

核技术利用建设项目
X 射线数字成像检测设备项目
环境影响报告表

(公示本)

德阳应和机械制造有限公司
二〇二二年四月
生态环境部监制

核技术利用建设项目

X 射线数字成像检测设备项目 环境影响报告表

建设单位：德阳应和机械制造有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：廖*

通讯地址：四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号

邮政编码：618099

联系人：廖*平

电子邮件：*****

联系电话：135****8651

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	10
表 3	非密封放射性物质	11
表 4	射线装置	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	14
表 6	评价依据	15
表 7	保护目标与评价标准	17
表 8	环境质量和辐射现状	20
表 9	项目工程分析与源项	22
表 10	辐射安全与防护	27
表 11	环境影响分析	35
表 12	辐射安全管理	46
表 13	结论与建议	58

附件：

- 附件 1 委托书；
- 附件 2 原有辐射项目环评批复
- 附件 3 辐射安全许可证（正副本）
- 附件 4 租赁厂房环评批复
- 附件 5 租赁协议
- 附件 6 辐射安全与防护培训合格证
- 附件 7 无辐射安全事故发生的情况说明
- 附件 8 最近连续四个季度辐射工作人员个人剂量监测报告
- 附件 9 原有辐射场所监测报告
- 附件 10 监测报告
- 附件 11 关于更新辐射安全防护领导小组的通知

附图：

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目外环境关系图
- 附图 3 项目厂区总平面布置图
- 附图 4 项目 3#厂房平面布置及监测布点图
- 附图 5 项目 X 射线探伤室平面布置及辐射安全措施布置图
- 附图 6 项目铅房屏蔽结构及三视尺寸图
- 附图 7 项目两区划分图
- 附图 8 项目人流物流示意图

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		德阳应和机械制造有限公司				
法人代表	廖*	联系人	廖*平	联系电话	135****651	
注册地址		四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号				
项目建设地点		四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号				
立项审批部门		—		批准文号	—	
建设项目总投资 (万元)		*	项目环保投资 (万元)	*	投资比例	*/%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	60	
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	/			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
		<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	无					
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位情况</p> <p>德阳应和机械制造有限公司 (统一社会信用代码: 915106007274721729) 成立于 2001 年 5 月 16 日, 位于四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号, 经营范围为: 有色金属铸造; 通用零部件制造; 汽车零部件及配件制造; 摩托车零配件制造; 建筑用金属配件制造; 机械电气设备制造; 金属材料销售; 货物进出口。</p>						

二、项目由来

2017年1月，为进行产品探伤，德阳应和机械制造有限公司在厂区1#厂房内建设1座射线成像检测室，并安装使用1台X射线成像检测设备，属于II类射线装置，用于无损检测，年曝光时间约50h。仅在铅房内开展探伤工作，不涉及野外（室外）探伤。已建X射线成像检测室已于2017年1月24日取得四川省环境保护厅《关于德阳应和机械制造有限公司新增X射线实时成像设备项目环境影响报告表的批复》（文号：川环审批[2017]35号），于2017年8月完成竣工环境保护验收，并取得辐射安全许可证（证书编号：川环辐证[00593]）。

由于已建X射线成像检测室不能满足产品探伤的需求，建设单位拟租赁德阳天和机械制造有限公司3#厂房（租赁协议见附件5）用于扩建1台型号为UND225的X射线数字成像检测设备，配套新增铅房。其中X射线探伤机最大管电压为*kV，最大管电流为*mA，属于II类射线装置。本项目探伤采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片，只开展探伤室室内探伤，不涉及野外（室外）探伤。

本项目租赁厂房已于2011年11月3日取得德阳市环境保护局《关于德阳天和机械制造有限公司汽车发动机零部件制造项目环境影响报告表的批复》（文号：德环建函[2011]178号）。

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保不对周围环境、职业人员和公众产生不良影响，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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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2020年部令第16号《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，属于“172、核技术利用建设项目”中“生产、使用II类射线装置的”应编制环境影响报告表。并根据四川省生态环境厅《关于调整建设项目环境影响评价文件分级审批权限的公告》（2019年第2号文），本项目应报四川省生态环境厅审查批准，并在取得环评批复后及时办理辐射安全许可证增项。

为此，德阳应和机械制造有限公司委托德阳显众环境科技有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件1）。德阳显众环境科技有限公司在接受委托后，

通过现场勘察、收集资料等工作基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了《德阳应和机械制造有限公司 X 射线数字成像检测设备项目》环境影响报告表。

三、项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。因此，本项目实施是符合国家现行产业政策的。

四、项目概况

1、项目名称、性质、建设地点

项目名称：X 射线数字成像检测设备

建设单位：德阳应和机械制造有限公司

建设性质：扩建

建设地点：四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号，项目地理位置图见附图 1。

2、项目建设内容及规模

本项目租赁德阳天和机械制造有限公司 3#厂房用于扩建 1 台型号为 UND225 的 X 射线数字成像检测设备，配套新增铅房。其中 X 射线探伤机最大管电压为*kV，最大管电流为*mA，属于 II 类射线装置。设备自动化程度高，可进行批量检测，大大缩短检测时间。单次最大曝光时间约*s，年最大曝光时间约*h。探伤作业时射线源从下往上照射，探测器（机器人与 C 型臂的组合）带动射线管在极限位内正负摆动*°进行自动检测。X 射线探伤机射线源位于铅房前侧。

本项目配套新增铅房结构为钢-铅-钢夹层，铅房外部尺寸为：长 5.0m×宽 2.9m×高 2.795m，净空尺寸为：长 4.8m×宽 2.7m×高 2.5m，铅房顶面前、前面、左面前、右面前铅厚均为*mm，铅房顶面后、后面、左面后、右面后、底面铅厚均为*mm。此外，铅房前面设置一扇铅厚为*mm 的升降铅门（长 2.66m×高 0.7m），用于控制工件的进出，铅房后面设置一扇铅厚为*mm 的双开铅门（长 1.5m×高 2.0m），用于平时设备维护。项目采用门机联锁，探伤时所有铅门都是关闭状态。铅房顶部开有 2 个换气通风

孔，配有轴流风机，风量为 202.8m³/h，通风孔采用钢铅防护罩，铅板厚*mm。铅房穿线孔也采用钢铅防护罩，铅板厚*mm。

本项目探伤工件主要是各种铸铝件，年检测工件约*万件，检测工件尺寸范围为长 1200mm×宽 700mm×高 400mm，工件置于载物台上，载物台自动旋转 180°到检测位。本项目探伤采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片，只开展探伤室内探伤，不涉及野外（室外）探伤。

探伤工件示例如下：

*

*

后羊角（长 450mm×宽 270mm×高 170mm） 转向节（长 600mm×宽 370mm×高 140mm）

3、项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	营运期	
主体工程	探伤室：在3#厂房内布设1个探伤室，占地面积约60m ² ，探伤室外部为玻璃罩结构，探伤室内配套新增铅房和 X 射线数字成像检测设备。	噪声、固体废物、生活污水、X 射线	X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声	扩建
	铅房：外部尺寸为长 5.0m×宽 2.9m×高 2.795m，净空尺寸为长 4.8m×宽 2.7m×高 2.5m，铅房顶面前、前面、左面前、右面前铅厚均为*mm，铅房顶面后、后面、左面后、右面后、底面铅厚均为*mm。此外，铅房前面设置一扇铅厚为*mm 的升降铅门（长 2.66m×高 0.7m），用于控制工件的进出，铅房后面设置一扇铅厚为*mm 的双开铅门（长 1.5m×高 2.0m），用于平时设备维护。铅房顶部开有 2 个换气通风孔，通风孔采用钢铅防护罩，铅板厚*mm。铅房穿线孔也采用钢铅防护罩，铅板厚*mm。			扩建
	X 射线数字成像检测设备：X 射线探伤机最大管电压为*kV，最大管电流为*mA，属于II类射线装置。设备自动化程度高，可进行批量检测，大大缩短检测时间。单次最大曝光时间约*s，年最大曝光时间约*h。			扩建
公用工程	给排水、供配电系统依托厂区已建设施	—	—	依托
办公及生活设施	依托厂区已建办公设施	—	生活污水、生活垃圾	依托
环保工程	生活污水依托厂区自建一体化污水处理系统；生活垃圾通过依托厂区统一收集后移交环卫部门清运	—	—	依托

4、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 主要原辅材料及能耗情况表

名称		年耗量	来源
能耗	电 (kW·h)	3500kW·h	市政电网
	水量	40m ³ /a	市政供水

5、项目设备配置及主要技术参数

本项目射线装置相关参数情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置参数表

射线装置名称	设备型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	投射类型	生产厂家	辐射角度	射线装置类别	活动种类
X 射线数字成像检测设备	UND225	1	*	*	定向 (由下向上)	重庆日联	40°×30°	II类	使用

6、项目工作人员配置情况

(1) 工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 286 天，每天 3 班，每班 7 小时。

(2) 人员配置：本项目拟配备 3 名辐射工作人员，原有 1 名辐射工作人员，新增 2 名辐射工作人员。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》(生态环境部，公告 2019 年第 57 号)：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’(网址：<http://fushe.mee.gov.cn>) 报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗，且每 5 年进行一次再学习和考核。

五、项目选址及平面布局合理性分析

(一) 项目选址合理性分析

1、德阳天和机械制造有限责任公司外环境关系

本项目租赁德阳天和机械制造有限责任公司 3# 厂房用于扩建 1 台型号为 UND225 的 X 射线数字成像检测设备，配套新增铅房。德阳天和机械制造有限责任公司厂区位于四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号，公司厂区周边以工业企业为主。厂区

东面紧邻祁连山路，隔祁连山路为德阳台海核能装备有限公司，厂区北面为四川东方绿建科技有限公司，厂区西北面为四川毅恒重工机床有限公司，厂区南面为四川丰藏蘑菇产业园。项目外环境关系图详见附图2。

公司周围200m范围内无学校、医院、文物保护、风景名胜等环境敏感目标，不涉及自然保护区、水源保护区、风景名胜区等环境敏感点。本项目严格落实相关环境保护及辐射防护措施后，对外环境不会产生明显影响，与周围环境相容。

2、3#厂房外环境关系

3#厂房位于厂区中部，西侧为2#厂房，主要进行铝铸件制造，东侧为4#厂房，主要进行铁铸件制造，北侧为厂区边界，南侧为库房。厂房与厂房之间以厂区道路相隔，厂区道路人流量较小。2#厂房和4#厂房与本项目所在的3#厂房之间有一定的距离，受本项目影响较小。厂区总平面布置图详见附图3。

3、探伤室外环境关系

本项目X射线探伤室位于3#厂房西南部，探伤室西北侧为厂区道路，西南侧为荧粉探伤检验室和包材库，东南侧为浸渗探伤区，东北侧为工件生产线。3#厂房平面布置图详见附图4。

4、选址合理性分析

项目拟建地周围主要以工业企业为主，评价范围内（50m范围）没有医院、学校、集中居民区、饮用水源保护区等环境敏感区，同时也无自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。

本项目不新增用地，且项目使用的探伤室有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

（二）项目平面布局合理性分析

本项目 X 射线探伤室位于厂区西南部，X 射线探伤室所在的 3#厂房与其他区域相对独立，辐射防护区域划分比较容易，便于管理。另外，X 射线探伤室设置在 3#厂房西南部，物流、人流通道便捷，利于生产效率的提高。

总体来看，本项目使用的 1 套 X 射线数字成像检测设备有独立、固定的辐射场所及其配套的操作台。辐射场所与周围各单元间分隔明确，不相互穿插。因此，从辐射

安全与防护的角度来看，项目的平面布置是合理的。

六、原有核技术利用情况

（一）原有项目辐射安全许可证情况

德阳应和机械制造有限责任公司现已取得辐射安全许可证，证书编号为“川环辐证[00593]”，许可种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至：2023年5月27日。具体情况见表1-4。

表 1-4 已获许可使用的射线装置

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	装置数量	活动种类	备注
1	X射线实时成像系统	XG-1604T/C	II类	铸造1号车间X射线探伤室	1	使用	已上证、在用

（二）是否发生过辐射安全事故

据了解，德阳应和机械制造有限责任公司自取得《辐射安全许可证》以来，落实辐射工作场所安全管理要求、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作设备操作规程、辐射工作人员岗位职责、射线装置台账管理制度、辐射事故预防措施及应急处理预案等相关措施，未发生过辐射安全事故，无辐射环境问题产生。具体情况见附件7。

（三）辐射工作人员培训情况

德阳应和机械制造有限责任公司辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训班学习和考核。本项目原有2名辐射工作人员均参加了辐射安全与防护培训班的学习并取得了《辐射安全培训合格证》，培训情况统计详见表1-5。

表 1-5 辐射工作人员培训情况统计表

姓名	培训时间	培训类别	工作类别	证书编号	培训计划
石*	2018年5月	辐射安全与防护培训	管理	CHO28568	到期后网上学习考核
柳*	2019年12月	辐射安全与防护培训	操作	CHO44401	到期后网上学习考核

公司应严格执行辐射工作人员培训制度，将新增的辐射工作人员纳入学习计划中。培训合格成绩单的有效期为5年，有效期届满应参加复训并考核。

（四）开展辐射监测的情况

1、个人剂量检测

公司为每一位辐射工作人员配备个人剂量计，每季度对个人剂量进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令18号）要求建立个人剂量档案，公司有专人负责个

人剂量管理工作。

德阳应和机械制造有限公司委托四川同佳检测有限责任公司进行个人剂量检测工作。公司提供了辐射工作人员近四个季度个人剂量监测报告，监测结果见附件8，显示未出现季度个人剂量超过1.25mSv和年剂量超过5.0mSv的情况，辐射工作人员个人剂量统计结果见表1-6。

表1-6 辐射工作人员个人剂量统计表

姓名	性别	监测结果				合计
		2021年二季度	2021年三季度	2021年四季度	2022年一季度	
石*	男	/	/	<MDL	<MDL	/
柳*	女	0.03	0.05	<MDL	<MDL	0.08

注：1、检出限（MDL）为0.03mSv；

2、石佳在2021年四季度前未涉及辐射管理工作，故无监测数据。

2、工作场所辐射水平监测

德阳应和机械制造有限公司委托四川同佳检测有限责任公司对已建探伤室铅房进行了辐射环境现状监测，监测报告编号为同环辐监字（2021）第342号，监测报告详见附件9。监测结论表明，工作场所X-γ射线剂量率范围在（*-*）μSv/h内，公众场所X-γ射线剂量率范围在（*-*）μSv/h内。该探伤室铅房内射线装置年累计曝光时间最大约为500h，职业人员居留因子取1，公众居留因子按实际情况取值1/4。则计算职业工作人员每年所受剂量最大为0.08mSv，公众每年所受剂量最大为0.02mSv。

监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定工作人员20mSv/a，公众1mSv/a的剂量限值，且分别符合工作人员5mSv/a，公众0.1mSv/a的剂量约束值。

（五）年度评估报告

建设单位已于2022年1月17日，在全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/>）中提交2021年度四川省核技术利用单位射线装置安全和防护状况年度评估报告，对2021年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

七、本项目依托情况

本项目依托的主要环保设施有：

(1) 项目产生的清洗废水和生活污水依托公司厂区自建一体化污水处理系统处理后进入市政污水管网，并经石亭江城市生活污水处理厂进一步处理达标后排入石亭江。

(2) 项目产生的生活垃圾通过依托厂区统一收集后移交环卫部门清运。

(3) 本项目租赁厂房已于 2011 年 11 月 3 日取得德阳市环境保护局《关于德阳天和机械制造有限责任公司汽车发动机零部件制造项目环境影响报告表的批复》(文号：德环建函[2011]178 号)。

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	核素名称	理化性质	活动种类	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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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	UND225	*	*	工件探伤	探伤室	拟购
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存 方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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，年排放总量为 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》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 8 月 31 日国务院第 104 次常务会议通过，自 2005 年 12 月 1 日起施行，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；</p> <p>(6) 《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>(7) 《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 部令第 1 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第 31 号令，2017 年 12 月 20 日，原环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日发布）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(10) 《射线装置分类办法》，环境保护部公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月起实施；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号，原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(13) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发[2015]162 号；</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年第 57 号）。</p>
------	---

技术标准	<p>(1) 《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>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(6) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008);</p> <p>(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014);</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)。</p>
其他	<p>(1) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版);</p> <p>(2) 《放射事故管理规定》(公安部, 卫生部令第 16 号);</p> <p>(3) 《关于印发<四川省生态环境厅(四川省核安全管理局)辐射事故应急预案(2020 版)>的通知》(川环发[2020]2 号);</p> <p>(4) 《电离辐射剂量学》, 李士骏编(原子能出版社, 1986, 第二版), 原子能出版社;</p> <p>(5) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400 号);</p> <p>(6) 建设单位提供的其它与本项目有关的技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>参照《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》(HJ10.1-2006)中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。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”，并结合本项目的特点，确定本项目评价范围为 X 射线探伤铅房实体屏蔽墙周围 50m。</p>						
保护目标						
<p>本项目探伤铅房周围 50m 评价范围均位于公司厂房内，其 50m 范围内无学校及居民区等其他环境敏感点。本项目环境保护目标为辐射工作人员以及与探伤铅房所在地邻近车间内的未列入辐射工作人员管理的其他工作人员（公众），详见表 7-1。</p>						
表 7-1 本项目环境保护目标一览表						
保护目标		方位	与探伤铅房最近距离 (m)	规模 (人)	照射类型	剂量约束值
职业人员	工件上下料位置	铅房东北侧	*	*	职业照射	5mSv/a
	操作台	铅房东侧	*	*		
公众人员	办公室	探伤室西南侧	*	*	公众照射	0.1mSv/a
	浸渗探伤区	探伤室东侧	*	*		
	生产线区域	探伤室东北侧	*	*		
	厂房进出口	探伤室西侧	*	/		
评价标准						
一、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类水域标准；						
3、声环境：执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 类标准。						
二、污染物排放标准						
1、废气：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中二级标准；						
2、废水：执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级排放标准；						
3、噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准限值；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准；						

4、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）。

三、电离辐射标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	剂量要求
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（但不可作任何追溯性平均）， 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。

本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4，即 5mSv/a 作为职业人员的年剂量约束值。取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的 1/10，即 0.1mSv/a 作为公众的年剂量约束值。

表 7-3 本项目辐射环境影响评价标准

分类	基本标准限值（GB18871-2002）（mSv/a）	剂量约束值/评价标准（mSv/a）
职业照射	20（有效剂量）	5（有效剂量）
公众照射	1（有效剂量）	0.1（有效剂量）

2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入门口的辐射屏蔽应同时满足：

a)人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周,对公众不大于 5 μ Sv/周；

b)关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4 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 4.1.3；

b)对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。

表 7-4 本项目辐射环境影响评价标准

分类	剂量约束值/评价标准
铅房四周 30cm 处剂量率	2.5 μ Sv/h
铅房顶面 30cm 处剂量率	100 μ Sv/h
职业人员周剂量	100 μ Sv/周
公众周剂量	5 μ Sv/周

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），关注点通常为距探伤室外表面 30cm 处人员可能受照剂量最大的位置；在距探伤室一定距离处，公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置也应作为关注点。

四、臭氧浓度限值

《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）中最高允许浓度 0.30mg/m³；《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中二级标准小时平均浓度 0.20mg/m³。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

德阳应和机械制造有限公司位于四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号，本项目租赁德阳天和机械制造有限公司 3#厂房，项目拟建场所现状如下图所示：

* * *

拟建场所现状

二、现状监测及评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川同佳检测有限责任公司于 2022 年 4 月 11 日对项目 X 射线探伤室周围进行环境辐射剂量率现状监测。监测报告见附件 10。

1、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- (1) 评价对象：本项目探伤室拟建位置周围及内部辐射环境；
- (2) 监测因子：本项目探伤室拟建位置周围及 X-γ辐射剂量率；
- (3) 监测点位：在探伤室拟建位置周围及内部进行布置，共计 8 个监测点位。

2、监测方法及仪器

监测方法见表 8-1。

表 8-1 监测方法一览表

项目	监测方法	检出限	备注
X-γ辐射剂量率	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	10nGy/h	/
	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)		

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器及环境条件表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	技术指标	校准单位	
X-γ辐射剂量率	环境监测用 X-γ辐射空气比释动能率仪 编号：TJHJ2012-49	①能量响应：48KeV~3MeV ②测量范围： 10nGy/h~200μGy/h	中国测试技术研究院	天气：多云 温度：22.9℃ 湿度：72%

3、质量保证

监测单位：四川同佳检测有限责任公司

四川省生态环境监测业务系统项目编号：SCTJJCYXZRG2603-0001

四川同佳检测有限责任公司质量管理体系：

(1) 计量认证

四川同佳检测有限责任公司于2019年2月取得了四川省市场监督管理局颁发的资质认定证书，证书编号为：162312050547，有效期至2022年11月10日。

(2) 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。

(3) 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。

4、环境现状监测与评价

为了解项目环境辐射剂量率现状，共设8个环境辐射剂量率监测点，具体监测点位布设和监测结果如下所述：

表 8-3 拟建辐射工作场所周围 X-γ辐射剂量率监测结果表

点位	监测位置	测量值 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)
1	拟建铅房西北侧	*	*
2	拟建铅房东北侧	*	*
3	拟建铅房东南侧	*	*
4	拟建铅房西南侧	*	*
5	拟建铅房西南侧办公室	*	*
6	拟建铅房东侧浸渗探伤区	*	*
7	拟建铅房东北侧生产线区域	*	*
8	拟建铅房西侧（厂房外空地）	*	*

根据监测报告数据，项目所在区域的 X-γ辐射剂量率背景值为*nGy/h~*nGy/h，与《2020年四川省生态环境状况公报》中德阳市辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率 70~100nGy/h 处在同一水平，属于当地天然本底涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

建设单位拟租赁德阳天和机械制造有限公司 3# 厂房用于扩建 1 台型号为 UN225 的 X 射线数字成像检测设备，配套新增铅房。X 射线探伤机放置在铅房内，机器人控制箱、高压发生器、冷却器、电控柜、稳压电源、操作台等辅助设备放置在铅房外，整个检测系统用玻璃房与外界进行隔断，形成探伤室。该 X 射线检测系统为建设单位外购的成品设备。本项目施工期不涉及到土建施工，仅需进行设备安装调试、玻璃房安装，在项目施工过程中，会产生一定的噪声、固体废物、X 射线以及施工人员产生的生活垃圾和生活污水。

施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

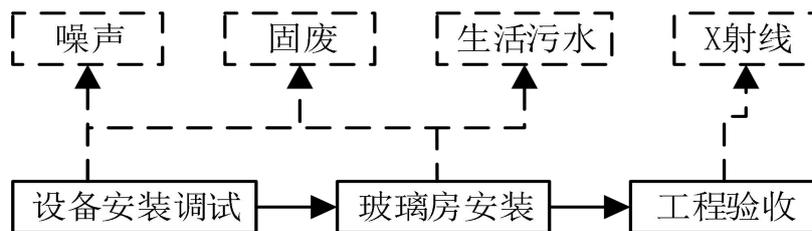


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目 X 射线检测系统由生产厂家将设备直接运输至现场，由生产厂家进行安装调试。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

二、营运期工艺分析

1、设备组成

X 射线实时成像检测设备主要是由 X 射线探伤机、高分辨率实时成像单元、计算机图像处理单元、机械传动单元、电气控制单元、X 射线防护单元（铅房）组成。

(1) X 射线探伤机

主要由 X 射线管、高频高压发生器、高压电缆、水冷却器组成。

X 射线管采用*分体式双焦点射线管。高频高压发生器采用*技术，全中文界面；单元体积小、集成度高、抗干扰能力强、故障率低；采用优质、先进的电子器件，具有

多种保护功能，并有故障报警与显示功能，故障自动保存及历史查询等功能。水冷却器流量为 $\geq 5\text{L}/\text{min}$ ，容积为 8L。

(2) 高分辨率实时成像单元

由平板探测器组成。

采用*平板，具有 139 μm 的清晰分辨能力，高达 74dB 的信噪比，既可作为固定式平板又可作为移动平板应用。

(3) 计算机图像处理单元

由计算机硬件、图像处理软件、触摸屏和现场监控组成。

计算机硬件包括计算机主机 X 光主显示器。图像软件由日联科技自主开发，全菜单操作模式（手动模式、自动模式），功能强大，有图像采集及处理、图像分析及处理、实时成像显示及记录、数据保存及备份、自动识别等功能。触摸屏相当于是图像处理单元的一个延伸，方便工作人员在上下料时进行操作。现场监控主要由红外高清摄像头、录像机、显示器组成，检测室内安装有红外高清摄像头，实时监控检测室检测状态，方便调整工件检测角度和安全监控检测室是否有人。

(4) 机械传动单元

由检测机构、旋转载物台组成。

检测机构由 C 型臂与机器人组成，采用机器人带动 C 型臂运动，可以满足工件不同角度透照需求。旋转载物台可以 180° 转动，实现上料和检测同步进行，提高检测效率。

(5) 电气控制单元

由计算机处理系统、安全联锁单元、安全报警单元、动力单元、CNC 示教单元组成。

计算机处理系统是由 PLC 和工控机组成通讯网络，可在软件界面实现对各运动轴的控制，完成 CNC 全自动检测。安全联锁单元是在维修或紧急情况下，切断安全联锁单元，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。安全报警单元是在铅门上方安装有声光报警器，当射线开启时，声光提醒工作人员注意辐射安全。动力单元是为设备提供动力及低压分配。CNC 示教单元是在完成各轴运动轨迹、参数设置和计算机通讯后，显示运动参数，当检测同类工件时，调用相关 CNC 程序，实现自动检测。

(6) X 射线防护单元

即为铅房。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。铅房上装有吊环，易于吊车搬运，下端装有支脚，以有利于叉车搬运。铅房顶部设有明显可见的报警灯，内部设有照明及摄像机。铅门入口设有红外线光幕，防止铅门闭合时夹伤未撤出铅门外人员。铅房内有紧急停止按钮，按下该停止按钮设备停止运行，保证维修时安全。

本项目机械结构示意图如图 9-2 所示。

*

图 9-2 项目机械结构示意图

2、工作原理

由 X 射线管发出 X 射线，X 射线穿透被测物体，根据被测物体的不同密度及不同厚度对 X 射线的吸收和反射特性不同，成像器将穿透被测物体的 X 射线信息转换成灰度信息并传输给计算机，计算机通过图像处理软件对原始图像进行图像降噪、锐化等处理，将被检测物体内部结构状况清晰地显示出来，并根据需要进行数据的本地存储、打印。对物体内部进行无损评价，是进行产品研究、失效分析、高可靠筛选、质量评价、改进工艺等工作的有效手段。

3、工作流程

本项目涉及的 X 射线探伤项目均在固定的探伤室内完成。

(1) 通过机器人手臂将待检工件放在传送带上，经过通过式清洗机进行清洗烘干后，待检工件被输送至探伤室外，工作人员搬运工件至载物台；

(2) 工件置于载物台上，打开升降铅门，载物台自动旋转 180°到检测位（这时可以放置下一个工件，提高检测效率），关闭升降铅门；

(3) 选择工作模式：

①手动模式：工作人员手动操作对工件不同部位进行透照成像；

②自动模式：对标准工件进行批量检测时，手动示教后，运行 CNC 程序，会自动寻找工件的检测部位并调节不同点位电压、电流及对应对比度信息，实现自动检测；

(4) 采用上下透照方式，射线源和探测器联动，检测工件不动，检测机构自动跑位检测；

(5) 工作人员根据显示图像进行质量评估；自动检测过程中如发现不合格产品时，检测程序会暂停，软件会自动报警，同时连接声光报警器，通知人工进行复判，如复判确认不合格可直接停止检测。通过打标机对有缺陷工件作上记号。

4、产物环节及污染因子

本项目探伤采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片，无危险废物产生。本项目 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图见图 9-3。

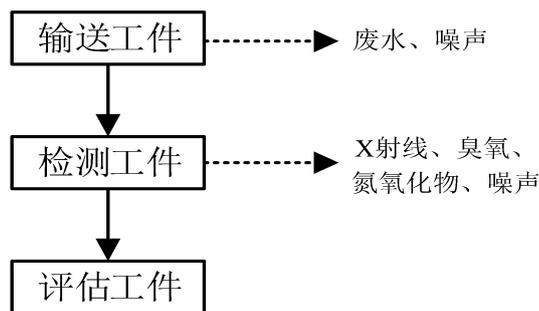


图 9-3 项目 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图

5、人流、物流路径规划

本项目探伤工件进出方式采用机械传送，工作人员将工件置于载物台上，打开升降铅门，载物台自动旋转 180°到检测位，这时再放置下一个工件，快速提高检测效率。工作人员不进入铅房内，在铅房外通过操作台或触摸屏进行探伤工作，以及进行工件的上下料工作。根据本项目实际情况，划定了人流、物流路径，见图 9-4。

*

图 9-4 项目人流物流示意图

污染源项描述

一、施工期

项目 X 射线检测系统安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。安装调试期会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物可回收处理部分由厂家安装工人回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置；安装时间较短，噪声对周围环境影响较小；项目产生的生活污水经收集后，依托厂区自建一体化污水处理系统。

二、营运期

1、电离辐射

X 射线探伤机开机工作时，通过高频高压发生器和 X 射线管产生高速电子束，放出具有确定能量的X射线，对探伤现场工作人员和公众产生一定外照射。不开机状态不产生 X 射线。

2、废气

X 射线探伤机在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

3、废水

本项目 X 射线实时成像检测设备在检测过程中不需要打印胶片，不使用显、定影液，但在输送过程中对工件进行清洗烘干，会产生少量的清洗废水，通过式清洗机中的清洗废水会循环使用，使用一段时间后排入自建一体化污水处理系统处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准后排入石亭江城市生活污水处理厂。项目设置 3 名辐射工作人员产生少量生活污水，经收集后，依托厂区自建一体化污水处理系统。

4、噪声

本项目产生的噪声主要来自 X 射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备。经建筑物墙体隔声及厂区距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到相关标准要求。

5、固体废物

本项目 X 射线实时成像检测设备在检测过程中不需要打印胶片，不使用显、定影液，不会产生危险废物。项目设置 3 名辐射工作人员产生少量生活垃圾，通过依托厂区统一收集后移交环卫部门清运。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射工作场所平面布局和两区划分

1、项目平面布局合理性分析

本项目 X 射线探伤室位于厂区西南部，X 射线探伤室所在的 3#厂房与其他区域相对独立，辐射防护区域划分比较容易，便于管理。另外，X 射线探伤室设置在 3#厂房西南部，物流、人流通道便捷，利于生产效率的提高。

总体来看，本项目使用的 1 套 X 射线数字成像检测设备有独立、固定的辐射场所及其配套的操作台。辐射场所与周围各单元间分隔明确，不相互穿插。因此，从辐射安全与防护的角度来看，项目的平面布置是合理的。

2、辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本次环评将铅房内部实体区域划定为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入；探伤室内除铅房实体以外的区域划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。

本项目辐射工作场所两区划分情况见表 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	铅房内部实体区域	探伤室内除铅房实体以外的区域
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，探伤装置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》（GB18871-2002）6.4.1.4c）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	监督区为工作人员操作仪器时的工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.2.2b）在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌

两区划分示意图见下图：

*

图 10-1 本项目两区划分示意图

二、辐射安全与防护措施

1、工作场所实体辐射防护情况

本项目铅房实体辐射防护情况见表 10-2。

表 10-2 项目铅房实体辐射防护情况一览表

型号	铅房墙体	铅门	通风孔	穿线孔
UND225	铅房结构为钢-铅-钢夹层，铅房顶面前、前面、左面前、右面前铅厚均为*mm，铅房顶面后、后面、左面后、右面后、底面铅厚均为*mm。	升降铅门铅厚为*mm，双开铅门铅厚为*mm	采用钢铅防护罩，铅板厚*mm	采用钢铅防护罩，铅板厚*mm

本项目固定式 X 射线探伤铅房主要采用铅材料进行防护，X 射线探伤机射线源位于铅房前侧，探伤作业时射线源从下往上照射，探测器（机器人与 C 型臂的组合）带动射线管在极限位内正负摆动*°进行自动检测。因此，X 射线源直接照射面包括顶面前、前面、左面前和右面前，铅厚均为*mm，通过探伤铅房屏蔽体厚度合理性分析，本项目探伤铅房屏蔽设计厚度满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的屏蔽要求。

2、固有安全性

①钥匙控制开关：X 射线检测系统带钥匙开关，钥匙挡位在“ON”时射线才被允许打开，钥匙由专人负责保管。

②开机系统自检：开机后控制器首先进行系统诊断测试，若诊断测试正常，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延时启动功能：按下高压按钮启动曝光后，在产生 X 射线之前，在延时阶段，会听到“嘀---嘀”警报声，这时用户也可以按下停高压按钮来停止探伤机的启动。

④铅门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串连在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。

⑤本项目 X 射线检测系统自带铅钢结构全封闭铅房，距铅房外表面 0.3m 的剂量率不超过 1uSv/h 的限制值。

⑥采用双门锁开关，只有铅门完全关闭后，射线才被允许打开。

⑦铅房内设置紧急停机按钮，紧急情况下可随时切断射线。

⑧过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑨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本项目铅房拟安装位置为一层建筑，下方无地下室和地下车库，地面经过混凝土硬化，具有一定的承重强度，不会造成地面塌陷。

3、安全措施

铅门与 X 射线探伤机实现门机联锁、与工作状态指示灯实现门灯联锁，在铅房上粘贴有中文标识的电离辐射警示标志，在升降铅门旁设置橙色工作状态指示灯，并在铅房内安装紧急止动装置和监控装置等，避免工作人员和公众受到误照射。

①门机联锁：铅门与 X 射线探伤机高压电源联锁，如关门不到位，高压电源不能正常启动，高压电源未关闭，门不能正常打开。

②工作状态指示灯（门灯联锁）：升降铅门旁设置工作状态指示灯，并与铅门联锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业时，铅门不能被打开，防止探伤作业期间人员误入发生辐射事故。

③紧急止动装置：本项目在铅房内和操作台上易于接触的地方各设置 1 个紧急停机按钮，且相互串联，按下按钮，X 射线探伤机高压电源立即被切断，X 射线停止出束，铅门可以打开。

④视频监控系统：铅房内安装 1 个红外高清摄像头，摄像头直接对准工件，并连接到操作台的屏幕上，工作人员能在摄像机视图屏幕上实时监控探伤过程，如果出现

异常能迅速启动紧急制动装置。

⑤警告标志：铅房防护门外在醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志和工作状态指示灯箱，探伤作业时，有声光警示，控制区边界设置明显可见的警告标志。

电离辐射警告标志如图 10-2 所示。

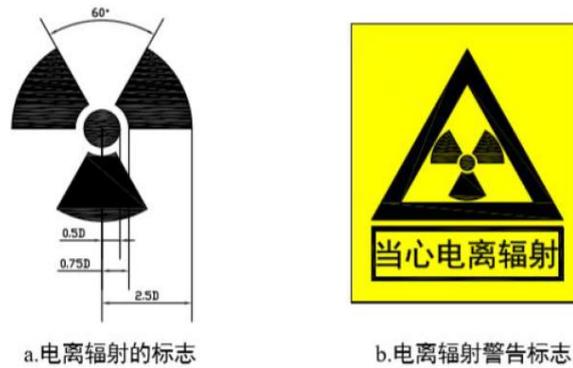


图 10-2 电离辐射警告标志

⑥铅房固有安全性：铅房门洞与防护门之间有足够的搭接宽度，通风孔和穿线孔处均有钢铅防护罩进行屏蔽，铅房采用钢-铅-钢结构进行搭接，铅房四周和顶部边框具有较高的结构强度，不会造成铅房坍塌和顶部下坠的现象。

4、人员的安全与防护

这里主要指对本项目辐射工作人员和周围相邻区域（评价范围内）的其他人员（公众）的防护。现场探伤作业时，为控制辐射对人体（主要是操作人员）的照射，综合采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

①屏蔽防护

现场探伤通过有效实体如铅房、铅板、钢板等对射线进行屏蔽，使现场操作人员受照剂量最小。

②时间防护

在探伤操作时，必须熟练、迅速、准确，尽量缩短探伤机曝光时间。

③距离防护

在探伤机出束时，尽量增大与探伤机间的距离，以降低受照剂量。

④个人剂量监测

辐射工作人员均应配备有个人剂量计，并要求上班期间必须佩带。建设单位定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

三、辐射安全防护设施对照分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号）、《环保部监测安全与防护监督检查技术程序》、《关于 X 射线探伤装置的辐射安全要求》（川环发[2007]42 号）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）相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	具体要求	本项目实际情况
探伤室建筑屏蔽设计	探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、迷道）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射效应。	设计中具备
门机连锁	探伤室工件进出大门和人员通道门应与探伤机连锁。	设计中具备
门灯连锁	探伤室防护门外侧及控制台上拟设置工作状态警示灯，并与门连锁，工作状态指示灯显示正在进行探伤作业时，防护门不能被打开。	设计中具备
紧急制动装置	在探伤室内墙和控制室操作台上易于接触的地方应设置紧急停机开关并有中文标识，各个紧急停机开关相互串联，按下按钮，探伤机高压电源立即被切断，探伤机停止出束，防护门可从内侧的逃逸开关打开。	设计中具备
视频监控	曝光室内安装 1 套实时视频监控系统和对讲装置，并连接到操作室操作台。视频探头安装于曝光室内，能拍到曝光室内探伤机的工作情况，并能看到迷道门和工件大门处的情况，保证曝光室内各个地方都能拍摄到，不留死角；视频监控屏幕位置位于操作室操作台上，工作人员能在操作室内实时监控探伤过程，如果出现异常能迅速启动紧急停机装置。	设计中具备
钥匙控制	探伤机的电源启动钥匙与人员通道门的钥匙以及控制台上的钥匙应牢固连接。该串钥匙应与便携式 X 辐射剂量仪连在一起，随操作员进出探伤室。	设计中具备
警告标志	曝光室工作人员入口门外和探伤工件出入大门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱，探伤作业时，应有声光警示，控制区边界应设置明显可见的警告标志。	设计中具备
通风系统	根据曝光室空间大小、X 射线机的管电压和管电流、以及探伤作业时间，曝光室内应设置相应排风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求。	设计中具备
入口处工作状态显示	灯箱应醒目显示“正在工作”	设计中具备
监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	依托原有
	个人剂量计	拟配备
	个人剂量报警仪	拟配备
应急物资	灭火器材	依托原有

建设单位按照表 10-3 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

四、环保设施及投资分析

本项目总投资*万元，其中环保投资*万元，占总投资约*%，具体环保设施及投资见表10-4。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。建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 10-4 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

序号	防护设施（措施）	数量	投资（万元）	备注	
1	辐射安全措施	辐射屏蔽措施（铅房）	1 座	/	设备自带
2		门机联锁	1 套		
3		门灯联锁	1 套		
4		工作指示灯	1 个		
5		视频监控系统	1 套		
6		通风孔	2 个		
7		警告标志	1 张		
8		急停开关	2 个		
9	监测仪警示装置	个人剂量计	3 个	*	新增 2 个，利旧 1 个
10		个人剂量报警仪	1 个	*	新增
11		便携式 X-γ剂量监测仪	1 台	/	利旧
12	应急预案	应急和救助的资金、物资准备	/	*	新增
13	人员培训	辐射安全培训费	/	*	新增
合计				*	/

三废的治理

1、废气

X 射线探伤机在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

本项目铅房顶部开有 2 个换气通风孔，配有轴流风机，风量为 202.8m³/h，总换气量为 405.6m³/h，两个风机换气次数合计约为 12.5 次/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。通风孔采用钢铅防护罩，铅板厚*mm，以确保通风孔无射线泄露。产生的臭氧排入环境大气后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中臭氧小时平均浓度二级标准（0.20mg/m³）的要求，不会对环境空气造成明显影响。

2、废水

本项目废水主要为工件清洗废水和辐射工作人员产生的少量生活污水，依托厂区自建一体化污水处理系统处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准后排入石亭江城市生活污水处理厂。

3、噪声

本项目产生的噪声主要来自 X 射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备。经建筑物墙体隔声及厂区距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）相关标准要求。

4、固体废物

本项目的固体废物主要为辐射工作人员产生的少量生活垃圾，通过依托厂区统一收集后移交环卫部门清运。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处理时，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”。

本项目使用的 X 射线探伤机在进行报废处理时，将 X 射线探伤机中的 X 射线管进行拆解并破碎处理，同时将 X 射线探伤机的电源线绞断，使 X 射线探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。拆解和去功能化处理后有原厂家回收。在射线

装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工期不涉及到土建施工，仅需进行设备安装调试、玻璃房安装。项目 X 射线检测系统安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。安装调试期会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物可回收处理部分由厂家安装工人回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置；安装时间较短，噪声对周围环境影响较小；项目产生的生活污水经收集后，依托厂区自建一体化污水处理系统。安装调试结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

一、探伤铅房屏蔽体厚度合理性分析

1、铅房屏蔽设计

本项目固定式 X 射线探伤铅房主要采用铅材料进行防护，X 射线探伤机射线源位于铅房前侧，探伤作业时射线源从下往上照射，探测器（机器人与 C 型臂的组合）带动射线管在极限位内正负摆动*°进行自动检测。因此，X 射线源直接照射面包括顶面前、前面、左面前和右面前，铅厚均为*mm，非直接照射面包括顶面后、后面、左面后、右面后、底面，铅厚均为*mm。

具体屏蔽设计参数见表 11-1。

表 11-1 铅房屏蔽设计参数表

方向	屏蔽设计
顶面	前*mmPb/后*mmPb
前面（东北侧）	*mmPb
左面（西北侧）	前*mmPb/后*mmPb
右面（东南侧）	前*mmPb/后*mmPb
后面（西南侧）	*mmPb
底面	*mmPb

2、关注点剂量率参考控制水平

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 为关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ 和导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 中的较小值。

(1) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h}$;

(2) 导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 按下式进行计算:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中:

H_c ——年剂量参考控制水平,。

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子, 此处取 1;

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子, 经常有人员停留的地方取 1, 有部分时间有人员驻留的地方取 1/4;

t ——探伤装置年照射时间。

探伤铅房关注点剂量率参考控制水平参数 \dot{H}_c 选取计算结果见表 11-2。

表 11-2 关注点剂量率参考控制水平参数 \dot{H}_c 选取计算结果表

关注点	受照类型	使用因子	居留因子	导出剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点最高剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
东北侧屏蔽体外 30cm 处	职业	1	1	12.6	2.5	2.5
西北侧屏蔽体外 30cm 处	职业	1	1/4	50.4	2.5	2.5
东南侧屏蔽体外 30cm 处	职业	1	1/4	50.4	2.5	2.5
西南侧屏蔽体外 30cm 处	职业	1	1/4	50.4	2.5	2.5
顶部屏蔽体外 30cm 处	职业	1	/	/	10	10

注: 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 探伤室上方及邻近无建筑物, 探伤室顶不需要人员到达, 剂量率参考控制水平取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。本项目探伤室上方剂量参考控制水平取 $100\mu\text{Sv/h}$ 的 1/10, 即 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

综上, 本项目探伤铅房外关注点剂量率参考控制水平确定为: 距屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

3、屏蔽厚度校核

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT 250-2014)“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”。本项目 X 射线源直接照射面包括顶面前、前面、左面前和右面前，本次将顶面、前面(东北侧)、左面(西北侧)、右面(东南侧)整个墙面考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。非主射束方向上的铅房后面(西南侧)屏蔽厚度校核考虑 X 射线的散射和漏射。本项目铅房拟安装位置为一层建筑，下方无地下室和地下车库，地面经过混凝土硬化，故不考虑其底部辐射环境影响。

本项目选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中理论计算的方法校核铅房屏蔽厚度，由于管电压*kV 探伤机部分参数未给出，故保守以 250kV 管电压参数计算。

(1) 主射方向屏蔽厚度校核

①关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算：

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

式中：

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

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离，m；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m 处输出量；

②对应估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \dots \dots \dots \text{(式 11-3)}$$

式中：

TVL——什值层厚度，mm。

本项目主射屏蔽所需屏蔽物质厚度 X 计算结果见表 11-3。

表 11-3 屏蔽物质厚度 X 计算结果表

关注点	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射源点(靶点)至关注点的	最大管电流 (mA)	距辐射源点(靶点)1m 处输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	屏蔽透射因子	什值层厚度 (mm)	屏蔽物质厚度 (mm)	铅层设计厚度 (mm)
-----	--------------------------------	---------------	------------	---	--------	------------	-------------	-------------

		距离 (m)						
东北侧屏蔽体外 30cm 处	2.5	0.64	*	*	*	*	19.98	20
西北侧屏蔽体外 30cm 处	2.5	0.88	*	*	*	*	19.17	20
东南侧屏蔽体外 30cm 处	2.5	0.88	*	*	*	*	19.17	20
顶部屏蔽体外 30cm 处	10	2.4	*	*	*	*	14.90	20

注：铅的密度为 11.3t/m³

(2) 其他方向屏蔽厚度校核

A、漏射辐射屏蔽厚度校核

①关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \dots \dots \dots \text{(式 11-4)}$$

式中：

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

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

\dot{H}_L ——距离靶点 1m 处 X 射线管的漏射辐射剂量率。

②对应估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \dots \dots \dots \text{(式 11-5)}$$

式中：

TVL——半值层厚度，mm。

本项目漏射屏蔽所需屏蔽物质厚度 X 计算结果见表 11-4。

表 11-4 屏蔽物质厚度 X 计算结果表

关注点	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射源点（靶点）至关注点的距离 (m)	距离靶点 1m 处 X 射线管的漏射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽透射因子	半值层厚度 (mm)	屏蔽物质厚度 (mm)	铅层设计厚度 (mm)
西南侧屏蔽体外 30cm 处	2.5	3.33	*	*	*	6.54	13

注：铅的密度为 11.3t/m³

B、散射辐射屏蔽厚度校核

①关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots\dots\dots \text{(式 11-6)}$$

式中：

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

R_s ——散射体至关注点的距离，m；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量；

F —— R_0 处的辐射野面积，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面积上的入射辐射剂量率的比。

②对应估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

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

式中：

TVL——什值层厚度，mm。

本项目散射屏蔽所需屏蔽物质厚度 X 计算结果见表 11-5。

表 11-5 屏蔽物质厚度 X 计算结果表

关注点	西南侧屏蔽体外 30cm 处
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5
散射体至关注点的距离 (m)	3.33
辐射源点（靶点）至探伤工件的距离 (m)	0.65
最大管电流 (mA)	*
距辐射源点（靶点）1m 处输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	*
辐射野面积 (m ²)	*
散射因子	*
屏蔽透射因子	*
什值层厚度 (mm)	*
屏蔽物质厚度 (mm)	4.83
铅层设计厚度 (mm)	13

注：铅的密度为 11.3t/m³

(3) 复合分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，漏射辐射的屏蔽厚度与散射辐射的屏蔽厚度相差一个什值层厚度 (TVL) 或更大时，取较厚的屏蔽厚度为屏蔽所需厚度；相差不足一个什值层厚度 (TVL) 时，在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL) 为屏蔽所需厚度。由表 11-4 和表 11-5 可知，本项目散射辐射的屏蔽厚度与漏射辐射的屏蔽厚度相差小于一个什值层 (TVL) 厚度，因此本项目屏蔽体在考虑散射辐射及漏射辐射屏蔽厚度计算时采用其中较厚的屏蔽上增加一个半值层 (HVL) 厚度，管电压 250kV 的探伤机 X 射线束铅的半值层取值 0.86mm。

本项目探伤铅房屏蔽理论厚度校核结果见表 11-6。

表 11-6 探伤铅房屏蔽理论厚度校核表

关注点	主射束辐射需屏蔽厚度 (mm)	泄漏辐射需屏蔽厚度 (mm)	散射辐射需屏蔽厚度 (mm)	理论计算屏蔽厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	是否满足屏蔽要求
东北侧屏蔽体外 30cm 处	19.98	/	/	19.98	20	是
西北侧屏蔽体外 30cm 处	19.17	/	/	19.17	20	是
东南侧屏蔽体外 30cm 处	19.17	/	/	19.17	20	是
顶部屏蔽体外 30cm 处	12.00	/	/	12.00	20	是
西南侧屏蔽体外 30cm 处	/	6.54	4.83	7.4	13	是

由表 11-6 可以看出，本项目探伤铅房屏蔽设计厚度满足屏蔽要求。

二、项目运行阶段辐射环境影响分析

1、关注点及评价范围内环境保护目标处的辐射剂量率水平

(1) 探伤铅房周围环境

本项目 X 射线探伤室位于 3# 厂房西南部，探伤室西北侧为厂区道路，西南侧为荧光探伤检验室和包材库，东南侧为浸渗探伤区，东北侧为工件生产线。

(2) 选取预测点

本次评价选取关注点预测其在探伤机正常工况下的辐射剂量率，一类是铅房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率，包括铅房四面及屋顶外的辐射剂量率；一类是评价范围 (50m)

内的环境保护目标位置处的辐射剂量率。预测点分布如图 11-1 所示。

*

图 11-1 预测点分布图

(3) 计算公式

A、有用线束屏蔽计算

①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 在给定屏蔽物质厚度的情况下, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按 11-8 式计算。

$$B = 10^{-X/TVL} \dots \dots \dots \text{(式 11-8)}$$

式中:

X——屏蔽物质厚度, mm;

TVL——半值层厚度, mm。

②计算出辐射屏蔽透射因子 B 后, 关注点的辐射剂量率按 11-9 式计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots \text{(式 11-9)}$$

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, mA;

H_0 ——距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, ;

B——屏蔽透射因子;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m。

B、漏射辐射屏蔽计算

①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 在给定屏蔽物质厚度的情况下, 相应的辐射屏蔽透射因子 B, 按式 11-8 进行计算;

②计算出辐射屏蔽透射因子 B 后, 按式 11-10 计算泄露辐射在关注点的辐射剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots \text{(式 11-10)}$$

式中:

B——屏蔽透射因子;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率;

C、散射辐射屏蔽计算

①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 在给定屏蔽物质厚度的情况下, 相应的辐射屏蔽透射因子 B, 按该标准的表 2 并查表 B.2 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按 11-8 进行计算;

②计算出辐射屏蔽透射因子 B 后, 按式 11-11 计算散射辐射在关注点的辐射剂量率。

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

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, mA;

H₀——距辐射源点(靶点) 1m 处输出量;

B——屏蔽透射因子;

F——R₀ 处的辐射野面积;

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面积上的入射辐射剂量率的比。

R₀——辐射源点(靶点) 至探伤工件的距离, 0.65m;

R_S——散射体至关注点的距离, m。

(4) 计算结果

本项目关注点辐射剂量率水平计算所取的计算结果见表 11-7。

表 11-7 关注点辐射剂量率计算参数及结果表

	关注点位置	辐射类型	靶点至关注点的距离 (m)	屏蔽物质厚度	屏蔽透射因子	辐射剂量率 (μSv/h)	约束值 (μSv/h)
辐射剂量率控制点	1#东北侧屏蔽体外 30cm 处	主射束	0.64	*	*	2.45	2.5
	2#西北侧屏蔽体外 30cm 处	主射束	0.88	*	*	1.30	2.5
	3#东南侧屏蔽体外 30cm 处	主射束	0.88	*	*	1.30	2.5
	4#西南侧屏蔽体外 30cm 处	泄露辐射 散射辐射	3.33	*	*	1.48×10 ⁻²	2.5
	5#顶部屏蔽体外 30cm 处	主射束	2.4	*	*	0.17	10
环境保护目	6#工件上下料位置	主射束	1.8	*	*	0.31	2.5
	7#操作台	主射束	2.5	*	*	0.16	2.5
	8#西南侧办公室	泄露辐射 散射辐射	17	*	*	5.69×10 ⁻⁴	2.5
	9#东侧浸渗探伤区	主射束	24	*	*	1.74×10 ⁻³	2.5

标位置	10#东北侧生产线区域	主射束	27	*	*	1.38×10^{-3}	2.5
	11#西侧厂房进出口	泄露辐射 散射辐射	15	*	*	7.31×10^{-4}	2.5

从表 11-7 可见，在探伤机正常运行工况下，本项目屏蔽铅房四周 30cm 处的辐射剂量率在 $\mu\text{Sv/h} \sim \mu\text{Sv/h}$ 范围，小于本次评价确定的 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的辐射剂量率限值，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）规定的探伤室屏蔽要求。

2、项目运行对辐射工作人员和周围公众产生的附加剂量

本项目 X 射线探伤机运行时对辐射工作人员和周围公众产生的附加年有效剂量按式 11-12 计算。

$$H_a = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \dots \dots \dots \text{（式 11-12）}$$

式中：

\dot{H} ——人员所在场所辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——探伤装置年照射时间，397.2h/a；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子。

本项目 X 射线探伤机运行时对辐射工作人员和周围公众产生的附加年有效剂量计算参数及结果见表 11-8。

表 11-8 附加年有效剂量计算参数及结果表

关注点位置	人员性质	居留因子 T	使用因子 U	辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 H_a (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
工件上下料位置	职业	1	1	*	1.23×10^{-1}	5
操作台	职业	1	1	*	6.39×10^{-2}	5
西南侧办公室	公众	1	1	*	2.26×10^{-4}	0.1
东侧浸渗探伤区	公众	1	1	*	6.93×10^{-4}	0.1
东北侧生产线区域	公众	1	1	*	5.48×10^{-4}	0.1
西侧厂房进出口	公众	1/8	1	*	3.63×10^{-5}	0.1

从表 11-8 可见，本项目探伤机运行对辐射工作人员产生的附加年有效剂量远小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的 20mSv/a 职业照射剂量限值，也小于本次评价确定的 5mSv/a 职业照射剂量约束值。

从表 11-8 可见，本项目探伤机运行对周围公众产生的附加年有效剂量远小于《电

离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值,也小于本次评价确定的 0.1mSv/a 公众照射剂量约束值。

由此可见,本项目探伤机运行对辐射工作人员和周围公众所致附加年有效剂量满足国家相关标准要求,所产生的辐射环境影响小,是可接受的。

3、辐射工作人员剂量叠加

本项目拟配备 3 名辐射工作人员,原有 1 名辐射工作人员,新增 2 名辐射工作人员。原有辐射工作人员调配至本项目后仍从事辐射工作,故对本项目辐射工作人员所受年有效剂量进行叠加。根据建设单位提供 2021 年第二季度~2022 年第一季度的辐射工作人员个人剂量年度检测报告可知,辐射工作人员年有效剂量最大监测值为 *mSv (见附件 8),年有效剂量最大监测值与表 11-8 中的数据叠加后,本项目辐射工作人员所受到的年有效剂量仍符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求的剂量限值,并低于本报告执行的照射剂量约束值。

三、非放射性污染物的环境影响分析

1、大气环境影响分析

X 射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化合物,其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一,且臭氧是强氧化物,能使材料加速老化,与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸,标准中对大气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此本报告表主要对臭氧的产生及排放进行分析。

臭氧产额的计算公式:

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \cdots \cdots \cdots \text{(式 11-14)}$$

式中:

Q_0 ——臭氧产额, mg/h;

G ——离辐射源 1m 处的辐射剂量率, Gy/h;

S_0 ——射束在离源点 1m 处的照射面积, m^2 ;

R ——射束径迹长度, m;

g ——空气每吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 的分子数。

如照射时间足够长,浓度均匀,则可根据以下公式计算铅房内臭氧的浓度:

$$C = \frac{Q_0 \cdot T}{V} \cdots \cdots \cdots \text{(式 11-15)}$$

$$T = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \dots \dots \dots \text{(式 11-16)}$$

式中：

C ——室内臭氧平衡浓度， mg/m^3 ；

Q_0 ——臭氧产额， mg/h ；

T ——臭氧有效清除时间， h ；

V ——室内体积， m^3 ；

t_v ——平均每次换气时间， h ；

t_d ——臭氧分解时间， h 。

据以上公式可计算出 X 射线探伤机工作时，臭氧产额为 $0.03\text{mg}/\text{h}$ ，铅房内 O_3 的平衡浓度为 $6.97 \times 10^{-5} \text{mg}/\text{m}^3$ 。上述室内臭氧平衡浓度低于《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）中臭氧最高允许浓度 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本项目铅房顶部开有 2 个换气通风孔，配有轴流风机，风量为 $202.8\text{m}^3/\text{h}$ ，总换气量为 $405.6\text{m}^3/\text{h}$ ，两个风机换气次数合计约为 12.5 次/h，通风孔采用钢铅防护罩，铅板厚*mm，以确保通风孔无射线泄露。本项目臭氧排入环境大气后，经自然分解和稀释，也符合《环境空气质量标准》（GB3095—2012）中二级标准臭氧小时平均浓度 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求，不会对环境空气造成明显影响。

2、水环境影响分析

本项目 X 射线实时成像检测设备在检测过程中不需要打印胶片，不使用显、定影液，但在输送过程中对工件进行清洗烘干，会产生少量的清洗废水，通过式清洗机中的清洗废水会循环使用，使用一段时间后排入自建一体化污水处理系统处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的一级标准后排入石亭江城市生活污水处理厂。项目设置 3 名辐射工作人员产生少量生活污水，经收集后，依托厂区自建一体化污水处理系统。

3、声环境影响分析

本项目产生的噪声主要来自 X 射线探伤机和通风设备，建设单位拟采用低噪声设备。经建筑物墙体隔声及厂区距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）相关标准要求。

4、固体废物环境影响分析

本项目 X 射线实时成像检测设备在检测过程中不需要打印胶片，不使用显、定影

液，不会产生危险废物。项目设置 3 名辐射工作人员产生少量生活垃圾，通过依托厂区统一收集后移交环卫部门清运。

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处理时，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”。

本项目使用的 X 射线探伤机在进行报废处理时，将 X 射线探伤机中的 X 射线管进行拆解并破碎处理，同时将 X 射线探伤机的电源线绞断，使 X 射线探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。拆解和去功能化处理后有原厂家回收。在射线装置退役后应及时在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上对信息进行更新，并到发证机关更换辐射安全许可证。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目为“使用II类射线装置”核技术应用项目，营运中可能存在风险和潜在事故隐患。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版）第四十条，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，详见表 11-9。

表 11-9 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
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。

对于上述本项目可能发生的辐射事故等级，并参照《放射事故管理规定》（公安部，卫生部令第 16 号）附表一中的人员受照剂量照射事故分级，详见表 11-10。

表 11-10 人员受照剂量照射事故分级

受照人员及部位		受照剂量 (Gy)		
		一般事故	严重事故	重大事故
放射工作人员	全身	≥0.05	≥0.5	≥5
	局部或单个器官	≥0.5	≥5	≥20
公众成员	全身	≥0.005	≥0.05	≥1
	局部或单个器官	≥0.05	≥0.5	≥10

注：表中值不包括天然本底照射，以及正常情况下的职业照射、公众照射和医疗照射所致剂量；对于放射工作人员，表中值包括处理放射事故的计划照射所致剂量。

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，便不会有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

- ①射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- ②在产品检测时门机联锁失灵，操作人员在射线装置工作时，铅房防护门打开的情况下逗留在铅房附近，造成有人员被误照射；

③辐射工作人员由于缺乏操作经验和防护知识，安全观念淡薄等，违反操作规程和有关规定，造成有关人员误照射，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

三、辐射事故影响分析

假定在事故情况下，人员误入铅房，X 射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与 X 射线探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中 X 射线探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用式 11-17 计算：

$$D = I\delta_x/r^2 \dots \dots \dots \text{ (式 11-17)}$$

式中：

D ——空气吸收剂量率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

I ——管电流， mA ；

δ_x ——距辐射源点（靶点） 1m 处输出量；

r ——参考点距 X 射线管焦斑的距离， m 。

人员受到的有效剂量可用式 11-18 计算：

$$E = D \cdot \sum W_T \cdot \sum W_R \dots \dots \dots \text{ (式 11-18)}$$

式中：

E ——人员受到的有效剂量， $\text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

W_T ——组织权重因数，求和为 1；

W_R ——辐射权重因数，求和为 1。

根据式 11-17 及式 11-18，X 射线探伤机管电流越大，受照人员的所受的辐射有效剂量越大。由于本项目均在铅房内实施，因此事故情况下，只会局限在铅房内。同时由于铅房内和操作台上均安装有紧急止动开关按钮，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过铅房或操作位紧急止动开关中断电源，单次辐射事故受照射剂量计算结果见表 11-11。

表 11-11 人员受照剂量照射事故分级

受照时间 (s)	距离 (m)	0.5	1	2	3
	受照射剂量 (mSv/次)				
5		*	*	*	*
10		*	*	*	*
15		*	*	*	*
20		*	*	*	*
25		*	*	*	*
30		*	*	*	*

根据表 11-11，在辐射事故状态下，本项目职业人员最大可能受照剂量为 264mSv (0.26Gy)，参照表 11-10，本项目人员误入铅房可造成一般辐射事故。

四、事故预防措施

建设单位采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

1、辐射安全管理

①建设单位成立辐射防护领导小组，负责全公司辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对辐射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。

②建设单位需制定辐射事故预防措施及应急处理预案。根据中华人民共和国原环境保护部令 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条

规定：“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位应急方案，做好应急准备”。

应急方案的内容应包括：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；辐射事故分级与应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序；辐射事故信息公开、公众宣传方案。”项目建设单位应按上述要求制定辐射事故预防措施及应急处理预案。

③项目建设单位应制定辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

④建设单位辐射工作人员需通过国家生态环境部的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.vn>）学习并考核合格后上岗。

2、设备固有安全设施

本项目 X 射线探伤机自身采取了多重安全措施，以防止辐射事故的发生，如“紧急停机”按钮、门灯联锁与门机联锁等。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射安全与环境保护管理机构

为有序开展使用 II 类射线装置的工作，加强辐射安全管理，应对可能发生的意外情况，最大限度的减少或消除隐患，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》及环境保护主管部门的要求，公司应设置专门的辐射安全与环境保护管理机构。

1、组织机构

建设单位已成立辐射安全与环境保护管理小组，全面负责辐射安全管理相关工作，制定单位辐射防护管理制度，并对执行情况进行监督检查。

组长：李*

副组长：廖*平

成员：石*、曾*龙

下设办公室，办公室负责人由廖*平担任。

2、职责

辐射安全防护领导小组的职责是：

- (1) 全面负责公司辐射安全管理工作；
- (2) 认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；
- (3) 负责公司辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- (4) 检查安全环保设施，开展环保监测，对公司使用的射线装置安全防护情况进行年度评估；
- (5) 实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；
- (6) 编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；
- (7) 定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

二、辐射工作人员配置和能力分析

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》(生态环境部,公告 2019 年第 57 号),本项目新增辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习并参加考核,考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”进行再学习考核,建设单位应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。在此基础上,环评认为,本项目辐射工作人员的配置可满足要求的。

辐射安全管理规章制度

一、辐射安全综合管理要求及落实情况

本项目建设单位涉及使用 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)等,建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 辐射安全与防护管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	备注
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应持有有效的辐射安全许可证	拟办理辐射安全许可证增项	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定要求
2	辐射工作人员应参加专业培训机构和辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目拟配备 3 名辐射工作人员,原有 1 名辐射工作人员,新增 2 名辐射工作人员。新增人员拟参加辐射安全与防护相关学习和考核,确保持证上岗。公司目前已有的 2 名辐射工作人员均已参加考试并取得合格证。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
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	建设单位已成立“辐射安全防护领导小组”,有专人负责辐射安全管理工作	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
4	需配备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,监测记录应存档备案	建设单位按照表 10-3 进行辐射防护设施的配备,制定《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》等制度并严格执行监测计划	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
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,特别	已制定《辐射事故应急预案》	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求

	应做好 X 射线探伤机的实体保卫和防护措施，并及时予以修订。		
6	核技术利用单位应建立健全的辐射安全和防护管理规章制度及辐射工作单位基础档案	需对现有辐射安全和防护管理规章制度等进行完善	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定要求
7	个人剂量监测、职业健康检查及档案管理	建设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	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定要求
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	拟在探伤室四周墙体外、防护门外等醒目位置设置电离辐射警告标志	满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》等相关规定要求
9	监测	建设单位须制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测，辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告，该监测报告应作为《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	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求
10	年度评估	建设单位已将 2021 年度《安全和防护状况评估报告》上传至全国核技术利用辐射安全申报系统	满足《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》等相关规定要求

二、辐射安全管理规章制度及落实情况

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400 号）的相关要求中的相关规定，将建设单位现有的规章制度落实情况进行对比说明，具体见表 12-2。

表 12-2 辐射安全管理规章制度汇总对照表

序号	《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》		公司制定情况	备注
	制度	具体制度要求		
1	辐射安全与环境 保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作	已制定	将本次新增设备纳入其中
2	辐射工作场所安全管理规定	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理	需完善	将本次新增设备纳入其中
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施	需完善	增加本项目拟新增的射线装置

4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的具体措施,确保射线装置保持良好的工作状态	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位职责	需完善	辐射工作人员应包含本次新增或调配人员
6	放射源与射线装置台账管理制度	应记载放射性同位素与射线装置台账,记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项,同时对射线装置的说明书建档保存,确定台账的管理人员和职责,建立台账的交接制度	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	需完善	增加本项目拟新增的射线装置
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	需完善	/
9	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训,辐射工作人员须通过考核后方可上岗	需完善	根据最新的辐射工作人员培训要求进行完善
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	在操作射线装置时,操作人员须佩戴个人剂量计。公司定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量,并建立个人剂量档案	需完善	辐射工作人员应包含本次新增人员
11	辐射事故应急预案	针对射线装置应用可能产生的辐射事故,应制定较为完善的事故应急预案或应急措施	需完善	将本次新增设备纳入其中

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400号)的要求,建设单位应根据使用射线装置的情况,及时修订和完善规章制度,并按照档案管理的要求分类归档放置。

建设单位应按照《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400号)的要求,将《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。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性,字体醒目,尺寸大小应不小于400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施,并且根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合公司实际情况及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。

三、档案管理

德阳应和机械制造有限责任公司应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容:

(1)生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。

(2)射线装置使用期间异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）要求，档案资料应按以下八大类分类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。

四、年度辐射安全评估制度

德阳应和机械制造有限公司应建立年度辐射安全评估制度，公司应根据《四川省核技术利用单位射线装置安全和防护状况年度评估报告格式》的要求，每年根据实际工作情况编制《安全和防护状况年度评估报告》并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

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，包括辐射工作场所监测和个人剂量检测。

一、辐射工作场所监测

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/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、自主验收监测：项目在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展1次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

3、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），制定定期监测制度，监测数据应存档备案。

（1）公司自我监测

建设单位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案。公司可通过采购便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。

(2) 监测内容和要求

1) 监测内容: X-γ空气吸收剂量率。

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 辐射工作场所监测计划建议

场所	监测项目	监测点位	监测频次	
			委托监测	自行监测
辐射工作场所	X-γ空气吸收剂量率	屏蔽体四周 30cm 离地面高度 1m 处(至少测 3 处)	委托检测每年 1~2 次(开关机时各测量一次)	自行检测监测周期为 1 次/月(开关机各检测一次)
		铅防护门外 30cm 离地面高度 1m 处,门的左、中、右 3 个点位和门缝四周		
		上下料位置		
		操作台		
		通风孔		
		穿线孔		

3) 监测范围: 控制区和监督区域及周围环境。

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。

二、个人剂量检测

个人检测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测,每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计,监测周期为 1 次/季。

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时,建设单位要对该辐射工作人员进行干

预,要进一步调查明确原因,并由当事人在情况调查报告上签字确认;当全年个人剂量超过 5mSv 时,建设单位需进行原因调查,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。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告(连续四个季度)应当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。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019),辐射主要来自前方,剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置,一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、职业健康体检、个人剂量检测结果等材料。公司应将辐射工作人员的个人剂量档案终身保存。

建设单位辐射工作人员均佩戴了个人剂量计,每季度对个人剂量计进行检测,并按照《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令 18 号)要求建立个人剂量档案。建设单位委托四川同佳检测有限责任公司进行个人剂量检测工作,并提供了 2021 年第二季度~2022 年第一季度的辐射工作人员个人监测报告(见附件 8),经统计计算,未发现单季度个人有效剂量超过季度限值 1.25mSv 的情况,也未发现个人年剂量值超过 5mSv 的情况,符合管理要求。

三、年度监测报告

建设单位应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《射线装置安全和防护状况年度评估报告》,近一年(四个季度)个人剂量检测报告和辐射工作场所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。建设单位应按照《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400 号)规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申报登记。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。

辐射事故应急

辐射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报所在地人民政府生态环境主管部门备案,并及时予以修订。

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市、省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，还应同时向当地卫健行政部门报告。

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带防护用具及个人剂量计。
- 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，可减少或避免放射性事故的发生率，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。

建设单位应当根据以上要求，同时结合本项目实际情况来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际，及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

1、项目名称、性质、建设地点

项目名称：X 射线数字成像检测设备

建设单位：德阳应和机械制造有限责任公司

建设性质：扩建

建设地点：四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号。

2、项目建设内容及规模

本项目租赁德阳天和机械制造有限责任公司 3#厂房用于扩建 1 台型号为 UND225 的 X 射线数字成像检测设备，配套新增铅房。其中 X 射线探伤机最大管电压为*kV，最大管电流为*mA，属于II类射线装置。设备自动化程度高，可进行批量检测，大大缩短检测时间。单次最大曝光时间约*s，年最大曝光时间约*h。探伤作业时射线源从下往上照射，探测器（机器人与 C 型臂的组合）带动射线管在极限位内正负摆动*°进行自动检测。

本项目探伤工件主要是各种铸铝件，年检测工件约*万件，检测工件尺寸范围为长 1200mm×宽 700mm×高 400mm，工件置于载物台上，载物台自动旋转 180°到检测位。本项目探伤采用数字成像技术，不使用定影液、显影液和胶片，只开展探伤室室内探伤，不涉及野外（室外）探伤。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。因此，本项目实施是符合国家现行产业政策的。

三、本项目选址合理性分析

本项目租赁德阳天和机械制造有限责任公司 3#厂房用于扩建 1 台型号为 UND225

的 X 射线数字成像检测设备，配套新增铅房。德阳天和机械制造有限公司厂区位于四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号，项目拟建地周围主要以工业企业为主，评价范围内（50m 范围）没有医院、学校、集中居民区、饮用水源保护区等环境敏感区，同时也无自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。

本项目不新增用地，且项目使用的探伤室有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川同佳检测有限责任公司的监测报告，项目所在区域的 X-γ 辐射剂量率背景值为 *nGy/h~*nGy/h，与《2020 年四川省生态环境状况公报》中德阳市辐射环境自动监测站实时连续监测空气吸收剂量率 70~100nGy/h 处在同一水平，属于当地天然本底涨落范围内。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目施工期不涉及到土建施工，仅需进行设备安装调试、玻璃房安装。项目 X 射线检测系统安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。安装调试期会产生少量固体废物、噪声和少量生活污水。固体废物可回收处理部分由厂家安装工人回收处理，不能回收部分与生活垃圾一起集中收集后，交由环卫部门收运处置；安装时间较短，噪声对周围环境影响较小；项目产生的生活污水经收集后，依托厂区自建一体化污水处理系统。安装调试结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

（二）营运期环境影响分析

1、辐射环境影响分析

本项目探伤机运行对辐射工作人员产生的附加年有效剂量远小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的 20mSv/a 职业照射剂量限值，也小于本次评价确定的 5mSv/a 职业照射剂量约束值。

本项目探伤机运行对周围公众产生的附加年有效剂量远小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的 1mSv/a 公众照射剂量限值,也小于本次评价确定的 0.1mSv/a 公众照射剂量约束值。

由此可见,本项目探伤机运行对辐射工作人员和周围公众所致附加年有效剂量满足国家相关标准要求,所产生的辐射环境影响小,是可接受的。

2、大气的环境影响分析

室内臭氧平衡浓度低于《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)中臭氧最高允许浓度 0.30mg/m³。

本项目臭氧排入环境大气后,经自然分解和稀释,也符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中二级标准臭氧小时平均浓度 0.20mg/m³的要求,不会对环境空气造成明显影响。

3、水环境影响分析

本项目 X 射线实时成像检测设备在检测过程中不需要打印胶片,不使用显、定影液,但在输送过程中对工件进行清洗烘干,会产生少量的清洗废水,通过式清洗机中的清洗废水会循环使用,使用一段时间后排入自建一体化污水处理系统处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中的一级标准后排入石亭江城市生活污水处理厂。项目设置 3 名辐射工作人员产生少量生活污水,经收集后,依托厂区自建一体化污水处理系统。

4、声环境影响分析

本项目产生的噪声主要来自 X 射线探伤机和通风设备,建设单位拟采用低噪声设备。经建筑物墙体隔声及厂区距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)相关标准要求。

5、固体废物影响分析

本项目 X 射线实时成像检测设备在检测过程中不需要打印胶片,不使用显、定影液,不会产生危险废物。项目设置 3 名辐射工作人员产生少量生活垃圾,通过依托厂区统一收集后移交环卫部门清运。

六、环保设施与保护目标

按照要求落实后,建设单位环保设施配置较全,总体效能良好,可使本次环评中

确定的绝大多数保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照要求修订或制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施后，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理综合能力分析

德阳天和机械制造有限公司拥有专业的探伤辐射工作人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在制定《辐射防护和安全管理制度》、《X射线探伤机安全操作规程》等相关管理制度并时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对本项目 X 射线探伤机(II 类射线装置)的使用和管理能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为在四川省德阳市经济技术开发区太白山路 10 号德阳天和机械制造有限公司 3#厂房内建设本项目，从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十、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》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照中华人民共和国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、根据生态环境部《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) 建设单位可登陆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（调查）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) 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。

根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函[2016]1400号）文件，建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

本项目竣工环境保护验收一览表见表13-1。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

序号	防护设施（措施）	数量	备注
1	辐射屏蔽措施（铅房）	1座	设备自带
2	门机连锁	1套	
3	门灯连锁	1套	
4	工作指示灯	1个	
5	视频监控系统	1套	
6	通风孔	2个	
7	警告标志	1张	
8	急停开关	2个	
9	个人剂量计	3个	新增2个，利旧1个
10	个人剂量报警仪	1个	新增
11	便携式 X-γ剂量监测仪	1台	利旧

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学习与考核。公司应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训成绩合格单，今后培训时间超过 5 年的辐射工作人员需进行再考核，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台。

3、将个人剂量信息和年度监测报告作为年度评估报告的内容。

4、每年要对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，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系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

5、定期检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

6、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

7、单位在申办辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），完善相关信息。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。