

编号：ZFHK-FB23220145

核技术利用建设项目

四川华大辐照科技有限公司

新建工业辐照加速器项目

环境影响报告表

(公示稿)



四川华大辐照科技有限公司

2024年1月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

四川华大辐照科技有限公司

新建工业辐照加速器项目

环境影响报告表



建设单位名称：四川华大辐照科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号

13 分厂 1-3 楼 1 号

邮政编码：611600

联系人：高维宏

电子邮箱：cd@huadafuzhao.com

联系电话：18670650656

编制单位和编制人员情况表

项目编号	m5nim2		
建设项目名称	四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	四川华大辐照科技有限公司		
统一社会信用代码	91510131MAD62KPE5P		
法定代表人 (签章)	朱曲波	朱曲波	
主要负责人 (签字)	戴述恒	戴述恒	
直接负责的主管人员 (签字)	周婷艺	周婷艺	
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	中辐环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91330000MA27U0414T		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
杨红晓	2016035410352014411801000517	BH006685	杨红晓
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
童林棋	表11-表12	BH006681	童林棋
李芳	表1-表7, 表13	BH053877	李芳
杨红晓	表8-表10	BH006685	杨红晓

环评编制主持人职业资格证书（复印件）

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



编号: HP 00019685
No.



杨红晓
HP00019685

持证人签名:

Signature of the Bearer

杨红晓

管理号: 2016035410352

证书编号: HP00019685

姓名: 杨红晓

Full Name _____

性别: 女

Sex _____

出生年月: 1987.01

Date of Birth _____

专业类别: _____

Professional Type _____

批准日期: 2016.05

Approval Date _____

签发单位盖章:

Issued by

签发日期: 2016 12年 30月 日

Issued on



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	18
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	47
表 12 辐射安全管理	75
表 13 结论与建议	83
表 14 审批	88

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目周边环境关系示意图
- 附图 3 蒲东工业园总平面布置图
- 附图 4 13、14 分厂平面布置图
- 附图 5 加速器机房 1 层平面布局及两区划分图
- 附图 6 加速器机房 2 层平面布局及两区划分图
- 附图 7 辐照室安全装置布置图
- 附图 8 辐照室人员巡检路线图
- 附图 9 主机室安全装置布置图
- 附图 10 主机室人员巡检路线图
- 附图 11 现场照片

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 建设单位营业执照
- 附件 3 项目备案表
- 附件 4 租赁合同
- 附件 5 辐射安全与防护管理领导小组成立文件
- 附件 6 维保检查示意表
- 附件 7 辐射环境现状监测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称	四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目				
建设单位	四川华大辐照科技有限公司				
法人代表	朱曲波	联系人	高维宏	联系电话	18670650656
注册地址	四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13 分厂 1-3 楼 1 号				
项目建设地点	四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼				
立项审批部门	蒲江县发展和改革局	批准文号	川投资备【2311-510131-04-01-495767】FGQB-0168 号		
建设项目总投资（万元）	3000	项目环保投资（万元）	448	投资比例（环保投资/总投资）	14.93%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				

1.1 建设单位概况

四川华大辐照科技有限公司成立于 2023 年，坐落于成都市蒲江县。主要从事食品、药品、医疗用品等产品辐照杀菌。建设辐照安全智能检测体系，智能监控系统，数字化处理系统，辐照安全追溯体系。

四川华大辐照科技有限公司填报的广东华大辐照投资合伙企业（有限合伙）辐照加工基地项目于 2023 年 11 月 27 日经蒲江县发展和改革局备案，备案号为：川投资备【2311-510131-04-01-495767】FGQB-0168 号。备案内容中为两条 10MeV、50kW 电子束加速器辐照装置，备案表详见附件 3。

四川华大辐照科技有限公司目前无核技术利用项目。

1.2 建设目的及任务由来

四川华大辐照科技有限公司拟在蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼新建辐照车间（主楼地上 1 层、无地下室），并在车间内新建 1 间电子加速器机房及配套辅助用房。电子加速器机房为二层结构，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室等辅助用房。拟购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌，主要为客户单位提供辐照灭菌服务，辐照对象主要为食品、药品、医疗用品等。

为保护环境和公众利益，防治辐射污染，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等有关规定，该项目需进行环境影响评价，编制环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

对照《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本项目电子加速器属于工业辐照用加速器，为 II 类射线装置。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。为此，四川华大辐照科技有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目（以下简称‘本项目’）”的环境影响评价工作（见附件 1）。

在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、收集资料和委托进行辐射环境现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定编制了本环评报告表，供生态环境审批部门审查。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- （1）项目名称：四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目
- （2）建设单位：四川华大辐照科技有限公司
- （3）建设性质：新建
- （4）建设地点：四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼

1.3.2 项目建设内容与建设规模

四川华大辐照科技有限公司（以下简称“建设单位”）于 2023 年 11 月向成都蒲东工

业投资有限公司承租了蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂，租赁合同见附件 4。建设单位拟在 13、14 分厂主楼新建 1 间电子加速器机房（以下简称“加速器机房”）及配套辅助用房。加速器机房为二层钢筋混凝土建筑物，无地下层，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。

建设单位拟在加速器机房内安装使用 2 台 HYDZ1050-B 型电子加速器，电子束最大能量 10MeV，束流强度 5.0mA，主束方向向下，均属于 II 类射线装置。

加速器机房辐照室东北侧和西南侧墙体均为 2500mm~2800mm 厚混凝土，东南侧墙体为 3000mm 厚混凝土，顶部为 680mm~1350mm 厚混凝土，西北侧“S”型双迷道内墙为 2150mm~2850mm 厚混凝土、中墙为 1000mm 厚混凝土、外墙为 750mm 厚混凝土，辐照室入口处安装有不锈钢防护门。

加速器机房主机室东北侧“S”型迷道内墙为 1600mm 厚混凝土、中墙为 1000mm 厚混凝土、外墙为 500mm 厚混凝土，主机室东南侧墙体为 2000mm 厚混凝土，西南侧墙体为 2400mm 厚混凝土，西北侧墙体为 2300mm 厚混凝土，主机室内中墙为 400mm 厚混凝土，顶部为 800mm~1500mm 厚混凝土，主机室入口处安装有不锈钢防护门。

1.3.3 项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要环境问题详见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要环境问题汇总表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	<p>四川华大辐照科技有限公司拟在蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼新建 1 间加速器机房及配套辅助用房。加速器机房为二层钢筋混凝土建筑物，无地下层，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。</p> <p>建设单位拟在加速器机房内安装使用 2 台 HYDZ1050-B 型电子加速器，电子束最大能量 10MeV，束流强度 5.0mA，主束方向向下，均属于 II 类射线装置。</p> <p>加速器机房辐照室东北侧和西南侧墙体均为 2500mm~2800mm 厚混凝土，东南侧墙体为 3000mm 厚混凝土，顶部为 680mm~1350mm 厚混凝土，西北侧“S”型双迷道内墙为 2150mm~2850mm 厚混凝土、中墙为 1000mm 厚混凝土、外墙为 750mm 厚混凝土，辐照室入口处安装有不锈钢防护门。</p> <p>加速器机房主机室东北侧“S”型迷道内墙为</p>	<p>施工中产生的扬尘、建筑垃圾、噪声、废水和生活垃圾等；设备包装废物、射线装置安装调试阶段产生 X 射线、少量臭氧、氮氧化物等污染物。</p>	<p>X 射线、臭氧和氮氧化物、噪声</p>

	1600mm 厚混凝土、中墙为 1000mm 厚混凝土、外墙为 500mm 厚混凝土，主机室东南侧墙体为 2000mm 厚混凝土，西南侧墙体为 2400mm 厚混凝土，西北侧墙体为 2300mm 厚混凝土，主机室内中墙为 400mm 厚混凝土，顶部为 800mm~1500mm 厚混凝土，主机室入口处安装有不锈钢防护门。			
辅助工程	1 间控制室，面积约 40.54m ² ；2 间设备室，设备室 1 面积约 39.95m ² ，设备室 2 面积约 33.70m ² ；2 间设备平台，设备平台 1 面积约 13.99m ² ，设备平台 2 面积约 45.92m ² 。			生活废水、生活垃圾
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统依托厂区现有设施。			依托现有
环保工程	废水处理	本项目运行期间产生的少量生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网。		生活污水、恶臭、污泥
	废气处理	1 层辐照室设计有机排风系统，室内风口位于加速器正下方（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下 1.0m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在 13、14 分厂建筑楼顶排放，排气口距离地面约 15m。加速器辐照室设计通风量为 14000m ³ /h，辐照室容积约 275m ³ ，通风换气次数可达 50 次/h。		臭氧、氮氧化物、噪声
	固废处理	本项目运行期间产生的生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门清运。		生活垃圾

1.3.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途	备注
能源	电	5.0×10 ⁵ kW·h	城市电网	机房及辅助用房用电	/
水	生活用水	140m ³	城市生活用水管网	生活用水	/

1.3.5 主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-3。

表1-3 本项目主要设备配置及主要技术参数

装置名称	型号	数量	类别	加速粒子	最大能量	束流强度	照射方式	用途
电子加速器	HYDZ1050-B	2台	II	电子	10MeV	5.0mA	电子束	辐照灭菌

1.4 劳动定员及工作制度

正常情况下本项目加速器辐照装置拟采用连续作业方式（保守按照最大负荷工况进行估算），每天工作（出束）16h，平均年运行时间为 300 天，全年辐照装置出束为 4800h，两台加速器辐照装置可同时运行。

本项目拟新增辐射工作人员 6 人，拟从社会招聘经培训考核合格后上岗。本项目辐射工作人员实行两班轮换制，每班配 3 名辐射工作人员，其中 2 名辐射工作人员负责加速器控制操作，1 名辐射工作人员负责加速器运行前清场、巡检以及设备的维保检查记录。

本项目拟配置非辐射工作人员 20 名，同样实行两班工作制，每班 10 人，负责货物的装卸及其它辅助工作，主要在装卸货区工作，同时负责未辐照货物堆放区和已辐照货物堆放区的货物堆叠工作，不进入监督区和控制区。

本项目辐射工作人员仅负责维保检查，根据设备厂家提供的维保检查记录表进行维保检查记录（维保检查记录表见附件 6）。设备安装调试、检修均由设备厂家专业人员负责。

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），建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织本项目新增辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，考核合格后方可上岗。建设单位应组织辐射工作人员按时接受再培训。

1.5 产业政策符合性分析

本项目为电子加速器辐照应用项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“六、核能 4 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，为鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.6 项目选址、外环境关系及布局合理性分析

1.6.1 项目外环境关系分析

（1）区域外环境关系

四川华大辐照科技有限公司位于四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂，位于蒲东工业园内。蒲东工业园东北侧为四川众味和食品有限公司，隔四川众味和食品有限公司为新园二路；东南侧为青蒲路，隔青蒲路为成都合联新型产业园和蒲江县技工学校；西南侧为新园一路，隔新园一路为成都佰仕源陶瓷有限公司；西北侧为新城路，隔新城路为成都震海智能家具有限公司和四川益涵新材料科技有限公司。地理位置见附图 1，本项目周边环境概况详见附图 2。

蒲东工业园共有 14 个分厂，1~2 分厂为四川众润食品有限公司，3~6 分厂为成都老刘家食品有限公司，7~10 分厂为仓库，11 分厂为四川顶尖钨钢刀具有限公司，12 分厂主楼为四川鸿铭信建设工程有限公司，12 分厂副楼为成都华煜电气有限公司，13~14 分厂为本项目建设单位四川华大辐照科技有限公司。蒲东工业园总平面布局图见附图 3。

(2) 项目周围环境关系

13、14分厂主楼为生产车间，本项目位于13、14分厂主楼（主楼地上1层、无地下室，高9.75m），副楼为办公楼（副楼地上3层，无地下室，高12.05m）。

本项目加速器机房屏蔽体边界东北侧18m为道路及绿化带、19m为14分厂副楼、42m为四川众味和食品有限公司，东南侧5m为道路及绿化带、12m为青蒲路及绿化带、43m为成都合联新型产业园、60m为蒲江县技工学校，西南侧41m为道路及绿化带、42m为13分厂副楼，西北侧29m为道路及绿化带、41m为仓库。

1.6.2 项目选址合理性分析

本项目所在地为四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路549号13、14分厂主楼，用地性质为工业用地（建设单位租赁合同见附件4），符合蒲江县城市总体规划。

本项目辐射工作场所边界外50m范围内主要为建设单位内部、项目东北侧道路及绿化带和四川众味和食品有限公司、东南侧道路及绿化带、青蒲路及绿化带和成都合联新型产业园、西南侧道路及绿化带、西北侧道路及绿化带和仓库，无居民区、学校、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，加速器机房位于厂房一端，与非放射性区域有物理隔离，相对远离办公区域，所开展的核技术利用项目通过采取满足标准要求的安全防护和污染防治措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

1.6.3 项目平面布局合理性分析

本项目位于13、14分厂主楼，主楼为建设单位生产车间，加速器机房位于主楼东南侧，生产车间其余区域均为摆货区（包括未辐照货物堆放区和已辐照货物堆放区）；13、14分厂副楼为建设单位办公楼。

加速器机房为二层钢筋混凝土建筑物，无地下层，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室1、设备室2、设备平台1和设备平台2。13、14分厂平面布置图见附图4。

根据项目平面布局及工作流程，辐照产品通过传送带传送自动进出辐照室，加速器机房及配套用房采用足够厚的混凝土屏蔽墙体分隔，且避开了厂房内部人群较多的工作场所，加速器机房的布局设计既促进各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，因此工作场所布局合理。

1.7 实践正当性分析

辐照加工技术是利用核辐射或射线辐射与物质相互作用所产生的物理效应，对被加工物品进行处理，以达到预期的目标。如材料改性、食品保鲜、农作物杀虫、消毒灭菌、生

物变异等。由于此项技术应用广、能耗低、无污染、技术附加值高等优点，深受众多行业的青睐，被人们誉为“绿色加工产业”。但加速器电子束产生的韧致 X 射线，可能会对辐照装置周围环境带来一定的辐射影响：

- (1) 给周围环境、公众和辐射工作人员造成一定的辐射影响；
- (2) 射线装置的使用及管理的失误可能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、明确人员、落实管理措施。根据后文环境影响评价分析，X 射线所致辐射工作人员和周围公众人员的剂量率符合本次评价标准要求，只要按规范操作，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。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.8 原有核技术利用项目许可情况

本项目为建设单位首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用项目。

1.9 环境影响评价报告信息公开

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，方便公众和其他组织机构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众参与公开力度，依据《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅要求，建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。根据以上要求，四川华大辐照科技有限公司于 2024 年 1 月 12 日在其官方网站对本项目进行了公示。公示网站为：http://www.huadafuzhao.com/new/index_d/id/61.html。

公示网站截图如下：



了解更多华大生物资讯，关注新闻资讯
LEARN MORE ABOUT HUADABIO INFORMATION AND FOLLOW

News
新闻资讯

华大新闻

行业动态

关于四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目的公示

日期: 2024.01.12

返回列表 +

四川华大辐照科技有限公司拟在简江县寿安街道青简路549号13、14分厂主楼新建1间加速器机房及配套辅助用房，包括1间控制室、2间设备室、2间设备平台。在加速器机房内安装使用2台HYDZ1050-B型电子加速器，电子束最大能量10MeV，束流强度5.0mA，主束方向向下，均属于II类封装装置。

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《四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目环境影响评价报告表》全本进行公示，以接受公众监督。

建设单位: 四川华大辐照科技有限公司

项目名称: 四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目

项目地点: 四川省成都市简江县寿安街道青简路549号13、14分厂主楼

联系人: 高工

联系人电话: 18670650656

联系人邮箱: cd@huadafuzhao.com

环评单位: 中辐环境科技有限公司

环评单位联系人: 李工

环评单位联系电话: 13588248571

附件如下:

[关于四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目的公示](#)

上一篇

日期: 2023-04-26

喜报 | 祝贺华大生物荣获广东省“专精特新”中小企业和广州市“专精特新”扶优计划培育企业

下一篇

日期: 2023-04-26

天津华大弘毅生物科技有限公司新建使用II类封装装置(辐照用电子加速器)项目(1#加速器)竣工环境保护验收监测报告表

热门新闻

- 华大生物再添新质生产力新台阶 2019.10.18
- 中国移动上海产业研究院领导一行到访华大... 2019.11.15
- 以梦为马，不负韶华——记华大生物团队... 2020.03.16
- 华大生物开展“团队有我，使命必达”拓展... 2019.10.18
- 热烈庆祝我司荣获“科创杯”创新创业大赛... 2019.10.18
- 惠州华大辐照科技有限公司电子加速器辐照... 2022.07.08
- 【喜报】华大生物荣获第七届中国创新创业... 2020.07.29
- 广东省带岗援疆组长一行莅临广州华大生物... 2020.02.18

图 1-1 公示截图

公示后，未收到单位和个人有关本项目情况的反馈意见。

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	
				以下空白					

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	
				以下空白							

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量 (MeV)	额定电流 (mA)/ 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II类	2台	HYDZ1050-B	电子	10	5.0	辐照灭菌	加速器机房	新购

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 其他

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	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
O ₃ 、NO _x	气体	/	/	少量	少量	/	/	经排风井由厂房屋顶排放
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002年10月28日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过，自2003年9月1日起施行；2016年7月2日第一次修订；2018年12月29日第二次修订），中华人民共和国主席令第48号，自2018年12月29日起施行修订版；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003年6月28日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过），中华人民共和国主席令第六号，自2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（1998年11月29日中华人民共和国国务院令 第253号发布施行；2017年7月16日中华人民共和国国务院第682号令修订），自2017年10月1日起施行修订版；</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日经中华人民共和国国务院令 第449号公布，2014年7月29日经中华人民共和国国务院令 第653号修订，2019年3月2日经中华人民共和国国务院令 第709号修订），自2019年3月2日起施行修订版；</p> <p>(6) 《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，2008年12月6日经环境保护部令 第3号修正，2017年12月20日经环境保护部令 第47号修正，2019年7月11日经生态环境部令 第7号修改，2020年12月25日经生态环境部令 第20号修改），自2021年1月4日起施行修改版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年4月18日环境保护部令 第18号），自2011年5月1日起施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（中华人民共和国生态环境部令 第16号），自2021年1月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通</p>
------	--

	<p>知》（环发[2006]145号），自2006年9月26日起施行；</p> <p>（10）《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告2017年第66号），自2017年12月5日起施行；</p> <p>（11）《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），自2019年10月25日起施行；</p> <p>（12）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》（生态环境部公告2019年第38号），自2019年10月24日起施行；</p> <p>（13）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号），自2019年11月1日起施行；</p> <p>（14）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号），自2019年12月24日起施行；</p> <p>（15）《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），自2021年3月15日起施行；</p> <p>（16）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月27日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号公布），自2024年2月1日起施行；</p> <p>（17）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），自2017年11月20日起施行；</p> <p>（18）《电子加速器辐照装置辐射安全监督检查技术要求》（生态环境部核与辐射安全中心，2021年8月）；</p> <p>（19）《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），自2016年6月1日起施行；</p> <p>（20）《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）；</p> <p>（21）《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发2018年24号）。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>（2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>（4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p>

	<p>(5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p> <p>(6) 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）；</p> <p>(7) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）；</p> <p>(8) 《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）及其第1号修改单；</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；</p> <p>(11) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；</p> <p>(12) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；</p> <p>(13) 《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB512682-2020）；</p> <p>(14) 《建筑施工场界环境噪声排放限值》（GB12523-2011）；</p> <p>(15) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；</p> <p>(16) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；</p> <p>(17) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；</p> <p>(18) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；</p> <p>(19) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。</p>
其他	<p>(1) 委托书；</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发布版）；</p> <p>(3) 《2022年全国辐射环境质量公报》（2022年7月）；</p> <p>(4) 《辐射防护手册》（第一分册）（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987年）；</p> <p>(5) 建设单位提供的其他相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

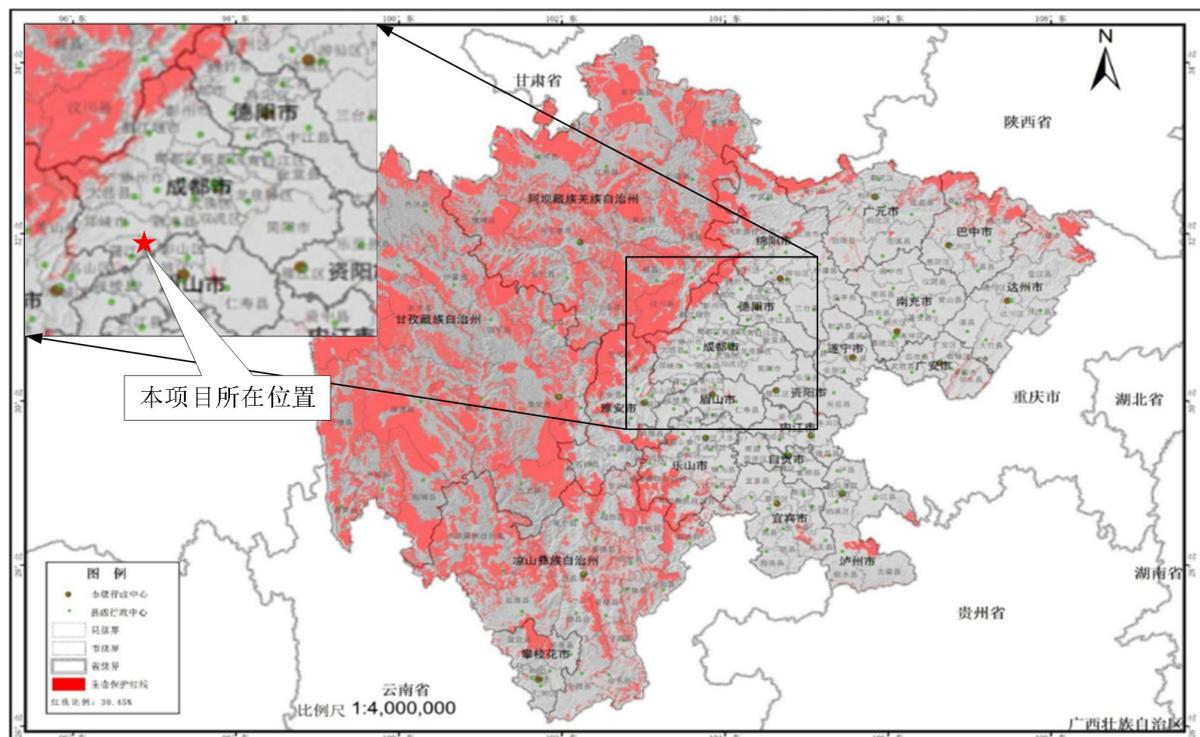
7.1 评价范围

本项目为使用II类射线装置项目，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中对射线装置应用项目的评价范围的相关规定，结合本项目特点，确定本项目的评价范围为本项目加速器机房实体屏蔽物边界外50m区域。评价范围示意图详见附图3。

7.2 保护目标

根据《关于印发四川省生态保护红线方案的通知》（川府发 2018 年 24 号），四川省生态保护红线总面积 14.80 万平方公里，占全省幅员面积的 30.45%。空间分布格局呈“四轴九核”，分为 5 大类 13 个区块，主要分布在川西高原山地、盆周山地的水源涵养、生物多样性维护、水土保持生态功能富集区和金沙江下游水土流失敏感区、川东南石漠化敏感区。

本项目位于四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼，不涉及四川省生态保护红线，具体见图 7-1。



根据项目周边环境调查，本项目加速器机房墙体外 50m 范围内无居民区、学校、自

然保护区、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。本项目的环境保护目标为评价范围内活动的本项目的辐射工作人员、厂房内其他员工及周围公众成员，具体见表 7-1。

表 7-1 项目评价范围内保护目标一览表

场所位置	保护对象		规模	与机房相对方位	与机房相对距离	受照类型
建设单位	13、14分厂主楼	控制室职业人员	4人	辐照室上方，主机室北侧	紧邻	职业照射
		巡检职业人员	2人	机房内及四周	紧邻	
		装卸货区	20人	西北侧	4.4m	公众照射
		已辐照货物堆放区		西侧	紧邻	
		未辐照货物堆放区		东侧	紧邻	
	13分厂副楼	办公楼	约20人	西南侧	42-50m	
	14分厂副楼			东北侧	19-46m	
蒲东工业园内	道路及绿化带		流动人员	东北侧	18-42m	公众照射
	道路及绿化带		流动人员	东南侧	5-12m	
	道路及绿化带		流动人员	西南侧	41-50m	
	道路及绿化带		流动人员	西北侧	29-41m	
	仓库		约4人	西北侧	41-50m	
蒲东工业园外	四川众味和食品有限公司		约50人	东北侧	42-50m	公众照射
	青蒲路及绿化带		流动人员	东南侧	12-43m	
	成都合联新型产业园		约200人	东南侧	43-50m	

7.3 评价标准

7.3.1 环境质量标准

(1) 环境空气质量执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及其2018年修改清单中二级标准。

(2) 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。

(3) 声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中3类标准。

7.3.2 污染物排放标准

(1) 废气：施工期大气执行《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020)表1要求；运行期氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的二级标准；臭氧排放执行《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)中臭氧最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 废水：生活污水执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准。

(3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放限值》（GB12523-2011）各阶段标准限值；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的3类标准。

(4) 固体废物：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020），危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）的有关规定。

7.3.3 剂量限值和剂量约束值

(1) 职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.1 辐射防护原则的规定，辐射工作人员年有效剂量约束值取5mSv。

(2) 公众照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.1 辐射防护原则的规定，公众成员年有效剂量约束值取0.1mSv。

7.3.4 剂量控制水平

辐射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）有关规定，电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ 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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

四川华大辐照科技有限公司位于四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂，地理位置见附图 1。本项目拟在 13、14 分厂主楼东南侧新建 1 间加速器机房及配套辅助用房。本项目拟建辐射工作场所位置见附图 4，现场照片详见附图 11。

8.2 辐射环境本底监测方案

为掌握项目所在地辐射水平，本次评价委托浙江建安检测研究院有限公司对本项目机房拟建位置及周围的辐射环境进行了监测。

8.2.1 环境现状评价对象

四川华大辐照科技有限公司拟建加速器机房位置及周边辐射环境本底水平

8.2.2 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率

8.2.3 监测方案

(1) 监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

(2) 监测日期：2024 年 01 月 03 日

(3) 监测方式：现场监测

(4) 监测依据：

① 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

② 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

(5) 监测频次：依据标准予以确定

(6) 监测工况：辐射环境本底

(7) 天气环境条件：温度：20℃；相对湿度：57%；晴。

(8) 监测报告编号：GABG-HJ23390047-F

(9) 监测设备

表 8-1 监测设备主要技术参数

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
仪器编号	05038132
能量范围	38keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 μ Sv/h

检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
检定证书	2023H21-20-4407984002
检定有效期	2023年02月16日~2024年02月15日

8.2.4 质量保证措施

(1) 本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展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。

(2) 采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

(4) 监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

(5) 监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3 监测点位及结果

监测点位合理性分析：本项目拟建的辐射工作场所尚未建设，环境状况较为单一。考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在项目所在地块均匀布设监测点，并在主要辐射工作场所拟建区域周围布点，且在地块边界及周围环境状况不一致的区域布设监测点，所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平（本项目监测值均为换算后的值）。因此，监测点位布设是合理的。

辐射环境现状监测结果见表 8-2，监测布点图见图 8-1。

表 8-2 辐射环境现状监测布点及结果一览表

监测点编号	测量位置	监测结果 (nGy/h)
1#	厂房区域 1	83±2
2#	厂房区域 2	76±2
3#	厂房区域 3	74±2
4#	厂房区域 4	80±3
5#	厂房区域 5	80±3
6#	厂房区域 6	76±2
7#	厂房区域 7	82±2
8#	厂房区域 8	82±3
9#	厂房东侧入口	81±3
10#	厂房西侧入口	77±3
11#	南侧厂区内道路 1	88±2

12#	南侧厂区内道路 2	86±3
13#	南侧厂区外青蒲路 1	87±3
14#	南侧厂区外青蒲路 2	85±2
15#	北侧厂区内道路 1	82±3
16#	北侧厂区内道路 2	80±2
17#	东侧四川众味和食品有限公司	76±4
18#	东南侧浦江县技工学校	93±2
19#	南侧成都合联新型产业园	95±2
20#	西侧成都华煜电气有限公司入口处	86±2
21#	西北侧成都老刘家食品有限公司入口处	89±4
22#	北侧仓库	76±3

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均未扣除宇宙射线的响应值。

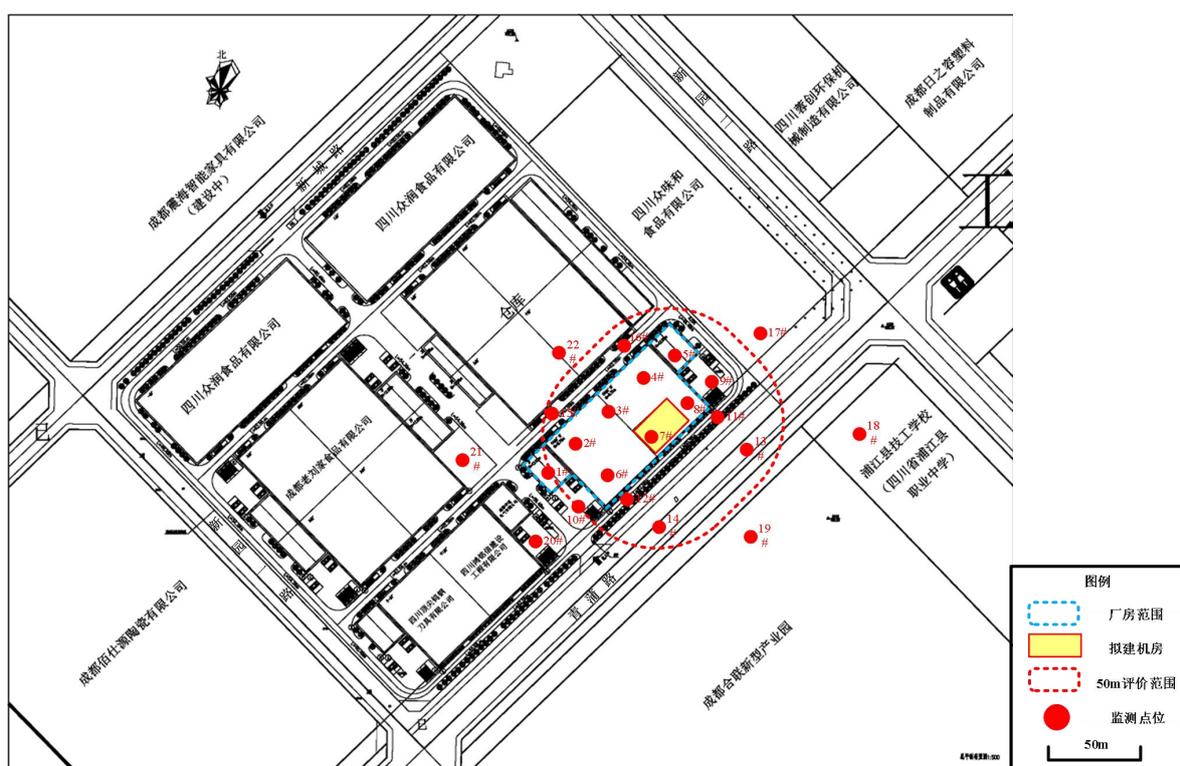


图 8-1 拟建项目区域及周边监测点位图

8.4 环境现状调查结果的评价

本项目 γ 辐射空气吸收剂量率现状值为 74nGy/h~95nGy/h。根据中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量公报》（2022 年 7 月）可知，四川省自动站空气吸收剂量率监测结果为 61.9nGy/h~151.8nGy/h。可见本项目拟建区域内 γ 辐射空气吸收剂量率水平处于当地天然辐射水平范围之内，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析及产污环节

建设单位拟在蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼新建 1 间加速器机房及配套辅助用房，并购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌。项目施工期内容主要为主要包括混凝土的浇筑以及辐射安全防护设施、防护门、设备安装（含传送装置，视频、监控、对讲以及联锁装置等安全装置安装，配套用房装修）等，射线装置的安装调试等内容，整个工期为 5 个月。施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

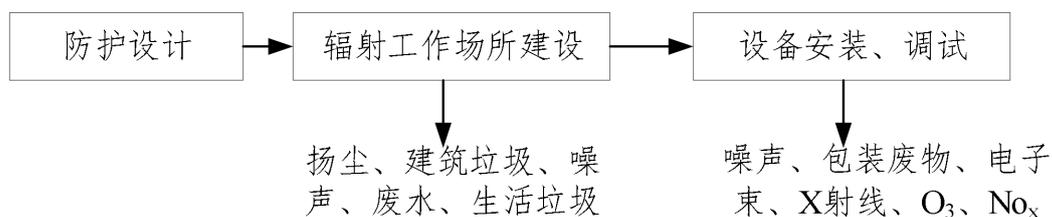


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

(1) 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水仅为建筑物料拌合过程可能产生的废水，通过进入物料而自然蒸发耗散，生活污水产量较小，经化粪池处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

(2) 废气

施工过程中会产生扬尘。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

装修过程会产生装修废气，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

(3) 噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时声障。

(4) 固废

施工过程中会产生建筑垃圾、装修垃圾和生活垃圾。建筑垃圾、装修垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

(5) 设备的安装、调试

设备安装调试过程中主要污染包括设备的包装废物和调试时产生的 X 射线。安装过程中产生的包装废物由环卫工人运走统一清运，设备的安装调试均在已建成的加速器机房内完成，届时屏蔽墙等屏蔽措施已建成，具有足够的辐射屏蔽能力，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，不会对环境产生明显影响。

9.2 工程设备与工艺分析

9.2.1 工程设备

建设单位拟新建 1 间加速器机房及配套辅助用房，并购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌。2 台加速器安装在同一个机房内，共用 1 套传输设备、1 套安全设施（含安全联锁）和 1 套控制系统。可单台加速器工作（禁用一台加速器），也可双台加速器工作，满足不同辐照加工场景需要。

机房为两层混凝土结构，由一层辐照室和二层的主机室组成，中间由主射孔联通，加速器装置的主要部分安装在二层主机室内，粒子引出系统位于加速器装置机身正下方，通过二层楼板伸向一层的辐照室。接受辐照灭菌的物品通过自动传送系统从辐照室的入口经迷道进入辐照室，到达粒子引出系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照灭菌，之后经过迷道从辐照室的出口离开辐照室。加速器参数见表 9-1。

表 9-1 本项目电子加速器参数

设备型号	HYDZ1050-B
电子束最大能量	10MeV
束流强度	5.0mA
电子束平均功率	50kW
侧向屏蔽等效能量	6MeV
束流损失率	5%
束流损失点能量	3MeV
重复频率	5-650pps 可调
微波频率	2856MHz
加速器束斑	3mm
脉冲宽度	15us

束流扫描宽度	700mm（钛窗下 500mm 处）
传输线速度	10-200mm/s 可调
主射束方向	向下
加速器年工作时间	4800h/台

9.2.2 工作原理

本项目利用电子加速器辐照装置进行辐照灭菌，具体为：利用 10MeV 以下的电子束等对食品、药品、医疗用品等进行消毒灭菌的辐射处理。

电子加速器是使用微波电磁场加速电子，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的设备。工业辐照电子加速器产生的高能电子束，作用于被照加工物品，与被照加工物品相互作用产生物理效应、化学效应和生物效应，对被照加工物品进行可控处理，达到材料改性、消毒灭菌等目的。

本项目电子加速器工作原理为：脉冲调制器将市电转变成约 12kV 高压脉冲，再通过脉冲变压器变压为 120kV 左右的高压脉冲，并提供给速调管，速调管在微波激励源激励下产生频率约为 2856MHz、峰值达 5MW 的微波脉冲，该微波功率经过波导、波导窗馈入到返波加速管中，建立加速电场；脉冲变压器枪压抽头同时给加速管的电子枪提供 22kV 高压，将电子从电子枪的阴极上拉出来，进入加速管的加速腔中，电子与加速腔中的轴向电场相互作用，并从其中吸收能量，使电子的能量得到提高，最终能量达到 10MeV。电子经过漂移管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束，透过钛膜打到物品上，进行辐照加工。

加速器装置的主要部分安装在二层的主机室内，粒子引出系统位于加速器装置机身正下方，通过二层楼地板伸向一层的辐照室。而接受辐照的物品通过传输装置从入口经迷道进入辐照室，到达粒子引出系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照，之后又经过迷道从辐照室的出口离开辐照室。

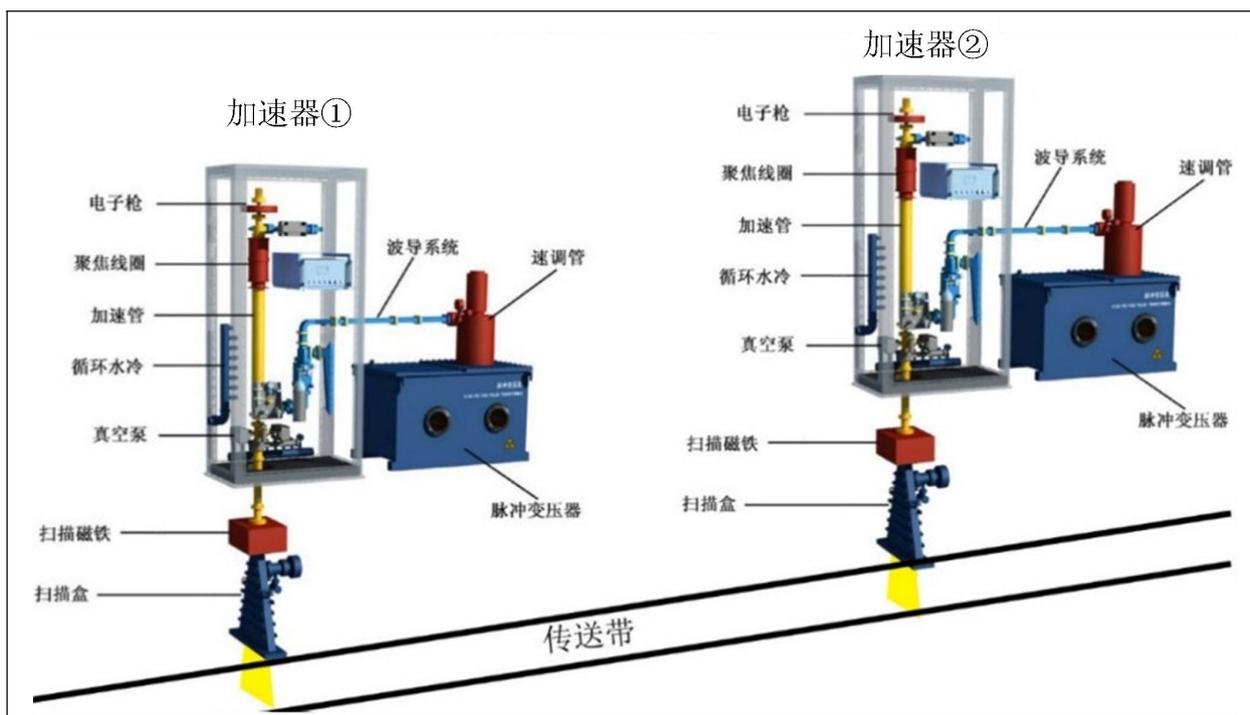


图 9-2 典型高频高压电子加速器示意图

9.2.3 设备组成

电子加速器辐照加工系统是以电子加速器技术为核心，集辐射防护技术、电子技术、精密机械、物流运输、软件与控制技术于一体的新型高科技装备。加速器产生高能电子束并将其扫描成一均匀分布的线性束后引出，传输装置承载被检物以辐照工艺需要的相应速度通过辐照区域，经过电子束的辐照，实现辐照工艺所需的处理。

电子加速器辐照装置由 5 个部分组成：

(1) 电子加速器分系统

包括辐照机头机柜、扫描盒、脉冲变压器、速调管及线圈、调制器、控制与电源柜、恒温水系统等；

(2) 传送装置分系统

包括束下板链输送段、90°弯道输送段、辊筒、精准传送系统、直道输送段、自动物品对中装置、关键驱动装置屏蔽体、密排系统；

(3) 电气控制系统

包括设备配电柜、设备控制柜、设备变频器柜、伺服驱动柜、分布式控制柜位置传感器等；

(4) 安全联锁及监控等安全防护系统；

(5) 系统运行管理软件。

9.2.4 辐照加工工艺流程

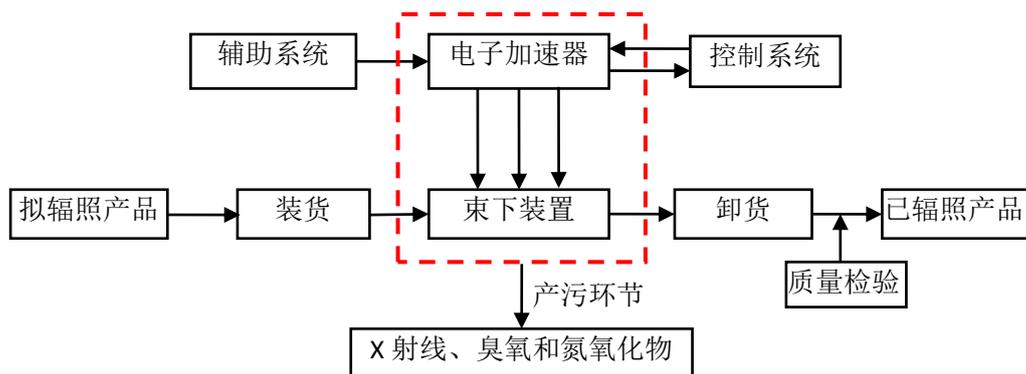


图9-3 加速器辐照加工操作流程及产污环节示意图

辐照加工是根据辐照加工产品品种、性质、体积、辐照要求，确定辐照形式、辐照剂量和辐照时间等技术措施。来货进入厂房后在未辐照货物堆放区暂存，辐照完成后，堆放至已辐照货物堆放区暂存。经标记包装、质量检验和用户签收等工序后发货。现对辐照加工工艺流程简述如下：

(1) 产品检验，辐照前对辐照对象按规定程序进行质量检查，检查是否符合辐照要求。

(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，通过巡检和监控确认所有人员已撤出辐照室，并确认辐照室的通风系统和其它安全措施都正常投入工作。操作人员确认需要确认出束的加速器，并禁用不使用的加速器；

(4) 辐照时，根据辐照剂量需求设置机器参数和束下装置传送带的传输速度（0.2m/s~1m/s），然后启动加速器出束。加速器正常开机运行后。装货人员在装货区将未辐照产品放置于传送带上，货物从东北侧货物入口进入机房内，由传送带将货物沿着迷道到达电子加速器辐照装置下方束流中心辐射区接受辐照，辐照完成后由传送带从西北侧货物出口处离开机房，并由卸货人员在装卸货区将已辐照产品从传送带上搬运至已辐照货物堆放区。

(5) 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（质检报告）合格后批准运出。

加速器工作时，设备操作人员位于控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况，

装、卸货物的工人位于辐照室外装、卸货区。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。所有需要加工的物品都是通过传送带输送至束流中心辐射区进行辐照灭菌。

本项目辐照室物品输入和输出均由自动传送系统完成，传送系统传送带的装、卸货区域距离辐照室最近距离为 4.4m，装、卸货工作在此区域将需辐照物品及辐照后的物品从传送系统上载或下载。

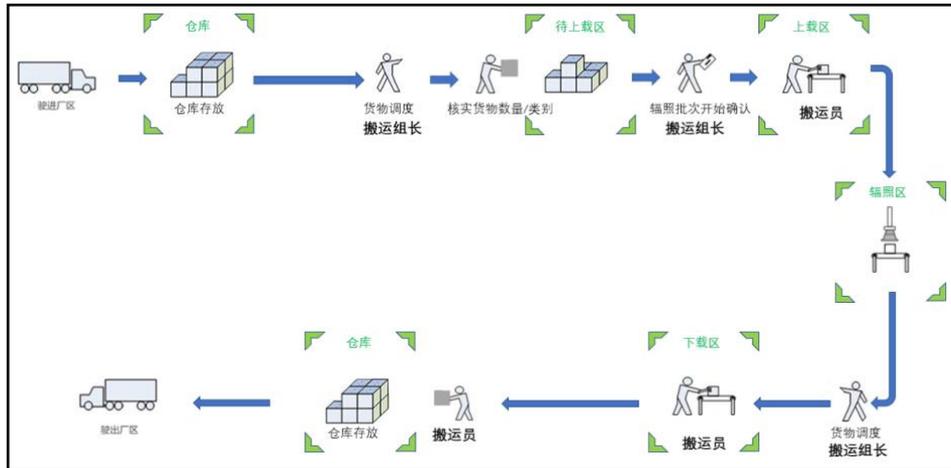


图 9-4 辐照室运行期搬运工人工作示意图

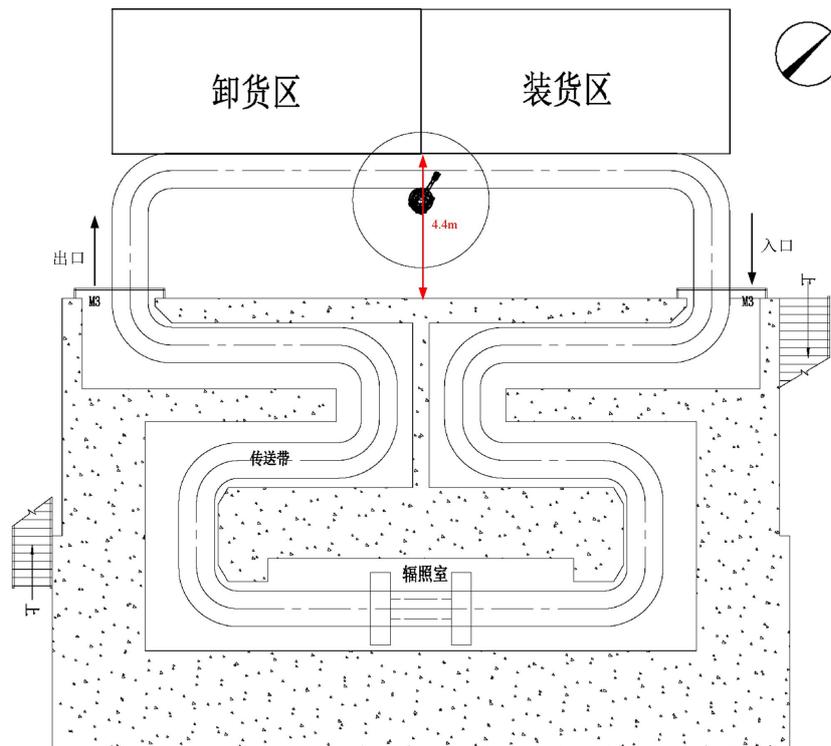


图 9-5 传送装置工作示意图

9.2.5 工作负荷及人员配置

正常情况下本项目加速器辐照装置拟采用连续作业方式（保守按照最大负荷工况进

行估算), 每天工作(出束)16h, 平均年运行时间为 300 天, 全年辐照装置出束为 4800h, 两台加速器辐照装置可同时运行。

本项目拟新增辐射工作人员 6 人, 拟从社会招聘经培训考核合格后上岗。本项目辐射工作人员实行两班轮换制, 每班配 3 名辐射工作人员, 其中 2 名辐射工作人员负责加速器控制操作、1 名辐射工作人员负责加速器运行前清场、巡检以及设备的维保检查记录。每班工作 8h, 每名辐射工作人员年最大工作时间约 2400h。

本项目拟配置非辐射工作人员 20 名, 同样采取两班工作制, 每班 10 人, 负责货物的装卸及其它辅助工作。每班工作 8h, 每名非辐射工作人员年最大工作时间约 2400h。

9.3 污染源项描述

(1) X 射线和电子束

高压加速的电子束轰击靶、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, 影响途径为外照射。

电子加速器在运行时产生高能电子束, 因其贯穿能力远弱于 X 射线, 在 X 射线得到充分屏蔽的条件下, 电子束也能得到足够的屏蔽。

本项目使用的电子加速器能量为 10MeV, 根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018), 不需要考虑所产生的中子防护问题。

(2) 非放射性污染因子

①废气

X 射线的强电离辐射作用于空气会产生一定量的臭氧和氮氧化物(氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3)。加速器输出的直接致电离粒子束流越强, 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, 不仅会对人体产生危害, 同时能使橡胶等材料加速老化。加速器机房在良好通风条件下, 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。

②废水

加速器自带冷却水循环系统, 其使用的冷却水为纯净水, 不会在管壁结垢也不会腐蚀设备, 循环使用不外排(需定时补充纯净水)。

本项目运行期废水主要为辐射工作人员的生活污水, 本项目共拟配置辐射工作人员 6 人, 工作时间是实行两班轮换制, 每年工作 300 天。生活用水按每人每天 100L 计, 则生活污水产生量为 0.6m³/d, 180m³/a, 污水排水量按用水量的 0.8 计, 则污水排放量为

0.48m³/d, 生活污水排放量为 144m³/a。

③固废

本项目运营期固废主要为辐射工作人员的生活垃圾, 本项目共拟配置辐射工作人员 6 人, 工作时间是实行两班轮换制, 每年工作 300 天。生活垃圾每天产生量约 0.5kg/人, 生活垃圾产生量为 3kg/d, 0.9t/a。

④噪声

本项目的噪声主要来自机房东侧安装的排风机, 排风机噪声声功率级为 80dB(A)。

9.4 事故工况下影响途径

(1) 巡检人员巡检完成后还未全部撤出加速器机房, 操作人员启动加速器进行辐照, 造成巡检人员被误照, 引发辐射事故。

(2) 安全联锁装置或报警系统发生故障, 加速器工作时无关人员打开加速器机房防护门并误入加速器机房内, 造成人员被误照射, 引发辐射事故。

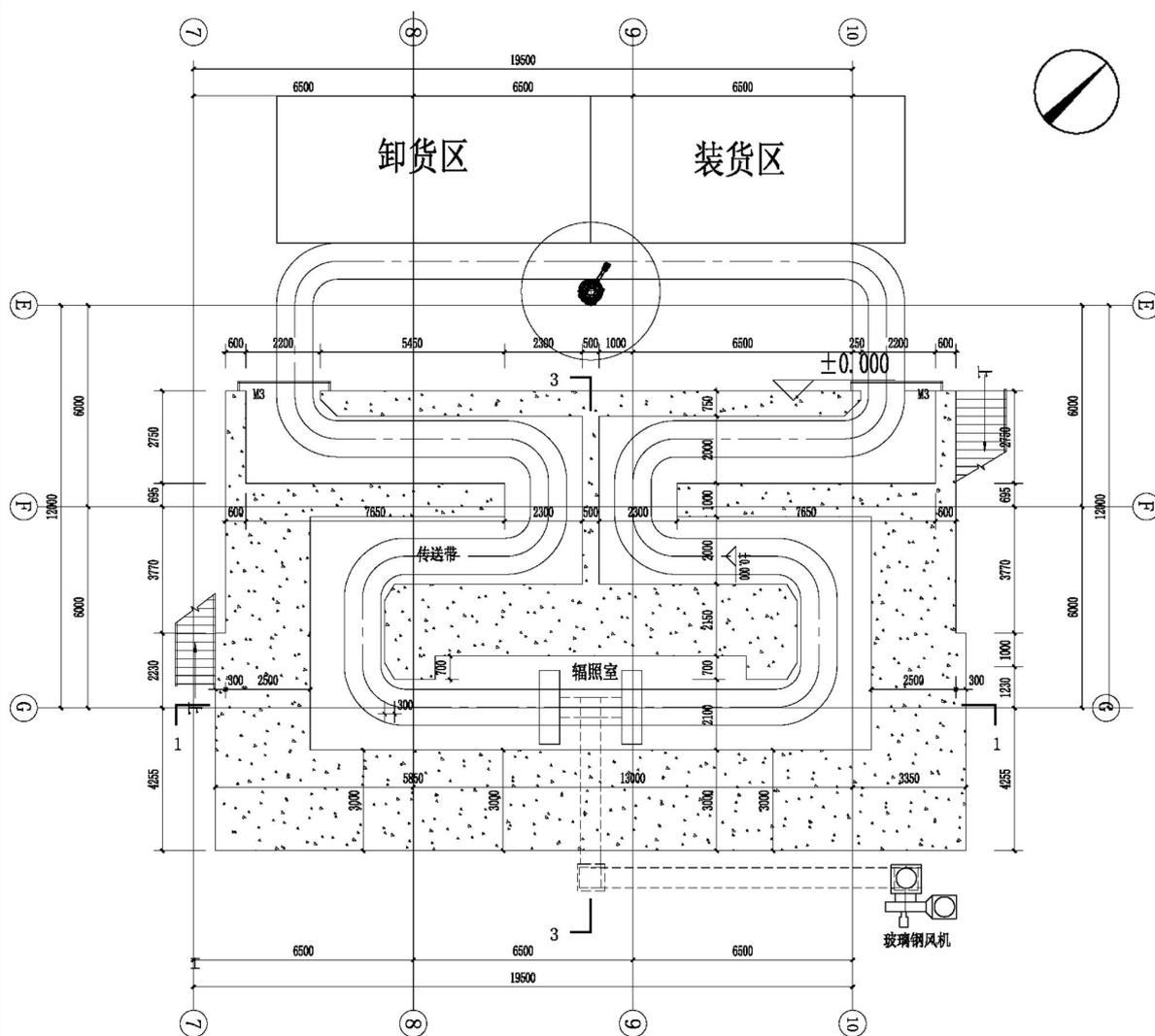
表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全与防护措施

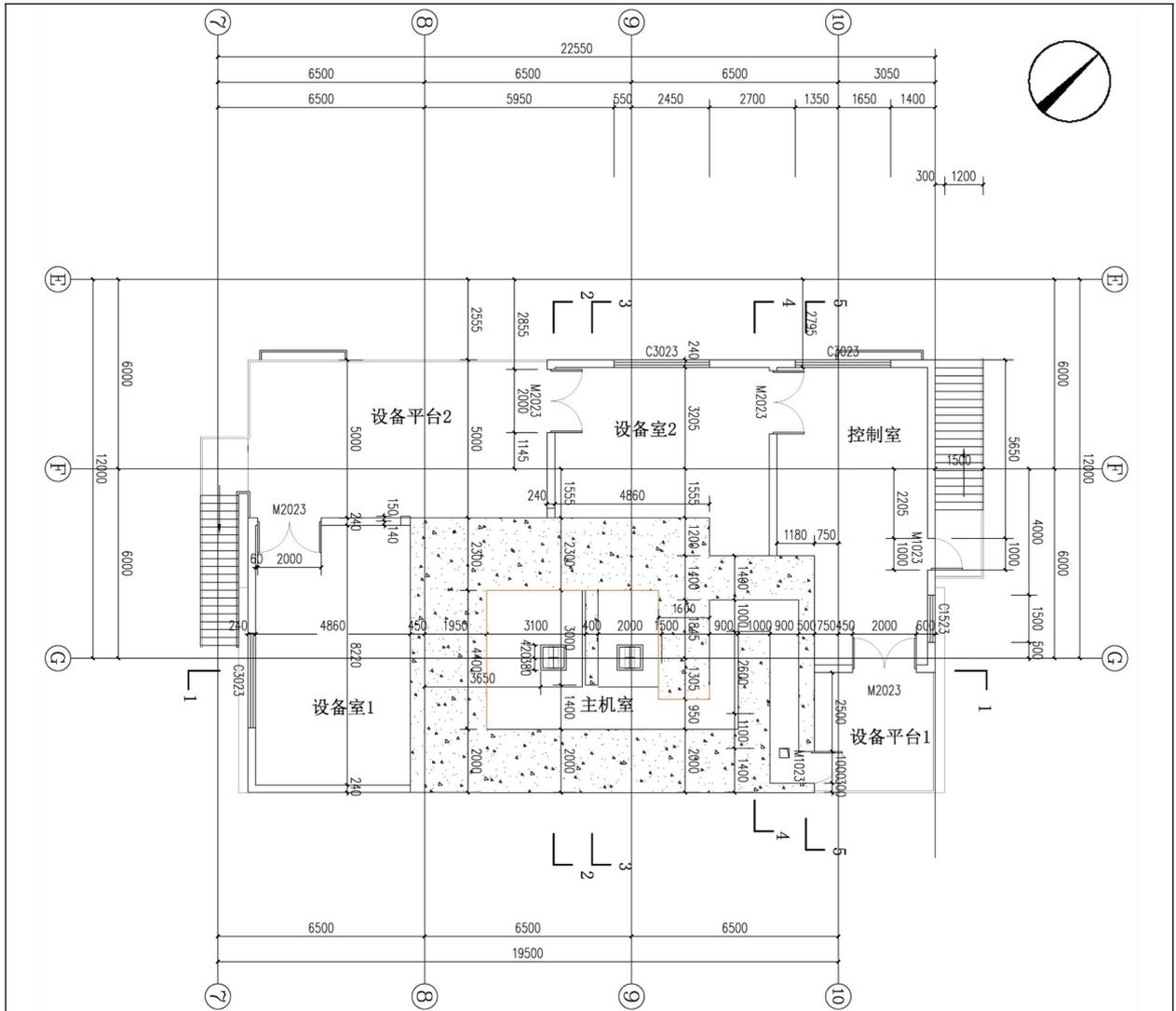
10.1.1 辐射工作场所布局

建设单位拟在蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼新建 1 间加速器机房及配套辅助用房，并购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌。

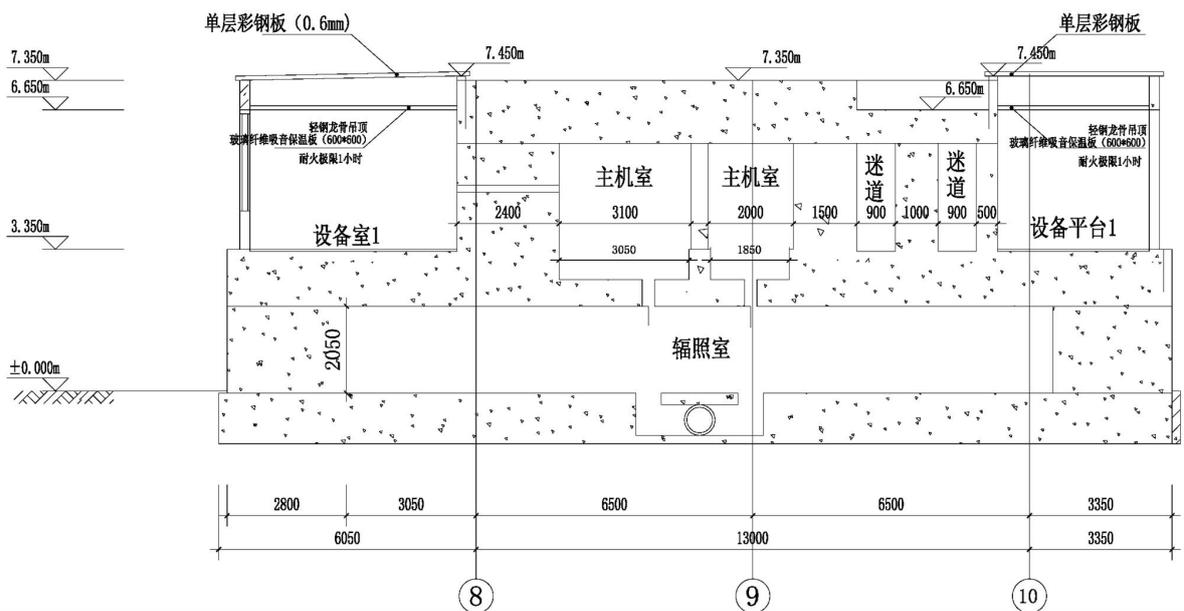
2 台加速器安装在同一个机房内，机房为两层混凝土结构，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。本项目辐照室平面图、主机室平面图、剖面图见图 10-1。



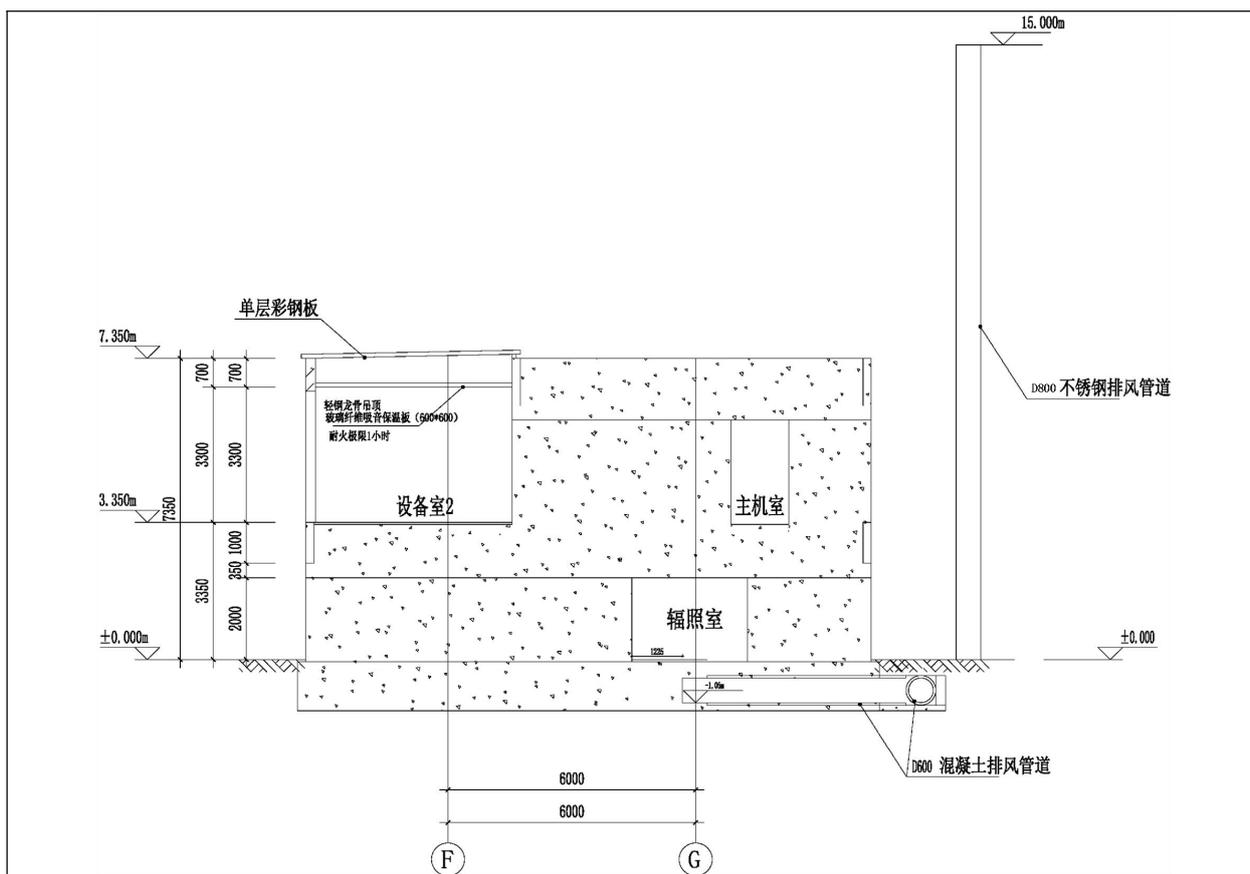
(a) 辐照室平面布置图 (单位 mm)



(b) 主机室平面布置图 (单位 mm)



(c) 1-1 方向剖面图 (单位 mm)



(d) 3-3 方向剖面图 (单位 mm)

图 10-1 本项目平面图及剖面图

由上图可知，加速器主要采用混凝土墙进行屏蔽，加速器主要设备安装于二层主机室，控制室、设备室等辅助用房位于二层；辐照室和主机室均为混凝土结构。加速器工作时，操作人员在控制室设置机器参数并监控加速器的运行情况，辐照灭菌物品的收发货工人位于辐照室外装、卸货区。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。因此，本项目加速器工作场所布局合理。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

(1) “两区”划分原则与依据

为了便于加强管理，切实做好辐射安全工作，建设单位应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施，其划分原则如下：

控制区划分原则：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控

制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门灯连锁装置）限制进出控制区，并定期审查控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

监督区划分原则：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期审查该区的条件，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

(2) 本项目“两区”划分

根据分区原则，本项目控制区和监督区划分情况如下：

控制区：一层辐照室和二层主机室及各自出入口以内的区域划为控制区。建设单位在辐照室迷道出入口及辐照室周围醒目位置、主机室迷道出入口设置电离辐射警告标志及中文警示说明等。

监督区：二层控制室、设备室1、设备室2、设备平台1、设备平台2划为监督区。建设单位在装卸货区和一层辐照室中间区域设置围栏，防止无关人员进入。

加速器机房“两区”划分详见附图5和附图6。

10.1.3 加速器工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目新建加速器机房辐照室和主机室墙体设计为密度不小于 2.35g/cm^3 的混凝土浇筑，其屏蔽防护设施设计方案见表 10-1。

表 10-1 加速器屏屏蔽防护设施设计方案一览表

尺寸		加速器机房
辐照室内尺寸 (不包括迷道)		长 16.6m、宽 6.95m、高 2.05m
主机室 (不包括迷道)		长 5.4m、宽 4.4m、高 2.5m
辐照室屏蔽	东北墙	2500mm~2800mm 混凝土
	东南墙	3000mm 混凝土
	西南墙	2500mm~2800mm 混凝土
	西北墙	“S”型双迷道，迷道内墙为 2150mm~2850mm 混凝土，迷道中墙为 1000mm 混凝土，迷道外墙为 750mm 混凝土
	顶棚	680mm~1350mm 混凝土
主机室屏蔽	东北墙	“S”型迷道，迷道内墙为 1600mm 混凝土，迷道中墙为 1000mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土
	东南墙	2000mm 混凝土

	西南墙	2400mm 混凝土
	西北墙	2300mm 混凝土
	中墙	400mm 混凝土
	顶棚	800mm~1500mm 混凝土
辐照室迷道		外迷道宽 2.0m，内迷道宽 2.0m，高 2.05m
主机室迷道		外迷道宽 0.9m，内迷道宽 0.9m，高 2.5m
辐照室出入口		人员巡检：人员巡检出入口设置普通不锈钢门，宽 0.9m，高 2.0m
		货物传送带出入口：出入口宽 1.29m，高 1.50m，两侧设有围栏
主机室出入口		普通不锈钢门，宽 1.0m，高 2.5m
通风设施		1 层辐照室设计有机械排风系统，室内风口位于加速器正下方（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下 1.0m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在 13、14 分厂建筑楼顶排放，排气口距离地面约 15m。加速器辐照室设计通风量为 14000m ³ /h，辐照室容积约 275m ³ ，通风次数达到 50 次/h。

10.1.4 辐射安全装置和防护措施

(1) 设备运行逻辑

本项目新增的 2 台加速器安装在同一个机房内，共用 1 套传输设备、1 套安全设施（含安全连锁）和 1 套控制系统。可单台加速器工作（禁用一台加速器），也可双台加速器工作，满足不同辐照加工场景需要。

控制室的主控电脑上，主界面仅有一个出束按钮，控制 2 台加速器（同时控制加速器①和加速器②）。主控电脑调试器操作界面中设置加速器①和加速器②的禁用开关，可通过禁用开关控制加速器①或加速器②禁用，通过该禁用开关实现两加速器同步出束或单独出束。

在运行过程中，可根据高压加载情况划分为四个状态：

- 1) 高压禁止：加速器不具备加载高压的条件；
- 2) 设备禁用；
- 3) 高压允许：加速器具备加载高压条件，但是需要人员给出加载高压的指令，才可加载高压；
- 4) 加载高压：人员给出加载高压指令，加速器加载高压，开始出束。

本项目 2 台加速器加载高压出束控制在同一控制台，同一控制终端和同一控制按钮，在运行逻辑上为并联，并分别对各加速器设置禁用开关。

在各安全联锁和辅助系统运行正常情况下，加速器①和加速器②存在以下运行方式：

1) 加速器①和加速器②均未禁用：加速器①和②同时无故障，在各安全联锁和辅助系统运行正常情况下，均可进入高压允许状态，下达加载高压指令后，同时加载高压，出束。任一加速器故障，两台加速器均无法进入高压允许；

2) 加速器①启用，加速器②禁用：加速器②的是否故障将不会影响加速器①高压允许，下达加载高压指令后，仅加速器①单独出束；

3) 加速器②启用，加速器①禁用：加速器①的是否故障将不会影响加速器②高压允许，下达加载高压指令后，仅加速器②单独出束；

4) 加速器①和加速器②同时禁用。

(2) 安全联锁逻辑

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发生误照事故，本项目的加速器均设计有相应的辐射安全装置和保护措施。根据建设单位提供的资料，本项目拟建加速器设有多项安全保护联锁，系统的安全联锁逻辑关系具体见下图。

当所有安全联锁正常启动，全部就位后加速器才能正常出束。安全联锁引发加速器停机时将自动切断高压。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。

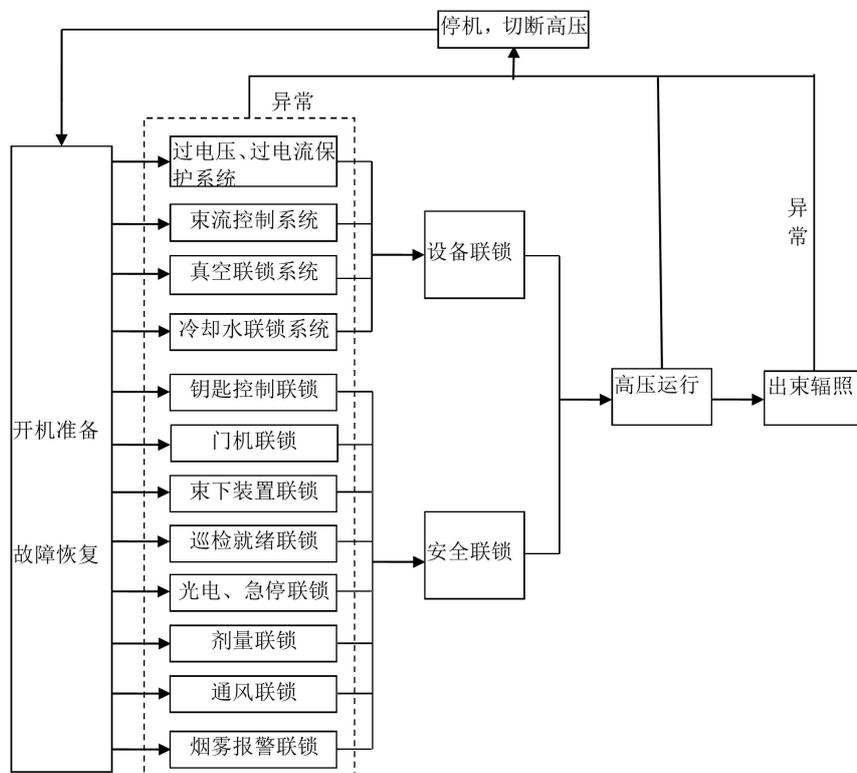


图 10-2 系统的安全联锁逻辑关系示意图

(3) 设备固有的安全设施

①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。

②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。

③加速管真空联锁系统：加速器运行过程中实施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。

④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。

(4) 辐射安全装置和防护措施

根据建设单位提供的资料，本项目拟建加速器工作场所设计的辐射安全装置和保护措施如下：

①钥匙控制：本项目加速器主控制钥匙开关与主机室门和辐照室门联锁。主控台钥匙开关与主机室门和辐照室门钥匙开关为同一把钥匙，该钥匙和一台有效的便携式辐射监测报警仪牢固相连，该钥匙是唯一的，设专人保管和取用记录台账，且由当班控制室操作员使用。如从控制台取下该钥匙，加速器自动停机并切断高压。

②门机联锁：本项目辐照室和主机室的门设有限位装置，通过限位装置判断加速器机房门是否关闭，限位装置和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，门限位装置打开，加速器不能开机，加速器运行中门被打开则加速器会自动停机并断开高压。

③束下装置联锁：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。束下装置的速度随着加速器束流的大小而变化成正比线性关系，束下装置（辐照室物流传输系统）因故障偏离正常运行状态或停止束下装置运行时，加速器自动停机并切断高压。

④信号警示装置：本项目主机室和辐照室出入口外明显位置都张贴“当心电离辐射”警示标识。在主机室和辐照室出入口处及迷道内墙均设置有警示灯和警示铃，并与电子加速器辐照装置联锁。警示灯设置多种颜色灯光代表加速器不同的工作状态，警示灯和警示铃为 2 台加速器共用。工作逻辑见图 10-3。

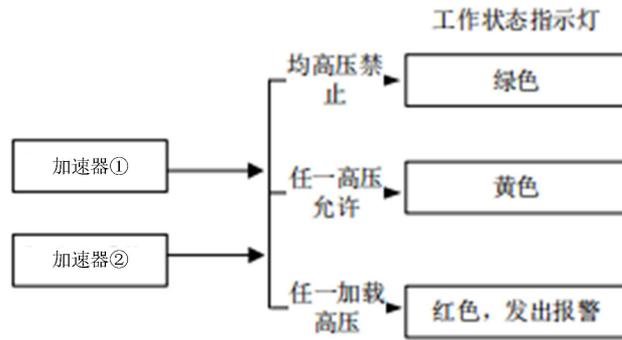


图 10-3 警示灯工作逻辑图

加速器进入高压允许状态后，操作人员在操作界面选择加载高压时，立即会发出“准备出束，请撤离”的语音提示，警示灯由黄色变为红色，声音提示持续时间为 30s，30s 后设备加载高压，声音变为嘀嘀嘀的报警声，该声音明显为区别于环境声音的警报信号。

⑤巡检按钮：本项目辐照室内设置 7 个巡检按钮（包括 1 个巡检开始按钮和巡检按钮 1~6），主机室内设置 6 个巡检按钮（包括 1 个巡检开始按钮和巡检按钮 1~5），与控制台联锁，巡检按钮设置在巡检路线上，巡检路线覆盖所有人员可达的区域。加速器开机前，巡检人员进入辐照室和主机室按下巡检开始按钮，再按编号 1~6 或编号 1~5 的顺序按下全部巡检按钮后才能触发巡检完毕的信号。巡检完毕确认后，只要主机室或辐照室门被打开过，必须重新巡检后才能开机。巡检路线见附图 8 和附图 10。

⑥急停装置：本项目在控制台上和主机室、辐照室内及辐照室出入口设置紧急停机装置（室内为拉线开关、辐照室出入口及控制台上为按钮），使之能在紧急状态下终止加速器运行并切断高压。主机室、辐照室及其迷道内的急停装置采用的拉线开关覆盖人员可达的全部区域。

控制台上还设置急停后复位确认按钮，在启动加速器前需要巡检确认主机室、辐照室及迷道内无人后手动复位后方可开机。

⑦防人误入装置：本项目辐照室出入口通道内设置三道防人误入的光电装置，并与加速器的开、停机联锁；每道防人误入装置具有独立性，由外向内每道防人误入装置探头位置安装高度距地分别为 0.3m、0.5m、1.4m，位于不同水平位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。有人员经过时，光电开关反应，则加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机。

本项目主机室出入口通道内设置三道防人误入的光电装置，并与加速器的开、停机联锁；每道防人误入装置具有独立性，每道防人误入装置探头位置安装高度距地分别为

0.3m、0.8m、1.3m，位于不同水平位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。

⑧剂量联锁、门电磁锁：本项目辐照室及主机室迷道内各设置 1 个固定式辐射监测仪探头，主机室和辐照室出入口设置门电磁锁，固定式辐射监测仪探头监测的辐射剂量率显示屏位置拟设置于控制室，可实时监测辐射剂量率，探测的辐射水平与辐照室和主机室的出入口门电磁锁联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时（本项目为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），主机室和辐照室门的门电磁锁会自动锁死，无法打开。设定的阈值保证人员不会受到超剂量照射。并且固定式辐射剂量监测仪断电或者掉线均无法打开辐照室和主机室的出入口门。

⑨通风联锁、门电磁锁：通风系统与加速器控制系统联锁，机房的风机若未开机，加速器也无法开机；若通风量出现异常，将通过 PLC 反馈至主机，加速器断开高压自动停机。加速器停机后，只有达到预先设定的时间（本项目为 7min）后才能打开门电磁锁开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。

⑩烟雾报警：辐照室和主机室内均设置了烟雾报警装置，在烟雾报警装置处连接气管，气管一头从束下的上部取样，中间经过烟感，另一头返回到束下的下部靠近风道的位置。气管下部的压强小，上部压强大，空气可以在气管里流动起来，可以使烟雾报警装置能有效检测到烟雾。遇有火险时，加速器立即停机、立即关断加速器及辅助设备（除真空系统）的全部电源、切断高压并停止通风。

⑪监控装置：辐照室和主机室内各区域及配套辅助用房内均安装有监控探头，辐照室设置 9 个监控探头，主机室设置 6 个监控探头，确保控制区无死角实时监控；设备室 1、设备室 2 和设备平台 2 内各设置 1 个监控探头，视频显示终端设置在控制室内，可有效对控制区和监督区内各区域情况进行实时监控。

⑫排风系统：1 层辐照室设计有机械排风系统，主排气口设置在扫描窗下方（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下 1.0m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在 13、14 分厂建筑楼顶排放，排气口距离地面约 15m。加速器辐照室设计通风量为 $14000\text{m}^3/\text{h}$ ，辐照室容积约 275m^3 ，通风次数达到 50 次/h。

⑬紧急开门装置：主机室和辐照室内设置开门装置，以便人员离开控制区。开门按钮安装在主机室和辐照室门内侧，其功能达到无论任何时刻按下此按钮均可开启人员通道门。



图 10-4 同类型加速器的安全装置和防护措施现场照片

(5) 其他防护措施

①安全出口指示灯和应急疏散指示灯：一层辐照室和二层主机室迷路上均设置发光安全出口指示灯和应急疏散指示灯，便于人员在紧急情况下及时识别疏散位置和方向，指引人员顺利离开。

②应急照明：一层辐照室和二层主机室内部均设置应急照明系统，应急照明设备定时检验，保证在停电及应急情况下及时、稳定达到照明的效果。

③室内照明系统：辐照室和主机室照明由安全系统自动控制，巡检结束后，照明灯延时熄灭，安全系统破坏后，灯自动点亮。

④警告标志：本项目一层辐照室出入口处和二层主机室出入口处四侧墙外，以及一层通向二层的楼梯的明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明等。

⑤防火系统：加速器机房采用混凝土材料，耐火等级不低于二级。辐照室和主机室均设置 1 个烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机、立即关断加速器及辅助设备

(除真空系统)的全部电源、切断高压并停止通风。辐照室出入口处配置有效的灭火装置。

⑥监测仪器：拟配 1 台便携式辐射监测仪，用于工作场所剂量监测。拟配 3 台个人剂量报警仪，在人员进入主机室或辐照室时需携带。每名辐射工作人员配 1 个人剂量计，工作期间必须正确佩戴。

项目安全装置和防护措施布置示意图详见附图 7 和附图 9。

(6) 辐照设备安全原则

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 4.1.1，本项目电子加速器应满足以下安全原则。

①纵深防御原则

应对电子加速器辐照装置的应用及其潜在照射的大小和可能性采取相适应的多层防护与安全措施(即纵深防御)，以确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到：防止可能引起照射的事故；减轻可能发生的任何类似事故后果；在任何这类事故之后，将装置恢复到安全状态。

②冗余性

采用的物项应多于为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，在运行过程中万一某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能。例如辐照室和主机室的人员出入口应设3道及以上连锁。

③多元性

多元性能够提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。系统多元性和多重剂量监测可以采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等。例如：辐照室和主机室的人员出入口的安全连锁可以分别采用机械的、电气的、电子的和剂量的连锁。

④独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用。通过功能分离和实体隔离的方法使安全机构获得独立性。

根据前文内容，本项目拟设置多项安全保护连锁，例如钥匙控制、门机连锁、束下装置连锁、剂量连锁、通风连锁，当所有安全连锁正常启动，全部就位后加速器才能正常出束，符合“纵深防御原则”；本项目拟设置多于为完成某一安全功能所必须的最少

数目的联锁，例如一层辐照室出入口处各设置三道防人误入的光电开关，二层主机室内出入口处设置三道防人误入的光电开关，符合“冗余性”安全原则；设置多元性安全联锁，例如安全联锁分别采用了机械的、电气的、电子的和剂量的联锁，符合“多元性”安全原则；保证安全联锁各部件之间独立运行，符合“独立性”安全原则。

本项目加速器机房安全防护设施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）符合性分析详见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射安全设施与标准符合性分析表

安全设施	本项目设置情况	标准要求	符合性分析
钥匙控制	本项目加速器主控制钥匙开关与主机室门和辐照室门联锁。主控台钥匙开关与主机室门和辐照室门钥匙开关为同一把钥匙，该钥匙和一台有效的便携式辐射监测报警仪牢固相连，该钥匙是唯一的，设专人保管和取用记录台账，且由当班控制室操作员使用。如从控制台取下该钥匙，加速器自动停机并切断高压。	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。	符合
门机联锁	本项目辐照室和主机室的门设有限位装置，通过限位装置判断加速器机房门是否关闭，限位装置和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，门限位装置打开，加速器不能开机，加速器运行中门被打开则加速器会自动停机并断开高压。	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。	符合
束下装置联锁	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。束下装置的速度随着加速器束流的大小而变化成正比线性关系，束下装置（辐照室物流传输系统）因故障偏离正常运行状态或停止束下装置运行时，加速器自动停机并切断高压。	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。	符合
信号警示装置	本项目主机室和辐照室出入口外明显位置都张贴“当心电离辐射”警示标识。在主机室和辐照室出入口处及迷道内墙均设置有警示灯和警示铃，并与电子加速器辐照装置联锁。警示灯设置多种颜色灯光代表加速器不同的工作状态，警示灯和警示铃为 2 台加速器共用。加速器进入高压允许状态后，操作人员在操作界面选择加载高压时，立即会发出“准备出束，请撤离”的语音提示，警示灯由黄色变为红色，声音提示持续时间为 30s，30s 后设备加载高压，声音变为嘀嘀嘀的报警声，该声音明显为区别于环境声音的报警信号。	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。	符合
巡检按钮	本项目辐照室内设置 7 个巡检按钮（包括 1 个巡检开始按钮和巡检按钮 1~6），主机室内设置 6 个巡检按钮（包括 1 个巡检开始按钮和巡检按钮 1~5），与控制台联锁，巡检按钮设置在巡检路线上，巡检路线覆盖所有人员可达的区域。加速	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	符合

	器开机前,巡检人员进入辐照室和主机室按下巡检开始按钮,再按编号 1~6 或编号 1~5 的顺序按下全部巡检按钮后才能触发巡检完毕的信号。巡检完毕确认后,只要主机室或辐照室门被打开过,必须重新巡检后才能开机。	人员误留。	
防人误入装置	本项目辐照室出入口通道内设置三道防人误入的光电装置,并与加速器的开、停机连锁;每道防人误入装置具有独立性,由外向内每道防人误入装置探头位置安装高度距地分别为 0.3m、0.5m、1.4m,位于不同水平位置,防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。有人员经过时,光电开关反应,则加速器无法启动,或者已启动的加速器立即停机。	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连锁装置(一般采用光电装置),并与加速器的开、停机连锁。	符合
急停装置	本项目在控制台上和主机室、辐照室内及辐照室出入口设置紧急停机装置(室内为拉线开关、辐照室出入口及控制台上为按钮),使之能在紧急状态下终止加速器运行并切断高压。主机室、辐照室及其迷道内的急停装置采用的拉线开关覆盖人员可达的全部区域。控制台上还设置急停后复位确认按钮,在启动加速器前需要巡检确认主机室、辐照室及迷道内无人后手动复位后方可开机。	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。	符合
剂量连锁	本项目辐照室及主机室迷道内各设置 1 个固定式辐射监测仪探头,主机室和辐照室出入口设置门电磁锁,固定式辐射监测仪探头监测的辐射剂量率显示屏位置拟设置于控制室,可实时监测辐射剂量率,探测的辐射水平与辐照室和主机室的出入口门电磁锁连锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时(本项目为 2.5 μ Sv/h),主机室和辐照室门的门电磁锁会自动锁死,无法打开。设定的阈值保证人员不会受到超剂量照射。并且固定式辐射剂量监测仪断电或者掉线均无法打开辐照室和主机室的出入口门。	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连锁。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。	符合
通风连锁	通风系统与加速器控制系统连锁,机房的风机若未开机,加速器也无法开机;若通风量出现异常,将通过 PLC 反馈至主机,加速器断开高压自动停机。加速器停机后,只有达到预先设定的时间(本项目为 7min)后才能打开门电磁锁开门,以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。	主机室、辐照室通风系统与控制系统连锁,加速器停机后,只有达到预先设定的时间后才能开门,以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。	符合
烟雾报警	辐照室和主机室内均设置了烟雾报警装置,在烟雾报警装置处连接气管,气管一头从束下的上部取样,中间经过烟感,另一头返回到束下的下部靠近风道的位置。气管下部的压强小,上部压强大,空气可以在气管里流动起来,可以使烟雾报警装置能有效检测到烟雾。遇有火险时,加速器立即停机、立即关断加速器及辅助设备(除真空系统)的全部电源、切断高压并停止通风。	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。	符合

(7) 货物出入口设计

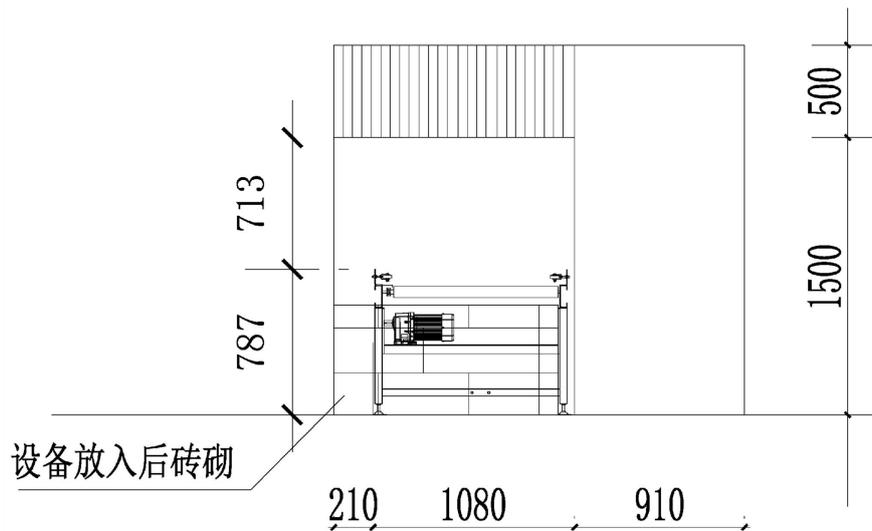


图 10-5 辐照室出入口剖面图 (单位 mm)

货物传送带出入口宽 1.29m，高 1.50m；传送带宽 1.08m，距出入口上方墙体 0.71m，货物传送带出入口设计紧凑，在满足辐照货物出入的要求下，又保证正常情况下人员无法通过传送带进入机房，并且货物传送带出入口两侧设置有警示标志，阻止人员靠近。

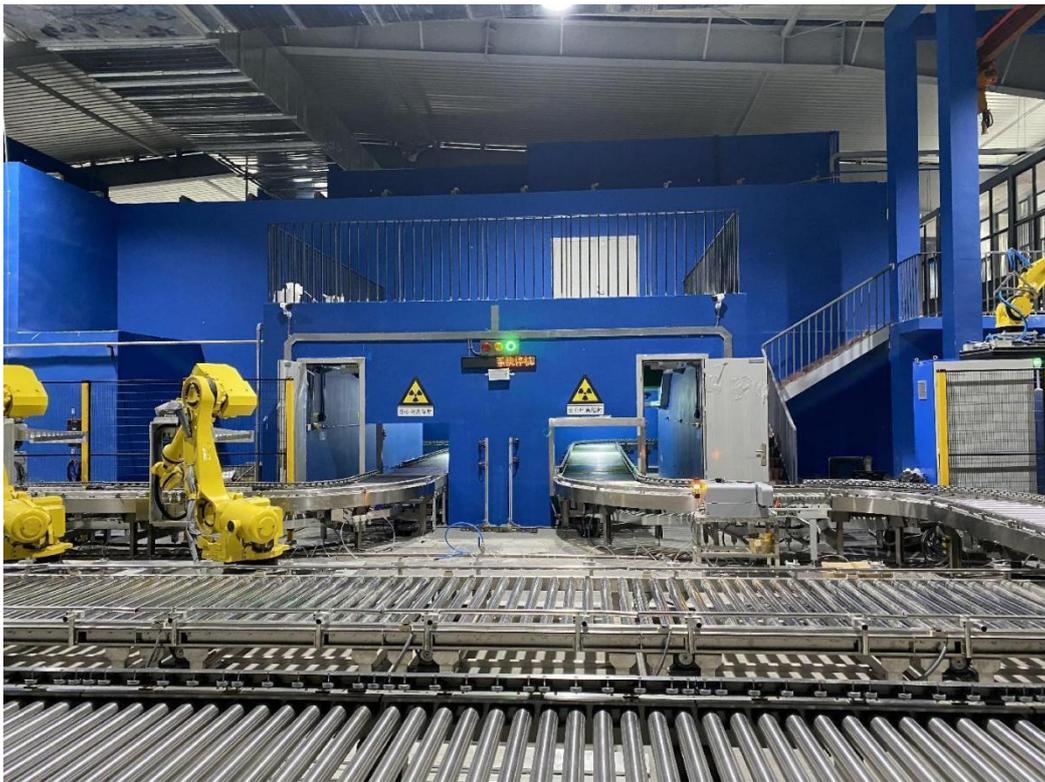


图10-6 同类型辐照室出入口现场照片

(8) 电缆管线穿墙

本项目加速器主机室电缆管线采用“U”型路径设计，主机室内的X射线至少经过3次散射才能到达设备室。电缆穿墙的设计未破坏电子加速器机房的整体屏蔽防护效果，

满足辐射防护的要求。电缆管线穿墙示意图见下图。

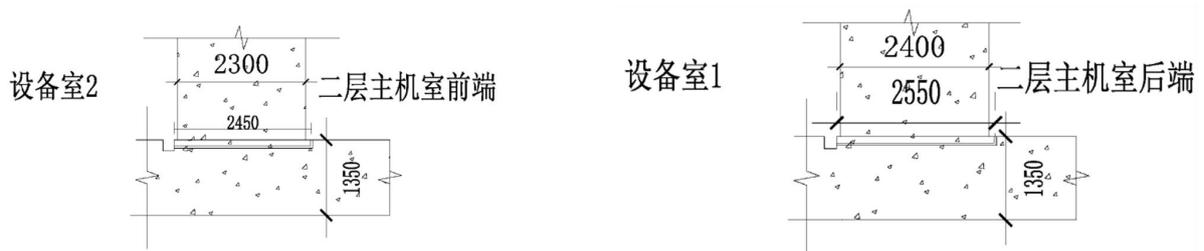


图 10-7 本项目电缆管线穿墙示意图 (单位 mm)

(9) 排风管线设计

排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下1.0m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至13、14分厂建筑楼顶排放，排气口距离地面15m，该设计方式不减弱辐照室屏蔽墙体的厚度和屏蔽效果。排风管道设计示意图见下图，排风管道设计剖面图见图10-1。

本项目电子辐照加速器的排风管道采用埋地设计，排风管道辐照室内的X射线至少经过3次散射才能到达室外排风口，排风管道的设计未破坏电子加速器机房的整体屏蔽防护效果，满足辐射防护的要求。

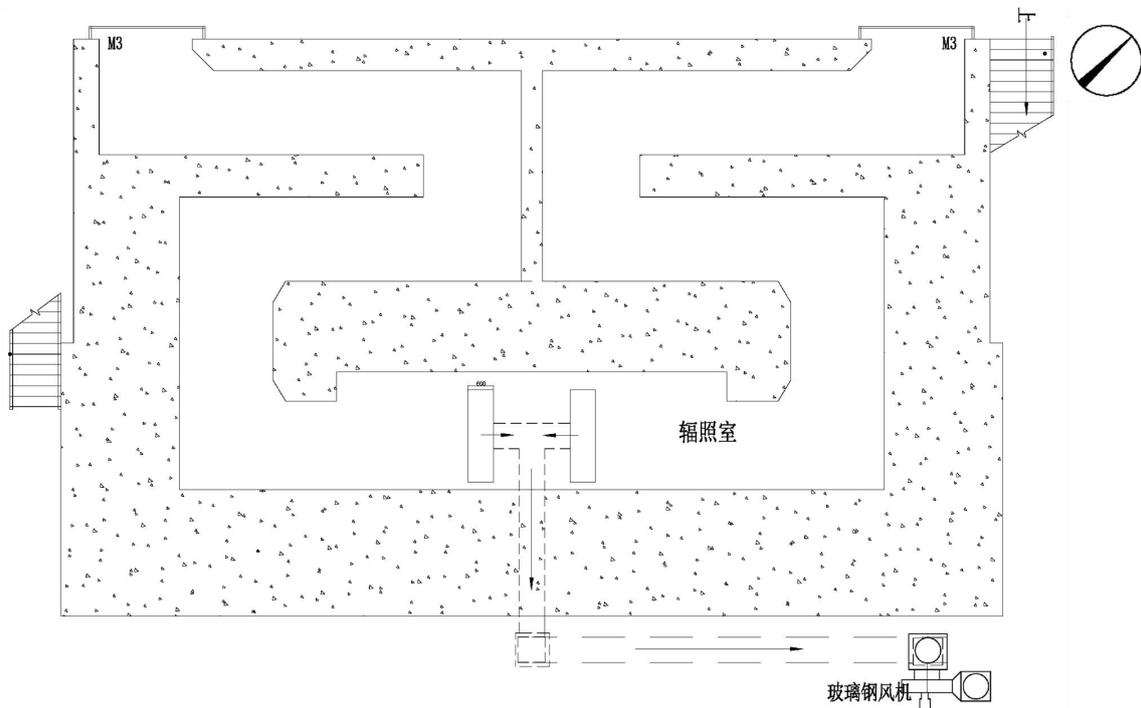


图 10-8 排风管道地埋设置平面示意图

10.1.5 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。

10.2 辐射安全防护措施的可行性

结合生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020发布版）和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》中相关检查内容，将本项目拟采取的上述防护措施汇总对照分析如下。

表 10-3 本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

序号		项目	设计内容	符合情况
1	A 出入口 控制	入口电离辐射警告标志	已设计	符合
2		入口加速器工作状态显示	已设计	符合
3		厅门联锁钥匙开关（辐照室、主机室）	已设计	符合
4		视频监控系统	已设计	符合
5		门内紧急开门按钮	已设计	符合
6		紧急出口标志	拟配备	符合
7		应急照明	拟配备	符合
8	B 安全联 锁	控制台和加速器厅门同一把钥匙（或钥匙牢固串联）	已设计	符合
9		门与加速器高压触发联锁	已设计	符合
10		加速器开机前声、光报警	已设计	符合
11		辐照室、主机室内固定式辐射剂量监测仪，且与门联锁	已设计	符合
12		传输系统与束流联锁	已设计	符合
13		通风系统与加速器联锁	已设计	符合
14		火灾报警仪、且与通风联锁	已设计	符合
15		人员通道 2~3 道防误入装置（光电、红外等）	已设计	符合
16		货物进出通道 2~3 道防误入装置	已设计	符合
17		控制台上复位确认按钮	已设计	符合
18		清场巡更系统	已设计	符合

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	已设计	符合
20		控制台有紧急停机按钮	已设计	符合
21	D 监测设 备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	拟配备	符合
22		个人剂量报警仪	拟配备	符合
23		个人剂量计	拟配备	符合
24		便携式辐射检测仪器仪表	拟配备	符合
25	E 其他	必要应急物资等	拟配备	符合
注：必要应急物资包括：灭火器材、防火材料等				

从表 10-3 可见，本次环评涉及的辐射设备、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，本项目拟建的各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。

10.3 “三废”的治理

（1）废气

加速器运行时电子束在空气中穿行过程与空气相互作用而产生臭氧和氮氧化物等气体。1 层辐照室设计有机械排风系统，主排气口设置在扫描窗下方（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下 1.0m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在 13、14 分厂建筑楼顶排放，排气口距离地面约 15m（高出厂房楼顶）。加速器辐照室设计通风量为 14000m³/h，辐照室容积约 275m³，通风次数达到 50 次/h。本项目通风系统满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中关于通风系统的要求。

（2）废水

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。

本项目运行期废水主要为辐射工作人员产生的生活污水，生活污水经化粪池预处理

后排入市政管网。

(3) 固体废物

生活垃圾由建设单位统一集中收集后交环卫部门及时清运。

(4) 噪声

噪声主要来源于通风机组，噪声声功率级约 80dB (A)。为降低噪声的影响，本项目采取了低噪声设备，从声源上降低噪声污染；采取隔振措施，排风机安装在机房东侧，风机安装时采取隔震垫、基台减震，经过以上措施和距离衰减后，对项目区域外的声环境影响很小。

10.4 环保措施及其投资估算

本核技术利用项目总投资 3000 万元，其中环保投资 448 万元，占总投资的 14.93%。本项目环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 本项目环保投资估算一览表（单位：万元）

类别	环保设施措施	金额（万元）
辐射屏蔽措施	加速器机房的辐照室、主机室辐射防护屏蔽混凝土墙	400
辐射安全装置	钥匙控制开关 1 套、门机连锁 1 套、光电检测装置 2 套、连锁开关 2 套、烟雾报警 1 套、监控探头 15 个、电离辐射警告标志、警示灯和警示铃等	25
废气处理	独立通排风系统 1 套	5
废水处理	依托厂区现有化粪池	/
固废处理	依托厂区现有生活垃圾收集设施	/
监测仪器	1 台 X-γ辐射剂量率巡检仪，1 套固定式辐射监测仪（配备两个监测探头），3 台个人剂量报警仪，1 台便携式辐射监测报警仪（用于钥匙控制），6 名辐射工作人均配备个人剂量计。	5
监测	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测	5
人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训	3
辐射应急	辐射应急物资、人员应急培训、辐射事故应急演练	5
合计		448

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

(1) 施工期一般环境影响

本评价项目施工期的建设内容主要是辐射工作场所的建设，主要包括混凝土的浇筑以及辐射安全防护设施、防护门、设备安装等，工程量较少，环境影响主要来自混凝土的浇筑、设备安装等过程，主要环境影响因素包括废水、施工扬尘、噪声及固体废物等。

①施工废水循环使用，不再进行分析。项目施工期施工人员产生的生活污水依托化粪池处理后达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后排入市政污水管网。

②施工扬尘通过湿法作业和外围设置围挡等措施，能尽量降低其对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小。

③噪声主要是运输车辆和施工机械运行时的噪声，均为间歇性运行，运行时间短，并且均在本项目场地内施工。

④施工期间固体废物主要为建筑垃圾和生活垃圾。建筑垃圾定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾依托园区现有暂存收集设施和周边环卫部门清运处置。

机房施工质量要求：

①在建设过程中严格按照施工规范进行施工，在工业电子加速器机房屏蔽体施工过程中，应连续整体浇筑，采取有效措施避免产生孔洞气泡，防止射线泄漏。

②穿过机房墙体的各种管道、电缆不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，不得正对工作人员经停留的地点。

公司在施工阶段采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在内局部区域，对环境的影响较小。

(2) 施工期辐射环境影响

本项目加速器只有在运行过程中出束时才会产生X射线，射线是随机器的开、关而产生和消失，因此，项目建设期不产生X射线辐射，亦无放射性废气、废水及固体废物产生。

11.1.2 设备安装调试阶段对环境的影响

设备的安装、调试由设备厂家专业人员负责，建设单位不得自行安装及调试，安装

调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。安装时不通电，不会造成辐射影响。调试时，机房各屏蔽防护措施已建成，经过墙体屏蔽和距离衰减后对周围环境的辐射影响很小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 电子束对周围环境的影响

本项目电子加速器最大能量为 10MeV 的电子束，电子在物质中的最大射程可以由下式估算（公式摘自《辐射防护技术与管理》，P123）。

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\beta max} \quad (\text{式 11-1})$$

公式中：d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\beta max}$ —电子最大能量，MeV。

电子束的最大能量为 10MeV 时，在空气中（0.00129g/cm³）的最大射程约为 3876cm，在混凝土中（2.35g/cm³）的最大射程约为 2.13cm。由于辐照室混凝土厚度均在 100cm 以上，而且电子束方向朝向地面，因此加速器发射的电子束对辐照室外环境的影响可以忽略。

11.2.2 X 射线对周围环境的影响

（1）估算模式

从结构上看，本项目加速器束流向下，高速电子本身不对周围环境产生影响，影响周围环境需要防护的是电子束作用于辐照材料及周边物体而产生的韧致辐射。由于束流 0°方向为地面所以无需考虑防护，需要防护的是 90°方向的辐照室四周墙体和 180°方向的加速器室顶。

下述理论计算主要参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）进行计算。本次电子加速器辐照装置的屏蔽计算均以加速器的最高能量和最大束流强度进行计算。加速器最高能量和最大束流强度参数由设备厂商提供。并且本项目 2 台加速器安装在同一机房内，存在同时运行的情况，因此同时考虑 2 台设备的辐射影响。

电子加速器运行时，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 射线是电子加速器运行过程中的主要辐射源。电子加速器运行时，电子束出束方向朝下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：

①混凝土地面

②电子扫描器下方的辐照产品传输带（不锈钢材料）

③辐照产品，主要为待消毒的食品、医疗器械等。

不同能量电子束轰击不同物料时，其韧致辐射（X射线）发射率不同。对同一种材料，不同方向上韧致辐射（X射线）的发射率也不相同。

（2）直射 X 射线的屏蔽计算

①X 射线发射率

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.1，10MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°的 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。加速器运行时，电子束照射方向朝下，电子束可能轰击的物质有：不锈钢材料、辐照室混凝土地面及食品、医疗器械等。上述几种物质不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，保守计算考虑，X 射线发射率修正系数取 1。

根据附录 A 表 A.4，10MeV 电子在侧向 90°屏蔽能量取相应等效能量为 6MeV；根据附录 A 表 A.2、表 A.3 和附录 A 示例：入射电子能量为 6MeV，混凝土中的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=35.5\text{cm}$ 、 $T_e=35.5\text{cm}$ 。

根据设备厂商提供资料，本项目 2 台 10MeV 电子加速器束流强度均为 5.0mA，束流损失率为 5%，束流损失点的能量为 3MeV。3MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90°的 X 射线发射率为 $3.2\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，侧向屏蔽能量取相应等效能量 1.9MeV。根据附录 A 表 A.2 和表 A.3：入射电子能量为 1.9MeV，混凝土中的 T_1 和 T_e 值保守取 2.0MeV 条件下的值，分别为 $T_1=22.1\text{cm}$ 、 $T_e=20.1\text{cm}$ 。

X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率公式如下：

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad (\text{式 11-2})$$

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（ $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）。

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 射线发射率修正系数，保守考虑取 1。

表11-1 X射线辐射源在90°方向上1m处的标准参考点的吸收剂量率 D_{10}

位置	$Q(90^\circ)$ $\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	束流 (mA)	f_e	$D_{10}(90^\circ)$ Gy/h^{-1}	90° 等效能量
辐照室	13.5	5	1	4050	6MeV
主机室	3.2	0.25	1	48	1.9MeV

②透射比 B_x 的计算

$$B_x = (1 \times 10^{-6}) \left[\frac{H_M d^2}{D_{10} T} \right] \quad (\text{式 11-3})$$

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，是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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)；

d —X 射线源与参考点之间的距离 (m)；

T —居留因子。当参考点位置为人员全部居留时取值 1，部分居留时可取 1/4，偶然居留时可取 1/16；

常数 (1×10^{-6}) 为单位转换系数；

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 ($\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)。

③关注点选取

为预测加速器辐照室和主机室设计方案的屏蔽效果，在机房外选取有代表性的关注点进行预测。根据本项目工程特征及机房周围环境状况，选择关注点为辐照室和主机室四周屏蔽墙外 0.3m 处及迷道出入口处。关注点情况列于表 11-2，关注点的分布见图 11-1 和图 11-2。

表11-2 关注点情况一览表

场所及关注点		位置描述	加速器	距源点（透射）最近距离 (m)	受照类型	备注
一层 辐照室	A	西南侧墙外 30cm	①	10.2	公众	部分居留
			②	12.6		
	A'	东北侧墙外 30cm	①	12.6	公众	部分居留
			②	10.2		
	B	东南侧墙外 30cm	①	4.6	公众	部分居留
			②	5.2		
	C	东南侧墙外 30cm	①	4.7	公众	部分居留
			②	4.7		
	D	西北侧墙外 30cm	①	9.7	公众	装卸货人员（全居留）
			②	10.0		
	E	西北侧墙外 30cm	①	9.8	公众	装卸货人员（全居留）
			②	9.8		
	F	迷道出口	①	12.6	职业	部分居留
			②	14.3		
F'	迷道入口	①	14.3	职业	部分居留	
		②	12.6			
二层 主机室	2A	西南侧墙外 30cm (设备室 1)	①	4.8	职业	部分居留
			②	7.2		
	2B	东南侧墙外 30cm	①	4.6	公众	/

	(临空)	②	5.2		
2C	东南侧墙外 30cm (临空)	①	4.7	公众	/
		②	4.7		
2D	西北侧墙外 30cm (设备平台 2)	①	4.7	职业	部分居留
		②	5.3		
2E	西北侧墙外 30cm (设备室 2)	①	4.9	职业	部分居留
		②	4.9		
2F	迷道出入口(设备平台 1)	①	9.2	职业	部分居留
		②	7.0		
2G	控制室	①	8.5	职业	操作人员(全居留)
		②	6.1		
2G'	控制室	①	8.6	职业	操作人员(全居留)
		②	6.3		

注：本项目加速器机房的辐照室沿迷道中墙呈对称分布：A' 点位与 A 点位对称，F' 点位与 F 点对称。

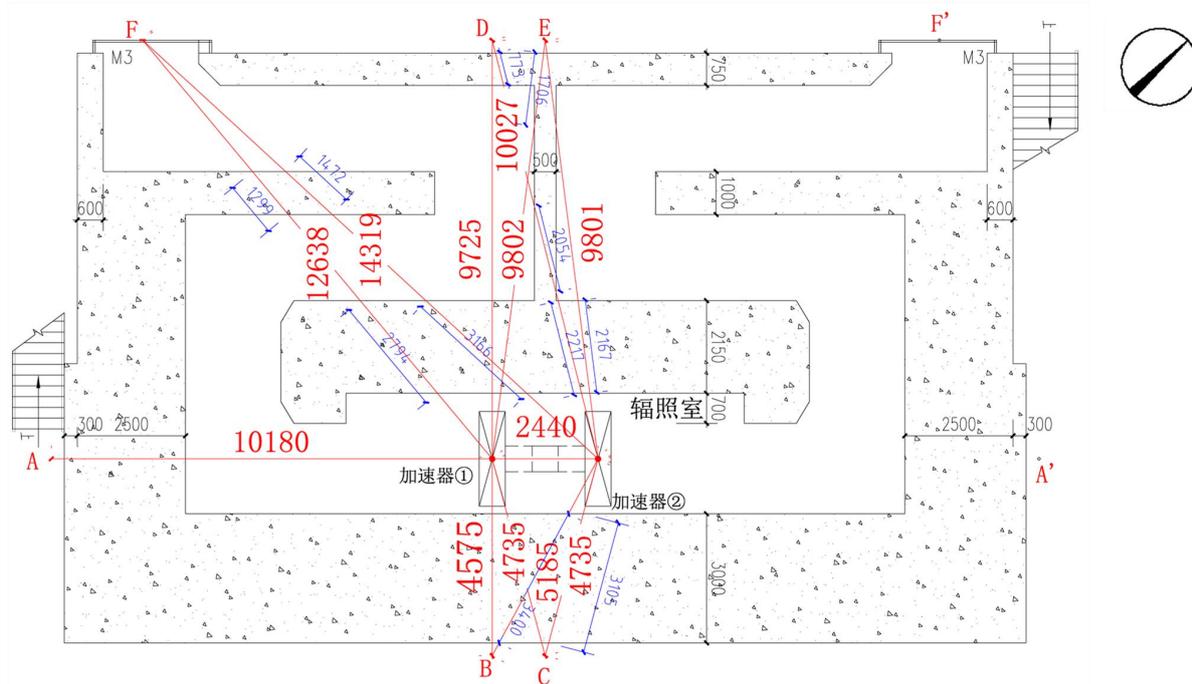


图 11-1 辐照室关注点

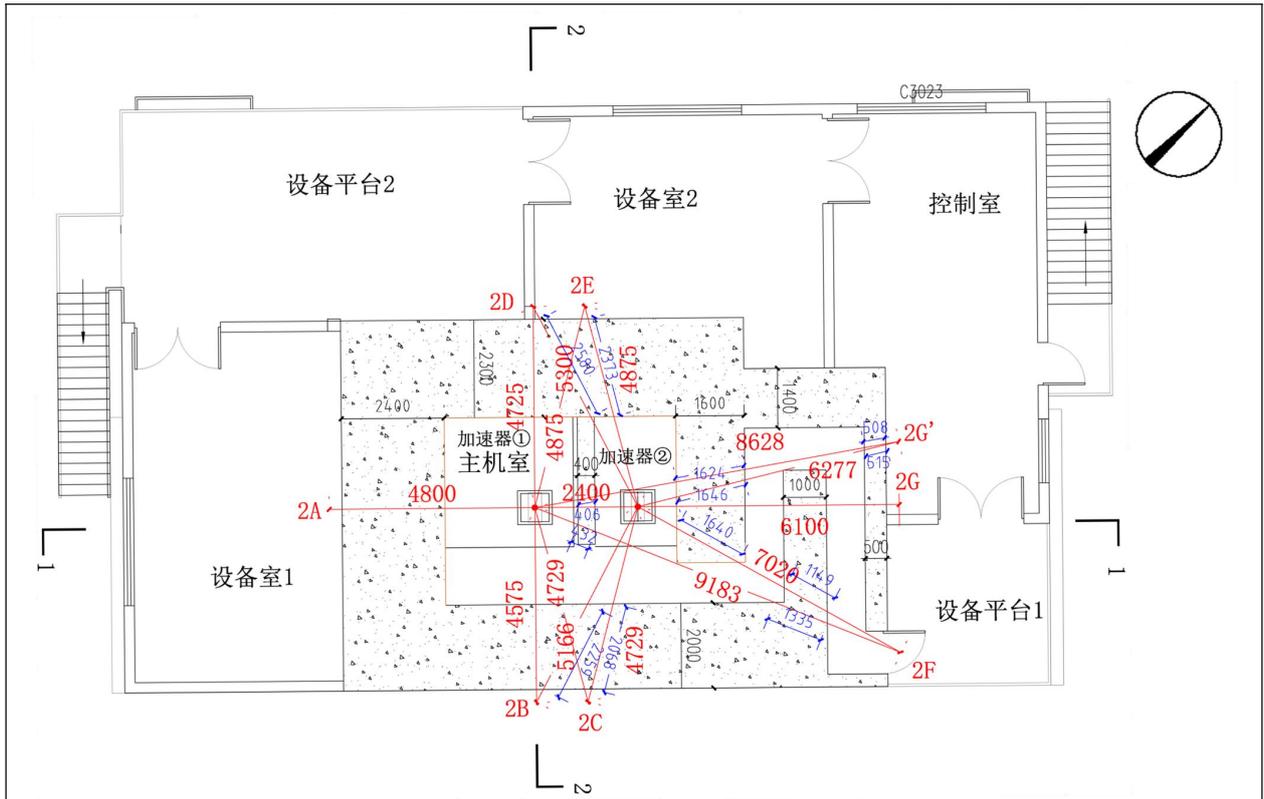


图 11-2 主机室关注点

表 11-3 加速器侧向直射辐射屏蔽透射比计算结果

楼层	参考点	位置	加速器	距离 d (m)	D_{10} ($\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)	H_M ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	T	B_x
一层 辐照室	A	西南侧墙 外 30cm	①	10.2	4050	2.5	1/4	2.57E-07
			②	12.6				3.92E-07
	A'	东北侧墙 外 30cm	①	12.6		2.5	1/4	3.92E-07
			②	10.2		2.57E-07		
	B	东南侧墙 外 30cm	①	4.6		2.5	1/4	5.22E-08
			②	5.2		6.68E-08		
	C	东南侧墙 外 30cm	①	4.7		2.5	1/4	5.45E-08
			②	4.7		5.45E-08		
	D	西北侧墙 外 30cm	①	9.7		2.5	1	5.81E-08
			②	10.0		6.17E-08		
	E	西北侧墙 外 30cm	①	9.8		2.5	1	5.93E-08
			②	9.8		5.93E-08		
	F	迷道出口	①	12.6		2.5	1/4	3.92E-07
			②	14.3		5.05E-07		
F'	迷道入口	①	14.3	2.5	1/4	5.05E-07		
		②	12.6	3.92E-07				
二层 主机室	2A	西南侧墙 外 30cm(设 备室 1)	①	4.8	48	2.5	1/4	4.80E-06
			②	7.2				1.08E-05
	2B	东南侧墙 外 30cm(临 空)	①	4.6		2.5	1/16	1.76E-05
			②	5.2		2.25E-05		

2C	东南侧墙外30cm(临空)	①	4.7	2.5	1/16	1.84E-05		
		②	4.7			1.84E-05		
2D	西北侧墙外30cm(设备平台2)	①	4.7			2.5	1/4	4.60E-06
		②	5.3					5.85E-06
2E	西北侧墙外30cm(设备室2)	①	4.9			2.5	1/4	5.00E-06
		②	4.9					5.00E-06
2F	迷道出入口	①	9.2			2.5	1/4	1.76E-05
		②	7.0					1.02E-05
2G	控制室	①	8.5			2.5	1	3.76E-06
		②	6.1					1.94E-06
2G'	控制室	①	8.6			2.5	1	3.85E-06
		②	6.3					2.07E-06

④屏蔽厚度计算

屏蔽厚度可以保守估算为：

$$n = \log_{10} 1/B_x \quad (\text{式 11-4})$$

$$S = T_1 + (n - 1)T_e \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

S —屏蔽体厚度 (cm)；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层 (cm)；

T_e —平衡十分之一值层，该值近似于常数 (cm)；

n —为十分之一层值的个数。

表 11-4 加速器侧向直射辐射屏蔽墙体厚度计算结果及符合性对比

楼层	关注点	位置	加速器	B_x	n	T_1 (cm)	T_e (cm)	计算混凝土厚度 (cm)	设计混凝土厚度 (cm)
一层辐照室	A	西南侧墙外30cm	①	2.57E-07	6.59	35.5	35.5	234	280
			②	3.92E-07	6.41			227	280
	A'	东北侧墙外30cm	①	3.92E-07	6.41			227	280
			②	2.57E-07	6.59			234	280
	B	东南侧墙外30cm	①	5.22E-08	7.28			259	300
			②	6.68E-08	7.18			255	340
	C	东南侧墙外30cm	①	5.45E-08	7.26			258	311
			②	5.45E-08	7.26			258	311
	D	西北侧墙外30cm	①	5.81E-08	7.24			257	215+75
			②	6.17E-08	7.21			256	222+205+77
	E	西北侧墙外30cm	①	5.93E-08	7.23			257	217+171
			②	5.93E-08	7.23			257	217+171
	F	迷道出口	①	3.92E-07	6.41			227	279+130
			②	5.05E-07	6.30			224	317+147

F'	迷道入口	①	5.05E-07	6.30			224	317+147
		②	3.92E-07	6.41			227	279+130
2A	西南侧墙外 30cm (设备 室 1)	①	4.80E-06	5.32	22.1	20.1	109	240
		②	1.08E-05	4.97			102	240
2B	东南侧墙外 30cm (临 空)	①	1.76E-05	4.75			98	200
		②	2.25E-05	4.65			95	226
2C	东南侧墙外 30cm (临 空)	①	1.84E-05	4.73			97	207
		②	1.84E-05	4.73			97	207
2D	西北侧墙外 30cm (设备 平台 2)	①	4.60E-06	5.34			109	230
		②	5.85E-06	5.23			107	258
2E	西北侧墙外 30cm (设备 室 2)	①	5.00E-06	5.30			109	237
		②	5.00E-06	5.30			109	237
2F	迷道出入口	①	1.76E-05	4.75			98	43+134
		②	1.02E-05	4.99			102	164+115
2G	控制室	①	3.76E-06	5.42			111	40+160+100+50
		②	1.94E-06	5.71			117	160+100+50
2G'	控制室	①	3.85E-06	5.41			111	406+162+51
		②	2.07E-06	5.68			116	165+52

根据式 11-3~式 11-5 和本项目屏蔽体实际设计厚度计算各关注点的辐射剂量率，公式如下：

$$H_M = 10^6 D_{10} \cdot T \cdot d^{-2} \cdot 10^{-(S_{\text{设}} - T_1 + T_e)/T_e} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：S_设—设计屏蔽体厚度（cm）。

表 11-5 加速器侧向直射辐射剂量率计算结果

楼层	关注点	位置	加速器	设计混凝土厚度 (cm)	剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐 照室	A	西南侧墙外 30cm	①	280	1.26E-01	2.09E-01
			②	280	8.27E-02	
	A'	东北侧墙外 30cm	①	280	8.27E-02	2.09E-01
			②	280	1.26E-01	
	B	东南侧墙外 30cm	①	300	1.70E-01	1.79E-01
			②	340	9.91E-03	
	C	东南侧墙外 30cm	①	311	7.95E-02	1.59E-01
			②	311	7.95E-02	
	D	西北侧墙外 30cm	①	215+75	2.92E-01	2.92E-01
			②	222+205+77	2.57E-07	
	E	西北侧墙外 30cm	①	217+171	4.96E-04	9.92E-04
			②	217+171	4.96E-04	
	F	迷道出口	①	279+130	1.92E-05	1.96E-05
			②	317+147	4.21E-07	

	F'	迷道入口	①	317+147	4.21E-07	1.96E-05
			②	279+130	1.92E-05	
二层主 机房	2A	西南侧墙外 30cm(设备室1)	①	240	7.51E-07	1.09E-06
			②	240	3.34E-07	
	2B	东南侧墙外 30cm(临空)	①	200	2.00E-05	2.08E-05
			②	226	7.96E-07	
	2C	东南侧墙外 30cm(临空)	①	207	8.59E-06	1.72E-05
			②	207	8.59E-06	
	2D	西北侧墙外 30cm(设备平台 2)	①	230	2.46E-06	2.54E-06
			②	258	7.84E-08	
	2E	西北侧墙外 30cm(设备室2)	①	237	1.02E-06	2.03E-06
			②	237	1.02E-06	
	2F	迷道出入口	①	43+134	2.79E-04	2.79E-04
			②	164+115	4.05E-09	
	2G	控制室	①	40+160+100+50	3.23E-12	6.16E-10
			②	160+100+50	6.13E-10	
2G'	控制室	①	406+162+51	1.31E-25	2.43E-05	
		②	165+52	2.43E-05		

由表 10-4 可知，机房混凝土设计厚度大于计算值厚度，满足屏蔽设计要求；根据机房混凝土设计厚度计算出关注点辐射剂量率，由表 10-5 可知，本项目 10MeV 加速器机房屏蔽体外 30cm 处的剂量率均不大于 2.5 μ Sv/h，满足屏蔽设计要求，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

(3) 迷道外入口剂量率

迷道外入口散射剂量率采用下式计算：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (\text{式 11-7})$$

式中

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有的散射过程是相同的）；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

A_2 —迷道的截面积（ m^2 ，假设整个迷道的截面积近似常数，高宽之比在 1~2 之间）；

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离（m）；

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离， $d_{ri}/A_2^{1/2}$ 的比值应在 1~6 之间；

j —指第 j 个散射过程。

对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV，对于初级 X 射线，散射系数 α_1 取值 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 取值 2×10^{-2} 。

辐射室迷道散射面积的确定： A_1 为第一次散射宽度与高度的乘积，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积。

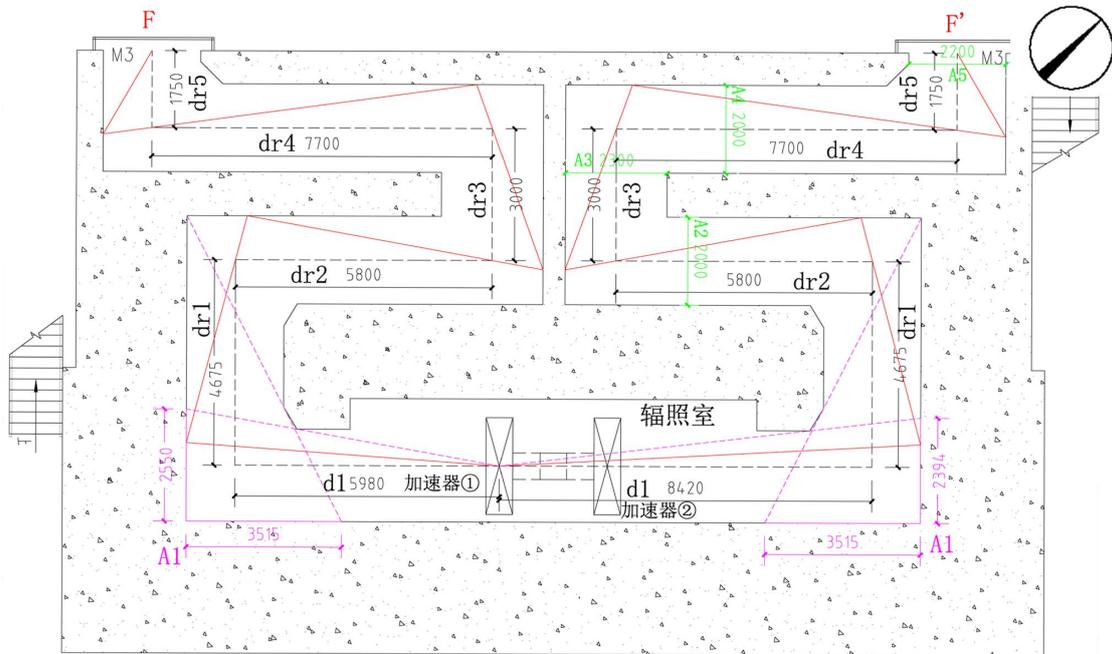


图 11-3 辐照室散射路径示意图

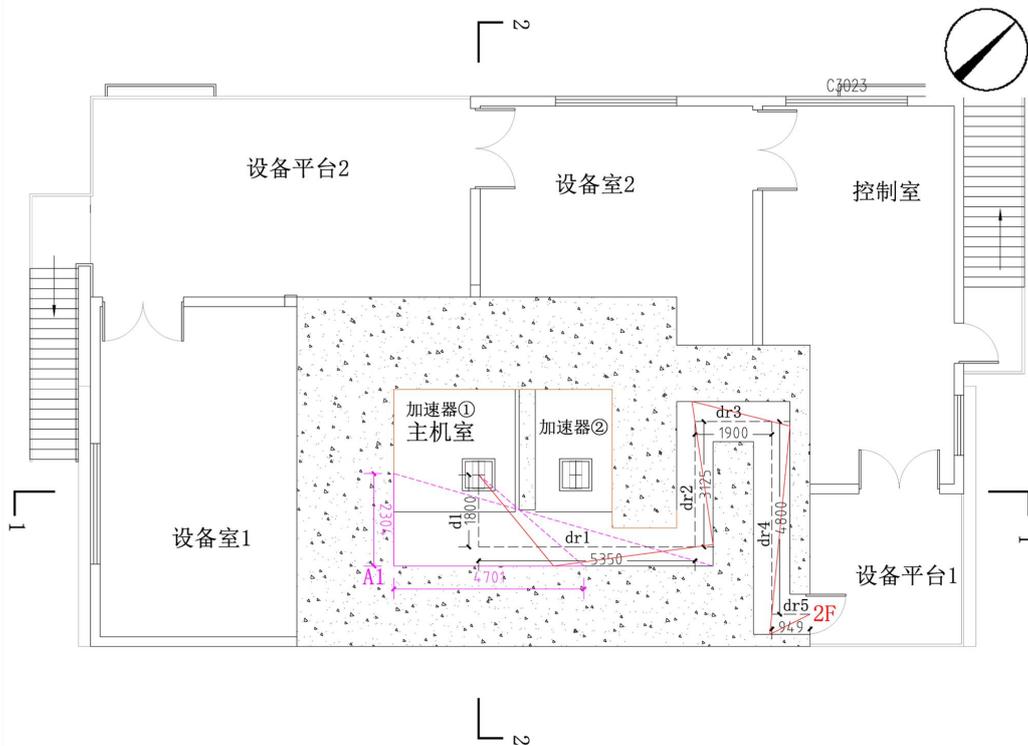


图 11-4 主机室散射路径示意图 1

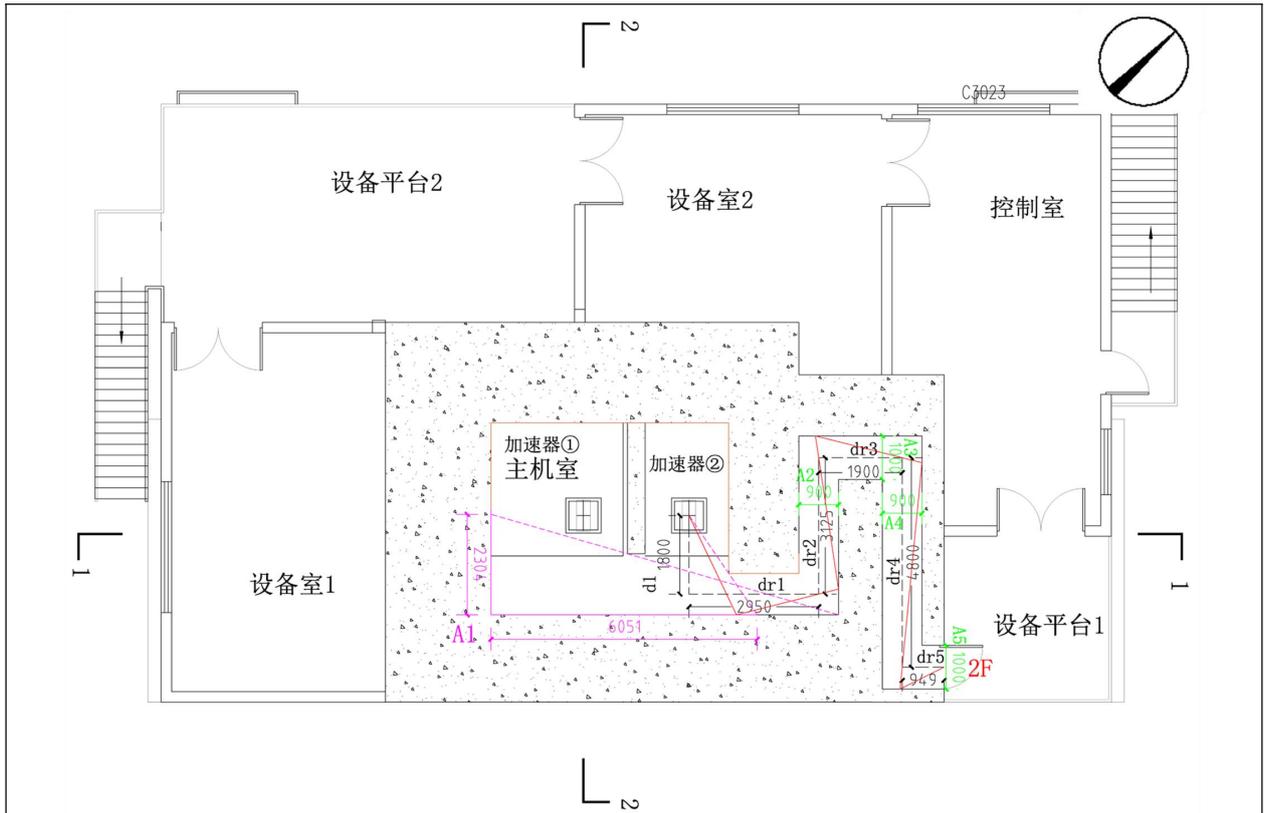


图 11-5 主机室散射路径示意图 2

表 11-6 迷道散射计算结果表

楼层	参考点	加速器	散射次数 j	第一次散射宽度 (m)	迷道宽度 (m)	迷道高度 (m)	路径长度 $d_1, d_{r1} \dots d_{rj}$ (m)	剂量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)
一层辐照室	F	①	5	2.55+3.52	2、2.3、2、2.2	2.05	5.98、4.68、5.8、3.0、7.7、1.75	3.35E-04	4.99E-04
		②		2.39+3.52			8.42、4.68、5.8、3.0、7.7、1.75	1.64E-04	
	F'	①	5	2.39+3.52			8.42、4.68、5.8、3.0、7.7、1.75	1.64E-04	4.99E-04
		②		2.55+3.52			5.98、4.68、5.8、3.0、7.7、1.75	3.35E-04	
二层主机房	2F	①	5	2.30+4.70	0.9、1、0.9、1	2.5	1.8、5.35、3.13、1.9、4.8、0.95	7.79E-03	3.84E-02
		②		2.30+6.05			1.8、2.95、3.13、1.9、4.8、0.95	3.06E-02	

迷道出入口处辐射剂量率应同时考虑加速器侧向 X 射线的影响，叠加后，迷道出入口处的 X 射线剂量率如下：

表 11-7 迷道出入口叠加剂量率

楼层	参考点	侧向直射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)	叠加辐射剂量率 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)
一层辐照室	F	1.96E-05	4.99E-04	5.19E-04

	F'	1.96E-05	4.99E-04	5.19E-04
二层主机房	2F	2.79E-04	3.84E-02	3.86E-02

由上表可知，辐照室迷道入口处周围剂量当量率为 $5.19E-04\mu\text{Sv/h}$ ，主机室迷道入口处周围剂量当量率为 $3.86E-02\mu\text{Sv/h}$ ，均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，所以辐照室迷道和主机室迷道的设计是合理的，辐照室和主机室出入口无需特别防护，仅设置普通不锈钢门。

(4) 屋顶厚度计算

屋顶厚度考虑直射的防护，本项目加速器开机时主机室内及其屋顶上方均为无人到达区域，因此对屋顶的直射的防护主要考虑从一层辐照室 X 射线源直射到二层主机室周围辅助房间的剂量。

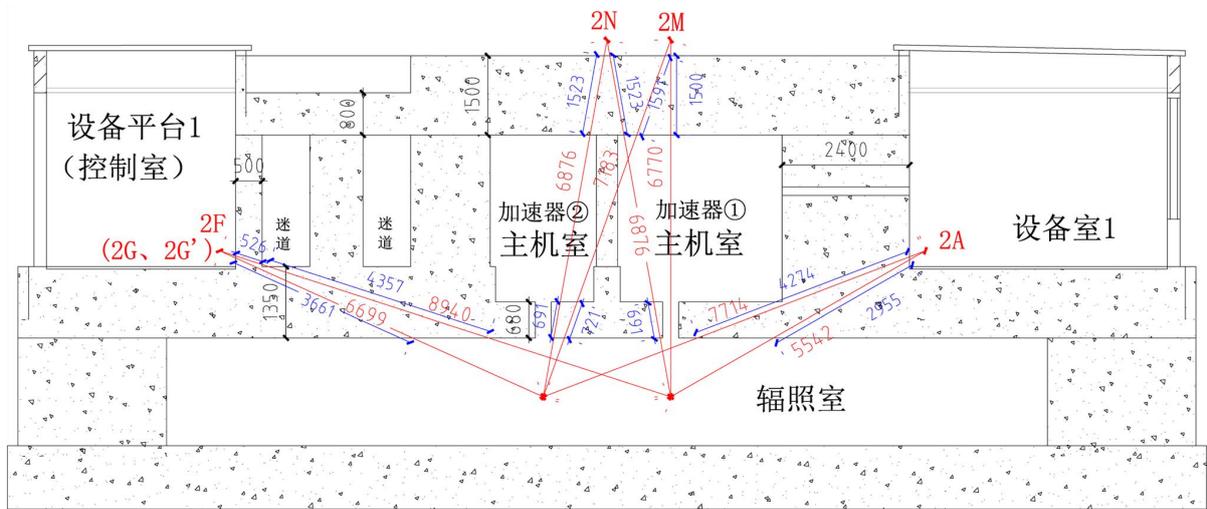


图 11-6 辐照室上方 1-1 剖面关注点图

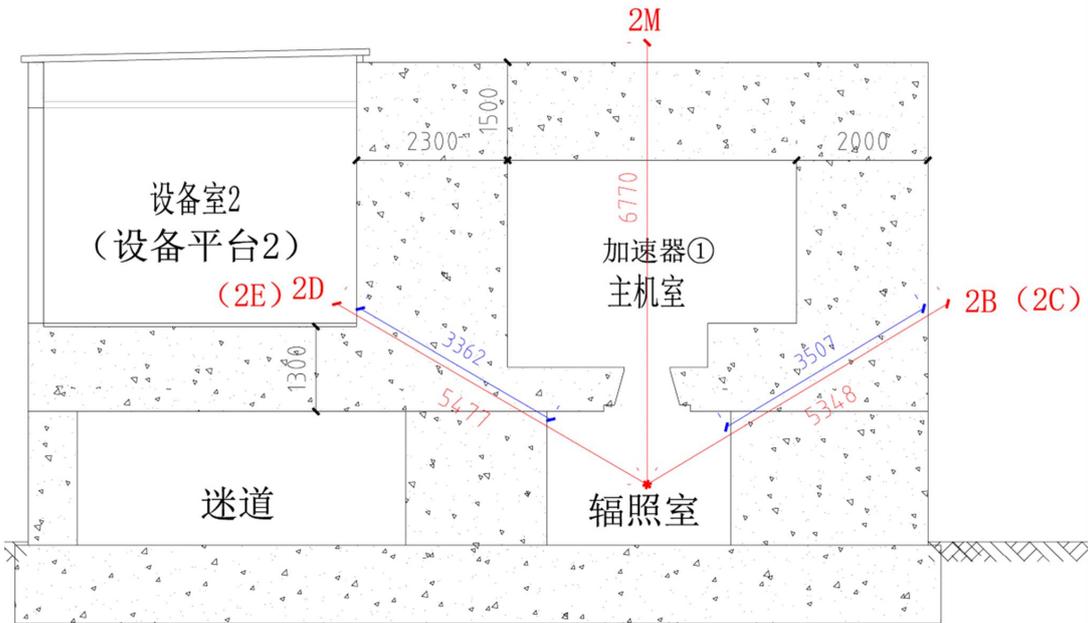


图 11-7 辐照室上方 2-2 剖面关注点图 (加速器②上同)

表 11-8 辐照室及主机室屋顶厚度计算结果及符合性对比

楼层	参考点	位置	加速器	d (m)	B_x	n	所需楼板厚度 (cm)	设计混凝土厚度 (cm)
一层加速器辐照室	2A	西南侧墙外 30cm (设备室 1)	①	5.54	7.58E-08	7.12	253	296
			②	7.71	1.47E-07	6.83	243	427
	2B	东南侧墙外 30cm (临空)	①	5.35	2.83E-07	6.55	232	351
			②	5.35	2.83E-07	6.55	232	351
	2C	东南侧墙外 30cm (临空)	①	5.35	2.83E-07	6.55	232	351
			②	5.35	2.83E-07	6.55	232	351
	2D	西北侧墙外 30cm (设备平台 2)	①	5.48	7.41E-08	7.13	253	336
			②	5.48	7.41E-08	7.13	253	336
	2E	西北侧墙外 30cm (设备室 2)	①	5.48	7.41E-08	7.13	253	336
			②	5.48	7.41E-08	7.13	253	336
	2F	迷道出入口	①	8.94	1.97E-07	6.70	238	436+53
			②	6.70	1.11E-07	6.96	247	366
	2G	控制室	①	8.94	4.93E-08	7.31	259	436+53
			②	6.70	2.77E-08	7.56	268	366
	2G'	控制室	①	8.94	4.93E-08	7.31	259	436+53
			②	6.70	2.77E-08	7.56	268	366
2M*	顶棚 (人员不可达)	①	6.77	4.53E-07	6.34	225	150	
		②	7.18	5.09E-07	6.29	223	72+159	
2N*	顶棚 (人员不可达)	①	6.88	4.68E-07	6.33	225	69+152	
		②	6.88	4.68E-07	6.33	225	69+152	

注：*为主机室上方区域，为人员不可达处，故无需考虑屋顶设计厚度与所需厚度的符合性，但需计算考虑天空反散射的影响，具体见表 11-12。

表 11-9 辐照室及主机室屋顶辐射剂量率计算结果

楼层	参考点	位置	加速器	设计混凝土厚度 (cm)	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
一层加速器辐照室	2A	西南侧墙外 30cm (设备室 1)	①	296	1.51E-01	1.51E-01
			②	427	1.60E-05	
	2B	东南侧墙外 30cm (临空)	①	351	1.15E-03	2.29E-03
			②	351	1.15E-03	
	2C	东南侧墙外 30cm (临空)	①	351	1.15E-03	2.29E-03
			②	351	1.15E-03	
	2D	西北侧墙外 30cm (设备平台 2)	①	336	1.16E-02	2.31E-02
			②	336	1.16E-02	
	2E	西北侧墙外 30cm	①	336	1.16E-02	2.31E-02

		(设备室 2)	②	336	1.16E-02	
2F	迷道出入口		①	436+53	2.13E-07	1.11E-03
			②	366	1.11E-03	
2G	控制室		①	436+53	8.51E-07	4.42E-03
			②	366	4.42E-03	
2G'	控制室		①	436+53	8.51E-07	4.42E-03
			②	366	4.42E-03	
2M*	顶棚 (人员不可达)		①	150	328.70	330.23
			②	72+159	1.53	
2N*	顶棚 (人员不可达)		①	69+152	3.18	6.37
			②	69+152	3.18	
注: *为主机室上方区域, 为人员不可达处, 故无需满足剂量率不超过 2.5 μ Sv/h 的要求, 但需计算考虑天空反散射的影响, 具体见表 11-12。						

由表 10-8 可知, 辐照室楼顶混凝土设计厚度大于计算值厚度, 满足屏蔽设计要求; 根据辐照室楼顶混凝土设计厚度计算出关注点辐射剂量率, 由表 10-9 可知, 二层主机室周围人员可达处剂量率均小于 2.5 μ Sv/h, 因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

表 11-10 辐照室周边叠加剂量率

楼层	参考点	位置	侧向直射辐射剂量率 (μ Sv/h)	散射辐射剂量率 (μ Sv \cdot h ⁻¹)	屋顶直射辐射剂量率 (μ Sv/h)	叠加后剂量率 (μ Sv/h)
一层 加速器 辐照室	A	西南侧墙外 30cm	2.09E-01	/	/	2.09E-01
	A'	东北侧墙外 30cm	2.09E-01	/	/	2.09E-01
	B	东南侧墙外 30cm	1.79E-01	/	/	1.79E-01
	C	东南侧墙外 30cm	1.59E-01	/	/	1.59E-01
	D	西北侧墙外 30cm	2.92E-01	/	/	2.92E-01
	E	西北侧墙外 30cm	9.92E-04	/	/	9.92E-04
	F	迷道出口	1.96E-05	4.99E-04	/	5.19E-04
	F'	迷道入口	1.96E-05	4.99E-04	/	5.19E-04

表 11-11 主机室周边叠加剂量率

楼层	参考点	位置	侧向直射辐射剂量率 (μ Sv/h)	散射辐射剂量率 (μ Sv \cdot h ⁻¹)	屋顶直射辐射剂量率 (μ Sv/h)	叠加后剂量率 (μ Sv/h)
二层 主机	2A	西南侧墙外 30cm (设备室 1)	1.09E-06	/	1.51E-01	1.51E-01

室	2B	东南侧墙外 30cm (临空)	2.08E-05	/	2.29E-03	2.31E-03
	2C	东南侧墙外 30cm (临空)	1.72E-05	/	2.29E-03	2.31E-03
	2D	西北侧墙外 30cm (设备平台 2)	2.54E-06	/	2.31E-02	2.31E-02
	2E	西北侧墙外 30cm (设备室 2)	2.03E-06	/	2.31E-02	2.31E-02
	2F	迷道出入口	2.79E-04	3.84E-02	1.11E-03	3.98E-02
	2G	控制室	6.16E-10	/	4.42E-03	4.42E-03
	2G'	控制室	2.43E-05	/	4.42E-03	4.44E-03

将辐照室、主机室侧向直射辐射剂量率、散射辐射剂量率与辐照室屋顶直射辐射剂量率叠加后，最大值分别为 2.92E-01 μ Sv/h、1.51E-01 μ Sv/h，结果均小于 2.5 μ Sv/h，因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

(5) 天空反散射

本项目 X 射线天空反散射计算公式为：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (\text{式 11-8})$$

式中：

H —距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率（Sv/h）；

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角（Sr）；

厂房屋顶的屏蔽透射比 B_{xs} 采用下式计算：

$$B_{xs} = 4 \times 10^{-5} \left[\frac{H_M d_i^2 d_s^2}{D_{10} \Omega^{1.3}} \right] \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

Ω —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 P 点的距离（m）；计算天空杂散射线参考点为屏蔽墙外 20-250m 处，本项目保守取最小值 20m（数据来自《辐射防护手册》（第一分册）辐射源与屏蔽）。

H_M —P 点所在位置的最大允许周围剂量当量率（Sv/h）

周边最近建筑物为 14 分厂副楼，居留因子取 1，则 P 点最大允许周围剂量当量率为 $H_M = 0.1 \text{mSv} / (4800 \text{h} \times 1) = 2.08 \text{E-}02 \mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-12 屋顶天空反散射计算结果

楼层	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	Ω	d_i (m)	d_s (m)	B_{xs}	所需屋 顶厚度 (cm)	屋顶设 计厚度 (cm)	辐射剂量 率(μ Sv/h)
一层辐 照室	4050	2.08E-02	2.75	8.37	20	1.55E-06	206	150+68	9.74E-03
二层主 机室	48	2.08E-02	2.48	6.37	20	8.65E-05	84	150	1.04E-05
天空反散射周围剂量当量率									9.75E-03

根据以上计算结果可知，1 台加速器运行时由于天空反散射引起地面剂量率水平为 9.75E-03 μ Sv/h，2 台加速器同时运行时保守按单台的 2 倍估算，由于天空反散射引起地面剂量率水平 1.95E-02 μ Sv/h。

由上表可知，辐照室楼顶及主机室楼顶厚度设计大于计算值，P 点的辐射剂量率为 1.95E-02 μ Sv/h，小于 2.08E-02 μ Sv/h，满足对应区域周围剂量当量率的要求。

(6) X 射线通过屋顶的侧向散射

距本项目加速器机房最近的建筑物为 14 分厂副楼。14 分厂副楼高 12.05m，为三层建筑，距离本项目加速器机房最近距离约为 19m，距离束流中心约 31m。X 射线通过屋顶后侧向散射对邻近多层建筑物造成的周围剂量当量率采用下式计算：

$$H = \frac{D_{10} F f(\theta)}{d_R^2 10^{1 + \left[\frac{t - T_1}{T_e} \right]}} \quad (\text{式 11-10})$$

H —X 射线侧向散射周围剂量当量率 (Sv/h)；

D_{10} —靶上方 1m 处 X 射线的吸收剂量率 (Gy/h)；

F —靶上方 1m 处照射野的面积 (m^2)；

$f(\theta)$ —X 射线的角度分布函数；

d_R —从屋顶上方束流中心到关注点的距离 (m)；

t —屋顶的厚度 (m)。

表 11-13 加速器机房 X 射线的侧向散射计算结果

场所	D_{10} (Gy/h)	F (m^2)	$f(\theta)$	d_R (m)	t (m)	T_1 (m)	T_e (m)	H (μ Sv/h)
一层辐照室	4050	0.16	0.014	31	2.18	0.355	0.355	6.83E-03
二层主机室	48	24	0.014	31	1.5	0.221	0.221	2.74E-03
14 分厂副楼侧向散射周围剂量当量率								9.56E-03

经计算，本项目加速器机房东北侧 14 分厂副楼受到 X 射线侧向散射剂量率 9.56E-03 μ Sv/h，小于 2.5 μ Sv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)

对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

11.2.3 工作人员及公众年有效剂量估算

项目所致人员辐射剂量，按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式计算。

$$H_1 = H_0 \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (\text{式 11-11})$$

式中：

H_1 —辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H_0 —预测关注点剂量率， μ Sv/h；

T —居留因子；

t —年照射时间，h。

本项目加速器机房无地下层，上方为人员不可到达平台。

（1）本项目辐射工作人员年有效剂量估算

本项目辐射工作人员主要包括控制室内的操作人员和加速器外巡检人员。依据产品辐照方案，公司采取全日制工作制度，全年工作 300 天，每天工作 16h，全年单台加速器最大出束时间为 4800h；辐射工作人员实行两班轮换制、每班 3 人，每班工作 8h，每名辐射工作人员年最大工作时间约 2400h。

辐射工作人员为全停留，居留因子取 1。

表 11-14 本项目辐射工作人员年有效剂量估算结果

人员类型	关注点位	对应关注点辐射剂量率 (μ Gy/h)	居留因子	年工作时间(h)	年有效剂量 (mSv)
加速器控制室人员	2G'	4.44E-03	1	2400	1.07E-02
加速器巡检人员	D	2.92E-01	1	2400	7.01E-01

上述估算表明，本项目运行后职业人员最大年有效剂量为 7.01E-01mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，也满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的职业人员年有效剂量 5mSv/a 的剂量约束要求。

（2）公众年有效剂量估算

本项目辐射工作场所实体墙体外延 50m 范围主要为建设单位内部、项目东北侧道路及绿化带和四川众味和食品有限公司、东南侧道路及绿化带、青蒲路及绿化带和成都合

联新型产业园、西南侧道路及绿化带、西北侧道路及绿化带和仓库。项目加速器周围的公众主要为建设单位生产车间内公众（主要为货物的装卸及其它辅助工作的非辐射工作人员）、建设单位办公楼公众、周边道路及绿化带流动人员、仓库公众、四川众味和食品有限公司公众以及成都合联新型产业园公众。根据建设单位提供资料，生产车间内公众的工作时间和班次与本项目辐射工作人员一致。建设单位办公楼公众、仓库公众、四川众味和食品有限公司公众及成都合联新型产业园公众为单班制或两班轮岗制，每班每天工作 8h，年工作 300 天，则每班每年受照时间为 2400h。

建设单位生产车间内公众、建设单位办公楼公众、仓库公众、四川众味和食品有限公司公众以及成都合联新型产业园公众的居留因子取 1。

在屏蔽体外不同距离处 X 射线剂量率可由以下公式估算：

$$H = H_0/R^2 \quad (\text{式 11-12})$$

式中：H—距电子加速器屏蔽体外 R 处的 X 射线剂量率(μSv/h)；

R—距离屏蔽体的距离 (m)；

H₀—距屏蔽体外 30cm 处的 X 射线剂量率(μSv/h)。

根据平面布局及周围关注点、人员居留情况，机房周围公众年有效剂量估算结果详见表 11-15。

表 11-15 本项目所致公众年有效剂量估算结果

关注场所	关注点	关注点辐射剂量率 (μSv/h)	居留因子	与关注点距离 (m)	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	公众年有效剂量 (mSv)
东北侧道路及绿化带	A'	2.09E-01	1/16	18	2400	9.68E-05	1.10E-04
	2F	3.98E-02	1/16	22	2400	1.23E-05	
	2G'	4.44E-03	1/16	22	2400	1.38E-06	
	天空反散射	1.95E-02	1/16	/	2400	2.93E-03	
东北侧四川众味和食品有限公司	A'	2.09E-01	1	42	2400	2.84E-04	4.71E-02
	2F	3.98E-02	1	46	2400	4.51E-05	
	2G'	4.44E-03	1	46	2400	5.04E-06	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
东南侧道路及绿化带	B	1.79E-01	1/16	5	2400	1.07E-03	4.01E-03
	2B	2.31E-03	1/16	5	2400	1.39E-05	
	天空反散射	1.95E-02	1/16	/	2400	2.93E-03	
东南侧青蒲路及绿化带	B	1.79E-01	1/16	12	2400	1.86E-04	3.11E-03
	2B	2.31E-03	1/16	12	2400	2.41E-06	
	天空反散射	1.95E-02	1/16	/	2400	2.93E-03	
东南侧成都合联新型产业园	B	1.79E-01	1	43	2400	2.32E-04	4.70E-02
	2B	2.31E-03	1	43	2400	3.00E-06	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
建设单位生	D	2.92E-01	1	4.4	2400	3.62E-02	8.37E-02
	2D/2E	2.31E-02	1	9.1	2400	6.69E-04	

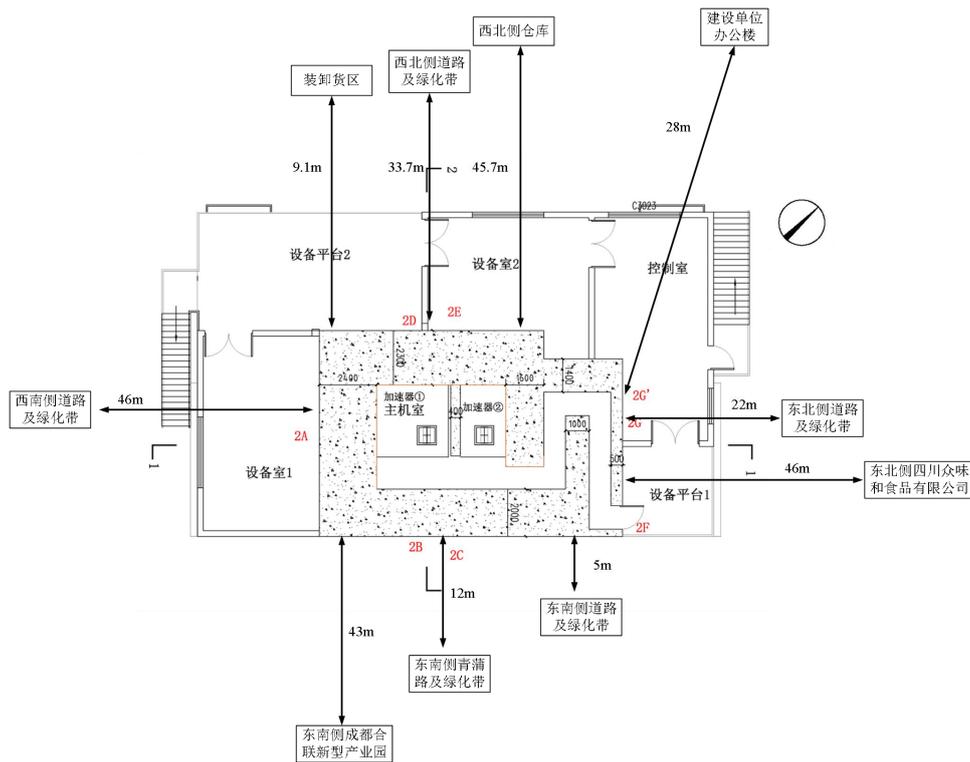


图 11-8 (b) 周边公众点位示意图 (部分)

上述估算表明，本项目 2 台辐照加速器运行后机房周围公众的最大年有效剂量为 $8.37E-02mSv$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，也满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的公众年有效剂量 $0.1mSv/a$ 的剂量约束要求。

上述计算结果未考虑辐射源与关注点之间墙体及其它材料的屏蔽作用，因此本次计算结果偏保守，周围公众经所在建筑物墙体屏蔽作用所致年有效剂量将会比理论计算结果更小，因此本项目所致周围公众年有效剂量可以满足 $0.1mSv/a$ 的剂量约束要求。

11.3 运营期“三废”影响分析

11.3.1 放射性污染影响分析与评价

本项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

11.3.2 非放射性污染影响分析与评价

(1) 废气

本项目射线装置运行时，空气在辐射照射下产生（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。辐照室设计有机械排风系统，辐照室排风量为 $14000m^3/h$ 。当辐照电子加速器运行过程中，排风系统开启以降低辐照室内的臭氧浓度。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B 提供的臭氧计算公式计算如下：

①平行电子束所致臭氧的产生率可以用以下公式进行保守估算：

$$P = 45dIG \quad (\text{式 11-13})$$

式中：

P —单位时间电子束产生 O_3 的质量（mg/h）；

I —电子束流强度（mA）；本项目有 2 台加速器，故束流强度按照 10mA 计算；

d —电子在空气中的行程（cm）；10MeV 在辐照室内运动距离为 4000cm，辐照室层高为 205cm，故 d 保守取 205cm；

G —空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分子数，保守值取 10。

辐照室臭氧的平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (\text{式 11-14})$$

T_e —对臭氧的有效清除时间（h），加速器长时间辐照时， $T_e \approx T_V$ ； T_V 为辐照室换气一次所需时间（h）；

V —辐照室体积（ m^3 ）。

本项目辐照室体积约为 $275m^3$ ，风机风量为 $14000m^3/h$ ，换气次数达到 50 次/h。

②加速器停机后，臭氧不再产生，通过通风系统使辐照室内臭氧浓度降至国家规定限值时，辐射工作人员方可进入辐照室，所需通风时间估算如下：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (\text{式 11-15})$$

式中：

C_0 —GBZ2.1-2019 规定的臭氧的最高容许浓度， $0.3mg/m^3$ 。

通过上述公式可计算出本项目加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度 C_s 以及停机后机房内臭氧降至 GBZ2.1-2019 规定的工作场所中臭氧职业接触限值（ $0.3mg/m^3$ ）所需的时间。具体的计算参数及结果见下表。

表 11-16 臭氧影响分析计算结果表

参数	I (mA)	V (m^3)	P (mg/h)	T_V (h)	C_s (mg/m^3)	T (h)
加速器机房	10.0	275	9.23E+05	1/50	67.1	0.108

由上式计算结果可知，加速器停止工作后，辐照室内通风系统继续以 $14000m^3/h$ 的通风量工作，通过 6.5min 的通风排气，辐照室内臭氧浓度可达到《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)中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m³”,此时,辐射工作人员进入辐照室是安全的。建设单位应加强对辐射工作人员的管理与培训,并在操作规程管理制度中明确:加速器停机至少 7min 后方可进入辐照室。

本项目辐照室的排风管道设置从地下通过,穿过屏蔽墙体时采用“U”型路径,管道在辐照室内下沉到地下 1.0m,通过直径 600mm 混凝土预制地下管道引到加速器机房东南侧墙体外,再上升至地面,再由直径为 800mm 的不锈钢圆形垂直排气管至所在 13、14 分厂建筑楼顶排放,排气口距离地面约 15m。

根据《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)附录 A 等效排气筒有关参数计算公式,本项目排气筒高度为 15m,排气筒臭氧排放速率为: $1.73 \times 10^{-2} \text{g/h}$ 。

采用 SCREEN 估算模式来预测臭氧排放的环境影响,预测参数和结果见下表。

表 11-17 排气筒臭氧排放预测参数和结果

项目	排气筒
污染源类型	点源
排气速率 (g/s)	1.73E-02
烟囱高度 (m)	15
烟囱出口内径 (m)	0.8
烟气排放速率(m ³ /s)	3.89
烟气温度 (K)	293
环境温度 (K)	293
最大落地浓度 (mg/m ³)	1.39E-03
占标率 (%)	0.70
最大落地距离 (m)	73

由计算结果可知,本项目辐照室的臭氧最大落地浓度为 1.39E-03mg/m³,最大落地距离为 73 米,臭氧不稳定,在常温下不断分解,排出室外的臭氧常温下可自行分解为氧气,浓度将迅速降低,对周围大气环境的影响较小。

(2) 废水

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。

本项目废水主要为辐射工作人员生活污水,产生的生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网。因此,本项目开展后对区域水体环境影响较小。

(3) 固废

本项目固废主要为辐射工作人员生活垃圾,产生的生活垃圾经分类收集后,由当地环卫部门清运。综上,本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

(4) 噪声

①噪声源强

噪声主要来源于通风机组，噪声声功率级约 80dB (A)。为降低噪声的影响，本项目采取了低噪声设备，从声源上降低噪声污染；采取隔振措施，排风机安装在机房东侧，风机安装时采取隔震垫、基台减震，经过以上措施和距离衰减后，对噪声会有一定的衰减作用。因此，项目建成投产后，不会对周围噪声环境造成明显不利影响。本项目运营期噪声主要为通风机组运行产生的噪声。室内声源调查清单见表 11-18。

表 11-18 本项目噪声源强调查清单（室内声源）

声源名称	型号	声源源强		声源控制措施	距室内边界距离/m		室内边界噪声级/dB (A)	运行时段	建筑物插入损失/dB (A)	建筑物外噪声		
		距离外壳 1m 处等效声级 /dB (A)	声源声功率级/dB (A)		声压级 /dB (A)	建筑物距离						
排风机组	/	/	80	设备基础采取减振措施，采用吸音降噪材料	东北	17.5	47.14	4800	10		37.14	1
					东南	2.3	64.77				54.77	
					西南	60	36.44				26.44	
					西北	45	38.94				28.94	

②噪声影响预测分析

1) 预测模式采用HJ2.4-2021 推荐的室外点声源衰预测模式和室内声源等效为室外声源预测模式，具体如下。

室内声源等效为室外声源计算基本公式

根据HJ2.4-2021 中“附录B.1.3 室内声源等效室外声源声功率级计算方法”，室内声源等效为室外声源可按如下步骤进行。如图 11-8 所示，声源位于室内，室内声源可采用等效室外声源声功率级法进行计算。设靠近开口处（或窗户）室内、室外A声级分别为 L_{p1} 和 L_{p2} 。若声源所在室内声场为近似扩散声场，则室外的A声级可按下式近似求出，然后按室外声源预测方法计算预测点出的A声级。

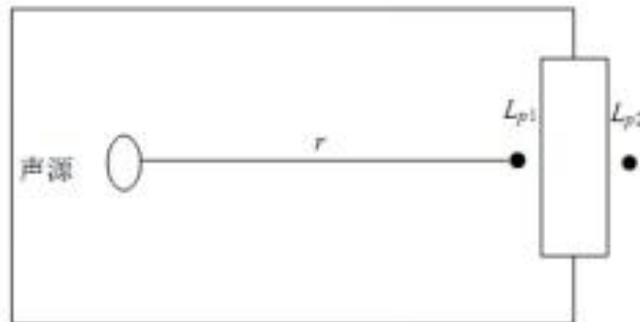


图 11-8 室内声源等效为室外声源图例

$$L_{P2} = L_{P1} - (TL + 6) \quad (\text{式 11-16})$$

式中： L_{P1} —靠近开口处（或窗户）室内 A 声级，dB；

L_{P2} —靠近开口处（或窗户）室外 A 声级，dB；

TL —隔墙（或窗户）的隔声量，dB。

$$L_{p1} = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (\text{式 11-17})$$

式中： L_{p1} —靠近开口处（或窗户）室内 A 声级，dB；

L_w —点声源声功率级（A 计权或倍频带），dB；

Q —指向性因素；通常对无指向性声源，当声源放在房间中心时， $Q=1$ ；当放在一面墙的中心时， $Q=2$ ；当放在两面墙夹角处时， $Q=4$ ；当放在三面墙夹角处时， $Q=8$ ；

R —房间常数； $R = Sa / (1 - \alpha)$ ， S 为房间内表面面积； α 为平均吸声系数，本项目取 $\alpha=0.1$ ；

r —声源到靠近围护结构某点处的距离，m。

叠加影响公式：

a) 建设项目声源在预测点产生的贡献值（ $Leqg$ ）计算公式如下：

$$Leqg = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1L_{Aj}} \right) \right] \quad (\text{式 11-18})$$

式中： $Leqg$ ——建设项目声源在预测点产生的噪声贡献值，dB(A)；

N ——室外声源个数；

T ——用于计算等效声级的时间，s；

t_i ——在 T 时间内 i 声源的工作时间，s；

M ——等效室外声源个数；

t_j ——在 T 时间内 j 声源的工作时间，s。

b) 预测点的预测等效声级（ Leq ）计算公式如下

$$Leq = 10 \lg (10^{0.1Leqg} + 10^{0.1Leqb}) \quad (\text{式 11-18})$$

式中： $Leqg$ ——建设项目声源在预测点产生的噪声贡献值，dB(A)；

$Leqb$ ——预测点的背景噪声值，dB(A)。

③噪声预测结果

根据上述预测参数及模型，本项目噪声预测结果见表 11-19。

表 11-19 项目厂界噪声预测结果一览表 单位: dB (A)

序号	预测点位	时间	噪声贡献值
1	本项目东北厂界	昼间	37.14
		夜间	37.14
2	本项目东南厂界	昼间	54.77
		夜间	54.77
3	本项目西南厂界	昼间	26.44
		夜间	26.44
4	本项目西北厂界	昼间	28.94
		夜间	28.94

由以上预测结果可知, 本项目主要声源在经过隔声降噪措施及距离衰减后本项目厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的3类标准限值。

综上所述, 本项目主要声源噪声贡献值较小, 建设单位拟采取隔振措施, 再经墙体隔声和距离衰减后, 对周边声环境影响较小。

11.4 辐射事故影响分析

11.4.1 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素, 以及项目在运营期间可能发生的事故(一般不包括自然灾害与人为破坏), 引起有毒、有害(本项目为电离辐射)物质泄漏, 所造成的环境影响程度和人身安全损害程度, 并提出合理可行的防范、应急与减缓措施, 以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

11.4.2 事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号), 辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级, 详见表 11-20。

表 11-20 国务院令 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
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。

11.4.3辐射事故影响分析

(1) 事故案例分析

天津爱邦辐射技术有限公司辐照车间主要从事高分子材料辐照加工，车间内共有4台电子加速器，均为II类射线装置。4#加速器装置名称为：AB2.0 电子加速器，规格型号为：AB2.0，能量为：2.0MeV。加速器的日常运行工况为2MeV/20mA，许X等5人负责该辐照室的辐照加工，轮班工作。

①事故发生过程

当事人许X（男，48岁）称，公司于2020年5月针对4号加速器进行了设备重大维修改造。许X进入辐照室需按下急停按钮，等待5-10min后进入辐照室，操作过程中需要在钛窗下（或附近）进行手工排列线缆。许X回忆描述，4号加速器门机联锁在2020年7月-12月一直处于故障失效中。2020年7月，许X发现他左前臂溃疡，2020年12月9日-2021年4月又连续在中国人民解放军总医院第五医学中心（307医院）进行治疗。

针对上述情况推断，许X可能多次在4号加速器高压开启、束流关闭的过程中进入到加速器室内进行线缆操作。该加速器产生的“暗电流”导致了人员受电子束超剂量照射造成放射性损伤的辐射事故。

②原因分析

根据调研分析，本事故原因涉及硬件、软件、管理、人为、技术等多方面。首先该公司的辐射安全管理不到位，安全防范意识淡漠，辐射安全防护培训不够；未按要求对设备进行日检、月检和年检；设备故障未及时上报生产厂家，未按要求对设备进行维修，维修后未请专业人员进行调试工作；未对工作场所的检测仪器、安全联锁及设备性能进行核实；操作人员违规操作，未按规定佩戴检测仪器；该电子加速器空载状态时（运行高压，未启动电子枪），一般还有0.2-0.3mA左右总电流，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。

③事故总结

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。

参考以上事故资料，项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故如表11-21。

表 11-21 本项目射线装置的环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
电子加速器—II类射线装置	X射线、电子束	(1) 加速器出束时有人员尚未撤离加速器机房，造成人员误照射，引发辐射事故。 (2) 安全联锁装置或报警系统发生故障，加速器工作时无关人员打开主机室防护门并误入加速器主机室，造成人员误照射，引发辐射事故。

(2) 辐射事故分析

假设在对货物进行辐照时，安全联锁装置失效，人员误入辐照室。根据设备参数，辐照室距离辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率为4050Gy/h。

表11-22 不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位：Gy

受照时间 距离	5s	10s	20s	30s	60s
1m	5.63	11.25	22.50	33.75	67.50
1.5m	2.50	5.00	10.00	15.00	30.00
2m	1.41	2.81	5.63	8.44	16.88
2.5m	0.90	1.80	3.60	5.40	10.80
3m	0.63	1.25	2.50	3.75	7.50

由上表估算结果可见，随着事故状态下人员距离辐射源的距离减少和事故持续时间的增加，人员受照剂量将会随之增加，本项目设置有多重辐射安全措施、急停装置和监控装置等，一旦发生事故能够较快发现和响应处置，并且机房周围人员分布较少，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，射线装置失控导致人员受到超年剂量限值的照射时为一般辐射事故，射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾时为较大辐射事故。

11.4.4 风险防范措施

针对在运行过程中可能发生的事故，建设单位拟采取以下防范措施，尽可能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) 应加强管理，制定详细完整的安全操作规程，每次辐照加工作业均严格执行操作规程，辐射工作人员在确保工作场所内无人停留后，方可开机作业。并在辐照室内设置人工急停按钮及开门按钮，并有醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

(2) 为防止人员误入或误留机房造成辐射事故，加速器机房内各自设置了独立的多重联锁装置、巡检开关、警示装置、监控装置、急停装置、辐射监测装置等多项安全防

护措施。机房出入口设计有电离辐射警告标志等。建设单位定期对安全联锁装置、报警装置、急停按钮等进行检查，确保其正常运行。

(3) 拟提前对辐射工作人员进行技术培训，确保其掌握本项目加速器的操作流程和技术方法，避免辐射工作人员出现违规操作或误操作的情况。在项目投运后，建设单位将加强管理，提高辐射工作人员安全意识，禁止未经培训的辐射工作人员操作电子加速器。

(4) 定期开展辐射防护知识的宣传、教育，最大程度避免事故的发生。

本项目可能发生的事故情况和对应的防范措施及应急处置详见下表。

表 11-23 事故情况及应急处置

事故类型分析	防范措施	应急处置方法
人员未撤离以及人员误入产生误照射	电离警示标识、工作状态指示灯、紧急开门按钮、光电开关和安全联锁	立即按下急停开关或拉急停拉线，关闭电源，上报辐射防护管理领导小组；对误照人员进行紧急救治，拨打 110/120 报警，及时送医。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求，使用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。

建设单位已成立了辐射安全防护管理小组，文件中明确了成员组成和工作职责，组成人员如下：

组长：朱曲波

副组长：戴述恒

组员：周婷艺

组长职责：全面管理、监督辐射安全防护工作。

副组长职责：协助组长做好辐射安全防护管理工作。研判事故的轻重，决定是否报告环境部门、卫生行政部门以及公安部门。

组员职责：负责辐射安全防护管理日常工作，设备使用登记和维护工作，发生事故后及时报告小组组长副组长，并及时有效采取相应的应急处理措施。

辐射安全防护管理小组职责：

- （一）组织制定并落实辐射安全防护管理制度；
- （二）定期组织对放射工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- （三）组织本机构放射工作人员接受专业技术，放射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- （四）制定放射事故应急预案并组织演练；
- （五）记录本机构发生的放射事故并及时报告环境保护部门。

故建设单位辐射安全防护管理小组能够满足本项目辐射安全管理工作的需求，在核技术利用项目运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整辐射安全防护管理小组组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）个人剂量监测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应长期保存。

(2) 培训与考核

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）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），建设单位应及时组织从事使用II类射线装置操作的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（<http://fushe.mee.gov.cn>）参加相应类别培训学习，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

建设单位拟组织新增辐射工作人员参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别培训学习，考核合格后方可上岗。

(3) 职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，建设单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人职业健康档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量监测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射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。

12.2 辐射安全管理规章制度

(1) 档案管理分类

建设单位应对相关资料进行分类归档放置，包括以下九大类：“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”、“废物处置记录”。

(2) 主要规章制度

本项目涉及使用II类射线装置，建设单位应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”、《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函[2016]1400号）和生态环境部(国家核安全局)《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（2020年修订）的相关规定，本项目应制定的管理制度如12-1。

表 12-1 建设单位管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	制定情况
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2		辐射安全防护管理规定	需制定
3		安全防护设施维护与维修制度	需制定
4		放射源与射线装置台账管理制度	需制定
5	场所	场所分区管理规定	需制定
6		加速器操作规程	需制定
7	监测	场所及环境监测监测方案	需制定
8		监测仪表使用与校验管理制度	需制定
9	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	需制定
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
11		辐射工作人员岗位职责	需制定
12	应急	辐射事故/事件应急预案	需制定

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函[2016]1400号）要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

12.3 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括1台X-γ辐射剂量率巡检仪，3台个人剂量报警仪、1台便携式辐射监测报警仪（用

于钥匙控制），1套固定式辐射监测仪（配备两个监测探头）。

个人剂量报警仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，辐射工作人员应使用个人剂量报警仪。建设单位应根据辐射工作场所监测制度，定期或不定期对本项目工作场所四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境主管部门开展的辐射环境监督（监测）检查。项目运行过程中，每年应请有资质的监测单位对工作场所辐射情况进行监测，判断工作场所屏蔽体和铅桶是否处于有效屏蔽状态，防止意外发生。监测数据应编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并于每年1月31日前上报发证机关。

12.3.1 个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，所有辐射工作人员个人剂量计需正确佩戴并及时送检，送检周期一般为一个月，最长不得超过三个月（将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测），并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应长期保存。

12.3.2 工作场所及环境辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的第三方环境监测机构进行监测。

建设单位将严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对建设单位的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年1月31日前提交给发证机关。事故发生后，在事故处理前后对周围环境分别进行一次监测。

12.3.3 监测计划

（1）监测内容：周围剂量当量率

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 辐射工作场所监测计划一览表

监测类别	监测因子	监测范围和内容	监测周期	监测主体	监测依据	控制水平
常规	周围剂量	辐照室及主机室各出入	每年1次	委托有	满足	不大于

监测	当量率	口, 穿过屏蔽墙的通风、 管线外口, 各面屏蔽墙和 屏蔽顶外 30cm 处、控制 室及与辐照室、主机室相 邻的各辅助用房、周围人 员易活动区域等		资质的 机构	(HJ1157-2021)、 (HJ 61-2021) 和 (HJ 979-2018) 的 相关要求	2.5 μ Sv/h
自行 监测			每年 1-2 次	建设单 位		
验收 监测	周围剂量 当量率	辐射安全设施落实情况	设备正式 投入运行 前	委托有 资质的 机构		
	/					
安全 连锁	安全连锁 有效性	每次开机前仔细检查安 全连锁装置、出束信号指 示灯等安全设施; 每月 1 次检查辐照室的连锁装 置、紧急停机开关、报警 灯、通风系统和冷却水系 统等安全设施及其它各 项辐射防护措施	定期 检查	建设单 位	满足《电子加速器 辐照装置辐射安全 和防护》(HJ 979-2018)的相关要 求	安全联 锁装置 切实有 效

(3) 监测范围: 控制区和监督区域及周围关注的区域

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度, 并利用监测部门的监测数据与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; 也可到有资质的单位对监测仪器进行校核;

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法, 其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法;

③制定辐射环境监测管理制度。

此外, 建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测, 随时掌握辐射工作场所剂量变化情况, 发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核, 制定相应的报送程序, 监测数据及报送情况存档备查。

12.3.4 日常巡检

必须制定辐照装置的维护检修制度, 定期巡视检查(检验)每台加速器的主要安全设备, 保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

(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辐照装置安全连锁控制显示状况;
- ③个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况。

(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。

(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。

(4) 记录

公司必须建立严格的运行及维修维护记录制度，运行及维修维护期间应按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项一般不少于下列内容：

- ①运行工况；
- ②辐照产品的情况；
- ③发生的故障及排除方法；
- ④外来人员进入控制区情况；
- ⑤个人剂量计佩戴情况；
- ⑥个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；
- ⑥检查及维修维护的内容与结果；
- ⑧其他。

12.4 环保施竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验

收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成 5 个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。

12.5 辐射事故应急

（1）辐射事故应急要求

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》等有关规定，建设单位应制定辐射事故应急预案。本项目具体辐射工作人员未确定，应在本项目运营前，结合项目特点以及人员辐射工作人员配置，制定辐射事故应急预案。辐射事故应急预案应包括下列内容：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ③辐射事故分级与应急响应措施；
- ④辐射事故调查、报告和处理程序。

（2）应急人员的培训演习计划

为使事故发生时能有效应对，建设单位须每两年至少进行一次应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。

12.6 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、辐射装置单位应具备相应的条件，建设单位从事本项目辐射活动能力的评价详见表 12-3。

表 12-3 建设单位从事本项目辐射活动能力评价

第十六条		
应具备条件	落实情况	符合情况
（一）使用I类、II类、III类放射源，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。	建设单位已根据要求成立辐射安全防护管理小组，全面负责其日常的辐射安全与防护管理工作。	符合
（二）从事辐射工作的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。	建设单位拟组织新增辐射工作人员参加生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别培训学习，并取得成绩单考核合格后方可上岗。	符合
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。	/
（四）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要求的安全措施。	本项目加速器机房设计有电离辐射警示标志、安全联锁装置、巡检开关、急停按钮、门机联锁、报警装置、固定式剂量报警仪、防止人员误入光电开关等安全措施。本项目将按要求执行。	符合
（五）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，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	拟为新增6名辐射工作人员配置个人剂量计，并拟配备1台X-γ辐射剂量率巡检仪，3台个人剂量报警仪、1台便携式辐射监测报警仪（用于钥匙控制），1套固定式辐射监测仪（配备两个监测探头）。	符合
（六）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。	拟新增。	符合
（七）有完善的辐射事故应急措施。	拟新增。	符合
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及。	/

综上所述，建设单位在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，建设单位从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

- (1) 项目名称：四川华大辐照科技有限公司新建工业辐照加速器项目
- (2) 建设单位：四川华大辐照科技有限公司
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设地点：四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼
- (5) 建设内容：四川华大辐照科技有限公司拟在蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼新建 1 间加速器机房及配套辅助用房，包括 1 间控制室、2 间设备室、2 间设备平台。

在加速器机房内安装使用 2 台 HYDZ1050-B 型电子加速器，电子束最大能量 10MeV，束流强度 5.0mA，主束方向向下，均属于 II 类射线装置。

13.1.2 本项目产业政策符合性及代价利益分析

本项目为电子加速器辐照应用项目，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“六、核能 4 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，为鼓励类产业，符合国家产业政策。

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。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.3 本项目选址合理性分析

本项目所在地为四川省成都市蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼，用地性质为工业用地，符合蒲江县城市总体规划。

本项目辐射工作场所边界外 50m 范围内主要为建设单位内部、项目东北侧道路及绿化带和四川众味和食品有限公司、东南侧道路及绿化带、青蒲路及绿化带和成都合联新型产业园、西南侧道路及绿化带、西北侧道路及绿化带和仓库，无居民区、学校、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，加速器机房位于厂房一端，与非放射性区域有物理隔离，相对远离办公区域，所开展的核技术利用项目通过采取满

足标准要求的辐射安全防护和污染防治措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

13.1.4 工程所在地区环境质量现状

本项目 γ 辐射空气吸收剂量率现状值为 74nGy/h~95nGy/h。根据中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量公报》（2022 年 7 月）可知，四川省自动站空气吸收剂量率监测结果为 61.9nGy/h~151.8nGy/h。可见本项目拟建区域内 γ 辐射空气吸收剂量率水平处于当地天然辐射水平范围之内，未见异常。

13.1.5 环境影响分析结论

（1）电离辐射

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设均已采取了针对电离辐射有效的防护措施。项目的固有安全特性和各项安全措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的相关要求。经预测，设备正常运行时，加速器机房外人员可达区域屏蔽体外 30cm 处以及以外区域周围剂量当量率不超过 2.5 μ Sv/h。项目所致辐射工作人员受照的最大年有效剂量为 7.01E-01mSv，满足工作人员年剂量约束值不大于 5mSv 的要求；公众受照的最大年有效剂量为 8.37E-02mSv，满足公众年剂量约束值不大于 0.1mSv 的要求。

（2）废气

加速器停止工作后，辐照室内通风系统继续以 14000m³/h 的通风量工作，通过 6.5min 的通风排气，辐照室内臭氧浓度可达到《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）中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m³”。废气经通排风系统排出机房外，对厂址周围臭氧和氮氧化物的影响很小，因此，本项目臭氧和氮氧化物的排放对环境的影响可以接受。

（3）废水

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。

本项目生活污水排放约为 144m³/a，产生的生活污水经化粪池预处理后纳入市政污水管网。因此，本项目开展后对区域水体环境影响较小。

（4）固废

本项目固废主要为辐射工作人员生活垃圾，产生量约为 0.9t/a，产生的生活垃圾经分类收集后，由当地环卫部门清运。综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

(5) 噪声

本项目运行过程中产生的噪声，经墙体隔声、隔振措施和距离衰减后，对项目区域外的声环境影响很小。

13.1.6 辐射安全与防护措施符合性结论

本项目涉及的辐射设备、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。

13.2 项目环保可行性结论

本项目选址合理，建设符合蒲江县总体规划；项目符合产业政策和实践正当性，建设单位在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，并落实本报告提出的各项辐射管理和辐射防护措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件的前提下，具备从事相应辐射活动的技术能力；项目运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从辐射安全和环境保护角度分析，本项目的建设和运行是可行的。

13.3 项目环境保护验收检查内容

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 项目环保竣工验收检查一览表

类别	环保设施（措施）
	本次新增
建设内容	四川华大辐照科技有限公司拟在蒲江县寿安街道青蒲路 549 号 13、14 分厂主楼新建 1 间加速器机房及配套辅助用房。加速器机房为二层钢筋混凝土建筑物，无地下层，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。 建设单位拟在加速器机房内安装使用 2 台 HYDZ1050-B 型电子加速器，电子束最大能量 10MeV，束流强度 5.0mA，主束方向向下，均属于 II 类射线装置。 加速器机房辐照室东北侧和西南侧墙体均为 2500mm~2800mm 厚混凝土，东南侧墙

	<p>体为 3000mm 厚混凝土，顶部为 680mm~1350mm 厚混凝土，西北侧“S”型双迷道内墙为 2150mm~2850mm 厚混凝土、中墙为 1000mm 厚混凝土、外墙为 750mm 厚混凝土，辐照室入口处安装有不锈钢防护门。</p> <p>加速器机房主机室东北侧“S”型迷道内墙为 1600mm 厚混凝土、中墙为 1000mm 厚混凝土、外墙为 500mm 厚混凝土，主机室东南侧墙体为 2000mm 厚混凝土，西南侧墙体为 2400mm 厚混凝土，西北侧墙体为 2300mm 厚混凝土，主机室内中墙为 400mm 厚混凝土，顶部为 800mm~1500mm 厚混凝土，主机室入口处安装有不锈钢防护门。</p>
环评 手续 履行 情况	项目环评批复
废气 处理	1 层辐照室设计有机排风系统，室内风口位于加速器正下方（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下 1.0m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在 13、14 分厂建筑楼顶排放，排气口距离地面约 15m。加速器辐照室设计通风量为 14000m ³ /h，辐照室容积约 275m ³ ，通风换气次数可达 50 次/h。
安全 装置	钥匙控制开关 1 套、门机连锁 1 套、光电检测装置 2 套、联锁开关 2 套、烟雾报警 1 套、监控探头 15 个、电离辐射警告标志、警示灯和警示铃、通风系统、紧急出口指示和应急照明等
辐射 屏蔽 措施	各辐射工作用房墙体屏蔽材料和屏蔽厚度与环评一致。
个人 防护 用品	辐射工作人员个人剂量计 6 个
	辐射工作人员个人剂量报警仪 3 个
监测	1 台 X-γ辐射剂量率巡检仪，1 套固定式辐射监测仪（配备两个监测探头），1 台便携式辐射监测报警仪（用于钥匙控制）
综合 管理	具有完善的操作规程、应急预案、辐射安全管理制度等
	辐射工作人员需在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别培训学习，并参加考核，经考核合格后方可上岗
	辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康体检档案

13.4 建议和承诺

(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) 建设单位尽快组织本项目所有辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别培训学习，并进行考核，考核合格后方可上岗，并定期复训。

(3) 定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报发证机关，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应

情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其它有关法律、法规规定的落实情况。

(4) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告当地生态环境主管部门和四川省生态环境厅。

(5) 本项目环评审批后，建设单位应及时到发证机关申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统（网址<http://rr.mee.gov.cn/>）”实施申报登记。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日