

核技术利用建设项目

南充市亿绿科技有限责任公司新建  
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)

南充市亿绿科技有限责任公司

2026年2月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

南充市亿绿科技有限责任公司新建  
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：南充市亿绿科技有限责任公司

建设单位法定代表人（签名或签章）

通讯地址：四川省南充市西充县多扶镇多扶大道二段6号双创科技孵化大楼2-3-1室

邮政编码：637260

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.....	12
表 3：非密封放射性物质.....	12
表 4：射线装置.....	13
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）.....	14
表 6：评价依据.....	15
表 7：保护目标与评价标准.....	17
表 8：环境质量和辐射现状.....	22
表 9：项目工程分析与源项.....	26
表 10：辐射安全与防护.....	38
表 11：环境影响分析.....	63
表 12：辐射安全管理.....	93
表 13：结论与建议.....	103

## 附图

附图 1：本项目地理位置图

附图 2：本项目厂区外 500m 外环境关系图

附图 3：机房外环境关系图及监测布点图

附图 4：加速器机房所在厂房平面布置图

附图 5-1：本项目加速器机房平面设计图（一层）

附图 5-2：本项目加速器机房平面设计图（二层）

附图 6：本项目加速器机房剖面设计图

附图 7：园区规划图

## 附件

附件 1：委托书

附件 2：项目立项备案表

附件 3：土地证

附件 4：营业执照

附件 5：现状监测报告

附件 6：关于成立辐射安全与环境保护领导小组的通知

附件 7：设备参数确认函

附件 8：辐射安全与防护培训和考试的承诺

附件 9：全厂大环评批复

**表 1：项目基本情况**

项目名称		南充市亿绿科技有限责任公司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		南充市亿绿科技有限责任公司				
法人代表		■■■■■	联系人	■■■■■	联系电话	■■■■■
注册地址		四川省南充市西充县多扶镇多扶大道二段6号双创科技孵化大楼2-3-1室				
项目建设地点		四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内				
立项审批部门		西充县发展和改革局		批准文号	川投资备【2507-511325-04-01-605378】FGQB-1112号	
建设项目总投资（万元）		■■■■■	项目环保总投资（万元）	■■■■■	投资比例（环保投资/总投资）	■■■■■
项目性质		<input 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

南充市亿绿科技有限责任公司（以下称“建设单位”，统一社会信用代码：91511325MAEAB86D87）成立于2025年1月，注册地址位于：四川省南充市西充县多扶镇多扶大道二段6号双创科技孵化大楼2-3-1室。公司主要经营范围包括一般项目：食用农产品初加工；农作物秸秆处理及加工利用服务；农业专业及辅助性活动；智能农业管理；土壤污染治理与修复服务；农业机械销售；互联网销售（除销售需要许可的商品）；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广等等，许可项目：发电业务、输电业务、供（配）电业务；食品销售；茶叶制品生产；食品用纸包装、容器制品生产；II、III类射线装置销售；消毒器械销售；粮食加工食品生产；水产养殖；水产苗种生产；渔业捕捞；天然水域鱼类资源的人工增殖放流；转基因水产苗种生产；水产苗种进出口。

目前，南充市亿绿科技有限责任公司尚未申请过辐射安全许可证，此次系建设单位首次开展核技术利用建设项目。

#### (二) 项目由来

辐照加工是一种利用电离辐射与物质相互作用所产生的物理、化学和生物效应，对被加工物品进行处理的新型加工技术，其应用领域广泛，包括高分子材料改性、食品保鲜、医疗用品灭菌、环境保护等多个领域。

西充县拥有蜜桃、脐橙、黄心苕、二荆条辣椒、茶叶等特色农产品，同时川东北有机农产品精深加工产业园内有南充市西充红福人家有机食品股份有限公司、四川果泰食品有限公司等多家下游农产品加工及食品生产企业；以及建设单位厂区内进行香薷茶加工。园区内及周边目前均无辐照灭菌企业。本项目建设电子辐照设施，对自产香薷茶、周边农产品及园区下游加工农副产品、食品进行辐照灭菌，填补辐照灭菌的空白，提升产品的品质，为西充“有机农业”金字招牌提供保障。辐照灭菌产品来源于本企业茶叶生产成品以及周边企业及农户。

建设单位于2025年7月2日经西充县发展和改革局备案登记同意，完成四川省固定资产投资项目备案表，备案号：川投资备【2507-511325-04-01-605378】FGQB-1112号（详见附件2），备案项目为“川东北有机农产品融合发展示范园建设项目”。该建

设项目于 2025 年 12 月 23 日取得南充市生态环境局核发的《关于川东北有机农产品融合发展示范园建设项目环境影响报告表》的批复，批复号：南西环审〔2025〕7 号（详见附件 9）。

南充市亿绿科技有限责任公司根据发展规划，拟在四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内新建 1 座辐照用工业电子加速器机房，并新增使用 1 台电子束最大能量为 10MeV，功率为 22kW 的工业电子直线加速器，属于 II 类射线装置，主要用于开展辐照加工，主要为自产香薷茶以及客户单位提供的农产品、农副产品、食品的辐照灭菌处理服务，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）（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目为“**使用 II 类射线装置的**”，应编制环境影响报告表。

为此，南充市亿绿科技有限责任公司委托四川科正检测技术有限公司（以下称“评价单位”）开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。四川科正检测技术有限公司接受委托后，在现场勘察、收集资料并结合监测单位现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《南充市亿绿科技有限责任公司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，加大环境影响评价信息公开力度。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。

南充市亿绿科技有限责任公司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的评价内容与目的：

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

根据以上要求，建设单位于 2026 年 2 月 3 日在上级公司官网（<http://www.xchysw.cn/Home/NewsList?type=%E5%85%AC%E5%8F%B8%E8%B5%84%E8%AE%AF>）进行了全文公示，以征求公众意见。截至目前，建设单位及评价单位未收到任何信息反馈。



**关于南充市亿绿科技有限责任公司新建工业用电子加速器辐照装置的公示**

来源：西充县泓源水务发展有限公司 阅读：7次

— 2026 —

02/03

— 分享 —



**关于南充市亿绿科技有限责任公司新建工业用电子加速器辐照装置的公示**

南充市亿绿科技有限责任公司拟在四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园区内新建1座辐照用工业电子加速器机房，并新增使用1台电子束最大能量为10MeV，功率为22kW的电子直线加速器，主束方向向下，属于II类射线装置。

本项目需要编制环境影响评价报告表。根据相关法律法规的要求，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书（表）前，应依法主动公开建设项目环境影响评价报告书（表）全本信息。因此，本单位现将《南充市亿绿科技有限责任公司新建工业用电子加速器辐照装置》全本进行公示，以接受公众监督。

建设单位：南充市亿绿科技有限责任公司

项目名称：南充市亿绿科技有限责任公司新建工业用电子加速器辐照装置

项目地点：四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园区内

联系人：赵总

联系人电话：15760590515

环评单位：四川科正检测技术有限公司

环评单位联系人：邓工

环评单位联系电话：18200544707

附件：公示本-南充市亿绿科技有限责任公司新建工业用电子加速器辐照装置核技术应用项目

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：南充市亿绿科技有限责任公司新建工业用电子加速器辐照装置核技术应用项目

建设单位：南充市亿绿科技有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内，项目地理位置见附图 1。

## （二）项目建设内容及规模

南充市亿绿科技有限责任公司拟在四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内新建电子束辐照厂房（目前厂房正在建设中，厂房设计高 13.5m，建筑面积 11000m<sup>2</sup>），在厂房内开展工业电子加速器辐照加工项目。目前项目厂区厂房、办公实验楼等构筑物建设已取得环评批复【南西环审（2025）7号】。

拟在电子束辐照厂房内西北侧新建 1 座工业电子加速器机房，机房内安装 1 台电子束流能量最大为 10MeV，电子束流强度为 2.2mA 的电子直线加速器，型号为 10.0MeV-22kW 型电子加速器，属于II类射线装置，用于农产品、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 10.8m。

### 1、一层辐照室及其辅助设施

一层辐照室建筑面积 253.39m<sup>2</sup>，尺寸为长 21.7m×宽 15.073m×高 4.1m，辐照室西侧墙体为 3m 厚混凝土，拐角处由长 1.6m×1.1m 厚混凝土墙体转接长 3.8m×1.7m 厚混凝土墙体；辐照室北侧墙体为 3m 厚混凝土；辐照室东侧连接北侧墙体为长 2.4m×1.7m 厚混凝土，然后连接 0.9m 厚混凝土墙体；辐照室中间用“L”型混凝土墙体分隔，横向为长 7.4m、厚 2.4m，竖向为长 7.4m、厚 2.3m；东侧、西侧设置“S”型迷道，迷道左右两侧内墙均为 0.8m 厚混凝土，东侧迷道东侧外墙与西侧迷道西侧外墙均为 0.9m 厚混凝土，辐照室南侧迷道外墙为 0.8m 厚混凝土，两个迷道共用中墙为 0.7m 厚混凝土；辐照室顶部为 2m 厚混凝土，地面为 0.9m 厚混凝土基础。迷道入口安装不锈钢栅栏门。在辐照室西北侧设置水冷室。

### 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，位于辐照室上方。二层加速器主机厅建筑面积为 93.48m<sup>2</sup>，尺寸为长 12.3m×宽 7.6m×高 6.7m。东侧、西侧、北侧、南侧墙体均为 2m 厚混凝土。大厅设置迷道，迷道内墙为长 0.4m、厚 0.6m 混凝土，顶部为 1m 厚混凝土。加速器大厅安装 0.8m 厚混凝土电动平移门。

本项目辐照室拟设置有生产作业区、货物传送系统、已辐照区域及未辐照区域，待到受辐照物品经过传送带及运输轨道从迷道入口进入辐照室内进行辐照加工，辐照加工完成的物品经迷道出口离开辐照室。

### 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，属于立式结构，II 类射线装置。加速器最大电子能量为 10MeV，最大束流强度为 2.2mA，功率为 22kW，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-22kW	1 台	最大电子束能量： 10MeV； 最大束流强度： 2.2mA	II	使用	竖直向下	本次新建工业电子加速器机房

#### (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 10.8m，机房内拟安装 1 台 10.0MeV-22kW 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 2.2mA，加速器主机位于二层主机厅。	一层辐照室建筑面积 253.39m <sup>2</sup> ，尺寸为长 21.7m×宽 15.073m×高 4.1m，辐照室西侧墙体为 3m 厚混凝土，拐角处由长 1.6m×1.1m 厚混凝土墙体转接长 3.8m×1.7m 厚混凝土墙体；辐照室北侧墙体为 3m 厚混凝土；辐照室东侧连接北侧墙体为长 2.4m×1.7m 厚混凝土，然后连接 0.9m 厚混凝土墙体；辐照室中间用“L”型混凝土墙体分隔，横向为长 7.4m、厚 2.4m，竖向为长 7.4m、厚 2.3m；东侧、西侧设置“S”型迷道，迷道左右两侧内墙均为 0.8m 厚混凝土，东侧迷道东侧外墙与西侧迷道西侧外墙均为 0.9m 厚混凝土，辐照室南侧迷道外墙为 0.8m 厚混凝土，两个迷道共用中墙为 0.7m 厚混凝土；辐照室顶部为	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾、施工生活污水、生活垃圾等。 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	X 射线、电子线、臭氧及氮氧化物、生活污水、生活垃圾、噪声

	<p>2m厚混凝土,地面为0.9m厚混凝土基础。迷道入口安装不锈钢栅栏门。在辐照室西侧设置水冷室。</p> <p>二层为加速器主机厅(加速器大厅)、控制室、电气室,位于辐照室上方。二层加速器主机厅建筑面积为93.48m<sup>2</sup>,尺寸为长12.3m×宽7.6m×高6.7m。东侧、西侧、北侧、南侧墙体均为2m厚混凝土。大厅设置迷道,迷道内墙为长0.4m、厚0.6m混凝土,顶部为1m厚混凝土。加速器大厅安装0.8m后混凝土电动平移门。</p>		
辅助工程	<p>控制室(面积约22.43m<sup>2</sup>)、水冷室(面积约49.44m<sup>2</sup>)、电气室(面积约45.76m<sup>2</sup>)。</p> <p>工业电子加速器机房一层配套建设有辐照产品卸货区、生产区、辐照完成区以及上货区。</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>
公用工程	<p>依托厂区内已有的配电、供电和通讯系统等。</p>	<p>依托厂区建成后设施</p>	
环保工程	<p>生活污水依托厂区污水管道排入市政污水管网;办公、生活垃圾依托厂区收集系统统一收集由市政环卫部门统一清运。</p> <p>排风系统1套,排风量为15000m<sup>3</sup>/h,排风筒高度高于厂房顶面1.3m。</p>	<p>施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等</p>	<p>臭氧、氮氧化物、噪声、盛百货垃圾、生活污水</p>
办公生活设施	<p>办公区域依托厂区拟建设的办公楼。</p>	<p>施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等</p>	

#### (四) 主要设备配置及主要技术参数

本项目主要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-22kW
厂家	████████████████████
电子束能量	10.0MeV
束流损失点能量	3MeV
束流损失率	0.5%
X射线发射率(未修正)	████████████████████

最大束流功率	22kW
额定电子束流	2.2mA
扫描宽度	0.8m
能量不稳定性	
束流不稳定性	
主射束方向	
最小稳定剂量	
加速器工作方式	

### (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	16.7 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

南充市亿绿科技有限责任公司拟在四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内新建电子束辐照厂房（目前厂房正在建设中，厂房设计高度 13.5m，建筑面积 11000m<sup>2</sup>），在厂房内开展工业电子加速器辐照加工项目（即“本项目”），项目的生产运行需要依托厂区建成后办公实验楼，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，目前项目厂区厂房、办公实验楼等构筑物建设已取得环评批复（南西环审〔2025〕7 号）。

## 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
本次新建工业电子加速器机房	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，本项目属于鼓励类第六项“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”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家产业发展政策。

## 五、实践正当性分析

粮食、果蔬等农产品、农副产品和食品在制作、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。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) 辐照保鲜延长了食品的货架期，极大提高了食品的远销能力，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。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。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”要求,对于一项实践,只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后,其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时,该实践才是正当性的。

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。且本项目的开展,在给企业带来利益同时,对工作人员和公众的外照射引起的年有效剂量低于根据最优化原则设置的项目剂量约束值,在采取了相应的辐射防护措施后,项目所致的辐射危害可得到有效控制,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”要求。

## 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南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内。根据建设单位已取得的不动产权证书:川(2025)西充县不动产权第0010045号(详见附件3),项目用地性质为工业用地。根据现场踏勘结合川东北农产品精深加工产业园控制性详细规划(修编)土地利用规划图,厂区东侧、南侧、西侧均规划为工业企业,北侧紧邻为规划道路,隔道路为农林用地(现状为空地),项目周边50m范围内无敏感制约因素,因此选址合理。根据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:北侧紧邻规划道路;东南侧52m处为四川游好好食品有限责任公司;东侧紧邻已建园区道路,隔道路现状为空地;南侧紧邻川东北有机农产品加工冷链物流中心;东侧紧邻为规划工业用地,目前暂无企业入驻。

(2) 建设单位用地范围内:厂区内设有1栋香薷茶生产车间、1栋办公实验楼、1栋电子束辐照厂房,一栋辅助生产车间及配套设施等,厂区北侧留有宽敞的停车场,厂区四周设有绿地景观。道路贯穿整个生产区直接与物流大门相连,各单体建筑间均有道路相连。厂区东侧紧邻现有公路,北侧紧邻规划道路,进厂右侧为办公实验楼,入厂道路两侧为香薷茶生产车间和电子束辐照厂房,配套辅助生产车间位于厂区北侧。

拟建工业电子加速器机房外环境关系:工业电子加速器机房北侧2m~15m为厂区

内绿化带、道路，约 15m 为厂区外道路，15~32m 范围为规划道路，32m~50m 为规划农林用地（现状为空地）；东侧 21m~31m 为厂区内道路、约 31m~50m 为办公实验楼；南侧 37m~50m 处厂区内道路和绿化带；西侧 3m~14m 范围内厂区内道路、非机动车位和绿化带，14m~50m 为园区规划工业用地（目前暂无企业入驻）。

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，本项目建设的辐照装置机房为专门的辐射工作场所，具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，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川东北农产品精深加工产业园集中式污水处理厂处理达标后排入义兴河，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

南充市亿绿科技有限责任公司属首次开展核技术利用项目单位。本项目为新建项目，本项目拟建地属于工业园区规划范围，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。

**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-22kW	电子	10.0	2.2	辐照加工	工业电子加速器机房	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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境, 臭氧常温下可自行分解为氧气, 对环境影响较小

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>(12) 《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》；</p> <p>(13) 《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> <p>(14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告 2019 年第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行。</p>
------	--

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(5) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(6) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)；</p> <p>(7) 《<math>\gamma</math>射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)；</p> <p>(8) 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)；</p> <p>(9) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ 104-2017)；</p> <p>(10) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023)；</p> <p>(11) 《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025)；</p> <p>(12) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 《辐射防护导论》方杰主编，原子能出版社；</p> <p>(2) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(3) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用；</p> <p>(4) 四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引(2025年版)》的通知，川环函(2025)616号；</p> <p>(5) 生态环境部检查大纲。</p> <p>(6) 建设单位提供的其他基础性资料。</p>

表 7：保护目标与评价标准

### 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》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，并结合本项目的辐射污染特点，确定本项目评价范围为拟新建的 1 间工业电子加速器机房实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域。

### 保护目标

本项目周围 50m 评价范围主要为南充市亿绿科技有限责任公司厂界内以及厂区外工业用地、规划道路以及农林用地（目前为空地），评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是建设单位辐射工作人员和周围停留的公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，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	方位	人数	与辐射源最近距离（m）		照射类型	年剂量约束值	
				水平	垂直			
工业电子加速器机房	项目内职业人员	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	/	职业照射	5mSv/a
	项目内公众					/	公众	0.1mSv/a
	项目北侧外公众					/	公众	0.1mSv/a
						/	公众	0.1mSv/a

					/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a
	项目东侧 外公众				/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a
	项目南侧 外公众				/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a
	项目西侧 外公众				/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a
					/	公众	0.1mSv/a

## 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》（GB 3838-2002）中III类标准；

2、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）中过渡阶段二级标准浓度限值；

3、声环境质量执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）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/T 18883-2022）中1小时均值≤

0.16mg/m<sup>3</sup>;

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》（GB 8978-1996）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》（GB 12523-2025）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》（GB 12348-2008）中的3类标准（昼间 65dB（A），夜间 55dB（A））；

5、固体废物：执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）及其修改单相关标准。

### 三、辐射环境评价标准

#### 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

##### 剂量限值：

##### 1) 职业照射

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

##### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

##### 2) 公众照射

##### B1.2.1 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：

a) 年有效剂量，1mSv；

##### 剂量约束值：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10% ~ 30%（即

0.1mSv/a~0.3mSv/a) 的范围之内”, 遵循辐射防护最优化的原则, 结合项目实际情况, 本次评价取职业照射剂量限值的25%、公众照射剂量限值的10%分别作为本项目剂量约束值管理目标。另外, 根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 4.2.1 中规定公众成员个人年有效剂量约束值为0.1mSv, 建设单位保守按照HJ 979-2018标准执行, 即公众年有效剂量约束值为0.1mSv。综合以上分析要求, 剂量约束值具体见表7-2。

**表 7-2 剂量约束值**

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.1mSv/a

**辐射工作场所的分区:**

**6.4 辐射工作场所的分区**

应把辐射工作场所分为控制区和监督区, 以便于辐射防护管理和职业照射控制。

**6.4.1 控制区**

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

**6.4.2 监督区**

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区: 这种区域未被定为控制区, 在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施, 但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

**2、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)**

重点引用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 内容如下:

**“4.2.1 辐射防护原则”**

**(3) 个人剂量约束**

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB 18871 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。

#### “4.4.4 辐射屏蔽设计依据”

电子加速器辐射装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可能到达区域屏蔽体外表面 30cm 处以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h。如屏蔽体外为社会公众区域，屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

### 3、工作场所周围剂量当量率

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）规定：“电子加速器辐照装置外人员可到达区域屏蔽体外表面 30cm 处以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h。如屏蔽体外为社会公众区域，屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。”

### 4、工作场所臭氧控制水平

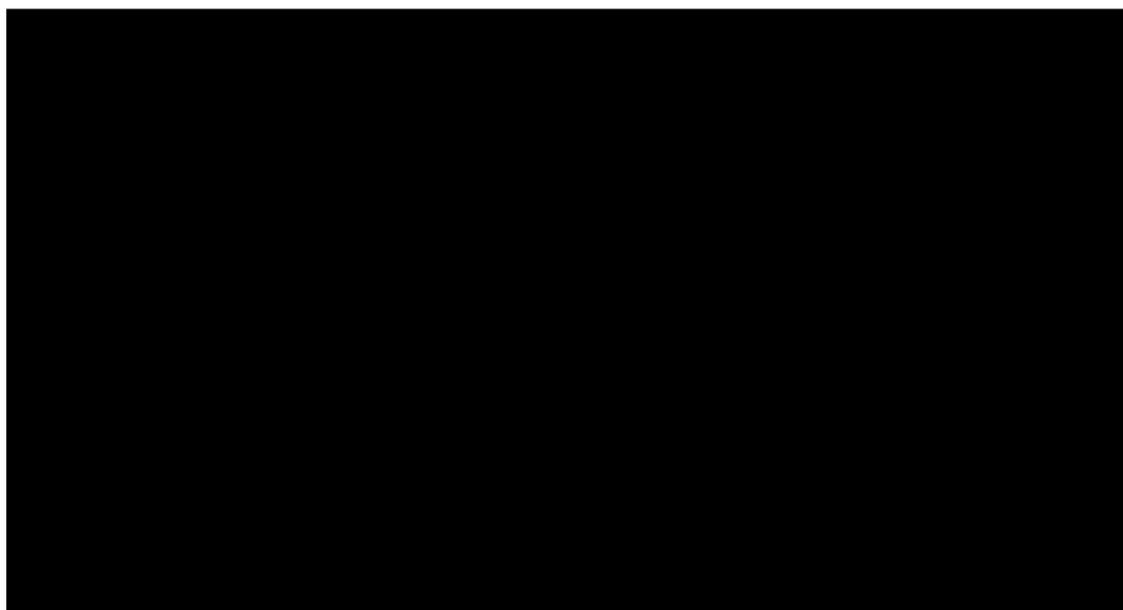
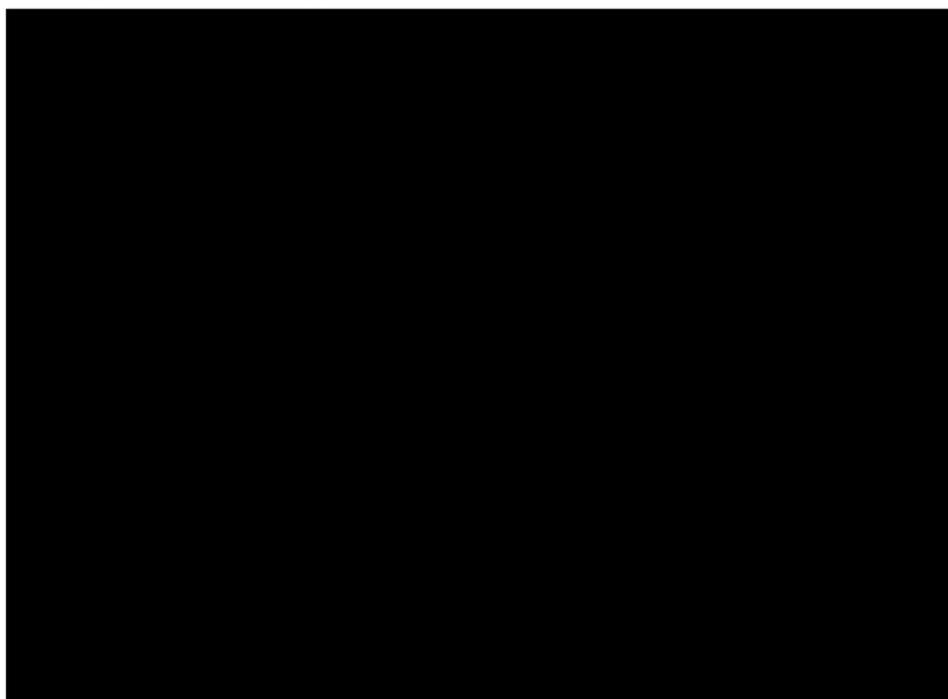
根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）规定：“主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ 2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB 3095 的规定。”

**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**

南充市亿绿科技有限责任公司位于四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内，本项目在电子束辐照厂房内建设，根据现场踏勘，目前厂房正在建设中。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II类射线装置应用项目，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，本次委托四川科正检测技术有限公司对项目拟建地的辐射环境进行了监测，监测报告详见附件5，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》（HJ 61-2021）；
- (2) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

#### 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9个监测点位，其中厂区四周各设1个监测点位（6#~9#），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。监测布点图见图8-2。

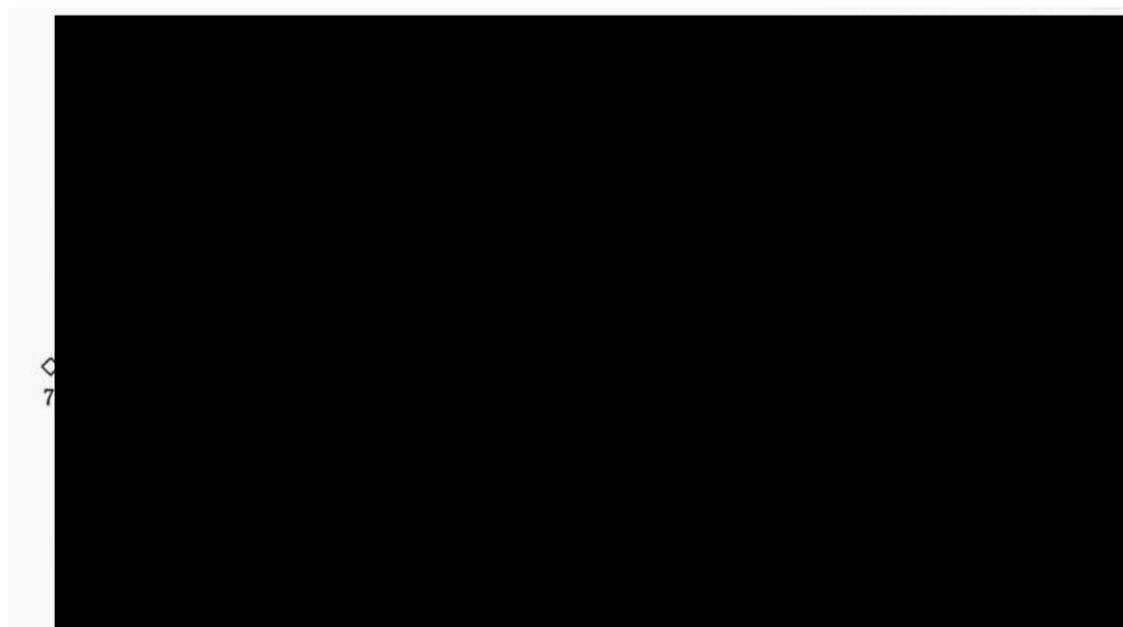


图 8-2 项目拟建地辐射环境监测点位示意图

#### 3、监测时间及现场环境状况

2025年9月24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：26.8℃；环境湿度：58.5%；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、8-2。

表 8-1 监测因子、监测方法及监测仪器一览表

监测项目	监测方法	方法来源
X-γ辐射剂量率	《环境γ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

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测仪器	使用仪器及编号	证书编号	测量范围	校准因子	校准有效期	使用环境
	X-γ剂量率仪 HD-2005 SCKZ/YQ-0231	校准字第 20250210 2235 号	0.01~500μGy/h	1.10	2025.02.18~2 026.02.17	监测期间 气温 26.8°C, 相 对湿度 58.5%

### 5、质量保证

本次监测单位为四川科正检测技术有限公司,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:222312051543),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》(HJ 61-2021),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 8-3。

**表 8-3 本项目拟建地及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果**

监测日期	点位编号	监测点位	测量值 $\pm$ 标准差 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
2025.09.24	1	本次拟建加速器机房处	0.113 $\pm$ 0.002
	2	本次拟建加速器机房北侧	0.106 $\pm$ 0.002
	3	本次拟建加速器机房东侧	0.105 $\pm$ 0.002
	4	本次拟建加速器机房南侧	0.108 $\pm$ 0.001
	5	本次拟建加速器机房西侧	0.104 $\pm$ 0.002
	6	加速器机房所在厂区西北侧	0.108 $\pm$ 0.001
	7	加速器机房所在厂区南侧	0.097 $\pm$ 0.002
	8	加速器机房所在厂区东北侧	0.110 $\pm$ 0.002
	9	加速器机房所在厂区北侧	0.105 $\pm$ 0.002

备注：1.监测期间气温 26.8 $^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 58.5%；  
2.以上结果未扣除宇宙射线响应值。

根据表 8-3，本项目拟建地及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率范围为 0.097 $\mu\text{Gy/h}$ ~0.113 $\mu\text{Gy/h}$ ，处于四川省生态环境厅发布的《2024 年四川省生态环境状况公报》全省环境 $\gamma$ 辐射剂量率年均值 $\leq 160\text{nGy/h}$  范围内，属于正常天然本底辐射水平范围。

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。本次评价要求：机房墙体采用钢筋混凝土连续浇筑工艺，不得有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。

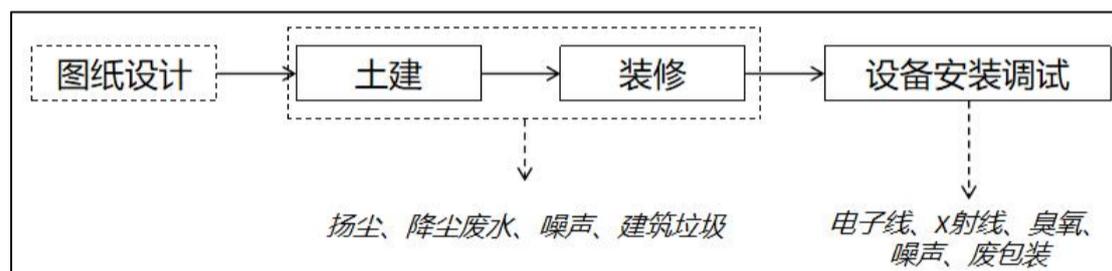


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节示意图

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，使其对环境的影响降至最低程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

### 二、营运期

#### (一) 加速器辐照装置简介

本项目电子加速器主要由电子枪、加速结构、调制器、功率源、微波传输系统、聚焦系统、导向系统、偏转系统、真空系统、水冷系统、控制系统等组成。本项目工业电子加速器的结构图见图 9-2。加速器在进行辐照时由电子枪发射电子，电子经加速器管加速并经扫描盒扩展成为均匀的有一定宽度的电子束，以对农产品、农副产品和食品等进行辐照灭菌保鲜加工服务。

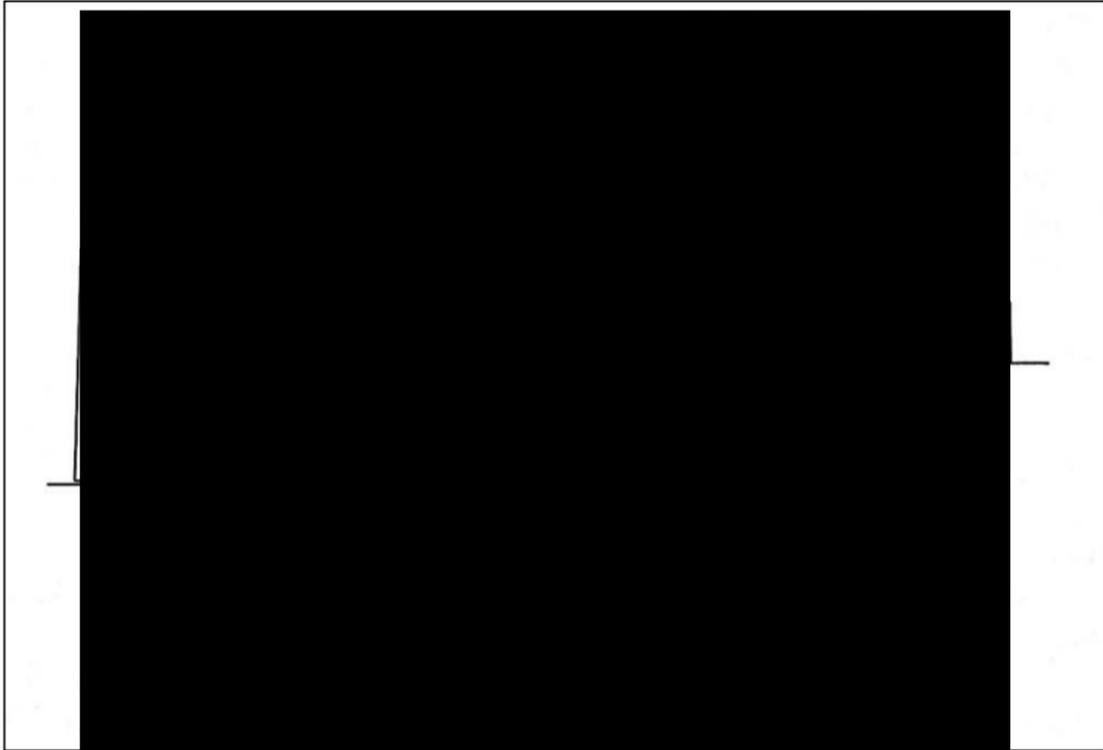


图 9-2 本项目电子加速器结构示意图

(1) 电子枪：用于发射可被加速管电磁场俘获的电子束，为加速器系统提供合适能量与强度的电子束流。

(2) 脉冲调制器：用以产生供电子枪、高频功率源使用的高压脉冲。常用的调制器为线性调制器，由直流高压电源、充电变压器、充电整流器、脉冲形成线（PFN）、闸流管、脉冲变压器、触发器、de-Q-ing 电路等组成。

该系统中脉冲变压器初级线圈在放电脉冲的驱动下，多绕组次级线圈分别产生速调管正常工作所需的脉冲高压和电子枪正常工作所需的阴极脉冲高压。系统的工作性能，对速调管和电子枪的正常工作有着至关重要影响，主要由脉冲开关主件、储能元件、脉冲变压器和油冷循环装置组成。

(3) 微波功率源：由磁控管或速调管（或感应输出管 IOT）作为核心振荡/放大元件，配合固态源和脉冲调制器供电，其原理是将直流或脉冲高压电能转化为高频微波能量，为加速管提供射频功率以建立加速电场。其中主要为能量转化：

脉冲调制器将直流高压转化为高功率脉冲电压，加至微波源（如磁控管或速调管）的阳极/收集极。然后进行功率输出：生成的微波（功率达兆瓦级脉冲）经波导或同轴传输至加速管，建立行波或驻波电场以加速电子束。

（4）微波传输系统：指除加速管外的整个微波传输结构，包括波导、耦合器、定向耦合器、隔离器、真空窗、吸收负载等微波器件。其原理是通过低损耗传输线将微波功率源产生的射频能量高效、定向地传输至加速管，同时隔离反射功率以保护源并维持系统稳定。

（5）聚焦系统：电子直线加速器中，在纵向聚束区域，电子束流在横向受到高频电场的散焦作用。同时空间电荷效应也会使电子束产生很大的发散，因此必须采用聚焦系统。电子直线加速器的聚焦系统为螺线管线圈，缠绕在加速管外，建立轴向磁场。当电子的速度接近光速时，高频电场和空间电荷作用的散焦力也趋于零，因此在能量较高的加速区，散焦作用比较小，一般只需要隔一定距离加上一组聚焦线圈。

（6）导向系统：由于加速器的各系统的机械加工总是不可避免的存在误差，同时安装过程中也会引入安装误差，因此实际运行中电子束往往不在设计的中心轨道上传输，需要对偏离的电子束进行位置和方向的导向，使其回到中心轨道上。在电子直线加速器中，使用磁导向器对束流进行导向。磁导向器由两组垂直的电磁铁组成，分别用来对水平和竖直两个方向进行导向。

（7）真空系统：加速管中需要保持较高的真空，主要是为了减少束流与气体分子的碰撞而引起的束流的损失和防止高频放电。目前主要采用钛离子泵作为获得高真空的设备。真空泵一般靠近电子枪一端，以提高电子枪内的真空度。真空系统也包括一些必要的真空规来监测和测量真空度。

（8）加速管系统：主要位于主机室，部分在辐照室。该系统主要完成电子束流的产生、加速、扫描和输出，超高真空环境是加速管系统工作的基础，所以加速管系统和真空系统是密不可分的。加速管系统主要由电子枪、离子泵、加速管、加速管聚焦线圈、真空四通、波纹管、束流传感器（BCT）、扫描线圈及磁铁、输出盒、加速管机架等组成。

为了使电子枪能够发射电子，而且电子能够在加速管中沿轴线加速，加速管内必须是真空状态。本项目真空系统主要由真空四通进行，真空四通的主要作用是上下通过法兰连接加速管与束流传感器（BCT），中间 CF63 的法兰与离子泵

相连通，通过离子泵的正常工​​作来满足真空腔体内的真空度。中间另外一个法兰与 L 形角阀门开关连接，需要时可与分子泵连接。其内部包含了刮束器，电子束会有一小部分低能电子散射，电子束在通过刮束器的时候，散射比较严重的电子会被刮束器阻挡，通过刮束器的冷却水将被阻挡电子产生的热量带走。

(9) 恒温水冷系统：工业电子加速器的恒温水冷系统主要由水冷机、热交换器、水泵、管道、水箱及温控装置组成，其原理是通过循环冷却水吸收关键部件（如加速管、磁铁）产生的热量，并利用外部冷却介质（如空气或水）散热，以维持系统稳定温度。

## **(二) 传输设备**

加速器传输设备（传送带）输送线路依照辐照室的迷宫进行设置，为首尾连接布局，输送系统采用水平循环输送方式，同时适应托盘及纸箱货物传送。通过输送系统连接辐照室内的辐照加工区以及辐照室外的人工上、下货区，需要辐照处理的物品放置在专用托盘内由输送系统送入辐照区进行加工处理。

辐照室拟设置有货物传输系统，该系统由板链传输机、90°弯道段、直线段及减速机组成，待辐照物品在辐照前由装卸工作人员将其搬运至传送带上，货物经运输轨道从迷道口进入辐照室内进行辐照加工，辐照加工完成的物品经迷道出口离开辐照室，循环往复自动运行。该货物传送系统与工业电子加速器的束下装置系统设有工艺联锁，当货物传送系统出现故障时电子加速器立即停止出束。

输送系统平面布置见图 9-3。

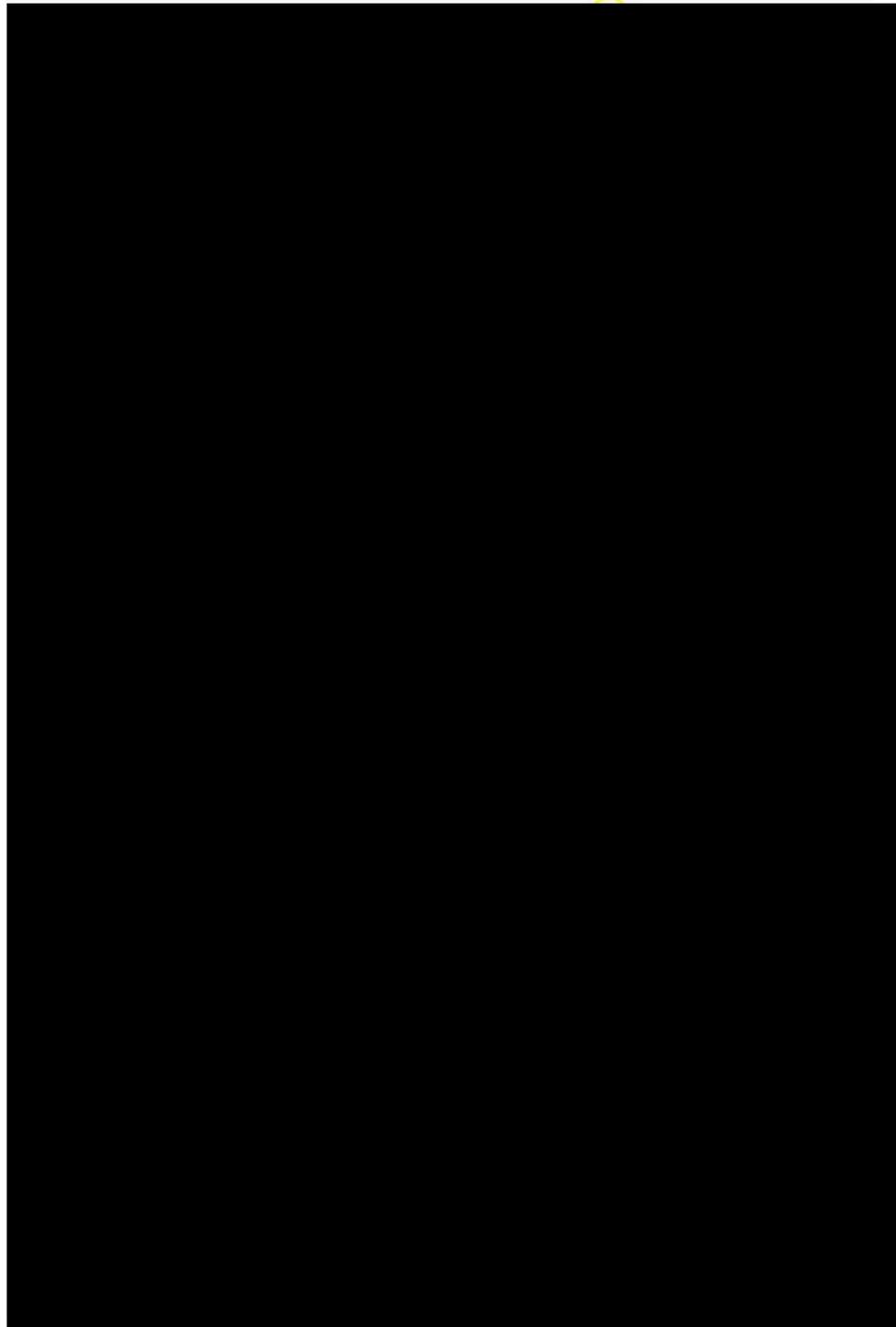


图 9-3 本项目辐照室流水线布局图

### （三）辐照室及其安全设施

在辐照应用中，产品在传送带上送入辐照区通过电子束辐照区后送出辐照区，整个过程是连续进行的。当电子束辐照产品时产生的 X 射线，入射到物体表面,例如屏蔽墙表面，地面等都会发生反散射，从传送孔道中泄漏出来。为了确保上下货区工作人员的辐射安全，传送带的进和出都必须通过迷道，迷道的通道宽度满足人员及最大产品的通过，迷道进出口外的辐射剂量满足人员安全要求。

加速器机房按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的要求设有门机联锁、束下装置联锁、巡检按钮、防人误入装置、急停装置等安全防护措施，以保障机房周围工作人员安全。

#### （四）控制系统

控制系统是将上面所述的加速器的各个功能系统，连接成一个整体并保证设备整体高效、稳定运行的系统。加速器运行时，既有高压又有电离辐射，因此可靠的安全联锁是控制系统首要的功能，同时确保人员及设备的安全可靠运行。

#### （五）工业辐照加速器工作原理

工业辐照加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。

本项目所使用的工业辐照加速器为非自屏蔽式设备，其工作原理可概括为：首先将低压工频电能用高频振荡器变成高频电能输送给高压发生器；经过高压发生器内高频变压器的作用变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束。

本项目主要对农产品、农副产品和食品等辐照产品进行辐照灭菌，辐照灭菌消毒是利用电子束电离辐射穿透力强、能耗低、无毒物残留不污染环境，速度快、操作安全、加工易于控制，且常温下可行的优点，目前在灭菌消毒行业已占据大部分市场份额。食品辐照保鲜技术是指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，提高卫生品质。其原理是辐射能量可以破坏微生物细胞的 DNA 分子，进而抑制其生长和繁殖，达到杀灭微生物的目的。在辐射杀菌过程中，辐射源会释放出高能电离辐射或电子束，这些辐射能量会穿透到微生物细胞内部，当辐射能量与微生物细胞内的 DNA 分子相互作用时，会造成 DNA 链断裂，破坏其结构和功能。这使得微生物无法正常复制和传递遗传信息最终导致微生物死亡。

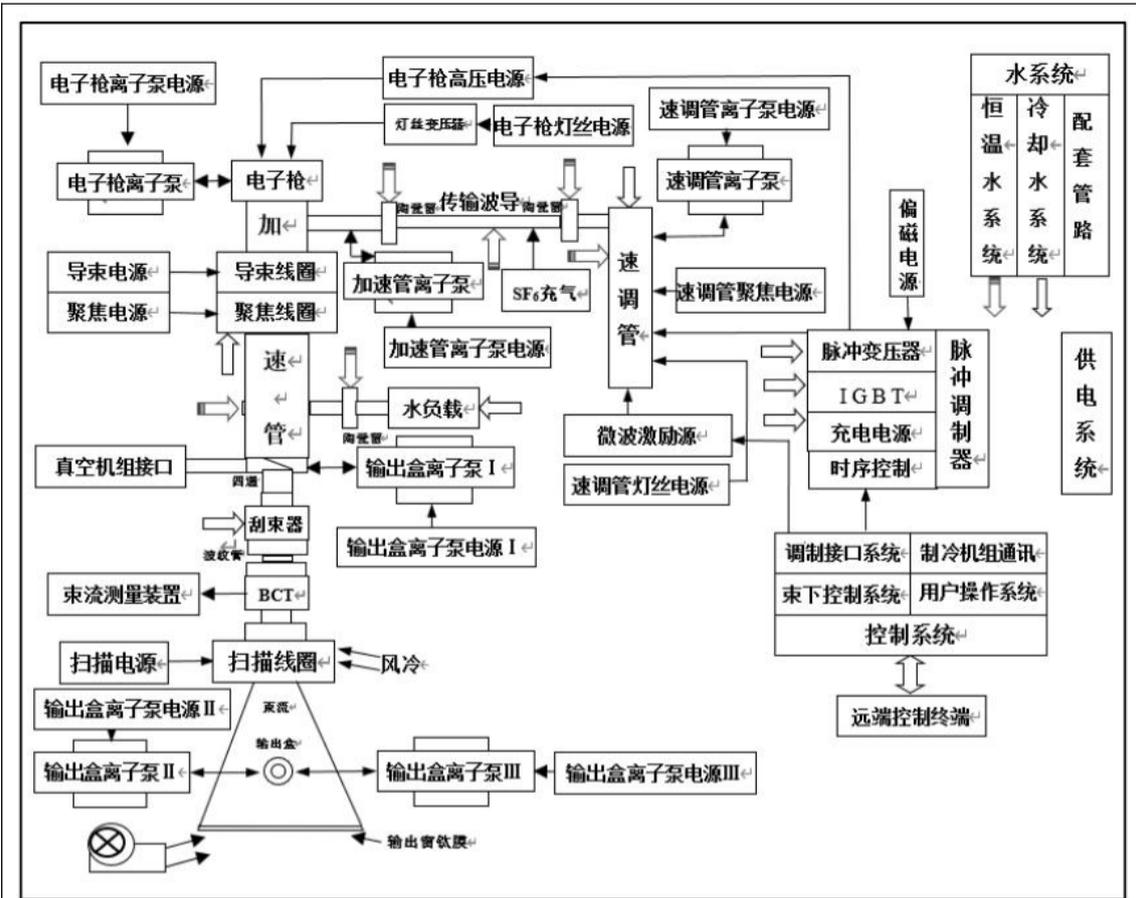


图 9-4 电子加速器系统工作原理示意图

#### (六) 工艺流程及产污环节

本项目工业电子加速器辐照室拟设置有货物传送系统，待辐照物品在辐照前由装卸工将其搬运至传送带上，货物经运输轨道从上货区迷道口进入辐照室内进行辐照加工，辐照加工完成的物品经卸货区迷道出口离开辐照室，循环往复自动运行。

在进行辐照时，加速器电子枪出束口在辐照室内，辐射工作人员位于辐照室外控制室采用隔室操作，辐照室可为辐射工作人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入辐照室。

本项目工艺流程如下：

1、产品检验，辐照前对辐照对象按规定程序进行质量检查，检查是否符合辐照包装要求，符合辐照要求的货物转运至待检区等待辐照，不符合要求的辐照产品不予以接收，退回至客户单位重新包装；

2、制定辐照方案，根据辐照对象存在问题和辐照目的，以及辐照对象特征和工艺参数等指标确定辐照剂量率和辐照时间；

3、开机前准备，对现场和辐照装置进行安全检查，通过巡检和监控系统确

认所有人员已撤出辐照室和主机室，并确认辐照室和主机室的通风系统和其他安全措施都正常投入工作。

4、开机预热，设备自检，调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

5、辐射工作人员现场检查各项安全措施无异常，并通过视频监控系统再次查看室内情况，确保无人逗留，确认相关辅助系统运行正常并再次确认无异常情况，设置运行参数，启动辐照装置；

6、搬运工作人员将待辐照产品搬运至传送带上，货物自动经运输轨道及迷道进入辐照室；货物经传输系统传输至电子束下方辐照区域，经辐照后，自迷道另一侧出口传出辐照室，完成一轮辐照工作。

7、辐照完成后，通风设施保持继续工作对辐照室排风换气。卸货区工作人员将已辐照的产品对象从传送带卸下，并运至已辐照货品堆放区存放，待产品抽检合格后批准运出。

本项目正常情况下，加速器开机前，工作人员须进入辐照室和主机室内进行巡查，建设单位的辐射工作人员在工作时，均应携带处于开启状态下的个人剂量报警仪并佩戴个人剂量计。整个辐照工艺流程流水线自动操作，辐照过程中，辐射工作人员只需在控制室密切关注相关仪表的参数，无需进入辐照室和主机室进行任何操作，另有搬运工作人员在上下货区对产品进行装卸。

本项目辐照加工工艺流程和主要产污环节示意如图 9-5 所示。

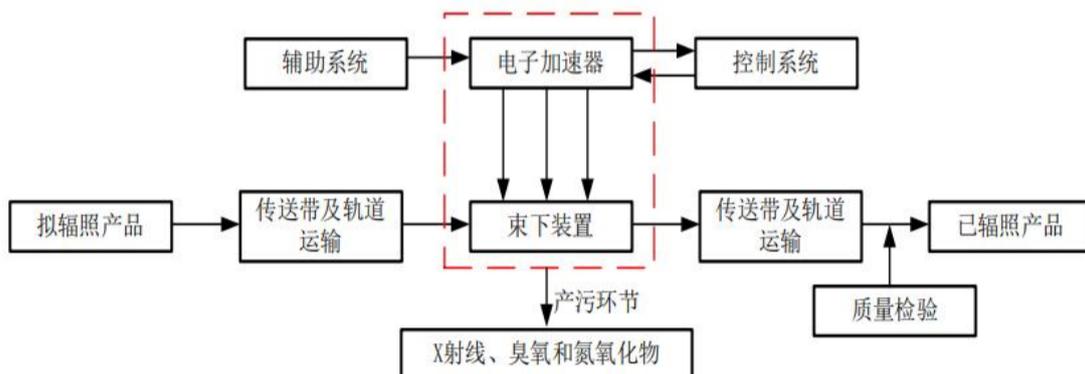


图 9-5 加速器辐照加工操作流程及产污环节示意图

综上所述，在工业电子加速器开机出束的辐照过程中，产生的主要污染为电子束、韧致辐射产生的 X 射线和臭氧、氮氧化物及真空系统与排风机等产生的噪声。

#### (七) 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，其电子束能量最大为 10MeV、束流强度为 2.2mA，最大束流功率为 22kW。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、门机联锁和光电感应系统，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产品、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。本项目实验室内容已取得环评批复（南西环审〔2025〕7号）。

（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。

#### （八）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；具体操作如下：

本项目辐射工作人员在运行前需对控制室及主控台系统进行检查，然后取出控制室主控台上的钥匙，打开辐照室进出门，沿迷道进入辐照室，并依次按下巡检按钮，确保辐照室内无人逗留后退出，并对货物传送系统装置进行检查；辐照室及货物传送系统装置巡检完毕后经楼梯至二层主机室，打开主机室防护门，沿迷道进入主机室，并依次按下巡检按钮，确保主机室内无人逗留后退出。巡检过程中，迷道出入口处设有相应的光电装置可防止人员跟随，巡检过程中，如果有其他人员误入，巡检失效，辐射工作人员需要清场，并重新巡检。巡检结束后进入控制室完成后续相关操作。

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；再利用拖车将已辐照货物运送至货物装卸暂存区暂存，之后再继续进行装货和外送；

3、本项目用于辐照的货物先通过厂房南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，然后经东北侧大门送出项目边界装车发货。

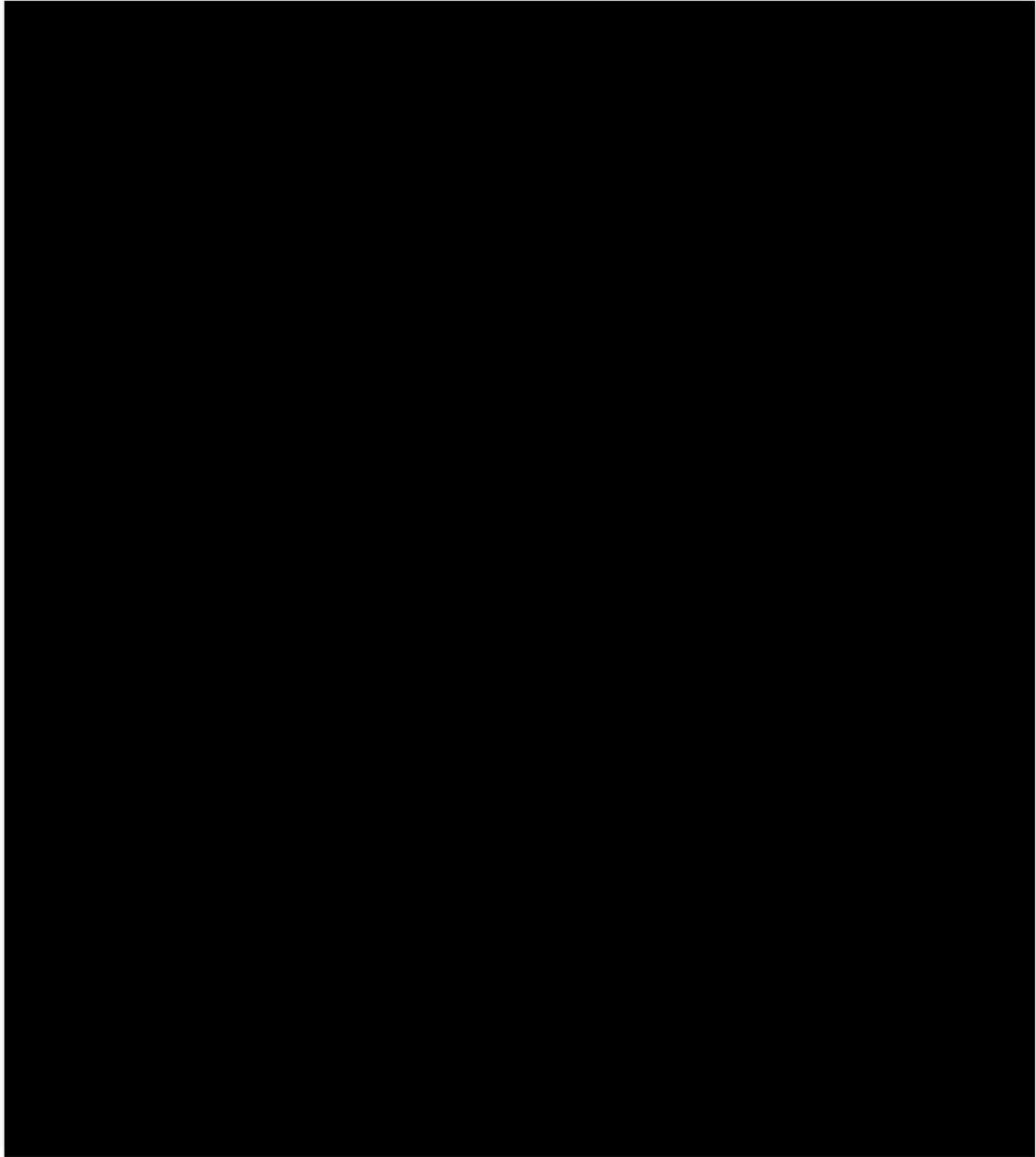


图 9-6 一层辐照室人流、物流路径图

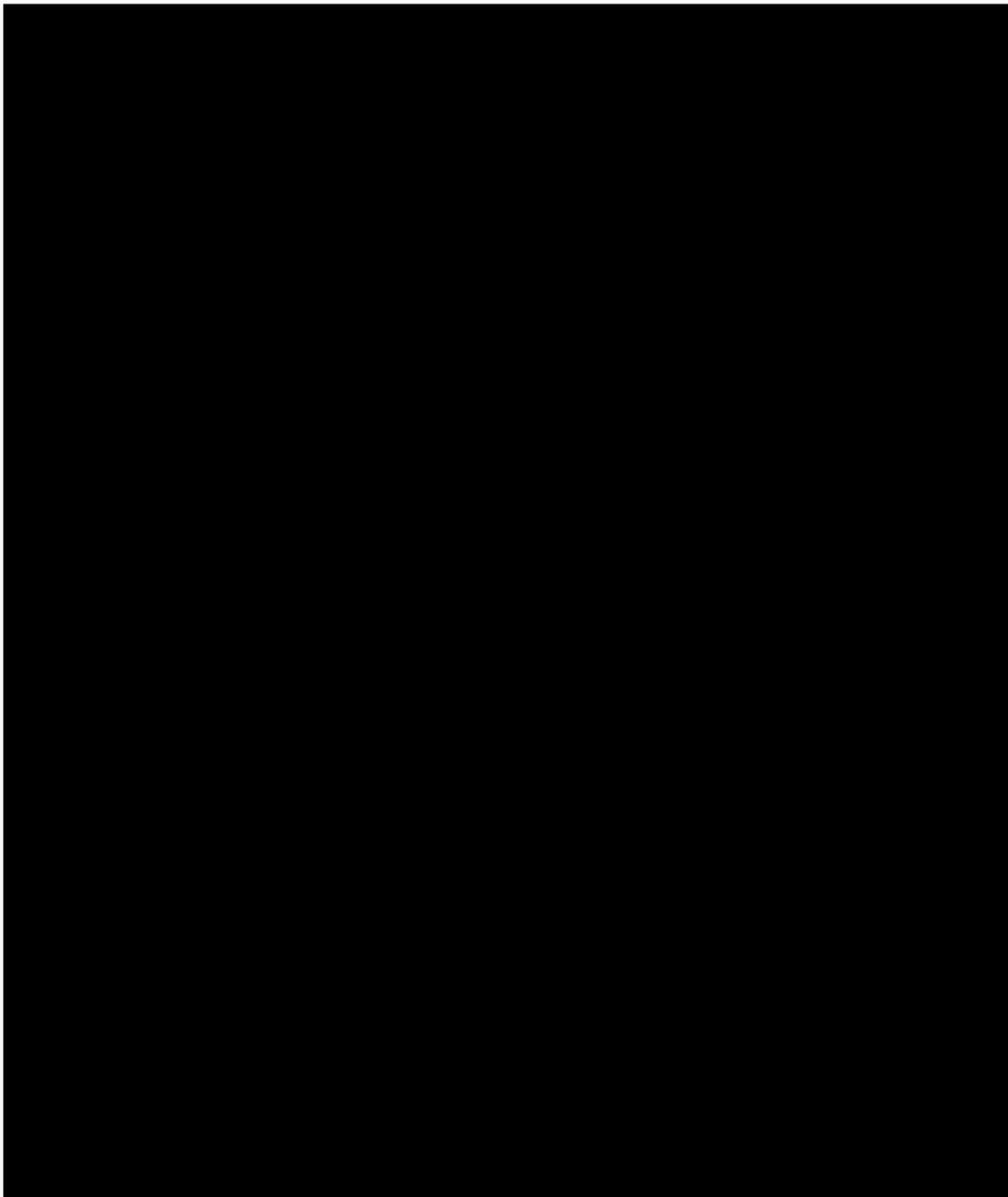


图 9-7 二層主機房人流、物流路徑圖

#### (九) 純水製備工藝

純水製備位於水冷室內，項目使用原水為自來水，首先將自來水由增壓泵入PP聚丙烯纖維濾芯，對泥沙、膠體、金屬離子以及有機物進行截留、吸附，以降低水體的濁度、色度，淨化水質，減少後續系統的處理負荷；然後由高壓泵將水泵入RO反滲透系統，去除水中大部分金屬鹽類、有機物、懸浮物、細菌等；經RO反滲透系統處理後的水進入RO箱，由混床泵泵入混床（混合離子交換柱，裝有氫型陽離子RO膜的陽床和裝有氫氧型陰離子RO膜的陰床系統），將水中的各種礦物鹽基本除去，降低水中的硬度、鹼度和陰陽離子，使其軟化成去離子水，即為反滲透純水，存入純水池中備用。該工藝產生的污染物的水泵噪聲、反滲透

产生的浓水、废RO膜、废滤芯。工艺流程如图9-8所示。

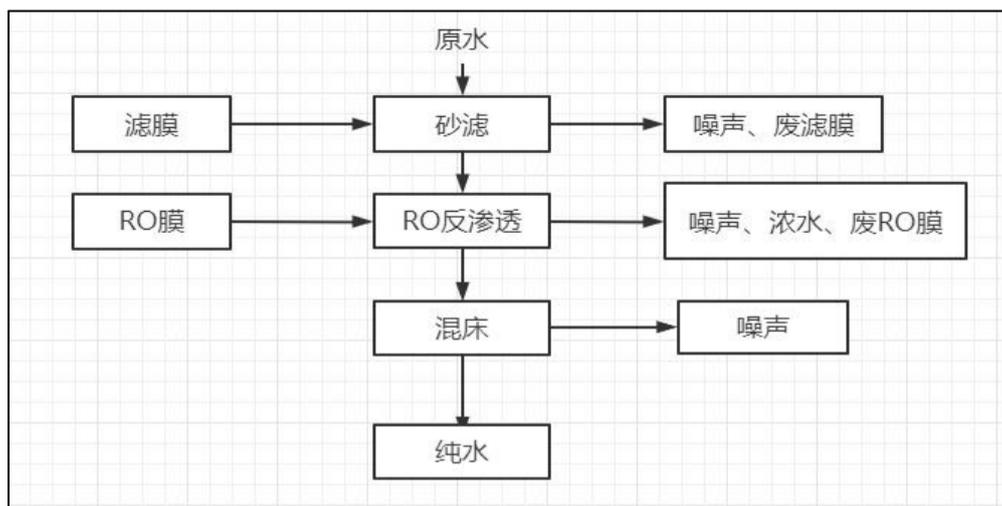


图 9-8 纯水制备工艺及产污环节图

## 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。

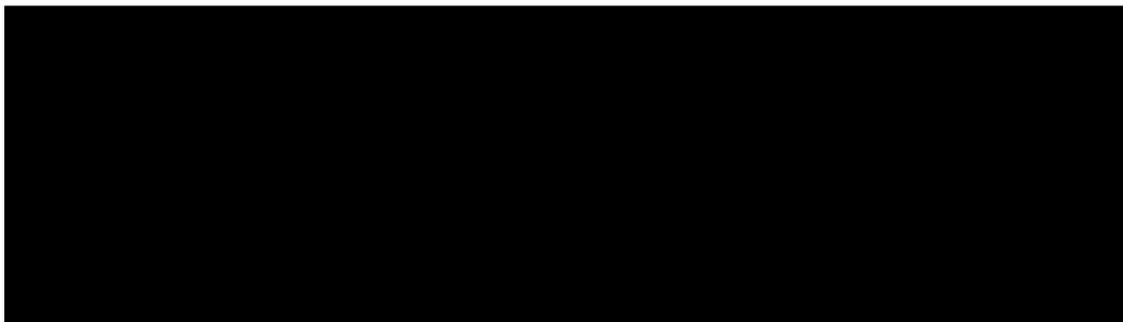
#### （二）射线装置安装调试工序

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

电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。电子束打到机头及其他高 Z 物质时会产生高能 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，会对辐照室周围环境造成辐射污染。此外，电子在加速过程中，部分电子会丢失，打在加速管壁上，产生 X 射线，对加速器机房周围产生一定的辐射影响。



本项目使用的电子加速器能量最大为 10MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018），不需要考虑所产生的中子防护问题。

加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

电子加速器在正常工况和非正常工况下的污染源项分析如下：

#### 1) 正常工况

加速器在运行时产生的高能电子束，电子的射程较短，其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。设备在开机工作状态下，才会产生 X 射线，一旦切断电源，便不会再有 X 射线产生。因此，在加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素，其次为臭氧和氮氧化物等有害气体。X 射线是本项目加速器的主要辐射防护对象，臭氧是本项目考虑的主要污染物。

#### 2) 事故工况

（1）加速器安全联锁故障，加速器运行期间人员误入机房引起误照射。

（2）加速器开机前，工作人员未严格按照操作规程进行巡检，未发现有人在机房逗留，便开启加速器辐照装置，对人员造成误照射。

（3）设备维修或维护过程中，未采取有效的断电措施或维修人员误操作，导致维护维修期间加速器误出束，造成误照射。

## （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浓水。

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 6.68t。

## （三）废气

本项目产生的废气主要是臭氧、氮氧化物等。

本项目射线装置在通电出束过程中，辐照室内的空气在强电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的高速电子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅对人体产生危害，同时能使橡胶等材料加速老化。电子束装置屏蔽体在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。

## （四）噪声

本项目运行时产生噪声主要来自风机、真空系统、高压系统等，噪声值源强最大为 60~75dB(A)，建设单位拟使用的风机为低噪声节能排风机，外设风机房并采取相应基础减震等措施，且本项目属于工业用地，并经建筑物墙体隔声及建设单位场址内的距离衰减后，本项目所在单位厂界噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类区标准限值的要求。

## （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货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。运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格或辐照过程中发生产品包装发生破损的，作为一般固体废物处理。

**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**

本项目工业电子加速器机房位于电子束辐照厂房西北侧，厂房为一层建筑，独立设置，厂房其余场地为货物暂存区域，无人员长期停留房间；厂房无地下室，顶部无行车。本项目工业电子加速器机房为两层建筑，电子加速器辐照装置配套的控制室位于二层主机厅南侧；电气室位于二层主机厅西南侧；水冷室位于一层辐照室西北侧，货物铺卸货区位于一层辐照室南侧。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，本项目工业电子加速器机房依据科学规划、合理布局、辐射防护、安全管理的原则进行设计，有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；

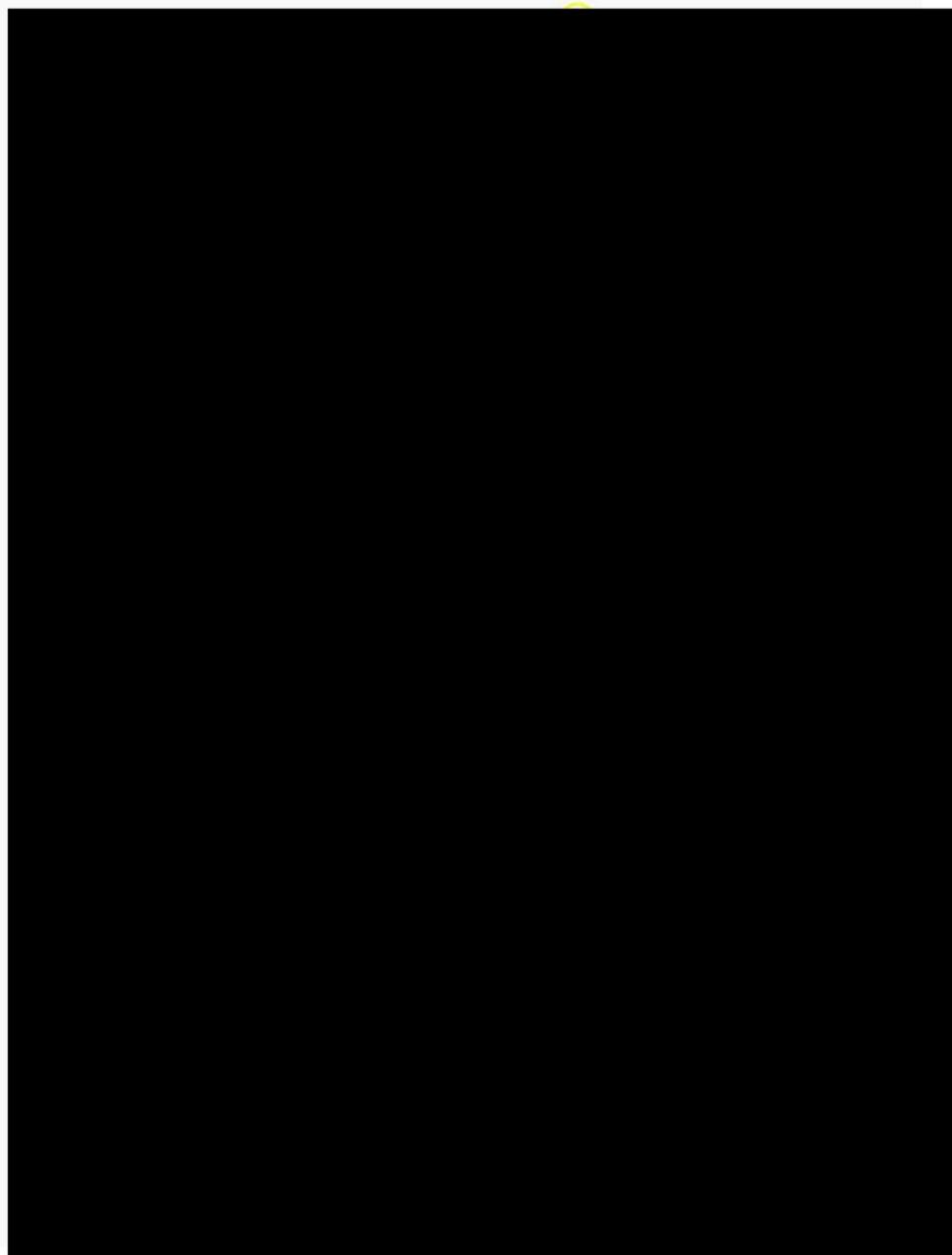
**监督区：**未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要

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	辐照室迷道外辊道内范围、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，并在楼梯处设置门锁，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

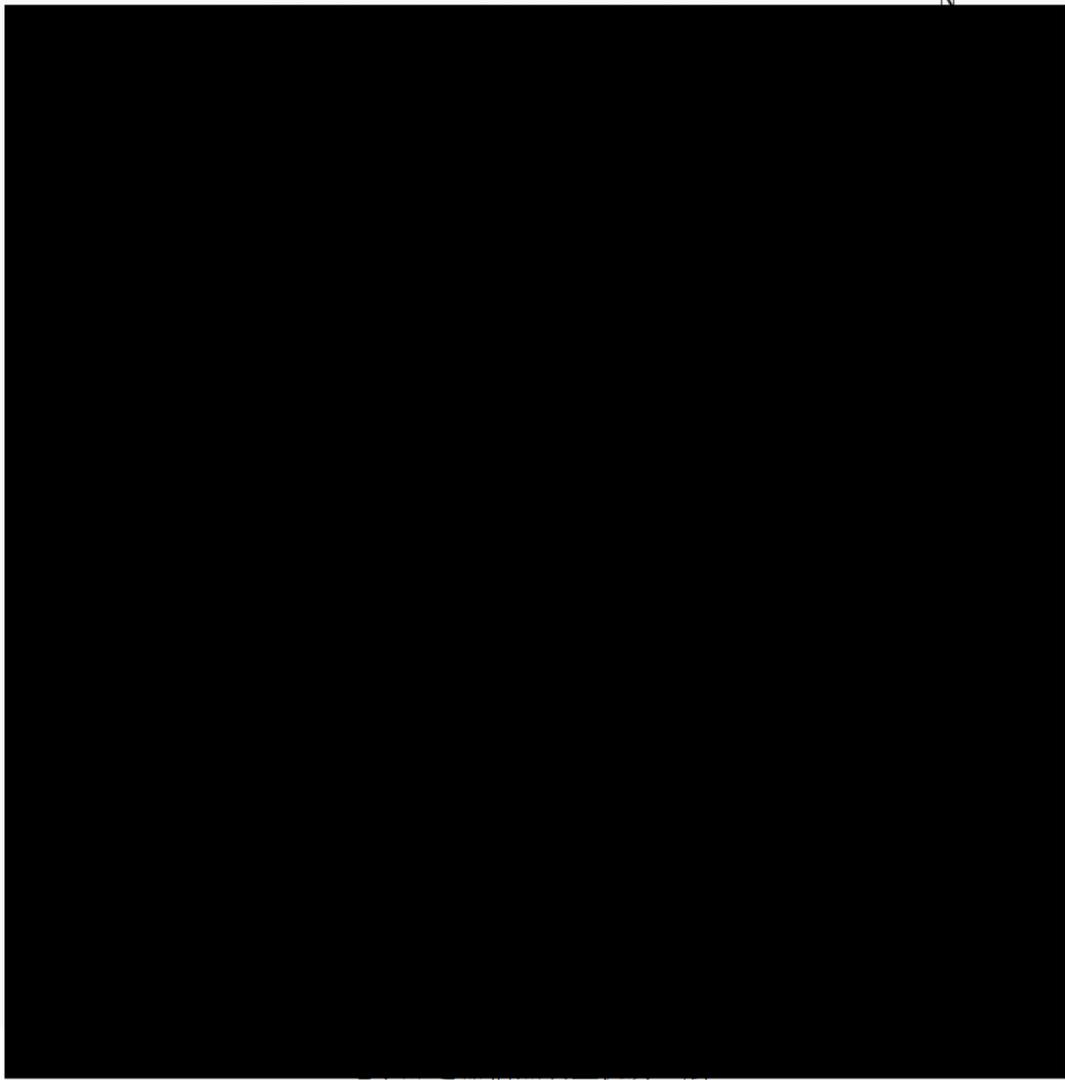


图 10-1 本项目电子加速器辐照装置机房“两区”划分图

### 三、辐射安全及防护措施

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的规定，在工业电子加速器装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

本项目拟使用的工业电子加速器采取相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），充分体现了冗余性、多元性、独立性的安全原则，辐射安全与防护设施设计包括联锁系统、急停系统等内容，辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求。

#### （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，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）。

一层辐照室建筑面积 253.39m<sup>2</sup>，尺寸为长 21.7m×宽 15.073m×高 4.1m，辐照室西侧墙体为 3m 厚混凝土，拐角处由长 1.6m×1.1m 厚混凝土墙体转接长 3.8m×1.7m 厚混凝土墙体；辐照室北侧墙体为 3m 厚混凝土；辐照室东侧连接北侧墙体为长 2.4m×1.7m 厚混凝土，然后连接 0.9m 厚混凝土墙体；辐照室中间用“L”型混凝土墙体分隔，横向为长 7.4m、厚 2.4m，竖向为长 7.4m、厚 2.3m；东侧、西侧设置“S”型迷道，迷道左右两侧内墙均为 0.8m 厚混凝土，东侧迷道东侧外

墙与西侧迷道西侧外墙均为 0.9m 厚混凝土,辐照室南侧迷道外墙为 0.8m 厚混凝土,两个迷道共用中墙为 0.7m 厚混凝土;辐照室顶部为 2m 厚混凝土,地面为 0.9m 厚混凝土基础。迷道入口安装不锈钢栅栏门。在辐照室西北侧设置水冷室。

二层为加速器主机厅(加速器大厅)、控制室、电气室,位于辐照室上方。二层加速器主机厅建筑面积为 93.48m<sup>2</sup>,尺寸为长 12.3m×宽 7.6m×高 6.7m。东侧、西侧、北侧、南侧墙体均为 2m 厚混凝土。大厅设置迷道,迷道内墙为长 0.4m、厚 0.6m 混凝土,顶部为 1m 厚混凝土。加速器大厅安装 0.8m 后混凝土电动平移门。

表 10-2 本项目加速器机房屏蔽体一览表

位置	墙体	设计方案
一层 辐照 室	西侧墙体	西侧墙体为 3m 厚混凝土,拐角处由长 1.6m×1.1m 厚混凝土墙体转接长 3.8m×1.7m 厚混凝土墙体
	北侧墙体	3m 厚混凝土
	东侧墙体	东侧连接北侧墙体为长 2.4m×1.7m 厚混凝土,然后连接 0.9m 厚混凝土墙体
	中间“L”型墙体	横向为长 7.4m、厚 2.4m 混凝土,竖向为长 7.4m、厚 2.3m 混凝土
	迷道内墙	0.8m 厚混凝土
	迷道中墙	0.7m 厚混凝土
	南侧迷道外墙	0.8m 厚混凝土
	东侧迷道东侧外墙与西侧迷道西侧外墙	0.9m 厚混凝土
	屋顶(主机厅地面)	2m 厚混凝土
	地面	0.9m 厚的混凝土基础
	安全门	不锈钢栅栏门
二层 主机 厅	东侧、西侧、北侧、南侧墙体	2m 厚混凝土
	屋顶	1m 厚混凝土
	地面(辐照室屋顶)	2m 厚混凝土
	防护门	0.8m 厚混凝土



图 10-2 辐照室防护设计示意图

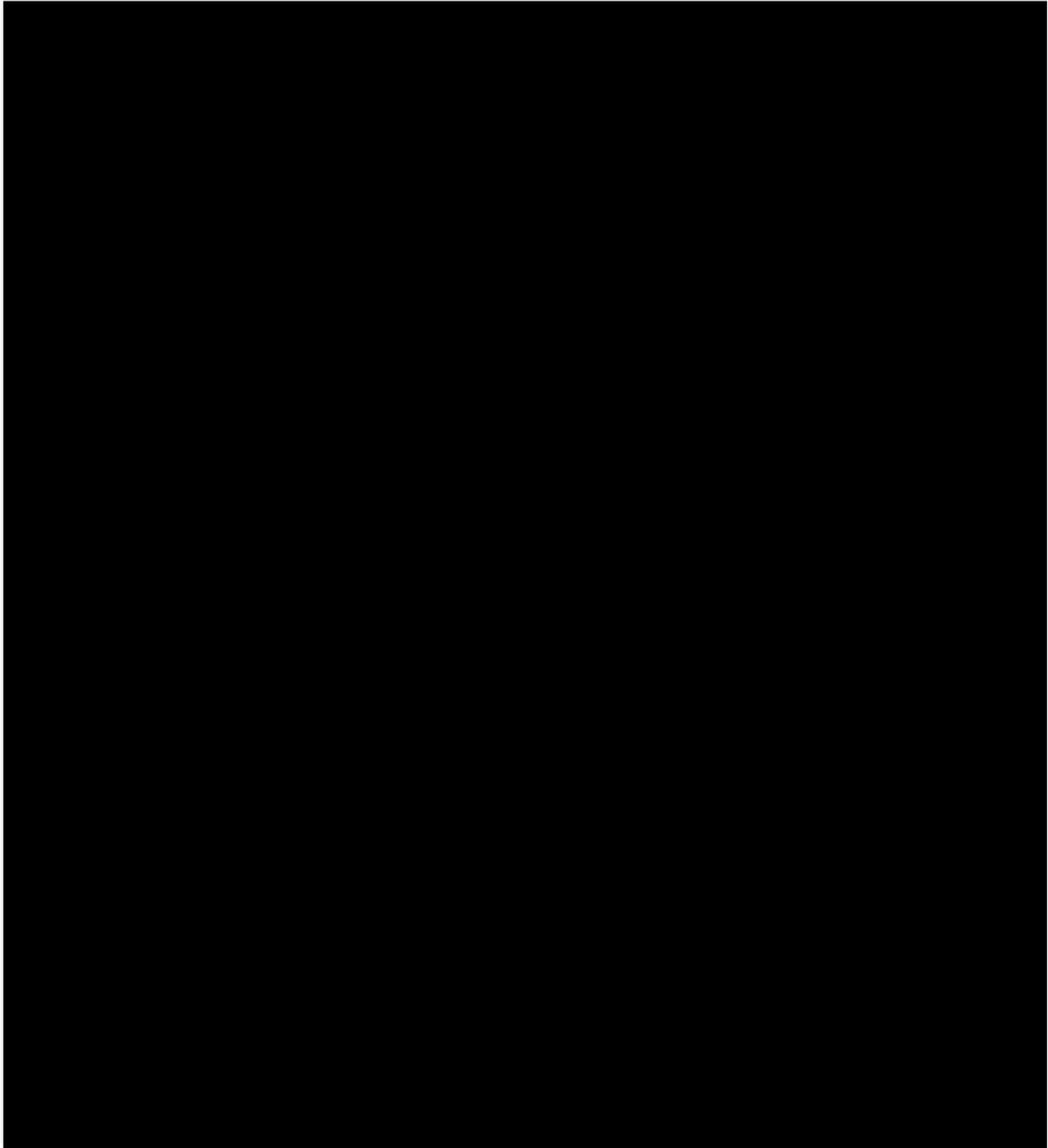


图 10-3 主机室防护设计示意图

## 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，走线示意图如图 10-4，管线上盖 8mm 厚的钢板；主机厅 0.8m 后混凝土电动平移门低于混凝土地面 50cm，辐照室迷道门门洞尺寸为：宽 2.0m×高 2.1m；主机厅门洞尺寸：宽 1.4m×高 2.1m，如图 10-5 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：加速器一层辐照室北侧安装排风系统，设计为地下抽风方式，在束流下方设有一根排风管，管道宽 0.8m×长 1m，排风管道先从地下 2m 处穿过，再通过北侧墙体外通风管道引至生产厂房屋顶部排放，排放口高于厂房屋顶 1.3m。排风系统设计排风量为 15000m<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 10-6。

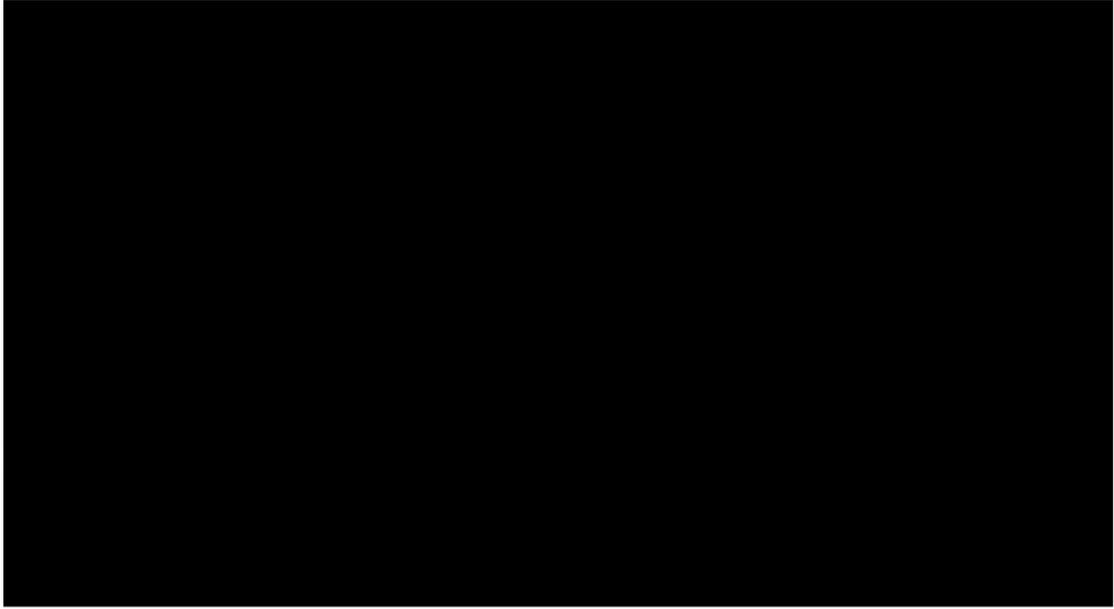


图 10-4 管线预埋走向示意图

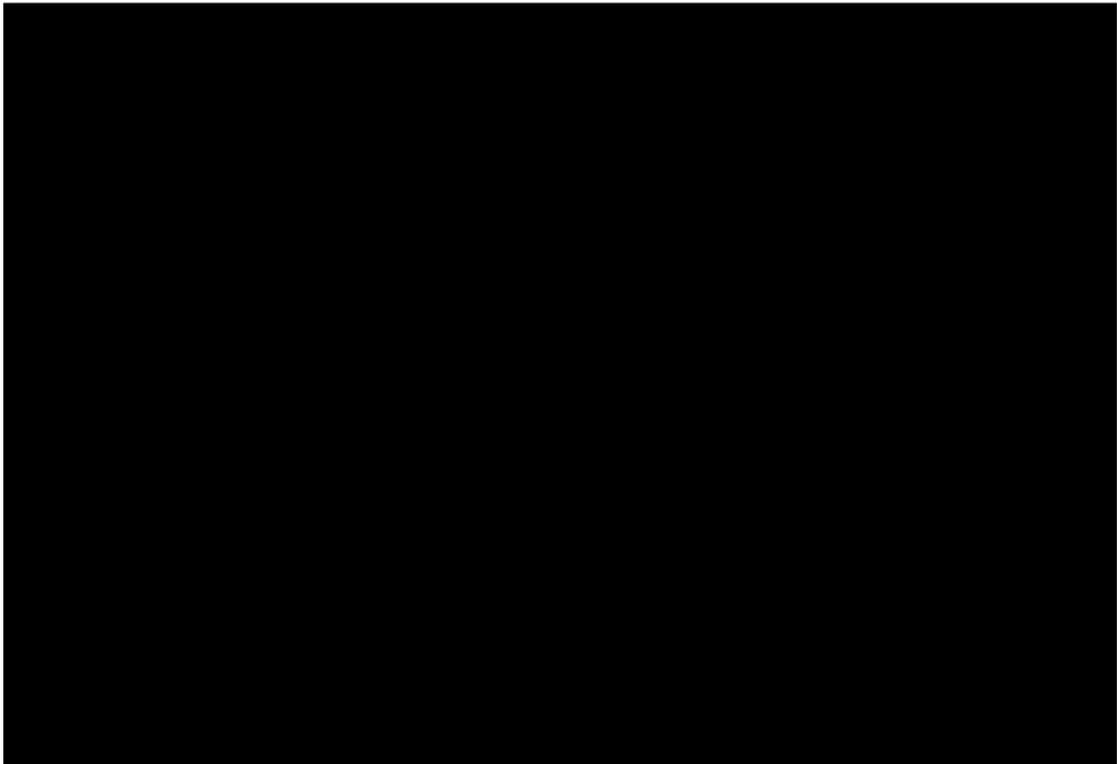


图 10-5 二层主机厅混凝土防护门基础示意图

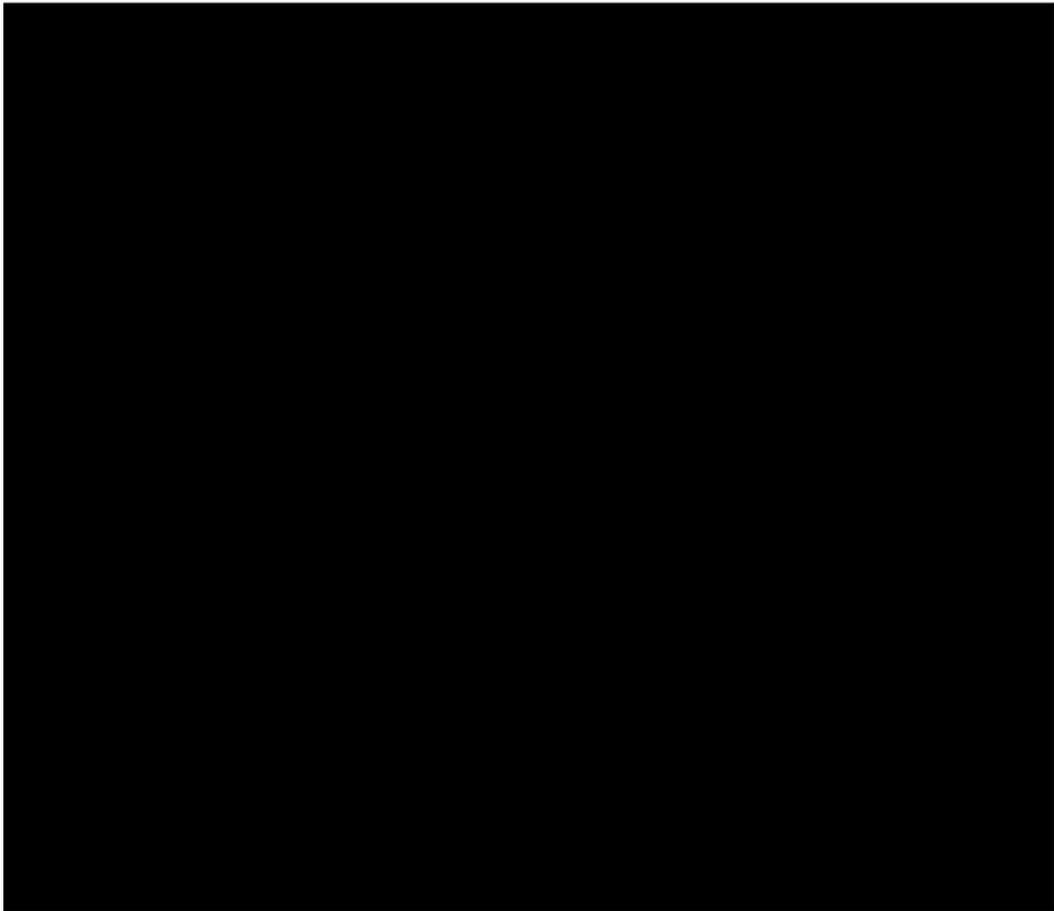
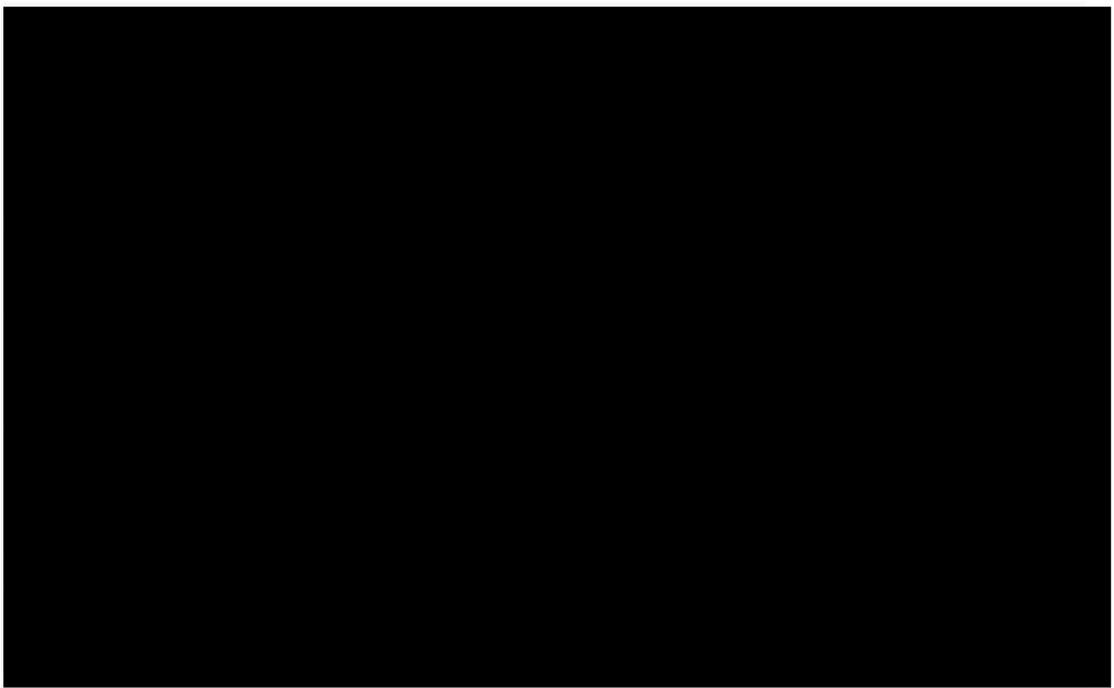


图 10-6 排风管道布置示意图

### (三) 辐射防护安全装置与布置

为保障加速器的安全运行，避免在加速器辐照期间人员误留或误入辐照室或主机室内发生误照事故，本项目加速器设计有相应的辐射安全装置和保护措施。根据建设单位及设备厂商提供的相关材料，参照《电子加速器辐照装置辐射安全

和防护》(HJ 979-2018)中辐照装置安全设计要求对本项目辐射安全设施进行评价,评价结果见表10-3。

表 10-3 辐射安全措施评价结果

《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)中的要求	本项目加速器的辐射安全措施	评价结果
(1) 辐射工作场所的分区电子加速器辐照装置的工作场所分区:控制区,如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域;监督区,如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。	建设单位拟进行分区管理,将辐照室、主机室作为辐射防护控制区;一层货物铺卸区和水冷室,二层设备控制室、电气室、主机室外平台区(含楼梯)等划分为监督区。	满足要求
(2) 警示标识在控制区出入口和其他必要的地方,应设立醒目的、复核GB18871规定的警告标志。	建设单位在人员进出口设置醒目的电离辐射警告标志及中文警示说明。	满足要求
(3) 使用手册、操作规程和应急程序等文件以及关键的安全部件标识和安全标识都应使用中文。	建设单位与生产厂家确认,保证设备使用手册和操作规程为中文,所有标识将使用中文。	满足要求
(4) 联锁要求。在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置,对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时,加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路,维护与维修后必须恢复原状。	电子加速器辐照装置设计了功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置,对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机情况时,将自动切断高压。安全联锁装置发生故障时,加速器不能运行。安全联锁装置无旁路,维护与维修后必须恢复原状。	满足要求
(5) 钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙,加速器应自动停机。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。	控制台设计有钥匙开关,只有该钥匙就位后才能开启电源,启动加速器进行出束作业;如从控制台上取出该钥匙,加速器将自动停机并切断高压。当操作人员需要打开防护门进入辐照室时,该操作人员必须同时携带该加速器的开关钥匙。如果操作人员不能用钥匙在安全盒上完成最后的工作,则加速器不能启动,又由于启动联锁钥	满足要求

	匙在操作人员手中，若操作人员还在室内，其他人员就不能启动加速器，从而有效的保护操作人员的安全。本项目钥匙开关拟与1个便携式辐射监测报警仪相连。	
(6) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机。	门均安装电磁锁并与加速器装置联锁，在防护门未闭合的状态下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断加速器的高压电源，使加速器立即停止出束。	满足要求
(7) 束下装置联锁。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，加速器应自动停机。	本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和通讯协议。当束下装置（即辐照室物流传输系统）因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机并切断高压。	满足要求
(8) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁。	在控制区出入口处及内部距地1.9m处设置三色状态指示带报警，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。	满足要求
(9) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	在开机出束前，辐射工作人员需先进入主机室和辐照室进行巡视，巡查有无人员误留，并按序按下主机室和辐照室内的急停开关（巡检），加速器方可启动，未按下巡检按钮前，加速器将	满足要求

	不能进行出束作业。辐照室或主机室的防护门被打开后，必须重新巡检确认机房内无人员停留后方可重新开机。整个巡检系统必须按照程序设定流程进行巡检，各输入点具有自诊断功能，各输出联锁点具有防短接检测功能。	
(10) 防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁。	拟在加速器机房辐照室通道出入口内侧及主机室出入口内侧共设置连续3道光电报警装置，3道光电报警装置采用不同生产厂家不同品牌的产品，3道光电报警装置位于不同水平、垂直位置，并与加速器的开、停机联锁。当有人通过光电报警装置被检测到时，加速器高压立即自动切断。	满足要求
(11) 急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区。	拟在辐照室通道内设置3个拉线开关以及5个急停按钮，拟在控制台上设置1个急停按钮、主机室内设置1个拉绳开关和3个急停按钮，当急停或拉线开关动作时，切断加速器主电源断路器，整个加速器系统立即切断高压停机。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，加速器才能重新启动。在主机室和辐照室防护门各设置1个紧急开门装置，可在防护门内直接开启防护门（无需钥匙）。	满足要求
(12) 剂量联锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开。	在主机室和辐照室迷道内安装有固定式辐射监测仪，并与加速器联锁，显示面板位于控制室内，实时监测主机室和辐照室内的辐射剂量率；当剂量报警装置未打开时，加速器无法启动；且如果辐照室和主机室内辐射水平高于仪器设定阈值时，主机室和辐照室的门无法打开。	满足要求
(13) 通风联锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，	辐照室和主机室的通风系统正常工作后，加速器才能出束，同时与门口的“关	满足要求

<p>只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。</p>	<p>机允许进入”警示牌进行联锁；在通风系统未正常工作时，加速器将无法进行出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即切断高压并停止出束。加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即：加速器正常停止出束后，排风系统将工作5分钟，在5分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作5分钟；在此期间，即使发出打开防护门的指令，防护门仍然无法打开，直到5分钟后方可开启防护门。若加速器非正常停止出束，排风系统的运行不受限制，同样需要等待5分钟后才能开启防护门；若遇到因有人员被困在辐照室等原因而需立即开门的时，可以按下防护门口的紧急开门按钮，防护门将立即打开。</p>	
<p>(14) 烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。</p>	<p>在辐照室迷道内设置2个烟雾报警装置，发生火灾时，加速器立即切断高压停机，并停止通风。</p>	<p>满足要求</p>
<p>(15) 辐照室和主机室的耐火等级不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。</p>	<p>辐照室和主机室采用混凝土材料，耐火等级不低于二级。辐照室有烟雾报警装置，并与加速器设备联锁。建设单位将在辐照室入口处放置火灾灭火装置。</p>	<p>满足要求</p>
<p>安全装置的布置见下图：</p>		

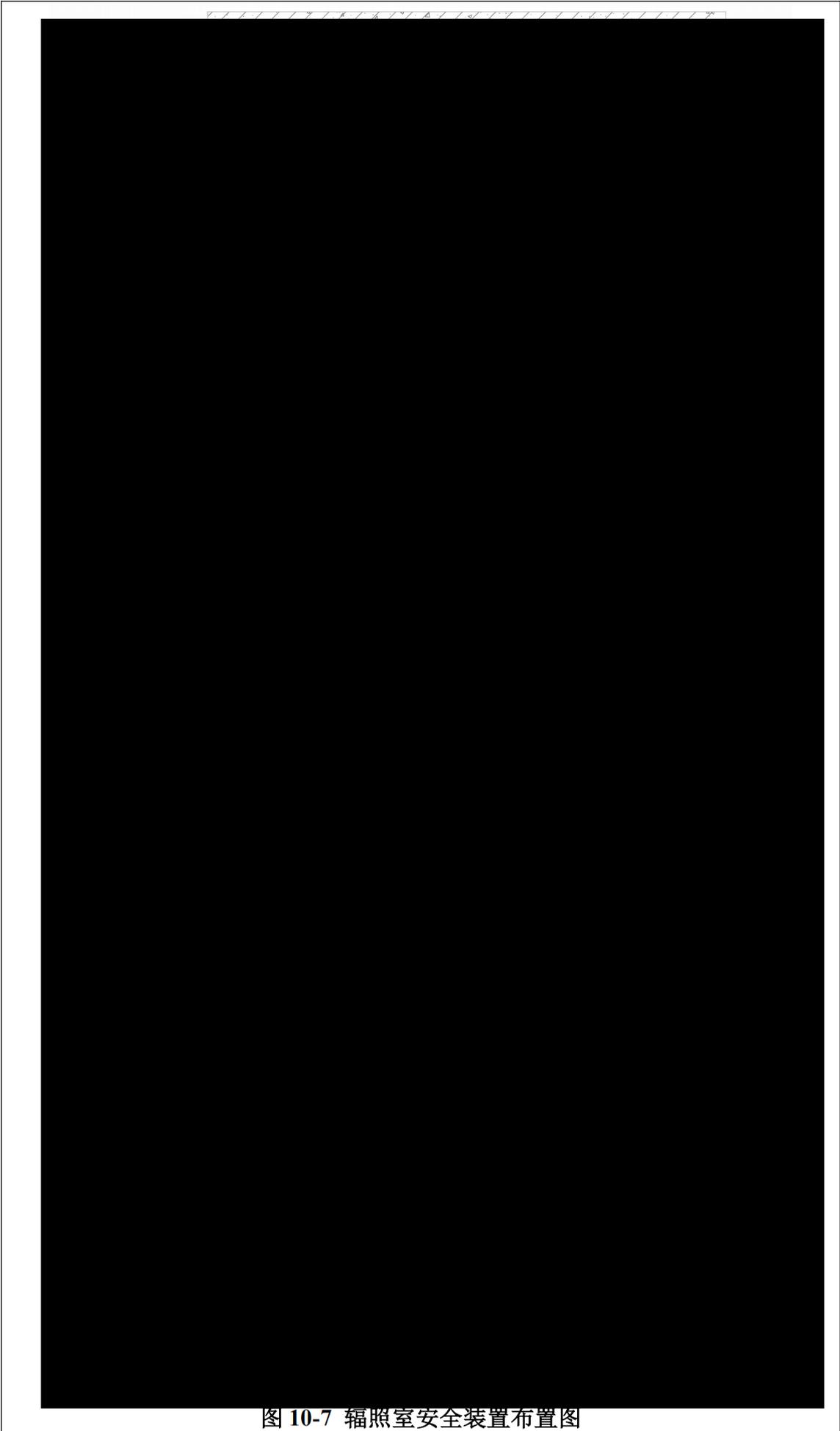


图 10-7 辐照室安全装置布置图

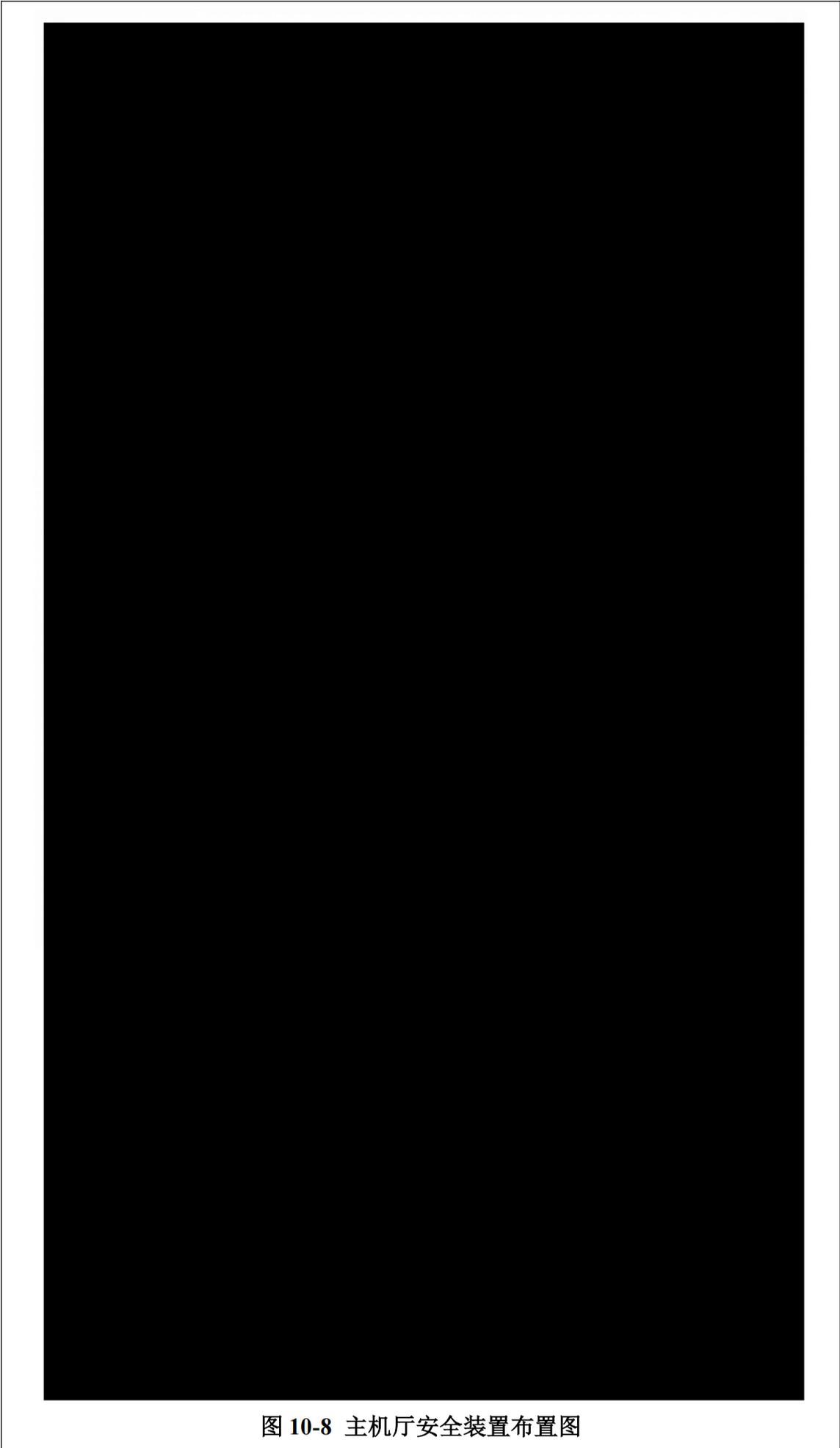


图 10-8 主机厅安全装置布置图

#### **（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》（HJ 979-2018）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）各辐射安全防护设施的关系**

为确保设备的运行安全，防止电子加速器周围相关人员误入，减少辐射安全事故的发生，本项目工业电子加速器设计了多重联锁，主要有设备联锁、安全联锁和工艺联锁。

设备联锁系统为开机必备的条件，主要由真空系统、高频供电系统、仪表电源系统、水冷系统、通风系统组成，其中任何一系统出现故障，电子加速器系统无法开机；安全联锁为电子加速器出束的必要条件，其中有防护门门机联锁、紧急停机开关、光电联锁、巡检联锁、拉线保护联锁、剂量检测联锁、烟雾报警联锁，用以保障本项目辐射工作人员、检修人员和公众的安全，其中任何一个联锁出现异常，电子加速器均会立即停止出束或无法出束；工艺联锁是设备长期连续运行的必须条件，主要由货物传送系统、通风系统、束下装置联锁组成，工艺联锁任意一个环节暂停工作，电子加速器均立即停止出束。

本项目安全联锁和设备联锁相互关联，任何一个环节出现异常，电子加速器均不能出束，工艺联锁出现异常则电子加速器不能长期连续出束，彼此关联又相

互独立；安全联锁系统中，任何一个联锁出现了异常，均能够立即使电子加速器停止出束；拟增设置场所多重钥匙管控、监控系统、设备联锁、工艺联锁多重安全措施。

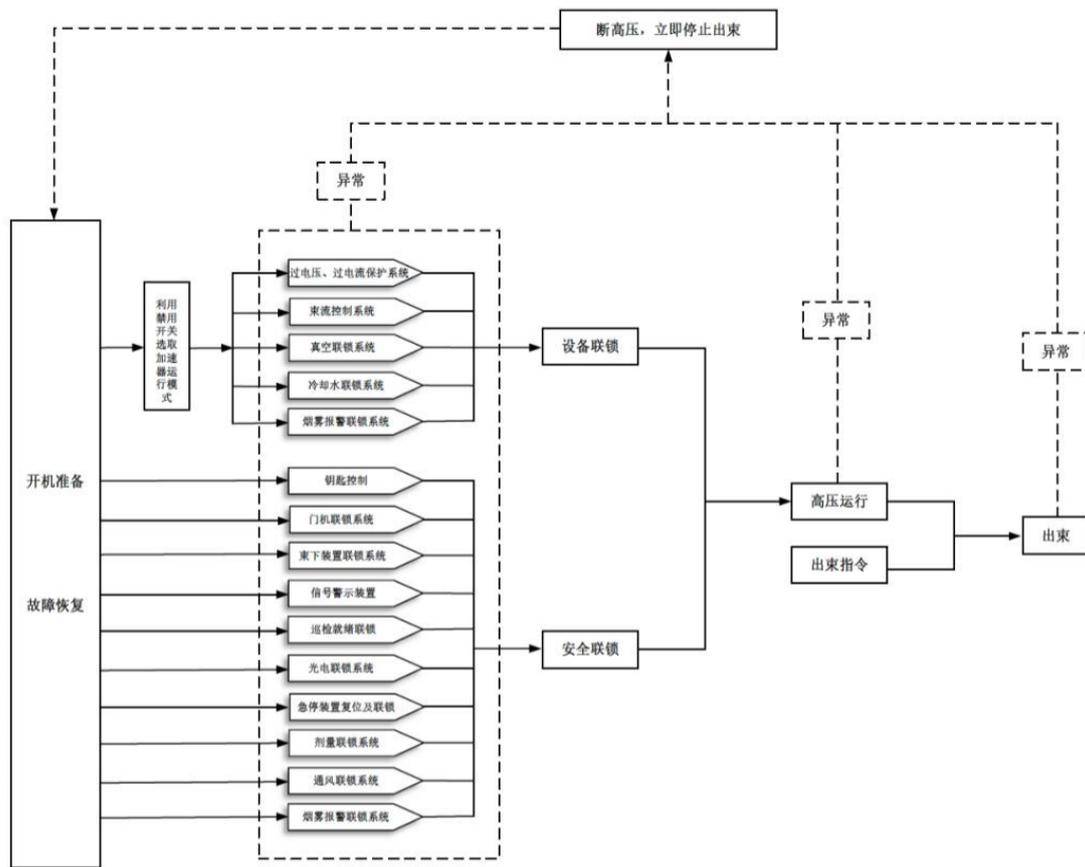


图 10-9 安全联锁设施逻辑示意图

本项目工业电子加速器机房辐射安全防护措施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）辐射安全原则符合性分析详见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射安全设施与辐射安全原则符合性分析表

序号	安全原则	本项目工业电子加速器机房安全防护设施设计	符合性分析
1	纵深防御	辐照室设置有“S”型迷路；出入口设置门机、门灯联锁系统；加速器主控钥匙开关盒辐照室防护门联锁；加速器控制与束下装置联锁；控制室均设置有复位开关等。当所有安全联锁设施正常启动，全部就位后加速器方可正常出束。	符合
2	冗余性	辐照室和主机室均设置了门机联锁、3 道光电报警装置和其他多重联锁装置。	符合
3	多元性	安全联锁分别采用了机械、电气、电子和剂量的联锁方式。	符合

4	独立性	辐照室和主机室均设置有巡检按钮、拉绳开关等安全联锁装置，各连锁独立运行。	符合
---	-----	--------------------------------------	----

综上所述，本项目拟设置的辐射安全装置和保护措施符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中的相关要求，在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求，配备的联锁装置可有效地保护操作人员和公众，减少因人为误入造成辐射安全事故。

#### （六）监测设备

辐射工作场所应配备与辐射类型和辐射水平相适应多种监测设包括固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及便携式辐射监测仪等。建设单位为辐射工作人员配备个人剂量报警仪和辐射巡测仪，具体如表 10-5 所示。

表 10-5 拟配备的辐射防护设备一览表

序号	名称	数量	备注
1	个人剂量报警仪		拟新购
2	个人剂量计		拟新购
3	便携式 X-γ监测仪		拟新购

#### （七）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《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025年版）》（川环函〔2025〕616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拟采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-6。

表 10-6 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*		厅门联锁钥匙开关（辐照室、主机室）	
4		视频监控系统	
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	控制台和加速器厅门同一把钥匙（或钥匙牢固串联）	

9*	联锁	门与加速器高压触发联锁	
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联锁	
12*		传输系统与束流联锁	
13*		通风系统与加速器联锁	
14*		火灾报警仪、且与通风联锁	
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	需配置
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》和《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、防泄漏的安全措施，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 10-7。

表 10-7 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	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

线泄 漏	<p>和泄漏辐射不会超过规定的限值；</p> <p>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进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况；</p> <p>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；</p> <p>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。</p>
---------	---

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）、《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 号）、《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：加速器一层辐照室北侧安装排风系统，设计为地下抽风方式，在束流下方设有一根排风管，管道宽 0.8m×长 1m，排风管道先从地下 2m 处穿过，再通过北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 1.3m。排风系统设计排风量为 15000m<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。运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格或辐照过程中发生产品包装发生破损的，作为一般固体废物处理。

### 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 75dB(A)。建设单位在辐照西侧安装风机，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 10-8。

表 10-8 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、混凝土防护门 1 扇			按照设计进行建设
安全装置		门连锁开关			拟配置
		臭氧风机连锁			拟配置
		清场巡检开关			拟配置
		紧急停机按钮装置			拟配置

	紧急开门按钮装置		拟配置
	拉线开关		拟配置
	视频监控系统		拟配置
	防误入装置（行人红外光电联锁）		拟配置
	剂量联锁（固定式剂量探测器 3 套）		拟配置
	工作状态指示灯带报警		拟配置
	火灾声光警报器		拟配置
	电离辐射警告标志		拟配置
	烟雾报警装置		拟配置
监测仪器 及警示装 置	便携式 X-γ 监测仪		拟配置
	个人剂量计		拟配置
	个人剂量报警仪		拟配置
	两区划分地标线		拟配置
废气处理	15000m <sup>3</sup> /h 风机 1 台、14.8m 高排风 管道 1 套		按照设计进行 建设
隔声处理	隔音减振措施		拟配置
合计			/

本

**表 11：环境影响分析**

## 一、建设阶段对环境的影响

### （一）土建施工阶段

本项目建设阶段主要影响为电子加速器辐照车间建设及基础设施完善，施工期环境影响分析如下：

#### 1、废气

本项目在建设施工期需进行挖掘地基等作业，各种施工作业将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度，每天定期洒水抑尘；b、车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘；d、建设单位施工时应使用商品混凝土，且不得进行现场拌合。

#### 2、废水

本项目施工期污水主要为各种施工机械设备清洗用水和施工现场清洗、建材清洗、混凝土养护产生的废水以及施工人员的生活污水，生活污水经化粪池预处理后，纳入市政污水管网，清洗用水用于场地洒水抑尘、场地浇灌等，含有泥浆的建筑废水经沉淀后进行回收利用。

#### 3、噪声

本项目整个建筑施工阶段，各种施工设备及运输车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。公司在施工时将严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，合理安排施工时间，禁止运输车辆鸣笛等措施，以保证施工过程对厂界外环境保护目标的影响满足标准要求。同时严禁夜间进行强噪声作业，若需在夜间作业，需取得地方人民政府住房和城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定的部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

#### 4、固废

本项目施工期的固体废弃物主要是整个施工过程中的建筑垃圾、废弃土方以及施工人员少量生活垃圾。项目建设对占地范围内地形进行就地平整，采取直接取平后压实，弃土主要用于厂区内的绿化覆土，建筑垃圾应回填或堆放在指定地

点并委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落；装修垃圾和生活垃圾由环卫部门统一及时清运处理，做到日产日清。施工期临时堆放场地应妥善处置，减少雨水冲刷造成地表污染，并保持工区环境的洁净卫生。

## （二）设备安装调试阶段

待本项目的加速器相关组件购置到位后，需安装和调试后才能使用。安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目加速器的安装和调试要求在本项目辐射防护工程完成后，在设备安装调试阶段，建设单位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，关闭防护门，在机房门外设置电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在电子加速器辐照车间内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置。

## 二、运行阶段对环境的影响

### （一）场所辐射水平

#### 1、电子束对周围环境的影响

根据《辐射防护技术与管理》（张丹枫、赵兰才主编），电子在物质中最大射程可由下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\rho\max} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：d——最大射程，cm；

$\rho$ ——防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>；

$E_{\beta\max}$ ——电子最大能量，MeV。

电子束的最大能量为10MeV时，在空气中（0.00129g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约为3876cm，在混凝土（2.35g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约为2.13cm。本项目电子加速器辐照车间混凝土墙厚均在70cm以上，且电子束方向朝向地面，因此加速器发射的电子束对电子加速器辐照车间外环境辐射影响可以忽略不计。

#### 2、初级 X 射线对周围环境的影响

项目处于筹建阶段，本次评价采用理论计算的方法进行预测分析。

##### （1）剂量关注点选取

根据本项目工程特征及电子加速器辐照车间周围环境状况,本次评价选择剂量关注点主要为电子加速器辐照车间辐照室和主机室四周屏蔽墙外 30cm 处及迷道出口处,关注点分布见图 11-1~图 11-5,关注点环境特征情况见表 11-1。

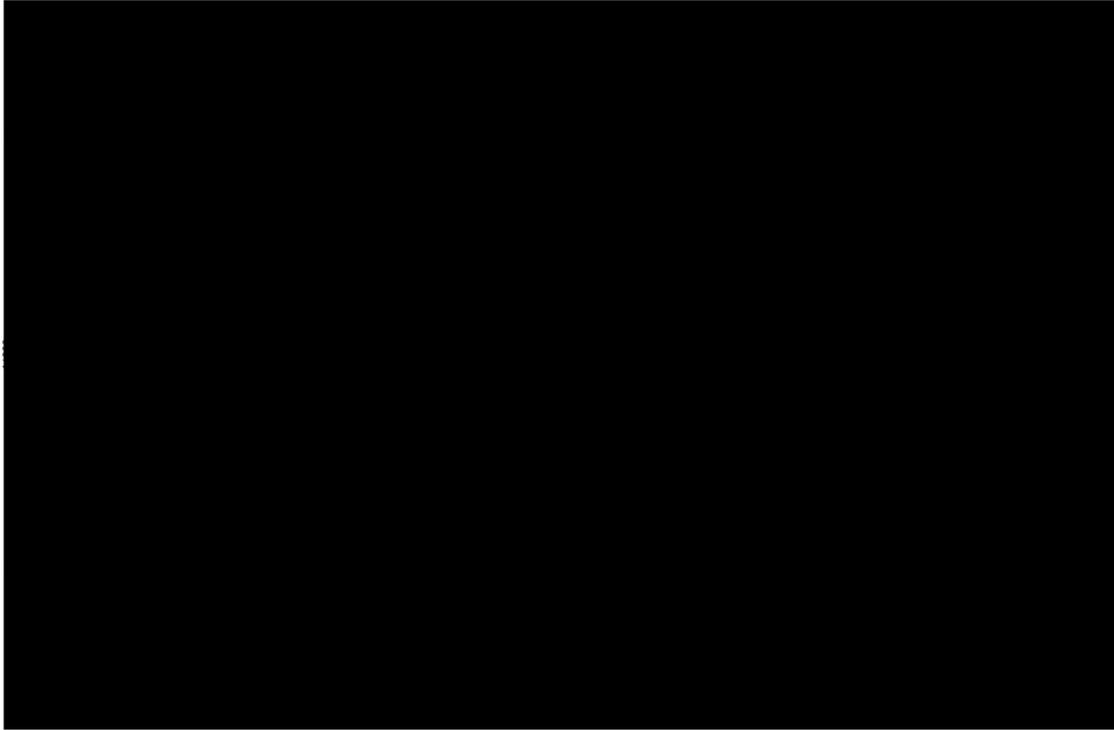


图 11-1 一层辐照室辐射屏蔽平面设计及关注点分布图 (单位: mm)

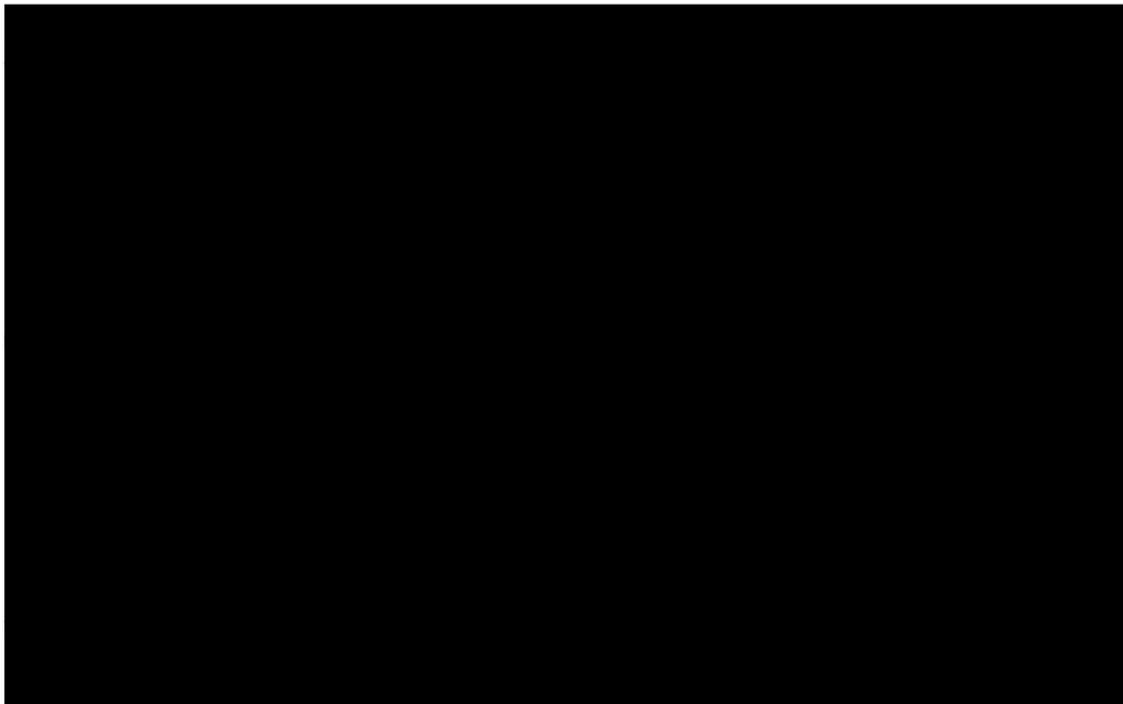


图 11-2 二层主机室辐射屏蔽及关注点分布图 (单位: mm)



图 11-3 电子加速器辐照车间辐射屏蔽南北方向剖面设计及关注点分布图（单位：mm）

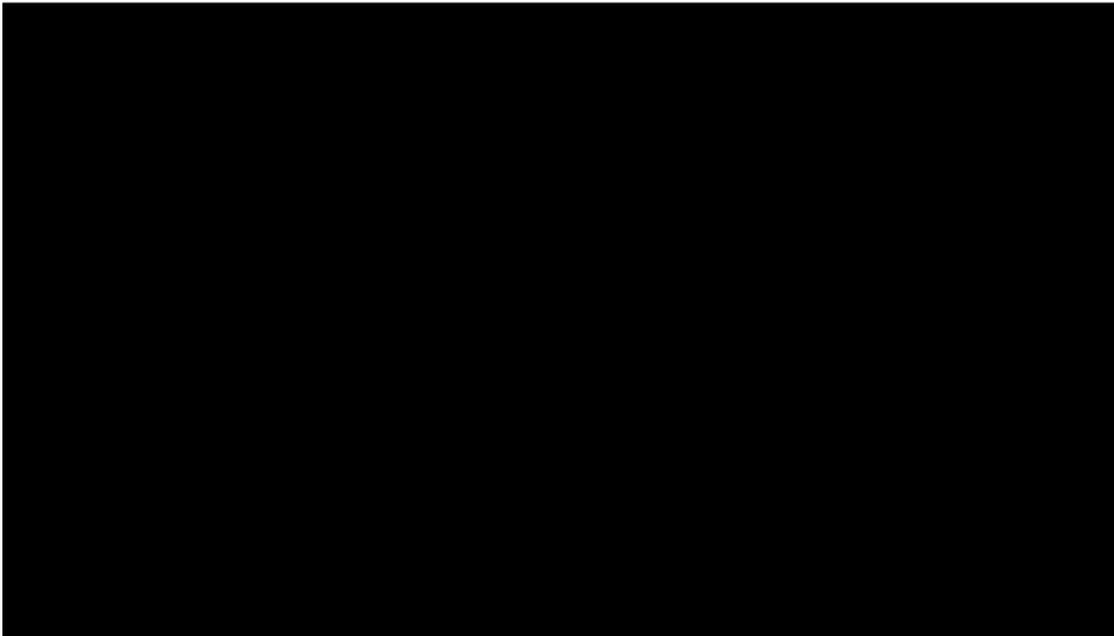


图 11-4 电子加速器辐照车间辐射屏蔽东西方向剖面设计及关注点分布图（单位：mm）

表 11-1 关注点及居留因子选取表

关注点编号	剂量关注点位置	位置特征	受照射类型	居留因子
A1	辐照室西墙外 30cm 处	[Redacted]	公众	1/4
A2	辐照室北墙外 30cm 处			1/4
A3	辐照室东墙外 30cm 处			1/4
A4	辐照室南墙外 30cm 处			1
A5	辐照室货物出口			1/8

A6	辐照室货物进口	[Redacted]		1/8
A7	辐照室西北墙外 30cm 处			1/4
B1	主机室西墙外 30cm 处			1/8
B2	主机室北墙外 30cm 处			1/8
B3	主机室东墙外 30cm 处			1/8
B4	主机室南墙外 30cm 处			职业
B5	主机室屏蔽门外 30cm 处	公众	1/8	
B6	主机室西南墙外 30cm 处		1/4	



②顶棚人员不可到达，未设关注点。

**(2) 预测模式**

本次评价选用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中推荐的预测模式进行理论计算。

**①透射计算公式**

$$B_x = 1 \times 10^{-6} \frac{H_M d^2}{D_{10} T} \dots\dots\dots (11-2)$$

式中： $B_x$ ——X 射线的屏蔽透射比，指在屏蔽体入射面的吸收剂量率，经屏蔽厚度按该透射比减弱，使屏蔽体的出射面剂量率达到所要求的水平；

$H_M$ ——参考点最大允许周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$d$ ——X 射线源与参考点之间的距离，m；常数（ $1 \times 10^{-6}$ ）为单位转换系数。

$T$ ——居留因子，见表 11-1；

$D_{10}$ ——距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率（Gy/h），其计算方法为：

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \dots\dots\dots (11-3)$$

式中： $Q$ ——X 射线发射率， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

$I$ ——电子束流强度，mA；

$f_e$ ——X 射线发射率修正参数。

用屏蔽材料的十分之一值层来表示屏蔽厚度：

$$B_x = 10^{-n} \dots \dots \dots (11-4)$$

计算屏蔽体厚度，可以保守地估算为：

$$S = T_1 + (n - 1)T_e \dots \dots \dots (11-5)$$

式中：S——屏蔽体厚度，cm；

T<sub>1</sub>——在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层，cm；

T<sub>e</sub>——平衡十分之一值层，该值近似于常数，cm；

n——为十分之一值层的个数。

### ② 散射计算公式

$$H_{i, rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \dots d_{rj})^2} \dots \dots \dots (11-6)$$

式中：H<sub>i, rj</sub>——经 i 次散射后关注点处的辐射剂量率，μSv/h；

D<sub>10</sub>——距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率（Gy/h）；

α<sub>1</sub>——入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α<sub>2</sub>——从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；

A<sub>1</sub>——X 射线入射到第一散射物质的散射面积，m<sup>2</sup>；

A<sub>2</sub>——迷道的截面积，m<sup>2</sup>；

d<sub>1</sub>——X 射线源与第一散射物质的距离，m；

d<sub>r1</sub>, d<sub>r2</sub>...d<sub>rj</sub>——沿着迷道长轴的中心线距离，m；

j——指第 j 个散射过程。

### (3) 预测工况

本项目以加速器的最高能量和最大束流强度作为预测工况进行计算，同时主射束方向朝下。根据建设单位提供的资料，本项目电子加速器的设备参数见表 11-2。

表 11-2 电子加速器的主要性能参数

项目	参数
设备型号	10.0MeV-22kW
厂家	██████████
电子束最大能量	10MeV
束流损失点能量	3MeV

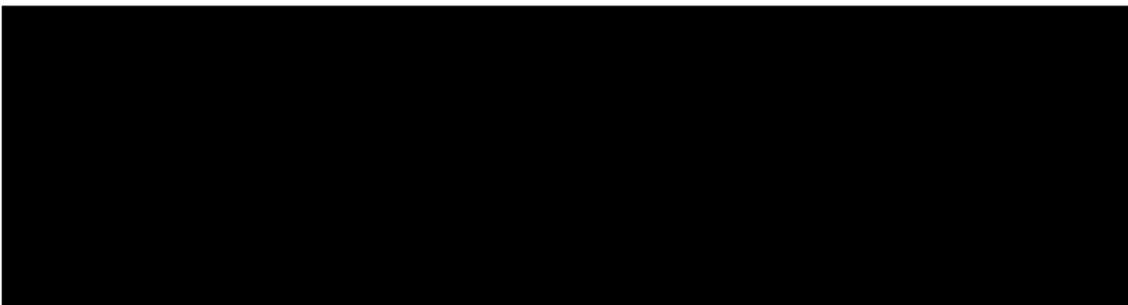
束流损失率	
X射线发射率（未修正）	
最大束流功率	22kW
额定电子束流	2.2mA
扫描宽度	0.8m
能量不稳定度	
束流不稳定度	
主射束方向	
最小稳定剂量	
加速器工作方式	连续
主射束方向	定向，垂直向下

#### (4) 参数选取

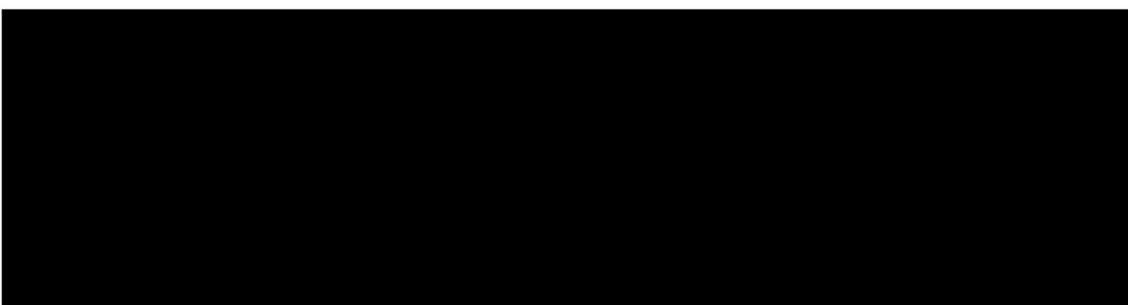
##### 1) X 射线发射率修正参数

通常被辐照的物质很少为高 Z 材料，因此 X 射线发射率需进行修正。本项目加速器运行时，电子束照射方向朝下，在电子加速器辐照车间内电子束可能轰击的物质有 3 种：①电子扫描窗下方的金属束下装置，一般为不锈钢材料；②辐照产品，主要为茶叶等农产品；③辐照室混凝土地面。以上几种物质中不锈钢 Z 值（原子序数）最大，X 射线发射率最高，本次评价选取轰击不锈钢的情况来预测，则电子能量 $\leq 10\text{MeV}$ ，被辐照的靶材料为“铁、铜”时， $90^\circ$ 方向的修正系数  $f_e$  为 0.5。

##### 2) 辐照室 X 射线发射率



##### 3) 主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率



4) 散射 X 射线能量及散射系数

5) 什值层

根据 HJ 979-2018 附录 A 表 A.2 和表 A.3，相应能量的 X 射线在混凝土中的什值层取值见表 11-3。

表 11-3 宽束 X 射线在屏蔽材料中的什值层厚度

材质	射线	第一个十分之一值层厚度 $T_1$ (cm)	平衡十分之一值层厚度 $T_e$ (cm)
混凝土	6MeV 的宽束 X 射线		
	1.9MeV 的宽束 X 射线		

6) 散射距离及散射面积

由图 11-1 和图 11-2 可知，本项目按散射次数较少的路径进行保守预测，电子加速器辐照室从辐射源点到货物进出口至少经过 4 次散射，主机室从辐射源点到混凝土屏蔽门至少经过 1 次散射，各次散射距离和散射面积取值见表 11-4 和表 11-5。

表 11-4 各次散射距离 (m)

位置	源点到第一散射 物质距离 $d_1$	一次散射 距离 $dr_1$	二次散射 距离 $dr_2$	三次散射 距离 $dr_3$	四次散射 距离 $dr_4$
辐照室货物出口 A5					
辐照室货物进口 A6					
主机室混凝土屏蔽门外 B5					

表 11-5 各次散射面积 (m<sup>2</sup>)

位置	A1	A2	A3	A4

辐照室货物出口 A5	(			
辐照室货物进口 A6	(			
主机室混凝土屏蔽门外 B5				
注:①辐照室内部净高 2.1m, 迷道部分净高均 3.4m; ②主机室迷道净高 2.7m。				

### (5) 辐射类型

一层辐照室屏蔽墙体外辐射环境受韧致辐射初级X射线和一次散射X射线影响, 由于韧致辐射初级X射线的能量为6MeV, 一次散射X射线能量为0.5MeV, 因此屏蔽墙体外辐射环境主要考虑初级X射线, 忽略一次散射X射线的影响。辐照室迷道口的辐射防护屏蔽评价考虑初级X射线贯穿屏蔽墙体后的透射以及经迷道多次散射后到达迷道口的散射线的叠加影响。

二层主机室内的辐射场由三部分叠加: ①一层辐照室内与入射电子束成105°至180°方向的韧致辐射初级X射线, 经辐照室屋顶(主机室地板)不完全屏蔽的贯穿辐射场; ②一层辐照室内与入射电子束成0°方向上产生的韧致辐射初级X射线, 经地面180°方向散射后的次级X射线, 通过电子加速器辐照车间屋顶上的孔洞直接照射入主机室内形成的散射辐射场; ③尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与钢筒作用产生的束流损失辐射场。由于沿与电子束入射方向成180°方向的次级X射线能量较低, 且会受到加速器底部钢筒屏蔽, 因此为简化计算, 二层主机室辐射防护屏蔽评价, 仅考虑主机室内的贯穿辐射场和束流损失辐射场。与一层电子加速器辐照车间相同, 二层主机室屏蔽墙体处防护评价考虑贯穿辐射场和束流损失辐射场的透射叠加影响。

表 11-6 剂量关注点处射线种类一览表

剂量关注点	射线种类	射线能量
[Redacted Content]		

--	--	--	--

**(6) 预测结果**

1) 透射比 $B_x$ 的计算

根据公式(11-2)，其中参考点(距离屏蔽体外侧 0.3米处)最大允许周围剂量当量率 $H_M$ 取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，计算出X射线的透射比 $B_x$ 见表11-7。

**表 11-7 直射辐射屏蔽透射比计算结果**

楼层	参考点	位置	距离 $d(\text{m})$	$D_{10}$ (Gy/h)	最大允许周围 剂量当 量率 $H_M$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因 子T	透射比 $B_x$
一层辐 照室							
二层主 机室							

2) 屏蔽厚度的计算

根据公式(11-4)，采用表11-7中的“ $B_x$ ”值，计算出  $n$  值。

**表 11-8 直射辐射屏蔽厚度计算结果**

楼层	参考点	位置	透射比 $B_x$	$n$	所需混凝土厚 度(cm)	实际混凝土厚 度(cm)

一层辐照室	
二层主机室	

注:①有效厚度为设计单位提供的CAD方案图的标准尺寸直接量取。

根据表11-8，辐照室及主机室直射辐射屏蔽墙的设计厚度均大于计算结果，满足防护要求。

### 3) 辐射剂量率的计算

关注点辐射剂量率可通过推导公式（11-2）～（11-6），本项目电子加速器辐照车间周围环境辐射水平预测结果见表11-9。

**表 11-9 关注点辐射剂量率预测结果**

关注点编号	环境性质	射线类型	衰减距离 m	屏蔽体			周围剂量当量率 H	
				混凝土有效厚度 cm	T <sub>1</sub> cm	T <sub>e</sub> cm	屏蔽后散射或透射剂量率贡献值 μSv/h	总贡献值 μSv/h
一层辐照室								

二  
层  
主  
机  
室

注:①有效厚度为设计单位提供的 CAD 方案图的标准尺寸直接量取。

由表11-9可知,本项目加速器正常运行时,一层辐照室屏蔽墙外表面30cm处的辐射剂量率最大贡献值为 $4.08 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ,二层主机室屏蔽墙外表面30cm处

的辐射剂量率最大贡献值为 $2.05 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，均不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，其屏蔽防护性能可以满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的限值要求。同时，在无屏蔽体的情况下，一层辐照室、二层主机室迷道口外辐射剂量率亦可满足标准要求，可不增设防护门，采用普通钢门即可。

#### 4) 厂房屋顶厚度

屋顶厚度首先应考虑直射的防护，对屋顶直射的防护主要应考虑图11-3和图11-4从一层辐照室X射线源直射到二层主机室周围辅助房间的剂量。一层辐照室屋顶厚度计算结果见表11-10。

表 11-10 一层辐照室屋顶厚度计算结果

楼层	参考点	位置	Bx	n	混凝土厚度 (cm)	所需楼板厚度 (cm)	实际楼板厚度 (cm)
二层主机室周围							

#### (7) 天空反散射辐射影响

电子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。对于天空反散射，要综合考虑辐照室和主机室辐射对参考点的剂量贡献。计算时，发射率常数保守取 $90^\circ$ 方向的发射率常数。

##### 1) 估算模式

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)附录A公式(A-6)可计算出天空反散射的X射线周围剂量当量率H (Sv/h)：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3})}{(d_i \cdot d_s)^2} \quad \dots (11-7)$$

式中：

$D_{10}$ ——距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 (Gy/h)；

$\Omega$ ——由X射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)；

$d_i$ ——在屋顶上方2m处离靶的垂直距离（m）；

$d_s$ ——X射线源至关注点的距离（m），取7.8m。

$$B_{xs} = 4 \times 10^{-5} \left[ \frac{H_M d_i^2 d_s^2}{D_{10} \Omega^{1.3}} \right] \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

$H_M$ ——P点所在位置的最大允许周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

计算出屋顶屏蔽透射比  $B_{xs}$ 后，按上述十分之一值层求解法计算出屋顶的屏蔽厚度。

$$\Omega = 4tg^{-1} \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \dots\dots\dots (11-9)$$

式中：

$a$ ——屋顶长度之半（m），本项目取6.2m；

$b$ ——屋顶宽度之半（m），本项目取2.5m；

$c$ ——源到屋顶表面中心的距离（m），本项目到主机室屋顶表面为8.2m，到主机室顶棚为6.0m；

$d$ ——源到屋顶边缘的距离（m），且  $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ 。

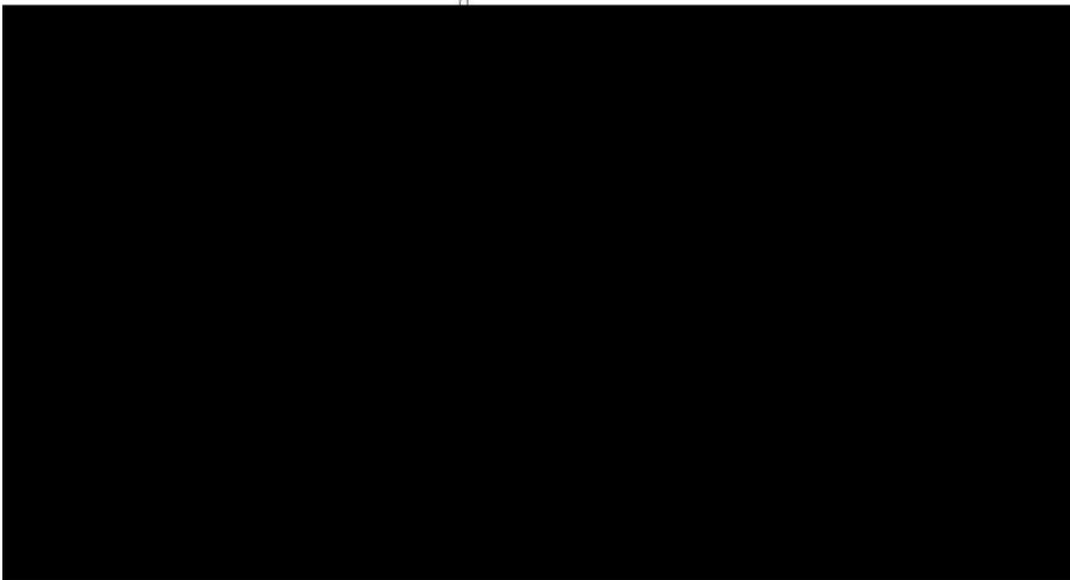


图 11-5 加速器厂房屋顶厚度计算示意图

## 2) 计算结果

对于天空反散射，这里要综合考虑辐照室和主机室辐射对参照点P的剂量贡献，根据公式（11-8）屋顶天空反散射计算结果见表11-11。

假设P点位于公众所能达区域，区域居留因子取1/4，因此P点所在位置的最

大允许周围剂量当量率：

$$H_M = 0.1 \text{mSv} / (300 \times 16 \text{h} \times 1/4) = 8.33 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}。$$

表 11-11 屋顶天空反散射计算结果

楼层顶厚度核算										
楼层	$D_{10}$ (Gy/h)	$H_M$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_i$ (m)	$d_s$ (m)	$\Omega$ (Sr)	$T_1$ (cm)	$T_e$ (cm)	$B_{xs}$	所需屋顶厚度 (cm)	实际屋顶厚度 (cm)
透射剂量率预测										
关注点编号	环境性质	射线类型	衰减距离 m	混凝土有效厚度 cm	$T_1$ cm	$T_e$ cm	屏蔽后剂量率值 $\mu\text{Sv/h}$			
天空反散射剂量率预测										
楼层	$D_{10}$ (Gy/h)	屏蔽厚度 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_i$ (m)	$d_s$ (m)	$\Omega$ (Sr)	$T_1$ (cm)	$T_e$ (cm)	$B_{xs}$	$H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	

1P									
									

由此可知，天空反散射对P点的计量贡献主要来自辐照室。

因此，根据表11-8、表11-10和表11-11的计算结果，只要辐照室屋顶的厚度大于157cm，二楼辅助房间的剂量率即小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，P点的剂量率远小于 $8.33\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ；同时，根据表11-11透射和天空反散射叠加剂量率为 $1.83\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，小于P点所在位置的最大允许周围剂量当量率 $8.33\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，满足对应区域年剂量率要求。

### (8) X射线通过屋顶的侧向散射辐射影响

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录A.3.2.3“当加速器近邻有高层建筑时，则X射线通过屋顶后侧向散射对建筑物造成辐射影响”。本项目周围50m评价范围内近邻建筑与电子加速器辐照车间建筑高度基本一致，因此无需考虑X射线通过屋顶后侧向散射对建筑物造成辐射影响。

## 3、局部贯穿辐射影响分析

### (1) 辐照物料进出口和屏蔽门

本项目电子加速器辐照车间西南侧拟设1个货物进口，东南侧拟设1个货物出口；主机室西南侧拟设1个混凝土屏蔽门。加速器开机时，发出的射线需经至少四次和一次以上散射才能分别到达货物进出口和屏蔽门，具体见图11-1和图11-2。经理论计算，由表11-9可知，本项目电子加速器辐照车间货物出口的散射和透射总辐射剂量率值为 $3.00\times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，货物进口的散射和透射总辐射剂量率值为 $7.51\times 10^{-7}\mu\text{Sv/h}$ ，混凝土屏蔽门的散射和透射总辐射剂量率值为 $1.30\times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，均不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，其屏蔽防护性能可以满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的限值要求。因此，本项目加速器的辐照物料进出口、屏蔽门设计满足辐射防护要求。

本项目货物进口和货物出口拟设有警示灯以及提示语句“射线危险、严禁入内”、紧急停机按钮、固定式辐射监测探头安全设施，屏蔽门拟设有门机连锁、

屏蔽门开关、摄像探头安全设施，辐照室的迷道入口拟设有固定式辐射监测探头安全设施。

### (2) 通风管道

本项目电子加速器辐照车间的通风设计方案见图 10-6。电子加速器辐照车间拟设置地下式排风管道，管道埋地深为 2000mm，吸风口位于辐照室扫描窗下方的地面处，排风管道从辐照室地下穿过，东南侧地面（设置有管径Φ800mm 的 L 型排风管道）穿出，最终排放口高于厂房屋顶，设计风量为 15000m<sup>3</sup>/h，设计通风换气次数大于 44 次/h。加速器开机时，电子加速器辐照车间的废气经风道收集后引至厂房的屋顶排风。射线至少经过 3 次以上的散射才到管道进出口处，辐射能量已大大降低，射线通过排风管道外漏可忽略不计。因此，本项目通风管道的布设不会影响屏蔽墙的屏蔽效果。

### (3) 电缆管道

本项目电子加速器辐照车间的电缆管道采取 U 型穿墙，走线示意图如图 10-4，管线上盖 8mm 厚的钢板。穿墙线管均采用 U 型弯预埋设置，射线至少经过 3 次以上的散射才到管道出口处，辐射能量已大大降低，射线通过电缆管道出口外漏可忽略不计。因此，本项目电缆的布设不会影响屏蔽墙的屏蔽效果。

### (4) 水冷管道

本项目电子加速器辐照车间的水冷管道采取 U 型穿墙，走线示意图如图 10-4，管线上盖 8mm 厚的钢板。穿墙线管均采用 U 型弯预埋设置，射线至少经过 3 次以上的散射才到管道出口处，辐射能量已大大降低，射线通过水冷管道外漏可忽略不计。因此，本项目水冷管道的布设不会影响屏蔽墙的屏蔽效果。

综上所述，本项目穿越机房的各类管道设计基本合理可行，符合辐射防护要求，不会造成局部区域的剂量泄漏。

## (二) 人员受照剂量

### 1、计算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000年报告附录A，X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H^* = H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11 - 10)$$

式中：

H\*——年有效剂量，mSv/a；

$H$ ——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$U$ ——使用因子，本项目均取 1；

$T$ ——关注点处人员驻留的居留因子；

$t$ ——年受照时间， $\text{h/a}$ 。

## 2、照射时间确定

本项目拟配备5名辐射工作人员，其中1人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8h，年工作时间300天。本项目加速器设计为每天连续16h出束，年运行出束时间约4800h。此外，本项目拟配备4名搬运工人，搬运工人工作在上货区、下货区，2人一组每天实行两班制，每班工作8h，年工作时间300天。

## 3、辐射工作人员年有效剂量

本项目电子加速器运行时，对工作人员影响的区域主要在二层的控制室，但考虑到工作人员在加速器运行时可能会前往机房周围进行巡视，为保守估计，本次取机房周围理论计算结果中的最大值进行预测，且居留因子取1。

根据公式（11-10），本项目辐射工作人员年有效剂量估算情况见表11-12。

表 11-12 辐射工作人员年有效剂量估算

人员属性	关注点	周围剂量当量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	单名辐射工作人员年受照时间 $t$ ( $\text{h/a}$ )	居留因子	年有效剂量 $H$ ( $\text{mSv/a}$ )

注：\*——为保守估计，机房周围巡界的周围剂量当量率取机房最大周围剂量当量率进行估算。

因此，本项目单名辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的辐射工作人员年剂量限值要求，同时也满足本项目对辐射工作人员的年剂量约束值（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ ）的要求。

## 4、邻近区域公众成员年有效剂量

根据公式（11-10），本项目电子加速器辐照车间邻近区域公众成员年有效剂量估算情况见表11-13。

表 11-13 公众成员年有效剂量估算

人员	关注点	周围剂量当量率	年受照时	居留	有效剂量
----	-----	---------	------	----	------

属性		H (μSv/h)	间 t (h/a)	因子	H (mSv/a)
公众成员					

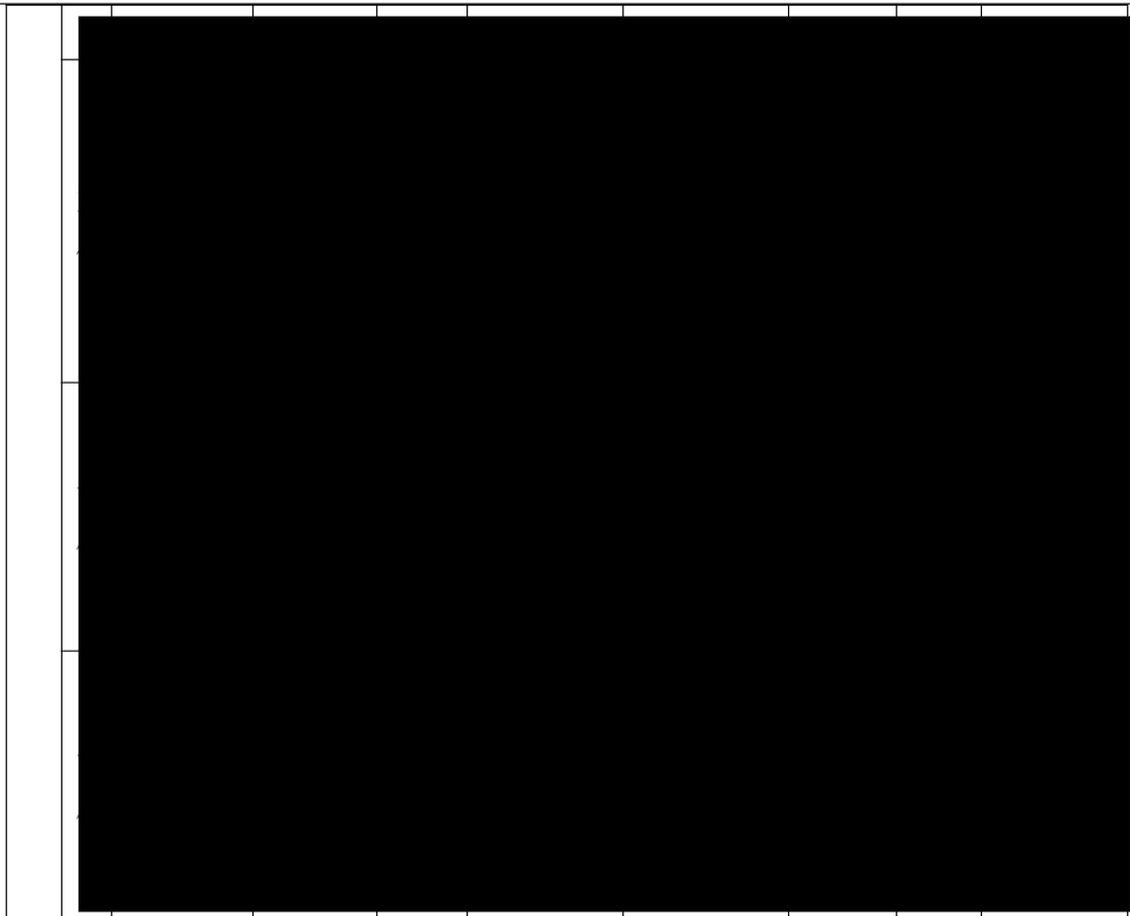
因此，本项目电子加速器辐照车间邻近区域公众成员的年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的公众成员年剂量限值的要求，同时也满足本项目对公众成员的年剂量约束值（公众成员≤0.1mSv/a）的要求。

### 5、评价范围内其他环境保护目标年有效剂量

经上述计算，本项目电子加速器辐照车间邻近区域的公众年有效剂量均可满足相关标准限值要求。根据辐射剂量率与距离的平方成反比的定律，可推导出本项目评价范围 50m 内其他环境保护目标的年有效剂量。

**表 11-14 本项目评价范围 50m 内其他公众成员年有效剂量估算**

人员属性	环境保护目标	距离屏蔽边界最近距离 (m)	参考关注点	参考关注点剂量当量率 H (μSv/h)	计算关注点剂量当量率 H (μSv/h)	年照射时间 t (h/a)	居留因子	有效剂量 H (mSv/a)
公众成员								



因此，项目评价范围 50m 内其他环境保护目标的年受照剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的公众成员年剂量限值的要求，同时也满足本项目对公众成员的年剂量约束值（公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ）的要求。

综上所述，本项目电子加速器辐照车间经实体屏蔽后，对机房外辐射工作人员和周围公众的环境影响较小，均在可接受范围内。

### （三）非放射性污染分析

#### 1、非放射性废气

电子加速器开机运行时，产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧（ $\text{O}_3$ ）和氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）。氮氧化物的产率约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此，本报告在考虑有害气体的影响时，仅考虑臭氧的影响。

#### （1）预测模式

本次评价选用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录B中推荐的预测模式进行有害性气体的产生和排放计算。根据该标准B.4条款，在辐照加工中，只有仅用X射线的厂房，需要考虑X射线产生的臭氧。而电子

束和 X 射线同时使用的厂房，只计算电子束产生臭氧就足够了。结合本项目加速器利用电子束实现辐照加工的工作原理，本次评价仅计算电子束产生的臭氧。

①臭氧的产生

平行电子束所致O<sub>3</sub>的产生率可以用以下公式进行保守的计算：

$$P = 45d \cdot I \cdot G \dots\dots\dots (11 - 11)$$

式中：

P——单位时间电子束产生O<sub>3</sub>的质量，mg/h；

I——电子束流的强度，mA；

d——电子在空气中的行程，cm；根据生产厂家提供的加速器设备参数，本次评价保守按束下装置与扫描盒下部钛窗的距离取值为60cm；

G——空气吸收100eV辐射能量产生的O<sub>3</sub>分子数，保守值可取为10。

根据上式计算可得，本项目电子加速器辐照车间臭氧产生率约为59400 mg/h (0.059kg/h)。

②辐照室臭氧的平衡浓度

在加速器正常运行期间，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为50min），辐照室空气中臭氧的平衡浓度随辐照时间t的变化为：

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right) \dots\dots\dots (11 - 12)$$

式中：C (t) ——电子加速器辐照车间空气中在t时刻臭氧的浓度，mg/m<sup>3</sup>；

P——单位时间电子束产生O<sub>3</sub>的质量，mg/h；

T<sub>e</sub>——对臭氧的有效清除时间，h；

$$T_e = \frac{T_V \times T_d}{T_V + T_d} \dots\dots\dots (11 - 13)$$

其中：T<sub>V</sub>——电子加速器辐照车间换气一次所需时间，h；

T<sub>d</sub>——臭氧的有效化学分解时间，约为50min，即0.83h；

V——电子加速器辐照车间的体积，m<sup>3</sup>；

此种情况下，T<sub>V</sub><< T<sub>d</sub>，因而 T<sub>e</sub>≈T<sub>V</sub>。当长时间辐照时，则辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \dots\dots\dots (11-14)$$

③臭氧的排放

加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度，通常情况下，该浓度大大高于GBZ 2.1-2019所规定的工作场所最高允许浓度。因此，当加速器停止运行时，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行，室内臭氧浓度随时间急剧下降，浓度变化的平衡方程为：

$$d_c/d_t = -C/T_e \dots\dots\dots (11-15)$$

当 t=0 时，C=C<sub>s</sub>，得到浓度随时间的变化公式为：

$$C = C_s e^{-\frac{t}{T_e}} \dots\dots\dots (11-16)$$

由此可得：关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \dots\dots\dots (11-17)$$

式中：T——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间，h。

C<sub>0</sub>——GBZ 2.1 规定的臭氧的最高允许浓度，取值 0.3mg/m<sup>3</sup>。

(2) 预测结果

本项目电子加速器辐照车间拟设 1 套机械排风系统，风机设计风量为 15000m<sup>3</sup>/h。加速器开机状态下，辐照室和主机室产生的非放射性废气集中收集后，通过电子加速器辐照车间二层东北侧平台的排风管道引至厂房的屋顶通过排气筒排放。由于电子加速器辐照车间产生臭氧的位置主要为辐照室，主机室束流损失导致的臭氧产生量极低，且已设排风管道连通到辐照室，故本次评价仅预测辐照室的臭氧的产生和排放情况。

根据上述公式，本项目电子加速器停止运行后，辐照室需要持续通风的时间以风机设计风量为15000m<sup>3</sup>/h、换风次数为44次/h进行预测，结果如下：

表 11-15 持续通风时间计算

场所名称	I (mA)	d (cm)	V (m <sup>3</sup> )	T <sub>v</sub> (h)	T <sub>d</sub> (h)	T <sub>e</sub> (h)	C <sub>s</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	T (h)
辐照室加速器机房	2.2	60	336	0.02	0.83	0.019	3.43	0.046 (=2.78min)

由表11-15可知，辐照室内臭氧的平衡浓度约 $3.43\text{mg}/\text{m}^3$ 该浓度值高于《工作场所所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）中的限值要求（臭氧最高允许浓度 $\leq 0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ）。由于机房内臭氧浓度较大，因此在停止辐照后，当需要工作人员需要进入辐照室内进行检修或维护时，需在停止辐照后通风时间不得低于 $0.046\text{h}$ （ $2.78\text{min}$ ）后再进入，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许。在此情况下，可满足《工作场所所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中的限值要求。

本项目加速器辐照室拟设置通风联锁装置，机房内通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证辐照室内臭氧等有害气体浓度低于允许值，该公司应明确预先设定的时间应为 $10\text{min}$ 。

本项目电子加速器辐照车间拟配备的排臭氧风机排风速率为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ ，室内臭氧和氮氧化物通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小；氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对环境影响较小。

## 2、废水

本项目为员工生活污水，经化粪池预处理达到《污水综合排放标准》GB8978-1996 表4 三级标准排入市政污水管网，对地表水环境影响较小。本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，循环冷却水定期补充，不外排。

## 3、噪声

本项目主要噪声源为风机等机械设备运转产生的噪声，噪声源强范围为 $60\text{dB}(\text{A})\sim 85\text{dB}(\text{A})$ 。设备大部分设置在室内，对机械设备产生的噪声，采用减震、隔音等措施。项目采取的具体噪声控制措施如下：

（1）选用低噪声设备：充分选用先进的低噪设备，并通过提高设备的安装质量和精度，从源头减轻设备的噪声量；

（2）对高噪声设备设置减振基础，可采取台基减振、橡胶减振接头以及减振垫等措施，以减小其振动影响；

（3）注意维护各种生产设备的正常运转，加强主要产噪设备的维护，确保设备处于良好的运转状态，杜绝因设备不正常运转时产生的高噪声现象。

经过以上控制措施和距离衰减，厂界噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准要求，对周围环境影响较小。

## 4、固废

本项目运行期产生的固体废物主要为货物装卸货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。运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格或辐照过程中发生产品包装发生破损的，作为一般固体废物处理。

### 三、事故影响分析

#### (一) 辐射事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十条规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表11-16。

**表 11-16 辐射事故等级划分表**

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表11-17。

**表 11-17 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（Gy）
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	轻度	10~20
	重度	20~50
脑型急性放射病	轻度	50~100
	中度	

	重度	
	极重度	
	死亡	>100

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11-18。

**表 11-18 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、烧灼感	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

**(二) 风险事故识别**

本项目电子加速器是一种将电能转换成高能电子束的设备,电子束受开机和关机控制,关机时没有射线产生。在加速器开机运行期间,主要可能发生的事故有:

- (1) 工作人员或其他人员在防护门关闭前尚未撤离电子加速器辐照车间,造成人员误照射。
- (2) 安全联锁装置或报警装置失效,工作人员或其他人员误入正在运行的加速器电子加速器辐照车间。
- (3) 厂家设备维修人员维修时,加速器误出束。
- (4) 电子束使空气电离产生臭氧等有害气体,电子加速器辐照车间内的通风系统故障或者通风换气次数不足,易造成电子加速器辐照车间内臭氧浓度积累,使电子加速器辐照车间内臭氧浓度过高。工作人员进入后,将受到非辐射有害气体的伤害。
- (5) 安全联锁失效,人员可能在防护门未关闭时误入机房,如果这时运行加速器,则可能造成误照事故;设备软件中设置自检功能,开机过程中会进行安全联锁的自检。一旦发生该事故,应立即切断设备电源,启动应急预案,立即对受照人员送往医学观察和治疗,对人员受照剂量进行估算,同时对设备失效的安全联锁进行维修,评价事故分级,并上报生态环境主管部门,对事故进行总结。
- (6) 设备生产调试过程中,机房内出现明火或者烟雾;应尽快找到最近的

紧急按钮，按下以迅速切断电源开关，疏散所有人员到安全区域，向上一级管理人员报告火情，只有受过专门训练的人员才允许扑救电气火灾。

(7) 设备持续运行，通过正常操作方式不能停机。通过关闭硬开关进行系统断电，并进行认真的系统检修，排除问题，在此之前禁止运行加速器系统。

### (三) 事故工况估算

#### 1、人员误入或滞留导致误照射事故

##### (1) 事故假设

①假定在事故情况下，加速器装置在运行时人员误入或滞留在辐照室内，人员与电子束最近距离为 1m，根据设备参数，加速器运行时距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为： $D_{10}(90^\circ) = 60 \times 13.5 \times 2.2 \times 0.5 \text{Gy/h} = 891 \text{Gy/h}$ ；

②由于机房内安装有监控摄像头，可监视其内部环境，且机房内部及操作台均安装有“紧急停机按钮”（有中文字样），当发生误照射事故时，相关人员可立即按下“紧急停机按钮”并至撤离至机房外，触发“紧急停机按钮”后设备将立即停止出束，整个操作过程约 10s~30s。

##### (2) 剂量估算

根据上述假设的情景下，按照加速器运行的工况进行估算，随着时间的推移，最大可能受到的辐射剂量见下表11-19。

表 11-19 加速器运行时不同时间、距离处人员所受有效剂量情况表 (Sv)

时间 (s) \ 距离 (m)	5	10	20	30
5				
10				
20				
30				

在以上假设事故情景下，人员误入或者滞留在电子加速器电子束侧向90°方向，人员与电子束最近距离为1m处位置停留30s，可造成人员最大有效剂量为7.425Sv/次，其所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值（职业照射：20mSv）。

#### 2、暗电流导致辐射事故

加速器设备出现故障时（如直流高压发生器故障），可能导致加速器的高压

加速管没有断开高压，仍有“暗电流”，导致加速器产生额外的 X 射线，造成误照事故。

### (1) 事故假设

当电子加速器空载状态时（运行高压，未启动电子枪），电子加速器高压发生器在锻炼高压或者束流过程中可能发生电晕放电，残余气体电离等也会生成带电粒子，形成空载总电流不为 0，即存在“暗电流”等。

①假定在事故情况下，人员与电子束最近距离为 1m，暗电流约为 0.2mA~0.3mA；则上述事故工况下，加速器运行时距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为 121.5Gy/h；

②当发生误照射事故时，相关人员可立即按下“紧急停机按钮”并至撤离至机房外，触发“紧急停机按钮”后设备将立即停止出束，整个操作过程约 10s~30s。

### (2) 剂量估算

根据上述假设的情景下，按照加速器运行的工况进行估算，随着时间的推移，最大可能受到的辐射剂量见下表 11-20。

**表 11-20 加速器运行时不同时间、距离处人员所受有效剂量情况表 (Sv)**

时间 (s) \ 距离 (m)	5	10	20	30
1				
2				
3				
4				

在以上假设事故情景下，人员误入或者滞留在电子加速器电子束侧向 90°方向，人员与电子束最近距离为 1m 处位置停留 30s，可造成人员最大有效剂量为 1.01Sv/次，其所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值（职业照射：20mSv）。

## 3、同类型辐射事故案例

### (1) 国内同类型辐射事故案例

根据天津市生态环境局调查发布信息：“某单位加速器的操作人员许\*自 2020 年 7 月 21 日发现自己严重脱发，右后脑头发斑秃，2020 年 7 月底在工作期间出现左手臂烫伤后进入工伤认定程序，2020 年 8 月开始诊断检查，2020 年 9 月在

天津职业病防治院进行检查，2020年9月21日取得《认定工伤决定书》（编号：S112011420201140）。

根据生态环境部提供的《中国人民解放军总医院第五医学中心住院病案》显示：在中国人民解放军总医院第五医学中心（中国人民解放军第三〇七医院）就诊住院2次，最近一次住院是2021年4月15日，4月27日出院记录的出院诊断为“右上肢慢性溃疡伴感染放射性损伤生物参考剂量约15Gy，左上肢皮肤损伤放射性损伤生物参考剂量约3Gy，面部皮肤损伤放射性损伤生物参考剂量约2Gy”。经换算，对于组织或者器官 $1\text{Gy}=1\text{Sv}=1000\text{mSv}$ ，你单位操作人员许\*右上肢生物参考剂量约15Gy，约合当量剂量15Sv，左上肢皮肤生物参考剂量约3Gy，约合当量剂量3Sv，分别超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B中，B 1.1.1.1 四肢年当量剂量500mSv的30倍、6倍。本次调查未发现许\*从事其他涉辐射的相关活动。”

天津市生态环境局于2021年10月9日组织召开法制委员会，根据现有证据材料及专家审评意见，依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十四条第（一）项的规定，对上述单位发生的辐射事故开展定性定级。该电子辐照加速器致人放射性损伤的辐射事故等级认定为一般辐射事故。

综上所述，针对上述可能发生的辐射事故，建设单位应按要求对辐射装置相关联锁装置进行检查并做好记录，及时上报设备故障情况；严格按照辐射安全管理相关要求进行管理，定期对辐射工作人员进行培训；设备故障后请专业人员进行维修与调试，非专业人员不得擅自进行维修工作；日常工作时按要求佩戴个人剂量计及辐射剂量报警仪；加速器停机时必须断开高压。

#### （四）事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

- 1、制定本项目工业电子加速器操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在操作时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人防护。

2、每月检查安全联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对工业电子加速器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。

3、定期对工业电子加速器采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

4、加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

5、制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

#### **（五）应急措施**

假若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）一旦发生人员误照射等辐射事故时，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。同时，事故第一发现者应及时向辐射安全事故应急处理小组及上级领导报告。辐射安全事故应急处理小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

（2）对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生健康等主管部门。

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

（4）事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

#### **（六）事故综合防范应对措施**

建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，建设单位方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- (1) 建立安全管理领导小组，组织管理公司的安全工作；
- (2) 加强人员的辐射安全与防护专业知识的学习，考试（核）合格、持证上岗；
- (3) 建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施；
- (4) 定期检查辐照室的辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免人员误入正在工作中的辐照室和可能发生的其他安全事故；
- (5) 制定事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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

**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），其职责包括：

- (1) 全面负责公司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) 负责公司内辐射工作人员的法律法规教育和安全环保知识培训；
- (4) 组织落实辐射安全与防护知识的学习和考核计划；
- (5) 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；
- (6) 辐照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；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；
- (7) 负责单位内辐射事故的处理和调查工作；
- (8) 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	人员名单
组长（法定代表人）	
副组长（EHS 主管）	
成员（辐射岗位工作人员）	

**辐射安全管理**

**一、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 12-2 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

## 二、辐射工作人员

### （1）辐射安全培训

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。

### （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。

## 三、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。

## 四、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，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。个人剂量档案应终生保存。

## 五、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。

## 六、“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。本项目运行过程中产生的臭氧获得有效处理，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。

## 七、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- $\gamma$  监测仪 2 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。

## 八、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》。

## 九、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。

## 十、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。

## 十一、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，对南充市亿绿科技有限责任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 12-3、12-4。

（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 12-3 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：使用 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。	建设单位所有辐射工作人员拟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、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)》，建设单位使用工业电子辐照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（工业电子辐照装置）**

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			
3	设施维保	<p>按照标准规范和辐射安全管理制度，定期开展辐射安全防护设施设备的日常检查和维修，并做好记录。</p> <p>(1) 日检查 电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应至少包括下列内容： ①工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯； ②辐照装置安全联锁控制显示状况； ③个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况。</p> <p>(2) 月检查 电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括： ①辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况； ②控制台及其他所有紧急停止按钮； ③通风系统的有效性； ④验证安全联锁功能的有效性； ⑤烟雾报警器功能正常。</p> <p>(3) 半年检查 电子加速器辐照装置的安全状况应每6个月定期进行检查，发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括： ①配合年检修的检测； ②全部安全设备和控制系统运行状况。</p>	拟按照指引要求定期检查辐射安全设施完好性，针对损坏设备及时检修
4	监测仪器	<p>按环评文件要求配置X-γ辐射监测仪和中子监测仪（适用于能量高于10MV的加速器），并每年对监测仪器开展校准或比对，确保仪器正常使用。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门联锁。</p>	拟按照指引要求配置监测仪器
5	自行监测	<p>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。</p> <p>(1) 监测频率和方式。工业电子辐照装置应用单位每年至少应开展1~2次辐射环境监测；建议每季度对辐射工作场所进行辐射环境自行监测。</p> <p>(2) 监测点位。辐照室主体建筑墙外30cm处、楼顶、防护门、管线洞口和工作人员操作位置等关注点，以及评价范围内的环境敏感点处，具体可参照环评监测和验收监测点。</p> <p>(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）。</p>	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《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188)确保放射性“三废”妥善处置，并做好记录存档。	本项目无放射性三废
辐射事故应急工作指引			
1	事故类型	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《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188)确保放射性“三废”妥善处置，并做好记录存档。	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，每年至少组织开展1次辐射事故应急演练。	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，并切断辐照装置电源； (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所有人员； (5) 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； (6) 保持通信畅通，准备好便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪和铅衣、铅帽、铅眼镜等辐射防护用品，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

## 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，对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、厂界噪声。

（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、电气室、水冷室、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 12-4 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-γ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、电气室、水冷室、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-γ 辐射剂量率监测仪（量程应满足本项目电子工业加速器最大能量）
委托监测	射线装置工作场所	X-γ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-γ 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
		噪声	厂区四周	建设单位根据情况定期委托有资质单位进行监测	噪声监测仪

### 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》的重要组成内容一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用单位辐射安全工作指引（2025 年版）》（川环函〔2025〕616 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，应根据国家最新发布的相关法规内容，结合建设单位实际及时对预案做补充修改，使之更能符合实际需要。

**表 13：结论与建议**

## **结论**

### **一、项目概况**

项目名称：南充市亿绿科技有限责任公司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：南充市亿绿科技有限责任公司

建设性质：新建

建设地点：四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内。

本项目建设内容：南充市亿绿科技有限责任公司拟在四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内新建电子束辐照厂房（目前厂房正在建设中，厂房设计高度 13.5m，建筑面积 11000m<sup>2</sup>），在厂房内开展工业电子加速器辐照加工项目。拟在电子束辐照厂房内西北侧新建 1 座工业电子加速器机房，机房内安装一台电子束流最大能量为 10MeV，电子束流强度为 2.2mA 电子直线加速器，型号为 10.0MeV-22kW 型电子加速器，属于Ⅱ类射线装置，用于农产品、农副产品和食品的消毒杀菌。根据建设单位初步规划，本次新增使用的工业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，本项目属于鼓励类第六项“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南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内。根据建设单位已取得的不动产权证书：川（2025）西充县不动产权第 0010045 号（见附件），项目用地性质为工业用地。根据现场踏勘结合川东北农产品精深加工产业园控制性详细规划（修编）土地利用规划图，厂区东侧、南侧、西侧均规划为工业企业，北侧紧邻为规划道路，隔道路为农林用地（现状为空地），项目周边 50m 范围内无敏感制约因素，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，本项目建设的辐照装置机房为专门的辐射工作场所，具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

#### 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 0.097 $\mu$ Gy/h~0.113 $\mu$ Gy/h，处于四川省生态环境厅《2024 年四川省生态环境状况公报》全省环境 $\gamma$ 辐射剂量率年均值 $\leq$ 160nGy/h 范围内，属于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 5mSv 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 0.1mSv 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川东北农产品精深加工产业园集中式污水处理厂处理达标后，排放至义兴河，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

本项目采取噪声治理措施后厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放

标准》（GB 12348—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，本项目在四川省南充市西充县川东北有机农产品精深加工产业园园区内进行建设，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、混凝土防护门 1 扇	
安全装置	门连锁开关	
	臭氧风机连锁	
	清场巡检开关	
	紧急停机按钮装置	
	拉线开关	
	紧急开门按钮装置	
	拉线开关	
	视频监控系统	
	防误入装置（行人红外光电连锁）	
	剂量连锁（固定式剂量探测器 3 套）	
	工作状态指示灯带报警	
	火灾声光报警器	
	电离辐射警告标志	
烟雾报警装置		
监测仪器及警示装置	便携式 X-γ监测仪	
	个人剂量计	
	个人剂量报警仪	
	两区划分地标线	
废气处理	15000m <sup>3</sup> /h 风机 1 台、14.8m 高排风管道 1 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	

	<p>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。</p>
--	---

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