

核技术利用建设项目

江苏弗泽瑞金属科技有限公司
新建2台X射线数字成像检测设备项目
生态环境影响报告表
(公示本)

江苏弗泽瑞金属科技有限公司

2026年9月

生态环境部监制

表1 项目基本情况

建设项目名称		江苏弗泽瑞金属科技有限公司 新建2台X射线数字成像检测设备项目				
建设单位		江苏弗泽瑞金属科技有限公司				
法人代表姓名	解恒玉	联系人		联系电话		
注册地址		常熟经济技术开发区观致路4号				
项目建设地点		常熟经济技术开发区观致路4号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	300	项目环保总投资(万元)	30	投资比例(环保投资/总投资)	10%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积(m²)	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	/				

1 项目概述

1.1 建设单位基本情况

江苏弗泽瑞金属科技有限公司成立于2023年，注册地位于常熟经济技术开发区观致路4号。企业租赁亚通迪汽车零部件（常熟）有限公司常熟经济技术开发区观致路4号厂区部分场地从事金属制品加工生产，租赁地块包含多处局部车间与南侧办公楼东侧2跨的一、二楼两层区域，具体涵盖1车间东侧4跨及5跨局部区域、2-1车间东侧7跨及2-2车间（除存放模具区域）。本项目厂区平面示意图见附图2，租赁合同见附件11。

江苏弗泽瑞金属科技有限公司主要从事金属材料制造；金属材料销售；有色金属合金制造；有色金属合金销售；有色金属铸造；高性能有色金属及合金材料销售；金属制品销售；机械设备销售；机械设备研发；新材料技术研发；

汽车零部件及配件制造；汽车零部件研发；汽车零部件再制造（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

1.2 项目建设规模

江苏弗泽瑞金属科技有限公司计划在办公楼一楼实验室新建一台XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备（以下简称1#X射线装置），在2-2车间理化实验室新建一台UNC160型X射线数字成像检测设备（以下简称2#X射线装置）满足对产品的质控需求，待检产品最大规格为1004mm×247mm×80mm。

本项目拟配备4名辐射工作人员（每台设备配备2名辐射工作人员），并指定其中1名为辐射防护负责人。企业计划每周工作6天，年工作300天，实行1班制，每班8小时。本项目每台X射线装置年检铝制工件约为30000件/年，每件工件曝光时间约为3min，则每台X射线装置周曝光时间不超过30h，年曝光时间不超过1500h。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表1-1：

表1-1 江苏弗泽瑞金属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	最大功率W	射线装置类别	工作场所名称	装置用途	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备	1台	160	1.25	200	II类	办公楼一楼实验室	无损检测	本次环评	未许可	/
2	UNC160型X射线数字成像检测设备	1台	160	3	480	II类	2-2车间理化实验室	无损检测	本次环评	未许可	/

1.3 建设项目由来

因公司产品质量检测需求，江苏弗泽瑞金属科技有限公司拟购入一台UNC160型X射线数字成像检测设备，用于对铝质工件进行无损检测。

企业目前已购入1台XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备，2026年3月19日常熟经济技术开发区（碧溪街道）安全生产监督管理局对项目进行了现场检查并了解情况，要求建设单位及时完成环保审批及辐射安全许可证报批工作，在取得辐射安全许可证前不得使用该射线装置，现场检查笔录和整改承诺书见附件3。

本项目使用的XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备，为上海科述无损检测设备有限公司产品，该型号设备已于2025年停产。该公司于2025年3月14日重

新申领取得辐射安全许可证，新版许可证未录入此设备型号，本设备在旧版辐射安全许可证内登记名称为“自屏蔽式X射线探伤装置XG-160ST/C”。

根据《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（环境保护部2018年2月12日）：“自屏蔽式X射线探伤装置，应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与X射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的X射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在X射线探伤装置屏蔽体内”。本项目新建的X射线实时成像检测装置由于不满足上述第三点，即：在工作模式下，人体可能进入和滞留在X射线实时成像检测装置内。因此根据《射线装置分类》，本项目已购入的XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备为Ⅱ类射线装置中“工业用X射线探伤装置”（5中的其他工业用X射线探伤装置），该装置应按照Ⅱ类射线装置管理。根据《中华人民共和国生态环境法典》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为使用X射线实时成像检测装置，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用Ⅱ类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏弗泽瑞金属科技有限公司委托，江苏华衍低碳环保科技有限公司承担该项目的环评工作，通过资料调研、现场监测（委托江苏中衍检测技术有限公司）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

本项目建设地址位于常熟经济技术开发区观致路4号，项目地理位置图见附图1。江苏弗泽瑞金属科技有限公司厂区四周为相邻的工业企业和道路，厂区北侧为宏图路、常熟中隆汽车零部件有限公司，西侧为亚通汽车零部件（常熟）有限公司，南侧为观致路和田野，东侧为拓彼亚机械科技（常熟）有限公司，公司厂区布局及周围环境图见附图2。

本项目的3间车间均为一层建筑，南侧办公楼为二层建筑。1#射线装置位于办公楼一楼的实验室内，1#射线装置东侧为厂区过道、拓彼亚机械科技（常熟）有限公司，北侧为实验室内部、1车间的车间过道、人员休息区以及CNC加

工区域，西侧为实验室内部、亚通汽车零部件（常熟）有限公司的变电所、门厅及生产区域，南侧为厂区道路、观致路以及田野。实验室楼上为江苏弗泽瑞金属科技有限公司办公区域。

本项目2#X射线装置位于2-2车间理化实验室内，2#X射线装置东侧为厂区过道、拓彼亚机械科技（常熟）有限公司，北侧为厂区过道、宏图路以及常熟中隆汽车零部件有限公司，西侧为物理实验室、理化实验室内部、淋浴房、卫生间以及污水处理站，南侧为理化实验室内部、熔炼车间、车间过道以及压铸车间。

本项目X射线装置拟建址周围50m范围主要为车间内部、厂区道路、厂外道路以及周边相邻企业，评价范围内没有居民区、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工业探伤拟建址周围评价范围内的公众。

3 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，江苏弗泽瑞金属科技有限公司之前未开展过与辐射有关的工作，无原有核技术利用项目许可情况。

4 实践正当性分析

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

表2 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度(n/s)

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表4 射线装置

(一)加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量(MeV)	额定电流(mA)/剂量率(Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二)X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线数字成像检测设备	II类	1台	XG-160ST/C	160	1.25	无损检测	办公楼一楼实验室	/
2	X射线数字成像检测设备	II类	1台	UNC160	160	3	无损检测	2-2车间理化实验室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	通过设备的机械通风排入实验室内，依托实验室通风系统排入外环境，臭氧常温下50min左右可自行分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为mg/L，固体为mg/kg，气态为mg/m³；年排放总量用kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m³）和活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》“国家主席令第70号公布”，2026年8月15日起施行； (2) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行； (3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 修订版），2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号发布，修订版于 2019 年 3 月 2 日国务院令第 709 号发布施行； (4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号公布，自2021年1月1日起施行； (5) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日起施行； (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正）生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行； (7) 《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； (8) 《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，自2019年11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日起施行； (10) 《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； (11) 《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10月24日； (12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日印发； (13) 《江苏省辐射污染防治条例》（修正本），根据江苏省第十四
------	--

	届人民代表大会常务委员会第二十三次会议《关于修改〈江苏省生态环境保护条例〉等二十三件地方性法规的决定》第二次修正，2026年8月15日起施行； （14）《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； （15）《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； （16）《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。 （17）《江苏省生态空间管控区域管理办法》，苏政办规〔2026〕1号，2026年3月1日起施行； （18）《江苏省自然资源厅关于常熟市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕314号）
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）； （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）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （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》（GBZ117-2022）； （7）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及第1号修改单； （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
其他	与本项目相关附图： （1）本项目地理位置示意图（附图1） （2）本项目厂区布局及周边环境示意图（附图2） （3）本项目车间平面布局图（附图3） （4）本项目与生态保护红线和生态空间管控区域的相对位置示意图

	(附图4) (5) 本项目与苏州市生态环境管控单元相对位置示意图 (附图5) 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) 整改通知书 (附件3) (4) XG-160STC型X射线数字成像检测设备使用说明 (含参数) (附件4) (5) UNC160型X射线数字成像检测设备参数说明 (附件5) (6) 重庆日联科技有限公司辐射安全许可证 (附件6) (7) 上海科述无损检测设备有限公司辐射安全许可证 (附件7) (8) 江苏弗泽瑞金属科技有限公司新建汽车轻量化铝合金压铸及机加工零部件生产项目环境影响报告表的批复 (附件8) (9) 辐射环境现状检测报告 (附件9) (10) 营业执照 (附件10) (11) 厂房租赁合同 (附件11) (12) 设备情况说明 (附件12) (13) 设备出厂防护检测报告 (附件13)
--	--

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》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为2台X射线装置屏蔽体（铅房）边界外50m范围区域。						
保护目标 本项目两台X射线装置周围50m范围主要为车间内部、厂区道路、厂外道路以及周边相邻企业，评价范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。对照《江苏省自然资源厅关于常熟市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕314号），本项目评价范围内不涉及常熟市生态空间管控区域（调整后）。评价范围内没有国家公园、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《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ19-2022)，本项目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。本项目运行后的环境保护目标主要为辐射工作人员及铅房周围评价范围内的公众。						
表7-1 本项目50m评价范围内敏感保护目标情况一览表						
设备名称	场所	方位	最近距离	保护目标	规模	剂量约束值
XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备（1#X射线装置）	操作台	北	紧邻	辐射工作人员	2人	5mSv/a
	实验室		3.1m	公众	3~4人	
	车间过道		7.8m		流动人员	
	人员休息区		17.65m		3~4人	
	下料输运线		14.7m		1~2人	
	厂区过道	东	1m	公众	流动人员	0.1mSv/a
	拓彼亚机械科技（常熟）有限公司		28m		流动人员	
	厂区道路	南	0.8m	公众	流动人员	

	观致路		22m		流动人员	
	田野		34m		流动人员	
	实验室	西	1.9m	公众	3~4人	
	变电所（亚通汽车零部件（常熟）有限公司）		11.8m		1~2人	
	门厅（亚通汽车零部件（常熟）有限公司）		37m		流动人员	
	办公区域	楼上	5m	公众	5~10人	
UNC160 型X射线 数字成像检测 设备（2 #X射线 装置）	操作台	南	紧邻	辐射工作人员	2人	5mSv/a
	理化实验室		1.2m	公众	3~4人	0.1mSv/a
	熔炼车间		5.9m		5~8人	
	车间过道		8.7m		流动人员	
	压铸车间		13.6m		5~8人	
	厂区道路	北	0.3m	公众	流动人员	0.1mSv/a
	宏图路		5m		流动人员	
	常熟中隆汽车零部件有限公司		22m		流动人员	
	物理实验室	西	0.7m	公众	1~2人	0.1mSv/a
	理化实验室		3.5m		3~4人	
	淋浴房		10.7m		1~2人	
	卫生间		17m		1~2人	
	污水处理站		24m		1~2人	
	厂区道路	东	1.2m	公众	流动人员	0.1mSv/a
	拓彼亚机械科技（常熟）有限公司		20m		流动人员	

评价标准

1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安

全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值，如下表：

表7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类型	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；

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)“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。”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：

- a.职业人员剂量约束值不大于5mSv/a；
- b.公众活动区域相关人员剂量约束值不大于0.1mSv/a。

3 关注点的剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周；b)屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。”以及“6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3；b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h。”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下：

- a.职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于100μSv/周。
- b.公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于5μSv/周。

确定本项目铅房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

1#X射线装置四周（含顶部、底部）表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h；2#X射线装置四周表面外30cm处周围剂量当量率参考

控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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应不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

4 辐射环境质量现状检测评价参考值

1) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，（辐射防护第13卷第2期，1993年3月，江苏省环境监测站）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表7-3 江苏省天然 γ 辐射水平调查结果*（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

*：结果已扣除宇宙射线电离成分所致（空气吸收）剂量率

本项目现状评价时，参考测值范围数值进行评价。

2) 《辐射防护导论》，方杰主编。

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常熟经济技术开发区观致路4号，项目地理位置图见附图1。江苏弗泽瑞金属科技有限公司厂区四周为相邻的工业企业和道路，厂区北侧为宏图路、常熟中隆汽车零部件有限公司，西侧为亚通汽车零部件（常熟）有限公司，南侧为观致路和田野，东侧为拓彼亚机械科技（常熟）有限公司，公司厂区布局及周围环境图见附图2。 本项目的3间车间均为一层建筑，南侧办公楼为二层建筑。1#射线装置位于办公楼一楼的实验室内，1#射线装置东侧为厂区过道、拓彼亚机械科技（常熟）有限公司，北侧为实验室内部、1车间的车间过道、人员休息区以及CNC加工区域，西侧为实验室内部、亚通汽车零部件（常熟）有限公司的变电所、门厅及生产区域，南侧为厂区道路、观致路以及田野。实验室楼上为江苏弗泽瑞金属科技有限公司办公区域。 本项目2#X射线装置位于2-2车间理化实验室内，2#X射线装置东侧为厂区过道、拓彼亚机械科技（常熟）有限公司，北侧为厂区过道、宏图路以及常熟中隆汽车零部件有限公司，西侧为物理实验室、理化实验室内部、淋浴房、卫生间以及污水处理站，南侧为理化实验室内部、熔炼车间、车间过道以及压铸车间。 本项目车间平面布局图见附图3。工业探伤装置拟建址周围50m范围主要为车间内部、厂区道路、厂外道路以及周边相邻企业，评价范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。 本项目工业探伤装置拟建址周围环境现状见图8-1。
--

1#X射线装置所在地	1#X射线装置所在地东侧（厂区道路）
1#X射线装置所在地南侧（厂区过道）	1#X射线装置所在地北侧（实验室内部）
1#X射线装置所在地西侧（实验室内部）	1#X射线装置所在地楼上（办公区）

2#X射线装置拟建址	2#X射线装置拟建址东侧（厂区道路）
2#X射线装置拟建址西侧（理化实验室内 部）	2#X射线装置拟建址北侧（厂区道路、宏图 路）
2#X射线装置拟建址南侧（熔炼车间）	
图8-1 本项目X射线装置拟建址周围环境现状	

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：工业探伤装置拟建址周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在工业探伤装置拟建址周围布置监测点位，共计19个监测点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率。

监测布点：在工业探伤装置拟建址周围进行布点，具体点位见图8-2

监测时间：2026年5月9日。

监测单位：江苏中衍检测技术有限公司。

监测仪器：MR-50EXP X- γ 射线辐射检测仪（检定有效期：2025-5-16~2026-5-15）。

仪器编号：ZYYQ-442

检测范围：0.01~1000 μ Sv/h

能量响应范围：20keV~3MeV

监测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)

《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)

数据记录及处理：每个点位读取10个数据，读取间隔不小于20s，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》（HJ1157-2021）中5.5方法进行换算，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy。

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏中衍检测技术有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定。

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点。

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检

测上岗证，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过核查，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：参照江苏省天然贯穿辐射剂量水平调查结果，监测结果见表8-1，详细检测结果见附件7。

表8-1 本项目X射线检测室拟建址周围 γ 辐射空气吸收剂量率测量结果

测点编号	测点位置描述	空气吸收剂量率 (nGy/h)	标准偏差(nGy/h)	测点位置
1	1#X射线装置所在地	88.8	3.6	室内楼房
2	1#X射线装置所在地东侧	84.9	6.7	室内楼房
3	1#X射线装置所在地南侧（厂区道路）	91.2	3.6	室外道路
4	1#X射线装置所在地西侧	88.8	6.2	室内楼房
5	1#X射线装置所在地北侧	87.7	5.6	室内楼房
6	人员休息区	86.9	7.0	室内平房
7	下料输运线（CNC）	87.5	4.7	室内平房
8	1#车间实验室内	87.4	5.9	室内楼房
9	1#X射线装置所在地楼上（办公区）	87.4	4.9	室内楼房
10	2#X射线装置拟建址	62.8	8.8	室内平房
11	2#X射线装置拟建址东侧	58.5	8.8	室外道路
12	2#X射线装置拟建址南侧	73.9	13.0	室内平房
13	2#X射线装置拟建址西侧	62.3	6.5	室内平房
14	2#X射线装置拟建址北侧	63.4	7.5	室外道路
15	2#车间淋浴房	89.1	4.1	室内平房
16	2#车间压铸车间	48.1	3.6	室内平房
17	2#车间熔炼车间	53.2	7.3	室外平房
18	常熟中隆汽车零部件有限公司	63.4	4.3	室外道路
19	拓彼亚机械科技（常熟）有限公司	65.1	4.9	室外道路

注：1.检测结果均已扣除宇宙射线响应值。

2.楼房对宇宙射线的屏蔽修正因子取0.8，平房对宇宙射线的屏蔽修正因子取0.9，原野、道路对宇宙射线的屏蔽修正因子取1。

3.根据HJ 1157-2021，使用 ^{137}Cs 作为检定校准参考辐射源，换算系数取1.20Sv/Gy。

图8-2 1#X射线装置所在地周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

图8-3 2#X射线装置所在地周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

图8-4 厂区周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目X射线装置拟建址及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率为（48.1~91.2）nGy/h，其中室外道路环境辐射剂量率为（58.5~91.2）nGy/h，处于江苏省道路天然 γ 辐射剂量率测值范围（18.1~102.3）nGy/h内；室内环境辐射剂量率为（48.1~89.1）nGy/h，基本处于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率测值范围（50.7~129.4）nGy/h内。部分点位略低于江苏省室内天然 γ 辐射水平测值范围，可能因建筑结构和局部环境因素造成。

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

1) XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备

江苏弗泽瑞金属科技有限公司在办公楼一楼实验室内新建一台XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备（以下简称1#X射线装置）满足对产品的质控需求，本装置由X射线成像装置由整机控制台、计算机射线控制及计算机图像采集和处理系统、高频高压X射线源、X射线探测器平板、机械传动装置、射线屏蔽室及显示器等组成。

本项目1#X射线装置型号为XG-160ST/C，最大管电压为160kV，最大管电流为1.25mA，本项目将1#X射线装置防护门面朝北方向摆放，以防护门为前侧，工作时主射线朝右侧照射，操作台位于射线装置的前侧。铅房外尺寸长×宽×高为1810mm×1600mm×2100mm。铅房右侧面板（主射面）为2.5mm钢+7mm铅+2.5mm钢防护，左侧面板、后侧面板、前侧面板、底部、顶部以及防护门均为2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢防护，排风口及穿线孔处均设置4mm铅+2.5mm钢防护罩。

该设备机械及屏蔽室控制系统、计算机硬件及软件、机械电气控制系统均位于控制柜，控制柜与射线屏蔽室分开放置。设备仅有一扇防护门用于放取工件，也用于铅房内部机械传动系统、高压射线源等部件的维修。该设备设备外观示意图见图9-1。



图9-1 XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备外观示意图

XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备的X射线管位于C型臂左翼，C型臂可沿Z轴（竖直）升降，升降高度为600mm。射线源距离地面最近为448mm，距离顶板最近为572mm。距离左侧面板最近为260mm，距离右侧面板最近为1550mm，距离后侧面板最近为960mm，距离前侧面板最近为640mm。C型臂可绕X轴旋转 $\pm 20^\circ$ ，根据设备结构和工作需求，当C型臂升到最高点时，C型臂（射线管侧）只能向上旋转20度，当C型臂降到最低点时，C型臂（射线管侧）只能向下旋转20度，有用线束均在铅房右侧的范围。载物台高度为370mm，可沿前后平移500mm，可绕Z轴360°旋转。XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备X射线管距各侧面板距离示意图见图9-2、图9-3。

图9-2 1#X射线装置射线源距铅房四周距离示意图（主视图）

图9-3 1#X射线装置射线源距铅房四周距离示意图（俯视图）

2) UNC160型X射线数字成像检测设备

江苏弗泽瑞金属科技有限公司在拟在2-2车间北侧理化实验室新建一台UNC160型X射线数字成像检测设备（以下简称2#X射线装置）满足对产品的质控需求，本项目X射线装置主要由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、X射线防护单元组成。

本项目拟建的2#X射线装置型号为UNC160，最大管电压为160kV，最大管电流为3mA。本项目将2#X射线装置防护门面朝东方向摆放，以防护门为前侧，工作时主射线朝右侧照射，操作台位于射线装置的左侧。铅房外尺寸长×宽×高为2350mm×2560mm×2992mm。铅房右侧面板（主射面）为3mm钢+8mm铅+2mm钢结构防护；铅房左侧面板、前侧面板、后侧面板以及防护门均为3mm钢+5mm铅+2mm钢结构防护；铅房顶部面板为3mm钢+5mm铅+2mm钢结构防护，顶部右侧335mm范围内为3mm钢+8mm铅+3mm钢结构防护，铅房底部为3mm钢+5mm铅+3mm钢结构，底部右侧400mm范围内为3mm钢+8mm铅+3mm钢结构防护。通风孔及穿线孔处均设置5mm铅防护罩。设备外观示意图见图9-4。



图9-4 UNC160型X射线数字成像检测设备外观示意图

本项目探伤装置X射线管位于C型臂左翼，C型臂可沿Z轴（竖直）升降，升降高度为1500mm。方便用于工件高度方向上的检测；C型臂可绕X轴旋转

$\pm 15^\circ$ 。当遇到异型工件时，C型臂绕X轴旋转避开异形干扰面，使成像效果最佳。载物台可绕Z轴360°旋转，实现360度成像；载物台可沿Y轴水平移动，可实时调整放大比，使图像达到最清晰的效果；载物台沿X轴水平移动，方便用于工件宽度方向上的检测。设备内部结构图见图9-5。

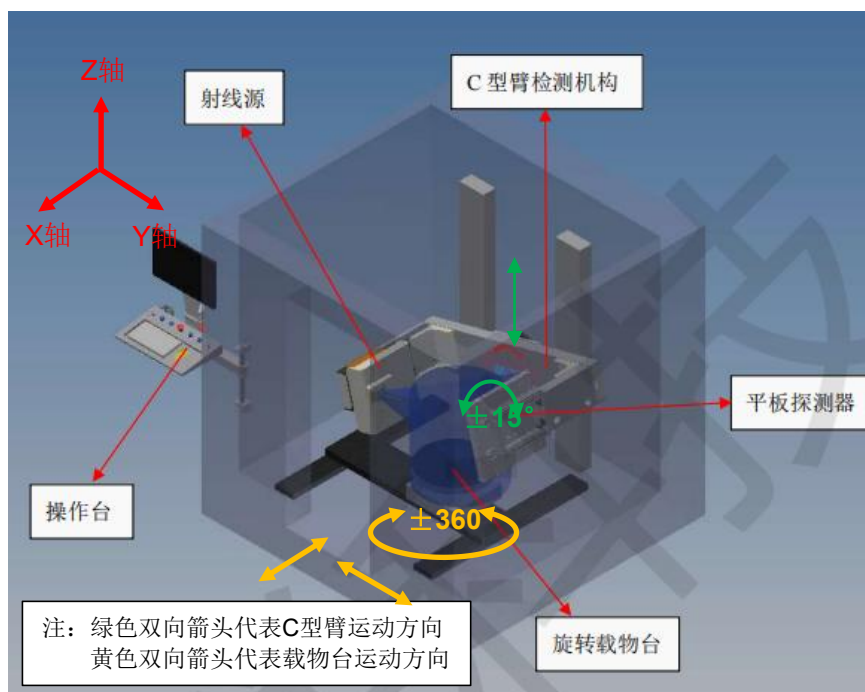


图9-5 UNC160型X射线数字成像检测设备内部构造图

X射线管靶点距设备右侧外表面最近距离为1926mm，距左侧外表面最近距离为424mm，距装置前侧最近距离为1084mm，距装置后侧最近距离为1476mm，距装置底部最近距离为548mm。距地面为780mm，距装置顶部最近距离为712mm。本项目工业探伤装置X射线管距各侧面板距离示意图见图9-6、图9-7。

本项目UNC160型X射线数字成像检测设备后侧（定义防护门所在面为前侧）电气柜设置电气检修门，该电气检修门打开仅能维修检修电气柜，电气柜与铅房内部不相通，成年人员无法通过此门进入铅房内部，见图9-7。前侧防护门用于放取工件，同时也用于铅房内部的维修检修。防护门与装置前侧屏蔽体具体良好搭接，以保证射线不外漏。

图9-6 2#X射线装置X射线管距各侧面板距离示意图（主视图）

图9-7 2#X射线装置X射线管距各侧面板距离示意图（俯视图）

2 工作原理

本项目工业探伤装置的核心部件是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9-8。

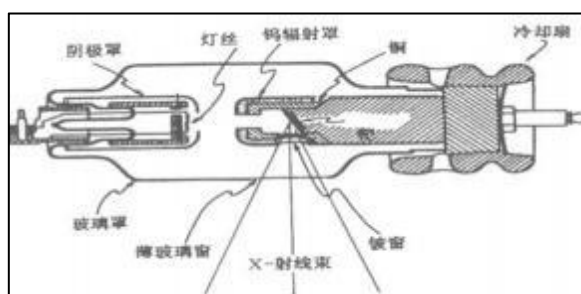


图9-8 典型的X射线管结构图

工业探伤装置工作原理是由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质密度越大，射线强度减弱越大，当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大。X射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的X射线监测信号转换为光学图像，称为“光电转换”，用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行A/D转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上，显示出材料内的缺陷性质、大小、位置信息，从而达到检测目的。工业X射线探伤装置工作原理示意图见图9-9。

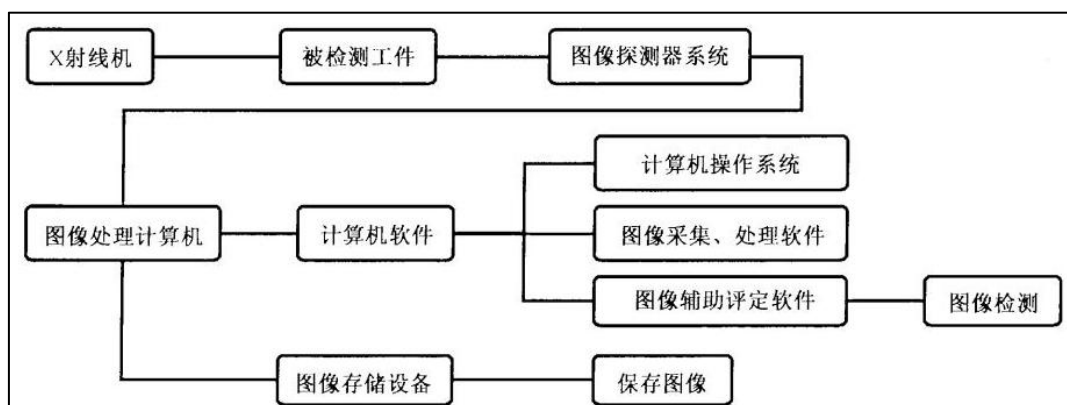


图9-9 工业X射线探伤装置工作原理图

3 工业探伤装置工艺流程及产污环节

本项目工业探伤装置具体工作流程如下：

- (1) 接通电源，检查各辐射安全措施的有效性；
- (2) 确认辐射安全措施有效后，打开进出口防护门；
- (3) 辐射工作人员站在防护门外，手持被检测工件，身体不进入装置内部，将被检测工件放置于载物台，关闭工件门；
- (4) 辐射工作人员退出铅房，关闭防护门，辐射工作人员在操作台处控制载物台或射线管，将其调整到合适位置，然后开启X射线进行检测，检测时会产生X射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；
- (5) 通过控制台处的显像器对工件内部缺陷进行辨别；
- (6) 检测结束，关闭高压；
- (7) 打开防护门，辐射工作人员站在防护门外，手臂伸入铅房取出工件。

本项目工业探伤开展无损检测时，其工作流程及产污环节如图9-10所示。

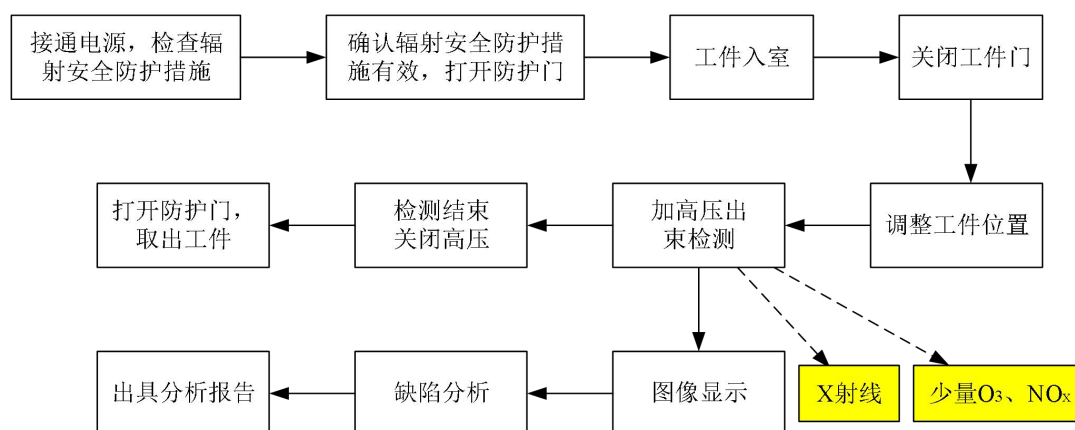


图9-10 工业探伤装置工作流程及产污环节示意图

4 人员配置和工作机制

本项目拟配备4名辐射工作人员（每台设备配备2名辐射工作人员），其中1名兼任辐射安全防护负责人。使用探伤装置时，1人负责在操作台处操作，1人负责观察装置运行情况。辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。企业计划每周工作6天，年工作300天，实行1班制，每班8小时。本项目每台设备年检铝制工件约为30000件/年，每件工件曝光时间约为3min，则每台X射线装置周曝光时间不超过30h，年曝光时间不超过1500h。

本项目工业探伤装置的检修维护由专业的设备商负责，辐射工作人员只进行日常检查、保养清洁和及时发现问题等。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由工业探伤装置的工作原理可知，工业探伤装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出X射线，对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此探伤装置在开机曝光期间，本项目的辐射源项主要包括有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

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。根据厂家提供的参数（附件4），本项目1#X射线装置采用0.5mm铜滤过，根据ICRP 33号报告图2可得，距辐射源点1m处的输出量保守取 $7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。2#X射线装置采用2mm聚醚酰亚胺+2mm铜滤过，距辐射源点1m处的输出量实测值为 $5.94\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，见附件5。

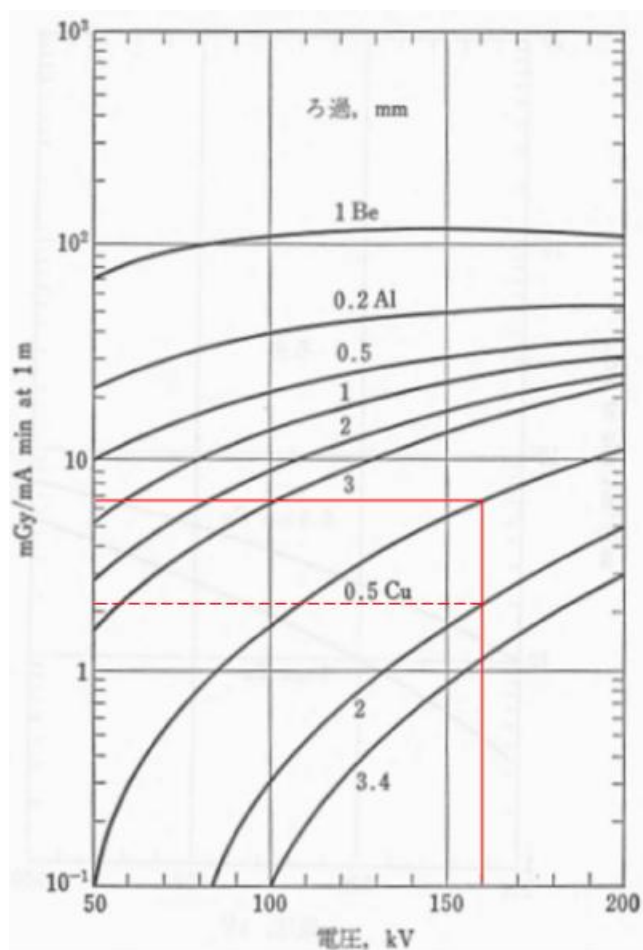


图9-11 恒定电压为50~200kV时X射线发射机的发射率常数

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/T250-2014)中表1，X射线管电压 $150 \leq kV \leq 200$ 时，本项目距X射线机辐射源点（靶点）1m处的泄漏辐射剂量率取 $2.5 \times 10^3 \mu Sv/h$ 。

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《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表2中160kV的X射线 90° 散射辐射相应的X射线为150kV。详细参数见表9-1。

表9-1 本项目工业探伤装置参数一览表

设备型号	XG-160ST/C型 X射线数字成像检测设备	UNC160型 X射线数字成像检测设备
最大管电压	160kV	160kV
最大管电流	1.25mA	3mA
滤过条件	0.5mm铜	2mm聚醚酰亚胺+2mm铜
距辐射源1m处的 有用线束剂量率	$7mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$	$5.94mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$
泄漏辐射剂量率	取 $2500 \mu Sv/h$	取 $2500 \mu Sv/h$
90° 散射后能量	150kV	150kV
出束角	30°	15°

2 非放射性污染源分析

工业探伤装置在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，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。

本项目检测结果实时成像，不洗片，无洗片废水及废胶片。

表10 辐射安全与防护

1 项目安全措施

1.1 项目布局及分区合理性分析

本项目两台X射线数字成像检测设备（以下简称X射线装置）的操作台与检测铅房分开独立设置，以防护门为设备正面，设备运行时X射线均固定朝右侧照射，1#射线装置的操作台位于设备的前侧，2#射线装置的操作台位于设备的左侧。本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中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。

本项目拟将两台X射线装置的设备外表面作为本项目的辐射防护控制区边界（图10-1、图10-2中红色区域），在铅房表面醒目位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；拟将两台X射线装置所处的检测室边界作为辐射防护监督区(图10-1、图10-2中黄色区域)，监督区边界拟设置警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)中关于辐射工作场所的分区规定。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目工作场所分区示意图见图10-1。

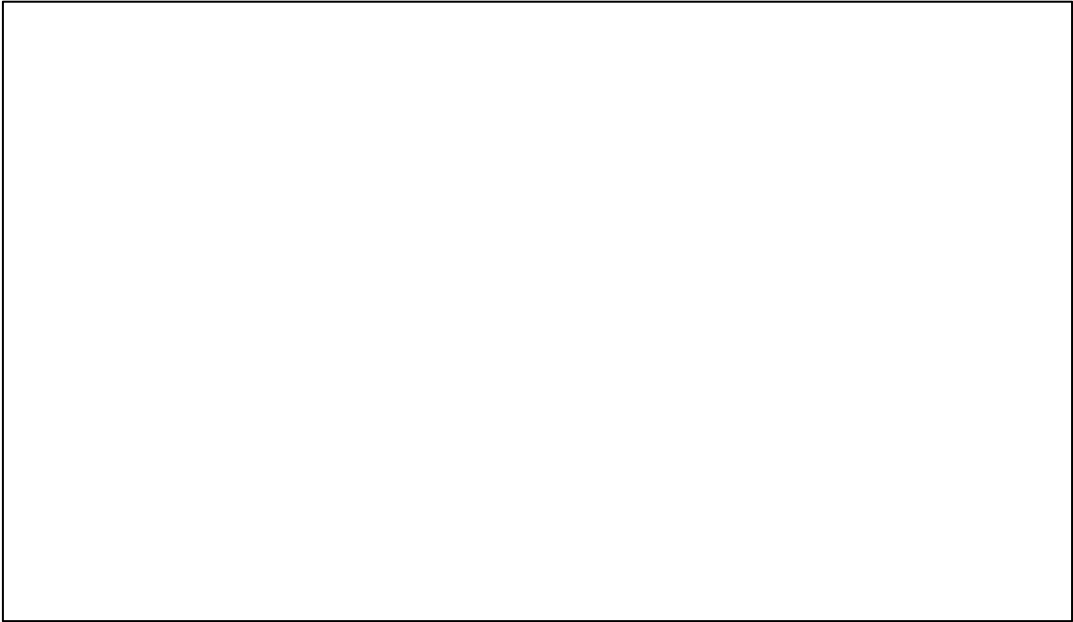


图10-1 1#X射线装置辐射工作区域平面布局及分区图



图10-2 2#X射线装置辐射工作区域平面布局及分区图

1.2 辐射屏蔽设计

XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备外尺寸为1810mm（长）×1600mm（宽）×2100mm（高）（包含立脚高度）；本项目定义以防护门所在面为前侧，则有用线束方向固定朝右侧面板照射。UNC160型X射线数字成像检测设备（以下简称工业探伤装置）外尺寸为2350mm（长）×2560mm（宽）×2992mm（高）（包含立脚高度）；有用线束方向固定朝右侧面板照射。

本项目两台X射线装置屏蔽设计参数见表10-1。

表10-1 X射线检测装置屏蔽参数一览表

序号	名称	尺寸	位置	设计参数	主射线方向
1	XG-160ST/C型X射线数字成像检测设备（1#X射线装置）	1810mm（长） ×1600mm（宽） ×2100mm（高） （包含立脚高度）	前（北）侧壁	2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢	主射线朝右侧照射（以防护门为前侧）
			后（南）侧壁	2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢	
			左（东）侧壁	2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢	
			右（西）侧壁	2.5mm钢+7mm铅+2.5mm钢	
			顶部	2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢	
			底部	2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢	

			防护门（北侧）	2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢	
			防护门与铅房屏蔽体缝隙约为2mm，四周搭接长度约为100mm		
			电缆管孔与排风口均采用管孔同侧铅房同等屏蔽，防护补偿结构均为在开孔位置覆盖一“回”字形防护铅罩结构，防护铅罩厚度均为4mm铅+2.5mm钢。排风口位于设备铅房顶部，电缆孔位于设备铅房后侧底部，均避开主射线方向避免X射线直接照射进出风口，从而防止射线泄漏。		
2	UNC160型X射线数字成像检测设备（2#X射线装置）	2350mm（长） *2560mm（宽） *2992mm（高）（包含立脚高度）	前（东）侧壁	3mm钢+5mm铅+2mm钢	主射线朝右侧照射（以防护门为前侧）
			后（西）侧壁	3mm钢+5mm铅+2mm钢	
			左（南）侧壁	3mm钢+5mm铅+2mm钢	
			右（北）侧壁	3mm钢+8mm铅+2mm钢	
			顶部（右侧335mm范围内）*	3mm钢+5mm铅+2mm钢（3mm钢+8mm铅+3mm钢）	
			底部（右侧400mm范围内）*	3mm钢+5mm铅+3mm钢（3mm钢+8mm铅+3mm钢）	
			防护门（东侧）	3mm钢+5mm铅+2mm钢	
			防护门与铅房屏蔽体缝隙约为2mm，左右搭接长度约为35.5mm，上下搭接约55mm。		
			铅房后侧面板下方设电缆孔洞，出线孔处设置5mm铅+2.5mm钢防护罩进行屏蔽；铅房顶部2个换气通风孔，出风口均设置5mm铅板+2.5mm钢进行防护。		

*局部范围见图11-3。

1.3 辐射防护措施

为确保辐射安全，保障工业探伤装置安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）设计相应的辐射安全装置和保护措施。主要有：

（1）**屏蔽防护**：本项目两台X射线装置均采用铅板的防护设计对X射线进行防护。

（2）**联锁装置**：本项目两台X射线装置前侧防护门均设置门机联锁装置。1#X射线装置前侧防护门为1扇平开门，2#X射线装置前侧防护门为双扇平开门，并与高压联锁。只有在防护门完全关闭时工业探伤装置才能出束照射，防护门打开时立即停止X射线照射，关上时不能自动开始X射线照射。

2#X射线装置后侧维修门为手动推拉门，在正常使用过程中处于常闭且锁

定状态，仅在设备故障时由专业维修人员开启。后侧维修门位于射线装置铅房（屏蔽体）的外侧，仅用于外部电气的维修，铅房（屏蔽体）后面为全封闭形态，即使设备处于出束状态，后侧维修门的开、关不会造成射线泄漏。

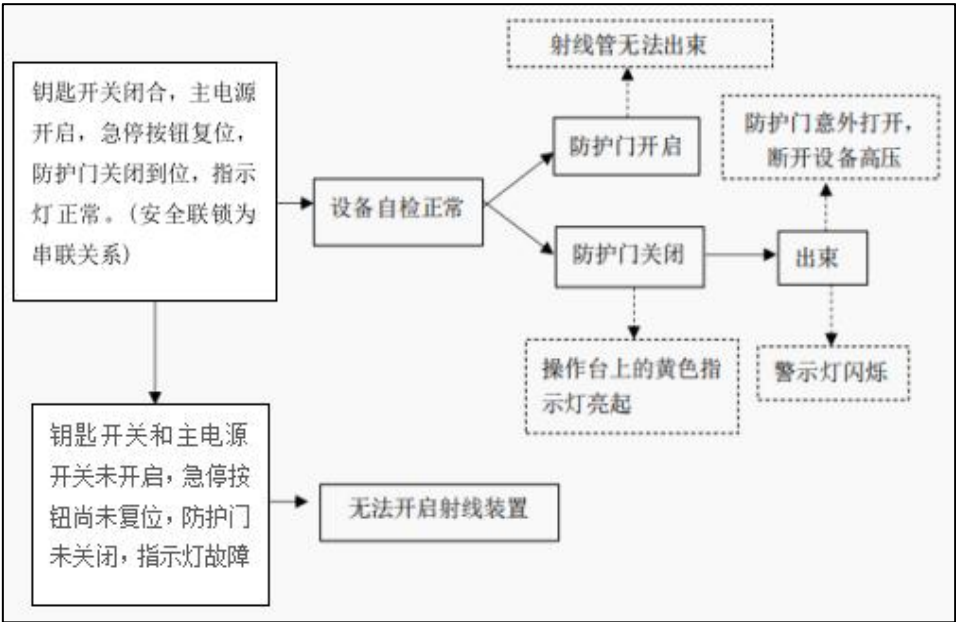


图10-3 设备联锁逻辑图

（3）**工作状态指示灯：**本项目1#X射线装置顶部醒目位置、2#X射线装置铅房顶部及内部均设有工作状态指示灯和声音提示装置，并与X射线管联锁。设备出束期间工作状态红灯亮起，声音提示装置开始报警，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（4）**电离辐射警告标志：**本项目两台X射线装置表面外均设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明，提醒无关人员此处有电离辐射危害。

（5）**急停按钮：**本项目两台X射线装置的操作台和设备内部设有急停按钮，发生紧急状况时，按下急停开关，立即终止X射线出束。急停按钮带有标签，标明使用方法。

（6）**钥匙开关：**本项目两台X射线装置的操作台处均设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（7）**监视装置：**本项目两台X射线装置铅房内部设有监控探头，可覆盖整个铅房内部情况，监控显示屏设置在操作台处，操作人员可通过电脑控制系统

实时观察铅房内部情况。

本项目X射线装置使用时，人员无需进入铅房，故铅房内部无需设置固定式场所辐射探测报警装置。

本项目辐射安全和防护措施示意图见图10-4、图10-5。

图10-4 1#X射线装置安全措施布置图（俯视图）

图10-5 2#X射线装置安全措施布置图（俯视图）

1.4 操作防护措施

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》(GBZ117-2022)中5.12要求对工业探伤装置进行检查，重点检查安全连锁、报警设备和警示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用工业探伤装置时应检查防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员在开机工作时，除佩常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪，报警阈值设为2.5 μ Sv/h，当剂量率达到设定的报警阈值时，将会报警警示工作人员；应定期测量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；当班使用便携式X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；公司应对两台X射线装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护由设备供应商负责，并做好设备维护记录。

1.5 退役措施

当两台X射线装置不再使用时，应实施退役程序。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；退役时应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。

1.6 辐射安全防护设施与标准对照分析

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），本项目工业探伤装置可参考使用此标准，本项目具体的辐射防护设施与标准对照分析见表10-2。

表10-2 本项目辐射安全设施与标准对照分析表

序号	设施	《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)要求	实施方案	是否满足要求
1	曝光室与操作室分开	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目2台X射线检测装置均设有独立的检测室作为辐射工作场所，1#X射线装置操作台设在射线装置前侧，避开了有用射线方向(右侧)；2#X射线装置操作台设在射线装置左侧，避开了有用射线方向(右侧)充分考虑了周围场所的辐射安全。	是
2	两区划分	6.1.2 应对探伤工作场所实行分	企业将2台X射线检测装置实体	是

		区管理，分区管理应符合GB18871的要求。	屏蔽区域划为控制区，将屏蔽体外整个检测室划为监督区。	
3	门机联锁	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内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。	本项目2台X射线检测装置工件门均设置门机联锁装置，只有在防护门完全关闭时X射线实时成像检测装置才能出束照射，门打开时立即停止X射线照射，关上门时不能自动开始X射线照射。	是
4	工作状态指示灯	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。	本项目两台X射线装置顶部醒目位置均设有工作状态指示灯和声音提示装置，并与X射线管联锁。设备出束期间工作状态红灯亮起，声音提示装置开始报警，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。2#X射线装置铅房内部也设有工作状态指示灯和声音提示装置，1#X射线装置使用时人员无需进入铅房内部，因此铅房内部无工作状态指示灯和声音提示装置	是
5	监视装置	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目2台X射线装置铅房内部设有监控探头，可覆盖整个铅房内部情况，监控显示屏设置在操作台处，操作人员可通过电脑控制系统实时观察铅房内部情况。	是
6	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目2台X射线装置表面外均设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明，提醒无关人员此处有电离辐射危害。	是
7	急停按钮	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目2台X射线装置的操作台和设备内部设有急停按钮，发生紧急状况时，按下急停开关，立即终止X射线出束。急停按钮带有标签，标明使用方法。	是
8	通风装置	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	本项目2台X射线装置的顶部均设有通风口，1#X射线装置每	是

		人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次。	小时对铅房进行约31次有效换气；2#X射线装置每小时对铅房进行约57次有效换气。	
9	固定式场所辐射探测报警装置	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目辐射工作人员无需进入装置内部，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。	是

三废治理

本项目两台X射线装置，工作时产生的X射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，少量臭氧和氮氧化物均通过铅房顶部通风口排入实验室，再利用实验室通风系统将臭氧和氮氧化物排出室外。

本项目两台X射线装置的铅房顶部均设有通风口，1#X射线装置的风量为180m³/h。铅房容积为5.76m³，每小时对铅房进行约31次有效换气；2#X射线装置的风量为660m³/h。铅房容积为11.44m³，每小时对铅房进行约57次有效换气。两台X射线装置均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气，对本项目环境影响较小。

本项目检测结果实时成像，不洗片，无洗片废水及废胶片。辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾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X射线数字成像检测设备（以下简称X射线装置）是由检测铅房和操作台等组成的一体式设备，拟由专业供应商直接运送到指定区域并用支架固定在地面，因此本项目仅做室内区域的整改。 本项目建设阶段会产生一定的噪声和包装垃圾等污染物，但本工程施工量不大，且位于公司厂房内，施工期对周围环境影响较小。
运行阶段对环境的影响 1 辐射环境影响分析 本项目两台X射线装置投入运行后每台每周平均曝光时间不超过30小时，年曝光时间不超过1500小时。1#X射线装置的最大管电压为160kV，最大管电流为1.25mA。2#X射线装置的最大管电压为160kV，最大管电流为3mA。本次评价选取工业探伤装置满功率运行时的工况进行预测。 当1#X射线装置出束时，C型臂平移或旋转到任意位置时主射线照射范围总是在右侧屏蔽体上，故计算时将曝光室右侧屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算，将左侧、前侧（防护门）、后侧、顶部及底部屏蔽体均按照非有用线束照射进行预测计算。 当2#X射线装置出束时，当C型臂移动至最顶部，同时射线管向下旋转15°或者当C型臂移动至最底部，同时射线管向上旋转15°时，顶部右侧、底部右侧均在主射线范围内，因此将右侧、顶部（右侧335mm范围内）、底部（右侧400mm范围内）方向均按照有用线束照射进行预测计算，将左侧、前侧（防护门）、顶部（右侧335mm范围除外）、底部（右侧400mm范围除外）、后侧屏蔽体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/T250-2014）中的计算公式。 1.1 有用射束方向屏蔽效果预测 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/T250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式： $\dot{H}=I \cdot H_0 \cdot B / R^2 \quad (1)$

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，1#X射线装置1.25mA，2#X射线装置3mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m处输出量，1#X射线装置根据ICRP 33号报告图2可得，距辐射源点1m处的输出量保守取 $7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ， $H_0=4.2\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。2#X射线装置根据生产厂商的实测所得的数据 $5.94\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，因此本项目 $H_0=3.564\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，无量纲；

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

式中： X ：屏蔽物质厚度，mm；

TVL：屏蔽物质的什值层厚度，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表B.2，根据内插法取160kV下X射线 $\text{TVL}_{\text{铅}}=1.048\text{mm}$ 。

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/T250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

① 泄漏辐射

$$\dot{H}=\dot{H}_L\cdot B/R^2 \quad (3)$$

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，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表1，故 $\dot{H}_L=2500\mu\text{Sv/h}$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，计算公式同（2）。

② 散射辐射

$$\dot{H}=(I\cdot H_0\cdot B/R_s^2)\cdot (F\cdot \alpha/R_o^2) \quad (4)$$

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，1#X射线装

置1.25mA，2#X射线装置3mA；

H_0 ：1#X射线装置根据ICRP 33号报告可得，距辐射源点1m处的输出量保守取 $7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ， $H_0=4.2\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。2#X射线装置根据生产厂商的实测所得的数据 $5.94\text{mSv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ，因此本项目 $H_0=3.564\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B：屏蔽透射因子，计算公式见（2）。

TVL-先根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表2查得本项目原始X射线160kV所对应的90°散射辐射最高能量相应的kV值为150kV，再根据表B.2查得90°散射辐射的TVL值。保守取150kV下X射线 $\text{TVL}_{\text{铅}}=0.96\text{mm}$ ；

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，单位为m；

F： R_0 处的辐射野面积，单位为 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/T250-2014）中的附录B表B.3；

1.3 参考点的年剂量水平估算

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

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

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

t：探伤装置年照射时间，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

（1）参考点处剂量率理论计算结果

图11-1 1#X射线装置铅房屏蔽计算点位图（主视图）

图11-2 1#X射线装置铅房屏蔽计算点位图（俯视图）

表11-1 1#X射线装置铅房有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

序号	关注点	设计厚度 (Pb)*	I (mA)	H_0^* $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
----	-----	---------------	-----------	---	---	----------	-----------------------------------	-------------------------------	----

①	右侧壁	7.45mm铅*	1.25					2.5	满足
---	-----	----------	------	--	--	--	--	-----	----

注：R_{右侧壁}=X射线管距右侧壁最小距离1.55m+参考点0.3m=1.85m。

*根据《辐射防护导论》（第三分册）表3.4，通过插值法可得150kV和160kV电压下5mm钢折约0.45mm铅。

表11-2 1#X射线装置铅房非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

序号	②	③	④	⑤	⑥
关注点	左侧壁	前侧壁（含防护门）	后侧壁	顶部	地面
X设计厚度（mm）					
泄漏辐射	B				
	$\dot{H}_l(\mu\text{Sv/h})$				
	R（m）				
	$\dot{H}（\mu\text{Sv/h}）$				
散射辐射	散射后能量对应的kV值				
	X设计厚度（mm）				
	B				
	I（mA）				
	$H_0（\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})）$				
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$				
	R _s （m）				
	$\dot{H}（\mu\text{Sv/h}）$				
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)					
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足

注：②R_{左侧壁}=R_{s左侧壁}=X射线管距左侧壁最小距离0.26m+参考点0.3m=0.56m。

③R_{前侧壁}=R_{s前侧壁}=X射线管距前侧壁最小距离0.64m+参考点0.3m=0.94m。

④R_{后侧壁}=R_{s后侧壁}=X射线管距后侧壁最小距离0.96m+参考点0.3m=1.26m。

⑤R_{顶部}=R_{s顶部}=X射线管距顶部最小距离0.572m+参考点0.3m=0.872m。

⑥R_{地面}=R_{s地面}=X射线管距地面最小距离=0.69m。

（1）本项目出束角为30°， $F=\pi（\tan 15^\circ \times R_0）^2$

（2）取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录B表B.3，散射因子保守取为aw*10000/400，160kv电压下aw保守取取 1.9×10^{-3} 。

从表11-3、11-4中预测结果可知，当本项目1#X射线装置满功率运行时，其四周屏蔽体、顶部及底部外关注点处的最大辐射剂量率0.84 $\mu\text{Sv/h}$ 。根据设备厂商提供的X射线防护检测报告（附件13），设备四周最大辐射剂量率实测值为防护门处0.2 $\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

图11-3 2#X射线装置铅房屏蔽计算点位图（主视图）

图11-4 2#X射线装置铅房屏蔽计算点位图（俯视图）

表11-3 2#X射线装置铅房有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表									
序号	关注点	设计厚度 (Pb)	I (mA)	H_o^* $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	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	右侧壁							2.5	满足
⑥	顶部（右侧335mm范围内）							100	满足
⑧	地面（底部右侧400mm范围内）							2.5	满足

注：① $R_{\text{右侧面}}=X$ 射线管距右侧壁最小距离1.926m+参考点0.3m=2.226m

⑥ $R_{\text{顶部（右侧335mm范围内）}}=X$ 射线管距主射线穿透顶部处最小距离+参考点0.3m=2.285m

⑧ $R_{\text{地面（底部右侧400mm范围内）}}=X$ 射线管距主射线穿透底部处最小距离+参考点0.3m=2.527m

表11-4 2#X射线装置铅房非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

序号		②	③	④	⑤	⑦
关注点		左侧壁	前侧壁（防护门）	后侧壁	顶部	地面
X设计厚度（mm）						
泄漏辐射	B					
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$					
	R (m)					
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$					
散射辐射	散射后能量对应的kV值	150				
	X设计厚度（mm）					
	B					
	I (mA)					
	H_o ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$					
	R_s (m)					
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)						
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

注：② $R_{\text{左侧壁}}=R_{s\text{左侧壁}}=X$ 射线管距左侧壁最小距离0.424m+参考点0.3m=0.724m。

③ $R_{\text{前侧壁}}=R_{s\text{前侧壁}}=X$ 射线管距前侧壁最小距离1.084m+参考点0.3m=1.384m。

④ $R_{\text{后侧壁}}=R_{S_{\text{后侧壁}}}$ =X射线管距后侧壁最小距离1.476m+参考点0.3m=1.776m。
 ⑤ $R_{\text{顶部}}=R_{S_{\text{顶部}}}$ =X射线管距顶部最小距离0.625m+参考点0.3m=0.925m。
 ⑥ $R_{\text{地面}}=R_{S_{\text{地面}}}$ =X射线管距地面距离=X射线管距底部最小距离0.548m+参考点0.232m=0.78m。
 (1) 本项目出束角为 15° , $F=\pi(\tan 7.5^\circ \times R_0)^2$
 (2) 取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中的附录B表B.3, 散射因子保守取为 $a_w \times 10000/400$, 160kV电压下 a_w 保守取取 1.9×10^{-3} 。

从表11-3、11-4中预测结果可知, 当本项目2#X射线装置满功率运行时, 其四周屏蔽体、顶部及底部外关注点处的最大辐射剂量率 $0.106\mu\text{Sv/h}$, 能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

2.2 天空反散射辐射影响分析

根据表11-1~11-4可知, 本项目1#射线装置四周屏蔽体的透射辐射剂量率最大为 $0.84\mu\text{Sv/h}$, 2#射线装置四周屏蔽体的透射辐射剂量率最大为 $0.106\mu\text{Sv/h}$ 。1#射线装置顶部外30cm处辐射剂量率为 $0.35\mu\text{Sv/h}$, 2#射线装置顶部外30cm处辐射剂量率为 $0.065\mu\text{Sv/h}$, 经天空反射到达地面的剂量率均可忽略不计, 叠加透射辐射剂量率后能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

2.3 地面反散射辐射影响分析

根据表11-1~11-4可知, 本项目1#射线装置穿出四周屏蔽体的透射辐射剂量率最大为 $0.84\mu\text{Sv/h}$, 2#射线装置四周屏蔽体的透射辐射剂量率最大为 $0.106\mu\text{Sv/h}$ 。1#射线装置地面处辐射剂量率为 $0.55\mu\text{Sv/h}$, 2#射线装置地面处辐射剂量率为 $0.092\mu\text{Sv/h}$, 经地面反射后的剂量率均可忽略不计, 叠加透射辐射剂量率后能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

2.4 通风口、电缆管道口和门缝辐射防护评价

本项目1#X射线装置电缆口位于铅房后侧底部, 排风口位于铅房顶部, 电缆口和通风口处均拟采用4mm铅防护罩进行防护, 铅防护罩采用迷宫式设计。2#X射线装置电缆口位于铅房后侧底部, 排风口位于铅房顶部, 电缆口和通风口处均拟采用5mm铅防护罩进行防护, 铅防护罩采用迷宫式设计。两台X射线装置均利用散射降低电缆管道口的辐射水平, 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”，可推断本项目电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。本项目通风口处及电缆穿线孔处的散射示意图如图11-5~11-8。

1#X射线装置的防护门与铅房屏蔽体缝隙约为2mm，防护门与屏蔽体四周搭接长度约为100mm。2#X射线装置的防护门与铅房屏蔽体缝隙约为2mm，左右搭接长度约为35.5mm，上下搭接约55mm。两台X射线装置的防护门与屏蔽体四周搭接处重叠宽度大于防护门与屏蔽体的间隙宽度的10倍，确保防护门不破坏曝光室的整体防护效果，可有效防止射线漏出。

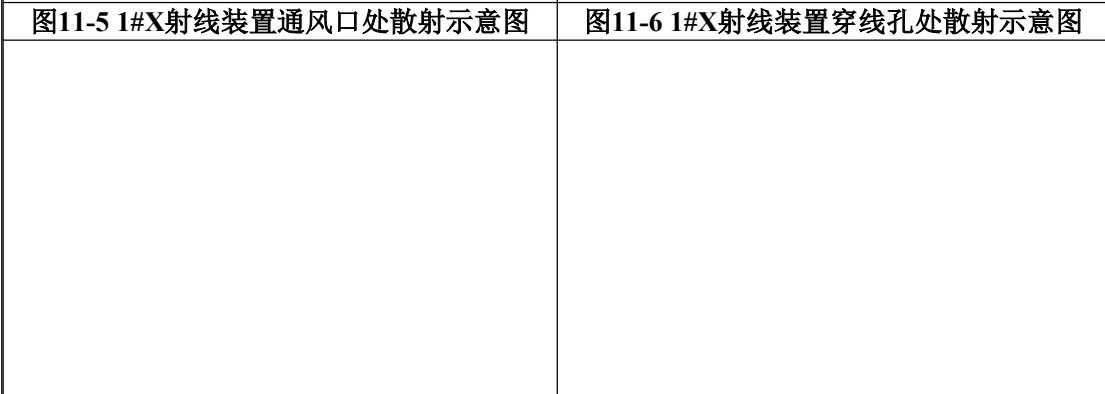
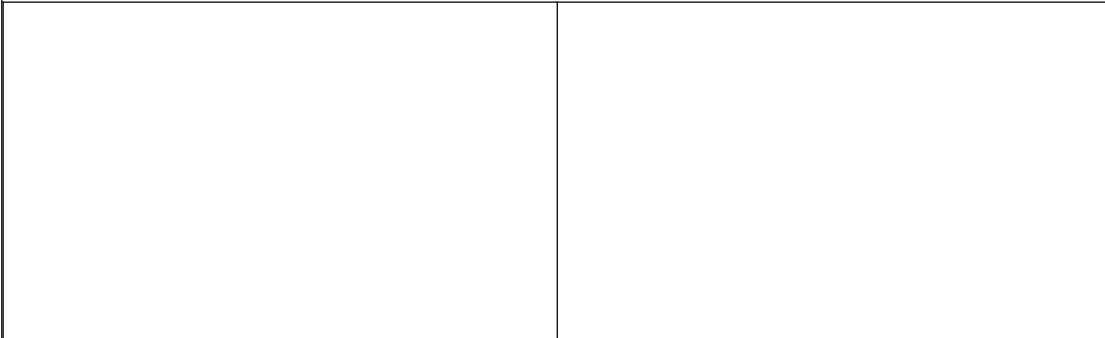


图11-5 1#X射线装置通风口处散射示意图 图11-6 1#X射线装置穿线孔处散射示意图

图11-7 2#X射线装置通风口处散射示意图 图11-8 2#X射线装置穿线孔处散射示意图

2.5 年/周有效剂量估算

(1) 辐射工作人员年有效剂量计算

本项目辐射工作人员保守取设备四周30cm处最大辐射剂量率值进行年/周剂量估算。根据表11-1到表11-3的估算结果代入公式（5），辐射工作人员周、年有效剂量估算结果表见表11-5、表11-6。

表11-5 1#X射线装置周围人员年受照有效剂量结果评价

保护目标	位置	使用因子U	居留因子T	剂量率值(μSv/h)	周受照时间(h)	年受照时间(h)	周剂量估算值(μSv/周)	年剂量估算值(mSv/a)	周剂量约束值(μSv/周)	年剂量约束值(mSv/a)	评价
辐射工作人员	左侧	1	1						100	5	满足

表11-6 2#X射线装置周围人员年受照有效剂量结果评价

保护目标	位置	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	周受照 时间 (h)	年受照 时间 (h)	周剂量估 算值($\mu\text{Sv/}$ 周)	年剂量估 算值 (mSv/a)	周剂量约 束值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量约 束值 (mSv/a)	评价
辐射工作 人员	左侧	1	1						100	5	满足

(2) 公众年有效剂量计算

本项目1#X射线装置位于办公楼一楼实验室，监督区外北侧、西侧为实验室区域，东侧、南侧为厂区道路。因此本次评价保守选取监督区边界的典型关注点位计算，详见图11-9、图11-10。

图11-9 1#X射线装置关注点位图

图11-10 1#X射线装置关注点位图

根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到各个关注点处辐射剂量率：

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

式中：H₁：距射线源R₁处的剂量率，μSv/h；

H₂：距射线源R₂处的剂量率，μSv/h；

R₁：工业探伤装置屏蔽体外30cm处距射线源的距离，m；

R₂：工业探伤装置四周各关注点位距射线源的距离，m。

根据以上公式，可理论计算出本项目工业探伤装置四周关注点处的辐射剂量率，结果见表11-7。

表11-7 屏蔽计算关注点参数列表

点位描述		方位	射线类型	射线源至关注点距离 R ₁ (m)	装置四周参考点处剂量率值 H ₁ (μSv/h)	射线源至关注点距离 R ₂ (m)	关注点处剂量率值 H ₂ (μSv/h)
1#X射线装置	⑦厂区道路	设备左侧	漏射线、散射线	0.56	0.84		
	⑧厂区道路	设备后侧	漏射线、散射线	1.26	0.17		
	⑨实验室	设备右侧	有用线束	1.85	0.01		
	⑩实验室	设备前侧	漏射线、散射线	0.94	0.30		
	⑪办公区域	设备顶部	漏射线、散射线	0.92	0.35		
2#X射线装置	g厂区道路	设备右侧	有用线束	2.226	0.005		
	h厂区道路	设备前侧	漏射线、散射线	1.384	0.029		
	i理化实验室	设备左侧	漏射线、散射线	0.724	0.106		
	j物理实验室	设备后侧	漏射线、散射线	1.776	0.017		

注：⑦R_{厂区道路}=1m（装置左侧距关注点距离）+0.26m（射线源距左侧外表面最近距离）=1.26m
 ⑧R_{厂区道路}=0.8m（装置后侧距关注点距离）+0.96m（射线源距后侧外表面最近距离）=1.76m
 ⑨R_{实验室}=1.9m（装置右侧距关注点距离）+1.55m（射线源距右侧外表面最近距离）=3.45m
 ⑩R_{实验室}=3.1m（装置前侧距关注点距离）+0.64m（射线源距前侧外表面最近距离）=3.74m
 ⑪R_{办公区域}=5m（一楼层高）+1.012m（射线源距顶部外表面最近距离）=6.012m
 gR_{厂区道路}=0.3m（装置右侧距关注点距离）+1.926m（射线源距右侧外表面最近距离）=2.226m
 hR_{厂区道路}=1.2m（装置前侧距关注点距离）+1.084m（射线源距前侧外表面最近距离）=2.284m
 iR_{理化实验室}=1.2m（装置左侧距关注点距离）+0.424m（射线源距左侧外表面最近距离）=1.624m
 jR_{物理实验室}=0.7m（装置后侧距关注点距离）+1.476m（射线源距后侧外表面最近距离）=2.176m

公众周、年有效剂量估算结果见表11-8。

表11-8 X射线装置周围公众年受照有效剂量结果评价

保护目标	使用因子	居留因子	剂量率值	周受照时间	年受照时间	周剂量估算值	年剂量估算值	周剂量约束值	年剂量约束值	评价
------	------	------	------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	----

			T	($\mu\text{Sv/h}$)	(h)	(h)	($\mu\text{Sv/周}$)	(mSv/a)	($\mu\text{Sv/周}$)	(mSv/a)	
1#X射线装置	东侧厂区道路行人	1	1/16		30	1500					满足
	南侧厂区道路行人	1	1/16		30	1500					满足
	西侧实验室工作人员	1	1		30	1500					满足
	北侧实验室工作人员	1	1		30	1500					满足
	楼上办公区域工作人员	1	1		30	1500					满足
2#X射线装置	北侧厂区道路行人	1	1/16		30	1500					满足
	东侧厂区道路行人	1	1/16		30	1500					满足
	南侧理化实验室工作人员	1	1		30	1500					满足
	西侧物理实验室工作人员	1	1		30	1500					满足

从表11-8中预测结果可以看出，本项目1#X射线装置周围辐射工作人员年有效剂量最大值为1.26mSv，周有效剂量最大值为25.2 μSv ；公众年有效剂量最大值为0.029mSv，周有效剂量最大值为0.57 μSv ；2#X射线装置周围辐射工作人员年有效剂量最大值为0.159mSv，周有效剂量最大值为3.18 μSv ；公众年有效剂量最大值为0.032mSv，周有效剂量最大值为0.63 μSv 。均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对个人年有效受照剂量（职业人员20mSv/a，公众1mSv/a）的要求和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中人员周剂量（职业工作100 $\mu\text{Sv/周}$ 公众5 $\mu\text{Sv/周}$ ）控制要求，并低于本项目剂量约束值：职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a。

本项目两台X射线装置间距约288m，两台X射线装置的评价范围不重叠。经距离衰减后不考虑辐射叠加影响。

2.4 三废治理措施评价

本项目两台X射线装置的铅房顶部均设有通风口，1#X射线装置的风量为180m³/h。铅房容积为5.76m³，每小时对铅房进行约31次有效换气；2#X射线装

置的风量为660m³/h。铅房容积为11.44m³，每小时对铅房进行约57次有效换气。两台X射线装置均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气，对本项目环境影响较小。生活垃圾将与公司内产生的生活垃圾一并委托环卫公司处理，辐射工作人员产生的生活垃圾不会对周围环境产生影响。

生活污水排入城市污水管网，辐射工作人员产生的生活污水不会对周围环境产生影响。

事故影响分析

1 潜在事故分析

本项目两台X射线装置只有在开机曝光时才产生X射线，因此，X射线探伤事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）在使用过程中，由于安全联锁装置失灵，防护门被意外打开时，不能立刻停止出束，造成误照射；由于安全联锁装置失灵，防护门未完全关闭时辐射工作人员开机工作，致使铅房周围人员受到误照射。

（2）机器调试、检修时误照射。X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。

（1）、（3）工况下，辐射工作人员在铅房外侧、公众位于检测室外，事故仅受泄漏、散射辐射影响；（2）设备检修工况下，辐射工作人员可进入铅房内部作业，存在遭受主射线直射风险，且与射线源距离最近，受照风险显著更高。本项目选取I×H₀值更大的2#射线装置，分别模拟辐射工作人员、公众两类人群最大可信事故情景：

1.辐射工作人员最大可信事故：（2）机器调试、检修时误照射。X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。设定辐射工作人员距束口0.5m，直至个人剂量报警仪报警后紧急停机，受照时长20s；2#装置靶点1m处最大输出剂量率 $3.564 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，经计算单次受照剂量23.76mSv，超出辐射工作人员年有效剂量限值20mSv。

2.公众最大可信事故：（1）在使用过程中，由于安全联锁装置失灵，防护门被意外打开时，不能立刻停止出束，造成误照射；由于安全联锁装置失灵，防护门未完全关闭时辐射工作人员开机工作，致使铅房周围人员受到误照射。设定公众距束口2.284m，受照时长20s，经计算单次公众受照剂量0.006mSv，远低于公众年有效剂量限值1mSv。

依据《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）第四十条，射线装置失控造成人员超过年剂量限值照射即属于一般辐射事故。本项目辐射工作工作人员检修误照情景可导致职业人员年度剂量超标，满足一般辐射事故判定条件，因此本项目潜在辐射事故类别为一般辐射事故。

江苏弗泽瑞金属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。

2 辐射事故预防措施

江苏弗泽瑞金属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。

（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。每次在开启装置前，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。本项目使用的两台X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。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，公司应当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 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核，取得相应岗位的上岗证书。 根据上述要求，江苏弗泽瑞金属科技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。江苏弗泽瑞金属科技有限公司应根据本次使用X射线数字成像检测设备编写相关文件，明确相关辐射项目的管理人员及其职责。本项目拟配备4名辐射工作人员（每台设备配备2名辐射工作人员），并指定其中1名为辐射防护负责人。辐射工作人员均须通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名，其中辐射防护负责人参加“辐射安全管理”类，辐射工作人员参加“X射线探伤”类学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，并参加考核，考核合格后方可上岗。同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。
辐射安全管理规章制度 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。建议江苏弗泽瑞金属科技有限公司根据工业探伤装置的特点及以下内容制定相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。 操作规程：明确X射线探伤辐射人员的资质条件要求、工业探伤装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业探伤装置操作步骤

以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。 岗位职责：明确管理人员、探伤工作人员、维修人员的岗位职责，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完善辐射防护和安全保卫制度，重点是工业探伤装置运行和维修时辐射安全管理。 设备维修制度：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，确保射线装置、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：建立健全的射线装置使用台账制度，并在日常工作中落实到位，对公司使用的X射线管型号、规格、数量、去向及日期等均需记录在台账上，做到有据可查。 职业健康监护管理制度：辐射工作人员上岗前、在岗期间及离岗后均需进行职业健康检查。 事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）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。	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现有射线装置周
--	--

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

本项目的监测因子：周围剂量当量率，参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的规定，本项目工业探伤装置屏蔽体外30cm处的周围剂量当量率的控制值为2.5μSv/h。

（1）委托有资质的单位对项目所在场所周围环境X-γ辐射剂量率进行1次竣工验收监测：

（2）委托有资质的单位对项目所在场所周围环境X-γ辐射剂量率进行年度监测，监测频次：1~2次/年；

（3）工业用探伤装置进行无损检测作业时辐射工作人员对设备周围的辐射水平进行监测(每季一次)，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县(市、区)或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

（4）委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测(1次/3个月)，建立个人剂量档案。

日常监测和年度监测时，一旦发现设备外周围剂量当量率超过2.5μSv/h，应立即停止辐射工作，查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平合格后，方可继续工作。如发现设备外周围剂量当量率没有超过2.5μSv/h，但监测结果异常偏高，在条件允许的情况下，也需停止辐射工作，查找原因，进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平在日常的监测水平后，可恢复正常工作。

表12-1 辐射监测计划表

监测项目		监测频次	监测点位	结果评价
X-γ周围剂量当量率	竣工验收监测	1次	铅房四周墙体处、顶部、地面处、防护门、门缝隙处、操作台处、电缆线孔、通风口处。	1#射线装置四周、顶部外30cm处及地面周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h。2#射线装置四周外30cm处及地面周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h；顶部外30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于100μSv/h。
	场所年度监测，委托有资质单位进行	1~2次/年		
	定期自行开展辐射监测	每3个月1次		
个人剂量监测	委托有资质单位进行	每3个月1次	/	年有效剂量不超过5mSv。

公司在项目运行过程中拟根据情况完善监测计划的频次及监测内容，同时对射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向全国核技术利用辐射安全申报系统上传评估报告，年度评估发现安全隐患的，立即整改。

2、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射剂量巡检仪等仪器；江苏弗泽瑞金属科技有限公司拟配备4台个人剂量报警仪、2台X-γ辐射剂量巡检仪。报警阈值均设为2.5μSv/h，当剂量率达到设定的报警阈值时，将会报警警示工作人员。

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，江苏弗泽瑞金属科技有限公司应针对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：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

江苏弗泽瑞金属科技有限公司应依据《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》的要求制定辐射事故应急预案，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。公司应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并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

本项目建设地址位于常熟经济技术开发区观致路4号，项目地理位置图见附图1。江苏弗泽瑞金属科技有限公司厂区四周为相邻的工业企业和道路，厂区北侧为宏图路、常熟中隆汽车零部件有限公司，西侧为亚通汽车零部件（常熟）有限公司，南侧为观致路和田野，东侧为拓彼亚机械科技（常熟）有限公司。公司厂区布局及周围环境图见附图2。本项目1#X射线装置位于办公楼一楼实验室，2#X射线装置位于2#车间理化实验室。铅房周围50m范围内没有居民区、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工业探伤装置周围评价范围内的公众。

1.2 项目分区及布局

本项目两台X射线装置的操作台与均检测铅房分开独立设置，设备运行时X射线均朝右侧照射，1#射线装置的操作台位于设备的前侧，2#射线装置的操作台位于设备的左侧。本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中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。

本项目拟将两台X射线装置铅房作为本项目的辐射防护控制区，在设备四周醒目位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；拟将两台X射线装置所处的检测室边界作为辐射防护监督区，监督区边界拟悬挂“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人员不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)中关于辐射工作场所的分区规定。

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

本项目将在工业探伤设置如下辐射安全措施：

（1）屏蔽防护：本项目工业探伤装置采用铅板的防护设计对X射线进行防

护。

（2）联锁装置：本项目两台 X 射线装置前侧防护门均设置门机联锁装置。1#X 射线装置前侧防护门为 1 扇平开门，2#X 射线装置前侧防护门为双扇平开门，并与高压联锁。只有在防护门完全关闭时工业探伤装置才能出束照射，防护门打开时立即停止 X 射线照射，关上时不能自动开始 X 射线照射。

2#X 射线装置后侧维修门为手动推拉门，在正常使用过程中处于常闭且锁定状态，仅在设备故障时由专业维修人员开启。后侧维修门位于射线装置铅房（屏蔽体）的外侧，仅用于外部电气的维修，铅房（屏蔽体）后面为全封闭形态，即使设备处于出束状态，后侧维修门的开、关不会造成射线泄漏。

（3）工作状态指示灯：本项目 1#X 射线装置顶部醒目位置、2#X 射线装置铅房顶部及内部均设有工作状态指示灯和声音提示装置，并与 X 射线管联锁。设备出束期间工作状态红灯亮起，声音提示装置开始报警，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（4）电离辐射警告标志：本项目两台 X 射线装置表面外均设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明，提醒无关人员此处有电离辐射危害。

（5）急停按钮：本项目两台 X 射线装置的操作台和设备内部设有急停按钮，发生紧急状况时，按下急停开关，立即终止 X 射线出束。急停按钮带有标签，标明使用方法。

（6）钥匙开关：本项目两台 X 射线装置的操作台处均设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（7）监视装置：本项目两台 X 射线装置铅房内部设有监控探头，可覆盖整个铅房内部情况，监控显示屏设置在操作台处，操作人员可通过电脑控制系统实时观察铅房内部情况。

本项目 X 射线装置使用时，人员无需进入铅房，故铅房内部无需设置固定式场所辐射探测报警装置。

1.4 辐射安全管理

江苏弗泽瑞金属科技有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。本项目拟配备4名辐射工作人员（每台设备配备2名辐射工作人员），并指定其中1名为辐射防护负责人。辐射工作人员均须通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名，其中辐射防护负责人参加“辐射安全管理”类，辐射工作人员参加“X射线探伤”类学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，并参加考核，考核合格后方可上岗。同时如有辐射培训证书到期人员还应及时参加生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。

公司拟为本项目配备2台环境辐射剂量巡测仪和4台个人剂量报警仪，均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，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目两台X射线装置采用铅房对X射线进行屏蔽，1#X射线装置外尺寸为1810mm（长）×1600mm（宽）×2100mm（高），铅房右侧面板（主射面）为2.5mm钢+7mm铅+2.5mm钢防护，左侧面板、后侧面板、前侧面板、底部、顶部以及防护门均为2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢防护，排风口及穿线孔处均设置4mm铅+2.5mm钢防护罩。2#X射线装置外尺寸为2350mm（长）×2560mm（宽）×2992mm（高），铅房右侧面板（主射面）为3mm钢+8mm铅+2mm钢防护；铅房左侧面板、前侧面板、后侧面板以及防护门均为3mm钢+5mm铅+2mm钢结构防护；铅房顶部面板为3mm钢+5mm铅+2mm钢结构防护，顶部右侧335mm范围内为3mm钢+8mm铅+3mm钢结构防护，铅房底部为3mm钢+5mm铅+3mm钢结构，底部右侧400mm范围内为3mm钢+8mm铅+3mm钢结构防护。排风口及穿线孔处均设置5mm铅+2.5mm钢防护罩。

上述防护措施可使屏蔽体达到良好防护效果。

根据理论预测结果，本项目两台X射线装置运行后铅房周围的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业X射线探伤室

辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）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周/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》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对个人年有效受照剂量（职业人员20mSv/a，公众1mSv/a）、周有效受照剂量（职业人员100μSv/周，公众5μSv/周）的要求，并低于本项目剂量约束值：职业人员5mSv/a，公众0.1mSv/a。

2.3 三废处理处置

本项目X射线装置在工作时产生的X射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过铅房内的机械通风系统排出铅房，再通过车间内新风系统排出室外，臭氧在空气中短时间内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾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，江苏弗泽瑞金属科技有限公司新建X射线数字成像检测设备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）公司应按照《建设项目环境保护管理条例》规定及时进行竣工环保验收。

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	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。	1
辐射安全和防护措施	本项目1#X射线数字成像检测设备型号为XG-160ST/C，铅房外尺寸为1810mm（长）×1600mm（宽）×2100mm（高）。铅房右侧面板（主射面）为2.5mm钢+7mm铅+2.5mm钢防护，左侧面板、后侧面板、前侧面板、底部、顶部以及防护门均为2.5mm钢+4mm铅+2.5mm钢防护；排风口及穿线孔处均设置4mm铅+2.5mm钢防护罩。防护门与屏蔽体缝隙约为2mm，搭接长度约为100mm，防护门与门洞的搭接长度不小于门缝大小的10倍，防止射线漏出。2#X射线数字成像检测设备型号为UNC160，铅房外尺寸为2350mm（长）×2560mm（宽）×2992mm（高）。铅房右侧面板（主射面）为3mm钢+8mm铅+2mm钢结构防护；铅房左侧面板、前侧面板、后侧面板以及防护门均为3mm钢+5mm铅+2mm钢结构防护；铅房顶部面板为3mm钢+5mm铅+2mm钢结构防护，顶部右侧335mm范围内为3mm钢+8mm铅+3mm钢结构防护，铅房底部为3mm钢+5mm铅+3mm钢结构，底部右侧400mm范围内为3mm钢+8mm铅+3mm钢结构防护。排风口及穿线孔处均设置5mm铅+2.5mm钢防护罩。前侧防护门与屏蔽体缝隙约为2mm，左右搭接长度约为35.5mm，上下搭接近55mm。防护门与门洞的搭接长度不小于门缝大小的10倍，防止射线漏出。	1#X射线装置四周（含顶部、底部）表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h；2#X射线装置四周表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h，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应不大于100μSv/h。辐射工作人员和周围公众年受照剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和项目管理目标剂量约束值要求：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。	20
	本项目两台X射线装置前侧防护门设置门机联锁装置；设备顶部醒目位置设有工作状态指示灯和声音提示装置，并与X射线管联锁。设备出束期间工作状态红灯亮起，声音提示装置开始报警，“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并与工作场所内使用的其他报警信号有明显区别；工业探伤装置醒目位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的相关要求和本项目的辐射安全需要。	2

	示说明，提醒无关人员此处有电离辐射危害；操作台和设备内部设有急停按钮，发生紧急状况时，按下急停开关，立即终止X射线出束。急停按钮带有标签，标明使用方法；操作台处设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；本项目铅房内部设有监控探头，可覆盖整个铅房内部情况，监控器设置在操作台处，操作人员可通过监控器实时观察铅房内部情况。		
人员配备	本项目拟配备4名辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期送检（1次/季），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。 辐射工作人员定期（不少于2年1次）进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	5
监测仪器和防护用品	拟配置2台环境辐射剂量巡测仪	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
	拟配置4台个人剂量报警仪		1
辐射安全管理制度	公司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、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司在之后的实际工作中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	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方案	/
总机	-	-	30

以上措施必须在项目运行前落实。

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