

表 1 项目基本情况

建设项目名称		河南富驰科技有限公司使用 1 台工业 CT 建设项目			
建设单位		河南富驰科技有限公司			
法人代表姓名	王雪	联系人	王胆	联系电话	
注册地址		郑州市航空港区长安路东侧综合保税区 F11			
项目建设地点		郑州市航空港区长安路东侧综合保税区 L06 厂房 1 楼 X-RAY 室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		210	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资） 4.76%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 23
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☒ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	1.1 建设单位概况 河南富驰科技有限公司成立于 2017 年 01 月 18 日，法定代表人为王雪，注册资本为 200000 万元，统一社会信用代码为 91410100MA40H53J5E，企业注册地址位于郑州市航空港区长安路东侧综合保税区 F11，所属行业为科技推广和应用服务业，经营范围包含：一般项目：生产销售第三代及后续移动通信系统手机、基站、核心网络设备以及网络检测设备及其零组件、新型电子元器件、数字音、视频解码及其零部件；从事自动化设备、金属与非金属制品模具、治具、检具及其零部件、手机配件、电子产品的研发、设计、制造及维修；发光二极管显示板的改造、搬迁、安装、维修、保养及技术服务；从事货物及技术的进出口业务；商品展览展示服务；物流服务（涉及经营许可证的凭证经营）；计算机系统集成及相关技术服务；计算机网络工程设施、网络技术开发、技术转让、网页设计；废旧电子产品及通讯设备的回收、维修、销售及售后服务；销售电子产				

品及配件。

1.2 项目由来和目的

因发展需要，建设单位拟使用 1 台 VT-X750 自动X-Ray检查系统（以下简称“工业 CT”），用于检测生产的手机零部件等电子产品内部结构的工艺和质量，通过计算机技术及图像重建技术测得电子产品的内部构造，为进一步改进缺陷、提高质量提供依据。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置的分类，本次评价的射线装置属于该公告中的“工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置”，为Ⅱ类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日实施）中“五十五、核与辐射”第 172 条“核技术利用建设项目”中“使用Ⅱ类射线装置的”的规定，本项目应编制环境影响报告表。

为此建设单位委托深圳市赛辐环保科技有限公司开展本项目的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。在接受委托后，我单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 项目建设规模

建设单位拟在园区 L06 厂房 1 楼 X-RAY 室安装使用 1 台 VT-X750 型工业 CT，本项目使用的设备自带屏蔽体，房间墙体、门窗主要为物理隔离作用，不考虑其屏蔽效果。本项目拟安装使用的射线装置属Ⅱ类射线装置，射线装置基本参数详见表 1-1。

表 1-1 拟安装使用射线装置信息一览表

名称	型号	最大管电压	最大管电流	数量	射线管数量	主束方向	使用场所
工业 CT	VT-X750	130kV	0.3mA	1 台	1 个	朝向顶部	L06 厂房 1 楼 X-RAY 室

1.4 项目选址及周边情况

1.4.1 地理位置

建设单位位于郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区，厂区西临长安路，南临始祖路，北临远航路，东临枣林路。地理位置详见图 1-1，厂区总平面布置图见图 1-2。

1.4.2 项目周边情况

本项目建设地址为 L06 厂房 1 楼 X-RAY 室, L06 栋厂房东侧隔厂区道路为 M02 厂房、南侧隔厂区道路为 L15 厂房、西侧隔厂区道路为 L11 餐厅、北侧隔厂区道路为 L05 厂房, X-RAY 室北侧为生产车间、东侧为电梯间、南侧为厂区道路、西侧为空调机房, 正上方为 2 楼 UPS 电源房, 厂房平面示意图见图 1-3。



图 1-1 项目所在地理位置图

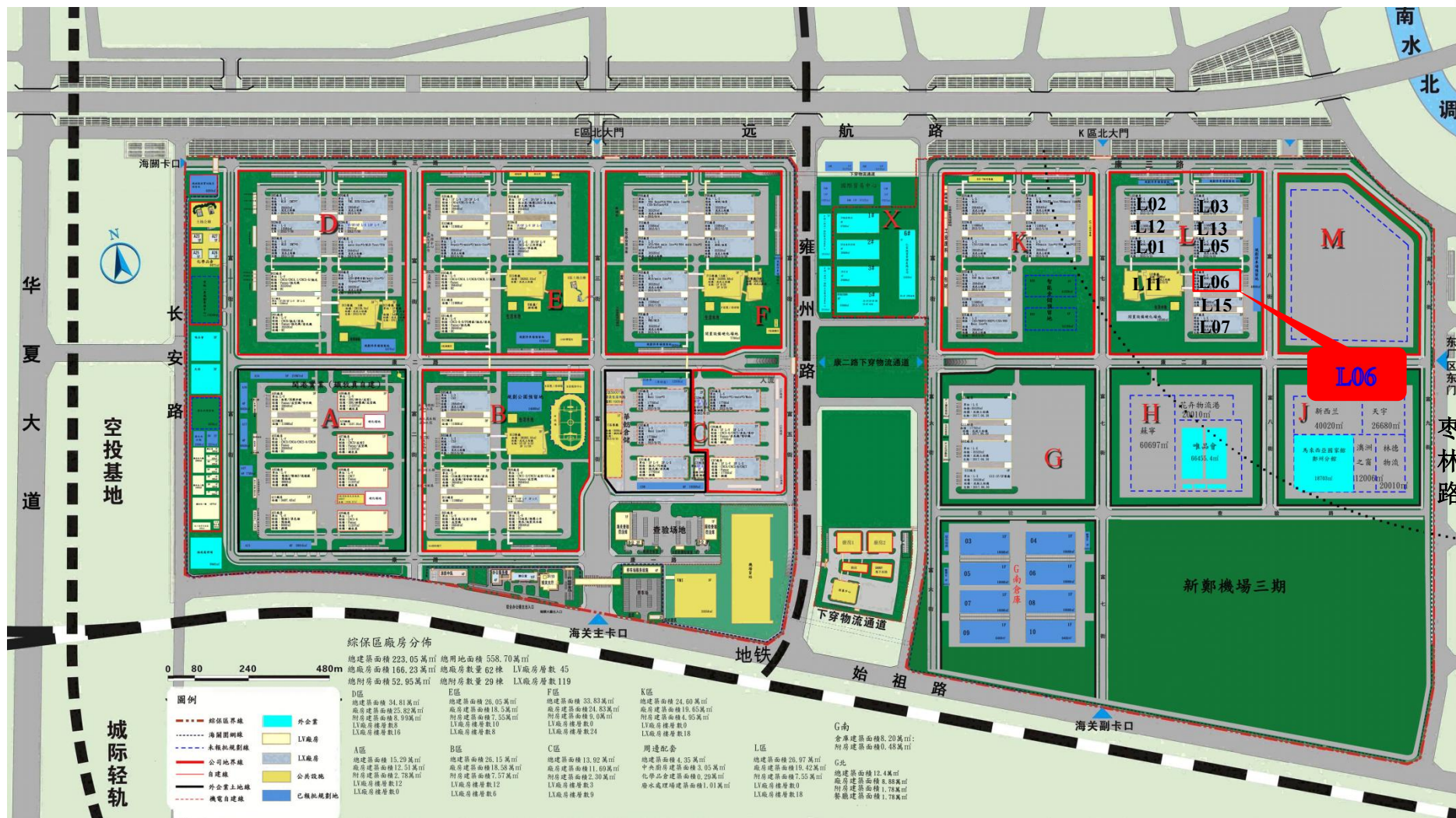


图 1-2 建设单位总平面图

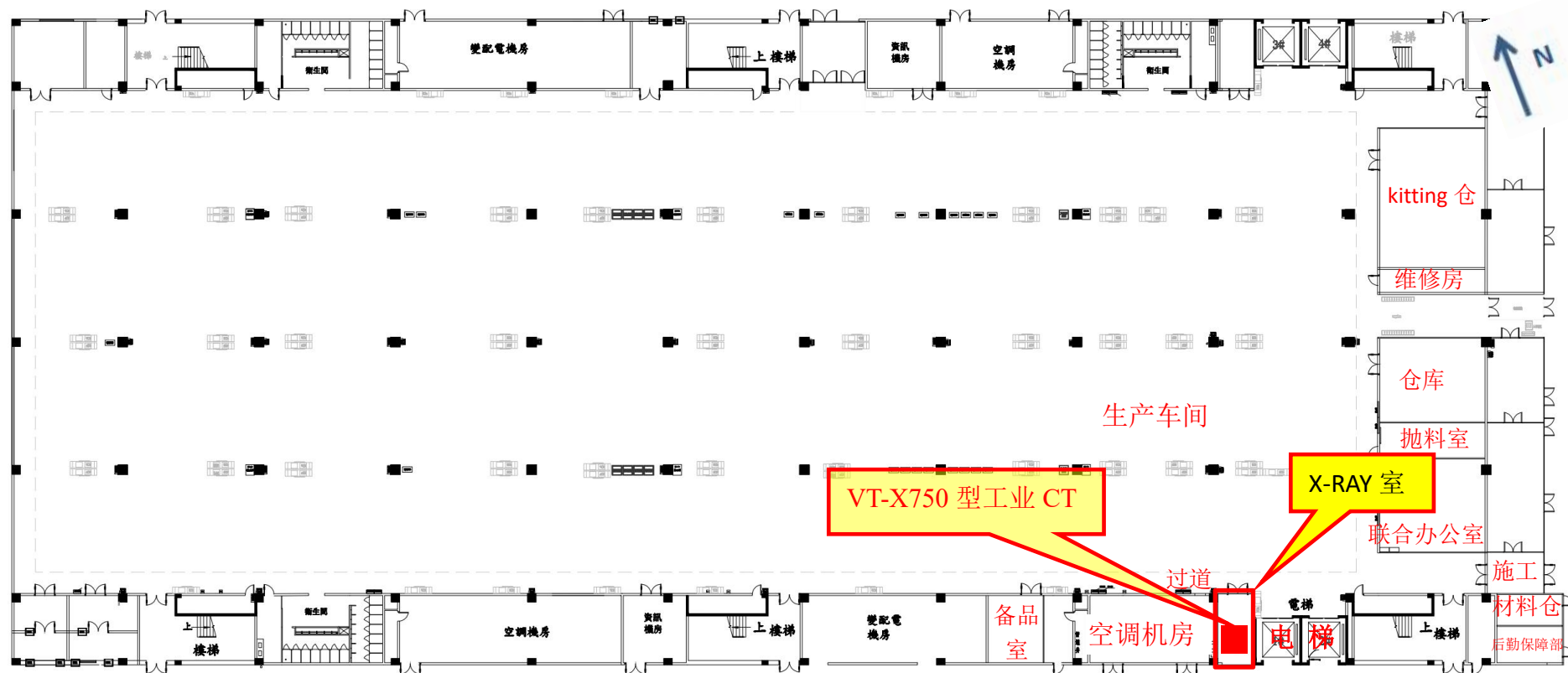


图 1-3 L06 厂房 1 楼平面示意图

1.4.3 选址的合理性

本项目 VT-X750 型工业 CT 自屏蔽体外 50m 范围均位于富士康工业园区内，主要为公司生产厂房、园区内道路和绿化，拟使用的射线装置自带辐射屏蔽体，为一体化设计，采取的辐射防护措施和设施设计均符合《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）的要求，安装位置为车间边缘，设置了独立的 X-RAY 室，充分考虑了对周围环境和人员的安全防护。

X-RAY 室的位置均相对较偏僻，周围人员活动较少，且相对远离了周边的其他非辐射工作人员，50m 范围无居民小区、学校等环境敏感目标，本项目选址合理可行。

1.4.4 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类中十四 机械科学仪器和工业仪表类中“用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，属于国家鼓励发展类项目。因此，本项目与国家产业政策相符。

1.4.5 实践正当性

本项目利用 X 射线对手机零部件进行无损检测，能够对产品质量做出准确判断，进一步提高了产品合格率，避免了后续生产浪费，经济效益显著，通过采取有效的辐射安全防护措施，本项目产生的利益远大于其所带来的辐射影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的“辐射防护实践正当性”原则。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) X 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：日等效最大操作和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类型	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	类型	数量	型号	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	工业 CT	II 类	1 台	VT-X750	130kV	0.3mA	无损检测	L06 厂房 1 楼 X-RAY 室	自屏蔽
	以下空白								

(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 (uA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	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	-	-	微量	微量	-	-	经排风系统排入大气

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

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg，或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2014 年 4 月 24 日中华人民共和国主席令第九号公布，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》（2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过；根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第一次修正；根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 6 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过，2003 年 6 月 28 日中华人民共和国主席令第 6 号公布，自 2003 年 10 月 1 日起施行）； (4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 8 月 31 日国务院第 104 次常务会议通过 2005 年 9 月 14 日国务院令 第 449 号公布自 2005 年 12 月 1 日起施行，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部令 第 18 号公布 自 2011 年 5 月 1 日起施行）； (6) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日环境保护总局令 第 31 号公布；2008 年 12 月 6 日环境保护部令 第 3 号第一次修正；根据 2017 年 12 月 20 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修正；根据 2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修正；根据 2021 年 1 月 4 日《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修正）； (8) 《建设项目环境保护管理条例》，（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务
------	--

	院令第 253 号发布；根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订。国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；) (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(2020 年 11 月 30 日生态环境部令第 16 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行)； (10) 《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)； (11) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第 9 号。2019 年 8 月 19 日由生态环境部部务会议审议通过，自 2019 年 11 月 1 日起施行)； (12) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(环境保护部公告，国环环评〔2017〕4 号，自 2017 年 11 月 20 日发布并施行)； (13) 《河南省辐射污染防治条例》，2016 年 3 月 1 日起施行； (14) 《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)； (15) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》(生态环境部公告 2018 年第 9 号)； (16) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行)。
技 术 标 准	(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件内容和格式》(HJ 10.1-2016)； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (3) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)； (4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)； (5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)； (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT250-2014)； (7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT 250—2014) 第1号修改单(国卫通〔2017〕23号)； (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)； (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》(HJ1326-2023)；

	(10) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)。
其他	(1) 委托书; (2) 建设单位提供的其他材料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

参照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）对射线装置评价范围的相关规定，即“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，本项目射线装置属自屏蔽设备，本项目以射线装置屏蔽体外半径 50m 的范围作为评价范围，示意图见图 7-1。

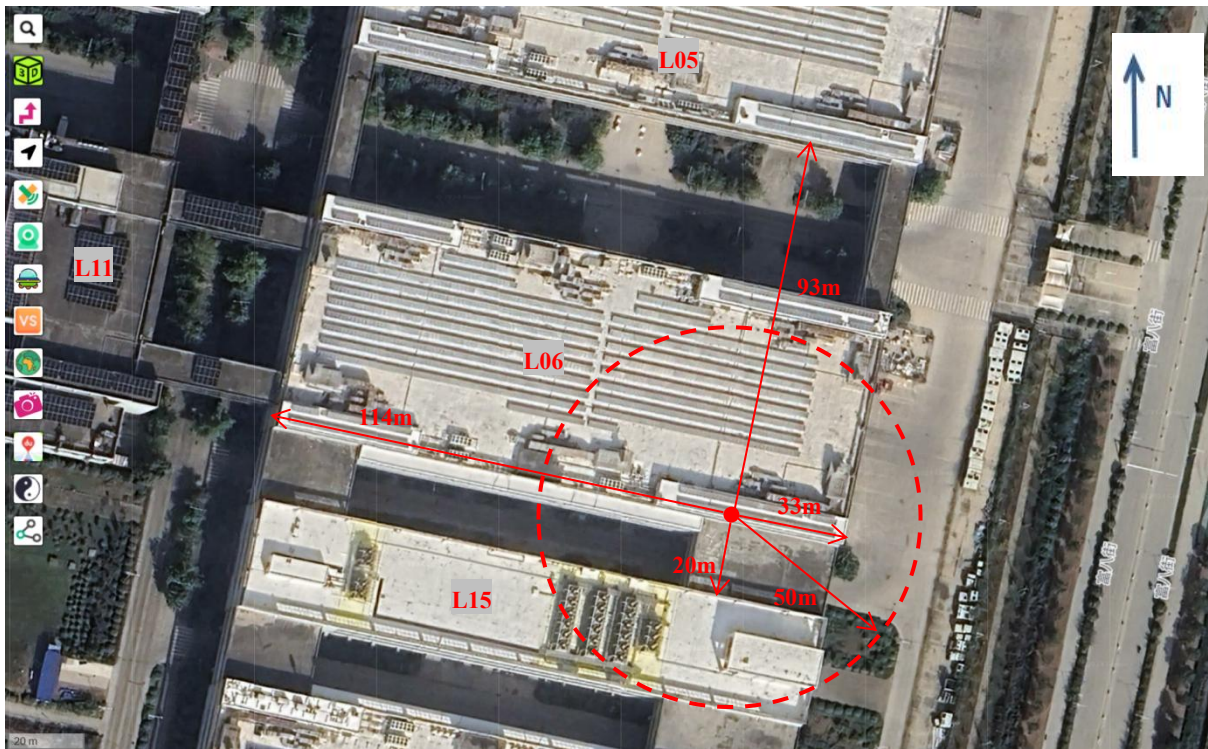


图 7-1 本项目 50m 评价范围示意图

7.2 保护目标

根据评价范围，结合本项目周边环境情况，确定本项目的保护目标是在评价范围内活动的辐射工作人员和公众，故本项目主要考虑的保护目标是在辐射工作场所内的辐射工作人员，以及与辐射工作场所相邻环境中的公众，具体保护目标见表 7-1。

表 7-1 评价项目与 50m 评价范围内保护目标

方位	场所描述	与工业 CT 屏蔽体的最近距离	保护目标类型	影响人数	剂量约束值
--	操作位	约 0.3m	辐射工作人员	2 人	≤5mSv/a
东侧	电梯间	约 0.7m	公众	流动	≤0.1mSv/a
东侧	施工材料仓	约 23m	公众	2 人	

东侧	后勤保障部	约 23m	公众	2 人	≤0.1mSv/a
东侧	L06 厂房东侧道路	约 33m	公众	流动	
南侧	L06 厂房南侧道路	约 1.2m	公众	流动	
南侧	L15 厂房	约 20m	公众	200 人	
西侧	备品室	约 17m	公众	2 人	
西侧	南中门楼梯间	约 40m	公众	流动	
北侧	过道	约 3.5m	公众	流动	
北侧	生产车间	约 5.5m	公众	80 人	
东北侧	联合办公室	约 14m	公众	20 人	
东北侧	抛料室	约 20m	公众	2 人	
东北侧	包材仓	约 23m	公众	2 人	
东北侧	仓库	约 22m	公众	2 人	
东北侧	维修房	约 35m	公众	2 人	
东北侧	Kitting 仓	约 36m	公众	10 人	
正上方	2 楼 UPS 电源房	约 6.2m	公众	2 人	

注：以上最近距离均为保护目标与工业 CT 自屏蔽体外的距离。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

（一）第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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；

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

根据建设单位的个人剂量管理要求，本次评价以 5mSv/a 作为职业人员的年有效剂量约束限值，以 0.1mSv/a 作为公众人员的年有效剂量约束限值。

（二）第 6.4 款 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区,以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和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。

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

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

线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

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

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

6.1.7 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。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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。

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。

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平 (H_c) 和导出剂量率参考控制水平 ($\dot{H}_{c,d}$)：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ 按下式计算:

$$\dot{H}_{c,d}=H_c/(t.U.T)$$

式中: H_c —周剂量参考控制水平, $\mu\text{Sv/周}$;

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;

t —探伤装置周照射时间, h/周 ;

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$: $\dot{H}_{c,\max}=2.5\mu\text{Sv/h}$

c) 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$: 上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中 $\dot{H}_{c,\max}$ 二者的较小值。

7.3.4 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月, 最长不应超过 3 个月。

4.3.2 任务相关监测和特殊监测应根据辐射监测实践的需要进行。

5.3.1 对于比较均匀的辐射场, 当辐射主要来自前方时, 剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置, 一般在左胸前或锁骨对应的领口位置; 当辐射主要来自人体背面时, 剂量计应佩戴在背部中间。

6.1.2 当职业照射受照剂量大于调查水平时, 除记录个人监测的剂量结果外, 并作进一步调查。本标准建议的年调查水平为有效剂量 5 mSv , 单周期的调查水平为 5 mSv/ (年监测周期数)

8.2.1 个人剂量档案除了包括放射工作人员平时正常工作期间的个人剂量记录外, 还包括其在异常情况(事故或应急)下受到的过量照射记录。

8.2.2 职业照射个人剂量档案终生保存。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于郑州市航空港区长安路东侧综合保税区 L06 厂房 1 楼 X-RAY 室，为了解项目建设场所及周围的环境现状，深圳市赛辐环保科技有限公司的技术人员于 2024 年 12 月 5 日到项目现场对环境现状调查及环境 γ 辐射空气吸收剂量率进行检测。

8.2 辐射环境现状监测

(1) 监测目的

了解项目拟建场址及评价范围内环境辐射现状水平。

(2) 监测因子

环境 γ 辐射空气吸收剂量率

(3) 监测依据和方法

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

8.3 监测点位

本次检测根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中的方法布设监测点，结合本项目，本次主要在工业 CT 机周围 50m 评价范围内有代表性建筑物室内、室外道路等处布设监测点位。检测点位示意图见图 8-1、图 8-2。

8.4 检测仪器

表 8-1 检测仪器相关信息

监测机构	深圳市赛辐环保科技有限公司		
仪器名称	环境监测用 X- γ 辐射空气比释动能率仪	仪器型号/编号	NT6101(N50)/5023102
校准日期	2024 年 8 月 6 日	有效期	2025 年 8 月 5 日
测量范围	1nGy/h-150 μ Gy/h	能量响应	48keV-3MeV
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	证书编号	2024H21-20-5423016001

8.5 质量保证措施

①、承担本项目环境辐射现状检测的检测机构具备检验检测机构资质认定证书（CMA 资质证书编号：202119115732），检测人员具备从事环境辐射监测的工作经验，充分了解环境 γ 辐射的特点，掌握辐射检测技术和技术标准，具备对检测结果做出正确判断的能力，熟悉本单位检验检测质量管理程序；

②、实施检测前，确认使用的仪器的检测因子、测量范围和能量响应等参数均满足检测要求，核实检测现场的操作环境均满足所使用仪器的操作环境要求。提前开启检测仪器预热至少 1 分钟，并确认仪器的电量充足后，再进行检测。待读数稳定后，约 10s 间隔读取 10 个值，并经校正后求出平均值和标准偏差；

③、检测人员经环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训并考核合格;环境 γ 辐射剂量率测量仪器定期校准，每年至少 1 次送计量检定机构检定，确保在有效期内使用；

④、环境 γ 辐射剂量率测量应选用相对固有误差小的仪器(<+15%);

⑤、合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求；

⑥、每次测量前、后均检查仪器，确保处于正常工作状态；

⑦、监测报告严格执行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

8.6 监测结果

建设项目场所环境 γ 辐射空气吸收剂量率现状检测结果见表 8-2。

表 8-2 建设项目场所环境 γ 辐射空气吸收剂量率现状检测结果

测点编号	测量场所	测量点位	检测结果 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	场所性质
1	L06 厂房 1 楼 拟使用工业 CT 场所及周 围	X-RAY 室	36	1	楼房
2		电梯等候区	34	1	楼房
3		过道	37	1	楼房
4		配电房	40	1	楼房
5		生产车间	34	1	楼房
6		生产车间	31	2	楼房
7		联合办公室	36	1	楼房
8		抛料室	34	1	楼房
9		仓库	43	2	楼房

10		维修房	39	1	楼房
11		kitting 仓	45	2	楼房
12		施工材料仓	38	2	楼房
13		后勤保障部	37	2	楼房
14		备品室	35	2	楼房
15		楼梯间	39	1	楼房
16		2 楼 UPS 电源房	45	2	楼房
17		L06 厂房南侧道路	32	2	楼房
18		L06 厂房东侧道路	30	1	楼房
19		L15 厂房	38	2	楼房

备注：1、测量时仪器探头朝向地面，距离地面高度为 1m；

2、表中计算结果已扣除了宇宙射线的贡献（依据 HJ61-2021 附录 D 进行宇宙射线响应值修正）；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=校准因子 $C_f \times$ （仪器检验源效率因子 $E_f \times$ 读数平均值 X -屏蔽因子 $\mu_e \times$ 测点处仪器对宇宙射线的响应值），校准因子为 0.94，仪器检验源效率因子取 1（仪器无检验源），屏蔽因子楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1。

注 1：我公司在河源万绿湖进行了仪器的宇宙射线响应及其自身本底测量，读取了 60 个数据进行计算，结果为 32nGy/h，保留两位有效数字。

注 2：a、项目建设场地的经纬度：东经 113.52.11 北纬 34.32.59 海拔 112m；

b、万绿湖的经纬度：东经 114.35.17 北纬 23.47.13 海拔 94.9m。

8.7 监测结果评价

从表 8-2 中的数据可见，本项目建设场地及周围区域（室内）环境 γ 辐射剂量率范围为 31~45nGy/h，周围区域室外道路环境 γ 辐射剂量率值为 30~32nGy/h。均处于正常辐射环境背景水平，无辐射异常情况。

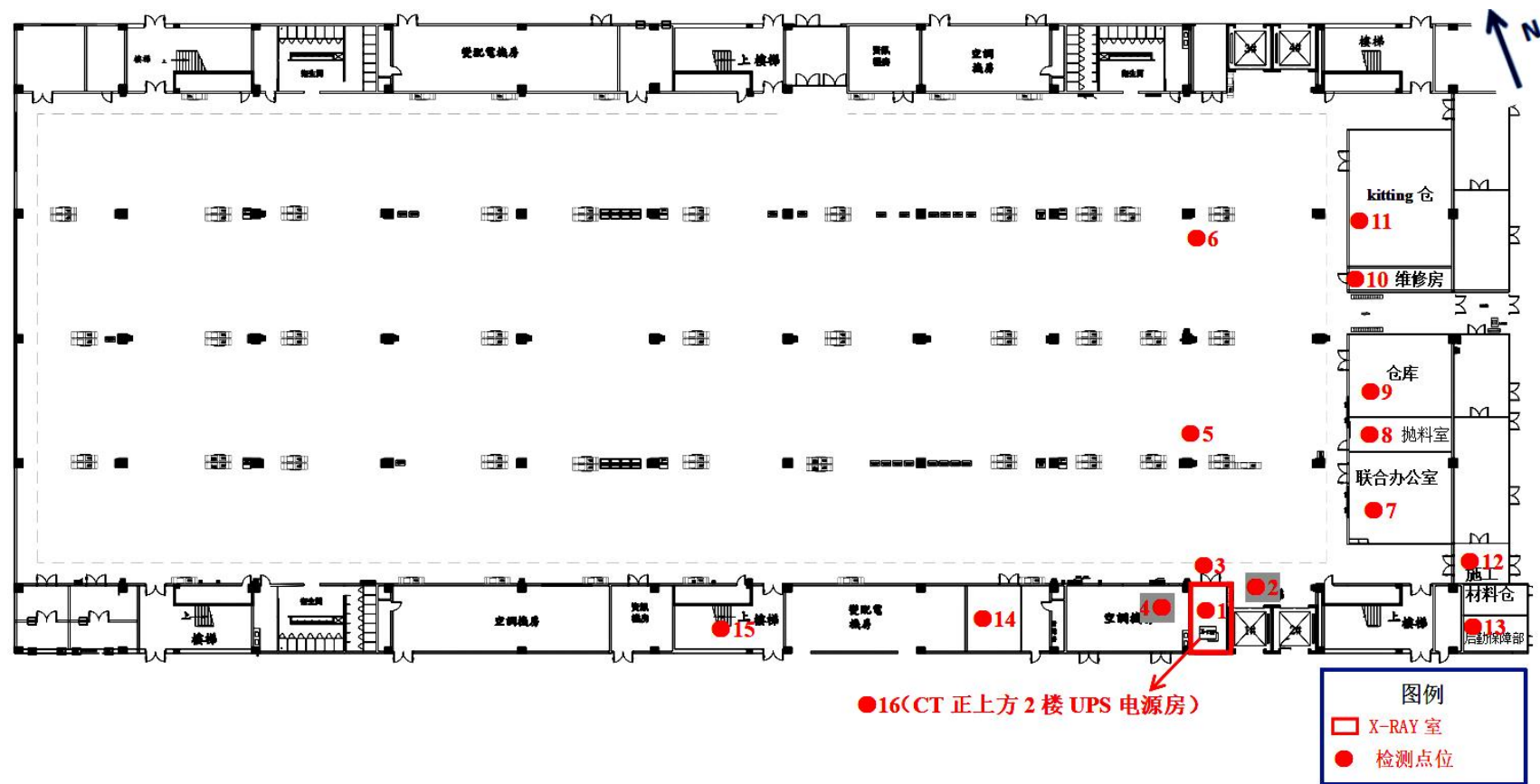


图 8-1 L06 厂房内检测布点图

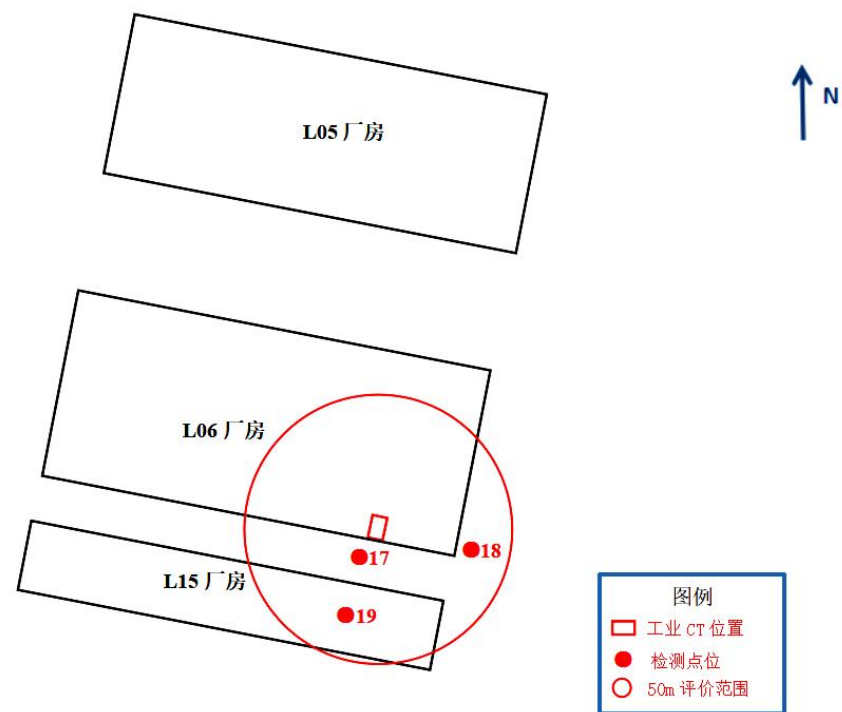


图 8-2 L06 厂房外检测布点图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

本项目拟安装使用的欧姆龙 VT-X750 型工业 CT 自带屏蔽体，该设备使用多次投影进行 3D 断层拍摄的摄像方式，再将这些图像按照重建算法重构得到完整的 3D 内部结构图，最终利用分析软件对测得的三维模型进行处理，从而获取全面的产品内外质量数据，展示被检工件内部结构组成材质及缺损状况。欧姆龙 VT-X750 型工业 CT 设备外观实物图如图 9-1 所示，设备外部结构图见图 9-2，设备内部结构图见图 9-3。



图 9-1 VT-X750 型工业 CT 外观图

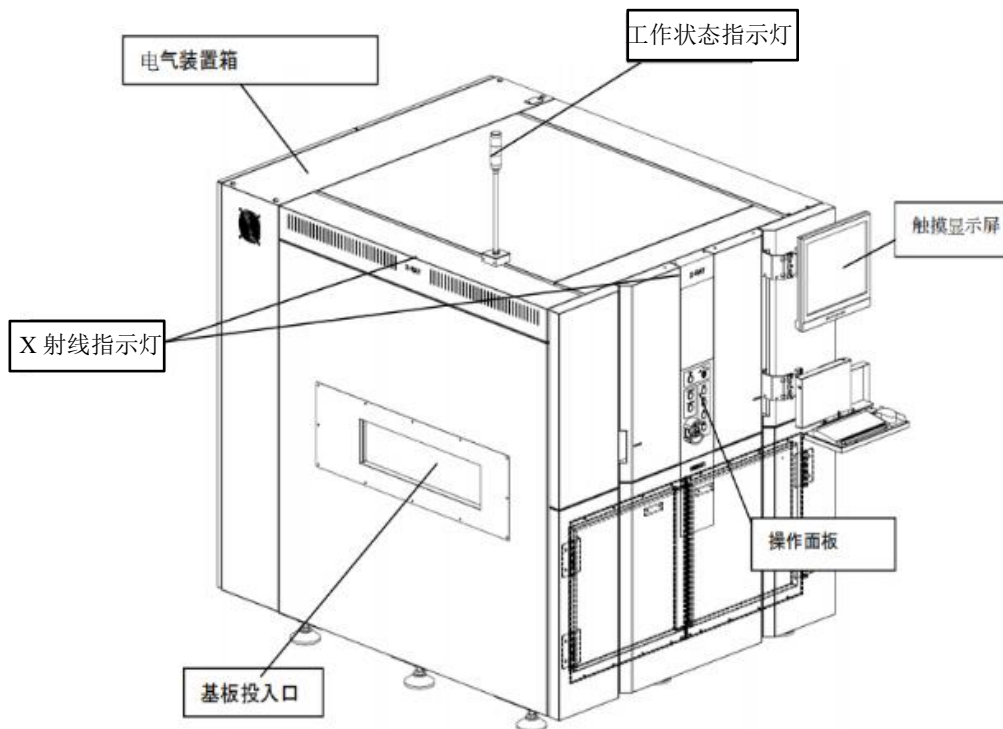


图 9-2 本项目 VT-X750 型工业 CT 外部结构图

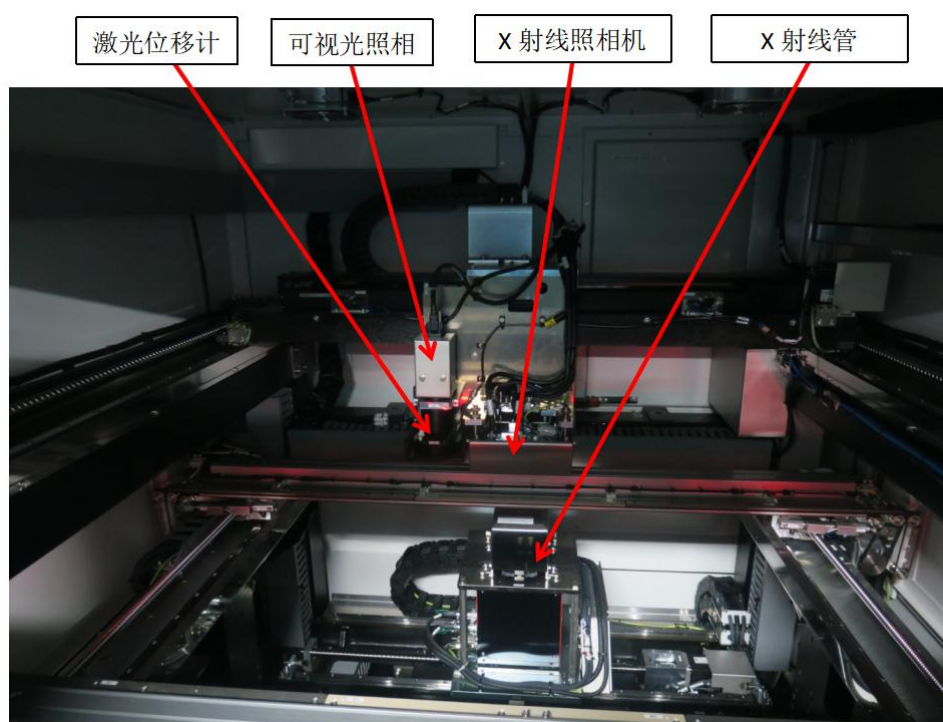


图 9-3 VT-X750 型工业 CT 内部结构图

本项目VT-X750型工业CT内部结构各部件主要用途如下：

可视光照相机：主要用于识别自动输入的工件条码信息和取导航地图（拍摄工件完

整图像，操作人员可根据实际需求，点击图像中具体部位供X射线照相机进一步拍摄和采集图像）；

激光位移计：主要用于测量工件板弯曲高度，X射线照相机根据板弯曲高度自动调整方位和高度进行图像拍摄和采集；

X射线照相机：X射线照相机与检测器为一体，用于工件受X光照射后，接收X光影像和图像采集。

本项目VT-X750型工业CT X射线管位于X射线照相机下方，主射方向朝上（设备顶部）。设备进行出束检测时X射线管及工件均为固定位置，检测完一个工件后，射线管移动到下一个工件下进行出束检测，射线管前后最大移动范围515mm，左右最大移动范围610mm。

9.1.2 工艺分析

（1）X 射线产生原理

X 射线可以检查金属与非金属材料及其制品的内部缺陷。其中 X 射线发生装置主要由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，如图 9-4 所示。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击。灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能（其中的 1%）会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为韧致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。通过加大加速电压，电子携带的能量增大，则有可能将金属原子的内层电子撞出，于是内层形成空穴，外层电子跃迁回内层填补空穴，同时放出波长在 0.1 纳米左右的光子，形成 X 光谱中的特征线，此称为特征辐射。

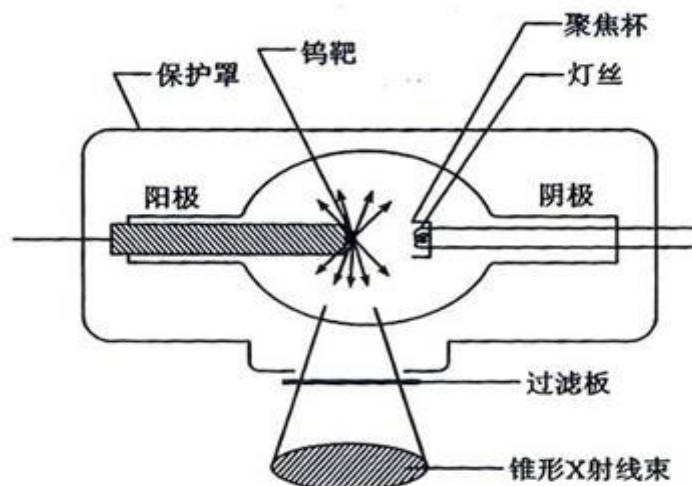


图 9-4 X 射线管示意图

从 X 射线管阴极上射在钨靶上的电子形成的电流叫做管电流，加在 X 射线管两极上的高压即为管电压，产生的 X 射线最高能量等于电子的动能。X 射线管产生的 X 射线的强度与靶物质的原子序数 Z 成正比，与电子流强度 I 成正比，与电子加速电压（管电压） U 的平方成正比。所以，X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。一般 X 射线机的管电压（峰值）从几十千伏至几百千伏。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的窗口引出来，其他方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉。

（2）工业 CT 工作原理

电子计算机断层摄影(Computed tomography，简称 CT)是电子计算机和 X 射线相结合的一项无损检测新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面(被检测对象的薄层，或称为切片)的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度(灰度)数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

工业 CT 一般由 X 射线源、扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成，本项目工业 CT 工作示意图见图 9-5。射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据射线在工件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图像重建。

与射线源紧密相关的准直器用以将射线源发出的锥形射线束处理成扇形射束。扫描系统实现 CT 扫描时工件的旋转或平移，以及工件、探测器空间位置的调整。

探测器系统用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机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。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

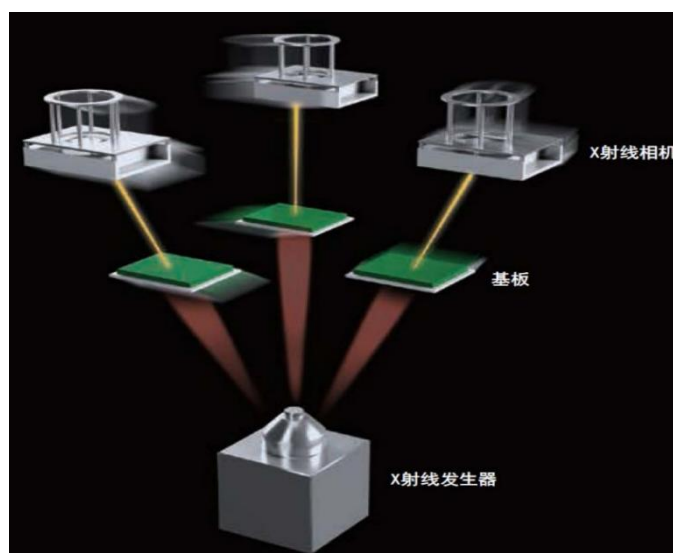


图 9-5 工业 CT 工作示意图

(3) 项目流程及产污环节

本项目所用 VT-X750 型工业 CT 检测流程为：首先辐射工作人员开启设备后设置相关技术参数，工作人员将待检工件放置在传送入口，检测系统自动驱动样品传送至设备内部，关闭装载门后开启 X 射线，设备自动采集扫描，样品自动完成分析测试工作，检测完成后传输至出口继续进行下一个工件检测。整个检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在操作台上进行监控。

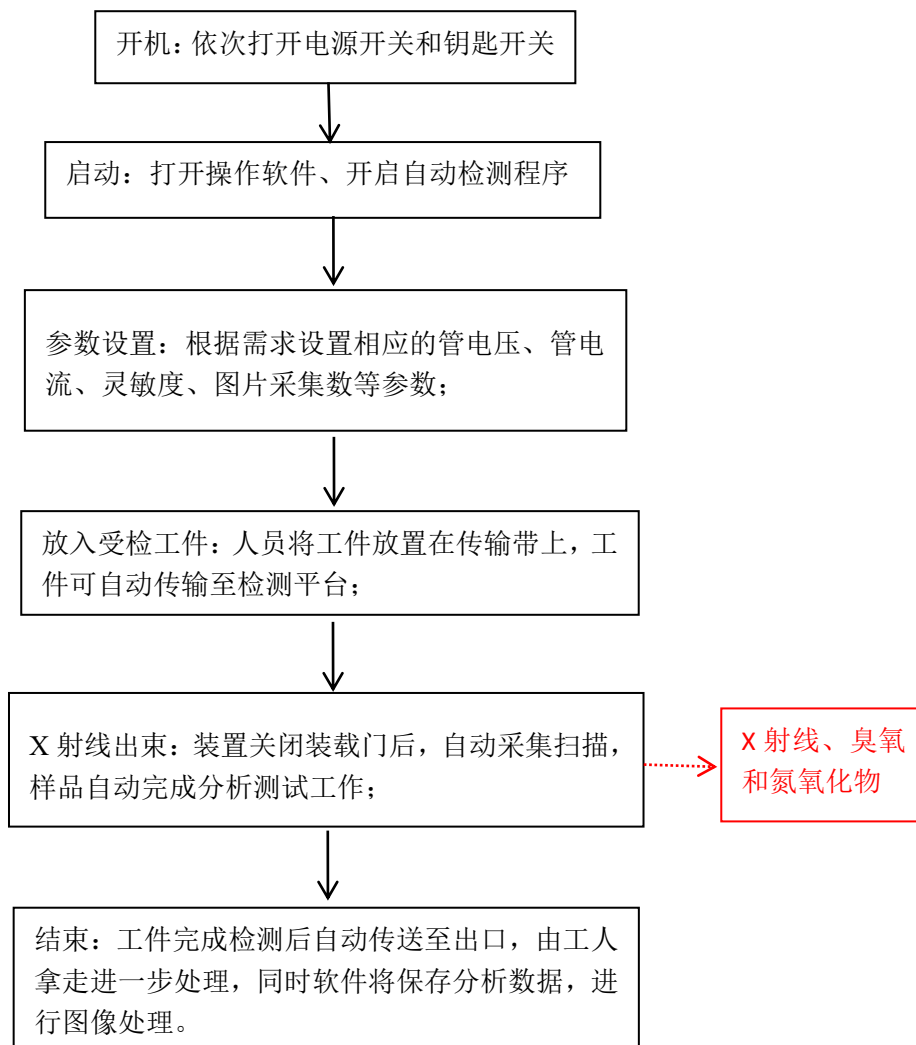
本项目工业 CT 检测流程如下：

- ①开机。检测前，操作人员需检查电源连接是否正常、检查所有屏蔽设施是否正常，确认无异常后依次打开电源开关和钥匙开关；
- ②启动：打开操作软件、开启自动检测程序；
- ③参数设置：根据需求设置相应的管电压、管电流、灵敏度、图片采集数等参数；
- ④放入受检工件：人员将工件放置在传输入口，工件可自动传输至检测平台；

⑤X 射线出束：装置关闭装载门后，自动采集扫描，样品自动完成分析测试工作。

⑥结束：工件完成检测后自动传送至出口，由工作人员拿走进一步处理，同时软件将保存分析数据，进行图像处理。

本项目检测过程由设备自动进行，本项目工艺流程图及产污环节示意图见图 9-6。



9-6 本项目工艺流程及产污环节示意图

9.1.3 人员配置和工作负荷

根据建设单位提供信息，本项目正常运行后，配置 2 名辐射工作人员，每天实行两班制，每班由 1 名辐射工作人员操作。辐射工作人员实行定岗定责，不会出现人员交叉操作射线装置的情况。

本项目工业 CT 投入使用后，预计每天出束时间为 10h，每周工作 6 天，每年工作天数为 300 天，则年出束时间为 3000h，工作人员分为两个班次进行工作。

本项目工作负荷如表 9-1:

表 9-1 工作负荷表

设备型号	VT-X750
拟使用场所	L06 厂房 1 楼 X-RAY 室
每日 X 射线出束时间 (h)	10
每周工作天数 (天)	6
每年工作天数 (d)	300
拟配备辐射工作人员数 (名)	2
年出束时间 (h/a)	3000
每班年受照时间 (h/a)	1500

9.2 污染源项描述

1、污染因子

X 射线检测系统在关机状态下不产生射线,只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线及少量臭氧。因此,本项目营运期产生的主要污染物为:①X 射线;②少量的臭氧和氮氧化物。

2、正常工况

该项目 X 射线检测系统的主要污染因子是 X 射线,随 X 射线发生器的开和关而产生和消失。在正常工况下,检测过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、反射及散射,可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响,影响途径为 X 射线外照射。

3、事故工况

本项目使用的设备在事故工况下,可能产生辐射影响的情形有以下几点:

(1) 防护门安全联锁发生故障,导致在装载门未关到位的情况下射线发生器出束,X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射;

(2) 防护门安全联锁发生故障,导致工件在传输过程中装载门未关到位的情况下 X 射线出束,导致工作人员被意外照射;

(3) 设备检修时,没有采取可靠的断电措施导致意外开启 x 射线发生器,使检修人员受到意外照射。一旦发生射线泄漏事故,立即切断电源,启动本公司的应急方案。

9.3 源强分析和参数

本项目工业 CT 最大管电压为 130kV，距辐射源点（靶点）1m 处输出量根据《辐射防护导论》附图 3 查出，距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》GBZ/T250-2014 表 1 查出，其余参数信息由建设单位及说明书提供，源强参数见表 9-2。

表 9-2 工业 CT 源项参数一览表

技术参数	数值
X 射线管最大管电压	130kV
X 射线管最大管电流	0.3mA
滤过条件	1mmAl
距辐射源点（靶点）1m 处输出量	20mGy.m ² /(mA.min)
距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率	1×10 ³ μSv/h
有用线束角度	45°

表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射工作场所分区管理

(1) 工作场所布局

本项目的 VT-X750 型工业 CT 拟安装于 L06 厂房 1 楼 X-RAY 室，为便于辐射防护和安全管理，切实做好辐射安全防护工作，X-RAY 室设置有门禁系统，只有授权人员方可进入，在设备屏蔽体外和 X-RAY 室门口均张贴“当心电离辐射”的标志，提醒公众尽可能远离。本项目为自带屏蔽体的 X 射线装置，其屏蔽体外 50m 范围内均处于公司厂区内，工业 CT 场所布局合理。

(2) 分区依据和原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）相应的要求，对辐照工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门的防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件。

(3) 本项目分区管理情况

根据 GB18871 对控制区和监督区的定义，本项目 VT-X750 型工业 CT 自带屏蔽体，将 VT-X750 型工业 CT 屏蔽体内部区域划为控制区，该区域密封在设备结构材料内部，人员无法到达；将控制区外，X-RAY 室内其他区域划为监督区，监督区无需专门的防护手段或安全设施，但需要对职业照射条件进行监督，正常工况下，工作人员需佩戴个人剂量计，X 射线装置出束状态前提醒除辐射工作人员外，其他人员需迅速离开，并在监督区边界设置“当心电离辐射”的中文工作警示牌。

本项目辐射工作场所两区划分见图 10-1。

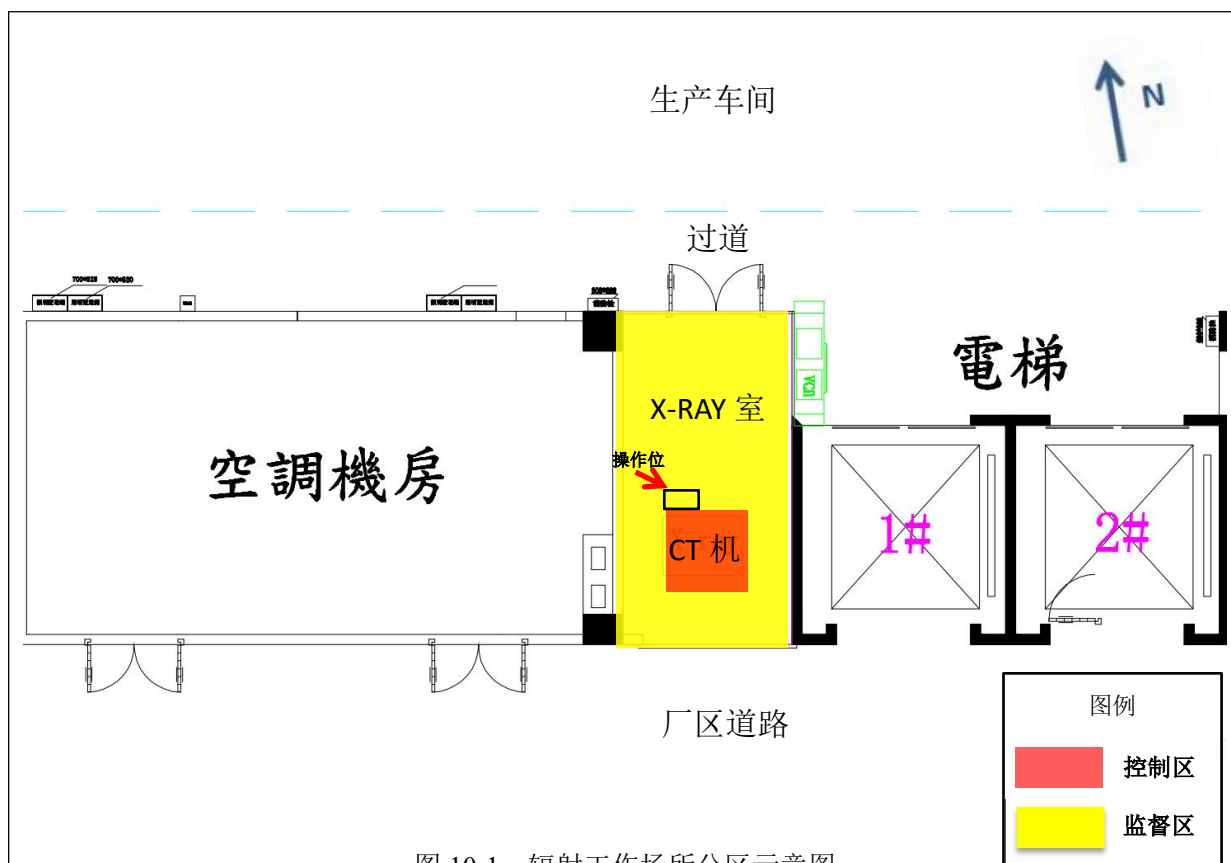


图 10-1 辐射工作场所分区示意图

10.2 射线装置自带辐射安全与防护措施

本项目拟使用的工业 CT 自带钢铅结构的屏蔽体，三视图如图 10-2 至图 10-4 所示，结构和屏蔽参数见表 10-1。

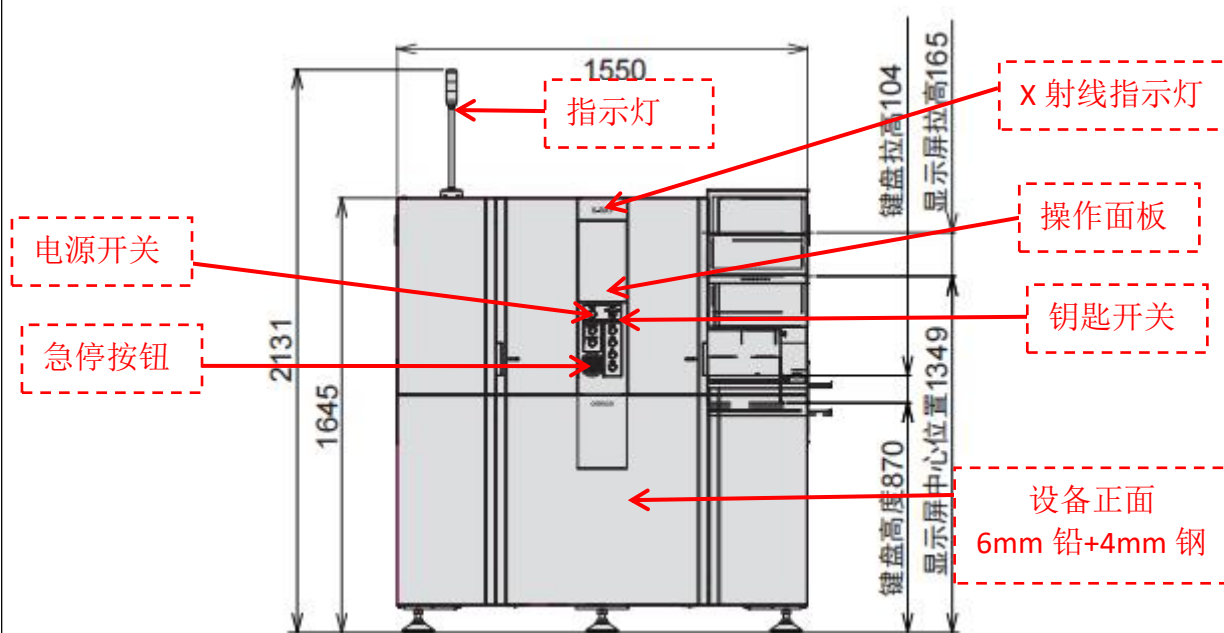


图 10-2 工业 CT 正视图

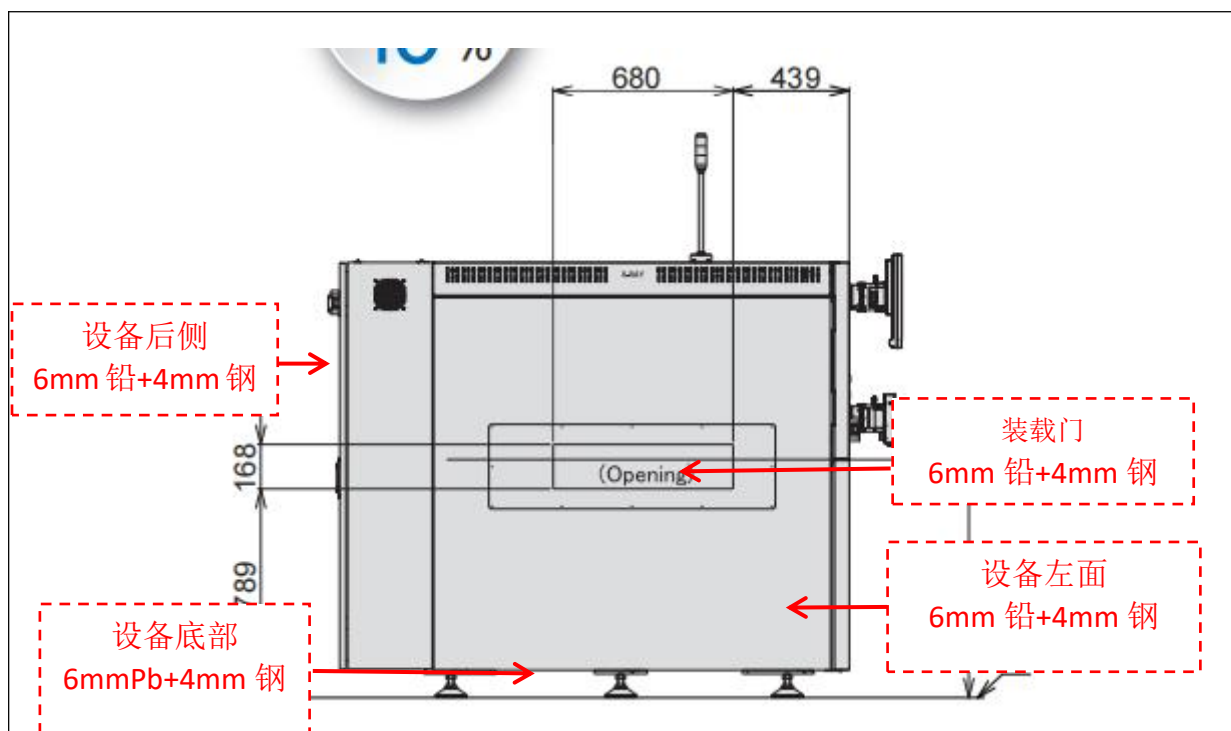


图 10-3 工业 CT 左视图

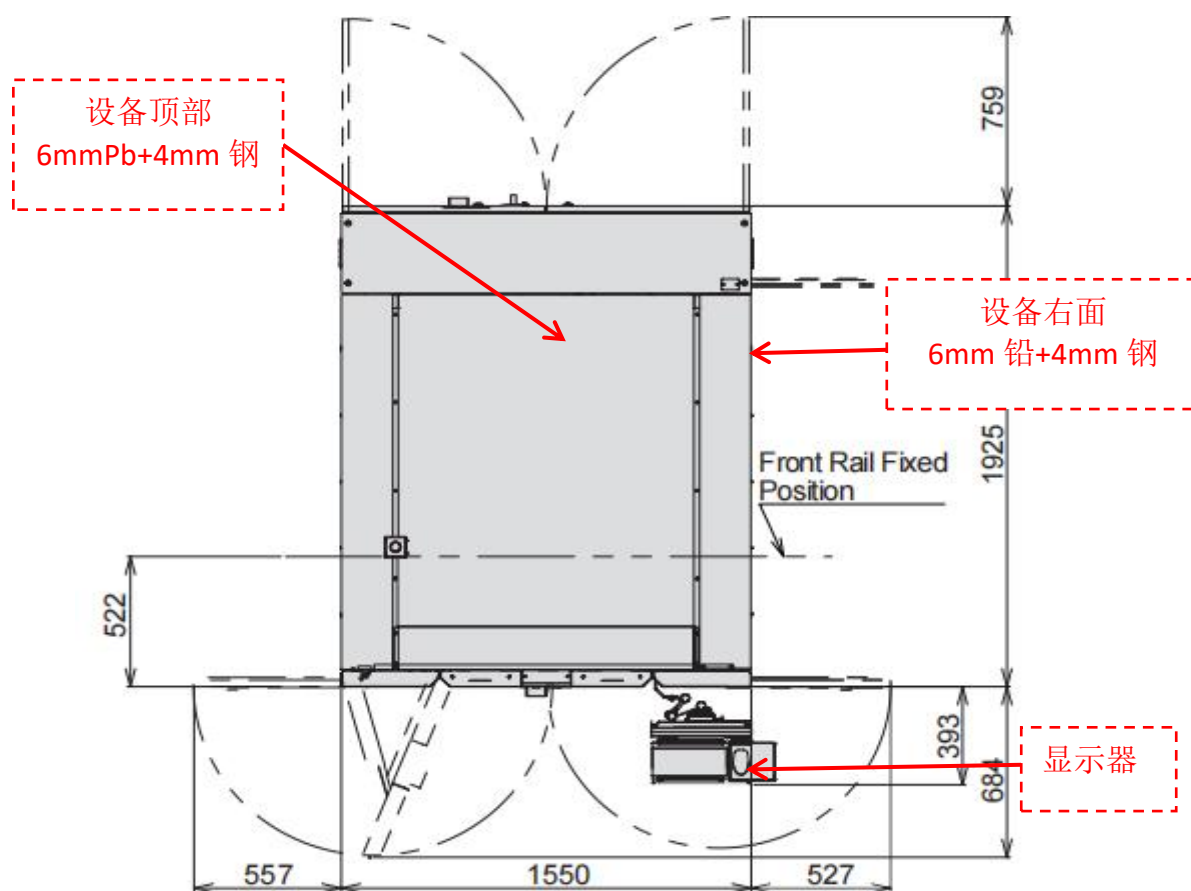


图 10-4 工业 CT 俯视图

表 10-1 工业 CT 防护性能参数表

项目	设计情况
设备尺寸	长×宽×高=1925mm×1550mm×1645mm
前面	6mm 铅+4mm 钢
后面	6mm 铅+4mm 钢
左侧	6mm 铅+4mm 钢
右侧	6mm 铅+4mm 钢
上顶	6mm 铅+4mm 钢
下底	6mm 铅+4mm 钢
装载门	尺寸（168mm×680mm）6mm 铅+4mm 钢

10.3 辐射防护设施

(1) 安全联锁装置

本项目工业 CT 带有安全联锁功能，共设置 3 处安全联锁，包括前门联动 A，正面维护门联动 B，背面维护门联动 C。当钥匙开关闭合、急停按钮复位、装载门正常关闭、指示灯正常亮起的情况下，设备自检系统才能启动，才能正常出束，否则不能出束。X 射线出束期间，触发任何一道上述安全设施或发生故障，设备自检系统将紧急切断出束。本项目工业 CT 联锁设置位置具体见图 10-5，联锁逻辑图见图 10-6。

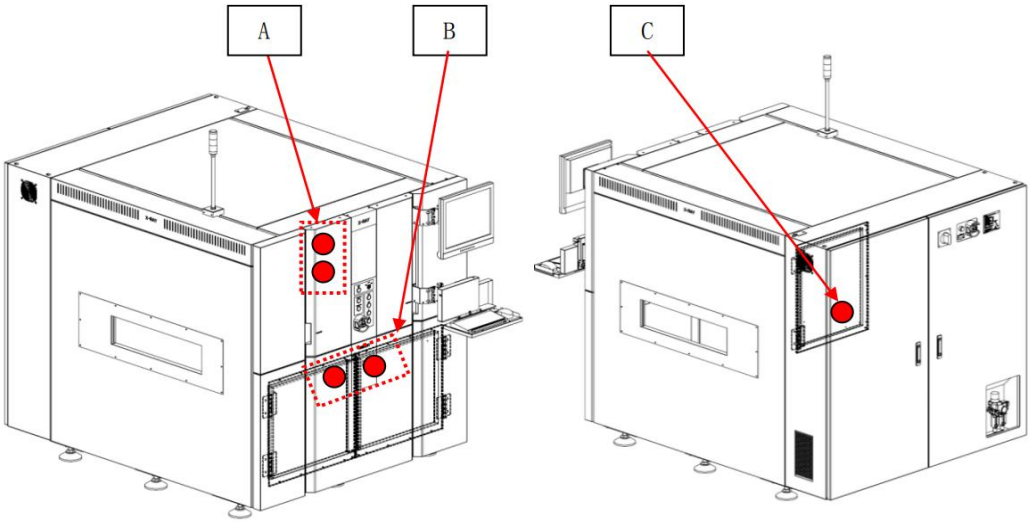


图 10-5 联锁设置位置示意图

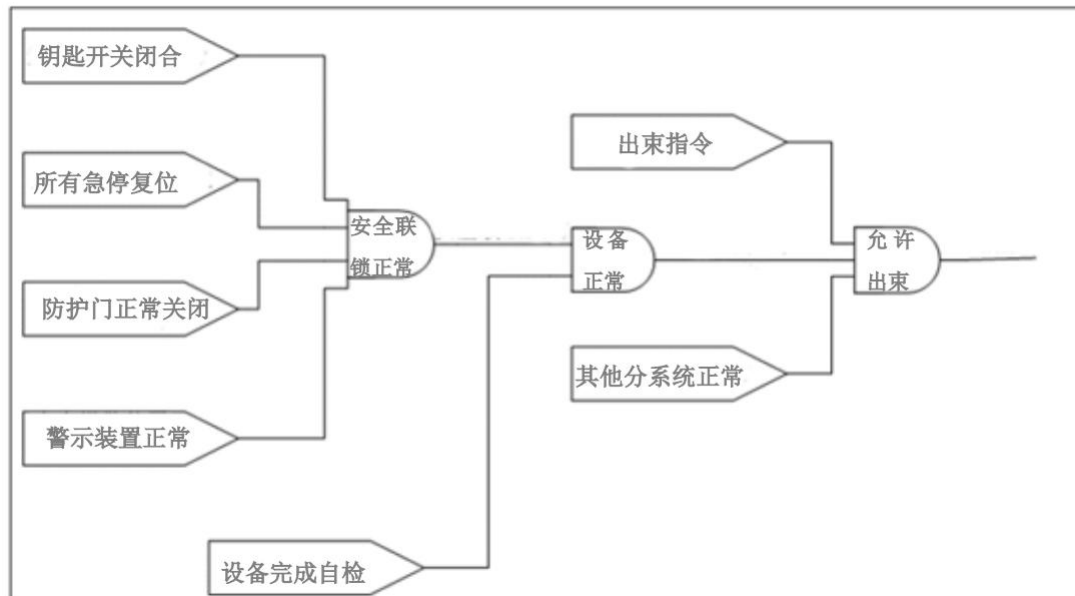


图 10-6 联锁逻辑示意图

（2）警示设施

建设单位将在设备的正面张贴电离辐射警告标志，设备自带 3 个 X-RAY 指示灯，1 个工作状态指示灯，X 射线出束正常工作时指示灯将亮灯进行警示。

（3）多重开关

设备上设有钥匙开关、主电源开关，只有两个开关同时打开后设备才能启动，关闭任意一道开关 X 射线都将无法正常出束。

（4）紧急停机

该设备前操作面板和后面板各设有一个急停按钮，发生紧急事故时可以迅速切断设备的多项部件的电源。

（5）电缆通道：本项目工业 CT 机辐射屏蔽罩体的内部组件需通过管线与外部的控制器连接，管线通过 6mmPb 铅板+4mm 钢板防护罩穿过辐射屏蔽罩体，射线经防护罩衰减和散射后，遮罩箱体外部的辐射剂量处于安全水平。

（6）监测设备

建设单位拟为每个辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，为工业 CT 机配置 1 套网络式射线监测系统，可满足工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。辐射工作人员作业前检查剂量率是否正常，佩戴好个人剂量计和个人剂量报警仪进行辐射工作，当个人剂量报警仪报警时，应立即切断电源，停止使用该设备，并立即向辐射工作负责人报告。

网络式射线监测系统可实时监测工业 CT 机外屏蔽体外辐射剂量率，辐射工作人员做好记录，如有异常，立即停止工作，查找原因，进行整改。如确定设备的屏蔽质量出现问题，应及时通知厂家对设备进行维修，并委托有资质的机构对维修后的设备的辐射安全性进行检测，确保辐射水平达标后方可继续开展工作。

10.4 辐射安全防护设施对照分析

根据建设单位及设备厂商提供的相关材料，参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中各项具体要求，对本项目具体的辐射防护设施及措施与标准对照分析，详见表 10-2。

表 10-2 本项目工业 CT 辐射安全防护设施对照分析表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目情况	评价结果
4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。 4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.6 应制定辐射事故应急预案。	建设单位已成立辐射安全管理机构，负责辐射安全管理工作，并且定期组织辐射工作人员参加辐射安全防护及相关法律法规的培训工作，定期组织辐射工作人员的职业健康体检及个人剂量监测等。建设单位拟将各项辐射安全管理制度和设备操作规程张贴于 X-RAY 室醒目位置，辐射工作人员将严格按照操作规程操作，避免事故发生。建设单位现有《辐射事故应急预案》符合辐射事故应急预案内容的要求，可满足本项目建成后辐射事故突发时的应急需求。	满足要求
4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。 4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	本项目辐射工作人员按要求进行职业健康监护，配备个人剂量计并定期送检，针对本项目建设单位拟配备个人剂量报警仪 2 台、网络式射线监测系统 1 套，满足日常人员防护的需求。工作人员操作 X 射线装置时，佩戴个人剂量计并确保个人剂量报警仪处于开机状态。	满足要求
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	本项目射线装置自带屏蔽体，主束方向朝向设备顶部，操作位位于前侧，避开设备有用线束方向。	满足要求

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	建设单位拟对射线装置工作场所实施分区管理，将工业CT屏蔽体内部区域划为控制区，在控制区边界设置警戒线，严格限制除辐射工作人员以外的人员在此区域内停留；将控制区外，X-RAY 室内其他区域划为监督区，分区管理符合GB18871 的要求。	满足要求
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目射线装置带有安全联锁装置，防护门在打开或者没有关到位的情况下，高压电源无法打开，重新关闭后无法自动打开高压电源。当设备运行过程中，突然打开设备防护门后，将立即切断高压，停止出束；重新关上防护门后不会自动打开主电源。人员无法进入设备内部。	满足要求
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。	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，人员不能进入到屏蔽体内部操作；本项目 X-RAY 警示灯与 X 射线出束状态联锁，X 射线出束时，X 射线警示灯亮起。	满足要求
6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	建设单位拟在设备屏蔽体外张贴“当心电离辐射”的电离辐射警告标志牌。	满足要求
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 正面和后面设有急停按钮。紧急停机按钮设置处无任何遮挡物存在，在出现紧急情况（如防护门安全联锁发生故障）时，按下紧急停机按钮，可以立即切断设备电源，X 射线停止出束，此时工作人员可手动打开防护门。	满足要求

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。	射线装置顶部设有 4 个机械排风扇，排风量约为 744m³/h，设备内部体积约 4.9m³，排风扇在工作期间保持开启可确保设备内部每小时有效通风换气次数大于 151 次。 X-RAY 室南侧墙面 4m 高处安装机械排风装置，排风口临空，避开了人员密集场所，设计排风量为 800m³/h，X-RAY 室容积约 179m³，排风装置在工作期间保持开启，可将 X-RAY 室少量臭氧和氮氧化物排向 L06 栋厂房室外，可确保 X-RAY 室内每小时有效通风换气次数大于 4 次，能有效排出 X-RAY 室内少量臭氧和氮氧化物。	满足要求
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，人员不能进入到屏蔽体内部操作，建设单位配备 1 套网络式射线监测系统，用于设备外表面剂量率的探测，当剂量率达到设定的报警阈值可报警。	满足要求
6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	在每次使用前，检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，确保安全联锁装置在正常运作状态下进行出束操作。	满足要求
6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，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。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	建设单位要求工作人员开机前佩戴个人剂量计，并打开个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，辐射工作人员应立即按下急停开关、切断设备物理电源，远离射线装置。同时阻止其他人靠近设备，并立即向辐射防护负责人报告。	满足要求
6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	建设单位拟每月测量一次设备屏蔽体外及周围环境的辐射水平，包括操作位和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，终止工作并向辐射防护负责人报告。	满足
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才	本项目属于小型自屏蔽式射线装置，设备内部人员不可达，且只有在防护门正常关闭、所有防护与安全装置系统都启动	满足要求

能开始探伤工作。	并正常运行的情况下，才能开启设备自检并正常出束。	
----------	--------------------------	--

10.5 三废的治理

X 射线照射会使周围的空气电离而产生少量臭氧和氮氧化物，如果不做处理会使辐射工作场所空气中的有害气体含量增加。参照国家标准《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的相关规定：探伤室应设置机械通风装置，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

本项目拟使用的射线装置设备自带屏蔽体，空间较小，正常情况人员无法进入屏蔽室操作。射线装置顶部设有 4 个机械排风扇，排风量约为 744m³/h，设备内部体积约 4.9m³，排风扇在工作期间保持开启可确保设备内部每小时有效通风换气次数大于 151 次。

为保证 X-RAY 室空气清新，建设单位在 X-RAY 室南侧墙面 4m 高处安装机械排风装置，排风口临空，避开了人员密集场所，设计排风量为 800m³/h，X-RAY 室容积约 179m³，排风装置在工作期间保持开启，可将 X-RAY 室少量臭氧和氮氧化物排向 L06 栋厂房室外，可确保 X-RAY 室内每小时有效通风换气次数大于 4 次，能有效排出 X-RAY 室内少量臭氧和氮氧化物。

本项目 X 射线检测系统均采用数字成像，不产生废显、定影液和废胶片。

10.6 项目环保投资

本项目预计总投资 210 万元，其中环保投资 10 万元，占总投资的 4.76%，详细环保投资估算如下表 10-3。

表 10-3 本项目环保投资一览表

序号	环保设施	数量	投资金额（万元）
1	辐射剂量巡测仪	1 台	5
2	个人剂量报警仪	1 台	
3	个人剂量计	2 套	
4	辐射防护用品	1 套	1
5	技术咨询	/	2
6	人员培训	/	2
合计			10

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 机在建设期只需要进行设备安装与调试工作，施工期对周边环境的影响是微弱的，并且在设备安装期间，射线装置不开机，不产生 X 射线，不会对周围环境造成电离辐射影响。但在安装调试过程中，需严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。本工程规模较小，建设时间较短，对周边环境影响程度均局限在厂区内。综上所述，本项目建设阶段对周边环境的影响较小。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据建设单位提供材料，本项目使用的射线装置参数见表 11-1，本次采用理论计算方式对设备在最大工况下配套屏蔽体措施进行分析计算。

表 11-1 X 射线管基本技术参数

型号	VT-X750
X 射线管最大管电压	130kV
X 射线管最大管电流	0.3mA
滤过条件	1mmAl
距辐射源点（靶点）1m 处输出量	20mGy.m ² /(mA.min)
距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率	1×10 ³ μSv/h

11.2.1 辐射屏蔽剂量参考控制水平

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中 6.1.3 款和 6.1.4 款，设备屏蔽体外表面的辐射屏蔽剂量率参考控制水平应同时满足：

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率参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

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

6.1.4 探伤室顶棚的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室邻近建筑物在自辐射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) 对没有人员达到的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平取 100 μ Sv/h。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 3.1.1 款给出的 H_C 的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 计算公式:

$$H_{c,d}=H_C/(t.U.T) \quad (\text{式 11-1})$$

式中:

H_C —周剂量参考控制水平, 单位为微希沃特每周 (μ Sv/周);

t —探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 (h/周);

U —探伤装置向关注点照射的使用因子;

T —人员在关注点驻留的居留因子。

本项目取设备屏蔽体外表面 30cm 处和操作位作为关注点进行导出剂量率参考控制水平计算, 相关计算参数和结果详见表 11-2。

表 11-2 关注点的导出剂量率参考控制水平及计算参数

关注点	H_C (μ Sv/周)	使用因子 U	人员居留 因子 T	$H_{c,d}$ (μ Sv/h)	$H_{C, \max}$ (μ Sv/h)	参考控制水平 (μ Sv/h)
设备前侧	100	1	1	3.33	2.5	2.5
设备后侧	100	1	1	3.33	2.5	2.5
设备左侧	100	1	1	3.33	2.5	2.5
设备右侧	100	1	1	3.33	2.5	2.5
设备上侧	100	1	/	/	2.5	2.5
设备下侧	100	1	/	/	2.5	2.5
操作位	100	1	1	3.33	2.5	2.5

注: 周照射时间为 30h/班。

11.2.2 理论计算公式

本项目工业 CT 屏蔽体的辐射防护屏蔽措施的防护性能采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及其他相关计算公式进行分析评价, 相关计算公式如下:

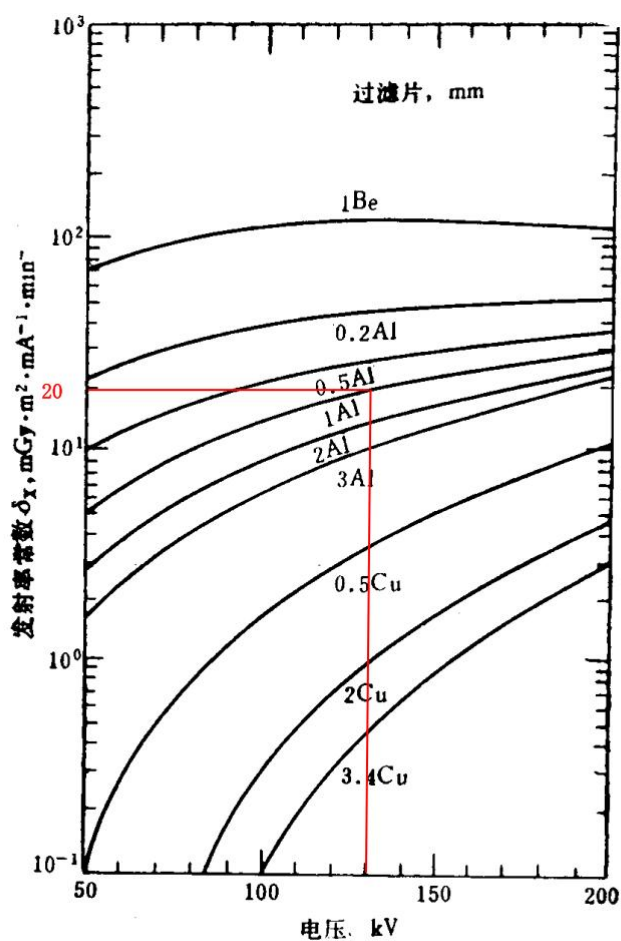
(1) 有用线束的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时, 屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下:

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

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 本项目工业 CT 滤过材料为 1mmAl, 最大管电压为 130kV, 参考《辐射防护导论》附图 3 (见图 11-1) 可知距辐射源点 1m 处的输出量为 20mGy/mA $\cdot$ min; 计算时 Sv/Gy 等量值转换。



附图 3 恒定电压为 50~200kV 时 X 射线机的发射率常数 δ_x

图 11-1 距辐射源点 1m 处的输出量

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

B ——辐射屏蔽透射因子。

(2) 屏蔽透射因子

屏蔽物质的厚度与辐射屏蔽透射因子 B 的关系如下:

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots \text{式 (11-3)}$$

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——什值层厚度，mm；由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

（GBZT250-2014）中未给出 130kV 条件下铅和钢的什值层数据，其附录 B 中也未给出在本项目条件下的透射因子 B。参考《辐射安全手册》图 6.4 中相应的屏蔽物质的什值层数据（见下图 11-2），根据公式（11-3）算出屏蔽透射因子 B。

• 146 • 辐射安全手册

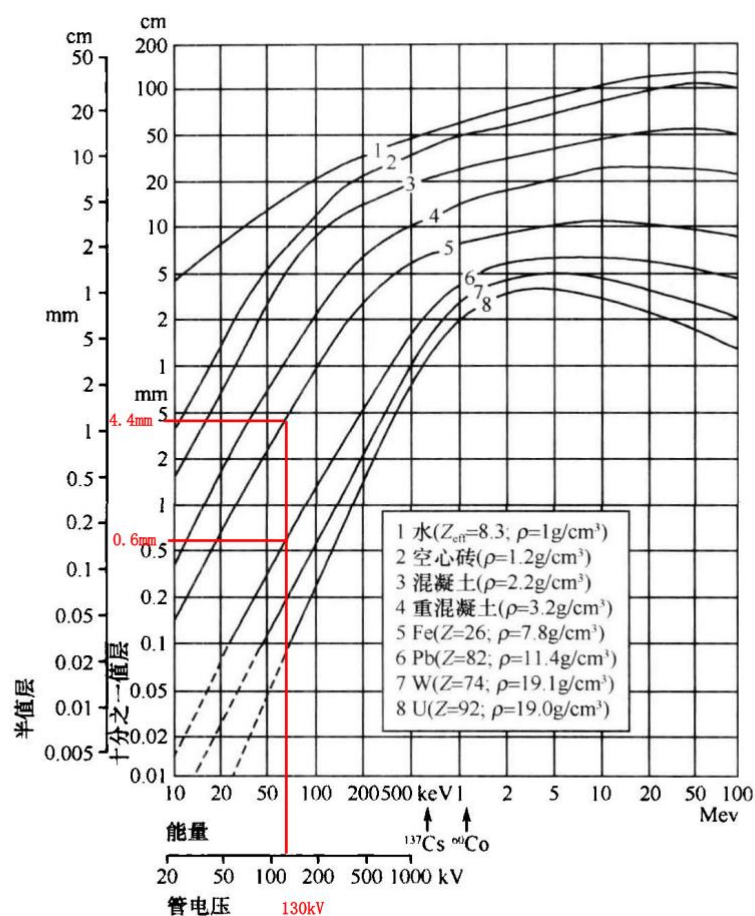


图 6.4 屏蔽材料的平均半值层和十分之一值层

图 11-2 X 射线在铅和铁中什值层厚度（选自潘自强《辐射安全手册》图 6.4）

（3）泄漏辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{(式 11-4)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ ——距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，由《工业 X 射线探

《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 可知（见图 11-3），本项目工业 CT 取 1000 μ Sv/h。

X 射线管电压 kV	距靶点 1 m 处的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ μ Sv/h
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

图 11-3 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B——辐射屏蔽透射因子；

（4）散射辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{H_0 \cdot I \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{式 (11-5)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， μ Sv/h；

H_0 ——距辐射源点 1m 处的输出量，mGy.m²/（mA.min）；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；本项目取 0.2m；

R_s ——散射体至关注点的距离，m；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流；

B——辐射屏蔽透射因子；按式 11-3 计算；

F—— R_0 处的辐射野面积，m²；

α ——散射因子，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.3 可知（见图 11-4），本项目工业 CT 散射因子取 0.04。

管电压 kV	90°散射角的 α_w^a
150	1.6E-3 ^b
200	1.9E-3 ^b
250	1.9E-3 ^b
300	1.9E-3 ^b
400	1.9E-3 ^c
^a 4.2.3 中的散射因子 α 可保守地取为 $\alpha_w \cdot 10\,000/400$ 。 ^b 取自 NCRP49。 ^c 本标准中建议保守地取 300 kV 的 α_w 值。	

图 11-4 入射辐射被面积为 400 cm 水模体散射至 1m 处的相对剂量比份 a_w

11.2.3 本项目工业 CT 自屏蔽体外关注点剂量率计算

根据建设单位提供资料，工业 CT 的 X 射线管朝向设备顶部照射，出束角度为 45°，X 射线管可前后左右移动，前后移动最大范围 515mm，左右最大移动范围 610mm，设备顶部考虑有用线束的影响，其他考虑泄漏辐射和散射辐射的影响，选取设备屏蔽体外 30cm 处和操作位处作为辐射水平关注点，本项目射线管至自屏蔽体外 30cm 处各关注点的最近距离及防护参数详见表 11-3，关注点见图 11-5、图 11-6。

表 11-3 本项目工业 CT 射线源至各自屏蔽体外 30cm 处距离及防护屏蔽参数

关注点	射线管至各侧屏蔽体关注点最近距离	屏蔽参数
A(设备前侧)	1.01m	6mm 铅+4mm 钢
B(设备后侧)	1.01m	6mm 铅+4mm 钢
C(设备左侧)	0.77m	6mm 铅+4mm 钢
D(设备右侧)	0.77m	6mm 铅+4mm 钢
E(设备顶部)	1.12m	6mm 铅+4mm 钢
F(设备底部)	1.12m	6mm 铅+4mm 钢
G(操作位)	1.01m	6mm 铅+4mm 钢

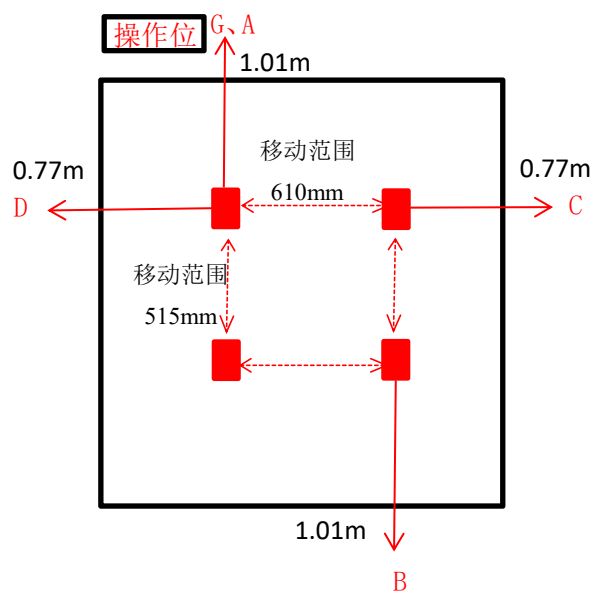


图 11-5 VT-X750 型工业 CT 关注点示意图（俯视图）

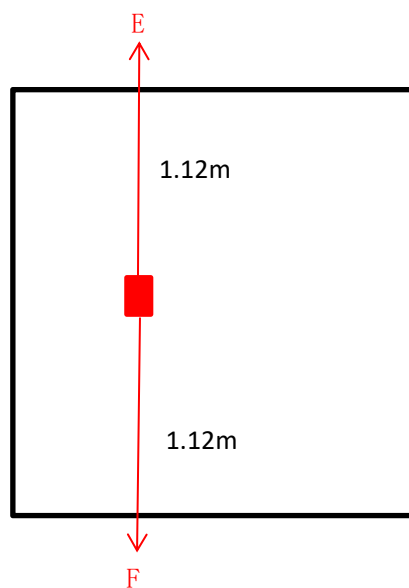


图 11-6 VT-X750 型工业 CT 关注点示意图（正视图）

根据式（11-3）计算得 B，本项目工业 CT 透射因子计算结果见表 11-4。

表 11-4 本项目工业 CT 透射因子计算结果

关注点	射线类型	X (mmPb)	TVL (mmPb)	X (mm 钢)	TVL (mm 钢)	B(铅)	B(铁)
A	泄漏射线	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
	散射射线		0.6		4.4	1.00E-10	1.23E-01

B	泄漏射线	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
	散射射线		0.6		4.4	1.00E-10	1.23E-01
C	泄漏射线	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
	散射射线		0.6		4.4	1.00E-10	1.23E-01
D	泄漏射线	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
	散射射线		0.6		4.4	1.00E-10	1.23E-01
E	有用线束	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
F	泄漏射线	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
	散射射线		0.6		4.4	1.00E-10	1.23E-01
G	泄漏射线	6	0.6	4	4.4	1.00E-10	1.23E-01
	散射射线		0.6		4.4	1.00E-10	1.23E-01

1) 有用线束方向

本项目工业 CT 屏蔽体外主射线方向关注点（自屏蔽体外表面 30cm 处）剂量率计算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目工业 CT 屏蔽体外主射线方向关注点外剂量率计算结果

关注点	B(铅)	B(铁)	$\dot{H}_0$ mSv. m ² / (mA.min)	I (mA)	R (m)	$\dot{H}$ (μSv/h)
E	1.00E-10	1.23E-01	20	0.3	1.12	3.54E-06

2) 泄漏辐射及散射辐射

本项目射线装置屏蔽体泄漏辐射方向关注点剂量率计算结果见表 11-6, 散射辐射方向关注点剂量率计算结果见表 11-7。

表 11-6 本项目工业 CT 屏蔽体泄漏辐射方向关注点剂量率计算结果

关注点	透射因子 B (铅)	透射因子 B (铁)	$\dot{H}_L$ (μSv/h)	R (m)	$\dot{H}$ (μSv/h)
A	1.00E-10	1.23E-01	1000	1.01	1.21E-08
B	1.00E-10	1.23E-01	1000	1.01	1.21E-08
C	1.00E-10	1.23E-01	1000	0.77	2.08E-08
D	1.00E-10	1.23E-01	1000	0.77	2.08E-08
F	1.00E-10	1.23E-01	1000	1.12	9.83E-09
G	1.00E-10	1.23E-01	1000	1.01	1.21E-08

表 11-7 本项目工业 CT 屏蔽体散射辐射方向关注点剂量率计算结果

关注点	I (mA)	$\dot{H}_0$ mSv.m ² / (mA.min)	B(铅)	B(铁)	F (m ²)	α	R ₀ (m)	R _s (m)	H (μ Sv/h)
A	0.3	20	1.00E-10	1.23E-01	0.02	0.04	0.2	1.01	8.70E-08
B	0.3	20	1.00E-10	1.23E-01	0.02	0.04	0.2	1.01	8.70E-08
C	0.3	20	1.00E-10	1.23E-01	0.02	0.04	0.2	0.77	1.50E-07
D	0.3	20	1.00E-10	1.23E-01	0.02	0.04	0.2	0.77	1.50E-07
F	0.3	20	1.00E-10	1.23E-01	0.02	0.04	0.2	1.32	5.09E-08
G	0.3	20	1.00E-10	1.23E-01	0.02	0.04	0.2	1.01	8.70E-08

备注： $F=\pi(R_0\times\tan 22.5^\circ)^2\approx 0.02\text{m}^2$ ，辐射源点（靶点）至探伤工件的距离取0.2m，圆锥束中心轴与圆锥边界夹角为22.5°。

3）复合辐射剂量率

综合以上可知，本项目工业 CT 屏蔽体外表面 30cm 处复合辐射剂量率见表 11-8。

表 11-8 本项目工业 CT 各关注点处的剂量率计算结果汇总（单位： μ Sv/h）

关注点	有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计
A	/	1.21E-08	8.70E-08	9.91E-08
B	/	1.21E-08	8.70E-08	9.91E-08
C	/	2.08E-08	1.50E-07	1.71E-07
D	/	2.08E-08	1.50E-07	1.71E-07
E	3.54E-06	/	/	3.54E-06
F	/	9.83E-09	5.09E-08	6.08E-08
G	/	1.21E-08	8.70E-08	9.91E-08

综上所述，本项目工业 CT 机关注点处的剂量率最高为设备顶部为 3.54E-06 μ Sv/h，对设备外表面 30cm 处的关注点控制水平均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对辐射屏蔽剂量率的参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h 的要求。

11.2.3 年有效剂量分析

个人年有效剂量计算模式如下：

$$E=H \times T \times U \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-6})$$

$$H = \left(\frac{r}{R} \right)^2 \times \dot{H} \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

E——辐射外照射人均年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ ——设备自屏蔽体外 30cm 处关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H——保护目标辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T——年工作时间，h；

U——居留因子，选取参照（GBZ/T250-2014）附录 A 中表 A.1，并根据各关注点实际停留情况进行取值；

r——射线源至关注点的距离，m；

R——射线源至保护目标的距离， $R=r+r_1-0.3$ ，m。 r_1 为保护目标与设备屏蔽体外表面的距离，正下方公众保守按照身高 2m 对距离进行估算。

本项目建成后预计工业 CT 的年曝光工作时间见表 9-3 工作负荷，辐射工作人员为操作位处操作人员。作业时，工作人员均位于操作位，故工业 CT 的辐射工作人员的辐射剂量率均取设备正常运行时其操作位的剂量率进行估算，公众主要为表 7-1 中列出的工业 CT 周边其他工作人员。

根据各方向的估算结果，按照“辐射水平与距离平方成反比”，估算评价范围内各方向上各保护目标（公众）的受照剂量率，公众主要为表 7-1 中列出的 CT 机周边其他工作人员。本项目工业 CT 对辐射工作人员及公众的有效剂量值见表 11-9。

表 11-9 辐射工作人员和公众受照剂量估算结果

场所	方位	关注点	保护目标	r(m)	R(m)	居留因子 U	关注点剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	保护目标 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时 间 (h)	周受照 时间(h)	周有效剂 量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效剂 量 (mSv/a)
L06 厂 房 1 楼 项目场 所及周 围	--	操作位	辐射工作 人员	1.01	1.01	1	9.91E-08	9.91E-08	1500	30	2.97E-06	1.49E-07
	东侧	电梯间	公众	0.77	1.2	1/4	1.71E-07	7.04E-08	1500	30	5.28E-07	2.64E-08
	东侧	施工材料仓	公众	0.77	23	1/4	1.71E-07	1.92E-10	1500	30	1.44E-09	7.19E-11
	东侧	后勤保障部	公众	0.77	23	1	1.71E-07	1.92E-10	1500	30	5.75E-09	2.87E-10
	东侧	L06 厂房东侧道路	公众	0.77	33	1/16	1.71E-07	9.31E-11	1500	30	1.75E-10	8.73E-12
	南侧	L06 厂房南侧道路	公众	1.01	1.9	1/16	9.91E-08	2.80E-08	1500	30	5.25E-08	2.63E-09
	南侧	L15 厂房	公众	1.01	21	1	9.91E-08	2.29E-10	1500	30	6.88E-09	3.44E-10
	西侧	备品室	公众	0.77	17	1/2	1.71E-07	3.51E-10	1500	30	5.26E-09	2.63E-10
	西侧	南中门楼梯间	公众	0.77	40	1/8	1.71E-07	6.34E-11	1500	30	2.38E-10	1.19E-11
	北侧	过道	公众	1.01	4.2	1/4	9.91E-08	5.73E-09	1500	30	4.30E-08	2.15E-09
	北侧	生产车间	公众	1.01	6.2	1	9.91E-08	2.63E-09	1500	30	7.89E-08	3.94E-09
	东北侧	联合办公室	公众	0.77	14	1	1.71E-07	5.17E-10	1500	30	1.55E-08	7.76E-10
	东北侧	抛料室	公众	0.77	20	1	1.71E-07	2.53E-10	1500	30	7.60E-09	3.80E-10
	东北侧	包材仓	公众	0.77	23	1/4	1.71E-07	1.92E-10	1500	30	1.44E-09	7.19E-11
	东北侧	仓库	公众	0.77	22	1/4	1.71E-07	2.09E-10	1500	30	1.57E-09	7.86E-11

	东北侧	维修房	公众	0.77	35	1	1.71E-07	8.28E-11	1500	30	2.48E-09	1.24E-10
	东北侧	Kitting 仓	公众	0.77	36	1/4	1.71E-07	7.82E-11	1500	30	5.87E-10	2.93E-11
	正上方	2 楼 UPS 电源房	公众	1.12	7	1/4	3.54E-06	9.06E-08	1500	30	6.80E-07	3.40E-08

根据表 11-9 可知，本项目工业 CT 对辐射工作人员职业照射的最大周有效剂量值为 2.97E-06 μ Sv，对公众的最大周有效剂量值为 6.80E-07 μ Sv，满足“辐射工作人员不大于 100 μ Sv/周，公众不大于 5 μ Sv/周”的周剂量限值控制要求；辐射工作人员最大年有效剂量值为 1.49E-07mSv，对公众的最大年有效剂量值为 3.40E-08mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）中的相关要求，低于本项目设定的年有效剂量约束值（工作人员剂量约束值不超过 5mSv/a，公众剂量约束值不超过 0.1mSv/a）。

11.3 事故影响分析

11.3.1 射线装置类别及风险因子

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会发布的《关于发布<射线装置分类>的公告》（公告 2017 年 第 66 号）对射线装置的分类，本项目属于Ⅱ类射线装置，风险因子为 X 射线。

11.3.2 事故的类型

本项目 X 射线装置使用过程中可能出现的辐射事故主要为：

（1）设备安全联锁发生故障，导致防护门在未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；因此，工作人员应每次检查安全联锁装置，防止事故的发生。

（2）由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。工作人员需定期检查设备系统，当发生故障时，应立即关闭电源，报专业人士检修。

（3）设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线，使检修人员受到意外照射；此时工作人员应立即关闭电源切断高压，防止事故的发生。

建设单位应定期对设备、安全联锁装置等进行维护和检修。该项目发生事故的风险主要在于公司的辐射安全管理，公司应制定完善的管理制度、操作规程，并严格执行，由此可最大程度避免发生辐射事故。

建设单位辐射工作人员在每次使用射线装置前，需对设备安全联锁装置、出束信号指示灯、声音提示装置等安全措施进行检查，发现问题及时整改。设备检修时，维护人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，在确保设备电源关闭状态下进入铅屏蔽体内进行检修。

11.3.3 辐射事故影响分析

若发生误照射，人员可通过自身携带的个人剂量报警仪发出报警，人员立即按下急停按钮或电源开关关闭射线，按照章节 11.2 的计算方法，可计算出无屏蔽下的剂量值，

本项目工业 CT 最大管电压为 130kV，最大管电流为 0.3mA，距靶点 1m 处剂量率为 $20\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。设备单次出束最长时间为 4.5min，工业 CT 前表面 30cm 距离射线源约 1.01m。因此，一次事故下辐射工作人员受到的剂量约为 $2.65\text{E}+01\text{mSv}$ 。

此事故所受受照剂量是按偏保守计算的。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)第四十条。本项目事故情形为射线装置失控导致人员受到

超过年剂量限值的照射为一般辐射事故。

11.3.4 事故的预防

为防止辐射事故的发生，本项目设计了实体屏蔽和一系列有效的辐射安全设施，为本项目的安全运行提供了基础条件。

① 每次使用前检查设备的联锁装置、紧急停机开关、警示灯、通风系统等安全设施及其它各项辐射安全与防护设施，保证各项辐射安全与防护设施的正常运行。相关辐射安全与防护设施出现故障或失效时，应停止射线装置的运行并及时通知厂家维修，严禁设备带故障运行，设备发生故障时，应报专业人员维修。

② 制定安全管理制度和安全操作规程，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

③ 加强辐射工作人员的辐射安全教育和培训，确保辐射工作人员具备良好的辐射安全文化素质和专业知识。

一旦有辐射事故发生报生态环境主管部门，应及时处理，严格按放射事故处理规定等要求，同时应立即采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理，使辐射危害控制在最小范围之内。

11.3.5 小结

建设单位制定了各项辐射安全规章制度和辐射安全事故应急预案，项目运行期间需重视辐射安全管理，严格执行上述事故的预防和事故的应急措施，保障工作人员和公众的安全。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日经《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》（生态环境部令第 20 号）修改）的相关规定，使用 II 类射线装置的工作单位，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。

为了进一步规范建设单位辐射安全与环境管理工作，提高建设单位辐射安全监管效能，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关规定以及公司现有条件，制定了《辐射安全管理领导小组文件》（见附件 4）。建设单位成立以王雪为组长，程国颖、赵邦为副组长，王阳、孟风燕为成员的辐射安全防护与环保管理小组，全面负责本公司辐射安全与环境管理工作。

一、小组职责

贯彻执行国家和地方人民政府有关辐射环境保护的法律、法规、方针、政策，制定和完善辐射安全与环境保护管理制度，负责单位辐射安全与环境保护工作的日常管理与安全隐患问题的排查和整改落实，协调配合环保部门、卫生部门、公安部门的监督检查。

二、成员职责

1、组长职责：全面负责单位的辐射安全防护与环保管理工作；组织人员编制单位的各项管理规章制度、辐射事故应急预案等；负责协调核技术应用项目的环评、验收及辐射安全许可证申领或变更等环保手续的办理；负责辐射事故的应急处理工作；负责组织对辐射工作场所进行辐射安全防护检查，确保各项辐射安全防护设施有效落实，并运行正常。

2、副组长职责：协助组长开展单位的辐射安全防护与环保管理工作。负责建立单位的辐射管理档案；负责协调单位的辐射管理工作和辐射事故应急处理工作；负责定期委托有资质的单位开展辐射环境检测和个人剂量检测，建立管理档案；负责射线装置的购置和检修；负责组织人员参加辐射安全与防护培训或再培训；负责协调主管部门的监督检查工作。

3、成员职责：受组长和副组长领导，负责协调配合公司具体的辐射安全防护与环保管理工作；负责单位的各项管理规章制度、辐射事故应急预案的编写工作；负责对辐

射工作场所开展日常检测工作，建立检测记录档案；负责辐射工作场所的日常检查工作，发现异常情况，及时向组长或副组长报告；负责组长及副组长交办的其他辐射管理工作。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《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》（生态环境部令第20号）修改），使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、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、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

建设单位根据国家相关法律法规，并结合本项目内容情况，成立了辐射安全管理机构，制定了《辐射安全管理制度》、《辐射安全防护和安全保卫制度》、《防止误操作和意外照射的安全措施》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量监测制度》、《辐射防护培训管理制度》、《辐射检测仪表使用与检验管理制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射岗位工作职责》、《辐射设备操作规程》和《辐射事故预防措施及应急预案》等一系列制度（见附件5、附件6），并将有效落实，保障公司X射线装置的安全运行。

12.3 辐射工作人员培训

根据生态环境部2019年12月24日印发的《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》（生态环境部公告第57号，2019年）的规定：自2020年1月1日起，辐射安全上岗培训应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识、报名并参加考核。

本项目计划配置2名辐射工作人员，目前人员尚未确定，建设单位制定了人员培训管理制度，要求辐射工作人员上岗前在“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加相应的学习，并最终通过考核后，方可从事辐射活动。

12.4 辐射监测计划

12.4.1 环保措施竣工环境保护验收

建设单位应根据核技术利用开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，验收工作程序主要包括验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；

后续工作包括提出验收意见、编制其他需要说明的事项、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。若不具备编制验收监测（调查）报告能力，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，公司应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，公司应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，公司可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限最长不超过 12 个月。本项目验收期限为 3 个月。

验收监测应由具有相应检验检测能力的机构开展，按照验收监测方案开展现场监测，做好现场监测的质量控制和质量保证工作，并对涉及的其他辐射安全防护设施/措施建设、落实及运行情况进行现场检查。

验收监测点位应按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中规定的相关点位进行监测。

验收工况应按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)8.3.1 a) 在额定工作条件下、置于与测试点可能的最近位置，主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽体的检测应在有探伤工件时进行。

12.4.2 日常自行监测、检查

项目运行期间，应按照监测方案配备辐射剂量率仪，定期开展自行监测及委托监测。射线装置的辐射检测应在额定工作条件下，应首先进行辐射水平巡测，以发现可能出现的高辐射水平区，然后再定点检测，并建立监测数据档案。

监测频率：每月日常检测 1 次，委托有辐射环境监测资质机构每年进行不少于 1 次监测。

监测范围：设备屏蔽体四周外 30cm 处、操作位等处。

12.4.3 辐射工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号《职业

性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)和《放射工作人员职业健康管理辦法》(卫生部令第 55 号)要求,生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准,对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测;发现个人剂量监测结果异常的(单季度应不超过 1.25mSv),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。建设单位应为辐射工作人员配置 TLD 个人剂量计和个人剂量报警仪上岗,指定专人进行个人剂量计发放、回收、送检和日常管理,个人剂量计应定期送检(最长不超过 3 个月),并建立个人剂量档案,终身保存。

12.4.4 年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令 2011 年)的相关规定,使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

本项目建设完成后,公司应按要求严格执行监测计划,并将年度监测数据将作为公司放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分,每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

12.4.5 检测异常处理

年度辐射检测及日常检测时,一旦发现辐射水平异常(超过 2.5 μ Sv/h)应立即停止工作,查找原因,进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平不超标后,方可继续开展工作。

验收检测时,一旦发现辐射水平异常(超过 2.5 μ Sv/h)应查找原因,进行整改。整改好、并经检测确认辐射水平不超标后,再进行竣工验收监测。

本项目具体监测计划见下表 12-1。

表 12-1 监测计划表

监测类别	监测点位	监测项目	监测频率	监测方式
验收监测	通过巡测,发现辐射水平异常高的位置; a)防护门、工件门的中部和门缝四周;	X- γ 辐射剂量率	工程竣工正式投用前	验收监测
日常监测	b)各装置屏蔽体外 30cm 处,每个面至少测 1 个点;	X- γ 辐射剂量率	每月一次	自行监测并备档

年度监测	c)操作位； d)设备周围人员常停留区域，结合环评中现状监测点及预测关注点进行布点。	X-γ辐射剂量率	每年一次	委托有资质单位
个人剂量监测	辐射工作人员	个人剂量当量	每季度送检一次	委托有资质单位

监测应遵照《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)等相关规定执行。建设单位应定期对装置周围的辐射水平进行监测，并对监测时间、监测点位、监测结果等进行记录存档。

12.5 辐射事故应急

为提高应对突发辐射事故的处理能力，最大程度地预防辐射事故的发生，建设单位制定了《辐射事故预防措施及应急预案》（见附件6），成立了应急机构，同时明确了应急机构的职责。可满足本项目建成后辐射事故突发时的应急需求。

在今后运行过程中，建设单位应根据核技术利用项目开展的实际情况，不断完善辐射事故应急预案,并做好事故防范措施，定期进行辐射事故演习，并做好相关的宣传、培训、资料整理、总结和改进工作。发生辐射事故时，立即启动辐射事故应急预案，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门、公安部门报告；造成或可能造成人员超剂量照射的还应向卫生行政部门报告。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

河南富驰科技有限公司拟在公司 L06 厂房 1 楼 X-RAY 室安装使用 1 台 VT-X750 型工业 CT，其最大管电压 130kV，最大管电流 0.3mA，用于生产的手机零部件无损检测工作，设备自带屏蔽体，属 II 类射线装置，本次评价项目属于核技术利用新建项目。

2、辐射安全与防护分析结论

本项目射线装置自带的铅屏蔽按相关要求设计，其辐射防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等标准对辐射防护、安全操作以及防护监测的要求，能够满足评价项目的正常使用。

3、辐射环境管理结论

建设单位已成立辐射安全防护与环保管理小组，并以文件的形式明确管理职责。制定了《辐射安全管理制度》、《辐射安全防护和安全保卫制度》、《防止误操作和意外照射的安全措施》、《辐射工作场所监测方案》、《辐射工作人员个人剂量监测制度》、《辐射防护培训管理制度》、《辐射检测仪表使用与检验管理制度》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《辐射岗位工作职责》、《辐射设备操作规程》和《辐射事故预防措施及应急预案》等规章制度，满足建设单位的辐射安全管理需要，符合《放射性同位素及射线装置安全许可管理办法》的要求。项目投运后，应将各项管理制度张贴于 X-RAY 室内墙上。

4、环境影响分析结论

根据理论分析，本评价项目 VT-X750 型工业 CT 正常运行时，屏蔽体外各关注点辐射剂量率值在 $6.08\text{E-}08\sim 3.54\text{E-}06\mu\text{Sv/h}$ 之间，对环境的影响可满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。通过对辐射工作人员和公众的受照剂量分析，可知辐射工作人员和公众的最大年受照剂量分别为 $1.49\text{E-}07\text{mSv}$ 、 $3.40\text{E-}08\text{mSv/a}$ ，均低于根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的约束值：工作人员的年平均有效剂量不超过 5mSv ，公众的年有效剂量不超过 0.25mSv 。

5、可行性分析结论

本项目的 X 射线装置在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但

在使用过程中采取了必要的防护措施，给社会带来的利益大于其可能引起的辐射影响。因此，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目使用的射线装置属于鼓励类“十四、机械中的 1，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

6、总结论

综上所述，本评价项目建设方案中已按照环境保护法规和有关辐射防护要求进行设计，建设过程严格按照设计方案进行施工，建筑施工质量能达到要求时，并且完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施，则本评价正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，对周围环境的影响代价小于创造的社会价值，满足辐射防护实践正当性原则；从环境保护和辐射防护角度论证，该评价项目是可行的。

13.2 建议和承诺

- （1）本项目批复后应申领辐射安全许可证；
- （2）项目竣工后，建设单位应及时完成竣工环境保护验收等环保手续，未经验收或验收不合格的，不得投入使用。
- （3）认真学习贯彻国家相关的环保法律法规，加强核与辐射安全知识宣贯，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。
- （4）做好职业人员的辐射安全与防护培训工作，确保全部持证上岗。
- （5）每年 1 月 31 日之前应向发证机关上报辐射安全和防护年度评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：		
公 章		
经办人	年	月 日

审批意见：		
公 章		
经办人	年	月 日