

编号：渝联辐环评字[2025]0007号

核技术利用建设项目

重庆海尔空调器有限公司

X射线数字成像检测设备项目

环境影响报告表

(公示版)

建设单位：重庆海尔空调器有限公司

编制单位：重庆联尔医学研究院有限公司

编制时间：2026年3月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

重庆海尔空调器有限公司 X射线数字成像检测设备项目 环境影响报告表

建设单位名称：重庆海尔空调器有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：重庆市两江新区港城南路1号

邮政编码：400026

联系人：徐双

电子邮箱：118*****824@qq.com

联系电话：177*****329

重庆海尔空调器有限公司

关于同意《X射线数字成像检测设备项目环境影响报告表》

(公示版)进行公示的说明

重庆市生态环境局:

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》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我司委托重庆朕尔医学研究院有限公司编制了《X射线数字成像检测设备项目环境影响报告表》，报告表内容及附图附件等资料均真实有效，我司作为环境保护主体责任，愿意承担相应的责任。报告表(公示版)不涉及技术和商业秘密的章节。我司同意对报告表(公示版)进行公示，

特此说明，



重庆海尔空调器有限公司

2026年4月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	hn5141		
建设项目名称	X射线数字成像检测项目		
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)	重庆海尔空调器有限公司		
统一社会信用代码	91500105784239182W		
法定代表人 (签章)	管江勇		
主要负责人 (签字)	陈家兵		
直接负责的主管人员 (签字)	董志鹏		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	重庆联尔医学研究院有限公司		
统一社会信用代码	91500103MA5U53FM41		
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
孟楠	2016035410352015411801000074	BH005013	孟楠
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
韩邦秀	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物(重点是放射性废弃物)、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	BH063234	韩邦秀

环评编制主持人职业资格证书（复印件）

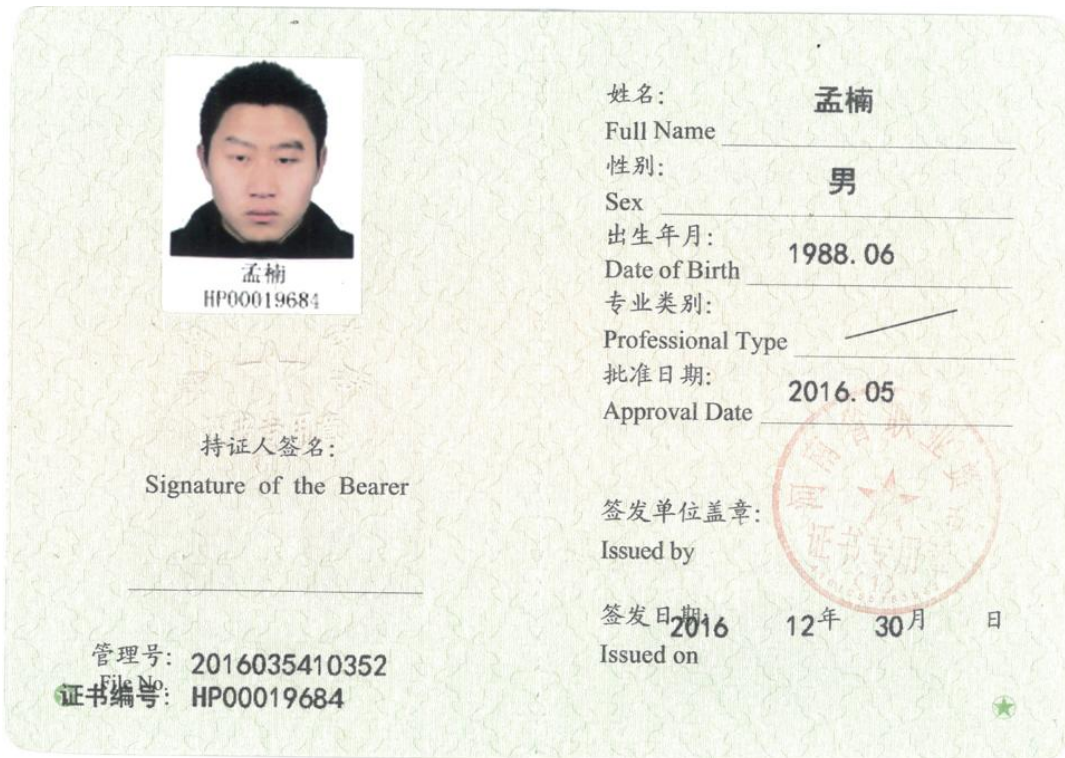


表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线数字成像检测设备项目			
建设单位		重庆海尔空调器有限公司			
法人代表	管江勇	联系人	徐双	联系电话	17723039329
注册地址		重庆市两江新区港城南路 1 号			
项目建设地点		重庆市两江新区港城南路 1 号 A02 厂房 1F			
立项审批部门		原重庆市江北区发展和改革委员会	批准文号	2511-500105-04-03-260735	
建设项目总投资 (万元)	44	项目环保投资 (万元)	8.1	投资比例 (环保投资/总投资)	18.4%
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)	/
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>海尔集团是世界白色家电第一品牌、中国最具价值品牌。重庆海尔空调器有限公司 (以下简称“建设单位”) 成立于 2006 年 3 月, 隶属于海尔集团白色家电产品本部, 2006 年落户于重庆市两江新区 (原江北区, 2025 年 11 月 6 日, 重庆市调整部分行政区划, 撤销江北区, 设立两江新区, 管辖原江北区、原渝北区 (不含大湾镇、统景镇、大盛镇、兴隆镇、茨竹镇) 和北碚区的水土街道、复兴街道、蔡家岗街道、施家梁镇、童家溪镇的行政区域) 港城工业园区 A 区的海尔工业园内, 主要生产家用空调等, 也是海尔集团旗下企业。</p> <p>建设单位现有 A02、A03 两栋生产厂房, 其中 A02 生产家用空调 300 万套/年, 内设 5 条两路生产线 (蒸发器卡萨帝线 6#、蒸发器柔性线 4#、蒸发器高效线 3#、柔</p>				

续表 1 项目基本情况

性化线 2#、质保效率线 7#)、2 条外壳前处理及喷粉线(包括全自动喷涂 1#、柔性化喷涂线 2#)、6 条内外机总装线(其中室内机、室外机总装线各 3 条,挂机高效线 3#、室外机总装 6#线、高端卡萨帝 5#为室外机总装线),并布置全自动下料弯管机、手工焊机、自动焊机、胀管机、冲片机等生产空调管组。A03 生产家用空调 300 万套/年,内设 4 条两路生产线、2 条外壳前处理及喷粉线、3 条内机总装线、3 条外机总装线,并布置注塑机、粉碎机、烫印机、丝印机、打胶机及冲床等生产空调外壳组零件。

1.2 项目由来

为控制产品质量,适应公司发展要求和市场需要,建设单位拟在 A02 厂房内实施“X 射线数字成像检测设备项目”,主要建设内容为在 A02 厂房新增 1 台 X 射线数字成像检测设备(型号为 UND160,单管头,定向,最大管电压 160kV,最大管电流 3mA,以下简称“X 射线探伤机”),该 X 射线探伤机用于公司生产的空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀的无损检测。本项目新增 X 射线探伤机带有专用屏蔽铅房。

根据《射线装置分类》(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)要求,使用自屏蔽式 X 射线探伤装置按 III 类射线装置管理。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。

本项目探伤机带有专用屏蔽铅房,铅房与 X 射线探伤装置主体结构一体设计和制造,但铅房为非统一制式,且专用铅房铅门尺寸较大,人员可能存在滞留在屏蔽体内发生误照射的风险,不满足《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复》中的一、三条要求,因此本项目探伤机不属于按 III 类射线装置管理的自屏蔽式 X 射线探伤装置,其使用活动按 II 类射线装置管理。

续表 1 项目基本情况

根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国环境影响评价法》等相关规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，环境影响评价文件类别为环境影响报告表。

建设单位委托重庆联尔医学研究院有限公司对本项目进行环境影响评价。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘查、收集资料和现状监测等工作，并结合项目特点、性质、规模，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）等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.3 建设内容及工程规模

(1) 项目概况

本项目在A02厂房新增1台X射线探伤机，主要用于公司生产的空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀的无损检测。拟购置X射线探伤机采用数字成像技术直接在电脑图像处理软件上成像，不产生废显（定）影液等危险废物，项目辐射工作场所占地面积约12m²。项目基本组成情况详见表1-1。

表 1-1 项目基本组成

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	场所	A02厂房为3层钢混结构建筑，高24.3m。其中1F与3F之间有夹层，即2F；1F层高5.1m，2F夹层顶部距1F地面约12m，3F为内机生产线、外机生产线和库房等。 本项目位于1F包胶泥区域西侧，占地面积约12m ² 。 1F包胶泥区域西侧安装1台整体X射线探伤机及操作台等。	依托
	设备	1台X射线探伤机，型号为UND160，单管头，定向，最大管电压160kV，最大管电流3mA。设备自带屏蔽铅房，铅门左右移动开闭。铅房外观尺寸：2460mm（长）×2424mm（宽）×2442mm（高），内空尺寸：2304mm（长）×1906mm（宽）×2063mm（高），铅房六面屏蔽体均为钢结构+铅板+钢结构，设有1个电动铅门，铅门门洞尺寸900mm×1848mm，铅门尺寸980mm×1948mm（同时用于工件进出及检修）。	新购置
公用工程	供配电	依托A02厂房供配电系统，A02厂房用电来源于市政供电。	依托
	给水	依托A02厂房内部给水系统。	依托
	排水	本项目无生产废水；辐射工作人员从厂区内部培养，不新增人员，	依托

续表 1 项目基本情况

		不新增人员生活污水，项目拟配置的辐射工作人员生活污水依托 A02 厂房现有排水系统。	
	通风	本项目探伤机铅房顶部拟设 2 个排风扇并各配置 1 台轴流风机，总风量约 330m ³ /h，经后文计算，换气次数约为 36 次/h。	设备 自带
		铅房内部空气通过顶部排风扇抽至 A02 厂房内，依托 A02 厂房内已有的排风系统将空气排至厂房外。	依托
环保工程	废水处理	本项目无生产废水。工作人员生活污水依托海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，经处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准后，进入港城工业园区污水处理厂进一步处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排入栋梁河，最终汇入长江。	依托
	噪声	本项目 X 射线探伤机设置 2 套排风扇进行机械通风，排风扇噪声值一般低于 55dB(A)，为低噪声设备。安装在 X 射线探伤机顶部或一侧，风机噪声经 X 射线探伤机设备箱体和所在厂房隔声后排放。无高噪声设备。	/
	固废处理	本项目运营期不新增生活垃圾，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。废冷却油依托厂区现有危险废物贮存点贮存，交给有资质的单位处理。	依托
		探伤机废冷却油依托厂区现有危险废物贮存点贮存，交给有资质的单位处理。	依托
		报废射线装置按照要求对其装置内的 X 射线管去功能化，根据建设单位要求进行处理，保留手续并做好相关记录存档。	/
	废气	本项目铅房产生的废气通过设备自带的 2 个排风扇排至所在厂房内，两个排风扇总风量为 330m ³ /h。	设备 自带
		依托厂房内的排风系统排出室外。	依托
辐射防护	X 射线探伤机自带屏蔽铅房，采用钢+铅+钢结构，铅房屏蔽能力能达到辐射防护的要求。工件门设门机联锁，设备内外设置工作状态指示灯和声音提示装置，设备箱体外设电离辐射警告标志，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；安装固定式剂量报警仪和急停按钮等设施。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。	/	
其他	辐射工作人员	内部培养 2 名人员开展无损探伤工作。	/

(2) 项目铅房防护方案

本项目 X 射线探伤机屏蔽防护为自带铅房，铅房采用钢+铅+钢的屏蔽结构。铅房共设置 1 个铅门，工件与检修人员共用；禁止工作人员在工作状态下由铅门进入铅房，

续表 1 项目基本情况

仅在需要检修时，检修人员由铅门进入（设备呈关机状态）。本项目 X 射线探伤机铅房防护方案如下表 1-2、附图 5 所示。

表 1-2 本项目铅房防护方案

名称	内空尺寸（长×宽×高）	设计情况		
铅房	2304mm（长） ×1906mm（宽）× 2063mm（高）	前侧屏蔽体	内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢	
		后侧屏蔽体	内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢	
		左侧屏蔽体	内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢	
		右侧屏蔽体（主射方向）	内 3mm 钢+8mm 厚铅+外 2mm 钢	
		铅门	内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢	
		顶部	右起约 0.75m 宽度	内 3mm 钢+8mm 厚铅+外 2mm 钢
			其余部分	内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢
		底部	右起约 0.55m 宽度	内 3mm 钢+8mm 厚铅+外 3mm 钢
其余部分	内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 3mm 钢			

注：1.铅密度为 11.3g/cm³，钢密度为 7.89g/cm³（后文不再赘述）；2.以工件门为前侧，依铅房拟摆设位置方位情况，前侧即为东侧，后侧即为西侧，左侧即为南侧，右侧即为北侧（后文不再赘述）。

(3) 设备概况

本项目配置的主要设备见表 1-3。

表 1-3 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 射线探伤机	1 套	无损检测	II类射线装置,UND160 型 X 射线探伤机,最大管电压 160kV、管电流 3mA。包含高压电源装置和冷却器等。
2	个人剂量计	2 个	个人剂量监测	工作人员工作时随身携带，拟配置 2 个。
3	便携式辐射监测仪	1 台	防护监测	自行定期监测，按要求校验，拟购置。
4	固定式场所辐射探测报警装置	1 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，拟配置 1 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，拟配置 2 台。

(4) 探伤工件情况

本项目对空调零部件进行 X 射线无损检测，检测工件的参数见表 1-4。

续表 1 项目基本情况

表 1-4 检测工件的相关参数一览表

工件名称	材质	工件类型	最大尺寸 (mm)
蒸发器	铜和铝	焊接件	600×800×800
冷凝器	铜和铝	焊接件	1045×56×610
四通阀	铜	焊接件	230×280×500
截止阀	铜	焊接件	170×120×40

(5) 计划工作量

根据建设单位提供资料，根据产品质量需求，本项目仅针对建设单位生产的空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀进行无损检测，不对外开展无损检测服务；本项目 1 台 X 射线探伤机预计全年曝光次数共计约 10000 次（200 次/周），单次曝光时间根据检测过程中发现的工件缺陷情况，单个工件曝光时间最长约 1min，其工作情况见表 1-5。

表 1-5 本项目 X 射线探伤机工作负荷一览表

工件名称	单次最长曝光时间	最多曝光次数			最长曝光时间		
		年	周	天	年	周	天
蒸发器	1min	2500 次	50 次	10 次	41.7h	0.83h	0.17h
冷凝器	1min	2500 次	50 次	10 次	41.7h	0.83h	0.17h
四通阀	1min	2500 次	50 次	10 次	41.7h	0.83h	0.17h
截止阀	1min	2500 次	50 次	10 次	41.7h	0.83h	0.17h
合计	——	10000 次	200 次	40 次	166.8h	3.33h	0.67h

(6) 劳动定员及工作制度

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，均从内部调配培养，不新增劳动定员；生产线工件搬运工人不纳入本次劳动定员范围内，设备检修由设备厂家专业检修人员进行，不纳入本次劳动定员范围内；年工作 250 天，工作制度为 1 班制，每班工作人员为 2 人，每班 8h。

1.4 项目依托可行性

建设单位对自己生产的产品进行无损检测，有利于控制产品质量，因此，项目建设与公司发展运行相适应。项目依托可行性分析见表 1-6。

续表 1 项目基本情况

工程		可行性分析	结论
主体工程	设备用房	本项目为 X 射线探伤机，自带铅房，拟放置在公司已建成的厂房内，不新增用地，不新增建筑面积。	可行
公用工程	供配电	本项目供配电依托厂房现有供配电系统，由市政供电。	可行
	给水	本项目给水依托厂房现有给水系统，由市政管网供水。	可行
	排水	本项目无生产废水，不新增人员生活污水，项目拟配置的辐射工作人员生活污水依托 A02 厂房现有排水系统。	可行
	通风	铅房内部空气通过顶部排风扇抽至 A02 厂房内，依托 A02 厂房内已有的排风系统将空气排至厂房外。	可行
环保工程	生活污水	本项目辐射工作人员从厂区内部调配培养，不新增劳动定员，运营期不新增厂房生活污水，本项目依托海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理。本项目不产生生产废水，辐射工作人员由公司劳动定员内部调配，不新增工作人员总数，工作人员生活污水依托原有设施处理可行。	可行
	废气	铅房内产生的废气通过排风扇进入 A02 厂房内，再依托厂房排风系统排出室外。	可行
	固废	本项目辐射工作人员从厂区内部调配培养，不新增劳动定员，运营期不新增生活垃圾，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。废冷却油依托厂区现有危险废物贮存点贮存，交给有资质的单位处理。	可行

由表 1-6 可知，本项目主体工程、公用工程、环保工程依托厂房内现有设施是可行的。

1.5 项目周边环境保护目标

本项目位于重庆市两江新区港城南路 1 号建设单位 A02 厂房，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，项目所在 A02 厂房外环境见表 1-7。

表 1-7 本项目所在 A02 厂房外环境情况一览表

序号	名称	方位	水平距离 (m)	高差	环境特征
1	厂区道路及绿化	东侧、北侧、南侧	紧邻	0	厂区内绿化、车行道及人行道
2	厂房	北侧	28~125	0	生产厂房 (2F)
3	港城中路及绿化	东侧	29~58	0	厂外绿化、车行道及人行道
4	厂房	南侧	26~125	0	生产厂房 (2F)
5	货车停车位	西侧	紧邻	0	厂区内货车停车位
6	厂区道路		23~27	0	厂区车行道

续表 1 项目基本情况

1.6 项目选址可行性分析

(1) 项目与《重庆港城工业园区规划（修编）》符合性分析

拟建项目位于两江新区海尔工业园东区，属于港城工业园区 A 区范围，所在地块为工业用地。拟建项目主要为本厂空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀提供无损检测等，符合港城工业园区 A 区产业定位。

(2) 与《重庆港城工业园区规划（修编）环境影响报告书》及其规划审查意见（渝环函〔2022〕518 号）的符合性分析

本项目位于港城工业园区 A 区，根据《重庆港城工业园区规划（修编）环境影响报告书》及其规划环评审查意见（渝环函〔2022〕518 号）可知，重庆海尔空调器有限公司空调生产线与其环境准入要求和环评审查意见相符合，本项目拟选址于重庆海尔空调器有限公司空调生产线内，为空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀提供无损检测，与准入要求不冲突。

(3) 项目工作场所辐射环境现状情况

项目位于重庆市两江新区港城南路 1 号，根据现场监测，拟建址的环境 γ 辐射剂量率为 76nGy/h~83nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），在重庆市天然辐射水平的正常涨落范围内，因此，拟建址不存在与本项目有关的辐射环境污染问题。本项目 X 射线探伤机自带铅房，根据生产线工艺区需求布置在 A02 厂房包胶泥生产线旁，建筑上方为室内机生产线，下方为实土层，X 射线探伤机所在厂区、厂房均实行封闭管理，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。

综上，项目选址可行。

1.7 与项目有关的原有核技术应用及辐射环境问题

建设单位未开展核技术应用项目，无辐射环境问题。

1.8 项目所在厂房环保手续情况

2006 年，重庆海尔能源动力有限公司（简称能源公司）在重庆市两江新区港城工业园 A 区建设海尔工业园，能源公司负责建设标准厂房及基础设施，由各企业（如重

续表 1 项目基本情况

庆海尔制冷电器有限公司、重庆海尔热水器有限公司、重庆海尔空调器有限公司等)自建生产线。各入驻企业均为独立法人,负责各自项目的生产运营,园区基础设施及环保设施由能源动力公司统一管理。海尔工业园以能源公司为建设单位于 2006 年进行了环评并取得了原重庆市环保局下发的重庆市建设项目环境影响评价文件批准书(渝[市]环准〔2006〕172 号),于 2008 年 8 月通过重庆市环境监测中心组织的竣工环保验收。

重庆海尔空调器有限公司生产线位于 A02 和 A03 厂房,并于 2024 年 9 月 30 日进行了固定污染源排污登记,已取得排污登记回执,其登记编号为 91500105784239182W001W,目前正常运营,至今未收到环保投诉,无环保遗留问题。

本项目拟位于 A02 厂房 1F 包胶泥区域西侧,项目用房的环保手续齐全。

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 射线数字成像检测设备	II类	1 台	UND160	160	3	无损检测	重庆市两江新区港城南路 1 号 A02 厂房	新增

(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
本项目不产生放射性废物。								
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	/	/	/	经排风扇排至厂房后，再依托所在厂房的排风系统排出厂外。
生活垃圾	固态	/	/	/	/	/	/	交环卫部门处置。
报废的 X 射线探伤机（含铅房）	固态	/	/	/	/	/	/	报废射线装置按照要求对其装置内的 X 射线管去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。
生活污水	液态	/	/	/	/	/	/	依托海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，经处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准后，进入港城工业园区污水处理厂进一步处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排放栋梁河，最终汇入长江。
废冷却油	液态	/	/	/	/	/	危险废物贮存点	交给有资质单位处理。

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；年排放总用量 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) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日施行修订版；</p> <p>(3) 《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>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 9 月 1 日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 12 月 21 日施行；国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行）；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2025 年版）》（2024 年 11 月 26 日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令 第 36 号公布，2025 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号修改，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《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>(14) 《重庆市环境保护条例》，2025 年 7 月 31 日第 4 次修订施行；</p>
------	--

续表 6 评价依据

法规文件	<p>(15) 《重庆市辐射污染防治办法》，重庆市人民政府令第 338 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(16) 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>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 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》（HJ 1326-2023）</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》（GBZ/T250-2014）及 2017 年修改单；</p> <p>(7) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）；</p> <p>(8) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(10) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书；</p> <p>(2) 重庆市企业投资项目备案证；</p> <p>(3) 项目辐射环境监测报告；</p> <p>(4) 设备相关信息；</p> <p>(5) ICRP 33 号出版物《医用外照射源的辐射防护》，《放射防护实用手册》（主编：赵兰才、张丹枫，济南出版社 2009.7）；</p> <p>(6) 《重庆港城工业园区规划（修编）》；</p> <p>(7) 《重庆港城工业园区规划（修编）环境影响报告书》及其审查意见（渝环函〔2022〕518 号）。</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，本项目以 UND160 型 X 射线探伤机铅房屏蔽体外 50m 的范围作为项目辐射环境影响评价的范围。

7.2 保护目标

本项目位于 A02 厂房 1F 包胶泥生产线西侧，X 射线探伤机主射方向朝向北侧（铅房右侧），操作台紧邻铅房，位于铅房左侧，避开了主射线束照射范围。结合本项目的评价范围，确定本项目的环境保护目标是从事该项目辐射工作人员及铅房周围 50m 范围内活动的公众成员，50m 评价范围内环境保护目标的名称、规模及其与本项目的方位和距离详见表 7-1。

表 7-1 本项目铅房外环境保护目标一览表

序号	环境保护目标	方向	水平距离	高差	基本情况	影响人群	主要影响因素
1	操作台、过道	四周	北 0m~1m 东 0m~1m 南 0m~1m 西 0m~1m	0	本项目辐射工作人员工作区，2 人	辐射工作人员	电离辐射
2	厂区过道、总装 6#、升降机	北	约 1m~16m	0	厂房内部人员，约 10 人	公众成员	
3	机械班车间、喷粉-全自动喷涂线 1#	北	约 16m~50m	0	厂房内部人员，约 20 人		
4	厂区过道	东	约 1m~15m	0	厂房内部人员，约 16 人		
5	包胶泥区域	东	约 15m~30m	0	厂房内部人员，约 16 人		
6	半成品区域、传送带操作位、厂区过道	东	约 30m~50m	0	厂房内部人员，约 10 人		
7	四通阀整理线、自动截止阀焊接区、截止阀成品区、垃圾库、厂区过道、	东南	约 5m~50m	0	厂房内部人员，约 30 人		

	传送带操作位、待检件、半成品洁净库、弯管设备区				
8	4#提升机	南	约 1m~3m	0	厂房内部人员, 约 1 人
9	四通阀操作位、铜管存放区、质检首件区、模具货架区、办公区、员工休息区	南	约 3m~50m	0	厂房内部人员, 约 50 人
10	厂区过道	西南侧、西侧、西北侧	约 1m~50m	0	厂房内部人员, 约 10 人
11	入厂和厂内物流协办中心、办公区、卫生间	西南	约 20m~50m	0	厂房内部人员, 约 20 人
12	楼梯间	西侧	约 5m~13m	0	厂房内部人员, 约 5 人
13	设备维修交互区、空置房间、电梯	西北侧	约 6m~50m	0	厂房内部人员, 约 25 人
14	产品仓库区	西南侧、西侧、西北侧	约 13m~50m	0	厂房内部人员, 约 25 人
15	2F 夹层资料室、档案室等生产辅房	楼上	约 13m~50m	+5.1m	厂房内部人员, 约 5 人
16	3F 内机、外机生产线及库房等	楼上	/	+12m	厂房内部人员, 约 50 人

注：“+”表示高于铅房所在地面。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

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。

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

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

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

续表7 保护目标与评价标准

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；任何一年中的有效剂量，50mSv。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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。

第 5.1 条 X 射线探伤机

第 5.1.1 条 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 7-2）的要求。

表 7-2 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

第 6.1 条 探伤室放射防护要求

第 6.1.3 条 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。

第 6.1.4 条 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。

第 6.1.5 条 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原。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

续表7 保护目标与评价标准

第 6.1.6 条 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。

第 6.1.7 条 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。

第 6.1.8 条 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。

第 6.1.9 条 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。

第 6.1.10 条 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。

第 6.1.11 条 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

第 6.2 条 探伤室探伤操作的放射防护要求

第 6.2.1 条 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。

第 6.2.2 条 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。

第 6.2.3 条 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。

第 6.2.4 条 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。

第 6.2.5 条 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。

第 6.2.6 条 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

续表7 保护目标与评价标准

的情况下，才能开始探伤工作。

第 8.3 条 探伤室放射防护要求

第 8.3.1 条 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值厚度（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）。

第 4.2.3 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下：

a) 90° 散射辐射的 TVL X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线（见表 2）（本报告表 7-3）的什值层（见附录 B 表 B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 7-3 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 kV	散射辐射 kV
150≤kV≤200	150
200<kV≤300	200
300<kV≤400	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

续表7 保护目标与评价标准

附录 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 7-4 所示。

表 7-4 不同工作场所与环境条件下的居留因子

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

(4) 评价标准及相关参数值

①管理目标值

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。

②剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），本项目 X 射线探伤机铅房六面屏蔽体的剂量率参考控制水平均取 2.5 μ Sv/h。结合本项目实际情况，确定本项目的主要评价要求见表 7-5 所示。

表 7-5 项目主要评价标准及相关参数汇总表

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 及 建设单位管理要求
2	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：<2.5mSv/h（管电压 150~200kV）	GBZ117-2022
3	铅房外周围剂量当量率	铅房底部 12cm 及其它各屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率：≤2.5 μ Sv/h	GBZ117-2022
4	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 项目地理位置和场所位置

本项目位于重庆市两江新区港城南路 1 号 A02 厂房，地理位置图见附图 1，具体场所位置见附图 3。项目拟建址周围环境现状见附图 8。

8.2 辐射环境质量现状

为掌握本项目拟选场址及周围环境的辐射环境背景水平，2025 年 10 月 16 日重庆朕尔医学研究院有限公司对项目拟建址及周围环境的辐射环境质量进行了监测，监测结果见渝朕辐环检字[2025]0007 号。

(1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率

(2) 监测方法和依据：

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 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021

(3) 监测仪器

监测仪器情况见表 8-2。

表 8-2 监测仪器情况

仪器名称	型号	仪器编号	计量检定证书编号	有效期至	校准因子
便携式 X- γ 剂量率仪	BH3103B	ZRSB-FS-30	DLj12025-09777	2026.7.27	1.08

(4) 监测点位：共设 8 个点。具体监测布点见图 8-1。

续表 8 环境质量和辐射现状

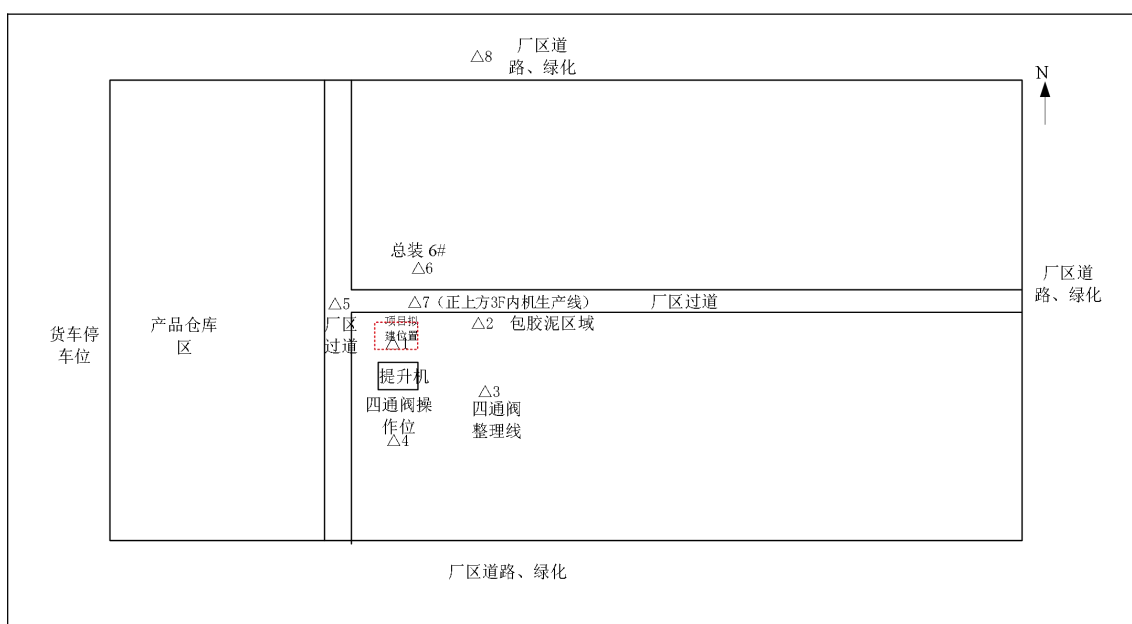


图 8-1 监测布点图

监测布点合理性分析：监测点位分别布设在项目铅房拟建址所在位置、铅房周围区域。监测布点较全面地考虑了项目所选位置及其周围辐射环境，总体上可以反映项目所在地辐射环境水平。

(5) 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为重庆朕尔医学研究院有限公司，具有重庆市市场监督管理局颁发的计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后并在有效期内使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照重庆朕尔医学研究院有限公司《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

(6) 监测结果

续表 8 环境质量和辐射现状

监测结果统计见表 8-3。

表 8-3 本项目辐射环境监测结果统计

监测点位编号	监测点位描述	环境 γ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	项目拟建位置	79
△2	包胶泥区域旁	83
△3	四通阀整理线旁	77
△4	四通阀操作位旁	78
△5	厂区过道	77
△6	总装 6#线旁	79
△7	正上方 3F 内机生产线旁	77
△8	厂区道路处	76

注：监测结果未扣除宇宙射线响应值。

根据监测统计结果可知，本项目拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 76nGy/h~83nGy/h 之间（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》中辐射环境质量状况数据，累积剂量法测得的重庆市 γ 空气吸收剂量率年均值范围为 79.2nGy/h~108nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），全市点位年均值为 96.1nGy/h（未扣除宇宙射线响应值），因此本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内，未见辐射异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤设备装置安装调试，不涉及装修和土建。

建设过程中主要有设备安装产生的噪声、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站，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾，交由环卫部门统一处理。

9.2 运行阶段（含调试阶段）工艺流程及产污环节

9.2.1 设备组成

本项目拟使用的 X 射线探伤机由 X 射线系统、探测器成像系统、图像处理系统、机械传动系统、辐射防护系统及电气控制系统等组成。

①机械传动系统

机械传动系统主要由 C 型臂、移动小车系统、立柱传动系统，射线管机构，探测器机构组成，各机构模块化设计，高可靠性，高稳定性，高集成度，如图 9-1 所示。

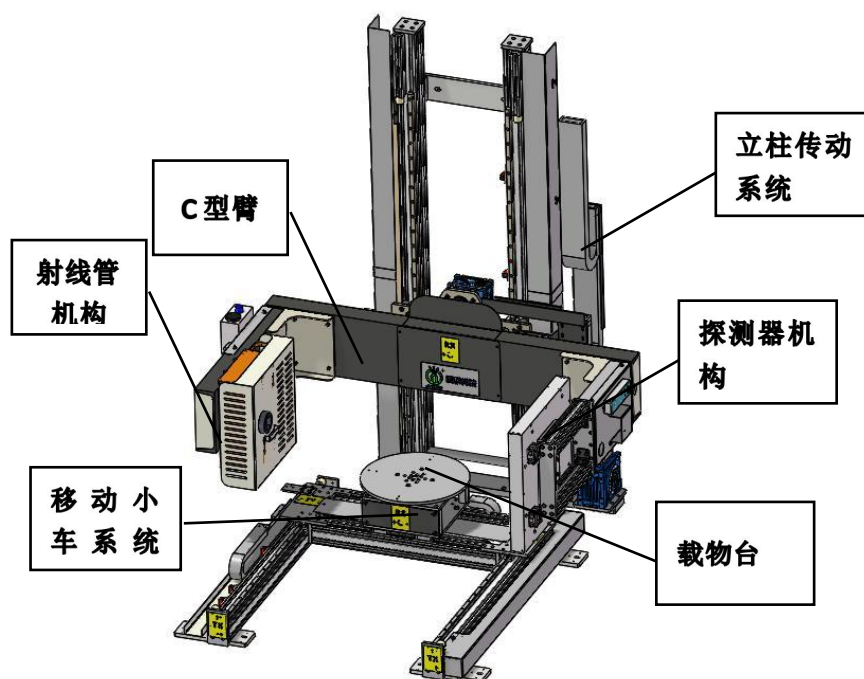


图 9-1 机械传动系统结构示意图

可完成动作有：C 型臂升降运动和 $\pm 15^\circ$ 摆动运动；载物台根据需要可以顺时针 360° 旋转、前后移动。C 型臂（X 射线球管固定在 C 型臂一端，本身无法活动）在立柱上下移动范围为 1000mm，在上下垂直活动的同时，C 型臂以立柱连

续表9 项目工程分析与源项

接处为圆心，可以 $\pm 15^\circ$ 摆动，X射线球管最低点距探伤机铅房内底面约590mm，最高点距探伤机铅房内顶面约473mm，但X射线球管位于最高点和最低点时，无法摆动，且因为支撑结构设置限位装置，C臂仅在中点上下各200mm范围内实现 $\pm 15^\circ$ 偏转。X射线探伤机机械运动行程见表9-1。

表 9-1 本项目各 X 射线探伤机机械运动行程表

设备型号	主射面及摆角	平移行程 (mm)	射线管与屏蔽体外表面最近距离 (mm)
UND160	主射线方向朝向右侧，垂直摆角为 $\pm 15^\circ$ ，射线辐射角为 23° 。	上下升降行程 1000	距上：627.5
			距下：814.5
		左右固定	距左：596
			距右：1828
		前后固定	距前：931
			距后：1529

②X射线系统

X射线管是一种可控的X射线产生装置，关闭电源后不会发射X射线，具有安全可控的特点，X射线源的主要技术参数是：管电压及调节范围、管电流及调节范围、焦点尺寸和负载率。

X射线源的管电压及调节范围要与被检测物体的材质和厚度范围相适应，且具有较大的管电流及较小的焦点尺寸。

③探测器成像系统

基本构成：非晶硅平板探测器为间接数字化X线成像，其基本结构为表面是一层闪烁体材料（碘化铯或硫氧化钆），再下一层是以非晶体硅为材料的光电二极管电路，底层为电荷读出电路。

④图像处理系统

图像处理系统包括图像处理硬件系统和图像软件系统。

图像处理硬件系统由工控机，显示器，操作台，鼠标等硬件组成，硬件传输信息如图9-2所示。

续表9 项目工程分析与源项

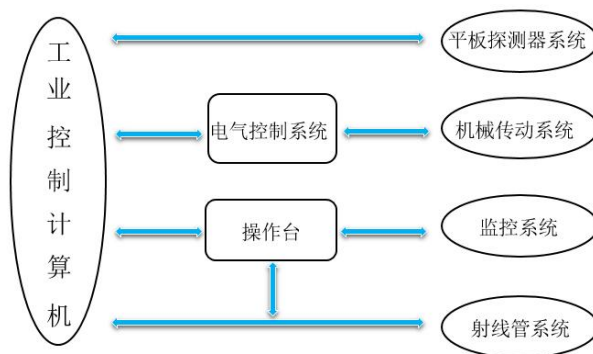


图 9-2 图像处理硬件系统传输信息示意图

图像软件系统由日联科技自主开发，正常启动时为全中文操作界面，主要包括工具栏，工具条，图像调节，图像显示区，状态栏，参数显示区等。

⑤电气控制系统

基本组成：电气控制单元主要由计算机处理系统与 PLC 逻辑控制单元组成，采用中央集成式控制方式，以可编程逻辑控制器 PLC 为核心，现场各传感器的信号反馈给 PLC，根据检测工艺，PLC 经过逻辑程序运算，完成相应电机运动控制；达到自动精确运动控制，同时保证人员和设备安全。

⑥辐射防护系统

铅房：外侧为钢+铅+钢夹层结构；内壁为方管焊接而成的框架，在寿命期限内有足够的强度、刚度、稳定性、耐腐蚀性、抗疲劳性等性能，以确保试验机和操作人员的安全。

安全联锁单元：维修或紧急情况下，切断安全联锁单元，可断开射线源，各运动轴停止运动，为设备及人身安全提供保障措施。

安全报警单元：铅门上方拟设“X-RAY”型红色警示灯，当射线开启时，声光提醒工作人员注意辐射安全。

紧急按钮：铅房内、外以及操作台有紧急停止按钮，按下该停止按钮设备停止运行。

9.2.2 设备工作方式

本项目 X 射线探伤机工作方式为固定式、定向探伤，工作模式下人员均不进入铅房内。工作方式为将工件放置在探伤机内的行走小车平台上，然后小车根据行车轨道和自身旋转，结合 X 射线球管的运动，使工件在 X 射线球管照射范

续表9 项目工程分析与源项

围内，达到无损检测的目的。位于 X 射线球管对侧的平板探测器将 X 射线照射物体后的不可见光转换为可见光，最终输出到操作台的显示器上，工作人员在操作台观察检测图像，确认工件是否合格。正常工作期间，工作人员均在设备铅房外完成操作，仅在维护维修时才进入铅房。

9.2.3 设备参数

本项目拟使用的 X 射线探伤机主要技术参数见表 9-1。

表9-1 本项目X射线探伤机主要性能参数

设备型号	UND160型
设备厂家	重庆日联科技有限公司
冷却方式	内置循环油冷+强制风冷
X 射线束辐射角	23°
射线管焦点尺寸	0.5mm
最大管电压	160kV
最大管电流	3.0mA
最大功率	480W
滤过条件	0.5mmCu
焦距	1285mm
垂直倾斜角度	±15°

9.2.4 工作原理及工艺流程

(1) 工作原理

①X 射线产生原理

X 射线探伤机为利用 X 射线进行显像，产生 X 射线的装置，主要由 X 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（见图 9-3），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靶体射击。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。

续表9 项目工程分析与源项

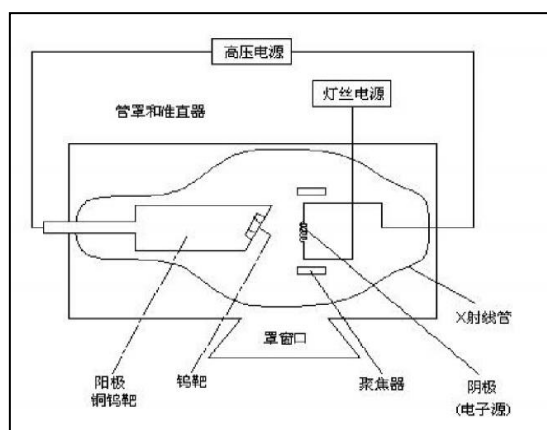


图 9-3 X 射线管工作原理示意图

②实时成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线朝探测器方向出束，根据待检工件的摆放位置、厚度等，调节电流电压等来对工件进行 X 射线检测。当 X 射线射向工件时，射线穿过工件被探测器接收，产生信号。因为工件内部疏密程度不同，X 射线的穿透能力不同，所以探测器接收到的射线就有了差异。将所接收的这种有差异的射线信号，转变为数字信息后由计算机进行处理，输出到显示的荧光屏上显示出图像，就可以判断出具有缺陷的图像，从而达到 X 射线无损检测的目的。

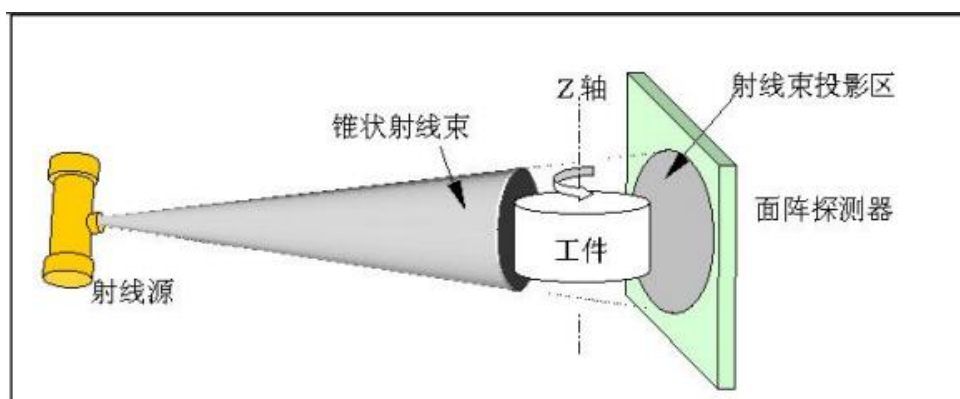


图 9-4 X 射线数字成像检测系统扫描成像原理示意图

(2) 工艺流程

①检测前将系统电源打开。在操作台上启动电源开关钥匙、启动电脑、将铅门按钮至打开铅门。

②打开图像处理软件。铅门完全打开，打开图像处理软件，系统进行初始化操作（不出射线）。

续表9 项目工程分析与源项

③待设备初始化完成后载物台移动到铅门前，工作人员将待检工件放于载物台上。

检测过程为：确保无人员在铅门内逗留后关闭铅门，根据待检工件大小及形状设置合适的管电压、管电流和曝光时间，并根据探伤的具体部位调整工件位置，打开本项目 X 射线探伤机高压电源，射线出束对工件进行检测（平均时间约 30s~1min）。

检测期间，工件固定放于载物台上，载物台根据需要可以顺时针 360° 旋转、前后移动。探测器成像系统通过软件控制载物台位置、C 臂高度和旋转角度来检测工件，检测完毕后铅门打开，由工作人员取走工件，以此方式重复检测下一个工件。

④全部工件检测完成，关闭高压电源，分析检测结果，出具电子分析报告（不需洗片）。再关闭软件和计算机，最后关闭总电源，已检工件外送。

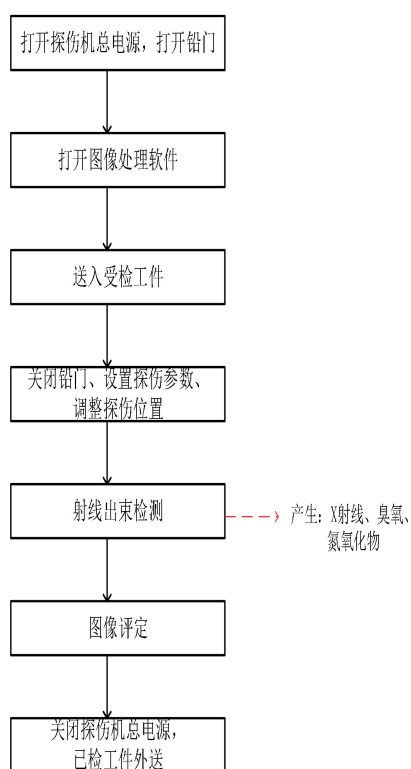


图 9-5 本项目 X 射线无损检测工艺流程及产排污简图

9.3 人流物流路径

(1) 物流路径：①待检工件由工件生产线工人搬运至半成品洁净库西侧的待检区放置，②再由辐射工作人员将待检工件搬到铅房旁，打开铅门，将工件放

续表9 项目工程分析与源项

入铅房内载物台上，检测完成后放到铅房旁的“已检件”区域。

(2) 人员路径

①辐射工作人员先从厂房入口经过厂区过道，到达操作台；

②辐射工作人员仅在铅房外周围及操作台附近活动，不进入铅房；检修人员由铅房铅门进入，检修完成后原路返回，除检修人员外的其他人员不进入铅房，检修必须是设备呈关机状态下进行；生产线工件搬运工人不进入探伤区域。

本项目人流物流路径规划图见图 9-6。

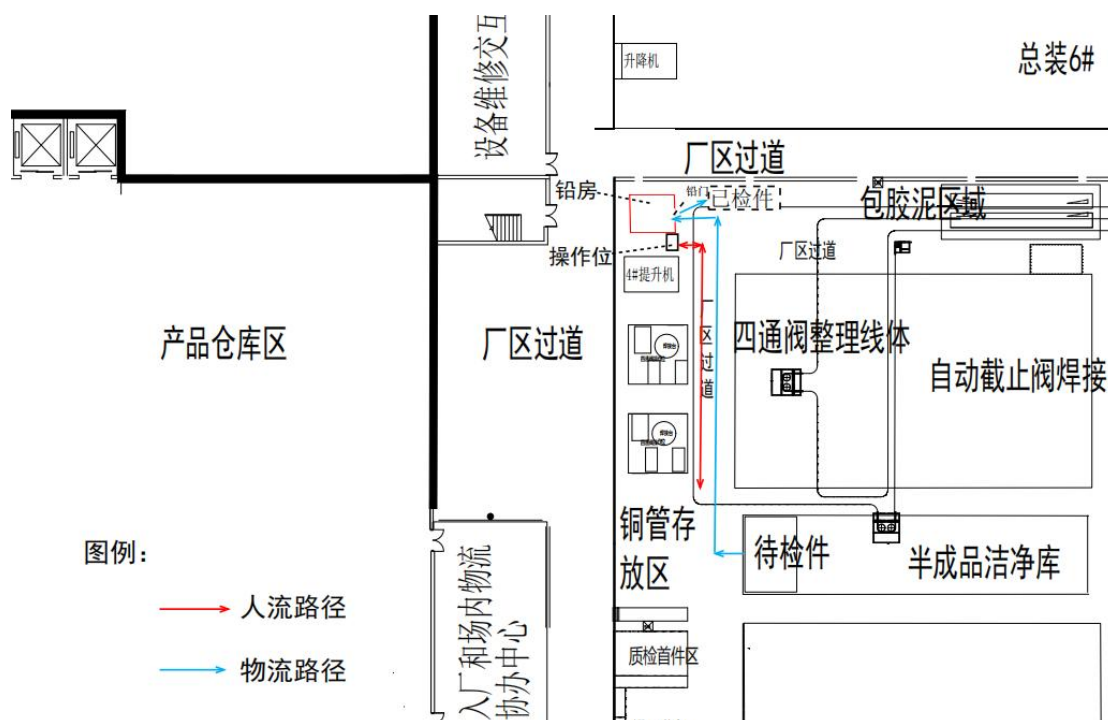


图 9-6 项目人流、物流路径规划示意图

9.4 污染源项分析

根据工艺流程可知，本项目 X 射线探伤机无损检测工作产生的污染物主要有曝光时产生的电离辐射、废气（臭氧、氮氧化物）及其使用一定年限后产生的固废（整体报废的 X 射线探伤机及其铅房）。

9.4.1 电离辐射

由 X 射线产生原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目拟使用的 X 射线探伤机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 射线无损检测工艺流程，本项目 X 射线探伤机与电离辐射危害

续表9 项目工程分析与源项

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，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。

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 射线探伤机射线能量、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。本项目 X 射线探伤机的 X 射线管过滤材料为 0.5mm 铜，管电压为 160kV，参照 ICRP33 号出版物（P55 图 2），可知：在 160kV 管电压，0.5mm 铜的过滤条件下，距靶 1m 处的发射率（即输出量）约为 $6.4\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，见图 9-7。

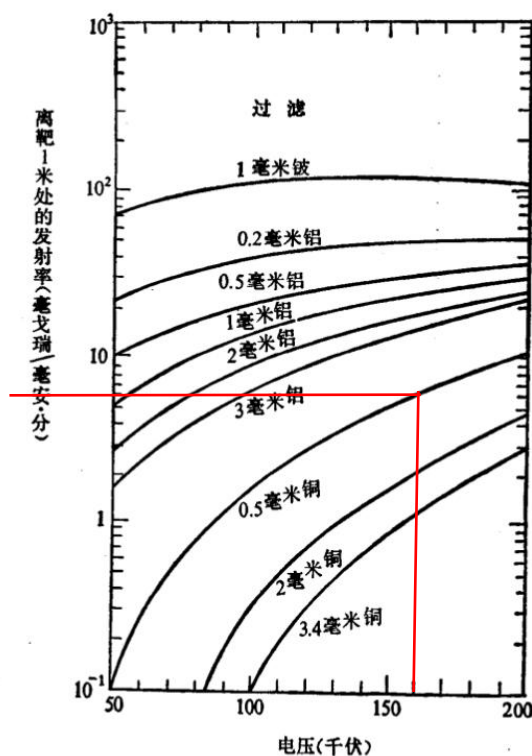


图 2 在各种线束过滤和钨反射靶情况下恒电压 X 线发生器
在离靶 1 米处的发射率
管窗是 1 毫米厚的铍

图 9-7 不同过滤材质在恒电压 X 射线发生器在离靶 1 米处的发射率

(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 可知：本项目 UND160 型射线装置管电压为 160kV，在 150~200kV 之间，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率小于 2.5mSv/h。

续表9 项目工程分析与源项

(3) 散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（被检工件、射线接收装置、地面、墙壁等）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》（GBZ/T250-2014）表 2，160kV 的 X 射线 90° 散射辐射能量最高，其相应的 kV 值为 150kV。

9.4.2 “三废”产排情况

本项目主要在 X 射线探伤作业过程中产生 X 射线，不产生放射性“三废”。

(1) 废气

在 X 射线无损检测时，X 射线使空气电离产生少量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目产生的废气通过铅房顶部的排风扇以及厂房内的排风系统排放至厂房外。本项目铅房排风扇总排风量为 330m³/h，铅房有效容积为 9.06m³，每小时通风次数约为 36 次。

(2) 废水

本项目无生产废水，辐射工作人员在建设单位现有劳动定员内，故运营期不新增厂房生活污水，辐射工作人员产生的生活污水进入海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，经处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准后，进入港城工业园区污水处理厂进一步处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排放栋梁河，最终汇入长江。

(3) 固体废物

①一般固废

一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾，本项目不新增劳动定员，不新增生活垃圾，生活垃圾经收集后交由环卫部门统一处理。

②报废的设备（含铅房）

本项目 X 射线探伤机（含铅房）使用一定年限后可能不能正常工作，具有残留价值。建设单位按照要求对其装置内的 X 射线管去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。

③废冷却油

续表9 项目工程分析与源项

设备冷却系统内含矿物油，设备定期维修（护）或报废后，产生少量废矿物油，属于危险废物（HW08 900-214-08），单独收集存放在厂区危废贮存点中，交有资质单位处置。

（4）噪声

本项目 X 射线探伤机拟设置 2 套排风扇进行机械通风，排风扇噪声值一般低于 55dB（A），为低噪声设备。安装在 X 射线探伤机顶部，风机噪声经 X 射线探伤机箱体和所在厂房隔声后排放。

本项目污染因子及源强分析汇总见表 9-2 所示。

表9-2 本项目产排污一览表

污染物	污染因子	产生量	处置方式/去向
电离辐射	X 射线	主射线能量为160kV，距靶1m处主射束的输出量约6.4mGy·m ² /（mA·min）；散射线最大能量为150kV；距焦点1m处，漏射线所致周围剂量当量率小于2.5mSv/h。	专用铅房四周、顶部、底部和防护门等屏蔽
废气	O ₃ 、NO _x	少量	机械排风
废水	生活污水	不新增	依托海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，经处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准后，进入港城工业园区污水处理厂进一步处理达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排放栋梁河，最终汇入长江。
固体废物	生活垃圾	不新增	统一收集后交环卫部门处理
	报废的设备（含铅房）	1 台/（10~15 年）	对射线装置内的 X 射线管去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。
	废冷却油	少量	设备冷却系统内含矿物油，设备报废后，产生少量废矿物油，属于危险废物（HW08 900-214-08），单独收集存放在厂区危废贮存点中，交有资质单位处置。

注：本项目无新增废水产生。

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分析

本项目位于重庆市两江新区港城南路 1 号 A02 厂房 1F，X 射线探伤机拟配置铅房和操作台，且分开布置，均固定安装在 A02 厂房内，操作台位于设备的左侧，设备有用线束照射方向朝向右侧，避开了铅门（位于铅房前侧）、操作台（位于铅房左侧）；本项目铅房东南侧为四通阀整理线体和自动截止阀焊接，与厂房内产品工艺流程相衔接，可避免远距离运输，方便被检工件进行无损检测，铅房所在区域的人流、物流路径清晰，便于管理；铅房楼下无建筑物，铅房楼上为 3F 内机生产线。

因此，本项目平面布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，布局合理。

10.1.2 分区

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 款规定，“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 6.1.2 款规定“应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。”

为加强管理，切实做好辐射安全防范工作，建设单位拟对本项目工作区域进行分区管理。拟将本项目铅房内部区域划为控制区，与铅房外部相邻区域划为监督区。

本项目拟分区管理情况见表 10-1 所示，分区布局示意图见图 10-1。

表 10-1 项目拟分区管理情况表

类别	用房
控制区	铅房内部区域
监督区	操作台及铅房四周相邻区域（1m 范围，包括铅房顶部）

续表10 辐射安全与防护



图10-1 本项目工作场所平面分区布置示意图

建设单位还拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：在该区的辐射工作人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，铅房顶部拟设置醒目的声光警示灯、工作状态指示灯，铅房门上拟设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。

②监督区：监督区为辐射工作人员操作位、铅房外相邻区域，定期进行监测，设监督区边界标识。

③在铅房四周、操作台及穿墙管线等处开展定期监测工作。

本项目工作场所按照相关要求进行了分区，控制区、监督区互不交叉，分区合理，分区及其管理措施符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关要求。

10.2 辐射安全与防护措施

本项目的电离辐射影响即为 X 射线探伤机曝光时产生的 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 屏蔽防护措施

续表10 辐射安全与防护

(1) 实体屏蔽

根据建设单位提供的资料，本项目拟购买的探伤机自带铅房，屏蔽能力如下：主射线屏蔽体为内 3mm 钢+8mm 厚铅+外 2mm 钢，其余 3 面和铅门屏蔽体为内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢；顶部从右至左约 750mm 宽度屏蔽体为内 3mm 钢+8mm 厚铅+外 2mm 钢，其余部分屏蔽体为内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 2mm 钢；底部从右至左约 550mm 宽度屏蔽体为内 3mm 钢+8mm 厚铅+外 3mm 钢，其余部分屏蔽体为内 3mm 钢+5mm 厚铅+外 3mm 钢。

经后文核算，铅房的屏蔽能力满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准限值要求。铅房的屏蔽质量由设备厂家负责。

(2) X 射线探伤机由有资质单位生产，铅房主体结构焊接密闭，缝隙处采用屏蔽体相互错位重叠方式搭接，根据厂家提供的门洞、防护门尺寸可知，防护门为平移对开门，在设计中已考虑防护门与屏蔽铅房的搭接。门边和门中缝搭接示意图分别见图 10-2、图 10-3。

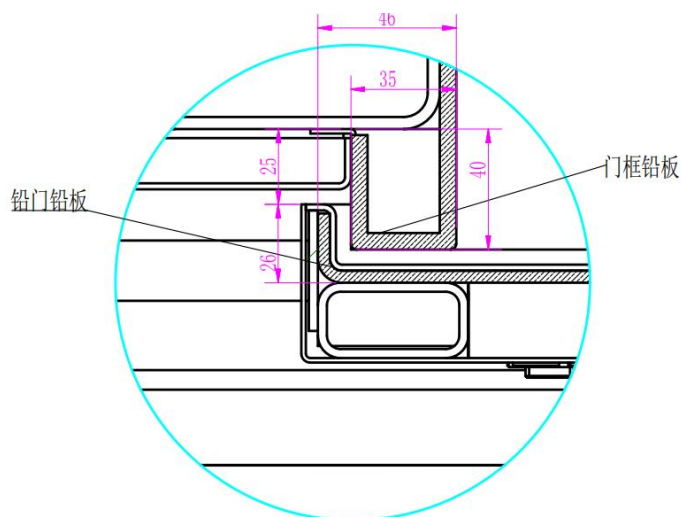


图10-2 门边缝搭接示意图

续表10 辐射安全与防护

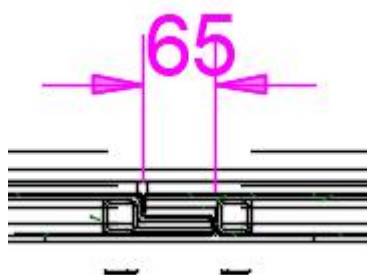


图10-3 门中缝搭接示意图

(3) 电缆线孔和排风扇屏蔽补偿

① 电缆线孔

根据设备厂家提供的资料，探伤机电缆线孔（共1个）位于防护门对侧屏蔽箱体下方靠近底板处（避开了主射线照射），直接在屏蔽箱体上垂直开设1个孔洞，然后在屏蔽箱体外侧开孔处，设置1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的两倍，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。电缆口开孔位置示意图见图10-4。

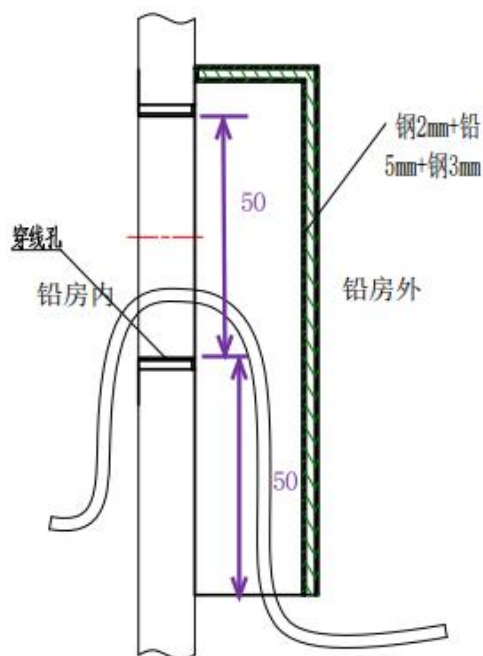


图10-4 穿铅房线缆及防护罩示意图

② 排风扇

项目设置两个排风扇，位于屏蔽箱顶板处，为直接在顶板上垂直开设孔洞

续表10 辐射安全与防护

（避开了主射线照射范围），然后在顶板开孔处外侧设置屏蔽厚度为5mmPb+5mmPb屏蔽罩（由两个尺寸不同的L形防护罩错开叠放组成）作为屏蔽防护补偿设施，屏蔽罩尺寸大于孔洞，经过屏蔽补偿后不影响屏蔽效能。排风口防护罩示意图见图10-5。

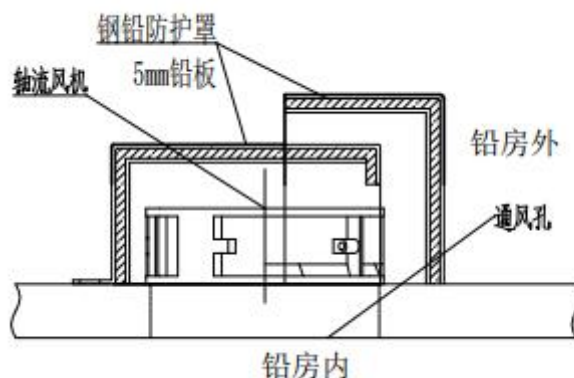


图 10-5 排风口防护罩示意图

10.2.2 设备固有安全性

本项目拟配X射线探伤机的固有安全性包括以下几个部分：

（1）钥匙开关：设备操作台上设置了主控钥匙开关，启动主控钥匙开关即“开机”，反扭一下即“关机”，主控钥匙只有在关机状态时才能拔出，该钥匙由操作人员负责保管。

（2）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。

（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）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

续表10 辐射安全与防护

才可使用，避免 X 射线管损坏。

(5) 温度保护：X 射线数字成像检测系统设温度保护装置。

(6) 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。

(7) 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。

10.2.3 拟采取的辐射设施/措施及安全联锁

(1) 门机联锁及红外线防夹装置

本项目防护门与 X 射线管头联锁，保证在门关闭后 X 射线探伤机才能出束曝光，防护门打开，X 射线管不能出束。此外，防护门或门外设置光幕红外防夹装置，光幕感应人员进入，则防护门不能关闭。在 X 射线探伤机出束曝光过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束。

(2) 灯-机联锁及声光报警

设备铅房内外均设 1 组工作状态指示灯，并与探伤机 X 射线管头联锁，分为红黄绿三色，红色表示 X 射线出束警示，绿色代表设备有电但未出射线，黄色代表预备照射，并拟在工作灯旁设“红色：照射”“黄色：预备”和“绿色：通电”的工作灯信号意义说明。设备出束，红灯亮起的同时，有声音警示。

防护门上方设有“X-RAY”型红色警示灯，设备出束时，红色警示灯常亮。

(3) 急停开关

设备操作台上、铅房外防护门左侧及屏蔽箱体内部易于接触的地方（铅房内左侧）均拟设置 1 个急停按钮，按下按钮，X 射线高压电源立即被切断，设备停止出束。急停按钮旁拟设置中文标识和使用方法的相关说明。且设备内部的急停按钮具有紧急开门的功能，按下按钮，设备停止出束的同时，防护门会打开。设备内部急停按钮拟设置在靠防护门侧的位置，避开主射线方向，且设备后侧主要为机械运动构件，维修人员站立位置位于靠防护门侧，发生意外情况下，可不经主射线区域即按下急停按钮。

续表10 辐射安全与防护

(4) 警告标志和中文警示说明

铅房外醒目处拟张贴“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。

(5) 固定式剂量监测报警装置

拟在铅房内设 1 个固定式剂量监测报警装置的剂量探头，监测铅房内的实时剂量，超过阈值会进行声光报警；显示器拟安放在操作台上。

10.2.4 视频监控系統

铅房内拟设置实时视频监控系统，能全方位监控铅房内和防护门处的情况；并连接到操作台，工作人员能在操作台实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急停机开关。

10.2.5 通风

采用自然进风、机械排风的方式。本项目铅房顶部设置 2 个排风扇，将铅房内废气排至所在厂房内，依托厂房排风系统排出厂区外。拟配排风扇的总风量约 330m³/h，由本项目铅房体积 9.06m³，计算可得换气次数约 36 次/h。

10.2.6 辐射安全联锁逻辑

本项目 X 射线探伤机拟设计具有冗余性、多元性与独立性的辐射防护安全联锁设施与措施，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 射线探伤机进行出束曝光。启动 X 射线探伤机曝光后进入“预备”状态，“预备”信号结束后 X 射线探伤机进入“照射”状态，此时“照射”状态指示灯亮，铅房内的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 射线探伤机“照射”过程中，任一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。

本项目 X 射线探伤机铅房内设有紧急开门装置，若事故情况下，有人员意外滞留铅房内，因铅房内部尺寸空间小，故该人员可立即按下铅房内设置的急

续表10 辐射安全与防护

停按钮，X射线探伤机会立即停止出束并打开铅门。

本项目辐射安全联锁逻辑图、辐射防护与安全措施示意图分别见图 10-6、图 10-7 所示。

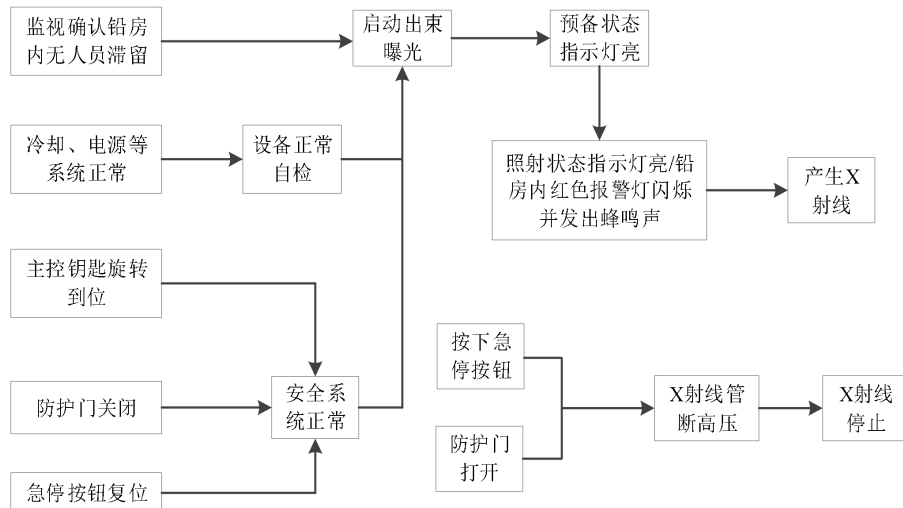


图 10-6 本项目辐射安全联锁逻辑图

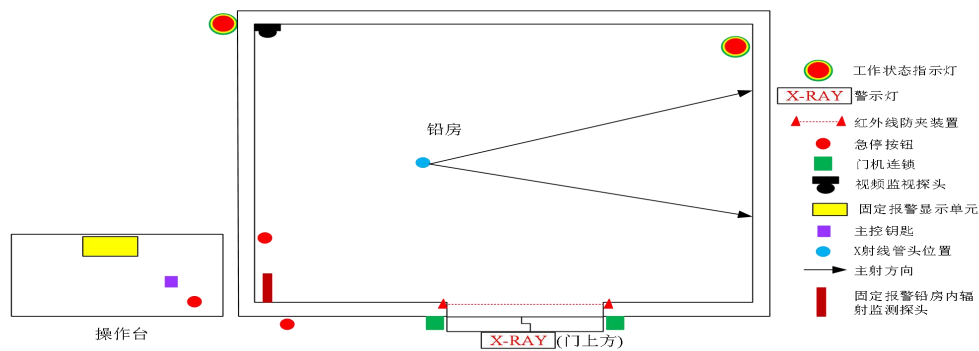


图 10-7 本项目辐射防护安全措施图

10.3 个人防护用品及监测仪器

辐射工作人员进行探伤工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。

本项目拟配置 2 台个人剂量报警仪，为每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并拟配置相关监测仪器，详细情况如表 10-2 所示。

续表10 辐射安全与防护

表 10-2 防护用品及监测仪器				
序号	名称	数量	用途	备注
1	个人剂量报警仪	2 台	监测辐射工作场所剂量，确保辐射工作人员安全	拟配置
2	个人剂量计	2 个	累计记录辐射工作人员个人受到的照射剂量	2 人拟配置
3	便携式 X-γ 辐射剂量率仪	1 台	铅房屏蔽体外（包括监督区）定期剂量监测，保证屏蔽体的屏蔽效果	拟配置
4	固定式剂量监测报警装置	1 套	实时监测铅房内辐射剂量水平	拟配置，探头安装在铅房内，显示器安放在操作台上

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，项目拟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 10-3 所示。根据表 10-3 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）的要求。

10.5 三废的治理

本项目 X 射线探伤机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 10-3 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。	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。	建设单位已建立辐射安全防护管理领导小组,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。	公司拟为本项目辐射工作人员配备热释光个人剂量计并定期送交监测,辐射工作人员拟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。	本项目拟配置的 2 名辐射工作人员在正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。
	4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	拟为本项目配置 1 台便携式剂量报警仪和 2 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事故应急预案,待本项目运行前再根据实际情况进行完善。
	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 (管电压 150kV~200kV,漏射线所致周围剂量当量率 < 2.5mSv/h) 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。	本项目拟购买合格出厂的设备。设备的漏射线所致周围剂量当量率能满足标准要求,设备随机文件有这些指标的说明。	
5.1.2 工作前检查项目应包括:a) 探伤机外观是否完好;b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损;c) 液体制冷设备是否有渗漏;d) 安全连锁是否正常工作;e) 报警设备和警示灯是否正常运行;f) 螺栓等连接件是否连接良好;g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	本项目辐射工作人员开展放射工作前检查以上项目是否异常,若无异常则正常工作;有异常立即停止工作,必要时联系生产厂家检查维修。	

续表10 辐射安全与防护

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)		5.1.3 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《设备检修维护保养制度》，设备维修必须由设备厂家专业检修人员进行，按制度规定开展设备维护工作并做好维护记录。
	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。	本项目属于整体探伤项目，操作台与铅房分开布置。操作台拟放铅房外南侧，X 射线球管及平板探测器放铅房内，X 射线探伤机主射线方向朝右侧，避开了铅门、操作台。本项目铅房主要采用钢+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；铅房门的防护性能与同侧屏蔽体防护性能相同。
		6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。 6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 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。	项目拟实行分区管理，控制区即铅房内部区域，监督区为操作台、铅房外相邻区域，分区管理满足 GB18871 要求。 经后文核算，本项目配置的铅房各屏蔽体外的辐射屏蔽满足标准要求。

续表10 辐射安全与防护

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)	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 100μSv/h。	本项目铅房所在 A02 厂房为 3 层建筑，楼上为 2F 夹层和 3F 内机、外机生产线等区域，下方无建筑物；经后文核算，铅房的辐射屏蔽满足标准要求，本评价铅房外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平保守取 2.5μSv/h。
	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回原。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目拟设置门-机联锁装置，在防护门关闭后才能进行探伤作业。在探伤过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束。除检修情况下，设备铅房内不进入，紧急情况，铅房内人员按下急停按钮，设备断电，门机联锁失效，设备停止出束的同时，防护门会打开。
	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。	本项目购买的设备铅房外面和里面设置有声音报警功能的工作状态指示灯，均为三色灯，绿色灯亮为通电信号，黄色灯亮为“预备”信号，红色灯亮为“照射”信号，设备出束时，红色灯亮并发出蜂鸣声音，蜂鸣器声音达到声音提示装置功能。铅房门上方安装的“X-RAY”红色警示灯，设备出束时，警示灯常亮。 拟在醒目的位置处张贴对“照射”和“预备”信号意义的中文说明，工作状态指示灯、声音提示装置和红色警示灯均与 X 射线探伤机的 X 射线管头联锁。

续表10 辐射安全与防护

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)		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。	本项目铅房内配置有1个监控摄像头，并连接到操作台旁计算机显示器处，能全方位拍到铅房内部情况。视频监控屏设在操作台上，操作人员能在操作台处实时监视探伤检测过程中铅房内部情况。
		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。	项目铅房门上设有电离辐射警告标志，并设中文警示说明。
	6.1 探伤室放射防护要求	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	急停按钮共设置3个，分别位于铅房内、铅房外以及操作台上，铅房内部尺寸空间小，人员处在铅房内任何位置都不需要穿过主射线束伸手即能够直接按下急停开关。急停按钮旁带中文标识。
		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。	铅房顶部设置机械通风装置，排风口位于铅房顶部非主射线方向，远离人员活动的密集区，通风次数约36次/h，符合要求。
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目拟配备1套固定式剂量监测报警装置。
	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。	拟每日对铅房的门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施检查一次，确保门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施正常后，方可开展检测工作。

续表10 辐射安全与防护

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)	6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。	从事本项目的探伤工作人员配备个人剂量计后方可上岗，拟配置 1 台便携式 X-γ 剂量率仪、拟配备 2 台个人剂量报警仪，执行辐射相关制度，本项目 X 射线探伤机铅房内空间较小，探伤检测时人员无需进入铅房内，仅在设备维修时维修人员进入铅房，当剂量率达到设定的报警阈值报警时，维修人员立即退出铅房，同时防止其他人进入，并立即向辐射防护负责人报告。
		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。	建设单位已制定交接班制度，规定当班使用便携式 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，则不开始探伤工作。
		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，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，才能开始探伤工作。
		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。	本项目铅房大小满足建设单位生产的工件大小使用，不会出现工件过大情况，并制定相关制度，不允许发生开门探伤的情形。

续表10 辐射安全与防护

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)	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。	本项目不再使用后, X 射线探伤机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。
	8.2 探伤机检测	8.2.1.2 检测周期: 使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后, 应进行安全装置的性能检测。	建设单位已制定有监测计划, 每年均委托有资质单位对其探伤机的防护性能进行检测, 探伤机移动后, 拟进行安全装置的性能检测。
	8.5 放射工作人员个人监测	8.5.1 射线探伤作业人员(包括维修人员), 应按照 GBZ128 的相关要求进行外照射个人监测。	建设单位每年均拟委托有资质单位对其辐射工作人员按照 GBZ128 的相关要求进行个人剂量监测。
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	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。	本项目建设单位利用 X 射线探伤机检测工件为小型工件, 除设备检修外其他人员不进入铅房内, 因此不设人员门, 铅房仅设置 1 个防护门供工件进出; 针对检修情况, 检修门与工件进出门共用。
		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开有用射线束照射方向。	本项目操作台拟放于铅房外南侧, X 射线球管及平板探测器位于铅房内, 设备主射线方向拟朝右侧(北侧), 避开了铅门和操作台。

续表10 辐射安全与防护

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 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)	3.3 其他要求	3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。	本项目 X 射线探伤机屏蔽铅房各缝隙拟采用错位重叠搭接方式, 穿墙孔洞均采取屏蔽补偿措施。
		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 X 射线探伤机为单管头设备, 已按最高管电压和管电流设计屏蔽。
《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 X 射线探伤机的辐射主要来自铅房内 X 射线, 辐射工作人员拟将剂量计佩戴在其左胸前。
	7.3 实施监测过程的质量保证	7.3.1 制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、运输、回收和保存等环节的操作规程。 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。	建设单位制定有《X 探伤辐射安全监测计划》《辐射防护和安全制度》《档案管理制度》, 规定了剂量计的委托监测单位、发放、佩戴、保存等环节。 个人剂量计在非工作期间保管于远离 X 射线探伤机的区域。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设阶段主要为 X 射线探伤机设备安装，不涉及装修和土建。

建设过程中主要有施工机械噪声、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海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，生活垃圾、包装垃圾和厂区生活垃圾，交由环卫部门统一处理。

本项目建设期短、工程量小，施工范围小，且随着建设期的结束而结束，对环境的影响很小。

通过对建设期施工现场采取相应管理措施，可使本项目建设期环境影响可接受。

11.2 运行阶段（含调试阶段）环境影响分析

11.2.1 铅房辐射屏蔽核算公式

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

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，然后由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

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

式中：

\dot{H}_c —按 7.4 章节确定的剂量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

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 GBZ/T250-2014 附录表 B.1。

续表11 环境影响分析

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的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 (11-2) 计算:

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

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 GBZ/T250-2014 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:

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

式中:

X —屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—查 GBZ/T250-2014 附录表 B.2。

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:

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

式中:

TVL—查 GBZ/T250-2014 附录表 B.2;

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。

续表11 环境影响分析

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

式中：

\dot{H}_c —按 7.4 章节确定的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 ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

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 。

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

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；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)；

续表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；

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）。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按 GBZ/T250-2014 表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按照式（11-3）计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-8）计算：

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

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）；

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 GBZ/T250-2014 附录表 B.1；

B —屏蔽透射因子；

F — R_0 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；

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）。

11.2.2 铅房防护核算原则

①本项目 X 射线探伤机利用底座贴地安装，设备底部与地面小于 30cm，且 X 射线探伤机下方无建筑，底部（下）参考点设置在地面。

②铅房排风扇避开了主射线照射范围，线缆口避开了有用线束照射方向，且均设置了不小于同侧屏蔽体的铅防护罩进行屏蔽补偿；防护门采用错缝搭接且搭接宽度大于缝隙的 10 倍，铅房主体结构焊接密闭，缝隙处采用屏蔽体相互错位重叠方式搭接，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、线缆口进行屏蔽防护核算。

③本项目 X 射线探伤机，取其装置的最大能量开机运行时探伤机所需满足

续表11 环境影响分析

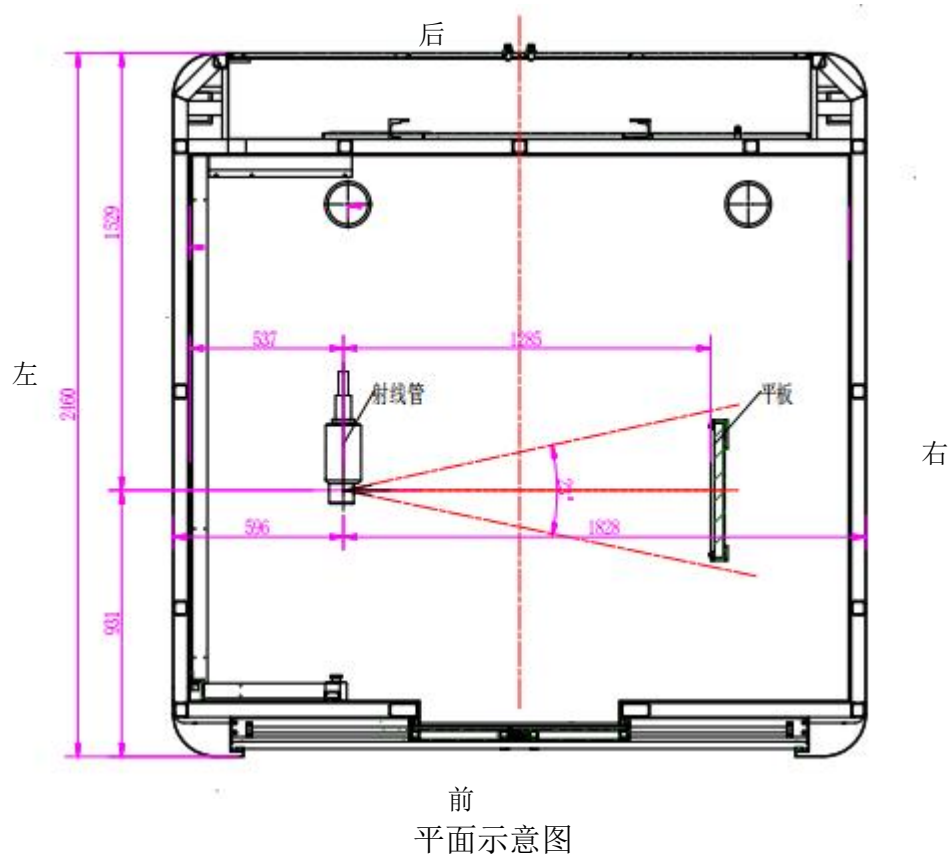
的屏蔽能力进行评价。屏蔽体厚度确定原则：当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射。

11.2.3 主要技术参数的选择及剂量率控制水平

(1) 关注点的选择以及核算距离、方向

本项目 X 射线探伤机工作时，主射线方向朝铅房右侧区域，核算距离为主射线方向的最短距离，其余方向（含防护门）考虑为散射和漏射。

根据表 9 本项目探伤机工作方式，本次校核铅房屏蔽效能的关注点选取铅房四周及铅房底部、顶部，按 X 射线管头离屏蔽体最近的距离计算。计算点位示意图见图 11-1 所示。



续表11 环境影响分析

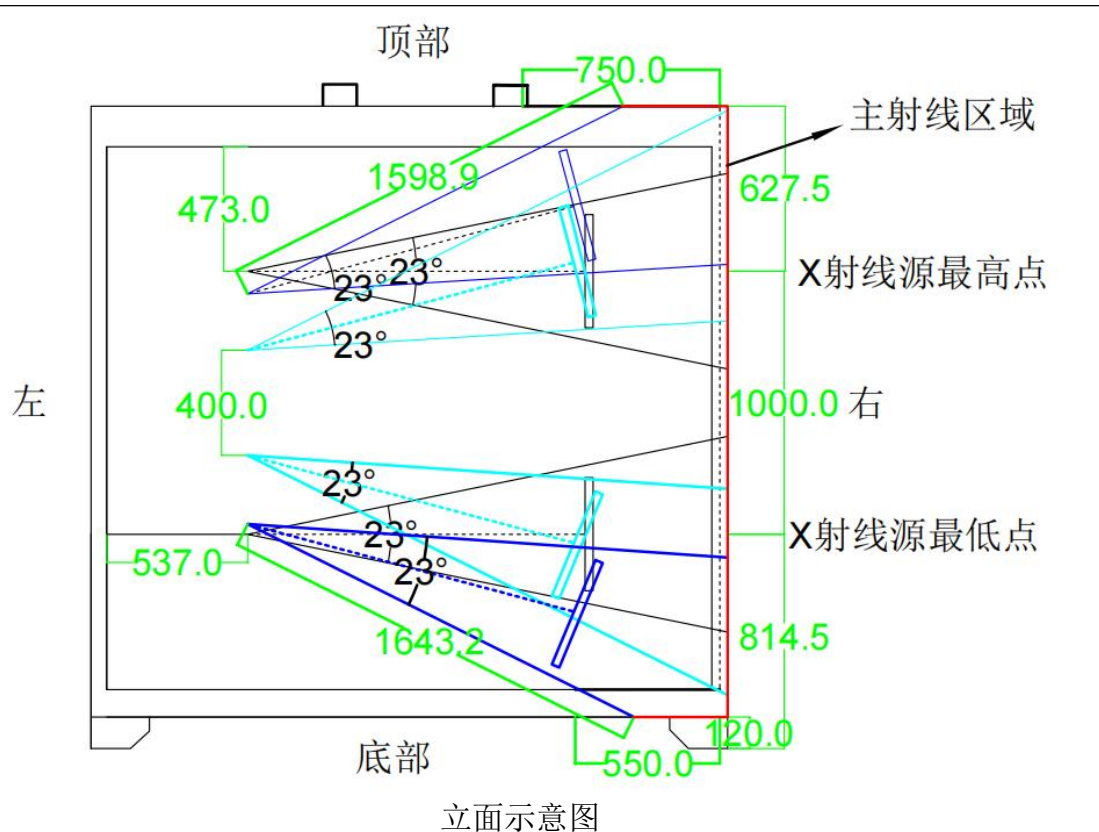


图 11-1 X 射线探伤机计算点位示意图（平面、立面）

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-1。

表 11-1 探伤机各方向核算距离一览表

关注点			核算距离 ^① (m)
铅房右侧（北侧）	屏蔽体外 30cm	主射	2.13 (1.83+0.3)
铅房左侧（南侧）	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	0.90 (0.60+0.3)
铅房后侧（西侧）	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	1.83 (1.53+0.3)
铅房前侧（东侧）	屏蔽体（铅门）外 30cm	散射、漏射	1.23 (0.93+0.3)
铅房顶部	屏蔽体外 30cm	主射	1.90 (1.60+0.3)
		散射、漏射	0.93 (0.63+0.3)
铅房底部	地面 ^②	主射	1.73 (1.64+0.12)
		散射、漏射	0.93 (0.81+0.12)

注：①均为图上量出；②铅房底部距地距离 120mm，下为地基，底部人员无法到达，故底部取距屏蔽体外 120mm；；③左、右、前、后侧，顶棚和底部散射线为工件散射至屏蔽体外，其散射距离大于漏射线距离，此处保守按漏射线距离取值；④排风口及穿线孔防护罩的屏蔽厚度均不低于同侧屏蔽体厚度，故不再单独进行核算；⑤表中距离保留两位小数。

(2) 其他相关参数

续表11 环境影响分析

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-2 所示。

表 11-2 屏蔽体核算相关参数

参数	数值			来源
设备参数	运行最大管电压 160kV，最大功率 480W 下，管电流为 3mA			厂家提供
$G(\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min}))$	6.4 (0.5mm 铜过滤条件下)			ICRP33 报告(第 55 页图 2)
转换系数	6×10^4			GBZ/T250-2014 4.1 a)
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	3.84×10^5			
$\frac{R_0^2}{F\times d}$	50			GBZ/T 250-2014 附录 B.4.1
泄漏辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5×10^3			GBZ/T250-2014 表 1
X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值	150			GBZ/T250-2014 表 2
什值层 (TVL)	TVL			GBZ/T250-2014 表 B.2; 《辐射防护导论》(方杰主编), P103, 图 3.23、图 3.24
	电压	铅	钢	
	160kV	1.05mm	10mm	
	150kV	0.96mm	9.5mm	

注: 1 本项目设备管电压 160kV 状态下铅什值层由 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2 内插法取得, TVL 取 1.05mm; 管电压 150kV 状态下铅什值层由附录 B 表 B.2 查表取得; 2. 本次 Sv/Gy 转换系数取 1; $3.R^2/F.a$ 因子保守取 50。

11.2.4 铅房屏蔽防护核算结果

本项目铅房的屏蔽体屏蔽效能核算结果见表 11-3。

表 11-3 铅房屏蔽效能核算表

关注点		剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	距离 (m)	设计厚度	设计厚度下瞬时剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		是否达到屏蔽要求
右	主射线	2.5	2.13	8mmPb+5mm 钢	1.93×10^{-3}		是
后	散射	2.5	1.83	5mmPb+5mm 钢	1.27×10^{-2}	1.68×10^{-2}	是
	漏射				4.08×10^{-3}		
左	散射	2.5	0.90	5mmPb+5mm 钢	5.24×10^{-2}	6.93×10^{-2}	是
	漏射				1.69×10^{-2}		
前	散射	2.5	1.23	5mmPb+5mm 钢	2.81×10^{-2}	3.71×10^{-2}	是
	漏射				9.04×10^{-3}		
顶	主射线	2.5	1.90	8mmPb+5mm 钢	2.43×10^{-3}		是
	散射	2.5	0.93	5mmPb+5mm 钢	4.91×10^{-2}	6.49×10^{-2}	是
	漏射				1.58×10^{-2}		
底	主射线	2.5	1.73	8mmPb+6mm 钢	2.32×10^{-3}		是
	散射	2.5	0.93	5mmPb+6mm 钢	3.85×10^{-2}	5.11×10^{-2}	是
	漏射				1.26×10^{-2}		

注: 顶部散射、漏射以 5mmPb+5mm 钢进行核算, 主射以 8mmPb+5mm 钢进行核算; 底部散射、漏射以 5mmPb+6mm 钢进行核算, 主射以 8mmPb+6mm 钢进行核算。

续表11 环境影响分析

根据表 11-3 计算结果可知：

本项目 X 射线探伤机在最大工况出束时，铅房屏蔽体外 30cm 或底部地面的瞬时剂量率最大值为 0.0693 μ Sv/h，低于剂量率参考控制水平 2.5 μ Sv/h，故铅房各屏蔽体的屏蔽厚度能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

11.2.6 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：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad (11-9)$$

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) 辐射工作人员剂量估算

①本项目辐射工作人员剂量

本项目铅房外辐射工作人员剂量估算表见表 11-4。

表 11-4 铅房外辐射工作人员剂量估算

估算人员	活动场所	设计厚度下剂量率 (μ Sv/h) *	年最大曝光时间 (h)	一名人员年接触时间 (h)	居留因子	有效剂量 mSv/a
辐射工作人员	铅房四周	6.93×10^{-2}	166.8	166.8	1	1.16×10^{-2}

注：*选取表 11-3 中辐射工作人员铅房四周活动场所中的最大值，一名人员年接触时间保守取值。

该项目辐射工作人员所受的年有效剂量最高为 1.16×10^{-2} mSv/a，低于本评价管理目标值 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。

(3) 公众成员剂量估算

本项目周围公众成员剂量估算结果见表 11-5。

续表11 环境影响分析

序号	环境保护目标	方向	铅房至关注点最短距离 (m)	球管至关注点距离 (m)	保护目标处周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	最大曝光时间 (h)	有效剂量 (mSv/a)
1	厂区过道、总装6#、升降机	北	1	2.83	1.09×10^{-3}	1	166.8	1.82×10^{-4}
2	机械班车间、喷粉-全自动喷涂线1#	北	16	17.83	2.75×10^{-5}	1	166.8	4.60×10^{-6}
3	厂区过道	东	1	1.93	1.51×10^{-2}	1/5	166.8	5.03×10^{-4}
4	包胶泥区域	东	15	15.93	2.21×10^{-4}	1	166.8	3.69×10^{-5}
5	半成品区域、传送带操作位、厂区过道	东	30	30.93	5.87×10^{-5}	1	166.8	9.79×10^{-6}
6	四通阀整理线、自动截止阀焊接区、截止阀成品区、垃圾库、厂区过道、传送带操作位、待检件、半成品洁净库、弯管设备区	东南	5	5.60	1.79×10^{-3}	1	166.8	2.99×10^{-4}
7	4#提升机	南	1	1.60	2.19×10^{-2}	1/5	166.8	7.31×10^{-4}
8	四通阀操作位、铜管存放区、质检首件区、模具货架区、办公区、员工休息区	南	3	3.60	4.33×10^{-3}	1	166.8	7.22×10^{-4}
9	厂区过道	西南侧、西侧、西北侧	1	1.60	2.19×10^{-2}	1/5	166.8	7.31×10^{-4}
10	入厂和厂内物流协办中心、办公区、卫生间	西南侧	20	20.60	1.32×10^{-4}	1	166.8	2.21×10^{-5}
11	楼梯间	西侧	5	6.53	1.32×10^{-3}	1/5	166.8	4.39×10^{-5}
12	设备维修交互、空置房间、电梯	西北侧	6	7.53	9.90×10^{-4}	1	166.8	1.65×10^{-4}
13	产品仓库区	西南侧、西	13	14.53	2.66×10^{-4}	1	166.8	4.43×10^{-5}

续表11 环境影响分析

		侧、西北侧						
14	2F 夹层资料室、档案室等生产辅房	楼上	2.66	3.29	5.19×10^{-3}	1	166.8	8.66×10^{-4}
15	3F 内机、外机生产线及库房等	楼上	9.56	10.19	5.41×10^{-4}	1	166.8	9.02×10^{-5}

注：楼上只考虑垂直高差，未考虑水平距离；铅房至 2F 夹层关注点最短距离为 $5.1-2.442=2.66\text{m}$ ，铅房至 3F 关注点最短距离为 $2.66+6.9=9.56\text{m}$ 。

根据表 11-5，本项目周围公众成员受到的最大年有效剂量小于 $8.66 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，低于本评价管理目标值 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。

11.2.7 环境保护目标辐射环境影响分析

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 X 射线探伤机周围 50m 范围内各环境保护目标处公众成员受到本项目的附加年有效剂量低于 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，项目周围 50m 范围内环境保护目标的影响较小，对环境的辐射影响可以接受。

11.2.8 其他影响

（1）废气对环境的影响分析

在无损检测作业时，X 射线使空气电离产生臭氧和氮氧化物（主要为二氧化氮）。

本项目拟设铅房内有良好的通风，铅房换气次数约为 36 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。铅房内废气经铅房顶部 2 个排风口排至厂房内，再依托厂房内部的排风系统排至室外。故项目产生的废气对周围环境影响小。

（2）废水环境影响

本项目辐射工作人员生活污水进入海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，经处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准后，进入港城工业园区污水处理厂进一步处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）中一级 A 标准后排放栋梁河，最终汇入长

续表11 环境影响分析

江。本项目不新增劳动定员，不新增废水产排量，本项目工作人员生活污水依托海尔集团生产区现有综合废水处理站生活污水处理系统进行处理，水量未增加，水质未改变，依托可行，对地表水环境影响较小。

(3) 固废对环境的影响分析

生活垃圾依托厂区现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理；报废射线装置按照要求对其装置内的 X 射线管去功能化后，根据建设单位要求处理，保留手续并做好相关记录存档。冷却系统产生的废冷却油依托厂区现有的危废贮存点，交给有资质的单位处理。

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。

(4) 噪声影响

本项目 X 射线探伤机设置 2 套排风扇进行机械通风，排风扇噪声值一般低于 55dB (A)，为低噪声设备，安装在 X 射线探伤机顶部，排风扇噪声经 X 射线探伤机设备箱体和厂房墙体隔声后排放，对厂界噪声的贡献小。

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

11.2.9 实践正当性分析

本项目拟使用 X 射线探伤机开展公司生产空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀的无损检测，目的是确保产品质量与安全，对相关产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，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相应保障。项目拟采取的辐射安全与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。

11.2.10 产业政策符合性分析

续表11 环境影响分析

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第1条“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目X射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

11.2.11 事故影响分析

(1) 风险事故类型

本项目X射线探伤机的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。

本项目辐射事故主要体现在以下几个方面：

①联锁装置失效

由于门机联锁装置失效，防护门未关闭或探伤机工作时门被开启，探伤机的X射线仍能发射出来，造成X射线外泄，可能对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

设备维修人员通过铅门可进入铅房内，在开机前，工作人员未通过监控或现场未对铅房内部情况进行充分的确认，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

③屏蔽体出现膨胀变形

本项目铅房各方向屏蔽体、线缆出口防护罩、排风口防护罩，使用多年以后，可能因铅的自重等原因引起铅之间的搭接、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。

④设备自身丧失屏蔽

X射线探伤机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）可能无意中将探伤机管头及探测器上的屏蔽块移走，使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。

(2) 后果分析

本项目X射线探伤机正常工作模式下单次曝光时间约1min，本次估算考虑单次事故不同误照射时间的后果，事故时间考虑单次最大曝光时间1min。

①联锁装置失效

续表11 环境影响分析

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 射线探伤机外人员受到误照射，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（防护门外）（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
联锁装置失效	1.69×10^4	2s	9.38×10^{-3}
		10s	4.69×10^{-2}
		30s	0.14
		1min	0.28

②人员滞留铅房内

工作人员或设备维修人员通过铅门可进入铅房内，在开机前，工作人员未通过监控或现场对铅房内部进行充分确认，从而导致滞留在铅房内的人员在工作模式下被误照射。

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，事故时间考虑 5min，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（mGy/h）	误照射时间	吸收剂量（mGy）
人员滞留铅房内	4.61×10^3	2s	2.56
		30s	38.4
		1min	76.8
		5min	384

③屏蔽体出现膨胀变形

X 射线探伤机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 射线探伤机右侧（北侧）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，假设工作人员 1 天和 1 周末佩戴个人剂量报警

续表11 环境影响分析

仪，此种事故情景的后果估算见表 11-8。

表 11-8 屏蔽体出现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剂量率 (mGy/h)	误照射时间	吸收剂量 (mGy)
屏蔽体出现膨胀变形	2.54×10^2	1min	4.23
		40min (一天)	169.3
		200min (一周)	846.4

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 射线探伤机各侧均受到有用线束的照射，此时离 X 射线管距离最近且防护厚度最薄的铅房左侧（南侧）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，假设工作人员 1 天和 1 周末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剂量率 (mGy/h)	误照射时间	吸收剂量 (mGy)
X 射线管丧失自身屏蔽	7.78×10^{-3}	1min	1.30×10^{-4}
		40min (一天)	5.19×10^{-3}
		200min (一周)	25.9

(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

续表11 环境影响分析

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、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。

本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。

不同照射剂量的 X 射线对人体损伤估计见表 11-10。

表 11-10 不同照射剂量的 X 射线对人体损伤的估计表

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25	/		不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5			可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状
1~2 2~4 4~6 6~10	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
		中度	头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞数短暂上升后下降
		重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降
		极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐、严重腹泻以及水电解质代谢紊乱
>50	脑型急性放射病		意识障碍、定向力丧失、共济失调、肌张力增强、角弓反张、抽搐和震颤

注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

(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》，辐射事故从重到轻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，见表 11-11。

续表11 环境影响分析

表 11-11 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	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。
较大辐射事故	III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9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V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人员受到超过年剂量限值的照射。

根据表 11-10 不同照射剂量对人体损伤的估计及表 11-11 辐射事故等级分级，结合项目辐射风险事故后果分析可知：单次发生误照射情况下，人员滞留在铅房内发生误照射的事故状态，人员受到的辐射剂量最大，工作人员会出现不明显和不易察觉的病变，事故导致的辐射照射可能增加随机性效应的发生概率，这种情况下可能发生超年有效剂量限值照射的事故，造成一般辐射事故。

在人员滞留铅房内和铅房屏蔽体出现膨胀变形又长时间未发现造成多次或较长时间误照射等极端事故时，发生误照射导致人员受照剂量最大约为 846.4mGy，该数值不会导致较为严重的辐射损伤，导致工作人员可能会出现机能变化，血液学变化，但不伴有临床症状，发生随机性效应概率也随之增加。

(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检修、调试应由生产厂家专业技术人员进行，项目辐射工作人员配合，禁止随便拆走 X 射线探伤机及机架上的屏蔽材料，随意调整加大照射面积。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线探伤机的铅房屏蔽体和防护铅门及孔洞等。

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，操作台人员或滞留人员应立即就近按下急停按

续表11 环境影响分析

钮，停止照射。

③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，发现故障及时清除，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。

④日常工作和设备维修时，工作人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

⑤定期利用便携式辐射监测仪巡查 X 射线探伤机铅房屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测防护门门缝、线缆孔等防护薄弱环节，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续开机检测工作；若发现铅房有变形、射线泄漏的情况，立即停止工作。

⑥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 X 射线无损检测工作。

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。

建设单位已按照相关要求制定了相应的管理制度，成立了辐射安全与防护管理领导小组，明确了小组组成与职责，负责制定并实施辐射工作安全管理制度，采取切实有效的措施，预防和控制辐射事故发生，保障设备使用安全及工作人员、公众成员的健康与安全，建设单位的辐射安全管理机构设置满足相关要求。

12.2 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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：（六）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。

目前，建设单位已成立辐射安全与防护管理领导小组，已按照相关规定制定了相应的管理制度，包括《安全操作规程》《X探伤辐射安全监测计划》《辐射防护和安全制度》《辐射事故应急预案》《人员培训制度》《设备检修维护保养制度》《辐射工作人员职业健康管理制度》《档案管理制度》《辐射安全与防护管理领导小组职责》等制度。以上制度具有可实施性，具备指导本项目X射线探伤机安全使用。

建设单位拟将相关制度粘贴在本项目邻近的辐射工作场所墙上，待项目建成后，建设单位还将根据实际使用情况和新发布更新的法律法规等，对现有制度进行不断地完善和修订。

(2) 辐射工作人员

本项目拟配置的2名辐射工作人员，均为内部培养，待通过“工业X射线探伤”的辐射防护与安全培训并考核合格后方可上岗。

续表12 辐射安全管理

①配置数量合理可行性

根据 X 射线探伤机的操作需求，项目配置的 2 名辐射工作人员操作设备在工作时间上分配是可行的。

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。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国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识；新从事辐射活动的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核，做到考核合格后持证上岗，并定期参加复训。

公司承诺本项目拟配置的 2 名辐射工作人员待通过培训平台“工业 X 射线探伤”的辐射防护与安全培训并考核合格后方可上岗。

③个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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。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。个人剂量档案应当终身保存。另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互转借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

建设单位拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计，并按照要求进行剂量监测，建立个人剂量档案，满足上述规定要求。

④职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标

续表12 辐射安全管理

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，两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

本项目拟内部培养的辐射工作人员落实到位后，应按照规定要求进行岗前职业健康体检，按照相关要求每两年进行职业健康体检，并建立相应档案。

(3) 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。

建设单位拟在辐射安全管理制度中补充年度评估制度，项目运行后拟按照规定开展评估检查，对检查中发现的问题和不足及时整改，消除安全隐患，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、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容。本项目应按照规定要求对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估。

(4) 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任感，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工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化之处并加以纠正。将核安全文化建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

续表12 辐射安全管理

①在单位内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训，培养核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

(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。个人剂量档案应当终身保存。

辐射安全与防护管理档案资料分为以下九大类：“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”。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

本项目运营后，建设单位拟将本项目辐射工作人员及其他相关档案资料建立档案，并纳入档案管理中，档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行，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。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价见表12-1所示。

表 12-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
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管理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	已制定人员培训计划，本项目拟配置的2名辐射工作人员应按要求参加辐射安全和防护专业知

续表12 辐射安全管理

培训和考核。	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 射线探伤机拟设置门机联锁、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。
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。	本项目拟配置 2 枚个人剂量计和 1 台便携式 X- γ 辐射剂量率仪、2 台个人剂量报警仪和 1 套固定式剂量监测报警装置。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	本项目建立了操作规程、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。
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定辐射事故应急预案，项目运行后，应定期进行演练并根据演练完善应急预案。

建设单位按照承诺全部落实上述各项要求后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，并对本项目进行竣工环境保护验收和办理辐射安全许可后，本项目方可投入正式运行。

12.4 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，必须对辐射工作人员个人受照剂量进行监测、探伤工作场所及邻近环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位已制定《监测计划》，项目建成后拟按《监测计划》的要求开展个人剂量监测和工作场所的辐射环境监测。建设单位拟配备 1 台便携式 X- γ 辐射剂量率仪，定期自行对铅房周围进行辐射环境监测；拟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) 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：常规检测一般为1个月，最长不超过3个月；如发现异常可加密监测频率。

(2) 工作场所及环境监测

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

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：设备周围屏蔽体外、防护门外、操作台、顶棚上方30cm处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等辐射防护薄弱处。在巡测时发现数值异常高的区域，进行定点监测。人员经常活动的区域需要重点关注。

12.5 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）要求对X射线探伤机进行安全检查维护，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 射线探伤机	防护门-机连锁装置，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) 安全连锁是否正常工作；e) 报警设备和警示灯是否正常运行；f) 螺栓等连接件是否连接良好；g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。	日检
检查		a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；b) 冷却单元检查；c) 所有的连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射线探伤机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

12.6 辐射事故应急

续表12 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第18号）及《重庆市辐射污染防治办法》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预案或具有针对性与操作性的应急措施。

建设单位已制定《辐射事故应急预案》，应急预案中包括应急响应措施、应急报告电话等，项目投运前拟根据本项目进一步完善辐射事故应急预案。

建设单位已制定的辐射安全事故应急预案符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，具有一定可行性。建设单位后期应根据具体情况细化完善应急预案的内容，增设应急预案培训及演练要求、辐射事故分级、应急响应措施、后期处置、应急联系电话等，定期组织预案培训并开展应急预案演练工作，防止辐射事故的发生。经现场调查，建设单位未开展应急演练，建议定期组织人员按照制定的《辐射安全事故应急预案》开展应急演练，并根据应急演练结果情况细化完善应急预案内容。

12.6 辐射安全与管理投资估算

项目环保投资估算表见表12-3。

表12-3 辐射安全管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
操作制度、应急流程、电离辐射警告标志张贴	按规范制度、张贴上墙	0.1
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	个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式X-γ辐射剂量率仪等	3
	固定式场所辐射探测报警装置	
环保手续办理	环评、验收监测等	5
合计	/	8.1

12.7 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。建设项目正式运行前，建设单位应按照有关法规、HJ1326-2023等标准要求，组织开展项目自主竣工环

续表12 辐射安全管理

<p>保验收。</p> <p>本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-4。</p>				
<p>表 12-4 竣工验收内容和要求一览表</p>				
序号	验收内容	验收要求		备注
1	建设内容	X 射线探伤机 1 台（含自屏蔽铅房，型号 UND160，单管头，定向），最大电压≤160kV，电流≤3mA。		环办辐射函〔2025〕313 号，不发生重大变更
2	环保资料	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等。		齐全
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包括操作规程、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。		齐全
4	电离辐射	年剂量管理目标限值	辐射工作人员≤5mSv/a；公众成员≤0.1mSv/a。	GB18871-2002 GBZ/T250-2014
		屏蔽体周围剂量当量率控制	铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h。	GBZ117-2022
5	铅房防护措施	<p>门机联锁：X 射线探伤机设置门—机联锁装置；</p> <p>声光警示：X 射线探伤机铅房内外均设置具有声音报警功能的显示“预备”和“照射”工作状态的指示灯并与 X 射线探伤机联锁，有表明各指示灯信号其状态意义的中文说明；X 射线探伤机铅房外设置红色报警灯，“照射”状态时红灯闪烁，并与 X 射线探伤机联锁。</p> <p>警告标志：X 射线探伤机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 射线探伤机内、外和操作台设置紧急停机按钮，按下任意一个按钮 X 射线探伤机高压电源立即被切断，X 射线探伤机停止出束；</p> <p>机械通风：X 射线探伤机设置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/h；</p> <p>视频监控：X 射线探伤机设置视频监控系统，能全方位不留死角地监控 X 射线探伤机铅房内和防护门的情况；</p> <p>监测设备：每名辐射工作人员配置 1 枚个人剂量计；设备配置 1 套固定式场所辐射探测装置、配备 2 台个人剂量报警仪；建设单位配置 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪。</p>		
6	人员要求	配置符合要求的辐射工作人员，按照要求组织放射工作人员均经考核合格后上岗，按要求定期培训。		

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为控制产品质量，适应公司发展要求和市场需要，建设单位拟在 A02 厂房内实施“X 射线数字成像检测设备项目”，主要建设内容为在 A02 厂房新增 1 台 X 射线探伤机，II 类射线装置，型号为 UND160，单管头，定向，最大电压 160kV，最大管电流 3mA，该 X 射线探伤机用于公司生产的空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀的无损检测。

项目总投资约 44 万，其中环保投资约 8.1 万。

13.1.2 产业政策符合性

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“质量认证和检验检测服务”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

13.1.3 实践正当性

X 射线探伤机在生产、建设中的应用，对相关产品的无损质量检验有其他技术无法替代的特点，本项目拟使用 X 射线探伤机开展空调零部件蒸发器、冷凝器、截止阀和四通阀的无损检测，目的是确保产品质量与安全，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相应保障。项目拟采取的辐射安全与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。

13.1.4 辐射环境质量现状

本项目所在场址及周围环境 γ 辐射剂量率的监测值在 76nGy/h~83nGy/h 之间（未扣除宇宙射线响应值），因此本项目拟建址及周边环境的辐射水平在重庆市天然辐射本底水平正常涨落范围内。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

续表13 结论与建议

项目位于重庆市两江新区港城南路1号A02厂房1F，该厂房实行封闭式管理，非厂内工作人员未经允许不得入内。铅房紧邻生产线，有效避免待检工件远距离运输，方便工作人员将工件运输至铅房内进行无损检测。铅房周围活动人员较少，有利于辐射防护。本项目50米范围内均为建设单位内部，不涉及外部区域。

本项目X射线探伤机拟配置铅房和操作台，且分开布置，均固定安装在A02厂房1F，设备有用线束照射方向避开了铅门、操作台；铅房所在区域的人流、物流路径清晰，便于管理；铅房楼下无建筑物，楼上为内机、外机生产线等。

因此，本项目选址可行、平面布局合理。

13.1.6 辐射防护与安全措施

分区管理：建设单位对探伤辐射工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区即为X射线探伤机铅房内部，监督区为操作台、铅房外相邻区域（1m范围，包括铅房顶部）。分区合理可行，其分区与管理措施符合GB18871等标准要求。

设备具备的辐射防护与安全措施：本项目拟配X射线探伤机自带多种固有安全性，包括开机系统自检、过电流保护等；本项目拟配置辐射安全联锁装置（设施），包括门机联锁、急停开关按钮、工作指示灯和声音提示装置、视频监控装置、固定式剂量监测报警装置、电离辐射警告标志和中文警示说明等。

本项目X射线探伤机铅房主要采用钢+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；铅房主体结构焊接密闭，缝隙处采用屏蔽体相互错位重叠方式搭接；线缆孔、通风口采取屏蔽罩作为屏蔽防护补偿设施。根据核算，X射线探伤机屏蔽体外30cm处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，铅房屏蔽体防护厚度能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

X射线探伤机铅房拟设置机械排风系统，换气次数约为36次/h，满足要求。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施符合《电离辐射防护与辐射

续表13 结论与建议

源安全基本标准》(GB18871-2002)、《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》(2014)的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

(1) 屏蔽体的辐射防护

本项目 X 射线探伤机自带屏蔽铅房。根据核算,在最大工况下,屏蔽体厚度均能满足《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,屏蔽体外关注点处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 剂量估算结果

辐射工作人员和公众成员受到的附加年有效剂量分别低于本评价剂量:辐射工作人员的剂量管理目标值 5mSv/a ,公众成员的剂量管理目标值 0.1mSv/a ,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及相关标准要求。

(3) 环境保护目标影响

根据核算,铅房外 50m 范围内环境保护目标处的周围剂量当量率满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求,同时也低于其年剂量管理目标值。因此,项目周围 50m 范围内环境保护目标的影响有限,对环境的影响可以接受。

(4) 其他影响

项目运行不产生放射性废水、放射性废气、放射性固废。少量的臭氧和氮氧化物经铅房顶部 2 个排风口排至厂房内,再依托厂房内部的排风系统排至室外,故项目产生的废气对周围环境影响小。项目工作人员产生的生活污水依托现有污水处理设施处理达标后排入市政污水管网,对环境影响较小;生活垃圾依托现有生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理;报废射线装置按照要求对其装置内的 X 射线管去功能化后,根据建设单位要求处理,保留手续并做好相关记录存档;废冷却油为危废,交给有资质单位处理,项目产生固废均能得到妥善处置,其对环境的影响可接受。

续表13 结论与建议

(5) 事故风险

本项目可能产生的辐射事故主要为联锁装置失效、X射线管丧失自身屏蔽、人员滞留铅房内、屏蔽体出现膨胀变形等情况，导致人员受到误照射，导致本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。

建设单位通过定期检查本项目X射线探伤机的门机联锁装置的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作；定期做好设备质控检测、进行仪器维护，使设备始终保持在最佳状态下工作，并做好相关记录；辐射工作人员正确佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，加强专业知识学习，严格遵守操作规程和规章制度，定期参加辐射安全与防护知识的培训等措施后，本项目风险可防可控。

13.1.8 辐射环境管理

建设单位成立有辐射安全与防护管理领导小组，并明确了组织与职责任务；制定了相关管理制度及辐射事故应急预案；承诺人员培训考核合格后上岗，建立辐射工作人员职业健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动；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。

13.1.9 综合结论

综上所述，重庆海尔空调器有限公司X射线数字成像检测设备项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则，项目选址可行，布局合理，辐射安全与防护措施可行。在完善相应的辐射防护与安全措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境和人员产生的影响满足环境保护的要求，其辐射事故风险可防可控。因此，从环境保护的角度来看，该建设项目是可行的。

附图

附图 1 项目地理位置图



附图1 项目地理位置图