

目录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	13
表 3	非密封放射性物质.....	13
表 4	射线装置.....	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表 6	评价依据.....	16
表 7	保护目标与评价标准.....	18
表 8	环境质量和辐射现状.....	26
表 9	项目工程分析及源项.....	33
表 10	辐射安全与防护.....	41
表 11	环境影响分析.....	49
表 12	辐射安全管理.....	65
表 13	结论与建议.....	77
表 14	审批.....	79

附图

附图 1 平面布置图

附件：

附件 1：委托书

附件 2：西安伟宇佰川电子科技有限公司电子装配生产线建设项目（重大变动）环境影响报告表的批复

附件 3：厂房租赁合同

附件 4：厂家提供设备出厂屏蔽防护检测报告

附件 5：厂家提供设备屏蔽厚度说明

附件 6：本底环境质量检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安伟宇佰川电子科技有限公司 X 射线检测系统核技术利用项目			
建设单位		西安伟宇佰川电子科技有限公司			
法人代表	李现伟	联系人	李朝阳	联系电话	██████████
注册地址		陕西省西安市高新区普丰路西安高新数字经济产业园 6 号楼 B 座			
项目建设地点		陕西省西安市高新区普丰路西安高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 1 楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		129	项目环保投资 (万元)	6.35	投资比例 (环保投资/总投资) 4.92%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m²) 3.95
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
1.项目概述					
1.1 建设单位简介					
<p>西安伟宇佰川电子科技有限公司是一家从事通信设备制造，技术服务、技术开发等业务的公司，成立于 2017 年 6 月 26 日，员工 156 人，位于西安高新数字经济产业园 6 号楼 B 座的 1 层、2 层和 5 层。公司所在的 6 号楼 B 座共 5 层，其中 1 层为公司 PCBA 电路板、电子线束、机箱生产线，2 层为公司办公活动区，5 层为公司三防漆涂敷生产线，公司上下邻关系中 3 层为华为技术有限公司、4 层为空闲厂房。</p> <p>经营范围包括一般项目：电力电子元器件制造；通信设备制造；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；计算机系统服务；模具制造；计算机软硬件及外围设备制造；输配电及控制设备制造；导航、测绘、气象及海洋专用仪器制造；电子元器件制造；电子元器件与机电组件设备制造；电子元器件零售；智能机器人的研发；信息技术咨询服务；信息系统集成服务；通用零部件制造；通用设备制造（不</p>					

含特种设备制造)；机械零件、零部件加工；机械电气设备制造；软件开发；软件销售。

西安伟宇佰川电子科技有限公司之前尚未开展过相关核技术利用项目，未申领过辐射安全许可证。

1.2 核技术应用的目的是和由来

为满足公司业务发展的需要，西安伟宇佰川电子科技有限公司拟在高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间（105 室、106 室已打通作为一个生产车间）西北角新增 1 台 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统（以下可简称 X 射线装置），对印刷电路板锡焊点饱满度进行无损检测。该射线装置是为半导体封装和线路板组装等电子领域的高分辨率检测要求而设计的一款 X 射线检测系统，技术非常成熟，具有先进性和优越性，采用开放式 160kV/20W 微焦点 X 射线管，基于高功率射线管性能，满足电子领域的应用，包含高吸收性的功率器件。

根据技术协议，该射线装置采用开管微焦点射线源和数字平板探测器，将 X 射线断层扫描成像技术整合到三坐标测量系统，实现复杂部件高精度内外尺寸全面测量。

根据《射线装置分类》（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），该设备属于 II 类射线装置中的工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置。

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，故应编制环境影响报告表。

西安伟宇佰川电子科技有限公司于 2023 年 7 月委托西安桐梓环保科技有限公司（以下简称我公司）对其“西安伟宇佰川电子科技有限公司 X 射线检测系统核技术利用项目”进行环境影响评价工作（委托书见附件 1）。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘，同时收集相关基础资料，并依据《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）的相关要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 建设项目概况

1.3.1 项目规模

西安伟宇佰川电子科技有限公司拟在高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 105 室、106

室生产车间西北角新增 1 台 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统,设备自带屏蔽体,采用实时成像系统,设备外观图见图 1-1、设备屏蔽体尺寸及防护设计示意图见图 1-2、技术参数见表 1-1、项目组成情况见表 1-2。

本项目射线装置为一体化设备,自带屏蔽铅房,设备内部尺寸较小,工件需要人工向左右移动玻璃铅门,手动放入铅房内进行工件的摆放和固定,且本系统具有计算机断层扫描(CT)功能。经查询,本项目所用设备不在生态环境部发布的已获得豁免备案证明文件的射线装置范围内,根据《射线装置分类》(2017 年第 66 号公告)相关要求,该系统属于 II 类射线装置,使用和管理均按 II 类射线装置进行要求。

本项目设备东面铅板、东面铅玻璃、设备西面铅板、设备南北两侧检修门、设备上、下铅板、设备操作平台铅板铅当量满足屏蔽防护需求。本项目射线装置出厂时已进行屏蔽防护检测,根据设备厂家提供的该设备出厂时的屏蔽防护检测报告(见附件 4),该设备各关注点位置处的周围剂量当量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)标准中剂量限值要求。监测表明,本项目设备在正常工作过程中,铅房具有较好的辐射屏蔽能力,能够有效屏蔽 X 射线,设备产品合格,符合出厂要求,并能够满足相关标准限值要求。



图 1-1 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统外观示意图

表 1-1 本项目设备参数表

名称	phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统	
类别	II 类	
数量	1 套	
型号	phoenix x aminer	
额定电压 (kV)	10-160	
额定电流 (μA)	5-800	
用途	材料样本无损检测	
X 射线朝向	主射线朝下	
设备屏蔽体	外径尺寸 2200mm (长) × 1796mm (宽) × 1985mm (高) 南侧检修门尺寸 860mm (长) × 1060mm (高) 北侧检修门尺寸 860mm (长) × 1060mm (高)	
	设备东面铅板	6mmPb
	设备东面铅玻璃	5.5mmPb
	设备西面铅板	5.5mmPb
	设备南面铅检修门	6mmPb
	设备北面铅检修门	6mmPb
	设备下面铅板	6mmPb
	设备上面铅板	5.5mmPb
设备操作平台铅板	6mmPb	
联锁装置	门机联锁 (移门安全开关、南侧检修门安全开关、检修盖板安全开关)	
急停按钮	射线装置操作台处 1 个急停按钮	
是否有指示灯	射线装置顶部 2 个指示灯	
是否有警示标志	贴有电离警示标识	
备注	射线装置检测时采用操控杆控制或鼠标 (手动模式) 和数控编程控制 (自动模式)	

表 1-2 项目组成一览表

名称		建设项目及规模
主体工程		拟在高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角新增 1 台 phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统进行无损检测业务，包括设备及操作台，设备具体参数和屏蔽厚度详见表 1-1
辅助工程	检测区域	建筑面积 3.95m ²
	排风系统	生产车间内设置中央空调新风系统，排出的少量非放射性废气不会聚集，经新风系统换气，排至室外空间
公用工程	给水	辐射工作人员日常生活用水由市政供水管网供给
	排水	辐射工作人员生活污水依托园区现有化粪池处理后排入市政污水管网，最终排入西安市第七污水处理厂
	供暖	空调制热
	制冷	空调制冷
环保工程	辐射	X 射线：phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统自带铅屏蔽体进行防护
	废气	phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统所在生产车间内设置中央空调新风系统，射线装置在打开带铅玻璃移门时排出的少量非放射性废气不会在生产车间聚集，经新风系统换气，排至室外空间
	废水	辐射工作人员生活污水依托园区化粪池处理后经市政管网排入西安市第七污水处理厂
	固废	生活垃圾依托公司垃圾桶进行分类收集后，统一纳入园区垃圾清运系统
辐射安全与防护设施		设备自带 急停按钮、钥匙转换开关、主电源开关、门机联锁（移门安全开关、南侧检修门安全开关、检修盖板安全开关）、警示灯、电离辐射警示标识、断路保护器、防辐射铅屏蔽体
		企业自建 控制区与监督区划分标识、电离辐射警示标识

1.3.2 劳动定员及工作制度

根据建设单位提供的资料，本项目拟配备 2 名辐射工作人员，均为新增人员（从现有非辐射工作人员中培养）。根据《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》（公告 2019 年第 57 号）要求，该辐射工作人员应参加辐射安全与防护知识培训，并考核合格（考核专业“X 射线探伤”），2 人同时持证上岗。

该项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统每天最长照射时间为 3h，每周工作 5 天，每周最长照射时间 15h，年照射 50 周，年最长照射时间 750h。

1.3.3 无损检测样品情况

本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统对电路板锡焊点饱满度进行无损检测，最大样品尺寸 410×410×170（mm）。

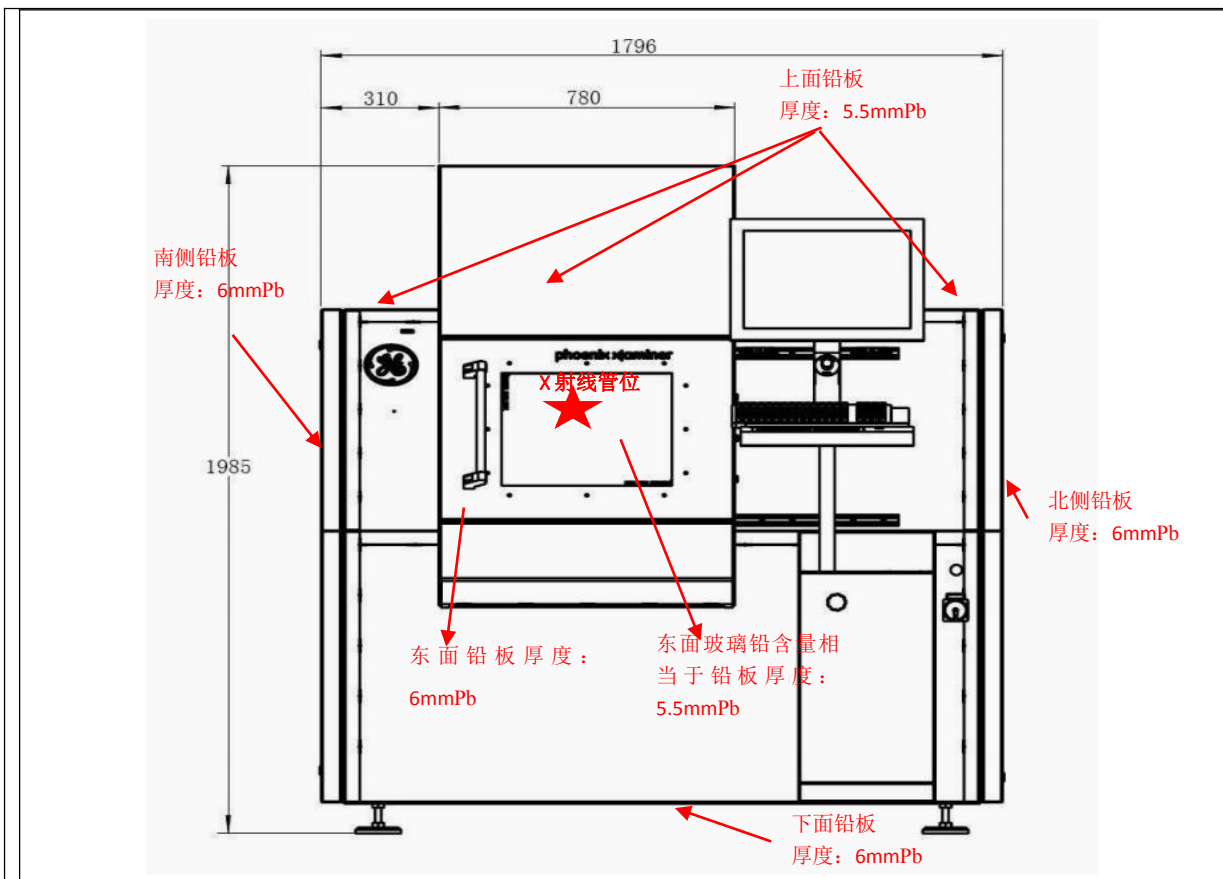
1.3.4 建设单位生产线项目的环保手续履行情况

西安伟宇佰川电子科技有限公司于 2023 年 5 月 1 日与西安高新区双创环保园建设发展有限公司签订租赁合同（见附件 3），于 2023 年 8 月 25 日取得西安高新区行政审批服务局关于《西安伟宇佰川电子科技有限公司电子装配生产线建设项目（重大变动）环境影响报告表的批复》（高新环评批复〔2023〕062 号）（见附件 2），电子装配产线项目未建设完成，故尚未办理竣工环保验收手续，西安伟宇佰川电子科技有限公司此前未涉及核技术利用项目。根据监测结果，项目拟建地的环境地表 γ 辐射剂量率与西安市的地表 γ 辐射剂量率无明显差异。根据调查结果，本项目为公司首次开展核技术利用项目，因此，项目拟建区域不存在与本项目有关的原有核技术应用及污染状况。

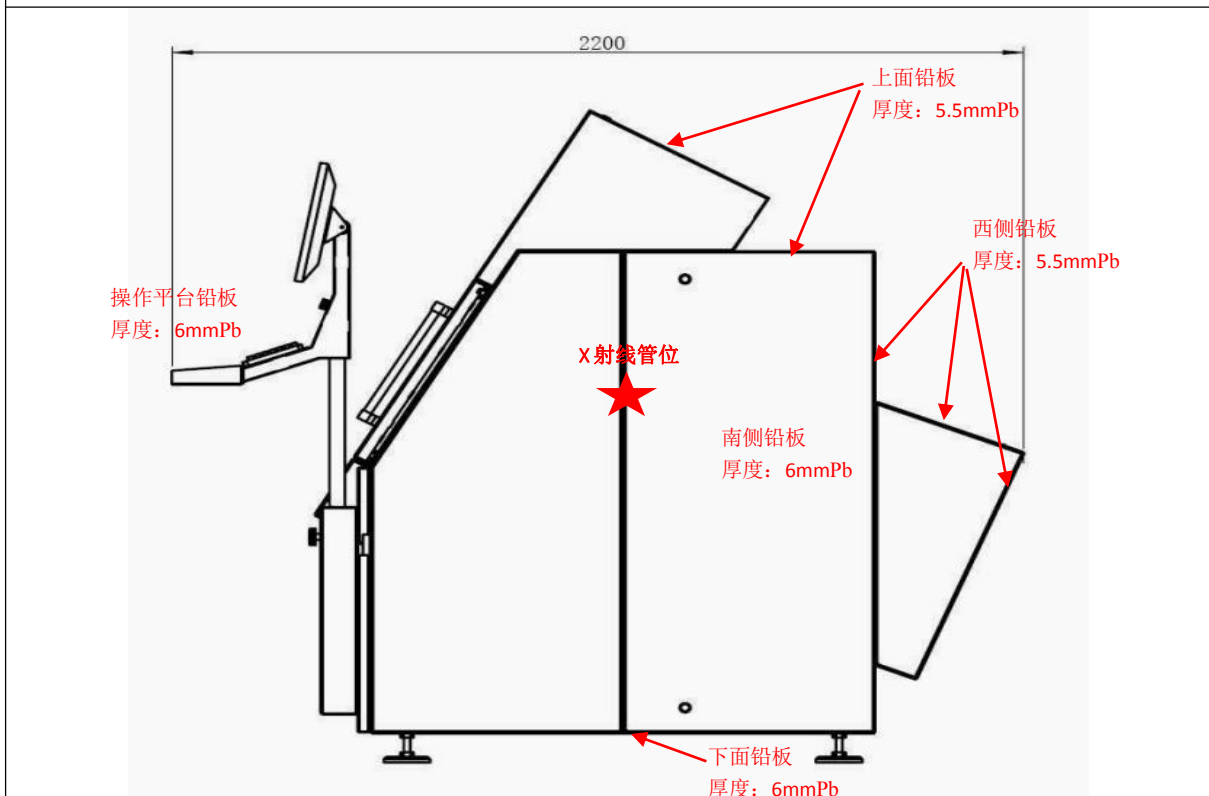
1.4 项目产业政策符合性

本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统对电路板锡焊点饱满度进行无损检测，系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中“十四、机械—1、科学仪器和工业仪表：

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**”，符合国家产业政策。



正视图



侧视图

图 1-2 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽体尺寸及防护设计示意图

1.5 项目选址及周边环境关系

1.5.1 地理位置

本项目位于陕西省西安市高新区普丰路高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角。地理位置图见图 1-3。



图-1-3 公司及拟建项目地理位置示意图

1.5.2 平面布置及周边环境位置关系

(1) 西安伟宇佰川电子科技有限公司周边位置关系

西安伟宇佰川电子科技有限公司位于陕西省西安市高新区普丰路西安高新数字经济产业园 6 号楼 B 座，公司与西安高新数字经济产业园位置关系见图 1-3。公司东侧为园区道路，西侧为西安领充创享新能源科技有限公司，南侧为园区道路，隔路为西安高新数字经济产业园 6 号楼 A 座，北侧为园区道路，隔路为西安高新数字经济产业园 8 号楼。

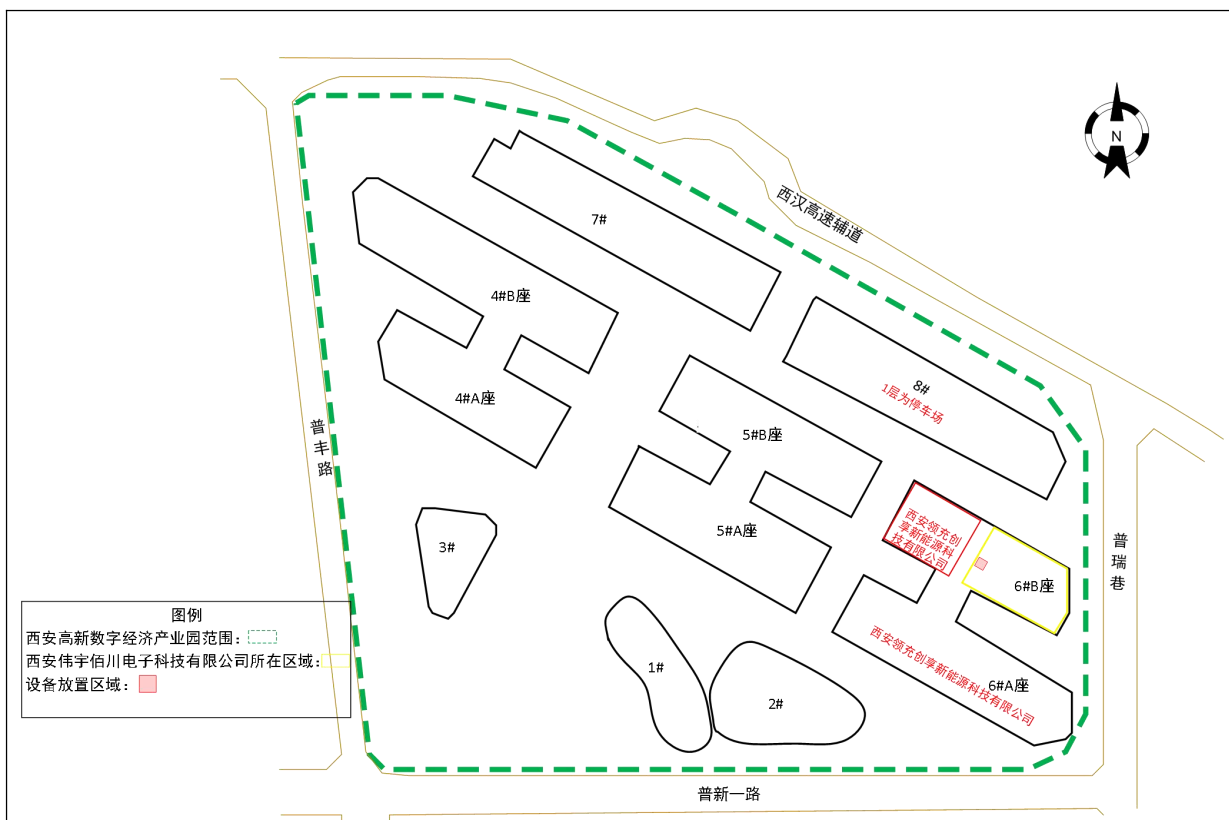


图 1-4 西安伟宇佰川电子科技有限公司与西安高新数字经济产业园位置关系示意图

(2) X 射线检测系统位于高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角，南侧为分板机，东侧为人员通道，东北侧为维修区，北侧为车间玻璃墙体，隔墙为走廊，西侧为车间混凝土墙体，隔墙为走廊。楼上为仓库，楼下为土层，检测系统周边环境及楼上关系图见图 1-5、图 1-6、图 1-7。

1.5.3 选址合理性分析

本项目位于西安市高新区普丰路西安高新数字经济产业园 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角。根据现场调查，项目评价范围内环境保护目标主要为公司内工作人员及西安高新数字经济产业园周围企业的工作人员及路人，无居民生活区。同时，按照工件的生产工艺流程要求，在射线装置拟放置区东侧、南侧、东南侧、东北侧均已设置其他工艺生产线，南侧为分板机，东侧为人员通道，东北侧为维修区、东南侧为回流焊接生产线。北侧为车间玻璃墙体，隔墙为走廊，西侧为车间混凝土墙体，隔墙为走廊。故设备紧邻西侧人员不可到达。射线装置东侧、东南侧、东北侧周围的其他工作人员流动性小。此外，X 射线装置楼上为仓库，流动人员短时活动区域；楼下为土层，人员不可到达。

故因此本项目 X 射线装置按照工艺需求放在 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角北侧较为适宜，且射线装置周围区域的人员流动性较小，项目运行对周围环境影响较小，布局较合理。

综上所述，本项目选址合理。

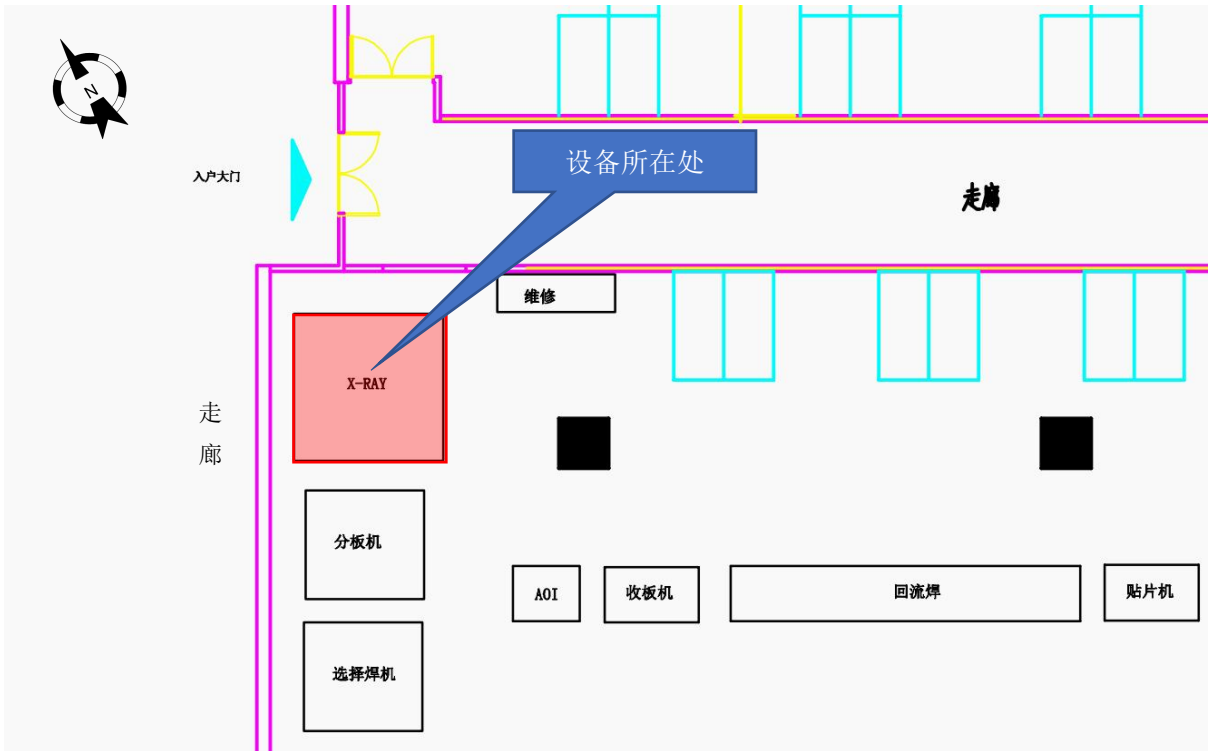


图 1-5 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统周边位置关系（局部）

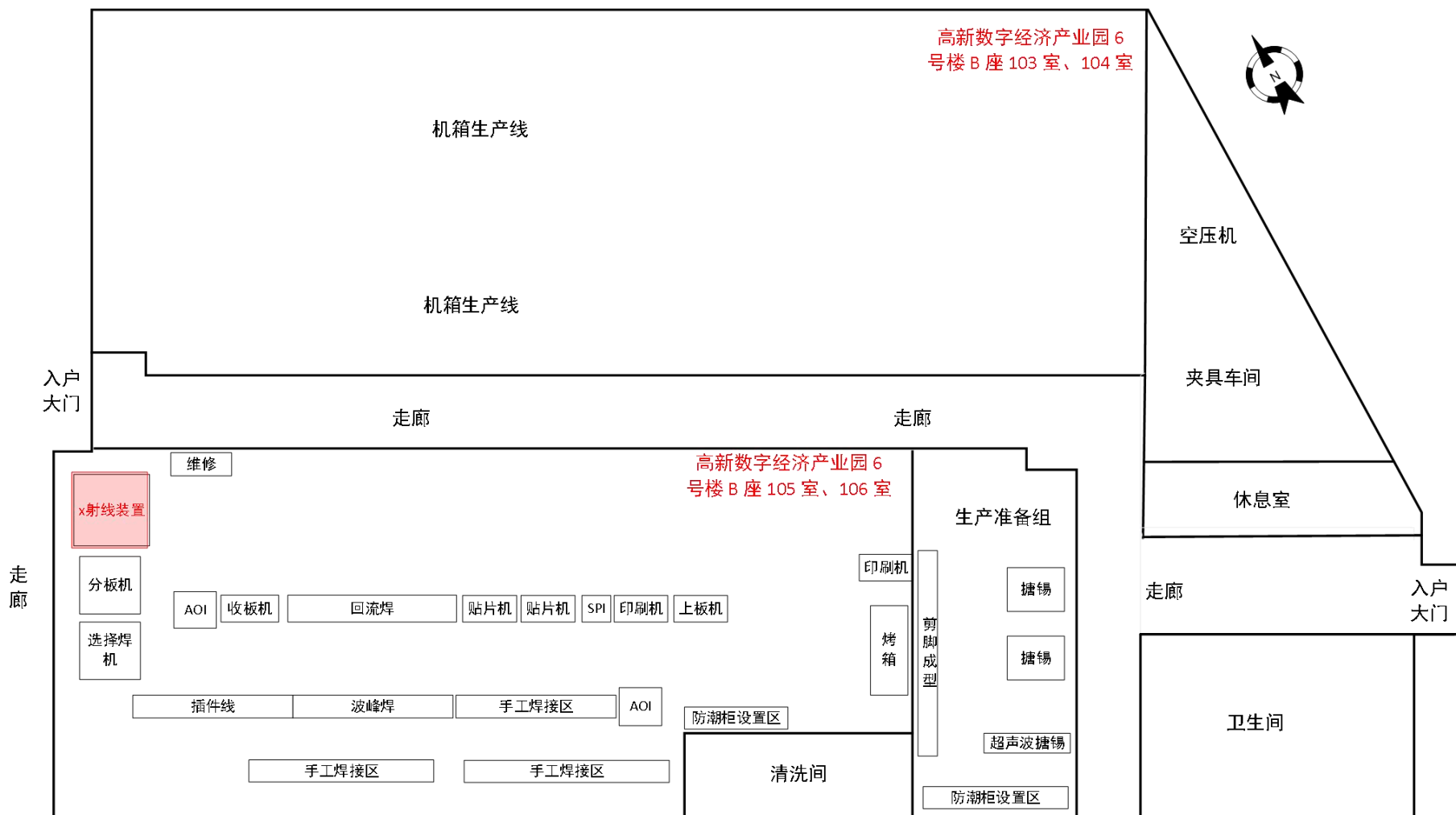


图 1-6 西安伟宇佰川电子科技有限公司 1F 平面布置图（本项目所在楼层）

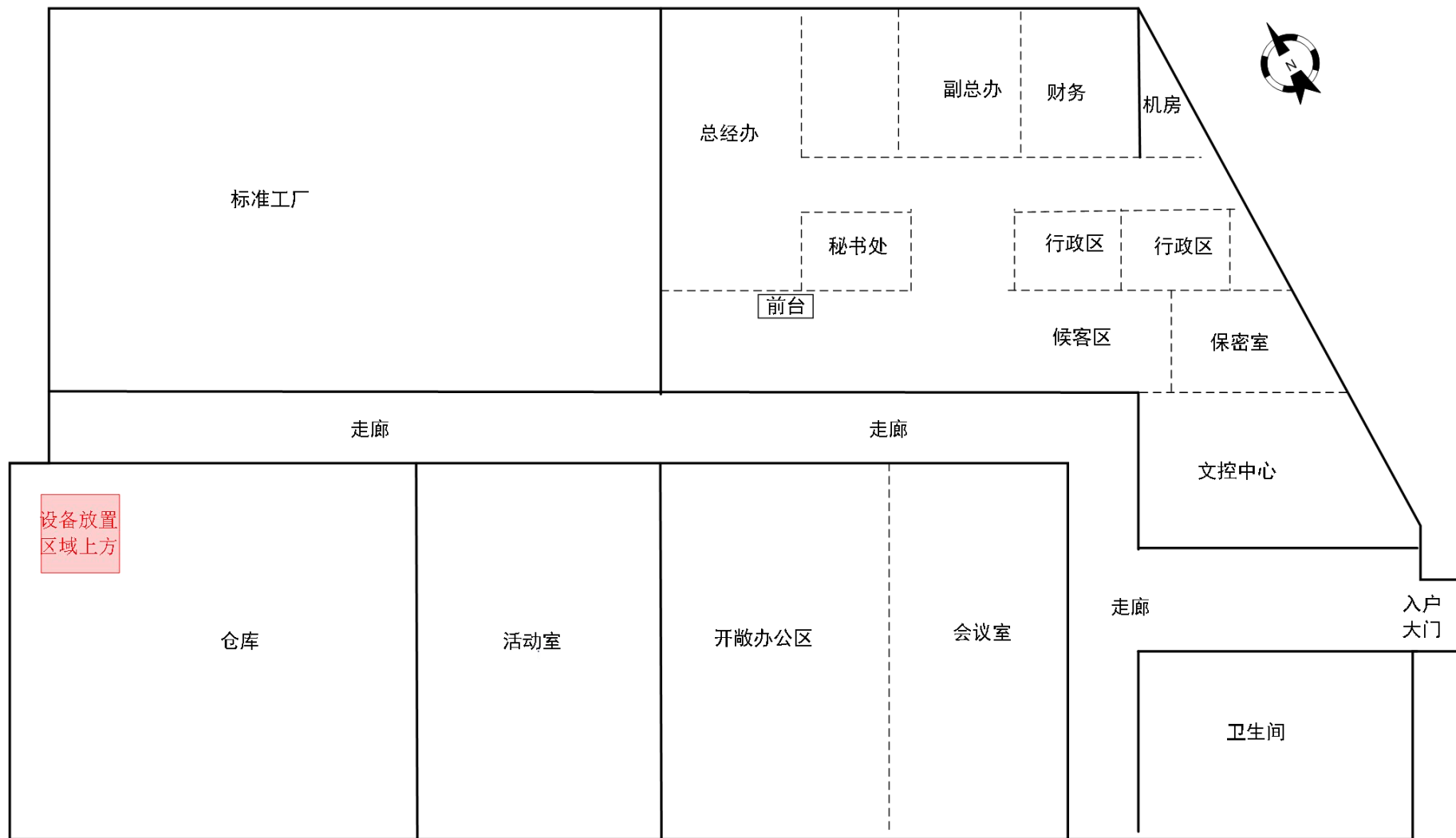


图 1-7 西安伟宇佰川电子科技有限公司 2F 平面布置图（本项目正上方楼层）

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式及地点	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)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式及地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注: 日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统	II 类	1 套	phoenix x amine	160	0.8	材料样本无损检测	6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角	自带铅屏蔽，主射线朝下
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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，气态单位为 mg/m³；年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<ol style="list-style-type: none">1、《中华人民共和国环境保护法》（修订版），2015 年 1 月 1 日实施；2、《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修正；3、《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；4、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日实施；5、《建设项目环境保护管理条例》（修订），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；6、《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），国家发展和改革委员会令第 49 号，2021 年 12 月 30 日；7、《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；8、《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021 年版），生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日；9、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》；10、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日；11、《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 18 号令，2011 年 5 月 1 日；12、《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；13、《关于发布<射线装置类>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 6 日；14、《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》，2019 年 11 月 6 日；15、《关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》，陕环办发〔2018〕29 号，2018 年 6 月 7 日。
------------------	---

<p>技 术 标 准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其第 1 号修改单； 4、《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）； 5、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； 6、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 7、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 8、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
<p>其 他</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、西安伟宇佰川电子科技有限公司 X 射线检测系统核技术利用项目环境影响评价委托书； 2、phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统使用手册； 3、西安伟宇佰川电子科技有限公司 X 射线检测系统核技术利用项目环境现状监测报告（XATZ-FS-2023-035）； 4、西安伟宇佰川电子科技有限公司提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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“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”要求,确定本项目评价范围为以射线装置屏蔽体为边界, phoenix xlaminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽体边界外 50m 范围内的区域, 详见图 7-1。



图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

西安伟宇佰川电子科技有限公司位于西安高新数字经济产业园 6 号楼 B 座，本项目位于 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角，本项目环境保护目标主要为从事射线装置操作的辐射工作人员及周围 50m 区域的公众。环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	人数(人)	相对方位		与设备相对最近距离 (m)	个人年附加剂量约束值 (mSv/a)	
1	辐射工作人员	2	phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统东侧控制台		紧邻	5	
2	公众人员	2	NE	西安伟宇佰川电子科技有限公司	维修区域	1	0.1
		2	S		分板机及选择焊机工作区域	0.8	
		4	SE		PCBA 电路板生产线	3	
		5	SE		手工焊接区	11	
		3	SN		清洗间	25	
		1	SE		烤箱处	32	
		1	SE		印刷机处	32	
		7	E、SE		生产准备组区域	35	
		流动人员	SE		走廊	40	
		流动人员	SE		休息室	42	
		0-8	SE		卫生间	44	
		15	N、NE		电子线束、机箱生产线	3.6	
		流动人员	2 楼		仓库	6.0	
		流动人员	5 楼		三防漆涂敷生产线	21	
		流动人员	4 楼	空闲厂房	16		
		约 100 人	3 楼	华为技术有限公司	11		
		流动人员	W	走廊	3		
		约 60 人	W	6#B 座西安领充创享新能源科技有限公司	10		
		约 70 人	SW	6#A 座西安领充创享新能源科技有限公司	35		
		流动人员	N	园区 8 号楼 (1F 为停车场, 2F 为食堂, 3F 为空厂房)	42		
		约 200 人	S	园区 6 号楼 A 座	32		
		流动人员	E	园区室外	园区道路	48	
		流动人员	S	园区室外	园区道路	18	
流动人员	W	园区室外	园区道路	45			
流动人员	N	园区室外	园区道路	30			
流动人员	E	园区外	普瑞巷	48			

注：表中“距离”均以设备外表面作为起点进行计算。

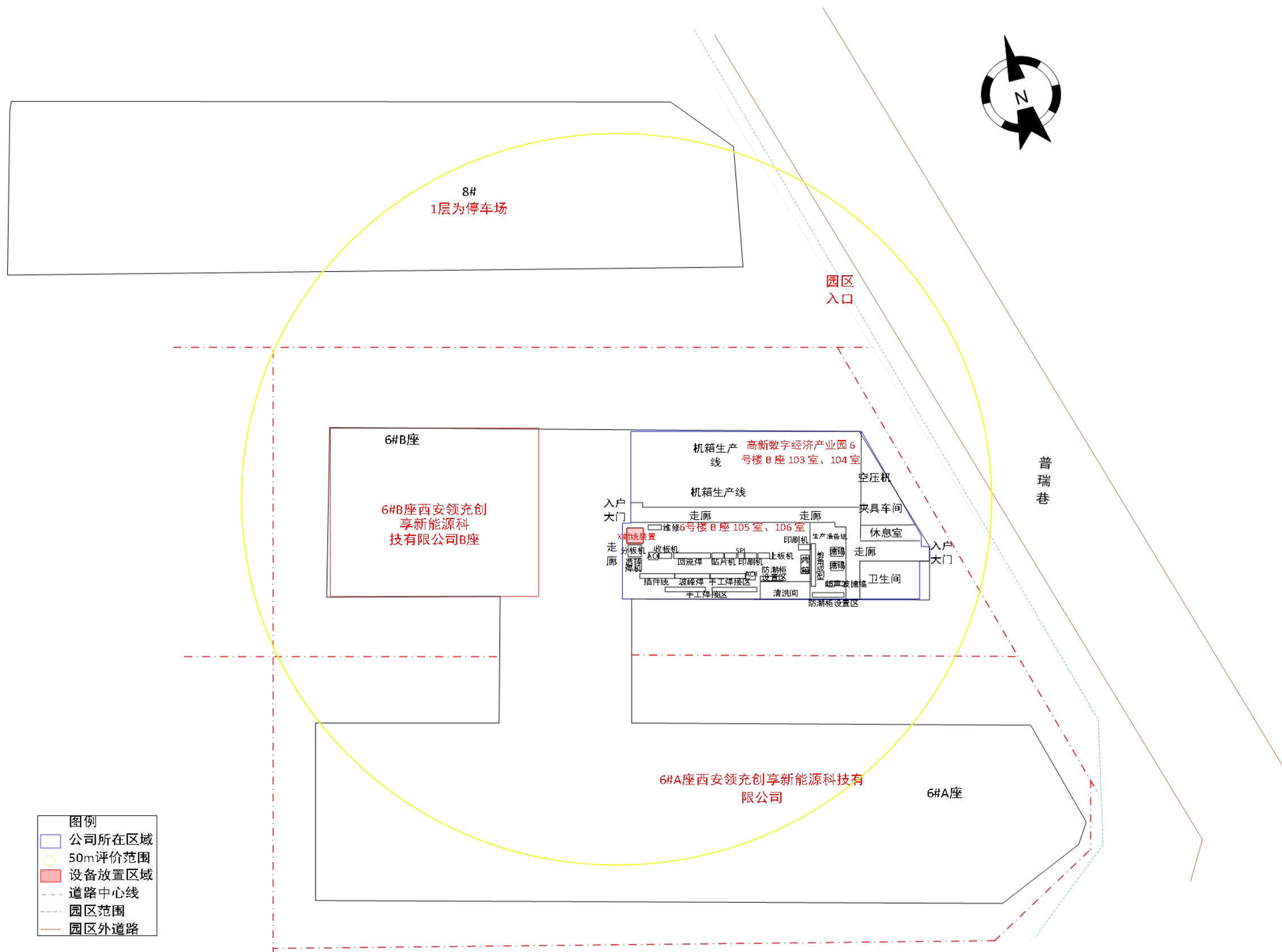


图 7-4 环境保护目标示意图 (1F)

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关内容

(1) 11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

(2) 标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

①B1.1.1.1 条规定：“应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：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（本项目取其四分之一即 5mSv 作为职业工作人员的年剂量约束限值）”；

②B1.2.1 规定：“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算值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv”（本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为公众人员的年剂量约束限值）。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统（自带铅屏蔽体）运行期参考该标准中相关防护安全要求。

“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 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护”。

“4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格”。

“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”。

“5 探伤机放射防护要求”

“5.1 X 射线探伤机”

“5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护

性能应符合 GB/T26837 的要求”。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

“5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常”。

“5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录”。

“6 固定式探伤的放射防护要求”

“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。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250”。

“6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 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-机连锁装置，应在门关闭后才能进行探伤作业。门-机连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”。

“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 GB18871 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”。

“6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置”。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。本项目为工业 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统（自带屏蔽体）视为探伤室，运行期参考该标准中相关防护安全要求。

“3 探伤室屏蔽要求”

“3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平”

“3.1.1 探伤室墙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}_{cd} ）：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 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 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (1) 计算:

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

式中:

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

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, 单位为小时每周 (h/周)。

t 按式 (2) 计算:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

式中:

W ——X 射线探伤的周工作负荷 (平均每周 X 射线探伤照射的累积“mA·min”值),
mA·min/周;

60——小时与分钟的换算关系;

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流, 单位为毫安 (mA)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$:

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

\dot{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

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

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内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射, 该项辐射和穿出探伤室的透射辐射在相应关注点的剂量率总和应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。”

“3.2 需要屏蔽的辐射”

“3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射”。

“3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射”。

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

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

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

综上所述，本次环评结合上述标准以及项目实际情况，本项目取 5mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，取 0.1mSv/a 作为公众人员的年剂量约束限值。同时根据项目实际情况，确定本项目年有效剂量管理目标及污染物排放指标如表 7-2 所示。

表 7-2 本项目管理目标值及辐射评价标准汇总表

项目	控制值	执行标准
年剂量约束限值	辐射工作人员：5mSv/a；公众人员：0.1mSv/a	《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）
X 射线探伤机要求	管电压 150~200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率：<2.5mSv/h。	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）
phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统	X 射线自带铅屏蔽体外 30cm 各关注点剂量率≤2.5μSv/h。	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 评价项目环境调查及分析

为了解项目建设场所及周围的环境现状，对项目所在地进行现场调查，经调查，项目所在地为 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角，西侧为车间混凝土墙，北侧为车间入门（设备进厂后该门封闭），其余侧目前均为空地。评价项目所在环境现状见图 8-1。

	
<p>phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统拟放置区域</p>	<p>拟建 phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统（自带屏蔽体）区域西侧车间门口走廊</p>
	
<p>拟建 phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统（自带屏蔽体）区域南侧车间门口走廊</p>	<p>拟建 phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统（自带屏蔽体）区域上方 2 楼库房</p>
	
<p>厂房南侧西安高新数字经济产业园道路</p>	<p>厂房西侧西安高新数字经济产业园道路</p>



厂房北侧西安高新数字经济产业园道路



厂房东侧西安高新数字经济产业园道路



西安高新数字经济产业园外东侧道路-普瑞巷

图 8-1 项目周围环境现场照片

8.2 环境现状监测

为掌握拟建项目所在地辐射环境质量现状，2023年7月26日，西安伟宇佰川电子科技有限公司委托西安桐梓环保科技有限公司对新增 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统（自带屏蔽体）区域及周边环境空气吸收剂量率监测，监测内容如下：

- (1) 检测项目： γ 辐射剂量率；
- (2) 检测仪器型号：见表 8-1。

表 8-1 检测设备一览表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	检定证书编号	有效日期
X. γ 射线检测仪	BG9512P	XATZ-YQ-002	0.01 μ Gy/h~30mGy/h	2023H21-20-4582307001	2023年05月18日~2024年05月17日

- (3) 质量保证：

监测按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等监测方法，实施全过程质量控制。

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；
- ②监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- ③所用检测仪器全部经过计量部门检定并在有效期内；
- ④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑤监测数据严格实行审核制度。

(4) 检测结果

现状监测结果见表 8-2。监测点位示意图见图 8-2~8-4。

表 8-2 拟建区域及周边空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	γ辐射剂量率(μGy/h)	备注
		环境本底	
1	拟建 X 射线检测系统区域	0.109	西安伟宇 佰川电子 科技有限 公司室内
2	拟建 X 射线检测系统区域东侧维修区域	0.104	
3	拟建 X 射线检测系统区域南侧分板机区域	0.105	
4	拟建 X 射线检测系统区域东南侧手工焊接区域	0.113	
5	拟建 X 射线检测系统区域西侧走廊区域	0.104	
6	拟建 X 射线检测系统区域北侧走廊	0.116	
7	拟建 X 射线检测系统区域北侧生产车间	0.110	
8	拟建 X 射线检测系统区域楼上(2 楼仓库)	0.101	
9	公司西侧 6#B 西安领充创享新新能源科技有限公司	0.107	室内
10	公司南侧连接 6#A 座和 6#B 座通道	0.101	
11	公司南侧 6#A 座西安领充创享新新能源科技有限公司	0.105	
12	公司北侧 8#一层停车场	0.113	
13	厂房东侧园区道路	0.091	室外
14	厂房南侧园区道路	0.093	
15	厂房西侧园区道路	0.097	
16	厂房北侧园区道路	0.095	

备注：表中检测结果均已扣除宇宙射线响应值。

表 8-2 所列检测结果为经校准后的γ辐射剂量率值，所测西安伟宇佰川电子科技有限公司室内γ辐射剂量率为 0.101~0.116μGy/h（已扣除宇宙射线），周边室内γ辐射剂量率为 0.101~0.113μGy/h（已扣除宇宙射线），室外γ辐射剂量率为 0.091~0.097μGy/h（已扣除宇宙射线）。

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）“西安市原野γ辐射剂量率范围为 50.0~117.0nGy/h，道路γ辐射剂量率范围为 52.0~121.0nGy/h，室内 γ

辐射剂量率范围为 79.0~130.0nGy/h”。经对比，项目拟建地周边环境的空气比释动能率与西安市天然环境 γ 剂量率处于同一水平，属天然辐射本底水平。故项目所在区域辐射环境现状质量良好。

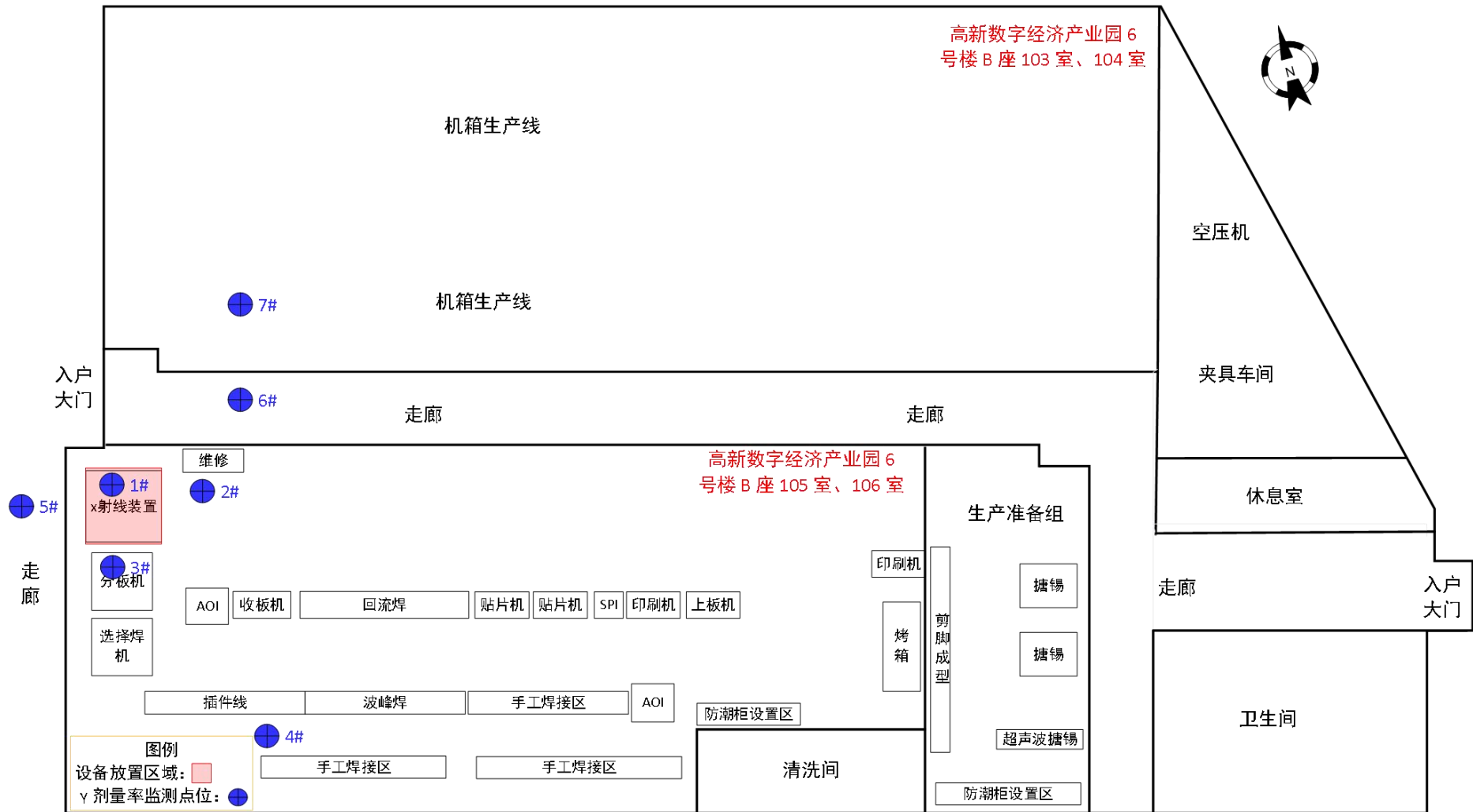


图 8-2 监测点位示意图 (室内 1F)

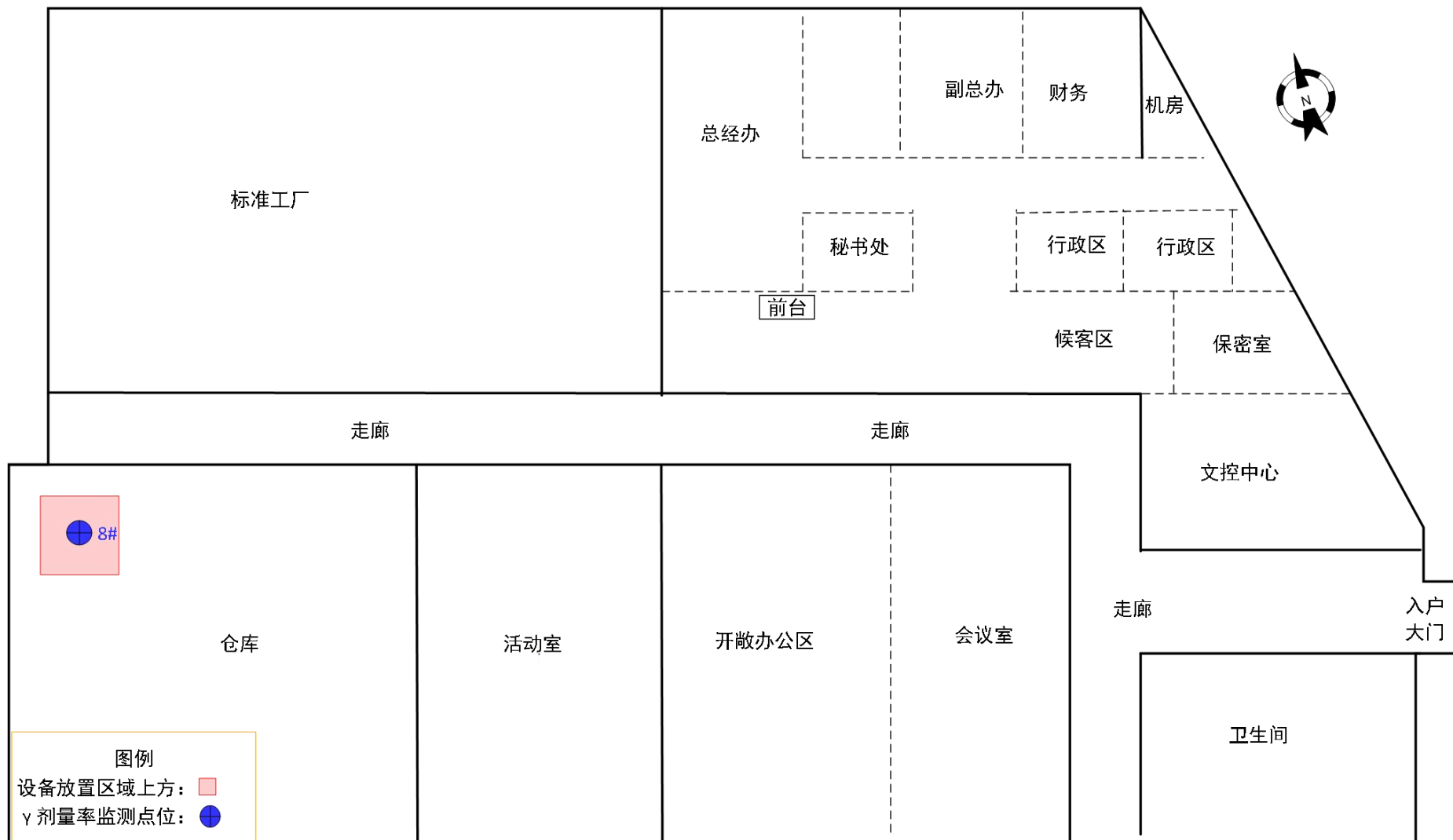


图 8-3 监测点位示意图 (室内 2F)

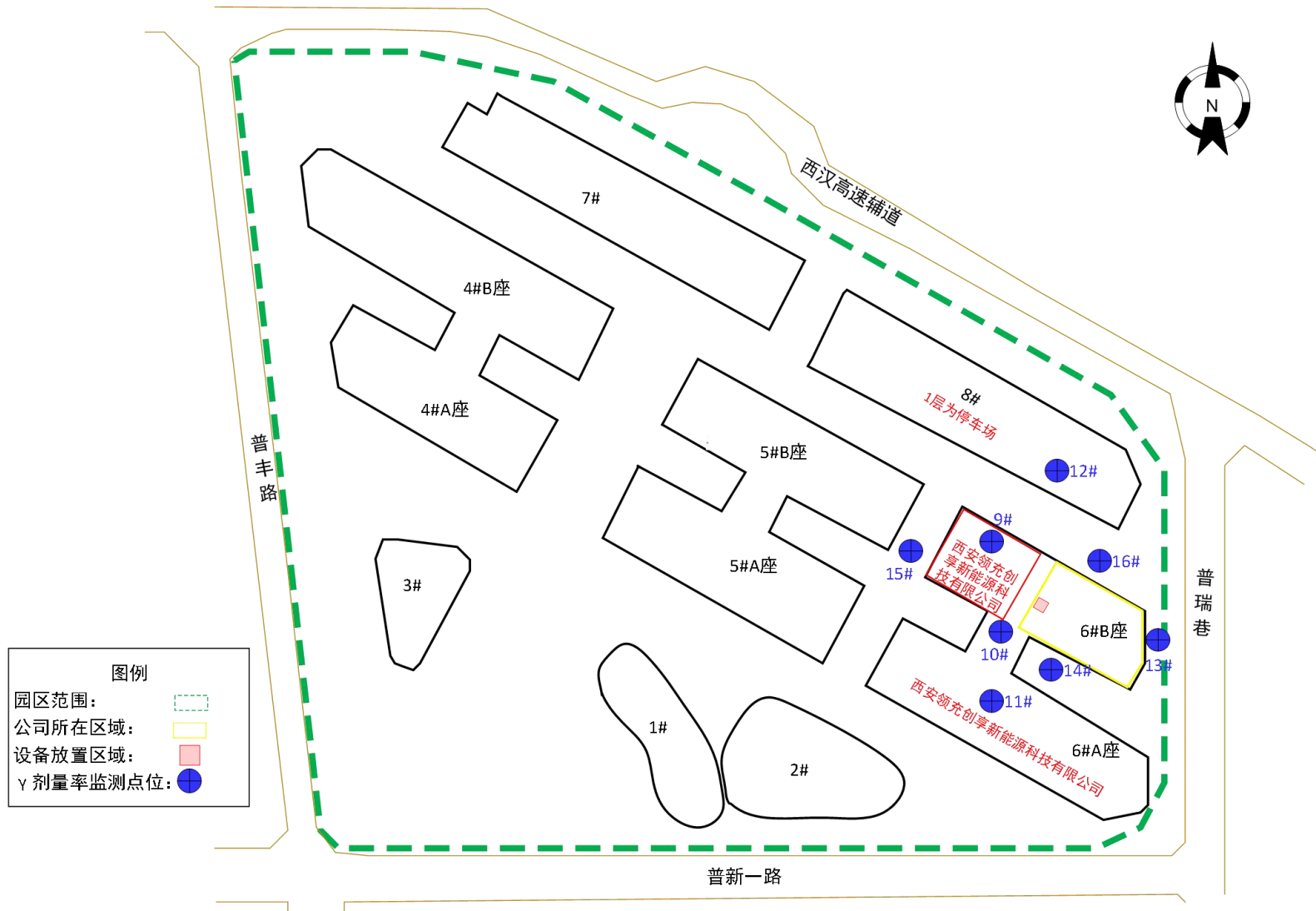


图 8-4 监测点位示意图 (室外)

表 9 项目工程分析及源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

本项目设备为 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统，是为半导体封装和线路板组装等电子领域的高分辨率检测要求而设计的一款 X 射线检测系统。本系统采用开放式 160kV/20W 微焦点 X 射线管，基于高功率射线管性能，满足电子领域的应用，包括高吸收性的功率器件。该系统使用 phoenix x|act base 软件，操作简便，工件需要人工手动向北推动带铅玻璃铅门，放入铅房内进行摆放、固定；检测时采用操控杆控制或鼠标（手动模式）和数控编程控制（自动模式）。该系统主要供工业使用，其用途是材料的无损检测。仅用于无机物或非生命有机物的 X 射线检测。

该 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统主要由防辐射铅屏蔽体、X 射线管、运行机构、影像增强器、真空系统、高压发生器、控制台及操作面板组成。设备实物外观见图 9-1（非本项目）。



图 9-1 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统实物外观图

各部分主要功能如下：

①防辐射铅屏蔽体可通过东侧移门（南北移动）将检测样品放入。移门带有铅玻璃窗，可使操作员清晰安全地看到防辐射铅屏蔽体内部。

②X 射线管：穿透式 X 射线管位于运行机构上方的防辐射铅屏蔽体内，并与探测器相对电子束发生器及发生 X 射线的透射阳极位于 X 射线管内。X 射线束通过靶（出束窗）产生 X 射线，X 射线辐射会弥漫靶极下方整个空间。

③运行机构：运行机构可以将样品在 X 射线管和探测器之间水平（x,y）及垂直移动。运行机构带有集成转台。碳纤维板可放置在转台开口处。

④影像增强器：探测器位于运行机构下方的防辐射铅屏蔽体内，并与 X 射线管相对，X 射线会穿透样品击中探测器。影像信息可被实时传输至影像诊断软件。可以借助 ovhm 模块（最高放大倍率下倾斜视角）更改探测器角度，实现垂直光路；ovhm 斜三角视图旋转可调视角 70°，高对比度平板探测器像素尺寸为 75μm，像素数量为 1536×864，成像效果清晰。

⑤真空系统：提供涡轮分子泵所需的低真空。

⑥高压发生器：提供生成 X 射线所需的高压和辅助电压。

⑦控制台：控制台位于 X 射线检测系统前面的屏幕下方位置，包含以下部件：

键盘；

轨迹球，用于操作系统 PC 和 X 射线控制软件；

运行控制按钮；

操纵杆，用于控制运行机构、探测器和旋转/倾斜轴。

控制台同样带有 ESD 插孔，用于静电防护，防止损坏或毁坏敏感电子元件。根据厂家提供的资料，设备的防护设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等标准要求。

该 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统有以下特点：

①无使用寿命限制 160kV/20W 高功率射线管，易于穿透高吸收性工件；②可选高对比度 CMOS 探测器，以提高实时检测能力；③设计人性化操作简便易用；④拥有功能全面的 CT 模块，简单快捷；⑤可以实现 CAD 数据匹配；⑥采用 ovhm 技术可以进行高放大率的斜角检测，系统自动实时导航图功能，拥有极高的缺陷检测范围保证满足高品质要求，易于对样品的上下表面和内部进行快速定位；⑦有激光防撞设计可以保护工件；

⑧占地面积小。

9.1.2 工作原理

phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统是利用 X 射线对物件进行透射的检测装置，利用 X 射线成像技术对电子器件焊点和内部质量进行无损检测和三维立体成像。在被测工件无损检测状态下，X 射线管发生 X 射线，由电气控制系统通过手动或者自动控制机械扫描装置完成工件全方位扫描方式透射，平板探测器采集衰减射线信息，在图像处理系统中运用特定算法以二维灰度图像和三维立体图像形式将工件内部信息直观地通过专业显示器显示出来。通过对图像的观测分析和软件计算分析，用来检查零部件内部情况，帮助质检人员正确分辨工件内部结构组成、有无缺陷、材质类别以及装配状况等。

phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统主要由 X 射线管和高压电源组成，其核心部分是 X 射线管。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线。

X 射线管结构及原理示意图见图 9-2。

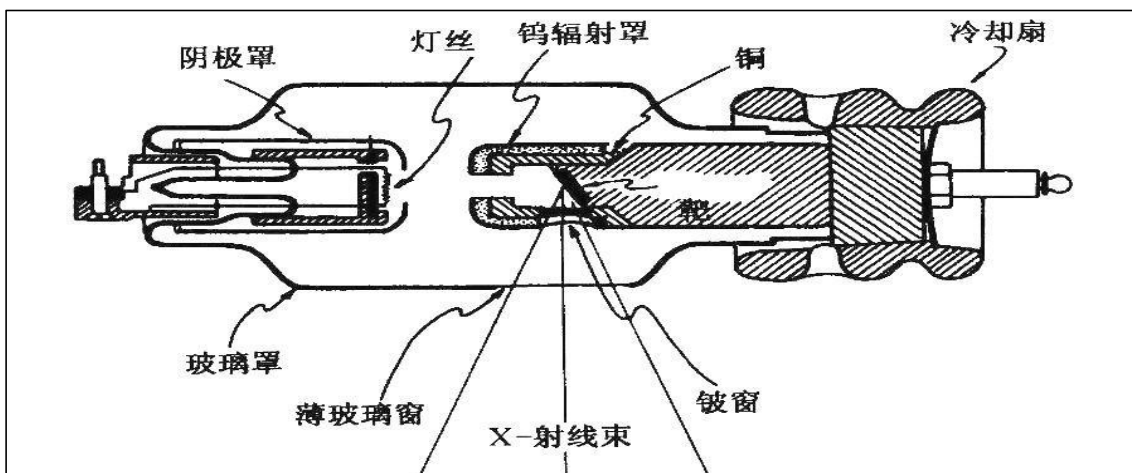


图 9-2 X 射线管的结构

本项目零部件 X 射线数字成像检测系统主要适用于品种单一的工件批量自动检测及多种规格的零部件手动检测。所有控制及操作系统集中于同一机柜中。X 射线检测图像实时显示在高分辨率显示器上供技术人员分析和判定。系统主要包括以下部分：160kV

X 射线系统、X 射线数字平板探测器、专业级 X 射线数字成像信息管理系统、电气控制单元、检测机械单元和射线防护系统等部分。phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统结构示意图见图 9-3。

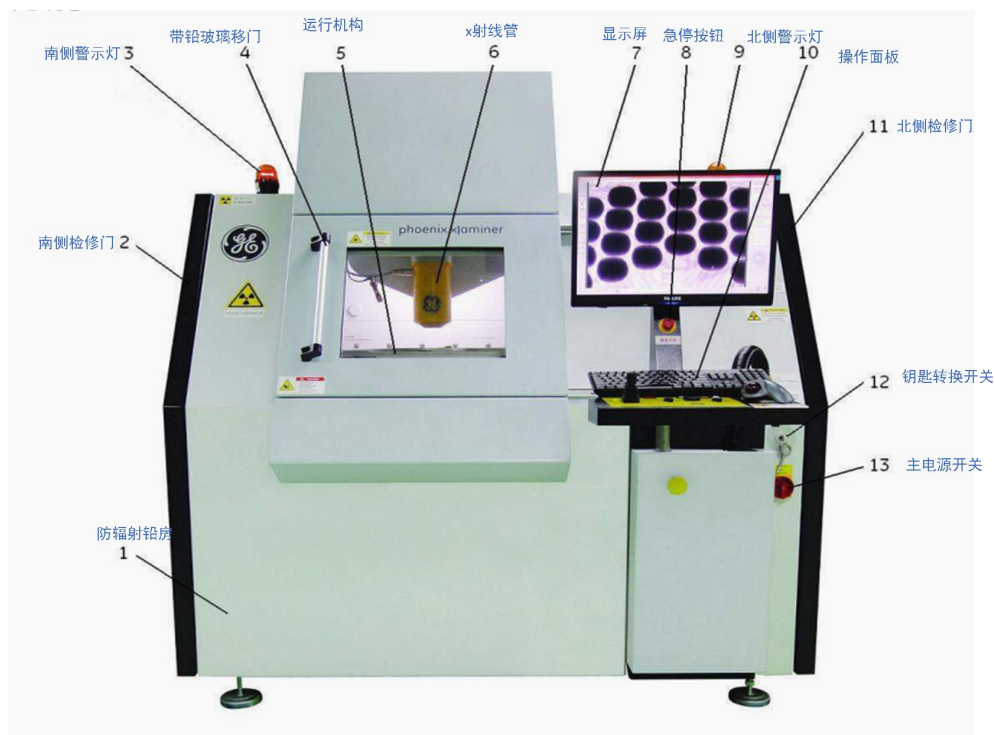


图 9-3 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统结构示意图

9.1.3 操作流程及产污环节

本项目 X 射线检测系统使用流程为：

(1) 开机前自检：

- ①设备外观是否存在可见的损坏；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③液体制冷设备是否有渗漏；
- ④安全联锁是否正常工作；
- ⑤报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑥螺栓等连接件是否连接良好。

(2) 设备初始启动：

- ①将主电源开关旋到“ ION”位置。此时系统接通电源；
- ②将钥匙插入钥匙转换开关中，并旋至“On”位置。此时系统已启动。

(3) 打开带铅玻璃移门，放入待测物件，关闭带铅玻璃移门，确认安全联锁装置状态；

(4) 检查通过后开启 X 射线，对检测件进行扫描，同时操作员根据检查任务调整电压值、射线管电流等参数；

(5) 在检测的同时注意设备的状态，特别注意设备警示灯的状态；

(6) 检验结束后，首先关闭射线管，然后确认设备安全联锁装置情况，确保设备处于正常工况；

(7) 确认设备处于正常工况后，再开启带铅玻璃移门，同时注意报警装置，若无报警则可正常开启带铅玻璃移门，取出已检测件。

本项目 X 射线检测系统产污环节图见图 9-4。

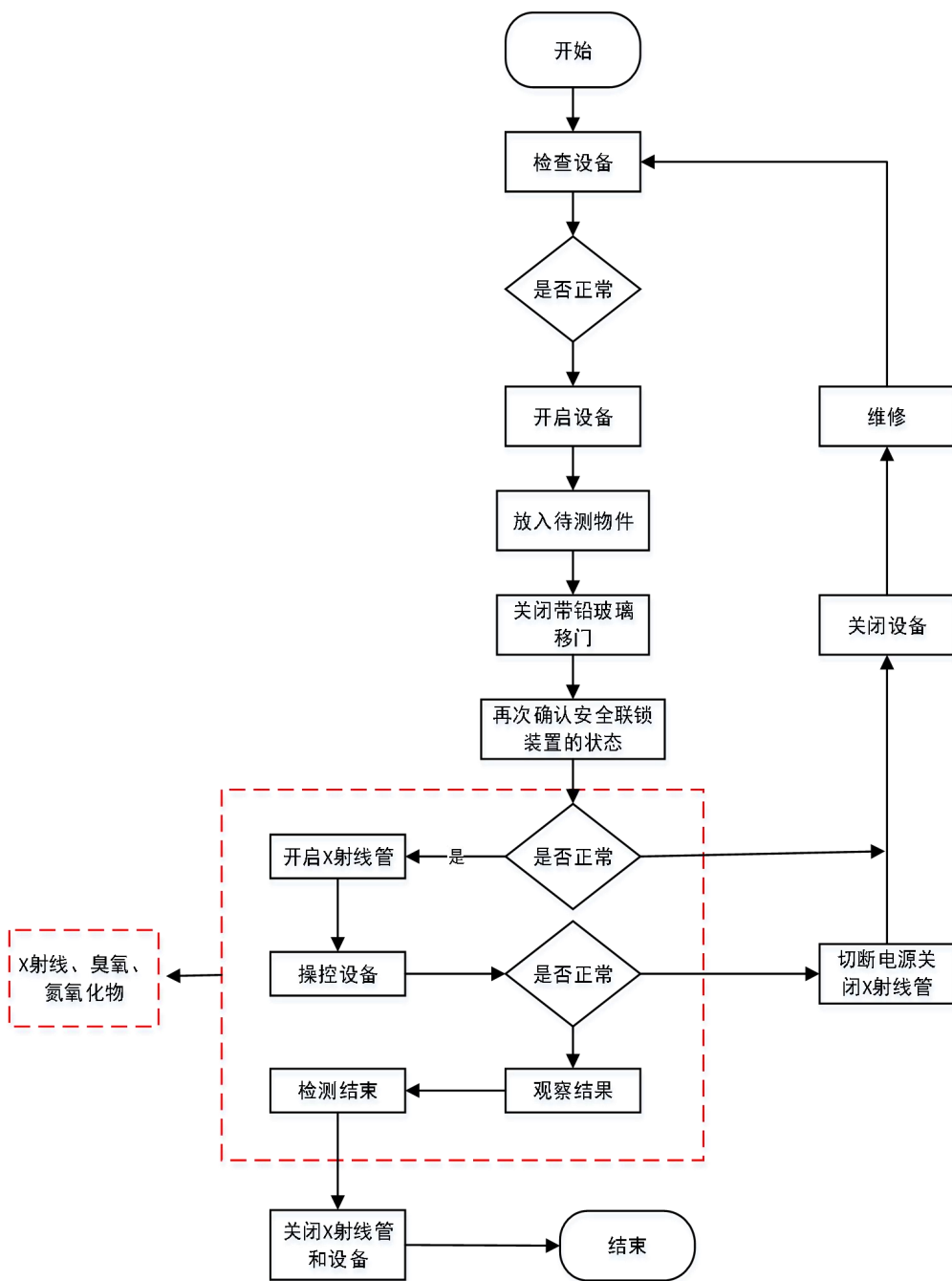


图 9-4 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统工作流程及产污环节图

9.1.4 正常工况的污染途径

本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统的主要污染因子是 X 射线，由设备组成与工作原理可知，检测时发出 X 射线，停止运行后无 X 射线产生，X 射线随 X 射线发生器的开、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自带屏蔽体的屏蔽。X 射线检测系统仍有满足国家防护标准剂量率的 X 射线泄漏，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。

9.1.5事故工况的污染途径

phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统属 II 类射线装置，在其工作或维修过程中可能发生的故事工况：

(1) 由于管理不善，门机联锁失效，X 射线出束时，带铅玻璃移门或南北两侧检修门未关闭，人员会受到不必要照射。

(2) 设备进行维修时，若发生意外出束，可导致维修人员受到不必要的照射。

为此，建设单位需定期检查门机联锁系统，确保带铅玻璃移门或检修门与出束能够有效联动，只有带铅玻璃移门或检修门关闭完全才能出束，带铅玻璃移门、检修门打开或未完全关闭等情形下均不能出束；定期进行装置外表面剂量率检测，确保屏蔽结构的屏蔽效果；辐射工作人员佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，当个人剂量计报警时立即关闭 X 射线检测系统电源。在采取以上措施后，可有效避免事故工况发生。

9.2 污染源项描述

本项目使用 1 套 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统，采取实时成像系统。运行期主要污染源项为 X 射线、O₃ 和 NO_x 等有害气体，不产生放射性“三废”。

9.2.1X 射线

由 X 射线机的工作原理可知，X 射线是随着 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统射线管的开、关而产生和消失。本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统只有在开机并处于出射线状态时才会发出 X 射线，对周围环境有辐射影响。

X 射线球管出束期间产生的 X 射线能量在零和出束管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏射线和散射射线。

(1) 有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关，靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

(2) 泄漏射线：除了有用的辐射束外，从辐射源组装体泄漏出的任何其他的辐射。

(3) 散射射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

9.2.2 废气

当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，本项目 X 射线装置最大管电压为 160kV，运行时将产生少量 O₃、NO_x。生产车间内设置中央空调新风系统，排出的少量非放射性废气不会聚集，经新风系统换气，排至室外空间。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所分区及布局合理性分析

(1) 工作场所分区

按照《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）中有关条款的要求，本项目应对设备工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。其中控制区要求或可能要求采取专门的防护手段和措施；监督区通常不需要采取专门防护手段和措施，但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统自带铅屏蔽体，带铅玻璃移门朝东没回布置，结合本项目实际情况，该屏蔽体即可等同于探伤室，日常使用时人员只能伸展手臂放置工件，检修时可以通过南侧检修门进入（北侧检修门打开后维修电机设备，不可进入设备内部）。射线装置有用线束朝地面照射，操作台位于东侧，避开了有用线束照射方向。

因辐射工作人员需在操作台进行操作，本次将射线装置所在的设备整体区域划分为控制区，射线装置西侧人员不可到达区域，将设备与北侧和西侧墙体之间的区域、设备与南侧分板机之间区域、设备与东侧维修台之间的区域划为监督区，仅辐射工作人员可以靠近，本项目具体划分见表 10-1。辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

表 10-1 本项目控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域
控制区范围	射线装置屏蔽体内
监督区范围	射线装置设备与北侧和西侧墙体之间的区域、设备与南侧分板机之间区域、设备与东侧维修台之间的区域

根据 11.2 章本项目 X 射线检测系统的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，X 射线检测系统自带铅屏蔽体设计厚度屏蔽防护能力均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等要求，屏蔽体表面周围剂量当量率较低，处于本底水平。根据建设单位提供的射线装置自带屏蔽体厚度预测，X 射线装置运行时东侧职业人员因该项目可能受到的年附加有效剂量最大为 $2.83 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于职业人员剂量控制目标值 5mSv/a ；公众可能受到的最大年附加有效剂量为 $3.08 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于职业人员剂量控制目标值 0.1mSv/a 。但是出于辐射安全与防护管理，故划定射线装置设备与北侧和西侧墙体之间的区域、设备与南侧分板机之间区域、设备与东侧维修台之间的区域作为日常监督管理。

根据上述分区，建设单位须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：射线装置屏蔽体为界。可通过射线装置本身的急停按钮、钥匙开关、安

全连锁钥匙开关、安全开关（移门安全开关、南侧检修门安全开关、检修盖板安全开关）、警示灯及辐射警示标志等设施，对控制区进行严格控制；检修维护人员在检修工作时须取下主钥匙开关上的开关钥匙，确保 X 射线装置关机，以避免不必要的照射。

②监督区：X 射线装置东侧为辐射工作人员工作场所，禁止非辐射工作人员靠近。在射线装置屏蔽体外设置电离辐射警示标识，监督区范围拉警戒隔离带，避免无关人员靠近该区域。定期监测监督区的周围剂量当量率，以确定是否需要采取防护措施和作出安全规定，或是否需要更改边界。

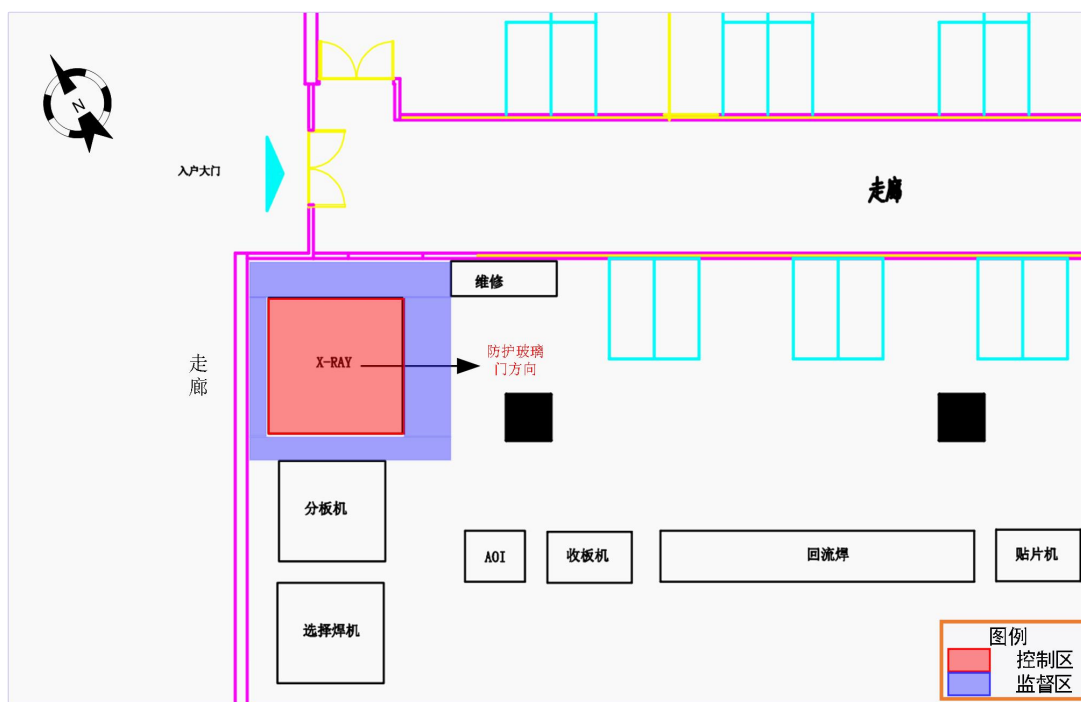


图 10-1 工作场所分区示意图

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统为六面封闭式结构，自带铅屏蔽体，防止 X 射线泄漏，根据建设单位拟订购设备厂家提供的资料，其屏蔽体表面 5cm 处的辐射泄漏剂量率 $< 1\mu\text{Sv/h}$ ，符合国际标准。射线装置玻璃防护门朝南，则屏蔽体各方向屏蔽参数见表 10-2。铅屏蔽体尺寸及防护设计示意图见图 1-2。

表 10-2 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽体各方向屏蔽参数

序号	位置	设计防护铅当量
1	设备东面铅板	6mmPb
2	设备东面铅玻璃	铅玻璃含铅量 5.5mmPb
3	设备西面铅板	5.5mmPb
4	设备南面铅检修门	6mmPb
5	设备北面铅检修门	6mmPb

6	设备下面铅板	6mmPb
7	设备上面铅板	5.5mmPb
8	设备操作平台铅板	6mmPb
9	phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽体尺寸	外部尺寸：2200mm（长）×1796mm（宽）×1985mm（高） 南北侧检修门：尺寸 860mm（长）×1060mm（高）

10.1.3 辐射安全设施与措施

1) 设备固有安全性:

本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统为实际探伤作业场所，等同于探伤室，屏蔽体的防护设施执行《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关规定。本项目除实体屏蔽外，拟采取的其他辐射安全措施如下，防护设施布置见示意图 10-2。

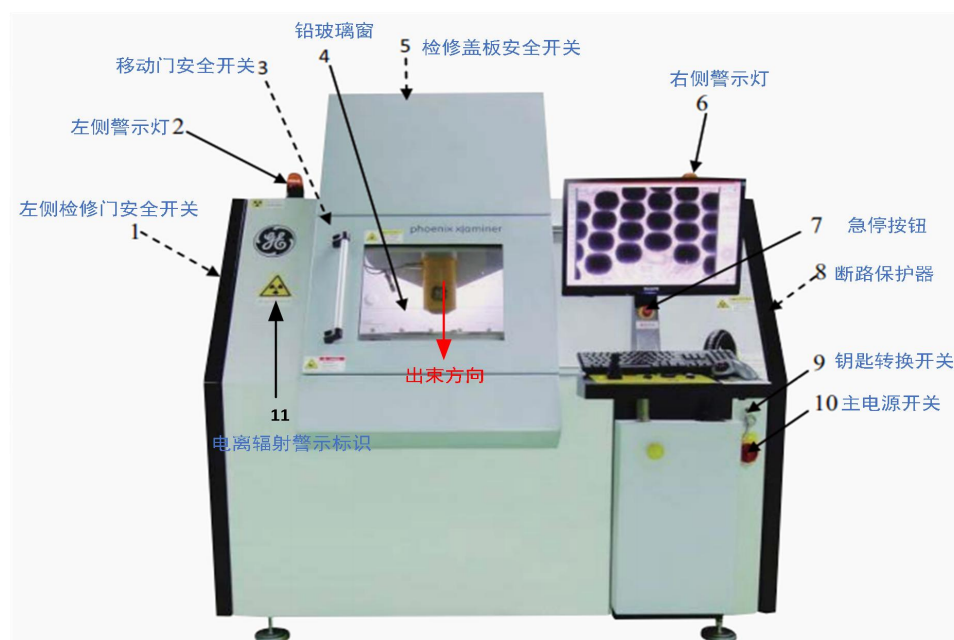


图 10-2 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统防护设施示意图

(1) 南侧检修门安全开关一门机联锁：系统带有两个独立安全回路的两个安全开关被安装在防辐射铅屏蔽体南侧的检修门上。运行中打开检修门将切断高压发生器的电源，阻止 X 射线和激光束的生成，并停止操控机构。

(2) 南侧警示灯：防辐射铅屏蔽体正面南侧安装有警示灯。

(3) 移门安全开关一门机联锁：系统带有两个独立安全回路的两个安全开关被安装在防辐射铅屏蔽体的移门上。运行中打开移门将切断高压发生器的电源，阻止 X 射线和激光束的生成，并停止操控机构。

(4) 铅玻璃窗：操作人员可通过含铅玻璃防护，观察探伤工作情况。

(5) 检修盖板安全开关一门机联锁：系统带有两个独立安全回路的两个安全开关

被安装在防辐射铅屏蔽体检修盖板的后侧。如果检修盖板未盖上，高压发生器电源将被切断，阻止 X 射线和激光束的生成，并停止操控机构。

(6) 北侧警示灯：防辐射铅屏蔽体正面北侧安装有警示灯。

(7) 急停按钮：phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统急停按钮位于键盘上方的显示器支架上。按下急停按钮将立刻切断电源，使系统停止。这将立刻停止操控机构的运动和 X 射线束的生成。急停按钮被按下后，必须首先将其解锁，系统才可重启，如要解锁急停按钮，需使用钥匙操作开关，将其逆时针旋转，然后向上拉。

(8) 断路保护器：系统过电流断路保护器位于北侧检修门后方，发生过载时，断路保护器将自动切换回路电源。

(9) 钥匙转换开关：钥匙转换开关位于系统正面右侧，控制台附近。钥匙转换开关可使系统开启、关闭或进入待机状态，系统在待机状态时，仍旧处于开启状态，但无法产生 X 射线。钥匙交由相关责任人妥善保管。

(10) 主电源开关：主电源开关位于系统正面右侧，钥匙操作开关的下方，主电源开关将系统与干线电源连接。主电源开关同时也是急停开关，将主电源开关转至“0”位置将立刻切断电源，触发急停，使用挂锁，锁住主电源开关，钥匙交由相关责任人妥善保管。

(11) 电离辐射警示标识：系统防辐射铅屏蔽体东、西、南、北侧张贴有电离辐射警示标识。

(12) 防辐射铅屏蔽体：系统防辐射铅屏蔽体是一个带完整铅屏蔽的全钢防护壳，根据设备厂家提供的资料，本项目 X 射线装置在最大辐射剂量条件下可将距离任何可接触面 10cm 处的辐射泄漏剂量降至 $1\mu\text{Sv/h}$ 以下。设计满足《工业探伤放射防护标准》

(GBZ117-2022) “在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率要求（本项目设备最大管电压 160kV，漏射线所致周围剂量当量率应小于 2.5mSv/h ）” “屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ” 要求。

本项目 X 射线装置可通过带把手的移门将检测样品放入防辐射铅屏蔽体内部，人员可通过南侧检修门进入铅屏蔽体内部（北侧检修门打开后维修电机设备，不可进入设备内部）。移门带有防护装置，在移门开启时会立即切断 X 射线，防止 X 射线辐射泄漏。

(13) 固定式场所辐射探测报警装置：由于本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线

检测系统为一体化设备，设备自带铅屏蔽体，且该设备为成熟产品，与常规探伤室存在一定差别，设备在设计制造时未全部参照相关探伤防护标准要求设计，后期无法在设备内部增加固定式场所辐射探测报警装置，故在设备外部设置一个固定式场所辐射探测报警装置。

(14) 监视装置：由于本项目射线装置体积小，射线装置在辐射工作人员可视范围内，不再设置监控。

(15) 通风装置：本项目射线装置无专用通风口，为降低探伤过程通过关防护门排出的少量废气对生产车间工作人员造成影响，拟在射线装置上方设置集气罩，通过管道连接至生产车间中央空调新风系统，排出生产车间。

	
<p>急停按钮</p>	<p>钥匙开关</p>
	
<p>主开关</p>	<p>主开关（上锁后）</p>



图 10-3 phoenix xlaminer 高功率 X 射线检测系统安全装置示意图

2) 操作人员安全操作要求

(1) 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

(2) 辐射工作人员在工作时，必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪。每天开始工作前自行检查个人剂量仪，正常下才能开始作业。当辐射水平过高时，剂量仪报警，工作人员应立即切断电源并迅速离开射线装置操作台，同时阻止其他人靠近操作台，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 工作期间认真做好当班记录，严格执行交接班制度。交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。

(4) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视控制台仪表及设备状况，发现异常及时处理。

(5) 工作期间，除工作人员外，带铅玻璃移门东侧不得有其他人员。

(6) 只有通过专用钥匙才能使设备出束，钥匙由专人保管。操作人员离开操作台时，拔出专用钥匙，妥善保管，以防他人误操作而发出射线。

(7) 在每次工作开始前，工作人员应检查设备安全联锁是否正常工作、铅屏蔽体的辐射防护设施是否完好等。

3) 防护用品

建设单位拟配备 2 名辐射工作人员。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应配备必要的防护用品和监测仪器。辐射工作人员操作过程中应按照规定佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。建设单位需配备防护用品清单见表 10-3，满足使用的需求。

表 10-3 本项目拟配备防护用具清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	个人剂量计	2	个	用于个人剂量监测
2	个人剂量报警仪	1	个	用于个人安全报警
3	X-γ辐射剂量率仪	1	台	用于场所的日常监测

4) 其他安全措施

(1) 公司需制定辐射岗位工作职责、设备操作规程，上岗前对工作人员进行培训，运行时应严格遵守操作规程。

(2) 公司拟为本项目配备 2 名放射性工作人员。辐射工作人员应根据《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》（公告 2019 年第 57 号）要求，本项目在建成运行前，公司拟从现有劳动定员中培养 2 名辐射工作人员，该辐射工作人员应参加辐射安全与防护知识培训，并考核合格（考核专业“X 射线探伤”），持证上岗。

(3) 公司拟为本项目配备 2 名放射性工作人员，上岗前均应先进行健康体检，合格者方可从事放射工作，上岗后根据国家标准的相关规定定期体检，并建立健康档案；公司应为放射性工作人员配备个人剂量计，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质单位检测 1 次，做到定期送检，专人专戴，并建立个人剂量档案。

(4) 公司拟配备 1 台便携式辐射剂量率监测仪器，仪器每一年送有资质单位检定或校准，确保仪器处于正常的工作状态。除此之外，公司还应定期按照监测计划对设备铅屏蔽体以及人员容易到达位置处进行周围剂量当量率监测、做好监测记录，存档备查。

(5) 公司应配备个人剂量报警仪，工作人员按照要求佩戴个人剂量报警仪。进入辐射作业环境时，当辐射水平超过设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，辐射工作人员应立即离开操作台，同时阻止其他人员靠近操作台，并立即向辐射防护负责人报告。

(6) 每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关（西安市生态环境局）报送辐射环境年度评估报告。

10.2 三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，非放射性废物主要为空气电离产生的 O_3 、 NO_x 。

1、废气

本项目人员可通过南侧的检修门进入 X 射线装置（北侧检修门打开后维修电机设备，不可进入设备内部），X 射线装置不设置专门的通风口，探伤过程中产生的少量非辐射废气可通过开、关工件进出铅玻璃移门排出 X 射线检测系统，进入 105 室、106 室生产车间内。生产车间内设置中央空调新风系统，拟在射线装置上方设置集气罩，通过管道连接至生产车间中央空调新风系统，排出生产车间。

根据建设单位提供的资料，105 室、106 室生产车间面积为 $468m^2$ ，平均层高 $5m$ ，体积 $2340m^3$ ，空调数量为 12 台，新风量为 $8000m^3/h$ ，换气次数约 5 次/h。排出的少量非放射性废气不会聚集，经新风系统换气，及时排至室外环境。

因本项目射线装置自带铅屏蔽体，无排风口，依托 105 室、106 室生产车间换气次数满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）规定“每小时通风换气次数应不小于 3 次”要求。

综上所述，本项目产生的非放射性废气对项目周围环境及人员影响较小。

2、废水

本项目辐射工作人员生活污水依托园区现有化粪池处理后排入市政污水管网，最终排入西安市第七污水处理厂。

3、固废

本项目辐射工作人员生活垃圾依托公司垃圾桶进行分类收集，统一纳入园区垃圾清运系统进一步处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目选用的 phoenix x|aminer 型 X 射线检测系统为一体式设计，只需在拟建位置安装即可，无需进行土建施工和环保设施建设，因此，施工期不存在环境污染影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本次评价的 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统自带屏蔽体，安装于西安伟宇佰川电子科技有限公司 6 号楼 B 座 105 室、106 室生产车间西北角内。根据建设单位提供资料，X 射线定向向下照射，本设备最大管电压 160kV，最大管电流 0.8mA。

本次评价采用理论估算的方法进行辐射影响分析。

11.2.1 辐射防护屏蔽理论估算模式

理论计算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能估算。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），具体计算如下：

1、屏蔽体辐射屏蔽的剂量参考控制水平

设备各蔽体外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和周剂量参考控制水平（以下简称周剂量）应满足下列要求：

（1）确定屏蔽体各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}c.d$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

$$\dot{H}c.d = Hc / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中： Hc 一周剂量参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/周}$ ，职业工作人员 $Hc \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，公众 $Hc \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

U 一射线装置向关注点方向照射的使用因子；

T 一人员在相应关注点驻留的居留因子；

t 一射线装置周照射时间，单位为 h/周。

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad \text{公式 (11-2)}$$

式中：

W ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累计“mA·min”值），mA·min/周；

60 ——小时与分钟的换算系数；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

(2) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$:

$$H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h} \quad \text{公式 (11-3)}$$

(3) 关注点剂量率参考控制水平

\dot{H}_c 为上述 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,max}$ 二者的较小值。

2、设备屏蔽体顶部的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

(1) 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内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同公式 (11-1)。

(2) 除 (1) 的条件外, 应考虑下列情况:

① 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和, 应按公式 (11-1) 的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

② 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目拟新增设备高度 1.985m, 设备上方不需要人员到达, 设备所在车间为多层建筑, 因此, 本次设备屏蔽体顶部辐射屏蔽的剂量参考控制水平按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中典型条件下相关规定取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

3、有用线束屏蔽估算

(1) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按公式 (11-4) 计算, 然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X:

$$B=\dot{H}_c \cdot R^2/(I \cdot H_0) \quad \text{公式 (11-4)}$$

式中: B—为屏蔽所需透射因子;

\dot{H}_c —为剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

R—为辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

I—为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流, mA; 本项目 X 射线检测系统最大管电流为 0.8mA。

H_0 —为距离辐射源点(靶点)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 。

(2) 对于给定屏蔽物质 X 时, 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按下式计算:

$$H = (I \cdot H_0 \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 (11-5)}$$

式中: I—X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流, mA;

H_0 —距离辐射源点(靶点) 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 ;

B—屏蔽透射因子;

R—辐射源点(靶点) 至关注点的距离, m。

4、泄漏辐射和散射辐射屏蔽

(1) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

屏蔽厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相互计算如下, 然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 表 B.2 查出 TVL:

①对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下式计算:

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{公式 (11-6)}$$

式中: X —屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—屏蔽物质的什值层厚度, mm;

②对于估算出的屏蔽透射因子 B, 所需的屏蔽物质厚度 X 按下式计算:

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \quad \text{公式 (11-7)}$$

式中: TVL—为屏蔽物质的什值层厚度, mm;

B —为达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(2) 泄漏辐射屏蔽

泄漏辐射屏蔽的估算方法如下:

① 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算, 然后按公式 (11-7) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \dot{H}_c \cdot R^2 / H_L \quad \text{公式 (11-8)}$$

式中: \dot{H}_c —剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

R—辐射源点(靶点) 至关注点的距离, m;

H_L —距离辐射源点(靶点) 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$,

其典型值见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤机的泄漏射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距离辐射源点 (靶点) 1m 处泄漏辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

② 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (11-6) 计算, 泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 按下式计算:

$$\dot{H} = (H_L \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 (11-9)}$$

式中: B—屏蔽透射因子;

R—辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

H_L —距离辐射源点 (靶点) 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$,

其典型值见表 11-1。

(3) 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下:

① 90° 散射辐射的 TVL

X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量, 使用该散射线 X 射线最高能量相应的 X 射线 (见表 11-2) 的 TVL (见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 表 B.2) 计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
$150 \leq kV \leq 200$	150
$200 < kV \leq 300$	200
$300 < kV \leq 400$	250

② 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算。按表 11-2 对应的 90° 散射辐射 (kV), 并确定相应的 TVL, 然后按照公式 (11-7) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{(H_c \cdot R_s^2)}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{公式 (11-10)}$$

式中: \dot{H}_c —剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

R_s —散射体至关注点的距离, m;

R_0 —辐射源点至探伤工件的距离，m；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —距离辐射源点（靶点）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 ，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1；

F — R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α —散射因子，入射辐射被单位面积散射体散射到距其 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，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.3；

③ 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B ，按表 11-2 对应的 90° 散射辐射（kV），并确定相应的 TVL，然后按公式（11-6）计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} 按下式计算：

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

式中： I —X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1；

B —屏蔽透射因子；

F — R_0 处的辐射野面积；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_0 —辐射源点至探伤工件的距离，m；

α —散射因子，入射辐射被单位面积散射体散射到距其 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，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.3。

（4）泄漏辐射和散射辐射的复合作用

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》中 4.3.6 条款，即“次级辐射屏蔽可能包含着泄露辐射和散射辐射的复合作用。通常分别估算泄漏辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个什值层（TVL）时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度”。

5、参考点的年有效剂量计算

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式（11-12）计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad \text{公式 (11-12)}$$

式中： H_{Er} —X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，单位为毫希（mSv）；

$H_{(10)}$ —X 或 γ 射线周围剂量当量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子；

t—X 或 γ 射线照射时间，单位为小时（h）。

11.2.2 屏蔽能力分析

1、主射线照射范围

根据建设单位提供资料，本项目辐射角度为 40° ，X 射线管主射出束距离射线装置底部距离为 1.385m，主射线照射方向形成半径为 0.5m（ $1.385 \times \tan 20^\circ$ ）的圆，而本项目 X 射线管北侧距离为 1.096m，南侧距离为 0.7m，东侧距离为 0.65m，西侧距离为 0.8m。故本项目射线装置底部涵盖主射线最大照射范围。

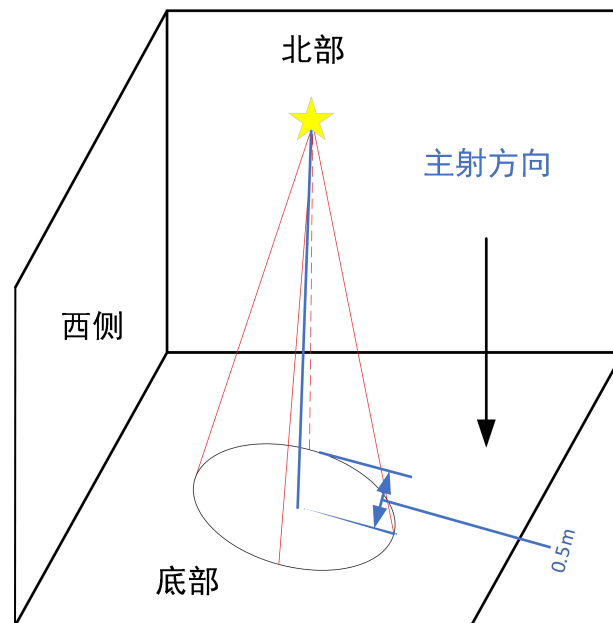


图 11-1 主射照射范围示意图

2、理论估算参数

根据建设单位提供的资料，本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统安装后，X 射线有用线束定向向地面照射，最大管电压为 160kV，最大功率为 20W。本项目设备每天最长照射时间为 3h，每周工作 5d，每周最长照射时间 15h，年照射 50 周，年最长照射时间 750h。

因本项目 X 射线检测系统最大管电压为 160kV，根据 ICRP33 号文（国际放射防护

委员会第 33 号出版物) P55 图 2, 当电压为 160kV 时, 过滤条件为 2mm 铝时, 离靶 1 米处的发射率约为 $18.8\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。

160kV 管电压下泄漏辐射剂量率取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$; X 射线 90° 散射辐射最高能量对应的 kV 值取 150kV, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 B.2 进行插值法计算, 160kV 管电压 TVL 取值为 1.048mm 铅, HVL 取值为 0.316mm 铅。

本次评价采用理论计算方式, 计算 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统正常使用时自屏蔽体 30cm 处的辐射剂量率。因 X 射线实时成像检测设备运行时朝下照射(底部照射), 本项目楼下为土层, 人员不可到达, 且本项目射线装置底部涵盖主射线最大照射范围, 故不再对有用线束进行剂量计算, 仅对射线装置底部自带屏蔽体厚度是否满足屏蔽要求进行计算评价。四周屏蔽体、顶部及防护门均按照非有用线束照射进行预测计算。

phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统底部屏蔽体外表面距离地面约 $10\text{cm} < 30\text{cm}$, 因此本次预测关注点取 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统底部屏蔽体外表面 10cm 位置, 由于剂量率与距离的平方成反比, 因此取 10cm 作为关注点进行设备底部辐射屏蔽的达标评价, 预测结果偏保守。各关注点的距离 R、T、U 等因子取值见表 11-3。

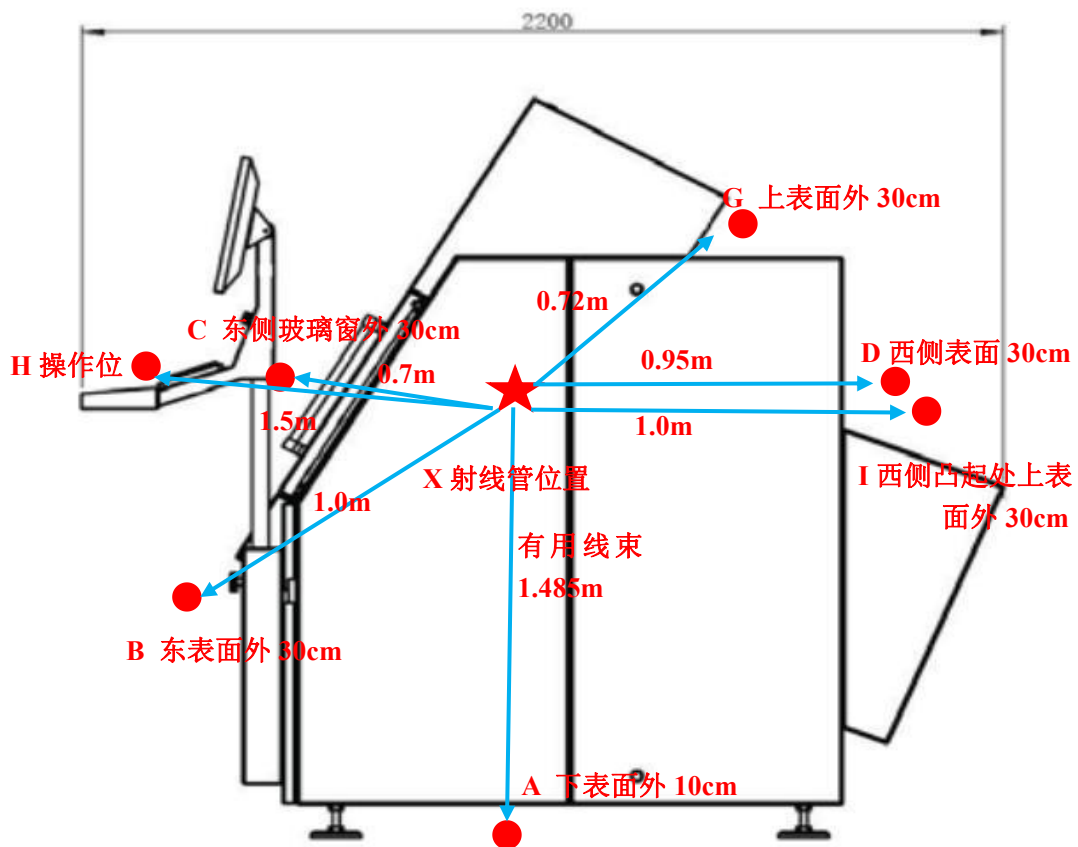
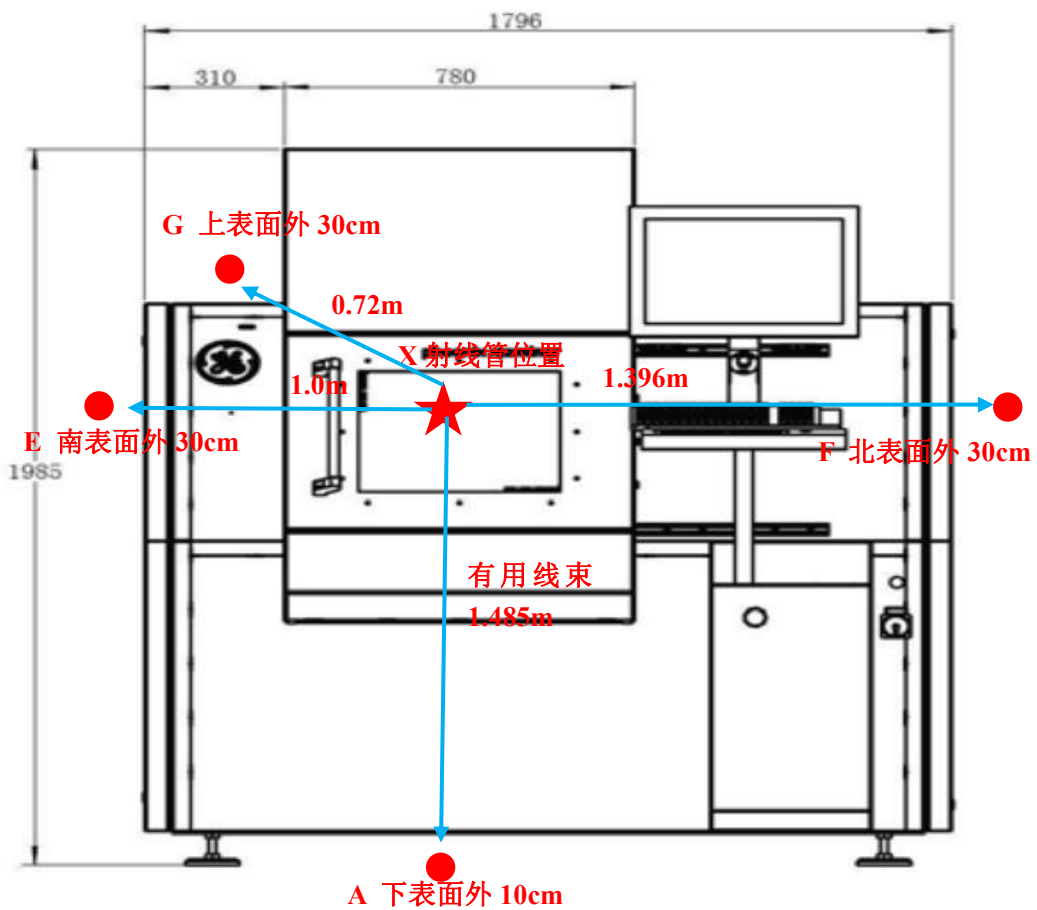


图 11-2 屏蔽体各关注点示意图

表 11-3 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统各方向屏蔽核算情况一览表

序号	方向	使用因子 U	居留因子 T	周照射时间 t (h/周)	关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射
1	设备下面屏蔽体外 10cm (A)	1	/	15	/	2.5	有用线束
2	设备东侧屏蔽体外 30cm (B)	1	1	15	6.67	2.5	泄漏辐射、散射辐射
3	设备东侧玻璃屏蔽体外 30cm (C)	1	1	15	6.67	2.5	泄漏辐射、散射辐射
4	设备西侧屏蔽体外 30cm (D)	1	1/5	15	1.67	1.67	泄漏辐射、散射辐射
5	设备南侧屏蔽体外 30cm (E)	1	1/5	15	1.67	1.67	泄漏辐射、散射辐射
6	设备北侧屏蔽体外 30cm (F)	1	1/5	15	1.67	1.67	泄漏辐射、散射辐射
7	设备上面屏蔽体外 30cm (G)	1	/	15	/	2.5	泄漏辐射、散射辐射
8	设备东侧平台操作位 (H)	1	1	15	6.67	2.5	泄漏辐射、散射辐射
9	设备屏蔽体西侧凸起外 30cm (I)	1	1/5	15	1.67	1.67	泄漏辐射、散射辐射

注：①居留因子取值依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 A。因 X 射线装置东侧是辐射工作人员驻留区域，其余侧为非辐射工作人员驻留区域，故 X 射线装置东侧居留因子取 1，南、西、北侧居留因子均取 1/5。

②因射线装置下方为土层，人员不可到达，为计算射线装置自带屏蔽体底部防护情况，底部辐射屏蔽的剂量参考控制水平按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中典型条件下相关规定取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

③本次设备屏蔽体顶部辐射屏蔽的剂量参考控制水平按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中典型条件下相关规定取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

④ \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

3、phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽厚度估算结果

根据上文公式，估算 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统 160kV 条件工作时各屏蔽面所需屏蔽厚度，本次预测中所取的参数见表 11-4，估算结果见表 11-5。

表 11-4 辐射预测参数取值表

有用线束			泄漏辐射			散射辐射				
\dot{H}_C ($\mu\text{Sv/h}$)	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	\dot{H}_C ($\mu\text{Sv/h}$)	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	\dot{H}_C ($\mu\text{Sv/h}$)	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)			
A	2.5	0.125	18.8×6×10 ⁴	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	B	2.5	2500	B	2.5	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	C	2.5	2500	C	2.5	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	D	1.67	2500	D	1.67	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	E	1.67	2500	E	1.67	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	F	1.67	2500	F	1.67	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	G	2.5	2500	G	2.5	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	H	2.5	2500	H	2.5	0.125	18.8×6×10 ⁴
/	/	/	/	I	1.67	2500	I	1.67	0.125	18.8×6×10 ⁴

本项目使用的 X 射线装置功率为 20W，最大运行电压为 160kV，最大电压下最大电流为 0.125mA。

表 11-5 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽体防护厚度核算

屏蔽面	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	距离 R (m)	屏蔽透射因子 B	估算防护厚度 (mmPb)		设计防护厚度	符合性
设备下面屏蔽体外 10cm (A)	有用线束 2.5	1.485	3.91E-05	4.61		6mmPb 铅板	符合
设备东侧屏蔽体外 30cm (B)	泄漏	1	1.00E-03	3.14	3.46	6mmPb 铅板	符合
	散射		1.06E-03	2.85			
设备东侧玻璃屏蔽体外 30cm (C)	泄漏	0.7	4.90E-04	3.47	3.79	铅玻璃铅当量 5.5 mmPb	符合
	散射		5.21E-04	3.15			
设备西侧屏蔽体外 30cm (D)	泄漏	0.95	6.03E-04	3.37	3.69	5.5mmPb 铅板	符合
	散射		6.41E-04	3.07			
设备南侧屏蔽体外 30cm (E)	泄漏	1	6.68E-04	3.33	3.65	6mmPb 铅板	符合
	散射		7.11E-04	3.02			
设备北侧屏蔽体外 30cm (F)	泄漏	1.396	1.30E-03	3.02	3.34	6mmPb 铅板	符合
	散射		1.38E-03	2.74			
设备上面屏蔽体外 30cm (G)	泄漏	0.72	5.18E-04	3.44	3.76	5.5mmPb 铅板	符合
	散射		5.51E-04	3.13			
设备东侧平台操作位 (H)	泄漏	1.5	2.25E-03	2.77	3.10	6mmPb 铅板	符合
	散射		2.39E-03	2.52			
设备屏蔽体西侧凸起外 30cm (I)	泄漏	1	6.68E-04	3.33	3.65	5.5mmPb 铅板	符合
	散射		7.11E-04	3.02			

注：① 泄露 TVL：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2，利用内插法，X 射线管电压为 160kV 时，对应铅的半值层厚度约为 1.048mm，HVL 为 0.316mm；

② 公式 10 中，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.4.2，因 $R_0^2/(F\cdot\alpha)$ 因子的

值为 60 (150kV) 和取 50 (200kV~400kV)；本项目取保守值 60 (150kV)。

③ X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 2 取 150kV，对应的铅值层厚度 TVL 为 0.96mm，HVL 为 0.29mm；

④ 由于本项目屏蔽体设计中内壁钢板、外壁钢板的折算铅当量均较小，因此，在本次计算中屏蔽设计铅当量的辐射防护效果，仅按照铅板的铅当量进行计算；

⑤ 设备屏蔽体防护厚度核算时不考虑被照射工件的厚度。

由表 11-5 可知，本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统设备下边屏蔽体、四周、顶部、铅玻璃移门的设计辐射防护厚度均大于达到剂量率参考控制水平 H_c 时的估算防护厚度，因此，X 射线装置各面的设计厚度满足防护要求。

4、工作场所辐射剂量率估算

本次评价的 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统自带屏蔽体，根据设备厂家提供的资料，该设备射线源位置固定，无法移动。按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中相关公式估算设备屏蔽体外 30cm 处各关注点剂量率，项目屏蔽体各关注点示意图见图 11-1。屏蔽体各关注点剂量率估算结果见表 11-6：

表 11-6 屏蔽体各关注点剂量率估算结果

关注点编号	关注点(屏蔽体外 30cm 处)	屏蔽设计铅当量 ^①	与辐射源点距离 (m)	最大管电流 (mA)	剂量率 (μSv/h)			总剂量率 (μSv/h)
					有用线束	泄漏	散射	
1	设备东侧屏蔽体外 30cm (B)	6mmPb 铅板	1	0.125	/	4.71E-03	1.32E-03	6.03E-03
2	设备东侧玻璃屏蔽体外 30cm (C)	铅玻璃铅当量 5.5 mmPb	0.7	0.125	/	2.88E-02	8.95E-03	3.78E-02
3	设备西侧屏蔽体外 30cm (D)	5.5mmPb 铅板	0.95	0.125	/	1.56E-02	4.86E-03	2.05E-02
4	设备南侧屏蔽体外 30cm (E)	6mmPb 铅板	1	0.125	/	4.71E-03	1.32E-03	6.03E-03
5	设备北侧屏蔽体外 30cm (F)	6mmPb 铅板	1.396	0.125	/	2.42E-03	6.78E-04	3.09E-03
6	设备上面屏蔽体外 30cm (G)	5.5mmPb 铅板	0.72	0.125	/	2.72E-02	8.46E-03	3.57E-02
7	设备东侧平台操作位 (H)	6mmPb 铅板	1.5	0.125	/	2.09E-03	5.87E-04	2.68E-03
8	设备屏蔽体西侧凸起外 30cm (I)	5.5mmPb 铅板	1	0.125	/	1.41E-02	4.38E-03	1.85E-02
9	2F 距地面 1m	5.5mm 铅板 +0.12m 混凝土	4.635	0.125	/	1.50E-05	3.30E-06	1.83E-05

注：① 由于本项目屏蔽体设计中内壁钢板、外壁钢板的折算铅当量均较小，因此，在本次计算中屏蔽设计铅当量的辐射防护效果，仅按照铅板的铅当量进行计算；

② 关注点剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用；

③ 本项目射线装置楼上均有关注点，楼层之间有混凝土进行屏蔽，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2，利用内插法，X 射线管电压为 160kV 时，对应混凝土的什值层厚度约为 73.2mm，0.12m 混凝土等效铅当量为 1.72mmPb。

④ 楼下为土层，故设备下方屏蔽体外剂量率不进行计算。

⑤ 根据建设单位提供的资料，1F 楼层高度为 5m，楼板（混凝土）厚度为 120mm，本次预测射线装置楼上正对位置距离地面 1.0m 处作为 2F 仓库区域的关注点。

$R=5m-1.985m+0.5m+0.12m+1.0m=4.635m$ （楼层高 5m-设备高 1.985m+射线出束至射线装置最高点距离约 0.5m+混凝土高度 0.12m+距离地面 1.0m）。

由表可知，phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统在最大工作状态下，X 射线装置南侧、西侧、北侧屏蔽体外 30cm、设备屏蔽体北侧凸起外 30cm 各关注点剂量率最大为 $(2.05 \times 10^{-2}) \mu\text{Sv/h}$ ，符合表 11-3X 射线装置南侧、西侧、北侧屏蔽体外 30cm 各关注点剂量率参考控制水平计算结果 $1.67 \mu\text{Sv/h}$ 。上侧屏蔽体、东侧屏蔽体、带铅玻璃移门及操作平台外 30cm 各关注点剂量率为最大值为 $(3.78 \times 10^{-2}) \mu\text{Sv/h}$ ，符合表 11-3X 射线装置上侧屏蔽体、东侧屏蔽体、带铅玻璃移门及操作平台外 30cm 各关注点剂量率参考控制水平计算结果 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

本次预测射线装置楼上正对位置距离地面 1.0m 处作为 2F 仓库区域的关注点，剂量率为 $(1.85 \times 10^{-5}) \mu\text{Sv/h}$ ，该项目的运行对 2F 仓库区域造成辐射影响较小。

11.2.3 辐射工作人员及公众年有效剂量估算

根据表 11-6 中 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统工作时设备外各关注点的剂量率，计算辐射工作人员及公众的年有效剂量，公众距离该设备最近位置取检测室墙体外 0.3m 处，公众关注点分布见图 11-2，结果见表 11-7。

表 11-7 辐射工作人员及公众年有效剂量估算表

关注点	受照者类型	距辐射源点距离 (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)				居留因子	年照射时间 (h)	年附加有效剂量 (mSv)
			有用线束率	泄漏剂量率	散射剂量率	总剂量率			
设备东侧屏蔽体外 30cm (B)	职业照射	1	/	4.71E-03	1.32E-03	6.03E-03	1	750	4.52E-03
设备东侧玻璃屏蔽体外 30cm (C)	职业照射	0.7	/	2.88E-02	8.95E-03	3.78E-02	1	750	2.83E-02
设备西侧屏蔽体外 30cm (D)	公众照射	0.95	/	1.56E-02	4.86E-03	2.05E-02	1/5	750	3.08E-03
设备南侧屏蔽体外 30cm (E)	公众照射	1	/	4.71E-03	1.32E-03	6.03E-03	1/5	750	9.04E-04
设备北侧屏蔽体外 30cm (F)	公众照射	1.396	/	2.42E-03	6.78E-04	3.09E-03	1/5	750	4.64E-04

设备东侧平台操作位 (H)	职业照射	1.5	/	2.09E-03	5.87E-04	2.68E-03	1	750	2.01E-03
设备屏蔽体西侧凸起外 30cm (I)	公众照射	1	/	1.41E-02	4.38E-03	1.85E-02	1/5	750	2.78E-03
2F 距地面 1m	公众照射	4.635	/	1.50E-05	3.30E-06	1.83E-05	1/5	750	2.75E-06

注：① 辐射工作人员及公众处的剂量率估算时不考虑被照射工件的屏蔽作用。
② 本次预测射线装置楼上正对位置距离地面 1.0m 处作为 2F 区域（仓库）的关注点。射线装置上方 2F 对应位置为仓库，有工作人员流动，居留因子取 1/5。

由估算结果可知，本项目所致辐射工作人员年累积受照射剂量最大值为 (2.83×10^{-2}) mSv/a，低于本次设置的辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a。

公众因该项目可能导致的年累积受照射剂量最大值 (3.08×10^{-3}) mSv/a，低于本次设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv/a。表明 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统运行时对周围敏感目标产生的辐射影响较小，故经距离衰减和设备自带屏蔽体屏蔽后，phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统对其他较远处的 50m 范围环境保护目标产生的影响将更小，环境影响可接受。

11.2.4 三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，非放射性废物主要为空气电离产生的 O₃、NO_x，产生量较小。探伤过程中产生的少量非放射性废气通过开关防护门排入 6 号楼 B 座 1 楼 105 室、106 室生产车间内，进而通过车间内的中央空调新风系统，排至室外环境。

非放射性废气基本不会在车间内聚集，对环境和工作人员影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险识别

1、风险源与因子

本项目辐射源为 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统部分，产生的环境危害因子为 X 射线。

2、辐射事故等级

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）（2019 年修订）：“根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。”本项目为 II 类射线装置，产生辐射事故为**一般辐射事故**，主要类型为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

3、可能发生的故事

①正常工况下, phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统主照面破损、老化的情况下, 致使 X 射线泄漏, 给工作人员造成额外的照射。

②X 射线管在对工件进行照射的工况下, 门机联锁失效, 工作人员打开铅玻璃移门, 使其受到额外的照射; 或在门机联锁失效的情况下, X 射线管在对工件进行照射时, 铅防护门未完全关闭, 致使 X 射线泄漏到铅屏蔽体外面, 给周围活动的人员造成不必要的照射。

③两位辐射工作人员作业时, 一人放置待测工件, 而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

11.3.2 事故工况下的辐射影响分析

依据《射线装置分类》, 本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统, 属于 II 类射线装置, 该装置为中危险射线装置, 事故时可以使受照人员产生较严重的放射损伤, 大剂量照射甚至可以导致死亡。

本项目最严重的辐射事故情景是: 当设备检修时, 没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器, 使检修人员受到有用射线的直接照射。phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统主射线束 1m 处辐射剂量率取 $18.8\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 则滞留在 X 射线检测系统的人员发生误照射 (受有用线束照射) 时, 受照不同时间时估算受照射剂量结果见表 11-8、11-9。

表 11-8 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统人员误照射剂量估算结果 (mSv)

距离 \ 时间	1min	2min	3min	4min	5min
1m	2.35	4.7	7.05	9.4	11.75

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 有关规定, 辐射工作人员连续 5 年接受的有效剂量不应超过 20mSv, 任何一年接受有效剂量不应超过 50mSv。

表 11-9 在不同距离受到 20mSv、50mSv 剂量当量的时间

距离	20mSv 所需时 (min)	50mSv 所需时 (min)
1m	8.511	21.277

从表 11-9 可看出, 该系统在最大管电压 160kV、管电流 0.125mA 工作条件下, 在出口束方向 1m 处停留 8.511min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv, 停留 21.277min 就能达到 50mSv。门机联锁装置失效或人员尚未撤离情况下, 可能会对相关人员造成超剂量照射。因此, phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统每次运行前, 应当检查南侧检修

门安全开关、移动门安全开关、检修盖板安全开关门机联锁装置是否有效，在确认南侧检修门、带铅玻璃移门、检修盖板门都处于关闭状态下，且门机联锁有效的情况下，才可进行出束检测。

11.3.3 辐射事故预防与应急措施

(1) 事故预防措施

为了防止项目在运行期间、检修维护期间发生辐射事故，建设单位应做好下列工作：

①单位领导对辐射安全工作应有足够重视。辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，严格按操作规程执行操作；

②在操作 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统时要始终注意安全。辐射工作人员必须对该设备具有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障。如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备；

③应按相关要求对 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统以及辐射设施进行定期维护、维修；

④phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统钥匙开关由专人进行控制，phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统操作控制程序应设置密码，未经单位辐射安全管理人员允许不得修改。

⑤phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统检测期间，应至少有 2 名辐射工作人员进行值班，严禁操作人员擅离岗位。定期检查出束控制、门机联锁、急停按钮和报警及辐射仪表等安全装置或设施，确保其处于正常的工作状态。较大维修由专业资格或制造商进行，以避免此过程发生意外事故。

(2) 应急措施

一旦发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

①第一时间断开电源或高压，停止 X 射线的产生。

②及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，缩小事故影响，减少事故损失。

③在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

④事故处理后应收集资料，及时总结报告。公司对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点、所有涉及的事故责任人和受害者名单、对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果、所做的任何医学检查及结果、采取的任何纠正措施、事故的

可能原因、为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑤对可能发生的辐射事故，应采取措施避免事故的发生。制定相关制度在事故发生时能妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并接受监督部门的处理。同时上报生态环境主管部门和卫生部门。当发生辐射照射事故时，应在第一时间通报当地生态环境主管部门。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、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；其他辐射工作单位应当具有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全和环境保护管理工作”。

西安伟宇佰川电子科技有限公司未开展过核技术利用项目，尚未配置辐射防护与安全管理人员。为了加强公司的辐射安全工作管理，待项目建成后，建设单位应按照上述要求成立主要领导人为负责人的辐射安全与环境保护领导机构，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并明确领导机构相关成员，规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明，并安排专业技术人员，专职或兼职负责该公司辐射安全和环境保护管理工作：①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。④制定辐射事故应急预案。

核技术利用单位辐射安全管理标准化建设：

西安伟宇佰川电子科技有限公司应结合原陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29 号）相关规定，对单位机构建设、人员管理（决策层、管理层、辐射工作人员）的工作职责进行明确、细化，具体管理要求及落实情况见下表。

表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容具体要求及落实情况

管理内容		管理要求	落实情况
机构建设		设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。	拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，以正式文件明确小组成员组成、相关工作职责。
人员管理	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作。	拟成立有决策层级负责的辐射安全与环境保护管理领导小组。
		年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容。	拟将辐射环境安全管理工作纳入年初工作安排和年终工作总结。
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	拟设置辐射安全管理部门，制定岗位辐射安全职责。安全管理部门负责为企业提供
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。

辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。	辐射工作人员按照要求参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。
	负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告。	待项目运行后企业按要求于每年1月31日前向发证机关（西安市生态环境局）报送辐射环境年度评估报告。
	建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。	辐射防护负责人负责组织相关部门建立本公司的辐射安全管理制度，并跟踪落实各岗位辐射安全职责。
	建立辐射安全管理档案。	拟建立辐射安全管理档案。
	对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。	辐射防护负责人拟定期对辐射工作场所进行巡查，发现安全隐患及时整改，并建立巡查及整改记录。
直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常。	辐射工作人员拟进行岗前职业健康体检，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。
	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗。	建设单位拟制定培训计划，本项目拟配置的辐射工作人员按照规定均参加X射线探伤专业的辐射安全防护培训并通过考核，持证上岗。
	了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全作出承诺。	告知辐射工作人员本岗位工作性质，培养辐射工作人员辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全作出承诺。
	熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理。	本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成辐射事故应急预案，定期组织辐射事故应急预案演练，培养工作人员发生异常情况后的处理能力。

环评要求：西安伟宇佰川电子科技有限公司应根据本项目射线装置实际应用情况，结合原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，成立辐射安全与环境保护领导机构，明确成员相关职责，并不断细化、完善公司决策层、辐射防护负责人、直接从事放射工作的作业人员管理相关要求。辐射工作人员和负责辐射安全防护的管理人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训，经考核通过后，方可上岗操作。落实X射线检测系统作业场所的分区、标志及指示灯、通风、安全连锁、监测设备及个人防护用品等措施要求。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 辐射安全管理规章制度

西安伟宇佰川电子科技有限公司使用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》中第十六条第六款的要求：“使用射线装置的单位应当具备健全的操作规程、岗位职责、辐射安全和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；第七款的要求，使用射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。”

根据相关法律法规和《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）要求，西安伟宇佰川电子科技有限公司应制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统操作规程》《射线装置负责人岗位制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员健康体检管理制度》《辐射环境监测制度》《辐射监测设备使用与检定管理制度》《辐射事故应急预案》《辐射安全防护设施的维护与维修制度》等规章制度。

西安伟宇佰川电子科技有限公司需在通过项目竣工环境保护验收合格后并取得《辐射安全许可证》后方可正式进行无损检测工作，无损检测过程中应严格按照规章制度执行，按照检测计划对辐射环境进行监测，编制年度辐射安全与环境管理评估报告。

另外，建设单位应在工作中认真落实相关制度，并根据原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，不断对制定的操作规程、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、监测方案加以更新和完善，使其具有更强的针对性和可操作性。陕西省核技术利用单位规章制度相关要求（陕环办发〔2018〕29号）见表 12-2。

表 12-2 规章管理制度建立与执行具体要求

管理内容	管理要求
*制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整。
	建立射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立射线装置台账。
	建立射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案。
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管

	理措施、重新运行审批级别等），并建立维护与维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）。
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案。
	建立辐射监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案。

注：表中标注“*”内容为关键项，为强制性规范要求。

12.2.2 档案管理

本项目辐射工作人员到位后，应认真落实相关制度，将辐射工作人员的健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

公司辐射类档案资料分以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”等。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

12.2.3 射线装置台账管理

项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定。射线装置台账应记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

12.2.4 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。”

西安伟宇佰川电子科技有限公司应建立“年度评估”制度，按照规定向发证机关（西安市生态环境局）提交《年度评估》文件，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、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建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位应在规定时间内完成《年

度评估》文件的编制和上报工作。

12.3 辐射工作人员

(1) 配置数量合理可行性

本项目共配置 2 名辐射工作人员。根据本项目射线装置的操作需求，进行 X 射线无损检测时，至少应保证 2 名辐射工作人员同时在场。因此项目拟配置 2 名辐射工作人员是可行的。

(2) 辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：“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”。同时，根据生态环境部《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》（2019 年第 57 号）：“各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐，不再要求从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员参加以上单位组织的辐射安全培训。有相关培训需求的人员可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（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核”。

西安伟宇佰川电子科技有限公司拟配备 2 名辐射工作人员，该 2 名辐射工作人员均从公司现有人员中培养。根据《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》（公告 2019 年第 57 号）要求，该辐射工作人员应参加辐射安全与防护知识培训，并考核合格（考核专业“X 射线探伤”），持证上岗。若后期有人员变动应将新增辐射工作人员列入培训计划，经辐射安全与防护培训考核合格后，持证上岗。并每五年再培训。公司应建立辐射工作人员培训档案，档案内容包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等。

(3) 个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》第二十九条规定：“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。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。”

为加强后续个人剂量监测和职业健康检查管理工作，评价提出以下要求。

①监测、检查周期

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 4.3 节要求：“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。常规检测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月”。

②个人剂量计佩戴

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 5.3 节要求：“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”。

③记录要求

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 8.1.1 条要求：“准许工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人員查询相关职业照射记录及有关资料”。

④档案

建设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。内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）第 7.2 条要求：“放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案”。

另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借。

（4）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）第 5.1.4 条要求：“放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定执行，一般为 1a~2a，不得超过 2a，必要时，可适当增加检查次数”。

12.4 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-3。

表 12-3 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
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或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，明确小组成员组成、相关工作职责。拟配置 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。
从事放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。	公司拟配备 2 名辐射工作人员，该 2 名辐射工作人员均从公司现有人员中培养。该辐射工作人员应参加辐射安全与防护知识培训，并考核合格（考核专业“X 射线探伤”），持证上岗。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	射线装置自带铅屏蔽体，含有急停按钮、钥匙开关、安全联锁钥匙开关、安全开关（移门安全开关、南侧检修门安全开关、检修盖板安全开关）、警示灯、断路保护器、贴有电离警示标识等设施，射线装置在运行过程中，对控制区进行严格控制；检修维护人员进行检修工作时须取下操作间内控制台上的开关钥匙，确保射线装置关机，以避免不必要的照射。
配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	建设单位拟制定个人剂量管理制度，辐射工作人员在辐射工作场所工作期间，均佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量档案并存档。本项目拟为每名专职辐射工作人员均配备 1 枚个人剂量计（共 2 枚），配备个人剂量报警仪 1 台，项目建成后配备便携式 X- γ 辐射剂量率仪 1 台。
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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	本项目建成运营前，建设单位应针对本项目应用的工业 X 射线探伤装置，按照相关规定制定并完善相应的管理制度，包括：《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《phoenix x aminer 高功率 X 射线检测系统操作规程》《射线装置负责人岗位制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员健康体检管理制度》《辐射环境监测制度》《辐射监测设备使用与检定管理制度》《辐射事故应急预案》《辐射安全防护设施的维护与维修制度》等制作后悬挂于辐射工作场所。
有完善的辐射事故应急措施。	本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成辐射事故应急预案并备案，并将相应制度悬挂于辐射工作场所，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。

建设单位尚未开展过核技术利用项目。待建设单位全部落实上述各项要求后进行环保竣工自主验收，申领辐射安全许可证后，具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方

可投入正式运行。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修订）》等相关法规和标准，必须对射线装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位应配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对射线装置周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所外环境的监测。

12.5.1 常规监测及检查

建设单位在项目建成后应对探伤室外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

1、验收监测：建设项目正式投产运行前，委托有资质的监测单位对公司射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测，编制验收检测报告。

2、放射防护检测：委托有资质的监测单位对公司射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测，每年监测一次。

3、日常监测：公司应配备 X- γ 辐射剂量率监测仪，定期对射线装置工作场所以及周边环境进行监测，做好辐射的日常监测工作，并将监测数据记录存档保存。

此外建设单位应对射线装置的安全和防护状况每年进行一次安全评估，安全评估报告对存在的安全隐患及时提出整改方案，并于每年 1 月 31 日前向发证机关（西安市生态环境局）提交上一年度的评估报告。

12.5.2 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

12.5.3 监测计划

建设单位应在项目完成后委托有资质的检测单位对射线装置屏蔽体进行全面验收检测，履行该项目及其辐射防护设施的竣工环保验收，并办理辐射安全许可证后，方可投入使用。此外建设单位应对 X 射线装置外周围剂量当量率进行日常监测，发现问题及

时整改，监测计划见表 12-4。

表 12-4 辐射监测计划一览表（建议）

工作场所	监测因子	监测点位/对象	监测频次
phoenix x aminer 高功 率 X 射线检测 系统	周围剂量当 量率	射线装置辐射工作人员操作 位置	竣工验收监测：设备投入前监测 1 次； 放射防护检测：每年委托有资质 单位监测一次； 自主监测：建设单位每季度至少 监测 1 次；
		射线装置屏蔽体外表面 30cm 处，防护门及缝隙外表面 30cm 处，管线口位置处	
		射线装置周边人员停留位 置、楼上、楼下对应位置	
	个人剂量	辐射工作人员的个人剂量计	每季度由有资质单位监测 1 次

环评要求：公司应配备辐射剂量率监测仪器，应定期进行检定，确保仪器处于有效的范围之内。按照监测计划定期对射线装置屏蔽体及防护门表面、操作位置及周边环境进行日常监测，将监测结果与参考控制水平进行比较，做好日常监测记录，存档备查。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。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条之规定：“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备”。西安伟宇佰川电子科技有限公司应结合单位实际运行情况和本项目事故工况分析，应制定《辐射事故应急预案》并成立事故应急组织机构，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

本项目为 II 类射线装置，产生辐射事故为**一般辐射事故**，主要类型为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

（1）辐射应急预案内容

《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和防护管理办法》《陕西省放射性污染防治条例》以及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）中对于辐射事故应急预案应包含的内容都提出了要求，详见表 12-5。

表 12-5 辐射事故应急预案主要内容符合性分析

序号	文件名称	具体条文	条文规定内容
1	《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修订)	第四十一条	辐射事故应急预案应当包括下列内容：“（一）应急机构和职责分工；（二）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；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故调查、报告和处理程序”
2	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第18号令）	第四十三条	辐射事故应急预案应当包括下列内容：“（一）应急机构和职责分工；（二）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；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故的调查、报告和处理程序；（五）辐射事故信息公开、公众宣传方案”
3	《陕西省放射性污染防治条例》（2019年修正）	第三十二条	应急预案应当包括下列内容：“（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序”
4	《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作计划表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）	辐射安全管理部分--应急管理	应急预案应当包括下列内容：“（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序”

本次评价结合《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和防护管理办法》《陕西省放射性污染防治条例》和陕环办发〔2018〕29号的要求，建议西安伟宇佰川电子科技有限公司制定的辐射事故应急预案包含以下内容：

- ①可能发生的辐射事故及危害程度分析；
- ②应急组织指挥体系和职责分工；
- ③应急人员培训和应急物资准备；
- ④辐射事故分级与应急响应措施；
- ⑤辐射事故调查、报告和处理程序；

西安伟宇佰川电子科技有限公司应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。

（2）辐射事故应急预案启动与报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第18号令）中要求：“发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单

位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告；还应当同时向当地人民政府和卫生主管部门报告”。

(3) 应急演练及应急预案修订

应急预案编制后，西安伟宇佰川电子科技有限公司应当定期组织开展应急演练，并根据演练中发现的问题，完善修订应急预案，维持应急能力。

12.7 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

12.7.1 项目环保投资

本项目总投资 129 万元，其中环保投资 6.35 万元，占总投资的 4.92%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设，个人防护用品购置等。环保投资估算见表 12-6。

表 12-6 项目环保投资估算表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用(万元)
运营期	辐射防护措施	X 射线	分区标识、电离辐射警示标识	0.05
			固定式场所辐射探测报警装置 1 套	0.6
	个人防护用品	X 射线	个人剂量计 2 枚	纳入个人剂量检测
			个人剂量报警仪 1 台及校准费	0.3
	环境监测仪器	X 射线	便携式辐射检测仪 1 台	1.0
	探伤辐射防护安全措施	X 射线	急停按钮、钥匙转换开关、主电源开关、移门安全开关-门机连锁、南侧检修门安全开关-门机连锁、检修盖板安全开关-门机连锁、警示灯、断路保护器、自带防辐射铅屏蔽体等。	纳入设备购置费用
通风装置	X 射线	集气罩	0.1	
管理制度、应急措施			制作图框、制度上墙、警示标牌	0.5
运营期	环境监测		工作场所及周边环境定期监测	1.8
	人员		人员培训、职业健康体检、个人剂量监测等	2.0
总投资(万元)				6.35

12.7.2 项目竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施）：“工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的‘三同时’制度。建设单位应对本项目进行竣工环保验收”。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，编制验收检测报告。

验收合格后，方可投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单见表 12-7。

表 12-7 环保验收清单（建议）

验收项目	验收内容	验收指标
年有效剂量	辐射工作人员、公众年有效剂量	辐射工作人员、公众年附加有效剂量分别小于 5mSv、0.1mSv
射线装置屏蔽体周围剂量率	射线装置屏蔽体外表面 30cm、带铅玻璃移门表面及缝隙表面 30cm 处、工作人员操作位置处、射线装置周边人群容易到达位置处周围剂量当量率	各监测点位处周围剂量当量率满足 GBZ117-2022 标准限值要求
分区管理	控制区、监督区划分范围	按照 GBZ117-2022 标准进行划分控制区、监督区
安全设施	急停按钮 1 个、钥匙开关 1 个、安全连锁钥匙开关 1 个、安全开关 3 个（移门安全开关、南侧检修门安全开关、检修盖板安全开关）、警示灯 2 个、断路保护器 1 个、贴有电离警示标识、固定式场所辐射探测报警装置 1 套、集气罩	各安全设施能够正常有效运行，且具备 GBZ117-2022 标准要求的功能
个人防护用品	个人剂量计 2 枚、个人剂量报警仪 1 台、辐射监测仪 1 台	剂量计根据操作人员进行配备、个人剂量报警仪 1 台、辐射监测仪 1 台
辐射安全与环境保护机构	机构是否完整、职责是否明确	机构完整、人员配备到位、职责分明
监测计划	监测项目、频次、监测点位依据表 12-4 中进行制定	监测仪器在有效期范围内，按照监测计划对工作场所及周边环境进行监测
环保管理规章及制度	辐射安全与环境保护领导机构及职责、《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》《射线装置管理制度》《phoenix xlaminer 高功率 X 射线检测系统操作规程》《射线装置负责人岗位制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员健康体检管理制度》《辐射环境监测制度》《辐射监测设备使用与检定管理制度》《辐射事故应急预案》《辐射安全防护设施的维护与维修制度》	各项辐射环境管理制度依据项目实际情况进行制定，可操作性强、能够较好地贯彻落实。
应急预案	制定辐射事故应急预案，明确应急领导机构和人员职责，明确人员组织与培训、物资准备、应急响应程序、辐射事故报告和处理程序等内容。	应急预案符合项目实际情况，应急预案切实可行，具备可操作性
人员培训	辐射工作人员	经辐射防护和安全培训合格，持证上岗
剂量档案和职业健康档案	是否建立个人剂量档案、职业健康监护档案	档案是否完整

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：西安伟宇佰川电子科技有限公司 X 射线检测系统核技术利用项目

建设单位：西安伟宇佰川电子科技有限公司

建设性质：新建

建设内容：西安伟宇佰川电子科技有限公司拟在 6 号楼 B 座 1 楼 105 室、106 室生产车间西北角新增 1 台 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统进行无损检测，设备自带屏蔽体，采用实时成像系统，主要用于对电路板锡焊点饱满度进行无损检测。本次拟使用的 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统为 II 类射线装置。

本项目总投资 129 万元，其中环保投资 6.35 万元，占总投资的 4.92%。

13.1.2 辐射环境影响分析

(1) 根据核算，本项目 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统屏蔽体四周、防护门及顶部的设计厚度均大于估算所需防护厚度，屏蔽设计可以达到防护要求。

(2) 根据估算，phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统在最大工作状态下，X 射线装置南侧、西侧、北侧屏蔽体外 30cm、设备屏蔽体北侧凸起外 30cm 各关注点剂量率最大为 $(2.05 \times 10^{-2}) \mu\text{Sv/h}$ ，符合表 11-3X 射线装置南侧、西侧、北侧屏蔽体外 30cm 各关注点剂量率参考控制水平计算结果 $1.67 \mu\text{Sv/h}$ 。上侧屏蔽体、东侧屏蔽体、带铅玻璃移门及操作平台外 30cm 各关注点剂量率为最大值为 $(3.78 \times 10^{-2}) \mu\text{Sv/h}$ ，符合表 11-3X 射线装置上侧屏蔽体、东侧屏蔽体、带铅玻璃移门及操作平台外 30cm 各关注点剂量率参考控制水平计算结果 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

本次预测射线装置楼上正对位置距离地面 1.0m 处作为 2F 仓库区域的关注点，剂量率为 $(1.85 \times 10^{-5}) \mu\text{Sv/h}$ ，关注点剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关要求。

(3) 根据估算，运行期本项目所致辐射工作人员年附加有效剂量为 $(2.83 \times 10^{-2}) \text{mSv/a}$ ，公众的年附加有效剂量最大值为 $(3.08 \times 10^{-3}) \text{mSv/a}$ ，满足本次环评提出的剂量约束值（职业工作人员 $< 5 \text{mSv/a}$ ，公众 $< 0.1 \text{mSv/a}$ ）。

(4) 辐射安全与防护：本项目设备屏蔽体的防护设施参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中相关规定执行，拟采取的主要辐射安全措施包括门-机联锁、分

区管理、张贴警告标识、设置急停装置等；同时，根据相关法律法规要求成立辐射安全管理领导小组、制定相关辐射安全管理制度。在各项设施、措施正常运行的前提下，可有效防止辐射事故发生。

13.1.3 可行性分析结论

西安伟宇佰川电子科技有限公司拟在 6 号楼 B 座 1 楼 105 室、106 室生产车间西北角新增 1 台 phoenix x|aminer 高功率 X 射线检测系统进行无损检测，项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则。建设单位在严格落实本次环评提出的辐射防护措施，可以使辐射影响达到合理尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则。项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。从辐射环境保护角度，本项目可行。

13.2 要求和承诺

(1) 严格按照原陕西省环境保护厅《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》，完善辐射防护与环境保护管理机构、人员管理、规章制度等管理要求。

(2) 利用配备辐射剂量率监测仪器，定期对射线装置工作场所及周边环境进行监测，所有监测数据归档备查。

(3) 辐射工作人员和辐射管理人员通过辐射安全和防护培训考核，持证上岗。严禁无证上岗。放射操作人员严格按照操作规程操作，每天作业前，应仔细检查射线装置安全设施性能（如：急停按钮、钥匙转换开关、主电源开关、移门安全开关一门机联锁、南侧检修门安全开关一门机联锁、检修盖板安全开关一门机联锁、警示灯、断路保护器、固定式场所辐射探测报警装置等），确保其处于正常的运行状态；定期对射线装置安全设施进行维修、维护，保证其安全性和可靠性。

(4) 公司应针对 X 射线装置可能发生的事故，依据国家相关法律法规，制定《辐射事故应急预案》并备案，并根据运行实际情况，不断完善该预案，确保在发生事故能及时启动应急预案。

(5) 建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

表 14 审批

预审意见:

经办人:

单位公章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见:

经办人:

单位公章

年 月 日