

核技术利用建设项目

新建5台工业CT装置项目

环境影响报告表

苏州爱情之音科技有限公司（公章）

2025年10月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新建5台工业CT装置项目 环境影响报告表

建设单位名称: 苏州爱情之音科技有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：_____

通讯地址: 江苏省常熟市经济技术开发区虹桥路161号

邮政编码: _____ 联系人: _____

电子邮箱: _____ 联系电话: _____

表1 项目基本情况

建设项目名称		新建5台工业CT装置项目				
建设单位		苏州爱情之音科技有限公司				
法人代表		乔宪光	联系人		联系电话	
注册地址		江苏省苏州市常熟市经济技术开发区虹桥路161号				
建设项目地点		江苏省苏州市常熟市经济技术开发区虹桥路161号				
立项审批部门		/		批准文号		/
建设项目总投资(万元)		850	项目环保投资(万元)	32	投资比例(环保投资/总投资)	3.76%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²)	73.5
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	/	/			
	1.1项目概述: 1.建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来 苏州爱情之音科技有限公司主要从事超声波雷达、汽车音响、自动及辅助驾驶控制器、车身域控制器、座椅控制器等产品的研发与生产。 2023年1月申报诺博汽车智能座舱新建年产380万件汽车电子产品项目,并于2023年11月14日通过常熟经济技术开发区管理委员会审批,取得环评批复(常开管审〔2023〕146号)。根据公司发展需求,公司拟在虹桥路161号生产车间一层东南角,新建5台工业CT装置。VT-X750型工业CT装置最大管电压为130kV,最大管电流为0.3mA,额定功率为39W,工作时主射线朝顶部照射,5台装置位于生产车间一层东南角,5台装置操作位均位于装置西侧,工件门均位于南北两侧。 为保护环境和公众利益,防止辐射污染,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》等法律法规的规定，苏州爱情之音科技有限公司新建5台工业CT装置项目需进行环境影响评价。受苏州爱情之音科技有限公司的委托，苏州常卫环保科技有限公司承担了该单位新建5台工业CT装置项目的环境影响评价工作。

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），本项目为新建5台工业CT装置项目，属于“五十五、核与辐射172核技术利用建设项目”中的“生产、使用Ⅱ类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。我公司通过资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。该公司新建5台工业CT装置项目情况见表1-1：

表1-1 新建5台工业CT装置项目情况一览表

序号	射线装置	型号	数量	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况
1	工业CT装置	VT-X750	5	130	0.3	Ⅱ	生产车间一层东南角	使用	本次环评	未许可

1.2项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于常熟市经济技术开发区虹桥路161号。本项目厂界东侧为未势能源氢能、北侧为空地，西侧为朱堰塘，南侧为仪桥塘、虹桥路。拟建项目工业CT装置位于生产车间一层东南角。本项目地理位置图见附图1，厂区平面图见附图2，周围环境图见附图3、附图4。

项目所在生产车间共2层，辐射工作场所位于生产车间一层东南角，辐射工作场所东部为通道，西侧为产品生产线车间，北侧为SMT生产线，南侧为通道，上方为生产车间暂未做具体规划。

本项目设备铅房屏蔽体周围50m评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、工业CT装置周边区域其他工作人员。

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《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），本项目建设址评价范围内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；根据江苏省自然资源厅《关于常熟市生态空间管控区域调整方案办理意见的

复函》（苏自然资函〔2022〕1221号），“生态保护红线评估调整成果经国务院批准后生态空间管控区域与生态保护红线重叠的部分按照生态保护红线管理，不作为生态空间管控区域。”本项目不在长江(常熟市)重要湿地禁止和限制开发区，符合江苏省及常熟市生态红线区域保护规划的要求。根据《江苏省生态空间管控区域规划》苏政发〔2020〕1号、《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）、《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〔2022〕1221号）文件规定，本项目距离最近的生态红线区域为北侧的长江（常熟市）重要湿地，距离最近约4.1km。因此，本项目不在《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）和《常熟市生态空间管控区域调整方案》（苏自然资函〔2022〕1221号）所列国家级生态保护红线区域和生态空间管控区域范围内，不属于限制开发区域及禁止开发区域，项目建设不占用生态空间保护区域，符合相关要求。对照《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），本项目位于常熟经济技术开发区虹桥路与电厂路交叉口，属于重点管控单元。

根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

1.3核技术利用项目许可情况

目前，公司首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用情况。

1.4实践正当性

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加工业CT装置周围的辐射水平，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	活动种类	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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (Mev)	额定电流 (mA) / 剂量 率 (GY/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业CT装置	II	5	VT-X750	130	0.3	检测	生产车间一层东南角	/

（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 (μ A)	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	直接排入大气，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有效化学分解时间约为50分钟，可自动分解为氧气。

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.含有放射性的废弃物要注明，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》(修订版), 中华人民共和国主席令第9号, 2015年1月1日起实施; (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二十四号, 2018年12月29日发布施行; (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 第六号, 2003年10月1日起实施; (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院令第449号, 2005年12月1日起施行; 2019年修改, 国务院令第709号, 2019年3月2日施行; (5) 《建设项目环境保护管理条例》(修订版), 国务院令第682号, 2017年10月1日发布施行; (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年修正本), 生态环境部部令第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), 生态环境部部令第16号, 2021年1月1日起施行; (8) 《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; (9) 《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25日发布; (10) 《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日发布; (11) 《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, 2019年12月24日发布; (12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部部令第9号, 2019年11月1日起施行; (13) 《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日发布;
------	---

	(14)《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5月28日发布； (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日发布； (16)《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布； (17)《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布； (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）； (19)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号）。
技术标准	(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2)《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； (3)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； (4)《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）； (5)《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (6)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (7)《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； (8)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (9)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单。 (10)《工作场所职业病危害警示标识》(GBZ158-2003) (11)《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020)。
其他	附图： (1)地理位置示意图； (2)厂区总平面布置图；

	(3) 拟建项目一楼车间50m范围内室内环境保护目标 (4) 周围环境示意图； (5) 本项目与常熟市生态空间保护区域位置关系示意图； 附件： (1) 项目委托书； (2) 建设单位营业执照； (3) 射线装置情况说明； (4) 射线装置说明书； (5) 本项目辐射环境现状监测报告及检测公司资质； (6) 苏州爱情之音科技有限公司诺博汽车智能座舱新建年产380万件汽车电子产品项目环评批复； (7) 欧姆龙自动化(中国)有限公司辐射安全许可证及其副本。
--	--

表7 保护目标与评价标准

7.1评价范围

本项目使用的射线装置为工业用CT装置，属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》（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，结合具体情况，**本项目将5台设备铅房整体边界外50m区域定为项目的评价范围。**（核实评价范围，完善表述，本项目5台设备比较靠近，是单一设备铅房屏蔽体外50米，还是5台整体边界外50米）。

7.2保护目标

本项目CT装置拟建周围50m评价范围内，东侧为AGV通道，西侧为产品生产线车间，北侧为线镭雕生产线，南侧为AGV通道。评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、工业CT装置周边区域其他工作人员。

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

序号	保护目标名称		方位	场所名称	最近距离	人员数量	环境保护要求
1	辐射工作人员		各工业CT装置屏蔽铅房西侧	操作台	0.3m	10人（每台工业CT检测装置每台设备拟配备2名辐射工作人员，本项目共新增10名辐射工作人员）	职业人员剂量约束值不超过5mSv
2	评价范围内公众	公司其他区域工作人员	上方	规划车间	3m	无	公众成员剂量约束值不超过0.1mSv
3			东侧	AGV通道	2.8m	5人左右（流动人员）	
4				厂区道路	10m-25m	5人左右（流动人员）	
5				未势能源氢能	44m	50人	
6			西侧	人行通道	0.95m	5人左右（流动人员）	
7				AGV通道	1.1m	5人左右（流动人员）	
8				产品生产线	15m-50m	50人	
9			南侧	AGV通道	6m	5人左右（流动人员）	
10				室外道路	10m-50m	5人左右（流动人员）	
11			北侧	产品生产线（SMT）	8m-50m	40人	

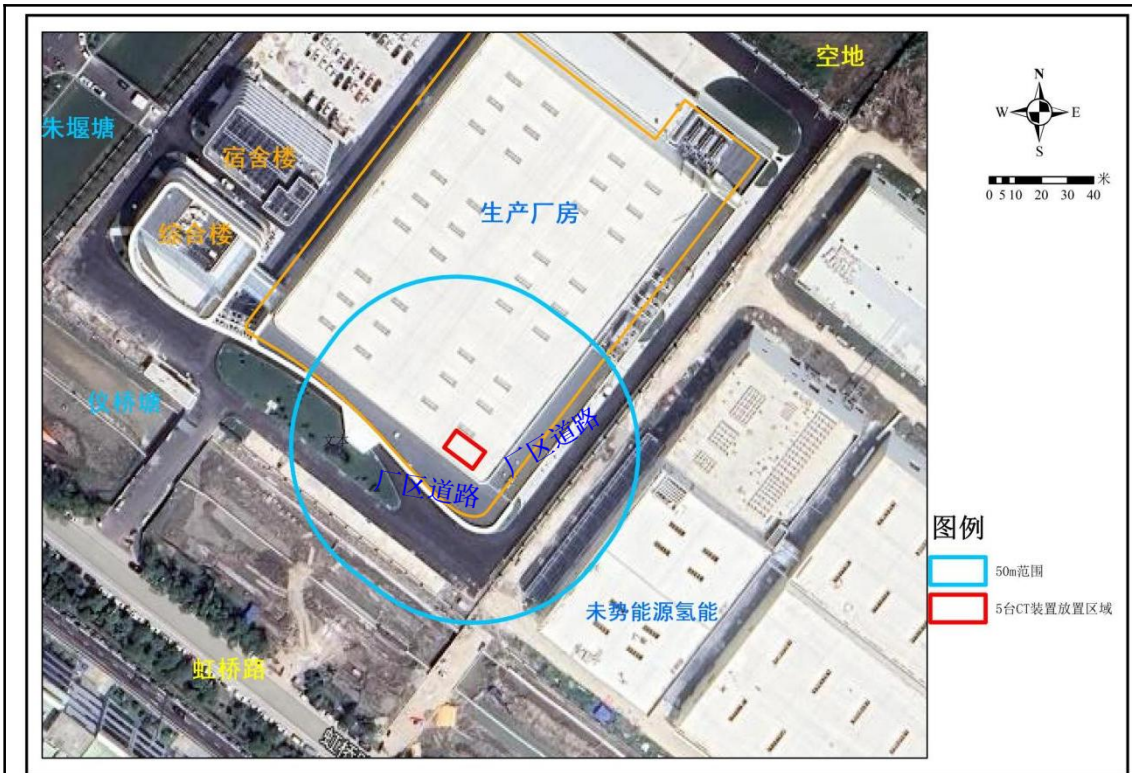


图7-2拟建项目室外环境保护目标

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《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目建设址评价范围内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；根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目建设地址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元；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），本项目建设址评价范围内不涉及常熟市生态空间管控区域；根据现场监测和环境影响预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降；本项目对资源消耗极少，不涉及违背生态环境准入清单的问题；本项目的建设符合江苏省“三线一单”生态环境分区管控要求。

7.3评价标准

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）对于评价标准的填写要求“给出国家标准及本项目的辐射工作人员和公众的辐射剂量约束值、工作场所表面污染、污染物浓度（比

活度)、剂量率等控制水平。当项目涉及非放射性环境影响的应列出相应的评价标准。”本项目涉及的评价标准如下:

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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:

对象	要求
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的照射水平进行控制,不超过下述限值: ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量, 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv;
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

2、剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中11.4.3.2剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%(即0.1mSv~0.3mSv)的范围之内,但剂量约束的使用不应取代最优化要求,剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下:

(1)辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业人员年剂量限值的1/4,即职业人员年剂量约束值不大于5mSv/a;

(2)公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中公众照射剂量限值的10%,即公众年剂量约束值不大于0.1mSv/a。

3、辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》(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。

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) 各工业CT装置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) 各工业CT装置曝光室四周屏蔽体和防护门外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。

(3) 由于本项目各工业CT装置曝光室顶部有建筑物, 因此各工业CT装置曝光室顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于2.5 μ Sv/h。

4、参考资料

(1) 《辐射防护导论》, 方杰主编。

(2) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》, 《辐射防护》第13卷第2期, 1993年3月, 江苏省环境监测站。

表7-3 江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射(空气吸收)剂量率(单位: nGy/h)

类型	原野	道路	室内
范围	33.1-72.6	18.1-102.3	50.7-129.4
按点平均均值	50.4	47.1	89.2
按点平均标准差	7.0	12.3	14.0

现状评价时, 按测值范围进行评价。

表8 环境质量和辐射现状

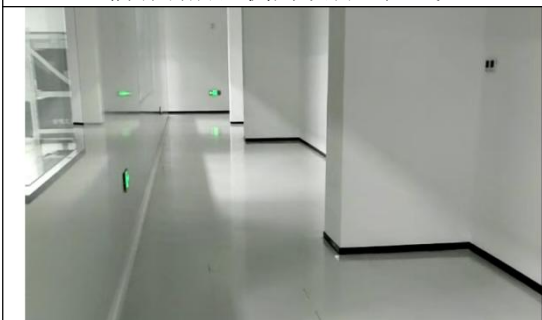
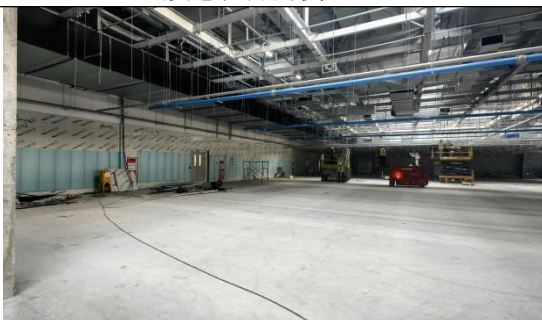
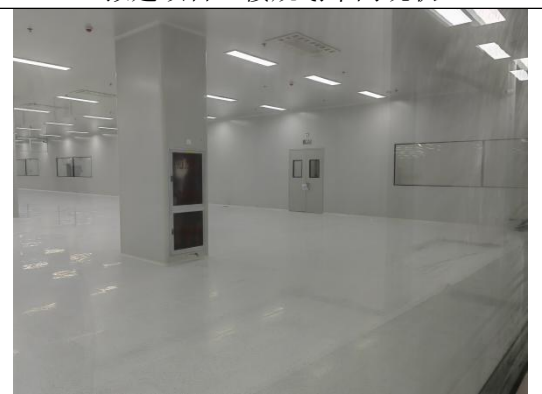
1. 项目地理和场所位置 本项目位于江苏省苏州市常熟市经济技术开发区虹桥路161号。本项目厂界东侧为未势能源氢能、北侧为空地，西侧为朱堰塘，南侧为仪桥塘、虹桥路。项目所在生产车间共2层，拟建项目工业CT装置位于生产车间一层东南角，辐射工作场所东部为通道，西侧为产品生产线车间，北侧为SMT生产线，南侧为通道，上方为生产车间暂未做具体规划。 本项目周围环境保护目标主要为辐射工作人员、厂区内的其他工作人员。辐射工作场所现状照片见图8-1。	
	
辐射场所西侧为项目生产线	拟建项目南侧通道
	
辐射工作场所东侧	拟建项目二楼规划车间现状
	
拟建项目所在位置及北侧生产线现状	拟建项目所在现状

图8-1 本项目工业CT装置拟建区域现状照片

2 环境现状检测的对象、监测因子和监测点位

检测对象：工业CT装置拟建址周围辐射环境

监测点位布设：辐射现状检测点位布设在拟建工业CT装置放置区域及四周。

检测单位：江苏卓然辐射检测技术有限公司

检测时间：2025年11月14日

检测环境条件：天气：晴，温度：18℃

检测项目：环境 γ 辐射空气吸收剂量率。

检测方法：按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求进行，监测时仪器探头水平距离地面1m。

监测频次：单次，每个点位测量并读数10个，每个数据间隔10s。

检测仪器：检测采用了NT6101-S75型X- γ 辐射空气比释动能率仪，检定证书编号：2025H21-20-6122389001，仪器处于有效检定日期内（检定有效期：2025年09月17日~2026年09月16日）。设备探头的能响范围是48KeV~3MeV，剂量率测量范围是10nGy/h~200uGy/h。检测值已扣除本底值。

数据记录及处理：环境 γ 辐射剂量率测量结果按照下列公式计算：

$$D_{\gamma} = k_1 \times k_2 \times R_{\gamma} - k_3 \times D_c$$

式中：

D_{γ} ——测点处环境辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 ——仪器检定/校准因子；

k_2 ——仪器检验源效率因子[$k_2 = A_0/A$ （当 $0.9 \leq k_2 \leq 1.1$ 时，对结果进行修正；当 $k_2 < 0.9$ 或 $k_2 > 1.1$ 时，应对仪器进行检修，并重新检定/校准），其中 A_0 、 A 分别是检定/校准时和测量当天仪器对同一检验源的净响应值（需考虑检验源衰变校正）；如仪器无检验源，该值取1]；本次取1；

R_{γ} ——仪器测量读数值均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照JJG393，使用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取1.20Sv/Gy和1.16Sv/Gy），Gy/h；监测单位使用 ^{137}Cs 作为检定辐射源，系数取1.20Sv/Gy；

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取0.8，平房取0.9，原野、道路取1；

D_c ——测点处宇宙射线响应值（由于测点处海拔高度和经纬度与宇宙射线响应测量所在淡水水面不同，需要对仪器在测点处对宇宙射线的响应值进行修正，具体计算和修正方法参照HJ 61），Gy/h。

3 质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证（检定证书编号：2025H21-20-6122389001），仪器处于有效检定日期内（检定有效期：2025年09月17日~2026年09月16日），具备有相应的检测资质和检测能力；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证。

⑤检测报告经过编制、审核、批准三级审核。

4 环境现状监测结果及评价

监测点位布设见图8-2，结果见表8-1，详见附件五。

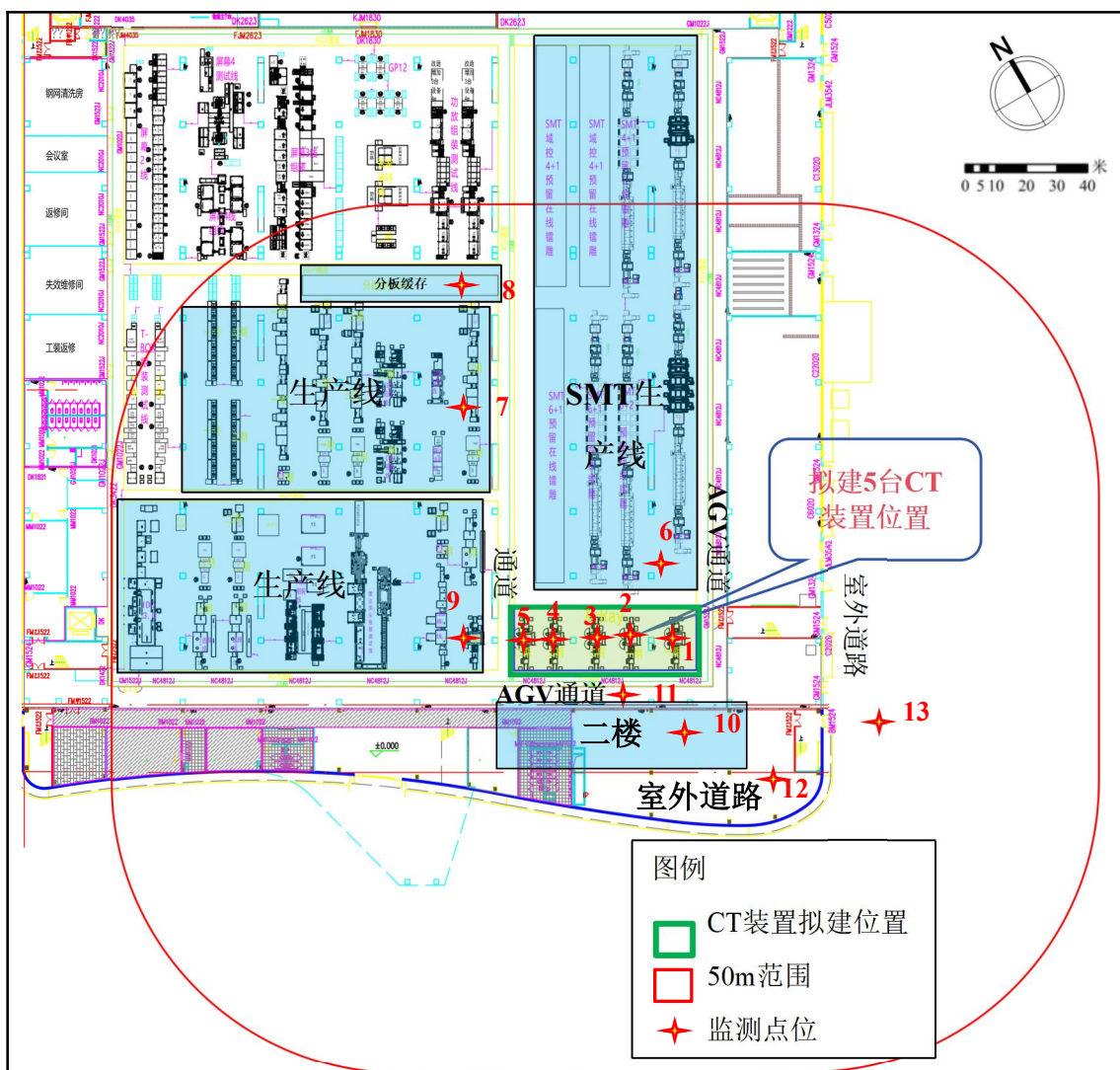


图8-2 工业CT装置拟建区域及周围环境辐射现状监测单位布设图

表8-1 辐射工作场所环境辐射本底检测结果

序号	检测点位描述	*环境 γ 空气吸收剂量率 (nGy/h)	备注
1	拟建CT装置1	33	室内楼房
2	拟建CT装置2	33	室内楼房
3	拟建CT装置3	33	室内楼房
4	拟建CT装置4	33	室内楼房
5	拟建CT装置5	32	室内楼房
6	拟建址北侧 (SMT生产线)	34	室内楼房
7	拟建址西北侧 (生产线)	35	室内楼房
8	拟建址西北侧 (分板缓存区)	34	室内楼房
9	拟建址西侧 (生产线)	38	室内楼房
10	拟建址2楼规划车间	35	室内楼房

11	拟建址南侧（通道）	35	室内楼房
12	拟建址南侧室外道路	34	室外道路
13	拟建址东侧室外道路	32	室外道路
备注	1.检测结果已扣除宇宙射线响应值（12nGy/h） 2.检测结果扣除宇宙射线响应值时已考虑建筑物对宇宙射线的屏蔽修正，1~11号点位建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子取0.8，12~13号点位建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子取1		

表8-1中的检测结果表明：工业CT装置拟建区域及周围环境室内 γ 空气吸收剂量率为（32~38）nGy/h，因企业厂房建筑材料使用钢结构、轻质隔墙板、加气混凝土砌块等新型材料，其天然放射性本底极低，因此室内 γ 辐射水平均低于江苏省天然辐射水平（50.7-129.4）范围，且测量前检测仪器已经过校准，仪器为正常工作状态，检测方法按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求进行，监测时仪器探头水平距离地面1m，因此检测仪器处于正常状态；道路环境 γ 空气吸收剂量率为（32~34）nGy/h，处于江苏省天然 γ 辐射水平中道路天然 γ 辐射水平（18.1-102.3）nGy/h范围内。

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5台工业CT装置主要由铅房、指示灯、操作面板、操作台、显示屏、基板投入口（工件门）、维修门等组成。本项目工业CT装置设备参数见表9-1。					
表9-1 设备参数一览表					
设备型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	滤过	功率（W）
VT-X750型工业CT装置	5	130	0.3	0.5mm厚铍片 +1mm厚铝片	39
本项目5台VT-X750型工业CT装置采用铅房对X射线进行屏蔽，铅房外尺寸为1925mm(长)×1550mm(宽)×1645mm(高)。X射线自下而上照射，5台装置均拟将操作台朝西摆放，待检测产品通过生产线传输带自动传输进入工业CT装置。铅房顶部屏蔽体(主射面)为5mm铅板，铅房底部屏蔽体、左侧屏蔽体、右侧屏蔽体、前侧屏蔽体（含检修门）及后侧屏蔽体均为5mm铅板，工件进出口防护门为5mm铅板，电缆孔处设置5mm铅板结构防护罩。本项目工业CT配置的X射线管朝上照射，最大管电压为130kV，最大管电流为0.3mA，VT-X750的X射线管滤过材料是0.5mm厚铍片+1mm厚铝片。VT-X750型工业CT装置外观示意图见图9-1。					



图9-1本项目工业CT装置外观示意图

本项目VT-X750型工业CT装置X射线管固定朝顶部照射，CT装置前侧（西）为操作位，操作位对面方向为CT装置后侧（东），工件门位于左右两侧，左侧工件门为北方向，右侧工件门为南方向，X射线管距底部645mm，距顶部770mm，同时X射线管在该高度进行平面圆周运动，竖直方向不移动，X射线管靶点距装置前侧（西）最近距离为240mm，距装置后侧（东）最近距离为350mm，距装置左侧（北）最近距离为410mm，距装置右侧（南）最近距离为410mm，由于X射线管辐射角度为 20° ，因此X射线主射线范围仅在顶部。主射线范围示意图见图9-2。

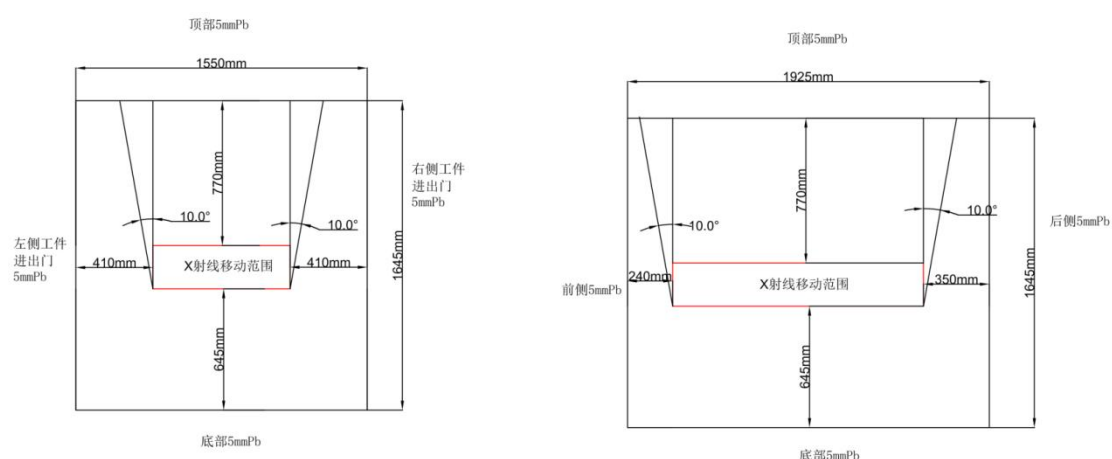


图9-2主射线范围示意图

本项目工业CT装置后侧电气柜设置维修检修门1个（尺寸为580mm×660mm），该维修检修门打开仅能维修检修电气柜，人员无法通过此门进入铅房

内部；同时装置前侧设置维修检修门1个（尺寸为680mm×480mm），该维修检修门用于装置铅房内部的维修检修，由于检修维修门尺寸较小，人员同样无法通过此门进入铅房内部，仅手臂等肢体伸入铅房内部维修检修。装置左右两侧设置工件进出门各1个，两个工件进出门均通过铅板对X射线进行屏蔽，同时与装置左右屏蔽体具有良好搭接，以保证射线不外漏。两个工件进出门尺寸较小，同样人员也无法通过此门进入装置内部。综上，本项目VT-X750型工业CT装置无论何种状态，人员均无法进入装置内部。

2、工作原理

X射线机主要由X射线管和高压电源组成，X射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，高电压加在X射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生X射线，X射线的波长很短一般为0.001~10nm。X射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X射线无损检测过程中，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，物质的密度越大，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，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

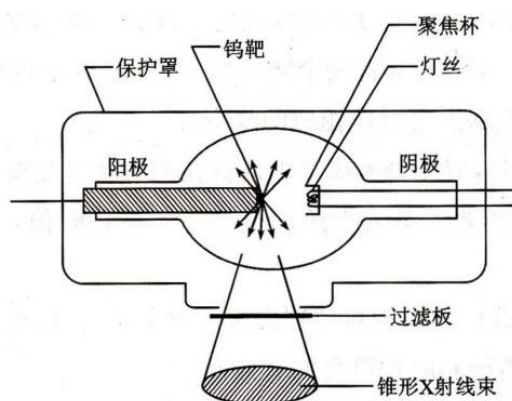


图9-3 典型的X射线管结构图

工业CT装置能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况，其基本原理是当经过准直且能量 I_0 的射线束穿过被检物时，根据各个透射方向上各体积元的衰减系数不同，从探测器接收到的透射能量 I 也不同。按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面-薄层无影像重叠的断层扫描图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，当测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。

3、工艺流程和产污环节

本项目X射线工业CT装置属于II类射线装置，非检测状态时不产生X射线，进行检测工作时接通设备高压，发射X射线。

X射线CT装置由曝光箱体（包括箱体内部固定的X线发生器及影像接受器、连接电缆等）、显示器、控制台等组成，利用金属材料对X射线吸收并成像的原理，采用X射线进行透照，并在设备外部连接的工业电视显示器上观察、分析被检测件的内部缺陷，此过程产生臭氧，氮氧化物，主射线方向有用线束透射辐射，泄漏辐射，以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射和天空反散射辐射，工作流程和产污环节如下图9-4中所示。

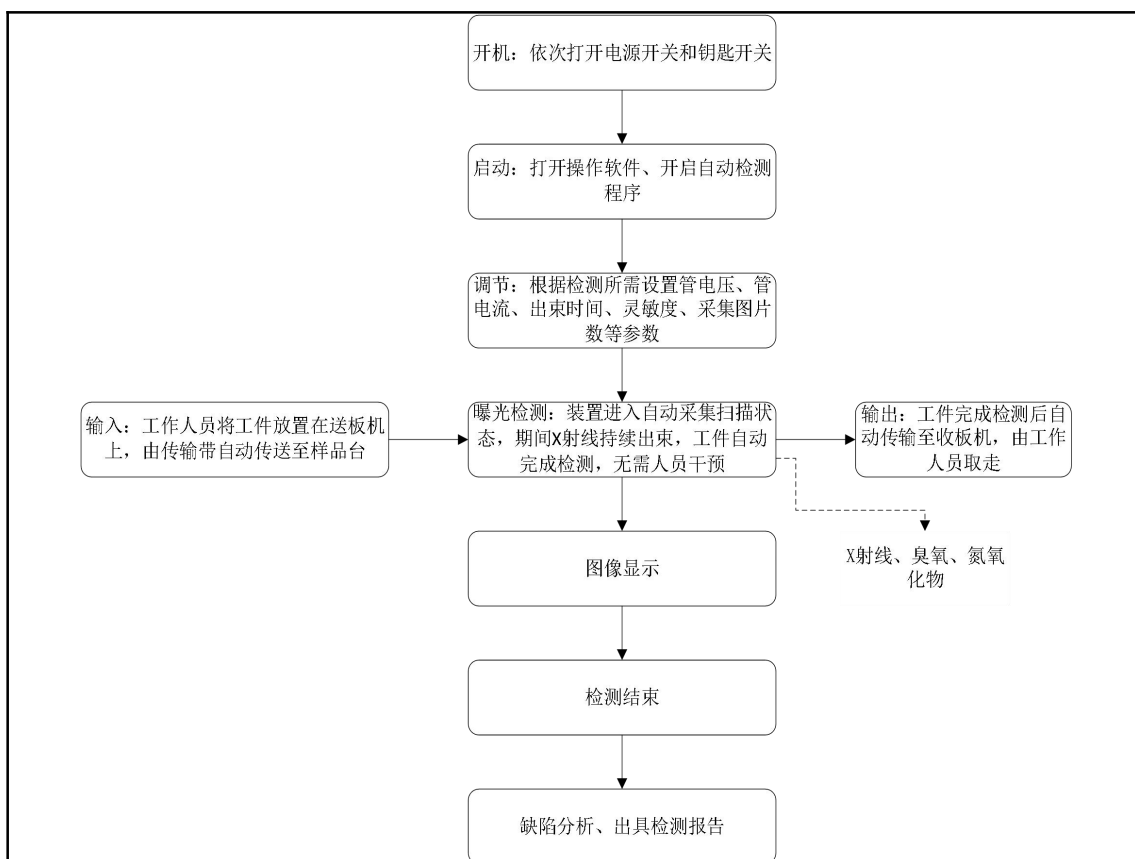


图9-4 工作流程和产污环节示意图

(1) 开机前准备: 辐射工作人员巡视设备周围情况, 检查设备安全装置情况, 须所有辐射安全措施均有效情况下才能进行工件检测;

(2) 开机、启动、调节: 辐射工作人员在操作面板处启动设备, 打开操作软件, 开启自动检测程序, 根据待检工件的材质、厚度选取曝光条件、确定曝光参数;

(3) 工件输入: 辐射工作人员将工件放置于送板机, 工件自动通过传输带传送至射线装置铅房内的样品台上, 工件投入口防护门自动关闭;

(4) 曝光检测: 装置进入自动采集扫描状态, X射线出束开关自动打开, 启动曝光, 进行无损检测, 检测期间X射线管发出X射线电离曝光室中的空气产生少量臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x); 达到预定的曝光时间后关机, 停止出束, 完成曝光作业;

(5) 检测结束: 检测完成后, X射线出束开关自动关闭, 待X射线不再出束后, 工件取出口防护门自动打开, 工件通过传送带传出至收板机, 辐射工作人员在收板机处将工件收板。

(6) 性能分析: 辐射工作人员根据接收到的图像给出性能测试结果, 不合

格被检工件进行缺陷分析，出具检测报告。

4.人员配置及工作制度

本项目工业CT装置需由专业的设备商负责检修维护，本项目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。本项目拟配备辐射工作人员10名，每台工业CT设备各配备2名辐射工作人员，工作制度为1班制，工作方式为1人固定负责操作设备，另一人负责操作传送工件。

一台工业CT装置一天检测500-700个工件，一个工件检测时间为5s，单台装置预计每日曝光时间不超过1h，年工作时间为300天，年曝光时间不超过300h，预计每名辐射工作人员工作负荷保守按照最大曝光时间300h。

污染源项描述

1.放射性污染源分析

由工业CT装置的工作原理可知，X射线随装置的开、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：

(1) 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。经与生产厂家核实，VT-X750的X射线管滤过材料是0.5mm厚铍片+1mm厚铝片，X射线管固定在装置的底部，主射线朝上照射，输出量100R/min（头部，焦点到被照射物体的最小距离11.2mm）。

输出量（100R/min）转换为国际单位制中的Gy（戈瑞）并进而转换为Sv（希[沃特]）：根据《放射治疗物理学》(涂彧主编，原子能出版社出版)中公式(4-23)推导中所述“0.876(cGy)为空气中照射量和吸收剂量的转换因子也称伦琴拉德转换因子”， $1R=8.76E-3Gy$ (说明:1 cGy(拉德)=0.01Gy(戈瑞))。

$1R（伦琴）=0.0087Gy$ ；

依据《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T 830-2024）附表G2可知管电压125kV定向剂量当量的转换系数为 $1.52SvGy^{-1}$ ，管电压170kV定向剂量当量的转换系数为 $1.42SvGy^{-1}$ ，根据内插法计算出管电压130kV定向剂量当量的转换系数为 $1.51SvGy^{-1}$ 。

$100R/min=0.87Gy/min=0.87Sv/min \times 1.51SvGy^{-1}=1.31Sv/min=1.31 \times 10^6 \mu Sv/min$
修正为距靶点1m处的当量剂量率（ $\mu Sv/h$ ）：

头部测量点距离为11.2mm

$$1.31 \times 10^6 \mu\text{Sv}/\text{min} \times 60 \text{min}/\text{h} \times (0.0112/1)^2 = 9.86 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h};$$

计算有用线束输出量 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$)

$$9.86 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h} / 0.3 \text{mA} = 3.29 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$$

(2) 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《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中表1, X射线管电压<150kV时, 距靶点1m处泄漏辐射剂量率取 $1 \times 10^3 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 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), X射线经检测工件 90° 散射后, 散射线能量和辐射剂量率远小于主射线能量和辐射剂量率。根据康普顿散射定律, 本项目130kV的X射线 90° 散射辐射最高能量相应的kV值约为104kV。

2.正常工况污染途径

(1) X射线

工业CT装置在加电工作时产生X射线。正常工况下的污染途径包括工业CT装置发射的初级X射线(有用线束)、初级X射线照射在被照工件上产生的散射射线以及工业CT装置的漏射射线, 这些X射线经过铅房屏蔽结构可能对辐射工作人员及周围公众产生外照射。

(2) O_3 和 NO_x

工业CT装置在照射过程中, 除对周边环境产生辐射影响外, 还会使空气发生电离继而产生少量 O_3 和 NO_x 废气。

表10 辐射安全与防护

项目安全措施 1、工作场所布局及分区 （1）工作场所布局 公司综合考虑项目特点和对周围环境可能存在的影响，本项目工业CT装置布置在生产车间一层东南角，工业CT装置自屏蔽铅房内配备的X射线自下而上出束，操作位位于工业CT装置正面，避开了有用线束照射方向，布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。由辐射工作场所平面布局可知，整体布局紧凑，既便于工作，又利于辐射防护，能够有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。 （2）分区依据和原则 为防止工业CT装置对环境的影响，企业按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相应的要求，对辐射工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。 控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的适当位置设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。本项目拟将工业CT装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界。 监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。将5台工业CT装置铅房总体边界作为本项目的监督区，操作台位于监督区内，CT装置设备总体边界东扩5m、南扩1m、西侧和北侧扩2.5m作为辐射防护监督区边界，监督区边界设置实体围栏进行隔断，出入口处悬挂“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，工作时无关人等不得靠近。

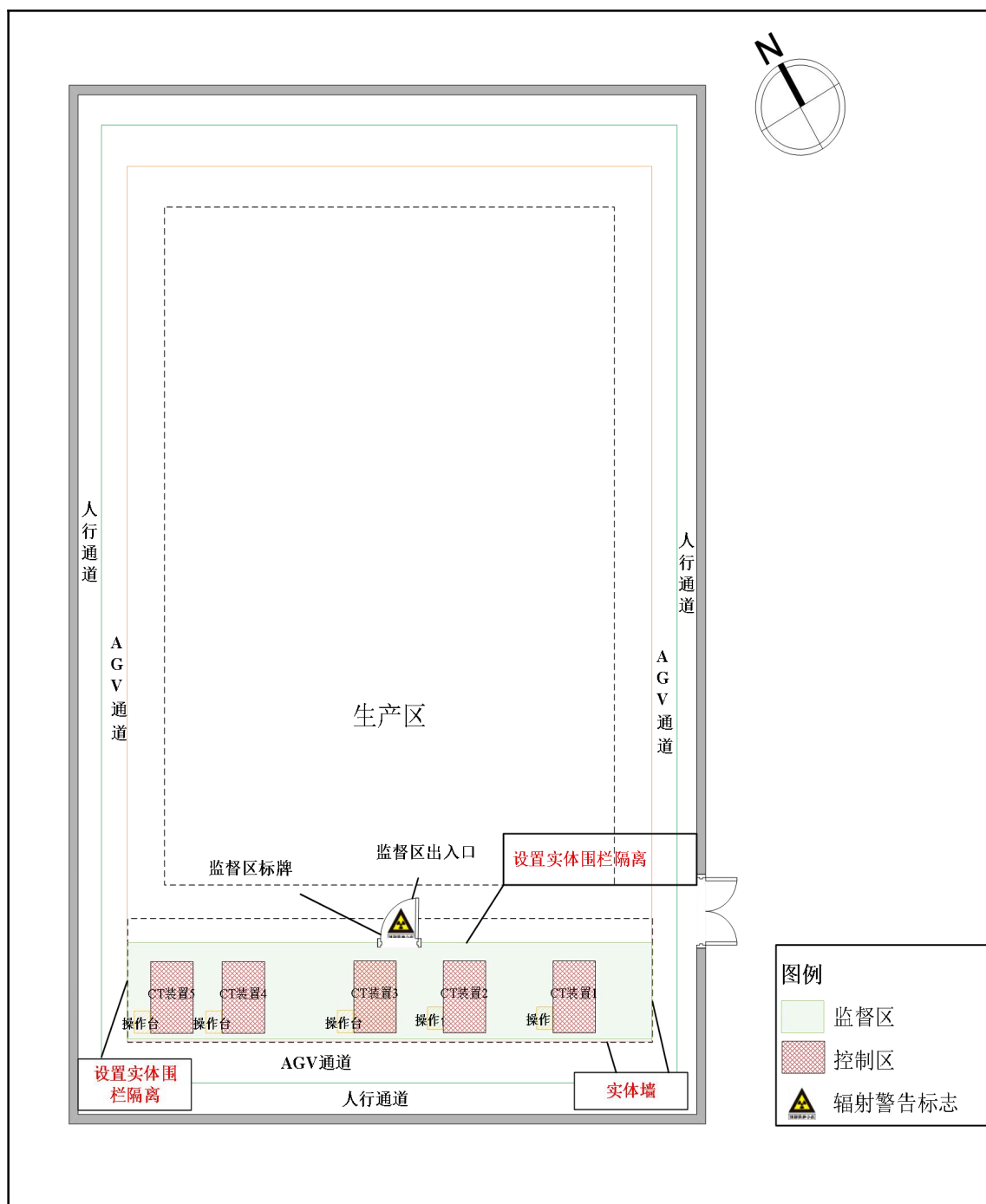


图10-1 本项目工业CT装置布局示意图

2、辐射屏蔽设计

本项目工业CT装置是由铅房和操作台组成，铅房的屏蔽防护设计见表10-1。

表10-1 铅房屏蔽材料及尺寸一览表

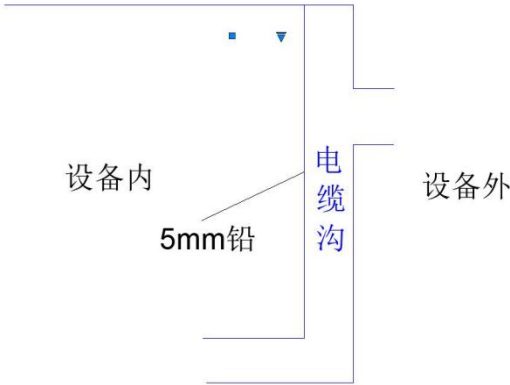
铅房设计尺寸（长×宽×高）	1925mm×1550mm×1645mm
基板投入口（工件门）设计尺寸（长×宽）	680mm×168mm
前维修门设计尺寸（长×宽）	680mm×480mm
后维修门设计尺寸（长×宽）	580mm×660mm

防护门洞尺寸	前维修门550mm×355mm，后维修门450mm×530mm	
搭接宽度	大于60mm	
电缆口	电缆孔位于屏蔽体后侧下方位置，加装带铅板夹层屏蔽保护罩，屏蔽材料为5mmPb	
通风口	CT检测装置顶部安装机械排风装置，风机风量约为30m³/h，屏蔽措施为铅板防护，屏蔽材料为5mmPb	
铅房屏蔽体	顶部	2mmFe+5mmPb+2mmFe
	工件进出门	2mmFe+5mmPb+2mmFe
	前侧（含检修门）	2mmFe+5mmPb+2mmFe
	后侧	2mmFe+5mmPb+2mmFe
	左侧	2mmFe+5mmPb+2mmFe
	右侧	2mmFe+5mmPb+2mmFe
	底部	2mmFe+5mmPb+2mmFe

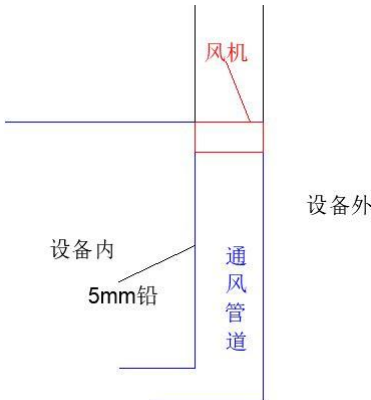
闸门、维修门与曝光室屏蔽体缝隙小于6mm，搭接长度不少于60mm。



铅房屏蔽材料: 2mmFe+5mmPb+2mmFe



电缆口屏蔽设计图



排风口屏蔽设计图

图10-2 工业CT装置屏蔽设计图

3、辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障X射线装置安全运行，公司拟参照《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：

3.1 工作场所辐射安全措施

1) 屏蔽防护：本项目工业CT装置采用铅板的防护设计对X射线进行防护。

2) 联锁装置：VT-X750型工业CT装置拟设有门机联锁装置，装置后侧电气维修检修门、前侧射线维修检修门、左侧工件门、右侧工件门均安装有联锁装置，只有在射线维修检修门、左右工件门均完全关闭时工业CT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。

3) 工作状态指示灯：本项目VT-X750型工业CT装置顶部设有三色工作状态指示灯，绿灯代表装置通电，黄灯代表“预备”，红灯代表“照射”，且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，故无需另外安装显示“预备”、“照射”字样的指示灯；拟在装置表面外张贴指示灯中文标识，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。

4) 操作台：项目操作台位于工业CT装置铅房外，操作台上设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出，钥匙由专人负责管理。

5) 紧急停机按钮：本项目工业CT装置前侧控制面板处设有急停按钮，且拟在急停按钮旁设置相应中文标识，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。因装置内部空间较小，检修人员无法完全进入装置内部，且辐射工作人员无需进入装置内部工作，故装置内部不再设置急停按钮。

6) 视频监控：本项目由于辐射工作人员不进入装置内部，本项目装置铅房内未设置摄像装置。

7) 电离辐射警告标志：本项目工业CT装置表面外及防护门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。

8) 辐射防护仪器设备：公司拟配备1台便携式X- γ 辐射剂量巡测仪，拟为本项目配备10台X- γ 个人剂量报警仪，用于对工业CT装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。辐射工作人员无需进入CT装置内部工作，因此无需在装置内配置固定式场所辐射探测报警装置。

9) 监督区边界拟设置实体围栏，出入口处悬挂“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，工作时无关人等不得靠近。

本项目工业CT装置采取的辐射安全措施见图10-3。

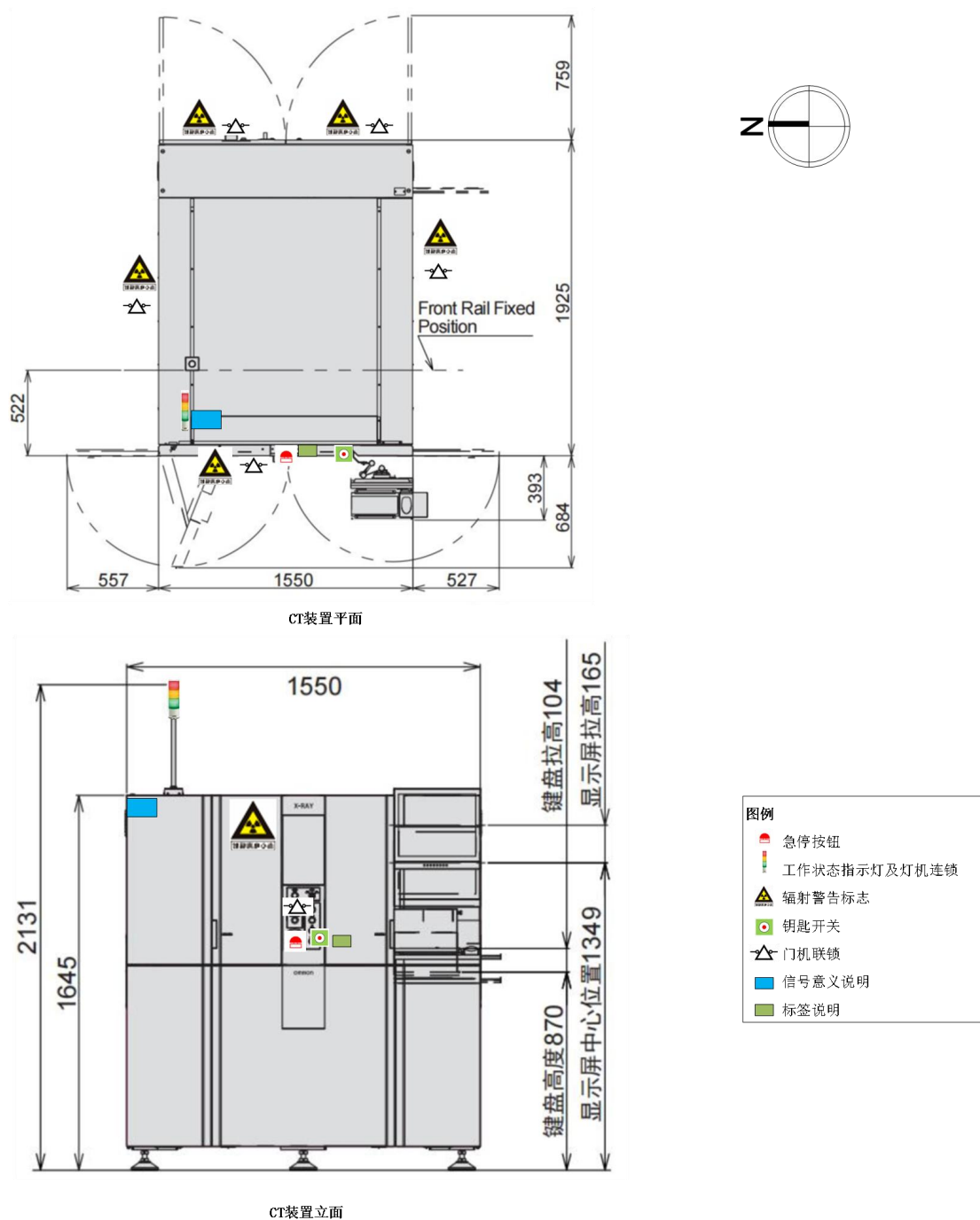
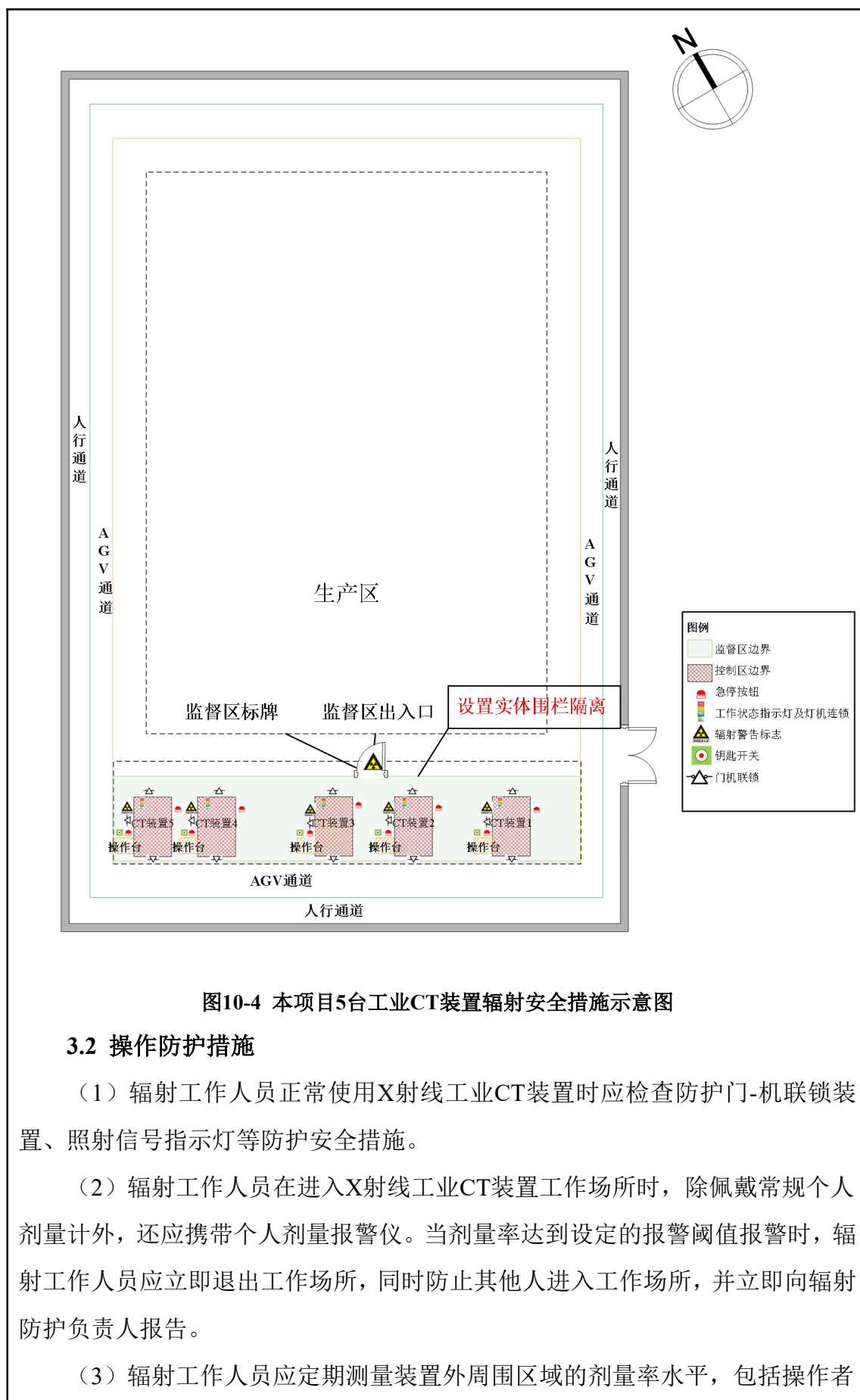


图10-3 本项目单台工业CT装置辐射安全措施示意图



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X射线工业CT装置检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 使用便携式X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作。

(5) 在每一次照射前，辐射工作人员都应该在防护门关闭、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

本项目工业CT不再使用时，应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.3要求实施退役。

三废治理

1、固体废物

本项目运行过程中无放射性固体废物。辐射工作人员产生的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。

2、液体废物

本项目运行过程中无放射性液体废物。辐射工作人员生活污水拟排入城市污水管网，对周围环境影响较小。

3、气体废物

本项目VT-X750型工业CT检测装置顶部安装机械排风装置，风机风量约为30m³/h，铅房的体积为4.908m³，有效通风换气次数6次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）中有效通风换气次数不低于3次/小时的要求。此外，铅房排出的废气进入本项目所在车间，本项目所在车间设置有新风系统，通过新风系统进行换气，将臭氧和氮氧化物排出室外。

表11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目CT装置是由铅房和操作台等组成的一体式设备，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 本项目工业CT装置运行阶段主要环境影响为工作时发射的X射线在穿透屏蔽防护设施后对周围环境产生的外照射影响。 1、辐射环境影响分析 本项目拟在公司生产车间一层东南角内新建5台VT-X750型工业CT装置（带房屏蔽外壳，定向照射，最大管电压130kV、最大管电流0.3mA）用于开展固定式探伤工作，主线朝顶部照射。 本报告中涉及到工业CT装置的周围剂量当量率计算参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中的公式。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中3.2.1，相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽不需考虑进入有用线束区的散射辐射。CT装置为全封闭铅房结构，待检查工件通过上板机和传送带进入设备，工件进入时设备防护门自动打开，工件进入后防护门关闭，开始检测。设备开始检测后X射线自下而上照射，因此考虑有用线束的方向主要为顶部，其他各面均为非有用线束方向。 根据建设单位提供的关于X射线CT装置铅房内X射线机的有效运动区域，装置的X射线管能够进行XY方向移动，X射线管靶点距装置前侧（西）最近距离为240mm，距装置后侧（东）最近距离为350mm，距装置左侧（北）最近距离为410mm，距装置右侧（南）最近距离为410mm，距装置底部最近距离为645mm，距装置顶部最近距离为770mm，最大出束角度为20°。本项目预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的计算公式，计算示意图11-1。

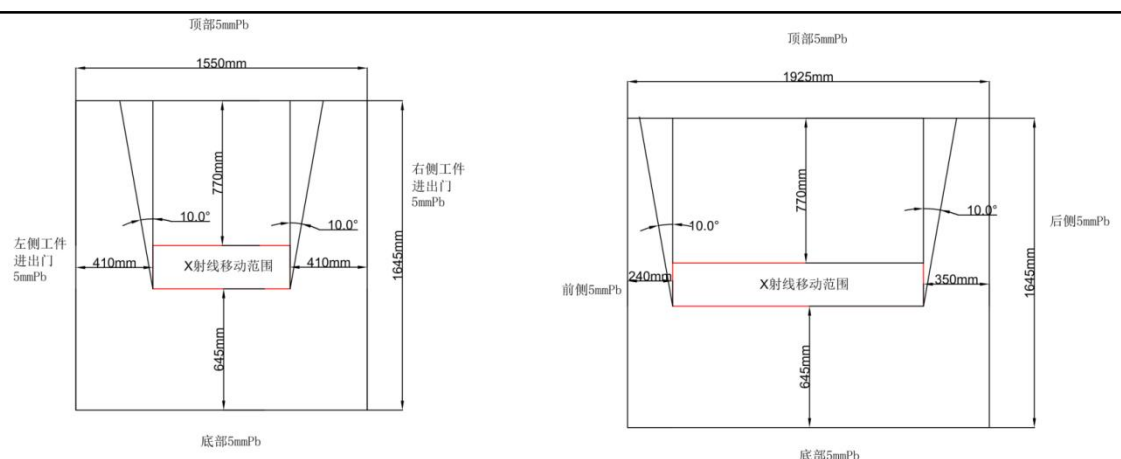


图11-1本项目VT-X750型工业CT装置距离计算示意图

本次评价选取5台工业CT检测装置在满功率工况下，同时曝光进行辐射影响预测。

(1) 有用线束

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-1)$$

式中：

$\dot{H}$ ——关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ——X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

本项目工业CT装置最大管电压130kV、最大管电流0.3mA。

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B ——屏蔽投射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透视因子 B 按(11-2)计算：

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

式中： X ——屏蔽物质的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度，mm，取值见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录B表B.2。

取值参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表3.5，管电压100kV时， TVL 为0.84mm铅，管电压150kV时， TVL 为0.96mm铅，内插法计算得管电压130kV

时，TVL为0.912mm铅。

表11-1 屏蔽投射因子

关注点	X (mm)	TVL (mm)	B
CT装置顶部0.3m处	5mm铅当量	0.912	3.29×10^{-6}

表11-2 有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ (mA · h))	B	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参 考控制水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
CT装置外顶部 0.3m处	0.3	3.29×10^4	3.29×10^{-6}	1.07	0.0284	2.5	满足

注：根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）①关注点的最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本次评价参考较小水平进行评价。②本项目铅房高度较低，人员可能达到顶部，故铅房上方最高剂量率参考控制水平（ $H_{c,max}$ ）取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。③ $R_{\text{顶部}}=0.77\text{m}$ （辐射源距顶部）+ 0.3m （南侧表面距关注点）= 1.07m ；

（2）泄漏辐射

工业CT装置非有用线束屏蔽预测计算模式采用《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，剂量估算公式如下：

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

式中：

H_L ——距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，取值详见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表1；

B——屏蔽透射因子；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

表11-3 CT装置的泄露辐射剂量率取值

X射线管电压 (kV)	距靶点1m处的泄露辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

本项目X射线管电压为130kV，距靶点1m处的泄露辐射剂量率 H_L 应为 $1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

（3）散射辐射

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

式中：

I —X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为mA；

H_0 —距辐射源点(靶点)1m处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录表B.1；

B —屏蔽透射因子；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米(m^2)， $F = \pi \times (R_0 \times \tan 10^\circ)^2 = 3.14 \times (0.2 \times 0.1763)^2 = 0.0039 \text{m}^2$ ；

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处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中表B3，本项目 $\alpha = 1.6 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 0.04$ ；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_0 —辐射源点(靶点)至散射体的距离，m，本项目为0.2m；

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)，X射线经检测工件 90° 散射后，散射线能量和辐射剂量率远小于主射线能量和辐射剂量率。根据康普顿散射定律，本项目130kV的X射线 90° 散射辐射最高能量相应的kV值约为104kV，散射辐射最高能量约为104kV，经查《辐射防护导论》(方杰主编)TVL约为0.84mm，代入公式(2)计算得出散射屏蔽投射因子为 1.12×10^{-6} 。

表11-4 工业CT检测装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

取值 \ 点位	前侧(西)检修门	前侧(西)操作位	后侧(东)及电缆穿屏蔽体处	左侧(北)及工件门	右侧(南)及工件门	底部
X设计厚度(mm)	5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb	5mmPb
B	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}	3.29×10^{-6}
H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
R (m)	0.54	0.54	0.65	0.71	0.71	0.645
H ($\mu\text{Sv/h}$)	0.0113	0.0113	0.0078	0.0065	0.0065	0.0079
散射 B	1.12×10^{-6}	1.12×10^{-6}	1.12×10^{-6}	1.12×10^{-6}	1.12×10^{-6}	1.12×10^{-6}
I (mA)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

辐射	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	3.29×10^4	3.29×10^4	3.29×10^4	3.29×10^4	3.29×10^4	3.29×10^4
	$F\cdot a/R_0^2$	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039	0.0039
	R_s (m)	0.54	0.54	0.65	0.71	0.71	0.645
	H ($\mu\text{Sv/h}$)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		0.0114	0.0114	0.0079	0.0066	0.0066	0.008
射线装置屏蔽体表面30cm处剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：①设计厚度保守不考虑铁板的防护；

② $R_{\text{前侧}} = \text{出束口到铅房前侧的距离} 0.24\text{m} + \text{参考点} 0.3\text{m} = 0.54\text{m}$

$R_{\text{后侧}} = \text{出束口到铅房后侧距离} 0.35\text{m} + \text{参考点} 0.3\text{m} = 0.65\text{m}$

$R_{\text{左侧}} = \text{出束口到铅房左侧的距离} 0.41\text{m} + \text{参考点} 0.3\text{m} = 0.71\text{m}$

$R_{\text{右侧}} = \text{出束口到右侧距离} 0.41\text{m} + \text{参考点} 0.3\text{m} = 0.71\text{m}$

$R_{\text{底部}} = \text{出束口到地面的距离} 0.645\text{m}$

本项目散射辐射屏蔽计算时散射体至关注点的距离 (R_s) 取值保守使用辐射源点 (靶点) 至关注点的距离 (R)。

从表11-4中预测结果可以看出，当本项目工业CT检测装置满功率运行时，射线装置表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中辐射屏蔽剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的控制要求。

(4) 电缆口、通风口及门缝隙处辐射防护分析

本项目VT-X750型工业CT装置未单独设置通风装置，工业CT装置工作时通过开关工件进出门进行换气，工件进出门内含5mm铅板，本项目闸门、维修门与曝光室屏蔽体缝隙小于6mm，搭接长度不少于60mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍，缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求；本项目VT-X750型工业CT装置电缆管道位于装置后下方，与射线出束方向相反，避免X射线直接照射线缆管道口，开口尺寸50mm×50mm，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为5mm，电缆呈“Z”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免X射线直接照射线缆口，X射线进入线缆管道后散射示意图如图11-2。X射线进入线缆管道需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量

率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目VT-X750型工业CT装置线缆管道设计能够满足辐射防护要求。

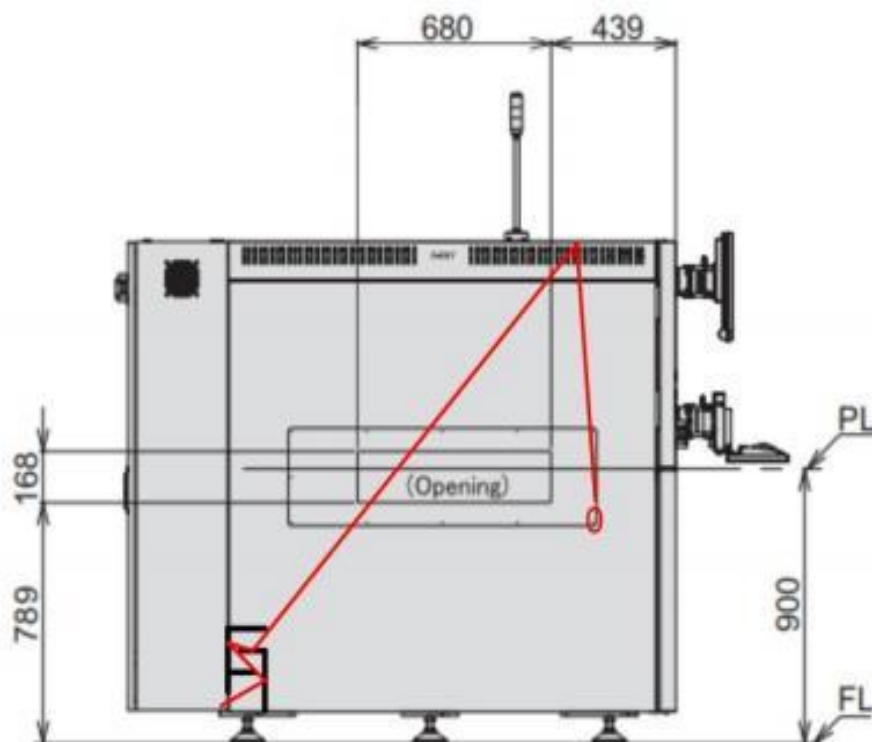


图 11-2 本项目电缆管道散射示意图

（5）天空、底部地面反散射辐射影响分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1.2b)1)穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按3.1.1c)的剂量率参考控制水平 H_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。”

根据表11-2计算结果，本项目VT-X750型工业CT装置顶部30cm外剂量率为 $0.0284\mu\text{Sv/h}$ 。装置运行时，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于装置顶部30cm外剂量率，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）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

根据表11-4计算结果，本项目VT-X750型工业CT装置底部表面外剂量率为 $0.008\mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率远小于 $0.008\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射周围剂量当量率参考控制水平的要求。

（6）关注点处人员年受照剂量估算

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \tag{11-5}$$

式中：

H——年剂量，μSv/年；

$\dot{H}$ ——参考点出剂量率，μSv/h；

U——使用因子；

T——居留因子；

t——年照射时间，（h/年）。

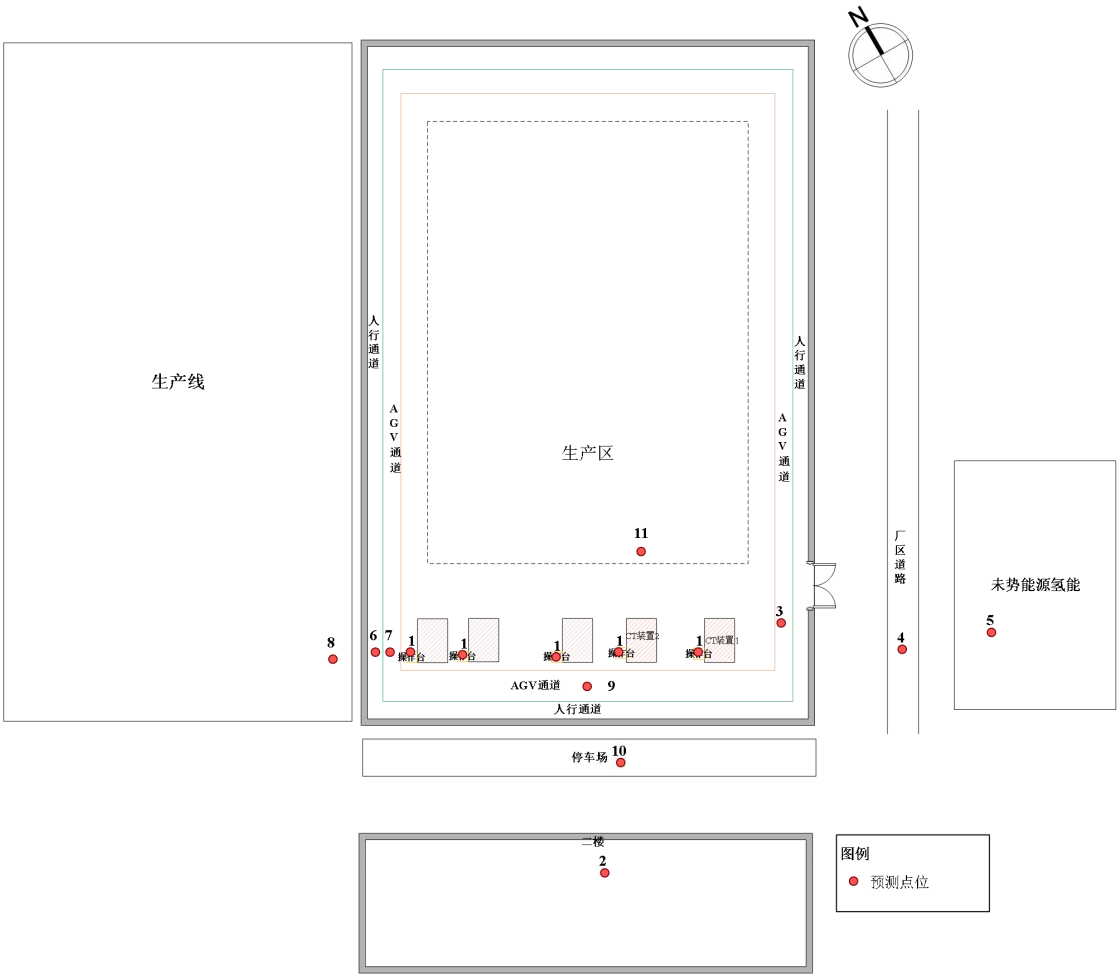


图11-3本项目预测点位示意图

表11-5 四周关注点参数及剂量率估算结果

编号	名称	方位	距离	泄露辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射和散射辐射的 复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	5台叠加 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	操作位	装置前方 (西)	0.54m	0.0113	0.0001	0.0114	0.057
3	AGV通道	东侧 (后)	2.8m	0.0003	4.34×10^{-6}	0.000304	0.00152
4	厂区道路		10m	0.00003	4.02×10^{-7}	0.00003	0.0002
5	未势能源氢能		44m	0.000002	2.19×10^{-8}	0.000002	0.00001
6	人行通道	西侧 (前)	0.95m	0.0023	3.04×10^{-5}	0.00233	0.0117
7	AGV通道		1.1m	0.0018	2.40×10^{-5}	0.001824	0.0091
8	产品生产线		15m-50m	0.00001	1.86×10^{-7}	0.00001	0.0001
9	AGV通道	南侧 (右)	6m	0.0001	1.05×10^{-6}	0.000101	0.000505
10	室外道路		10m	0.00003	4.31×10^{-7}	0.00003	0.0002
11	产品生产线 (SMT)	北侧 (左)	8m	0.0001	6.74×10^{-7}	0.0001	0.0005

2号关注点位于X-ray区域正上方(2F规划车间),处于工业CT检测装置有用线束照射方向,根据建设单位提供资料,1F顶部楼板内含15cm厚混凝土,本次有用线束在2号关注点剂量率考虑装置顶部5mmPb及1F顶部楼板内含15cm厚混凝土的屏蔽效果,根据公式1、公式2,计算2号关注点剂量率,结果见下表。

表11-6 2号关注点(顶部规划车间)参数及剂量率估算结果

编号	关注点	屏蔽材料及厚度 (mm)	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ ($\text{mA} \cdot \text{h}$))	B	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
2	顶部规划车间	5mmPb+15cm混凝土	0.3	3.29×10^4	1.49×10^{-8}	4.07	0.00001
/	5台CT装置叠加	/	/	/	/	/	0.00005

注:①保守将1台工业CT有用线束剂量率的5倍作为叠加值;

②根据《辐射防护导论》(方杰主编)中的表3.5,管电压100kV时,TVL为0.84mm铅、5.5cm混凝土,管电压150kV时,TVL为0.96mm铅、7cm混凝土,内插法计算得管电压130kV时,TVL为0.912mm铅、6.4cm混凝土,根据公式(2)计算得5mmPb+15cm混凝土的B值为 1.49×10^{-8} 。

本项目工业CT装置辐射工作人员正常工作时主要位于装置前侧(西),因此取装置前侧最大剂量率值估算辐射工作人员周/年有效剂量。设备年开机曝光时间总共约为300小时。辐射工作人员周/年有效剂量估算结果见表11-8。

表11-7 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	使用因子U	居留因子T	示例
全居留	1	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1	1/2-1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1	1/8-1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取值来源于《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录A表A.1

根据本项目设备平面布局及周围环境，选取辐射工作人员和公众有代表性的居留位置作为剂量关注点，剂量关注点情况如下。

表11-8剂量关注点情况一览表

序号	关注点名称	剂量关注点处的辐射剂量率(μSv/h)	t年出束时间(h/a)	t周出束时间(h/周)	U使用因子	T居留因子	H年受照剂量(mSv/a)	H周受照剂量(μSv/周)
1	操作位	0.057	300	6	1	1	0.0171	0.3420
2	上方规划车间	0.00005	300	6	1	1	0.00002	0.0003
3	AGV通道	0.00152	300	6	1	1/5	0.0001	0.0018
4	厂区道路	0.0002	300	6	1	1/5	0.00001	0.0002
5	未势能源氢能	0.00001	300	6	1	1	0.000003	0.0001
6	人行通道	0.0117	300	6	1	1/5	0.0007	0.0140
7	AGV通道	0.0091	300	6	1	1/5	0.0005	0.0109
8	产品生产线	0.0001	300	6	1	1	0.00003	0.0006
9	AGV通道	0.000505	300	6	1	1/5	0.00003	0.0006
10	室外道路	0.0002	300	6	1	1/8	0.00001	0.0002
11	产品生产线(SMT)	0.0005	300	6	1	1	0.0002	0.0030

表 11-9 本项目装置周围人员受照有效剂量评价结果一览表

序号	关注点名称	H年剂量(mSv/a)	剂量约束值(mSv/年)	评价	H周剂量(μSv/周)	剂量约束值(μSv/周)	评价
1	操作位	0.0171	5（职业人员）	满足	0.3420	100	满足
2	上方规划车间	0.00002	0.1（公众）	满足	0.0003	5	满足
3	AGV通道	0.0001	0.1（公众）	满足	0.0018	5	满足
4	厂区道路	0.00001	0.1（公众）	满足	0.0002	5	满足
5	未势能源氢能	0.000003	0.1（公众）	满足	0.0001	5	满足
6	人行通道	0.0007	0.1（公众）	满足	0.0140	5	满足
7	AGV通道	0.0005	0.1（公众）	满足	0.0109	5	满足

8	产品生产线	0.00003	0.1（公众）	满足	0.0006	5	满足
9	AGV通道	0.00003	0.1（公众）	满足	0.0006	5	满足
10	室外道路	0.00001	0.1（公众）	满足	0.0002	5	满足
11	产品生产线（SMT）	0.0002	0.1（公众）	满足	0.0030	5	满足

从表11-9中预测结果可以看出，当车间5台VT-X750型工业CT检测装置满功率运行时，辐射工作人员所受年有效剂量最大为0.0171mSv，周有效剂量最大值为0.342μSv，周围公众年有效剂量最大为0.0007mSv，周有效剂量最大值为0.014μSv。人员受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目年受照剂量约束值（职业人员年受照剂量不超过5mSv，公众年受照剂量不超过0.1mSv）。

2、三废治理措施评价

本项目检测结果通过工业电视成像，不洗片，无洗片废水产生。

本项目工业CT装置工作时会电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物，工业CT检测装置顶部安装机械排风装置，风机风量约为30m³/h，铅房的体积为4.908m³，有效通风换气次数6次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）中有效通风换气次数不低于3次/小时的要求。此外，铅房排出的废气进入本项目所在车间，本项目所在车间设置有新风系统，通过新风系统进行换气，将臭氧和氮氧化物排出室外，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

事故影响分析

（1）本项目可能发生的辐射事故

①由于安全联锁装置失灵，导致在探伤过程中，防护门被意外打开时不能立刻停止出束致使人员受到意外照射；

②维修人员检修工业CT装置时，设备进行曝光，人员受到意外照射。

（2）针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性的给出处理方法或者预防措施：

- ①公司应加强管理，加强辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程；
- ②定期检查门机联锁装置，确保无损检测工作正常进行；
- ③发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；
- ④对可能受到超剂量照射的人员，及时送医检查并治疗；

⑤协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算，并协助进行身体检查和医学观察；

⑥事故处理后保存好受照人员体检资料，做好跟踪观察；

⑦若存在辐射工作人员进入装置内部的情况，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。本项目拟使用的射线装置为II类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对工业CT装置进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行工业CT装置操作，每次操作前检查工业CT装置门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测工业CT装置的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应完善应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

表12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

本项目工业CT装置属II类射线装置。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》等法律法规要求，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；辐射工作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。

苏州爱情之音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，并以文件形式明确各成员管理职责。公司拟为本项目配备10名辐射工作人员，1名辐射安全管理人员，10名辐射工作人员及1名辐射安全管理人员均应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，通过培训平台报名并参加考核，考核合格后上岗。辐射安全培训合格证书到期后将再次参加考核。辐射工作人员及管理人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核，辐射安全管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X射线探伤”。

公司应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。

辐射安全管理规章制度

针对公司使用的工业CT装置，还需制定辐射安全管理制度。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，辐射安全管理制度应包括：岗位职责、操作规程、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。

目前，企业尚未制定相关制度，企业应按照以下要求制定规章制度，并将相应规章制度落实到日常生产工作中。相关制度要求具体包括：

岗位职责：建议企业针对射线装置的使用制定岗位责任制度，成立专门机构或配备专职、兼职管理人员，负责辐射安全和防护工作。明确企业法人、辐射防护安全管理部门和放射工作人员的职责，并且责任落实到人。

操作规程：建议企业针对拟购买的射线装置制定相应的操作规程，规定在工

作时的操作步骤、相关注意事项等，并使辐射工作人员熟练掌握。

辐射防护和安全保卫制度：建议企业制定“辐射防护与安全保卫制度”，规定专人负责射线装置的辐射防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器等进行检查。

设备检修维护制度：建议企业制定“设备检修维护制度”，规定专人负责射线装置的安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）、监测仪器等的定期检修和维护。

环境监测制度：建议制定“环境监测制度”，包括辐射工作人员的剂量监测工作制度和工作场所定期环境监测制度。根据《江苏省辐射污染防治条例》第十二条，发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的环境保护（生态环境）、卫生（卫生健康）部门调查处理。对于在企业定期自我监测或委托监测时发现异常情况的，应立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设置区的市生态环境主管部门报告。同时企业应每年编制年度评估报告，报告内容包括当年的人员及设备情况、管理制度的执行情况、辐射防护措施的维护情况、应急预案的演习或执行情况。

人员培训计划和健康管理制：建议企业制定“人员培训计划和健康管理制”，对工作人员在上岗前进行健康检查，进行辐射安全知识培训，人员在体检合格、培训并考试合格后方可上岗工作，职业人员上岗后每年进行一次健康检查。建立职业健康监护和培训考试档案。

辐射事故应急措施：建议企业制定辐射事故应急措施，规定事故后的应急措施。

在应急预案中规定在照射过程中，若射线装置出现异常，立即切断高压，报设备部门检修。若有被误照射人员，立即送有资质的医疗机构检查和救治。

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、卫生健康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》，并在1小时之内向县（市、区）或者设置区的市环境主管部门报告。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。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

1、监测设备的配备

公司使用的工业CT装置属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台便携式X- γ 辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对装置周围X射线的辐射泄露和散射的巡测。

公司拟配备1台便携式X- γ 辐射剂量巡测仪及10台个人剂量报警仪。

公司应做好环境辐射剂量巡测仪及个人剂量报警仪的维护保养和校准，确保设备使用稳定有效。

2、工作场所的监测

公司应定期（不少于1次/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；在开展检测时，公司应定期对装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；公司在装置日常运行过程中，应重点加强对生产车间及办公室的辐射剂量巡测工作，详细记录检测日期及自行监测数据。

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。

3、辐射工作人员的监测

本项目辐射工作人员均应佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每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。公司应定期安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司应根据《放射工作人员职业健康管理辦法》：①辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；②建设单位应当组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。③辐射工作人员脱离工作岗位时，建设单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

4、监测计划

公司将定期（不少于1次/年）请有资质的单位对本项目辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展探伤进行作业时，公司辐射安全管理人员将对X射线工业CT装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；公司将对本项目辐射工作人员开展个人剂量监测，定期（三个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

本项目监测计划见表12-1。

表12-1 辐射监测方案

监测项目	监测计划	监测频次	监测方式	监测方案
X-γ周围剂量当量率	竣工环保验收监测	运行后监测	委托有资质单位检测	工业CT机自屏蔽体前、后、左、右30cm处；自屏蔽体周围50m内的巡测及人员经常停留位置
	工作场所年度监测	1次/年		
	定期自行开展辐射监测	每3个月/次	自行使用便携式X-γ剂量率测量仪监测	
年有效剂量	辐射工作人员个人剂量监测	每3个月/次	委托有资质单位检测	佩戴个人辐射剂量计
监测依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)			

同时公司还将安排辐射工作人员定期（2年/次）进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

辐射事故应急

企业应制定辐射事故应急预案，规定事故后的应急措施。在应急预案中规定在照射过程中，若射线装置出现异常，立即切断高压，报设备部门检修。若有被误照射人员，立即送有资质的医疗机构检查和救治。

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

苏州爱情之音科技有限公司根据生产、检测需要,拟在生产车间一层东南角,新建5台工业CT装置,设备型号为:VT-X750型。该检测装置的最大管电压为130kV,最大管电流为0.3mA。公司拟为本项目配备10名辐射工作人员,1名辐射安全管理人员,检测装置的周曝光时间约为6小时,年曝光时间约为300小时。项目运行后的环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、工业CT装置周边区域其他工作人员。

1 实践正当性分析

苏州爱情之音科技有限公司在正确使用和管理射线装置的情况下,可以将辐射产生的影响降至尽可能小。本项目可创造更大的经济效益和社会效益,经落实辐射安全与防护管理措施后,带来的效益远大于可能对环境造成的影响,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

2 辐射安全与防护分析结论

2.1 项目选址及合理性分析

本项目拟建址位于江苏省苏州市常熟市经济技术开发区虹桥路161号生产车间一层东南角。本项目厂界东侧为未势能源氢能、北侧为空地,西侧为朱堰塘,南侧为仪桥塘、虹桥路。本项目地理位置图见附图1,厂区平面布置图详见附图2,周围环境图见附图3、附图4。

项目所在生产车间共2层,辐射工作场所位于生产车间一层东南角,辐射工作场所东侧为AGV通道,西侧为产品生产线车间,北侧为线镭雕生产线,南侧为AGV通道,上方为生产车间暂未做具体规划。

本项目工业CT装置周围50m范围内无学校或居民区等环境敏感目标。因此,本项目保护目标主要为工业CT装置的辐射工作人员、工业CT装置周边区域其他工作人员。

2.2 项目分区及布局

本项目装置项目包括铅房及操作台,5台装置位于生产车间一层东南角,5台装置操作位均位于装置西侧,工件门均位于南北两侧。本项目装置X射线固定向上照射,主射线方向避开了人员长期工作位置。本项目布局设计满足《工业探

伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于操作台与曝光室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将工业CT装置的铅房边界作为本项目的辐射防护控制区边界，在铅房表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作期间禁止任何人员进入。将检测装置所在的检测室其他区域作为辐射防护监督区，工作期间禁止无关人员进入。本项目辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

2.3 辐射环境现状评价

工业CT装置拟建区域及周围环境室内 γ 空气吸收剂量率为（32~38）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），室内 γ 辐射水平均低于江苏省天然辐射水平范围；道路环境 γ 空气吸收剂量率为（32~34）nGy/h，处于江苏省天然 γ 辐射水平中道路天然 γ 辐射水平范围内。

2.4 辐射安全措施

本项目X射线工业CT装置拟设计安装的辐射安全装置和保护措施主要包括：

本项目工业CT装置采用铅板的防护设计对X射线进行防护；工业CT装置防护门与装置设置门-机安全联锁装置，装置设置工作状态指示灯，门-机联锁装置和工作状态指示灯定期检查，确保有效；设备外表面及防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置控制面板上设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，控制台上设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。公司拟配备1台便携式X- γ 辐射剂量巡测仪和10台个人剂量报警仪，用于对工业CT装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

2.5 辐射安全管理

苏州爱情之音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。同时在项目运行前，根据环评提出的制度要点，进一步完善适合本单位的辐射安全管理制度，严格履行相关制度，认真落实辐射安全管理责任。本项目辐射工作人员、辐射防护负责人将通过生态环境部组织开

发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，通过培训平台报名并参加考核，考核合格后上岗；辐射工作人员将开展职业健康监护和个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案，开展职业健康监护评价，跟踪关注辐射工作人员职业健康，避免、减轻辐射职业病危害。公司拟配备1台便携式X- γ 辐射剂量巡测仪，10台个人剂量报警仪。

3 环境影响分析结论

3.1 辐射防护影响预测

本项目工业CT装置尺寸为：1925mm（长） $\times$ 1550mm（宽） $\times$ 1645mm（高）。检测装置铅房墙体及工件进出门采用2mmFe+5mmPb+2mmFe作为防护层。根据理论预测结果，本项目运行后，本项目工业CT装置周围的辐射剂量率能够满足《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。

3.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员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）和本项目管理目标（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）的剂量限值要求。

4 可行性分析结论

综上所述，苏州爱情之音科技有限公司新建5台工业CT装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，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）项目环境影响评价文件取得环评批复建成后，公司将及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证，按照环境影响评价文件及审批文件、生态环境主管部门提出的要求同步进行主体工程和环保设施的建设，落实各项环保措施和辐射环境管理措施。

（2）建议项目环境保护设施竣工后3个月内进行竣工环保验收。

（3）公司应加强射线装置的安管理工作，严格落实射线装置使用登记制度，建立使用台账，做好射线装置的安全保卫工作。

（4）按照相关规定划定控制区和监督区，各区严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求进行管理。

（5）公司应及时组织辐射工作人员参加辐射安全防护培训。建立健全辐射防护工作档案，对工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分开保管并长期保存。

（6）公司应加强对辐射工作人员的辐射防护知识宣传教育，使其熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众人员和自身所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全和 防护措施	装置外形尺寸为：1925mm（长）×1550mm（宽）×1645mm（高），设备为自屏蔽的铅房结构，设备内部X射线出束方向自下而上。设备底部、四周及顶部使用5mm铅板屏蔽。	工业CT装置运行后，装置周围的剂量率满足《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）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”的要求。	20
	工业CT装置设计有防护门，门与装置设置门-机安全联锁装置，设备顶部设置工作状态指示灯。门-机联锁装置、工作状态指示灯定期检查，确保有效；设备外表面及防护门外拟设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置控制面板上设计有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，操作台设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。将5台工业CT装置铅房总体边界作为本项目的监督区，操作台位于监督区内，CT装置设备总体边界东扩5m、南扩1m、西侧和北侧扩2.5m作为辐射防护监督区边界，监督区边界拟设置实体围栏，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，仅辐射工作人员能够进入。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于探伤室辐射防护措施的相关要求。	
	公司拟配备1台便携式X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目配备10台X-γ个人剂量报警仪	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。	5.0
污染防治措施	本项目VT-X750型工业CT检测装置顶部安装机械排风装置，风机风量约为30m³/h，铅房的体积被测得为4.908m³，有效通风换气次数6次/小时，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）中有有效通风换气次数不低于3次/小时的要求。此外，铅房排出的废气进入本项目所在车间，	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化学分解时间为50分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少，对环境影响较小。	铅房自带

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
	本项目所在车间设置有新风系统，通过新风系统进行换气，将臭氧和氮氧化物排出室外。		
辐射安全管理	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。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于辐射安全管理的要求。	3.0
	管理制度：完善操作规程、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、事故应急制度等。		
	人员配备： 拟为本项目配备10名辐射工作人员，1名辐射安全管理人员，辐射工作人员及辐射安全管理人员在上岗前应参加辐射安全与防护培训，通过考核后才能上岗。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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2019年12月23日），辐射工作人员应持有培训合格证或考核合格证	
	辐射工作人员配备个人剂量计、定期（不少于1次/3个月）送检，单位建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。	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。	2.0
	拟定期组织本项目10名辐射工作人员进行职业健康体检，体检周期为两年，并建立职业健康监护档案。	根据《放射工作人员职业健康管理辦法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	2.0

*上述措施须与本项目主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。

