

瑞迪森（环）字（2023）第022号

## 核技术利用建设项目

四川陆亨能源科技有限公司

新增 X 射线数字成像检测系统项目

## 环境影响报告表

（公示本）



四川陆亨能源科技有限公司

2024年1月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

四川陆亨能源科技有限公司

新增 X 射线数字成像检测系统项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：四川陆亨能源科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：



通讯地址：四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号

邮政编码：\*\*\*

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 .....	- 18 -
表 9 项目工程分析与源项 .....	- 23 -
表 10 辐射安全与防护 .....	- 28 -
表 11 环境影响分析 .....	- 37 -
表 12 辐射安全管理 .....	- 55 -
表 13 结论与建议 .....	- 63 -

打印编号：1703661901000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	55gi32		
建设项目名称	四川陆亨能源科技有限公司新增X射线数字成像检测系统项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	四川陆亨能源科技有限公司		
统一社会信用代码	[REDACTED]		
法定代表人（签章）	[REDACTED]		
主要负责人（签字）	[REDACTED]		
直接负责的主管人员（签字）	[REDACTED]		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	四川瑞迪森检测技术有限公司		
统一社会信用代码	[REDACTED]		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
何林推	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
何林推	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

环评工程师资格证书：



全职证明：

社会保险人员实缴明细

单位编号：1001040202      单位名称：[Redacted] 检测技术有限公司

序	姓名	身份证号	缴费基数	缴费月份	缴费金额
1	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
2	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
3	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

验证说明：本证明采用电子验证方式，不再加盖红色鲜章，如需要核对真伪，请登录：<http://www.sc.hrss.gov.cn/gjbcms/zmyz/index.html>，可凭验证码UAN1hjtW5mND7UgRkKF验证，验证码的有效期至2024年03月01日（有效期三个月）。本证明复印件有效，有效期内验证码可多次使用，咨询电话：12333。

共1页 第1页      打印时间：2023年12月01日

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	四川陆亨能源科技有限公司 新增 X 射线数字成像检测系统项目				
建设单位	四川陆亨能源科技有限公司				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址	四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号				
项目建设地点	四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号 四川汇通能源装备制造股份有限公司（四川陆亨能源科技有限公司二分厂（租赁厂房）内）				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	***	项目环保总投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资）	***
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	/
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**

**一、建设单位简介**

四川陆亨能源科技有限公司(统一社会信用代码:\*\*\*)成立于 2014 年 11 月 13 日成立, 公司位于四川省绵阳市江油市高新技术产业园区, 是国家高新技术企业, 被国家科技部认定为科技型中小企业。目前持有国家市场监督管理总局颁发的 A 级余热锅炉、A 级锅炉部件制造许可证和四川省市场监督管理局颁发的 A2 压力容器生产许可证, 以及 ASEM、质量、环境和职业健康安全管理体系认证等。

公司注重研发与创新, 目前拥有的发明专利和新型实用专利 45 项, 软著 6 项,

研发团队研发的矿热炉烟气余热锅炉产品核心技术获市科学技术进步奖一等奖，同时经过四川省经济和信息化厅组织的四川省新产品新技术鉴定，专家委员会一致认为该余热锅炉在同类产品中处于国内领先水平，并获得 3 项国家级科技成果。公司研制的“矿热炉烟气余热锅炉”被认定为 2020 年度四川省重大技术装备首台套产品，2020 年 12 月被四川省科技厅授予“四川省瞪羚企业”，2021 年荣获四川省技术创新发展能力 100 强企业，2022 年 3 月领创科技评估有限公司对公司的 H 型平直管式换热技术在工业窑炉烟气余热回收中应用再次进行科学技术成果评价，认定成果水平为国内领先。

在全力抓好技术开发和市场开发的同时，公司全力进行企业文化建设，引领提高企业的活力与向心力，凝聚更广泛的各界英才加盟，进一步增强企业的科技创新能力、资源配置能力、资本运作能力、安全保障能力和风险防范能力，努力把公司建成“员工队伍一流、管理水平一流、产品服务一流”的现代企业。

## 二、任务由来

四川陆亨能源科技有限公司为了满足 A 级锅炉生产的需要，拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房内（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），型号为 MXR-225HP/11，用于对蛇形管焊缝进行在线 X 射线无损检测，以保证生产的蛇形管焊缝的焊接质量。四川陆亨能源科技有限公司租赁协议、入园证明及建设项目环境影响登记表（备案号：202251078100000032）相关资料见附件 2。

2024 年 1 月 31 日，绵阳市生态环境局对四川陆亨能源科技有限公司（四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号）现场监督检查时发现车间厂房内新建了一条自带探伤功能的蛇形管生产线，已安装切割、焊接、弯管等工序，探伤工序已安装 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）和相应运输装置，铅房内部 X 射线管及成像板等重要部件尚未从原厂家提货及安装（情况说明见附件 10），探伤工序需要使用的 X 射线装置属于 II 类射线装置，故涉嫌未批先建环境违法行为，绵阳市生态环境局向四川陆亨能源科技有限公司于 2024 年 2 月 4 日提出《责令改正违法行为决定书》（绵江环责改字〔2024〕1 号）并于 2024 年 3 月 4 日提出《不予行政处罚事先告知书》（绵江环不罚告字〔2024〕1 号），详见附件 11，公司在现场检查后积极配合，已停止后续建设并承诺积极配合并按照有关法律法规尽快完成对本项目的环境影响评价。

### 三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置防护条例》等相关法律法规要求，建设方须对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 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《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录（2023 年本）》，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重新申领辐射安全许可证。

为此，四川陆亨能源科技有限公司委托四川瑞迪森检测技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书详见附件 1）。四川瑞迪森检测技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合四川瑞迪森检测技术有限公司现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。建设单位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，建设单位对本项目进行了公示（公示内容详见附件 8），公示期间未收到公众的反对意见。

**四川陆亨能源科技有限公司新增 X 射线数字成像检测系统项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：**

- 1、对新增 X 射线数字成像检测系统项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。
- 2、对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。
- 3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。
- 4、满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

#### 四、项目概况

**项目名称：**四川陆亨能源科技有限公司新增 X 射线数字成像检测系统项目

**建设单位：**四川陆亨能源科技有限公司

**建设性质：**扩建

**建设地点：**四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房内

根据现场勘查，四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房（四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房，租用）内新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装。

##### 1、建设内容与规模：

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用，厂房为单层建筑，层高约 14m）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），型号为 MXR-225HP/11，最大管电压均为 225kV，最大管电流均为 8mA，属于 II 类射线装置，主射线仅向下朝向地面土层，年开机曝光时间约为 750h，用于对蛇形管焊缝进行在线 X 射线无损检测，以保证焊缝的焊接质量。

X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）尺寸为长 2.30m×宽 1.92m×高 2.04m，铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏（禁止无关人员进入），铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座。铅房四周屏蔽体为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板结构，顶部为 2mm 钢板+8mm 铅板+6mm 钢板结构；铅房两侧维修门（仅在设备维修时使用）尺寸均为长 1.62m×宽 0.80m，均为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板结构防护门；铅房两侧进出管喇叭口防护罩为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板结构（两侧对称）；进出管喇叭口配置有铅胶帘为 8mm 铅当量（两侧对称），铅房南侧配有 1 间控制室（8.75m<sup>2</sup>）。

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）采用数字成像的方式，不涉及洗片操作。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 本次拟申请新增辐射项目一览表

射线装置								
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	类别	工作场所	照射方式	年曝光时间
1	X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）	MXR-225HP/11	225kV	8mA	II 类	二分厂车间厂房内蛇形管生产线	定向向下	约 750h

## 2、项目组成及主要环境问题

本项目组成内容及主要的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	型号为 MXR-225HP/11，最大管电压均为 225kV，最大管电流均为 8mA，属于 II 类射线装置，年开机曝光时间约为 750h。	/	探伤作业产生 X 射线、臭氧、氮氧化物、噪声
	X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）尺寸为长 2.30m×宽 1.92m×高 2.04m，铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏（禁止无关人员进入）；铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座。铅房四周屏蔽体为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板结构，顶部为 2mm 钢板+8mm 铅板+6mm 钢板结构；铅房两侧维修（仅在设备维修时使用）门尺寸均为长 1.62m×宽 0.80m，均为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板结构防护门；进出管喇叭口防护罩为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板结构（两侧对称）；进出管喇叭口配置有铅胶帘为 8mm 铅当量（两侧对称）。		
辅助工程	X 射线数字成像检测系统南侧配有 1 间控制室（8.75m <sup>2</sup> ）。	/	/
环保工程	X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）顶部设置有 1 处通排风口；生活污水依托四川汇通能源装备制造股份有限公司现有污水处理设施处理；生活垃圾经分类收集后，由环卫部门统一清运处理；	/	生活污水、生活垃圾
办公生活设施	依托厂区办公及生活设施	/	生活污水、生活垃圾
公用工程	依托厂区配电、供电和通讯系统等	/	/

## 3、项目依托工程

（1）依托办公设施：办公室依托公司内四川汇通能源装备制造股份有限公司（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）现有的办公室。

(2) 依托环保设施：本项目工作人员产生的生活污水依托四川汇通能源装备制造股份有限公司（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）现有污水处理设施处理；本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）采用数字成像的方式，不涉及洗片操作；本项目工作人员产生的生活垃圾经分类收集后，由环卫部门统一清运处理。

#### 4、工作制度及人员配置

人员配置：本项目拟配备辐射工作人员 4 人，均为公司现有辐射工作人员，配备至本项目后，根据工作需要轮班操作。后期随着工作量的不断增加，公司也计划持续引进技术熟练的辐射工作人员，公司应做好辐射工作人员管理工作。

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

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。

#### 五、项目产业政策符合性

本项目属于核技术在无损探伤检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“质量检测服务”，符合国家当前的产业政策。

#### 六、实践正当性

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属或其他材料内部可能产生的缺陷，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。

四川陆亨能源科技有限公司新增 X 射线数字成像检测系统项目的目的是为了对公司内部蛇形管产品进行 X 射线探伤检测，以保证生产的蛇形管焊缝的焊接质量。在

采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

## **七、项目周边保护目标以及场址选址情况**

### **1、公司外环境关系**

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），四川汇通能源装备制造股份有限公司位于四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号，东侧为成绵乐客运专线及宝成线；南侧为江油市机械产业园厂房；西侧依次为江彰大道中段、江东华庭小区及江油工业园区东区新居工程 1 期；北侧为柏盖村居民住宅区。

四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用，见附件 2）已在《四川汇通能源装备制造股份有限公司扩建 11000 吨电站锅炉配套装置及民用核安全支承设备制造生产线项目环境影响报告书》中完成了环境影响评价并已取得江油市生态环境局（原江油市环境保护局）的批复（江环政〔2015〕236 号）（附件 3），厂区选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，项目所在地的用地性质为工业用地，从周边外环境关系可知，厂区周边主要为住宅区、厂房及市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

### **2、二分厂车间厂房外环境关系**

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于公司二分厂车间厂房（单层建筑，层高约 14m）内，二分厂车间厂房位于公司南部，其东侧依次为厂区内室外道路及原材料车间；南侧依次为厂区外江油市机械产业园厂房；西侧依次为厂区内室外道路及办公楼；北侧依次为机械加工车间、水冷壁车间及热处理车间。

### **3、辐射工作场所外环境关系**

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于公司二分厂车间厂房内蛇形管生产线，其东侧 50m 范围依次为蛇形管生产线及喷涂区；南侧 50m 范围内依次为鳍片管焊接区、产品检测区及厂区内室外道路；西侧 50m 范围内为蛇形管生产线；北侧 50m 范围内依次为水压试验区及产品组装区；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，下方为土层结构。

本项目仅为公司车间厂房内部建设，不新增用地，X射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）周围 50m 范围内均位于厂区内，且扩建的辐射工作场所具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及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）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

### 八、项目单位核技术应用现状

四川陆亨能源科技有限公司现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（发证日期：2023 年 10 月 27 日），其证书编号为：川环辐证（01006），许可种类和范围为：使用II类射线装置，有效期至 2027 年 11 月 06 日。辐射安全许可证正副本见附件 4。公司现有核技术利用项目情况见表 1-5。

表 1-5 四川陆亨能源科技有限公司现有核技术利用情况一览表

射线装置						
序号	装置名称	数量	类别	用途	场所	许可情况
1	R.DR80-Panel225 型管屏 X 射线数字成像检测系统(内含 iXRS-225 型定向 X 射线探伤机)	1	II类	无损探伤	租用四川汇通能源装备制造股份有限公司现有厂房余热锅炉总装车间内	已许可已验收
2	XXGH-3505ZY（周向型）	1	II类	无损探伤	四川陆亨能源科技有限公司车间厂房探伤室 1	已许可，正在办理验收
3	XXG-3505（定向型）	1				
4	XXG-2505(定向型)	1	II类	无损探伤	四川陆亨能源科技有限公司车间厂房探伤室 2	
5	XXGL-2505(定向型)	1				

四川陆亨能源科技有限公司已委托四川鸿源环境检测技术咨询有限公司开展了 2023 年度辐射工作场所的辐射环境监测，结果表明各辐射工作场所均满足国家相关标准要求。公司已完成 2023 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，根据公司《2023 年度安全和防护状况年度评估报告》显示，2023 年度公司未发生辐射事故，辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作；已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实；已委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）完成了辐射工作人员的个人剂量监测，辐射工作人员监测结果均符合国家相关标准要求。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	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	实际日最大操作 量 (Bq)	日等效最大操作 量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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 射线数字成像检测系统 (一体式自屏蔽铅房)	II类	1	MXR-225HP/11	225	8	无损探伤	二分厂车间厂房内蛇形管生产线	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	/	微量	微量	不暂存	X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）顶部设置了排风装置，经通排风系统排出铅房外，直接进入大气，臭氧常温下可自行分解为氧气
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

**表 6 评价依据**

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，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年修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施；</p> <p>(8) 《产业结构调整指导目录》（2024年本），国家发展和改革委员会2023年令第7号，2024年2月1日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021年修改，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(4) 《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>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(6) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p>

	<p>(7) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。</p>
其他	<p>(1) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告， 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(2) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(3) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号），2016年3月7日起施行；</p> <p>(4) 《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，2020年1月1日起施行；</p> <p>(5) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019 年第39号，2019年11月1日起启用。</p> <p>(6) 《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》，四川省生态环境厅，2019 年第 2 号文，2019 年实施。</p> <p>(7) 工程设计图纸及相关技术资料；</p> <p>(8) 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）》的通知，川环函〔2016〕1400 号；</p> <p>(9) 《2022 年全国辐射环境质量报告》（生态环境部，2023 年 07 月 13 日发布）；</p> <p>(10) 《辐射防护导论》；</p> <p>(11) 建设单位提供的相关资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

根据本项目的特点并参照《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》（HJ 10.1-2016）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”；确定本项目评价范围为 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）实体屏蔽墙体外周边 50m 范围，详见附图 3。

**保护目标**

本项目辐射工作场所周围 50m 范围均位于公司厂界内，根据本项目确定的评价范围，本项目辐射环境保护目标为本项目辐射工作人员、公司厂区内的其他工作人员及公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标情况一览表

保护目标		方位	与铅房最近距离	规模	照射类型	剂量约束值
X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）	职业人员	南侧操作室	约 1.5m	4 人	职业	5mSv/a
	公众	东侧蛇形管生产线及喷涂区	约 3m~50m	约 5 人	公众	0.1mSv/a
		南侧依次为鳍片管焊接区、产品检测区	约 1.5m~45m	约 10 人		
		南侧厂区内室外道路	约 45m~50m	流动		
		西侧蛇形管生产线	约 3m~50m	约 5 人		
北侧依次为蛇形管生产线、水压试验区及产品组装区	约 3m~50m	约 20 人				

注：控制室位于铅房南侧上方地面；铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏，X 射线数字成像检测系统运行时基坑内确保无人员停留。铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过。

## 评价标准

### 一、执行标准

本项目执行标准如下：

#### 1、环境质量标准

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

#### 2、污染物排放标准

- (1) 废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。
- (2) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准。
- (4) 辐射：执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定。

#### 3、其他标准按照国家有关规定执行。

### 二、辐射环境评价标准

#### 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

##### 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	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，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
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。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：

注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：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。

## 2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）：

本标准规定了 X 射线和  $\gamma$  射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和  $\gamma$  射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

引自“6.1 探伤室放射防护要求”如下：

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

## 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

引自“3.2 需要屏蔽的辐射”如下：

### 3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（*TVL*）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 *TVL* 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（*HVL*）。

### 3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室。可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

3.3.2 探伤装置的操作室应置于探伤室外，操作室和人员门应避免有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压与相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

## 三、辐射环境评价标准限值

### 1、电离辐射剂量限值和剂量约束值

(1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂

量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均)20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射剂量限值的 1/4 作为职业人员的剂量约束值,即辐射工作人员职业照射年有效剂量约束值为 5mSv/a。

(2) 公众照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定, 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。本项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 执行, 即 0.1mSv/a。

## 2、工作场所内外控制剂量率

辐射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 有关规定, 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于 100 $\mu$ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于 5 $\mu$ Sv/周; 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h, 探伤室顶部外表面 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 $\mu$ Sv/h, 本项目取 10 $\mu$ Sv/h (一体式自屏蔽铅房顶部无建筑且无人员居留, 上方无行吊运行人员经过, 故保守按照顶部外表面 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平的 1/10 执行)。

**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**

**1、公司外环境关系**

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），四川汇通能源装备制造股份有限公司位于四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号，东侧为成绵乐客运专线及宝成线；南侧为江油市机械产业园厂房；西侧依次为江彰大道中段、江东华庭小区及江油工业园区东区新居工程 1 期；北侧为柏盖村居民住宅区。

**2、二分厂车间厂房外环境关系**

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于公司二分厂车间厂房（已建，地上 1 层建筑）内，二分厂车间厂房位于公司南部，其东侧依次为厂区内室外道路及原材料车间；南侧依次为厂区外江油市机械产业园厂房；西侧依次为厂区内室外道路及办公楼；北侧依次为机械加工车间、水冷壁车间及热处理车间。

**3、辐射工作场所外环境关系**

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于二分厂车间厂房内蛇形管生产线，其东侧 50m 范围依次为蛇形管生产线及喷涂区；南侧 50m 范围内依次为鳍片管焊接区、产品检测区及厂区内室外道路；西侧 50m 范围内为蛇形管生产线；北侧 50m 范围内依次为水压试验区及产品组装区；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，下方为土层结构。

项目地理位置见附图 1，公司周围环境及总平面示意图详见附图 2 及附图 3，本项目拟建址周边环境现状见图 8-1~图 8-6。



图 8-1 X 射线数字成像检测系统拟建址区域



图 8-2 X 射线数字成像检测系统拟建址东侧

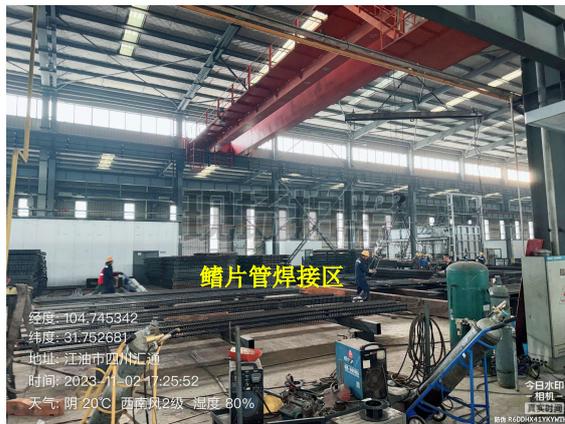


图 8-3 X 射线数字成像检测系统拟建址南侧



图 8-4 X 射线数字成像检测系统拟建址西侧

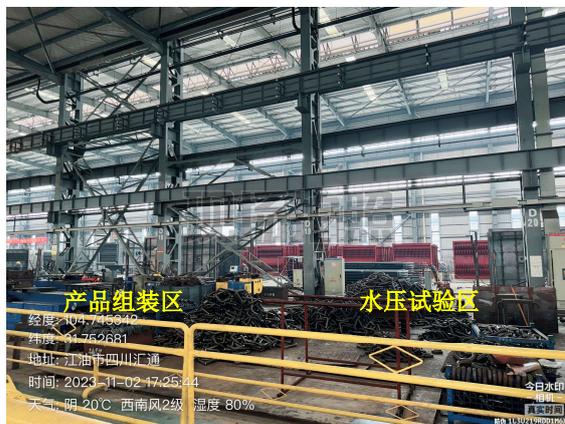


图 8-5 X 射线数字成像检测系统拟建址北侧



图 8-6 X 射线数字成像检测系统拟建址厂房

## 二、辐射环境现状评价

### (一) 监测项目和监测方法

#### 1、本项目所在地辐射环境现状监测

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司于 2023 年 11 月 2 日按照标准规范对本次新增 X 射线数字成像检测系统项目现场及周边环境进行了  $\gamma$  空气吸收剂量率的布点监测，监测报告见附件 5。其监测项目、分析及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法及来源	探测限	备注
$\gamma$ 辐射剂量率	1.《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》(HJ 1157-2021) 2.《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	10nSv/h	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			校准因子
	仪器名称及型号	仪器编号	主要技术指标	
$\gamma$ 空气吸收剂量率	环境监测 X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率仪 (6150AD6/H+6150AD-b/H)	SCRDS-054	能量响应: 20keV~7MeV 测量范围: 1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h 检定有效期限: 2023.02.27~2024.02.26	0.94

#### 2、质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，监测期间在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)等的要求，实施全过程质量控制。监测人员均经过考核并持有合格证书，监测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过核查，监测报告实行三级审核。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器，一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准

参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy。

### 3、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》（生态环境部，2023 年 07 月 13 日发布）中四川省环境  $\gamma$  辐射剂量率自动监测结果。

表 8-3 四川省空气吸收剂量率

地点	环境 $\gamma$ 辐射剂量率年均值范围 (nGy/h)
四川省	61.9~151.8

### 4、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量数据符合统计学要求；布点合理，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。

具体监测结果如下：

表 8-4 本项目拟建址  $\gamma$  辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1	X 射线成像系统拟建址东侧蛇形管生产线	54±1.6	/
2	X 射线成像系统拟建址东侧喷涂区	56±1.4	/
3	X 射线成像系统拟建址南侧蛇形管生产线	59±1.5	/
4	X 射线成像系统拟建址南侧操作室	54±1.2	/
5	X 射线成像系统拟建址南侧产品检测区及鳍片管焊接区	53±1.4	/
6	X 射线成像系统拟建址西侧蛇形管生产线	59±2.0	/
7	X 射线成像系统拟建址北侧蛇形管生产线	55±2.0	/
8	X 射线成像系统拟建址北侧产品组装区及水压试验区	56±2.1	/
9	X 射线成像系统拟建址南侧厂区室外道路	51±1.7	/

检测点位示意图见图 8-15：

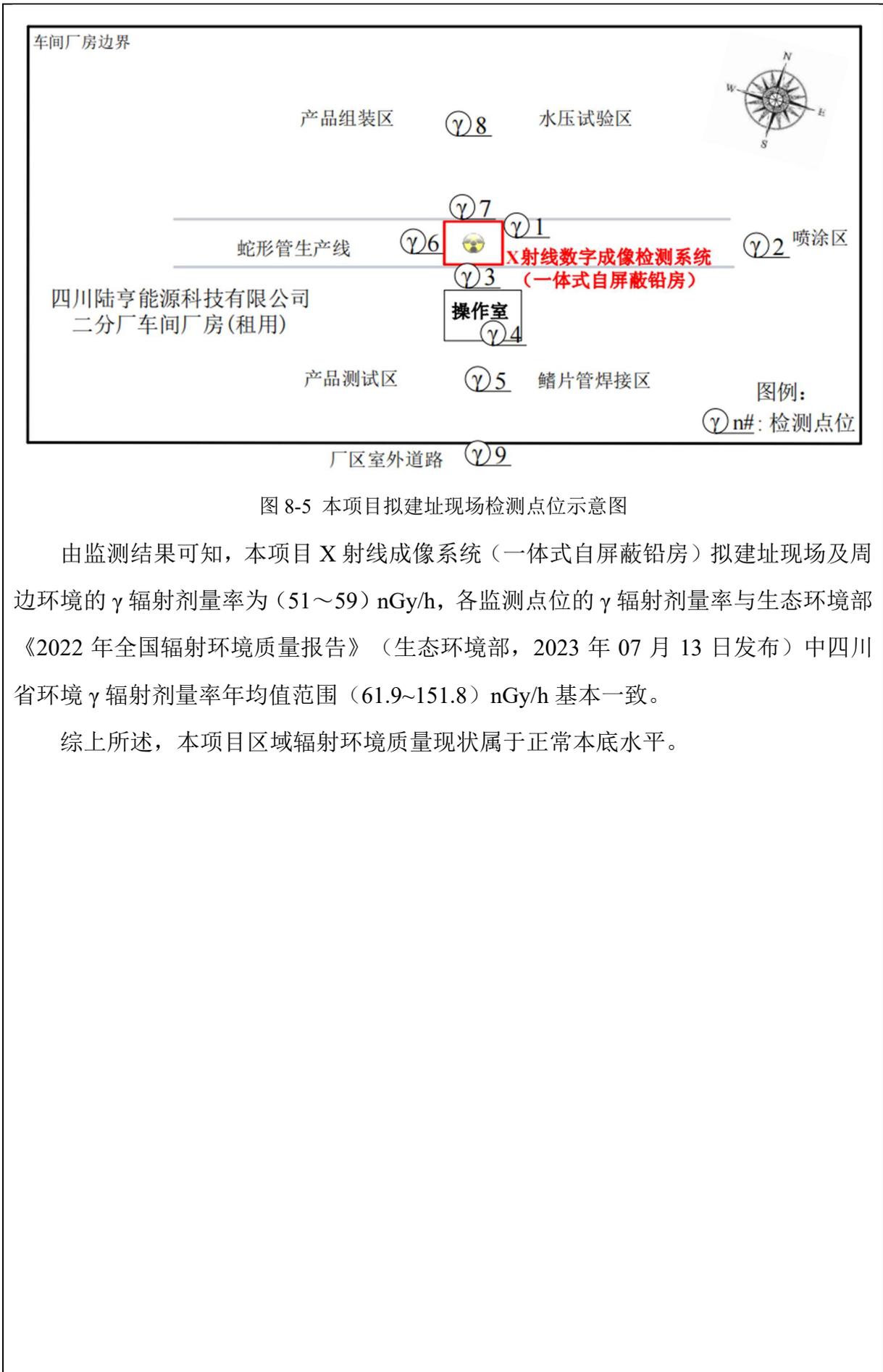


图 8-5 本项目拟建址现场检测点位示意图

由监测结果可知，本项目 X 射线成像系统（一体式自屏蔽铅房）拟建址现场及周边环境的  $\gamma$  辐射剂量率为（51~59）nGy/h，各监测点位的  $\gamma$  辐射剂量率与生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》（生态环境部，2023 年 07 月 13 日发布）中四川省环境  $\gamma$  辐射剂量率年均值范围（61.9~151.8）nGy/h 基本一致。

综上所述，本项目区域辐射环境质量现状属于正常本底水平。

**表 9 项目工程分析与源项**

## **工程设备与工艺分析**

### **一、施工期工艺分析**

根据现场勘查，四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房（四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房，租用）内新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装，不存在土建施工。

本项目施工期产污环节主要在设备的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料等固废产生。

设备 X 射线管的安装及设备调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应确保铅房各屏蔽体屏蔽到位，关闭维修防护门，铅房四周设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各铅房维修门必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生，经铅房各屏蔽体及距离衰减后，X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）安装调试过程对周围环境的影响是可以接受的。

设备安装并调试完成后，项目建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处理与处置，不得随意丢弃。

### **二、营运期工艺分析**

#### **1、工程设备**

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），型号为 MXR-225HP/11，最大管电压均为 225kV，最大管电流均为 8mA，属于 II 类射线装置，年开机曝光时间约为 750h，用于对蛇形管焊缝进行在线 X 射线无损检测，以保证焊缝的焊接质量。

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线数字成像检测系统参数情况一览表

射线装置								
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	类别	工作场所	照射方式	年曝光时间
1	X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）	MXR-225HP/11	225kV	8mA	II类	二分厂车间 厂房内蛇形管生产线	定向 向下	约 750h

## 2、工作原理

X 射线数字成像检测系统是新一代的无损检测设备，以数字实时成像的技术，取代传统的拍片方式。主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。

X 射线无损检测过程中，根据不同材料及厚度对 X 射线吸收程度的差异，通过 X 射线透视图像，从实时显示系统上显示出材料、零部件的内部缺陷，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，及时剔除废品，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）外观图见图 9-1，设备结构示意图见 9-2。



图 9-1 MXR-225HP/11 型 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）实物外观图

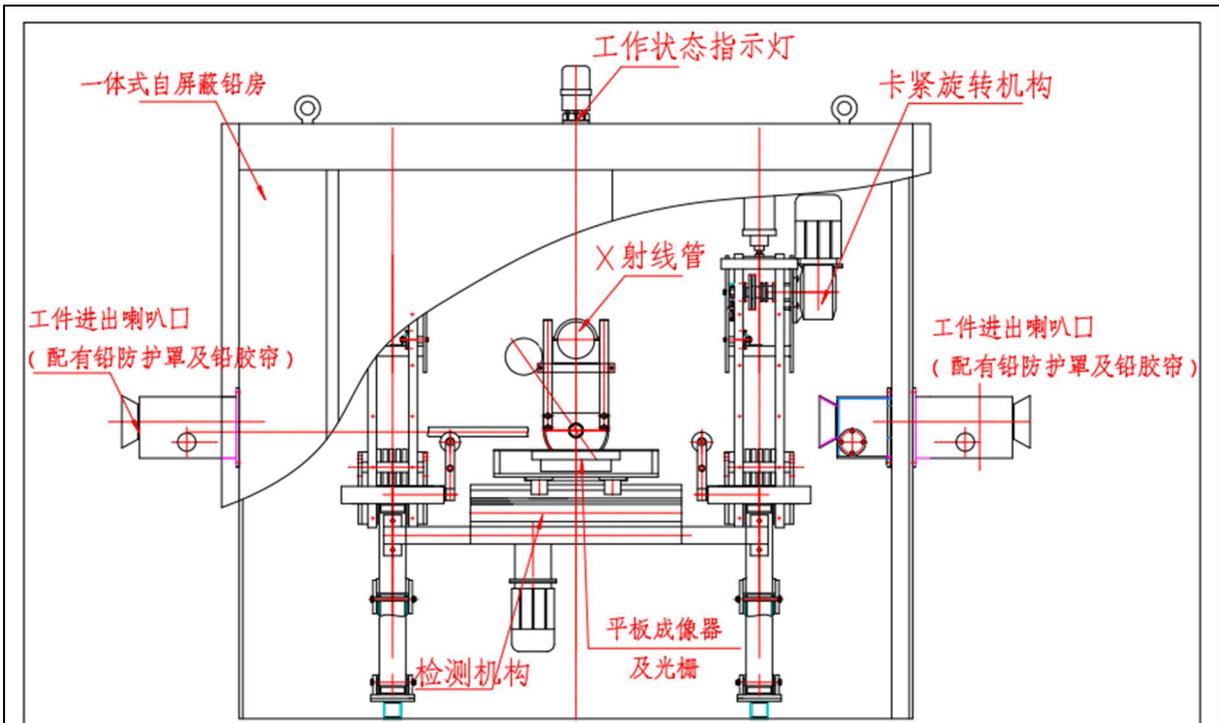


图 9-2 本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）结构示意图

### 3、工作流程及产污环节分析

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），属于 II 类射线装置，非工作状态时不产生 X 射线；进行检测工作时接通设备高压，发射 X 射线。其工作流程及产污环节见图 9-3。

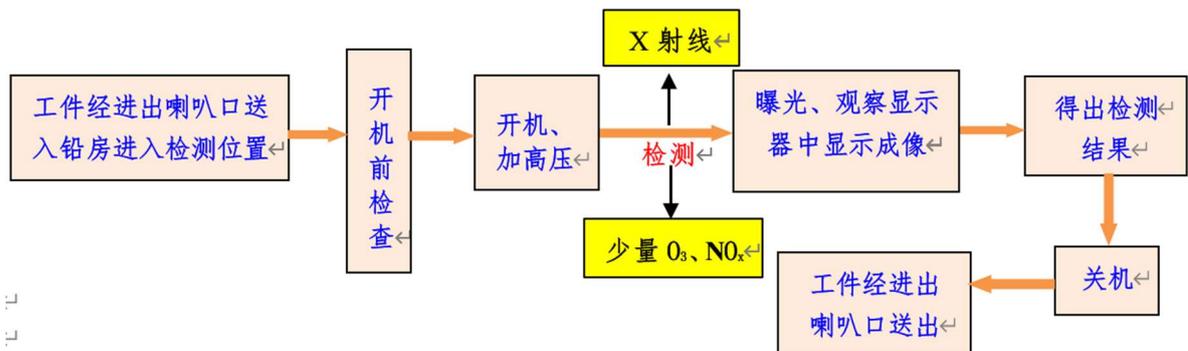


图 9-3 本项目 X 射线数字成像检测系统工作流程及产污环节示意图

(1) 蛇形生产线上的蛇形管件由专用输送轨道经进出喇叭口送至 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）内处于检测位置；

(2) 辐射工作人员按下开启按钮进行无损检测，通过显示屏观察蛇形管件焊缝及内部是否有缺陷，得出检测结果；

(3) 蛇形管件检测完毕后经进出喇叭口由专用输送轨道送出，观察结束，关机。

#### 4、本项目 X 射线数字成像检测系统工况及工件情况

本项目蛇形管生产线配置的 X 射线成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）用于公司生产的蛇形管产品焊缝缺陷的 X 射线无损检测，蛇形钢管管径为  $\phi 32\text{mm} \sim \phi 76\text{mm}$ ；厚度为  $2.5\text{mm} \sim 8\text{mm}$ ；长度为  $3\text{m} \sim 12\text{m}$ 。

X 射线成像检测系统每次曝光最长时间约  $1\text{min}$ ，预计年检测焊缝约 45000 条，设备预计年累计曝光时间约为 750 小时。正常探伤工况下，本项目 X 射线数字成像检测系统运行时的管电压和管电流一般低于额定管电压和管电流。

#### 5、项目人流和物流的路径规划

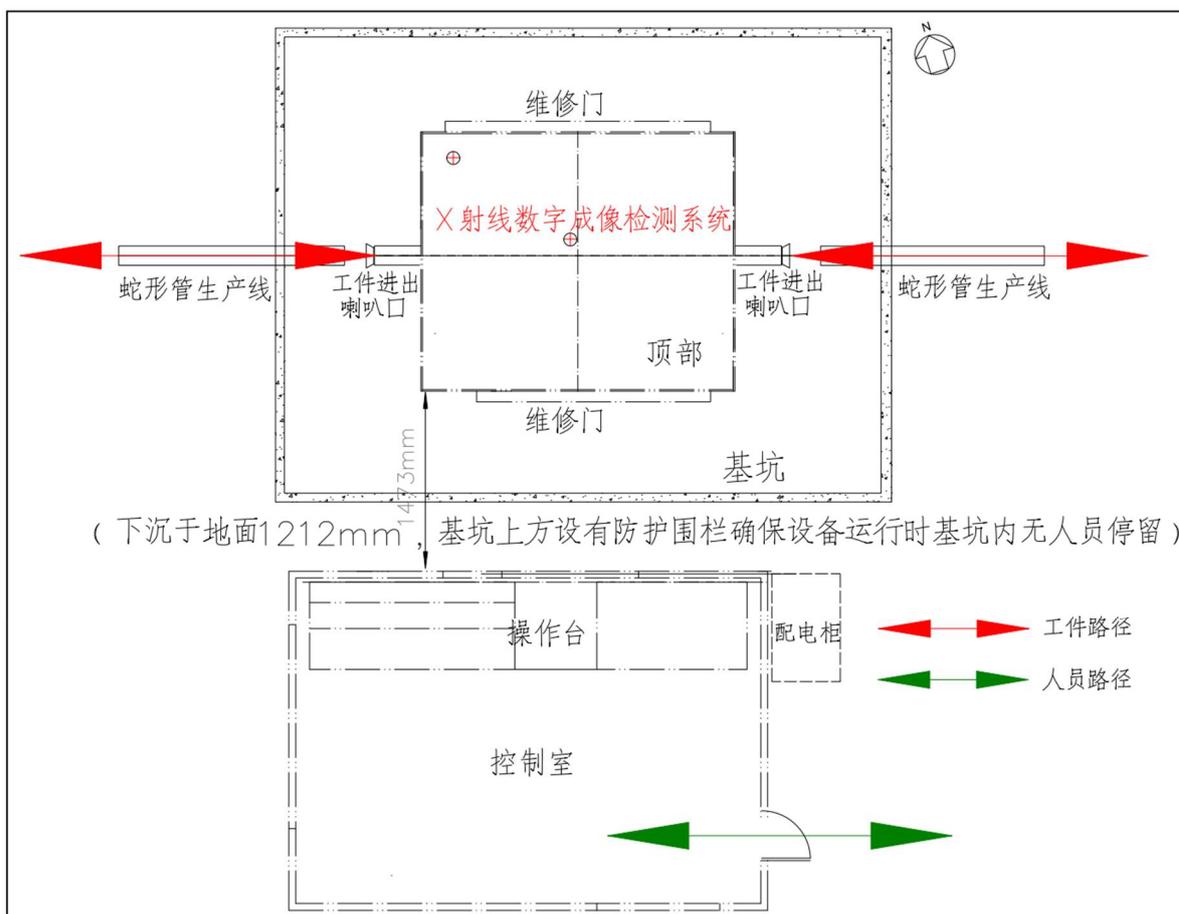
##### (1) 工作人员路径：

工作人员从东侧进入控制室内进行 X 射线成像检测系统设备的远程操作。

##### (2) 工件路径：

被探伤工件由蛇形管生产线专用输送轨道通过工件进出喇叭口进入到铅房内，在完成探伤检测后经另一侧工件进出喇叭口送出。

本项目工作场所的人员及物流路线见图 9-4。



## 污染源项描述

### 一、施工期污染源

根据现场勘查，四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房（四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房，租用）内新增一条蛇形管生产线所配置的1套X射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X射线数字成像检测系统内部X射线管未购置安装，故不存在土建施工。

### 二、营运期污染源

#### 1、电离辐射

X射线数字成像检测系统开机工作时，通过高压发生器和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线。不开机状态不产生辐射。

由X射线成像检测系统工作原理可知，设备只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出X射线，对探伤现场工作人员和公众产生一定外照射，因此X射线成像系统在开机曝光期间，X射线是本项目主要污染物。

#### 2、废气

本项目X射线数字成像检测系统在工作状态时，会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

#### 3、废水

本项目工作人员产生的生活污水。

#### 4、噪声

本项目噪声主要来源于通排风装置运行所产生的噪声，该系统采用低噪声设备。

#### 5、固体废物

本项目工作人员会产生少量生活垃圾。

#### 6、射线装置的报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定，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；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；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

### 一、工作区域布局管理

#### (一) 工作场所布局合理性

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于公司二分厂车间厂房（已建，地上 1 层建筑）内，二分厂车间厂房位于公司南部，其东侧依次为厂区内室外道路及原材料车间；南侧依次为厂区外江油市机械产业园厂房；西侧依次为厂区内室外道路及办公楼；北侧依次为机械加工车间、水冷壁车间及热处理车间。

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于二分厂车间厂房内蛇形管生产线，其东侧 50m 范围依次为蛇形管生产线及喷涂区；南侧 50m 范围内依次为鳍片管焊接区、产品检测区及厂区内室外道路；西侧 50m 范围内为蛇形管生产线；北侧 50m 范围内依次为水压试验区及产品组装区；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，下方为土层结构。

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护各进行合理布局，各功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大活动区；在设计阶段，辐射工作场所根据蛇形生产线的工作流程及区域进行了合理的优化布局，满足国家和地方相关法律法规的要求。

综上所述，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）辐射工作场所平面布局满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等相关标准要求，布局合理。

#### (二) 两区划分

##### 1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

**控制区：**把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

**监督区：**通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进

行监督和评价的区域。

## 2、控制区与监督区的划分

### (1) 区域划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。本项目探伤室 1、2 工作场所的控制区和监督区划分情况见表 10-1、图 10-1 及图 10-2。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

辐射工作场所	控制区	监督区
X 射线数字成像检测系统 (一体式自屏蔽铅房)	基坑内及铅房内部	控制室
辐射防护措施	控制区内禁止除辐射工作人员及专业检修人员外的无关人员进入。	监督区范围内应限制无关人员进入。

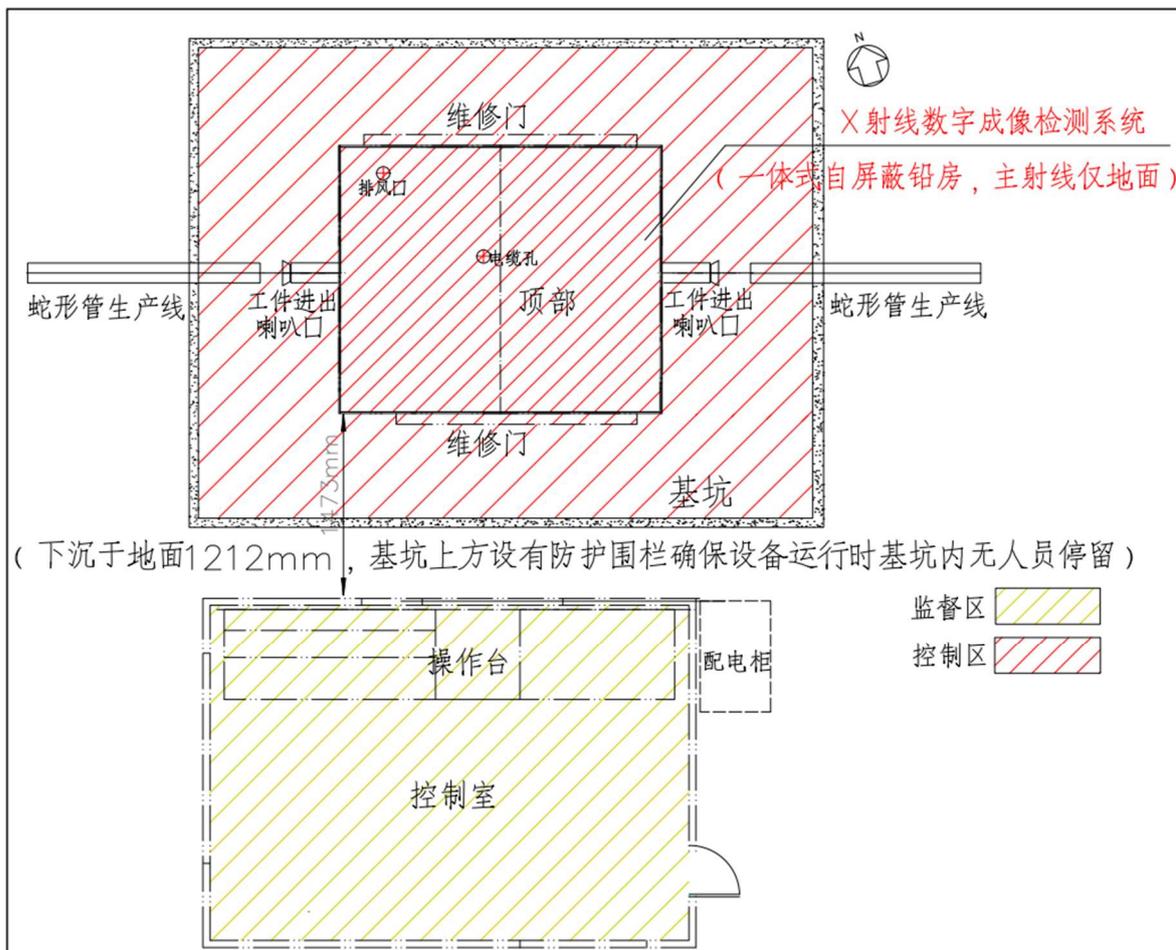


图 10-1 本项目探伤室 1 工作场所两区划分示意图

### (2) 控制区的防护手段与安全措施:

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志 (如图 10-2)。



图 10-3 当心电离辐射警告标志

- ②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- ④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

### (3) 监督区防护手段与安全措施

- ①以黄线警示监督区的边界；
- ②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- ③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## 二、辐射安全及防护措施

### (一) 机房屏蔽措施

表 10-2 本项目 X 射线数字成像检测系统防护屏蔽设计参数一览表

场所	屏蔽防护设计	屏蔽设计参数（厚度及材质）
X 射线数字成像检测系统 (一体式自屏蔽铅房)	铅房尺寸	2.30m×1.92m×2.04m
	四面墙体	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
	顶部	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板+4mm 钢板
	维修门 1 及维修门 2	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
	排风口及电缆孔防护铅罩	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板
	进出管喇叭口防护罩	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板（两侧对称）
	进出管喇叭口铅胶帘	8mm 铅（两侧对称）
	底部	铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座

注：铅的密度不低于 11.3g/cm<sup>3</sup>。铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏，X 射线数字成像检测系统运行时基坑内确保无人员停留；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过。

## **(二) 辐射安全措施**

### **1、设备固有安全性**

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）设备购置于正规厂家，设备自身采取以下安全防护措施：

(1) 设备带有控制器，可以持续监控高压工作状态以及各种安全联锁功能的状态，最大限度保证系统的安全性和可靠性。

(2) 设备具有内嵌式诊断系统，能对系统全面监控，能快速诊断和故障判断功能。并提供一系列的关于射线管、冷却装置、内部锁和高压发生器性能的信息，为诊断系统错误提供重要的诊断依据。同时具备过压和过流保护功能，还具备对管头电流实时反馈监控，防止管头打火。

(3) X 射线数字成像检测系统拟设置安全钥匙以及紧急停机按钮（铅房两侧维修门旁及操作台上），紧急情况下可迅速停机，防止误照射。

(4) X 射线数字成像检测系统具备独立的安全回路，全自动化操作，并设置有门-机联锁装置，X 射线管与成像检测系统维修门及进出管喇叭口之间安装联锁装置，运行期间强行打开时，X 射线管将自动停止出束，正常工作时无法开启铅房两侧维修门，只有设备故障维修时才可打开两侧维修门进行故障维修，人员无空间在铅房内停留。

### **2、辐射安全设施**

(1) 门机联锁：X 射线管与铅房两侧维修门及进出管喇叭口（两侧对称，配置 8mm 铅防护罩及 8mm 铅胶帘）之间安装联锁装置，运行期间强行打开时，X 射线管将自动停止出束。

(2) X 射线成像检测系统上部设计安装工作状态指示灯。X 射线管工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近。

(3) X 射线数字成像检测系统拟设置安全钥匙以及紧急停机按钮（铅房两侧维修门旁及操作台上），紧急情况下可迅速停机，防止误照射。

(4) 监视系统：铅房两侧工件进出喇叭口、铅房内部、控制室及基坑两侧顶部均配有监视系统，操作者可以在控制室内屏幕上监视检测过程及铅房四周情况。

(6) 固定式场所辐射探测报警装置：控制室设置有固定式场所辐射探测报警装置（带剂量显示功能），2 个探头分别安装在铅房两侧靠近维修防护门（两侧对称）处，只要铅房维修门处剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示，以防人员误入及停留。

(5) 铅房由钢-铅-钢模块化平板焊接而成，在转角和接缝处还有钢-铅结构的加强防护确保射线防护安全；维修门宽于门洞，防护门与墙的搭接部分大于“门-墙”间隙的 10 倍。铅房进出管喇叭口（两侧对称）配置 8mm 铅防护罩及 8mm 铅胶帘；铅房顶部设有电缆孔，设置了 8mm 铅防护罩进行防护；顶部拟设置机械通风装置，设置了 8mm 通风口铅防护罩进行防护，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次，X 射线数字成像检测系统曝光过程中产生的少量臭氧和氮氧化物通过机械通风装置排放。

(6) 警告标识：铅房四周表面包括维修门拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明。

(7) 辐射监测设备：公司应配备便携式 X- $\gamma$  剂量监测仪，用于场所的剂量水平监测。公司拟为辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。

(8) 公司拟为辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检且做好个人剂量档案管理工作。公司应注意若有新增辐射工作人员，应为其配备个人剂量计并建立个人剂量档案。该公司拟开展辐射工作人员的职业健康监护，安排其在有相应资质单位体检，并建立健康档案。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

(9) 公司应每月对安全连锁装置、紧急止动装置（紧急停机按钮）、警示灯、监视系统等辐射安全设施设备进行检查，发现问题应及时维护、更换。

本项目辐射安全与防护和环境保护设施布置分布图详见图 10-4。

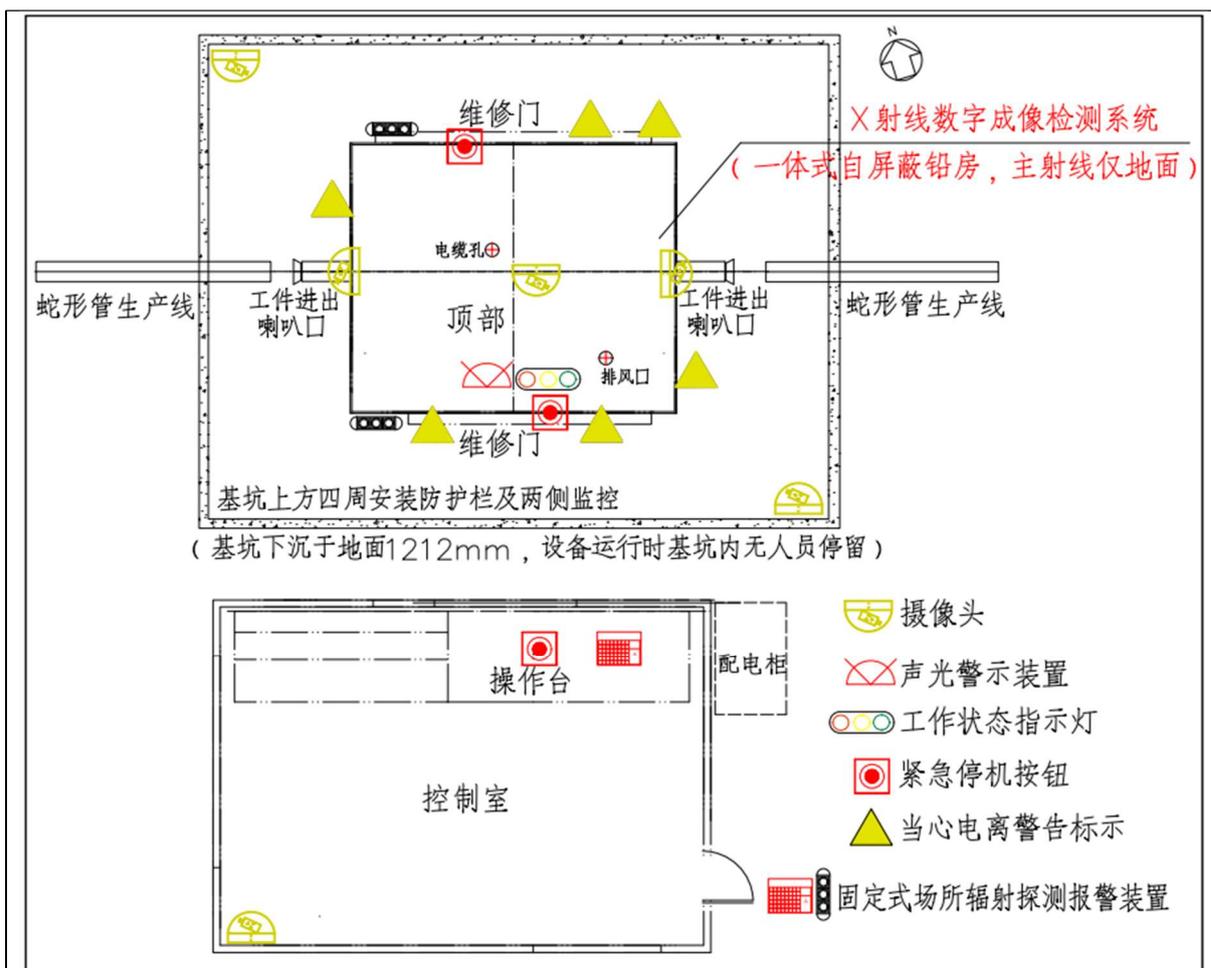


图 10-5 本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）辐射安全装置位置示意图

### 三、辐射安全防护设施对照分析

根据《生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序》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），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

序号	项目	具体要求	落实情况	备注
1	场所设施	射线屏蔽体	一体式自屏蔽铅房	/
2		隔室操作	已设计	控制室位于铅房南侧
3		入口处电离辐射警示标志	拟配置	铅房四周及维修门
4		入口处机器工作状态指示灯	设备自带	铅房顶部
5		迷道	/	一体式自屏蔽铅房
6		防护门	设备自带	两侧维修防护门
7		控制台有防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
8		门机连锁系统	设备自带	/
9		照射室内监控设施	设备自带	铅房两侧及内部
10		通排风设施	拟配置	铅房顶部
11		照射室内紧急停机按钮	设备自带	铅房两侧维修门旁及

12		控制台上紧急停机按钮	设备自带	操作台上
14	监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	已配备	/
15		个人剂量计	已配备	/
16		个人剂量报警仪	拟配备	/
		固定式场所辐射探测报警装置	拟配备	/

#### 四、辐射工作场所安防措施

为确保本项目射线装置的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 辐射工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）	防火、防盗、防丢失、防破坏	①本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）及其附属设施纳入公司日常安保巡逻工作范围，并划入重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，并立即向公安机关报案； ③X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）邻近不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）购置于正规厂家，出厂时的杂散辐射和泄漏辐射不会超过国家规定的限值； ②本项目 X 射线数字成像检测系统为一体式自屏蔽铅房，射线装置在使用过程产生的泄漏辐射较少，只要按照设计和环评要求进行落实，对周围环境影响较小。

#### 五、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，公司将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全防护与环保设施（措施）投资一览表

内容	环保设施名称	投资（万元）	备注	
辐射防护及安全措施	屏蔽措施	1 台 MXR-225HP/11 型 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）	*** 新建	
	安全装置	铅房四周及两侧维修门电离辐射警告标志	***	新建
		门机联锁装置	/	设备自带
		工作状态指示灯	/	设备自带
		控制台防止非工作人员操作的锁定开关	/	设备自带
		铅房内外配置监控系统	***	新增
		铅房维修门旁及操作台配置紧急停机按钮	/	设备自带
		固定式场所辐射探测报警装置	***	新增
	监测设备	便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台	/	利旧
		个人剂量报警仪 2 台	***	新增
个人剂量计 4 套		/	已有	
废气处理	铅房内设 1 套排风系统	***	拟配置	

设备维护	每个月对探伤装置配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件	***（预留）	每年投入
人员培训	辐射工作人员及应急人员的组织培训		
应急预案	应急和救助的资金、物资准备		
合计		***	

本项目总投资\*\*\*万元，环保投资\*\*\*万元，占总投资的\*\*\*%。今后建设单位在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

### 三废的治理

#### 一、废气处理措施

X射线数字成像检测系统在工作状态时，会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，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。

本项目铅房内拟设置1套排风装置，排风口位于铅房顶部，排风管道设置成“L”并设置8mm铅防护罩以确保射线防护安全。铅房容积约为9m<sup>3</sup>，为满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室每小时有效通风换气次数应不小于3次。”的要求，本项目排风装置的有效排风量应不小于27m<sup>3</sup>/h。本项目铅房内产生的臭氧及氮氧化物由该排风装置引至铅房外进行排放，排风口朝向不涉及人员活动密集区。

本项目电缆采用“U”型穿墙方式埋于地坪300mm以下，由铅房顶部电缆孔进入铅房内，电缆口设置8mm铅防护罩以确保射线防护安全，排风管道及电缆布置示意图见图10-6。

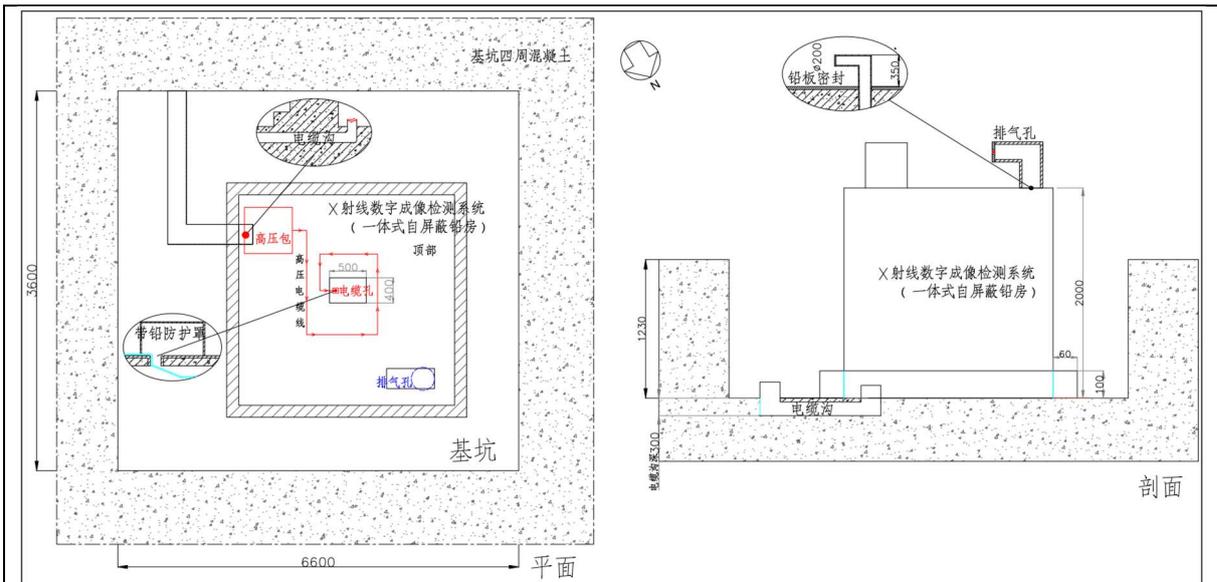


图 10-6 排风管道及电缆布置示意图

## 二、废水处理措施

本项目工作人员产生的生活污水依托厂区已有的环保设施进行处理。

## 三、噪声

本项目噪声源为铅房内排风装置运行所产生的噪声，该装置采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及厂区场址内的距离衰减后，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》（GB 12348-2008）中相关标准要求，对周围环境影响较小。

## 四、固体废物

本项目工作人员产生的生活垃圾分类收集，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

## 五、射线装置报废处置

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定，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；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；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

**一、施工阶段**

根据现场勘查，四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房（四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房，租用）内新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装，不存在土建施工。

本项目施工期产污环节主要在设备的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料等固废产生。

**二、设备安装调试期间的环境影响分析**

设备 X 射线管的安装及设备调试应请设备厂家专业人员进行，项目建设单位不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应确保铅房各屏蔽体屏蔽到位，关闭维修防护门，铅房四周设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各铅房维修门必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生，经屏蔽体及距离衰减后，X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）安装调试过程对周围环境的影响是可以接受的。

设备安装并调试完成后，项目建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处理与处置，不得随意丢弃。

**运行阶段对环境的影响**

**一、辐射环境影响分析**

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），型号为 MXR-225HP/11，最大管电压均为 225kV，最大管电流均为 8mA，属于 II 类射线装置，年开机曝光时间约为 750h。根据现场勘查，本项目新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装。

## (一) 曝光室屏蔽体厚度合理性分析

### 1、屏蔽设计

本项目二分厂车间厂房内蛇形管生产线新增的 1 台 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）通过设备自带的自屏蔽铅房对 X 射线进行屏蔽，辐射防护设计见表 11-1。

表 11-1 本项目一体式自屏蔽铅房辐射防护设计参数一览表

场所	屏蔽防护设计	屏蔽设计参数（厚度及材质）
蛇形管生产线 X 射线数字成像 检测系统（一体 式自屏蔽铅房）	铅房尺寸	2.30m×1.92m×2.04m
	四面墙体	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
	顶部	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板+4mm 钢板
	维修门 1 及维修门 2	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板
	通风口及电缆孔防护铅罩	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板
	进出管喇叭口防护罩	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板（两侧对称）
	进出管喇叭口铅胶帘	8mm 铅（两侧对称）
	底部	铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座

注：铅的密度不低于 11.3g/cm<sup>3</sup>。铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏，X 射线数字成像检测系统运行时基坑内确保无人员停留；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过。

### 2、关注点剂量率参考控制水平

本项目 X 射线数字成像检测系统关注点预测示意图各侧关注点导出控制剂量按下式进行计算：

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

式中： $\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_c$ —年剂量参考控制水平，职业人员取 100 $\mu\text{Sv/a}$ ，公众取 5 $\mu\text{Sv/a}$ ；

$t$ —探伤装置周工作时间；周工作时间约 21h；

$U$ —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。

根据式 11-1，X 射线数字成像检测系统关注点预测示意图关注点剂量率参考控制水平计算结果见表 11-2，参考点位置示意图见图 11-1 及图 11-2。

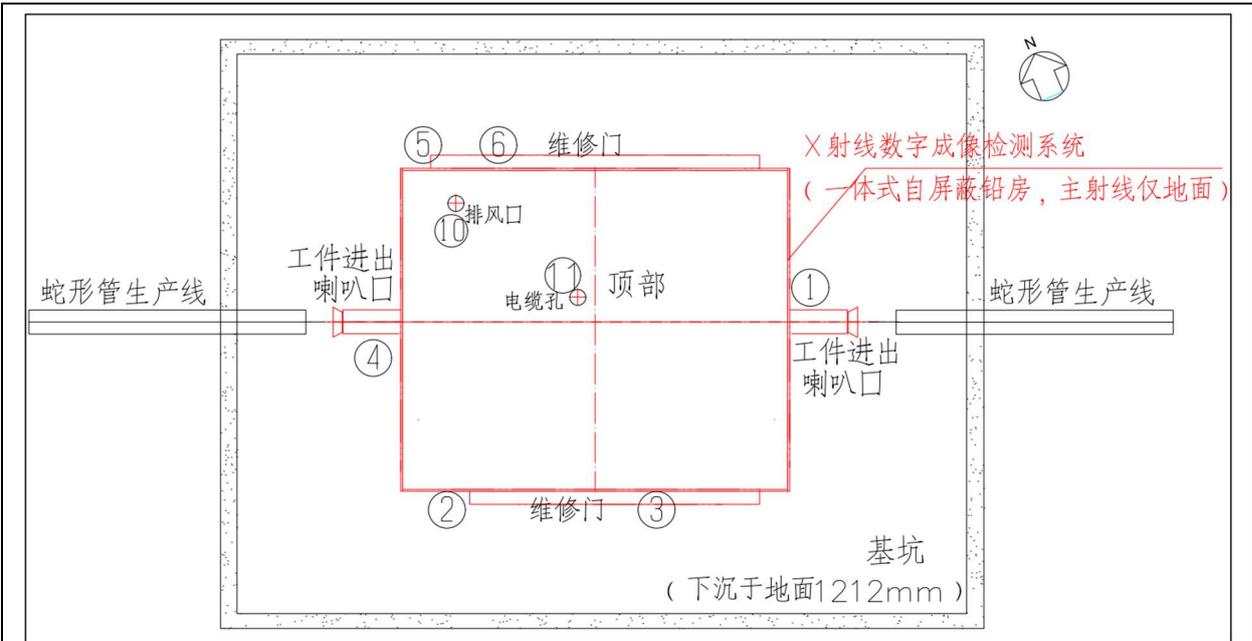


图 11-1 本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）关注点预测示意图（平面）

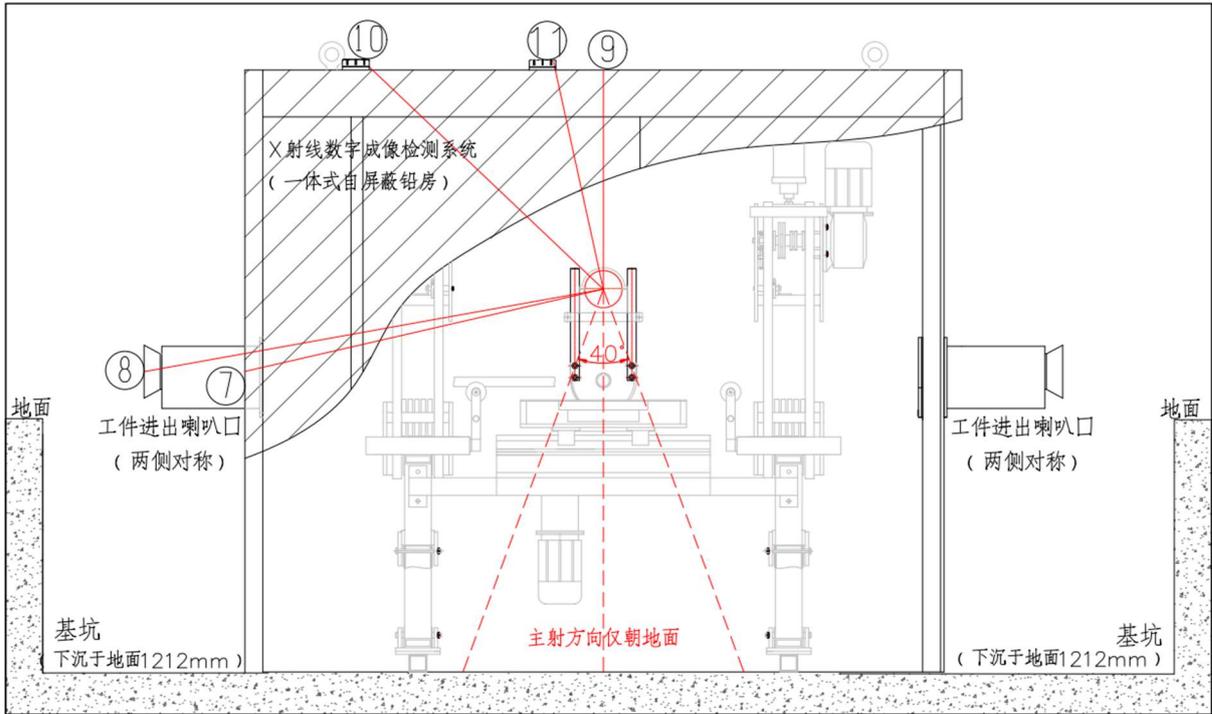


图 11-2 本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）关注点预测示意图（剖面）

表 11-2 本项目一体式铅房周围关注点剂量率参考控制水平参数选取及计算结果

点位	关注点	使用因子	居留因子	受照类型	关注点最高剂量率参考水平 (μSv/h)	关注点剂量率导出剂量率水平 (μSv/h)	本项目剂量率参考控制水平 (μSv/h)
1	东侧屏蔽体外	1	1/16	职业	2.5	76.2	2.5
2	南侧屏蔽体外	1	1/16	职业	2.5	76.2	2.5
3	南侧维修门外	1	1/16	职业	2.5	76.2	2.5
4	西侧屏蔽体外	1	1/16	职业	2.5	76.2	2.5
5	北侧屏蔽体外	1	1/16	公众	2.5	76.2	2.5
6	北侧维修门外	1	1/16	公众		76.2	2.5
7	工件进出管喇叭口 铅防护罩	1	1/16	公众	2.5	76.2	2.5
8	工件进出管喇叭口 铅胶帘	1	1/16	公众	2.5	76.2	2.5
9	顶部屏蔽体外	1	/	/	/	/	10
10	顶部排风口	1	/	/	/	/	10
11	顶部电缆孔	1	/	/	/	/	10

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；本项目取 GBZ/T250-2014 中 3.1.1 给出关注点最高剂量率参考水平  $H_{c, max} = 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；屋顶无建筑且无人员居留，保守取 GBZ/T250-2014 中 3.1.2 中  $100\mu\text{Sv/h}$  的十分之一即  $10\mu\text{Sv/h}$ ； $\dot{H}$  为  $H_{c, max}$  与  $\dot{H}_{c, d}$  二者较小值；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，主射方面仅向底部为土层结构。

### 3、屏蔽厚度核算

为分析预测 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中计算方法进行理论计算。

#### (1) 主射束屏蔽厚度核算

根据公司提供的资料，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）主射方向仅朝地面，铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏，铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座，底部为土层结构，因此，本次评价不进行主射方向有用线束照估算。

#### (2) 泄漏辐射屏蔽厚度核算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），泄漏方向的屏蔽透射因子由下列公式计算：

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

$$X_e = -TVL \cdot \log_{10} B \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中： $\dot{H}$ —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，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，本项目取  $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

$TVL$ —屏蔽物质什值层厚度，本项目选取 GBZ/T 250-2014 表 B.2 中内插值；  
225kV： $TVL$  铅=2.15mm；

表 11-3 本项目一体式自屏蔽铅房泄漏辐射屏蔽厚度核算结果

点位	关注点	剂量率参考控制水平	辐射源至关注点距离	屏蔽透射因子	理论计算屏蔽厚度	设计厚度
1	东侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.45m	1.05E-03	6.4mmPb	10mmPb
2	南侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.26m	7.94E-04	6.7mmPb	10mmPb
3	南侧维修门外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.32m	8.71E-04	6.6mmPb	10mmPb
4	西侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.45m	1.05E-03	6.4mmPb	10mmPb
5	北侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.26m	7.94E-04	6.7mmPb	10mmPb
6	北侧维修门外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.32m	8.71E-04	6.6mmPb	10mmPb
7	工件进出管喇叭口 铅防护罩	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.54m	1.19E-03	6.3mmPb	8mmPb
8	工件进出管喇叭口 铅胶帘	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.87m	1.75E-03	5.9mmPb	8mmPb
9	顶部屏蔽体外	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.04m	2.16E-03	5.7mmPb	8mmPb
10	顶部排风口	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.44m	4.15E-03	5.1mmPb	8mmPb
11	顶部电缆孔	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.10m	2.42E-03	5.6mmPb	8mmPb

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，主射方面仅向底部为土层结构。

### (3) 散射辐射屏蔽厚度核算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），散射方向的屏蔽透射因子由下列公式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

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，单位为米（m）；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$I$ —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，本项目保守取最大管

电流 8mA；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ； $200<\text{kV}\leq 300$  时散射按照 200kV 取值，故根据表 B.1 中：200kV： $8.9\times 6\times 10^4\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

$F$ — $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；按 X 射线装置圆锥束中心轴与圆锥边界的夹角为  $20^\circ$  计算，式（11-5）中的因子保守取值为 50；

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）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。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以水的  $\alpha$  值保守估计，见附录 B 表 B.3。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射， $200<\text{kV}\leq 300$  时，X 射线  $90^\circ$  散射辐射为 200kV；查附录表 B.2 中 200kV： $TVL_{\text{铅}}=1.4\text{mm}$ 。

表 11-4 本项目一体式自屏蔽铅房散射辐射屏蔽厚度核算结果

点位	关注点	剂量率参考控制水平	辐射源至关注点距离	屏蔽透射因子	理论计算屏蔽厚度	设计厚度
1	东侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.45m	6.15E-05	5.9mmPb	10mmPb
2	南侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.26m	4.65E-05	6.1mmPb	10mmPb
3	南侧维修门外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.32m	5.10E-05	6.0mmPb	10mmPb
4	西侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.45m	6.15E-05	5.9mmPb	10mmPb
5	北侧屏蔽体外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.26m	4.65E-05	6.1mmPb	10mmPb
6	北侧维修门外	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.32m	5.10E-05	6.0mmPb	10mmPb
7	工件进出管喇叭口 铅防护罩	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.54m	6.94E-05	5.8mmPb	8mmPb
8	工件进出管喇叭口 铅胶帘	2.5 $\mu\text{Sv/h}$	1.87m	1.02E-04	5.6mmPb	8mmPb
9	顶部屏蔽体外	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.04m	1.27E-04	5.5mmPb	8mmPb
10	顶部排风口	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.44m	2.23E-04	5.1mmPb	8mmPb
11	顶部电缆孔	10 $\mu\text{Sv/h}$	1.10m	1.42E-04	5.4mmPb	8mmPb

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，主射方面仅向底部为土层结构。

#### （4）复合分析

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）四周屏蔽体及屋顶屏蔽核算结果见表 11-5。

表 11-5 本项目一体式自屏蔽铅房四周屏蔽体及顶部屏蔽核算结果

点 位	关注点	泄漏辐射理论计 算屏蔽厚度	散射辐射理论计 算屏蔽厚度	复合分析	设计厚度	备注
1	东侧屏蔽体外	6.4mmPb	5.9mmPb	7.04mmPb	10mmPb	满 足 屏 蔽 要 求
2	南侧屏蔽体外	6.7mmPb	6.1mmPb	7.31mmPb	10mmPb	
3	南侧维修门外	6.6mmPb	6.0mmPb	7.22mmPb	10mmPb	
4	西侧屏蔽体外	6.4mmPb	5.9mmPb	7.04mmPb	10mmPb	
5	北侧屏蔽体外	6.7mmPb	6.1mmPb	7.31mmPb	10mmPb	
6	北侧维修门外	6.6mmPb	6.0mmPb	7.22mmPb	10mmPb	
7	工件进出管喇叭 口铅防护罩	6.3mmPb	5.8mmPb	6.93mmPb	8mmPb	
8	工件进出管喇叭 口铅胶帘	5.9mmPb	5.6mmPb	6.57mmPb	8mmPb	
9	顶部屏蔽体外	5.7mmPb	5.5mmPb	6.37mmPb	8mmPb	
10	顶部排风口	5.1mmPb	5.1mmPb	5.76mmPb	8mmPb	
11	顶部电缆孔	5.6mmPb	5.4mmPb	6.26mmPb	8mmPb	

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，主射方面仅向底部为土层结构。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT250-2014），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（ $TVL$ ）厚度（225kV： $TVL_{铅}=2.15mm$ ）或更大时，采用其中较厚的屏蔽；相差不足一个什值层（ $TVL$ ）厚度时，在较厚的屏蔽上增加一个半值层（ $HVL$ ）厚度。

由表 11-5 可知，曝光室各屏蔽体在考虑散射辐射及漏射辐射屏蔽时采用其中较厚的屏蔽；其中曝光室（探伤室 2）北侧防护门 D 点漏射辐射的屏蔽厚度与散射辐射的屏蔽厚度相差不足一个什值层（ $TVL$ ）厚度，故在较厚的屏蔽上增加一个半值层（ $HVL$ ）厚度（选取 GBZ/T 250-2014 表 B.2 中内插值，225kV： $HVL_{铅}=0.64mm$ ）。

综上所述，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）屏蔽设计厚度均满足屏蔽要求。

## 二、项目正常运行阶段辐射环境影响分析

根据现场勘查，本项目新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装，故对本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）周围辐射环境影响采用理论预测的方法进行影响分析。

# 1、X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）周围关注点理论预测环境影响分析

## (1) 计算模式

### ①主射束

根据公司提供的资料，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）主射方向仅朝地面，铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏，铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座。因此，本次评价不进行主射方向有用线束照估算。

### ②泄漏辐射

泄漏辐射所致参考点剂量率利用下列公式计算：

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

式中：B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为  $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，本项目取  $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

### ③散射辐射

散射辐射所致装置外剂量率利用公式计算：

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

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，本项目保守取最大管电流 5.6mA；

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

B—屏蔽透射因子；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

F— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ），按 X 射线装置圆锥束中心轴与圆锥边界的夹角为  $20^\circ$  计算，式（11-11）中的  $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$  因子保守取值为 50；

$\alpha$ —散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）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。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值

时，可以水的  $\alpha$  值保守估计，见附录 B 表 B.3；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

#### ④屏蔽透射因子

辐射屏蔽透射因子  $B$  按公式计算：

$$X_e = X / \cos \theta \dots\dots\dots \text{（式 11-7）}$$

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

式中： $X_e$ —有效屏蔽厚度；

$X$ —屏蔽物质厚度；

$\theta$ —斜射角；

$TVL$ —屏蔽物质什值层厚度。泄漏辐射： $TVL$  铅=1.4mm；散射辐射： $TVL$  铅=2.15mm

#### ⑤年有效剂量估算

按照下列对辐射工作人员及公众的受照辐射年剂量进行保守估算：

$$P_{\#} = \dot{H} \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-9）}$$

式中： $P_{\#}$ —年有效剂量，mSv/a；

$t$ —年工作时间，h；

$U$ —利用因子；

$T$ —居留因子。

#### （2）预测参数选取

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）各关注点及相关预测参数见表 11-6。

表 11-6 本项目一体式自屏蔽铅房各关注点及相关参数

点位	关注点	距离 R	屏蔽材料 $X_e$	透射因子 $B$	需屏蔽的辐射源
1	东侧屏蔽体外	1.45m	10mmPb	2.23E-05	泄漏辐射
				7.20E-08	散射辐射
2	南侧屏蔽体外	1.26m	10mmPb	2.23E-05	泄漏辐射
				7.20E-08	散射辐射
3	南侧维修门外	1.32m	10mmPb	2.23E-05	泄漏辐射
				7.20E-08	散射辐射
4	西侧屏蔽体外	1.45m	10mmPb	2.23E-05	泄漏辐射
				7.20E-08	散射辐射
5	北侧屏蔽体外	1.26m	10mmPb	2.23E-05	泄漏辐射

				7.20E-08	散射辐射
6	北侧维修门外	1.32m	10mmPb	2.23E-05	泄漏辐射
				7.20E-08	散射辐射
7	工件进出管喇叭口铅防护罩	1.54m	8mmPb	1.90E-04	泄漏辐射
				1.93E-06	散射辐射
8	工件进出管喇叭口铅胶帘	1.87m	8mmPb	1.90E-04	泄漏辐射
				1.93E-06	散射辐射
9	顶部屏蔽体外	1.04m	8mmPb	1.90E-04	泄漏辐射
				1.93E-06	散射辐射
10	顶部排风口	1.44m	8mmPb	1.90E-04	泄漏辐射
				1.93E-06	散射辐射
11	顶部电缆孔	1.10m	8mmPb	1.90E-04	泄漏辐射
				1.93E-06	散射辐射

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过（9~11#预测点位为参考数据），主射方面仅向底部为土层结构。

### (3) 预测结果

根据前面给出的计算公式、预测参数和 X 射线数字成像检测系统年最大探伤曝光时间保守取 750h，计算各关注点的辐射剂量率和年有效剂量，计算结果列入表 11-10 至表 11-7 中。

表 11-7 本项目一体式自屏蔽铅房关注点辐射剂量率计算结果

点位	关注点	泄漏辐射 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
1	东侧屏蔽体外	5.31E-02	2.92E-03	5.60E-02	2.5	满足
2	南侧屏蔽体外	7.03E-02	3.87E-03	7.42E-02	2.5	
3	南侧维修门外	6.41E-02	3.53E-03	6.76E-02	2.5	
4	西侧屏蔽体外	5.31E-02	2.92E-03	5.60E-02	2.5	
5	北侧屏蔽体外	7.03E-02	3.87E-03	7.42E-02	2.5	
6	北侧维修门外	6.41E-02	3.53E-03	6.76E-02	2.5	
7	工件进出管喇叭口 铅防护罩	4.01E-01	6.96E-02	4.70E-01	2.5	
8	工件进出管喇叭口 铅胶帘	2.72E-01	4.72E-02	3.19E-01	2.5	
9	顶部屏蔽体外	8.79E-01	1.53E-01	1.03E+00	10	
10	顶部排风口	4.58E-01	7.92E-02	5.38E-01	10	
11	顶部电缆孔	7.86E-01	1.36E-01	9.22E-01	10	

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过（9~11#预测点位为参考数据），主射方面仅向底部为土层结构。

表 11-8 本项目一体式自屏蔽铅房各关注点年有效剂量计算结果

点 位	关注点	总剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留 因子	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	受照 类型	管理目标 ( $\text{mSv/a}$ )
1	东侧屏蔽体外	5.60E-02	1/16	2.63E-03	职业	5.0
2	南侧屏蔽体外	7.42E-02	1/16	3.48E-03	职业	
3	南侧维修门外	6.76E-02	1/16	3.17E-03	职业	
4	西侧屏蔽体外	5.60E-02	1/16	2.63E-03	职业	
5	北侧屏蔽体外	7.42E-02	1/16	3.48E-03	职业	
6	北侧维修门外	6.76E-02	1/16	3.17E-03	职业	
7	工件进出管喇叭口铅防护罩	4.70E-01	1/16	2.21E-02	职业	
8	工件进出管喇叭口铅胶帘	3.19E-01	1/16	1.50E-02	职业	
9	顶部屏蔽体外	1.03E+00	1/16	4.84E-02	/	/
10	顶部排风口	5.38E-01	1/16	2.52E-02	/	/
11	顶部电缆孔	9.22E-01	1/16	4.32E-02	/	/

注：各关注点位于屏蔽体外 30cm 处；辐射剂量率为关注点散射线辐射剂量率及漏射线辐射剂量率合计；铅房整体安装于基坑内，基坑上方四周安装防护围栏，设备运行时基坑内确保无人员停留；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过（9~11#预测点位为参考数据），主射方面仅向底部为土层结构。

由表 11-7 及表 11-8 结果可知，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）周围关注点均符合其剂量率参考控制水平。本项目新增使用的 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）全年正常运行，经自屏蔽铅房各屏蔽体、维修门屏蔽防护后，辐射工作人员及周围公众所受到的年有效剂量均符合《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，均低于本报告执行的照射剂量约束值。

### （3）其他辐射环境影响分析

根据核算本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）顶部的剂量当量率最大为  $1.03\mu\text{Sv/h}$ ，经天空散射后在地面上的贡献值较小，铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，对周围环境影响较小。

## 2、环境保护目标环境影响分析

本项目辐射工作场所周围 50m 范围均位于公司厂界内，本项目辐射环境保护目标为公司辐射工作人员、公司厂区内的其他工作人员及公众，本项目环境保护目标范围内辐射工作人员及公众年有效剂量估算如表 11-9 所示。

表 11-9 本项目环境保护目标范围内辐射工作人员及公众年有效剂量估算结果

点位描述		与铅房最近距离	总剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )	受照类型	管理目标 ( $\text{mSv/a}$ )
X射线数字成像检测系统四周辐射工作人员及公众	南侧操作室	约 2.4m	2.04E-02	1	1.53E-02	职业	5
	东侧蛇形管生产线	约 4.0m	6.97E-02	1/4	1.31E-02	公众	0.1
	东侧喷涂区	约 31m	1.16E-03	1/4	2.18E-04		
	南侧鳍片管焊接区	约 46m	5.57E-05	1/4	1.04E-05		
	南侧产品检测区	约 46m	5.57E-05	1/4	1.04E-05		
	南侧厂区室外道路	约 48m	5.11E-05	1/4	9.59E-06		
	西侧蛇形管生产线	约 4.0m	6.97E-02	1/4	1.31E-02		
	北侧蛇形管生产线	约 4.0m	7.36E-03	1/4	1.38E-03		
	北侧水压试验区	约 16m	4.60E-04	1/4	8.63E-05		
	北侧产品组装区	约 36m	9.09E-05	1/4	1.70E-05		

注：辐射源点（靶点）至关注点的距离  $R$ =该关注点与铅房最近距离+辐射源点（靶点）至铅房四周屏蔽体最近距离。铅房整体安装于基坑内，基坑上方四周安装防护围栏，设备运行时基坑内确保无人员停留；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，主射方面仅向底部为土层结构。

本项目拟配置辐射工作人员 4 人，均为公司现有辐射工作人员调配至本项目，故综合考虑辐射工作人员所受年有效剂量，对其进行年有效剂量叠加计算。根据公司提供的 2023 年度个人剂量监测结果（见附件 6），辐射工作人员个人剂量最大监测值见下表。

表 11-10 本项目拟配置辐射工作人员年有效剂量统计一览表

辐射工作人员	2022~2023 年辐射工作人员最大监测值（ $\text{mSv}$ ）				
	2023 年 1 季度	2023 年 2 季度	2023 年 3 季度	2023 年 4 季度	合计
杨 成	/	0.02	0.04	0.10	0.16
李知平	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08
唐明军	0.02	0.02	0.04	0.02	0.10
胡 航	/	0.02	0.02	0.02	0.06

注：表中未有监测数据的均为监测周期内未参加辐射相关工作。

由上表可知，公司 2023 年度从辐射工作的辐射工作人员年最大监测值为 0.16 $\text{mSv}$ ，故本项目辐射工作人员年有效剂量叠加计算结果见下表。

表 11-11 本项目辐射工作人员年有效剂量叠加结果

人员类别	本项目最大理论预测值 ( $\text{mSv/a}$ )	辐射工作人员最大监测值 ( $\text{mSv/a}$ )	合计 ( $\text{mSv/a}$ )
铅房四周（7#点位）	2.21E-02	0.16	0.182
南侧操作室	1.53E-02	0.16	0.175

注：铅房整体安装于基坑内，基坑上方四周安装防护围栏，设备运行时基坑内确保无人员停留；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，主射方面仅向底部为土层结构。

根据上述预测结果可知，在防护设施正常使用的前提下，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）全年正常运行，辐射工作人员所受到的最大年有效剂量为 0.182mSv/a，周围公众所受到的最大年有效剂量为  $1.31 \times 10^{-2}$ mSv/a，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目辐射工作场所周围 50m 范围均位于公司厂界内，由于本项目 50m 范围内环境保护目标距机房墙体相对较远（远大于表面 0.3m），故本项目敏感点处公众所受的辐射剂量将小于上述理论计算值。

综上所述，根据上述理论估算结果，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）经实体屏蔽后，对铅房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小，同时在开展探伤工作时，在采取有效的辐射防护措施和良好的管理情况下，辐射工作人员的年有效剂量可以满足标准限值要求。

### 三、非放射性环境影响分析

#### （一）废气环境影响分析

X 射线数字成像检测系统在工作状态时，会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，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。

本项目铅房内拟设置 1 套排风装置，排风口位于铅房顶部，排风管道设置成“L”并设置 8mm 铅防护罩以确保射线防护安全。铅房容积约为  $9\text{m}^3$ ，为满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。”的要求，本项目排风装置的有效排风量应不小于  $27\text{m}^3/\text{h}$ 。本项目铅房内产生的臭氧及氮氧化物由该排风装置引至铅房外进行排放，排风口朝向不涉及人员活动密集区。

#### （二）废水环境影响分析

本项目工作人员产生的生活污水依托厂区现有污水处理设施处理。

#### （三）声环境影响分析

本项目噪声主要来源于排风装置运行所产生的噪声，该装置采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及厂区场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）相关标准要求，对周围环境影响较小。

#### （四）固体废物的环境影响分析

本项目工作人员会产生少量生活垃圾。本项目工作人员产生的生活垃圾分类收集，

由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

#### 四、射线装置报废

根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定，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；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；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

### 事故影响分析

#### 一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第449号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见下表。

表 11-12 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
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，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-13 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值（Gy）
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	轻度	10~20
	重度	20~50
脑型急性放射病	轻度	50~100
	中度	
	重度	

	极重度	
	死亡	>100

## 二、辐射事故识别

本项目新增使用的 X 射线数字成像检测系统属 II 类射线装置，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 射线数字成像检测系统只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。

### 1、可能发生的辐射事故情景假设

X 射线数字成像检测系统具备独立的安全回路，全自动化操作，并设置有门-机联锁装置，X 射线管与成像检测系统维修门及进出管喇叭口之间安装联锁装置，运行期间强行打开时，X 射线管将自动停止出束，正常工作时无法开启铅房两侧维修门，只有设备故障维修时才可打开两侧维修门进行故障维修，人员无空间在铅房内停留。

根据其工作原理分析，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

- (1) 安全联锁装置发生故障，X 射线数字成像检测系统工作时，无关人员在维修防护门打开的情况下逗留在 X 射线装置附近，造成有人员被误照射；
- (2) X 射线数字成像检测系统在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；
- (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。

### 2、辐射事故情景剂量估算

当发生辐射事故时候，相关人员可以立即按下紧急停机按钮(铅房两侧维修门旁及操作台上)，紧急情况下可迅速停机中断电源，防止误照射，整个处理时间保守估计约 10s，人员受到的有效剂量与 X 射线数字成像检测系统产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中 X 射线数字成像检测系统产生的初级射线束造成的空气吸收剂量率可用式 11-10 计算（保守按照 225kV 进行估算），人员受到的有效剂量可用式 11-11 进行计算（保守按照 225kV 进行估算）：

$$D=I\delta_X/r^2 \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

式中：I—管电流，mA；本项目取 8mA；

$\delta_X$ —发射率常数，mGy.m<sup>2</sup>mA<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>；

r—参考点距焦点的距离，m；

$$E = H \times T \times N \times U \dots\dots\dots (式 11-11)$$

式中： $E$ —关注点的年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$H$ —辐射剂量率计算值， $\mu\text{Sv/h}$

$T$ —工作负荷， $\text{h/a}$ ；

$U$ —居留因子；

$N$ —转换因子，保守取值 1；

本项目 X 射线数字成像检测系统在探伤作业时发生事故时对受照人员的有效剂量计算结果见表 11-14。

表 11-14 本项目 X 射线数字成像检测系统事故情况下周围人员受到的剂量估算结果

受照时间	距射线靶距离 (m)	有效剂量 (mSv)
1s	0.5	3.8
	1	1.0
	2	0.2
	3	0.1
5s	0.5	19.0
	1	4.8
	2	1.2
	3	0.5
10s	0.5	38.0
	1	9.5
	2	2.4
	3	1.1

### (3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下，受误照人员在 X 射线管主射束方向 0.5m 或 1m 处受照 10s，其所受剂量分别约为 38.0mSv 和 9.5mSv，已超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值和本报告表确定的剂量管理约束限值的（职业照射：5mSv），属一般辐射事故；同时，随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，也可能造成较大辐射事故。

综上所述，本项目一旦发生辐射事故，铅房周围人员较容易受到超剂量照射，应立即停止 X 射线数字成像检测系统（切断电源），严禁公众在铅房附近停留。在 X 射线直接照射情况下，应立即启动事故应急预案。为避免发生意外照射，在探伤工作开始之前，必须将监督区和控制区范围内的其他工作人员需进行全面的清场，严禁无关人员进入。

因此，建设单位在运营过程中必须严格执行相关规章制度和工作管理制度，严格杜绝此类事故的发生。

### （三）事故工况辐射影响分析

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-15。

表 11-15 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）	X 射线	超剂量照射	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

根据分析，本项目可能发生的事故为一般辐射事故。但是随着受误照人员受照时间的增加，其所受剂量将远超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值，可能造成较大辐射事故。

### 三、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，要求建设方严格执行以下风险预防措施：

（1）定期对本单位 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

（2）凡涉及对 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）进行操作，必须严格按照操作规程执行。操作人员按照操作规程进行操作，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

（3）每月对使用 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

（4）本项目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。

### 四、应急措施

假若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）事故发生时，设备操作人员应立即切断 X 射线系统的工作电源。

（2）一旦发生辐射事故，公司应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防

止事故恶化。事故发生后，应立即向公司领导及上级主管部门汇报，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急小组上报至当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

(2) 事故发生后，应立即安排受辐照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员报告情况，以利于估算受照剂量，判定事故等级，提出控制措施，并及时组织专业技术人员排除事故，配合各相关部门做好辐射事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

(3) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(4) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

**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、关于辐射安全与环境保护管理机构**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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，并以文件形式明确管理人员职责。

四川陆亨能源科技有限公司目前已成立了职业病防治和辐射安全领导机构及管理人员工作领导小组并以文件形式明确了管理人员职责，见附件 7。

#### **二、辐射工作人员配置和能力分析**

四川陆亨能源科技有限公司现有辐射工作人员 4 人，4 名辐射工作人员已参加辐射安全和防护知识培训，并均已配备个人剂量计。本项目拟配备 4 名辐射工作人员，均为现有辐射工作人员。

1、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”。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

2、在辐射工作人员上岗前，公司应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

3、公司应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

### **辐射安全管理规章制度**

#### **一、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》（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 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求		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	将本项目射线装置纳入其中
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	已制定	将本项目射线装置纳入其中
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员资质条件要求、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。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
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措施，确保射线装置保持良好的工作状态。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任	已制定	包含本项目配备工作人员
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，记载射线装置及非密封放射物质的名称、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，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度	已制定	将本项目射线装置纳入其中
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	已制定	将本项目射线装置纳入其中
8	监测仪器使用与校验管理制度	/	已制定	/
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。	已制定	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，操作人员必须佩戴个人剂量计。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	已制定	辐射工作人员包含本项目配备工作人员
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订较为完善的事故应急预案或应急措施。	已制定	将本项目射线装置纳入其中
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	/	已制定	/

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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。公司应根据本项目的特点及以下内容完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

(1) 辐射防护和安全保卫制度：根据建设单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，规定专人负责 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）项目防护与安全保卫工作，定期对辐射防护与安全保卫相关的用品、仪器进行检查。

(2) 操作规程：针对本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）制定操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作时必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

(3) 岗位职责：明确与本次新增 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）相关的管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

(4) 设备维修制度：明确 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常新建过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。确保射线装置、安全措施（急停按钮、警示标志、工作状态指示灯及联动装置等）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

(5) 人员培训计划和健康管理制：明确本项目的培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。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》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。

(6) 监测方案：制订辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度，明确监测频次和监测项目。

(7) 辐射工作人员个人剂量管理制度公司应根据本项目特点完善《辐射工作人员

人员个人剂量管理制度》，明确所有从事手术操作的工作人员应进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。

(8) 辐射事故应急预案：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令 第 18 号）第四十三条规定，公司应完善辐射事故应急预案，辐射事故应急预案应完善以下内容：

① 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，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，辐射事故的调查、预案管理；

② 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金及物资准备；

③ 辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施；

④ 辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理；辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

⑤ 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

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完善，使之更能符合实际需要。

**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完善，使之更能符合实际需要。**

## 二、需上墙的规章制度

四川陆亨能源科技有限公司应按照《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）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》悬挂于辐射工作场所并且上墙制度的内容应字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

## 三、档案管理

四川陆亨能源科技有限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) 设备使用期间射线装置异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，档案资料应按以下几大类分类：“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”和“废物处置记录”等。

#### **四、年度辐射安全评估制度**

四川陆亨能源科技有限公司应建立年度辐射安全评估制度，应根据《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。

#### **五、核技术利用辐射安全申报系统要求**

根据生态环境部信息化管理要求，辐射工作单位办理辐射安全许可证审批环保手续时需在全国核技术利用辐射安全申报系统（以下简称“申报系统”）进行网上申报（申报系统网址：[rr.mee.gov.cn](http://rr.mee.gov.cn)）凡是不进行网上申报的，纸质材料一律不予受理。辐射工作单位网上申请提交成功后，应通过网上在线打印业务表单，并盖章确认，再按相关程序提交到生态环境部门办理。

### **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监测。

#### **一、工作场所监测**

##### **1、年度监测**

公司应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上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

##### **2、日常自我监测**

定期自行监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期自行监测制度，监测数据应存档备案。

### 3、监测内容和要求

- (1) 监测内容：X- $\gamma$  空气吸收剂量率。
- (2) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境。
- (3) 监测布点方案：

表 12-2 工作场所及环境监测计划建议

场所名称	监测项目	监测周期	监测点位
X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）及其配套用房	X- $\gamma$ 空气吸收剂量率	委托有资质的单位监测，频率为 1 次/年；自行开展辐射监测，频率为不少于 1 次/季度	距铅房四周屏蔽体、维修门（包括四周门缝）表面外 30cm 处及控制室

(4) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）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。

(5) 监测范围：控制和监督区域及周围环境

(6) 监测质量保证：

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与公司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公司应安排专人负责自行监测任务；

③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；

④制定辐射环境监测管理制度。

辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案，若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。从事自我监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。

### 4、公司年度监测现状

四川陆亨能源科技有限公司已委托四川鸿源环境检测技术咨询有限公司开展了 2023 年度辐射工作场所的辐射环境监测，根据检测报告的检测结果可知，公司在用的射线装置正常工作时，其操作位和周围环境的 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率均低于 2.5 $\mu$ Sv/h，均满足相关标准要求。公司已完成 2023 年度评估报告并已上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

## 二、个人监测

### 1、个人剂量监测管理要求

个人监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片，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），就本项目而言，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、剂量监测结果等材料。公司应当将个人剂量档案保存终生。

### 2、公司个人剂量监测现状

四川陆亨能源科技有限公司已委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对公司现有辐射工作人员进行了个人剂量监测。公司在每年的1月31日前上报的辐射安全和防护状况自查评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。

## 辐射事故应急

### 一、事故应急预案内容

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位需完善辐射事故应急预案。

(1) 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，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，辐射事故的调查、预案管理。

(2) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

(3) 应急人员的培训；

(4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

(5) 辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

(6) 发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境、公安、卫生健康等部门报告。

### 二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，关闭进出口门，同时向公司主管领导报告。

(2) 建设单位根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(3) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

### 三、其他

(1) 辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

(2) 在预案的实施中，公司应根据国家新发布的法律法规内容，结合公司实际情况及时对预案做补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

**项目名称：**四川陆亨能源科技有限公司新增 X 射线数字成像检测系统项目

**建设单位：**四川陆亨能源科技有限公司

**建设性质：**扩建

**建设地点：**四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房内

根据现场勘查，四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房（四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房，租用）内新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装。

### 建设内容与规模：

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用，厂房为单层建筑，层高约 14m）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），型号为 MXR-225HP/11，最大管电压均为 225kV，最大管电流均为 8mA，属于 II 类射线装置，主射线仅向下朝向地面土层，年开机曝光时间约为 750h，用于对蛇形管焊缝进行在线 X 射线无损检测，以保证焊缝的焊接质量。

X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）尺寸为长 2.30m×宽 1.92m×高 2.04m，铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面 1212mm），基坑上方四周安装防护围栏（禁止无关人员进入），铅房底部四周浇筑高 100mm 混凝土底座。铅房四周屏蔽体为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板结构，顶部为 2mm 钢板+8mm 铅板+6mm 钢板结构；铅房两侧维修门（仅在设备维修时使用）尺寸均为长 1.62m×宽 0.80m，均为 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板结构防护门；铅房两侧进出管喇叭口防护罩为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板结构（两侧对称）；进出管喇叭口配置有铅胶帘为 8mm 铅当量（两侧对称），铅房南侧配有 1 间控制室（8.75m<sup>2</sup>）。

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）采用数字成像的方式，不涉及洗片操作。

## 二、项目产业政策符合性

本项目属于核技术在无损探伤检测领域内的运用，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日起施行）相关规定，本项目属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“质量检测服务”，符合国家当前的产业政策。

## 三、实践正当性

X 射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属或其他材料内部可能产生的缺陷，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于 X 射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。

四川陆亨能源科技有限公司新增 X 射线数字成像检测系统项目的目的是为了对公司内部蛇形管产品进行 X 射线探伤检测，以保证生产的蛇形管焊缝的焊接质量。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

## 四、项目周边保护目标以及场址选址情况

### 1、四川陆亨能源科技有限公司外环境关系

四川陆亨能源科技有限公司拟在四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用）内东部新增一条蛇形管生产线，该生产线配置 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房），四川汇通能源装备制造股份有限公司位于四川省绵阳市江油市江彰大道中段 282 号，东侧为成绵乐客运专线及宝成线；南侧为江油市机械产业园厂房；西侧依次为江彰大道中段、江东华庭小区及江油工业园区东区新居工程 1 期；北侧为柏盖村居民住宅区。

四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房（四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房，租用，见附件 2）已在《四川汇通能源装备制造股份有限公司扩建 11000 吨电站锅炉配套装置及民用核安全支承设备制造生产线项目环境影响报告书》中完成了环境影响评价并已取得江油市生态环境局（原江油市环境保护局）的批复（江环政〔2015〕236 号）（附件 3），厂区选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，项目所在地的用地性质为工业用地，从周边外环境关系可知，厂区周边主要为住宅区、

厂房及市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

## 2、辐射工作场所外环境关系

本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）位于公司二分厂车间厂房内蛇形管生产线，其东侧 50m 范围依次为蛇形管生产线及喷涂区；南侧 50m 范围内依次为鳍片管焊接区、产品检测区及厂区内室外道路；西侧 50m 范围内为蛇形管生产线；北侧 50m 范围内依次为水压试验区及产品组装区；铅房顶部无建筑且无人员居留，上方无行吊运行人员经过，下方为土层结构。

本项目仅为公司车间厂房内部建设，不新增用地，X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）周围 50m 范围内均位于厂区内，且扩建的辐射工作场所具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及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）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

## 五、区域环境质量现状

根据监测结果可知，本项目 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）拟建址周边环境的  $\gamma$  辐射剂量率与生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》（2023 年 7 月）中四川省环境  $\gamma$  辐射剂量率年均值范围基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

## 六、环境影响分析结论

### 1、施工期环境影响分析

根据现场勘查，四川陆亨能源科技有限公司二分厂车间厂房（四川汇通能源装备制造股份有限公司现有车间厂房，租用）内新增一条蛇形管生产线所配置的 1 套 X 射线数字成像检测系统（一体式自屏蔽铅房）已与蛇形管生产线同步建设及安装完成，X 射线数字成像检测系统内部 X 射线管未购置安装，不存在土建施工。

### 2、营运期正常工况下辐射环境影响

#### （1）辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本

项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

### (2) 非放环境影响分析结论

本项目铅房内拟设置 1 套排风装置，排风口位于铅房顶部，排风管道设置成“L”并设置 8mm 铅防护罩以确保射线防护安全，铅房内产生的臭氧及氮氧化物由该排风装置引至铅房外进行排放，排风口朝向不涉及人员活动密集区，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。

本项目工作人员产生的生活污水依托厂区现有污水处理设施处理。

本项目噪声主要来源于通排风装置运行所产生的噪声，该装置采用低噪声设备，经建筑物墙体隔声及厂区场址内的距离衰减后，运行期间厂界噪声可满足相关标准要求，对周围环境影响较小。

本项目工作人员产生的生活垃圾分类收集，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

### 3、事故工况下环境影响

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，四川陆亨能源科技有限公司按相关规定和本环评要求对已制定的《辐射事故应急预案》进行补充完善后，能够有效控制并消除事故影响。

### 七、射线装置使用与安全管理综合能力

四川陆亨能源科技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《X 射线数字成像检测系统安全操作规程》及根据本项目特点完善《辐射防护和安全管理制

度》及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 射线数字成像检测系统（II类射线装置）的使用和管理能力。

### 八、项目环境可行性结论

综上所述，本项目在坚持“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和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施。

四川陆亨能源科技有限公司新增 X 射线数字成像检测系统项目符合国家当前的产业政策，在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，符合国家相关法律

法规及标准要求。本项目运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，对辐射工作人员和公众照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 - 2002）规定的剂量限值和本报告执行的剂量约束值要求。从辐射环境保护角度论证，本项目的建设和运行是可行的。

#### 九、项目竣工环境保护验收检查内容

本项目建成后，建设单位应严格按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ 1326-2023）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

（1）验收工作程序：主要包括验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

（2）验收自查：对本项目环境影响报告表及其审批部门审批决定等文件，自查项目建设性质、规模、地点，主要生产工艺、辐射源项、项目主体工程、辅助工程规模等情况；说明施工合同、监理合同中辐射安全与防护设施的建设内容和要求，辐射安全与防护设施建设进度和资金使用内容，项目实际环保投资总额占项目实际总投资额的百分比情况；自查本项目辐射安全与防护设施建成情况；自查本项目辐射安全与防护措施的落实情况；自查法规制度执行情况（包括人员培训考核、个人剂量管理、辐射监测、台账管理等）。

（3）验收监测：建设单位根据验收自查结果，明确实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上确定验收工作范围、验收评价标准，明确监测期间工况记录方法，明确验收监测点位、监测因子、监测方法、频次等。验收单位制定验收监测质量保证和质量控制工作方案。

建设单位在完成验收监测与检查后，建设单位应组织编制验收监测报告（参照 HJ 1326-2023 格式要求），对监测数据和检查结果进行分析、评价并得出结论。结论应明确辐射安全与防护设施运行效果，项目对辐射工作人员、公众和周边环境的辐射影响情况等。

（4）后续工作：验收监测报告编制完成后，进入后续验收工作程序，提出验收意见，编制“其他需要说明的事项”，形成验收报告。验收报告包括验收监测报告、验收意见和“其他需要说明的事项”三项内容。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、辐射安全与防护设施/措施落实情况、工程建设对环境的影响、验收结论和

后续要求。

“全国建设项目竣工环境保护验收信息平台”已于 2017 年 12 月 1 日上线试运行，网址为：<http://114.251.10.205>，建设单位应将验收报告通过全国建设项目竣工环境保护验收信息系统平台向社会公开及备案，并形成验收档案。

## 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、公司应加强管理，安排辐射工作人员及辐射防护负责人须在生态环境部“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。

3、公司应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《放射性同位素与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上传。

4、经常检查辐射工作场所的当心电离辐射警告标志，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。

5、公司须重视控制区和监督区的管理。

6、根据《四川省辐射污染防治条例》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）有关规定，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；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；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

7、公司今后在更换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，对相关信息进行修改。

8、本次环评射线装置工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

9、本项目建成后，公司应严格按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

## “三同时”验收一览表

### “三同时”验收一览表

项目		设施（措施）	验收要求
辐射安全管理机构		已建立辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式下发	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射管理人员已取得辐射安全与防护培训证书，并在有效期内。
辐射安全与防护措施	屏蔽措施	X射线数字成像检测系统(一体式自屏蔽铅房)尺寸为长2.30m×宽1.92m×高2.04m，铅房整体安装于基坑内（基坑下沉于地面1212mm），基坑上方四周安装防护围栏（禁止无关人员进入）；铅房底部四周浇筑高100mm混凝土底座。铅房四周屏蔽体为2mm钢板+10mm铅板+2mm钢板结构，顶部为2mm钢板+8mm铅板+6mm钢板结构；铅房两侧维修（仅在设备维修时使用）门尺寸均为长1.62m×宽0.80m，均为2mm钢板+10mm铅板+2mm钢板结构防护门；进出管喇叭口防护罩为2mm钢板+8mm铅板+2mm钢板结构（两侧对称）；进出管喇叭口配置有铅胶帘为8mm铅当量（两侧对称）。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）	铅房四周屏蔽外、维修门外醒目的位置分别设置“当心电离辐射”警告标志； 各项辐射安全防护措施应根据表10-3及10-5进行落实。	
	通排风装置	本项目铅房顶部配备排风装置1套	
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	本项目拟配置4名辐射工作人员均为现有辐射工作人员。	本项目所有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并取得合格证书。
	个人剂量监测	辐射工作人员正确佩戴个人剂量计，并定期送检，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	本项目所有辐射工作人员上岗前佩戴个人剂量计后可满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求
	人员职业健康监护	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。	本项目所有辐射工作人员需按时体检，两次体检的时间间隔不应超过两年
监测设备及防护用品		便携式X-γ射线辐射巡测仪1台（利旧），个人剂量报警仪2台（新增），个人剂量计4套（每人1套，已配置）	配备后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《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）及《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）等要求
辐射安全管理 制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、辐射事故应急措施等制度	根据环评要求，按照项目的实际情况，补充及完善相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	制订并完善后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求

