

核技术利用建设项目

富联裕展科技（河南）有限公司

1 台 X 射线检测系统扩建项目

环境影响报告表

富联裕展科技（河南）有限公司

二〇二五年八月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

富联裕展科技（河南）有限公司

1 台 X 射线检测系统扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：富联裕展科技（河南）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）： **

通讯地址：郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区

邮政编码： 451162

联系人： ***

电子邮箱： fii-ipebg-ehs-systempromotion@mail.foxconn.com

联系电话： 187*****966

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 15 -
表 3 非密封放射性物质	- 15 -
表 4 射线装置	- 16 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 17 -
表 6 评价依据	- 18 -
表 7 保护目标与评价标准	- 20 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 23 -
表 9 工程分析与源项	- 30 -
表 10 辐射安全与防护	- 36 -
表 11 环境影响分析	- 45 -
表 12 辐射安全管理	- 55 -
表 13 结论与建议	- 63 -
表 14 审批	- 65 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		富联裕展科技（河南）有限公司 1 台 X 射线检测系统扩建项目			
建设单位		富联裕展科技（河南）有限公司			
法人代表	**	联系人	***	联系电话	187*****966
注册地址		郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区			
项目建设地点		郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区 D 区 D02 栋二层			
立项审批部门		郑州航空港经济综合实验区经济发展局（统计局）	批准文号	2506-410173-04-02-406734	
建设项目总投资（万元）	220	项目环保投资（万元）	30	投资比例（环保投资/总投资）	13.6%
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	27
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 建设单位情况、项目建设规模、目的和任务

1.1.1 单位概况

富联裕展科技（河南）有限公司成立于 2015 年 10 月，隶属于富士康科技集团，位于郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区富士康厂区，主要生产经营第三代及后续移动通讯系统手机、基站、核心网设备以及网络检测设备及其零组件、新型电子元器件、数字音频视频解码设备及其零部件；从事金属与非金属制品模具的设计、制造；以上产品的维修及仓储服务（易燃易爆及危险化学品除外）、批发及相关配套业务；

从事货物及技术的进出口业务；从事检具、治具及其零部件的设计、生产、销售、检测、维修及售后服务；移动通讯系统手机研发；计算机、手机相关软硬件的研发测试。

1.1.2 项目目的和任务

为进一步提升产品质量，建设单位拟新增一台 Nordson MatriX X2.0#型工业计算机断层扫描（CT）系统，放置于 D 区 D02 栋二楼西北侧 AXI 检测室，对生产的手机零部件进行多功能高精密度的无损检测。该设备是从富联科技（兰考）有限公司转入，于 2024 年 5 月 17 日取得了开封市生态环境局的批复（汴环辐表[2024]05 号），并于 2024 年 12 月进行了自主验收。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，项目建设单位在申请《辐射安全许可证》前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

对照《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），工业 CT 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），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。因此，建设单位委托河南鑫安利职业健康科技有限公司开展富联裕展科技（河南）有限公司 1 台 X 射线检测系统扩建项目环境影响报告表的编制工作，接受委托后，评价单位的有关技术人员在现场调查和监测的基础上，本着“科学、公正、客观”的态度，并根据建设单位提供的资料和国家环保法律法规的有关规定，编制完成了《富联裕展科技（河南）有限公司 1 台 X 射线检测系统扩建项目环境影响报告表》。

1.1.3 项目建设规模

本项目建设内容包括：富联裕展科技（河南）有限公司拟在 D 区 D02 栋二楼西北侧 AXI 检测室新增使用 1 台 Nordson MatriX X2.0#型工业计算机断层扫描（CT）系统，最大管电压 130kV，最大管电流 0.3mA，用于手机零部件无损检测，该设备属于 II 类射线装置。

该装置自带屏蔽体，人员无法进入到装置内部。本项目主要设备配置及主要技术参数见表 1-1。

表 1-1 本项目主要设备配置及主要技术参数

名称	型号	最大管电压	最大管电流	射线管数量	有用线束方向	数量	使用场所
工业计算机断层扫描（CT）系统	MatriX X2.0#	130kV	0.3mA	1 个	向下	1 台	D 区 D02 栋二楼 AXI 检测室

1.2 项目周边环境概述以及选址合理性分析

1.2.1 项目地理位置及周边环境

富联裕展科技（河南）有限公司位于郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区内，厂区西临长安路，南临始祖路，北临远航路，东临枣林路。建设单位地理位置见图 1-1。

本项目建设地址位于 D 区厂房，D 区厂房东侧隔厂区道路（富二街）为 E 区，南侧隔厂区道路（康二路）为 A 区厂房，西侧隔厂区道路（富一街）为化学品厂、绿化用地，北侧为康三路，建设单位厂区平面示意图见图 1-2。

1.2.2 项目选址及合理性分析

本次评价的射线装置拟安装于 D 区 D02 栋二楼 AXI 检测室，D02 栋厂房共四层，东侧为 D08 厂房，西侧为内部道路，南侧为 D11 附房，北侧为 D03 厂房。D 区平面示意图见图 1-3。

AXI 检测室位于 D02 栋二楼西北侧，AXI 检测室东侧为内腔检流水线，南侧为 UMP 重工室，西侧为 ATL 重工，北侧为走廊和电梯口，上方为 WIP 房、走廊和 Thin PU 夹室，下方为刀具室和会议室。D02 栋二楼平面图见图 1-4，D02 栋三楼平面图见图 1-5，D02 栋一楼平面图见图 1-6。AXI 检测室平面布局图见图 1-7。

项目选址四周 50m 范围内包含 D02 栋厂房及其西侧、北侧厂区道路和绿化草坪，场所均为建设单位内部场所。项目 50m 范围示意图见图 1-3。

本项目射线装置自带屏蔽体，放置在 AXI 检测室内使用，四周临近区域无敏感点和人群密集场所，项目选址充分考虑了周围场所人员的辐射防护和安全，有利于辐射工作场所的管理。综上所述，该项目选址合理。



图 1-1 项目所在地理位置图

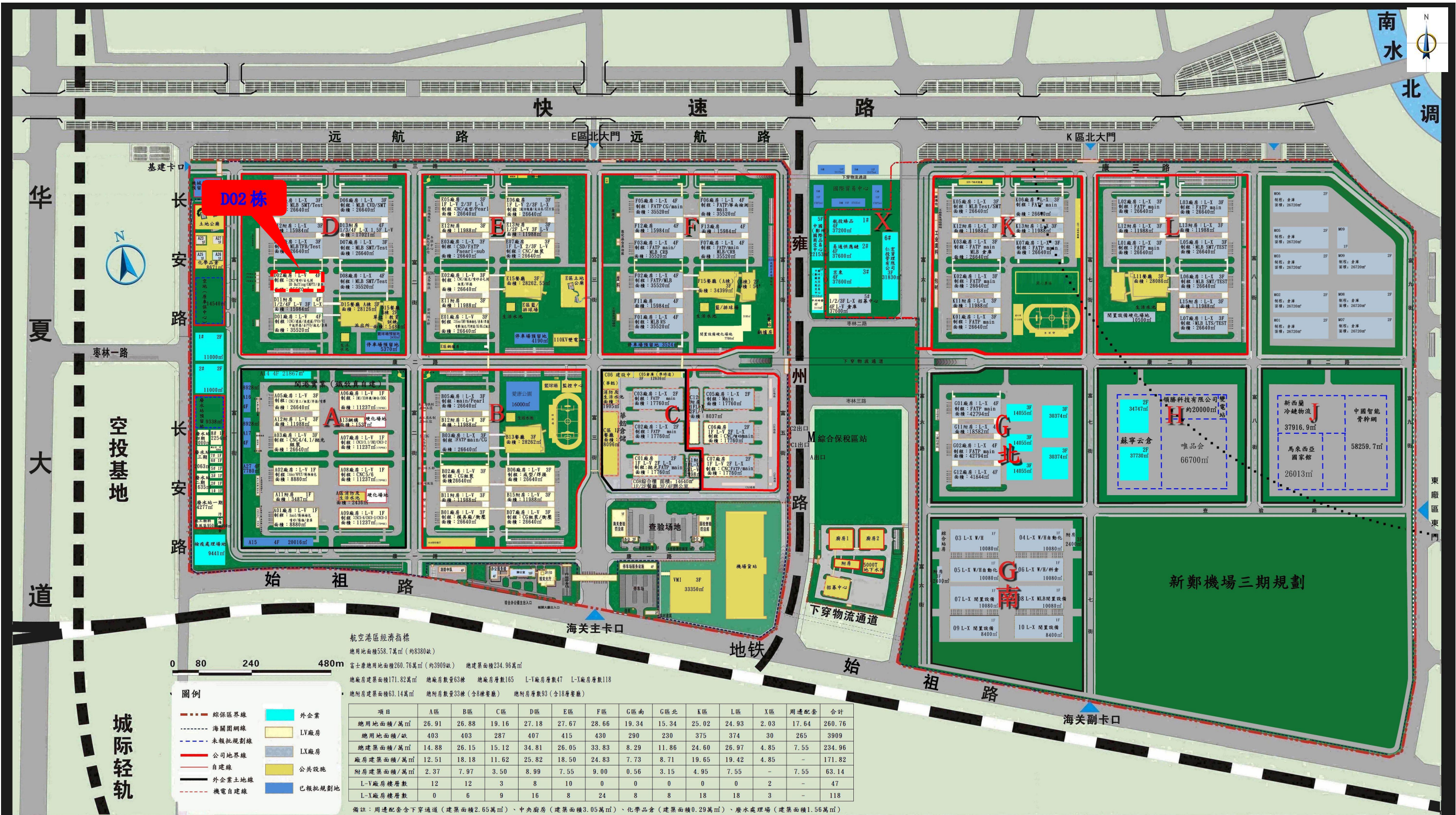


图 1-2 建设单位总平面图



比例尺： 50m

图 1-3 D 区总平面布局图及项目评价范围

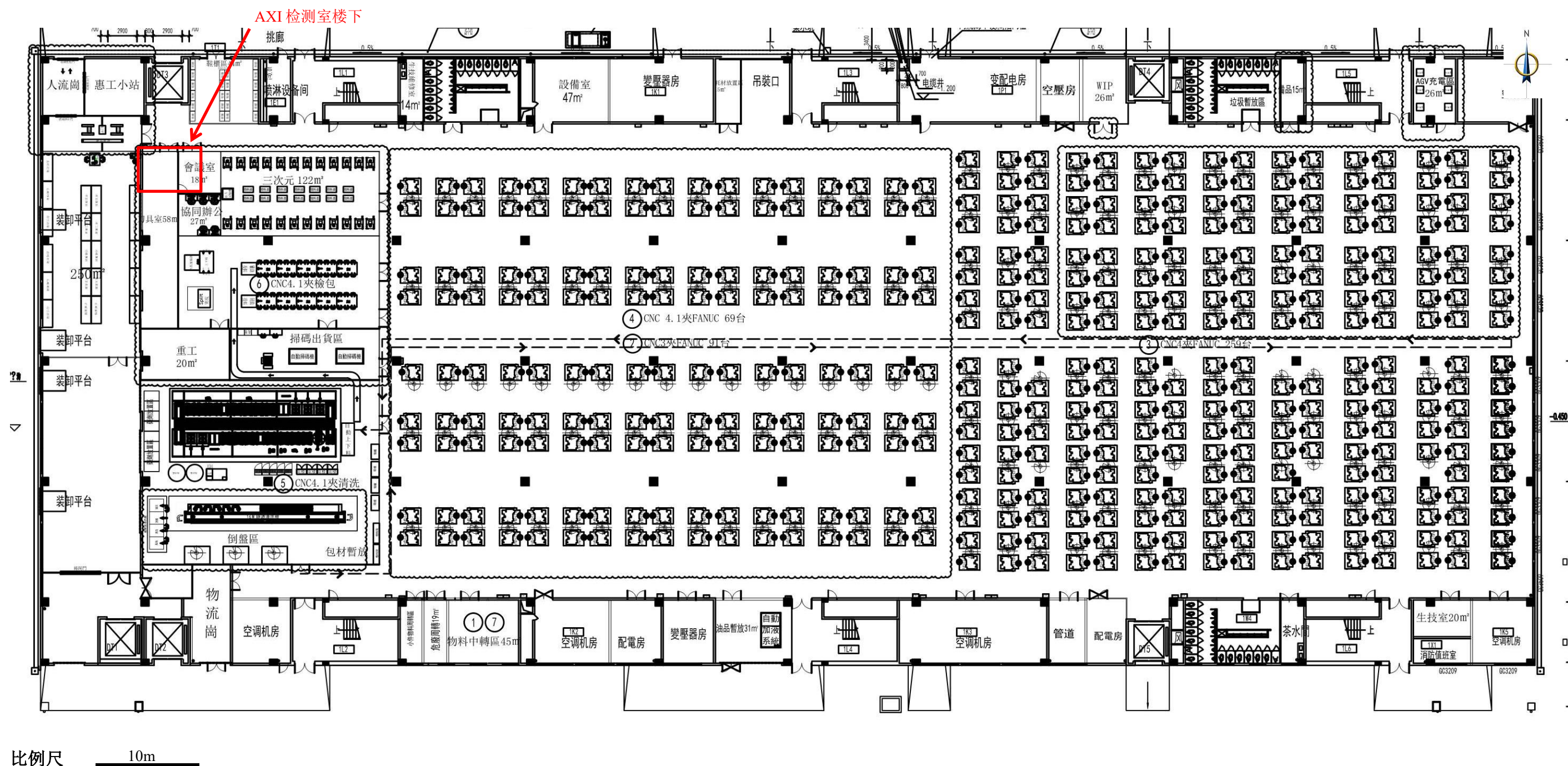


图 1-6 D02 栋一层平面布局图

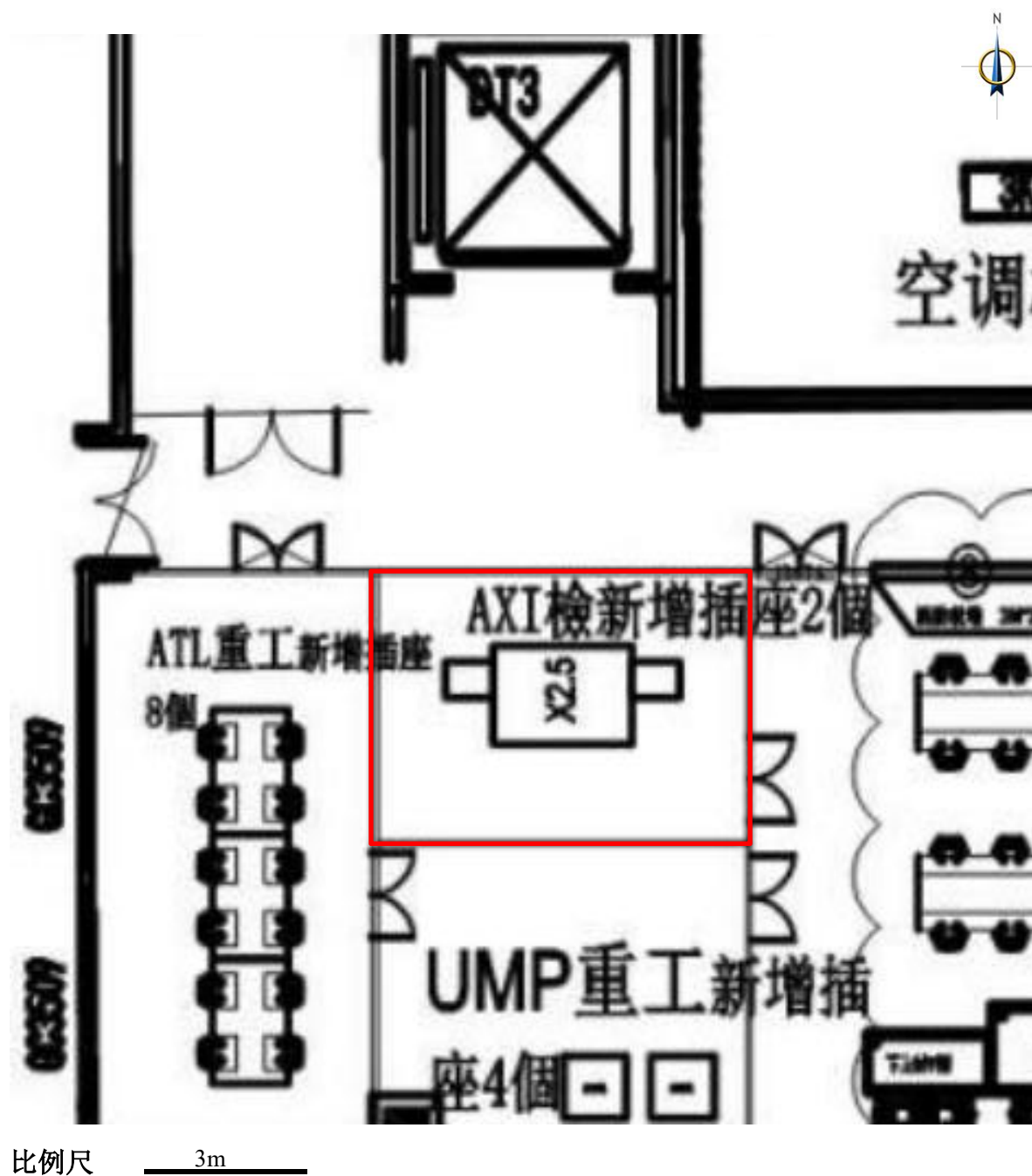


图 1-7 AXI 检测室平面布局图

1.3 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目建设的目的是利用 X 射线对手机零部件进行无损检测，从而对手机质量的好坏做出准确判断，保证成品质量，避免后序生产浪费，具有明显的经济效益，通过采取有效的辐射安全防护措施，本项目产生的辐射影响与其所带来的利益相比是可以接受的，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”的原则与要求。

1.4 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“十四、机械”中的“1、科学仪器和工业仪表：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”，属于鼓励类，符合国家产业发展政策。

1.5 原有核技术应用项目许可情况

1.5.1 原有核技术利用项目环保手续情况

建设单位已取得辐射安全许可证，证书编号：豫环辐证[A1010]，有效期至 2029 年 2 月 1 日，活动种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置。现有 II 类 X 射线装置 4 台，III 类 X 射线装置 6 台，共 10 台 X 射线装置。目前建设单位原有核技术利用项目已按要求履行了环保手续，具体明细见表 1-2。现有射线装置

环评批复、验收意见、登记备案表详见附件 8。

表 1-2 现有射线装置信息一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量 (台)	工作场所	环评批复	验收意见
1	X 射线检测系统	MatriX X2.5#	II 类	1	A03-2FAXI 检测室	郑港辐环[2019]9 号	2020 年 12 月 27 日自主验收
2	X 射线显微 CT	Desk-Tom	II 类	1	A01-1F 天线检测室	郑港辐环[2021]3 号	2022 年 7 月 1 日已自主验收
3	X 射线检测系统	Volumax 800	II 类	1	A01-1F 天线检测室	豫环审[2016]378 号	2018 年 7 月 19 日已自主验收
4	X 射线荧光光谱仪	NDA280	III 类	1	E13-2F 华中检测室	备案号：20214199000100000042	
5	X 射线检测系统	MatriX X2.5#	II 类	1	E01-3F 天线检测室	郑港辐环[2022]14 号	2023 年 6 月 13 日已自主验收
6	扫描电子显微镜	ZEISS EVO MA15	III 类	1	D01-2FPVD 检测室	备案号：20234199000100000043	
7	X 射线安全检查设备	TX-100100B	III 类	1	A03 西侧附房	备案号：20214199000100000041	
8	X 射线自动检查设备	LX9200	III 类	1	G04-1F 蕊钼检测室	备案号：20244199000100000028	
9	X 射线安全检测设备	JT-100100A	III 类	1	B07-1F 粉碎仓	备案号：20244199000100000032	
10	X 射线安全检测设备	JT-100100A	III 类	1	B07-1F 粉碎仓		

1.5.2 原有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射安全管理制度执行情况

建设单位原已开展核技术利用项目，已成立辐射安全与环境保护管理机构，并制定有：《设备操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作场所和工作人员监测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度（见附件 3 和附件 4）。各项制度较完善，能够满足建设单位核技术利用项目开展的需求。

(2) 个人剂量监测及健康管理情况

辐射工作期间，建设单位要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，所有辐射工

作人员接受剂量监测，个人剂量计每三个月送检一次，并建立了个人剂量管理档案。建设单位已委托有资质单位对建设单位所有辐射工作人员进行个人剂量监测，并提供了 2024 年 4 月至 2025 年 3 月的个人剂量监测报告（见附件 5）。根据建设单位辐射工作人员近 1 年的个人剂量监测统计结果，年有效剂量为 0.025mSv~0.37mSv，均不超过职业照射年剂量管理目标值（5mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值和本单位管理目标值的要求。

（3）辐射工作人员培训情况

建设单位现有 38 名辐射工作人员，从事 II 类射线装置的辐射工作人员（10 名）均已在生态环境部辐射安全与培训平台进行了辐射安全与防护培训并取得了合格证书，其余辐射工作人员均进行了企业自主培训，培训结果合格，培训日期均在有效期内（见附件 6）。

（4）年度监测与年度评估情况

建设单位定期对辐射工作场所进行辐射防护监测和工作场所环境辐射水平检测，每年委托有资质单位对其辐射工作场所进行监测。建设单位已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位的射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向管理部门提交上一年度的评估报告。根据建设单位提供的 2024 年度评估报告，建设单位辐射安全和防护设施维护与运行良好，安全与防护管理制度和措施有效，台账管理完善，未发生辐射事故。建设单位已委托第三方检测机构对辐射工作场所进行检测，辐射工作场所防护状况良好，检测结果符合“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”的标准要求。

本次从富联科技（兰考）有限公司搬迁过来的 MatriX X2.0#型射线装置在 2024 年 11 月进行了周围剂量当量率检测（见附件 9），检测点位包括 X 射线检测系统东、南、西、北侧 30cm、工件防护门外 30cm、工作人员操作位，检测室上方、下方等，检测结果表明，X 射线检测系统运行条件管电压 130kV，管电流 0.3mA 时，检测结果为 0.10~0.24μSv/h，周围剂量当量率小于《工业探伤

放射防护标准》（GBZ117-2022）规定的 2.5μSv/h 标准限值，该设备的屏蔽防护设施有效。

（5）现有的核技术应用项目回顾评价

根据对建设单位原有核技术利用建设项目的回顾可知，建设单位制定的辐射安全管理规章制度基本满足目前核技术利用项目开展的需求，未出现辐射安全事故；建设单位定期对辐射工作场所进行环境辐射水平检测，每年委托有资质单位对其辐射工作场所进行监测，建设单位辐射监测计划已落实；建设单位已按要求为辐射工作人员进行个人剂量监测并建立了个人健康档案，个人剂量检测存在个人剂量计损坏和丢失的情况，建设单位及时进行了补办，建设单位应加强辐射工作人员辐射安全防护管理，指定专人负责，定期对辐射工作人员进行培训，正确佩戴、妥善安放并按时交回个人剂量计；建设单位辐射工作人员均已进行了辐射安全与防护培训并在有效期内；建设单位辐射安全与环境保护管理相关资料及档案保存工作较为完善。

1.4 原有项目与本项目的依托关系

建设单位原已开展核技术利用项目，原有项目与本项目的依托关系如下：

（1）辐射工作人员：建设单位拟为本项目新配 2 名辐射工作人员，新增到本项目的辐射工作人员拟取得辐射安全与防护培训合格证书后方可上岗。

（2）射线装置及辐射工作场所：本项目为一台从富联科技（兰考）有限公司转入的 X 射线检测系统，辐射工作场所为建设单位预留的 AXI 检测室。

（3）辐射监测设备：建设单位已配备有 3 台辐射监测仪和 3 台个人剂量报警仪，拟为本项目新购 1 台辐射监测仪和 1 台个人剂量报警仪，为本项目每名辐射工作人员配备个人剂量计。

（4）辐射安全装置：本项目拟购设备自带安全设施及工作指示灯，拟在设备正面张贴电离辐射警示标志，拟在 AXI 检测室门口粘贴电离辐射警告标志。

（5）管理制度：建设单位已制定有一系列较为完善的辐射管理制度，拟将本项目纳入管理，只要在日常工作中严格执行落实，能够满足核技术利用项目的管理需求。

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	储存方式与地点	备注
	本次环评 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以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	储存方式 与地点
	本次环评 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》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	本次环评 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	工业计算机断层扫描 (CT) 系统	II 类	1 台	MatriX X2.0#	130kV	0.3mA	无损 检测	D02 栋二层 AXI 检测室	设备带自屏蔽（只含 一个射线管）

（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)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场 所	氚靶情况			储存方式 与地点
										活度 (Bq)	储存 方式	数 量	
	本次环 评不涉 及												

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	/	/	通过排风系统排入外环境
废 X 射线管	固态	/	/	/	3~5 年更换 1 个	/	/	由设备厂家更换后回收处理

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m³，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg；
 2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、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》（中华人民共和国主席令第九号，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日起施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第二十四号，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》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令 682 号，2017 年修改，2017 年 10 月 1 日起施行）； (5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版，2021 年 1 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》（2005 年 12 月 1 日国务院令 449 号，2019 年 3 月 2 日国务院令 709 号修订）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号）第四次修正，自 2021 年 1 月 4 日起施行）； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行） (9) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年 11 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，2019 年 12 月 23 日，2020 年 1 月 1 日起施行）； (11) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（国家生态环境部 2021 年第 9 号公告）； (12) 《关于发布《射线装置分类》的公告》（环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日公布实施）；
------	---

	(13) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令 第 7 号公布, 自 2024 年 2 月 1 日起施行); (14) 《河南省辐射污染防治条例》, 2016 年 3 月 1 日起施行; (15) 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, 国环规环评[2017]4 号);
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》(HJ 2.1-2016); (2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016); (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021); (4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); (5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019); (6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002); (7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022); (8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014); (9) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 第 1 号修改单(国卫通[2017]23 号); (10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023); (11) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分化学有害因素》(GBZ 2.1-2007); (12) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008); (13) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)。
其他	(1) 建设单位提供的设备说明书和其他相关资料。 (2) 《核技术利用监督检查技术程序》(2020 发布版)

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目是在固定实体屏蔽内使用 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“1.5 评价范围和保护目标：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质边界外 50m 的范围”，本项目射线装置自带屏蔽体，根据本项目的辐射特点，运行过程中产生的电离辐射经有效的屏蔽后对周围影响较小，且主要影响人员是射线装置所在场所临近的职业工作人员及公众，因此，将本项目射线装置实体屏蔽边界外 50m 的范围选为评价范围。本项目评价范围主要包括 D02 栋厂房及其西侧、北侧道路和绿化草坪等，评价范围示意图见图 1-3。

7.2 保护目标

本项目评价范围内的环境保护目标主要是从事该项目的辐射工作人员及辐射工作场所周围活动的公众，具体保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价范围内保护目标分布情况

地点	方位	位置描述	距射线装置最近距离	保护目标	剂量管理目标值	人数(人)
AXI 检测室	-	操作位	约 0.5m	辐射工作人员	5mSv/a	2
	西侧	ATL 重工	2.5m	公众	0.1mSv/a	12
		连廊	5.5m			流动人员
	南侧	UMP 重工	2.5m			4
		内腔 WIP 房	6m			4
		品管室	9.5m			4
	东侧	螺纹孔检测流水线	5m			48
		内腔检流水线	15m			96
	北侧	走廊、电梯口	1.5m			流动人员
	正上方	WIP 房、Thin PU 夹室	4.5m			4
	正下方	刀具室、会议室	2m			4
	50m 范围内	D02 二楼、一楼、三~四楼其他区域	50m 内			200
		道路、绿化草	10m			流动人员

		坪				
--	--	---	--	--	--	--

7.3评价标准

7.3.1照射剂量管理目标值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）以下条款：

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B）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。

附录B

B1.1 职业照射

第B1.1.1.1款 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；

第B1.2款 公众照射

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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中11.4.3.2条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%～30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，本项目照射剂量管理目标值按防护与安全的最优化要求，辐射工作人员的年剂量管理目标值不大于5mSv，公众的年剂量管理目标值不大于0.1mSv。

7.3.2工作场所周围剂量当量率控制要求

依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）以下条款：

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。

依据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）3.1.1条款导出剂量率参考控制水平，详见表11-3。

综合以上标准，对于本次评价的自屏蔽式X射线检测系统项目：X射线检测系统屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5 μ Sv/h。

7.3.3 本次核技术利用项目限值要求汇总

表7-2 X射线检测系统相关要求汇总

	依据	限值要求
年剂量管理 目标值	①《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） ②建设单位制定的剂量管理目标值	辐射工作人员不大于5mSv/a； 公众人员不大于0.1mSv/a。
周围剂量当量率限值	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022） 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）	X射线检测系统屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5 μ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

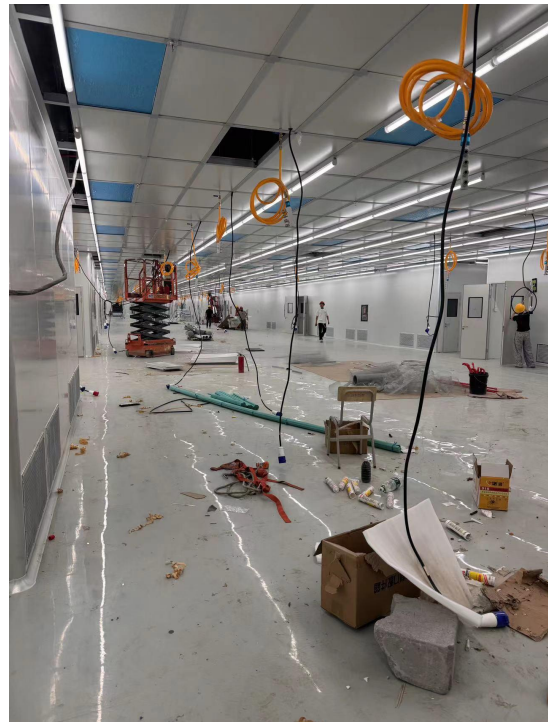
8.1.1 地理位置

本项目位于郑州市航空港区振兴路东侧综合保税区 D 区 D02 栋二楼 AXI 检测室，为了解项目场址的环境现状，评价人员于 2025 年 5 月 30 日到项目现场进行环境现状调查及环境 γ 辐射水平检测。

项目现状照片见图 8-1。



AXI 检测室



AXI 检测室东侧流水线



AXI 检测室北侧过道



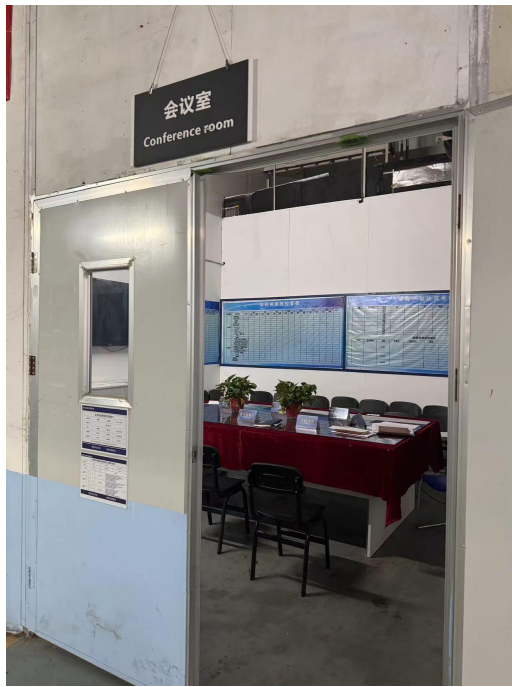
AXI 检测室西侧 ATL 重工室



AXI 检测室南侧 UMP 重工室



AXI 检测室楼上



AXI 检测室楼下



D02 栋北侧

图 8-1 项目周边现状环境图

8.2 环境质量和辐射现状

为掌握项目周围辐射环境现状，建设单位委托河南鑫安利职业健康科技有限公司于 2025 年 5 月 30 日对项目场址及周围进行环境 γ 辐射现状检测。检测仪器信息见表 8-1，检测数据见表 8-2，检测布点见图 8-2，检测报告见附件 7。

8.2.1 监测方案

（1）监测因子

本项目环境现状监测因子为环境 γ 辐射剂量率。

（2）监测内容

对项目场所及周围辐射水平进行现状调查。

（3）环境条件

天气：晴；温度：30℃；相对湿度：30%。

（4）监测依据

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。

（5）监测使用仪器

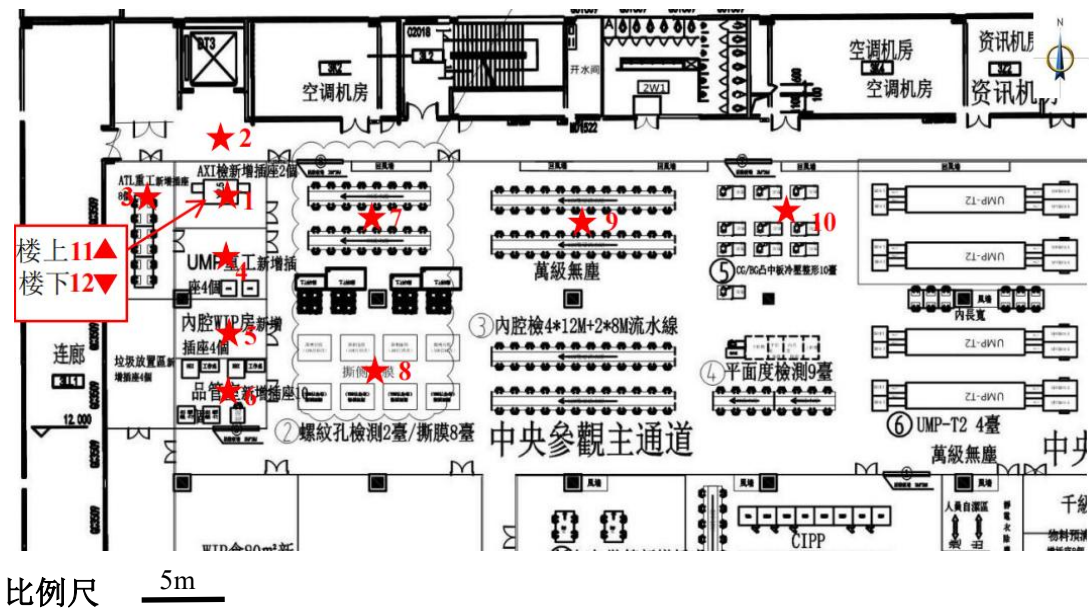
本项目环境现状监测使用的辐射环境检测仪器主要技术参数见表 8-1。

表 8-1 辐射环境检测仪器主要技术参数一览表

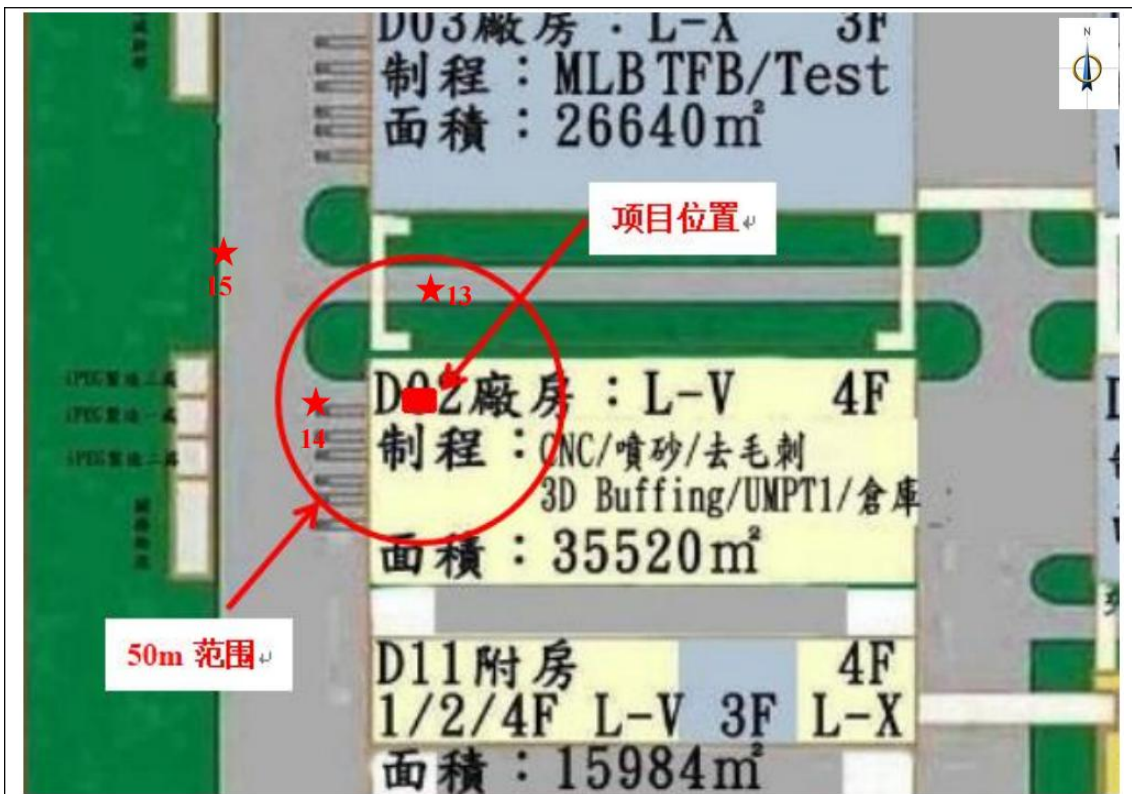
检测项目	环境 γ 辐射剂量率
仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
生产厂家	上海仁机仪器仪表有限公司
仪器型号	RJ32-3202
仪器编号	210116E002
量程范围	1nGy/h~150 μ Gy/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书编号	2024H21-20-5408729001
有效期限	2024.08.06~2025.08.05

8.2.2 监测布点

本项目的环境辐射现状监测点位主要位于AXI检测室拟建射线装置周围及周围50m评价范围内有代表性建筑物室内、室外道路等。依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的辐射环境质量监测布点要求，开展道路测量时，点位应设置在道路中心线；开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。参考《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）5.3 核技术利用辐射环境监测的布点要求，以工作场所为中心，半径50m内布点，测量点覆盖周围环境敏感点。根据以上布点原则，本次监测布点图见图8-2所示。



(1) D02 栋二层检测点位示意图



比例尺 50m

(2) 项目周边检测点位示意图

图 8-2 现场检测布点示意图

8.2.3 监测质量保证措施

根据《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中有关辐射环境监测质量保证一般程序和实验室的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。辐射环境监测质量保证主要内容有：

- ①监测机构通过了计量认证；
- ②监测前制定了详细的监测方案及实施细则；
- ③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；

④监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程

序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

⑤监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑥每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑦现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和监测数据；

⑧建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑨监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

8.2.4 监测结果与评价

本项目X-γ辐射剂量率现状监测数据见表8-2。

表 8-2 本项目 X-γ辐射剂量率现状监测结果

检测点		环境γ辐射剂量率 (nGy/h)		地面介质	备注
序号	检测点位描述	结果	标准差		
1	AXI 检测室	46	2	地漆	室内，楼房
2	北侧走廊	54	2	地漆	室内，楼房
3	西侧 ATL 重工室	48	3	地漆	室内，楼房
4	南侧 UMF 重工室	45	3	地漆	室内，楼房
5	南侧内腔 WIP 房	43	3	地漆	室内，楼房
6	南侧品管室	46	2	地漆	室内，楼房
7	东侧螺纹孔检测流水线	40	2	地漆	室内，楼房
8	东南侧撕膜流水线	40	2	地漆	室内，楼房
9	东侧内腔检流水线	41	2	地漆	室内，楼房
10	东侧 CG/BG 凸中板冷压整形流水线	40	2	地漆	室内，楼房
11	楼上 WIP 房	54	2	地漆	室内，楼房
12	楼下会议室	34	3	地漆	室内，楼房
13	D02 栋北侧道路	34	1	水泥	室外，道路
14	D02 栋西侧道路	35	3	水泥	室外，道路
15	D 区西门口	43	3	水泥	室外，道路

注：环境 γ 辐射剂量率=仪器测量读数均值×仪器检定/校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2-测点处宇宙射线响应值×建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k3；仪器使用 ¹³⁷Cs 进行校准，仪器检验源效率因子 k2 取 1，仪器检定/校准因子 k1 取 0.93，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k3 楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；仪器宇宙射线的响应值 1lnGy/h。

由监测结果表明，本项目辐射工作场所及周围室内的 γ 辐射剂量率为（34~54）nGy/h，室外道路 γ 辐射剂量率为（34~43）nGy/h。根据《中国环境天然放射性水平调查研究》中的《河南省环境天然放射性水平调查研究》分报告，河南省郑州市域的天然放射性水平室内 γ 辐射剂量率为 68.1~114.7nGy/h，道路 γ 辐射剂量率为 20.1~64.5nGy/h。对比可知，本项目辐射工作场所拟建址周围的环境 γ 辐射剂量率处于正常环境本底水平。

表 9 工程分析与源项

9.1工程设备和工艺分析

9.1.1工作原理

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9-1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，此称为特性辐射。

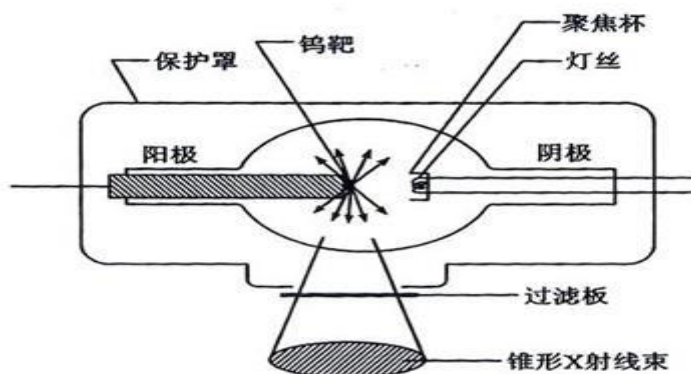


图9-1 X射线管结构示意图

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射线最高能量等于管电压值。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。

X射线检测系统工作原理：X射线检测系统通过X光线穿透待检测样品，然后在图像探测器上映射出一个X光影像。该影像的形成质量主要由分辨率及对比度决定。X射线检测系统是通过高压加速电子撞击金属板释放出的X射线穿透样品，留下影像，技术人员通过影像的明暗度来观测样品的相关细节。

9.1.2 设备组成及参数

Matrix X2.0#型X射线检测系统是为高速自动化表面贴装生产线设计的先进的X射线检测系统，X射线透射结合独特的专利 Slice-Filter-Technique（SFT）技术和多角度视图提供了一个对双面组装印刷电路板可靠的快速的在线检测方案。Matrix X2.0#型X射线检测系统配备了可编程移动的相机，可以快速实现在不同角度和方向获取最好的图像质量和解析度。检测系统采用铅屏蔽，整个系统主要由控制台、检修台、防护间、防护门、工件输送系统、X射线发生器、X射线接收器组成。检测系统外观实物图如图9-2所示，设备外部结构图见图9-3，设备内部结构图见图9-4。



图 9-2 Matrix X2.0#型 X 射线检测系统外观图

MATRIX X2.0#是用于电子生产印刷电路板精密检测的全自动X射线检测系统。它是一个拥有5个轴的可编程运动系统。Z轴上的X射线管，用于几何成像，X/Y轴运动系统上有样品台，U/V轴运动系统上有高分辨率平板探测器，用于离轴图像采集。综合TDI线扫描相机可对最终质量控制所需的整个印刷电路板进行快速扫描，综合MATRIX MIPS 3D重建软件具有切片图像生成的能力，可用于对焊点的3D分析。

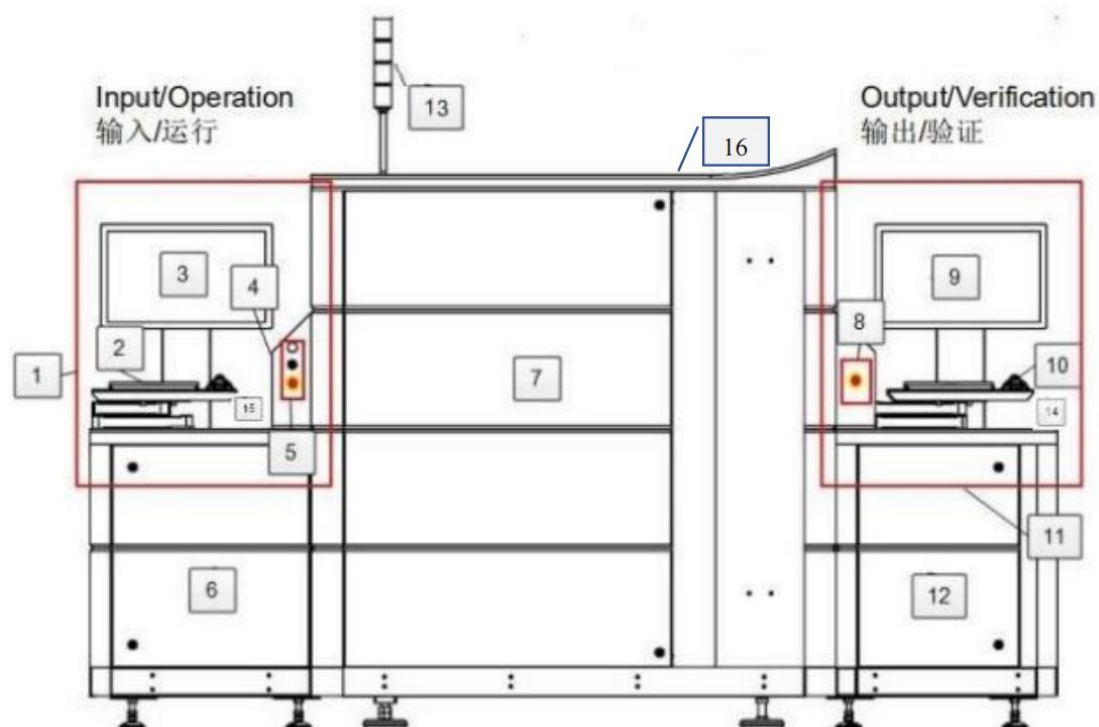


图 9-3 Matrix X2.0#型 X 射线检测系统外部结构图

图 9-3 中各序号说明如下：

- ①操作区载荷（控制台）；
- ②控制台键盘和鼠标；
- ③控制台显示器；
- ④互锁保护接口盖；
- ⑤控制组件（X 射线启动和紧急关机）；

⑥输入输送机前门；

⑦防护间前门（防护门），与射线发射装置联锁；在处理腔内设有 X 射线管（在 Z 轴上）、平板探测器、线扫描仪（固定）和样品台（X/Y 轴）；

- ⑧输出输送机紧急关机；
- ⑨维修工站显示器；
- ⑩验证键盘；
- ⑪操作区卸载或验证；
- ⑫输出输送机前门；
- ⑬指示灯（反应检测系统工作状态的信号）；
- ⑭输出工件盘；
- ⑮输入工件盘；
- ⑯X 射线开启光条。



内部结构



管腔内 X 射线管（有用线束朝下）

图 9-4 Matrix X2.0#型 X 射线检测系统内部结构图

图 9-4 中各序号说明如下：

- ①带 X 射线管的管腔（Z 轴），管腔内 X 射线管有用线束朝下；
- ②X/Y 工作平台；
- ③在两个铅板后面是一些探测器。

9.1.3 操作流程及产污环节

检测时辐射工作人员将被检测工件放置于样品台上，辐射工作人员在操作台处设置需要的参数，启动按钮后工件盘自动进入设备内部，防护门自动关闭

，X射线管开始工作，在对检测物体无损伤条件下，以二维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，检测结束后自动将工件送出（X射线管停止工作，防护门打开），然后重复流程检测下一批工件。

本项目 X 射线检测系统工艺流程及产污环节见图 9-5。

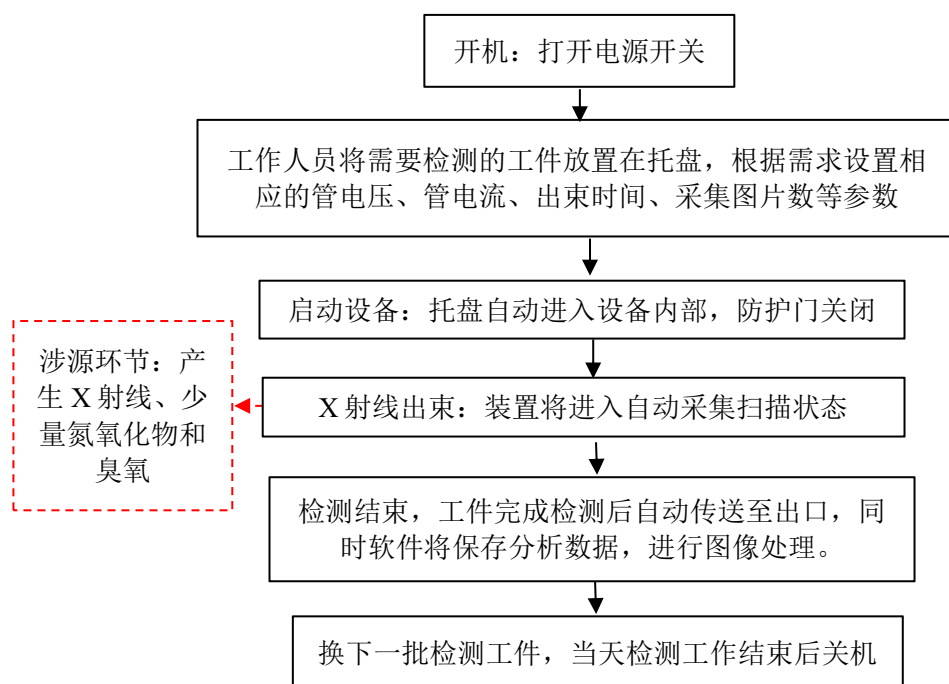


图 9-5 工艺流程及产污环节示意图

结合本次评价项目的操作流程，可分析本项目X射线检测系统在产品无损检测过程中将产生X射线及周围的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。检测人员对工件进行无损检测时不进入X射线检测系统内部，仅在控制台操作设备，控制台设有紧急停机按钮；本项目X射线检测系统配备安全联锁装置，X射线检测系统发出X射线时，防护门挡板不会开启，防护门挡板开启时，不会发出X射线。

9.1.4 人员配置和工作负荷

本项目拟配备2名工程师负责X射线检测系统的操作，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 MatriX X2.0#型X射线检测系统的年工作天数最多为300天，每天两班，每班最多检测1000个零部件，完成一次零部件检测用时最多4s。

本项目工作负荷如表9-1。

表 9-1 工作负荷表

设备型号	MatriX X2.0#
每个样品最长出束时间（s）	4
每天每班最多检测样品数（个）	1000
每班日 X 射线出束时间（h）	1.11
每年工作天数（d）	300
拟配备辐射工作人员数（名）	2
每班年曝光时间（小时/年）	333

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

本项目的主要污染因子是X射线，随X射线源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、漏射及散射，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。

9.2.2 事故工况

本项目在工作过程中如相关放射工作人员失职、管理失误及设备安全防护措施失效等将可能导致异常运行甚至出现事故状态，异常或事故状态主要存在以下几种：

①装置装载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射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

②装置检修时，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；

③屏蔽防护机壳破损引起辐射泄漏，导致周围活动人员可能受到不必要的照射。

异常情况下相关人员可能会受到一定剂量的照射。在实际工作中，辐射工作人员可以通过随身携带的个人剂量报警仪及时发现异常照射情况，把异常和事故情况下的辐照危害降低到尽可能低的水平。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全措施

10.1.1 工作场所布局和分区管理

本项目射线装置设置在专门的AXI检测室内。AXI检测室东侧为内腔检流水线，南侧为UMP重工室，西侧为ATL重工，北侧为走廊和电梯口，上方为WIP房、走廊和实验室，下方为刀具室和会议室，X射线检测系统东西走向布置，西侧为工件入口，东侧为工件出口，操作位位于X射线检测系统北侧（正面），避开了有用射线方向（有用线束方向朝下）。

该项目拟使用的X射线检测系统装置自带屏蔽体，建设单位拟将X射线检测系统装置实体屏蔽内部区域划为控制区，将AXI检测室其他区域划为监督区。控制区通过实体屏蔽、急停装置、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明进行管理，在监督区边界入口（AXI检测室门口）设立“当心电离辐射”标志。分区示意图见图10-1。

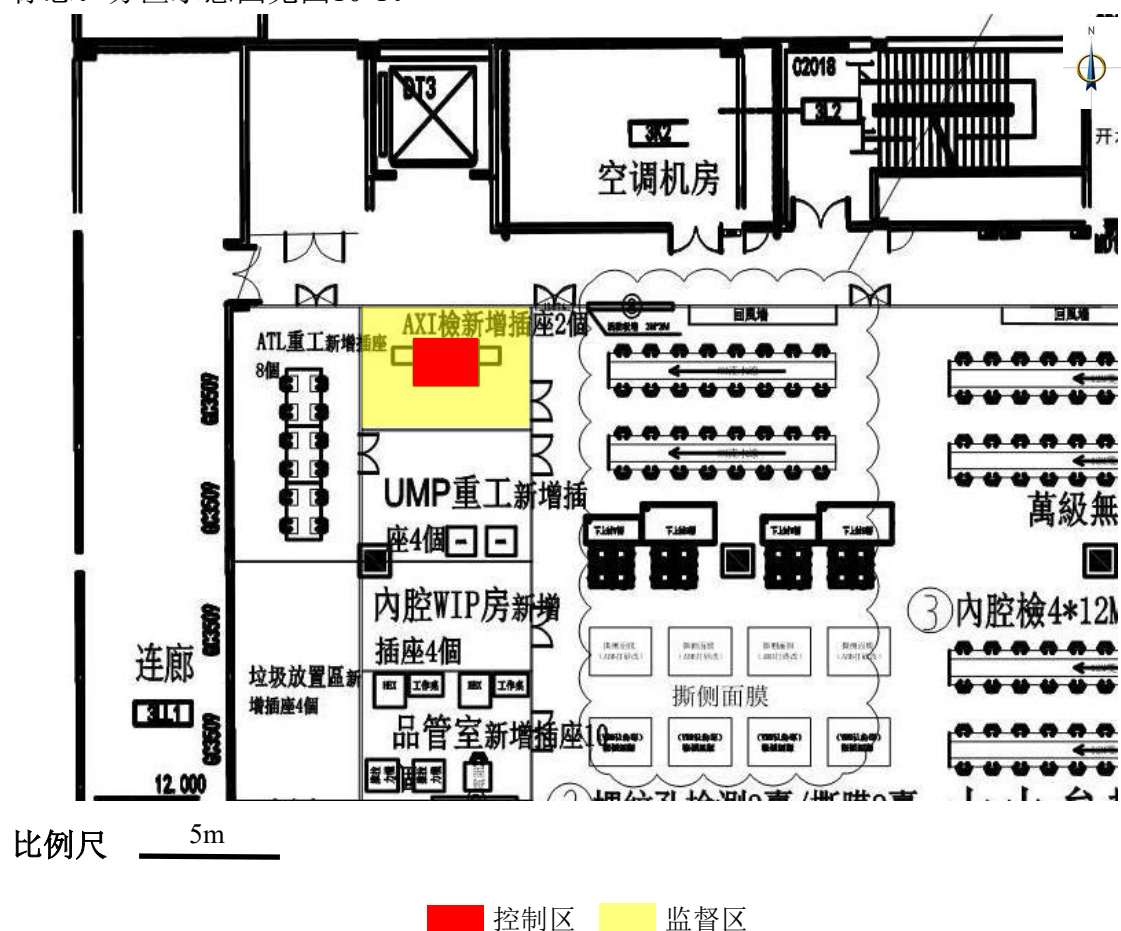


图 10-1 工作场所分区示意图

综上所述，该项目辐射工作场所的布局和分区方案有利于辐射工作场所的管理，可有效隔离非辐射工作人员进入监督区，布局和分区合理。

10.1.2 辐射屏蔽设计

该项目拟使用的X射线检测系统装置自带铅质屏蔽体，使用的屏蔽结构是用双层钢板夹铅板(铅密度 $\geq 11.3\text{t/m}^3$)的构造，主束方向（下方）采用8mmPb屏蔽，其他方向采取5mmPb屏蔽。屏蔽体由厂家针对射线特征采用一体化设计和制造，密闭性良好，无需额外加建屏蔽体。X射线检测系统屏蔽具体情况见表10-1。

表10-1 本项目X射线检测系统屏蔽防护情况一览表

项目	设计情况	屏蔽铅当量
设备外部净尺寸	3100mm(宽)×1760mm(深)×1760mm(高)	
前侧（南侧）	钢板夹芯 5mm 铅板	5mmPb
后侧（北侧）	钢板夹芯 5mm 铅板	5mmPb
左侧（西侧）	钢板夹芯 5mm 铅板	5mmPb
右侧（东侧）	钢板夹芯 5mm 铅板	5mmPb
顶部	钢板夹芯 5mm 铅板	5mmPb
底部	钢板夹芯 8mm 铅板	8mmPb
工件入口防护门 工件出口防护门	钢板夹芯 5mm 铅板	5mmPb

10.1.3 辐射安全与防护措施

1、安全联锁功能

本项目 MatriX X2.0#型 X 射线检测系统自屏蔽体防护门和设备高压联锁，只有在屏蔽体闭合到位后，设备才能出束。在设备运行中，如果屏蔽防护门打开，设备将自动停止出束；在 X 射线管腔设置互锁保护式铅屏蔽门，X 射线管只对正确或安全关闭的管腔进行操作。

MatriX X2.0#型 X 射线检测系统输入/输出板将通过光幕保护，光幕在启动后将关闭所有运行，只有在没有光幕的情况下光闸才能运行。

2、多重开关

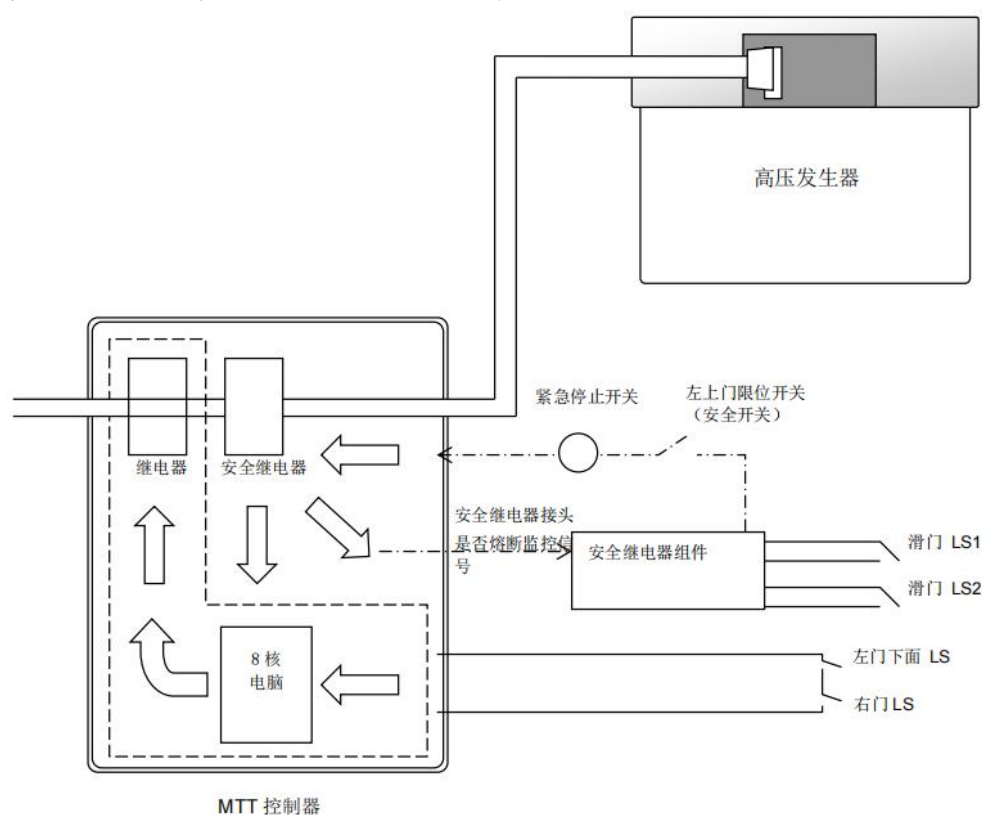
本项目设备上设有射线源开关、主电源开关，只有两个开关同时打开后设备才能启动，关闭任意一道开关 X 射线都将无法正常出束。主电源开关挂锁，

钥匙由专人负责保管，未经领导授权，任何人不得使用。在设备不使用时，拔下钥匙，挂上警示牌，禁止未经许可人员擅自开启检测系统。

3、急停装置

MatriX X2.0#型 X 射线检测系统设置有 3 个紧急关机按钮，分别位于操作员位置载荷的控制元件处、输出输送机的固定保护盖上、处理腔内。紧急关机时所有运行停止，X 射线立即关闭，当紧急关机重新释放后，必须首先通过启动按钮将电压打开，之后再初始化系统。

本项目 X 射线检测系统安全互锁电路结构如图 10-2 所示。



4、警示标志

在 X 射线检测设备的正面张贴有电离辐射标志，拟在 AXI 检测室门口张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、X射线开启光条和工作状态指示灯

本项目 X 射线检测系统顶部安装 X 射线开启光条和工作状态指示灯。

当射线装置出束时 X 射线开启光条显示黄色预警。

工作状态指示灯显示系统的当前操作状态，各个颜色的含义如下：

蓝灯一直在亮：系统刚刚进行了设置或维护；

蓝灯闪烁：自动运行中断，用户需要采取行动，恢复自动运行；

白灯一直在亮：系统准备好运行，但非自动模式；

白灯闪烁：系统处于安装模式下；

绿灯一直在亮：系统准备好运行，且为自动模式；

绿灯闪烁：系统处于自动模式，等待加载或卸载。

6、监测设备

建设单位拟为本项目配备 1 台辐射检测仪和 1 台个人剂量报警仪，并在 AXI 检测室内南侧墙上安装 1 台固定式场所辐射探测报警装置，为辐射工作人员配备有热释光个人剂量计，定期送检。辐射监测仪用于监测设备屏蔽体外的辐射水平，定期（每个月一次）使用检测仪器对设备的各个面进行巡测。如有异常，将立即切断电源，停止使用该设备。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维护，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使用该设备。

本项目辐射安全与防护设施一览表见表 10-2，辐射安全设施图示见图 10-3。

表 10-2 辐射安全与防护设施一览表

设备	数量	配置情况
自屏蔽体	-	主束方向（下方）采用 8mmPb 屏蔽，其他方向采取 5mmPb 屏蔽
安全联锁功能	-	输入/输出口、X 射线管腔、屏蔽体防护门和设备高压联锁
多重开关	2 个	主电源开关、射线源开关
急停装置	3 个	操作员位置载荷的控制元件处 1 个、输出输送机的固定保护盖上 1 个、处理腔内 1 个
警示标志	2 个	设备外壳 1 个，AXI 检测室门口 1 个
工作指示灯	2 个	设备顶部 X 射线开启光条和工作状态指示灯
监测设备	-	配备 1 台辐射监测仪，1 台个人剂量报警仪，在 AXI 检测室内南侧墙上安装 1 台固定式场所辐射探测报警装置，并为 2 名辐射工作人配置热释光个人剂量计

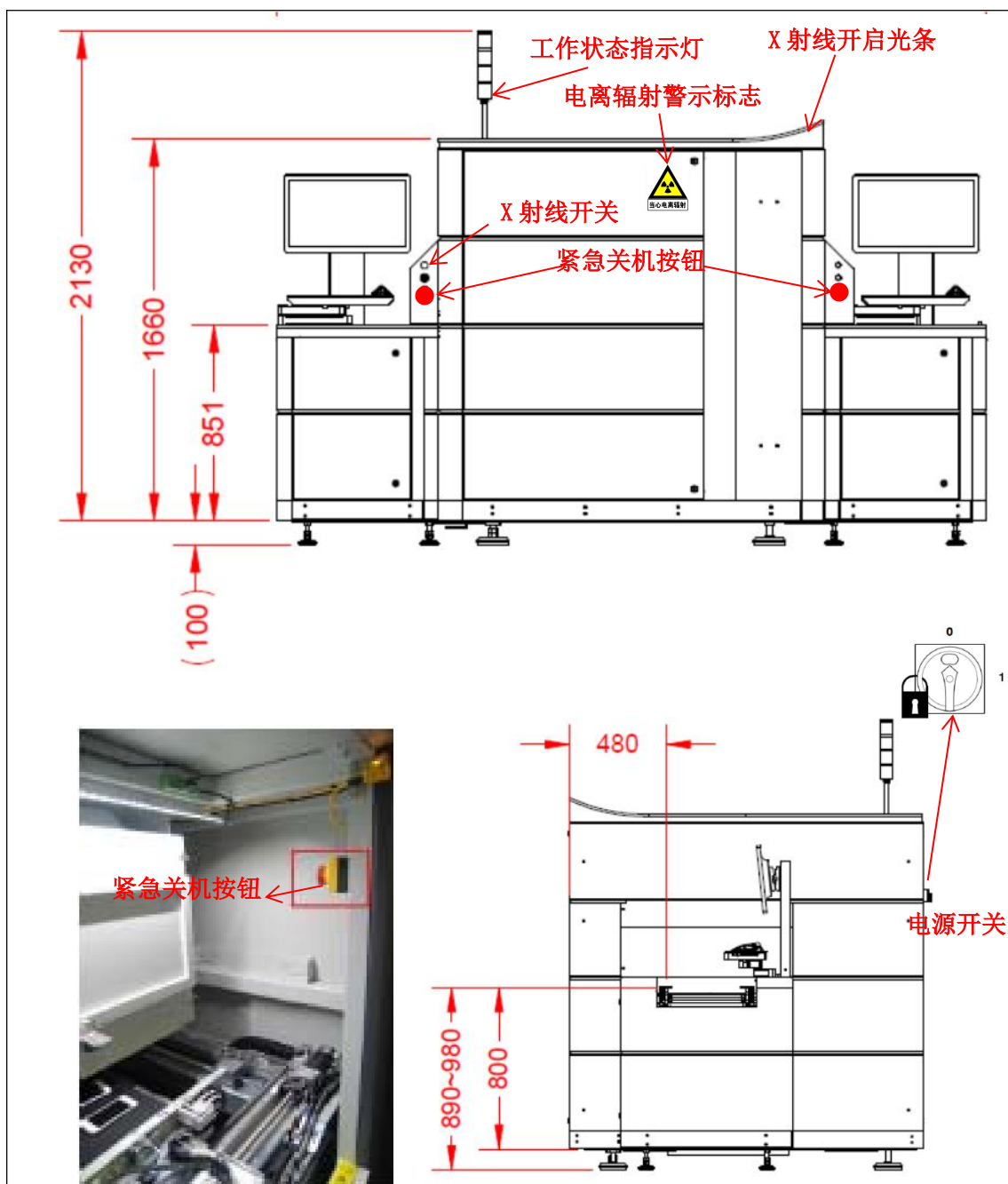


图 10-3 辐射安全设施示意图

10.1.4 辐射安全防护设施对照分析

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）对本项目的辐射工作场所布局 and 分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求进行分析，对照分析表见表10-3。

表 10-3 本项目辐射安全防护设施要求对照分析表

项目	标准要求	实施方案	评价
工作场所	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	本项目射线装置自带屏蔽体，充分考虑了临近场所的辐射安全。	符合要求

布局与分区	并应与探伤室分开。	本项目射线装置有用线束方向朝下，操作台设置在射线装置北侧（正面），避开了有用线束方向。	
	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。	建设单位拟将射线装置实体屏蔽内部区域划为控制区，将屏蔽体外整个AXI检测室划为监督区。控制区通过实体屏蔽、急停装置、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明进行管理，在监督区边界入口（AXI检测室门口）设立“当心电离辐射”标志。	符合要求
辐射屏蔽	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100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周；b）屏蔽体外30m处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。	根据表11的理论计算，射线装置屏蔽体的辐射屏蔽满足关注点的周围剂量当量和周围剂量当量率控制要求。	符合要求
	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4.1.3；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为100μSv/h。	根据表11的理论计算，屏蔽体顶的辐射屏蔽满足关注点周围剂量当量率控制要求。	符合要求
辐射安全与防护	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。	本项目的射线装置设有安全联锁系统，安全联锁设计要求钥匙开关打开、急停按钮复位、输入门及输出门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位射线装置不能启动。X射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X射线立即切断出束，复位后X射线不会自动出束。	符合要求
	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	本项目X射线检测系统机自带工作状态指示灯和X射线开启光条，具有出束指示和待机指示功能。	符合要求

	显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。		
	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目X射线检测系统机壳表面拟张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在AXI检测室门口张贴电离辐射警告标志。	符合要求
	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。	X射线检测系统设置有3个紧急关机按钮，分别位于操作员位置载荷的控制元件处、输出输送机的固定保护盖上、处理腔内。可供工作人员紧急停止X射线管工作。按钮拟设置标签，标明使用方法。	符合要求
	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。	本项目X射线装置设置排风系统，AXI检测室拟安装机械排风装置，有效通风换气次数大于3次/小时。	符合要求
	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目拟在AXI检测室内南侧墙上安装固定式场所辐射探测报警装置。	符合要求
安全 操作	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，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。	工作人员作业前检查射线装置门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。	符合要求
	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。	建设单位已为每位辐射工作人员配备常规个人剂量计，并配备有1台便携式辐射监测仪和1台个人剂量报警仪。在工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并将辐射监测仪保持开机状态放置于操作位。当剂量率达到2.5μSv/h时，个人剂量报警仪会立刻报警。当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即关闭射线装置电源、停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作场所，并立即向辐射工作负责人报告。	符合要求
	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	建设单位拟配备1台便携式辐射监测仪用于日常辐射监测，对射	符合要求

	区域人员居留处。测量值应当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。	线装置周围剂量当量率进行巡测（每月1次），做好巡测记录。当测量值高于参考控制水平时，需立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对装置外的环境辐射水平进行年度检测。	
6.2.4	交接班或当班使用便携式X-γ剂量率仪前，应检查是否正常工作。如发现便携式X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	工作人员工作前先检查便携式剂量仪是否正常工作，如发现便携式剂量仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。	符合要求
6.2.5	探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。	在每次照射前，辐射工作人员需确认射线装置各项安全联锁设施全部正常的情况下，射线装置才能启动、才能出束，把潜在的辐射降到最小。	符合要求
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，才能开始探伤工作。	本项目的射线装置自带屏蔽体，屏蔽体内部空间狭小，人员无法进入屏蔽体内部。辐射工作人员需要在辐射工作前确认各项安全联锁系统正常的情况下射线装置才能启动，才能开始辐射工作。	符合要求

综上所述，建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

根据《核技术利用监督检查技术程序（2020发布版）》中“Ⅱ类非医用X线装置监督检查技术程序”的内容要求，对建设项目拟设置的辐射安全防护设施与运行进行了检查，具体检查结果详见表10-4。

表 10-4 辐射安全防护设施与运行

序号	检查项目		检查结果	备注
1*	A 场所 设施 (固定 式)	入口处电离辐射警告标志	√	拟设置
2*		入口处机器工作状态显示	√	
3		隔室操作	√	
4		迷道	/	
5*		防护门	√	
6*		控制台有钥匙控制	√	
7*		门机联锁系统	√	

8*		照射室内监控设施	√	拟设置
9		通风设施	√	
10*		照射室内紧急停机按钮	√	
11*		控制台上紧急停机按钮	√	
12*		出口处紧急开门开关	/	
13*		准备出束声光提示	√	
18*	C 监测设备	便携式辐射监测仪	√	拟设置
19*		个人剂量报警仪	√	拟设置
20*		个人剂量计	√	拟设置
21	D 应急物资	灭火器材	√	拟设置

注：加*的项目是重点项，检查合格划√，不合格划×，不适用或无法验证划/。不能详尽的在备注中说明。

10.2 三废的治理

本项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示测试结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物，无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

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》（GBZ 117-2022）的相关规定：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射线检测系统设置机械排风系统，设备背面设置两个排风口，防护间内排风口采用4mmPb铅板包裹，连接处采用4mmPb铅板搭接。建设单位拟为AXI检测室安装新风系统，在西侧墙底部设置两个排风口，在天花板设置两个送风口，室内空气经排风管道至楼顶排放。AXI检测室容积为162m³，拟安装排风机风量不小于1000m³/h，新风系统在工作期间保持开启，可确保AXI检测室每小时有效通风换气次数大于3次，由X射线检测系统机内部空气电离产生的少量臭氧和氮氧化物将被及时排至外环境，并得到迅速分解，不会在室内环境聚积，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

该项目使用成品电气设备，不涉及施工建设。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，检测系统不开机，不产生X射线，不会对周围环境造成电离辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

该项目拟使用的X射线检测系统的最大管电压为130kV，最大管电流为0.3mA。为了进一步分析该项目运行时对周边环境的影响，参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的相关公式，估算X射线出束时，设备各个面屏蔽体外关注点的辐射剂量率水平。

该 X 射线检测系统的相关技术参数见表 11-1。

表 11-1 X 射线管基本技术参数

技术参数		参数来源
型号	Matrix X2.0#	建设单位提供
最大管电压	130kV	建设单位提供
最大管电流	0.3mA	建设单位提供
滤过条件	/	建设单位提供
有用线束方向	向下	建设单位提供
距辐射源点（靶点）1m 处输出量	18.3mGy·m ² /（mA·min）	查 GBZ/T 250-2014 表 B.1
距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率	1×10 ³ μSv/h	查 GBZ/T 250-2014 表 1
X 射线管至探伤工件的距离	0.3m	建设单位提供

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)的规定，有用线束影响区域不考虑泄漏辐射和散射辐射影响，并且散射辐射主要考虑0°入射90°散射。本项目X射线检测系统主束照射方向朝下，因此，屏蔽体顶部及四周均非主射方向，仅考虑散射辐射。

1、关注点的选择

选取射线装置各屏蔽体外0.3m处、辐射工作人员操作位为辐射水平关注点。各关注点位需要考虑的射线影响和预测参数见表11-2，关注点设置示意图见

图11-1。

表11-2 各关注点主要考虑的射线影响

关注点	点位描述	铅当量 (mmPb)	距离 R (m)	辐射类型
A	设备东侧 30cm 处	5	1.14	泄露辐射和散射辐射
B	设备南侧 30cm 处	5	1.18	
C	设备西侧 30cm 处	5	1.14	
D	设备北侧 30cm 处	5	1.18	
E	操作位	5	1.6	
F	设备顶部 30cm 处	5	1.1	
G	设备底部 30cm 处	8	1.15	有用线束

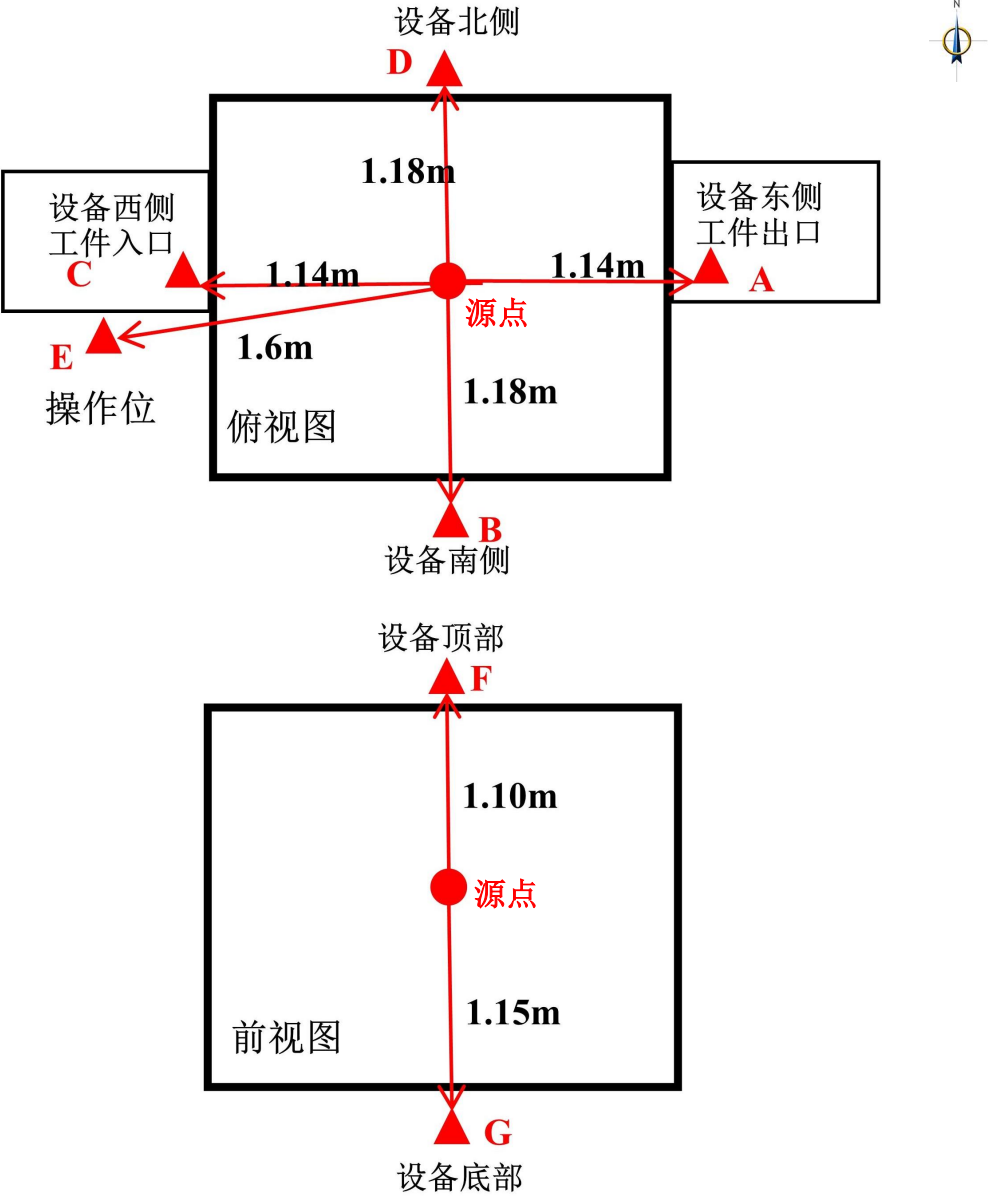


图 11-1 各关注点位置示意图

2、辐射屏蔽剂量参考控制水平

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）3.1.1 条款和 3.1.2 条款：

3.1.1 探伤室墙（本项目指 X 射线检测系统屏蔽体）和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）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 $\dot{H}_{c,d}$ 的导出剂量率参考控制水平（ μSv ）按式（11-1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中：

H_c —周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

t —探伤装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）；

U —探伤装置向关注点照射的使用因子，保守均取 1；

T —人员在关注点驻留的居留因子。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$

$$\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c ：

H_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

本项目 X 射线检测系统顶部剂量率参考控制水平同 3.1.1。

根据建设单位提供资料，每天 X 射线出束时间为 2.22h，每周工作 6 天，周出束时间为 13.32h。按照建设单位的管理要求，在射线装置正常运行期间，除本项目操作人员外，其他人员不允许出入 AXI 检测室。AXI 检测室内按职业工作人员考虑。

根据上述计算可得出本项目中关注点所对应的剂量率参考控制水平如表 11-3 所示。

表 11-3 本项目中关注点所对应的剂量率参考控制水平

关注点	对应区域	T	周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	导出剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	最高剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	评价报告采用的剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
A	设备东侧 30cm 处	1/4	100	30	2.5	2.5
B	设备南侧 30cm 处	1/4	100	30	2.5	2.5
C	设备西侧 30cm 处	1/4	100	30	2.5	2.5
D	设备北侧 30cm 处	1/4	100	30	2.5	2.5
E	操作位	1	100	7.5	2.5	2.5
F	设备顶部 30cm 处	1/16	100	120	2.5	2.5
G	设备底部 30cm 处	1/16	100	120	2.5	2.5

3、屏蔽防护计算

(1) 有用线束的屏蔽

有用线束在关注点的剂量率按公式11-2计算：

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

式中：

$\dot{H}$ --关注点剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

I --X 射线成像装置在最高管电压下的最大管电流，本项目为 0.3mA；

H_0 --距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，本项目保守取 GBZ/T 250-2014 中附表 B.1 中管电压为 150kV，滤过条件为 2mm 铝时，输出量为 $18.3 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.1 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，Sv/Gy 等量值转换；

B --屏蔽透射因子；

本项目最大管电压为130kV，有用线束方向的屏蔽厚度为8mmpb。透射因子B参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）图B.1，保守取电压为150kV，滤过条件为2mmAl的X射线透过铅层，铅板厚度为4mm时，透

射因子约为 3×10^{-6} ；铅板厚度为4.5mm时，透射因子约为 1×10^{-6} ；根据外推法，铅板厚度为8mm时，透射因子约为 3×10^{-8} 。

R --辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

（2）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：

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式11-3})$$

$\dot{H}$ --关注点处泄露剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L --距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 1，本项目取值为 $1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

R --辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B --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：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (\text{式 11-4})$$

X --屏蔽物质厚度，mm；

TVL --什值层厚度。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.2，对于泄漏辐射，保守取 150kV 对应值为 0.96mm。

（3）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：

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

$\dot{H}$ --关注点处散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I --X 射线成像装置在最高管电压下的最大管电流，mA；本项目为 0.3mA；

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

B --屏蔽透射因子，根据式 11-4 计算，

X --屏蔽物质厚度，mm；

TVL --什值层厚度。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 并查附录 B 表 B.2，对于散射辐射，保守取 150kV 对应值

0.96mm。

R_0 --辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，本项目取 0.3m。

R_s --散射体至关注点的距离，m。

F -- R_0 处的辐射野面积，根据建设单位提供的设备说明书，本项目 MatrixX2.0#型 X 射线检测系统取 0.16m^2 。

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.4.1， α 保守地取为 $\alpha_w \cdot 10000/400$ ，保守取 150kV 的 α_w 值 $1.6\text{E-}3$ ，即 α 保守取值为 0.04。

本项目有用线束方向屏蔽计算结果见表 11-4，泄露辐射屏蔽计算结果见表 11-5，散射辐射屏蔽计算结果见表 11-6。

表11-4有用线束屏蔽效果计算结果

关注点	点位描述	屏蔽铅厚度 mm	透射因子 B	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	R (m)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
G	设备底部 30cm 处	8	3E-08	1.1E+06	1.15	7.47E-03

表11-5 泄漏辐射屏蔽效果计算结果

关注点	点位描述	X (mm)	TVL (mm)	B	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	R	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
A	设备东侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1×10^3	1.14	4.76E-03
B	设备南侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1×10^3	1.18	4.45E-03
C	设备西侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1×10^3	1.14	4.76E-03
D	设备北侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1×10^3	1.18	4.45E-03
E	操作位	5	0.96	6.19E-06	1×10^3	1.6	2.42E-03
F	设备顶部 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1×10^3	1.1	5.12E-03

表11-6 散射辐射屏蔽效果计算结果

关注点	点位描述	X mm	TVL mm	B	H_0 $\mu\text{Sv/h}$	R_s m	R_0	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
A	设备东侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1.1E+06	1.14	0.3	1.12E-01
B	设备南侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1.1E+06	1.18	0.3	1.04E-01

C	设备西侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1.1E+06	1.14	0.3	1.12E-01
D	设备北侧 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1.1E+06	1.18	0.3	1.04E-01
E	操作位	5	0.96	6.19E-06	1.1E+06	1.6	0.3	5.66E-02
F	设备顶部 30cm 处	5	0.96	6.19E-06	1.1E+06	1.1	0.3	1.20E-01

综合以上结果，各预测关注点处的总剂量率汇总见表 11-7。

表11-7 各关注点处的辐射剂量率计算结果（单位 $\mu\text{Sv/h}$ ）

关注点	点位描述	有用线束	泄漏辐射	散射辐射	总剂量率	控制水平	评价
A	设备东侧 30cm 处	/	4.76E-03	1.12E-01	0.116	2.5	满足
B	设备南侧 30cm 处	/	4.45E-03	1.04E-01	0.109	2.5	满足
C	设备西侧 30cm 处	/	4.76E-03	1.12E-01	0.116	2.5	满足
D	设备北侧 30cm 处	/	4.45E-03	1.04E-01	0.109	2.5	满足
E	操作位	/	2.42E-03	5.66E-02	0.059	2.5	满足
F	设备顶部 30cm 处	/	5.12E-03	1.20E-01	0.125	2.5	满足
G	设备底部 30cm 处	7.47E-03	/	/	0.0075	2.5	满足

从表 11-7 可以看到，本项目 X 射线检测系统屏蔽体外 0.3m 处、操作位关注点的剂量率估算值最大为 $0.125\mu\text{Sv/h}$ ，小于本项目剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故本项目 X 射线检测系统屏蔽体外 30cm 处及周围的剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。根据辐射剂量率随距离衰减的原则，本项目 50m 内范围其他关注点受到本项目的辐射环境影响更低。

11.2.2 人员受照剂量分析

根据本项目工作负荷，本项目 MatriX X2.0#型 X 射线检测系统的年工作天数最多为 300 天（一周 6 天，共 50 周），每天两班，每班最多检测 1000 个零部件，完成一次零部件检测用时最多 4s。每班周出束时间为 6.6 小时，年出束时间为 333 小时。

辐射工作人员和公众年有效剂量计算根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式计算：

$$H = \dot{H} \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

H —X射线外照射年有效剂量，mSv/a；

$\dot{H}$ —关注点处X射线辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T —居留因子；参考《辐射防护手册第三分册辐射安全》（李德平编）P80，居留因子 T 按三种情况取值：①全居留因子 $T=1$ ，②部分居留 $T=1/4$ ，③偶然居留 $T=1/16$ ；

t —X射线年照射时间，h；

本项目辐射工作人员年有效剂量估算结果详见表11-8。

表11-8 辐射工作人员年有效剂量估算结果

关注点	点位描述	关注点处辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	周工作时间 t	年工作时间 t (h/a)	居留因子 T	周受照剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年受照剂量 (mSv/a)
A	设备东侧30cm处	0.116	6.6	333	1/4	1.92E-01	9.68E-03
B	设备南侧30cm处	0.109			1/4	1.79E-01	9.04E-03
C	设备西侧30cm处	0.116			1/4	1.92E-01	9.68E-03
D	设备北侧30cm处	0.109			1/4	1.79E-01	9.04E-03
E	操作位	0.059			1	3.9E-01	1.97E-02
F	设备顶部30cm处	0.125			1/16	5.15E-02	2.60E-03
G	设备底部30cm处	0.0075			1/16	3.09E-03	1.56E-04

按照建设单位的管理要求，在射线装置正常运行期间，其他非辐射工作人员不允许出入AXI检测室。考虑到AXI检测室外的公众可能受到本项目辐射影响，选取AXI检测室南侧UMP重工室（距X射线装置源点4.5m）和下方刀具室（距X射线装置源点5.5m）两个关注点进行分析，关注点处辐射剂量率按式11-3、11-4、11-5估算，保守不考虑AXI检测室墙体的屏蔽效果，公众年有效剂量按式11-6估算，结果见表11-9。

表11-9 AXI检测室外的公众年有效剂量估算结果

关注点点位描述	关注点处辐射剂量率H ($\mu\text{Sv/h}$)	周工作时间 t	年工作时间 t (h/a)	居留因子 T	周受照剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	年受照剂量 (mSv/a)
AXI 检测室南侧 UMP 重工室	7.47E-03	6.6	333	1	4.93E-02	2.49E-03
AXI 检测室下方刀具室	3.27E-04			1/4	5.39E-04	2.72E-05

由表11-8和表11-9结果可知，根据理论估算，本项目射线装置周围辐射工作人员受到的最大周有效剂量为 $0.39\mu\text{Sv/周}$ ，最大年有效剂量为 $1.97\times 10^{-2}\text{mSv/a}$ ，公众受到的最大周受照剂量为 $4.93\times 10^{-2}\mu\text{Sv/周}$ ，最大年有效剂量为 $2.49\times 10^{-3}\text{mSv/a}$ 。因此，本项目满足“辐射工作人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”的周剂量限值控制要求，同时满足“辐射工作人员不超过 5mSv/a 、公众不超过 0.1mSv/a ”的年剂量管理目标值要求。根据辐射剂量率随距离衰减的原则，50m内的其他公众人员亦能满足以上要求。由此说明，本项目射线装置的防护设计满足要求，其正常运行时产生的辐射影响在国家允许的范围以内。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险识别

本项目为“使用II类射线装置”核技术应用项目，风险因子为X射线。营运中存在着风险和潜在危害及事故隐患。可能发生的辐射事故如下：

（1）输入门和输出门安全联锁发生故障，导致门未关到位的情况下射线发生器出束，X射线泄露使工作人员受到不必要的照射；

（2）装置检修时，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；

（3）屏蔽防护机壳或输入/输出门破损引起辐射泄漏，导致周围活动人员可能受到不必要的照射。

11.3.2 事故工况下辐射影响分析

本项目 X 射线检测系统关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。

剂量估算：本项目 X 射线检测系统最大管电压为 130kV， H_0 以 $1.1\times$

$10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 考虑，最大管电压下的最大管电流为 0.3mA，屏蔽透射因子 B 取 1，则距辐射源点 1m 处剂量率为 329mSv/h，受照时间按 1 分钟计，保守估算单次事故下辐射工作人员受到的剂量为 5.49mSv，超过职业照射年剂量管理目标值（5mSv/a），辐射事故等级为一般辐射事故。正常工作状态下，辐射工作人员携带个人剂量报警仪，当出现以上事故工况时，个人剂量报警仪报警，工作人员则立即关闭射线装置电源，整个动作时间不超过 15s，具有一定辐射事故风险，但不会发生辐射事故。

11.3.3 事故预防措施

为杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

（1）建设单位应定期对设备的各个安全装置进行检修和维护。检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志。

（2）应定期对安全联锁装置、急停按钮等防护设施进行检修和维护，工作人员应严格遵守操作规程。

（3）该项目发生事故的风险主要在于建设单位的辐射安全管理，建设单位应制定完善的管理制度、操作规程，并严格遵守，由此可最大程度避免发生辐射事故。

11.3.4 事故应急措施

一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施，其次对设备、设施进行检查，确定其功能和安全性能。

事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生行政主管部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用 II 类和 III 类射线装置、放射源、非密封放射性物质工作场所的工作单位，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。

建设单位成立了辐射安全防护与环保管理小组，明确了小组的成员及其职责，并通过此机构进一步建立辐射安全防护责任制度，落实安全责任，制订辐射防护措施等。

一、辐射安全防护与环保管理小组组成：

组 长：刘双全

副组长：李博瑶

成 员：潘群峰 杜德鹏 赵晓宁 随伟凯

制度明确了辐射安全防护与环保管理小组职责和成员职责，制定并组织实施相关工作制度，做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作，定期对辐射安全与防护工作进行督查，检查本公司放射工作人员的技术操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

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》，使用放射源、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、设备检修维修制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

为规范管理本单位的辐射工作，有效预防和控制可能发生的 X 射线辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位针对该项目制定了系列的辐射安全管理制度（见附件 3 和附件 4），包括《设备操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作场所和工作人员监测方案》、《辐射

事故应急预案》等。

建设单位制定的辐射安全管理制度较为全面，可操作性强，建设单位承诺严格按照所制定制度进行辐射安全管理工作。建设单位制定的辐射事故应急预案可以实现迅速和有效的应对辐射事故，基本满足《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》等法律法规的要求。

12.3 辐射工作人员的培训

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年）的规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

根据《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（国家生态环境部2021年第9号公告）和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考试有关事项的公告》(国家生态环境部2019年第57号公告)的有关要求，对于从事II类射线装置使用的辐射工作人员，应及时在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行网络培训学习，并报名辐射安全与防护现场考试，确保辐射工作人员持证上岗。

建设单位拟为本项目配置 2 名辐射工作人员，具体人员尚未确定，工作人员拟取得辐射安全与防护培训合格证书后方可上岗。建设单位辐射工作人员配备及培训满足相关法律法规的要求。

12.4 辐射监测

根据《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》及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时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X-γ辐射监测仪等。建设单位拟为本项目X射线检测系统配置1台辐射监测仪器和1台个人剂量报警仪，并已委托有资质单位为辐射工作人员进行个人剂量监测，拟配置的辐射监测设备满足要求。

12.4.1 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 号令 2011 年）的相关规定：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，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。生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，终身保存。

建设单位已按照国家有关标准、规范，委托有资质单位对本单位辐射工作人员进行个人剂量监测：辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计上岗，定期送检，监测周期最长不超过 3 个月。建设单位已为辐射工作人员建立个人剂量档案，终身保存。

12.4.2 日常自主监测

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）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关规定，建设单位制定的日常检测计划如下：

建设单位拟为本项目 X 射线检测系统配备 1 台辐射监测仪和 1 台个人剂量报警仪。每天开始工作前将检查仪器是否能正常使用，如不能正常使用，则不能使用射线装置开展工作。辐射监测仪在工作期间将保持开机，放置于操作位，实时监测射线装置屏蔽体外的辐射水平，个人剂量报警仪由辐射工作人员佩戴，如有异常，将立即切断电源，停止使用该射线装置。将定期（每个月 1 次）使用辐射监测仪对射线装置各个面进行巡测，并做好巡测记录，当剂量率高于参考控制水平（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）时，立刻停止工作并向负责人报告并查找原因。

12.4.3 年度常规监测

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）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生态环境主管部门认定的环境监测机构进行监测。

建设单位将委托检测机构对辐射设备的环境辐射水平进行年度检测，年度检测数据作为本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 日前上报环境行政主管部门。

12.4.4 竣工环境保护验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，自行或委托有能力的技术机构开展竣工验收监测，编制验收报告，并组织专家采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作，建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

本次评价项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，组织对配套建设的环境保护设施进行验收。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整改的，验收期限最长不超过 12 个月。验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

本项目竣工验收监测对象为X射线检测系统项目，监测因子为X-γ辐射剂量率。

本工程竣工环境保护验收的内容见表12-2。

表 12-2 环境保护设施验收一览表

项目	“三同时”措施	预期效果
法律法规	取得本项目环境影响评价审批批复 重新申领辐射安全许可证	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办

要求		法》相关要求。
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目 X 射线检测系统设备自带封闭式屏蔽设施。本项目 X 射线检测系统底部屏蔽厚度为 8mmPb，其他面屏蔽厚度为 5mmPb。	满足屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h 及本项目的年剂量管理目标值要求。
	安全措施：设备上方设置有工作状态指示灯，且设有安全联锁系统；设置电离辐射警告标识和文字说明；设置紧急停机按钮等。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。
	通风措施：X 射线检测系统设置排风口，AXI 检测室设置排风装置，AXI 检测室每小时有效通风换气次数大于 3 次。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。
人员配备	配置 2 名辐射工作人员，取得合格成绩报告单	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立辐射工作人员职业健康档案。	
监测仪器和防护用品	配备 1 台固定式剂量报警仪、1 台便携式辐射监测仪和 1 台个人剂量报警仪。 定期进行辐射环境自主监测和年度常规监测。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。
辐射安全管理制度	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、辐射事故应急措施等制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。

12.4.5 本项目监测计划

针对本项目，建设单位制定了如下辐射监测计划（表12-3），并计划将每次监测结果记录存档备查。

表12-3 工作场所监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测范围	监测类型
年度监测	AXI检测室	X-γ辐射剂量率	1次/年	距屏蔽体各表面30cm；操作位。验收监测还应包括50m范围	委托有资质单位监测
日常			1次/月		自行监测

监测				围内各保护目标处关注点。	
验收监测			竣工后3个月内		委托有资质单位监测

委托有资质监测单位进行监测时，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，应及时向建设单位提出，并提出整改意见，在建设单位整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。建设单位自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，检测时须按《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）制定检测方案及实施细则执行。

12.4.6 辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急的具体人员和联系电话；
- ③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；
- ④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

为有效处理辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，根据《放射性同位素与射线装置辐射防护条例》和环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，建设单位制定了《富联裕展科技（河南）有限公司辐射事故应急预案》（附件4），该预案明确了辐射事故应急救援小组组成人员和应急处理的责任划分；明确了辐射事故应急处理程序及报告制度；明确了辐射事故应急演习计划，辐射事故应急联系电话等内容。建设单位应在今后工作中严格落实《富联裕展科技（河南）有限公司辐射事故应急预案》制度，并根据实际工作情况进行修订完善。

对于在建设单位定期监测或委托监测时发现异常情况的，建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，发生辐射事故的，应

当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后建设单位应积极配合生态环境部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续的工作。

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《核技术利用监督检查技术程序（2020 发布版）》中“Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序”的内容要求，对建设单位法规执行情况和管理制度进行了检查，具体检查结果详见表 12-4 和表 12-5。

表 14-4 法规执行情况

序号	检查内容	检查结果		
		有/是	无/否	备注
1	许可证			/
1.1	单位的名称、地址、法定代表人是否进行了变更		否	/
	如有：变更后是否办理许可证变更手续			/
1.2	持证单位是否改变或超出所从事活动的种类或者范围		否	/
	如有：是否按原申请程序重新申领许可证			/
1.3	持证单位是否有新建、改建、扩建生产、使用设施或者场所	是		/
	如有：是否按原申请程序重新申领许可证			取得环评批复后进行
1.4	许可证是否在有效期限内	是		/
	如超出：是否办理许可证延续手续			/
2	建设项目环境影响评价审批			/
2.1	是否新建、改建、扩建使用设施或者场所	是		/
	如有：是否通过环境影响评价审批			正在进行环境影响评价审批
3	建设项目竣工环境保护验收			
3.1	是否按规定的程序 and 标准进行了验收			项目建成后进行
3.2	如是：是否向社会公开了验收报告			
4	监测			/
4.1	工作区域和环境辐射水平测量档案	有		/

4.2	个人剂量监测记录	有		/
4.3	监测仪器比对或刻度档案	有		
6	事故与事件			
6.1	是否有辐射事故或事件		否	
	辐射事故或事件是否按规定报告			/
7	人员管理			/
7.1	辐射工作人员上岗前培训/再培训档案	有		/
8	辐射安全自查			/
8.1	定期辐射安全自查	有		/
8.2	年度评估报告	有		/

表 12-5 管理制度及执行情况

序号	检查项目		成文制度	执行情况	备注
1	A 综合	辐射安全管理规定	√	√	/
2		操作规程	√	√	/
3		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等）	√	√	/
4	B 监测	监测方案	√	√	/
5		监测仪表使用与校验管理制度	√	√	/
6	C 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	√	√	/
7		辐射工作人员个人剂量管理制度	√	√	/
8	D 应急	辐射事故应急预案	√	√	/

由表 12-4 和表 12-5 可知，建设单位的法律法规执行情况和辐射环境管理满足相关标准要求。

建设单位自开展核技术利用以来，始终严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关规定，医院已取得《辐射安全许可证》，现有核技术利用项目均按要求履行了相应的环保手续，成立了辐射安全防护与环保管理小组，已制定辐射安全防护相关的制度和辐射事故应急预案，建立了辐射工作人员个人剂量档案及辐射环境监测计划和档案。项目建设均拟采取针对电离辐射有效的防护措施，经预测，项目对周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足本报告提出的年剂量管理目标值要求。

综上所述，本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求，具备从事辐射活动的能力。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 工程项目概况

富联裕展科技（河南）有限公司拟在 D 区 D02 栋二楼西北侧 AXI 检测室新增一台 Nordson MatriX X2.0#型工业计算机断层扫描（CT）系统（最大管电压 130kV、最大管电流 0.3mA），对生产的手机零部件进行多功能高精密度的无损检测，该 X 射线检测系统属于 II 类射线装置。

13.1.2 选址合理性评价

本项目射线装置自带屏蔽体，放置在 AXI 检测室内使用，四周临近区域无敏感点和人群密集场所，项目选址充分考虑了周围场所人员的辐射防护和安全，有利于辐射工作场所的管理，该项目选址及场所布局合理。

13.1.3 环境质量与辐射现状评价

本项目位于富联裕展科技（河南）有限公司 D 区 D02 栋二楼 AXI 检测室，根据项目建址周围环境辐射水平现状调查结果，项目建址周围环境辐射剂量率在 34nGy/h~54nGy/h 之间，属于正常环境本底辐射水平。

13.1.4 辐射安全与防护分析评价

本项目射线装置自带全封闭式屏蔽机壳，并对辐射工作场所进行分区管理，设立监督区和控制区，本项目辐射工作场所分区、布局合理。

本项目设置的屏蔽防护设施、辐射安全措施等符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等国家标准的相关要求；充分考虑了邻室及周围场所的人员防护与安全。

13.1.5 环境影响分析评价

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设均已采取了针对电离辐射有效的防护措施。经预测，项目对周围环境中的工作人员和公众的辐射影响均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求，同时满足本报告提出的年剂量管理目标值：辐射工作人员年剂量管理目标值不超过 5mSv/a，公众年剂量管理目标值不超过 0.1mSv/a。

13.1.6 辐射安全管理分析评价

管理机构：建设单位成立了辐射安全防护与环保管理小组，明确了相关职责，并将加强监督管理。

建设单位已制定了《富联裕展科技（河南）有限公司辐射事故应急预案》等一系列管理制度，并在以后的实际工作中严格落实执行；建设单位人员培训计划和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

13.1.7 可行性分析结论

（1）项目实践正当性分析

该项目的投产可辅助建设单位进行手机零部件的缺陷检测和改进，有助于企业进一步提高产品质量和经济效益，从“代价-利益”角度考虑，具备可行性。

（2）产业政策符合性

建设单位本次核技术利用项目旨在辅助建设单位提高产品质控能力，本项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中的鼓励类，因此，本项目符合国家产业政策。

综上所述，建设单位使用1台X射线检测系统项目在落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

（1）根据相关法律法规，落实“三同时”制度，按照环评相关要求保质保量的落实相关屏蔽防护措施和各项管理措施和辐射防护措施要求。

（2）本项目辐射工作人员确定后，进行参加辐射安全与防护知识培训和考核，并取得合格成绩报告单，确保持证上岗。

（3）本项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的相关要求对本项目进行验收。本项目经验收合格后，方可投入运营。

（4）建设单位应于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公章
年月日

审批意见：

经办人

公章
年月日