

核技术利用建设项目

四川辐创生物科技有限公司2025年新建  
工业用电子加速器辐照装置  
核技术利用项目

环境影响报告表

(公示本)

四川辐创生物科技有限公司

2025年8月

生态环境部监制



核技术利用建设项目

四川辐创生物科技有限公司2025年新建  
工业用电子加速器辐照装置  
核技术利用项目

环境影响报告表



建设单位名称：四川辐创生物科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：尹建刚

通讯地址：四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路90号1栋1楼1号

邮政编码：611500

联系人：王月平

电子邮箱：601923430@qq.com

联系电话：13648480989

# 目 录

表 1: 项目基本情况 .....	1
表 2: 放射源 .....	10
表 3: 非密封放射性物质 .....	10
表 4: 射线装置 .....	11
表 5: 废弃物 (重点是放射性废弃物) .....	12
表 6: 评价依据 .....	13
表 7: 保护目标与评价标准 .....	15
表 8: 环境质量和辐射现状 .....	17
表 9: 项目工程分析与源项 .....	21
表 10: 辐射安全与防护 .....	29
表 11: 环境影响分析 .....	48
表 12: 辐射安全管理 .....	54
表 13: 结论与建议 .....	73

## 附图

附图 1：本项目地理位置图

附图 2-1：本项目外环境关系及监测布点图

附图 2-2：加速器机房所在厂房平面布置图

附图 3-1：本项目加速器机房平面设计图（一层）

附图 3-2：本项目加速器机房平面设计图（二层）

附图 4-1：本项目加速器机房剖面设计图（东北-西南方向）

附图 4-2：本项目加速器机房剖面设计图（西北-东南方向）

## 附件

附件 1：委托书

附件 2：项目立项备案表

附件 3：本项目租用厂房的建设用地规划许可证

附件 4：设备参数确认函

附件 5：四川辐创生物科技有限公司《关于成立辐射安全与环境保护领导小组的通知》

附件 6：四川辐创生物科技有限公司 2025 年新建工业用电子加速器辐照装置核技术利用项目监测辐测院监字(2025F)第 68 号

附件 7：本项目合作投资协议

附件 8：辐射安全与防护培训和考试的承诺

**表 1：项目基本情况**

项目名称		四川辐创生物科技有限公司 2025 年新建工业用电子加速器辐照装置核技术利用项目			
建设单位		四川辐创生物科技有限公司			
法人代表		严建明	联系人	王月平	联系电话 13648480989
注册地址		四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路90号1栋1楼1号			
项目建设地点		四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路90号1栋1楼1号厂房内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		1500	项目环保总投资（万元）	328.92	投资比例（环保投资/总投资） 21.9%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			建筑面积（m <sup>2</sup> ） 500
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		
	其它	/			

## 项目概述

### 一、概况

#### （一）建设单位简况

四川辐创生物科技有限公司（统一社会信用代码：91510183MAEKEUJY8X）成立于2025年5月，主要经营范围包括技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；太赫兹检测技术开发；普通货物仓储服务；低温仓储。许可项目：道路货物运输；食品销售。

目前，四川辐创生物科技有限公司尚未申请过辐射安全许可证，本次评价为首次开展核技术利用建设项目。

#### （二）项目由来

四川超上特种电缆有限公司和四川鑫宇束能生物科技有限公司为整合各自优势，共同投资设立目标公司即四川辐创生物科技有限公司，投资消杀辐照加工生产线。四川辐创生物科技有限公司租用四川鑫宇束能生物科技有限公司位于四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路90号1号厂房（约1619m<sup>2</sup>）内新建1座辐照用工业电子加速器机房，并新增使用1台10MeV，20kW的电子直线加速器，属于II类射线装置，主要用于农副产品和食品的消毒杀菌，目前本项目加速器机房尚未修建。

为加强射线装置的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程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安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021版），本项目为使用II类射线装置，应编制环境影响报告表。因此，建设单位委托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）开展环境影响评价工作（附件1）。我中心接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《四川辐创生物科技有限公司2025年新建工业用电子加速器辐照装置核技术利用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生态环境主管部门环境影响评价信

息，加大环境影响评价公开力度。依据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：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息；各级生态环境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 07 月 21 日在环境影响评价信息公示平台进行了全文公示，以征求公众意见。截止目前，建设单位及评价单位未收到任何信息反馈。



图 1-1 全文公示截图

## 二、项目建设内容及规模

### （一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：四川辐创生物科技有限公司 2025 年新建工业用电子加速器辐照装置核技术利用项目

建设单位：四川辐创生物科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号四川鑫宇束能生物科技有限公司 1 栋 1 楼 1 号厂房内，项目地理位置见附图 1。

### （二）项目建设内容及规模

四川辐创生物科技有限公司租赁位于邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江

路 90 号四川鑫宇束能生物科技有限公司 1 栋 1 楼 1 号厂房（目前正在建设中，高度约 14.8m，地上一层建筑，面积约 1619m<sup>2</sup>）开展工业电子加速器辐照加工项目。

拟在 1 号厂房内北部新建 1 座工业电子加速器机房（1#加速器机房），机房内安装一台电子束流能量为 10MeV，电子束流强度为 2mA 电子直线加速器，型号为 10.0MeV-20kW 型电子加速器，属于 II 类射线装置，用于农副产品和食品的消毒杀菌。

本次新建的工业电子加速器机房主要由一层辐照室和二层主机室组成，主机室和辐照室通过楼梯连接，同时配套建设控制室、水冷室、电气室等辅助用房。加速器机房分为上下二层，整体高度为 8m。

### **1、一层辐照室及其辅助设施**

一层辐照室建筑面积 295.61m<sup>2</sup>，尺寸为长 20.6m×宽 14.35m×高 3.40m，辐照室东侧墙体为 2.5m 厚混凝土，其中正中间有 3m 长的墙体厚 2.9m，辐照室北侧、南侧墙体均为 2.9m 厚混凝土，辐照室中间用长 10.8m、厚 2.2m 的混凝土分隔；北侧、南侧设置“U”型迷道，迷道左右两侧内墙均为 1m 厚混凝土，北侧迷道北侧外墙与南侧迷道南侧外墙均为 0.9m 厚混凝土，辐照室西侧迷道外墙与两个迷道共用中墙均为 0.5m 厚混凝土；辐照室顶部为 1.5m 厚混凝土，地面为 2m 厚混凝土基础。迷道入口安装不锈钢栅栏门。

### **2、二层主机室及其辅助设施**

二层为加速器主机厅（加速器大厅）、控制室、电气室、水冷室，位于辐照室上方。二层加速器主机厅建筑面积为 92m<sup>2</sup>，尺寸为长 11.55m×宽 8.0m×高 4.6m。北侧、南侧墙体均为 2m 厚混凝土，西侧、东侧墙体均为 1.5m 厚混凝土。大厅设置迷道，迷道内墙为长 1.2m、厚 1m 混凝土，顶部为 1m 厚混凝土。加速器大厅安装 60mm 铅当量的铅防护电动平移门。

### **3、射线装置**

本次拟新增使用的 1 台工业电子加速器的主机设备安装于二层主机厅内，其钛窗口位于一层辐照室中部。加速器最大电子能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA，功率为 20kW，该型工业电子加速器为单束机头，电子束照射方向为竖直向下。根据建设单位初步规划，本次新增使用的电子加速器每天出束时间约 16h，年工作 300 天，则年最大出束时间约为 4800h。

本项目建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容表

序号	射线装置名称	型号	数量	参数	类别	活动种类	主束方向	使用场所
1	工业电子加速器	10.0MeV-20kW	1 台	最大电子束能量： 10MeV； 最大束流强度：2mA	II	使用	垂直向下	本次新建 1#加速器 机房

(三) 项目组成及主要环境问题

本项目具体组成及主要的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
主体工程	工业电子加速器机房：机房整体高度为 8m，机房内拟安装 1 台 10MeV-20kW 电子直线加速器，属于 II 类射线装置，最大电子束能量为 10MeV，束流强度为 2mA，加速器主机位于二层主机厅。	<p>一层辐照室建筑面积 295.61m<sup>2</sup>，尺寸为长 20.6m×宽 14.35m×高 3.40m，辐照室东侧墙体为 2.5m 厚混凝土，其中正中间有 5m 长的墙体厚 2.9m，辐照室北侧、南侧墙体均为 2.9m 厚混凝土，辐照室中间用长 10.8m、厚 2.2m 的混凝土分隔；北侧、南侧设置“U”型迷道，迷道左右两侧内墙均为 1m 厚混凝土，北侧迷道北侧外墙与南侧迷道南侧外墙均为 0.9m 厚混凝土，辐照室西侧迷道外墙与两个迷道共用中墙均为 0.5m 厚混凝土；辐照室顶部为 1.5m 厚混凝土，地面为 2m 厚混凝土基础。迷道入口安装不锈钢栅栏门。</p>	<p>施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等。</p>	<p>生活污水、生活垃圾</p>
		<p>二层为加速器主机厅、控制室、电气室、水冷室，位于辐照室上方。二层加速器主机厅建筑面积为 92m<sup>2</sup>，尺寸为长 11.55m×宽 8.0m×高 4.6m。北侧、南侧墙体均为 2m 厚混凝土，西侧、东侧墙体均为 1.5m 厚混凝土。大厅设置迷道，迷道内墙为长 1.2m、厚 1m 混凝土，顶部为 1m 厚混凝土。主机厅安装 60mm 铅当量的铅防护电动平移门。</p>		<p>设备安装调试过程中可能产生 X 射线、电子线、臭氧、噪声和包装废弃物</p>

辅助工程	控制室（面积约 36.9m <sup>2</sup> ）、水冷室（面积约 81.6m <sup>2</sup> ）、电气室（面积约 44.4m <sup>2</sup> ）。	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等	生活污水、生活垃圾
	工业电子加速器机房一层配套建设有辐照产品待检区、铺卸货区。		
公用工程	配电、供电和通讯系统等	依托厂区建成后设施	/
环保工程	生活污水依托厂区建成后的污水管道排入城市污水管网；办公、生活垃圾依托厂区建成后收集系统统一收集由市政环卫部门统一清运。		
	排风系统 1 套，排风量为 21000m <sup>3</sup> /h，排风筒高度高于厂房顶面 5m。	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等	

#### （四）主要设备配置及主要技术参数

本项目主要的设备配置及主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 电子直线加速器的主要技术参数表

型 号	10.0MeV-20kW 电子加速器
电子束能量	10MeV
电子束流强度	2 mA
出束窗与束下传输线距离	100cm
工作方式	电子束照射
最大束流功率	20kW
出束方向	定向朝向地面
标准扫描宽度	600mm

#### （五）主要能耗

本项目主要能耗情况见表 1-4。

表 1-4 主要能耗情况一览表

类别	名称	年耗量	来源	主要化学成分	用途
能源	电	80 万度	城市电网	/	机房用电
冷却水	加速器冷却水	10 吨	自制纯化水	H <sub>2</sub> O	加速器及配套设备间接冷却水
生活用水	水	100 吨	自来水	H <sub>2</sub> O	生活用水

#### （六）依托工程

本项目拟在邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号 1 号厂房内进行建设，项目的生产运行需要依托厂区建成后预留办公室，本项目生活污水、生活垃圾依托厂区建成后的环保设施进行处理。

### 三、工作人员及工作制度

本项目拟配置 5 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，4 名为射线装置操作人员，2 人一组每天实行两班制，每班工作 8 小时，年工作时间 300 天。项目配置 4 名装卸货工人，每天实行两班制，每班工作 8 小时，无需按照辐射工作人员管理。本项目人员配置情况见表 1-5。

表 1-5 本项目人员配置情况一览表

场所	工作岗位	人数（名）	备注
本项目加速器机房	辐射安全管理人员	1	新增辐射工作人员
	射线装置操作	4	
	装卸货工人	4	不纳入辐射工作人员管理

#### 四、产业政策符合性

本项目属于核技术在辐照技术领域的应用，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

#### 五、实践正当性分析

中药、粮食、果蔬、肉食等在制作、运输、储存与销售过程中，常常因病虫害侵蚀、腐败、霉烂、高温发芽等而变质。据不完全统计，由此引起的损失可高达 20%~30%。为此，长期以来人们采用干燥、腌制、冷藏与冷冻、高温蒸煮、真空、熏制以及化学防腐剂等多种方法保存中药和食品，取得了良好的效果，但也存在不少问题。上述保藏方法的共同缺点是能耗大，且杀虫灭菌不彻底，不易保鲜。辐照保鲜技术是指中药和食品在电离辐射作用下，产生物理、化学、生物效应，使之抑制发芽、杀虫灭菌、控制寄生虫感染，以延长货架期、提高卫生质量的方法。中药和食物辐照保鲜已成为一个具有相当吸引力的储藏技术。辐照保鲜技术与非核技术相比具有以下特点。

（1）节约能源；

（2）辐照保鲜延长了中药和食品的货架期，极大提高了中药和食品的远销能力，减少损耗，提高了经济效益；

（3）辐照方法属于冷加工、在中药和食品辐照过程中温升很小。辐照的这种冷加工特色，可保持其原有的色香味，因而具有很强的竞争力；

（4）穿透力强。电离辐射具有较强的穿透力，因而可深入到药材和食品内部，杀灭隐藏很深的病菌和害虫，达到长期保存的目的；

(5) 安全卫生。中药和食品辐照不需化学添加剂，不存在化学保存法带来的残留毒性。辐照处理过的食品在密封条件下几乎可无限期保存；

(6) 只要用很低的剂量就可以消灭大肠杆菌等食源性细菌的侵蚀；

(7) 改善食品品质；

(8) 操作简便，易于实现自动化。

但是，由于在辐照过程中射线的应用可能会造成如下放射性环境问题：

(1) 给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；

(2) 辐照装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故；

建设单位在开展辐照过程中，对射线装置使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对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。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

## 六、项目选址合理性

### 1、项目选址合理性分析

本项目电子加速器辐照装置机房拟建地位于四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路90号1栋1楼1号（1号厂房内）。根据四川鑫宇束能生物科技有限公司建设用地规划许可证（附件3），该地块属于工业用地，规划许可证项目名称：邛崃市绿色食品工业电子束辐照加工新建项目。根据现场踏勘，厂区周围均规划为工业企业。四川辐创生物科技有限公司为四川鑫宇束能生物科技有限公司投资合作公司，租用四川鑫宇束能生物科技有限公司邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路90号1栋1楼1号厂房内开展本项目，因此选址合理（投资合作协议见附件7）。根据附图2项目所在位置图和项目外环境关系图可知：

(1) 建设单位用地范围外：北侧为南江路，南侧为醉悠酒业建设用地，目前正在建设中；西侧为恒艺包装公司建设用地，目前正在建设中；东侧为规划工业用地，目前暂无企业入驻。

(2) 建设单位用地范围内：1号厂房位于厂区东部，1#厂房东侧依次为厂区内道路、厂区外规划工业用地；北侧依次为厂区内道路、厂区外南江路；南侧依次为1号厂房南侧预留二期加速器机房建设区域、厂区内道路、厂区外规划工业用地；西侧均

为四川鑫宇束能生物科技有限公司其他厂房。

拟建加速器机房外环境关系：加速器机房北侧 50m 范围内为厂区内道路及厂区外南江路，东侧 50m 为厂区内道路、厂区外规划工业用地，南侧为 1#厂房内部的辐照辅助车间及预留二期加速器机房建设区域、厂区内道路、厂区外规划工业用地，西侧 50m 范围均为厂区内道路、厂区外规划工业用地。

本项目周围 50m 范围内无学校、医院、疗养院、集中居住区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点和生态敏感点等制约因素，本项目在厂房内建设，不新增用地，且建设的辐照装置机房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。

## **2、与周边环境的相容性分析**

本项目利用厂内建成后的水资源供给系统，生活污水依托市政污水管网排入邛崃市第二污水处理厂处理达标后排入南河，不会对当地水质产生明显影响；办公、生活垃圾依托厂区建成后的收集系统收集后由市政环卫部门统一清运，不会对当地环境产生明显影响；本项目噪声有良好屏蔽措施，不会改变区域声环境功能区规划。本项目运行阶段产生的电离辐射经屏蔽体有效屏蔽后对周围环境影响较小，本项目与周围环境相容。

## **七、原有核技术利用项目许可情况**

建设单位为首次申请辐射安全许可证，不涉及原有核技术利用情况。

**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)	束流强度 (mA)	用途	工作场所	备注
1	电子直线加速器	II	1	10.0MeV-20kW	电子	10.0	2	辐照使用	1#加速器机房	新建

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、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 (mA)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（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	气态	/	/	/	/	约 8.69mg/m <sup>3</sup>	不暂存	机械排风后自然分解，臭氧在常温条件下可自动分解为氧气。

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**

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》（2018 年 12 月 29 日实施）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改&lt;建设项目环境保护管理条例&gt;的决定》（国务院 682 号令）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）对其进行了修改）；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(7) 《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）；</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，公告 2017 年第 66 号）；</p> <p>(9) 《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 日经生态环境部令第 20 号修改）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版）（中华人民共和国生态环境部第 16 号令）；</p> <p>(11) 《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 号文）；</p> <p>(12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）；</p> <p>(14) 《关于印发&lt;四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲</p>
------	---

	<p>(2016) &gt;的通知》（川环函〔2016〕1400号）；</p> <p>(15) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号）。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(6) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）；</p> <p>(7) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p> <p>(8) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护导论》方杰主编，原子能出版社；</p> <p>(2) 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）；</p> <p>(3) 《2024成都生态环境质量公报》（成都市生态环境局）；</p> <p>(4) 项目委托书及建设单位提供的其它资料。</p>

**表 7：保护目标与评价标准**

**评价范围**

本项目为使用II类射线装置，且射线装置所在场所均有实体边界，根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的有关规定，本项目辐射评价范围为加速器机房实体屏蔽体外50m 范围内。

**保护目标**

本项目周围 50m 评价范围主要为四川鑫宇束能生物科技有限公司厂界内以及厂区外工业用地，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。本项目辐射环境保护目标为本项目工作人员以及附近公众、四川鑫宇束能生物科技有限公司厂区内工作人员。本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1：本项目环境保护目标一览表

机房	保护名单		人数	方位	与辐射源最近距离（m）	
					水平	垂直
辐照用电子直线加速器机房	项目内职业人员	加速器操作人员和管理人员	5 人	主机厅西南侧控制室内	6.0	/
	项目内公众	本项目非辐射工作人员	4 人	辐照室南侧辊道传输系统铺卸货物区	10	/
	项目外公众	1 号厂房北侧外厂区道路公众	<3 人	拟建加速器机房北侧	20	/
		1 号厂房东侧厂区道路公众	<3 人	拟建加速器机房东侧	20	/
		1 号厂房西侧其他厂房内公众	约 20 人	拟建加速器机房西侧	15	/
	1 号厂房南侧其他工作人员	<8 人	未利用地	15	/	

**评价标准**

**一、环境质量标准**

本项目应执行的环境保护标准如下。

- 1、地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中III类标准；

- 2、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- 3、声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 3 类标准。

## 二、污染物排放标准

1、臭氧执行《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ ；

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）中的三级标准；

3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关标准；

4、运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A））。

## 三、辐射环境评价标准

### （一）剂量管理限值

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；
- b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

### （二）工作场所周围剂量率

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

**表 8：环境质量和辐射现状**

## 环境质量和辐射现状

### 一、场所现状

四川辐创生物科技有限公司位于四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号 1 栋 1 楼 1 号厂房内，本项目所在位置为标准厂房，根据现场踏勘，目前厂房正在建设中，项目未动工。建设单位周围主要为道路、标准厂房和待建或在建规划工业用地。项目拟建地现场周围环境情况见图 8-1。



图 8-1 项目拟建地现状

### 二、监测对象、监测因子和监测点位

本项目为使用II射线装置，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，本次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）对项目拟建地的辐射环境进行了监测，监测报告见附件6，监测结果见表8-2。

#### 1、监测方法与标准

(1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)。

## 2、监测点位布设

本项目所依托的厂房正在建设中,根据本项目辐射工作场所布置情况及外环境关系,本次选择在加速器机房拟建地及周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量现状。本次共布设 11 个监测点位,其中厂区四周各设 1 个监测点位(8#~11#),项目北侧最近居民处设置 1 个监测点位(7#),其他点位分布于本项目加速器机房所在位置,能较好反映项目周围辐射环境现状,其监测点位布设合理,评价范围内没有其他电离辐射源,周围辐射环境趋于一致。监测布点图见附件 7。

## 3、监测时间及现场环境状况

2025 年 6 月 19 日,监测人员对项目拟建地进行了现场监测,监测时环境温度: 29.4℃~30.1℃; 环境湿度: 59.3%~60.4%; 天气状况: 阴。

## 4、监测因子、监测方法及监测仪器

监测因子、监测方法及监测仪器见表 8-1。

表 8-1 监测因子、监测方法及监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)	仪器名称: 便携式 X-γ剂量率仪 仪器型号: BH3103B 仪器编号: 090 能量响应范围: 25keV~3MeV 检出限: 1~10000×10 <sup>-8</sup> Gy/h 检定单位: 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) 证书编号: 校准字第 J20250206008 号 校准日期: 2025-02-05 有效日期: 2026-03-04
环境温度、环境湿度	/	仪器名称: 手持气象站 仪器型号: NK 5500 仪器编号: 2232714 环境温度分辨率: 0.1℃ 环境湿度分辨率: 0.1% 校准单位: 四川省中衡计量检测技术有限公司 证书编号: 20250117620093 号 校准日期: 2025-01-17 有效日期: 2026-01-16

## 5、质量保证

本次监测单位为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），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①监测前制定监测方案，合理布设监测点位，使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

②严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；

⑥监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

## 6、监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟建地及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差( $\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
1	本次拟建加速器机房处	7.0	0.20	/
2	本次拟建加速器机房北侧	6.9	0.21	/
3	本次拟建加速器机房东侧	7.2	0.15	/
4	本次拟建加速器机房南侧	7.0	0.18	/
5	本次拟建加速器机房西侧	7.0	0.18	/
6	预留加速器机房处	7.6	0.20	/
7	厂区北侧最近居民处	6.3	0.20	/
8	加速器机房所在厂区西侧	7.6	0.35	/
9	加速器机房所在厂区南侧	7.8	0.22	/
10	加速器机房所在厂区东侧	8.6	0.33	/

11	加速器机房所在厂区北侧	6.7	0.23	/
注：未扣除宇宙射线响应值。				
<p>根据表 8-2，本项目拟建地及周围 X-γ 辐射剂量率范围为 <math>6.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 8.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h}</math>，即 <math>63 \text{nGy/h} \sim 86 \text{nGy/h}</math>，与成都市生态环境局《2024 成都生态环境质量公报》中的环境 γ 辐射剂量率连续自动监测日均值范围（<math>66.7 \text{nGy/h} \sim 117 \text{nGy/h}</math>）基本一致，属当地正常天然本底辐射水平。</p>				

表 9：项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 一、施工期

本项目施工期主要涉及土建装修和射线装置安装调试两个工序。

#### (一) 土建装修工序

本项目加速器机房在标准厂房内建设，不新增用地。土建装修工序主要包括机房的修建等环节。施工期间会产生降尘废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾以及施工人员的生活污水和生活垃圾。机房墙体采用钢筋混凝土连续浇筑工艺，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝和气泡产生，浇筑完成后对屏蔽墙体进行装修（如表面粉刷，喷涂，钻贴等），最后安装设备。

#### (二) 射线装置安装调试工序

本项目射线装置的安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房需上锁并派人看守。

本项目安装调试阶段主要污染因素为电子线、X 射线、臭氧、噪声和少量包装废弃物。

项目施工期工艺流程及产污环节如下图所示。

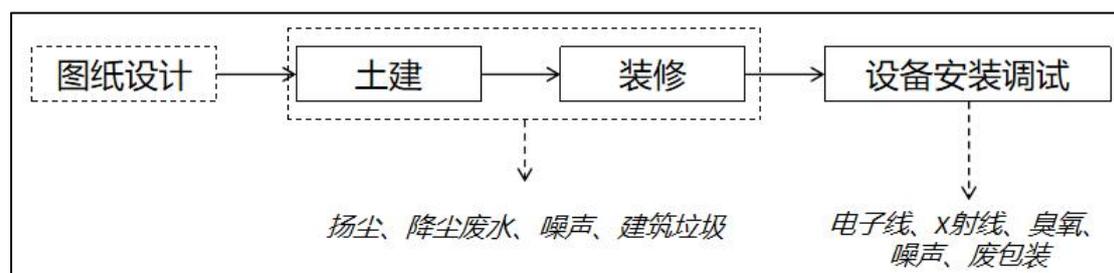


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节示意图

本项目的土建、装修施工已根据使用要求进行设计，开工后按照设计组织施工。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，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

### 二、营运期

#### (一) 加速器辐照装置工作原理

电子加速器是带电粒子在高频电场加速下，沿直线轨道传输的加速器装置。高频加速电场可以分为行波场和驻波场，加速电场为横磁波 TM01 模，在轴线上存在较强的电场分量，因此可以与沿 Z 轴方向运动的电子束交换能量，使电子加速。高频变压器和高频电极及其对钢筒、倍压器芯柱之间形成的分布电容组成振荡器，高频振荡器与装在加速器内的槽路线圈、射频电极、反馈电容等所构成的外振荡槽路一起构成高频振荡，产生加速器所需要的高频功率。这一高频电压通过高频电极与芯柱上的半圆电晕环间的分布电容和芯柱内的整流硅堆组成的并联耦合串联倍压系统，在高压电极上产生所需的直流电压。从高压电极内的电子枪产生的电子流在此负极性电压作用下通过加速管时得到加速，从加速管中出来的高能电子束由磁扫描器在垂直方向进行扫描。

当电子束轰击材料，例如轰击辊道传输系统、电子窗、金属挡板、墙壁、地板、辐照产品时都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线的发射率随着撞击物质原子序数和原子量的增加而增加。

根据辐照货物情况，决定用电子束进行双面辐照或者单面辐照。加速器的总体结构见图 9-2。

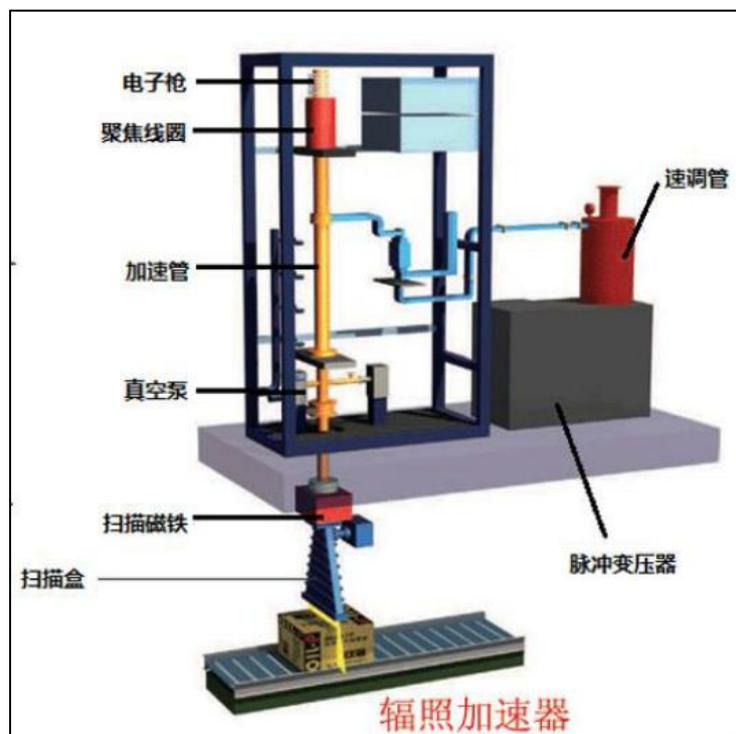


图 9-2 典型电子加速器辐照装置结构示意图

## (二) 加速器辐照装置设备组成

本项目电子加速器由电子枪、加速管、导向聚焦系统、微波系统、高压脉冲调制器、加速器控制系统、束流运输系统、束流扫描系统、安全联锁系统、真空系统、充气系统、恒温水冷系统以及供配电系统等装置组成。

电子加速器采用射频型加速结构，加速管的高功率微波由大功率速调管提供，速调管由晶振锁相源激励，经由波导传输元件如弯波导、软波导、定向耦合器、波导窗等，馈入加速管内。馈入加速管的功率在加速管内建立起加速电场。一部分功率被束流负载吸收，一部分损耗在加速管管壁上，剩余功率由水负载吸收。电子枪提供的电子束流在加速管内与射频加速电场相互作用而获得能量，被加速到一定能量的电子束，通过束流管道进入扫描盒后，由扫描磁铁将电子束扫描成电子帘，穿过钛窗后对被照物进行辐照。

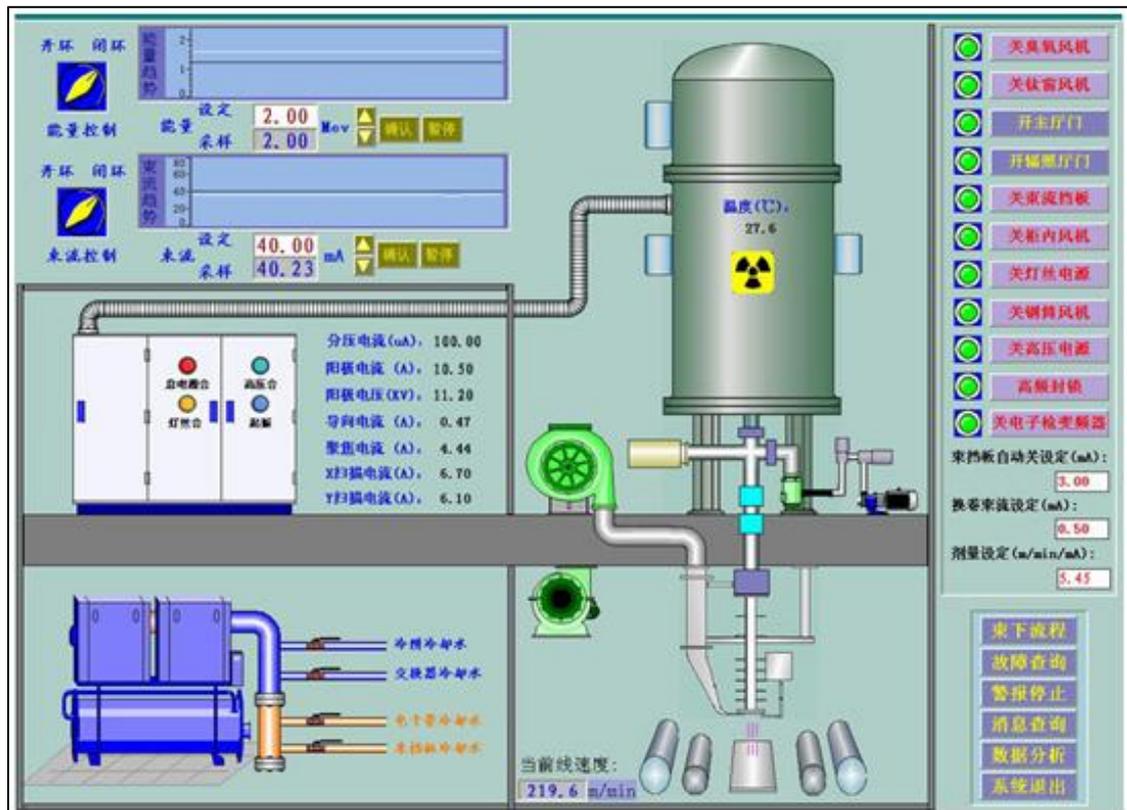


图 9-3 典型电子加速器辐照装置操作界面示意图

本项目主要是利用加速器产生的高能电子束用于对食品进行消毒杀菌或其它用途。本项目设置束下 1 套辊道连续传输系统，用于输送辐照产品。输送系统平面布置见图 9-4。

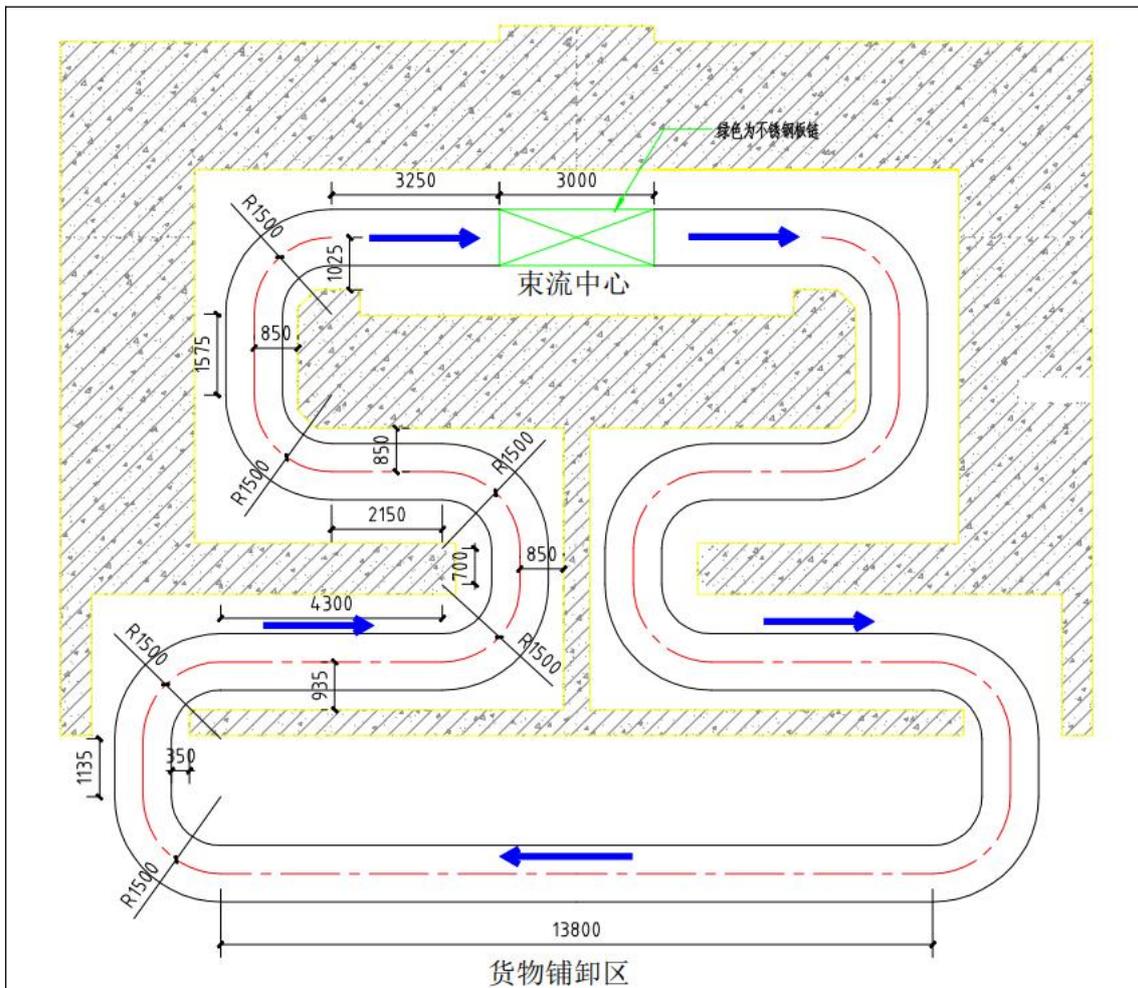


图 9-4 本项目辐照室流水线布局图

### (三) 加速器辐照装置操作流程

本项目待辐照货物由周转框送至货物装卸暂存区，待电子加速器辐照装置准备完成后，由非辐射工作人员送至室外辊道的上下货区，接受辐照后再从该区域送回货物装卸暂存区等待装车送货。

电子加速器辐照装置工艺流程具体如下：

- (1) 对待辐照产品进行直观评价，入库；
- (2) 确定产品密度范围，确定工作模式，编排辐照计划；
- (3) 将待辐照的产品放置于辊道输送系统上，固定位置；
- (4) 开机前，操作人员巡检辐照室，确定照射室内无人，确定所有安全联锁装置、臭氧排风系统、加速器冷却系统和照射室内照明、监视器工作正常；并打开声光警示；
- (5) 核算好产品辐照所需的剂量后，将所有安全装置复位后，启动加速器电源，调节到所需时间后，开启输送系统运行区开关，调节运行速度至工艺要求

的速度，匀速前进进行产品的辐照；辐照完成后关机；

(6) 照射完毕后的产品在加速器控制室外辊道传输系统卸货处取下，然后装上新的需照射的产品。

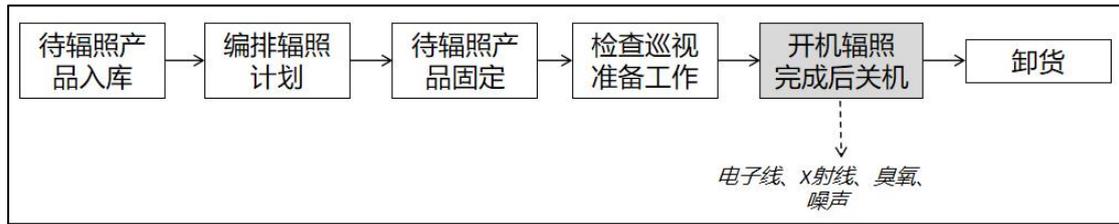


图 9-5 本项目的电子加速器辐照装置操作过程及其产污环节示意图

#### (四) 辐照工况、操作方式及货物情况

##### 1、辐照工况

本项目电子加速器，辐照室位于一楼，加速器主机厅位于二楼，利用电子束进行产品辐照，其最大电子束能量为 10.0MeV、束流强度为 2mA，最大束流功率为 20kW。电子束能量和束流强度在设备调试完成后保持不变，保持最大工况运行。

加速器为连续出束，常年处于待机状态，主射方向均为定向朝地面，加速器每天最大出束时间为 16h/d，每年最多工作 300 天，年出束时间最大不超过 4800h。

##### 2、人员配置

本项目拟新增 5 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，负责整体辐照工作，4 名射线装置操作人员实行两班制工作制度，每班配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人负责加速器运行期清场、巡检以及设备的维保检查记录，一人负责在控制室对加速器进行控制操作。每班工作 8 小时，单名辐射工作人员年最大工作时间约  $4800\text{h}/2\text{班}=2400\text{h}$ 。

本项目拟配备非辐射工作人员 4 名，开展装卸货工作，每天实行两班制，每班工作 8 小时，单名装卸货工人年最大工作时间约  $4800\text{h}/2\text{班}=2400\text{h}$ 。

##### 3、操作方式

需辐照的产品准备完毕后，位于二层主机厅旁控制室的操作人员控制加速器的启动和关闭。每次加速器开机运行之前，操作人员关闭加速器高压后，进入辐照室内，先按下急停按钮，此时加速器无法开机，然后顺着辊道穿过辐照室，依次按下迷道内的巡检开关，巡检完毕后出迷道口并关闭急停按钮；之后操作人员进入 2 层控制室，在控制台进行光电感应系统、巡检系统等安全装置的复位操作，

再开机运行加速器。此时所有电气联锁、传输系统联锁、门灯联锁、门机联锁，防人误入装置、辐照室内臭氧排放风机启动且正常运转、安全联锁警示灯、警铃、紧急停机按钮等处于正常状态。之后开启连续传送系统输送产品，开始产品的辐照加工。加速器和连续系统进行远程操作，产品装卸操作人员在辐照室外上下货区域进行货物的上货和下货操作。

二楼主机厅日常保持上锁状态，除检修和清场以外，不得进入。检修人员检修时需拔出控制台上的钥匙才能打开主机厅防护门，进入主机厅后，检修人员按下急停按钮，此时加速器无法开机；检修人员在检修完毕后走出迷道后将急停按钮复位，再在控制台插入钥匙，进行光电感应系统、急停系统、防人误入装置等安全装置的复位操作，加速器才能开机运行。

#### **4、货物情况**

本项目电子加速器辐照的货物对象主要是农副产品及食品，产品的大小和形状不定，根据实际情况确定辐照模式（箱盒式或者散装）。

#### **5、产品检测**

（1）微生物检测：主要检测每一批物品经辐照处理后的生物指标变化，从而确定该批次产品是否合格。微生物检测由建设单位自行委托第三方单位进行检测，不在本项目厂房进行。

（2）剂量检测：主要检测的是受照物品的吸收剂量。辐照加工前必须确定辐照装置授予规定限值内吸收剂量的能力，通过剂量检测来证明每次加工运行期间的吸收剂量的变化符合预期规定置信水平的加工标准。剂量检测由建设单位自行委托第三方单位进行检测，不在本项目厂房进行，每年约 2-3 次。

#### **（五）人流、物流路径**

本项目的人流和物流路径安排如下：

1、本项目辐射工作人员检查辐照室和辐射安全装置情况并进行清场后，通过外侧楼梯上到二层的主机厅检查辐射安全装置情况，然后返回控制室进行操作；

2、本项目非辐射工作人员先跟随货物在货物装卸暂存区对货物进行卸载，之后等待辐射工作人员巡查完毕，确定可以开始辐照工作后，利用拖车将待辐照货物运送至室外传送辊道（上货区）；再利用拖车将已辐照货物运送至货物装卸

暂存区暂存，之后再行装货和外送；

3、本项目用于辐照的货物先通过厂房北侧大门运送至货物装卸暂存区进行卸货和暂存，待辐照工作开始后，由工作人员送上辊道，经辊道运送进辐照室接受辐照；接受辐照后再由辊道运送出辐照室，由工作人员从辊道上取下，运送回货物装卸暂存区，暂存后进行装货，然后经西南侧大门送出项目边界装车发货。

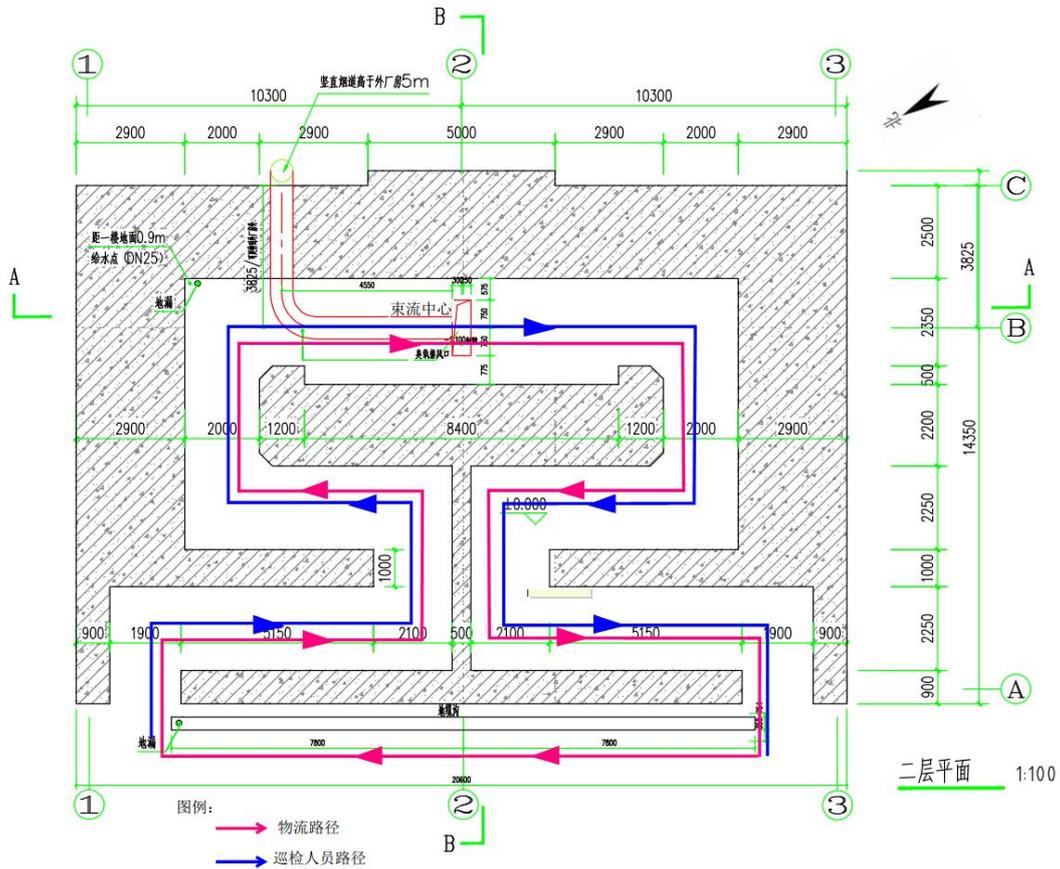


图 9-6 一层辐照室人流、物流路径图

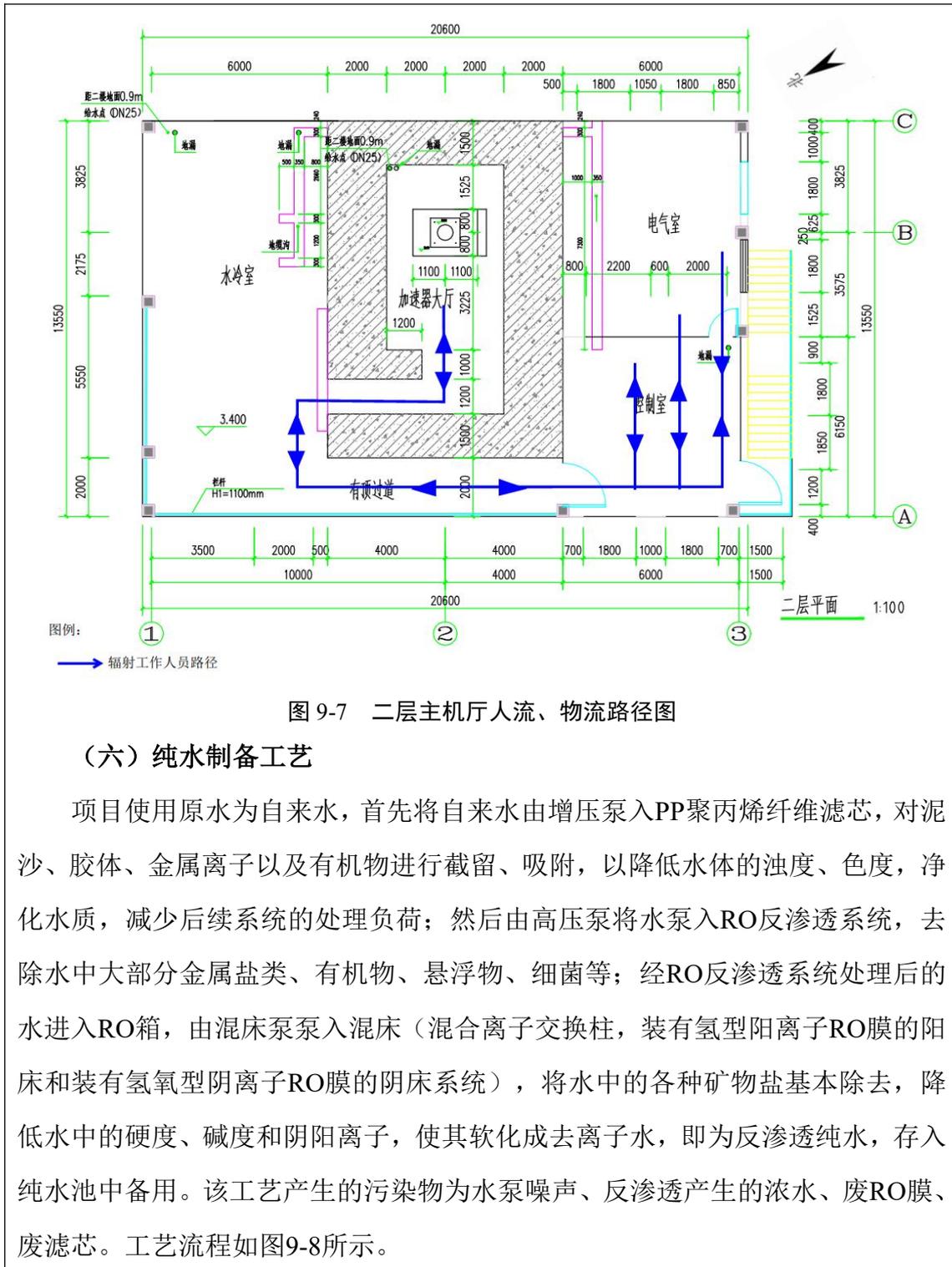


图 9-7 二层主机厅人流、物流路径图

### (六) 纯水制备工艺

项目使用原水为自来水，首先将自来水由增压泵入PP聚丙烯纤维滤芯，对泥沙、胶体、金属离子以及有机物进行截留、吸附，以降低水体的浊度、色度，净化水质，减少后续系统的处理负荷；然后由高压泵将水泵入RO反渗透系统，去除水中大部分金属盐类、有机物、悬浮物、细菌等；经RO反渗透系统处理后的水进入RO箱，由混床泵泵入混床（混合离子交换柱，装有氢型阳离子RO膜的阳床和装有氢氧型阴离子RO膜的阴床系统），将水中的各种矿物盐基本除去，降低水中的硬度、碱度和阴阳离子，使其软化成去离子水，即为反渗透纯水，存入纯水池中备用。该工艺产生的污染物为水泵噪声、反渗透产生的浓水、废RO膜、废滤芯。工艺流程如图9-8所示。

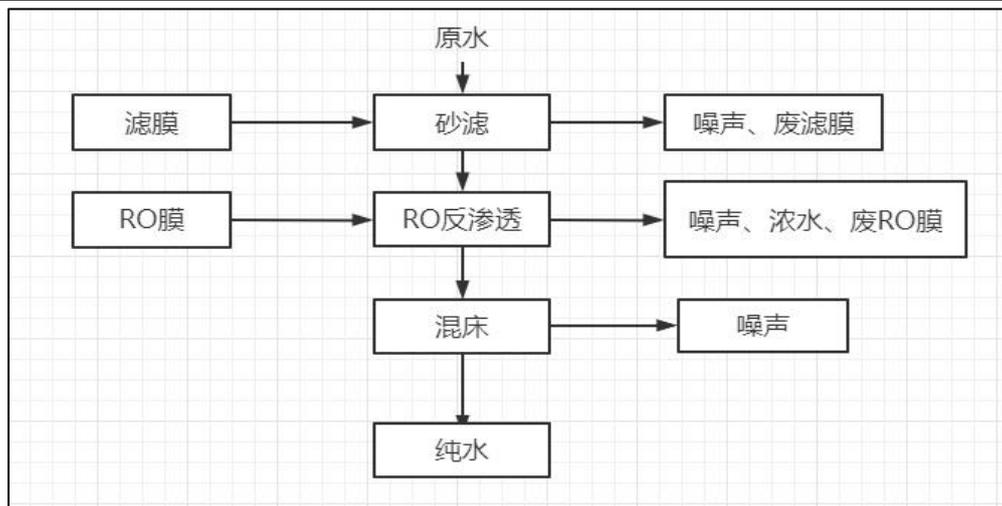


图 9-8 纯水制备工艺及产污环节图

## 污染源项分析

### 一、施工期

本项目施工期主要是土建装修工序和射线装置安装调试工序。

#### (一) 土建装修工序

本项目精装修施工期主要环境影响因素为废水、扬尘、固体废弃物和噪声等。

#### 1、废水

施工期少量废水主要来自场地降尘废水与施工人员生活污水。

#### 2、扬尘

施工期的大气污染物主要是扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的扬尘主要来自装修材料等搬运扬尘、墙面装修过程中产生粉尘。

#### 3、固体废弃物

施工期产生的固体废弃物主要是建筑垃圾和施工人员的生活垃圾，由于工程规模小，产生量很少。

#### 4、噪声

主要是使用装修设备产生的噪声。

#### (二) 射线装置安装调试工序

射线装置安装调试工序主要污染因素为电子线、X 射线、臭氧、噪声及少量包装废弃物。

### 二、运行期

#### (一) 电离辐射

1、原始初级电子的直接辐射：电子束在材料中有确定的射程，它正比于电子的初始能量而反比于吸收材料的密度。辐照加工直接应用电子束照射，电子的贯穿能力较弱，能量为 10MeV 的电子在混凝土中的射程只有几厘米。所以，几厘米厚度的混凝土就可以屏蔽电子。

2、韧致辐射（X 射线）：电子束轰击辊道传送系统、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X 射线），其最大能量相当于入射电子的最大能量。X 射线具有较强的贯穿能力，所以 X 射线是加速器运行中的主要的环境影响因子。

3、本项目加速器电子能量不超过 10MeV，不需考虑中子和感生放射性的影响。

## （二）废水

本项目运行期除工作人员的生活污水外，还有电子加速器冷却水循环系统产生的废冷却水以及纯水制备废水。

电子加速器开机工作时，机器内部件产生大量的热量，通过钢筒冷阱中的冷却水进行冷却。本项目加速器冷却系统使用冷却水为建设单位自制的纯化水，水循环装置外采用空气过滤器保护，避免灰尘杂质进入，冷却水循环使用，不外排，损失主要为自然蒸发，年补充量约 10t/a。根据纯水制备设备生产厂家提供资料，本次选用的纯水制备设备以自来水为原水，纯水制备量约为原水的 60%，废水产生量约为原水的 40%。本项目自来水年耗量约 10t，故废水产生量约为 4t。

## （三）废气

机房内的空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧和氮氧化物。其中臭氧毒性产额高、有毒性，不仅会对人体产生危害，还能加速橡胶等材料的老化。因此本次主要考虑臭氧的影响。本项目能量不高，产生的臭氧量经机械排风后自然消解。

## （四）噪声

本项目使用排风机位于机房东侧，功率较大，且为连续排风，因此排风机工作时将产生一定的噪声，噪声值源强最大为 90dB(A)。另外，项目营运期间，辐照材料的装卸将产生噪声，噪声值源强一般低于 60dB(A)。

## （五）固体废物

本项目运行期产生的固体废物主要为货物装卸过程中产生的废胶布、废纸

壳等少量废包装物和纯水制备设备替换下来的废 RO 膜、废滤芯，以及工作人员产生的生活垃圾。

**表 10：辐射安全与防护**

## **项目安全设施**

通过污染源分析可知本项目电子加速器辐照装置的主要污染物为：电子线、X 射线、臭氧、噪声等。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

### **一、平面布置合理性分析**

四川辐创生物科技有限公司为四川超上特种电缆有限公司和四川鑫宇束能生物科技有限公司共同投资设立目标公司，本项目加速器机房位于四川鑫宇束能生物科技有限公司厂房内部北侧，厂房为一层建筑，独立设置，厂房其余场地为仓储场地，无人员长期停留房间；厂房无地下室，顶部无行车。本项目电子加速器辐照装置配套的控制室位于二层主机厅西南侧；水冷室位于二层主机厅北侧，电气室位于二层主机厅南侧；货物铺卸货区位于一层辐照室西侧。辐照产品辊道输送系统设置在一层辐照室内，距离迷道口较远。该布置方便工作人员对产品辐照的操作。加速器机房独立设置，周围为辐照货物储存区，远离了人员较多的办公场所等，且与该区域其它非辐射工作人员活动区避开较远的距离，减轻了对公众的辐射影响。加速器工作过程中产生的 X 射线经屏蔽墙体屏蔽并经过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。

综上所述，本项目电子加速器辐照装置机房依据科学规划、合理布局、辐射防护、安全管理的原则进行设计，利于生产效率的提高，满足安全生产的需要，便于进行分区管理和辐射防护。本项目避开了人群相对集中的区域，所处位置相对独立，并采取了有效的屏蔽措施，产生的电离辐射经屏蔽后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理的。

### **二、工作区域管理**

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控制区和监督区的定义划定辐射控制区和监督区。其定义为

“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求

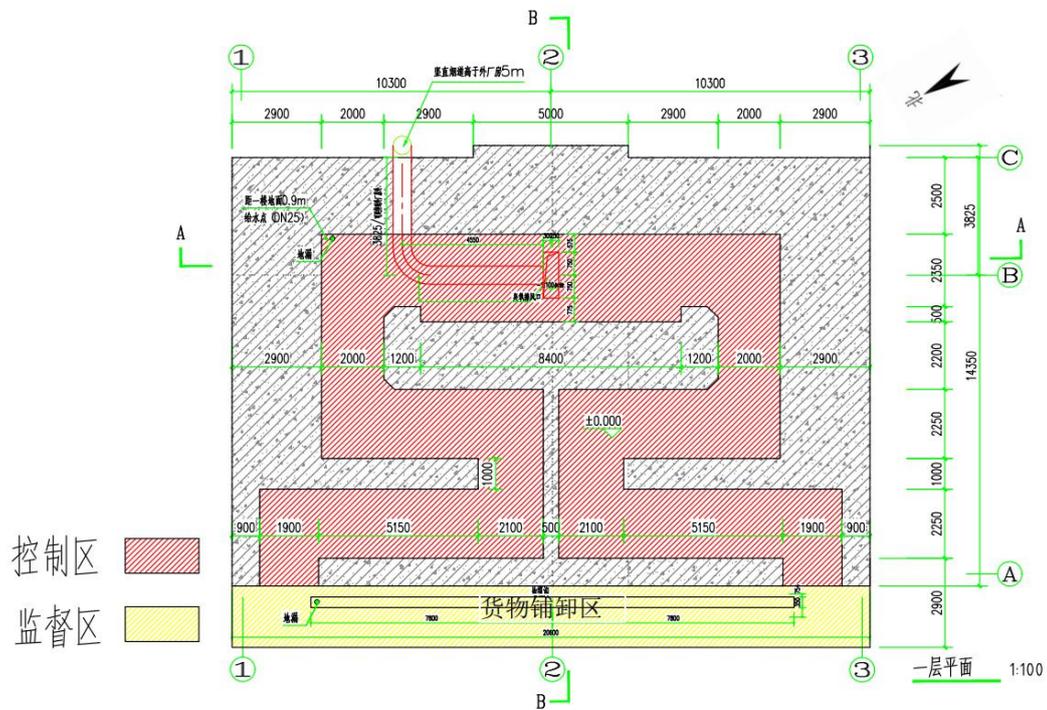
采取专门的防护手段和安全措施；

监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。”

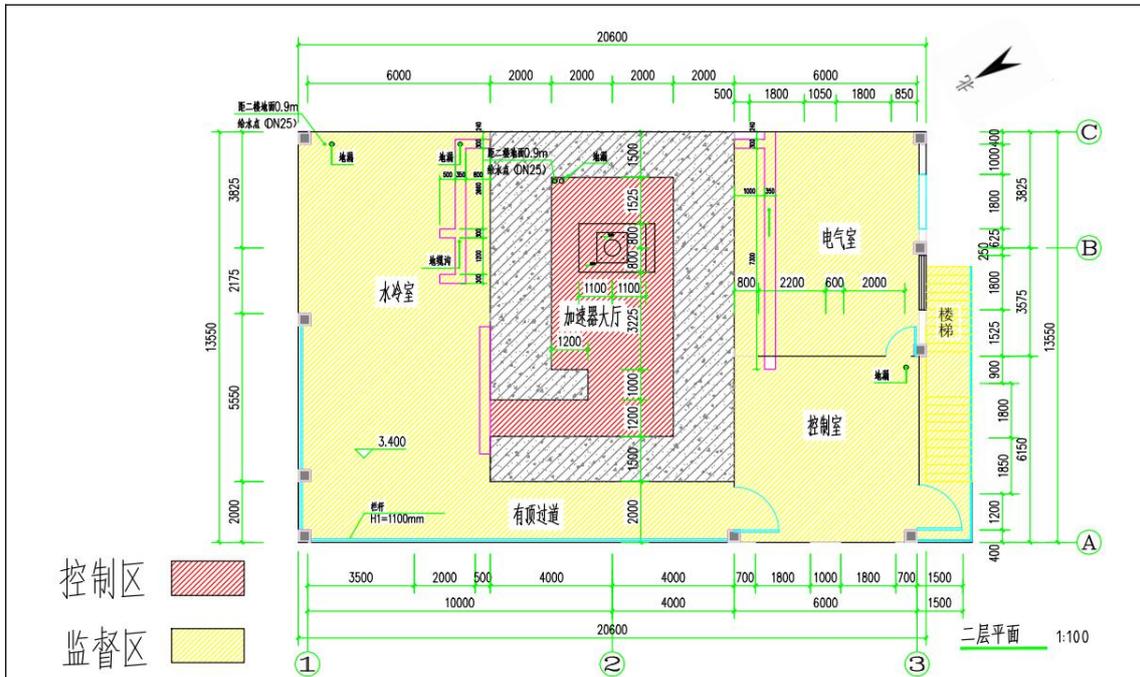
本项目电子加速器辐照装置机房控制区和监督区划分如下。

表 10-1 本项目电子加速器辐照装置机房“两区”划分与管理

室内辐照	控制区	监督区
“两区”划分范围	辐照室（含迷道），主机厅	辐照室迷道外 2m 货物铺卸区内范围、电气室，水冷室、控制室、二层过道（含通向二层的楼梯）。
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入控制区内，且控制区边界外应有明确的标识。	监督区有明显的标识，并设置门锁，限制无关人员进入，避免对设备进行误操作。



电子加速器辐照装置机房一层



电子加速器辐照装置机房二层

图 10-1 本项目电子加速器辐照装置机房“两区”划分图

### 三、辐射安全及防护措施

#### (一) 设备固有安全性

本项目电子加速器辐照装置拟从正规厂家购买。电子加速器辐照装置本身设有多重安全保护措施。本项目电子加速器辐照装置的固有安全性良好。

1、调制器联锁：只有在电子枪灯丝、磁控管灯丝预热完毕，且没有故障出现时（灯终和准加灯亮），调制器才允许加高压，加速器才可以出束。一旦出现充电过流、反峰过荷、无触发、柜门打开的故障，均切断高压，加速器不出束。相应的故障灯亮。

2、加速器过电压、过电流保护系统：在加速器控制系统中稳压电路对电压、电流进行监控，确保装置自动稳压；过电压、过电流保护功能装置，若由于其他原因导致加速器电压、电流非正常运行，控制系统会自动切断电源。

3、加速器束流控制系统：束流不稳定时自动断开电源，停止运行。

4、加速管真空联锁系统：加速器运行过程中实时监测加速管内的真空度，真空度不满足要求时钛泵将自动保护，同时切断电源，有效保护加速管。

5、冷却水联锁系统：冷却水为循环冷却系统，冷却水不排放。加速管安装有水流量监测开关，当加速器中的靶、大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，停止运行。

6、操作人员钥匙联锁：控制室操作人员离开操作台时，取下钥匙，加速器无法开机，避免误照射发生。

7、控制台复位确认按钮：巡检结束后，操作人员在控制台进行光电感应系统、巡检系统、急停系统等安全装置的复位操作，加速器才能开机运行。

## (二) 屏蔽防护

### 1、机房屏蔽防护

本项目电子加速器辐照装置拟修建独立机房进行防护，机房采用钢筋混凝土整体浇筑而成，长 20.6m×宽 14.35m×高 8.0m，建筑面积约 295.61m<sup>2</sup>。加速器机房分为上下二层，一层为辐照室，二层为主机厅（加速器大厅）。

一层辐照室长 20.6m×宽 14.35m×高 3.4m，建筑面积 295.61m<sup>2</sup>，东侧墙体为 2.5m 厚混凝土，其中正中间有 5m 长的墙体厚 2.9m，辐照室北侧、南侧墙体均为 2.9m 厚混凝土，辐照室中间用长 10.8m、厚 2.2m 的混凝土分隔；北侧、南侧设置“U”型迷道，迷道左右两侧内墙均为 1m 厚混凝土，北侧迷道北侧外墙与南侧迷道南侧外墙均为 0.9m 厚混凝土，辐照室西侧迷道外墙与两个迷道共用中墙均为 0.5m 厚混凝土；辐照室顶部为 1.5m 厚混凝土，地面为 2m 厚混凝土基础。迷道入口安装不锈钢栅栏门。

二层为加速器主机厅、控制室、电气室、水冷室，位于辐照室上方。二层加速器主机厅建筑面积为 92m<sup>2</sup>，尺寸为长 11.55m×宽 8.0m×高 4.6m。北侧、南侧墙体均为 2m 厚混凝土，西侧、东侧墙体均为 1.5m 厚混凝土。大厅设置迷道，迷道内墙为长 1.2m、厚 1m 混凝土，顶部为 1m 厚混凝土。主机厅安装 60mm 铅当量的铅防护电动平移门。

表 10-2 本项目加速器机房屏蔽体一览表

位置	墙体	设计
一层 辐照室	东侧墙体	2.5m 厚混凝土，其中正中间有 5m 长的墙体厚 2.9m
	北侧和南侧墙体	均为 2.9m 厚混凝土
	迷道内墙	1m 厚混凝土
	迷道中墙	0.5m 厚的混凝土
	北侧迷道北侧外墙与南侧迷道南侧外墙	0.9m 厚的混凝土
	辐照室中部	长 10.8m、厚 2.2m 的混凝土分隔
	屋顶（主机厅地面）	1.5m 厚混凝土
	地面	2m 厚的混凝土基础
	安全门	不锈钢栅栏门

二层 主机 厅	北侧、南侧墙体	2m 厚混凝土
	西侧、东侧墙体	1.5m 厚混凝土
	屋顶	1m 厚混凝土
	地面（辐照室屋顶）	1.5m 厚混凝土
	防护门	60mm 铅

## 2、电缆管、冷却水管及通排风管道布置

加速器机房电缆管、冷却水管均采用 U 型穿墙，预埋水管走线示意图如图 10-2、图 10-3，管线上盖 8mm 厚的钢板；电缆管线走向及穿墙示意图如图 10-4，电缆沟上盖 8mm 厚钢板；主机厅 60mm 铅防护电动平移门低于混凝土地面 28cm，如图 10-6 所示。电缆沟和平移门的布置方式不影响屏蔽墙体的屏蔽效果。

本项目辐照室通风排气系统屏蔽设计方式如下：加速器一层辐照室东侧安装排风系统，设计为地下抽风方式，在束流下方设有一个排风管，管道宽 0.6m×高 0.6m，排风管道先从地下 1.5m 处穿过，再通过东侧墙体外通风管道引至加速器机房顶部排放，排放口高于厂房屋顶 5m。排风系统设计排风量为 21000m<sup>3</sup>/h。排风系统与辐照加工系统联锁，排风系统不开启，不能进行辐照加工，排风系统为连续排风。排风系统的设计结构见图 10-5。

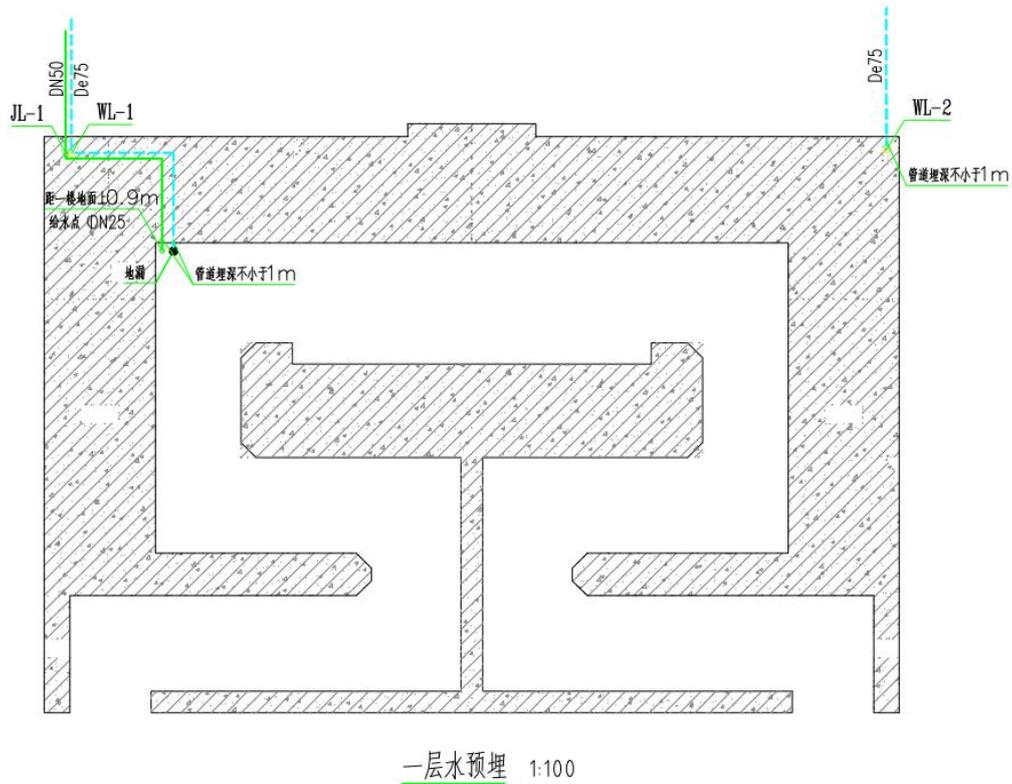


图 10-2 一层水管预埋走向示意图

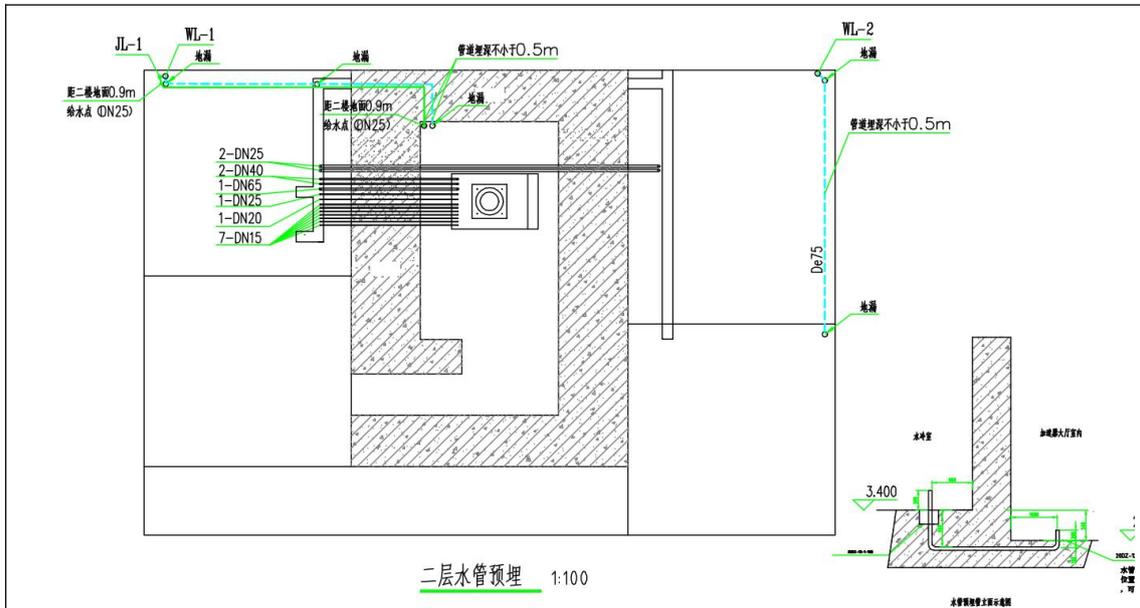


图 10-3 二层水管预埋走向示意图

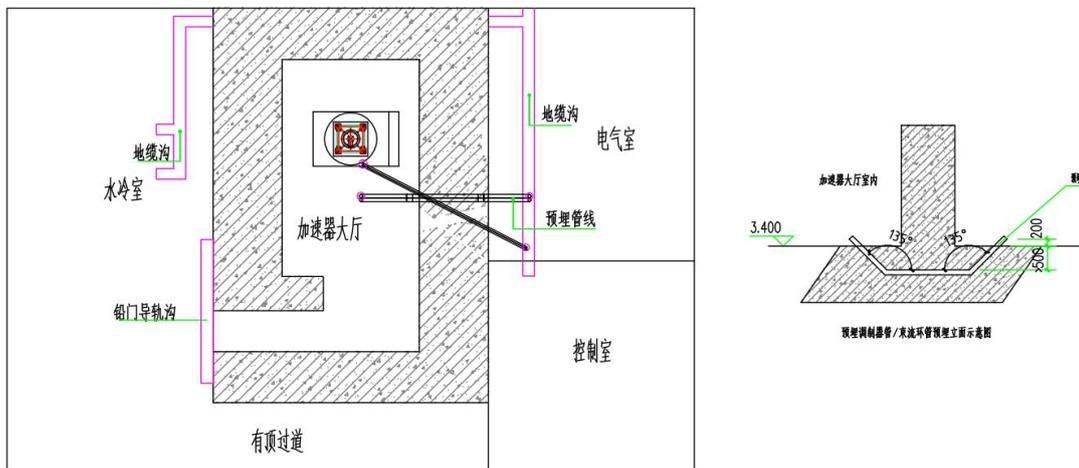


图 10-4 二层预埋管线示意图

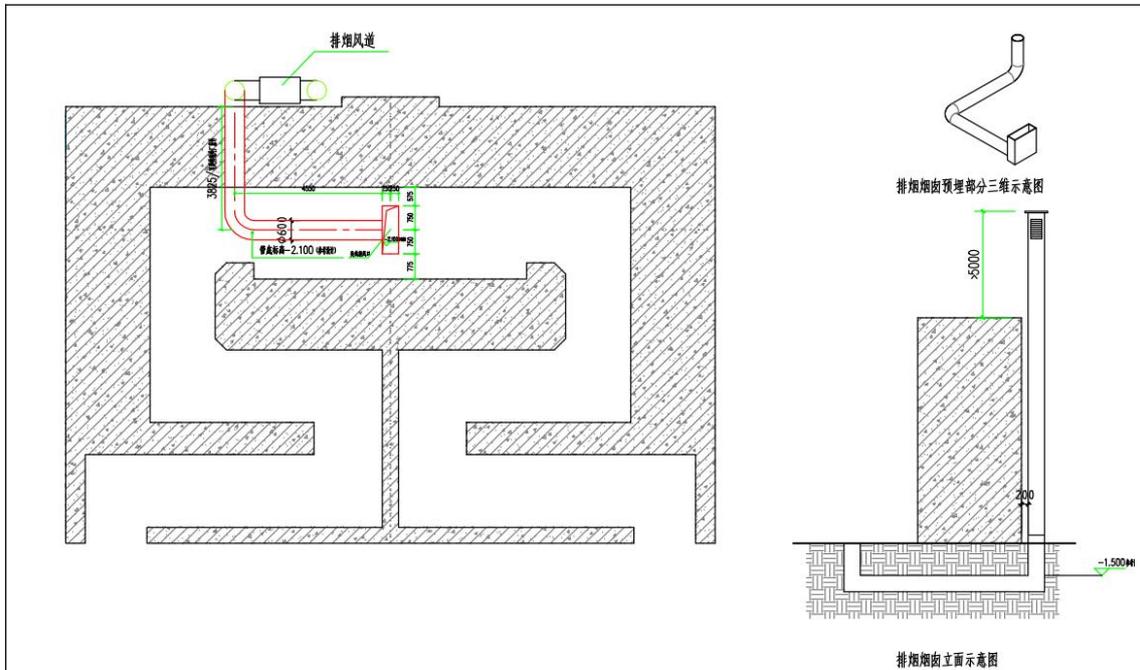


图 10-5 排风管道布置示意图

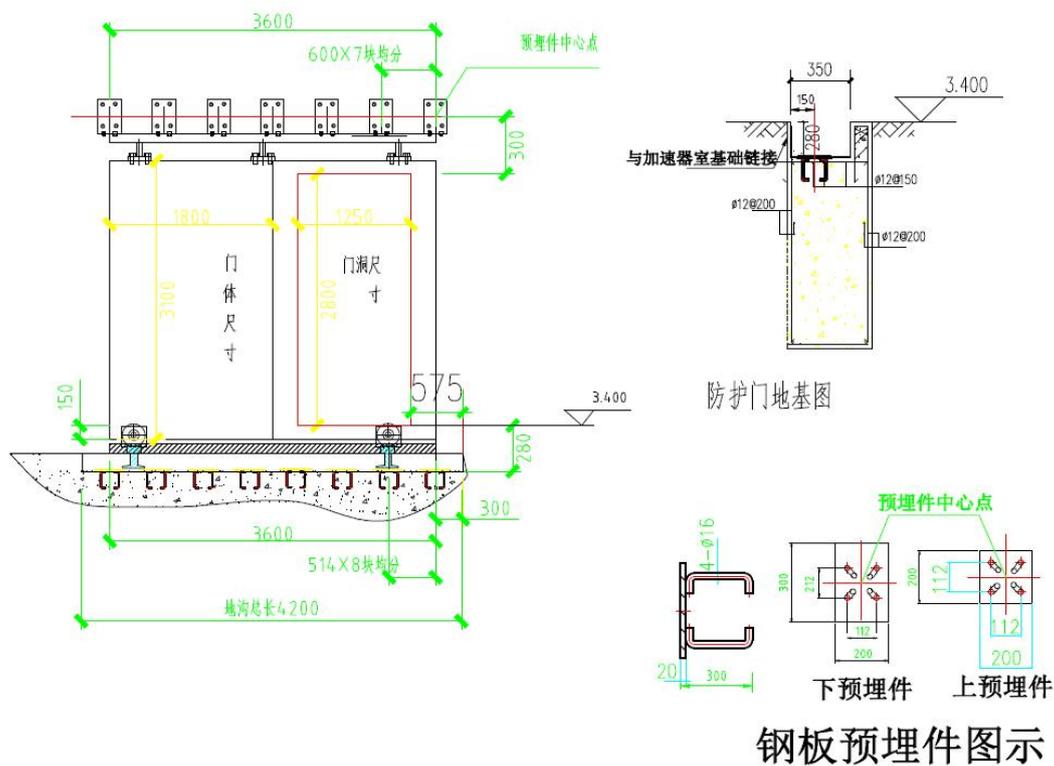


图 10-6 二层主机厅铅防护门基础示意图

### (三) 辐射防护安全装置与布置

为了保证加速器正常运行，避免人员误入加速器主机厅和辐照室时发生误照事故，本项目加速器安全装置具有多重性、冗余性和独立性。重要的联锁采用两种独立的方法进行，增加系统的可靠性。为了可靠，保护功能全部由硬件实现。当加速器处于“准备”或“运行”状态时，打开通道门或有紧急停机信号时，联锁系

统有最高优先级，迅速切断加速器束流、高频系统的功率输出等，确保加速器不产生动态辐射。

①门机联锁：辐照室的栅栏门和二楼加速器主机厅防护门与加速器高压联锁，在防护门打开的情况下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，打开防护门，加速器自动停止出束。

②钥匙联锁：加速器的主控室开机钥匙和主机室门和辐照室门联锁，且为同一把钥匙。人员要进入机房或辐照通道时，必须从加速器控制台上取出开机钥匙，才能开门进入机房或辐照室，此时加速器无法启动，以确保进入人员的安全。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

③防人误入装置：辐照室迷道出入口、加速器主机厅迷道入口距地面 0.4m 处均设置有三道红外光电联锁，每道光电联锁在同一垂直面上都有上中下三道光束。当人或者动物经过红外开关处，会触碰到红外线，则加速器停机。

④急停装置：辐照室迷道出入口和加速器控制台上均设有急停按钮，并有指示标识；沿辐照室和主机厅内墙上、迷道内墙上等所有墙面距地面1.4m处布设拉线开关（为不锈钢制，不易生锈）实现对辐照室和主机厅人员可达位置的全覆盖，以致发生因为疏忽大意而导致辐照室或主机厅内有人员滞留时，滞留人员能够随处拉动拉线，加速器的高压立即切断，同时在控制台上报警灯亮，这时加速器不能启动工作，操作人员将急停开关复位后加速器才能再次启动。

⑤巡检按钮（清场巡更系统）：主机室和辐照室内距地面1.4m处设置了“巡检按钮”，巡检按钮处设置明显的标识并进行编号，且与控制台联锁。在加速器准备出束时，巡检人员进入辐照室和主机厅内巡视，按序按动“巡检按钮”，确认有无人员逗留后，加速器才能出束。

⑥信号警示装置：在控制区出入口处及内部距地 2m 处设置灯光和音响警示信号，加速器出束前将响警铃 30 秒对人员进行提示尽快撤离，万一有人停留在机房内，此时可按室内墙上或控制台上的急停按钮，切断加速器供电。加速器出束时警灯闪亮，警示任何人员不得进入防护厅。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示灯（红黄绿三色指示灯），并与电子加速器辐照装置联锁，出束时绿灯灭、红灯闪烁；停止出束时红灯灭、绿灯亮；黄灯亮时加速器处于准备工作状态，

不得开门进入通道。

#### ⑦剂量连锁

辐照室和主机室安装固定式剂量报警仪，迷道进出口内侧设置有剂量监测探头，与辐照室和主机室的出入口门等连锁。当辐照室和主机厅内的辐射水平超过了仪器预定值时，主机厅和辐照室的门无法打开。

#### ⑧监控系统

在辐照室及迷道内距地面 1.8m、主机厅以及迷道内距地面 2.5m 安装监控系统，以便检查这些区域内的生产进展情况，并使用反射镜保护监控摄像机。辐照室监控全覆盖，不留死角，在主控室可以清楚看到辐照区及机房全景，确认没有人员，才可开机。

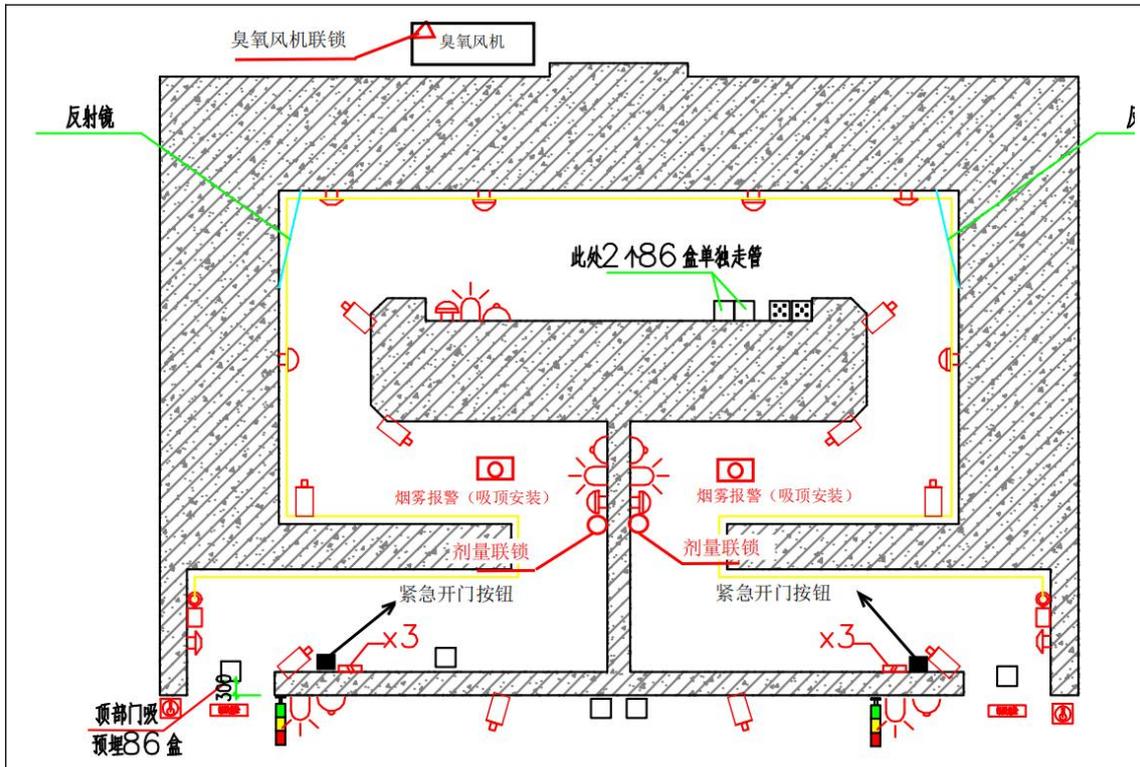
⑨通风连锁：辐照室排风系统和控制系统连锁，加速器停机后，只有达到预先设定的 5min 时间才能开门，以保证室内臭氧等有害气体的浓度低于允许值。

⑩束下装置连锁：电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机。

⑪烟雾报警：辐照室、主机厅顶部设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。

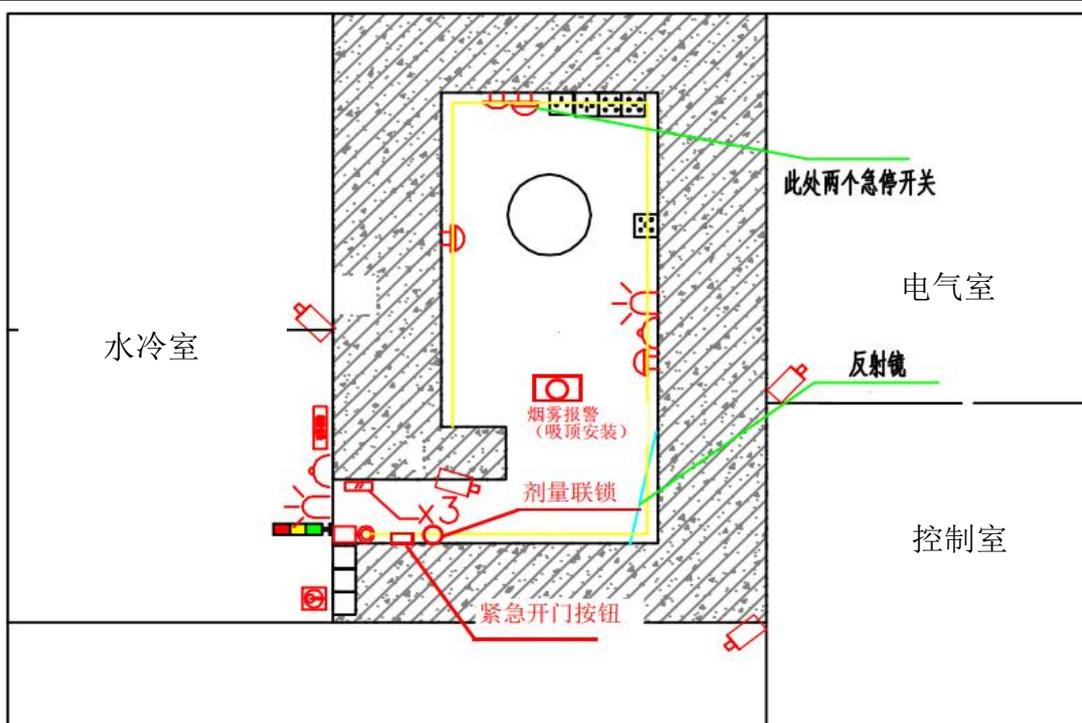
⑫辐照室、主机厅门内距地面 1.4m 处安装了紧急开门按钮，如有人员不慎滞留在辐照室、主机厅内，可通过紧急开门按钮打开防护门逃生。

⑬突然断电时，通道内设有应急灯，并有夜光标识指示行走路线。安全装置的布置见下图：



名称	图标	数量	高度	作用
字灯		2个	2.1m	字灯亮起警示迷官内部有辐射, 禁止入内
预留 86盒		7个	见示意	预留备用
常用插座		2个	0.4m	220V/10A 五孔插座 供安装维修工具使用(甲方自理)
钥匙开关		2个	1.4m	进入迷官须按下钥匙
警灯		5个	见示意	加速器开机、运行时亮起警示
警铃		5个	见示意	加速器开机前响 30s, 提醒仍在迷官内人员立刻按下急停按钮
摄像头		10个	1.8m	实时监控产品在流水线上运行情况(甲方自理)
急停开关		7个	1.4m	听到警铃声, 仍停留在迷官内人员按下可终止加速器开启
进舱开关		4个	1.4m	开机前须工作人员进入迷官内巡视是否清场, 并按下开关, 否则无法开启加速器
红外开关		6个	见示意	加速器运行时, 有人/动物经过红外开关, 即会立刻终止加速器
拉线开关		2个	1.2m	听到警铃声, 仍停留在迷官内人员拉下可终止加速器开启
三色灯		2个	2.1m	显示加速器工作状态: 红色, 工作中; 黄色, 待机中; 绿色, 关机中

图 10-7 一层辐照室安全装置布置图



名称	图标	数量	高度	作用
字灯		2个	2.1m	字灯亮起警示迷宫内部有辐射，禁止入内
常用插座		1个	0.4m	380V三相
常用插座		1个	0.4m	220V/16A 三孔插座 供检测仪使用 (甲方自理)
常用插座		3个	0.4m	220V/10A 五孔插座 供安装维修工具使用 (甲方自理)
钥匙开关		1个	1.4m	进入迷宫须按下钥匙
警灯		2个	2m	加速器开机，运行时会亮起警示
警铃		2个	2m	加速器开机前响 30s，提醒仍在迷宫内人员立刻按下急停按钮
摄像头		4个	2.5m	实时监控产品在流水线上运行情况 (甲方自理)
急停开关		3个	1.4m	听到警铃声，仍停留在迷宫内人员按下可终止加速器开启
避险开关		1个	1.4m	开机前须工作人员进入迷宫内巡视是否清场，并按下开关，否则无法开启加速器
红外开关		3个	0.4m	加速器运行时，有人 / 动物经过红外开关，即会立刻终止加速器
拉线开关		1个	1.2m	听到警铃声，仍停留在迷宫内人员拉下可终止加速器开启
三色灯		1个	2m	显示加速器工作状态：红色，工作中；黄色，待机中；绿色，关机中

图 10-8 二层加速器主机厅安全装置布置图

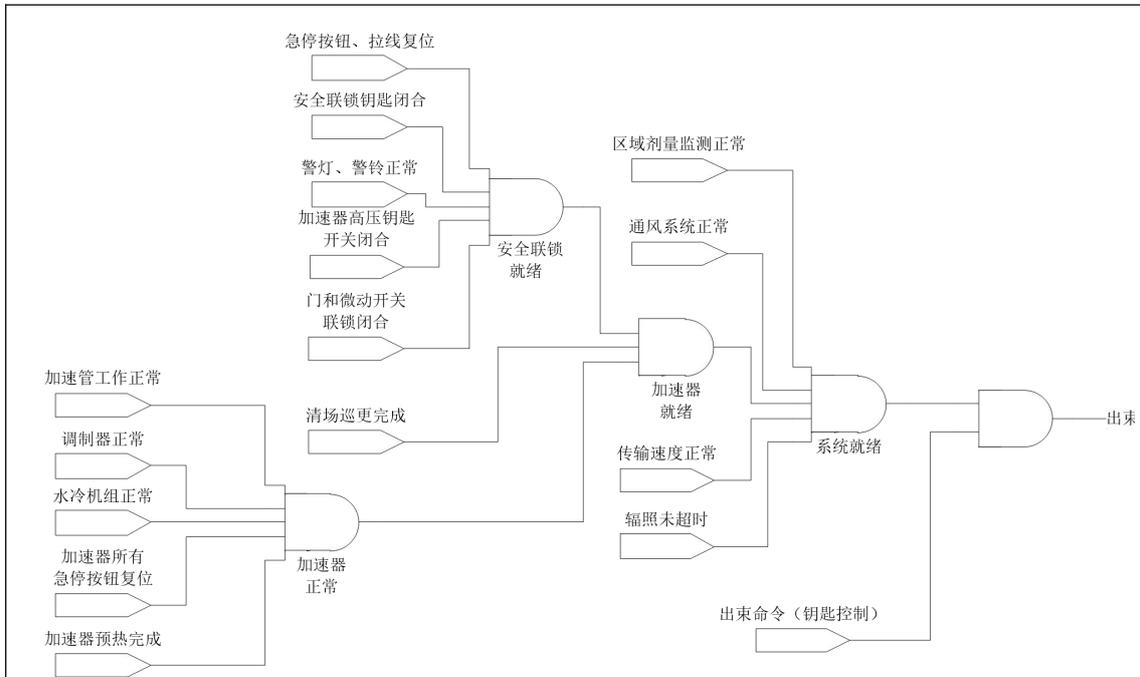


图10-9 本项目电子加速器辐照装置安全联锁逻辑图

#### 4、源项控制

本项目电子加速器辐照装置由有资质的厂家生产，泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值，且电子加速器辐照装置装有限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

#### 5、距离防护

本项目严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入控制区内，且控制区边界外应有明确的标识，设置红色的“禁止进入电离辐射区”字样的警告标志。室外传送辊道、控制室、电气室、水冷室设置为监督区，非相关人员限制进入，避免对设备进行误操作。

#### （四）设备日常检查和维护维修防护措施

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，在设备出现故障，或对设备进行维护检修时，需请设备厂家的维修维护人员前来进行维修维护操作，并且需严格执行下述步骤：

①提前制定维修维护计划，并及时告知辐射工作人员。

②辐射工作人员首先停止加速器，停止冷却水、风机等系统，在控制室按下对应加速器的急停按钮，并先后拉下辐照室和主机室内的拉线开关，确认加速器电源处于关闭状态。

③设备厂家的维修维护人员确认加速器已停机，佩戴处于开启状态下运行良

好的个人剂量报警仪。

④确保辐射工作人员离开控制区后，设备厂家的维修维护人员进行设备维修维护。

⑤辐射工作人员通过视频信号等方式，时刻注意维修维护的正常进行。

⑥维修维护结束后，辐射工作人员对急停按钮和拉线开关进行手动复位。

另外，辐射工作人员在设备日常使用过程中，要对设备的相关安全设施、功能进行定期检查，发现异常及时修复或改正，并做好相关记录。

### （五）小结

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）和《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）中对电子加速器辐照装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-3。

表 10-3 辐射安全防护设施汇总对照表

序号	项目	规定的措施和制度	落实情况
1*	A 出入口控制	入口电离辐射警示标志	已设计， 建设单位 承诺落实 后方可运 行
2*		入口加速器工作状态显示	
3*		厅门连锁钥匙开关（辐照室、主机室）	
4		视频监控系統	
5*		门内紧急开门按钮	
6		紧急出口指示	
7*		应急照明	
8*	B 安全 连锁	控制台和加速器厅门同一把钥匙（或钥匙牢固串联）	
9*		门与加速器高压触发连锁	
10*		加速器开机前声、光报警	
11*		辐照室、主机厅内固定式辐射剂量监测仪与门连锁	
12*		传输系统与束流连锁	
13*		通风系统与加速器连锁	
14*		火灾报警仪、且与通风连锁	
15*		人员通道 2~3 道防误入装置（光电、红外等）	
16*		货物进出通道 2~3 道防误入装置	
17*		控制台上复位确认按钮	
18*		清场巡更系统	
19*	C 紧急 停机装 置	控制区内醒目位置设置紧急停机按钮（或拉线开关），并附说明指示	
20*		控制台紧急停机按钮	
21*	D 监测 设备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	
22*		个人剂量报警仪	

23*		个人剂量计	需配置
24*		便携式辐射监测仪器仪表	需配置
25	E 其他	必要应急物资等	需配置
注：加“*”号的是重点项；必要应急物资指灭火器材、防火材料等。			

#### 四、辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目涉及II类射线装置的辐射安全，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和防护管理办法》，射线装置使用场所应当采取防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄露的安全措施，本项目针对辐射工作场所拟采取的辐射安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 辐射工作场所安全保卫措施一览

场所类别	措施类别	对应措施
射线装置工作场所	防破坏	①射线装置机房及附属设施纳入建设单位日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②工作场所根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③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，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目所使用的射线装置购置于正规厂家，出厂射线装置的杂散辐射和泄漏辐射不会超过规定的限值； ②本项目机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和标准要求落实，机房是不存在辐射泄漏的情况； ③II类射线装置机房拟安装固定式辐射剂量报警装置，当出现泄漏辐射超标时将启动声光报警装置； ④建设单位将制定监测计划，并自行配备便携式辐射剂量率监测仪，定期或不定期对射线装置机房四周进行巡测，有效防止射线泄漏。

综上，本次环评涉及的射线装置、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、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 发布版）、《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人防护用品屏蔽后，所致工作人员的职业照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽厚度是满足屏蔽防护要求的。综上所述，按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟

采用的防护措施能够有效屏蔽辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目拟建的辐射工作场所及其拟采取辐射安全防护措施是合理可行的。

## 三废的治理

### 一、废气处理措施

加速器运行使空气中产生臭氧，为了防止有害气体在辐照机房周围累积，本项目辐照室设计了通风排气系统。设计方式如下：加速器一层辐照室东侧安装排风系统，设计为地下抽风方式，在束流下方设有一个排风管，管道宽 0.6m×高 0.6m，排风管道先从地下 1.5m 处穿过，再通过东侧墙体外通风管道引至厂房顶部排放，排放口高于厂房顶部 5m。排风系统设计排风量为 21000m<sup>3</sup>/h。排风系统与辐照加工系统联锁，排风系统不开启，不能进行辐照加工，排风系统为连续排风。

### 二、废水处理措施

本项目运营期产生的电子直线加速器冷却系统的冷却水循环使用不外排，损失主要为自然蒸发。纯水制备过程中产生的废水未添加污染物，可作为清净下水和工作人员产生的少量生活污水依托厂区建成后的污水管道排入市政污水管网。

### 三、固体废物

本项目在运营期的生产活动中会产生少量废胶布、废纸壳等废包装物等，先对其回收利用，然后将其和纯水制备设备替换下来的废 RO 膜、废滤芯以及工作人员产生的生活垃圾交由环卫部门统一收集处理。

### 四、噪声

本项目使用排风机功率较大，且为连续排风，因此排风机工作时将产生一定的噪声，噪声值源强约为 90dB(A)。建设单位在辐照室东侧安装风机，并采取隔声降噪设施。另外，项目营运期间，辐照产品的装卸将产生噪声，噪声值源强一般低于 60dB(A)，经墙体隔声和距离衰减后，本项目产生的噪声对区域声环境功能区影响很小。

### 五、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。

### 六、环保投资估算

项目环保投资估算见表 10-5。

表 10-5 辐射安全防护和环保设施(措施)投资一览表

类别		环保设施/措施	数量	投资金额 (万元)	备注
屏蔽措施	加速器机房	包括一层辐照室四周混凝土墙体及屋顶、二层加速器主机厅四周混凝土墙体及屋顶、栅栏门 2 扇、铅防护门 1 扇	1 座	300	按照设计进行建设
安全装置		门机联锁装置	2 套	2.0	拟配置
		门灯联锁装置	2 套	1.0	拟配置
		臭氧风机联锁	1 套	1.0	拟配置
		清场巡检开关	5 个	2.0	拟配置
		紧急停机按钮装置（辐照室 7 个和主机厅 3 个，控制室 1 个）	11 个	1.1	拟配置
		紧急开门按钮装置	3 个	0.6	拟配置
		控制区紧急停机（拉线开关）	3 个	0.5	拟配置
		视频监控系统	1 套	3.0	拟配置
		反光镜	3 个	0.3	拟配置
		防误入装置（行人红外光电联锁）	9 个	2.0	拟配置
		通风联锁	1 套	3.0	拟配置
		剂量联锁（固定式剂量探测器 2 套）	2 套	3.0	拟配置
		工作状态指示灯	3 个	0.5	拟配置
		灯光和声音报警	7 个	0.5	拟配置
		电离辐射警告标志	3 个	0.02	拟配置
	烟雾报警装置	3 个	0.5	拟配置	
监测仪器及警示装置		便携式 X-γ 辐射监测仪	1 台	0.5	拟配置
		个人剂量计	5 个	1.0	拟配置
		个人剂量报警仪	2 台	1.2	拟配置
		两区划分地标线	若干	0.1	拟配置
废气处理		21000 m <sup>3</sup> /h 风机 1 台、15m 高排风管道 1 套	1 套	3.0	按照设计进行建设
隔声处理		隔音减振措施	/	2.0	拟配置
合计				328.82	/

本项目总投资 1500 万元，环保投资 328.82 万元，占总投资 21.9%。

**表 11：环境影响分析**

## **施工阶段对环境的影响**

### **一、土建装修阶段环境影响分析**

#### **(一) 水环境影响分析**

土建装修阶段中会产生少量的降尘废水，废水产量较少且无污染物溶解，自然蒸发后对周围水环境影响较小；施工人员会排放少量的生活污水，可依托市政污水管网排入邛崃市第二污水处理厂，处理达标后排放至南河，不会对周围水环境产生影响。

#### **(二) 大气环境影响分析**

土建装修阶段产生的废气污染物主要是扬尘，采取洒水降尘、加强通风可扬尘降低粉尘对周围环境的影响。

#### **(三) 声环境影响分析**

土建装修过程中会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量使用低噪声设备、在声源附近设置掩蔽物、注意对施工设备的保养以及使施工设备保持良好运行状态等措施，来尽量降低本项目噪声对周围的影响。

#### **(四) 固体废物**

本项目土建装修过程产生的固体废弃物主要是建筑垃圾、生活垃圾和废包装物等。

##### **1、建筑垃圾**

土建装修过程中产生少量建筑垃圾，应转运至住建部门指定的建筑垃圾堆场。

##### **2、生活垃圾和废包装物**

土建装修过程中产生的少量废包装物和工作人员产生的生活垃圾由市政环卫部门统一收集处理。

本项目土建装修工程工期较短，施工量小，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，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，土建装修工程对环境的影响将随之消除。

### **二、射线装置安装调试阶段环境影响分析**

本项目射线装置的安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在设备安装阶段会产生少量废包装物，交由环卫部门统一收集处理；在射线装置调试阶段，主要污染因子为电子线、X射线、臭氧、噪声等，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房时需上锁并派人看守。射线装置的安装和调试均在机房内进行，经过屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，对周围环境影响较小。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

本项目拟在四川辐创生物科技有限公司租用厂房内安装1台10.0MeV-20kW型电子直线加速器。机房分为上下两层，一层为辐照室，二层为加速器主机厅。加速器主射方向均为定向朝地面。

本项目加速粒子为电子，电子的贯穿能力较弱，能量为10MeV的电子在混凝土中的射程只有几厘米。所以，几厘米厚度的混凝土就可以屏蔽电子，本次不再详细分析评价。电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X射线），X射线是电子加速器辐照装置辐射防护设计中的主要辐射源。本次评价选取X射线作为主要污染因子，采用理论预测方法进行辐射环境影响分析。

本次电子直线加速器机房辐照室和主机厅的屏蔽计算采用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A中的相关计算公式进行机房屏蔽体外贯穿辐射剂量计算。

#### （一）关注点位选取

为预测电子直线加速器机房设计方案的屏蔽效果，本次在机房四周设立最不利参考点位，从保守角度出发，在机房设计的尺寸厚度基础上，假定最大工况运行并针对参考点最不利情况进行环境环评影响分析，选择剂量率参考点为辐照室和主机厅四周屏蔽墙外30cm处、迷道口处、防护门外30cm处以及保护目标处。由于本项目机房下方没有其他楼层和功能房间，所以地面的防护不予考虑。

本项目辐射环境影响分析关注点示意图见图11-1，关注点情况见表11-1。

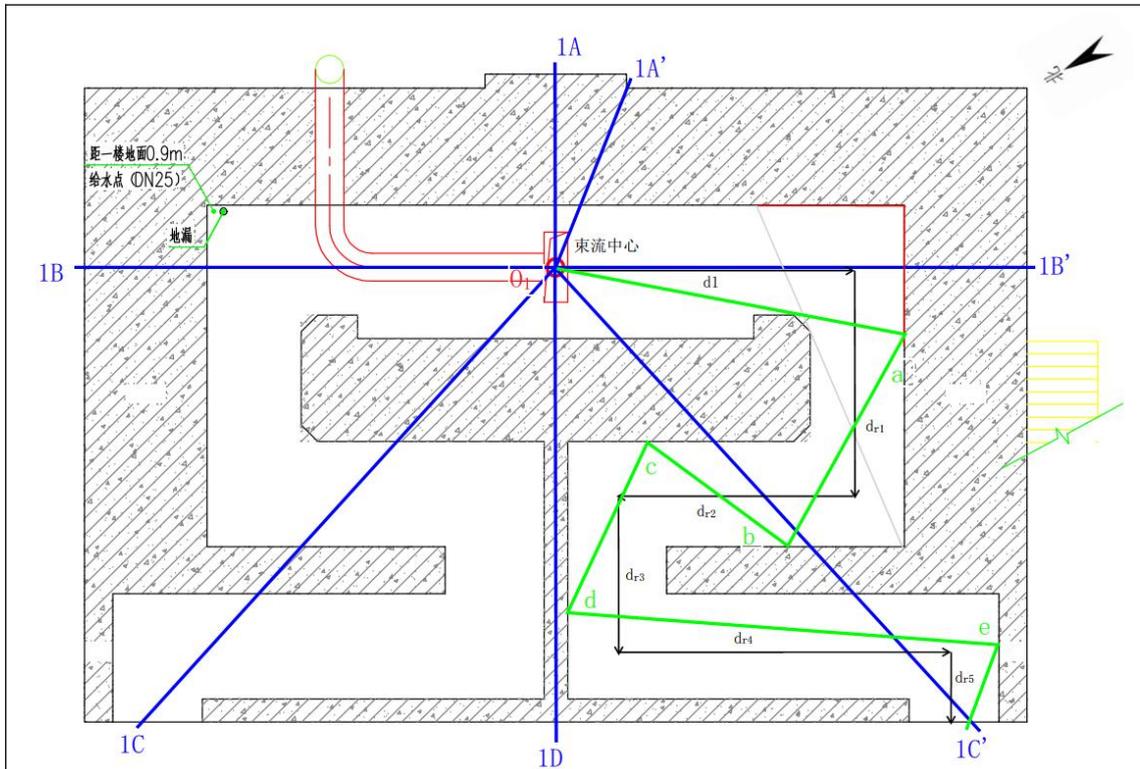


图 11-1 一层预测点位置和照射路径平面示意图

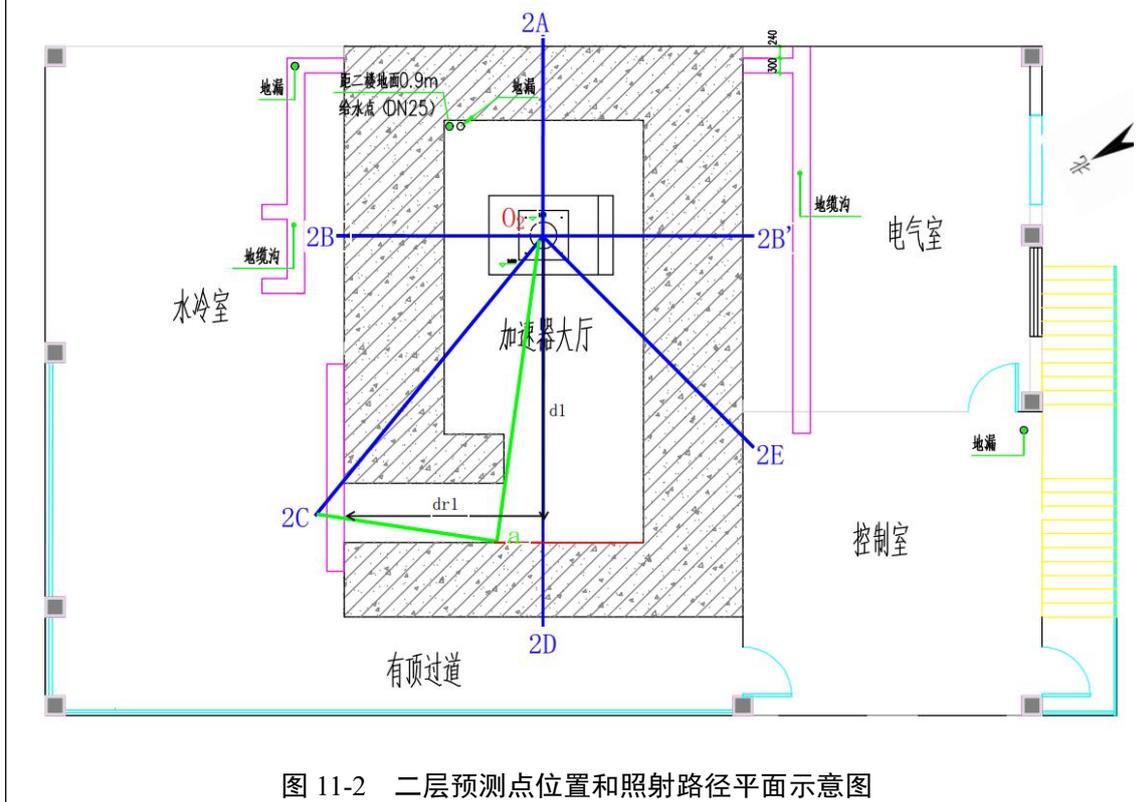


图 11-2 二层预测点位置和照射路径平面示意图

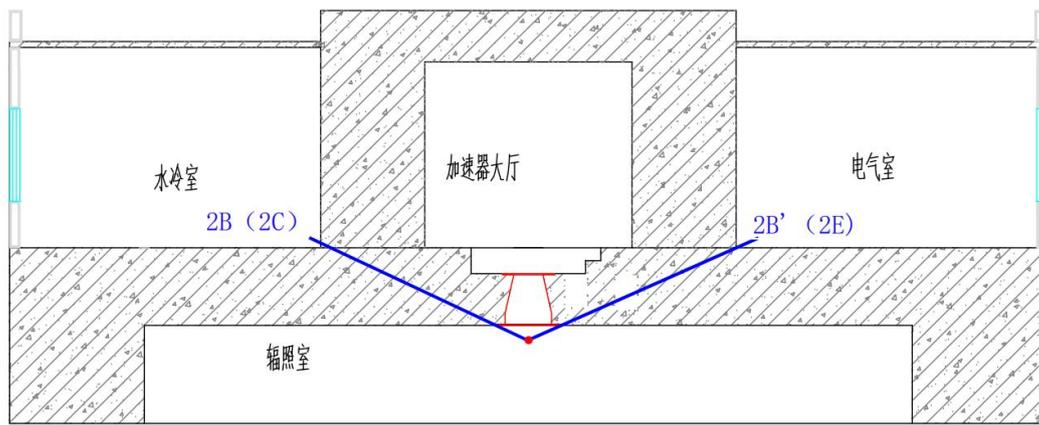


图 11-3 加速器机房照射路径剖面（东北↔西南）示意图

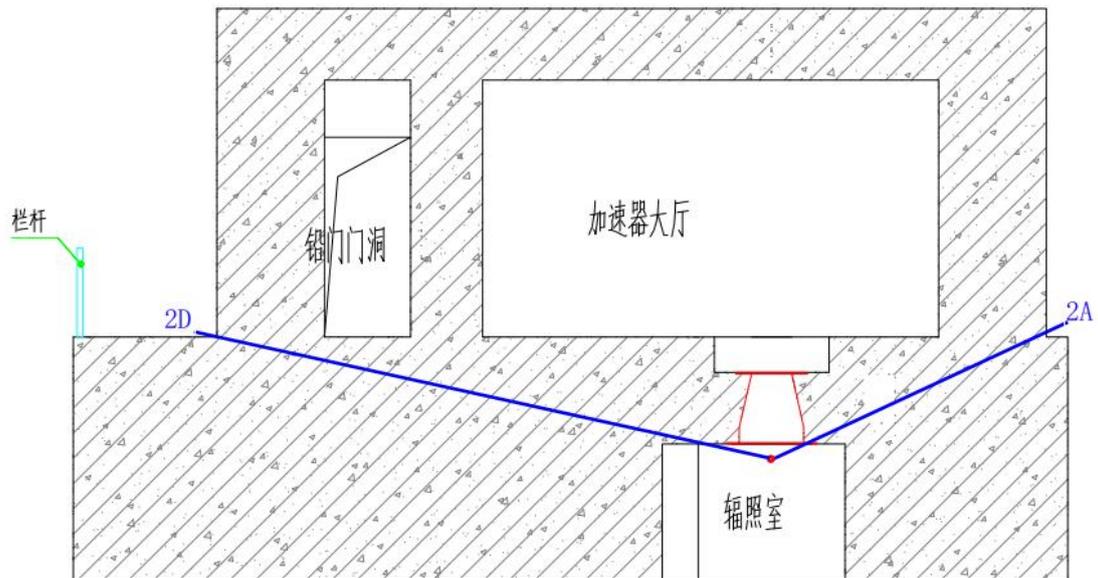


图 11-4 加速器机房照射路径剖面（西北↔东南）示意图

表 11-1 本项目关注点情况一览表

楼层	点位编号	参考点位置	受照路径	距源点（散射点） 距离（m）	受照类型
一层 辐照室 周围	1A	辐照室东侧较厚屏蔽 墙外 30cm 处	$0_1 \rightarrow 1A$ （直射）	4.225+0.3	公众
	1A'	辐照室东侧较薄屏蔽 墙外 30cm 处	$0_1 \rightarrow 1A'$ （直射）	4.57+0.3	公众
	1B	辐照室北侧屏蔽墙外 30cm 处	$0_1 \rightarrow 1B$ （直射）	10.3+0.3	公众
	1B'	辐照室南侧屏蔽墙外 30cm 处	$0_1 \rightarrow 1B'$ （直射）	10.3+0.3	公众
	1C (1C')	辐照室西北侧迷道口	$0_1 \rightarrow 1C$ （直射） $0_1 \rightarrow abcd \rightarrow 1C$ （散射）	13.5+0.3 d1=6.4; dr1=4.75; dr2=5.1; dr3=4.2; dr4=7.15; dr5=2.03	公众

	1D	辐照室西侧屏蔽体外 30cm 处	0 <sub>1</sub> →1D (直射)	10.12+0.3	公众
二 层 主 机 厅 周 围	2A	加速器大厅东侧屏蔽 墙外 30cm 处 (悬空)	0 <sub>1</sub> →2A (直射)	4.26+0.3	/(无人居 留) <sup>①</sup>
			0 <sub>2</sub> →2A (直射)	3.83+0.3	
	2B	加速器大厅北侧屏蔽 墙外 30cm 处 (水冷 室)	0 <sub>1</sub> →2B (直射)	4.4+0.3	职业
			0 <sub>2</sub> →2B (直射)	4.0+0.3	
	2B'	加速器大厅南侧屏蔽 墙外 30cm 处 (电气 室)	0 <sub>1</sub> →2B' (直射)	4.4+0.3	职业
			0 <sub>2</sub> →2B' (直射)	4.0+0.3	
	2C	加速器大厅防护门外 30cm 处 (水冷室)	0 <sub>1</sub> →2C (直射)	4.4+0.3	职业
			0 <sub>2</sub> →2C (直射)	7.3+0.3	
			0 <sub>2</sub> →a→2C (散射)	d1=5.6; dr1=4.0;	
	2D	加速器大厅西侧屏蔽 墙外 30cm 处 (过道)	0 <sub>1</sub> →2D (直射)	7.95+0.3	职业
0 <sub>2</sub> →2D (直射)			7.7+0.3		
2E	加速器大厅西南侧屏 蔽墙外 30cm 处 (控制 室)	0 <sub>1</sub> →2E (直射)	4.4+0.3 <sup>②</sup>	职业	
		0 <sub>2</sub> →2E (直射)	6.24+0.3		
注：①2A 高约 3.4m，处于悬空位置，不会有人居留，因此不考虑人员在该点受照情况； ②保守取 0 <sub>1</sub> →2B 照射路径距离。					

## (二) 参数选取

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)附录 A 中公式 A.2 计算距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率：

\*\*\*\*\*

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)附录 A 表 A.1 可知不同能量入射电子在距靶 1m 处侧向 90°的 X 射线发射率常数，相关参数见表 11-2。

表 11-2 本项目工业电子加速器辐射源项计算参数及计算结果

辐照室相关计算参数表	
型号	10.0MeV-20kW 型
入射电子能量 (MeV)	*****
90°方向电子的相应等效能量 (MeV)	*****
电子束流强度	*****
侧向 90°的 X 射线发射率常数 Q (Gy·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	*****
修正因子	*****
D <sub>10</sub> (Gy/h)	*****
T <sub>l</sub> (cm)	*****

$T_e$ (cm)	*****
------------	-------

注：根据 HJ 979-2018 附录 A 和表 A.1~表 A.3，本项目电子加速器 90°方向电子的相应等效能量为 6.0MeV，其在混凝土中的第一十分之一值层和平衡十分之一值层保守取 35.5cm。

主机厅相关计算参数表	
型号	10.0MeV-20kW 型
束流损失点的能量 (MeV)	*****
90°方向电子的相应等效能量 (MeV)	*****
束流损失率	*****
束流损失为 (即电子束流强度)	*****
侧向 90°的 X 射线发射率常数 $Q$ (Gy·m <sup>2</sup> ·mA <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	*****
修正因子	*****
$D_{10}$ (Gy/h)	*****
$T_l$ (cm)	*****
$T_e$ (cm)	*****

注：根据 HJ 979-2018 附录 A 和表 A.2~表 A.4，当主机室入射电子能量为 3.0MeV 时，等效入射电子能量为 1.9MeV，其在混凝土中的第一十分之一值层和平衡十分之一值层保守取表 A.2~表 A.3 中 2.0MeV 对应的值。

### (三) 加速器机房屏蔽墙体外辐射剂量率估算

#### 1、直射 X 射线的屏蔽

对于电子加速器辐照装置，很多情况下需要考虑侧向（相对电子束 90°方向）X 射线的屏蔽，此时应将等效入射电子能量作为侧向入射电子的能量，然后按等效入射电子能量的特性参数，根据直射 X 射线屏蔽的方法进行计算。本次在辐照室外选取具有代表性的关注点位进行分析评价，关注点位选取示意图见图 11-1~图 11-4。

#### (1) 计算模式

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中公式 A-1、A-2、A-3 和 A-4 可以推导得出本次计算相关公式如下：

X 射线透射至墙外关注点处当量剂量率：

\*\*\*\*\*

#### (2) 计算参数及计算结果

将相关参数代入根据公式 11-1~公式 11-4 后，可得到各个关注点处的辐射剂量率，预测结果见表 11-3。

表 11-3 本项目工业电子加速器机房辐照室屏蔽墙外关注点处辐射剂量率计算结果

楼层	点位编号	参考点位置	D <sub>10</sub> (Gy/h)	S (cm)	d (cm)	T1 (cm)	Te (cm)	B	H (μSv/h)	合计 H (μSv/h)
一层 辐照 室周 围	1A	辐照室东侧较厚 屏蔽墙外 30cm 处	810	290	4.525	35.5	35.5	1.30E-08	2.68E-01	2.68E-01
	1A'	辐照室东侧较薄 屏蔽墙外 30cm 处	810	298	4.87	35.5	35.5	3.01E-08	1.38E-01	1.38E-01
	1B	辐照室北侧屏蔽 墙外 30cm 处	810	290	10.6	35.5	35.5	4.74E-08	4.88E-02	4.88E-02
	1B'	辐照室南侧屏蔽 墙外 30cm 处	810	290	10.6	35.5	35.5	4.74E-08	4.88E-02	4.88E-02
	1C (1C')	辐照室西北侧迷 道口	810	422	13.8	35.5	35.5	1.14E-12	5.51E-06	5.51E-06
	1D	辐照室西侧屏蔽 体外 30cm 处	810	310	10.42	35.5	35.5	2.48E-08	1.38E-02	1.38E-02
二层 主机 厅周 围	2A	加速器大厅东侧 屏蔽墙外 30cm 处 (悬空)	3.84	150	4.56	22.1	20.1	4.33E-08	8.00E-03	2.06E-02
			810	340	4.13 (辐照室 辐射影响)	35.5	35.5	2.65E-10	1.26E-02	
	2B	加速器大厅北侧 屏蔽墙外 30cm 处 (水冷室)	3.84	200	4.7	22.1	20.1	1.41E-10	2.45E-05	6.11E-03
			810	350	4.3 (辐照室 辐射影响)	35.5	35.5	1.38E-10	6.06E-03	
	2B'	加速器大厅南侧 屏蔽墙外 30cm 处 (电气室)	3.84	200	4.7	22.1	20.1	1.41E-10	2.45E-05	6.11E-03
			810	350	4.3 (辐照室	35.5	35.5	1.38E-10	6.06E-03	

					辐射影响)					
2C	加速器大厅防护门外 30cm 处 (水冷室)	3.84	310	7.6	22.1	20.1	4.75E-16	3.16E-11	5.07E-03	
		810	350	4.7 (辐照室辐射影响)	35.5	35.5	1.38E-10	5.07E-03		
2D	加速器大厅西侧屏蔽墙外 30cm 处 (过道)	3.84	150	8.25	22.1	20.1	4.33E-08	2.44E-03	2.44E-03	
		810	638	8.0 (辐照室辐射影响)	35.5	35.5	1.07E-18	1.35E-11		
2E	加速器大厅西南侧屏蔽墙外 30cm 处 (控制室)	3.84	312	4.7 <sup>②</sup>	22.1	20.1	3.78E-16	6.57E-11	2.62E-03	
		810	350	6.54 (辐照室辐射影响)	35.5	35.5	1.38E-10	2.62E-03		
注: ①2A 高约 3.4m, 处于悬空位置; ②保守取 0 <sub>1</sub> →2B 照射路径距离。										

由表 11-2 可知，本项目正常运行时，一层辐照室与二层加速器大厅直射 X 射线在屏蔽体外人员可达处的辐射剂量率均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h 的要求（顶部无人员居留）。

## 2、散射辐射的屏蔽

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A.3 可知，在加速器装置的屏蔽设计中，有三种情况必须考虑散射辐射：迷道和安全门、天空反散射、孔道。本项目管线采用“U”形或斜型穿过屏蔽墙体，排风管预埋于地下，其中连通一层的电缆穿墙处位于辐照室迷道顶棚，辐照室 X 射线散射线要到达该孔洞处需要经过多次散射，穿屏蔽体孔道基本不影响屏蔽墙体防护效果。因此本次散射辐射主要考虑迷道和安全门。本次计算辐照室散射路径示意图见图 11-1、图 11-2。

### （1）计算公式的选取

防护 X 射线的迷道，按照公式 11-6 可保守地估算迷道外入口的剂量率：

\*\*\*\*\*

### （2）计算参数及计算结果

本项目辐照室内韧致射线经过 5 次散射方可到达迷道出入口。根据计算公式可知，迷道出入口处的 X 射线剂量率与散射面积、路径长短密切相关，计算结果较保守，具体参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 迷道散射计算结果

楼层	参考点	$D_{10}$ (Gy/h)	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$A_1, A_2$ (m <sup>2</sup> )	$d_1 \sim d_5$ (m)	$H_{1j}$ ( $\mu$ Sv/h)
一层	1C/1C'	810	$5 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-2}$	11.02, 4.28	6.4, 4.75, 5.1, 4.2, 7.15, 1.63	2.68E-05
二层	2C	3.84	$5 \times 10^{-3}$	/	8.0, 4.8	5.6, 4.0	<sup>①</sup> $3.98 \times 10^{-1}$

①注：考虑主机厅大门有屏蔽厚度为 60mm 的铅防护门，根据式 11-1、式 11-3 计算出 2C 处经大门屏蔽后的剂量；②辐照室东侧与南侧屏蔽体厚度均相同，1C/1C' 对称分布，因此辐照室迷道入口处散射计算结果相同。

经计算辐照室迷道入口 1C 和 1C' 关注点散射辐射剂量率为 2.68E-05 $\mu$ Sv/h，根据表 11-2 辐照室迷道入口受到直射辐射剂量率为 5.32E-06 $\mu$ Sv/h，叠加后即

3.21E-05 $\mu$ Sv/h, 小于 2.5 $\mu$ Sv/h 控制剂量率; 主机室迷道入口 2C 关注点散射辐射剂量率为 3.98E-01 $\mu$ Sv/h, 根据表 11-2 主机室迷道入口受到直射辐射剂量率为 5.07E-03 $\mu$ Sv/h, 叠加后即 3.98E-01 $\mu$ Sv/h 小于 2.5 $\mu$ Sv/h 控制剂量率, 因此该电子辐照装置机房迷道设计是合理的。同时为防止人员误入机房, 在辐照室迷道入口设置有不锈钢制栅栏门, 主机厅入口设置铅防护门。

#### (四) 天空反散射的辐射影响分析

加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏, 再经过天空中大气的反散射, 返回至加速器周围的地面附近, 形成附加的辐射场, 这种现象称为天空反散射。本项目辐照加速器机房周围临近无高层建筑, 无需考虑 X 射线通过屋顶后侧向散射对周围环境的辐射影响。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 A.3.2.1, 在现有屏蔽条件下, 天空反散射造成的 X 射线周围剂量当量率为:

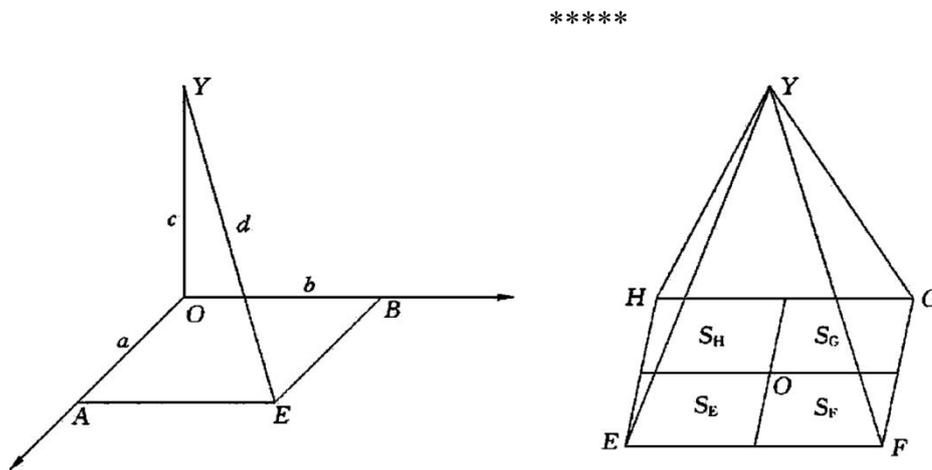


图 11-5 立体角  $\Omega$  的计算示意图

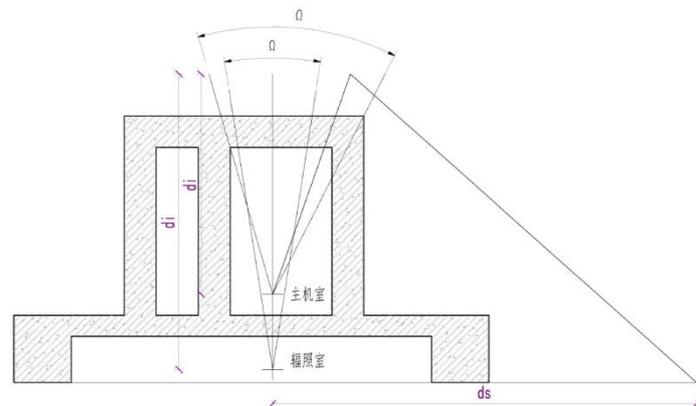


图 11-6 屋顶立角示意图

对于天空反散射, 综合考虑辐照室和主机室辐射对参考点的剂量贡献, 发射率常数保守取  $90^\circ$  方向的发射率常数, 具体计算结果见表 11-5。

表 11-5 天空反散射计算结果

楼层	$D_{10}(90^\circ)$	$d_s$	S (cm)	$B_{xs}$	$\Omega$	$d_i$	$H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
一层辐照室	810Gy/h	20m	250cm	1.52E-03	1.09	8.47m	1.20E-06
二层主机室	3.84Gy/h	20m	100cm	1.52E-03	2.07	6.0 m	2.62E-08
合计							1.23E-06

本项目周边最近建筑物居留因子保守取 1，则 P 点最大允许周围剂量当量率为  $H_M=0.1\text{mSv}/(4800\text{h}\times 1)=2.08\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ 。根据以上计算结果可知，本项目电子工业加速器天空反散射引起地面剂量率水平为  $1.23\text{E-}06\mu\text{Sv/h}$ ，满足上述 P 点最大允许周围剂量当量率。

(五) 辐射工作人员及公众所受年有效剂量分析

辐射工作人员和公众人员受到的 X 射线产生的外照射人均年有效剂量按公式 11-8 进行计算。

$$H_c = H_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots \dots \dots \text{公式 11-8}$$

式中： $H_c$ —关注点的年剂量水平， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$H_{c,d}$ —关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ —辐照装置年照射时间，单位为 h/a；

$U$ —辐照装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ —人员在相应关注点驻留的居留因子。

本次新增使用的电子加速器每天出束时间约 16h，年工作 300 天，则年最大出束时间约为 4800h。本项目共配置 5 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射安全管理人员，4 名辐射工作人员和 4 名装卸货工人每天实行两班制工作制度，每组 2 名辐射工作人员和 2 名装卸货工人，则单名辐射工作人员和装卸货工人年受照时间为 2400h。对于公众人员，工业电子加速器运行期间禁止接近监督区，车间内外公众（除装卸货工人外）年受照时间保守取设备年出束时间 4800h/a。

将表 11-2 中工业电子加速器机房外各代表关注点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-8 计算结果见表 11-6。

表 11-6 工业电子加速器机房周围人员年有效剂量

点位编号	位置	主要受照人员	受照类型	$H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$q$	$t$ (h)	$E$ ( $\text{mSv/a}$ )
辐照室及主机厅周围关注点位							

1A	辐照室东侧较厚屏蔽墙外 30cm 处	厂区其他工作人员	/	2.68E-01	1/16	4800	8.04E-02
1A'	辐照室东侧较薄屏蔽墙外 30cm 处	厂区其他工作人员	公众	1.38E-01	1/16	4800	4.13E-02
1B	辐照室北侧屏蔽墙外 30cm 处	厂区其他工作人员	公众	4.88E-02	1/16	4800	1.47E-02
1B'	辐照室南侧屏蔽墙外 30cm 处	厂区其他工作人员	公众	4.88E-02	1/16	4800	1.47E-02
1C (1C')	辐照室西北侧迷道口	装卸货工人	公众	5.51E-06	1/4	2400	3.31E-06
1D	辐照室西侧屏蔽体外 30cm 处	装卸货工人	公众	1.38E-02	1	2400	3.32E-02
2A	加速器大厅东侧屏蔽墙外 30cm 处(悬空)	/	/	2.06E-02	/	/	/
2B	加速器大厅北侧屏蔽墙外 30cm 处(水冷室)	辐射工作人员	职业	6.08E-03	1/16	2400	9.12E-04
2B'	加速器大厅南侧屏蔽墙外 30cm 处(电气室)	辐射工作人员	职业	6.08E-03	1/16	2400	9.12E-04
2C	加速器大厅防护门外 30cm 处(水冷室)	辐射工作人员	职业	5.07E-03	1/16	2400	7.61E-04
2D	加速器大厅西侧屏蔽墙外 30cm 处(过道)	辐射工作人员	职业	2.44E-03	1/16	2400	3.66E-04
2E	加速器大厅西南侧屏蔽墙外 30cm 处(控制室)	辐射工作人员	职业	2.62E-03	1	2400	6.29E-03
<b>保护目标处关注点位</b>							
1	1 号厂房北侧外厂区道路公众	厂内公众	公众	4.88E-02	1/16	2000	6.10E-03
2	1 号厂房东侧厂区道路公众	厂外公众	公众	2.68E-01	1/16	2000	3.35E-02
3	1 号厂房西侧其他厂房内公众	厂外公众	公众	1.38E-02	1/4	2000	6.90E-03
4	1 号厂房南侧其他工作人员	厂外公众	公众	4.88E-02	1/4	2000	2.44E-02
P	辐照机房外地面公众(20m~50m)	厂外公众	公众	1.23E-06	1/16	2000	1.54E-07

注：1、2A 点为悬空，公众人员不可达；2、机房顶部人员不可达；3、厂房内其他工作人员保守均按照公众考虑；3、保护目标受照时间保守按年工作 250 天，每天 8 小时工作制度进行计算，即年受照时间为 250\*8=2000h。

根据上表可知，该项目工业电子加速器机房投入运行后，辐射工作人员所受最大年有效剂量最大为 6.29E-03mSv/a，公司厂区内周围公众年有效剂量最大为 3.35E-02mSv/a，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（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）。

## 二、大气环境影响分析

电子直线加速器开机运行时，产生的电子束与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）。其中，相比氮氧化物，臭氧的危害更大，产额更高，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

### 1、臭氧的产生率

在辐照室内，空气在强电离辐照辐射下，会发生辐射分解，产生大量的臭氧。臭氧对人体有毒害，对设备有腐蚀。在常温常压下，臭氧稳定性较差，可自行分解为氧气。根据《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002），臭氧 1 小时均值 ≤0.16mg/m<sup>3</sup>。

平行电子束所致臭氧的产生率由下式计算：

$$P=45dIG.....（式 11-9）$$

式中：

P—单位时间电子束产生臭氧的质量（mg/h）；

I—电子束流强度，取 2mA；

d—电子在空气中的行程，结合电子在空气中的线阻止本领 S=2.5keV/cm 和辐照室尺寸选取，本项目保守取 200cm；

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数，取 10。

经计算臭氧产生率为 1.8×10<sup>5</sup>mg/h。

### 2、辐照室臭氧的平衡浓度

在电子加速器辐照装置正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间约 50min），辐照室空气中臭氧的平衡浓度 Cs 由下式计算：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \dots\dots\dots (式 11-10)$$

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots (式 11-11)$$

式中：

$T_e$ —臭氧的有效清除时间，h；

$T_v$ —辐照室换气一次所需时间，h；机房排风量为 21000m<sup>3</sup>/h，因此取 0.01h；

$T_d$ —臭氧的有效化学分解时间，h；取 0.83h；

$V$ —辐照室容积，m<sup>3</sup>；本次保守取 205m<sup>3</sup>。

经计算，辐照室内臭氧平衡浓度为 8.69mg/m<sup>3</sup>，平衡浓度大于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中臭氧 1 小时均值≤0.16mg/m<sup>3</sup> 要求。

### 3、臭氧排放

由于臭氧浓度不满足要求，因此在电子加速器辐照装置停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机需继续运行，其运行时间 T 由下式计算：

$$T = -T_e \ln (C_0/C_s) \dots\dots\dots (式 11-12)$$

式中：

$T$ —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）。

$C_0$ —《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022)中臭氧 1 小时均值≤0.16mg/m<sup>3</sup>。

由（式 11-14）计算出，电子加速器辐照装置停机后，辐照室内的排风机继续工作约 2.34min 后，辐照室内臭氧浓度可满足《室内空气质量标准》0.16mg/m<sup>3</sup> 标准限值要求。保守考虑，本项目要求辐照室加速器停机后，继续排风 5min 以后工作人员才能进入辐照室。

## 三、水环境影响分析

本项目运行不产生生产废水，冷却水循环使用不外排，损失主要为自然蒸发；纯水制备过程中产生的浓水由自来水制作，未添加污染物，可作为清净下水与工作人员产生的生活污水一起依托厂区建成后的污水管道排入市政污水管网，经邛崃市第二污水处理厂处理达标后排放至南河，对周围水环境无明显影响。

## 四、固体废物环境影响分析

本项目在运营期项目无生产固废产生。少量废包装物、纯水制备设备替换下

来的废 RO 膜、废滤芯和工作人员产生的生活垃圾一起收集后由环卫部门统一收集处理，不会对当地环境产生明显影响。

## 五、声环境影响分析

本项目使用排风机功率较大，且为连续排风，因此排风机工作时将产生一定的噪声，噪声值源强最大为 90dB(A)，建设单位拟采用隔声降噪措施（砖墙+隔声材料等）。根据建设单位提供资料，设备噪声经过降噪隔音措施后，噪声值源强最大值不超过 80dB(A)。由于该噪声源为点声源，且处于半自由空间，按照“导则”中的推荐预测模式进行预测计算：

$$L_{A(r)} = L_{WA} - 20 \lg r - 8 \dots \dots \dots \text{（式 11-13）}$$

式中： $L_{A(r)}$  ——距噪声源不同距离处的声级值，dB（A）；

$L_{WA}$  ——噪声源的声功率级 dB（A），80dB（A）。

表 11-7 噪声源衰减预测结果（dB（A））

距离 r(m)	1	5	10	15	18(厂界)
$L_{A(r)}$ (dB)	72	58	52	48.5	46

由表 11-6 可以看出，本项目噪声源距离建设单位厂界最近约 18m，因此厂界昼间和夜间噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）3 类区标准限值的要求，对厂界噪声贡献值很小，不会对周围声环境产生明显影响。

## 辐射事故影响分析

### 一、事故等级判断依据

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），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（I级）、重大辐射事故（II级）、较大辐射事故（III级）和一般辐射事故（IV级）等四级，详见下表。

表 11-8 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故（I级）	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 人及以上急性死亡。
重大辐射事故（II级）	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 人及以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（III级）	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致 9 人及以下急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（IV级）	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。

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

表 11-9 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

### 二、射线装置辐射事故影响分析

#### （一）可能发生的辐射事故识别

根据污染源分析，本项目主要环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，本项目设备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。本项目拟配置辐射工作人员 5 名，根据本项目实际情况以及国内现有同类装置运行情况，可能发生的辐射事故如下：

(1) 巡检人员或工作人员滞留于辐射室出束口下方，操作人员启动加速器进行辐照，造成巡检人员手部直接被电子束被误照，引发辐射事故。

(2) 工作人员在巡检清场时仅切断了束流便进入辐照室，此时加速器在高压状态下产生暗电流，可能形成空载电流，可导致滞留于出束口下方人员的手部受到电子束照射。

(3) 安全联锁装置或报警系统发生故障，加速器工作时工作人员尚未退出辐照室或无关人员误入辐照室，造成人员被致辐射误照射，引发辐射事故。

## (二) 事故工况下辐射影响分析

### 1、事故情景 (1) (2)

根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) P5 的式 (13) 和《辐射防护导论》(方杰主编) P125 的式 (4.9) 可知，电子外照射皮肤吸收剂量用下式计算：

$$D_s = f_{ze} \cdot \Phi_e \times 10^{-9} \dots\dots\dots \text{(式 11-14)}$$

$$\varphi_e = 6.24 \times 10^{12} I_e \dots\dots\dots \text{(式 11-15)}$$

式中：

$D_s$ —皮肤吸收剂量，mGy；

$f_{ze}$ —电子辐射场注量到皮肤吸收剂量的转换系数，参见《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 附录 D 中表 D.1， $\text{pGy} \cdot \text{cm}^2$ ；查表得出，10MeV 的转换系数为  $2.62 \times 10^2$ ；

$\Phi_e$ —电子辐射场中皮肤相应位置的注量， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；

$I_e$ —入射到物质表面的电子束流密度， $\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$ ；由最大电子束流强度比上扫描盒最大开口面积 ( $100\text{cm} \times 10\text{cm} = 1000\text{cm}^2$ ) 得出；在事故情形 (1) 中，最大束流强度为  $2000\mu\text{A}$ ，则电子束流密度为  $2\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$ ；在事故情形 (2) 中，根据辐照装置的实际检测情况，加速器在高压状态时，最低空载束流约为额定束流的二十分之一，本次保守取  $200\mu\text{A}$ ，则电子束流密度为  $0.2\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$ ；

根据上式，计算人员在不同停留时间下滞留在出束口下方手部有效受照剂量，计算结果见下表：

表 11-10 人员在不同停留时间下滞留在出束口下方手部有效受照剂量计算一览表

时间 (s)	手部有效受照剂量 (Gy)	
	事故情形 (1)	事故情形 (2)
1	3.27E+04	3.27E+03
2	6.54E+04	6.54E+03
5	1.63E+05	1.63E+04
10	3.27E+05	3.27E+04

根据《职业性放射性皮肤疾病诊断》（GBZ106-2020），急性放射性皮肤损伤的分度诊断标准见下表：

表 11-10 急性放射性皮肤损伤的分度诊断标准

分度	初期反应期	假愈期	临床症状明显期	参考剂量 Gy
I	/	/	毛囊丘疹、暂时脱毛	≥3
II	红斑	二周~六周	脱毛、红斑	≥5
III	红斑、灼烧感	一周~三周	二次红斑、水泡	≥10
IV	红斑、麻木、瘙痒、 水肿、刺痛	数小时~十天	二次红斑、水泡、坏 死、溃疡	≥20

由上表可以得出，人员仅在束下滞留 1s，就足以造成IV度急性放射性皮肤损伤，根据表 11-7，本次将事故情景（1）和事故情景（2）判定为较大辐射事故。

## 2、事故情景（3）

假定在事故情况下，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与加速器产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中加速器产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式计算：

$$D_r = D_0 / r^2 \dots\dots\dots \text{（式 11-16）}$$

式中：

$D_r$ —距离 X 射线辐射源  $r$ m 距离处空气吸收剂量率，Gy/h；

$D_0$ —距离 X 射线辐射源 1m 距离空气吸收剂量率，Gy/h；根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1，辐照室内侧向 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 吸收剂量率为 810Gy/h，主机室内侧向 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 吸收剂量率为 3.84Gy/h。

$r$ —居留位置与 X 射线辐射源直线距离，m。

人员受到的有效剂量可用下式进行计算：

$$E=D \cdot W_T \cdot W_R \dots \dots \dots \text{ (式 11-17)}$$

式中：

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

$W_T$ —组织权重因数，全身取 1；

$W_R$ —辐射权重因数，X 射线取 1。

由于加速器只有在开机的状态下才会产生 X 射线，一旦发现有人员误入，只要关闭电源或误入人员启动紧急逃逸装置即可解除辐射事故，本项目在辐照室内墙上、迷道内墙上、加速器主机厅内墙上分别安装串联并有明显标识的“紧急停机按钮”开关及停机拉线开关等，因此，在正常情况下处理加速器辐射事故的时间较短，整个处理时间约 10s。

由（式 11-16）（式 11-17）计算的人员可能受到的有效剂量见下表。

表 11-11 事故情况下周围人员受到的剂量估算结果

	与加速器靶距 离 (m)	有效剂量 (Sv/10s)	
		辐照室	主机室
10MeV 电子辐 照加速 器	1.0	2.25	1.07E-02
	2.0	5.63E-01	2.67E-03
	3.0	2.50E-01	1.19E-03
	5.0	9.00E-02	4.27E-04
	6.0	6.25E-02	2.96E-04
	7.0	4.59E-02	2.18E-04

由上表可以得出，辐照室内误入人员在距离靶 1m 处停留 10s，其所受有效剂量最高达 2.25Sv/次，根据表 11-7 和表 11-8，可能发生的一般辐射事故；主机室内误入人员在距离 X 射线辐射源 1m 处停留 10s，其所受有效剂量最高为 10.7mSv/次，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 剂量限值，不构成辐射事故。

根据影响分析可知，辐照室迷道口的剂量为  $3.21 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，主机厅迷道口不考虑混凝土门屏蔽的剂量为  $3.06 \times 10^2 \mu\text{Sv/h}$ ，假设人员停留 10s，所受到的剂量分别为  $8.92 \times 10^{-8} \mu\text{Sv}$  和  $0.85 \mu\text{Sv}$ ，不构成辐射事故。

上述事故及其危害结果及其所引发的放射性事故等级见下表。

表 11-12 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	环境风险因子	事故场景	危害结果	事故等级

10MeV 电子加速 器	电子线	(1) 巡检人员或工作人员滞留于辐射室出束口下方，操作人员启动加速器进行辐照，造成巡检人员手部直接被电子束被误照，引发辐射事故。 (2) 工作人员在巡检清场时仅切断了束流便进入辐照室，滞留于辐射室出束口下方，此时加速器在高压状态下产生暗电流，可能形成空载电流，导致人员手部受到电子束照射。	人员仅在束下滞留 1s，就足以造成IV度急性放射性皮肤损伤。	较大辐射事故
	X射线	(3) 安全联锁装置或报警系统发生故障，加速器工作时工作人员尚未退出辐照室或无关人员误入辐照室，造成人员被韧致辐射误照射，引发辐射事故。	事故状态下受照射有效剂量最大为 2.25Sv，导致急性放射病的死亡率高达 90%。	一般辐射事故

### 三、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方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者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督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、凡涉及对射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

3、严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果监测表明机房外辐射水平偏高，应适当增加机房屏蔽体厚度；

4、射线装置每次开机前检查机房监控系统、门机联锁装置和其他安全联锁装置，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射；

5、定期对射线装置机房的安全装置有效性进行检查；

6、建设单位所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗；

7、机房门外设立辐射警示标志；

8、辐射防护管理人员要经常对辐照工作场所进行巡视，及时纠正不利于辐射安全防护的行为。

## 表 12：辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 类射线装置的单位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。建设单位目前已成立了“辐射安全与环境保护领导小组”（见附件 5），其职责包括：

- （1）全面负责单位内辐射安全管理工作；
- （2）认真学习贯彻国家相关法律法规、标准，结合单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；
- （3）负责单位内辐射工作人员的法律法规教育和安全环保知识培训；
- （4）检查安全环保设施，开展辐射环境监测，对单位内使用的 X 射线装置的安全防护情况进行年度评估；
- （5）做好辐射工作人员的职业健康体检，并做好体检资料的档案管理工作；
- （6）负责单位内辐射事故的处理和调查工作；
- （7）定期向生态环境部门和主管部门报告安全工作，接受生态环境部门和主管部门的监督和检查指导。领导小组人员设置如下：

表 12-1 辐射安全与环境保护领导小组人员设置表

职务	人员
组长	王月平
副组长	李清华
成员	谢国平 袁川疆 苟伟

### 辐射工作岗位人员配置和能力分析

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“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://fusHc.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”。

本项目拟配置 5 名辐射工作人员，均为新增辐射工作人员，建设单位承诺会尽快组织新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并报名参加考核，考核通过后才能上岗。

## 辐射安全管理规章制度

### 一、档案分类管理

建设单位应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料应包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”，并由专人进行管理。

### 二、规章制度

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）》和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函〔2016〕1400号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见下表。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	辐射安全管理规定	拟制定	/
2		操作规程	拟制定	
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	拟制定	
4		放射源与射线装置台账管理制度	拟制定	
5	监测	监测方案	拟制定	
6		监测仪表使用与校验管理制度	拟制定	
7	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	拟制定	
8		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定	
9		辐射工作人员岗位职责	拟制定	
10	应急	辐射事故/事件应急预案	拟制定	

建设单位应根据上表制定辐射安全管理制度，将本项目纳入管理和辐射事故应急范围，并根据具体实践过程中出现的问题对原有制度的不足之处进行及时修订，以更适应后期运行需求。同时，建设单位应规范设备操作人员和其他人员的辐射安全监管，定期对设备操作人员和其他人员进行培训，强化操作人员和其他人员的辐射安全意识。

同时根据《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函〔2016〕1400号），《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《电子加速器操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和

实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

## 辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

### 一、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发〔2010〕49号）做好个人剂量管理的工作。同时根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，同时建设单位应建立个人剂量档案。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，建设单位应当将个人剂量档案保存终身。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

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；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

## 二、辐射工作场所监测

(1) 监测内容：射线装置工作场所监测因子为 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致并适当增加监测点位，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。

(3) 监测频度：每季度监测 1 次；另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，监测报告附到年度评估报告中，于每年 1 月 31 日前将评估结果上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

(4) 监测范围：辐照室屏蔽体外、辐照室迷道口，主机厅防护门外、控制室、排线沟穿墙处、通排风口穿墙处。

(5) 监测设备：便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪。

(6) 质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-3 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	射线装置工作场所	X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	辐照室屏蔽体外 30cm 处、辐照室迷道口，主机厅防护门外 30cm 处、控制室、排线沟穿墙处、通排风口穿墙处	每季度一次（记录监测数据存档）	便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪
委托监测	射线装置工作场所	X- $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	辐照室屏蔽体外 30cm 处、辐照室迷道口，主机厅防护门外 30cm 处、控制室、排线沟穿墙处、通排风口穿墙处	(1) 竣工环保验收监测；(2) 年度监测	便携式 X- $\gamma$ 辐射剂量率监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计

## 三、年度评估报告情况

建设单位应于每年 1 月 31 日前将上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：

<http://rr.mee.gov.cn>），近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增、注销以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

#### 四、辐射事故应急

为了加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全使用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求完善现有的《辐射事故应急预案》，其内容应包括：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织；③培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；④辐射事故分级及应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序。

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将人员远离机房，关闭机房维修门，同时向主管领导报告。

（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》，向当地生态环境报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

**其他要求：**（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，应根据国家发布新的相关法规内容，结合建设单位实际及时对预案作补充修改，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：四川辐创生物科技有限公司 2025 年新建工业用电子加速器辐照装置核技术利用项目

建设单位：四川辐创生物科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号四川鑫宇束能生物科技有限公司 1 栋 1 楼 1 号厂房内。

本项目建设内容：本项目位于邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号四川鑫宇束能生物科技有限公司 1 栋 1 楼 1 号厂房（目前正在建设中，高度约 14.8m，地上一层建筑，面积约 1619m<sup>2</sup>）开展工业电子加速器辐照加工项目。拟在 1 号厂房内北部新建 1 座工业电子加速器机房（1#加速器机房），机房内安装一台电子束流能量为 10MeV，电子束流强度为 2mA 电子直线加速器，型号为 10.0MeV-20kW 电子加速器，属于 II 类射线装置，用于农副产品和食品的消毒杀菌。根据建设单位初步规划，本次新增使用的电子加速器每天出束时间约 16h，年工作 300 天，则年最大出束时间约为 4800h。

### **二、项目产业政策符合性分析**

本项目属于核技术在辐照技术领域的应用，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，符合国家产业发展政策。

### **三、本项目选址及平面布局合理性分析**

本项目电子加速器辐照装置机房拟建地位于四川省成都市邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号 1 栋 1 楼 1 号（1 号厂房内）。根据四川鑫宇束能生物科技有限公司建设用地规划许可证（附件 3），该地块属于工业用地，规划许可证项目名称：邛崃市绿色食品工业电子束辐照加工新建项目。根据现场踏勘，厂区周围均规划为工业企业。四川辐创生物科技有限公司为四川鑫宇束能

生物科技有限公司投资合作公司，租用四川鑫宇束能生物科技有限公司邛崃市文君街道经开区绿色食品产业园南江路 90 号 1 栋 1 楼 1 号厂房内开展本项目，因此选址合理。本项目周围 50m 范围内无学校、医院、疗养院、集中居住区、自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点和生态敏感点等制约因素，本项目在厂房内建设，不新增用地，且建设的辐照装置机房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。综上所述，项目总平面布置是合理的。

#### 四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目拟建地及周围各监测点 X- $\gamma$ 辐射剂量率范围为  $6.3 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 8.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即  $63 \text{nGy/h} \sim 86 \text{nGy/h}$ ，与成都市生态环境局《2024 成都生态环境质量公报》中的环境  $\gamma$  辐射剂量率连续自动监测日均值范围（ $66.7 \text{nGy/h} \sim 117 \text{nGy/h}$ ）基本一致，属当地正常天然本底辐射水平。

#### 五、环境影响评价结论

##### 1、辐射环境影响分析

经现场监测和模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价  $5 \text{mSv}$  的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价  $0.1 \text{mSv}$  的公众人员年剂量约束值。

##### 2、大气的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成明显影响。

##### 3、废水的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中会产生冷却水，循环使用不外排，不会对周围水环境造成影响；纯水制备过程中产生的浓水与辐射工作人员产生的少量生活污水经市政污水管网排入邛崃市第二污水处理厂处理达标后，排放至南河，对周围环境影响较小。

##### 4、固体废物的环境影响分析

本项目不会产生危险废物和放射性固废，对周围环境无影响。生产活动中产生的少量废包装物、废 RO 膜、废滤芯和辐射工作人员产生的生活垃圾收集后由

环卫部门统一收集处理。

## 5、声环境影响分析

本项目主要噪声源距离厂界最近为 18m，经预测，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）3 类区标准限值要求，不会对周围声环境产生明显影响。本项目的辊道和产品装卸会产生一定噪声，但噪声值较小，经墙体隔声和距离衰减后，对周围声环境影响较小。

## 6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理规章制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

## 7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的环境保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

## 8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，制定辐射事故、应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对照一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

## 9、项目环保可行性结论

建设单位在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后，本评价认为，本项目租用四川鑫宇束能生物科技有限公司厂房内部北侧内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

## 建议和承诺

### （一）建议

1、认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

2、不断提高工作人员素质，增强职工环保意识和安全意识，做好辐射防护设施、设备的维护保养，避免发生辐射事故。

3、建设单位变更登记辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐

射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对建设单位所用射线装置的相关信息填写。

4、辐射工作人员证在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fusHc.mee.gov.cn>）参加辐射安全培训并报名参加考核。

## （二）项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，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使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。本工程竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 环境保护设施验收一览表

类别	环保设施/措施	数量
加速器机房屏蔽措施	包括一层辐照室四周混凝土墙体及屋顶、二层加速器主机厅四周混凝土墙体及屋顶、栅栏门 2 扇、铅防护门 1 扇	1 座
安全装置	门机联锁装置	2 套
	门灯联锁装置	2 套
	臭氧风机联锁	1 套
	清场巡检开关	5 个
	紧急停机按钮装置（辐照室 7 个和主机厅 3 个，控制室 1 个）	11 个
	紧急开门按钮装置	3 个
	控制区紧急停机（拉线开关）	3 个
	视频监控系统	1 套
	反光镜	3 个
	防误入装置（行人红外光电联锁）	9 个
	通风联锁	1 套
	剂量联锁（固定式剂量探测器 2 套）	2 套
	工作状态指示灯	3 个
	灯光和声音报警	7 个
	电离辐射警告标志	3 个
监测仪器及警示装置	烟雾报警装置	3 个
	便携式 X-γ 辐射监测仪	1 台
	个人剂量计	5 个
	个人剂量报警仪	2 台
废气处理	两区划分地标线	若干
	21000 m <sup>3</sup> /h 风机 1 台、15m 高排风管道 1	1 套

	套	
隔声处理	隔音减振措施	/
规章制度	辐射安全与环境保护管理机构文件，辐射安全防护管理规定，安全防护设施维护、维修管理制度，射线装置台账管理制度（转让、使用、报废），场所分区管理规定，电子加速器操作规程，场所及环境监测方案，监测仪表使用与校验管理制度，辐射工作人员培训/再培训管理制度，辐射工作人员个人剂量管理制度，辐射工作人员岗位职责，辐射事故/事件应急预案，放射性“三废”管理规定	

表 14： 审批

下一级环保部门预审意见：	
	公 章
经办人	年 月 日
审批意见：	
	公 章
经办人	年 月 日