

核技术利用建设项目

重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室项目

环境影响报告表



建设单位：重庆志成机械有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

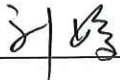
编制时间：二〇二六年七月



生态环境部监制

打印编号: 1780565244000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8cach3		
建设项目名称	重庆志成机械有限公司新建X光检测室项目		
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)	重庆志成机械有限公司		
统一社会信用代码	91500107009293786A		
法定代表人 (签章)	孙浩淳 		
主要负责人 (签字)	刘绍苇		
直接负责的主管人员 (签字)	刘绍苇		
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
刘媛	2014035550350000003511550046	BH001056	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘媛	表1至表13项目基本情况、放射源、非密封放射性位置、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、结论与建议	BH001056	

关于《重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室项目 环境影响报告表》的公示说明

重庆市生态环境局：

我公司委托重庆宏伟环保工程有限公司编制的《重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室项目环境影响报告表》目前属于上报审批阶段。我公司承诺，环评报告公示文本中内容不涉及国家机密、商业秘密、个人隐私以及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定等内容，同意环评报告全本公开，并愿意承担相关法律责任。

重庆志成机械有限公司

2026 年 7 月



目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	14
表 3	非密封放射性物质	14
表 4	射线装置	15
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	16
表 6	评价依据	17
表 7	保护目标与评价标准	19
表 8	环境质量和辐射现状	26
表 9	项目工程分析与源项	31
表 10	辐射安全与防护	48
表 11	环境影响分析	67
表 12	辐射安全管理	86
表 13	结论和建议	95

表 1 项目基本情况

建设项目名称	重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室项目				
建设单位	重庆志成机械有限公司				
法人代表	孙浩淳	联系人	刘**	联系电话	157*****538
注册地址	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号				
项目建设地点	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间内、重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号热处理厂房内				
立项审批部门	重庆市九龙坡区发展和改革委员会		批准文号	2605-500107-04-03-331233	
建设项目总投资（万元）	**	项目环保投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	**%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	约 176
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	/			
	<p>1.1 建设单位简介</p> <p>重庆志成机械有限公司（以下简称“志成公司”、“建设单位”）成立于 1994 年，2014 年完成新厂建设与搬迁，目前坐落于九龙坡区铝制品生产核心区域——西彭熔铸产业园，是重庆摩托车生产配套的首批供应商之一。公司两个生产厂区分别位于重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9、重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号，年生产能力超过 1700 万只，年产值超过 17 亿元。历经 30 年的经营发展，公司已成为行业领先企业。其中西彭镇宝恒路 99 号的智能制造车间为租赁重庆戴卡捷力轮毂制造有限公司厂房。</p>				

续表 1 项目基本情况

1.2 项目由来

为了满足公司产品质量检测要求，志成公司拟将九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号生产车间二的 1 台苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统搬迁至该厂区智能制造车间 X 光检测室内，该设备已取得辐射安全许可。同时新购 1 台苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统拟安装在九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室（II类射线装置，最大管电压均为 225kV、最大管电流为 8mA）开展固定式无损探伤检测工作。同时拟将九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房理化分析室及试验室改建为 X 光检测室，并新购 1 台重庆日联科技有限公司生产的 UND225 型 X 射线数字成像检测系统（II类射线装置，最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA）。根据《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》（原环境保护部，2018 年 2 月 12 日），自屏蔽式 X 射线探伤装置应同时具备以下特征：一是屏蔽体应与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造，具有制式型号和尺寸；二是屏蔽体能将装置产生的 X 射线剂量减少到规定的剂量限值以下，人员接近时无需额外屏蔽；三是在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内。由于本项目 3 台 X 射线数字成像检测系统在设备维修等工作模式下人体可以进入和滞留在屏蔽体内，不满足自屏蔽式 X 射线探伤装置的特征。因此，本项目 3 台 X 射线数字成像检测系统应按照《射线装置分类》中的II类射线装置管理。

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》等相关规定，重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室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）》中的“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目”，使用II类射线装置的项目应编制环境影响报告表。为此，建设单位特委托重庆宏伟环保工程有限公司开展重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室项目的环境影响评价工作。

1.3 建设规模及工程内容

（1）项目概况

志成公司将九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号公司生产车间二已取得辐射安全许可的 1 台苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统（II类射线装置，最大管

续表 1 项目基本情况

电压为 160kV、最大管电流为 11mA) 搬迁至智能制造车间 X 光检测室, 并新购 1 台苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统 (II 类射线装置, 最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA), 2 台设备拟固定安装在九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间预留 X 光检测室内开展固定式 X 射线无损检测。

志成公司拟将公司九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房内的理化分析室及试验室改建为 X 光检测室 (理化分析室、试验室功能取消), 并新购 1 台重庆日联科技有限公司生产的 UND225 型 X 射线数字成像检测系统 (II 类射线装置, 最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA) 固定安装在 X 光检测室内开展固定式 X 射线无损检测。

本项目总建筑面积约 176m², 施工期约 3 个月。项目组成见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室 2 台 X 射线数字成像检测系统	智能制造车间长×宽×高为 557m×111m×10.5m, 预留 X 光检测室长 12.5m, 宽 7.7m, 净高 3.5m, 板房结构, 面积约 96m ² 。 X 光检测室内东侧布置 1 台设备拟从该厂区车间二搬迁而来, 西侧布置 1 台为新购。	新建
		设备: 搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压为 160kV、管电流 11mA。新购的 1 台苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压为 225kV、管电流 8mA。2 台设备均自带屏蔽铅房。	搬迁 1 台, 新购 1 台
	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房 X 光检测室 1 台 X 射线数字成像检测系统	热处理厂房长×宽×高为 255m×42m×10m。 拟将热处理厂房内西侧的理化分析室及试验室改建为 X 光检测室, 1F 砖混结构, X 光检测室长 11.9m, 宽 6.8m, 净高 3.6m, 面积约 80m ² 。新购 1 台设备布置在新建 X 光检测室西北侧。 设备: 新购 1 台重庆日联 UND225 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压为 225kV、最大管电流均为 8mA, 设备自带屏蔽铅房。	改建 新购
公用工程	供配电	依托厂区供配电系统。	依托
	给水	依托厂区给水管网。	依托
	排水	本项目无生产废水产生, 不新增人员生活污水。生活污水依托各厂区污水处理站处理达到《污水综合排放标准》三级标准后排入市政污水管网, 最终经陶家镇生活污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准后排入大溪河。	依托
	通风	3 台设备铅房顶部设置机械排风装置进行通风换气, 设	设备

续表 1 项目基本情况

		备铅房内换气次数约 25~38 次/h。	自带
环保工程	污水	工作人员生活污水依托各厂区污水处理站处理后排入市政污水管网。	依托
	废气	宝恒路 99 号预留 X 光检测室的 2 台设备废气经排风装置排出铅房，利用 X 光检测室外墙上排风装置，另接排风管道，最终在智能制造车间北侧外墙排出。 宝恒路 9 号改建的 X 光检测室的 1 台设备废气经排风装置排出铅房，经 X 光检测室西侧外墙排风扇排出 X 光检测室至室外，排放高度约 2.5m。	新建
	噪声	本项目无高噪声设备。	/
	固废	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。	依托
		X 射线数字成像检测系统报废后按照相关要求对设备去功能化后按照建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。	/
辐射防护	X 射线数字成像检测系统屏蔽防护为屏蔽铅房，铅房各屏蔽体由一定厚度的钢+铅+钢组成。具备工作状态指示灯、急停按钮、摄像、安全连锁等。	设备自带	

(2) 屏蔽防护情况

本项目搬迁 1 台、新购 2 台 X 射线数字成像检测系统屏蔽防护系统均为自带铅房，各设备屏蔽防护情况如下表 1-2 所示。

宝恒路 99 号公司智能制造车间 X 光检测室内 2 台设备操作台均布置在铅房西北侧，工件防护门位于铅房北侧。宝恒路 9 号公司热处理厂房 X 光检测室内 1 台设备操作台布置在铅房东南侧，工件防护门位于铅房南侧。

表 1-2 各 X 射线数字成像检测系统屏蔽防护厚度

设备型号	厂家	数量	安装位置	尺寸（左右长×前后宽×高、mm）	屏蔽厚度	
					屏蔽体方位	材质厚度
DU310B 型（新购）	苏州道青科技有限公司	1 台	宝恒路 99 号公司智能制造车间 X 光检测室（西侧）	铅房外部：4049（长）×2194（宽）×2696（高），上开工件防护门门洞：2400（宽）×550（高） 上开电动工件防护门：2688（宽）×686（高） 西侧平开检修门门洞：727（宽）×1930（高） 西侧平开检修门：838（宽）×2050（高）	上（顶板），主射束方向	15mmPb+4mm 钢板
					东、西、南、北侧	15mmPb+4mm 钢板
					下（底面）	12mmPb+4mm 钢板
					工件防护门（北/正面）	15mmPb+4mm 钢板
					检修防护门（西侧）	15mmPb+4mm 钢板，15mmPb 铅玻璃

续表 1 项目基本情况

DU310 型（搬 迁）	苏州工业 园区道青 科技有限 公司（现 苏州道青 科技有限 公司）	1 台	宝恒路 99 号智 能制造 车间 X 光检测 室（东 侧）	铅房外部：3140（长） ×2898（宽）×2926 （高），上开工件防 护门门洞：2698（宽） ×678（高） 上开电动工件防护 门：2760（宽）×780 （高） 西侧平开检修门门 洞：520（宽）×1720 （高） 西侧平开检修门： 618（宽）×1821（高）	上（顶板），主 射束方向	9mmPb+4mm 钢板
					东、西、南、北 侧	7mmPb+4mm 钢板
					下（底面）	7mmPb+4mm 钢板
					工件防护门（北 /正面）	9mmPb+4mm 钢板
					检修防护门（西 侧）	9mmPb+4mm 钢板，9mmPb 铅玻璃
UND225 （新购）	重庆日联 科技有限 公司	1 台	宝恒路 9 号公司 热处理 厂房 X 光检测 室	铅房外部：3170（长） ×2320（宽）×2995 （高），上开工件防 护门门洞：2600（宽） ×580（高），上开电 动工件防护门：2688 （宽）×683（高） 东侧平开检修门门 洞：733（宽）×1766 （高） 东侧平开检修门： 800（宽）×1850（高）	上（顶板），主 射束方向	19mmPb+6mm 钢板
					顶至下方 1828mm 位置 铅房上部的东、 西、南、北侧部 分	19mmPb+6mm 钢板
					底至上方 808mm 位置下 部的东、西、南、 北侧部分	10mmPb+6mm 钢板
					下（底面）	10mmPb+6mm 钢板
					工件防护门（南 /正面）	19mmPb+6mm 钢板
					东侧检修防护 门	19mmPb+6mm 钢板，铅玻璃 19mmPb

注：①铅密度 11.3g/cm³，铅屏蔽体两侧分别设置 2/3mm 钢板为铅板提供结构支撑，本评价保守不考虑钢板的屏蔽防护效能。穿屏蔽体的线孔、通风孔补偿“L”形与该侧防护铅板铅当量相当的铅防护罩。

②各 X 射线数字成像检测系统均设置 1 个工件防护门供工件进出，正常工作模式下，人员均在铅房外载物台摆放工件，无须进入铅房内。设备维修等特殊情况下从检修门进入铅房内检修。

③上表给出主射束方向为设备主要照射方向，因偏转至其他屏蔽面部分成为主射方向在表 11 屏蔽体校核中给出。

④底座高度在 80-155mm 之间，上表中铅房高度包括了底座高度。

（3）设备概况

本项目配置的主要设备见表 1-3。

续表 1 项目基本情况

表 1-3 本项目主要设备一览表																		
序号	名称	数量	用途	设备设施说明														
1	X 射线数字成像检测系统 (II类射线装置)	3 套	X 射线无损检测	搬迁 1 台 DU310 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压 160kV、管电流 11mA。	含高压电源装置和冷却器 (水冷) 等。													
				新购 1 台 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压 225kV、管电流 8mA。														
				新购 1 台 UND225 型 X 射线数字成像检测系统最大管电压 225kV、管电流 8mA。														
2	个人剂量计	4 个	个人剂量监测	工作人员工作时随身携带, 已有 10 个。新培养辐射工作人员增加配置 4 个。														
3	便携式辐射监测仪	1 台	防护监测	2 个厂区共用, 自行定期监测, 按要求校验, 已购。														
4	固定式场所辐射探测报警装置	3 台	辐射探测报警	检测探头安装在铅房内, 显示单元安装在操作台, 阈值设定 2.5 μ Sv/h, 拟新购 3 台。														
5	个人剂量报警仪	2 台	剂量检测报警	工作人员工作时随身携带, 现许可设备各配置 1 台, 已有 7 台。本项目拟新购 2 台。														
6	排风装置	3 套	通风	设备自带														
<p>(4) 工件情况</p> <p>本项目检测的工件主要为建设单位生产的不同型号的摩托车发动机缸头等零配件进行抽检, 工件相关参数见表 1-4。</p> <p style="text-align: center;">表 1-4 检测工件的相关参数一览表</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>工件名称</th> <th>材质</th> <th>工件最大尺寸 (mm)</th> <th>工件厚度 (mm)</th> <th>备注</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">摩托车发动机缸头</td> <td rowspan="3">铝合金</td> <td>$\Phi 500 \times 800$</td> <td rowspan="3">5~40</td> <td>宝恒路 99 号公司智能制造车间预留 X 光检测室 1 台苏州道青 DU310 型 (搬迁)、1 台苏州道青 DU310B 型</td> </tr> <tr> <td>$\Phi 500 \times 800$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$\Phi 500 \times 500$</td> <td>宝恒路 9 号公司热处理厂房改建 X 光检测室 1 台重庆日联 UND225 型</td> </tr> </tbody> </table> <p>(5) 计划工作量</p> <p>根据志成公司提供资料, 本项目各 X 射线数字成像检测系统年使用 360 天,</p>					工件名称	材质	工件最大尺寸 (mm)	工件厚度 (mm)	备注	摩托车发动机缸头	铝合金	$\Phi 500 \times 800$	5~40	宝恒路 99 号公司智能制造车间预留 X 光检测室 1 台苏州道青 DU310 型 (搬迁)、1 台苏州道青 DU310B 型	$\Phi 500 \times 800$		$\Phi 500 \times 500$	宝恒路 9 号公司热处理厂房改建 X 光检测室 1 台重庆日联 UND225 型
工件名称	材质	工件最大尺寸 (mm)	工件厚度 (mm)	备注														
摩托车发动机缸头	铝合金	$\Phi 500 \times 800$	5~40	宝恒路 99 号公司智能制造车间预留 X 光检测室 1 台苏州道青 DU310 型 (搬迁)、1 台苏州道青 DU310B 型														
		$\Phi 500 \times 800$																
		$\Phi 500 \times 500$		宝恒路 9 号公司热处理厂房改建 X 光检测室 1 台重庆日联 UND225 型														

续表 1 项目基本情况

工作负荷见表 1-5。

表 1-5 工作负荷一览表

设备	单次曝光时间	最大曝光次数	最大曝光时间
宝恒路 99 号公司智能制造车间 1 台苏州道青 DU310B 型（新购）	≤10s	72 次/天、504 次/周、25920 次/年	12min/d、84min/w、72h/a
宝恒路 99 号公司智能制造车间 1 台苏州道青 DU310 型（搬迁）	≤10s	72 次/天、504 次/周、25920 次/年	12min/d、84min/w、72h/a
宝恒路 9 公司热处理厂房 X 光检测室 1 台重庆日联 UND225 型（新购）	≤5s	72 次/天、504 次/周、25920 次/年	6min/d、42min/w、36h/a

备注：以上最大曝光时间包含了训机时间。

（6）工作制度和劳动定员

志成公司目前共配置有 10 名辐射工作人员，操作现有 1 台工业 CT 和 6 台 X 射线数字成像检测系统。现有辐射工作人员均取得辐射防护与安全培训合格成绩单、佩戴个人剂量计，建立辐射工作人员健康体检档案。

志成公司宝恒路 99 号公司生产车间二的苏州道青 DU310 型设备拟搬迁至该厂区智能制造车间预留 X 光检测室，待设备搬迁调试后，现操作该设备的 2 名辐射工作人员调配至预留 X 光检测室继续从事苏州道青设备操作工作。

本次新购 2 台 X 射线数字成像检测系统的操作人员拟在公司现有劳动定员中培养 4 人。这 4 名辐射工作人员在志成公司总劳动定员内，年工作 360 天。

本项目设备拟安装在专门的 X 光检测室，待检测工件由厂房内工作人员运输至 X 光检测室，由本项目辐射工作人员将工件放置在载物台上。

1.5 项目选址可行性

本项目拟在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号公司智能制造车间预留的 X 光检测室内布置 2 台苏州道青 X 射线数字成像检测系统。根据生产线工艺需求，拟搬迁 1 台、新购 1 台 X 射线数字成像检测系统布置在 X 光检测室南侧，X 光检测室南侧外为预留荧光探伤室，之外为铣床、粗铣面区及厂区内道路，西侧为内部通道、毛坯中转库及机加工区，东侧为内部通道及热处理区，北侧为内窥检查区及办公室，之外为厂房内通道、热处理车间及厂区内绿化和道路。

续表 1 项目基本情况

本项目新购 1 台重庆日联 X 射线数字成像检测系统拟布置在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房的 X 光检测室西北侧，该检测室由现状理化分析室和试验室改建而成。本项目改建的 X 光检测室位于志成公司热处理厂房西端，南侧为现有 X 光探伤室、毛坯内窥室，内部各布置有 2 台 X 射线数字成像检测系统，之外为厂内道路及铸造厂房，西侧为厂内绿化、道路及厂外空地，东侧为热处理厂房热处理区，北侧为热处理厂房检测室，之外为厂内道路、一般固废暂存区、10kV 变电所。

本次评价 3 台设备所在区域楼上无建筑，下方为实土层，X 射线数字成像检测系统所在的 X 光检测室、厂房、厂区均为封闭式管理，周围公众成员活动较少，有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响，便于辐射安全管理。根据现状监测结果，项目场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。项目 X 光检测室根据生产检测工艺需求布置，其周围布置有其他检测，项目选址将生产工艺需要的检测工房集中布置。因此，本项目选址可行。

1.4 项目周围环境概况

本项目搬迁苏州道青 1 台、新购 1 台苏州道青设备拟安装在西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间预留 X 光检测室，新购 1 台重庆日联设备拟安装在西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房内改建的 X 光检测室。本项目 2 台设备所在智能制造车间外环境见表 1-6，1 台设备所在的热处理厂房外环境见表 1-7。

表 1-6 本项目 2 台设备所在的智能制造车间外环境关系一览表

序号	方位	外环境名称	水平距离	高差	备注
1	北侧	厂区内绿化及道路	紧邻	0	/
		河边绿化及大溪河	39m	0	厂区外
2	南侧	厂区内绿化及道路	紧邻	0	/
		2#联合厂房（1F）	约 17m	0	戴卡公司用房
3	西侧	厂区内道路及停车场	紧邻	0	/
		篮球场	约 44m	0	/
4	东侧	厂区内绿化及道路	紧邻	0	/
		生产车间三（1F）	约 25m	0	志成公司用房
5	东南侧	生产车间二（1F）	约 30m	0	

续表 1 项目基本情况

表 1-7 本项目新购 1 台设备所在的热处理厂房外环境关系一览表

序号	方位	外环境名称	水平距离	高差	备注
1	北侧	厂区内绿化及道路	紧邻	0	志成公司厂区内外部
		食堂、一般固废暂存区 10kV 变电所 (1F)、食堂 (2F)、倒班楼 (6F)	16m	0	
2	南侧	厂区内绿化及道路	紧邻	0	
		铸造厂房 (1F)、机加工联合厂房 (1F)	约 14m		
3	东侧	厂区内道路	紧邻	0	
		洗组箱	约 9m	0	
4	西侧	厂区内绿化及道路	紧邻	0	
		空地 (规划工业用地)	约 17m	0	厂区外部

项目周边保护目标主要为从事本项目 X 射线数字成像检测系统操作的辐射工作人员以及周围区域活动的公众成员。

1.5 与项目有关的原有核技术利用项目情况

1.5.1 项目用房环保手续情况

本项目 2 台 X 射线数字成像检测系统拟安装在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号公司智能制造车间预留的 X 光检测室，该厂区范围内 1#、2#联合厂房、模具厂房、办公用房属于重庆戴卡捷力轮毂制造有限公司用房，3#联合厂房（志成公司智能制造车间）、生产车间二、生产车间三均由志成公司使用。

重庆志成机械有限公司于 2022 年在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号投资建设“汽车及摩托车高端铝合金零部件智能制造车间建设项目”，2023 年 6 月 19 日，该项目取得了重庆市九龙坡区生态环境局下发的重庆市建设项目环境影响评价文件批准书，文号：渝（九）环准〔2023〕30 号。该项目租赁重庆戴卡捷力轮毂制造有限公司原三期厂房（3#联合厂房）2 间车间（即现厂区内智能制造车间），占地面积约 45430m²，其中 1#生产车间主要分为成品库房、熔炼区、铸造区、热处理区、机加工区、涂装区等，2#车间为原材料区和办公区，项目建成后年产各类汽车及摩托车高端铝合金零部件约 260 万件，其中气缸头、箱体及其他配件约 140 万件，结构件约 120 万件；主要工艺包含制芯，熔炼，浇注，热处理，抛丸，钝化，浸渗，前处理，喷粉（喷粉、固化），机加工等，其中涉及前处理线的处理能力为 150 万件（包括气缸头、箱体、部分悬臂、部分后平叉、

续表 1 项目基本情况

部分副车架），涉及喷塑线的结构件约 50 万件（结构件除副车架不用喷粉，其余均喷粉）。该项目分期验收，2026 年 2 月 1 日通过二阶段竣工环境保护自主验收。志成公司已取得排污许可证，证书编号：91500107009293786A002Q。

本项目新购 1 台 X 射线数字成像检测系统拟安装在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号志成公司热处理厂房内改建的 X 光检测室，由现状理化分析室和检测室改建而成。志成公司于 2013 年在重庆市九龙坡区西彭工业园区 J 标准分区 J43-1-01 地块（即重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号）投资建设“年产 1600 万件摩托车气缸头生产线及配套设施项目”，2013 年 11 月 26 日，该项目取得原重庆市九龙坡区环境保护局（现“重庆市九龙坡区生态环境局”）下发的重庆市建设项目环境影响评价文件批准书，文号：渝（九）环准〔2013〕302 号。该项目总占地面积 149075m²，总建筑面积 121977m²，建设 2 条铸造线、40 条机加线、2 条热处理线、1 条表面处理线、2 条模具加工线等，年产 1600 万只摩托车发动机缸头。主要建筑包括铸造厂房、机加工联合厂房、恒温车间、热处理厂房等。该项目于 2017 年 2 月 28 日通过竣工环境保护验收，验收批复文号：渝（九）环验〔2017〕019 号。志成公司已取得排污许可证，证书编号：91500107009293786A001V。

1.5.2 核技术利用项目开展情况

（1）核技术利用项目调查

根据志成公司提供的《辐射安全许可证》（渝环辐证[001008]），有效期至 2031 年 1 月 21 日。许可志成公司在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号使用 4 台 X 射线数字成像检测系统和 1 台工业 CT。工业 CT 距离本项目设备距离超过 50m，不在本项目评价范围内，后续评价不考虑其叠加影响。

另外许可志成公司在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号公司生产车间二使用 2 台 X 射线数字成像检测系统，本次拟搬迁其中 1 台苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统至本项目志成公司智能制造车间预留 X 光检测室内，搬迁距离约 280m。重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号志成公司智能制造车间内无其他 X 射线装置。宝恒路 99 号志成公司智能制造车间其他企业固定安装使用的 X 射线无损监测设备距离本项目设备距离超过 50m，不在本项目评价范围内。

续表 1 项目基本情况

经调查，重庆志成机械有限公司目前使用射线装置环保手续情况见表 1-8。

表 1-8 志成公司使用射线装置环保手续

厂区	设备名称	厂家	设备型号	工作场所	数量	环评批复	验收	备注
重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号	工业 CT	德国 Comet Yxlon	UX20 型	机加工联合厂房 CT 检测室	1 台	渝（辐）环准（2024）58 号，2024 年 8 月 24 日	2024 年 12 月 31 日通过自主验收	已取得辐射安全许可，本次拟搬迁 DU310 型
	X 射线数字成像检测系统	丹东奥龙射线仪器集团有限公司	XYG-225HP	热处理厂房毛杯内窥室	1 台	渝（辐）环准（2025）36 号，2025 年 6 月 12 日	2025.12.23 通过自主验收	
	X 射线数字成像检测系统	丹东奥龙射线仪器集团有限公司	XYG-22508/3	热处理厂房毛杯内窥室	1 台			
	X 射线数字成像检测系统	丹东华日理学电气股份有限公司	HS-XYD-225	热处理厂房 X 光探伤室	1 台			
	X 射线数字成像检测系统	丹东华日理学电气股份有限公司	HS-XYD-225	热处理厂房 X 光探伤室	1 台			
重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号	X 射线数字成像检测系统	丹东奥龙射线仪器集团有限公司	XYG-225HP 型	生产车间二 X 光探伤区	1 台			
	X 射线数字成像检测系统	苏州工业园区道青科技有限公司	DU310 型	生产车间二 X 光探伤区	1 台			

(2) 辐射工作场所监测

志成公司按照要求每年 1 月 31 日之前提交了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告表》，根据 2026 年 1 月填报的《2025 年度放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告表》及辐射工作场所监测报告，志成公司在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号、99 号使用的 1 台工业 CT，6 台 X

续表 1 项目基本情况

射线数字成像检测系统辐射工作场所辐射环境监测结果达标。

(3) 辐射工作人员情况

根据志成公司提供的资料可知，建设单位目前共配置 10 名辐射工作人员，辐射工作人员最近 4 个季度个人剂量监测结果最大值为 0.62mSv。志成公司建立有《人员培训制度》，现有 10 名辐射工作人员均取得辐射防护与安全培训合格成绩单、佩戴个人剂量计，建立辐射工作人员健康体检档案。

建设单位核技术利用项目运营至今，各 X 射线数字成像检测系统运营良好，无辐射安全事故发生，无环保投诉。

1.6 依托可行性分析

项目依托可行性分析见表 1-9。

表 1-9 项目依托可行性分析

依托工程		可行性分析	结论
公用工程	供配电系统	本项目供配电依托热处理厂房、智能制造车间现有供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	可行
	给水系统	本项目设备冷却水外购纯水补填。工作人员日常办公用水为厂房内部给水系统。	可行
	通风系统	3 台设备均自带铅房，宝恒路 99 号预留 X 光检测室内 2 台设备废气经排风装置排出铅房，利用厂房通风系统，经北侧厂房排出。 宝恒路 9 号改建的 X 光检测室的 1 台设备废气经排风装置排出铅房，经新建排风管道及排风扇引至热处理厂房西侧外墙排放，排放高度约 2.5m。	可行
环保工程	生活污水	本项目辐射工作人员在志成公司现有劳动定员内，故运营期间不新增厂房生活污水。 本项目 2 台设备所在的宝恒路 99 号智能制造车间产生生活污水依托厂区污水处理站（处理能力 1500m ³ /d）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网，经陶家镇生活污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入大溪河。 本项目 1 台设备所在的宝恒路 9 号热处理厂产生生活污水依托厂区污水处理站（处理能力 1000m ³ /d）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网，经陶家镇生活污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入大溪河。	可行
	固废处理	本项目辐射工作人员在志成公司现有劳动定员内，故运营期不新增生活垃圾，生活垃圾集中收集到厂区生活垃圾暂存处后，交由环卫部门统一处理。	可行

续表 1 项目基本情况

辐射工作人员	<p>公司现有 10 名辐射工作人员已开展职业健康体检、配置个人剂量计、取得辐射安全与防护培训合格成绩单。内部调配培养的 4 名辐射工作人员按照辐射工作人员管理、组织参加辐射安全与防护培训考核，并考核合格后方可上岗。</p> <p>现操作宝恒路 99 号生产车间二的 1 台苏州道青 DU310 型设备的 2 名辐射工作人员拟调配至预留 X 光检测室继续操作该设备。</p>	可行
辐射安全管理	<p>志成机械已成立辐射安全与防护工作领导小组，并制定了相应的辐射安全管理制度和应急预案等。应制定新购设备操作规程，继续执行已制定的各项辐射安全管理制度，方可满足本项目的辐射安全管理要求。</p>	可行

由表 1-9 可知，本项目公用工程、环保工程均可依托志成公司现有设施，因此，本项目依托厂房内现有设施以及辐射工作人员、辐射安全管理是可行的。

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
本项目不涉及放射源。								

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
本项目不涉及非密封放射性物质										

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
本项目不涉及加速器。										

(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	X 射线数字成像检测系统 (新购)	II类	1 台	DU310B 型	225	8	无损检测	九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室	苏州道青科技有限公司
2	X 射线数字成像检测系统 (拟搬迁)	II类	1 台	DU310 型	160	11	无损检测		苏州工业园区道青科技有限公司 (现苏州道青科技有限公司)
3	X 射线数字成像检测系统 (新购)	II类	1 台	UND225 型	225	8	无损检测	九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号热处理厂房 X 光检测室	重庆日联科技有限公司
以下空白									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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	
本项目不涉及中子发生器													

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	/	/	/	/	/	/	经 X 光检测室排风装置最终引至所在厂房/车间室外排放。
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	污水处理站处理后排入市政污水管网
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	厂区生活垃圾暂存点	环卫部门统一处置
报废的 X 射线数字成像检测系统	固态	/	/	/	/	/	/	设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度(Bq)。

表6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国生态环境法典生态环境法典》，2026年8月15日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日施行；</p> <p>(3) 《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；</p> <p>(4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日施行；</p> <p>(5) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年9月1日施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年10月1日施行修订版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019年3月2日施行修订版；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021年1月4日第四次修正实施；</p> <p>(9) 《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，2011年5月1日施行；</p> <p>(10) 《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日起施行；</p> <p>(11) 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；</p> <p>(12) 《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》，中华人民共和国生态环境部，2018年2月12日；</p> <p>(13) 《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；</p> <p>(14) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》，2024年2月1日起施行；</p> <p>(15) 《重庆市环境保护条例》，2025年7月31日施行修正版；</p> <p>(16) 《重庆市辐射污染防治办法》，2021年1月1日施行。</p>
------	---

续表 6 评价依据

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(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)；</p> <p>(3) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023)；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》及第 1 号修改单(GBZ/T250-2014)；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(8) 《无损检测仪器 500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2025)；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(10) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 项目投资备案证；</p> <p>(3) 项目辐射环境监测报告；</p> <p>(4) 设备相关资料；</p> <p>(5) ICRP33、《辐射防护导论》等参考文献；</p> <p>(6) 拟搬迁设备环境影响报告表、本项目各设备所在厂房环境影响报告表、评价范围内射线装置环境影响报告表、验收等。</p>

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）的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因此，本环评以 X 射线数字成像检测系统铅房外周围 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

7.2 环境保护目标

本项目拟搬迁 1 台苏州道青 DU310 型、新购 1 台苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统安装在西彭镇宝恒路 99 号公司智能制造车间预留 X 光检测室内（专用房间）。智能制造车间为单层建筑，厂房东西长 557m、南北宽 63m、高 10.5m，预留 X 光检测室长 12.5m，宽 7.7m，净高 3.5m，1F 板房结构。2 台设备拟东、西平行布置在 X 光检测室内南侧，东侧拟布置 1 台由生产车间二搬迁而来的苏州道青 DU310 型设备，西侧拟布置新购苏州道青 DU310B 型设备，两台设备铅房间隔约 2m。操作台均位于铅房西北侧，铅房所在的 X 光检测室上方无建筑，也无行车通过，楼下无建筑。

X 光检测室北侧为内窥检查区及办公室，南侧为预留荧光探伤室，西侧为内部通道，东侧为内部通道。

本项目西彭镇宝恒路 99 号公司智能制造车间内 2 台设备铅房周围环境保护目标见表 7-1。所在厂区平面布置图及周围环境见附图 2，2 台设备所在厂房布置图见附图 3，2 台设备所在 X 光检测室平面布置图见附图 4，本项目设备与所在厂房剖面示意图见图 7-1。项目评价范围为项目所在厂区内建筑及厂区外河边步道。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 西彭镇宝恒路 99 号公司智能制造车间 2 台设备环境保护目标一览表						
序号	环境保护目标名称	方向	水平距离	基本情况	影响人群	影响因素
1	2 台 X 射线数字成像检测系统铅房外 X 光检测室	四周	中间 2m 南约 0-1m, 西约 0-2m, 东约 0-1m, 北侧 0-4m,	本项目辐射工作人员, 约 4 人, 铅房西北侧设置操作台。	辐射工作人员	电离辐射
2	办公室、内窥检查区	北	约 4-12m	质检科其他工作人员, 约 6 人	公众成员	
	厂房内部通道		约 12-15m	厂房内流动人员, 约 2 人		
	热处理车间、制芯车间等		约 15-35m	智能制造车间工作人员, 约 20 人		
	厂区内绿化、道路及河边步道		约 35-50m	厂区内道路, 流动人员约 5 人		
2	智能制造车间内通道	西	约 2~7m	厂房内流动人员, 约 2 人		
	毛坯总检区及毛坯中转库		约 7-34m	智能制造车间工作人员, 约 5 人		
	智能制造车间机加工区		约 34-50m	智能制造车间工作人员, 约 10 人		
3	厂房内部通道	东	约 1-9m	厂房内流动人员, 约 2 人		
	热处理区、待抛丸、铣面区、毛刺检验区等 (含上空行车)		约 9-50m	智能制造车间工作人员, 约 10 人		
4	预留荧光探伤室	南	约 1-8m	目前为空置状态, 远期配置荧光探伤设备, 车间内工作人员, 约 2 人		
	铣床操作区		约 8-10m	智能制造车间工作人员, 约 3 人		
	粗铣面区		约 10-36m	智能制造车间工作人员, 约 10 人		
	厂区内绿化及道路		约 36-50m	厂区内道路, 流动人员约 2 人		

备注: ①以上环境保护目标与本项目所在位置无高差。铅房底部设置底座贴地安装, 铅房底部距离所在房间地面约 152、155mm, 地下无建筑, 忽略以上环境保护目标与本项目铅房底部高差。
②厂区内行车检修点距离本项目超过 50m。

本项目拟购的 1 台重庆日联 UND225 型 X 射线数字成像检测系统安装在西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房内改建 X 光检测室, 该厂房为单层建筑, 东西长 255m、南北宽 42m、高 10m, X 光检测室位于热处理厂房西端, 长 11.9m, 宽 6.8m, 净高 3.6m, 1F 混砖结构。新购设备拟布置在 X 光检测室西北侧, 操作

续表 7 保护目标与评价标准

台布置在铅房东南侧。

铅房顶部及 X 光检测室顶部人员无法到达，X 光检测室顶部无行车通过，楼下无建筑。X 光检测室北侧为检测室，南侧为已建 X 光探伤室、毛坯内窥室，西侧为厂内道路及绿化，东侧为厂房内通道。

本项目西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房内 1 台设备周围环境保护目标见表 7-2。所在厂区平面布置图及周围环境见附图 5，设备所在厂房布置图见附图 6，本项目 1 台设备所在 X 光检测室平面布置图见附图 7，与所在厂房剖面示意图见图 7-2。项目评价范围包括项目所在厂区及厂区外规划工业用地，50m 评价范围内有已许可的 4 台 X 射线数字成像检测系统。

表 7-2 西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房内 1 台设备环境保护目标一览表

序号	环境保护目标名称	方向	水平距离	基本情况	影响人群	影响因素
1	X 光检测室 X 射线数字成像检测系统 铅房四周	四周	北约 0-1m 西约 0-1m 南约 0-3m 东约 0-8m	1F 砖混结构房间，本项目辐射工作人员工作区，2 人	辐射工作人员	电离辐射 公众成员
2	X 光探伤室、毛坯内窥室	南	约 3-25m	质检科其他辐射工作人员，约 4 人	公众成员	
	厂区绿化及道路		约 25-39m	厂区内部道路，流动人员约 2 人		
	铸造厂房		约 39-50m	铸造厂房制芯区，约 10 人		
3	质检科办公室	东南	约 18-27m	质检科办公人员，约 5 人	公众成员	
4	厂区绿化及道路	西	约 1-19m	厂区内部道路，流动人员约 2 人	公众成员	
	厂外空地		约 19-50m	流动人员约 5 人，规划工业用地		
5	通道、热处理区等（含上空行车）	东	约 8-50m	热处理车间工作人员，约 10 人	公众成员	
6	检测室	北	约 1-15m	质检科工作人员，约 5 人	公众成员	
	厂区绿化及道路		约 15~25m	厂区内部道路，流动人员约 2 人		
	10kV 变电所及一般固废暂存区		约 25~50m	厂内供电设备，一般固废暂存区，流动人员约 2 人		

备注：①铅房底部设置底座贴地安装，铅房底部距离所在房间地面约 80mm，地下无建筑，忽略以上环境保护目标与本项目铅房底部高差。

②厂房内行车检修点距离本项目超过 50m。

续表 7 保护目标与评价标准

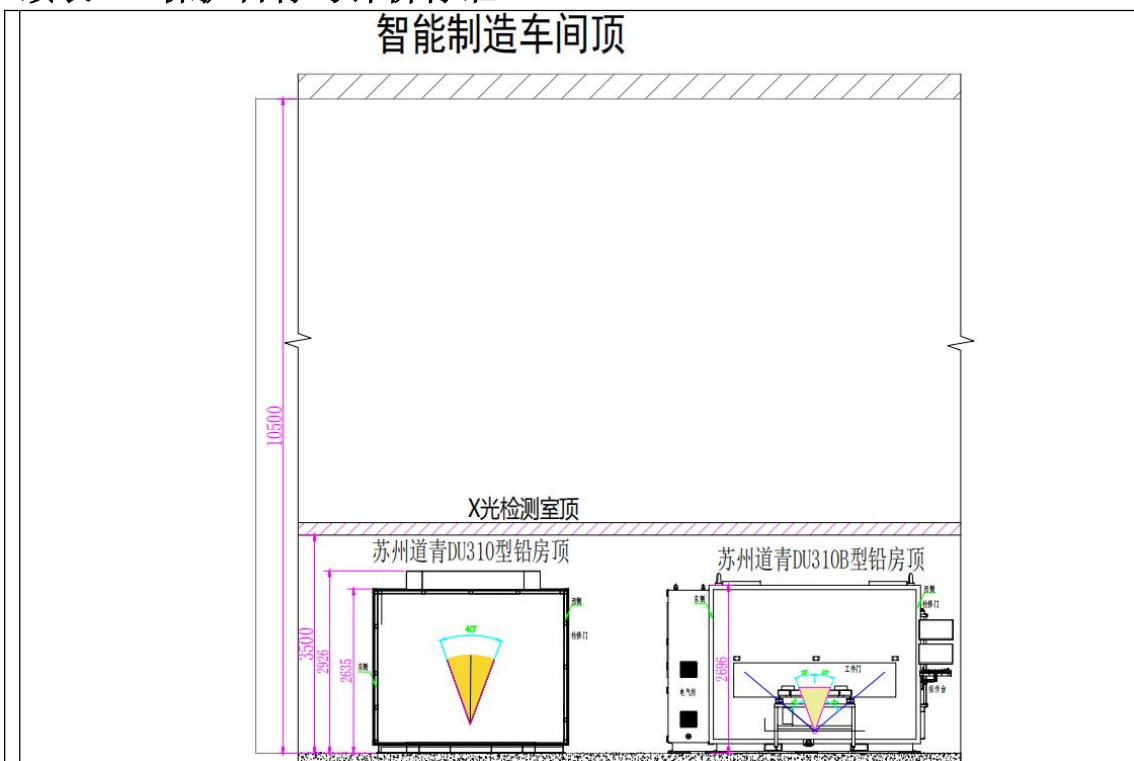


图 7-1 本项目设备与智能制造车间剖面示意图（单位为 mm）

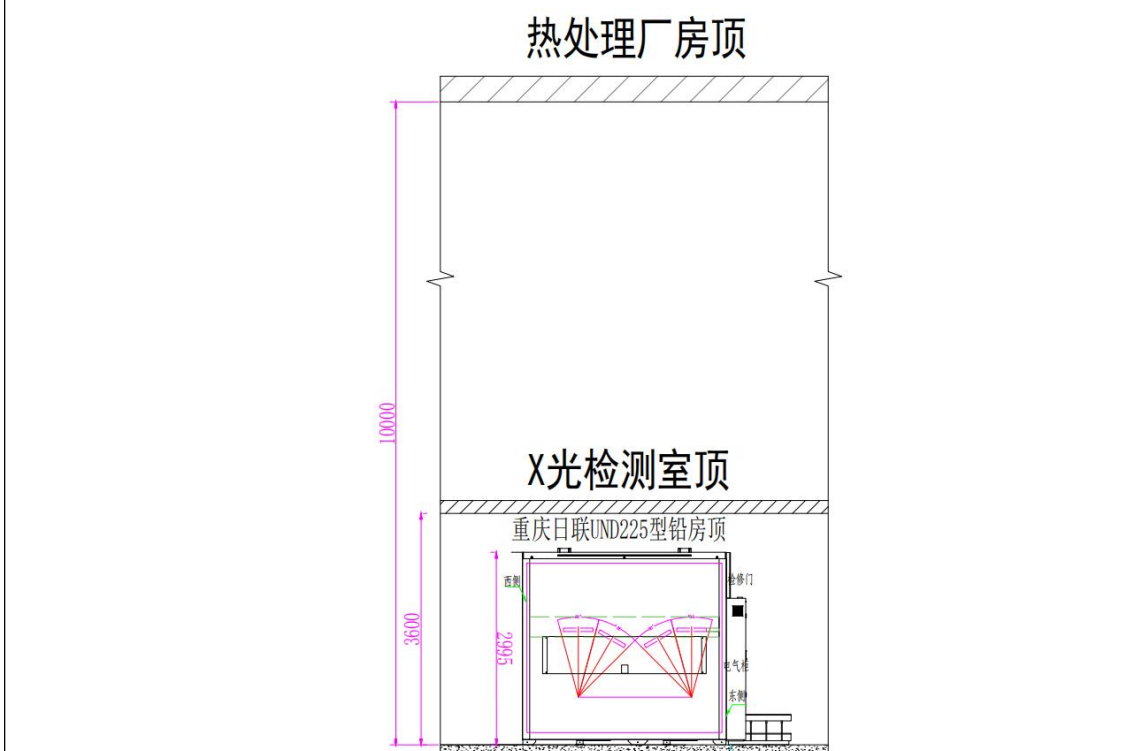


图 7-2 本项目设备与热处理厂房剖面示意图（单位为 mm）

续表 7 保护目标与评价标准

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的安全。

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

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

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。

B1.2 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)

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 600kV 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。

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 (本报告表 7-3) 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 7-3 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
150~200	<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

续表 7 保护目标与评价标准

<p>100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；</p> <p>b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。</p> <p>6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：</p> <p>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；</p> <p>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 100μSv/h。</p> <p>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。</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）</p> <p>本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。</p> <p>本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。</p> <p>3.2 需要屏蔽的辐射</p> <p>3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。</p> <p>3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。</p> <p>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）。</p> <p>(4) 评价标准及控制指标</p> <p>建设单位取 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。</p> <p>综上所述，结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价标准要求见表 7-4 所示。</p>
--

续表 7 保护目标与评价标准

序号	项目	控制限值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv 公众成员：0.1mSv	GB18871-2002 公司管理要求
2	周剂量管理目标限值	职业工作人员周剂量：≤100μSv/周； 公众成员周剂量：≤5μSv/周	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
3	设备性能要求	距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率：<5mSv/h（管电压 >200kV） 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（管电压 150~200kV）	GBZ117-2022
4	剂量率参考控制水平	铅房屏蔽体东、西、南、北、顶部 30cm 处， 底部周围剂量当量率≤2.5μSv/h	GBZ117-2022 GBZ/T250-2014
5	通风要求	有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2022

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置和场所位置

本项目位于重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间、九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号热处理厂房，地理位置见附图 1。本项目 X 射线数字成像检测系统均有定制铅房，拟搬迁 1 台新购苏州道青设备、新购 1 台苏州道青设备安装在宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室（专用房间）内。拟新购 1 台重庆日联设备安装在宝恒路 9 号热处理厂房 X 光检测室（专用房间）内。各 X 光检测室楼上无建筑，且人员无法到达，楼下为实土层。

项目场所位置见附图 3、6，项目场址现状及周围环境现状见附图 9。

8.2 辐射现状

为掌握本项目拟建址及周围辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2026 年 2 月 10 日对本项目场址及周围的环境 γ 辐射剂量率进行了监测。监测结果见渝泓环（监）[2026] 131 号。

（1）监测因子：环境 γ 辐射剂量率。

（2）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

监测项目	监测方法	监测依据
环境 γ 辐射剂量率	仪器法	《环境 γ 辐射剂量率测定规范》（HJ1157-2021）

（3）监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

监测仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境级 X、 γ 辐射巡检仪 RGM5200	1222203004005	2025112600812	2026.11.27	0.99

测量范围：10nSv/h-100 μ Sv/h。

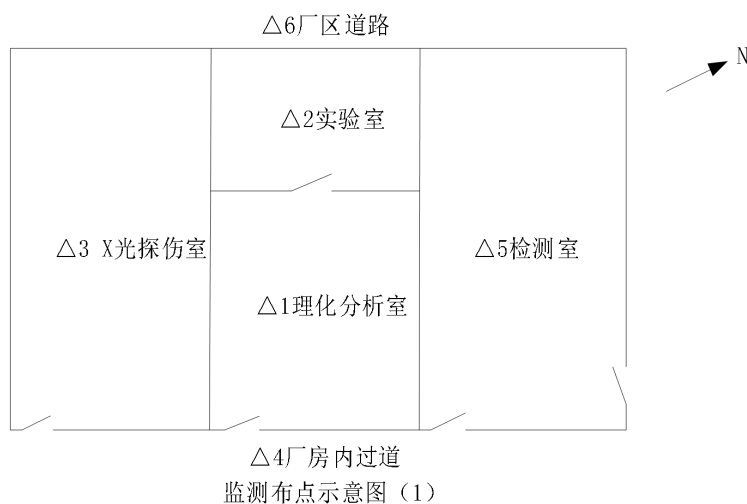
（4）监测点位

本次评价共布设了 15 个监测点，监测点位布点示意图见图 8-1。监测期间本

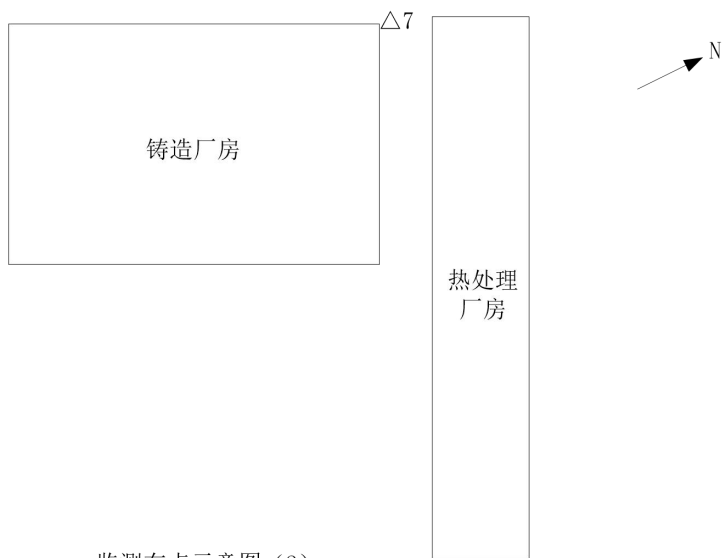
续表 8 环境质量现状

项目评价范围内 X 射线数字成像检测系统正常运行。

监测布点合理性分析：本次监测在项目 X 射线数字成像检测系统所在的热处理厂房拟建 X 光检测室、智能制造车间 X 光检测室周围及所在厂房外均设置了监测点位，布点覆盖了项目场址和最近环境保护目标，监测布点较全面，可以反映项目场址及其周围环境的辐射环境水平。

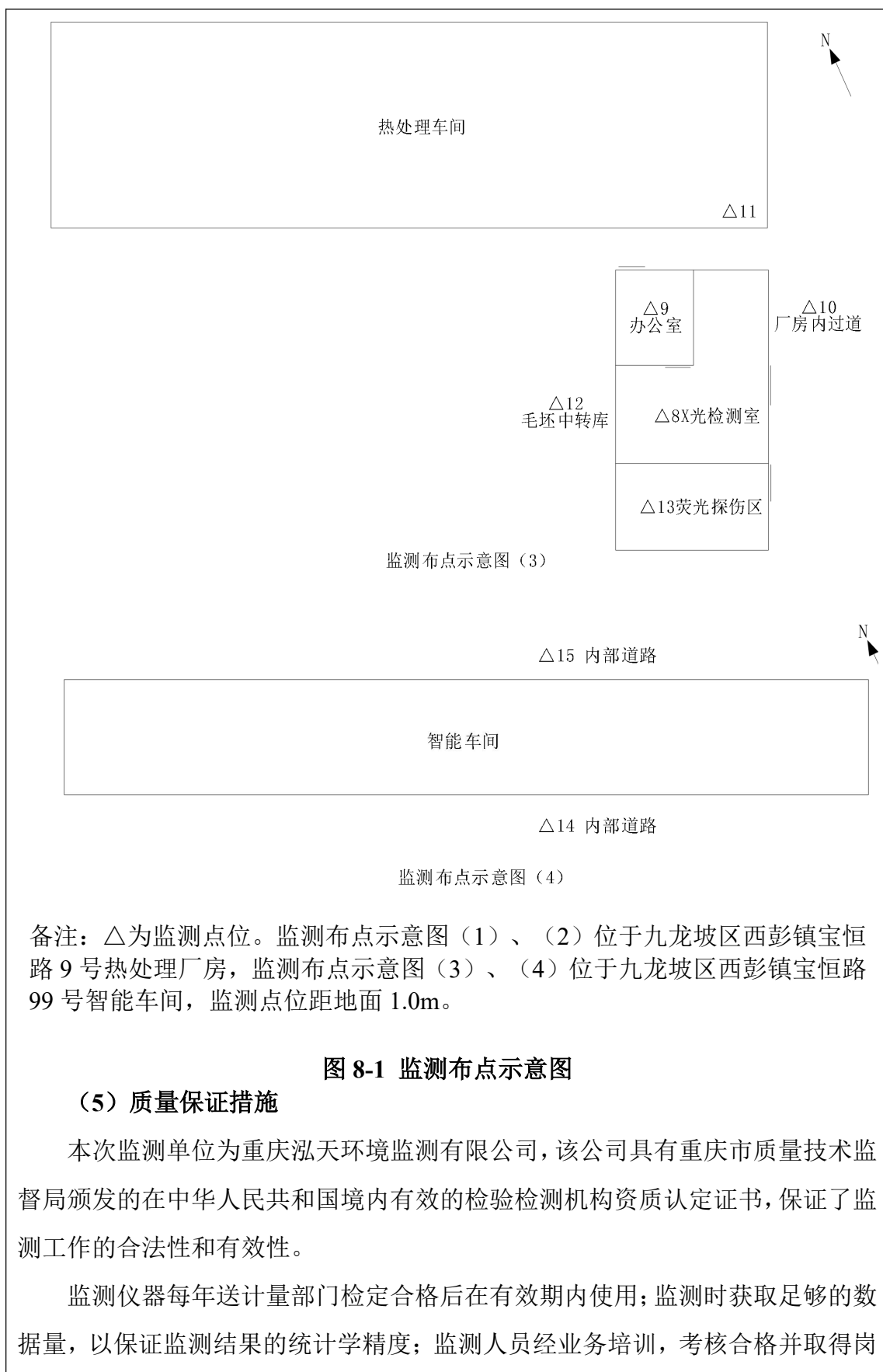


监测布点示意图 (1)



监测布点示意图 (2)

续表 8 环境质量现状



续表 8 环境质量现状

位合格证书，现场监测工作由两名监测人员进行。监测报告严格实行审核制度，经过审核，最后由授权签字人签发。因此，监测结果有效。

(6) 监测结果统计

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 监测结果统计

监测点位	监测点地理位置	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
$\Delta 1$	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号	理化分析室	0.098
$\Delta 2$		实验室	0.097
$\Delta 3$		X光探伤室	0.085
$\Delta 4$		东侧热处理厂房内过道	0.064
$\Delta 5$		检测室	0.088
$\Delta 6$		西北侧厂区道路	0.064
$\Delta 7$		铸造厂房旁	0.064
$\Delta 8$	重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号	X光检测室	0.062
$\Delta 9$		办公室	0.060
$\Delta 10$		东侧智能车间厂房内过道	0.059
$\Delta 11$		热处理车间	0.067
$\Delta 12$		毛坯中转库	0.057
$\Delta 13$		荧光探伤室（空置）	0.056
$\Delta 14$		南侧厂区内部道路	0.075
$\Delta 15$		北侧厂区内部道路	0.060

备注： $1\mu\text{Gy/h}=1000\text{nGy/h}$ ，以上监测结果均未扣除宇宙射线响应值。

根据监测结果可知，本项目场址及周围环境 γ 辐射剂量率监测值范围为 $56\text{nGy/h}\sim 98\text{nGy/h}$ （未扣除宇宙射线响应值）。根据《2024年重庆市辐射环境质量报告书（简化版）》，累积剂量测得的 γ 辐射空气吸收剂量率全市点位年均值范围为 $79.2\sim 108\text{nGy/h}$ ，平均值为 96.1nGy/h 。对比可知，本项目场址及周围环境 γ 辐射剂量率监测值在重庆市环境 γ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

续表 8 环境质量现状

8.3 评价范围内其他 X 射线装置辐射工作场所现状

宝恒路 99 号志成公司智能制造车间南侧的重庆戴卡捷力轮毂制造有限公司 1#、2#联合厂房使用 18 台 X 射线检测系统距离本项目设备距离超过 50m，且已取得辐射安全许可。

志成公司在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号使用 4 台 X 射线数字成像检测系统和 1 台工业 CT。工业 CT 距离本项目设备距离超过 50m，另外 4 台 X 射线数字成像检测系统位于本项目南侧的毛坯内窥室、X 光探伤室，建设单位委托重庆泓天环境监测有限公司对已运行的 4 台 X 射线数字成像检测系统铅房外四周、顶部、其他穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置处进行了现状监测（渝泓环（监）[2025] 941 号）。监测结果统计见表 8-4。

表 8-4 现状监测情况一览表

序号	设备	监测报告	铅房外周围剂量当量率监测结果范围 (μSv/h)	监测结果最大值位置
1	宝恒路 9 号热处理车间毛坯内窥室东侧丹东奥龙 XYG-22508/3 型	渝辐（监） [2025]1492 号	0.11-0.17	防护大门中间表面 30cm
2	宝恒路 9 号热处理车间 X 光探伤室西侧丹东华日理学 HS-XYD-225 型		0.10-0.18	防护大门左门缝 30cm
3	宝恒路 9 号热处理车间 X 光探伤室东侧丹东华日理学 HS-XYD-225 型		0.11-0.20	防护大门中间表面 30cm
4	宝恒路 9 号热处理车间毛坯内窥室西侧丹东奥龙 XYG-225HP 型		0.10-0.15	铅房西侧表面 30cm

备注：监测结果未扣除本底 92~108nSv/h。

根据监测结果可知，X 射线数字成像检测系统铅房屏蔽体外绝大部分监测结果处于本底值的正常涨落范围内，铅房外周围剂量当量率最大值为 0.20μSv/h，远低于标准规定的 2.5μSv/h，现状监测结果均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117—2022）要求。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

志成公司拟将位于九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号生产车间二 X 光探伤区的 1 台苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统搬迁至九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室，设备搬迁工作由厂家完成。另外新购 1 台苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统拟安装在九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室。此外，志成公司拟在九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房理化分析室及试验室改建为 X 光检测室，拆除理化分析室及试验室中间隔墙，新购 1 台重庆日联科技有限公司生产的 UND225 型 X 射线数字成像检测系统安装在 X 光检测室西端。

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤设备装置安装调试，建设过程中主要有设备安装、现有理化分析室隔墙拆除产生的噪声、包装垃圾、建筑垃圾以及施工人员产生的少量生活污水和生活垃圾。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成及工作方式

(1) 设备组成

本项目拟搬迁的 1 台、新购 2 台 X 射线数字成像检测系统主要由铅房、电气柜、操作台、机械运动机构、X 射线管头、C 形臂、高压发生器、平板成像器、水冷系统等组成。3 台设备组成基本相同，新购 1 台苏州道青 DU310B 型及 1 台重庆日联 UND225 型 X 射线数字成像检测系统的 X 射线管头及平板成像器固定安装在运动系统上，另外搬迁 1 台为苏州道青 DU310 型 X 射线管头及平板成像器固定在 C 形臂结构的两端。

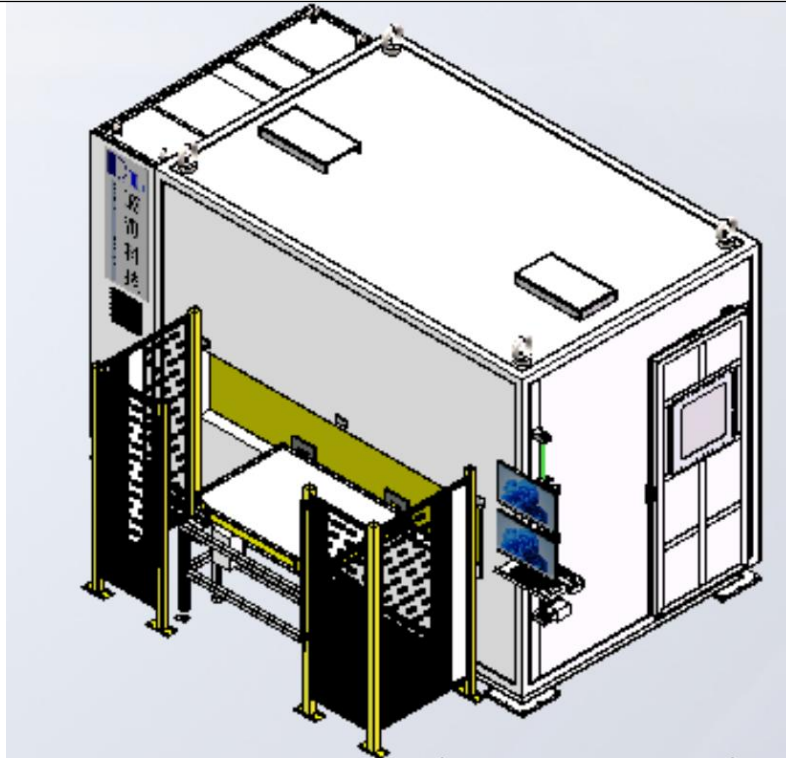
本项目各设备照片见图 9-1 至 9-3。

续表 9 项目工程分析与源项

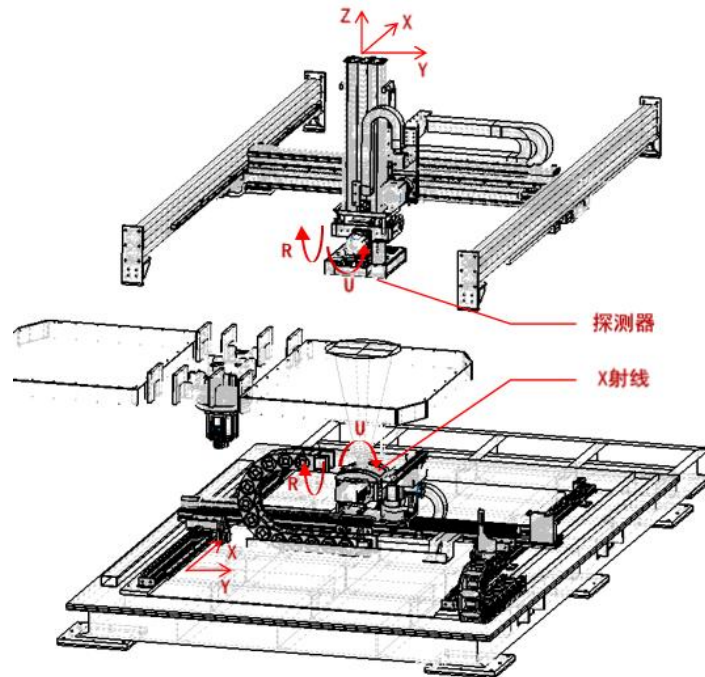


图 9-1 拟搬迁的生产车间二 X 光探伤区苏州道青 DU310 型整体、铅房内部、操作台照片

续表 9 项目工程分析与源项



苏州道青 DU310B 型设备正面示例照片

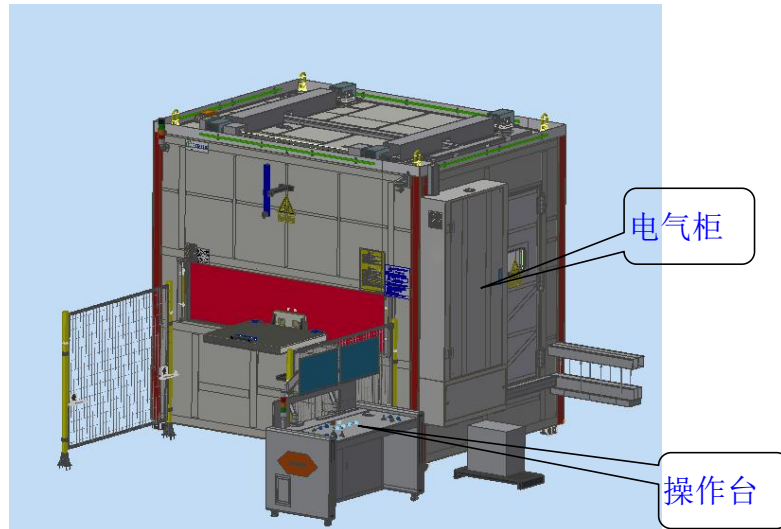


苏州道青 DU310B 型设备内部结构

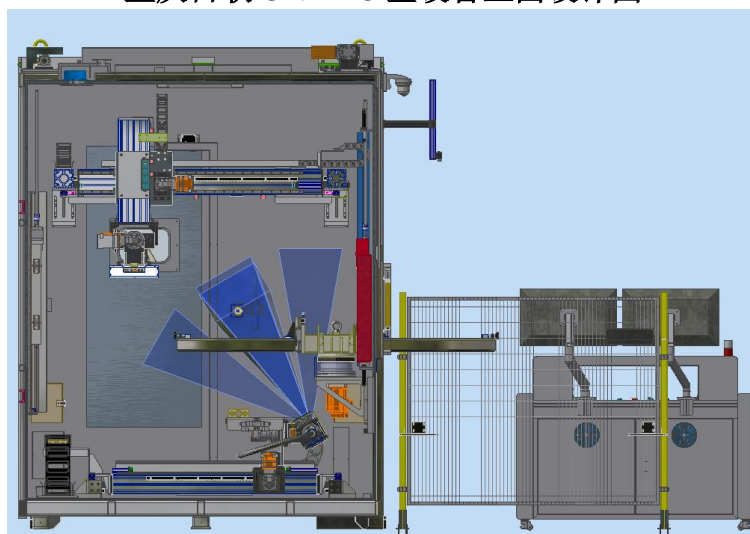
续表 9 项目工程分析与源项



图 9-2 拟购苏州道青 1 台苏州道青 DU310B 型设备示例照片

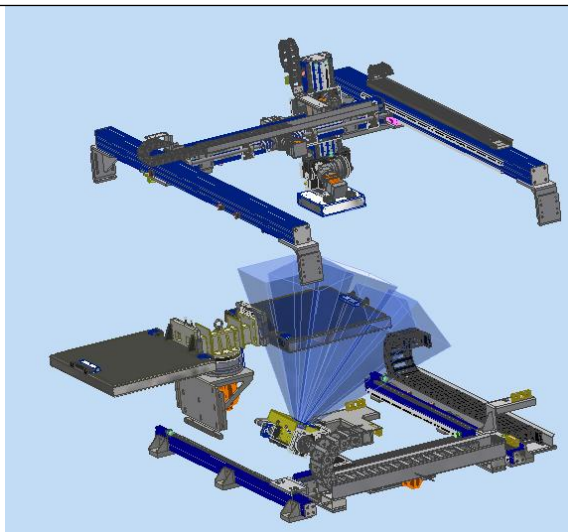


重庆日联 UND225 型设备正面设计图



重庆日联 UND225 型设备侧视图

续表 9 项目工程分析与源项



重庆日联 UND225 型设备内部结构

图 9-3 拟购重庆日联 UND225 型设备设计图

① 铅房

本项目 X 射线数字成像检测系统的铅房为 X 射线的屏蔽防护系统,屏蔽体主要由一定厚度的钢+铅+钢组成,各铅房内空尺寸见表 1-2。

② 电气柜/设备

拟购重庆日联 UND225 型设备的电气柜箱体在铅房东侧,拟购苏州道青 1 台 DU310B 型设备的电气柜箱体在铅房西侧,电器柜为普通钢材。

拟搬迁苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统的电气设备独立于铅房外,置于铅房一侧 X 光检测室地面。

③ 操作台

本项目各设备主射线均朝上照射,操作台拟设置于 X 射线数字成像检测系统的铅房外一侧,用于工作人员操作控制 X 射线数字成像检测系统的运行,包含显示器、射线机控制器、触摸屏等。

④ 机械运动机构

本项目 X 射线数字成像检测系统的机械运动系统位于铅房内,包括射线管及工件载物台旋转,工件旋转单元带动工件平台实现水平 360°旋转,工件平台为可旋转的双载物平台。设备厂家提供了射线管运动行程,具体见表 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-1 本项目各 X 射线数字成像检测系统机械运动行程表						
设备型号	厂家	数量	安装位置	主射面及摆角	平移行程 (mm)	射线管与屏蔽体最近距离 (mm)
DU310 型 (拟搬迁)	苏州工业园区道青科技有限公司 (现苏州道青科技有限公司)	1 台	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室 东侧	主射方向朝上 (顶板), 射线管辐射角度范围 40°×30°, 除底板外, 铅房其他侧都可能成为主射线方向。	东西平移行程 1071	距东: 1027 距西: 1042
					南北平移行程 755	距南: 1571 距北: 571
					上下升降行程 412	距上: 1718 距下: 505
DU310B 型 (拟购)	苏州道青科技有限公司	1 台	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室 西侧	主射方向朝上 (顶板), 射线管辐射角度范围 40°×30°, 除底板外, 铅房其他侧都可能成为主射线方向。	东西平移行程 1600	距东: 1552 (至电气柜边界) 距西: 898
					南北平移行程 1000	距南: 659 距北: 545
					上下固定	距上: 2340 距下: 356
UND225 型 (拟购)	重庆日联科技有限公司	1 台	宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室	主射方向朝上 (顶板), 射线管辐射角度范围 30°×30°, 除底板、西侧外, 铅房其他侧都可能成为主射线方向。	东西平移行程 1760	距东: 602 距西: 870
					南北平移行程 800	距南: 585 距北: 935
					上下移动行程 175	距上: 2078 距下: 742

备注: 穿线孔均不在主射方向上。

⑤ X 射线管头

本项目 X 射线数字成像检测系统的 X 射线管头均为封闭式单级金属陶瓷 X 射线管, 安装在铅房内的 C 形臂一端或机械运动系统底部。本项目 X 射线管头的射线束形状为锥束, 锥束角度及 X 射线束源点距离铅房各侧表面的最近距离见表 9-1 所示。射线管均为生产厂家外购, 厂家提供了射线管相关参数, 具体见图 9-4。

续表 9 项目工程分析与源项



图9-4 射线管照片（3台设备射线管均来自该厂家）

⑥ 管头摆角装置

X 射线管头摆角装置可实现 X 射线管头竖直或水平方向正负一定角度摆动，需倾斜方向成像时，通过 X 射线管头摆角运动，平板成像器垂直升降与之联动来实现。对于苏州道青 DU310 型设备，根据厂家提供的侧剖视图，在 C 臂位于南侧极限位置，射线管还能向南侧摆动 0-30°，向北侧摆动 0-30°。射线管从南侧极限位置移动至北侧极限位置，因已距离工件门较近，不能再摆动。射线管在东西极限位置移动过程可以向两侧摆动 45°。

对于苏州道青 DU310B 型设备，根据厂家提供的侧剖视图，辐射角在南北方向不对称，一侧为 10°、一侧为 20°。射线管在南侧极限位置只能向北侧偏转 0-35°，在北侧极限位置只能向南侧偏转 0-35°。射线管在西侧极限位置只能向东侧偏转 0-35°，在西侧极限位置只能向西侧偏转 0-35°。

对于重庆日联 UND225 型型设备，根据厂家提供的侧剖视图，射线管在南侧极限位置只能向北侧偏转 0-30°，在北侧极限位置只能向南侧偏转 0-30°。射线管在西侧极限位置只能向东侧偏转 0-30°，在西侧极限位置只能向西侧偏转 0-30°。

续表 9 项目工程分析与源项

结合设备尺寸及 X 射线管头运动位置，厂家给出了主射线可能涉及范围，具体见表 9-1 及附图 8 中各设备因射线管升降、转动可能的主射线最大范围。

⑦ 高压发生器

X 射线高压发生器是 X 射线设备中的关键组成部分，其主要功能是产生并控制用于 X 射线成像的高压电能。高压电源装置是一台可输出 3 千瓦的高压开关电源，是将电网电源（AC220V）进行整流滤波转换成直流电源（DC），再经过功率器件（IGBT）组成桥式逆变电路转换成由主逆变频率控制的高频交流电源（AC），用其作为高压变压器的主控电源。在 X 射线设备中，高压发生器产生的高电压被用于驱动 X 射线管。当高压加在 X 射线管的阴阳极之间时，会加速管内的电子，使其撞击阳极靶面，从而产生 X 射线。

⑧ 平板成像器

本项目 X 射线数字成像检测系统的探测器为平板成像器，安装在 X 射线管对侧，平板成像器是用来接收穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建，是数字成像的核心，将肉眼看不到的“X 射线”转换为最终能转变为图像的“数字化信号”。

⑨ 冷却器

本项目 X 射线数字成像检测系统的冷却器为水冷系统，主要功能是为设备降温冷却，采用外购纯水作为介质，定期更换。

⑩ 铅房排风系统

本项目 3 台设备铅房顶部拟设置机械排风装置。本项目 X 射线数字成像检测系统排风系统设置及其他布置见表 9-2。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-2 本项目 X 射线数字成像检测系统配置情况

设备型号	DU310 型	DU310B 型	UND225 型
设备厂家	苏州工业园区道青科技有限公司 (现苏州道青科技有限公司)	苏州道青科技有限公司	重庆日联科技有限公司
数量(台)	1(拟搬迁)	1(拟购)	1(拟购)
工作场所	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室东侧	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室西侧	宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室
高压电源装置	西侧	西侧	东侧
冷却系统	西侧	西侧	东侧
电气柜	独立置于西侧	在铅房东侧与铅房成为一体	在铅房东侧与铅房成为一体
操作台	西侧	西侧	东侧
电缆穿线孔位置	西侧	西侧	东侧
检修门	西侧	西侧	东侧
通风系统设置	顶部 (2 个送风, 2 个排风), 4 个风口	顶部, 1 个排风扇, 1 个风口	顶部, 2 个排风扇, 2 个风口
风量	600m ³ /h	400m ³ /h	660m ³ /h
铅房有效容积(m ³)	19.1	16.0	17.4
通风次数(次/h)	31	25	38
排风去向	利用 X 光检测室及智能制造车间排风系统排出		新建排风管道引至热处理厂房西侧外墙排放, 排放高度约 2.5m。

(2) 工作方式

本项目 X 射线数字成像检测系统工作方式为固定式探伤, 工作模式下人员不进入铅房内, 检测曝光时 X 射线束朝设备铅房顶部定向出束照射, 通过设备机械运动系统调整 X 射线管位置, 曝光时 X 射线管不再移动。工件门位于铅房正面, 由辐射工作人员将工件放置在载物台上, 载物台可 360 度旋转。X 射线数字成像检测系统通过平板成像器采集图像, 采集结束后停止曝光, 采集的图像输出到操作台的显示器上, 工作人员在操作台上观察检测图像, 确认检测结果。再次曝光时重复上述操作, 直至检测结束, 工作人员关闭 X 射线管, 打开铅门, 取出工件。

(3) 工作负荷

根据建设单位提供的设备现有运行情况, 本项目 X 射线数字成像检测系统工

续表 9 项目工程分析与源项

作负荷见表 1-5，新购 1 台重庆日联 UND225 型设备年出束时间为 36h，其余 2 台苏州道青设备年出束时间均为 72h。

(4) 设备参数

本项目拟配置的 3 台 X 射线数字成像检测系统主要技术参数见表 9-3。

表 9-3 本项目 X 射线数字成像检测系统主要技术参数

设备名称	X 射线数字成像检测系统		
设备型号	DU310 型	DU310B 型	UND225 型
设备厂家	苏州工业园区道青科技有限公司（现苏州道青科技有限公司）	苏州道青科技有限公司	重庆日联科技有限公司
数量（台）	1（拟搬迁）	1（拟购）	1（拟购）
工作场所	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室东侧	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室西侧	宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室
最大管电压	160kV	225kV	225kV
最大管电流	11mA	8mA	3.5mA/8mA（最大管电压下）
功率	1800W	1800W	800W/1800W
焦点尺寸（mm）	0.4/1.0	0.4/1.0	0.4/1.0
焦距（mm）	1200	1200	1200
射线辐射角	水平（东西）摆角±45°，垂直（南北）摆角±45°，辐射角度范围 40°×30°	水平（东西）摆角±35°，垂直（南北）摆角±35°，辐射角度范围 40°×30°	水平（东西）摆角±30°，垂直（南北）摆角±30°，辐射角度范围 30°×30°
射线管型号	封闭式 MXR160HP/11	封闭式 MXR-225HP/11	封闭式 MXR-225HP/11
过滤材料	0.8mmBe	0.8mmBe	0.8mmBe
发射率	6.0mGy·m ² /（mA·min）	11.4mGy·m ² /（mA·min）	11.4mGy·m ² /（mA·min）
照射方式	定向照射（向上）	定向照射（向上）	定向照射（向上）
最大穿透厚度	120mm（铝）	150mm（铝）	150mm（铝）
冷却方式	水冷	水冷	水冷
最大可检工件规格	1000×500×350mm	1000×500×350mm	700×500×350mm
屏蔽体	铅房	铅房	铅房
其他	安全联锁系统、摄像监视系统等	安全联锁系统、摄像监视系统等	安全联锁系统、摄像监视系统等

9.2.2 工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

续表 9 项目工程分析与源项

① X 射线产生原理

X 射线数字成像检测系统的 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，直接向嵌在铜阳极中的钨靶射击。高压电压加在 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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见图 9-5。

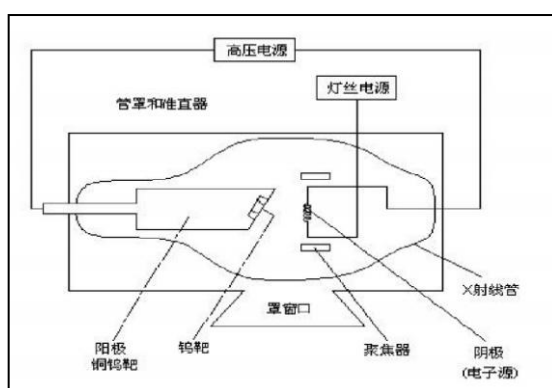
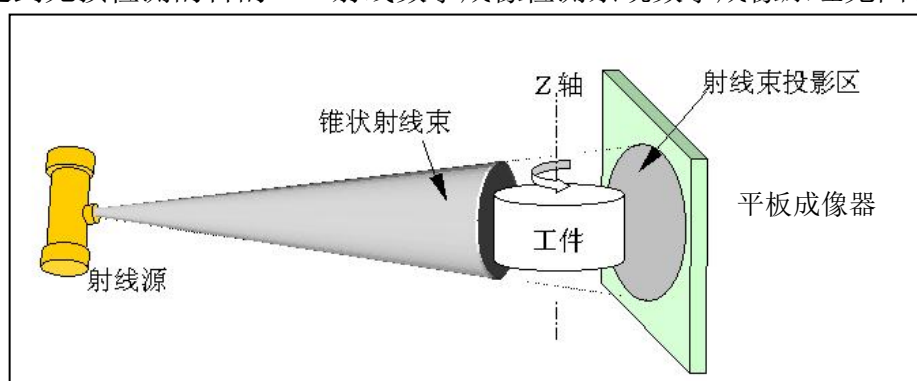


图 9-5 X 射线管原理示意图

② 数字成像原理

X 射线数字成像检测系统是新一代的无损检测设备，以数字实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由平板成像器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出检测对象内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。X 射线数字成像检测系统数字成像原理见图 9-6。



续表 9 项目工程分析与源项

图 9-6 X 射线数字成像检测系统扫描成像原理示意图

(2) 工艺流程

本项目 X 射线数字成像检测系统主要工艺流程及产污环节见图 9-7。

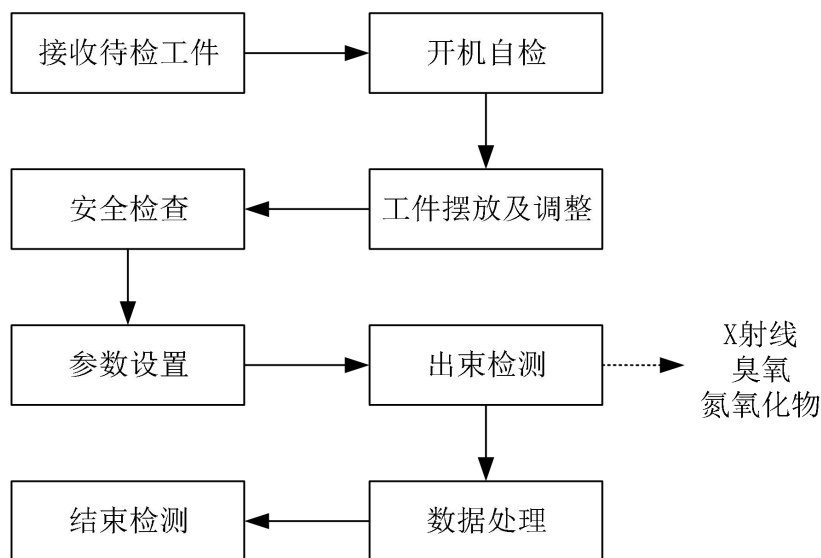


图 9-7 项目工艺流程及产排污简图

① 接收待检工件：车间工作人员将待检工件运至 X 光检测室；本项目操作人员接收待检工件后进行信息登记；

② 开机自检：操作人员打开 X 射线数字成像检测系统设备，启动系统自检工作；

③ 工件摆放及调整：为提高工作效率，本项目各设备均为 2 个工件检测台（载物台），且可旋转 360°，打开工件门，工作人员将工件摆放至铅房外部载物台上，旋转载物台至铅房内，关闭工件门。根据待检部位需求在操作台上利用工件机械运动机构将 X 射线管移动至合适位置。另外 1 个载物台位于铅房外，可继续摆放工件。

④ 安全检查：操作人员通过视频监控确认铅房内部无人员滞留，检查门机联锁等安全装置系统都启动并正常。

⑤ 参数设置：操作人员根据工件的尺寸设置管电压、管电流等检测参数；

⑥ 出束检测（以苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统为例）：

续表 9 项目工程分析与源项

主控钥匙先旋转至“开”，电源接通指示灯亮（绿色），设备自检，冷却器、铅门联锁、急停按钮、高压锁复位，输入密码，解锁进入操作页面。设置出束电流、电压参数，点击按下射线开启，设备出束，铅房外红色报警灯亮并发出蜂鸣声。采集结束后点击显示器“X-ray off”关闭高压。

⑦ 数据重建：采集结束后通过计算机算法，对采集得到的数据进行处理，生成采集图像，分析检测结果，出具检测报告；

⑧ 结束检测：打开工件门取出受检工件，将已检工件载物台旋转至铅房外取下已检工件，同时将下一个待检工件放置到工件平台上准备下一个检测过程或者结束工作。

整个过程操作人员均不进入铅门内部，只有设备需要维修、维护时，经过专业培训的维修人员在设备断电情况下佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪进入铅房。

9.3 路径规划

本项目路径规划分为人流路径和物流路径，具体如下。

（1）人流路径

本项目操作人员进入各 X 光检测室，在操作台前操作设备。

（2）工件路径

本项目待检工件搬运至 X 光检测室内，然后由操作人员人工放置在 X 射线数字成像检测系统的工件平台上，工件经工件防护门进入铅房内进行检测，检测完成后原路返回离开。

项目人流、物流图见图 9-8、9-9。

续表 9 项目工程分析与源项

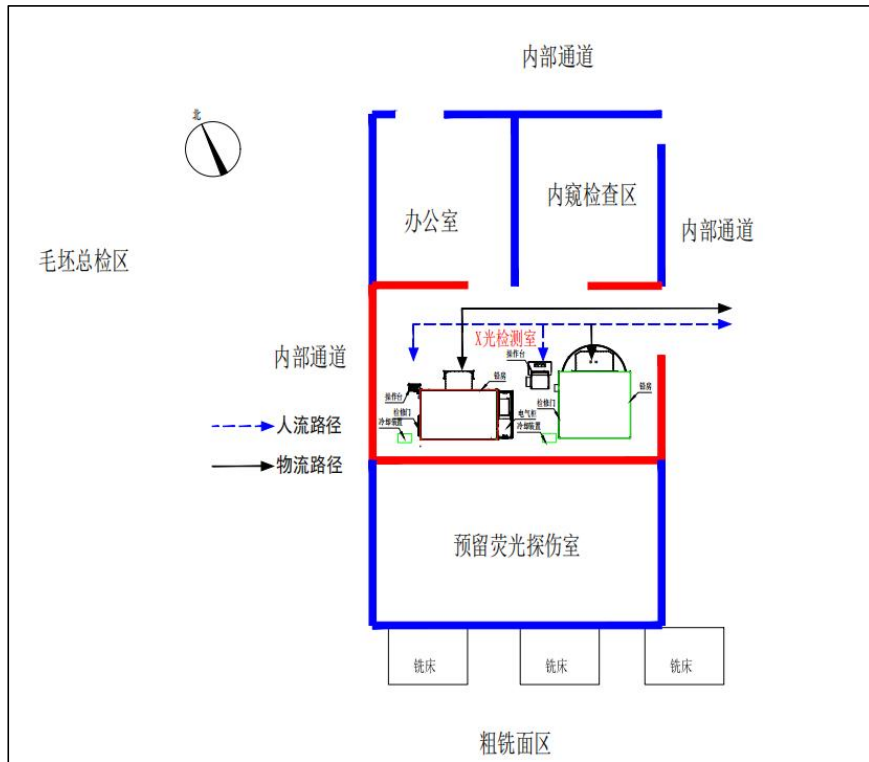


图 9-8 宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室工作场所人流物流路径图

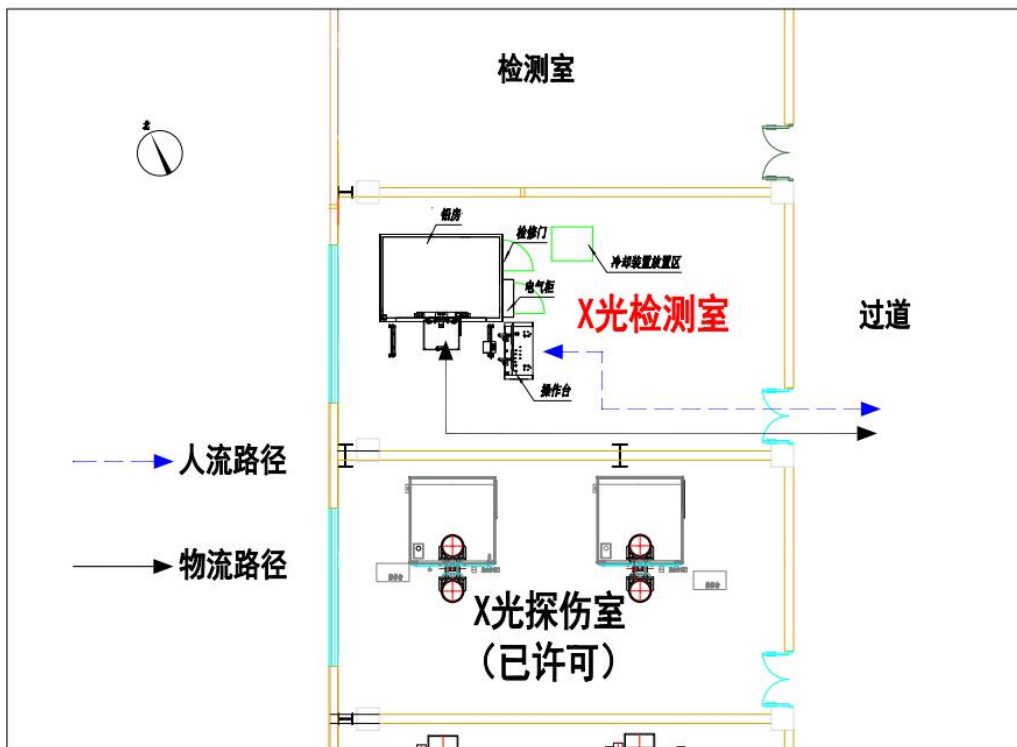


图 9-9 宝恒路 9 号热处理厂房 X 光检测室工作场所人流物流路径图

9.4 污染源项分析

续表 9 项目工程分析与源项

根据工艺流程可知,本项目产生的污染物主要有 X 射线数字成像检测系统曝光时的电离辐射影响、废气(臭氧、氮氧化物)等。

9.4.1 电离辐射

由 X 射线数字成像检测系统工作原理可知, X 射线是随机器的开、关而产生和消失, 本项目使用的 X 射线数字成像检测系统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 射线数字成像检测系统工作流程, X 射线数字成像检测系统与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线管出束照射期间, 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。X 射线数字成像检测系统射线能量、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。根据厂家提供设备输出量参数, 本项目 X 射线数字成像检测系统的输出量分别为 $6\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ (苏州道青 DU310 型)、 $11.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ (苏州道青 DU310B 型)、 $11.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ (重庆日联 UND225 型)。

②漏射线: 由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)表 1, 本项目 X 射线数字成像检测系统管电压大于 200kV 的设备, 距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应小于 5mSv/h, 本项目管电压在 150~200kV 的设备, 距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应小于 2.5mSv/h。

③散射线: 由有用线束及漏射线在各种散射体(检测工件、设备箱体等)上散射产生的射线。一次散射或多次散射, 其强度与 X 射线数字成像检测系统的 X 射线能量、输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。90° 散射线能量最高, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 2, 225kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 kV 值为 200kV。160kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 kV 值为 150kV。

续表 9 项目工程分析与源项

9.4.2 “三废”产排情况

本项目 X 射线数字成像检测系统无损检测作业过程中主要产生 X 射线，不产生放射性“三废”。

(1) 废气

在 X 射线数字成像检测系统无损检测作业时，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 3 台设备铅房顶部拟设置机械排风装置。

宝恒路 99 号 X 光检测室拟安装的 2 台 X 射线数字成像检测系统废气经铅房顶部排风装置排出铅房，利用 X 光检测室外墙上排风装置，另接排风管道，最终在智能制造车间北侧外墙排出。

宝恒路 9 号热处理厂房检测室拟配置的 1 台 X 射线数字成像检测系统废气经铅房顶部排气扇排出铅房，经 X 光检测室西侧外墙排风扇排出 X 光检测室至室外，排放高度约 2.5m。

(2) 废水

本项目无生产废水产生。本项目不新增工作人员，不新增生活污水产生量，辐射工作人员产生的生活污水依托厂区生化池处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。使用一段时间后，冷却水会补充，不外排。

(3) 噪声

本项目各 X 射线数字成像检测系统设置排风装置进行机械通风，排风装置噪声值一般低于 55dB（A），为低噪声设备。安装在 X 射线数字成像检测系统顶部，风机噪声经 X 射线数字成像检测系统设备箱体和所在厂房隔声后排放。

(4) 固体废物

本项目不新增工作人员，不新增生活垃圾产生量，辐射工作人员产生的生活垃圾依托原有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

X 射线数字成像检测系统报废后，对设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

9.4.3 项目产排污统计

项目产生的污染因子源强分析总体情况见表 9-4 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

表 9-4 项目污染物产排情况统计表			
污染物	污染因子	产生量	处理处置方式
电离辐射	X 射线	苏州道青 DU310 型设备距靶 1m 处发射率为 $6\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，苏州道青 DU310B 型设备距靶 1m 处发射率为 $11.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，重庆日联 UND225 型设备距靶 1m 处发射率为 $11.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 。 管电压 225kV 对应散射线能量为 200kV，管电压 160kV 对应散射线能量为 150kV。 管电压 225kV 的设备距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 5mSv/h 。管电压 160kV 的设备距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 2.5mSv/h 。	设备自屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	少量	机械排风
废水	生活污水	不新增	依托厂区污水处理站
噪声	噪声	排风装置 $\leq 55\text{dB(A)}$	隔声、距离衰减
一般固废	生活垃圾	不新增	交环卫部门处理
	报废 X 射线数字成像检测系统	3 台（报废时）	设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目布局与分区

10.1.1 工作场所布局

志成公司拟在西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间预留的 X 光检测室布置 2 台 X 射线数字成像检测系统。根据生产线工艺需求，拟搬迁 1 台（该厂区内已许可设备）、新购 1 台苏州道 X 射线数字成像检测系统布置在 X 光检测室内，该检测室为本项目设备专用房间。X 光检测室南侧为预留荧光探伤室，西侧为厂房内通道及毛坯中转库，东侧为厂房内部通道及热处理区，北侧为厂房内过道，之外为热处理车间。拟在预留 X 光检测室西侧配置 1 台苏州道青 DU310B 型设备（新购），东侧配置 1 台苏州道青 DU310 型设备（由该厂区生产车间二搬迁而来）。2 台设备固定安装，均带有独立铅房和操作台，工件门位于铅房北侧，各设置 1 个检修门位于西侧，操作台位于铅房西北侧，主射方向朝上，操作台拟设置位置避开了主射束方向。

志成公司拟将九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房理化分析室及试验室改建为 X 光检测室，新建 X 光检测室位于热处理厂的西端，东侧为厂房内过道及热处理区，西侧为厂区内道路，北侧为其他检测室等，南侧为现有 X 光探伤室等。拟购 1 台重庆日联 UND225 型设备安装在新建 X 光检测室西北侧，该设备带有独立铅房和操作台，工件门位于铅房南侧，设置 1 个检修门位于铅房东侧，操作台位于铅房东南侧，主射方向朝上，操作台拟设置位置避开了主射束方向。

本项目拟配置数字成像检测系统均为定制铅房和操作台，拟安装在专用新建或预留的 X 光检测室内，禁止非工作人员进入。待检测对象均为小型工件，操作人员在铅房工件门外即可将工件摆放至工件平台，无需进入铅房。铅房内安装有摄像头，操作人员可在操作台及检修门上铅玻璃观察铅房内情况，设备高压电源装置、冷却器、电气柜等辅助部件均外置在铅房外。

因此，本项目平面布局满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等要求，布局合理。

10.1.2 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款规

续表 10 辐射安全与防护

定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。监督区：这种区域未被确定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 4.1.2 款规定，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。

10.1.3 区域划分情况

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，建设单位对本项目 X 射线数字成像检测系统工作场所实行分区管理。将 X 射线数字成像检测系统铅房内部区域划为控制区，将铅房外部相邻区域划为监督区。项目具体区域划分情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1、10-2。

表 10-1 项目区域划分情况表

项目	控制区	监督区
九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号热处理厂房内的 1 台 X 射线数字成像检测系统	铅房内部	内铅房外部的 X 光检测室(含铅房顶部)
九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间的 2 台 X 射线数字成像检测系统	铅房内部	内铅房外部的 X 光检测室(含铅房顶部)

续表 10 辐射安全与防护

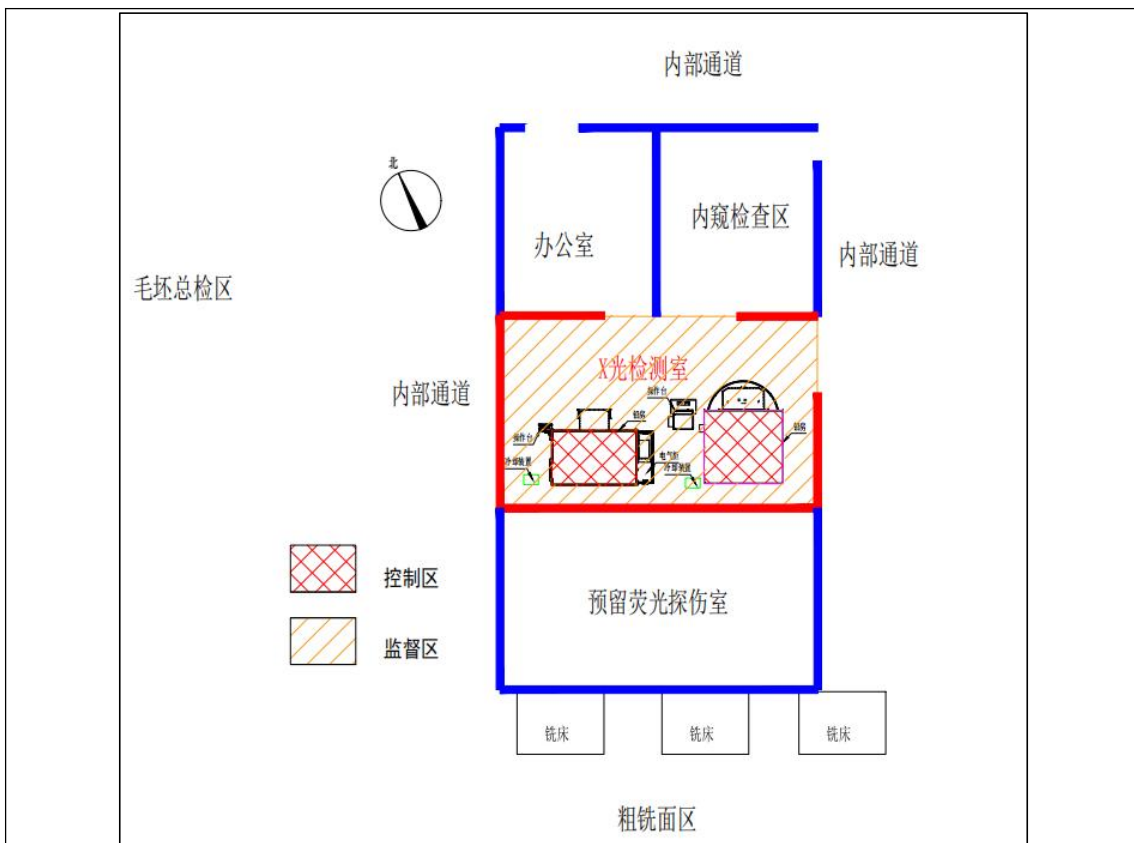


图 10-1 智能制造车间 X 光检测室工作场所区域划设示意图

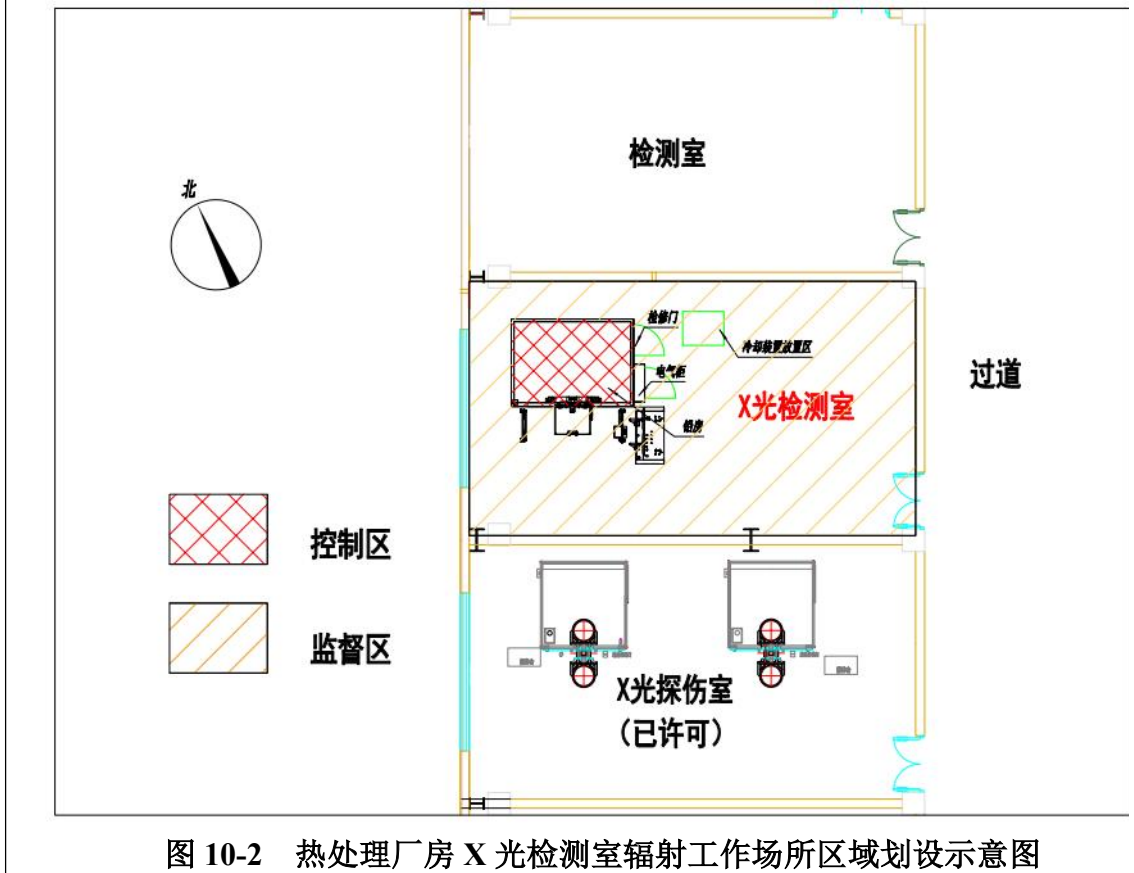


图 10-2 热处理厂房 X 光检测室辐射工作场所区域划设示意图

续表 10 辐射安全与防护

志成拟采取的分区管理措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，设置醒目的声光报警、工作状态指示等及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入的控制措施，X 射线数字成像检测系统在运行中严禁任何人进入铅房；在此区进行设备维修等工作人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程。

②监督区：本项目 X 光检测室为 X 射线数字成像检测系统的专用工作场所，设备自带铅房，工作人员在铅房操作台操作，非辐射工作人员未经允许不得进入 X 光检测室，拟在监督区入口处等适当位置设置监督区标识，按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性的监督和评价。

③在 X 射线数字成像检测系统铅房四周、操作台及穿墙管线等处开展定期监测工作。

10.2 项目安全设施

本项目 X 射线数字成像检测系统主要污染因子为 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 设备固有安全性

本项目配置满足标准要求的具有相应安全性能的出厂合格的 X 射线数字成像检测系统设备，X 射线数字成像检测系统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曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

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

(3) 设备停止工作规定时间（一般不超过 48h）再使用时要进行预热训机后才可使用，避免 X 射线管损坏。

(4) 温度保护：X 射线数字成像检测系统设置温度保护装置，当发生器内温度达到 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 时，设备会自动切断高压。

续表 10 辐射安全与防护

(5) 过/失电流保护：设备带有过电流断路器，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；设备带有失电流保护继电器，当管电流低于 0.5mA 时，设备会自动切断高压。

(6) 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。

(7) 继电保护：冷却循环水流量继电器、温度继电器及铅房门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，就不能达到高压。

(8) 操作台急停按钮：各设备操作台上设置 1 个电源急停按钮，急停按钮旁设置文字提示说明。

(9) 主控钥匙：本项目各设备操作台上设置主控钥匙开关，主控钥匙开关有 2 个位置，分别为“关”、“开”，主控钥匙只有在关机时才能拔出，该钥匙由操作人员负责保管。

(10) 操作台工作状态指示：拟搬迁苏州道青 DU310 型设备操作台上蓝色灯闪烁为“预备”信号，黄色灯亮为“照射”信号。拟购 1 台苏州道青 DU310B 型、1 台重庆日联 UND225 型设备在操作台上绿色灯亮为“预备”信号，红色灯亮为“照射”信号。各操作台上张贴各状态的中文指示说明。

10.2.2 屏蔽防护措施

(1) 屏蔽铅房

本项目各 X 射线数字成像检测系统自带屏蔽铅房，铅房屏蔽体拟采用钢+铅+钢的屏蔽体结构对 X 射线进行屏蔽防护，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射影响。根据厂家提供资料，拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房设计厚度为 7/9mmPb+4mm 钢板，检修门铅玻璃与同侧铅门厚度相当。根据该设备 2025 年铅房外（包括铅房穿线孔、防护门等薄弱处）周围剂量当量率监测结果可知，周围剂量当量率最大值为 0.51 μ Sv/h，屏蔽防护效果良好，搬迁工作由厂家专业人员完成。

本项目拟购的 1 台苏州道青 DU310B 型设备、1 台重庆日联 UND225 型设备房设计厚度为 10~19mmPb+4~6mm 钢板，检修门铅玻璃与同侧铅门厚度相当。

(2) X 射线数字成像检测系统由有资质单位生产，铅房主体结构焊接密闭，

续表 10 辐射安全与防护

缝隙处采用屏蔽体相互错位重叠方式搭接。

(3) 本项目各 X 射线数字成像检测系统穿屏蔽体管线口包括穿铅房顶部的通风口以及穿铅房侧面的线缆口, 线缆口位于铅房一侧靠近底部, 均避开了主射方向。通风口位于铅房顶部, 靠近角落位置, 厂家提供资料, 孔洞尺寸在 115~150mm 之间, 已购设备在穿越铅房外侧设置有大于孔洞尺寸的铅防护罩, 新购设备拟在穿越铅房外侧设置大于孔洞尺寸的铅防护罩(防护罩与该侧铅房屏蔽能力相同), 主要孔洞屏蔽补偿详见图 10-3。X 射线屏蔽补偿防护罩多次散射, 其影响很小。

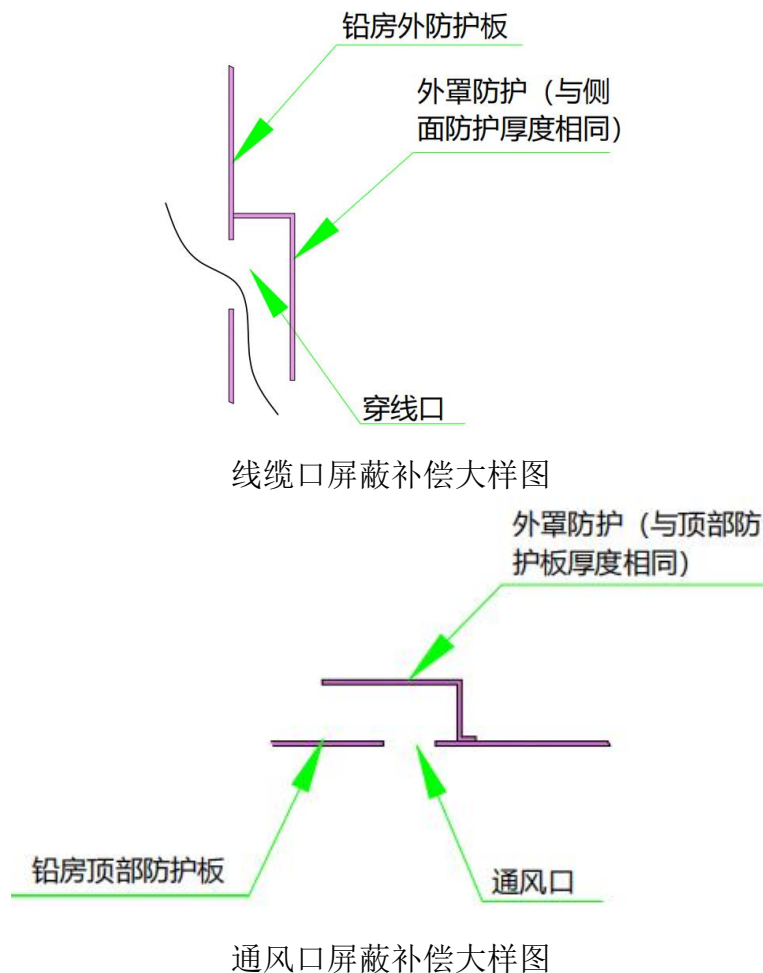


图 10-3 穿墙孔洞屏蔽补偿大样图

10.2.3 辐射安全与防护措施

(1) 门机联锁及红外线防夹

本项目各 X 射线数字成像检测系统防护门与 X 射线管头联锁, 在门关闭后

续表 10 辐射安全与防护

X 射线数字成像检测系统才能出束曝光，防护门打开，X 射线管不能出束。在 X 射线数字成像检测系统出束曝光过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束。此外，工件防护门外设置光幕红外防夹装置，光幕感应人员或工件进入，则防护门不能关闭。搬迁及新购设备在到场调试后确保门机联锁及红外线防夹功能正常运行。

(2) 铅房外顶部、内部工作状态指示灯及声音提示装置

拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房顶部现有状态指示灯黄色灯闪烁为“照射”状态并发出蜂鸣声，黄色常亮为“预备”状态。铅房外部指示灯旁张贴有“预备”和“照射”信号意义的中文说明。铅房内安装有 1 台可以显示设备状态、具有声音报警功能的红色声光报警灯，设备出束时，红色报警灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态；报警灯亮为“预备”状态。设备出束时，在铅房内外均能听到报警声音，并在铅房外部、内部张贴有指示灯“照射”和“预备”信号意义的说明。

新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型铅房顶部前方拟安装状态指示灯，绿色灯亮为“预备”信号，红色灯亮为“照射”信号并发出蜂鸣声。铅房内部拟安装 1 台具有显示设备状态、声音报警功能的红色声光报警灯。设备出束时，红色报警灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态；报警灯亮为“预备”状态。蜂鸣器具有声音提示功能，铅房内外均能听到报警声音，拟在铅房内部、外张贴“照射”和“预备”信号意义的说明。

(3) 灯机联锁

工作状态指示灯和红色声光报警灯均与 X 射线数字成像检测系统的 X 射线管头联锁。搬迁及新购设备在到场调试后检查灯机联锁正常。

(4) 视频监控装置

拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房内后侧设置有 2 个摄像头，监视器设置在操作台，同时检修门设置有 1 个铅玻璃，监控装置能实现对铅房内全方位监视。

新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟分别设置 1 套视频监控装置，摄像头拟安装在设备铅房内，监视器设置在操作台上。本项目

续表 10 辐射安全与防护

各设备铅房内尺寸空间小,视频监控装置能实现对铅房内和防护门处的全方位监视。同时拟在各 X 光检测室门口设置 1 个摄像头,实现对铅房外的监控。

(5) 铅房内紧急停机按钮

拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房内靠近检修门一侧设置有 1 个红色急停按钮,并在急停按钮旁设置有文字提示说明。

新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟在铅房内各设置 1 个红色紧急停机按钮,急停按钮旁拟设置文字提示说明。

建设单位制定了严格的探伤操作规程,开机前需要确认铅房内部无人员驻留,进样过程中操作人员不会进入铅房内部。只有在设备维修时,经过专业培训的厂家维修人员在设备断电情况下佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪才能进入铅房。铅房内部尺寸空间小,因设备机械臂等结构部件,维修在铅房内活动范围有限。维修人员基本可在铅房内任意位置伸手即能够直接按下急停按钮。另外,建设单位在设备维修保养制度中明确,维修工作由厂家专业人员进行,维修时确保 2 人在场,铅房内外各 1 人,确保铅房内部维修人员不方便按下紧急停机按钮时,由外部人员按下急停按钮。

(6) 电离辐射警告标志和中文警示说明

拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房外正面张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。

新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟在铅房外正面设置电离辐射警告标志和中文警示说明。

(7) 固定式场所辐射探测报警装置

拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备具有辐射探测探头,但显示单元与其相邻设备共用。本次搬迁后拟新购 1 套固定式场所辐射探测装置,辐射探测探头拟设置在铅房内,显示单元拟设置在操作台。

建设单位拟为新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备配置 1 套固定式场所辐射探测装置,辐射探测探头拟设置在铅房内,显示单元拟设置在操作台。

(8) 机械通风

续表 10 辐射安全与防护

拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备顶部设置有机械排放装置，通风换气次数约 31 次，铅房内废气经机械排放装置排出铅房，再由 X 射线检测室通风系统引至厂房外排放。

新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备铅房顶拟设置机械排放装置，通风换气次数约 25-38 次/h，X 射线数字成像检测系统废气经机械排放装置排出铅房，再由 X 射线检测室通风系统引至厂房外排放。

综上，本项目各 X 射线数字成像检测系统安全与防护设施布置见表 10-2。

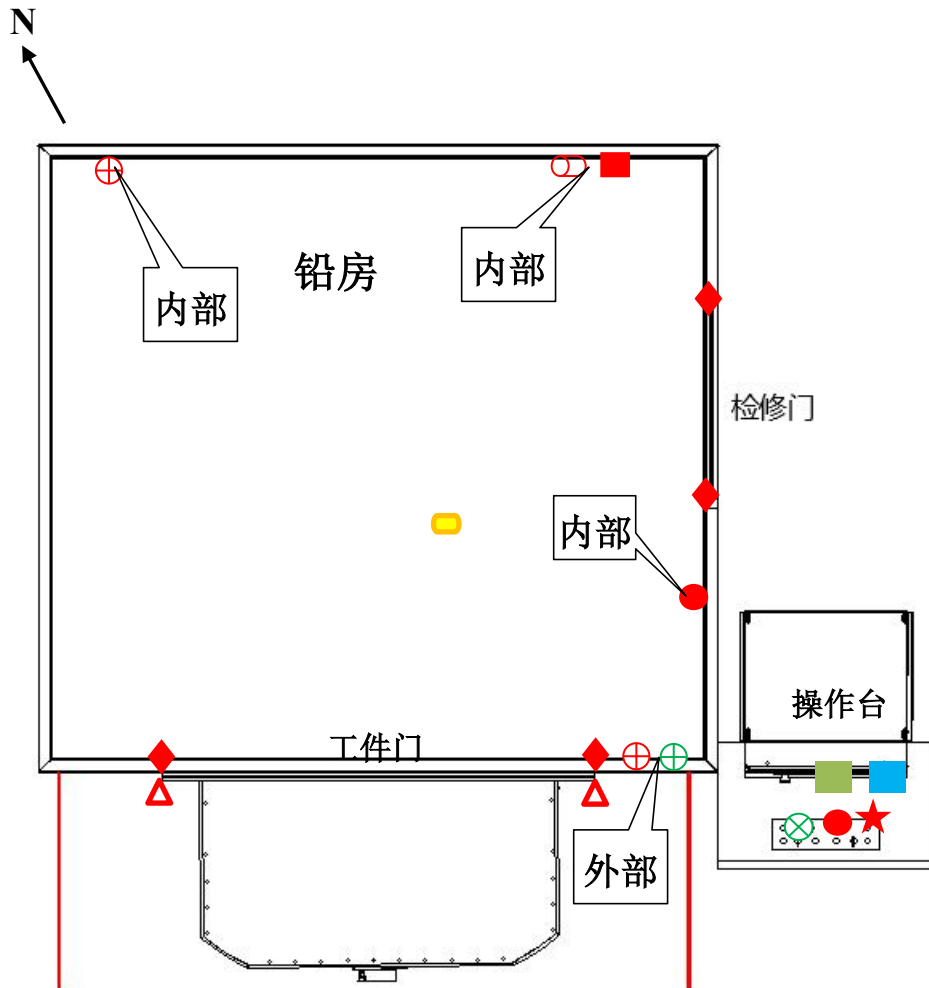
表 10-2 本项目各 X 射线数字成像检测系统安全与防护设施布置表

设备名称		X 射线数字成像检测系统		
设备型号		DU310 型（已具备）	DU310B 型	UND225 型
设备厂家		苏州工业园区道青科技有限公司（现苏州道青科技有限公司）	苏州道青科技有限公司	重庆日联科技有限公司
数量（台）		1	1	1
工作场所		宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室东侧	宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室西侧	宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室
穿墙电缆位置		侧面	侧面	侧面
工件防护门		铅房正面，上开	铅房正面，上开	铅房正面，上开
检修门（铅门）		有（靠近操作台一侧）	有（靠近操作台一侧）	有（靠近操作台一侧）
操作台工作状态指示灯		蓝色灯闪烁—预备 黄色灯亮—照射	绿色灯亮—预备 红色灯亮—照射	绿色灯亮—预备 红色灯亮—照射
工作状态指示灯及声音提示装置	铅房顶部	顶部靠近操作台 黄色灯闪烁+蜂鸣声—照射；红色常亮—预备	顶部靠近操作台 红色灯亮+蜂鸣声—照射；绿色灯亮—预备	顶部靠近操作台 红色灯亮+蜂鸣声—照射；绿色灯亮—预备
	铅房内部	红色闪烁+蜂鸣声—照射；报警灯亮—预备	红色闪烁+蜂鸣声—照射；报警灯亮—预备	红色闪烁+蜂鸣声—照射；报警灯亮—预备
固定式场所辐射探测报警装置		1 套	1 套	1 套
主控钥匙		1 把	1 把	1 把
铅房内视频监控装置（摄像头数量）		2 个	1 个	1 个
急停按钮	铅房内	1 个	1 个	1 个
	操作台	1 个	1 个	1 个
红外线光幕防夹		有	有	有
通风系统设置		顶部	顶部	顶部

续表 10 辐射安全与防护

通风次数 (次/h)	31	25	38
------------	----	----	----

本项目各 X 射线数字成像检测系统典型辐射安全与防护设施布置见图 10-4，辐射安全联锁逻辑示意图见图 10-5。



⊕	工作状态指示灯	⊕	声光报警灯
◆	门机联锁	●	急停按钮
■	视频监控探头	★	主控钥匙
■	固定报警显示单元	○	辐射监测探头
●	X 射线管头位置	■	监控显示器
△	红外线防夹		

图 10-4 典型辐射安全与防护设施布置示意图

10.2.4 辐射安全联锁逻辑

本项目拟配置各 X 射线数字成像检测系统具有冗余性、多元性与独立性的

续表 10 辐射安全与防护

辐射防护安全联锁设施与措施，主控钥匙转到开机位置，防护门关闭到位、所有急停按钮均已复位，安全联锁系统才能建立，安全联锁系统建立后在设备自检正常的前提下，操作人员通过监视系统确认铅房内无人员滞留后方能启动 X 射线数字成像检测系统进行出束曝光。启动 X 射线数字成像检测系统通高压后进入“预备”状态，“预备”状态指示灯亮。操作台选择“曝光”，“预备”信号结束，X 射线数字成像检测系统进入“照射”状态，此时“照射”状态指示灯亮，红色报警灯闪烁报警并有蜂鸣声音，固定式辐射探测装置在操作台显示铅房内剂量率；X 射线数字成像检测系统“照射”过程中，急停按钮按下或防护门意外打开均会导致安全联锁系统中断，此时 X 射线管高压会立即断开即立即停止 X 射线出束。X 射线数字成像检测系统辐射安全联锁逻辑见图 10-5。

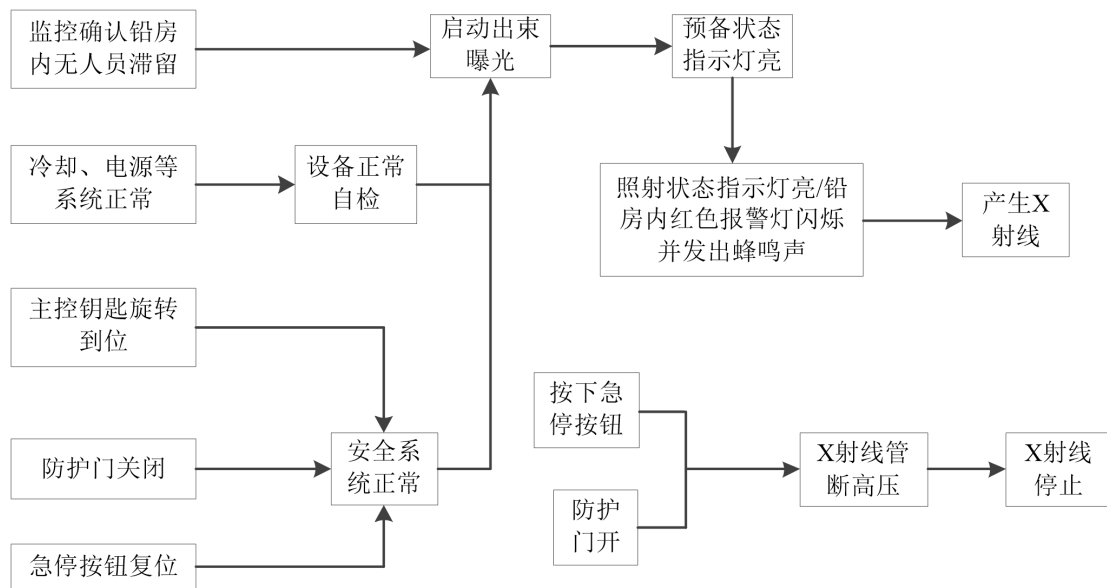


图 10-5 辐射安全联锁逻辑示意图

10.3 监测仪器

建设单位已为每名辐射工作人员配备了个人剂量计，公司购置有 1 台便携式 X- γ 辐射剂量巡测仪，拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备原配置有 1 台个人剂量报警仪，本次随设备搬迁到新的工作场所使用。

本项目监测仪器具体见表 10-3。

续表 10 辐射安全与防护

序号	名称	数量	用途	备注
1	便携式 X-γ 辐射剂量巡测仪	1 台	铅房屏蔽体外定期进行周围剂量当量率监测, 核查屏蔽体的屏蔽效果。	已有, 公司共用
2	个人剂量报警仪	2 台	辐射工作人员佩戴, 实时监测辐射剂量是否超标。	拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备原配置有 1 台个人剂量报警仪, 本次随设备搬迁到新的工作场所使用, 为新购设备各配置 1 台个人剂量报警仪
3	个人剂量计	4 个	工作期间辐射工作人员佩戴, 记录个人受到的照射剂量。	为本项目新增辐射工作人员配置
4	固定式辐射探测报警仪	3 套	实时监测各 X 射线数字成像检测系统铅房内的辐射剂量率并报警。	每台设备 1 套

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍, 项目采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-4 所示。

根据表 10-4 可知, 本项目拟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) 和《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 的要求。

10.5 三废的治理

本项目各 X 射线数字成像检测系统在工作过程中不产生放射性三废。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-4 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。	建设单位对放射防护安全负主体责任。
		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。	建设单位已建立放射防护工作领导小组,已明确放射防护管理人员及其职责,已建立放射防护管理制度和措施。
		4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测,按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。	公司现有辐射工作人员已按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测及职业健康监护,拟新增调配辐射工作人员按 GBZ 98 的要求进行个人剂量计监测及职业健康监护。
		4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。	公司现有辐射工作人员已取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格,拟新增调配辐射工作人员取得无损探伤人员资格后方可上岗。
		4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	建设单位已配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪全厂共用,已配置 6 台个人剂量报警仪,其中 DU310 型设备原配置有 1 台个人剂量报警仪,本次随设备搬迁到新的工作场所使用。另外为新购设备各配置 1 台个人剂量报警仪。
		4.6 应制定辐射事故应急预案。	建设单位已制定辐射安全应急预案。
	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/T 26837 的要求。	建设单位已购买、拟购买的 X 射线数字成像检测系统设备符合标准要求。
		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工作。	建设单位已制定 X 射线数字成像检测系统操作规程,要求工作人员开展工作前按要求检查相关项目。本次新购设备拟制定新的操作规程。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-4 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。	建设单位已制定 X 射线数字成像检测系统操作规程，要求工作人员开展工作前按要求检查相关项目。新购设备拟根据设备说明书，增加新设备的操作规程。
	6 固定式探伤的放射防护要求	6.1 探伤室放射防护要求 6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽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。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。	本项目各 X 射线数字成像检测系统的拟安装位置已充分考虑了周围的辐射安全，操作台设置在铅房外，且均避开了有用线束照射方向。铅房屏蔽厚度已充分考虑了源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，X 射线数字成像检测系统防护门的防护性能不低于同侧铅房的防护性能。
		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。	本项目拟将 X 射线数字成像检测系统铅房内部划设为控制区，将 X 射线检测室的铅房外部相邻区域划为监督区，分区管理符合 GB 18871 的要求。
		6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 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，X 射线数字成像检测系统铅房和防护门的辐射屏蔽满足标准要求。
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 射线数字成像检测系统顶的辐射屏满足标准要求，本评价 X 射线数字成像检测系统铅房顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平保守取 2.5 μ Sv/h。		

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-4 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 固定式探伤的放射防护要求	<p>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的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。</p> <p>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。</p>
		<p>拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备设置有门机联锁装置，在门关闭后 X 射线数字成像检测系统才能出束曝光，工件防护门或检修防护门任意门打开，X 射线管不能出束，门机联锁运行正常。新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟设置门机联锁装置，在门关闭后 X 射线数字成像检测系统才能出束曝光，工件防护门或检修防护门任意门打开，X 射线管不能出束。。在探伤过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束，各铅房内 X 射线管头与工件防护门、检修门联锁。</p> <p>拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房顶部现有状态指示灯黄色灯闪烁为“照射”状态并发出蜂鸣声，黄色常亮为“预备”状态。铅房外部指示灯旁张贴有“预备”和“照射”信号意义的中文说明。铅房内安装有 1 台可以显示设备状态、具有声音报警功能的红色声光报警灯，设备出束时，红色报警灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态；报警灯亮为“预备”状态。设备出束时，在铅房内外均能听到报警声音，并在铅房外部、内部张贴有指示灯“照射”和“预备”信号意义的说明。</p> <p>新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型铅房顶部前方拟安装状态指示灯，绿色灯亮为“预备”信号，红色灯亮为“照射”信号并发出蜂鸣声。铅房内部拟安装 1 台具有显示设备状态、具有声音报警功能的红色声光报警灯。设备出束时，红色报警灯闪烁并发出蜂鸣声音，表示设备为“照射”状态；报警灯亮为“预备”状态。蜂鸣器具有声音提示功能，铅房内外均能听到报警声音，拟在铅房内部、外张贴指示灯“照射”和“预备”信号意义的说明。本项目铅房内部空间有限，正常工作状态时，不需要人员进入铅房摆放工件。</p>

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-4 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 固定式探伤的放射防护要求	
	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。	拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房内后侧设置有 2 个摄像头，监视器设置在操作台，同时检修门设置有 1 个铅玻璃，监控装置能实现对铅房内全方位监视。 新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟分别设置 1 套视频监控装置，摄像头拟安装在设备铅房内，监视器设置在操作台上。本项目各设备铅房内尺寸空间小，视频监视装置能实现对铅房内和防护门处的全方位监视。同时拟在各 X 光检测室门口设置 1 个摄像头，实现对铅房外的监控。
	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。	拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房外正面张贴有电离辐射警告标志和中文警示说明。 新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟在铅房外正面设置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。	本项目各 X 射线数字成像检测系统铅房内拟设置 1 个红色蘑菇头急停按钮，出现紧急事故时，能立即停止照射。拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备铅房内靠近检修门一侧设置有 1 个红色急停按钮，并在急停按钮旁设置有文字提示说明。 新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备拟在铅房内各设置 1 个红色紧急停机按钮，急停按钮旁拟设置文字提示说明。本项目各 X 射线数字成像检测系统铅房内部空间较小，人员在铅房内不需要穿过主射线束就能够直接按下急停按钮，急停按钮旁设置标签标明使用方法。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-4 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 固定式探伤的放射防护要求	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。	拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备顶部设置有机机械排放装置，通风换气次数约 31 次，铅房内废气经机械排放装置排出铅房，再由 X 射线检测室通风系统引至厂房外排放。 新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备铅房顶拟设置机械排放装置，通风换气次数约 25-38 次/h，X 射线数字成像检测系统废气经机械排放装置排出铅房，再由 X 射线检测室通风系统引至厂房外排放。 排放口周围非人员活动密集区，每小时有效通风换气次数均大于 3 次。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备具有辐射探测探头，但显示单元与其相邻设备共用。本次搬迁后拟新购 1 套固定式场所辐射探测装置，辐射探测探头拟设置在铅房内，显示单元拟设置在操作台。 建设单位拟为新购 1 台苏州道青 DU310B 型和 1 台重庆日联 UND225 型设备配置 1 套固定式场所辐射探测装置，辐射探测探头拟设置在铅房内，显示单元拟设置在操作台。
		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-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	工作人员拟定期检查 X 射线数字成像检测系统防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。
		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。	本项目正常工作模式下人员无需进入铅房，已制定设备维修保养制度要求维修人员进入铅房维修时佩戴常规个人剂量计、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，维修人员应立即退出铅房，同时防止其他人进入铅房，并立即向辐射防护管理人员报告。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-4 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 固定式探伤的放射防护要求	6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	建设单位已制定监测方案，定期测量铅房外周围区域的剂量率水平，包括操作台和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较，当测量值高于参考控制水平时，立即终止探伤工作并向辐射防护管理人员报告。
		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。	建设单位已制定监测计划，规定交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ剂量率仪不能正常工作，则不得开始探伤工作。
		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。	本项目设备自带的准直器等辐射防护装置与设备一体化设置，辐射工作人员不能随意拆除。
		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。	建设单位制定了操作规程，拟增加了新购设备操作规程，规定在每一次照射前，操作人员都需确认铅房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 X 射线检测工作。
		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。	本项目检测工件均为小型工件，设备工件防护门和铅房空间尺寸均能满足工件进出，不存在开门探伤情形。
		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。	本项目设备不再使用后，设备去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。建设单位还应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安全告知等各类说明。

续表 10 辐射安全与防护

续表 10-4 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	3.3.1 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零星小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。	建设单位利用 X 射线数字成像检测系统检测工件为小型工件，正常运行期间人员不进入铅房内，故铅房仅设置 1 个工件防护门，在铅房侧面设置 1 个维修门供维修人员进出。高压电源装置、冷却器、电气柜等设备部件均位于铅房外，检修时人员无需进入铅房。
		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射线束照射方向。	本项目各 X 射线数字成像检测系统操作台拟设置在铅房旁，均避开了有用线束照射的方向。
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	拟搬迁的 1 台苏州道青 DU310 型设备防护门采取了错位重叠搭接的方式，穿墙孔洞采取了屏蔽补偿措施，且监测结果满足要求。新购设备防护门拟采取错位重叠搭接的方式，穿墙孔洞拟采取屏蔽补偿措施，射线经多次散射，铅房外剂量率很小。
		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管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。	本项目各 X 射线数字成像检测系统均为单管头设备，并按最高管电压和管电流设计屏蔽。
		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。	本项目各 X 射线数字成像检测系统屏蔽材料为铅和钢板。
《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。	本项目工作人员主要辐射来自铅房内 X 射线，为工作人员配备了个人剂量计，要求辐射工作人员佩戴在胸口位置。
	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	个人剂量计在非工作期间保管于远离 X 射线数字成像检测系统的区域。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目土建工程量小，施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理站。安装噪声持续时间较短，且在厂房内部进行，经距离衰减、墙体隔声，对环境的影响较小。生活垃圾、包装垃圾交由环卫部门统一处理。新建 X 光检测室产生的少量建筑垃圾运至市政指定的弃渣场。项目新购 2 台 X 射线数字成像检测系统铅房为定制式，厂家在铅房内完成安装、调试工作后移交建设单位。拟搬迁的 1 台 X 射线数字成像检测系统由厂家完成。项目施工期环境影响随着施工期的结束而结束，施工期产生生活污水、噪声、固废能得到妥善处理，因此施工对环境产生的影响较小。设备调试期间产生的电离辐射影响与营运期相同。

运行阶段对环境的影响

11.1 屏蔽能力理论预测

11.1.1 辐射屏蔽核算公式

本次评价核算公式使用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中核算公式。

(1) 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 (1) 计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——见附录表 B.2 或利用附录 B.2 数据内插计算。

(2) 有用线束

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (2) 计算，有用线束在关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (2) 计算：

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

式中：

I——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 ；

续表 11 环境影响分析

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）。

（3）泄漏辐射屏蔽

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（1）计算，关注点的泄漏辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（3）计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots(3)$$

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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）见表 1。

（4）散射辐射屏蔽

c) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（1）计算，关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（4）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots(4)$$

式中：

I—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 ；

B—屏蔽透射因子；

F— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率之比。

R_0 —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）。

续表 11 环境影响分析

11.1.2 屏蔽防护核算原则

①本项目各 X 射线数字成像检测系统拟利用底座贴地安装，设备底部与地面小于 30cm，且各 X 射线数字成像检测系统下方无建筑，底部（下）参考点设置在地面。对于铅房外有电器柜的设备，关注点选取在同侧电气柜外表面 30cm 处。

②本项目 X 射线数字成像检测系统 X 射线管辐射角有所不同，本次核算按照厂家提供的辐射角范围。铅房通风口、穿线口均不在主射线范围内，且设置与同侧屏蔽体铅当量相同的铅防护罩进行屏蔽补偿，防护门采用错缝搭接，散漏射线均需要经过多次散射后方能穿出管线口或缝隙，因此本次不再对铅房通风口、线缆口和门缝进行屏蔽防护核算。

③本项目拟配置各 X 射线数字成像检测系统主射线方向朝上，但因射线源偏转，主射线范围可能至其他侧屏蔽体，在屏蔽效能核算中，对该类屏蔽面受到散、漏射线及主射线进行比较后给出最大的影响结果。

④计算附表中分别对本项目各设备的散射因数（ $\frac{R_0^2}{F \times d}$ ）进行了计算，根据计算结果可知，本项目各设备辐射半角等计算的散射因数较 GBZ/T250-2014 附录 B.4.2 中推荐值更大，本评价按照不利原则，取附录 B 推荐值。

11.1.3 屏蔽防护核算参数

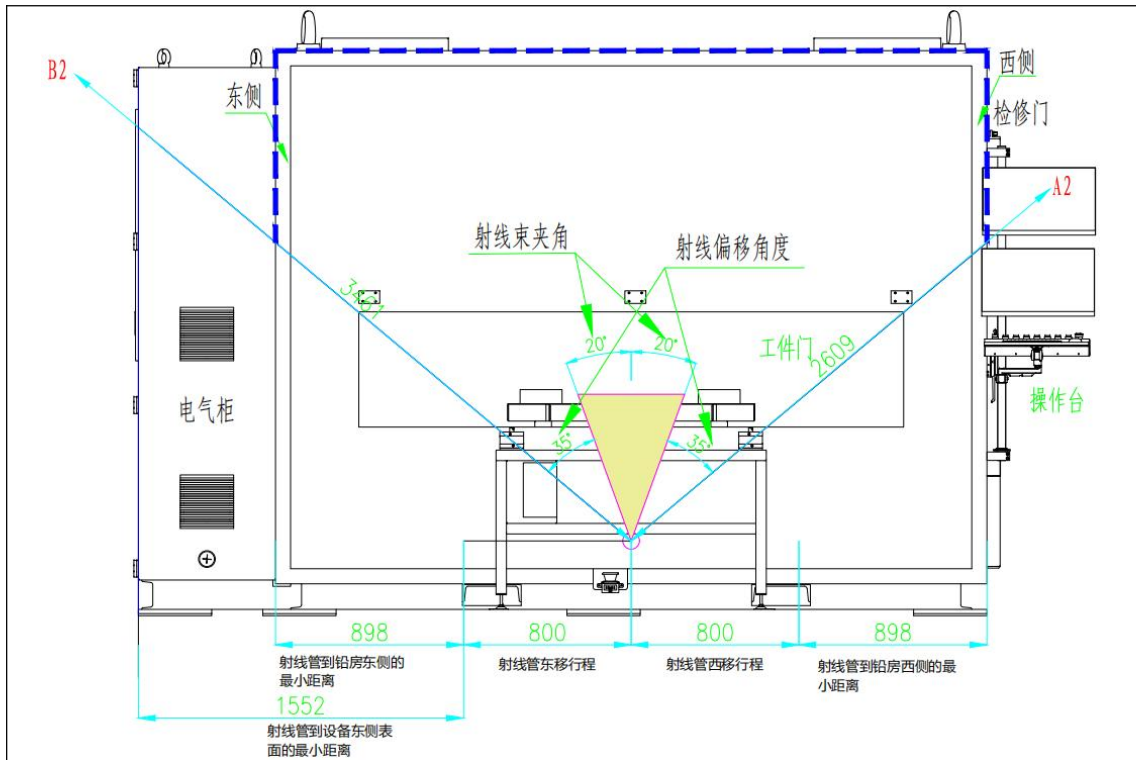
①核算关注点位

屏蔽防护核算主要关注点见表 11-1 和图 11-1~图 11-3。

续表 11 环境影响分析

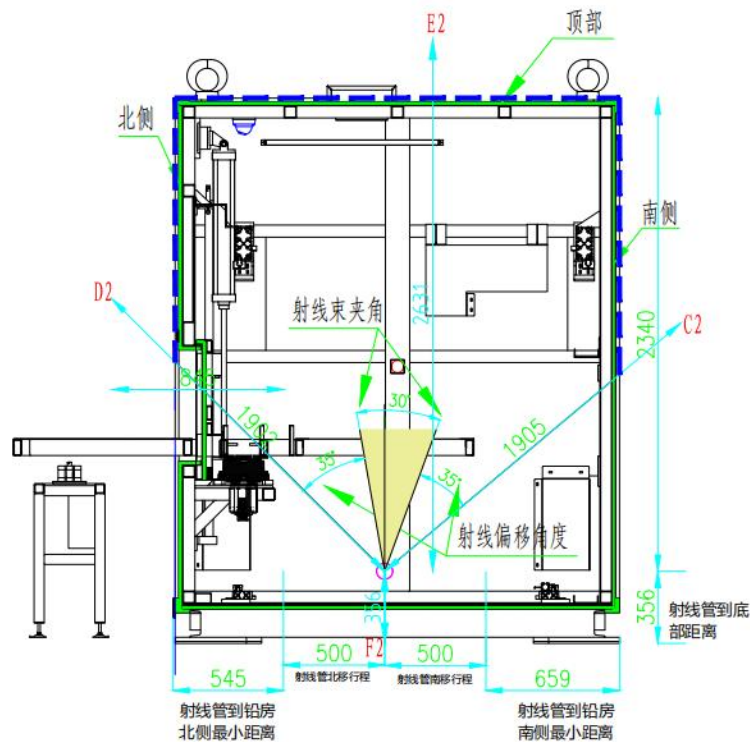
表 11-1 关注点核算距离一览表				
选取的典型设备	关注点位	方位	主要辐射类型	核算距离 mm
宝恒路 99 号 智能制造车间 X 光检测室 东侧苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统	A1、检修门	西侧	有用线束	1481
	B1	东侧	有用线束	1464
	C1	南侧	有用线束	2646
	D1	北侧	有用线束	2299
	工件防护门	正面(北侧)	漏射辐射、散射辐射	571+300=871
	E1	顶部	有用线束	2430-412=2018
	F1	底部	漏射辐射、散射辐射	505
宝恒路 99 号 智能制造车间 X 光检测室 西侧苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统	A2、检修门	西侧	有用线束	2609
	B2	东侧	有用线束	3461
	C2	南侧	有用线束	1905
	D2、工件防护门	正面(北侧)	有用线束	1902
			漏射辐射、散射辐射	845
	E2	顶部	有用线束	2631
	F2	底部	漏射辐射、散射辐射	356
宝恒路 9 号 公司热处理厂房新建 X 光检测室 重庆日联 UND225 型 X 射线数字成像检测系统	A3、检修门 /A3'	东侧	漏射辐射、散射辐射	903/2643
	B3	西侧	漏射辐射、散射辐射	1170
	C3、工件防护门	正(南侧)	漏射辐射、散射辐射	885
	D3	北侧	有用线束	2879
			漏射辐射、散射辐射	935+300=1235
	E3	顶部	有用线束	2378
	F3	底部	漏射辐射、散射辐射	742

续表 11 环境影响分析



蓝色虚线为主射线可能到达范围

苏州道青DU310B型X射线数字成像检测系统东西侧剖视图关注点

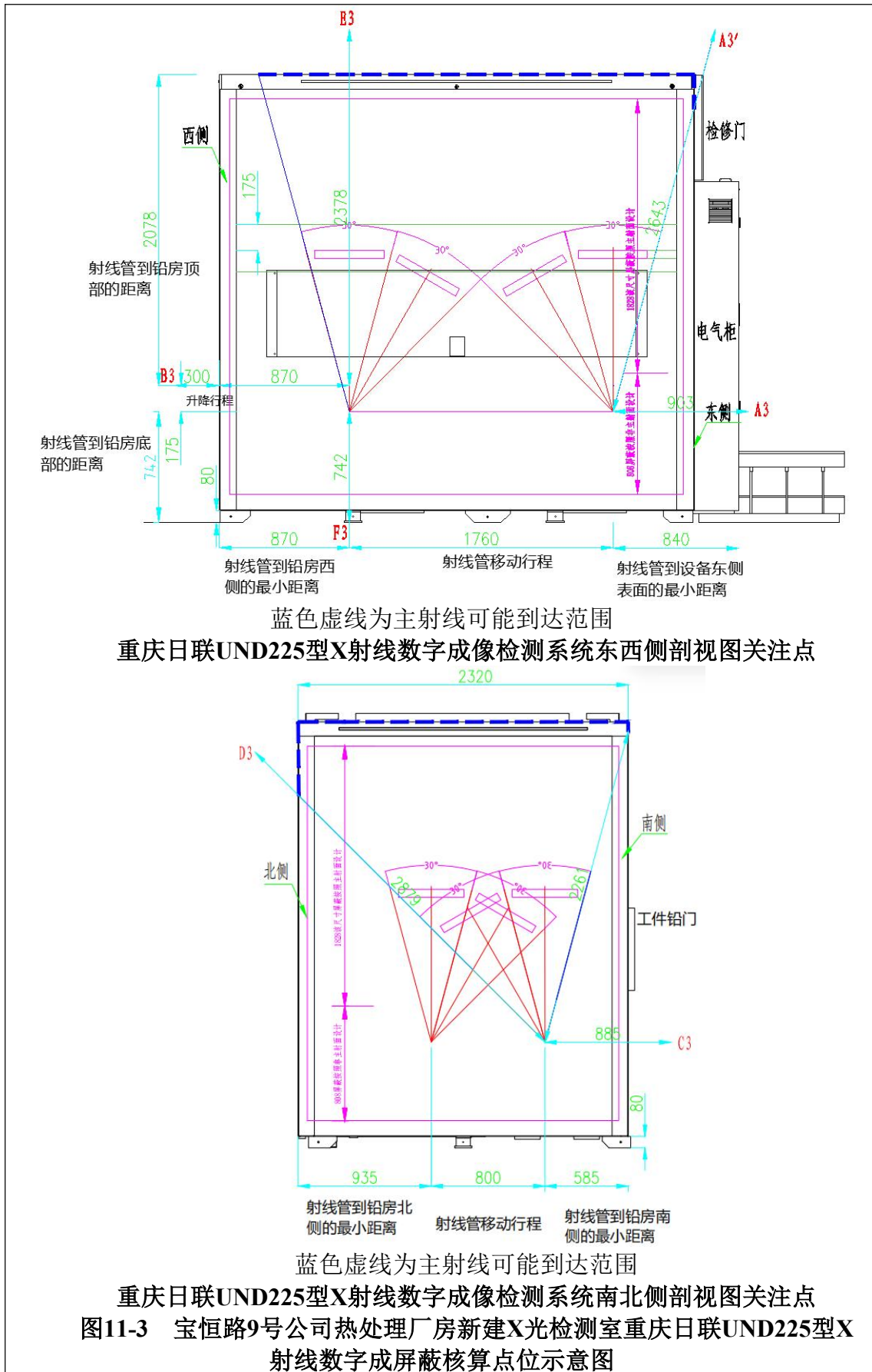


蓝色虚线为主射线可能到达范围

苏州道青DU310B型X射线数字成像检测系统南北侧剖视图关注点

图11-2 宝恒路99号智能制造车间X光检测室西侧苏州道青DU310B型X射线数字成像检测系统屏蔽核算点位示意图

续表 11 环境影响分析



续表 11 环境影响分析

②其他相关参数

本项目屏蔽体核算过程中的其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽核算相关参数

参数	数 值		来源
设备型号	苏州道青 DU310 型	苏州道青 DU310B 型、重庆日联 UND225 型设备	厂家
设备参数	额定电压 225kV, 电流 8mA	额定电压 160kV, 电流 11mA	建设单位提供设备参数
G (mGy·m ² /mA·min)	6	11.4	厂家提供
转换系数	6×10 ⁴	6×10 ⁴	GBZ/T250-2014 4.1 a)
H ₀ (μSv·m ² /(mA·h))	3.6×10 ⁵	6.84×10 ⁵	
$\frac{R_0^2}{F \times d}$	50 (200kV)	60 (150kV)	GBZ/T250-2014 附录 B.4.2
泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)	5000	2500	GBZ/T250-2014 表 1
X 射线 90° 散射辐射对应的 kV 值	200kV	150kV	GBZ/T250-2014 表 2
铅什值层 (TVL) 铅半值层 (HVL)	电压 (kV)	TVL (mm)	
	150	0.96	
	160	1.05	
	200	1.4	
	225	2.15	
		GBZ/T250-2014 表 B.2	

11.1.4 铅房屏蔽防护核算结果

本项目各 X 射线数字成像检测系统屏蔽防护效能核算结果见表 11-3。

续表 11 环境影响分析

表 11-3 本项目各 X 射线数字成像检测系统屏蔽效能核算表								
设备	关注点	方位	辐射类型	距离 (m)	设计厚度 (mmPb)	设计厚度下关注点周围剂量当量率 (μSv/h)		是否满足标准要求
宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室东侧苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统	A1、检修门	西侧	有用线束	1.48	7	0.39		是
	B1	东侧	有用线束	1.46	7	0.40		是
	C1	南侧	有用线束	2.65	7	0.12		是
	D1	北侧	有用线束	2.30	7	0.16		是
	工件防护门	正面 (北侧)	散射辐射	0.87	9	3.68E-05	4.56E-05	是
			漏射辐射			8.86E-06		
	E1	顶部	有用线束	2.02	9	2.60E-03		是
	F1	底部	散射辐射	0.51	7	1.30E-02	1.50E-02	是
漏射辐射			2.07E-03					
宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室西侧苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统	A2、检修门	西侧	有用线束	2.61	15	0.08		是
	B2	东侧	有用线束	3.46	15	0.05		是
	C2	南侧	有用线束	1.91	15	0.16		是
	D2、工件防护门	正面 (北侧)	有用线束	1.90	15	0.16		是
			散射辐射	0.85	15	2.92E-06	7.33E-04	
			漏射辐射		15	7.30E-04		
	E2	顶部	有用线束	2.63	15	0.08		是
	F2	底部	散射辐射	0.36	12	6.74E-04	3.08E-02	是
漏射辐射			3.01E-02					
宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室重庆日联 UND225 型 X 射线数字成像检测系统	A3	东侧	散射辐射	0.90	10	9.72E-03	0.15	是
			漏射辐射			1.38E-01		
	检修门	东侧	散射辐射	0.90	19	3.62E-09	8.98E-06	是
			漏射辐射			8.98E-06		
	B3	西侧	散射辐射	1.17	10	5.75E-03	0.09	是
			漏射辐射			8.16E-02		
	C3	南侧	散射辐射	0.89	10	9.94E-03	0.15	是
			漏射辐射			1.41E-01		
	工件防护门	正面 (南侧)	散射辐射	0.89	19	3.71E-09	9.19E-06	是
			漏射辐射			9.18E-06		
	D3	北侧	有用线束	2.88	19	9.60E-04		是
			散射辐射	1.24	10	5.12E-03	0.08	
漏射辐射			7.26E-02					
E3	顶部	有用线束	2.38	19	1.41E-03		是	
F3	底部	散射辐射	0.74	10	1.44E-02	0.22	是	
		漏射辐射			2.04E-01			

备注：未考虑钢的屏蔽效能，距离保留两位小数，具体见表 11-1。
A3 和 A3' 经过计算对比，A3 关注点影响更大。

续表 11 环境影响分析

根据屏蔽核算结果可知，本项目各 X 射线数字成像检测系统各屏蔽体防护厚度均能满足《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。X 射线数字成像检测系统顶部的剂量率远小于 2.5μSv/h，因此本评价不再考虑天空散射的影响。

11.2 年有效剂量估算

11.2.1 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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \dots\dots\dots(6)$$

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，μSv/h；

t：X 或γ射线照射时间。

11.2.2 估算结果

(1) 辐射工作人员

辐射工作人员年剂量估算见表 11-4。

表 11-4 辐射工作人员年剂量估算表

估算人员	工作场所	设备外最大周围剂量当量率 (μSv/h)	周最大曝光时间 (h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	周剂量(μSv/周)	有效剂量 mSv/a	
辐射工作人员	智能制造车间 X 光检测室 2 台	0.40	1.4	72	1	0.56	0.03	0.04
		0.16	1.4	72	1	0.22	0.01	
	热处理厂房 X 光检测室	0.22	0.7	36	1	0.15	0.01	

本项目 1 台设备至少配置 1 名辐射工作人员，其中智能制造车间 X 光检测室固定安装有 2 台设备，根据 2 台设备估算叠加可知，本项目辐射工作人员受到的年有效剂量最大约 0.04mSv，即使叠加现状辐射工作人员最大年剂量 0.62mSv，项目辐射工作人员实际受照剂量远小于本项目辐射工作人员年有效剂量管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。同时，辐射工作人员周剂量也远小于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规

续表 11 环境影响分析

范》(GBZ/T250-2014)及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中 100 μ Sv/周的要求。

(2) 公众成员

本项目周围公众成员年剂量估算结果见表 11-5。

表 11-5 公众成员年剂量估算表

分类	保护目标名称	方向	水平距离	保护目标处周围剂量当量率 (μ Sv/h)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a	周剂量 μ Sv/周	
宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室 2 台	办公室、内窥检查区	北	约 4-12m	1.41E-03	144	1	2.04E-04	3.96E-03	
	厂房内部通道		约 12-15m	2.40E-04	144	1/4	8.63E-06	1.68E-04	
	热处理车间、制芯车间等		约 15-35m	1.61E-04	144	1	2.32E-05	4.50E-04	
	厂区内绿化、道路及河边步道		约 35-50m	3.31E-05	144	1/16	2.98E-07	5.79E-06	
	智能制造车间内通道	西	约 2~7m	1.76E-02	144	1/4	6.34E-04	0.01	
	毛坯总检区及毛坯中转库		约 7-34m	2.66E-03	144	1/4	9.58E-05	1.86E-03	
	智能制造车间机加工区		约 34-50m	1.44E-04	144	1	2.07E-05	4.03E-04	
	厂房内部通道	东	约 1-9m	4.02E-02	144	1/4	1.45E-03	0.03	
	热处理区、待抛丸、铣面区、毛刺检验区等(含上空行车)		约 9-50m	2.24E-03	144	1	3.22E-04	0.01	
	预留荧光探伤室		约 1-8m	6.44E-03	144	1	9.27E-04	0.02	
	铣床操作区		约 8-10m	4.75E-04	144	1	6.84E-05	1.33E-03	
	宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室 1 台	粗铣面区	南	约 10-36m	3.25E-04	144	1	4.69E-05	9.11E-04
		厂区内绿化、道路及沿河步道		约 36-50m	3.10E-05	144	1/16	2.79E-07	5.43E-06
		X 光探伤室、毛坯内窥室	南	约 3-25m	1.47E-02	36	1	5.29E-04	0.01
厂区绿化及道路		约 25-39m		2.89E-04	36	1/16	6.51E-07	1.27E-05	
铸造厂房		东南	约 39-50m	1.21E-04	36	1	4.35E-06	8.46E-05	
质检科办公室	西	约 18-27m	5.35E-04	36	1	1.93E-05	3.75E-04		
厂区绿化及道路	西	约 1-19m	1.88E-02	36	1/16	4.23E-05	8.23E-04		

续表 11 环境影响分析

厂外空地		约 19-50m	1.67E-04	36	1	5.99E-06	1.17E-04
通道、热处理区（含上空行车）	东	约 8-50m	2.50E-03	36	1/4	2.25E-05	4.38E-04
检测室	北	约 1-15m	1.38E-02	36	1	4.98E-04	0.01
厂区绿化及道路		约 15~25m	2.05E-04	36	1/16	4.61E-07	8.96E-06
10kV 变电所及一般固废暂存区		约 25~50m	7.73E-05	36	1/16	1.74E-07	3.38E-06

备注：厂房内部通道居留因子取 1/4，厂外外部道路居留因子取 1/16。

根据表 11-5 估算结果可知，宝恒路 99 号智能制造车间 X 光检测室 2 台苏州道青设备考虑其共同影响，其对周围公众成员年剂量远小于 0.1mSv/a。根据现状调查可知，本项目宝恒路 9 号公司热处理厂房新建 X 光检测室设备南侧 4 台 X 射线数字成像检测系统铅房外周围剂量当量率已接近本底值，上述公众成员年剂量已远远低于 0.1mSv/a，叠加已有 4 台设备影响，周围公众成员年有效剂量也低于 0.1mSv/a，周剂量最高为 0.02μSv，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。因此，本项目公众成员受到的年有效剂量小于本项目公众成员年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a，满足《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

本项目各环境保护目标受到的辐射影响估算结果见表 11-5。根据估算可知，本项目各 X 射线数字成像检测系统周围 50m 范围内环境保护目标处公众成员受到本项目的年有效剂量低于 0.1mSv/a。估算结果只考虑了距离的衰减，实际上 X 射线在传播过程中可能有墙体等各种屏蔽体的阻挡。因此，项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的影响可以接受。

11.4 其他影响

（1）废气对环境的影响分析

本项目 X 射线数字成像检测系统设备顶部设置排气装置进行通风换气，设备铅房内换气次数约 25-38 次/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有效通风换气次数应不小于 3 次/h 的要求。

续表 11 环境影响分析

宝恒路 99 号 X 光检测室拟安装的 2 台 X 射线数字成像检测系统废气经铅房顶部排风装置排出铅房，利用 X 光检测室外墙上排风装置，另接排风管道，最终在智能制造车间北侧外墙排出。

宝恒路 9 号热处理厂房检测室拟配置的 1 台 X 射线数字成像检测系统废气经铅房顶部排气扇排出铅房，经 X 光检测室西侧外墙排风扇排出 X 光检测室至室外，排放高度约 2.5m。

排放口周围为人员活动较少的绿化及道路，故项目产生的废气对周围环境影响小。

(2) 废水环境影响

本项目无生产废水产生，辐射工作人员在公司现有劳动定员内，其产生的少量生活污水依托各厂区现有生化池处理达标后排入市政污水管网可行。生活污水经厂区污水处理站处理达到《污水综合排放标准》三级标准后排入市政污水管网，最终经陶家镇生活污水处理厂处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入大溪河，对地表水环境影响较小。

(3) 噪声影响

本项目各 X 射线数字成像检测系统拟设置通风装置进行机械通风，通风装置噪声值一般低于 55dB（A），为低噪声设备，安装在 X 射线数字成像检测系统顶部或右侧，噪声经 X 射线数字成像检测系统铅房和厂房墙体隔声后排放，对厂界噪声的贡献较小。

因此，本项目对厂界噪声的贡献很小，周围 50 米范围内也无声环境敏感目标，项目对区域声环境影响较小。

(4) 固废环境影响

本项目辐射工作人员产生的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。X 射线数字成像检测系统报废后建设单位按照相关要求对设备去功能化，保留相关手续，并做好记录存档。建设单位按照以上措施对固体废物进行处理后，项目固废对周围环境的影响可以接受。

11.5 实践正当性分析

续表 11 环境影响分析

本项目使用 X 射线数字成像检测系统的目的是对所生产的摩托车发动机缸头等工件的无损探伤检测，以确保产品质量与安全。项目 X 射线数字成像检测系统的应用，对产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，项目建设进一步为公司生产质量提供无损探伤检测保障，对其产品质量保证可以起到十分重要的作用，具有明显的社会效益；同时也将为建设单位创造更大的经济效益提供保障。项目采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围以内。

项目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，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

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，项目 X 射线数字成像检测系统用于建设单位生产产品质量检测，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家产业政策。

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。

X 射线数字成像检测系统产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。因为 X 射线数字成像检测系统设置有专用铅房屏蔽体，基本不会发生固定性屏蔽体损坏而导致人员受到误照射的事故，即使发生，也能一目了然而不再开机曝光，即不会受到误照射。X 射线看不见、摸不着，因此，更多的辐射事故是因为管理等不到位，而导致无关人员受到误照射。这类辐射事故主要体现在以下几个方面：

①安全联锁装置失效

续表 11 环境影响分析

由于门机联锁装置失效，设备出束时防护门未关闭或门被意外开启，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人员滞留铅房内

工作人员或设备维修人员通过防护门进入铅房内，开机出束前工作人员未对铅房内部进行充分确认，从而导致滞留在铅房内的人员被误照射。

③屏蔽体出现膨胀变形

本项目 X 射线数字成像检测系统铅房各屏蔽体使用多年以后，可能因铅的自重等原因引起屏蔽体搭接、铆钉等处空隙增大，从而漏出射线，使铅房周围的人员受到误照射。

④X 射线管丧失自身屏蔽

X 射线管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上的屏蔽块移走，使 X 射线管丧失自身屏蔽作用，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。

(2) 后果分析

本项目 X 射线数字成像检测系统正常工作模式下单次曝光时间 5—10s，但由于结束曝光为自动模式，本次估算考虑单次事故不同误照射时间的后果。

①安全联锁装置失效

安全联锁装置失效情况下，设备出束时防护门未关闭或门被意外开启，射线外泄导致 X 射线数字成像检测系统外人员受到误照射，事故发生时可立即按下急停按钮停止 X 射线出束，此种事故情景的后果估算见表 11-6。

表 11-6 安全联锁装置失效事故后果估算表

事故情景	X 射线数字成像检测系统外剂量率 (工件防护门外) $\mu\text{Gy/h}$	误照射时间	吸收剂量 mGy
安全联锁装置失效	1.52×10^6	5s	2.11
		10s	4.22
		30s	12.67
		1min	25.33

备注：选取铅房尺寸相对小，射线管管电压大，防护门可能成为在主射线范围的苏州道青 DU310B 型设备。

②人员滞留铅房内

续表 11 环境影响分析

人员滞留铅房内可能受到有用线束误照射，考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射（主射线），此类事故发生时滞留人员可按下铅房内急停按钮，铅房外人员也可按下操作台急停按钮，按下急停按钮均能停止 X 射线出束，此种事故情景的后果估算见表 11-7。

表 11-7 人员滞留铅房内事故后果估算表

事故情景	X 射线数字成像检测系统铅房内 0.5m 处剂量率	误照射时间	吸收剂量 mGy
人员滞留铅房内	$11.4 \times 8 \times 60 \times 4 = 2.19 \times 10^4$ mGy/h	5s	30.40
		10s	61
		30s	182
		1min（按下急停按钮的时间）	365

备注：选取射线管电压大的苏州道青 DU310B 型设备、重庆日联 UND225 型设备。

③屏蔽体膨胀变形

X 射线数字成像检测系统设备铅屏蔽体出现膨胀变形而未发现，即射线不经过屏蔽对铅房外的人员进行误照射情况，此时有用线束导致 X 射线数字成像检测系统铅房外剂量率增加，若工作人员佩戴个人剂量报警仪则此类事故容易被发现，及时按下急停按钮即能停止 X 射线出束，假设工作人员 1 天未佩戴个人剂量报警仪，此种事故情景的后果估算见表 11-8。

表 11-8 屏蔽体膨胀变形事故后果估算表

事故情景	X 射线数字成像检测系统外最大剂 量率	误照射时间	吸收剂量 mGy
屏蔽体膨胀变形	$1.52 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$	5s	2.11
		10s	4.22
		30s	12.67
		1min	25.33
		12min（1 天）	304.00

备注：选取射线管电压大且与屏蔽体距离取主射线范围最小，屏蔽体相对薄的苏州道青 DU310B 型设备。

④X 射线管丧失自身屏蔽

X 射线管失去自身屏蔽后可导致 X 射线数字成像检测系统各侧均受到有用

续表 11 环境影响分析

线束的照射，此时防护厚度最薄、距离最近的铅房底部屏蔽体外剂量率最大，若工作人员佩戴个人剂量报警仪则此类事故容易被发现，及时按下急停按钮即能停止 X 射线出束，假设辐射工作人员 1 天未佩戴个人剂量报警仪，此种事故情景的后果估算见表 11-9。

表 11-9 X 射线管丧失自身屏蔽事故后果估算表

事故情景	X 射线数字成像检测系统外最大剂量率（底部）	误照射时间	吸收剂量 mGy
X 射线管丧失自身屏蔽	22300 μ Gy/h	5s	3.10E-04
		10s	6.20E-04
		30s	1.86E-03
		1min	3.72E-03
		12min（1 天）	4.46E-02

备注：选取因 X 射线管丧失自身屏蔽，屏蔽较弱的铅房底部成为主射线的重庆日联 UND225 型设备。

（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

续表 11 环境影响分析

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。

(4) 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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 X 射线数字成像检测系统属于 II 类射线装置，在没有防护情况下，人员受到这类射线装置照射，会对身体造成一定的影响，导致发生随机性效应概率增加。结合本项目各类辐射事故的后果分析可知，本项目各类事故误照射导致人员受照剂量最大约为 384mGy，超过年剂量限值，因此，本项目可能发生的辐射事故风险等级为一般辐射事故。

(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时应立即切断设备电源，确保设备停止出束。建设单位应采取以下措施防范风险事故发生。

① 定期检查设备的门机联锁、钥匙开关、急停按钮、工作状态指示灯和声音提示装置等安全措施的有效性，发现故障及时消除，严禁违规操作。对于本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，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。若辐射安全与防护措施损坏应立即停止使用，修复后再投入使用。

② 严格按照操作规程开展工作，除维修情况下，设备内不进入，设备出束

续表 11 环境影响分析

前必须确认铅房内无人员滞留，关闭防护门后才能开始进行出束操作。如发生出束时维修人员滞留铅房内的事故时，立即按下急停按钮，设备断电，门机联锁失效，人员可以在设备内手动推开防护门离开。

③ 日常工作和设备维修时，厂家工作人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。厂家工作人员进入设备内维修时还应携带便携式 X- γ 辐射剂量率仪。

④ 利用便携式 X- γ 辐射剂量率仪，定期巡查 X 射线数字成像检测系统屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测防护门门缝、穿墙管线孔等防护薄弱环节，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续作业。

⑤ 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，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，保证按照要求进行无损探伤检测工作。

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机构，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。

建设单位已成立辐射安全与防护工作领导小组负责本项目的辐射安全与环境保护管理工作，管理机构主要职责包括以下几个方面：

(1) 做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作；

(2) 组织实施本公司放射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查建立个人健康监护档案，做到一人一档；

(3) 定期对辐射安全与防护工作进行督查，检查本公司放射工作人员的技术操作情况，指导做好操作人员的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

12.2 辐射工作人员配置

根据调查，建设单位现有10名辐射工作人员，均已取得辐射防护与安全培训合格成绩单，本项目拟在公司现有劳动定员中培养4人。建设单位已制定《人员培训计划》，新培养辐射工作人员按照《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》要求通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习X射线探伤相关知识和报名并参加相应类别考核，考核合格后方能上岗，并定期参加复训。

12.3 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。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、人员培训计划、监测方案等。

续表 12 辐射安全管理

建设单位已经制定了《辐射安全管理机构及职责》（该制度中明确领导小组职责及探伤工作人员岗位职责）《安全操作规程》《辐射防护与安全制度》《设备维修保养制度》《人员培训制度》《监测计划》《使用登记制度》等辐射安全管理规章制度。建设单位的辐射安全管理制度基本健全且具有可操作性，满足本项目辐射安全管理要求，在此之前建设单位一直按照各项管理制度执行落实，到目前为止未曾发生过辐射事故。

（2）个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，建设单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

建设单位已制定《监测计划》，现有 10 名辐射工作人员已进行了个人剂量监测，最近 4 个季度个人剂量计最大为 0.62mSv，未发现个人剂量监测结果异常。建设单位应要求本项目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，防止个人剂量计遗失。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。本项目新增辐射工作人员在上岗前拟购买佩戴个人剂量计，纳入公司个人剂量管理。

（3）职业健康检查

建设单位已制定《辐射工作人员健康管理制度》，现有 10 名辐射工作人员均进行了职业健康体检，其结论为“可继续原放射工作”。建设单位应继续对辐射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年。本项目新增辐射工作人员在上岗前拟进行岗前职业健康体检，纳入公司辐射工作人员职业健康档案。

（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。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

续表 12 辐射安全管理

员管理情况、事故应急等方面的内容。本项目后续运行中应继续按照年度评估制度要求对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估。对评估检查中发生的问题和不足及时整改，消除安全隐患，并按规定编写，提交年度评估报告。

(5) 档案管理

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，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

建设单位现有 10 名辐射工作人员建立了个人剂量档案和职业健康检查档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果、职业健康检查结果等材料。

建设单位已建立了辐射环境管理档案，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”。本项目设备、辐射工作人员拟纳入该档案管理体系中。

(6) 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，增强并保持核安全意识。

建设单位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会于运营和管理的各个环节；还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

续表 12 辐射安全管理

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建设单位应组织核安全文化培训，制定符合自身发展规划的核安全文化；

②建设单位应当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。

12.4 从事辐射活动能力评价

建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，建设单位从事辐射活动能力评价如下表 12-1。根据表 12-1 可知，建设单位已建立有相应的辐射环境管理体系，已具备了一定的能力，但建设单位还应针对本项目射线装置的特点，认真落实上述要求后方具备从事本项目辐射活动的能力。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	已成立辐射安全与防护工作领导小组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。	已制定人员培训计划，现有 10 名辐射工作人员已取得辐射防护与安全培训合格成绩单，新培养 4 名辐射工作人员应按要求参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目 X 射线数字成像检测系统拟搬迁 1 台设备设置有门机联锁、钥匙开关、工作状态指示灯和声音提示装置、急停按钮、电离辐射警告标志等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。新购设备拟按照以上要求配置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
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。	志成公司已配备了 10 枚个人剂量计和 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，拟新购 4 枚个人剂量计、2 台个人辐射报警仪和 3 套固定式场所辐射探测报警装置等监测仪器以满足本项目使用需要。
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	志成公司建立了操作规程、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

续表 12 辐射安全管理

制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等辐射安全管理规章制度。新购设备由厂家培训公司辐射工作日常操作，拟根据新购设备说明书制定操作规程，并张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射安全应急预案，拟进行修订完善。

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》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位已制定《监测计划》，并按《监测计划》的要求开展了个人剂量监测和工作场所的辐射环境监测。建设单位已配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪，定期自行对铅房周围进行了辐射环境监测，并对以上监测数据存档管理。

建设单位拟增加配备与辐射类型和辐射水平相适应的个人剂量报警仪和固定式场所辐射探测报警装置等监测仪器，或委托有资质的单位定期对射线装置进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

(1) 工作场所监测

建设单位应对 X 射线数字成像检测系统外周围剂量当量率进行监测，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。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；自行监测每天一次并记录监测数据；每年委托有资质单位监测一次；涉及设备发射剂量率或防护设施维修后监测一次；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：X 射线数字成像检测设备外 30cm 处以及铅房门缝、穿墙管线等薄弱处、操作台位置。

(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。

续表 12 辐射安全管理

监测频率：一般为 1 个月测读一次，最长不超过 3 个月，如发现异常可加密监测频率。

建设单位应结合以上要求对《监测方案》中工作场所监测部分内容加以完善。

12.6 安全检查维护

建设单位应按照相关法规及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求定期对 X 射线数字成像检测系统进行安全检查维护，并建立相应的检查维护制度。安全检查维护要求见表 12-2。

表 12-2 安全检查维护要求

类型	对象	内容	频次
检查	X 射线数字成像检测系统	防护门-机联锁装置，以及出束信号指示灯	日检
检查		a) 外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；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	日检
		a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；b) 冷却单元检查；c) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；d) 制造商推荐的其他常规检测项目。	定期(建议月检)
维护		设备维护包括 X 射线数字成像检测系统的彻底检查和所有零部件的详细检测。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都来自设备制造商。应做好设备维护记录。	年检

12.7 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》及《重庆市辐射污染防治办法》等要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案和具有针对性与操作性的应急措施。

12.7.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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。

本项目使用 3 台 II 类射线装置，可能发生的辐射风险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超过年剂量照射限值，造成一

续表 12 辐射安全管理

般辐射事故的发生。

建设单位已制定《辐射事故应急预案》，明确了应急响应程序，报告电话等，但尚未结合可能发生的辐射风险事故开展辐射事故应急演练。建设单位应根据本项目新购 X 射线数字成像检测系统特点修订完善《辐射事故应急预案》，包括应急机构报告电话、应急能力的培训、应急演练和应急响应能力的保持等，提升应急预案的针对性、可行性和可操作性。

按照上述要求完善《辐射事故应急预案》，并定期组织辐射事故的应急演练，做好演习记录。

12.7.2 事故应急程序与措施

(1) 事故报告程序

本项目发生辐射事故时，应迅速电话向内部管理机构、生态环境主管部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生行政主管部门报告，设备丢失被盗时应向公安部门报告。

(2) 辐射事故应急处置措施

本项目发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场。对可能受到辐射损伤人员，事故单位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人的医院，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。

(3) 辐射事故后续处理

配合相关部门做好事故调查处理并做好事故的善后工作，查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生，据此进一步修订完善辐射事故应急方案或应急措施。

续表 12 辐射安全管理

12.8 辐射安全与管理投资估算

本项目环保投资约 17 万元，环保投资估算表见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算

内容	措施	投资（万元）
管理制度、应急预案、警告标志	制度修订后上墙，张贴规范	0.5
辐射防护与安全措施	屏蔽墙体、防护门、屏蔽补偿、门机联锁、工作状态指示灯和声音提示装置、紧停按钮等	设备自带
防护监测设备	新购个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式场所辐射探测装置	10
环保手续办理	环境影响评价、竣工环境保护验收、验收监测等	6.5
合计		17

12.9 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目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。建设单位应按有关规定和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）等要求进行竣工环境保护自主验收。本项目竣工环境保护验收要求见表 12-4。

表 12-4 竣工环境保护验收内容和要求一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	建设内容	宝恒路 99 号智能制造车间预留 X 光检验室配置 2 台，宝恒路 9 号公司热处理厂房 X 光检测室配置 1 台。3 台 X 射线数字成像检测系统（II 类射线装置），2 台最大管电压 225kV，电流 8mA。1 台最大管电压 160kV，电流 11mA。	不发生 重大变更
2	环保资料	环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等	齐全
3	辐射环境管理	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、年度评估等管理制度和辐射事故应急预案。	齐全
4	电离辐射	剂量管理目标值	辐射工作人员≤5mSv/a；公众成员≤0.1mSv/a GB18871-2002 GBZ/T250-2014
		屏蔽体外剂量率控制	X 射线数字成像检测系统设备外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。 GBZ117-2022

续表 12 辐射安全管理

5	辐射安全防护措施	<p>门机连锁：X 射线数字成像检测系统设置门—机连锁装置；</p> <p>声光警示：X 射线数字成像检测系统铅房顶部设置显示“预备”和“照射”工作状态的指示灯并与 X 射线数字成像检测系统连锁，有表明各指示灯信号其状态意义的中文说明；X 射线数字成像检测系统铅房内设置具有显示设备状态、声音报警功能的红色声光报警灯。“照射”状态时红灯闪烁并有蜂鸣声提示，并与 X 射线数字成像检测系统连锁。</p> <p>警告标志：X 射线数字成像检测系统防护门上设置电离辐射警告标志和中文警示说明；</p> <p>钥匙开关：操作台设置防止非工作人员操作的钥匙开关；</p> <p>紧急停机：X 射线数字成像检测系统内和操作台设置紧急停机按钮，按下任意一个按钮 X 射线数字成像检测系统高压电源立即被切断，X 射线数字成像检测系统停止出束；</p> <p>机械通风：X 射线数字成像检测系统设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h；</p> <p>视频监控：X 射线数字成像检测系统设置视频监控系统，能全方位不留死角地监控 X 射线数字成像检测系统内和防护门的情况；</p> <p>监测设备：每名辐射工作人员各配置 1 枚个人剂量计；每台设备配置 1 套固定式场所辐射探测装置、配备 1 台个人剂量报警仪；建设单位已配置有 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪。</p>
6	人员要求	<p>按照要求组织辐射工作人员参加培训，考核合格后上岗，考核成绩在有效期内。</p>

表 13 结论和建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

重庆志成机械有限公司拟将九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号公司生产车间二已取得辐射安全许可的 1 台苏州道青 DU310 型 X 射线数字成像检测系统（II类射线装置，最大管电压为 160kV、最大管电流为 11mA）搬迁至智能制造车间 X 光检测室，并新购 1 台苏州道青 DU310B 型 X 射线数字成像检测系统（II类射线装置，最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA），2 台设备拟安装在九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号智能制造车间预留 X 光检验室内开展 X 射线无损检测。志成公司拟将公司九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房内的理化分析室及试验室改建为 X 光检测室，并新购 1 台重庆日联科技有限公司生产的 UND225 型 X 射线数字成像检测系统（II类射线装置，最大管电压为 225kV、最大管电流为 8mA）固定安装在 X 光检测室内开展 X 射线无损检测。本项目总建筑面积约 176m²，总投资约**万元，其中环保投资约**万元。

13.1.2 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》“第一类 鼓励类”中“三十一、科技服务业”中的第 1 条“质量认证和检验检测服务”，项目 X 射线数字成像检测系统用于建设单位生产产品质量检测，属于产业结构调整指导目录中的鼓励类。项目建设符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

本项目拟使用 3 台 X 射线数字成像检测系统开展无损探伤检测工作，为建设单位产品质量提供有效保障，具有明显的社会效益，同时也将为建设单位创造更大的经济效益，远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，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。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目场址及周围的环境 γ 辐射剂量率监测值为 56~98nGy/h（未扣除宇宙射线响应值）之间，在重庆市环境 γ 辐射空气吸收剂量率正常涨落范围内。

续表 13 结论和建议

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目拟在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 99 号公司智能制造车间预留的 X 光检测室布置 2 台 X 射线数字成像检测系统。根据生产线工艺需求，拟搬迁 1 台、新购 1 台苏州道青 X 射线数字成像检测系统布置在 X 光检测室内。本项目拟新购 1 台重庆日联 UND225 型设备在重庆市九龙坡区西彭镇宝恒路 9 号公司热处理厂房的 X 光检测室，该检测室由现状理化分析室和试验室改建而成，该 X 光检测室位于志成公司热处理厂房西端。本次评价 3 台设备所在区域楼上无建筑，下方为实土层，X 射线数字成像检测系统所在的 X 光检测室、厂房、厂区均为封闭式管理，周围公众成员活动较少，有利于辐射防护和减少 X 射线对公众成员的影响，便于辐射安全管理。根据现状监测结果，项目场址的辐射环境质量状况良好，有利于项目的建设。项目 X 光检测室根据生产检测工艺需求布置，其周围布置有其他检测，项目选址将生产工艺需要的检测工房集中布置，因此，本项目选址可行。

本项目拟配置数字成像检测系统均为定制铅房和操作台，拟安装在专用新建或预留的 X 光检测室内，禁止非工作人员进入。待检测对象均为小型工件，操作人员在铅房工件门外即可将工件摆放至工件平台，无需进入铅房。铅房内安装有摄像头，操作人员可在操作台及检修门上铅玻璃观察铅房内情况，设备高压电源装置、冷却器、电气柜等辅助部件均外置在铅房外。本项目平面布局满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等要求，布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

建设单位对各 X 射线数字成像检测系统辐射工作场所进行分区管理，X 射线数字成像检测系统铅房内部为控制区，铅房外部的 X 光检测室内划设为监督区。

本项目 X 射线数字成像检测系统铅房主要采用钢+铅+钢的屏蔽体结构对 X 射线进行屏蔽防护，屏蔽厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射影响。根据核算，各铅房屏蔽体防护厚度均能满足《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）屏蔽防护的节等铸造工件的无损检测。本项目 X 射线数字成像检测系统屏蔽体外 30cm 处周

续表 13 结论和建议

围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。缝隙处屏蔽体之间有足够的搭接宽度，穿越屏蔽体的线缆口、通风口均采用了不低于同侧屏蔽体防护厚度的铅防护罩进行屏蔽补偿，不影响屏蔽效果。

本项目 X 射线数字成像检测系统设计建设具有冗余性、多元性与独立性的辐射防护安全联锁设施与措施，包括主控钥匙、门机联锁、紧急停机按钮、工作状态指示灯和声音提示装置、视频监控装置、电离辐射警告标志和中文警示说明等辐射安全防护措施，配备符合开展项目要求的监测仪器设备。X 射线数字成像检测系统设置机械排风系统，确保铅房内具有良好的通风。

综上所述，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）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响结论

根据核算，本项目各 X 射线数字成像检测系统铅房外周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，辐射工作人员周剂量低于 $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，公众成员 $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ ，辐射工作人员、公众成员的年有效剂量均低于剂量管理目标的要求（辐射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。本项目所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的影响可以接受。

本项目不产生放射性“三废”，宝恒路 9 号热处理厂房检测室拟配置的 1 台设备、少量臭氧和氮氧化物废气通过机械排风系统排出铅房，宝恒路 99 号预留 X 光检测室内 2 台江苏道青设备废气利用厂房通风系统，排出厂房外。宝恒路 9 号热处理厂房 X 光检测室拟安装的 1 台重庆日联设备废气经新建排风管道引至热处理厂房西侧外墙排放，排放高度约 2.5m。

曝光时产生的废气不会对工作人员造成影响，项目废气排放口避开了人员活动密集区，对周围环境影响小。

X 射线数字成像检测系统报废后建设单位按照相关要求拆解去功能化后根据建设单位相关要求处理，保留相关手续，并做好相关记录存档。

13.1.8 辐射事故分析

续表 13 结论和建议

项目运行产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。X 射线检测系统属于 II 类射线装置，其事故工况造成误照射时可使受照射人员产生较严重的放射损伤。环评估算，事故时被误照射人员可能受到超过年剂量限值的照射，即造成一般辐射事故的发生，项目运行的辐射事故风险一般不会导致严重的放射损伤，但可能增加随机性效应的发生概率。建设单位已制定《辐射事故应急预案》，发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源，启动辐射事故应急预案。

13.1.9 辐射环境管理

建设单位已成立了辐射安全与防护工作领导小组，建立了操作规程、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、监测方案等规章制度和辐射事故应急措施，建立了辐射工作人员个人剂量监测、职业健康体检等档案。新购设备拟根据新购设备说明书制定操作规程，并张贴上墙。

建设单位应按照规定重新办理《辐射安全许可证》并在许可的种类和范围内从事辐射活动，还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

13.1.10 综合结论

综上所述，重庆志成机械有限公司新建 X 光检测室项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”要求，项目选址可行，平面布局合理。在完善相应的辐射安全防护措施和管理措施后，项目环境风险可防可控，能实现辐射防护安全的目标及污染物的达标排放。因此，从环境保护的角度来看，该项目的建设是可行的。



附图1 本项目地理位置图