

核技术利用建设项目

苏州市相城区有色金属铸件有限公司

新建 1 台 X 射线数字成像检测设备项目

环境影响报告表

苏州市相城区有色金属铸件有限公司

2026 年 2 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

苏州市相城区有色金属铸件有限公司

新建 1 台 X 射线数字成像检测设备项目

环境影响报告表

建设单位名称：苏州市相城区有色金属铸件有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：苏州市相城区渭塘镇西湖工业区

邮政编码：215134

联系人：

电子邮箱

联系电话：

目录

表 1 项目基本情况 1

表 2 放射源 4

表 3 非密封放射性物质 4

表 4 射线装置 4

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 5

表 6 评价依据 6

表 7 保护目标与评价标准 9

表 8 环境质量和辐射现状 12

表 9 项目工程分析与源项 16

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 44

附表 45

附图：

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目周围环境示意图

附图 3 厂区平面布置图

附图 4 项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 5 设备设计图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 营业执照

附件 3 租房协议

附件 4 核技术利用项目承诺书

附件 5 设备参数及屏蔽设计说明

附件 6 辐射环境现状检测报告及检测资质

附件 7 销售方辐射安全许可证

附件 8 辐射工作安全责任书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		苏州市相城区有色金属铸件有限公司新建 1 台 X 射线数字成像检测设备项目			
建设单位		苏州市相城区有色金属铸件有限公司			
法人代表	陈海兵	联系人		联系电话	
注册地址		苏州市相城区渭塘镇西湖工业区			
项目建设地点		苏州市相城区渭塘镇西湖工业区苏州市相城区有色金属铸件有限公司成品仓库东北角检测室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	50	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资）	20%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	20
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	/			
	项目概述： 一、建设单位基本情况、项目建设规模、目的及由来 1、建设单位基本情况 苏州市相城区有色金属铸件有限公司成立于1990年1月8日，位于苏州市相城区渭塘镇西湖工业区，租用苏州市相城区渭塘镇西湖村股份经济合作社的集体土地建设厂房进行生产。经营范围包括制造、销售：有色金属铸件、五金冲压件；机械加工。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。 2、项目建设规模、目的及由来 企业根据生产需要，拟向重庆日联科技有限公司购置1台UNC160型X射线数字成像				

检测设备（销售方辐射安全许可证编号：渝环辐证[00421]，详见附件7），最大管电压为160kV，最大管电流为3mA，最大功率480W，将其安置于成品仓库东北角检测室内，检测室占地面积20m²，用于对企业生产的铝制品进行无损检测。

本项目拟配备3名辐射工作人员（1名辐射安全管理人员、2名辐射工作人员，均参与辐射工作），单班运行，本项目建成后，X射线数字成像检测设备周开机曝光时间约5h，每年工作约50周，年开机曝光时间约为250h。

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。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中的“172 核技术利用建设项目”中的“使用Ⅱ类射线装置的”，应编制环境影响报告表。受苏州市相城区有色金属铸件有限公司委托，环评单位承担该项目的环评工作。在现场踏勘、调查的基础上，通过对有关资料的收集、整理和分析计算，根据有关规范编制了该项目的环境影响报告表，供生态环境部门审查批准。委托书见附件1，核技术利用项目承诺书见附件4。

本项目核技术应用情况见下表。

表1-1 本项目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	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	UNC160 型 X 射线数字成像检测设备	1 台	160	3	Ⅱ类	成品仓库东北角检测室	使用	本次环评	未许可	/

二、项目周边保护目标及项目选址情况

苏州市相城区有色金属铸件有限公司位于苏州市相城区渭塘镇西湖工业区（项目地理位置图见附图1），企业所在厂区东侧为苏州市求进橡塑制品厂，南侧为苏州开关三厂有限公司，西侧为苏州市相城区东吴五金配件厂，北侧为河流，隔河流为苏州市渭塘欣业塑料印刷包装厂。项目周围环境示意图见附图2。

本项目新建的1台X射线数字成像检测设备位于企业成品仓库东北角检测室内，检测室为单层结构，无地上、地下建筑，检测室东侧为办公楼，南侧、西侧均为成品仓库，北侧为质控室。本项目50m评价范围内涉及企业成品仓库、质控室、办公楼、门卫、检验车间、冲压车间、辅助车间、仓库、厂区道路、苏州事久金属制品有限公司、苏州市相城区东吴五金配件厂，主要为辐射工作人员及周围公众，无居民区、学校、医

院等环境敏感目标。本项目厂区平面布置图见附图3。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（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）、《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域管理办法的通知》（苏政办规〔2026〕1号）及《江苏省自然资源厅关于苏州市相城区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2025〕139号），本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线及生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图4。

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。

根据现场监测与环评预测，本项目的建设满足环境质量底线要求，本项目使用X射线数字成像检测设备进行无损检测工作，占用资源少，不会造成区域环境质量下降。

对照《关于印发<苏州市“三线一单”生态环境分区管控实施方案>的通知》（苏环办字〔2020〕313号）和苏州市2023年度生态环境分区管控动态更新成果公告，本项目位于渭塘镇，属于一般管控单元，对照苏州市一般管控单元生态环境准入清单，本项目不涉及违背生态环境准入清单的问题。

综上所述，本项目的建设符合江苏省及苏州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

三、实践正当性分析

本项目使用X射线数字成像检测设备对产品进行无损检测，确保产品质量。X射线检测装置的使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，但企业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。项目正常运行后，能有效提高企业产品检测能力，从环境损益和利益代价角度来说，为企业和社会创造可观的经济效益，足以抵消对环境的辐射影响。因此，本项目符合《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。

四、原有核技术利用项目情况

本项目为苏州市相城区有色金属铸件有限公司首次开展核技术利用建设项目，目前厂区内没有其他射线装置、放射源和放射性核素，尚无辐射安全许可证。

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
不涉及								

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
不涉及										

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》（GB18871-2002）。

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
不涉及										

（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 射线数字成像检测设备	II	1 台	UNC160	160	3	无损检测	成品仓库东北角检测室	射线管最大功率 480W

（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	
不涉及													

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	最终排入大气，臭氧常温下在 50min 内可自行分解为氧气，对环境影响较小
辐射工作人员产生的生活污水	液态	/	/	约 3.6m ³	约 43.2m ³	/	不暂存	通过厂区污水管道最终进入苏州市高铁新城污水处理厂处理
辐射工作人员产生的生活垃圾	固态	/	/	约 45kg	约 540kg	/	暂存	企业统一收集后交由环卫部门清运

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 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，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），中华人民共和国主席令第 24 号，2018 年 12 月 29 日施行； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日施行； (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 日施行； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行； (6) 《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； (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，2021 年 1 月 1 日施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (9) 《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； (10) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行； (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 日施行； (12) 《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 日施行； (13) 《生态环境部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 日施行；
------	---

	(15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），江苏省人大常委会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日施行； (16) 《江苏省国家级生态保护红线规划》，江苏省人民政府，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日施行； (17) 《江苏省生态空间管控区域规划》，江苏省人民政府，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日施行； (18) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域管理办法的通知》，苏政办规〔2026〕1 号，2026 年 3 月 1 日施行，有效期至 2031 年 2 月 28 日； (19)《江苏省自然资源厅关于苏州市相城区生态空间管控区域调整方案的复函》，江苏省自然资源厅，苏自然资函〔2025〕139 号，2025 年 3 月 18 日发布； (20) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日发布； (21) 《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》，江苏省生态环境厅，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 5 月 31 日印发； (22) 《省政府关于张家港市、常熟市、太仓市、昆山市、苏州工业园区、吴江区、吴中区、相城区、苏州高新区（虎丘区）国土空间总体规划（2021-2035 年）的批复》，江苏省人民政府，苏政复〔2025〕5 号，2025 年 2 月 24 日发布； (23) 《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》，江苏省生态环境厅，苏环规〔2025〕1 号，2025 年 9 月 21 日起施行。
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》（HJ 10.1-2016）； (3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (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》（GB 18871-2002）； (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）及第 1 号修改单； (8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；

	(9) 《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）。
其他	附图： 附图 1 项目地理位置图 附图 2 项目周围环境示意图 附图 3 厂区平面布置图 附图 4 项目与生态空间管控区域相对位置关系图 附图 5 设备设计图 附件： 附件 1 委托书 附件 2 营业执照 附件 3 租房协议 附件 4 核技术利用项目承诺书 附件 5 设备参数及屏蔽设计说明 附件 6 辐射环境现状检测报告及检测资质 附件 7 销售方辐射安全许可证 附件 8 辐射工作安全责任书

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 本项目 X 射线数字成像检测设备为 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》(HJ 10.1-2016),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 范围。确定本项目评价范围为 X 射线数字成像检测设备实体屏蔽物(铅房)边界外 50m 区域。本项目 50m 评价范围在附图 2 上标出。
保护目标 本项目新建的1台X射线数字成像检测设备位于企业成品仓库东北角检测室内,周围 50m评价范围内涉及企业成品仓库、质控室、办公楼、门卫、检验车间、冲压车间、辅助车间、仓库、厂区道路、苏州事久金属制品有限公司、苏州市相城区东吴五金配件厂,无居民区、学校、医院等环境敏感目标,评价范围内主要为从事X射线数字成像检测设备操作的辐射工作人员及周围公众。 对照《江苏省国家级生态保护红线规划》(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)、《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域管理办法的通知》(苏政办规〔2026〕1号)及《江苏省自然资源厅关于苏州市相城区生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2025〕139号),本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线及生态空间管控区域。 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。 根据现场监测与环评预测,本项目的建设满足环境质量底线要求,本项目使用X射线数字成像检测设备进行无损检测工作,占用资源少,不会造成区域环境质量下降。 对照《关于印发<苏州市“三线一单”生态环境分区管控实施方案>的通知》(苏环办字〔2020〕313号)和苏州市2023年度生态环境分区管控动态更新成果公告,本项目位于渭塘镇,属于一般管控单元,对照苏州市一般管控单元生态环境准入清单,本项目不涉及违背生态环境准入清单的问题。 综上所述,本项目的建设符合江苏省及苏州市“三线一单”(生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单)要求。 根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标详见下表。

表7-1 本项目环境保护目标一览表						
环境保护目标名称	方位	场所名称	最近距离	保护对象	规模	环境保护要求
辐射工作人员	北侧	操作台处	紧邻	辐射工作人员	3 人	职业人员年剂量约束值 5mSv
周围公众	东侧	办公楼	1m	办公人员	约 6 人	公众人员年剂量约束值 0.1mSv
		厂区道路	29m	流动人员	不定	
		门卫	37.5m	安保人员	1 人	
		辅助车间	41m	车间工作人员	约 6 人	
		冲压车间	45m	车间工作人员	约 12 人	
		苏州事久金属制品有限公司	46m	车间工作人员	约 8 人	
	南侧	成品仓库	1.3m	成品仓库工作人员	约 2 人	
	西侧	成品仓库	1.4m	成品仓库工作人员	约 2 人	
		苏州市相城区东吴五金配件厂	14m	东吴五金配件厂工作人员	约 5 人	
	北侧	质控室	2m	质控室工作人员	约 2 人	
		检验车间	14m	车间工作人员	约 20 人	
		仓库	29m	仓库管理人员	约 2 人	

评价标准

(1) 剂量限值

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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一览表

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；

公众照射的年剂量约束值不超过 0.1mSv。

(3) 职业人员和公众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 100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/周”的要求，确定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：

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 100 μ Sv/周；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5 μ Sv/周。

(4) 关注点处周围剂量当量率参考控制水平

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：

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。

本项目铅房四周、底部屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h；本项目铅房上方无建筑、顶部人员不可达，邻近建筑物不在自辐射源点到铅房顶内表面边缘所张立体角区域内，故铅房顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平不大于 100 μ Sv/h。

(5) 辐射环境质量现状检测评价参考值

《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：测量值已扣除宇宙射线响应值；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

环境质量和辐射现状	
一、项目地理和场所位置	
本项目新建1台X射线数字成像检测设备安装于苏州市相城区渭塘镇西湖工业区苏州市相城区有色金属铸件有限公司内，企业厂区东侧为苏州市求进橡塑制品厂，南侧为苏州开关三厂有限公司，西侧为苏州市相城区东吴五金配件厂，北侧为河流，隔河流为苏州市渭塘欣业塑料印刷包装厂。企业周围环境现状见图8-1。	
	
厂区东侧	厂区南侧
	
厂区西侧	厂区北侧
图8-1 企业周围环境现状 本项目X射线数字成像检测设备位于企业成品仓库东北角检测室内，检测室为单层结构，无地下建筑，检测室东侧为办公楼，南侧、西侧均为成品仓库，北侧为质控室。检测室及周围环境现状见图8-2。	
	
检测室东侧-办公楼	检测室南侧-成品仓库

	
检测室西侧-成品仓库	检测室北侧-质控室
	
检测室现状照片	
图8-2 检测室及周围环境现状	
二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位	
评价对象：本项目检测室及周围辐射环境。	
监测因子：本项目检测室及周围环境γ辐射剂量率。	
监测点位：在检测室及周围布置监测点位，分别位于检测室及周围，共计 9 个监测点位。	
三、监测方案、质量保证措施、监测结果	
（1）监测方案	
监测项目：环境γ辐射剂量率	
监测布点：在检测室及周围布置监测点位，具体监测点位见图 8-3	
监测时间：2025 年 12 月 25 日、2026 年 4 月 3 日	
监测单位：江苏海尔森检测技术服务有限公司	
监测仪器：便携式 X-γ辐射周围剂量当量率仪（型号：FH40G+FHZ672E-10）	
仪器编号：HES053	
测量范围：1nSv/h~100μSv/h	
能量范围：48keV~6Mev	
检测环境条件：天气：晴 温度：10℃ 相对湿度：53%	
监测方法：《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标准差。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

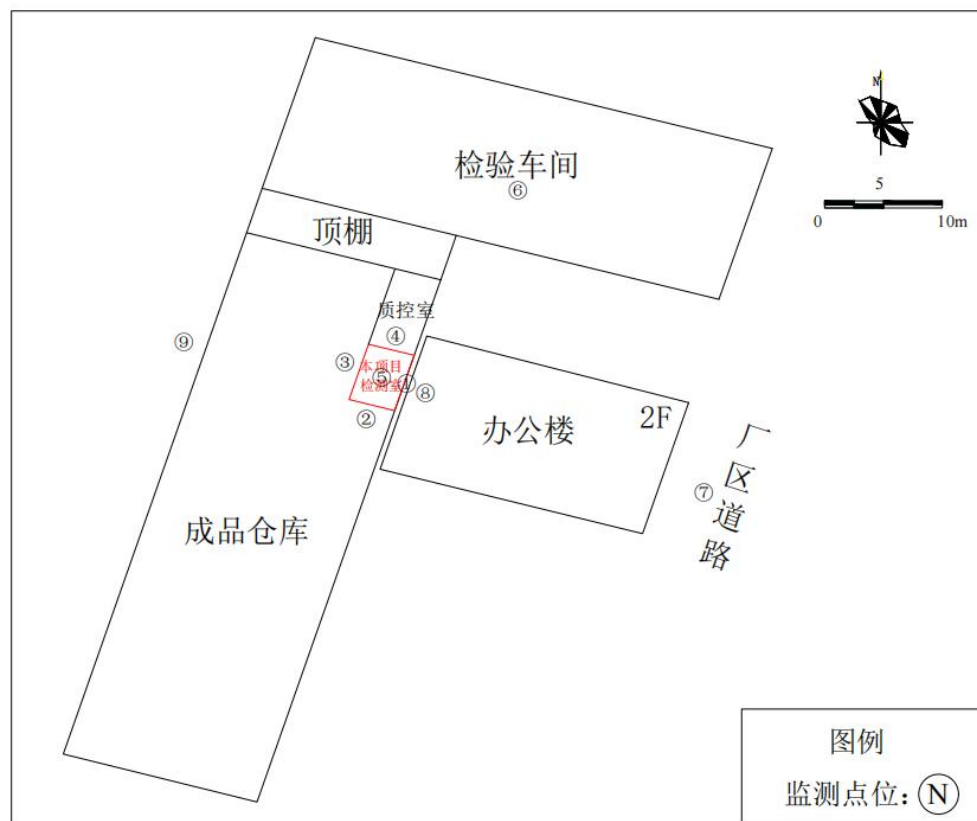


图8-3 监测点位示意图

（2）质量保证措施

检测单位（江苏海尔森检测技术服务有限公司）已通过 CMA 计量认证（证书编号：DLjl2025-12855，检定有效期：2025 年 10 月 9 日~2026 年 10 月 8 日），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；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。

（3）监测结果

本项目检测室及周围环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1，检测报告及检测单位资质证书见附件 6。

表8-1 本项目检测室及周围辐射环境现状检测结果				
序号	监测点位描述	监测结果（nGy/h）		测点位置
		平均值	标准差	
①	检测室东侧（成品仓库与办公楼中间道路）	106	2.0	道路
②	检测室南侧（成品仓库）	100	1.1	室内，平房
③	检测室西侧（成品仓库）	99.9	1.7	室内，平房
④	检测室北侧（质控室）	97.1	1.8	室内，平房
⑤	检测室中部（拟建址）	99.3	1.1	室内，平房
⑥	北侧检验车间	108	2.0	室内，平房
⑦	东侧厂区道路	98.7	1.2	道路
⑧	办公楼	100	1.2	室内，楼房
⑨	西侧相邻厂房（东吴五金配件厂）	120	2.1	道路

注：检测结果均已扣除宇宙射线响应值，宇宙射线响应值为 15.0nGy/h。已考虑建筑物对宇宙射线的屏蔽修正，楼房取 0.8、平房取 0.9、道路取 1。

四、环境现状调查结果评价

由表 8-1 的监测结果可知，本项目检测室及周围室内环境 γ 辐射剂量率在（97.1~108）nGy/h 范围内，江苏省室内环境天然 γ 辐射剂量率在（50.7~129.4）nGy/h 范围内，处于江苏省室内环境天然 γ 辐射剂量率范围内。本项目道路环境 γ 辐射剂量率在（98.7~120）nGy/h 范围内，江苏省道路环境天然 γ 辐射剂量率在（18.1~102.3）nGy/h 范围内，高于江苏省道路环境天然 γ 辐射剂量率水平涨落范围，属于正常波动范围，可能与局部建筑材料差异有关。

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 本项目使用 1 台 X 射线数字成像检测设备,拟安装于苏州市相城区渭塘镇西湖工业区苏州市相城区有色金属铸件有限公司内,该设备将工件门朝西侧进行摆放,工件门仅工件出入,人员不进入铅房。该检测设备由 X 射线探伤机、高分辨率实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元和 X 射线防护单元(铅房)、操作台、电柜门(即维修门)等组成。 (1) X 射线探伤机: X 射线探伤机采用一体射线管,它集成了高压变压器、灯丝电源、X 射线管和热转换器,成为一个紧凑、制冷和辐射遏制的模组;不仅是最轻便,体积最小的一体化射线管,而且还拥有较优秀的稳定性和可靠性;具有独立可操作的 Demo 软件,带预热及训机功能,同时带有温度超高报警停机,开射线联锁保护,关闭射线等功能。 (2) 高分辨率实时成像单元: 平板探测器具备 139μm 的清晰分辨能力,既可作为固定式平板又可作为移动平板应用。 (3) 计算机图像处理单元: 主要由计算机硬件和图像处理软件两部分组成。计算机硬件为计算机系统 1 套,含计算机主机及显示器。图像处理软件由日联科技自主开发,可进行图像调节处理、尺寸测量、双丝像质指数测量、一键增强处理等。 (4) 机械传动单元: 主要由 C 型臂检测机构、旋转载物台两部分组成。C 型臂检测机构由 2 个运动轴组成,C 型臂沿 Z 轴升降、绕 X 轴旋转。旋转载物台由 3 个运动轴组成,载物台旋转、载物台沿 X 轴运动、载物台沿 Y 轴运动。 (5) 电气控制单元: ①计算机处理系统: PLC 和计算机系统组成通讯网络,数据相互通讯调用,可在软件界面实现对各运动轴的控制,完成 CNC 全自动检测; ②安全联锁单元: 维修或紧急情况下,切断安全联锁单元,可断开射线源,各运动轴停止运动,为设备及人身安全提供保障措施; ③安全报警单元: 铅门上方安装有声光报警器,当射线开启时,声光提醒工作人员注意辐射安全; ④高压使能单元: 通过硬件钥匙开关,切断高压系统输出,使设备更加安全可靠。

（6）X 射线防护单元（铅房）

该检测设备采用铅房对 X 射线进行屏蔽，铅房外尺寸为 2160mm(长)×1950mm(宽)×2152mm(高)，内部空间尺寸 1829mm(长)×1606mm(宽)×1858mm(高)，铅门（即工件门）大小为 771mm(宽)×1755mm(高)。

①铅房防护等级：符合 GBZ 117-2022 国家标准规定的辐射防护剂量要求。

②铅房外侧为钢-铅-钢夹层结构；内壁为方管焊接而成的框架，在寿命期限内有足够的强度、刚度、稳定性、耐腐蚀性、抗疲劳性等性能，以确保试验机和操作人员的安全。

③铅房上装有吊环，易于吊车搬运，下端装有支脚，有利于叉车搬运。

④铅房顶部设有明显可见的报警灯，内部设有照明及摄像机。

⑤铅门入口设有红外线光幕，防止铅门闭合时夹伤未撤出铅门外人员。

⑥铅房内有紧急停止按钮，按下该停止按钮设备停止运行，保证维修时安全。

（7）操作台

操作台是整台设备的核心控制中枢与安全监控中心，位于设备左侧（定义设备工件门所在面为前侧），让操作人员在完全隔离辐射的安全环境下，完成对检测过程的所有操控。

（8）电柜门（即维修门）

电柜门（即维修门）位于后侧面板，里面安装了设备运行所需的电源、驱动器、控制器等各种电气元件。电柜门（即维修门）将内部的高压、大电流等危险电气元件隔离起来，防止操作人员意外触电，保护内部的精密电气元件免受外部的灰尘、异物撞击或人为误操作的影响，确保设备稳定运行。在日常检测操作中，操作人员不应打开此门；只有在设备故障或定期保养时，由专业维修人员在断电状态下开启。

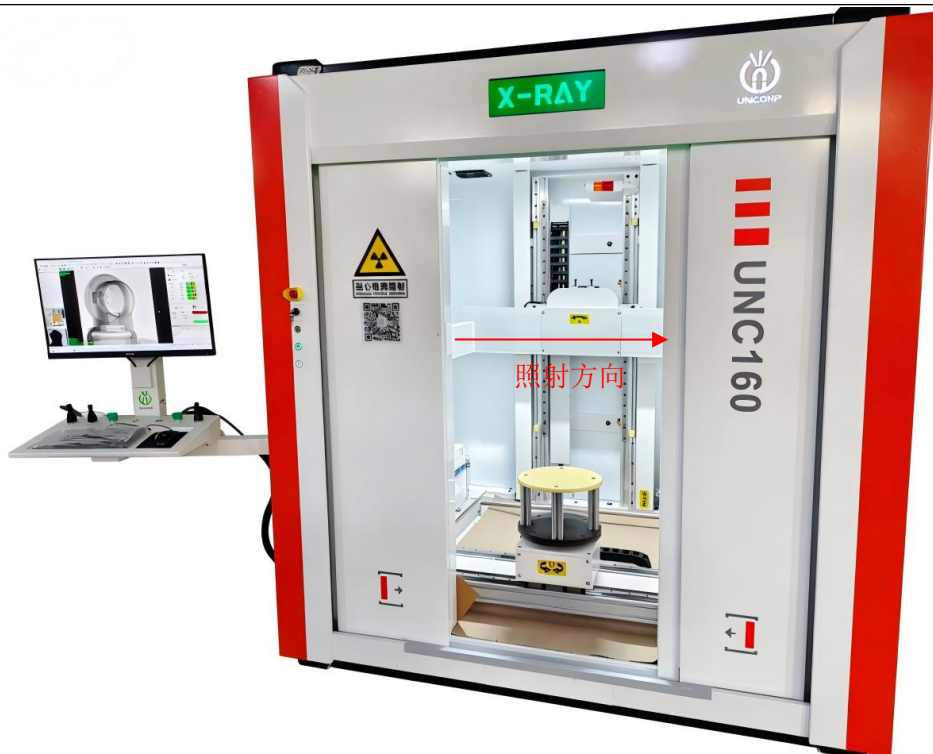


图9-1 本项目X射线数字成像检测设备外观图

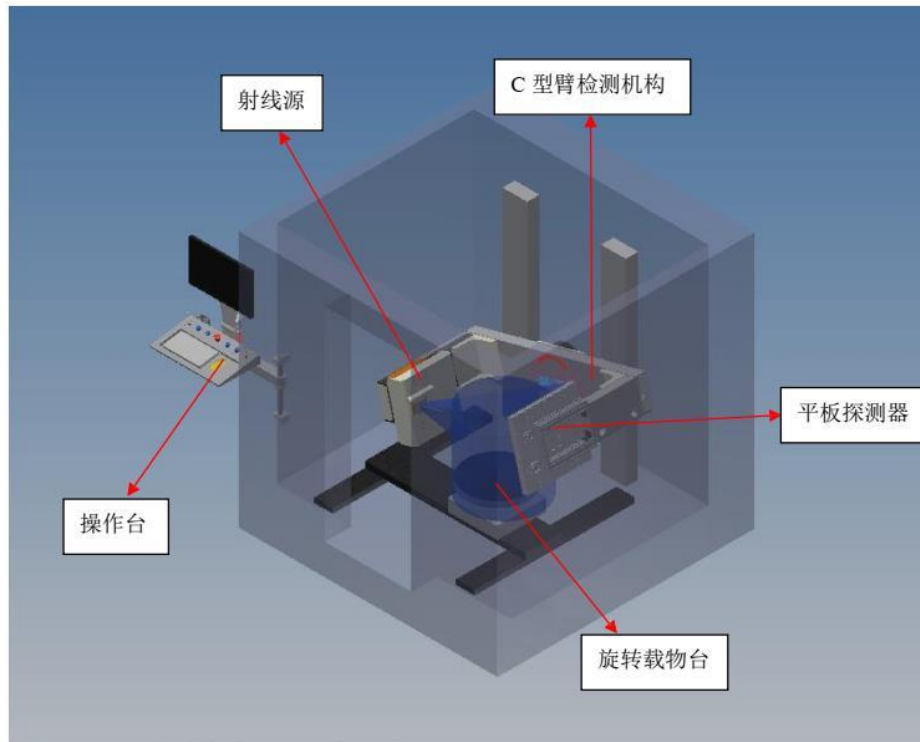


图9-2 本项目X射线数字成像检测设备内部结构图

本项目 X 射线主射线方向为从左侧朝向右侧，主射线出束角为 20° ，X 射线管上下摆动 15° ，且 X 射线管可在上下方向移动，上下方向移动范围为 800mm，距顶部屏蔽体最近距离为 510mm，距底部屏蔽体最近距离为 548mm，距左侧屏蔽体最近距离为 360mm，距右侧屏蔽体最近距离为 1469mm。本项目 X 射线管移动范围示意图见下图。

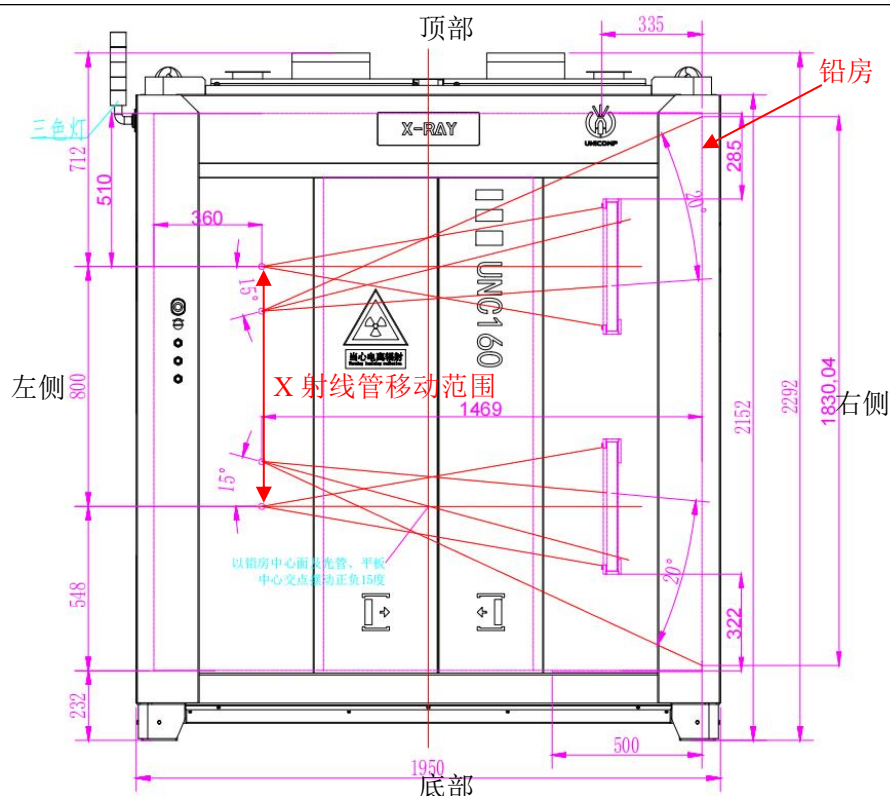


图9-3 本项目X射线管移动范围示意图（正视图）

2、工作原理

射线产生工作原理：本项目 X 射线数字成像检测设备的核心部件为 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，阴极的灯丝加热致发射电子。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，产生大量 X 射线。

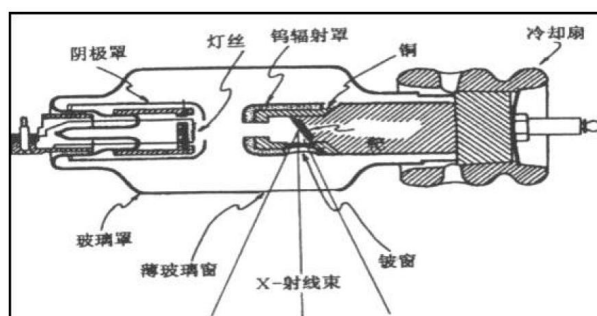


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

无损检测工作原理：X 射线数字成像检测设备以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由平板探测器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

3、工艺流程及产污环节分析

本项目 X 射线数字成像检测设备在非工作状态下不产生 X 射线，进行检测工作时接通设备高压，发射 X 射线。具体工作流程如下：

- (1) 开启设备电源及钥匙开关；
- (2) 进行曝光前辐射安全措施交叉检查，主要检查内容包括门机联锁、工作指示灯等安全设施是否正常；
- (3) 打开操作软件、设备自检；
- (4) 由工作人员把工件放到载物台上，清场，确认无人后，关闭工件门；
- (5) 设定参数；
- (6) 工作人员开启 X 射线数字成像检测设备进行无损检测，开机会发出 X 射线，并产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；
- (7) 通过操作台处的显像器对工件内部缺陷进行辨别，出具检测报告；
- (8) 检测完成后关机，确认设备停止出束后打开工件门，辐射工作人员取出检测工件；

另外，工作人员生活办公会产生生活垃圾和生活污水。

其工作流程及产污环节如下图所示：

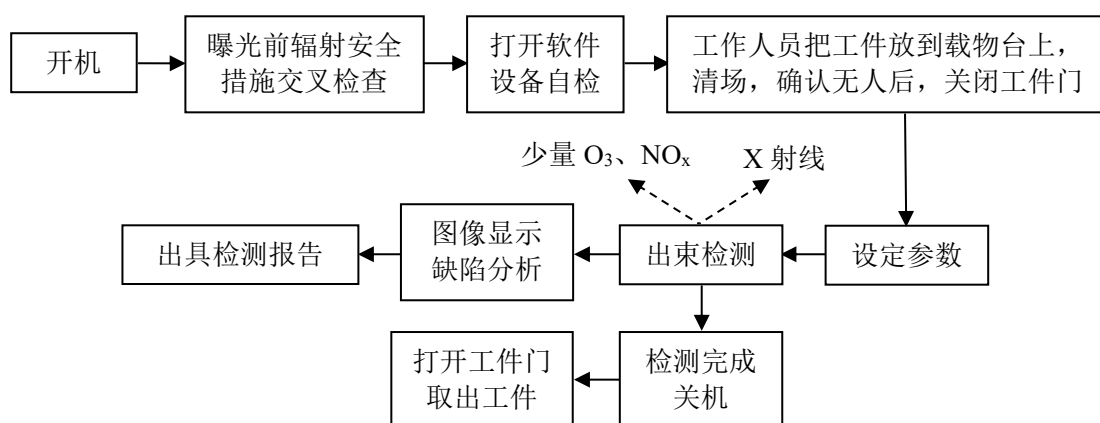


图 9-5 本项目 X 射线数字成像检测设备工作流程及产污环节图

4、人员配置和工作制度

人员配置：本项目拟配备 3 名辐射工作人员，其中 1 名辐射安全管理人员、2 名辐射工作人员，均参与辐射工作，不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

工作制度：本项目辐射工作人员实行白班单班制，每年工作约 50 周，周开机曝光时间约 5h，年开机曝光时间约 250h。

污染源项描述

1、放射性污染源分析

由 X 射线数字成像检测设备的工作原理可知,只有在设备开机并处于曝光状态时才会发出 X 射线,对装置外工作人员和周围公众产生一定外照射,因此,本项目设备在开机曝光期间的主要污染物是 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。本项目 X 射线数字成像检测设备型号为 UNC160,最大管电压为 160kV,最大管电流为 3mA,功率为 480W,射线管滤过材料为 2mm 聚醚酰亚胺,聚醚酰亚胺塑料的密度为 $1.28\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.42\text{g}/\text{cm}^3$,铝的密度为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,采用密度修正方法算得“2mm 聚醚酰亚胺”的等效铝厚度为 $(0.948 \sim 1.052)\text{mm}$ (取平均值 1mm),根据《辐射防护导论》附图 3,保守取滤过条件为 1mm 铝时 160kV 管电压条件下距 X 射线管源点 1m 处的输出量为 $25\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

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。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1,160kV 的 X 射线管距辐射源点(靶点)1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 2,160kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 150kV。

2、非放射性污染源分析

(1) 废气

本项目产生的废气主要是设备开机时 X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物,通过设备内机械式排风设施和开关工件门排到检测室内,最终经开关门窗排放至周围大气环境。本项目 X 射线数字成像检测设备的管电压、管电流较小,单次开机检测时间较短,产生的臭氧和氮氧化物较少。臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气,其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

(2) 废水

本项目 X 射线数字成像检测设备采用实时成像技术,不采用胶片冲洗工艺,运行后不产生洗片废液等放射性液体废物,辐射工作人员会产生一定量的生活污水,预计月排放量为 3.6m^3 ,年排放量为 43.2m^3 。产生的生活污水接入市政污水管网,进入苏州市高

铁新城污水厂处理。

(3) 固废

本项目运行后不产生废胶片等放射性固体废物，辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 45kg，年排放量为 540kg。产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局与分区

本项目 X 射线数字成像检测设备有操作台和铅房，操作台与铅房分开独立设置，操作台位于铅房左侧，X 射线朝向右侧照射（定义设备工件门所在面为前侧），操作台避开了有用线束直接照射，布局满足《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与探伤室分开”的要求。

本项目拟将 X 射线数字成像检测设备铅房作为本项目辐射防护控制区（图 10-1 中红色阴影区域），并在 X 射线数字成像检测设备外表面及检测室醒目位置设置电离辐射警告标志，禁止非辐射工作人员擅自操作。将检测室内的其他区域设置为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影区域），监督区拟设置实体隔断并设置门锁，钥匙由专人保管，非工作人员不得进入，监督区入口处拟设立标明监督区的标牌。本项目控制区和监督区分区示意图见图 10-1。

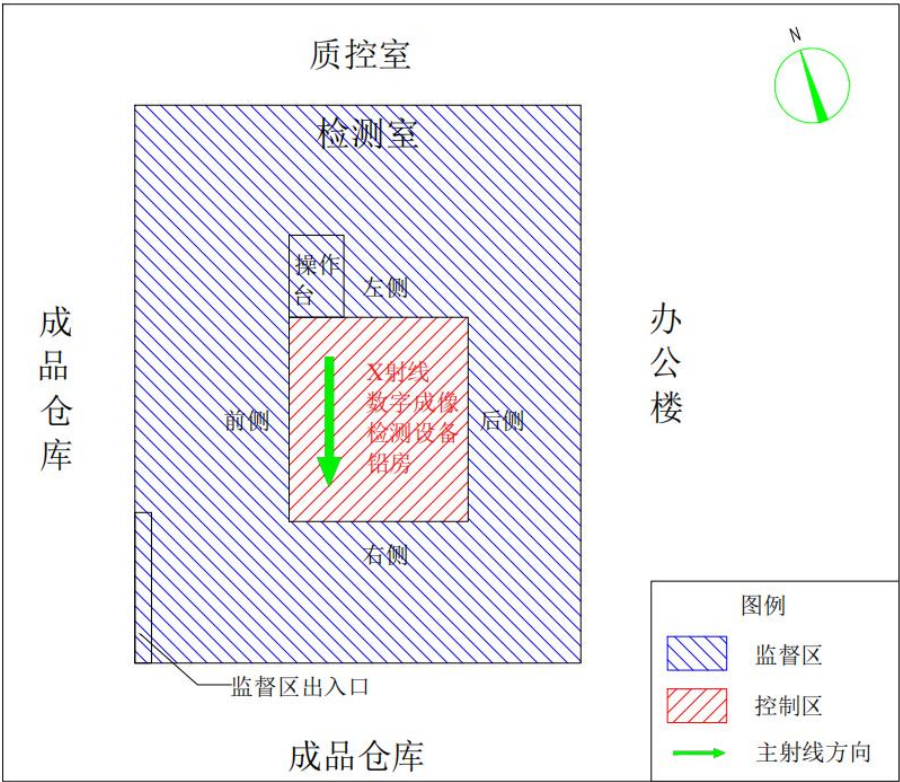


图 10-1 本项目控制区和监督区分区示意图

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》（GB 18871-2002）和《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、辐射防护屏蔽设计

本项目新建的 1 台 X 射线数字成像检测设备采用铅房对 X 射线进行屏蔽，定义装置工件门所在面为前侧，本项目装置屏蔽参数见表 10-1。

表10-1 本项目装置屏蔽参数一览表

屏蔽体方位	射线	屏蔽体材料及材料厚度
前侧	漏射线、散射线	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
后侧	漏射线、散射线	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
左侧	漏射线、散射线	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
右侧	主射线（朝右）	3mm 钢板+ 8mm 铅板+2mm 钢板
顶部	漏射线、散射线	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
底部	漏射线、散射线	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
工件进、出门形式	/	双开电动平移推拉防护门 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
排风系统防护结构	/	配备钢铅结构防护罩，防护厚度 5mm 铅板
电缆走线防护结构	/	配备钢铅结构防护罩，防护厚度 5mm 铅板

注：本项目铅房内部装有摄像头，可观察装置内部情况，无须设置观察窗。

本项目 X 射线数字成像检测设备铅房的门洞大小为 700mm（宽）×1645mm（高），工件门大小为 771mm（宽）×1755mm（高），工件门与左右搭接 35.5mm，上下搭接 55mm，中间搭接 65mm，工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度不超过 5mm，工件门与屏蔽体重叠部分不小于门与屏蔽体缝隙宽度的 10 倍。

3、辐射安全和防护措施分析

本项目将设置如下辐射安全措施：

（1）门机联锁：X 射线数字成像检测设备的防护门与 X 射线发生器出束设置门机联锁，防护门未完全关闭，铅房内部 X 射线发生器不能接通高压出束。操作期间误打开防护门时，可以立即实现 X 射线停止出束。

（2）工作状态指示灯：X 射线数字成像检测设备顶部设置 1 个三色工作状态指示灯，铅房内部设置 1 个三色工作状态指示灯。装置工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。三色工作指示灯分别为绿色、橙色和红色，其中绿色灯亮代表设备电源已开启，橙色灯亮代表 X 射线源预开启，红色灯亮代表 X 射线源打开并处于照射中。企业在醒目位置处张贴“绿色”“橙色”及“红色”信号意义的说明。出束情况下，工作指示灯将闪动并发出蜂鸣进行警示，并与设备联锁。

（3）急停按钮：铅房内及铅房外各安装 1 个急停按钮，并标明使用方法，一旦发生意外，立即按下靠近的急停按钮，X 射线机的高压即被切断，可有效地保证人员的安全。

全。

(4) 钥匙开关：铅房外设有钥匙开关，插入钥匙开机后设备方能启动，钥匙由经授权的辐射工作人员保管，非辐射工作时开关关闭，拔出钥匙，设备无法出束，钥匙由经授权的辐射工作人员保管。

(5) 监控装置：铅房内部装有摄像头，可观察装置内部情况。

(6) 固定式剂量报警装置：铅房内安装固定式剂量报警装置探头，剂量报警装置主机安装在操作台上，只要铅房内剂量超过预设剂量阈值，就会报警。

(7) 通风装置：设备采用机械通风，铅房顶部开有 2 个 $\phi 155\text{mm}$ 的换气排风口，配有轴流风机。

(8) 电离辐射警示标志：设备正面以及其他显著位置设置电离辐射警告标志。

综上所述，本项目 X 射线数字成像检测设备的设计符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中有关安全联锁、工作指示灯、警示标志、急停开关等安全设施的要求。本项目辐射安全和防护措施见图 10-2。

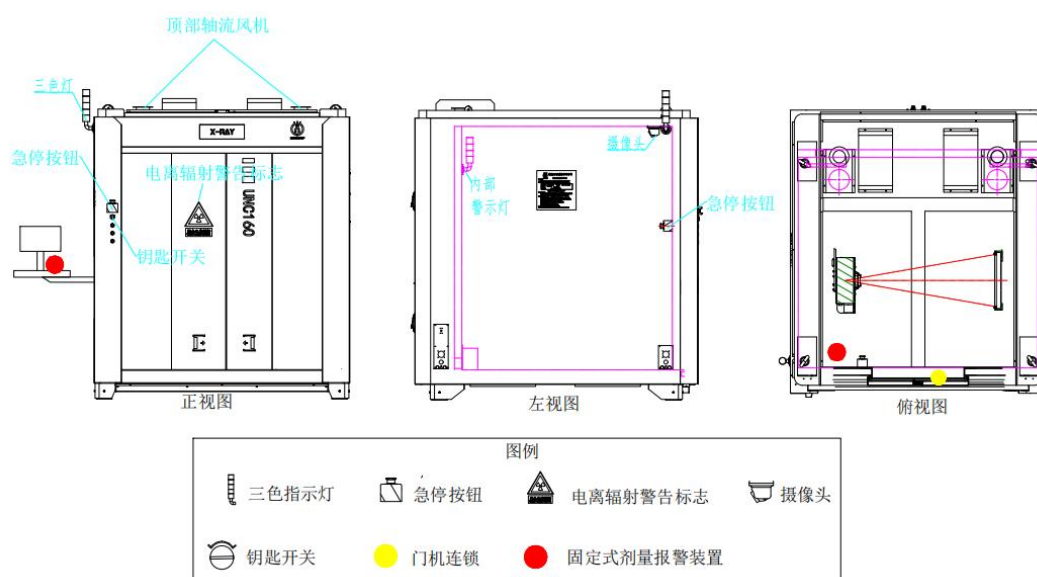


图 10-2 本项目辐射安全和防护措施示意图

4、操作防护措施分析

(1) 辐射工作人员在工作时，应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，当剂量率达到设定的报警阈值报警时，应立即停止检测工作，并立即向辐射防护负责人报告。

(2) 辐射工作人员在操作前应检查门机联锁、指示灯等安全防护措施的有效性。

(3) 辐射工作人员应定期测量 X 射线数字成像检测设备周围区域的剂量率水平，包括操作位及附近其他人员居留处。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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员使用 X-γ剂量率巡检仪前，应检查是否能正常工作。

(5) 在每一次工作前，操作人员都必须确认铅房内部没有人员驻留并关闭工件门。只有在工件门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

5、退役防护措施分析

当 X 射线数字成像检测设备不再使用，应实施退役程序，主要包括以下内容：

(1) 设备内部的 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 X 射线数字成像检测设备从现场移走后，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) 废气

本项目在无损检测工作时由于 X 射线电离空气，会产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线数字成像检测设备采用机械通风，铅房顶部开有 2 个φ155mm 的换气排风口，配有轴流风机，每个通风孔通风量为 330m³/h，通风孔设计详见图 10-4，铅房内部空间约为 5.46m³（内部尺寸 1829mm（长）×1606mm（宽）×1858mm（高）），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。

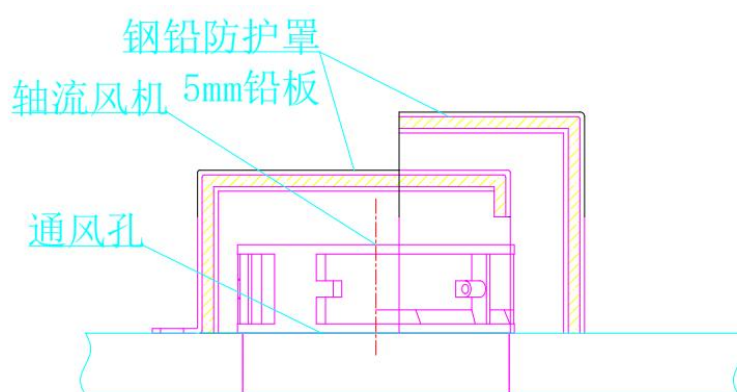


图 10-3 本项目通风孔设计示意图

(2) 废水

本项目 X 射线数字成像检测设备采用实时成像技术，不采用胶片冲洗工艺，运行后不产生洗片废液等放射性液体废物，辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排

放量为 3.6m^3 ，年排放量为 43.2m^3 。产生的生活污水接入市政污水管网，进入苏州市高铁新城污水厂处理。

（3）固废

本项目运行后不产生废胶片等放射性固体废物，辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 45kg ，年排放量为 540kg 。产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目 X 射线数字成像检测设备是整体购买设备，拟由专业供应商直接运送安装到指定区域，没有土建部分，故施工期环境影响可忽略不计。
运行阶段对环境的影响 一、运行期环境辐射水平估算 本项目 X 射线数字成像检测设备运行时主射线朝向右侧照射，主射线出束角为 20°，X 射线管上下摆动 15°，X 射线管与右侧屏蔽体距离为 1.469m，主射束在右侧屏蔽体投影范围约 1.83m，未超过右侧屏蔽体最窄尺寸 1.858m，故计算时将铅房右侧屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算，将前侧/工件门、后侧、左侧、顶部/通风口/电缆口及底部屏蔽体均按照非有用线束照射进行预测计算。本次评价选取 X 射线数字成像检测设备满功率运行时的工况进行预测，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）中的公式。 1、有用线束屏蔽效果预测公式 铅房预测计算模式采用《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： $\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{公式（11-1）}$ 式中： $\dot{H}$：关注点处剂量率，$\mu\text{Sv/h}$； I：X 射线检测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，$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$，根据表 9 项目工程分析与源项-放射性污染源分析小节计算可知，本项目距 X 射线管 1m 处的输出量为 $25\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})=25\times6\times10^4\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})=1.5\times10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$； R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m； B：屏蔽透射因子，本项目 X 射线管的靶材料为“钨靶”，从《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）表 2 查得在 160kV 下铅的半值层厚度（HVL）为 0.3mm，按公式（11-2）计算得出：

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

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 HVL 取相同的单位；

HVL：屏蔽材料的半值层厚度。

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：

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad \text{公式 (11-3)}$$

式中：

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

H_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，本项目为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，由公式（11-2）计算得出。

（2）散射辐射：

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

式中：

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

I：X 射线检测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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，本项目为 $1.5 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B：屏蔽透射因子，由公式（11-2）计算得出；

F： R_0 处的辐射野面积， m^2 ， $F = \pi \times (R_0 \times \tan 10^\circ)^2 = 3.14 \times (1.14 \times \tan 10^\circ)^2 = 0.127 \text{m}^2$ ；

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，参考 GBZ/T 250-2014 附录表 B.3，保守取 300kV 的 α_w 值，计算可得 α 取 0.0475；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 : 辐射源点（靶点）至检测工件的距离，m，本项目为 1.14m。

3、参考点的年剂量水平估算公式

本项目辐射工作人员和周围公众受照剂量预测采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

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

式中：

H_c : 参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

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

t : 检测装置年照射时间， $\text{h}/\text{周}$ 、 $\text{h}/\text{年}$ ；

U : 检测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。

二、屏蔽计算结果

1、理论计算结果

表11-1 有用线束关注点剂量率计算参数及结果表

关注点	设计厚度 $X^{(1)}$	$I(\text{mA})$	$B^{(2)}$	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$R(\text{m})^{(3)}$	$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	剂量率参考控制 水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价 结果
右侧①	8mmPb	3	9.4×10^{-9}	1.5×10^6	1.769	0.0135	2.5	满足

注：⁽¹⁾设计厚度保守不考虑 Fe 的防护；

⁽²⁾ $B=2^{-X/HVL}=2^{-8/0.3}=9.4\times 10^{-9}$ ；

⁽³⁾ $R_{\text{右侧}}=\text{出束口到铅房右侧的距离 } 1.469\text{m}+\text{参考点 } 0.3\text{m}=1.769\text{m}$ 。

表11-2 非有用线束方向屏蔽铅板屏蔽效果预测表

关注点		前侧/工件门②	后侧③	左侧④	顶部/通风口 /电缆口⑤	底部⑥
设计厚度 $X^{(1)}$		5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb
泄 漏 辐 射	HVL (mm)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	B	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv}/\text{h})$	2.5×10^3	2.5×10^3	2.5×10^3	2.5×10^3	2.5×10^3
	$R(\text{m})^{(2)}$	0.965	1.241	0.66	0.81	0.548
	$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	0.0258	0.0156	0.0551	0.0366	0.0799
散 射 辐 射	散射后能量对应的 kV 值	150kV				
	HVL (mm)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	B	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}	9.6×10^{-6}
	$I(\text{mA})$	3	3	3	3	3
	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	1.5×10^6	1.5×10^6	1.5×10^6	1.5×10^6	1.5×10^6

	F	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127
	α	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475
	R_0 (m)	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
	R_S (m)	0.74	1.015	1.8	0.585	0.322
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.0366	0.0195	0.0062	0.0586	0.1934
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		0.0624	0.0351	0.0613	0.0952	0.2733
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	100	2.5
评价结果		满足	满足	满足	满足	满足

注：⁽¹⁾设计厚度保守不考虑 Fe 的防护；

⁽²⁾ $R_{\text{前侧/工件门(漏射)}}$ = 出束口到铅房前侧的距离 0.665m + 参考点 0.3m = 0.965m；

$R_{\text{前侧/工件门(散射)}}$ = 散射体到铅房前侧的距离 0.44m + 参考点 0.3m = 0.74m；

$R_{\text{后侧(漏射)}}$ = 出束口到铅房后侧的距离 0.941m + 参考点 0.3m = 1.241m；

$R_{\text{后侧(散射)}}$ = 散射体到铅房后侧的距离 0.715m + 参考点 0.3m = 1.015m；

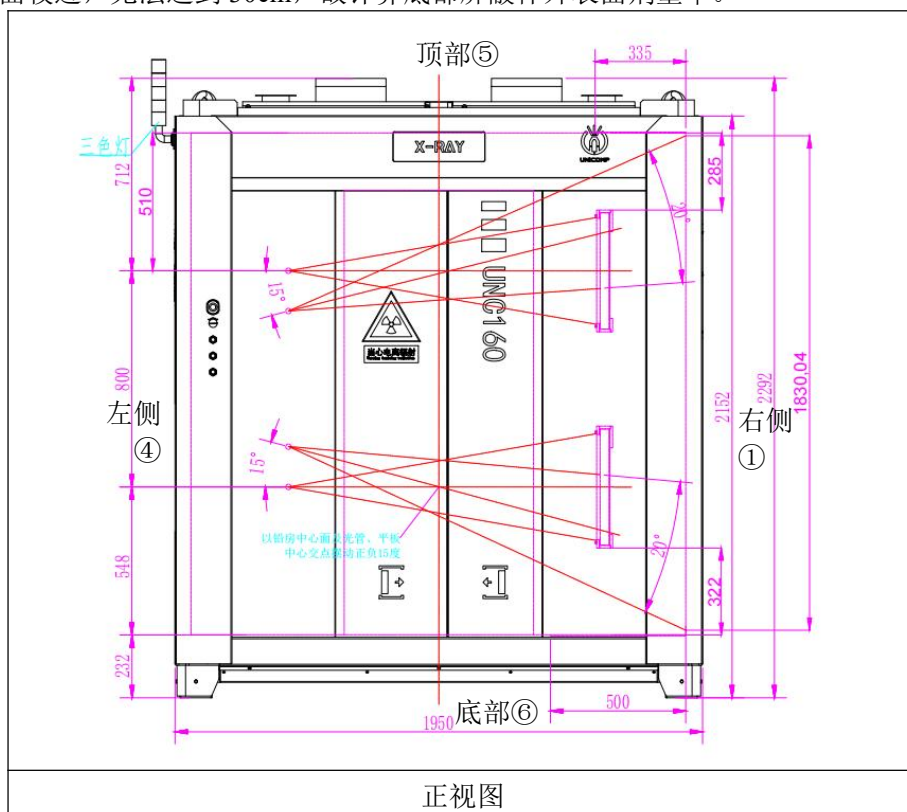
$R_{\text{左侧(漏射)}}$ = 出束口到铅房左侧的距离 0.36m + 参考点 0.3m = 0.66m；

$R_{\text{左侧(散射)}}$ = 散射体到铅房左侧的距离 1.5m + 参考点 0.3m = 1.8m；

$R_{\text{顶部/通风口/电缆口(漏射)}}$ = 出束口到铅房顶部的距离 0.51m + 参考点 0.3m = 0.81m；

$R_{\text{顶部/通风口/电缆口(散射)}}$ = 散射体到铅房顶部的距离 0.285m + 参考点 0.3m = 0.585m；

$R_{\text{底部(漏射)}}$ = 出束口到铅房底部的距离 0.548m； $R_{\text{底部(散射)}}$ = 散射体到铅房底部的距离 0.322m；设备底部因离地面较近，无法达到 30cm，故计算底部屏蔽体外表面剂量率。



员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100 μ Sv/h”的要求。

2、反散射影响分析

(1) 天空反散射

根据表 11-2 可知，本项目 X 射线数字成像检测设备满功率运行时，顶部屏蔽体上方 30cm 处最大辐射剂量率为 0.0952 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，对关注点地面公众的辐射剂量率贡献不大，因此叠加穿出 X 射线装置的辐射后关注点处辐射剂量率也能够满足评价标准要求。

(2) 底部反散射

根据表 11-2 可知，本项目 X 射线数字成像检测设备满功率运行时，底部屏蔽体外最大辐射剂量率为 0.2733 μ Sv/h，穿透底部屏蔽体后的 X 射线在经地面散射返回装置周围的辐射剂量率将更低，因此其地面反散射能够满足“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。

3、电缆口、通风口及工件门缝隙处辐射防护分析

本项目 X 射线数字成像检测设备铅房的门洞大小为 700mm（宽） $\times$ 1645mm（高），工件门大小为 771mm（宽） $\times$ 1755mm（高），工件门与左右搭接 35.5mm，上下搭接 55mm，中间搭接 65mm，工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度不超过 5mm，工件门与屏蔽体重叠部分不小于门与屏蔽体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断工件门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 X 射线数字成像检测设备铅房顶部拟分别设置电缆口及通风口，电缆口与通风口处均拟设置 5mm 铅防护罩，确保电缆口与通风口不破坏铅房的整体防护效果。从表 11-2 中预测结果可知，电缆口/通风口外 30cm 处辐射剂量率为 0.0952 μ Sv/h，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

X 射线到电缆口、通风口的散射示意图如图 11-2。根据《辐射防护导论》P189“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 射线数字成像检测设备电缆口及通风口处铅防护罩均采用迷宫式设计，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，可推断本项目电缆口及通风口辐射剂量率均能够满足标准要求。因此能够保证出入口处的辐射安全，同时本项目在进、出料耳房出入口（迷道

口) 周围 1m 范围设置了固定金属围栏, 防止人员靠近。

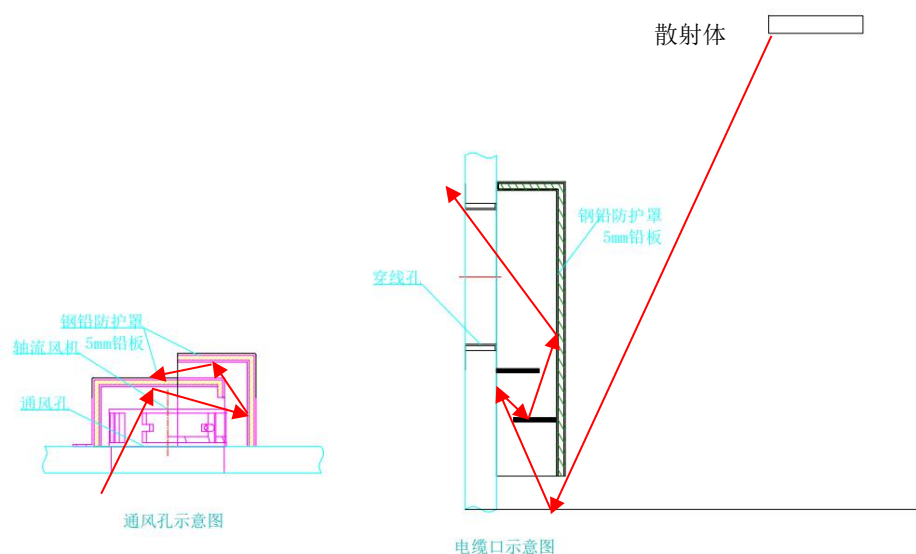


图 11-2 本项目通风口及电缆口散射示意图 (红色箭头为散射线路径)

4、年有效剂量计算

本项目辐射工作人员为 X 射线数字成像检测设备操作人员, 公众主要为检测室周围 50m 范围内其他人员。

(1) 辐射工作人员年有效剂量计算

本项目 X 射线数字成像检测设备辐射工作人员正常工作时主要位于装置前侧、左侧, 因此取装置前侧、左侧最大剂量率值 ($0.0624\mu\text{Sv/h}$) 估算辐射工作人员周/年有效剂量。设备年开机曝光时间约为 250 小时。辐射工作人员周/年有效剂量估算结果见表 11-3。

表11-3 辐射工作人员周/年有效剂量估算结果表

保护目标名称	位置	使用因子 U	居留因子 T	关注点辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周工作时间 (h)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv/周}$)	周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)	年工作时间 (h)	年剂量估算值 (mSv/年)	剂量约束值 (mSv/年)
辐射工作人员	前侧、左侧	1	1	0.0624	5	0.312	100	250	0.0156	5

注: 使用因子保守取 1。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 A.1, 全居留场所居留因子 T 取 1。

(2) 公众年有效剂量计算

公众周/年有效剂量估算结果见表 11-4。

表11-4 公众周/年有效剂量估算结果表

保护目标名称	距出口距离 (m)	距散射体距离 (m)	关注点辐射剂量率* ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因子 U	居留因子 T	周工作时间 (h)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv/周}$)	周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)	年工作时间 (h)	年剂量估算值 (mSv/年)	剂量约束值 (mSv/年)
东侧办公人员	1.941	1.715	0.013	1	1	5	0.065	5	250	0.003	0.1

东侧厂区道路流动人员	29.941	29.715	<0.001	1	1/16	5	<0.001		250	<0.001
东侧安保人员	38.441	38.215	<0.001	1	1	5	0.001		250	<0.001
东侧辅助车间工作人员	41.941	41.715	<0.001	1	1	5	<0.001		250	<0.001
东侧冲压车间工作人员	45.941	45.715	<0.001	1	1	5	<0.001		250	<0.001
东侧苏州事久金属制品有限公司工作人员	46.941	46.715	<0.001	1	1	5	<0.001		250	<0.001
南侧成品仓库工作人员	2.769	/	0.006	1	1/5	5	0.006		250	<0.001
西侧成品仓库工作人员	2.065	1.84	0.012	1	1/5	5	0.012		250	<0.001
西侧苏州市相城区东吴五金配件厂工作人员	14.665	14.44	<0.001	1	1	5	0.001		250	<0.001
北侧质控室工作人员	2.36	3.5	0.006	1	1/5	5	0.006		250	<0.001
北侧检验车间工作人员	14.36	15.5	<0.001	1	1	5	0.001		250	<0.001
北侧仓库管理人员	29.36	30.5	<0.001	1	1/16	5	<0.001		250	<0.001

注：使用因子保守取 1。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1，全居留场所居留因子 T 取 1；部分居留场所居留因子 T 为 1/2~1/5，本项目取 1/5；偶然居留场所居留因子 T 为 1/8~1/40，本项目取 1/16。*关注点辐射剂量率根据剂量率与距离的平方成反比计算。

从表 11-3 及 11-4 中预测结果可以看出，本项目辐射工作人员及公众所受年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值（职业工作人员 20mSv/a，公众 1mSv/a）和剂量约束值（职业工作人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a）的要求。周有效剂量均能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的人员周剂量参考控制水平（职业工作人员：≤100μSv/周；公众：≤5μSv/周）的要求。

三、其他污染物排放对环境的影响

本项目在无损检测工作时由于 X 射线电离空气，会产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线数字成像检测设备采用机械通风，铅房顶部开有 2 个φ155mm 的换气排风口，配有轴流风机，每个通风孔通风量为 330m³/h，铅房内部空间约为 5.46m³（内部尺寸 1829mm（长）×1606mm（宽）×1858mm（高）），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。本项目电缆口及通风口处铅防护罩均采用迷宫式设计，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，能够满足《辐射防护导论》中辐射至少散射三次以上的迷宫口能保证工作人员的安全的要求。本项目 X 射线数字成像检测设备的管电压、管电流较小，单次开机检测时间较短，产生

的臭氧和氮氧化物较少。臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

本项目 X 射线数字成像检测设备采用实时成像技术，不采用胶片冲洗工艺，运行后不产生废胶片、洗片废液等放射性废物，辐射工作人员会产生一定量的生活污水和生活垃圾，生活污水接入市政污水管网，进入苏州市高铁新城污水厂处理，生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

综上所述，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、最大可信度

本项目最大可信事故是：

（1）设备调试、检修时误照射。设备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。

（2）运行过程中 X 射线数字成像检测设备的门-机联锁失效，门未关严即出束，导致射线泄漏；检测过程中防护门被意外打开，致使 X 射线泄漏到曝光室外面，给辐射工作人员和周边公众造成误照射。

2、事故后果

本项目中的 X 射线数字成像检测设备属 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故可能导致人员受到超过年剂量限值的照射以及急性放射性损伤。

3、事故预防措施

分析事故发生的原因，大多数是由于忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事件。为有效预防各类辐射事件发生，建议企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，辐射安全管理人员定期开展监督检查，辐射安全管理人员需通过辐射安全与防护考核后持证上岗。辐射工作人员上岗前需通过就业前健康检查。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天开展检测工作前，检查确认辐射安全门机联锁、急停开关、工作指示灯、钥匙开关等各项安全措施的有效性，杜绝联锁装置失效情况下开机操作。

（3）辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计、报警仪等监测仪表。若辐射工作人员按照规定进入检查装置周围时携带有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人

员可立即知晓情况并按下急停开关，设备可停止出束，此时人员不会受到大剂量照射，同时企业需制定有关管理制度来限制工作人员出入检查装置周围。

（4）检测作业开机前注意装置周围清场，检测期间不得脱岗。

（5）检修时，检修人员应拔出操作台的开机钥匙或者切断设备的电源，防止设备意外启动，待检修完成才能接通电源试运行，试运行正常才能正式投用。

（6）重视日常巡检工作，尤其发生如工件与设备碰撞，目视防护门有变形等情况，采用巡检仪确认设备无射线泄漏后再投入使用，若有问题请生产厂商及时维修维护。

4、事故处理措施

在发生事故后：

（1）辐射工作人员或操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，然后启动辐射事故应急预案；

（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；

（4）当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急预案，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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 本项目开展无损检测使用的设备为 X 射线数字成像检测设备，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》和《江苏省辐射污染防治条例》等文件要求，从事辐射防护安全管理的人员应接受辐射安全知识培训，进行专业管理，定期组织对企业辐射安全防护制度执行情况、辐射工作档案台账、辐射防护用品和仪器等进行检查，每年组织对企业辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。同时根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责，从事辐射防护管理的人员（辐射防护负责人）和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。 苏州市相城区有色金属铸件有限公司拟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。本项目拟配备 3 名辐射工作人员（1 名辐射安全管理人员、2 名辐射工作人员，均参与辐射工作），统筹管理整个企业的辐射安全工作。辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员均需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核技术利用辐射安全与防护考核，通过考核后，方能从事本项目辐射工作。辐射安全与环境保护管理工作人员报考类别为“辐射安全管理”，辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”。
辐射安全管理规章制度 本项目为新建项目，苏州市相城区有色金属铸件有限公司拟按照《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》针对本项目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、辐射事故应急预案等。在实际工作中公司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制定要点提出如下建议： （1）操作规程：明确 X 射线数字成像检测设备操作流程及操作过程中应采取的工作步骤、设备出现异常时的处置措施。

(2) 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。

(3) 辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线数字成像检测设备的运行和维修时辐射安全管理。

(4) 设备检修维护制度：明确 X 射线数字成像检测设备、辐射监测设备维修计划、维修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 X 射线数字成像检测设备、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

(5) 人员培训计划：自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。企业应制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式、参加考核等内容，并加强对培训档案的管理，做到有据可查。

(6) 监测方案：制订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，明确监测周期。发现个人剂量异常的，应立即调查原因，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。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。

(7) 射线装置使用登记、台账管理制度：对 X 射线数字成像检测设备建立台账和使用情况进行登记，标明设备名称、型号，电流、电压等，并对 X 射线数字成像检测设备维护维修提出管理规定。X 射线数字成像检测设备不再使用时，应实施退役程序。X 射线数字成像检测设备应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构，并及时在台账中进行更新。

(8) 辐射事故应急预案：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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》制定辐射事故应急预案，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；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；辐射事故信息公开、公众宣传方案。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，在 1 小时内向当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。

(9) 健康管理：辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的个人健康档案，永久保存。

(10) 竣工环保验收：建设单位应根据项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（原国家环境保护部，国环规环评〔2017〕4号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

辐射监测

本项目为新建项目，公司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及职业健康体检；公司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，监测结果均满足相应标准要求。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) 个人剂量检测

企业开展辐射工作人员个人剂量监测，定期将个人剂量计收集后，每3个月统一送有资质的单位检测。企业内辐射安全管理机构对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，长期保存。

(2) 工作场所辐射环境检测

企业将每年委托有监测资质的单位对辐射工作场所进行年度监测；连同年度辐射环境评估报告一并在次年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统中上报。

企业定期用巡检仪对工作场所进行环境自检，保存相关记录。设备出现故障维修后，委托开展环境检测，经检定达到国家标准后再次启用。

建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。

企业制定的个人剂量、环境监测方案具体见表12-1。

表12-1 个人剂量、环境监测方案表				
监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位描述
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质单位	1 次/3 个月	辐射工作人员佩戴胸前
X 射线数字成像检测设备	X- γ 周围剂量当量率	竣工验收监测	验收时 1 次	①装置周围各关注点处，如四周、顶部屏、底部屏蔽体、防护门外 30cm 处，特别是通风口、电缆口等位置； ②辐射工作人员操作位处； ③周围环境保护目标处
		定期自行开展辐射监测	1 次/月	
		工作场所年度监测，委托有资质单位	1 次/年，每年次年 1 月 31 日前完成	

2、监测仪器

本项目运行后，辐射工作人员拟每人配备 1 台个人剂量计、1 台个人剂量报警仪，开展辐射工作时随身佩戴。企业拟配备 1 台 X- γ 剂量率巡检仪，作为日常自检时使用。

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，苏州市相城区有色金属铸件有限公司拟针对无损检测项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：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；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；辐射事故信息公开、公众宣传方案。

在应急预案中应规定在照射过程中，若射线装置出现异常，立即切断高压，并报企业相关设备部门检修。若有被误照射人员，立即送有资质的医疗机构检查和救治。同时在应急程序中应规定定期进行应急培训及应急演练，明确应急演习计划。

在应急程序中明确应急组织机构中各成员的姓名和 24 小时联系电话以及上报生态环境、卫生等管理机构中事故报告部门的负责人和 24 小时联系电话。

对于在企业定期自我监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例（2018 年修正本）》，1 小时内向县（市、区）或者设置区的市生态环境主管部门报告。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，并根据国家环保总局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，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。

表 13 结论与建议

结论 1、项目概况 苏州市相城区有色金属铸件有限公司位于苏州市相城区渭塘镇西湖工业区，企业根据生产需要，拟于重庆日联科技有限公司购置 1 台 UNC160 型 X 射线数字成像检测设备，最大管电压为 160kV，最大管电流为 3mA，最大功率 480W，安置于成品仓库东北角检测室内，检测室占地面积 20m²，用于对公司生产的铝制品进行无损检测。检测室周围 50m 内涉及企业成品仓库、质控室、办公楼、门卫、检验车间、冲压车间、辅助车间、仓库、厂区道路、苏州事久金属制品有限公司、苏州市相城区东吴五金配件厂，主要为辐射工作人员及周围公众，无居民区、学校、医院等环境敏感目标。经辐射现状检测报告，本项目检测室及周围环境γ辐射剂量率处于辐射正常水平范围内。 2、辐射安全与防护分析结论 对辐射工作场所按照控制区和监督区分区管理，铅房作为辐射防护控制区，检测室内的其他区域设置为辐射防护监督区。X 射线数字成像检测设备显著位置粘贴“电离辐射”警告标志，设备上方及内部设置工作指示灯，设备内部装有监控摄像头，设备外部及内部装有急停按钮，防护门和 X 射线出束设置门机联锁，安全设施设计符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中有关安全联锁、工作指示灯、警示标志、急停开关等安全设施的要求。 辐射工作人员在上岗前参加辐射防护知识考核，经考核合格后上岗操作。辐射工作人员在操作时佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，人员进入监督区和控制区时佩戴。企业拟配备 1 台 X-γ剂量率巡检仪，定期自检。 3、辐射环境影响分析结论 根据 X 射线数字成像检测设备屏蔽效果预测结果：设备运行时，辐射工作人员及公众所受年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）剂量限值（职业工作人员 20mSv/a，公众 1mSv/a）和剂量约束值（职业工作人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a）的要求。周有效剂量均能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的人员周剂量参考控制水平（职业工作人员：$\leq 100\mu\text{Sv/周}$；公众：$\leq 5\mu\text{Sv/周}$）的要求。 根据理论计算，X 射线数字成像检测设备满功率运行时，铅房周围 30cm 处的环境辐射剂量率均小于 2.5$\mu\text{Sv/h}$，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中
--

“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h 及无人员到达的曝光室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100 μ Sv/h”的要求。

X 射线数字成像检测设备电缆口及通风口处铅防护罩均采用迷宫式设计，X 射线至少经过 3 次散射才能到达防护罩外，能够满足《辐射防护导论》中辐射至少散射三次以上的迷宫口能保证工作人员的安全的要求。设备开机时 X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，由于设备的管电压、管电流较小，单次开机检测时间较短，产生的臭氧和氮氧化物较少。臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对环境空气质量影响较小。辐射工作人员产生的生活污水接入市政污水管网，进入苏州市高铁新城污水厂处理，产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运，对周围环境影响较小。

4、可行性分析结论

本项目新建 X 射线数字成像检测设备是出于企业正常生产需要，设备设计采用门机联锁等多项辐射安全措施，采取保守的屏蔽设计方案，人员受照剂量和环境辐射剂量率处于较低的水平，符合“辐射防护三原则”的要求。

从辐射环境保护的角度论证，在实现本项目“三同时”一览表中的各项辐射防护措施的前提下，本项目是可行的。

建议和承诺

(1) 该项目运行中，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，及时排除事故隐患。

(4) 项目建成运行前需申领辐射安全许可证。

(5) 项目竣工后按照《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。

表 14 审批

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

“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	拟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	建立辐射安全与环境保护管理机构,统筹管理整个企业的辐射安全工作	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施: X 射线数字成像检测设备铅房内部尺寸 1829mm(长)×1606mm(宽)×1858mm(高), 右侧屏蔽体采用 3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板, 其他面采用 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板, 工件门采用双开电动平移推拉防护门(3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板), 排风系统防护结构配备钢铅结构防护罩, 防护厚度 5mm 铅板, 电缆走线防护结构配备钢铅结构防护罩, 防护厚度 5mm 铅板	设备铅房周围 30cm 处的环境辐射剂量率均小于 2.5μSv/h, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。人员周有效剂量满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)的要求, 年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)剂量限值和剂量约束值	5
	安全措施: 对辐射工作场所按照控制区和监督区分区管理, 铅房作为辐射防护控制区, 检测室内的其他区域设置为辐射防护监督区。X 射线数字成像检测设备显著位置粘贴“电离辐射”警告标志, 设备上方及内部设置工作指示灯, 设备内部装有监控摄像头, 设备外部及内部装有急停按钮, 防护门和 X 射线出束设置门机联锁, 设备外部设置钥匙开关	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中有关安全联锁、工作指示灯、警示标志、急停开关等安全设施的要求	
	通风措施: 采用机械通风, 铅房顶部开有 2 个φ155mm 的换气排风口, 配有轴流风机, 每个通风孔通风量为 330m ³ /h, 铅房内部空间约为 5.46m ³ (内部尺寸 1829mm(长)×1606mm(宽)×1858mm(高)), 每小时有效通风换气次数不小于 3 次	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	
人员配备	拟配备 3 名辐射工作人员(1 名辐射安全管理人员、2 名辐射工作人员, 均参与辐射工作), 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	辐射工作人员通过考核后持证上岗	1
	拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测, 送检周期 3 个月/次, 并建立辐射工作人员个人剂量监测档案	企业内建立辐射工作人员个人剂量档案, 长期保存	1
	辐射工作人员定期接受职业健康监护, 建立档案	企业内建立辐射工作人员职业健康档案, 永久保存	1
监测仪器和防护用品	拟配备 1 台 X-γ剂量率巡检仪	企业平时自检使用, 保存检测记录	1
	辐射工作人员拟每人配备 1 台个人剂量计、1 台个人剂量报警仪, 开展辐射工作时随身佩戴	发生意外照射时报警仪有效报警, 人员能够及时发现并采用应急措施, 减少受照时间	1
辐射安全管理制度	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、射线装置使用登记和台账管理制度、辐射事故应急预案	具有可操作性, 便于日常执行, 定期根据法规要求更新	/
总计	/	/	10

注: “三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。