

核技术利用建设项目

农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械
化科研基地建设项目(辐射专题)

环境影响报告表

(公示本)

江苏省农业科学院(公章)



2026年5月

生态环境部监制

编制单位和编制人员情况表

项目编号	20jq2a		
建设项目名称	农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地建设项目(辐射专题)		
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)	江苏省农业科学院		
统一社会信用代码	123200004660052848		
法定代表人(签章)	朱艳		
主要负责人(签字)	袁全春 		
直接负责的主管人员(签字)	袁全春 		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		
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
李耀林	2014035320352013449914000422	BH020117	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李耀林	表1、项目基本情况表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(重点是放射性废弃物)表6、评价依据	BH020117	
王芳	表7、保护目标与评价标准表8、环境质量和辐射现状表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	BH026625	

编制主持人和主要编制人员信息
编制主持人证书

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: HP00014274



HP00014274

持证人签名:
Signature of the Bearer

李耀林

2014035320352013449914000422

管理号:
File No.

姓名: 李耀林

Full Name

性别:

Sex

出生年月:

Date of Birth 1986年04月

专业类别:

Professional Type

批准日期:

Approval Date 2014年05月

签发单位盖章:

Issued by

签发日期:

Issued on

2014年09月04日



(辐射专题)

编制主持人和主要编制人员社会保险缴纳证明



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: 江苏睿源环视科技有限公司

现参保地: 鼓楼区

统一社会信用代码: 91320306MA20BXME57

查询时间: 202603-202605

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	李耀林	142401198604285527	202603 202605	3
2	王芳	32032419881010234X	202603 202605	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)。



仅供于农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地建设项目(福林专题)

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（重点是放射性废弃物）	8
表 6 评价依据	9
表 7 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量和辐射现状	12
表 9 项目工程分析与源项	21
表 10 辐射安全与防护	31
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	48
表 13 结论与建议	52
表 14 审批	58
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	59

表 1 项目基本情况

建设项目名称		农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地建设项目 (辐射专题)			
建设单位		江苏省农业科学院			
法人代表	朱艳	联系人		联系电话	
注册地址		南京市玄武区孝陵卫钟灵街 50 号			
建设项目地点		南京市玄武区孝陵卫钟灵街 50 号农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室			
立项审批部门		江苏省农业农村厅	批准文号	苏农复(2022)129 号	
建设项目总投资 (万元)	419.73	项目环保投资 (万元)	41	投资比例(环保投资/总投资)	9.77%
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)	4
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. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况

江苏省农业科学院是直属江苏省人民政府的综合性公益一类农业科研机构，前身为1931年原国民政府创立的中央农业实验所，是我国近代农业科技组织化、建制化发展的开创者和奠基者之一。新中国成立后，历经华东农科所、中国农科院江苏分院、江苏省农科所等历史时期，1977年更名为江苏省农业科学院。1983年，江苏省实行地

方农区所由省农科院和所在市双重领导，创新形成了“以院带所”的全省一盘棋科研组织体系。

江苏省农业科学院本部坐落于江苏省南京市玄武区钟灵街50号（不动产权证见附件4）。《农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地建设项目》于2022年12月21日取得江苏省农业农村厅立项审批批复，批复文号为苏农复〔2022〕129号，项目代码为2210-000000-20-01-415297，（相关文件见附件5）。

因农业生产研究和检测需要，江苏省农业科学院拟在农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室内新建1台工业CT装置（型号：nanoVoxel 4000型，最大管电压300kV，最大管电流3mA，最大功率为350W），主要用于检测农业生产中土壤、作物根系、作物茎秆和果实等。

江苏省农业科学院拟为本项目工业CT装置配备3名辐射工作人员，其中1人为辐射防护负责人，2人为辐射操作人员。装置预计周出束时间不超过8h，年工作50周，年出束时间不超过400h。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

本项目为江苏省农业科学院首次开展核技术利用项目。本项目核技术利用项目详见表1-1：

表 1-1 江苏省农业科学院本项目核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	nanoVoxel 4000型工业CT装置	1	300	3	II	农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率350W

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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为使用工业CT装置，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏省农业科学院委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评

价分析，在此基础编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于江苏省南京市玄武区钟灵街 50 号江苏省农业科学院院区内。院区东侧自北向南依次为河道、柳营西路、钟秀街、绿城·云庐小区、沪蓉高速、余粮村和空地；南侧为河道、沪蓉高速和双拜岗路；西侧自南向北依次为河道、大发融悦和晏公庙-54 号院；北侧自东向西依次为中山门大街、钟灵街村 54 号小区、钟灵街地铁站和钟灵街-105 号院。本项目地理位置图见附图 1。

本项目工业 CT 装置拟安装于农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室内，农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地为二层建筑（局部一层建筑），科研基地东侧隔院区道路及绿化为北区 2 号宿舍，南侧隔院区道路及绿化为试验基地，西侧隔院区道路及绿化为农科传媒创新大楼，北侧隔空地为钟灵街村 54 号小区（包括 2 幢住宅楼、1 个门卫室和小区道路及绿化，其中 1 幢为 6 层 4 个单元，2 幢为 7 层 4 个单元，共计 104 户）、院外道路和江苏省农业科学院车棚。院区平面及周围环境布置图见附图 2。本项目所在一层检测室东侧为楼梯间，南侧为院区道路及绿化，西侧为卫生间，北侧为仓库，楼上为二层露台，下方为土层。本项目所在农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层平面布置图见附图 3，农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地二层平面布置图见附图 4。

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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内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和南京市生态空间管控区域，本项目位置属于重点管控单元（南京市中心城区（玄武区））。本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图 5-1，本项目与生态环境分区管控单元相对位置关系图见附图 5-2。

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，本项目评价范围内涉及以居住、医疗卫生为主要功能的环境敏感区，即钟灵街村 54 号小区。

本项目工业 CT 装置 50m 范围内涉及院区内：①装置所在农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地（包括卫生间、仓库、楼梯间、会议室、实验室 1、实验室 2、办公室 1、办公室 2 和露台）、②东侧、南侧、西侧和北侧院区道路及绿化、③东侧北

区 2 号宿舍；④南侧试验基地、⑤西侧农科传媒创新大楼、⑥北侧空地、⑦北侧车棚；院区外：⑧北侧钟灵街村 54 号小区（包括 2 幢住宅楼、1 个门卫室和小区道路及绿化）、⑨北侧院外道路。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 选址合理性分析

3.1 与科研项目不可分割性

本项目位于江苏省农业科学院内的“农业农村部南方果园（桃、梨）全程机械化科研基地”，该基地专门服务于“农业农村部南方果园（桃、梨）全程机械化科研项目”，为项目专属二层独栋建筑（局部一层），已建成实验室、检测室和办公室等全套功能分区，并配套购置了质构仪、液相色谱仪、数字化土槽试验平台等 53 台（套）设备。工业 CT 装置需与上述设备形成快速检测闭环，样品流转时间宜控制在分钟内（如果肉、根系等），以降低环境因素对样品状态的影响。若选址于其他楼栋或院外，难以满足该时间要求。因此，选址于此将进一步提升实验各环节的衔接效率，形成完整的科研闭环，具有唯一性和不可替代性。

3.2 规划符合性分析

项目用地为科研教育、实验用地，符合《南京市国土空间总体规划（2021-2035 年）》及玄武区土地利用规划。装置建设内容不属于国家及江苏省限制或禁止用地项目，符合农业农村部对该科研基地的建设批复要求。

3.3 周边环境及敏感目标分布

装置位于基地一层最南部。经现场踏勘，工业 CT 装置屏蔽体外 50m 范围内：除北侧涉及院区外钟灵街村 54 号小区及院外道路，其余侧均位于院区内，钟灵街村 54 号小区院墙距离装置北侧约 13m，中间隔有一个 8m 宽仓库和一块 5m 宽空地。装置正上方二层对应位置为二层露台，无人员长期居留；正下方为土层。

3.4 辐射防护与安全最优性

装置自带完整屏蔽，在仅考虑距离衰减下，北侧钟灵街村 54 号小区院墙处剂量率预测结果为 $4.75E-03\mu\text{Sv/h}$ ，远远小于环境本底值；年有效剂量为 $1.90E-03\text{mSv}$ ，约为公众照射的年剂量约束值 19%，可忽略不计。为贯彻 ALARA 原则（合理可行的最低水平），拟在检测室北墙加贴 1mm 铅板，预计到底钟灵街村 54 号小区院墙外剂量率将进一步降低，同时，装置所在检测室将划为监督区，实行门禁与视频监控，利用基

地现有供电、消防、网络设施，形成纵深防御。经计算，对本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量均远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

3.5 选址结论

本项目选址符合相关规划，与现有科研设施紧密耦合，周边保护目标、影响可忽略，防护措施满足法规要求且留有余量。从辐射安全、科研需求及工程实施角度综合判断，本项目的选址是合理的。

4. 实践正当性

江苏省农业科学院拟使用工业 CT 装置对农业生产研究中土壤、作物根系、作物茎秆和果实等进行检测。本项目的建设将避免传统破坏性检测，做到精准量化分析，能够显著提升科研效率与成果转化价值，尽早达到南方果园(桃、梨)全程机械化生产目标。虽然在运行期间，工业 CT 装置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，但在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后等有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，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“实践的正当性”的原则与要求。

5. 原有核技术利用项目许可情况

本次为江苏省农业科学院首次开展核技术利用项目，原来从未取得过辐射安全许可证。

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)	年最大操作量(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 装置	II	1 台	nanoVoxel 4000 型	300	3	科研检测	农业农村部南方 果园(桃、梨)全程 机械化科研基地 一层检测室	最大功率 350W

（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	直接排入大气,臭氧在常温常压下稳定性较差,常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟,可自动分解为氧气。
生活垃圾	固态	/	/	30kg	360kg	/	暂存	由江苏省农业科学院统一收集后,交给环卫部门清运
生活污水	液态	/	/	2.4m ³	28.8m ³	/	不暂存	经院区污水管网接管至市政污水管网。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自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年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自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管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； 12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；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，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 13) 《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》，中华
------	---

	<p>人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1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) 《江苏省2023年度生态环境分区管控动态更新成果》；</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，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发；</p> <p>19) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行；</p> <p>20) 《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），自2024年2月1日起施行。</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》（HJ 10.1-2016）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）（参考）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围								
<p>本项目为新建工业CT装置项目，工业CT装置属于II类射线装置。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》（HJ10.1-2016）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本项目工业CT装置屏蔽体外50m区域，见附图2。</p>								
保护目标								
<p>本项目位于江苏省南京市玄武区钟灵街 50 号江苏省农业科学院院区内农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室内，本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及周围公众。</p> <p>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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内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和南京市生态空间管控区域，本项目位置属于重点管控单元（南京市中心城区（玄武区））。</p> <p>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，本项目评价范围内涉及以居住、医疗卫生为主要功能的环境敏感区，即钟灵街村 54 号小区。</p> <p>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <p>1、操作工业CT装置的辐射工作人员；</p> <p>2、工业CT装置周围公众。</p>								
表7-1 本项目保护目标情况一览表								
装置名称	工作场所	保护目标名称		方位	距装置屏蔽体最近距离	规模	保护目标类型	年剂量约束值（mSv/a）
nanoVoxel 4000型工业CT装置	农业农村部南方果园	操作台		南侧	紧邻	3人	辐射工作人员	5.0
		江苏省农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研	楼梯间	东侧	0.5m	流动人员	公众	0.1
	卫生间		西侧	3m	流动人员			
	仓库		北侧、东侧	北侧0.3m	流动人员			
	露台		楼上	1.5m	流动人员			
	办公室1		楼上	3.5m	4人			
	其余区域（包括	东侧、	东侧10m	约20人				

基地 一层 检测 室	院	械化 科研 基地	实验室1、实验室 2、办公室2、会 议室等)	楼上				
		院区道路及绿化			东侧	25m	流动人员	
					南侧	3m		
					西侧	9m		
					北侧	47m		
		北区2号宿舍			东侧	40m	约50人	
		试验基地			南侧	27m	流动人员	
		农科传媒创新大楼			西侧	19m	约100人	
		空地			北侧	8m	流动人员	
		车棚			北侧	30m	流动人员	
		北侧钟灵街 村 54 号小区*		2 幢住宅楼、1 个门卫室		北侧	13m	约300人（其中 1幢为6层4个 单元，2幢为7 层4个单元，共 计104户）
				小区道路及 绿化		北侧	13m	流动人员
院外道路			北侧	38m	流动人员			

注：*北侧钟灵街村54号小区（包括2幢住宅楼、1个门卫室、小区道路及绿化）与装置屏蔽体距离保守选装置与小区南侧院墙距离。

评价标准

1) 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

类别	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：

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。”的要求，职业人员按年剂量限值1/4取值，公众按照其年剂量限值的1/10取值，确定本项目剂量约束值如下：

职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a;

公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3) 周围剂量当量率控制水平和每周的周围剂量当量参考控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“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。”以及“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100μSv/h。”的要求确定本项目工业CT装置30cm处周围剂量当量率参考控制水平和本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下如下：

本项目工业CT装置四周及顶部30cm处、底部周围剂量当量率均不超过2.5μSv/h；

职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 100μSv/周；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5μSv/周。

5) 辐射环境质量现状检测评价参考值

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，江苏省环境监测站）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	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：现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。其中宇宙射线响应的扣除方法采用文献[2]（全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组（支仲骥执笔）。全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990年）。辐射防护，1992.12（2）：96）中的方法。

参考资料

《辐射防护导论》，方杰主编，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

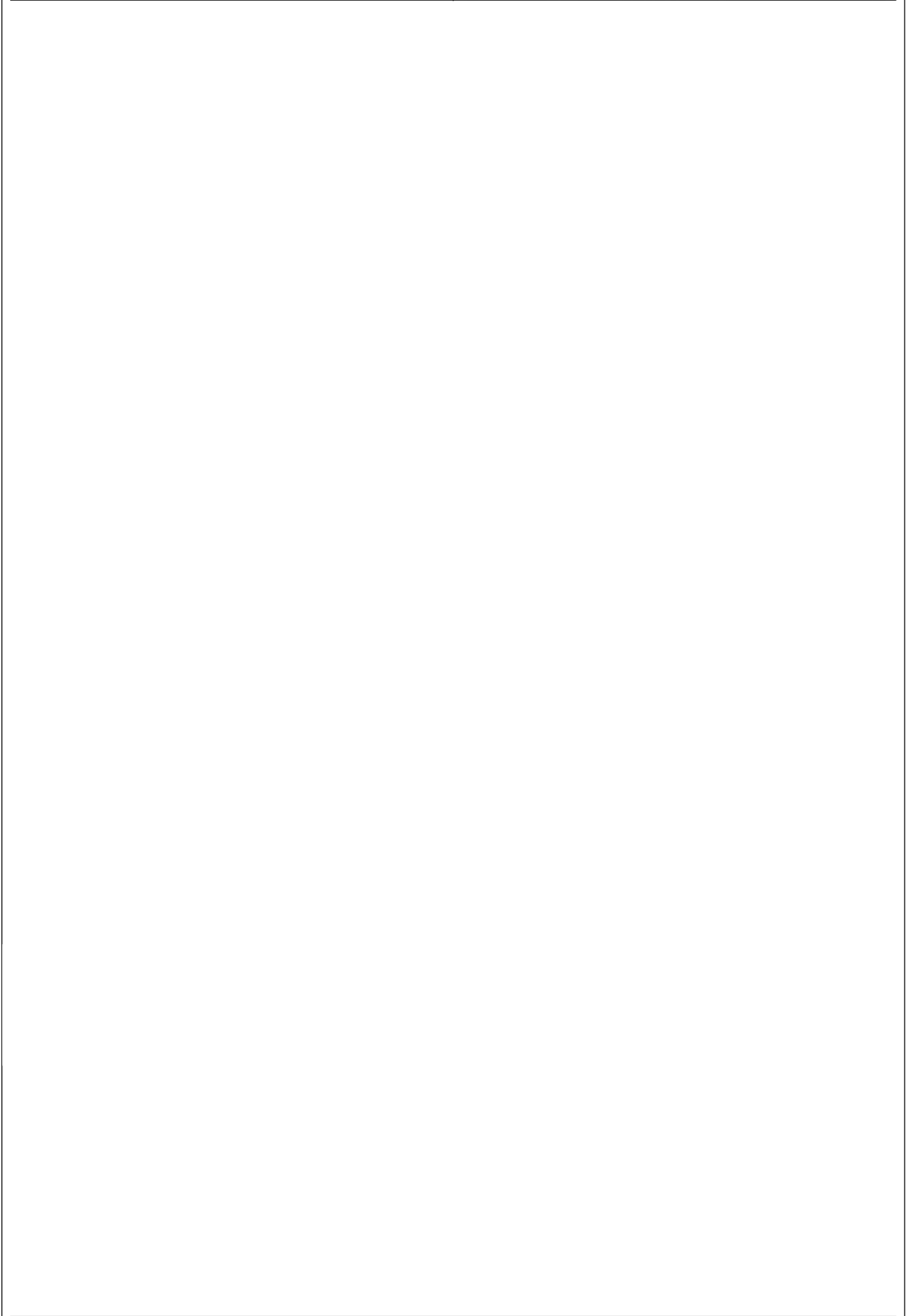
1. 项目地理和场所位置

本项目位于江苏省南京市玄武区钟灵街 50 号江苏省农业科学院院区内。院区东侧自北向南依次为河道、柳营西路、钟秀街、绿城·云庐小区、沪蓉高速、余粮村和空地；南侧为河道、沪蓉高速和双拜岗路；西侧自南向北依次为河道、大发融悦和晏公庙-54 号院；北侧自东向西依次为中山门大街、钟灵街村 54 号小区、钟灵街地铁站和钟灵街-105 号院。

本项目工业 CT 装置拟安装于农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室内，农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地为二层建筑（局部一层建筑），科研基地东侧隔院区道路及绿化为北区 2 号宿舍，南侧隔院区道路及绿化为试验基地，西侧隔院区道路及绿化为农科传媒创新大楼，北侧隔空地为钟灵街村 54 号小区（包括 2 幢住宅楼、1 个门卫室和小区道路及绿化，其中 1 幢为 6 层 4 个单元，2 幢为 7 层 4 个单元，共计 104 户）、院外道路和江苏省农业科学院车棚。本项目所在一层检测室东侧为楼梯间，南侧为院区道路及绿化，西侧为卫生间，北侧为仓库，楼上为二层露台，下方为土层。

本项目工业 CT 装置 50m 范围内涉及院区内：①装置所在农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地（包括卫生间、仓库、楼梯间、会议室、实验室 1、实验室 2、办公室 1、办公室 2 和露台）、②东侧、南侧、西侧和北侧院区道路及绿化、③东侧北区 2 号宿舍；④南侧试验基地、⑤西侧农科传媒创新大楼、⑥北侧空地、⑦北侧车棚；院区外：⑧北侧钟灵街村 54 号小区（包括 2 幢住宅楼、1 个门卫室和小区道路及绿化）、⑨北侧院外道路。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境现状照片见图 8-1。



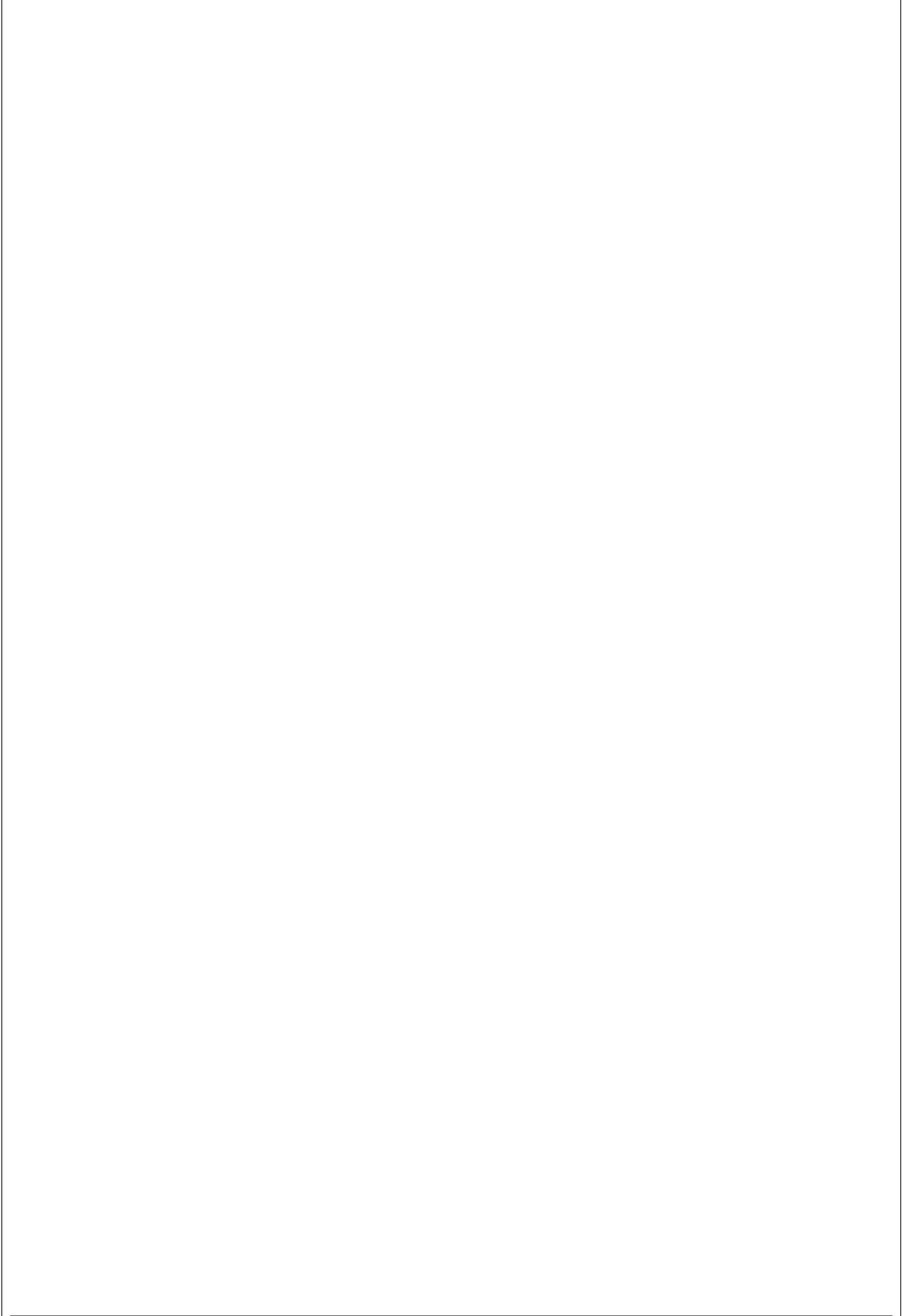


图 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境现状照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：在工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置拟建址及周围，共计 19 个监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在工业 CT 装置拟建址及周围布设监测点位，测量工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

质量保证措施：检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X- γ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512+BG7030 型

设备编号：RY-J001

检定有效日期：2025.3.11—2026.3.10

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2025H21-20-5786074001

测量范围：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

监测日期：2025.12.12

天气：晴；温度：5-6°C；相对湿度：59-60%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 6），监测布点示意图见图 8-2。

数据记录及处理：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中公式进行修正并扣除宇宙射线响应值，同时处理出标准偏差。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境γ辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	标准偏差	备注
1	工业 CT 装置东侧	50	3	室内（平房）
2	工业 CT 装置南侧	52	2	室内（平房）
3	工业 CT 装置西侧	51	3	室内（平房）
4	工业 CT 装置北侧	50	2	室内（平房）
5	检测室西部	53	2	室内（平房）
6	检测室北侧仓库	55	2	室内（平房）
7	检测室西侧卫生间	55	3	室内（平房）
8	检测室南侧	34	2	道路
9	检测室东侧楼梯间	58	2	室内（楼房）
10	工业 CT 装置上方露台	27	3	道路
11	南侧院区道路	27	2	道路
12	北区 2 号宿舍西侧	25	2	道路
13	钟灵街 54 号 1 幢南侧	25	1	道路
14	车棚南侧	31	2	道路
15	农科传媒创新大楼东侧	32	2	道路
16	试验基地北侧	35	2	原野
17	钟灵街村 54 号小区门卫东侧	43	2	道路
18	钟灵街 54 号 2 幢南侧	45	3	道路
19	院外道路	45	2	道路

注：①农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地为二层独栋建筑，局部一层建筑，其中检测室所在位置及以西均为一层，检测室以东为二层结构；

②X- γ 辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。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，上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。

根据表 8-1 的监测结果可知，江苏省农业科学院本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率在（25~58）nGy/h 范围内，其中室内环境 γ 辐射剂量率在（50~58）nGy/h 范围内，基地使用建筑物材料的本底辐射较低，其中部分点位低于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率测值（50.7~129.4）nGy/h 范围，部分点位处于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率测值范围；道路环境辐射剂量率为（25~45）nGy/h，均处于江苏省道路天然 γ 辐射剂量率测值（18.1~102.3）nGy/h 范围；原野环境辐射剂量率为 35nGy/h，处于江苏省原野天然 γ 辐射剂量率测值（33.1~72.6）nGy/h 范围。



图 8-2 检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 工程设备情况

本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置主要由铅房、X 射线管、数字平板探测器、载物台、计算机图像处理系统及操作台组成，铅房内部安装有载物台、X 射线管与数字平板探测器。本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置设备参数见表 9-1。

表 9-1 设备参数一览表

设备型号	数量 (台)	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	辐射角度	最大功率 (W)
nanoVoxel 4000 型	1	300	3	40°	350

本项目工业 CT 装置铅房采用铅板和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护，铅房外尺寸为 2751mm(长)×1344mm(宽)×1988mm(高)，实际摆放工件门朝南侧，铅房南侧侧（包含工件门）、北侧（包含检修门）、西侧（包含检修门）及顶部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板，底部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+10mm 钢板，东侧屏蔽体设计为 2mm 钢板+30mm 铅板+2.5mm 钢板，观察窗位于南侧工件门上，含 21mm 铅当量的铅玻璃。nanoVoxel 4000 型工业 CT 最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，最大功率为 350W。本项目射线管位置固定不可移动，射线源距离顶部屏蔽体 720mm，距离底部屏蔽体 1121mm，距离东侧屏蔽体 1617mm，距离西侧屏蔽体 1134mm，距离南侧屏蔽体 658mm，距离北侧屏蔽体 686mm，主射线方向固定向东侧照射，出束角度为 40°，故主射面仅涉及铅房东侧(具体示意图见图 11-1)。nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置外观示意图见图 9-1，本项目工业 CT 装置外部各部分名称及介绍见表 9-2。

图9-1 nanoVoxel 4000型工业CT装置外观示意图

表 9-2 本项目工业 CT 装置外部各部分名称及介绍

本项目工业 CT 装置内部结构示意图见图 9-2，本项目工业 CT 装置内部各部分名称及介绍见表 9-3。

图 9-2 本项目工业 CT 装置内部结构示意图

表 9-3 本项目工业 CT 装置内部各部分名称及介绍

2. 工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可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，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，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被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 0.001~10nm。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

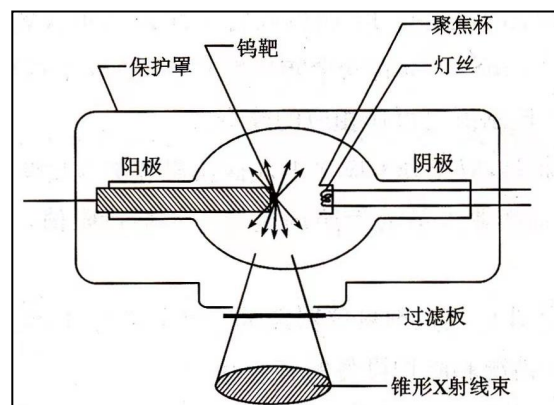


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

工业CT机检测装置是将穿过零件的X射线经图像增强器、CCD(电荷耦合器件)摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。工业CT装置是结合X射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

工业CT系统通常由射线源、机械扫描系统与自动控制系统、探测器系统及数据采集系统、计算机系统、辅助系统等组成。其中，最核心的原理是：计算机控制射线源发出射线束，数控扫描平台承载被测物体，可以在计算机控制下移动或旋转，平板探测器则负责采集扫描数据；屏蔽设施确保射线不外泄以及扫描过程的安全；最后，计算机通过采集到的投影数据重建工业CT切片图像，并对图像中存在的缺陷进行分类。

工业CT装置可实现样品三维微观结构的扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。

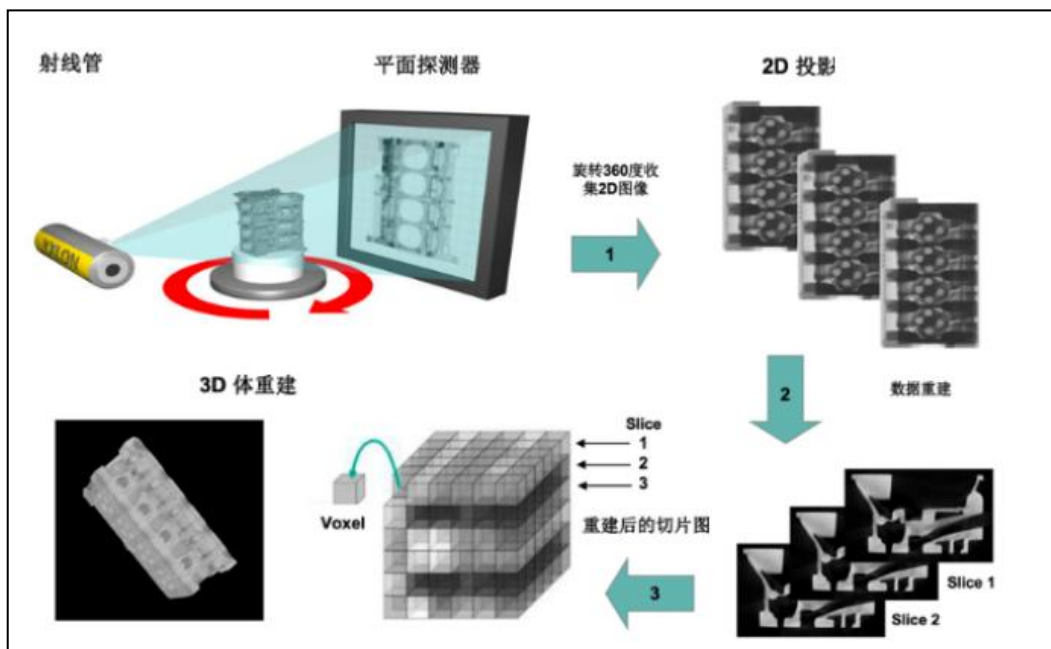


图9-4 工业CT原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

本项目工业CT装置工作时，辐射工作人员将被检测实验样品放置于装置铅房内，辐射工作人员在操作台处进行操作，对实验样品需检测部位进行科研检测，其工作流程如下：

- (1) 辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性；
- (2) 确保各辐射安全装置可以有效工作后，辐射工作人员启动检测系统；
- (3) 辐射工作人员控制工业CT装置，打开工件门；
- (4) 辐射工作人员将实验样品送入铅房内载物台上；
- (5) 辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- (6) 辐射工作人员在操作台处控制检测系统，将载物台调整到合适位置；
- (7) 加高压、打开X射线出束开关，开始检测；装置利用载物台旋转和移动实验样品调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受X射线照射后的断层扫描图像。检测期间X射线管发出X射线，X射线电离铅房中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物(NO_x)；
- (8) 曝光结束，关闭X射线；
- (9) 辐射工作人员开启工件门，移出实验样品，关闭工件门；
- (10) 检测结束后，辐射工作人员通过操作台处的显像器调取储存的图像进行缺陷分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，判断实验样品质量、缺陷等；
- (11) 装置关机。

本项目工作流程如下图所示：

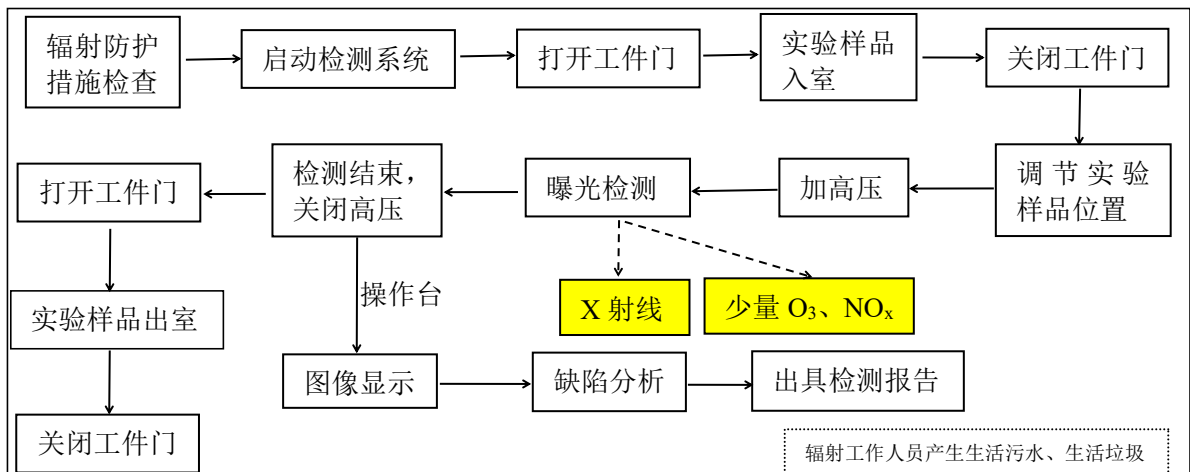


图 9-5 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节

此外，若工业CT装置长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程也产生X射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。训机工作流程及产污环节为：

（1）清场、关门：检查铅房及监督区内无关人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门；

（2）训机：辐射工作人员在操作台主屏幕控制部分的下拉菜单中选择适当的预热选项，然后选择“启动预热”按钮；工业CT装置进入训机状态，从低千伏值一点一点地往高训。同时X射线管将产生X射线污染，X射线将使铅房内的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

（3）训机结束：当训到最高千伏值后，X射线控制器将会自动关闭X射线，此时训机结束。

本项目工业CT装置设置自动训机功能，训机均在装置铅房内进行，装置训机曝光时间包含在年最大曝光时间400h内。

4.工件信息及工作方式

本项目工业CT装置主要用于农业生产研究，主要用于检测农业生产中土壤、作物根系、作物茎秆和果实等。本项目工业CT装置拟检测实验样品信息图见图9-6。

待检测实验样品名称	尺寸信息	图片示例
土壤	直径 0-300mm，高 0-400mm	
作物根系	直径 0-200mm，高 0-200mm	

作物茎秆	直径 0-100mm，高 0-400mm	
果实	直径 0-200mm，高 0-200mm	

图 9-6 本项目拟检测实验样品信息图

5.人员配置及工作制度

江苏省农业科学院拟为本项目工业 CT 装置配备 3 名辐射工作人员，其中 1 人为辐射防护负责人，2 人为辐射操作人员。3 名辐射工作人员均为一班制长白班，不轮班。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

根据建设单位提供信息，本项目建成后，单个科研检测预计出束检测时间最长约为 30 分钟，每周预计科研检测 15 个实验样品，每年预计科研检测 750 个实验样品，工业 CT 装置长时间不用或初次使用需要先进行训机，保守按照每周均需要 1 次训机考虑，一次训机时长最大为 30 分钟，因此，工业 CT 装置预计周出束时间不超过 8h（含 1 次训机），年工作 50 周，年出束时间不超过 400h（含 50 次训机）。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知，工业 CT 装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此工业 CT 装置在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。根据厂家提供资料（见附件 7），本项目工业 CT 装置 X 射线管滤过条件为 3mmAl，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T

250-2014) 表 B.1, 300kV 的 X 射线管滤过条件为 3mmAl 时, 1m 处的输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$, 即距辐射源点 1m 处输出剂量率为 $1.254\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 为主射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 1、表 2, 分别取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率、散射辐射能量, 见表 9-4。

表9-4 本项目X射线探伤机输出量参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射 1m 处输出量 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	距辐射源点(靶 点) 1m 处输出量 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	泄漏辐射 1m 处 输出量 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射能 量 (kV)
1	工业 CT 装置	nanoVoxel 4000 型	20.9	$1.254\text{E}+06$	$5.0\text{E}+03$	200

2. 非辐射污染源项分析

(1) 固体废物

本项目不产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾, 预计月排放量为 30kg, 年排放量为 360kg。

(2) 废水

本项目不产生放射性液体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水, 预计月排放量为 2.4m^3 , 年排放量为 28.8m^3 。

(3) 气体废物

工业 CT 装置在工作状态时, 会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局及分区

本项目工业 CT 装置设计有操作台与铅房，操作台与铅房分开独立设置，操作台位于装置南侧，X 射线管有用线束固定朝东侧照射，本项目工业 CT 装置布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求，因此本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。

本项目拟将工业 CT 装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将检测室内除铅房以外的区域（含操作台）作为监督区。拟在工业 CT 装置表面外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在检测室入口粘贴监督区标牌，监督区入口设有门禁系统，除了本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他人员不能擅自靠近或进入房间。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。本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-1，两区划分情况表见表 10-1。

图 10-1 本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	工业 CT 装置铅房	检测室内除铅房以外的区域(含操作台)
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002): 6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定为监督区: 这种区域未被定为控制区, 在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施, 但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。 6.4.2.2 a) “采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制, 工业 CT 装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所, 禁止非相关人员进入, 避免受到不必要的照射, 并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	工业 CT 装置表面外拟粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	检测室入口处拟粘贴监督区标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 装置铅房采用铅板和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护, 铅房外尺寸为 2751mm(长)×1344mm(宽)×1988mm(高), 实际摆放工件门朝南侧, 铅房南侧(包含工件门)、北侧(包含检修门)、西侧(包含检修门)及顶部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板, 底部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+10mm 钢板, 东侧屏蔽体设计为 2mm 钢板+30mm 铅板+2.5mm 钢板, 观察窗位于前侧工件门上, 含 21mm 铅当量的铅玻璃。

本项目工件门左右两侧搭接 90mm, 上下搭接 80mm, 工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 8mm; 北侧检修门左右两侧搭接 72mm, 上下搭接 80mm, 北侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 6mm; 西侧检修门左右两侧搭接 56mm, 上下搭接 80mm, 西侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm; 本项目工业 CT 装置所有防护门与装置外壳重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目工业 CT 装置电缆口和通风口均位于装置西侧, 其防护补偿结构为在开孔位置内部覆盖铅结构防护罩, 防护补偿铅板厚度为 21mm, 利用散射降低电缆管道口和通风管道口的辐射水平, 避免 X 射线直接照射电缆口和通风口。

表 10-2 工业 CT 屏蔽设计参数

装置名称	外观尺寸	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度	折合铅当量厚度
nanoVoxel 4000 型工业 CT	2751mm(长)×1344mm(宽)×1988mm(高)	南侧屏蔽体（包括工件门）	2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板	21.375mm
		北侧屏蔽体（包含检修门）	2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板	21.375mm
		东侧侧屏蔽体	2mm 钢板+30mm 铅板+2.5mm 钢板	30.375mm
		西侧（包含检修门）屏蔽体	2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板	21.375mm
		底部屏蔽体	2mm 钢板+21mm 铅板+10mm 钢板	22mm
		顶部屏蔽体	2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板	21.375mm
		铅玻璃	21mm 铅当量观察窗	21mm
	电缆口补偿措施	21mm 铅防护罩	21mm	
	通风口补偿措施	21mm 铅防护罩	21mm	

注：根据《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）P63 表 3.4 不同屏蔽材料的铅当量，可得：管电压 300kV 下 12mm 厚钢板对应 1mm 铅当量，本项目 4.5mm 钢板相当于 0.375mm 铅当量，12mm 钢板相当于 1mm 铅当量。

3.工作场所辐射安全和防护措施

(1) 工作场所辐射安全防护措（设）施

建设单位参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）设置如下辐射安全措施：

表10-3 本项目设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	曝光室与操作室分开	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。	本项目工业 CT 装置设计有操作台与铅房，操作台与铅房分开独立设置，操作台位于装置南侧，X 射线管有用线束固定朝东侧照射，操作台已避开有用线束照射的方向并与铅房分开。装置的屏蔽厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。	是
2	两区划分	6.1.2 应对探伤工作场所实分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	本项目拟将工业 CT 装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将检测室内除铅房以外的区域（含操作台）作为监督区。	是
3	门机联锁	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	本项目工业 CT 装置工件门、检修门均设计有门机联锁装置，只有在防护门完全关闭时工业 CT 装置才能出束照射，门打开时立即停止 X 射线照射，关上防	是

		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。	护门时不能自动开始 X 射线照射。	
4	指示灯和声音提示装置	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。	本项目工业 CT 装置内部及顶部均设有工作状态指示灯，指示灯与出束系统连锁（工作状态指示灯信号意义见表 9-2），故无需另外安装显示“预备”“照射”字样的指示灯；将在装置表面外张贴指示灯信号指示意义的说明，指示灯与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留；本项目工业 CT 装置拟放置在单独房间，房间设有门禁系统，装置所在房间拟设置视频监控，工作时无关人员均无法靠近装置，该装置为一体式装置，未设置声音提示装置，该装置将“工作状态指示灯+门连锁+紧急停机+钥匙开关”作为保障辐射安全与过程控制的主控手段。持续或频繁的声音提示可能会造成“提示疲劳”，也可能在工作环境内造成不必要的噪声干扰。且此处为科研实验基地，需要保持安静因此未安装声音提示装置。	是
5	视频监控	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。	本项目工业 CT 装置所在房间拟设置视频监控。本项目工业 CT 装置由于需手动将实验样品送入装置内部，可直观了解装置内部情况，同时可通过装置前侧观察窗对装置内部情况进行观察。	是
6	电离辐射警告标志	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。	本项目工业 CT 装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。	是
7	急停按钮	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。	本项目工业 CT 装置内部南侧和北侧均设有 1 处急停按钮，操作台处同样设有 1 处急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，拟在急停按钮旁带有标签标明使用方法，确保出现紧急事故时，按下此按钮，能立即停止照射。同时本项目工业 CT 装置所在房间拟设置门禁，防止发生人员误入等紧急情况。	是
8	通风	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 装置采取防护门自然进风，西侧屏蔽体设置轴流风机，出风口内部设有铅防护罩，最大程度上避免射线泄漏；铅房内部体积约为 7.35m ³ ，装置已配置有效通风量为 177m ³ /h 的轴流风机进行排风，能够满足每小时有效换气次数不小于 3 次的通风需求。	是

9	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目工业 CT 装置内部西侧安装固定式场所辐射探测报警装置。	是
10	其他	/	<p>①钥匙开关：本项目工业 CT 设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后工业 CT 装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；</p> <p>②门缝搭接：本项目工件门左右两侧搭接 90mm，上下搭接 80mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 8mm；北侧检修门左右两侧搭接 72mm，上下搭接 80mm，北侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 6mm；西侧检修门左右两侧搭接 56mm，上下搭接 80mm，西侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm；本项目工业 CT 装置所有防护门与装置外壳重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。</p> <p>③补偿屏蔽：本项目工业 CT 装置电缆口和通风口均位于装置西侧，其防护补偿结构为在开孔位置内部覆盖铅结构防护罩，防护补偿铅板厚度为 21mm，利用散射降低电缆管道口和通风管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口和通风口。</p>	此部分内容为额外增加内容，不参考 GBZ117-2022
11	监测设备	<p>4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。</p> <p>4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。</p>	江苏省农业科学院拟配备 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪和 2 台 X-γ个人剂量报警仪，用于对工业 CT 装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录；并委托有资质单位对 3 名辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检。	是

本项目工业CT装置辐射安全与防护措施分布图见附图7。

（2）探伤操作防护措施

①每次使用工业 CT 装置检测前应检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

②辐射工作人员在进入检测室时，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，辐射工作人员应立即退出检测室，同时防止其他人进入检测室，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量工业 CT 装置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，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

④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，则不应开始无损检测工作。

⑤在每一次照射前，操作人员都应该确认工业 CT 装置内部状态并关闭防护门。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，才能开始无损检测工作。

（3）探伤设施退役措施

当工业 CT 装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

①工业 CT 装置的 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当工业 CT 装置从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

③清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

三废的治理

1. 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。本项目产生的生活垃圾由江苏省农业科学院统一收集后，交给环卫部门清运

2. 废水

本项目运行后不会产生放射性液体废物。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m³，年排放量为 28.8m³。经院区污水管网接管至市政污水管网。

3. 气体废物

工业CT装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目工业CT装置铅房内采取开关防护门自然进风，西侧屏蔽体设置通风口并安装轴流风机，通风口内部设有21mm铅防护罩，最大程度上避免射线泄漏；铅房内部体积约为7.35m³，如需达到每小时有效换气次数3次以上，需要达到的排风量为22.05m³/h，本项目已设置的轴流风机有效通风量为177m³/h，每小时有效换气次数可达24次，能够满足每小时有效换气次数3次以上需求。同时工业CT装置所在检测室设有门窗，可通过检测室门窗将产生的少量臭氧和氮氧化物排出检测室。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为50分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

<p>建设阶段对环境的影响</p> <p>本项目工业 CT 装置为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声、废水和固体废物。</p> <p>①噪声</p> <p>工业 CT 装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，经距离衰减及实体屏蔽后，施工噪声对周围环境影响较小。</p> <p>②固体废物</p> <p>工业 CT 装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托江苏省农业科学院现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。</p> <p>③废水</p> <p>工业 CT 装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水排入市政污水管网，对周围环境影响较小。</p>
<p>运行阶段对环境的影响</p> <p>本项目工业 CT 装置铅房采用铅板和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护，本项目运行后主要的环境影响是工业 CT 装置工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。nanoVoxel 4000 型工业 CT 最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，最大功率 350W，本项目有用线束照射方向仅为东侧，出束角度为 40°，本项目射线管固定不动，有用线束仅覆盖东侧屏蔽体，其余侧均位于非有用线束范围内。</p> <p>本报告以工业 CT 额定功率运行时（当额定功率开机电压 300kV 时，电流最大约为 1.17mA）对设备四周、顶部、底部和工件门辐射环境影响进行预测，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）中的计算公式。</p> <p>1. 有用线束屏蔽估算</p> <p>装置主射线照射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：</p> $\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots \quad \text{..... (1)}$

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值见表9-2；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度X时，根据附录B中的表B.2，取得相应电压条件下铅的什值层，再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到B值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2. 非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《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

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

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

\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）表1；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度X时，根据附录B中的表B.2，取得相应电压条件下铅的什值层，再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到B值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (3)$$

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值见表9-2；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度X时，根据附录B中的表B.2，取得相应电压条件下铅的什值层，再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到B值；

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 。

3. 参考点的周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： H_c ：参考点的周剂量水平， $\mu Sv/周$ ；

参考点的年剂量水平， $\mu Sv/年$ ；

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

t ：探伤装置周照射时间， $h/周$ ；

探伤装置年照射时间， $h/年$ ；

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。

4. 参考点处剂量率理论计算结果

关注点位示意图见图 11-1。

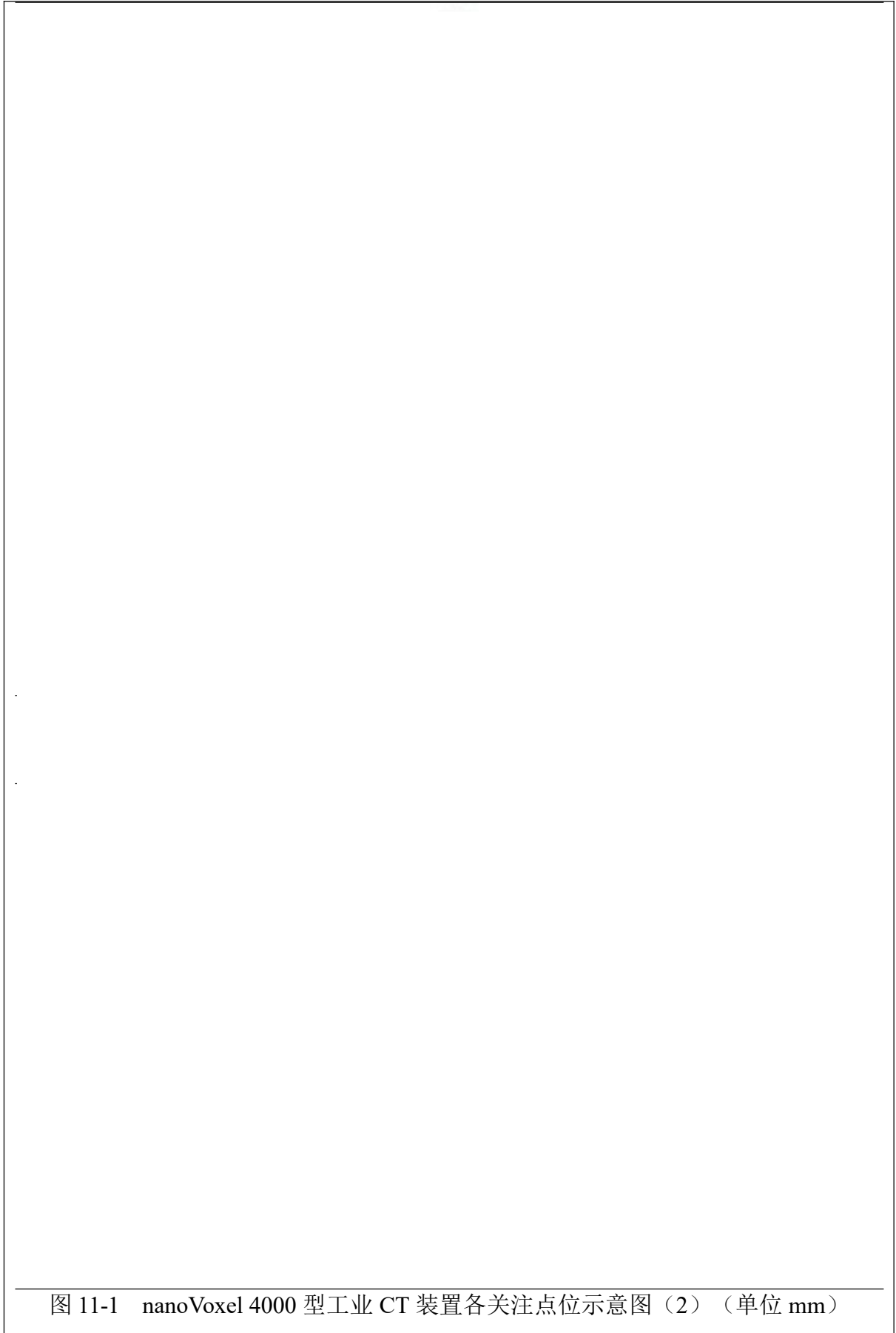


图 11-1 nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置各关注点位示意图（2）（单位 mm）

表 11-1 有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点
		①东侧
X 射线有用线束辐射	铅当量厚度 (mm)	
	I (mA)	
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	
	B	
	R (m)	
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	1.87
周围剂量当量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5
评价		满足

注：①R 值根据图 11-1 取装置表面外 30cm 为关注点；

②B 值取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录表 B.2, 300kV 管电压下铅钨值层厚度为 5.7mm。

表 11-2 非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点					
		②西侧(含检修门)	③底部	④顶部	⑤南侧(含工件门)	⑥观察窗	⑦北侧(含检修门)
铅当量厚度 (mm)							
泄漏辐射	B_1						
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)						
	R (m)						
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	4.33E-01	5.49E-01	8.55E-01	9.70E-01	1.13	9.15E-01
散射辐射	散射线能量 (kV)						
	B_2						
	I (mA)						
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)						
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$	取 1/50 (数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B.4.2)					
	R_s (m)						
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	7.71E-12	4.51E-12	1.52E-11	1.73E-11	3.20E-11	1.63E-11
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		4.33E-01	5.49E-01	8.55E-01	9.70E-01	1.13	9.15E-01
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
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：①R 值根据图 11-1 取装置表面外 30cm 为关注点，底部保守取底部表面为关注点；散射辐射 $R_s \leq R$ ，本项目计算保守取 $R_s = R$ ；

② B_1 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录表 B.2, 300kV 管电压下铅钨值层厚度为 5.7mm；

③ B_2 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录表 B.2, 200kV 管电压钨值层

厚度为 1.4mm。

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置四周及顶部表面外 30cm 处以及底部表面处的辐射剂量率最大为 $1.87\mu\text{Sv/h}$ ，装置四周及顶部表面外 30cm 处以及底部表面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）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

5. 天空、底部地面反散射辐射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。”

根据表 11-2，本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置顶部外 30cm 处辐射剂量率最大为 $8.55\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $8.55\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

根据表 11-2 计算结果，本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置底部表面外剂量率为 $5.49\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率远小于 $5.49\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射周围剂量当量率参考控制水平的要求，因此计算装置周围辐射工作人员及公众的辐射剂量时以装置四周关注点的剂量率作为参考点剂量率，不考虑底部散射剂量率。

6. 电缆口、通风口和门缝辐射影响分析

本项目工业 CT 装置电缆口和通风口均位于装置西侧，其防护补偿结构为在开孔位置内部覆盖铅结构防护罩，防护补偿铅板厚度为 21mm，利用散射降低电缆管道口和通风管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口和通风口。X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-2，X 射线进入通风管道后散射示意图如图 11-3。X 射线均需至少经过三次散射才能到达电缆口及通风口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点”，本项目工业 CT 装置线缆管道设计能够满足辐射防护要求。

本项目工件门左右两侧搭接 90mm，上下搭接 80mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 8mm；北侧检修门左右两侧搭接 72mm，上下搭接 80mm，北侧检修门与

装置外壳之间的缝隙宽度为 6mm；西侧检修门左右两侧搭接 56mm，上下搭接 80mm，西侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm；本项目工业 CT 装置所有防护门与装置外壳重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍，缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

图 11-2 本项目电缆管道散射示意图

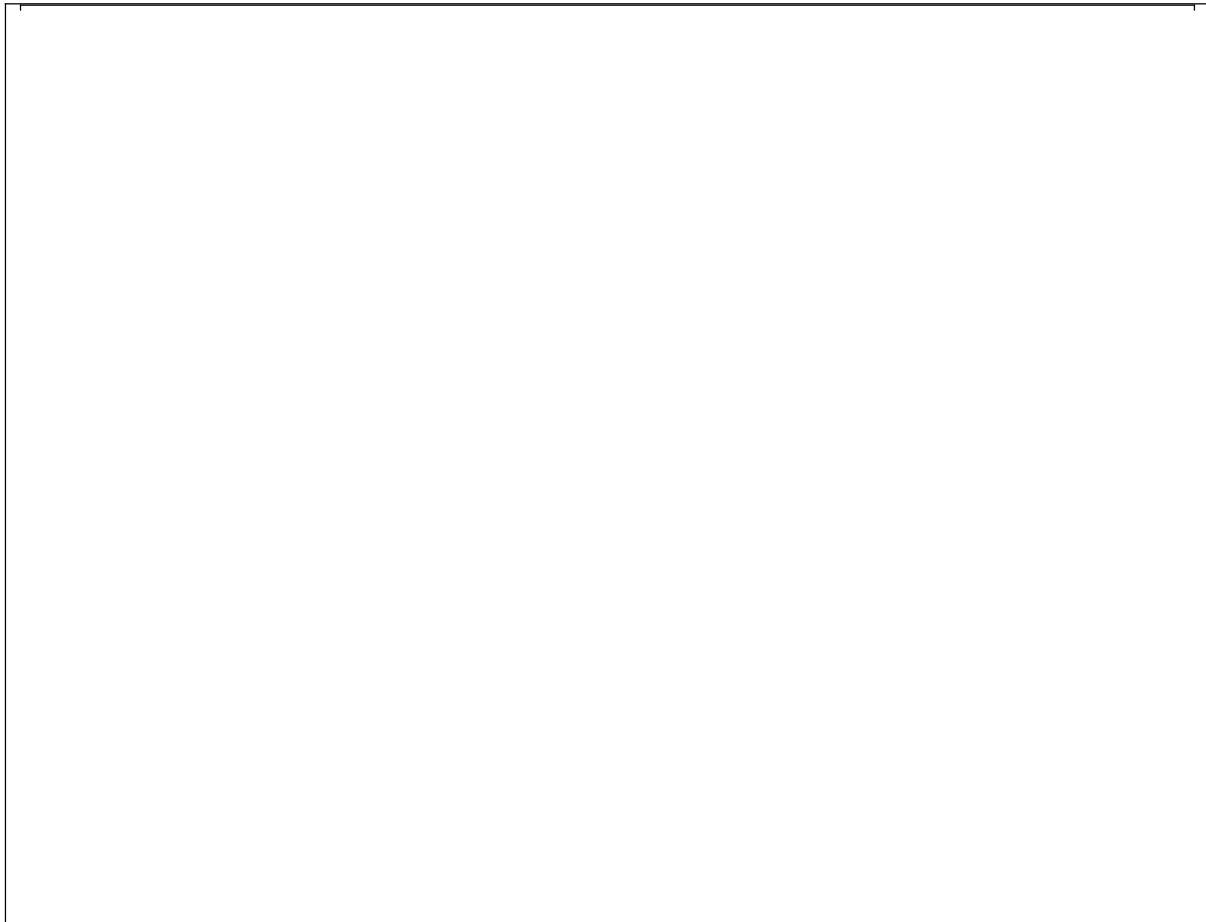


图 11-3 本项目通风管道散射示意图

7. 保护目标剂量评价

本项目辐射工作人员正常工作时主要位于操作台处和装置南侧，保守以南侧最大剂量率值来估算辐射工作人员周剂量当量及年有效剂量。

表 11-3 本项目辐射工作人员有效剂量估算结果

型号	位置	使用因子 U	居留因子 T	周围剂量当量率值 $\mu\text{Sv/h}$	周围剂量当量率控制水平 $\mu\text{Sv/h}$	周剂量当量 $\mu\text{Sv/周}$	目标管理值 $\mu\text{Sv/周}$	年有效剂量 mSv/年	目标管理值 mSv/年	结论
nanoVoxel 4000 型工业 CT 装置	南侧					9.04	100 工作人员	4.52E-01	5 工作人员	满足

注：本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 8h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 400h。每名辐射工作人员保守按照周 8h/周，年 400h 计算。

本项目工业 CT 周围公众周剂量当量及年有效剂量计算结果见表 11-4。北侧的公众年受照剂量估算未考虑检测室北侧墙体再加 1mm 铅屏蔽措施后的影响，实际年受照剂量比预测结果会更低。

表 11-4 本项目装置周围 50m 范围内保护目标有效剂量一览表

序号	关注点		关注点方位及最近距离	距射线管最近距离(m)	使用因子 U	居留因子	关注点辐射剂量率(μSv/h)	周剂量当量(μSv/周)	目标管理值(μSv/周)	年有效剂量(mSv/a)	剂量约束值(mSv/年)
1	江苏省农业科学院	楼梯间	东侧 0.5m					1.54	5	7.70E-02	0.1
		卫生间	西侧3m					5.21E-02		2.61E-03	
		仓库	北侧、东侧, 最近北侧 0.3m					1.46		7.32E-02	
		露台	楼上 1.5m					1.81E-01		9.05E-03	
		办公室1	楼上 3.5m					4.00E-01		2.00E-02	
		其余区域	东侧、楼上, 最近东侧10m					4.08E-01		2.04E-02	
		院区道路及绿化	四周, 最近南侧 3m					7.73E-02		3.87E-03	
2		北区2号宿舍	东侧40m				3.18E-02	1.59E-03			
3		试验基地	南侧27m				1.08E-02	5.40E-04			
4		农科传媒创新大楼	西侧19m				1.76E-02	8.80E-04			
5		空地	北侧8m				5.90E-03	2.95E-04			
6		车棚	北侧30m				9.45E-04	4.73E-05			
8	北侧钟灵街村54号小区	2幢住宅楼和1个门卫室	北侧13m					3.80E-02	1.90E-03		
		小区道路及绿化	北侧13m					4.75E-03	2.38E-04		
9		院外道路	北侧38m					5.95E-04	2.98E-05		

注：①其余区域包括：实验室 1、实验室 2、办公室 2、会议室等，保守以最近东侧实验室 1 进行计算有效剂量。
 ②关注点处辐射剂量率预测，距离取值=装置各侧屏蔽体距源点距离+保护目标距离，再根据公式（1）、（2）、（3）计算得出，考虑距离衰减进行保守估计；
 ③使用因子取 1；
 ④南侧实验基地因有研究人员定期工作，故居留因子保守取 1；
 ⑤工业 CT 装置预计周曝光时间 8h，年工作 50 周，年曝光时间最大为 400h。

从表 11-3-表 11-4 中预测结果可以看出，本项目工业 CT 装置满功率运行时，辐射工作人员所受周剂量当量最大为 9.04μSv，年有效剂量最大为 4.52E-01mSv；周围公众所受周剂量当量最大为 1.54μSv，年有效剂量最大为 7.70E-02mSv。

根据表 11-4 中预测结果，忽略北侧 3 处墙体（检测室北侧 1 堵墙、仓库北侧 1 堵

墙和钟灵街村 54 号小区院墙 1 堵) 的屏蔽效果, 在仅考虑距离衰减情况下, 北侧钟灵街村 54 号小区剂量率预测结果最大为 $4.75\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$, 所受周剂量当量最大为 $3.80\text{E-}02\mu\text{Sv}$, 约为周围剂量当量参考控制水平值 8%, 年有效剂量最大为 $1.90\text{E-}03\text{mSv}$, 约为公众照射的年剂量约束值 19%, 影响可忽略不计。

由于辐射剂量率随距离增大而衰减, 更远处的关注点辐射剂量率随距离增加数值降低, 相应有效剂量也越低。根据理论计算结果, 本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 及本项目管理目标限值要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv , 周剂量当量不超过 $100\mu\text{Sv}$; 公众年有效剂量不超过 0.1mSv , 周剂量当量不超过 $5\mu\text{Sv}$)。

事故影响分析

1) 本项目可能发生的辐射事故

①工业 CT 装置门机连锁失效, 设备工件门及检修门未关闭就对实验样品进行曝光, 致使人员受到意外照射;

②维修人员检修工业 CT 装置时, 设备进行曝光, 人员受到意外照射;

③工业 CT 在对实验样品进行曝光的工况下, 二人作业, 配合失误受照。

2) 针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性的给出处理方法或者预防措施:

①江苏省农业科学院应加强管理, 加强辐射工作人员的培训, 严格执行安全操作规程, 防止人员误入误留在装置内;

②定期检查门机连锁装置, 确保无损检测工作正常进行;

③发生事故时应按下急停开关切断电源, 确保装置停止出束;

④对可能受到超剂量照射的人员, 及时送医检查并治疗;

⑤协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算, 并协助进行身体检查和医学观察;

⑥事故处理后保存好受照人员体检资料, 做好跟踪观察。

江苏省农业科学院在日常工作中应加强辐射安全管理, 定期对工业 CT 装置进行检查、维护, 发现问题及时维修; 严格要求辐射工作人员按照操作规程进行工业 CT 装置操作, 每次操作前检查工业 CT 装置门机连锁、急停按钮等安全防护措施的有效

性，定期检测工业 CT 装置的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，制定切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，江苏省农业科学院应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时江苏省农业科学院应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

3) 辐射事故处置方法

发生辐射事故时，江苏省农业科学院应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，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。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具、个人剂量计及个人剂量报警仪。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，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；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。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

江苏省农业科学院拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责；江苏省农业科学院拟为本项目工业 CT 装置配备 3 名辐射工作人员，其中 1 人为辐射防护负责人，2 人为辐射操作人员。本项目辐射工作人员应通过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。通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后才能进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的辐射工作人员需再通过“辐射安全管理”类别的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理规章制度

江苏省农业科学院拟开展核技术利用项目，将按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定相关辐射安全管理制度，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、事故应急制度等。在实际工作中江苏省农业科学院还应不断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要点提出如下建议：

- **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。
- **操作规程：**明确本项目工业 CT 装置辐射人员的资质条件要求、工业 CT 装置操作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。
- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。此外，应着重关注控制台钥匙管理，应专人保管，使用时应进行使用记录登记，确保开机钥匙

的安全性。

- **设备检修维护制度：**明确工业 CT 装置的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工业 CT 装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。
- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置使用具体情况制定，重点是射线装置使用状况的记录。
- **人员培训计划：**制定人员培训计划，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。
- **职业健康体检：**公司拟制定职业健康体检计划，明确体检对象、体检周期和指标，并按计划组织辐射工作人员开展岗前、岗中（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查）和离岗职业健康体检，对于体检结果出现异常的，不得安排从事辐射相关工作。本项目拟配备 3 名辐射工作人员，后续若新增工作人员上岗前需进行职业健康体检，体检结果为合格后才允许从事放射工作。今后若新增辐射工作人员或辐射工作人员离岗，应按要求开展岗前、岗中（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查）和离岗职业健康体检，体检合格后，方可从事辐射工作。
- **监测方案：**制定监测方案，方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。方案中应明确选用的个人剂量报警仪及辐射环境巡测仪需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，以确保仪器的使用是有效的。
- **事故应急预案：**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》（环发[2006]145 号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）制定事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

- **监测异常报告制度：**如果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。如果工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

江苏省农业科学院应严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

本项目为新建项目，江苏省农业科学院拟为辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测，并根据职业病防治法安排辐射工作人员分别于上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检；江苏省农业科学院拟委托有资质单位每年对射线装置周围环境进行辐射水平监测。本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1.监测方案

1) 请有资质的单位定期对本项目工业 CT 装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；

2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，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、卫生健康部门调查处理。

3) 工业 CT 装置进行作业时辐射安全管理人员定期对工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，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行政主管部门报告。

表 12-1 监测方案一览表

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
工业 CT 装置	验收监测	X-γ周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②工业 CT 装置表面外 30cm 处，工件门、检修门四周门缝及表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置； ④每次出束结束后，检测工业CT防护门口，以确保辐射源已经停止工作。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

2.监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》

（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置的单位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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；江苏省农业科学院拟配置1台X- γ 辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，项目运行后应定期对工业CT装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

江苏省农业科学院拟为本项目配备3名辐射工作人员，应在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并根据职业病防治法安排辐射工作人员分别于上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，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。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

辐射事故应急

江苏省农业科学院应针对本射线检测项目可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）应急演习计划；
- （4）辐射事故分级与应急响应措施；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序。

江苏省农业科学院应依据《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》（环发〔2006〕145号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，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部门和公安部门报告，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。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。事故发生后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。

江苏省农业科学院应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目工业CT装置周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论

1. 实践正当性

江苏省农业科学院拟使用工业 CT 装置对农业生产研究中土壤、作物根系、作物茎秆和果实等进行检测。本项目的建设将避免传统破坏性检测，做到精准量化分析，能够显著提升科研效率与成果转化价值，尽早达到南方果园(桃、梨)全程机械化生产目标。虽然在运行期间，工业 CT 装置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，但在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后等有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，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“实践的正当性”的原则与要求。

2. 与产业政策的相符性

本项目拟使用工业CT装置对农业生产研究中土壤、作物根系、作物茎秆和果实等进行无损检测，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，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

3. 辐射安全与防护分析结论

(1) 选址、布局

本项目位于江苏省南京市玄武区钟灵街 50 号江苏省农业科学院院区内。院区东侧自北向南依次为河道、柳营西路、钟秀街、绿城·云庐小区、沪蓉高速、余粮村和空地；南侧为河道、沪蓉高速和双拜岗路；西侧自南向北依次为河道、大发融悦和晏公庙-54 号院；北侧自东向西依次为中山门大街、钟灵街村 54 号小区、钟灵街地铁站和钟灵街-105 号院。

本项目工业 CT 装置拟安装于农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地一层检测室内，农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地为二层建筑（局部一层建筑），科研基地东侧隔院区道路及绿化为北区 2 号宿舍，南侧隔院区道路及绿化为试验基地，西侧隔院区道路及绿化为农科传媒创新大楼，北侧隔空地为钟灵街村 54 号小区（包括 2 幢住宅楼、1 个门卫室和小区道路及绿化，其中 1 幢为 6 层 4 个单元，2 幢为 7 层 4 个单元，共计 104 户）、院外道路和江苏省农业科学院车棚。本项

目所在一层检测室东侧为楼梯间，南侧为院区道路及绿化，西侧为卫生间，北侧为仓库，楼上为二层露台，下方为土层。

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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内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和南京市生态空间管控区域，本项目位置属于重点管控单元（南京市中心城区（玄武区））。

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，本项目评价范围内涉及以居住、医疗卫生为主要功能的环境敏感区，即钟灵街村 54 号小区。

本项目工业 CT 装置 50m 范围内涉及院区内：①装置所在农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地（包括卫生间、仓库、楼梯间、会议室、实验室 1、实验室 2、办公室 1、办公室 2 和露台）、②东侧、南侧、西侧和北侧院区道路及绿化、③东侧北区 2 号宿舍；④南侧试验基地、⑤西侧农科传媒创新大楼、⑥北侧空地、⑦北侧车棚；院区外：⑧北侧钟灵街村 54 号小区（包括 2 幢住宅楼、1 个门卫室和小区道路及绿化）、⑨北侧院外道路。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及周围公众。

（2）选址合理性分析

①与科研项目不可分割性

本项目位于江苏省农业科学院内的“农业农村部南方果园（桃、梨）全程机械化科研基地”，该基地专门服务于“农业农村部南方果园（桃、梨）全程机械化科研项目”，为项目专属二层独栋建筑（局部一层），已建成实验室、检测室和办公室等全套功能分区，并配套购置了质构仪、液相色谱仪、数字化土槽试验平台等 53 台（套）设备。工业 CT 装置需与上述设备形成快速检测闭环，样品流转时间宜控制在分钟内（如果肉、根系等），以降低环境因素对样品状态的影响。若选址于其他楼栋或院外，难以满足该时间要求。因此，选址于此将进一步提升实验各环节的衔接效率，形成完整的科研闭环，具有唯一性和不可替代性。

②规划符合性分析

项目用地为科研教育、实验用地，符合《南京市国土空间总体规划（2021-2035 年）》及玄武区土地利用规划。装置建设内容不属于国家及江苏省限制或禁止用地项

目，符合农业农村部对该科研基地的建设批复要求。

③周边环境及敏感目标分布

装置位于基地一层最南部。经现场踏勘，工业 CT 装置屏蔽体外 50m 范围内：除北侧涉及院区外钟灵街村 54 号小区及院外道路，其余侧均位于院区内，钟灵街村 54 号小区院墙距离装置北侧约 13m，中间隔有一个 8m 宽仓库和一块 5m 宽空地。装置正上方二层对应位置为二层露台，无人员长期居留；正下方为土层。

④辐射防护与安全最优性

装置自带完整屏蔽，在仅考虑距离衰减下，北侧钟灵街村 54 号小区院墙处剂量率预测结果为 $4.75E-03\mu\text{Sv/h}$ ，远远小于环境本底值；年有效剂量为 $1.90E-03\text{mSv}$ ，约为公众照射的年剂量约束值 19%，可忽略不计。为贯彻 ALARA 原则（合理可行的最低水平），拟在检测室北墙加贴 1mm 铅板，预计到底钟灵街村 54 号小区院墙外剂量率将进一步降低，同时，装置所在检测室将划为监督区，实行门禁与视频监控，利用基地现有供电、消防、网络设施，形成纵深防御。经计算，对本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量均远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

⑤选址结论

本项目选址符合相关规划，与现有科研设施紧密耦合，周边保护目标、影响可忽略，防护措施满足法规要求且留有余量。从辐射安全、科研需求及工程实施角度综合判断，本项目的选址是合理的。

3) 分区

本项目拟将工业 CT 装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将检测室内除铅房以外的区域（含操作台）作为监督区。拟在工业 CT 装置表面外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在检测室入口粘贴监督区标牌，监督区入口设有门禁系统，除了本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他人员不能擅自靠近或进入房间。

4) 辐射防护措施

本项目工业 CT 装置铅房采用铅板和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护，铅房外尺寸为 2751mm(长)×1344mm(宽)×1988mm(高)，实际摆放工件门朝南侧，铅房南侧侧（包含工件门）、北侧（包含检修门）、西侧（包含检修门）及顶部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板，底部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+10mm

钢板，东侧屏蔽体设计为 2mm 钢板+30mm 铅板+2.5mm 钢板，观察窗位于前侧工件门上，含 21mm 铅当量的铅玻璃。

本项目工件门左右两侧搭接 90mm，上下搭接 80mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 8mm；北侧检修门左右两侧搭接 72mm，上下搭接 80mm，北侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 6mm；西侧检修门左右两侧搭接 56mm，上下搭接 80mm，西侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm；本项目工业 CT 装置所有防护门与装置外壳重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目工业 CT 装置电缆口和通风口均位于装置西侧，其防护补偿结构为在开孔位置内部覆盖铅结构防护罩，防护补偿铅板厚度为 21mm，利用散射降低电缆管道口和通风管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口和通风口。

5) 辐射安全措施

本项目工业CT装置工件门及检修门均设置门-机安全联锁装置，装置内部及顶部均设置工作状态指示灯且与X射线管联锁，定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；装置外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置内部南侧和北侧均设置1处急停按钮，操作台处同样设有1处急停按钮，在急停按钮旁设置带有标签标明使用方法，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工业CT装置设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出，工业CT装置内部西侧安装固定式场所辐射探测报警装置。本项目工业CT装置所在房间拟设置视频监控和门禁系统，其他人员不能擅自靠近或进入房间。江苏省农业科学院拟配置1台X-γ辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，用于对工业CT装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，此外根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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。以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

6) 通风措施评价

工业CT装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目工业CT装置铅房内采取开关防护门自然进风，西侧屏蔽体设置通风口并安装轴流风机，通风口内部设有21mm铅防护罩，最大程度上避免射线泄漏；铅房内部体积约为7.35m³，如需达到每小时有效换气次数3次以上，需

要达到的排风量为 $22.05\text{m}^3/\text{h}$ ，本项目已设置的轴流风机有效通风量为 $177\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效换气次数可达24次，能够满足每小时有效换气次数3次以上需求。同时工业CT装置所在检测室设有门窗，可通过检测室门窗将产生的少量臭氧和氮氧化物排出检测室。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为50分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

4. 辐射环境影响分析结论

本项目工业CT装置通过自带铅板对X射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目工业CT装置以最大功率运行时装置表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目工业CT装置满功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周剂量当量和年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，周剂量当量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ；公众年有效剂量不超过 0.1mSv ，周剂量当量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ）。

5. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2) 拟配置1台X-γ辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案；
- 4) 在项目运行前安排3名辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案；
- 5) 江苏省农业科学院拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。在项目运行前制定辐射安全管理制度；本项目拟配备3名辐射工作人员，项目投运前辐射工作人员应报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行作业。

综上所述，农业农村部南方果园(桃、梨)全程机械化科研基地建设项目（辐射专题）符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，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，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

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) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 建设单位在获得本项目环评批复后且工业 CT 装置建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 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。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

附表

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	预期投资 (万元)
辐射 防护 措施	<p>本项目工业 CT 装置铅房采用铅板和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护，铅房外尺寸为 2751mm(长)×1344mm(宽)×1988mm(高)，实际摆放工件门朝南侧，铅房南侧侧（包含工件门）、北侧（包含检修门）、西侧（包含检修门）及顶部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+2.5mm 钢板，底部屏蔽体设计为 2mm 钢板+21mm 铅板+10mm 钢板，东侧屏蔽体设计为 2mm 钢板+30mm 铅板+2.5mm 钢板，观察窗位于前侧工件门上，含 21mm 铅当量的铅玻璃。</p> <p>本项目工件门左右两侧搭接 90mm，上下搭接 80mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 8mm；北侧检修门左右两侧搭接 72mm，上下搭接 80mm，北侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 6mm；西侧检修门左右两侧搭接 56mm，上下搭接 80mm，西侧检修门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm；本项目工业 CT 装置所有防护门与装置外壳重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。</p> <p>本项目工业 CT 装置电缆口和通风口均位于装置西侧，其防护补偿结构为在开孔位置内部覆盖铅结构防护罩，防护补偿铅板厚度为 21mm，利用散射降低电缆管道口和通风管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口和通风口。</p>	<p>表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量率限值要求。</p> <p>辐射工作人员及公众周剂量当量和年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。</p>	30
辐射 安全 措施	<p>本项目工业CT装置工件门及检修门均设置门-机安全联锁装置，装置内部及顶部均设置工作状态指示灯且与X射线管联锁，定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；装置外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置内部南侧和北侧均设1处急停按钮，操作台处同样设有1处急停按钮，在急停按钮旁设置带有标签标明使用方法，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。工业CT装置设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出，工业CT装置内部西侧安装固定式场所辐射探测报警装置。</p> <p>本项目工业CT装置所在房间拟设置视频监控和门禁系统，其他人员不能擅自靠近或进入房间。</p> <p>本项目拟将工业CT装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将检测室内除铅房以外的区域（含操作台）作为监督区。拟在工业CT装置表面外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在检测室入口粘贴监督区标牌，监督区入口设有门禁系统，除了本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他人员不能擅自靠近或进入房间。</p>	<p>能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的管理要求。</p>	9

	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》完善各项规章制度。	
	拟配置 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测，满足工作场所日常监测要求。	2
污染防治措施	废气：工业 CT 装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目工业 CT 装置铅房内采取开关防护门自然进风，西侧屏蔽体设置通风口并安装轴流风机，通风口内部设有 21mm 铅防护罩，最大程度上避免射线泄漏；铅房内部体积约为 7.35m ³ ，如需达到每小时有效换气次数 3 次以上，需要达到的排风量为 22.05m ³ /h，本项目设置的轴流风机有效通风量为 177m ³ /h，每小时有效换气次数可达 24 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求。同时工业 CT 装置所在检测室设有门窗，可通过检测室门窗将产生的少量臭氧和氮氧化物排出检测室。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。	/
	废水：本项目产生的生活污水经院区污水管网接管至市政污水管网。	本项目产生的生活污水及生活垃圾能够妥善处理，对周围环境影响较小。	/
	一般固废：本项目产生的生活垃圾由江苏省农业科学院统一收集，交给环卫部门清运。		/
辐射安全管理	拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、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、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	江苏省农业科学院拟为本项目工业 CT 装置配备 3 名辐射工作人员，其中 1 人为辐射防护负责人，2 人为辐射操作人员。3 名辐射操作人员上岗前应通过辐射安全与防护考核，辐射操作人员考核类型选择为“X 射线探伤”，辐射管理人员考核类型选择为“辐射安全管理”。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》，辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。个人剂量档案终生保存）。	根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 辐射工作人员正常开展个人剂量监测，根据《放射工作人员职业健康管理办 法》，个人剂量档案应终生保存。	每年投入

	<p>职业健康体检：定期组织职业健康体检，并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（两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。）</p>	<p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案。</p>	<p>每年投入</p>
--	--	---	-------------

以上措施必须在项目运行前落实。