

编号：ZFHK-FB23220037

核技术利用建设项目

开开电缆科技有限公司

新增两台电子加速器辐照装置建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

开开电缆科技有限公司

2023年6月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

开开电缆科技有限公司

新增两台电子加速器辐照装置建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：开开电缆科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省台州市集聚区长浦路 388 号

邮政编码：318000

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	34
表 11 环境影响分析	49
表 12 辐射安全管理	67
表 13 结论与建议	75
表 14 审批	78

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 厂区环境关系图

附图 3 车间 1 平面布置图

附图 4 台州市区环境管控单元分类图

附图 5 浙江省生态保护红线图

附件

附件 1 委托书

附件 2 营业执照

附件 3 浙江省工业企业“零土地”技术改造项目备案

附件 4 与项目有关的前期环保手续

附件 5 项目所在用地不动产权证书

附件 6 环境本底监测报告

附件 7 辐射安全管理制度

附件 8 专家函审意见及修改说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		开开电缆科技有限公司 新增两台电子加速器辐照装置建设项目			
建设单位		开开电缆科技有限公司			
法人代表	■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		浙江省台州市集聚区长浦路 388 号			
项目建设地点		浙江省台州市集聚区长浦路 388 号开开电缆科技有限公司车间 1			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	1450	项目环保投资 (万元)	300	投资比例 (环保投资/总投资)	20.69%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
1.1 项目概述					
1.1.1 建设单位情况					
<p>开开电缆科技有限公司 (原名台州开开特种电缆制造有限公司、雷克森电气科技有限公司) (以下简称“建设单位”), 成立于 2000 年, 注册地址位于台州市长浦路 388 号, 主要生产销售电力电缆、控制电缆、架空绝缘电缆、橡套电缆、铝绞线、钢芯铝绞线、无卤低烟阻燃聚烯烃绝缘环保电线、网络线、射频同轴电缆、硅橡胶电缆、氟塑料高温线、分支电缆、矿用电线、船用电缆、核电站电缆、风力发电专用电缆、轨道交通用直流电缆、光纤复合低压电缆等特种电缆。</p> <p>开开电缆科技有限公司目前无核技术利用项目。</p>					

1.1.2 项目建设目的和任务由来

2013年,开开电缆科技有限公司委托浙江泰诚环境科技有限公司编制完成了《台州开开特种电缆制造有限公司年产七万公里特种电缆建设项目环境影响报告表》,并于2013年3月29日通过了原台州市环境保护局的审批,批复文号:台集环建[2013]10号。2018年1月,该项目已委托台州市绿安检测技术有限公司完成自主验收。为改进电缆产品生产工艺,提升交联电缆合格率,建设单位拟在车间1西南角新建两座加速器机房,新购安装使用2MeV/100kW和2.5MeV/100kW电子加速器辐照装置各1台,用于开展开开电缆科技有限公司年产15万米电线电缆项目。该项目已通过台州湾新区行政审批与投资服务局的浙江省工业企业“零土地”技术改造项目备案,项目代码:2302-331052-04-02-271756。

对照《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),本项目2台电子加速器辐照装置属于工业辐照用加速器,为II类射线装置。

为加强射线装置的辐射环境管理,防止放射性污染和意外事故的发生,确保射线装置的使用不对周围环境和公众产生不良影响,根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等的规定,本项目在实施前须进行环境影响评价。根据《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),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,开开电缆科技有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“开开电缆科技有限公司新增两台电子加速器辐照装置建设项目(简称‘本项目’)”的环境影响评价工作。

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、资料收集、辐射环境现状质量监测等工作,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)中环境影响报告表的内容和格式,编制了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

开开电缆科技有限公司在车间1西南角新建2座加速器机房,南北并排,由北向南依次为1号加速器机房(安装1台2.0MeV电子加速器辐照装置)和2号加速器机房(安装1台2.5MeV电子加速器辐照装置)。机房由辐照室和主机室及配套用房组

成，主要用于电线电缆的辐照交联。加速器机房为二层混凝土结构，首层为辐照室、风机房及控制室，二层为主机室及辅助区。无地下层，主机室上层无建筑。加速器装置放置于二层主机室，线状高能电子束经加速引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。

表 1-1 本次环评射线装置明细

装置名称	型号	数量	类别	加速粒子	最大能量	束流强度	位置	用途
电子加速器辐照装置	AB2.0-50/1400	1台	II	电子	2MeV	50mA	1号加速器机房	电线电缆的辐照交联
	AB2.5-40/1400	1台	II	电子	2.5MeV	40mA	2号加速器机房	

本项目建设总投资见表 1-2。

表 1-2 本项目投资概况

设备	数量	金额（万元）
2.0MeV 电子加速器辐照装置	1	255
2.5MeV 电子加速器辐照装置	1	300
收放线系统 1	1	140
收放线系统 2	1	242
水冷机组	2	20
风机	2	1
土建工程 (包括防护措施及防护用具)	2	297
安装费	/	60
配套 1250KVA 变压器增容	1	85
其他	/	50
合计		1450

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

(1) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目加速器辐照装置采用连续作业方式，单台加速器年工作天数 290 天，每天工作（出束）21h，则单台电子加速器辐照装置年出束时间为 6090h。

(2) 人员配置

本项目拟配置辐射工作人员12名，辐射工作人员实行三班制，每班配置4人，其中2人负责加速器控制操作，另2人负责加速器运行前清场巡检及机房内收放线工作。每班辐射工作人员年工作时间为2030h。

根据生态环境部《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)，建设单位应尽快组织本项目所有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>) 上进行报名和参加“电子加速器辐照类”的培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。

本项目另配备 9 名非辐射工作人员，在收放线系统处负责电缆收放线工作和电缆上下货工作，不靠近加速器机房周边，该 9 名非辐射工作人员实行三班制，每班配置 3 人。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

开开电子科技有限公司位于浙江省台州市集聚区长浦路 388 号，厂区东侧为聚英路，隔路为台州烟草新配送中心和浙江川田智能科技有限公司；南侧为浙江汉克机械；西侧为厂外空地、甬莞高速公路；北侧为长浦路。地理位置见附图 1，厂区环境关系详见附图 2。

1.2.2 工作场所周围外环境关系及布局

本项目 2 座加速器机房拟建于车间 1 内西南角，南北并排。车间 1 为一层建筑，无地下层。加速器机房东侧 4m 处为本项目配套收放线系统，16m 处为车间 1 辐照配套区（已辐照产品堆放区和未辐照产品堆放区），105m 处为车间 2；东南侧 192m 处为宿舍；南侧 2m 处为厂区内部道路，11m 处为车间 3；西侧紧邻厂区西侧道路，9m 处为厂区外空地；北侧 2m 处为车间 1 原材料仓库，26m 处为车间 1 电缆生产区，149m 处为办公楼。厂区环境关系详见附图 2，本项目车间 1 布置图见附图 3。

本项目 2 座加速器机房为二层混凝土结构，首层为辐照室，西侧设有风机房，东侧设有控制室和收放线系统；二层为主机室，东侧设有辅助区（内设水冷机组、震荡柜等），主机室上层无其他建筑。

1.2.3 选址合理性分析

本项目为新建核技术利用项目，选址于车间 1 内西南角，能够顺畅对接建设单位电线电缆产品的辐照加工，避开了人群较多的场所，且周围人员经过较少，尽可能减小对人群影响的范围。本项目拟建加速器机房周围 50m 范围内主要为开开电子科技有限公司厂区内建筑物、道路，部分涉及厂区外空地，无居民区、学校等环境敏感目标。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众造成的影响满足标准要求，故本项目的选址是合理的。

1.3 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修订），本项目属鼓励类第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。

1.4 实践正当性符合性

本项目的是利用电子加速器辐照装置使电线电缆达到交联目的，提高电线电缆的使用寿命、耐温等级、抗过载能力、机械性能等指标。但是，由于在辐照过程中射线的应用可能会造成如下放射性环境问题：

- （1）给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；
- （2）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加工过程中，应严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目利用射线装置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。

1.5 项目规划符合性

本项目位于浙江省台州市集聚区长浦路 388 号开开电缆科技有限公司，拟在车间 1 内西南角建设本项目。本项目所在地已取得不动产权证书（浙 2020 台州市不动产权第 0000852 号），用地性质为工业用地。本项目加速器机房周围 50m 范围内主要为开开电缆科技有限公司厂区内建筑物、道路，部分涉及厂区外空地，无居民区、学校等环境敏感目标。因此本项目符合台州市土地利用总体规划。

1.6 “三线一单”生态环境分区管控方案符合性分析

本项目位于浙江省台州市集聚区长浦路 388 号开开电缆科技有限公司厂区车间 1，根据《台州市“三线一单”生态环境分区管控方案》，本项目所在位置属于“台州湾循环经济产业集聚重点管控单元”，环境管控单元编码 ZH33100221003。台州市生态环境分区管控单元图见附图 5，台州湾循环经济产业集聚重点管控单元分区管控方案符合性分析见表 1-3。

表 1-3 生态环境分区管控方案符合性分析一览表

管控要求		本项目情况	符合性分析
空间布局约束	优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目。	本项目不属于三类工业项目	符合
	进一步调整和优化产业结构，逐步提高区域产业准入条件。重点加快园区整合提升，完善园区的基础设施配套，不断推进产业集聚和产业链延伸。	/	
	合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目周围 50m 范围内主要为厂区内部建筑、道路和厂区内空地，无居民区、学校等环境敏感目标	
污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。	本项目为核技术利用项目，不涉及污染物排放总量	符合
	新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。	本项目不属于二类、三类工业项目	
	推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。	建设单位厂区内已进行雨污分流	
	实施工业企业废水深度处理，严格重污染行业重金属和高浓度难降解废水预处理和分质处理，加强对纳管企业总氮、盐分、重金属和其他有毒有害污染物的管控，强化企业污染治理设施运行维护管理。	本项目不产生工业废水	
	全面推进重点行业 VOCs 治理和工业废气清洁排放改造，强化工业企业无组织排放管控。	本项目不产生 VOCs 和工业废气	
	二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、挥发性有机物全面执行国家排放标准大气污染物特别排放限值，深入推进工业燃煤锅炉烟气清洁排放改造。	本项目采用电能，不涉及工业燃煤	
	加强土壤和地下水污染防治与修复。	本项目不涉及土壤和地下水	
环境风险防控	定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险，落实防控措施。	/	符合
	相关企业按规定编制环境突发事件应急预案，重点加强事故废水应急池建设，以及应急物资的储备和应急演练。	建设单位已制定辐射事故应急预案，并进行了应急物资的储备和加强应急演练	
	强化工业集聚区企业环境风险防范设施建设和正常运行监管，落实产业园区应急预案，加强风险防控体系建设，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。	/	
	推进重点行业企业清洁生产改造，大力推进工业水循环利用，减少工业新鲜用水量，提高企业中水回用率。	本项目不产生工业废水，仅消耗少量纯净水	
资源开发效率要求	落实最严格水资源管理制度落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。	本项目运行过程中消耗一定量的电能，消耗量较区域资源利用总量较少	符合

综上所述，本项目符合台州市“三线一单”生态环境分区管控方案要求。

1.7 “三线一单”符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评[2016]150号）和《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评[2021]108号），要求强化“三线一单”的约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”切实维护群众的环境权益。“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单”，项目建设应强化“三线一单”约束作用。

（1）与“生态保护红线”的相符性

本项目位于浙江省台州市集聚区长浦路 388 号开开电缆科技有限公司厂区车间 1 内，属于“台州湾循环经济产业集聚重点管控单元”（ZH33100221003），不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区内。根据浙江省生态保护红线图，本项目不涉及生态保护红线，具体见附图 6。

（2）与“环境质量底线”的相符性

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射剂量属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

（3）与“资源利用上线”的相符性

本项目主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，占比量较小，市政自来水管网有能力为本项目提供水资源保障；本项目主要能源为电能，项目电能主要依托市政电力管网。总体而言，本项目符合能源资源利用上线和水资源利用上线要求。

（4）与“生态环境准入清单”的相符性

本项目位于“台州湾循环经济产业集聚重点管控单元”ZH33100221003，本项目属于核技术利用项目，不属于高污染、高能耗工业，满足管控措施，不在环境功能区负面清单内，符合生态环境准入清单的要求。

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。

1.8 原有核技术利用项目许可情况

本项目为建设单位首次开核技术利用项目，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
	无							

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
	无									

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器辐照装置	II	1 台	AB2.0-50/1400	电子	2	50mA	电线电缆的辐照交联	1 号加速器机房	新购
2	电子加速器辐照装置	II	1 台	AB2.5-40/1400	电子	2.5	40mA	电线电缆的辐照交联	2 号加速器机房	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
	无								

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
	无												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/		少量	少量	/	/	经排气筒由车间 1 屋顶排放

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg；
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过; 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订), 中华人民共和国主席令第 9 号, 2015 年 1 月 1 日施行修订版;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过, 自 2003 年 9 月 1 日起施行; 2016 年 7 月 2 日第一次修订; 2018 年 12 月 29 日第二次修订), 中华人民共和国主席令第 48 号, 2018 年 12 月 29 日施行修订版;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过), 中华人民共和国主席令第六号, 2003 年 10 月 1 日施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布施行; 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院令 682 号令修订), 自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版;</p> <p>(5) 《《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》》, (2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令 653 号修订, 2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令 709 号修订), 自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修正, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修正, 2019 年 7 月 11 日经生态环境部令 7 号修改, 2020 年 12 月 25 日经生态环境部令 20 号修改), 2021 年 1 月 4 日施行修改版;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 4 月 18 日环境保护部令 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号), 自 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部</p>
------------------	---

	<p>令第16号),自2021年1月1日起施行;</p> <p>(10)《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》(国家环保总局,环发[2006]145号)。</p> <p>(11)《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2011年10月25日浙江省人民政府令第288号公布,2014年3月13日浙江省人民政府令第321号第一次修正,2018年1月22日浙江省人民政府令第364号公布第二次修正,2021年2月10日浙江省人民政府令第388号公布第三次修正),自2021年2月10日起施行修正版;</p> <p>(12)《浙江省辐射环境管理办法》(2011年12月18日浙江省人民政府令第289号公布,2021年2月10日浙江省人民政府令第388号修正),自2021年2月10日起施行修正版;</p> <p>(13)《浙江省环境保护厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015年本)>及<设区市生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015年本)>的通知》(浙环发[2015]38号),自2016年10月1日起施行;</p> <p>(14)《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2019年本)>的通知》(浙环发[2019]22号),自2019年12月20日起施行。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3)《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018);</p> <p>(4)《辐照加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010);</p> <p>(5)《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002);</p> <p>(6)《工作场所有害因素职业接触限值第1部分:化学有害因素》(GBZ2.1-2019)及其1号修改单。</p> <p>(7)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(8)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p>

	(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。
其他	<p>(1) 委托书;</p> <p>(2) 建设单位提供的其它相关技术资料;</p> <p>(3) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(2012年版);</p> <p>(4) 《电子加速器辐照装置辐射安全监督检查技术要求》。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界 50m 的范围。从而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 范围内的区域，评价范围见附图 2。

7.2 保护目标

本项目的环境保护目标为加速器机房周围活动的辐射工作人员和开开电缆科技有限公司厂区内非辐射工作人员及周围公众成员。根据项目周边环境调查，本项目加速器机房墙体外50m范围内无居民、学校、自然保护区、风景名胜区、水源保护区等敏感保护目标。主要环境保护目标如表7-1所示。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		方位	与加速器机房边界最近距离	人数	年剂量约束值
辐照加速器机房	控制室工作人员	东侧	紧邻	6 人	职业： 5mSv
	巡检及收放线区工作人员	四周	紧邻	6 人	
	收放线系统区公众	东侧	4m	9 人	公众： 0.1mSv
	车间 1 辐照配套区公众	东侧	16m	10 人	
	南侧道路公众	南侧	2m	约 50 人次/d	
	车间 3 公众	南侧	11m	20 人	
	西侧道路公众	西侧	紧邻	约 50 人次/d	
	西侧厂外空地公众	西侧	9m	约 30 人次/d	
	车间 1 原材料仓库公众	北侧	2m	10 人	
	车间 1 电缆生产区公众	北侧	26m	20 人	

注：西侧风机房和二层辅助区不列为环境保护目标

7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐照的防护和实践中源的安全。

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

附录 B

B1.1 职业照射

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

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

20mSv。

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

本标准适用于辐照加工用能量不高于 10MeV 的电子束辐照装置和能量不高于 5MeV 的 X 射线辐射装置。

4、一般要求

4.1 辐射安全要求

4.1.1 安全原则

4.1.1.1 纵深防御

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：

- (1) 防止可能引起照射的事故；
- (2) 减轻可能发生的任何类似事故的后果；
- (3) 在任何这类事故之后，将装置恢复到安全状态。

4.1.1.2 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道及以上联锁。

4.1.1.3 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：辐照室和主机室人员出入口的安全联锁可以分别采用机械的、电气的、电子的和剂量的联锁。

4.1.1.4 独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时，不会造成其他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。为提高系统的独立性，可采取下列措施：

- (1) 保证冗余性（多道联锁）各部件之间的独立性；
- (2) 保证纵深防御各部件之间的独立性；
- (3) 保证多元性各部件之间的独立性；
- (4) 保证安全重要物项和非安全重要物项之间的独立性。

4.1.2 辐射工作场所的分区

按照 GB18871 的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：

控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；

监督区，如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

4.1.3 在控制区出入口处和其它必要的地方，应设立醒目的、符合 GB18871 规定的警告标志。

4.1.4 使用手册、操作规程和应急程序等文件以及关键的安全部件标识和安全标识都应使用中文。

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

(1) 辐射实践的正当性

电子加速器辐照装置的建设立项，必须进行正当性分析，以确定其该项目的正当性。

(2) 辐射防护的最优化

电子加速器辐照装置的设计和建造要求所有照射剂量都保持在规定限值以内，并在考虑社会和经济因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均应保持在可合理达到的尽量低的水平，即 ALARA (As Low As Reasonably Achievable) 原则。

(3) 个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。

电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

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

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。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。

7 日常检修（管理）及记录

7.1 装置的维护与维修

辐照装置运营单位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。

安全设施的变更，需经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

7.1.1 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，发现异常情况必须及时修复。常规日检查项目应至少包括下列内容：

- (1) 工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- (2) 辐照装置安全联锁控制显示状况；
- (3) 个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态。

7.1.2 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。

7.1.3 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。

7.2 记录

辐照装置营运单位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) 辐照产品情况；
- (3) 发生故障及排除方法；
- (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) 检查和维修维护的内容与结果；
- (8) 其它。

7.3.3 《辐照加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010)

8.1.3 辐射防护安全要求:

a) 辐射屏蔽材料采用混凝土时,其强度等级应高于 C20,密度不应低于 2.35g/cm^3 。

b) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商提供的土建工艺指导数据。

c) 监督区的辐射剂量水平应符合 GB18871-2002 和 GB5172-1985 中的职业照射剂量限值要求;在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为:职业照射个人年有效剂量限值为 5mSv ;公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv 。

d) 控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设置。

e) 控制区和监督区及其入口处应设置显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。

f) 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备。

g) 按照 GBZ2.2-2007,有害气体职业接触限值如下:臭氧最高容许浓度 0.3mg/m^3 。

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018),确定本项目的年剂量约束值为:辐射工作人员年有效剂量为 5mSv ,公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

开开电缆科技有限公司拟在车间 1 内西南角新建 2 座加速器机房，2 座加速器机房南北并排。本项目拟建加速器机房周边环境照片见图 8-1，地理位置详见附图 1，周边环境概况详见附图 2。



拟建加速器机房东侧现状（闲置区域）



拟建加速器机房南侧现状（南侧道路和车间 3）



拟建加速器机房西侧现状（西侧道路）



拟建加速器机房北侧现状（原材料仓库）



加速器机房拟建区域现状（闲置区域）

图 8-1 本项目周边环境现状照片

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- (1) 环境现状评价对象：拟建辐射项目区域及周边环境
- (2) 监测因子： γ 辐射剂量率
- (3) 监测点位

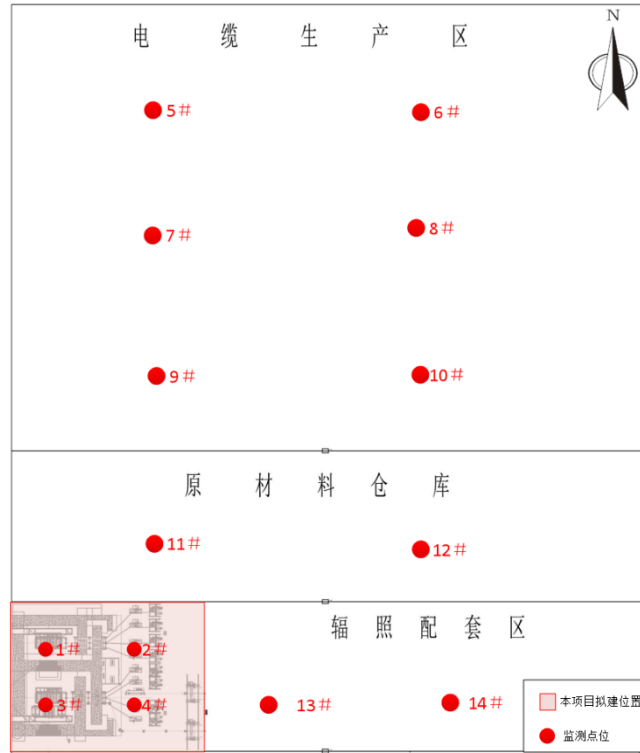


图 8-2 本项目车间 1 拟建 2 间电子加速器辐照装置机房及四周辐射质量现状监测点位图



图 8-3 本项目四周辐射质量现状监测点位图

本次监测在加速器机房拟建址区域及四周布设点位，监测点位见图 8-2 和图 8-3。评价范围内共布设了 28 个点位，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。因此，监测点位布设是合理的。

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 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：2023.4.19
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《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 22℃，相对湿度 57%，多云
- (8) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

仪器名称	X、 γ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404
能量范围	40KeV~4.4MeV
量 程	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
校准证书	2023H21-10-4416128003
校准日期	2023 年 02 月 17 日

8.3.2 质量保证措施

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。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建电子加速器辐照装置机房区域及四周辐射现状监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	拟建电子加速器辐照装置机房点位 1	96.5±2	室内
2#	拟建电子加速器辐照装置机房点位 2	96.6±3	室内
3#	拟建电子加速器辐照装置机房点位 3	95.2±2	室内
4#	拟建电子加速器辐照装置机房点位 4	97.1±2	室内
5#	电缆生产区点位 1	85.6±1	室内
6#	电缆生产区点位 2	85.8±1	室内
7#	电缆生产区点位 3	85.8±1	室内
8#	电缆生产区点位 4	85.6±1	室内
9#	电缆生产区点位 5	85.9±1	室内
10#	电缆生产区点位 6	85.7±1	室内
11#	原材料仓库点位 1	85.2±1	室内
12#	原材料仓库点位 2	85.4±1	室内
13#	辐照配套区点位 1	98.0±2	室内
14#	辐照配套区点位 2	96.4±2	室内
15#	车间 1 西侧道路点位 1	104±2	室外
16#	车间 1 西侧道路点位 2	104±2	室外
17#	车间 1 南侧道路点位 1	105±2	室外
18#	车间 1 南侧道路点位 2	104±3	室外
19#	车间 3 点位 1	100±2	室内

20#	车间 3 点位 2	101±3	室内
21#	厂区西侧围墙外点位 1	94.1±2	室外
22#	厂区西侧围墙外点位 2	91.7±1	室外
23#	厂区西侧围墙外点位 3	92.0±2	室外
24#	厂区西侧围墙外点位 4	91.9±2	室外
25#	车间 1 北侧道路点位 1	93.9±2	室外
26#	车间 1 北侧道路点位 2	93.5±1	室外
27#	车间 1 东侧道路点位 1	96.9±3	室外
28#	车间 1 东侧道路点位 2	97.9±2	室外

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，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值 \times 校准因子 k_1 \times 仪器检验源效率因子 k_2 \div 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 \times 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.08，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 9.2nGy/h。

8.4 环境现状评价

监测时，本项目所在机房尚未建设。

由监测结果可知，本项目拟建电子加速器辐照装置机房四周室内 γ 辐射剂量率范围为 85.2nGy/h~101nGy/h，即 $8.52\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $10.1\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外 γ 辐射剂量率范围为 91.7nGy/h~105nGy/h，即 $9.17\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $10.5\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知台州地区室内 γ 辐射剂量率在 $5.9\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $20.0\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，道路 γ 辐射剂量率在 $5.0\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ~ $14.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，可见本项目所在区域的 γ 辐射水平处于当地本底水平范围之内，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程简述

开开电缆科技有限公司拟在车间 1 内西南角新建 2 座加速器机房。项目施工期内内容主要为土建施工，厂房装修、机房装修（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），射线装置的安装调试等内容，整个工期为 3 月。

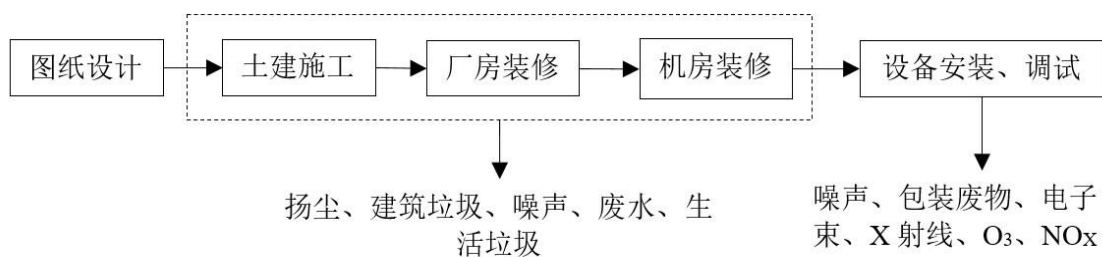


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节

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，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托开开电缆科技有限公司现有化粪池等生活污水处理设施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，主要是土建和装修过程中产生的扬尘。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

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

(3) 噪声

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

(4) 固废

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

(5) 设备的安装、调试

设备安装调试过程中主要污染包括设备的包装废物和调试时产生的电子束和 X 射线。安装过程中产生的包装废物由环卫部门统一清运，设备的安装调试均在已建成的辐照室和主机室内完成，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能够满足辐射防护标准要求。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 工程设备

开开电缆科技有限公司拟购置 2MeV 和 2.5MeV 电子加速器辐照装置各 1 台，并建设 2 座加速器机房及配套建设控制室、辅助区（内设水冷机组、震荡柜）及风机房等设施。加速器机房为两层混凝土结构，由一层辐照室和二层主机室组成，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。本项目各加速器辐照室东侧均设有配置 1 套收放线系统，用于输送辐照电线电缆。机房内主要依靠束下传送导轮装置传输辐照电缆。

本项目 2 台电子加速器辐照装置设备参数见表 9-1。

表 9-1 本项目电子加速器辐照装置参数

电子束能量	2.0MeV	2.5MeV
型号	AB2.0-50/1400	AB2.5-40/1400
厂家	无锡爱邦辐射技术有限公司	无锡爱邦辐射技术有限公司
束流损失点能量	0.6MeV	0.8MeV
束流损失率	0.5%	0.5%
X 射线发射率（未修正）	90°方向 $1.6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	90°方向 $2.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
最大束流功率	100KW	100KW
额定电子束流	50mA	40mA
扫描宽度	1.4m	1.4m
能量不稳定性	小于 5%	小于 5%
束流不稳定性	小于 5%	小于 5%
主射束方向	0°（垂直向下）	0°（垂直向下）

加速器工作方式	连续	连续
---------	----	----

注：以上设备参数由设备厂商无锡爱邦辐射技术有限公司提供。

9.2.2 辐照交联

交联电缆通常是指电缆的绝缘层采用交联材料，是交联聚乙烯绝缘电缆的简称。其具有优异的电气性能，良好的运行安全性能和热过载机械特性，以及安装运行维修简便等优点。目前辐照交联是电缆行业生产交联电缆的三种工艺方式之一。

辐照交联是采用经过改性的聚乙烯绝缘料，通过 1+2 的挤出方式完成异体屏蔽层——绝缘层——绝缘屏蔽层的挤出后，将冷却后的绝缘线芯，均匀通过高能电子加速器的辐照扫描窗口完成交联过程。辐照交联电缆料中不加入交联剂，在交联时是由高能电子加速器产生的高能电子束有效穿透绝缘层，通过能量转换产生交联反应的，因为电子带有很高的能量，而且均匀地穿过绝缘层，所以形成的交联键结合能量高，稳定性好。表现出的物理性能为，耐热性能优于化学交联电缆。

电子辐照加速器是目前发达国家在轮胎硫化、高温线缆化学交联、汽车内饰化学发泡等行业中用物理法替代传统化学生产法的核心装置，具有环保清洁、高效节能等优点，可大大降低能源和原材料的消耗促进产业升级。

9.2.3 加速器工作原理

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。电子加速器辐照装置产生的高能电子束，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。

电子加速器工作原理为：加速器调制器将低压工频电能作用成高频电能，输送给高压发生器；经过高压发生器内高频变压器的作用，变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管形成高能电子束。高能、高功率的电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场将成束的电子扫开成一定的宽度，从薄的金属膜构成的输出窗引出，对加工物品进行辐照。

9.2.4 设备组成

本项目拟采用无锡爱邦辐射技术有限公司生产的高频高压型电子加速器，其主要的组成部分有加速器主钢筒、高频震荡系统、倍压系统、电子传输扫描引出系统、真空系统、冷却水循环系统、气体处理系统、加速器内部连锁和加速器控制系统。本项目电子加速器整体装置示意图见图 9-2。

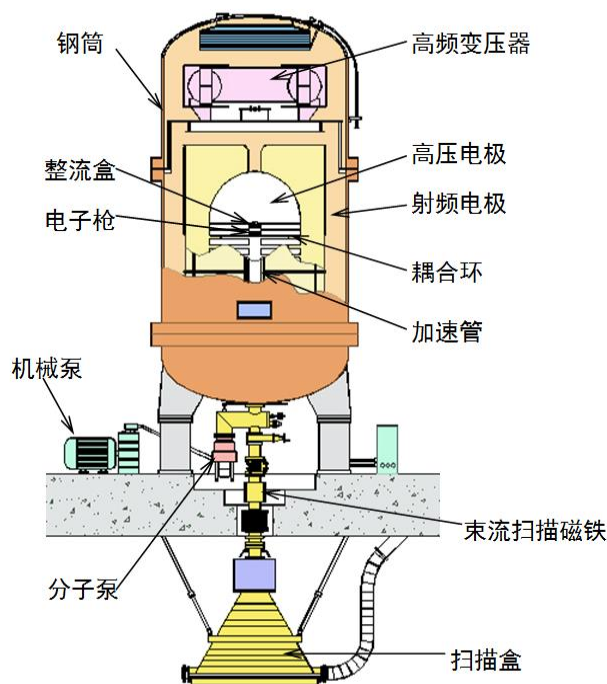


图 9-2 本项目电子加速器示意图

9.2.5 电子加速器辐照装置操作流程

(1) 开机前先进行安全检查。

①辐射工作场所内所有的工作人员，按照要求正确佩戴个人剂量计和携带个人剂量报警仪；

②确认所有的安全连锁系统、警告灯、剂量仪表是否正常；

③辐射工作人员进入辐照室和主机室内巡视清场，确保辐照室和主机室内无任何人员，并按照“东-南-西-北”顺序按下全部巡检按钮后，触发巡检完毕的信号。

④巡检人员对辐照室、主机室周边进行清场，确认监督区内无人逗留后，对监督区及加速器机房二楼入口处进行管理，防止无关人员靠近。

(2) 确认辐照室、主机室室内及周边监督区无人逗留后，加速器开机，达到预定参数后，观察各点剂量读数是否正常。

(3) 加速器开机后首先进行调试，调试后开始正常运行（注：调试时即使不引

束，在辐照室，特别是扫描盒附近也有可能强烈的辐射，这是由加速管内的冷电子发射经高压加速形成）。

（4）辐照工作完成后，将束流和能量均降为零，断开加速器高压，然后在控制界面，完成关机操作。

9.2.6 辐照加工工艺流程

本次评价项目电子加速器辐照装置主要用于电缆辐照交联加工，需要辐照的电缆由收放线系统通过滚轴自动送入辐照室，在扫描系统下接受电子加速器辐照，辐照完成后通过收放线系统自动连续地输出辐照室，以达到高分子材料改性的目的，其工艺流程主要为：

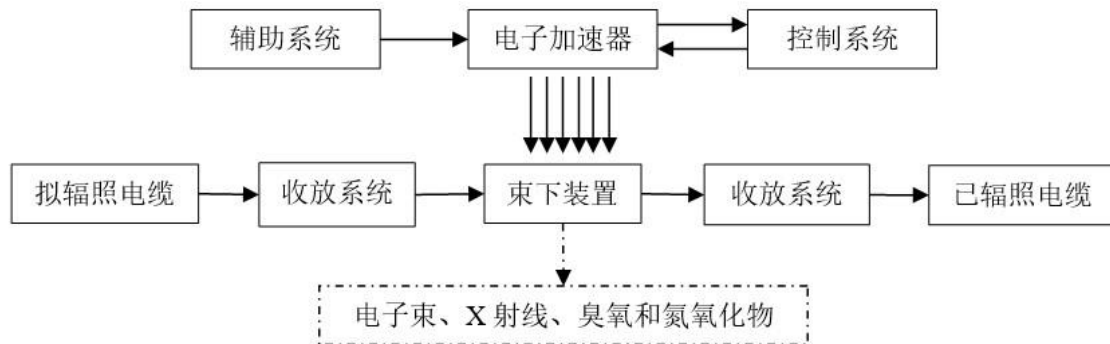


图 9-3 辐照加速器工作流程及产污环节示意图

本项目整个辐照工艺流程为流水线自动运行，辐射工作人员位于控制室，进行系统控制并监控系统各项指标运行参数；巡检人员在加速器机房外监督区进行巡查，防止无关人员靠近加速器机房；收放线工作人员在收放线系统区域，负责辐照电缆的装卸等工作。所有待辐照电缆都是通过收放线系统输送至束流中心辐射区进行辐照加工，工作人员不必进入辐照室。

本项目工作人员工作流程如下：

- ①工作人员做开机前准备，对现场及辐照装置进行安全检查，准备待辐照的电缆。
- ②辐射工作人员设置机器参数和输送线传输速度。
- ③处于辐照室东侧收放线系统区域的收放线工作人员将待辐照的电缆安装至收放线系统，辐射工作人员启动输送并启动加速器辐照装置开始辐照。
- ④已辐照的电缆由收放线系统自动传送至辐照室外。

辐照电缆进出辐照室方式如下：工作人员将待辐照电缆置于收放线系统上，通过收放线系统传送至辐照室。辐照室东侧设有电缆进出专用狭缝，孔径 $\phi 200\text{mm}$ ，专用狭缝以 $30^\circ/28^\circ$ 角斜穿过两道迷道墙体。电缆以 $30^\circ/28^\circ$ 角向下斜穿过迷道外墙进入迷

道，再以 30°/28°角向上斜穿过迷道内墙进入辐照室。辐照室内，通过导轮缠绕改变电缆传送方向，沿原路进出通道传出辐照室。

9.2.7 工作负荷及人员配置

根据建设单位提供的资料，加速器辐照装置采用连续作业方式，本项目年工作天数 290 天，单台加速器每天工作（出束）21h，加速器年出束时间为 6090 小时。

本项目共配备辐射工作人员 12 人，实行三班制，每班配置 4 人，其中 2 人负责加速器控制操作，2 人负责加速器运行前清场巡检及机房内收放线工作。每班辐射工作人员年工作时间为 2030h。

9.2.8 污染因子

（1）X 射线

电子加速器产生的辐射可分为瞬时辐射和感生辐射两类。瞬时辐射包括初级辐射（指被加速电子）及其与靶材料或加速器的结构材料相互作用产生的 X 射线，瞬时辐射在加速器运行时产生，关机后即消失，它们是加速器辐射屏蔽、防护和监测的主要对象。

（2）电子束

电子加速器辐照装置在运行时可能产生高能电子束，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。

（3）非放射性污染因子

氧气分子受到电子或 X 射线束照射时，会分解成氧原子。氧原子的不稳定性极强，极易与其他物质发生反应。如遇氧气、氮气反应时，就形成了臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，所以主要考虑臭氧的产生及其防护。只要臭氧能够达标，氮氧化物也能达标。

本项目加速器机房辐照室设计有机械排风系统，2 座加速器机房排风量均不低于 15000m³/h。当电子加速器辐照装置运行过程中，排风系统开启以降低辐照室内的臭氧浓度。本项目吸风口通过深埋地下风道连接到排气口，风道孔径为 800mm×800mm，管线地埋深度约 1.1m。室内设置两个吸风口，位于扫描窗左右两侧地面处，排风管道从辐照室地下穿过，并从加速器机房的西侧穿出，经排臭氧烟囱排放（1 号加速器机房和 2 号加速器机房的烟囱高度均不低于 20m），排放口高于厂房周边建筑。

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臭氧的产生

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：

$$P = 45dIG \quad (\text{式 9-1})$$

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 (mA)；

d —电子在空气中的行程 (cm)；加速器厂家提供资料：本项目束下传输装置上电缆距扫描盒约 13cm；

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

臭氧的产生率见表 9-2。

表 9-2 本项目 2 台电子加速器辐照装置臭氧产生率

参数	d (cm)	I (mA)	G	P (mg/h)
1 号加速器 (2.0MeV)	13	50	10	2.93×10^5
2 号加速器 (2.5MeV)	13	40	10	2.34×10^5

②辐照室臭氧的平衡浓度

在加速器正常运行期间，臭氧不断产生，考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间约为 50 分钟），辐照室空气中臭氧的平衡浓度随辐照时间 t 变化。当 T_v （辐照室换气一次所需时间） $\ll T_d$ （臭氧的有效化学分解时间，约为 50 分钟）时，因而 T_e （对臭氧的有效清除时间） $\approx T_v$ （辐照室换气一次所需时间）。当长时间辐照时，则辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (\text{式 9-2})$$

T_e —对臭氧的有效清除时间 (h)；

V —辐照室体积 (m^3)。

本项目 1 号加速器辐照室体积为 $112.2m^3$ ，风机风量为 $15000m^3/h$ ，换气次数为 133.7 次/h；本项目 2 号加速器辐照室体积为 $163.2m^3$ ，风机风量为 $15000m^3/h$ ，换气次数为 91.9 次/h。

辐照室臭氧的平衡浓度见表 9-3。

表 9-3 本项目 2 台电子加速器辐照装置辐照室臭氧的平衡浓度

参数	P (mg/h)	T_e (h)	V (m^3)	C_s (mg/m^3)
1 号加速器 (2.0MeV)	$2.93E+05$	1/133.7	112.2	19.5

2号加速器 (2.5MeV)	2.34E+05	1/91.9	163.2	15.6
----------------	----------	--------	-------	------

③臭氧的排放

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，工作人员方可进入辐照室。关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (\text{式 9-3})$$

式中：

C_0 —《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 规定的臭氧的最高容许浓度， $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；

T —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间 (h)。

表 9-4 本项目 2 台电子加速器辐照装置臭氧影响分析计算结果表

参数	T_e (h)	C_0 (mg/m^3)	C_s (mg/m^3)	T (h)	T (min)
1 号加速器 (2.0MeV)	1/113.7	0.3	19.5	0.031	1.86
2 号加速器 (2.5MeV)	1/91.9	0.3	15.6	0.043	2.58

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 $15000\text{m}^3/\text{h}$ 的通风量工作，1 号加速器机房通过 1.86min 的通风排气，2 号加速器机房通过 2.58min 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》(GBZ2.1-2019) 中“臭氧最高容许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ”，此时，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 5min 后方可进入辐照室。

9.3 污染源项

9.3.1 正常工况下

(1) 加速器运行期间，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。高能电子束与靶物质及其他结构材料相互作用时将产生高能 X 射线。X 射线的贯穿能力强，会对周围环境造成辐射污染。

(2) 电子束加速器运行产生的高能电子束贯穿能力较弱，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束也能得到有效屏蔽。

9.3.2 事故工况下

(1) 电子加速器辐照装置最大可能事故通常是联锁系统失效，而加速器仍然处在工作状态时发生。此时如果职业人员或其他人员误入机房，或者当职业人员或其他人员尚未离开机房时，可能会造成这些人员受到意外照射。

(2) 当设备出现故障进行维修时，若发生意外出束，可导致维修人员受到不必要的剂量照射。

(3) 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。

(4) 加速器辐照室通风设施发生故障或未按规定运行，辐射人员进入辐照室受到非辐射废气伤害。

9.3.3 非放射性污染源项

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。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。

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

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

开开电缆科技有限公司拟购置 2 台电子加速器辐照装置，并在车间 1 内西南角建设 2 座加速器机房及配套建设风机房、控制室、辅助区（内设水冷机组、震荡柜）等设施。根据建设单位提供的资料，2 座加速器机房均为二层混凝土结构，其中一层为辐照室，二层为主机室。本项目加速器机房平面图、剖面图见下图。

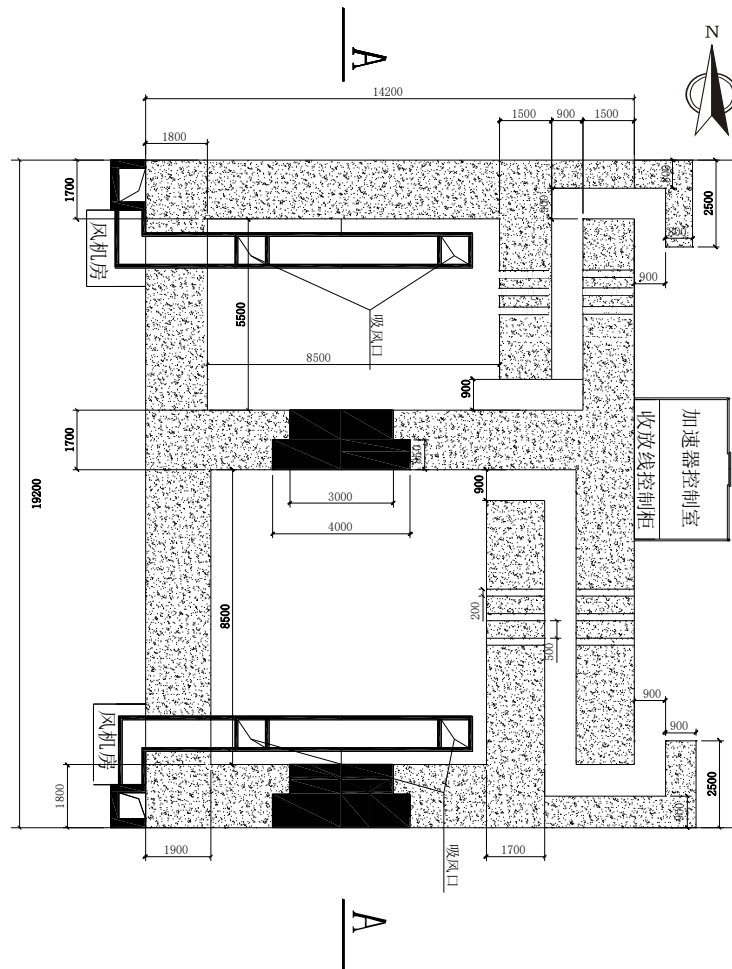


图 10-1 本项目加速器机房一层辐照室平面图

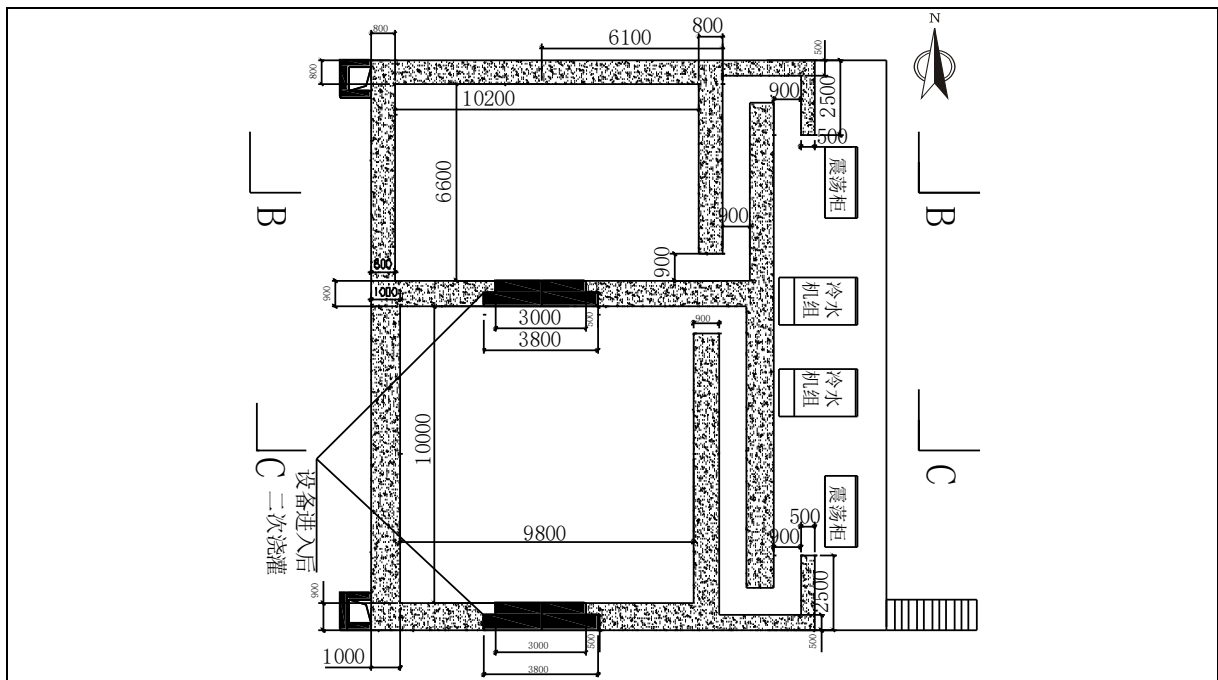


图 10-2 加速器机房二层主机室平面图

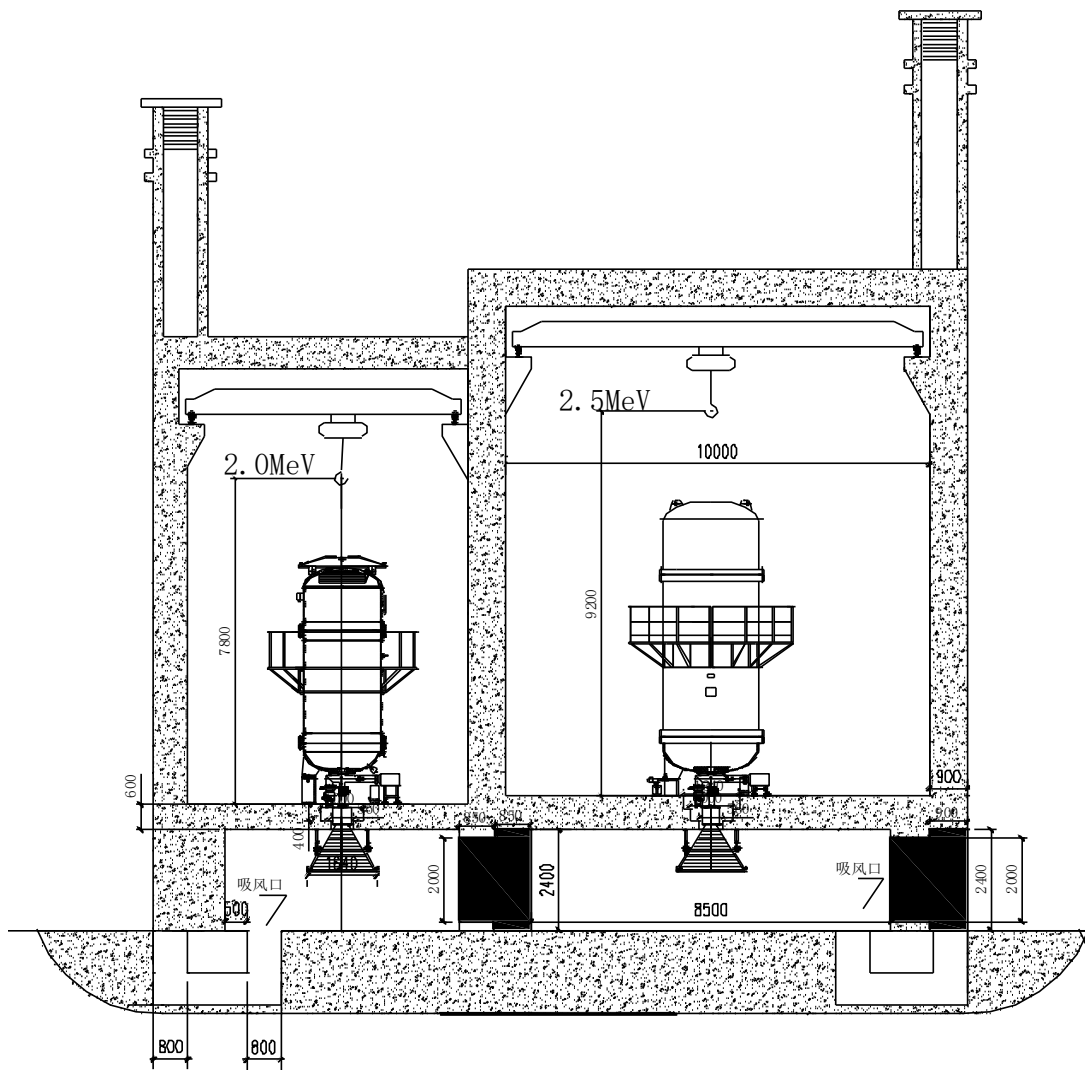


图 10-3 加速器机房 A-A 剖面图

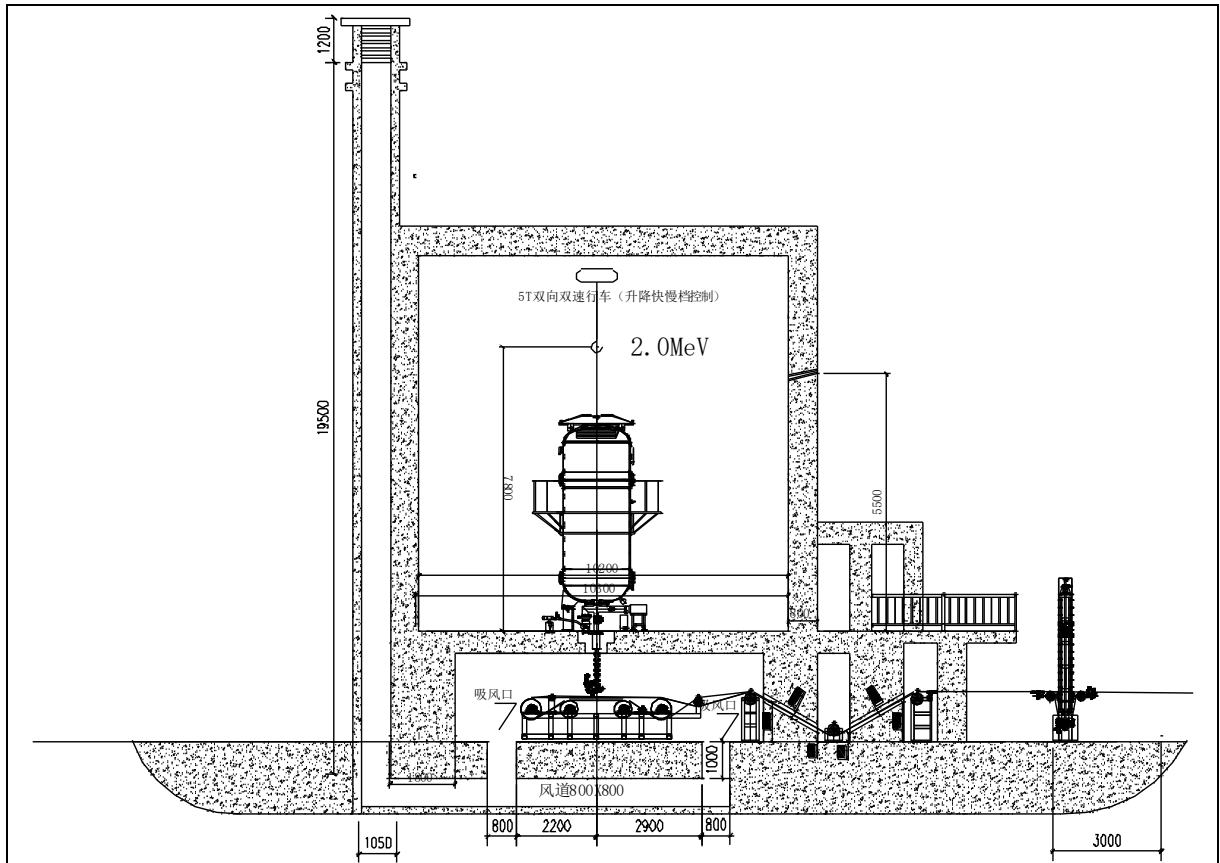


图 10-4 加速器机房 B-B 剖面图

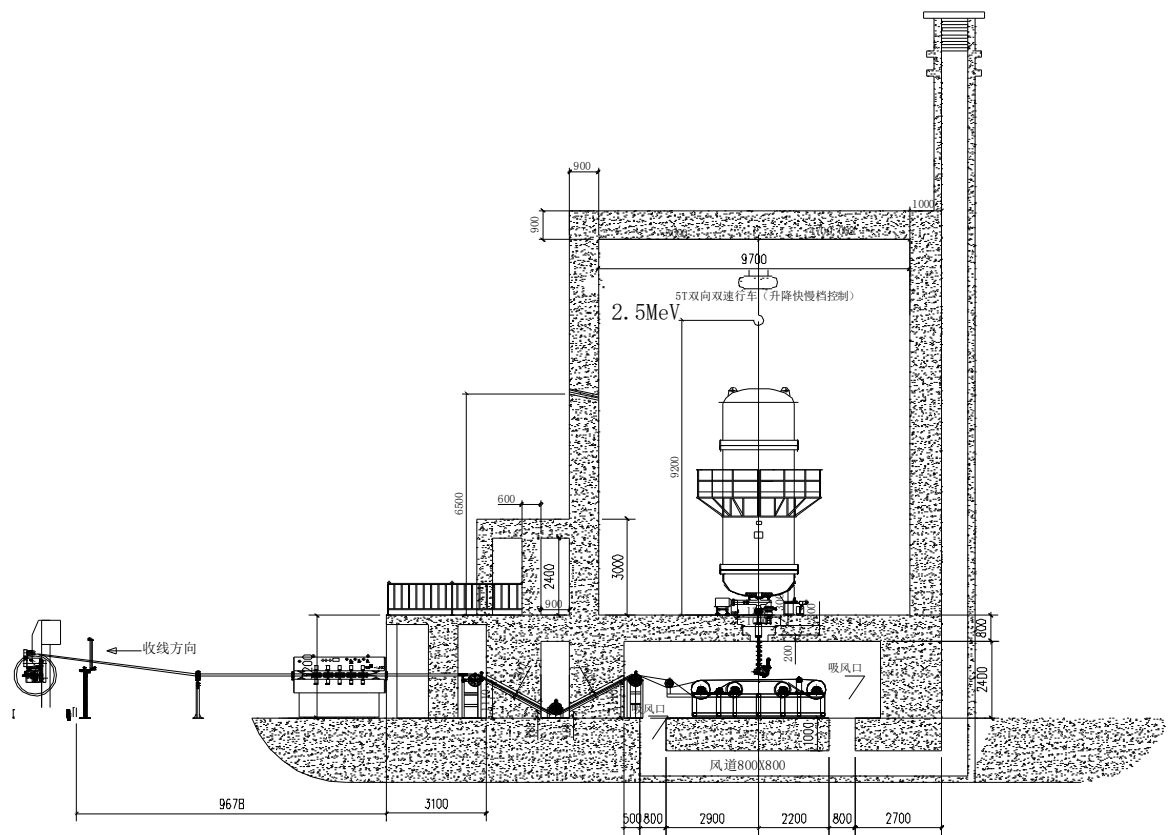


图 10-5 加速器机房 C-C 剖面图

由图可知，本项目2座加速器机房均为二层混凝土结构，辐照室设置为一层，主机室设置为二层。控制室、风机房位于一层，加速器主要设备、水冷机组、震荡柜位于二层。控制室内有加速器控制柜和收放线控制柜，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，待辐照加工的电缆通过收放线系统自动从迷道墙专用狭缝输送至辐照室内进行辐照扫描加工。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

为了便于加强管理，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）及《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，划分原则如下：

控制区：如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；

监督区：如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

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：电子加速器辐照装置的一层辐照室和二层主机室划为控制区。建设单位应在辐照室出入口及辐照室周围醒目位置、主机室出入口设置电离辐射警告标志及中文警示说明等。

监督区：一层辐照室四周墙外30cm、迷道入口外30cm、控制室、风机房，二层主机室相邻水冷机组及震荡柜所在的辅助区划为监督区。建设单位应在一层辐照室监督区边界、电缆狭缝口处、和上至二层的入口设置地面警示线及监督区警示牌等。为防止无关人员通过一层楼梯到达二层辅助区，建设单位应在一层楼梯入口处设置栅栏门并配备钥匙，防止无关人员进入加速器机房二层。

加速器机房“两区”划分详见图10-5。

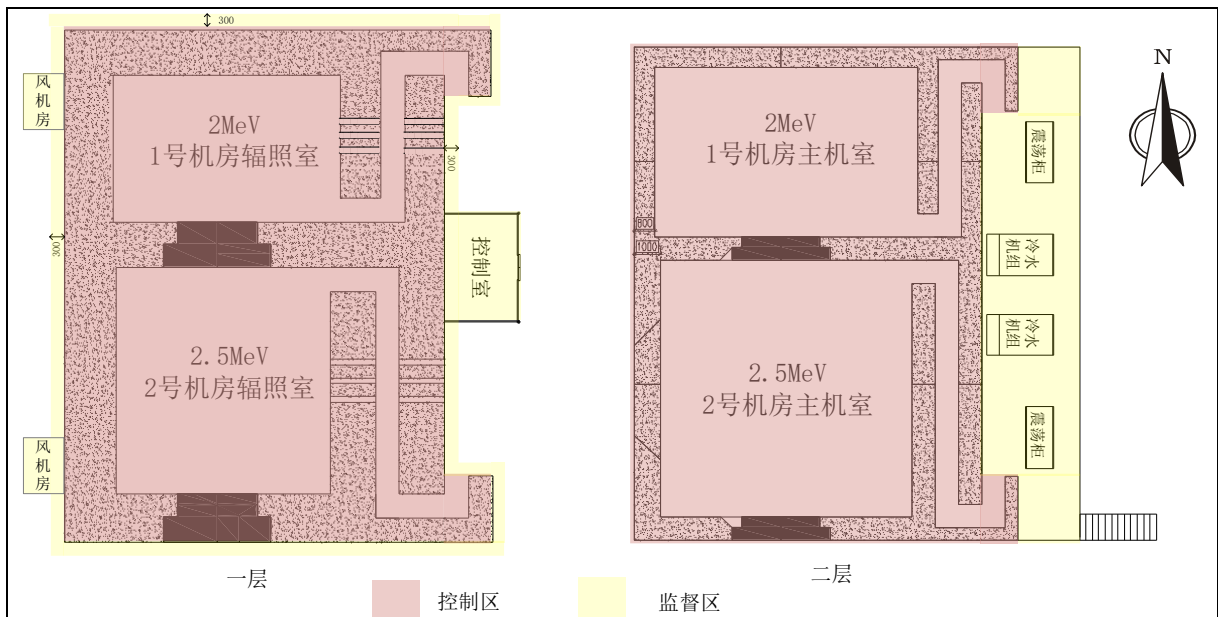


图 10-5 本项目加速器机房两区划分图

10.1.3 辐射安全与防护措施

(1) 加速器工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目拟建 2 座加速器机房，并在机房内安装使用 2 台电子辐照加速器，2 座加速器机房南北排列，机房由辐照室、主机室及辅助区组成。辐照室和主机室墙体设计为密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的混凝土浇筑，2 间辐照室东侧均设有电缆专用狭缝，1 号机房通道 $\phi 200\text{mm}$ ，通道以 30° 折角穿过两道迷道墙体；2 号机房通道 $\phi 200\text{mm}$ ，通道以 28° 折角穿过两道迷道墙体。其防护措施见表 10-1。

表 10-1 本项目 2 座加速器机房屏蔽防护措施一览表

尺寸		1 号加速器机房	2 号加速器机房
辐照室内尺寸 不包括迷道		长 8.5m、宽 5.5m、高 2.4m	长 8.5m、宽 8.0m、高 2.4m
主机室		长 10.2m、宽 6.6m、高 10.4m	长 9.8m、宽 10.0m、高 11.7m
辐照室 屏蔽	北墙	1.7m	1.7m
	东墙	“S”型迷道，迷道内墙厚 1.5m，迷道外墙厚 1.5m，迷道入口墙厚 0.8m	“S”型迷道，迷道内墙厚 1.7m，迷道外墙厚 1.7m，迷道入口墙厚 0.9m
	南墙	1.7m	1.8m
	西墙	1.8m	1.9m
	顶棚	0.6m	0.8m
主机室 屏蔽	北墙	0.8m	0.9m
	东墙	“S”型迷道，迷道内墙厚 0.8m，迷道外墙厚 0.8m，迷道入口墙厚 0.5m	“S”型迷道，迷道内墙厚 0.9m，迷道外墙厚 0.9m，迷道入口墙厚 0.5m
	南墙	0.9m	0.9m
	西墙	0.8m	1.0m
	顶棚	0.8m	0.9m

辐照室迷道	迷道宽 0.9m, 高 2.4m	迷道宽 0.9m, 高 2.4m
主机室迷道	迷道宽 0.9m, 高 2.4m	迷道宽 0.9m, 高 2.4m
辐照室出入口	普通不锈钢门, 入口安装安全联锁装置	普通不锈钢门, 入口安装安全联锁装置
辐照室电缆进出通道	通道 ϕ 200mm, 通道以 30° 角斜穿过两道迷道墙体	通道 ϕ 200mm, 通道以 28° 角斜穿过两道迷道墙体
主机出入口	普通门	普通门
通风、冷却设施	辐照室排风管线采用地埋 U 型管, 由辐照室引出车间 1 顶高空排放; 冷却水管斜穿过主机室墙体至水冷机组。	
加速器安装位置	加速器装置的主要部分安装在二层主机室内, 电子引出系统位于加速器装置机身正下方距辐照室地面 1m 处, 束流中心距北墙 2.75m, 距东墙 4.60m。	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距辐照室地面 1m 处, 束流中心距南墙 4.25m, 距东墙 4.20m。

(2) 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。

(3) 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有功能齐全、性能可靠的安全联锁装置, 对各辐照室、主机室出入口、加速器的开停机和束下装置等进行有效的联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时自动切断高压; 安全联锁装置发生故障时, 加速器无法运行; 安全联锁装置不得旁路, 维修和维护后必须恢复原状。

本项目设计的辐射安全装置和防护措施如下:

A.安全标识: 本项目 2 座加速器机房主机室及辐照室门外、电缆专用狭缝口明显位置均张贴电离辐射警告标志, 避免无关人员靠近辐射工作场所。

B.钥匙控制: 本项目 2 台加速器主控台钥匙开关与对应的主机室门和辐照室门钥匙开关为同一把钥匙。从控制台上取出钥匙, 则相应加速器自动停机断开高压。钥匙

与分别与 2 台有效的便携式辐射监测报警仪牢固相连，且在运行中钥匙是唯一的，只能由控制室人员使用。

C.门机联锁：本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室的门均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并断开高压。机房门发生故障时，加速器不能运行。

D.束下装置联锁：电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠接口和协议文件，束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机并切断高压。束下装置发生故障时，加速器不能运行。

E.信号警示装置：本项目 2 座加速器机房主机室和辐照室迷道内明显位置均设有工作状态指示灯（警灯、警铃），用于加速器开机前对辐照室和主机室内人员的警示，以提示停留在控制区的人员尽快离开或紧急停机。灯光警示装置一般发出红色闪烁灯光；音响装置设置合理，警报信号区别于环境声音。

本项目 2 座加速器机房主机室和辐照室出入口设置工作状态指示灯（警灯、警铃），并与加速器联锁，工作状态指示灯设置多种颜色灯光代表加速器不同的工作状态。工作状态指示灯发生故障时，加速器不能运行。

F.巡检按钮：本项目 2 座加速器机房主机室及辐照室内四侧墙体均设置有巡检按钮（每间辐照室和主机室各设有 4 个巡检按钮，距地高度 1.4m），且与控制台联锁，加速器每次开机前，工作人员均须进入辐照室和主机室内巡视是否清场，并按序按动所有巡检开关，否则相应加速器无法开启；巡检按钮应设置在巡检路线上，巡检路线应覆盖所有人员可达的区域，巡检人员按照顺序按下全部巡检按钮后才能触发巡检完毕的信号。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。

G.防人误入装置：本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室人员出入口通道内均设有三道独立红外开关，并与加速器开、停机联锁；每道防人误入装置具有独立性，探头安装位置高度不同，且位于不同水平位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。加速器运行时若有人经过光电报警开关，加速器将自动停止照射并断开高压，防止对误入人员造成伤害。

H.急停装置：本项目 2 台加速器控制台处均设有急停按钮，2 座加速器机房辐照室和主机室内均设有急停拉线，急停拉线覆盖辐照室和主机室及其迷道内的全部区域。急停装置能在紧急状态下终止加速器的运行并切断高压，滞留在主机室或辐照室

内的人员可就近拉动急停拉线以使加速器停止照射。各辐照室和主机室内出入口内均设有紧急开门按钮并张贴说明指示，以便人员离开控制区。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手动复位后方可开机。急停按钮和急停拉线设置位置醒目，且张贴说明指示。

I.剂量联锁：本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室迷道内均设置 1 个固定式辐射监测仪（距地高度 1.8m），数据显示器安装在辐照室外，可实时监测辐射剂量率，并与辐照室和主机室的出入口机房门联锁。当辐照室和主机室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，辐照室和主机室门无法打开。设定的阈值保证人员不会受到超剂量照射。

另外各辐照室电缆出入口处上方各设置 1 个固定式辐射监测仪并带有报警功能，仪表显示单位安装在控制室内。对加速器机房运行时电缆出入口处辐射剂量率进行监测，其当监测点剂量超过设定的阈值时，仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

J.通风联锁：本项目 2 座加速器机房均设有通风系统，2 间加速器机房设计通风量均为 15000m³/h，1 号加速器机房辐照室容积约 112.2m³，通风次数达到 133.7 次/h；2 号加速器机房辐照室容积约 163.2m³，通风次数达到 91.9 次/h。机房的排风装置与加速器联锁，排风装置若未开机，加速器也无法开机；风机若出现故障，加速器停机并断开高压。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。

K.烟雾报警：本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室内均设有 1 台烟雾报警装置，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。

L.监控装置：本项目 2 座加速器机房辐照室迷道处均设置 1 个监控装置，控制台处操作人员可实时监控是否有人进入正在出束的加速器主机室或辐照室，若发现有人，可立即按下控制台急停按钮，加速器停止出束。

M.紧急出口指示和应急照明：车间 1 内、2 座加速器机房辐照室及主机室出口处（疏散通道和主要疏散路线的地面上或靠近地面的墙上），设置发光紧急出口指示标志。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。主机室、辐照室、控制室设置应急照明系统，应急照明设备应定时检验，保证在停电及应急情

况下及时、稳定达到照明的效果。

本项目安全装置设计见图 10-6、10-7，人员巡检路线图见图 10-8。

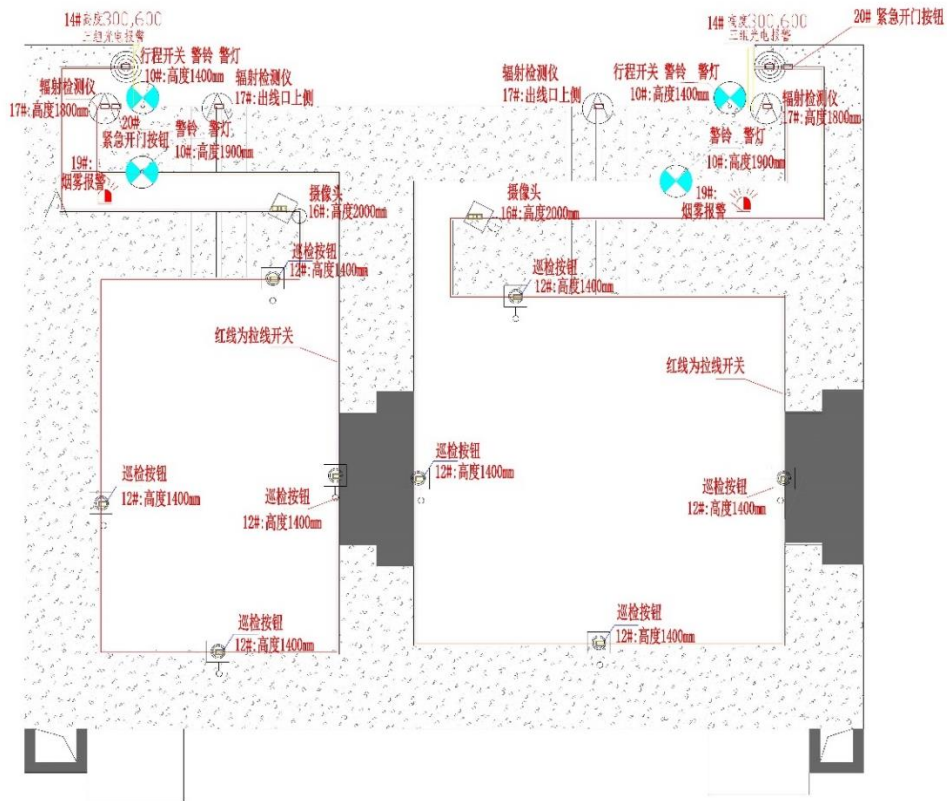


图 10-6 辐照室安全装置设计示意图

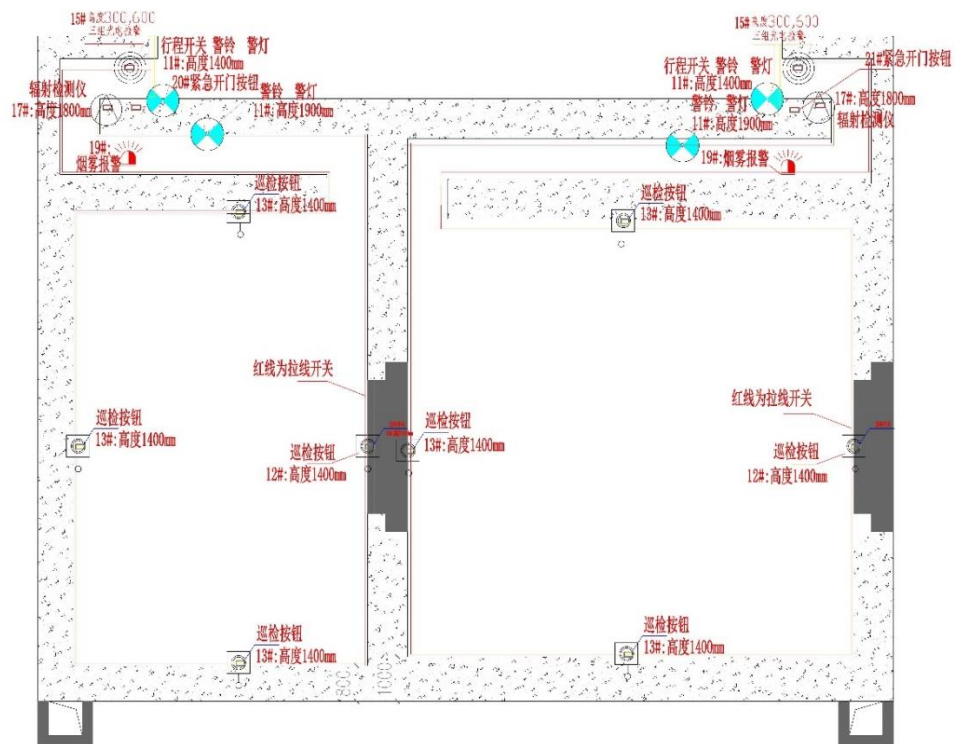


图 10-7 主机室安全装置设计示意图

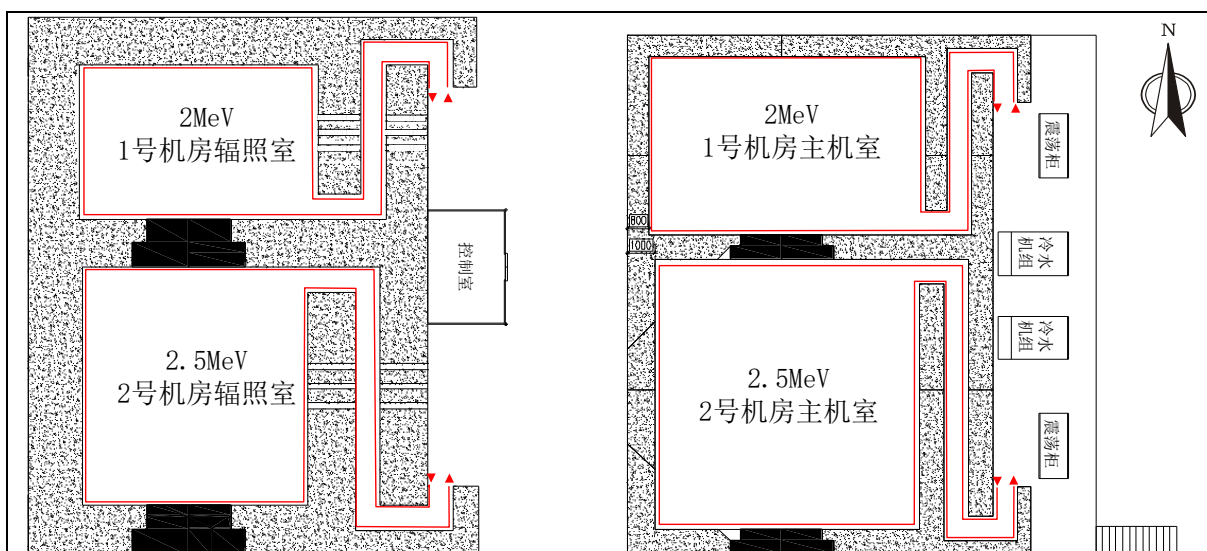


图 10-8 辐照室、主机室人员巡检路线图

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)辐照装置辐射安全设计符合性分析详见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射安全设施与辐射安全原则符合性分析表

序号	辐照装置安全设施	本项目落实情况	符合性分析
1	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。	本项目 2 台加速器主控台钥匙开关与对应的主机室门和辐照室门钥匙开关为同一把钥匙。从控制台上取出钥匙，则相应加速器自动停机断开高压。钥匙与分别与 2 台有效的便携式辐射监测报警仪牢固相连，且在运行中钥匙是唯一的，只能由控制室人员使用。	符合
2	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。	本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室的门均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并断开高压。机房门发生故障时，加速器不能运行。	符合
3	束下装置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。	电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠接口和协议文件，束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机并切断高压。束下装置发生故障时，加速器不能运行。	符合
4	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。	本项目 2 座加速器机房主机室和辐照室迷道内明显位置均设有工作状态指示灯（警灯、警铃），用于加速器开机前对辐照室和主机室内人员的警示，以提示停留在控制区的人员尽快离开或紧急停机。灯光警示装置一般发出红色闪烁灯光；音响装置设置合理，警报信号区别于环境声音。本项目 2 座加速器机房主机室和辐照室出入口设	符合

			置工作状态指示灯（警灯、警铃），并与加速器联锁，工作状态指示灯设置多种颜色灯光代表加速器不同的工作状态。工作状态指示灯发生故障时，加速器不能运行。	
5	巡检按钮	主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	本项目 2 座加速器机房主机室及辐照室内四侧墙体均设置有巡检按钮（每间辐照室和主机室各设有 4 个巡检按钮，距地高度 1.4m），且与控制台联锁，加速器每次开机前，工作人员均须进入辐照室和主机室内巡视是否清场并按序按动所有巡检开关，否则相应加速器无法开启；巡检按钮应设置在巡检路线上，巡检路线应覆盖所有人员可达的区域，巡检人员按照顺序按下全部巡检按钮后才能触发巡检完毕的信号。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。	符合
6	防人误入装置	在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁。	本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室人员出入口通道内均设有三组红外开关，并与加速器开、停机联锁；每道防人误入装置具有独立性，探头安装位置高度不同，且位于不同水平位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。加速器运行时若有人经过光电报警开关，加速器将自动停止照射并断开高压，防止对误入人员造成伤害。	符合
7	急停装置	在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区。	本项目 2 台加速器控制台处均设有急停按钮，2 座加速器机房辐照室和主机室内均设有急停拉线，急停拉线覆盖辐照室和主机室及其迷道内的全部区域。急停装置能在紧急状态下终止加速器的运行并切断高压，滞留在主机室或辐照室内的人员可就近拉动急停拉线以使加速器停止照射。各辐照室和主机室内出入口内均设有紧急开门按钮，以便人员离开控制区。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手动复位后方可开机。急停按钮和急停拉线设置位置醒目，且张贴说明指示。	符合
8	剂量联锁	在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开。	本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室迷道内均设置 1 个固定式辐射监测仪（距地高度 1.8m），显示器安装在辐照室外，可实时监测辐射剂量率，并与辐照室和主机室的出入口机房门联锁。当辐照室和主机室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，辐照室和主机室门无法打开。设定的阈值保证人员不会受到超剂量照射。另外各辐照室电缆出入口处上方各设置 1 个固定式辐射监测仪并带有报警功能，仪表显示单位安装在控制室内。对加速器机房运行时电缆出入口处辐射剂量率进行监测，其当监测点剂量超过设定的阈值时，仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。	符合
9	通风联锁	主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，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。	本项目 2 座加速器机房均设有通风系统，2 间加速器机房设计通风量均为 15000m ³ /h，1 号加速器机房辐照室容积约 112.2m ³ ，通风次数达到 133.7 次/h；2 号加速器机房辐照室容积约 163.2m ³ ，通风次数达到 91.1 次/h。机房的排风装置与加速器联锁，排风装置若未开机，加速器也无法开机；风机若出	符合

			现故障，加速器停机并断开高压。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。	
10	烟雾报警	辐照室应设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。	本项目 2 座加速器机房辐照室和主机室内均设有 1 台烟雾报警装置，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。	符合

(4) 辐照电缆出入口设计

本项目待辐照电缆通过辐照室东侧专用狭缝穿墙输送至辐照室内进行加工，狭缝直径 200mm，满足电缆出入，且人员无法通过此狭缝进入辐照室。

(5) 电缆管线穿墙

本项目电子加速器辐照室与主机室设有排线沟，线缆通过排线沟连至室外。排线沟穿墙采用“Z”型路径设计，穿过屏蔽墙到达控制室/辅助区。

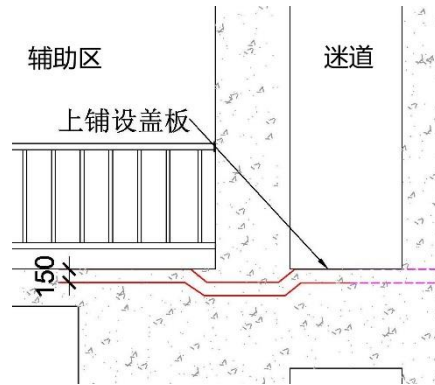


图10-10 电缆管线穿墙示意图

(6) 排风管线设计

本项目 2 座加速器机房辐照室通风方式为地下式排风管道排风。见图 10-3 加速器机房 A-A 剖面图。辐照室底部设置“U”型排风管道，下沉深度 1.1m，下沉后穿越屏蔽墙到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在车间 1 楼顶排放。通过多次折返的下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加了泄露射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。排风经臭氧烟囱排放（1 号加速器机房和 2 号加速器机房的烟囱高度均不低于 20m），排放口高于厂房周边建筑。

本项目电子辐照加速器的排风管道未破坏辐照室和主机室整体防护效果，满足辐射防护的要求。

10.2 辐射安全防护措施的可行性

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》（2012年版）中“非医用射线装置使用—电子辐照装置”的相关要求，建设单位需具备的辐射安全综合管理要

求见表10-3。

表 10-3 辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	项目	检查内容	设计建造	运行状态	备注
1*	A 出入口控制	入口电离辐射警告标志	拟在2座加速器机房主机室及辐照室门外、电缆专用狭缝口明显位置均张贴“当心电离辐射”警示标识；	/	拟设置
2*		入口加速器工作状态显示	拟在2座加速器机房主机室和辐照室出入口设置工作状态指示灯（警灯、警铃）；	/	拟设置
3*		加速器厅门联锁钥匙开关	拟将2台加速器主控钥匙开关必须和对应的主机室门和辐照室门联锁；	/	拟设置
4		电视监控系统	拟在2座加速器机房辐照室迷道处均设置1个监控装置；	/	拟设置
5*		门内紧急开门按钮（指示、说明）	拟在2座加速器机房辐照室和主机室内出入口处均设有紧急开门按钮；	/	拟设置
6		紧急出口标志	拟在车间1、2座加速器机房辐照室和主机室内出口处设置发光紧急出口指示标志；	/	拟设置
7*		应急照明	拟在2座加速器机房辐照室、主机室和控制室设置应急照明装置；	/	拟设置
8*	B 安全联锁	控制台和加速器厅门同一把钥匙	拟将2台加速器控制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；	/	拟设置
9*		门与束流控制联锁	拟将2座加速器机房辐照室和主机室机房门与加速器联锁，加速器出束后，任意门被打开，加速器自动停止出束；	/	拟设置
10*		门与加速器高压触发联锁	拟将2座加速器机房辐照室和主机室机房门与加速器联锁，加速器高压启动后，任意门被打开，加速器立即切断高压；	/	拟设置
11*		灯光和声音报警与加速器联锁	拟在2座加速器机房主机室、辐照室门外和各迷道内明显位置均设有工作状态指示灯（警灯、警铃），且与加速器联锁；	/	拟设置
12		固定式辐射剂量监测仪与门联锁	拟将2座加速器机房辐照室和主机室迷道内均设置1个固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口机房门联锁；另外各辐照室电缆出入口处上方各设置1个固定式辐射监测仪并带有报警功能，仪表显示单位安装在控制室内。	/	拟设置
13*		传输系统与束流联锁	拟将2台加速器与束下装置联锁；	/	拟设置
14*		火灾报警仪与通风联锁	拟将排风装置与烟雾报警器联锁；	/	拟设置
15*		通风系统与加速器联锁	拟将排风装置与加速器联锁；	/	拟设置
16*		人员通道2~3道防误入装置（光电、红外等）	拟在2座加速器机房辐照室和主机室人员出入口通道内均拟设置三组红外开关；	/	拟设置
17*		货物进出通道2~3道防误入装置	本项目拟辐照电缆通过电缆专用狭缝进出，孔径 ϕ 200mm，人员无法通过此通道进入辐照室；	/	/
18		控制台上复位确认按钮	控制台上设复位确认按钮	/	系统自

		钮			带
19*		联锁触动停机后须人工复位才能重启加速器	联锁触动停机后须人工复位才能重启加速器	/	拟设置
20*		清场巡更系统	2座加速器机房主机室及辐照室内各设有4个巡检按钮；	/	拟设置
21*	C 紧急 停机 装置	控制区内有紧急停机按钮	2座加速器机房主机室及辐照室（包括迷道）内拟设全区域覆盖的急停拉线；	/	拟设置
22		按钮位置醒目及说明指示	急停拉线拟设置在醒目位置，并张贴说明指示；	/	拟设置
23*		紧急停机按钮的自锁及复位	任一急停装置被触发后，加速器立即停止出束并切断高压，只有通过就地复位后才能重新启动加速器；	/	拟设置
24*		控制台有紧急停机按钮	各加速器控制台均设有紧急停机按钮；	/	系统自带
25	D 监测 设备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	2座加速器机房辐照室和主机室迷道内均拟设置1个固定式辐射监测仪，另外各辐照室电缆出入口处上方各设置1个固定式辐射监测仪并带有报警功能；	/	拟设置
26*		个人剂量报警仪	拟配置4台个人剂量报警仪；	/	拟设置
27*		个人剂量计	拟配置12支个人剂量计；	/	拟设置
28*		便携式辐射监测仪器仪表	拟配置1台便携式辐射监测仪；	/	拟设置
29	E 其他	灭火器材	拟配置在机房周围配备灭火器材。	/	拟设置
注：加*的项目为重点项。					

从表10-3可见，本次环评涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》、《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，其拟采取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

①本项目无放射性废气产生。

②非放射性废气治理措施：

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。本项目2间辐照室设计有机械排风系统，通风方式为地下式排风管道排风，在辐照室底部设置“U”型排风管道，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车间1楼顶排放。排风经臭氧烟囱排放（1号加速器机房和2号加速器机房的烟囱高度均不低于20m）。本项目2座加速器机房设计通风量均为15000m³/h，1号加速器机房辐照室容积约112.2m³，通风次数达到133.7次/h；2号加速器机房辐照室容积约163.2m³，通风次数达到91.1次/h。本项目通风系统满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中关于通风系统的要求。

(2) 废水

①本项目无放射性废水产生。

②非放射性废水治理措施

本项目电子加速器拟配套循环冷却水系统，循环冷却水定期补充，不外排。

本项目运行期废水主要为工作人员产生的生活污水，生活污水经开开电缆科技有限公司厂区化粪池后排入市政管网。

(3) 固体废物

①放射性固废治理措施

本项目无放射性固废产生。

②非放射性固废治理措施

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，噪声声压级约80dB（A）。为降低噪声的影响，本项目采取了减震降噪措施，排风机等都安装加速器机房西侧风机房内，并且机房墙壁采用吸音降噪材料，对噪声会有一定的衰减作用。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

施工期污染物主要为施工过程产生的废水、噪声、扬尘及固体废弃物等。

(1) 扬尘

施工时产生少量的建筑扬尘，可进行现场洒水来抑制并设置围护设施，采取措施后，对周围环境的影响很小。

(2) 废水

本项目施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，项目施工期施工人员产生的生活污水，依托厂区现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

(3) 固废

本项目施工期会产生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。本项目固废主要为建筑工人产生的生活垃圾。在施工场地出入口设置临时收集桶，施工期产生的生活垃圾经统一收集后依托环卫部门定期清运。

通过严格执行国家环保法律法规以及当地政府的管理规定，科学管理、文明施工，本项目施工期产生的固体废物对周围环境影响较小。

(4) 噪声

针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①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。

②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)。

③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声环境的影响。

(5) 设备安装调试影响分析

设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试。安装时不通电，不会造成辐射影响。调试时，机房各屏蔽防护措施已建成，经过墙体屏

蔽和距离衰减后对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。

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

本项目新增 2 台电子加速器辐照装置最大能量分别为 2MeV 和 2.5MeV 的电子束，电子在物质中的最大射程可以由下式估算（公式摘自《辐射防护技术与管理》，P123）。

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

式中：

d—最大射程，cm；

ρ —防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\beta\max}$ —电子最大能量，MeV。

电子束的最大能量为 2MeV 时，在空气中（1.29×10⁻³g/cm³）的最大射程约为 775cm，在混凝土中（2.35g/cm³）的最大射程约为 0.43cm；电子束的最大能量为 2.5MeV 时，在空气中（1.29×10⁻³g/cm³）的最大射程约为 969cm，在混凝土中（2.35g/cm³）的最大射程约为 0.53cm；由于辐照室混凝土厚度均在 100cm 以上，而且电子束方向固定朝向地面，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

本项目 2 台电子加速器辐照装置分别位于车间 1 内南北并排的 2 座加速器机房内，独立运行，互不干扰，存在同时运行的情况。

从结构上看，本项目加速器束流固定向下，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，因此不考虑 0° 方向的屏蔽防护，本项目需要防护的是 90° 方向的辐照室和主机室四周墙体，以及 180° 方向的主机室顶。

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），分别计算 1 号加速器机房（2.0MeV）和 2 号加速器机房（2.5MeV）周边辐射剂量率。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。

(1) 直射 X 射线的屏蔽计算

① X 射线发射率

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：

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。

辐照室 X 射线发射率

本项目电子加速器辐照室 X 射线发射率见表 11-1。

表 11-1 辐照室 X 射线发射率计算参数及结果

参数	2.0MeV	2.5MeV
X 射线发射率 Q (90°) ^①	$1.6 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	$2.5 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
电子束流强度 I ^②	50mA	40mA
发射率修正系数 f_e ^③	1	1
1m 处最大吸收剂量率 D_{10} (90°) ^④	4800Gy/h	6000Gy/h
等效能量 (90°) ^⑤	1.3MeV	1.6MeV

注：①②均为设备商提供数据；
③本项目保守取 1；
④1m 处最大吸收剂量率由式 11-2 计算得到；
⑤等效能量根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 A 表 A.4 取得。

主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率

由于电子束从发射器到靶头之间有束流损失，根据厂家提供资料，本项目 2.0MeV 和 2.5MeV 电子加速器辐照装置束流损失率均为 0.5%。本项目主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率见表 11-2。

表 11-2 主机室 X 射线发射率计算参数及结果

参数	2.0MeV	2.5MeV
束流损失率 ^①	0.5%	0.5%
电子束流强度 I ^②	0.25mA	0.20mA
束流损失能量 ^③	0.6MeV	0.8MeV
X 射线发射率 ^④	$0.14 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	$0.27 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
发射率修正系数 f_e ^⑤	1	1
1m 处最大吸收剂量率 D_{10} (90°) ^⑥	2.1Gy/h	3.24Gy/h
等效能量 (90°) ^⑦	0.46MeV	0.58MeV

注：①③均为设备商提供数据；
②④由计算得到；
⑤本项目保守取 1；

⑥1m 处最大吸收剂量率由式 11-2 计算得到;

⑦等效能量根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 A 表 A.4 取得。

透射比 B_x 的计算

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

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, 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 ($\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)。

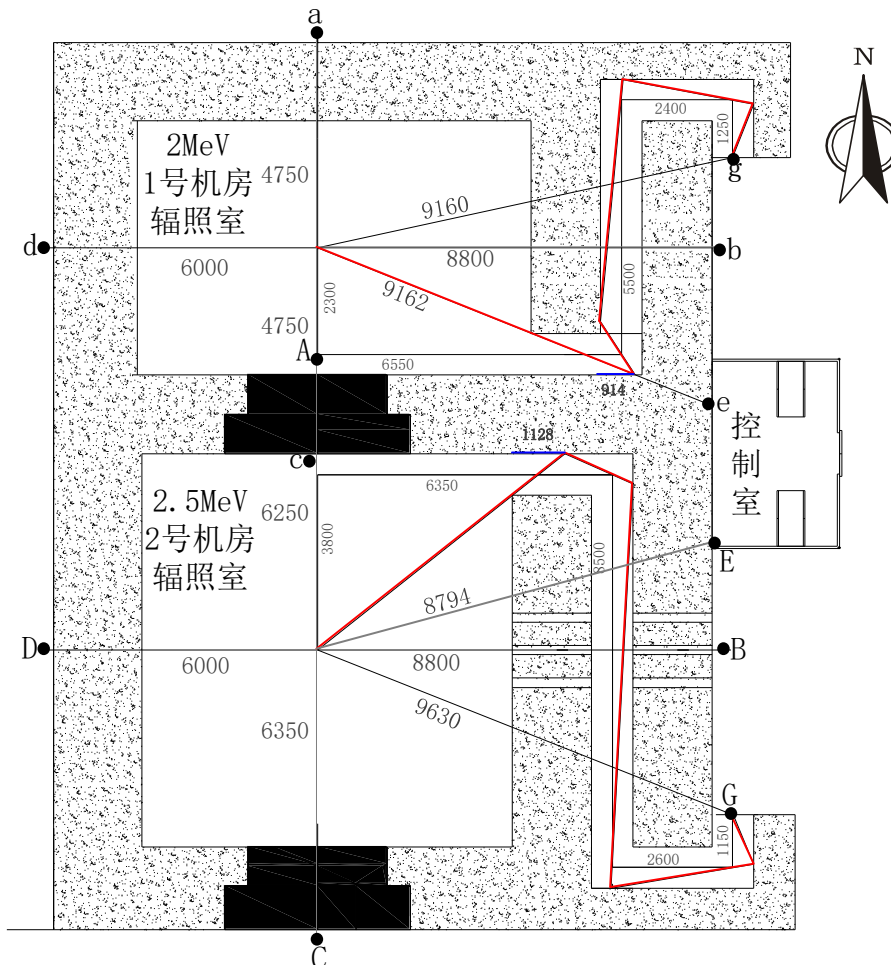


图 11-1 加速器一层辐照室关注点位图

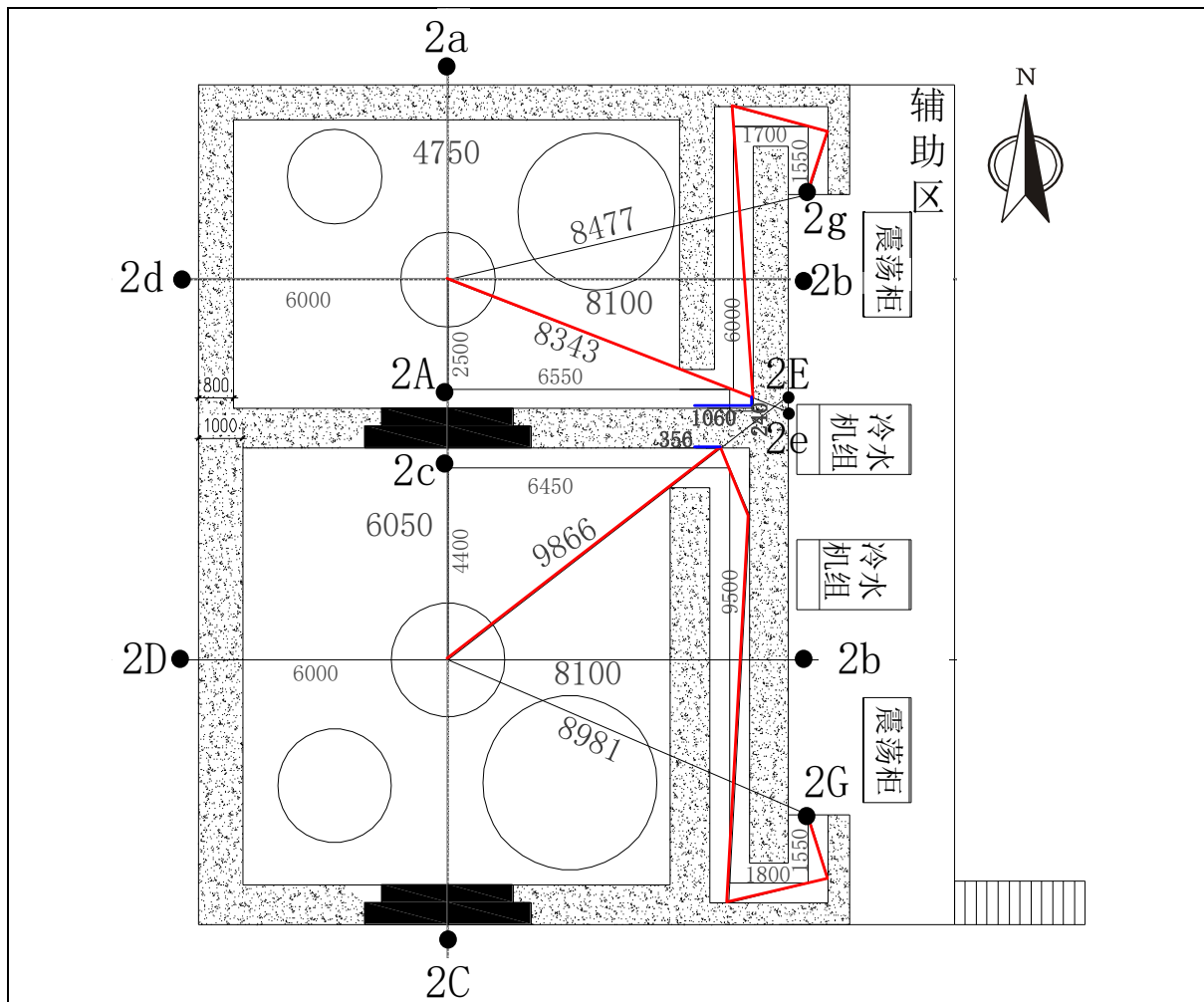


图 11-2 加速器二层主机室关注点位图

表 11-3 1号加速器机房侧向直射辐射屏蔽透射比计算结果

场所	参考点	位置	距离 d (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	T	B_x	
1号加速器机房	一层辐照室	a	北墙外 30cm 处	4.75	4800	2.5	1	1.18E-08
		b	东墙外 30cm 处	8.8	4800	2.5	1	4.03E-08
		c	2号加速器机房	4.75	4800	2.5	1	1.18E-08
		d	西墙外 30cm 处	6	4800	2.5	1	1.88E-08
		e	控制室	9.16	4800	2.5	1	4.37E-08
		g	迷道外入口	9.16	4800	2.5	1	4.37E-08
	二层主机室	2a	北墙外 30cm 处	4.75	2.1	2.5	1	2.69E-05
		2b	东墙外 30cm 处	8.1	2.1	2.5	1	7.81E-05
		2c	2号加速器机房	4.15	2.1	2.5	1	2.05E-05
		2d	西墙外 30cm 处	6	2.1	2.5	1	4.29E-05
		2e	辅助区	8.3	2.1	2.5	1	8.20E-05
		2g	迷道外入口	8.48	2.1	2.5	1	8.56E-05

表 11-4 2号加速器机房侧向直射辐射屏蔽透射比计算结果

场所	参考点	位置	距离 d (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	T	B_x
2号加速	A	1号加速器机房	6.25	6000	2.5	1	1.63E-08
	B	东墙外 30cm 处	8.8	6000	2.5	1	3.23E-08

器机房	一层辐照室	C	南墙外 30cm 处	6.35	6000	2.5	1	1.68E-08
		D	西墙外 30cm 处	6	6000	2.5	1	1.50E-08
		E	控制室	8.8	6000	2.5	1	3.23E-08
		G	迷道外入口	9.63	6000	2.5	1	3.86E-08
	二层主机室	2A	1 号加速器机房	6.05	3.24	2.5	1	2.82E-05
		2B	东墙外 30cm 处	8.1	3.24	2.5	1	5.06E-05
		2C	南墙外 30cm 处	6.35	3.24	2.5	1	3.11E-05
		2D	西墙外 30cm 处	6	3.24	2.5	1	2.78E-05
		2E	辅助区	9.86	3.24	2.5	1	7.50E-05
		2G	迷道外入口	8.98	3.24	2.5	1	6.22E-05

②屏蔽厚度计算

屏蔽厚度可以保守估算为：

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

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

$$B_x = 10^{-n} \quad (\text{式 11-6})$$

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。

结合式 11-3、11-4、式 11-5 和式 11-6 可倒推出关注点的辐射剂量率计算公式：

$$H = \frac{B_x D_{10} T}{d^2} \times 10^6 \quad (\text{式 11-7})$$

表 11-5 1 号加速器机房侧向直射辐射屏蔽墙体厚度计算结果

场所	关注点	位置	B_x	n	T_1 (cm)	T_e (cm)	所需 混凝土 厚度 (m) S	设计 混凝土 厚度 (m)	关注点 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
1 号 加速器 机房	一层 辐照室	a	北墙外 30cm 处	1.18E-08	7.93	20.4	18.3	1.47	1.7	1.42E-01
		b	东墙外 30cm 处	4.03E-08	7.39	20.4	18.3	1.37	3	3.26E-09
		c	2 号加速器机房	1.18E-08	7.93	20.4	18.3	1.47	1.7	1.42E-01
		d	西墙外 30cm 处	1.88E-08	7.73	20.4	18.3	1.44	1.8	2.53E-02
		e	控制室	4.37E-08	7.36	20.4	18.3	1.37	1.79	1.20E-02
		g	迷道外入口	4.37E-08	7.36	20.4	18.3	1.37	3.07	1.25E-09
	二层主	2a	北墙外 30cm 处	2.69E-05	4.57	15.2	11.9	0.58	0.8	3.34E-02
		2b	东墙外 30cm 处	7.81E-05	4.11	15.2	11.9	0.52	1.6	2.17E-09
		2c	2 号加速器机房	2.05E-05	4.69	15.2	11.9	0.59	0.9	6.32E-03

机 室	2d	西墙外 30cm 处	4.29E-05	4.37	15.2	11.9	0.55	0.8	2.09E-02
	2e	辅助区	8.20E-05	4.09	15.2	11.9	0.52	0.86	3.42E-03
	2g	迷道外入口	8.56E-05	4.07	15.2	11.9	0.52	1.64	9.15E-10

表 11-6 2 号加速器机房侧向直射辐射屏蔽墙体厚度计算结果

场所	关注点	位置	B _x	n	T ₁ (cm)	T _e (cm)	所需 混凝土厚 度 (m)	设计 混凝土厚 度 (m)	关注点剂 量率 (μSv/h)	
2 号 加速 器 机 房	一 层 辐 照 室	A	1 号加速器机 房	1.63E-08	7.79	22.1	20.1	1.59	1.7	6.73E-01
		B	东墙外 30cm 处	3.23E-08	7.49	22.1	20.1	1.53	3.4	1.18E-09
		C	南墙外 30cm 处	1.68E-08	7.77	22.1	20.1	1.58	1.8	2.07E-01
		D	西墙外 30cm 处	1.50E-08	7.82	22.1	20.1	1.59	1.9	7.39E-02
		E	控制室	3.23E-08	7.49	22.1	20.1	1.53	3.51	3.07E-10
		G	迷道外入口	3.86E-08	7.41	22.1	20.1	1.51	3.65	5.64E-11
	二 层 主 机 室	2A	1 号加速器机 房	2.82E-05	4.55	18.5	15	0.72	0.9	1.51E-01
		2B	东墙外 30cm 处	5.06E-05	4.3	18.5	15	0.68	1.8	8.45E-08
		2C	南墙外 30cm 处	3.11E-05	4.51	18.5	15	0.71	0.9	1.38E-01
		2D	西墙外 30cm 处	2.78E-05	4.56	18.5	15	0.72	1	3.32E-02
		2E	辅助区	7.50E-05	4.14	18.5	15	0.65	1.94	6.65E-09
		2G	迷道外入口	6.22E-05	4.21	18.5	15	0.67	1.96	5.90E-09

由计算结果可知，1 号和 2 号加速器机房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不超过 2.5μSv/h 的要求。

因 1 号和 2 号加速器机房为南北并排，根据平面布局可知，控制室会同时收到 2 间加速器机房的辐射影响，控制室叠加后的辐射剂量率为 $1.20 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不超过 2.5μSv/h 的要求。

(2) 迷道外入口剂量率

迷道外入口剂量率采用下式计算：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (\text{式 11-8})$$

式中：

α₁—入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α₂—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 射线入射到一散射物质的散射面积 (m^2)；

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

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离 (m)；

$d_{r1}, d_{r2}...d_{rj}$ —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} 。本项目保守按照以上参数取值。

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。

表 11-7 1 号、2 号加速器机房迷道散射计算结果表

场所		参考点	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(m) $d_1, d_{r1} \dots d_{rj}$	辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
1 号加速器机房	一楼辐照室	g	5	0.914	0.9	2.4	2.3, 6.55, 5.5, 2.4, 1.25	2.97E-03
	二楼主机室	2g	4	1.06+0.24	0.9	2.4	2.5, 6.55, 6.0, 1.7, 1.55	3.94E-05
2 号加速器机房	一楼辐照室	G	5	1.128	0.9	2.4	3.8, 6.35, 8.5, 2.6, 1.15	7.52E-04
	二楼主机室	2G	5	0.356	0.9	2.4	4.4, 6.45, 9.5, 1.8, 1.55	8.52E-08

迷道入口处辐射剂量率应同时考虑加速器侧向 X 射线的影响，入口处的侧向 X 射线散射剂量率如下：

表 11-8 1 号、2 号加速器机房迷道入口叠加剂量率

场所		参考点	侧向直射辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	叠加辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)
1 号加速器机房	一楼辐照室	g	1.25E-09	2.97E-03	2.97E-03
	二楼主机室	2g	9.15E-10	3.94E-05	3.94E-05
2 号加速器机房	一楼辐照室	G	5.64E-11	7.52E-04	7.52E-04
	二楼主机室	2G	5.90E-09	8.51983E-08	9.11E-08

由表 11-8 可知，1 号加速器机房辐照室迷道入口处周围剂量当量率为 $2.97 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，1 号加速器机房主机室迷道入口处周围剂量当量率为 $3.94 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ；2 号加速器机房辐照室迷道入口处周围剂量当量率为 $7.52 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ ，2 号加速器机房主机

室迷道入口处周围剂量当量率为 $9.11 \times 10^{-8} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求，所以本项目 1 号、2 号机房迷道的设计是合理的，出入口无需特别防护，仅设置普通门。

(3) 辐照室屋顶厚度计算

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，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区的剂量。

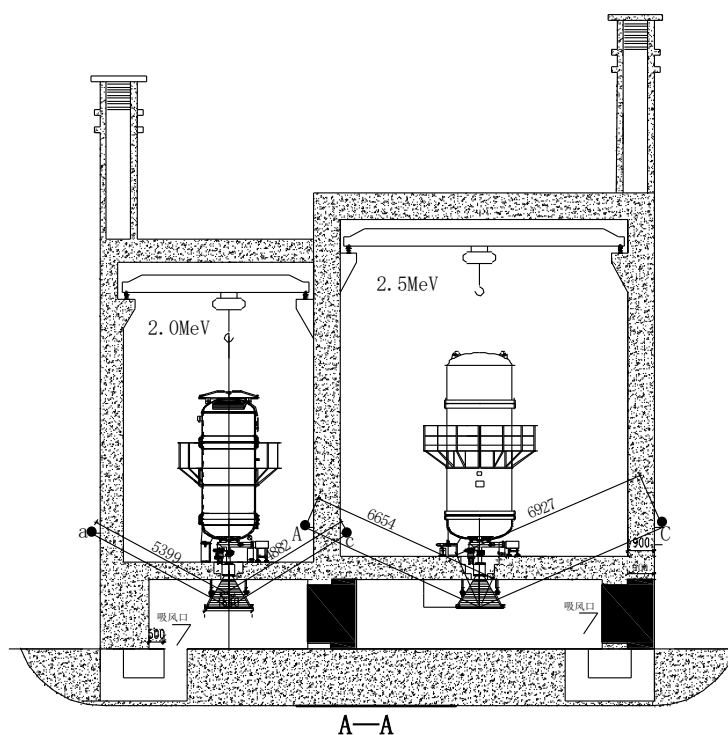


图 11-3 1 号、2 号加速器辐照室 A-A 剖面关注点图

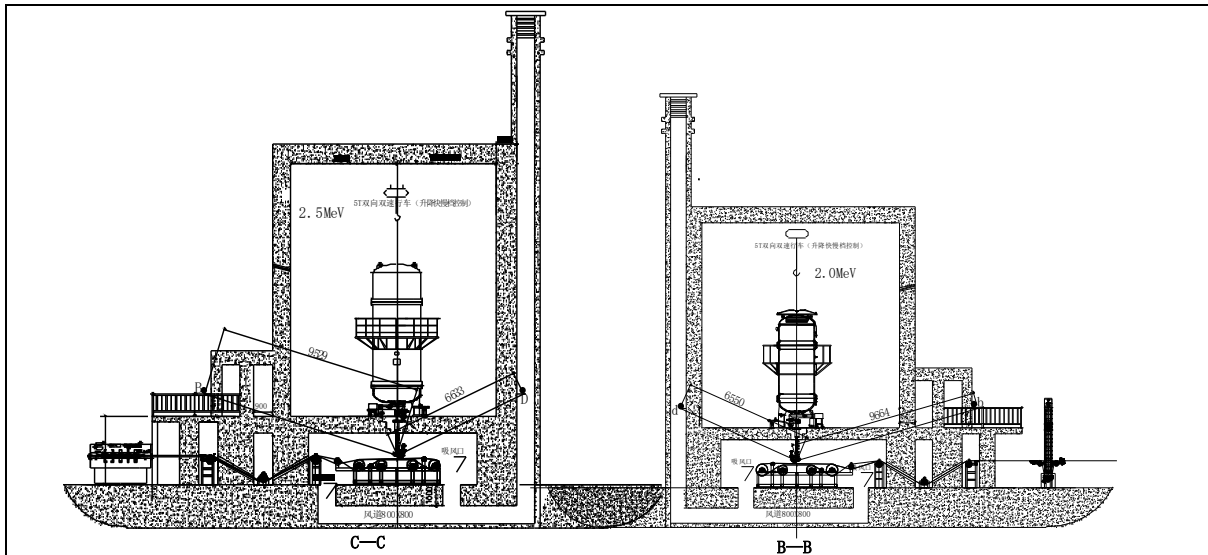


图 11-4 1号、2号加速器辐照室上方 B-B、C-C 剖面关注点图

表 11-9 1号、2号加速器辐照室屋顶厚度计算结果

场所	参考点	位置	d (m)	B_x	n	所需 楼板 厚度 (m)	设计 混凝土 厚度 (m)	辐射剂量 率($\mu\text{Sv/h}$)	
1号 加速器 机房	二层 主机 室周 围	2a	北墙外 30cm 处	5.4	1.52E-08	7.82	1.45	2.17	2.94E-04
		2b/2e	东墙外 30cm 处 /辅助区	9.66	4.86E-08	7.31	1.36	3.7	4.05E-13
		2c	2号加速器机房	4.88	1.24E-08	7.91	1.47	2.2	2.50E-04
		2d	西墙外 30cm 处	6.55	2.23E-08	7.65	1.42	2.37	1.63E-05
2号 加速器 机房	二层 主机 室周 围	2A	1号加速器机房	6.65	1.84E-08	7.73	1.57	2.91	5.68E-07
		2B/2E	东墙外 30cm 处 /辅助区	9.53	3.78E-08	7.42	1.51	3.86	5.19E-12
		2C	南墙外 30cm 处	6.93	2.00E-08	7.7	1.57	2.98	2.35E-07
		2D	西墙外 30cm 处	6.63	1.83E-08	7.74	1.58	2.98	2.56E-07

由上表可知，本项目 2 间机房辐照室楼顶混凝土设计厚度大于计算值厚度，1 号、2 号机房二层主机室周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

表 11-10 1号、2号加速器主机室周边叠加剂量率

场所	参考点	位置	侧向直射 辐射剂量 率($\mu\text{Sv/h}$)	屋顶直射辐射剂 量率($\mu\text{Sv/h}$)	叠加后剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
1号 加速	二层主机 室周围	2a	北墙外 30cm 处	3.34E-02	2.94E-04	3.37E-02
		2b	东墙外 30cm 处	2.17E-09	4.05E-13	2.17E-09

器机房		2c	2号加速器机房	6.32E-03	2.50E-04	6.57E-03
		2d	西墙外 30cm 处	2.09E-02	1.63E-05	2.09E-02
		2e	辅助区	3.42E-03	4.05E-13	3.42E-03
2号加速器机房	二层主机室周围	2A	1号加速器机房	1.51E-01	5.68E-07	1.51E-01
		2B	东墙外 30cm 处	8.45E-08	5.19E-12	8.45E-08
		2C	南墙外 30cm 处	1.38E-01	2.35E-07	1.38E-01
		2D	西墙外 30cm 处	3.32E-02	2.56E-07	3.32E-02
		2E	辅助区	6.65E-09	5.19E-12	6.65E-09

将主机室侧向直射辐射剂量率与辐照室屋顶直射辐射剂量率叠加后，1号、2号机房主机室周围剂量当量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)对机房外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

(4) 天空反散射

本项目 X 射线天空反散射计算公式为：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

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

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)；

厂房屋顶的屏蔽透射比 B_{xs} 采用下式计算：

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

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 20m-150m 处，本项目取最小值 20m (数据来自《辐射防护手册》(第一分册)辐射源与屏蔽)。

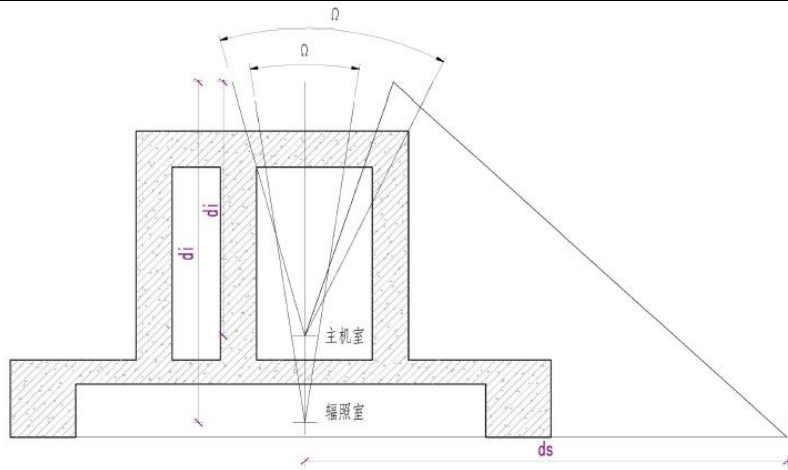


图 11-5 屋顶立角示意图

假设 P 点为天空散射照射至地面最近距离，居留因子取 1/4，则 P 点允许最大周围剂量当量率为 $H_M=0.1\text{mSv}/(6090\text{h}\times 1/4)\times 1000=6.57\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-11 1 号、2 号加速器机房屋顶天空反散射计算结果

场所		D_{10} Gy/h	H_M $\mu\text{Sv/h}$	Ω	d_i m	d_s m	B_{xs} m	所需 屋顶 厚度 m	屋顶 设计 厚度 m	辐射剂 量率 $\mu\text{Sv/h}$
1 号 加速 器机 房	一层辐 照室	4800	6.57E-02	0.7	12.93	20	7.51E-05	0.78	1.4	2.55E-05
	二层主 机室	2.1	6.57E-02	0.91	10.7	20	8.83E-02	0.16	0.8	2.67E-07
2 号 加速 器机 房	一层辐 照室	6000	6.57E-02	0.76	16.42	20	6.80E-05	0.88	1.7	4.23E-06
	二层主 机室	3.24	6.57E-02	0.94	14.19	20	7.12E-02	0.22	0.9	1.58E-06
P 点天空反散射周围剂量当量率										3.16E-05

由上表可知，本项目 2 座机房辐照室楼顶及主机室楼顶厚度设计大于计算值，P 点的天空反散射辐射剂量率为 $3.16\times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$ ，远小于 $6.57\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，满足对应区域周围剂量当量率的要求。

(5) X 射线通过屋顶的侧向散射

根据前述计算结果，本项目加速器机房设置的混凝土屏蔽厚度满足要求，机房邻近没有高层建筑，因此不需要额外计算 X 射线过屋顶后侧向散射对邻近建筑物造成的辐射影响。

综上，根据上述预测结果，1 号和 2 号加速器机房均能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中对区域周围剂量当量率的要求，本项目机房屏蔽体防护设计满足要求。

11.2.2 所致年有效剂量估算

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

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

式中：

H_1 ——辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H_0 ——预测关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T ——居留因子；

t ——年照射时间，h。

本项目加速器机房无地下层，主机室楼上无建筑物。

(1) 职业人员年有效剂量

辐射工作人员主要为控制室操作人员、巡检及收放线人员。1号、2号加速器共用1间控制室，控制室操作人员的剂量保守考虑2台加速器叠加后的剂量率进行计算；巡检及收放线人员的剂量估算采取加速器四周关注点剂量率最大值进行计算。本项目辐射工作人员居留因子取1，年居留时间为2030h/班。

表11-12 本项目所致辐射工作人员年有效剂量

辐射工作人员	剂量率($\mu\text{Sv/h}$)		居留时间(h)	年有效剂量(mSv)
	1号加速器	2号加速器		
加速器控制室工作人员	1.20E-02	3.07E-10	2030	2.44E-02
加速器巡检及收放线工作人员	1.42E-01	2.07E-01	2030	7.08E-01

上述估算表明，本项目运行后职业人员年有效剂量最大为 $7.08 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，满足本次评价提出的职业人员年有效剂量 5mSv 的年剂量约束值的要求，亦满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业人员职业照射剂量限值要求。

上述预测结果是根据保守计算的瞬时最大剂量率进行估算的结果，实际工作中工作人员须按要求佩戴个人剂量计，准确监测受照剂量，切实保护工作人员健康。

(2) 周围公众年有效剂量

由于本项目2座加速器机房南北并排，因此东西两侧公众需考虑2台加速器的叠加辐射影响。本项目辐射工作场所50m范围内工作人员及公众年居留时间保守取6090h。

表11-13 本项目所致公众人员年有效剂量

公众	关注点位	关注点剂量率 (μSv/h)	居留因子	与关注点距离 (m)	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv)	叠加后年有效剂量 (mSv)
北侧车间1原材料仓库公众	a	1.42E-01	1/4	2	6090	5.40E-02	7.24E-02
	2a	3.34E-02		2	6090	1.27E-02	
	A	6.73E-01		15	6090	4.55E-03	
	2A	1.51E-01		15	6090	1.02E-03	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	4.81E-05	
北侧车间1电缆生产区公众	a	1.42E-01	1	26	6090	1.28E-03	5.07E-03
	2a	3.34E-02		26	6090	3.01E-04	
	A	6.73E-01		39	6090	2.69E-03	
	2A	1.51E-01		39	6090	6.05E-04	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	1.92E-04	
东侧收放线公众	b	3.26E-09	1	4	6090	1.24E-09	1.92E-04
	2b	2.17E-09		4	6090	8.27E-10	
	B	1.18E-09		4	6090	4.49E-10	
	2B	8.45E-08		4	6090	3.22E-08	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	1.92E-04	
东侧车间1辐照配套区公众	b	3.26E-09	1	16	6090	7.76E-11	1.92E-04
	2b	2.17E-09		16	6090	5.17E-11	
	B	1.18E-09		16	6090	2.81E-11	
	2B	8.45E-08		16	6090	2.01E-09	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	1.92E-04	
南侧道路公众	c	1.42E-01	1/16	14	6090	2.76E-04	3.31E-02
	2c	6.32E-03		14	6090	1.23E-05	
	C	2.07E-01		2	6090	1.97E-02	
	2C	1.38E-01		2	6090	1.31E-02	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	1.20E-05	
南侧车间3公众	c	1.42E-01	1/4	26	6090	3.20E-04	4.72E-03
	2c	6.32E-03		26	6090	1.42E-05	
	C	2.07E-01		11	6090	2.60E-03	
	2C	1.38E-01		11	6090	1.74E-03	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	4.81E-05	
西侧道路公众	d	2.53E-02	1/16	紧邻	6090	9.63E-03	5.84E-02
	2d	2.09E-02			6090	7.96E-03	
	D	7.39E-02			6090	2.81E-02	
	2D	3.32E-02			6090	1.26E-02	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	1.20E-05	
西侧厂外空地	d	2.53E-02	1/40	9	6090	4.76E-05	2.93E-04
	2d	2.09E-02		9	6090	3.93E-05	
	D	7.39E-02		9	6090	1.39E-04	
	2D	3.32E-02		9	6090	6.24E-05	
	天空反散射	3.16E-05		/	6090	4.81E-06	

上述估算表明，本项目运行后辐照室周围公众（非辐射工作人员）的年有效剂量最大为 $7.24 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足本次评价提出的公众人员年有效剂量 0.1mSv 的年剂量约束值要求，亦满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量标准限值要求。

上述预测结果未考虑相邻加速器机房、车间1和其他车间的墙体屏蔽作用，因此本次计算结果偏保守，实际运行过程中周围公众所受到的照射剂量将小于理论计算结果，因此本项目所致周围公众年有效剂量可以满足 0.1mSv/a 的年剂量约束值的要求。

11.2.3 电缆进出口辐射防护及影响分析

本项目 2 座加速器机房辐照室东侧均拟设独立的电缆专用狭缝，孔径均为 $\phi 200 \text{mm}$ ，用于被辐照电缆的进出。专用狭缝均为斜坡设计，电缆以 30° （1号加速器）/ 28° （2号加速器）角向下斜穿过迷道外墙进入迷道，再以 30° （1号加速器）/ 28° （2号加速器）角向上斜穿过迷道内墙进入辐照室。专用狭缝位置均避开主束方向，做斜坡设计，射线经几次散射后，专用狭缝处的辐射剂量在控制范围内，能够满足辐射防护要求。

11.2.4 辐照室臭氧影响分析

本项目加速器机房辐照室设计有机械排风系统，1号加速器辐照室体积均为 112.2m^3 ，风机风量为 $15000 \text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数为 133.7次/h ；2号加速器辐照室体积均为 163.2m^3 ，风机风量为 $15000 \text{m}^3/\text{h}$ ，换气次数为 91.9次/h 。加速器停止工作后，辐照室内通风系统继续以 $15000 \text{m}^3/\text{h}$ 的通风量工作，1号加速器机房通过 1.86min 的通风排气，2号加速器机房通过 2.58min 的通风排气，辐照室内臭氧浓度可达到《工作场所所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中“臭氧最高容许浓度 $0.3 \text{mg}/\text{m}^3$ ”，此时，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 5min 后方可进入辐照室。

11.2.5 结论

根据上述环境影响分析，两台加速器同时运作时能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中对区域周围剂量当量率的要求，屏蔽防护能力达标；运行后职业人员年有效剂量最大为 $7.08 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，满足本次评价提出的职业人员年有效剂量 5mSv 的年剂量约束值的要求，运行后辐照室周围公众（非辐射工作人员）

的年有效剂量最大为 $7.24 \times 10^{-2} \text{mSv}$, 满足本次评价提出的公众人员年有效剂量 0.1mSv 的年剂量约束值要求, 两者均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量标准限值要求; 产生的臭氧在 1 号加速器机房通过 1.86min 的通风排气, 2 号加速器机房通过 2.58min 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》(GBZ2.1-2019) 中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m^3 ”, 排风效果较好。

11.3 事故影响分析

11.3.1 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 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, 详见表 11-15。

表 11-15 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, 或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.3.2 风险事故识别

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

(1) 电子加速器辐照装置最大可能事故通常是联锁系统失效, 而加速器仍然处于工作状态时发生。此时如果职业人员或其他人员误入机房, 或者当职业人员或其他人员尚未离开机房时, 可能会造成这些人员受到意外照射。

(2) 当设备出现故障进行维修时, 若发生意外出束, 可导致维修人员受到不必要的剂量照射。

(3) 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。

(4) 加速器辐照室通风设施发生故障或未按规定运行, 辐射人员进入辐照室受到非辐射废气伤害。

11.3.3 风险防范措施

(1) 为避免误照射事故发生, 建设单位应该加强管理, 制定详细完整的安全操作规程, 每次加工辐照作业均严格执行操作规程, 职业人员应该在确保工作场所内无人停留后, 方可开机作业; 并在辐照室内应设置急停拉线及开门按钮, 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, 本项目 2 座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。建设单位应定期对安全联锁装置、报警装置、急停拉线、急停按钮等进行检查, 确保其正常运行。

(3) 定期对划定的警戒线进行刷新, 提醒周围人员勿在警示线内停留, 严格限制无关人员进入控制区。

(4) 对操作人员违规操作或误操作的问题, 建设单位拟提前对操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。在项目投运后, 建设单位将加强管理, 提高操作人员安全意识, 禁止未经培训的操作人员操作电子加速器辐照装置。

(5) 为防止通风系统故障或者通风换气次数不足而造成辐照室内臭氧浓度积累, 建设单位将定期对通风系统进行巡检, 出现故障时应停止相应加速器的辐照工作, 及时联系厂家进行维修。此外, 在加速器停止照射后, 职业人员将等待一段时间再进入辐照室内, 防止室内臭氧浓度过高造成伤害。

(6) 本项目电子加速器辐照装置调试和检修工作全部由专业人员承担, 检修时应取下加速器主控钥匙, 携带个人剂量报警仪, 采取必要的防护措施, 以避免误照射的事故发生。

(7) 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表 11-15。

表 11-15 事故情况及应急处置

序号	事故类型分析	防范措施	应急处置方法
1	人员误入产生误照射	电离警示标识、迷道出入口警灯警铃和光电开关、安全联锁	立即按下急停开关或拉急停拉线, 关闭电源, 上报辐射安全与环境保护管理领导小组; 对误照人员进行紧急救治, 并报警, 及

2	设备维修时，维修人员误照射	主控钥匙开关、个人剂量报警仪	时送医。
3	通风设施故障，人员受到臭氧有害气体非辐射伤害	通风系统与加速器系统联锁	风机设备一但发生故障不能正常工作，加速器不能出束。设备操作人员关闭加速器电源，及时排查故障，抢修设备。
4	发生火灾事故	烟雾报警装置、灭火器材	设备操作人员关闭电源，采用灭火器材灭火，火势较大，及时拨打 119 报警。

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。

根据建设单位提供的资料，开开电缆科技有限公司已设立了辐射安全与环境保护管理领导小组，负责本公司辐射安全与防护监督管理工作，划定职责与分工，保障辐射工作人员的健康与安全。领导小组成员名单如下：

组长：岳 广

副组长：邢增茂

联系人：洪从燕

成员：袁红春、陈国栋、陈兴华、张贤武、罗长付、黄 剑、罗 瑛、方振华、陈国栋

辐射防护管理领导小组负责人岗位职责：

①公司法人为本单位辐射防护管理的第一责任人，本单位法人授权辐射防护管理领导小组组长代表法人全面负责公司内辐射防护管理工作，承担分管领导责任；

②负责对公司工业辐照电子加速器安全防护工作和环境保护工作实施统一监督管理；

③负责公司辐射防护管理队伍的建设；

④负责指导各小组成员及相关部门实施辐射防护的日常监督管理；

⑤协助法人代表组织制定并实辐射事故应急预案；配合上级部门开展辐射事故的应急响应、调查处理和定级定性工作。

辐射防护管理领导小组成员岗位职责：

①积极配合领导小组负责人对公司工业辐照电子加速器的安全防护工作和环境保护工作实施监督管理；

②技术中心负责执行辐射事故应急预案，对辐射工作人员进行辐射事故应急培训，定期进行应急演练；

③监督检查加速器机房的防护工作及个人、场所、环境监测，按有关规定上报防护监测数据或资料，并接受环保、卫生、公安等行政主管部门的监督和指导；

④定期组织辐射工作人员学习国家颁布的相关法律法规，加强安全和辐射防护（职业卫生防护）知识的教育，并定期进行考核，不合格者不得上岗；

⑤监督辐射工作人员遵守有关辐射防护（职业卫生防护）的各种标准和规定，有效进行防护，防止事故的发生；

⑥负责辐射工作的其他事务。

12.1.2 辐射人员管理

(1) 个人剂量检测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。使用个人剂量报警仪可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计每季度送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

(2) 辐射工作人员培训

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管理办法》、《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）要求，所有辐射工作人员必须通过生态环境部举办的辐射安全和防护专业知识培训及相关法律法规的培训和考核，尤其是新进的、转岗的人员，必须到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行报名和参加相应类别的培训考核并取得成绩单，经考核合格后方可上岗。

本项目均为新增辐射工作人员，建设单位拟组织新增辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行报名和参加“电子加速器辐照类”的培训考核，取得成绩单考核合格后方可上岗。

(3) 辐射工作人员职业健康体检

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，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

建设单位拟组织新增辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并建立个人健康档案。

12.1.3 年度评估报告

本项目射线装置应用项目正式开展后，建设单位应对开展的辐射活动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。

12.2 辐射安全管理规章制度

开开电缆科技有限公司已按照《放射性同位素与射线装置和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定有：《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员场所监测管理办法》、《辐射安全与防护管理制度》辐射安全管理制度。

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》（2012 年版）中“非医用射线装置使用—电子辐照装置”的相关要求，将其与建设单位现有管理制度现状列于表 12-1 进行对照分析。

表 12-1 管理制度汇总对照分析表

序号	项目	检查项目	落实情况	备注
1	A综合	辐射安全管理规定	《辐射安全与防护管理制度》	已制定
2		安全防护设施的维护与维修制度（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）	/	拟制定
3	B场所	场所分区管理规定	/	拟制定
4		加速器操作规程	《加速器操作规程》	已制定
5	C监测	监测方案	《辐射工作场所监测管理办法》	已制定
6		监测仪表使用与校验管理制度	《监测仪表使用与校验管理制度》	已制定
7	D人员	辐射工作人员培训/再培训制度	《辐射工作人员培训制度》	已制定
8		辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员个人剂量管理办法》	已制定
9	E应急	辐射事故应急预案	《辐射事故应急预案》	已制定
10	F三废	放射性“三废”管理规定	/	不涉及

由表 12-1 可以看出，建设单位已制定的辐射安全管理制度能够基本满足本项目运行期的管理要求，还需制定《加速器安全装置定期检查与维护制度》和《场所分区管理规定》。

建设单位拟在项目建成后，将《岗位职责》、《操作规程》、《监测仪表使用与校验

管理制度》和《辐射事故应急预案》及应急联系电话等制作成标牌，悬挂于辐射工作场所。项目运行后，建设单位应根据规章制度内容认真组织实施，辐射工作人员应熟知规章制度内容，并根据国家发布的新的相关法规内容，结合本单位实际情况，及时对各规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

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》，建设单位应配备 1 台 X- γ 辐射剂量率巡检仪，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计，并建立个人剂量档案。建设单位应配备 4 台个人剂量报警仪、4 个固定式报警仪（2 座加速器机房辐照室和主机室各 1 台）。

12.3.1 工作场所及环境辐射监测

开开电缆科技有限公司须委托有资质的单位定期对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据每年年底向当地环保主管部门上报备案。射线装置进行维修前后，应分别进行一次监测；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。射线装置退役时，应进行一次退役监测。

12.3.2 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.3.3 监测计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）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，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。

建设单位须定期（每年一次）请有资质的单位对加速器机房周围环境进行辐射环境监测，建立监测技术档案。监测数据每年年底向市生态环境局和当地生态环境局上报备案。本项目辐射监测计划见表 12-2。

表 12-2 辐射工作场所监测计划建议

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	加速器机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	辐照室及主机室各出入口,穿过屏蔽墙的通风、管线外口、电缆专用狭缝口、各面屏蔽墙和屏蔽顶外30cm处、控制室及与辐照室、主机室相邻的辅助区等	委托监测
日常监测	加速器机房	周围剂量当量率	1次/月	按照国家规定进行	辐照室及主机室各出入口,穿过屏蔽墙的通风、管线外口、电缆专用狭缝口、各面屏蔽墙和屏蔽顶外30cm处、控制室及与辐照室、主机室相邻的辅助区等	自行监测

12.3.3 日常巡检

射线装置需日常检查常用的安全设备,如警灯警铃、安全连锁控制显示状况、个人剂量报警仪和辐射监测仪器工作状况等;每月检查固定式剂量报警仪、紧急停止按钮、安全连锁装置、通风设施及烟雾报警装置等。建设单位拟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。具体的辐射工作场所日常维修管理计划见表 12-3。

表 12-3 辐射工作场所日常维修管理计划

序号	检测内容	检查频次
1	工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯	1次/天
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	
4	辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况	1次/月
5	控制台及其他所有紧急停止按钮	
6	通风系统的有效性	
7	验证安全连锁功能的有效性	
8	烟雾报警器功能正常	
9	配合年检修的检测	1次/半年
10	全部安全设备和控制系统运行状况	

建设单位拟制定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。记录事项包括:运行工况;辐照产品的情况;发生的故障及排除方法;外来人员进入控制区情况;个人剂量计佩戴情况;个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果;检查及维修维护的内容与结果等。

12.4 竣工验收

建设单位在取得本项目环评批复,且具备辐射安全许可证申请条件后,应及时申请辐射安全许可证,并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评

[201774号]第十二条“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；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。”的规定时限要求开展竣工环境保护验收工作。建设单位可自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、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。

表 12-4 竣工环境保护验收一览表

序号	验收项目	主要内容及要求
1	环保手续完善	环评手续齐备，取得辐射安全许可证。
2	项目建设情况	实际建设内容及规模与环评一致。
3	剂量限值达标	满足本项目的剂量约束值：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。
4	屏蔽能力达标	加速器机房周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中相关要求。
5	安全防护设施	多重安全联锁装置；视频监控设施；警示灯装置；固定式报警仪、烟雾报警器、紧急停止按钮、巡检开关、通风设施等；
6	设置警示标识	辐射源箱和控制区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。控制区和监督区设置警告牌。
7	管理规章制度	制定各项管理规章制度和操作规程。
8	事故应急预案	制定了详细完整、合理可行的《辐射事故应急预案》。
9	落实监测计划	建立职业健康检查和个人剂量检测档案，落实日常环境监测，并有详细记录。
10	人员持证情况	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上进行报名和参加“电子加速器辐照类”的培训考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训
11	配置防护用品	1台X-γ辐射剂量率巡检仪，4台个人剂量报警仪和12支个人剂量计。

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

根据建设单位提供的资料可知，建设单位已经制定了《辐射事故应急预案》并成立辐射安全与环境保护管理领导小组，建设单位应进一步完善应急预案，补充应急领导小组成员联系方式、事故分级、应急响应程序以及应急演练等内容，使应急预案内容更为较全，对各类辐射事故更具针对性和切实可行的操作性。环评要求将本项目所

涉及的射线装置纳入应急适用范围，并做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备。

一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射安全与环境保护管理领导小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门；同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

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证管理办法》第十六条款，使用射线装置的单位申领辐射安全许可证，开展使用射线装置活动应具备以下条件：

表 12-5 辐射安全许可证申领条件

应具备条件	落实情况
（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；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	已设置辐射安全与环境保护管理领导小组，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。本项目为使用 II 类射线装置，不涉及辐射安全关键岗位。
（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。	建设单位拟组织辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上进行报名和参加“电子加速器辐照类”的培训考核并取得成绩单考核合格后方可上岗。
（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告标志、安全联锁装置、巡检开关、急停拉线、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。
（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12名辐射工作人员配置个人剂量计，并拟配备4台个人剂量报警仪，1台辐射剂量巡检仪。
（六）有健全操作规程、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。	已制订《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员个人剂量管理办法》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员场所监测管理办法》、《辐射安全与防护管理制度》，需进一步补充《加速器安全装置定期检查与维护制度》、《加速器操作规程》、《场所分区管理规定》和《监测仪表使用与校验

	管理制度》等，并及时修订和完善。
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	已制定《辐射事故应急预案》。
(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。	本项目不涉及放射性废气、废水和固体废物。

综上所述，开开电缆科技有限公司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，其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

开开电缆科技有限公司拟在车间 1 内西南角新建 2 座加速器机房，并新购安装使用 2MeV/100kW 和 2.5MeV/100kW 电子加速器辐照装置各 1 台，用于开展电缆的辐照交联。电子加速器辐照装置为 II 类射线装置。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全防护措施结论

本项目 2 座加速器机房的辐照室、主机室四侧墙体及屋顶均为混凝土屏蔽电子束和 X 射线，采取的是实体屏蔽方式。辐照室设置有迷道，射线散射次数均在 3 次及以上，根据理论预测可知，加速器机房屏蔽设计均满足本项目“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的防护要求；加速器机房电缆管线、通风管线管道设置合理。加速器设置有多重安全联锁装置、视频监控、报警装置、紧急止动按钮、巡检开关等安全设施，各安全措施满足“纵深防御、冗余性、多元性、独立性”的辐射安全原则。

(2) 辐射安全管理结论

管理机构：建设单位已成立了辐射安全与环境保护管理领导小组、明确了相关职责，并将加强监督管理。建设单位已制定了包括《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度，并适时进行修订、完善。建设单位应根据本单位核技术应用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中严格落实执行；建设单位按要求安排辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护培训，并取得成绩单考核合格后方可上岗。

13.1.3 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。2 台加速器同时运行情况下，项目所致辐射工作人员年有效剂量最大为 7.08×10^{-2}

¹mSv, 满足工作人员年剂量约束值不大于 5mSv 的要求; 公众年有效剂量为 7.24×10^{-2} mSv, 满足公众年剂量约束值不大于 0.1mSv 的要求。

(2) 臭氧环境影响分析

本项目 2 座加速器机房辐照室均设置有通风设施, 加速器停止运行后, 辐照室内通风设施需继续运行 5min, 辐照室内臭氧浓度满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 规定的最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准要求。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(2021 年修订), 本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目, 符合国家产业政策。

(2) 实践正当性符合性

本项目在采取了相应的辐射防护措施后, 所产生的辐射危害可得到有效控制, 本项目实施的利益大于代价, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中“实践正当性”的要求。

(3) 选址及平面布局合理性分析

本项目建设单位在车间 1 西南角拟建 2 座加速器机房, 项目所在用地性质为工业用地。加速器机房周围 50m 范围内无学校、居民楼等环境敏感目标, 选址合理可行。

加速器机房设计为辐照室+主机室的两层结构, 地下及顶上均无其他建筑。加速器机房的风机房、控制室和辅助区(水冷系统、震荡柜)等均位于加速器机房外, 电子加速器辐照装置工作时, 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, 辐照物品搬运人员位于辐照室外, 加速器出束时, 辐照室及主机室内均无人员停留。本项目加速器机房布局合理可行。

(4) 项目可行性分析

综上所述, 开开电缆科技有限公司新增两台电子加速器辐照装置建设项目在落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射环境管理制度后, 项目各项辐射安全措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 的要

求，辐射工作人员和公众最大年有效剂量满足剂量约束值的要求，运营期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围，因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

(1) 辐射监测仪器和其他辐射防护设备要落实专人负责定期检查、维护，确保其状况良好，以确保监测数据的可靠，为单位辐射防护提供可靠依据；

(2) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，进行核与辐射安全知识宣传，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。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，建设单位承诺：

(1) 项目严格按照本次报批的设备类型、数量、设计方案建设加速器机房，项目竣工后，按照国家相关法律法规尽快进行验收。

(2) 落实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的“电子加速器辐照类”的培训并进行考核，保证辐射工作人员持证上岗，并佩戴个人剂量计上岗，定期送检，建立个人计量档案。

(3) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对辐射工作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降至最低。

