

核技术利用建设项目

重庆 X 射线检测装备生产基地扩建项目

环境影响报告表

建设单位：重庆日联科技有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：2025 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

重庆 X 射线检测装备生产基地扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：重庆日联科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：重庆市璧山区大兴镇双狮大道185号

邮政编码：402762

电子邮箱：xiongjie@unicomp.cn

联系人：熊杰

联系电话：

打印编号: 1747363293000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	732dq9		
建设项目名称	重庆X射线检测装备生产基地扩建项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆日联科技有限公司		
统一社会信用代码	915001090756773581		
法定代表人 (签章)	叶俊超		
主要负责人 (签字)	余海鹏		
直接负责的主管人员 (签字)	熊杰		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
肖英	07355543507550272	BH001035	肖英
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
周欢	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH042644	周欢

表 1 项目基本情况

建设项目名称		重庆 X 射线检测装备生产基地扩建项目			
建设单位		重庆日联科技有限公司			
法人代表	叶俊超	联系人	熊杰	联系电话	199*****699
注册地址		重庆市璧山区双狮大道 185 号			
项目建设地点		重庆市璧山区双狮大道 185 号			
立项审批部门	重庆市璧山区发展和改革委员会		批准文号	2505-500120-04-01-982664	
建设项目总投资 (万元)	1000	项目环保投资 (万元)	11	投资比例(环保 投资/总投资)	1.1%
项目性质		☐ 新建 ☒ 改扩建 ☐ 其他		占地面积 (m ²)	/
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	无			

1.1 企业概况

重庆日联科技有限公司（以下简称“重庆日联”）成立于 2013 年 8 月，是一家专业从事精密 X 射线检测技术研究和 X 射线智能检测装备研发、制造的高新技术企业。主要从事生产、销售固定式 X 射线检测装置（II 类射线装置）、便携式 X 射线探伤机（II 类射线装置）和安检 X 射线检测系统（III 类射线装置）。

重庆日联原有厂区位于重庆市璧山区璧泉街道福顺大道 23 号（1#厂房），随着公司发展需求，重庆日联在重庆市璧山区双狮大道 185 号建设了新厂房，目前新厂房已

续表 1 项目基本情况

建设完成，公司正在整体搬迁中，搬迁完成后，公司原有厂区不再使用。

1.2 项目由来

重庆日联新厂区已批准生产的 X 射线检测装置规模为 600 套/年，主要生产产品类型：450kV 及以下电压等级固定式自屏蔽 X 射线探伤机、便携式 X 射线探伤机、通道式安检机。为迎合市场需求及后期发展规划，本项目拟调整公司生产 X 射线检测装置的产品结构，新增 500kV/600kV 电压等级固定式自屏蔽探伤机(II 类射线装置)、600kV 及以下电压等级固定式自屏蔽工业 CT 机(II 类射线装置)的生产、销售和使用，项目进行产能置换不改变 X 射线检测装置的生产规模，其年生产、销售仍为 600 套(II 类和 III 类射线装置，详见报告表表 1-6)。项目不新增用地。

本项目涉及 II 类射线装置的生产、销售和使用，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）中第五十五项：核与辐射中第 172 条：核技术利用建设项目：生产、使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。

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》的相关规定，项目应开展环境影响评价工作。重庆日联科技有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“重庆 X 射线检测装备生产基地扩建项目”进行环境影响评价。评价单位在进行现场踏勘及收集有关资料的基础之上，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《重庆 X 射线检测装备生产基地扩建项目环境影响报告表》。

1.3 评价构思

（1）本项目 X 射线装置生产环节中，除屏蔽箱体需要进行简单机械加工外，其余零部件均来源于外购。屏蔽箱体机械加工部分已在原有环评中进行了评价，本次不增加屏蔽箱体的产量，因此该部分产排污和工艺流程没有发生改变。本项目对于新增产品生产种类部分的主要评价内容为在 1#厂房、3#厂房进行组装、调试部分，不涉及机械加工。

（2）本项目依托厂区现有用房和设备设施，不新增劳动定员，且项目运行过程中，无生产废水。因此不再重复核算工作人员产生的生活废水和生活垃圾。

（3）本项目新增产品（500kV/600kV 电压等级固定式自屏蔽探伤机）依托 1#厂

续表 1 项目基本情况

房现有的探伤机总装调试区完成组装后，原地开机调试，每台设备的组装调试是独立进行的，因此本项目不影响公司现有设备的生产调试工作；新增产品（600kV 及以下电压等级固定式自屏蔽工业 CT 机）在新增的 3#厂房 1F 工业 CT 总装调试区完成组装后，原地开机调试。两种类型的设备由不同生产部门完成，工作人员工作量不叠加计算。

（4）本次在 3#厂房的 1F 新增 1 处产品展示区，产品展示区内展示设备为公司生产范围内的固定式自屏蔽 X 射线装置等，仅涉及开机展示，产品根据客户需求，也可外售，展示区放置产品不固定，根据生产和展示需求更换。

（5）3#厂房测试间 1~3 放置的射线装置为公司自用设备，主要用于工件测试和研发测试。设备固定在用房内使用，不外售。

1.4 日联公司新厂区现有项目概况

日联公司新厂区位于重庆市璧山区双狮大道 185 号，共建设五栋生产厂房、1 栋宿舍楼（1F 为食堂）、1 栋综合楼及其他配套设施。厂区建设环评于 2022 年完成并取得了环境影响评价批准书，根据环评及批复内容，重庆日联公司新厂区主要生产各类 X 射线探伤机，总生产规模为 600 套/年，生产方式为采购钢材、铅板等原材料进行简单机械加工组成屏蔽铅房后，将其余外购零部件组装在屏蔽铅房内外，最终形成 1 台完整的 X 射线探伤设备。产品的能量等级最高为 450kV、10mA。

另，在厂区建设过程中，因公司发展需求，重庆日联拟自行生产 X 射线探伤设备所需的 X 射线球管、高压发生器等核心零部件，该新增项目于 2024 年完成了环境影响评价并取得了环境影响评价批准书。

目前，公司新厂区已建设完成（主要建筑物、污水处理设施、固废暂存用房等），并安装了部分生产设施，正在开展竣工验收工作。日联公司新厂区批准开展的核技术利用项目为生产、销售、使用 II 类射线装置和 III 射线装置，共 600 台，目前正在办理辐射安全许可（由于产能调整，本次只办理 400 台，剩余 200 台设备生产规模已调整为本项目使用）。

（1）厂区现有建设情况见下表。

续表 1 项目基本情况

表 1-1 厂区现有建设项目组成情况一览表		
分类	项目组成	主要内容及规模
主体工程	1#厂房	1#厂房为组装调试厂房（长×宽：80m×75m），层高为 13m，分为 1F 区和 3F 区，1F 区为总装调试区（涉及 X 射线），3F 区域主要为仓库、人员办公区等。
	3#厂房	3#厂房为核心零部件生产厂房（长×宽：80m×75m），层高为 19m，该厂房共 3F，1F 主要生产 X 射线球管；2F 主要生产一体化 X 射线管、高压发生器、冷却装置；3F 为后期发展预留层。
	5#厂房	5#厂房为屏蔽箱体生产厂房（长×宽：80m×75m），层高为 12.7m，该厂房为 1 层，部分区域为 3F，3F 区主要为库房、办公等辅助用房。 该厂房内布置加工中心、车床、切割机等机械加工设备。设置焊接区和喷涂区。车间内设置一般固废暂存间（85m ² ）、危废贮存库（35m ² ）和存放粉末涂料、油类物质等的仓库 1（53m ² ）。
	2#、4#厂房	公司后期发展预留用房
辅助工程	综合楼	位于厂区北侧，5F，主要用于行政办公等。
	宿舍楼	位于厂区北侧，6F，其中 1F 为企业自有食堂，不对外营业。
	设备房	位于厂区南侧，1F，主要包括消防水池和配电机房
	地面停车位	整个厂区共设置 198 个地面停车位，分布在厂区四周
	门卫房	1F，厂区北侧和南侧各设置 1 个
公用工程	给水	由城市供水管网提供，厂区现有管网供水
	排水	实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；废水经污水处理设施处理后排入市政污水管网
	供配电	由市政电网供电，厂区配电系统配电
环保工程	废水	厂区废水处理设施总设计处理能力为 100m ³ /d，食堂隔油池设计处理能力为 10m ³ /h。污水由厂区废水处理设施进行处理后排入市政管网。
	废气	1#厂房采用自然通风的方式，厂房四周墙壁设置多个门窗，并在厂房顶部设置机械风扇，室内空气通过门窗逸散至室外。 3#厂房各生产用房和区域按要求拟设置多套排风管网，排风管道最终引至厂房屋顶上方排放。 5#厂房采用自然通风的方式，另焊接打磨、喷涂区域将按照要求设置机械排风机和对应的废气处理装置，生产区域产生的废气通过管网引至厂房屋顶上方排放。 食堂油烟通过油烟净化器处理后经食堂屋顶排气筒排放。
	噪声	各类生产设备通过合理布局、基础减振和厂房隔声。
	固废	生活垃圾收集后交市政环卫部门处理，厂区南角设置垃圾收集点
		5#厂房北侧设置 1 间一般固废暂存间，面积约 85m ² 。 5#厂房东北侧设置 1 间危废贮存库（35m ² ），用于放置厂区内产生的危险废物。

续表 1 项目基本情况

	辐射防护	总装调试区的固定式自屏蔽 X 射线装置采用足够厚的铅板、钢板等屏蔽材料进行屏蔽，满足辐射防护要求
--	------	--

(2) 劳动定员及工作制度

每年生产 250 天，一班制，每班生产时间为 8h，全厂总劳动定员为 350 人。

公司现在岗放射工作人员共 7 名，均已取得了《核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单》；放射工作人员均建立了个人剂量档案、职业健康档案和培训档案。根据个人剂量检测报告现有放射工作人员 2024 年全年个人剂量最大值为 0.28mSv，低于放射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a，同时满足电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

表 1-2 现有辐射工作人员情况一览表

序号	姓名	部门	体检	个人剂量		辐射安全与防护培训		备注
				2024 年全年	最新剂量编号	发证时间	证号	
1	陈权	生产部	2024 年合格	0.05	21073010	2025	FS25CQ1200077	已上岗 辐射工 作人员
2	王恒	品质部	2024 年合格	0.24	21073005	2022	FS22CQ1200107	
3	向尧术	品质部	2024 年合格	0.20	21073006	2022	FS22CQ1200044	
4	侍成龙	研发部	2024 年合格	0.28	21073007	2023	FS23CQ1200066	
5	刁国庆	研发部	2024 年合格	0.20	21073008	2023	FS23CQ1200116	
6	巫潘	研发部	2024 年合格	0.05	21073011	2023	FS23CQ1200117	
7	何杰	研发部	2024 年合格	0.05	21073012	2025	FS25CQ1200103	

(3) 辐射环境管理制度

重庆日联公司已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责企业的放射防护与安全管理，并明确了相应职责与分工；根据现有运行内容制订了全套辐射环境管理制度，包括：《辐射安全与环境保护管理领导小组岗位职责》《射线装置安全防护管理制度》《销售台账管理制度》《销售管理台账》《X 射线机台账管理制度》《设备调试操作规程》《设备检修维护制度》、《现场安装调试管理制度》《辐射安全防护监测方案》《核心组件库房出入库管理制度》《工作人员培训计划》《辐射安全事故应急预案》《危废管理制度》《辐射安全年度评估管理制度》等，其内容符合标准规范和运行需求，能满足辐射环境管理要求。

(4) 现有辐射安全与防护措施

公司对现有放射工作区域进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为固定式设备屏蔽箱体内部区域，设备屏蔽箱体之外、总装调试区警戒线内的其他区域

续表 1 项目基本情况

为监督区。 设备自带有多种固有安全性，如：开机时系统自检、延时启动功能、高压异常报警、曝光后自动休息、长时间未用后强制训机、过电流保护、过电压保护、失电流保护、继电保护等，能很好的保证设备自身的稳定性和安全性。 设备采用足够厚的屏蔽材质进行屏蔽，X 射线装置工作时，其屏蔽体四周、防护门等的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）屏蔽防护的要求。穿越屏蔽箱体的管道（排风管）拟采取补偿措施，不削弱屏蔽箱体的屏蔽能力。 固定式设备设置有紧急停机按钮、门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。 综上所述，本项目现有的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。 1.5 本项目概况 建设内容：公司拟在 1#组装调试厂房(1F，部分 3F)的探伤机总装调试区(1F)、3#核心零部件生产厂房（3F/1F）的 1F 东侧预留工业 CT 总装调试区对组装完成后的固定式自屏蔽 X 射线检测装置进行开机调试，在 3#厂房 1F 东侧的预留区拟设置产品展示区对客户单位进行固定式自屏蔽 X 射线检测装置的开机展示；取消原 1#厂房的实验铅房及 X 射线检测装置的试验工作，拟在 3#厂房 1F、2F 设置 3 个测试间，配置使用固定式自屏蔽探伤机与工业 CT 机(II类射线装置、共 3 套)，进行 X 射线检测装置的研发、测试与客户单位样件测试，以及 3#厂房生产 X 射线管、高压发生器等产品的调试、出厂测试与便携式 X 射线检测设备的出厂调试。项目不新增用地。 项目总投资约 1000 万元，其中环保投资约 11 万元；项目建设工期预计 2 个月。 项目涉及的辐射工作场所：1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区、3#厂房 1F 工业 CT 总装调试区、3#厂房测试间 1~3。 项目组成情况见下表所示。

续表 1 项目基本情况

表 1-3 项目组成情况一览表			
分类	项目组成	主要内容及规模	备注
主体工程	探伤机总装调试区	位于 1#厂房，新增产品（500kV/600kV 电压等级固定式自屏蔽探伤机，II 类射线装置）组装完成后在区域内开机调试。	依托
	工业 CT 总装调试区	位于 3#厂房 1F 东侧预留区，新增产品（600kV 及以下电压等级固定式自屏蔽工业 CT 机，II 类射线装置）组装完成后在区域内开机调试。	预留区域
	产品展示区	产品展示区位于 3#厂房 1F 东侧预留区（工业 CT 总装调试区相邻位置），布置多台固定式的 X 射线装置，型号不定（公司生产的固定式自屏蔽 X 射线装置），在区域内向客户开机展示，同时根据客户和公司需求，区域内产品可能外售或更换。	预留区域
	测试间 1	位于 3#厂房 1F 中部的预留房间，测试间 1 建筑面积约 69.70m ² ，房间内放置 1 台固定式自屏蔽探伤机（II 类，最大管电压 450kV，最大管电流 10mA，定向型），自带屏蔽箱外部尺寸：3.00m×3.00m×3.08m，操作台位于屏蔽箱体外。用于客户样件测试及便携式 X 射线探伤机开机调试。	预留区域
	测试间 2	位于 3#厂房 1F 中部的预留房间（测试间 1 相邻位置），测试间 2 建筑面积约 79.12m ² ，房间内放置 1 台固定式自屏蔽工业 CT 机（II 类，最大管电压 450kV，最大管电流 10mA，定向型），自带屏蔽箱外部尺寸：5.67m×2.99m×3.13m，操作台位于屏蔽箱体外。用于公司研发测试。	预留区域
	测试间 3	位于 3#厂房 2F 中部的预留房间，测试间 3 建筑面积约 223.2m ² ，房间内置 1 台固定式自屏蔽探伤机（II 类，最大管电压 450kV，最大管电流 10mA，定向型），自带屏蔽箱外部尺寸：2.05m×1.67m×1.87m，操作台位于屏蔽箱体外。用于公司研发测试。	预留区域
公用工程	给水	由城市供水管网提供，新建厂区供水管网	依托
	排水	实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；新建污水处理设施，废水经处理后排入市政污水管网	依托
	供配电	由市政电网供电，新建厂区配电系统	依托
	通风	开阔厂房内的空气通过厂房门窗等自然逸散到外环境。另根据部分生产区域的特殊要求，在各个厂房生产设施位置和房间处布设多套机械排风管网，排风管道最终引至厂房屋顶上方排放。	依托
环保工程	废水	本项目无生产废水产生；不新增生活废水。厂区新建有 1 座污水处理设施（设计处理能力约 100m ³ /d），厂区各区域废水收集后通过排污管排入污水处理设施处理，然后排入市政管道。	依托
	废气	射线装置屏蔽箱体顶部均设置机械排风扇，将废气排放至厂房或测试间内。逸散在厂房内的废气通过厂房排风设施引至室外排放。逸散在测试间 1~3 内废气经房间排风系统统一引至 3#厂房屋顶上方排放。	依托

续表 1 项目基本情况

	固废	项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。 项目自用的 X 射线装置报废后，一部分回用至生产工序，不能利用的部分按照建设单位相关要求处理，拟对高压射线管去功能化，保留处理相关手续并存档。 产品组装过程中不合格零部件，返回供货厂家。	依托
	辐射防护	本项目生产和使用的 X 射线装置自带屏蔽铅房，采用铅+钢板，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。按照要求，日联公司各射线装置屏蔽箱体防护门与设备联锁，屏蔽箱体内外设置工作状态指示灯，设备箱体外设电离辐射警告标志，每台设备安装一套实时视频监控系统，视频监控屏幕设置在控制台上；自用的 3 台设备内安装固定式剂量报警仪，设备设置急停按钮等设施。 公司制定辐射防护管理制度，成立辐射防护管理组织并指定专人负责公司日常辐射防护管理工作。	/

1.6 辐射屏蔽防护

项目涉及的辐射工作场所包括：1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区、3#厂房 1F 工业 CT 总装调试区、3#厂房测试间 1~3。

其中，探伤机总装调试区、工业 CT 总装调试区、产品展示区放置公司生产的 X 射线装置，摆放的设备不定；测试间 1~3 内配置的 X 射线装置为企业自用设备，因此，仅列出测试间 1~3 内配置的固定式自屏蔽 X 射线装置自带的屏蔽箱防护屏蔽情况，3 台设备屏蔽防护情况见表 1-4，公司生产产品的典型屏蔽防护情况见表 1-7。

表 1-4 测试间 1~3 内设备的屏蔽防护情况

设备	屏蔽体	屏蔽箱规格	屏蔽防护情况
测试间 1、3： 450kV 固定式 X 射线探伤机	左侧：主射面	外观尺寸：3.00m×3.00m	4mm 钢+60mmPb+2mm 钢
	箱体（除主射面）、顶板、底板、防护门（前侧）	×3.08m，防护门尺寸： 1.3m×3m	4mm 钢+30mmPb+2mm 钢
测试间 2： 450kV 工业 CT	右侧：主射面	外观尺寸：5.67m×2.99m	4mm 钢+55mmPb+2mm 钢
	箱体（除主射面）、顶板、底板、防护门（左侧、前侧）	×3.13m，工件门尺寸： 2.5m×3m，检修门尺寸： 1.1m×3m	4mm 钢+35mmPb+2mm 钢

备注：1、铅密度 11.34g/cm³、钢密度 7.85g/cm³。2、以上设备均不设观察窗。3.屏蔽箱体边缝使用 10cm 宽的铅板搭接，与主射面相邻的边缝搭接铅板厚度同主射面，其他边缝搭接铅板厚度同散射面铅板厚度（搭接材质厚度遵循就高不就低原则），排风口、线缆孔设置与同侧屏蔽箱体屏蔽材料和厚度一致的防护罩。

1.7 相关设备配置

自用设备情况见表 1-5 所示。

续表 1 项目基本情况

表 1-5 项目自用设备一览表						
序号	名称	参数	数量	用途	位置	备注
1	固定式自屏蔽探伤机	450kV、10mA	2 台	测试、研发	测试间 1、3 内部	自带屏蔽箱，参数见表 1-4
2	固定式自屏蔽工业 CT 机	450kV、10mA	1 台		测试间 2 内部	
3	个人剂量计	/	7 个	工作人员个人剂量监测	放射工作人员佩戴	依托现有
4	个人辐射报警仪	NT6102	7 个	辐射报警	放射工作人员佩戴	依托现有
		DP802i	1 个			
5	便携式 X-γ 辐射检测仪	451P	1 台	辐射检测	巡测	依托现有
备注：表中仅列出公司自用或购置的设备仪器情况，公司生产产品清单见表 1-7。本项目建成运行后，将根据公司运行需求，适当增配监测仪器，并按照工作人员数量配备个人剂量计。						

1.8 劳动定员和工作制度

劳动定员：本项目不新增工作人员，依托全厂现有劳动定员 350 人，其中，依托现有辐射工作人员 7 人，主要负责设备调试、测试等涉及设备操作的相关工作，工作人员情况见表 1-2。

工作制度：项目生产调试、研发测试年运行 250 天，工作人员实行单班制、每班 8h；对客户单位的售后培训、运维服务采取派遣的工作方式。

1.9 产品方案

重庆日联拟在新厂区现有总生产规模（年产 600 套 X 射线检测装置）不变的基础上进行产能置换，减少现有的 X 射线检测装置年产数量 200 套，本次主要新增 150 套 600kV 及以下电压等级固定式自屏蔽工业 CT 机、新增 50 套 500kV/600kV 电压等级固定式自屏蔽探伤机的生产。所有设备均为根据购买单位需求生产的定制产品。产能调整前后产品型号及数量一览表，见表 1-6，本次新增产品设备参数表，见表 1-7。

续表 1 项目基本情况

表 1-6 调整前后产品型号及数量一览表

分类	现有环评许可产品情况	改建后产品情况		最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	射线装置类别	变更情况
	产品型号及数量	产品型号 (产品型号随厂家对产品的命名而调整)	数量(套/a) ※				
固定式自屏蔽工业 CT 机	/	UNCT90、UNCT110、UNCT130、UNCT150、UNCT160、UNCT180、UNCT200、UNCT225、UNCT320、UNCT450、UNCT500、UNCT600、UNCT810、UNCT1100、UNCT1200、UNCT2100、UNCT2200、UNCT2600、UNCT3100、UNCT3200、UNCT3500、UNCT3600、UNCT3700、UNCT5100 等	150	600 及以下电压	10	II类	新增产品
固定式自屏蔽探伤机	/	UNC500、UNF500、UNZ500、UNT500、UNH500、UNS500、UND500、UNC600、UNF600、UNZ600、UNT600、UNH600、UNS600、UND600、UNG600 等	50	500、600	10	II类	新增产品
	UNC160 (50 套/a)、UNZ160 (55 套/a)、UNT160 (60 套/a)、UNS160 (30 套/a)、UNS200 (20 套/a)、UNC225 (20 套/a)、UNZ225 (25 套/a)、UNT225 (30 套/a)、UNC320 (20 套/a)、UNZ320 (20 套/a)、UNT320 (15 套/a)、UNC450 (15 套/a)、UNZ450 (15 套/a)、UNT450 (15 套/a)	UNC160、UNZ160、UNT160、UNS160、UNS200、UNC225、UNZ225、UNT225、UNC320、UNZ320、UNT320、UNC450、UNZ450、UNT450 等	400	450 及以下电压	10	II类	现有产品，生产规模减少
	XXQ/H1605 (35 套/a)、XXQ/H2005 (60 套/a)、XXQ/H2505 (60 套/a)、XXQ/H3005 (45 套/a)	XXQ/H1605、XXQ/H2005、XXQ/H2505、XXQ/H3005		160~300	5	II类	
便携式定向/周向探伤机	XXQ/H1605 (35 套/a)、XXQ/H2005 (60 套/a)、XXQ/H2505 (60 套/a)、XXQ/H3005 (45 套/a)	XXQ/H1605、XXQ/H2005、XXQ/H2505、XXQ/H3005	400	90	1	III类	规模不变
通道式探伤机	通道式异物检测 X-RAY (10 套/a)	通道式异物检测 X-RAY		90	1	III类	
合计	600 套/a	/	600 套/a	/			规模不变

※备注：每种型号的生产数量由订单决定。

续表 1 项目基本情况

表 1-7 本项目新增产品设备参数表

分类	新增产品型号 (产品型号随厂家对产品的命名而调整)	数量(套/a)	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	射线装置类别	尺寸(长L×宽W×高H)(mm)	屏蔽体厚度	X射线球管活动范围及X射线束辐射角
固定式自屏蔽工业CT机	UNCT90	5	90	10	II类	2.35×1.63 ×2.16	主射面 6mmPb+4mm 钢; 前侧、后侧、顶棚、底板 6mmPb+4mm 钢; 侧面 5mmPb+4mm 钢。	上下垂直移动一定范围为 500mm。水平方向不移动, X射线球管的水平射束角度为 110°, 垂直射束角度为 115°
	UNCT110	10	110	10				
	UNCT130	10	130	10				
	UNCT150	10	150	10				
	UNCT160	20	160	10			主射面 15mmPb+4mm 钢; 前侧、后侧、顶棚、底板 15mmPb+4mm 钢; 侧面 10mmPb+4mm 钢。	
	UNCT180	10	180	10				
	UNCT200	20	200	10				
	UNCT225	20	225	10				
	UNCT320	10	320	10			主射面 65mmPb+8mm 钢; 前侧、后侧、顶棚、底板 65mmPb+8mm 钢; 侧面 35mmPb+6mm 钢。	
	UNCT450	10	450	10				
	UNCT500	5	500	10				
	UNCT600、UNCT810、 UNCT1100、UNCT1200、 UNCT2100、UNCT2200、 UNCT2600、UNCT3100、 UNCT3200、UNCT3500、 UNCT3600、UNCT3700、 UNCT5100	20	600	10			主射面 100mmPb+8mm 钢; 前侧、后侧、顶棚、底板 110mmPb+8mm 钢; 侧面 55mmPb+6mm 钢。	

续表 1 项目基本情况

固定式自屏蔽探伤机	UNC500、UNF500、UNZ500、UNT500、UNH500、UNS500、UND500	30	500	10	II类	2.27×2.14 ×1.92	主射面 82mmPb+8mm 钢； 前侧、后侧 50mmPb+6mm 钢； 顶棚、底板 60mmPb+8mm 钢； 侧面 50mmPb+6mm 钢。	上下移动范围为 800mm，X 射线球 管的射束角为 30°，管头定向（但 部分设备的球管会 围绕支撑臂中心上 下 30° 摆动）
	UNC600、UNF600、UNZ600、UNT600、UNH600、UNS600、UND600、UNG600	20	600	10	II类		主射面 100mmPb+8mm 钢； 前侧、后侧 50mmPb+6mm 钢； 顶棚、底板 72mmPb+8mm 钢； 侧面 55mmPb+6mm 钢。	
合计	/	200 套/a	/					

注：①生产的 X 射线装置尺寸根据客户需要进行定制，表中设备屏蔽体箱体为常规尺寸（不考虑操作台、声光报警装置等尺寸）。

②固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽体具体屏蔽形式为：由内而外为钢板+铅板+钢板，具体板材厚度根据设备屏蔽需求而定，表中数值为建设单位提供的产品参考厚度，上表所列钢板厚度为内外两层钢板总厚度。

③屏蔽体各面的方位描述：面向屏蔽体工件进出铅防护门，主射线轨迹为由左向右，侧面为主射面对立面。

④屏蔽箱体边缝使用 10cm 宽的铅板搭接，与主射面相邻的边缝搭接铅板厚度同主射面，其他边缝搭接铅板厚度同散射面铅板厚度（搭接材质厚度遵循就高不就低原则）。

⑤防护门、管线洞口屏蔽防护罩与同侧屏蔽箱体防护材料及厚度相同。

⑥铅密度 11.34g/cm³、钢密度 7.85g/cm³。

⑦上表所列产品生产数量为建设单位目前拟定数值，一般生产过程中，各设备不会超过拟定生产量，但因本项目为根据购买方需求进行定制生产，也可能部分型号的设备因为购买方要求，生产数量超过拟定台数，但公司年总产量不会超过核定总量。

续表 1 项目基本情况

1.10 产品标准

企业所生产的设备，主要执行以下厂家控制标准：

表 1-8 设备出厂控制参数

设备类型	固定式设备屏蔽体外周围剂量 当量率（ μ Sv/h）	备注
最大管电压≥320kV	2.5	客户有特殊需求时，按客户需求 求执行
最大管电压<320kV	1.0	
通风		
固定式设备每小时有效通 风换气次数	不小于 3 次/小时	

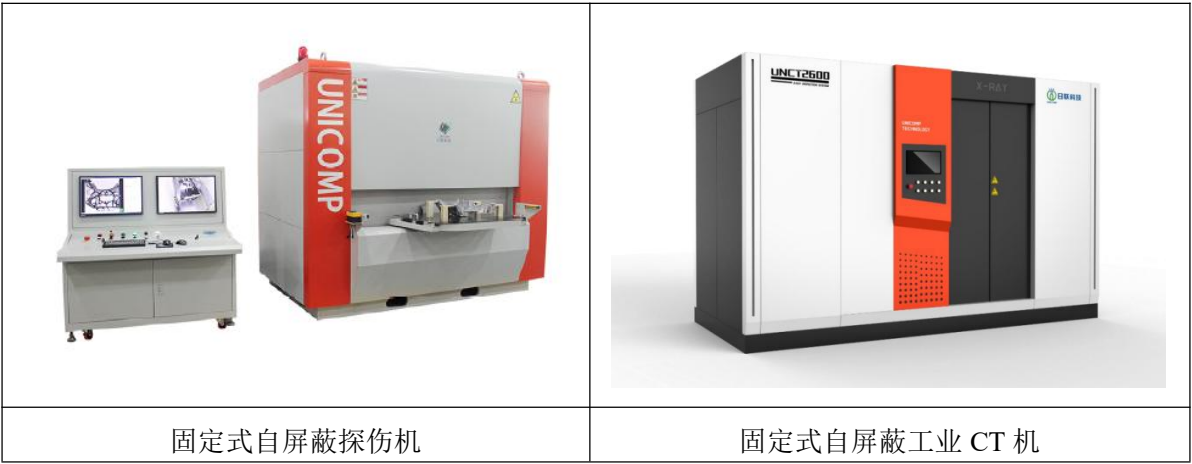


图 1-1 X 射线装置产品示例图

1.11 工作负荷

(1) 测试间 1~3

①测试间 1 内 X 射线装置主要用于实验测试使用，即将客户提供的工件进行 X 射线无损检测采集数据，并根据采集的数据给出最优的设计方案。便携式设备出厂前，也会在铅房内进行无工件测试。测试间 1 内 X 射线装置工作负荷及检测工件相关参数如下：

表 1-9 测试间 1 内 X 射线装置工作负荷及检测工件相关参数表

类别	单次曝光时间	年最大曝光 次数	年最大曝光时间
测试间 1 测试 （含便携式设备调试）	1~5min	1600 次	133.3h （按单次最大曝光时间 5min 计）

续表 1 项目基本情况

工件类型	主要工件材质	厚度范围	最大检测工件尺寸
铸件	铁、铝、钢、陶瓷等	5~70mm	长 1500mm, 宽 1500mm, 高 1200mm
注：①测试间 1 年曝光次数已包括便携式设备用于开机展示在内； ②客户所需测试工件为大型工件时，由客户截取工件的一部分用于测试。			

②测试间 2、测试间 3 内 X 射线装置主要用于研发测试，每台设备预计全年曝光次数约 300 次。测试间 2、测试间 3 内 X 射线装置工作负荷如下：

表 1-10 测试间 2、测试间 3 内 X 射线装置工作负荷表

类别	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
测试间 2	1~5min	300 次	25h (按单次最大曝光时间 5min 计)
测试间 3	1~5min	300 次	25h (按单次最大曝光时间 5min 计)

(2) 探伤机总装调试区、工业 CT 总装调试区、产品展示区

①探伤机总装调试区、工业 CT 总装调试区组装完成后的固定式自屏蔽 X 射线装置在原地开机调试；

②产品展示区布置固定式的 X 射线装置，型号不定（在产的固定式自屏蔽 X 射线装置），在区域内向客户开机展示。

总装调试区、产品展示区内 X 射线装置的工作负荷表如下：

表 1-11 总装调试区、产品展示区内 X 射线装置的工作负荷表

类别	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
探伤机总装调试区 (固定式)	1~5min	100 次	8.3h (按单次最大曝光时间 5min 计)
工业 CT 总装调试区 (固定式)	1~5min	200 次	16.7h (按单次最大曝光时间 5min 计)
产品展示区 (固定式)	1~5min	100 次	8.3h (按单次最大曝光时间 5min 计)

(3) 售后服务

客户辐射工作场所由客户自行取得相应环保手续后，再将设备运至客户指定位置并进行现场培训，培训过程中涉及设备操作部分，需开机指导客户单位工作人员设备操作流程，设备出现故障后，保修期内的维修工作也由重庆日联公司负责。本项目将对现场开机调试辐射工作人员剂量进行核算。

续表 1 项目基本情况

表 1-12 现场调试和维修工作负荷表

类别	单次曝光时间	年最大曝光次数	年最大曝光时间
固定式自屏蔽 X 射线装置	1~5min	300 次	25h (按单次最大曝光时间 5min 计)
设备调试维修过程中, 操作由日联公司辐射工作人员完成			

1.12 项目外环境情况

重庆日联新厂区位于重庆璧山新能源装备产业园, 厂区四周均为工业企业或市政道路及绿化。

项目涉及的辐射工作场所包括: 1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区和工业 CT 总装调试区, 3#厂房测试间 1~3。1#厂房和 3#厂房位于厂区中部, 其四周紧邻区域均为厂区室外道路及绿化。本项目辐射环境保护目标为项目射线装置屏蔽体周围 50m 范围内的辐射工作人员和公众成员。

本项目涉及的重庆日联新厂区 1#厂房和 3#厂房周围环境见下表所示, 项目外环境关系情况见附图 2。

表 1-13 1#厂房周围环境一览表

序号	名称	方位	距离	备注
1	道路、绿化	四周	相邻	重庆日联厂区室外区域
2	综合楼 (5F)	北	约 18m	隔厂区道路和绿化
3	宿舍楼 (6F, 1F 为食堂)	北	约 30m	
4	3#厂房	西	约 16m	
5	2#、4#预留厂房	南	约 15m	
6	创新三路	东	约 25m	厂区外市政道路

表 1-14 3#厂房周围环境一览表

序号	名称	方位	距离	备注
1	道路、绿化	四周	相邻	重庆日联厂区室外区域
2	宿舍楼 (6F, 1F 食堂)	北	约 24m	隔厂区道路和绿化
3	综合楼 (5F)	北	约 24m	
4	美尔屋玻璃公司	西	约 15m	
5	2#、4#预留厂房	南	约 15m	
6	1#厂房	东	约 16m	

1.13 项目选址可行性分析

项目位于重庆市璧山区双狮大道 185 号, 根据现场监测, 拟建址的环境 γ 辐射剂量率为 60nGy/h~72nGy/h, 与重庆市的地表 γ 辐射剂量率无明显差异。

本项目依托日联公司现有厂区, 辐射场所均在厂房内集中布置, 分别位于 1#厂房

续表 1 项目基本情况

和 3#厂房，除 3#厂房西侧的美尔玻璃公司和 1#厂房东侧的市政道路以外，本项目辐射工作场所 50m 评价范围内的其余区域均在重庆日联厂区内，人流量低，不是公众轻易能到达的地方。

本次依托现有 1#厂房的探伤机总装调试区，不改变厂房内现有功能布局，每台设备的组装调试是独立进行的，不影响公司现有设备的生产调试工作，因此使用现有场所可行。

本次在 3#厂房 1F 内新增工业 CT 总装调试区和产品展示区，均为厂房内预留区，选址靠近厂区中部，2 个区域辐射场所紧邻布置，便于生产管理，选址可行。

本次在 3#厂房 1F 预留房间新增测试间 1、测试间 2，2F 预留房间新增测试间 3，3 个测试间各放置 1 台固定式 X 射线检测装置，3#厂房是生产研发厂房，放置测试设备便于研发工作，X 射线检测装置独立布置，选址可行。

综上所述，本项目部分设备生产调试利用现有 1#组装调试厂房，不影响原有项目运行；3#厂房主要为研发、展示、测试用房，放置测试用 X 射线装置便于其工作的开展。因此整体选址可行。

1.14 与项目有关的环境保护问题

1.14.1 原有环保手续情况

本项目位于重庆日联新厂区，新厂区于 2022 年 6 月 10 日取得“重庆 X 射线检测装备生产基地建设项目”环境影响批准书，渝（辐）环准（2022）030 号；企业于 2024 年 10 月 29 日取得“X 射线核心部件及防护装置生产线项目”环境影响批准书，渝（璧山）环准（2024）107 号。目前，公司正在对“重庆 X 射线检测装备生产基地建设项目”展开竣工环境保护验收，“X 射线核心部件及防护装置生产线项目”正在建设中。

1.14.2 与项目有关辐射环境问题

根据现有环评文件及调查，重庆日联公司老厂区已取得已办理了辐射安全许可证，证号为渝环辐证（00421），有效期至 2027 年 5 月 15 日，根据辐射安全许可证内容，公司开展的核技术利用项目为生产、销售、使用 II 类射线装置和 III 射线装置。重庆日联公司新厂区批准开展的核技术利用项目为生产、销售、使用 II 类射线装置和 III

续表 1 项目基本情况

射线装置，共 600 台，目前正在开展辐射安全许可证办理工作。

1.14.3 本项目与现有情况的依托关系

本项目用房主要依托企业主体工程、工作人员、辐射安全管理等，依托可行性分析详见表 1-15。

表 1-15 本项目与现有情况依托关系表

依托工程		可行性分析
主体工程		工业 CT 总装调试区、产品展示区和测试间 1~3 布置在 3#厂房的预留区和预留房间，本项目使用该区域和用房后，不影响厂房内整体的布局与运营。因此，项目主体建筑依托可行。 部分新增产品将依托 1#厂房总装调试区进行开机调试，不影响厂房内整体的布局与运营。因此，项目主体建筑依托可行。
公用工程	给水	由城市供水管网提供，厂区供水管网输送，项目位于厂内，依托厂区供水管网供水可行。
	排水	实行雨污分流。雨水排入市政雨水管网；废水经污水处理设施处理后排入市政污水管网，厂区已有排水管网。因此，项目依托厂区已有排水管网排水可行。
	供配电	由市政电网供电，依托可行
工作人员		依托公司现有劳动定员 350 人，其中，辐射工作人员 7 人。
辐射安全管理		企业已经建立了辐射安全与环境保护管理领导小组并安排 2 名工作人员作为公司辐射防护管理员，其中 1 人学历为硕士研究生。制定了相应管理制度和应急预案，本项目建成后依托现有辐射管理体系，依托可行。

因此，本项目依托可行的。

表 2 放射源

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

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素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	贮存方式与地点
本项目不涉及。										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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
本项目不涉及。										

(二) X 射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管 电流 (mA)	用途	工作场 所	备注
1	固定式 自屏蔽 工业 CT 机	II	150	UNCT90、UNCT110、UNCT130、UNCT150、UNCT160、UNCT180、UNCT200、 UNCT225、UNCT320、UNCT450、UNCT500、UNCT600、UNCT810、UNCT1100、 UNCT1200、UNCT2100、UNCT2200、UNCT2600、UNCT3100、UNCT3200、 UNCT3500、UNCT3600、UNCT3700、UNCT5100	600 及以下 电压	10	试调、维 修	3#厂房、 客户使 用的场 所	公司生 产的自 屏蔽式 设备
2	固定式 自屏蔽 探伤机	II	50	UNC500、UNF500、UNZ500、UNT500、UNH500、UNS500、UND500、UNC600、 UNF600、UNZ600、UNT600、UNH600、UNS600、UND600、UNG600	500、600	10			
3	固定式 自屏蔽 探伤机	II	2	/	450	10	测试	测试间 1、3	公司测 试自用 设备
4	固定式 自屏蔽 工业 CT 机	II	1	/	450	10		测试间 2	

(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（mA）	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	
本项目不涉及。													

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	/	/	/	/	/	/	排风装置引至室外排放
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	污水处理设施处理后排入市政污水管网
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	环卫统一处置
报废的 X 射线装置	固态	/	/	/	/	/	/	项目自用的 X 射线装置报废后，一部分回用至生产工序，不能利用的部分按照建设单位相关要求处理，拟对高压射线管去功能化，保留处理相关手续并存档。

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

2、含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/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》，2015 年 1 月 1 日施行修订版； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修正； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版； (5) 《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 3 月 2 日第二次修订； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2021 年 1 月 4 日第四次修正； (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）； (8) 关于发布《射线装置分类》的公告，原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 日施行； (9) 《重庆市环境保护条例》，2024 年 9 月 28 日第三次修正； (10) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行。
------	---

续表 6 评价依据

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)； (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》(HJ10.1-2016)； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (4) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117—2022)； (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及 2017 年修改单； (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)； (8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)； (9) 《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)。
其他	(1) 环境影响评价委托书； (2) 《重庆市企业投资项目备案证》，项目代码：2505-500120-04-01-982664； (3) 《监测报告》，渝泓环(监)[2025]620 号； (4) 《辐射防护导论》； (5) 《医用外照射源的辐射防护》(ICRP33 号)，国际放射防护委员会第 33 号出版物； (6) 其他项目相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

辐射环境：为便于生产及管理，1#厂房划定了探伤机总装调试区，3#厂房 1F 划定了工业 CT 总装调试区、产品展示区、测试间 1~2，3#厂房 2F 划定了测试间 3。按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，并结合该项目射线装置为能量流污染的特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，将设备屏蔽箱体边界外 50m 区域作为辐射环境的评价范围，但因本项目生产和使用的 X 射线装置集中放置在各区域内，为便于分析，最终确定以 1#厂房探伤机总装调试区、3#厂房 1F 工业 CT 总装调试区/产品展示区、3#厂房 1F 和 2F 的测试间 1~3 等 4 个场所外 50m 区域作为辐射环境的评价范围。

7.2 环境保护目标

本项目位于重庆日联厂区内，分别位于 1#厂房和 3#厂房，除 3#厂房西侧的美尔玻璃公司和 1#厂房东侧的市政道路以外，其余工作场所外 50m 评价范围内的各区域均在重庆日联厂区范围内，因此，本项目环境保护目标主要为各工作场所所在建筑内区域和厂区其他区域活动的人群等。

（1）辐射环境保护目标

项目涉及的辐射工作场所外环境保护目标如下。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 1#厂房探伤机总装调试区环境保护目标情况一览表						
序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
1	1#厂房内总装调试区	四周	相邻	平层	固定式设备周边相邻区域，辐射工作人员（工件测试、设备调试人员）、公众（设备组装人员）	电离辐射
2	过道、库房	四周	相邻	平层	厂房辅助用房，公众，约 10 人	
3	厂区室外道路、绿化、连廊	北	约 3~20m	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人	
4	宿舍楼、综合楼		约 20~50m	平层	宿舍楼（6F），综合楼（5F），公众，约 400 人	
5	1#厂房 3F 区域：办公室、配电房等	东侧	约 4~14m	平层	厂房办公用房，公众，约 10 人	
6	厂区室外道路、绿化、市政道路		约 14~50m	平层	厂内道路、市政道路及绿化，公众，约 10 人	
7	厂区室外道路、绿化	南侧	相邻	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人	
8	2#厂房、4#厂房		约 15~50m	平层	预留生产用房，公众，约 60 人	
9	厂区室外道路、绿化	西侧	相邻	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人	
10	3#厂房		约 20~50m	平层	生产用房，3F，公众，约 30 人	
备注：厂房内行车拟采用遥控操作方式，运行时，上方无人员驻留。						

表 7-2 3#厂房 1F 工业 CT 总装调试区环境保护目标情况一览表						
序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
1	工业 CT 总装调试区	四周	相邻	平层	固定式设备周边相邻区域，辐射工作人员（工件测试、设备调试人员）、公众（设备组装人员）	电离辐射
2	3#厂房 1F 区域（走廊、卫生间、茶水间、楼梯间等）	北侧	相邻	平层	厂房辅助用房，公众，约 5 人	
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 7~30m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
4	宿舍楼、综合楼		约 30~50m	平层	宿舍楼（6F），公众，约 400 人	
5	产品展示区	东侧	相邻	平层	厂房内用房，公众，约 5 人	
6	厂区室外道路、绿化		约 18~35m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
7	1#厂房		约 35~50m	平层	生产用房，公众，约 5 人	
8	3#厂房 1F 区域（装卸货平台、卫生间、楼梯间、茶水间、配电房等）	南侧	相邻	平层	厂房内辅助用房，公众，约 5 人	
9	厂区室外道路、绿化		约 20~35m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
10	4#厂房		约 35~50m	平层	预留生产用房，公众，约 30 人	

续表 7 保护目标与评价标准

11	主通道	西侧	相邻	平层	通道, 公众, 约 5 人	
12	3#厂房 1F 区域 (管壳装配间、检验区、测试间、排气间、走廊、洁净装配间等)		约 8~45m	平层	办公用房, 公众, 约 5 人	
13	厂区室外道路、绿化		约 45~50m	平层	道路及绿化, 公众, 约 5 人	
14	预留生产车间、预留辅助用房、预留测试间、测试间 3 等 (2~3F)	楼上	/	+5m	厂房内预留用房, 公众, 约 20 人	

备注 “+” 表示环境保护目标 1F 地面高于本项目辐射工作场所控制区

表 7-3 3#厂房 1F 产品展示区环境保护目标情况一览表						
序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
1	产品展示区	四周	相邻	平层	固定式设备周边相邻区域, 辐射工作人员 (设备展示人员)、公众 (客户)	电离辐射
2	3#厂房 1F 区域 (走廊、预留设备房、楼梯间、卫生间等)	北侧	相邻	平层	厂房内辅助用房, 公众, 约 5 人	
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 10~30m	平层	道路及绿化、连廊, 公众, 约 5 人	
4	宿舍楼、综合楼		约 30~50m	平层	宿舍楼 (6F), 综合楼 (5F), 公众, 约 400 人	
5	厂区室外道路、绿化	东侧	相邻	平层	道路及绿化, 公众, 约 5 人	
6	1#厂房		约 15~50m	平层	生产用房, 公众, 约 30 人	
7	3#厂房 1F 区域 (装卸货平台、卫生间、楼梯间、茶水间、配电房等)	南侧	相邻	平层	厂房内辅助用房, 公众, 约 5 人	
8	厂区室外道路、绿化		约 20~35m	平层	道路及绿化, 公众, 约 5 人	
9	4#厂房		约 35~50m	平层	预留生产用房, 公众, 约 30 人	
10	工业 CT 总装调试区	西侧	相邻	平层	厂房内生产用房, 公众, 约 10 人	
11	主通道		约 18~26m	平层	通道, 公众, 约 5 人	
12	3#厂房 1F 区域 (管壳装配间、检验区、测试间、排气间、走廊、洁净装配间等)		约 26~50m	平层	厂房内办公用房, 公众, 约 5 人	
13	预留生产车间、预留辅助用房、预留测试间、测试间 3 等 (2~3F)	楼上	/	+5m	厂房内预留用房, 公众, 约 20 人	

备注 “+” 表示环境保护目标 1F 地面高于本项目辐射工作场所控制区

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-4 测试间 1~2 环境保护目标情况一览表						
序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
1	测试间内	四周	相邻	平层	固定式设备周边相邻区域，辐射工作人员（设备开机人员）、公众（客户）	电离辐射
2	3#厂房 1F 区域（管壳装配间、检验区、空调设备房、楼梯间等）	北侧	相邻	平层	厂房内办公用房，公众，约 5 人	
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 22~45m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
4	宿舍楼		约 45~50m	平层	宿舍楼（6F），公众，约 200 人	
5	主通道	东侧	相邻	平层	通道，公众，约 5 人	
6	3#厂房 1F 区域（工业 CT 总装调试区、产品展示区等）		约 9~45m	平层	厂房内生产、展示用房，公众，约 15 人	
7	厂区室外道路、绿化		约 45~50m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
8	走廊	南侧	相邻	平层	走廊，公众，约 5 人	
9	3#厂房 1F 区域（排气间、卫生间、楼梯间、茶水间、配电房等）		约 3~33m	平层	厂房内辅助用房，公众，约 10 人	
10	厂区室外道路、绿化		约 33~47m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
11	4#厂房		约 47~50m	平层	预留生产用房，公众，约 60 人	
12	走廊	西侧	相邻		走廊，公众，约 5 人	
13	3#厂房 1F 区域（组装间、试验区、洁净装配间等）		约 3~26m	平层	厂房内办公用房，公众，约 5 人	
14	厂区室外道路、绿化		约 26~40m	平层	道路及绿化，公众，约 5 人	
15	美尔屋玻璃公司		约 40~50m	平层	美尔屋玻璃公司办公用房，公众，约 200 人	
16	预留生产车间、预留辅助用房、预留测试间、测试间 3 等（2~3F）	楼上	/	+5m	厂房内预留用房，公众，约 20 人	
备注“+”表示环境保护目标 1F 地面高于本项目辐射工作场所控制区						

表 7-5 测试间 3 环境保护目标情况一览表						
序号	环境保护目标	方位	水平距离	高差	环境特征及受影响人群	影响因子
1	测试间内	四周	相邻	平层	固定式设备周边相邻区域，辐射工作人员（设备开机人员）、公众（客户）	电离辐射
2	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、休息室、走廊、楼梯间等）	北侧	相邻	平层	厂房内辅助用房，公众，约 30 人	
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 18~40m	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人	
4	宿舍楼		约 40~50m	平层	日联公司宿舍楼，6F，公众，约 200 人	

续表 7 保护目标与评价标准

5	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、办公区、走廊、楼梯间等）	东侧	相邻	平层	厂房内办公用房，公众，约 5 人
6	厂区室外道路、绿化		约 30~47m	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人
7	1#厂房		约 47~50m	平层	生产厂房，公众，约 30 人
8	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、库房、走廊、楼梯间等）	南侧	相邻	平层	厂房内预留生产用房，公众，约 5 人
9	厂区室外道路、绿化		约 42~50m	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人
10	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、卫生间、走廊、楼梯间等）	西侧	相邻	平层	厂房内预留生产用房，公众，约 5 人
11	厂区室外道路、绿化		约 33~47m	平层	厂内道路及绿化，公众，约 5 人
12	美尔屋玻璃公司		约 47~50m	平层	美尔屋玻璃公司厂内道路及绿化，公众，约 5 人
13	3#厂房 2F（测试间 1~2、产品展示区、预留用房等）	楼下	/	-5m	厂房内测试、展示用房，公众，约 10 人
14	3#厂房 3F（预留用房、设备间、实验室等）	楼上	/	+5m	厂房内办公用房，公众，约 10 人

备注“+”表示环境保护目标 1F 地面高于本项目辐射工作场所控制区，“-”表示环境保护目标 1F 地面低于本项目辐射工作场所控制区。

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）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 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 作为职业照射剂量限值。

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超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

（2）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

续表 7 保护目标与评价标准

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。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），X 射线整体探伤机探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1（本报告表 7-5）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/T 26837 的要求。

表 7-5 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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

该标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

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

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

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

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

续表 7 保护目标与评价标准

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

第 3.1.2 条探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

第 3.2 条需要屏蔽的辐射

第 3.2.2 条散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

(4) 评价标准及相关参数值

①年剂量约束值

根据建设单位提供的资料，本项目取 GB18871-2002 中工作人员职业照射剂量限值的四分之一即 5mSv/a 作为辐射工作人员的年有效剂量管理目标值，取公众照射剂量限值的十分之一即 0.1mSv/a 作为公众成员的年有效剂量管理目标值，满足 GB18871-2002 的规定。

②设备屏蔽体外控制水平核算

上述标准中《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）对探伤室屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平有规定，本评价按照其相关要求保守计算屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算如下：

A:居留因子

根据 GBZ/T250-2014 附录 A，不同场所的居留因子选取如表 7-6 所示。

表 7-6 不同场所的居留因子

场所	居留因子	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

备注：后文计算中的居留因子参照本表取值，后文不再提及。

B:设备屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算

本项目射线装置分为企业生产外售和用于测试的自用设备两种，外售设备在本项目工作场所仅在调试和展示时短暂开机运行，因此其屏蔽箱体外周围剂量率控制水平

续表 7 保护目标与评价标准

按照标准要求的2.5μSv/h执行。对于3间测试间内设备屏蔽箱体外剂量率控制水平，按照如下计算公式分别进行计算。

表 7-7 设备工作负荷

设备名称	使用场所	年出束时间（h）	周出束时间（h）
450kV 固定式 X 射线探伤机	测试间 1	133.3	2.7
450kV 工业 CT	测试间 2	25	0.5
450kV 固定式 X 射线探伤机	测试间 3	25	0.5

设备屏蔽体外周围剂量当量率控制水平核算结果见表7-8，导出剂量率参考控制水平按照GBZ/T250-2014条款3的计算要求进行。

关注点剂量率控制水平计算公式：

$$H_{c,d}=H_c/(t.U.T)$$

H_c —一周剂量参考控制水平（μSv/周）

t —探伤装置周照射时间，h

U —探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本项目取1

T —人员在相应关注点驻留的居留因子

表 7-8 剂量率控制水平核算表 单位：μSv/h

设备名称	屏蔽体外关注点		H_c （μSv/周）	T	$H_{c,max}$ （μSv/h）	$H_{c,d}$ （μSv/h）	剂量率参考控制水平 H_c （μSv/h）
	方位	紧邻环境情况					
450kV 固定式 X 射线探伤机	四周、顶棚	测试间 1	100	1	2.5	37	2.5
			5	1/5	2.5	9.3	
450kV 工业 CT	四周、顶棚	测试间 2	100	1	2.5	200	2.5
			5	1/5	2.5	50	
450kV 固定式 X 射线探伤机	四周、顶棚	测试间 3	100	1	2.5	200	2.5
			5	1/5	2.5	50	
	底板	走廊、测试间 1	5	1/5	2.5	50	

备注：①设备屏蔽体外紧邻区域为独立测试用房，为辐射工作人员活动区域，但也可能会存在公众成员偶然驻留的情况，因此计算设备屏蔽体外剂量率控制水平时，分别考虑工作人员和公众，取结果更小值作为屏蔽体外剂量率控制水平。

②设备屏蔽体四周距厂房其他区域最近距离为1m，各方向上剂量率控制水平已考虑了对应方向上所有环境保护目标，经过距离校核后综合选择剂量率控制水平最小值。

③项目剂量限值与污染物排放指标

综上所述，结合本项目实际情况，辐射环境标准限值如下。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-9 辐射相关标准			
序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理 目标限值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
2	X 射线装置 要求	距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率： ＜1mGy/h（管电压＜150kV）； ＜2.5mGy/h（管电压 150~200kV）； ＜5mGy/h（管电压＞200kV）	GBZ117-2022
3	剂量要求	固定式设备屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率：≤2.5μSv/h	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
4	通风要求	固定式设备有效通风换气次数应不小于 3 次/h。	GBZ117-2022
企业制定了固定式设备周围剂量当量率出厂限值：X 射线电压小于 320kV 的固定式设备，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率≤1μSv/h，该限值仅用于本次评价预测中分析产品屏蔽是否满足企业标准，不作为标准控制限值。			

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于重庆市璧山区双狮大道 185 号重庆日联新厂区内，项目涉及 1#厂房和 3#厂房，公司厂区现已建成。项目地理位置图见附图 1，项目工作场所位置见附图 3。

8.2 辐射环境现状

为掌握项目所在位置的辐射环境质量现状，重庆泓天环境监测有限公司于 2025 年 5 月 7 日对项目拟建场地的环境γ辐射剂量率背景值进行了监测。监测结果和监测布点见监测报告：渝泓环(监)[2025]620 号。

8.2.1 监测因子

环境γ辐射剂量率。

8.2.2 监测方案

(1) 监测方法和依据

监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

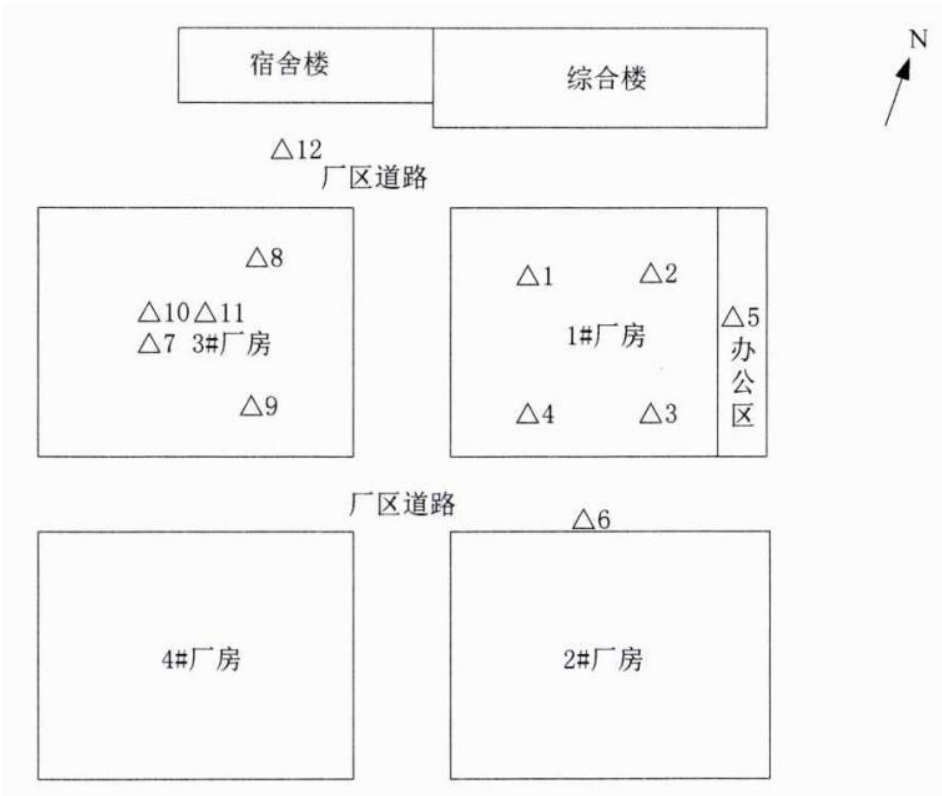
监测方法	监测依据
仪器法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

(2) 监测点位布置

根据项目涉及的场所现状情况和项目厂区布局，共布设 12 个监测点，分别位于重庆日联科技有限公司 1#厂房、3#厂房内的项目用房区域以及邻近环境保护目标和室外区域等，本次监测布点能够反映本项目涉及工作场所及邻近区域的辐射环境背景水平。

监测点位布点示意图见图 8-1，监测点位情况如表 8-2 所示。

续表 8 环境质量和辐射现状



备注：△为环境 γ 辐射剂量率监测点。监测时厂内射线装置均未运行。

图 8-1 监测布点示意图

8.2.3 质量保证措施

本次验收监测单位具有重庆市市场监督管理局颁发的在中华人民共和国境内有效的检验检测机构资质认定证书，保证了监测工作的合法性和有效性。

监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

仪器名称及型号	仪器编号	计量校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级χ、γ辐射巡检仪 RGM5200	1222203004005	2024112106273	2025.12.2	1.12

监测仪器每年送计量部门检定合格后在有效期内使用；监测时获取足够的数据量，以保证监测结果的统计学精度；监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核、审定，最后由授权签字人签发。监测结果有效。

8.2.4 监测结果

监测结果统计见表 8-3。

续表 8 环境质量和辐射现状

表 8-3 项目本底监测结果统计		
监测点位	监测点位描述	环境γ辐射剂量率（nGy/h）
△1	1#厂房生产车间内	60
△2	1#厂房生产车间内	63
△3	1#厂房生产车间内	62
△4	1#厂房生产车间内	64
△5	1#厂房办公区内	67
△6	2#厂房旁	66
△7	3#厂房内生产车间 1 楼	63
△8	3#厂房内生产车间 1 楼	65
△9	3#厂房内生产车间 1 楼	63
△10	3#厂房内生产车间 2 楼	66
△11	3#厂房内生产车间 3 楼	68
△12	3#厂房旁厂区道路	72
备注：①1μGy/h=1000nGy/h。 ②以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。		
由上表可知，项目位置及周围环境的环境γ辐射剂量率的监测值在 60nGy/h～72nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值）。根据《2023 年重庆市辐射环境质量报告书》（简化版），2023 年重庆市环境 γ 辐射剂量率各点位测量均值范围为 76.8~93.3nGy/h、全市各点位年均值为 87.0nGy/h（均未扣除宇宙射线响应值）。项目辐射环境背景调查表明，场址及周围的环境 γ 辐射剂量水平在重庆市天然辐射本底水平的正常涨落范围内。		

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目依托现有/预留用房和设施，不涉及场地和设备设施建设，施工期主要为 3# 厂房放置射线装置的安装，设备搬运和安装由施工人员通过叉车和小型工具完成，可能产生外包装等固废。

9.2 运营期工艺流程及产污环节

9.2.1 工作方式及整体工作流程

本项目主要为生产、销售 X 射线检测装置。项目工作方式为：先对客户提供的零部件进行测试，确定合适的产品方案，再外购成品零部件回厂进行组装。设备组装完成后，进行调试（在本项目许可场所内），调试完毕后对外销售。并在客户使用场所（客户取得生态环境部门批准的指定场所）进行培训指导，同时提供售后维修服务。

项目营运过程总体可以分为三个部分：销售、确定产品方案和产品制作，其中销售包括：合同签订、外售、售后服务。确定产品方案包括客户工件测试、制定产品方案、购置零部件。产品制作包括：屏蔽铅房制作（在厂区其他项目环评报告中已评价）、产品组装、组装完成的产品进行调试。本次新增产品生产只涉及组装、调试部分，不涉及机械加工。工业 CT 和固定式 X 射线探伤机的生产流程一致，只是在采购的零部件具体类型上存在差异。

除生产产品外，本项目另在 3#厂房的测试间 1~3 中分别放置了 1 台自用的 X 射线检测装置，其工作方式为工作人员在固定的工作场所内，操作 X 射线检测装置开机运行，得到客户方工件探伤和研发测试的数据，然后将数据用到后续的生产、研发环节。展示区主要用于对外展示公司生产产品，根据客户需求，可能在展示区演示设备运行情况，需要开机出束，工作方式为，由工作人员操作设备运行，讲解设备运行过程和原理，演示结束关闭设备。测试间和产品展示区的 X 射线装置运行流程和产排污与生产产品组装完成后的调试阶段基本一致。

项目整体工作流程及各环节产排污情况见图 9-1。

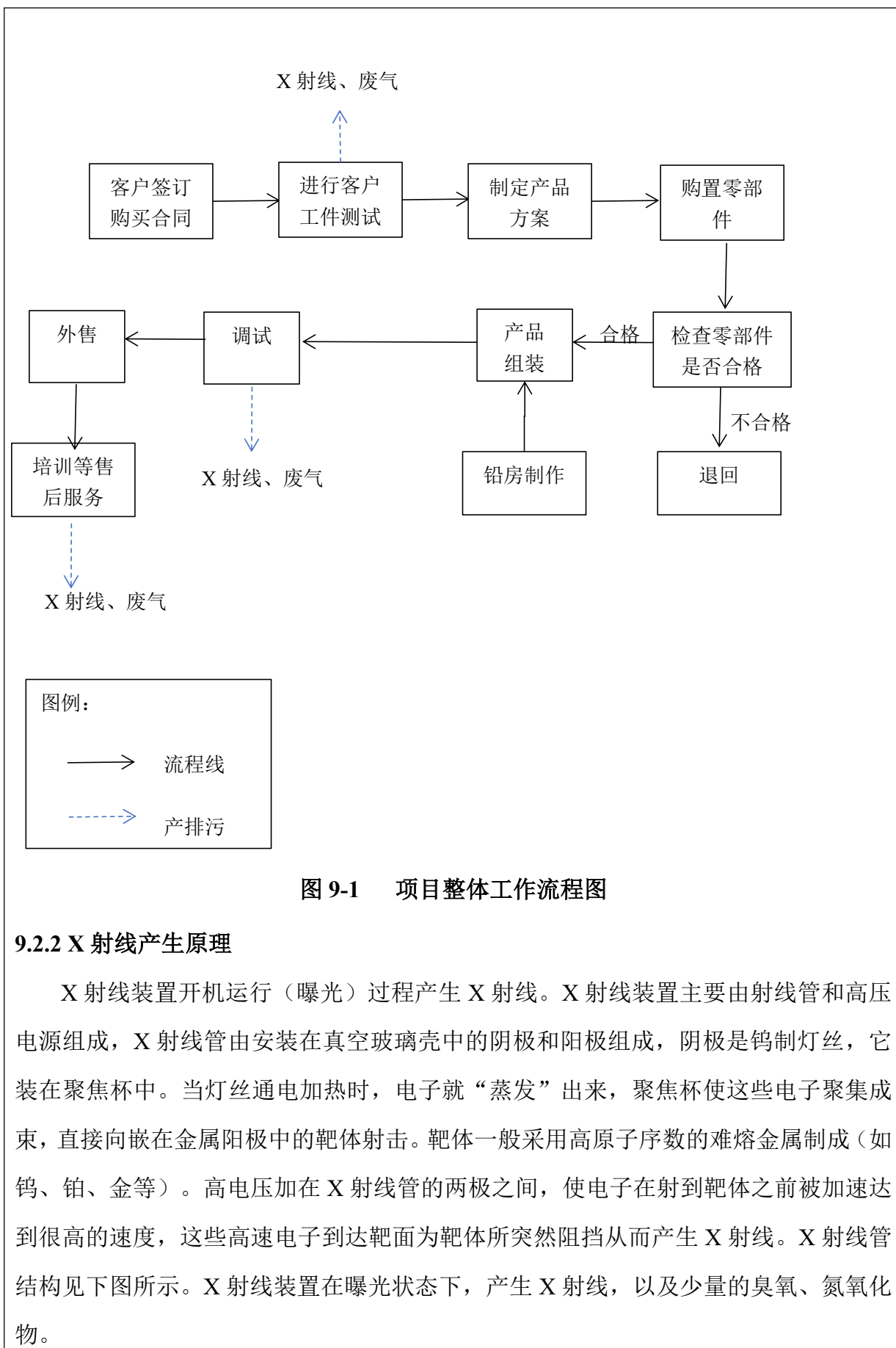


图 9-1 项目整体工作流程图

9.2.2 X 射线产生原理

X 射线装置开机运行（曝光）过程产生 X 射线。X 射线装置主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成（如钨、铂、金等）。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为靶体所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管结构见下图所示。X 射线装置在曝光状态下，产生 X 射线，以及少量的臭氧、氮氧化物。

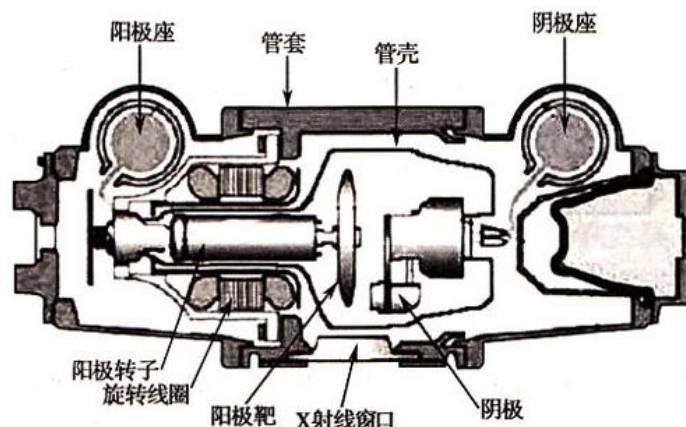


图 9-2 典型 X 射线管结构图

工业 CT 利用 X 射线源提供 X 射线，根据 X 射线透过工件的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。高精度数控样品扫描转台实现扫描时工件的旋转或平移；探测器系统用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后传入计算机；计算机系统包括软件和硬件，主要进行图像采集和三维重建，从而获得物体内部结构信息；安全防护屏蔽室用于射线安全防护。工业 CT 机工作原理见图 9-3。

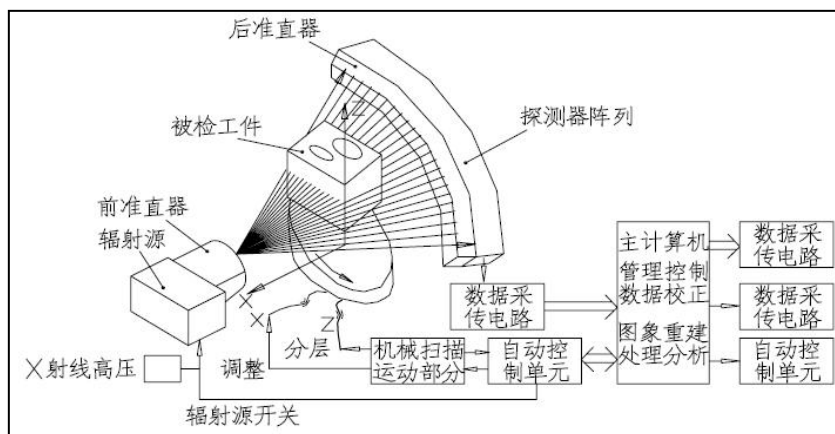


图 9-3 工业 CT 设备系统组成图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.3 确定产品方案

确定产品方案包括客户工件测试、制定产品方案、购置零部件。

本项目所生产的 X 射线检测装置为定制产品，需根据客户需求确定产品方案包括：产品规格、合适的 X 射线球管参数等。因此，需要客户提供所需检测的工件进行检测。

客户需要做检测的样件抵厂后，本项目辐射工作人员将其固定在 3# 厂房测试间的固定式自屏蔽探伤机或工业 CT 内的检测平台上，并根据样件的材质、厚度等参数设定曝光参数（确定曝光电压，电流自动调整）后，对样品进行检测。X 射线装置开机检测过程中，根据实时成像情况微调曝光参数，确定最优照射参数。测试过程 X 射线装置连续出束，一般单次测试 5min 内可完成。

确定最佳的照射参数（X 射线球管电压、电流）后，再根据客户生产流程、待测工件的尺寸、形状等参数设计 X 射线检测设备（产品）的具体形式，以及固定式检测设备（产品）屏蔽箱体大小、所需的各种零部件尺寸等，然后根据设计方案向外厂订购所需零部件，零部件均为购置可直接进行组装的成品。

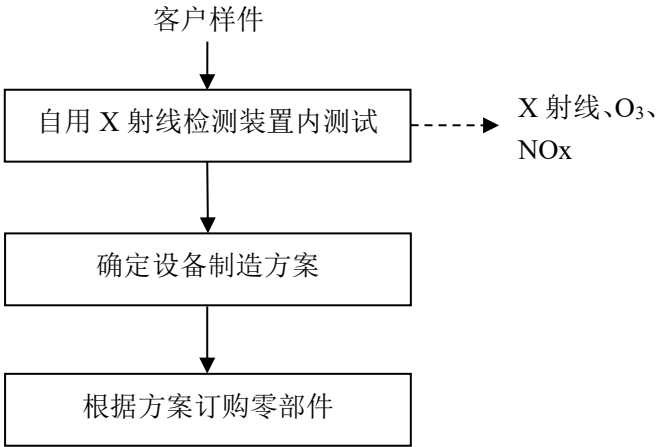


图 9-4 确定产品方案环节的生产工艺及产污示意图

9.2.4 产品制作

产品制作包括：检查零部件合格性（不合格零部件返厂、合格零部件进行后续组装）、将零部件组装在屏蔽铅房内、组装完成的产品进行调试。

固定式 X 射线探伤机和工业 CT 均由操作台与配电箱、屏蔽铅房、检测机构、传送机构、软件及控制系统、核心部件等 6 部分组成。

续表 9 项目工程分析与源项

(1) 测试零部件性状

本项目产品制作所需各类零部件均为根据设计方案要求直接外购成品，零部件到厂后，工作人员根据设计方案，抽查零部件性能、结构、外观、规格尺寸等是否合格，不合格产品直接退回生产厂家。

(2) 产品组装

1) 检测机构、传送机构组装

该工序主要组装检测机构和传送机构，利用订购的钢板、铰链、螺栓等零部件进行组装，组装完成后装入设备屏蔽箱体内部并进行固定。

2) 设备总装

操作台与配电箱安装：将外购的操作台打开，将各类控制按钮、控制杆及操作控制屏安装到操作台面上；将电脑显示屏挂到操作台上方、工控机安放到操作台内部；将配电盘挂到配电箱内，将操作台与配电盘进行线路连接。

软件及控制系统：将软件与设备的控制系统进行安装，同时将外购的声光报警系统及安全光栅防护系统进行安装。

将所需的其他机加件、电缆、电机、排风扇、开关等电气设备进行安装，最后在箱体显眼位置贴上电离辐射警示标识。

3) 机械性能检测

将初步组装好的设备进行开机检测，配合编程检查设备相关性能是否符合要求，如机械运动协调性、声光报警有效性等。所有性能满足要求后，再在传送系统上放置配重块（模拟检测工件），模拟正常工作模式让设备运行 2~12 小时（此时还未安装 X 射线球管等核心组件），再根据设备运行情况对内部机构进行微调。

4) 安装核心零部件

将外购的 X 射线源（包括 CT 源）、高压发生器、平板接收器、冷却系统、电缆等安装到设备检测机构上。视情况（平板接收器接收面尺寸、检测工件尺寸等）对 X 射线管加装收光器、过滤片等外加件，确保设备检测性能及屏蔽防护效能能够满足要求。

续表 9 项目工程分析与源项

部分设备冷却系统为油冷，油冷机为外购成品，油冷机安装前须在 3#滤油机房内使用滤油机将液压油加注到油冷机中并密封（其相关内容已在其他环评报告中评价，本项目不涉及）。

（3）调试（开 X 射线调试）

设备在总装调试区整体组装完成后，在无工件，最大 X 射线球管电压条件下，现场开启 X 射线进行调试/测试。

因所用的 X 射线管为外购成品，其出厂时已进行了管电压误差、过电保护、温度保护、射线辐射角和辐射场均匀性等测定，并附带相关合格证书，建设单位不再单独对 X 射线管进行相关性能测试，仅在设备组装完成后在一起进行调试。

建设单位在厂区内开展的测试项目主要为：实时成像质量测试、穿透力测定、相对灵敏度测定、系统分辨率和空间分辨率测定、整机屏蔽体外周围剂量当量率检测。调试（测试）时，一般先从低电压逐步升至高电压，检测 X 射线出束及设备机构件是否正常运行，并同时使用检测仪器（巡测仪等）对设备屏蔽箱体外周围剂量当量率进行监测，若存在设备故障或周围剂量当量率超标等问题，拆机整改后再重新进行调试。设备出厂时，出具产品检测报告及说明书。单次开机一般 5min 内可完成测试。

设备在厂内调试/测试过程中，均采用实时成像系统，不贴片、不洗片。

综上所述，X 射线装置生产工艺及产污环节见图 9-5。

续表 9 项目工程分析与源项

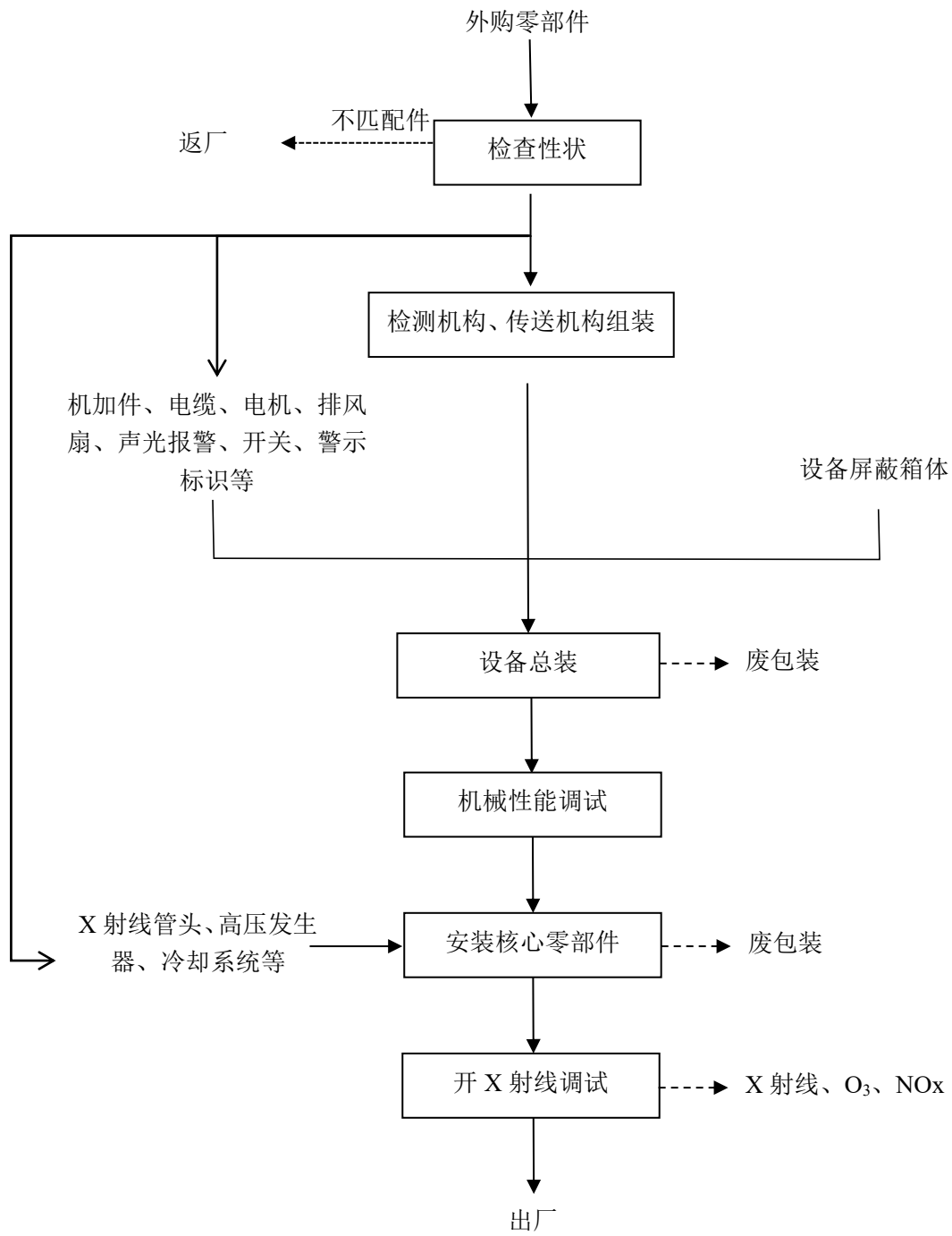


图 9-5 设备生产工艺及产污环节示意图

续表 9 项目工程分析与源项

9.2.5 设备销售

销售过程包括：合同签订、外售和售后服务，其中合同签订为销售人员联系客户，确认客户需求，签订购买合同。外售为设备制作完成后，根据合同要求，运输至客户指定地点，安装人员上门，核对设备清单，签订验货文件。设备运输过程委托物流公司完成。售后服务包括售后培训和售后维修，在培训和维修过程中，可能涉及设备调试运行，会产生 X 射线。合同签订和外售过程中，基本无污染物产生，因此主要分析售后培训和售后维修过程中的产排污情况。

重庆日联公司设备只销售给取得了辐射相关环境许可的使用单位，销售过程中也无其他放射性固废、气体、液体废物产生。为了杜绝辐射事故发生，重庆日联必须严格按照销售流程进行作业，确保工作人员不在购买单位许可场所外操作 X 射线装置，做好现场开机调试和准备工作，保障环境和人员安全。

9.2.5.1 售后培训

售后培训为重庆日联公司辐射工作人员对购买方辐射工作人员进行设备操作、维护保养等知识的培训。培训完成，设备验收合格后，责任方转为使用方。培训主要内容组成：

- 1) X 射线控制器的电原理图简介；
- 2) X 射线控制器的故障识别和维修技术；
- 3) 高压发生器及 X 射线管的维护和保养技术；
- 4) 设备的操作使用方法；
- 5) 其它有关技术问题；

在培训过程中，讲解设备的操作使用方法时，会涉及使用 X 射线装置进行开机运行，设备运行在购买方许可场所内完成。此部分培训工作，严格按照设备操作规程要求进行指导。主要工作流程如下：

- (1) 在设备待机状态下，将受检物件置于固定式设备载物台，进行正确的摆位；
- (2) 随后关闭屏蔽门，检查屏蔽门是否成功关上，先预热（如果有需要）；
- (3) 在控制台设置设备运行参数，设备出束；

续表 9 项目工程分析与源项

(4) 出束完成后，取出工件。

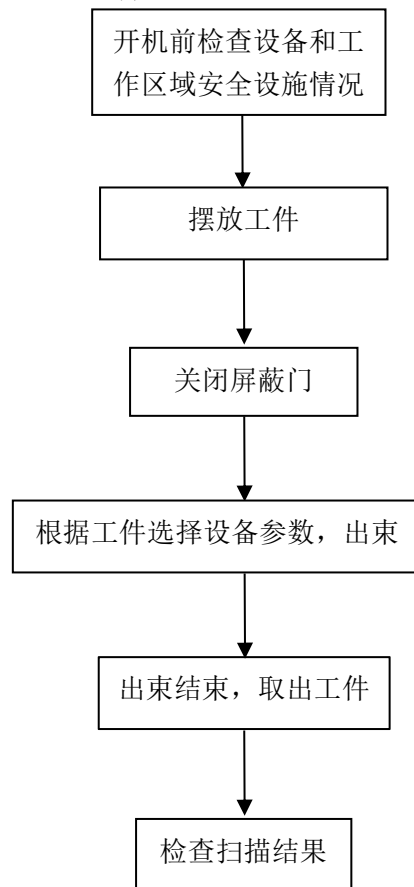


图 9-8 设备使用流程示意图

9.2.5.2 售后维修

购买方在使用设备过程中，发生故障时，先根据设备说明书排查故障原因，简单机械、电气故障，自行维修。如发生 X 射线管不能正常出束、设备屏蔽体外周围剂量当量率超过标准限值及其他购买单位无法自行解决的严重故障等情况下，由重庆日联公司对设备进行维修，现场维修前做好现场准备工作。

固定式设备发生故障后，由重庆日联公司辐射工作人员到现场进行维修，查找事故原因，更换设备组件等，维修完成后，开机调试运行，运行流程与培训时的设备运行流程一致。现场无法解决的问题，将设备运回公司，返厂维修，维修和调试工作在本项目 1#厂房总装调试区完成。

续表 9 项目工程分析与源项

9.3 人流物流路径规划

项目涉及的辐射工作场所包括：1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区、3#厂房 1F 的工业 CT 总装调试区、3#厂房 1F 和 2F 的测试间 1~3，4 个辐射场所功能分布明确、相互独立。

1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区和工业 CT 总装调试区为开放区域，可从各自厂房大门进入相关区域；企业自用的 3 台固定式自屏蔽 X 射线装置放置在 3#厂房 1F 和 2F 独立的 3 个测试间内，工作人员和测试工件可以通过厂房大门和室内走廊等进入相关区域，再通过设备屏蔽铅房防护门进出设备屏蔽铅房。

9.4 污染源项描述

根据工艺流程可知，本项目产生的污染物主要有设备曝光时的 X 射线、废气（臭氧、氮氧化物）等。

9.4.1 电离辐射

由 X 射装置工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线装置工作流程，与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间（或无工件调试期间），它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，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、漏射线和散射线。

（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。其射线能量、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。

项目涉及的 X 射线管配套的过滤片及其发射率情况如下：

表 9-1 X 射线管发射率列表

型号	最大管电压 (kV)	过滤片	发射率 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	数据来源
----	------------	-----	---	------

续表 9 项目工程分析与源项

450kV 固定式 X 射线探伤机(测试间)	450	3mm 铜	35	ICRP33 第 56 页图 3
500kV 固定式 X 射线探伤机(型号: UNC/UNF/UNZ 等)	500	3mm 铜	48	ICRP33 第 56 页图 3
600kV 固定式 X 射线探伤机(型号: UNC/UNF/UNZ 等)	600	3mm 铜	100	ICRP33 第 56 页图 3 (外推法)
工业 CT (UNCT90~5100 等)	90	0.5mm 铜	1.2	ICRP33 第 55 页图 2
	110	0.5mm 铜	2.3	
	130	0.5mm 铜	3.7	
	150	3mm 铝	5.2	GBZ/T250-2014
	160	3mm 铝	6.0	GBZ/T250-2014 (内插法)
	180	3mm 铝	7.5	
	200	3mm 铝	8.9	GBZ/T250-2014
	225	0.5mm 铜	13	ICRP33 第 56 页图 3
	320	3mm 铜	12	
	450	3mm 铜	35	
	500	3mm 铜	48	
	600	3mm 铜	100	ICRP33 第 56 页图 3 (外推法)

注: 设备生产过程根据情况另外加装过滤片、收光器等装置, 环评按最不利条件 (即不另外加装屏蔽体) 考虑。

(2) 漏射线

由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。对照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1, 项目 X 射线装置距靶点 1m 处的漏射辐射剂量率如下:

表 9-2 X 射线装置的泄漏辐射剂量率

型号	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
工业 CT (小于 150kV)	1×10^3
工业 CT (150~200kV)	2.5×10^3
工业 CT (大于 200kV)、固定式 X 射线探伤机 (450~600kV)	5×10^3

(3) 散射线

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、屏蔽体各面等) 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。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ250-2014) 表 2, 项目 X 射线装

续表 9 项目工程分析与源项

置 90° 散射时最大能量相应的 X 射线 kV 值如下：

表 9-3 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

型号	最大管电压 (kV)	散射辐射 (kV)
工业 CT (90kV)	90	90
工业 CT (110kV)	110	110
工业 CT (130kV)	130	130
工业 CT (150~200kV)	150~200	150
工业 CT (225kV)	225	200
工业 CT (320kV)	320	250
工业 CT (450kV)、固定式 X 射线探伤机 (450kV)	450	250*
工业 CT (500kV)、固定式 X 射线探伤机 (500kV)	500	250*
工业 CT (600kV)、固定式 X 射线探伤机 (600kV)	600	300*

注：*GBZ250-2014 中对于电压 >400kV 的情况，X 射线 90° 散射辐射对应的 kV 值缺项，散射能量按下式计算（见《辐射防护手册》），计算结果小于 250kV 的取 250kV，250~300kV 的取 300kV。对于 <150kV 的情况，X 射线 90° 散射辐射对应的 kV 值保守取初始射束相同电压值。

$$E_{\gamma'} = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)}$$

式中： $E_{\gamma'}$ ——散射光子的能量 (MeV)；

E_0 ——入射光子的能量 (MeV)；

$m_0 c^2$ ——电子静止能量 (MeV)，0.511；

θ ——散射角 (°)，90°。

9.4.2 其他污染物排放情况

(1) 废气

在 X 射线装置运行时，X 射线使空气电离产生少量臭氧 (O₃) 和氮氧化物 (NO_x)。本项目使用和生产的 X 射线装置屏蔽铅房内均设置机械排风，在箱体顶棚处安装 1 个机械排风扇，且保证每台设备的通风次数均不小于 3 次/h。废气排至厂房或测试间内上空，然后由机械排风系统引至厂房外排放。

(2) 废水

续表 9 项目工程分析与源项

本项目废水主要为工作人员产生的生活污水，项目无生产废水产生。本项目工作人员依托重庆日联现有工作人员，在公司总劳动定员内，不增加人员数量和生活污水产生量。工作人员生活设施依托厂区现有，生活污水依托厂区污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后排入市政污水管网，送入污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后外排。

（3）固体废物

本项目采用实时成像系统，不贴片、不洗片，不产生洗片废液及危废，固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾。

生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

项目自用的 X 射线装置报废后，一部分回用至生产工序，不能利用的部分按照建设单位相关要求处理，拟对高压射线管去功能化，保留处理相关手续并存档。

（4）噪声

本项目噪声源主要为设备机械运行噪声和排风扇运行噪声，排风扇安装在设备内部，且功率较小，设备放置在建筑内，噪声主要通过建筑隔声和距离衰减。

9.4.3 项目污染物统计

项目不产生放射性“三废”。运营期污染物产排情况如下：

表 9-4 污染物产排情况统计表

类别	污染因子	产生量	排放量	处理措施
电离辐射	X 射线	不同能量的 X 射线装置，距靶 1m 处主射束的输出量、漏射线漏射线所致周围剂量当量率以及散射线能量均不同，详见表 9-1~表 9-3 所列；经屏蔽箱体屏蔽后，周围剂量当量率满足相关标准要求。		固定式的 X 射线装置自带屏蔽箱
废气	O ₃ 、NO _x	少量	少量	加强通风换气，废气经排风系统统一引至室外排放
废水	生活污水	/	/	厂区污水处理设施处理达三级排放标准后排放进入市政污水管网，再经过璧山高新区生活污水处理厂处理后排放

续表 9 项目工程分析与源项

噪声	设备噪声	75~90dB (A)	昼间≤65dB (A)，夜间不生产	选用低噪声设备,设备置于生产车间内,车间为封闭式;
固废	生活垃圾	/	/	设垃圾桶,分类袋装收集后,交市政环卫部门处理
	X 射线装置	/	/	项目自用的 X 射线装置报废后,一部分回用至生产工序,不能利用的部分按照建设单位相关要求处理,拟对高压射线管去功能化,保留处理相关手续并存档。

9.5 原有项目不足及改进分析

本项目依托厂区现有用房和设施,日联公司新厂区按照环评要求建设,目前正在竣工验收工程中,暂无需要改进和调整的措施。本环评建议企业督促未取得《核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单》的放射工作人员尽快通过考核,企业放射工作人员应做到持证上岗。

表 10 辐射安全与防护

10.1 布局与分区

10.1.1 工作场所布局合理性

项目包含的辐射工作场所分别为：1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区、3#厂房 1F 的工业 CT 总装调试区、3#厂房 1F 和 2F 的测试间 1~3，其中 1#厂房总装调试区为公司现有辐射工作场所，3#厂房各工作区域为本次新增辐射工作场所。各辐射工作场所内放置的 X 射线装置，除测试间的 3 台设备为固定在房间内作为公司自用以外，其余区域均为公司生产产品，放置型号和数量不定，每台设备均按照规范要求生产，设置工件门或人员门，设备控制台设置在屏蔽铅房外，且设备主射线方向避开门窗和操作台。

1#厂房总装调试区：公司现有 X 射线检测装置组装和调试场所，位于厂房开放式区域，使用黄色标记线在地面划分出工作区，周边主要为厂房内过道，本次不改变该场所现有布置情况。每台 X 射线检测装置在总装调试区内的一个固定位置进行组装，然后原地进行调试。每台设备的组装调试独立进行，彼此之间不相互干预。总装调试区属于开放式区域，便于设备零部件和成品的转运，周边相邻位置为厂房过道，除公司的设备组装调试人员外，其他公众驻留时间很短，便于辐射安全管理。本项目固定式 X 射线探伤机的组装、调试工序与公司现有产品完全一致，且每台设备的生产、测试均独立完成，本项目新增产品在 1#厂房总装调试区进行组装调试，不影响现有产品的生产。

3#厂房 1F 总装调试区：位于厂房 1F 开放式区域，拟使用黄色标记线在地面划分出工作区，周边主要为厂房内过道和本项目产品展示区。每台工业 CT 在总装调试区内的一个固定位置进行组装，然后原地进行调试。其组装调试具体操作流程以及区域布置情况与 1#厂房总装调试区生产固定式 X 射线探伤机一致。

3#厂房 1F 产品展示区：位于厂房 1F 总装调试区东侧的开放式区域，拟放置多台工业 CT 和固定式 X 射线探伤机，并在地面用标识线划分功能区域。展示区的设备主要用于对外展示，不影响厂房其他生产工作区域的运行。展示区内每台设备独立放置在一个固定位置，且彼此间隔一段距离。

3#厂房测试间：企业自用的 3 台固定式自屏蔽 X 射线装置包括 2 台固定式 X 射线探伤机和 1 台工业 CT，分别放置在 3#厂房 1F 和 2F 独立的测试间内，装置自带屏蔽箱体（含防护门），设备控制台放置在屏蔽箱体外，主射线方向朝向左右两侧箱体，避开防护门和控制台位置。设备摆放在测试间靠中心的位置，距离测试间墙面保持 1m 以上距离。测试间为独立用房，房间内活动的人员主要为本项目辐射工作人员。

综上所述，本项目各辐射工作场所彼此独立，并利用地面标识或隔墙分隔。每台 X 射线装置均自带铅房和独立操作台，设备生产或使用位置固定，同一辐射工作场所内的设备之间保持一定距离，减少了彼此之间的辐射叠加影响。按要求在屏蔽铅房处设置防护门，除特殊情况下，设备主射线方向均避开防护门设置。本项目平面布局合理。

10.1.2 分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）4.1.2 要求：应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

项目生产、使用的固定式自屏蔽 X 射线装置自带屏蔽箱，在运行时，各设备防护门保持关闭，排风扇等设施内嵌在设备箱体内，因此，测试间 1~3 将固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽箱内划为控制区，设备外的测试间其余区域划为监督区；因产品展示区、总装调试区存在多台设备集中摆放，拟使用地面警戒线单独划区，将固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽箱内划为控制区，将警戒线以内、固定式自屏蔽 X 射线装置自带屏蔽箱以外的部分划分为监督区。

表 10-1 项目分区管理情况表

类别	区域
控制区	固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽体以内区域
监督区	测试间 1~3；1#厂房、3#厂房总装调试区以及产品展示区地面警戒线以内除固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽体外的区域；固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽体其他相邻区域

备注：固定式自屏蔽 X 射线装置在总装调试区、产品展示区的摆放位置会根据设备具体情况进行调整，但总装调试区和产品展示区范围为固定区域，下图为设备摆放示意图。

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

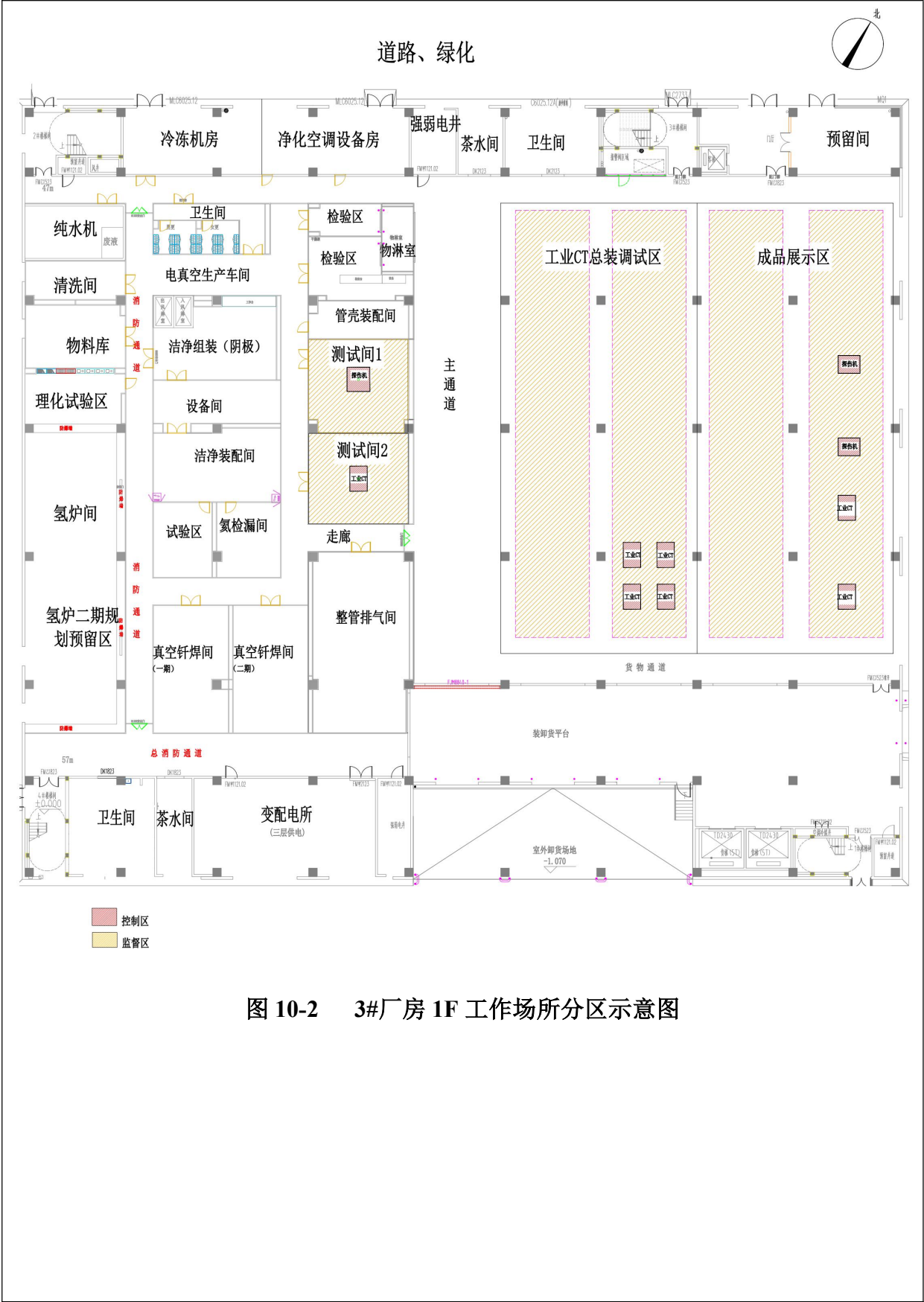
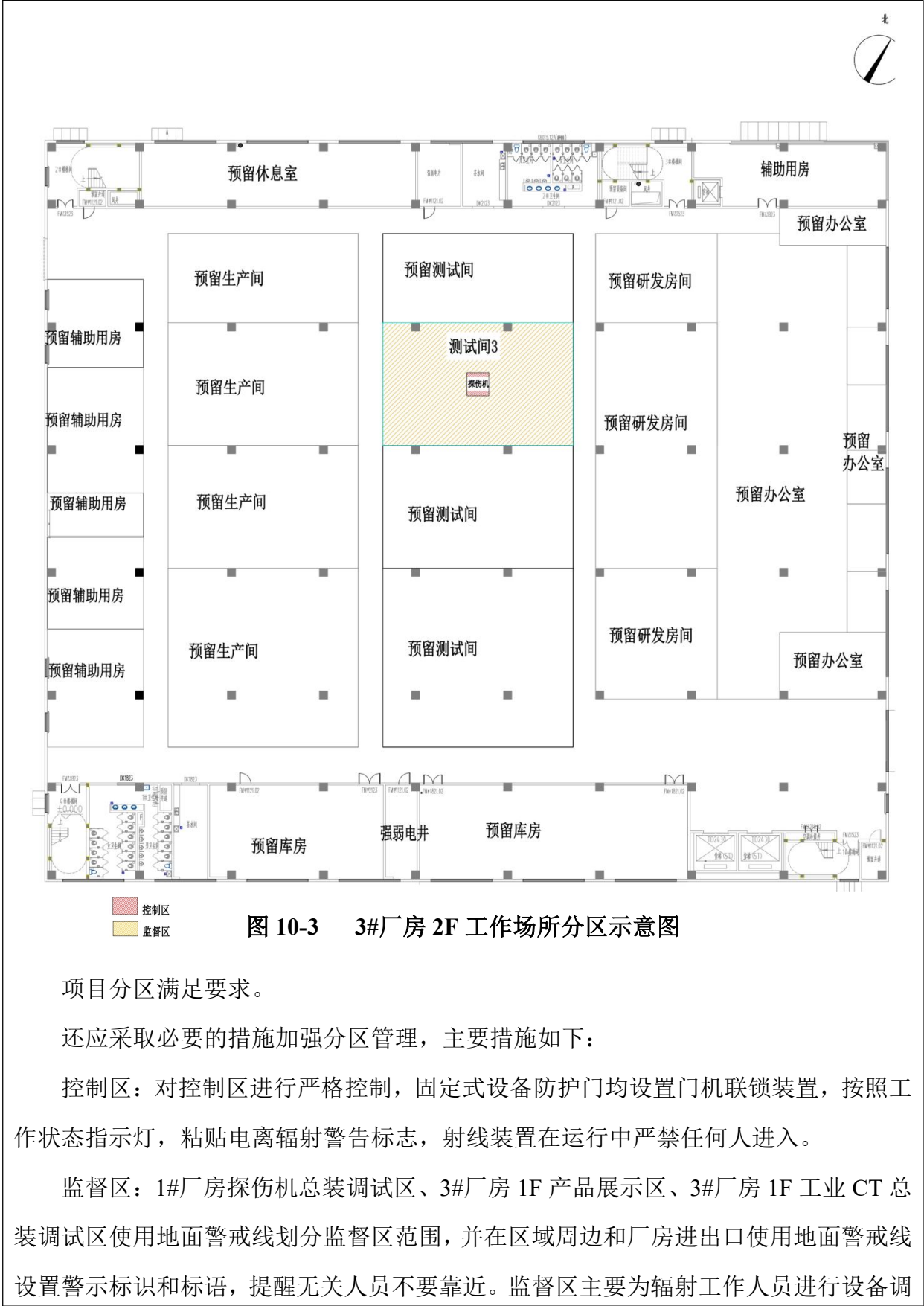


图 10-2 3#厂房 1F 工作场所分区示意图

续表 10 辐射安全与防护



续表 10 辐射安全与防护

试时的区域，按照要求定期对监督区周围剂量当量率进行监测。3#厂房 1F 和 2F 的测试间 1~3 为独立用房，房间墙体内封闭区域为监督区。监督区主要为辐射工作人员进行设备操作时的区域，按照要求定期对监督区周围剂量当量率进行监测。

10.2 辐射安全与防护措施

项目射线装置产生的辐射主要为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。

10.2.1 X 射线装置固有安全性

X 射线装置的固有安全性包括以下几个部分：

(1) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该设备会示意操作者可以进行训机；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户下一步该如何操作。

(2) 延时启动功能

便携式 X 射线装置具备延时启动功能。按下开高压按钮启动曝光后，在产生 X 射线之前，系统将自己延时 1 分钟，在延时阶段，会听到“嘀---嘀”警报声。这时用户也可以按下高压按钮来停止探伤机的启动。固定式设备不具备延时启动功能。

(3) 当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，提醒操作人员发生了故障。

(4) 当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

(5) 设备停止工作 48 小时以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

(6) 过电流保护

设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

(7) 失电流保护

设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.25mA 时，自动切断高压。

续表 10 辐射安全与防护

(8) 过电压保护

设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(9) 继电保护

设有继电保护装置，继电保护装置与防护门开关的触点为串联形式，正常时均为接通状态；若有故障则不能接通并达到高压。

10.2.2 实体屏蔽防护措施

(1) 屏蔽体设计情况

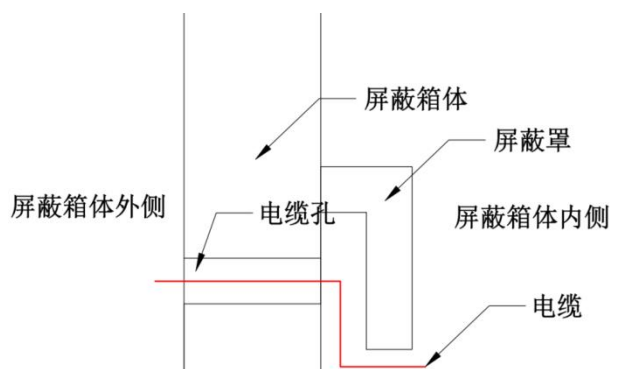
根据建设单位提供的资料，项目生产、使用的固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽箱体拟采用铅板+钢板材质，并在主射面进行了加厚处理，屏蔽体厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射效应。经后文核算，固定式自屏蔽 X 射线装置的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）标准要求。

(2) 防护门、屏蔽体的安装、搭接等均拟按相关要求进行，确保屏蔽箱体的整体屏蔽能力。

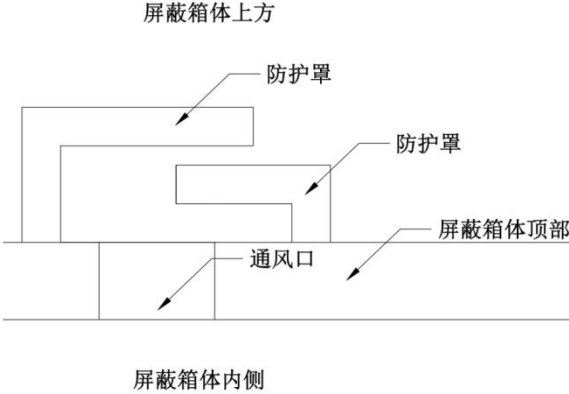
(3) 电缆穿线孔和通风口屏蔽补偿

① 电缆穿线孔

电缆穿线孔位于四周屏蔽箱体下方靠近底板处，为直接在屏蔽箱体上垂直开设一个孔洞，然后在屏蔽箱体内侧开孔处，设置一个与屏蔽箱体同等防护厚度的屏蔽罩，作为屏蔽防护补偿设施，屏蔽罩尺寸大于电缆孔，可以完全遮挡开孔区域。



续表 10 辐射安全与防护

电缆穿线区剖面示意图	电缆穿墙区实物示意图
②排风口穿墙孔 排风口穿墙孔位于屏蔽箱顶板处，为直接在顶板上垂直开设一个孔洞，然后在顶板开孔处外侧，设置一个与屏蔽箱体同等防护厚度的屏蔽罩（由两个尺寸不同的防护罩错开叠放组成），作为屏蔽防护补偿设施，屏蔽罩尺寸大于电缆孔，可以完全遮挡开孔区域。  通风口剖面示意图	 通风口实物示意图

10.2.3 安全联锁及紧急停机

(1) 生产和使用的固定式设备内外侧均拟设置工作状态指示灯，并有声音提示。工作状态指示灯与设备联锁，可以显示出准备和照射两种模式。

(2) 门机联锁、灯机联锁：生产和使用的固定式设备各防护门均拟与 X 射线机、工作状态指示灯联锁。将防护门的限位器与供电系统交流接触器联锁，只有当防护门关闭且限位器闭合后，交流接触器通电，控制室内插座才能通电。当防护门开启时，无法接通电源。防护门未关或没有关好，X 射线机电源不会接通，X 射线机不能启动。防护门关好后，X 射线机电源才会接通，X 射线才能启动。

(3) 控制台锁定开关：生产和使用的固定式设备操作台均拟设置钥匙开关控制总

续表 10 辐射安全与防护

电源，控制设备整体电源；当控制电源钥匙开关打开，且送电正常，电源指示灯亮。钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

（4）紧急停机：生产、使用的固定式设备的操作台上及屏蔽箱体内部易于接触的地方均拟设置急停按钮，且设置位置避开主射线方向，按下按钮，X 射线高压电源立即被切断，设备停止出束并带自动开门功能。急停按钮旁设置中文标识和相关说明。

10.2.4 通风

生产、使用的固定式设备均采用自然进风、机械排风的方式。

所生产、使用的固定式设备采用自然进风、机械排风的通风方式，拟在设备铅房顶部设置排放口，并配置机械排风扇(通风次数大于 3 次/h)，项目总装调试区、产品展示区的设备开机运行产生的废气经铅房排风口抽至铅房外，再经厂房排风设施引至室外排放；测试间 1、测试间 2 与测试间 3 固定式自屏蔽探伤机与工业 CT 运行产生的废气经铅房排风口抽至各测试间内，再经排风系统引至 3#厂房屋顶上方排放。

10.2.5 其他辐射防护措施

（1）电离辐射警示标志

严格按照控制区和监督区实行“两区”管理，在生产、使用的固定式设备各防护门及其他醒目位置张贴了固定的电离辐射警示标志，用于警示公众成员不要在该区域逗留。

（2）生产、使用的固定式设备内设置至少 1 个摄像头，并连接到操作台的监控显示屏，操作台设置在设备旁，操作人员能全方位监控铅房内外情况，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

（3）为保证 X 射线束发射及接收的有效性，建设单位在设备制造过程中对 X 射线管加装有收光器，束窄 X 射线光束，避免线束照射面超过平板接收器接收范围；同时根据检测工件情况加装适当厚度的光栅（一般为钨铜合金），减弱 X 线束强度。

（4）本项目 3 台自用 X 射线装置内均拟设置 1 个固定式剂量报警仪探头，报警单元安装在控制台旁。生产的固定式设备根据购买方要求选择性安装安装固定式剂量报警装置，同时，设备线缆孔预留固定式剂量报警仪穿墙线缆空间，以便设备出货后，使用方可以加装固定式报警仪。

续表 10 辐射安全与防护

10.3 个人防护用品及监测仪器

个人防护用品及监测仪器如下表所示。

表 10-2 个人防护用品及监测仪器清单

序号	名称	数量	型号/规格	用途	备注
1	个人剂量报警仪	7 个	NT6102	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标	依托 现有
		1 个	DP802i		
2	个人剂量计	7 个		工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的附加剂量进行记录	
3	便携式 X- γ 辐射剂量率巡测仪	1 台	451P	对总装调试区、产品展示区、测试间 1~3 的 X 射线设备屏蔽体外进行周围剂量率监测，保证屏蔽体的屏蔽效果（客户现场检测由第三方检测单位执行）	

由上表分析，企业现有的个人防护用品和监测仪器能满足项目运行的需求。

10.4 放射性“三废”

本项目不产生放射性三废。

10.5 项目措施与相关要求的符合性分析

根据《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）所列，项目拟采取的辐射安全与防护措施能够满足要求，具体如下。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	4 使用单位放射防护要求	4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。	使用单位作为探伤工作主体承担主要安全责任。
		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。	公司成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，并明确管理人员及组织职责，制定辐射防护管理制度。
		4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	公司为辐射工作人员配备个人剂量计并定期送交监测，辐射工作人员按照要求进行职业健康检查。
		4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	企业已有 2 名工作人员取得了 X 射线无损检测工作资格证。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	公司已配置 1 台 X-γ 辐射剂量率仪和 6 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司已制定辐射事故应急预案。
	5 探伤机的放射防护要求	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 内容略。	项目所用的 X 射线管头均为外购，出厂时需符合：X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率满足如下值： $<1\text{mGy/h}$ （管电压 $<150\text{kV}$ ）； $<2.5\text{mGy/h}$ （管电压 $150\sim 200\text{kV}$ ）； $<5\text{mGy/h}$ （管电压 $>200\text{kV}$ ），满足标准要求。
		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) 安全联锁是否正常工作； 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。	本项目辐射工作人员开展放射工作前检查标准规定的各项目是否异常，若无异常则正常工作；如有异常立即停止工作，先维修好后再使用。

续表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	5 探伤机的放射防护要求	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	公司制定了满足标准要求的设备检修维护制度，设备维护由公司专业技术人员负责，自用设备每年至少维护一次，维护后做好维护记录。
	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。	所生产、使用的固定式自屏蔽 X 射线装置自带屏蔽箱体，可预先设定 X 射线主射方向，且均为定向设备。设定有用线束方向时，拟避开控制台和防护门位置。防护门与同侧屏蔽体的防护性能相当。
		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。	工作场所分区管理，分区满足 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 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。	根据后文核算，设备屏蔽体均满足要求。
		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 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。	根据后文核算，X 射线装置顶板上方 30cm 处剂量率小于 2.5 μ Sv/h，满足要求。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。	本项目所生产、使用的固定式设备均拟设置门-机联锁装置，只有当防护门关闭后 X 射线装置高压才能启动并产生 X 射线。防护门关闭后，设备不能自动开启。
		6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目为整体式设备，除检修外，设备内无人员驻留，工作人员在进样门外，将待检工件放至检测台。设备内外设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯，同时具有声音警示功能，该工作灯与设备联锁。预备状态时绿灯亮，X 射线装置出束时红灯亮，并在指示灯旁设“预备”和“照射”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。	每台设备内拟安装监控探头，可以观察到设备内部运行情况。工作人员在设备旁进行操作，可以及时观察设备周围情况。
		6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目所生产、使用的固定式设备防护门外均拟粘贴符合要求的电离辐射警告标志。
		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。	所生产、使用的固定式设备操作台和箱体内部，急停按钮旁设置中文说明。急停按钮安装位置便于操作，不需穿过主射线束就能够使用。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.1 探伤室放射防护要求	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。	所生产、使用的固定式设备配套了相应的排风装置，通风换气次数满足不小于 3 次/h 的要求，排风口设置在设备屏蔽箱体顶部，避开了人员活动密集区
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目自用设备均拟配置 1 个固定式剂量报警仪探头，显示单元设置在控制台旁。
	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	制定有设备操作规程，规定每天工作前，检查门机联锁装置和工作状态指示灯等防护安全措施是否正常。
		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。	公司已配置 1 台 X-γ辐射剂量率仪和 6 台个人剂量报警仪。要求工作人员工作期间随身携带个人剂量报警仪，仪器报警，立刻关闭铅门，切断设备电源，划定警戒线，并防止人员误入。
		6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	使用公司现有辐射剂量巡测仪，每季度对设备周围剂量率水平进行监测，设备外周围剂量当量率高于限值时，及时进行整改，并在后期根据实施经验编制补充“自行监测制度”。
		6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。	使用辐射巡测仪前，检查是否可以正常运行，发现异常，及时维修。
		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。	操作规程中拟要求工作人员规范使用辐射防护装置。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	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。	现有制度要求工作人员每次操作前, 需要确认设备内无人员驻留, 并关闭防护门。确认所有防护和安全装置都正常运行后, 再启动设备。
		6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作, 如工件过大等特殊原因必须开门探伤的, 应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。	本项目产品调试和测试过程只使用小型工件, 进料门和设备检测区域的尺寸满足使用要求, 不需要开门进行操作。
	6.3 探伤设施的退役	当工业探伤设施不再使用, 应实施退役程序。包括以下内容: c) X 射线发生器应处置至无法使用, 或经监管机构批准后, 转移给其他已获许可机构。 e)当所有辐射源从现场移走后, 使用单位按监管机构要求办理相关手续。 f)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。 g)对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测, 以确认现场没有留下放射源, 并确认污染状况。	本项目自用设备不再使用后, 设备去功能化后按要求处置, 使用单位按照监管部门要求办理后续手续。清除工作场所内电离辐射警告标志和各类说明。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3 探伤室屏蔽要求	3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室, 可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。	生产、使用的固定设备根据客户要求设置工件传输门、人员出入口。
		3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外, 控制室和人员门应避免开有用线束照射的方向。	企业所生产、使用的固定式设备, 可预先设定 X 射线主射方向, 且均为定向设备。设定有用线束方向时, 拟避开控制台和防护门位置。
		3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	企业所生产、使用的固定式 X 射线设备屏蔽体搭接处均拟采用了 10cm 宽、对应屏蔽体厚度的屏蔽材质进行覆盖; 电缆线和通风管道穿出机房顶处设置防护罩作为屏蔽补偿, 补偿了穿墙孔洞对屏蔽体屏蔽效果的削弱。

表 10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3 探伤室屏蔽要求	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。	企业所生产、使用的固定式 X 射线设备采用铅+钢板作为屏蔽材料。
《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019	5.3 佩戴	5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。	本项目工作人员个人剂量计均拟按照规范要求，佩戴在左胸位置
	7.3 实施监测过程的质量保证	7.3.2 个人剂量计在非工作期间避免受到任何人工辐射的照射。	个人剂量计拟设置专人保管，在非工作期间统一保管于非辐射照射区。

根据表 10-3 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。在设备安装和运行阶段，应严格落实相关辐射安全防护措施。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目是在日联公司新厂区内新增产品种类，但不增加日联公司总生产规模，本项目不新增用地和设备设施，仅在日联公司现有组装调试车间内完成射线装置的组装和调试工作，项目依托日联公司新厂区用房和各类设备设施。本项目施工期的环境影响主要是自用设备的安装和调试。施工过程中主要有包装垃圾产生，还有施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，一般固废统一交由环卫部门处理。因本项目施工期短、工程量小，施工范围小，且随着施工期的结束而结束，固废能得到妥善处置，因此施工对环境产生的影响小。根据后文核算，调试阶段的电离辐射影响同运行阶段的影响，设备屏蔽体外剂量率达标。

运行阶段对环境的影响

11.1 X 射线整体探伤机屏蔽能力理论预测

11.1.1X 射线整体探伤机辐射屏蔽估算公式

估算公式使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中估算公式。

（1）有用线束

a) 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 按式（11-1）计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad \text{式（11-1）}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1。

表 11 环境影响分析

b)在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)按式 11-2)计算：

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

式中：

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)；

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$,以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表 B.1；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点(靶点)至关注点的距离，单位为米(m)。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算：

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

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——查表。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按式（11-4）计算：

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \quad \text{式（11-4）}$$

式中：

TVL——查表；

B—达到剂量参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

a) 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 按式（11-5）计算，然后按式（11-4）计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式（11-5）}$$

表 11 环境影响分析

式中：

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算，然后按式（11-6）计算泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$ 单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \text{式 (11-6)}$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

（4）散射辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考水平 $\dot{H}_c$ 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式（11-7）计算。然后按式（11-4）计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式 (11-7)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ —剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

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）；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

F— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

表 11 环境影响分析

α —散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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；

B—屏蔽透射因子；

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，查表得出 90° 散射辐射的 TVL，然后按照式（3）计算。关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （μSv/h）按照式（11-8）计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \text{式（11-8）}$$

式中：

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）；

H₀—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴；

B—屏蔽透射因子；

F—R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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；

R₀—辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s—散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.1.2 辐射防护屏蔽核算原则及主要技术参数

根据项目基本情况，本项目涉及 1#厂房和 3#厂房固定式 X 射线探伤机、工业 CT 的组装调试，3#厂房 1 层展示区固定式 X 射线探伤机的使用，3#厂房 1 层和 2 层测试间内放置的固定式 X 射线探伤机和工业 CT 的使用。后文核算时，按不同区域、不同设备类型、不同能量条件等因素，选择代表性设备进行屏蔽防护核算。

根据建设单位提供资料，本项目不同区域不同类型设备的具体配备情况如下：

1#厂房：该厂房内主要进行 X 射线装置的组装和调试，涉及的射线装置包括 500kV 和 600kV 两种能量的固定式 X 射线探伤机。因本项目为根据使用单位需求，定制生产的 X 射线装置，因此不同产品的铅房尺寸、屏蔽体厚度均存在差异。本项目产品方案

表 11 环境影响分析

中，给出了不同能量条件下的典型设备屏蔽箱体尺寸和屏蔽体厚度，计算时，保守选择能量条件更高、且较小铅房规格和屏蔽体厚度的设备进行估算，结合本项目产品方案，固定式 X 射线探伤机选择 500kV 和 600kV 两种分别计算。

3#厂房：该厂房内主要进行工业 CT 的组装和调试、产品展示区设备的开机展示、3 间测试间内设备的开机运行。其中展示区放置的主要为公司生产的产品，且设备能量和类型不超过公司生产设备的参数条件，根据公司需求，展示区设备可能调整更换，因此其设备屏蔽防护情况直接参考其他同类型设备计算结果，不单独进行计算。本次主要考虑工业 CT 组装调试区和测试间 1~3 中的设备运行情况下的辐射防护屏蔽情况，因测试间 1 和测试间 3 中拟放置相同设备（450kV 固定式 X 射线探伤机），因此只选择 1 台进行计算。测试间 2 中拟放置 1 台 450kV 工业 CT，单独进行计算。

工业 CT 组装调试区拟生产的工业 CT 的 X 射线能量范围为 90~600kV。因本项目为根据使用单位需求，定制生产的 X 射线装置，因此不同产品的铅房尺寸、屏蔽体厚度均存在差异。本项目产品方案中，给出了不同能量条件下的典型设备屏蔽箱体尺寸和屏蔽体厚度，计算时，保守选择能量条件更高、且较小铅房规格和屏蔽体厚度的设备进行估算，结合本项目产品方案，工业 CT 选择 130kV、225kV、450kV、500kV、600kV 等五种能量条件下的设备分别进行计算。

（1）主要技术参数

①核算距离、方向

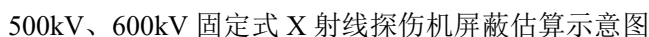
1) 1#厂房：

固定式 X 射线探伤机：

固定式设备主射面一般设置在屏蔽门右侧（人体面向屏蔽门时右侧，客户有特殊要求时除外），X 射线管头安装在距左侧壁 0.5m、距前后侧中心位置处，上下移动范围 80cm，管头定向（但部分设备的球管会围绕支撑臂中心上下 30° 摆动），射线管头距离箱体底部最低位置约 0.5m。

因设备在设计过程已将主射线避开了人员门和操作台，环评按典型设备考虑，计算时将防护门右侧确定为主射方向，其余面箱体按散射和漏射考虑，但因球管摆动时，

可能导致顶棚和底板在主线束投照范围内，该部分需按照主射线考虑，防护屏蔽厚度按照射线实际穿透屏蔽体厚度计算。典型固定式 X 射线设备示意图如下。



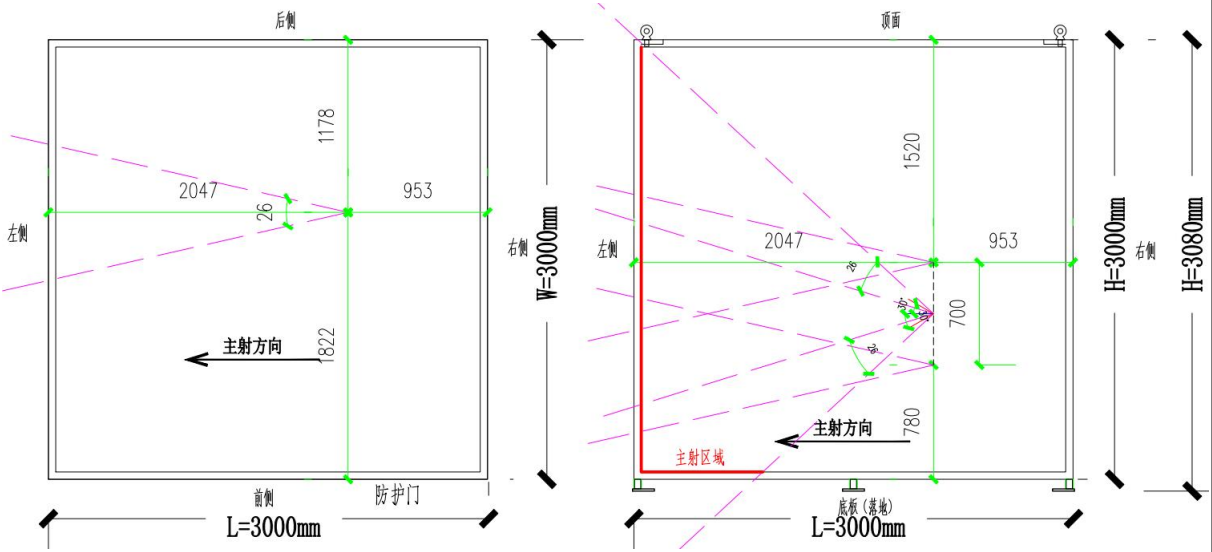
工业 CT:

70

表 11 环境影响分析

测试间内 450kV 固定式 X 射线探伤机：

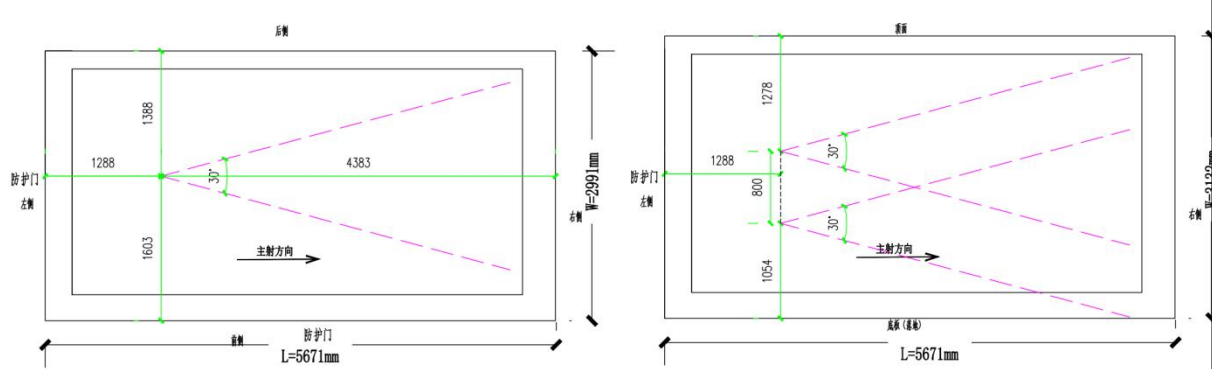
该设备主射面设置在屏蔽门左侧，X 射线管头固定安装在一个 C 形臂支架上，水平方向不能移动，支架上下移动范围 70cm，X 射线管头可以围绕支撑臂中心上下 30° 摆动，具体尺寸和位置情况见下图。设备落地摆放在厂房 1F，下无地下建筑，因此不核算地面剂量率值。



测试间 450kV 固定式 X 射线探伤机屏蔽估算示意图

测试间内 450kV 工业 CT：

主射线方向朝向右侧箱体，X 射线球管固定在一个升降支架上，可以上下垂直移动一定范围（800mm）。X 射线球管射束角度为 30°，设备落地摆放在厂房 1F，下无地下建筑，因此不核算地面剂量率值，其余五面，除右侧为主射面以外，其余 4 面均为散射和漏射。



测试间 450kV 工业 CT 屏蔽估算示意图

表 11 环境影响分析

②其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-1 所示。

表 11-1 屏蔽体核算相关参数

参 数	数 值	来 源	
设备基础参数	电压电流等见表 1-4	建设单位提供	
G（mGy·m ² /mA.min）	见表 9-1	GBZ/T250-2014 表 B.1、 ICRP33 图 2、图 3	
转换系数	6×10 ⁴	GBZ/T250-2014 表 B.1 a)	
H ₀ （μSv·m ² /(mA·h) ）	表 9-1 中 G 值核算	GBZ/T250-2014 表 B.1	
$\frac{R_0^2}{F \times d}$	60（散射辐射≤150kV 时） 50（散射辐射 200~400kV 时） 50（大于 400kV 时，参考取值）	GBZ/T250-2014 附录 B.4.2	
泄漏辐射剂量率 H _L （μSv/h）	见表 9-2	GBZ/T250-2014 表 1	
X 射线 90°散射辐射最 高能量相应的 kV 值	见表 9-3	GBZ/T250-2014 表 2	
什值层（TVL） 半值层（HVL）	TVL		
	电压等级 kV	铅（mm）	钢（cm）
	600	15	3.9
	500	13	3.1
	450	9.25	2.9
	320	6.2	2.3
	300	5.7	2.1
	250	2.9	1.8
	225	2.15	1.6
	200	1.4	1.4
	160	1.05	1.0
	150	0.96	0.95
	130	0.96	0.95
	HVL		
	电压等级 kV	铅（mm）	
	600	4.52	
	500	3.92	
	450	2.80	
	320	1.86	
	300	1.7	
	250	0.86	
	225	0.64	
	200	0.42	
	160	0.32	
	150	0.29	
	130	0.29	
GBZ/T250-2014 表 B.2； 《辐射防护导论》（方杰 主编），P103，图 3.23、 图 3.24			

备注: Sv、Gy 转换因子取 1, 其余位置同此。

③关注点设置原则

表 11 环境影响分析

选择各类设备屏蔽铅房外表面 30cm 处，每台设备通风口和电缆孔外侧设置防护罩，防护罩屏蔽防护厚度与同侧屏蔽箱体厚度一致，因此不单独计算穿墙孔洞处剂量率。

表 11-2 关注点选取情况一览表

类型	核算位置	辐射类型	核算距离 (m)
1#厂房			
固定式 X 射线探伤机 (500kV、600kV)	右侧屏蔽体	主射线	$1.77+0.3=2.07$
	左侧屏蔽体	散射、漏射	$0.5+0.3=0.8$
	顶棚	散射、漏射	$0.62+0.3=0.92$
		主射线	$1.48+0.3=1.78$
	底板	散射、漏射	$0.5+0.3=0.8$
		主射线	$1.27+0.3=1.57$
	前侧、后侧	散射、漏射	$1.07+0.3=1.37$
3#厂房			
工业 CT (130~600kV)	右侧屏蔽体	主射线	$1.61+0.3=1.91$
	左侧屏蔽体	散射、漏射	$0.47+0.3=0.77$
	顶棚	主射线	$0.6+0.3=0.9$
	底板	主射线	$1.32+0.3=1.62$
	前侧	主射线	$0.83+0.3=1.13$
	后侧	主射线	$0.8+0.3=1.1$
测试间内工业 CT (450kV)	右侧屏蔽体	主射线	$4.38+0.3=4.68$
	左侧屏蔽体	散射、漏射	$1.29+0.3=1.59$
	顶棚	散射、漏射	$1.28+0.3=1.58$
	前侧	散射、漏射	$1.60+0.3=1.90$
	后侧	散射、漏射	$1.39+0.3=1.69$
测试间内固定式 X 射线探伤机 (450kV)	左侧屏蔽体	主射线	$2.05+0.3=2.35$
	右侧屏蔽体	散射、漏射	$0.95+0.3=1.25$
	顶棚	散射、漏射	$1.52+0.3=1.82$
	底板	散射、漏射	$0.78+0.3=1.08$
	前侧	散射、漏射	$1.82+0.3=2.12$
	后侧	散射、漏射	$1.18+0.3=1.48$

(2) 屏蔽防护效能核算原则

屏蔽体厚度确定原则：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、散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度 (TVL) 或更大时，采用其中较厚的屏蔽厚度，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)。

表 11 环境影响分析

本项目屏蔽计算选择设备最大参数条件，且不考虑工件本身的防护效果。

根据本项目的 X 射线装置的额定电压等参数，基本上设备能量条件在 GBZ/T250-2014 中附录 B.1 的曲线中均无对应的曲线，因此采用公式（1）和（3）进行理论计算。

11.1.3 射线装置防护核算结果

本项目 X 射线装置的屏蔽体屏蔽能力核算结果见表 11-3。

表 11-3 X 射线装置屏蔽效能核算表

关注点		剂量率参考 控制水平 Hc (μSv/h)	距离 (m)	控制水平下的射 线实际屏蔽所需 厚度 (mmPb)		设计厚度	设计厚度下瞬时剂量 (μSv/h)		是否达 到屏蔽 要求
500kV 固定式 X 射线探伤机 (500kV、10mA)									
右侧	主射线	2.5	2.07	83.6		82mmPb+8mm 钢	1.83		是
左侧	散射	2.5	0.8	11	45.4	50mmPb+6mm 钢	2.40E-12	0.71	是
	漏射			45.4			0.71		
顶棚	散射	2.5	0.92	10.6	43.9	60mmPb+8mm 钢	5.00E-16	0.08	是
	漏射			43.9			0.08		
		主射线	2.5	1.78	85.3		(85mmPb+11mm 钢)	1.16	
底板	散射	2.5	0.80	11	45.4	60mmPb+8mm 钢	6.61E-16	0.1	是
	漏射			45.4			0.10		
		主射线		1.57	86.7		(85mmPb+11mm 钢)	1.49	
前、后 侧	散射	2.5	1.37	9.6	39.4	50mmPb+6mm 钢	8.17E-13	0.24	是
	漏射			39.4			0.24		
600kV 固定式 X 射线探伤机 (600kV、10mA)									
右侧	主射线	2.5	2.07	101.2		100mmPb+8mm 钢	1.88		是
左侧	散射	2.5	0.8	23.4	52.4	55mmPb+6mm 钢	2.18E-04	1.18	是
	漏射			52.4			1.18		
顶棚	散射	2.5	0.92	22.7	50.6	72mmPb+8mm 钢	1.38E-07	0.06	是
	漏射			50.6			0.06		
		主射线	2.5	1.78	103.2		(102mmPb+11mm 钢)	1.57	
底板	散射	2.5	0.80	23.4	52.4	72mmPb+8mm 钢	1.82E-07	0.08	是
	漏射			52.4			0.08		
		主射线		1.57	104.8		(102mmPb+11mm 钢)	2.02	
前、后 侧	散射	2.5	1.37	20.4	45.4	50mmPb+6mm 钢	5.60E-04	0.87	是
	漏射			45.4			0.87		
130kV 工业 CT (130kV、10mA)									
右侧	主射线	2.5	1.91	5.2		6mmPb+4mm 钢	0.13		是
左侧	散射	2.5	0.77	4.2	4.2	5mmPb+4mm 钢	0.15	0.15	是
	漏射			2.7			3.96E-03		

表 11 环境影响分析

顶棚	主射线	2.5	0.9	5.8		6mmPb+4mm 钢	0.58		是
底板	主射线	2.5	1.62	5.3		6mmPb+4mm 钢	0.18		是
前侧	主射线	2.5	1.13	5.6		6mmPb+4mm 钢	0.37		是
后侧	主射线	2.5	1.1	5.6		6mmPb+4mm 钢	0.39		是
225kV 工业 CT（225kV、10mA）									
右侧	主射线	2.5	1.91	12.8		15mmPb+4mm 钢	0.13		是
左侧	散射	2.5	0.77	7	8.35	10mmPb+4mm 钢	0.01	0.12	是
	漏射			7.6			0.11		
顶棚	主射线	2.5	0.9	14.2		15mmPb+4mm 钢	0.57		是
底板	主射线	2.5	1.62	13.1		15mmPb+4mm 钢	0.18		是
前侧	主射线	2.5	1.13	13.7		15mmPb+4mm 钢	0.36		是
后侧	主射线	2.5	1.1	13.8		15mmPb+4mm 钢	0.38		是
450kV 工业 CT（450kV、10mA）									
右侧	主射线	2.5	1.91	58.9		65mmPb+8mm 钢	0.29		是
左侧	散射	2.5	0.77	15.8	32.6	35mmPb+6mm 钢	2.81E-07	0.86	是
	漏射			32.6			0.86		
顶棚	主射线	2.5	0.9	64.9		65mmPb+8mm 钢	1.29		是
底板	主射线	2.5	1.62	60.2		65mmPb+8mm 钢	0.40		是
前侧	主射线	2.5	1.13	63.1		65mmPb+8mm 钢	0.82		是
后侧	主射线	2.5	1.1	63.3		65mmPb+8mm 钢	0.86		是
600kV 工业 CT（600kV、10mA）									
右侧	主射线	2.5	1.91	102.3		100mmPb+8mm 钢	2.21		是
左侧	散射	2.5	0.77	33.7	52.9	55mmPb+6mm 钢	2.35E-04	1.28	是
	漏射			52.9			1.27		
顶棚	主射线	2.5	0.9	112.1		110mmPb+8mm 钢	2.14		是
底板	主射线	2.5	1.62	104.4		110mmPb+8mm 钢	0.66		是
前侧	主射线	2.5	1.13	109.1		110mmPb+8mm 钢	1.36		是
后侧	主射线	2.5	1.1	109.5		110mmPb+8mm 钢	1.44		是
3#厂房测试间 450kV 工业 CT 机（450kV、10mA）									
右侧	主射线	2.5	4.68	51.7		55mmPb+6mm 钢	0.67		是
左侧	散射	2.5	1.59	14	26.8	35mmPb+6mm 钢	6.58E-08	0.20	是
	漏射			26.8			0.20		
顶棚	散射	2.5	1.58	14	26.9	35mmPb+6mm 钢	6.66E-08	0.20	是
	漏射			26.9			0.20		
前侧	散射	2.5	1.9	13.5	22.6	35mmPb+6mm 钢	4.61E-08	0.1	是
	漏射			25.4			0.07		
后侧	散射	2.5	1.69	13.8	23.5	35mmPb+6mm 钢	5.82E-08	0.18	是
	漏射			26.3			0.09		
3#厂房测试间 450kV 固定式 X 射线探伤机（450kV、10mA）									
右侧	主射线	2.5	2.35	57.2		60mmPb+6mm 钢	0.77		是
左侧	散射	2.5	1.25	14.6	28.7	30mmPb+6mm 钢	5.64E-06	1.14	是
	漏射			28.7			1.14		

表 11 环境影响分析

顶棚	散射	2.5	1.82	13.6	25.7	30mmPb+6mm 钢	2.66E-06	0.54	是
	漏射			25.7			0.54		
底板	散射	2.5	1.08	15	29.9	30mmPb+6mm 钢	7.56E-06	1.52	是
	漏射			29.9			1.52		
前侧	散射	2.5	2.12	13.3	21.7	30mmPb+6mm 钢	1.96E-06	0.39	是
	漏射			21.7			0.39		
后侧	散射	2.5	1.48	14.2	24.6	30mmPb+6mm 钢	4.02E-06	0.81	是
	漏射			24.6			0.81		

备注：①上表设计厚度中的（）内数值代表实际斜穿厚度；②当散射和漏射计算结果相差不足一个十值层时，在较高值的基础上增加一个半值层。③防护门与同侧屏蔽箱体防护厚度相同，因此不单独列出。

综上所述，根据计算结果可知，各类设备调试或测试时，屏蔽箱体的四周、顶棚、底板及防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。设备顶棚上方剂量率最高值为 2.14 μ Sv/h，经过距离衰减和散射后，该部分剂量率对周围环境的辐射影响是很小的，不考虑天空散射。

11.2 人员年有效剂量估算

（1）估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

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

式中：

H_{Er} ：X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X 或 γ 射线周围剂量当量率， μ Sv/h；

t：X 或 γ 射线照射时间，小时。

（2）估算结果

①辐射工作人员

辐射工作人员受照来源于 5 个方面：在 1#厂房内进行设备调试；在 3#厂房总装调试区进行设备调试；在 3#厂房产品展示区进行设备开机展示；在 3#厂房测试间进行开机测试；对外售设备进行售后培训和维修过程中的开机调试。其中 1#厂房和 3#厂房辐射工作由不同工作部门负责，外售设备现场调试根据情况安排公司辐射工作人员进行。

表 11 环境影响分析

表 11-4 辐射工作人员工作时剂量估算表					
工作区域		受照来源	剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间 (h)	年受照剂量 (mSv/a)
1#厂房工作人员	1#厂房总装调试区	产品装配完成后调试	1.88 (本项目 1#厂房生产设备四周屏蔽体外剂量率最大值)	8.3	0.02
3#厂房工作人员	3#厂房总装调试区	产品装配完成后调试	2.21 (本项目生产工业 CT 四周屏蔽体外剂量率最大值)	16.7	0.28
	3#厂房产品展示区	产品开机展示	2.21 (本项目生产设备四周屏蔽体外剂量率最大值)	8.3	
	测试间 1	样品或设备测试	1.14	133.3	
	测试间 2		0.67	25	
	测试间 3		1.14	25	
外售后调试维修		在使用单位现场调试	2.21 (本项目生产设备四周屏蔽体外剂量率最大值)	25	0.06

企业共配备了 16 名辐射工作人员共同承担工件测试、设备调试等工作，其中 1#厂房和 3#厂房由不同部门的辐射工作人员完成，外售设备现场调试维修工作根据情况委派辐射工作人员完成。根据表 11-4 估算结果，1#厂房和 3#厂房辐射工作人员在叠加了外售设备现场调试维修部分的剂量后，辐射工作人员所受的年有效剂量最高为 0.34mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。除本项目外，1#厂房辐射工作人员还会承担原有生产设备的调试工作，根据 2022 年厂区建设环评内容，该部分工作中，单名辐射工作人员最大年受照剂量为 0.54mSv/a，叠加该部分剂量后，1#厂房辐射工作人员年受照剂量值为 0.06mSv，仍满足要求。因上述估算结果均按照单名辐射工作人员完成所在区域所有设备的调试运行工作，受照时间为所有设备总的运行时间，因此不再叠加考虑不同设备同时运行的辐射剂量率。

②公众成员

根据表 11-5，项目各区域设备开机时，在设备周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量为 0.06mSv，同时，在 3#厂房 1F 测试间周边公众，除受到测试间内 X 射线装置的辐射影响外，还可能同时受到相邻工业 CT 组装调试区和 2F 测试间的叠加

表 11 环境影响分析

辐射影响。根据表 11-5 计算结果，叠加影响后的年受照剂量为 $0.06+0.01=0.07\text{mSv}$ ，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.3 对周围环境保护目标的影响分析

本项目各辐射工作场所外周围环境保护目标预测结果见表 11-5。

表 11-5 环境保护目标处公众周围剂量当量率预测结果表

序号	环境保护目标名称	方位	水平距离	保护目标处剂量率值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	工作时间	居留因子	年受照剂量（mSv）
1#厂房总装调试区							
1	厂房内总装调试区	四周	相邻	1.88	8.3	1/5	3.12E-03
2	过道、库房	四周	相邻	1.88	8.3	1/5	3.12E-03
3	厂区室外道路、绿化、连廊	北侧	约 3m	0.31	8.3	1/40	6.51E-05
4	宿舍楼、综合楼		约 20m	0.02	8.3	1	1.37E-04
5	1#厂房 3F 区域：办公室、配电房等	东侧	约 4m	0.22	8.3	1	1.82E-03
6	厂区室外道路、绿化、市政道路		约 14m	0.03	8.3	1/40	6.48E-06
7	厂区室外道路、绿化	南侧	相邻	1.88	8.3	1/40	3.90E-04
8	2#厂房、4#厂房		约 15m	0.03	8.3	1	2.30E-04
9	厂区室外道路、绿化	西侧	相邻	1.88	8.3	1/40	3.90E-04
10	3#厂房		约 20m	0.02	8.3	1	1.37E-04
3#厂房 1F 工业 CT 总装调试区							
1	展示区内	四周	相邻	2.21	16.7	1/5	7.38E-03
2	3#厂房 1F 区域（走廊、卫生间、茶水间、楼梯间等）	北侧	相邻	2.21	16.7	1/5	7.38E-03
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 10m	0.06	16.7	1/40	2.37E-05
4	宿舍楼、综合楼		约 30m	0.01	16.7	1	1.32E-04
5	产品展示区	东侧	相邻	2.21	16.7	1/5	7.38E-03
6	厂区室外道路、绿化		约 18m	0.02	16.7	1/40	8.49E-06
7	1#厂房		约 35m	0.01	16.7	1	9.88E-05
8	3#厂房 1F 区域（装卸货平台、卫生间、楼梯间、茶水间、配电房等）	南侧	相邻	2.21	16.7	1/40	9.22E-04
9	厂区室外道路、绿化		约 20m	0.02	16.7	1/40	7.01E-06
10	4#厂房		约 35m	0.01	16.7	1	9.88E-05
11	主通道	西侧	相邻	2.21	16.7	1/5	7.38E-03
12	3#厂房 1F 区域（管壳装配间、检验区、测试间、排气间、走廊、洁净装配间等）		约 8m	0.08	16.7	1	1.37E-03

表 11 环境影响分析

13	厂区室外道路、绿化		约 45m	0.00	16.7	1/40	1.53E-06
14	3#厂房 2F、3F	楼上	2m(高差)	0.02	16.7	1	3.66E-04
3#厂房 1F 产品展示区							
1	产品展示区	四周	相邻	2.21	8.3	1/5	3.67E-03
2	3#厂房 1F 区域(走廊、预留设备房、楼梯间、卫生间等)	北侧	相邻	2.21	8.3	1/40	4.58E-04
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 10m	0.06	8.3	1/40	1.18E-05
4	宿舍楼、综合楼		约 30m	0.01	8.3	1	6.57E-05
5	厂区室外道路、绿化	东侧	相邻	2.21	8.3	1/40	4.58E-04
6	1#厂房		约 15m	0.03	8.3	1	2.34E-04
7	3#厂房 1F 区域(装卸货平台、卫生间、楼梯间、茶水间、配电房等)	南侧	相邻	2.21	8.3	1/40	4.58E-04
8	厂区室外道路、绿化		约 20m	0.02	8.3	1/40	3.48E-06
9	4#厂房		约 35m	0.01	8.3	1	4.91E-05
10	工业 CT 总装调试区	西侧	相邻	2.21	8.3	1/5	3.67E-03
11	主通道		约 18m	0.02	8.3	1/5	3.38E-05
12	3#厂房 1F 区域(管壳装配间、检验区、测试间、排气间、走廊、洁净装配间等)		约 26m	0.01	8.3	1	8.59E-05
13	3#厂房 2F、3F	楼上	2m(高差)	0.21	8.3	1	1.71E-03
3#厂房 1F 测试间 1、2							
1	测试间内	四周	相邻	1.14	158.3	1/5	0.04
2	3#厂房 1F 区域(管壳装配间、检验区、空调设备房、楼梯间等)	北侧	相邻	0.35	158.3	1	0.06
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 22m	3.28E-03	158.3	1/40	1.30E-05
4	宿舍楼		约 45m	8.29E-04	158.3	1	1.31E-04
5	主通道	东侧	相邻	0.35	158.3	1/5	0.01
6	3#厂房 1F 区域(工业 CT 总装调试区、产品展示区等)		约 9m	0.02	158.3	1/5	5.34E-04
7	厂区室外道路、绿化		约 45m	8.29E-04	158.3	1/40	3.28E-06
8	走廊	南侧	相邻	0.35	158.3	1/5	0.01
9	3#厂房 1F 区域(排气间、卫生间、楼梯间、茶水间、配电房等)		约 3m	0.10	158.3	1	0.02
10	厂区室外道路、绿化		约 33m	1.51E-03	158.3	1/40	5.98E-06
11	4#厂房	西侧	约 47m	7.62E-04	158.3	1	1.21E-04
12	走廊		相邻	0.35	158.3	1/5	0.01
13	3#厂房 1F 区域(组装间、试验区、洁净装配间等)		约 3m	0.10	158.3	1	0.02
14	厂区室外道路、绿化	西侧	约 26m	2.39E-03	158.3	1/40	9.45E-06
15	美尔屋玻璃公司		约 40m	1.04E-03	158.3	1	1.65E-04
16	3#厂房 2F、3F	楼上	2m(高差)	0.12	158.3	1	0.02
3#厂房 2F 测试间							

表 11 环境影响分析

1	测试间内	四周	相邻	1.14	25	1/5	0.01
2	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、休息室、走廊、楼梯间等）	北侧	相邻	0.35	25	1	0.01
3	厂区室外道路、绿化、连廊		约 18m	4.79E-03	25	1/40	2.99E-06
4	宿舍楼		约 40m	1.04E-03	25	1	2.61E-05
5	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、办公区、走廊、楼梯间等）	东侧	相邻	0.35	25	1	0.01
6	厂区室外道路、绿化		约 30m	0.00	25	1/40	1.14E-06
7	1#厂房		约 47m	7.62E-04	25	1	1.90E-05
8	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、库房、走廊、楼梯间等）	南侧	相邻	0.35	25	1	0.01
9	厂区室外道路、绿化		约 42m	9.48E-04	25	1/40	5.93E-07
10	3#厂房 2F 区域（预留生产区域、卫生间、走廊、楼梯间等）	西侧	相邻	0.35	25	1	0.01
11	厂区室外道路、绿化		约 33m	1.51E-03	25	1/40	9.45E-07
12	美尔屋玻璃公司		约 47m	7.62E-04	25	1	1.90E-05
13	3#厂房 2F	楼下	2m（高差）	0.19	25	1	4.67E-03
14	3#厂房 3F	楼上	2m（高差）	0.12	25	1	3.04E-03

备注：①总装调试区和产品展示区保守取本项目生产的设备屏蔽体外剂量率最大值作为估算条件。

②因表格中工作时间为所在区域所有设备总的运行时长，因此不再叠加同区域不同设备的叠加辐射影响。

③环境保护目标为本项目辐射工作区域时，公众人员居留因子取 1/5。

④测试间内设备放置在房间中间位置，距四周墙体距离不小于 1m，因此在核算测试间相邻环境保护目标剂量率时，考虑 1m 间距。

根据表 11-5 结果可知，本项目周围环境保护目标处人员年受照剂量均满足管理目标值要求，且估算结果只考虑了距离的衰减，实际上 X 射线在传播过程中有墙体等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目设备屏蔽体外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，对环境保护目标的影响很小。

11.4 其他影响

（1）废气对环境影响分析

在 X 射线装置开始运行时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO_x）。根据要求，重庆日联生产和使用的 X 射线装置屏蔽箱体顶部均安装机械排风扇，每台设备的换气次数均大于 3 次/h。设备开机出束过程产生的少量废气经排气口排放在厂房或测试间内，在通过厂房和测试间内的排风设施引至室外排放。

项目用房周边均为重庆日联公司厂区内部。同时，周围地势开阔，利于 O₃、NO_x

表 11 环境影响分析

废气的扩散。故项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

项目无生产废水产生，本项目废水主要为公司辐射工作人员产生的生活污水。

工作人员生活污水依托厂区污水处理设施处理达《污水综合排放标准》三级标准后，接入市政污水管网，排入污水处理厂进行处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后外排，对地表水环境影响较小。本项目不新增工作人员在公司，因此不新增生活污水总量项目无生产废水产生，本项目废水主要为公司辐射工作人员产生的生活污水。

(3) 固废环境影响

生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

项目自用的 X 射线装置报废后，一部分回用至生产工序，不能利用的部分按照建设单位相关要求处理，拟对高压射线管去功能化，保留处理相关手续并存档。

(4) 噪声环境影响

项目设备位于厂房内，经过距离衰减和建筑隔声后，对外界的影响很小。

综上所述，建设单位按照以上措施对各类污染物进行处理后，对环境基本无影响。

11.5 实践正当性分析

公司研发、生产的 X 射线检测装置，对客户单位产品等工件的无损质量检验有其他技术无法替代的特点；项目生产、使用和销售 X 射线检测装置的目的是为客户单位生产产品的无损质量检测分析提供设备与技术服务，确保客户单位产品质量与安全。项目建设进一步调整公司生产、销售 X 射线检测装置产品结构、增加产品种类和型号，为客户单位对其产品质量保证提供更多的支持，具有明显的社会效益；项目运行也将为公司创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全防护措施符合相关要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目建设严格执行“三同时”，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，项目的建设对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐

表 11 环境影响分析

射影响及可能引起的辐射危害等代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.6 产业政策符合性分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第十四项“机械”中第 1 条“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。所以，本项目符合国家的产业政策。

11.7 事故影响分析

(1) 风险事故类型

本项目出现的辐射事故主要是辐射工作人员或公众成员遭到误照射从而受到不必要的超剂量照射。因本项目射线装置均为自屏蔽设备，射线管安装在屏蔽箱体内部，且需要连接至控制台才可以运行，因此发生设备丢失导致人员受到意外照射的事故概率非常小。

本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

①安全联锁装置失效：由于门机联锁装置失效，设备出束时，防护门未关闭或门被开启，射线仍然能发射，造成射线外泄，可能对辐射工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

②人员滞留屏蔽箱体内

工作人员在进行设备组装和调试时可进入屏蔽箱体内，在开机出束前，工作人员未通过监控或现场对屏蔽箱体内部进行充分确认，从而导致滞留在设备屏蔽箱体内部的人员在工作模式下被误照射。

③屏蔽体出现膨胀变形

表 11 环境影响分析

本项目用于测试的 3 台射线装置为企业自用，可能长期使用，设备屏蔽铅房使用多年以后，可能因铅门的自重等原因引起铅门之间的搭接、铆钉等处空隙增大，或其他方向屏蔽体变形，从而漏出射线，使铅房周围的人员受到误照射。

④设备自身丧失屏蔽或系统故障

X 射线设备机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将设备管头及探测器上的屏蔽块移走，使 X 射线设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽体外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。或者系统故障（如 X 射线球管偏转方向故障），导致 X 射线球管朝向其他非主射线方向投照。

(2) 后果分析

事故情景①安全联锁失效

考虑最不利情况，安全联锁装置失效的事故下，设备考虑最大管电压 600kV，最大管电流 10mA 运行，事故时间考虑为单次检测时有效最长出束时间 5min。设备检修门（如有）常闭，因此考虑工件门在未关闭情况下开始设备运行，设备屏蔽铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-6。

表 11-6 铅房处人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	射线类型	防护门处剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	吸收剂量 (Gy)
固定式 X 射线探伤机	联锁装置失效	散射、漏射	6.42×10^5	0.05
工业 CT		主射	4.70×10^7	3.91

备注：Sv/Gy=1，下同。

事故情景②人员误入

因各种原因，X 射线装置运行时，人员滞留在铅房内发生误照射情况，考虑最不利情况，考虑最大管电压 600kV，最大管电流 10mA 运行，事故时间考虑为 5min，并考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线）。铅房内人员误照射最大剂量估算情况见表 11-7。

表 11-7 铅房内人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	吸收剂量 (Gy)
X 射线整体探伤机	人员滞留铅房内	2.40×10^8	20

事故情景③屏蔽体变形

表 11 环境影响分析

当铅屏蔽体出现膨胀变形后且长时间未发现，即射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射情况，操作人员携带个人剂量报警仪，因此在发生此情形事故时，能及时发现并紧急关停设备出束，而当非工作人员驻留发生此事故情形时，便很难被公众发现，因此造成此事故的发生。

该部分受照剂量与防护门没有关闭条件下的受照剂量基本相同，估算结果见表 11-6。

事故情景④设备自身丧失屏蔽或系统故障

设备 X 射线球管丧失自身屏蔽或系统故障，使非主射方向也受到主射线照射，考虑固定式 X 射线探伤机最大管电压 600kV，最大管电流 10mA 运行，事故时间考虑为 5min，选择距离探伤机 X 射线球管最近的一侧（左侧：0.8m）以及两侧铅房屏蔽体更薄的分别作为关注点。铅房外人员误照射最大剂量估算情况见表 11-8。

表11-8 铅房外人员误照射最大剂量估算表

名称	事故情景	剂量率（ μ GY/h）	吸收剂量（Gy）
600kV X 射线整体探伤机	X 射线球管丧失自身屏蔽	1.42E+04（0.8m 处，屏蔽厚度 55mmPb+6mm 钢）	1.18×10^{-3}
		1.04E+04（1.37m 处，屏蔽厚度 50mmPb+6mm 钢）	8.67×10^{-4}

（3）事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射作用于机体后，其能量传递给机体的分子、细胞、组织和器官等基本生命物质后，引起一系列复杂的物理、化学和生物学变化，由此造成生物体组织细胞和生命各系统功能、调节及代谢的改变，产生各种生物学效应。电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程，大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。电离辐射生物效应按照剂量与效应的关系进行分类，分为随机性效应和组织反应。

随机性效应是指电离辐射照射生物机体所产生效应的发生概率(而非其严重程度)与受照射的剂量大小成正比，而其严重程度与受照射剂量无关；随机性效应的发生不存在组织反应阈剂量。辐射致癌效应和遗传效应属于随机性效应。受照射个体细胞受

表 11 环境影响分析

损伤引发突变的结果，最终可导致受照射人员的癌症，即辐射致癌效应；受照射个体生殖细胞遗传物质的损伤，引起基因突变或染色体畸变可以传递下去并表现为受照者后代的遗传紊乱，导致后代先天畸形、流产、死胎和某些遗传性疾病，即遗传效应。

组织反应定义为通常情况下存在组织反应阈剂量的一种辐射效应，受照剂量超过一定的阈值时才会发生，其效应的严重程度随超过阈值的剂量越高而越严重。组织反应是辐射照射导致器官或组织的细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果，指除了癌症、遗传和突变以外的所有躯体效应和胚胎效应及不育症等，包括血液、性腺、胚胎、眼晶体、皮肤的辐射效应及急性放射病，如放射性皮肤损伤、生育障碍。

项目产生的随机性效应是关注的重点，因其无法防护，所以尽量降低人员的受照剂量，减少随机性效应产生的概率。

由上述后果分析可知，本项目事故后果最严重为人员误入设备铅房内，根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），该剂量可能造成人员辐射损伤，可能造成人员肠型急性放射病，频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高，严重时可能出现死亡。

（4）事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，本项目各类辐射事故中，影响最大的为人员误入铅房内受到意外照射，该种情况下，人员可能受到辐射损伤，严重时导致人员死亡。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定“重大辐射事故，是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控,或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾”。本项目两名工作人员一组进行设备操作，误入铅房内人员一次不超过 2 人，因此，本项目发生单次误照射情况下，可能导致重大辐射事故。

（5）辐射事故防范措施

由于各种管理不善或人误等造成的误照射，导致人员的照射方式是外照射，因此发生误照射事故应第一时间切断设备电源，确保设备停止出束。建设单位应采取以下

表 11 环境影响分析

措施防范风险事故发生。 （1）定期检查设备的门机联锁装置及钥匙开关的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作，必须在设备防护门全部关闭情况下启动设备。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，制定定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。 （2）定期进行 X 射线装置的维护检查，并做好记录。设备维护、调试时，要求现场人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。工作人员进入设备内维修、调试时，射线装置不能出束，并安排专人现场监督，禁止无关人员靠近。 （3）设备故障报警系统，如过压、欠压、过流报警、消除电流冲击等功能需定期检查、发现问题及时维修，保证其正常运行，以及时发现设备可能出现的故障。同时，辐射监测器和报警系统可用作针对这类事件进行人员防护和纵深防御措施。 （4）辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，培植辐射工作安全文化素养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实监测频率，保证按照要求进行无损检测工作。 （5）本项目设备放置在公司厂房的开放性区域，但独立成区并设置警戒线，工作人员工作时，注意查看设备周边情况，避免无关人员靠近，并通过监控确认设备内部情况。 （6）制定人员管理制度，禁止无关人员操作 X 射线装置进行 X 射线出束。 （7）设专门房间存放 X 射线管头及其他重要零部件。对受损不能使用的 X 射线管头，直接退回生产厂家。
--

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理小组，或至少有 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。

重庆日联公司已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，明确小组成员和小组职责。并安排 2 名工作人员作为公司辐射防护管理员，负责公司辐射防护日常管理工作，其中 1 名管理员学历为本科。

本项目开展后，目前公司的管理机构和管理人员也能满足相关要求，因此，本项目的辐射环境管理可直接纳入现有管理机构管理，并根据本项目人员设置情况，完善辐射安全管理组织的成员配备情况。

12.2 放射工作人员及培训

本项目依托现有的 7 名辐射工作人员能够满足需要。

根据《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：使用放射性同位素、射线装置的单位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。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），辐射安全与防护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，并参加考核，取得辐射安全培训合格证书，持证上岗。已持证上岗的，在辐射安全培训合格证有效期到期前，需进行再次考核。

企业依托现有 7 名放射工作人员，已取得辐射防护与安全培训合格证或者在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，并取得考核合格成绩单，均在有效期内，本项目营运前，上岗人员应做到持证上岗。现有放射工作人员均配置个人剂量计，建立健康体检档案。放射工作人员配置满足要求。

续表 12 辐射安全管理

后期若新增放射工作人员应按照公告要求，在辐射安全与防护培训平台学习，并取得考核合格成绩单后方可上岗，项目放射工作人员满足要求。

12.3 辐射安全管理规章制度、档案

(1) 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》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。

根据公司运行管理要求，已制定了一系列管理制度，包括：《辐射安全与环境保护管理领导小组岗位职责》《射线装置安全防护管理制度》《销售台账管理制度》《销售管理台账》《X 射线机台账管理制度》《设备调试操作规程》《设备检修维护制度》、《现场安装调试管理制度》《辐射安全防护监测方案》《核心组件库房出入库管理制度》《工作人员培训计划》《辐射安全事故应急预案》《危废管理制度》《辐射安全年度评估管理制度》等，后期根据需要还应补充“现场试调维护管理制度”、“自行监测制度”。

本项目的核技术利用项目未超出公司现有的核技术利用项目类型和范围，因此，本项目可以依托公司现有辐射防护管理体系。同时，在本项目建成运行前，应结合项目现场情况、防护设施配备、具体生产流程、工作人员配备等具体情况，制定各种辐射工作场所专用管理制度，调整辐射防护管理组织成员等，确保项目的正常开展。

(2) 个人剂量计管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立放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。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。个人剂量档案应当保存至放射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另外，放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，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

公司为现有辐射工作人员均配备个人剂量计并委托有资质单位定期进行个人剂量监测，要求工作人员在岗期间，正确佩戴个人剂量计。重庆日联公司现有辐射工作人员个人剂量监测已委托重庆市疾病预防控制中心承担，监测周期为三个月，现有管理满足要求。

(3) 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。

根据调查，现有放射工作人员均按照要求每两年进行一次职业健康体检，目前在岗放射工作人员均无体检异常，无疑似职业病人员。待本项目放射工作人员落实到位后，也按照要求进行岗前职业健康体检，并按照相关要求进行了复检，并建立相应档案。

(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。

项目建成后，重庆日联将继续按要求于每年 1 月 31 日前向发证机关提交《年度评估报告表》，年度评估报告表包括射线装置、防护用品及检测仪器台账、辐射安全、防护设施和检测设备的运行维护情况、辐射安全管理制度执行情况、辐射工作人员安全培训管理情况、个人剂量检测情况、出货清单等方面的内容，符合要求。

(5) 档案管理

辐射安全与防护管理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”。

重庆日联已建立辐射工作人员个人剂量档案及职业健康检查档案，包括个人基本信息、工作岗位，档案信息和保存记录等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。

企业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。

(6) 射线装置台账管理

建设单位应严格进出库管理，设置专门房间保管 X 射线管头及其他重要零部件；制定射线装置台账管理制度，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。

重庆日联现已建立公司射线装置台账及设备销售台账，并制定《销售台账管理制度》、《X 射线机台账管理制度》等。在生产厂房内设置专用库房用于保管 X 射线管头及其他重要零部件，并严格出入库管理，保障企业有序开展射线装置的生产、销售、使用工作。本项目拟沿用现有管理模式，并后续根据厂区各项设施设置情况具体完善制度内容。

12.4 核安全文化建设

核安全文化是以“安全第一”为根本方针，以维护公众健康和环境安全为最终目标；保障核安全是培育核安全文化的根本目的，而培育核安全文化是减少人因失误的有力措施，是核安全“纵深防御”体系中的重要屏障。

核安全文化是核安全的基础，是从事核技术利用活动单位及其全体工作人员的责任心。对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化，核安全文化表现在从事核技术利用活动单位的相关领导与员工及最高管理者应具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识，提高并保持核安全意识。

公司已建立了辐射环境安全管理体系，设立核安全保障机构，明确了单位各层级人员的职责，将良好的核安全文化融汇于运营和管理的各个环节；应持续开展核安全文化建设，让其发挥的作用更加有效，做到凡事有章可循，凡事有据可查，凡事有人

负责，凡事有人检查。在日常工作中将核安全文化的建设贯彻于核技术利用活动中，不断识别单位内部核安全文化的弱项和问题并积极纠正与改进；落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。让核安全文化落实到每个从事核技术利用活动人员的工作过程中，确保核技术利用项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①公司组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②公司建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.3 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，企业从事辐射活动能力评价见下表 12-1。

表 12-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
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	已成立辐射安全与环境保护管理小组，并指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，管理人员学历满足本科以上的要求。本项目拟沿用现有管理体系
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	已建立人员培训计划，企业依托现有 7 名放射工作人员，已取得辐射防护与安全培训合格证或者在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，并取得考核合格成绩单，均在有效期内，本项目营运前，上岗人员应做到持证上岗。
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	固定式自屏蔽 X 射线装置的屏蔽能力满足要求；设备及控制台拟设置急停按钮；设置门机联锁、灯机联锁装置、电离辐射警示标识和警示语
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	重庆日联公司已建立辐射防护管理制度，包括操作规程、工作人员岗位职责、工作场所辐射防护管理、辐射监测、工作人员职业健康管理等，本项目拟沿用原有管理体系。
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，包括个人剂量计	本项目已为辐射工作人员配备个人剂量计，配备 6 台个人辐射报警仪、1 台巡测仪
有完善的辐射事故应急措施	重庆日联公司已制定了辐射事故应急预案，本项目拟沿用原有制度并根据本项目建设内容完善

根据上表可知，重庆日联公司已建立有相应的管理体系，因此，本项目的辐射环境管理工作依托现有的管理体系，对于从事本项目的辐射活动有一定的能力。后续项目建成后，公司还应针对本项目具体情况补充部分管理制度等。

12.4 监测计划

12.4.1 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、开展常规的防护监测工作。

企业可配备相应的监测仪器或委托有资质的单位定期对所有射线装置进行监测，做好监测记录，存档备查。

辐射监测内容包括：

(1) 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。

(2) 工作场所（测试间 1、测试间 2、测试间 3）监测

监测指标：周围剂量当量率

监测点位：屏蔽箱体及防护门、屏蔽体搭接处、管线穿墙区域、操作台等位置

监测频次：每年监测 1 次，委托相关资质单位进行监测。

(3) 工作场所（调试、展示设备）监测

监测指标：周围剂量当量率

监测点位：调试设备屏蔽箱体及防护门、屏蔽体搭接处、管线穿墙区域、操作台等位置

监测频次：设备调试时进行监测

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号）要求，使用Ⅱ类以上（含Ⅱ类）射线装置的辐射

工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

按照上述要求，建设单位拟制定了辐射事故应急预案，预案内容包括应急机构组织、应急准备与响应程序、应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等。

12.5.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年3月2日修订）第四十条：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。

本项目生产、销售、使用Ⅱ类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到辐射损伤，甚至导致死亡，事故等级为重大辐射事故。

12.5.2 事故应急方案与措施

（1）辐射事故应急处置措施

①发生辐射事故时，应立即按下设备紧急停机按钮，消除辐射事故源。发现者立即向辐射安全事故应急处理小组报告。

②出现辐射事故立即安排受照人员接受医学检查，并实施医学救治，对可能受到辐射伤害的人员，应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病的医院进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

（2）辐射事故后处理

配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。

（3）事故报告程序

①出现个人剂量计超标时，应立即向公司辐射安全事故应急处理小组汇报；

②发生或发现辐射安全事故时，现场发现人员立即向公司辐射安全事故应急处理小组汇报，并做好应急准备；

③X射线管遗失/被盗时，发现人员立即向公司辐射安全事故应急处理小组汇报。

④发生或发现辐射安全事故、X射线管遗失/被盗时，公司辐射安全事故应急处理小组立即启动应急预案，并向上级相关主管部门报告，报告内容包括：事故发生的类型、发生地点、辐射污染源情况、危害程度和范围等。

事故上报电话：

重庆市生态环境局：023-89112369

重庆市璧山区生态环境局电话：023-41512369

重庆市卫生健康委员会：023-67706322

重庆市璧山区卫生健康委员会：023-4142123

重庆市璧山区公安局：110、023-41421247

公司应急电话：023-63226131

（2）事故应急保障措施

配备应急救援物资，将辐射事故应急处理流程粘贴在本项目辐射工作场所内，并组织项目相关工作人员定期开展应急演练和培训。记录演练内容，并根据实际演练过程中发现的问题，及时调整应急预案内容。使应急预案内容切实可行，并保证工作人员有应急处理能力，确保事故处理工作的有序开展，同时，工作人员应该按照操作规程进行设备调试运行工作，并注意检查现场安全防护设施情况，尽可能防止事故的发生。

12.6 环保投资估算

项目环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算表

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急措施	制作图框，上墙	1
规范标识	规范张贴电离辐射警告标志，并有中文说明	
辐射防护与安全措施	紧急停机按钮、对讲装置、视频监视系统、个人防护用品及辅助防护设施	依托现有
	门机联锁、声光警示装置	
防护监测设备	个人剂量计、个人剂量报警仪、巡测仪	
环境影响咨询服务	环境影响评价、监测、验收	10
合计	/	11

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，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。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》（国环规环评[2017]4 号）相关要求，开展项目竣工

环境保护验收工作。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。

竣工环境保护验收一览表见表 12-4。

表 12-4 竣工环境保护验收要求一览表

序号	验收内容	验收要求		备注
1	建设内容	生产、销售、调试固定式自屏蔽 X 射线装置 200 套（Ⅱ类射线装置），设备最大管电压、管电流不超出表 1-7 所列参数；自用 2 台固定式自屏蔽探伤机（Ⅱ类，最大管电压 450kV，最大管电流 10mA）、1 台固定式自屏蔽工业 CT 机（Ⅱ类，最大管电压 450kV，最大管电流 10mA）		不发生重大变动
2	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全		资料齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等		资料齐全
4	人员要求	辐射工作人员均持证上岗，按要求定期组织复训		/
5	电离辐射	剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a 公众成员≤0.1mSv/a	GB18871-2002 GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
		屏蔽体外剂量率控制	测试间 1、测试间 2、测试间 3： 设备屏蔽体外及 30cm 处的周围剂量当量率：≤2.5μSv/h；	
			总装调试区、产品展示区自屏蔽设备： 设备屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率：≤2.5μSv/h；	
6	辐射安全防护措施	① 固定式自屏蔽 X 射线装置安装摄像头，监视器设在操作台； ② 门机联锁正常； ③ 测试间 1、测试间 2、测试间 3、固定式设备内屏蔽箱体内外均设声光报警器、工作状态指示灯，设灯机联锁。 ④ 按要求设置有急停按钮； ⑤ 测试间 1、测试间 2、测试间 3 铅门处、设备防护门或显眼位置张贴电离辐射警告标志。 ⑥ 辐射工作人员个人剂量计齐备；配置有个人辐射报警仪、便携式 X-γ辐射剂量率仪。 ⑦ 射线装置屏蔽箱体顶部设置机械排风扇，将废气排放至厂房或测试间内。逸散在厂房内的废气通过厂房排风设施引至室外排放。逸散在测试间 1~3 内废气经房间排风系统统一引至 3#厂房屋顶上方排放。		符合相关要求
7	其他	规范标识。测试间 1、测试间 2、测试间 3、产品箱体表面等张贴电离辐射警告标志，并有中文说明；配足个人辐射报警仪		符合相关要求

表 13 结论及建议

13.1 项目概况

重庆日联拟在重庆市璧山区双狮大道 185 号新厂区内，进行产能置换，减少现有的 X 射线检测装置年产数量 200 套，新增 150 套 600kV 及以下电压等级固定式自屏蔽工业 CT 机、新增 50 套 500kV/600kV 电压等级固定式自屏蔽探伤机的生产（均为 II 类射线装置），此外，在 3#厂房新增产品展示区，布置固定式的 X 射线装置，型号不定（在产的型号），在区域内向客户开机展示；在 3#厂房新增工业 CT 总装调试区，新增产品固定式的固定式自屏蔽工业 CT 机组装完成后在区域内开机调试；在 1#厂房依托现有的探伤机总装调试区，新增产品（500kV/600kV 电压等级固定式自屏蔽探伤机）组装完成后，原地开机调试；在 3#厂房的 1F 预留测试间 1 放置 1 台 450kV 固定式自屏蔽探伤机，用于客户样件测试及便携式 X 射线探伤机开机调试；在 3#厂房的 1F 预留测试间 2 放置 1 台 450kV 固定式工业 CT，在 3#厂房的 2F 测试间 3 放置 1 台 450kV 固定式自屏蔽探伤机，主要用于可研测试。

项目总投资 1000 万元，环保投资 11 万元，不新增用地。项目建设工期为 2 个月。

13.2 实践正当性

公司研发、生产的 X 射线检测装置，对客户单位产品等工件的无损质量检验有其他技术无法替代的特点；项目生产、使用和销售 X 射线检测装置的目的是为客户单位生产产品的无损质量检测分析提供设备与技术服务，确保客户单位产品质量与安全。项目建设进一步调整公司生产、销售 X 射线检测装置产品结构、增加产品种类和型号，为客户单位对其产品质量保证提供更多的支持，具有明显的社会效益；项目运行也将为公司创造更大的经济效益。项目拟采取的辐射安全防护措施符合相关要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。

项目建设严格执行“三同时”，采取切实可行的环保措施，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。因此，项目的建设对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害等代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

续表 13 结论及建议

13.3 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，项目 X 射线检测装置研发、生产，属于产业结构调整指导目录中的“第一类 鼓励类”中“十四、机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。项目的建设符合国家相关产业政策。

13.4 辐射环境质量现状

项目位置及周围环境的环境 γ 辐射剂量率的监测值在 60nGy/h~72nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），与 2023 年重庆市 X- γ 辐射累积剂量监测结果相比无明显差异。

13.5 选址及布局合理性

本项目依托日联公司现有场地，不新增用地，依托现有用房和设施，项目生产使用工艺流程与现有设备一致，因此使用现有用房可行。根据现场踏勘，本项目位于重庆日联厂区内，分别位于 1#厂房和 3#厂房，除 3#厂房西侧的美尔玻璃公司和 1#东侧的园区道路以外，其余各工作场所外 50m 评价范围均在重庆日联厂区内，便于生产管理并有效减少射线对公众成员的影响。本次依托现有 1#厂房的探伤机总装调试区，不改变厂房内现有功能布局，每台设备的组装调试是独立进行的，不影响公司现有设备的生产调试工作；本次在 3#厂房 1F 内新增工业 CT 总装调试区和产品展示区，均为厂房内预留区，选址靠近厂区中部，2 个区域辐射场所紧邻布置，便于生产管理并有效减少射线对公众成员的影响；本次在 3#厂房 1F 预留房间新增测试间 1、测试间 2，2F 预留房间新增测试间 3，3 个测试间各放置 1 台固定式 X 射线检测装置，3#厂房是生产研发厂房，放置测试设备便于研发工作，X 射线检测装置独立布置有效减少射线对公众成员的影响，因此整体选址可行。

项目涉及的 4 个辐射工作场所，分别为：1#厂房的探伤机总装调试区、3#厂房 1F 的产品展示区、3#厂房 1F 的工业 CT 总装调试区、3#厂房 1F 和 2F 的测试间 1~3，其中 1#厂房总装调试区为公司现有辐射工作场所，3#厂房各工作区域为本次新增辐射工作场所。各辐射工作场所内放置的 X 射线装置，除测试间的 3 台设备为固定在房间内作为公司自用以外，其余区域均为公司生产产品，放置型号和数量不定，每台设备均按照规范要求生产，设置工件门或人员门，设备控制台设置在屏蔽铅房外，且设备主

续表 13 结论及建议

射线方向避开门窗和操作台。本项目各辐射工作场所彼此独立，并利用地面标识或隔墙分隔。每台 X 射线装置均自带铅房和独立操作台，设备生产或使用位置固定，同一辐射工作场所内的设备之间保持一定距离，减少了彼此之间的辐射叠加影响。按要求在屏蔽铅房处设置防护门，除特殊情况下，设备主射线方向均避开防护门设置。本项目平面布局合理。

13.6 辐射防护安全措施

对放射工作区域进行分区管理，测试间 1~3 将固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽箱内划为控制区，设备外的测试间其余区域划为监督区；因产品展示区、总装调试区存在多台设备集中摆放，拟使用地面警戒线单独划区，将固定式自屏蔽 X 射线装置屏蔽箱内划为控制区，将警戒线以内、固定式自屏蔽 X 射线装置自带屏蔽箱以外的部分划分为监督区。

本项目生产和使用的固定式自屏蔽 X 射线装置自带有多种固有安全性，如：开机时系统自检、延时启动功能、高压异常报警、曝光后自动休息、长时间未用后强制训机、过电流保护、过电压保护、失电流保护、继电保护等，能很好的保证设备自身的稳定性和安全性。

本项目使用的固定式自屏蔽 X 射线装置采用足够厚的屏蔽材质进行屏蔽，根据效核，在现有屏蔽体设计厚度下，固定式自屏蔽 X 射线装置工作时，其屏蔽体四周、防护门等的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。穿越屏蔽箱体的管道（排风管）拟采取补偿措施，不削弱屏蔽箱体的屏蔽能力。

本项目生产和使用的固定式自屏蔽 X 射线装置拟设置紧急停机按钮、门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。本项目生产和使用的固定式自屏蔽 X 射线装置配备有机械排风系统，具有良好的通风。本项目 3 台自用 X 射线装置内均拟设置 1 个固定式剂量报警仪探头，报警单元安装在控制台旁。生产的固定式设备根据购买方要求选择性安装安装固定式剂量报警装置，同时，设备线缆孔

续表 13 结论及建议

预留固定式剂量报警仪穿墙线缆空间，以便设备出货后，使用方可以加装固定式报警仪。

综上所述，本项目现有的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.7 环境影响分析

根据核算，辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

X 射线装置运行时，对周围环境保护目标处的辐射影响很小，对其产生的影响有限，能为环境所接受。

项目运行过程不产生放射性废水、放射性废气。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散，基本不会对周围环境产生影响。

13.8 风险分析

本项目在运营过程中，存在人员受到误照射的风险，可能发生的最大辐射事故等级为重大辐射事故。通过加强管理、定期检查/监测、树立工作人员防护意识等措施，风险可防可控。

13.9 辐射环境管理

重庆日联公司已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责企业的放射防护与安全管理，并明确了相应职责与分工；根据现有运行内容制订了全套辐射环境管理制度，其内容符合标准规范和运行需求，能满足辐射环境管理要求。本项目拟沿用现有管理体系，并在项目建成后，根据本项目具体建设内容进行完善。

综上所述，重庆 X 射线检测装备生产基地扩建项目符合国家产业政策，符合规划环评的环境准入条件，具有实践的正当性，选址可行，布局合理。在严格落实各项辐射安全与防护措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全目标及污染物的达标排放，项目运行对环境及周围公众的影响可接受。因此，从环境保护的角度来看，

续表 13 结论及建议

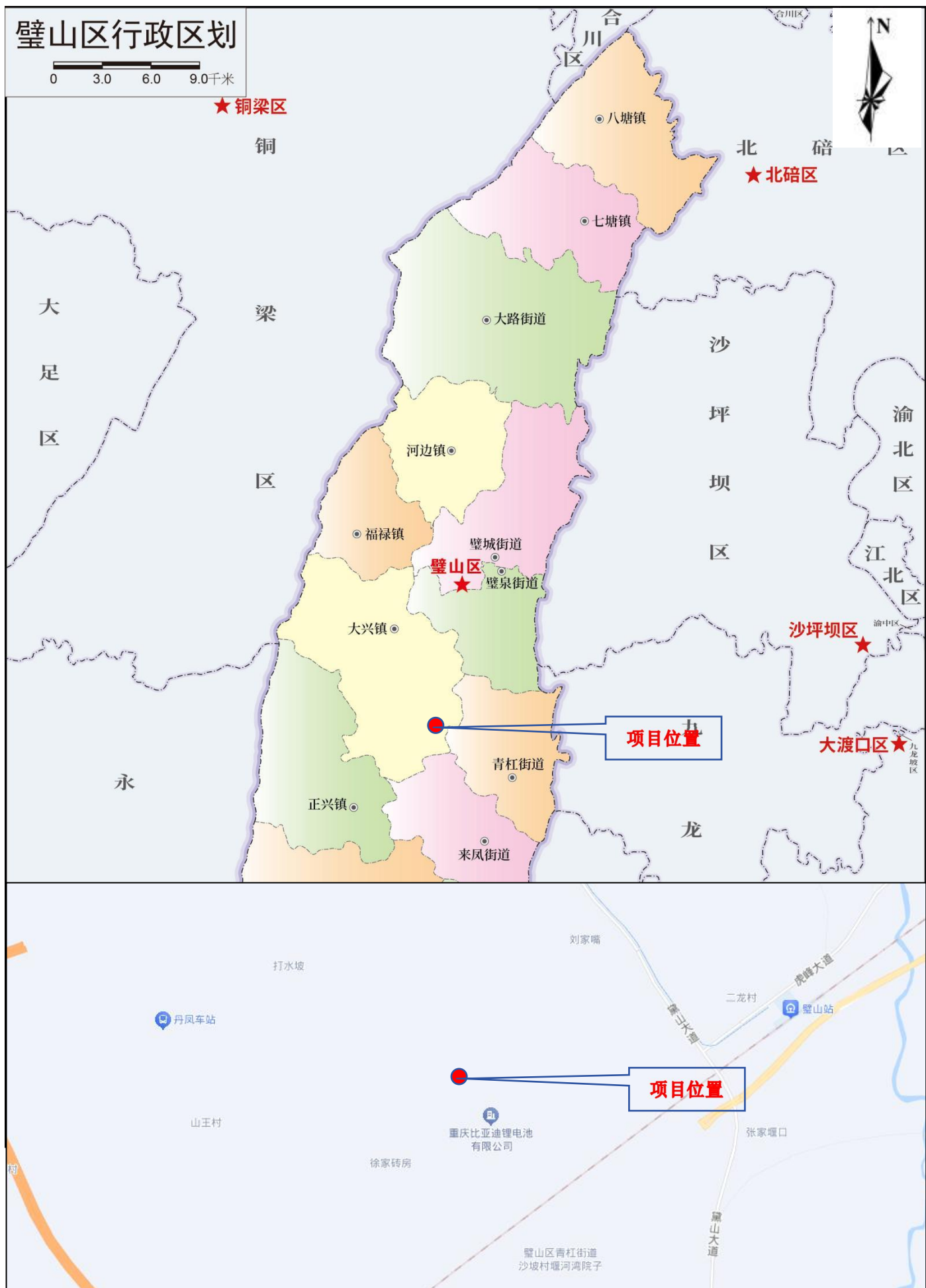
该项目的建设是可行的。

附录

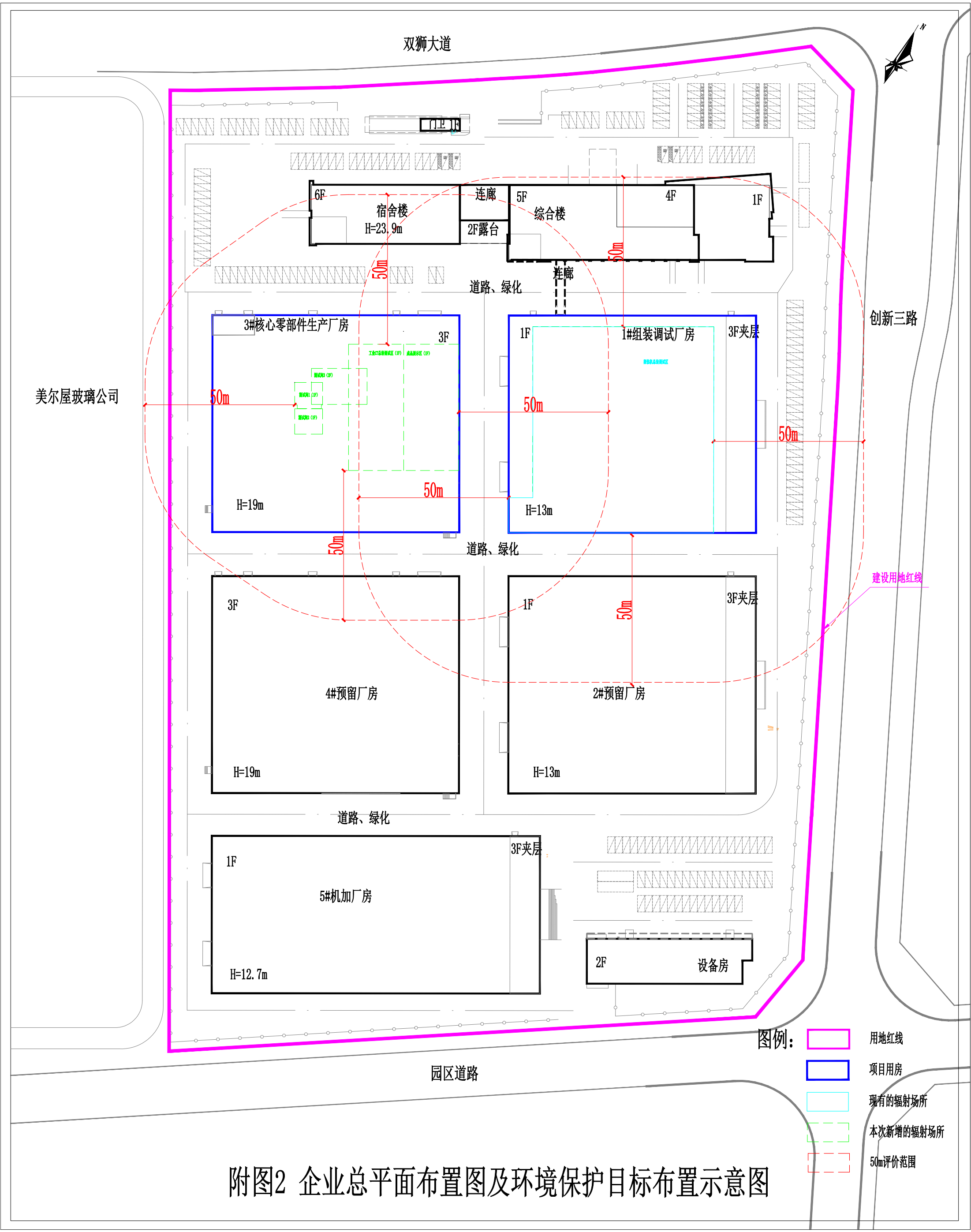
附图

附图 1 地理位置图

附图 2 企业总平面布置图及环境保护目标布置示意图



附图 1 地理位置图



附图2 企业总平面布置图及环境保护目标布置示意图