

2025-F-092

核技术利用建设项目

南京工业大学
新建 1 台工业 CT 装置项目
环境影响报告表
(公示版)



生态环境部监制

核技术利用建设项目

南京工业大学 新建 1 台工业 CT 装置项目 环境影响报告表



建设单位名称：南京工业大学

建设单位法人代表（签字或签章）：



通讯地址：江苏省南京市浦口区浦珠南路 30 号

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	i5h8h3		
建设项目名称	南京工业大学新建1台工业CT装置项目		
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)	南京工业大学		
统一社会信用代码	1232000046600680X1N		
法定代表人 (签章)	蒋军成		
主要负责人 (签字)	王小威		
直接负责的主管人员 (签字)	许乐		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏玖清玖蓝环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91320105MA1MQU5T14		
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
刘芳芳	2016035320352015320101000277	BH000051	刘芳芳
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘芳芳	表8 环境质量与辐射现状 表9 项目工程分析与源项 表10 辐射安全与防护 表11 环境影响分析 表12 辐射安全管理 表13 结论与建议	BH000051	刘芳芳
王紫薇	表1 建设项目基本概况 表2 放射源 表3 非密封放射性物质 表4 射线装置 表5 废弃物 表6 评价依据 表7 保护目标与评价标准	BH069887	王紫薇



持证人签名:
Signature of the Bearer

2016035320352015320101000277
管理号:
File No.

姓名: 刘芳芳
Full Name
性别: 女
Sex
出生年月:
Date of Birth
专业类别:
Professional Type
批准日期: 2016年05月
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2016年08月23日
Issued on



本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发,它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的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00018601
No.

编制主持人现场照片

拍照时间：2025 年 7 月 25 日

拍照地点：南京工业大学新建 1 台工业 CT 装置项目环评现场

编制主持人：刘芳芳

职业资格证书管理号：2016035320352015320101000277



本项目建设单位大门



本项目拟建址

江苏省社会保险权益记录单
(参保单位)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

现参保地：建邺区

统一社会信用代码：91320105MA1MQU5T14

查询时间：202508-202510

共1页，第1页

单位参保险种		养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数		29	29	29
序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	王紫薇		202508 - 202510	3
2	刘芳芳		202508 - 202510	3

说明：

1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。



目录

表 1 项目基本概况1

表 2 放射源 5

表 3 非密封放射性物质5

表 4 射线装置6

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 7

表 6 评价依据 8

表 7 保护目标与评价标准 10

表 8 环境质量和辐射现状 13

表 9 项目工程分析与源项 18

表 10 辐射安全与防护23

表 11 环境影响分析28

表 12 辐射安全管理 39

表 13 结论与建议 43

表 14 审批49

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南京工业大学新建 1 台工业 CT 装置项目			
建设单位		南京工业大学			
法人代表姓名			联系人		联系电话
注册地址		南京市浦珠南路 30 号			
项目建设地点		南京市浦珠南路 30 号南京工业大学崇德楼 C 栋高端测试实验室一			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		560	项目环保总投资（万元）	80	投资比例（环保投资/总投资） 14.3%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来 1.1 建设单位基本情况 南京工业大学办学历史溯源于 1902 年创办的三江师范学堂，2001 年由化工部南京化工大学与建设部南京建筑工程学院合并组建，历史底蕴深厚、学科特色鲜明、办学成果丰硕。学校现有江浦校区、丁家桥校区和虹桥校区，本项目建设地址位于江浦校区。				

1.2 项目规模及任务由来

因学科发展和科研项目需要，南京工业大学拟在江浦校区崇德楼 C 栋二楼高端测试实验室一内新建 1 台工业 CT 装置，用于三维可视化表征科研样品的内部缺陷及损伤，主要检测样品长度约为 400mm，宽度约为 300mm。本项目工业 CT 装置型号为 Xradia 515 Versa 型，最大管电压为 160kV，最大管电流为 90 μ A，额定功率为 10W。学校拟将装置工件门朝北摆放，工作时主射线朝西侧照射（可照射到部分南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体），操作台位于装置曝光室东北侧。

学校现有 1 名辐射工作人员，不兼职本项目工作，学校拟为本项目新增 3 名辐射工作人员，其中 1 名人员作为辐射防护负责人，2 名人员作为装置操作人员，本项目工业 CT 装置的周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 南京工业大学本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 μ A	额定功率 W	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	备注
1	Xradia 515 Versa 型工业 CT 装置	1	160	90	10	II	高端测试实验室一	拟购	主射线朝西侧照射，可照射到部分南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《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》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用的工业 CT 装置为 II 类射线装置，应当编制环境影响评价报告表。受南京工业大学委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该项目环境影响评价报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

南京工业大学江浦校区位于江苏省南京市浦口区浦珠南路 30 号，其地理位置图见附图 1。学校校区东侧为胡桥路，南侧为浦珠南路，西侧为浦口大道，北侧为沿山大道，学校平面布局图及周围环境图见附图 2，局部布局图见附图 3。

本项目工业 CT 装置拟建址位于崇德楼 C 栋二楼高端测试实验室一内，崇德楼 C 栋为六层建筑。高端测试实验室一东侧为走廊、楼梯间、电梯、电设备间、配电室、实训 205、实训 203、实训 201 及校内道路，南侧为校内道路及崇德楼 E 栋，西侧为高

端测试实验室二、校内道路及崇德楼 B 栋，北侧为走廊、实训 2010、实训 208、实训 206、实训 204、实训 202、卫生间、楼梯间及校内道路，正下方一楼为实训门厅，正上方三楼为办公室，四楼为仪器设备室，五楼为流体机械实验室，六楼为照明实验室，C 栋一楼~三楼平面布局图见附图 4~附图 6。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区等环境敏感目标。本项目评价范围内涉及建筑为学校的崇德楼 B 栋、崇德楼 C 栋、崇德楼 E 栋，本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内公众。

3 原有核技术利用项目情况

3.1 原有核技术利用项目许可情况

南京工业大学已申领由南京市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[A1544]”，发证日期为 2024 年 6 月 4 日，有效期至 2029 年 6 月 3 日，许可种类和范围为“使用Ⅲ类射线装置”。学校现有核技术应用项目均已履行环保手续，辐射安全许可证正副本复印件见附件 4。

南京工业大学现有核技术利用项目详见表 1-2。

表 1-2 南京工业大学现有核技术利用项目清单

射线装置							
序号	名称	型号	类别	数量	场所	环评审批时间	环保许可验收情况
1	口腔（牙科）X 射线装置	Matrix 6600	Ⅲ类	1	放射科口腔 CT 机房	已备案	已许可

3.2 个人剂量监测与健康体检

学校现有辐射工作人员已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送江苏省欧萨环境检测技术有限公司进行个人剂量监测。根据公司 2024 年 6 月-2025 年 3 月辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 7），辐射工作人员个人剂量监测结果未见异常。

学校已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

3.3 年度检测

学校现有核技术利用项目已委托江苏省欧萨环境检测技术有限公司开展年度环保检测（见附件 8）。由检测结果可知，学校现有核技术利用项目在检测工况下运行时，学校现有核技术利用项目工作场所周围剂量当量率能够满足相关标准要求。学校开展核技术利用项目至今，未发生过环保投诉。

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加工业 CT 装置拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足学校教学和科研需求，提升教学和科研能力，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq)/ 活度 (Bq)×枚数	类别	活度种类	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)	年最大用量 (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 (μ A)	额定功率 (W)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT 装置	II	1	Xradia 515 Versa 型	160	90	10	无损检测	江浦校区崇德楼 C 栋二楼高端测 试实验室一	主射线朝西侧照射，可 照射到部分南侧、北侧、 顶部及底部屏蔽体
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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（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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过装置顶部排风口排出到曝光室外，通过高端测试实验室一内设置的窗户以及空调的通风系统排入外环境，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版)，国家主席令第九号公布，2015 年 1 月 1 日起施行 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版)，2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第二十四号修正 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第六号公布，2003 年 10 月 1 日起施行 (4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订版)，国务院令第六百八十二号，2017 年 10 月 1 日起施行 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修订版)，国务院令第七百零九号第二次修订，2019 年 3 月 2 日发布 (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》，生态环境部令第十六号，2021 年 1 月 1 日起施行 (7) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日 (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版)，2021 年 1 月 4 日中华人民共和国生态环境部令第二十号修正 (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第十八号，2011 年 5 月 1 日起施行 (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日 (11) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部令第九号，2019 年 11 月 1 日起施行 (12) 《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》，生态环境部公告 2019 年 第 57 号，2019 年 12 月 23 日 (13) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 39 号，2019 年 10 月 21 日 (14) 《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年 第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行
------	--

	(15) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版), 2018 年 3 月 28 日江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议修正 (16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》, 苏政发〔2018〕74 号, 2018 年 6 月 9 日 (17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》, 苏政发〔2020〕1 号, 2020 年 1 月 8 日 (18) 《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》, 苏政发〔2020〕49 号, 2020 年 6 月 21 日 (19) 《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 28 日
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016) (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) (3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022) (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) (5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) (6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) (7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 参考 (8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及修改单 (9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) (10) 《X 射线探伤单位辐射安全管理建设指南》(DB3201/T1169-2023)
其它	与本项目相关附件: (1) 项目委托书(附件 1) (2) 射线装置使用承诺书(附件 2) (3) 屏蔽设计说明(附件 3) (4) 辐射安全许可证复印件(附件 4) (5) 辐射环境现状检测报告复印件(附件 5) (6) 辐射安全与防护培训证书复印件(附件 6) (7) 个人剂量监测报告复印件(附件 7) (8) 上一年度环保检测报告复印件(附件 8) (9) 装置参数说明文件(附件 9)

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“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”相关规定，确定本项目评价范围为工业 CT 装置边界外 50m 区域。						
保护目标 本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。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》（苏政发〔2018〕74 号）及《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。 本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区等环境敏感目标，评价范围内涉及建筑为学校的崇德楼 B 栋、崇德楼 C 栋、崇德楼 E 栋，本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内的公众。本项目工业 CT 装置周围保护目标一览表见表 7-1。						
表 7-1 本项目工业 CT 装置评价范围内保护目标情况一览表						
保护目标名称	保护目标位置		方位	最近距离	规模	环境保护要求
辐射工作人员	操作台		东北侧	紧邻	3 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	崇德楼 C 栋	走廊、楼梯间	东侧	约 1m	流动人群	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
		高端测试实验室二	西侧	约 1m	约 2 人	
		走廊	北侧	约 4m	流动人群	
		其他场所	四周、楼下 1 层及楼上 3~6 层	约 1m	约 150 人	
	崇德楼 E 栋		南侧	约 29m	约 100 人	

	崇德楼 B 栋	西侧	约 20m	约 130 人	
	校内道路	南侧、西侧、 北侧	约 4m	流动人群	

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②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）中11.4.3.2剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv~0.3 mSv）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。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年剂量限值的1/4，即职业人员年剂量约束值不大于**5mSv/a**；

（2）公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射剂量限值的10%，即公众年剂量约束值不大于**0.1mSv/a**。

3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2002）

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。

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) 关注点的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，其值不大于 5 μ Sv/周。

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

(3) 本项目工业 CT 装置正上方三层人员可达，顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平保守取不大于 2.5 μ Sv/h。

4 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 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平（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，参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

南京工业大学江浦校区位于江苏省南京市浦口区浦珠南路 30 号，其地理位置图见附图 1。学校校区东侧为胡桥路，南侧为浦珠南路，西侧为浦口大道，北侧为沿山大道，学校平面布局图及周围环境图见附图 2，局部布局图见附图 3。

本项目工业 CT 装置拟建址位于崇德楼 C 栋二楼高端测试实验室一内，崇德楼 C 栋为六层建筑。高端测试实验室一东侧为走廊、楼梯间、电梯、电设备间、配电室、实训 205、实训 203、实训 201 及校内道路，南侧为校内道路及崇德楼 E 栋，西侧为高端测试实验室二、校内道路及崇德楼 B 栋，北侧为走廊、实训 2010、实训 208、实训 206、实训 204、实训 202、卫生间、楼梯间及校内道路，正下方一楼为实训门厅，正上方三楼为办公室，四楼为仪器设备室，五楼为流体机械实验室，六楼为照明实验室，C 栋一楼~三楼平面布局图见附图 4~附图 6。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区等环境敏感目标。本项目评价范围内涉及建筑为学校的崇德楼 B 栋、崇德楼 C 栋、崇德楼 E 栋，本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内公众。

本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状见图 8-1。

工业 CT 装置拟建址东侧（走廊）	工业 CT 装置拟建址南侧（校内道路）
-------------------	---------------------

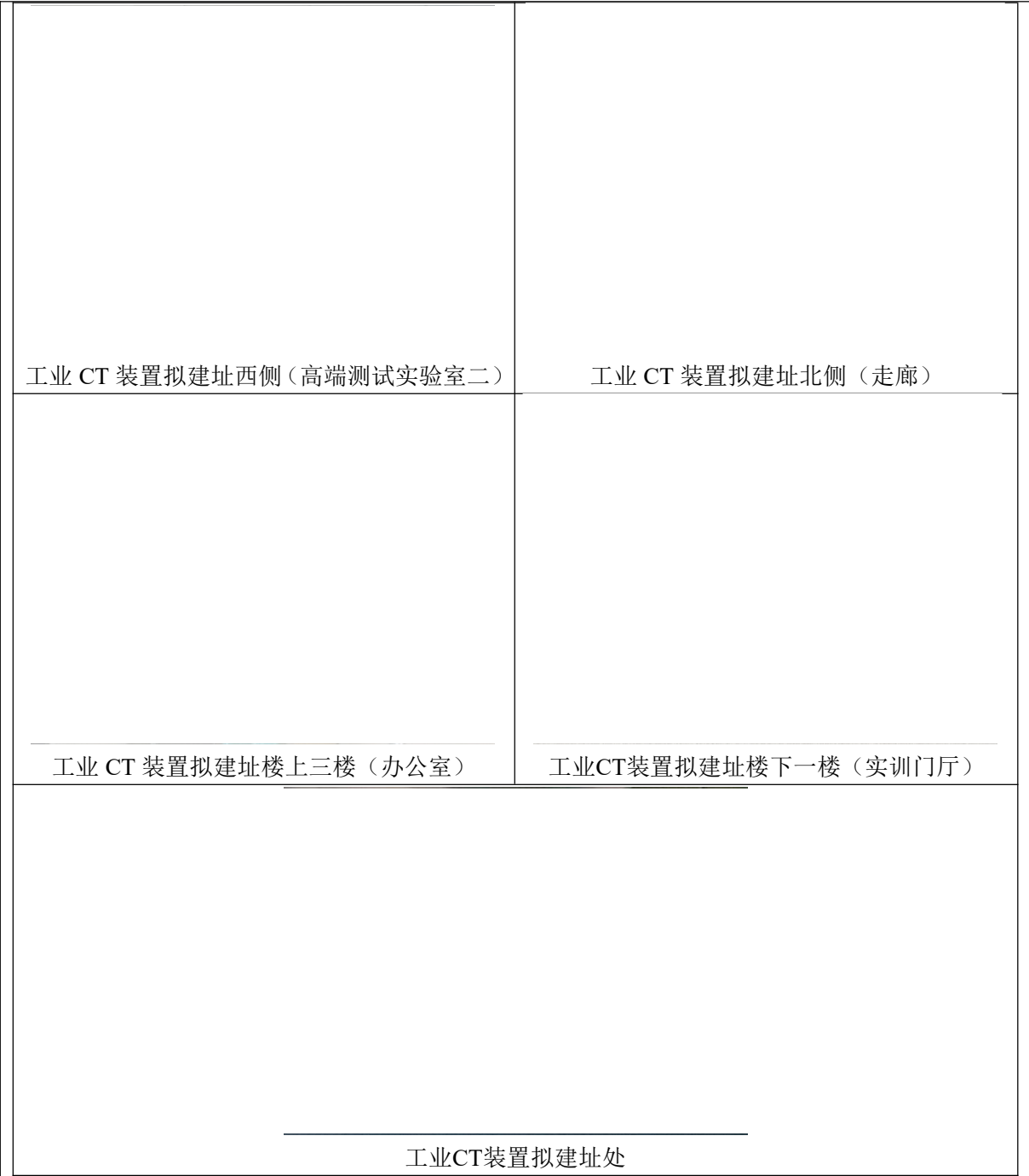


图 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、检测因子和检测点位

- 评价对象：工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境
- 检测因子： γ 辐射空气吸收剂量率
- 检测点位：在工业 CT 装置拟建址周围布置检测点位，共计 9 个点位

3 检测方案、质量保证措施及检测结果

3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型多功能辐射测量仪(探头型号 FHZ672E-10)(设备编号：J0317，
检定有效期：2025.07.03~2026.07.02，检测范围：1nSv/h~100μSv/h，能量响应：48keV~
4.4MeV)

检测时间：2025 年 7 月 25 日

环境条件：天气：晴 温度：34℃ 湿度：53%RH

检测项目：γ辐射空气吸收剂量率

检测布点：在工业 CT 装置拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2、图 8-3

检测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。本项目测量数据已根据公式： $\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$ 扣除宇宙射线响应值，本项目检测仪器的宇宙射线响应值为 14.4nGy/h。

3.2 质量保证措施

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有检测上岗证，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核。

3.3 检测结果

评价方法：对照江苏省环境天然γ辐射水平调查结果进行评价，检测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址及周围γ辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	工业 CT 装置拟建址处	89.0	楼房
2	工业 CT 装置拟建址东侧	91.7	楼房
3	工业 CT 装置拟建址南侧	91.8	楼房
4	工业 CT 装置拟建址西侧	89.5	楼房

5	工业 CT 装置拟建址北侧	95.1	楼房
6	工业 CT 装置拟建址楼上三楼	96.0	楼房
7	工业 CT 装置拟建址楼下一楼	105	楼房
8	工业 CT 装置拟建址南侧（崇德楼 E 栋外）	62.3	道路
9	工业 CT 装置拟建址西侧（崇德楼 B 栋外）	65.6	道路

注：测量数据已扣除仪器宇宙射线响应值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子楼房取 0.8，道路取 1。

图 8-2 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图 1

图 8-3 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图 2

4 环境现状调查结果评价

从现场检测结果可知，本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（89.0~105）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为（62.3~65.6）nGy/h，根据《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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h，本项目工业 CT 装置拟建址周围室内外检测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内、室外道路测值范围内，属于正常辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1 工程设备

因学科发展和科研项目需要，南京工业大学拟在江浦校区崇德楼 C 栋二楼高端测试实验室一内新建 1 台工业 CT 装置，用于三维可视化表征科研样品的内部缺陷及损伤，主要检测样品长度约为 400mm，宽度约为 300mm。本项目工业 CT 装置型号为 Xradia 515 Versa 型，最大管电压为 160kV，最大管电流为 90 μ A，额定功率为 10W。学校拟将装置工件门朝北摆放，工作时主射线朝西侧照射（可照射到部分南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体），操作台位于装置曝光室东北侧。本项目工业 CT 装置外壳尺寸为 2.089m 长 $\times$ 1.081m 宽 $\times$ 1.989m 高（含底座高度 0.156m）。本项目工业 CT 装置外观图见图 9-1，内部结构图见图 9-2。



图 9-1 本项目 Xradia 515 Versa 型工业 CT 装置外观图

图 9-2 本项目 Xradia 515 Versa 型工业 CT 装置内部结构图

本项目工业 CT 装置主要由曝光室、操作台等组成。本项目工业 CT 装置的 X 射线管出束角度为 60°，X 射线管可在东西方向移动 190mm，南北方向及竖直方向均不可移动。X 射线管距东侧屏蔽体内侧最近距离为 742mm，距南侧屏蔽体内侧距离为 638mm，距西侧屏蔽体内侧最近距离为 943mm，距北侧屏蔽体内侧距离为 322mm，距顶部屏蔽体内侧距离为 352mm，距底部屏蔽体内侧距离为 471mm（距装置底部距离 1560mm），X 射线管内部尺寸示意图见图 9-3。

图 9-3 本项目工业 CT 装置 X 射线管内部尺寸示意图
表 9-1 本项目工业 CT 装置技术参数一览表

装置名称	工业 CT 装置
装置型号	
最大管电压	
最大管电流	
额定功率	

滤过材料及厚度	
出束角度	

2 工业 CT 装置工作原理

2.1 X 射线产生工作原理

本项目工业 CT 装置核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极灯丝加热，发射热电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-4。

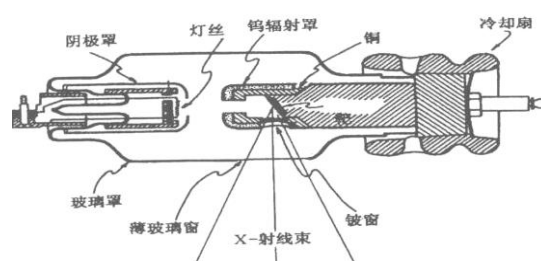


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

2.2 工业 CT 装置工作原理

本项目工业 CT 装置能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况，其基本原理是经过准直的 X 射线束穿过被检物时，根据各个透射方向上各体积元的衰减系数不同，探测器接收到的透射能量也不同，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面-薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，通过测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

3 工艺流程及产污环节

检测时辐射工作人员在曝光室外将被测工件放置在工件测试台上，关闭工件门后，辐射工作人员在操作台处进行操作，在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的缺损状况，其工作流程如下：

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前对工业 CT 装置进行检查，重点检查安全联锁和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作；

(2) 辐射工作人员将被测工件放置到测试台上，关闭工件门；

(3) 辐射工作人员在操作台处调整工件及 X 射线管至合适位置，开启工业 CT 装置进行检测，检测过程中会产生 X 射线及少量 O₃、NO_x；

(4) 通过控制台处的显像器对被检工件的缺损状况进行辨别；

(5) 关机，打开工件门，将被测工件取出曝光室。

本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节示意图见图 9-5。

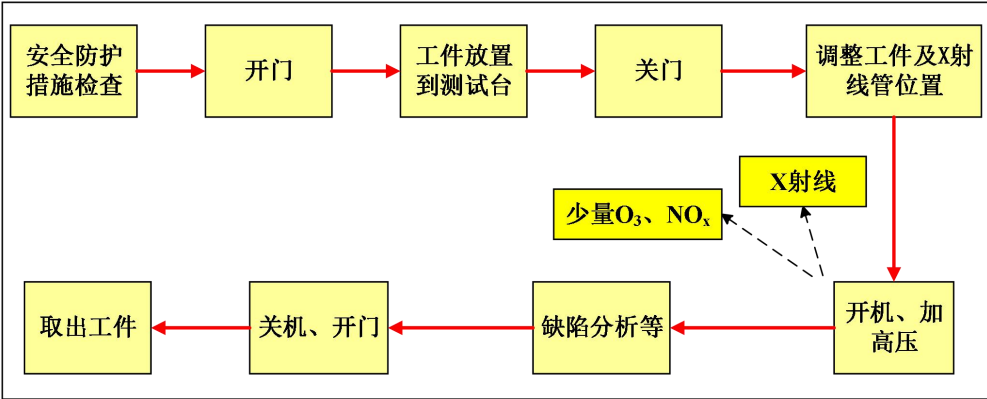


图 9-5 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节分析示意图

4 工作机制

学校现有 1 名辐射工作人员，不兼职本项目工作，学校拟为本项目新增 3 名辐射工作人员，其中 1 名人员作为辐射防护负责人，2 名人员作为装置操作人员，本项目拟采用一班制工作制。本项目工业 CT 装置周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知，X 射线是随装置 X 射线管的开、关而产生和消失。因此，正常开机出束期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目工作期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：射线装置发出的用于检测的辐射束，又称为主射线束。根据生产

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，160kV 的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，160kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 X 射线为 150kV，详细参数见表 9-2。

表 9-2 本项目理论预测工业 CT 装置参数一览表

设备型号	
最大管电压	
最大管电流	
额定功率	
X 射线机的发射率常数	
泄漏辐射剂量率	
90°散射后能量相应的 X 射线 kV	

2 非放射性污染源分析

本项目射线装置在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

南京工业大学新建 1 台工业 CT 装置包括曝光室和操作台，装置主射线朝西侧照射（可照射到部分南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体），操作台拟设于曝光室东北侧，避开了有用线束照射方向，本项目工业 CT 装置布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室与探伤室分开设置及操作室应避开有用线束照射方向的要求，布局设计合理。

图 10-1 本项目工业 CT 装置平面布局及分区图

本项目拟将工业 CT 装置曝光室作为辐射防护控制区（图 10-1 中红色阴影），在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将高端测试实验室一内除曝光室以外区域（含操作台）作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影），拟在高端测试实验室一出入口处设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，并设立标明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。本项目平面布局及分区图见图 10-1，本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基

本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

2 辐射屏蔽设计

本项目工业CT装置的屏蔽防护设计见表10-1，屏蔽设计图见附图7。

表 10-1 本项目工业 CT 装置屏蔽设计参数一览表

曝光室屏蔽参数		尺寸参数	主射线方向
防护材料	厚度		

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障工业CT装置安全运行，南京工业大学拟对本项目工业CT装置设计相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 辐射防护措施

本项目拟使用的射线装置为工业 CT 装置，参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设置辐射安全措施，本项目工业 CT 装置拟采取的辐射安全措施见表 10-2。

表 10-2 本项目工业 CT 装置拟采取的辐射安全措施及其与标准对照

序号	GBZ 117-2022 标准中要求	本项目拟采取的辐射安全措施	是否满足
1	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置,应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中,防护门被意外打开时,应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时,每台装置均应与防护门联锁。	工业 CT 装置的工件门、维修门均设置门机联锁装置,即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁,只有当防护门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中,防护门被意外打开时,射线管应能立刻停止出束。	满足
2	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明。	工业 CT 装置顶部设置 1 个工作状态指示灯,绿灯代表“通电”,黄灯代表“预备”,红灯代表“照射”,工作状态指示灯与 X 射线管联锁,工业 CT 装置工作时,指示灯开启,警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。在醒目位置处设置表明“绿灯”“黄灯”及“红灯”的信号意义说明。	满足
3	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。	工业 CT 装置曝光室内拟设置 1 个视频监控,操作人员可通过操作台处监视器监视曝光室内设备运行情况。	满足
4	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志和中文警示说明。	工业 CT 装置表面外明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明,提醒无关人员勿在其附近逗留。	满足
5	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。	工业 CT 装置屏蔽体外北侧和南侧各拟设置 1 个急停按钮,按钮带有标签,表明使用方法。确保出现紧急事故时,能立即停止照射。装置正常工作时,工作人员位于装置外操作,无需进入装置内部摆放工件,故未在装置内部设置急停按钮。	满足
6	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置,排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目工业 CT 装置东侧进风口,顶部排风口,进风口、排风口均采用铅罩防护。本项目曝光室体积约为**m ³ ,曝光室内通风系统的排风量约为**m ³ /h,每小时有效通风换气次数约为 158 次,能够满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。	满足

7	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目开展检测工作时人员无需进入曝光室内，故本项目工业 CT 曝光室内未安装固定式场所辐射探测报警装置。	满足
8	/	本项目工业 CT 装置所在高端测试实验室一设置门锁，禁止无关人员进入。高端测试实验室一内设置 1 个视频监控，监视装置周围情况。	/

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。本项目工业 CT 装置辐射防护措施示意图见图 10-2。

图 10-2 本项目工业 CT 装置辐射防护措施示意图

3.2 操作防护措施

（1）辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对工业 CT 装置进行检查，重点检查安全联锁和指示灯等是否运行正常。

（2）辐射工作人员拟定期测量工业 CT 装置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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

（3）交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟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，则不应开始检测工作。

(4) 在每一次照射前，辐射工作人员都必须确认在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

(5) 学校拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

3.3 探伤设备退役措施

当工业 CT 装置不再使用时，拟实施退役程序。

(1) 工业 CT 装置的 X 射线发生器拟处置至无法使用，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。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废治理

本项目工业 CT 装置工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过装置顶部排风口排出到曝光室外，通过高端测试实验室一内设置的窗户以及空调的通风系统排入外环境。本项目工业 CT 装置曝光室体积约为 $^{**}m^3$ ，通风装置的通风量拟设置约为 $^{**}m^3/h$ ，每小时能进行约 158 次有效换气，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水及生活垃圾拟依托学校现有处理设施处置，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 装置是由曝光室和操作台等组成的一体式设备，由专业供应商直接运送安装到指定区域，不存在施工期环境影响。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目工业 CT 装置型号为 Xradia 515 Versa 型，最大管电压为 160kV，最大管电流为 90 μ A，额定功率为 10W。学校拟将装置工件门朝北摆放，操作台位于装置曝光室东北侧。工作时主射线朝西侧照射（可照射到部分南侧、北侧、顶部及底部屏蔽体）。

本次评价选取工业 CT 装置满功率运行时的工况（功率为 10W 下，160kV 电压下对应电流为 0.0625mA）进行预测，将装置南侧屏蔽体（维修门）、西侧屏蔽体（探测器电缆口）、北侧屏蔽体（工件门）、顶部屏蔽体（指示灯电缆口、排风口）、底部屏蔽体（样品台电缆口）均按照有用线束照射进行预测计算，将装置东侧屏蔽体（高压线电缆口、进风口）按照非有用线束照射进行预测计算。计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

本项目工业 CT 装置的 X 射线管出束角度为 60°，X 射线管可在东西方向移动 190mm，南北方向及竖直方向均不可移动。X 射线管距东侧屏蔽体内侧最近距离为 742mm，距南侧屏蔽体内侧距离为 638mm，距西侧屏蔽体内侧最近距离为 943mm，距北侧屏蔽体内侧距离为 322mm，距顶部屏蔽体内侧距离为 352mm，距底部屏蔽体内侧距离为 471mm（距装置底部距离 1560mm），X 射线管内部尺寸及计算关注点示意图见图 11-1。

图 11-1 本项目工业 CT 装置 X 射线管内部尺寸及计算关注点位示意图

1 理论预测公式

1.1 有用射束方向屏蔽效果预测公式

有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

R : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B : 屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中图 B.2 无本项目参数对应的曲线，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，采用内插法得出 160kV 下铅对应的 TVL 值，然后按公式（11-2）计算得出：

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

式中： X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：屏蔽材料的什值层厚度。

1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (11-3)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，以 150kV 及 200kV 下 X 射线管输出量较大值进行插值计算得到 160kV 下 1m 处的输出量；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1；

R : 辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B : 屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中图 B.2 无本项目参数对应的曲线，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，采用内插法得出 160kV 下铅对应的 TVL 值，然后按公式（11-2）计算得出。

② 散射辐射

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

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 : 距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值参考《工业

X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，以 150kV 及 200kV 下 X 射线管输出量较大值进行插值计算得到 160kV 下 1m 处的输出量；

B ：屏蔽透射因子，按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2 确定 90°散射辐射的射线能量，按公式（11-2）计算得出；

F ： R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α ：散射因子，入射辐射被单位面积（ $1m^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

1.3 参考点的年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

式中： H_c ：参考点的年剂量水平，mSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：年照射时间，h/a；

U ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

2 屏蔽计算结果

2.1 理论计算结果

表 11-1 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	(A) 西侧屏蔽体	(B) 探测器电缆口（西侧）	(C) 南侧屏蔽体/维修门	(D) 北侧屏蔽体/工件门	(E) 顶部屏蔽体	(F) 排风口（顶部）	(G) 指示灯电缆口（顶部）	(H) 底部屏蔽体	(I) 样品台电缆口（底部）
设计厚度									
I（mA）									

H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}/$ $(\text{mA}\cdot\text{h})$									
$B^{①}$									
$R^{②}$ (m)									
$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)									
剂量率 参考控 制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		(J) 东侧屏蔽体	(K) 进风口 (东侧)	(L) 高压线电缆 口 (东侧)	(M) 操作台 (东北侧)
X 设计厚度					
泄 漏 辐 射	TVL (mm)				
	B				
	$\dot{H}_L$ ($\mu\text{Sv/h}$)				
	$R^{①}$ (m)				
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)				
散 射 辐 射	散射后能量对 应的 kV 值				
	TVL (mm)				
	$B^{②}$				
	I (mA)				
	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$				
	$F^{③}$ (m^2)				
	$\alpha^{④}$				

	R_0 ⑤ (m)				
	R_y^* (m)				
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)				
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)					
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足

从表 11-1 及表 11-2 中计算结果可以看出, 当本项目工业 CT 装置满功率运行时, 其曝光室四周、顶部、底部屏蔽体、工件门、维修门、电缆口防护罩、通风口防护罩外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.372\mu\text{Sv/h}$, 能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

2.2 天空反散射影响分析

本项目工业 CT 装置满功率运行时, 装置顶部 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.338\mu\text{Sv/h}$, 穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低, 并且穿出曝光室四周屏蔽体的最大透射辐射剂量率为 $0.372\mu\text{Sv/h}$, 故穿过曝光室顶部的辐射经大气反射产生的反散射辐射对曝光室周围人员的照射和穿出曝光室四周屏蔽体的透射辐射在相应关注点的剂量率总和小于 $0.710\mu\text{Sv/h}$, 能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

2.3 通风口、电缆口及防护门缝隙辐射防护评价

本项目工业 CT 装置高压线电缆口位于曝光室东侧, 高压线电缆口内拟采用 $^{**}\text{mmPb}+^{**}\text{mmFe}$; 探测器电缆口位于曝光室西侧, 探测器电缆口内拟采用 $^{**}\text{mmPb}+^{**}\text{mmFe}$; 指示灯电缆口位于曝光室顶部, 指示灯电缆口内拟采用

mmPb+mmFe；样品台电缆口位于曝光室底部，样品台电缆口内拟采用**mmPb+**mmFe；排风口位于曝光室顶部，排风口内拟采用**mmPb+**mmFe 防护罩；进风口位于曝光室东侧，进风口内拟采用**mmPb+**mmFe 防护罩，由表 11-2 计算结果可知，本项目工业 CT 装置在满功率工况下运行时，通风口外 30cm 处最大辐射剂量率为 0.038 μ Sv/h，电缆口外 30cm 处最大辐射剂量率为 0.057 μ Sv/h，能够满足要求。且根据《辐射防护导论》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”。本项目 X 射线经过通风口防护罩、电缆口防护铅罩结构时至少会经过 3 次散射到达管道口处，可推断管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风口、电缆口散射示意图见图 11-2。

图 11-2 通风口、电缆口 X 射线散射路径示意图

本项目工业 CT 装置的工件门、维修门均为双开门，工件门、维修门与屏蔽体左右各搭接**mm，下搭接**mm，上搭接**mm，两扇门体搭接**mm，工件门、维修门与屏蔽体重叠部分不小于工件门、维修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，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

3 年有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为工业 CT 装置曝光室外 50m 范围内其他人员。辐射工作人员年有效剂量拟监督区内最大辐射剂量率进行计算。公众人员年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到监督区周围的辐射剂量率。

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (11-6)$$

式中：H₁—距射线源点 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H₂—距射线源 R₂ 处的剂量率，μSv/h；

R₁—装置屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R₂—监督区外各点位距射线源的距离，m。

表 11-3 本项目工业 CT 装置周围人员关注点位辐射剂量率

序号	关注点	H ₁ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	H ₂ (μSv/h)
1	装置东侧监督区外				
2	装置南侧监督区外				
3	装置西侧监督区外				
4	装置北侧监督区外				
5	装置楼上三楼				
6	装置楼下一楼				

将表 11-3 计算结果代入公式（11-5），可计算得到本项目工业 CT 装置辐射工作人员及周围公众的周有效剂量及年有效剂量，结果见表 11-4、表 11-5。

表 11-4 本项目工业 CT 装置周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	周工作时间 (h)	周剂量估算 值(μSv/周)	剂量约束值 (μSv/周)	评价
1	装置东北侧						100 (职业人员)	满足
2	监督区东侧						5 (公众)	满足
3	监督区南侧							满足
4	监督区西侧							满足
5	监督区北侧							满足
6	装置楼上三楼							满足
7	装置楼下一楼							满足

从表 11-4 中的计算结果可以看出，当本项目工业 CT 装置在满功率运行时，辐射工作人员的周有效剂量最大值为 3.720μSv；公众周有效剂量最大值为 0.530μSv，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中职业人员周有效剂量不超过 100μSv，公众周有效剂量不超过 5μSv。

表 11-5 本项目工业 CT 装置周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	年剂量估算 值(mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	评价
1	装置东北侧						5 (职业人员)	满足
2	监督区东侧						0.1 (公众)	满足
3	监督区南侧							满足
4	监督区西侧							满足
5	监督区北侧							满足
6	装置楼上三楼							满足
7	装置楼下一楼							满足

从表 11-5 中的计算结果可以看出，当本项目工业 CT 装置周围辐射工作人员的年有效剂量最大值为 0.186mSv；公众年有效剂量最大值为 0.027mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

对于本项目评价范围内崇德楼 B 栋及崇德楼 E 栋的其他学生和教职工，在经过高端测试实验室一墙体的屏蔽和距离的进一步衰减，本项目对其他公众人员的辐射影响很小，可湮没在本底辐射中。

4 三废治理评价

本项目工业 CT 装置工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过装置顶部排风口排出到曝光室外，通过高端测试实验室一内设有的窗户以及空调的通风系统排入外环境。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水及生活垃圾拟依托学校现有处理设施处置，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目工业 CT 装置只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，导致防护门未关闭时人员开机工作受到误照射。

（2）机器调试、检修时误照。工业 CT 装置在调试、检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到误照射。

2 辐射事故预防措施

南京工业大学应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，学校拟采取以下预防措施：

（1）学校内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。在进行射线装置调试前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机调试。

（3）辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应尽快采取应对措施。

3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的工业 CT 装置属于Ⅱ类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类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，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

（1）辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

（2）立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

（3）对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，学校应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告，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的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为工业 CT 装置，属于Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。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。

南京工业大学已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。学校现有 1 名辐射工作人员（见附件 6），拟为本项目新增 3 名辐射工作人员，其中 1 名人员作为辐射防护负责人，2 名人员作为装置操作人员。根据《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》等相关文件的要求，本项目辐射工作人员应通过生态环境部门组织的在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台“X 射线探伤”类辐射安全与防护知识考核，辐射防护负责人应通过“辐射安全管理”类辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可上岗，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核合格后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

学校已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急方案等，并严格按照规章制度执行。

在实际工作中学校还应针对本项目对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出如下建议：

操作规程：明确工业 CT 装置辐射工作人员的资质条件要求、操作的具体流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 CT 装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据学校的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 装置运行和维修时的辐射安全管理。

设备检修维护制度：明确工业 CT 装置的各项安全联锁装置、辐射监测设备维修

计划、在日常运行过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪等仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：完善辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：建立健全的台账制度，并在日常工作中落实到位，重点是工业CT装置的使用情况由专人负责登记、专人形成台账、每月核对，确保使用情况与登记相符。

事故应急预案：针对工业CT装置使用过程中可能产生的辐射事故制定辐射事故应急预案或应急措施，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，学校应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在1小时内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生健康部门。

辐射监测

学校拟使用的射线装置属于Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少1台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对装置周围X射线的辐射泄漏和散射的巡测。

学校拟为本项目配备1台环境辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

学校现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送江苏省欧萨环境检测技术有限公司进行个人剂量监测，根据学校2024年6月-2025年3月辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件7），辐射工作人员个人剂量监测结果均未见异常；学校已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

学校现有核技术利用项目已委托江苏省欧萨环境检测技术有限公司开展年度环

保检测（见附件 8）。由检测结果可知，本单位现有核技术利用项目在检测工况下运行时，学校现有核技术利用项目工作场所周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中参考控制水平的要求。

本项目运行后，学校拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行检测作业时，学校拟定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录，环境辐射剂量巡测仪拟定期送有资质单位进行检定或校准；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时学校拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。学校还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

落实以上措施后，学校安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位
Xradia 515 Versa 型工业 CT 装置	周围剂量当量率	竣工验收监测，委托有资质的单位进行	1 次	①装置四周屏蔽体外 30cm 离地高度 1m 处，每个屏蔽体至少测 3 个点；
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	②工件门和维修门外 30cm 处离地高度 1m 处，门左、中、右侧 3 个点和门缝四周各一个点；
		定期自行开展辐射监测	每 3 个月/次	③人员操作位处； ④电缆口外、通风口外； ⑤装置周围、楼上、楼下环境保护目标处。
辐射工作人员	个人剂量监测	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，南京工业大学应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急方案，应急方案内容应包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急救助的装备、资金、物资准备；

- (3) 辐射事故分级与应急响应措施;
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序;
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

学校已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。学校制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，学校开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。学校还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，学校应立即启动本单位的事事故应急方案，采取必要防范措施，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的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后学校应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

南京工业大学江浦校区位于江苏省南京市浦口区浦珠南路 30 号。学校校区东侧为胡桥路，南侧为浦珠南路，西侧为浦口大道，北侧为沿山大道。

本项目工业 CT 装置拟建址位于崇德楼 C 栋二楼高端测试实验室一内，崇德楼 C 栋为六层建筑。高端测试实验室一东侧为走廊、楼梯间、电梯、电设备间、配电室、实训 205、实训 203、实训 201 及校内道路，南侧为校内道路及崇德楼 E 栋，西侧为高端测试实验室二、校内道路及崇德楼 B 栋，北侧为走廊、实训 2010、实训 208、实训 206、实训 204、实训 202、卫生间、楼梯间及校内道路，正下方一楼为实训门厅，正上方三楼为办公室，四楼为仪器设备室，五楼为流体机械实验室，六楼为照明实验室。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区等环境敏感目标。本项目评价范围内涉及建筑为学校的崇德楼 B 栋、崇德楼 C 栋、崇德楼 E 栋，本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内公众。

1.2 产业相符性分析

本项目使用工业 CT 装置分析学校科研及教学过程中产生的样品材料，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类，本项目的建设符合国家现行产业政策。

1.3 项目分区及布局

本项目拟将工业 CT 装置曝光室作为辐射防护控制区，在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将高端测试实验室一内除曝光室以外区域（含操作台）作为辐射防护监督区，拟在高端测试实验室一出入口处设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，并设立标明监督区的标牌，工作时无关人员等不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

1.4 辐射安全措施

本项目工业 CT 装置的工件门、维修门均设置门机联锁装置；工业 CT 装置顶部设置 1 个工作状态指示灯，并与 X 射线管联锁，醒目位置处设置表明“绿灯”“黄灯”

及“红灯”的信号意义说明；工业 CT 装置曝光室内拟设置 1 个视频监控；工业 CT 装置表面外明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；工业 CT 装置屏蔽体外北侧和南侧各拟设置 1 个急停按钮；工业 CT 装置东侧进风口，顶部排风口，进风口、排风口均采用铅罩防护。

辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对工业 CT 装置进行检查，重点检查安全联锁和指示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用工业 CT 装置时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员拟定期测量工业 CT 装置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；交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，操作人员都拟确认曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门；学校拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

当工业 CT 装置不再使用时，拟实施退役程序。工业 CT 装置的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.5 辐射安全管理

学校已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，同时制定了各项辐射安全管理制度。学校现有 1 名辐射工作人员，学校拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，其中 1 名人员作为辐射防护负责人，2 名人员作为装置操作人员。学校拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

学校拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目工业 CT 装置外壳尺寸为**m（长）×**m（宽）×**m（高），曝光室内净

尺寸为**m(长)×**m(宽)×**m(高)，西侧屏蔽体拟采用**mmPb+**mmFe，东侧、南侧、北侧屏蔽体均拟采用**mmPb+**mmFe，顶部屏蔽体拟采用**mmPb+**mmFe，底部屏蔽体拟采用**mmPb+**mmFe，工件门及维修门均拟采用**mmPb+**mmFe，东侧高压线电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，西侧探测器电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，顶部指示灯电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，底部样品台电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，顶部排风口拟采用**mmPb+**mmFe 防护罩，东侧进风口拟采用**mmPb+**mmFe 防护罩。

根据理论预测结果，本项目工业 CT 装置运行后周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 100μSv，公众周有效剂量不超过 5μSv；职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.3 三废处理处置

本项目工业 CT 装置在工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物通过装置顶部排风口排出到曝光室外，通过高端测试实验室一内设定的窗户以及空调的通风系统排入外环境。臭氧在空气中 50min 可自行分解，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水及生活垃圾拟依托学校现有处理设施处置，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，南京工业大学新建 1 台工业 CT 装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该学校将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行, 严格按国家有关规定要求进行操作, 确保其安全可靠。

3) 取得环评批复后学校应及时申领辐射安全许可证, 并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	学校已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施	本项目工业 CT 装置外壳尺寸为**m（长）×**m（宽）×**m（高），曝光室内净尺寸为**m(长)×**m（宽）×**m（高），西侧屏蔽体拟采用**mmPb+**mmFe，东侧、南侧、北侧屏蔽体均拟采用**mmPb+**mmFe，顶部屏蔽体拟采用**mmPb+**mmFe，底部屏蔽体拟采用**mmPb+**mmFe，工件门及维修门均拟采用**mmPb+**mmFe，东侧高压线电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，西侧探测器电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，顶部指示灯电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，底部样品台电缆口拟采用**mmPb+**mmFe，顶部排风口拟采用**mmPb+**mmFe 防护罩，东侧进风口拟采用**mmPb+**mmFe 防护罩。	装置表面外 30cm 处的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。	78
	本项目工业 CT 装置的工件门、维修门均设置门机联锁装置；工业 CT 装置顶部设置 1 个工作状态指示灯，并与 X 射线管联锁，醒目位置处设置表明“绿灯”“黄灯”及“红灯”的信号意义说明；工业 CT 装置曝光室内拟设置 1 个视频监控；工业 CT 装置表面外明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；工业 CT 装置屏蔽体外北侧和南侧各拟设置 1 个急停按钮；工业 CT 装置东侧进风口，顶部排风口，进风口、排风口均采用铅罩防护。 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对工业 CT 装置进行检查，重点检查安全联锁和指示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用工业 CT 装置时拟检查防护门-机联锁	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。	

	装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员拟定期测量工业 CT 装置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；交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，操作人员都拟确认曝光室内部没有人员驻留并关闭防护门；学校拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。		
人员 配备	学校现有 1 名辐射工作人员，学校拟为本项目配备 3 名辐射工作人员。本项目辐射工作人员应通过生态环境部门组织的在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，考核合格后方可上岗，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核后方可再次上岗。 学校拟委托有资质的单位对 3 名辐射工作人员开展个人剂量监测（最长不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。 学校拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 3 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案。	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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	定期投入
监测 仪器 和 防护 用品	拟配置 1 台环境辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求。	2
辐射 安全 管理 制度	学校已根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度。学校还应针对本项目，对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案。	/

以上措施必须在项目运行前落实。

