ/T250-2014）附录 A 中表 A.1。

表 11-5 保护目标受照剂量估算结果

方位	场所	保护目标	关注点剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	$r_g(\text{m})$	$r_b(\text{m})$	居留因子	周出束时间(h)	年出束时间(h)	周剂量当量($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂量(mSv/a)
/	无损检测室	辐射工作人员								
东侧	走道	公众								
	预留区(一)	公众								
	热处理区	公众								
	封装区(一)	公众								
	走道1	公众								
	封装区(二)	公众								
	预留区(二)	公众								
	薄膜区	公众								
	清洗区(一)	公众								
	测量区	公众								
	走道2	公众								
	更衣换鞋室	公众								
	备用间	公众								
	透射电镜区	公众								

	综合会议室	公众
	光刻区（四）	公众
	清洗区（二）	公众
	消防车道	公众
南侧	楼梯间	公众
	消防控制室	公众
	走道	公众
	前厅	公众
	人行道	公众
	楼梯/电梯间	公众
	消防车道	公众
西侧	消防车道	公众
北侧	UPS 室	公众
	变配电室	公众
	动力站/废水站	公众
	清扫储藏区	公众
	光刻区（一、二）	公众
	卫生间	公众
	等离子注入区	公众

	事故应急水池	公众
二层	空调机房	公众
	楼梯间	公众
	走道	公众
	换热间	公众
	IT 机房	公众
	丝印工艺间	公众
	印刷间	公众
	休闲办公区	公众
	光电综合测试间	公众
	更衣换鞋间	公众
	清洗间	公众
	混合电子区	公众
	走道 2	公众
	楼梯/电梯间	公众
	楼梯区	公众
	卫生间	公众
	油墨处理间	公众
打印间	公众	

表 11-5 显示，根据理论估算，本项目评价范围内辐射工作场所的周最大剂量当量为 $17\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众场所的周最大剂量当量为 $1.6\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的“对放射工作场所，其值不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ”的要求；本项目评价范围内辐射工作人员年最大有效剂量为 $8.1\text{E}-01\text{mSv}/\text{a}$ ，公众年有效最大有效剂量为 $7.5\text{E}-02\text{mSv}/\text{a}$ ，满足“辐射工作人员不超过 $5\text{mSv}/\text{a}$ 、公众不超过 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ ”的年有效剂量约束要求，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.3 “三废”环境影响分析

(1) 废气对环境的影响分析

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物。无损检测室设置排风量约为 4500m³/h 的排风机将有害气体排出室外，无损检测室体积约为 528.5m³，每小时有效通风换气次数约为 8.5 次。排风外口朝向无损检测室西侧绿化带，绿化带为人员居留较少的场所，避免了朝向人员活动密集区。排放至室外环境的臭氧和氮氧化物，其产生量较少，且室外环境自然通风效果好，可有效降低其浓度，在常温常压下，臭氧和氮氧化物的稳定性较差，可自行分解为无害物质，因此对周围环境的影响较小。

(2) 废水对环境的影响分析

项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，项目工作人员生活污水排入市政污水管网，对地表水环境影响较小。

(3) 固废对环境的影响分析

生活垃圾依托东南大学无锡校区现有的生活垃圾收集系统收集后运至校区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理；废射线发生器灯丝交由厂家回收处理，不会对环境产生不利影响。

11.4 事故影响分析

11.4.1 辐射事故类型

本项目可能存在的辐射事故类型如下：

(1) 门机联锁装置发生故障，装载门未关的情况下射线出束，导致工作人员被意外照射；或在正常出束过程中，门机联锁装置失灵导致装载门被意外打开时不能立刻停止出束，造成人员误照射。

(2) 装置维修维护时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启机器产生射线，使维修维护人员受到意外照射。

以上事故情形均属于在无有效辐射防护屏蔽情况下，辐射工作人员遭受意外照射，辐射工作人员在工作期间或维修人员在检修期间，均要求佩戴个人剂量报警

仪，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，一旦发生辐射事故，工作人员立即断电，射线装置停止出束。

参照《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）第40条的分级规定评估各种事故可能的类别，本项目可能发生的辐射事故保守为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故。

11.4.2 事故预防措施

(1) 建设单位应定期对设备的各个安全装置进行检修和维护。

(2) 在辐射工作期间正确佩戴个人剂量报警仪，并定期检查个人剂量报警仪的运行情况。

(3) 设备的检修和维护工作应由具有资质的设备厂家工作人员来进行，检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修，禁止合闸”安全标志。

(4) 发生事故的风险主要在于建设单位的辐射安全管理情况，建设单位应定期完善辐射安全管理规章制度、操作规程，并严格执行。让辐射工作人员增强辐射安全意识，尽量避免辐射事故的发生。

11.4.3 事故应急措施

一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施。其次对设备、设施进行安全检查，确定其功能和安全性能。

事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，按照事故应急响应程序处理，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生健康部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用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。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责。

建设单位成立了辐射安全与环境保护管理机构，管理机构构成及职责如下：

组 长：

成 员：

管理机构职责：

（1）结合单位实际负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施；

（2）做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；

（3）组织实施辐射工作人员的职业健康检查和个人剂量监测，按要求建立个人剂量档案；

（4）定期对辐射安全与防护工作进行检查，检查本校辐射工作人员的辐射安全操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

小结：建设单位按照相关法规的要求成立了辐射安全与环境保护管理机构，明确了管理机构职责，符合相关法规的要求。

12.2 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》的相关规定，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应有健全的操作规程、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；有完善的辐射事故应急措施。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应建立和实施放射防护管理制度和措施。

建设单位制定了《东南大学无锡校区辐射安全管理规章制度》（见附件 5），该制度包含了辐射安全与环境保护管理机构及其职责、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、操作规程、辐射工作人员培训制度、监测方案、设备检修维护制度、辐射工作人员职业健康检查和个人剂量管理要求，以及辐射事故应急预案。

小结：建设单位制定的《辐射安全管理规章制度》较全面，易实行，可操作性强。一旦发生辐射事故时，可迅速应对，满足《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》等法律法规的要求。

12.3 辐射工作人员

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照生态环境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。

根据生态环境部 2019 年 12 月 24 日印发的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》的规定：自 2020 年 1 月 1 日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识、报名并参加考核，考核成绩单有效期 5 年。

本项目拟配置 3 名辐射工作人员（其中 1 人为兼职辐射安全管理人员），建设单位将按照“使用 II 类射线装置”的要求，安排辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加 X 射线探伤专业的辐射安全与防护考核，考核通过后方可从事 X 射线探伤相关工作。建设单位还应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，安排辐射防护负责人，以及相关辐射安全管理人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加 X 射线探伤或辐射安全管理专业的辐射安全与防护考核。

小结：建设单位制定的辐射工作人员培训计划满足相关法律法规的要求。

12.4 辐射监测计划

12.4.1 工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；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。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作；委托有资质的第三方检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为辐射工作人员各配备 1 个人剂量计，配备 1 个本底个人剂量计用作对照。工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人有效剂量，监测周期最长不超过 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

小结：建设单位制定的个人剂量监测计划满足相关法律法规的要求。

12.4.2 工作场所辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

建设单位将委托检测机构对辐射设备的环境辐射水平进行年度检测，年度检测数据应作为本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于次年1月31日前上报环境行政主管部门。

建设单位拟使用便携式 X-γ 剂量率仪定期（每个月1次）对辐射工作场所周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

辐射监测计划一览表见表 12-1。

表 12-1 辐射监测计划一览表

监测对象	监测计划	监测因子	监测周期	实施机构
辐射工作人员	个人剂量监测	个人外照射剂量	1次/3个月	有资质的检测机构
工业 CT	工作场所年度监测	设备外周围剂量当量率	1次/年	有资质的检测机构
	工作场所日常监测	设备外周围剂量当量率	1次/月	建设单位
	验收监测	设备外周围剂量当量率	验收时	有资质的检测机构

12.4.3 工作场所辐射监测方案

(1) 检测仪器

本项目用于日常辐射监测的仪器配置一览表见表 12-2。

表 12-2 辐射监测仪器一览表

名称	配备数量	报警值
个人剂量报警仪	3台	2.5μSv/h
便携式 X-γ 剂量率仪	1台	2.5μSv/h

(2) 监测因子和控制要求

本项目的监测因子：周围剂量当量率，参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，本项目工业 CT 屏蔽体外 0.3m 处的周围剂量当量率的控制值为 2.5μSv/h。

(3) 检测布点要求及位置

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的规定，射线装置的放射防

护检测应在额定工作条件下，主屏蔽应在没有工件时进行，副屏蔽应在有工件时进行，应首先进行装置整体的辐射水平巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，然后再定点检测。定点位置应包括：

- a) 通过巡测，发现辐射水平异常高的位置；
- b) 装载门外 30cm 的上、下、左、中、右侧各 1 个点，观察窗 1 个点。
- c) 屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个面至少测 3 个点；
- d) 操作位；
- e) 人员经常活动的位置。

(4) 检测异常处理

一旦发现辐射水平超过控制值应立即停止辐射工作，查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平合格后，方可继续工作。

小结：建设单位制定的工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求。

12.5 辐射安全年度评估计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：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，并于次年 1 月 31 日前向相关机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

- (1) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- (2) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- (3) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- (4) 放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

- (6) 辐射事故及应急响应情况；
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (8) 存在的安全隐患及其整改情况；
- (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

12.6 辐射事故应急

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应制定辐射事故应急预案。

建设单位制定了《东南大学无锡校区辐射事故应急预案》，该《预案》主要包括：辐射事故应急机构与其职责、应急处理要求、辐射事故分类与应急原则、辐射事故应急处理程序及报告制度、人员培训和演习计划、辐射事故的调查等内容。针对本项目特点，建设单位进一步增加和完善辐射事故应急机构与其职责、应急处理要求、辐射事故应急处理程序等内容。

12.6.1 辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，成员组成如下：

组 长：

成 员：

12.6.2 辐射事故应急机构分工及职责

辐射事故应急小组的组长为辐射事故应急第一责任人。主要职责为：

- (1) 贯彻执行国家核辐射事故应急处理工作的法律、法规及方针政策；
- (2) 负责学校辐射事故应急预案的审定和组织实施；
- (3) 组织、协调和指挥学校应急准备和应急响应工作，包括组织事故调查、评价，审定事故应急处理报告等工作；
- (4) 发生辐射应急事故时，向生态环境主管部门、公安部门和卫生部门报告工作。

其他成员主要职责为：

(1) 定期组织开展辐射事故应急培训及演练。

(2) 发生辐射应急事故时，及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查，出现事故后应尽快有组织有计划的处理，减少事故损失。

(3) 向辐射事故应急小组和学校最高主管报告应急处理工作情况提出控制辐射事故危害，保障员工安全与健康，保护环境等措施建议

(4) 协助上级应急监测组开展辐射监测和评价工作。

(5) 事故处理后对辐射事故进行记录及整理相关资料。

12.6.3 人员培训和演习计划

为使参加应急处理的人员能熟悉和掌握应急预案的内容，保持迅速、正确、有效地执行应急技能和知识，提高辐射工作人员应对突发事件的能力，应进行培训和演练。

(1) 人员培训

培训对象包括应急预案成员、辐射工作人员。

培训内容包括应急原则和实施程序，辐射安全与防护专业知识，可能出现的辐射事故及辐射事故经验和教训，辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等。

(2) 演练计划

辐射事故应急领导小组须定期（每年一次）组织应急演练，提高辐射事故应急处理能力，并通过演练逐步完善应急预案。

小结：建设单位按要求成立了辐射事故应急机构，明确了应急分工和职责，制定的《东南大学无锡校区辐射事故应急预案》具有可操作性，保证在发生辐射事故时，做到责任和分工明确，能够迅速、有序处理。

12.7 竣工环境保护验收要求

12.7.1 责任主体

根据《建设项目环境保护管理条例》规定：“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。”建设单位应承担本项目竣工环境保护验收的主体责任。

12.7.2 工作程序

根据《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023），核技术利用项目竣工环境保护验收工作流程主要包括：验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

12.7.3 时间节点

本项目竣工后，建设单位应按照相关程序和要求，在项目竣工后组织自主竣工环保验收，验收期限一般不超过3个月。验收报告编制完成后按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的要求，公开验收报告。验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台进行备案。

12.7.4 验收清单

本项目竣工环境保护验收“三同时”清单见表 12-3。

表 12-3 竣工环境保护“三同时”验收清单

验收内容	验收要求
辐射安全与防护措施	本项目工业 CT 设有安全连锁系统，工业 CT 装载门和检修门各安装了 2 个继电器作为门机连锁装置。
	本项目工业 CT 顶部设有指示灯，分别为绿灯、黄灯、红灯。 建设单位将在无损检测室内醒目位置张贴射线装置指示灯信号指示意义的中文说明。
	本项目工业 CT 设有 1 个钥匙开关、1 个使能开关、1 个主电源开关。射线装置的钥匙由专人负责管理。
	本项目工业 CT 设有 3 个急停按钮，分别位于设备正面和操作台台面，设备内部装载门左侧。
	建设单位拟为每名辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。 建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪。 工业 CT 正面自带 1 台固定式辐射探测报警装置，监测探头位于屏蔽体内，主机自带显示屏位于工业 CT 正面。

	<p>布局：本项目设有独立的无损检测室作为辐射工作场所。工业CT有用线束方向固定朝人员正视工业CT装载门的右侧照射（以方位作为参照，有用线束朝西侧照射。），操作台设在工业CT正面左侧，避开了有用线束方向。</p> <p>分区：建设单位拟将工业CT屏蔽体内部区域划为控制区，控制区通过实体屏蔽、急停装置、门机联锁装置等进行控制；控制区除外，拟将整个无损检测室划为监督区，监督区通过门禁和警示说明等进行管理。无损检测室设有门禁，只有授权的工作人员才能通过门禁进入，非授权人员无法进入。</p>																				
“三废”的治理	<p>(1) 废气 本项目工业CT左侧设置3台排风扇，单台排风扇排风量约为177.6m³/h；无损检测室设置排风量约为4500m³/h的排风机将有害气体排出室外。排风外口朝向无损检测室西侧绿化带。</p> <p>(2) 废水 本项目无生产废水产生，不新增人员生活污水，项目工作人员生活污水排入市政污水管网。</p> <p>(3) 固废 本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及废射线发生器灯丝。本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾产生量。工作人员生活垃圾经东南大学无锡校区现有的生活垃圾收集系统收集后运至校区生活垃圾暂存处，统一交由环卫部门统一处理；射线发生器灯丝约3个月更换1根，则废射线发生器灯丝产生量约为4根/年，废射线发生器灯丝交由厂家回收处理。</p>																				
辐射安全管理措施	设立辐射安全与环境保护管理机构，明确职责与分工。																				
	制定相应的辐射安全管理规章制度和应急预案，制度应张贴在墙面显眼位置。																				
	<p>本项目拟配置3名辐射工作人员（其中1人为兼职辐射安全管理人员），建设单位将按照“使用II类射线装置”的要求，安排辐射工作人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加X射线探伤专业的辐射安全与防护考核，考核通过后方可从事X射线探伤相关工作。建设单位还应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，安排辐射防护负责人，以及相关辐射安全管理人员通过“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”参加X射线探伤或辐射安全管理专业的辐射安全与防护考核。</p>																				
	对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托第三方监测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，为每个人配备个人剂量计，定期回收读出个人有效剂量，监测周期为3个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。																				
周围剂量当量率监测情况	屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。																				
环保投资	<table border="1"> <thead> <tr> <th>序号</th> <th>内容</th> <th>环保投资（万元）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>管理规章制度、应急预案、电离辐射警告标志张贴</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>辐射防护与安全设施</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>辐射监测设备（监测仪器和防护用品）</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>环保手续</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>/</td> <td>合计</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>			序号	内容	环保投资（万元）	1	管理规章制度、应急预案、电离辐射警告标志张贴	1	2	辐射防护与安全设施	24	3	辐射监测设备（监测仪器和防护用品）	2	4	环保手续	8	/	合计	35
	序号	内容	环保投资（万元）																		
	1	管理规章制度、应急预案、电离辐射警告标志张贴	1																		
	2	辐射防护与安全设施	24																		
	3	辐射监测设备（监测仪器和防护用品）	2																		
	4	环保手续	8																		
/	合计	35																			

表 13 结论与建议

13.1 结 论

东南大学无锡校区拟在无锡市滨湖区状元路 5 号东南大学无锡校区微纳系统国际创新中心一层设置 1 间无损检测室，在内安装使用 1 台天津三英公司 nanoVoxel 5000 型工业 CT，用于集成电路、MEMS、电池等的无损检测。该工业 CT 设有两个射线发生器，分别为 300kV 射线发生器和 160kV 射线发生器。300kV 射线发生器最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA；160kV 射线发生器最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA。本项目属于核技术利用新建项目，选址合理。

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护分析表明，本项目射线装置的辐射屏蔽设计方案、工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明，建设单位制定了较完善的辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

13.1.2 环境影响分析结论

理论分析表明，项目正常运行时，射线装置实体屏蔽体外关注点的辐射水平均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的周围剂量当量率控制要求；辐射工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值，满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

13.1.3 可行性分析结论

本项目的建成可辅助建设单位较好地解决集成电路、MEMS、电池研究不足的问题，有助于建设单位进一步提升学校的科研水平，其所造成的辐射影响轻微、可控。本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类中的“十四、机械 1.科学仪器和工业仪表：工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”类别，符合国家产业政策，从代价和利益的角度考虑，符合辐射实践的正当性。

建设单位应对本项目进行严格管理，按照辐射安全与防护要求工作。在落实了本报告提出的各项措施后，本项目对环境的辐射影响能够满足国家有关法规和标准的要求，从环境保护的角度考虑，该核技术利用项目是可行的。

13.2 建 议

(1) 结合后期运行和管理情况，不断完善辐射安全管理规章制度和辐射事故应急预案，使之更具有实操性和针对性。

(2) 定期做好辐射事故应急人员培训和应急演练。

表 14 审 批

下一级环保部门预审意见	公章
经办人	年 月 日
审批意见	公章
经办人	年 月 日

附件 1：项目委托书

委托书

广州星环科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》有关法规，现委托贵司承接《东南大学无锡校区使用 1 台工业 CT 项目》环境影响评价工作，并按照相关规定编制《东南大学无锡校区使用 1 台工业 CT 项目环境影响报告表》，完成后提交我单位，便于我单位报送环境主管部门办理环评审批手续。

特此委托。

东南大学无锡校区

附件 2：CMA 资质及附表信息



检验检测机构 资质认定证书

证书编号：202219116226

名称：广州星环科技有限公司

地址：广州市海珠区南洲路 365 号二层 216 号铺自编 236

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。

资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力（含食品）及授权签字人见证书附表

发证日期：2025 年 07 月 18 日

有效期至：2028 年 07 月 22 日

发证机关：



许可使用标志



202219116226

注：需要延续证书有效期的，应当在证书届满有效期 3 个月前提出申请，不再另行通知。

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。
新增项目

检验检测机构 资质认定证书附表



202219116226

机构名称：广州星环科技有限公司

发证日期：2025年07月18日

有效期至：2028年02月22日

发证机关：广东省市场监督管理局

新增项目

国家认证认可监督管理委员会制 注 意 事 项

1. 本附表分两部分，第一部分是经资质认定部门批准检验检测的能力范围，第二部分是经资质认定部门批准的授权签字人及其授权签字范围。
2. 取得资质认定证书的检验检测机构，向社会出具具有证明作用的数据和结果时，必须在本附表所限定的检验检测的能力范围内出具检验检测报告或证书，并在报告或者证书中正确使用 CMA 标志。本附表所列的检验检测项目/参数及相关内容用于描述机构依据标准、规范进行检验检测的技术能力。
3. 本附表无批准部门骑缝章无效。
4. 本附表页码必须连续编号，每页右上方注明：第 X 页共 XX 页。



**批准广州星环科技有限公司
检验检测机构资质认定项目及限制要求**

证书编号：202219116226

审批日期:2025 年 07 月 18 日 有效日期:2028 年 02 月 22 日

检验检测场所所属单位：广州星环科技有限公司
 检验检测场所名称：办公室
 检验检测场所地址：广东省广州市海珠区南洲路 365 号二层 216 号铺自编 242
 领域数：1 类别数：1 对象数：1 参数数：10

领域 序号	领域	类别 序号	类别	对象 序号	检测对象	项目/参数		依据的标准（方法） 名称及编号（含年号）	限制范围	说明
						序号	名称			
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.1	x、γ辐射剂量率	《货物/车辆辐射检查系统的放射防护要求》GBZ 143-2015	只测 B.3 边界周围剂量当量率和 B.5 控制室周围剂量当量率	维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.2	x、γ辐射剂量率	《含密封源仪表的放射卫生防护要求》GBZ 125-2009		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.3	周围剂量当量率	《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.4	外照射个人剂量	《职业性外照射个人监测规范》GBZ 128-2019		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.5	X、γ辐射剂量率	《X射线衍射仪和荧光分析仪卫生防护标准》GBZ 115-2002		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.6	X-γ辐射剂量率	《放射治疗辐射安全与防护要求》HJ 1198-2021		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.7	x、γ辐射剂量率	《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》GBZ 141-2002		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.8	x、γ辐射剂量率	工业探伤放射防护标准 GBZ 117-2022		维持
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.9	x、γ辐射剂量率	《放射诊断放射防护要求》GBZ 130-2020		维持



检验检测场所所属单位：广州星环科技有限公司
 检验检测场所名称：办公室
 检验检测场所地址：广东省广州市海珠区南洲路 365 号二层 216 号铺自编 242
 领域数：1 类别数：1 对象数：1 参数数：10

领域序号	领域	类别序号	类别	对象序号	检测对象	项目/参数		依据的标准（方法）名称及编号（含年号）	限制范围	说明
						序号	名称			
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.10	X、γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021		维持

以下空白

**批准广州星环科技有限公司
 检验检测机构资质认定项目及限制要求**

证书编号：202219116226

审批日期：2025 年 07 月 18 日..... 有效日期：2028 年 02 月 22 日

检验检测场所所属单位：广州星环科技有限公司
 检验检测场所名称：办公室
 检验检测场所地址：广东省广州市海珠区南洲路 365 号二层 216 号铺自编 242
 领域数：1 类别数：1 对象数：1 参数数：5

领域序号	领域	类别序号	类别	对象序号	检测对象	项目/参数		依据的标准（方法）名称及编号（含年号）	限制范围	说明
						序号	名称			
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.1	周围剂量当量率	《微剂量 X 射线安全检查设备 第 1 部分：通用技术要求》GB 15208.1-2018		新增
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.2	α、β 表面污染	《表面污染测定 第 1 部分：β 发射体(Eβ _{max} >0.15MeV)和 α 发射体》GB/T 14056.1-2008		新增
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.3	α、β 表面污染	核医学辐射防护与安全要求 HJ 1188-2021		新增
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.4	单次检查剂量	《微剂量 X 射线安全检查设备 第 1 部分：通用技术要求》GB 15208.1-2018		新增
1	环境检测	1.1	辐射	1.1.1	电离辐射	1.1.1.5	中子辐射周围剂量当量率	放射治疗辐射安全与防护要求 HJ 1198-2021		新增

以下空白



批准广州星环科技有限公司

授权签字人及其授权签字领域

证书编号: 202219116226

审批日期:2025 年 07 月 18 日... 有效日期:2028 年 02 月 22 日

检验检测场所所属单位: 广州星环科技有限公司

检验检测场所名称: 办公室

检验检测场所地址: 广东省广州市海珠区南洲路 365 号二层 216 号铺自编 242

检验检测地址: 广东省广州市海珠区南洲路 365 号二层 216 号铺自编 242

序号	授权签字人姓名	职务/职称	授权签字领域	批准日期	备注
1	张子奇	未评定	电离辐射	2025年07月 18日	扩大

以下空白

