

核技术利用建设项目  
昆山沪利微电有限公司  
新增 X-ray II类射线设备项目  
环境影响报告表

昆山沪利微电有限公司

2025 年 7 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目  
昆山沪利微电有限公司  
新增 X-ray II类射线设备项目  
环境影响报告表

建设单位名称：昆山沪利微电有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：昆山综合保税区楠梓路 255 号

邮政编码：215300

联系人：崔涛

电子邮箱：tao\_cui@wustec.com 联系电话：18168988267

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		昆山沪利微电有限公司新增 X-ray II类射线设备项目			
建设单位		昆山沪利微电有限公司			
法人代表	吴传彬	联系人	崔涛	联系电话	18168988267
注册地址		昆山综合保税区楠梓路 255 号			
项目建设地点		昆山综合保税区楠梓路 255 号 2 号厂 2 楼信赖车间内 5D X-Ray 房间			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		120	项目环保投资 (万元)	6	投资比例 (环保投资/总投资) 5%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m <sup>2</sup> )	24
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<p><b>1 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来</b></p> <p><b>1.1 建设单位基本情况</b></p> <p>昆山沪利微电有限公司成立于 2002 年 9 月 16 日, 注册资本为 150000 万元, 企业注册地址位于昆山综合保税区楠梓路 255 号, 所属行业为计算机、通信和其他电子设备制造业, 经营范围包含: 生产、加工覆晶片 (FLIPCHIP) 构装用之高密度细电路基座 (SUBSTRATE); HDI 线路板及同类和相关产品的批发、进出口业务; 销售自产产品并提供产品的售后服务。(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)</p> <p>一般项目: 工业机器人制造; 工业机器人销售 (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)。</p> <p><b>1.2 项目规模及任务由来</b></p> <p>由于生产检测需要, 昆山沪利微电有限公司拟在 2 号厂 2 楼信赖车间新建 1 台</p>					

XCT8500 型工业 CT 装置，用于开展公司生产的电路板的无损检测工作。检测工件长度最大约 500mm，宽度最大约 500mm，厚度最大约 3mm。本项目 XCT8500 型工业 CT 装置最大管电压均为 160kV，最大管电流均为 1mA，额定功率均为 64W，工业 CT 装置工作时主射线均朝顶部照射，操作台均位于装置西侧。

本项目拟调配 2 名其他工作人员，1 名专职本项目检测工作，1 名兼职辐射防护负责人。本项目拟采取一班制，每班配备 1 名辐射工作人员，每班单日工作不超过 8 小时。每台设备周开机曝光时间约为 9 小时（3h/d，一周三天），年开机曝光时间为 450 小时。

本项目 CT 主要进行无损分析，企业共占地面积：81200m<sup>2</sup>（本项目依托原有，不新增，在信赖车间中隔出 5D X-Ray 房间面积 24m<sup>2</sup>），本项目位于二层，1F 到 4F 高度 23.5m。本次拟购入的工业 CT 装置为自屏蔽体，因此检测室不具有屏蔽装置。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号），昆山沪利微电有限公司所用工业 CT 装置（XCT8500 型）属 II 类射线装置，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》（环境保护部第 44 号）及《关于修改〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号），使用 II 类射线装置的项目应当编制环境影响报告表。因此，昆山沪利微电有限公司对其新增 1 台工业 CT 装置项目委托我公司进行环境影响评价。

昆山沪利微电有限公司辐射设备情况具体见表 1-1。

表 1-1 本项目辐射设备情况一览表

序号	装置名称	类别	设备型号	设备数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	备注
1	工业 CT 装置	II 类	XCT8500 型	1 台	160	1	主射线朝顶部照射

## 2 项目选址及周边保护目标情况

昆山沪利微电有限公司位于昆山经济技术开发区楠梓路 255 号。厂区东面为青阳港；南面为仁宝信息技术（昆山）有限公司；西面沪镓光电有限公司；北面为昆山先创电子有限公司。项目地周围 50 米范围内没有学校、医院、居民点等环境敏感目标。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），本项目拟建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），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

厂址地理位置见附图1，厂址周边关系见附图2。

本项目5D X-Ray房间位于2号厂2楼信赖车间内部，为独立房间。5D X-Ray房间所在厂房为四层建筑（第四层局部），1F~4F高度23.5米，一楼主要为钻孔车间，二楼主要为蚀刻、镀铜车间，三楼主要为镀铜车间，局部四楼为公用设施（5D X-Ray房间四楼为屋顶）。5D X-Ray房间东侧为内层蚀刻生产工位，北侧为检测设备间，西侧为检测室，南侧为冷热冲击实验室。公司厂区平面布置图见附图7。

本项目5D X-Ray房间内放置1台工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置以及操作台，工业用X射线计算机断层扫描（CT）装置以及操作台位于5D X-Ray房间南侧。5D X-Ray房间平面布置见附图3-2。

本项目5D X-Ray房间（工业CT装置使用场所）周边情况具体见表1-2。

**表 1-2 本项目辐射设备使用场所周边情况一览表**

序号	场所名称	位置	场所东侧	场所南侧	场所西侧	场所北侧	场所上方	场所下方
1	5D X-Ray 房间	二层	内层蚀刻生产工位	冷热冲击实验室	检测室	检测设备间	电镀车间	压合车间

本项目工业CT装置拟建址周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及工业CT装置拟建址周围评价范围内公众。

### 3 原有核技术利用项目情况

#### 3.1 原有核技术利用项目

昆山沪利微电有限公司于2024年09月09日取得了苏州市生态环境局颁发的辐射安全许可证（苏环辐证[E2482]，见附件4），有效期至2029年09月08日，许可范围：使用III类射线装置。公司现有17台III类射线装置。公司现有核技术应用项目均已履行环保手续，项目环境影响登记备案复印件见附件5。公司现有核技术应用项目见表1-3。

**表 1-3 公司现有核技术利用项目清单**

序号	名称	型号	类别	最大管电压	最大管电流	数量	场所	环评及审批时间	环保许可情况
1	工业X射线检查机	CM-800	III	50kV	1mA	1台	2号厂房1楼NC车间	已备案	已许可
2	工业X射线检查机	AIT-900	III	50kV	1mA	2台	1号厂1FHNC一课车间	已备案	已许可
3	工业X射线检查机	XR-350i	III	60kV	1mA	1台	1号厂1FHML无尘室	已备案	已许可

4	工业 X 射线检查机	XR-350 i	III	60kV	1mA	2 台	1 号厂 1FHNC 一 课车间	已备案	已许可
5	X 射线检查机	RAY-X G1000	III	50kV	1mA	1 台	2 号厂 1FHML 无 尘室	已备案	已许可
6	剖板机 X 射线	JH-9961	III	50kV	1mA	1 台	2 号厂 1FHML 车 间	已备案	已许可
7	X-ray 钻靶机	INSPEC TA S1	III	50kV	1mA	2 台		已备案	已许可
8	X-Ray 钻靶机	ADT-90 0XP2	III	50kV	1mA	2 台		已备案	已许可
9	X-Ray 钻靶机	CH-608	III	50kV	1mA	2 台		已备案	已许可
10	X-ray 读码机	XL-RS	III	50kV	1mA	3 台		已备案	已许可

### 3.2 个人剂量监测与健康体检

公司现有 41 名 III 类辐射工作人员，均已通过企业自主辐射防护培训，已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司进行个人剂量监测。根据公司 2024 年~2025 年辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 7），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常。

公司已每年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

### 3.3 年度检测

公司现有核技术利用项目已委托苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司开展年度环保检测（年度环保检测报告见附件 8）。由检测结果可知，本单位现有核技术利用项目在检测工况下运行时，公司现有核技术利用项目工作场所周围剂量当量率能够满足相关标准要求。

### 3.4 运行情况

公司开展核技术利用项目至今，未发生环保投诉情况。

## 4 产业政策相符性

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为“工业 CT 无损检测设备”，属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家当前的产业政策。

## 5 实践正当性

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加本项目工业 CT 装置拟建址周围的

辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

**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》(GB18871-2002)。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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类	1 台	XCT8500 型	160	1	无损检测	5D X-Ray 房间	主射线朝顶部照射，额定功率 64W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 ( $\mu\text{A}$ )	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	经装置顶部排风扇及开关工件门，再经车间门窗及通风系统排出车间，臭氧常温下 50min 内可自行分解为氧气，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/m<sup>3</sup>；年排放量用 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/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版), 中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 修正版), 中华人民共和国主席令第 24 号, 2018 年 12 月 29 日修订, 2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《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</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修正版), 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》, 生态环境部令第 16 号, 自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(7) 《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</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版) 生态环境部令第 20 号, 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(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 11 月 1 日起施行</p> <p>(12) 《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</p> <p>(13) 《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</p> <p>(14) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版), 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</p>
------	--

	<p>(15) 《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</p> <p>(16) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号，2024年2月1日起施行</p> <p>(17) 《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</p> <p>(18) 《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</p> <p>(19) 《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日发布</p> <p>(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号文</p>
技术标准	<p>(1) 《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）；</p> <p>(2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>(8) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p>

其他	<p>附图</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 项目地理位置图</li> <li>(2) 周围概况图</li> <li>(3) 江苏省生态保护红线分布图</li> <li>(4) 土地利用规划图</li> <li>(5) 昆山经济开发区总体规划图</li> <li>(6) 昆山经济开发区功能分区</li> <li>(7) 平面布局图</li> </ol> <p>附件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 项目委托书（附件 1）</li> <li>(2) 射线装置使用承诺书（附件 2）</li> <li>(3) 辐射屏蔽防护设计说明（附件 3）</li> <li>(4) 现有辐射安全许可证复印件（附件 4）</li> <li>(5) 现有核技术利用项目环境影响登记备案复印件（附件 5）</li> <li>(6) 辐射环境现状检测报告复印件（附件 6）</li> <li>(7) 个人剂量监测报告复印件（附件 7）</li> <li>(8) 年度环境检测报告复印件（附件 8）</li> <li>(9) 生产厂家辐射安全许可证复印件（附件 9）</li> <li>(10) 其他附件</li> </ol>
----	--

**表 7 保护目标与评价标准**

评价范围							
<p>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 1 台工业 CT 装置屏蔽仪外 50m 区域。</p>							
保护目标							
<p>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《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条（一）中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）及《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。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。</p> <p>本项目使用 1 台工业 CT 装置进行无损检测工作，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及工业 CT 装置拟建址周围评价范围内公众。本项目工业 CT 装置周围保护目标一览表见表 7-1。</p>							
表 7-1 本项目工业 CT 装置保护目标情况一览表							
序号	保护目标名称		保护目标位置	方位	最近距离 m	规模	环境保护要求
1	工业 CT 装置	辐射工作人员	工业 CT 装置操作位	东侧	紧邻	1 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
2		公众	走廊	东侧	0.55	流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
3			内层蚀刻生产工位、其他生产区、走廊		5.3	30 人	
4			冷热冲击实验室	南侧	4.8	3 人	
5			厂区内道路		16	流动人员	
6			其他生产区、办公		5.3	30 人	

			室、走廊				
7			1#厂房		27	流动人员	
8			检测室	西侧	1.69	3人	
9		其他生产区、走廊	10		20人		
10		厂区内道路	20		流动人员		
11		厂区外道路	40		流动人员		
12			检测设备间	北侧	0.77	8人	
13			其他生产区、走廊		3.1	20人	
14			电镀车间	上方	0.94	30人	
15			压合车间	下方	0.12	30人	

注：表中最近距离为距工业 CT 装置的最近距离。

## 评价标准

### (1) 《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	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》通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内。(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》(GBZ117-2002)

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ 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 $\mu$ 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内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控

制水平通常可取 100 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值不大于 5 $\mu$ Sv/周。

2) 本项目工业 CT 装置屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

3) 本项目工业 CT 装置正上方区域人员可达，顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平取不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

#### (4) 环境天然 $\gamma$ 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，江苏省天然贯穿辐射水平见下表：

表 7-3 江苏省室内、室外天然贯穿辐射所致（空气吸收）剂量率（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、项目地理位置和场所位置**

昆山沪利微电有限公司位于昆山经济技术开发区楠梓路 255 号，厂区东面为青阳港；南面为仁宝信息技术（昆山）有限公司；西面沪光电有限公司；北面为昆山麦格纳汽车系统有限公司。

本项目拟建 5D X-Ray 房间位于 2 厂二层中部，厂房为四层建筑（第四层局部），本项目位于二层，上方为三层和楼顶。5D X-Ray 房间东侧为内层蚀刻生产工位，北侧为检测设备间，西侧为检测室，南侧为冷热冲击实验室。

本项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及拟建址周围评价范围内公众。

本项目拟建 5D X-Ray 房间周围环境照片见图 8-1。



西侧检测室



东侧内层蚀刻生产工位



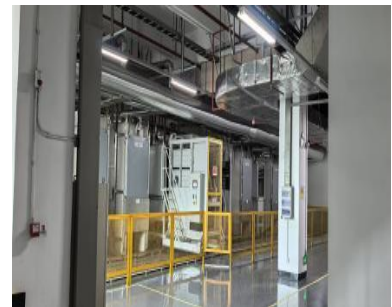
南侧冷热冲击实验室



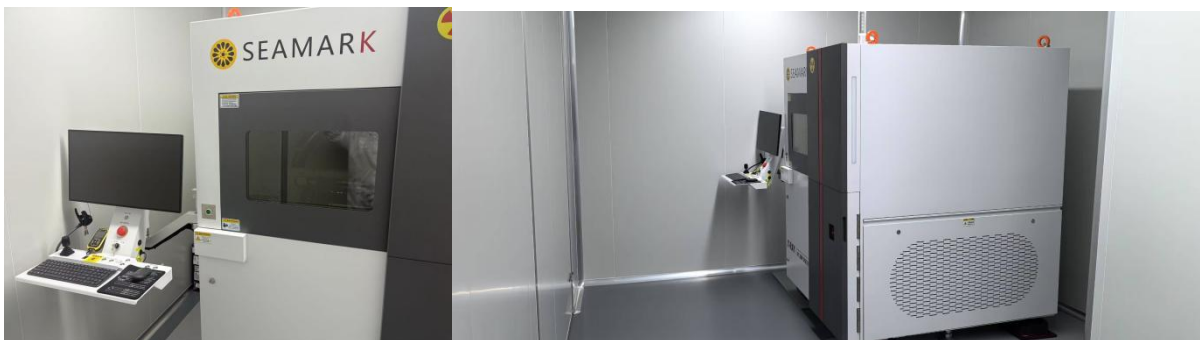
北侧检测设备间

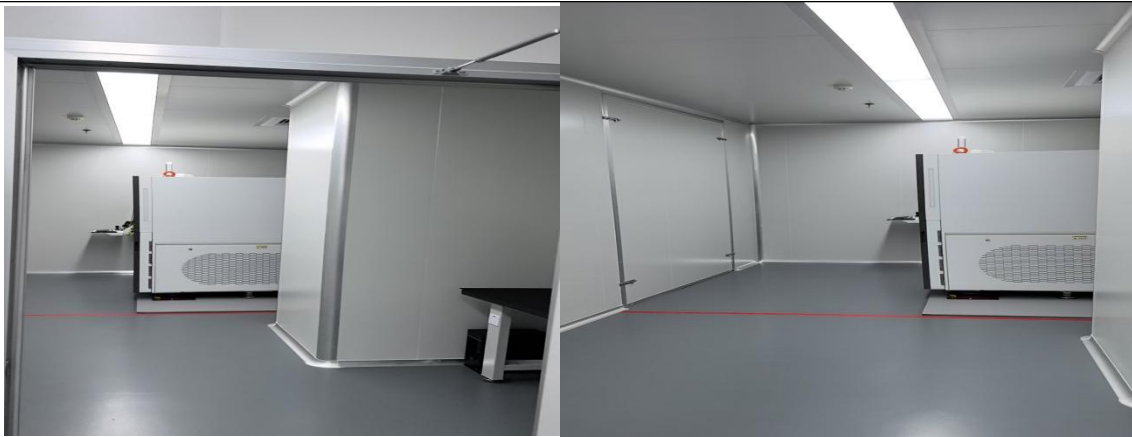


上方（三楼）镀铜车间



下方压合车间





5D X-Ray 房间

图 8-1 5D X-Ray 房间周围环境图

## 2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

监测点位：在工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，共计 11 个点位。检测布点图，详见下图。

## 3、监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在工业 CT 装置拟建址及周围布设监测点位，测量工业 CT 装置拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

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 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

质量保证措施：检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

## 4、监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏卓然辐射检测技术有限公司，已通过 CMA 计量认证，证书编号：241012050469，具备相应的检测资质和检测能力；

监测仪器：X- $\gamma$  辐射空气比释动能率仪 NT6101-S75，仪器测量范围：10nGy/h~200uGy/h；

仪器能量响应范围：48KeV~3MeV 校准有效期：2024.08.30—2025.08.29；

监测日期：2025 年 6 月 24 日，环境条件：晴；温度：26℃；湿度：50%；

评价方法：参考表 7-4 江苏省室内、室外天然贯穿辐射所致（空气吸收）剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目拟建 5D X-Ray 房间周围辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 6）

**表 8-1 拟建 5D X-Ray 房间及周边辐射环境质量现状检测结果（室内）**

序号	监测点位	X- $\gamma$ 辐射剂量率（nGy/h）
1	拟建 5D X-Ray 房间中部	77
2	5D X-Ray 房间东侧	79
3	5D X-Ray 房间南侧	72
4	5D X-Ray 房间西侧	78
5	5D X-Ray 房间北侧	74
6	东侧内层蚀刻生产工位	74
7	南侧走廊	74
8	西侧检测室	75
9	北侧物理实验室	75
10	上方（三楼）镀铜车间	92
11	下方压合车间	69

根据表 8-1 的监测结果可知，昆山沪利微电有限公司新增工业 CT 装置拟放置位置及周围辐射环境 $\gamma$ 辐射剂量率中点位均为室内点位，扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 $\gamma$ 辐射水平在（72~92）nGy/h 范围内，处于江苏省天然贯穿辐射本底水平的正常范围（室内（50.7~129.4）nGy/h）内。

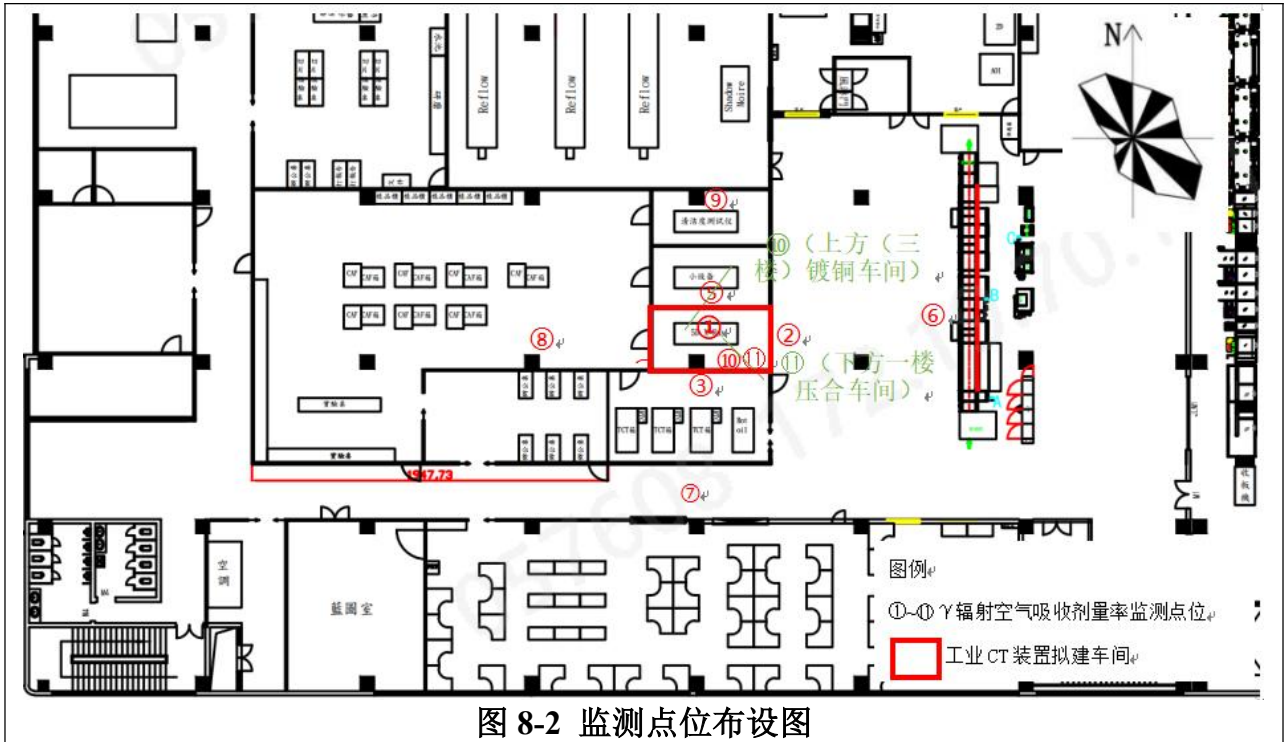


表 9 项目工程分析和源项

### 工程设备与工艺分析

#### 1、工程设备

由于生产检测需要，昆山沪利微电有限公司拟在 2 厂 2 楼新建 1 台 XCT8500 型工业 CT 装置，用于开展公司生产的电路板的无损检测工作。检测工件长度最大约 500mm，宽度最大约 500mm，厚度最大约 3mm。本项目工业 CT 装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA，额定功率为 64W，工业 CT 装置工作时主射线均朝顶部照射，操作台均位于装置西侧。本项目 XCT8500 型工业 CT 装置样式图见图 9-1。

本项目工业 CT 装置由检测室及操作台等组成。检测室内部包括 X 射线源、图像成像单元、计算机图像处理系统、机械系统、电气控制系统、安全防护系统、警示系统等。检测室尺寸为 1465mm(长)×1455mm(宽)×1750mm(高)，采用铅板对 X 射线进行屏蔽。本项目工业 CT 装置进样门(含观察窗)朝北侧摆放，检测时，工件由进样门进入检测室，检测完成后从进样门出检测室，工件进样门尺寸为 675mm(宽)×600mm(高)，装置前检修门为 1500mm×955mm、顶部检修门为 460mm×830mm。

本项目工业 CT 装置的 X 射线管设置机械运动系统，主要用于固定 X 射线管，带动 X 射线管进行升降动作，从而实现对工件的多角度透照，定义装置前检修门为装置前侧，X 射线管不可在水平方向移动，可在上下方向移动，射线管上下行程为 150mm。装置顶部屏蔽体尺寸为 1.455m×1.455m，能够完全覆盖主射束照射范围，因此装置顶部屏蔽体为有用线束方向，其余方向为非有用线束方向。

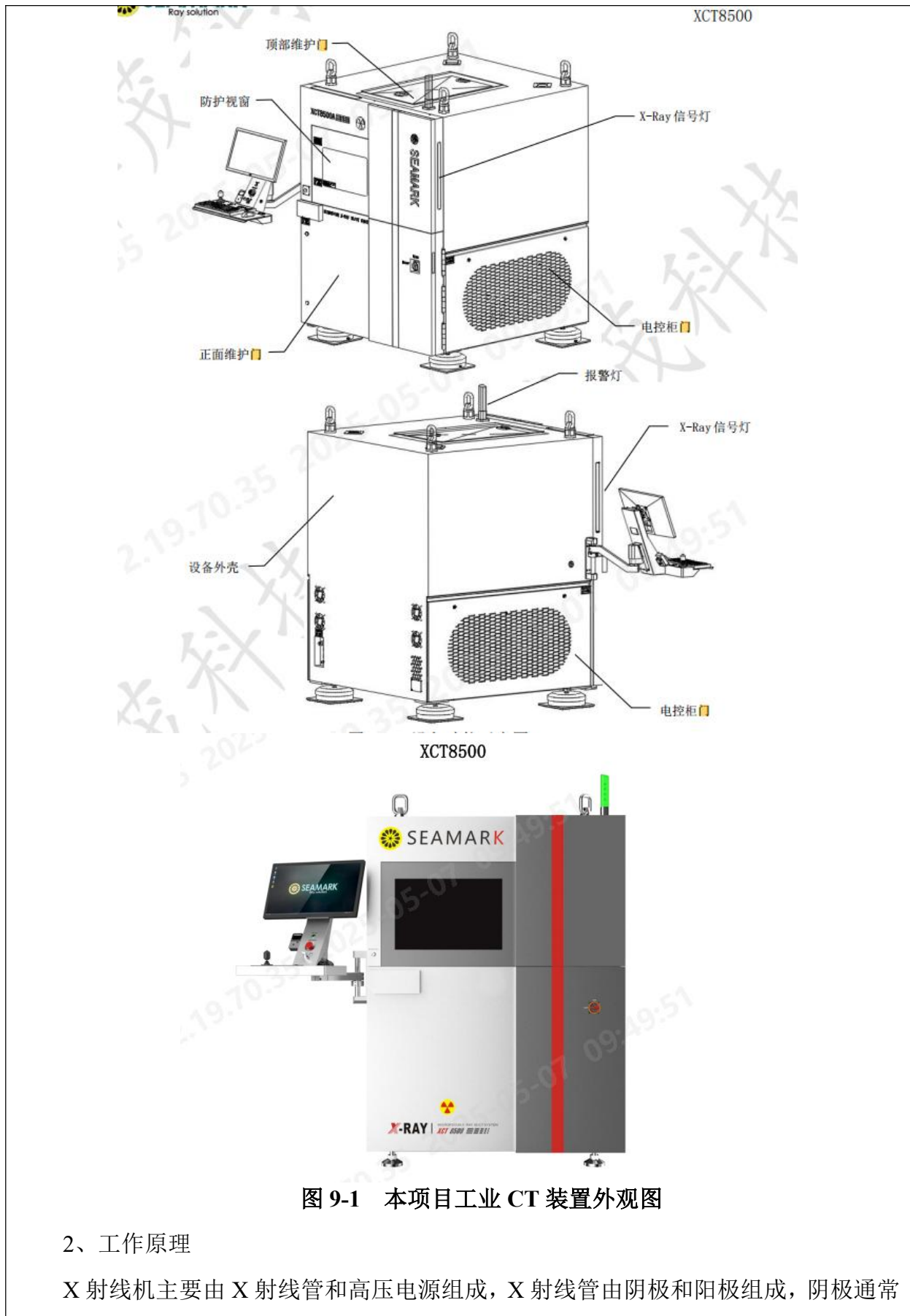


图 9-1 本项目工业 CT 装置外观图

## 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、钼等)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。

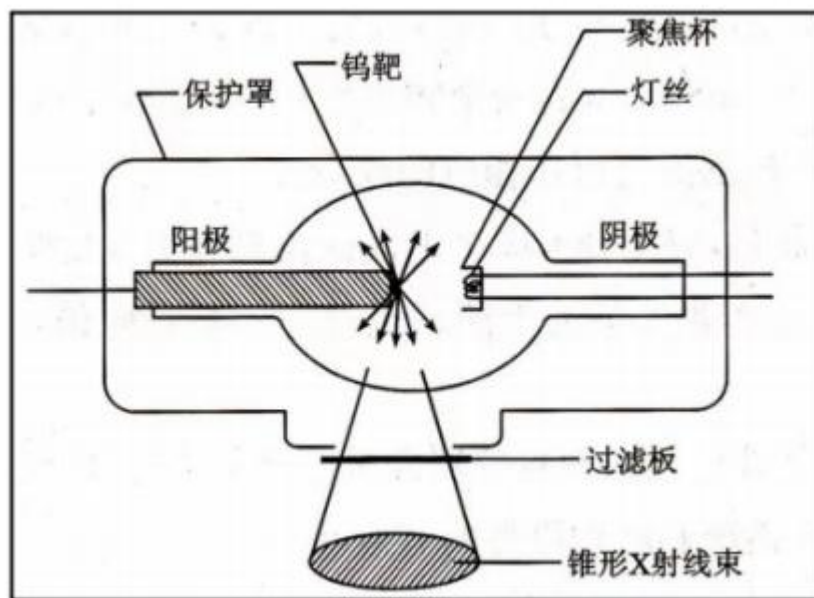


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

本项目工业 CT 装置由 X 射线源、图像成像单元、计算机图像处理系统、机械系统、电气控制系统、安全防护系统、警示系统等组成。其结构工作原理如图 9-3。X 射线源提供系统扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据 X 射线在工件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。机械系统实现计算机扫描时射线源、探测器的移动，以及射线源-工件-探测器空间位置的调整；图像成像单元用来测量穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后送入计算机进行图像重建。计算机图像处理系统用于扫

描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。安全防护系统用于射线安全防护。

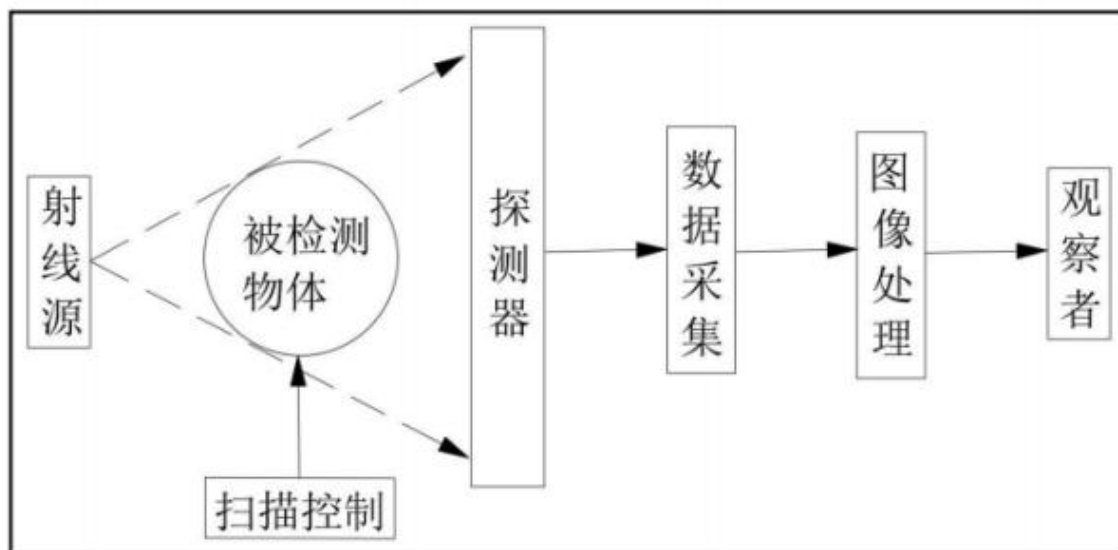


图 9-3 本项目工业 CT 扫描工作原理图

### 3、工艺流程及产污环节分析

工业 CT 装置工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置内，辐射工作人员在装置前侧控制模块通过控制模块显示屏进行工件位置调整与确认操作，在数据处理工作站（操作台）进行出束操作，对工件需检测部位进行无损检测与分析，其工作流程如下：

1) 辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性，在控制模块处控制装置开机；

2) 确保各辐射安全装置可以有效工作后，辐射工作人员将工件运送至 5D X-Ray 房间内；

3) 辐射工作人员在控制模块处控制工业 CT 装置，打开工件门；

4) 辐射工作人员不进入装置内，将工件送入装置内载物台上，一次检测的工件种类为电路板，检测工件最大体积约为  $0.75\text{dm}^3$ ；

5) 辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后，在操作台（数据处理工作站）控制装置关闭工件门；

6) 辐射工作人员在装置前侧操作台处，将载物台及工件调整到合适位置后，通过操作系统控制装置加高压、打开 X 射线出束开关，开始检测；装置利用载物台旋转和移动工件调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受 X 射线照射后的断层扫描图像。检测期间 X 射线管发出 X 射线，X 射线电离装置中的空气产生少量臭

氧 (O<sub>3</sub>) 和氮氧化物(NO<sub>x</sub>);

- 8) 曝光结束, 在操作台处关闭 X 射线;
- 9) 辐射工作人员在操作台控制装置开启工件门, 移出工件, 关闭工件门;
- 10) 检测结束后, 辐射工作人员通过操作台处的显像器调取储存的图像进行缺陷分析, 将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模, 判断工件质量、缺陷等;
- 11) 装置关机。

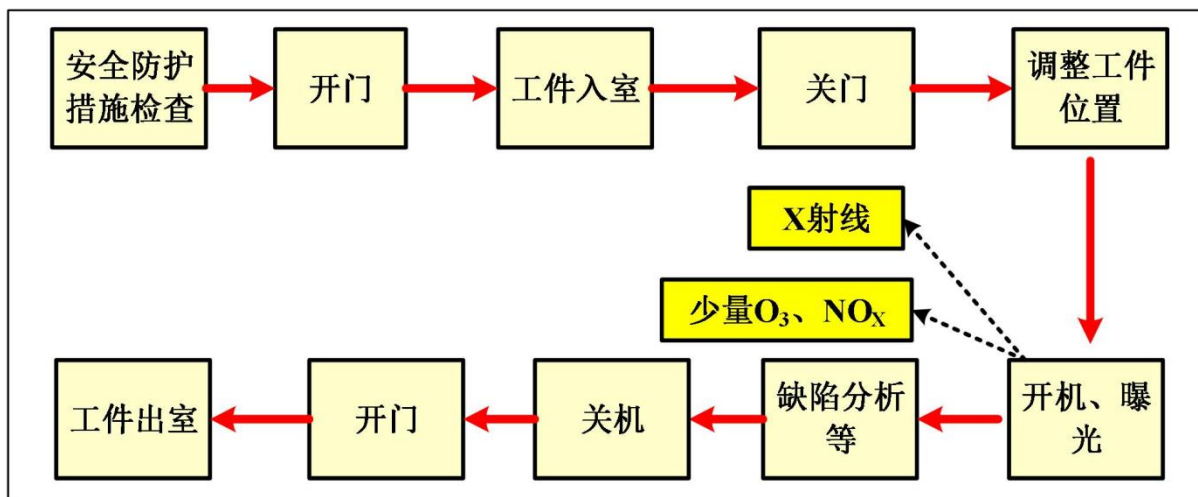


图 9-4 工业 CT 装置工作流程及产污环节

#### 4、工作机制

本项目拟从其他岗位调配 2 名工作人员, 1 名专职负责本项目辐射检测工作, 1 名兼职辐射防护负责人。本项目拟采取一班制, 每班配备 1 名辐射工作人员, 每班单日工作不超过 3 小时。每台设备周开机曝光时间约为 9 小时, 年开机曝光时间为 450 小时。

#### 污染源项描述

##### 1、辐射污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此, 正常开机出束期间, 辐射污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目工作期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类:

**有用线束辐射:** 射线装置发出的用于检测的辐射束, 又称为主射线束。由于厂家未提供滤过材料, 因此本次按最保守估计取滤过条件为 2mm 的铝, 保守取 160kV 下 2mmAl 滤过条件的 X 射线管输出量为 20.38mGy·m<sup>2</sup>/ (mA·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, 本项目 160kV 的 X 射线管距辐射源点(靶点) 1m 处的泄漏辐射剂量率为 2.5×10<sup>3</sup>μSv/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，160kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量对应的 kV 值为 150kV。

## **2、非辐射污染源分析**

1、废气：工业 CT 装置在工作状态时，会使装置内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，通过装置内机械式排风设施和开关工件门排到检测室内，最终经开关门及检测室内新风系统排至室外。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影响较小。

2、废水：主要是工作人员产生的生活污水，生活污水排入陆家污水处理厂，对周围环境影响较小。

3、固体废物：本项目运营时显像通过计算机成像，不产生工业固废。工作人员产生的一般生活垃圾，经分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

**表 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

本项目扩建 1 台工业 CT 装置设置有操作台（数据处理工作站）及曝光室，操作台与曝光室分开独立设置，位于曝光室前侧，本项目操作台与射线装置出束照射方向关系见表 10-1，本项目工业 CT 装置满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。”要求。

**表 10-1 操作位与出束方向关系一览表**

装置名称及型号	操作台位置	出束方向	是否满足
工业 CT 装置 XCT8500 型	位于装置前侧（西侧）	朝顶部照射	是

(2) 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：应把放射性工作场所分为控制区、监督区以便于辐射防护管理和职业照射控制；需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度和联锁装置限制进入；监督区通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

本项目拟将工业 CT 装置屏蔽体作为本项目的辐射防护控制区（图 10-1 中红色区域），在装置表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，设备设置门机联锁装置，工作时任何人不得进入；拟将 5D X-Ray 房间作为辐射防护监督区（图 10-1 中绿色区域），5D X-Ray 房间入口设置门锁，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 装置平面布局及分区图见图 10-1。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

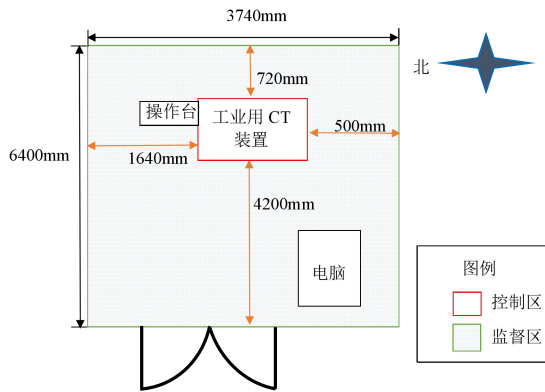


图 10-1 本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图

## 2、工作场所辐射屏蔽设计

根据昆山沪利微电有限公司提供的工业 CT 装置，本项目 CT 系统由软件和硬件系统组成。该设备操作台位于射线屏蔽室右前侧，为单独操作台。该装置射线屏蔽箱尺寸约为 1455mm（长）×1455mm（高）×1750mm（宽），辐射安全屏蔽室是全方位防护式屏蔽铅箱，工件门所在面为装置前侧。工业 CT 检测装置具体屏蔽措施见表 10-2。

表 10-2 工业 CT 装置屏蔽措施一览表

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度	折合铅当量	主射线方向
工业 CT 装置 XCT8500 型	前侧(进样门、 维修门)	2.5mm 钢板+6.5mmPb+2.5mm 钢板	7mmPb	主射线朝顶部照射
	观察窗	铅玻璃	7.26mmPb	
	左侧(电缆孔)	2.5mm 钢板+6.5mmPb+2.5mm 钢板	7mmPb	
	右侧	2.5mm 钢板+6.5mmPb+2.5mm 钢板	7mmPb	
	后侧(含机械 排风扇孔)	2.5mm 钢板+6.5mmPb+2.5mm 钢板	7mmPb	
	顶部	2.5mm 钢板+7.5mmPb+2.5mm 钢板	8mmPb	
	顶部维修门	2.5mm 钢板+6.5mmPb+2.5mm 钢板	7mmPb	
底部	2.5mm 钢板+5.5mmPb+2.5mm 钢板	6mmPb		

\*注：根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GB/Z 41476.3-2022)表 4, 130kV 下厚度 2.5mm 钢的等效铅厚度为 0.25mm。

## 3、人员防护

①辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测，并对个人剂量计进行编号并定期送检，建立个人剂量健康档案。

②辐射工作人员均参加职业健康体检，体检合格方能上岗。

③企业配备辐射报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪，在开展相关作业时可监控周围剂量情况。

## 4、工业 CT 装置的存放与维护

本项目新增 1 台工业 CT 装置，位于昆山沪利微电有限公司 5D X-Ray 房间中，企业

已制定设备管理及维修制度，定期对工业 CT 装置进行检查和维护，若在使用中遇到设备故障，及时联系售后工程师进行维修，并做好相应记录工作

#### 5、辐射安全与防护措施

(1) 本项目工业 CT 装置铅房主要采用钢-铅-钢和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护。

(2) 本项目工业 CT 装置前侧设置操作台，操作台处设置急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法。

(3) 工业 CT 装置操作台处设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，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。

(4) 工业 CT 装置的顶部外设置工作状态指示灯，并与 X 射线管联锁。工业 CT 装置工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留；拟在装置表面张贴工作状态指示灯信号意义说明。

(5) 工业 CT 装置设置安全光幕，通过发射红外线光束，当有物体进入光束时，接收器会接收到信号，并触发机器停止运行。

(6) 工业 CT 装置的进、出闸门和两扇维修门均设置门机联锁装置，只有当闸门、维修门完全关闭后 X 射线才能出束，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

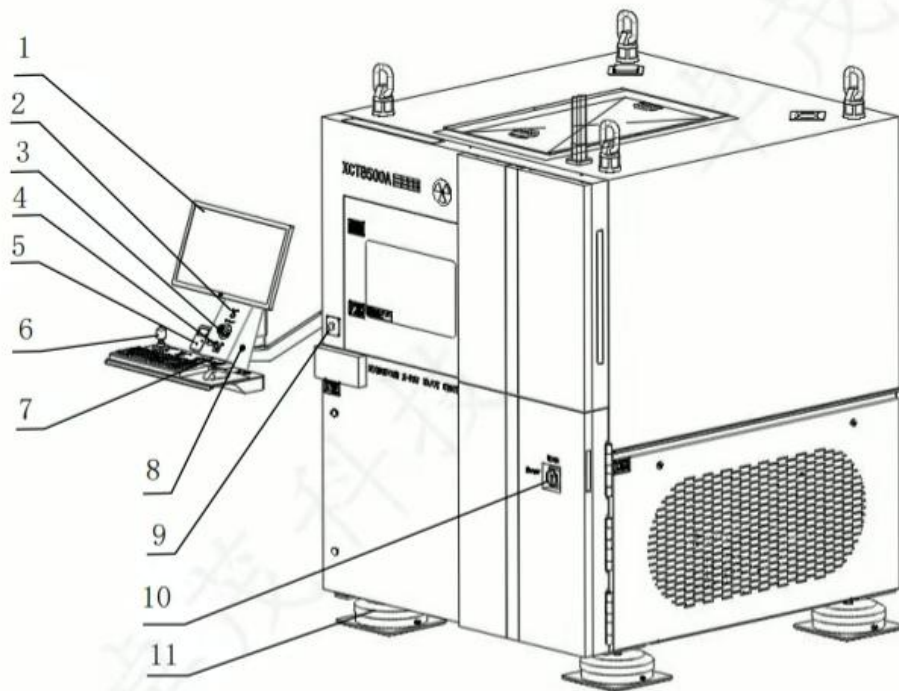
(7) 工业 CT 装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(8) 工业 CT 装置外合适位置拟设置视频监控，以监视辐射工作人员活动及设备运行情况。

(9) 工业 CT 装置外拟设固定式辐射探测报警装置。

(10) 正常运行情况下人员无法进入装置内部，故装置内未设置急停按钮及工作状态指示灯和声音提示装置等措施

(11) 本项目将工业 CT 装置各自屏蔽罩边界作为本项目的控制区边界，将 5D X-Ray 房间边界作为本项目监督区边界；工业 CT 装置所在 5D X-Ray 房间划为监督区，该区域在装置工作出束期间，提醒放射工作人员外其他无关人员快速撤离，不得逗留。



1. 键盘鼠标+显示器：用于电脑及软件界面的操作，支持数据输入和参数设置。
2. 电脑启动按钮：电脑主机启动开关按钮。
3. 急停按钮：紧急情况下按下，立即切断运动部分电源，快速停止所有活动。
4. 钥匙开关：设备的主电源开关，使用钥匙进行开启或关闭，防止未经授权的操作。
5. 辐射仪：实时监测设备周边区域的辐射值。
6. 摇杆：控制载物台 X、Y 方向移动，便于精确调整位置。
7. 指纹输入器：指纹登录和设定设备使用权限。
8. USB 接口：USB 插座可用来连接外部数据载体。
9. 开/关门按钮：控制防护门打开/关闭的按钮。
10. 总电源开关： 旋动主控开关控制整个设备上电或断电。
11. 气压减震脚垫：消除设备在工作运行时的震动，气压值为 3.0PSi。

**图 10-2 辐射安全与防护措施示意图**

#### 6、操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中 5.1.2 要求对工业 CT 装置进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、辐射检测仪等是否运行正常。

(2) 正常使用工业 CT 装置时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(3) 交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始检测工作。

(4) 辐射工作人员在进入 5D X-Ray 房间时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带便携式 X- $\gamma$ 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 5D X-Ray 房间，同时防止其他人进入 5D X-Ray 房间，并立即向辐射防护负责人报告。

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

(6) 在每一次照射前，操作人员都拟确认工业 CT 装置内部没有人员驻留并关闭闸门。只有在闸门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。

(7) 公司拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

#### 7、探伤设备退役措施

当工业 CT 装置不再使用时，拟实施退役程序。

(1) 工业 CT 装置的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 当 X 射线源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

(3) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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。

### 三废的治理

#### 一、放射性三废

本项目运行过程中没有放射性三废产生。

#### 二、非放射性三废

##### 1、臭氧和氮氧化物处理

工业 CT 装置在工作状态下，会使空气电离产生微量的臭氧(O<sub>3</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)。本项目工业 CT 装置为自带屏蔽体，设备工作时密闭，人员无法进入射线屏蔽罩内，装置通过自带排风扇和开启防护门实现通风，少量臭氧和氮氧化物可通工件进出排出屏蔽

体，再通过车间通风系统排至车间外部，臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

## 2、生活污水、垃圾处理

本项目辐射工作人员产生的少量生活污水接入市政管网，产生的少量生活垃圾由公司分类收集后定期交环卫部门处理。

## 3、事故预防措施

辐射工作人员必须严格按照操作程序进行，防止事故照射的发生，避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射，工作人员每次上班时首先要检查防护措施是否正常，若存在安全隐患，应立即修理，恢复正常。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发【2006】145 号文件的规定，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预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目工业 CT 装置均是由曝光室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，不存在施工期环境影响。

**运行阶段对环境的影响**

本项目工业 CT 装置投入运行后每周平均开机曝光时间约 9 小时，年曝光时间为 450 小时。最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA，额定功率为 64W，主射线朝均顶部照射。本次评价选取工业 CT 装置满功率运行时的工况进行预测。因工业 CT 装置运行时主射线朝顶部照射，计算时将顶部屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算，将四周及底部屏蔽体均按照非有用线束照射进行预测计算。预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。本项目工业 CT 装置的 X 射线管不可在水平方向移动，可在竖直方向移动，在上下方向移动范围为 150mm，X 射线管计算示意图见图 11-1。

**11.1 屏蔽相关计算**

**（1）有用线束屏蔽估算**

装置主射线照射方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式（1）计算：

$$H = \frac{I \times H_0 \times B}{R^2} \quad (1)$$

式中：

I—工业 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H<sub>0</sub>—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m<sup>2</sup>/（mA·h），以 mSv·m<sup>2</sup>/（mA·min）为单位的值乘以 6×10<sup>4</sup>，见附录表 B.1；

B—屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下铅的什值层后，再根据 B=10<sup>-X/TVL</sup> 计算得到 B 值；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

**（2）泄漏辐射和散射辐射屏蔽**

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《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计算。

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (2) 计算：

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

式中：

X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—见附录 B 表 B.2。

泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (2) 计算，然后按式 (3) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 H，单位 ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

$$H=\frac{H_L \times B}{R^2} \quad (3)$$

式中：

B—屏蔽透射因子，使用公式 (2) 计算得到；

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

$H_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位 ( $\mu\text{Sv/h}$ )，见 GBZ/T 250-2014 表 1。

散射辐射屏蔽估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按 GBZ/T 250-2014 表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式 (2) 计算。关注点的散射辐射剂量率 H ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式 (4) 计算：

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

式中：

I—工业 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (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  $6 \times 10^4$ ，见附录表 B.1；

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，然后使用公式 (2) 计算得到；

F— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积 ( $1\text{m}^2$ ) 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 $\alpha$ 值时，可以水的 $\alpha$ 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

## 11.2 相关参数

根据公司提供资料，本项目所用工业 CT 装置年工作出束时间约 450h/a，工业 CT 装置工作时主照射方向朝上，实际使用时最大管电压约为 160kV，管电流为 1mA，工业 CT 装置只在 5D X-Ray 房间内使用。

### （1）X 射线机的输出量

X 射线机的输出量和照射量率与 X 管类型、电压和电压波形、靶的材料和形状以及过滤板材料和厚度有关。可以通过查阅有关参数表或图获取。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1，本项目未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。由于滤过条件未定，因此本次按最保守估计取滤过条件为 2mm 的铝。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1，在最大管电压 160kV 时，滤过条件为 2mm 铝，距辐射源点（靶点）1m 处输出量取  $20.38\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，即  $1.22\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。其中 TVL 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 表 B.2 中 X 射线管电压为 150kV 和 200kV 时铅的什值层厚度 TVL0.96mm 和 1.4mm 通过内插法计算 160kV 时铅的什值层厚度 TVL 为 1.048mm。

### （2）泄漏辐射剂量率

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，管电压为 160kV 的工业用 CT 射线装置，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为  $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。其中 TVL 根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 表 B.2 中 X 射线管电压为 150kV 和 200kV 时铅的什值层厚度 TVL0.96mm 和 1.4mm 通过内插法计算 160kV 时铅的什值层厚度 TVL 为 1.048mm。

### （3）90°散射辐射剂量率

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。160k X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV，距辐射源点（靶点）1m 处输出量取

18.3mGy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, 即 1.1×10<sup>6</sup>μSv·m<sup>2</sup>/ (mA·h)。由 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2 知, 150kV X 射线的半值层厚度为 0.96mm 铅, 屏蔽透射因子根据 11.1 节中公式 (2) 计算。

### 11.3 辐射剂量率计算结果

表 11-1 工业 CT 装置有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度 (铅当量)(mm)	I (mA)	H <sub>0</sub> μSv·m <sup>2</sup> /(mA·h)	B	R (m)	H(μSv/h)	剂量率参考控制 水平 (μSv/h)	评价
顶部(维修门)①	7	1	1.22×10 <sup>6</sup>	2.09E-7	0.8	0.4	2.5	满足

注: R=出束口到顶部屏蔽体最近距离+关注点 0.3m, 取装置表面外 30cm 为关注点。

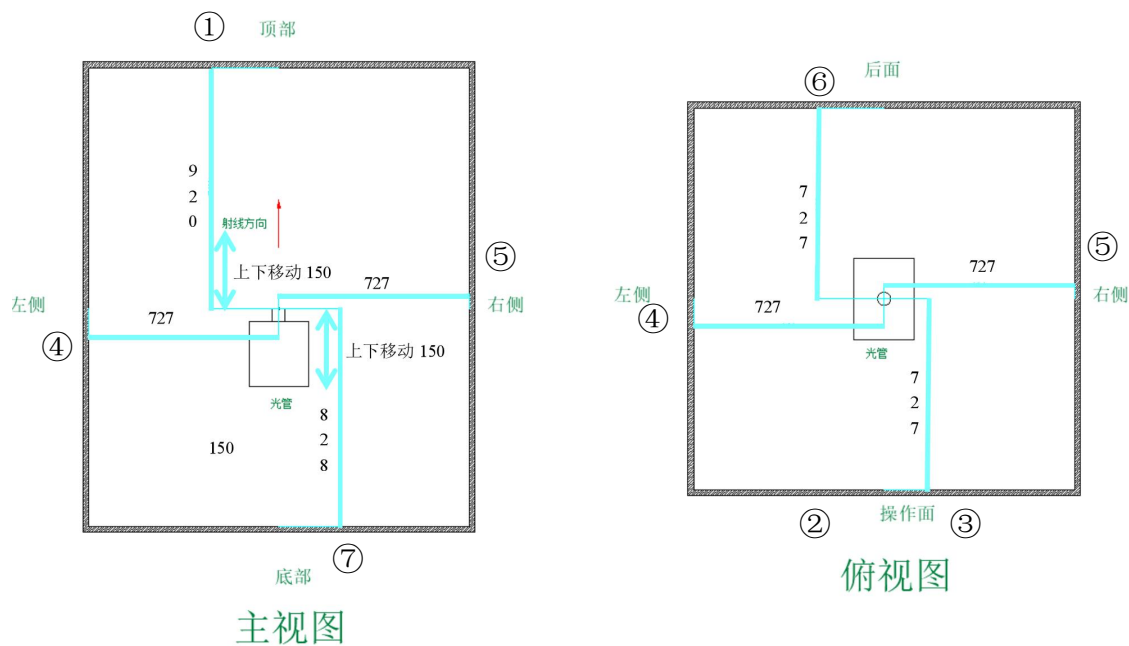
表 11-2 工业 CT 装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	取值						
	前侧/进样门/ 维修门②	观察窗③	左侧/电缆孔 ④	右侧⑤	后侧/机械排 风扇孔)⑥	底部⑦	
X 设计厚度(铅当量)(mm)	7	7.26	7	7	7	6	
泄漏辐射	B <sub>①</sub>	2.09E-07	1.18E-07	2.09E-07	2.09E-07	2.09E-07	1.88E-06
	HL (μSv/h)	2.5×10 <sup>3</sup>					
	R (m)	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.708
	H (μSv/h)	0.000913	0.000516	0.000913	0.000913	0.000913	0.009390
散射辐射	散射线能量(kV)	150					
	B <sub>②</sub>	5.11E-08	2.74E-08	5.11E-08	5.11E-08	5.11E-08	5.62E-07
	I (mA)	1					
	H <sub>0</sub> (μSv·m <sup>2</sup> /(mA·h))	1.1×10 <sup>6</sup>					
	F·α/R0 <sup>2</sup>	取 1/60 (数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) B.4.2)					
	Rs* (m)	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.708
	H (μSv/h)	0.001638	0.000878	0.001638	0.001638	0.001638	0.020608
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	0.002551	0.001393	0.002551	0.002551	0.002551	0.029999	
剂量率参考控制水平(μSv/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	

①R=出束口至屏蔽体最近距离+关注点 0.3m;

②B<sub>①</sub>以射线能量为 160kV 值取, B<sub>②</sub>以射线能量为 150kV 值取。

\*由于检测工件尺寸不定, 直接计算散射体至关注点的距离比较困难, Rs 保守考虑取源点至关注点的距离  
关注点位计算示意图见图 11-1。



注：取装置表面外 30 cm 为关注点；

图 11-1 关注点位计算示意图

从表 11-1 至表 11-2 中预测结果可以看出，当本项目工业 CT 装置满功率运行时，工业 CT 装置四周屏蔽体、顶部屏蔽体、底部屏蔽体、电缆口、进样门及维修门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为  $0.004216\mu\text{Sv/h}$ ，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/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

#### 11.4 电缆口及防护门缝隙辐射防护评价

本项目工业 CT 装置电缆口位于屏蔽体左侧，电缆口外拟采用 2.5mm 钢板+6.5mmPb+2.5mm 钢板防护罩进行防护，铅防护罩采用迷宫式设计；由表 11-2 计算结果可知，本项目工业 CT 装置在满功率工况下运行时，电缆口外 30cm 处最大辐射剂量率为  $0.004216\mu\text{Sv/h}$ ，且根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。

#### 11.5 年有效剂量估算

辐射工作人员和公众剂量估算模式如下：

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

上式中： $H_c$ —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, 单位为 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, 可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录表 A.1 得到。

项目辐射工作人员为射线装置操作人员, 公众主要为工业 CT 装置 50m 范围内其他人员。辐射工作人员年有效剂量拟监督区内最大辐射剂量率进行计算。公众人员年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算。关注点位示意图见图 11-3, 监督区外各关注点处的辐射剂量率由公式 (11-1) ~ (11-4) 计算得到, 估算结果见表 11-3。

表 11-3 项目工业 CT 装置周围人员关注点位辐射剂量率

关注点	装置外 30cm 处剂量率 $H_1$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	关注点距设备距离 R(m)	关注点处剂量率 $\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平	评价
东侧监督区外走廊	0.002551	0.55	0.000856	2.5	满足
南侧监督区外冷热冲击实验室	0.002551	4.8	0.000047	2.5	满足
西侧监督区外检测室	0.002551	1.69	0.000244	2.5	满足
北侧监督区外检测设备间	0.002551	0.77	0.000627	2.5	满足
三楼电镀车间	0.4	0.94	0.08	2.5	满足
一楼压合车间	0.029999	0.12	0.021934	2.5	满足

监督区外关注点位计算示意图见图 11-3。

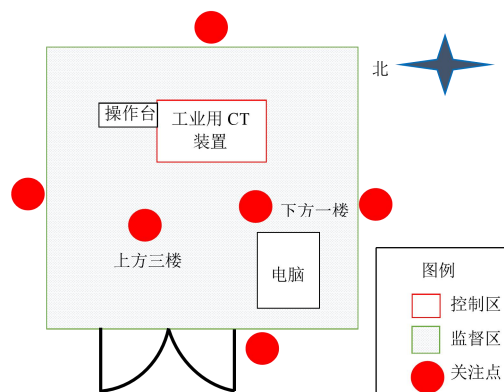


图 11-3 监督区外关注点位计算示意图

根据表 11-3 估算结果代入公式 (11-4), 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 本项目工业 CT 装置周围人员周受照有效剂量结果评价

编号	关注点	附加剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周出束 时间(h/ 周)	年出束 时间(h)	使用因 子	居留因 子	周剂量 ( $\mu\text{Sv}/$ 周)	年剂量 ( $\text{mSv}/$ 年)	剂量约束值 ( $\mu\text{Sv}/$ 周)	结论
1	东侧监督区外 走廊	0.000856	3	450	1	1/2	0.00128	0.00019	5 (公众)	满足
2	南侧监督区外 冷热冲击实验 室	0.000047	3	450	1	1	0.00014	0.00002		满足
3	西侧监督区外 检测室	0.000244	3	450	1	1	0.00073	0.00011		满足
4	北侧监督区外 检测设备间	0.000627	3	450	1	1	0.00188	0.00028		满足
5	三楼电镀车间	0.08	3	450	1	1	0.24	0.036		满足
6	一楼压合车间	0.021934	3	450	1	1	0.0658	0.00987		满足
7	操作位	0.4	3	450	1	1	1.2	0.18	100(职业人 员)	满足

由表 11-4 计算结果可知，监督区外公众人员有效剂量最大值为 5D X-Ray 房间上方三楼，周有效剂量值为  $0.24\mu\text{Sv}/$ 周，年有效剂量值为  $0.036\text{mSv}/$ 年。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对公众有效剂量限值要求以及本项目管理目标要求（公众人员年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ ）。

### 11.6 结论

综上所述，5D X-Ray 房间的职业人员每周所接受的有效剂量为  $1.2\mu\text{Sv}/$ 周，不超过  $100\mu\text{Sv}/$ 周的周剂量参考控制水平，每年所接受的有效剂量为  $0.18\text{mSv}/$ 年，不超过  $5\text{mSv}/$ 年的年剂量约束值；公众人员每周所接受的有效剂量最大为  $0.248\mu\text{Sv}/$ 周，不超过  $5\mu\text{Sv}/$ 周的周剂量参考控制水平，每年所接受的有效剂量最大为  $0.036\text{mSv}/$ 年，不超过  $0.1\text{mSv}/$ 年的年剂量约束值，符合规定要求。

## 事故影响分析

### 11.7 主要事故风险

该公司拟使用的工业 CT 装置属Ⅱ类射线装置，发生的事故状况主要有以下情况：

①工业 CT 装置屏蔽体的密封性受到破坏，造成 X 射线泄漏事故，对辐射工作人员和公众受到意外照射；

②工业 CT 装置门机连锁失效，设备防护门未关闭就对工件进行曝光，致使人员受到意外照射。

③工业 CT 装置进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射；

④由于辐射环境剂量巡测仪或个人剂量报警仪失效，未能检测出工业 CT 装置周围辐射剂量超标，致使人员受到照射。

### 11.8 事故处理方法及预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性地给出处理方法或者预防措施：

①应加强管理，加强对辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程；

②定期检查门机连锁装置，确保无损检测工作正常进行；

③工业 CT 装置工作时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录；

④发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；

⑤对人员造成额外照射，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实与调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测 5D X-Ray 房间周围的环境辐射剂量率，确保辐射工作安全。

**表 12 辐射安全管理**

### **辐射安全与环境保护管理机构的设置**

#### **一、辐射防护与安全管理机构**

项目拟使用的射线装置为II类装置。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。

昆山沪利微电有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司现有 41 名III类辐射工作人员，均已通过企业自主辐射防护培训，拟新增 1 名人员负责本项目检测工作，1 名作为辐射防护负责人。本项目辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核，辐射防护负责人应通过“辐射安全管理”类的线上考核，考核合格后方可上岗，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。

### **辐射安全管理规章制度**

公司已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定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、事故应急方案等，并严格按照规章制度执行。

在实际工作中公司还应针对本项目对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度完善要点提出如下建议：

**操作规程：**明确工业 CT 装置辐射工作人员的资质条件要求、操作的具体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 CT 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、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，重点是工业 CT 装置运行和维修时的辐射安全管理。

**设备检修维护制度：**明确工业 CT 装置的各项安全连锁装置、辐射监测设备维修计划、在日常运行过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地

运转。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪等仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，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：完善辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

台账管理制度：建立健全的台账制度，并在日常工作中落实到位，重点是射线装置的使用情况由专人负责登记、专人形成台账、每月核对，确保使用情况与登记相符。

事故应急预案：针对工业 CT 装置使用过程中可能产生的辐射事故制定辐射事故应急预案或应急措施，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，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时，还应同时报告当地卫生健康部门。

## 辐射监测

公司拟使用的射线装置为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，对射线装置周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司目前配有 1 台辐射环境剂量巡测仪和 17 台个人剂量报警仪，公司还应为本项目配备 2 台个人剂量报警仪，方能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计监测累积剂量，并每三个月送苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司进行个人剂量监测，根据公司 2024 年辐射工作人员个人剂量监测报告可知（见附件 7），辐射工作人员个人剂量检测结果均未见异常；公司已每两年组织辐射工作人员进行健康体检，并已按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

公司现有核技术利用项目已委托苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司开展年度环保检测（年度环保检测报告见附件 8）。由检测结果可知，本单位现有核技术利用

项目在检测工况下运行时，公司现有核技术利用项目工作场所周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中参考控制水平的要求。

本项目运行后，公司拟定期（不少于1次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在进行检测作业时，公司拟定期对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1个月/次，最长不超过3个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过2年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

**表 12-1 本项目辐射监测方案**

监测对象	监测项目	监测方式	监测周期	监测点位	
XCT8500 型工业 CT 装置	周围剂量当量率	竣工验收监测	1 次	①四周屏蔽体外 30cm 处； ②闸门、维修门外 30cm 处及门缝隙处； ③操作位处； ④电缆口外； ⑤监督区周围； ⑥装置周围保护目标处。	
		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/月		
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质单位进行	3 月/次		/

注：在运行前对屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率进行一次监测，运行中对屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率进行巡测，选择部分关注点位开展 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）或累计剂量监测。

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全管理的要求。

## 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，昆山沪利微电有限公司已针对核技术利用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。

公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位事故应急预案，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、实践正当性

昆山沪利微电有限公司在其厂区内新增 1 台工业 CT 装置（XCT8500 型）对其产品进行无损检测，确保其产品质量。该项目符合《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、“三线一单”及产业政策相符性

照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、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），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元；本项目生产过程中排放的少量臭氧及氮氧化物不会降低现有环境质量；本项目消耗电能不会超过资源利用上限；对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为“检验检测服务”，属于“指导目录”中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合当前国家的产业政策。

昆山沪利微电有限公司新增 X-ray II 类射线设备项目符合“三线一单”管控要求，符合当前国家的产业政策。

### 3、分区及布局

#### 1) 布局

昆山沪利微电有限公司位于昆山经济技术开发区楠梓路 255 号，用地性质为工业用地，厂区东面为青阳港；南面为仁宝信息技术（昆山）有限公司；西面沪光电有限公司；北面为昆山麦格纳汽车系统有限公司。项目周围 50 米范围内没有学校、居民、医院等环境敏感目标。

本项目 5D X-Ray 房间位于 2 号厂 2 楼信赖车间内部，为独立房间。5D X-Ray 房间所在厂房为四层建筑（第四层局部），1F~4F 高度 23.5 米，一楼主要为钻孔车间，二楼主要为蚀刻、镀铜车间，三楼主要为镀铜车间，局部四楼为公用设施（5D X-Ray 房间四楼为屋顶）。5D X-Ray 房间东侧为走廊和内层蚀刻生产工位，北侧为检测设备间，西侧为检测室，南侧为冷热冲击实验室。项目工业 CT 装置拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。保护目标主要为辐射工作人员及拟建址周围评价范围内公众。

本项目工业 CT 装置自带屏蔽系统及操作台，操作台位于屏蔽系统外，工作场所布局设计基本合理。

## 2) 分区

项目拟将工业 CT 装置屏蔽体作为本项目的辐射防护控制区，在设备表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；拟将 5D X-Ray 房间作为辐射防护监督区，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。

## 4、辐射安全措施

项目工业 CT 装置采取的辐射安全装置和保护措施如下：本项目工业 CT 装置前侧设置操作台，操作台处设置急停按钮及钥匙开关；装置顶部外拟设置工作状态指示灯，并拟与 X 射线管联锁；设备进、出闸门和两扇维修门均拟设置门机联锁装置；装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；装置外合适位置拟设置视频监控；工业 CT 装置外拟设固定式辐射探测报警装置。

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 5.1.2 要求对工业 CT 装置进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯、固定辐射检测仪等是否运行正常；辐射工作人员正常使用工业 CT 装置时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；拟定期测量工业 CT 装置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；交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$  剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，操作人员都拟确认工业 CT 装置屏蔽体内部没有人员驻留并关闭闸门；公司拟对工业 CT 装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

当工业 CT 装置不再使用时，拟实施退役程序。工业 CT 装置的 X 射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；退役时拟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。

## 5、辐射环境现状评价

昆山沪利微电有限公司新增 X-ray II 类射线设备项目拟建址周围环境贯穿辐射剂量率在 92~97nGy/h 之间，与江苏省环境天然贯穿辐射水平调查结果相比较，均未见异常。

#### 6、辐射环境影响分析结论

经理论预测结果可知，本项目工业 CT 装置正常工作时其表面外 30cm 处辐射剂量率满足《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 2.5 $\mu$ Sv/h 剂量率限值要求。

5D X-Ray 房间的职业人员每周所接受的有效剂量为 1.2 $\mu$ Sv/周，不超过 100 $\mu$ Sv/周的周剂量参考控制水平，每年所接受的有效剂量为 0.18mSv/年，不超过 5mSv/年的年剂量约束值；公众人员每周所接受的有效剂量最大为 0.248 $\mu$ Sv/周，不超过 5 $\mu$ Sv/周的周剂量参考控制水平，每年所接受的有效剂量最大为 0.036mSv/年，不超过 0.1mSv/年的年剂量约束值，符合规定要求。

#### 7、辐射环境管理

公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责，同时拟在项目运行前完善各项辐射安全管理制度。公司现有 41 名 III 类辐射工作人员，均通过企业自主辐射防护培训，拟新增 2 名人员，1 名负责本项目检测工作，1 名负责安全防护管理。公司拟对本项目辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司现有 1 台辐射环境剂量巡测仪和 17 台个人剂量报警仪，拟新增 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。

综上所述，昆山沪利微电有限公司新增 X-ray II 类射线设备项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，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，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

## 建议和承诺

- 1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- 3) 取得环评批复后企业应及时重新申领辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。
- 4) 本项目辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台考核，考核合格后方可上岗。



审批意见：

公章

经办人：

年 月 日

## 附表

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	预期投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作,并以文件形式明确其管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求,使用II类射线装置的单位,应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施	<p>辐射防护设计:本项目工业CT装置尺寸为1465mm(长)×1455mm(宽)×1750mm(高),四周、顶部、底部、闸门、维修门及电缆口铅防护罩屏蔽材料均拟采用钢+铅+钢</p> <p>辐射安全措施:本项目工业CT装置采取的辐射安全装置和保护措施如下:本项目工业CT装置前侧设置操作台,操作台处设置急停按钮及钥匙开关;装置顶部外拟设置工作状态指示灯,并拟与X射线管联锁;装置进、出闸门和两扇维修门拟设置门机联锁装置;装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明;工业CT装置外合适位置拟设置视频监控;工业CT装置外拟设固定式辐射探测报警装置。</p>	装置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/T 250-2014)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”的要求	1.9
辐射安全措施	工业CT装置有防护门设置门-机安全联锁装置,设备顶部设置工作状态指示灯;设备外表面和检测室入口设置“当心电离辐射”警告标志。操作台设计安装有紧急停机按钮和钥匙开关。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的管理要求。	
	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。辐射工作场所按照控制区、监督区分管理。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的管理要求。	0.1
	本项目配置个人剂量计、剂量报警仪、便携式辐射巡测仪。		2

污染防治措施	5D X-Ray 房间和车间内保持良好通风废气：臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。	臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。	/
人员配备	<p>公司现有 41 名 III 类辐射工作人员，均通过企业自主辐射防护培训，拟新增 2 名人员，1 名兼职辐射防护负责人，1 名专职负责本项目检测工作。本项目辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台考核，考核合格后方可上岗，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。</p> <p>拟委托有资质的单位对新增辐射工作人员开展个人剂量检测，送检周期为 3 个月，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案</p> <p>拟定期组织新增辐射工作人员进行职业健康体检，体检周期为 2 年，并建立职业健康监护档案</p>	<p>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。</p>	定期投入
监测仪器和防护用品	现有 1 台辐射环境剂量巡测仪和 17 台个人剂量报警仪，新增 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	公司已根据相关标准要求，制定了一系列射安全管理制，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预案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急预案。	/
总计	/	/	6

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。