

核技术利用建设项目

乐金显示（南京）有限公司工业用 X 射线 CT 检测系统设备项目环境影响报告表 （全本公示本）

乐金显示（南京）有限公司（公章）

2023 年 4 月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	17
表 9 项目工程分析与源项.....	23
表 10 辐射安全与防护.....	30
表 11 环境影响分析.....	35
表 12 辐射安全管理.....	44
表 13 结论与建议.....	48
表 14 审批.....	52
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....	53

附图:

附图 1 乐金显示（南京）有限公司本项目地理位置示意图

附图 2 乐金显示（南京）有限公司本项目周围环境示意图

附图 3 乐金显示（南京）有限公司北区 N2 厂房一层平面布置图

附图 4 乐金显示（南京）有限公司北区厂区平面布置图

附图 5 本项目工业 CT 辐射防护屏蔽设计图

附图 6 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置图

附件:

附件1 环评委托合同及委托书

附件2 射线装置承诺书

附件3 营业执照

附件4 江苏省投资项目备案证

附件5 辐射安全许可证

附件6 2022年年度检测报告

附件7 原有辐射工作人员考核证书

附件8 最近一年个人剂量报告

附件9 本项目工业CT装置拟建址辐射环境现状检测报告及检测资质

附件10 设备参数说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		工业用 X 射线 CT 检测系统设备项目				
建设单位		乐金显示（南京）有限公司				
法人代表		***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		南京经济技术开发区恒飞路 59 号				
建设项目地点		南京经济技术开发区恒飞路 59 号				
立项审批部门		南京经济技术开发区管理委员会行政审批局	批准文号	宁开委行审备（2022）290 号		
建设项目总投资（万元）		659.1648	项目环保投资（万元）	102	投资比例（环保投资/总投资）	15.47%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	约 27
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	<input type="checkbox"/> 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					
	项目概述：					
1.建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况						
乐金显示（南京）有限公司成立于2002年7月，是LG Display株式会社在海外投资兴建的第一家模组工厂。公司位于南京经济技术开发区内，占地面积为49万平方米，2003年正式投产，其主要经营业务范围为研究、开发、生产LCD系列产品及相应配套产品并提供相关售后服务，企业现有产品为平板电脑用显示模组、全贴合触控液晶模						

块、大尺寸液晶模组显示器、小尺寸车载显示屏、液晶显示模组、笔记本液晶显示模组和笔记本液晶显示后工程。

乐金显示（南京）有限公司工业用X射线CT检测系统设备项目已于2023年3月28日取得南京经济技术开发区管理委员会《江苏省投资项目备案证》（宁开委行审备（2023）57号），本项目代码为2211-320193-89-03-356551（见附件4）。乐金显示（南京）有限公司现已取得辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[A0478]”，种类和范围为“使用III类射线装置”，有效期至2025年01月21日（见附件5）。建设单位在获得本项目环评批复且完成本项目建设后，将根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求重新申领辐射安全许可证。

乐金显示（南京）有限公司因扩大生产需要，需新增1台工业CT装置，型号v|tome|x m 300/180型，该工业CT为双射线管装置，可以根据需要切换至不同射线管，该装置每次只能有一个射线管工作。该工业CT最大管电压为300kV，最大管电流为3mA，最大功率500W。工业CT装置预计日曝光时间3.2h，年开机工作250天，年曝光时间最长约为800h，公司拟为本项目工业CT装置配备2名辐射工作人员。本项目无损检测的工件为液晶显示模块，尺寸为5英寸~20英寸，由玻璃、塑料和金属等组成。

乐金显示（南京）有限公司本项目核技术利用情况详见下表1-1：

表 1-1 乐金显示（南京）有限公司本项目核技术利用情况表

射线装置												
序号	射线装置名称	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	最大功率 (W)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况	备注
1	v tome x m 300/180 型工业 CT 装置	1	300	3	500	II	N2 厂房一楼 CT SCAN 检查室	使用	本次环评	/	/	/
			180	0.88	48.4							

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价。根据《射线装置分类》，本项目工业 CT 属于 II 类射线装置，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），属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。受乐金显示（南京）有限公司委托，江苏润环环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过

资料调研、现场监测（委托江苏睿源环境科技有限公司）、评价分析，编制了该项目环境影响报告表。委托合同及委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

2.项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于南京经济技术开发区恒飞路 59 号乐金显示（南京）有限公司北区 N2 厂房内，北区厂区东侧为仙新路，隔路为南京新港国家高新技术产业园；南侧为恒飞路，隔路为乐金显示（南京）有限公司南区和乐彩商贸（南京）有限公司；西侧为爱尔集新能源（南京）有限公司六工厂厂区；北侧为恒谊路，隔路由东向西依次为永和苑、艾欧史密斯（中国）水系统有限公司和奥托立夫汽车安全系统公司。本项目地理位置图见附图 1，周围环境示意图见附图 2。

本项目 vltome|x m 300/180 型工业 CT 装置拟安装于 N2 厂房一层西侧拟建 CT SCAN 检查室内，N2 厂房为二层设计。CT SCAN 检查室东侧为物流走道和 CP109 生产线，南侧为 CGA 摆放仓库，西侧为闲置间及开发品摆放间，北侧为洗 Tray 房，楼上为机房，下方为土层，无地下建筑。本项目所在北区 N2 厂房一层平面布置图见附图 3，北区厂区平面布置图见附图 4。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域，本项目的建设符合江苏省及南京市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上限和生态环境准入清单）要求。

本项目工业CT装置屏蔽体外50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m范围内涉及本公司N2厂房、N1厂房和厂区道路。

3. 与产业政策的相符性

本项目为使用工业 CT 装置对公司生产的液晶显示模块进行无损检测，对照《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及 2021 年修改单（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 2021 年令第 49 号），本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目的建设符合

国家现行产业政策。

4. 实践正当性

乐金显示（南京）有限公司因生产需要拟扩建 1 台工业 CT 装置对公司生产的液晶显示模块进行无损检测。本项目的建设将满足企业产品质量检测的需求，从经济角度而言，可以提升公司产品竞争力，提升公司利益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，降低安全事故发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，但在公司做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的前提下，可将上述辐射影响降至尽可能小。

因此，在考虑了社会和经济等有关因素之后，本次工业 CT 装置的增设对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

5. 原有核技术利用项目许可情况

乐金显示（南京）有限公司现已取得辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[A0478]”，种类和范围为“使用III类射线装置”，有效期至 2025 年 01 月 21 日，发证机关为南京市生态环境局（见附件 5）。乐金显示（南京）有限公司现有核技术利用项目为使用 8 台III类射线装置，均已填报建设项目环境影响登记表。目前有 2 台装置处于停用状态，5 台 X 射线行李包检查装置已根据《射线装置分类》标注说明“7.对公共场所柜式 X 射线行李包检查装置的生产、销售活动按III类射线装置管理；对其设备的用户单位实行豁免管理”进行豁免管理，1 台装置在用。

建设单位现有 2 台 X 射线衍射仪已停用，建设单位计划永久停用，在本项目重新申领辐射安全许可证时一并办理退役和注销手续。

乐金显示（南京）有限公司现有核技术利用项目情况详见下表：

表 1-2 乐金显示（南京）有限公司现有核技术利用项目情况一览表

射线装置											
序号	射线装置名称	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况	备注
1	Bright 90M 型 X 射线衍射仪	1	90	0.2	III	N3 厂房二楼	使用	已填写登记表	已许可	/	已停用

2	SFX-100 型 X 射线衍射仪	1	100	0.1	III	N3 厂房一楼	使用	已填写登记表	已许可	/	/
3	XGT-5000 型 X 射线衍射仪	1	50	1	III	N1 厂房一楼	使用	已填写登记表	已许可	/	已停用
4	CX6040BI 型 X 射线行李包检查装置	5	160	0.6	III	工厂大门安检	使用	已填写登记表	已许可	/	豁免管理

公司根据《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》等相关法律法规，已成立了辐射安全管理小组，并制定相关辐射安全管理制度。辐射安全与环境保护管理小组负责辐射防护与安全工作的领导工作。

公司现有 1 名辐射工作人员，已通过核技术利用辐射安全与防护考核。公司已委托有资质的单位（江苏省疾病预防控制中心（江苏省公共卫生研究院））对辐射工作人员开展个人剂量检测。公司已为辐射工作人员进行岗前职业健康体检，已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。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。乐金显示（南京）有限公司每年均已按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。

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	1	v tome x m 300/180 型	300	3	无损检测	N2 厂房一楼 CT SCAN 检查室	本次扩建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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，常温常压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。
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	不暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m ³	28.8m ³	/	不暂存	进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入开发区污水处理厂处理。

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	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自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》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 10) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行； 12) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5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》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行； 14) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民
------	--

	<p>政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>15) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；</p> <p>16) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕20号，自2021年5月1日起施行；</p> <p>17) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕3号，自2021年2月1日起施行；</p> <p>18) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会2019年令29号），自2020年1月1日起施行；</p> <p>19) 《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（国家发展和改革委员会2021年令49号），自2021年12月30日起施行。</p>
--	--

<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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》（HJ 10.1-2016）； 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； 7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。
<p>其他</p>	<p>附图</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 附图1 乐金显示（南京）有限公司本项目地理位置示意图； 2) 附图2 乐金显示（南京）有限公司本项目周围环境示意图； 3) 附图3 乐金显示（南京）有限公司北区N2厂房一层平面布置图； 4) 附图4 乐金显示（南京）有限公司北区厂区平面布置图； 5) 附图5 本项目工业CT辐射防护屏蔽设计图； 6) 附图6 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置图。 <p>附件</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 附件1 环评委托合同及委托书； 2) 附件2 射线装置承诺书； 3) 附件3 营业执照； 4) 附件4 江苏省投资项目备案证； 5) 附件5 辐射安全许可证； 6) 附件6 2022年年度检测报告； 7) 附件7 原有辐射工作人员考核证书； 8) 附件8 2022年个人剂量报告； 9) 附件9 本项目工业CT装置拟建址辐射环境现状检测报告及检测资质； 10) 附件10 设备参数说明。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>本项目为扩建1台工业CT装置，工业CT装置属于 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，确定本项目评价范围为本项目工业CT检测室边界外50m区域，详见附件2。</p>						
保护目标						
<p>本项目建设地点位于南京经济技术开发区恒飞路59号，本项目工业CT装置屏蔽体外50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m范围内涉及本公司N2厂房、N1厂房和厂区道路。</p> <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环境敏感区；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域，本项目的建设符合江苏省及南京市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上限和生态环境准入清单）要求。</p> <p>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、从事工业CT装置操作的辐射工作人员； 2、工业CT装置项目拟建址周围公众。 <p>本项目保护目标情况一览表见表7-1。</p>						
表7-1 本项目保护目标情况一览表						
装置名称	保护目标名称		方位	最近距离	人员数量	保护目标类型
v tome x m 300/180 型工业 CT装置	辐射工作人员（操作位）		装置北侧	约0.3m	2人	辐射工作人员
	N2 厂房	物流走道	装置东侧	约 2m	流动人员 预计30人/天	公众
		CP109 生产线	装置东侧	约 5.5m	约10人	公众
		CGA 摆放仓库	装置南侧	约 2m	流动人员 预计10人/天	公众
		闲置间	装置西侧	约 1m	流动人员	公众

				预计2人/天	
	开发品摆放区	装置西侧	约 3m	流动人员 预计2人/天	公众
	洗 Tray 房	装置北侧	约 2m	流动人员 预计20人/天	公众
	机房	装置上方	约 4m	流动人员 预计2人/天	公众
	其他区域	装置四周	约 12-50m	约20人	公众
	厂区道路	装置西侧	约 16m	流动人员 预计50人/天	公众
	N1厂房	装置西侧	约 42m	约10人	公众

评价标准

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需满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20 mSv； ②任何一年中的有效剂量，50 mSv。
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，1 mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1 mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高至 5 mSv。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束。

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。

2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871-2002的要求。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.3 应定期测量探伤室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，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式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，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应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。

3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

参考资料

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

表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果 单位:nGy/h

项目	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注：现状评价时参考“均值 $\pm 3s$ ”数值：原野为(50.4 \pm 21.0)nGy/h；道路为(47.1 \pm 36.9)nGy/h；室内为(89.2 \pm 42.0)nGy/h。

项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）评价标准，确定本项目的管理目标职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值1/4取值，公众按照1/10取值。

本项目工业CT装置辐射剂量率控制水平：本项目工业CT装置表面外（含顶部）30cm处辐射剂量率不超过**2.5 μ Sv/h**。

本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：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**；
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**。

表 8 环境质量和辐射现状

<p>环境质量和辐射现状</p> <p>1.项目地理和场所位置</p> <p>本项目位于南京经济技术开发区恒飞路59号乐金显示（南京）有限公司北区N2厂房内，北区厂区东侧为仙新路，隔路为南京新港国家高新技术产业园；南侧为恒飞路，隔路为乐金显示（南京）有限公司南区和乐彩商贸（南京）有限公司；西侧为爱尔集新能源（南京）有限公司六工厂厂区；北侧为恒谊路，隔路由东向西依次为永和苑、艾欧史密斯（中国）水系统有限公司和奥托立夫汽车安全系统公司。本项目地理位置图见附图1，周围环境示意图见附图2。</p> <p>本项目v tome x m 300/180型工业CT装置拟安装于N2厂房一层西侧拟建CT SCAN检查室内，N2厂房为二层设计。CT SCAN检查室东侧为物流走道和CP109生产线，南侧为CGA摆放仓库，西侧为闲置间及开发品摆放间，北侧为洗Tray房，楼上为机房，下方为土层，无地下建筑。本项目所在北区N2厂房一层平面布置图见附图3，北区厂区平面布置图见附图4。</p> <p>本项目工业CT装置屏蔽体外50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m范围内涉及本公司N2厂房、N1厂房和厂区道路。</p> <p>本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状和工程师踏勘现场照片见图 8-1。</p>	
 <p>装置拟建址现状</p>	 <p>拟建址东侧（CP109 生产线）</p>



图 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状和工程师踏勘现场照片

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 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。
- 监测点位：工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置拟建址东南西北侧、中间及楼上、周围保护目标处，共计 14 个监测点位。

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》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在工业 CT 装置拟建址东南西北侧、

中间及楼下、周围保护目标处布设监测点位，测量工业 CT 拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

- 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：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X- γ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512P

设备编号：RY-J001

检定有效日期：2022.6.6-2023.6.5

检定单位：江苏省计量科学研究院

检定证书编号：Y2022-0045496

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

监测日期：2023.1.13

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

环境条件：天气晴，温度 10℃，湿度 57%。

监测结果：本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 9），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测结果

点位序号	检测点位		检测结果 (nGy/h)	备注
①	v tome x m 300/180型工业 CT装置	拟建址东侧	61	室内
②		拟建址南侧	64	室内
③		拟建址西侧	62	室内

④		拟建址北侧	63	室内
⑤		拟建址中央	62	室内
⑥		拟建址北侧洗 Tray 房东南部	64	室内
⑦		拟建址东侧物流走道西部	67	室内
⑧		拟建址东侧 CP109 生产线西部	63	室内
⑨		拟建址南侧 CGA 摆放仓库东北部	67	室内
⑩		拟建址西侧闲置间东部	61	室内
⑪		拟建址西侧开发品摆放东部	62	室内
⑫		拟建址上方（二层）机房	69	室内
⑬		拟建址西侧厂区道路东侧	51	道路
⑭		拟建址西侧 N1 厂房东侧	52	道路

注：已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为13nGy/h）。

根据表 8-1 的监测结果可知，乐金显示（南京）有限公司本项目工业 CT 装置拟建址周围及内部环境 γ 辐射剂量率在（51~69）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（61~69）nGy/h 范围内，道路环境辐射剂量率在（51~52）nGy/h 范围内，均处于江苏省天然 γ 辐射本底水平涨落范围内。

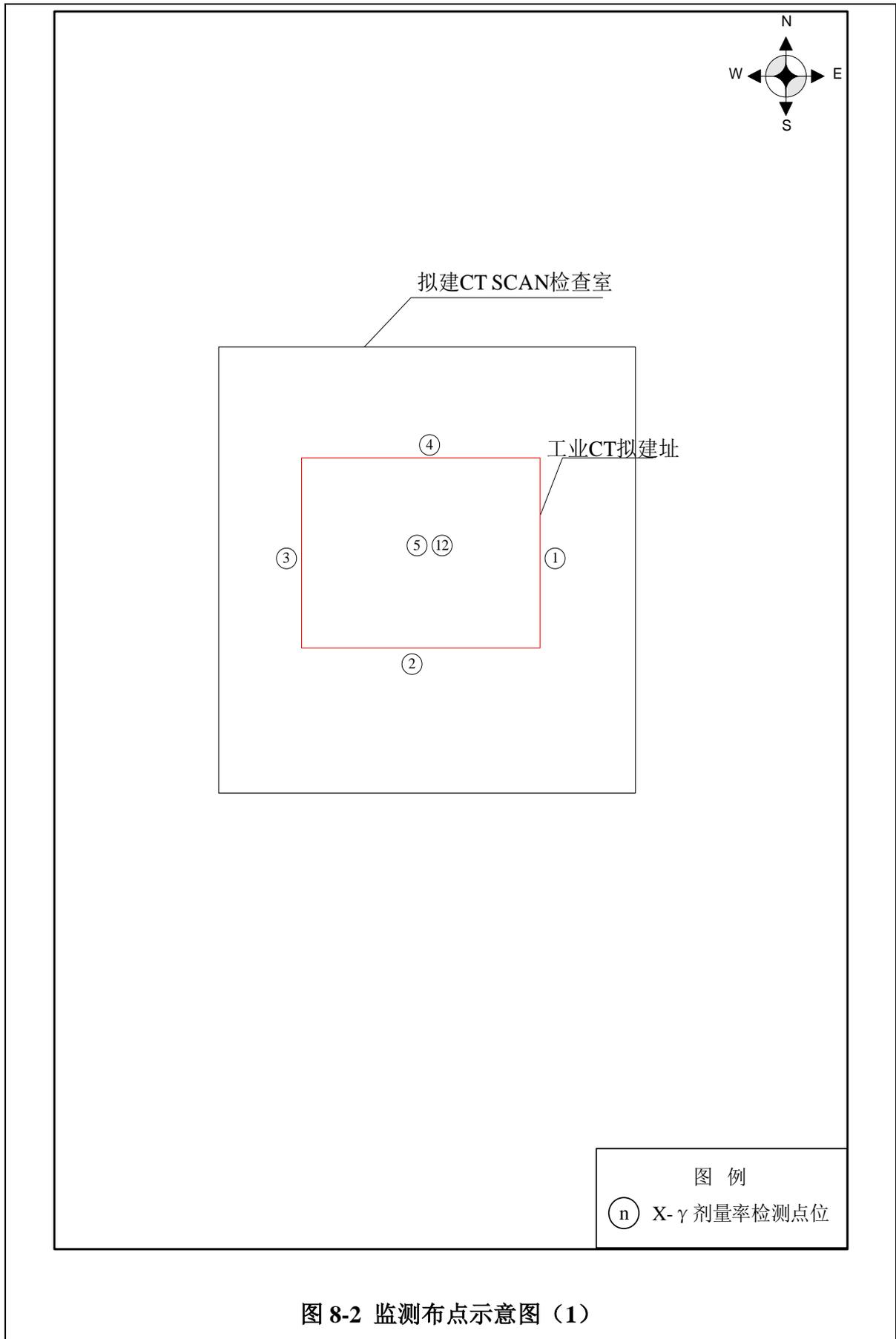


图 8-2 监测布点示意图 (1)

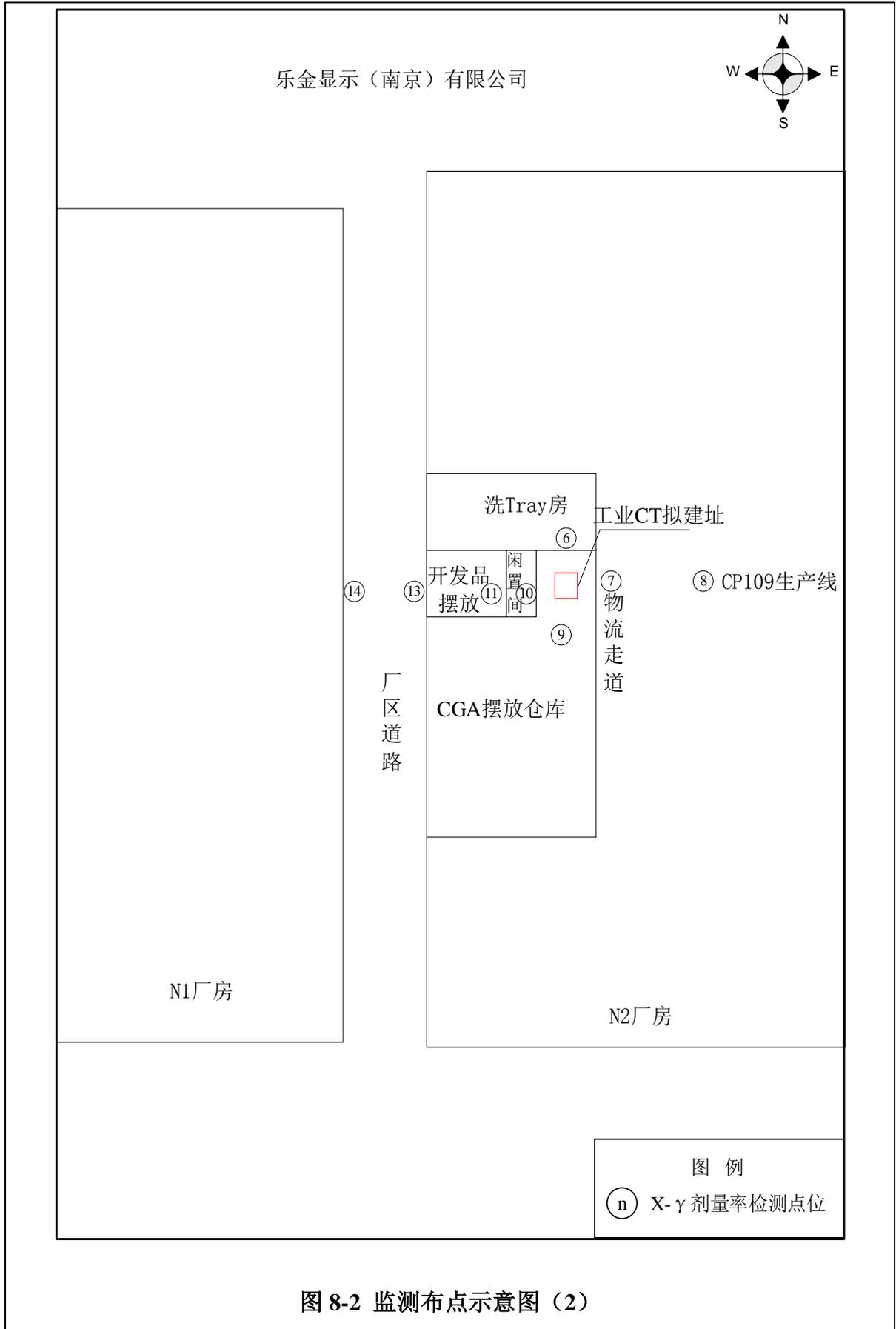


表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 工程设备情况

工业 CT 装置可实现样品的三维微观结构扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。

本项目扩建 1 台工业 CT 装置，型号为 v|tome|x m 300/180 型。本项目工业 CT 装置由检测室和操作台组成，该设备操作台位于检测室外部，与装置相连。该装置检测室外尺寸约为 2620mm（长）×1570mm（宽）×2060mm（高）。定义装置工件门所在面为前侧（工件门朝北摆放），检测室采用铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽，检测室前侧屏蔽体（包括工件门）内含 20mm 铅板，前侧观察窗为 20mm 铅当量的铅玻璃，后侧屏蔽体内含 18mm 铅板，左侧屏蔽体内含 24mm 铅板，右侧屏蔽体内含 16mm 铅板，顶部屏蔽体内含 16mm 铅板，底部屏蔽体内含 16mm 铅板；检测室内部空间小，人员无法进入，现场检测时由辐射工作人员将工件送入检测室内载物台上。本项目 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置样式图见图 9-1。

v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置为双射线管装置，射线管①最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，最大功率为 500W；射线管②最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.88mA，最大功率为 48.4W。装置根据需要切换至不同射线管，该装置每次只能有一个射线管工作，2 个射线管位置可以互换，但出束点位置和成像板位置位于同一固定位置，主射线方向固定朝左照射。

工业 CT 装置为整机安装，直接安装在 CT SCAN 检查室地面上，底部与地面留有间隙。

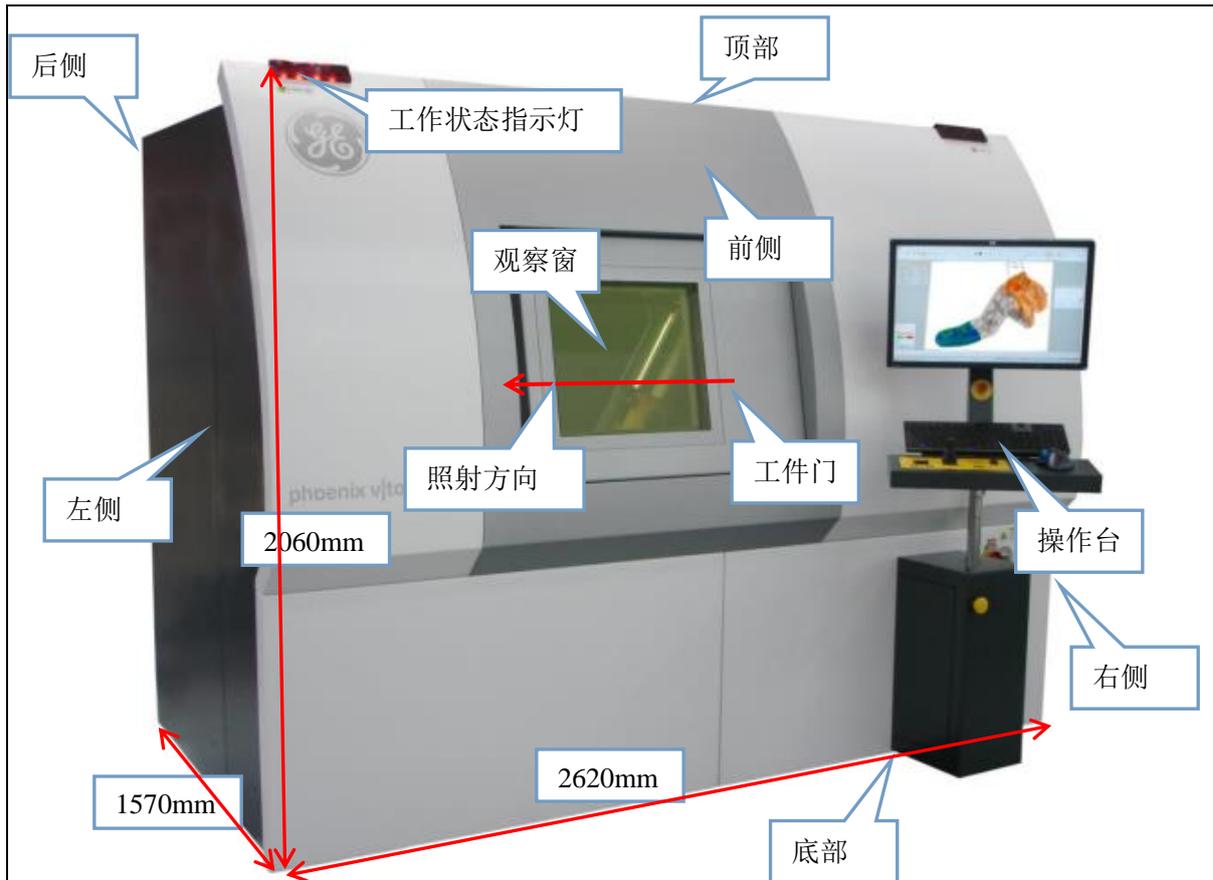


图 9-1 本项目 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置样式图

2. 工业 CT 装置工作原理

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。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

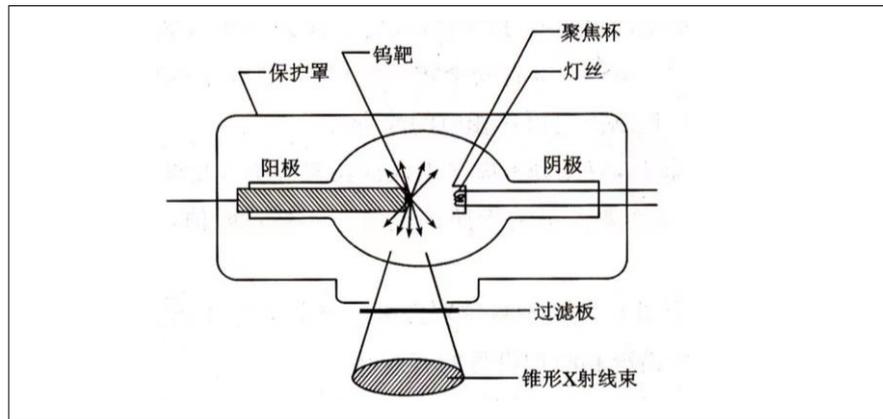


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

工业CT机检测装置是将穿过零件的X射线经图像增强器、CCD（电荷耦合器件）摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。工业CT装置是结合X射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

工业CT系统通常由射线源、机械扫描系统与自动控制系统、探测器系统及数据采集系统、计算机系统、辅助系统等组成。其中最核心的原理是：计算机控制射线源发出射线束，数控扫描平台承载被测物体，可以在计算机控制下移动或旋转，平板探测器则负责采集扫描数据；屏蔽设施确保射线不外泄以及扫描过程的安全；最后，计算机通过采集到的投影数据重建工业CT切片图像，并对图像中存在的缺陷进行分类。

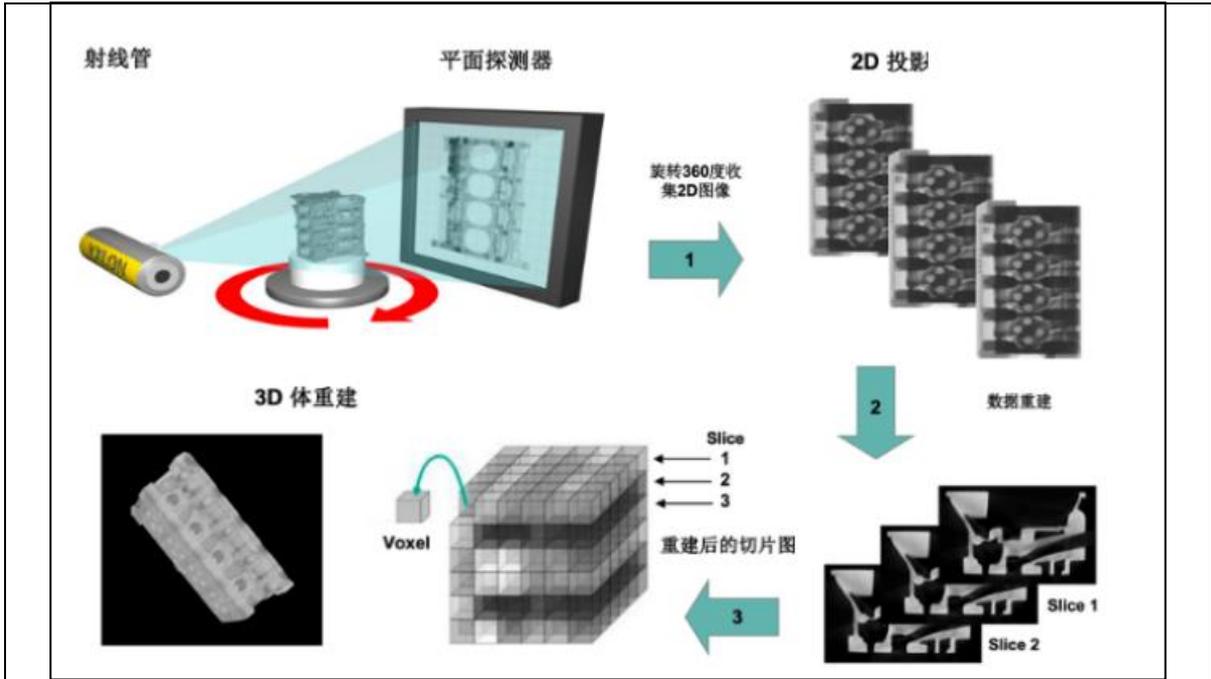


图9-3 工业CT原理图

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载物台，辐射工作人员在装置前侧操作台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 辐射工作人员将工件送入检测室内载物台上，将工件调整至合适的位置；
- 2) 确认周围环境及人员安全后关闭工件门；
- 3) 辐射工作人员在操作台处开启工业CT装置进行无损检测，检测过程中辐射工作人员禁止进入CT装置。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。开机曝光时会发出X射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 4) 曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件；
- 5) 操作台呈现工件图像，工作人员在操作台通过显示屏对图像进行分析，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。

本项目工作流程如下图所示：

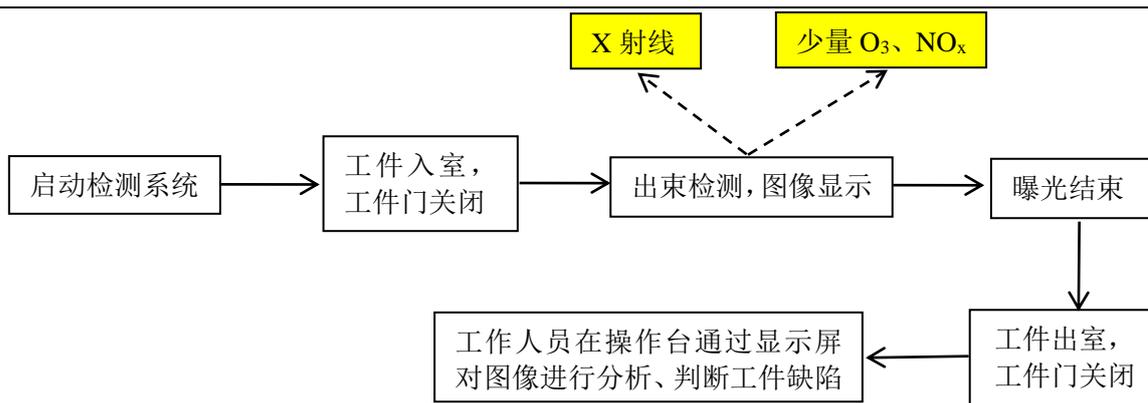


图 9-4 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节

4.工件信息

本项目无损检测的工件为液晶显示模块，尺寸为5英寸~20英寸，材质由玻璃、塑料和金属等组成。本项目无损检测工件样图见图9-5。



图 9-5 本项目无损检测工件样图

5.人员配置及工作制度

乐金显示（南京）有限公司计划为本项目新招聘 2 名辐射工作人员。本项目工业 CT 装置年曝光时间约为 800h。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

6.原有工艺不足和改进情况

建设单位现有核技术利用项目为使用 III 类射线装置，射线装置使用场所具有完善的环保手续。经过确认，现有辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全。现有 1 名辐射工作人员辐射安全与防护考核合格证书在有效期内，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案，职业健康体检结果合格，个人剂量监测结果未出现超标情况。

由于部分客户需建设单位对液晶显示模块进行进一步的无损检测，从而确保产品质量，乐金显示（南京）有限公司现有 X 射线检测装置不能完全满足该部分客户的检测需求，因此，乐金显示（南京）有限公司拟新增 1 台工业 CT 机检测装置，用于液晶显示模块进一步的无损检测。

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，工业 CT 装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此工业 CT 装置在开机曝光期间，X 射线是主要污染物。

本项目扩建 1 台工业 CT 装置，型号为 v|tome|x m 300/180 型，该工业 CT 装置为双射线管装置，射线管①最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，最大功率为 500W；射线管②最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.88mA，最大功率为 48.4W。装置根据需要切换至不同射线管，该装置每次只能有一个射线管工作。

射线管①输出量参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 300kV 管电压 3mm 铝滤过条件下的输出量，1m 处的输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即距辐射源点 1m 处输出量为 $1.254\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，在满功率运行时（即管电压为 300kV，对应管电流为 1.67mA），1m 处辐射剂量率为 $2.09\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。对照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，X 射线管电压 $>200\text{kV}$ 时，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，即泄漏射线源强。

射线管②输出量参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 180kV（由 200kV 和 150kV 插值）管电压 2mm 铝滤过条件下的输出量，1m 处的输出量为 $24.54\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即距辐射源点 1m 处输出量为

$1.47 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，在满功率运行时（即管电压为 180kV，对应管电流为 0.27mA），1m 处辐射剂量率为 $3.97 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$ 。对照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，X 射线管电压 $150 \leq \text{kV} \leq 200 \text{kV}$ 时，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv} / \text{h}$ ，即泄漏射线源强。

由于射线管①在满功率运行时，1m 处辐射剂量率更高，本项目从保守角度考虑，选择 300kV 源强进行分析预测。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。正常运行时辐射工作人员和周围公众不需要到达检测室顶部，且本项目工业 CT 装置辐射源点固定向左照射，产生的天空反散射影响较小。故本项目需预测评价因子为：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射和散射辐射。

2. 非辐射污染源项分析

2.1 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月产生量为 30kg，年产生量为 360kg。

2.2 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m^3 ，年排放量为 28.8m^3 。

2.3 废气

工业 CT 在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

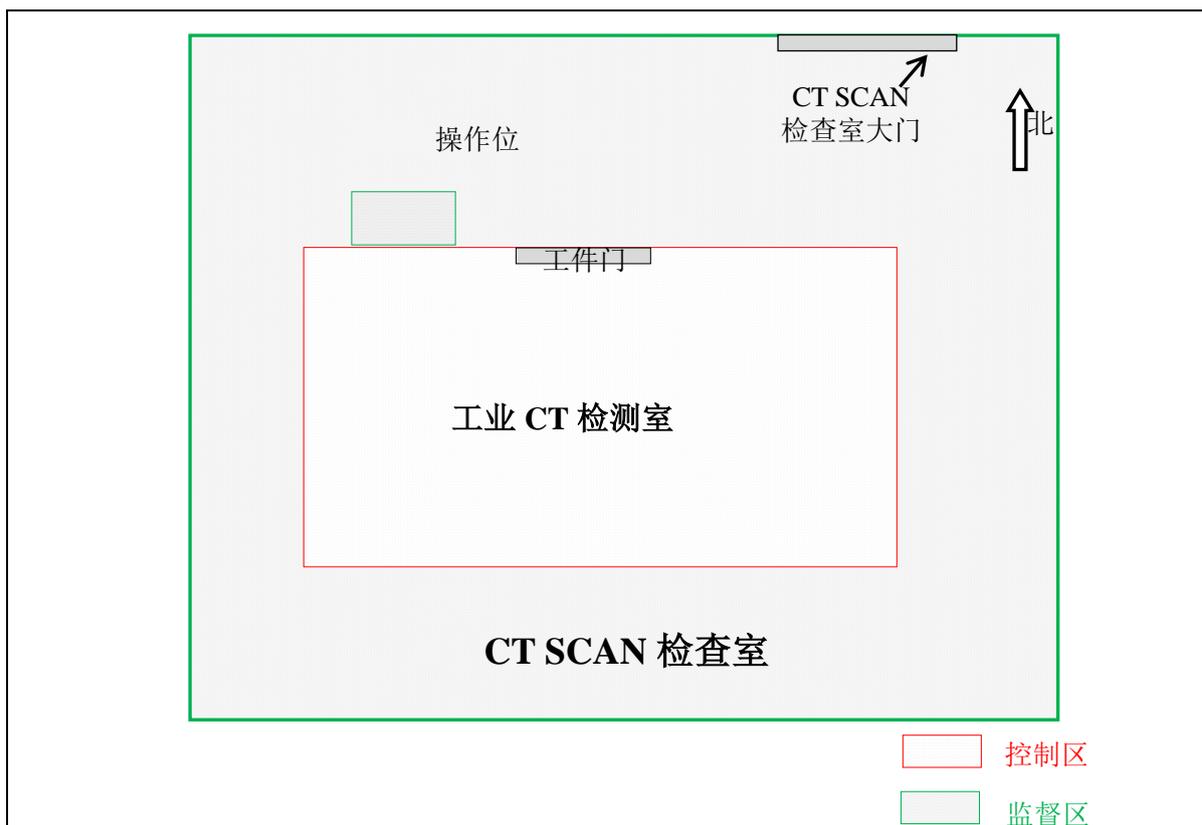
1.工作场所布局及分区

本项目工业 CT 装置设计有检测室及操作台，操作台位于检测室外且与检测室相连，除了本项目辐射工作人员外，其他人员不能擅自进入 CT SCAN 检查室。本项目工业 CT 装置在任何工况下人员都无法进入到装置内部。本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。

本项目拟将 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置检测室作为控制区，以检测室边界外与 CT SCAN 检查室边界内围成的区域（包括操作台）作为监督区，仅辐射工作人员能够进入。在检测室门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-1。本项目辐射工作场所两区划分情况表见表 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

两区	控制区	监督区
两区划分范围	工业 CT 装置检测室	工业 CT 检测室边界外与 CT SCAN 检查室边界内围成的区域（包括操作台）
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1 “注册者或者许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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”。 6.4.2.2 a) “采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，工业 CT 装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。



2.工作场所辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 装置由检测室和操作台组成。检测室采用铅板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧（实际工件门朝向北侧）。该装置辐射屏蔽设计图见附图 5，该装置屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 工业 CT 屏蔽设计参数

装置名称	尺寸	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
v tome x m 300/180 型工业 CT 装置	2620mm（长） ×1570mm（宽） ×2060mm（高）	检测室前侧屏蔽体（包括工件门）	内含 20mm 铅板
		观察窗	20mm 铅当量
		检测室后侧屏蔽体	内含 18mm 铅板
		检测室左侧屏蔽体	内含 24mm 铅板
		检测室右侧屏蔽体	内含 16mm 铅板
		检测室顶部屏蔽体	内含 16mm 铅板
		检测室底部屏蔽体	内含 16mm 铅板
检测室后下方线缆口补偿屏蔽	内含 18mm 铅板		

3.工作场所辐射安全和防护措施

- (1) **屏蔽防护：**本项目工业 CT 装置通过自带铅板和铅玻璃对 X 射线进行防护；
- (2) **联锁装置：**本项目工业 CT 装置工件门设有门机联锁装置，只有在防护门完全关闭时工业 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：本项目工业 CT 装置检测室外左上方设有工作状态指示灯；

(4) 电离辐射警告标志：本项目工业 CT 装置和工业 CT 装置所在 CT SCAN 检查室表面外均拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明；

(5) 控制台：本项目操作台位于工业 CT 装置检测室外，与检测室相连，操作台设有紧急停机按钮，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；本项目操作台设置高压接通或断开指示灯，当 X 射线管电压及高压接通后，指示灯亮，从而判断工业 CT 装置是否正常通电；设置显示器，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值。设置有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识，提醒辐射工作人员预防危险及非辐射工作人员禁止操作，从而避免事故发生；

(6) 两区划分：本项目拟将 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置检测室作为控制区，以检测室边界外与 CT SCAN 检查室边界内围成的区域（包括操作台）作为监督区；在工业 CT 检测室门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在监督区墙壁张贴监督区的标牌；

(7) 门缝搭接：本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 50mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；

(8) 线缆口设计：本项目工业CT检测室电缆管道均位于装置后下方，开口尺寸 50mm×50mm，与射线出束方向相反，避免X射线直接照射线缆管道口，其防护补偿结构为在开孔位置两侧各覆盖一“几”字形防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为18mm，从而防止射线泄漏；

(9) 辐射防护管理机构：公司已成立辐射防护管理机构，并制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，拟针对本项目完善使用射线装置相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，检测过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故；

(10) 辐射防护仪器设备：公司已配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，拟为本项目配

备 2 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。

本项目辐射安全设施平面布置示意图见图 10-2。

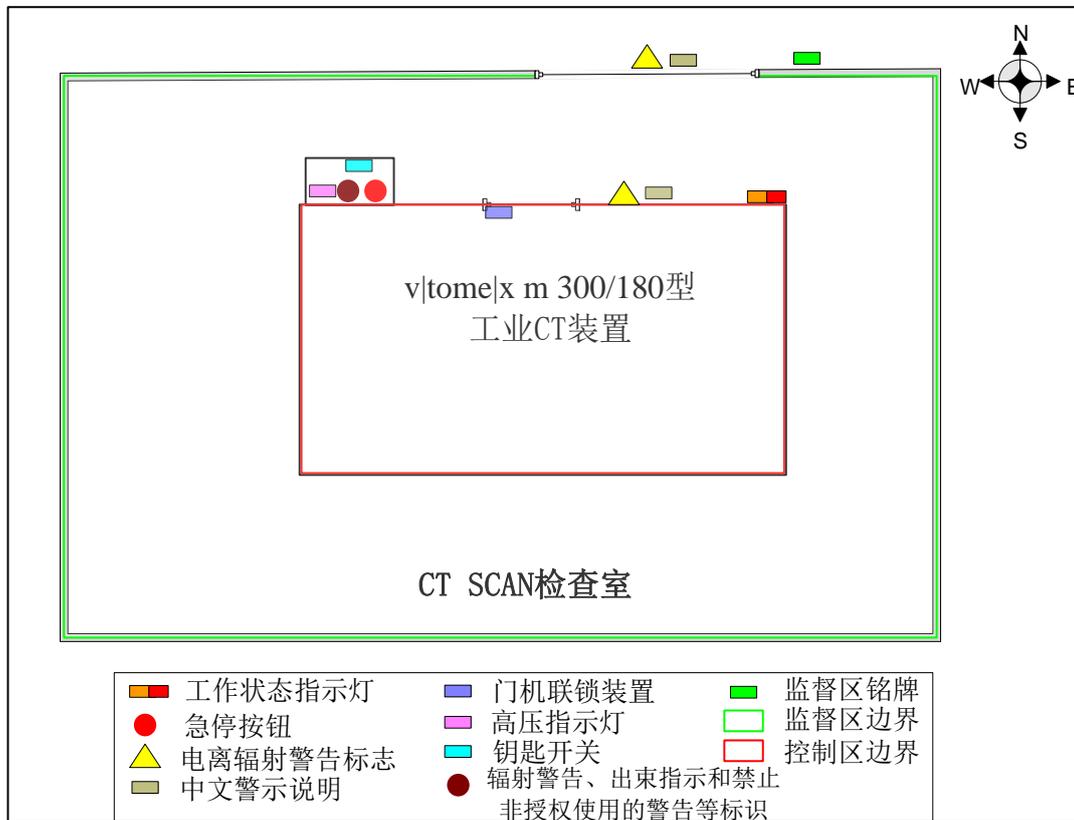


图 10-2 辐射安全设施平面布置示意图

三废的治理

1. 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月产生量为 30kg，年产生量为 360kg。本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

2. 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m³，年排放量为 28.8m³；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入开发区污水处理厂处理。

3. 废气

本项目 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置检测室内部未设置排风装置，装置后侧检测室屏蔽体外设有风扇式机械排风，用于检测室外部的电器柜散热排风，未破坏工业 CT 装置主体屏蔽。工业 CT 装置所在的 CT SCAN 检查室拟设置排风扇，N2 厂房已设有新风系统。

工业 CT 装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内，本项目工业 CT 装置工作时通过开关工件门进行换气，再通过 CT SCAN 检查室排风扇、N2 厂房新风系统和门窗将产生的少量臭氧和氮氧化物排至厂房外；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，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线工业 CT 装置为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

1. 噪声

工业 CT 装置在安装组装过程中会产生少量的噪声，由于本项目在公司厂区内部安装，时间较短，设备安装组装噪声远远小于厂区内部生产经营产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。

2. 固体废物

工业 CT 装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用，部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

3. 废水

工业 CT 装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水。生活污水进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入开发区污水处理厂处理，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 装置通过含铅板和铅玻璃的检测室对 X 射线进行防护，根据乐金显示（南京）有限公司所提供的数据，本项目运行后工业 CT 装置年曝光时间最长约为 800h。v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置工作时主射线固定向左照射（固定朝东照射）。该工业 CT 装置为双射线管，最大管电压 300kV，最大管电流 3mA，最大功率 500W（参数说明见附件 10），预测时按照满功率运行的最大工况（即管电压为 300kV，对应管电流为 1.67mA）进行预测，预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）引用的 ICRP No.3 的 P30 可知“初级 X 线和 γ 线穿过屏蔽时的透射（229）这些 X 线透射图大多数是对恒电位发生器而言的，但这些数据也可适用于所有类型的发生器，而不会引入过大的误差。此外，大多数 X 射线透射曲线是对应于小可以忽略的线束过滤；因此，它们实际上只取决于峰值电压。”因此在获得 B 值时可以忽略滤过不同的影响。

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：

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

式中：

H：关注点处剂量率，μSv/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，μSv·m²/(mA·h)，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，300kV 管电压 3mm 铝滤过条件下的输出量，1m 处的输出量为 20.9mGy·m²/（mA·min）；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B.1 曲线，300kV 下 24mm 铅板对应透射因子 1.70×10⁻⁶；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2. 非有用线束屏蔽估算

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：

① 泄漏辐射

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

H：关注点处剂量率，μSv/h；

*H*_L：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1，1m 处的泄漏辐射剂量率为 5×10³μSv/h；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B.1 曲线，300kV 下 20mm 铅板对应透射因子 1.1×10⁻⁵，18mm 铅板对应透射因子 2.5×10⁻⁵，16mm 铅板对应透射因子 4.5×10⁻⁶；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，300kV 管电压 3mm 铝滤过条件下的输出量，1m 处的输出量为 $20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录表 B.2，200kV 管电压下铅什值层厚度为 1.4mm；再根据公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得 200kV 下 20mm 铅板对应透射因子 5.2×10^{-15} ，18mm 铅板对应透射因子 1.4×10^{-13} ，16mm 铅板对应透射因子 3.7×10^{-12} ；

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（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；

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 。

3. 参考点的周剂量及年有效剂量水平估算

$$H_C = H_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots\dots\dots (4)$$

式中：

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

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

t ：探伤装置周/年照射时间， h/周 ； h/年 ；

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。

4. 参考点处剂量率理论计算结果

本项目 v | tome | x m 300/180 型工业 CT 装置关注点位示意图见图 11-1。

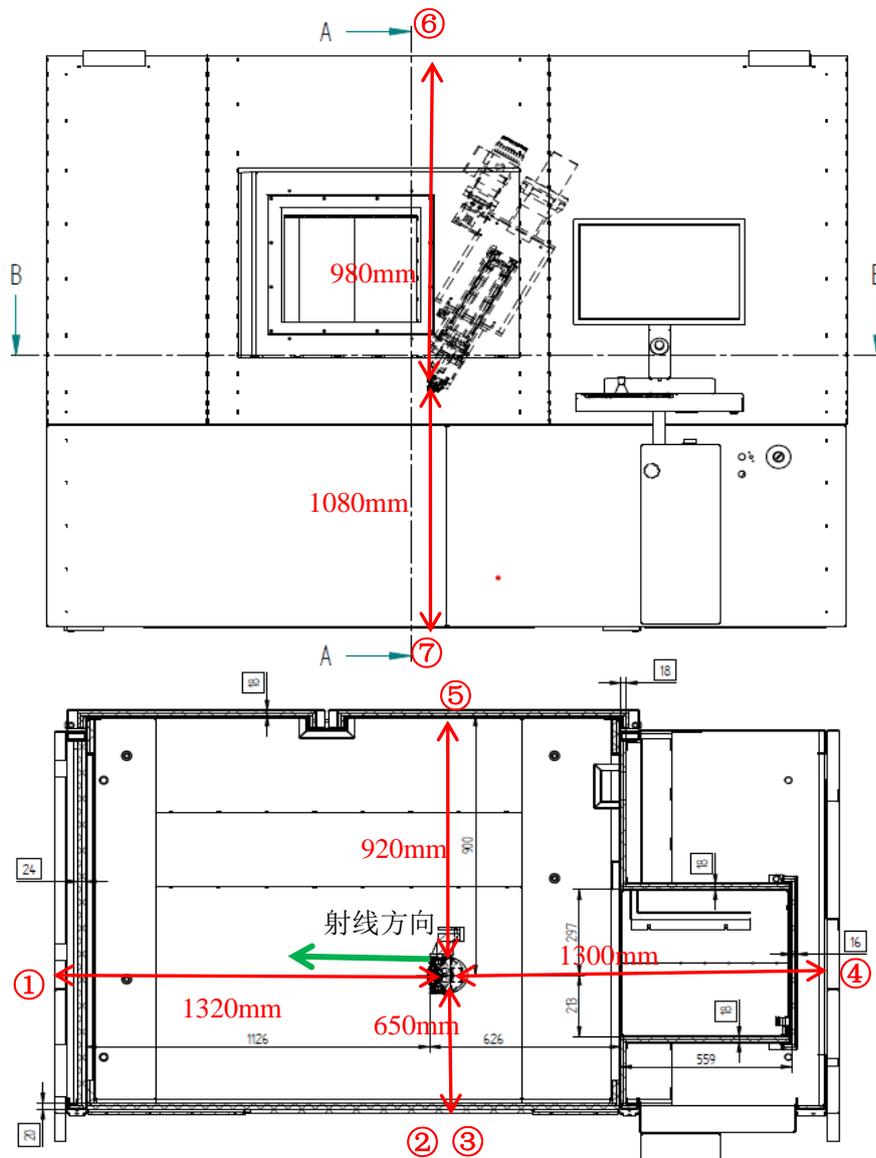


图 11-1 v | tome | x m 300/180 型工业 CT 装置关注点位示意图

表 11-1 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	铅板厚度 (mm)	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
左侧①	24	1.67	1.254×10^6	1.70×10^{-6}	1.62	1.36	2.5	满足

注：根据建设单位提供装置说明书，取装置表面外 30cm 为关注点。

表 11-2 非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点					
	前侧（包括工件门）②	观察窗③	右侧④	后侧⑤	顶部⑥	底部⑦
铅板厚度 (mm)	20	20	16	18	16	16

泄漏辐射	B_1	1.1×10^{-5}	1.1×10^{-5}	4.5×10^{-6}	2.5×10^{-5}	4.5×10^{-6}	4.5×10^{-6}
	$H_L(\mu\text{Sv/h})$	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3
	R (m)	0.95	0.95	1.60	1.22	1.28	1.08
	$H(\mu\text{Sv/h})$	6.09×10^{-2}	6.09×10^{-2}	8.79×10^{-3}	8.40×10^{-2}	1.37×10^{-2}	1.93×10^{-2}
散射辐射	散射线能量 (kV)	200					
	B_2	5.2×10^{-15}	5.2×10^{-15}	3.7×10^{-12}	1.4×10^{-13}	3.7×10^{-12}	3.7×10^{-12}
	I (mA)	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	1.254×10^6	1.254×10^6	1.254×10^6	1.254×10^6	1.254×10^6	1.254×10^6
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	取 1/50（数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2）					
	R_s (m)	1.07	1.07	1.68	1.32	1.37	1.19
	$H(\mu\text{Sv/h})$	1.9×10^{-10}	1.9×10^{-10}	5.49×10^{-8}	3.37×10^{-9}	8.26×10^{-8}	1.09×10^{-7}
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)	6.09×10^{-2}	6.09×10^{-2}	8.79×10^{-3}	8.40×10^{-2}	1.37×10^{-2}	1.93×10^{-2}	
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：R值根据建设单位提供装置说明书，根据图11-1取值，取装置表面外30cm为关注点，底部取表面外为关注点。

根据表 11-1、11-2 中预测结果，当本项目 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置满功率运行时，装置表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

表 11-3 CT SCAN 检查室墙外周围屏蔽效果预测表

关注点	装置表面外 30cm 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
CT SCAN 检查室东侧	1.36 (左侧)	2	3.40×10^{-1}
CT SCAN 检查室南侧	8.40×10^{-2} (后侧)	2	2.10×10^{-2}
CT SCAN 检查室西侧	8.79×10^{-3} (右侧)	1	8.79×10^{-3}
CT SCAN 检查室北侧	6.09×10^{-2} (前侧)	2	1.52×10^{-2}
CT SCAN 检查室上方 (二层)	1.37×10^{-2} (顶部)	4	8.56×10^{-4}

注：CT SCAN 检查室墙外关注点剂量预测，采用表 11-1、表 11-2 中的 CT 装置屏蔽各侧最大计算结果，忽略墙体屏蔽效果，仅考虑距离衰减进行保守估计。

由于本项目工业 CT 装置距原有射线装置距离超过 100m，因此不考虑本项目工业 CT 装置和原有射线装置的剂量率叠加影响。

5.剂量率叠加影响分析

乐金显示（南京）有限公司原有 III 类射线装置距本项目拟建址距离大于 100m，因此不考虑原有射线装置与本项目的剂量率叠加影响。

6.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/T 250-2014）中“3.1.2 b) 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，本项目工业 CT 装置顶部外 30cm 处辐射剂量率为 $1.37 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，远小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求，因此不考虑天空反散射。

由于装置主射线朝左照射，主射线经过装置左侧屏蔽体散射后到达底部，然后经过地面散射从装置底部与地面的缝隙到达装置底部四周关注点。根据表 11-2 计算结果，到达底部剂量率为 $1.93 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率远小于 $1.93 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，因此计算装置周围辐射工作人员及公众的辐射剂量时以装置四周关注点的剂量率作为参考点剂量率，不考虑底部散射剂量率。

7.通风口、电缆口辐射影响分析

本项目工业 CT 装置后侧设有风扇式机械排风，仅用于装置底部电器柜排风，未破坏工业 CT 装置内部主体屏蔽。工业 CT 装置工作时通过开关工件门进行换气，工件门内含 16mm 铅板，本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 50mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，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；本项目工业 CT 检测室电缆管道均位于装置后下方，与射线出束方向相反，避免 X 射线直接照射电缆管道口，开口尺寸 50mm×50mm，其防护补偿结构为在开孔位置两侧各覆盖一“几”字形防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为 18mm，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口，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》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口

也只需采用普通门”，本项目工业 CT 线缆管道设计能够满足辐射防护要求。

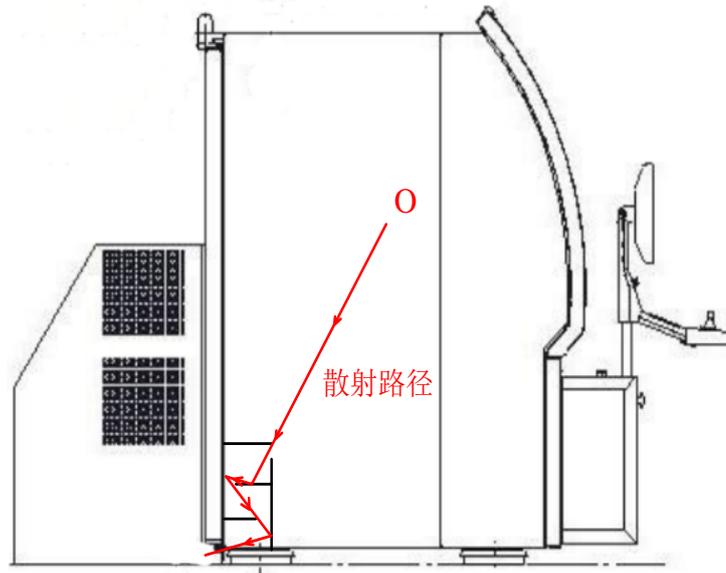


图 11-2 本项目电缆管道散射示意图

8. 保护目标剂量评价

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，因此取装置前侧剂量率值估算辐射工作人员周/年有效剂量。

表 11-4 辐射工作人员周/年有效剂量估算结果

敏感目标名称	位置	使用因子 U	居留因子 T	关注点辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量估算值 (mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)
本项目辐射工作人员	装置北侧	1	1	6.09×10^{-2}	2.5	0.97	100 (工作人员)	4.87×10^{-2}	5 (工作人员)

注：①工业 CT 装置操作台位于装置前侧（拟建址北侧），居留因子取 1。

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 16h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 800h。

根据表 11-2，本项目 N2 厂房内周围公众周/年有效剂量估算，选择装置外最大剂量率仅考虑距离衰减估算公众周/年有效剂量。N1 厂房内周围公众和厂区道路周/年有效剂量估算，选择装置西侧外剂量率仅考虑距离衰减估算公众周/年有效剂量。由于辐射剂量率随距离增大而衰减，更远处的关注点辐射剂量率不会高于已列关注点，相应有效剂量也不会高于该位置。

表 11-5 周围公众及保护目标周/年有效剂量估算结果

序号	敏感目标名称	关注点方位及最近距离	使用因子 U	居留因子 T	关注点辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周有效受照剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效受照剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/年)
1	N2厂房	装置东侧,最近2m	1	1/4	0.34	1.36	5 (公众)	6.80×10^{-2}	0.1 (公众)
2	N1厂房	装置西侧,最近42m	1	1	4.98×10^{-6}	7.97×10^{-5}	5 (公众)	3.98×10^{-6}	0.1 (公众)
3	厂区道路	装置西侧,最近16m	1	1/4	3.43×10^{-5}	1.37×10^{-4}	5 (公众)	6.86×10^{-6}	0.1 (公众)

注: ①关注点辐射剂量率根据表 11-2 预测结果, 以装置表面外 30cm 处辐射剂量率再考虑距离衰减求得;

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 16h/周; 一年按照 50 周计算, 年曝光时间约为 800h。

从表 11-4 及表 11-5 中预测结果可以看出, 本项目工业 CT 装置满功率运行时, 辐射工作人员所受周有效剂量最大为 $0.97\mu\text{Sv}$, 年有效剂量最大为 $4.87 \times 10^{-2}\text{mSv}$; 周围公众所受周有效剂量最大为 $1.36\mu\text{Sv}$, 年有效剂量最大为 $6.80 \times 10^{-2}\text{mSv}$ 。根据理论计算结果, 本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 及本项目管理目标限值要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv , 公众年有效剂量不超过 0.1mSv)。

事故影响分析

1) 主要事故风险

- ①工业 CT 装置检测室的密封性受到破坏, 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。

2) 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, 防止人员误入误留在装置内;
- ②定期检查门机连锁装置, 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, 确保工业 CT 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。

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，制定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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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防护和安全专业知识及相关法律法规的培训和考核。

乐金显示（南京）有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确了辐射防护负责人及各成员管理职责，单位辐射防护负责人为本科学历，本次要求辐射防护负责人及相关工作人员在项目运行前需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，考核类型为“辐射安全管理”。

本项目工业 CT 装置拟新招聘 2 名辐射工作人员。辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识。通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后才能进行上岗作业，考核类型为“X 射线探伤”。

辐射安全管理规章制度

本项目为扩建 II 类射线装置项目，乐金显示（南京）有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了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、事故应急制度等，在实际工作中还应不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

- 岗位职责：进一步完善管理人员、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。
- 操作规程：明确本项目工业 CT 装置辐射人员的资质条件要求、工业 CT 装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 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。
- 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 装置的运行和维修时辐射安全管理。
- 设备检修维护制度：明确工业 CT 装置的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，确保工业 CT

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：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：根据本次环评中对周围环境的保护目标情况制定本项目工业 CT 装置监测方案，方案中应明确监测频次和监测点位，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。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。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，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行政主管部门报告。
- 事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号文）的要求完善事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话。

公司已制定了一系列辐射安全管理制度，并严格执行；公司已为辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检，原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果均未出现超标情况；公司已于每年对现有射线装置周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求；公司已每年组织应急演练，通过应急演练不断完善应急预案。

综上所述，公司目前辐射安全管理制度、环境监测及应急预案执行情况良好。公司应在今后的工作实践中不断完善相关管理制度，提高制度的可操作性，并严格执行。

辐射监测

1. 监测方案

1) 请有资质的单位定期对本项目工业 CT 装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1~2 次；

2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，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、卫生健康部门调查处理。

3)工业 CT 装置进行作业时辐射安全管理人员定期对工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等要求，使用 II 类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；乐金显示（南京）有限公司北区已配置1台X-γ辐射剂量巡测仪，拟为本项目配备2台X-γ个人剂量报警仪，项目运行后应定期对工业CT装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

乐金显示（南京）有限公司拟为本项目新招聘2名辐射工作人员，应在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，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。

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

乐金显示（南京）有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善事故应急预案，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) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

乐金显示（南京）有限公司应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，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部门和公安部门报告，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。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后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。

乐金显示（南京）有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测工业 CT 周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论**1. 实践正当性**

乐金显示（南京）有限公司因生产需要拟扩建 1 台工业 CT 装置对公司生产的液晶显示模块进行无损检测。本项目的建设将满足企业产品质量检测的需求，从经济角度而言，可以提升公司产品竞争力，提升公司利益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，降低安全事故发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但在公司做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的前提下，可将上述辐射影响降至尽可能小。

因此，在考虑了社会和经济等有关因素之后，本次工业 CT 装置的增设对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2. 与产业政策的相符性

本项目为使用工业 CT 装置对公司生产的液晶显示模块进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及 2021 年修改单（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 2021 年令第 49 号），本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

3. 辐射安全与防护分析结论**1) 选址、布局合理性**

本项目位于南京经济技术开发区恒飞路 59 号乐金显示（南京）有限公司北区 N2 厂房内，北区厂区东侧为仙新路，隔路为南京新港国家高新技术产业园；南侧为恒飞路，隔路为乐金显示（南京）有限公司南区和乐彩商贸（南京）有限公司；西侧为爱尔集新能源（南京）有限公司六工厂厂区；北侧为恒谊路，隔路由东向西依次为永和苑、艾欧史密斯（中国）水系统有限公司和奥托立夫汽车安全系统公司。

本项目 v|tome|x m 300/180 型工业 CT 装置拟安装于 N2 厂房一层西侧拟建 CT SCAN 检查室内，N2 厂房为二层设计。CT SCAN 检查室东侧为物流走道和 CP109 生产线，南侧为 CGA 摆放仓库，西侧为闲置间及开发品摆放间，北侧为洗 Tray 房，楼上为机房，下方为土层，无地下建筑。本项目工业 CT 装置设计有检测室及操作台，

操作台位于检测室外，本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。

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；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域，本项目的建设符合江苏省及南京市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上限和生态环境准入清单）要求。

本项目工业 CT 装置屏蔽体外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m 范围内涉及本公司 N2 厂房、N1 厂房和厂区道路。

2) 辐射防护措施

本项目工业 CT 装置通过自带铅板的检测室对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目拟配备的工业 CT 装置以最大功率运行时其表面外 30cm 处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/T 250-2014）的剂量率限值要求。

3) 辐射安全措施

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；设备外表面设置“当心电离辐射”警告标志，同时在CT SCAN检查室外设置“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置操作台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。操作台设置X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及定值显示装置；设置高压接通时的外部报警或指示装置；拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。公司已配置1台辐射剂量巡测仪，拟配置2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和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。

4. 辐射环境影响分析结论

本项目工业 CT 装置通过自带铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目工业 CT 以最大功率运行时装置表面外 30cm 处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/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目工业 CT 装置满功率运行时，辐射工作人员所受周有效剂量和年有效剂量及周围公众所受周有效剂量和年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（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）。

5. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2) 公司已配置 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，拟为本项目配置 2 台 X-γ 个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。
- 4) 在项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。
- 5) 乐金显示（南京）有限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，同时在项目运行时完善辐射安全管理制度。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，上岗前报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行作业。

综上所述，乐金显示（南京）有限公司工业用 X 射线 CT 检测系统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》（GBZ117-2022）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) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。
- 4) 建设单位在获得本项目环评批复且完成本项目建设后，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求重新申领辐射安全许可证。
- 5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

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)
辐射防护措施	本项目 v tome x m 300/180 型工业 CT 由检测室和操作台组成，该设备操作台位于检测室外部，与装置相连。该装置检测室尺寸约为 2620mm（长）×1570mm（宽）×2060mm（高）。检测室采用铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽，检测室前侧屏蔽体（包括工件门）内含 20mm 铅板，前侧观察窗为 20mm 铅当量的铅玻璃，后侧屏蔽体内含 18mm 铅板，左侧屏蔽体内含 24mm 铅板，右侧屏蔽体内含 16mm 铅板，顶部屏蔽体内含 16mm 铅板，底部屏蔽体内含 16mm 铅板。	能满足《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）的剂量率限值要求。 辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目剂量管理目标（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）要求。	96
辐射安全措施	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；设备外表面拟设置“当心电离辐射”警告标志，同时在 CT SCAN 检查室外设置“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业 CT 装置操作台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。操作台拟设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及定值显示装置；拟设置高压接通时的外部报警或指示装置；拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的管理要求，采取设置门机联锁、电离辐射警告标志、工作状态指示灯及紧急停机按钮等各项措施。	4.5
	公司已配置 1 台辐射剂量巡测仪，并拟配置 2 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和瞬时辐射剂量率的实时报警。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测，满足工作场所日常监测要求。	1.5
污染防治措施	废气：工业 CT 装置在工作状态时会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。工业 CT 装置检测室内部未设置排风装置，装置所在 CT SCAN 检查室拟设置排风扇，N2 厂房已设有新风系统。工业 CT 装置在工作状态时通过	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物，对环境影响较小。 本项目产生的少量固体废物和生活污水均得到妥善处置，对周围环境影响较小。	/

	<p>开关工件门进行换气，再通过 CT SCAN 检查室排风扇、N2 厂房新风系统和门窗将产生的少量臭氧和氮氧化物排至厂房外。</p> <p>固体废物：本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月产生量为30kg，年产生量为360kg。本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。</p> <p>废水：本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m³，年排放量为 28.8m³；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入开发区污水处理厂处理。</p>		
	<p>已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。</p>	<p>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》完善辐射安全管理机构。</p>	/
	<p>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。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。</p>	/
辐射安全管理	<p>本项目拟配备 2 名辐射工作人员，辐射工作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（每 5 年重新参加考核）。</p>	<p>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》，辐射工作人员应持有培训合格证或考核合格证。</p>	定期投入
	<p>辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。个人剂量档案终生保存）。</p>	<p>根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）对辐射工作人员正常开展个人剂量检测；根据《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，个人剂量档案应终生保存。</p>	每年投入
	<p>职业健康体检：定期组织职业健康体检，并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（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）。</p>	<p>根据《放射工作人员职业健康管理暂行办法》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。</p>	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。