

核技术利用建设项目

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司
新建 1 台工业 X 射线断层扫描装置项目
环境影响报告表
(公示版)

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司 (公章)

2023 年 11 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司

新建 1 台工业 X 射线断层扫描装置项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位名称: 江苏欣捷诺环境工程技术有限公司 (公章)

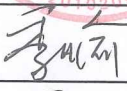
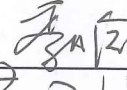
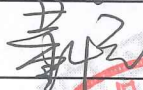
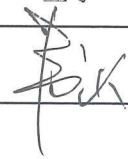
建设单位法人代表 (签字或签章): 李以明

通讯地址: 南京市江宁区天泉路 28 号麒麟智能制造产业园

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	6327rf		
建设项目名称	江苏欣捷诺环境工程有限公司新建1台工业X射线断层扫描装置项目		
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)	江苏欣捷诺环境工程有限公司		
统一社会信用代码	913201000880336584		
法定代表人 (签章)	季凡渝		
主要负责人 (签字)	季凡渝		
直接负责的主管人员 (签字)	董悦		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏省辐射环境保护咨询有限公司		
统一社会信用代码	91320000134779865N		
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
韦庆	08353243506320083	BH038518	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
韦庆	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、表7 保护目标与评价标准、表8 环境质量和辐射现状	BH038518	
史春阳	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	BH064314	

1、编制主持人职业资格证书



	姓名: <u>韦庆</u>
	Full Name <u>韦庆</u>
	性别: <u>男</u>
	Sex <u>男</u>
	出生年月: <u>1979年09月</u>
	Date of Birth <u>1979年09月</u>
	专业类别: _____
	Professional Type _____
	批准日期: <u>2008年05月</u>
	Approval Date <u>2008年05月</u>
持证人签名: _____	签发单位盖章: 
Signature of the Bearer	Issued by
	签发日期: <u>2008</u> 年 <u>07</u> 月 <u>29</u> 日
	Issued on
管理号: <u>08353243506320083</u>	
File No.: <u>08353243506320083</u>	

2、编制主持人社保证明

江苏省社会保险权益记录单（参保人员）



姓名	韦庆	公民身份号码 (社会保障号)		性别	男
----	----	-------------------	--	----	---

共1页，第1页

参加社会保险基本情况								
险种		养老保险		工伤保险		失业保险		
参保状态		参保缴费		参保缴费		参保缴费		
现参保单位全称		江苏省辐射环境保护咨询有限公司				现参保地	南京市市本级	
出具证明前6个月缴费情况（202306-202311）								
年	月	单位全称	养老保险		失业保险		工伤保险	备注
			缴费基数（元）	个人缴费（元）	缴费基数（元）	个人缴费（元）	缴费基数（元）	
2023	06	江苏省辐射环境保护咨询有限公司						
2023	07	江苏省辐射环境保护咨询有限公司						
2023	08	江苏省辐射环境保护咨询有限公司						
2023	09	江苏省辐射环境保护咨询有限公司						
2023	10	江苏省辐射环境保护咨询有限公司						

- 说明：
- 1. 本权益单信息为打印时参保情况，供参考，由参保人员自行保管。
 - 2. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
 - 3. 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）。



编制主持人现场踏勘照片



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	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 17 -
表 9 项目工程分析与源项	- 22 -
表 10 辐射安全与防护	- 27 -
表 11 环境影响分析	- 31 -
表 12 辐射安全管理	- 43 -
表 13 结论与建议	- 47 -
表 14 审批	- 53 -

表 1 项目基本概况

建设项目名称		新建 1 台工业 X 射线断层扫描装置项目			
建设单位		江苏欣捷诺环境工程技术有限公司			
法人代表姓名		联系人		联系电话	
注册地址		南京市麒麟科技创新园智汇路 300 号 B 单元 2 楼			
项目建设地点		南京市江宁区天泉路 28 号麒麟智能制造产业园四号厂房西侧，四、五号厂房连廊及搭建房			
立项审批部门		南京市麒麟科技创新园（生态科技城）开发建设管理委员会	批准文号	宁麒委备（2023）16 号	
建设项目总投资（万元）		400	项目环保总投资（万元）	70	投资比例（环保投资/总投资） 17.5%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 70
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 项目概述

1.1 建设单位基本情况

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司租赁南京市麒麟科技城建设发展有限公司位于南京市江宁区天泉路 28 号麒麟智能制造产业园四号厂房西侧，四、五号厂房连廊及搭建房，作为公司办公楼及厂房。公司专业从事各种使用环境下的减振器和减振系统的研发、设计、制造及气候环境检测服务业务。自 2014 年 4 月成立以来，公司秉持“科

技创新、合作共赢、诚信高效、一流服务”的经营方针，大力开展科技研发工作，研制出多系列多规格的模块化隔振器，可针对海陆空不同载体的振动冲击激励特性及设备状况，适配构建相应的隔振系统，起到良好的隔振缓冲作用。目前公司主要系列产品有复合阻尼无谐振峰隔振器、标准及非标准橡胶隔振器、钢丝绳隔振器、金属阻尼隔振器等，其中轻型复合阻尼无谐振峰隔振器、背部隔振器等通过鉴定，成为海装第二代、第三代标准显控台名录产品，得到广泛运用。公司的经营范围包括设备及配件的可靠性与环境适应性检测试验服务、工程技术研究、试验方法设计、技术咨询服务等。研发团队具有较高的专业技术能力，可研发设计电子设备机械结构系统，能够为客户提供产品设计提供静、动力学仿真计算分析服务，目前公司具有完全自主知识产权发明专利 4 项；实用新型专利 23 项，是国家级高新技术企业。

1.2 项目规模及任务由来

根据检测需要，江苏欣捷诺环境工程技术有限公司拟于天津三英精密仪器股份有限公司处购买 1 台工业 X 射线断层扫描装置(型号 nanoVoxel 4000, 最大管电压 225kV, 最大管电流 3mA, 最大功率 350W)，新建在公司 1 楼无损检测室内用于公司生产的隔振器的无损检测及其他单位得委托检测，例如封装式电子器件设备的检测、模具、发动机、模锻件等复杂机械零部件的成型和内部缺陷检测以及储能电池的封装检测、过载检测以及穿刺检测等多种领域。该检测系统位于无损检测室西侧，检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置，控制柜和操作台位于 CT 机南侧。

本项目拟配备 3 名辐射工作人员（2 名辐射工作作业人员，1 名辐射防护负责人），工业 CT 检测系统的周开机曝光时间不超过 30 小时，年开机曝光时间不超过 1500 小时。对照《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），工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置属于 II 类射线装置。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 本次评价核技术应用情况一览表

射线装置 名称型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	射线装 置类别	工作场所 名称	使用 情况	环评情况及 审批时间	许可、验 收情况	备注
nanoVoxel 4000 型工业 CT 检测系统	1	225	3	II 类	无损检测室	拟购	本次环评	未许可、 未验收	额定功率 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》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，使用 II 类射线装置的单位应当在申请许可证前编制环境影响报告表。受江苏欣捷诺环境工程技术有限公司委托，江苏省辐射环境保护咨询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、现场勘察、初步分析，并委托江苏省苏核辐射科技有限责任公司对项目拟建址及周围环境进行了辐射环境现状监测，在此基础上编制了本项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司位于南京市江宁区天泉路 28 号麒麟智能制造产业园四号厂房西侧，四、五号厂房连廊及搭建房，公司地理位置示意图见附图 1。公司为两层建筑，一、二层布局不同，公司厂区一层周围环境示意图见附图 2，二层周围环境示意图见附图 3。公司厂区东侧为厂区道路和四号厂房（四号厂房一层为中科南京绿色制造产业创新研究院，二层为闲置厂房和中科南京绿色制造产业创新研究院），南侧为三号厂房（圣晖莱南京能源科技有限公司）和仓库，西南侧为仓库，西侧为厂区道路和荒地，北侧为五号厂房（南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司）和仓库。

本项目工业 CT 检测系统拟建于公司 1 楼无损检测室内，无损检测室南侧为检测中心，西侧依次为过道及样品夹具室，西北侧为会客室及总经理办公室，北侧依次为过道、预留控制室及环境实验室，楼上为拓展部。

本项目工业 CT 检测系统拟建址位于无损检测室内部西侧，拟建址东侧为无损检测室内部区域，南侧为操作台，西侧及北侧均为无损检测室内部区域。工业 CT 检测系统拟建址周围环境示意图见附图 3 及附图 4。

本项目工业 CT 检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置。检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内的仓库均无人员活动。本项目保护目标包括辐射工作人员、50m 范围该公司其他工作人员和厂区东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院（距本项目最近约 8 米）、南侧圣晖莱南京能源科技有限公司（距本项目最近约 32 米）、北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司职员（距本项目最近约 13 米）、50m 范围厂区外荒地流动人员。

3 核技术利用项目许可情况

目前，公司首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用情况。

4 实践正当性分析

工业 CT 无损扫描检测是一种 3D 无损检测手段，可以观测对比样品在力学环境、气候环境、材料力学等环境下的内部结构变化，并进行建模、检验和计量等处理分析工作。物镜耦合探测器具备光学二级放大功能，不依赖于几何投影放大，在具有原位加载装萱时，依然能获得高分辨率成像，材料力学性能检测。

建设单位在开展射线探伤活动中，将严格按照国家法律法规采取相应辐射防护措施，制定安全管理规章制度。在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该项目的实践具有正当性。

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 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 X 射线断层扫描装置	II 类	1	nanoVoxel 4000	225	3	无损检测	无损检测室	额定功率 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 (μA)	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	通过无损检测室排风系统排入外环境
生活垃圾	固态	/	/	3.5kg/人	42kg/人	/	不暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运
生活污水	液态	/	/	0.25m³/人	3m³/人	/	不暂存	排入产业园区污水管道，最终进入产业园区污水处理站处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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), 中华人民共和国主席令第 9 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 年修订版), 中华人民共和国主席令第 24 号公布, 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》, 国家主席令第 6 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 682 号, 2017 年 10 月 1 日发布施行 (5) 《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 21 日施行; 国务院令第 653 号, 2014 年 7 月 29 日修订实施; 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 2 日修订实施 (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 16 号, 2021 年 1 月 1 日施行 (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 6 日起施行 (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), 生态环境部令第 20 号, 2021 年 1 月 4 日起施行 (9) 《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, 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 日起施行 (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 9 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, 2020 年 1 月 1 日起施行 (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 11 月 1 日起施行 (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），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 (16) 《江苏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 日发布 (19) 《江苏省辐射事故应急预案》（2020 年修订版），苏政办函（2020）26 号，2020 年 2 月 19 日发布 (20) 《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 11 月 9 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) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） (5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） (6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） (7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014） (8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）

其他	与本项目相关的附图、附件：
----	----------------------

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“<u>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</u>”相关规定，确定本项目评价范围为<u>本项目工业用 X 射线 CT 测量装置自带铅屏蔽边界外 50m 区域</u>，见附图 2。
保护目标 本项目评价范围内不涉及自然保护区、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《江苏省国家级生态保护红线规划》（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》（HJ19-2022），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。 本项目利用工业 CT 进行无损检测，占用资源少，不会降低管控区的水、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 检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置。检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内的仓库均无人员活动。本项目保护目标包括辐射工作人员、50m 范围该公司其他工作人员和厂区东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院（距本项目最近约 8 米）、南侧圣晖莱南京能源科技有限公司（距本项目最近约 32 米）、北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司职员（距本项目最近约 13 米）、50m 范围厂区外荒地流动人员。

表 7-1 本项目拟建址评价范围内环境保护目标一览表

环境保护目标			方位	最近距离	规模
辐射工作人员	操作台		南侧	紧邻	2 人
周围公众	江苏欣捷诺环境工程技术有限公司	检测中心	南侧	约 4m	约 4 人
		环境实验室	北侧	约 4m	约 5 人
		2 楼拓展部	顶部	约 2m	约 3 人
		样品夹具室	西侧	约 4m	约 1 人
		会客室	西北侧	约 7m	流动人员（约 4 人/天）
		总经理办公室	西北侧	约 11m	约 1 人
	厂区道路		东侧	约 8m	流动人员（约 20 人/天）
	中科南京绿色制造产业创新研究院		东南侧	约 8m	约 3 人
	圣晖莱南京能源科技有限公司		南侧	约 32m	约 20 人
	厂区道路		西侧	约 10m	流动人员（约 10 人/天）
	荒地		西侧	约 23m	流动人员（约 1 人/天）
	南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司		北侧	约 13m	约 40 人

评价标准

1 《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

类 别	剂量限值
职业照射 剂量限	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。

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~0.3mSv）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。

辐射工作场所的分区

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。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：

注册者和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。

2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了X射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 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。

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。

6.1.5 探伤室应设置门机联锁装置, 应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。门机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中, 防护门被意外打开时, 应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置, 并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间, 以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别, 并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置, 在控制室的操作台应有专用的监视器, 可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。按钮或拉绳的安装, 应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签, 标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置, 排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时, 除佩戴常规个人剂量计外, 还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时, 探伤工作人员应立即退出探伤室, 同时防止其他人进入探伤室, 并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平, 包括操作者工作位置和周围

毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

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

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

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

4 剂量约束值

(1) 综合考虑《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)等评价标准，本项目职业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)中职业人员年有效剂量值的1/4, 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1/10, 即：职业人员年剂量约束值不大于**5mSv/a**；公众活动区域相关人员年剂量约束值不大于**0.1mSv/a**。

(2) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于**100μSv/周**，对公众不大于**5μSv/周**。

(3) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于**2.5μSv/h**。

5 参考资料：

《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 江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

类 型	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测量范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
按点平均均值	50.4	47.1	89.2
按点平均标准差	7.0	12.3	14.0

***注：表中结果已扣除仪器宇宙射线响应值**

本报告取江苏省原野、道路、建筑物室内γ辐射剂量率调查结果中的“均值±3倍标准差”作为评价参考范围，即原野γ辐射剂量率参考范围取（50.4±21.0）nGyh，道路γ辐射剂量率参考范围取（47.1±36.9）nGyh，室内γ辐射剂量率参考范围取（89.2±42.0）nGyh。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司位于南京市江宁区天泉路 28 号麒麟智能制造产业园四号厂房西侧，四、五号厂房连廊及搭建房。公司厂区东侧为厂区道路和四号厂房（四号厂房一层为中科南京绿色制造产业创新研究院，二层为闲置厂房和中科南京绿色制造产业创新研究院），南侧为三号厂房（圣晖莱南京能源科技有限公司）和仓库，西南侧为仓库，西侧为厂区道路和荒地，北侧为五号厂房（南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司）和仓库。

本项目工业 CT 检测系统拟建于公司 1 楼无损检测室内，无损检测室南侧为检测中心，西侧依次为过道及样品夹具室，西北侧为会客室及总经理办公室，北侧依次为过道、预留控制室及环境实验室，楼上为拓展部。

本项目工业 CT 检测系统拟建址位于无损检测室内部西侧，拟建址东侧为无损检测室内部区域，南侧为操作台，西侧及北侧均为无损检测室内部区域。

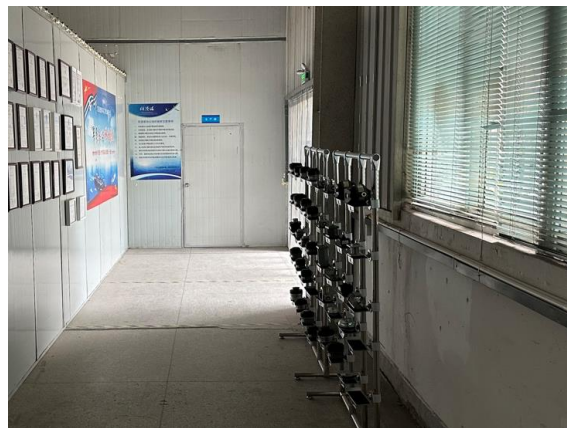
本项目工业 CT 检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置。检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内的仓库均无人员活动。本项目保护目标包括辐射工作人员、50m 范围该公司其他工作人员和厂区东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院（距本项目最近约 8 米）、南侧圣晖莱南京能源科技有限公司（距本项目最近约 32 米）、北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司职员（距本项目最近约 13 米）、50m 范围厂区外荒地流动人员。

本项目工业 CT 检测系统拟建址及周围环境现状见图 8-1。

	
拟建址位置（项目未建设）	拟建址南侧（检测中心）



拟建址西侧（样品夹具室）



拟建址北侧（过道）



拟建址北侧（环境实验室）



拟建址 2 楼（拓展部）



拟建址东侧厂区道路



拟建址东南侧
（中科南京绿色制造产业创新研究院）



图 8-1 本项目工业 CT 检测系统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：工业 CT 检测系统拟建址及其周围辐射环境现状

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在工业 CT 检测系统拟建址周围布设监测点位，共计 12 个监测点位。

3 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在本项目工业 CT 检测系统拟建址及其周围布设 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位。

质量保证措施：委托的检测单位通过计量认证及获得相关监测资质，检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；检测机构所用监测仪器在检定有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验；委托的检

测机构检测人员均通过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证；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：江苏省苏核辐射科技有限责任公司

监测仪器：FH40G 型便携式 X- γ 辐射剂量率仪，仪器编号：030850（主机）、11392（探头），测量范围：1nSv/h~100 μ Sv/h，能量响应范围：40keV~4.4MeV

检定有效期：2023 年 5 月 8 日~2024 年 5 月 7 日

监测日期：2023 年 8 月 23 日 天气状况：晴

评价方法：参考表 7-3 江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率调查结果，评价本项目工业 CT 检测系统拟建址周围环境辐射水平。

监测结果：本项目工业 CT 检测系统拟建址周围 γ 辐射（空气吸收）剂量率监测结果见表 8-1，检测点位见图 8-2，检测报告详见附件 7。

表 8-1 拟建址周围 γ 辐射（空气吸收）剂量率检测结果

序号	测点位置描述	*检测结果（nGy/h）	备注
1	项目拟建址中央	52	室内
2	项目拟建址东侧	57	室内
3	项目拟建址南侧	55	室内
4	项目拟建址西侧	56	室内
5	项目拟建址北侧	62	室内
6	项目拟建址东侧厂区道路	43	道路
7	项目拟建址东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院（距拟建址 8m）	54	室内
8	项目拟建址南侧圣晖莱南京能源科技有限公司（距拟建址 32m）	48	室内
9	项目拟建址西侧荒地（距拟建址 23m）	41	原野
10	项目拟建址北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司（距拟建址 13m）	52	室内
11	项目拟建址 2 楼拓展部（拟建址楼上）	40	室内
12	项目拟建址南侧 2 楼闲置厂房（距拟建址 18m）	48	室内

*检测结果已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 14nGy/h）

*X- γ 辐射监测仪器检定使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20 Sv/Gy。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。

由表 8-1 监测结果可知，本项目拟建址周围 γ 辐射（空气吸收）剂量率为（40~62）nGy/h 之间，处于江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射水平涨落范围内。

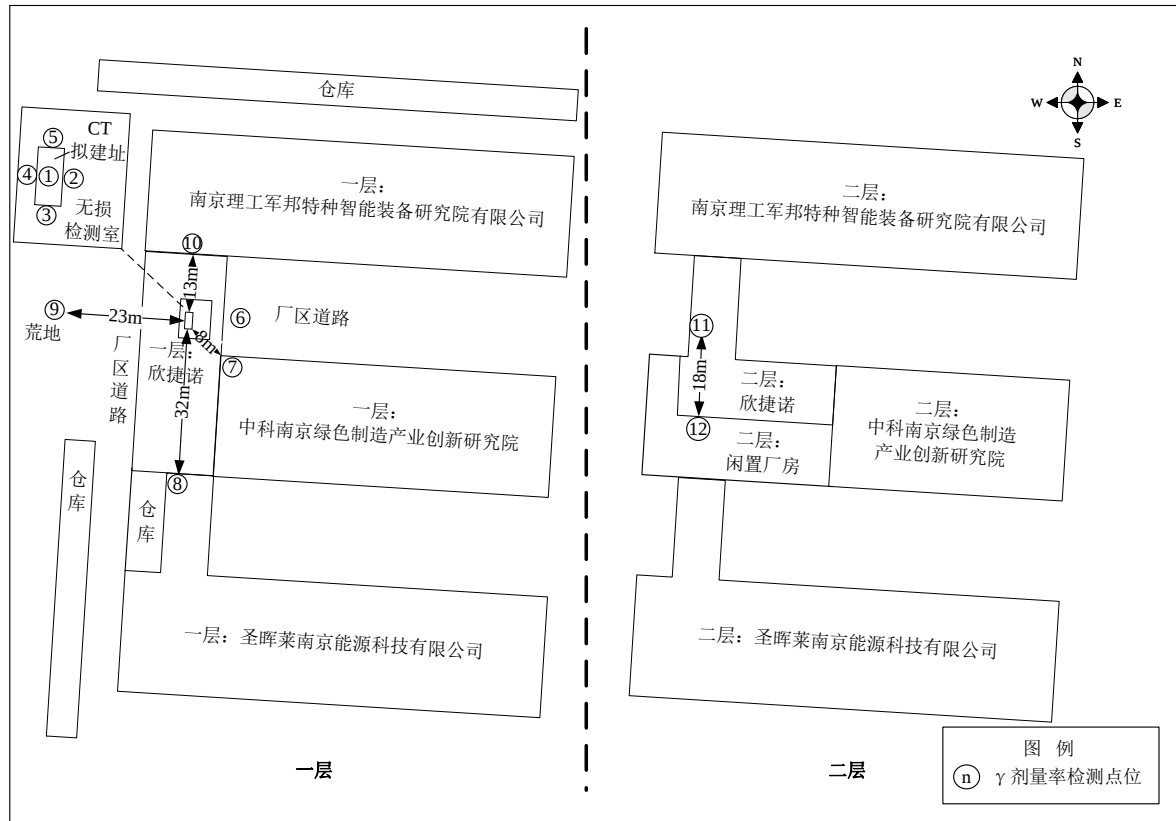


图 8-2 本项目拟建址周围辐射环境检测布点示意图

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

根据检测需要，江苏欣捷诺环境工程技术有限公司拟在公司 1 楼无损检测室新建 1 台工业 X 射线断层扫描装置（型号 nanoVoxel 4000，最大管电压 225kV，最大管电流 3mA，最大功率 350W）用于石油地质勘探、考古发掘、芯片、电子线路板、传感器、连接器等封装式电子器件设备的检测、模具、发动机、模锻件等复杂机械零部件的成型和内部缺陷检测以及储能电池的封装检测、过载检测以及穿刺检测等多种领域。该检测系统位于无损检测室西侧，检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置，控制柜和操作台位于 CT 机南侧。本项目工业 CT 检测系统外观图见图 9-1。

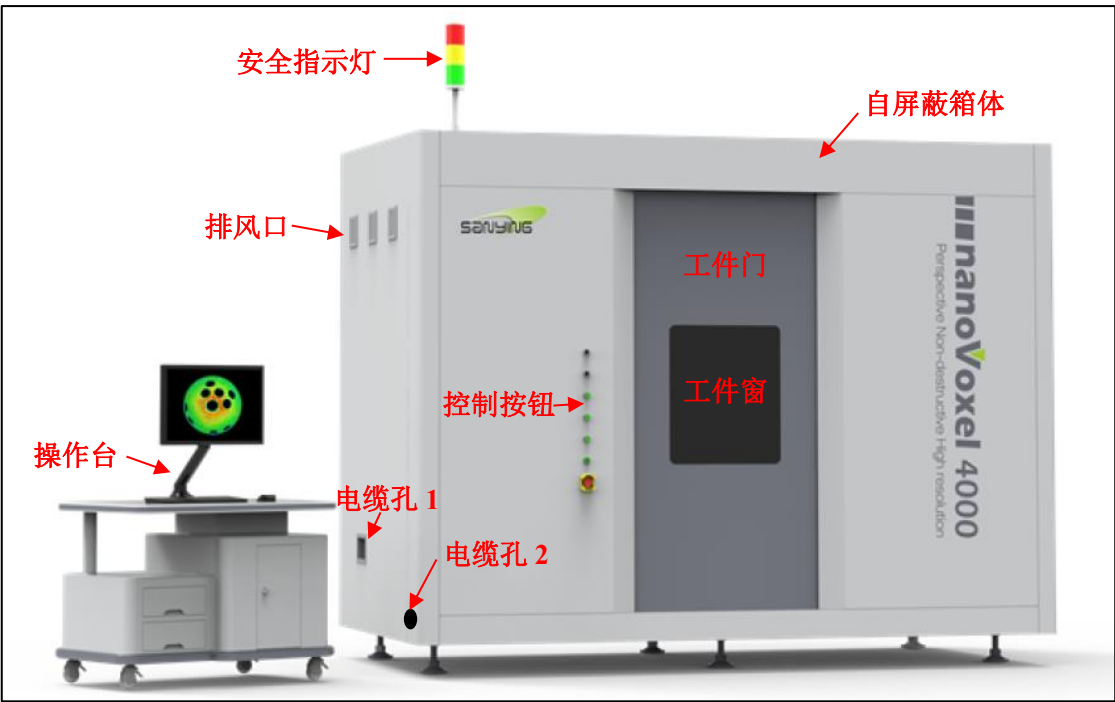


图 9-1 本项目工业 CT 检测系统外观示意图

2 工业 CT 检测系统工作原理

本项目工业用 X 射线 CT 测量装置的核心为 X 射线管，X 射线管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，阴极的灯丝发射电子。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。

X 射线工业 CT 测量装置由 X 射线管、机械扫描系统、探测系统和计算机系统等组成，由 X 射线管提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透被检工件；机械扫描系统用来实现 CT 扫描时试件的旋转或平移，以及射线源-被检工件-探测器空间位置的调整，它包括机械实现系统及电器控制系统；探测系统用来测量穿过试件的射线信号，几个放大和模数转换后送入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。

本项目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，再将这些图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，最终利用分析软件对测得的三维模型进行处理解析，而从获取全面的产品内外质量数据，有效地反映出内部结构，缺陷形状、尺寸及分布位置情况等信息。本项目工业 CT 检测系统无损扫描成像原理见图 9-2。

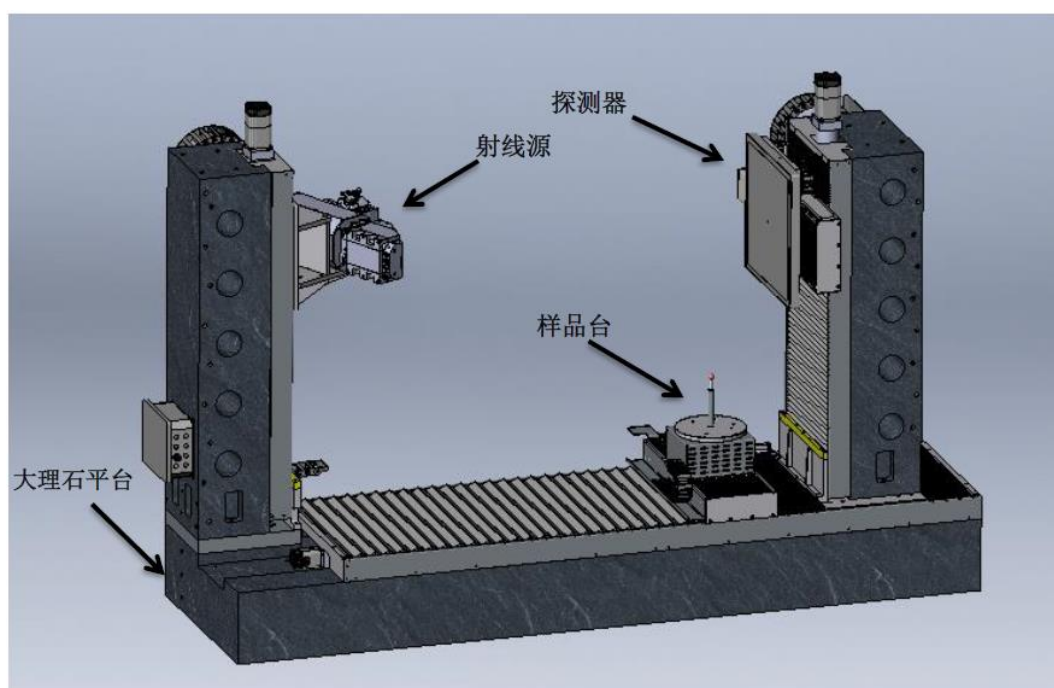


图 9-2 本项目工业 CT 检测系统无损扫描成像原理图

3 工艺流程及产污环节

本项目辐射工作人员将被测工件放置在工件载物台上，关闭防护门后，辐射工作人员在数据处理工作站进行操作，对工件外部内部特征进行高精度测量，其工作流程如下：

(1) 插入钥匙开关，开机并打开防护门，辐射工作人员将被测工件放在工件载物

台上，关闭防护门，检查辐射安全措施是否有效；

(2) 辐射工作人员在数据处理工作站通过软件调节工件台，设置电压、电流、扫描时间等参数，开始扫描；

(3) 通过显像器、数据处理工作站对工件外部内部特征进行高精度显示和数据处理；

(4) 扫描结束后X射线停止出束，开门取出工件，关机并拔出钥匙开关。

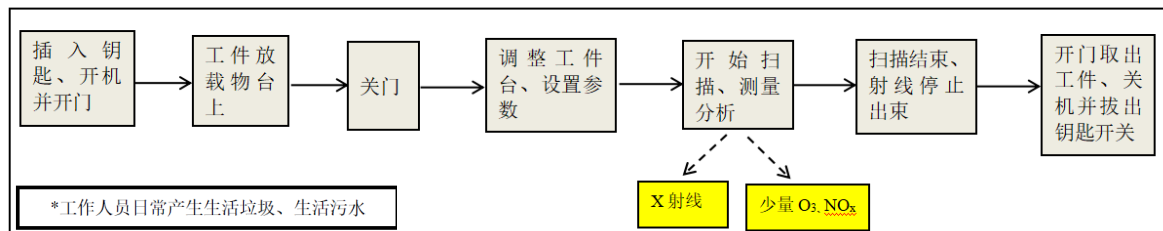


图 9-3 本项目设备工艺流程及产污环节分析示意图

4 工作人员配置及工作机制

公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，采取一班制工作制。本项目 X 射线检测系统的周开机曝光时间不超过 30 小时，年开机曝光时间不超过 1500 小时。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由 X 射线机的工作原理可知，X 射线是随 X 射线装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机扫描期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目检测期间 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：X 射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。当本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 检测系统用 3mm 铝滤过时，根据设计单位提供的数据，可知 1m 处的输出量为 $2.6 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。（当额定功率开机电压 225kV 时，最大管电流为 1.56mA）

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 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，本项目 X 射线探伤机距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

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。射线经散射后，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 2，可知 225kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 kV 值为 200kV。详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目工业 CT 检测系统参数一览表

装置型号	nanoVoxel 4000 型工业 CT 检测系统
最大管电压	225kV
最大管电流	3mA
额定功率	350W
滤过条件	3mm 铝
距靶点 1m 处的输出量	取 $2.6 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$
距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	取 $5000 \mu\text{Sv/h}$
90° 散射辐射最高能量相应 kV 值	取 200kV
X 射线出束角	40°

2 非放射性污染源分析

工业 CT 检测系统运行时无放射性废气、放射性废水和放射性固体废物产生。

本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由建设单位清洁人员统一收集后，交给环卫部门清运，产生的生活污水依托工业园区已有的污水管网系统进行处理。本项目工业 CT 检测系统工作时产生的 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机械排风排出后进入无损检测室，最终通过无损检测室内东墙南侧的排风机排出，进入外环境。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。

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

本项目工业 CT 检测系统包含 CT 机、控制柜及操作台，其中控制柜和操作台位于 CT 机南侧。检测系统配备的射线机主射线朝北照射，不向操作台一侧照射。本项目工业 CT 检测系统布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 CT 机实体边界作为辐射防护控制区（图 10-1 中红色方框内为控制区），在防护门外表面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。拟将无损检测室墙体围成的区域作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色方框内为监督区），并在无损检测室入口门上设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时无关人等不得进入。在控制区及监督区边界地面张贴不同颜色的警示标志。本项目工业 CT 检测系统辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

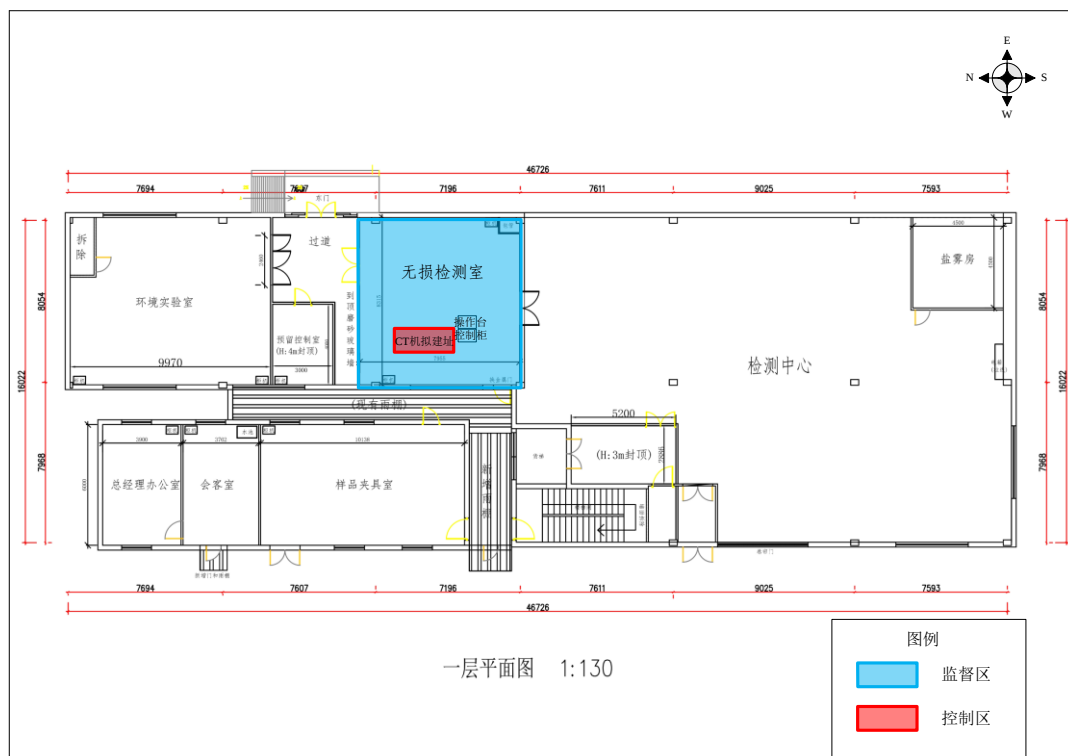


图 10-1 本项目布局及分区示意图

2 辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 检测系统的屏蔽防护设计见表 10-1（见附件 3）。

表 10-1 本项目工业 CT 检测系统屏蔽设计参数一览表

/	工业 CT 检测系统设计参数
规格尺寸（内净）	3173mm（长）×1178mm（宽）×2008.5mm（高）
主射线方向	朝北照射
东侧屏蔽墙（含东侧工件门）	14mmPb+2.5mm 钢板
东侧工件窗	10mmPb 玻璃
南侧屏蔽墙	8mmPb+2.5mm 钢板
西侧屏蔽墙	10mmPb+2.5mm 钢板
北侧屏蔽墙	15mmPb+2.5mm 钢板
底部屏蔽墙	10mmPb+2.5mm 钢板
顶部屏蔽墙	10mmPb+2.5mm 钢板
电缆孔 1	8mmPb
电缆孔 2	14mmPb
通风孔	8mmPb

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障工业 CT 检测系统安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设计相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 辐射防护措施

（1）安装门机联锁装置。防护门拟设置门机联锁装置，只有当防护门完全关闭后才能接通 X 射线管管电压。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。本项目工业 CT 检测系统应与防护门联锁。

（2）工业 CT 检测系统顶部拟设置三色工作状态指示灯及声音提示装置，用以提示“预备”和“照射”两种状态。绿、黄、红灯都不亮：仪器处于关闭状态；绿灯亮：仪器处于上电状态；绿灯灭：仪器处于断电状态；黄灯亮：箱体防护门（前工件门、后维护门）处于关闭状态，可安全开启射线源；黄灯灭：箱体防护门（前工件门、后维护门）处于开启状态，不可开启射线源；红灯闪亮：射线源处于发射 X 射线状态；红灯灭：射线源处于未发射 X 射线状态。

(3) 工业 CT 检测系统所在无损检测室内拟安装监视装置，可监视无损检测室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

(4) 防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(5) 安装紧急停机按钮。拟在工业 CT 检测系统工件门旁、控制柜及操作台上共安装 3 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

(6) 工业 CT 检测系统拟设置机械通风装置（排风扇 3 个）。

(7) 工业 CT 检测系统外部拟设置固定式辐射探测报警装置。

3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员正常使用工业 CT 检测系统时应检查防护门-机联锁装置、安全指示灯等防护安全措施。

(2) 辐射工作人员在进入无损检测室工作时，应佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪。

(3) 本项目拟配备个人剂量计 3 个、个人剂量报警仪 2 个、便携式 X- γ 辐射剂量巡测仪 1 台。

3.3 探伤设备退役措施

当工业 CT 检测系统不再使用时，应实施退役程序。

(1) 工业 CT 检测系统应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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。

4 三废治理

4.1 固体废物

本项目运行后会不产生放射性固体废物。本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由建设单位清洁人员统一收集后，交给环卫部门清运。

4.2 液体废物

本项目运行后会不产生放射性液体废物。本项目辐射工作人员产生的生活污水依

托工业园区已有的污水管网系统进行处理。

4.3 气体废物

本项目工业 CT 检测系统工作时产生的 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机械排风排出后进入无损检测室，最终通过无损检测室内东墙南侧的排风机排出，进入外环境。臭氧在常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目工业 CT 检测系统内净体积约为 7.5m^3 ，装置上部拟设置 3 个排风扇，单个风扇排风量为 $177.6\text{m}^3/\text{h}$ ，正常情况系统通风量为 $532.8\text{m}^3/\text{h}$ ，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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 检测系统为整体定制设备，设备在生产厂家生产完成后，直接运至现场进行组装，组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。但本项目施工期较短，施工量不大，对厂房周围环境影响很小，施工期结束后，施工期影响环境将随之消失。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

本项目工业 CT 检测系统型号为 nanoVoxel 4000 型，最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，最大功率 350W，主射线固定朝北照射。本次评价选取该工业 CT 检测系统在最大功率 350W（当额定功率开机电压 225kV 时，最大管电流为 1.56mA）运行时的工况进行预测。因主射线固定朝北照射，故计算时将 CT 机北侧屏蔽体按照有用线束进行预测计算，CT 机东侧（包括工件窗）、南侧、西侧、顶部按照非有用线束照射进行预测计算。本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式，计算时 X（屏蔽物质厚度）保守只取 Pb 的厚度，忽略钢板厚度。本项目工业用 X 射线 CT 测量装置 X 射线管固定于 CT 机内升降台，升降台可上下移动，到四周的距离固定，设计位置及关注点详见图 11-1。

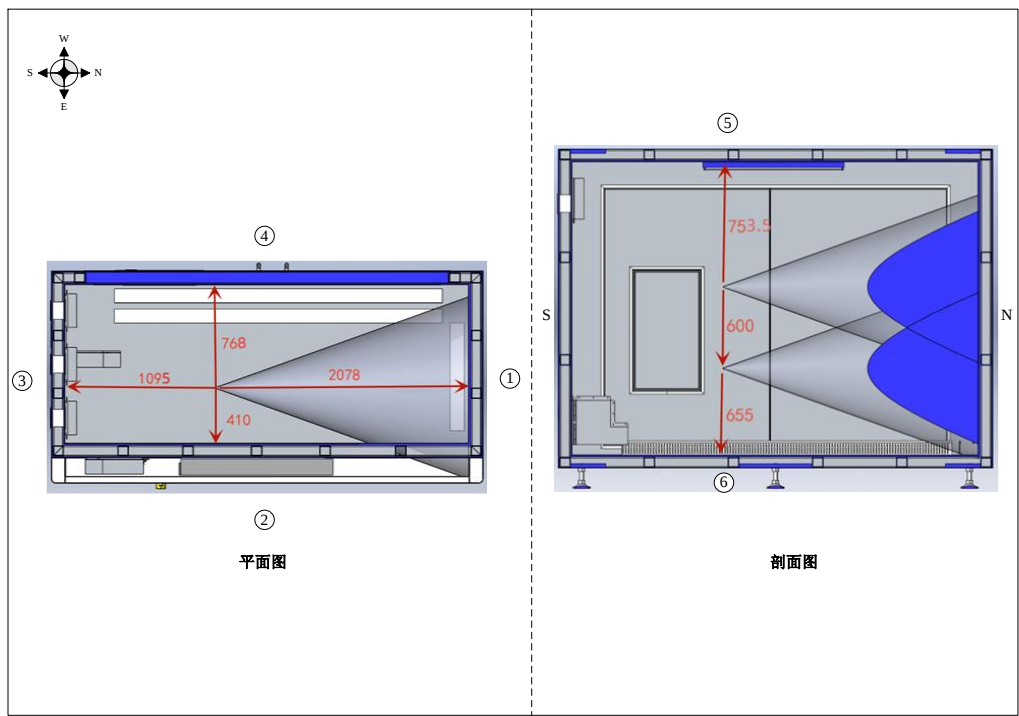


图 11-1 X 线管设计位置及关注点示意图

1.1 有用线束屏蔽效果预测

X 射线检测系统周围预测计算模式采用《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：

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

式中：

I ：X 射线检测系统在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），根据建设单位提供的设备信息，在此取 1.56mA。

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。当本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 检测系统用 3mm 铝滤过时，根据设计单位提供的数据，可知 1m 处的输出量为 $2.6 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B ：屏蔽透射因子，参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.2，采用内插法求得 225kV 管电压下铅的什值层为 2.15mm，然后按公示（2）计算得出：

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

式中：

X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

TVL ：什值层厚度，mm。

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

表 11-1 有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点	厚度* (X)	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ (mA·h)	B	R^* (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参 考控制水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评 价
① 北侧	15mmPb	1.56	2.6×10^6	1.055×10^{-7}	2.378	0.076	2.5	满 足

$R^*_{\text{北侧}} = 2.078\text{m}$ （辐射源距北侧外表面）+0.3m（北侧表面距关注点）=2.378m

从表 11-1 中预测结果可以看出，当本项目工业 CT 检测系统在管电压为 225kV，管电流为 1.56mA 的工况下，进行满功率运行时，有用线束对墙体外 30cm 处贡献的辐射剂量率为 $0.076 \mu\text{Sv/h}$ ，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。

1.2 非有用线束屏蔽效果预测

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

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{.....公式 (3)}$$

式中：

$\dot{H}$ ：关注点处剂量率，μSv/h。

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h。取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1，取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.2，采用内插法求得 225kV 管电压下铅的半值层为 2.15mm，根据公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ，计算出 B ， X 表示屏蔽体厚度。

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

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

式中：

$\dot{H}$ ：关注点处剂量率，μSv/h。

I ：X 射线检测系统在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），根据建设单位提供的设备信息，在此取 1.56mA。

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。当本项目 nanoVoxel 4000 型工业 CT 检测系统用 3mm 铝滤过时，根据设计单位提供的数据，可知 1m 处的输出量为 $2.6 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 2，可知 225kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 kV 值为 200kV。再根据表 B.2，

kV 值 200kV 对应半值层厚度 TVL 为 1.4mm，通过公式（2）进行屏蔽透射因子的计算取值，X 取值为墙体屏蔽设计厚度。

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（ $1 m^2$ ）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。

表 11-2 非有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点		②东侧/ 东侧工件	东侧工件 窗	③南侧	④西侧	⑤顶部	⑥底部
X 设计厚度（mm）		14mmPb	10mmPb	8mmPb	10mmPb	10mmPb	10mmPb
泄 漏 辐 射	B	3.079×10^{-7}	2.233×10^{-5}	1.901×10^{-4}	2.233×10^{-5}	2.233×10^{-5}	2.233×10^{-5}
	$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	5000					
	R （m）	0.71	0.71	1.395	1.068	1.0535	0.755
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	0.003	0.221	0.488	0.098	0.101	0.196
散 射 辐 射	散射后能量对应的 kV 值	200					
	B	1.0×10^{-10}	7.197×10^{-8}	1.931×10^{-6}	7.197×10^{-8}	7.197×10^{-8}	7.197×10^{-8}
	I （mA）	1.56					
	H_0 （ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ）	2.6×10^6					
	F （ m^2 ）	$F \alpha / R_0^2$ ，保守取 $\frac{1}{50}$ （取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B.4.2）					
	α						
	R_0 （m）						
	R_s （m）	0.71	0.71	1.395	1.068	1.0535	0.755
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1.61×10^{-5}	0.012	0.080	0.005	0.005	0.010
泄漏辐射和散射辐射 的复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		0.003	0.233	0.568	0.103	0.106	0.206
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

$R_{\text{东侧}}^* = 0.41\text{m}$ （辐射源距东侧外表面）+0.3m（东侧表面距关注点）=0.71m
 $R_{\text{东侧工件窗}}^* = 0.41\text{m}$ （辐射源距东侧外表面）+0.3m（东侧表面距关注点）=0.71m
 $R_{\text{南侧}}^* = 1.095\text{m}$ （辐射源距南侧外表面）+0.3m（南侧表面距关注点）=1.395m
 $R_{\text{西侧}}^* = 0.768\text{m}$ （辐射源距西侧外表面）+0.3m（西侧表面距关注点）=1.068m
 $R_{\text{顶部}}^* = 0.7535\text{m}$ （辐射源距顶部外表面）+0.3m（顶部表面距关注点）=1.0535m
 $R_{\text{底部}}^* = 0.655\text{m}$ （辐射源距底部外表面）+0.1m（底部表面距地面）=0.755m

从表 11-2 中预测结果可以看出，当本项目工业 CT 检测系统在管电压为 225kV，管电流为 1.56mA 的工况下，进行满功率运行时，非有用线束对关注点处贡献的辐射剂量率最大值为 $0.568\mu\text{Sv/h}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.3 天空反散射影响分析

本项目工业 CT 检测系统产生的辐射通过顶部面板泄漏，再经过上方空气的反散射，返回 CT 机周围的地面附近，形成附加的辐射场，这种现象称为天空反散射。天空反散射是由于顶部屏蔽不足，光子被空气反散射下来造成的，由表 11-2 估算结果可知，本项目 CT 机顶部 30cm 处辐射剂量率为 $0.106\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $0.106\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“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，基本没有附加量，产生的天空反散射对地面的辐射影响极小。

1.4 排风口辐射影响分析

根据《辐射防护导论》中第 193 页“活度为 $1.28 \times 10^{15}\text{Bq}$ 的 ^{60}Co 辐照室，迷道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”，本项目 X 射线能量及剂量率均远低于上述 ^{60}Co 辐照室。本项目 3 个排风口均位于 CT 机南侧上部，防护措施相同，排风口处安装 8mm 铅防护罩，X 射线进入排风口需要至少三次散射才能到达排风口外，到达排风口外的散射线剂量当量率已降得很低了。X 射线进入排风口散射示意图如图 11-2 所示。

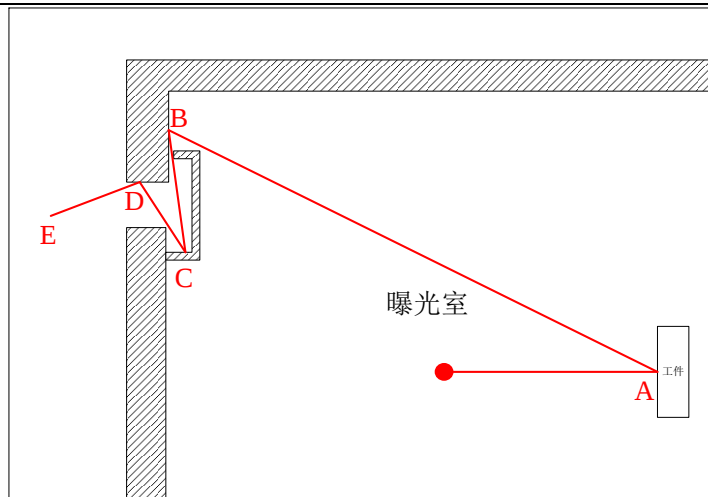


图 11-2 排风口射线散射路径示意图

1.5 电缆孔辐射影响分析

本项目工业CT检测系统电缆从装置南侧电源线孔接入，整台装置有2个电缆孔。南侧电缆孔1加装8mm铅当量防护罩，南侧电缆孔2的电缆先从东侧（东侧加装14mm铅当量防护罩）穿出自屏蔽体（箱体内部），再从南侧穿出，作为开口地方的屏蔽补偿，屏蔽保护罩将走线孔完全遮蔽，走线孔远离射线源避开射线源直照面（主射线朝北），确保电缆孔不破坏检测室的整体防护效果。

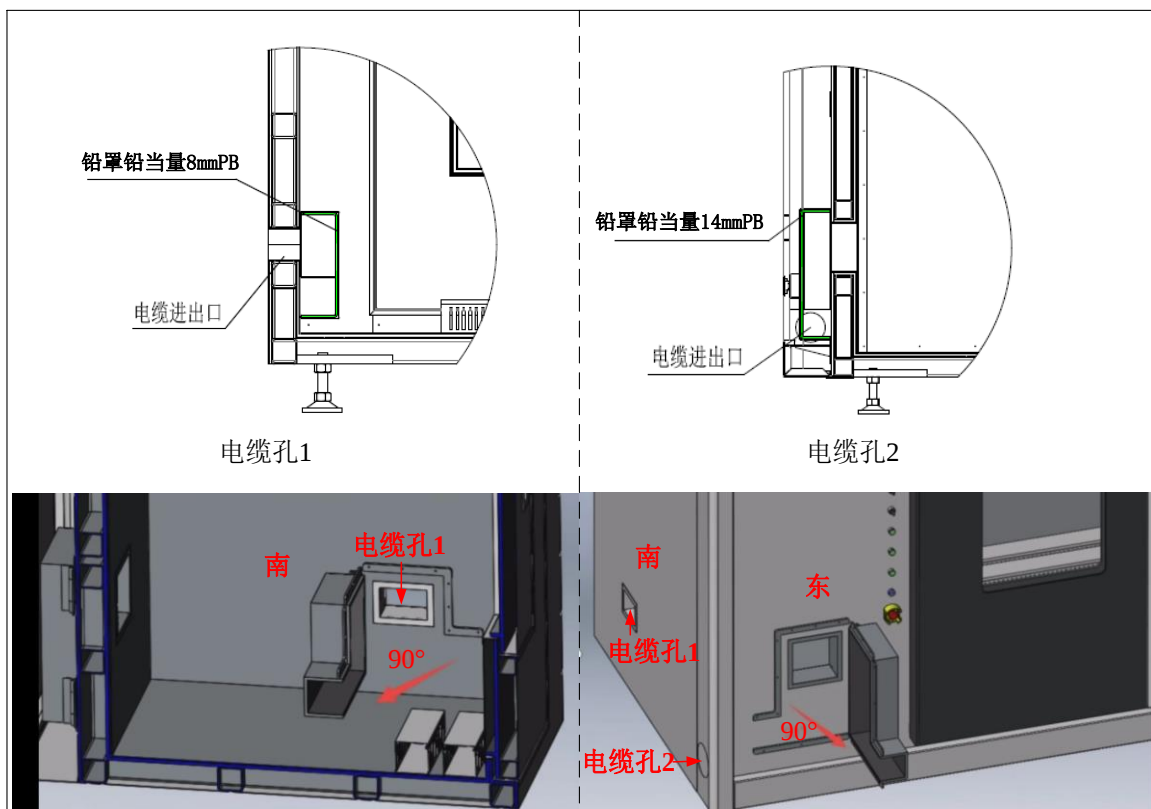


图 11-3 设备电缆走线孔补偿措施示意图

1.6 50m 范围内保护目标辐射影响分析

本项目工业 CT 检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内的仓库均无人员活动。本项目保护目标包括辐射工作人员、50m 范围厂区内其他单位工作人员、50m 范围厂区外荒地流动人员。本项目 X 射线有用线束及非有用线束方向保护目标的剂量率根据表 11-3 中列出的参数，参考公式（1）、（3）、（4）计算得出。

表 11-3 有用线束及非有用线束方向保护目标辐射剂量预测表

环境保护目标			主要影响射线种类	距检测系统距离 (m)	剂量率值 (μSv/h)
辐射工作人员	南侧操作台		漏射线+散射线	1.595	0.435
周围公众	江苏欣捷诺环境工程技术有限公司	检测中心	漏射线+散射线	5.095	0.043
		环境实验室	主射线	6.078	0.012
		2 楼拓展部	漏射线+散射线	2.754	0.015
		样品夹具室	漏射线+散射线	4.768	0.005
		会客室	漏射线+散射线	9.215	0.001
		总经理办公室	漏射线+散射线	13.215	0.001
	东侧厂区道路		漏射线+散射线	8.41	2.19×10 ⁻⁵
	东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院		漏射线+散射线	9.169	1.84×10 ⁻⁵
	南侧圣晖莱南京能源科技有限公司		漏射线+散射线	33.095	0.001
	西侧厂区道路		漏射线+散射线	10.768	0.001
	西侧荒地		漏射线+散射线	23.768	2.08×10 ⁻⁴
	北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司		主射线	15.078	0.002

$R_{\text{南侧（操作台）}}^* = 1.095\text{m}$ （辐射源距南侧外表面）+0.5m（南侧表面距关注点）=1.595m

$R_{\text{南侧（检测中心）}}^* = 1.095\text{m}$ （辐射源距南侧外表面）+4m（南侧表面距关注点）=5.095m

$R_{\text{北侧（环境实验室）}}^* = 2.078\text{m}$ （辐射源距北侧外表面）+4m（北侧表面距关注点）=6.078m

$R_{\text{西侧（样品夹具室）}}^* = 0.768\text{m}$ （辐射源距西侧外表面）+4m（西侧表面距关注点）=4.768m

$R_{\text{西北侧（会客室）}}^* = 2.215\text{m}$ （辐射源距西北侧外表面）+7m（西北侧表面距关注点）=9.215m

$R_{\text{西北侧（总经理办公室）}}^* = 2.215\text{m}$ （辐射源距西北侧外表面）+11m（西北侧表面距关注点）=13.215m

$R_{\text{顶部（2 楼拓展部）}}^* = 0.7535\text{m}$ （辐射源距顶部外表面）+2m（顶部表面距关注点） $\approx 2.754\text{m}$

$R_{\text{东侧（厂区道路）}}^* = 0.41\text{m}$ （辐射源距东侧外表面）+8m（东侧表面距关注点）=8.41m

$R_{\text{东南侧（中科南京绿色制造产业创新研究院）}}^* = 1.169\text{m}$ （辐射源距东南侧外表面）+8m（东南侧表面距关注点）=9.169m

R^* 南侧（圣晖莱南京能源科技有限公司）=1.095m（辐射源距南侧外表面）+32m（南侧表面距关注点）=33.095m
 R^* 西侧（厂区道路）=0.768m（辐射源距西侧外表面）+10m（西侧表面距关注点）=10.768m
 R^* 西侧（荒地）=0.768m（辐射源距西侧外表面）+23m（西侧表面距关注点）=23.768m
 R^* 北侧（南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司）=2.078m（辐射源距北侧外表面）+13m（北侧表面距关注点）=15.078m

从表 11-3 中预测结果可以看出，当本项目工业 CT 检测系统在管电压为 225kV，管电流为 1.56mA 的工况下，进行满功率运行时，本项目保护目标处的最大值为 0.435 μ Sv/h，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 2.5 μ Sv/h”的要求。考虑到厂房墙体、2 层楼板、树木的屏蔽及遮挡，本项目拟建址东侧、南侧、北侧及 2 楼保护目标的实际数值将会更小。

2 辐射工作人员和公众剂量估算

2.1 有效剂量估算公式

对辐射工作人员和公众的受照辐射剂量均按下式计算：

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

式中： H_c ：关注点的年剂量水平，mSv；

$\dot{H}_{c,d}$ ：关注点处剂量率， μ Sv/h；

t ：X射线管年照射时间，h；

U ：X射线管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。

2.2 有效剂量估算

根据表 11-3 估算结果代入公式（5），进行本项目辐射工作人员及 X 射线检测系统周围公众的周剂量估算及年剂量估算。

表 11-4 本项目装置周围人员周受照有效剂量估算结果一览表

关注点		使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μ Sv/h)	周剂量估算值 (μ Sv/周)	剂量约束值 (μ Sv/周)	评价
南侧操作台		1	1	0.435	13.05	100 (职业人员)	满足
江苏欣捷诺 环境工程技术 有限公司	检测中心	1	1	0.043	1.29	5 (公众)	满足
	环境实验室	1	1	0.012	0.36	5 (公众)	满足

	2 楼拓展部	1	1	0.015	0.45	5 (公众)	满足
	样品夹具室	1	1	0.005	0.15	5 (公众)	满足
	会客室	1	1/2	0.001	0.015	5 (公众)	满足
	总经理办公室	1	1	0.001	0.03	5 (公众)	满足
东侧厂区道路		1	1/8	2.19×10^{-5}	8.21×10^{-5}	5 (公众)	满足
东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院		1	1/4	1.84×10^{-5}	1.38×10^{-4}	5 (公众)	满足
南侧圣晖莱南京能源科技有限公司		1	1/4	0.001	0.008	5 (公众)	满足
西侧厂区道路		1	1/8	0.001	0.004	5 (公众)	满足
西侧荒地		1	1/8	2.08×10^{-4}	7.80×10^{-4}	5 (公众)	满足
北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司		1	1/4	0.002	0.015	5 (公众)	满足

*注：本项目工业 CT 检测系统周曝光时间最大约为 30h。

从表 11-4 中预测结果可以看出，本项目 X 射线检测系统周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 $13.050 \mu\text{Sv}$ ，公众周有效剂量最大值为 $1.29 \mu\text{Sv}$ ，均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过 $100 \mu\text{Sv}$ ，公众周有效剂量不超过 $5 \mu\text{Sv}$ 。

表 11-5 本项目装置周围人员年受照有效剂量估算结果一览表

关注点		使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年剂量估算值 (mSv/年)	剂量约束值 (mSv/年)	评价
南侧操作台		1	1	0.435	0.653	5 (职业人员)	满足
江苏欣捷诺环境工程技术有限公司	检测中心	1	1	0.043	0.065	0.1 (公众)	满足
	环境实验室	1	1	0.012	0.018	0.1 (公众)	满足
	2 楼拓展部	1	1	0.015	0.023	0.1 (公众)	满足
	样品夹具室	1	1	0.005	0.008	0.1 (公众)	满足
	会客室	1	1/2	0.001	0.001	0.1 (公众)	满足
	总经理办公室	1	1	0.001	0.002	0.1 (公众)	满足

东侧厂区道路	1	1/8	2.19×10^{-5}	4.11×10^{-6}	0.1 (公众)	满足
东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院	1	1/4	1.84×10^{-5}	6.90×10^{-6}	0.1 (公众)	满足
南侧圣晖莱南京能源科技有限公司	1	1/4	0.001	3.75×10^{-4}	0.1 (公众)	满足
西侧厂区道路	1	1/8	0.001	1.88×10^{-4}	0.1 (公众)	满足
西侧荒地	1	1/8	2.08×10^{-4}	3.90×10^{-5}	0.1 (公众)	满足
北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司	1	1/4	0.002	7.50×10^{-4}	0.1 (公众)	满足

*注：本项目 X 射线检测系统年曝光时间最大为 1500h。

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 X 射线检测系统周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.653mSv，公众年有效剂量最大值为 0.065mSv，均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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。

3 三废治理措施评价

3.1 固体废物

本项目运行后会不产生放射性固体废物。本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由建设单位清洁人员统一收集后，交给环卫部门清运。

3.2 液体废物

本项目运行后会不产生放射性液体废物。本项目辐射工作人员产生的生活污水依托工业园区已有的污水管网系统进行处理。

3.3 气体废物

本项目工业 CT 检测系统工作时产生的 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机械排风排出后进入无损检测室，最终通过无损检测室内东墙南侧的排风机排出，进入外环境。臭氧在常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目工业 CT 检测系统内净体积约为 7.5m^3 ，装置上部拟设置 3 个排风扇，单个风扇排风量为 $177.6\text{m}^3/\text{h}$ ，正常情况系统通风量为 $532.8\text{m}^3/\text{h}$ ，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。

事故影响分析

1 潜在事故分析

X 射线检测系统只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，X 射线无损检测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，导致工件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。射线装置在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

（3）二人作业，配合失误误照射。两人一起作业时，一人放置待测工件，而另外一人却仍误开机导致人员受到误照射。

（4）作业前未按规定对射线装置进行巡检，导致人员受到误照射。

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司应加强管理，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。

2 辐射事故处置方法及预防措施

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司应加强管理，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，公司拟采取以下预防措施：

（1）企业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。每次在开启 X 射线检测系统前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障情况下开机检测。

（3）辐射工作人员在进入无损检测室时，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。

（4）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 X 射线检测系统属于 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）辐射工作人员或操作人员第一时间关停射线装置的高压，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，公司将立即启动事故应急方案，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。

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 CT 无损检测使用的设备为 X 射线检测系统，属 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、辐射防护负责人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。

公司拟为本项目新增 3 名辐射工作人员（2 名辐射工作作业人员，1 名辐射防护负责人），辐射工作人员以及辐射防护负责人均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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，通过培训平台报名并参加考核，考核合格后上岗。辐射安全培训合格证书到期后将再次参加考核。公司应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。

辐射安全管理规章制度

本次项目为新建 1 台工业 X 射线断层扫描装置项目。建设单位应制定如下制度：

表 12-1 制度要求一览表

规定的制度	具体类型
成立辐射安全与环境保护管理机构的正式文件	《关于成立辐射安全与环境保护管理委员会的通知》
操作规程	《无损探伤操作规程》
岗位职责	《无损探伤人员岗位职责》
辐射防护和安全保卫制度	《射线作业安全防护管理规定》
射线装置使用登记、台帐管理制度	《射线装置使用登记、台帐管理制度》
设备检修维护制度	《设备检修维护制度》
人员培训计划	《辐射工作人员培训计划》
辐射事故应急措施	《辐射事故应急预案》
监测方案	《辐射环境监测方案》 《个人剂量监测和职业健康体检方案》

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司将尽快制定辐射安全管理制度，根据《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》的要求，辐射安全管理制度应包括：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、监测方案等。在实际工作中，公司还将不断对上述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。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、设备操作流程及操作过程中应采取的具体辐射安全措施。应补充强调使用本项目曝光过程中，辐射工作人员应尽量避免在附近停留。

辐射防护和安全保卫制度：根据公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是探伤机的运行和维修时辐射安全管理。

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。本项目辐射工作人员应持证上岗。

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。

监测方案：建设单位应针对本项目辐射工作场所制定定期监测方案，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。按照《江苏省污染防治条例》，“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环境保护、卫生部门调查处理”。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，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

设备检修维护制度：制定设备检修维护制度，明确本项目 X 射线探伤装置工作各项安全联锁装置、照射信号指示器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、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

辐射事故应急措施：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）的要求结合本项目可能发生的辐射事故完善事故应急预案，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。

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司制定以上相关管理制度，并严格按照制度执行，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

公司使用的工业 CT 检测系统属 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，对工业 CT 检测系统周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。公司将落实好监测方案，按要求地开展 X 射线检测系统年度监测任务，满足法律法规要求。公司还将为本项目辐射工作人员配备 2 台 X- γ 个人剂量报警仪。

公司将定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对本项目辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展探伤进行作业时，公司辐射安全管理人员将对工业 CT 检测系统周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；公司在设备投入使用前和维修后要进行辐射防护检测，才能投入使用；公司将对本项目辐射工作人员开展个人剂量监测，定期（三个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。同时公司还将安排辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

落实以上措施后，公司安全措施能够满足辐射安全的要求。

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，公司将针对工业CT检测系统可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

- （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）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。

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司应依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，明确建

立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，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事态应急方案，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。事故发生后公司将积极配合生态环境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

根据检测需要，江苏欣捷诺环境工程技术有限公司拟在公司 1 楼无损检测室新建 1 台工业 X 射线断层扫描装置（型号 nanoVoxel 4000，最大管电压 225kV，最大管电流 3mA，最大功率 350W）用于石油地质勘探、考古发掘、芯片、电子线路板、传感器、连接器等封装式电子器件设备的检测、模具、发动机、模锻件等复杂机械零部件的成型和内部缺陷检测以及储能电池的封装检测、过载检测以及穿刺检测等多种领域。该检测系统位于无损检测室西侧，检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置，控制柜和操作台位于 CT 机南侧。检测系统主射线方向朝北照射。本项目拟新增 3 名辐射工作人员操作该台工业 CT 检测系统，检测系统的周开机曝光时间不超过 30 小时，年开机曝光时间不超过 1500 小时。

1 实践正当性分析

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将辐射产生的影响降至尽可能小。本项目可创造更大的经济效益和社会效益，经落实辐射安全与防护管理措施后，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》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

2 辐射安全与防护分析结论

2.1 项目选址及合理性分析

江苏欣捷诺环境工程技术有限公司位于南京市江宁区天泉路 28 号麒麟智能制造产业园四号厂房西侧，四、五号厂房连廊及搭建房。公司厂区东侧为厂区道路和四号厂房（四号厂房一层为中科南京绿色制造产业创新研究院，二层为闲置厂房和中科南京绿色制造产业创新研究院），南侧为三号厂房（圣晖莱南京能源科技有限公司）和仓库，西南侧为仓库，西侧为厂区道路和荒地，北侧为五号厂房（南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司）和仓库。

本项目工业 CT 检测系统拟建于公司 1 楼无损检测室内，无损检测室南侧为检测中心，西侧依次为过道及样品夹具室，西北侧为会客室及总经理办公室，北侧依次为过道、预留控制室及环境实验室，楼上为拓展部。

本项目工业 CT 检测系统拟建址位于无损检测室内部西侧，拟建址东侧为无损检

测室内部区域，南侧为操作台，西侧及北侧均为无损检测室内部区域。

本项目工业 CT 检测系统主要包含 CT 机、控制柜及操作台，CT 机、控制柜及操作台均单独设置。检测系统拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内的仓库均无人员活动。本项目保护目标包括辐射工作人员、50m 范围该公司其他工作人员和厂区东南侧中科南京绿色制造产业创新研究院（距本项目最近约 8 米）、南侧圣晖莱南京能源科技有限公司（距本项目最近约 32 米）、北侧南京理工军邦特种智能装备研究院有限公司职员（距本项目最近约 13 米）、50m 范围厂区外荒地流动人员。

综上所述，本项目工作场所布局设计基本合理。

2.2 项目分区及布局

本项目工业 CT 检测系统包含 CT 机、控制柜及操作台，其中控制柜和操作台位于 CT 机南侧。检测系统配备的射线机主射线朝北照射，不向操作台一侧照射。本项目工业 CT 检测系统布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 CT 机实体边界作为辐射防护控制区，在防护门外表面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。拟将无损检测室墙体围成的区域作为辐射防护监督区，并在无损检测室入口门上设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时无关人等不得进入。在控制区及监督区边界地面张贴不同颜色的警示标志。本项目工业 CT 检测系统辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

2.3 辐射环境现状评价

本项目探伤室拟建址周围 γ 辐射（空气吸收）剂量率为（40~62）nGy/h 之间，处于江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射水平涨落范围内。

2.4 辐射安全措施

本项目工业 CT 检测系统拟设计安装的辐射安全装置和防护措施主要包括：安装门机联锁装置；工业 CT 检测系统设计安装指示灯及声音提示装置；工业 CT 检测系统所在无损检测室内拟安装监视装置；防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；安装紧急停机按钮；工业 CT 检测系统拟设置固定式辐射探测报警装置。

2.5 辐射安全管理

针对公司使用的工业 CT 检测系统，还需制定辐射安全管理制度。按照《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》，辐射安全管理制度应包括：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、监测方案等。在实际工作中，公司还应不断对制定的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。

根据环评提出的制度要点，进一步完善适合本公司的辐射安全管理制度，严格履行相关制度，认真落实辐射安全管理责任。本项目辐射工作人员、辐射防护负责人将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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，通过培训平台报名并参加考核，考核合格后上岗；本项目辐射工作人员将开展职业健康监护和个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案，开展职业健康监护评价，跟踪关注辐射工作人员职业健康，避免、减轻辐射职业病危害。

公司拟为本项目配备 1 台辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

3 环境影响分析结论

3.1 辐射防护影响预测

本项目工业 CT 检测系统尺寸（内净）为：3.173m（长）×1.178m（宽）×2.0085m（高）。检测系统北侧为有用线束方向，采用 15mmPb+2.5mm 钢板对 X 射线进行辐射屏蔽。检测系统东侧、南侧、西侧、底部及顶部为非有用线束方向，东侧、南侧分别采用 14mmPb+2.5mm 钢板、8mmPb+2.5mm 钢板，西侧、底部及顶部采用 10mmPb+2.5mm 钢板对 X 射线进行辐射屏蔽。

根据理论预测结果，本项目运行后，本项目工业 CT 检测系统周围的辐射剂量率能够满足《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。

3.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员及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管理目标及约束值要求：

(1) 职业人员周有效剂量不超过 100 μ Sv，公众周有效剂量不超过 5 μ Sv。

(2) 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。

3.3 三废处理处置

本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生。

本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由建设单位清洁人员统一收集后，交给环卫部门清运，产生的生活污水依托工业园区已有的污水管网系统进行处理。本项目工业 CT 检测系统工作时产生的 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机械排风排出后进入无损检测室，最终通过无损检测室内东墙南侧的排风机排出，进入外环境。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。

4 可行性分析结论

综上所述，江苏欣捷诺环境工程技术有限公司新建 1 台工业 X 射线断层扫描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，该公司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) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，本项目拿到环评批复并建设完成后，应及时申领辐射安全许可证并开展自主竣工环保验收。

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	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	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。	/
辐射安全防护措施	辐射防护措施：本项目工业 CT 检测系统尺寸（内净）为：3.173m（长）×1.178m（宽）×2.0085m（高）。检测系统北侧为有用线束方向，采用 15mm 铅板+2.5mm 钢板对 X 射线进行辐射屏蔽。检测系统东侧、南侧、西侧及顶部为非有用线束方向，东侧、南侧分别采用 14mm 铅板+2.5mm 钢板、8mm 铅板+2.5mm 钢板，西侧及顶部采用 10mm 铅板+2.5mm 钢板对 X 射线进行辐射屏蔽。	本项目 X 射线检测系统运行后，检测系统周围的辐射剂量率能够满足《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。	58 （不含设备，只包括设备中涉及到的环保配件或设施）
	辐射安全措施：安装门机联锁装置；工业 CT 检测系统设计安装指示灯及声音提示装置；工业 CT 检测系统所在无损检测室内拟安装监视装置；防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；安装紧急停机按钮；工业 CT 检测系统拟设置固定式辐射探测报警装置。	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。	
	通风设施：本项目工业 CT 检测系统内净体积约为 7.5m ³ ，装置上部拟设置 3 个排风扇，单个风扇排风量为 177.6m ³ /h，正常情况系统通风量为 532.8m ³ /h。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。	

人员配备	公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，辐射工作人员均应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核。	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。	5
	公司拟委托有资质的单位对 3 名辐射工作人员开展个人剂量检测（1 个月/次，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。		
	公司拟定期（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。		
监测仪器和防护用品	拟配备 1 台辐射剂量巡测仪和 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。	5
辐射安全管理制度	拟根据相关标准要求，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。	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、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	2
三废处置	本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生。	/	/

*上述措施须与本项目主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

表 14 审批

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