

核技术利用建设项目

四川脉辉高能科技有限公司  
生产销售使用 II 类射线装置新建项目  
环境影响报告表

(公示本)



四川脉辉高能科技有限公司

二〇二五年十二月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

四川脉辉高能科技有限公司

生产销售使用 II 类射线装置新建项目

## 环境影响报告表

建设单位名称：四川脉辉高能科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）： 

通讯地址： 

邮政编码： 621000      联系人： 

电子邮箱： /      联系电话： 

# 目录

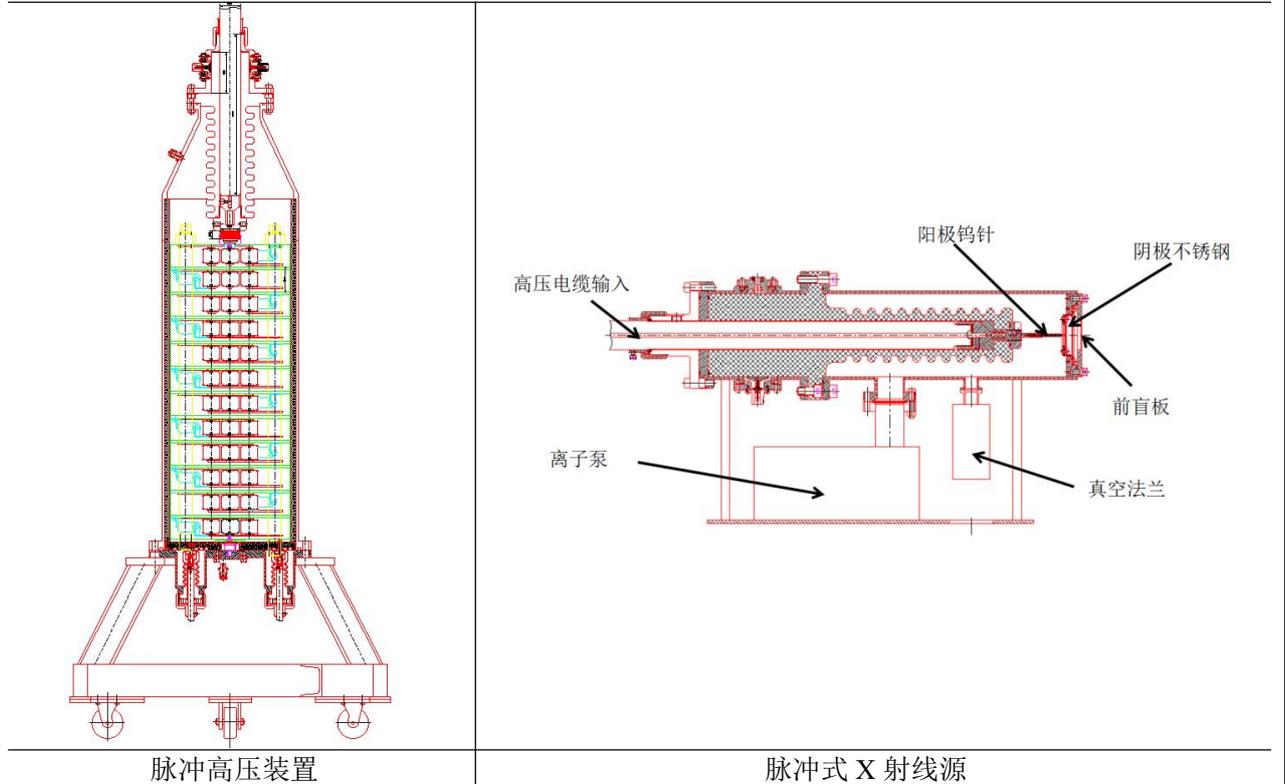
表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	16
表 3 非密封放射性物质 .....	16
表 4 射线装置 .....	17
表 5 废弃物 .....	18
表 6 评价依据 .....	19
表 7 保护目标及评价标准 .....	21
表 8 环境质量和辐射现状 .....	24
表 9 项目工程分析和源项 .....	27
表 10 辐射安全与防护 .....	32
表 11 环境影响分析 .....	38
表 12 辐射安全管理 .....	48
表 13 结论与建议 .....	60

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		四川脉辉高能科技有限公司生产销售使用 II 类射线装置新建项目				
建设单位		四川脉辉高能科技有限公司				
法人代表	■	联系人	■	联系电话	■	
注册地址		四川省绵阳市科技城新区创新基地 4 号楼 6 层				
项目建设地点		四川省绵阳市科技城新区创新基地 4 号楼 6 层				
立项审批部门		绵阳科技城新区经济运行局	批准文号	【2506-510701-99-01-977435】FGQB-0072 号		
建设项目总投资 (万元)		■	项目环保投资 (万元)	■	投资比例 (环保投资/总投资)	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	65
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 checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" 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						
<b>项目概述</b>						
<b>一、建设单位简介</b>						
<p>四川脉辉高能科技有限公司 (以下简称“建设单位”或“公司”) 成立于 2025 年 01 月 13 日, 统一社会信用代码 91510700MAE9RM9K9A, 注册地位于四川省绵阳市科技城新区创新基地 4 号楼 6 楼。经营范围包括一般项目: 技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广; 软件开发; 信息技术咨询服务; 信息系统集成服务; 数据处理和存储支持服务; 计算机系统服务; 电子产品销售; 仪器仪表修理; 电工仪器仪表制造; 机械设备销售等。</p>						
<b>二、项目由来</b>						
<p>为满足业务发展的需求, 提高公司市场竞争能力, 增强检测检验供应能力, 建设单位拟进行 II 类射线装置脉冲式 X 射线装置的研发以及生产、销售、使用业务, 计划于四川省绵阳市科技城新区创新基地 4 号楼 6 层布置组装场所以及新建屏蔽测试间用于射线装置的调试工作。项目建成后, 将新增生产、使用 (调试)、销售 MH300 型脉冲式 X 射线装置 5</p>						

台/年（最大管电压 300kV、最大管电流 10kA、脉冲宽度 35ns、单次脉冲在 1m 处的吸收剂量  $1.89E-01mGy$ ）、MH450 型脉冲式 X 射线装置 5 台/年（最大管电压 450kV、最大管电流 10kA、脉冲宽度 35ns、单次脉冲在 1m 处的吸收剂量  $2.84E-01mGy$ ）、MH450S 型脉冲式 X 射线装置 5 台/年（最大管电压 480kV、最大管电流 10kA、脉冲宽度 35ns、单次脉冲在 1m 处的吸收剂量  $3.00E-01mGy$ ）、MHBX150-400 型便携式脉冲 X 射线机 5 台/年（最大管电压 400kV、最大管电流 2kA、脉冲宽度 35ns、单次脉冲在 1m 处的吸收剂量  $5.04E-02mGy$ ），合计新增脉冲式 X 射线装置共 20 台/年，其中射线装置的最大管电压为 480kV，最大管电流 10kA，最大脉冲宽度 35ns，单次脉冲在 1m 处的最大吸收剂量为 0.3mGy。

本项目所涉及新增生产、销售、使用的脉冲式 X 射线装置最高管电压 480kV、最大管电流 10kA，1m 处的最大吸收剂量为 0.3mGy，单次脉冲充电时间 20s，最大脉冲宽度 35ns，单发脉冲后冷却时间 10min，主要用途为材料厚度密度检测或工业探伤实时成像。根据《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 2017 年 66 号）和生态环境部对“放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复”，本项目涉及生产、使用、销售的 MH300 型、MH450 型、MH450S 型、MHBX150-400 型脉冲式 X 射线装置为“其他工业用 X 射线探伤装置”，属于 II 类射线装置。



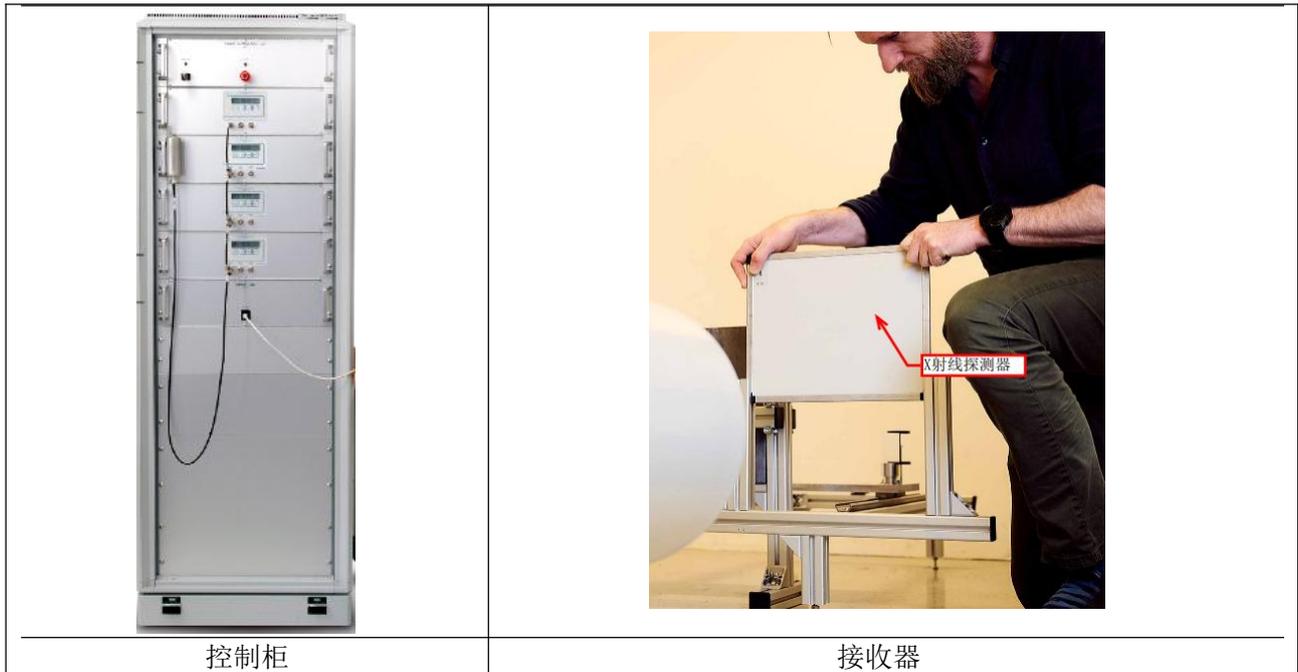


图 1-1 本项目生产、使用、销售的脉冲式 X 射线装置

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，需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年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的相关规定，本项目属于“第五十五项-172 条核技术利用建设项目-生产、使用、销售 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。根据《四川省生态环境厅环境影响评价文件的建设项目目录（2025 年本）》（川环规〔2025〕1 号），本项目报四川省生态环境厅审查批准。

为了考察射线装置对工作人员、公众和环境造成的影响，从辐射防护的角度论证该项目的可行性，四川脉辉高能科技有限公司委托四川久远环保安全咨询有限公司承担了本项目的环评工作。环评单位接受委托后，立即对该项目进行了现场踏勘和资料收集，在工程分析及环境影响分析基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《生产销售使用 II 类射线装置新建项目环境影响报告表》。

### 三、环境影响评价信息公开

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

表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息；各级环境保护主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，建设单位于 2025 年 7 月 23 日在全国建设项目环境信息公示平台将环评报告表进行了全本公示。

#### 四、项目概况

##### 1、项目名称、建设单位、建设地点及性质

**项目名称：**四川脉辉高能科技有限公司生产销售使用 II 类射线装置新建项目

**建设单位：**四川脉辉高能科技有限公司

**建设地点：**四川省绵阳市科创区科创基地 4 号楼 6 层

**建设性质：**新建

##### 2、建设内容及规模

本项目拟租用四川省绵阳市科创区科创基地 4 号楼 6 层建设脉冲式 X 射线装置装配生产线并在楼层西北角新建屏蔽测试间用于射线装置的出束调试，在装配区内安装设备手工装配外购的部件生产脉冲式射线装置。改造既有场所为射线管暂存间、成品库及固废暂存区，配套的研发、办公等场所依托建设单位所在楼层内的既有设施。

本项目新增生产、销售、使用的脉冲式 X 射线装置最高管电压 480kV、最大管电流 10kA，最大脉冲宽度 35ns，最大出束角度 30°，主要用途为密度厚度检测或探伤作业，调试过程中出束方向定向朝北，年最大脉冲出束次数 450 次（本项目辐射工作场所调试 290 次+用户方调试 160 次）。本项目辐射工作场所内 MH300、MH450、MH450S 的射线装置年最大脉冲出束次数 290 次，射线装置调试过程中，射线管固定在调试底座上，出束高度、方向固定，出束方向定向朝北出束，射线覆盖区域为射线管正面（北侧），顶角为 30° 的锥形区域，该区域均位于屏蔽测试间北面屏蔽墙体上；前述射线装置均属于 II 类射线装置。

项目建成后，建设单位将新增 20 台/年的脉冲式 X 射线装置的生产、销售、使用能力。生产的脉冲式 X 射线装置主要分为脉冲式 X 射线装置（固定式）和便携式脉冲式 X 射线装置，其中脉冲式 X 射线装置（固定式）主要由控制系统、脉冲电压源、脉冲式 X 射线源、成像系统 4 个部分组成，便携式脉冲式 X 射线装置主要由：脉冲式 X 射线源、成像系统、集成控制系统（含电源及控制系统）3 个部分组成。本项目拟购置或委托其他专业公司加工生产相应成品部件，并在 6 层射线装置组装区进行组装，屏蔽测试间开展射线装置出束调

试作业。

(1) 屏蔽测试间

项目新建的屏蔽测试间位于 4 号楼 6 层西北侧区域,该屏蔽测试间建筑面积约 65m<sup>2</sup>(长 8.2m×宽 8.2m×高 4.8m)。测试间主射方向为 16mm 铅(接收器后方屏风)+2mm 铅当量硫酸钡板(测试间北侧墙体),其余方向均为 2mm 铅当量硫酸钡板,顶部为 100mm 混凝土,地板为 100mm 混凝土,屏蔽测试间西南角设置 2mm 平移式铅门(尺寸:宽 1.8m×高 2.25m),射线装置调试完成后,按照系统组成拆分后转移至成品库内暂存(拆分后射线装置组成最大尺寸为 0.6m×0.8m×1.8m)。本项目建成后,屏蔽测试间作为本项目的辐射工作场所,用于射线装置调试作业(生产调试、售后调试)。

①生产调试

本项目生产的 MH300、MH450、MH450S、MHBX150-400 型射线装置装配完成后,运至屏蔽测试间内,调试过程中脉冲式 X 射线装置出束方向定向朝北。本项目最大年产 20 台脉冲式 X 射线装置,单台调试最大出束次数为 10 次,每小时最大出束约 6 次,合计年最大有效出束次数 200 次。

③售后调试

本项目销售的射线装置由建设单位运至用户方进行安装调试,单台射线装置安装调试过程中出束 5 次,每小时最大出束约 6 次,年售后安装台数 20 台,年最大售后安装出束次数为 100 次。

脉冲式射线装置通过高压源产生高压,与阳极靶材作用产生的 X 射线,本项目出售的射线装置中的阳极靶材达到使用寿命后,由建设单位对阳极靶材进行更换,更换后在屏蔽测试间内进行出束调试,单台设备出束 2 次,年最大更换靶材设备数量 20 台。调试完成用户方接收射线装置后,由建设单位提供安装出束调试,单台射线装置出束调试 2 次,年最大调试设备 20 台。

若射线装置出现故障,建设单位根据与用户方的销售合同对射线装置回收后进行检修维护,单台射线装置在本项目辐射工作场所维护过程中出束 5 次,每小时最大出束约 6 次,年售后检修台数 10 台,年最大售后检修出束次数为 50 次。维修完成,用户方接收射线装置后,由建设单位提供安装调试,每台射线装置出束调试 2 次,年最大检修安装调试次数 20 次。

表 1-2 售后调试活动类型及射线装置使用情况

活动类型	台数	单台出束次数	总出束次数	场所
------	----	--------	-------	----

售后安装		20	5	100	用户方辐射工作场所	
检修	靶材更换	更换调试	20	2	40	本项目辐射工作场所
		安装调试	20	2	40	用户方辐射工作场所
	设备故障	售后检修	10	5	50	本项目辐射工作场所
		检修安装	10	2	20	用户方辐射工作场所

本项目建成后，屏蔽测试间每次仅开展一台射线装置出束作业，且辐射作业场所仅限于屏蔽测试间内。

表 1-3 本项目射线装置使用场所情况汇总

活动类型		台数	单台出束次数	总出束次数	场所	
生产调试		20	10	200	本项目辐射工作场所	
售后调试	售后安装		20	5	100	用户方辐射工作场所
	靶材更换	更换调试	20	2	40	本项目辐射工作场所
		安装调试	20	2	40	用户方辐射工作场所
	设备故障	售后检修	10	5	50	本项目辐射工作场所
		检修安装	10	2	20	用户方辐射工作场所

#### (2) 装配区

本项目装配区位于屏蔽测试间南侧，本次仅在装配区内配置万用表、电流传感器等设备，对外部的采购的设备部件进行手工装配工作（所有部件的电子元器件在生产厂家已焊接完成）。装配区配置有 1 个恒温焊台，当外购部件的的焊点存在虚焊情况时，建设单位对其进行补焊，并配置有 1 台移动式焊烟净化装置吸收焊接烟尘，1 台局部排风设备（30m<sup>3</sup>/h）将净化后的焊接烟尘排放至室外。

本项目装配区不涉及电镀、表面处理、喷漆等工艺。

#### (3) 射线管暂存间、成品库

本项目将既有的存储区 2 改造为 2 个房间（射线管暂存间：7.5m<sup>2</sup>，成品库：10m<sup>2</sup>），分别用于射线管暂存及射线装置成品暂存，房间设有门禁系统，由专人管理，并设置有监控系统防止无关人员进入。

#### (4) 固废暂存区

本项目在装配区南侧设置固废暂存间区（10m<sup>2</sup>）并设置固废收集筒，用于收集装配过程中产生的废弃部件、包装固废，射线装置装配过程中不涉及危险废物的产生。

本项目涉及的射线装置情况如下表 1-4 所示。

表 1-4 本项目建成后射线装置使用情况一览表

名称	型号	主要技术参数	投射类型（调试）	射线装置种类	许可范围	工作场所	数量（合计）
本项目生产、使用、销售的产品							
脉冲式 X 射线	MH300	300kV, 10kA	定向朝	II 类	生产、销	6 层屏蔽测	5 台/年

装置			北	售、使用	试间	
	MH450	450kV, 10kA	定向朝北			5台/年
	MH450S	480kV, 10kA	定向朝北			5台/年
便携式脉冲 X 射线机	MHBX15 0-400	400kA, 2kA	定向朝北			5台/年

注：调试过程中脉冲式 X 射线源系统固定在屏蔽测试间中射线源支架上。

本项目所涉及的脉冲式 X 射线装置主要由控制系统、电源系统、脉冲式 X 射线源系统、成像系统的 4 个部分组成，便携式脉冲 X 光机主要由：脉冲式 X 射线源系统、成像系统、集成控制系统（含控制系统及电源系统）3 个部分组成，各主要部件均为外购或委托其他专业公司进行加工生产。本项目主要开展成品部件装配、出束调试、打包销售等业务。预计脉冲式 X 射线装置年最大生产销售量为 20 台，产品主要技术指标见下表。

### 3、项目组成及主要环境问题

项目组成及可能产生的环境问题见下表：

表 1-6 工程项目组成及主要环境问题

名称	建设内容	主要环境问题	
		施工期	投产期
主体工程	<p>屏蔽测试间：项目新建的屏蔽测试间位于 4 号楼 6 层西北侧区域，该屏蔽测试间建筑面积约 65m<sup>2</sup>（长 8.2m×宽 8.2m×高 4.8m）。测试间主射方向为 16mm 铅（接收器后方铅屏风）和 2mm 铅当量硫酸钡板（测试间墙体），其余方向均为 2mm 铅当量硫酸钡板，顶板为 100mm 混凝土，地板为 100mm 混凝土，屏蔽测试间西南角设置 2mm 平移式铅门（尺寸：长 1.8m×高 2.25m），射线装置调试完成后，按照系统组成拆分后转移至成品库内暂存（拆分后射线装置组成最大尺寸为 0.6m×0.8m×1.8m）。本项目建成后，屏蔽测试间作为本项目的辐射工作场所，用于射线装置调试作业（生产调试、售后调试）。</p> <p>①生产调试 本项目生产的 MH300、MH450、MH450S 型射线装置装配完成后，运至屏蔽测试间内，调试过程中脉冲式 X 射线装置出束方向定向朝北。本项目最大年产 20 台脉冲式 X 射线装置，单台调试最大出束次数为 10 次，每小时最大出束约 6 次，合计年最大有效出束次数 200 次。</p> <p>③售后调试 本项目销售的射线装置由建设单位运至用户方进行安装调试，单台射线装置安装调试过程中出束 5 次，每小时最大出束约 6 次，年售后安装台数 20 台，年最大售后安装出束次数为 100 次。</p> <p>脉冲式射线装置通过高压源产生高压，并与阳极靶材作用产生的 X 射线，本项目出售的射线装置中的阳极靶材达到使用寿命后，由建设单位对阳极靶材进行更换，更换后在屏蔽测试间内进行出束，单台设备出束 2 次，年最大更换靶材设备数量 20 台。调试完成用户方接收射线装置后，由建设单位提供安装出束调试，单台射线装置出束调试 2 次，年最大调试设备 20 台。</p> <p>若射线装置出现故障，建设单位根据与用户方的销售合同对射线</p>	<p>施工废气 施工废水 建筑垃圾 施工噪声 安装固废</p>	<p>X 射线 臭氧 噪声 焊接烟尘 生活污水 生活垃圾</p>

	<p>装置回收后进行检修维护，单台射线装置在本项目辐射工作场所维护过程中出束 5 次，每小时最大出束约 6 次，年售后检修台数 10 台，年最大售后检修出束次数为 100 次。维修完成，用户方接收射线装置后，由建设单位提供安装调试，每台射线装置出束调试 2 次，年最大检修安装调试次数 20 次。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>活动类型</th> <th>台数</th> <th>单台出束次数</th> <th>总出束次数</th> <th>场所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>售后安装</td> <td>20</td> <td>5</td> <td>100</td> <td>用户方辐射工作场所</td> </tr> <tr> <td>更换调试</td> <td>20</td> <td>2</td> <td>40</td> <td>本项目辐射工作场所</td> </tr> <tr> <td>安装调试</td> <td>20</td> <td>2</td> <td>40</td> <td>用户方辐射工作场所</td> </tr> <tr> <td>售后检修</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>50</td> <td>本项目辐射工作场所</td> </tr> <tr> <td>检修安装</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>20</td> <td>用户方辐射工作场所</td> </tr> </tbody> </table> <p>本项目建成后，屏蔽测试间每次仅开展一台射线装置出束作业，且辐射作业场所仅限于屏蔽测试间内。</p> <p>装配区：本项目装配区位于屏蔽测试间南侧，本次仅在装配区内配置万用表、电流传感器等设备，对外部的采购的设备部件进行手工装配工作（所有部件的电子元器件在生产厂家已焊接完成）。装配区配置有 1 个恒温焊台，当外购部件的电子元器件损坏故障时，建设单位对其更换并重新焊接，并配置有 1 台移动式焊烟净化装置吸收焊接烟尘。</p> <p>射线管暂存间、成品库：本项目将既有的存储区 2 改造为 2 个房间（射线管暂存间：7.5m<sup>2</sup>，成品库：10m<sup>2</sup>），分别用于射线管暂存及成品库，房间设有门禁系统，由专人管理，并设置有监控系统防止无关人员进入。</p> <p>固废暂存区：本项目在装配区南侧设置固废暂存间区（10m<sup>2</sup>），用于收集装配过程中产生的废弃部件、包装固废，射线装置装配过程中不涉及危险废物的产生。</p>	活动类型	台数	单台出束次数	总出束次数	场所	售后安装	20	5	100	用户方辐射工作场所	更换调试	20	2	40	本项目辐射工作场所	安装调试	20	2	40	用户方辐射工作场所	售后检修	10	5	50	本项目辐射工作场所	检修安装	10	2	20	用户方辐射工作场所		
活动类型	台数	单台出束次数	总出束次数	场所																													
售后安装	20	5	100	用户方辐射工作场所																													
更换调试	20	2	40	本项目辐射工作场所																													
安装调试	20	2	40	用户方辐射工作场所																													
售后检修	10	5	50	本项目辐射工作场所																													
检修安装	10	2	20	用户方辐射工作场所																													
辅助工程	在屏蔽测试间东侧设置控制间。																																
公用工程	暖通空调、通排风、配电、供电、给排水和通讯系统等依托楼层内现有设施。	/	/																														
环保工程	废气：测试间设置通排风，风量约 330m <sup>3</sup> /h，在屏蔽测试间北墙面设排风扇，将室内废气引至室外排放，通风次数约为 5 次/h。装配区配置有 1 台移动式焊烟净化装置用于吸收净化焊接烟尘，1 台局部排风设备（30m <sup>3</sup> /h）将净化后的焊接烟尘排放至室外	施工废气 施工废水 建筑垃圾 施工噪声 安装固废	焊接烟尘 臭氧																														
	固废：不合格部件返回生产厂家；包装材料集中收集，交环卫部门清运处置；废活性炭由移动式焊烟净化装置生产厂家处理。		包装固废、废弃部件																														
	地下水：固废暂存区进行防渗处理并设置固废收集桶。																																
办公及生活设施	依托建设单位所在楼层内办公及生活设施。	/	生活污水、生活垃圾																														
<b>4、主要工艺设备及原辅材料</b>																																	

本项目射线装置生产、调试过程中，不涉及成像及洗片过程，不使用显影液、定影液等材料。本项目通过外部购置 X 射线管、X 射线源供电通讯一体机箱、电子元器件、X 射线探测器、线缆及冷却部件等成品部件，在 4 号楼 6 层组装区开展射线装置组装，完成 X 射线源单元、探测器单元的组装工作。组装过程中涉及的主要工艺设备如下表所示。

项目主要原辅材料及能耗情况见下表。

### 5、设备配置、主要技术参数及运行工况

本项目建成后，年生产、使用（调试）II 类射线装置脉冲式 X 射线装置 20 台，具体射线装置参数情况见下表。

表 1-9 脉冲式 X 射线装置参数情况

型号	输出		球管	单次脉冲在 1m 处最大输出剂量 (mGy)	活动	工作方式
	最大管电压	最大管电流	辐射角度			
MH300	300kV	10kA	30°	■	生产调试、售后调试	间断出束
MH450	450kV	10kA		■		
MH450S	480kV	10kA		■		
MHBX150-400	400kV	2kA		■		

### 6、劳动定员及工作制度

劳动定员：建设单位拟新增辐射工作人员 3 人，其中 2 名专门从事射线装置操作（含用户方调试），另 1 名专门从事射线装置辐射安全管理。目前建设单位 3 名辐射工作人员已取得辐射安全与防护考核合格证书。

同时，本项目装配区设备装配工作人员共 5 人（3 名辐射工作人员兼任装配区射线装置装配人员）。

表 1-10 辐射工作人员考核合格证书

序号	姓名	性别	证书编号	证书有效期
1	■	■	■	2030.8.4
2	■	■	■	2030.8.4
3	■	■	■	2030.8.4

注：本项目用户方调试由辐射工作场所射线装置操作人员完成。

工作制度：实行一班制，年工作日 250 天，每天工作 8 小时。本项目涉及的射线装置测试工作方式属于间隙式作业。

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’ (<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。

#### 7、项目依托的办公生活设施及环保设施情况

本项目工作人员的日常工作生活将依托现有办公生活以及环保措施，根据现场调查项目所在区域有完善市政排污配套系统，项目新增辐射工作人员3人，工作人员生活污水排入周边市政污水管网。

建设单位楼层内设置有垃圾桶，员工产生的生活垃圾袋装收集，定时清理消毒，由市政环卫部门每日清运。

### 五、产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会发布《产业结构调整指导目录（2024年本）》相关规定，本项目属鼓励类第十四项“机械”第1条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等**无损检测设备**，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合国家产业发展政策。本项目已于全国投资项目在线审批监管平台（四川）中向绵阳科技城新区经济运行局备案，备案号：川投资备【2506-510701-99-01-977435】FGQB-0072号。

### 六、规划符合性分析

#### 1、与四川绵阳市科技城新区科创产业园区规划符合性分析

根据绵阳市生态环境局《关于四川绵阳科技城新区科创产业园区规划环境影响报告书审查意见的函》（绵环函〔2025〕42号）可知：

##### 1) 规划范围

规划面积8.78平方公里，四至范围：东至园艺街东街，南至二环路、元通路、戈家庙村、安昌河，西至界青路、安昌河，北至鼓楼村、九洲大道。

##### 2) 产业定位

总体产业发展布局定位以计算机、通信和其他电子设备制造业中人工智能及机器人、航空及军工电子设备、精密加工自动化设备;软件和信息技术服务业中互联网与软件信息服务、网络通讯设备、存储和算力;专用设备制造业中环境保护及监测仪器、新能源节能及储能设备、生物材料与技术应用(医疗设备)为主导产业。

### 3) 发展目标及功能定位

到 2030 年,工业总产值达 70 亿;到 2035 年,工业总产值达 150 亿。充分利用科技城新区科技创新资源优势 and 基础,引导人工智能及机器人、数字经济等先进制造业和生产性服务业向新区集中,促进产业集聚、资源集约发展,推动科技城新区加快建设,将规划区打造为国家产城融合发展示范区。

### 4) 生态环境准入清单

根据《四川绵阳科技城新区科创产业园区规划环境影响报告书》及其批复,本项目建设与科创产业园区生态环境准入清单对比分析情况见下表所示:

表 1-11 本项目建设与科创产业园区生态环境准入清单情况分析

<b>园区禁止类</b>	<p>1.禁止引入不符合国家法律法规、产业政策和行业准入条件的项目,禁止引入清洁生产水平达不到行业清洁生产标准二级或低于全国同类企业平均清洁生产水平的项目。</p> <p>2.禁止与园区及周边生活空间冲突或经环保论证与周边企业、规划用地等环境不相容或存在重大环境风险隐患且无法消除的项目。</p> <p>3.禁止引入石化、农药、有色和黑色金属冶炼、含焙烧和石墨化工艺的石墨及炭素制品、焦化、水泥炉窑、燃煤发电、危险废物集中处置、制浆造纸、印染、鞣革、平板玻璃项目。</p> <p>4.禁止引入专业电镀;引入含铸造、涂装工序的项目,须满足地方污染物总量控制要求,且优化选址和总图布局,强化项目的大气环境影响论证。</p> <p>5.禁止引入化学药品原料药制造、兽用药品制造、生物药品制造;禁止引入 P3、P4 生物安全实验室。</p> <p>6.禁止引入生产废水涉及铅、砷、汞、镉、铬、</p>	<p>(1) 本项目属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中鼓励类项目,符合国家产业发展政策;</p> <p>(2) 本项目为射线装置生产、使用、销售项目,与园区及周边生活空间不冲突,环境风险隐患较低,且已取得园区服务中心同意入驻的函(见附件);</p> <p>(3) 本项目不属石化、农药、有色和黑色金属冶炼、含焙烧和石墨化工艺的石墨及炭素制品、焦化、水泥炉窑等项目;</p> <p>(4) 本项目射线装置生产工艺不涉及电镀;引入含铸造、涂装工序,本项目废气主要为臭氧和焊接烟尘,其中臭氧产生量较小,通过排风排出室外;生产射线装置所产生的焊接烟尘通过移动式焊烟净化装置处理后,排放至楼层外,对周边大气环境影响轻微;</p> <p>(5) 本项目不属于化学药品原料药制造、兽用药品制造、生物药品制造。本项目不</p>
--------------	--	--

	<p>铊、锑七类重金属外排的项目。</p> <p>7.禁止引入《四川省化工生产建设项目入园指引(试行)》(川经信〔2024〕4号)中必须进入化工园区的项目。若未来政策调整,按照新政策执行。</p> <p>8.禁止引入环境风险潜势为IV级及以上的项目。</p>	<p>涉及 P3、P4 生物安全实验室;</p> <p>(6)本项目射线装置生产过程中不涉及生产废水;</p> <p>(7)本项目不属于《四川省化工生产建设项目入园指引(试行)》(川经信〔2024〕4号)中必须进入化工园区的项目;</p> <p>(8)本项目环境风险潜势小于IV级。</p>
--	---	---

## 七、项目外环境及选址合理性分析

### 1、厂址周边环境关系

根据现场踏勘,建设单位厂界外西侧6m为科创基地3号楼;西北侧55m为科创基地1号楼;北侧55m为科创基地2号楼;东被侧26m为科创基地5号楼;东侧60m为科创基地6号楼;东南侧45m为科创基地9号楼;东南侧120m为科创基地11号楼;南侧为园区内部道路;北侧及东侧为园区内绿化空地。

表 1-12 本项目建设单位厂址(4号楼)外环境关系一览表

名称	位置	最近距离(m)	性质	
科创园区西区	1号楼	西北侧	55	企业
	2号楼	北侧	55	企业
	3号楼	西北侧	6	企业
	5号楼	东北侧	26	企业
	6号楼	东侧	60	企业
	9号楼	东南侧	45	企业
	11号楼	东南侧	120	企业
西区绿化空地	北侧	2	空地	
西区绿化空地	东侧	45	空地	
西区园区内部道路	南侧	34	道路	
科创园区东区	东侧	170	企业	
散户	西南侧	50	散户	
普明寺	西南侧	120	寺庙	
兴隆社区	北侧	110	居住区	

### 2、辐射工作场所周边环境关系

根据现场调查,本项目建成后,屏蔽测试间作为辐射工作场所使用,屏蔽测试间位于科创基地4号楼6层,楼层上方0m-5m为4号楼上人屋面,楼层下方0m-50m为4号楼内其他入驻企业;屏蔽测试间东侧紧邻控制室;东侧2.4m-8.4m处为存储区1(原材料间)及存储区2(成品库、射线管暂存间);东侧约8.4m-13m处为质检间;东侧约13m-50m处为会议室及员工办公区;测试间南侧紧邻准备间,南侧约8.4m处为射线装置装配区;测试

间西侧 0m-6m 为 4 号楼楼外空地，西侧 6m-50m 为科创基地 3 号楼；北侧 0-50m 为空地；南侧 0-20m 为空地；20m-50m 为园区内部道路。

表 1-13 辐射工作场所外环境关系一览表

名称		位置	水平距离 (m)	高差 (m)	性质	规模
科创基地 3 号楼	一层	西侧	6~50	0~50	其他企业	约 100 人
	二层					
	三层、四层					
	五层					
	六层					
	六层					
科创基地 4 号楼	一层	下方	/	0~45	其他企业	约 100 人
	二层					
	三层					
	四层					
	五层					
	六层					
科创基地 4 号楼上人屋面		上方	/	0~5	楼顶	/
绿化空地临时通过人员		北侧	0~50	50	空地	/
绿化空地临时通过人员		东侧	45~50	50	空地	/
内部道路临时通过人员		南侧	34~50	50	道路	/

表 1-14 科创园区西区 3 号楼及 4 号楼入驻企业一览表

位置		企业	企业类型
科创园区西区	3 号楼	一层	人工智能理论与算法软件开发、机器人制造
		二层	/
		三层	专用设备修理，机械设备制造、智能机器人的研发
		四层	
		五层	/
		六层	集成电路设计、集成电路制造
4 号楼	4 号楼	一层	机器人技术展览
		二层	工业机器人、服务机器人及特种机器人产业技术研究
		三层	人工智能应用软件开发、机器人研发制造
		四层	信息系统集成服务、计算机软硬件及外围设备制造、人工智能理论与算法软件开发

	五层	■	人工智能理论与算法软件开发
	六层	■	/

综上所述，项目辐射工作场所评价范围 50m 内无自然保护区、文物景观、居民集中居住点等环境敏感点，项目与周边环境相容。

### 3、选址合理性分析

根据现场踏勘，本项目拟建场地评价范围内以高新技术企业为主，无人群较为集中的场所，无风景名胜区、自然保护区、文物古迹环境敏感点等需要特殊保护的环境保护目标。辐射工作场所在建设单位场所内进行建设，不新增用地，且在完成建设后，屏蔽测试间将作为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和辐射安全防护措施，产生的辐射经屏蔽防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

同时，根据建设单位资料，本项目楼层活荷载约为  $5.0\text{kN/m}^2$ ，屏蔽测试间面积约为  $64\text{m}^2$ ，则屏蔽测试间处楼层承重约为  $32\text{t}$  ( $64\text{m}^2 \times 5.0\text{kN/m}^2 = 320\text{kN} \times 100\text{kg/kN} = 32\text{t}$ )。屏蔽测试间四面墙体采用  $2\text{mm}$  硫酸钡板，单面墙体体积为  $7.87\text{E-}02\text{m}^3$  (长  $8.2\text{m} \times$  宽  $4.8\text{m} \times$  厚  $0.002\text{m}$ )，屏蔽测试间墙体重量约为  $1.42\text{t}$  ( $7.87\text{E-}02\text{m}^3 \times 4 \times 4.5\text{g/cm}^3 \approx 1.42\text{t}$ )，屏蔽测试间内放置有 1 块  $16\text{mm}$  铅板 (长  $1\text{m} \times$  宽  $1\text{m} \times$  厚  $0.016\text{m}$ )，重量约为  $0.18\text{t}$  ( $1.6\text{E-}02\text{m}^3 \times 11.34\text{g/cm}^3 \approx 0.18\text{t}$ )，屏蔽测试间内每次调试仅涉及 1 台设备，重量最大约为  $200\text{kg}$ ，楼层承重能够满足本项目脉冲式射线装置调试需要 (调试重量  $1.8\text{t} <$  楼层承重  $32\text{t}$ )，项目选址满足安全需要。

### 4、实践正当性

无损检测是工业发展必不可少的有效工具，在一定程度上反映了一个国家的工业发展水平。X 射线无损检测作为较为常见的无损检测方法可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，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重要的作用。本项目建设单位拟开发设计脉冲式 X 射线装置用于厚度、密度检测以及工业无损检测探伤，并于科创园区 4 栋 6 层新建屏蔽测试间内对生产组装的脉冲式 X 射线装置进行调试工作。建设单位在开展射线装置调试工作时，应严格按照国家相关规定对射线装置使用采取相应的防护措施，同时对使用射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目辐射活动带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该项目的实践具有正当性。

## 七、核技术利用现状

本项目为新建项目，本项目拟建场地属于园区规划范围，原场地之前未进行过核技术利用相关活动，建设单位之前也未从事辐射相关工作，不存在原有核技术利用情况。

目前建设单位已针对本项目成立了辐射安全领导小组，已培训持证 3 名辐射工作人员，同时计划制定射线装置操作流程、辐射安全管理制度、辐射事故应急预案等。

屏蔽测试间现状为空置场所，拟改造存储区 2 为目前为空置的库房，装配区目前配置有装配工作台，用于其他设备的电路调试，固废暂存区目前为闲置所。根据现场查勘，本项目拟建场所无遗留环境问题。

**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	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	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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) 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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) X 射线机，包括医用诊断、治疗（含 X 射线 CT 诊断）和分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (kA)	用途	工作场所	备注
1	脉冲式 X 射线装置	II	5 台/年	MH300	300	10	工业检测	屏蔽测试间	新增
2	脉冲式 X 射线装置	II	5 台/年	MH450	450	10	工业检测	屏蔽测试间	新增
3	脉冲式 X 射线装置	II	5 台/年	MH450S	480	10	工业检测	屏蔽测试间	新增
4	便携式脉冲 X 射线机	II	5 台/年	MHBX150-400	400	2	工业检测	屏蔽测试间	新增

**表 5 废弃物**

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	/	少量	少量	直接排放	排向周边大气
焊接烟尘	气态	/	/	/	0.08g	/	移动式焊烟净化装置净化后外排	排向周边大气

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><b>法规文件</b></p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989年12月26日颁布，2014年4月24日修订，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》（2002年10月28日颁布，2018年12月29日修订实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年6月28日颁布，2003年10月1日实施）；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005年8月31日颁布，2019年3月2日修订实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年4月18日环境保护部18号令公布实施）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（2020年11月30日生态环境部令第16号公布，2021年1月1日实施）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2021年1月4日生态环境部第20号令修改实施）；</p> <p>(8) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会2017年第66号公告公布实施）；</p> <p>(9) 《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）；</p> <p>(10) 《四川省辐射污染防治条例》（2016年3月29日四川省十二届人大常委会第63号公告公布实施）。</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<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》（HJ/T 10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。</p>

<b>其他</b>	<p>(1) 《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）；</p> <p>(2) 《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）；</p> <p>(3) 《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>(4) 《关于加强辐射工作人员剂量管理的通知》（川环办〔2010〕49号）；</p> <p>(5) 《四川省环境保护厅关于印发&lt;四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）&gt;的通知》（川环函〔2016〕1400号）；</p> <p>(6) 环评委托书。</p>
-----------	--

**表 7 保护目标及评价标准**

**评价范围**

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的规定，“放射源和射线装置的评价范围，通常取射线装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，本项目评价范围为辐射工作场所屏蔽测试间屏蔽墙体外 50m 的范围。

**保护目标**

根据本项目辐射工作场所外环境关系图可知，本项目周围半径 50m 范围内主要存在周边企业孵化基地等建筑，常驻人员主要为建设单位工作人员和周边企业的职工及少量流动人员，主要保护目标为操作射线装置的职业人员和距射线装置 50m 以内的其他公众人员。

根据现场踏勘，建设单位屏蔽测试间西侧约 6m 为科创基地 3 号楼，与本项目射线装置最近处为 3 号楼 6 层，最近距离约为 10m。建设单位所在科创基地 4 号楼 1-4 层为园区其他企业，与射线装置的最近距离为 6m；5 层目前闲置；6 层为建设单位其他工作场所及本项目建设的辐射工作场所。

本项目具体辐射工作场所周边环境保护目标分布见表 7-1。

**表 7-1 辐射工作场所周边环境保护目标**

保护目标		相对方位	与射线装置最近距离 (m)	与装置高差 (m)	规模	备注	
科创基地 3 号楼		西侧	10	0	约 100 人	公众	
园区绿化		东侧	50	-26	/		
园区绿化		北侧	26	-26	/		
科创基地 4 号楼	一层	园区其他企业	下方	7	-7		约 100 人
	二层						
	三层						
	四层						
	五层						
六层	四川脉辉高能科技有限公司	办公区	东南侧	17	同一高度		10 人
		装配区	南侧	12.4			5 人
		库房及其东侧区域	东侧	6.4		/	
		本项目射线装置操作人员	东侧	/		3 人	职业人员
内部道路		南侧	34	-26	/	公众	

## 评价标准

本项目位于绵阳市科创区科技创新基地4号楼6层，根据本项目实际情况，评价执行以下标准：

### 一、环境质量标准

1、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（臭氧小时均值 $\leq 0.2$  mg/m<sup>3</sup>）。

2、地表水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准。

3、声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）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）二级标准。

2、废水：排入设置有二级污水处理厂的城镇排水系统的污水，执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

3、噪声：本项目位于绵阳市科技城新区科创园区，根据《声环境质量标准》（GB3096-2008），项目区域主要以中小型科研生产企业为主，为2类声环境功能区。项目施工期执行《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2类标准。

### 三、辐射防护标准

#### 1、职业照射和公众照射

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的相关标准：

**职业照射：**根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录B 剂量限值：应对任何工作人员的职业水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续5年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

根据辐射防护最优化的原则并结合本项目实际情况，本项目职业照射年有效剂量约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）职业照射剂量限值20mSv的四分之一执行，即5mSv/a作为职业工作人员的剂量约束值。

**公众照射：**根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录B 剂量限值：实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限

值：年有效剂量，1mSv。

根据辐射防护最优化的原则并结合本项目实际情况，本项目公众照射年有效剂量约束值按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）公众照射剂量限值的十分之一执行，即 **0.1mSv/a 作为剂量约束值**。

## 2、辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制值

本项目辐射工作场所内使用的射线装置为脉冲式 X 射线装置，脉冲宽度很短，单次脉冲充电时间最短为 30s，单个脉冲宽度 35ns，单次脉冲后射线管冷却时间为 10min，1 个小时内最大出束次数约为 6 次。本次评价按照射线装置每小时出束 6 次在关注点处产生的 X 射线剂量率进行分析。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，X 射线探伤室墙体和入口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，对放射性工作场所，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；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 $\mu$ Sv/h。铅房顶的辐射屏蔽应满足：1) 铅房上方已建、拟建建筑物或铅房旁邻近建筑物在自辐射源点到铅房顶内表面边缘所处立体角区域内时，铅房顶的辐射屏蔽要求同铅房墙体和入口门要求；2) 对不需要人员到达的铅房顶，铅房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 $\mu$ Sv/h。

综上所述，本项目新建屏蔽测试间外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平为 2.5 $\mu$ Sv/h。

## 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

本项目屏蔽测试间位于四川省绵阳市科创区科创基地 4 号楼 6 层西北侧。屏蔽测试间周围外环境主要同楼层的射线装置组装区为科创基地内其余企业办公场所。

根据现场踏勘，项目评价范围 50m 主要为科创基地内其余企业办公场所，其中屏蔽测试间所在 4 号楼西侧约 6m 为科创基地 3 号楼。项目辐射工作场所位置及外环境关系见下图及附图 2。

建设单位位置照片见下图 8-2、4 号楼 6 层区域现状照片见下图 8-3。

#### 二、环境现状评价对象、监测因子和监测点位

本项目主要进行脉冲式 X 射线装置的生产、使用、销售，综合考虑本项目的运行期间主要的污染因子为电离辐射和臭氧。根据《2024 年绵阳市生态环境状况公报》，绵阳市臭氧日最大 8 小时值第 90 百分位浓度为  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级浓度限值中 1 小时均值  $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

##### 1、环境现状评价对象

本次评价以辐射环境质量作为环境现状评价对象。评价单位委托四川久测环境技术有限公司于 2025 年 7 月 9 日对建设单位辐射工作场所进行了辐射环境质量现状监测。

##### 2、监测因子

监测仪器技术指标及鉴定情况见下表 8-1。

表 8-1 检测仪器信息表

仪器名称及编号	仪器参数	检定单位	检定有效期	校准证书编号
多功能辐射测量仪 型号：FH40G-X 编号：JC-XC-066 探头型号：FHZ672E-10	测量范围： $1\text{nSv}/\text{h}\sim 100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 校准因子：0.94	四川省自然资源实验 测试研究中心（四川省 核应急技术支持中心）	2024.7.10- 2025.7.09	校准字第 J20240709001 号

监测因子、监测方法和方法来源表 8-2。

表 8-2 监测方法、方法来源一览表

监测因子	监测方法及方法来源
X- $\gamma$ 辐射剂 量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)
	《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)

##### 3、监测点位

根据现场踏勘，本项目尚未建设，并且拟建地周围评价范围内没有其他电离辐射源。

根据本项目各辐射工作场所布置情况及外环境关系，本次选择在拟建地及四周、厂房外布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况。

为说明本项目所在区域周围辐射环境水平，本次辐射环境质量现状监测布置了 5 个点位，具体见下表所示：

**表 8-3 监测点位一览表**

点位编号	监测点位	点位性质	监测因子	监测频次
1	屏蔽测试间拟建场地	室内	X-γ 辐射 剂量率	监测 1 天， 监测 1 次
2	4 号楼 5 层	室内		
3	3 号楼	室内		
4	园区内部道路	室外道路		
5	园区绿化	室外绿化		

### 三、监测方案、质量保证措施、监测结果

#### 1、监测方案

根据现场踏勘，本项目尚未建设，故本次为辐射环境质量本底监测。

#### 2、质量保证措施

本项目环境监测单位四川久测环境技术有限公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系，采取如下的质量保证措施：

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

#### 3、监测结果

**表 8-4 厂址周围环境 X-γ辐射剂量率监测结果单位：nSv/h**

点位	监测点位	监测结果	
		监测值	标准差
1	屏蔽测试间拟建场地	88.6	2.1
2	4 号楼 5 层	90.3	1.1
3	3 号楼	46.9	1.6
4	园区内部道路	51.0	1.3
5	园区绿化	69.0	0.8

### 四、对环境现状调查结果的评价

### 1、质量保证措施

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

### 2、监测结果分析与评价

由监测结果可知：各监测点位的环境 X-γ辐射剂量率范围为 4.69E-02μSv/h~9.03E-02μSv/h。

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，环境 γ 辐射剂量率测量结果按照下式计算：

$$\dot{D}_\gamma = K_1 \times K_2 \times R_\gamma - K_3 \times \dot{D}_c \dots\dots\dots \text{(式 8-1)}$$

式中： $\dot{D}_\gamma$ ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

$K_1$ ——仪器检定/校准因子，取 0.94；

$K_2$ ——仪器无检验源，该值取 1；

$R_\gamma$ ——仪器测量读数值均值，使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定参考辐射源，换算系数取 1.20 Sv/Gy；

$k_3$ ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

$\dot{D}_c$ ——测点处宇宙射线响应值（评价不考虑），Gy/h。

由表 8-4 可知，项目拟建场址周围环境 X-γ辐射剂量率监测值为 46.7~90.3nSv/h，经修正后环境γ辐射空气吸收剂量率为 36.6~70.7nGy/h，对比《2024 年绵阳市生态环境状况公报》中绵阳市空气吸收剂量率自动监测结果 73.1~143.9nGy/h，属于当地正常天然本底辐射水平。

**表 9 项目工程分析和源项**

**工程设备和工艺分析**

**一、施工期工艺分析**

本项目租用绵阳市科创基地 4 号楼 6 层进行 II 类射线装置的生产、使用、销售工作，项目施工期主要为屏蔽测试间施工作业及存储区 2 改造工程。屏蔽测试间施工期根据设计施工图纸进行屏蔽测试间施工、装修屏蔽测试间、安装辐射安全防护装置，工程验收；存储区 2 改造施工期主要在房间内增加隔断及门板，将存储区 2 划分为射线管暂存间和成品库。

具体施工工艺流程及产排污环节图如下所示：

本项目为辐射工作场所新建项目，拟于科创园区 4 号楼 6 层西北侧新建屏蔽测试间，并安装门机连锁、门灯连锁等辐射安全防护措施，改造存储区 2 为射线管暂存间和成品库。其中屏蔽测试间主要用于调试生产的 II 类射线装置或接收检修外部厂家的射线装置，射线管暂存间用于存放外购的脉冲式 X 射线管，成品库用于生产的脉冲式 X 射线装置暂存。在施工过程中有施工机械噪声、施工废气、建筑垃圾及施工废水产生。

**(1) 废气**

本项目屏蔽测试间施工工程量较小，设备安装，房间装修等均为室内作业，由于施工器械、施工材料产生废气较少，排放至室外后，对项目周围环境影响较小。

**(2) 噪声**

本项目施工噪声包括各类施工器械噪声和安装设备的安装噪声，但项目主体工程的屏蔽测试间规模较小，且拟建场所四周均有墙体隔断，屏蔽测试间处的施工噪声对周围环境影响较小。

**(3) 废水**

本项目施工废水主要为施工人员生活污水，但产量较小，通过园区污水管网汇入市政生活污水管网，不外排。

**(4) 固体废物**

本项目施工过程中会产生少量建筑垃圾及施工人员的生活垃圾。

综上所述，本项目施工期存在工程量少，施工期短等特点，施工期对项目所在周围环境质量的影响较小，随着施工期的结束而停止。

**二、营运期设备和工艺分析**

**1、脉冲式 X 射线装置生产使用整体业务流程**

本项目营运期工艺主要为Ⅱ类射线装置（脉冲式 X 射线装置）的生产、使用（调试）。脉冲式 X 射线装置各单元部件（X 射线管、成像系统、集成控制系统）均委托其他专业公司进行加工生产。待部件成品交付后，在建设单位 6 层组装装配区开展后续整机装配工作。装配完成后转入屏蔽测试间进行调试，达到设计指标的射线装置出售给客户。另外，若出售的射线装置出现故障需进行检修维护时，用户方委托外部资质单位将射线装置退回建设单位进行出束检修。

建设单位脉冲式 X 射线装置生产、使用（调试）、销售整体业务流程中，各涉及单位所负责业务及关系如下图 9-2 所示，整体业务流程及产污环节图如下图所示。

### 整体工艺流程介绍：

略

### 3、脉冲式 X 射线装置部件装配工艺流程

#### （1）装配流程

略

#### 主要污染工序：

该工艺过程主要污染工序来自脉冲式 X 射线装置非放射性部件生产、组装、通电测试（非出束）等过程中所产生装配噪声、废弃部件、废包装以及工作人员的生活垃圾、生活污水。

①焊接烟尘：焊接烟尘通过移动式焊烟净化装置净化后排入生产楼层内，通过由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）排放至室外，对周围大气环境影响较小。

②噪声：对外购的部件进行手工装配过程中产生的噪声。

③固废：生产、组装通电测试（非出束）过程中，将产生少量不合格或废弃部件，暂存于固废暂存区内，定期退回生产厂家处理；原辅物料包装材料作为一般废物，集中收集，由环卫部门清运。

④生活垃圾和生活污水：辐射工作人员的生活污水和生活垃圾依托楼层内现有的环保设施进行处理。

### 4、脉冲式 X 射线装置出束调试工艺流程

#### （1）脉冲式 X 射线装置工作原理

脉冲式 X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空管中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，被设计安置在聚焦杯中。当灯丝通电加热以后，电子被“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束状，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。由于在 X 射线

管的两极之间加有高压电场，在电场作用之下，使得电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，在 X 射线管内高速运动的电子与靶原子碰撞时，与原子核的库仑场相互作用，由于电子急剧减速而产生电磁辐射。

本项目脉冲 X 光机系统在工作时通过控制系统由直流电源给储能电容并联充电，充电时间最大约 60s，控制系统产生脉冲高压信号触发火花隙开关，引起其电极间电场发生畸变，导致电击穿，开关动作致使剩余开关依次倍压自击穿形成串联放电，在输出端得到一个正的脉冲高压，脉冲高压经过电缆作用在 X 射线管上，从而产生脉冲 X 射线，脉冲宽度约为 35ns。脉冲式 X 射线管简图如下：

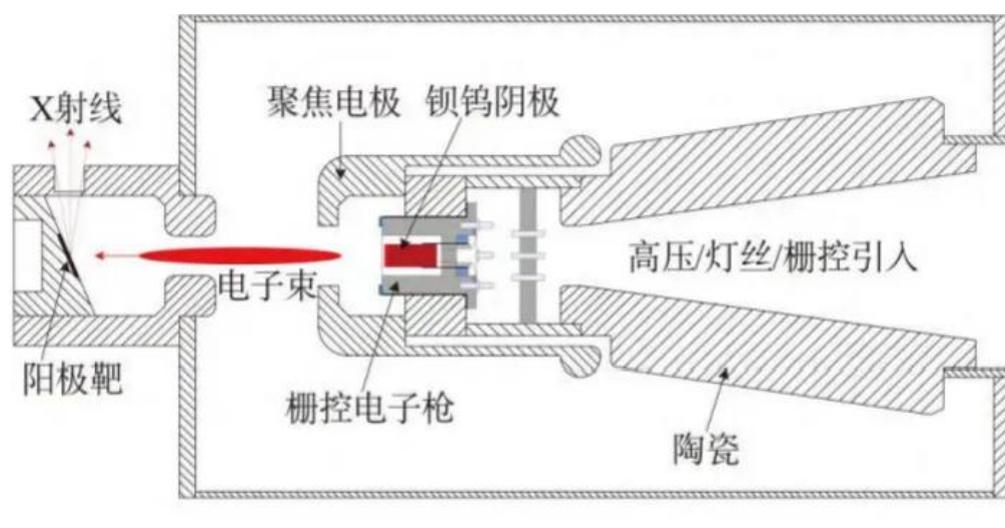


图 9-6 脉冲式 X 射线管示意图

#### (2) 出束调试工艺流程简介

略

#### (3) 主要污染工序

由图 9-5 可知，本项目营运中产生的主要污染物为射线装置出束过程中产生的 X 射线、臭氧及噪声。

由 X 射线装置的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能力为电子束的最大能量。这种 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线装置在非出束状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，故不必考虑感生放射性问题。因此，在开机期间，X 射线成为本项目射线装置污染环境的主要因子。

#### (4) 使用（调试）工况分析

使用（调试）工况：X 射线是随脉冲式 X 射线装置的开、关而产生、消失。本项目使用

的脉冲式 X 射线装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。调试作业前，工作人员将被检测样品加装于光源和探测器之间光路的样品支架上，使射线出束口对准被检样品。随后根据实验需要调整光源到样品、样品到探测器的间距。所有实验布局就绪后，人员退出测试间并关闭屏蔽门，操作员在控制台控制完成出束及数据收集，随后拆下样品，调试作业即告完成。

调试方式及时间：本项目最大年产 20 台脉冲式 X 射线装置，单台年最大出束次数 10 次，合计年最大有效出束次数 200 次。

运行负荷分配：本项目建成后，屏蔽测试间作为 II 类射线装置辐射工作场所使用。每次仅在屏蔽测试间开展 1 台脉冲式 X 射线装置生产、使用（调试）工作。

### 5、脉冲式 X 射线装置用户方售后服务工艺流程

通常情况下，根据用户需求，建设单位可提供售后服务，射线装置销售后，由建设单位外派工作人员至用户对设备进行安装调试；在脉冲式 X 射线装置出现故障后，首先由建设单位为用户方提供远程技术支持（按照技术手册指导用户进行常见故障排除），若用户方无法排除故障，则用户方可将射线装置送回建设单位开展维修及调试工作。

该部分用户方售后服务工作均依托建设单位本次拟建的辐射工程措施，由建设单位辐射工作人员开展设备检修调试。该部分工艺流程及产污环节如下图所示。

售后服务调试方式及时间：结合本项目生产情况，售后服务调试可分为售后安装调试、阳极靶更换调试、更换安装调试、售后检修调试、检修安装调试。具体服务年最大调试次数如下所示。

略

## 污染源项描述

### 1、电离辐射

本项目涉及 II 类射线装置的生产、使用、销售，在开机状态下主要电离辐射为 X 射线，未开机状态不产生 X 射线。

### 2、废气

#### （1）臭氧

本项目涉及的 II 类射线装置在曝光过程中，由于 X 射线的电离作用，在空气中产生臭氧和氮氧化物。氮氧化物产生量很小，其环境影响可忽略。臭氧经屏蔽测试间排风风机换气引出，由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）排放至室外排放。

## (2) 焊接烟尘

本项目装配过程中，若外购部件的电子元件损坏，则通过装配区配置的恒温焊台对电子元件重新焊接，项目年使用焊丝约100g，产生焊接烟气约0.3g/a，焊接烟气集中收集经移动式装置净化后（设计净化效率90%），由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）排放至室外，焊接烟气排放量约0.03g/a。

## 3、噪声

本项目噪声主要来源于屏蔽测试间通排风系统的风机。风机配套的电机功率为0.12kW，声压级小于60dB(A)，且风机单次运行时长较短，噪声持续时间较短，噪声经距离衰减后对周边声环境影响较小。

## 4、固废

(1) 包装废弃物：本项目设备装配过程中产生的原辅物料包装材料作为一般废物，集中收集，由环卫部门清运。

(2) 生活垃圾：工作人员产生的生活垃圾由设置在办公区的垃圾桶收集后由环卫部门定期清运处理。

(3) 废弃部件：检修过程中产生的废弃部件属于一般工业固废，收集暂存于固废暂存区内，定期交有资质单位处置。

## 5、生活污水

项目营运期，辐射工作人员所产生的生活污水排入周边市政污水管网。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全设施**

**一、项目辐射工作场所平面布置及“人、物、污”流动路径合理性分析**

本项目拟于 4 号楼 6 层西北侧新建屏蔽测试间，该屏蔽测试间作为本项目辐射工作场所用于调试生产的 II 类脉冲式 X 射线装置。目前屏蔽测试间现状为空置区域。测试间东侧为控制室、库房、质检间及会议室，南侧为装配区，东南侧为办公区。

本项目屏蔽测试间的人流、物流均由东侧通道进入，外购的射线管放置于射线管暂存间内，仅能由专人进入，其余外购的射线装置部件暂存在原料库内，便于射线装置装配人员拿取相应射线装置部件至南侧装配区进行手工装配，装配完成后由辐射工作人员将射线装置转运至屏蔽测试间内的调试区，关闭铅房门，进入测试间东侧控制室内设置射线装置参数进行出束调试。调试合格的射线装置转移至成品库内暂存待销。辐射工作场所平面布置及“人、物、污”流向图见附图 3 所示。

由本项目辐射“两区”图可知，本项目进行射线装置出束调试的屏蔽测试间作为控制区，测试间四周为实体屏蔽，屏蔽测试间以外的区域作为监督区，与周边区域分隔，并设置有辐射警示标识，防止无关人员进入。同时调试过程中射线装置出束定向朝北，出束范围内无人员分布，对其他公众人员的辐射环境影响较低。

综上，本项目建设的辐射工作场所布置相对独立，检测过程中产生的 X 射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响是可以接受的。总体来看，辐射工作场所的平面布置及“人、物、污”流动路径设置方式既便于各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，从辐射安全防护的角度分析，其总平面布置是合理的。

**二、工作区域管理**

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）要求在放射性工作场所内划出控制区和监督区。本项目为改扩建项目，根据国际放射防护委员会第103号出版社对控制区和监督区的定义，结合项目工业无损检测、辐射防护和环境情况特点进行了辐射分区划分，见下表所示。

**表10-1 本项目“两区”划分一览表**

设备名称	控制区	监督区
脉冲式X射线装置	屏蔽测试间内	控制间、准备间
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人打开屏蔽测试间内。根据《工业探伤放射防护标	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

准》（GBZ117-2022）规定，屏蔽测试间门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

规定，上醒目位置张贴电离辐射警示标识和“无关人员禁止入内”警告牌。

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射，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。本项目中，控制区为屏蔽测试间内，在控制区的进出口（屏蔽测试间屏蔽门）处设立醒目的电离辐射警告标志和中文警示说明。运用管理程序（非出束状态，职业工作人员）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区（屏蔽测试间内）。

**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指定区域。本项目监督区为控制室及其他调试区域。在监督区的进出口（准备间及控制室）张贴电离辐射警示标识和“无关人员禁止入内”警告牌。

根据项目实际情况，对于本项目辐射分区管理，建设单位应做到：**1）本项目应在屏蔽测试间屏蔽门处张贴醒目的电离辐射警告标志和中文警示说明，在控制室及准备间张贴监督区警告牌；2）建设单位应做好工作人员辐射安全培训，并安排辐射管理人员定期巡查辐射工作场所周边区域，防止非许可人员接近或操作射线装置。**

### 三、辐射安全及防护措施

本项目射线装置主要辐射源项为X射线，对X射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对X射线外照射的防护措施主要有以下几方面：

#### 1、实体防护措施

本项目拟于6层西北侧新建屏蔽测试间，该屏蔽测试间面积约为65m<sup>2</sup>（长8.2m×宽8.2m×高4.8m），北侧墙体（主射束方向）为16mm铅（接收器后方铅屏风）+2mm铅当量硫酸钡板（北侧墙体），其余三面墙体为2mm铅当量硫酸钡板（墙体），顶板为100mm混凝土，地板为100mm混凝土，屏蔽测试间防护门为平移式铅门（尺寸：长1.8m×高2.25m），防护门铅层厚度为2mm。屏蔽测试间墙体具有良好的屏蔽效应，能够保证工作人员和周围公众受照剂量满足环评提出的剂量约束要求。

表10-2 屏蔽测试间的防护措施表

屏蔽测试间尺寸	屏蔽体厚度		屏蔽门厚度
	主射束方向	其他方向	
长8.2m×宽8.2m×高4.8m	16mm铅（接收器后方铅屏风）+2mm铅当量硫酸钡板	墙体：2mm铅当量硫酸钡板 地板：100mm混凝土	2mm铅

## 2、辐射防护安全装置

### (1) 门机联锁

屏蔽测试间屏蔽门与X射线机高压控制器联锁。当屏蔽门关紧后，X射线机才能启动高压进行充电，否则高压处于断电状态不能启动。X射线机的高压未关闭时（即光管有非零功率负载时），一旦屏蔽门被打开，X射线机高压立即断开，不能出束。

### (2) 门灯联锁

屏蔽测试间屏蔽门内外上方分别安装有1个工作状态指示灯，并与门联锁，设有显示“预备”和“照射”状态，状态指示灯显示照射时，门不能被打开，防止出束期间人员误入发生辐射事故。“预备”信号持续足够长的时间，以确保人员安全离开。同时在醒目的位置处有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

### (3) 紧急止动装置

在屏蔽测试间内四周墙体各设置1个紧急止动按钮，控制室的控制台处设置1个紧急止动按钮，按下按钮，高压电源立即被切断并停止出束。紧急止动按钮设置显著的中文“紧急止动”标识。

### (4) 声光报警装置

屏蔽测试间工件门内外各安装有1个工作指示灯，当X射线装置预备出束时，有声光报警提示工作状态，提示周边人员屏蔽测试间存在高压和电离辐射的风险。

### (5) 紧急开门

在屏蔽测试间铅屏蔽门所在墙体上设置1个紧急开门按钮，按下按钮后，铅屏蔽门立刻打开，并触发门机联锁，射线装置立即停止出束。

### (6) 钥匙（密码）控制

控制室内的控制软件或专用工控机需要密码进行登录，操作密码仅X射线机专职操作人员管理，防止非工作人员误操作X射线机。

## 4、其他辐射防护措施

### (1) 警告标志

辐射工作场所严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且于屏蔽测试间门外张贴电离辐射警告标识，限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

### (2) 剂量监测设备

①建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ辐射剂量率仪和 3 台个人剂量报警仪，以便随时了解区域的剂量大小，防止受到高剂量误照。

②辐射工作人员均配备有个人剂量片，要求在上班时必须随身佩戴，在提交资质单位进行剂量检测时更换配备新的个人剂量片。

(3) 视频监控装置

屏蔽测试间设置视频监控装置，共设置4处监控装置探头以保障无死角观察，显示屏位于建设单位控制室内。

(4) 通排风

屏蔽测试间设置通排风机将臭氧导出室内，通排风机风量约为 330m<sup>3</sup>/h，以将臭氧排放至室外，进一步减少对辐射工作人员的影响。屏蔽测试间南侧排风口处设置有 2mm 铅防护罩，形成 L 形风道作为补偿措施，防止射线直接泄露出屏蔽测试间。

(5) 电缆进出口

X 射线机控制电缆等线管的洞口，是屏蔽结构薄弱处。为了减少调试作业时的 X 射线通过线缆穿越孔的外泄，本项目电缆线通过 2mm 铅补偿盒穿出屏蔽测试间东侧，可满足辐射防护所要求的屏蔽效能。

**5、辐射防护安全装置配备综合要求**

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）对 II 类装置辐射安全防护设施的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表10-3。

**表10-3 项目屏蔽测试间辐射防护措施对比表**

序号	项目	规定措施	实际情况
1*	场所设施	入口处电离辐射警告标志	拟配置
2*		入口处机器工作状态显示	拟配置
3		隔室操作	拟在屏蔽测试间东侧设置控制室
4		迷道	/
5*		防护门	拟配置 2mm 铅门
6*		控制台有钥匙控制	拟配置
7*		门机联锁系统	拟配置
8*		照射室内监控设施	拟配置
9		通风设施	拟配置，排风量约为 330m <sup>3</sup> /h
10*		照射室内紧急停机按钮	拟配置，屏蔽测试间四周墙面各 1 个，共

			设置 4 个
11*		控制台上紧急停机按钮	拟配置
12*		出口处紧急开门开关	拟配置
13*		准备出束声光提示	拟配置
14*	监测设备	便携式辐射监测仪	拟配置 1 个
15*		个人剂量报警仪	拟配置, 每个辐射工作人员各 1 个
16*		个人剂量计	拟配置, 每个辐射工作人员各 1 个
17	应急物资	消防器材	拟配置

注 1: 加\*的项目是重点项;

注 2: 便携式辐射监测仪为 II 类非医用 X 射线装置监督检查技术程序重点项, 实际监测过程中脉冲宽度较窄, 便携式辐射监测仪无法有效监测单次脉冲过程中关注点的剂量率, 采取贴片的方式进行监测;

注 3: 第六项钥匙控制为控制台处的密码口令控制。

### 三、放射性工作场所安防措施

为确保本项目所生产、使用 II 类射线装置的安全, 本项目采取的安全保卫措施见表 10-4:

表10-4放射性工作场所“六防”措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
屏蔽测试间	防火	射线装置工作场所安装有烟气报警装置, 同时在工作人员容易触及的地方均配置有干粉式灭火器。
	防水	固废暂存区进行防渗处理, 避免对建设地点地下水造成影响。
	防盗、防抢和防破坏	①本项目射线管采购后放置于射线管暂存间中, 射线管暂存间为单独封闭场所, 设有门禁系统, 仅能由许可人员进入。 ②本项目射线装置于屏蔽测试间内调试完成后, 转入成品库内暂存待销, 射线管暂存间、成品库及屏蔽测试间为建设单位日常安保巡逻的重点工作范围, 加强巡视管理以防遭到破坏和遗失; ③工作场所设置有监控摄像头实行 24h 实时监控。
	防泄漏	本项目使用 2mm 铅当量硫酸钡板采用错缝搭接的方式搭建屏蔽测试间, 防止射线装置出束调试过程中产生的射线泄漏至辐射工作场所外。

### 三废的治理

#### 1、废气

臭氧废气由机械排风系统引出屏蔽测试间, 排风量为 330m<sup>3</sup>/h, 换气次数不低于 5 次/h, 由局部排风 (30m<sup>3</sup>/h) 排放至室外, 对周边大气环境影响轻微。焊接烟尘通过焊烟净化装置处理后, 由局部排风排放至周边大气环境中, 年排放量约为 0.03g/a, 对周边大气环境影



**表 11 环境影响分析**

<p><b>建设阶段对环境的影响</b></p> <p><b>一、施工期环境影响分析</b></p> <p>本项目为新建项目，建设阶段主要工作为屏蔽测试间施工，辐射安全防护设施安装工作。在施工过程中有施工机械噪声、施工废气、建筑垃圾及施工废水产生，但由于项目工程量少，施工期短，施工期对项目所在周围环境质量的影响较小，主要为设备安装调试阶段对周边环境的辐射影响。</p> <p>(1) 大气环境影响</p> <p>土建施工过程中屏蔽测试间土建施工和装修过程中会产生粉尘等污染，但本项目施工量较小且施工场所位于室内，通过对施工区域进行打围施工等方式降低本项目施工对周围大气环境的影响。</p> <p>(2) 声环境影响</p> <p>施工阶段噪声主要来源于施工器械噪声，通过①优先选用低噪声设备，以减少施工噪声；②合理安排施工时间等方式可降低本项目施工过程中噪声对周围环境的影响。</p> <p>(3) 水环境影响</p> <p>本项目施工期间，施工人员会产生一定量的生活污水，排入周边市政污水官网。</p> <p>(4) 固体废物</p> <p>本项目施工期间主要固体废物为施工人员的生活垃圾，但施工期较短，且施工人员数量较少，生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运。</p> <p>综上所述，本项目施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响不大，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。</p>
<p><b>运行阶段对环境的影响</b></p> <p><b>一、辐射影响分析</b></p> <p>本项目脉冲X射线能谱为连续韧致辐射能谱，靶材料的特征X线，其能量较低。韧致辐射X射线平均能量约为最大入射电子束能量的1/3，即<math>480\text{kV}/3=160\text{kV}</math>，产生瞬态韧致辐射X线），本次评价偏安全采用射线装置最大峰值电压480kV作为分析依据。</p> <p>本项目的关注点选取见表11-1和图11-1、图11-2、图11-3。</p>

表11-1 屏蔽测试间周边主要关注点布置

场所	位置编号	位置	距离射线源的最近距离 (m)	照射途径	备注	
屏蔽测试间	1	屏蔽测试间北侧0.3m处	4.4	有用线束	/	
	2	屏蔽测试间东侧0.3m处		泄漏、散射	职业	
	3	屏蔽测试间西侧0.3m处		泄漏、散射	/	
	4	屏蔽测试间南侧0.3m处		泄漏、散射	职业	
	5	屏蔽测试间屏蔽门外	4.9	泄漏、散射	职业	
	6	屏蔽测试间顶部0.3m处	4.1	泄漏、散射	公众	
	7	屏蔽测试间下方(5层2m高处)	3.8	泄漏、散射		
	8	科创基地3号楼	10	泄漏、散射		
	9	科创基地4号楼6层	办公区	17		泄漏、散射
	10		装配区	12.4		泄漏、散射
	11		库房及其东侧区域	6.4		泄漏、散射
	12	4号楼北侧园区绿化	26	泄漏、散射		
	13	4号楼东侧园区绿化	50	泄漏、散射		
	14	4号楼南侧内部道路	34	泄漏、散射		

注1: 屏蔽测试间尺寸为8.2m×8.2m×4.8m, 楼层高度约为4.8m, 射线装置出束点位于房间中央;

注2: 出束点高度距离楼层地面约为1m;

注3: 屏蔽测试间北侧0.3m和西侧0.3m位于楼层外, 人员无法到达。

### (1) 本项目脉冲式射线装置对关注点形成的小时剂量

本项目生产、调试的脉冲式 X 射线装置 1m 处单次出束最高剂量 0.30mGy, 单次出束充能时间最短为 30s, 单次出束时长为 35ns, 单次出束后冷却时间约 10min, 偏安全考虑 1 小时内连续出束约 6 次, 则射线装置剂量率约为 1.8mGy/h (1.8E+03μSv/h), 评价以此为辐射评价源项进行辐射影响分析。

#### 1) 有用线束辐射剂量计算

##### ① 计算方式

计算公式参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中相关公式, 在给定屏蔽物质厚度X时。关注点的剂量率 $\dot{H}$ 按下式计算:

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

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (式 11-2)$$

式11-1中:  $H_0$ —距辐射源点(靶点)1m处单次出束最大输出剂量, μSv;

$B$ —屏蔽透射因子;

$R$ —辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

式11-2中:  $X$ 为屏蔽物质的厚度, 与TVL取相同单位;

TVL-X射线在不同材料重点什值层厚度,

本项目射线装置最大管电压为480kV。根据《辐射安全手册》表6.7插值计算可得，管电压为480kV时，铅的什值层厚度为9.98mm，混凝土的什值层厚度为111.96mm。

## ②计算参数选取及结果

略

## 2) 漏射辐射剂量计算

### ①计算方式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014），已知屏蔽体厚度，泄漏辐射屏蔽因子可根据（式 11-5）进行计算，由（式 11-3）计算泄漏辐射对周围环境的影响。

$$H_{\text{漏}} = \frac{H_L \times B}{R^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

$H_{\text{漏}}$ —关注点单台射线装置调试期间漏射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_L$ —距离靶点 1m 处单台调试最大泄漏剂量率，根据建设单位资料，本项目射线装置漏射剂量率保守取值为主射束方向上 1m 处单次出束最大剂量率的百分之一， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$ —参考点离靶点的距离，m；

$B$ —屏蔽透射因子；

## ②计算参数选取及结果

略

## 3) 散射辐射剂量计算

### ①计算方式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ250-2014），散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射，散射辐射屏蔽透射因子由式 11-4 计算。

$$H_{\text{散}} = \frac{H_0 \times B \times F \times a}{R_s^2 \times R_0^2} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

$H_{\text{散}}$ —关注点散射剂量， $\mu\text{Sv}$ ；

$R_s$ —散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至工件的距离，m；

$H_0$ —距离靶点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv}$ ；

F—R<sub>0</sub>处的辐射野面积，m<sup>2</sup>；本项目靶件尺寸为1m×1m×1m，距离射线装置源点距离约为1m，靶件中心与射线源点处于同一水平高度，射线装置出束角度30°，射线到达靶件时的辐射野为宽0.54m(2×1000×tan15°≈0.54)，长0.54m(2×1000×tan15°≈0.54)的矩形区域，本项目保守取辐射野面积为0.3m<sup>2</sup>；

α—散射因子，本项目射线装置散射能量保守为400kV，散射野面积为0.3m<sup>2</sup>，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ250-2014)，400kV射线装置散射野面积为0.3m<sup>2</sup>，90°散射时的散射因子为1.4E-02，散射因子保守取值a<sub>w</sub>×10000/400，为4.75E-02；

B—屏蔽透射因子，本项目脉冲式X射线装置最大管电压为480kV，散射能量保守取400kV。根据《辐射安全手册》表6.7，管电压为400kV时，铅的半值层厚度为8.25mm，混凝土的半值层厚度为99.8mm。

#### ②计算参数选取及结果

略

#### 4) 关注点位剂量合计

略

根据上述计算结果，本项目屏蔽间关注点位处脉冲式射线装置单次出束所致剂量的最大值为1.46E+00μSv/h。

#### 5) 人员总剂量计算

X射线外照射人均年有效剂量当量按下式计算：

$$H_{Er} = H(10) \times T \times t \dots\dots\dots \text{(公式 11-5)}$$

式中：H<sub>Er</sub>—X射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H(10)—X射线周围剂量当量率；

T—居留因子；

t—调试时间，h。

本项目射线装置每小时出束约6次，辐射工作场所内年出束次数290次，年出束时长48.33h。屏蔽体外各关注点处的年有效剂量计算结果见表11-6。

略

由上表可知，正常工况下，本项目屏蔽体周边职业人员最大受照射剂量为5.36E-02mSv/a，公众最大受照射剂量为1.63E-02mSv/a。

#### (2) 本项目脉冲式射线装置对关注点形成的累计次数剂量

本项目生产、调试的脉冲式 X 射线装置 1m 处单次出束最高剂量 0.30mGy，以此为辐射评价源项进行辐射影响分析。

略

由上表可知，正常工况下，本项目屏蔽体周边职业人员最大受照射剂量为 5.36E-02mSv/a，公众最大受照射剂量为 1.63E-02mSv/a。

### 3、辐射工作人员剂量叠加分析

本项目辐射工作人员还将开展用户方安装调试及射线装置售后服务调试工作。安装及售后服务调试场所均为用户方已取得辐射安全许可证场所，安装及售后服务调试所在位置所受剂量率保守按 2.5 $\mu$ Sv/h 考虑，调试检修总数按年总计开展 20 台（售后安装，单台出束调试 5 次，总出束次数 100 次）+10 台（检修安装，单台出束调试 2 次，总出束次数 20 次）+20 台（靶件更换，单台出束调试 2 次，总出束次数 40 次），年调试次数 160 次，年出束时长 26.67h，上述调试检修射线装置均由同一组人员（本项目两名辐射工作人员）完成进行估算，则售后服务人均所受剂量最大值约 6.67E-02mSv/a。

### 4、本项目辐射环境影响小结

由本章节预测分析结果可知，本项目职业人员最大受照射剂量约 1.20E-01mSv/a（本项目辐射工作场所 5.36E-02mSv/a+用户方辐射工作场所 6.67E-02mSv/a），公众最大受照射剂量为 1.63E-02mSv/a，均低于《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（职业照射 20mSv/a、公众照射 1mSv/a），也低于本报告提出的照射剂量约束值（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a），故本项目对职业工作人员及周边公众的辐射影响是可接受的。

### 5、射线装置报废

本项目涉及的 X 射线机涉及报废时，必须进行去功能化（如拆解或者拆卸球管，把球管电线插头或接头剪断）。

**评价要求：按照国务院 709 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第 33 条要求，报废的射线装置应向环保部门申报并备案，接受工作场所监测、监管等，确保不遗留放射性问题。**

## 二、非放射性环境影响分析

### 1、大气环境影响分析

#### （1）臭氧

### ①臭氧产生情况分析

由于X射线的电离作用，在空气中产生臭氧和氮氧化物。氮氧化物产生量很小，其环境影响可忽略。臭氧的产生量与辐射强度，辐射作业空间大小有关。

本项目X射线机在出束过程中产生的少量臭氧排入屏蔽测试间内，然后经排风机排放室外。

### ②臭氧浓度预测

本项目射线装置为脉冲式X射线装置，单次出束时间较短，电离产生的臭氧较少，产生的臭氧经屏蔽测试间排风机（330m<sup>3</sup>/h）排放至楼层内，并由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）排放至室外，对辐射工作场所内工作人员影响轻微。

### （2）焊接烟尘

焊接烟气是由金属及非金属物质在过热条件下产生的蒸气经氧化和冷凝而形成的。因此焊接烟气的化学成分，取决于焊接材料（焊丝、焊条、焊剂等）和被焊接材料成分及其蒸发的难易。本项目使用恒温焊台进行人工锡焊，使用焊锡丝为无铅焊锡丝，年使用量约100g（单台射线装置组装使用5g），主要成分为Sn、松香，被焊接材料成分为Cu、Fe，则焊接烟气的化学成分主要为SnO<sub>2</sub>、CuO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、松香烟。《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》-中“38-40电子电气行业系数手册”手工焊产污系数未3.044克/千克-焊料，则装配去焊接烟气产生量约为0.3g/a。焊接烟气集中收集经净化吸附装置净化后（设计净化效率90%），由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）直接排出室外，焊接烟气排放量约0.03g/a，对周边环境影响轻微。

## 2、声环境影响分析

本项目射线装置工作场所使用的设备均为低噪设备，运行时基本无噪声产生。项目噪声主要来源于通排风系统的风机。风机配套的电机功率为0.12kW，声压级小于60dB(A)，噪声通过距离的衰减后，厂界噪声排放满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中2类标准，影响较小，无需特别治理。

因此，本项目的运行对周边区域声学环境影响轻微。

## 3、水环境影响分析

项目营运期，辐射工作人员所产生的生活污水直接排入周边市政污水管网，对项目周边的地表水影响轻微。

## 4、固体废弃物影响分析

(1) 一般固废

生产、组装通电测试（非出束）过程中，将产生少量不合格或废弃部件，退回生产厂家处理；原辅物料包装材料作为一般废物，集中收集，由环卫部门清运。工作人员产生的生活垃圾纳入厂区生活垃圾收集、清运系统，由环卫部门清运处置。各类固体废弃物均能做到有效处置，不会对周边环境造成二次污染。

(2) 环境管理要求

本项目拟设置一般固废暂存区（10m<sup>2</sup>）并设置固废筒暂存一般固废。建设单位产生的废弃物分类存放于标识的容器内或存放区，不得在拟建场所内乱扔、乱堆，建立台账，确保一般固废去向明确，同时建设单位应定期维护一般固废暂存区，做到防渗处理。

**事故影响分析**

**1、事故等级**

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），辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-8 所示。

**表 11-8 国务院令第 449 号辐射事故等级分级一览表**

事故等级	危险结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	射线装置导致 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、局部器官致残。
较大辐射事故	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病，局部器官残疾。
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据《职业外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见下表。

**表 11-9 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
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy

	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

## 2、可能发生的辐射事故

本项目涉及 X 射线机为 II 类射线装置。正常工作状态下，非辐射工作人员无法进入屏蔽测试间。屏蔽门开启时，X 射线机无法出束。在按照操作规程运行时，不会发生 X 射线机出束时，人员误照射的情景。

因此，非正常工况下，本项目可能发生事故的情景为：

①脉冲式 X 射线机在运行时，由于门机联锁、门灯联锁等安全联锁装置失效，致使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到屏蔽体外，给周围活动的人员造成不必要的照射。

②脉冲式 X 射线机在调试、检修、维护等过程中，辐射工作人员在设备未断电的情况下进行检修，或者因为辐射工作人员误操作打开了 X 射线发生器，使其出束照射，同时由于防护门开启，导致辐射工作人员及周围活动人员造成不必要的照射。

## 3、事故后果及事故分级

由前述事故工况情景可知，本项目可能发生的各类辐射事故后果均为人员在无防护的情况下受到 X 射线的不必要照射，事故发生时，由 X 射线机额定运行参数结合事故情景计算本项目辐射事故后果，计算过程中，分别测算事故工况下，不同照射距离、不同照射次数所造成的事故后果影响。

计算公式如下，计算结果如表 11-10 所示。

$$H = \frac{H_0 \times B}{R^2} \dots\dots\dots \text{（公式 11-8）}$$

式中：H<sub>0</sub>—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv/h；

B—屏蔽透射因子；事故状态下，以无屏蔽考虑，取值 1；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

略

由表 11-9、表 11-10 可知，在事故工况下，人员受到照射超过公众人员的年剂量限制要求，属于《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》对一般辐射事故的描述。”因此，若本项目发生误照射，导致人员所受的额外剂量将达到辐射事故等级等级，属于一般辐射事故。建设单位在日常运营调试射线装置的过程中，需要加强辐射安全防护及管理措施。

## 5、事故应急措施

### (1) 安全联锁装置失效

**日常防范：**①制定X射线机操作规程，操作人员应严格遵守设备操作规程。②定期检查门机、门灯等安全联锁装置的有效性，发现故障及时清除，确保安全联锁装置正常运行。③对本项目涉及的安全控制措施各机构及电控系统，制定定期检查和维护的制度，确保安全装置随时处于正常工作状态。④为X射线机操作人员配备剂量报警仪，当安全联锁装置失效或故障情况下，可以进行剂量报警，提醒操作人员及时进行防护和处理。

**事故应急：**当安全联锁装置失效或故障情况下，操作人员配备的剂量报警仪报警，此时，操作人员应按照事故应急响应程序，迅速就近按下急停按钮或电源开关，关闭射线装置电源。在确认射线装置已关闭，及时向辐射安全主管领导汇报事故情况，启动事故应急预案开展后续处理工作。

### (2) 调试时误操作

**日常防范：**①定期进行X射线机维护，并做好记录。②设备调试维护时，辐射工作人员应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。③调试时，必须关闭设备所有电源，并安排专人现场监督，禁止无关人员靠近辐射工作场所。

**事故应急：**X射线机在调试、检修、维护等过程中，辐射工作人员在设备未断电的情况下进行检修，或者在相应过程中辐射工作人员因误操作打开了X射线发生器，使其出束照射，此时操作人员或现场监督人员可通过声光报警装置、门灯联锁、剂量报警仪等安全设施设备得知事故的发生，相应人员应按照事故应急响应程序，迅速就近按下急停按钮或电源开关，关闭射线装置电源。在确认射线装置已关闭，及时向辐射安全主管领导汇报事故情况，启动事故应急预案开展后续处理工作。

## 6、事故预防措施

为了杜绝上述事故的发生，要求建设单位应严格执行以下风险预防措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(2) 建设单位需制定《X射线机操作规程》，并做到“制度上墙”（即将事故应急响应程序张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在射线装置调试时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员应严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(3) 定期检查X射线机的门机联锁装置和门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行。

每月对X射线机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需及时更换。

(4) 加强辐射工作人员的管理。所有辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训,并考核合格持证上岗。加强辐射工作人员的业务培训,防止误操作,以避免工作人员和公众受到意外辐射。

(5) 加强控制区和监督区管理,在X射线机运行期间,加强对监督区公众的管理,限制公众在监督区滞留。

(6) 制定事故应急预案,并定期组织员工培训及应急演练,提高紧急状态下应变能力。

(7) 当全年个人剂量超过 5mSv 时,应上报四川省生态环境厅。建设单位需进行原因调查并最终形成正式文件时,经本人签字确认后上报发证机关。

### **7、辐射事故影响评价小结**

评价认为,项目单位按相关规定和本环评要求,做好事故防范及预防措施,制定并定期演练具有可操作性和可行性的《辐射事故应急预案》之后,本项目发生的辐射事故风险将受到控制,其事故影响是可接受的。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

为有序开展生产、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》（国务院令 第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部第 47 号，2017 年修正）、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》及生态环境主管部门的要求，建设单位必须成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

四川脉辉高能科技有限公司已成立负责单位辐射安全与防护管理的组织机构。辐射防护领导小组全面负责辐射安全防护管理工作。小组成员由项目建设单位领导和辐射工作人员组成。

项目建设单位就辐射安全防护领导小组职责主要涉及以下几个方面：

1、四川脉辉高能科技有限公司辐射安全管理领导小组负责射线装置的安全防护与保卫工作，积极接受环保、公安、卫生等部门的监督检查；

2、发生辐射事故后，立即启动单位辐射事故应急预案，并按要求向环保、公安等部门报告；

3、定期对射线装置进行检查，对工作场所进行辐射环境监测并将记录结果保存。

组长职责：负责对公司辐射安全与环境保护进行全面管理工作；组织制定相关管理制度，应急预案等；当发生事故时，担任或指定人员做为应急总指挥，并提供可靠保障，组织事故调查，并向政府监管部门报告。副组长职责：协助组长开展工作；定期组织组员对公司内的辐射安全与环境保护管理工作进行检查；负责组织辐射安全许可证的申请、变更、延期、注销等相关事宜；负责组织辐射监测方案的执行。

成员职责：负责辐射工作场所辐射安全与环境保护管理工作；负责射线装置台账的管理；负责开展相关人员的培训工作；负责辐射事故的上报与记录。

**辐射安全管理**

**1、规章制度及辐射安全许可证**

**（1）制度建设**

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》要求，辐射安全管理规章制度要求情况见下表：

表12-1 主要规章制度建立对照分析表

序号	要求的主要规章制度	建设单位规章制度建设情况
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2	辐射工作场所安全管理规定（综合性文件）	拟制定
3	辐射工作设备操作规程	拟制定
4	辐射工作人员岗位职责	拟制定
5	辐射安全和防护设施维护维修制度	拟制定
6	射线装置台账管理制度	拟制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	拟制定
8	监测仪器使用与校验管理制度	拟制定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	拟制定
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定；拟委托有资质单位对辐射工作人员受照剂量进行监测，每季度将个人剂量送有资质单位检测。
11	辐射事故应急预案	建设单位拟按规范制定实施《辐射事故应急预案》，定期进行应急演练。
12	制度上墙	建设单位拟按规范编制《辐射事故应急预案》、《辐射事故应急响应程序》，并将《辐射事故应急响应程序》悬挂于辐射工作场所醒目位置，制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现可操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm

## 2、辐射工作人员

### （1）辐射安全培训

建设单位拟新增射线装置操作人员2人，辐射安全管理人员1人，目前建设单位所有辐射工作人员通过辐射安全和防护考核。

**评价要求：**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’（<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。

### （2）职业人员的个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况

及时报告辐射安全许可证发证机关。

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报告上签字确认；

2) 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文件时，经本人签字确认后上报发证机关。

项目单位应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。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。个人剂量档案应当终生保存。

### (3) 职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

综上所述，环评认为，在项目单位按要求对本项目辐射工作人员进行培训考核、职业健康检查和个人剂量监测等管理后，其配置的辐射工作人员是满足要求的。

### 3、射线装置台账管理

项目建设单位拟制定射线装置台账制度，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。

### 4、档案资料

项目建设单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。

**评价要求：**（1）根据四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版），档案资料应按以下八大类分类：“单位许可制度执行资料”“项目环保手续履行资料”“台账管理档案”“辐射工作人员管理档案”“工作场所档案管理”“辐射事故应急管理资料”“年度评估报告”和“整改落实资料”。（2）辐射工作人员上岗期间，必须佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。个人剂量档案应终生保存。

### 5、辐射安全与防护措施

本项目辐射工作场所拟配置完善的辐射安全与防护措施，屏蔽体厚度满足国家标准规

范中的剂量率要求。辐射工作场所四周拟设置醒目的电离辐射警告标志，安装工作状态显示、声光报警等警示措施。

本项目辐射工作场所已按照要求进行合理分区，分为“控制区”与“监督区”，并涉及有相应有效的安全联锁、视频监控和报警装置。

## **6、“三废”处理**

产生放射性“三废”的核技术利用单位应按照国家标准和环评报告及批复要求，做好放射性“三废”的日常管理，建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备查。

本项目无放射性“三废”产生。本项目运行过程产生的臭氧、焊接烟尘获得有效处理，对周边环境影响轻微。项目运行过程产生的废水、固废均可获得有效处置。

本项目所生产射线装置所使用的 X 射线管如无法满足使用需求，则退回生产厂家处理，不在本项目所在区域进行报废作业。

## **7、个人防护设备及剂量监测仪器**

辐射工作人员配置有相应的个人剂量计及个人剂量报警仪（见环保投资一览表）；剂量监测仪器配置便携式 X-γ 监测仪 1 台用于日常辐射监测管理。项目建设单位要求放射工作人员工作期间必须按照规定佩戴个人剂量计，未佩戴个人剂量计的工作人员不得上岗。

## **8、监测和年度评估**

建设单位拟制定射线装置工作场所的日常辐射监测计划。

根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》要求：建设单位应于每年1月31日前，网络提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

## **9、辐射事故应急管理**

项目建设单位拟制定辐射事故预防措施及应急处理预案，包括应急机构的设置与职责、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障。建设单位制定的辐射事故应急预案应按照中华人民共和国环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第四十三条辐射事故应急预案规定完善。修改后的预案应满足本项目在运行期间可能发生辐射事故的应急需要，且要具有针对性和可操作性，在此基础上，本项目的辐射事故应急预案是可行的。

## **10、辐射信息网络**

项目建设单位应在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址<http://rr.mee.gov.cn/>)中实施申请登记。

**评价要求：**建设单位申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

### 11、射线装置使用能力综合评价

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(中华人民共和国国务院第709号令)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第18号令)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部第3号令)等文件中关于使用射线装置单位条件的相关规定，对四川脉辉高能科技有限公司射线装置使用和安全综合管理能力逐一体现，具体情况如下表12-2、12-3。

(1) 与环保部令第3号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部令第3号)“第十六条”、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查指南》，建设单位需具备的辐射安全管理基本要求如下表：

**表 12-2 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表**

序号	放射性同位素与射线装置安全许可管理办法	建设单位落实情况
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。	建设单位拟在完成环评手续后，申请辐射安全许可证变更，申请种类范围为：生产、使用、销售Ⅱ类射线装置。
2	使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有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；	建设单位已设置专门的辐射安全与环境保护管理机构
3	从事辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	目前建设单位所有辐射工作人员通过辐射安全和防护考核
4	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	建设单位拟对射线装置使用场所设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
5	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	建设单位拟配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器
6	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位拟制定健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。
7	有完善的辐射事故应急措施。	建设单位拟制定辐射事故应急预案。

(2) 根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》，建设单位生产、使用、销售射线装置需具备的辐射安全管理要点对比分析如下表：

**表 12-4 建设单位辐射安全管理要点汇总对照分析表(生产、使用Ⅱ类射线装置)**

序号	《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》		落实情况
辐射安全管理工作指引			
1	合法销售	严格按照辐射安全许可的范围和内容，向取得相应辐射安全许可的单位销售射线装置。	拟按照指引要求在环评后办理辐射安全许可证
2	台账管理	建立射线装置台账，并做好生产和销售记录，做到账物相符。	拟按照指引要求制定射线装置台账
3	设施维保	建议每季度按照辐射安全管理制度开展辐射安全防护设施的日常检查和维护，检查工作状态指示灯、急停开关、门-灯联锁、门-机联锁、固定式剂量报警仪及相关设施的完好性，测试联锁装置功能确保正常，并做好记录。发现辐射防护设施设备存在隐患或问题，应及时维修，待功能恢复正常后再开展辐射工作。	拟按照指引要求定期检查辐射安全设施完好性，针对损坏设备及及时检修
4	监测仪器	按照环评文件和相关要求配置 X-Y 辐射监测仪(使用能量高于 10MV 加速器的还应配置中子监测仪),并每年对监测仪器开展校准或比对，确保仪器正常使用。 生产加速器单位的调试机房应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内。	拟按照指引要求配置监测仪器
5	自行监测	(1)生产Ⅱ类射线装置的单位，应按照标准规范和环评文件要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境辐射水平监测，并做好记录存档。 1)监测频率和方式。应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年；建议每季度对辐射工作场所进行辐射环境自行监测。 2)监测点位。辐射工作场所四面屏蔽墙体外 30cm 处、顶棚、防护门、管线洞口和工作人员操作位置等人员长时间居留场所。 3)监测因子。X-γ 辐射空气吸收剂量率、中子(适用于能量高于 10MV 的加速器)。 (2)生产Ⅲ类射线装置的单位，可结合项目实际制定监测方案，建议每季度开展辐射工作场所辐射水平监测，并做好记录存档。	拟按照指引要求制定自行监测计划，并定期开展监测，保存记录存档
6	年度监测	每年至少委托有资质的监测机构进行 1 次年度监测，并将监测结果随年度评估报告报发证机关。	拟按照指引要求委托有资质的监测单位进行年度监测
7	防护用品	按照行业和环评要求为辐射工作人员配备并正确使用必要的个人剂量报警仪和个人剂量计等辐射防护用品；工作人员进入加速器辐照室时应携带个人剂量报警仪。	拟按照指引要求配置防护用品
8	三废管理	使用能量高于 10MV 加速器产生感生放射性“三废”的，应按环评文件及批复要求做好放射性“三废”管理，建立放射性“三废”收集、贮存和排放管理台账，参照《核医学辐射	本项目无放射性三废

		防护与安全要求》(HJ 1188)确保放射性“三废”妥善处置，并做好记录存档。	
辐射事故应急工作指引			
1	事故类型	(1)生产Ⅱ类射线装置项目可能发生安全连锁失效和人员误入受到误照射等辐射事故，可能的辐射事故等级为一般辐射事故或较大辐射事故。 (2)生产Ⅲ类射线装置项目发生安全连锁失效和人员误入受到误照射等情况下，一般不会构成辐射事故。	本项目若发生事故，事故等级为一般辐射事故，在运营期应加强辐射安全管理及辐射防护设施维护
2	应急准备	辐射事故应急响应程序应简明扼要具有可操作性，并张贴到场所内工作人员容易看到的醒目位置。 生产Ⅱ类射线装置的单位应配备必要的应急物资，每年至少组织开展1次辐射事故应急演练；生产Ⅲ类射线装置的单位，可定期组织开展辐射事故应急演练。	拟按照指引要求张贴辐射事故应急响应程序，配置应急物资，定期开展辐射事故应急演练
3	先期处置	(1)立即按下急停开关，切断射线装置电源； (2)按照辐射事故应急响应程序上报单位领导，启动单位辐射事故应急预案； (3)拨打属地生态环境部门、发证机关和公安部门值班电话报告事故情况； (4)立即疏散辐射工作场所内及周边可能受辐射影响的	若发生辐射事故，将按照指引要求进行先期处置

**表 12-5 建设单位辐射安全管理要点汇总对照分析表（销售Ⅱ类射线装置）**

序号	《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》		落实情况
辐射安全管理工作指引			
1	合法销售	严格按照购销双方单位辐射安全许可的内容和范围，代理购买和销售射线装置及放射性同位素。	拟按照指引要求销售射线装置
2	台账管理	建立射线装置与放射性同位素销售台账，做到账物相符。	拟按照指引要求制定射线装置台账
3	设施维保	有暂存场所的，建议每季度按照辐射安全管理制度开展辐射安全防护设施设备的日常检查和维护，检查放射源暂存场所“六防”措施、“双人双锁”和监控系统及相关设施设备的完好性，测试装置功能确保正常，并做好记录。 发现辐射防护设施设备存在隐患或问题，应及时维修，待功能恢复正常后再开展辐射工作。	拟按照指引要求定期检查放射源暂存场所完好性，针对损坏部分及时检修
4	监测仪器	有暂存场所的，应按照环评文件要求配置 X-Y 辐射监测仪和表面污染监测仪，并每年对监测仪器开展校准或比对，确保仪器正常使用。	拟按照指引要求配置监测仪器
5	自行监测	有放射性同位素暂存场所的，应按照标准规范和环评文件要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境辐射水平监测，并做好记录存档。 (1)监测频率和方式。建议每季度对辐射工作场所进行辐射环境自行监测。 (2)监测点位。放射性同位素暂存场所四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、防护门、管线洞口和工作人员操作位置等容易出现射	拟按照指引要求制定自行监测计划，并定期开展监测，保存记录存档

		线泄漏或被表面污染的关注位置。 (3)监测因子。 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率和 $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染水平。	
6	年度监测	有暂存场所的，每年至少委托有资质的监测机构进行 1 次年度监测，并将监测结果随年度评估报告报发证机关。	本项目不涉及放射性核素
7	防护用品	按照行业和环评要求为辐射工作人员配备并正确使用必要的个人剂量报警仪和个人剂量计等辐射防护用品；工作人员进入放射性同位素暂存库时应携带个人剂量报警仪。	拟按照指引要求配置防护用品
8	三废管理	有暂存场所并产生放射性固体废物的，应按环评文件及批复要求做好日常管理，建立放射性固体废物的收集、贮存和排放管理台账，参照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188) 确保放射性固体废物妥善处置，并做好记录存档。 放射性固体废物应在规划的专用放射性固体废物暂存场所分类收集和规范贮存，并在专用贮存容器外设置放射性标识和放射性核素名称、批号、物理形态、活度及存放日期等相关信息。放射性废物贮存间应安装通风换气装置并设置单独排风管道。 ①含半衰期小于 24h 核素的放射性固体废物暂存时间超过 30d,可以解控后按照一般废物处理;含半衰期大于 24h 核素的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍和含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天，经监测达标后(辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ )，可以解控并按照一般废物处理。 ②含有发射 $\alpha$ 粒子的核素的废物应与其他放射性废物分开收集，以便于进行分类处理和处置；不能满足解控标准的放射性固体废物，应按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并交有资质单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 $\alpha$ 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。	本项目无放射性三废
辐射事故应急工作指引			
1	事故类型	销售放射性同位素有暂存场所的，可能发生放射性同位素丢失被盗或货包损坏放射性药物洒漏等辐射事故，可能的辐射事故等级为一般辐射事故或较大辐射事故。	本项目不涉及放射性核素
2	应急准备	辐射事故应急响应程序应简明扼要且具有可操作性，并张贴到场所内工作人员容易看到的醒目位置；配备必要的应急物资，有暂存场所的每年至少组织开展 1 次辐射事故应急演练。	本项目不涉及放射性核素，拟按照指引要求张贴辐射事故应急响应程序，配置应急物资，定期开展辐射事故应急演练
3	先期处置	(1)按照辐射事故应急响应程序上报单位领导，启动单位辐射事故应急预案； (2)拨打属地生态环境部门、发证机关和公安部门值班电话报告事故情况； (3)立即疏散辐射工作场所内及周边可能受辐射影响的所有人员； (4)采用关闭通道和设置警戒线等措施对辐射工作场所进行管控，防止人员进入； (5)保持通信畅通，准备好便携式辐射监测仪、表面污染监测仪、个人剂量报警仪、一次性防护服、一次性医用塑料手套、鞋套、铅衣、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，以及吸水纸和铅废物桶等应急去污物资，为配合相关部门开展应急处置做好准备。	若发生辐射事故，将按照指引要求进行先期处置

综上所述，通过落实环评要求的各项措施和补充完善相关辐射安全管理制度后，评价认为项目建设单位“四川脉辉高能科技有限公司”具有生产、使用、销售本项目Ⅱ类射线装置的能力。

## 辐射监测

本项目辐射防护监测包括个人剂量监测和工作场所的监测。

### (1) 个人剂量监测

为测量本项目辐射工作人员在一段时间的受照剂量，借以限制辐射工作人员的剂量当量和评价工作场所的安全情况，项目单位拟为本项目辐射工作人员均配个人剂量计并进行个人剂量监测（外照射个人剂量监测）。项目建设单位拟安排专人负责个人剂量监测管理（每季度由有资质单位检测一次），并建有辐射工作人员个人剂量档案。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。个人剂量档案应当身保存。

根据 GB18871-2002 要求，辐射工作人员在开展放射性工作期间，必须佩戴由项目建设单位配发的个人剂量计。**环评要求：对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认。对于每年度测数值超过 5mSv 的，要采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，并上报辐射安全许可证主管部门。**

### (2) 工作场所监测

#### ①屏蔽体外剂量率核算

本项目脉冲式X射线装置在辐射工作场所内年出束次数290次，单次出束在1m处的吸收剂量为0.3mGy，单次出束时长35ns，假设射线装置1h内连续出束，则每小时剂量率为 $3.09E+13\mu\text{Sv/h}$ （ $8.57E-03\text{mGy/ns}$ ），年出束时长 $2.82E-09\text{h}$ 。根据表11中的计算公式对屏蔽体外的剂量率和人员年受照剂量进行核算，具体核算结果如下所示：

略

在每小时连续出束的情况下，本项目屏蔽测试间墙体外剂量率最大为 $1.90E+10\mu\text{Sv/h}$ ，年出束次数290次，年出束时长 $2.82E-09\text{h}$ ，职业人员年最大受照剂量为 $5.36E-02\text{mSv}$ ，公众年最大受照剂量为 $1.63E-02\text{mSv/a}$ 。

实际本项目脉冲式X射线装置单次出束后，至少需冷却10min才能再次出束，每小时最大出束次数6次，单次出束对关注点造成的剂量很小。上表中当量剂量率H预测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）是假设射线装置1小时连续出束进行的保守计算，是为了与建设单位日常监测方法进行对

比，实际脉冲式X射线装置无法连续出束。

## ②监测方式合理性分析

### 1) X- $\gamma$ 剂量率仪监测

目前市面上常见X- $\gamma$  剂量率仪为RJ32-3602型分体式剂量率仪、HJ-RP6000环境辐射剂量率仪、AT1123型辐射检测仪等监测设备，此类型设备的监测原理为利用盖革计数管或者闪烁体来测定辐射，当每一次射线通过盖革计数管/闪烁体并引起电离时便使盖革计数管/闪烁体产生一次检测电流脉冲，每个脉冲被电子管电路检测并记录为一个计数，并通过显示器计数值得出剂量率。RJ32-3602型分体式剂量率仪能量检测范围为20keV-3MeV，检测频率最短为1s，剂量率检测范围为10nSv/h-1.5mSv/h；AT1123型辐射检测仪能量检测范围为15keV-10MeV，针对脉冲辐射可检测脉宽最短为10ns，剂量率检测范围为0.1 $\mu$ Sv/h-10Sv/h。

本项目脉冲式X射线装置单次脉冲脉宽最大为35ns ( $>10$ ns)，单次脉冲过程中在屏蔽测试间墙体外的的剂量率约为 $3.98E+10\mu$ Sv/h ( $>10$ Sv/h)，X- $\gamma$  剂量率仪无法检测出关注点位置处的剂量率。

### 2) 辐射剂量片监测

热释光剂量计是基于热致发光原理记录累积辐射剂量的核防护器件，其核心为含杂质磷光体受辐照后形成俘获电子与空穴，加热时释放光信号并通过光电倍增管测量剂量值。该器件具有读数衰减少的核心性能优势，即使长期搁置后仍能保持测量准确性。目前市面上较为常见的热释光剂量片有TLD469热释光剂量片和GR-200热释光剂量片等各类型号剂量片。其中TLD-469热释光剂量片的能量检测范围为20keV-9MeV，剂量检测范围为10 $\mu$ Gy-10Gy，探测阈0.1 $\mu$ Gy；GR-200热释光剂量片的能量检测范围为30keV-3MeV，剂量检测范围为100nGy-12Gy，探测阈0.1 $\mu$ Gy。

本项目射线装置为脉冲式X射线装置，射线装置最大电压为480kV，1m处单次出束最高剂量为0.30mGy，X- $\gamma$ 热释光剂量片的的探测范围为100nGy-12Gy( GR-200型热释光剂量片)，探测阈为0.1 $\mu$ Gy，能够测得射线装置单次出束后在出束方向1m处监测点位产生的有效剂量和屏蔽测试间墙体外的有效剂量（单次出束在测试间墙体外的最大剂量为 $3.87E-01\mu$ Sv），满足本项目建设单位日常例行监测要求。

## ③监测计划

参照《工业脉冲X射线发生装置放射防护检测与评价方法》（T/SXQCA003-2022）固定场所安装工业脉冲X射线发生装置放射防护检测6.1.2检测点位设置要求，对本项目脉冲式

X射线发生器工作场所采用热释光剂量片进行监测，监测要求如下所示：

1) 检测点位的设置应保证代表性、合理性、科学性和可行性，主要设置在屏蔽测试间（高压发生器所在场所）四周屏蔽墙体及防护门外侧；

2) 每个墙面至少应设置3个检测点，当墙面有屏蔽薄弱区域时，应增设检测点位；

3) 屏蔽测试间主照射墙体，检测点位应覆盖有用线束照射区域及非照射区域；

4) 脉冲X射线管左、右两侧墙体，检测点位应包含脉冲X射线管出束口一端在屏蔽墙体水平投影区；

5) 控制室检测点应包含与设备间相邻的墙面及工作人员控制位；

6) 设备间上层或下层有人员居留时，检测点位应覆盖脉冲X射线管垂直投影区域及人员工作位；

7) 工作状态验证检测点，宜设置在有用线束照射区域、漏射线剂量较高区域及关键屏蔽体内侧；

8) 屏蔽体外检测点设置高度为距地面1.2m；

9) 各检测点位热释光剂量计射线接收面应与射线入射方向垂直。

### (3) 监测计划

本项目运营期间具体监测计划见下表。

**表12-5 环境监测计划表**

监测项目	监测频次		监测内容	监测条件
X-γ 辐射剂量	验收监测1次		射线装置主射方向1m、2m、3m、4m处 (每个点位设置2个剂量片)	检测应在脉冲X射线发生装置额定管电压、额定管电流照射条件下进行，射线管曝光次数20次
			射线装置非主射方向1m、2m、3m、4m处 (每个点位设置2个剂量片)	
			屏蔽测试间外墙体外四周及铅门处 (每个墙面设置3个剂量片)	
			射线装置所处地点楼层下方 (设置2个剂量片)	
			射线装置所处地点楼层上方 (设置2个剂量片)	
			控制室操作位 (设置2个剂量片)	
	例行监测	委托有资质单位每年监测1次	射线装置主射方向1m处；屏蔽测试间外墙体外四周及铅门处（每个墙面设置3个剂量片）；楼层下方；楼层上方；控制室操作位。	
建设单位每季度自行监测1次				
个人剂量	辐射工作人员个人剂量		辐射工作人员进行作业时佩戴个人剂量片	辐射工作人员工

监测	片每季度监测 1 次	(个人剂量片每季度送检), 个人剂量片应佩戴于胸前。	作期间正确佩戴个人剂量片
<p>注1: 测试间每面墙体设置3个剂量片, 监测点位设置高度距地面1.2m;  注2: 楼层下方监测点位设置高度1.5m。</p>			
<p>根据《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》要求, 建设单位应做好监测记录档案保存工作。</p>			

**表 13 结论与建议**

**结论**

**1、项目概况**

**项目名称：**四川脉辉高能科技有限公司生产销售使用 II 类射线装置新建项目

**建设单位：**四川脉辉高能科技有限公司

**建设地点：**四川省绵阳市科技城新区创新基地 4 号楼 6 层

**建设性质：**新建

**建设内容及规模：**

本项目拟租用四川省绵阳市科创区科创基地 4 号楼 6 层建设脉冲式 X 射线装置装配生产线并在楼层西北角新建屏蔽测试间用于射线装置的出束调试，配套的研发、办公等场所依托建设单位所在楼层内的既有设施。

本项目新增生产、销售、使用的脉冲式 X 射线装置最高管电压 480kV、最大管电流 10kA，最大脉冲宽度 35ns，最大出束角度 30°，主要用途为密度厚度检测或探伤作业，调试过程中出束方向定向朝北，年最大脉冲出束次数 450 次。本项目辐射工作场所 MH300、MH450、MH450S 调试过程中出束方向定向朝北，年最大脉冲出束次数 290 次，射线装置调试过程中，射线管固定在调试底座上，出束高度、方向固定，出束方向定向朝上（屋顶），射线覆盖区域为射线管正面，顶角为 30° 的锥形区域，该区域均位于屏蔽测试间屋顶顶板上；前述射线装置均属于 II 类射线装置。

项目建成后，建设单位将新增 20 台/年的脉冲式 X 射线装置的生产、销售、使用能力。生产的脉冲式 X 射线装置主要分为脉冲式 X 射线装置（固定式）和便携式脉冲式 X 射线装置，其中便携式脉冲式 X 射线装置主要由：X 射线管、成像系统、集成控制系统（含电源及控制系统）3 个部分组成，脉冲式 X 射线装置（固定式）主要由控制系统、脉冲电压源、X 射线管、成像系统 4 个部分组成。本项目拟购置或委托其他专业公司加工生产相应成品部件，并在 6 层射线装置组装区进行组装，屏蔽测试间开展射线装置出束调试作业。

**（1）屏蔽测试间**

项目新建的屏蔽测试间位于 4 号楼 6 层西北侧区域，该屏蔽测试间建筑面积约 65m<sup>2</sup>（长 8.2m×宽 8.2m×高 4.8m）。测试间主射方向为 16mm 铅（接收器后方屏风）+2mm 铅当量硫酸钡板（测试间北侧墙体），其余方向均为 2mm 铅当量硫酸钡板，顶部为 100mm 混凝土，地板为 100mm 混凝土，屏蔽测试间西南角设置 2mm 平移式铅门（尺寸：宽 1.8m×高

2.25m)，射线装置调试完成后，按照系统组成拆分后转移至成品库内暂存（拆分后射线装置组成最大尺寸为0.6m×0.8m×1.8m）。本项目建成后，屏蔽测试间作为本项目的辐射工作场所，用于射线装置调试作业（生产调试、售后调试）。

#### ①生产调试

本项目生产的MH300、MH450、MH450S型射线装置装配完成后，运至屏蔽测试间内，调试过程中脉冲式X射线装置出束方向定向朝北。本项目最大年产20台脉冲式X射线装置，单台调试最大出束次数为10次，每小时最大出束约6次，合计年最大有效出束次数200次。

#### ②售后调试

本项目销售的射线装置由建设单位运至用户方进行安装调试，单台射线装置安装调试过程中出束5次，每小时最大出束约6次，年售后安装台数20台，年最大售后安装出束次数为100次。

脉冲式射线装置通过高压源产生高压，并与阳极靶材作用产生的X射线，本项目出售的射线装置中的阳极靶材达到使用寿命后，由建设单位对阳极靶材进行更换，更换后在屏蔽测试间内进行出束调试，单台设备出束2次，年最大更换靶材设备数量20台。调试完成用户方接收射线装置后，由建设单位提供安装出束调试，单台射线装置出束调试2次，年最大调试设备20台。

若射线装置出现故障，建设单位根据与用户方的销售合同对射线装置回收后进行检修维护，单台射线装置在本项目辐射工作场所维护过程中出束5次，每小时最大出束约6次，年售后检修台数10台，年最大售后检修出束次数为50次。维修完成，用户方接收射线装置后，由建设单位提供安装调试，每台射线装置出束调试2次，年最大检修安装调试次数20次。

**本项目建成后，屏蔽测试间每次仅开展一台射线装置出束作业，且辐射作业场所仅限于屏蔽测试间内。**

#### (2) 装配区

本项目装配区位于屏蔽测试间南侧，本次仅在装配区内配置万用表、电流传感器等设备，对外部的采购的设备部件进行手工装配工作（所有部件的电子元器件在生产厂家已焊接完成）。装配区配置有1个恒温焊台，当外购部件的的焊点存在虚焊情况时，建设单位对其进行补焊，并配置有1台移动式焊烟净化装置吸收焊接烟尘，1台局部排风设备(30m<sup>3</sup>/h)

将净化后的焊接烟尘排放至室外。

**本项目装配区不涉及电镀、表面处理、喷漆等工艺。**

(3) 射线管暂存间、成品库

本项目将既有的存储区 2 改造为 2 个房间（射线管暂存间：7.5m<sup>2</sup>，成品库：10m<sup>2</sup>），分别用于射线管暂存及成品库，房间设有门禁系统，由专人管理，并设置有监控系统防止无关人员进入。

(4) 固废暂存区

本项目在装配区南侧设置固废暂存间区（10m<sup>2</sup>）及固废收集筒，用于收集装配过程中产生的废弃部件、包装固废，射线装置装配过程中不涉及危险废物的产生。

项目总投资 ■■■ 万元，其中环保投资 ■■■ 万元，占总投资 ■■■。

## **2、产业政策符合性**

项目属于无损检测设备生产项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第十四项“机械”第 1 条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合国家产业发展政策。本项目已于全国投资项目在线审批监管平台（四川）中向绵阳科技城新区经济运行局备案，备案号：川投资备【2506-510701-99-01-977435】FGQB-0072 号。

## **3、选址及总平面布置合理性**

本项目位于四川省绵阳市科创区科创基地 4 号楼 6 层四川脉辉高能科技有限公司西北侧区域。建设完成后，本项目屏蔽测试间作为专门的辐射工作场所，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周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

项目建设的辐射工作场所布置相对独立，检测过程中产生的 X 射线经实体屏蔽防护后对周围环境的辐射影响是可以接受的。辐射工作场所的平面布置既便于各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，从辐射安全防护的角度分析，其

总平面布置是合理的。

#### 4、区域环境质量现状评价结论

项目拟建场址周围环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测值为 46.7~90.3nSv/h，经修正后环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率为 36.6~70.7 nGy/h，对比《2024 年绵阳市生态环境状况公报》中绵阳市空气吸收剂量率自动监测结果 73.1~143.9nGy/h，属于当地正常天然本底辐射水平。

#### 5、环境影响评价结论

##### ①辐射环境影响

通过对工作人员和公众辐射剂量的估算，X射线经过屏蔽减弱后，其对工作人员和公众所致的最大辐射剂量均小于本报告表确定的剂量约束值（工作人员5mSv/a，公众0.1mSv/a），对工作人员和公众不会造成辐射危害，对环境的辐射影响是可以接受的。

##### ②大气环境影响

###### （1）臭氧

本项目所产生的臭氧量较小，通过屏蔽测试间排风排至房间外，并由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）排放至楼层外，对辐射工作场所内工作人员和周边大气环境影响轻微。

###### （2）焊接烟尘

本项目年使用焊丝约100g，产生焊接烟气约0.3g/a，焊接烟气集中收集经移动式装置净化后（设计净化效率90%），排放至楼层内。本项目装配场所所处楼层为顶楼，无吊顶设计，废气通过由局部排风（30m<sup>3</sup>/h）排放至室外，焊接烟气排放量约0.03g/a，对辐射工作场所内工作人员和周边大气环境影响轻微。

##### ③地表水环境影响

本项目废水主要为工作人员生活污水，排入园区污水管网。

##### ④固体废物的环境影响

本项目固废主要为生产检修过程中产生的废弃部件、包装废弃物，工作人员的生活垃圾。其中废弃部件退回生产厂家自行处理，包装废弃物与生活垃圾统一收集交环卫部门清运，对项目周边区域环境影响较小。

##### ⑤声环境影响

本项目屏蔽测试间选用低噪声排风机，设备噪声源强不高于 65dB（A）；通排风系统噪声很小，采用经墙体屏蔽和距离屏蔽后，对周围声环境无明显影响。

#### 6、辐射事故影响评价分析

经预测，假若本项目发生辐射事故，事故等级可能达到一般辐射事件。评价认为，项目单位按相关规定和本环评要求，做好事故防范及预防措施，制定并定期演练具有可操作性和可行性的《辐射事故应急预案》之后，本项目发生的辐射事故风险将受到控制，其事故影响是可接受的。

### 7、射线装置使用与安全管理的综合能力分析

通过完善环评要求的各项措施和补充完善相关辐射安全管理制度后，评价认为项目建设单位“四川脉辉高能科技有限公司”具有生产、使用、销售本项目 II 类射线装置的能力。

### 8、项目环境可行性结论

本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布置合理，采取辐射防护措施技术可行，措施有效。在严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众照射剂量满足国家规定的年有效剂量限值和本评价采用的剂量约束值。评价认为，**本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。**

### 10、项目竣工环境保护验收要求

本项目建成后，应严格按照环境保护部“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评〔2017〕4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

建设单位四川脉辉高能科技有限公司是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照相关文件规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

“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://47.94.79.251>。建设单位可以登录生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other/hbysjsgf/>），并在项目建成后，及时开展竣工环境保护验收工作。

表 13-1 项目竣工环境保护验收要求一览表

工作场所	措施类别	验收内容
屏蔽测试间	辐射屏蔽措施	新建8.2m×8.2m×4.8m的屏蔽测试间，测试间顶板主射方向为16mm铅板（接收器后方铅屏风）+2mm铅当量硫酸钡板（测试间墙体），其余方向均为2mm铅当量硫酸钡板，顶板、底部为100mm混凝土，测试间的屏蔽铅门采用2mm铅厚度的平移铅门。
	安全装置	增加电离辐射警告标志若干 紧急开门按钮1套

		门机联锁装置1套
		紧急停机按钮5套
		出束声光提示装置2套
		工作状态显示2套
	通排风系统	屏蔽测试间新增排风系统一套，排风系统风量约330m <sup>3</sup> /h
环保设备		移动式焊烟净化装置1套
		2套局部排风
监测设备		便携式X-γ监测仪1台
		个人剂量计3个（人均1个）
		个人剂量报警仪3台
应急物资		灭火器材1套
管理制度		辐射工作制度上墙

## 建议与承诺

### 1、承诺

（1）一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位和四川省生态环境厅。

（2）企业自行监测的仪器定期与有资质的单位进行比对，并做好记录。

### 2、建议

定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。