

核技术利用建设项目
科华控股股份有限公司
1 套工业用 X 射线 CT 装置扩建项目
环境影响报告表

科华控股股份有限公司（盖章）

2025 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
科华控股股份有限公司
1 套工业用 X 射线 CT 装置扩建项目
环境影响报告表

建设单位名称：科华控股股份有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏中关村科技产业园（昆仑街道中关村大道 399 号）

邮政编码：213300

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目概况	1
表 2 放射源	4
表 3 非密封放射性物质	4
表 4 射线装置	4
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	5
表 6 评价依据	6
表 7 保护目标与评价标准	9
表 8 环境质量和辐射现状	12
表 9 项目工程分析与源项	15
表 10 辐射安全与防护	21
表 11 环境影响分析	24
表 12 辐射安全管理	32
表 13 结论与建议	36
表 14 审批	40
附表 “三同时”措施一览表	41

附图

附图 1 地理位置图

附图 2 科华南厂区周边概况图（含项目周边 50m 范围）

附图 3 CT 室平面布置图

附图 4-1 2#厂房平面布置图

附图 4-2 实验中心平面布置图及二楼车间平面布置图

附图 5 辐射安全设施布局图

附图 6 本项目与溧阳市生态空间管控区域（调整后）的位置关系图

附件

- 附件 1 项目委托书
- 附件 2 现有 X 射线实时成像检测装置环评批复及竣工验收相关材料
- 附件 3 关于高能 X 射线 CT 检测系统参数的证明材料
- 附件 4 余桥厂区原有核技术利用项目停用及相关情况说明
- 附件 5 公司现有辐射安全许可证正本及副本
- 附件 6 本项目辐射环境现状监测报告及监测单位资质
- 附件 7 X 射线装置使用承诺书
- 附件 8 会议纪要及专家意见

表 1 项目概况

建设项目名称		1 套工业用 X 射线 CT 装置扩建项目				
建设单位		科华控股股份有限公司				
法人代表姓名		陈洪民	联系人		联系电话	
注册地址		常州市溧阳市昆仑街道镇前街 99 号				
项目建设地点		江苏中关村科技产业园（昆仑街道中关村大道 399 号）				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		3900	项目环保总投资（万元）	640	投资比例（%） (环保投资/总投资)	16.4
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)	40
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	/			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
		<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			
	其他	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类				/

项目概述

1、建设单位基本情况、项目建设规模及由来

科华控股股份有限公司成立于 2002 年 6 月，注册地位于常州市溧阳市昆仑街道镇前街 99 号，公司主要从事实业投资，生产汽车增压器、工程机械部件、液压泵、阀及其零部件、铸造材料、精密铸件，销售自产产品；从事上述同类产品及技术的进出口业务和国内批发业务。

公司在溧阳市共建设了三个厂区，分别位于溧阳市竹箦镇余桥村（以下简称“余桥厂区”）、江苏中关村科技产业园吴潭渡路 99 号、江苏中关村科技产业园昆仑街道中关村大道 399 号（以下简称“科华南厂区”）。

根据公司发展规划及产业布局调整计划，科华控股股份有限公司拟在科华南厂区集中进行公司金属铸件产品的无损检测，在 2#车间一层西北角的 CT 室拟新增一套高能 X

射线 CT 检测系统，设备工件门朝北，主射线方向朝西。

待测工件为公司及外部金属铸件，主要为汽车涡轮增压器零部件、工程机械配件、液压泵阀以及新能源汽车零部件等，待测工件尺寸最大直径约 600mm、最大高度为 1000mm，为不锈钢、铁件等金属铸件。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，年曝光时间约为 1000h，周曝光时间约为 20h。

本项目核技术利用情况见表 1-1。

表 1-1 射线装置情况一览表

序号	射线装置型号	数量(台)	管电压(kV)	最大管电流(mA)	额定功率(W)	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	备注
1	高能 X 射线 CT 检测系统 UX50	1	20~450	15	1500	II	科华南厂区 2#车间一楼 CT 室	使用	本次环评	未许可	定向

本项目装置属于 II 类射线装置，根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，使用 II 类射线装置的单位应当在申请许可证前编制环境影响评价报告表。受科华控股股份有限公司委托，我公司江苏净研工程技术有限公司承担了该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2、项目周边保护目标及选址情况

本项目位于科华南厂区现有厂区内，该厂区东面、北面为空地，厂区南面为立讯精密工业股份有限公司，厂区西面隔中关村大道为王家坝、江苏佳世达环保工程有限公司、江苏华力易电科技有限公司。科华南厂区周边概况见附图 2。

本项目高能 X 射线 CT 检测系统拟设置在科华南厂区 2#车间一层西北角的 CT 室，该区域为局部 5 层，无地下建筑，二层及以上为闲置区域（当前未规划用途）。2#车间一层划分为铸造车间和实验中心，实验中心又细分为 X-ray 室、CT 室、3D 打印室、电镜室、3D 扫描室、等离子光谱室、冲击实验室、氧氮氢分析室、展厅、办公区；铸造车间又细分为铸造区、通道、X-ray/CT 待检区、3D 打印配套仓储区。CT 室为一间有物理隔断的房间，其北面隔厂区道路为辅房，西面隔过道为 X-ray 室，东面为 X-ray/CT 待检区，南面为 3D 打印室。本项目厂区平面布置见附图 2-4。

本项目 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，主要涉及科华南厂区 2#车

间、辅房及厂区道路、空地等，CT室周边50m具体见附图2。

3、原有核技术利用和许可情况

余桥厂区原有1台X射线实时成像检测装置，型号为XYG-4503型，活动种类为使用，装置类别为II类。该台X射线实时成像检测装置于2014年11月13日经“常环核审[2014]51号”通过环评审批（附件2），于2016年7月22日经“常环核验[2016]24号”通过竣工环境保护验收；最新辐射安全许可证编号为“苏环辐证[D0267]”，有效期为2021年1月14日至2026年1月13日。该设备目前已搬迁至科华南厂区，已于2025年6月13日经“常环核审[2025]43号”通过环评批复（见附件2），正在准备办理新的辐射安全许可证。

表 1-2 现有射线装置情况一览表

序号	射线装置型号	数量(台)	管电压(kV)	管电流(mA)	额定功率(W)	射线装置类别	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	XYG-4503型X射线实时成像检测装置	1	450	3.5	1500	II	南厂区 2#车间 一楼 X-ray室	使用	常环核审 [2025]43号 2025年6月 13日	未许可	未验收	定向

因生产计划等原因，现有XYG-4503型X射线实时成像检测装置已长期未使用，原余桥厂区核技术利用场所已按要求封存（停用说明见附件4），故近一年未委托有资质的检测单位对辐射工作场所进行年度监测，也无近一年的辐射操作人员个人剂量检测报告。

公司已成立了辐射防护管理领导小组，制定了包括操作规程、辐射岗位职责、人员培训计划、辐射防护和安全管理制度等在内的辐射工作管理制度，公司历年未发生过辐射应急事故。由于现有XYG-4503型X射线实时成像检测装置已长期未使用，原余桥厂区核技术利用场所已按要求封存。近一年未进行辐射事故应急演练。

4、实践正当性分析

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

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq)/ 活度 (Bq)×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
本项目不涉及								

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素已经产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及										

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
本项目不涉及										

(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	高能 X 射线 CT 检测系统	II类	1 台	UX50	450	15	无损检测	科华南厂区 2#车间一楼 CT 室	

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	用途	工作场所	操作方式			备注
									活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

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

2. 含有放射性的废物要注明, 其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3) 和活度(Bq)。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），国家主席令第 24 号公布，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 6 月 28 日中华人民共和国主席令第六号公布，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订本），2017 年 7 月 16 日国务院令第 682 号公布，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号公布，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令第 709 号公布，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令 20 号）修改，2021 年 1 月 4 日公布实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(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》，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），2018 年 3 月 28 日江苏省人大常委会公告第 2 号公布，2018 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，2019 年 9 月 20 日生态环境部令第 9 号公布，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(14) 《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</p>
------------------	---

套文件的公告》，2019年10月24日生态环境部公告2019年第38号发布，2019年11月1日起施行；

（15）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，2019年10月21日生态环境部公告2019年第39号发布；

（16）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日；

（17）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日；

（18）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日；

（19）《关于印发<常州市“三线一单”生态环境分区管控实施方案>的通知》，常环〔2020〕95号，2020年12月31日；

（20）《江苏省自然资源厅关于溧阳市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕778号）；

（21）《江苏省生态空间管控区域管理办法》（苏政办发〔2021〕3号），2021年2月1日起施行；

（22）《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然资函〔2023〕880号），2023年10月11日发布。

技术标准	<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 核技术利用项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</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》(GB18871-2002)；</p> <p>(6) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及2017第1号修改单；</p> <p>(8) 《环境影响评价技术导则生态影响》(HJ19-2022)。</p>
其他	<p>与本项目有关的文件</p> <p>(1) 项目委托书(附件1)</p> <p>(2) 现有X射线实时成像检测装置环评批复及竣工验收相关材料(附件2)</p> <p>(3) 关于高能X射线CT检测系统参数的证明材料(附件3)</p> <p>(4) 余桥厂区原有核技术利用项目停用说明(附件4)</p> <p>(5) 公司现有辐射安全许可证正本及副本(附件5)</p> <p>(6) 本项目辐射环境现状监测报告及监测单位资质(附件6)</p> <p>(7) X射线装置使用承诺书(附件7)</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围							
根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在实体屏蔽物边界外50m的范围”的要求，因此，确定本项目评价范围为本项目CT室边界外50m区域。本项目评价范围见附图2。							
保护目标							
本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。对照《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》(苏政发〔2018〕74号)、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》(苏政发〔2020〕1号)、《江苏省自然资源厅关于溧阳市生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2024〕778号)，本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。							
对照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)，本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。本项目利用X射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。本项目高能X射线CT检测系统周围50m范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及装置拟建址周围评价范围内的公众。本项目高能X射线CT检测系统周围保护目标一览表见表7-1。							
表 7-1 环境保护目标一览表							
主要环境 保护目标	方位	场所名称	距射线装置主 体最近距离(m)	规模 (人)	环境保护要求		
辐射工作 人员	CT室	操作台	相邻	2	年有效剂量约 束值不超过 5mSv/a		
	CT室西面	X-ray室	4.5	2			
公众	CT室南面	3D打印室、电镜室、3D扫描室、等离子光谱室、冲击实验室、氧氮氢分析室、展厅	1	约2	年有效剂量约 束值不超过 0.1mSv/a		
	CT室西面	过道、厂内道路、停车场、空地	2.5	流动人口			
	CT室北面	厂内道路	3	流动人口			
		辅房	22	约10			
	CT室东面	待检区	2	流动人口			
		2#车间生产车间区域	11	约10			
	CT室上方	预留车间	4	不定			
	注：西侧X-ray室为现有XYG-4503型X射线实时成像检测装置。						

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB188711-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）， 20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB188711-2002）中 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。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

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

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

3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

(1) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

(2) 高能 X 射线 CT 检测系统四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5 \mu \text{Sv}/\text{h}$ 。

(3) 本项目 CT 室上方为预留车间，因此确定高能 X 射线 CT 检测系统顶部屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu \text{Sv}/\text{h}$ 。

4 环境天然 γ 辐射水平参考值

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

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果表（单位： nGy/h ）

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

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，以测值范围作为参考值。

表 8 环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

本项目位于科华南厂区现有厂区，该厂区东面、北面为空地，厂区南面为立讯精密工业股份有限公司，厂区西面隔中关村大道为王家坝、江苏佳世达环保工程有限公司、江苏华力易电科技有限公司。科华南厂区周边概况见附图 2。

本项目高能 X 射线 CT 检测系统拟设置在科华南厂区 2#车间一层西北角的 CT 室，该区域为局部 5 层，无地下建筑，二层及以上为闲置区域。2#车间一层划分为铸造车间和实验中心，实验中心又细分为 X-ray 室、CT 室、3D 打印室、电镜室、3D 扫描室、等离子光谱室、冲击实验室、氧氮氢分析室、展厅、办公区；铸造车间又细分为铸造区、通道、X-ray/CT 待检区、3D 打印配套仓储区。CT 室为一间有物理隔断的房间，其北面隔厂区道路为辅房，西面隔过道为 X-ray 室，东面为 X-ray/CT 待检区，南面为 3D 打印室。CT 室上方为二层预留车间（目前为闲置），CT 室下方为地面，无负一层。

本项目 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，主要涉及科华南厂区 2#车间、辅房及厂内道路、空地，CT 室周边 50m 具体见附图 2。厂区平面布置见附图 3、4。

本项目 CT 室拟建址及周围现状照片见图 8-1。



图 8-1 项目拟建址及周围环境现状照片

2、本项目拟建址现状辐射环境质量

评价对象：高能 X 射线 CT 检测系统拟建址及周围辐射环境。

监测因子：X- γ 辐射剂量率。

监测点位：在装置拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2。

监测日期：2025 年 5 月 20 日，天气：阴

监测方法：《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。

监测单位：常州环宇信科环境检测有限公司。

（1）监测仪器及设备

本项目辐射环境现状监测仪器参数及规范见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数

设备名称及型号	FH40G/FHZ672E-10 型 X- γ 剂量率仪
仪器编号	1026
能量响应	1nSv/h-100 μ Sv/h
检测范围	40keV-4.4Mev
探测效率	2000S ⁻¹ / μ Sv/h(¹³⁷ Cs)
线性	10%(100nSv/h-100 μ Sv/h)
检定单位	江苏省计量科学研究院
检定证书编号	Y2024-0098061
检定有效期	2024.9.23-2025.9.22
仪器检定时的检验源及换算系数	仪器检定时的检验源为 ¹³⁷ Cs，换算系数为 1.11

（2）质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备相应的检测资质和检测能力。

②委托的检测机构所采用的监测设备已通过计量部门检定合格，并在检定有效期内。

③所有检测人员均通过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证。

④委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制，检测报告实行三级审核。

⑤合理布设监测点位，监测方法采用国家有关部门颁布的标准。

（3）检测结果及评价

监测结果见表 8-2，监测报告见附件 6。

表 8-2 拟建址周围辐射剂量率测量结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	标准差	备注
1	拟建 CT 室	93.9	1.70	室内（楼房）
2	CT 室东侧（待检区）	63.5	1.96	室内（楼房）
3	CT 室南侧（3D 打印室（实验室））	82.1	0.84	室内（楼房）
4	CT 室西侧（过道）	81.7	1.57	室内（楼房）
5	CT 室北侧（厂内道路）	55.8	0.55	道路
6	CT 室上方二楼车间	110	1.97	室内（楼房）

注：表中结果已扣除宇宙响应值。

从现场监测结果可知，本项目射线装置拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（63.5~110）nGy/h，室外道路 γ 辐射水平为 55.8nGy/h，根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，道路 γ 辐射水平为（18.1~102.3）nGy/h，本项目射线装置拟建址及周围室内外监测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内外测值范围内，属于正常辐射水平。

1、拟建1间工业用X射线CT室所在区域

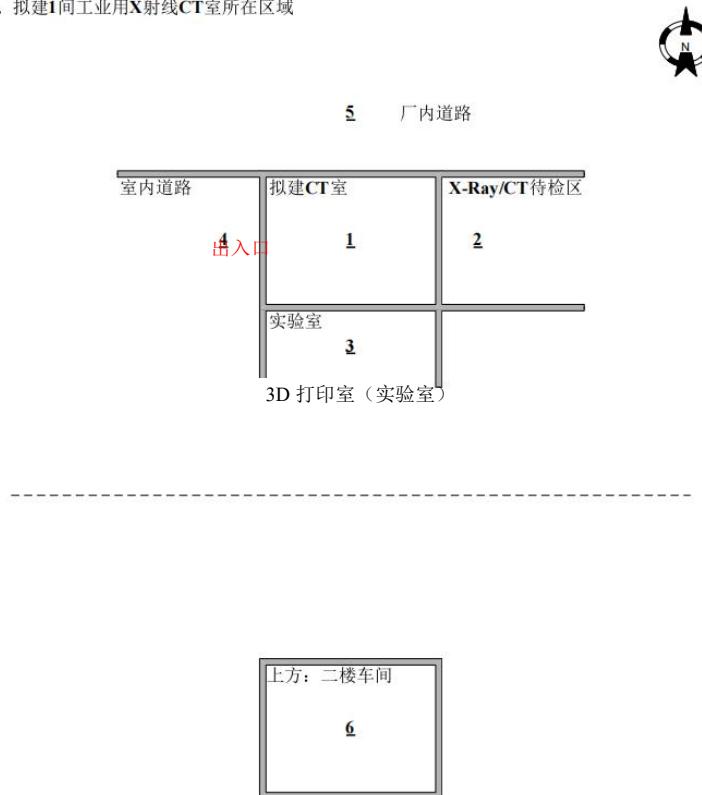


图 8-2 监测点位示意图

表9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1、工程设备

本项目使用1台高能X射线CT检测系统，该高能X射线CT检测系统由装置主体（包括自屏蔽铅房和控制柜）、操作台、高压冷却系统等组成，包括带有控制柜的X射线防护机柜（铅房）、辐射屏蔽柜的操作面板、高度稳定的X射线检测系统，带有X射线管用的冷却装置、探测器、试件操纵机、平板探测器配置时的探测器操纵机、带有系统软件的计算机等。本项目高能X射线CT检测系统外观图见图9-1。

图9-1 本项目高能X射线CT检测系统外观图

公司拟将装置主体的工件门朝北摆放在CT室内，操作台位于装置主体北面。装置主体外尺寸为2620mm长、1930mm宽（不包含高压冷却等配件）、2775mm高（带有已安装的警示灯），操作人员在装置主体外打开工件门（兼检修门）摆放工件，人员无需进入铅房内。人员日常操作是在操作台上，装置主体的操作面板（不具有开关射线的功能）是为了人员日常更便捷的移动样品距离，该面板功能开启时操作台的移动功能会被屏蔽。

装置主体六面均设置有铅板+钢板屏蔽，北面屏蔽体上设置工件门（兼检修门），无其他防护门。装置主体内部安装有一套X射线检测系统，主要由X射线管、目标物体操纵机、试件台、线探测器/平板探测器组成，X射线管不可移动或旋转；试件台可以上下移动及旋转，线探测器可以上下移动，平板探测器可以上下左右移动。平板探测器水平和上下移动是为了扩展扫描，即扫描比探测器更大的样品，通过图像特定算法重构成像。线探测器，接收端类似一条直线，接收区域小，扫描时间长，但是扫描的图像会更加细腻。

源点距离装置主体西侧壳体内表面约2100mm，距离北侧壳体内表面约970mm，距离东侧壳体内表面约520mm，距离南侧壳体内表面约960mm，距离顶部壳体内表面约950mm，距离底部壳体内表面约1350mm。装置主体内部腔体结构照片及示意图见图9-2。

装置主体结构 内部示意图		
装置主体结构 内部照片		

图 9-2 本项目高能 X 射线 CT 检测系统主体内部腔体结构照片及示意图

本项目高能 X 射线 CT 检测系统主射线固定朝左（西），根据设备厂家提供的证明材料（附件 3），本项目主要设备技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目主要设备技术参数

设备名称	高能 X 射线 CT 检测系统
设备数量	1 台
型号	
管电压 kV	
管电流 mA	
额定最大功率 W	
焦点尺寸	
X 射线管滤过条件	
出束角	
滤过条件下的 X 射线管输出量*	

注：*根据生产单位提供材料（见附件 3）计算得出。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，周曝光时间约 20h，年曝光时间约为 1000h。

2、高能 X 射线 CT 检测系统工作原理

高能 X 射线 CT 检测系统的核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生大量 X 射线。

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

3、X 射线探伤工艺流程及产污环节

本项目拟测工件为公司及外部金属铸件，主要为汽车涡轮增压器零部件、工程机械配件、液压泵阀以及新能源汽车零部件等，待测工件尺寸最大直径约 600mm、最大高度为 1000mm，为不锈钢、铁件等金属铸件。

检测时辐射工作人员打开工件门，将被测工件放置在试件台上，关闭工件门后，辐射工作人员在操作台处进行操作，在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的缺损状况。

其工作流程如下：

- ①接通电源，检查辐射安全设施的有效性，确保各项辐射安全措施正常运行；
- ②在 X 射线关闭状态，打开工件门，工作人员在工件门外将待检工件放置在试件台上并固定好，人员不进入铅房内摆放工件，关闭工件门；
- ③在操作台处操作，将试件台上的检测工件调整到合适位置，并设置曝光参数；
- ④打开 X 射线出束开关，开始检测，检测期间会产生 X 射线，X 射线会电离铅房中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；
- ⑤检测工件的内部结构以图像的形式显示在操作台的显示器上，完成检测。
- ⑥关闭射线并取出样品。
- ⑦分析检测结果。

本项目高能 X 射线 CT 检测系统开展无损检测时，其工作流程及产污环节如图 9-3 所示。

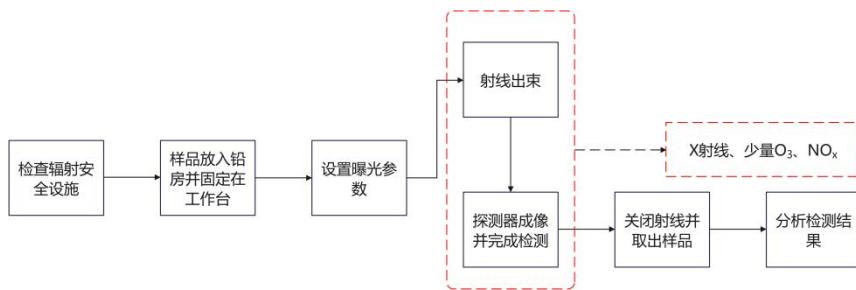


图 9-3 本项目高能 X 射线 CT 检测系统工作流程及产污环节分析示意图

4、原有工艺不足及改进情况

企业原有 X-Ray 设备为实时成像系统，但实时成像只能看到工件的一定范围区间，有些角度位置是照不穿的，无法看清工件内部情况。本次拟建工业 CT 装置能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的内部结构、组成、材质及缺损状况，可以弥补原有工艺的不足之处。

污染源项描述

1、放射性污染源分析

由高能 X 射线 CT 检测系统的工作原理可知，高能 X 射线 CT 检测系统只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，对装置外操作工作人员和公众人员产生一定外照射，因此探伤机在开机曝光期间，X 射线是项目的主要污染物，包括：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射、天空反散射（本项目设备支撑脚

嵌入地面直至装置底部接触地面，无空隙，故不涉及底部地面反散射，主要考虑天空反散射)等：

有用线束辐射：高能 X 射线 CT 检测系统发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。根据生产单位提供材料(见附件 3)，本项目高能 X 射线 CT 检测系统的 X 射线管型号为 UX50，滤过材料为 5mm 钼，在 450kV、1mA 条件下距靶点 1m 处 X 射线剂量率为 $1800 \mu\text{Gy}/\text{s}$ ，对应靶点 1m 处 X 射线输出量为 $108\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $108\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ (Gy 和 Sv 转换系数取 1)。

泄漏辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)表 1，本项目距 X 射线管辐射源点(靶点)1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5\text{mSv}/\text{h}$ 。

90°散射辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射。X 射线 90°散射辐射最高能量低于入射 X 射线的最高能量，根据散射能量计算公式得到 450kV 的 X 射线 90°散射辐射相应的 X 射线约为 250kV。散射线能量和辐射剂量率远小于主射线能量和辐射剂量率。

天空反散射：X 射线穿透高能 X 射线 CT 检测系统顶部屏蔽体后因大气散射返回地面，可能会造成装置周围出现较高的辐射水平，参考 NCRP-151 号报告，其源强为离源上方 1m 处的周围剂量当量率。本项目主射线方向固定朝西，离源上方 1m 处的周围剂量当量率主要考虑泄漏辐射剂量率 $5\text{mSv}/\text{h}$ 。

本项目高能 X 射线 CT 检测系统辐射污染源强见表 9-2。

表 9-2 本项目辐射污染源强一览表

最大管电压	滤过条件	有用线束输出量	泄漏辐射剂量率	散射辐射能量	天空反散射 主要考虑泄漏辐射剂量率
450 kV	5mm 钼	$108\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$	$5\text{mSv}/\text{h}$	250kV	$5\text{mSv}/\text{h}$

2、非放射性污染源分析

本项目高能 X 射线 CT 检测系统采用实时成像技术，无需洗片，无显影、定影废液和废胶片产生，产生的非放射性污染主要如下：

(1) 高能 X 射线 CT 检测系统工作时的最大管电压为 450kV，0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，这部分废气量产生量较少，不做定量分析。

(2) 本项目辐射工作人员

在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾，生活污水依托公司污水管进入城市

污水管网，一般生活垃圾收集后随厂区内的其他生活垃圾交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局及分区合理性分析

本项目工业 CT 装置设置有操作台（计算机）和装置主体（包括铅房和控制柜），操作台（计算机）与装置主体分开独立设置，操作台位于装置主体北面；有用线束的照射方向为由东向西照射，主射线照射区域为西侧屏蔽体（壳体）。即本项目操作台避开了有用线束照射方向，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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 CT 室在 2#车间一层西北角，为具备物理墙体区域。本项目拟将工业 CT 装置主体（包括铅房和控制柜）实体边界作为本项目的控制区边界，在装置主体工件门和表面醒目处张贴电离辐射警告标志，出束检测时禁止任何人员进入；将 CT 室内除装置主体以外的其他区域划分为监督区，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，在入口处张贴监督区标牌并设置门禁，禁止无关人员进入。本项目辐射工作场所的控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关辐射工作场所的分区规定。本项目控制区与监督区的划分见图 10-1。

图 10-1 本项目控制区与监督区的划分示意图

2、辐射屏蔽设计

（1）铅房屏蔽设计

本项目装置主体铅房的屏蔽防护设计见表 10-1。

表 10-1 本项目装置主体铅房屏蔽设计参数一览表

场所	位置	屏蔽材料及厚度
高能 X 射线		
CT 检测系		
统主体铅房		

图 10-1 本项目装置立体示意图

3、辐射安全设施描述及评价

(1) 检测装置及场所辐射安全防护措（设）施

本项目已有辐射安全设施如下，需确保已有设施可正常运行：

①钥匙开关

高能 X 射线 CT 检测系统西面控制柜上设有主开关，操作台设计有钥匙开关，钥匙由辐射操作人员管理。主开关用于将系统与供电网络相连，只有在打开主开关后，系统才能供电；钥匙开关用于接通、关闭高能 X 射线 CT 检测系统或将系统切换至待机状态，只有在打开钥匙开关接通系统后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机状态时才能拔出。

②门机联锁

高能 X 射线 CT 检测系统的工件门与 X 射线发生器出束设置门机联锁，工件门未完全关闭，铅房内部 X 射线发生器不能接通高压出束。只有当工件门完全关闭后 X 射线管才能出束，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

③X 射线警示灯

在装置主体铅房外，铅房顶部安装了一个 X 射线警示灯，X 射线装置打开时，该 X 射线警示灯以及操作台上的“X 射线装置开机/关机”按键都会亮灯。在铅房内部安装有另一个 X 射线警示灯。

X 射线警示灯支持门机联锁，信号灯亮则表明射线出具。

④紧急停机按钮

高能 X 射线 CT 检测系统装置主体铅房外和铅房内以及操作台控制面板上设置有急停按钮，拟张贴标签和使用方法，一旦发生意外，立即按下靠近的急停按钮，X 射线管的高压即被切断，可有效的保证人员的安全。

本次拟按要求增设的辐射安全设施如下：

①电离辐射警示标志

高能 X 射线 CT 检测系统装置主体表面、工件门及 CT 室出入口处等醒目处拟设置规范的“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

本项目辐射安全设施布局见附图 5。

以上措施落实后，本项目的辐射安全和防护措施将满足《工业探伤放射防护标准》

(GBZ 117-2022) 中相关辐射安全要求和本项目辐射安全的需要。

(2) 探伤操作防护措施

①定期检查高能 X 射线 CT 检测系统门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施。

②辐射操作人员工作时，不进入铅房，佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当剂量率达到设定的报警阈值（拟设置为 $2.5 \mu \text{Sv/h}$ ）报警时，应立即停止检测工作，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量高能 X 射线 CT 检测系统装置主体外周围区域的辐射剂量率水平，包括操作位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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

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

⑤在每一次照射前，工作人员都必须关闭工件门。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，才能开始检测工作。

本项目在无损检测过程中，采取上述辐射安全措施后，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中探伤操作的放射防护要求。

(3) 探伤设施退役措施

本项目高能 X 射线 CT 检测系统不再使用时，应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 第 6.3 条中“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”的要求实施退役，并清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

三废治理

1、臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NOx)

高能 X 射线 CT 检测系统在开机出束时，会使装置内的空气电离产生臭氧和氮氧化物，并可通过开启工件门排出装置主体至 CT 室，最终经 CT 室出入口排出至外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

2、生活污水及生活垃圾

生活污水依托公司污水管进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后随厂区其他生活垃圾交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 CT 装置为成套设备，整套购买、运至现场，并在现场进行简单的组装和控制电缆的连接，组装过程中会产生少量的噪声和固体废物；CT 装置所在 CT 室拟在实验室北部建设物理隔断，故施工工程主要包括场所内设施的清空、隔墙的建设、门窗洞口的切割、及安装等，改建过程中涉及少量土建施工，主要产生少量的噪声和固体废物。本项目施工期较短，施工量不大，对厂房周围环境影响较小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

运行阶段对环境的影响

1、辐射环境影响分析

根据高能 X 射线 CT 检测系统的尺寸、屏蔽参数、射线能量，参考 GBZ/T 250-2014 及其修改单中的公式，进行辐射环境水平和人员受照剂量理论预测。企业在使用 CT 装置开展无损检测工作时，X 射线的主射方向为自东向西（西侧为主射面），因此装置西侧按照有用线束方向进行计算。

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/T250-2014）中的计算公式。计算点位立面示意图见图 11-1、CT 室内计算点位平面示意图见图 11-2（图中序号为关注点序号）。

图 11-1 计算点位示意图（北侧立面图）

图 11-2 计算点位示意图（平面图）

本项目设备底部与地面直接接触，无空隙，不会形成地面反射，故不作为关注点进行估算。本项目关注点及需要防护的射线一览表见表 11-1。

表 11-1 关注点方向的屏蔽材料及相关距离

序号	关注点	屏蔽材料及厚度	距源点距离 (mm)	距散射点距离 (mm)
(1)				
(2)				
(3)				
(4)				
(5)				
(6)				

(1) 估算模式选取

本项目有用线束、非有用线束屏蔽效果预测采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的计算公式，具体如下：

①有用线束

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

式中：

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

H_0 ：距辐射源（靶点）1m 处输出量，根据表 9-2，本项目为 $108\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

I ：X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，保守取 3.3mA ；

R ：辐射源靶点至关注点的距离， m 。

B ：透射因子，《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 图 B.1 为 150~400kV 管电压下，X 射线穿过 0~40mm 铅的透射因子。因此，参考屏蔽透射因子计算公式 $B=10^{-X/TVL}$ 计算：参考《 γ 射线屏蔽参数手册》450kV 时 TVL 厚度为 9.3mm 铅，则铅屏蔽厚度 58.5mm 的透射因子为 5.12×10^{-7} 。

②非有用线束

1) 漏射线

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

式中：

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

\dot{H}_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，根据表 9-2，本项目取值 $5000\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

B —屏蔽透射因子，计算公式为：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (3)$$

式中：

X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL：参考《 γ 射线屏蔽参数手册》450kV 时 TVL 厚度为 9.3mm 铅，则铅屏蔽厚度 37mm 的透射因子为 1.05×10^{-4} 。

R —辐射源靶点至关注点的距离，单位为米（ m ）。

2) 散射线

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \quad (4)$$

式中：

B—为屏蔽透射因子。本项目 X 射线 90°散射辐射最高能量约为 250kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 B.2，250kV 射线管电压的 X 射线在铅中 TVL 厚度为 2.9mm 铅，参考屏蔽透射因子计算公式计算，则铅屏蔽厚度 37mm 的透射因子为 1.74×10^{-13} 。

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，即 $108 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)，按 X 射线装置圆锥束中心轴与圆锥边界的夹角为 20°计算；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

a—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 a 值时，可以水的 a 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—散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

(2) 理论计算结果

表 11-2 主射线方向关注点剂量率计算结果表

关注点序号	屏蔽材料及厚度	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	TVL	B	R (m)	\dot{H} $(\mu\text{Sv}/\text{h})$	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价
(1)								2.5	满足

表 11-3 散射线关注点剂量率计算结果表

关注点序号	关注点	屏蔽材料及厚度	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	B	R (m)	$F \cdot a / R_0^{2[1]}$	H $(\mu\text{Sv}/\text{h})$
(2)								
(3)								
(4)								
(5)								
(6)								

注[1]: 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录 B.4.2, $R_0^2 / F \cdot a$ 取 50(250kV)。

表 11-4 泄漏射线关注点剂量率计算结果表

关注点序号	关注点	屏蔽材料及厚度	$H_L(\mu\text{Sv}/\text{h})$	B	R(m)	$H(\mu\text{Sv}/\text{h})$
(2)						
(3)						
(4)						
(5)						
(6)						

表 11-5 预测点剂量率计算结果评价表

序号	关注点	有用线束 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	漏射辐射 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率参考 控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价
(1)						2.5	达标
(2)						2.5	达标
(3)						2.5	达标
(4)						2.5	达标
(5)						2.5	达标
(6)						2.5	达标

从表 11-5 预测结果可知，本项目高能 X 射线 CT 检测系统在满功率运行时，装置四周屏蔽体及顶部外 30cm 处的最大辐射剂量率 1.90 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

(3) 天空反散射影响分析

本项目 X 射线 CT 设备 450kV 下满功率运行时，铅房顶部 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.336 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经屋顶反散射返回地面后的辐射剂量率将更低（根据外推法计算，约 0.005 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ），叠加铅房西侧屏蔽体外反射点处的辐射剂量率（根据外推法计算，西侧屏蔽体外 1.3m 处辐射剂量率约为 0.947 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）后，关注点总剂量率约为 0.952 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

图 11-3 天空反散射示意图

(4) 电缆孔屏蔽效果评价

本项目高能 X 射线 CT 检测系统的南侧屏蔽体处设有电缆孔，穿墙处设置 5 mm 铅板罩子+8mm 铅板壁进行屏蔽补偿。本项目 X 射线不向南侧照射，经防护罩屏蔽补偿后，有用线束至少会经过 3 次散射（散射示意见图 11-4）才能到达防护罩外，根据《辐射防护导论》第 189 页“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断 X 射线对电缆孔外的散射辐射影响可忽略，电缆孔外主要考虑贯穿辐射的影响。根据外推法计算，电缆孔防护罩外 30cm 处（R=1.24m）贯穿辐射剂量率为 0.342 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和本项目周围剂量当量率参考控制水平要求，故本项目铅房电缆孔处采取的防护罩屏蔽防护措施能够满足相应的辐射防护要求。

图 11-4 电缆孔散射示意剖面图

(5) 门缝搭接屏蔽效果评价

本项目高能 X 射线 CT 检测系统装置主体北侧设有工件门，采用电动平移门，可视尺寸为 940mm 宽、1900mm 高，完全打开后门洞尺寸约为 600mm 宽、1900mm 高，屏蔽铅房搭接处重叠宽度为 60mm，门与屏蔽体之间的缝隙宽度为 5mm，工件门与屏蔽体重叠部分不小于缝隙宽度的 10 倍。工件门与北侧屏蔽体搭接处采取内嵌式搭接，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断工件门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。工件门见图 11-5。

图 11-5 工件门搭接图

(5) 人员受照剂量预测评价

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

$$W = D \times t \times U \times T \quad (7)$$

式中：

W—参考点的年或周受照剂量， mSv/a 或 $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

D—预测点辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t—受照时间，曝光时间约为 1000h/a 或 20h/周 ；

U—使用因子，使用因子为 1。

T—居留因子，无量纲。经常有人员停留的地方取 1，部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16。

人员受照剂量计算结果见表 11-7。

表 11-7 本项目 X 射线装置周围人员受照剂量计算结果

人员性质	关注点		R	关注点剂量率* ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	使用因子	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)	年剂量约束值 (mSv/a)	周受照剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	周剂量限值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)
职业人员										100
公众										5

注：除操作台外的关注点剂量率均根据表 11-5 中结果由外推法计算得出。

本项目 CT 室西侧隔过道为 X-ray 室，X 射线装置周围人员受照剂量情况需考虑叠加现有项目影响，由于现有项目尚未运行，现有项目受照剂量取其环评中计算数值，叠加现有项目后，X 射线装置周围人员受照剂量情况见下表。

表 11-8 叠加现有项目后 X 射线装置周围人员受照剂量计算结果

人员性质	关注点	年受照剂量 (mSv/a)			年剂量约束值 (mSv/a)	周受照剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)			周剂量限值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)
		现有项目	本项目	叠加后		现有项目	本项目	叠加后	
职业人员	本项目操作台				5				100
	X-ray 室人员								
公众	CT 室东面	待检区			0.1				5
		2#车间生产车间							
	CT 室北面	厂内道路							
		辅房 ^[2]							
	CT 室西面	过道、厂内道路、停车场、空地 ^[1]							
		3D 打印室（实验室）							
	CT 室上方	二楼预留车间							

注：*现有项目未计算二楼预留车间，本次计算参考东面数据（屏蔽材料厚度相同，均为泄露及散射影响）进行叠加。

根据表 11-7 和 11-8 理论计算可知，本项目高能 X 射线 CT 检测系统在额定最大工

况下曝光工作时，预计职业人员年最大受照剂量为 0.379mSv/a ，公众年最大受照剂量为 0.053mSv/a ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值要求：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 ；职业人员周最大受照剂量为 $7.57\mu\text{Sv}$ ，公众周最大受照剂量为 $1.05\mu\text{Sv}$ ，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）周剂量参考控制水平：职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2、其他污染物排放对环境的影响

高能X射线CT检测系统检测作业时，X射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，随工件门的打开而排出装置主体至CT室，最终经CT室的出入口排出至外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员产生的少量生活污水接管排入市政污水管网，对周围环境影响较小；产生的少量生活垃圾，将依托厂区的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

1、潜在事故分析

本项目高能X射线CT检测系统只有在开机时才产生X射线，因此，X射线探伤事故多为探伤机被盗或者开机误照射、漏射事故，主要有：

- (1) 机器调试、检修时误照。高能X射线CT检测系统在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。
- (2) 由于高能X射线CT检测系统装置主体门机联锁失灵，在对工件进行检测时，工件门未全部关闭时即能开机出束，或人员意外打开工件门，造成误照射。
- (3) 高能X射线CT检测系统铅房受损，致使X射线泄漏到铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

2、事故预防措施

辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度等进行防范。科华控股股份有限公司拟在以下几个方面采取一系列的预防措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响：

- (1) 建立辐射安全管理机构，制定完善的辐射安全管理规章制度，并在实际工作中严格执行；

- (2) 对辐射工作场所实行分区管理，划分控制区和监督区，公司加强管理，出束检测时禁止任何人员进入控制区，禁止无关人员进入监督区；
- (3) 辐射工作人员按要求参加岗前培训，合格后方可上岗，工作人员熟练掌握操作技能及辐射防护基本知识，公司加强管理，加强职工安全意识教育；
- (4) 辐射工作人员严格按照操作规程操作；
- (5) 每次检测前工作人员均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性，确保有效后方开始工作；
- (6) 工作人员在进行无损检测时，佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪，并定期使用辐射监测仪器对高能 X 射线 CT 检测系统进行巡检，确保工作安全有效运转；
- (7) 公司制定完善的设备维修维护制度，机器调试、检修时严格按照要求操作。

3、应急处理措施

- (1) 切断电源，确保 X 射线机停止出束；
- (2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；
- (3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗；
- (4) 若高能 X 射线 CT 检测系统铅房受损，应请设备厂家进行维修，维修并检测合格后方能继续使用。

科华控股股份有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行无损检测作业，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后 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。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 12 辐射安全管理

<h3>辐射安全与环境保护管理机构的设置</h3> <p>本项目使用的高能 X 射线 CT 检测系统为II类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用II类射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。</p> <p>公司目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，以文件形式明确了管理人员职责。拟为此 X 射线 CT 设备配备 2 名辐射工作人员，本项目辐射工作人员应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，根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，考核专业应为“X 射线探伤”，通过考核后才能进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的辐射工作人员需通过“辐射安全管理”类别的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。</p>
<h3>辐射安全管理规章制度</h3> <p>本项目为扩建项目，科华控股股份有限公司目前已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，针对现有 X-ray 设备制定了一系列辐射安全管理制度，包括《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线操作人员培训计划》、《辐射剂量监测制度》、《X 射线探伤辐射事故应急预案》等。</p> <p>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，基本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。</p> <p>公司应针对本项目，需对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，添加 X 射线 CT 装置相关内容，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：</p> <p>辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况建立辐射防护和安全保卫制度，重点是高能 X 射线 CT 检测系统的运行和维修时辐射安全管理。</p> <p>探伤操作规程：明确 X 射线 CT 检测系统辐射人员的资质条件要求、X 射线 CT 检</p>

测系统操作流程及操作过程中拟采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线 CT 检测系统操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

设备维修制度：完善设备检修维护制度，明确本项目 X 射线 CT 检测系统各项安全联锁装置、照射信号指示器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 X 射线 CT 检测系统、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的辐射工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

台账管理制度：对 X 射线 CT 检测系统的使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，对 X 射线 CT 检测系统进行严格管理。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：完善辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的环境保护、卫生部门调查处理。工作场所及周围环境进行监测时，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）或者设区的市环境保护（生态环境）行政主管部门报告。

事故应急方案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求完善事故应急预案，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。当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生健康部门。

辐射监测

公司使用的高能 X 射线 CT 检测系统属于 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目须配置至少 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，以满足射线装置日常运行时，对高能 X 射线 CT 检测系统周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司目前配有 1 台辐射巡测仪及 2 台个人报警仪，本项目拟与现有项目共用辐射巡测仪，并新配备 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

因生产计划等原因，现有 XYG-4503 型 X 射线实时成像检测装置已长期未使用，原余桥厂区核技术利用场所已按要求封存（停用说明见附件 4），该装置搬迁至科华南厂区后刚取得环评批复，尚未取得辐射许可证，尚未开始运行，故近一年未委托有资质的检测单位对辐射工作场所进行年度监测，也无近一年的辐射操作人员个人剂量检测报告。

本项目运行后，公司应每年请有资质的单位对本项目高能 X 射线 CT 检测系统周围环境的辐射水平进行监测，在开展检测作业时，应定期对本项目高能 X 射线 CT 检测系统周围的辐射水平进行监测，并做相关记录。

本项目运行后，配备的 2 名辐射工作人员均应佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（每 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。所有辐射工作人员上岗前进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。本项目运行后，公司应认真落实以上个人剂量监测及职业健康体检方案，并妥善保管监测档案。公司拟每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告，年度评估报告内容包括核技术利用项目新建、扩建、扩建和退役，辐射安全和防护设施的运行与维护，辐射安全和防护制度及措施的制定与落实等情况。

本项目辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射监测计划

监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位	控制要求
工作场所监测	竣工环保验收监测	X-γ 辐射剂量率	请有资质单位监测，建设项目竣工后 3 个月内	①X 射线装置铅房外 30cm、楼上地面 30cm； ②X 射线装置工件门外 30cm、四周缝隙； ③线缆孔外 30cm、操作位、CT 室周围人员经常活动的位置	辐射剂量率不大于 2.5μSv/h
	年度监测	X-γ 辐射剂量率	请有资质单位监测，不少于 1 次/年		
	日常监测	X-γ 辐射剂量率	自主监测，建议不少于 1 次/季度		
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	每 1 个月/次，最长不超过 3 个月/次	/	年有效剂量不超过 5mSv

根据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订版），当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，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；当发现个人剂量监测结果异常的，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。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，科华控股股份有限公司拟针对本项目射线项目可能产生的辐射事故情况进一步完善公司现有辐射事故应急方案，纳入本项目内容，具体拟包括：

(1) 应急机构和职责分工；(2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；(3) 辐射事故分级与应急响应措施；(4) 辐射事故调查、报告和处理程序；(5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

科华控股股份有限公司已编制了辐射事故应急预案，至今未发生过辐射事故。由于现有 XYG-4503 型 X 射线实时成像检测装置已长期未使用，近一年未进行辐射事故应急演练。

科华控股股份有限公司拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，完善辐射事故应急方案，明确人员职责分工，制定应急人员的组织、培训和应急方案，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。公司拟严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》，发生辐射事故时，应当立即启动事故应急预案，采取必要的防范措施，并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。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 13 结论与建议

结论

1、辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

科华控股股份有限公司成立于 2002 年 6 月，注册地位于常州市溧阳市昆仑街道镇前街 99 号。公司在溧阳市共建设了三个厂区，分别位于溧阳市竹箦镇余桥村（以下简称“余桥厂区”）、江苏中关村科技产业园吴潭渡路 99 号、江苏中关村科技产业园昆仑街道中关村大道 399 号（以下简称“科华南厂区”）。

本项目高能 X 射线 CT 检测系统拟设置在科华南厂区 2#车间一层西北角实验中心北部的 CT 室，该区域为局部 5 层，无地下建筑，二层及以上为闲置区域（当前未规划用途）。2#车间一层划分为铸造车间和实验中心，实验中心又细分为 X-ray 室、CT 室、3D 打印室、电镜室、3D 扫描室、等离子光谱室、冲击实验室、氧氮氢分析室、展厅、办公区；铸造车间又细分为铸造区、通道、X-ray/CT 待检区、3D 打印配套仓储区。CT 室为一间有物理隔断的房间，其北面隔厂区道路为辅房，西面隔过道为 X-ray 室，东面为 X-ray/CT 待检区，南面为 3D 打印室。CT 室上方为二层预留车间（目前为闲置），CT 室下方为地面，无负一层。

科华南厂区东面、北面为空地，南面为立讯精密工业股份有限公司，西面隔中关村大道为王家坝、江苏佳世达环保工程有限公司、江苏华力易电科技有限公司。本项目 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，主要涉及科华南厂区 2#车间、辅房及厂区道路、空地。本项目保护目标主要为辐射工作人员、CT 室周围的公众人员。

1.2 项目分区及布局

本项目高能 X 射线 CT 检测系统由装置主体（包含铅房和控制柜）、操作台组成，操作台为独立设置，位于装置主体北面；有用线束的照射方向为由东向西照射，主射线照射区域为西侧屏蔽体（铅房壳体）。

本项目 CT 室在 2#车间一层西北角，为具备物理墙体区域。公司拟将高能 X 射线 CT 检测系统装置主体划分为控制区，在装置主体工件门和表面醒目处张贴电离辐射警告标志，出束检测时禁止任何人员进入；将 CT 室内除装置主体以外的其他区域划分为监督区，在入口处张贴监督区标牌并设置门禁，禁止无关人员进入。本项目辐射工作场所的控制区和监督区划分明显，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002) 和《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中有关辐射工作场所的分区规定。

1.3 实践正当性分析

本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

1.4 辐射安全措施

本项目高能 X 射线 CT 检测系统西侧控制柜上设有主开关，操作台设计有钥匙开关，钥匙由辐射操作人员管理；高能 X 射线 CT 检测系统的工件门与 X 射线发生器出束设置门机联锁，装置主体铅房顶部设计有与 X 射线管连锁的工作状态指示灯，装置周围醒目处设置工作状态指示灯信号意义的说明，装置主体表面、工件门及 CT 室出入口处等醒目处拟设置规范的“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；在操作台控制面板上，装载门旁外部右侧和铅房内部左侧分别安装有一个紧急停机按键，并拟张贴标签和使用方法。

辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中 5.1.2 要求对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用高能 X 射线 CT 检测系统时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员在进入 CT 室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪；辐射工作人员拟定期测量高能 X 射线 CT 检测系统外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处；交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认高能 X 射线 CT 检测系统装置主体铅房关闭工件门。

当高能 X 射线 CT 检测系统不再使用时，拟实施退役程序。高能 X 射线 CT 检测系统拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；探伤场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.5 辐射安全管理

公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职

责。拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，本项目辐射工作人员应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，根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，考核专业应为“X 射线探伤”，通过考核后才能进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的辐射工作人员需再通过“辐射安全管理”类别的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

公司拟对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案；与现有项目共用现有 1 台辐射巡测仪，拟配备 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

科华控股股份有限公司在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

2、环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目高能 X 射线 CT 检测系统运行后各侧铅房外的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过 100 μSv ，公众周有效剂量不超过 5 μSv ；职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

2.3 三废处理处置

高能 X 射线 CT 检测系统装置主体铅房内产生的少量臭氧和氮氧化物随工件门的打开而排出装置主体至 CT 室，再通过 CT 室出入口排出至外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员产生的少量生活污水接管排入市政污水管网，产生的少量生活垃圾，将依托厂区的保洁措施，分类收集后交由环卫部门统一处理，对周围环境影响较小。

3、可行性分析结论

综上所述，科华控股股份有限公司 1 套工业用 X 射线 CT 装置扩建项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

- (1) 项目建成投入运行前应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证，并在许可范围内从事探伤工作。
- (2) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- (3) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- (4) 公司应按照《建设项目环境保护管理条例》规定及时进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:

公章

经办人:

年 月 日

审批意见

公章

经办人:

年 月 日

附表 “三同时”措施一览表

科华控股股份有限公司辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施内容	预期效果	预计投资(万元)
辐射安全管理机构	公司成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	已经设立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，以文件形式明确了管理人员职责。满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中“应当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”的要求。	
辐射安全和防护措施	<p>本项目装置主体尺寸为 2620mm 长、1930mm 宽、2300mm 高，东、南、北侧及工件门（兼检修门）、顶部屏蔽体采用铅+钢（等效屏蔽厚度 37mm 铅）；底部屏蔽体采用铅+钢（等效屏蔽厚度 23mm 铅）；西侧屏蔽体（主射面）采用铅+钢（等效屏蔽厚度 58.5mm 铅）。</p> <p>高能 X 射线 CT 检测系统西侧控制柜上设有主开关，操作台设计有钥匙开关，钥匙由辐射操作人员管理；高能 X 射线 CT 检测系统的工件门与 X 射线发生器出束设置门机联锁，装置主体铅房顶部设计有与 X 射线管连锁的工作状态指示灯，装置周围醒目处设置工作状态指示灯信号意义的说明，装置主体表面、工件门及 CT 室出入口处等醒目处拟设置规范的“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；高能 X 射线 CT 检测系统装置主体外和装置主体铅房内以及操作台控制面板上设置有急停按钮，并拟张贴标签和使用方法。</p> <p>辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 5.1.2 要求对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用高能 X 射线 CT 检测系统时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员在进入 CT 室时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟携带个人剂量报警仪；辐射工作人员拟定期测量高能 X 射线 CT 检测系统外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处；交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认高能 X 射线 CT 检测系统装置主体铅房关闭工件门。</p>	<p>探伤室表面外 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/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 及无人员到达的探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 $100 \mu\text{Sv/h}$”的要求。</p> <p>满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的防护措施要求。</p>	20

	当高能 X 射线 CT 检测系统不再使用时，拟实施退役程序。高能 X 射线 CT 检测系统拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；探伤场所退役时，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。		
人员配备	拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，均需学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，通过考核后才能上岗。根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，考核专业应为“X 射线探伤”。 公司拟委托有资质的单位对 2 名辐射工作人员开展个人剂量检测（1 个月/次，最长不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	定期投入 /
	公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 2 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案。		
	与现有项目共用 1 台便携式 X-γ 剂量率仪。 配备 2 台个人剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求。	
监测仪器和防护用品			2
辐射安全管理制度	根据相关标准要求，完善现有辐射安全管理制度，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、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还拟根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求：使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	/
合计	/	/	22

“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。