

核技术利用建设项目

无锡卡仕精密科技有限公司
扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房项目
环境影响报告表

无锡卡仕精密科技有限公司（盖章）

2025 年 9 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

无锡卡仕精密科技有限公司
扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房项目
环境影响报告表

建设单位名称：无锡卡仕精密科技有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号

邮政编码：214000

联系人：/

电子邮箱：/

联系电话：/

目录

表 1	建设项目基本概况	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	14
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	38
表 13	结论与建议	42
表 14	审批	48

表 1 建设项目基本概况

建设项目名称		无锡卡仕精密科技有限公司扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房项目					
建设单位		无锡卡仕精密科技有限公司					
法人代表姓名		邓静	联系人	/	联系电话	/	
注册地址		江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号					
项目建设地点		江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号 公司厂房北部 X-Ray II 室内					
立项审批部门		/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）		240	项目环保总投资（万元）	66	投资比例（环保投资/总投资）	27.5%	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）	控制区约 5.69；监督区约 62	
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

无锡卡仕精密科技有限公司成立于 2018 年 12 月 20 日，注册地址为江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号，公司隶属于无锡万迪动力集团，租用无锡动力工程股份有限公司厂房，租赁协议见附件 11。公司主要从事通用零部件制造，主要产品包括人工关节植入物毛坯铸件（钴铬钼），人工关节试模件毛坯铸件（不锈钢），航

空零件及其它耐高温、耐腐蚀的精密铸件。

1.2 项目规模及任务由来

根据生产检测需要，无锡卡仕精密科技有限公司拟在公司厂房北部 X-Ray II室内扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房，并拟配备 1 台 X 射线探伤机（型号为 ISOVOLT TITAN NEO 450 型，最大管电压为 450kV，最大管电流为 45mA，最大功率为 4500W（450kV，10mA）），对公司生产的铸件进行无损检测，主要检测工件直径约为 0.5m，长度约为 0.2m，厚度约为 0.1m~0.5m。工作时主射线朝底部照射。本项目拟将探伤铅房工件门朝东侧摆放在检测区内，操作台、暗室位于探伤铅房东侧。在关机状态下，操作人员需要从工件门进入探伤铅房摆放工件及贴胶片。

无锡卡仕精密科技有限公司拟新增 1 名辐射工作人员，并调配 1 名辐射工作人员负责本项目检测工作，固定式 X 射线探伤铅房的周开机曝光时间约 20 小时，年开机曝光时间约 1000 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 无锡卡仕精密科技有限公司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 mA	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	备注
1	ISOVOLT TITAN NEO 450 型 X 射线探伤机	1	450	45	II	新建探伤铅房内	拟购	主射线朝底部照射，额定功率 4500W

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 II 类射线装置，应当编制环境影响评价报告表。受无锡卡仕精密科技有限公司委托，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报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

无锡卡仕精密科技有限公司位于江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号，其地理位置图见附图 1。公司厂区东侧为无锡动力工程股份有限公司，南侧为江苏联鹏新能源装备有限公司，西侧为东盛路，北侧为胶阳路，公司平面布局图及周围环境图见附图 2。

本项目探伤铅房拟建于厂房（共三层）一层北部 X-Ray II室内，拟建址东侧为楼梯间、保密室、展厅、门厅、前台、工具间、茶水间、精密实验室、会议室、资料间、

制造质量办公室、厂区道路，南侧为预留区、设备维修间、X-Ray 档案室、质量档案室、计划物流及设备维修区、仓库区、除尘区、楼梯间、3T 货梯、车间内过道，西侧为变电所、10kV 配电室、熔炼车间、模壳清洗区、预焙烧区、危废库、震壳和树串喷砂区，北侧为厂区道路、停车场、门卫室，楼下无建筑，楼上二层为预留区、楼梯间、模具库、办公区、库房、蜡模车间，楼上三层为预留区。现有固定式 X 射线探伤铅房位于厂房一层南部，位于本项目东南侧约 96m，不会对本项目产生叠加影响。本项目所在一层厂房平面布局图见附图 3-1，厂房二层平面布局图见附图 3-2。

本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围评价范围内公众。

3 原有核技术利用项目情况

无锡卡仕精密科技有限公司已申领由无锡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[B1517]”，发证日期为 2022 年 8 月 19 日，有效期至 2027 年 8 月 18 日，许可种类和范围为“使用 II 类射线装置”。无锡卡仕精密科技有限公司辐射安全许可证正副本复印件见附件 5，现有核技术利用项目环评批复及验收意见见附件 6。

无锡卡仕精密科技有限公司现有核技术利用项目详见表 1-2。

表 1-2 无锡卡仕精密科技有限公司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	竣工环保验收情况
1	X 射线探伤机	iXRS-320 型	II 类	1	X 射线探伤铅房	锡行审投许 (2022) 56 号 2022 年 4 月 11 日	已许可 已验收 2023 年 5 月 17 日

公司按照《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，现有固定式 X 射线探伤铅房自运营以来没有发生过辐射安全事故和人员异常照射，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。公司已委托无锡国通环境检测技术有限公司开展年度环境检测（见附件 9），根据检测结果可知，公司现有固定式 X 射线探伤铅房外的周围剂量当量率均能满足相关标准的要求。

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加探伤铅房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的控制，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企业的生产需求和提高产品质量，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。

5 产业政策符合性分析

本项目不属于国家发展改革委公布的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中规定的限制类和淘汰类，不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》中项目。本项目的建设符合国家产业政策。

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	X 射线探伤机	II	1	ISOVOLT TITAN NEO 450 型	450	45	无损检测	新建探伤铅房内	主射线朝底部照射，额定功率 4500W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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	通过通风口排出到铅房外，再经厂房内自然通风及空调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
显影、定影废液	液态	/	/	约 100kg	约 1200kg	/	集中收集后暂存于厂房西北部的危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
一次、二次冲洗废水		/	/	约 450kg	约 5400kg	/	集中收集后暂存于厂房西北部的危废库内	收集贮存后交由有资质单位进行处理处置
三次冲洗废水		/	/	/	/	/	无暂存	排入城市污水管网
废胶片	固态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	收集后暂存于厂房西北部的危废库内	定期交由有资质单位处理处置
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 9 号公布，2015 年 1 月 1 日施行 (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 24 号公布实施，2018 年 12 月 29 日修订，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) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020 年修订版)，中华人民共和国 2020 年主席令第 43 号，2020 年 4 月 29 日修订，2020 年 9 月 1 日施行 (5) 《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 (6) 《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 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修订，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行 (7) 《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，自 2021 年 1 月 1 日起施行 (8) 《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 (9) 《国家危险废物名录(2025 年版)》，生态环境部令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行 (10) 《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 (11) 《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 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 (12) 《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 (13) 《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
------	---

	(14) 《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 (15) 《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 (16) 《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 (17) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订版），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 (18) 《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 (19) 《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 (20) 《江苏省自然资源厅关于无锡市锡山区生态空间管控区域优化调整方案的复函》，苏自然资函〔2022〕190 号，2022 年 1 月 27 日 (21) 《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 (22) 《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 (23)《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880 号，2023 年 10 月 10 日起施行 (24) 《江苏省生态空间管控区域调整管理办法》，苏政办发〔2021〕3 号，2021 年 2 月 1 日起施行 (25) 《省生态环境厅关于印发江苏省固体废物全过程环境监管工作意见的通知》，苏环办〔2024〕16 号，2024 年 1 月 29 日印发 (26) 《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》，苏环办〔2020〕401 号，2020 年 12 月 31 日印发 (27) 《省生态环境厅关于印发<江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）>的通知》，苏环办〔2021〕290 号，2021 年 10 月 14 日印发 (28) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部令
--	--

	第 23 号，自 2022 年 1 月 1 日起施行 (29)《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物贮存规范化管理专项整治行动方案的通知》，苏环办〔2019〕149 号，2019 年 4 月 29 日印发 (30)《省生态环境厅关于印发江苏省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序的通知》，苏环办〔2024〕110 号，2024 年 4 月 22 日印发
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) (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)《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)
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)辐射防护屏蔽设计说明（附件 3） (4)X 射线管参数说明（附件 4） (5)辐射安全许可证复印件（附件 5） (6)现有核技术利用项目环评批复及验收意见复印件（附件 6） (7)辐射环境现状检测报告复印件（附件 7） (8)辐射安全与防护培训证书复印件（附件 8） (9)年度环境检测报告复印件（附件 9） (10)个人剂量监测报告复印件（附件 10） (11)厂房租赁协议（附件 11） (12)洗片废液及废胶片安全处置承诺书（附件 12） (13)培训记录及健康体检总结报告（附件 13） (14)专家意见及修改清单（附件 14）

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固定式 X 射线探伤铅房边界外 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《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）、《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）、《江苏省自然资源厅关于无锡市锡山区生态空间管控区域优化调整方案的复函》（苏自然资函〔2022〕190 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及调整后的无锡市锡山区生态空间管控区域。本项目与江苏省生态空间管控区域位置关系图见附图 5。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。 本项目使用 X 射线进行无损检测工作，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。 本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员、探伤铅房拟建址周围 50m 范围内其他公众。					
表 7-1 本项目探伤铅房拟建址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 (mSv/a)
辐射工作人员	操作台、暗室	东侧	约 0.9m	2 人	5
公众	楼梯间	东侧	约 1.9m	流动人员	0.1
	保密室、展厅、门厅、前台、工具间、茶水间、精密试验室、会议室、资料间、制造质量办公室		约 10m	约 15 人	
	厂区道路		约 29m	流动人员	
	预留区、设备维修间、X-Ray 档案室、质量档案室、计划物流及设备维修	南侧	约 4m	约 15 人	

	区、仓库区、除尘区			
	楼梯间、3T 货梯、车间内过道		约 35m	流动人员
	变电所、10kV 配电室、熔炼车间、模壳清洗区、预焙烧区、危废库、震壳和树串喷砂区	西侧	紧邻	约 20 人
	厂区道路、停车场	北侧	约 1.8m	流动人员
	门卫室		约 33m	约 1 人
	预留区、楼梯间、模具库、办公区、库房、蜡模车间	楼上二层	约 4m	约 10 人
	预留区	楼上三层	约 8m	流动人员

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~0.3mSv）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。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》（GBZ117-2022）

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；
- b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；
- b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

(2) 固定式 X 射线探伤铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 本项目固定式 X 射线探伤铅房顶部有建筑物，因此探伤铅房顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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

本项目建设地址位于江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号，其地理位置图见附图 1。公司厂区东侧为无锡动力工程股份有限公司，南侧为江苏联鹏新能源装备有限公司，西侧为东盛路，北侧为胶阳路，公司平面布局图及周围环境图见附图 2。

本项目拟建址位于厂房北部 X-Ray II 室内，拟建址东侧为楼梯间、保密室、展厅、门厅、前台、工具间、茶水间、精密试验室、会议室、资料间、制造质量办公室、厂区道路，南侧为预留区、设备维修间、X-Ray 档案室、质量档案室、计划物流及设备维修区、仓库区、除尘区、楼梯间、3T 货梯、车间内过道，西侧为变电所、10kV 配电室、熔炼车间、模壳清洗区、预焙烧区、危废库、震壳和树串喷砂区，北侧为厂区道路、停车场、门卫室，楼下无建筑，楼上二层为预留区、楼梯间、模具库、办公区、库房、蜡模车间，楼上三层为预留区。本项目所在一层厂房平面布局图见附图 3-1，厂房二层平面布局图见附图 3-2。

本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围评价范围内公众。

本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围环境现状见图 8-1。

固定式 X 射线探伤铅房拟建址东侧 (楼梯间)	固定式 X 射线探伤铅房拟建址南侧 (预留区)

固定式 X 射线探伤铅房拟建址西侧 (变电所)	固定式 X 射线探伤铅房拟建址北侧 (厂区道路、停车场)
固定式 X 射线探伤铅房拟建址处 (一层)	固定式 X 射线探伤铅房拟建址楼上 (二层预留区)

图 8-1 本项目固定式 X 射线探伤铅房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：固定式 X 射线探伤铅房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：在固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围布置检测点位，共计 7 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：2024.10.23~2025.10.22，检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h，能量响应：48keV~
4.4MeV)

环境条件：天气：阴 温度：27.2C 湿度：66.9%RH

检测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在固定式 X 射线探伤铅房拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2025 年 7 月 30 日

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。

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，所有检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过检定，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 7。

表 8-1 本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址及周围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	本项目探伤铅房拟建址处	81.5	楼房
2	本项目探伤铅房拟建址东侧	83.9	楼房
3	本项目探伤铅房拟建址南侧	84.7	楼房
4	本项目探伤铅房拟建址西侧	83.9	楼房
5	本项目探伤铅房拟建址北侧	83.9	道路
6	本项目探伤铅房拟建址楼上二层	83.9	楼房
7	本项目探伤铅房拟建址北侧门卫室	76.1	道路

注：测量结果已扣除仪器宇宙响应值（宇宙响应值测量点位于苏州市阳澄湖湖中心），并进行了建筑物对宇宙射线的屏蔽修正；

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 本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场检测结果可知，本项目固定式 X 射线探伤铅房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（81.5~84.7）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为（76.1~83.9）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，本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围室内及室外道路检测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内及室外道路测值范围内。

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

根据生产检测需要，无锡卡仕精密科技有限公司拟在公司厂房北部 X-Ray II 室内扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房，并拟配备 1 台 X 射线探伤机（型号为 ISOVOLT TITAN NEO 450 型，最大管电压为 450kV，最大管电流为 45mA，最大功率为 4500W（450kV，10mA）），对公司生产的铸件进行无损检测，主要检测工件直径约为 0.5m，长度约为 0.2m，厚度约为 0.1m~0.5m。工作时主射线朝底部照射。本项目拟将探伤铅房工件门朝东侧摆放在检测区内，操作台、暗室位于探伤铅房东侧。在关机状态下，操作人员需要从工件门进入探伤铅房摆放工件及贴胶片。

本项目探伤铅房外壳尺寸为 2.497m 长×2.277m 宽×2.806m 高，内净尺寸为 2.088m 长×1.638m 宽×2.406m 高，体积为 8.23m³。本项目 X 射线探伤机安装在 L 型臂架，臂架可沿竖直方向移动，移动范围为 500mm。

无锡卡仕精密科技有限公司拟新增 1 名辐射工作人员，并调配 1 名辐射工作人员负责本项目检测工作，固定式 X 射线探伤铅房的周开机曝光时间约 20 小时，年开机曝光时间约 1000 小时。

本项目 X 射线机主要由 X 射线管、高压发生器、高压电缆、控制器等组成。本项目探伤铅房整体示意图见图 9-1，本项目探伤设备内部结构示意图见图 9-2，X 射线机结构图见图 9-3。

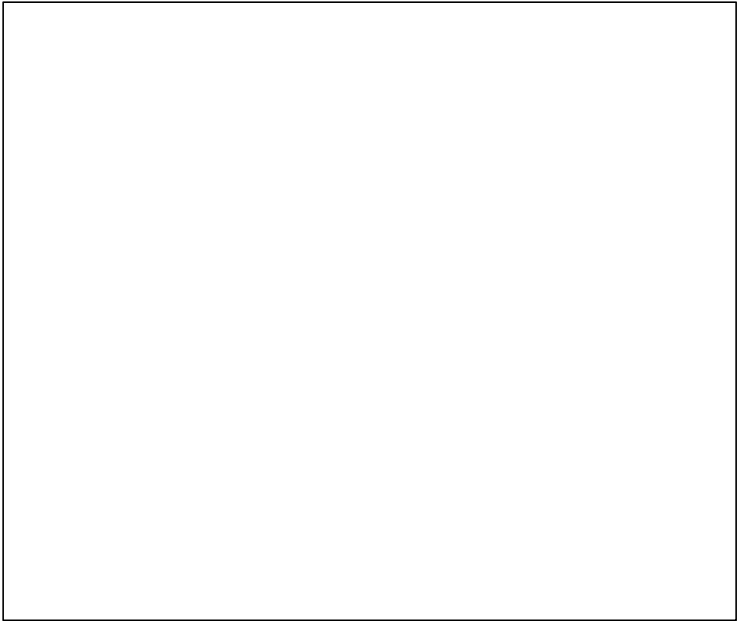


图 9-1 本项目探伤铅房整体示意图

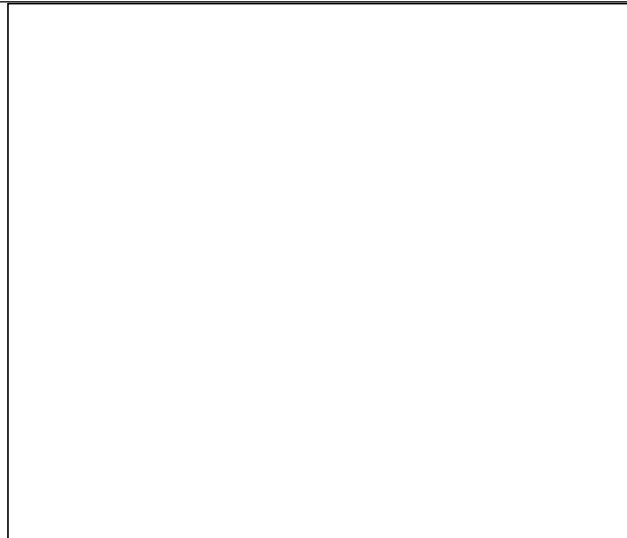


图 9-2 本项目探伤设备内部结构示意图

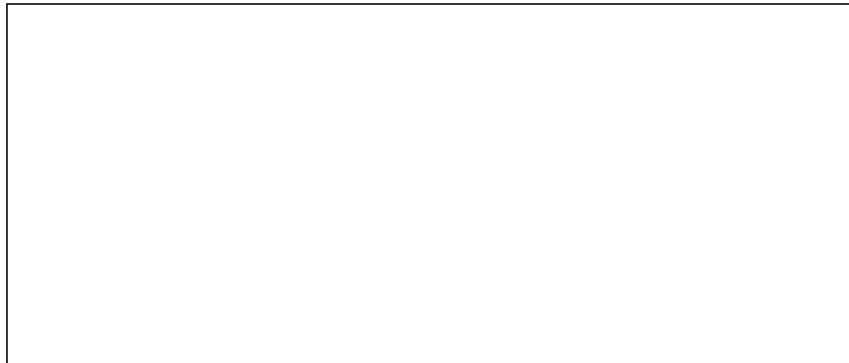


图 9-3 本项目 X 射线机结构图

2 工作原理

2.1 X 射线产生工作原理

固定式 X 射线探伤铅房核心部件是 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，阴极的灯丝热致发射电子。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。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 胶片成像工作原理

X 射线探伤，即无损 X 射线检测技术，是利用不同材料对 X 射线吸收的差异性，使胶片感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。

X 射线无损检测过程中，由于被检的铸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，底片感光量就小。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，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度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。

3 固定式 X 射线探伤工艺流程及产污环节

公司工件在工艺试验及客户或者相关标准明确要求时拟采用 X 射线进行检测，开展检测作业时，被测工件由辐射工作人员通过工件门运至探伤铅房内，由辐射工作人员在操作台处进行远距离操作，进行无损检测，其工作流程如下：

（1）检查门-机联锁装置、照射信号指示灯及其他防护安全措施是否有效，措施有效方可开始检测工作。

（2）长期不用的 X 射线探伤机使用前在探伤铅房内进行训机，以提高 X 射线管真空度，保证仪器工作稳定。将 X 射线探伤机放置在探伤铅房内合适位置，清场，确认无人后，人员离开探伤铅房，关闭工件门，辐射工作人员在操作台处开启探伤机进行训机。在训机过程中会产生 X 射线、少量 O_3 及 NO_x ；

（3）辐射工作人员将被测工件放在探伤铅房内，并在检测部位贴上感光胶片，清场、确认无人后退出探伤铅房，关闭工件门。

（4）辐射工作人员在操作台处远程控制，将探伤机出束口微调至合适位置。

（5）辐射工作人员在操作台开启 X 射线机进行无损检测，曝光过程中会产生 X 射线及少量 O_3 和 NO_x ；

（6）达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线机，曝光结束；

（7）辐射工作人员从工件门进入探伤铅房，取下胶片，将被测工件运出探伤铅房；

（8）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等，出具检测报告，底片保留存档后提供给客户。在此过程中会产生显影、定影废液、胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）及废胶片。

本项目 X 射线探伤胶片成像工作流程及产污环节分析示意图见图 9-5。



图 9-5 本项目 X 射线探伤胶片成像工作流程及产污环节分析示意图

4 工作人员配置及工作机制

公司拟新增 1 名辐射工作人员，并调配 1 名辐射工作人员负责本项目检测工作，本项目拟采用一班制工作制，固定式 X 射线探伤铅房的周开机曝光时间约 20 小时，年开机曝光时间约 1000 小时。

5 原有工艺不足及改进情况分析

公司已有的固定式 X 射线探伤铅房已取得辐射安全许可证，已建立完善的辐射安全与防护相关规章制度。根据现场调查可知，公司已有的射线装置工艺流程合理，已根据相应标准要求检测过程中采取安全防护措施。

本项目扩建的 1 台固定式 X 射线探伤铅房与已有固定式 X 射线探伤铅房工艺流程一致，不存在工艺不足情况。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由固定式 X 射线探伤铅房工作原理可知，X 射线是机器的开、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：

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 1，450kV 的 X 射线管距辐射源点（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，

根据散射能量计算公式 $E=E_0/(1+E_0/0.511\times(1-\cos\alpha))$ 得到 450kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线约为 240kV（E、E₀：分别为散射和入射 X 射线能量，单位取 MeV；α：为散射角度，本项目取 90°），保守取 250kV。

表 9-1 本项目理论预测 X 射线探伤机参数一览表

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。

本项目 X 射线探伤铅房运行过程中需进行洗片、评片作业，在进行洗片作业时会产生显影、定影废液、胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）及废胶片，显影、定影废液及废胶片属于《国家危险废物名录》（2025 年版）中的 HW16 感光材料废物（900-019-16）危险废物，胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）中含重金属，拟参照 HW16 感光材料废物（900-019-16）按危险废物进行管理处置。

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

无锡卡仕精密科技有限公司拟在公司厂房北部 X-Ray II室内扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房，包括探伤铅房和操作台，工作时主射线朝底部照射，不会照射到其它侧屏蔽体，操作台位于铅房东侧，避开了有用线束照射方向，本项目固定式 X 射线探伤铅房布局设计满足《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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制；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，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度）和联锁装置限制进入；监督区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。

图 10-1 本项目固定式 X 射线探伤铅房平面布局及分区图

本项目拟将固定式 X 射线探伤铅房作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 中红色阴影范围），在探伤铅房的工件门外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 X-Ray II室内除探伤铅房以外的区域、暗室的区域均作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影范围）。设备顶部距一层屋顶的净空高度约 0.4m>0.3m，拟将探伤铅房顶部空间作为辐射防护监督区。X-Ray II室和暗室四周边界存在实体墙作

为边界，南侧设有出入口，并设置明显的电离辐射警示标志、警告标语及表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。西侧变电所靠近探伤铅房一侧设置警戒线，并设置安全标志，禁止其他设备紧贴其墙壁。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

本项目固定式X射线探伤铅房的屏蔽防护设计见表10-1，屏蔽设计图见附图4。

表 10-1 本项目固定式 X 射线探伤铅房屏蔽设计参数一览表

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障X射线探伤机安全运行，拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《省生态环境厅关于印发江苏省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序的通知》（苏环办〔2024〕110号）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。探伤铅房工件门及检修门拟设置门机联锁装置，只有当工件门及检修门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中，工件门或检修门被意外打开时，X 射线机应能立刻停止出束。本项目探伤铅房工件门为电动门，在探伤铅房内拟设置紧急开门开关，以方便探伤铅房内部的人员在紧急情况下离开探伤铅房。

(2) 安装指示灯和声音提示装置。拟在工件门上方及铅房内西侧设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，X 射线机工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近铅房或在铅房外做不必要的逗留。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤铅房内人员安全离开，“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。

(3) 探伤铅房拟设置照射状态指示装置与 X 射线机进行联锁。

(4) 探伤铅房工件门上方及铅房内西侧拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

(5) 探伤铅房工件门外拟设置“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。

(6) 安装紧急停机按钮。拟在探伤铅房内南侧、北侧墙体处及探伤铅房外各设置 1 个紧急停机按钮，操作台处设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，使辐射工作人员处在探伤铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

(7) 操作台处拟设置钥匙开关，钥匙唯一，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线机才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(8) 拟在探伤铅房内东侧设置 1 个固定式辐射探测报警装置，操作台处拟设置对应报警灯及剂量率显示界面。

(9) 拟在探伤铅房内四周各角落均设置 1 个视频监控，以便辐射工作人员在操作台处可观察到探伤铅房内情况。

本项目固定式 X 射线探伤铅房辐射安全与防护措施分布见图 10-2。

图10-2 本项目探伤铅房辐射防护与安全措施布置图

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 要求对固定式 X 射线探伤铅房及 X 射线探伤机进行检查, 重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员正常开展固定式 X 射线探伤工作时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(3) 辐射工作人员在进入探伤铅房时, 除佩戴常规个人剂量计外, 还应携带个人剂量报警仪、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, 辐射工作人员立即退出探伤铅房, 同时防止其他人进入, 并立即向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员拟定期测量固定式 X 射线探伤铅房外周围区域的剂量率水平, 包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时, 应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(5) 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。

(6) 在每一次照射前, 操作人员都拟确认固定式 X 射线探伤铅房内部没有人员驻留并关闭工件门及检修门。只有在工件门及检修门关闭、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。

(7) 公司拟对 X 射线探伤机的设备维护负责, 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 X 射线探伤机不再使用时, 拟实施退役程序。

(1) X 射线探伤机的 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 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物, 产生的臭氧及氮氧化物通过铅房顶部通风口排入厂房, 再依托厂房内自然通风及空调通风系统排至外环境。本项目固定式 X 射线探伤铅房的铅房顶部拟设置 1 个通风口, 有效通风量为 380m³/h, 固定式 X 射线探伤铅房内净体积约为 8.23m³, 每小时有效换气次数约为 46 次, 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。臭氧常温下 50min 左右可自行分解，对周围环境影响较小。

本项目运行过程中需进行洗片、评片作业，在进行洗片作业时会产生显影、定影废液、胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）及废胶片，显影、定影废液属于《国家危险废物名录》（2025 年版）中编号为 HW16 感光材料废物（900-019-16）的危险废物，胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）中含重金属，拟参照 HW16 感光材料废物（900-019-16）按危险废物进行管理处置。公司拟与有资质单位签订危险废物处置意向协议，探伤过程中产生的显影、定影废液、胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）及废胶片在收集后拟临时贮存于公司危废库（厂房西北部），定期交由有资质单位处理处置。洗片废液及废胶片安全处置承诺书见附件 12。

本项目依托公司原有的危废库，按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的总体要求：危废库门外已设置危险废物警告标志及危险废物信息公开栏，整个危废库已根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取了必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施；已根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。危废库由专人管理，危废单独收集和贮存。

洗片产生的三次及以上冲洗废水以及辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟经过公司污水处理系统处理达标后排入城市污水管网，一般生活垃圾分类收集后将交由城市环卫部门处理，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

本项目固定式 X 射线探伤铅房建设阶段涉及的主要施工程序为 X 射线探伤机的安装、固定及探伤铅房的拼装等，施工时对环境会产生如下影响：

（1）大气：本项目在建设施工期需进行的各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

（3）固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目固定式 X 射线探伤铅房主要用于对公司生产的铸件进行无损检测，检测工件直径约为 0.5m，长度约为 0.2m，厚度约为 0.1m~0.5m。本项目固定式 X 射线探伤房拟配备 1 台 X 射线探伤机，型号为 ISOVOLT TITAN NEO 450 型，工作时主射线朝底部照射。

本次评价选取固定式 X 射线探伤铅房内 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测（最大功率 4500W 下，450kV 电压对应电流为 10mA）。由图 11-1 X 射线管示意图可知，本项目固定式 X 射线探伤铅房运行时主射线朝底部照射，X 射线管出束角度为 40°，X 射线管在竖直方向移动范围为 500mm。X 射线管距东侧屏蔽体外表面最近距离为 1139mm，距南侧屏蔽体外表面距离为 1247mm，距西侧屏蔽体外表面最近距

离 1138mm，距北侧屏蔽体外表面距离为 1250mm，距顶部屏蔽体外表面最近距离为 350mm，距底部屏蔽体外表面最近距离为 1956mm。

X 射线在竖直方向上产生的照射的最大投影范围为 $(500+1956) \text{ mm} \times \tan(40^\circ/2) = 893.9 \text{ mm}$ ，小于对应计算位置 X 射线管距离东侧、南侧、西侧、北侧屏蔽体的最近距离，因此探伤机朝底部照射时主射线不会照射到其它侧屏蔽体，故将底部屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算；将装置东侧屏蔽体（工件门）、南侧屏蔽体、西侧屏蔽体（电缆口）、北侧屏蔽体（检修门）、顶部屏蔽体（通风口）均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。

图 11-1 本项目固定式 X 射线探伤铅房计算示意图

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；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B : 屏蔽透射因子, 取值参考《辐射防护导论》(方杰著)表 3.5, 由插值法得出在 450kV 下铅的 TVL 为 9.25mm, 然后按公式 (11-2) 计算得出:

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

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

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

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) 中的表 1, 本项目取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

B : 屏蔽透射因子, 取值参考《辐射防护导论》(方杰著)表 3.5, 由插值法得出在 450kV 下铅的 TVL 为 9.25mm, 然后按公式 (11-2) 计算得出。

② 散射辐射

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

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;

B : 屏蔽透射因子, 根据散射能量计算公式 $E=E_0/(1+E_0/0.511 \times (1-\cos\alpha))$ 得

到 450kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线约为 240kV (E 、 E_0 : 分别为散射和入射 X 射线能量, 单位取 MeV; α : 为散射角度, 本项目取 90°), 保守取 250kV, 当管电压为 250kV 下铅的 TVL 值为 2.9mm, 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

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

从表 11-1 及表 11-2 中计算结果可以看出，当本项目探伤铅房内 X 射线探伤机满功率运行时，其铅房四周屏蔽体、顶部屏蔽体、底部屏蔽体、工件门、检修门、通风口、电缆口防护罩外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 2.034 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

2.2 通风口、电缆口及工件门、检修门缝隙辐射防护评价

本项目固定式 X 射线探伤铅房电缆口位于铅房西侧，通风口位于铅房顶部，电缆口外拟采用 $45\text{mmPb}+5\text{mmFe}$ 防护罩进行防护，通风口外拟采用 $35\text{mmPb}+3\text{mmFe}$ 防护罩进行防护。由表 11-1 计算结果可知，本项目探伤铅房在 X 射线探伤机满功率工况下运行时，电缆口外 30cm 处最大辐射剂量率为 $0.033\mu\text{Sv/h}$ ，通风口外 30cm 处最大辐射剂量率为 $1.947\mu\text{Sv/h}$ ，均能满足要求，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 射线经过电缆口防护铅罩、通风口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。通风口散射路径示意图见图 11-2。电缆口散射路径示意图见图 11-3。



图 11-2 通风口 X 射线散射路径示意图



图 11-3 电缆口 X 射线散射路径示意图

本项目固定式 X 射线探伤铅房工件门门洞尺寸 1046mm 宽 $\times$ 1988mm 高，工件门为电动对开门，门尺寸为 1178mm 宽 $\times$ 2124mm 高，工件门左右各搭接 66mm ，上下各搭

接 68mm，工件门与墙体之间的缝隙宽度均为 5mm，工件门与墙体重叠部分不小于工件门与墙体缝隙宽度的 10 倍；检修门左右各搭接 70mm，上下各搭接 80mm，检修门与墙体之间的缝隙宽度均为 5mm，检修门与墙体重叠部分不小于检修门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断工件门、检修门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2.3 天空、地面反散射影响分析

本项目探伤铅房内 X 射线探伤机满功率运行时，顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为 1.947 μ 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，叠加探伤铅房四周屏蔽体外最大辐射剂量率 0.033 μ Sv/h 后，关注点总剂量率约为 1.980 μ Sv/h；底部屏蔽体 30cm 处的最大辐射剂量率为 2.034 μ Sv/h，穿透底部屏蔽体后的 X 射线在经地面散射后的辐射剂量率将更低，叠加探伤铅房四周屏蔽体外最大辐射剂量率 0.033 μ Sv/h 后，关注点总剂量率约为 2.067 μ Sv/h，均能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

2.4 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，工作时分布于操作位、暗室等场所，辐射工作人员年有效剂量拟按监督区内四周最大的辐射剂量率取值计算；公众主要为固定式 X 射线探伤铅房周围 50m 范围内其他人员，本项目公众年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算，可得到保护目标处的辐射剂量率。

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

式中：H₁—距射线源点 R₁ 处的剂量率， μ Sv/h；

H₂—距射线源 R₂ 处的剂量率， μ Sv/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 本项目固定式 X 射线探伤铅房周围人员关注点位辐射剂量率

将表 11-3 计算结果代入公式（11-5），可计算得到本项目探伤铅房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 本项目固定式 X 射线探伤铅房周围人员周受照有效剂量结果评价

从表 11-4 中的计算结果可以看出，当本项目固定式 X 射线探伤铅房在满功率运行时，辐射工作人员的周有效剂量最大值为 $0.660\mu\text{Sv}$ ；公众周有效剂量最大值为 $0.760\mu\text{Sv}$ ，均能满足《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 本项目固定式 X 射线探伤铅房周围人员年受照有效剂量结果评价

从表 11-5 中的计算结果可以看出，当本项目固定式 X 射线探伤铅房周围辐射工作人员的年有效剂量最大值为 0.033mSv ；公众年有效剂量最大值 0.038mSv ，均能满

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。

3 三废治理评价

本项目 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，产生的臭氧及氮氧化物通过铅房顶部通风口排入厂房，再依托厂房内自然通风及空调通风系统排至外环境。本项目固定式 X 射线探伤铅房的铅房顶部拟设置 1 个通风口，有效通风量为 380m³/h，固定式 X 射线探伤铅房内净体积约为 8.23m³，每小时有效换气次数约为 46 次，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。臭氧常温下 50min 左右可自行分解，对周围环境影响较小。

本项目运行后产生的显影、定影废液、胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）及废胶片收集后拟临时贮存于公司危废库，定期交由有资质单位处理处置。

洗片产生的三次及以上冲洗废水以及辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟经过公司污水处理系统处理达标后排入城市污水管网，一般生活垃圾分类收集后将交由城市环卫部门处理，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

本项目固定式 X 射线探伤铅房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，导致工件门或检修门未关闭时开机工作，人员误入或误留受到误照射；或在探伤过程中，安全联锁装置失灵导致工件门被意外打开时不能立刻停止出束，造成人员误照射。

（2）由于防护门在使用过程中，与墙体、地面连接处产生破损，导致防护门处可能存在漏射线。

（3）机器调试、检修时误照射。X 射线探伤铅房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。

（4）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

2 辐射事故预防措施

无锡卡仕精密科技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）公司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 射线机前，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探伤铅房时，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。本项目拟使用的固定式 X 射线探伤铅房属于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，公司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 X 射线探伤机，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。

无锡卡仕精密科技有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司现有 5 名辐射工作人员（均已取得辐射安全培训合格证书，证书复印件见附件 8），其中 1 名人员兼职作为辐射防护负责人。公司拟新增 1 名辐射工作人员，并调配 1 名辐射工作人员负责本项目检测工作。本项目辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核，辐射防护负责人还应通过“辐射安全管理”类的线上考核，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培训平台上的线上考核后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

无锡卡仕精密科技有限公司已根据《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》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括《射线装置安全操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作人员培训制度》《辐射防护和安全保卫制度》《射线装置检修维护制度》《监测方案》《射线装置使用登记及台账管理制度》等，并严格按照管理规章制度执行。现有管理规章制度均已按要求落实，且定期开展培训（培训记录见附件 13）。公司开展辐射活动至今，现有固定式 X 射线探伤铅房在规范的程序下使用，避免了对环境产生危害性影响。

在实际工作中公司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：明确辐射工作人员的资质条件要求，明确 X 射线探伤机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 X 射线探伤机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、探伤工作人员、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：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，

重点是固定式 X 射线探伤铅房的运行和维修时辐射安全管理。

设备检修维护制度：明确 X 射线探伤机设备及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，确保固定式 X 射线探伤铅房设备与剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

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。

监测方案：制定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，对 X 射线探伤机使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对 X 射线探伤机使用进行严格管理。

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》的要求，必须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。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，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的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，在针对本项目对辐射安全管理制度进行完善后，将满足现有核技术利用项目及本项目对辐射安全管理规章制度的需求，公司能够按照辐射安全管理制度要求的辐射活动进行管理。此外，公司在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各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。

辐射监测

公司使用的 X 射线探伤机属于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，对固定式 X 射线探伤铅房周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司目前配有 1 台 DJ-5000 型辐射环境剂量巡测仪、3 台 DJ-3800 型个人剂量报警仪。公司还应为本项目配备 1 台个人剂量报警仪，方能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

公司现有固定式 X 射线探伤铅房已委托无锡国通环境检测技术有限公司开展年度环保检测（年度环境检测报告见附件 9），由检测结果可知，本单位现有固定式 X 射线探伤铅房在检测工况下运行时，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。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送常州环宇信科环境检测有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2024 年~2025 年辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 10），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，最新的健康体检总结报告见附件 13，体检结果显示现有辐射工作人员“可继续原放射工作”。公司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。

公司已于每年 1 月 31 日前上报上一年度辐射安全年度评估报告。

本项目运行后，公司拟定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对本项目固定式 X 射线探伤铅房周围环境的辐射水平进行监测；在进行检测作业时，公司拟定期对本项目固定式 X 射线探伤铅房周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；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。同时公司拟定期（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。公司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，年度评估报告内容包括核技术利用项目新建、改建、扩建和退役，辐射安全和防护设施的运行与维护，辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

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
固定式 X 射线探伤铅房	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固定式 X 射线探伤铅房周围各关注点处，如四周、顶部、底部屏蔽体外 30cm 处，每个墙面至少测 3 个点； ②工件门外 30cm 处离地高度 1m 处，门左、中、右侧 3
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	

		定期自行开展 辐射监测	1 次/季度	个点和门缝四周各一个点； ③人员操作位处； ④电缆口、通风口处； ⑤监督区周围环境保护目标处。
辐射工作 人员	个人剂量当 量	委托有资质的 单位进行	每 1 个月/次，最长 不超过 3 个月/次	/

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

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，无锡卡仕精密科技有限公司已针对现有固定式X射线探伤铅房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。

无锡卡仕精密科技有限公司已依据《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。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司还应针对本项目完善应急预案，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，公司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。事故发生后公司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

无锡卡仕精密科技有限公司位于江苏省无锡市锡山经济技术开发区胶阳路 2721 号。公司厂区东侧为无锡动力工程股份有限公司，南侧为江苏联鹏新能源装备有限公司，西侧为东盛路，北侧为胶阳路。

本项目探伤铅房拟建于厂房（共三层）一层北部 X-Ray II 室内，拟建址东侧为楼梯间、保密室、展厅、门厅、前台、工具间、茶水间、精密试验室、会议室、资料间、制造质量办公室、厂区道路，南侧为预留区、设备维修间、X-Ray 档案室、质量档案室、计划物流及设备维修区、仓库区、除尘区、楼梯间、3T 货梯、车间内过道，西侧为变电所、10kV 配电室、熔炼车间、模壳清洗区、预焙烧区、危废库、震壳和树串喷砂区，北侧为厂区道路、停车场、门卫室，楼下无建筑，楼上二层为预留区、楼梯间、模具库、办公区、库房、蜡模车间，楼上三层为预留区。

本项目固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及固定式 X 射线探伤铅房拟建址周围评价范围内公众。

1.2 项目分区及布局

本项目拟将固定式 X 射线探伤铅房作为本项目的辐射防护控制区，在探伤铅房的工件门外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 X-Ray II 室内除探伤铅房以外的区域、暗室的区域均作为辐射防护监督区。设备顶部距一层屋顶的净空高度约 $0.4\text{m} > 0.3\text{m}$ ，拟将探伤铅房顶部空间作为辐射防护监督区。X-Ray II 室和暗室四周边界存在实体墙作为边界，南侧设有出入口，并设置明显的电离辐射警示标志、警告标语及表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。西侧变电所靠近探伤铅房一侧设置警戒线，并设置安全标志，禁止其他设备紧贴其墙壁。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。

1.3 辐射安全措施

本项目探伤铅房工件门及检修门拟设置门机联锁装置，探伤铅房内拟设置紧急开门开关；拟在工件门上方及铅房内西侧设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和

声音提示装置；探伤铅房拟设置照射状态指示装置与X射线机进行联锁；探伤铅房工件门上方及铅房内西侧拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；探伤铅房工件门外拟设置“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；拟在探伤铅房内南侧、北侧墙体处及探伤铅房外各设置1个紧急停机按钮，操作台处设置1个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关；拟在探伤铅房内东侧设置1个固定式辐射探测报警装置；拟在探伤铅房内四周各角落均设置1个视频监控。

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要求对固定式X射线探伤铅房及X射线探伤机进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员正常开展固定式X射线探伤工作时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员在进入探伤铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪、便携式X- γ 剂量率仪；辐射工作人员拟定期测量固定式X射线探伤铅房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；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；在每一次照射前，操作人员都拟确认固定式X射线探伤铅房内部没有人员驻留并关闭工件门及检修门。公司拟对X射线探伤机的设备维护负责，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。

当固定式X射线探伤铅房不再使用时，拟实施退役程序。固定式X射线探伤铅房的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。

1.4 辐射安全管理

无锡卡仕精密科技有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司现有5名辐射工作人员，均已取得辐射安全培训合格证书，其中1名人员兼职作为辐射防护负责人。公司拟新增1名辐射工作人员，并调配1名辐射工作人员负责本项目检测工作。本项目辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台“X射线探伤”类考核，辐射防护负责人还应通过“辐射安全管理”类的线上考核，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

境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。公司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。

公司现有 1 台辐射环境剂量巡测仪及 3 台个人剂量报警仪，本项目拟增配 1 台个人剂量报警仪，方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

根据理论预测结果，本项目固定式 X 射线探伤铅房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

根据理论预测结果，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 100 μ Sv，公众周有效剂量不超过 5 μ Sv；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 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，产生的臭氧及氮氧化物通过铅房顶部通风口排入厂房，再依托厂房内自然通风及空调通风系统排至外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解，对周围环境影响较小。

本项目探伤过程中产生的显影、定影废液、胶片清洗废水（含一次、二次冲洗废水）及废胶片在收集后拟临时贮存于公司危废库（厂房西北部），定期交由有资质单位处理处置。

洗片产生的三次及以上冲洗废水以及辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟经过公司污水处理系统处理达标后排入城市污水管网，一般生活垃圾分类收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，无锡卡仕精密科技有限公司扩建 1 座固定式 X 射线探伤铅房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。该项目的建设符合国家产业政策，且将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益。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) 取得环评批复后企业应及时重新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	公司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		探伤铅房表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）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。	65
	本项目探伤铅房工件门及检修门拟设置门机联锁装置，探伤铅房内拟设置紧急开门开关；拟在工件门上方及铅房内西侧设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；探伤铅房拟设置照射状态指示装置与 X 射线机进行联锁；探伤铅房工件门上方及铅房内西侧拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；探伤铅房工件门外及表面醒目位置处拟设置“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；拟在探伤铅房内南侧、北侧墙体处各设置 1 个紧急停机按钮，操作台处设置 1 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关；拟在探伤铅房内东侧设置 1 个固定式辐射探测报警装置；拟在探伤铅房内四周各角落均设置 1 个视频监控。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。	
人员配备	公司现有 5 名辐射工作人员，均已取得辐射安全培训合格证书。公司拟新增 1 名辐射工作人员，并调配 1 名辐射工作人员负责本项目检测工作。辐射工作人员均应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。	定期投入

	公司拟委托有资质的单位对 1 名新增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 1 名新增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	已配备 1 台辐射环境剂量巡测仪及 3 台个人剂量报警仪，拟增配 1 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。	1
辐射安全管理制度	公司已根据《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》中相关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、设备维修制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度和事故应急预案等。公司还应针对本项目，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。

