

核技术利用建设项目

四川沃佑达科技集团有限责任公司

新建固定式 X 射线探伤项目

环境影响报告表

（公示本）

四川沃佑达科技集团有限责任公司（公章）

2025 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

四川沃佑达科技集团有限责任公司

新建固定式 X 射线探伤项目

环境影响报告表

建设单位名称：四川沃佑达科技集团有限责任公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：四川省内江市高新区红桥街 112 号附 1 号 1 栋 1 单元

2 楼 1 号 BC 区 21 号

邮政编码：641000 联 系 人：***

电子邮箱：***** 联系电话：*****

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	20
表 10 辐射安全与防护	27
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	48
表 13 结论与建议	54
表 14 审批	60

附图：

附图 1 本项目所在地理位置图

附图 2 本项目厂区总平面图及周围环境概况

附图 3 本项目曝光室拟建址所在民品生产装配中心平面布置图

附图 4 本项目曝光室周围环境平面布置图

附图 5 本项目探伤室平面布置图

附图 6 本项目探伤室剖面布置图

附件

附件 1 委托书

附件 2 射线装置使用情况承诺书

附件 3 本项目建设单位营业执照

附件 4 内江市生态环境局关于《西南氢能设备研发制造基地项目环境影响报告表》的批复

附件 5 X 射线探伤机使用说明书

附件 6 危险废物处置承诺书

附件 7 本项目天然本底辐射监测报告及检测资质

附件 8 关于成立辐射安全防护领导小组的通知

表 1 项目基本情况

建设项目名称		四川沃佑达科技集团有限责任公司新建固定式 X 射线探伤项目					
建设单位		四川沃佑达科技集团有限责任公司					
法人代表		***	联系人	***	联系电话	***	
注册地址		四川省内江市高新区红桥街 112 号附 1 号 1 栋 1 单元 2 楼 1 号 BC 区 21 号					
建设项目地点		四川省内江市高新区高桥社区四川沃佑达科技集团有限责任公司西南氢能研发制造基地民品生产装配中心东部					
立项审批部门		/		批准文号		/	
建设项目总额（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 ）		86.625
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	/					

项目概述

1、建设单位基本情况

四川沃佑达科技集团有限责任公司（社会信用代码为 91511000MACX8XYGX2，营业执照见附件 3）成立于 2023 年 09 月 01 日，注册地位于四川省内江市高新区红桥街 112 号附 1 号 1 栋 1 单元 2 楼 1 号 BC 区 21 号，法定代表人为张会强。经营范围包括新材料技术研发；余热余压余气利用技术研发；烘炉、熔炉及电炉制造；环境保护专用设备制造；冶金专用设备制造；通用设备制造（不含特种设备制造）；专用设备制造（不含许可类专业设备制造）；气体、液体分离及纯净设备制造；发电机及发电机组制造；新兴

能源技术研发；工程和技术研究和试验发展等。

于 2024 年 12 月 26 日取得内江市生态环境局关于《西南氢能设备研发制造基地项目环境影响报告表》的批复（内市环高审批(2024) 7 号），允许四川沃佑达科技集团有限责任公司在内江市高新区高桥社区建设一个西南氢能研发制造基地。公司在西南氢能研发制造基地共设计建造 1 栋军品研发试验中心（地上 1F，H=16.16m，正在建设）、1 栋综合楼（地上 6F，H=34.80m，正在建设）、1 栋研发中心（地上 5F，H=31.50m，正在建设）、1 栋 9#研发中心（地上 5F，暂未开发建设）、1 栋设备用房（地上 1F/地下 1F，H=6m，正在建设）、1 栋民品生产装配中心（地上 1F，H=16.15m，正在建设）。本项目探伤室拟建设于西南氢能研发制造基地民品生产装配中心东部。

2、项目由来

四川沃佑达科技集团有限责任公司主营制造制氢机，生产制氢机过程中涉及制氢机零部件（罐体）的生产焊接，在成型的罐体中分别装填催化剂或吸附剂后制成制氢罐体和吸附罐体，全文统称为制氢机罐体。因此为保证制氢机罐体焊接质量，建设单位拟在西南氢能研发制造基地民品生产装配中心东部修建一座探伤室（包括曝光室、暗室、操作室、评片室、危废暂存区），同时拟在曝光室内配备 2 台 X 射线探伤机（1 台 XXG3005C-LFX80 型周向机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA；1 台 XXG3005D-LFX80 型定向机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA）用于对制氢机罐体进行无损检测。本项目为新建项目，在此之前公司从未从事过核技术利用项目，本次为首次开展核技术利用项目。本项目只开展室内探伤，不涉及野外探伤。

由《关于发布<射线装置分类>的公告》（中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会 2017 年公告第 66 号）可知，本项目拟使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置；依据《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。根据中华人民共和国生态环境部 16 号令《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目涉及使用“II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。并依据四川省生态环境厅《关于优化调整建设项目环境影响评价文件审批权限的公告》（2023 年第 7 号文），本项目应报内江市生态环境厅审查批准，并在取得环评批复后及时申领辐射安全许可证。

因此，受四川沃佑达科技集团有限责任公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担

该项目的环评影响评价工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测（委托四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

3、项目概况

3.1 项目名称、性质、建设地点

项目名称：四川沃佑达科技集团有限责任公司新建固定式 X 射线探伤项目

建设单位：四川沃佑达科技集团有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省内江市高新区高桥社区四川沃佑达科技集团有限责任公司西南氢能研发制造基地民品生产装配中心东部

本项目地理位置见附图 1。

3.2 项目建设内容与建设规模

四川沃佑达科技集团有限责任公司为保证公司生产的制氢机罐体的焊接质量，计划在公司西南氢能研发制造基地民品生产装配中心（地上 1 层，H=16.15m，无地下建筑）内修建一座探伤室用于对公司生产的制氢机罐体进行无损检测，探伤室包括曝光室及其辅房（暗室、操作室、评片室、危废暂存区），所有辅房均位于曝光室东侧。

本项目曝光室外部尺寸为 8300mm（长）×6300mm（宽）×4400mm（高），内部尺寸为 7000mm（长）×5000mm（宽）×4000mm（高）。曝光室通过混凝土（四周墙体、顶部）、铅板（工件门、人员门）对 X 射线进行屏蔽：曝光室四周墙体（东侧、南侧、西侧、北侧）均采用 650mm 混凝土，顶部（曝光室顶部无人员到达，亦不需要人到达）采用 400mm 混凝土，拟在曝光室东部设置“Z”字型迷道，迷道内墙和外墙均采用 650mm 混凝土。曝光室拟设置 1 扇工件门、1 扇人员门，工件门门洞尺寸为 2000mm（长）×2500mm（高），门体尺寸为 2600mm（长）×2800mm（高），内嵌 25mm 铅板；人员门门洞尺寸为 800mm（长）×2000mm（高），门体尺寸为 1200mm（长）×2300mm（高），内嵌 10mm 铅板。

公司拟在曝光室内固定使用 2 台 X 射线探伤机，生产厂家均为丹东市蓝锋仪器有限公司，1 台 XXG3005C-LFX80 型周向 X 射线探伤机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，辐射角 30°×360°，根据公司提供资料，有用线束方向朝向曝光室南侧、北侧、顶部及底部照射；1 台 XXG3005D-LFX80 型定向 X 射线探伤机，最大管电压 300kV，最大管电流

5mA，辐射角 40° ，根据公司提供资料，有用线束方向固定朝向曝光室南侧或北侧或顶部或底部照射，即有用线束方向涉及曝光室南侧、北侧、顶部及底部。曝光室内每次只有 1 台 X 射线探伤机开机出束，不存在两台探伤机同时开机探伤的情况。

本项目探伤对象为公司生产的制氢机罐体，形状为圆柱型，材质为不锈钢，厚度范围为 10mm~28mm，直径范围为 150~1800mm，长度范围为 1500mm~3500mm。

本项目辐射工作人员实行白班单班制，每年工作 250 天。根据建设单位提供资料，本项目单个工件需要经过三道焊接工艺流程，每道焊接流程均需要进行无损检测判断焊接工艺是否合格，检测合格的工件进入下一个流程，不合格工件则返回当前焊接流程继续进行焊接、无损检测工作，所有焊接流程均检测合格后将制氢机罐体运至下一个制氢机生产流程。在常用工况下，本项目单个工件开机检测一次最长出束时间约为 3min。根据建设单位提供资料，本项目预计一天最多开机曝光 40 次，曝光时间总计为 120min(2h)。探伤机超过 48 小时未使用后需要对探伤机进行训机，一次训机时间约 10min(0.17h)。本项目约每周训机一次，则 X 射线探伤机一天工作出束时间总计为 2h，一周工作 5 天，周出束时间为 10.17h(2h*5+0.17h=10.17h)，一年工作 250 天(50 周)，年出束时间为 508.50h。

本项目仅开展探伤室内的室内探伤，不涉及野外探伤项目。本项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要环境问题一览表

名称	建设内容及规模	建设内容及规模可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	<p>四川沃佑达科技集团有限责任公司为保证公司生产的制氢机罐体的焊接质量，计划在西南氢能研发制造基地民品生产装配中心（地上 1 层，H=16.15m，无地下建筑）内修建一座探伤室用于对公司生产的制氢机罐体进行无损检测，探伤室包括曝光室、暗室、操作室、评片室、危废暂存区。</p> <p>本项目曝光室外部尺寸为 8300mm（长）×6300mm（宽）×4400mm（高），内部尺寸为 7000mm（长）×5000mm（宽）×4000mm（高）。曝光室通过混凝土（四周墙体、顶部）、铅板（工件门、人员门）对 X 射线进行屏蔽：曝光室四周墙体（东侧、南侧、西侧、北侧）均采用 650mm 混凝土，顶部（曝光室顶部无人员到达，亦不需要人到达）采用 400mm 混凝土，拟在曝光室东部设置“Z”字型迷道，迷道内墙和外墙均采用 650mm 混凝土。曝光室拟设置 1 扇工件门内嵌 25mm 铅板、1 扇人员门内嵌 10mm 铅板。</p> <p>公司拟在曝光室内固定使用 2 台 X 射线探伤机，生</p>	<p>施工噪声、施工废水、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾</p>	<p>X 射线探伤机在工作时产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物</p>

	产厂家均为丹东市蓝锋仪器有限公司，1 台 XXG3005C-LFX80 型周向 X 射线探伤机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，辐射角 30°×360°，1 台 XXG3005D-LFX80 型定向 X 射线探伤机，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，辐射角 40°。有用线束方向涉及曝光室南侧、北侧、顶部及底部。 根据建设单位提供资料，本项目 X 射线探伤机一天工作出束时间总计为 2h，周出束时间为 10.17h（含训机），年出束时间为 508.50h（含训机）。		
辅助工程	暗室、操作室、评片室、危废暂存区		废胶片、废显（定）影剂、洗片废水
公用工程	给排水、通讯系统等使用公司拟建设的相应系统；配电、供电依靠公司拟建设的配电室。		生活污水、生活垃圾
办公及生活设施	使用建设单位拟建设的办公及生活设施。		
环保工程	废水：本项目生活污水经预处理池(30m³)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。 固废：生活垃圾袋装收集，定时清理消毒，由公司环卫部门收集后交由市政环卫部门处置。 废气：臭氧及氮氧化物通过本项目拟设置的通风装置将废气排出曝光室，且厂房设有大量门窗，通过良好的自然通风将废气排于室外。 危险废物：废胶片、废显（定）影剂及洗片废水统一暂存于公司拟建设的危废暂存区内，定期交由有资质的单位进行处置。		废水：生活污水； 固废：生活垃圾 废气：臭氧、氮氧化物 危险废物：废胶片、废显（定）影剂、洗片废水

3.3 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表1-2 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量（单位）	来源	主要化学成分
能源	电	5000kW·h	厂区电网	—
水	生活用水、洗片用水	300m³/a	厂区管网	H ₂ O
主（辅）料	胶片	8000 张	外购	AgBr 感光药膜
	显影液	120kg/a	外购	亚硫酸钠、对苯二酚、二乙二醇、EDTA、溴化钾
	定影液	120kg/a	外购	柠檬酸、亚硫酸钠、硫代硫酸铵

3.4 本项目射线装置主要设备配置及主要技术参数

表 1-3 本项目拟使用 X 射线探伤机的相关情况

序号	射线装置名称	型号 厂家	数量 (台)	设备主要技术参数		每天照射 最长时间	年出束天 数 (d)	年最大出束时间	照射类型	备注
				最大管电压	最大管电流					

				kV	mA	(h)		(h)		
1	X 射线探伤机	XXG3005C-LFX80 型 丹东市蓝锋仪器有限公司	1	300	5	2h（不含训机）	250	508.50（含训机）	周向	新建
2	X 射线探伤机	XXG3005D-LFX80 型 丹东市蓝锋仪器有限公司	1	300	5				定向	

3.5 劳动定员及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，实行白班单班制，每天工作 8 个小时。

人员配置：公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，包括 2 名操作人员，1 名辐射安全管理人员，1 名操作人员负责贴胶片、摆放探伤机等工作，另一名操作人员负责在操作台进行主要操作，辐射安全管理人员负责场所的日常安全管理。公司将安排本项目辐射工作人员学习国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上的视频课程和课件，积极报名机考，取得辐射安全与防护考核合格证明后方能正式上岗工作。

4、产业政策相符性

本项目使用 X 射线探伤机对制氢机罐体进行无损质量检测，根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 1 条“检验检测服务”，符合国家产业发展政策。

5、实践正当性分析

应用在制氢机上的罐体在生产过程中由焊机焊接成型，使用过程中承受内外压差，属于受压元件，需严格保证其质量，从而才能保障制氢机的安全性能。X 射线检测作为五大常规无损检测方法之一，能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障建设单位生产的制氢机罐体起了十分重要的作用。本项目核技术应用项目的开展，可达到其余无损检测方法所不能及的探伤效果，是其他探伤方法无法替代的，因此，该项目的实践是必要的。

建设单位在开展 X 射线检测过程中，对 X 射线探伤机的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对 X 射线探伤机的安全管理将完善相应的规章制度。因此，在正确使用和管理 X 射线探伤机的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

6、项目外环境关系及选址合理性分析

6.1 项目外环境关系

本项目曝光室拟建设于四川省内江市高新区高桥社区四川沃佑达科技集团有限责任公司西南氢能研发制造基地民品生产装配中心东部。公司西南氢能研发制造基地东侧、西侧及北侧均为荒地，南侧为无名道路（正在修建）。民品生产装配中心四周均为公司内部道路。曝光室东侧为探伤室辅房（操作室、暗室、评片室、危废暂存区），南侧为主物流通道，西侧为人行通道，北侧为外协筒体件合格品存放区。

曝光室 50 米范围周边情况：曝光室东侧 0m~7.40m 范围为民品生产装配中心（紧邻探伤室辅房），7.40m~21m 范围为公司内部道路，21m~23m 范围为停车位，23m~50m 范围为设备用房；南侧 0m~42m 范围为民品生产装配中心（距离主物流通道最近 2.80m），42m~50m 范围为公司内部道路；西侧 0m~50m 范围为民品生产装配中心（距离人行通道最近 11.00m）；北侧 0m~26.60m 范围为民品生产装配中心（距离外协筒体件合格品存放区最近 1.80m），26.60m~37.60m 范围为公司内部道路，37.60m~50m 范围为荒地。本项目厂区总平面图及周围环境概况见附图 2，本项目曝光室拟建址所在民品生产装配中心平面布置图见附图 3。

50m 评价范围内未涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中环境敏感区，即以文化教育、行政办公和居住为主要功能的区域。

6.2 选址合理性分析

四川沃佑达科技集团有限责任公司于 2024 年 12 月 26 日取得内江市生态环境局关于《西南氢能设备研发制造基地项目环境影响报告表》的批复，批复文号为内市环高审批〔2024〕7 号（见附件 4），批准生产制氢机，本项目 X 射线探伤机用于检测公司生产的制氢机罐体，保证其生产产品的质量，提高产品的安全性，属于配套工业生产，与公司生产规划相符合。

公司西南氢能研发制造基地整体位置远离城市居民区，东侧、西侧及北侧均为荒地，南侧为无名道路。曝光室 50m 范围除北侧外其余均在公司厂区内。50m 范围仅涉及公司民品生产装配中心、公司内部道路、停车位、设备用房及公司外荒地，固定生产人员数量和周围经过的人员均较少，无学校、医院等环境敏感点。且曝光室为专门的辐射场所，通过混凝土、铅对 X 射线进行屏蔽，产生的辐射经过屏蔽措施后，对周围的影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目的选址是合理的。

7、原有核技术利用情况

本项目为新建项目，在此之前建设单位从未从事过核技术利用项目，本次为首次开

展核技术利用项目。

8、环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据生态环境部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	核名称	理性质	活种类	实际日最大 操作量 (Bq)	日等效最大 操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 (kV)	最大管电 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1 台	丹东市蓝锋仪器有限公司 XXG3005C-LFX80 型	300	5	无损检测	四川省内江市高新区高桥社区 四川沃佑达科技集团有限责任公司 西南氢能研发制造基地民 品生产装配中心东部探伤室曝 光室	周向
1	X 射线探伤机	II	1 台	丹东市蓝锋仪器有限公司 XXG3005D-LFX80 型	300	5	无损检测		定向

(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 (μA)	中子强 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	通过本项目拟设置的通风装置将废气排出曝光室外,且厂房设有大量门窗,通过良好的自然通风将废气排于室外。臭氧在常温常态常压的空气中分解时间为 50 分钟,可自动分解为氧气
生活垃圾	固态	/	/	少量	少量	少量	暂存	生活垃圾袋装收集,定时清理消毒,由公司环卫部门收集后交由市政环卫部门处置。
生活污水	液态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	本项目生活污水经预处理池(30m³)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。
洗片废水	液态	/	/	约 25m³	约 300m³	/	暂存在公司拟建危废暂存区	通过公司拟建危废暂存区收集贮存,委托有相应资质的单位回收处理。
废胶片	固态	/	/	约 1kg	约 12kg	/	暂存在公司拟建危废暂存区	通过公司拟建危废暂存区收集贮存,委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
废显(定)影剂	液态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	暂存在公司拟建危废暂存区	通过公司拟建危废暂存区收集贮存,委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订本），中华人民共和国 2014 年主席令第 9 号，自 2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正本），中华人民共和国 2018 年主席令第 24 号，自 2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国 2003 年主席令第 6 号，自 2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正本），中华人民共和国 2017 年国务院令第 682 号，自 2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年中华人民共和国原环境保护部令第 18 号公布，自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正本），中华人民共和国 2019 年国务院令第 709 号，自 2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），中华人民共和国生态环境部 2021 年部令第 20 号修正，自 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>8) 《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 2020 年部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会 2017 年公告第 66 号，自 2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，原国家环保总局，环发〔2006〕145 号，自 2006 年 9 月 26 日起施行</p> <p>11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部 2019 年部令第 9 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>12) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号，自 2020 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>13) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103 号，2014 年 1 月 1 日试行；</p> <p>14) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p>
------	---

	<p>15) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》，2020 年修订；</p> <p>16) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函〔2016〕1400 号。</p> <p>17) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，自 2024 年 2 月 1 日起施行。</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》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改清单；</p> <p>9) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）；</p> <p>10) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）；</p> <p>11) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；</p> <p>12) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）；</p> <p>13) 《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）（2023 版）。</p>
其他	<p>参考资料：</p> <p>1) 《2024 年四川省生态环境状况公报》，四川省生态环境厅。</p>

表 7 保护目标与评价标准

1.评价范围

本项目为新建固定式 X 射线探伤项目，使用的 X 射线探伤机为II类射线装置。根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为探伤室曝光室边界外 50m 区域。本项目 50m 评价范围见附图 2。

2.保护目标

本项目探伤室曝光室边界外 50m 范围内环境保护目标为：

1）本项目探伤区内的辐射工作人员；

2）本项目曝光室拟建址周围 50m 范围：公司民品生产装配中心、公司内部道路、停车位、设备用房及公司外荒地的周围公众。

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

序号	保护目标名称及所在位置				距曝光室方位	距曝光室最近距离	人员数量	年剂量约束值（mSv）	
1	辐射工作人员	曝光室			/	/	3 人	5.0	
		操作室			东侧	紧邻			
		暗室、评片室、危废暂存区			东侧	2.65m			
2	周围公众	四川沃佑达科技集团有限责任公司	民品生产装配中心	主物流通道及其他区域	南侧	2.80m	10 人/d	0.1	
人行通道及其他区域				西侧	11m	10 人/d			
外协筒体件合格品存放区及其他区域				北侧	1.80m	5 人/d			
4			公司内部道路			南侧、东侧、北侧	东侧 7.40m		流动人群
5			停车位			东侧	21m		流动人群
6			设备用房			东侧	23m		2 人/d
7			荒地			北侧	37.60m		流动人群

3.评价标准**一、工作人员职业照射和公众照射剂量限值**

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

二、剂量约束值：

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“11.4.3.2·剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%(即0.1mSv~0.3mSv)的范围之内。”的要求，职业人员按年剂量限值1/4取值，公众按照其年剂量限值的1/10取值，确定本项目剂量约束值如下：

- 1) 职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a；
- 2) 公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

三、曝光室外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：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。”以及“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。”的要求确定本项目曝光室外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

- 1) 本项目曝光室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。
- 2) 曝光室顶外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 100μSv/h（曝光室顶部无人员到达，亦不需要人到达）。

四、环境保护标准

根据建设单位公司主体建筑环境影响报告表中的内容，并结合现行的环境保护标准，本项目应执行的环境保护标准如下：

1、环境质量标准

- (1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准；
- (3) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 3 类标准。

2、污染物排放标准

- (1) 废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；
- (2) 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准；
- (3) 噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准；
- (4) 固废：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）相关要求；危废执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 地理位置和场所位置

本项目曝光室拟建设地点为四川省内江市高新区高桥社区四川沃佑达科技集团有限责任公司西南氢能研发制造基地民品生产装配中心东部。公司西南氢能研发制造基地东侧、西侧及北侧均为荒地，南侧为无名道路。民品生产装配中心四周均为公司内部道路。曝光室东侧为探伤室辅房（操作室、暗室、评片室、危废暂存区），南侧为主物流通道，西侧为人行通道，北侧为外协筒体件合格品存放区。

本项目所在民品生产装配中心为地上 1 层建筑，曝光室拟建址上方无建筑，下方为土质层。本项目厂区总平面图及周围环境概况见附图 2，本项目曝光室拟建址所在民品生产装配中心平面布置图见附图 3。

***	***
曝光室拟建址现状	曝光室拟建址东侧公司内部道路
***	***
曝光室拟建址南侧主物流通道	曝光室拟建址西侧人行通道

图8-1 本项目曝光室拟建址四周环境现状

2. 本项目辐射环境监测

2.1 X 射线探伤机环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目曝光室拟建址周围及内部辐射环境。
- 监测因子：本项目曝光室拟建址周围及内部天然辐射剂量率。
- 监测点位：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）设置本项目监测点位：在曝光室拟建址布设 5 个监测点位，同时在 50m 范围内典型保护目标周围布置 7 个监测点位。

2.2 质量保证措施。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司质量管理体系：

（一）计量认证

从事监测的单位，从事监测的单位，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于2023年12月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：232303100019，有效期至2029年5月3日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

2.3.监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司

四川省生态环境监测业务管理系统单位登记号：510107001675

四川省生态环境监测业务管理系统报告编号：***

表 8-1 监测仪器及监测环境

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	检定/校准情况	
***	***	***	***	***

监测结果：本项目曝光室拟建址周围 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2，曝光室拟建址周围辐射环境监测点位图见图 8-2（报告见附件 10）。

表 8-2 曝光室拟建址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平 单位：nGy/h

点位	监测位置	测量值	标准差	备注
1	曝光室拟建址中部			/
2	曝光室拟建址东部			/
3	曝光室拟建址南部			/
4	曝光室拟建址西部			/
5	曝光室拟建址北部			/
6	内部道路西侧			/
7	民品生产装配南部			/

8	民品生产装配中部			/
9	民品生产装配北部			/
10	荒地南侧			/
11	设备用房西部			/
12	停车位西侧			/

*检测结果未扣除宇宙辐射响应值。

图 8-2 本项目曝光室拟建址周围辐射环境监测点位示意图

由表 8-2 监测结果可知：在当前检测工况下（本底检测），四川沃佑达科技集团有限责任公司新建固定式 X 射线探伤项目拟建址及周围环境空气吸收剂量率为***，与四川省生态环境厅《2024 年四川省生态环境状况公报》中四川省空气吸收剂量率监测结果（66.7nGy/h~117nGy/h）基本一致，处于当地正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析									
1.工程设备									
<p>公司因产品质检需求，拟在民品生产装配中心东部修建 1 座 X 射线探伤室（包括曝光室及辅房）并在曝光室内配备 1 台 XXG3005C-LFX80 型周向 X 射线探伤机、1 台 XXG3005D-LFX80 型定向 X 射线探伤机（厂家均为丹东市蓝锋仪器有限公司，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA）用于开展固定式 X 射线探伤作业。曝光室内每次只有 1 台 X 射线探伤机开机出束，不存在两台探伤机在同一场所同时开机探伤的情况。本项目只开展室内探伤，不涉及野外探伤。</p> <p>设备参数一览表见表9-1。</p>									
表 9-1 本项目厂家 X 射线探伤机设备数一览表									
名称	型号	最大管电压	最大管电流	出束类型	焦点	辐射角	最大穿透厚度 A3 钢	滤过材料	靶材料
X 射线探伤机	XXG3005C-LFX80 型	300kV	5mA	周向机	1.0mm×2.5mm	30°×360°	40mm	3mm Cu	钨
X 射线探伤机	XXG3005D-LFX80 型	300kV	5mA	定向机	2.5mm×2.5mm	40°	50mm	3mm Cu	钨
<p>X 射线探伤机主要由控制箱、X 射线发生器电源电缆和连接电缆等部件构成。</p> <p>X 射线发生器：X 射线发生器为组合式结构，X 射线管、高压变压器（包括 X 射线管灯丝绕组）与绝缘气体一起封装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器，作为冷却之用。X 射线发生器主要包括下列部件：X 射线管、高压变压器（包括灯丝绕组）、温度继电器、气体压力表和低压电缆插座、报警灯插座、散热器及冷却风扇。</p> <p>控制箱：控制箱的主要作用是自动控制管头工作，在用户设定的千伏电压条件下，保证 X 射线发生器产生稳定的 X 射线，并自动控制曝光时间。本控制台正面为先进的具有防尘、防水功能的薄膜按键显示面板，右侧有输入输出接口。</p> <p>连接电缆：用于连接控制器与 X 射线发生器。</p>									



图9-1 常见X射线探伤装置控制箱



图 9-2 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

X 射线发生器的核心部件是 X 射线管。X 射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成。X 射线管一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

X 射线探伤机按照 X 射线发射的方向和窗口范围可分为定向式和周向式，本项目使用的 X 射线探伤机为定向机，固定朝向探伤室底部地面照射，主射线区域只涉及地面，不涉及其他区域。常见定向 X 射线探伤机照射工件示意图见图 9-4。

图 9-3 典型的 X 射线管结构图

图 9-4 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

2. 工艺分析

2.1 施工期工艺分析及产污环节分析

本项目施工期建设内容为修建本项目曝光室屏蔽体及其辅房。本项目曝光室四周墙体及屋顶均采用现浇混凝土，公司将严格监督施工单位按照施工要求进行施工，混凝土墙体及顶部不留空隙，采用连续浇筑，一次成型。本项目工件门内嵌 25mm 铅板、人员门内嵌 10mm 铅板，工件门及人员门与墙体搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。本项目通风管道位于曝光室北侧，使用直径 250mmU 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下。电缆管道位于曝光室东侧，使用直径 120mmU 型过墙埋于地坪 400mm 以下，不会破坏墙体屏蔽。

施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

图 9-5 施工期工艺流程及产污环节图

公司在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

本项目 X 射线探伤机的调试阶段会产生 X 射线，可能造成一定的辐射影响，因此要求调试设备需在辐射防护措施建设完成后进行。本项目 X 射线探伤机运输和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在 X 射线探伤机运输、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运输设备的车辆和曝光室上锁关闭并派人看守。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用 X 射线探伤机。

2.2 运营期工艺分析及产污环节分析

1) X 射线无损检测原理

利用射线进行无损检测的方法是：利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射

特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。把被检物体放在离射线装置 500mm 的位置处，把胶片紧贴在被检工件背后，用 X 射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的真实情况就反映到胶片的乳胶上，对感光后的胶片在暗室中进行显影、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

2) 工件信息及工作方式

本项目曝光室外部尺寸为 8300mm（长）×6300mm（宽）×4400mm（高），内部尺寸为 7000mm（长）×5000mm（宽）×4000mm（高）。曝光室工件门洞尺寸为 2000mm（长）×2500mm（高），门体尺寸为 2600mm（长）×2800mm（高）。本项目探伤对象为公司生产的制氢机罐体，形状为圆柱型，材质为不锈钢，厚度范围为 10mm~28mm，直径范围为 150~1800mm，长度范围为 1500mm~3500mm。本项目曝光室及门洞尺寸与探伤工件能够匹配。

本项目操作台拟位于曝光室东侧。根据公司提供信息，本项目周向 X 射线探伤机有用线束方向朝向曝光室南侧、北侧、顶部及底部照射，定向 X 射线探伤机有用线束方向朝向曝光室南侧或北侧或顶部或底部，即本项目有用线束方向涉及曝光室南侧、北侧、顶部及底部，不朝工件门、人员门及操作室照射。本项目所在曝光室为 1 层建筑，地下为土质层，上方无可攀爬的设施，故曝光室屋顶人员均不可达，亦不需要人员到达。

3) 工作流程及产污环节分析

X 射线探伤时辐射工作人员将工件从工件门运至曝光室内，在操作台进行远距离操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1) 辐射工作人员工作前需要开展各项检查，重点检查曝光室门机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施。进入探伤室开展探伤工作时，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辐射剂量监测仪。使用便携式辐射剂量监测仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式辐射剂量监测仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

2) 辐射工作人员通过转运车将探伤工件运至曝光室内，清场，无关人员撤

离曝光室，辐射工作人员在曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

3) 辐射工作人员将 X 射线探伤机固定到合适的位置，合理放置工件及 X 射线探伤机的位置；

4) 辐射工作人员检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后关闭工件门，通过人员门回到操作室，再次确定无人后关闭人员门；

5) 辐射工作人员开启 X 射线探伤机进行无损检测；此过程中产生 X 射线、少量臭氧及氮氧化物；

6) 达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，辐射工作人员进入曝光室取下胶片；

7) 完成检测工作后，将工件运出曝光室；

8) 辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等；此过程中产生废显（定）影剂、废胶片及洗片废水。

固定式 X 射线探伤工作流程及产污环节见图 9-6。

图 9-6 本项目探伤工作流程及产污环节

由图 9-6 可知，本项目营运中产生的主要污染物如下

- (1) X 射线探伤机出束过程中产生的 X 射线；
- (2) X 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；
- (3) 当定影、显影液在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；
- (4) 洗片过程中产生的洗片废水；
- (5) 探伤工作中可能产生废胶片。

若探伤机长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程产生 X 射线。

4) 人员配置及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员实行白班八小时单班工作制度，每年工作 250 天。

人员配置：公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员，包括 2 名操作人员，1 名辐射安全管理人员，1 名操作人员负责贴胶片、摆放探伤机等工作，另一名操作人员负责在操作台进行主要操作，辐射安全管理人员负责场所的日常安全管理。公司将安排本项目辐射工作人员学习国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上的视频课程和课件，积极报名机考，取得辐射安全与防护考核合格证明后方

能正式上岗工作。

5) 辐射工作场所人流及物流路径

9) 人流：每日辐射工作人员从民品生产装配中心 8 号门进入民品生产装配中心内部，随后进入操作室开始进行探伤前检查工作，从人员门进入曝光室进行工件摆放，探伤机摆放及固定胶片等工作，准备工作完成后检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后关闭工件门，通过人员门回到操作室，再次确定无人后关闭人员门，开始探伤工作。探伤任务结束后，辐射工作人员在曝光室取下胶片经过操作室到达暗室进行洗片工作，再返回经过操作室到评片室进行评片工作。一天的工作结束后，辐射工作人员原路退出车间。

物流：本项目工件由工作人员通过运载车从民品生产装配中心南部焊接区域运至民品生产装配中心东部曝光室外接地轨上，通过地轨将工件运至探伤室曝光室内进行探伤检测工作，检测合格后运至民品生产装配中心南部下一道焊接工序，不合格则返回当前焊接工序继续进行焊接工作直至焊接合格为止，一个工件需要进行 3 道焊接工序，全部焊接工序均检测合格的工件进入下一道生产流程。每日探伤结束后，辐射工作人员将胶片经过操作室到达暗室进行洗片工作，过程中产生的危废将运送至暗室内拟建设的危废暂存区域内进行暂存。

本项目人流物流图见图 9-7 所示。

图 9-7 本项目人流物流图

污染源项描述

一、电离辐射

由探伤机工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故探伤机在开机期间，X 射线是本项目主要污染物。本项目探伤机所产生的 X 射线探伤机最大管电压为 300kV，最大管电流 5mA，不开机的状态下不产生辐射。

二、非辐射污染源分析

1、废气：曝光过程中，曝光室内空气被 X 射线电离产生少量的臭氧、氮氧化物。

2、废水：本项目运行期间，辐射工作人员将产生少量的生活污水。

3、固体废物：本项目运行期间，辐射工作人员将产生少量的生活垃圾。

4、危险废物：本项目会产生废显（定）影剂、废胶片（含重金属）及洗片废水，废显（定）影剂、废胶片（含重金属）属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16，废物代码为 900-019-16，洗片废水参照危废管理。每月预计产生废显（定）影剂 10kg，废胶片 1kg，洗片废水 25m³；每年预计产生废显（定）影剂 120kg，废胶片 12k，洗片废水 300m³。

5、噪声：本项目噪声主要来源于曝光室内的轴流风机，在运行时噪声较小，对周围环境的影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局分区

1.1 工作场所布局

本项目拟在公司西南氢能研发制造基地民品生产装配中心内实施,探伤室设置有曝光室、操作室、暗室、评片室及危废暂存区,曝光室东侧为探伤室辅房(操作室、暗室、评片室、危废暂存区),南侧为主物流通道,西侧为人行通道,北侧为外协筒体件合格品存放区。本项目有用线束方向涉及曝光室南侧、北侧、顶部及底部,操作台位于曝光室东侧,辐射工作人员避开主射线方向照射。本项目所在民品生产装配中心为 1 层建筑,曝光室上方无建筑,下方为土质层。曝光室设置有人员门及迷道和单独的工件门,曝光室外墙无可攀爬的设施,曝光室顶部人员不可到达。因此本项目工作场所布局设计基本合理。本项目探伤室平面图见附图 5、剖面图见附图 6。

1.2 工作场所分区

本项目探伤室将曝光室墙壁围成的内侧范围(含迷道)作为本项目的**控制区**,将操作室、评片室、暗室、危废暂存区及工件门门宽×1m 区域范围内作为本项目的**监督区**。在工件门及人员门外均设置电离辐射警告标志及中文警示说明,操作室入口门外粘贴监督区标牌,工件门门宽×1m 区域范围内设置监督区标牌、张贴警戒线以示提醒。。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定。

本项目辐射工作场所两区划分见表 10-1,两区划分示意图见图 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环	控制区	监督区
两区划分范围	曝光室墙壁围成的内侧范围(含迷道)	操作室、评片室、暗室、危废暂存区及工件门门宽×1m 区域范围内
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002): 6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区:这种区域未被定为控制区,在其中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”。 6.4.2.2 a) “采取适当的手段划出

		监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，X 射线探伤机在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c）在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b）在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。
辐射防护措施	工件门及人员门外均设置电离辐射警告标志及中文警示说明。	操作室入口门外粘贴监督区标牌，工件门门宽×1m 区域范围内设置监督区标牌、张贴警戒线以示提醒。

图10-1 本项控制区监督区划分示意图

2.工作场所辐射屏蔽设计

本项目曝光室外部尺寸为 8300mm（长）×6300mm（宽）×4400mm（高），内部尺寸为 7000mm（长）×5000mm（宽）×4000mm（高）。曝光室通过混凝土、铅对 X 射线进行屏蔽：曝光室东、南、西、北侧采用 650mm 混凝土，顶部（曝光室顶部无人员到达，亦不需要人到达）采用 400mm 混凝土，拟在曝光室东侧设置“Z”字型迷道，迷道内墙和外墙均采用 650mm 混凝土。曝光室设置 1 扇工件门、1 扇人员门，工件门门洞尺寸为 2000mm（长）×2500mm（高），门体尺寸为 2600mm（长）×2800mm（高），左右搭接：300mm，上下搭接：150mm，内嵌 25mm 铅板；人员门门洞尺寸为 800mm（长）×2000mm（高），门体尺寸为 1200mm（长）×2300mm（高），左右搭接：300mm，上下搭接：150mm，内嵌 10mm 铅板。工件门门洞尺寸满足探伤工件大小要求。工件门及人员门与墙体搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。

本项目通风管道位于曝光室北侧，使用直径 250mmU 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下。电缆管道位于曝光室东侧，使用直径 120mmU 型过墙埋于地坪 400mm 以下，不会破坏墙体屏蔽。

图 10-2 本项目电缆管及排风管穿墙大样图

3.X 射线探伤机固有安全性分析

①本项目探伤机控制箱上设置有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示。

②本项目探伤机控制箱上设置有钥匙开关，只有在打开控制箱钥匙开关后，

X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

③延时启动功能：本项目探伤机设置有延时按钮，能延时启动曝光系统。辐射工作人员有足够的时间可快速离开，以减轻X射线的吸收剂量，防止X射线损害身体健康，尽可能降低操作人员的受照剂量。

④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，蜂鸣器会持续报警，提醒操作人员发生了故障。

⑤当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

⑥探伤机自带有辐射警告标志，提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生。

⑦探伤机控制箱上自带紧急停机按钮，当探伤机异常出束时或遇到突发状况时，可按下该紧急停机按钮停止探伤机出束。

4.X 射线探伤机工作前检查及维护措施

(1) 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) 曝光室内安装的固定辐射检测仪是否正常。

(2) 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。

5. 工作场所辐射设施及措施

工作状态指示灯及灯机联锁、声音提示装置：本项目工件门及人员门上方、曝光室内部均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置（共计 3 套），并与探伤机联锁。“预备”信号设置持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。同时在醒目的位置设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

门灯联锁：本项目拟在工件门及人员门处各设计 1 套门灯联锁装置，电源连接，“预备”亮起，防护门关闭且 X 射线探伤机出束，“照射”亮起。

门机联锁：本项目曝光室工件门及人员门拟设置门-机联锁装置，防护门未关闭无法开启射线作业，在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室，在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束。

紧急停机按钮：本项目操作台、曝光室内部四周墙壁上及迷道内均拟设置紧急停机按钮（共计 10 个），确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮安装位置使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，标明有使用方法。

电离辐射警告标志：拟在工件门及人员门外表面各张贴 1 张“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明（如下图所示）。

图10-3 电离辐射警告标志

监控装置：拟在曝光室内、工件门外及迷道内安装监控摄像头（共计 4 个），对探伤过程进行实时监控，监控范围全覆盖曝光室内部，便于及时发现问题，保证探伤过程中的安全，监控显示器位于操作台上。

监督区标牌及警戒线：本项目拟在操作室入口门外粘贴监督区标牌、工件门门宽×1m区域范围内设置监督区标牌、张贴警戒线以示提醒。

紧急开门按钮：拟在工件门及人员门旁各设计 1 个紧急开门按钮，确保曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。

通风: 本项目曝光室内拟配置机械通风, 有效通风换气次数不小于3次/小时。

个人剂量报警仪及个人剂量计: 拟为本项目3名辐射工作人员配备3套个人剂量计, 为辐射工作场所配备2台个人剂量报警仪。

便携式辐射剂量监测仪: 拟为本项目配备 1 台便携式辐射剂量监测仪。

固定式场所辐射探测报警装置: 本项目拟配备 1 套固定式场所辐射探测报警装置, 实时监测探伤室内出束情况。

制度: 建设单位已成立辐射安全与环境保护管理机构, 拟制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案, 拟将《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员岗位职责》以及《辐射事故应急响应程序》张贴在操作台附近显著位置。上墙制度的内容应体现操作性和应用型, 字体醒目, 尺寸大小应不小于400mm×600mm。

应急物资: 拟为本项目配备应急物资, 如灭火器材等, 能够及时应对现场的突发状况。

其他: 公司拟在曝光室内划定 X 射线探伤机活动范围, 辐射工作人员上岗前对其进行培训, 严格按照操作规程进行探伤工作, 并将该条规定纳入辐射安全管理制度内。

建设单位参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022), 本项目的辐射安全措施对照表如下:

表10-2 本项目辐射安全措施一览表

措施要求			本项目拟增加措施及位置	是否满足要求
《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)				
场所设施	分区管理	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。	曝光室墙壁围成的内侧范围(含迷道)作为本项目的控制区, 将操作室、评片室、暗室、危废暂存区及工件门门宽×1m 区域范围内作为本项目的监督区。操作室入口门外粘贴监督区标牌、工件门门宽×1m 区域范围内设置监督区标牌、张贴警戒线以示提醒。	满足
	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目工件门及人员门外均拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明。	满足
	工作状况	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”	本项目工件门及人员门上方、曝光室内部均拟设置显示“预备”和“照	满足

态指示灯及灯机联锁和声光提示装置	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。	射”状态的指示灯和声音提示装置（共计 3 套），并与探伤机联锁。“预备”信号设置持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。同时在醒目的位置设有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	
门灯联锁	/	本项目拟在工件门及人员门处各设计 1 套门灯联锁装置，电源连接，“预备”亮起，防护门关闭且 X 射线探伤机出束，“照射”亮起。	满足
门机联锁	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目曝光室工件门及人员门拟设置门-机联锁装置，防护门未关闭无法开启射线作业，在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室，在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束。	满足
通风	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目曝光室内拟配置机械通风，有效通风换气次数不小于 3 次/小时。	满足
监控装置	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。	拟在曝光室内、工件门外及迷道内安装监控摄像头（共计 4 个），对探伤过程进行实时监控，监控范围全覆盖曝光室内部，便于及时发现问题，保证探伤过程中的安全，监控显示器位于操作台上。	满足
紧急停机按钮	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有用线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目操作台、曝光室内部四周墙壁上及迷道内均拟设置紧急停机按钮（共计 10 个），确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮安装位置使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，标明有使用方法。	满足

	紧急开门开关	/	拟在工件门及人员门旁各设计 1 个紧急开门按钮，确保曝光室内部的人员在紧急情况下离开曝光室。	满足
监测设备	便携式辐射监测仪	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 GBZ98 的要求进行职业健康监护。 4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪	拟为本项目配备 1 台便携式辐射剂量监测仪。	满足
	个人剂量报警仪		拟为本项目辐射工作场所配备 2 台个人剂量报警仪。	满足
	个人剂量计		拟为本项目 3 名辐射工作人员配备 3 套个人剂量计。	满足
	固定式场所辐射探测报警装置	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 套固定式场所辐射探测报警装置，实时监测探伤室内出束情况。	满足
应急物资	灭火器材	/	拟为本项目配备应急物资，如灭火器材等，能够及时应对现场的突发状况。	满足
制度	辐射安全与环境保护管理机构及相应制度	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.6 应制定辐射事故应急预案。	建设单位已成立辐射安全与环境保护管理机构，拟制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，拟将《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员岗位职责》以及《辐射事故应急响应程序》张贴在操作台附近显著位置。上墙制度的内容应体现操作性和应用型，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。	满足

图10-4 本项目辐射防护措施示意图

4、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器，本项目环保投资估算见表 10-3。本项目总投资***万元，环保投资***万元，占总投资的***。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合建设单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维

护。

表 10-3 辐射安全与环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施		数量	投资金额（万元）
四川沃佑达科技集团有限责任公司新建固定式 X 射线探伤项目	辐射屏蔽措施	曝光室墙壁、防护门	***	***
	安全装置	声音提示装置	***	***
		工作状态指示灯及灯机联锁	***	***
		电离辐射警告标志及中文警示说明	***	***
		紧急停机按钮	***	***
		紧急开门开关	***	***
		门灯联锁	***	***
		门机联锁	***	***
		通风装置	***	***
		监督区标牌/地面警戒线	***	***
		监控装置	***	***
	辐射监测	射线装置年度监测	***	***
		便携式辐射剂量监测仪	***	***
		固定式场所辐射探测报警装置	***	***
		个人剂量报警仪	***	***
		个人剂量计	***	***
	其他	危废处置	***	***
		灭火器材	***	***
合计				***

1、三废的治理

1.1 废气

本项目运行后在 X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。曝光室拟安装 1 套通风装置，通风口位于曝光室北侧，

可通过拟设置的通风装置将臭氧及氮氧化物排出曝光室。该通风装置的通风量不低于 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，曝光室的内部体积为 140m^3 ，探伤期间将一直开启通风设施，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 6.1.10 对通风的要求：每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。废气通过民品生产装配中心门窗通风最终进入室外大气，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较小，因此对周围环境的影响较小。

1.2 废水

本项目运行后，辐射工作人员会产生少量的生活污水，生活污水经公司拟修建的预处理池(30m^3)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。

1.3 固体废物

本项目会产生辐射工作人员少量的生活垃圾，生活垃圾袋装收集，定时清理消毒，由公司环卫部门收集后交由市政环卫部门处置。

1.4 危险废物

本项目洗片过程可能会产生废胶片、洗片废水及废显（定）影剂。在产生废显（定）影剂及洗片废水后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后分别运至危废暂存区中废显（定）影剂存放区域和洗片废水存放区域进行暂存；每日探伤产生废胶片在工作结束后收集运至危废暂存区中废胶片存放区域。废胶片、废显（定）影剂入库时在危险废物管理台账中如实记录。废胶片及废显（定）影剂定期按照危险废物电子或者纸质转移联单由有危废处置的单位转运，洗片废水定期交由有相应资质的公司进行处置。

（1）危废暂存区建设：

建设单位危废暂存区将按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求建设：

①危废暂存区的建设满足防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐，不露天堆放危险废物。

②危废暂存区内设置分区——废显（定）影剂区、废胶片区、洗片废水区，分区之间采取隔离措施，如过道、隔板等，避免不相容的危险废物接触、混合。

③危废暂存区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和

墙体等采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

④危废暂存区地面与裙角拟采取表面防渗措施，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。

⑤危废暂存区内废显（定）影剂区拟设置液体泄漏堵截设施，堵截设施最小容积不低于对应贮存区域最大液态废物容器容积或液态废物总储量 1/10（二者取较大者）。

（2）暂存容器

①暂存废显（定）影剂及洗片废水时应使用耐腐蚀容器，拟在容器上设置醒目的“废显影液”“废定影液”“洗片废水”标识，容器置于架子上，不直接接触地面，且架子设置约 0.3m 的高度，防止倾倒。

②废胶片拟使用中强度以上的塑料编织袋进行包装，装袋完毕、封口严实、贴上标签“废胶片”标识。

（3）标识标牌

建设单位将参照《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）（2023 版）《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）在危废暂存区门口、危废暂存区内部、暂存容器上张贴危险废物警告标志、危险废物标签，如下图所示：

图 10-4 贮存设施标志

图 10-5 危险废物标签

建设单位日常将危废分类存储并做好标记标识，不可混入其他杂物明确危险废物种类。危废暂存区由专人管理，按照要求根据危险废物情况进行记录，并注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期、使用量等登记工作。建设单位严格执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）8.2 贮存设施运行环境管理要求。建设单位承诺与有资质单位签订本项目危险废物处置合同（承诺书见附件 8）。危废暂存区内划定的废胶片、废显（定）影剂及洗片废水存放区域确保满足本项目的存放需求。

1.5 噪声

本项目曝光室拟安装的通风装置会产生较小的噪音，对外界噪声的贡献很小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期建设内容为修建本项目曝光室屏蔽体及其辅房、安装辐射防护设施。建设过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过管理等措施来进行控制。具体流程产污环节如下所述：

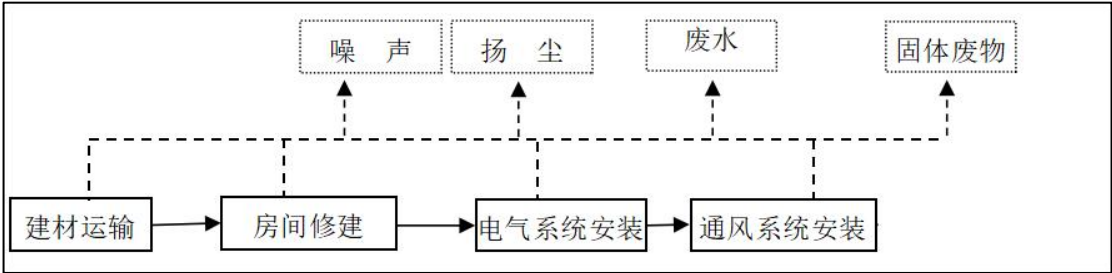


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

1.施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、车辆在运输建筑材料时拟采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2.施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，在施工时尽量使用噪声低的先进设备，减少对周围环境的影响。

3.施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水，通过公司内拟建设预处理池处理后排入市政管网。

4.施工固废

施工期的固体废物主要是建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。公司拟在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由公司外运至市政部门指定的垃圾堆放场。

公司在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目运营期的主要环境影响因素为X射线探伤机工作时产生的X射线、臭氧、氮氧化物。

一、X 射线的环境影响分析

探伤作业过程中，X 射线有用线束、非有用线束（散射线、泄漏射线）对周围环境产生的辐射影响，其污染途径为外照射，本项目采用混凝土、铅板对 X 射线进行防护。本项目拟使用 1 台 XXG3005C-LFX80 型周向 X 射线探伤机（有用线束方向朝向曝光室南侧、北侧、顶部及底部）、1 台 XXG3005D-LFX80 型定向 X 射线探伤机（有用线束方向朝向曝光室南侧或北侧或顶部或底部），最大管电压均为 300kV，最大管电流均为 5mA。本项目对曝光室南侧、北侧、顶部及底部参照有用线束方向进行预测分析，对曝光室东侧及西侧参照非有用线束方向进行预测分析。由于曝光室地下无建筑，为土质层，因此地下不设计计算点位。

（一）计算条件

（1）距辐射源点1m处的剂量率

根据厂家提供探伤机产品说明书，本项目300kV、3mmCu下X射线探伤机的输出量根据***为 $11.30\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $6.78\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

（2）散射能量

本项目最大管电压为300kV，根据***，散射能量取值为200kV。

（3）透射因子取值

根据***进行计算可得本项目透射因子取值。什值层取值参考***，300kV下混凝土、铅板什值层TVL取值为***，200kV下混凝土、铅什值层TVL取值分别为***。计算结果见下表。

表11-1 透射因子一览表

场所	射线类型	650mm 混凝土	400mm 混凝土	25mm 铅板	10mm 铅板	10mm 铅板+650mm 混凝土
曝光室	有用线束(300kV)	3.16E-07	1.00E-04	4.11E-05	1.76E-02	5.56E-09
	非有用线束(200kV)	2.77E-08	2.23E-05	1.39E-18	7.20E-08	1.99E-15

（4）距离靶点1m处X射线管的泄漏辐射剂量率

根据***，当X射线管电压大于200kV时，距离靶点1m处的漏射辐射剂量率为 $5000\mu\text{Sv/h}$ 。

二、曝光室 5 面屏蔽效果预测

根据公司提供资料，X 射线探伤机活动范围为距南墙、北墙最近 1.10m，距西墙最近 0.50m，距离东墙最近 1m，距离顶部最近 3m。计算点位如下图所示。

图 11-1 本项目计算关注点位示意图

表 11-2 本项目曝光室周围关注点及距离辐射源点距离

位置		距离
曝光室屏蔽体四周		
曝光室东侧	屏蔽体外 30cm(操作室)	1m+0.65m+0.30m=1.95m
	人员门外 30cm(操作室)	1m+0.65m+1.62m+0.30m=3.57m
	评片室/暗室/危废暂存区	1m+0.65m+2.65m=4.30m
曝光室南侧	屏蔽体外 30cm	1.10m+0.65m+0.3m=2.05m
	主物流通道	1.10m+0.65m+2.80m=4.55m
曝光室西侧	屏蔽体外 30cm	1m+0.65m+0.30m=1.95m
	工件门外 30cm	1.84m+0.3m=2.14m
	人行通道	1m+0.65m+11m=12.65m
曝光室北侧	屏蔽体外 30cm	1.10m+0.65m+0.30m=2.05m
	外协筒体件合格品存放区	1.10m+0.65m+1.80m=3.55m
曝光室顶部	屏蔽体外 30cm	3m+0.4m+0.3m=3.70m
50m 范围保护目标		
曝光室东侧	公司内部道路	1m+0.65m+7.40m=9.05m
	停车位	1m+0.65m+21m=22.65m
	设备用房	1m+0.65m++23m=24.65m
曝光室北侧	荒地	1.10m+0.65m+37.60m=39.35m

(一) 辐射屏蔽的估算

1) 有用线束屏蔽估算:

*** 公式 11-1

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流, 本项目取最大管电流 5mA;

H_0 : 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $6.78\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 取值见表 11-1;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m, 取值见表 11-2。

2) 非有用线束屏蔽估算:

① 泄漏辐射

公式 11-2

式中： \dot{H} —关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，根据***，取值为 $5.00\text{E}+03\mu\text{Sv/h}$ ；

B —屏蔽透射因子，取值见表 11-1；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m，取值见表 11-2；

②散射辐射

公式 11-3

式中： \dot{H} —关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $6.78\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

I —X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目最大管电流为 5mA；

B —屏蔽透射因子，取值见表 11-1；

F — R 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的比。本项目取值参考取自***；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m），本项目取值***；

R_s —散射体至关注点的距离，m，取值见表 11-2。

表 11-3 曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

屏蔽方位	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	I (mA)	B	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
曝光室南侧屏蔽体外 30cm	***	*	***	***	$2.55\text{E}-01$	2.50	满足
曝光室南侧主物流通道	***	*	***	***	$5.17\text{E}-02$	2.50	满足
曝光室北侧屏蔽体外 30cm	***	*	***	***	$2.55\text{E}-01$	2.50	满足
曝光室北侧外协筒体件合格品存放区	***	*	***	***	$8.50\text{E}-02$	2.50	满足
曝光室北侧荒地	***	*	***	***	$6.92\text{E}-04$	2.50	满足
曝光室顶部屏蔽体外 30cm	***	*	***	***	24.76	100	满足

表 11-4 曝光室非有用线束方向屏蔽效果预测表

屏蔽方位		曝光室东 侧屏蔽体 外 30cm	曝光室东 侧人员门 外 30cm	曝光室东侧 评片室/暗室 /危废暂存区	曝光室 东侧公 司内部 道路	曝光室 东侧停 车位	曝光室 东侧设 备用房	曝光室 西侧屏 蔽体外 30cm	曝光室西侧工件门 外 30cm	曝光室西侧人行通 道
泄 漏 辐 射	B	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	\dot{H}_L (μSv/h)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	R(m)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	\dot{H} (μSv/h)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
散 射 辐 射	B	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	I(mA)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	$F* \alpha/R_0^2$	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	$R_s(\text{m})$	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	\dot{H} (μSv/h)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
泄漏辐射和散射辐射的 复合作用 (μSv/h)		1.47E-03	2.18E-06	3.02E-04	6.81E-05	1.09E-05	9.18E-06	1.47E-03	4.49E-02	1.31E-03
剂量率参考控制水平 (μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：人员门经过 650mm 混凝土及 10mm 铅板屏蔽，因此人员门外 30cm 处对应透射因子取 650mm 混凝土及 10mm 铅板对应透射因子的乘积。

3) 迷道入口处散射辐射影响分析

本项目探伤室曝光室采用“Z”型外迷道设计，利用散射降低人员门口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-2。

对于人员门关注点的剂量率有 2 种，一为***，应该同时考虑以上 2 种类型。
X 射线探伤时有用线束透射工件后散射到迷道口，经过至少 3 次散射到达人员门。散射公式见公式 11-4（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

*** 公式 11-4

其中：Hs 为散射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；
 D_0 ：入射源强， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；***；
 α 为散射系数，参考***；
 r 为入射距离，0.5m，散射距离分别为***；
 K 为散射面积， m^2 ；散射面积分别为***。

根据图11-2，探伤机距离人员门最近时，主射线打到工件上，产生散射线进入迷道，在迷道散2次后穿出人员门，路径为O→A→B→C→D。

图11-2人员门口射线路径示意图（单位：mm）

表 11-5 迷道入口辐射剂量率各参数取值

D_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$	α_1	α_2	α_3	K_1 (m^2)	K_2 (m^2)	K_3 (m^2)	r_{OA} (m)	r_{AB} (m)	r_{BC} (m)	r_{CD} (m)
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
H_s (散射线的迷道散射，无屏蔽， $\mu\text{Sv/h}$)	H_2 (直接穿墙到人员门内的剂量率)		人员门透射因子	H_s (散射线的迷道散射，经过人员门后， $\mu\text{Sv/h}$)	曝光室东侧人员门外 30cm 合计剂量率	关注点控制剂量水平 $\mu\text{Sv/h}$			是否满足要求	
** *	***		** *	***	2.19E-06	2.50			满足	

根据以上预测结果可以看出，当本项目拟配备的 X 射线探伤机（II类射线装置，最大管电压为 300kV/最大管电流为 5mA）满功率运行时，曝光室 5 面屏蔽材料外 30cm 处周围剂量当量率及 50m 范围内保护目标处周围剂量当量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”“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。”的要求。

3) 参考点的年剂量估算:

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T$$

公式 11-5

式中: H_c —参考点的年剂量水平, mSv;

$\dot{H}_{c,d}$ —参考点处剂量率, μSv/h;

t —年照射时间;

U —关注点方向照射的使用因子;

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

预测计算汇总及评价

根据建设单位提供资料, 年曝光总时间累计为 508.50h。曝光室四周及 50m 范围保护目标年有效剂量按照表 11-3、表 11-4、表 11-5 对应周围剂量当量率进行计算。

表 11-6 本项目 50m 范围内辐射工作人员及周围公众剂量估算一览表

保护目标所在位置			居留因子	距离源点最近距离（m）	关注点剂量率值（μSv/h）	探伤机出束时间（h）	年有效估算值（mSv/a）	年有效剂量约束值（mSv/a）
操作室 暗室、评片室、 危废暂存区			***	***	***	508.50	4.62E-04	5（辐射工作人员）
四川沃佑达科技集团有限公司	民品生产装配中心	主物流通道	***	***	***		1.64E-03	0.1（周围公众）
		人行通道	***	***	***		4.16E-05	
		外协筒体件合格品存放区	***	***	***		2.70E-03	
		公司内部道路	***	***	***		1.33E-06	
		停车位	***	***	***		1.70E-07	
		设备用房	***	***	***		7.20E-07	
		荒地	***	***	6.92E-04		8.80E-06	

注: 1、本项目居留因子取值来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 A 中表 A.1。
2、使用因子 U 保守取 1。

根据以上预测结果可以看出, 当本项目 X 射线探伤机满功率运行时, 曝光室屏蔽材料外 30cm 处剂量率均能够满足《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/T 250-2014) 中探伤室辐射屏蔽剂

量率参考控制水平要求；对于周围公众年有效剂量最大为 $2.70\text{E-}03\text{mSv}$ ；对于辐射工作人员年有效剂量最大为 $4.62\text{E-}04\text{mSv}$ 。均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

四、大气环境影响分析

本项目运行后在 X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。曝光室拟安装 1 套通风装置，通风口位于曝光室北侧，可通过设置的通风装置将臭氧及氮氧化物排出曝光室。该通风装置的通风量不低于 $500\text{m}^3/\text{h}$ ，曝光室的内部体积为 140m^3 ，探伤期间将一直开启通风设施，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中 6.1.10 对通风的要求：每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。通过民品生产装配中心门窗通风最终进入室外大气。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较小，因此对周围环境的影响较小。

五、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，并严格执行相应报废程序。故本项目使用的 X 射线探伤机在进行报废处理时，应根据上述规定将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.3:

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用 X 射线探伤机属 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019 年修订本）第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-7 中。

表 11-7 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	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	较大辐射事故
	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	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡	特别重大辐射事故

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-8。

表 11-8 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50.0Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，X 射线探伤机只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，X 射线探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

工作人员在摆放工件时，操作人员不清楚情况或因疏忽启动开关进行曝光，造成工作人员及曝光室外的周围公众被误照，引发辐射事故。

三、最大可能性事故后果计算

针对最大可能性事故，对事故工况下人员的受照剂量进行估算，分析事故造成的影响与危害。

假定在事故情况下，保守按照事故人员受到主射线影响，由于一次曝光检测最长时间为 3min，因此以 3min 为一次事故下的持续照射时间。计算结果见表 11-9。

表 11-9 事故情况下人员受到的累计剂量结果

人员与 X 射线探伤 机距离 (m)	各事持续时段的射线所致辐射剂量 (Gy)				
	10s	30s	60s	120s	180s
0.5	***	***	***	***	***
1.0	***	***	***	***	***
1.5	***	***	***	***	***
2	***	***	***	***	***
3	***	***	***	***	***

通过计算结果表明，人员在事故情况下所受到的最大剂量为 6.78E-01Gy，超过周围公众的年剂量限值，因此会发生一般辐射事故。

在实际工作情况中，曝光室内部及操作台上设置有紧急停机按钮，若发生事故，可立即按下，X 射线探伤机即可停止出束。辐射工作人员在工作时，做好场所监管工作，防止人员靠近或误入曝光室内。

综上所述，对于本项目来说，**最大可信事故为一般辐射事故**。针对一般辐射事故，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。

四、事故防范措施

(1) 定期认真地对本单位曝光室和探伤机的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行巡检或者检查，完善各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

(2) 建设单位拟制定《X 射线探伤机操作规程》。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，操作人员必须按操作规程执行，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

(3) 每月检查曝光室的门机联锁装置和工作状态指示灯，确保相关防护设施完整并处于正常状态后，X 射线探伤机才能进行出束照射。若检查有防护设施失效，应及时维修，待维修好之后，才能正常运行；

(4) 对建设单位现有辐射工作人员及新增辐射工作人员，应参加国家核技术利用辐射安全与防护考核的考试，取得了辐射安全与防护考核合格证书，持证才能上岗。

(5) 辐射工作人员在进入曝光室内部时，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辐射剂量监测仪。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曝光室，同时防止其他人进入，并立即向辐射防护负责人报告。

(6) 应定期测量曝光室屏蔽体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。

(7) 当班使用便携式辐射剂量监测仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式辐射剂量监测仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

(8) 辐射工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(9) 在每一次照射前，操作人员都应该确认曝光室内部没有人员驻留并关闭工件防护门。只有在工件防护门关闭、所有防护与安全装置曝光室都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

表 12 辐射安全管理

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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的培训和考核。

建设单位已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立了辐射安全管理领导小组负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。

辐射防护领导小组成员及分工结果如下：

.....

本项目拟配备 3 名辐射工作人员（2 名操作人员，1 名管理人员），建设单位将安排其学习国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上的视频课程和课件，积极报名机考并获得辐射安全与防护考核合格证明。届时新增辐射工作人员操作/管理本项目 X 射线探伤机，同样要求其完成学习后通过考核上岗并为其建立个人剂量监测档案。

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

根据《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》要求，辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。本项目档案资料可包括以下八大类：“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”“辐射应急资料”。

二、主要规章制度

根据《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》的要求，建设单位已制定辐射安全与环境保护管理机构文件，拟制定辐射安全相关规章制度，规章制度包括《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐

射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》。

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。因此，在项目开展前，建设单位将在操作室及曝光室的显著位置张贴大小和字体都足够醒目的《辐射安全管理规定》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》以及《辐射事故应急预案》。上墙制度的内容应体现场操作性和应用型，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加措施
1	从事使用射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	/	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加辐射安全知识和法规的考核并持证上岗	/	配备的 3 名辐射工作人员应参加辐射安全与防护考核，持证上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已建立	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	/	拟配备 1 台便携式辐射监测仪、2 台个人剂量报警仪
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案	/	拟根据本项目情况制定
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	/	拟根据本项目情况建立
7	辐射工作单位应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	/	拟配备的 3 名辐射工作人员上岗前一并落实
8	辐射工作单位应在曝光室工件防护门上设置醒目的电离辐射警告标志	/	本项目辐射工作场所投运前应落实

9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	实施本项目后每年拟委托有资质的单位完成场所环境监测
10	辐射信息网络	/	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp ）中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台账，射线装置应做到账物相符，并及时更新	/	本项目运行前拟建立

辐射安全许可证初次申领材料

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当依照规定取得许可证”。在本项目环境影响评价文件取得四川省生态环境厅批复后，建设单位需准备以下文件并提交审管部门，申领辐射安全许可证，申领辐射安全许可证时应该提交满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条、第十八条的证明材料。办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达。

根据国家法规和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》的相关要求，将其与建设单位管理制度现状列于表 12-2 中进行对照分析。

表12-2 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《四川沃佑达科技集团有限责任公司关于成立辐射安全防护领导小组成员的通知》	已制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	/	拟制定
3	辐射工作设备操作规程	/	拟制定
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	/	拟制定
5	辐射工作人员岗位职责	/	拟制定
6	射线装置台账管理制度	/	拟制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	拟制定
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	拟制定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	/	拟制定
10	辐射工作人员个人剂量管理	/	拟制定

	制度		
11	辐射事故应急预案	/	拟制定

三、职业健康监护档案

公司应为所有辐射工作人员组织岗前的职业健康体检及建立职业健康监护档案，辐射工作人员在岗期间应每 2 年进行一次职业健康体检。职业健康监护档案应包括辐射工作人员的职业史、职业病危害接触史、职业健康检查结果、处理结果和职业病诊疗等有关个人健康资料，公司应终生保存所有辐射工作人员的职业健康监护档案。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。

一、工作场所监测

1、年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次每年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1—2 次/月。

二、个人剂量检测

公司拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计、建立个人剂量监测档案，并定期（根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）规定，常规监测周期最长不超过 3 个月）送有资质的单位进行监测。此外，公司还应按以下要求实施：

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》与川环办发（2010）49 号文中的要求，公司应做好以下工作：

1、按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》与川环办发（2010）49 号文中的要求，公司应做好以下工作：

2、公司应每一季度将个人剂量计送交有资质的部门进行检测。检测数据超过单位调查水平 1.25mSv 的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，公司应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

3、建设单位拟安排专人负责个人剂量检测管理，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，剂量检测结果等材料，建立并终生保存个人剂量监测档案。

4、辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位提供个人剂量档案的复印件。

5、公司拟在每年的 1 月 31 日前向《辐射安全许可证》发证机关报送本单位射线装置安全和防护状况上一年度评估报告，个人剂量检测报告（连续四个季度）连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

三、监测内容和要求

1、监测内容：X- γ 辐射剂量率。

2、监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-3 工作场所监测计划建议

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位/要求
曝光室	* **	X- γ 辐射剂量率	***	***	***
	* **		***	***	
	* **		***	***	
辐射工作人员	* **	* **	***	***	***

3、监测范围：本项目曝光室周围及周围环境。

4、监测质量保证：

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送

程序，监测数据及报送情况存档备查。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

辐射事故应急

辐射单位针对可能发生的辐射事故风险，拟制定辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并根据本项目情况进行完善。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门及省、市生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计及个人剂量报警仪。
- ④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
- ⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 13 结论与建议

<p>结论</p> <p>1.实践正当性</p> <p>应用在制氢机上的罐体在生产过程中由焊机焊接成型，使用过程中承受内外压差，属于受压元件，需严格保证其质量，从而才能保障制氢机的安全性能。X 射线检测作为五大常规无损检测方法之一，能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障建设单位生产的制氢机罐体起了十分重要的作用。本项目核技术应用项目的开展，可达到其余无损检测方法所不能及的探伤效果，是其他探伤方法无法替代的，因此，该项目的实践是必要的。</p> <p>建设单位在开展 X 射线检测过程中，对 X 射线探伤机的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对 X 射线探伤机的安全管理将完善相应的规章制度。因此，在正确使用和管理 X 射线探伤机的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。</p> <p>2.产业政策相符性</p> <p>本项目使用 X 射线探伤机对制氢机罐体进行无损质量检测，根据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务业”第 1 条“检验检测服务”，符合国家产业发展政策。</p> <p>3.选址、布局</p> <p>本项目的选址合理分析</p> <p>四川沃佑达科技集团有限责任公司于 2024 年 12 月 26 日取得内江市生态环境局关于《西南氢能设备研发制造基地项目环境影响报告表》的批复，批复文号为内市环高审批〔2024〕7 号（见附件 4），批准生产制氢机，本项目 X 射线探伤机用于检测公司生产的制氢机罐体，保证其生产产品的质量，提高产品的安全性，属于配套工业生产，与公司生产规划相符合。</p> <p>公司西南氢能研发制造基地整体位置远离城市居民区，东侧、西侧及北侧均为荒地，南侧为无名道路。曝光室 50m 范围除北侧外其余均在公司厂区内。50m 范围仅涉及公司民品生产装配中心、公司内部道路、停车位、设备用房及公司外荒地，固定生产人员数量和周围经过的人员均较少，无学校、医院等环境敏感点。且曝光室为专门</p>
--

的辐射场所，通过混凝土、铅对 X 射线进行屏蔽，产生的辐射经过屏蔽措施后，对周围的影响较小，从辐射安全防护的角度分析，**本项目的选址是合理的。**

本项目工程布局合理性分析

本项目拟在公司民品生产装配中心内实施，探伤室设置有曝光室、操作室、暗室、评片室及危废暂存区，曝光室东侧为探伤室辅房（操作室、暗室、评片室、危废暂存区），南侧为主物流通道，西侧为人行通道，北侧为外协筒体件合格品存放区。本项目有用线束方向涉及曝光室南侧、北侧、顶部及底部，操作台位于曝光室东侧，辐射工作人员避开主射线方向照射。本项目所在民品生产装配中心为 1 层建筑，曝光室上方无建筑，下方为土质层。曝光室设置有人员门及迷道和单独的工件门，曝光室外墙无可攀爬的设施，曝光室顶部人员不可到达。因此本项目工作场所布局设计基本合理。本项目探伤室平面图见附图 5、剖面图见附图 6。

4.辐射屏蔽能力分析

本项目曝光室外部尺寸为 8300mm（长）×6300mm（宽）×4400mm（高），内部尺寸为 7000mm（长）×5000mm（宽）×4000mm（高）。曝光室通过混凝土（四周墙体、顶部）、铅板（工件门、人员门）对 X 射线进行屏蔽：曝光室东、南、西、北侧采用 650mm 混凝土，顶部（曝光室顶部无人员到达，亦不需要人到达）采用 400mm 混凝土，拟在曝光室东侧设置“Z”字型迷道，迷道内墙和外墙均采用 650mm 混凝土。曝光室设置 1 扇工件门、1 扇人员门，工件门门洞尺寸为 2000mm（长）×2500mm（高），门体尺寸为 2600mm（长）×2800mm（高），左右搭接：300mm，上下搭接：150mm，内嵌 25mm 铅板；人员门门洞尺寸为 800mm（长）×2000mm（高），门体尺寸为 1200mm（长）×2300mm（高），左右搭接：300mm，上下搭接：150mm，内嵌 10mm 铅板。工件门门洞尺寸满足探伤工件大小要求。工件门及人员门与墙体搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。

本项目通风管道位于曝光室北侧，使用直径 250mm U 型过墙方式埋于地坪 400mm 以下。电缆管道位于曝光室东侧，使用直径 120mm U 型过墙埋于地坪 400mm 以下，不会破坏墙体屏蔽。

根据理论计算，曝光室 5 面屏蔽材料外 30cm 处周围剂量当量率及 50m 范围内保护目标处周围剂量当量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”“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 μSv/h。”的要求。

5.保护目标剂量

根据理论计算，本项目辐射工作人员、公众及保护目标的年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量约束值和本项目管理目标限值的要求（辐射工作人员附加有效剂量不超过 5mSv、公众附加有效剂量不超过 0.1mSv）。

6.工程所在地区环境质量现状

根据现场监测报告，本项目所在区域 X- γ 空气吸收剂量率与《2024 年四川省生态环境状况公报》中四川省空气吸收剂量率监测结果（***）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

7.辐射安全措施

本项目运行后，辐射工作人员应按照国家有关要求配套个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并成立职业健康档案。建设单位拟配备3个人剂量计，2台个人剂量报警仪、1台便携式辐射监测仪器，曝光室拟设置1台固定式场所辐射探测报警装置、2套门机联锁装置、2套门灯联锁、4套监控系统、9个紧急停机按钮、2个紧急开门按钮、1套通风装置、2套电离辐射警告标志及中文警示说明、3套工作状态指示灯及灯机联锁、3个声音提示装置，探伤机控制箱自带钥匙控制、自带一个紧急停机按钮，拟在操作室操作台上设置一个紧急停机按钮，你在监督区边界设置监督区标牌/地面警戒线。

8.辐射环境管理

（1）建设单位拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

（2）建设单位拟配置有 1 台便携式 X- γ 剂量监测仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；

（3）建设单位拟委托有资质的公司开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员均需要配备个人剂量计，建设单位应及时跟监测单位核实数据，及时发现、解决问题。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位拟制定辐射安全管理制度，包括《辐射安全与环境保护管理机构文件》《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《射线装置台账管理制度》《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》《监测仪

表使用与校验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》。

9.项目环保竣工验收检查内容

1、根据《建设项目环境保护管理条例》文件第十一条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

（1）建设单位可登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）本项目设计的固体废物污染环境防治设施必须经原审批环境影响保护行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

（5）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当向所在地县级以上生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保设施		数量
新建 固定 式 X 射 线探 伤项 目	辐射屏蔽措施	曝光室墙壁、防护门	***
	安全装置	声音提示装置	***
		工作状态指示灯 及灯机联锁	***
		电离辐射警告标志及中文警示 说明	***
		紧急停机按钮	***
		紧急开门开关	***
		门灯联锁	***
		门机联锁	***
		通风装置	***
		监督区标牌/地面警戒线	***
		监控装置	***
	辐射监测	射线装置年度监测	***
		便携式辐射剂量 监测仪	***
		固定式场所辐射探测报警装置	***
		个人剂量报警仪	***
		个人剂量计	***
	其他	危废处置	***
		灭火器材	***

综上所述，四川沃佑达科技集团有限责任公司新建固定式 X 射线探伤项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

3、建设单位应当每年对本单位射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，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，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报探伤室。

4、定期检查及维护辐射工作场所的电离辐射警告标志、工作状态指示灯及灯机联锁、门机联锁、声音提示装置、紧急停机按钮、紧急开门开关等各项辐射安全措施，若出现松动、脱落、损坏或联锁失效，应及时修复或更换。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：		
经办人	公	章
	年	月 日

审批意见：		
经办人	公	章
	年	月 日