

核技术利用建设项目

智能制造龙城实验室
新建一座固定式 X 射线实验铅房项目
环境影响报告表



智能制造龙城实验室（盖章）

2025 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

智能制造龙城实验室
新建一座固定式 X 射线实验铅房项目
环境影响报告表

建设单位名称：智能制造龙城实验室

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：常州市武进区常武中路 18 号常州科教城智能制造龙城实验室

邮政编码：213164

联系人：/

电子邮箱：/

联系电话：/

目录

表 1	项目基本概况	- 1 -
表 2	放射源	- 4 -
表 3	非密封放射性物质	- 4 -
表 4	射线装置	- 5 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 6 -
表 6	评价依据	- 7 -
表 7	保护目标与评价标准	- 10 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 13 -
表 9	项目工程分析与源项	- 17 -
表 10	辐射安全与防护	- 23 -
表 11	环境影响分析	- 27 -
表 12	辐射安全管理	- 36 -
表 13	结论与建议	- 39 -
表 14	审批	- 44 -

附图：

- 附图 1 智能制造龙城实验室地理位置图
- 附图 2 本项目与江苏省生态环境分区管控单元相对位置关系图
- 附图 3 智能制造龙城实验室平面布局及周围环境图
- 附图 4 调整前总装车间平面布局图
- 附图 5 调整后总装车间平面布局图
- 附图 6 本项目 X 射线实验铅房设计图
- 附图 7 本项目 X 射线实验铅房辐射安全措施示意图

附件：

- 附件 1 项目委托书
- 附件 2 射线装置使用承诺书
- 附件 3 辐射防护屏蔽设计说明
- 附件 4 厂房租赁协议复印件
- 附件 5 《智能制造龙城实验室新建 1 座固定式 X 射线实验铅房项目环境影响报告表》
批复复印件
- 附件 6 辐射环境现状检测报告复印件
- 附件 7 X 射线管参数说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		智能制造龙城实验室新建一座固定式 X 射线实验铅房项目					
建设单位		智能制造龙城实验室					
法人代表姓名		王永青		联系人		联系电话	
注册地址		常州市武进区常武中路 18 号常州科教城智能制造龙城实验室					
项目建设地点		常州市武进区常武中路 18 号常州科教城智能制造龙城实验室总装车间					
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）		50	
				投资比例（环保投资/总投资）		16.7%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他				占地面积（m ² ）	
						/	
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

智能制造龙城实验室（以下简称“龙城实验室”）成立于 2022 年 7 月 14 日，注册地位于常州市武进区常武中路 18 号常州科教城智能制造龙城实验室，实验室厂房租赁自长江龙城科技有限公司，厂房租赁协议复印件见附件 4。实验室基于常州市良好的制造业产业生态，聚焦国家重大发展战略和行业难点问题，围绕数控机床综合性能测试、高端数控加工装备研制、智能制造技术与系统研发、新能源领域专用装备研发等方向，加大原始创新和科技成果转化力度，研究引领国际学术前沿的基础理论，研发满足国家重大需求和服务区域经济的关键技术，建设面向公众服务的机床性能测试中

心，转化具备产业引领能力的创新技术成果，孵化智能制造领域的高新技术企业，助力常州智造名城和新能源之都建设。

1.2 项目规模及任务由来

针对工业零部件内部结构测量和内部缺陷准确识别迫切需求，智能制造龙城实验室已环评在总装车间东部新建 1 座固定式 X 射线实验铅房，并配备 1 台 225kV 型 X 射线探伤机（最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，额定功率 1800W），开展工业射线高精度智能检测方法研究，研制高精度工业射线检测设备和开发工业射线检测软件系统，并形成其检测技术规范。实验工件材质包括铝、钢、复材、树脂、铜等，规格尺寸（长宽高）均小于 1000mm。该项目已编制环境影响报告表，已于 2024 年 11 月 27 日取得常州市生态环境局环评批复（批复文号：常环核审[2024]70 号，见附件 5）。

目前该项目尚未开工建设，由于发展需要，智能制造龙城实验室对总装车间布局进行优化调整，各同类型功能区域集中布置，拟将固定式 X 射线实验铅房拟建址向北移动约 58m，原实验铅房拟建址将主要作为功能部件、零部件测试区域，铅房设计及配备探伤机均保持不变，调整前后智能制造龙城实验室平面布局及周围环境图见附图 3，调整前总装车间布局图见附图 4，调整后总装车间布局图见附图 5。根据附图 3~附图 5 可知，智能制造龙城实验室新建 1 座固定式 X 射线实验铅房项目保护目标发生变化，需对其重新进行辐射环境影响评价。

本项目拟采用 X 射线实时成像技术，使用工业平板探测器将图像传输至电脑上，不进行洗片操作。智能制造龙城实验室拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，实验铅房周开机曝光时间约为 20 小时，年开机曝光时间约为 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 智能制造龙城实验室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	额定功率 W	射线装置类别	工作场所名称	使用情况	备注
1	225kV 型 X 射线探伤机	1	225	8	1800	II	X 射线实验铅房	拟购	定向机

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用 II 类射线装置，应当编制环境影响报告表。受智能制造龙城实验室委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评评价工作。

我龙城实验室通过资料调研、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

智能制造龙城实验室位于常州市武进区常武中路 18 号中国以色列常州创新园内，龙城实验室地理位置图见附图 1。龙城实验室东侧为园区道路、6#楼、7#楼、8#楼及 9#楼，南侧为园区道路，西侧为园区道路及物流库，北侧为园区道路及停车场，龙城实验室平面布局及周围环境图见附图 3。

本项目固定式 X 射线实验铅房拟建于总装车间东部。拟建址东侧为通道、园区道路、8#楼及 9#楼，南侧为高精度工业 CT 研发区、通道、工艺适应性与组线匹配性实验区、精度保持性实验区及可靠性实验区，西侧为高精度工业 CT 研发区、通道、超高速电主轴研发区及超声复合加工装备研发区，北侧为高精度工业 CT 研发区、通道、空压站、楼梯间、卫生间及园区道路，本项目实验铅房为一层建筑，上方无建筑，下方为土层。总装车间平面布局图见附图 5。

本项目 X 射线实验铅房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线实验铅房拟建址周围评价范围内的公众。

3 单位原有核技术应用情况

智能制造龙城实验室未申领辐射安全许可证，本项目为该单位首次开展核技术利用项目。

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 X 射线实验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 射线探伤机	Ⅱ类	1	225kV 型	225	8	无损检测	X 射线实验铅房	定向机/额定功率 1800W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	/	无暂存	通过机械排风排入车间，最终通过车间自然通风排入外环境，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
生活污水	液态	/	/	约 1.67t	约 20t	/	无暂存	排入城市污水管网
生活垃圾	固态	/	/	约 20.8kg	约 250kg	/	无暂存	交由城市环卫部门处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版), 国家主席令第九号公布, 2015 年 1 月 1 日施行 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修订版), 2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第二十四号公布实施, 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》, 国家主席令第六号公布, 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), 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), 国务院令第六百八十二号, 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), 国务院令第四百四十九号, 2005 年 12 月 1 日起施行; 2019 年修订, 国务院令第七百零九号, 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)》, 生态环境部令第十六号, 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) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 生态环境部令第二十号, 2021 年 1 月 4 日起施行 (10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令第十八号, 2011 年 5 月 1 日起施行 (11) 《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 (12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第九号, 2019 年 11 月 1 日起施行 (13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告 2019 年 第 57 号, 2020 年 1 月 1 日起施行
------	--

	(14) 《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 (15) 《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 (16) 《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 (17) 《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 (18) 《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 (19) 《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 (20) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187 号，2021 年 11 月 9 日 (21) 《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函（2024）777 号，2024 年 9 月 23 日
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) 《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》（HJ61-2021） (5) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） (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/T250-2014）及第 1 号修改单

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) 厂房租赁协议复印件（附件 4） (5) 《智能制造龙城实验室新建 1 座固定式 X 射线实验铅房项目环境影响报告表》批复复印件（附件 5） (6) 辐射环境现状检测报告复印件（附件 6） (7) X 射线管参数说明（附件 7）
----	---

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本项目 X 射线实验铅房屏蔽体边界外 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常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777 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常州市武进区生态空间管控区域，本项目与江苏省生态环境分区管控单元相对位置关系图见附图 2。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。 本项目利用 X 射线进行无损检测设备研发，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 X 射线实验铅房周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员、X 射线实验铅房拟建址周围评价范围内的公众。					
表 7-1 本项目 X 射线实验铅房拟建址评价范围内敏感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
辐射工作人员	操作位	南侧	紧邻	2 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	通道	东侧	紧邻	流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
	园区道路		约 4m	流动人员	
	8#楼（常州艾立贝医疗科技有限公司、江苏璟和技创机器人有限公司等）		约 26m	约 40 人	
	9#楼（安普未来（常州）生物科技有限公		约 26m	约 50 人	

	司、常州邦莱医疗科技有限公司等)				
	高精度工业 CT 研发区	南侧	约 0.8m	流动人员	
	通道		约 3m	流动人员	
	工艺适应性与组线匹配性实验区、精度保持性实验区及可靠性实验区		约 10m	约 20 人	
	高精度工业 CT 研发区	西侧	约 3.3m	流动人员	
	通道		约 5m	流动人员	
	超高速电主轴研发区及超声复合加工装备研发区		约 6.5m	约 5 人	
	高精度工业 CT 研发区	北侧	约 1m	约 2 人	
	通道、空压站、楼梯间、卫生间		约 34m	流动人员	
	园区道路		约 48m	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~0.3 mSv）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 μ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于 5 μ Sv/周;

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时, 探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3;

b) 对没有人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。

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 μ Sv/周, 对公众场所, 其值不大于 5 μ Sv/周。

(2) 本项目X射线实验铅房屏蔽体和入口门外30cm处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5 μ Sv/h, 实验铅房顶部人员不可达, 因此铅房顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平取不大于100 μ Sv/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。

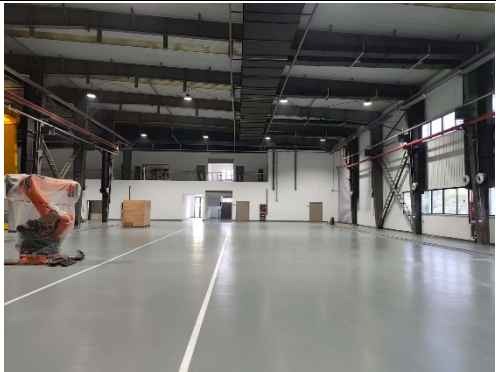
表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平 (单位: nGy/h)

/	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 智能制造龙城实验室位于常州市武进区常武中路 18 号中国以色列常州创新园内，龙城实验室地理位置图见附图 1。龙城实验室东侧为园区道路、6#楼、7#楼、8#楼及 9#楼，南侧为园区道路，西侧为园区道路及物流库，北侧为园区道路及停车场，龙城实验室平面布局及周围环境图见附图 3。 本项目固定式 X 射线实验铅房拟建于总装车间东部。拟建址东侧为通道、园区道路、8#楼及 9#楼，南侧为高精度工业 CT 研发区、通道、工艺适应性与组线匹配性实验区、精度保持性实验区及可靠性实验区，西侧为高精度工业 CT 研发区、通道、超高速电主轴研发区及超声复合加工装备研发区，北侧为高精度工业 CT 研发区、通道、空压站、楼梯间、卫生间及园区道路，本项目实验铅房为一层建筑，上方无建筑，下方为土层。总装车间平面布局图见附图 5。 本项目 X 射线实验铅房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线实验铅房拟建址周围评价范围内的公众。本项目 X 射线实验铅房拟建址周围环境现状见图 8-1。	
	
拟建址东侧（园区道路）	拟建址南侧（通道）
	
拟建址西侧（超高速电主轴研发区）	拟建址北侧（高精度工业 CT 研发区）



拟建址处

图 8-1 本项目固定式 X 射线实验铅房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：X 射线实验铅房拟建址及周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在 X 射线实验铅房拟建址周围布置监测点位，共计 7 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

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：多云 温度：16.3℃ 湿度：45.8%RH

监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

监测布点：在 X 射线实验铅房拟建址周围进行布点，具体点位见图 8-2

监测时间：2025 年 2 月 27 日

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 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

监测单位：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

监测布点质量保证：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

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》（HJ 61-2021）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，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

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，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目固定式 X 射线实验铅房拟建址周围 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	X 射线实验铅房拟建址处	71.8	平房
2	X 射线实验铅房拟建址东侧约 30cm 处	65.3	平房
3	X 射线实验铅房拟建址南侧约 30cm 处	70.8	平房
4	X 射线实验铅房拟建址西侧约 30cm 处	71.9	平房
5	X 射线实验铅房拟建址北侧约 30cm 处	69.7	平房
6	X 射线实验铅房拟建址东侧约 25m 处（8#楼外）	65.3	道路
7	X 射线实验铅房拟建址东北侧约 27m 处（9#楼外）	69.2	道路

注：测量数据已扣除仪器宇宙射线响应值。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子道路取 1，平房取 0.9。

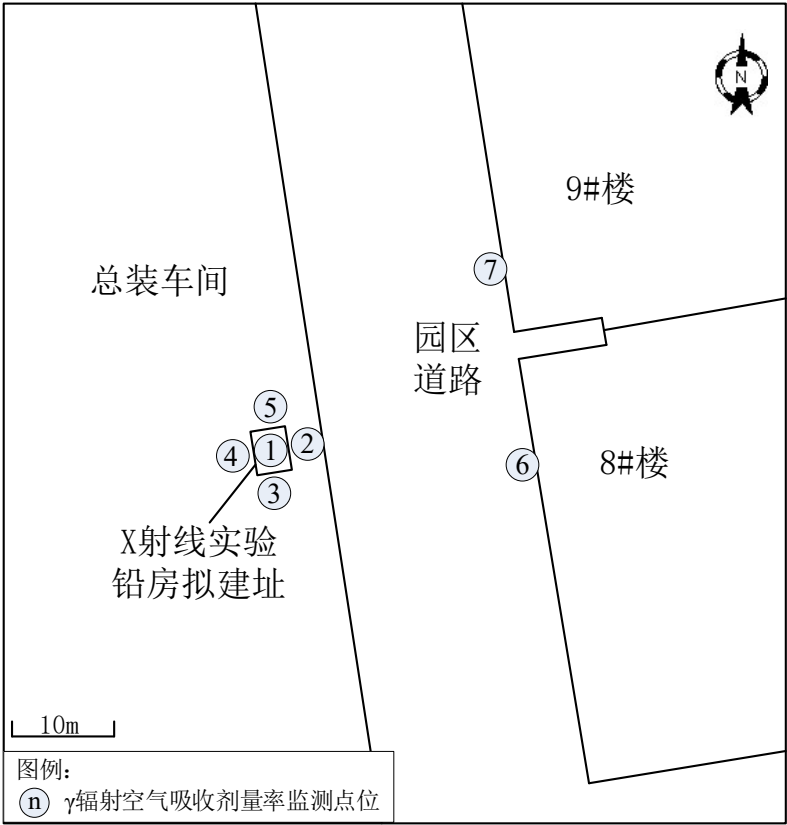


图 8-2 本项目 X 射线实验铅房拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目 X 射线实验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（65.3~71.9）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为（65.3~69.2）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，道路 γ 辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h，本项目 X 射线实验铅房拟建址周围室内、室外道路监测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内、室外道路测值范围内，属于正常辐射水平。

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 1.1 设备组成 智能制造龙城实验室拟在总装车间东部新建 1 座固定式 X 射线实验铅房，并配备 1 台 225kV 型 X 射线探伤机（最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，额定功率 1800W），开展工业射线高精度智能检测方法研究，研制高精度工业射线检测设备和开发工业射线检测软件系统，并形成其检测技术规范。实验工件材质包括铝、钢、复材、树脂、铜等，规格尺寸（长宽高）均小于 1000mm。 本项目 X 射线实验铅房包含铅房、操作台等，操作台位于铅房南侧。本项目 X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器和低压连接电缆等构成，常见 X 射线探伤机外观图见图 9-1。 1.2 铅房组装工艺分析 本项目铅房为整体结构，由厂商组装完成后，整体运输至智能制造龙城实验室指定位置，无需现场组装。 1.2.1 铅房制作 （1）根据施工图纸要求对采购的槽钢型材进行下料； （2）铅房外侧为钢-铅-钢夹层结构，即骨架上焊接钢板做为骨架层，内壁为方管焊接而成的箱体框架，焊缝焊接均匀，打磨美观，箱体框架采用 120×60×3 矩形管、60×40×3 矩形管、60×60×3 方管、槽钢焊接而成，保证框架的直线度、平整度，保证各部件之间连接达到平稳、平整； （3）对框架进行焊接施工，保证焊接强度，对表面焊缝进行打磨处理； （4）在槽钢框架上敷设防护铅板，铅板折边处所有缺口必须用铅焊死或粘死，保证不漏射线；
--

(5) 在防护铅板表面敷设钢板，铅板、钢板通过螺钉固定在铅房骨架上，螺钉孔采用铅钉进行补充防护，避免钉孔泄漏；

(6) 对制作完成的各部件表面进行除锈处理并喷涂防锈油漆两道。

铅房墙体拼接处设计示意图 9-2。



图 9-2 铅房墙体拼接设计示意图

1.2.2 工件门制作

工件门采用两侧 2mm 钢板+12mmPb 铅板铺设+骨架 8#槽钢+3mm 冷轧板结构的电动单扇平移铅门，电动工件铅门采用传动结构。工件门采用上轨道下导向的安装方式，承重轮设在门的上方。

传动说明：

(1)动力马达：提供开门与关门的主动力，控制门扇加速与减速运行；

(2)门扇行进轨道：约束门扇的吊具走轮系统，使其按特定方向行进；

(3)门扇吊具走轮系统:用于吊挂活动门扇，同时在动力牵引下带动门扇运行；

(4)同步皮带：用于传输马达所产动力，牵引门扇吊具走轮系统；

(5)下部导向系统：是门扇下部的导向与定位装置，防止门扇在运行时出现前后门体摆动。

在铅房墙体准直的情况下，工件门与墙体的间隙 $\leq 10\text{mm}$ ，工件门左右与墙面搭接各为 $\geq 200\text{mm}$ ，上部与墙面搭接为 $\geq 200\text{mm}$ ，下部与墙面搭接为 $\geq 100\text{mm}$ 。

铅房组装完成后出厂样式图见图 9-3。



图 9-3 组装后铅房示意图

2 工作原理

2.1 X 射线产生原理

X 射线探伤机核心部件是 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。

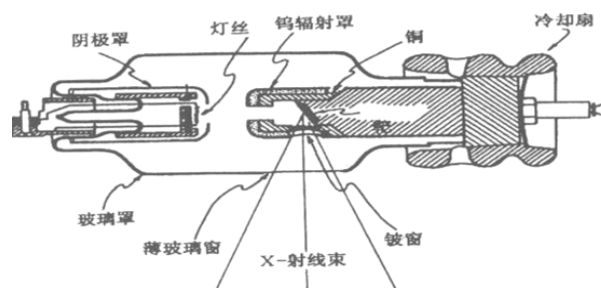


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

2.2 X 射线实时成像工作原理

X 射线实时成像基本原理是 X 射线管中加速的电子撞击阳极靶产生 X 射线，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 射线检测信号转换为光学图像；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部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。实时成像系统工作原理示意图见图 9-5。

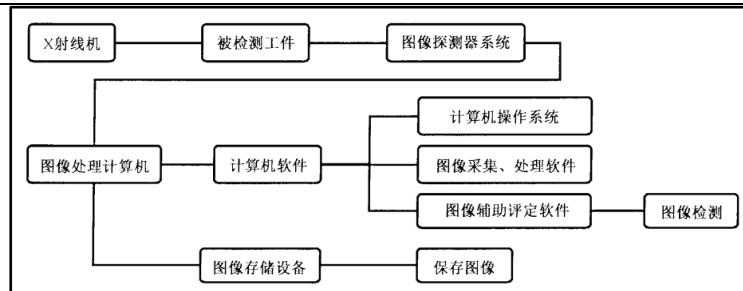


图 9-5 典型 X 射线实时成像工作原理图

3 无损检测实验工艺流程及产污环节

开展无损检测实验时，被实验工件通过工件门运至铅房内，辐射工作人员在操作台处进行隔室操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

（1）辐射工作人员在开展无损检测实验前对铅房进行检查，确认安全联锁、报警设备和警示灯等安全防护措施运行正常；

（2）将设计的机械运动平台（用于固定工件）放入铅房内，进行运动位置测试，确定各个运动部件和铅房是否存在干涉，同时确认直线运动定位精度；

（3）将 X 射线探伤机与平板探测器安装到铅房内指定位置，进行扫描系统结构标定，计算扫描系统几何偏差，根据标定误差进行机械结构调整；

（4）实验工件通过工件门运至铅房内机械运动平台专用托盘上；

（5）清场，确认无人后，辐射工作人员离开铅房并关闭工件门；

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

（7）根据实验工件大小，调整实验工件在 X 射线探伤机与探测器间的位置，确认不同位置成像质量是否满足检测需求；

（8）实验结束，关闭 X 射线探伤机，辐射工作人员打开工件门，将实验工件运出铅房；

本项目无损检测实验工作流程及产污环节示意图见图 9-6。

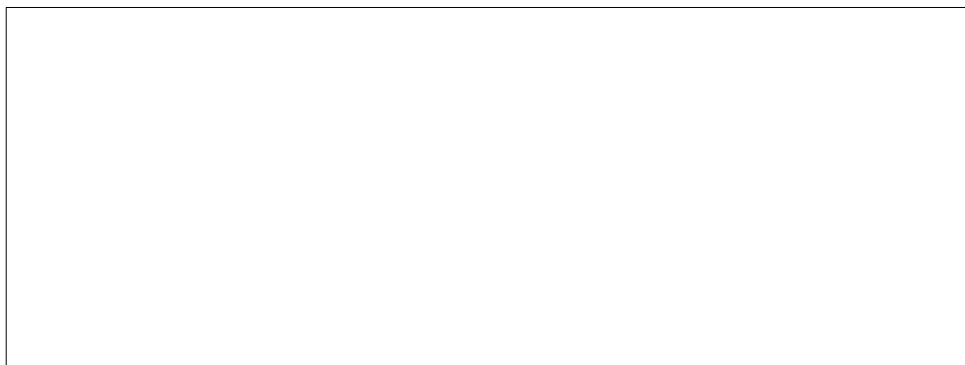


图 9-6 本项目工作流程及产污环节分析示意图

4 工作人员配置及工作机制

龙城实验室拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，本项目实验铅房周开机曝光时间约为 20 小时，年开机曝光时间约为 1000 小时。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目探伤期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X 射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。本项目 X 射线探伤机拟购自丹东锐新射线仪器有限公司，根据生产单位提供材料（见附件 7），本项目 X 射线探伤机的 X 射线管型号为 PTX-225HP/11，滤过材料为 0.8mm 铍，在 225kV、1mA 条件下距靶点 1m 处 X 射线剂量率为 $790\mu\text{Gy/s}$ ，对应靶点 1m 处 X 射线输出量为 $47.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

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。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，225kV 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，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，225kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

表 9-1 本项目射线装置参数一览表

设备型号	225kV 型 X 射线探伤机
最大管电压 (kV)	
最大管电流 (mA)	
出束角	
滤过条件	
阳极靶靶材料	
X 射线机的发射率常数 ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$)	
泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
90° 散射后能量相应的 kV 值 (kV)	

2 非放射性污染源分析

X 射线探伤机在工作状态时，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。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，每名人员生活用水约 50L/d，年工作按 250 天计，则辐射工作人员生活用水量为 25t/a，污水产生系数取 0.8，则生活污水产生量约 20t/a。生活垃圾按每人每天 0.5kg 计，产生量约为 250kg/a。

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 智能制造龙城实验室新建 1 座固定式 X 射线实验铅房包含铅房、操作台等，本项目定向 X 射线探伤机主射线朝北照射，操作台位于铅房南侧，避开了主射线方向。本项目 X 射线实验铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。 图 10-1 本项目 X 射线实验铅房平面布局及分区图 本项目拟将铅房作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 中红色阴影方框），在铅房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；拟将铅房南侧 0.76m 范围、西侧 3.26m 范围及北侧 1.0m 范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色阴影方框），拟在监督区边界设置实体围栏，监督区入口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。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 X 射线实验铅房屏蔽防护设计见表 10-1，设计图见附图 6。
--

表 10-1 本项目 X 射线实验铅房屏蔽设计参数一览表

/	铅房
规格尺寸（内净）	
四周屏蔽体	
顶部	
底部	
工件门（西侧）	
电缆口铅罩（南侧）	
通风口铅罩（顶部）	

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，龙城实验室拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）设计相应的辐射安全装置和保护措施。

3.1 辐射防护措施

（1）铅房工件门拟设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与工件门联锁，只有当工件门全关闭后才能接通 X 射线管管电压。在实验过程中，工件门被意外打开时，应能立刻停止出束。本项目铅房工件门为电动门，工件门内侧墙体拟设置紧急开门开关以方便铅房内部的人员在紧急情况下离开铅房。

（2）铅房工件门上方及铅房内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，X 射线探伤机工作时，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”信号能够持续足够长的时间，以确保铅房内人员安全离开，“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（3）铅房拟设置照射状态指示装置与 X 射线探伤机进行联锁。

（4）铅房内、工件门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

（5）铅房表面明显位置拟设置“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）拟在铅房内四周屏蔽体各设置 1 个紧急停机按钮，拟在操作台处设置 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目紧急停机按钮的设置能够使人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。紧急停机按钮带有标签，标明使用方法。

（7）操作台处拟设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线探伤机才

能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（8）铅房内拟设固定式场所辐射探测报警装置，其中监测探头设在铅房内西墙上，铅房外操作台处拟设置剂量显示及报警装置。

（9）铅房内东南角拟设置 1 个视频监控，铅房西南侧工件门外拟设置 1 个视频监控，可监视设备运行和人员进出情况。

（10）铅房体积约为 25m³，本项目铅房内通风装置的通风量拟设置为 200m³/h，每小时有效通风换气次数约为 8 次。

本项目固定式 X 射线实验铅房辐射安全与防护措施分布见附图 7。

3.2 操作防护措施

（1）辐射工作人员在开展实验前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对铅房进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常。

（2）辐射工作人员正常使用铅房时拟检查防护门-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铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员应立即退出铅房，同时防止其他人进入铅房，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，应终止实验并向辐射防护负责人报告。

（5）当班使用便携式 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，则不应开始实验。

（6）辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

（7）在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认铅房内没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

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) 实验场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

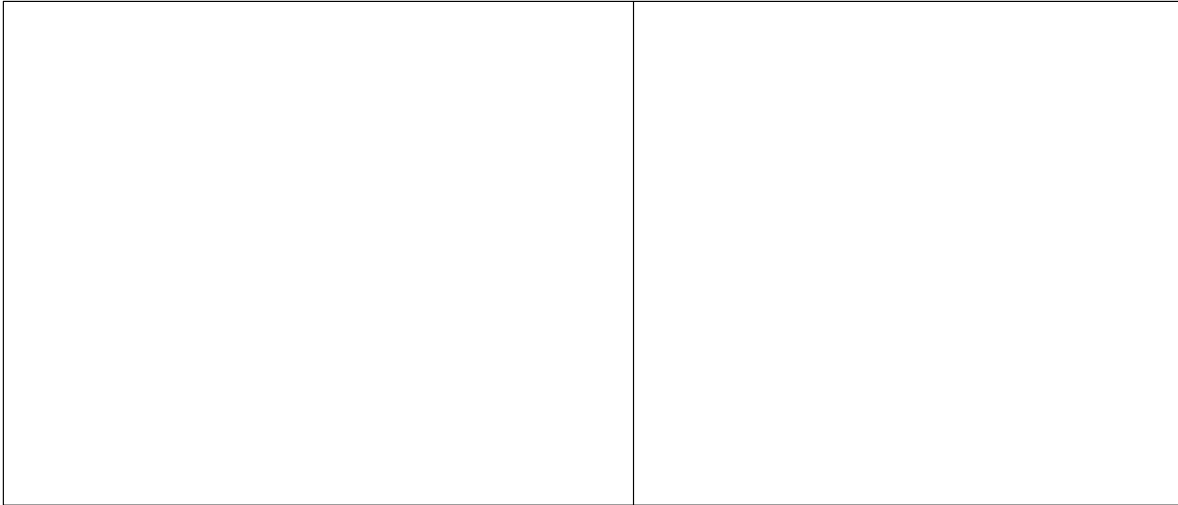
在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

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，臭氧和氮氧化物可通过机械排风排入车间，最终通过车间自然排风排入外环境。本项目铅房体积约为 25m^3 ，本项目铅房内通风装置的通风量拟设置为 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数约为 8 次，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

辐射工作人员生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将拟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 射线实验铅房为定制设备进行组装，无需开展混凝土浇筑等土建施工，因此不存在施工期环境影响。
运行阶段对环境的影响 辐射环境影响分析 本项目拟新建 1 座固定式 X 射线实验铅房，并配备 1 台 225kV 型 X 射线探伤机（最大管电压为 225kV，最大管电流为 8mA，额定功率 1800W），开展工业射线高精度智能检测方法研究，实验工件材质包括铝、钢、复材、树脂、铜等，规格尺寸（长宽高）均小于 1000mm。 本次评价选取 225kV 型 X 射线探伤机满功率运行时的工况进行预测，工作时 X 射线探伤机固定在支架上，主射线固定朝北照射，故预测时将铅房东侧、南侧（含电缆口铅罩）、西侧（含工件门）、顶部（含通风口铅罩）及底部均按照非有用线束照射进行预测计算。 本项目 X 射线探伤机可在水平及竖直方向上移动，水平方向移动范围为 200mm（东西）×2000mm（南北），X 射线出束口距东侧、西侧屏蔽体最近距离均为 1150mm，距南侧、北侧屏蔽体最近距离均为 1000mm；竖直方向移动距离为 200mm，距离顶部、底部屏蔽体最近距离均为 1150mm。本项目实验铅房计算示意图见图 11-1。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

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；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）图 B.1 中无本项目有用线束相应管电压、滤过条件对应的曲线，按公式（11-2）计算得出：

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

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。

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

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

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《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，根据公式（11-2）计算得出。

② 散射辐射

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

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;

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量, 然后按公式 (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 (1 m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(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公式

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

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 : 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

表 11-1 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	$H_0^{①}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$B^{②}$	$R^{③}$ (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
北侧								

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体	南侧屏蔽体/ 电缆口铅罩	西侧屏蔽体/ 工件门	顶部屏蔽体/ 通风口铅罩	底部屏蔽体
X 设计厚度						
泄漏辐射	HVL (mm)					
	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					
	HVL (mm)					
	B [#]					
	I (mA)					
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	F(m ²)					
	α					
	R ₀ (m)					
	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 ($\mu\text{Sv/h}$)						
评价		满足	满足	满足	满足	满足

从表 11-1 及表 11-2 中计算结果可以看出,当本项目 225kV 型定向 X 射线探伤机满功率运行时,铅房四周屏蔽体、顶部、底部屏蔽体及工件门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 1.317 $\mu\text{Sv/h}$,能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制

水平为 100 μ Sv/h”的要求。

2.2 天空反散射分析

本项目 225kV 型定向 X 射线探伤机满功率运行时，铅房顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.052 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，叠加铅房四周屏蔽体外最大辐射剂量率后，关注点总剂量率小于 1.369 μ Sv/h，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。

2.3 通风口、电缆口、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目实验铅房在铅房南侧电缆口处安装 12mm 铅防护罩，在顶部通风口处安装 12mm 铅防护罩，根据表 11-2 可知电缆口及通风口铅防护罩表面 30cm 处泄漏辐射的剂量率最大为 0.065 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/T250-2014）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。

根据图 11-2 可知 X 射线至少会经过 3 次散射到达电缆或通风管道口处，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”，可推断电缆口及通风口处的辐射剂量率能够满足标准要求。

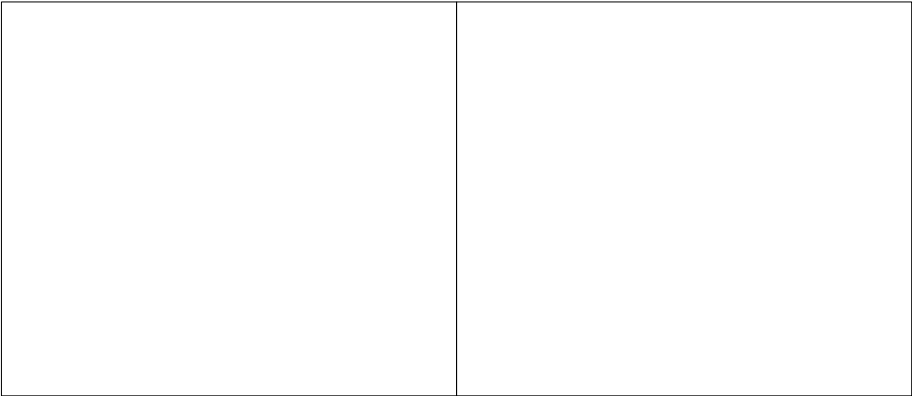


图 11-2 通风管道、线缆管道散射示意图

本项目工件门门洞尺寸 1.5m（宽） $\times$ 1.8m（高），工件门尺寸为 1.9m（宽） $\times$ 2.1m（高），工件门左右搭接 200mm，上搭接 200mm，下搭接 100mm。工件门与屏蔽体之间的缝隙宽度小于 10mm，工件门与屏蔽体重叠部分不小于工件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，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

3 有效剂量估算

本项目 X 射线实验铅房辐射工作人员为射线装置操作人员，工作时位于铅房南侧操作台处进行操作，公众主要为 X 射线实验铅房拟建址周围 50m 评价范围内的人员。本项目拟将铅房南侧 0.76m 范围、西侧 3.26m 范围及北侧 1.0m 范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区，公众人员年有效剂量拟按照监督区外的辐射剂量率取值计算。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到监督区内外各点位的辐射剂量率：

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

式中：H₁—距射线源点 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H₂—距射线源 R₂ 处的剂量率，μSv/h；

R₁—装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R₂—监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

监督区外辐射剂量率计算结果见表 11-3。

表 11-3 监督区外各参考点处剂量率预测表

预测点位	H ₁ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	H ₂ (μSv/h)
监督区东侧	铅房东侧屏蔽体外 30cm 处			
监督区南侧	铅房南侧屏蔽体外 30cm 处			
监督区西侧	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处			
监督区北侧	铅房北侧屏蔽体外 30cm 处			

注：R₂ 取值参考图 10-1

根据表 11-1 至表 11-3 估算结果代入公式（11-5），计算得到本项目辐射工作人员及公众周有效剂量及年有效剂量。

表 11-4 本项目 X 射线实验铅房周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	周工作时间 (h)	周剂量估算值 (μSv/周)	控制水平 (μSv/周)	评价
1	东侧监督区外						5 (公众)	满足
2	南侧监督区外							满足
3	西侧监督区外							满足
4	北侧监督区外*							满足
5	南侧屏蔽体外						100 (职业人员)	满足

从表 11-4 中预测结果可以看出,本项目 X 射线实验铅房周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 1.300 μ Sv; 公众周有效剂量最大值为 1.053 μ Sv, 均能够满足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 的要求。

表 11-5 本项目 X 射线实验铅房周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μ Sv/h)	年工作时间 (h)	年剂量估算值(mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	评价
1	东侧监督区外						0.1 (公众)	满足
2	南侧监督区外							满足
3	西侧监督区外							满足
4	北侧监督区外							满足
5	南侧屏蔽体外						5 (职业人员)	满足

从表 11-5 中预测结果可以看出,本项目 X 射线实验铅房周围辐射工作人员年有效剂量最大值 0.065mSv; 公众年有效剂量最大值为 0.053mSv, 均能够满足《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。

本项目 X 射线实验铅房拟建址周围 50m 评价范围内其他公众距铅房相对较远, 经距离的进一步衰减后, 其有效剂量将更低, 能够满足《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。

4 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, 臭氧和氮氧化物可通过机械排风排出车间, 最终通过车间自然排风排入外环境。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气, 对周围环境空气质量影响较小。

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 X 射线实验铅房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) 由于安全联锁装置失灵，导致防护门未关闭时开机工作，人员误入或误留受到误照射。由于门机联锁装置失灵，探伤机正常出束时意外打开防护门，会造成对误入人员的误照射。

(2) 机器调试、检修时误照射。X 射线探伤机在调试、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，一人放置机械运动平台或工件，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

智能制造龙城实验室应加强管理，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，龙城实验室拟采取以下预防措施：

(1) 企业内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在开启 X 射线探伤机前，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。

(4) 辐射工作人员在进入铅房时，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。

3 辐射事故处置方法

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的 X 射线探伤机属于Ⅱ类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员或操作人员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，龙城实验室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 本项目开展工业射线高精度智能检测方法研究使用的设备为 X 射线探伤机，属Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员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。 智能制造龙城实验室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。龙城实验室拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员兼职辐射防护负责人，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上科目为“X 射线探伤”的线上考核方可上岗，辐射防护负责人应通过生态环境部培训平台上科目为“辐射安全管理”的线上考核方可上岗。
辐射安全管理规章制度 本项目为新建项目，智能制造龙城实验室应制定一系列完善的辐射安全管理制度，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、事故应急预案等，才能满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议： 探伤操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线探伤机操作流程、操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确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、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。 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 射线实验铅房的运行和维修时辐射安全管理。 设备维修制度：明确射线装置、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：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，龙城实验室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

龙城实验室使用的 X 射线探伤机属Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对实验铅房周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

龙城实验室拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

龙城实验室拟每年请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展实验时，龙城实验室拟定期对 X 射线实验铅房周围的辐射水平进行监测，并做相关记录；本项目辐射工作人员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。龙城实验室拟定期（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。龙城实验室拟每年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。辐射监测方案见表 12-1。

落实以上措施后，龙城实验室安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

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
X 射线实验铅房	周围剂量当量率	竣工验收监测	1 次	①四周屏蔽体外 30cm 离地高度 1m 处,每个墙面至少测 3 个点; ②防护门外 30cm 处离地高度 1m 处,门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各一个点; ③操作位处; ④电缆口、通风口外; ⑤监督区周围及保护目标处。
		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/3 个月	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	1 次/3 个月	/

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,智能制造龙城实验室应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案,应急预案内容应包括:

- (1) 应急机构和职责分工;
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备;
- (3) 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。

智能制造龙城实验室拟依据《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。龙城实验室拟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,龙城实验室应立即启动本单位的事事故应急预案,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。事故发生后龙城实验室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 智能制造龙城实验室位于常州市武进区常武中路 18 号中国以色列常州创新园内。龙城实验室东侧为园区道路、6#楼、7#楼、8#楼及 9#楼，南侧为园区道路，西侧为园区道路及物流库，北侧为园区道路及停车场。 本项目固定式 X 射线实验铅房拟建于总装车间东部。拟建址东侧为通道、园区道路、8#楼及 9#楼，南侧为高精度工业 CT 研发区、通道、工艺适应性与组线匹配性实验区、精度保持性实验区及可靠性实验区，西侧为高精度工业 CT 研发区、通道、超高速电主轴研发区及超声复合加工装备研发区，北侧为高精度工业 CT 研发区、通道、空压站、楼梯间、卫生间及园区道路，本项目实验铅房为一层建筑，上方无建筑，下方为土层。 本项目 X 射线实验铅房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线实验铅房拟建址周围评价范围内的公众。 1.2 项目分区及布局 本项目定向 X 射线探伤机主射线朝北照射，操作台位于铅房南侧，避开了主射线方向。本项目 X 射线实验铅房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。 本项目拟将铅房作为本项目的辐射防护控制区，在铅房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；拟将铅房南侧 0.76m 范围、西侧 3.26m 范围及北侧 1.0m 范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区，拟在监督区边界设置实体围栏，监督区入口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。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 实践正当性分析 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。

1.4 辐射安全措施

本项目铅房工件门拟设置门机联锁装置；工件门内侧墙体拟设置紧急开门开关；铅房工件门上方及铅房内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；铅房拟设置照射状态指示装置与 X 射线探伤机进行联锁；铅房内外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；铅房表面明显位置拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在铅房内外屏蔽体及操作台处共设置 5 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关；铅房内拟设固定式场所辐射探测报警装置；铅房内外拟设 2 个视频监控。

辐射工作人员在开展实验前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对铅房进行检查，重点检查安全联锁、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铅房时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护措施；辐射工作人员在进入铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪；辐射工作人员拟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；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认铅房内没有人员驻留并关闭防护门。

当 X 射线探伤机不再使用时，拟实施退役程序。X 射线探伤机拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；探伤场所退役时，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。

1.5 辐射安全管理

智能制造龙城实验室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。同时拟制定各项辐射安全管理制度。龙城实验室拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员兼职辐射防护负责人，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方可上岗，龙城实验室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。

龙城实验室拟为本项目 X 射线实验铅房配备 1 台环境辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全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

根据理论预测结果，本项目 X 射线实验铅房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》（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，臭氧和氮氧化物可通过机械排风排入车间，最终通过车间自然通风排入外环境。臭氧在空气中 50min 可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水拟排入城市污水管网，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，智能制造龙城实验室新建一座固定式 X 射线实验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，龙城实验室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) 项目建成投入运行前应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证，并在许可范围内从事探伤工作。

2) 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。

3) 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。

4) 龙城实验室应按照《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	龙城实验室拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全防护措施	辐射防护设计： 本项目固定式 X 射线实验铅房四周、顶部、底部屏蔽体、工件门以及电缆、通风口铅罩均拟采用铅板进行防护，铅房尺寸及屏蔽设计详见表 10-1。	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 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 100μSv/h”的要求	45
	本项目铅房工件门拟设置门机联锁装置；工件门内侧墙体拟设置紧急开门开关；铅房工件门上方及铅房内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；铅房拟设置照射状态指示装置与 X 射线探伤机进行联锁；铅房内外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；铅房表面明显位置拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在铅房内外屏蔽体及操作台处共设置 5 个紧急停机按钮；操作台处拟设置钥匙开关；铅房内拟设固定式场所辐射探测报警装置；铅房内外拟设 2 个视频监控。 辐射工作人员在开展实验前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 5.1.2 要求对铅房进行检查，重点检查安全联锁、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铅房时拟检查防护门-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铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪；辐射工作人员拟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；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认铅房	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求	3

	内没有人员驻留并关闭防护门。 当 X 射线探伤机不再使用时，拟实施退役程序。X 射线探伤机拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；探伤场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知		
人 员 配 备	龙城实验室拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员兼职辐射防护负责人，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 龙城实验室拟委托有资质的单位对 2 名辐射工作人员开展个人剂量检测（1 个月，最长不超过 3 个月），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案 龙城实验室拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 2 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案	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
监 测 仪 器 和 防 护 用 品	拟配置 1 台环境辐射剂量巡测仪 拟配置 2 台个人剂量报警仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	2
辐 射 安 全 管 理 制 度	龙城实验室拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案	/

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

