

核技术利用建设项目

常州恒创热管理系统股份有限公司

扩建 1 台 X 射线检测装置及

1 台工业 CT 装置项目

环境影响报告表

(公示本)

常州恒创热管理系统股份有限公司(公章)

2026 年 3 月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	7
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	18
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	39
表 11 环境影响分析	51
表 12 辐射安全管理	67
表 13 结论与建议	71
表 14 审批	77
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	78

表1 项目基本情况

建设项目名称		常州恒创热管理系统股份有限公司 扩建1台X射线检测装置及1台工业CT装置项目				
建设单位		常州恒创热管理系统股份有限公司				
法人代表	庞力滔	联系人		联系电话		
注册地址		常州市武进区礼嘉镇建东路20号				
建设项目地点		常州市武进区礼嘉镇建东路20号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		项目环保投资 (万元)		投资比例(环保投资/总投资)		
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)	6
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

常州恒创热管理系统股份有限公司成立于2019年4月1日,注册地位于常州市武进区礼嘉镇建东路20号,法定代表人为庞力滔。经营范围包括一般项目:储能技术服务;汽车零部件及配件制造;新能源汽车电附件销售;电池零配件生产;电池零配件销售;新材料技术研发;家用电器制造;家用电器零配件销售;模具制造;专用设备制造(不

含许可类专业设备制造)；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；货物进出口；技术进出口(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)。

常州恒创热管理系统股份有限公司现已取得辐射安全许可证(附件 4)，证书编号为苏环辐证[D1018]，种类和范围为“使用 II 类射线装置”，有效期至 2030 年 2 月 24 日，发证机关为常州市生态环境局。原有核技术利用项目已履行相关环保手续，环评批文及验收意见见附件 5。

因生产的流道板总成质量检测需求，常州恒创热管理系统股份有限公司拟购置 1 台 X 射线检测装置(装置型号：HT5000)，最大管电压 160kV，最大管电流 2.5mA，最大功率 400W。流道板总成为不规则形状，直径最大为 500mm，材质为铝合金。同时因生产的钎焊液冷板质量需进一步精细检测，常州恒创热管理系统股份有限公司拟购置 1 台工业 CT 装置(装置型号：SEAMASTER PRO)，最大管电压 160kV，最大管电流 1mA，最大功率 100W。钎焊液冷板为长框状，长度为 1500mm~2100mm，宽度为 200mm~1200mm，厚度为 40mm~50mm，材质为铝材。

常州恒创热管理系统股份有限公司现有 3 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，2 名为辐射操作人员。公司拟为本项目新增配备 4 名辐射工作人员(辐射操作人员)，本项目 4 名辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

本项目单台 X 射线检测装置及单台工业 CT 装置预计每周曝光时间最大约为 20h，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 1000h。

本项目核技术利用项目详见表 1-1：

表 1-1 常州恒创热管理系统股份有限公司核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量(台)	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	验收情况	备注
1	HT5000 型 X 射线检测装置	1	160	2.5	II	三分厂压铸车间一楼三坐标检测室	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率 400W
2	SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置	1	160	1	II	六分厂钎焊车间二楼检测区	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率 100W

注：因厂区整体车间名称调整，原七分厂钎焊车间现改名为六分厂钎焊车间。

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，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为使用 X 射线检测装置及工业 CT 装置项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受常州恒创热管理系统股份有限公司委托，江苏龙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（委托江苏环境科技有限公司）、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。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

本项目位于江苏省常州市武进区礼嘉镇建东路 20 号常州恒创热管理系统股份有限公司，常州恒创热管理系统股份有限公司厂区分为生产区及宿舍区（包含宿舍、食堂、综合楼等建筑，供公司员工住宿、吃饭，公司部分行政办公使用），建友线北侧为生产区，建友线南侧为宿舍区；生产区东侧为高乡村及建友线道路；南侧隔建友线道路为宿舍区；西侧从南往北依次为桥前村、农田及江苏林辉塑料制品有限公司；北侧为农田。

本项目 X 射线检测装置拟建址位于三分厂压铸车间（共 2 层）一楼三坐标检测室，距离厂区内现有 1 台 X 射线数字成像检测装置 330m，拟建址东侧依次为厂区道路、厂区外农田；南侧依次为三坐标检测室、楼梯、厂区道路和七分厂；西侧依次为三坐标检测室、车间过道、生产区 1（含物流通道、周边通道、给汤通道）、模具存放及维修区、抛丸区和卫生间 1；北侧依次为车间过道、生产区 2、厂区道路、厂区外农田；楼上为包材库，楼下为土层。本项目 X 射线检测装置摆放在三坐标检测室里，远离车间其余工作人员，项目选址合理。

本项目工业 CT 装置拟建址位于六分厂钎焊车间二楼检测区（摆放区域所在处为 3 层建筑，车间其余部分为 1 层建筑），距离厂区内现有 1 台 X 射线数字成像检测装置 45m，拟建址东侧依次为待喷粉区、氦检区、生产区；南侧依次为车间过道、待包装区、预留区；西侧、北侧临空；楼上为成品及包材区；楼下为冷却区域。本项目工业 CT 装置摆放于车间二楼西北角，远离车间其余工作人员，项目选址合理。

本项目地理位置见附图 1，厂区平面布置及周围环境见附图 2，本项目三分厂压铸车间平面布置见附图 3，本项目六分厂钎焊车间平面布置见附图 4。

对照《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。对照《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函（2024）777号），本项目评价范围内不涉及武进区生态空间管控区域。本项目位置属于一般管控单元（礼嘉镇）。本项目与常州市武进区生态空间管控区域相对位置关系见附图 5，本项目与常州市环境管控单元相对位置关系见附图 6。

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。

本项目的建设符合江苏省及常州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

本项目X射线检测装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目X射线检测装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司三分厂压铸车间、厂区道路、七分厂及厂区外农田。本项目工业CT装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目工业CT装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司六分厂钎焊车间（包括现有1台X射线数字成像检测装置，距工业CT装置45m）、钎焊仓库（包括二楼、三楼制冷-平行流）、厂区道路及厂区外农田。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线检测装置、工业CT装置操作的辐射工作人员、从事原有1台X射线数字成像检测装置的辐射工作人员及2台装置周围公众。

3. 实践正当性

常州恒创热管理系统股份有限公司现有 1 台 X 射线数字成像检测系统因成像检测系统问题，不能匹配、满足本次需检测产品流道板总成质量检测需求，因此本项目拟扩建 1 台 X 射线检测装置以满足生产的流道板总成质量检测需求；同时现有 1 台 X 射线数字成像检测系统因不能 3D 成像，无法满足生产的钎焊液冷板质量进一步精细检测，因此本项目拟再配备 1 台工业 CT 装置对生产的钎焊液冷板质量进行更加精细的检测。本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，X 射线检测装置及工业 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，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和

其他有关因素之后，其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。

4. 现有核技术利用情况

4.1 辐射安全许可情况

常州恒创热管理系统股份有限公司现已开展核技术利用项目，已取得辐射安全许可证（见附件 4），证书编号为苏环辐证[D1018]，种类和范围为“使用 II 类射线装置”，有效期至 2030 年 2 月 24 日，发证机关为常州市生态环境局，相关环保手续情况见附件 5，公司现有核技术利用项目情况见表 1-2。

表 1-2 常州恒创热管理系统股份有限公司现有核技术利用项目一览表

射线装置										
序号	射线装置名称及型号	数量台	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	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
1	SEAMASTER STANDARD 型 X 射线数字成像检测系统	1	160	3.125	II	六分厂钎焊车间检测区	使用	已环评 常环核审 (2024) 71 号 2024.11.27	已许可	已验收

注：因厂区整体车间名称调整，原七分厂钎焊车间现改名为六分厂钎焊车间。

4.2 辐射安全与环境保护管理机构情况

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订），常州恒创热管理系统股份有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全与环境保护管理机构小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修订）中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

4.3 辐射安全与环境保护管理制度

常州恒创热管理系统股份有限公司已制定了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、事故应急预案等。

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射

性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中“应当有健全的操作规程、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、辐射事故应急措施”的要求。

4.4 辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况

常州恒创热管理系统股份有限公司现有项目辐射工作人员3名均已取得辐射安全考核证书，3名辐射工作人员均已进行职业健康体检及个人剂量检测，体检结果均为可从事放射工作，个人剂量检测结果均未超标，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，见表1-3。

表 1-3 辐射工作人员情况汇总表

序号	姓名	考试编号	有效期至	2025年 一季度 /mSv	2025年 二季度 /mSv	2025年 三季度 /mSv	2025年 四季度 /mSv	2025年 年剂量 当量 /mSv	职业健康 体检
1									
2									
3									

注：姜丙硕为新进员工，仅有第四季度个人剂量检测报告。

常州恒创热管理系统股份有限公司于2025年3月对现有核技术利用项目进行了验收检测，检测结果表明：现有核技术利用项目周围剂量率满足相应标准限值要求（见附件7）。

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。”常州恒创热管理系统股份有限公司2025年度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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线检测装置	II	1	HT5000 型	160	2.5	无损检测	三分厂压铸车间一楼三坐标检测室	最大功率 400W
2	工业 CT 装置	II	1	SEAMASTER PRO 型	160	1	无损检测	六分厂钎焊车间二楼检测区	最大功率 100W

(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	①X射线检测装置： 经装置开关工件门，再经车间门窗直接排入大气； ②工业CT装置： 经装置南侧上方轴流风机，再经车间门窗直接排入大气。 臭氧在常温常压下稳定性较差，常温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	/	/	60kg	720kg	/	暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	4.8m ³	57.6m ³	/	不暂存	经厂区污水管网接管至武南污水处理厂集中处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； 12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；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，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，中华
----------	--

	<p>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；</p> <p>14) 《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；</p> <p>15) 《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；</p> <p>16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>17) 《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>18) 《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，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发；</p> <p>19) 《江苏省放射性同位素与射线装置辐射安全和防护监督检查技术程序》（苏环规〔2018〕2号），2018年11月1日印发，自2018年12月1日起施行；</p> <p>20) 《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777号），2024年9月23日发布。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）</p> <p>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）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p> <p>8) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单</p> <p>9) 《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）</p>

<p>其他</p>	<p>附图：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 附图 1 本项目地理位置图2) 附图 2-1 本项目厂区平面布置及周围环境示意图 附图 2-2 本项目 X 射线检测装置周围环境示意图 附图 2-3 本项目工业 CT 装置周围环境示意图3) 附图 3-1 本项目三分厂压铸车间平面布置图（一层） 附图 3-2 本项目三分厂压铸车间平面布置图（二层）4) 附图 4-1 本项目六分厂钎焊车间平面布置图（一层） 附图 4-2 本项目六分厂钎焊车间平面布置图（二层、三层）5) 附图 5 本项目与常州市武进区生态空间管控区域相对位置关系图6) 附图 6 本项目与常州市环境管控单元相对位置关系图7) 附图 7 本项目 X 射线检测装置结构图（1） 附图 7 本项目 X 射线检测装置结构图（2）8) 附图 8 本项目工业 CT 装置结构图（1） 附图 8 本项目工业 CT 装置结构图（2） <p>附件：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 附件1 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 辐射安全许可证正副本5) 附件5 原有核技术利用项目环保手续6) 附件6 原有核技术利用项目检测报告7) 附件7 装置射线管说明书8) 附件8 现状检测报告及检测单位资质证书9) 附件9 现有辐射工作人员考核合格证书、职业健康体检报告及个人剂量检测报告
-----------	--

表7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>本项目为扩建1台X射线检测装置及1台工业CT装置项目，均属于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X射线检测装置及工业CT装置屏蔽体外50m区域，见附图2。</p>
<p>保护目标</p> <p>本项目X射线检测装置拟建址位于三分厂压铸车间（共2层）一楼三坐标检测室，拟建址东侧依次为厂区道路、厂区外农田；南侧依次为三坐标检测室、楼梯、厂区道路和七分厂；西侧依次为三坐标检测室、车间过道、生产区2（含物流通道、周边通道、给汤通道）、模具存放及维修区、抛丸区和卫生间1；北侧依次为车间过道、生产区1、厂区道路、厂区外农田；楼上为包材库，楼下为土层。</p> <p>本项目工业CT装置拟建址位于六分厂钎焊车间二楼检测区（摆放区域所在处为3层建筑，车间其余部分为1层建筑），拟建址东侧依次为待喷粉区、氩检区、生产区；南侧依次为车间过道、待包装区、预留区；西侧、北侧临空；楼上为成品及包材区；楼下为冷却设备区。</p> <p>本项目X射线检测装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目X射线检测装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司三分厂压铸车间、厂区道路、七分厂及厂区外农田。本项目工业CT装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目工业CT装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司六分厂钎焊车间、钎焊仓库（包括二楼、三楼制冷-平行流）、厂区道路及厂区外农田。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线检测装置、工业CT装置操作的辐射工作人员、从事原有1台X射线数字成像检测装置的辐射工作人员及2台装置周围公众。</p> <p>对照《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。对照《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777号），本项目评价范围内不涉及武进区生态空间管控区域。本项目位置属于一般管控单元（礼嘉</p>

镇)。

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。

本项目的建设符合江苏省及常州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

- 1、操作X射线检测装置、工业CT装置的辐射工作人员；
- 2、操作原有1台X射线数字成像检测装置的辐射工作人员；
- 3、X射线检测装置、工业CT装置项目周围公众。

表7-1 本项目X射线检测装置保护目标情况一览表

装置名称	工作场所	保护目标	方位	距装置屏蔽体最近距离	人员规模	保护目标类型	年剂量约束值(mSv/a)
HT5000型X射线检测装置	三分厂压铸车间一楼三坐标检测室	操作台	西侧	紧邻	2人	辐射工作人员	5.0
		厂区道路	东侧	约0.3m	流动人员	公众	0.1
		农田		约3m	流动人员		
		三坐标检测室过道	南侧	约1m	流动人员		
		三坐标检测室三坐标检测区		约3m	约2人		
		楼梯间、电梯间、配电间		约6m	流动人员		
		厂区道路		约10m	流动人员		
		七分厂		约29m	约20人		
		三坐标检测室过道		约2m	流动人员		
		车间过道		约4m	流动人员		
		生产区1（含物流通道、周边通道、给汤通道）	西侧	约10m	约10人		
		模具存放及维修区		约23m	约2人		
		卫生间1		约47m	流动人员		
		抛丸区		约48m	约2人		
		车间过道		约0.3m	流动人员		
		生产区2	北侧	约10m	约10人		
		厂区道路		约19m	流动人员		
		农田		约35m	流动人员		

		包材库、仓库、 楼梯间、电梯 间、配电间、卫 生间2	二楼	约4m	流动人员		
		生产区3（含物 流通道）		约4m	约20人		

注：楼上保护目标保守取垂直距离。

表7-2 本项目工业CT装置保护目标情况一览表

装置名称	工作场所	保护目标	方位	最近距离	规模	保护目标类型	年剂量约束值 (mSv)	
SEA MAS TER PRO 型工业CT 装置	六分厂钎焊车间二楼检测区	操作台	南侧	紧邻	2人	辐射工作人员	5.0	
		现有X射线数字成像检测装置检测区	楼下	约45m	2人			
		六分厂钎焊车间二楼	待喷粉区	东侧	约0.3m	流动人员	公众	0.1
			氦检区		约17m	流动人员		
			生产区		约25m	约10人		
			电梯、楼梯及过道		约43m	流动人员		
			车间过道	南侧	约2m	流动人员		
			待包装区、预留区	约5m	流动人员			
			绝缘检测区	东南侧	约18m	约10人		
			成品暂存区		约38m	流动人员		
			会议室		约33m	流动人员		
		厂区道路	西侧	约3m	流动人员			
		农田		约5m	流动人员			
		一楼钎焊仓库（二楼、三楼制冷-平行流）	北侧	约25m	约20人			
		三楼	成品和包材区	楼上	约4m	流动人员		
		一楼	冷却区域、封闭室、除尘器放置区域、热熔室、粉底室、打包区、氦检区、喷粉返修区、打磨房等	楼下	约4m	约20人		

注：楼上、楼下保护目标保守取垂直距离。

评价标准**1) 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:**

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值,如下表:

表 7-3 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), 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下,如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv,则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2) 剂量约束值:

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“11.4.3.2·剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%(即 0.1mSv~0.3mSv)的范围之内。”职业人员按年剂量限值 1/4 取值,公众按照其年剂量限值的 1/10 取值,本项目剂量约束值如下:

①职业照射的年剂量约束值不超过 5mSv/a;

②公众照射的年剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

3) 关注点处周围剂量当量率参考控制水平:

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 100 μ Sv/周,对公众场所,其值应不大于 5 μ Sv/周;

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

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

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

①本项目 X 射线检测装置及工业 CT 装置项目屏蔽体外周围剂量当量率参考控制

水平：

X射线检测装置及工业CT装置屏蔽体四周（包含工件门）表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；X射线检测装置及工业CT装置项目顶部（顶部有人员到达）及底部表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

4) 辐射环境质量现状监测评价参考值

《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 7-4 江苏省全省环境天然 γ 辐射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

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

参考资料

《辐射防护导论》，方杰主编。

表8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状**1. 项目地理和场所位置**

本项目位于江苏省常州市武进区礼嘉镇建东路20号常州恒创热管理系统股份有限公司，常州恒创热管理系统股份有限公司厂区分为生产区及宿舍区（包含宿舍、食堂、综合楼等建筑，供公司员工住宿、吃饭，公司部分行政办公使用），建友线北侧为生产区，建友线南侧为宿舍区；生产区东侧为高乡村及建友线道路；南侧隔建友线道路为宿舍区；西侧从南往北依次为桥前村、农田及江苏林辉塑料制品有限公司；北侧为农田。

本项目X射线检测装置拟建址位于三分厂压铸车间（共2层）一楼三坐标检测室，拟建址东侧依次为厂区道路、厂区外农田；南侧依次为三坐标检测室、楼梯、厂区道路和七分厂；西侧依次为三坐标检测室、车间过道、生产区1（含物流通道、周边通道、给汤通道）、模具存放及维修区、抛丸区和卫生间1；北侧依次为车间过道、生产区2、厂区道路、厂区外农田；楼上为包材库，楼下为土层。

本项目工业CT装置拟建址位于六分厂钎焊车间二楼检测区（摆放区域所在处为3层建筑，车间其余部分为1层建筑），拟建址东侧依次为车间过道、待喷粉区、氦检区、生产区；南侧依次为车间过道、待包装区、预留区；西侧、北侧临空；楼上为成品及包材区；楼下为冷却设备区。

本项目X射线检测装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目X射线检测装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司三分厂压铸车间、厂区道路、七分厂及厂区外农田。本项目工业CT装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目工业CT装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司六分厂钎焊车间、钎焊仓库（包括二楼、三楼制冷-平行流）、厂区道路及厂区外农田。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线检测装置、工业CT装置操作的辐射工作人员、从事原有1台X射线数字成像检测装置的辐射工作人员及2台装置周围公众。

本项目X射线检测装置及工业CT装置拟建址及周围环境照片见图8-1。

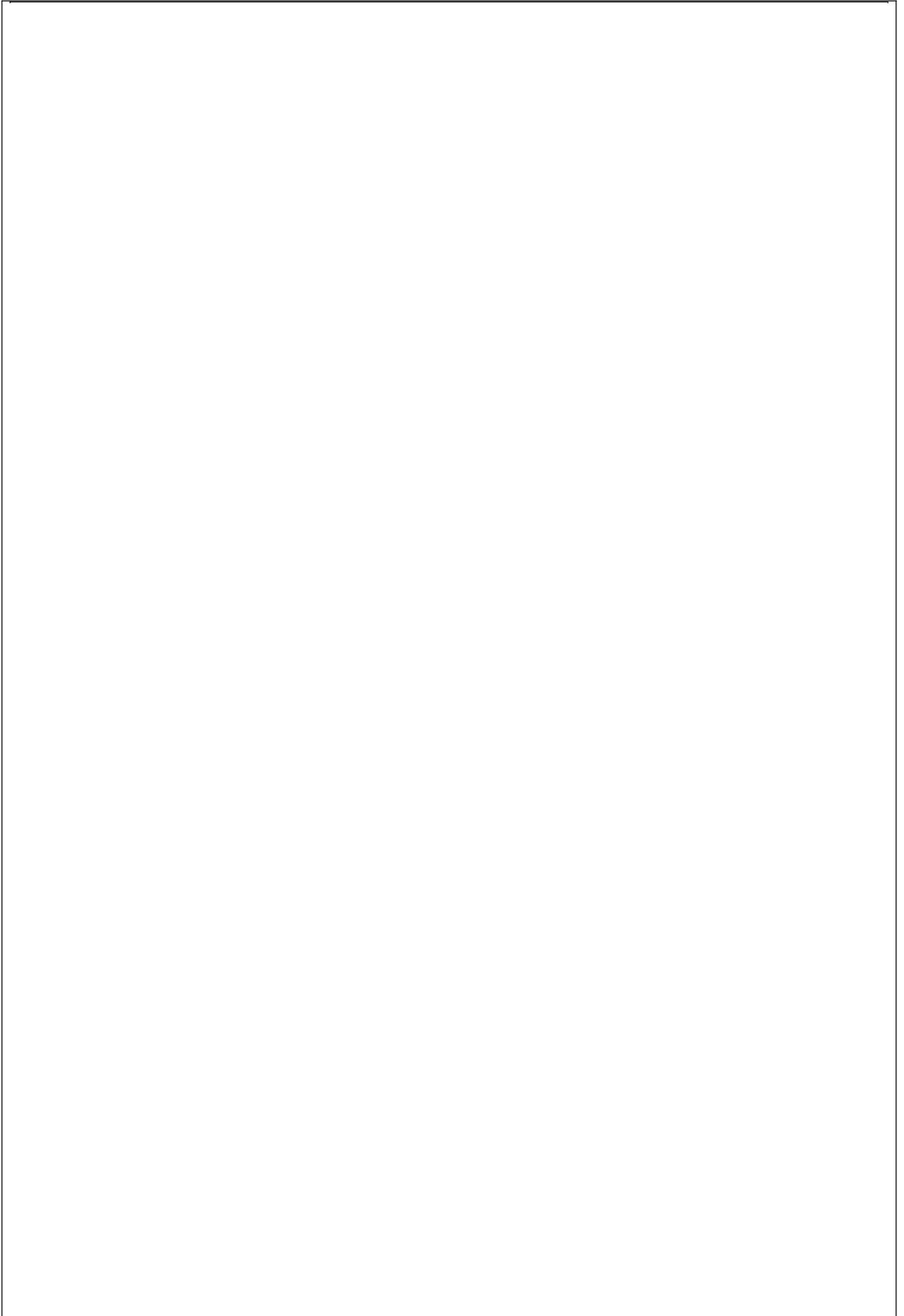




图 8-1 本项目 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址及周围环境现状

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：在 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址及周围，共计 22 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》（HJ1157-2021）在 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址及周围布设监测点位，测量 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

质量保证措施：江苏睿源环境科技有限公司已通过 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：BG9512+BG7030

设备编号：RY-J001

检定有效日期：2025.3.11-2026.3.10

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2025H21-20-5786074001

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

监测日期：2025.12.18

天气：晴；温度：13.6 $^{\circ}$ C；相对湿度：48.2%

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

监测结果：本项目 X 射线检测装置及工业 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 8），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目拟建址周围环境 γ 辐射剂量率

序号	检测点位		检测结果 (nGy/h)	标准偏差	备注
1	X 射线检测装置拟建址	东侧	53	1	室内、楼房
2		南侧	54	1	室内、楼房
3		西侧	53	2	室内、楼房
4		北侧	54	2	室内、楼房
5		中部	53	1	室内、楼房
6	三分厂压铸车间	一楼中部生产区	53	1	室内、楼房
7		一楼东北部生产区	54	2	室内、楼房
8		二楼包材库	62	1	室内、楼房
9		东侧厂区道路	61	1	道路
10	七分厂北侧		62	1	道路
11	工业 CT 装置拟建址	东侧	70	1	室内、楼房
12		南侧	69	1	室内、楼房
13		西侧	69	1	室内、楼房
14		北侧	70	1	室内、楼房
15		中部	70	1	室内、楼房
16	六分厂钎焊车间	二楼生产区	68	2	室内、楼房
17		三楼成品及包材区	73	2	室内、楼房
18		一楼冷却区	73	1	室内、楼房
19		一楼喷粉返修区	72	2	室内、楼房
20	钎焊仓库南部		59	1	室内、楼房
21	厂区西侧农田		36	1	原野
22	厂区北侧农田		35	1	原野

注：①已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）。

②建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，原野、道路取值为 1。检测结果已对此项数据进行了修正。

③本项目进行辐射环境检测时，现有 1 台 X 射线数字成像检测系统未开机检测。

根据表 8-1 的监测结果可知，常州恒创热管理系统股份有限公司本项目 X 射线检测装置及工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率在（35~73）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（53~73）nGy/h 范围内，道路环境辐射剂量率为（61~62）nGy/h，原野环境辐射剂量率为（35~36）nGy/h 范围内，均处于江苏省天然 γ 辐射剂量率调查结果测值范围内。



图 8-2 检测点位示意图 (1)



图 8-2 检测点位示意图 (2)

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

1.1 系统组成

本项目为使用 1 台 X 射线检测装置及 1 台工业 CT 装置项目。2 台装置相同部分均由 X 射线机系统、数字成像系统、图像采集及处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统及辐射安全系统组成，不同部分在于工业 CT 装置增设图像重建、分析系统，具体系统组成如下：

①X 射线机系统：由 X 射线管、高压电缆、高频高压发生器、电源调制器、冷却系统、水管、低压连接电缆组成，用来发射 X 射线；

②数字成像系统：由数字平板成像器、系统驱动软件及平板电源线组成，用来将接受到的 X 光信号转换成电信号，然后将模拟电信号转换成数字信号，从而形成图像；

③图像采集及处理系统：计算机主机、图像处理软件及显示器组成，用来对采集到的图像数据进行分析，从而判断产品质量；

④电气控制系统：由操作台、总配电柜、一体化工作站、控制及动力电缆、控制软件、铅门联锁控制单元、应急联锁控制单元组成，用来控制整个装置的运行；

⑤机械传动系统：由成像及射线源装置、机械运动装置（包括移动控制系统，机械驱动轴，底座和支架等）组成，检测过程中通过不断改变工件与射线管的相对位置，从而获得不同角度的成像图片，继而判断产品质量；

⑥射线防护系统：铅房，用来对 X 射线进行屏蔽，降低 X 射线对人体的伤害；

⑦辐射安全系统：由急停按钮、钥匙控制开关、门机联锁、摄像监控、工作状态指示灯组成，用来确保 X 射线检测装置及工业 CT 装置运行过程中的辐射安全。

⑧图像重建、分析系统（工业 CT 增配）：对收到的数据进行处理，重建出物体的三维图像，并基于三维图像进行数据可视化分析。

1.2 设备组成

1.2.1 X 射线检测装置

X 射线检测装置由检测室（铅房）及操作台组成。检测室（铅房）内设置有 1 个 X 射线管，X 射线管可上下移动，移动行程 800mm，不可前后左右移动，射线管位于中间位置时，可绕机械臂中心轴承 $\pm 45^\circ$ 旋转。

X 射线检测装置整体尺寸为 1625mm（长） \times 1605mm（宽） \times 2096mm（高），铅房尺寸为 1620mm（长） \times 1580mm（宽） \times 1986mm（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，工件门朝南摆放。检测室（铅房）四周屏蔽体（含工件门）及顶部、底部屏蔽体均为 2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板。X 射线检测装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 2.5mA，最大功率 400W，出束角度 40° ，主射方向固定朝右（东侧）照射。装置样式见图 9-1，装置结构见图 9-2。射线装置具体参数见表 9-1。

表 9-1 X 射线检测装置参数一览表

型号	HT5000 型 X 射线检测装置
最大管电压（kV）	160
最大管电流（mA）	2.5
最大功率（W）	400
射线管固有滤过	1.5mm of Ultem（聚醚酰亚胺）
X 射线管阳极靶材料	钨靶
输出量（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ）	1.55E+06
出束角度	40°

图 9-1 X 射线检测装置样式图（另配操作台）

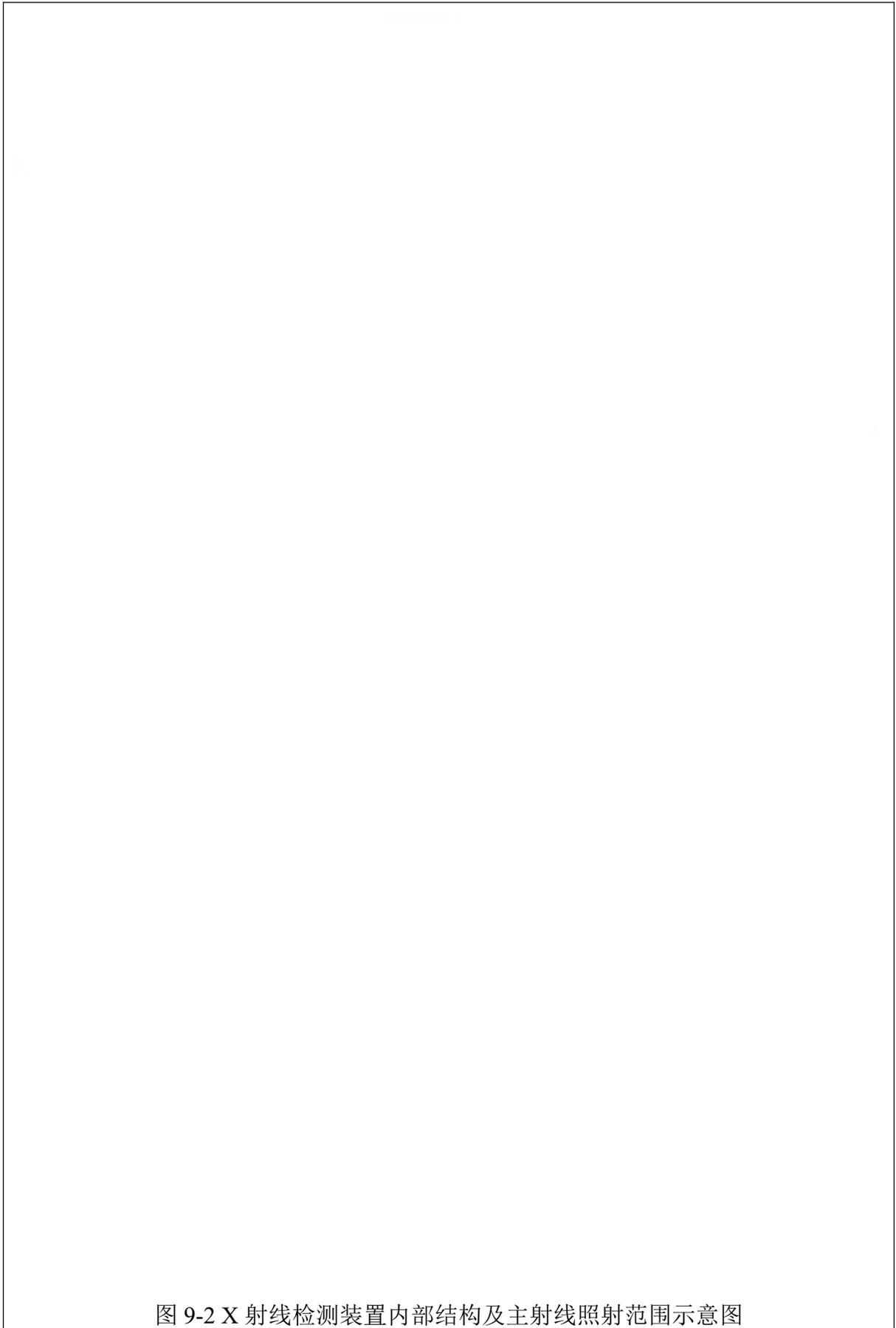


图 9-2 X 射线检测装置内部结构及主射线照射范围示意图

1.2.2 工业 CT 装置

工业 CT 装置由检测室（铅房）及操作台组成。检测室（铅房）内设置有 1 个 X 射线管，X 射线管可上下移动，移动行程 1200mm，不可前后左右移动，不可转角，X 射线管固定朝左照射。

工业 CT 装置整体尺寸为 1745mm（长）×1271mm（宽）×2900mm（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，工件门朝西摆放；设置检修门一扇，无屏蔽，仅为电气柜检修门，与铅房内部不相通。检测室（铅房）东侧、南侧、西侧屏蔽体（含工件门）为 3mm 钢板+8mm 铅板，北侧、顶部屏蔽体为 4mm 钢板+14mm 铅板，底部为 2mm 钢板+8mm 铅板；工业 CT 装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA，最大功率 100W，出束角度 45°，主射方向固定朝左照射（北侧）。装置样式见图 9-3，装置结构见图 9-4。射线装置具体参数见表 9-2。

表 9-2 工业 CT 装置参数一览表

型号	SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置
最大管电压（kV）	160
最大管电流（mA）	1
最大功率（W）	100
射线管固有滤过	1mm 铍+2mm 玻璃+9.28mm 油（等效）+2mm 塑料
X 射线管阳极靶材料	钨靶
输出量	160kV, 3.125mA 主束剂量率为 0.81Sv/h
出束角度	45°

图 9-3 工业 CT 装置样式图（操作台与装置一体）

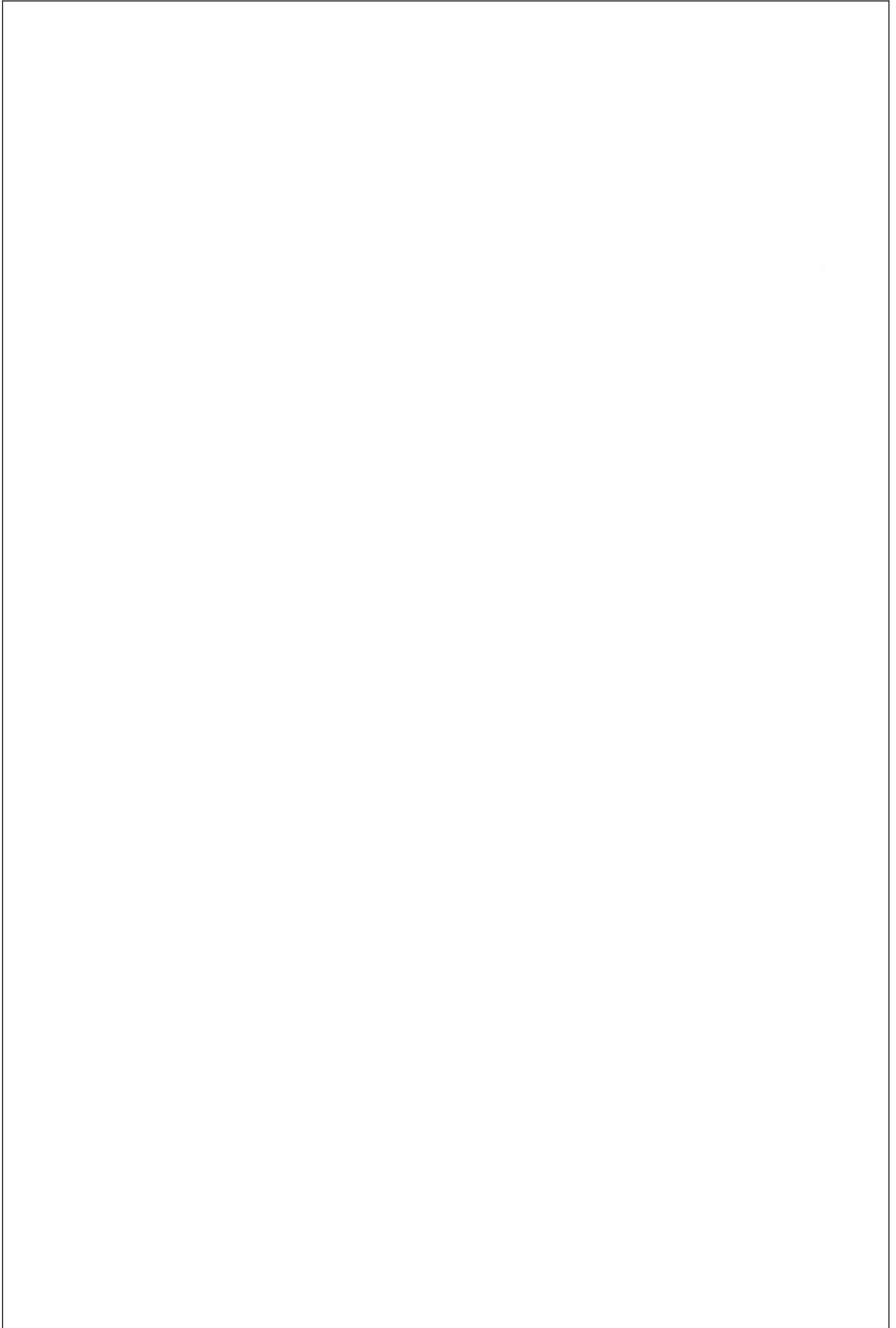


图 9-4 工业 CT 装置内部结构及主射线照射范围示意图

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、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。

典型的 X 射线管结构图见图 9-5。

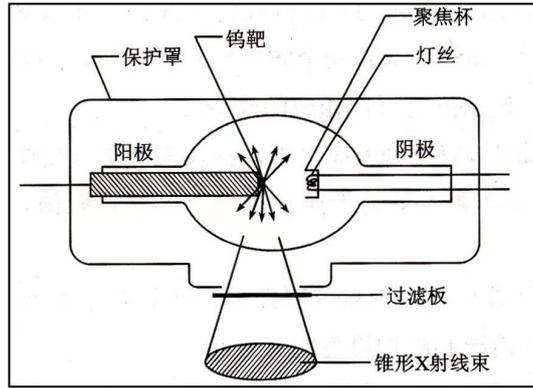


图 9-5 典型的 X 射线管结构图

2.1 X 射线检测装置

X 射线检测装置由整机控制器系统、X 射线系统、图像重建系统、机械传动系统、防护机柜、冷却系统、监视器等几部分组成。其结构工作原理如图 9-6。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。机械传动系统实现计算机扫描时工件的旋转或平移，以及射线源-工件-探测器空间位置的调整；探测器系统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。图像重建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。防护机柜用于射线安全防护。

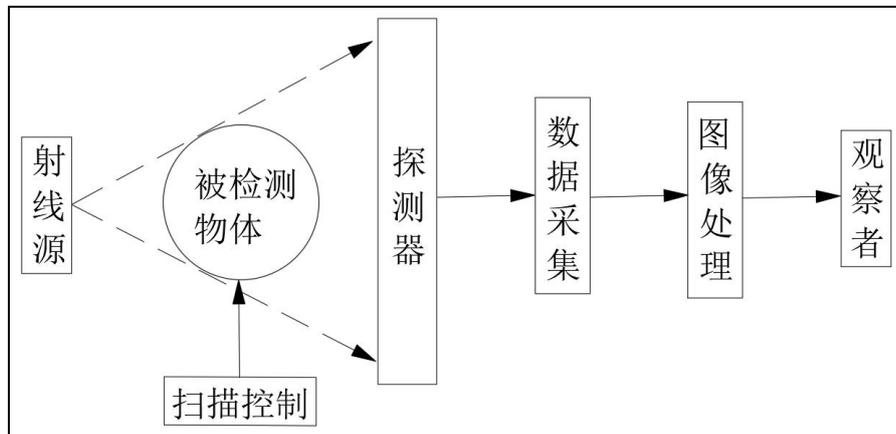


图 9-6 X 射线检测装置原理图

2.2 工业CT装置

工业CT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。

工业 CT 装置可实现样品三维微观结构的扫描，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。

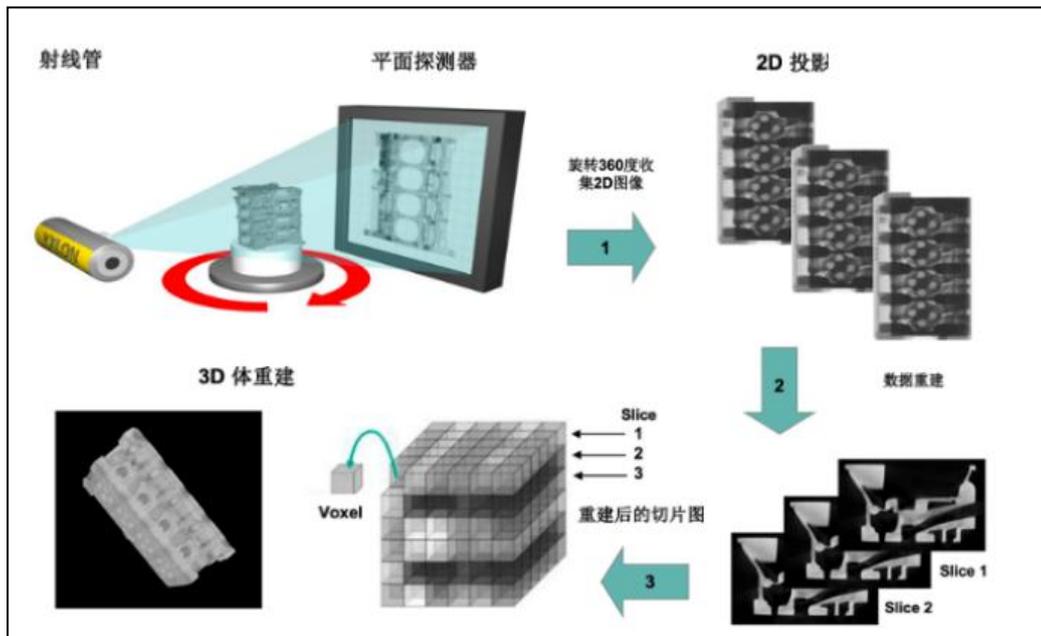


图9-7 工业CT装置原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

3.1 X射线检测装置

X射线检测装置工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置检测室内，辐射工作人员在装置操作台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 设备启用前，辐射工作人员检查各辐射安全装置的有效性；
- 2) 辐射工作人员到达操作台，启动主电源开关，启动检测装置控制界面；
- 3) 辐射工作人员打开工件门；
- 4) 辐射工作人员将工件送入铅房内载物台上，将工件调整至合适的位置；
- 5) 确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- 6) 辐射工作人员开启X射线检测装置进行无损检测，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移动工件调整至不同位置及调整射线管位置，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；
- 7) 曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件，关闭工件门；
- 8) 辐射工作人员在操作台对图像进行分析，判断工件质量、缺陷等；
- 9) 全部检测完成，装置关机。

本项目X射线检测装置工作流程及产污环节如下图所示：

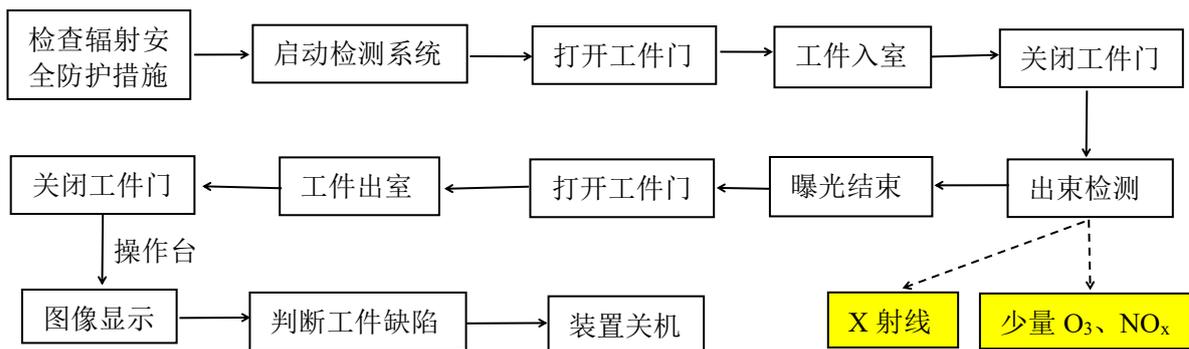


图 9-8 X 射线检测装置工作流程及产污环节

此外，若X射线检测装置长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程也产生X射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目X射线检测装置设置自动训机功能，装置训机曝光时间包含在年最大曝光时间1000h内。

3.2 工业CT装置

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

- 1) 设备启用前，辐射工作人员检查各辐射安全装置的有效性；
- 2) 辐射工作人员到达操作台，启动主电源开关，启动检测装置控制界面；
- 3) 辐射工作人员打开工件门；
- 4) 辐射工作人员将工件送入铅房内载物台上，将工件调整至合适的位置；
- 5) 确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- 6) 辐射工作人员开启工业CT装置进行无损检测，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移动工件调整至不同位置及调整射线管位置，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；
- 7) 曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件，关闭工件门；
- 8) 辐射工作人员在操作台对图像进行分析，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；
- 9) 全部检测完成，装置关机。

本项目工业 CT 装置工作流程如下图所示：

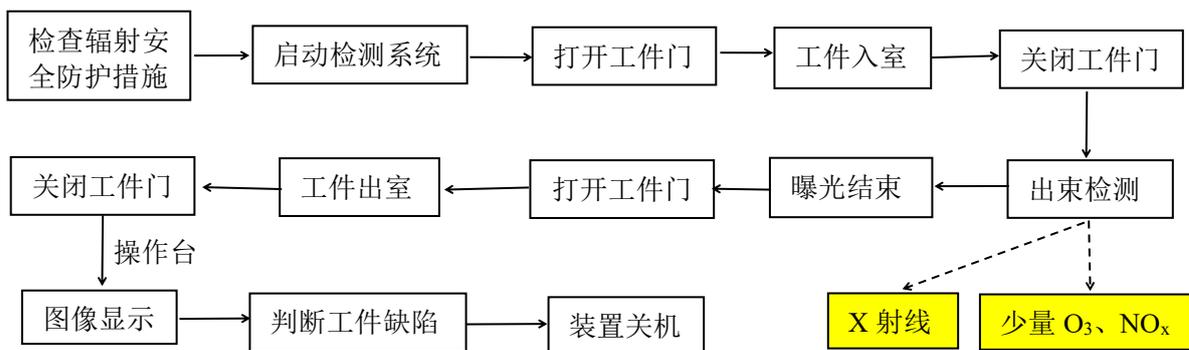


图 9-9 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节

此外，若工业CT装置长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程也产生X射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目工业CT装置设置自动训机功能，装置训机曝光时间包含在年最大曝光时间1000h内。

4.工件信息

本项目X射线检测装置检测的工件为流道板总成，工件为不规则形状，直径最大为500mm，材质为铝合金；本项目工业CT装置检测的工件为钎焊液冷板，长度为1500mm~2100mm，宽度为200mm~1200mm，厚度为40mm~50mm，材质为铝材。

5.人员配置及工作制度

常州恒创热管理系统股份有限公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员。本项目单台 X 射线检测装置及单台工业 CT 装置预计每周曝光时间最大约为 20h，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 1000h。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.辐射工作场所人流及物流路径

6.1 X 射线检测装置

人流：本项目辐射工作人员由三分厂压铸车间一楼东侧车间门进入车间内部，经车间过道至三坐标检测室本项目检测区，在 X 射线检测装置前侧进行工件摆放，在操作台进行检测参数设置、检测曝光、分析检测结果，检测工作结束后由三分厂压铸车间一楼东侧车间门离开。

物流：本项目工件由拖车运送至三分厂压铸车间一楼三坐标检测室本项目检测区，在 X 射线检测装置检测室（铅房）内进行无损探伤检测，检测完成后合格产品运送至仓库储存，不合格产品原路返回。

图9-10 本项目X射线检测装置辐射工作场所人流及物流路径

6.2 工业 CT 装置

人流：本项目辐射工作人员由六分厂钎焊车间二楼东侧楼梯上二楼，经车间过道至本项目检测区，在工业 CT 装置前侧进行工件摆放，在操作台进行检测参数设置、检测曝光、分析检测结果，检测工作结束后由六分厂钎焊车间二楼东侧楼梯离开。

物流：本项目工件由拖车运送至六分厂钎焊车间二楼本项目检测区，在工业 CT 装置检测室（铅房）内进行无损探伤检测，检测完成后合格产品运送至仓库储存，不合格产品原路返回。

图9-11 本项目工业CT装置辐射工作场所人流及物流路径

7. 原有工艺不足和改进情况

公司现有 1 台 X 射线数字成像检测系统因成像检测系统问题，不能匹配、满足本次需检测产品流道板总成质量检测需求，因此本项目拟扩建 1 台 X 射线检测装置以满足生产的流道板总成质量检测需求；同时现有 1 台 X 射线数字成像检测系统因不能 3D 成像，无法满足生产的钎焊液冷板质量进一步精细检测，因此本项目拟再配备 1 台工业 CT 装置对生产的钎焊液冷板质量进行更加精细的检测。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由 X 射线检测装置、工业 CT 装置工作原理可知，X 射线检测装置、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 X 射线检测装置、工业 CT 装置在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。本项目运行后不会产生放射性固体废物及放射性废水。

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。

1.1 X 射线检测装置

本项目 X 射线检测装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 2.5mA，最大功率 400W。射线管厂家为伟杰科技苏州有限公司，根据厂家提供资料（见附件 7），本项目工业 CT 装置射线管滤过为 1.5mm of Ultem（聚醚酰亚胺）。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 中滤过条件未存在该滤过条件，因此根据厂家给出的射线管输出量说明（附件 7），可知 160kV，1mA 条件下射线管焦点 1m 处的输出量为 $1.55E+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 中取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5E+03\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，即泄漏射线源强。散射辐射能量根据辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽 P448，根据康普顿散射原理和相应公式如下：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos\theta)}{511}}$$

式中： E_0 ： 散射前电压，kV，取160kV；

θ ： 散射角度，考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射， $\cos 90^\circ = 0$ 。

根据计算可知 160kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 $E=122\text{kV}$ 。汇总见表 9-2。

1.2 工业 CT 装置

本项目工业 CT 装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 1mA，最大功率 100W。射线管厂家为高美（GULMAY），根据厂家提供资料（见附件 7），本项目 X 射线检测装置射线管固有滤过为 1mm 铍+2mm 玻璃+9.28mm 油（等效）+2mm 塑料。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 中滤过条件未存在该滤过条件下源强数据, 因此根据厂家给出的射线管输出量说明(附件 7), 可知 160kV, 0.625mA 条件下射线管焦点 1m 处的辐射输出辐射剂量率为 0.81Sv/h。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表 1 中取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5E+03\mu\text{Sv/h}$, 即泄漏射线源强。散射辐射能量根据辐射防护手册(第一分册)辐射源与屏蔽 P448, 根据康普顿散射原理和相应公式如下:

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos\theta)}{511}}$$

式中: E_0 : 散射前电压, kV, 取 160kV;

θ : 散射角度, 考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射, $\cos 90^\circ = 0$ 。

根据计算可知 160kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 $E=122\text{kV}$ 。

汇总见表 9-2。

表9-2 本项目射线装置输出量参数一览表

序号	射线装置名称、型号	1m 处有用线束辐射输出剂量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	$H_0 \cdot I$ 1m 处有用线束辐射输出剂量率 1m 处 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 1m 处输出量 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 能量 (kV)
1	HT5000 型 X 射线检测装置	1.55E+06	/	2.5E+03	122
2	SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置	/	8.1E+05	2.5E+03	122

2. 非辐射污染源分析

2.1 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, 预计月排放量为 60kg, 年排放量为 720kg。

2.2 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 4.8m^3 , 年排放量为 57.6m^3 。

2.3 气体废物

X 射线像检测装置、工业 CT 装置在工作状态时, 会使检测室(铅房)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****1.1 X 射线检测装置**

本项目 X 射线检测装置设计有操作台与检测室，操作台与检测室分开独立设置，操作台位于装置检测室西侧，X 射线管主射线固定朝东侧照射，主射线照射范围为底部、东侧及顶部屏蔽体，操作台已避开主射线照射范围；本项目 X 射线检测装置北侧、东侧均为墙壁，南侧、西侧拟设置栅栏，均与保护目标公众人员物理分隔；本项目 X 射线检测装置布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求。本项目 X 射线检测装置工作场所布局设计基本合理。

本项目拟将 X 射线检测装置检测室作为控制区，将 X 射线检测装置东侧和北侧墙壁、南侧和西侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区，入口位于监督区西南侧，南侧、西侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。本项目分区的划分符合《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 X 射线检测装置监督区及控制区示意图见图 10-1。

图 10-1 本项目 X 射线检测装置监督区及控制区示意图

表 10-1 本项目 X 射线检测装置辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	X 射线检测装置检测室	将 X 射线检测装置东侧和北侧墙壁、南侧和西侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区
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，X 射线检测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。	监督区为辐射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。
辐射防护措施	X 射线检测装置表面外拟粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	东侧、南侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。

1.2 工业 CT 装置

本项目工业 CT 装置设计有操作台与检测室，操作台与检测室分开独立设置，操作台位于装置检测室南侧，X 射线管主射线固定朝北侧照射，主射线照射范围为北侧屏蔽体，操作台已避开主射线照射范围；本项目工业 CT 装置北侧、西侧为车间墙壁，东侧、南侧拟设置栅栏，均与保护目标公众人员物理分隔；本项目工业 CT 装置布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求。本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。

本项目拟将工业 CT 装置检测室作为控制区，将工业 CT 装置西侧和北侧墙壁、东侧和南侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区，入口位于监督区西南侧，东侧、南侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-2。

图 10-2 本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图

表 10-2 本项目工业 CT 装置辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	工业 CT 装置检测室	将工业 CT 装置西侧和北侧墙壁、东侧和南侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区
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。	监督区为辐射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。
辐射防护措施	工业 CT 装置表面外拟粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	西侧、东侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

2.1 X 射线检测装置

本项目 X 射线检测装置由检测室和操作台组成。

X 射线检测装置整体尺寸为 1620mm（长）×1580mm（宽）×2096mm（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，工件门朝南摆放。检测室（铅房）四周屏蔽体（含工件门）及顶部、底部屏蔽体均为 2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板。

本项目 X 射线检测装置工件门门洞尺寸为 620mm（宽）×1490mm（高），工件门尺寸为 680mm（宽，2 扇总宽度）×1568mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 30mm，上、下各为 39mm，2 扇工件门中缝搭接 30mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度、工件门中缝的缝隙宽度均为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分、工件门中缝搭接重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目 X 射线检测装置检测室电缆穿孔位于检测室的后侧左下方，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅罩结构，铅板厚度 8mm。本项目 X 射线检测装置检测室不设置通风系统，通过开关工件门进行通风换气。

本项目装置屏蔽参数见表 10-3。

表 10-3 X 射线检测装置屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
HT5000 型 X 射线检测装置	检测室东侧屏蔽体	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	检测室南侧屏蔽体 (包含工件门)	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	检测室西侧屏蔽体	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	检测室北侧屏蔽体	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	检测室底部屏蔽体	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	检测室顶部屏蔽体	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	电缆孔	2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板
	搭接参数	工件门门洞尺寸为 620mm（宽）×1490mm（高），工件门尺寸为 680mm（宽，2 扇总宽度）×1568mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 30mm，上、下各为 39mm，2 扇工件门中缝搭接 30mm

2.2 工业 CT 装置

本项目工业 CT 装置由检测室和操作台组成。

工业 CT 装置整体尺寸为 1745mm（长）×1271mm（宽）×2900mm（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，工件门朝西摆放；设

置检修门一扇，无屏蔽，仅为电气柜检修门，与铅房内部不相通。检测室（铅房）东侧、西侧（含工件门）、南侧屏蔽体均为3mm钢板+8mm铅板，北侧、顶部屏蔽体为4mm钢板+14mm铅板，底部为2mm钢板+8mm铅板。

本项目工业CT装置工件门门洞尺寸为570mm（宽）×1500mm（高），工件门尺寸为690mm（宽）×1650mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为60mm，上、下各为75mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍。

本项目工业CT装置检测室电缆穿孔位于检测室的南侧下方，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖铅迷宫防护罩，铅板厚度8mm。本项目在工业CT检测室南侧屏蔽体上方设置通风孔，在通风孔外设置8mm铅迷宫防护罩进行射线屏蔽。

本项目装置屏蔽参数见表10-4。

表10-4 工业CT装置屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
SEAMASTER PRO型工业 CT装置	检测室东侧屏蔽体	3mm钢板+8mm铅板
	检测室南侧屏蔽体	3mm钢板+8mm铅板
	检测室西侧屏蔽体 (包含工件门)	3mm钢板+8mm铅板
	检测室北侧屏蔽体	4mm钢板+14mm铅板
	检测室底部屏蔽体	2mm钢板+8mm铅板
	检测室顶部屏蔽体	4mm钢板+14mm铅板
	电缆孔	3mm钢板+8mm铅板
	通风孔	2mm钢板+8mm铅板
	搭接参数	工件门门洞尺寸为570mm（宽）×1500mm（高），工件门尺寸为690mm（宽）×1650mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为60mm，上、下各为75mm

3. 工作场所辐射安全和防护措施

建设单位参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表10-5 本项目X射线检测装置拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置
1	曝光室与操作室分开	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目X射线检测装置设计有操作台与检测室，操作台与检测室分开独立设置，操作台位于装置检测室西侧，X射线管主射线固定朝东侧照射，主射线照射范围为底部、东侧及顶部屏蔽体，操作台已避开主射线照射范围。

2	门机联锁	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目 X 射线检测装置工件门设有门机联锁装置，工件门被意外打开时，X 射线检测装置能立即停止出束照射。X 射线检测装置应在工件门关闭后才能进行探伤作业。
3	指示灯和声音提示装置	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目 X 射线检测装置检测室外上方设有 1 个工作状态指示灯（出束照射时，指示灯显示“照射”字样），工作状态指示灯与 X 射线管联锁；拟在装置表面外张贴指示灯中文标识，且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。装置外部工作状态指示灯位于顶部明显位置，公众在远处即可观测到工作状态指示灯并远离。本项目 X 射线检测装置因放置于房间内使用，未设置声音提示装置。
4	视频监控	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目 X 射线检测装置检测室内设有摄像装置，通过电脑控制系统能清楚看见检测室内情况，避免误照射情况发生。
5	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目 X 射线检测装置表面外拟设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。
6	急停按钮	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目 X 射线检测装置操作台设有 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目 X 射线检测装置检测室内设有紧急停机按钮（1 个，位于平板探测器后方机架上），确保人员误入的情况下，能够通过按下此按钮停止出束，避免发生误照射事件。
7	通风	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目 X 射线检测装置检测室不设置通风系统，通过开关工件门进行通风换气。
8	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目 X 射线检测装置工作时，辐射工作人员无需进入检测室内，仅在检测室外操作；设备检修时，检修人员在断电情况下检修，检修完成在检测室外调试，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。

9	其他	/	<p>钥匙开关: 本项目 X 射线检测装置操作台位于 X 射线检测装置检测室外, 操作台上设有钥匙开关, 只有打开操作台钥匙开关后 X 射线检测装置才能出束, 钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。</p> <p>门缝搭接: 本项目 X 射线检测装置工件门门洞尺寸为 620mm (宽)×1490mm (高), 工件门尺寸为 680mm (宽, 2 扇总宽度)×1568mm (高), 工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 30mm, 上、下各为 39mm, 2 扇工件门中缝搭接 30mm, 工件门与装置外壳之间的缝隙宽度、工件门中缝的缝隙宽度均为 1mm, 工件门与装置外壳重叠部分、工件门中缝搭接重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。</p> <p>电缆孔防护: 本项目 X 射线检测装置检测室电缆穿孔位于检测室的后侧左下方, 其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅罩结构, 铅板厚度 8mm。</p>
<p>本项目辐射安全设施平面布置示意图见图 10-3。</p>			

图 10-3 本项目 X 射线检测装置辐射安全设施平面布置示意图

表 10-6 本项目工业 CT 装置拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置
1	曝光室与操作室分开	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目工业 CT 装置设计有操作台与检测室，操作台与检测室分开独立设置，操作台位于装置检测室南侧，X 射线管主射线固定朝北侧照射，主射线照射范围为北侧屏蔽体，操作台已避开主射线照射范围。
2	门机联锁	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目工业 CT 装置工件门设有门机联锁装置，工件门被意外打开时，工业 CT 装置能立即停止出束照射。工业 CT 装置应在工件门关闭后才能进行探伤作业。
3	指示灯和声音提示装置	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目工业 CT 装置检测室外前侧设有 1 个三色工作状态指示灯（通电状态绿灯亮，预备状态黄灯亮，照射状态红灯亮），同时设置 1 个警示灯带（照射状态时亮灯），工作状态指示灯与 X 射线管联锁；拟在装置表面外张贴指示灯中文标识，且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。装置外部工作状态指示灯位于装置前侧明显位置，公众在远处即可观测到工作状态指示灯并远离。本项目工业 CT 装置因放置于车间角落工作，未设置声音提示装置。

4	视频监控	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目工业 CT 装置检测室内设有摄像装置，通过电脑控制系统能清楚看见检测室内情况，避免误照射情况发生。
5	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目工业 CT 装置表面外拟设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。
6	急停按钮	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目工业 CT 装置操作台设有 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。
7	通风	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目工业 CT 装置采取工件门自然进风，南侧屏蔽体上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，最大程度上避免射线泄漏，检测室内部体积约为 3.26m ³ ，装置配置轴流风机进行排风，通风量为 182.4m ³ /h，能够满足每小时有效换气次数不小于 3 次的通风需求。
8	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目 X 射线检测装置、工业 CT 装置工作时，辐射工作人员无需进入检测室内，仅在检测室外操作；设备检修时，检修人员在断电情况下检修，检修完成在检测室外调试，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。
9	其他	/	<p>钥匙开关： 本项目工业 CT 装置操作台位于工业 CT 装置检测室外，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。</p> <p>门缝搭接： 本项目工业 CT 装置工件门门洞尺寸为 570mm（宽）×1500mm（高），工件门尺寸为 690mm（宽）×1650mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 60mm，上、下各为 75mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。</p> <p>电缆孔防护： 本项目工业 CT 装置检测室电缆穿孔位于检测室的右侧下方，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅罩结构，铅板厚度 8mm。</p>

本项目辐射安全设施平面布置示意图见图 10-4。

图 10-4 本项目工业 CT 装置辐射安全设施平面布置示意图

综上所述，以上辐射安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

4、工作场所探伤操作的放射防护要求

①每次使用 X 射线检测装置、工业 CT 装置检测前应检查门-机联锁装置、照射

信号指示灯等防护安全措施。

②辐射工作人员工作时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪（装置工作时用于周围巡测）。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离开 X 射线检测装置、工业 CT 装置，同时防止其他人靠近 X 射线检测装置、工业 CT 装置，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量 X 射线检测装置、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，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

④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，则不应开始无损检测工作。

⑤在每一次照射前，操作人员都应该确认 X 射线检测装置、工业 CT 装置内部没有人员驻留并关闭工件门。只有在工件门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始无损检测工作。

5、探伤设备退役措施

当 X 射线检测装置、工业 CT 装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

①X 射线检测装置、工业 CT 装置的 X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

②清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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，预计月排放量为 60kg，年排放量为 720kg。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 4.8m³，年排放量为 57.6m³；本项目产生的生活污水经厂区污水管网接管至武南污水处理厂集中处理。

3. 气体废物

①X 射线检测装置在工作状态时，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 X 射线检测装置不设置通风系统，通过开关工件门进行通风换气，气体废物通过工件门排放至三分厂压铸车间一楼三坐标检测室内。本项目 X 射线检测装置所在三分厂压铸车间一楼三坐标检测室及三分厂压铸车间较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好；将产生的少量臭氧和氮氧化物排至三分厂压铸车间室外，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。

②本项目工业 CT 装置检测室屏蔽体南侧上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，内含 8mm 铅板。本项目工业 CT 装置检测室内部体积约为 $1.244\text{m}\times 0.99\text{m}\times 2.649\text{m}=3.26\text{m}^3$ ，装置配置 1 个轴流风机进行排风，通风量为 $182.4\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时可通风约 55.9 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求；气体废物通过轴流风机排放至六分厂钎焊车间二楼。本项目工业 CT 装置所在六分厂钎焊车间二楼较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好；将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，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 射线检测装置、工业 CT 装置为整体购买设备，屏蔽体与检测系统为一体设计；设备安装时，屏蔽体随着设备一并从装置厂家运输至企业，现场无需屏蔽体的安装，仅涉及设备整机的安装。在设备安装组装过程中会产生少量的噪声、固体废物及液体废物。

①噪声

射线装置在安装组装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目评价范围大部分位于公司厂区内部、厂区外部分为农田，设备安装组装噪声经距离衰减及墙体屏蔽后，对周围环境的影响较小。

②固体废物

射线装置在组装过程中，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液体废物

射线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，经厂区污水管网接管至武南污水处理厂集中处理，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目 X 射线检测装置、工业 CT 装置通过内含铅板的检测室对 X 射线进行防护，根据常州恒创热管理系统股份有限公司所提供的数据，本项目运行后 X 射线检测装置、工业 CT 装置每台装置年曝光时间最大约为 1000h。本项目 X 射线检测装置采用最大管电压 160kV，最大管电流 2.5mA，进行预测计算。本项目工业 CT 装置，最大管电压 160kV 下，管电流 0.625mA；最大管电流 1mA 下，管电压 100kV；由于 160kV 下 $H0 \times I$ 影响大于 100kV 下 $H0 \times I$ ，因此本项目工业 CT 装置采用最大管电压 160kV，最大管电流 0.625mA，进行预测计算。

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/T 250-2014）中的计算公式。

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) 中有线束屏蔽估算的计算公式:

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

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 : 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 取值见表 9-2;

B : 屏蔽透射因子, 因本项目 2 台装置 X 射线管的阳极靶材料均为钨, 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 2 中查取相应管电压在铅中的半值层厚度 HVL, 160kV 下铅的半值层为 0.3mm, 然后按公式 $2^{-X/\text{HVL}}$ 计算 B 值。

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

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

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 1, 取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

B : 屏蔽透射因子, 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 2 中查取相应管电压在铅中的半值层厚度 HVL, 160kV 下铅的半值层为 0.3mm, 然后按公式 $2^{-X/\text{HVL}}$ 计算 B 值。

R : 辐射源点(靶点) 至关注点的距离, m。

② 散射辐射

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

式中： \dot{H} ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值见表 9-2；

B ：屏蔽透射因子，先根据辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽 P448，根据康普顿散射原理和相应公式 160kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 $E=122\text{kV}$ ；再根据《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》(GBZ 41476.3-2022)中表 2 插值得 122kV 下铅的半值层厚度为 0.3mm，然后按公式 $2^{-X/\text{HVL}}$ 计算 B 值；

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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B 表 B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

3. 参考点的周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

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

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

t ：探伤装置周照射时间，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

4.1 X 射线检测装置

图 11-1 X 射线检测装置各关注点位示意图

表 11-1 X 射线检测装置有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点		
铅厚度 (mm)			
I (mA)			
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)			
HVL (mm)			
B			
R (m)			
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)			
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足

注：①R 取值见图 11-1，取装置表面外 30cm 距离，保守舍去小数点后数字；保守不考虑钢板屏蔽作用；底部不接地，保守按地面考虑；

②底部 $R=1.305+0.121=1.426\text{m}$ 。

表 11-2 X 射线检测装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点				
	南侧（含工件门）②	西侧③	北侧（含电缆孔）④	顶部⑤-1	底部⑥-1
铅厚度 (mm)					
泄漏辐射	HVL (mm)				
	B_1				
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)				
	R (m)				
散射辐射	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
	散射线能量 (kV)				
	HVL (mm)				
	B_2				
	I (mA)				
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)				
	$F * \alpha / R_0$				
	R_s (m)				
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)					
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足

注：①R 值根据图 11-1 取值，取装置表面外 30cm 为关注点，保守舍去小数点后数字；保守不考虑钢板屏蔽作用；底部不接地，保守按地面考虑；

②底部 $R=0.399+0.121=0.520\text{m}$ 。

4.2 工业 CT 装置

图 11-2 工业 CT 装置各关注点位示意图

表 11-3 工业 CT 装置有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点	
铅厚度 (mm)		
$H_0 \cdot I$ ($\mu\text{Sv/h}$)		
HVL (mm)		
B		
R (m)		
\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)		
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	
评价	满足	

注: ① $H_0 \cdot I = 8.1E+05 \mu\text{Sv/h}$;

②R 取值见图 11-1, 取装置表面外 30cm 距离; 保守不考虑钢板屏蔽作用。

表 11-4 工业 CT 装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点				
	南侧 (含电缆孔、通风孔) ①	西侧 (含工件门) ②	东侧④	顶部⑤	底部⑥
铅当量厚度 (mm)					
泄漏辐射	HVL (mm)				
	B_1				
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)				
	R (m)				
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
散射辐射	散射线能量 (kV)				
	HVL (mm)				
	B_2				
	$H_0 \cdot I$ ($\mu\text{Sv/h}$)				
	$F * \alpha / R_0$				
	R_s (m)				
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)				
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)					
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足

注: ①R 值根据图 11-1 取值, 取装置表面外 30cm 为关注点; 保守不考虑钢板屏蔽作用; 底部不接地, 保守按地面考虑。

根据表 11-1~表 11-4 中预测结果, 当本项目 X 射线检测装置及工业 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《工业探伤放射防护标准》

(GBZ117-2022) 中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

4.3 剂量率叠加

(1) X 射线检测装置

本项目 X 射线检测装置位于三分厂压铸车间一楼三坐标检测室，50m 评价范围内无任何射线装置，同时与厂区内其他射线装置评价范围也无交叉，因此本项目 X 射线检测装置不考虑其他射线装置的辐射环境影响。本项目 X 射线检测装置满功率运行时，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) 中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

(2) 工业 CT 装置

本项目工业 CT 装置位于六分厂钎焊车间二楼检测区，六分厂钎焊车间一楼检测区现有 1 台 X 射线数字成像检测装置，两台射线装置均位于对方 50m 评价范围内，根据 X 射线数字成像检测装置验收检测报告(附件 6)可知，装置正常运行时，装置表面外最大剂量率为 162nSv/h ($1.62\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$)，本项目工业 CT 装置表面外最大剂量率为 $5.48\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，保守不考虑距离衰减，叠加后为 $1.62\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

5.反散射辐射影响分析

5.1 X 射线检测装置

根据表 11-1，本项目 X 射线检测装置顶部外 30cm 处辐射剂量率为 $8.76\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $8.76\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ；本项目 X 射线检测装置底部外辐射剂量率为 $1.79\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，经地面反散射到达装置表面外辐射剂量率远小于 $1.79\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ；二者保守叠加四周屏蔽体外的最大剂量率 $1.33\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ 后为 $4.0\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

5.2 工业 CT 装置

根据表 11-4，本项目工业 CT 装置顶部外 30cm 处辐射剂量率为 $8.15\text{E-}11\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $8.15\text{E-}11\mu\text{Sv/h}$ ；本项目工业 CT 装置底部外辐射剂量率为 $5.48\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，经地面反散射到达装置表面外辐射剂量率远小于 $5.48\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ；保守叠加四周屏蔽体外的最大剂量率 $2.38\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ 后为 $7.86\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中辐射屏蔽剂

量率参考控制水平要求。

6. 电缆孔、通风孔辐射影响分析

6.1 电缆孔辐射影响分析

本项目 X 射线检测装置电缆孔采用内罩迷宫铅防护罩、工业 CT 装置电缆孔均采用外罩迷宫铅防护罩，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆孔，X 射线进入电缆孔后散射示意图如图 11-3、图 11-4。X 射线进入电缆孔均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 X 射线检测装置、工业 CT 装置电缆孔设计能够满足辐射防护要求。

图 11-4 工业 CT 装置电缆孔散射示意图（单位：mm）

6.2 通风孔辐射影响分析

本项目 X 射线检测装置不设置通风孔，通过开关工件门进行通风换气。

本项目工业 CT 装置通风孔采用外罩铅迷宫防护罩，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射通风孔，X 射线进入通风孔后散射示意图如图 11-5。X 射线进入通风孔均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。”，本项目工业 CT 装置通风孔设计能够满足辐射防护要求。

图 11-5 通风孔散射示意图（单位：mm）

7. 门缝搭接屏蔽效果评价

本项目 X 射线检测装置工件门门洞尺寸为 620mm（宽） \times 1490mm（高），工件门尺寸为 680mm（宽，2 扇总宽度） \times 1568mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 30mm，上、下各为 39mm，2 扇工件门中缝搭接 30mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度、工件门中缝的缝隙宽度均为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分、工件门中缝搭接重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目工业 CT 装置工件门门洞尺寸为 570mm（宽） \times 1500mm（高），工件门尺寸为 690mm（宽） \times 1650mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各

为 60mm，上、下各为 75mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，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. 保护目标剂量评价

8.1 X 射线检测装置

根据表 11-1、11-2 中预测结果，本项目 X 射线检测装置四周（除顶部、底部）表面外 30cm 处辐射剂最大为 $1.33E-02\mu\text{Sv/h}$ ，以此来估算辐射工作人员年有效剂量。

表 11-5 辐射工作人员周/年有效剂量估算结果

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	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)	结论
X 射线检测装置操作台									满足

注：本项目 X 射线检测装置周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h。

本项目 X 射线检测装置四周保护目标处辐射剂量率保守按照装置同侧辐射剂量率进行预测计算。

表 11-6 周围公众及保护目标周/年有效剂量估算结果

关注点	关注点方位及最近距离	使用因子 U	居留因子	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)	剂量约束值 (mSv/年)
厂区道路								
农田								
三坐标检测室过道								
三坐标检测室三坐标检测区								
楼梯间、电梯间、配电间								
厂区道路								
七分厂								
三坐标检测室过道								
车间过道								
生产区1 (含物流通道、周边通道、给汤通道)								

模具存放及维修区
卫生间1
抛丸区
车间过道
生产区2
厂区道路
农田
包材库、仓库、楼梯间、电梯间、配电间、卫生间2
生产区3 (含物流通道)

注：①本项目 X 射线检测装置周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h。

从表 11-5、11-6 中预测结果可以看出，本项目 X 射线检测装置满功率运行时，辐射工作人员所受周有效剂量最大为 $2.66E-01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $1.33E-02\text{mSv}$ ；周围公众所受周有效剂量最大为 $1.75E-01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $8.76E-03\text{mSv}$ 。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该位置，相应有效剂量也不会高于该位置。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，周有效剂量不超过 100 μSv ；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 μSv ）。

8.2 工业 CT 装置

根据表 11-3、11-4 中预测结果，本项目工业 CT 装置四周（除顶部、底部）表面外 30cm 处辐射剂最大为 $2.38E-04\mu\text{Sv/h}$ ，以此来估算辐射工作人员年有效剂量。

表 11-7 辐射工作人员周/年有效剂量估算结果

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	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)	结论
工业 CT 辐射工作人员操作台								

现有 X 射线 数字成像 检测装置 操作台								
<p>注：①本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h。 ②取自表 11-4，保守取工业 CT 装置底部辐射剂量率进行预测计算。</p> <p>本项目工业 CT 装置四周保护目标处辐射剂量率保守按照装置同侧辐射剂量率进行预测计算。</p>								
表 11-8 周围公众及保护目标周/年有效剂量估算结果								
关注点	关注点方位 及最近距离	使用 因子 U	居留 因子	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)	剂量约 束值 (mSv/ 年)
六分 厂 钎 焊 车 间 二 层	待喷粉区							
	氦检区							
	生产区							
	电梯、楼梯 及过道							
	车间过道							
	待包装区、 预留区							
	绝缘检测区							
	成品暂存区							
	会议室							
厂区道路								
农田								
一楼钎焊仓库 (二楼、三楼制 冷-平行流)								
三楼	成品 和包 材区							
一楼	冷却 区域、 封闭 室、除 尘器 放置 区域、							

	热熔室、粉底室、打包区、氩检区、喷粉返修区、打磨房等	
<p>注：①本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h； ②东南侧保护目标剂量率保守取东侧保护目标剂量率。</p> <p>综上所述，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 $1.10E-02\mu\text{Sv}$，年有效剂量最大为 $5.48E-04\text{mSv}$；周围公众所受周有效剂量最大为 $1.10E-02\mu\text{Sv}$，年有效剂量最大为 $5.48E-04\text{mSv}$。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该位置，相应有效剂量也不会高于该位置。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，周有效剂量不超过 100μSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5μSv）。</p> <h3>8.3 辐射剂量叠加影响预测</h3> <h4>（1）X 射线检测装置</h4> <p>本项目 X 射线检测装置位于三分厂压铸车间一楼三坐标检测室，50m 评价范围内无任何射线装置，同时与厂区内其他射线装置评价范围也无交叉，因此本项目 X 射线检测装置保护目标附加剂量不考虑其他射线装置的辐射环境影响。</p> <h4>（2）工业 CT 装置</h4> <p>本项目工业 CT 装置位于六分厂钎焊车间二楼检测区，六分厂钎焊车间一楼检测区现有 1 台 X 射线数字成像检测装置，两台射线装置均位于对方 50m 评价范围内，因此本项目工业 CT 装置保护目标附加剂量考虑现有 1 台 X 射线数字成像检测装置附加剂量。</p> <p>辐射工作人员：根据现有 1 台 X 射线数字成像检测装置辐射工作人员个人剂量年度检测报告可知，辐射工作人员年最大附加有效剂量为 0.1431mSv，周附加有效剂量 $0.1431/50=2.86E-03\text{mSv}=2.86\mu\text{Sv}$，叠加该射线装置影响，汇总结果如下：</p>		

表 11-9 辐射工作人员周/年有效剂量估算结果

关注点	工业 CT 附加周有效受照剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	现有 X 射线数字成像检测装置检测附加周有效受照剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	合计	目标管理值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	工业 CT 附加年有效受照剂量 (mSv/a)	现有 X 射线数字成像检测装置检测附加年有效受照剂量 (mSv/a)	合计	剂量约束值 ($\text{mSv}/\text{年}$)
工业 CT 辐射工作人员								
现有 X 射线数字成像检测装置检测								

周围公众: 周围公众考虑现有 1 台 X 射线数字成像检测装置最近保护目标附加受照剂量叠加影响, 周有效受照剂量 $2.86 \times 1/8 = 3.58\text{E-}01\mu\text{Sv}$, 年有效受照剂量 $0.1431 \times 1/8 = 1.79\text{E-}02\text{mSv}$, 汇总结果如下:

表 11-10 周围公众及保护目标年有效剂量估算结果

关注点	工业 CT 附加周有效受照剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	现有 X 射线数字成像检测装置检测附加周有效受照剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	合计	目标管理值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	工业 CT 附加年有效受照剂量 (mSv/a)	现有 X 射线数字成像检测装置检测附加年有效受照剂量 (mSv/a)	合计	剂量约束值 ($\text{mSv}/\text{年}$)
周围公众								

综上所述, 本项目工业 CT 装置满功率运行时, 叠加现有 1 台 X 射线数字成像检测装置附加有效剂量后, 辐射工作人员所受周有效剂量最大为 $2.87\mu\text{Sv}$, 年有效剂量最大为 $1.44\text{E-}01\text{mSv}$; 周围公众所受周有效剂量最大为 $3.69\text{E-}01\mu\text{Sv}$, 年有效剂量最大为 $1.84\text{E-}02\text{mSv}$ 。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该位置, 相应有效剂量也不会高于该位置。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 , 周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$; 公众年有效剂量不超过 0.1mSv , 周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$)。

事故影响分析

1) 主要事故风险

①X 射线检测装置、工业 CT 装置门机联锁失效，导致设备工件门未关闭就对工件进行曝光检测，或在工作状态中，设备工件门被意外打开，X 射线检测装置未能立即停止出束照射，致使人员收到意外照射。

②X 射线检测装置、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定期检查门机联锁装置，确保无损检测工作正常进行；

③X 射线检测装置、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；

⑥厂家专业人员维修严禁自行拆装维修。

常州恒创热管理系统股份有限公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对 X 射线检测装置、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 X 射线检测装置、工业 CT 装置操作，每次操作前检查 X 射线检测装置、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 X 射线检测装置、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，制定辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应按照计划进行应急演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行，并形成记录。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类射线装置及放射源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，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”。

常州恒创热管理系统股份有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。公司现有 3 名辐射工作人员（其中 1 人为辐射防护负责人，2 人为辐射操作人员，均已通过考核），公司拟为本项目新增配备 4 名辐射操作人员，新增辐射操作人员应在项目运行前自主在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，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，考核类型为“X 射线探伤”，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。此外，有新担任本项目辐射防护负责人的辐射工作人员仍需通过相关考核，考核类型为“辐射安全管理”。

辐射安全管理规章制度

常州恒创热管理系统股份有限公司已开展核技术利用项目，已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度，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。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理内，公司还应根据本项目情况对相关辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度要点提出如下建议进行完善：

- **岗位职责：**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：**完善本项目射线装置辐射人员的资质条件要求、射线装置操作流

程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确射线装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。建设单位应严格执行操作规程。

- **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，重点是射线装置的运行和维修时辐射安全管理。建设单位应严格执行辐射防护和安全保卫制度。
- **设备检修维护制度：**完善射线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，确保射线装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。
- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置使用具体情况完善，重点是射线装置使用状况的记录。
- **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：**方案中应明确监测频次和监测项目，委托有资质单位开展的监测结果应定期上报生态环境行政主管部门。
- **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）、《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）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）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、应急演练计划；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，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。
- **监测异常报告制度：**如果发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。如果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，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

常州恒创热管理系统股份有限公司应严格按照制度执行，日常维护保养、运行、定期安全检查须形成记录，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1. 监测方案

- 1) 委托有资质单位定期对射线装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；
- 2) 射线装置进行检测作业时公司辐射安全管理人员对射线装置周围的辐射水平进行监测（每月一次），并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。
- 3) 公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测及职业健康体检，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案及职业健康监护档案；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。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
射线装置	验收监测	X- γ 周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②射线装置表面外 30cm 处，工件门四周门缝及表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	年有效剂量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

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；常州恒创热管理系统股份有限公司已配备 1 台 X- γ 辐射剂量巡测仪和 2 台 X- γ 个人剂量报警仪，拟为本项目新增配备 4 台 X- γ 个人剂量报警仪，项目运行后应定期对射线装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

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

常州恒创热管理系统股份有限公司已依据《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。

常州恒创热管理系统股份有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，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。

常州恒创热管理系统股份有限公司应依据《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，在事故发生后一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》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。

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。

常州恒创热管理系统股份有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目射线装置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**

常州恒创热管理系统股份有限公司现有1台X射线数字成像检测系统因成像检测系统问题，不能匹配、满足本次需检测产品流道板总成质量检测需求，因此本项目拟扩建1台X射线检测装置以满足生产的流道板总成质量检测需求；同时现有1台X射线数字成像检测系统因不能3D成像，无法满足生产的钎焊液冷板质量进一步精细检测，因此本项目拟再配备1台工业CT装置对生产的钎焊液冷板质量进行更加精细的检测。本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，X射线检测装置及工业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，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其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. 辐射安全与防护分析结论**1) 选址、布局合理性**

本项目位于江苏省常州市武进区礼嘉镇建东路20号常州恒创热管理系统股份有限公司，常州恒创热管理系统股份有限公司厂区分分为生产区及宿舍区（包含宿舍、食堂、综合楼等建筑，供公司员工住宿、吃饭，公司部分行政办公使用），建友线北侧为生产区，建友线南侧为宿舍区；生产区东侧为高乡村及建友线道路；南侧隔建友线道路为宿舍区；西侧从南往北依次为桥前村、农田及江苏林辉塑料制品有限公司；北侧为农田。

本项目X射线检测装置拟建址位于三分厂压铸车间（共2层）一楼三坐标检测室，拟建址东侧依次为厂区道路、厂区外农田；南侧依次为三坐标检测室、楼梯、厂区道路和七分厂；西侧依次为三坐标检测室、车间过道、生产区1（含物流通道、周边通道、给汤通道）、模具存放及维修区、抛丸区和卫生间1；北侧依次为车间过道、生产区2、厂区道路、厂区外农田；楼上为包材库，楼下为土层。本项目X射线检测装

置摆放在三坐标检测室里，远离车间其余工作人员，项目选址合理。

本项目工业CT装置拟建址位于六分厂钎焊车间二楼检测区（摆放区域所在处为3层建筑，车间其余部分为1层建筑），拟建址东侧依次为待喷粉区、氩检区、生产区；南侧依次为车间过道、待包装区、预留区；西侧、北侧临空；楼上为成品及包材区；楼下为冷却设备区。本项目工业CT装置摆放于车间二楼西北角，远离车间其余工作人员，项目选址合理。

本项目X射线检测装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目X射线检测装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司三分厂压铸车间、厂区道路、七分厂及厂区外农田。本项目工业CT装置50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目工业CT装置50m范围内涉及常州恒创热管理系统股份有限公司六分厂钎焊车间、钎焊仓库（包括二楼、三楼制冷-平行流）、厂区道路及厂区外农田。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线检测装置、工业CT装置操作的辐射工作人员、从事原有1台X射线数字成像检测装置的辐射工作人员及2台装置周围公众。

2) 辐射防护措施

①X 射线检测装置

本项目 X 射线检测装置由检测室和操作台组成。

X 射线检测装置整体尺寸为 1620mm（长）×1580mm（宽）×2096mm（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，工件门朝南摆放。检测室（铅房）四周屏蔽体（含工件门）及顶部、底部屏蔽体均为 2.5mm 钢板+8mm 铅板+2.5mm 钢板。

本项目 X 射线检测装置工件门门洞尺寸为 620mm（宽）×1490mm（高），工件门尺寸为 680mm（宽，2 扇总宽度）×1568mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 30mm，上、下各为 39mm，2 扇工件门中缝搭接 30mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度、工件门中缝的缝隙宽度均为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分、工件门中缝搭接重叠部分均不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目 X 射线检测装置检测室电缆穿孔位于检测室的后侧左下方，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅罩结构，铅板厚度 8mm。本项目 X 射线检测装置检测室不设置通风系统，通过开关工件门进行通风换气。

②工业 CT 装置

本项目工业 CT 装置由检测室和操作台组成。

工业 CT 装置整体尺寸为 1745mm（长）×1271mm（宽）×2900mm（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前侧，工件门朝西摆放。检测室（铅房）东侧、南侧、西侧屏蔽体（含工件门）为 3mm 钢板+8mm 铅板，北侧、顶部屏蔽体为 4mm 钢板+14mm 铅板，底部为 2mm 钢板+8mm 铅板。

本项目工业 CT 装置工件门门洞尺寸为 570mm（宽）×1500mm（高），工件门尺寸为 690mm（宽）×1650mm（高），工件门与装置外壳搭接处重叠宽度左、右各为 60mm，上、下各为 75mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目工业 CT 装置检测室电缆穿孔位于检测室的南侧下方，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖铅迷宫防护罩，铅板厚度 8mm。本项目在工业 CT 检测室南侧屏蔽体上方设置通风孔，在通风孔外设置 8mm 铅迷宫防护罩进行射线屏蔽。

3) 辐射安全措施

①X 射线检测装置

本项目X射线检测装置工件门与装置设置门-机安全联锁装置，装置检测室外上方设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与X射线管联锁；定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；设备外表面设置“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X射线检测装置操作台及检测室内安装有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。操作台上拟设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后X射线检测装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。检测室内拟设置视频监控。

本项目拟将 X 射线检测装置检测室作为控制区，将 X 射线检测装置东侧和北侧墙壁、南侧和西侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区，入口位于监督区西南侧，南侧、西侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。

②工业 CT 装置

本项目工业CT装置工件门与装置设置门-机安全联锁装置，装置检测室外上方设置工作状态指示灯，检测室外表面设置警示灯带，工作状态指示灯、警示灯带与X射线管联锁；定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效；设备外表面设置“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装置操作台安装有紧急停机按钮，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。检测室内设置视频监控。

本项目拟将工业CT装置检测室作为控制区，将工业CT装置西侧和北侧墙壁、东侧和南侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区，入口位于监督区西南侧，东侧、南侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。

4) 通风措施评价

①X 射线检测装置在工作状态时，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 X 射线检测装置不设置通风系统，通过开关工件门进行通风换气，气体废物通过工件门排放至三分厂压铸车间一楼三坐标检测室内。本项目 X 射线检测装置所在三分厂压铸车间一楼三坐标检测室及三分厂压铸车间较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好；将产生的少量臭氧和氮氧化物排至三分厂压铸车间室外，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。

②本项目工业 CT 装置检测室屏蔽体南侧上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，内含 8mm 铅板。本项目工业 CT 装置检测室内部体积约为 $1.244\text{m} \times 0.99\text{m} \times 2.649\text{m} = 3.26\text{m}^3$ ，装置配置 1 个轴流风机进行排风，通风量为 $182.4\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时可通风约 55.9 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求；气体废物通过轴流风机排放至六分厂钎焊车间二楼。本项目工业 CT 装置所在六分厂钎焊车间二楼较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好；将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，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。

3. 辐射环境影响分析结论

本项目 X 射线检测装置、工业 CT 装置通过自带铅板对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目 X 射线检测装置、工业 CT 装置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）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员所受周有效剂量和年有效剂量、项目周围公众周有效剂量和年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB

18871-2002)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

4. 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 台辐射巡测仪及 2 台 X- γ 个人剂量报警仪,拟为本项目新增配备 4 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) 在项目运行前安排 4 名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) 常州恒创热管理系统股份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。在项目运行前完善辐射安全管理制度;本项目拟新增配备 4 名辐射工作人员;项目投运后,若新增辐射工作人员,上岗前应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,常州恒创热管理系统股份有限公司扩建 1 台 X 射线检测装置及 1 台工业 CT 装置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)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后且建成后根据《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;需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的,验收期限可以适当延期,但最长不超过 12 个月。建设单位在本项目建设完成,且取得辐射安全许可证后,应当对本项目进行竣工环保验收。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南(工业射线探伤类)》编制自评估报告,每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估,自评估报告作为年度评估报告附件,于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

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

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)
辐射防护措施	<p>①X射线检测装置 X射线检测装置整体尺寸为1620mm(长)×1580mm(宽)×2096mm(高),采用铅板+钢板对X射线进行屏蔽,定义工件门所在面为装置前侧,工件门朝南摆放。检测室(铅房)四周屏蔽体(含工件门)及顶部、底部屏蔽体均为2.5mm钢板+8mm铅板+2.5mm钢板。</p> <p>②工业CT装置 工业CT装置整体尺寸为1745mm(长)×1271mm(宽)×2900mm(高),采用铅板+钢板对X射线进行屏蔽,定义工件门所在面为装置前侧,工件门朝西摆放。检测室(铅房)东侧、南侧、西侧屏蔽体(含工件门)为3mm钢板+8mm铅板,北侧、顶部屏蔽体为4mm钢板+14mm铅板,底部为2mm钢板+8mm铅板。</p>	<p>能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的剂量率限值要求。</p> <p>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,周有效剂量不超过100μSv;公众年有效剂量不超过0.1mSv,周有效剂量不超过5μSv)。</p>	
辐射安全措施	<p>①X射线检测装置 本项目X射线检测装置工件门与装置设置门-机安全连锁装置,装置检测室外上方设置工作状态指示灯,工作状态指示灯与X射线管连锁;定期检查门-机连锁装置和工作状态指示灯,确保有效;设备外表面设置“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X射线检测装置操作台及检测室内安装有紧急停机按钮,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X射线检测装置才能出束,钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。检测室内设置视频监控。本项目拟将X射线检测装置检测室作为控制区,将X射线检测装置东侧和北侧墙壁、南侧和西侧栅栏围成的区域(含操作台在内)作为本项目监督区,入口位于监督区西南侧,南侧、西侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。</p> <p>②工业CT装置 本项目工业CT装置工件门与装置设置门-机安全连锁装置,装置检测室外上方设置工作状态指示灯,检测室外表面设置警示灯带,工作状态指示灯、警示灯带与X射线管连锁;定期检查门-机连锁装置和工作状态指示灯,确保有效;设备外表面设置“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</p>	<p>能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。</p>	

	<p>目工业CT装置操作台安装有紧急停机按钮，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。检测室内设置视频监控。</p> <p>本项目拟将工业CT装置检测室作为控制区，将工业CT装置西侧和北侧墙壁、东侧和南侧栅栏围成的区域（含操作台在内）作为本项目监督区，入口位于监督区西南侧，东侧、南侧监督区边界拟粘贴监督区警示标识。</p>		
	<p>岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。</p>	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定各项规章制度。	/
	<p>公司已配置1台辐射巡测仪及2台X-γ个人剂量报警仪，拟为本项目新增配备4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。</p>	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。	
污染防治措施	<p>废气：①X射线检测装置在工作状态时，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X射线检测装置不设置通风系统，通过开关工件门进行通风换气，气体废物通过工件门排放至三分厂压铸车间一楼三坐标检测室内。本项目X射线检测装置所在三分厂压铸车间一楼三坐标检测室及三分厂压铸车间较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好；将产生的少量臭氧和氮氧化物排至三分厂压铸车间室外，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。②本项目工业CT装置检测室屏蔽体南侧上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，内含8mm铅板。本项目工业CT装置检测室内部体积约为$1.244\text{m}\times 0.99\text{m}\times 2.649\text{m}=3.26\text{m}^3$，装置配置1个轴流风机进行排风，通风量为$182.4\text{m}^3/\text{h}$，每小时可通风约55.9次，能够满足每小时有效换气次数3次的通风需求；气体废物通过轴流风机排放至六分厂钎焊车间二楼。本项目工业CT装置所在六分厂钎焊车间二楼较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好；将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，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。</p>	<p>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环境影响较小。</p>	/
	<p>废水：本项目产生的生活污水经厂区污水</p>	<p>本项目产生的生活污水及生活</p>	/

	管网接管至武南污水处理厂集中处理。	垃圾能够妥善处理，对周围环境影响较小。	
	一般固废：本项目产生的生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运。		/
辐射安全管理	完善辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	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》完善安全管理机构。	/
	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、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	本项目拟配备4名辐射工作人员，通过辐射安全与防护考核。	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考核合格证。	定期投入
	委托有资质单位对所有辐射工作人员开展个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均应佩戴个人剂量计。（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月。个人剂量档案长期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）。	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量检测，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，个人剂量档案应当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。	定期投入
	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。）	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。