

核技术利用建设项目

成都慕道尔精密模塑有限公司
血液净化医疗耗材辐照
(电子束) 灭菌项目
环境影响报告表

(公示本)

成都慕道尔精密模塑有限公司

2022 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都慕道尔精密模塑有限公司
血液净化医疗耗材辐照
(电子束) 灭菌项目
环境影响报告表

建设单位名称：成都慕道尔精密模塑有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号

邮政编码：610299

联系人：彭*

电子邮箱：pen***@cd-oci.com

联系电话：1998****796

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3：非密封放射性物质	11
表 4：射线装置	12
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6：评价依据	14
表 7：保护目标与评价标准	16
表 8：环境质量和辐射现状	19
表 9：项目工程分析与源项	22
表 10：辐射安全与防护	29
表 11：环境影响分析	44
表 12：辐射安全管理	66
表 13：结论与建议	74
表 14：审批	78

本报告附有以下附图附件

附图：

附图 1 本项目地理位置图

附图 2-1 本项目外环境关系图（所在厂区平面布置图）

附图 2-2 本项目外环境关系图（所在楼栋 1F 及邻近楼栋 1F 的平面布置示意图、现状监测布点图）

附图 3 本项目 1 层平面布置示意图（含通排风设计）

附图 4 本项目 2 层平面布置示意图（含通排风设计）

附图 5 本项目加速器机房剖面（含通排风道剖面）

附件：

附件 1 环境影响评价委托书

附件 2 成都慕道尔精密模塑有限公司关于成立辐射安全与环境保护领导小组的决定 慕道尔司〔2022〕01 号

附件 3 本项目新增射线装置参数的确认说明

附件 4 成都慕道尔精密模塑有限公司关于辐射防护培训的承诺书

附件 5 本项目场地租赁协议

附件 6 成都慕道尔精密模塑有限公司 营业执照

附件 7 成都慕道尔精密模塑有限公司 法人身份证

附件 8 （场地承租方的环保手续）双流县环境保护局 关于成都欧赛医疗器械有限公司年产 300 万只血液透析器生产项目环境影响报告表审查批复 双环建〔2012〕371 号

附件 9 （场地承租方的环保手续）成都欧赛医疗器械有限公司年产 300 万只血液透析器生产项目环保正式验收批复 双环建验〔2015〕80 号

附件 10 （场地承租方的用地手续）成都欧塞医疗器械有限公司 国有土地使用证

附件 11 （场地承租方的规划手续）成都欧塞医疗器械有限公司 建设用地规划许可证

附件 12 成都慕道尔精密模塑有限公司血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目监测报告，四川省永坤环境监测有限公司 永环监字（2022）第 RM0199 号

表 1 项目基本情况

建设项目名称	血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目				
建设单位	成都慕道尔精密模塑有限公司				
法人代表	丁晓芳				
注册地址	成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号				
项目建设地点	成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号 4 号楼 1 层内南侧及 4 号楼东南侧通道处				
立项审批部门	/	批准文号		/	
建设项目总投资（万元）	****	项目环保投资（万元）	237.24	投资比例（环保投资/总投资%）	***
项目性质	■新建 □改建 □技改 □其他			占地面积（m ² ）	400
应用类型	放射源	□销售	□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类		
		□使用	□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类		
	非密封放射性物质	□生产	□制备 PET 用放射性药物		
		□销售	/		
		□使用	□乙 □丙		
	射线装置	□生产	□II类 □III类		
		□销售	□II类 □III类		
		■使用	■II类 □III类		
	其他	/			

项目概述

一、概况

1、建设单位简介及项目由来

成都慕道尔精密模塑有限公司（统一社会信用代码：91510122MA68BLTX74，以下简称“慕道尔公司”）成立于 2018 年，为成都欧赛医疗器械有限公司全资子公司。

成都欧赛医疗器械有限公司是专业致力于研发、生产和销售血液净化系列及其相关医疗器械产品的高新技术企业。是国内第一家取得高通量透析器产品注册证的企业，拥有完全的高通量血液透析器自主知识产权。拥有改性聚醚砜中空纤维膜应用于血液透析器临床使用的发明专利、拥有自主知识产权的聚醚砜中空纤维膜纺织技术、拥有自主知

识产权的血液透析器封装技术及生产线。目前成都欧赛医疗器械有限公司位于成都市西航港开发区的生产基地，拥有 6 栋共计 4 万余平方米的生产及研发用房，投资已逾 3 亿元，年产 1500 万支血液透析器及配套透析耗材。

在对各项辐照技术进行的经济技术可行性进行分析后，为提高成都欧赛医疗器械有限公司生产的耗材灭菌要求的可靠性，作为成都欧赛医疗器械有限公司全资子公司的成都慕道尔精密模塑有限公司拟租用成都欧赛医疗器械有限公司 4 号楼 1 层部分厂房及厂房外通道部分新建电子束辐照装置，使用 1 台型号为****，最大能量 10MeV，输出电子束束流 2mA 电子直线加速器，对成都欧赛医疗器械有限公司产出的血液透析耗材进行电子束辐照灭菌，即本项目。

为了加强电子加速器辐照装置在应用中的辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保项目运行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》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设方须对本项目进行环境影响评价，同时建设单位为首次申请四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》，亦需开展环境影响评价。

本项目涉及新增使用Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令第 18 号）及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的相关规定，本项目属于“第五十五—172 条核技术利用建设项目中生产、使用Ⅱ类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。因此，成都慕道尔精密模塑有限公司委托我公司对本项目开展环境影响评价工作。

我公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《成都慕道尔精密模塑有限公司血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目环境影响报告表》。

2、环境影响评价信息公开

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

根据以上要求，建设单位于 2022 年 8 月 3 日在全国建设项目环境信息公示平台上公示了《成都慕道尔精密模塑有限公司血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目环境影响报告表》全本信息，截至目前，未收到公众反馈意见。

公示网址为：<https://www.eiacloud.com/gs/detail/1?id=20803LEeX2>，公示界面截图如下：



图 1-1 环境影响报告表全本公示截图

二、产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），本项目属于“第一类 鼓励类”-“六、核能”——“6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”，项目符合国家现行产业发展政策。

三、项目概况

（一）项目名称、建设单位、性质、建设地点、辐照对象

项目名称：血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目

建设单位：成都慕道尔精密模塑有限公司

建设性质：新建

建设地点：成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号 4 号楼 1 层内南侧及 4 号楼东南侧通道处，具体地理位置图见附图 1。

辐照对象：建成后用于成都欧赛医疗器械有限公司生产的血液透析器及配套透析耗材的灭菌。

（二）建设内容与规模

成都慕道尔精密模塑有限公司拟在成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道2401号4号楼1层内南侧及4号楼东南侧通道处新建1座电子加速器辐照装置机房。总占地面积400m²，高8.2m。机房内安装1台电子束流能量为10MeV，电子束流强度为2mA电子直线加速器，型号为*****，属于II类射线装置，用于成都欧赛医疗器械有限公司产生的血液透析耗材的消毒灭菌。

加速器机房分为上下两层，1层为辐照室（含迷道）、主控室、技术值班室、电气室以及货物输送系统，建筑面积251m²，其中，辐照室总体外形为长方体（局部不规则），外形尺寸为长24.5m×宽8.85m（局部7.5m）×高3.5m（局部3m）。辐照室内束流中心东南侧墙体为2.8m厚混凝土（局部3.8m厚），辐照室内束流中心西北侧墙体为2.85m厚混凝土，辐照室内束流中心西南侧及西北侧墙体为1.9m厚混凝土（兼迷道内墙作用）。辐照室的东北侧设置了货物传送入口和防护门，辐照室的西南侧设置了货物传送出口和防护门，货物传送入口及出口处均安装了隔离栅栏。两道防护门用于设备运维期间进出使用，均为单扇电动推拉门，由2mm钢板+10cm厚混凝土+2mm钢板构成。电气室、总控室、技术值班室分布在辐照室西北侧。辐照室内其余各部分屏蔽墙厚度详见下图。

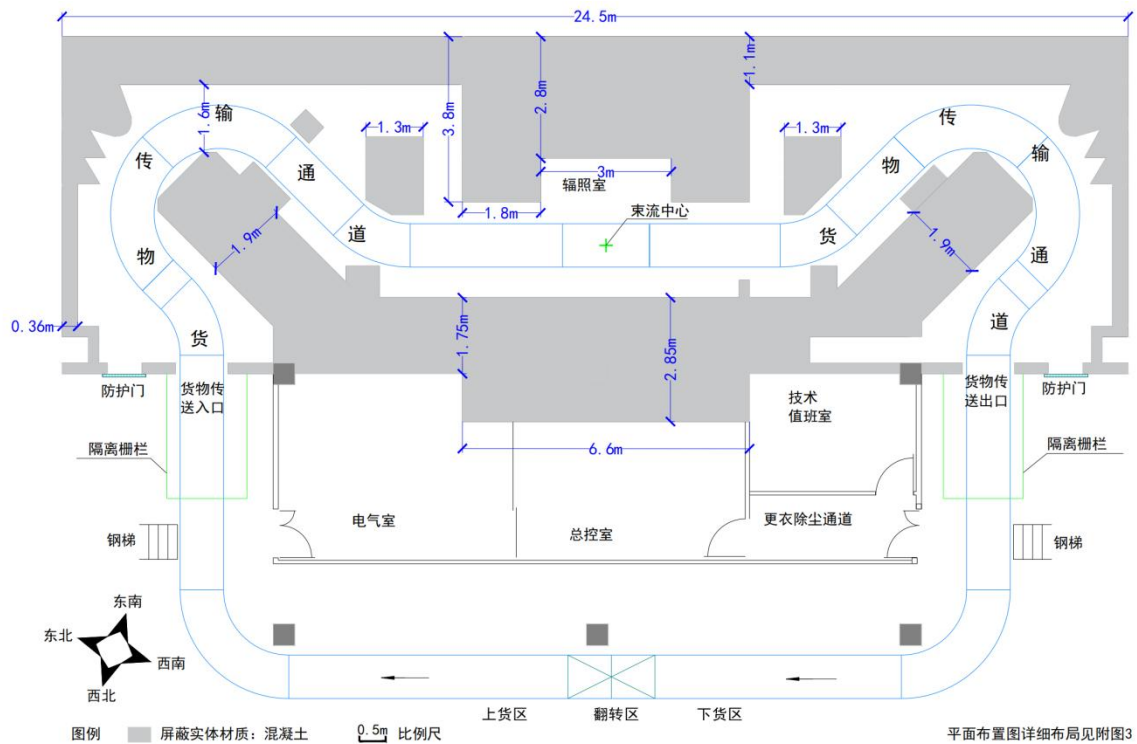


图 1-2 本项目 1 层平面布置图

2 层为主机室、微波功率源室及主机室外平台（1 层辐照室的部分屋顶），主机室

净空尺寸为：长 3.3m×宽 3m×高 3.5m，主机室东北侧、西南侧墙体厚度为 1.4m，东南侧墙体厚度为 1.6m，西北侧墙体厚度为 1.3m（局部加混凝土二次浇筑后为 1.9m）。主机室顶部为 2.4m 厚混凝土。微波功率源室位于主机室东北侧。在运维时，2 层主机室通过 1 层辐照室进入，因此主机室未设置迷道及防护门。微波功率源室通过 1 层电气室进入。本项目 2 层平面布置见下图。

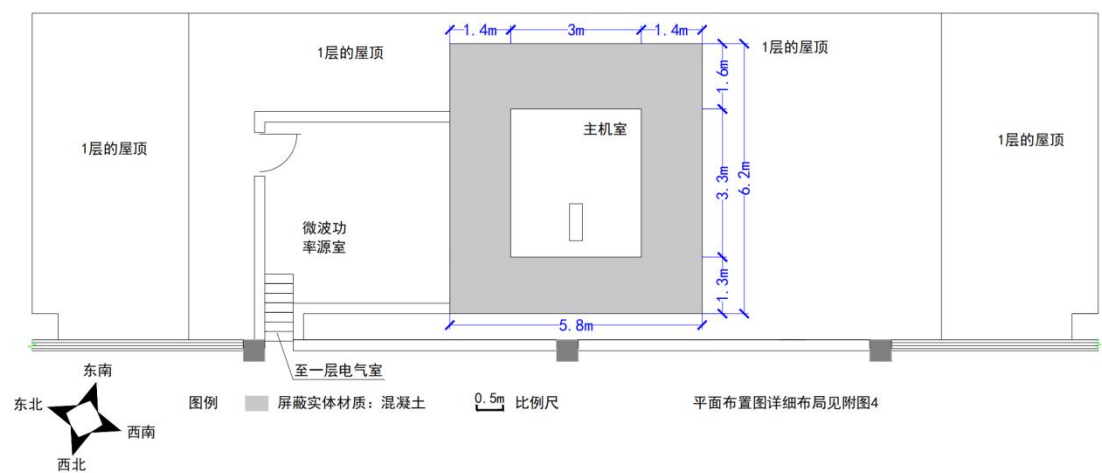


图 1-3 本项目 2 层平面布置图

本项目机房主机室顶部为不上人屋顶，1 层迷道上方为可上人屋顶。本项目加速器辐照装置主射方向垂直向下，机房下方无楼层及地下室，地面不做辐射防护。本项目加速器辐照装置每日工作为 16h，年工作 300 天，加速器年出束时间不超过 4800h。

（三）项目组成及主要环境问题

项目组成及主要环境问题见下表。

表 1-1 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		备注
		施工期	营运期	
主体工程	主体设计 1 层：辐照室总体外形为长方体（局部不规则），外形尺寸为长 24.5m×宽 8.85m（局部 7.5m）×高 3.5m（局部 3m）。辐照室内束流中心东南侧墙体为 2.8m 厚混凝土（局部 3.8m 厚），辐照室内束流中心西北侧墙体为 2.85m 厚混凝土，辐照室内束流中心西南侧及西北侧墙体为 1.9m 厚混凝土（兼迷道内墙作用）。辐照室的东北侧设置了货物传送入口和防护门，辐照室的西南侧设置了货物传送出口和防护门，货物传送入口及出口处均安装了隔离栅栏。两道防护门用于设备运维期间进出使用，均为单扇电动推拉门，由 2mm 钢板+10cm 厚混凝土+2mm 钢板构成。电气室、总控	生活垃圾、生活污水、固体废物、噪	X 射线、电子线、臭氧、噪声	拟购

		室、技术值班室分布在辐照室西北侧。 2层：为主机室、微波功率源室及主机室外平台（1层辐照室的部分屋顶），主机室净空尺寸为：长3.3m×宽3m×高3.5m，主机室东北侧、西南侧墙体厚度为1.4m，东南侧墙体厚度为1.6m，西北侧墙体厚度为1.3m（局部加混凝土二次浇筑后为1.9m）。主机室顶部为2.4m厚混凝土。微波功率源室位于主机室东北侧。在运维时，2层主机室通过1层辐照室进入，因此主机室未设置迷道及防护门。微波功率源室通过1层电气室进入。 辐照产品输送系统：一条传输带。	声、X射线和臭氧（调试过程）		
	射线装置使用	机房内拟安装1台10MeV-20kW电子直线加速器，属于II类射线装置，最大电子束能量为10MeV，束流强度为2mA。辐照装置每日工作为16h，年工作300天，加速器年出束时间不超过4800h。加速器辐照装置主射方向垂直向下			
辅助工程	主控室、技术值班室、电气室、微波功率源室			生活污水、生活垃圾	/
公用工程	供水、供电、排水系统依托厂区公用设施			/	依托
环保工程	韧致辐射	屏蔽机房一座		/	新建
	污水处理设施	生活污水依托厂区已建的污水管道排入城市污水管网		/	依托
	废气处理设施	排风系统1套，排风量为7500m ³ /h，排风筒高于1号楼（4F）屋顶5m以上		/	新建
	固废处理设施	办公、生活垃圾依托厂区已有收集系统统一收集由市政环卫部门统一清运		/	依托

（1）本项目与厂区内现有项目的依托关系

本项目辐照装置拟建于成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道2401号4号楼1层内南侧及4号楼东南侧通道处。本项目拟占用地块所在的厂房楼栋及通道为成都欧赛医疗器械有限公司于2012年由“年产300万支血液透析器生产项目”所建，本项目运行期间的产生的生活污水及办公生活垃圾依托“年产300万支血液透析器生产项目”已建成的环保设施进行收集或处置。

本项目厂区内依托情况如下：

①项目生活污水依托成都欧赛医疗器械有限公司“年产300万支血液透析器生产项目”已建的预处理池（容积为390m³，采用絮凝沉淀污水预处理技术）处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后，排入市政污水处理系统。

②项目产生的生活垃圾依托成都欧赛医疗器械有限公司“年产300万支血液透析器

生产项目”已建的生活垃圾收集系统统一收集后由市政环卫部门统一清运。

（2）项目依托园区的环保设施情况

本项目所在园区为西南航空港经济开发区。本项目所在工业园区的污水管网已建成，本项目产生的生活污水将依托厂区污水收集及处理系统处理后，接驳已建成的市政污水管网，在西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂建成运行前，排入毛家湾污水处理厂处理，最终排入锦江；在西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂建成后，排入西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂处理，最终排入锦江。

（四）主要设备配置及技术参数

表 1-2 主要设备配置及主要技术参数表

型号	LA-III DZ10/20 辐照加速器
生产厂家	浙江博太粒子加速器有限公司
电子束能量	10.0MeV
电子束流强度	2mA
出束窗与束下传输线距离	65cm
工作方式	电子束照射
最大束流功率	20kW
出束方向	定向朝向地面
电子束描宽度	300~800mm

（五）主要原辅材料

表 1-3 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量	来源	主要成分	用途
能源	电	80 万 kW·h	市政电网	/	机房用电
冷却水	加速器冷却水	150t	自制纯化水	H ₂ O	加速器及配套设备间接冷却水
生活用水	自来水	100t	市政供水	H ₂ O	生活用水

（六）劳动定员及工作制度

本项目新增辐射从业人员 10 人，实行两班制，每班工作 8 小时，每年工作 300 天。10 名工作人员中，4 名操作人员，负责加速器的日常运行控制工作；4 名搬运工人，负责辐照产品的卸货、铺货；2 名技术人员。每班工作人员由 2 名操作人员、2 名搬运工人、1 名技术人员组成。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，

公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗，且每 5 年进行一次再学习和考核。

四、项目外环境关系、选址合理性及实践正当性分析

1、外环境关系及选址合理性

本项目电子加速器辐照装置机房拟建地位于成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号 4 号楼 1 层内南侧及 4 号楼东南侧通道处，本项目拟占用地块所在的厂房楼栋及通道为成都欧赛医疗器械有限公司所建。由于建设场地限制，项目辐照室的一部分及主控室、电气室、技术值班室建于 4 号楼内，辐照室其余部分、主机室及微波功率源室建于 4 号楼东侧厂区内原通道处，紧贴 4 号楼，项目选址处的现状详见本报告图 8-1。

成都欧赛医疗器械有限公司用地范围内：

成都欧赛医疗器械有限公司已建的 4 号楼位于厂区内西侧，4 号楼东北侧 24m 外为 3 号楼，距离本项目辐照装置实体屏蔽边界 70m；4 号楼东南侧 18m、63m 外分别为 5 号楼、6 号楼，距离本项目辐照装置实体屏蔽边界分别为 11m、56m。根据建设单位提供的资料，本项目所在的 4 号楼共 4 层，功能均为库房；本项目邻近的 5 号楼同为 4 层，除 1 层为成都欧赛医疗器械有限公司纺丝生产线外，其余楼层亦为库房。

成都欧赛医疗器械有限公司用地范围外：

成都欧赛医疗器械有限公司西南侧隔牧科路为四川海汇药业有限公司，距离本项目辐照装置实体屏蔽边界为 37m；西侧隔西航港大道由南向北依次为八角居小区、大雁新居、黄瓦居，距离本项目辐照装置实体屏蔽边界分别为 244m、126m、208m；东北侧隔水渠为区域内空地；东南侧紧邻畜科生物工程有限公司，距离本项目辐照装置实体屏蔽边界为 122m。

根据现场踏勘，辐照装置屏蔽装置 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。

本项目辐照装置选址地块位于成都欧赛医疗器械有限公司用地范围内西侧一角，避开了公司内部人群较多的办公场所，且与该区域其它非辐射工作人员活动区保持一定距离，整个辐照装置相对独立，辐照装置工作过程产生的 X 射线经屏蔽墙屏蔽后并通过距离衰减对周围环境辐射影响是可接受的。辐照装置在厂区内的选址还综合考虑了环保、安全及消防等的要求。

本项目外环境关系图见附图 2-1 及附图 2-2。

本项目不新增用地。本项目所在厂区已取得原双流县环境保护局出具的《关于成都欧赛医疗器械有限公司年产 300 万只血液透析器生产项目环境影响报告表审查批复》（双环建〔2012〕371 号，见附件 8），并于 2015 年 12 月取得原双流县环境保护局出具的《成都欧赛医疗器械有限公司年产 300 万只血液透析器生产项目环保正式验收批复》（双环建验〔2015〕80 号，见附件 9），经分析（依托情况见报告 P7 页），项目选址的依托可行。项目辐照装置依托厂区内已建水资源供给系统，生活污水依托厂区污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，不会对当地水质产生明显影响；本项目产噪设备噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划；本项目建有排风设施，将室内废气排至 4 号楼楼顶上方（高于屋面 5m）排放，排风口区域人员不可到达；项目新增辐照装置为专用辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，满足报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护与环境保护的角度分析，项目与周边环境相容，本项目选址是合理的。

2、实践正当性分析

本项目辐照装置产生电子束，可破坏和改变生物分子结构，从而抑制或杀死微生物，达到灭菌的目的。但加速器高能电子束产生的韧致 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。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，因此该核技术应用的实践具有正当性。

五、原有核技术利用情况

本项目为新建项目，该公司未从事过任何核技术应用类项目活动，本次为首次申请辐射安全许可证开展的环境影响评价，不存在原有核技术利用遗留的污染和环境问题。

六、评价目的

（1）对拟建场址周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状；

（2）通过环境影响评价，分析建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

（4）给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境监督管理提供科学依据。

七、评价因子及评价重点

本项目拟使用的电子加速器为Ⅱ类射线装置，因此项目的主要污染因子为射线装置使用时产生的电离辐射。本次评价采用 X- γ 辐射剂量率、周围剂量当量率、有效剂量作为评价因子，重点评价电离辐射对周围环境和敏感人群的影响。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（GB 18871-2002）

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）	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II	1	*****	电子	10.0	2	辐照使用	拟建辐照装置机房	新建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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）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（mA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氘靶情况			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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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、含有放射性的废弃物要注明，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	(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订实施； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修正； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令第 18 号，2011 年）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日修订； (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2021 年 1 月 1 日实施； (9) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号。 (10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (11) 原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号），2017 年 11 月 22 日起实施； (12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，（环发〔2012〕77 号），原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日； (13) 《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； (14) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施； (12) 《关于印发〈四川省生态环境厅（四川省核安全管理局）辐射事故应急预案（2020 版）〉的通知》（川环发[2020]2 号）。
------	--

技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/61-2021）； (3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (4) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ235-2011）； (5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (6) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）； (7) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； (8) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）； (9) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；
其他	(1) 环评委托书； (2) 成都慕道尔精密模塑有限公司提供的设计资料； (3) 《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）； (4) 《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环办发〔2016〕1400 号）。

表 7：保护目标与评价标准

一、评价范围

本项目为使用Ⅱ类射线装置，且Ⅱ类射线装置使用场所有实体边界，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》（HJ 10.1-2016）中的规定，并根据本类项目特点，结合本项目实际，本项目评价范围为辐照装置屏蔽体边界外 50m 的范围内。

二、保护目标

根据本项目拟建地厂房周围的外环境关系、射线装置的平面布局，确定本项目主要环境保护目标为辐照装置辐射工作人员以及辐照装置附近的其他公众人员等。保护目标详情详见下表。

表 7-1 主要环境保护目标

人员分类	活动场所	保护目标		相对位置关系		年剂量约束值（mSv）
		名称	规模（人）	方位	与射线装置相对最近距离(m)	
职业人员	辐照室西北侧主控室	辐照装置操作人员、管理人员、技术人员	6 人	辐照室西北侧	4.9	5
	技术值班室			辐照室西北侧	4.3	
	机房			辐照室西北侧	4.9	
	上下货区	辐照产品搬运人员	4 人	辐照室西北侧	10.9	
公众人员	4 号楼 1 层库房区域	工作人员	<3 人	拟建辐照装置西北侧	15.9	0.1
	4 号楼 2 层、3 层、4 层库房区域	工作人员	<3 人		8.7	
	5 号楼	工作人员	约 30 人	拟建辐照装置东南侧	16.3	
	辐照室东南侧厂区道路	流动人员	约 10 人	拟建辐照装置东南侧	1	
	牧科路	流动人员	不定	拟建辐照装置西南侧	30	
	四川海汇药业公司西北侧绿化地带	流动人员	<3 人	拟建辐照装置西南侧	42	

三、评价标准

（一）环境质量标准

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

（二）污染物排放标准

- （1）废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- （2）废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准；
- （3）噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准限值；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准；

（4）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）。

（三）电离辐射剂量限值和剂量约束值

1、剂量限值

（1）职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的1/4（即5mSv/a）作为职业人员的年剂量约束值。

（2）公众照射：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。本项目环评取上述标准中规定的公众照射年剂量限值的1/10（即0.1mSv/a）作为公众的年剂量约束值。

（3）个人剂量约束

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求：辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足GB18871的要求。在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：a）辐射工作人员个人年有效剂量为5mSv；b）公众成员个人年有效剂量为0.1mSv。

2、加速器机房屏蔽墙外剂量控制水平

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，电子加速器

辐照装置外人员可达区域屏蔽体外 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h。

（四）臭氧浓度限值

臭氧需满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准中 1 小时均值 $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准限值，同时满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 8：环境质量和辐射现状**一、项目场所及地理位置**

本项目位于成都市双流区西南航空港经济开发区，根据现场踏勘，项目周边均规划为工业企业，屏蔽边界外周边50m范围内无学校、居民区等环境保护目标。

本项目具体的建设位置为西航港大道2401号4号楼1层内南侧及4号楼东南侧通道处，本项目建设场地为租用成都欧赛医疗器械有限公司获得，本项目踏勘现场时，建设场地现状为库房功能（4号楼内）及停车位功能（4号楼外东南侧区域）。4号楼为钢筋混凝土框架结构厂房，共4层，层高4.3m，楼内各层均主要设置为库房功能。项目所在建设区域现状见下图。

项目地理位置见附图 1。

二、辐射环境现状调查

本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，评价单位委托四川省永坤环境监测有限公司对项目拟建地辐射环境进行了监测，监测报告编号：永环监字（2022）第 RM0199 号，见附件 12，监测为辐射环境本底监测。监测结果列于表 8-1。

（一）监测布点方案及布点合理性

根据现场踏勘，本项目尚未建成，拟建地周边 50m 范围内无其他现有电离辐射设施，本次在拟建辐照装置机房四周、拟建辐照装置所在楼栋的 2 层，拟建装置附近楼栋处、4 号楼西南侧厂区通道处设置了 8 个监测点位。

监测数据能反映项目所在区域的周围外环境 X- γ 剂量率外环境现状，监测布点合理，并具有代表性。

（二）监测方法与标准

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

（三）监测时间

2022年7月30日。

（四）监测外环境状况

天气状况：晴；温度37.2℃；相对湿度：46%。

（五）监测仪器

监测项目及仪器见下表：

表 8-1 监测项目及使用设备一览表

监测项目	使用仪器		
	名称及编号	技术指标	校准情况
环境 X-γ 辐射剂量率	名称： RJ32-3602 型分体式 多功能辐射剂量率仪 编号： YKJC/YQ-40	① 能 量 响 应： 20KeV~3.0MeV ② 测 量 范 围： 1nGy/h~1.2mGy/h	校准单位： 上海市计量测试技术研究院 证书编号：2022H21-20-3751117001 检定/校准有效期： 2022.01.07~2023.01.06 校准因子：1.06，使用 ^{137}Cs 辐射源

（六）监测结果：

表 8-2 项目所在地环境本底 X-γ辐射剂量率监测结果 nGy/h

序号	监测位置	测量值	标准差
1	拟建加速器辐照装置东北侧	99	2.9
2	拟建加速器辐照装置东南侧	97	3.1
3	拟建加速器辐照装置西南侧	99	2.2
4	拟建加速器辐照装置西北侧（4 号楼内 1 层）	95	3.7
5	拟建加速器辐照装置西北侧 4 号楼内 2 层	89	2.7
6	拟建加速器辐照装置东南侧 5 号楼 1 层外	90	2.0
7	拟建加速器辐照装置东南侧 5 号楼内 2 层	88	2.0
8	4 号楼西南侧厂区道路处	89	3.1

注：以上监测数据均未扣除仪器宇宙射线响应值。

（七）质量保证措施

A.合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

B.监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

C.监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

D.每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

E.由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

F.监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人

审定。

（八）项目所在地天然贯穿辐射现状评价：

监测期间厂区其余设备均处于正常运行状况。监测表明：成都慕道尔精密模塑有限公司血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目拟建辐照装置外环境 X- γ 剂量率水平在 88~99nGy/h 之间，与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果(67.5~121.3nGy/h) 基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

（一）土建、装修施工的工艺分析

本项目建设施工主要是对辐照室、主机室及配套设备、控制用房进行建设，首先根据使用要求进行设计，然后按照设计组织施工，施工完成后对建筑物内部进行必要的装修，装修完后安装设备的电缆。在施工过程中有施工噪声、施工废渣、施工废水、建筑粉尘产生，其工艺流程及产污环节如下图所示：

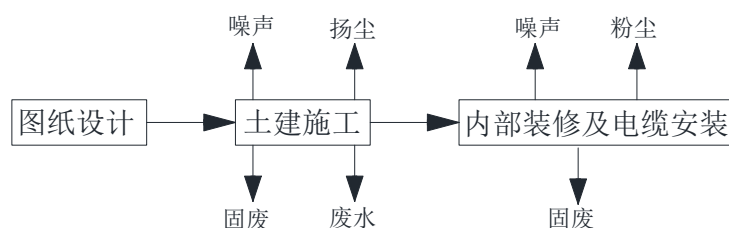


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

1、土建施工

①噪声：材料运送车、切割机、弯曲机、焊接机等钢筋加工机械，卷扬机、起重机、升降机等轻重吊装机械造成；

②废气：施工机械及材料运送车运行排放的尾气及施工场地扬尘

③固废：主要为废弃混凝土及废弃钢筋，施工人员生活垃圾；

④废水：机械和车辆冲洗废水等施工废水，施工人员生活污水。

2、内部装修及电缆安装

①噪声：刨平机、灰浆泵、电锤等装饰工程机械噪声；

②固废：装修及设备安装过程中产生的废弃包装材料，施工人员生活垃圾；

③废水：施工人员生活污水；

④废气：内部装修过程中产生的施工粉尘。

为保证辐照装置屏蔽体满足辐射防护要求，辐照装置屏蔽体四周墙体、迷道和屋顶混凝土浇筑工序要整体连续浇注，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝，同时要合理安排施工时间，防止施工噪声影响周边工作人员工作和休息。

（二）射线装置安装、调试

本项目加速器安装调试阶段，会产生韧致 X 射线、电子线和少量臭氧，造成一定

的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

二、营运期工艺分析

本项目加速器机房分两层，1层为辐照室、主控室、机房、技术值班室，2层是主机室、微波功率源室，项目配置10名辐射工作人员，其4名操作人员，负责加速器的日常运行控制工作；4名搬运工人，负责辐照产品的卸货、铺货；2名技术人员。每天工作两班，每班工作8小时，每年工作300天。每班工作人员由2名操作人员、2名搬运工人、1名技术人员组成。

1、工作原理

电子加速器是带电粒子在高频电场加速下，沿直线轨道传输的加速器装置。高频加速电场可以分为行波场和驻波场，加速电场为横磁波TM₀₁模，在轴线上存在较强的电场分量，因此可以与沿Z轴方向运动的电子束交换能量，使电子加速。当电子束轰击材料，例如轰击辊道传输系统、电子窗、金属挡板、墙壁、地板、辐照产品时都会产生韧致辐射（X射线），X射线的发射率随着撞击物质原子序数和原子量的增加而增加。

电子加速器的辐照用途很多：对食品进行灭菌，同时保证其活性；辐照食品可改善食品品质；利用X射线对动植物体进行照射后能诱变产生DNA损伤、修复等特点，获得不同的突变体，以供进行各类科学研究；可抑制农作物发芽，延缓成熟：如大蒜、生姜、洋葱等；对食品、医疗器械、药品、卫生用品、饲料、试验耗材以及包装材料辐照灭菌，辐照也可使酒、酿造品、烟草等加速陈化。加速器的总体结构示意图如下。

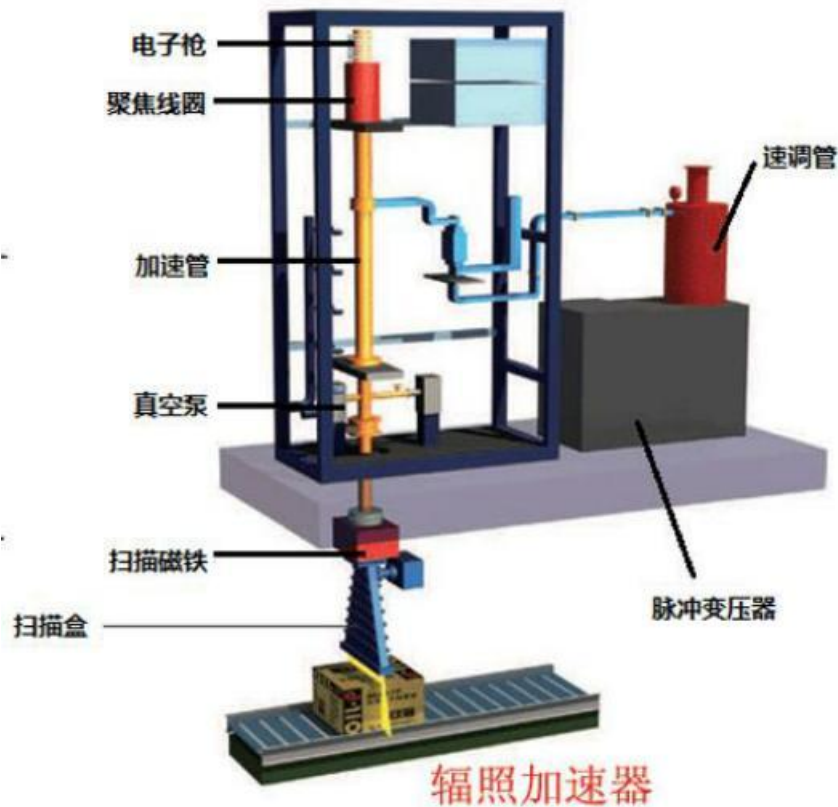


图 9-2 加速器总体结构图

2、设备组成

本项目电子加速器由电子枪、加速管、导向聚焦系统、微波系统、高压脉冲调制器、加速器控制系统、束流输运系统、束流扫描系统、安全联锁系统、真空系统、充气系统、恒温水冷系统以及供配电系统等装置组成。电子加速器采用射频型加速结构，加速管的高功率微波由大功率速调管提供，速调管由晶振锁相源激励，经由波导传输元件如弯波导、软波导、定向耦合器、波导窗等，馈入加速管内。馈入加速管的功率在加速管内建立起加速电场。一部分功率被束流负载吸收，一部分损耗在加速管管壁上，剩余功率由水负载吸收。电子枪提供的电子束流在加速管内与射频加速电场相互作用而获得能量，被加速到一定能量的电子束，通过束流管道进入扫描盒后，由扫描磁铁将电子束扫描成电子帘，穿过钛窗后对被照物进行辐照。本项目加速器设备组成见图 9-3。

图 9-3 本项目电子加速器设备组成图

本项目主要是利用加速器产生的高能电子束用于对成都欧赛医疗器械有限公司生产的血液透析器及配套透析耗材的灭菌。本项目设置束下 1 套辊道连续传输系统，用于输送辐照产品。输送系统平面布置见下图。

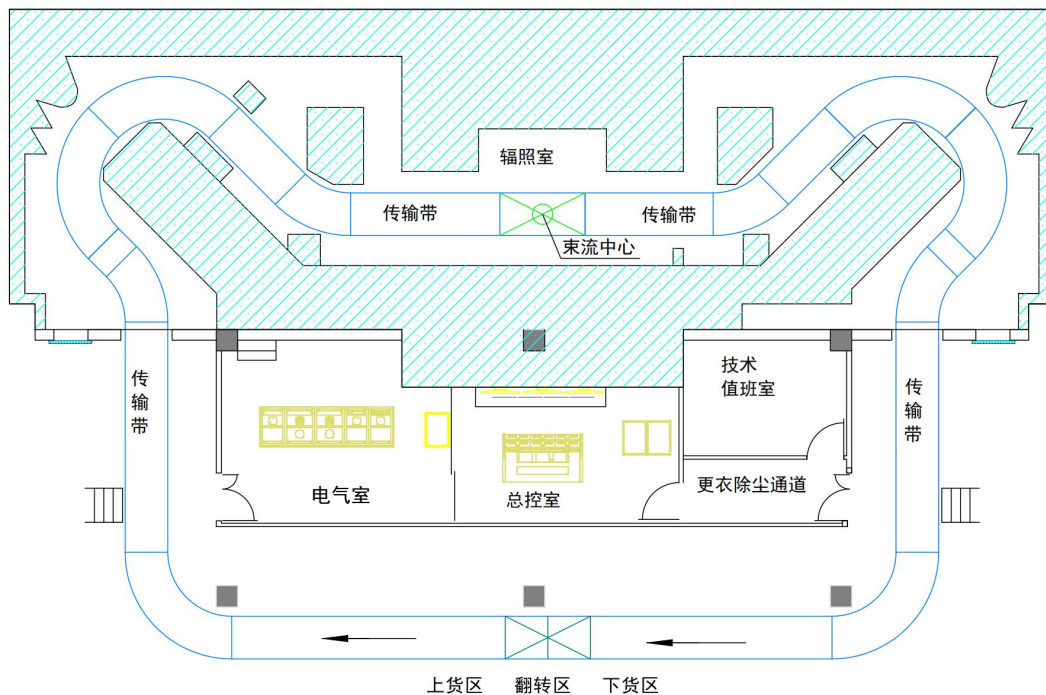


图 9-4 输送系统平面布局图

3、工艺流程

操作流程具体为：

- ①对待辐照产品进行直观评价，入库；
- ②确定产品密度范围，确定装箱模式，编排辐照计划；
- ③将待辐照的产品放置于辊道输送系统上，固定位置；
- ④开机前，操作人员巡检辐照室，确定照射室内无人，确定所有安全联锁装置、臭氧排风系统、加速器冷却系统和照射室内照明、监视器工作正常；并打开声光警示。
- ⑤核算好产品辐照所需的剂量后，将所有安全装置复位后，启动加速器电源，调节到所需时间后，开启输送系统运行区开关，调节运行速度至工艺要求的速度，匀速前进进行产品的辐照；
- ⑥照射完毕后的产品在加速器控制室外辊道传输系统卸货处取下，然后装上新的需照射的产品。

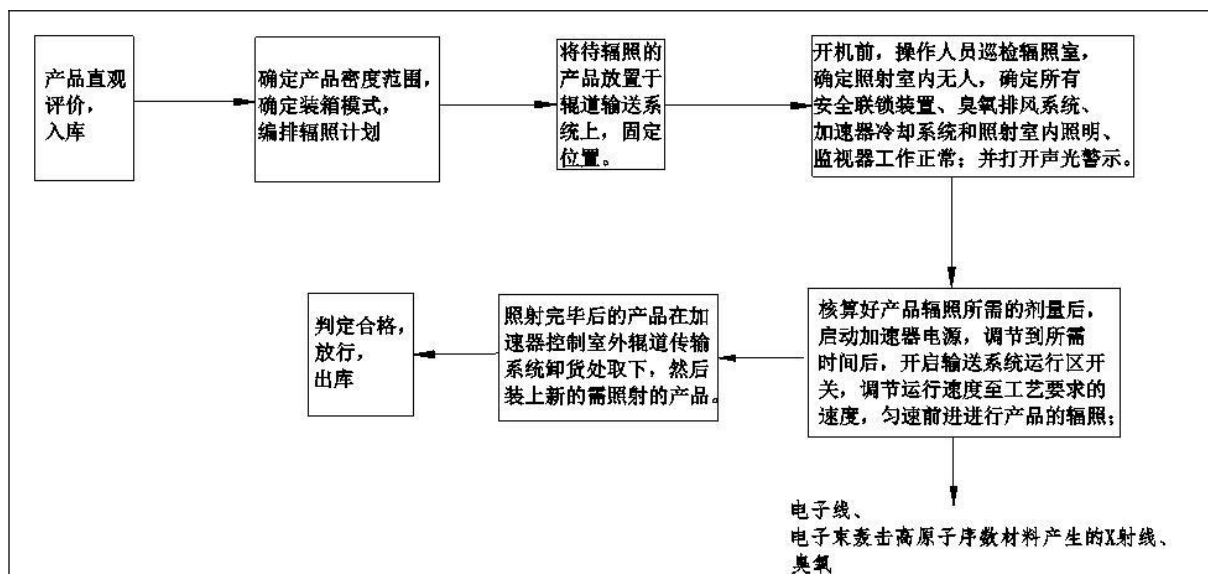


图 9-5 本项目营运期辐照加工程序及产污流程图

4、辐照工况、操作方式及工件情况

（1）辐照工况：

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

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

（2）操作方式

需辐照的产品准备完毕后，操作人员位于辐照室西北侧的主控室控制加速器的运行。每次加速器开机运行之前，操作人员关闭加速器高压后才能进入辐照室内，依次按下迷道内的巡检开关，此时，加速器无法开机；操作人员在辐照室内巡检完毕后出迷道口依次按下巡检开关并关闭急停按钮后，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。此时所有电气联锁、传输系统联锁、门灯联锁、门机联锁，防人误入装置，辐照室内臭氧排放风机启动且正常运转，安全联锁警示灯、警铃、紧急停机按钮等处于正常状态。之后开启连续传送系统输送产品，开始产品的辐照加工。加速器和连续系统进行远程操作，产品装卸操作人员在辐照室外连续系统中部进行操作。

二楼加速器主机室需要通过辐照室进入，常年上锁，除检修以外，不进入。检修时进入主机室后，检修人员按下巡检开关并打开急停按钮，此时，加速器无法开机，

检修人员在检修完毕后依次通过辐照室、迷道后，在控制台插入钥匙，进行光电感应系统、巡检系统、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。

（3）工件情况

本项目加速器用于成都欧赛医疗器械有限公司生产的血液透析器及配套透析耗材的灭菌，产品的大小和形状不定，根据实际情况确定辐照装箱模式（箱盒式或者散装）。

（4）产品检测

①微生物检测：主要检测的是每一批物品经辐照处理后的生物指标变化，从而确定该批次产品是否合格。微生物检测自行委托第三方进行检测。

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。剂量检测一般每年外委做 2-3 次。

（5）辊道传输系统

传输辊道面距离地面 800mm 左右，加速器钛窗距地面 1450mm 左右，束流的标准扫描宽度为 600mm。辐照室内通道宽度最小为 2m，传输辊道最大宽度为 1.1m，有足够的空间方便人员进行巡检、检修以及逃生等。

污染源项描述

一、施工期污染源描述

施工过程以建筑施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有建筑渣土、粉尘、噪声和废水，主要会对周围声环境质量产生影响，但因施工期短，施工范围小，通过作业时间控制，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。建设单位应在机房屏蔽体建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，同时要防止噪声扰民。在安装调试阶段，主要环境影响为 X 射线和包装固体废物影响。

二、运行期污染源描述

（一）电离辐射

1、原始初级电子的直接辐射

电子束在材料中有确定的射程，它正比于电子的初始能量而反比于吸收材料的密

度。辐照加工直接应用电子束照射，电子的贯穿能力较弱，能量为 10MeV 的电子在混凝土中的射程只有几厘米。所以，几厘米厚度的混凝土就可以屏蔽电子。

2、韧致辐射（X 射线）

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

本项目加速器电子能量不超过 10MeV，不需考虑中子和感生放射性的影响。

（二）废气

空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧和氮氧化物，臭氧是强氧化物，能加速材料老化，但臭氧很不稳定，在常温下 20~50 分钟即可还原。氮氧化物的产生量为臭氧的十分之一，因此，本项目营运期间的主要废气为臭氧。

（三）废水

加速器冷却水循环系统：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 150t/a。

（四）固体废物

本项目营运期间，工作人员产生的生活垃圾经收集后，统一交由当地环卫部门处理；运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的，由成都欧赛医疗器械有限公司作为一般固体废物处理。

（五）噪声

本项目排风系统轴流风机工作时将产生一定的噪声，但建设方拟采用的是低噪音风机，且安装于排风道内（有砖砌包裹），其噪声值不超过 65dB(A)。另外，项目营运期间，辐照材料的装卸将产生噪声，噪声值源强一般低于 60dB(A)。

表 10：辐射安全与防护

项目安全设施

一、布局合理性分析

加速器机房分为上下两层，1 层为辐照室、主控室、技术值班室、电气室。电气室、总控室、技术值班室由东北向西南依次布置在辐照室西北侧。2 层为主机室、微波功率源室及主机室外平台，微波功率源室位于主机室外东北侧，2 层主机室通过 1 层辐照室内进入。

由于建设场地限制，项目辐照室的一部分及主控室、电气室、技术值班室建于 4 号楼内，辐照室其余部分、主机室及微波功率源室建于 4 号楼东侧厂区内原通道处，紧贴 4 号楼。辐照产品辊道输送系统设置在 1 层辐照室内，输送系统的出口位于技术值班室一侧，输送系统的入口位于电气室一侧，铺卸货物处位于机房 1 层主控室西北侧，距离迷道口较远。

本项目辐照机房依据科学规划、合理布局、辐射防护、安全管理的原则进行建设。总体来看，辐照机房的平面布置既便于各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。从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、辐射工作场所两区划分

1、分区原则

为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：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设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。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（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，

或是否需要更改监督区的边界。

2、控制区和监督区的划分

本次将辐照装置屏蔽体的内部区域划分为控制区，曝光过程中严禁任何人员进入；主控室、技术值班室、电气室、微波功率源室、辐照室外辊道输送系统、电气室通向微波功率源室的楼梯等区域划为监督区，禁止非辐射工作人员进入，地上用醒目的黄线标识进行划定。

本项目控制区和监督区划分见下表，两区划分示意图见下图。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分

室内辐照	控制区	监督区
两区划分范围	即辐照装置屏蔽体的内部区域，含辐照室（含迷道）、主机室	主控室、技术值班室、电气室、微波功率源室、辐照室外辊道输送系统、电气室通向微波功率源室的楼梯、主机室西南侧及东北侧外屋顶平台等区域
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，采用防人误入装置，在辐照过程中严禁任何人员进入。控制区清晰可见的电离辐射警告标志，并设置红色的“禁止进入电离辐射区”字样的标牌，地面划标线，并标出“控制区”字样。	禁止非相关人员进入，并设置黄色“无关人员禁入”字样，地面划标线，并标出“监督区”字样
注：本项目辐照装置 2 层分布有主机室、微波功率源室，为进一步降低本项目辐射影响，避免人员通过微波功率源室进入 2 层的平台（1 层辐照室的屋顶）滞留，监督区进行扩大化设置，将主机室西南侧及东北侧外屋顶平台等区域设置为监督区。		

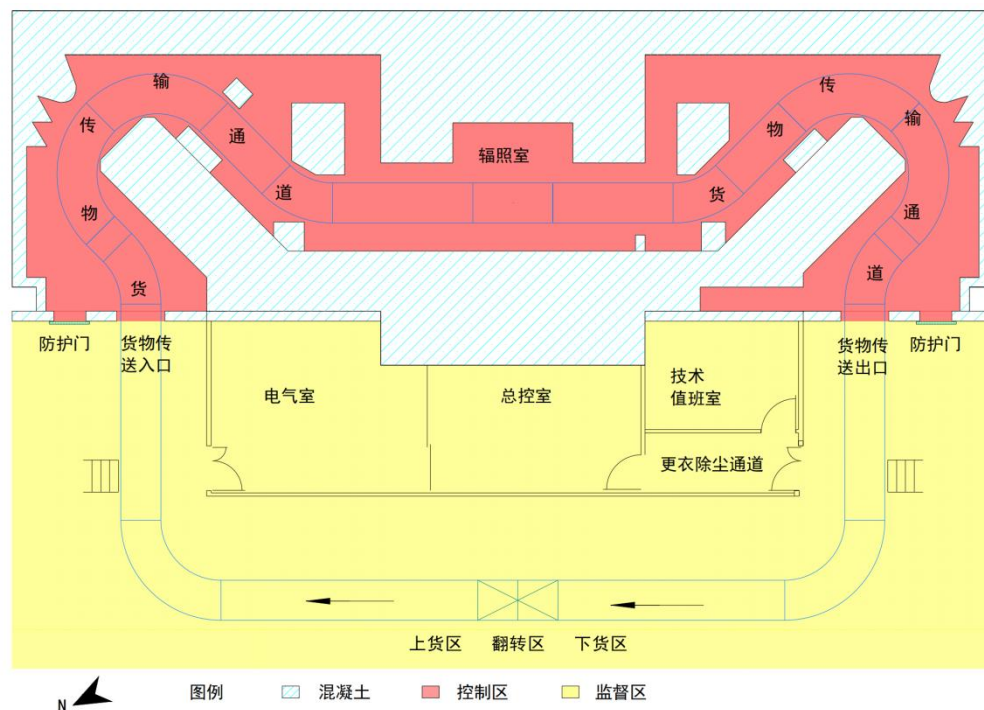


图 10-1 本项目 1 层辐射防护两区划分示意图

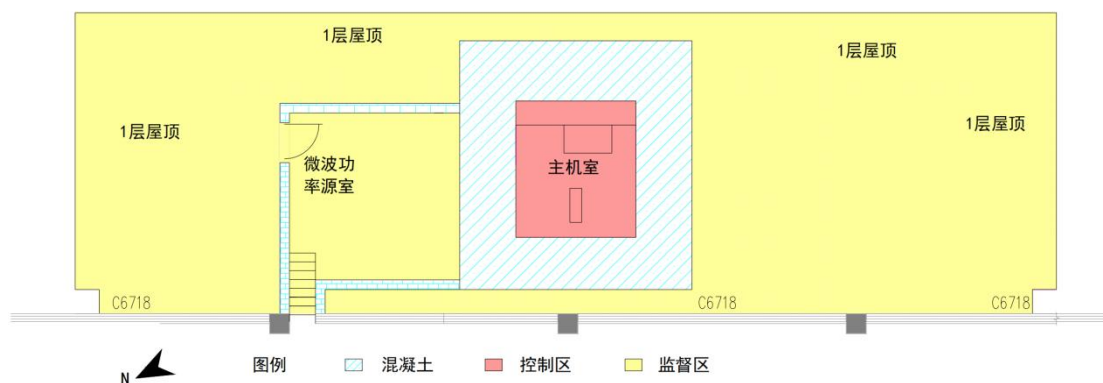


图 10-2 本项目 2 层辐射防护两区划分示意图

3、控制区防护手段及安全措施

- ①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；
- ②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；
- ④定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施。

4、监督区防护手段与安全措施

- ①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

辐射工作人员应按照国家规定配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。个人剂量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，应使用个人剂量报警仪。

二、辐射安全及防护措施

1、设备固有安全性

本项目加速器从正规厂家购买。加速器本身设有多重安全保护措施：钥匙控制、急停装置、调制器联锁、水系统联锁等。本项目加速器的固有安全性良好。产生的辐射主要都是采用混凝土墙体屏蔽。

（1）紧急停机按钮：在控制台设有紧急停机按钮。一旦遇到紧急情况，按下紧急停机按钮，切断加速器供电。

（2）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，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。

（3）水系统联锁：一旦水冷系统的水温、水位、水压等出现故障时，均切断高压，同时水系统停止工作，加速器不出束，故障灯亮。

（4）真空联锁：若加速器内真空度低于设定值，则加速器停机，故障灯亮。

（5）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。

（6）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。

2、屏蔽体防护

（1）墙体及屋顶的屏蔽

加速器机房分为上下两层，1层为辐照室（含迷道）、主控室、技术值班室、电气室以及货物输送系统，建筑面积 251m²，其中，辐照室总体外形为长方体（局部不规则），外形尺寸为长 24.5m×宽 8.85m（局部 7.5m）×高 3.5m（局部 3m）。

辐照室内束流中心东南侧墙体为 2.8m 厚混凝土（局部 3.8m 厚），辐照室内束流中心西北侧墙体为 2.85m 厚混凝土，辐照室内束流中心西南侧及西北侧墙体为 1.9m 厚混凝土（兼迷道内墙作用）。辐照室的东北侧设置了货物传送入口和防护门，辐照室的西南侧设置了货物传送出口和防护门，货物传送入口及出口处均安装了隔离栅栏。两道防护门用于设备运维期间进出使用，均为单扇电动推拉门，由 2mm 钢板+10cm 厚混凝土+2mm 钢板构成。辐照室内其余各部分屏蔽墙厚度详见图 1-2。

2 层为主机室、微波功率源室及主机室外平台（1 层辐照室的部分屋顶），主机室净空尺寸为：长 3.3m×宽 3m×高 3.5m，主机室东北侧、西南侧墙体厚度为 1.4m，东南侧墙体厚度为 1.6m，西北侧墙体厚度为 1.3m（局部加混凝土二次浇筑后为 1.9m）。主机室顶部为 2.4m 厚混凝土。微波功率源室位于主机室东北侧。在运维时，2 层主机室通过 1 层辐照室进入，因此主机室未设置迷道及防护门。微波功率源室通过 1 层电气室进入。本项目 2 层平面布置见图 1-3。

（2）防护门及电缆穿墙的保护

本项目在运维时，2 层主机室通过 1 层辐照室进入，因此主机室未设置迷道及防护门。本项目 1 层辐照室设置了迷道及防护门，防护门门洞口尺寸为宽 0.8m×高 1.8m，防护门尺寸：宽 1m×高 2m。防护门在关闭状态下，与上下左右门洞的之间各有 10cm 的重叠。加速器机房排线沟采用 Z 字型穿墙，电缆排线管为不锈钢管预埋，其路径下图示意，可对射线进行有效阻挡。

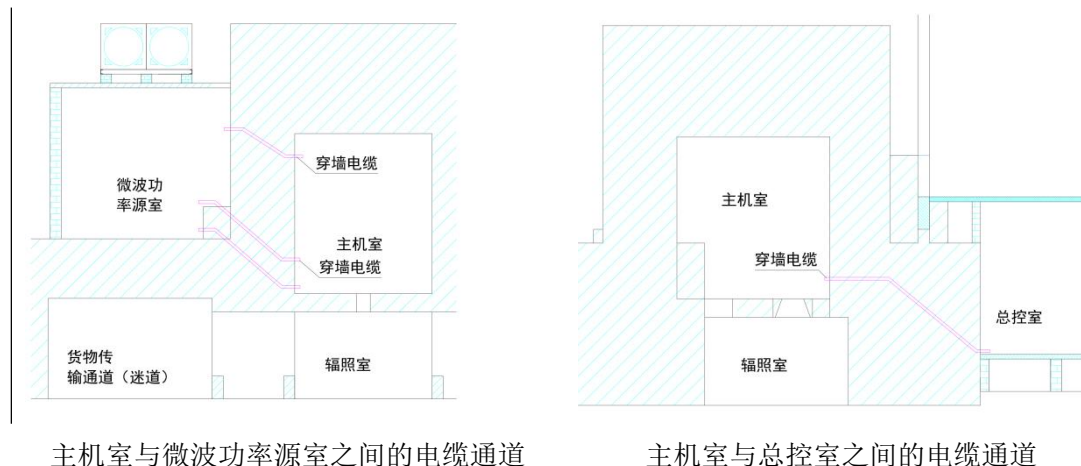


图 10-3 本项目电缆穿墙示意图

（3）排风系统屏蔽

本项目辐照室通风排气系统屏蔽设计方式如下：加速器 1 层辐照室束流中心

西南侧安装排风系统，排风通道为 U 形，设计为地下抽风方式，在束流下方设有一个排风管，管道宽 $0.6\text{m} \times$ 高 0.6m ，排风管道先从辐照室地下 1.35m 处穿过，再通过西北侧墙体外通风管道引至 4 号楼顶部排放，排风口高于屋顶 5m 。排风系统设计排风量为 $7500\text{m}^3/\text{h}$ ，轴流风机内嵌与排风道中。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下图。

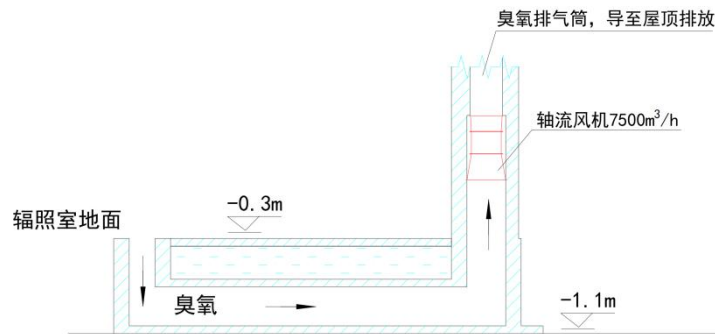


图 10-4 本项目排风系统剖面示意图

3、安全装置

为了保证加速器正常运行，避免人员误入加速器主机室和辐照室时发生误照事故，本项目加速器安全装置具有多重性、冗余性和独立性。重要的联锁采用两种独立的方法进行，增加系统的可靠性。为了可靠，保护功能全部由硬件实现。当加速器处于“准备”或“运行”状态时，打开通道门或有紧急停机信号时，联锁系统有最高优先级，迅速切断加速器束流、高频系统的功率输出等，确保加速器不产生动态辐射。

①门机联锁：辐照室的栅栏门、防护门与加速器高压联锁，在栅栏门、防护门打开的情况下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，打开栅栏门、防护门，加速器自动停止出束。

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

③计数钥匙保护。辐照室入口装有计数钥匙盒，多人进入辐照室时，每人 1

把钥匙，出来时还回。此钥匙盒与设备高压连锁，如进去与出来人数不一，还回钥匙计数不够，则设备高压无法开启。

④防人误入装置：货物出入口、防护门后装红外探头设备（每个通道口分别3道），当人或者动物经过红外开关处，会触碰到红外线，则加速器停机。

④急停装置：辐照室迷道出入口、辐照室（含迷道）内四壁、主机室内四壁、微波功率源室和主控室内加速器控制台上均设有急停按钮，在辐照室通道和维修工作面旁边布置拉绳开关，实现对辐照室和主机室人员可达位置的全覆盖。

急停开关处及拉线开关处均有指示标识，以致发生因为疏忽大意而导致辐照室或主机室内有人员滞留时，滞留人员能够随处拉动拉线或按下急停开关，加速器的高压立即切断，同时在控制台上报警灯亮，这时加速器不能启动工作，操作人员将急停开关复位后加速器才能再次启动。

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

⑥信号警示装置：在控制区出入口处、内部辐照室、微波功率源室距地2m处设置灯光和音响警示信号，加速器出束前将响警铃30秒对人员进行提示尽快撤离，万一有人停留在机房内，此时可按室内墙上或控制台上的急停按钮，切断加速器供电。加速器出束时警灯闪亮，警示任何人员不得进入。

⑦剂量连锁：辐照室和主机室安装固定式剂量报警仪，迷道进出口内侧设置有剂量监测探头，与辐照室防护门连锁。当辐照室和主机室内的辐射水平超过了仪器预定值时，防护门无法打开。

⑧监控系统：在辐照室（含迷道）、主机室、主控室、电气室、微波功率源室及其他必要位置安装监控摄像头，以便检查这些区域内的生产进展情况。辐照室、主机室监控全覆盖，不留死角，在主控室可以清楚看到辐照区及机房全景，确认没有人员，才可开机。

⑨通风连锁：辐照室排风系统和控制系统连锁，加速器停机后，只有达到预先设定的6min时间才能开门，以保证室内臭氧等有害气体的浓度低于允许值。

⑩束下装置连锁：电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可

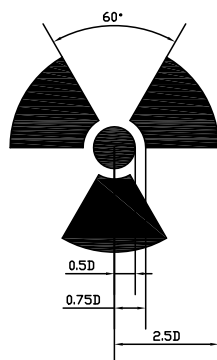
靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机。

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

⑫辐照室内防护门处距地面 1.4m 处安装紧急开门按钮，如有人员不慎滞留在辐照室内，可通过紧急开门按钮打开防护门。

⑬紧急出口指示及应急照明：异常情况需要撤离时，设置紧急出口指向牌，设置应急灯，并有夜光标识指示行走路线。

⑭警告标志：防护门外醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志。电离辐射警告标志如下图所示。



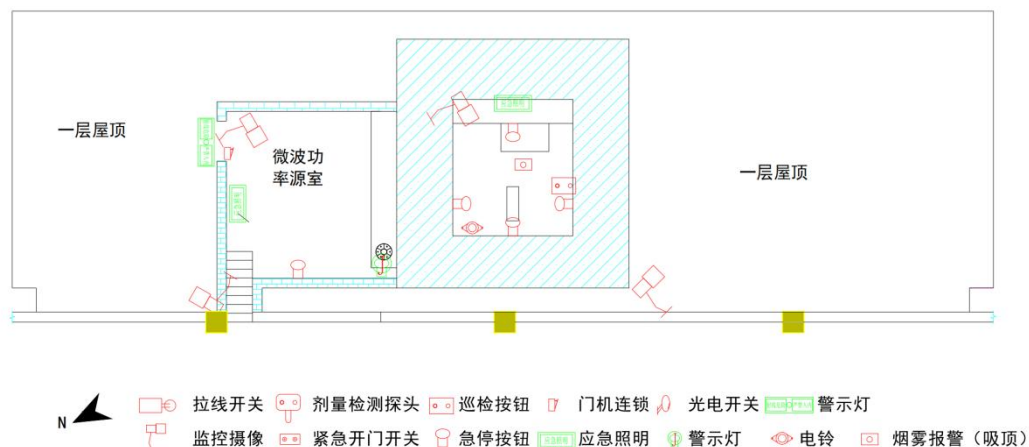
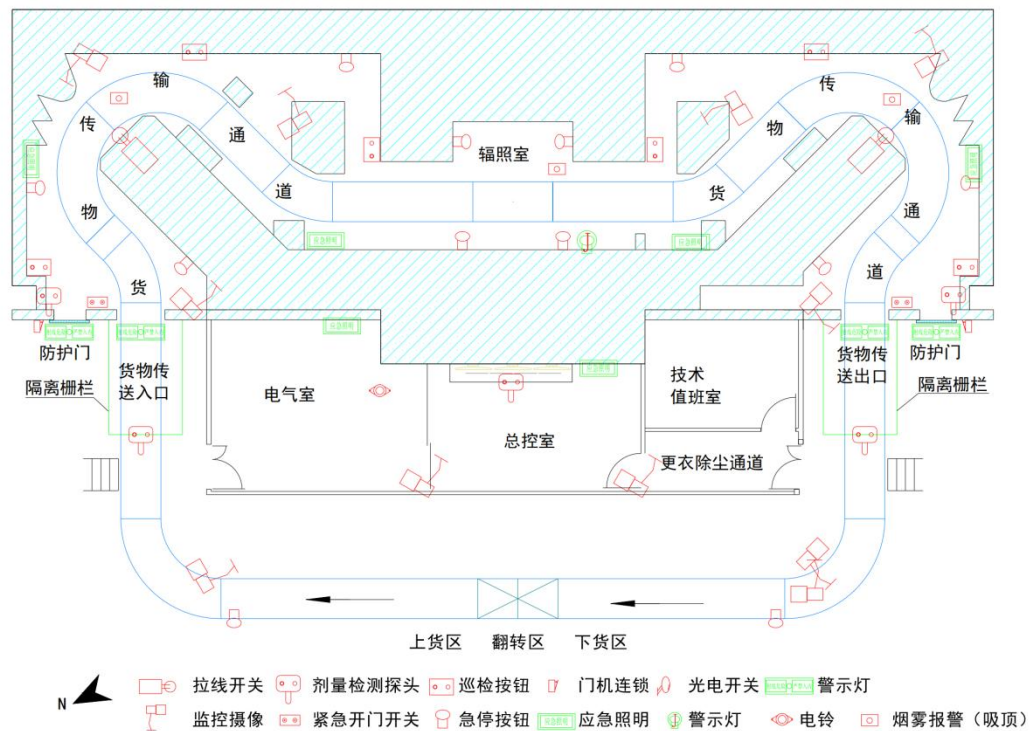
a. 电离辐射的标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-5 电离辐射标志和电离辐射警告标志

本项目安全装置的布置见下图：



安全装置有效性检查：厂家在不开机的情况下，通过一个模拟系统将所有安全装置正常连接运行，由人员进入辐照室或主机室一一检测各安全装置，触发连锁可使模拟系统停止运行，以达到检查安全装置有效性的目的。

4、源项控制

本项目的电子加速器由有资质的厂家生产，泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。

5、距离防护

加速器机房严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，对控制区进行严

格控制，禁止非相关人员的进入，控制区应有明确的电离辐射警告标识，并设置红色的“禁止进入电离辐射区”字样的标识；监督区为工作人员操作设备时的工作场所，非相关人员限制进入，避免受到不必要的照射。

6、个人防护设施

辐射工作人员每人配有 2 个个人剂量计，工作期间必须佩戴个人剂量计，检修期间使用个人剂量报警仪。

7、拟建场所的安全性

本项目建设位置下方无地下室和地下车库，地面经过混凝土硬化，具有一定的承重强度，不会造成地面塌陷。

三、辐射安全防护设施对照分析

为防止发生辐射事故，根据原环保部《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部第 18 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号）、《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号）相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见下表。

表 10-2 辐射安全措施对照表

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
2		入口加速器工作状态显示	已设计
3		加速器厅门联锁钥匙开关（辐照室、主机室）	已设计
4		视频监控系统	已设计
5		门内紧急开门按钮	已设计
6		紧急出口指示	已设计
7		应急照明	已设计
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
9		门与加速器高压触发联锁	已设计
10		加速器开机前声光报警	已设计
11		辐照室、主机室内固定式辐射剂量监测仪与门联锁	已设计
12		传输系统与束流联锁	已设计
13		通风系统与加速器联锁	已设计

14		火灾报警仪、且与通风联锁	已设计
15		人员通道 2~3 道防误入装置（光电、红外等）	已设计
16		货物进出通道 2~3 道防误入装置	已设计
17		控制台上复位确认按钮	已设计
18		清场巡检开关	已设计
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
20		控制台紧急停机按钮	已设计
21	D 监测设备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	需配置
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	需配置
25	E 其他	必要应急物资等	需配置

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：设计方式如下：加速器 1 层辐照室束流中心西南侧安装排风系统，排风通道为 U 形，设计为地下抽风方式，在束流下方设有一个排风管，管道宽 0.6m×高 0.6m，排风管道先从辐照室地下 1.35m 处穿过，再通过西北侧墙体外通风管道引至 4 号楼顶部排放，排放口高于屋顶 5m。排风系统设计排风量为 7500m³/h，轴流风机内嵌与排风道中。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附图 3、附图 4、附图 5。

经报告后文分析，本项目电子加速器辐照装置停机后，辐照室内的排风机继续工作约 5.82min 后，辐照室内臭氧浓度可满足《室内空气质量标准》0.16mg/m³ 标准限值要求，也满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（≤0.2mg/m³）的标准限值要求。辐照室加速器停机后，继续排风 6min 以后工作人员才能进入辐照室。

二、废水处理措施

本项目加速器工作时需用循环冷却水：加速器开机工作时，机器内部件产生大量的热量，通过钢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 150t/a。由于本项目加速器能量不超过 10MeV，因此可不考虑其产生的感生放射性影响。

本项目运行期外排的污水主要为工作人员的生活污水，依托成都欧赛医疗器械有限公司已建污水处理站处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准，排入市政污水处理系统后进入所在的工业园区污水处理厂处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》(DB51/2311-2016)中城镇污水处理厂污染物排放标准后排入锦江。在西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂建成运行前，排入毛家湾污水处理厂处理，最终排入锦江；在西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂建成后，排入西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂处理，最终排入锦江。

通过采取上述废水处理措施后，外排废水可达标排放，对周围环境的影响很小。

项目污水处理依托可行性分析

项目依托厂区污水收集处理系统、园区污水管网情况介绍：

本项目所在西南航空港经济开发区污水管网及处理系统现已建成。

本项目所在厂区已建的污水处理设施为成都欧赛医疗器械有限公司已建的污水预处理池容积为 390m³，采用絮凝沉淀（聚合氯化铝）污水预处理技术，水力停留时间为 8h，厂区内现有、在建和待建项目排入预处理池的废水量为 146.08m³/d，厂区内现有的污水预处理设施完全能满足本项目本次新增废水处理的需求。

污水处理厂情况介绍

毛家湾污水处理厂：毛家湾污水处理厂位于双流区正兴镇回龙村，该污水处理厂选用“水解酸化+A²/O 工艺+过滤工艺”的污水处理工艺，设计主要接纳货运大道以南，老南干堰以西的区域，即正兴、黄甲、胜利、笔记本电脑配套园区、工业区五六期以及物联网产业园等区域。双流区毛家湾污水处理厂规模为 3.96 万 m³/d，总变化系数 K_Z=1.4。污水处理厂尾水达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标排放，接纳水体为锦江，目前已建成并投入运行，可接纳项目片区区域污水。

西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂：目前，西南航空港组团工业集中发展区和成都市高新综合保税区围网区双流园区的废水主要进入毛家湾污水处理厂。毛家湾污水处理厂负荷有限，随着园区企业不断入驻，废水量将不断增加，现成都市双流区水务局正在建设“西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂”，一期处理规模为 5 万 m^3/d ，远期（2025 年）处理规模为 10 万 m^3/d ，服务范围为双流区内西南航空港组团工业集中发展区第六期和成都高新综合保税区双流园区内的所有废水，采用“预处理+分阶段进水多级 AO 生物池+反硝化深床滤池+活性炭（焦）处理系统+高效混凝沉淀池+活性氧化铝 V 型滤池+次氯酸钠消毒”工艺，处理后出水指标化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷达《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类水域标准要求，总氮达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）表 1“工业园区集中式污水处理厂”标准，氟化物达 1.5mg/L ，其余指标达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准后排入锦江。

本项目污水产生量很小，不会冲击毛家湾污水处理厂及西南航空港组团工业集中发展区第六期工业污水处理厂处理负荷。

三、固体废物

本项目营运期固体废物主要为生活垃圾，生活垃圾经收集后由当地环卫部门统一清运处理，对外环境的影响很小。

四、噪声

本项目排风系统轴流风机工作时将产生一定的噪声，但建设方拟采用的是低噪音风机，且安装于排风道内（有砖砌包裹），其噪声值不超过 65dB(A) ，经过建筑隔声和距离衰减后，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348—2008）3 类功能区标准限值要求。

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

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，公司需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见

下表。

表 10-3 环保投资估算一览表

项目	环保设施	投资金额	备注
屏蔽措施	包括 1 层辐照室四周混凝土墙体及屋顶、2 层加速器主机室四周混凝土墙体及屋顶、栅栏门 2 扇、防护门 2 扇。混凝土浇筑需要连续施工	200	按照设计进行建设
安全装置	电离辐射警告标志 3 套	0.02	拟配置
	门机联锁装置 3 套	3	拟配置
	门机联锁装置 1 套	2	拟配置
	计数钥匙保护（与加速器连锁）1 套	1	拟配置
	束下装置联锁 1 套	1	拟配置
	工作状态指示灯 5 套且与加速器连锁（门灯连锁）	2	拟配置
	监控系统 1 套	3	拟配置
	门内紧急开门按钮 2 套	0.02	拟配置
	应急照明及紧急出口指示标识 1 套	0.1	拟配置
	灯光和声音报警 3 套	0.5	拟配置
	剂量联锁（固定式剂量探测器 2 套）	0.5	拟配置
	防误入装置（行人红外光电联锁）8 个	2.0	拟配置
	通风联锁 1 套	2.0	拟配置
	烟雾报警仪 4 个，且与通风连锁	0.5	拟配置
	清场巡检开关 7 个	2.0	拟配置
	急停装置（急停开关及拉线开关）17 个含标识	2.5	拟配置
监测设备及警示装置	固定式辐射剂量监测仪 2 套	3.0	拟配置
	个人剂量报警仪 2 个	2.0	拟配置
	个人剂量计 20 个（1 人 2 个）	1	拟配置
	便携式辐射监测仪 1 台	0.40	拟配置
	两区划分地标线	0.1	拟配置
废气处理	7500m ³ /h 风机 1 台、高于 1 号楼（4F）屋顶 5m 以上排风管道 1 套	3.0	按照设计进行建设
噪声治理	排风机减振、隔声	0.5	拟配置
综合管理	辐射工作人员上岗培训及应急培训	0	应预留
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）	5.0	应预留

	制度上墙	0.1	应预留
合计		237.24	/

本项目总投资***万元，环保投资 237.24 元，占总投资的***%。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响**一、施工期的环境影响分析**

本项目辐照装置在成都欧赛医疗器械有限公司 4#楼内及 4#楼、5#楼之间通道进行建设，不新增用地。成都欧赛医疗器械有限公司施工期环境影响已在《年产 300 万只血液透析器生产项目环境影响评价报告表》（审批文号：双环建（2012）371 号）进行了评价。加速器机房墙体采用混凝土连续浇筑，浇筑完成后对屏蔽墙体进行装修（如表面粉刷，喷涂，镶贴等），最后安装设备。期间会产生施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾以及民工生活污水和生活垃圾；以及装修施工期间的污染物，主要包括废气、废水、噪声及废弃的装修材料等。

根据现场调查，项目还未动工。施工期间建设单位应采取以下环保措施：

（1）大气环境影响分析

本项目施工期产生废气的作业主要为施工时产生的扬尘及装修废气等。本项目施工期间产生的扬尘量较小，通过建设施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对周围环境的影响，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。装修过程中产生的废气污染物相对较少，加强通风或室内空气净化措施，严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）控制室内环境，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。

综上所述，本项目工程量较小，施工期大气污染物对项目所在地环境空气质量影响较小，且这些影响将会随施工期的结束而结束。

（2）声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。

因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小，但必须重视对施工期噪声的控制，特别是应减小对其他工作单元的不利影响。施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：

①由于本项目电子加速器辐照装置需进行连续施工浇筑，以避免墙体之间出现缝隙或冒泡等，因此不可避免存在夜间施工的情况，建设单位如需进行夜间施

工需提前进行相关备案工作，并做好提前告知和沟通工作，避免因噪声污染引发纠纷，影响社会稳定。

②合理安排施工机械安放位置，施工机械应尽可能放置于场界外造成影响最小的地点，并优先选用低噪声设备，以减少施工噪声。

③对高噪声设备采取隔声、隔振或消声措施，如在声源周围设置掩蔽物、加隔振垫、安装消声器等，可降低噪声源强 30~50dB(A)。

④日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

经采取上述有效措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求，影响也是可以接受的，且施工期只在短时期对局部环境造成影响，待施工结束后这些影响也随着消失，施工期噪声对周围声学环境不会造成明显影响。

（3）水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员生活会排放一定量的生活污水，可依托已有污水收集系统收集处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（4）固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，依托已有生活垃圾收集设施收集后由市政环卫部门统一清运。本项目建筑垃圾产生量较小，首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，由施工单位或承建单位与市政部门联系外运至指定的建筑垃圾堆放场。

评价认为施工期的建筑垃圾及生活垃圾均有合适的处置方式，是可行的、合理的，可有效减轻对工程所在地区的生态环境和景观产生的不利影响。

综上所述，本项目施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境的影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

工程完成后，在安装和调试加速器的过程中，可能产生辐射污染。加速器辐照装置的安装由设备厂家的专业人员进行，建设方其他人员不得自行拆卸、安装

设备。

整个调试过程在专业调试人员进入加速器辐照室巡检后，待其他无关人员离开并确保所有安全联锁有效后开机调试，调试人员在控制室内完成整个调试过程。调试人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。

在加速器安装调试阶段，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，关闭栅栏门，在辐照室和门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，加速器处于“准备”状态时人员不得进入辐照室或经辐照室进入主机室。人员离开时辐照室和主机室时必须关闭加速器电源、拔出控制台钥匙并派人看守。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。调试时间仅需 5h，调试期间对辐射工作人员造成的剂量很小。

运行阶段对环境的影响

本项目运行阶段的污染因子为电子加速器辐照过程中产生的电子束和电子束作用加速器结构材料、辐照产品、传送装置结构材料等产生的 X 射线。由于电子束较易防护，其穿透能力远低于 X 射线，辐照室、主机室混凝土墙体完全可以将电子束屏蔽，因此本项目主要污染因子为加速器运行过程中产生的 X 射线。

该项目加速器机房的屏蔽防护情况依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中附录 A 中相关内容进行计算。该项目使用电子加速器产生最大能量为 10MeV 的电子束，在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

一、机房各屏蔽体厚度合理性分析

本项目拟在成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号 4 号楼 1 层内南侧及 4 号楼东南侧通道处建设一座电子加速器辐照装置并配套建设辅助设施。电子加速器辐照装置机房分为上下两层，1 层为辐照室（含迷道）、主控室、技术值班室、电气室以及货物输送系统，2 层为主机室、微波功率源室及主机室外平台（1 层辐照室的部分屋顶）。加速器主射方向为定向朝地，机房下方无楼层及地下室，地面不做辐射防护，本次评价采用理论预测方法对机房的屏蔽体厚度合理性进行分析。

电子加速器辐照时，很多情况下是需要考虑侧向（相对电子束 90°方向）X

射线的屏蔽，此时应将等效电子的能量作为侧向入射电子的能量，然后根据透射 X 射线屏蔽的方法进行计算。

（一）屏蔽墙计算

1、辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$

本项目加速器出束方向定向朝地，因此本次计算四周墙体考虑为 90° 方向上屏蔽初级 X 射线所需厚度，对各墙体进行厚度校核。

辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率根据 HJ979-2018 附录 A 公式（A-2）进行计算：

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \dots\dots\dots \text{式 11-1}$$

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 射线发射率修正系数。

本项目加速器电子束入射能量最大为 10MeV，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，侧向 90° 方向 X 射线发射率为 $13.5 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。X 射线发射率修正系数取值为 0.3，束流强度为 2mA，根据 HJ979-2018 附录 A 公式(A-2)，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为：

$$D_{10}(90^\circ) = 60 \times 13.5 \times 2 \times 0.3 \text{Gy/h} = 486 \text{Gy/h}。$$

根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.4，10MeV 电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量为 6MeV。

2、主机室距离 X 射线辐射源 1m 处吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$

电子在加速过程中发生束流损失，上层主机室辐射的主要来源为损失的束流打在加速结构上而产生的韧致辐射。损失束流位置和粒子能量具有很大的不确定性，所以韧致辐射的能谱难以确定。根据厂家提供资料，本项目使用的电子加速器辐照装置束流损失率为 2%（即电子束流强度为 $4 \times 10^{-2} \text{mA}$ ），束流损失点的能量为 3MeV。

根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.1，3MeV 入射电子距靶 1m 处侧向 90° X 射线发射率为 $3.2 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。X 射线发射率修正系数取值为 0.3。束流强度为

$4 \times 10^{-2} \text{mA}$ ，根据 HJ979-2018 附录 A 公式 (A-2)，主机室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为：

$$D_{10}(90^\circ) = 60 \times 3.2 \times 4 \times 10^{-2} \times 0.3 \text{Gy/h} = 2.30 \text{Gy/h}。$$

根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.4，3MeV 电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量为 1.9MeV。

3、透射比 B_x 的计算

①直射 X 射线照射路径

本次在机房四周设立最不利关注点位，从保守角度出发，在机房设计的尺寸厚度基础上，假定最大工况运行并针对关注点最不利情况进行辐射屏蔽核算，本项目电子加速器辐照装置机房设定的关注点位及直射 X 射线照射路径见图 11-1 和图 11-2。由于本项目机房下方没有其他楼层和功能房间，所以地面的防护不予考虑。

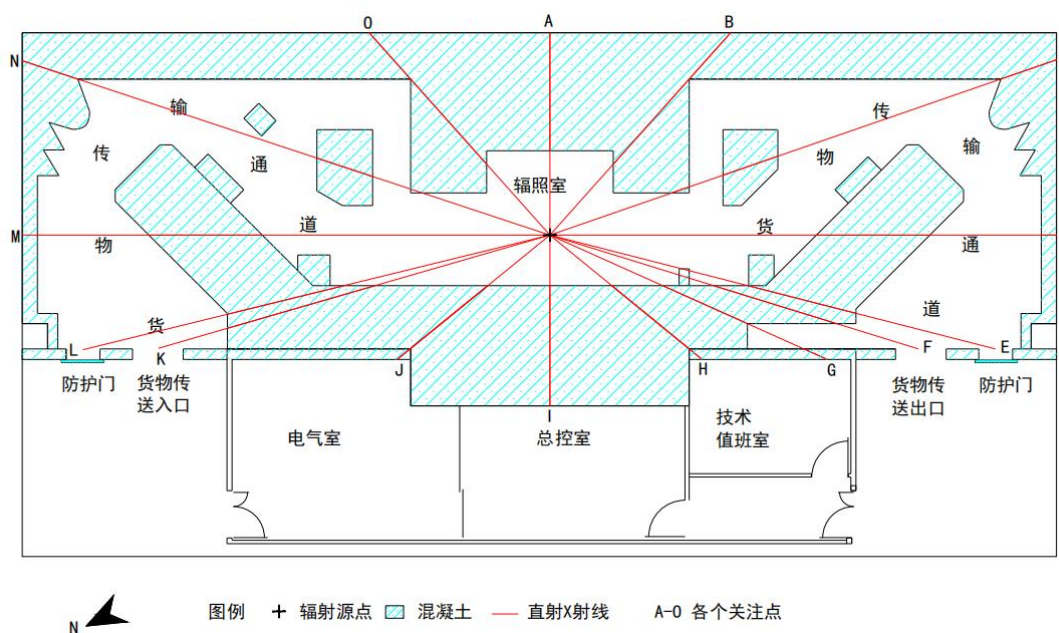


图 11-1 1 层预测点位置和直射 X 射线照射路径示意图

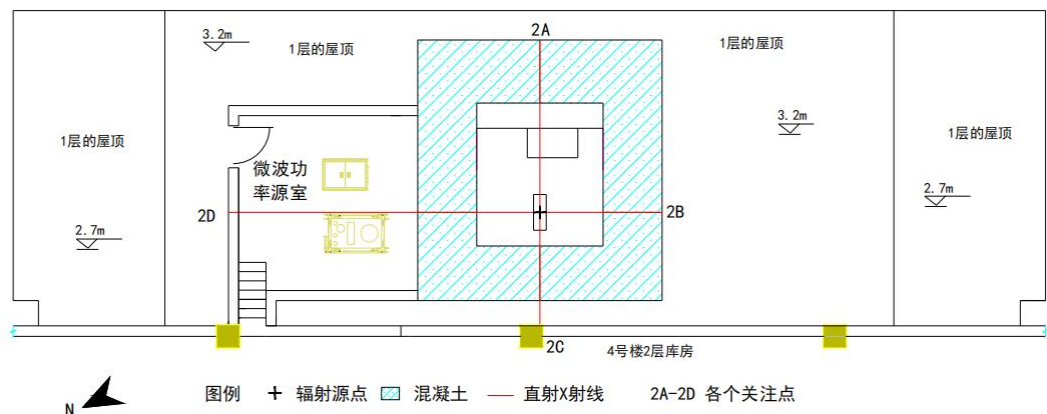


图 11-2 2 层预测点位置和直射 X 射线照射路径示意图

②确定 X 射线的透射比 B_x

X 射线投射比 B_x 根据 HJ979-2018 附录 A 公式 (A-1) 进行计算：

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

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

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 (Gy/h)

参考点(距离屏蔽体外 0.3m 处)最大允许周围剂量当量率取值为 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，如上文计算结果，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$ 取值为 486Gy/h，主机室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$ 取值为 2.30Gy/h。各参考点与 X 射线辐射源之间的距离根据图 11-1 及图 11-2 取值得到。各关注点处 X 射线透射比 B_x 计算结果如下表所示：

表 11-1 直射 X 射线屏蔽透射比计算结果

楼层	关注点	d (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	T	B_x
1 层辐照室周围	A	5.1	4.86E+02	2.5	0.25	5.35E-07
	B	6.7	4.86E+02	2.5	1	2.33E-07
	C	13.0	4.86E+02	2.5	1	8.69E-07
	D	12.3	4.86E+02	2.5	1	7.78E-07
	E	11.2	4.86E+02	2.5	1	6.44E-07
	F	9.4	4.86E+02	2.5	1	4.58E-07
	G	7.5	4.86E+02	2.5	1	2.90E-07
	H	5.0	4.86E+02	2.5	1	1.26E-07
	I	4.3	4.86E+02	2.5	1	9.73E-08
	J	5.0	4.86E+02	2.5	1	1.27E-07
	K	10.0	4.86E+02	2.5	1	5.10E-07
	L	11.7	4.86E+02	2.5	1	7.03E-07
	M	12.8	4.86E+02	2.5	1	8.43E-07
	N	13.5	4.86E+02	2.5	1	9.33E-07
	O	6.7	4.86E+02	2.5	1	2.33E-07
2 层主机室周围	2A	4.4	2.3	2.5	1	2.10E-05
	2B	3.2	2.3	2.5	1	1.11E-05
	2C	2.4	2.3	2.5	1	6.26E-06
	2D	3.2	2.3	2.5	1	1.11E-05

4、屏蔽厚度计算

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)，加速器机房各墙体屏蔽厚度由下式进行计算。

$$S = T_1 + (n-1)T_e \dots\dots\dots \text{式 11-3}$$

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 —— 为十分之一值层的个数；

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

式中：

B_x —— X 射线的屏蔽透射比。

根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.2 和表 A.3，查得混凝土的 T_1 和 T_e 值：对于辐照室，入射电子能量为 6MeV，混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=35.5\text{cm}$ ， $T_e=35.5\text{cm}$ ；

对于主机室当入射电子能量为1.9MeV时，混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=22.1\text{cm}$ ， $T_e=20.1\text{cm}$ 。加速器机房各墙体屏蔽厚度计算结果见下表：

表 11-2 机房墙体屏蔽厚度核算表

楼层	关注点	B_x	n	$T_1(\text{cm})$	$T_e(\text{cm})$	$S(\text{cm})$	设计屏蔽厚度 (cm)	是否满足要求
1 层 辐照 室周 围	A	5.35E-07	6.27	35.5	35.5	223	280	满足
	B	2.33E-07	6.63	35.5	35.5	235	418	满足
	C	8.69E-07	6.06	35.5	35.5	215	321	满足
	D	7.78E-07	6.11	35.5	35.5	217	305	满足
	E	6.44E-07	6.19	35.5	35.5	220	264	满足
	F	4.58E-07	6.34	35.5	35.5	225	305	满足
	G	2.90E-07	6.54	35.5	35.5	232	281	满足
	H	1.26E-07	6.90	35.5	35.5	245	276	满足
	I	9.73E-08	7.01	35.5	35.5	249	285	满足
	J	1.27E-07	6.90	35.5	35.5	245	277	满足
	K	5.10E-07	6.29	35.5	35.5	223	364	满足
	L	7.03E-07	6.15	35.5	35.5	218	284	满足
	M	8.43E-07	6.07	35.5	35.5	216	269	满足
	N	9.33E-07	6.03	35.5	35.5	214	278	满足
	O	2.33E-07	6.63	35.5	35.5	235	418	满足
2 层 主机 室周 围	2A	2.10E-05	4.68	22.1	20.1	96	150	满足
	2B	1.11E-05	4.95	22.1	20.1	102	140	满足
	2C	6.26E-06	5.20	22.1	20.1	107	130	满足
	2D	1.11E-05	4.95	22.1	20.1	102	140	满足

注：该厚度为射线直射投射方向上的混凝土厚度

由表 11-2 可以看出，本项目辐照室和主机室四周墙体外各关注点屏蔽处屏蔽体厚度可以满足辐射防护要求。

（二）迷道处入口防护计算

1、X 射线散射路径

本项目主机室入口通过辐照室进入，因此，主机室未设置迷道及出入口，本项目仅在 1 层设置了迷道及相关出入口。本项目机房 X 射线在 1 层迷道的散射路径见下图。

图 11-3 1 层 X 射线散射路径示意图

2、迷道入口处散射计算

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)，加速器机房迷道外入口的剂量率由下式进行计算。

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} \dots d_{rj})^2} \dots\dots\dots \text{式 11-5}$$

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（m²）；

A_2 ——迷道的截面积（m²，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； $d_{rj}/A_2^{1/2}$ 的比值应在 1~6 之间；

j ——指第 j 个散射过程。

辐照室迷道入口处 X 射线散射影响剂量率计算结果见下表。

表 11-3 迷道入口处 X 射线散射影响剂量率计算结果

3、迷道入口处 X 射线透射计算

迷道入口处直射 X 射线穿墙透射剂量率由下式进行计算。

$$H = (1 \times 10^{-6}) \frac{BD_{10}}{d^2} \dots\dots\dots \text{式 11-6}$$

$$B = 10^{-(S_1 - T_1 + T_e)/T_e} \dots\dots\dots \text{式 11-7}$$

式中：

B ——实际设计墙体投射系数；

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

d ——X 射线源与参考点之间的距离（cm）；

S_1 ——设计屏蔽厚度

T_l ——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)；

辐照室迷道入口处 X 射线透射影响剂量率计算结果见下表。

表 11-4 迷道入口处 X 射线透射影响剂量率计算结果

楼层	关注点	S_l (cm)	T_l	T_e	B	D_{10} (Gy/h)	d (m)	H(μ Sv/h)
1 层辐照室	E 点及 F 点	274	35.5	35.5	1.91E-08	486	9.4	1.05E-01
	L 点及 K 点	294	35.5	35.5	5.23E-09	486	10	2.54E-02
2 层主机室 (无迷道)	/	/	/	/	/	/	/	/

4、迷道入口处辐射剂量率计算结果

经计算，辐照室迷道入口关注点处剂量率最大为 $0.28\mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制剂量率。因此该电子辐照装置机房迷道设计是合理的。同时为防止人员误入机房，在辐照室迷道入口（货物进出处）设置有不锈纲栅栏门，在货物进出处旁设置有防护门。

（三）屋顶屏蔽核算

1、1 层屋顶屏蔽核算

本项目主机室周围关注点 2A、2B、2C、2D 处所在楼板（1 层屋顶）的屏蔽厚度由式 11-2、式 11-3、式 11-4。

表 11-5 1 层屋顶屏蔽厚度核算表

关注点	B_x	n	T_l (cm)	T_e (cm)	S (cm)	设计屏蔽厚度 (cm)	是否满足要求
2A	1.98E-06	5.70	35.5	35.5	202	310	满足
2B	1.29E-06	5.89	35.5	35.5	209	300	满足
2C	9.63E-07	6.02	35.5	35.5	214	280	满足
2D	1.29E-06	5.89	35.5	35.5	209	280	满足

2、天空反散射屏蔽核算

①天空反散射屏蔽透射比

对于天空反散射，需要综合考虑辐照室和主机室辐射对机房外 10m~50m 范围内地面公众（P 点）的剂量贡献，其 2 层屋顶的透射因子 B_x 由下式进行计算

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

式中：

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）；

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；

Hm——P 点坐在位置的最大允许周围计量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

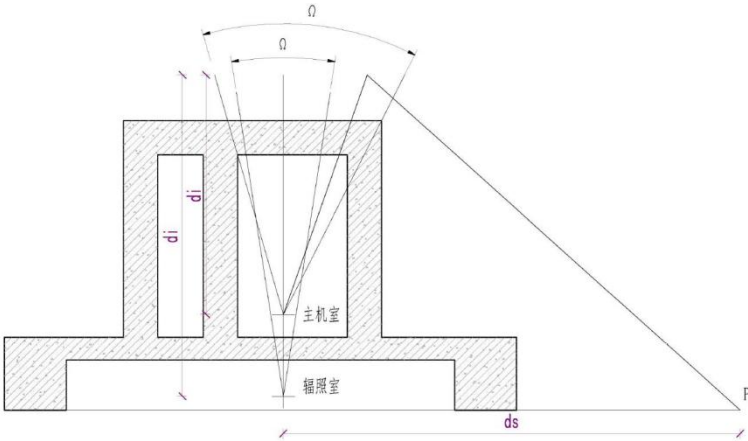


图 11-4 2 层屋顶屏蔽核算示意图

假设 P 点位于公众能到达区域，公众照射计量约束限值为 0.1mSv/a，区域居留因子取 1/16，则 P 点的所在位置的最大允许周围剂量当量率^注为：0.33 $\mu\text{Sv/h}$

注：P 点最大允许周围剂量当量率=公众年剂量管理限值/（辐照装置年出束时间×居留因子）。

则主机室屋顶的屏蔽投射比计算结果如下：

表 11-6 主机室屋顶的屏蔽投射比计算结果

参数	1 层辐照室天空反散射屏蔽	2 层主机室天空反散射屏蔽
Hm（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	0.33	0.33
d_i （m）	9.6	7.5
d_s （m）	10	10
D_{10} （Gy/h）	486	2.3
Ω （Sr）	0.55	0.94
B_{xs}	5.48E-04	3.55E-02

②天空反散射屏蔽厚度核算

根据十分之一值层求解法计算屋顶屏蔽厚度。各参数及计算结果如下表所示：

表 11-7 主机室屋顶的屏蔽厚度核算表

参数	1 层辐照室天空反散射屏蔽	2 层主机室天空反散射屏蔽
B_{xs}	5.48E-04	3.55E-02
T_1 (cm)	35.5	22.1
T_e (cm)	35.5	20.1
n	3.3	1.4
S (cm)	116	31
设计屏蔽厚度	240	240
是否满足屏蔽要求	满足	满足

根据上表，本项目加速器主机室屋顶设计屏蔽厚度满足防护要求。

二、辐射环境影响分析

（一）计算方法

根据加速器机房空间大小及四周、屋顶的屏蔽厚度及加速器工作时间（4800h/a）、关注点与辐射源的距离，估算出加速器周围工作人员和公众所受的有效剂量。

各关注点 X 射线直线剂量率根据混凝土墙实际厚度，由式 11-6 和式 11-7 计算，关注点天空反散射剂量率由 11-10 计算。关注点处 X 射线通过屋顶的侧向散射剂量率有式 11-11 计算。关注点年有效剂量可根据式 11-12 进行计算。

（1）天空反散射

根据 NCRP-151 号报告，在距离 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 H 由下式进行计算。

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

式中：

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）；

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。

（2）X 射线通过屋顶的侧向散射

本项目加速器机房紧贴 4 号楼，X 射线通过屋顶后的侧向散射采用下式进行计算。

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

H ——X 射线侧向散射周围剂量当量率（Sv/h）；

D_{10} ——靶上方 1 米处 X 射线的吸收剂量率（Gy/h）；

F ——靶上方 1 米处照射野的面积（m²）；

$f(\theta)$ ——由表 11-8 中所给的 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）；

T_l , T_e 分别为屋顶屏蔽材料的第一个和平衡十分之一值层（m）。

表 11-8 X 射线的角度分布函数 $f(\theta)$

角度 (θ)	角度分布函数 $f(\theta)$
20	0.38
30	0.26
40	0.16
50	0.10
60	0.065
70	0.035
80	0.014
85	0.005

(3) 年有效剂量

关注点处的年有效剂量由下式进行计算。

$$E = H \cdot W_R \cdot q \cdot t \cdot 10^{-3}$$

式中：

E ——关注点处的年有效剂量，mSv/a；

H ——关注点 X 射线束的剂量当量率，Sv/h；

W_R ——组织权重因数，全身取为 1。

q ——参考点所在区域的居留因子；

t ——加速器年工作时间，本项目取 4800h。

(二) 计算结果

1、各关注点处周剂量当量率

根据计算，本项目加速器运行后，机房墙外各关注点处剂量率估算值最大为 0.33μSv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中规定

的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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

2、各关注点的年有效剂量

本项目加速器年出束时间最大为 4800h，两班工作制，因此每组工作人员的年受照时间为 2400h，工作人员和公众受到的年有效剂量见下表。

表 11-13 加速器对各预测点造成的年有效剂量

预测点	预测点位置	受照类型	受照时间 (h)	居留因子	总剂量 mSv/a
A	辐照室东南侧厂区内道路	公众	4800	0.0625	$7.27\text{E}-02$
B	辐照室东南侧厂区内道路	公众	4800	0.0625	$5.44\text{E}-06$
C	辐照室西南侧厂区内空地	公众	4800	0.0625	$7.98\text{E}-04$
D	辐照室西南侧厂区内空地	公众	4800	0.0625	$2.52\text{E}-03$
G	技术值班室	职业	2400	1	$2.55\text{E}-01$
H	技术值班室	职业	2400	1	$7.82\text{E}-01$
I	总控室	职业	2400	1	$5.78\text{E}-01$
J	1 层电气室	职业	2400	0.25	$1.86\text{E}-01$
M	辐照室东北侧厂区内空地	公众	4800	0.0625	$2.32\text{E}-03$
N	辐照室东北侧厂区内空地	公众	4800	0.0625	$1.22\text{E}-02$
O	辐照室东南侧厂区内道路	公众	4800	0.0625	$5.44\text{E}-06$
2B	主机室西南侧外平台	职业	2400	0.0625	$2.92\text{E}-02$
2C	主机室西北侧四号楼内 2 层库房	公众	4800	0.25	$9.35\text{E}-04$
2D	主机室东北侧微波功率源机房东 北侧	职业	2400	0.0625	$1.77\text{E}-02$
P	10~50m 外地面公众	公众	4800	0.25	$1.26\text{E}-04$
L 点及 K 点	东北侧迷道口	职业	2400	1	$6.77\text{E}-01$
E 点及 F 点	西南侧迷道口	职业	2400	1	$3.08\text{E}-01$
/	四号楼三楼本项目最近位置处	公众	4800	0.25	$3.50\text{E}-02$
/	五号楼三楼本项目最近位置处	公众	4800	0.25	$1.08\text{E}-02$

综上分析，本项目运行后，职业人员受到的附加有效剂量最大为 0.78mSv/a ，满足职业人员 5mSv/a 管理限值要求；评价范围内公众受到的附加有效剂量最大为 0.072mSv/a ，满足公众 0.1mSv/a 管理限值要求。工作人员定岗定责，不从事其它辐射工作岗位，不存在剂量叠加的问题。

三、大气环境影响分析

1、臭氧的产生率

空气在辐射照射下产生臭氧（O₃）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，标准中要求 NO_x 浓度较高，当臭氧浓度可以满足标准要求时氮氧化物浓度同样可以满足标准要求，因此主要分析辐照时产生的臭氧。

平行电子束所致臭氧的产生率由下式计算：

$$P = 45dIG \dots\dots\dots \text{式 11-12}$$

式中：

P——单位时间电子束产生臭氧的质量（mg/h）；

I——电子束流强度，取 2mA；

d——电子在空气中的行程，结合电子在空气中的线阻止本领 $S=2.5\text{keV/cm}$ 和辐照室尺寸选取，本处取 65cm；

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数，取 10。

经计算臭氧产生量为 58500mg/h。

2、辐照室臭氧的平衡浓度

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

$$C(t) = \frac{PT_E}{V} (1 - e^{-\frac{t}{T_e}}) \dots\dots\dots \text{式 11-13}$$

式中：

C(t)——辐照室空气中在 t 时刻臭氧的浓度（mg/m³）；

P——单位时间电子束产生 O₃ 的质量（mg/h）；

T_e——对臭氧的有效清除时间（h）。

V——辐照室容积（m³）。

$$T_e = \frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots \text{式 11-14}$$

T_v——辐照室换气一次所需时间（h）；

T_d——臭氧的有效化学分解时间，取 0.83h；

此种情况下， $TV \ll T_d$ ，因而 $T_e \approx TV$ ，当长时间辐照时，辐照室内臭氧的平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_E}{V} \dots\dots\dots \text{式 11-15}$$

该项目辐照室内有效体积约 188m^3 ，通风设施设计通风量 $7500\text{m}^3/\text{h}$ ，辐照室换气一次所需时间约为 0.025h ，则 $T_v \ll T_d$ ，因而 $T_e \approx T_v$ 。当长时间辐照室，辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_E}{V} = \frac{58500\text{mg}/\text{h} \times 0.025\text{h}}{188} = 7.78\text{mg}/\text{m}^3$$

根据估算结果，当该项目配备通风量为 $7500\text{m}^3/\text{h}$ 通风设施后，辐照室内臭氧平衡浓度为 $7.78\text{mg}/\text{m}^3$ ，平衡浓度大于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 要求。

3、臭氧的排放

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

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \dots\dots\dots \text{式 11-16}$$

式中：

T ——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）。

C_0 ——《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 。

由式 11-15 计算出，电子加速器辐照装置停机后，辐照室内的排风机继续工作约 5.82min 后，辐照室内臭氧浓度可满足《室内空气质量标准》 $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 标准限值要求，也满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ）的标准限值要求。辐照室加速器停机后，继续排风 6min 以后工作人员才能进入辐照室。

四、水环境影响分析

本项目运行不产生生产废水（本项目循环冷却水不外排），工作人员产生的生活废水依托厂区管道排入城市污水管网，不外排，对周围水环境无明显影响。

五、固废环境影响分析

本项目运营期工作人员产生的办公、生活垃圾依托厂区已有收集系统统一收

集送环卫部门处置，不会对当地环境产生明显影响。

六、声环境影响分析

本项目排风系统轴流风机工作时将产生一定的噪声，但建设方拟采用的是低噪音风机，且安装于排风道内（有砖砌包裹），其噪声值不超过 65dB(A)。另外，项目营运期间，辐照材料的装卸将产生噪声，噪声值源强一般低于 60dB(A)。由以上可知，本项目设备产生的噪声对厂界噪声的贡献将会较小，因此此项目对所在区域声学环境影响较小，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准限值要求。

事故影响分析

一、事故分级

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

表 11-14 辐射事故等级划分表

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

二、辐射事故识别

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线和超剂量照射。电子加速器只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，加速器便不会再有射线产生。

本项目辐射工作人员有 10 名，根据本项目实际情况以及国内现有同类装置运行情况，可能发生的辐射事故如下：

（1）检修人员或工作人员人为将加速器安全装置旁路，仅切断了束流便进

入辐照室，加速器在高压状态下，会产生暗电流，主要为高压电场作用下灯丝表面的电子逸出、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、气体电离等也会生产各种带电粒子等，可能形成空载电流，导致人员受到照射。

（2）巡检人员忘记按下巡检开关或者紧急止动开关，还未全部撤出辐照室，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。

（3）加速器需要检修时，检修人员作业前将控制室钥匙拔下后，加速器就无法被启动，但如果忘记拔掉钥匙，而操作人员因为违反操作规程启动加速器，检修人员被误照射。

（4）有人员滞留于辐射室或者加速器主机室内，操作人员违反操作规程，未进行巡检就启动加速器，导致人员被误照射。

（5）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防护门进入辐照室，造成人员被误照射，引发辐射事故。

三、事故情况下的环境影响分析

（一）事故等级判断依据

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号），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，详见下表。

表11-15 国务院令第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	射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡
重大辐射事故	射线装置失控导致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	射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

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

表11-16 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy

	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

（二）事故类型

1、事故情景（1）

根据其他辐照装置的实际检测情况，加速器在高压状态时，最低空载束流约为额定束流的二十分之一，考虑束下空气吸收剂量率为正常运行时的二十分之一，人员在束下及周围1m处停留30s。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，入射电子能量为10MeV时，0°方向X射线发射率（也为电子线发射率）为450Gy.m².mA⁻¹.min⁻¹，束流强度为2mA，根据附录A公式(A-2)，辐照室距离X射线辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量为45Gy。

X射线的辐射权重因子为1，手部皮肤的手部皮肤的组织权重因子为0.01，计算出手部的有效剂量为0.45Sv，导致人员急性放射病发生率小于1%，为一般辐射事故。

2、事故情景(2)、(3)、(4)、(5)

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

$$D_r = D_0 / r^2 \dots\dots\dots \text{（式 11-17）}$$

式中：

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

D_0 ——距离 X 射线辐射源 1m 距离空气吸收剂量率（Gy/h）；根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1，X 射线发射率修

正系数在示例中取值为 1。辐照室内侧向 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 吸收剂量率为 1620Gy/h，主机室内侧向 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 吸收剂量率为 7.68Gy/h。

r ——居留位置与 X 射线辐射源直线距离（m）。

人员受到的有效剂量可用下式进行计算：

$$E = D \cdot W_T \cdot W_R \dots\dots\dots \text{（式 11-18）}$$

式中：

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

W_T ——组织权重因数，求和为 1；

W_R ——辐射权重因数，求和为 1。

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

由式 11-17、11-18 计算的人员可能受到的有效剂量见下表。

表 11-17 事故情况下周围人员受到的剂量估算结果

风险因子	与射线源正面距离 (m)	有效剂量 (Sv/次)	
		辐照室	主机室
X 射线	1.0	4.67	2.13E-02
	2.0	1.17	5.33E-03
	3.0	0.52	2.37E-03
	5.0	0.29	1.33E-03
	6.0	0.19	8.53E-04
	7.0	0.13	5.93E-04

由上表可以看出，辐照室内误入人员在距离靶 1m 处停留 10s，其所受有效剂量最高达 4.67Sv/次，远远超出标准规定的限值。根据表 11-16，该辐射剂量可能导致重度放射病，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（449 号令）放射性事故分级，可能发生的辐射事故为重大辐射事故；主机室内误入人员在距离 X 射线辐射源 1m 处停留 10s，其所受有效剂量最高达 21.3mSv/次，超过

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员20mSv/a 剂量限值。根据表 11-16，该辐射剂量可能导致轻度放射病，可能发生的辐射事故为一般辐射事故。

上述事故及其危害结果及其所引发的放射性事故等级见下表。

表11-18 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目装置名称	环境风险因子	事故场景	危害结果	事故等级
10MeV 电子加速器	电子线	检修人员或工作人员人为将加速器安全装置旁路，仅切断了束流便进入辐照室，加速器在高压状态下，会产生暗电流，主要为高压电场作用下灯丝表面的电子逸出、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、气体电离等也会生产各种带电粒子等，可能形成空载电流，导致人员受到照射	事故状态下手部的有效剂量为0.45Sv，导致人员急性放射病发生率小于1%。	一般辐射事故
	X射线	巡检人员忘记按下巡检开关或者紧急止动开关，还未全部撤出辐照室，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	事故状态下受照射有效剂量最大为4.67sv，导致急性放射病的死亡率高达90%。	重大辐射事故
		加速器需要检修时，检修人员作业前将控制室钥匙拔下后，加速器就无法被启动，但如果忘记拔掉钥匙，而操作人员因为违反操作规程启动加速器，检修人员被误照射。有人员滞留于辐射室内，操作人员违反操作规程，未进行巡检就启动加速器，导致人员被误照射。	事故状态下在辐照室受照射有效剂量最大为4.67sv，导致急性放射病的死亡率高达90%。	重大辐射事故
		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滞留辐照室或主机室，造成人员被误照射，引发辐射事故	事故状态下在主机室受照射有效剂量最大为21.3mSv，导致人员受到超剂量照射。	一般辐射事故

四、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设方严格执行以下风险预防措施：

1、定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

2、凡涉及对射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，辐照作业时，至

少有 2 名操作人员同时在场，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

3、每月检查机房设置的监控系统、光电联锁系统、门机联锁装置、门灯联锁装置和其他安全联锁装置，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射；

4、必须制定射线装置操作安全防护措施并严格执行，严格执行射线装置曝光前巡检，确保所有人员全部撤离辐照室和主机室后才进行辐照作业，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射；

5、每月对电子直线加速器辐照装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换；

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

7、维修人员进行加速器检修时，先关闭加速器电源，不得将安全联锁装置旁路，且需拔出控制台钥匙并按下巡检开关，并佩戴个人剂量报警仪。

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

表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

根据国家环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定要求：建设单位需设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 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。

（1）建设单位目前已成立了“辐射安全防护领导小组”，其职责包括：

- 1、负责全面组织和协调公司辐射防护与安全的全面工作；
- 2、制定辐射防护与安全的规章制度和安全操作规程，并进行日常的监督检查；
- 3、制定措施，减少辐射危害及防止辐射事故发生；
- 4、发生辐射事故时，审批和决定启动应急预案及处置；
- 5、负责辐射工作人员健康档案的建立及辐射剂量监测、体检的工作。

（2）辐射安全防护领导小组的分工是：

- 1、组长全面负责小组工作，现场指挥工作；
- 2、副组长具体负责小组工作，收集有关工作信息，各部门之间的协调，管理全公司辐射安全知识宣传工作、管理辐射工作人员的健康工作，辐射事故应急处理期间的后勤保障工作；
- 3、成员负责事发现场安全保卫工作，负责对辐射操作人员和维修人员的日常管理，人员培训工作。

3）辐射安全防护领导小组下设 EHS 部，全面配合协调领导小组的工作。

领导小组及办公室人员设置如下

表 12-1 辐射安全防护领导小组人员设置表

职务	人员
组长	王**
副组长	罗**
成员	吕**、杨**、林**、朱**、王**、涂**

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

劳动定员：本项目建设单位拟配置 10 名辐射工作人员。工作人员定岗定责，

不从事其它辐射工作岗位，不存在剂量叠加的问题，此外公司有 1 名具有大专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。

公司应当确保辐照作业时至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备 2 套个人剂量计。个人剂量计应编号定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，完善个人剂量监测及健康档案管理制度。辐射工作人员需熟悉专业技术，使之能胜任辐照工作实践，而且对安全防护与相关法规知识也需作相应了解，实际操作中须按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度，努力做好各项安全工作。辐射工作人员应严格按照生态环境部 2019 年第 57 号公告的要求，自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。

辐射安全管理规章制度

一、辐射安全综合管理要求及落实情况

本项目建设单位涉及使用Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令 第 3 号）“第十六条”、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《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位辐射安全综合管理要求落实情况见下表。

表 12-2 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射安全管理要求	落实情况	备注
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	建设单位新增使用射线装置，尚未取得辐射安全许可证	/
2	从事辐照作业的辐射工作人员应严格按照生态环境部 2019 年第 57 号公告的要求，自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（ http://fushe.mee.gov.cn ）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗	建设单位需安排辐射工作人员参加辐射安全培训，在项目建成并完成验收后持证上岗	/
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	建设单位成立了辐射安全与环境保护领导小组	/
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	建设单位需配置	/
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，	建设单位需制定	/

	制定相应辐射事故应急预案，特别应做好辐照装置实体保卫及防护措施		
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理制度及辐射工作单位基础档案	建设单位拟建立相应的制度	/
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	建设单位需进行相应的监测并建立档案	/
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	建设单位需配置	/
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	建设单位需要实施	/

二、辐射安全管理规章制度要求及落实情况

根据《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的相关规定，建设单位需制定的规章制度见下表。

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	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	需制定	/
2		辐射安全防护管理规定（综合性文件）	需制定	文件中关于辐射工作场所安全管理要求的内容应张贴于辐射工作场所墙上
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	需制定	包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等
4		射线装置台账管理制度（转让、使用、报废）	需制定	/
5	场所监测	场所分区管理规定	需制定	/
6		电子加速器操作规程	需制定	需张贴于辐射工作场所墙上
7		辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	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/再培训管理制度	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	需张贴于辐射工作场所墙上
12	应急	辐射事故/事件应急预案	需制定	预案中“辐射事故应急响应程序”张贴于工作场所墙上

公司同时应认真组织学习《核安全文化宣贯推进专项行动教材——核安全文化培训手册》（国家核安全局 2014 年 11 月），重视并加强核安全文化建设。

在制定规章制度时，需注意以下问题：

(1) 《辐射监测方案》中应包含：公司应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；公司定期（监测周期为1次/月）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。

(2) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过1.25mSv的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认。

(3) 《辐射工作人员培训制度》中应包括：自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。

需要上墙的规章制度：《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。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。公司应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

三、档案资料

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》，射线装置辐射工作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。档案资料可分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“和“废物处置记录”。

以下资料也须纳入档案管理。

(1) 生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况。

(2) 辐照作业活动期间的相关记录和日志。

(3) 辐照活动期间异常情况说明以及其他需要记录的有关情况。

建设单位应当根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。建设单位应按《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》内要求，落实辐射安全档案资料归档工作。

四、辐射安全许可证发放条件

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（保护部令第3号）中第十六条使用射线装置的单位申领辐射安全许可证时，应当具备一些条件，具体要求见下表。

表 12-4 《辐射安全许可证》发放条件要求

序号	要求	备注
1	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	已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构
2	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	拟落实
3	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	已设计，待落实
4	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，包括个人剂量报警仪、辐射测量仪器等	拟落实
5	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、人员培训计划、监测方案	拟落实
6	有完善的辐射事故应急措施	拟落实

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用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）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《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

本项目拟配置 10 名辐射工作人员，共需个人剂量计 20 个，成都慕道尔精密模塑有限公司需将个人剂量计定期（每季度一次）送有资质的单位进行检定，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）及《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）做好个人剂量管理的工作，目前建设单位辐射工作人员因工作场所还未建成，尚未配备个人剂量计。

①加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，送检周期最长不超过 90 天，专人专戴；

②当单季度辐射工作人员个人剂量检测数值超过 1.25mSv，建设单位要对该工作人员进行干预；当连续一年内个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行超标原因调查，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；当连续 5 年的平均个人剂量超过 20mSv 或单年个人剂量超过 50mSv 时，需要启动辐射事故应急预案；

③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。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128--2019）中职业照射个人剂量档案终生保存，公司应当将个人剂量档案终生保存；

④保证每名辐射工作人员定期进行职业健康检查，没有检查要说明原因，检测结果异常要分析说明原因。

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，在比较均匀的辐射场，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。

二、辐射工作场所及周围环境辐射监测

1、监测项目

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，本项目电子加速器辐射环境监测项目包括 X- γ 射线空气吸收剂量率，本项目循环冷却水不外排，因此不需要监测外排废水的总 α 、总 β 。

2、监测频度：

自行监测：建设单位每季度自行监测一次 X- γ 射线空气吸收剂量率，在射线装置每次检修后监测一次 X- γ 射线空气吸收剂量率。

委托监测：建设单位委托有监测资质单位至少每年监测 1 次 X- γ 射线空气吸收剂量率。监测报告附录到年度自查评估报告中；并于每年 1 月 31 日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）提交。建设单位委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监测。

3、监测设备：

X- γ 射线空气吸收剂量率：便携式 X- γ 辐射监测仪

4、监测质量保证

a.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公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

b.监测必须采用国家颁布的标准方法或推荐方法；

c.制定辐射环境监测管理制度。

d.监测人员须经过技术培训。

本项目监测计划列于下表。

表 12-5 监测计划一览表

项目	监测频次		监测范围
辐射工作场所及周围环境辐射监测	委托监测	委托有资质单位每年监测一次	1、辐照装置迷道口（货物进出口及防护门外 30cm 处）
		验收时监测一次	2、辐照室及主机室墙外 30cm 处，点位不限于电气室、总控室、技术值班室、微波功率源室内靠近辐照机房的墙面外 30cm 处，每个墙面至少 3 个点；
	自我监测	建设单位每季度自行监测一次	3、机房墙体外 10m 处地面； 4、线缆或管道穿墙孔洞处。
个人剂量监测	全部辐射工作人员每季度 1 次		10 名辐射工作人员进行曝光作业时佩戴个人剂量计（个人剂量计应于每季度送检），每次作业时个人剂量计应该佩戴于胸前。

三、年度评估

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》，核技术利用单位应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

辐射事故应急**一、辐射事故应急相应机构**

成都慕道尔精密模塑有限公司已成立辐射安全与环境保护领导小组，负责公司内辐射事故的处理和调查工作。

二、辐射事故应急预案

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、省生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

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，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

公司应当根据以上要求，同时结合本项目实际情况来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案进行补充修改，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：血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目

建设单位：成都慕道尔精密模塑有限公司

建设性质：新建

辐照对象：建成后用于成都欧赛医疗器械有限公司生产的血液透析器及配套透析耗材的灭菌。

建设地点：成都市双流区西南航空港经济开发区西航港大道 2401 号 4 号楼 1 层内南侧及 4 号楼东南侧通道处，具体地理位置图见附图 1。

二、本项目产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），本项目属于“第一类 鼓励类”-“六、核能”——“6、同位素、加速器及辐照应用技术开发”，项目符合国家现行产业发展政策。

三、项目所在地区环境质量现状

本项目运营期对所在区域的大气、地表水、声学环境质量基本无影响，因此本次评价不对项目所在地的大气、地表水、声学环境质量现状进行详细调查评价。

成都慕道尔精密模塑有限公司血液净化医疗耗材辐照（电子束）灭菌项目拟建辐照装置及周围外环境 X- γ 剂量率水平在 88~99nGy/h 之间，与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

四、环境影响评价分析结论

（一）施工期

本项目施工期较短，通过采取相应的防治措施，对周围环境影响较小。

（二）营运期

1、辐射环境影响分析

本项目职业人员、公众所受年有效剂量满足本次评价确定剂量约束值要求；四周屏蔽体的设计厚度均满足屏蔽效能校核厚度，能够满足辐射防护要求。

2、大气的环境影响分析

产生的臭氧较少，采用机械通排风设施排入大气后，经大气稀释自然扩散后，可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准要求，对周围大气环境影响轻微。

3、水环境影响分析

生活污水依托厂区预处理池处理后，排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

通过采取上述废水处理措施后，废水可达标排放，对周围环境的影响很小。

4、固体废物环境影响分析

生活垃圾经收集后由当地环卫部门统一清运处理，固体废物处置对周围环境的影响很小。

5、声环境影响分析

本项目产噪设备主要为排风机运行噪声。通过选用低噪音风机，并在风道安装阻抗式消声器，轴流风机内嵌与排风道中，经建筑隔噪及距离衰减后，厂界噪声可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类功能区标准限值要求。

五、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求制订辐射事故应急预案和安全规章制度，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。

六、环保设施与保护目标

建设单位需配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、辐射安全管理的综合能力

建设单位根据相关法律法规及国家标准的要求，成立辐射安全领导小组，需制定的制度建立后，可以满足安全管理要求，但建设单位务必严格执行，并在项目运营过程中继续修订、补充和完善，以适应后期运行需求。经过采取上述措施工厂具备辐射安全管理的综合能力。

八、项目环保可行性结论

本评价认为：在坚持“三同时”原则，采取切实可行的环保措施，特别是认真落实设计单位及本报告提出的各项防治措施后，本项目建设在辐射安全和环

境保护角度是可行的。

建议和承诺

1、认真学习国家环保法规政策，提高安全文化素养，增强辐射防护意识；要求职工严格执行各项安全管理规章制度和安全技术操作规程；将相关安全操作规程和应急预案等张贴于工作场所墙上，提醒工作人员。操作人员必须持有主管部门、专业部门颁发的操作证，按规定参加培训考核。

2、每年对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，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日前上报省生态环境厅，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核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况；⑨接受辐射防护知识培训。

3、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>）中实施申报登记。申领、延续、更换辐射安全许可证、新增或注销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。

4、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

项目	环保设施
屏蔽措施	包括 1 层辐照室四周混凝土墙体及屋顶、2 层加速器主机室四周混凝土墙体及屋顶、栅栏门 2 扇、防护门 2 扇。混凝土浇筑需要连续施工
安全装置	电离辐射警告标志 3 套
	门机联锁装置 3 套
	门机联锁装置 1 套
	计数钥匙保护（与加速器连锁）1 套
	束下装置联锁 1 套
	工作状态指示灯 5 套且与加速器连锁（门灯连锁）
	监控系统 1 套
	门内紧急开门按钮 2 套
	应急照明及紧急出口指示标识 1 套
	灯光和声音报警 3 套
	剂量联锁（固定式剂量探测器 2 套）
	防误入装置（行人红外光电联锁）8 个
	通风联锁 1 套
	烟雾报警仪 4 个，且与通风连锁
	清场巡检开关 7 个
	急停装置（急停开关及拉线开关）17 个含标识
监测设备及警示装置	固定式辐射剂量监测仪 2 套
	个人剂量报警仪 2 个
	个人剂量计 20 个（1 人 2 个）
	便携式辐射监测仪 1 台
	两区划分地标线若干
废气处理	7500m ³ /h 风机 1 台、高于 1 号楼（4F）屋顶 5m 以上排风管道 1 套
噪声治理	排风机减振、隔声
综合管理	辐射工作人员上岗培训及应急培训
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练等）
	制度上墙

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