

编号：BG-ZFFB24220006

核技术利用建设项目

四川长生华大生物科技有限公司

新建工业辐照加速器项目

环境影响报告表



四川长生华大生物科技有限公司

2024 年 3 月

生态环境部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称	四川长生华大生物科技有限公司新建工业辐照加速器项目				
建设单位	四川长生华大生物科技有限公司				
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址	四川省成都市郫都区现代工业港南片区正港路 259 号				
项目建设地点	四川省成都市郫都区现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房				
立项审批部门	郫都区行政审批局		批准文号	川投资备【2402-510124-04-01-906596】FGQB-0060 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	☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）	/
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	/			

1.1 建设单位概况

四川长生华大生物科技有限公司成立于 2024 年，坐落于四川省成都市郫都区。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、辐照安全追溯体系等。

本项目已进行投资项目备案，并取得了《四川省固定投资项目备案表》（川投资备【2402-510124-04-01-906596】FGQB-0060 号），备案内容中为两条 10MeV、50kW 电子束加速器辐照装置，配套采购辐照安全智能检测系统，智能监控系统，数字化处理系统。备案表详见附件 3。

四川长生华大生物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

四川长生华大生物科技有限公司租用成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路259号（成都市成塑线缆有限公司）厂区4号闲置厂房（4#厂房地上1层、无地下室）西北约4539平方米，新建辐照车间，并在车间内新建1间电子加速器机房。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。机房内购置2台10MeV电子加速器用于辐照灭菌，主要为企业内部及外部提供辐照灭菌服务，辐照对象主要为食品、药品、医疗用品等。本项目租赁厂房目前为闲置厂房，未进行任何生产活动，未发现环境遗留问题。

四川长生华大生物科技有限公司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。考虑到部分产品对辐照剂量率要求比较严格，需要短时间内进行高效辐照，并且减少产品的单次辐照时间，提高产品的辐照周转率，防止一些时效性比较高的产品不会因为等待时间过长而变质。因此，四川长生华大生物科技有限公司拟在1间加速器机房内购置2台10MeV电子加速器用于辐照灭菌。

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，四川长生华大生物科技有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“四川长生华大生物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，供生态环境主管部门审查。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 项目名称：四川长生华大生物科技有限公司新建工业辐照加速器项目
- (2) 建设单位：四川长生华大生物科技有限公司
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设地点：四川省成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房

1.3.2 项目建设内容与建设规模

四川长生华大生物科技有限公司（以下简称“建设单位”）拟在成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房新建 1 间电子加速器机房（以下简称“加速器机房”）。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，经加速后的电子线束经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，属于 II 类射线装置，电子束最大能量 10MeV，束流强度 5.0mA，主束方向向下。

加速器机房 1 层辐照室东南侧和西北侧墙体均为 2500mm~2800mm 厚混凝土，东北侧墙体为 3000mm 厚混凝土，顶部为 680mm~1350mm 厚混凝土，西南侧“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。辐照室出入口分为两个出入口：人员巡检出入口设置普通不锈钢门，宽 910mm，高 2000mm；货物传送带出入口宽 1290mm，高 1500mm，两侧设有围栏。货物传送带宽 1080mm，高 900mm；辐照室内人员通道宽 635mm~1010mm，能够满足人员应急需求。

加速器机房 2 层主机室西北侧“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，主机室东北侧墙体为 2000mm 厚混凝土，东南侧墙体为 2400mm 厚混凝土，西南侧墙体为 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普通不锈钢门。

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	建设内容及建设规模	可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	四川长生华大生物科技有限公司拟在成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房新建 1 间电子加速器机房。加速器机房为二层钢筋混凝土建	施工中产生的扬尘、建筑垃圾、	X 射线、臭氧和氮氧化物、噪声

	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 1 层辐照室东南侧和西北侧墙体均为 2500mm~2800mm 厚混凝土，东北侧墙体为 3000mm 厚混凝土，顶部为 680mm~1350mm 厚混凝土，西南侧“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。辐照室出入口分为两个出入口：人员巡检出入口设置普通不锈钢门，宽 910mm，高 2000mm；货物传送带出入口宽 1290mm，高 1500mm，两侧设有围栏。货物传送带宽 1080mm，高 900mm；辐照室内人员通道宽 635mm~1010mm，能够满足人员应急需求。 加速器机房 2 层主机室西北侧“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，主机室东北侧墙体为 2000mm 厚混凝土，东南侧墙体为 2400mm 厚混凝土，西南侧墙体为 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普通不锈钢门。		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。	
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 处设备平台，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	辐射屏蔽	加速器机房辐照室和主机室墙体均采用密度不小于 2.35g/cm ³ 的混凝土浇筑，本项目两台辐照加速器同时运行时产生的 X 射线和电子束经过混凝土墙体的屏蔽后，对本项目辐射工作人员和周围公众产生的辐射剂量能够满足标准要求。		X 射线和电子束
	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	加速器机房内设计有机排风系统，辐照室设置 1 个排风口，排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 4#厂房建筑楼顶排放，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	货物传送带出入口为非封闭式，辐照室由传送带出入口处自然补风。		生活垃圾
	本项目运行期间产生的生活垃圾经分类收			

	处理	集后，由当地环卫部门清运。		
--	----	---------------	--	--

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	$5.0 \times 10^5 \text{ kW} \cdot \text{h}$	城市电网	机房及辅助用房用电	/
水	生活用水	140 m^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	辐照射线 类型	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

建设单位根据辐照产品的订单数量和辐照要求，当辐照产品订单数量不多或产品无特殊辐照要求时，仅使用 1 台加速器；当 1 台加速器无法满足辐照使用要求，再同时使用第 2 台加速器。

本项目根据建设单位运行计划，考虑对环境影响最不利因素，评价按 2 台加速器同时运行、连续作业方式进行预测分析，2 台加速器每天同时工作（出束）16h，平均年运行时间为 300 天，2 台加速器全年辐照装置出束均为 4800h。

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（对常用安全设备、重要安全设备或安全程序、辐照装置的安全状况进行检查），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），不涉及设备检修和故障维修。设备安装调试、故障维修、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相应类别的培训，并报名集中考核，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 相关规划符合性分析

1.6.1 “三线一单”符合性分析

本项目位于成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号，项目中心经纬度为：E103.883，N30.776。经查询四川省政务服务网“‘三线一单’符合性分析”在线系统，本项目情况如下：

项目位于成都市郫都区环境综合管控单元工业重点管控单元（管控单元名称：成都现代工业港，管控单元编号：ZH51011720004），项目与管控单元相对位置如下图所示：（图中▼表示项目位置）

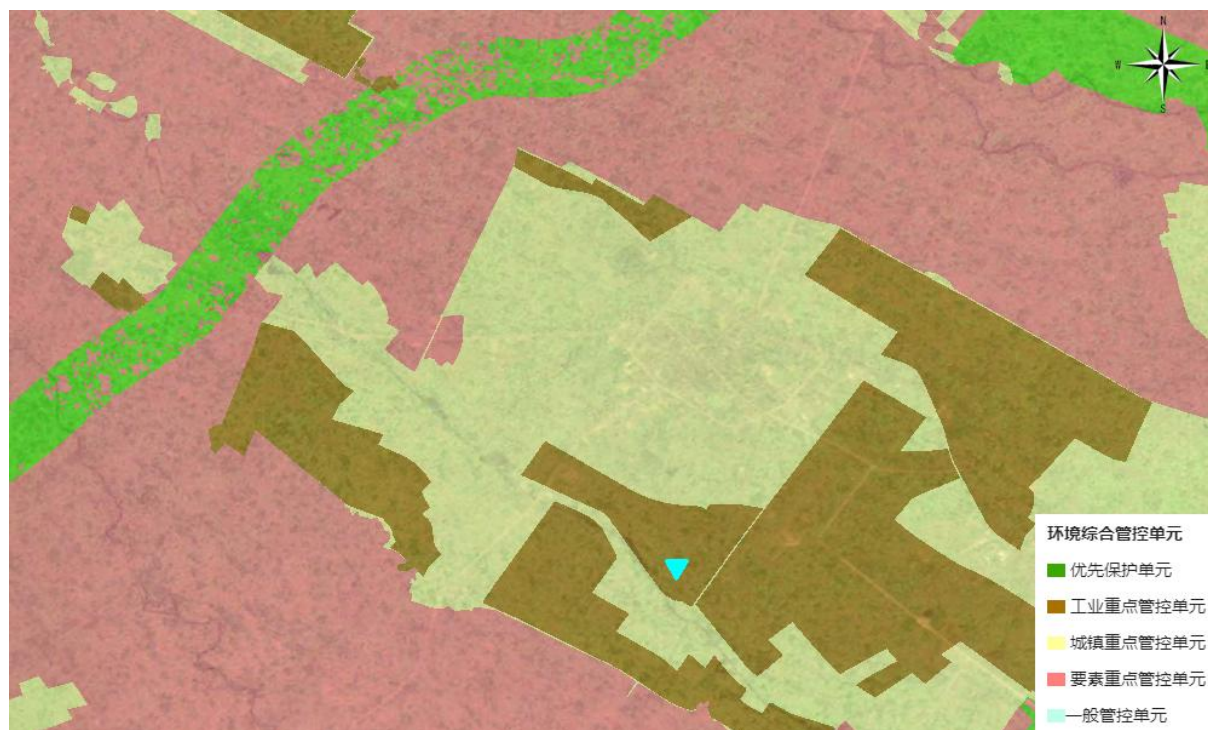


图1-1 项目所在地环境综合管控单元图

本项目共涉及 5 个管控单元，其管控要求符合性分析见下图：

“三线一单” 符合性分析

按照相关管理要求，本系统查询结果仅供参考。

四川长生华大生物科技有限公司新建工业辐照加速器项目

核辐射加工

选择行业

103.883

查询经纬度

30.776

立即分析

重置信息

导出文档

导出图片

分析结果

项目四川长生华大生物科技有限公司新建工业辐照加速器项目所属核辐射加工行业，共涉及5个管控单元，若需要查看管控要求，请点击右侧导出按钮，导出管控要求进行查看。

序号	管控单元编码	管控单元名称	所属城市	所属区县	准入清单类型	管控类型
1	ZH51011720004	成都现代工业港	成都市	郫都区	环境综合	环境综合管控单元工业重点管控单元
2	YS5101172310002	成都现代工业港	成都市	郫都区	大气环境分区	大气环境高排放重点管控区
3	YS5101172530002	郫都区城镇开发边界	成都市	郫都区	资源利用	土地资源重点管控区
4	YS5101172540002	郫都区高污染燃料禁燃区	成都市	郫都区	资源利用	高污染燃料禁燃区
5	YS5101172550002	郫都区自然资源重点管控区	成都市	郫都区	资源利用	自然资源重点管控区

图1-2 “三线一单”符合性分析查询结果

根据四川省“三线一单”数据网址 (http://103.203.219.138:8083/gis2/n_index.html) 查询, 项目不涉及成都市生态保护红线 (图中▼表示项目位置)。

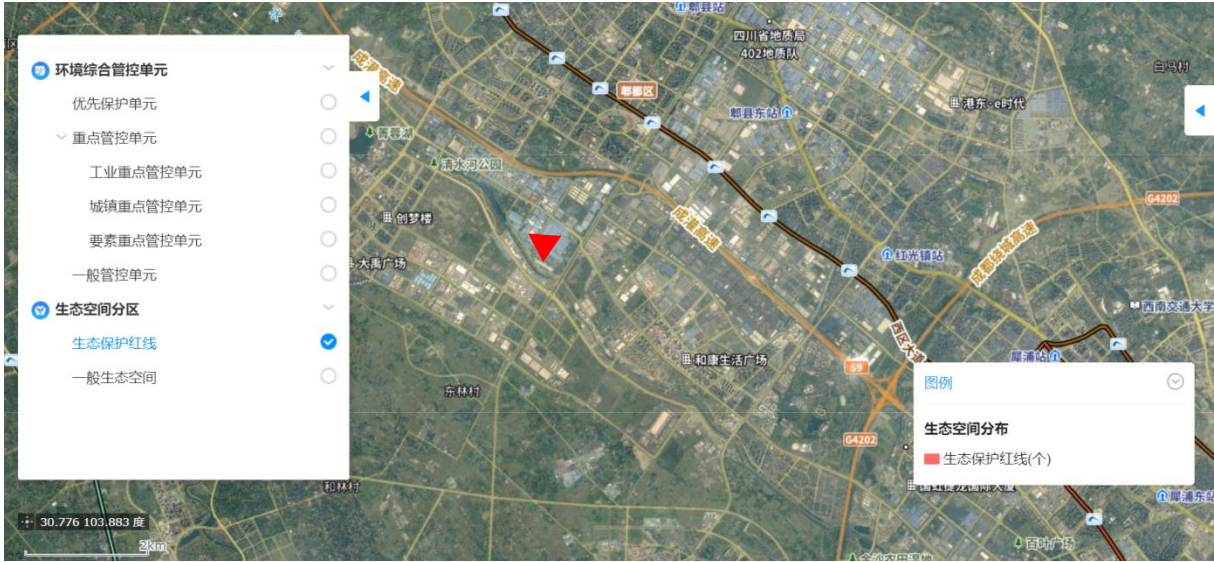


图1-3 项目与生态红线位置关系

根据《成都市人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》（成府发〔2021〕8号），为实现生态环

境精细化管理，建立国土空间全覆盖的生态环境保护制度，将全市行政区域从生态环境保护角度划分为优先保护、重点管控和一般管控三类环境管控单元，本项目属于工业重点管控单元，总体管控要求为：重点管控单元中，针对环境质量是否达标以及经济社会发展水平等因素，制定差别化的生态环境准入要求，对环境质量不达标区域，提出污染物削减量及比例要求，对环境质量达标区域提出允许排放量建议指标。本项目针对各类污染物均提出了治理要求，并达标排放，无总量控制指标要求，不会对环境造成明显影响。同时本项目所在地具有丰富的水资源及电力资源，本项目运营过程中加强管理，避免浪费不会超出资源利用上限，则本项目符合生态环境准入清单分区管控要求。本项目所在地其余管控单元分析如下表所示：

表1-4 管控要求符合性分析

环境管控单元编码	环境管控单元名称	成都市普适性清单	管控类别	单元特性管控要求	本项目情况	符合性
YS51011 72310002	成都现代工业港	空间布局约束： 禁止开发建设活动的要求 暂无 限制开发建设活动的要求 暂无 不符合空间布局要求活动的退出要求 暂无 其他空间布局约束要求 暂无 污染物排放管控： 允许排放量要求 暂无 现有源提标升级改造 暂无 其他污染物排放管控要求 暂无 环境风险防控： 联防联控要求 暂无 其他环境风险防控要求 暂无 资源开发利用效率要求： 水资源利用总量要求 暂无 地下水开采要求 暂无 能源利用总量及效率要求 暂无	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求 禁止在本市规划已确定的通风廊道区域内新建、改建、扩建排放大气污染物的工业项目 限制开发建设活动的要求 / 允许开发建设活动的要求 / 不符合空间布局要求活动的退出要求 / 其他空间布局约束要求 /	本项目为核技术利用项目，建设单位租用现代工业港南片区正港路259号成都成塑线缆已建厂房作为其生产车间和办公用房，不新增用地，用地符合郫都区总体规划；不属于高污染、使用高污染燃料、涉VOCs重污染项目；为鼓励类产业，符合国家产业政策；本项目运营过程中主要消耗一定量的电能和少量城市生活用水，消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不使用高耗	符合
			污染物排放管控	大气环境质量执行标准 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）：二级 区域大气污染物削减/替代要求 严控协调管控区内主要大气污染物排放强度和总量，建设项目主要大气污染物总量替代来源原则上优先考虑通风廊道内排污单位。 燃煤和其他能源大气污染控制要求 / 工业废气污染控制要求 1、全面淘汰10蒸吨/小时及以下燃煤锅炉，原则上不再新建35蒸吨/小时及以下的燃煤锅炉，推进县级及以上城市建成区淘汰35蒸吨/小时及以下燃煤锅炉，以工业余热、电厂热力、清洁能源等替代煤炭。 2、加快推进火电、钢铁、铸造（含烧结、球团、高炉工序）水泥、焦化行业燃煤锅炉和工业炉窑超低排放改造及深度治理。稳步实施陶瓷、玻璃、铁合金、有色、砖瓦等行业企业深度治理，推进		

		禁燃区要求 暂无 其他资源利用效率要求 暂无	工业炉窑煤改电（气）和低氮燃烧改造。全面加强钢铁、建材、有色、焦化、铸造重点行业无组织排放治理。生物质锅炉采用专用锅炉，配套布袋等高效除尘设施，禁止掺烧煤炭、垃圾等其他物料。 3、在禁燃区内，禁止销售、燃用高污染燃料；禁止新建、扩建燃用高污染燃料的设施，已建成的，应当在城市人民政府规定的期限内改用天然气、页岩气、液化石油气、电或其他清洁能源。 机动车船大气污染控制要求 / 扬尘污染控制要求 / 农业生产经营活动大气污染控制要求 / 重点行业企业专项治理要求 1、加快实施低 VOCs 含量原辅材料替代。持续开展 VOCs 治理设施提级增效，对采用单一低温等离子、光氧化、光催化以及非水溶性 VOCs 废气采用单一喷淋吸收等治理技术且无法稳定达标的，加快推进升级改造。强化 VOCs 无组织排放整治。石化、化工等行业加强非正常工况废气排放管控。推进涉 VOCs 产业集群治理提升。 2、先期推动工业涂装、制药、建材（水泥、陶瓷、玻璃和砖瓦窑）、包装印刷、家具制造等行业编制环境影响报告书（表）的工业项目率先试点，在项目环评时应满足《重污染天气应急减排措施制定技术指南（2020 修订版）》中绩效分级 A 级（B 级）或引领性企业对原辅材料、污染物排放水平、污染治理技术等方面的要求，并逐步扩大实施行业范围。 其他大气污染物排放管控要求 /	能、低效率的设备。建设单位拟制定辐射事故应急预案。	
--	--	--	--	----------------------------------	--

			环境 风险 防控	/		
			资源 开发 效率 要求	/		
YS51011 72530002	郫都区城 镇开发边 界	空间布局约束： 禁止开发建设活动的要求 暂无 限制开发建设活动的要求 暂无 不符合空间布局要求活动的退出要求 暂无 其他空间布局约束要求 暂无 污染物排放管控： 允许排放量要求 暂无 现有源提标升级改造 暂无 其他污染物排放管控要求 暂无 环境风险防控： 联防联控要求 暂无 其他环境风险防控要求 暂无 资源开发利用效率要求： 水资源利用总量要求 暂无 地下水开采要求	空间 布局 约束	1.以城镇开发建设现状为基础，综合考虑资源承载能力、人口分布、经济布局、城乡统筹、城镇无序蔓延科学预留一定比例的留白区，为未来发展留有发展空间城镇建设和发展不得违法违规侵占河道、湖面、滩地 2.城镇开发边界调整报国土空间规划原审批机关审批	本项目位于成都市郫都区现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房，用地性质为工业用地。	符合
			污染 物排 放管 控	/	本项目为核技术利用项目，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，对周围大气环境的影响较小；不属于使用高污染燃料的项目，不涉及污染物排放总量；本项目运营过程中主要消耗一定量的电能和少量城市生活用水，	符合

		暂无 能源利用总量及效率要求 暂无 禁燃区要求 暂无 其他资源利用效率要求 暂无			消耗量相对区域资源利用总量较少，且项目不使用高耗能、低效率的设备。	
			环境 风险 防控		/	/
			资源 开发 效率 要求	土地资源开发效率要求 土地资源开发利用量不得超过土地资源利用上线控制性指标。 能源资源开发效率要求 其他资源开发效率要求	/	/
YS51011 72540002	郫都区高污染燃料禁燃区		空间 布局 约束	坚决遏制“两高一低”项目盲目发展	本项目为建设单位租用现代工业港南片区正港路 259 号成都成塑线缆已建厂房作为其生产车间和办公用房，不新增用地，用地符合郫都区总体规划。	符合
			污 染 物 排 放 管 控	/	/	/
			环境 风险 防控		/	/

			资源开发效率要求	土地资源开发效率要求 能源资源开发效率要求 能源消耗、污染物排放不得超过能源利用上线控制性指标。 其他资源开发效率要求	本项目为建设单位租用现代工业港南片区正港路 259 号成都成塑线缆已建厂房作为其生产车间和办公用房，不新增用地，用地符合郫都区总体规划。	符合
YS51011 72550002	郫都区自然资源重点管控区		空间布局约束	/	/	/
			污染物排放管控		/	/
			环境风险防控		/	/
			资源开发效率要求	土地资源开发效率要求 能源资源开发效率要求 其他资源开发效率要求	/	/
ZH51011 720004	成都现代工业港	空间布局约束： 禁止开发建设活动的要求 1、禁止引入不符合国家法律法规和相关政策明令禁止的项目； 2、禁止在长江干支流、重要湖泊岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。 (重要湖泊名录详见《四川省、重庆市长江	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求 1、禁止引入印制电路板制造、表面处理代加工项目； 2、其余执行工业重点管控单元普适性管控要求 限制开发建设活动的要求 1、新、改、扩建涉无组织排放的建设项目与园区内外环境敏感目标之间留有不低于 100 米的控制	本项目为核技术利用项目，建设单位租用现代工业港南片区正港路 259 号成都成塑线缆已建厂	符合

		经济带发展负面清单实施细则(试行,2022年版)》附件9)； 3、按《四川省化工园区认定管理办法》要求,未通过认定的化工园区,不得新建、改扩建化工项目(安全、环保节能和智能化改造项目除外),按属地原则依法依规妥善做好未通过认定化工园区及园区内企业的转型、关闭、处置及监管工作； 4、新建危险化学品生产项目必须进入一般或较低安全风险的化工园区(与其他行业生产装置配置建设的项目除外),引导其他石化化工项目在化工园区发展； 5、禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目； 6、禁止生产高 VOCs 含量有机溶剂型涂料、油墨和胶黏剂的新、扩建项目。 7、禁止在本市规划已确定的通风廊道区域内新建、改建、扩建排放大气污染物的工业项目； 8、严控通风廊道协调管控区内主要大气污染物排放强度和总量,工业项目主要大气污染物总量替代来源原则上优先考虑通风廊道内排污单位； 9、严格环境准入,优化涉重金属产业结构和布局,推进位于环境敏感区和城市建成区环境风险高的大中型重点行业企业搬迁改造； 10、禁止在沱江流域新建、改建、扩建增加含磷污染物排放的建设项目；强化工业领域总磷污染防治,禁止在工业循环冷却水除垢、杀菌过程中加入含磷药剂。	距离(以建构筑物间距离计算),控制距离内禁止新建居民区、学校、医院、养老院等环境保护目标； 2、其余执行工业重点管控单元普适性管控要求允许开发建设活动的要求 / 不符合空间布局要求活动的退出要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 其他空间布局约束要求 /	房作为其生产车间和办公用房,不新增用地,用地符合郫都区总体规划；不属于高污染、使用高污染燃料、涉 VOCs 重污染项目；为鼓励类产业,符合国家产业政策；本项目运营过程中主要消耗一定量的电能和少量城市生活用水,消耗量相对区域资源利用总量较少,且项目不使用高耗能、低效率的设备。建设单位拟制定辐射事故应急预案。	符合
			污染排放管控 现有源提标升级改造 1、包装印务、食品加工、医药企业禁止新增大气污染物的排放量； 2、其他执行工业重点管控单元普适性管控要求。新增源等量或倍量替代 执行工业重点管控单元普适性管控要求 新增源排放标准限值 执行工业重点管控单元普适性管控要求 污染物排放绩效水平准入要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 其他污染物排放管控要求 /		
			环境风险防控 严格管控类农用地管控要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 安全利用类农用地管控要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 污染地块管控要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 园区环境风险防控要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 企业环境风险防控要求 1、禁止新、改、扩建环境风险潜势 IV 级以上(不包括 IV 级)的项目；		

		限制开发建设活动的要求 1、严控列入产业结构调整指导目录限制类行业的项目；2、禁止新建、扩建不符合国家产能置换要求的严重过剩产能行业的项目；严格控制新（改、扩）建高耗能、高排放项目，严格执行钢铁、水泥、平板玻璃、电解铝等行业产能置换政策；3、长江干流及主要支流岸线1公里范围内，严控新建石油化工、煤化工、涉磷、造纸、印染、制革等项目；4、坚决遏制“两高一低”项目盲目发展。对高耗能、高排放、低水平项目实行清单管理、分类处置、动态监控。科学评估拟建项目，对于产能已饱和的行业，按照“减量替代”原则压减产能；对于产能尚未饱和的行业，按照国家布局和审批备案等要求，对标国际先进水平提高能效准入门槛；对于能耗量较大的新兴产业，支持引导企业应用绿色技术，提高能效水平；严格项目准入，严控新增炼油、乙烯、合成氨、电石生产能力，加大落后产能淘汰力度。 不符合空间布局要求活动的退出要求 1、现有属于禁止、限制引入产业门类的项目，原则上限制发展，允许企业在一定期限内以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建，污染物排放只降不增，引导企业结合产业升级等适时关停或搬迁；2、工业生产中可能产生恶臭气体但未按要求设置合理防护距离的排污单位，引导企业适时搬迁。 其他空间布局约束要求 / 污染物排放管控： 允许排放量要求 /		2、禁止新、改、扩建构成重大危险源的项目； 3、其余执行工业管控单元普适性管控要求。 其他环境风险防控要求 /		符合
			资源开发效率要求	水资源利用效率要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 地下水开采要求 / 能源利用效率要求 执行工业重点管控单元普适性管控要求 其他资源利用效率要求 /		

		现有源提标升级改造 1、污水收集处理率达 100%；排放标准根据流域及其水质现状等提出相应标准。岷江、沱江流域现有及扩建工业园区污水处理厂执行《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）；2、加快推进火电、钢铁、水泥、和工业炉窑超低排放改造及深度治理，稳步实施石化、钢铁、陶瓷、玻璃、垃圾发电、工业涂装和砖瓦等行业企业深度治理，推进工业炉窑煤改电（气）和低氮燃烧改造，深度治理后的颗粒物（PM）、二氧化硫（SO₂）、NO_x、NMHC 的排放按照《四川省大气污染物工程减量指导意见（2023-2025 年）》中的要求执行； 3、推广低（无）VOCs 含量原辅材料。进一步提高木质家具制造、包装印刷、医药化工等行业低 VOCs 原辅材料替代率；加快挥发性有机物废气治理技术和治理设施升级改造，推进深度治理；4、持续推进在用锅炉提标改造，执行《成都市锅炉大气污染物排放标准》（DB51/2672-2020）要求。 其他污染物排放管控要求 1、上一年度水环境质量未完成目标的，相关污染物应按照建设项目所需替代的主要污染物排放总量指标 2 倍削减替代；上一年度空气质量年平均浓度不达标的，主要污染物应按照建设项目所需替代的主要污染物排放总量指标 2 倍削减替代（燃煤发电机组大气污染物排放浓度基本达到燃气轮机组排放限值的除外）。地方有更严格倍量替代要求的,按照相关规定执行；2、到 2025 年，全市涉重金属重点行业重点重金属污染物				
--	--	--	--	--	--	--

		排放量比 2020 年下降 5.5%。新、改、扩建重点行业建设项目应遵循重点重金属污染物排放遵循“等量替代”原则。按国家规定，建设单位在提交环境影响评价文件时应明确重点重金属污染物排放总量及来源,无明确具体总量来源的，各级生态环境部门不得批准相关环境影响评价文件；3、从严标准执行。全域执行《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）及《成都市锅炉大气污染物排放标准》（DB51/2672-2020）；全域执行大气污染物特别排放限值；全域落实挥发性有机物无组织排放控制标准中的特别控制要求；4、工业固体废弃物利用处置率达 100%，危险废物处置率达 100%；5、电子信息行业、汽车制造行业新、改、扩建项目鼓励参考执行《长江经济带战略环境评价四川省成都市“三线一单”生态环境分区管控优化完善研究报告》中提出的相应行业资源环境绩效指标要求；6、推进老旧燃气锅炉和成型生物质锅炉低氮燃烧改造或改电工作；7、推动工业涂装、制药、建材（水泥、陶瓷、玻璃和砖瓦窑）、包装印刷、家具制造等重点行业率先试点，在项目环评时应满足《重污染天气应急减排措施制定技术指南（2020 修订版）》中绩效分级 A 级或引领性企业、B 级企业对原辅材料、污染物排放水平、污染治理技术等方面的要求，并逐步扩大实施工业范围。8、落实《四川省深入打好重污染天气消除、臭氧污染防治和柴油货车污染治理攻坚战实施方案》要求，推进重点行业超低排放改造和深度治理，加快实施低 VOCs 含量				
--	--	---	--	--	--	--

		原辅材料替代,持续开展 VOCs 治理设施提级增效,强化 VOCs 无组织排放整治,加强非正常工况废气排放管控,推进涉 VOCs 产业集群治理提升,推进油品 VOCs 综合管控。 环境风险防控: 联防联控要求 / 其他环境风险防控要求 1、排放有毒有害污染物的企业事业单位,必须建立环境风险预警体系,加强信息公开。纳入《四川省突发环境事件应急预案备案行业名录》的企业应当编制突发环境事件应急预案;2、构建三级环境风险防控体系,强化危化品泄漏应急处置措施,确保风险可控;定期开展环境风险事故应急演练;3、化工园区应按照《四川省化工园区认定管理办法》(川经信规[2023]3 号)中的具体要求,具有安全风险监控体系、建立生态环境监测监控体系、建立必要的突发环境事件应急体系;4、有色金属冶炼、石油加工、化工、焦化、电镀、制革等行业企业拆除生产设施设备、构筑物和污染治理设施,要事先制定残留污染物清理和安全处置方案,并报所在地县级环境保护、工业和信息化部门备案;要严格按照有关规定实施安全处理处置,防范拆除活动污染土壤;5、禁止将重金属或者其他有毒有害物质含量超标的工业固体废物、生活垃圾或者污染土壤用于土地复垦;严格按照《四川省污染地块土壤环境管理办法》要求,做好污染地块准入管理和风险管控,列入建设用地土壤污染风险管控和修复名录的地块,不得作为住宅、公共				
--	--	---	--	--	--	--

		管理和公共服务用地。对暂不开发利用的污染地块，实施以防止污染扩散为目的风险管控；6、推进工业企业治污减排和升级改造。以污水处理及再生利用、涂料制造、金属表面处理及热处理加工等行业为重点，促进传统产业绿色转型，鼓励重点行业企业提标改造，组织实施清洁生产技术改造。 资源开发利用效率要求： 水资源利用总量要求 1、提高水资源利用效率，到 2025 年，万元 GDP 用水量控制在 24 立方米内，万元工业增加值用水量控制在 12 立方米以内；2、新建、改建、扩建工业园区应当按照有关要求统筹建设工业废水集中处理和回用设施,推进企业间串联用水、分质用水、一水多用，实现水循环梯级优化利用和废水集中处理回用。强化企业清洁生产改造，鼓励火力发电、纺织、造纸、化工、食品和发酵等高耗水企业对废水进行深度处理回用，降低单位产品耗水量。推进节水型企业、节水型工业园区建设，到 2025 年，再生水利用率达到 30%以上。 地下水开采要求 / 能源利用总量及效率要求 1、除威立雅三瓦窑热电（成都）有限公司外，禁止贮存、使用燃煤等高污染燃料；2、禁止新建、改建（已有锅炉配套治理设施升级改造除外）、扩建燃煤、生物质锅炉（含成型生物质锅炉）；3、工业企业单位工业增加值能耗对标国内先进水平及以上；工业园区污染能耗物耗水耗指标满足省级生态工业园区或更高要求等；按照《国家发展改				
--	--	---	--	--	--	--

		革委等部门关于发布<工业重点领域能效标杆水平和基准水平（2023 年版）>的通知》（发改产业[2023]723 号）要求，对炼油、水泥熟料、平板玻璃等工业重点领域依据基准水平和标杆水平开展节能降碳分类改造升级。 禁燃区要求 在禁燃区内，禁止销售、燃用高污染燃料；禁止新建、扩建燃用高污染燃料的设施，已建成的，应当在城市人民政府规定的期限内改用天然气、页岩气、液化石油气、电或其他清洁能源。 其他资源利用效率要求 /				
--	--	--	--	--	--	--

综上所述，本项目不涉及生态保护红线、符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，本项目的建设符合“三线一单”要求。

1.6.2 与成都现代工业港规划符合性分析

本项目位于成都市郫都区现代工业港南片区正港路 259 号，属于现代工业港南片区。

成都现代工业港设立于 2004 年 11 月，位于成都市郫都区，北区紧邻国道 317 线，南区 北临成灌高速公路，近邻成都高新技术产业开发区。成都现代工业港是成都市 21 个重点工业集中发展区之一，以高新技术产业为主导的优势产业的现代化工业园区，成都现代工业港 分为“一港三区”，辖南片区、北片区和安德中国川菜产业化园区，规划面积 14.3km²。根据 2014 年成都现代工业港规划编修，编修后主导产业定位不变，南、北片区重点发展产业为：机械制造、食品制造和印务包装。本项目为电子加速器辐照应用项目，主要为食品、药品、医疗用品等进行辐照灭菌，可为所在区域重点发展的食品制造业提供相关配套服务。不属于《成都现代工业港环境影响跟踪评价报告书审查意见》（成环建[2017]24 号）中确定的园区禁止发展产业。因此，项目建设与成都现代工业港规划相符。

1.6.3 与用地规划符合性分析

本项目位于成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号，租用成都成塑线缆已建 4#厂房。根据成塑线缆不动产权证书（川[2017]郫都区不动产权第 0031213 号），其位于成都现代工业港南片区正港路 259 号的厂房用地为工业用地，因此本项目用地符合郫都区总体规划。

1.6.4 成都市成塑线缆有限公司环评及竣工验收情况

成都市成塑线缆有限公司已于 2015 年 7 月 9 日取得郫县环境保护局出具的环评批复（郫环建[2015]113 号），于 2015 年 12 月 1 日取得环保验收批复（郫环验[2015]88 号）。本项目租赁成都市成塑线缆有限公司 4#厂房约 4539 平方米从事辐照加工。因此，本项目建设符合当地工业发展规划。

综上所述，评价认为项目选址与成都现代工业港产业定位相符，项目建设与当地工业发展规划相符，项目用地符合区域用地规划的要求。

1.7 项目选址、外环境关系及布局合理性分析

1.7.1 项目外环境关系分析

（1）区域外环境关系

四川长生华大生物科技有限公司位于成都市郫都区现代工业港南片区正港路 259 号，租用成都成塑线缆已建厂房。成都成塑线缆厂区东北侧为西源大道，隔路为四川瑞莱航

空科技有限公司；东侧为软通动力信息技术集团成都科技有限公司；东南侧为南北大道，隔路为绿化；西侧和西南侧为航空工业成都凯天电子股份有限公司；西北侧为正港路，隔路为四川望江风机制造有限公司、四川科顿工贸有限公司、航宇电子医疗设备制造有限公司、成都市欣和风特种玻璃有限公司等。地理位置见附图 1，本项目周边环境概况详见附图 2。

成都成塑线缆厂区内共有 16 栋厂房（1#~16#厂房）、1 栋检测楼（2F）、1 栋机修房（3F）、1 栋办公楼（6F）、1 栋展示中心（2F）、1 栋食堂（1F）、3 栋宿舍即倒班楼（6F）。本项目租用成都成塑线缆 4#厂房西北约 4539 平方米的区域。项目东北侧为 5#厂房东北侧区域（成都成飞华驰国际货运代理有限公司，主要经营铝板仓储）；东南侧为 4#厂房东南部区域（闲置厂房，与本项目有一墙之隔）；西南侧为厂房间过道（15m），隔路为 2#厂房（为成都市成塑线缆有限公司提货处，主要经营电线电缆）；西北侧为厂房间过道（15m），隔路为 1#厂房（成都市三洪高科科技有限公司，主要经营五金加工）。员工宿舍、食堂、展示中心、办公楼、检测楼和机修间位于项目东南侧约 265m。成都成塑线缆厂区总平面布局图见附图 3。

（2）项目周围环境关系

本项目位于 4#厂房西北部（4#厂房地地上 1 层、无地下室，高 10~12m）。本项目加速器机房位于车间东北部，高 7.35m，为 2 层混凝土建筑，项目配套接待大厅、商务签洽谈室、财务室和经理室位于车间西部角落。本项目平面布局图见附图 4。

本项目加速器机房屏蔽体边界东北侧 3m 为 4#厂房边界、18m 为 5#厂房、360m 为西源大道、400m 为四川瑞莱航空科技有限公司，东侧 370m 为软通动力信息技术集团成都科技有限公司，东南侧 30m 为本项目场地边界、95m 为 4#厂房东北边界、110m 为 11#厂房、265m 为检测楼，西南侧 30m 为 4#厂房边界、45m 为 2#厂房、134m 为航空工业成都凯天电子股份有限公司，西北侧 38m 为 4#厂房边界、53m 为 1#厂房、135m 为正港路。

1.7.2 项目选址合理性分析

本项目所在地为成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号成都成塑线缆已建 4#厂房，根据成塑线缆不动产权证书（川[2017]郫都区不动产权第 0031213 号），其位于成都现代工业港南片区正港路 259 号的厂房用地为工业用地（建设单位租赁合同见附件 4），符合成都市郫都区总体规划。

本项目辐射工作场所边界外 50m 评价范围内主要为建设单位内部和成都成塑线缆厂

区其余厂房和厂区内道路（包括项目东北侧厂区内路及 5#厂房部分、东南侧 4#厂房非本项目承租部分、西南侧厂区内路及 2#厂房部分和西北侧厂区内路），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。

1.7.3 项目平面布局合理性分析

本项目位于 4#厂房，加速器机房位于项目场地中部靠北区域，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），接待大厅、商务签洽谈室、财务室和经理室位于车间西部角落，相对远离辐照加工区。

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。

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。

1.8 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。

考虑到部分产品对辐照剂量率要求比较严格，需要短时间内进行高效辐照，并且减少产品的单次辐照时间，提高产品的辐照周转率，防止一些时效性比较高的产品不容易因为等待时间过长而变质。因此，四川华大辐照科技有限公司拟在 1 间加速器机房内购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌。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。

1.9 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。

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)	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	拟建加速器机房	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	(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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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
------	---

	知》（环发[2006]145号），自2006年9月26日起施行； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （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； （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）； （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； （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）； （21）《成都市人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》（成府发〔2021〕8号）。
技术标准	（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）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

	(4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）； (6) 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）； (7) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）； (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； (9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (10) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）； (11) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）； (12) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）； (13) 《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB512682-2020）； (14) 《建筑施工场界环境噪声排放限值》（GB12523-2011）； (15) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）； (16) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）； (17) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）； (18) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）。
其他	(1) 委托书； (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）； (3) 《2022 年全国辐射环境质量报告》（2022 年 7 月）； (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）； (5) 建设单位提供的其他相关资料。

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

根据项目周边环境调查，本项目加速器机房墙体外 50m 评价范围内无居民区、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	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	
	生产车间内公众	装卸货区	20 人	西南侧	4.4m	公众照射
		已辐照货物堆放区		东南侧	紧邻	
		未辐照货物堆放区		西北侧	紧邻	
	办公区公众（接待大厅、商务洽谈室、财务室和经理室人员）		约 20 人	西侧	28-50m	
成都成塑线缆厂区内	厂区内部道路及 5#厂房人员		流动人员	东北侧	3-50m	
	厂区内部道路及 2#厂房人员		流动人员	西南侧	30-50m	
	4#厂房非本项目承租部分厂房人员		流动人员	东南侧	30-50m	
	厂区内部道路（与 1#厂房中间）		流动人员	西北侧	38-50m	

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）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根据《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 处以及外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。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

四川长生华大生物科技有限公司位于成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房，地理位置见附图 1。本项目拟 4#厂房新建 1 间加速器机房。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

四川长生华大生物科技有限公司拟建加速器机房位置及周边辐射环境现状监测

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 2 月 2 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 17℃，相对湿度 60%，小雨。

(8) 监测报告编号：GAHJ24380013-R

(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	05038417
能量范围	38keV~7MeV 的 X、 γ 射线
剂量率范围	10nSv/h~100 μ Sv/h（模拟），1nSv/h~99.9 μ Sv/h（数字）
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	2023H21-20-4708006001
检定有效期	2023 年 07 月 24 日~2024 年 07 月 23 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）	备注
1#	本项目厂房区域 1	117 $\pm$ 4	室内，平房
2#	本项目厂房区域 2	110 $\pm$ 2	室内，平房
3#	本项目厂房区域 3	120 $\pm$ 2	室内，平房
4#	本项目厂房区域 4	111 $\pm$ 3	室内，平房

5#	本项目厂房北入口	102±3	道路
6#	本项目厂房南入口	100±3	道路
7#	本项目厂房东入口	99±3	道路
8#	4#厂房空置仓库	118±5	室内，平房
9#	5#厂房	107±3	室内，平房
10#	1#厂房	103±2	室内，平房
11#	2#厂房	115±3	室内，平房
12#	11#厂房	119±2	室内，平房
13#	12#厂房	108±3	室内，平房
14#	3#厂房	109±3	室内，平房
15#	6#厂房	118±3	室内，平房
16#	厂区西北侧内部路	95±3	道路
17#	厂区西南侧内部路	94±3	道路

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；

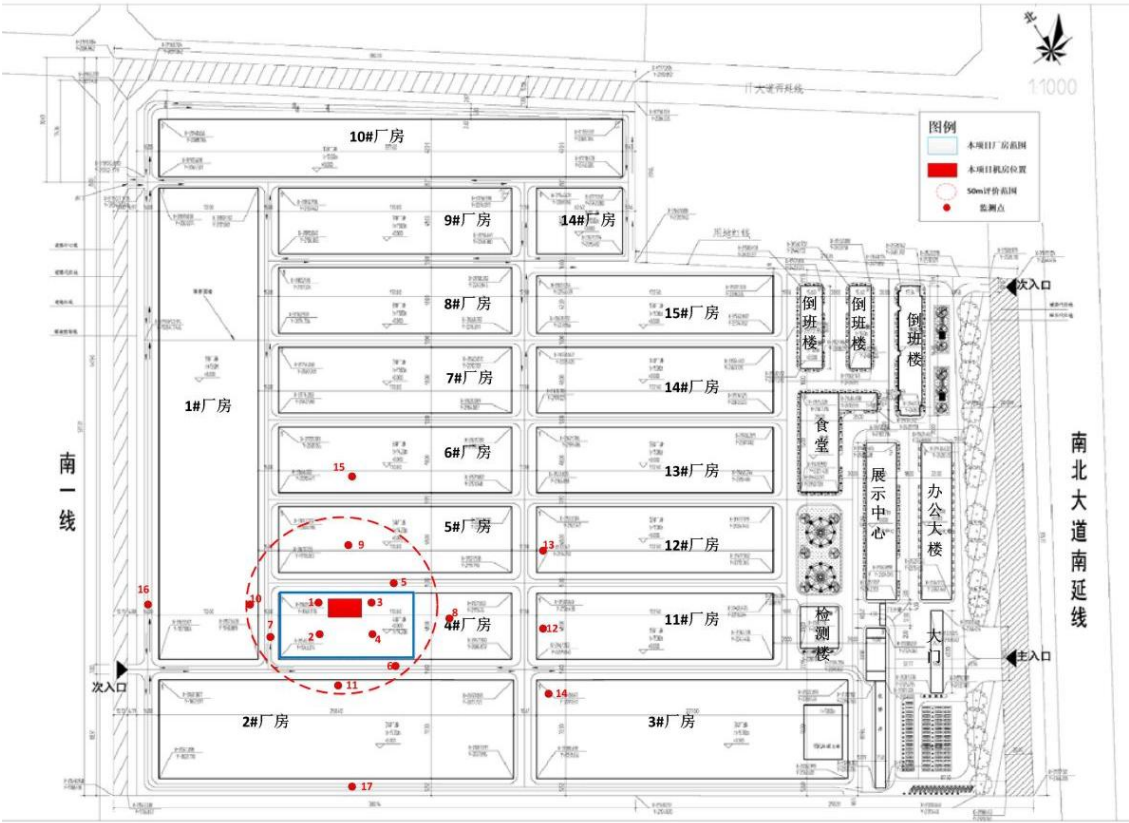


图 8-1 拟建项目区域及周边监测点位图

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 94nGy/h~120nGy/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报告》（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

建设单位拟在成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房新建 1 间加速器机房，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，计划施工工期 5 个月。施工期工艺流程及产污环节见图 9-1。

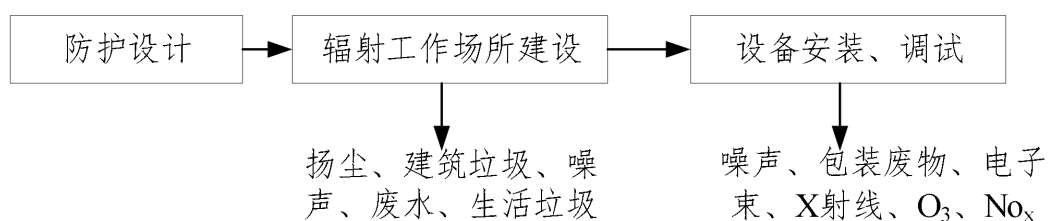


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

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。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，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（另一台加速器禁用），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。

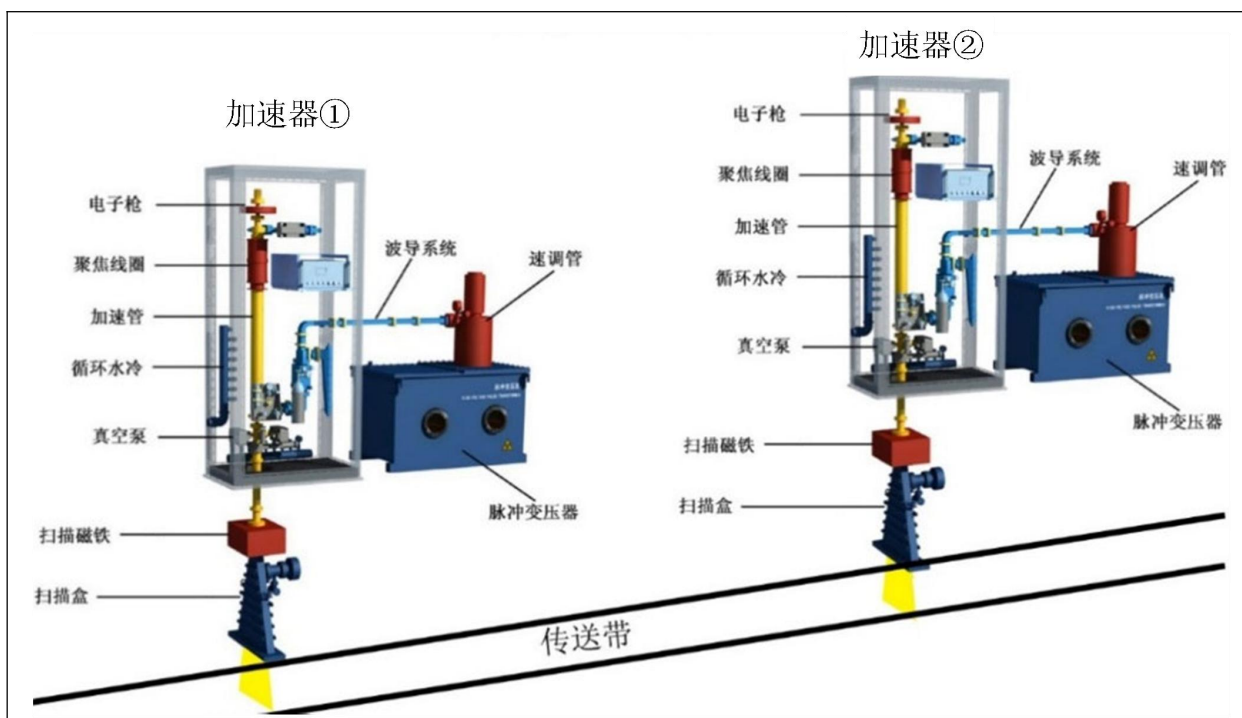


图 9-2 典型高频高压电子加速器示意图

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、物流输送、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

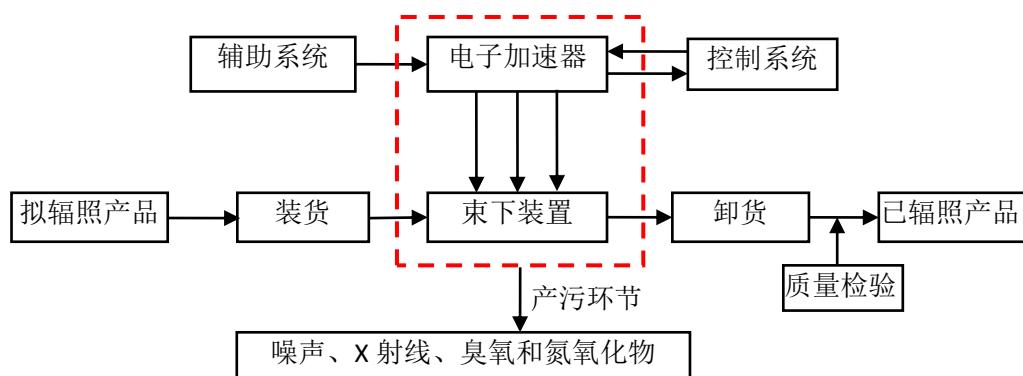


图9-3 加速器辐照加工操作流程及产污环节示意图

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参数。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、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, 根据辐照剂量需求选择单台加速器出束或两台加速器同时出束, 并设置机器参数和束下装置传送带的传输速度 ($0.2\text{m/s}\sim 1\text{m/s}$), 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货物出口处离开机房。需要翻面照射的货物在翻面区自动翻面后, 再次进入机房进行辐照, 辐照完成后由传送带从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。

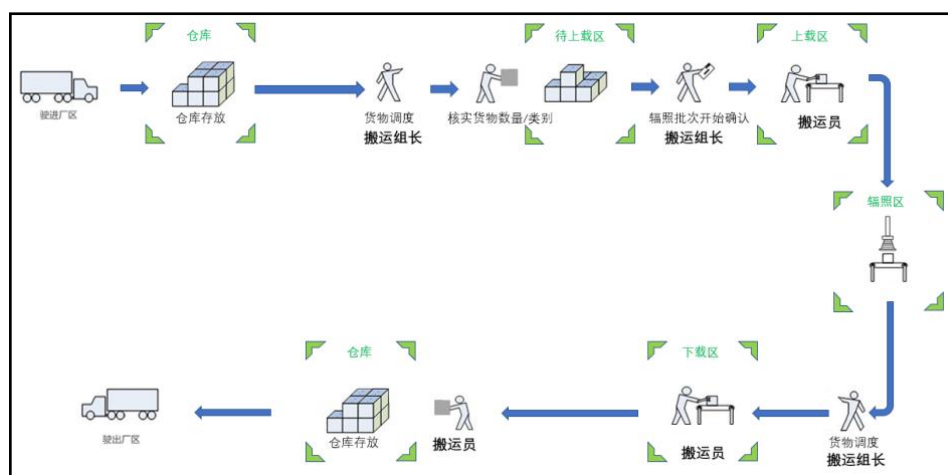


图 9-4 辐照室运行期搬运工人工作示意图

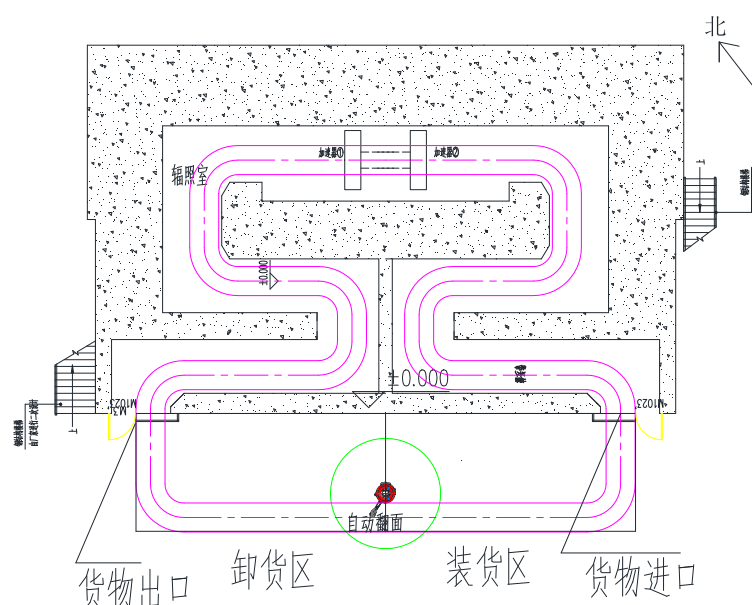


图 9-5 传送装置工作示意图

9.2.5 工作负荷及人员配置

本项目根据建设单位运行计划，考虑对环境影响最不利因素，评价按 2 台加速器同时运行、连续作业方式进行预测分析，2 台加速器每天同时工作（出束）16h，平均年运

行时间为 300 天，2 台加速器全年辐照装置出束均为 4800h。

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最大能量为 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（即去离子水，采用纯水机制造得到，不使用离子交换树脂），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北侧安装的排风机，排风机噪声声功率级为 90dB（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辐照室或主机室，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。

（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辐照室或主机室防护门并误入辐照室或主机室内，造成人员被误照射，引发辐射事故。

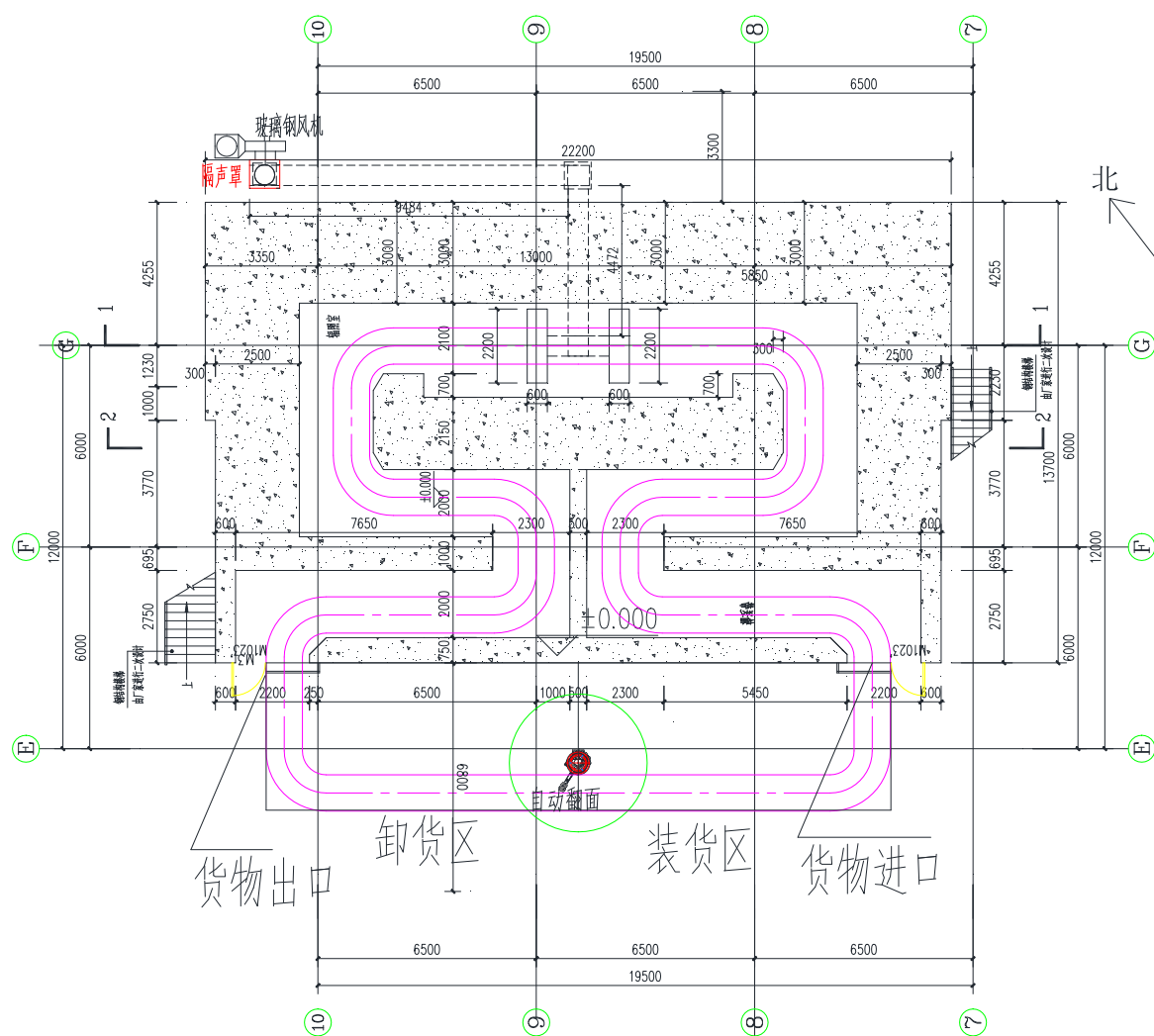
表 10 辐射安全与防护

10.1 辐射安全与防护措施

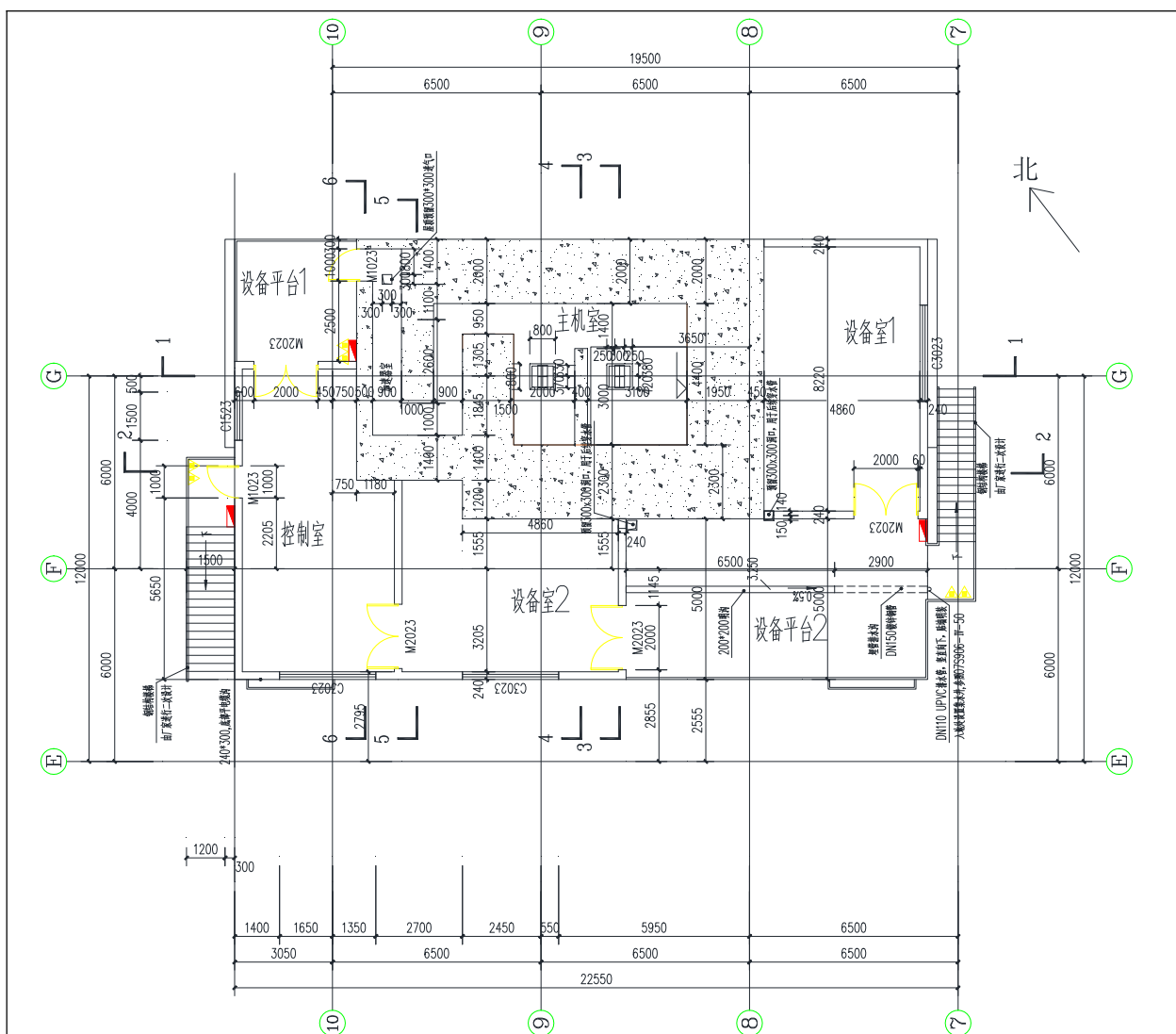
10.1.1 辐射工作场所布局

建设单位拟在成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4# 厂房新建 1 间加速器机房，并购置 2 台 10MeV 电子加速器用于辐照灭菌。

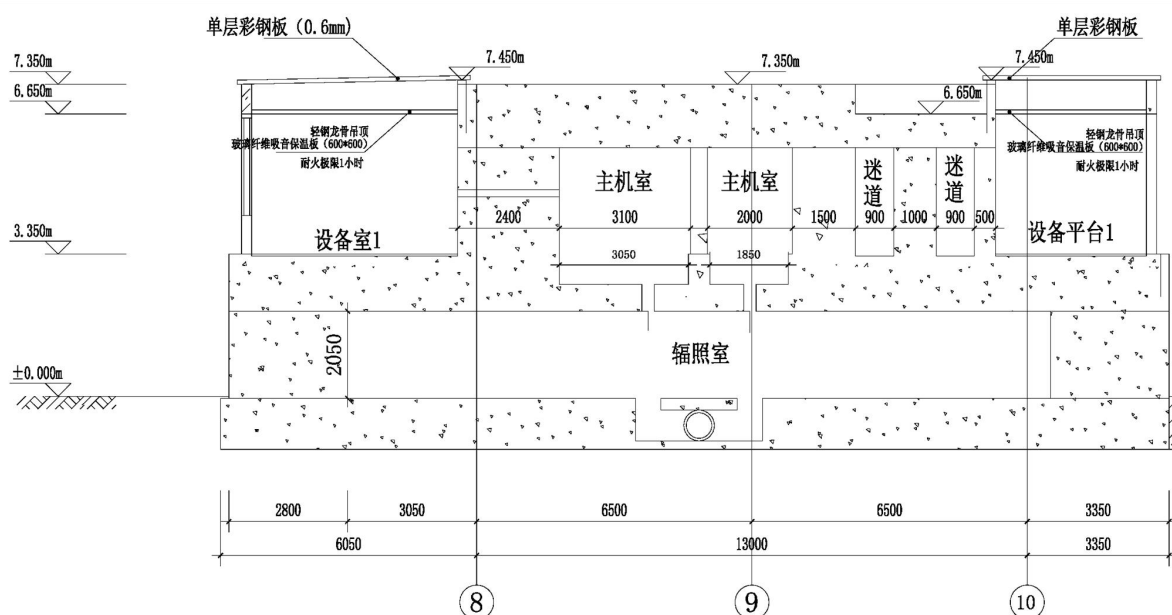
2 台加速器安装在同一个机房内，机房为两层混凝土结构，一层为辐照室，二层为主机室、控制室、设备室等辅助用房。加速器装置主要放置于二层主机室，线状高能电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。本项目辐照室、主机室平面图、剖面图见图 10-1。



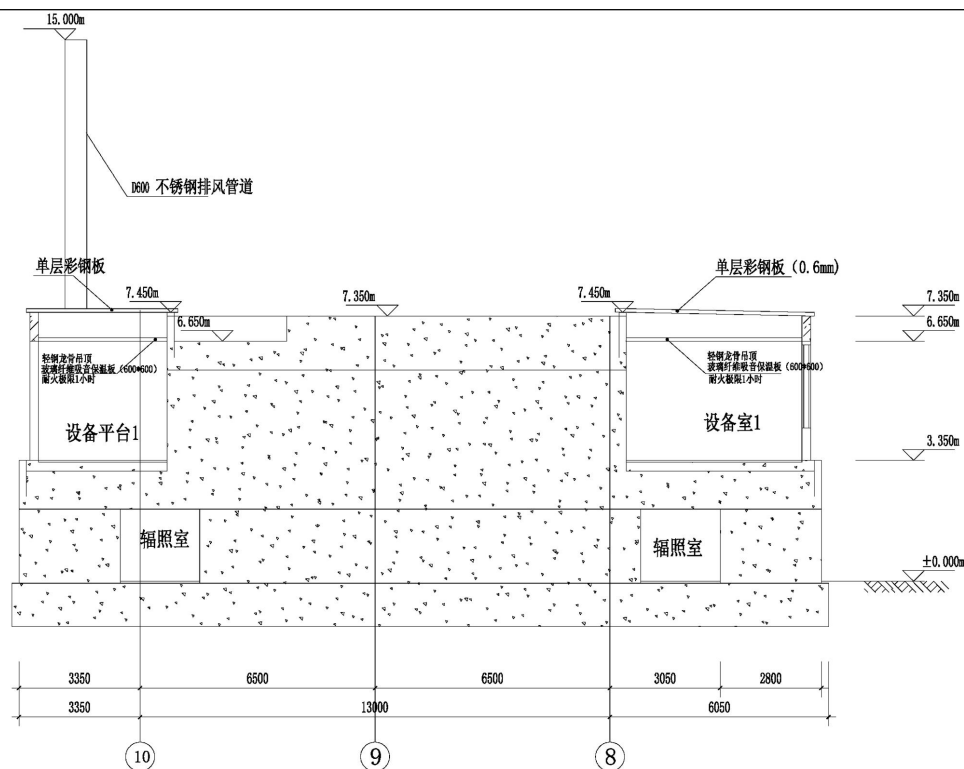
(a) 辐照室平面布置图 (单位 mm)



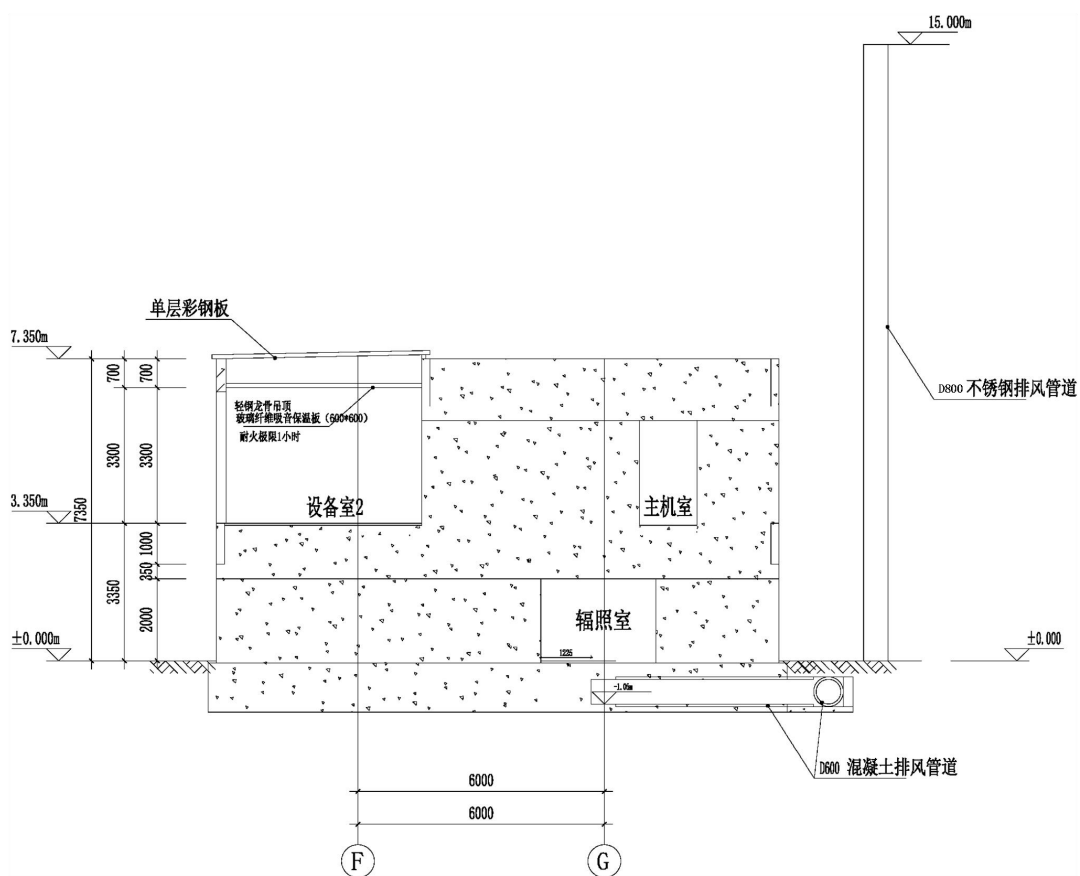
(b) 主机室平面布置图 (单位 mm)



(c) 1-1 方向剖面图 (单位 mm)



(d) 2-2 方向剖面图 (单位 mm)



(e) 4-4 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，辐照室和主机室均采用混凝土材料进行屏蔽，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。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-灯联锁装置）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、装卸货区和一层辐照室之间区域划为监督区。建设单位在装卸货区和一层辐照室之间区域设置围栏，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	3000mm 混凝土
	东南墙	2500mm~2800mm 混凝土
	西南墙	“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
	西北墙	2500mm~2800mm 混凝土
	顶棚	680mm~1350mm 混凝土
主机室屏蔽	东北墙	2000mm 混凝土
	东南墙	2400mm 混凝土
	西南墙	2300mm 混凝土
	西北墙	“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
	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；货物传送带宽 1.08m，高 0.9m；人员通道宽 0.635m~1.01m，能够满足人员应急需求
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		加速器机房内设计有机械排风系统，辐照室设置 1 个排风口，排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 4#厂房顶排放，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。 货物传送带出入口为非封闭式，辐照室由传送带出入口处自然补风。

10.1.4 辐射安全装置和防护措施

(1) 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，

加速器加载高压需要两道安全联锁：一次联锁（即加速器工作场所设计的辐射安全联锁）和二次联锁（即设备固有安全设施联锁）。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。

```

graph LR
    Start[开机准备] --> L1Box
    subgraph L1Box [一次联锁  
(安全联锁)]
        L1_1[钥匙控制联锁]
        L1_2[门机联锁]
        L1_3[束下装置联锁]
        L1_4[巡检就绪联锁]
        L1_5[光电、急停联锁]
        L1_6[剂量联锁]
        L1_7[通风联锁]
        L1_8[烟雾报警联锁]
    end
    L1Box --> L2Box
    subgraph L2Box [二次联锁  
(设备联锁)]
        L2_1[过电压、过电流保护系统]
        L2_2[束流控制系统]
        L2_3[真空联系系统]
        L2_4[冷却水联锁系统]
    end
    L2Box --> HV[高压运行]
    HV --> IR[出束辐照]
    IR --> End[关机]
    L1Box --> L2Box
    L2Box -.-> L2BoxLabel[二次联锁  
(设备联锁)]
    L1BoxLabel[一次联锁  
(安全联锁)]

```

```

graph LR
    FR[故障恢复] --> L1[一次联锁  
(安全联锁)]
    L1 --> L2[二次联锁  
(设备联锁)]
    L2 --> BCS[束流控制系统]
    BCS --> HV[高压运行]
    HV --> OR[出束辐照]
    OR -- 异常 --> SHV[停机, 断开高压]
    SHV --> FR
    SHV -- 异常 --> BCS
    SHV -- 异常 --> HV
    SHV -- 异常 --> OR
    
```

49

(2) 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（含安全联锁）和 1 套控制系统。可单台加速器工作（另一台加速器禁用），也可双台加速器工作，满足不同辐照加工场景需要。

建设单位根据辐照产品的订单数量和辐照要求，当辐照产品订单数量不多或产品无特殊辐照要求时，仅使用 1 台加速器；当 1 台加速器无法满足辐照使用要求，再同时使用第 2 台加速器。

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。

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；

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。

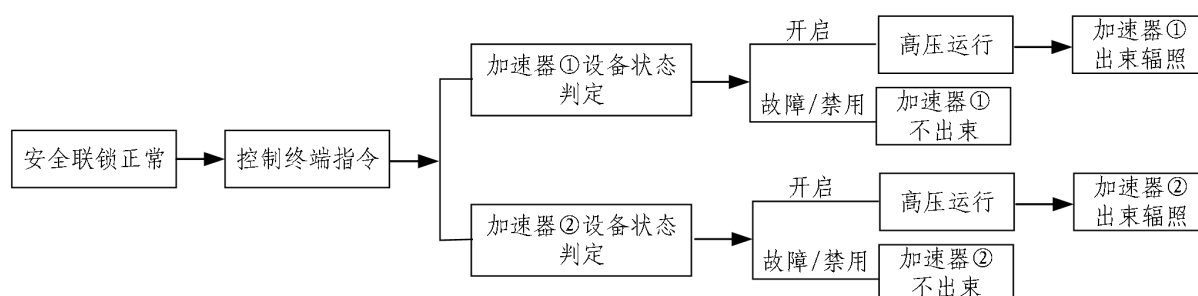


图 10-4 设备运行逻辑关系示意图

(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到位，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10-5。

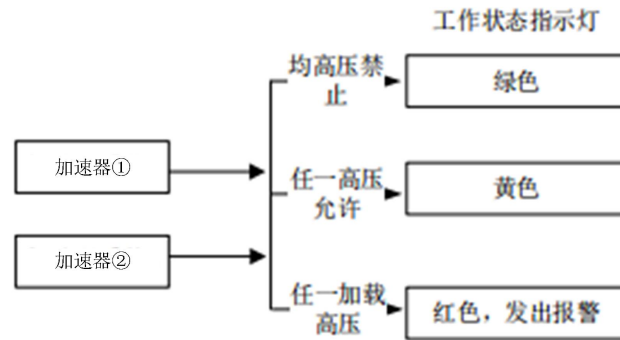


图 10-5 警示灯工作逻辑图

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，并设置有明显标识、文字说明和使用说明。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。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。

任一到装置探测到有人经过时，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。

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（根据厂家经验，阈值设置为本底值的三倍，本项目为 $0.45\mu\text{Sv/h}$ ），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：加速器机房设计有机械排风系统，主排气口设置在辐照室扫描窗下方（辐照室与主机室之间气流连通，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 4#厂房建筑楼顶排放，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。紧急开门装置设置有文字说明和使用说明。



图 10-6 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枚个人剂量计，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辐射安全原则，对本项目辐射安全措施符合性分析如下：

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

装置联锁、剂量联锁、通风联锁，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，符合“纵深防御原则”；本项目拟设置多用于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和二层主机室内出入口各设置三道相互独立的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例线性关系，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警报信号。	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	本项目辐照室内设置 7 个巡检按钮（包括 1 个巡	主机室和辐照室内应设置	符合

按钮	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。	“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	
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。	在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁。	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，并设置有明显标识、文字说明和使用说明。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
剂量联锁	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（根据厂家经验，阈值设置为本底值的三倍，本项目为 $0.45\mu\text{Sv/h}$），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。	在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开。	符合
通风联锁	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。	主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证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	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



图10-8 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。

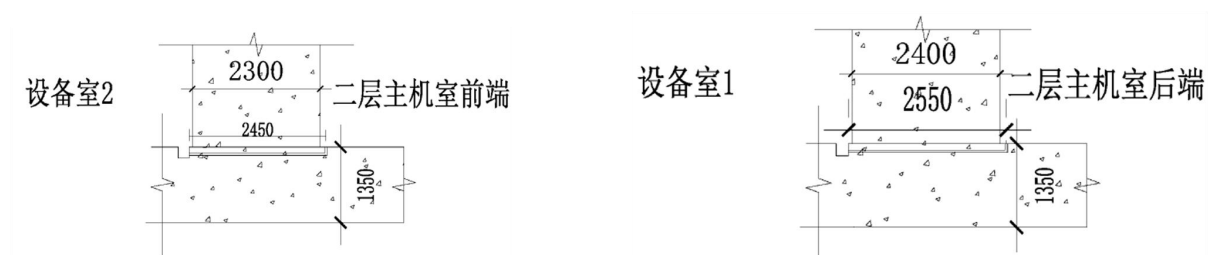


图 10-9 本项目电缆管线穿墙示意图（单位 mm）

(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4#厂房建筑楼顶排放，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。

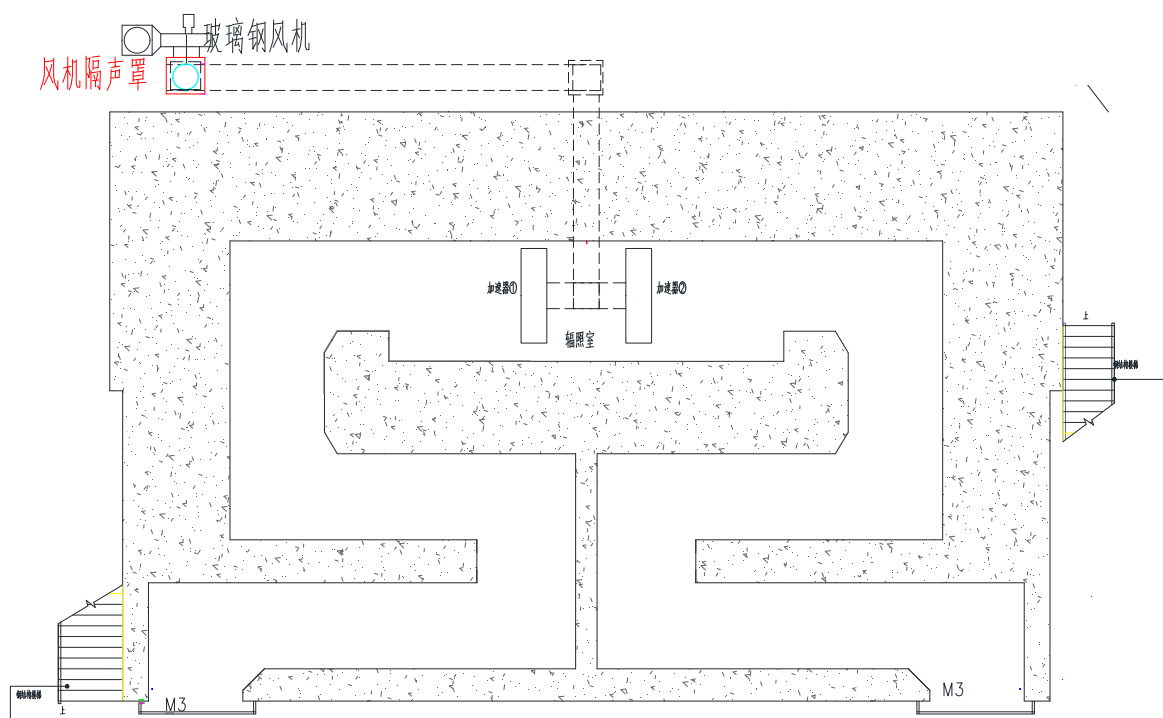


图 10-10 排风管道地埋设置平面示意图

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，本次环评涉及的射线装置、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 发布版）、《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人

防护用品屏蔽后，所致工作人员的职业照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽厚度是满足屏蔽防护要求的。综上所述，按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目拟建的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。加速器机房内辐照室设置 1 个排风口，排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 4#厂房建筑楼顶排放，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。货物传送带出入口为非封闭式，辐照室由传送带出入口处自然补风。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。

本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，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 90dB（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北侧，风机安装时采取隔震垫、基台减震，风机外拟设置隔声罩，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

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施工单位应建立健全质量管理体系，拟定工程施工质量管理实施细则。浇筑混凝土前，应经过相关专业人员现场检验，并经监理人员书面认可后，方可浇筑；设备基础和重要预埋件的位置坐标，施工所选用的支护方法，必须保证精度需求。浇筑前应获得设备供应商和监理单位的认可；混凝土连续浇筑过程中需注意施工安全，防止意外发生。

③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。

④建设单位应选择专业、有辐射防护工程施工经验的施工单位，并做好施工监督。

建设单位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且调试开机出束时间较短，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《辐射防护导论》，P127）。

$$R=0.53E-1.06$$
$$d=R/\rho \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

R—电子在物质中的射程，g/cm²

d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；

E—单能电子束能量，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 3289cm，在混凝土中（2.35g/cm³）的最大射程约为 1.80cm。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。因本项目评价范围内均为厂区厂房及内部道路，没有比本项目加速器机房高的建筑物，因此不考虑 X 射线通过屋顶后侧向散射对周围高层建筑物的辐射影响。

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，本项目保守考虑两台加速器同时运行的情况，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	西北侧墙外 30cm	①	10.2	公众	部分居留
			②	12.6		
	A'	东南侧墙外 30cm	①	12.6	公众	部分居留

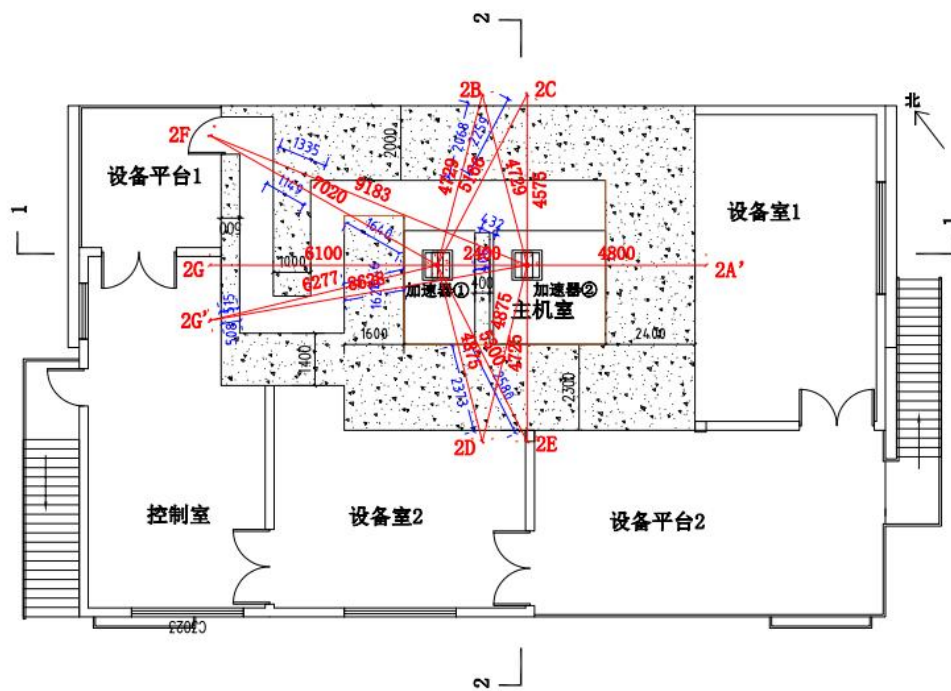


图 11-2 主机室关注点

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	西北侧墙 外 30cm	①	10.2	4050	2.5	1/4	2.57E-07
			②	12.6				3.92E-07
	A'	东南侧墙 外 30cm	①	12.6		2.5	1/4	3.92E-07
			②	10.2				2.57E-07
	B	东北侧墙 外 30cm	①	4.7		2.5	1/4	5.45E-08
			②	4.7				5.45E-08
	C	东北侧墙 外 30cm	①	5.2		2.5	1/4	6.68E-08
			②	4.6				5.22E-08
	D	西南侧墙 外 30cm	①	9.8		2.5	1	5.93E-08
			②	9.8				5.93E-08
	E	西南侧墙 外 30cm	①	10		2.5	1	6.17E-08
			②	9.7				5.81E-08
二层 主机室	F	迷道出口	①	12.6	48	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
	2A'	东南侧墙 外 30cm(设备室 1)	①	7.2		2.5	1/4	1.08E-05
			②	4.8				4.80E-06
	2B	东北侧墙 外 30cm(临空)	①	4.7		2.5	1/16	1.84E-05
			②	4.7				1.84E-05
	2C	东北侧墙 外 30cm(临空)	①	5.2		2.5	1/16	2.25E-05
			②	4.6				1.76E-05

	2D	西南侧墙 外30cm(设 备平台2)	①	4.9		2.5	1/4	5.00E-06
			②	4.9				5.00E-06
	2E	西南侧墙 外30cm(设 备室2)	①	5.3		2.5	1/4	5.85E-06
			②	4.7				4.60E-06
	2F	迷道出入 口(设备平 台1)	①	7.0		2.5	1/4	1.02E-05
			②	9.2				1.76E-05
	2G	控制室	①	6.1		2.5	1	1.94E-06
			②	8.5				3.76E-06
	2G'	控制室	①	6.3		2.5	1	2.07E-06
			②	8.6				3.85E-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	西北侧墙外 30cm	①	2.57E-07	6.59	35.5	35.5	234	280
			②	3.92E-07	6.41			228	280
	A'	东南侧墙外 30cm	①	3.92E-07	6.41			228	280
			②	2.57E-07	6.59			234	280
	B	东北侧墙外 30cm	①	5.45E-08	7.26			258	311
			②	5.45E-08	7.26			258	311
	C	东北侧墙外 30cm	①	6.68E-08	7.18			255	340
			②	5.22E-08	7.28			259	300
	D	西南侧墙外 30cm	①	5.93E-08	7.23			257	217+171
			②	5.93E-08	7.23			257	217+171
	E	西南侧墙外 30cm	①	6.17E-08	7.21			256	222+205+77
			②	5.81E-08	7.24			257	215+75
	F	迷道出口	①	3.92E-07	6.41			228	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			228	279+130

二层 主机 房	2A'	东南侧墙外 30cm (设备 室 1)	①	1.08E-05	4.97	22.1	20.1	109	240
			②	4.80E-06	5.32			102	240
	2B	东北侧墙外 30cm (临 空)	①	1.84E-05	4.73			98	207
			②	1.84E-05	4.73			98	207
	2C	东北侧墙外 30cm (临 空)	①	2.25E-05	4.65			96	226
			②	1.76E-05	4.75			98	200
	2D	西南侧墙外 30cm (设备 平台 2)	①	5.00E-06	5.30			109	237
			②	5.00E-06	5.30			109	237
	2E	西南侧墙外 30cm (设备 室 2)	①	5.85E-06	5.23			108	258
			②	4.60E-06	5.34			109	230
	2F	迷道出入口 (设备平台 1)	①	1.02E-05	4.99			103	164+115
			②	1.76E-05	4.75			98	43+134
	2G	控制室	①	1.94E-06	5.71			117	160+100+50
			②	3.76E-06	5.42			112	40+160+100+50
	2G'	控制室	①	2.07E-06	5.68			117	165+52
			②	3.85E-06	5.41			111	41+162+51

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 (μSv·h ⁻¹)	关注点剂量率 (μSv·h ⁻¹)
一层辐 照室	A	西北侧墙外 30cm	①	280	1.26E-01	2.09E-01
			②	280	8.27E-02	
	A'	东南侧墙外 30cm	①	280	8.27E-02	2.09E-01
			②	280	1.26E-01	
	B	东北侧墙外 30cm	①	311	7.95E-02	1.59E-01
			②	311	7.95E-02	
	C	东北侧墙外 30cm	①	340	9.91E-03	1.79E-01
			②	300	1.70E-01	
	D	西南侧墙外 30cm	①	217+171	4.96E-04	9.92E-04
			②	217+171	4.96E-04	
	E	西南侧墙外 30cm	①	222+205+77	2.57E-07	2.92E-01
			②	215+75	2.92E-01	
	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'	东南侧墙外 30cm (设备室 1)	①	240	3.34E-07	1.09E-06
			②	240	7.51E-07	
	2B	东北侧墙外 30cm (临空)	①	207	8.59E-06	1.72E-05
			②	207	8.59E-06	
	2C	东北侧墙外 30cm (临空)	①	226	7.96E-07	2.08E-05
			②	200	2.00E-05	
	2D	西南侧墙外 30cm (设备平台 2)	①	237	1.02E-06	2.03E-06
			②	237	1.02E-06	
	2E	西南侧墙外 30cm (设备室 2)	①	258	7.84E-08	2.54E-06
			②	230	2.46E-06	
	2F	迷道出入口 (设 备平台 1)	①	164+115	4.05E-09	2.79E-04
			②	43+134	2.79E-04	
	2G	控制室	①	160+100+50	6.13E-10	6.16E-10
			②	40+160+100+50	3.23E-12	
	2G'	控制室	①	165+52	2.43E-05	2.45E-05
			②	41+162+51	1.88E-07	

由表 11-4 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 11-5 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 2.5μSv/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 2.5μSv/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（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， $d_{ri}/A_2^{1/2}$ 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。

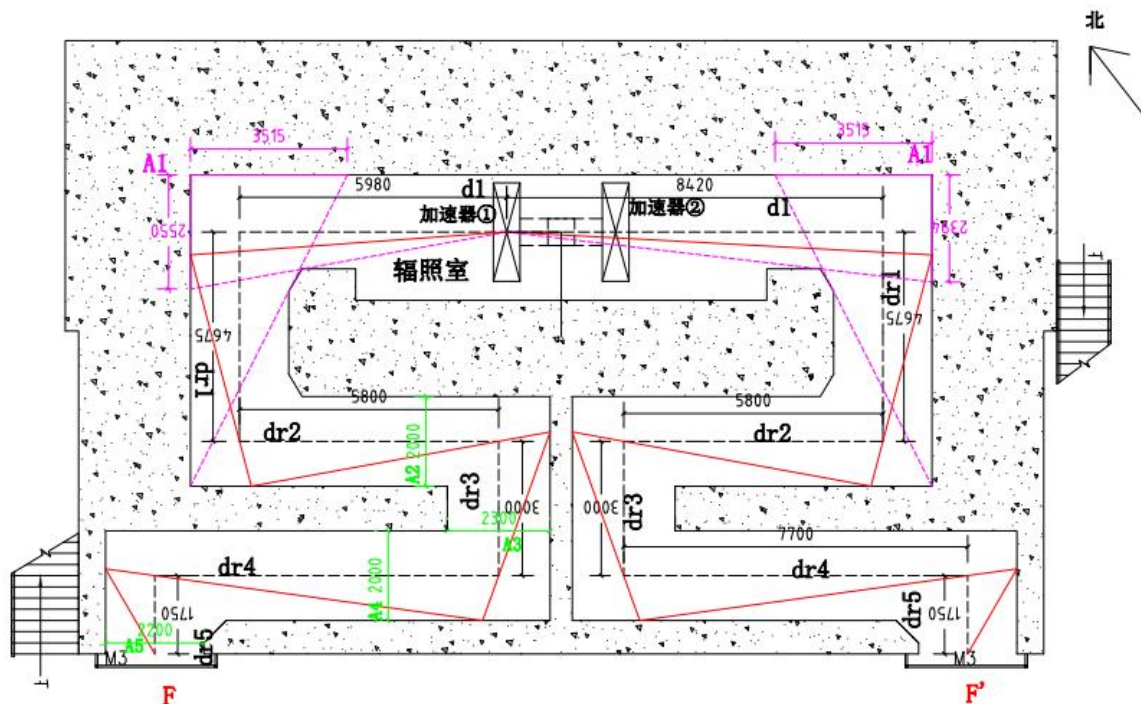


图 11-3 辐照室散射路径示意图 1

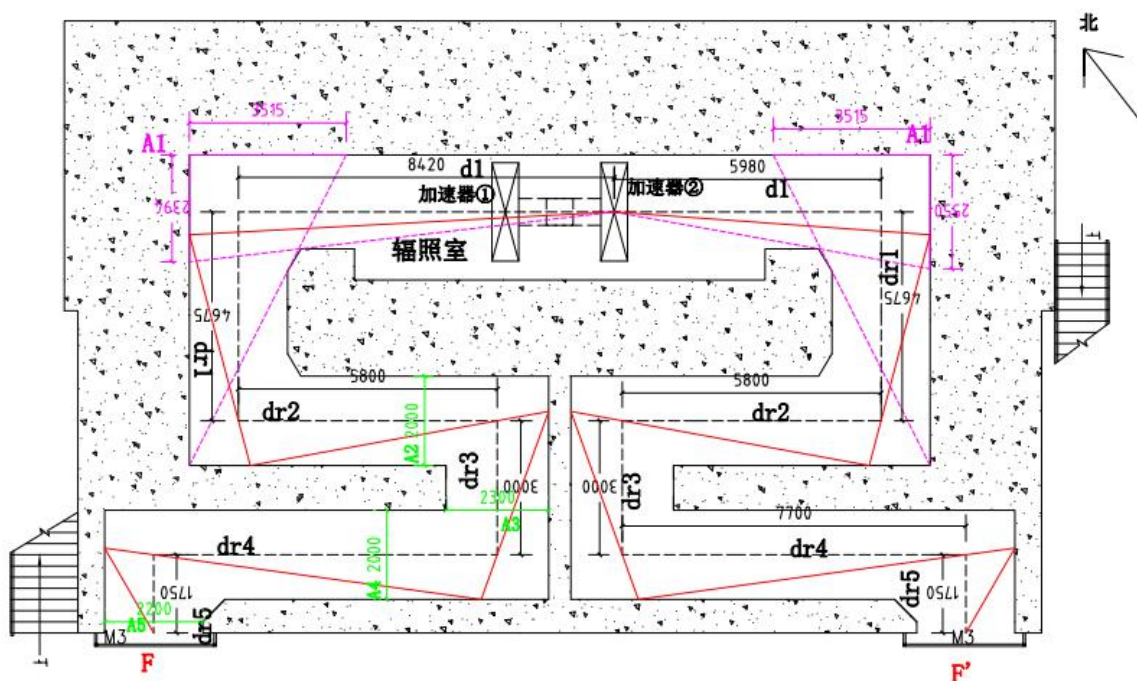


图 11-4 辐照室散射路径示意图 2

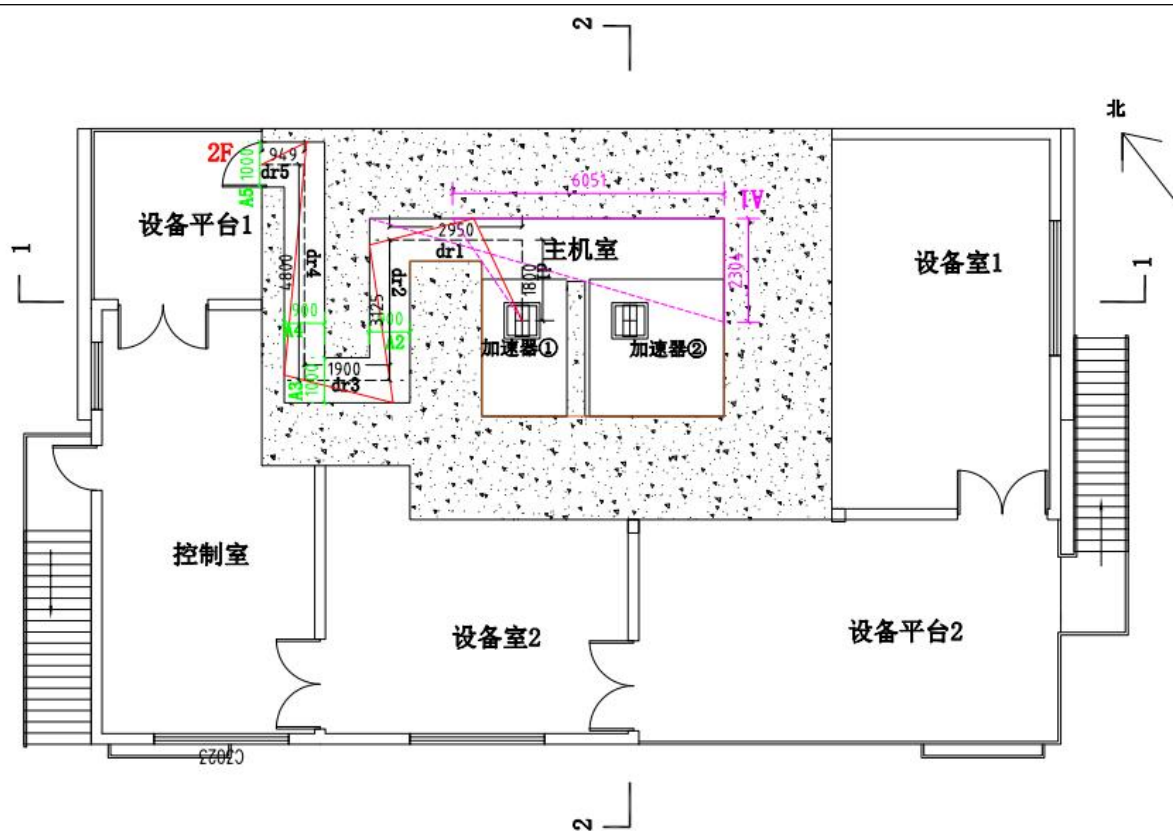


图 11-5 主机室散射路径示意图 1

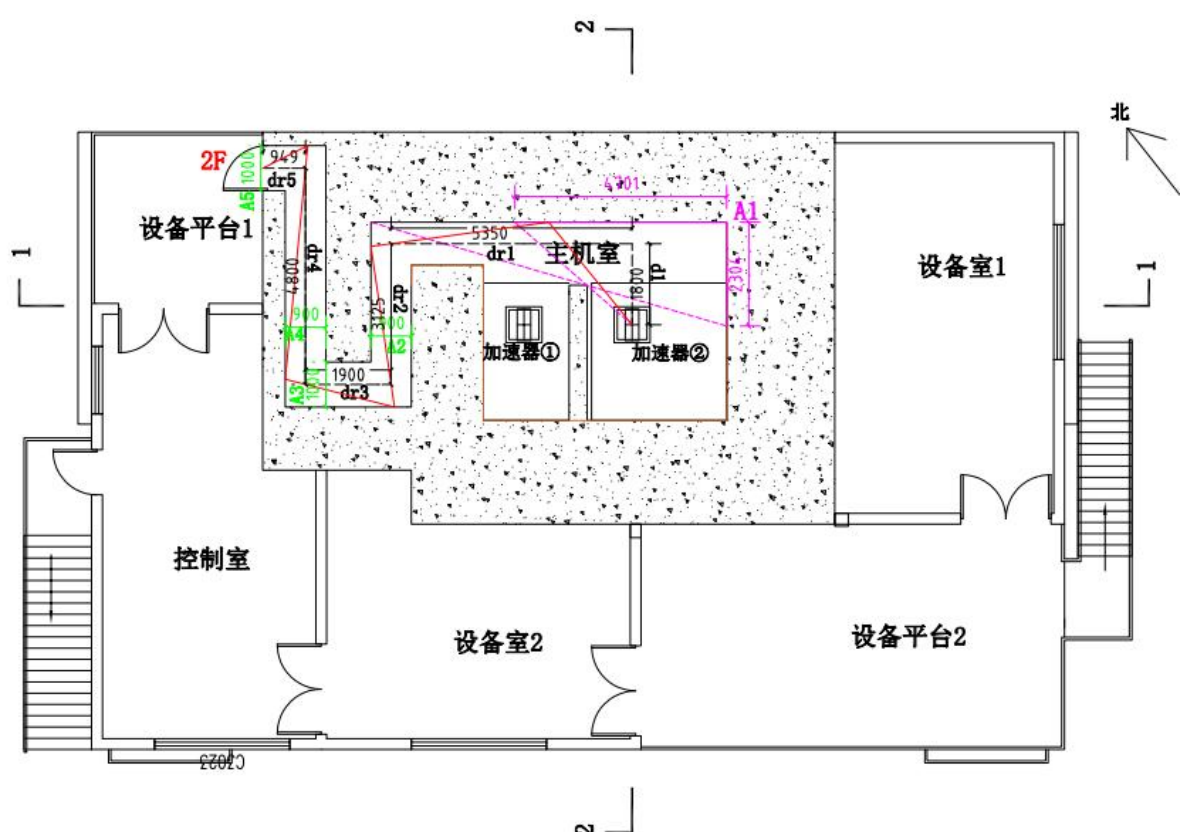


图 11-6 主机室散射路径示意图 2

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 $d_l, d_{r1} \dots d_{rj}$ (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	

迷道外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，辐照室迷道外入口处周围剂量当量率为 $5.19\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，主机室迷道外入口处周围剂量当量率为 $3.86\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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进行物理隔离。

(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。

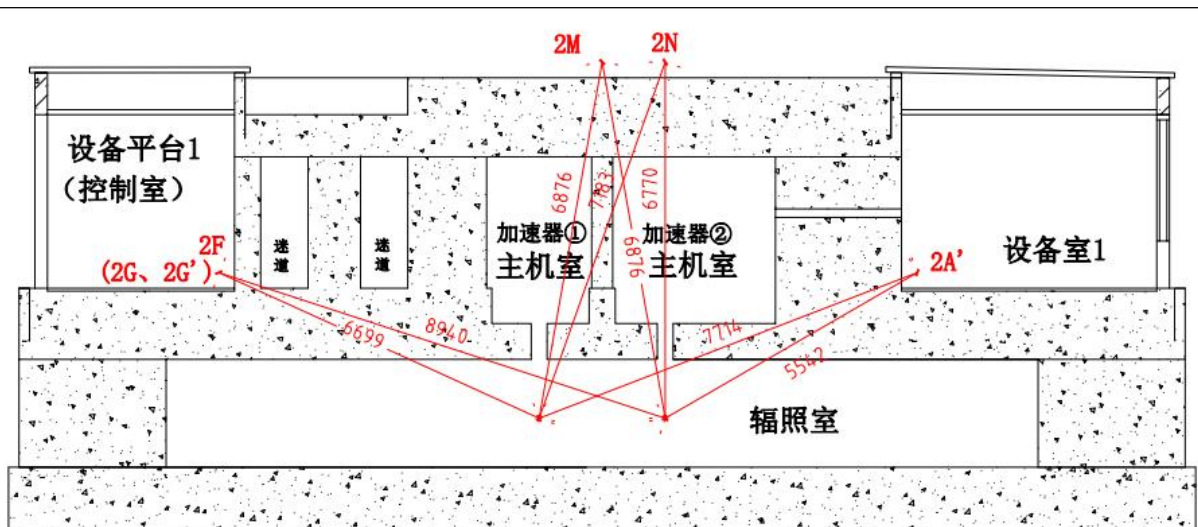


图 11-6 辐照室上方 1-1 剖面关注点图

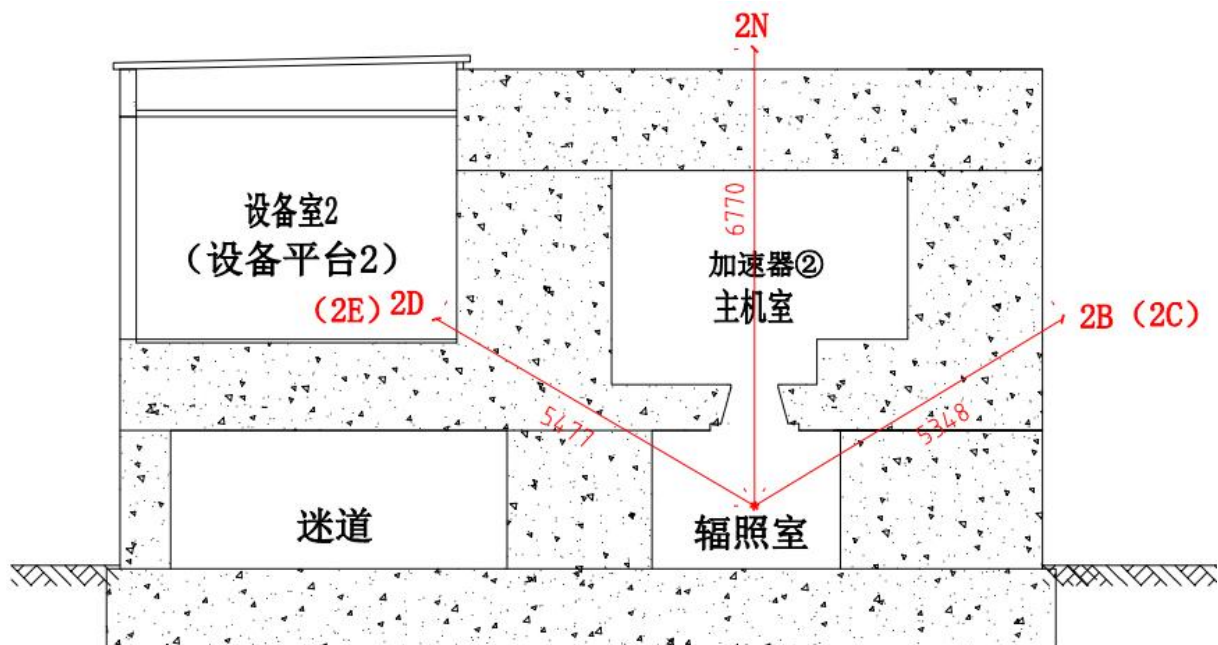


图 11-7 辐照室上方 2-2 剖面关注点图（加速器①上同）

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'	东南侧墙外 30cm (设备室 1)	①	7.7	1.47E-07	6.83	243	427
			②	5.5	7.58E-08	7.12	253	296
	2B	东北侧墙外 30cm (临空)	①	5.3	2.83E-07	6.55	232	351
			②	5.3	2.83E-07	6.55	232	351
	2C	东北侧墙外 30cm (临空)	①	5.3	2.83E-07	6.55	232	351
			②	5.3	2.83E-07	6.55	232	351

	2D	西南侧墙外 30cm (设备平台 2)	①	5.5	7.41E-08	7.13	253	336
			②	5.5	7.41E-08	7.13	253	336
	2E	西南侧墙外 30cm (设备室 2)	①	5.5	7.41E-08	7.13	253	336
			②	5.5	7.41E-08	7.13	253	336
	2F	迷道出入口(设备 平台 1)	①	6.7	1.11E-07	6.96	247	366
			②	8.9	1.97E-07	6.70	238	436+53
	2G	控制室	①	6.7	2.77E-08	7.56	268	366
			②	8.9	4.93E-08	7.31	259	436+53
	2G'	控制室	①	6.7	2.77E-08	7.56	268	366
			②	8.9	4.93E-08	7.31	259	436+53
	2M*	顶棚(人员不可 达)	①	6.9	4.68E-07	6.34	225	69+152
			②	6.9	4.68E-07	6.29	225	69+152
	2N*	顶棚(人员不可 达)	①	7.2	5.09E-07	6.33	225	72+159
			②	6.8	4.53E-07	6.33	225	150

注：*为主机室上方区域。加速器机房二层主机室周边均为设备机房等区域，一般无人可进入，且不设爬梯，主机室上方区域距二层地面约 4m，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'	东南侧墙外 30cm (设备室 1)	①	427	1.60E-05	1.51E-01
			②	296	1.51E-01	
	2B	东北侧墙外 30cm (临空)	①	351	1.15E-03	2.29E-03
			②	351	1.15E-03	
	2C	东北侧墙外 30cm (临空)	①	351	1.15E-03	2.29E-03
			②	351	1.15E-03	
	2D	西南侧墙外 30cm (设备平台 2)	①	336	1.16E-02	2.31E-02
			②	336	1.16E-02	
	2E	西南侧墙外 30cm (设备室 2)	①	336	1.16E-02	2.31E-02
			②	336	1.16E-02	
	2F	迷道出入口(设备平 台 1)	①	366	1.11E-03	1.11E-03
			②	436+53	2.13E-07	
	2G	控制室	①	366	4.42E-03	4.42E-03
			②	436+53	8.51E-07	
	2G'	控制室	①	366	4.42E-03	4.42E-03
			②	436+53	8.51E-07	
	2M*	顶棚(人员不可达)	①	69+152	3.18	6.37
			②	69+152	3.18	
	2N*	顶棚(人员不可达)	①	72+159	1.53	330.23

			②	150	328.70	
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 2.5μSv/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 11-8 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 11-9 可知，二层主机室周围人员可达处剂量率均小于 2.5μSv/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 处及以上区域周围剂量当量率不超过 2.5μSv/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 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv·h ⁻¹)	屋顶直射辐射剂量率 (μSv/h)	叠加后剂量率 (μSv/h)
一层 加速器辐照室	A	西北侧墙外 30cm	2.09E-01	/	/	2.09E-01
	A'	东南侧墙外 30cm	2.09E-01	/	/	2.09E-01
	B	东北侧墙外 30cm	1.59E-01	/	/	1.59E-01
	C	东北侧墙外 30cm	1.79E-01	/	/	1.79E-01
	D	西南侧墙外 30cm	9.92E-04	/	/	2.92E-04
	E	西南侧墙外 30cm	2.92E-01	/	/	2.92E-01
	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 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv·h ⁻¹)	屋顶直射辐射剂量率 (μSv/h)	叠加后剂量率 (μSv/h)
二层 主机室	2A'	东南侧墙外 30cm (设备室 1)	1.09E-06	/	1.51E-01	1.51E-01
	2B	东北侧墙外 30cm (临空)	1.72E-05	/	2.29E-03	2.31E-03
	2C	东北侧墙外 30cm (临空)	2.08E-05	/	2.29E-03	2.31E-03
	2D	西南侧墙外 30cm (设备平台 2)	2.03E-06	/	2.31E-02	2.31E-02
	2E	西南侧墙外 30cm (设备室 2)	2.54E-06	/	2.31E-02	2.31E-02
	2F	迷道出入口 (设备平台 1)	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	2.45E-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-01μSv/h、1.51E-01μSv/h，结果均小于 2.5μSv/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 处及以上区域周围剂量当量率不超过 2.5μSv/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：

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

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）；

屋顶的屏蔽透射比 B_{xs} 采用下式计算：

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

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）

项目南侧的建设单位办公区人员（非辐射工作人员），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 (μSv/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(μSv/h)
一层辐照室	4050	2.08E-02	2.75	8.37	20	6.2E-06	206	150+68	9.74E-03
二层主机室	48	2.08E-02	2.48	6.37	20	3.46E-04	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-03μSv/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-02μSv/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-02μSv/h，小于 2.08E-02μSv/h，满足对应区域周围剂量当量率的要求。

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。

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

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，μSv/h；

T —居留因子；

t —年照射时间，h。

(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 11-13 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 (μGy/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）中规定的职业照射限值要求，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 评价范围主要为建设单位内部和成都成塑线

缆厂区其余厂房和厂区内道路。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）、建设单位办公区公众、厂区内道路流动人员、临近厂房（5#厂房、4#厂房非本项目承租部分及2#厂房）公众以及厂区其他公众。设备的安装、调试由设备厂家专业人员负责，本项目不将负责设备的安装、调试的设备厂家专业人员作为保护目标来考虑。

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。建设单位办公区公众及临近厂房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、建设单位办公区公众、临近厂房（5#厂房、4#厂房非本项目承租部分及2#厂房）公众以及厂区其他公众的居留因子取 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：

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

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 11-14。

表 11-14 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)
建设单位生产车间内公众*	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	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
建设单位办公区公众	F	5.19E-04	1	28	2400	1.59E-06	4.68E-02
	2G'	4.44E-03	1	35	2400	8.70E-06	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
东北厂区内道路及5#厂房人员	B	1.59E-01	1	3	2400	4.24E-02	8.98E-02
	2B	2.31E-03	1	3	2400	6.16E-04	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
西南厂区内道路及2#厂房人员	E	2.92E-01	1	30	2400	7.79E-04	4.76E-02
	2E	2.31E-02	1	34.7	2400	4.60E-05	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
东南4#厂房非本项目承租部分厂房人员	A'	2.09E-01	1	30	2400	5.57E-04	4.77E-02
	2A'	1.51E-01	1	35	2400	2.96E-04	
	天空反散射	1.95E-02	1	/	2400	4.68E-02	
西北厂区内	A	2.09E-01	1/16	38	2400	2.17E-05	2.95E-03

部道路（与1#厂房中间）	2G	4.42E-03	1/16	42	2400	3.76E-07
	天空反散射	1.95E-02	1/16	/	2400	2.93E-03

注：建设单位生产车间内公众为负责货物装卸的工作人员，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。生产车间内公众不会在未辐照货物堆放区和已辐照货物堆放区长时间停留，因此，生产车间内公众保守按照在装卸货区工作时进行年有效剂量计算。

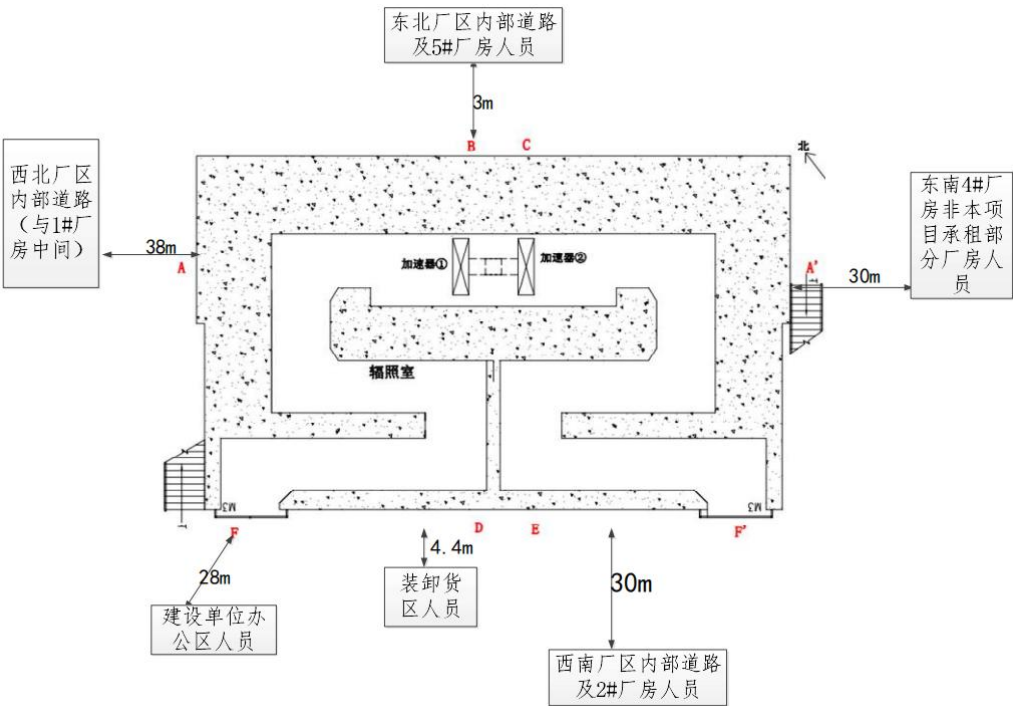


图 11-9（a） 周边公众人员关注点位示意图（部分）

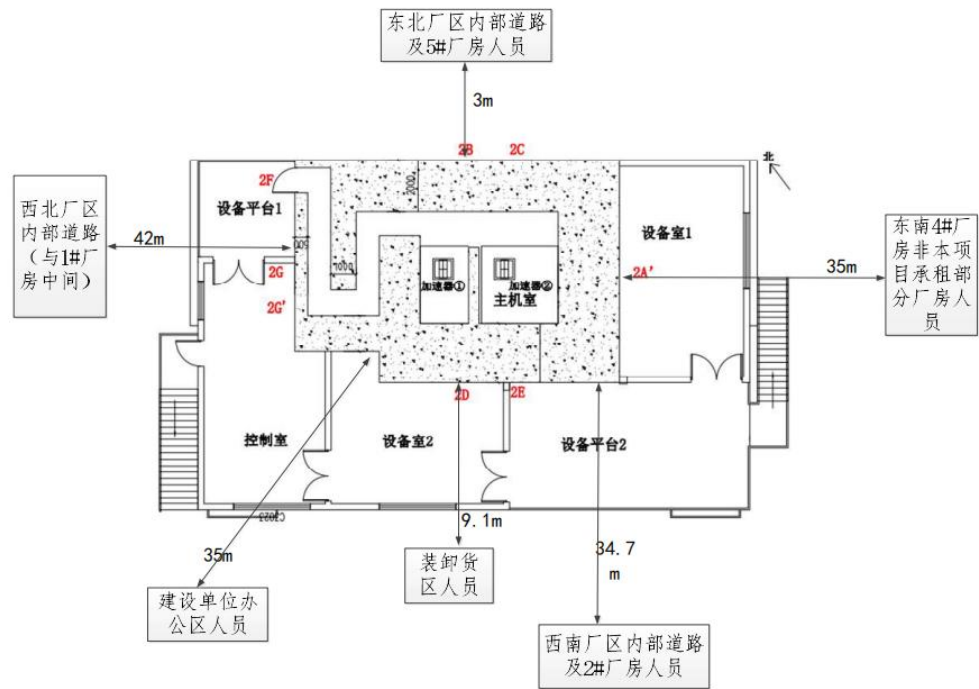


图 11-9（b） 周边公众人员关注点位示意图（部分）

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 $8.98 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，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因素的屏蔽减弱作用，因此计算结果是偏保守和偏安全的，实际运行中可能受到本项目运行所致的年有效剂量将会更小，评价范围内距离更远位置的公众受照剂量也会更小，因此本项目所致周围评价范围内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。加速器机房内设计有机械排风系统，辐照室排风量为 $14000 \text{m}^3/\text{h}$ 。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：

$$P = 45dIG \quad (\text{式 11-12})$$

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 电子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：

$$C_S = \frac{PT_e}{V} \quad (\text{式 11-13})$$

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)。

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：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (\text{式 11-14})$$

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 11-15 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 $0.3mg/m^3$ ”，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 4#厂房楼顶排放，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： $1.73 \times 10^{-2}g/s$ 。

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 11-16 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，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 90dB (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北侧，风机安装时采取隔震垫、基台减震；风机外拟设置隔声罩，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 11-17。

表 11-17 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	/	/	90	设备基础采取减振措施，采用隔声罩：15	东北	2	61	4800	10	51	1
					东南	52	33		/	33	
					西南	40	35		10	25	
					西北	45	34		10	24	

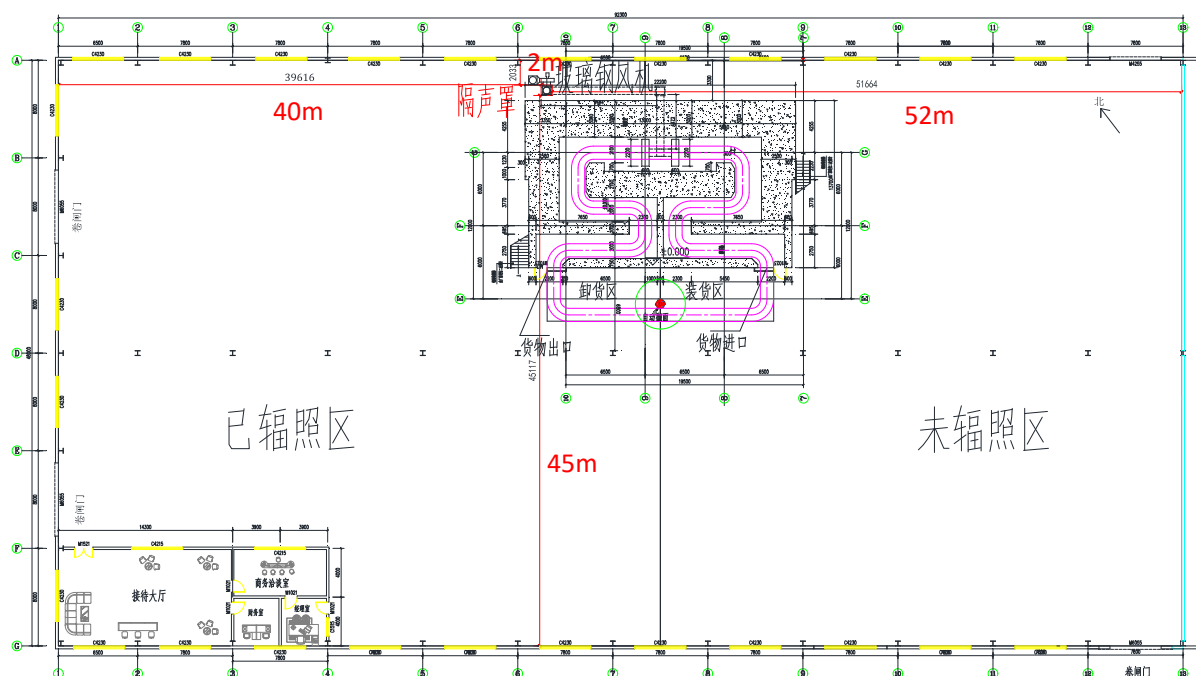


图 11-10 噪声边界示意图

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

$$L_{p2} = L_{p1} - (TL + 6) \quad (\text{式 11-15})$$

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。

$$L_{p1} = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (\text{式 11-16})$$

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； $R = S\alpha / (1 - \alpha)$ ， 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：

$$Leqg = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^N t_i 10^{0.1L_{Ai}} + \sum_{j=1}^M t_j 10^{0.1L_{Aj}} \right) \right] \quad (\text{式 11-17})$$

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 (L_{eq}) 计算公式如下

$$L_{eq} = 10 \lg (10^{0.1L_{eqg}} + 10^{0.1L_{eqb}}) \quad (\text{式 11-18})$$

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

L_{eqb} ——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 11-18。

表 11-18 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	51
		夜间	51
2	本项目东南厂界	昼间	33
		夜间	33
3	本项目西南厂界	昼间	25
		夜间	25
4	本项目西北厂界	昼间	24
		夜间	24

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运行期对场界噪声贡献值满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 3 类标准限值的要求。

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，详见表 11-19。

表 11-19 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。

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)表1的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值4.0~6.0Gy界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲，北京：原子能出版社)表2-13急性效应与剂量关系中以4Gy作为重度放射病的阈值，以及表后“对低LET辐射，皮肤损伤的阈值量3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系(见表11-20)，从而以是否达到3.5Gy界定是否会发生较大辐射事故，以是否达到5.5Gy界定是否会导致人员死亡。

表 11-20 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	10	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

11.4.3辐射事故影响分析

(1) 典型事故案例分析

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，许某等 5 人负责

该辐照室的辐照加工，轮班工作。

①事故发生过程

当事人许某（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。许某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。许某回忆描述，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，许某发现他左前臂溃疡，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；日常工作时按要求佩戴个人剂量计及辐射剂量报警仪；加速器停机时必须断开高压。

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

①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，单台加速器运行时，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；保守两台加速器同时运行的情况，则辐照室距离辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率为8100Gy/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	11.25	22.50	45.00	67.50	135.00
1.5m	5.00	10.00	20.00	30.00	60.00
2m	2.81	5.63	11.25	16.88	33.75
2.5m	1.80	3.60	7.20	10.80	21.60
3m	1.25	2.50	5.00	7.50	15.00

②假设在对货物进行辐照时，安全联锁装置失效，人员误入主机室。根据设备参数，单台加速器运行时，主机室距离辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率为48Gy/h；保守两台加速器同时运行的情况，则辐照室距离辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率为96Gy/h。

表11-23 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	0.13	0.27	0.53	0.80	1.60
1.5m	0.06	0.12	0.24	0.36	0.71
2m	0.03	0.07	0.13	0.20	0.40
2.5m	0.02	0.04	0.09	0.13	0.26
3m	0.01	0.03	0.06	0.09	0.18

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，随着时间的推移，还可能会发生更严重的事故。

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 11-24 事故情况分析 & 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：代雨禾

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

建设单位拟为所有新增辐射工作人员配置个人剂量计。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），核技术利用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并报名集中考核，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

建设单位将按要求组织本次拟配备辐射工作人员进行培训和考核，考核合格后方可上岗，并按时进行再培训及考核。

(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、辐射安全与防护培训考核成绩单、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年发布版)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-content	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	（HJ1157-2021）、	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	(HJ 61-2021) 和 (HJ 979-2018)	2.5μSv/h
自行 监测			每季度 1 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	(HJ 979-2018)	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以下内容：

- 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；
- ⑦检查及维修维护的内容与结果；
- ⑧其他。

12.4 竣工环境保护验收

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，除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月。

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以下内容：

- 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。	在项目建成前制定。	符合
（七）有完善的辐射事故应急措施。	在项目建成前制定。	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：四川长生华大生物科技有限公司新建工业辐照加速器项目
- (2) 建设单位：四川长生华大生物科技有限公司
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设地点：四川省成都市郫都区现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房
- (5) 建设内容：四川长生华大生物科技有限公司租用成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房新建 1 间电子加速器机房，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郫都区成都现代工业港南片区正港路 259 号 4#厂房，用地性质为工业用地，符合郫都区总体规划。。

本项目评价范围内主要为建设单位内部和成都成塑线缆厂区其余厂房和厂区内道路，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

本项目拟建场址及周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率现状值为 94nGy/h~120nGy/h, 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 8.98E-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, 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地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, 经隔声罩隔声、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，建设符合郫都区总体规划；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	四川长生华大生物科技有限公司拟在成都市郫都区成都现代工业港南片区正港路259号4#厂房新建1间电子加速器机房。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1层辐照室东南侧和西北侧墙体均为2500mm~2800mm厚混凝土，东北侧墙体为3000mm厚混凝土，顶部为680mm~1350mm厚混凝土，西南侧“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。辐照室出入口分为两个出入口：人员巡检出入口设置普通不锈钢门，宽910mm，高

	2000mm；货物传送带出入口宽 1290mm，高 1500mm，两侧设有围栏。货物传送带宽 1080mm，高 900mm；辐照室内人员通道宽 635mm~1010mm，能够满足人员应急需求。 加速器机房 2 层主机室西北侧“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，主机室东北侧墙体为 2000mm 厚混凝土，东南侧墙体为 2400mm 厚混凝土，西南侧墙体为 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普通不锈钢门。
环评 手续 履行 情况	项目环评批复
废气 处理	加速器机房内设计有机械排风系统，辐照室设置 1 个排风口，排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 4#厂房建筑楼顶排放，排气口距离地面约 15m。加速器辐照室设计通风量为 14000m³/h，辐照室容积约 275m³，通风换气次数可达 50 次/h。 货物传送带出入口为非封闭式，辐照室由传送带出入口处自然补风。
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，并参加考试，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